

现代高尔夫科学系列教材

现代高尔夫科学 草坪技术

马宗仁 主编

天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代高尔夫科学草坪技术/马宗仁, 马宗贵, 阳承胜编著.

—天津: 天津科学技术出版社, 2008.8

(现代高尔夫/马宗仁主编)

ISBN 978-7-5308-4739-8

I. 现… II. ①马…②马…③阳… III. 高尔夫球运动—体育场—草坪—教材 IV. S688.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 123764 号

责任编辑: 布亚楠 房 芳

责任印制: 王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人: 胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编: 300051

电话: (022) 23332401 (编辑部) 23332393 (发行部)

网址: www.tjkjcb.com.cn

新华书店经销

新浪网高尔夫频道书籍网络合作伙伴

深圳市金美雅印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 48.25 字数 900 000

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定价: (共三册) 600.00 元

主编：马宗仁

其他编写人员：马宗贵

阳承胜

前 言

高尔夫草坪是伴随着高尔夫球场的产生而产生,并伴随着高尔夫球场的发展而不断进步的。高尔夫球场据研究是 12 世纪在苏格兰东海岸附近诞生的。东海岸附近当时生长着大量的野生牧草,其中主要为野生细羊茅和匍匐翦股颖。这些野生牧草受到放牧、刈割和击球及各种自然环境包括海风吹蚀、雨淋、日晒的影响,逐渐发展成一种半驯化的草种,后来通过人们有意识的培育由半驯化状态、驯化状态进而成为一种草业商品被人们接受并使用,直至今日已风行于世界各地。从本质上看,高尔夫草坪属于休闲竞技草坪。它与景观草坪是两个截然不同的概念,具有本质的差别。首先它必须符合高尔夫竞技的要求,因此,高尔夫草坪典型的特征就是纤细、低矮、致密,这样才能保证高尔夫竞技功能的顺利执行。高尔夫草坪全部为优质禾草类,目前理论和实践均证明:只有极少数禾草类才能承担高尔夫球场竞技草坪的功能。这些草仅限于狗牙根属、雀稗属、羊茅属、早熟禾属、翦股颖属、黑麦草属,各属可用种类极少。

就全世界高尔夫草坪利用历史看,高尔夫草坪的发生和发展应该包括 3 个阶段: Links, 石楠丛及现代阶段。

全世界最早的球场是在苏格兰海边 Links 地上发现的。这个时间大约是在 12 世纪前。对 Links 术语最广泛的研究结果认为:是指海边沙滩地。所以说,苏格兰 Links 对球场高尔夫草坪的产生和发展具有重要的作用。天然 Links 高尔夫球场首先发轫于苏格兰 Eden、Tay 和 Forth 东海岸河口平原附近。典型的 Links 球场是在风吹水蚀的自然条件下形成的。

早期的 Links 球场并不进行专门保养,一切靠自然生长。鸟、兽粪和雨水能提供保持植被健康生长的养料;自然沙基能提供优良的排水系统;绵羊和野生动物的啃食代替植被的修剪。而且,如果植被生长茂盛的话,球员的处理就是放弃击球。Links 废弃地和沙坑从不耙平,一切靠自然维持。在数世纪前,高尔夫比赛在英格兰和世界其他国家扩展,起到这一推广作用的首先是苏格兰人,后来是英格兰人。高尔夫首先由苏格兰向英格兰扩展。由于建立在致密的黏土壤上,没有注意土壤、排水等情况,先后建立起来的几十座英格兰高尔夫球场质量表现非常糟糕。这一现状使人们相信只有在 Links 上才能建立高尔夫球场的结论。但是,也有少数人不相信这种结论,并继续探索适宜内陆型球场发展的地形。他们的研究是富有成效的。他们进行了艰苦地研究,包括土壤、尤其是草种。首先注意寻找与 Links 相似的环境,即石楠丛特征。经过较长的时间,于 20 世纪初在英国伦敦西南部寻找到了不少于 100km 长度的球场适宜地,这里生长着繁茂的石楠丛灌木。

经过研究,具有石楠丛特征的荒芜地可以建成与 Links 一样优质的高尔夫球场,关键原因在于土壤条件。石楠丛土壤均是沙性类土壤,沙性类土壤具有很好的排水特性,因此,排水是导致高尔夫球场质量高低的重要原因。而从 Links 移植的野生翦股颖、细羊茅草仍然是建造冷季型高尔夫球场的最好草种。所以,从 Links 到石楠丛,高尔夫球场所用草种一直未变,所不同的是出现了专门繁殖培育这些草种的供货商。也就是说,在 Links 到石楠丛转变过程中,随着球场数量的增大,草种的需求也随之增高。野生翦股颖、细羊茅草从过去野生到现在出现专门培育扩繁,逐渐向人工培育

方面迈进，当然，这种人工培育的作用是渐进性的。至今在英国本土，部分高尔夫球场所用草种一直是几千年自然选择遗留下来的优质天然野生草种。

成功的球场范例证明：保证排水是维护高质球场的根本要求。Park, Abercromby, Colt 和 Fowler 等设计师的球场设计和建造实践证明：除了在石楠丛荒芜地上可建立令人满意的球场外，在其他地方照样也能建立高质量的球场。关键的问题是采取适当的球场建造技术，如场地的地形研究、土壤改造、排水、详细规划、场地监理和建造开始后的跟进等。他们的实践也同时证明：对于符合球场发展的自然地形可以在设计中充分利用。但是，如果该地无此条件，也可由人工进行创造。目前，包括欧洲、亚洲在内的大部分地区，为了保证沙性土壤条件，在内陆黏质土壤上铺设大量沙子建造球场就是受到 Links、石楠丛土壤特质的影响。

1800—1900 年是高尔夫球场进入现代阶段的初期。这一阶段高尔夫球场以极其缓慢的形式向世界各国发展，其发展轨迹为：苏格兰、英格兰、美国、印度、法国、南非、澳大利亚、新西兰、加拿大和世界其他区域。

早期的大多数球场是不成熟的或只有几个洞的球场。从苏格兰向更远的其他地区或国家扩散是处在不同的土壤、气候和地形下进行的。很快就面临各种问题如盲击、峭坡、下悬坡等。自然水塘和茂盛的灌木对击球造成了很大的干扰。然而，这些早期设计的球场均未能完成或接近苏格兰 Links 球场的标准，而且寿命不长。尽管高尔夫球场的延伸范围不断扩大，但在 19 世纪中期还未能被广泛性了解和拓展，即使在苏格兰也是如此。

制约球场质量或寿命的关键与草种、地形有关。其中，草种不适应、退化、竞争性不强、病虫、杂草危害等是加速球场寿命缩短的主要原因。另外，球场扩展加速也是质量不高的原因之一。

早期 Links 球场的草坪管理数据不多。但是它与现代球场明显不同。过去由金雀花、滨草和湿地控制的沙丘植被构成合理的长草区，而梯和果岭则通过人工播种新草种。现代 Links 球场几乎不存在自然的野生植被区域。尽管苏格兰所有高尔夫球场的植被很多受到了人类的改造，但在这种环境中建造的高尔夫球场所生长的植被毕竟与内陆球场不同。频繁低剪的球道和覆盖着高草植物和灌木的沙丘长草区与内陆球场和高地球场形成极大的反差。19 世纪后 50 年在高尔夫草坪保养方面有了一个很大的发展。当然最大的是高尔夫草坪管理人的专业知识的创造，即所谓的高尔夫草坪管理人的出现。

苏格兰老球场是现代高尔夫球场草坪管理的先驱。具有明史记载的时间为 1754 年。Tom Morris 1865 年被任命为老球场第一任果岭管理人，即现在的高尔夫草坪总监。其后工作性质虽有变化，如作为职业球员、设计师、球童总监，但高尔夫草坪管理的工作一直持续到他在老球场去世为止。因此，Tom Morris 是果岭管理人的开山鼻祖。球场果岭管理人的任命预示现代球场高尔夫草坪管理进入了中期高尔夫草坪发展阶段。

由机械逐渐替代人工进行球场作业是现代球场中期高尔夫草坪管理出现的显著特征。果岭修剪机首次使用 1849 年皇家 Aberdeen 俱乐部。洞杯加上金属衬套是在 1874 年 Grail 高尔夫俱乐部首次使用的。高尔夫草坪修剪机是 1830 年创造的，1830

年以前全部用绵羊啃食草坪，直到 10 年后才使用到高尔夫球场上，但仍需绵羊参与草坪修剪工作。在机械修剪机使用前，大多数以翦股颖完成的内陆型球场只能在秋季、冬季和旱季打球，其他时间高尔夫草坪生长发育很茂盛。果岭浇水的做法是起源于 1880 年，1894 年安德鲁斯高尔夫球场打了一口井用来灌溉果岭以确保水资源的稳定性。尽管果岭管理者进行了不懈努力，但是这一时期内陆高尔夫球场仍患上相似的病害。高尔夫草坪在夏季似岩石一样坚硬，冬季似粥状，果岭的碾压通常在 Links 球场是有益的，但在内陆球场证明不行。原因可能是黏性土壤。除了建造在 Links 上的球场外，1880 年后期建造在英格兰、爱尔兰的球场整个均不适应高尔夫比赛，而且草坪技术、建造技术和设备均十分简单落后，要修改现存的地形和土壤是不可能的。

1920 年后 10 年中已经有了球场保养和建造新技术的介绍。高尔夫草坪栽培技术、球道土壤和苗木平滑技术这时已非常普通。在那时以前，牧场常常修剪被用做球道之用。早前的庄稼地或森林被砍伐后被种上草籽并做成一定的坡度，然后果岭管理者留下来继续加工这些粗糙区。1900 年以前，建造球场采用马力人工，1920 年修剪球道的多连剪草机已经发明，马力由机械代替用于果岭梯和球道区。果岭、梯、球道的灌溉系统在 1920 后 10 年中被引进。1950—1960 年科学技术进一步发展，高尔夫草坪育种工作进一步提高，如杂交狗牙根、翦股颖都培育成功。一些草种更适合球场的保养管理。新肥料和杀虫剂也应运而生。高尔夫草坪繁殖和管理技术的研究工作进一步促进了球场管理的科学作业。事实上到了 1950 年，土壤学家已经弄明白了高尔夫草坪土壤中水分的移动规律并获得土壤紧实的原因。建造果岭的 California 法是由 California 大学发明的。1960 年，美国高尔夫球协会（USGA）建造果岭的方法被介绍。1966 年 W. Daniel 介绍了塑料层可保存水分的方法。1950 年保养高尔夫球场的管理者被称作球场总监（Superintendent）。高尔夫草坪管理纳入了科学的轨道。1950 年自动喷灌系统被引进，此时球道自动喷灌系统被广泛应用，这进一步增加了球场的质量和寿命。

现代高尔夫草坪科学是一门专项研究高尔夫草坪在高尔夫土壤上如何生长发育并提供合理的竞技草坪的科学。这一科学最早开始于 1885 年美国康涅狄格州奥尔科特高尔夫草坪公园。研究的内容是选育优良的高尔夫草坪草种。通过大量研究从而发现和首先肯定了翦股颖属和羊茅属的最优品种。1890 年在罗得岛大学开始了高尔夫草坪的综合研究，并取得了许多实质性的结果，从此，在美国农业部有关人士的推动下，许多大学开始了高尔夫草坪的系统研究。

1920 年，美国高尔夫球协会设立了高尔夫草坪研究部。根据高尔夫球场的要求，在华盛顿附近的阿林顿进行研究，以后在马里兰州贝尔茨维尔的农业试验站进行了广泛研究。今天，高尔夫草坪的研究在美国得到了广泛的重视，并成功地选育出适用于高尔夫球场不同区域的草种，这些草种已在世界各地高尔夫球场得到广泛的运用。

英国高尔夫草坪的研究是由皇家和古代高尔夫俱乐部高尔夫草坪委员会对高尔夫草坪的科学研究下达的任务。1928 年根据该委员会的要求，成立英国高尔夫球联盟咨询委员会和国际高尔夫联盟。1929 年组建了国际高尔夫草坪研究会。除上述国家外，如德国、瑞士、丹麦、波兰、加拿大、肯尼亚和南非等国也都先后开展了高尔夫草坪研究并设立了相应的研究机构。

中国开始研究高尔夫草坪工作的时间晚于 20 世纪 90 年代初。高尔夫草坪研究首先在深圳大学高尔夫学院开展。2000 年后, 中国农业大学和北京林业大学也相继开展了研究工作。当前高尔夫草坪研究工作诸如引种、选育、建坪及管理技术的研究在全国范围内得到了一定的开展, 但大部分高尔夫草种仍然依靠进口。

现代高尔夫草坪科学真正形成初始于 20 世纪 80 年代美国草坪学家 James B. Beard (1982)。但是, 他的草坪专著明显偏向于实际应用和操作, 对草坪理论的系统总结显然不够。20 世纪 90 年代马宗仁等 (1996) 出版了《高尔夫草坪管理与护养》。这本专著已注意到高尔夫草坪的理论总结, 并提出了高尔夫球场自然属性、果岭梯肥料四因素损失理论和高尔夫园林的概念, 但是, 对于高尔夫草坪、高尔夫土壤和高尔夫草坪草种类并未提出明确定义, 明显掺杂着景观草坪和农学概念的痕迹。近年来, 世界各地出版了许多草坪方面的专著, 其中也介绍了高尔夫草坪的内容, 但只是一鳞半爪, 系统理论总结很少。明确提出高尔夫草坪概念、高尔夫土壤概念等理论知识至今尚是空白。

《现代高尔夫草坪科学技术》是作者十几年的教学科研及球场管理实践和理论总结。在本书中首次明确地提出了高尔夫草坪概念、高尔夫土壤概念和高尔夫园林的概念。通过深入的理论研究提出了高尔夫草坪四项评价指标体系、高尔夫草坪匀整指标目测方法、建造果岭的中国法、高尔夫草坪灌溉最小病害原则、高尔夫草坪施肥四因子匹配律、果岭梯肥料四因素损失理论、果岭和球道自然属性、高尔夫草坪冬季枯黄原因及肥料重施理论和果岭边缘虫害集聚理论。

《现代高尔夫草坪科学技术》分 11 章: 高尔夫草坪科学理论、高尔夫草坪土壤科学、高尔夫草坪建植科学技术、高尔夫草坪修剪科学技术、高尔夫草坪水分科学、高尔夫草坪营养科学、高尔夫草坪特殊作业技术、高尔夫草坪保护科学、高尔夫草坪机械科学、高尔夫园林设计与养护技术和高尔夫草坪科学实验技术。

本书撰写过程中, 作者亲赴高尔夫的故乡苏格兰进行了大量的实地调研, 参观了许多历史名场, 并查阅了大量的文献。作者十分感谢为本书出版付出心血的天津科技出版社房芳编辑及深圳市精彩印务有限公司周云华总经理和新浪网高尔夫频道总编张刃先生。行文结束诗为序。

乘风破雾向东行, 会所高挂碧水迎。
球入北台鸣翠鸟, 道拆西岭动红缨。
满山青果野花落, 十亩方塘春草生。
后树尽头夕阳晚, 云中菩萨照眼明。

2008 年 03 月于深圳

目 录

第1章 高尔夫草坪科学理论	1
1.1 高尔夫草坪特征	1
1.2 高尔夫草坪发生学	4
1.3 草坪生物学特性形成学	11
1.4 高尔夫草坪形态学	13
1.5 高尔夫草坪生态生理学	18
1.6 高尔夫草坪分类学	23
1.7 高尔夫草坪品质评价	30
第2章 高尔夫草坪土壤科学	35
2.1 高尔夫草坪土壤理论	35
2.2 高尔夫草坪土壤改良	42
2.3 高尔夫草坪土壤化学	46
2.4 高尔夫草坪土壤基质类型	55
第3章 高尔夫草坪建植科学技术	58
3.1 高尔夫草坪选种理论	58
3.2 高尔夫草坪种植理论	61
3.3 高尔夫草坪建植方法	65
第4章 高尔夫草坪修剪科学技术	72
4.1 高尔夫草坪修剪作用	72
4.2 高尔夫草坪修剪理论	73
4.3 高尔夫草坪修剪时间	75
4.4 高尔夫草坪修剪高度	77
4.5 高尔夫草坪修剪频率	79
4.6 高尔夫草坪修剪方法	82
4.7 高尔夫草坪修剪物	84
第5章 高尔夫草坪水分科学	86
5.1 高尔夫草坪水分理论	86

5.2	高尔夫草坪灌溉理论	92
5.3	高尔夫球道草坪灌溉技术	97
5.4	高尔夫果岭梯草坪灌溉技术.....	98
第6章	高尔夫草坪营养科学	100
6.1	高尔夫草坪施肥理论	100
6.2	高尔夫草坪营养元素	104
6.3	高尔夫草坪肥料	107
6.4	高尔夫草坪施肥技术	109
6.5	高尔夫草坪营养诊断技术	112
6.6	高尔夫球场球道施肥技术	117
6.7	高尔夫果岭梯施肥技术	120
第7章	高尔夫草坪特殊作业技术	124
7.1	高尔夫草坪土壤特殊作业	124
7.2	高尔夫草坪铺沙特殊作业	129
7.3	高尔夫草坪疏松特殊作业	131
7.4	高尔夫草坪拖平特殊作业	133
7.5	高尔夫草坪特殊作业链	134
7.6	高尔夫草坪特殊改良作业	135
7.7	高尔夫球场其他区域特殊作业	139
第8章	高尔夫草坪保护科学	143
8.1	高尔夫草坪保护科学理论	143
8.2	高尔夫草坪虫害防治理论与技术	146
8.3	高尔夫草坪病害防治理论与技术	151
8.4	高尔夫草坪杂草防治技术	159
第9章	高尔夫草坪机械科学	164
9.1	草坪机械的分类	164
9.2	高尔夫球场常用草坪机械简介	165
第10章	高尔夫园林设计与养护技术	185
10.1	高尔夫园林设计与养理论	185

10.2 高尔夫园林设计	188
10.3 高尔夫树木养护技术	195
10.4 高尔夫球场花卉养护技术	198
第 11 章 高尔夫草坪科学实验技术	202
实验 1 高尔夫草坪草种子识别实验	202
实验 2 高尔夫草坪营养期形态特征辨识及观察实验	203
实验 3 高尔夫草坪沙子粒级鉴定和酸碱度调整实验	204
实验 4 高尔夫草坪分蘖类型识别及观察实验	206
实验 5 高尔夫草坪建植场地整理实验	207
实验 6 草坪播种设计实验	208
实验 7 草坪幼苗管理设计实验	210
实验 8 草坪营养体建坪方法设计验证实验	211
实验 9 草坪建植方法比较设计实验	213
实验 10 高尔夫草坪品质鉴定实验	214
实验 11 高尔夫球场土壤结构观察实验	218
实验 12 草坪灌溉常用指标观察实验	221
实验 13 高尔夫草坪修剪与观察实验	222
实验 14 草坪齐根剪恢复生长观察及验证实验	223
实验 15 草坪缺素诊断实验	224
实验 16 高尔夫草坪施肥设计与观察实验	225
实验 17 果岭和球道土壤紧实测定实验	227
实验 18 高尔夫草坪诊断实验	228
实验 19 高尔夫草坪修补实验	230
实验 20 冬季补播验证实验	231
实验 21 高尔夫草坪虫害防治设计实验	232
实验 22 高尔夫草坪病害防治观察实验	234
实验 23 高尔夫草坪杂草混杂度实验	238
实验 24 高尔夫草坪杂草防治观察实验	239
实验 25 高尔夫场地特殊作业及其重要养护设备参观调研	241
参考文献	244

第 1 章 高尔夫草坪科学理论

高尔夫草坪起源于苏格兰东海岸牧草地，至今已有 700 年的历史。随着社会的发展，逐渐扩散到世界各地并成为产业影响着人类的生活质量，并已成为现代人类精神文明和物质文明不可分割的有机组成部分。

本章主要讨论 7 个重要的高尔夫草坪科学问题：高尔夫草坪特征、高尔夫草坪发生学、高尔夫草坪形成学、高尔夫草坪形态学、高尔夫草坪生态生理学、高尔夫草坪分类学和高尔夫草坪品质评价。

1.1 高尔夫草坪特征

1.1.1 高尔夫草坪草及高尔夫草坪概念

高尔夫草坪的产生是伴随着高尔夫球场的产生而产生，并伴随着高尔夫球场的发展而不断进步。高尔夫球场是 12 世纪在苏格兰东海岸附近诞生的。东海岸附近当时生长着大量的野生牧草，其中主要为野草细羊茅和匍匐翦股颖。这些野生牧草受到放牧、刈割和击球及各种自然环境包括海风吹蚀、雨淋、日晒的影响，逐渐发展成一种半驯化的草种，后来通过人们有意识地培育由半驯化状态、驯化状态进而成为一种商品被人们接受并使用，直至今日风行于世界各地相似地区。从本质上看，高尔夫草坪草属于休闲竞技草坪。它与景观草坪草及普通草坪是两个截然不同的概念。它首先要符合高尔夫竞技的要求，因此，高尔夫草坪典型的特征就是纤细、低矮、致密。这才能保证高尔夫竞技功能的顺利完成。据此，定义高尔夫草坪草及高尔夫草坪概念，首先要了解高尔夫球场的功能与高尔夫草坪的彼此关系以及高尔夫草坪草生物学特征。

1. 高尔夫场地功能与高尔夫草坪的关系

(1) 底色与休闲竞技 高尔夫草坪是高尔夫球场的底色。作为底色首先要保证休闲与竞技活动的展开。高尔夫活动是在草坪上完成的一项运动，这就要求作为场地底色的高尔夫草坪草必须纤细、低矮、致密；高尔夫运动是一项室外活动，它也是一种休闲运动，需要乡野风光浓厚自然，颜色新鲜及季相丰富，这就需要高尔夫园林、白沙、水等元素进行补充调节。因此，高尔夫草坪草必须服从于球场底色与休闲竞技的功能需要。

(2) 区域与竞技功能 完成一次高尔夫活动需要走完 18 洞，每洞包括 3 个区域：果岭梯、球道短草区和高草区。3 个区域功能完全一样。但存在竞技的需要，必然反映到对草种的要求，于是分离出果岭草、球道草和高草区草。竞技需要包括对高尔夫草坪质地、颜色、高度、抗逆性的严格要求。因此，高尔夫草坪草必须服从于区域与竞技功能。

(3) 草种与地域适应 全球气温差异甚显，可分为 4 个明显的气候带：寒、温、亚热带和热带。高尔夫球场散见于不同的气候带地域内，需要不同的草种来适应，于是出现了冷季型、暖季型草种。根据人们长期的研究，得出只有低矮的草种才能建立高

尔夫球场的结论,并限制在禾本科草坪内,而且在禾本科内只有黑麦草属、狗牙根属、早熟禾属、翦股颖属、雀稗属、结缕草、羊茅属内极少数草种才具有此种特征。因此,选择高尔夫草坪草也必须服从于草种地域适应。

(4) 使用与养护 竞技、休闲是高尔夫草坪草必须服从的首要选草原则。竞技与休闲贯穿着使用的始终。有使用就必然涉及草坪的磨损和衰退。保持稳定的草坪质量状态必须要进行相宜的养护,损养相衡是竞技与休闲得以进行下去的主要人工平衡手段。草坪养护包括施肥、灌溉、施药、修剪、通气等作业,尤其是修剪,它会制造伤口,低剪、频剪制造的伤口更甚。击球活动和人员践踏直接伤害草坪,这就需要高尔夫草坪草具有更多的抗逆性和更高的再生性,对伤害做出迅速反应并迅速恢复伤口。损坏与反损坏本身均对高尔夫草坪草不利,必须在高尔夫草坪草适应或耐受范围之内。因此,必须给予更多的人工养护来补偿草坪本身自我维持的不足。使用与养护是决定高尔夫草坪草的重要原则。

2. 高尔夫草坪草生物学特征

从高尔夫场地功能与高尔夫草坪的关系已知:高尔夫草坪草是以休闲竞技为核心而发展起来的。它与景观草坪草完全不同。这主要表现在生物学特征方面,归纳起来,其共性如下。

(1) 低位生长点且包被坚韧叶鞘。据此可抗御高尔夫场地频剪、低剪、践踏所引发的机械物理损失和伤害。

(2) 叶量多、小矮型、纤细、直立、致密。因此可形成稠密细致的地毯状高尔夫草坪。纤细直立的形状合理地处理了草层间光热分配问题,减缓了草层下部黄化和枯死现象。

(3) 丛生型、匍匐型和复合型根茎易迅速成坪。

(4) 适应逆境能力强。表现为抗旱、抗热、抗瘠薄、耐阴、抗涝等。

(5) 繁殖力强,再生能力高。

(6) 草种稀少,仅限于狗牙根属、雀稗属、羊茅属、早熟禾属、翦股颖属、结缕草属、黑麦草属,而且各属可用种类极少。品种虽很多,但外在形态差异基本近似。纤细、低矮、致密是高尔夫草坪的主要特征。

3. 优质高尔夫草坪草特征

(1) 颜色绿 高尔夫草坪的颜色是优良高尔夫草坪植物最重要的特征之一。颜色绿不仅指高尔夫草坪颜色状态要符合人们欣赏的要求如深绿、淡绿、翠绿等,而且还应当包括绿期。因此,优良的高尔夫草坪植物应返青早,枯死晚,抗寒耐热。一般来说,北方全绿期要在于 270 天以上;南方则不少于 320 天左右。

(2) 草姿美 草姿主要指草的外观姿态和草的生长状态。草姿美主要指草的均一性、盖度、密度、质地、光滑度等。因此,一个优良高尔夫草坪草应表现均匀整齐、密度高、质地优良等高尔夫草坪的自然属性。

(3) 生命力强 一个好的高尔夫草坪草必须表现出旺盛的生命力,因为一个具有很强生命力的高尔夫草坪植物应必然具备繁殖力强,成活率高,生长蔓延快等特点,

并可在短期内迅速成坪。高尔夫草坪植物生命力强还应包括损后恢复力好即再生性高。

(4) 抗逆高 抗热、抗寒、抗病虫、耐践踏、耐修剪、抗酸碱、抗污染能力。只有抗逆高的高尔夫草坪植物,才能适应竞技、频繁养护、当地生态环境和球场寿命的要求。

4. 高尔夫草坪草概念

通过高尔夫场地功能、高尔夫草坪草生物学特征以及优质高尔夫草坪草特征可以看出,高尔夫草坪植物的特性是人类从自然王国走向必然王国的必然结果,起初是自然因素,然后是人为因素,并按一定功用目的有意识培育而成。结论是,并非任何一种植物都能作为高尔夫草坪草。不过后天的培育需要以先天的条件作为后天选择的定向基础。另外,上述特征还揭示:高尔夫草坪草全部为优质禾草类。目前理论和实践均证明:只有极少数禾草类才能承当高尔夫球场竞技休闲功能的综合重任。这些草仅限于狗牙根属、雀稗属、羊茅属、早熟禾属、翦股颖属、黑麦草属,各属可用种类不多,品种虽很多,但外在形态差异基本近似。纤细、低矮、致密是高尔夫草坪的基本特征。

据此,马宗仁(2005)提出了高尔夫草坪草的概念,其定义表述为:按球场各区竞技功能要求,通过定向培育,含有优质高尔夫草坪生物学特征的禾草类。

5. 高尔夫草坪概念

了解了高尔夫草坪草概念后,对于界定高尔夫草坪就非常容易。马宗仁(2005)提出了高尔夫草坪的概念,其定义表述为:采用优质高尔夫草坪草构成的绿色竞技地被。

1.1.2 高尔夫草坪科学术语

1. 草皮

草皮与高尔夫草坪是两个不同的概念,而且二者有质的差别。草皮一般指为园林绿化、人工培植高尔夫草坪时,从异地连土带苗一起铲下用于高尔夫草坪定植的繁殖材料,是处于自然状态和原始状态下的种植物材料。从不严格的隶属关系上讲,先有草皮,后有高尔夫草坪。草皮是高尔夫草坪的繁殖母体。

2. 草皮块

草皮块亦称草楔或草坯。意将草皮平铲为平板状或剥离成大小不同的正方形、长方形以及柱形等形状。

3. 草皮卷

含义与草皮块相似,不过面积较大,指机械化操作时草皮被切成卷状类,易于运输和铺设。

4. 草茎

暖季型高尔夫草坪草是一种常见的营养繁殖材料。其指繁殖所用的母体匍匐茎的节段。这些节段由机器或人工切成。每一节段至少含有两个节。栽植后从节间发出幼芽和根。匍匐茎的节段也称小枝。用做插枝的小枝基本上是不带土的。在高尔夫球场

上经常采用疏草机在成熟球道或备草区大片疏去带节的茎段作为新场地的营养繁殖材料。在建植时采用插植和铺茎两种方法。

1.2 高尔夫草坪发生学

人类对高尔夫草坪的利用过程就是高尔夫草坪历史发展和发生的过程。高尔夫草坪的起源和发生也离不开人类对高尔夫草坪的利用。因此,就全世界高尔夫及高尔夫草坪利用历史看,高尔夫及高尔夫草坪的发生和发展应该包括 3 个阶段: Links、石楠丛及现代阶段。

1.2.1 Links 阶段

1. Links 高尔夫起源

了解高尔夫草坪,必须要了解高尔夫的起源历史。现在大多数人承认:全世界最早的球场是在苏格兰海边 Links 地上发现的。这个时间大约是在 12 世纪前。最广泛地认为: Links 术语是指海边沙滩地。所以说, 苏格兰 Links 对球场高尔夫草坪的产生和发展具有重要的作用。

天然 Links 高尔夫球场首先发轫于苏格兰 Eden, Tay 和 Forth 东海岸河口平原附近。典型的 Links 球场是在风吹水蚀的自然条件下形成的。

2. Links 高尔夫自然地貌

典型的 Links 球场坐落在抬升的海滨或海滨台地上。这些抬升的海滨或海滨台地海拔 3~10m, 而且还伴随着石崖或岩石。其上覆盖着被风吹送来的沙和沙脊。一个典型的 Links 地貌特征从海水至陆地依次为: 低潮面、海滩、高潮面、沙丘、沼泽地、旧沙丘、Links 平原和悬崖。地貌构成元素为: 鼓丘、蛇丘、沙丘、沙坡、河滩、梯形地、滨海台地和平原。

鼓丘具有延伸性, 为流线型小山脉, 宽 10~30m, 长 100~150m, 单个似勺状, 群集为蜂窝状, 位于 Links 最远程。这种地形建造高尔夫球场易表达其变化, 因为这种地形具有多角度, 如斜面、长度和方向的多方位变化。典型的 Links 不包含这一地貌。

蛇丘和沙丘是由沙和砾石堆积沉淀而成的沙丘和平原。高度为 15m, 宽度不定。

沙坡、河滩、梯形地和滨海台地主要位于海边, 但相互之间高度不同, 一些在 15~40m 之间, 另一些在 30~50m 之间。

3. Links 分布及形成

苏格兰高尔夫球场最具特征的变化就是 Links 环境, 苏格兰海岸线总长为 3 700km, Links 占据着苏格兰大约 2/3 的海岸线。Links 占据 4 个独特的区域, 但只有其中 3 个区域发展成了高尔夫球场。从 North Berwick 到 Fraserburgh, 这一段海岸线是 Links 最显著的部分, 高尔夫球场建立的历史最悠久, 很多最早的球场都在这一部分海岸线分布, 如 St. Andrews, Carnoustie, Aberdeen, Elie, Leven 和 Gullane 等球场都分布在这一线。第二个最重要的区域是 Moray Firth 海岸线。第三个海岸线是苏格兰西南部的 Solway Firth 和 Clyde Firth 海岸线。第四个区域就是 Hebridean 岛屿

周围海岸线。苏格兰海岸线 Links 占据了相对窄的区域，常常不到 1.6km 宽。沙是海边 Links 的主要资源，移动的方式主要是风的吹蚀，它常积累为沙丘，高位 3~10m，一般很少高过海面 25m。有些地方沿着海岸线经风吹水蚀沉积作用形成沙脊并沿着海岸线漫延，但沙脊通常也不超过 10m，在沙脊出现的区段宽不超过 1km。沙脊的沉积作用同风的减弱和海岸线生长的滨草和欧滨麦有关。Links 形态或形状受沉积作用、风力强弱、方向、沙量、沙源、植被覆盖度和表面排水的影响。

4. Links 高尔夫自然植被

一个典型的 Links 地貌特征从海水至陆地为：低潮面、海滩、高潮面、沙丘、沼泽地、旧沙丘、Links 平原和旧悬崖。从植被生长来看，从平均高潮面开始依次为：先锋植物、滨草、湿地植物、灌木、短草植被。短草植被主要分布在 Links 平原，包括翦股颖、细羊茅草、金雀花、棘豆、石楠丛。从上述地形构造和植被变化看，Links 本身就提供了一个非常好的天然球场。不过据考证，人类在 Links 已生活了将近 5 000 年，在高尔夫未开始前，这里是天然的牧场。人类的活动已对 Links 的环境施加了影响。17~18 世纪的高尔夫球员的行为对 Links 的沙脊或沙丘实际上进行着不断地侵蚀。因此，Links 球场是纯自然的结论是没有根据的。但是，Links 球场是由沙构成的，即使无设备帮助建造，采用人工也是很容易造型的。所以 Links 球场是否自然，没有任何标准可供。但是，高尔夫球场种植的草坪特征始自 Links 球场，如目前广泛使用的翦股颖、细羊茅是不可否认的事实。

在苏格兰，有许多著名的 Links 球场如 St. Andrews, Carnoustie, Muirfield, Troon, Prestick 和 Turnberry 都是建立在自然的 Links 场地上。翦股颖、细羊茅至今是构成英国联邦高尔夫球场的主要草坪草种。

5. Links 高尔夫球场特征

(1) 风造成植被和树生长非常缓慢和低矮。风常常改变引起许多麻烦，击球需要精准和合理。

(2) 球道宽。

(3) 自然排水很好且果岭很硬，速度很快。

(4) 沙坑自然、深且小和很陡的面。

(5) 长草区不修剪，击球非常困难，草种成分复杂，主要为细羊茅草、石楠丛灌木，草层高度 20~30cm。

(6) 长草区不直接提供其他人工元素障碍。

(7) 球场表面看起来很平坦，感觉很容易打球。但存在小地域现象，凹凸不平。这些都会对球员的站位或球落点直接造成麻烦。

6. Links 高尔夫球场植被养护

早期的 Links 球场并不进行专门保养，一切靠自然生长。鸟、兽粪（图 1-1）和雨水能提供保持植被健康生长的养料；自然沙基能见到的动物，其粪便可帮助草坪增加营养提供优良的排水系统；绵羊和野生动物的啃食代替植被的修剪。而且，如果植被生长茂盛的话，球员的处理就是放弃击球。Links 废弃地和沙坑从不耙平，一切

靠自然进行。所以 Links 阶段谈不上高尔夫草坪的驯化、定向培育，而高尔夫草坪向良性发展除了本身优良的先天条件外，上述自然因素与球员的活动是 Links 球场植被得以向现代高尔夫草坪转化的主要因素。

1.2.2 石楠丛阶段

大多数 Links 球场属于公众区域，并无边际限制。高尔夫球员在回到出发点前漫无边际的尽可能的向前寻找能打球的区域。因此，一轮球场并无洞的数量限制。随着高尔夫球的发展，参与人数的众多，数量和面积有限的 Links 开始变得紧张。于是人们开始寻找相似的区域，开拓新的打球领域，史称这一阶段为石楠丛阶段。

1. 高尔夫拓展

在数世纪前，高尔夫比赛在英格兰和世界其他国家扩展，起到这一推广作用的首先是苏格兰人，后来是英格兰人。高尔夫球首先由苏格兰向英格兰扩展，1608 年在英格兰 Blackheath 地区首先建立的球场是带状的 7 洞球场。比较规则的球场是 1758 年建立在 Hampton 地区的 Molesey Hurt 球场，这是苏格兰人在英国所建造的另外一个球场。早期正式的场地是 Kersal Moor 地区古老的 Manchester 球场，1818 年正式对外开放。由于建立在致密的黏土壤上，并没有注意土壤、排水等情况，先后建立起来的几十座高尔夫球场质量表现非常糟糕。这一现状使人们相信只有在 Links 上才能建立高尔夫球场的结论。

2. 石楠丛特征的本质

在人们相信只有在 Links 上才能建立高尔夫球场的结论的时候，也有少数人不相信这种结论，并继续探索适宜内陆型球场发展的地形。他们的研究是富有成效的。他们进行了艰苦地研究，包括土壤、尤其是草种。首先注意寻找与 Links 相似的环境，即石楠丛特征。经过较长时间的工作，于 20 世纪初在英国伦敦西南部寻找到了不小于 100km 的球场适宜地，这里生长繁茂的石楠丛灌木（图 1-2）。



图 1-1 兽类是苏格兰高尔夫球场最常见的养料



图 1-2 高尔夫草坪发展的第二阶段石楠丛灌木特征（左为砍伐后新生状态，右为成年状态）

石楠丛灌木具有真正的“高尔夫故乡”的气候土壤条件。石楠丛荒野地的发现在球场建筑历史上是重要的一个发现。世界上许多最好的球场是建造在类似于 Links 的

石楠丛荒芜地上。石楠丛荒芜地除生长着大量的石楠丛灌木外，还覆盖着北美杜鹃、冷杉和松树。经过研究，具有石楠丛特征荒芜地可以建成与 Links 一样优质的高尔夫球场，关键在于土壤条件。石楠丛土壤均是沙性类土壤，沙性类土壤具有很好的排水特性，因此，排水是导致高尔夫球场质量高低的重要原因。而从 Links 移植的野生翦股颖、细羊茅草仍然是建造冷季型高尔夫球场的最好草种。所以，从 Links 到石楠丛，高尔夫球场所用草种一直未变，所不同的是出现了专门繁殖培育这些草种的供货商。也就是说，在 Links 到石楠丛转变过程中，随着球场数量的增大，草种的需求也随之增高。野生翦股颖、细羊茅草从过去野生到现在出现专门培育扩繁，逐渐向人工培育方面迈进，当然，这种人工培育的作用是渐进性的。至今在英国本土，部分高尔夫球场所用草种一直是几千年自然选择遗留下来的优质天然野生草种。

实践也确实证明：Willie Park, Jr., J. F. Abercromby, H. S. Colt 和 W. Herbert Fowler 将首次发现石楠丛特征的荒芜地建成了世界上最优秀的高尔夫球场。第一个探索的建筑师是 Willie Park, Jr.。他也是一名优秀的球员，曾两次获得公开赛冠军。自 1890 年以来，Park 在规划和修改球场方面非常活跃。1901 年，在英国 Berkshire 地区设计了第一个球场 Sunningdale 俱乐部。这个球场位于石楠丛荒芜地的中心地带，并在靠近英国西北部 24km 处建立了 Huntercombe 球场。成功的球场范例证明：保证排水是维护高质球场的根本要求。Park, Abercromby, Colt 和 Fowler 的球场设计和建造实践证明：除了在石楠丛荒芜地上可建立令人满意的球场外，在其他地方照样也能建立高质量的球场。关键的问题是采取适当的球场建造技术，如场地的地形研究、土壤改造、排水、详细规划、场地监理和建造开始后的跟进等。他们的实践也同时证明：对于符合球场发展的自然地形可以在设计中充分利用。但是，如果该地无此条件，也可由人工进行创造。目前，包括亚洲在内的大部分地区，为了保证沙性土壤条件，在内陆黏质土壤上铺设大量沙子建造球场就是受到 Links、石楠土壤特质的影响。

3. 现代阶段

(1) 现代阶段球场发展 1800—1900 年是高尔夫球场进入现代阶段的初期。这一阶段高尔夫球场以极其缓慢的形式向世界各国发展，其发展轨迹为：苏格兰、英格兰、美国、印度、法国、南非、澳大利亚、新西兰、加拿大、世界其他区域。

在美国，高尔夫最早被知道的时间是 1779 年。1786 年在卡罗莱纳州南部 Charleston 地区建立了第一个高尔夫球场。1829 年印度 Calcutta 建立了球场，1842 年在 Bombay 建立了另外一个球场，1856 年苏格兰人向靠近法国南部的 Pyrenees 地区引进了比赛并建立了古老的内陆球场，即 PAU 高尔夫球场。由苏格兰士兵和工程师在南非好望角（Cape of good hope）建立了球场，1870 年澳大利亚、新西兰出现了球场，1876 年加拿大连续建立了 5 个球场：Montreal, Quebec, Toronto, Brantford 和 Niagara。

1900—1950 年为现代高尔夫球场发展的中期阶段。1900 年初期，苏格兰人 John Reid 在 Yooker 牧场相继建立了 6 个洞，起名为圣·安德鲁斯高尔夫俱乐部。几年后，该球会坚称自己是美国最古老的高尔夫俱乐部。美国人为了纪念他授予 John Reid 为美国高尔夫之父。然而，圣·安德鲁斯高尔夫俱乐部的宣称引起了许多争论。此后 10

年基本均是9洞以下的球场。1895年,苏格兰人 Charles Blair Macdonald 在原基础上设计了国家第一个一流水平的18洞球场,即 Chicago 高尔夫俱乐部。高尔夫扩展到美国后,其速度是很快。1896年,美国有8个球场,1900年则有982个。至少有45州且每州有一个球场。在20世纪初,美国高尔夫球场数量超过了英国,尽管在质量上不能与苏格兰的 Links 比较,也不能与英国20世纪初期的石南丛球场比较。

1950年至今为高尔夫球场发展的现代阶段。随着社会经济的迅猛发展,高尔夫运动在世界各地得到普遍认同。现在估计全球约40 000多个球场,其中:除美国外北美洲占10%;15%分布在英国、澳洲和新西兰;日本占总数的7%,即约有2 000个球场。美国是全球高球场最多的国家,现时球场数为20 000个(马宗仁,1996)。1984年,中国第一个高尔夫球场——中山温泉高尔夫球会宣告建成,到目前为止,所建球场已达200多个。

(2) 现代阶段高尔夫球场草坪发展 早期的大多数球场是不成熟的或只有几个洞的球场。从苏格兰向更远的其他地区或国家扩散是处在不同的土壤、气候和地形下进行的。很快就面临各种问题如盲击、峭坡、下悬坡等。水塘和茂盛的灌木对击球造成了很大的干扰。然而,这些早期设计的球场均未能完成或接近苏格兰 Links 球场的标准,而且寿命不长。尽管高尔夫球场的范围不断扩大,在19世纪中期还未能被广泛了解和拓展,即使在苏格兰也是如此。

制约球场质量和寿命的关键与草种、地形有关。其中,草种不适应、退化、竞争性不强、病虫、杂草危害等都是加速球场寿命很短的主要原因。另外,球场加速扩展也是质量不高的原因之一。

① 现代球场初期高尔夫草坪管理: 球场类型的多元化、园林、简单修剪、施肥、灌溉、果岭管理人的出现是现代球场初期高尔夫草坪管理的明显特征。球场类型的多元化是由于它向世界各地的扩展引发的。内陆多元化气候、地形地貌决定了草种、管理类型的变化和快速发展。在苏格兰出现了园林(Parkland)、森林(Woodland)、高沼地(Moorland)(图1-3)类型的高尔夫球场。园林球场(Parkland)(图1-4)的基本特征是: 周围都用绿篱保护,其内草地与树木混



图1-3 苏格兰高沼地(Moorland)高尔夫球场

合种植。富有的土地拥有者还请来园林设计师进行设计,设计师将落叶树、常绿树、小径、灌木、湖泊、草地、花径进行搭配创造出独特的景观。在苏格兰,园林一词系出自苏格兰南方描写绿篱包围的草地和树木。草地和树木的混合所产生的景观常常适合内陆高尔夫球场的条件,即使球场建造在草地上,也要设法栽树创造出园林的景观。然而,在一些经典园林高尔夫球场发现常常伴随着大量的房屋,而且一些都是乔治王时代或维多利亚时代的房屋被改造成了高尔夫会所。像这样的园林高尔夫球场在偏远



图 1-4 苏格兰现代园林高尔夫球场

的乡下目前仍然存在。无一例外，大多数苏格兰内陆球场都随地形变化而建造一定的景观。大约一半以上的球场（239 个）被定义为园林球场（Price, 2 000）。另外，在球道与球道交界处还混栽了苏格兰松、桦树和进口松。现在的松树是过去 100 多年来人工栽植的进口松。沼泽地植被伙同大面积的石南灌木不断发展。研究证明：海岸 Links 球场的植被已经被人类改造了不少。但不完全是破坏性的影响。因为这些球场在果岭和梯增加了新草种。另外还增加了肥料，灌溉和排水（Price, 2 000）。这些系统和措施对 Links 球场的沙丘稳定性起了不少的作用。苏格兰沙丘不到 6 000 年的历史，这些沙丘往往是早期人类居住的场所，所以存在着人类干预沙丘环境的可能。沙丘区域生物种类丰富，调查显示：43 个重要的沙丘区域中，自然或侵入的导管植物达 900 余种之多，其中一半以上的植物属于直接入侵或人类间接影响的结果（Price, 1 998）。沙丘系统存在着生态多样性，植被所处环境演移变化很快。在苏格兰沙丘地带没有证据表明存在着自然森林植被的可能。过去 200 多年间人类用各种方法尝试了人工造林。沙丘区域主要包括草本植物和一些木质灌木。

早期 Links 球场的特征数据不多。但是它与现代球场明显不同。过去由金雀花、滨草和湿地控制的沙丘植被构成合理的长草区，而梯和果岭则通过人工播种新草种。现代 Links 球场几乎不存在自然的野生植被区域。尽管苏格兰所有高尔夫球场的植被很多受到了人类的改造，但在这种环境中建造的高尔夫球场所生长的植被毕竟与内陆球场不同。频繁低剪的球道和覆盖有高草本植物和灌木的沙丘长草区与内陆球场和高地球场形成极大的反差。19 世纪后 50 年，高尔夫草坪保养方面有了一个很大的发展。当然高尔夫草坪管理人的专业知识是最大的创造，即所谓的高尔夫草坪管理人的出现。

苏格兰老球场是现代高尔夫球场高尔夫草坪管理的先驱。具有明史记载的时间为 1754 年。Tom Morris 1865 年被任命为老球场第一任果岭管理人，即现在的高尔夫草坪总监。其后工作性质虽有变化，如作为职业球员、设计师、球童总监，但高尔夫草坪管理的工作一直持续到他在老球场去世为止。因此，Tom Morris 是果岭管理人的开山鼻祖。球场果岭管理人的任命预示现代球场高尔夫草坪管理进入了中期高尔夫草坪发展阶段。

② 现代球场中期高尔夫草坪管理：由机械逐渐替代人工进行球场作业是现代球场中期高尔夫草坪管理的显著特征。果岭修剪机首次使用于 1849 年皇家 Aberdeen 俱乐部。洞杯加上金属衬套是在 1874 年 Grail 高尔夫俱乐部。高尔夫草坪修剪机是 1830

年创造的,1830 年以前全部用绵羊啃食草坪,但是直到 10 年后才使用到高尔夫球场上,但仍需绵羊参与草坪修剪(图 1-5)。在机械修剪机使用前,大多数以翦股颖完成的内陆型球场只能在秋季、冬季和旱季打球,其他时间高尔夫草坪生长发育很茂盛。果岭浇水的做法起源于 1880 年。1894 年安德鲁斯高尔夫球场打了一口井用来灌溉果岭以



图 1-5 1911 年 ST.Andrenws 使用 Sansome 牌剪草机

确保水资源的稳定性。尽管果岭管理者进行了不懈努力,但是这一时期内陆高尔夫球场仍患上相似的病害。其高尔夫草坪在夏季似岩石一样坚硬,冬季似粥状,果岭的碾压通常在 Links 球场是有益的,但在内陆球场证明是不行的。原因可能是黏性土壤。除了建造在 Links 上的球场外,1880 年后期建造在英格兰、爱尔兰的球场整体均不适应高尔夫比赛,而且草坪技术、建造技术和设备均十分简单落后,要修改现存的地形和土壤是不可能的。

1920 年的 10 年中就已经有了球场保养和建造新技术的介绍。高尔夫草坪栽培技术、球道土壤和苗床平滑技术这时已非常普通。之前,牧场常常修剪被用做球道之用。早前的庄稼地或森林被砍伐后被种上草籽并做成一定的坡度,然后果岭管理者留下来继续加工这些粗糙区。1900 年以前,建造球场采用马力人工(图 1-6)。1900 年初期 20 年间,修剪球道的多连剪草机已经发展,马力由机械代替(图 1-7),多刀修剪机用于果岭区。果岭、梯、球道的灌溉系统在 1920 后 10 年中被引进。1950—1960 年科学技术进一步发展,高尔夫草坪育种工作进一步提



图 1-6 1900 年以前采用马力人工建造球场



图 1-7 1900 年以后机械建造球场

高,如杂交狗牙根、翦股颖培育成功。一些草种更适合球场的保养管理。新肥料和杀虫剂也应用而生。高尔夫草坪繁殖和管理技术的研究工作进一步促进了球场管理的科学作业。事实上,到了 1950 年,土壤学家已经弄明白了高尔夫草坪土壤中水分的移动规律并获得土壤紧实的原因。建造果岭的 California 法是由 California 大学发明的。1960 年,美国高尔夫球协会(USGA)建造果岭的方法被介绍。1966 年 W.Daniel 介

绍了塑料可保存水分的方法。1950 年保养高尔夫球场的管理者被称为球场总监 (Superintendent)。高尔夫草坪管理纳入了科学的轨道。1950 年自动喷灌系统被引进, 此时球道自动喷灌系统被广泛引用, 这进一步增加了球场的质量和寿命。

(3) 现代阶段高尔夫草坪管理 最初高尔夫草坪研究是 1885 年在美国康涅狄格州的奥尔科特高尔夫草坪公园开始的。研究的内容是选育优良的高尔夫草坪草种。经过大量研究从而发现和首先肯定了翦股颖属和羊茅属的最优品种, 直到今天此种研究仍在进行。1890 年, 在罗得岛大学开始了高尔夫草坪的综合研究, 并得到了许多实质性的结果, 从此, 在美国农业部有关人士的推动下, 许多大学和试验开始了高尔夫草坪的系统研究。

1920 年, 美国高尔夫协会设立了高尔夫草坪部。根据高尔夫球场高尔夫草坪的要求, 在华盛顿附近的阿林顿进行研究, 以后在马里兰州贝尔茨维尔的农业试验站进行了广泛研究。今天, 高尔夫草坪的研究在美国得到了广泛的重视, 并已成功地选育出适用于高尔夫球场不同区域的草种, 这些草种已在世界各地高尔夫球场得到广泛的运用。

在英国, 高尔夫草坪的研究是由皇家和古代高尔夫俱乐部高尔夫草坪委员会对高尔夫草坪的科学研究下达任务。1928 年, 根据该委员会的要求, 成立英国高尔夫球联盟咨询委员会和国际高尔夫联盟。1929 年, 组建了国际高尔夫草坪研究会。高尔夫球的开展对高尔夫草坪科学技术的进步起了积极推动作用。

除上述国家外, 还有如德国、瑞士、丹麦、波兰、加拿大、肯尼亚和南非等国都先后开展了高尔夫草坪研究并设立了相应的研究机构。

中国开始研究高尔夫草坪工作的时间晚于 20 世纪 90 年代初。高尔夫草坪研究首先在深圳大学高尔夫学院展开。其后中国农业大学和北京林业大学也相继开展了研究工作。当前高尔夫草坪研究工作诸如引种、选育、建坪及管理技术的研究在全国范围内得到了一定的开展, 但大部分高尔夫草种仍然依靠进口。

1.3 草坪生物学特性形成学

高尔夫草坪被人类真正认识并加以利用且形成一种产业出现于 20 世纪初期。高尔夫球场是在苏格兰东海岸海滨区域开始应是毫无疑问的。这里早先是大片的牧场, 生长着大量的野生植物, 翦股颖和细羊茅是其中最优秀的高尔夫草坪草代表。因此, 高尔夫草坪的产生是在进行高尔夫开发利用后在人类使用的基础上发展起来的。高尔夫草坪草的生物学特性的形成也正是在天然放牧和击球的基础上发展起来的。因此, 可以肯定地说, 高尔夫草坪草的生物学特性的形成是从牧地植被利用开始的。生长在天然草地上的植物构成了高尔夫场地初级草坪。这种处于初级状态的植物我们称之为初级态。这种处于初级状态的植物我们称之为初级高尔夫草坪植物。

高尔夫草坪植被在经常放牧或收割或践踏下, 为适应外界环境所施加的影响, 为了生存, 必然会射到植物组织内部通过趋同响应来进行新调整, 这种调整是缓慢进行的, 并随着外界条件的改变而改变。根据遗传学原理, 外界逆境可以造就一代新品种,

据此经过长期演变就会产生适应性生物学特性。

收割和放牧是改变不符合高尔夫场地高尔夫草坪草生物学特性的因素之一。其他的因素还应包括人类直接的娱乐活动,如击球。另外,还有生态环境如气候、土壤、生物等。因此,高尔夫草坪草生物学特性的形成应该是上述因素共同作用的结果。

1.3.1 初级因素

1. 放牧和刈割

它在影响形成因素中应该是第一位的。它是将天然植被变成高尔夫草坪的初级因素。放牧和割草对植物的作用是一样的,不同的仅是对植物的刺激程度。放牧除牲畜用嘴啃食牧草外,还应当包括践踏的破坏作用。刈割时人的镇压虽然较轻、较少,但不锋利的刀具仍然会破坏植物,造成大的伤口,增加了病原的侵入。同一块地上,牧地植物的种类是很多的。长期连续地放牧和刈割使一些高位生长点植物如双子叶植物死亡和消失,而低位点植物和禾草类被保留下来。由于长期刈牧的环境,于是它们便获得了能忍受低刈和频刈的特性。

耐低刈的植物首先需要解决的第一个问题就是如何在大部分叶子被刈牧后获得再生性营养,即光合作用问题。现在我们发现大部分高尔夫草坪都具有根状茎、匍匐茎。即使无根状茎、匍匐茎的高尔夫草坪草由于近地面叶较多,加之植物细小,使用剩余的茎叶仍可满足能量供应问题。据观察,夏季亚热带高尔夫草坪植物齐根剪后,20天后仍可恢复原态(马宗仁,1996)。另外,高尔夫草坪草地下根茎十分发达,这些都是能量的贮存库,一旦遇到不利环境立刻会被运输补进。刈牧是现代高尔夫草坪获得低刈、频刈的初级因素之一。

2. 气候

除早期刈牧对高尔夫草坪特性形成的影响外,初级因素中还有气候因素的作用,包括太阳辐射、温度及大气因素、水分和土壤因子。这些因子均通过对初级高尔夫草坪植物内部的生物化学反应施加影响,以及初级高尔夫草坪植物重建趋同回应关系,通过种群竞争关系,适者生存,不适者淘汰。例如初级高尔夫草坪植物为适应大风气候肆虐,逐渐矮化,这在苏格兰东海岸是经常存在的。为抵抗寒冷多形成低生长点特性且多被叶鞘包被。温度和自然光照对初级高尔夫草坪植物的作用是深刻的。于是分化成暖季型和冷季型高尔夫草坪草。暖季型草比冷季型草较少耐阴。水分因子对初级高尔夫草坪植物的作用也具有独特的影响。水是地球上所有生物最重要的生活条件之一。但水在地球上的分布并不是均衡的。植物为了生存,不断的调整内部构造,由此产生了对缺水的种种适应。当然这种抗旱性在种间并不相同。

3. 土壤

土壤是高尔夫草坪草的立地条件,也是草坪赖以生存的基础。植物所需无机养分均来自土壤,然而由于各种环境因素的影响,地球上土壤结构、化学成分并不完全相同。长期适应生活环境,构成了各地域间植物的不同适应性,今天凡已知晓的高尔夫草坪草均能在瘠薄的土壤生长,这也是高尔夫草坪草长期适应环境的结果。

1.3.2 次级因素

次级因素主要指生物因子。生物因子包括病原物、昆虫和人类。这里主要讨论人类对高尔夫场地高尔夫草坪草特性形成的影响。

对高尔夫草坪草特性的形成有助的刈牧作用，如果说是一种无意识的自发行为，那么人类的击球活动则直接导致了有意识培育和养护。最初的培育和养护可能是简单的，如进行简单的修剪、修建简易的排水设施和土壤改良、施肥等，后来随着人类精神文明和物质文明的不断增加，以前简单的养护逐步深化并加以经常性的作业。经过强化管理的初级高尔夫草坪更具观赏性，也更易于利用，此时植物淘汰十分强烈，只有那些特殊的种类保留下来。初级高尔夫草坪植物从自然王国走向必然王国，这就是所谓的高尔夫草坪草。高尔夫草坪在此阶段被进一步利用，通过移植、切剥草皮或播种种子、匍匐茎等方法，在人们需要建造的高尔夫球场建植新的高尔夫草坪。随着现代科学技术的不断进步，人类开始对高尔夫草坪草进行一个重要干预，即高科技育种。目前，培育新的高尔夫草坪的手段和技术已较往日大大不同。这不仅表现在时间短，而且管理水平更具现代化。

1.4 高尔夫草坪形态学

高尔夫草坪营养器官同其他任何高等植物一样都是由细胞构成的。细胞构成的营养器官对高尔夫草坪来说应当包括3个方面的内容：根、茎、叶。这里不进行草坪种子构造及开花结实方面的讨论。

1.4.1 根器官形态结构

一株高尔夫草坪草包括根、茎、叶、穗等部分（图1-8）。根系包括胚根和不定根。胚根也称种子根。它是由种子萌发时胚最先产生的初生根。它的作用是暂时固定幼苗并吸收养料。当苗长到一定时期后，高尔夫草坪草为解决营养问题会连续产生许多侧根来替代胚根行使固定和吸收作用。这些在直立茎下发出的侧根称为不定根。不定根是短命的。最短的不定根寿命只有几天至十几天，长的可达一年以上。不定根的数量和寿命不仅取决于植物自身条件，而且与周围环境的变化有密切关系。一切不利的逆境均可造成不定根的死亡。当外界条件适合时，又会产生很多不定根。不定根的不断死亡和产生将伴随高尔夫草坪终身。

1. 分蘖节不定根

用种子繁殖时，当种子入土不久，首先上胚轴伸长到达地面形成直立茎，下胚轴伸长于地下形成胚根。此后，经过一段时间的发育，主根形成并在直立茎下端即接近地面的主根分蘖节产生不定根（图1-9）。

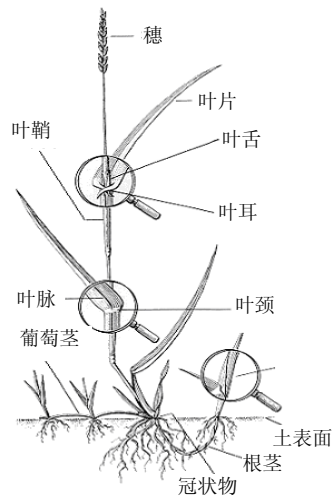


图1-8 高尔夫草坪全株形态结构

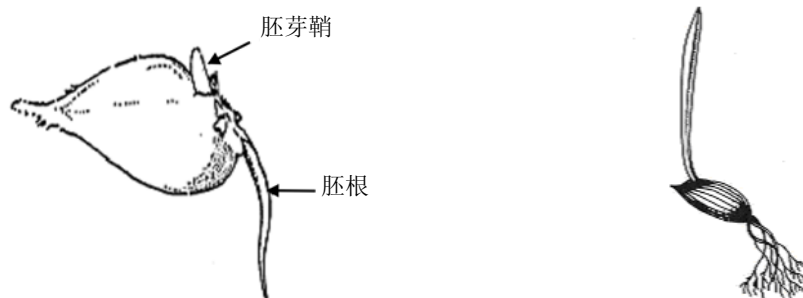


图 1-9 高尔夫草坪匍匐翦股颖种子根系萌发结构

2. 茎节不定根

由匍匐茎和根状茎的茎节产生不定根。

3. 新分蘖节不定根

由匍匐茎产生的直立茎基部的分蘖节上产生不定根。有关不定根产生于匍匐茎节部分以狗牙根为例加以说明。

狗牙根茎非常短，谓之茎节集合或节群（图 1-10）。其不定根产生的规律是：在第一和第二节间能发出两个不定根；在第二和第三节间可产生 1~2 个不定根。狗牙根本身品种很多，这种能力相互间差别很大。另外，该草本身垂直生长要大于水平生长。例如，高尔夫球场果岭区草种 Tifdwarf, Tifgreen 和 Tifeagle 以及其他一些低刈品种发生不定根的能力很强。鉴别这种能力的指针主要以单位株数成坪速度作为标准。

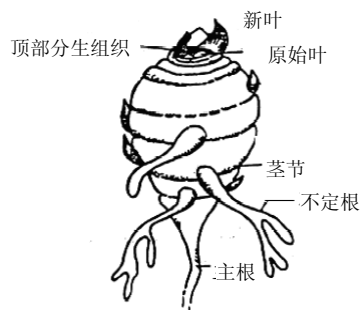


图 1-10 狗牙根分蘖节结构

关于直立茎上发生不定根的研究报告表明（孙吉雄，1989）：直立茎的不定根主要集中在直立茎与匍匐茎交接处，即距地表被土覆盖的部分，即分蘖节。这个地方是直立茎和匍匐茎共同之处。所以由这个地方发出的不定根在归属问题上易发生混淆。直立茎本身的茎节也具备产生不定根的能力。如果不外露的话，这种能力也是相当大的。直立茎上产生不定根的数目随品种、气候而有所变化。

大部分高尔夫草坪草的主根和侧根差异不明显，只是随着草龄的增长出现长短、颜色变化而异，称须根。高尔夫草坪草侧根周围还密生着许多毛状的根系，形态学上称之为根毛。它们的作用是吸养料和水分。一般来说侧根和草坪吸水、吸肥的效率有密切关系。高尔夫草坪打孔透气、施肥、移植和修剪等措施均能促进侧根的发生，一般侧根越多，吸收力越强，成坪速度也越快。

在内部解剖结构上禾草类高尔夫草坪草主要包括：表皮、皮层、内鞘及中柱四大部分，且细节与其他普通禾草相似，故这里不再赘述。

1.4.2 茎器官

高尔夫草坪草的茎器官外形是圆形或椭圆形。由稍突起的节和节间两部分构成。茎上着生叶的部分称为节；相邻两个节之间的部分称为节间。节和节间构成茎。节处内含横隔膜、鞘环和鞘上方的茎环组成。芽即着生于节基部。高尔夫草坪草节间明显，但很短。节间长短因种、位置、生长期和生长条件不同而有所不同。优良的高尔夫草坪草节间应密集或呈累积状。

关于高尔夫草坪茎的解剖结构一般同其他禾草茎的结构相近，由表皮、基本组织和维管束三部分构成。有关详细过程不再讨论。

高尔夫草坪茎的类型包括根颈（分蘖节）、花序主枝、匍匐茎和复合茎。实际上草坪茎的类型也称为草坪生活型，它指草坪生长的外观，它是基因和环境长期作用的结果，与草坪繁殖方式有密切关系。

1. 根颈（分蘖节）

禾草类根颈是主要的分生部位，是一种不伸长的茎。它主要位于地表下端（图1-11）。

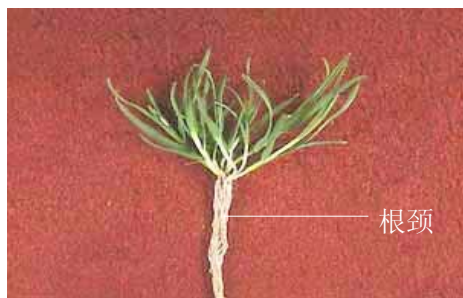


图 1-11 高尔夫草坪根颈（分蘖）结构



图 1-12 高尔夫草坪鞘内生长方式

当植物生长时，茎组织并不明显加长。而正常的顶端生长主要由叶构成。分蘖也称为丛生型，分疏丛型（鞘外生长）和密丛型（鞘内生长）两类。分蘖不像根状茎和匍匐茎，它们在根颈上发育，并在老茎基部叶鞘内形成并向上生长，故称为鞘内生长（图1-12）。疏丛型分蘖从地下1~5cm处分蘖节发生，叶鞘往往松弛，抱茎不紧，分蘖向上倾斜伸出地表，形成疏散的株丛。新株丛是在旧株丛边缘发生，时间一长老株丛中央就会枯死秃顶。此类草坪寿命较短，不能紧密地覆盖地面，草质粗糙，如黑麦草和高羊茅。密丛型分蘖自近地表分蘖节发生，叶鞘紧紧抱茎，分蘖新枝与老茎平行伸出，形成稠密的株丛。株丛中心贴近地表，外围耸起，时间一长老株丛中央就会枯死秃顶。此类草坪寿命较长，能形成紧密草丛，草质细密，如细羊茅和翦股颖。

高尔夫草坪要维持多年连续生长，仅靠单株是不行的。因为单株寿命仅为一年或更短的时间。这时就需要新茎叶来代替它，新茎叶的产生来自于分蘖。母株根状茎上幼株也能形成分蘖。新分蘖的连续出现，保证了高尔夫草坪年复一年生长不息。

分蘖的结果使高尔夫草坪在一定的面积内加大了新芽数。芽的出现和扩展逐渐形成很密的草丛，最后草丛相互连接覆盖整个地面。与根状茎及匍匐茎蔓延能力比较，

分蘖的扩展能力较为缓慢,如果一块高尔夫草坪仅依靠分蘖能力来构造高质稠密的高尔夫草坪其速度是相当缓慢的,除非一开始就有足够的播量。

分蘖速度一般以春、秋两季最快。另外适当的修剪通常能促进分蘖的形成。

2. 花序主枝

当禾草类高尔夫草坪进入生殖阶段时,产生延伸茎,即花序主枝。花和种子长在花序主枝的顶端(图1-8)。

3. 匍匐茎

有些高尔夫草坪有横向或水平茎,这些茎均来自于母株的根颈,以穿过鞘外生长的方式平行伸出,也称鞘外生长(图1-13),其茎谓之匍匐茎。匍匐茎生长也称为匍匐型或蔓生型(图1-14),分根状茎和匍匐茎。根状茎从地下约2~5cm处的根茎萌

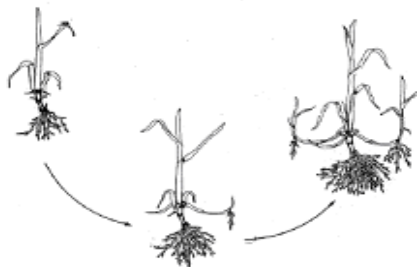


图1-13 高尔夫草坪鞘外生长方式



图1-14 海滨雀稗的匍匐茎生长

发,沿地下水平生长,似地上茎,具节和节间,节上留有退化的鳞片叶,叶腋内有腋芽,可发育成地上枝(图1-15)。新地上枝又能形成新的根状茎,于是,在地下形成新老相连的网络根系组织,地上则形成连片的植株组织。匍匐茎贴近地表与地面平行生长,也有部分深入到地表下生长。节有地生根,节上芽产生地面直立新茎。新直立茎又会产生新匍匐枝延地表蔓延,匍匐茎产生的新节为复合节。匍匐茎的叶茎和根在复合节上形成。在节上可生一至数芽,萌发再形成茎、叶,形成复杂的分支系统。匍匐茎能使草坪迅速扩展,侵占地面。匍匐茎是草坪草成坪迅速和耐践踏性高低的主要鉴定指标。

4. 复合茎

很多草坪是上述几种茎型的结合型,称为复合型。狗牙根为“根状茎-匍匐茎-疏丛型”;草地早熟禾为“根状茎-疏丛型”;匍匐翦股颖为“匍匐茎-密丛型”。但在这些组合中,各种茎型并非均匀的生长,而是以其中某个根茎为主,其他处弱势。如匍匐翦股颖主要以分蘖为主,匍匐茎很弱;狗牙根以匍匐茎为主,根状茎处于弱势。复合型草坪兼具各种根茎,优势互补,能很快成坪。

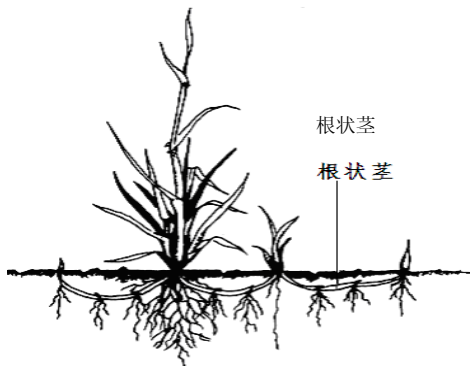


图1-15 高尔夫草坪根状茎结构

1.4.3 不定芽

不定芽的生长和发育对高尔夫草坪质量很重要。高尔夫草坪不定芽有3种类型：匍匐茎型不定芽、直立茎型不定芽以及分蘖芽。

(1) 分蘖芽 前已讨论，这里不再赘述。

(2) 匍匐茎型不定芽 关于匍匐茎型不定芽的产生方式以结缕草为例加以说明(孙吉雄, 1989)。结缕草匍匐茎节有一定程度的突起，这部分是由极其靠近的节组成。若从这一节群的基部向前的1~2节可发现在第一节和第二节上 180° 的方向上各自生长着一个固定芽。这个芽就是此后新直立茎的雏形。第三节上的不定芽通常是不起作用的，称休眠芽，但此芽存在着形成新茎的潜能。例如当直立茎由其匍匐茎相连处断开时，残存下来的固定芽就会因营养条件的改变，打破休眠萌发成新茎。一般来说，结缕草匍匐茎节群最多只能形成两个直立茎。不过有时还能观察到由一个节群上长出两个以上的直立茎。

(3) 直立茎型不定芽 它产生的新茎一般有两类即直立茎和匍匐茎。前已叙及，新的匍匐茎产生来自于母株直立茎的根颈。刚产生时以直立茎的方式生活，经过一段时间后转变为匍匐茎。另外，母株直立茎产生许多新的直立茎。这些新茎的产生来自于母株直立茎正常叶下集合节上的不定芽。不过这些不定芽处于抑制状态。一旦解除抑制，多数可形成第二次直立茎(图1-16)。

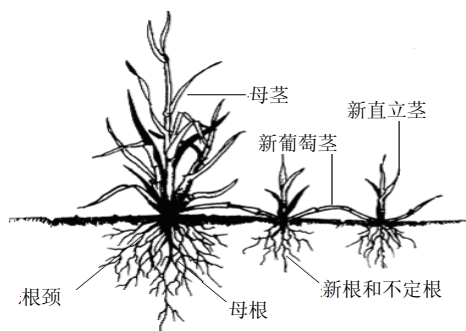


图1-16 母株直立茎新的直立茎和匍匐茎结构

1.4.4 叶器官

禾草类高尔夫草坪的叶器官一般由叶片、叶鞘、叶舌和一对叶耳构成。

叶片呈绿色扁平为条形或狭带形。上有纵列平行脉称叶脉，叶鞘狭长抱茎，起保护、输导和支持作用。叶鞘和叶耳间存在一个膜状突起物即为叶舌。它可防止水分、昆虫和病菌落入叶鞘内(图1-8)。

1.4.5 花序组织

花序是禾草的开花部分。种子在花序上形成。花序发育于花序主枝的顶部(图1-8)。为防止高尔夫草坪草产生种子须定期修剪。通过定期修剪可使花序在种穗形成前就被剪掉。但有些草如一年生早熟禾和狗牙根即使修剪得很低，也可产生种子(表1-1, 表1-2)。高尔夫草坪孕穗主要是植物在外力下改变了生长向，发生繁育环境转移的结果(马宗仁, 2000)。

表1-1 留茬高度(cm)对狗牙根孕穗率(%)影响

球场	自然态	7	4	1.3~2	0.3~0.6
深圳沙河	9.5	6.5	3.0	1.5	0.7
东莞长安	10.5	7	3.5	2.0	1.0
汕头金海	10.3	7.5	4.5	3.0	1.4

表 1-2 留茬高度 (cm) 对狗牙根种子成熟度 (%) 影响

球场	自然态	7	4	1.3~2	0.3~0.6
深圳沙河	48	28	14	5	0.8
东莞长安	50	31	15	7	1.0
汕头金海	53	33	16	8	1.3

马宗仁 (2000) 指出, 狗牙根 419 生长向改变主要是剪草机本身自重长期修剪时镇压的结果。值得提出的是在高尔夫草坪管理中应严禁高尔夫草坪结籽。草坪结籽会形成种子进而抑制新茎叶的生长, 主要营养都供应于有性繁殖, 营养生长则处于抑制态; 开花结籽后会减短分蘖寿命; 果穗的出现会损害整齐均匀的高尔夫草坪外貌。

1.5 高尔夫草坪生态生理学

高尔夫草坪草的生长和发育与环境的变化有着密切的关系。所有自然的或人工诱导的环境因素均能影响高尔夫草坪的品质和特性。影响高尔夫草坪生长发育的环境因素是很多的, 如气候、生物和土壤等。它们对高尔夫草坪的影响是多方面的。它们不仅对高尔夫草坪发生作用, 而且此类因素内部也发生相互作用。因此, 高尔夫草坪品质的高低、群落的稳定性等均的是高尔夫草坪与环境间共同作用的结果。

1.5.1 高尔夫草坪生态学

气候对高尔夫草坪的影响随季节的变化发生和发展。光照、气温、风等因素直接对高尔夫草坪施加影响。太阳辐射到高尔夫草坪表面对高尔夫草坪的品质、活力和色彩产生很大的影响。

1. 光照

高尔夫草坪面接受的日辐射量由直射光和散射光两部分组成。高尔夫草坪草由部分直立茎和匍匐茎构成, 光线一直能透射到下部草层。高尔夫草坪叶量丰富、稠密, 光合作用利用的光能据研究在 50% 左右。高海拔区紫外线照射十分强烈, 高尔夫草坪植物过多的接受紫外线照射会呈现叶硬, 根部增粗。在低海拔地区常因不良天气和紫外线的减少而影响高尔夫草坪草的生长。光照对高尔夫草坪草影响的一个因素是日照或光周期。光周期主要影响高尔夫草坪的有性繁殖过程, 如冷季型高尔夫草坪草在短日照下不能开花结实。

短日照下的高尔夫草坪密度和分蘖明显增加。叶、枝条、根茎、匍匐茎变短, 呈现平卧生长的习性。冷季型高尔夫草坪草如早熟禾在长日照下呈直立型, 但在短日照下匍匐性增加。

光照对高尔夫草坪草品质的影响大多数是直接的。但也有部分因周围环境的改变而影响了光因素, 进而间接地影响高尔夫草坪草。例如树木等通过遮阴改变光强度而对高尔夫草坪草产生影响。但这种趋同回应应在高尔夫草坪是不同的。叶张角较大的高尔夫草坪即使在辐射较弱的光照下也能生存。在适当减少光照后, 高尔夫草坪草的叶子趋向薄而长形化。大量的实践证明: 遮阴导致高尔夫草坪柔嫩, 抗逆性减弱。

2. 气温

它是影响高尔夫草坪生长发育的另一个气候因素,也是用来决定建植高尔夫草坪和引种的重要原则。气温与地表日辐射热量有关。依地域不同而产生差异。气温除与纬度所引起的日辐射的不同外,还受海拔高度、地形地势、大气环境等诸多因素的影响。另外,还受地球自转的影响而产生周期性的变化。根据气温的周期性年变化可将地球分为热带、亚热带、温带和寒带四个气温类型。

气温通常用强度来度量。主要测定太阳辐射到地球上经地球物表吸收热能转移运动后的热量。这种运动转化的方式包括蒸发、辐射、传导和对流。

蒸发在高尔夫草坪草上主要表现为蒸腾。植物通过蒸腾将体内液态水分转化成气态水,蒸腾主要有气孔和角质层蒸腾两种。据研究,高尔夫草坪草吸收的水分大约90%以上被蒸腾掉了。高尔夫草坪通过蒸腾提供吸水的动力和自身冷却。

高尔夫草坪草可将吸收的太阳能以释放长波光的方式反射到大气中,从而提高大气湿度。热能也可以通过彼此接触物的分子进行热转移。高尔夫草坪吸收的热量可由毗邻的土壤颗粒向下转移。通过大气分子将高尔夫草坪体热转移到附近空间。另外一个热转移途径是对流,在高尔夫草坪热转移中辐射的影响程度大于对流,对流大于蒸腾。蒸腾则大于传导。气温对高尔夫草坪草生长发育的影响可用生长三基点温度和积温来表示。三基点温度直接影响着高尔夫草坪的生长发育。它规定了高尔夫草坪草生长的温度范围。特别对有害昆虫、菌类的发育繁殖也有极重要的影响,进而对高尔夫草坪进行直接或间接的影响。

积温对高尔夫草坪草正常生长发育也有着重要的影响,根据积温就可在大致确定高尔夫草坪适宜的引种和建植范围。气温制约着高尔夫草坪草生长的建植分布且与异地高尔夫草坪种引入及建植方法、养护方法有着极重要的关系。

3. 湿度

湿度作为环境要素其效果不如太阳辐射和气温明显。但如与温度结合对高尔夫草坪则产生较大的影响。在实践中,通常多用相对湿度来表示大气湿度,湿度受降雨量的影响,也受风、日照、地表状态影响。湿度对高尔夫草坪的影响主要是增加了病虫害,间接地影响了高尔夫草坪草的生长。高温加高湿是导致病虫害大面积发生的前提条件,应密切注意这一现象。

降雨与气温一样是决定建植高尔夫草坪、管护管理的一个重要环境因素,降雨为植物生长提供了充足的水分,但过多过少的降雨对植物均产生不利的影响,降雨一方面有助于植物营养元素的吸收,但养分也会因降雨流失,过量的降雨是病虫害产生的诱导因素。

4. 风

风对于高尔夫草坪的影响是明显的。风能促进夏季高尔夫草坪表面上高热、高湿的转移和降低,进而减少某些病害的发生。不过风也是杂草种子、病原物、尘埃的携带者,从而导致高尔夫草坪伤害。特别是大风会引起植物理化危害,不过总的来说,高尔夫草坪坪面较低,高尔夫草坪草本身具有抗逆形态构造,受风危害较少。

5. 土壤立地条件

土壤是草坪赖以生存的基础环境和立地条件。高尔夫草坪一旦建成都希望保持多年,并保证高尔夫草坪能良好地生长和发育,大量的实践证明:这主要与土壤环境有关。良好的土壤能为高尔夫草坪根系提供一个合理的生长发育环境。只有根系发达才能维护一个优质长久的高尔夫草坪。

土壤环境因子对高尔夫草坪草的影响主要通过土壤结构、土壤化学反应、土壤养分、水分及氧气来实现。

合理的土壤构造,适中的 pH,充分的土壤养分,适当的养分供应和畅通的土壤空气都能促进高尔夫草坪草的优质化;反之,土壤 pH 过酸、过碱、过涝、过早、贫瘠坚硬的土壤结构均能引起高尔夫草坪质量的过早退化。

高尔夫草坪是一个较稳定和完备的人工生态群落。在群落中除高尔夫草坪草外,还有杂草,动物区系如鸟、昆虫和线虫,微生物区系如细菌、真菌。此外还应包括人类的活动。

(1) 杂草 在高尔夫草坪中杂草是影响高尔夫草坪生长的一个重要因子。杂草与高尔夫草坪间激烈地争水、争肥、争光。通常来说,杂草生长十分旺盛,常常超过高尔夫草坪草的生长,在狗牙根组成的高尔夫草坪中,莎草是一种竞争十分强烈的杂草。它的生长常常超过狗牙根的 2~3 倍,且侵入性极强。如不及时防除,低洼区或积水区在短期内很快就会被侵占。

(2) 树木 对高尔夫草坪的影响主要的是遮阴问题,高尔夫草坪草因光照不良抑制了其生长,常常高尔夫球场见到以树木根系为中心的高尔夫草坪草衰退圈。圈内高尔夫草坪生长不良,甚至枯死。不过这种情况多与树种、树高、分枝、密度等因素有关。

(3) 昆虫 在高尔夫草坪中无论地上或地下都有大量的昆虫栖身和活动。附近森林、耕地栖身的昆虫也常常在高尔夫草坪中出现。其中有些危害高尔夫草坪,有些却是昆虫的天敌。

(4) 鸟类 在高尔夫草坪上常常见到大批食虫鸟类。它们出现一方面食掉有害昆虫,遗留粪便,但也因掘食土壤深层昆虫造成坪面损坏,影响击球。总之,鸟类对于高尔夫草坪是益大于害。

(5) 线虫 属于高等动物区系的一个重要构成部分,它们栖身于自然界,以生物为主。土壤是线虫栖身的主要场所。此外动植物体也能寄生一部分。寄生线虫与高尔夫草坪关系密切。它们多寄生于土壤下 5~10cm 的根系层内。并通过外寄生性刺伤和内寄生性吮吮来伤害高尔夫草坪植物。18~23℃是线虫活动盛发温度,3~6 月和 9~10 月对高尔夫草坪危害严重。

(6) 微生物 大气和土壤存在着多种多样的微生物。土壤微生物包括细菌类、放线菌类、丝状菌类、担子菌类、酵母菌类、藻类、原生动物等。

在微生物区系中,细菌数量最大,包括自养和异养两种类型。自养菌有益于高尔夫草坪。自养菌可从 CO₂ 中直接获得能量;自养菌还可将许多营养元素转化为可供

态形式，从而为高尔夫草坪提供养分。异养菌从有机物中获得碳素营养。它们是分解有机物并为高尔夫草坪提供营养物质的主要低等生物之一。然而也有相当一部分细菌危害高尔夫草坪，它们能引起多种高尔夫草坪多种病害。

真菌依其营养过程可分为寄生性、腐生性和共生性三大类。寄生性真菌是高尔夫草坪致病的主要病原物，腐生性真菌有益于高尔夫草坪枯残叶的分解，是高尔夫草坪有机营养物质来源的重要提供者。

6. 人类

对高尔夫草坪群落演替起重要作用的因素莫过于人类。人类对高尔夫草坪的影响包括对高尔夫草坪的利用和培育等实践活动。

人类对高尔夫草坪培育主要包括刈剪、灌溉和施肥。适当的修剪、灌溉和施肥均能提高高尔夫草坪的持久性和质量；反之，不正确的修剪、灌溉和施肥将缩短高尔夫草坪使用寿命。

高尔夫草坪利用指人类对所建高尔夫草坪的使用或活动。人类对高尔夫草坪培育的终极目标即使用。使用即意味着对高尔夫草坪破坏，无论是多是少都将引起高尔夫草坪质量衰退。

1.5.2 高尔夫草坪生理学

细胞是构成所有生物的最基本的结构单位。通过功能相同的细胞构成组织，再由不同组织构成生物体。例如，高尔夫草坪草地部和地上部就是由细胞组织所构成的。

关于高尔夫草坪生理学主要讨论高尔夫草坪生长生理和营养构造生理。

1. 高尔夫草坪生长生理

分生组织（生长点）是高尔夫草坪生长生理最主要的部分。分生组织能使高尔夫草坪迅速分裂和扩大。高尔夫草坪体积的增大就是由于分生组织活动的结果。关于这一点在高尔夫草坪的根系尖端和叶端最为明显。禾草最重要的分生区称为根颈。所有新的生长都从根颈开始。根颈位于植株基部，靠近土壤表面，与叶子、根系和茎相连并有叶鞘包被着生长点。

高尔夫草坪尽管经常修剪，但仍然正常生长。因为叶子被剪后还可继续生长，其原因在于分生组织位于土表并受到很好的保护不易被剪去。剪掉的部分仅仅是叶片较老化的组织。

保护根茎是高尔夫草坪管理极为重要的任务之一。因为只要植株的生长点保持活力，高尔夫草坪的叶子和根系即使受到损害也能继续生长并以新生的组织代替死亡的组织。如果根颈受到损害，植株难以复生。这对于根颈为扩繁的高尔夫草坪来说尤为重要。

2. 高尔夫草坪营养生理

高尔夫草坪生理学研究的内容极为广泛。其中光合和呼吸是最重要的内容之一。高尔夫草坪生长所需要的养料和能量是光合和呼吸作用直接作用的结果。

（1）光合作用 绿色高尔夫草坪通过太阳能，使 CO_2 和 H_2O 结合并形成碳水化合物并释放能量的生物化学过程称之为光合作用。这种反应发生在含有叶绿素的细胞

内。虽然茎也有叶绿素，但光合作用主要是在叶内进行的。

光合作用所需之水来源于土壤， CO_2 来源于大气。反应时，植株释放出氧气和水进入大气。单糖有的立即被使用有的储备起来。

(2) 呼吸作用 它是光合作用的逆反应。主要将光合作用所制造的糖类进行生物氧化并释放出能量的过程。

呼吸作用发生于所有活细胞内，养分连续消耗转变为能量。虽然呼吸作用对草坪生存是必需的，但它是一种消耗反应。从养分中释放出来的大量能量在反应时作为热量损失了。

高尔夫草坪是否正常生长关键在于光合作用和呼吸作用二者的平衡关系。当光合作用的速度超过呼吸作用时，草坪健康生长；当呼吸作用较大时，消耗加快，生长速度就会变慢。如果光合作用停止或降低时，高尔夫草坪便进入休眠状态，叶子外观呈现枯黄或棕色。当出现有利生长条件，高尔夫草坪便再度开始生长。

(3) 光合和呼吸平衡与生长关系 主要受环境制约。如冷季型草在仲夏温度高时常进入休眠状态；暖季型草在冬季时期也常进入休眠状态。

储藏养分是高尔夫草坪延续生命的重要特征。高尔夫草坪所储备的养分是植株生长时未能利用的养料。当光合作用速度很快，而新茎叶生长最小时，养料积累最多；当新茎叶生长速度快且呼吸作用高时，养分消耗最快。这些未消耗掉的碳水化合物便储于茎、根颈和根系内。

储藏养料主要用于维持养分负平衡时草坪生长，例如春季萌发、病虫和其它他不良因素侵害时，均需依靠贮存的碳水化合物来恢复生长。

了解高尔夫草坪的生长生理和营养构造过程对高尔夫草坪管理是很重要的。例如：暖季型草在夏季生长旺盛，光合作用和呼吸作用均很强烈，此时植株最感缺肥，也是植株最大需肥期。因此整个夏季需要多施肥。然而暖季草因夏季高温、高湿等不良天气易发生各种病害，且多施肥能加重病害过程，这就需要制订一个合理的施肥计划和相应的施肥技术。

总之，暖季型草生长的最适宜温度是 $27\sim 35^{\circ}\text{C}$ ， 20°C 以下减缓， 13°C 左右基本停止生长。不过在强制管理下， 7°C 仍能缓慢生长（马宗仁，1996）。马宗仁（2002）研究了高尔夫球场暖季型狗牙根在冬季气候条件下冬枯原因和防止技术。认为狗牙根冬季枯黄是一种浅休眠生物学现象，并在入冬前 20 天施重肥和灌溉即可打破浅休眠，维持狗牙根冬季生长和全年绿期。许多冷季型草 6 月底、7 月到 8 月初不需施肥或少施。因为冷季型在仲夏高温季节生长速度减慢，这是由于叶片减少、引起光合作用效率降低以及呼吸作用增加的缘故。这时增加施肥即为无效施肥。

对于遮阴处的高尔夫草坪应适当提高留茬高度。因为遮阴下高尔夫草坪光合作用相对弱。提高留茬高度能补偿其减少的阳光量。当剪草高度提高时，植株留下较多的绿色叶片。这种额外的叶面积增长了植株截取阳光和生产养分的能力。

1.6 高尔夫草坪分类学

高尔夫草坪草的分类即部分禾草的分类。高尔夫草坪分类标准主要是依据生态学、植物学等特征作为分类依据。

1.6.1 高尔夫草坪草分类系统

高尔夫草坪草产生是以实际应用而开始的。因而它的分类体系目前所见到的主要以植物形态学和生态学来进行划分，归纳起来，大致有下述三种分类体系。

1. 生态分类系统

(1) 分类依据 温度和水分。

(2) 类群 冷季型和暖季型高尔夫草坪草。

(3) 类群分布 暖季型草主要分布于热带和亚热带，冷季型草主要生活于温带和寒带。

(4) 生物学特征 暖季型草最适生长温度为 $27\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，要求雨水充沛，不耐冻，但耐瘠薄。具匍匐茎，主要以根茎繁殖，很少结籽或结籽不多，具有多年生长能力，如狗牙根、海滨雀稗等。

冷季型草最适生长温度为 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，耐寒，主要行种子繁殖，匍匐茎和地下茎不发达。具多年生长能力，如早熟禾、翦股颖、黑麦草、细羊茅等。

2. 植物分类系统

(1) 分类重要依据 科属。

(2) 类群 根据实践和理论证明：高尔夫草坪仅属于上述禾本科三亚科、三族、七属中极少数种类。

(3) 类群分布 分布广泛。

(4) 生物学特征 高尔夫草坪草具发达的根系、耐践踏和耐刈，易形成致密的高尔夫草坪。属于这类高尔夫草坪的有狗牙根、海滨雀稗、早熟禾、翦股颖、黑麦草、细羊茅、高羊茅等。

3. 形态学分类系统

(1) 分类重要依据 质地和高度。

(2) 类群

① 质地：宽叶高尔夫草坪草和细叶草坪草。

② 高度：低型高尔夫草坪草和高型草坪草。

(3) 类群分布 分布广泛。

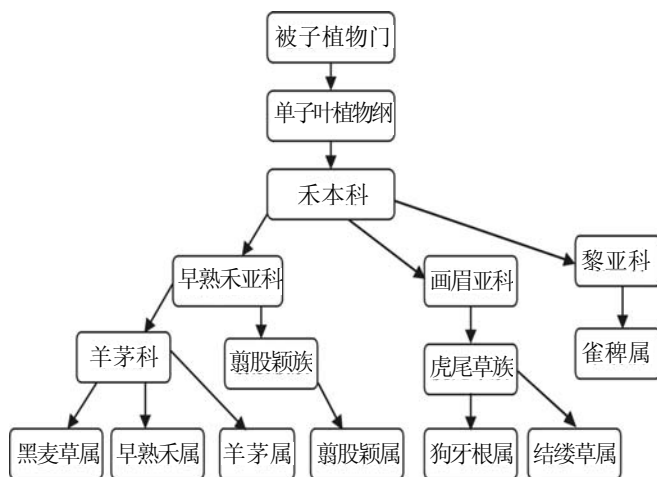


图 1-17 高尔夫草坪草植物分类系

(4) 生物学特征。

① 宽叶高尔夫草坪草：草叶宽粗、生长强健、适宜性强，适用于较大面积的高尔夫草坪地，如高羊茅、海滨雀稗、黑麦草等；

② 细叶高尔夫草坪草：茎叶纤细、生长较弱，要求光照充沛，土质良好，如细羊茅、狗牙根、早熟禾及翦股颖等；

③ 低型高尔夫草坪草：一般高度在 20cm 以下，可形成低矮致密高尔夫草坪。具发达的匍匐茎和根茎，耐践踏、管理方便。大多数种类适应于我国夏季高温多雨气候条件。多行无性繁殖。常见种有海滨雀稗、狗牙根等。

④ 高型高尔夫草坪草：株高通常为 20~100cm。一般播种繁殖、速生。多呈密生型草类，无匍匐茎和根茎。常见的草种有早熟禾、翦股颖、黑麦草、高羊茅等。

1.6.2 重要的高尔夫草坪草

根据实践和理论证明：高尔夫草坪仅属于上述禾本科三亚科、四族、五属中极少数种类。这些已使用数百年的高尔夫草坪为狗牙根、海滨雀稗、早熟禾、翦股颖、黑麦草、细羊茅、高羊茅等种或其他品种。现根据高尔夫草坪生态学分类系统逐个进行讨论。

1. 暖季型高尔夫草坪草系

(1) 狗牙根属 (*Cynodon Richard*)

① 总况概述：约 10 种，500 多品种。广布于世界各地，纬度从 45°N~45°S，垂直分布从海平面至海拔 3 000m 左右。我国主要分布于热带、亚热带和暖温带地区。气温低于 10℃时停止生长，7~10℃时变为棕黄色。最适生长温度为 27~35℃。适应各种土壤，偏酸性最好；要求排水良好，湿度大。高尔夫球场流行和常见的草种包括 Tifway419、Tifgreen328、Tifdwarf328、Tif Eagle。

1960 年于美国佐治亚州农试场育成 Tifway419。1956 年于美国佐治亚州农试场育成 Tifgreen328，1965 年育成 Tifdwarf328。

狗牙根构成了暖季型高尔夫球场草坪第一大系列草种。Tifway 419 是球道主要草种，Tifgreen328、Tifdwarf 328、Eagle 为果岭区草种。

② 坪用性状：多年生、性喜温暖潮湿、匍匐茎非常发达；低矮，自然高度 5~10cm；质地细，叶宽 1~3mm；色泽佳，浓绿；密度稠；蔓延性极强、匍匐扩展能力高、恢复力强、不耐阴、抗热耐旱能力强；抗病虫、盐、冷能力中等；垂直生长高于水平生长比例，易产生芜枝层。兼具无性和有性繁殖。

Tifway419 质地细密、色泽深绿、易孕穗或开花结实。形态柔软，易受外力作用，向地生长；Tifgreen328，该草是普通狗牙根 (*Cynodono daryeylo*) 与非洲狗牙根 (*Cyndono transvaolensis*) 杂交后的子代中分离的杂交种。3 倍体无果实草。匍匐茎节短、叶纤细、叶色深绿、质地佳、耐践踏、恢复能力强、蔓延生长迅速、耐热、需肥量大。耐刈剪，可剪至 0.4~0.6cm。易感病害和虫害，易形成枯草层。

Tifdwarf 是天堂草 Tifgreen 328 的变种，也是 3 倍体无果实草。同其母体 Tifgreen 328 有许多相似的特性。不过需肥较少，秋季时间至冬季低温季节茎叶紫色较明显。

Tifeagle 是美国遗传学家 Wayne Hanna 于 1988—1990 年期间通过 C_{60} 伽马辐射处理 Tifway2 所产生的变异草种, 该草即为老鹰草。而 Tifway2 则是 Tifway419 的变种。1996 年已在美国南方 25 家球场果岭中使用, 后在南美洲、亚洲、非洲及太平洋岛国开始试种。中国 1999 年引入汕头中信球场, 翌年引入东莞峰景球场。该草突出的优点是能修剪至 3mm, 草面摩擦系数小于 Tifdwarf, 球滚动速度更快。该草与 Tifdwarf 同比坚韧、弹性好、抗病性更高、枯草层少, 但需要更高的管护量。

③ 高尔夫球场果岭区狗牙根草坪管护: 留草高度 3.0~5.5mm, 每天修剪, 垂直切割 1 次/周。施肥量 N 为 0.25~0.69kg/100m²/生长月, 其中速效 N 为 0.1~0.25kg/100 m²/10~15 天, 迟效 N 为 0.25~0.69kg/100m²/20~30 天。P 肥根据土壤化验决定施量。K 肥 2~4kg/100m², 生长季分 4~6 次施入。土壤 pH 要求 5.5~6.5。每天灌溉, 每次根据干旱气候情况进行, 春夏季 10~15min/天, 秋冬 5~8 min/天。铺沙 2~6 次/年, 春、夏末为佳。打孔 2~6 次/年, 切开 3 次/年, 春末、夏初、早秋进行, 避免高热时期进行。

梯区留草高度 7.6~15mm, 修剪频率 2~3 次/周。施肥量 N 为 0.25~0.69kg/100 m²/15~30 天。P 依土壤情况定, 春秋两季施入最好, 打孔后更好。K 为 2~4kg/100m²/年, 整个生长季分 2~4 次施入。pH 要求 5.5~6.5。灌溉春夏 1 次/1~2 天, 灌溉量春夏 15 min/天, 秋冬 5~8 min/天。铺沙 4~8 次/年, 根据需要进行。生长季可垂直切割 2 次, 打孔和切开 2~6 次/年。

球道短草区留草高度 1.3~2.5cm, 修剪频率 2~3 次/周。施肥量 N 为 11~45kg/生长月。P 依土壤化验决定。K 通常为 N 的 50%~70%。土壤 pH 要求 5.5~6.5。灌溉 1 次/1~2 天。初级高草区留草高度 3.8~5 cm。修剪频率 1 次/5~10 天。次级高草区留草高度 3.8~10 cm, 修剪 1 次/7~14 天。施肥量 N 为 50kg/hm²/年。P 为 25kg /hm²/年。K 为 35 kg/hm²/年, 不经常灌溉。

(2) 雀稗属 (*Paspalum* L)

① 总况概述: 约 300 余种, 20 多品种。发现于南北纬度 30°的沿海地区, 原产于非洲和美洲。现广泛分布于世界热带和亚热带地区。气温低于 13℃时停止生长, 10℃以下时叶片部分变紫色枯死。种类达 300 个以上, 耐低温能力具明显差异, 最适生长温度为 25~38℃。适应各种土壤, 尤喜海滨和含盐的潮汐湿地。各种适应有明显差异。高尔夫球场流行和常见的草种包括海滨雀稗 (*Paspalum vaginatum* Swartz), Tropic Shore, FSP I, FSP II 和 H II。

海滨雀稗 (*Paspalum vaginatum* Swartz) 原产于美国佐治亚州海岛, 后引至佛罗里达州和夏威夷岛屿。Tropic Shore 育成于美国夏威夷岛, 从该岛高尔夫球场筛选分离育成。FSP I 和 FSP II 育成于美国佛罗里达州, 从该洲高尔夫球场筛选分离育成。H II 育成于美国。

海滨雀稗构成了暖季型高尔夫球场第二大系列草坪草种, 且渐有超越狗牙根之势。*Paspalum vaginatum* Swartz, Tropic Shore 和 FSP I, FSP II 主要作球道草种, H II 主要作果岭草种。

② 用性状：多年生、性喜温暖、兼具匍匐茎和根状茎，根系庞大、密集；自然高度 10cm，叶宽 1~6mm 不等；非常耐盐，抗寒差，耐阴中等，耐水涝，耐热抗旱，对银元斑块病非常敏感，一年四季终身携带。耐低刈，芜枝层增加很快。

海滨雀稗 (*Paspalum vaginatum Swartz*) 多年生、兼具匍匐茎和根状茎，根系庞大密集；自然高度 10cm，质地很宽，叶宽 4mm，非常耐盐，抗寒差，地上部叶片 13℃ 开始受冻，叶尖枯死。耐阴中等，耐水涝，耐热抗旱，对银元斑块病非常敏感，匍匐性比例远远高于垂直比例，易形成密集草层和致命的芜枝层，兼具无性和有性繁殖，普遍开花结籽，种子产量 50~80kg/亩。

H II 质地很细，抗热抗旱，耐低剪，根系庞大，坪面易暴突根梗，可剪至 3mm 左右。目前仅见我国珠海东方高尔夫球场果岭区。

③ 尔夫球场果岭区海滨雀稗草坪管护：留草高度 3.0~4.5mm，每天修剪，垂直切割 1 次/周。施肥量 N 为 0.25~0.60kg/100m²/生长月，其中速效 N 为 0.1~0.25kg/100m²/10~15 天，迟效 N 为 0.25~0.60kg/100m²/20~30 天。P 肥根据土壤化验决定施量。K 肥 2~4kg/100m²，生长季分 4~6 次施入。土壤 pH 要求 6.5~7.5。每天灌溉，每次根据干旱气候情况进行，春夏季 10~15min/天，秋冬 5~8 min/天。铺沙 2~4 次/年，春、夏末为佳。打孔 2~6 次/年，切开 4 次/年，春末、夏初、早秋进行，避免高热时期进行。

梯区留草高度 7.6~12mm，修剪频率 3 次/周。施肥量 N 为 0.25~0.60kg/100m²/15~20 天。P 依土壤情况定，春秋两季施入最好，打孔后更好。K 为 2~4kg/100m²/年，整个生长季分 2~4 次施入。pH 要求 6.5~7.5。灌溉春夏 1 次/1~2 天，灌溉量春夏 15min/天，秋冬 5~8min/天。铺沙 4 次/年，根据需要进行。生长季可垂直切割 4 次，打孔和切开 2~6 次/年。

球道短草区留草高度 1.3cm，此草层易受银元斑块病侵害，但抗杂草，能形成密集草坪。1.3cm 以上留茬高度易受杂草危害。留茬高度 1.6cm 以上很易开花结籽。修剪次数生长季 1 次/2 天。初春、冬季 1 次/3~4 天。草坪致密，疏草 1 次/月或 2 月；根系密集发达，兼匍匐茎和根状茎，需切开和打孔 1 次/2 月，打孔后易包埋沙粒，形成硬壳，不易散开。易感染银元斑块病，间隔喷灌海水可减轻症状并减轻杂草和虫害侵扰。属于耐肥草种，但需控制，否则易形成致密草层，为此，春夏秋适量，冬前重施。施肥量 N 为 10~35kg/hm²/生长月。P 依土壤化验决定。K 通常为 N 的 45%。土壤 pH 要求 6.5~7.5。灌溉 1 次/1~2 天。初级高草区留草高度 2~2.5 cm。修剪频率 1 次/3 天。次级高草区留草高度 3.8 cm 以上。修剪 1 次/7~10 天。施肥量 N 为 50kg/hm²/年。P 为 25kg/hm²/年。K 为 35 kg/hm²/年，不经常灌溉。

2. 冷季型高尔夫草坪草系

(1) 早熟禾属 (*Poa* L.)

① 况概述：约 200 余种，500 多品种。广布于世界温带、寒带和亚热带地区，热带稀有。5℃ 开始生长，最适生长 15~22℃，-10℃ 生长正常，32℃ 以上枯死。在排水良好，土壤肥沃的湿地中生长良好。冷季型高尔夫球场流行和常见的草种包括草地早熟禾 (*Poa pratensis* L.Sp.)、一年生早熟禾 (*Poa annua* L.)。

草地早熟禾和早熟禾原产于欧亚大陆和亚洲冷凉湿润温带地区。它们已构成了温带地区高尔夫球场主要草坪草种，草地早熟禾为球道草种并以混合种植方式为主。一年生早熟禾常用于过渡地带果岭冬季补播草种。

② 用性状：多年生或一年生、根状茎；草层自然高度 10~50cm，叶宽 1~4mm，质地中到上等；耐践踏居中。性喜温暖湿润、喜光耐阴或较耐阴、耐寒性强、抗热抗旱能力各异、高温高湿易患病；夏季炎热期间生长停滞，秋凉后生长茂盛。

草地早熟禾根状茎疏丛型，自然高度 20~50cm，叶宽 2~4mm，5℃开始生长，最适生长 15~27℃，-9℃不枯黄，32℃以上生长减缓。耐旱中等，耐寒能力强，轻度遮阴，耐践踏，适应微酸至中性土壤生长，能耐 pH8.7 左右的碱土。高温高湿易感染病害。根状茎根系能深入 20cm 土层并形成絮结。抗热中等，越冬率 50%。行种子繁殖，播量 10~15g/m²，孕穗甚多，6 月成熟。播后 10 天萌发，30~60 天后成坪。也可无性繁殖，以草卷或草坯栽种。再生能力强。

早熟禾根状茎禾草。自然高度 8~21cm，一年生或越年生。叶宽 1~4mm。-10℃能正常生长，耐热差，温度达 25℃以上枯死。喜潮湿，抗旱能力不高。喜光，也耐遮阴，不耐水淹，耐瘠，抗寒，高质草坪需要加大施肥量，最适土壤 pH5.5~6.5，适应 pH 范围 5~7.8。行种子繁殖，播量 15~20g/m²，孕穗甚多，6 月成熟。播后 60 天成坪，修剪高度 1.5~4cm，最低 0.5cm。

③ 尔夫球场球道区草地早熟禾草坪管护：修剪高度 1.5~2cm。修剪次数 2 次/周，高草区混合播种修剪 1 次/7~10 天。施肥量纯氮 20~40kg/亩/生长季，磷 12~25kg/亩/生长季，钾 5~10kg/亩/生长季。按春秋两个时期施入。短草区 3~4/周，高草区不经常灌溉或 2 次/周，粗放管理。

一年生早熟禾通常用于过渡地带果岭冬季补播材料。实践中补播通常在第 1 次预期的酷霜前 20~30 天进行，也可测定土壤温度来决定补播时期。一般是 10cm 处的温度在 21℃时或者中午气温稳定在 21℃以下时进行补播效果最好。

James B. Beard (1982) 提出的冬季果岭补播方法为：多个方向垂直切割，切割深度至少 6mm；移取高尔夫场地 7.6mm，不能少于 6.4mm 直到种子完全长好，这个时间大约是 2 个月，草坪碎片种前 1 星期进行；如需可使用杀真菌剂；播种、少量覆沙、覆盖、浇水并保持潮湿；修剪高度应保持在星期或种子开始分蘖，修剪应尽量少，不要移取草末，会带走种子，果岭表面保持干燥或中等水分最好；2~3 星期后少量施肥；人流量会损害种子发芽，可按 9 洞轮流播种，或播后关闭 2~3 星期，特别是渗透不好，应高量播种。另外一些在播后可立即打球。每天移动洞杯应尽可能分配均匀，以防践踏造成高尔夫场地草坪受损。春季到来后应在春初多方向和多次垂直切割。

翌年在 2 月中旬或月底应采用超低剪、划破破坏生长点。早熟禾不耐高温，温度超过 25℃后会很快消失。

早熟禾在热带或亚热带常成为暖季型高尔夫草坪的一种很难根除的杂草，结籽能力很高，整个生长季节种子均能成熟。

(2) 黑麦草属 (*Lolium L.*)

① 况概述：约 8~10 种或变种，100 多品种。广布于欧洲、亚洲、非洲温暖湿润地区。-10℃生长正常，15℃以下即受冻害，最适生长 20~27℃，大于 35℃生长不良，39℃以上枯死。越冬和越夏均在 50%左右。土壤条件要求不严，但在潮湿、肥沃的土壤中生长良好。冷季型高尔夫球场流行和常见的草种包括多年生黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 和一年生黑麦草 (*Lolium multiflorum* L.)。

多年生黑麦草和一年生黑麦草原产于欧亚非大陆湿润温带地区。它们已构成了温带地区高尔夫球场主要草坪草种，多年生黑麦草为球道草种并以混合种植方式为主。一年生黑麦草常用于过渡地带果岭冬季补播草种。

② 用性状：多年生或一年生、性喜温暖、弱根状茎或疏丛型，须根，根系庞大、密集，入土 15cm，靠分蘖扩繁。自然高度 50~70cm，叶宽 0.5~6mm；耐盐中至高，抗寒中上，耐阴中等，不耐水涝，耐热低或高，抗旱中等偏上，抗病中等偏上。不耐刈。生长速度快。耐践踏能力中等偏上。

多年生黑麦草疏丛型、弱根状茎，自然高度 20~50cm，叶宽 3~6mm，0~10℃生长正常，-15℃以下发生冻害，最适生长 20~27℃，大于 35℃以上生长减缓。39℃以上枯死。靠分蘖扩繁。遮阴中等，耐热、耐寒、耐盐、抗旱、抗病虫、耐践踏能力中等偏上。适应微酸至中性 pH6~7.2 左右的土壤生长。须根根系能深入 15cm 土层并形成絮结。抗热中等，越夏率不到 50%。行种子繁殖，播量 25~35g/m²，孕穗甚多，6 月成熟。播后 4~7 天萌发，70~100 天后成坪。修剪高度 3.8~6.4cm。

一年生黑麦草疏丛型禾草。自然高度 50~110cm。叶宽 0.5~1mm。最适生长温度 16~27℃，耐热差，温度达 25℃以上即枯死。喜潮湿，抗旱、耐盐、耐遮能力中等。喜光，抗寒，抗践踏、抗病虫能力中等。高质草坪需要加大施肥量，最适土壤 pH6~7，也适应 pH 范围 5.3~8.5 的土壤。行种子繁殖，播量 10~15g/m²，孕穗甚多，6 月中旬成熟。播后 60 天成坪，修剪高度 1.5~4cm，最低 0.5cm。

③ 尔夫球场球道区多年生黑麦草混播草坪管护：修剪高度 1.6~2cm。修剪次数 2 次/周，高草区混合播种修剪 1 次/7~10 天。修剪高度 3.8~6.4cm，剪后外貌差。施肥量纯氮 20~40kg/亩/生长季，磷 12~25kg/亩/生长季，钾 5~10kg/亩/生长季。按春秋 2 个时期施入。短草区 3~4/周，高草区不经常灌溉或 2 次/周，粗放管理。

一年生早熟禾通用于过渡地带果岭冬季补播材料。补播技术及管护参考一年生早熟禾。

(3) 翦股颖属 (*Agrostis* L.)

① 总况概述：约 200 种，300 多品种。原产于欧洲、北美西海岸、南美西南部等。性喜温和湿润，0℃缓慢生长，最适温度 20℃左右，15~30℃能充分生长，-40℃下仍能安全越冬，温度达 35℃时停止并枯死。土壤适宜 pH5.5~6.5，排水良好、湿润肥沃的沙质壤土生长最好。冷季型高尔夫球场流行和常见的草种包括多年生匍匐翦股颖 (*Agrostis stolonifera* L.) 的 2 个品种 pennncross 和 putter。

Pennncross 和 putter 是从匍匐翦股颖中选育出来的，pennncross 育成于 20 世纪 60 年代，putter 是美国辛普老公司杰克林种业 90 年代末育成，是目前最新品种和质量

最好的匍匐剪股颖草种。它们已构成了温带地区高尔夫球场第一大系列草种。Pennncross 常用于为球道草种，可纯种，也可混合其他草种混播。目前 putter 常用于冷季型高尔夫球场果岭草种。

② 坪用性状：多年生、性喜温暖湿润、疏丛型兼弱匍匐茎，根系密集，入土 5cm 左右，主要靠分蘖扩繁。自然高度 20~30cm，叶宽 1~5mm；耐盐、抗病虫、耐热能力中等偏低，病害严重。抗寒能力很高，耐阴、耐践踏能力、抗旱中等。恢复能力强、扩展性好，能在受伤后短时间内迅速覆盖地面，耐盐性好。坚实土壤上生长不良。适宜的土壤 pH5.5~6.5。播量 8~10g/m²，耐低刈，适宜修剪高度 0.5~1.5cm。

Pennncross，多年生，疏丛型兼弱匍匐茎，根系密集，入土 5cm 左右，主要靠分蘖扩繁。自然高度 30cm，叶宽 1mm；耐盐、抗病虫、耐热能力中等偏低，枯萎病严重。抗寒能力很高，耐阴、耐践踏能力、抗旱中等。恢复能力强、扩展性好，能在受伤后短时间内迅速覆盖地面，耐盐性好。坚实土壤上生长不良。适宜的土壤 pH5.5~6.5。播量 8~10g/m²，耐低刈，适宜修剪高度 0.5~1.5cm。

Putter 疏丛型兼弱匍匐茎，根系密集，入土 5cm 左右，主要靠分蘖扩繁。自然高度 20cm，叶宽 0.5mm，色浓绿；抗病虫能力强，褐斑病、币斑病、枯萎病严重。抗寒能力很高，耐阴、耐践踏能力、抗旱中等。耐热性强，恢复能力强、扩展性好，能在受伤后短时间内迅速覆盖地面，草层低矮密集。耐盐性好。坚实土壤上生长不良。适宜的土壤 pH5.5~6.5。播量 8~10g/m²，耐低刈，适宜修剪高度 0.3~1.5cm。该草是目前最新品种，可广泛用于果岭、梯和球道播种。

③ 冷季型高尔夫球场果岭区 putter 管护：留草高度 3~5.5mm，7 次/周。垂直切割 1 次/周。施肥量 N 为 0.25~0.35kg/100m²/生长月，其中速效 N 为 0.05~0.15kg/100m²/10~15 天，迟效 N 为 0.25~0.35kg/100m²/20~30 天。P 根据土壤化验决定施量。K 肥 1.5~2.5kg/100m²，长季分 4~6 次施入。pH 要求偏酸性 5.5~6.5。灌溉 7 次/周，春夏每次 15min，秋 5~8min。铺沙 2~4 次/年，春秋进行。打孔 2~3 次/年，春末或早秋进行，避免高热时期进行，切开 2~4 次/年。

梯区 Pennncross 留草高度 12mm，修剪 2~4 次/周。施肥量 N 为 0.13~1.38kg/100m²/15~30 天；P 依土壤情况定，春秋两季施入最好，打孔后最佳。K 为 2~2.5kg/100m²/年，整个生长季分 2~4 次施入。土壤 pH 要求 5.5~6。灌溉 1 次/1~2 天，灌溉量春夏 15min，秋季 5~8min。铺沙 2~4 次/年。生长季垂直疏草 2 次。打孔和切开 2~6 次/年。

球道短草区 Pennncross 留草高度 1.3~2.3cm。修剪 2~3 次/周。施肥量 N 为 90~180kg/hm²/生长季，分 2~4 次施入。P 依土壤化验决定。K 通常为 N 的 50%~70%。土壤 pH 要求 5.5~6.5。灌溉 1 次/1~2 天。

初级高草区留草高度 3.8~5 cm，修剪 1 次/5~10 天。次级高草区 8~10 cm，修剪频率 1 次/7~14 天。施肥量 N 为 90kg/hm²/年，P45kg/hm²/年，K45 kg/hm²/年，不经常灌溉。

(4) 羊茅属 (*Festuca L.*)

① 总况概述：约 100 种，200 多品种。广布于温寒地带和热带、亚热带高山区域，一般生长于冷暖交替的过渡地带。4℃可缓慢生长或种子即可萌发生长，最适温度 20℃左右，15~30℃能充分生长，可耐 38℃短期左右高温，35℃以上生长不良并逐渐停止生长和枯死。−15 或−30℃能安全越冬，排水良好的沙质土壤生长最好。冷季型高尔夫球场流行和常见的草种包括高羊茅（*Festuca arundinacea* Schreb）和细羊茅（*Festuca ovina* L.）。高羊茅常用于高尔夫球场高草区，以混播方式为主，细羊茅用于球道短草区或高草区。

② 坪用性状：多年生、性喜温暖湿润或冷凉湿润，疏丛型或密丛型，须根，根系庞大、入土深，扩繁较快，主要靠分蘖，但也有一些短而弱的根状茎；质地分粗糙丛生型和细密型。耐旱、耐寒、耐盐碱、耐酸性土壤，抗高热，耐践踏、耐阴性中等、恢复性差。土壤适宜 pH4.7~9.5。

高羊茅性喜温暖湿润，自然高度 60~100cm。须根、疏丛型、粗壮，入土深，主要靠分蘖扩繁。质地为粗糙丛生型。叶宽 4~7mm。耐寒、耐旱、耐热，能在−15℃越冬，最适生长温度 15~30℃，温度 34℃以上严重受阻。适应各种土壤，pH4.7~9.5 均能生长，最适 pH5.5~6.8。播量 30~40g/m²，播后 4~5 天出苗，45 天成坪。留茬高度 4~5cm，修剪后外貌很差。

细羊茅性喜冷凉湿润，自然高度 15~25cm。须根、入土深，主要靠分蘖扩繁。质地为细密丛生型，草坪致密。叶宽 0.3mm。耐寒、抗霜冻、耐旱、耐热，能在−30℃越冬，最适生长温度 15~30℃，温度 38℃以上严重受阻。适应各种土壤，pH5.2~7.5 均能生长，最适 pH6.6~6.8。尤喜沙质土壤。播量 15~20g/m²，播后很快出苗，45~60 天成坪。留茬高度 2~4cm，2cm 以下对生长不利。

③ 冷季型高尔夫球场高草区高羊茅管护：留草高度 4~5 cm，修剪 1 次/5~10 天。次级高草区 5cm 以上，修剪频率 1 次/7~14 天。施肥量 N 为 50kg/hm²/年，P 为 35kg/hm²/年，K 为 25 kg/hm²/年。每年分春季、播秋或末冬初施入，适当灌溉和施肥可要延长绿期。温暖条件下，空气潮湿易患病，很快死亡。高温下，如干旱 15 天以上，也可导致大量植株死亡，须经常灌溉。

冷季型高尔夫球场球道短草区细羊茅管护：留草高度 2.0~2.5cm。修剪 2~3 次/周。施肥量 N 为 45~90kg/hm²/生长季，分 2~4 次施入。P 依土壤化验决定。K 通常为 N 的 50%~70%。土壤 pH 要求 6.6~6.8。灌溉 1 次/1~2 天。

1.7 高尔夫草坪品质评价

James B. Beard (1982) 提出六项果岭草坪质量标准，即均一性、光滑性、坚韧性、弹性、低剪性、无草丘。均一性、光滑性、坚韧性、弹性对果岭是适用的，它见证和描述了果岭的基本竞技特征。但低剪性、无草丘似乎专对草种而言，与果岭本身运动特征没有太直接的联系。虽然并没有专门论述密度，但均一性、光滑性本身是对竞技密度的高度概括。而坚韧性、弹性是对竞技提出的要求，它强调养护必须服务于运动本质。因此，这个六项标准对高尔夫球场果岭草坪是恰当的。高尔夫球场除了果

岭外,还包括其他草坪区域如梯、球道短草区、高草区。至今尚未见到类似标准或整个高尔夫球场草坪评价标准。

高尔夫草坪不同于景观草坪,它在照顾视觉的前提下,还要兼顾竞技特征。仅仅采用果岭草坪评价标准是不全面的。应该制定一个全面的高尔夫草坪评价标准,即除了果岭外,还应该包括其他草坪区域如梯、球道短草区和高草区。

马宗仁(1996)提出了四项评价指标体系,概括起来讲,即光滑、适密、匀整、浓绿。实际上这四项指标体系是对高尔夫草坪均匀性、密度、质地和色泽的抽象概括,确切地讲,主要是结合竞技特征和高尔夫草坪质量的双方状况来提出的,下面将对四项指标体系进行简要的讨论。

1.7.1 光滑

光滑是指球道短草区和果岭高尔夫草坪表面的特征。它是高尔夫草坪如果岭、梯区和球道短草区质量的主要评价指标。光滑度的好坏取决于质地、密度以及修剪等因素的影响。光滑度差的高尔夫草坪将降低球滚动的速度和持续时间,从而降低击球困难度。光滑度可目测,但较准确的测定方法是用测速棒来检测。对于高球场来说,国际惯用美国高尔夫协会推荐用于比赛的果岭区速度标准。

1. 测速棒检测方法

1976—1977年美国高尔夫球协会果岭管理分会采用测速棒工具对全美36个州,1500个球场进行了各种季节不同特征果岭速度测定,后提出果岭速度标准,并被世界各种大赛接受(James B. Beard, 1982)。

测速棒(*Stimpmeter*)是完成果岭速度测定的重要工具。它是一个0.9m长的V形棒。一般在测试时,球放于76cm处的刻痕线处,然后将此段抬升,从水平线开始,当抬高与地面水平 20° 时,球就开始滚动,这能确保V形铝槽内球滚动的速度相同。当不用时,可小心放于塑料盒子中。注意:槽口轻微的损坏均可影响测定精确度。

(1) 测定程序

① 测定前准备如下物品:3个比赛用高尔夫球、3个梯标记、笔记本、5m的卷尺。

② 选择约 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 的水平果岭区域:选择平坦的区域取样是让测速棒水平放置在果岭上并将球放稳在V形槽中,球的运动将表明该区域是否平坦。

③ 测试:在选定的区域边缘附近插上梯标记并作为测试开始点。手握住槽口刻痕线末端,另一端放置在标记附近,瞄准想要测定的方向,然后将球放在槽口刻痕线处,慢慢抬,直到球滚出触地槽口,此种过程要重复多次,至少两次以上。

④ 测试球重复间距:测定区域所有3次或3个球滚动间距应保持在20cm左右。如果出此范围,原因为:测速棒的抬升不均匀;所选择的面积可能因视力误差造成不够平坦;或测速棒的结构有问题;或存在一些其他不寻常的情况。在上述任何情况下,超过20cm间距的测试均会变得不准确,记住应重复3次。

⑤ 滚动长度计算:假如在上述所描述的20cm球距左右的范围内停下来,需要计算重复球组平均滚动长度,并在平均滚动长度处或停留点插上第二个标记,两个标

记之间的距离就是第一次重复滚动的长度。

⑥ 重复程序③：将第二个标记作为开始点，第一个标记作为目标点，换句话说，所有参加测试的3个球沿着相同的线路反方向再测试一遍，由此建立第一个系列长度。

⑦ 重复程序④：由此建立第二个系列长度。

⑧ 计算：统计第一个系列的测定长度和第二个系列的测定长度并求其平均值。在求测定长度平均值以前应注意：第一次和第二次重复中的长度的差异大于45cm的话，所获平均值的准确率会有问题，可能是所选测试区不太平整或代表性不大。在此情况下，建议选择另外的区域和重复测试。有时一个果岭可能严重不平或很陡斜以致难以应用这些区域，数据记载应务必明确反映这一情况。对于狗牙根来说，要减取15cm滚动长度。

（2）数据记载

测定和计算结果要加上气候及果岭状况描述的基本数据。

选择合适的水平测试区域是重要的。测定上斜坡或下斜坡会导致错误的结果。测试条件很重要。果岭应该在最佳条件下测试，即修剪干净、无风、表面光滑；一旦建立基本的速度，那么，不寻常的天气如多风、潮湿、无修剪、有铺沙、一天之中任何时间、施肥前后等的速度也可进行校正处理。数据累积对理解不同作业条件下果岭速度的影响和果岭均匀性有重要意义。测速棒的使用经验将对增加准确率具有一定的影响。显然，完整和准确的记载是必要的。测速棒技术是高尔夫球场总监在生长季节经常使用的一种监测果岭生长动态的工具。它可用于监测各种不同类型的作业对果岭速度的影响，并用来确定和采用各种作业措施满足会员期望的果岭速度。

2. 美国高尔夫协会果岭速度标准

美国高尔夫球协会果岭管理分会在1976—1977年对全美36个州，1500个球场进行了各种季节的果岭速度特征研究。表1-3是研究结果。这个表并不是完美的，还在发展，并试图建立一个可供各种赛事试用的标准。对果岭速度标准的制定应该通过不同的俱乐部对当地条件、预算和可期望的打球标准来制定。

表1-3 美国高尔夫协会果岭区速度标准

果岭区相对速度	平均滚动长度 (m)	
	平常比赛 (m)	锦标赛 (m)
快	2.6	3.2
中快	2.3	2.9
中	2.0	2.6
中慢	1.7	2.3
慢	1.4	2.0

1.7.2 密度

密度是衡量高尔夫草坪质量最重要的指标之一。密度的大小取决于高尔夫草坪种类、自然环境和养护水平。

1. 影响因素

(1) 高尔夫草坪草种 对高尔夫草坪密度起的作用很大。对于具有匍匐或根状的高尔夫草坪种类来说,其构成的高尔夫草坪都能达到高密度。暖季型草中的狗牙根、海滨雀稗构成的高尔夫草坪密度最大;冷季型草中翦股颖建成的高尔夫草坪也能达到密集毯状的高尔夫草坪密度。

(2) 自然环境 自然环境一般包括日照、水分、养分和土壤。良好的自然环境对高尔夫草坪密度通常起加成作用,逆境则起相反的作用。

(3) 养护水平 在草种一定的情况下是密度大小的决定因素。特别肥料水平起的作用更大。

在根系良好情况下,高氧、理想水分,无致病生物、昆虫等侵扰下,高尔夫草坪草的密度能达到极密。低刈能增加高尔夫草坪密度,低刈可刺激休眠芽的萌发、增加新茎枝数。

(4) 比赛 对球员来说,密度不是越密越好。致密会增大摩擦系数,反而降低滚动速度,很难达到比赛要求。合理的击球密度是保留 3/4 的高尔夫草坪即可,但必须均匀。对于高尔夫草坪养护人员来讲,要学会区分高尔夫草坪学密度和竞技学密度,二者切不可混为一谈。因此,四项指标体系(马宗仁,1996)提出将稠密修改为适密是着眼于竞技考虑,也是高尔夫草坪科学学术质的飞跃。

2. 高尔夫草坪密度测定方法

高尔夫草坪密度的大小可用目测法来感觉。但较为正规或标准的测定方法是统计单位面积上新生茎或芽的数量,也可用晶体管光密度计来测定。此外,也可用盖度来估测。一般来说,盖度越大,密度越高。但盖度存在掩盖均匀性问题。在使用盖度的前提下,需要用目测法进行基本校正。

日本人采用 8cm 钢制圆筒打孔,测出其中植株数并用单位面积茎芽数表示。但在果岭上采用 8cm 孔钻太粗,可改为 2cm 较为适宜。这种方法虽然简单易行,但必须进行多点测试,要求重复性多,选点要具有代表性。另外,需要有竞技密度对比值作参考。

总之,在高尔夫草坪学中,适密是描述四项指标体系最重要的指标之一。对于果岭来说,适密还蕴涵着光滑、匀整、弹性、产草量、生根量等内容在内。因此,它是高尔夫草坪质量评价中最有说服力的指标。

1.7.3 匀整

匀整不同于光滑,它是对高尔夫草坪整体的最高技术概括,是对高尔夫草坪坪面的全面估价。高质高尔夫草坪表面均一、无裸露地、杂草、病虫害污点、烧斑,生育型、颜色颇为一致。实际上高尔夫草坪匀整受质地、密度、草类、颜色、刈剪高度等条件影响。

1. 影响因素

(1) 质地 指高尔夫草坪形态学特征而言。具体来讲,是指高尔夫草坪表面粗糙度或细致程度。主要用叶的宽窄来表示。由于高尔夫草坪功用目的不同,建坪时选用不同质地的高尔夫草坪是关键指针之一。通常认为,叶愈窄品质愈优。优质高尔夫草

坪草叶宽为 1~3mm。

(2) 刈剪高度 降低刈剪高度是增加匀整指标的管护措施之一。刈剪高度降低后,能迫使高尔夫草坪改变生活习惯而横向水平生长。

(3) 施肥 施肥的匀整性、肥料种类都能影响匀整指标。施肥不均会造成轻重不同的颜色出现,从而影响视感,进而影响匀整指标。

2. 匀整测定方法

马宗仁(2005)提出评价高尔夫草坪匀整指标的目测法,它依草坪表面斑点和颜色 2 个均匀指标所占的百分数为依据分为 5 级制,即 1(优)、2(良)、3(合格)、4(基本合格)、5(不合格)级。如 1 级草坪表面基本无斑点,颜色浓绿,几乎达 95%~100%。又如 5 级草坪表面斑点突出,绿色少,所占比例大于 60%。具体测定时,随机抽样一块 1m² 大小的草坪面积,均匀分成 4 份,然后根据斑点和颜色 2 个均匀指标进行目测即可,整个过程须重复 3 次。

表 1-4 高尔夫草坪 5 级制匀整指标标准

5 级制	优	良	合格	基本合格	不合格
匀整指标	95~100%	85~95%	75~85%	60~75%	大于 60%

1.7.4 颜色

颜色也是用以评价高尔夫草坪质量高低的重要指标之一。高尔夫草坪颜色来源于光线反射。通过高尔夫草坪吸收和反射并为人眼感受而引起。然而,高尔夫草坪颜色依草种季节、肥料等有所不同。一般而言,高尔夫草坪颜色变化从浅绿、深绿到浓绿。在高尔夫草坪发育的早期和晚期,此种差异将更为明显。一般来说,禾草类高尔夫草坪越绿品质越高。暗绿色好于淡黄色。色泽不鲜或出现其他颜色,可能是缺乏氮素、干旱或温度的影响。病虫害也可导致退绿。有些草种正常情况下颜色并不鲜绿,但生长却很健壮,这点是草种间差异问题,并非病症。不过在建坪时应加以注意。

评价高尔夫草坪草的颜色不仅包括程度问题,还包括绿期长短。绿期越长,颜色越稳,说明高尔夫草坪品质越高,绿期主要与管护管理有关。适当的管理会构成理想的颜色和持久的绿期。管理不当均会造成高尔夫草坪草失绿或不正常的颜色。

1. 影响因素

(1) 肥料 颜色过深,可能意味着 N 素过多。反之,亦然。颜色浅淡,也可能是干旱或病虫害、温度、元素拮抗,甚至基因差异所致。

(2) 管护水平 管护水平对高尔夫草坪草颜色有很大的影响。钝刀易造成伤口参差不齐,刀口泛白或黄棕色出现。

2. 测定方法

评定高尔夫草坪颜色的传统方法是测定叶绿素含量。最简便的方法是测定高尔夫草坪顶部反射光数量。通常反射光量越少品质越高。可用接触或非接触叶绿素和草坪颜色测定仪进行,有关具体测试见第 11 章。

第2章 高尔夫草坪土壤科学

土壤是一切生物赖以存在的最重要的物质基础。对高尔夫草坪来说,土壤是氧气、水分、养料等植物生存元素发生作用的载体和平台。土壤也固着高尔夫草坪根系,从而对高尔夫草坪起机械支撑作用。但是,高尔夫草坪土壤与一般农学土壤和景观草坪土壤具有本质上的差别,它具有自己鲜明的特征。

本章主要讨论高尔夫草坪土壤科学四个方面的问题:即高尔夫草坪土壤理论、高尔夫草坪土壤化学、高尔夫草坪土壤改良和高尔夫草坪土壤基质类型。

2.1 高尔夫草坪土壤理论

2.1.1 高尔夫草坪土壤概念

高尔夫起源于苏格兰东海岸沙滩地。因此,沙性或沙性成分是高尔夫草坪赖以生存的土壤主要特征。所以,高尔夫草坪土壤概念最初就是 Links 土壤的概念。随着高尔夫球的发展,参与人数的众多,数量和面积有限的 Links 开始变得紧张。于是人们开始寻找新的打球领域,然而最初阶段在英格兰先后建立起来的几十座高尔夫球场质量表现非常糟糕。于是人们相信只有在 Links 上才能建立高尔夫球场的结论。但也有少数人不相信这种结论,并继续探索适宜内陆型球场发展的地形。他们进行了艰苦地研究,首先注意寻找与 Links 相似的环境,即石楠丛特征。经过较长时间的工作,于20世纪初在英国伦敦西南部寻找到了不少于100km长的球场适宜地,这里生长繁茂的石楠丛灌木。人们检讨过去失败的原因:认为致密的黏土壤,没有排水等情况是导致草坪质量不高、场地积水、打球困难的主要因素。同时也发现石楠丛区域具有真正的“高尔夫故乡”的气候和土壤条件。

石楠丛荒芜地可以建成与 Links 一样的高尔夫球场,关键原因在于土壤条件。石楠丛土壤均是沙性类土壤,沙性类土壤具有很好的排水特性,因此,排水是导致高尔夫球场质量高低的重要原因。实践也确实证明,自1890年以来在非石楠丛荒芜地即各种地形所建造的内陆球场均证明,保证排水是维护高质球场、延长球场寿命的根本要求。这直接导致了人们对草坪立体条件土壤的改良改造,也就是说内陆球场如无 Links 或石楠丛的土壤条件,也可由人工进行创造。目前,包括亚洲在内的大部分地区,为了保证沙性土壤条件,在内陆球场黏质土壤上铺设大量沙子就是受到 Links、石楠土壤特质的影响。

因此,高尔夫草坪土壤与一般农学所谓的土壤存在本质的差别,也与景观草坪土壤概念不同。高尔夫草坪土壤是指一种含沙量至少达70%以上的沙质壤土(马宗仁,2005)(图2-1)



图2-1 苏格兰高尔夫球场原始沙质土壤

(依据 Links 球场、沙土性质或定义决定)。

按照土壤条件, 高尔夫球场类型可分为 2 类:

Links 与内陆球场。但必须注意: Links 土壤是天然的, 内陆球场是经过人工改造后的沙性土壤, 它是在 Links 土壤的启发下而形成的。在我国均在人工改良、沙含量达 95% 以上的沙质土壤上建造高尔夫球场。

2.1.2 土壤特征

研究 Links 土壤或各种土壤条件下的内陆球场, 其目地就是了解以固相存在的土壤特征如土壤质地、土壤结构和土壤层次等。以便更好的提出正确的土壤管护计划、提高和改善原来的土壤特性。

1. 土壤质地

土壤质地是指土壤中沙粒、粉粒和黏粒的含量或比例。三个粒径数量百分比决定着质地类别。粒径 0.05~1mm 的为沙粒; 0.05~0.005mm 为粉粒; 0.005~0.001mm 为泥粒。小于 0.001mm 的为黏粒。

一般按粉粒、沙粒和黏粒含量或比例将土壤分成砂土、壤土和黏土三个质地类型。其间可分成许多小类(图 2-2)。例如, 沙质壤土含有 70% 沙粒、15% 的粉粒和 15% 的黏粒。

(1) 沙质土 即沙粒占 70% 以上的土壤(广布于我国华北平原、陕北、青海、新疆、内蒙及各地沿海河流域)。

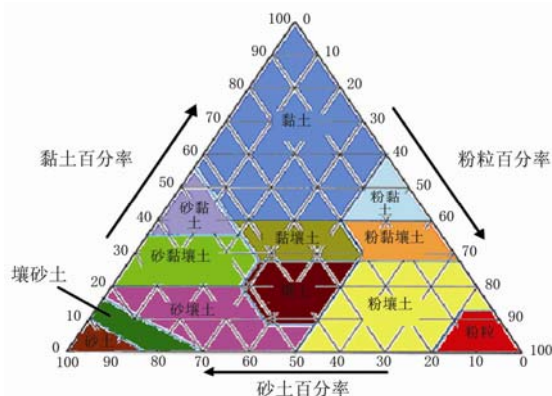


图 2-2 土壤质地类型

根据马宗仁(2005)对高尔夫草坪土壤概念的描述, 沙质壤土是建造高尔夫球场的基本土壤, 在我国主要集中在干旱区域。其他地区土壤只有依靠人工进行改良。沙质壤土的优点是通透性好、排水能力强; 缺点是保水保肥能力差。因此, 高尔夫草坪养护管理应采用常规和特殊养护相结合的办法进行: 主要方法为“少量多次”施肥和灌溉; 施入大量的、充分发酵的纯或掺有沙土的有机质肥。

(2) 壤质土 沙粒占 20%~40%, 黏粒占 30% 以下的土壤(广布于华北、松辽平原、珠江三角洲、长江中下游平原及南方丘陵区等地)。壤质土的特点是通透性好、保水性好和供肥保肥能力均强。由于高尔夫球场经常存在着践踏的特征, 目前高尔夫

场地不直接作为草坪土壤介质。

(3) 黏质土 黏粒超过 30%以上的土壤。黏质土的特点是质地细、黏重致密、保水保肥能力极强、氧气流通很差和 pH 不适合。由于高尔夫球场经常存在着践踏的特征，目前高尔夫场地不直接作为草坪土壤介质。

2.1.3 土壤结构

根据农学土壤结构的概念是指矿物质颗粒的排序。在土壤中颗粒很少单独存在，而是互相胶结在一起形成大小不等的团聚体。这些聚体组合排列一块就称为土壤结构。

农学土壤结构概念认为：土壤中最好的结构是团粒结构。此种结构保水保肥能力都很好，而且通气性高。然而自然界此种结构并不普遍，即使熟化土壤也是如此。其原因大多是由于管护管理不当，例如不正确的耕作措施和土壤太湿时都会导致已有的团粒结构破坏。

根据马宗仁(2005)对高尔夫草坪土壤的概念，上述农学土壤结构概念不符合高尔夫草坪土壤结构的概念，因为高尔夫球场的土壤结构基本是由沙性土壤构成的，而且比较均匀。沙性土壤本身在较干的情况下呈团散状态，团聚体特征不明显。为了减少肥料、农药和水分的结构损失，从 20 世纪 60 年代起，日本人在果岭尝试采用腐殖质或植物有机体来建造生长层。这也是模拟农学概念的团粒结构而采取的办法，目前已形成固定的果岭结构。对于建造历史较久的球场，球道也往往会在草坪表层形成一层芜枝层，也具有生长层的类似作用，但是，较厚的芜枝层具有副作用。另外，沙性土壤本身即使采用水洗沙也往往存在着少量泥土的可能，并受周围雨水的冲刷，混杂泥土的可能性更大。但不论如何，高尔夫球场的土壤结构可分为两个比较明显的结构类型：Links 和内陆型。

1. Links 土壤结构

主要存在于海岸一带，含有 95%以上的沙含量。排水、通透非常好。这些地区受海洋气候的影响，往往灌溉的时间很短，大部分时间靠自然降雨已足够草坪生长。如英国苏格兰高尔夫球场草坪即属于此类(图 2-3)，它每年仅在 4~5 月发生干旱。中国海南地区临近海岸线的球场也有类似特征，但干旱的时间较长，需要 5 个月。这类由纯沙构成的草坪立地条件的土壤结构具有沙性散乱的特征。由于高尔夫球场存在灌溉系统，浇水及时，生长层处于湿润状态，散乱结构不易显现。

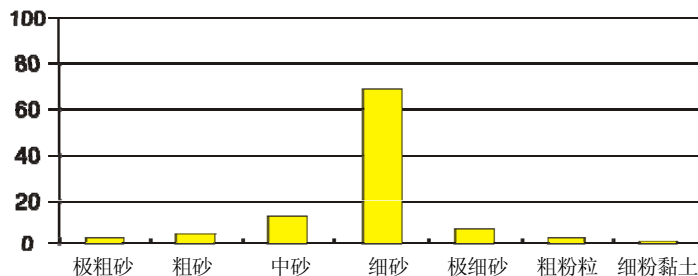


图 2-3 苏格兰安德鲁斯高尔夫球场草坪土壤组成

2. 内陆型土壤结构

可分为2种类型：英国苏格兰型和中国型。前者含30%以上的黑土（图2-4），后者为纯人工改造型，所含沙量很高，基本接近Links土壤结构。但不同是中国型结构往往会人为建造一层表生长层，一般由有机体、腐殖质等类似物构成，厚约10cm。英国苏格兰型土壤结构与沙质土结构相似。

2.1.4 土壤层次

土壤层次包括球道土壤剖面
和果岭土壤剖面2个部分。

1. 球道土壤层次

无论是Links球场或内陆型球场，研究结果均表明几乎所有的高尔夫球场球道土壤剖面均含有5个不同成分的层次构成，即
芫枝层、表土层、沙土层、泥土层和岩床层。

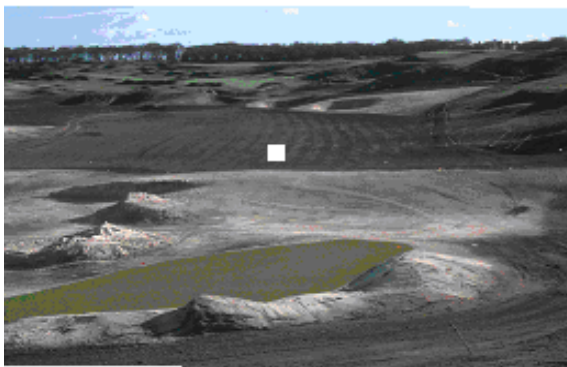


图2-4 英国苏格兰型高尔夫球场黑沙质土壤

（1）芫枝层 包括未分解或部分分解的有机物。有机物主要指活的或死的植物组织，即根、根状茎、匍匐茎、茎和凋落物组成。芫枝层是种植草坪后经过一段时间的生长自然形成的。属于后天的土壤层次构成部分。

（2）表土层 由沙和完全分解的植物枯枝落叶即腐殖质共同构成。腐殖质使该层显示褐色，并有助于形成良好的保护结构。表土层也同芫枝层一样，也是种植草坪后经过一段时间的生长自然形成的。属于后天的土壤层次构成部分。

（3）沙土层 由自然沙土（英国苏格兰型）或人工沙（中国型）构成，有机物含量较低。英国苏格兰型沙土层属于先天的土壤层次，中国型沙土层则属于后天的土壤层次。

（4）泥土层 由先天自然土壤构成，该层属于较下层，可能全部由泥土构成，沙量甚低，且颗粒小，应当为雨水或灌溉冲击团聚到该层。一般泥土层都比较坚实、结构极差。水和空气极难渗入，根系生长不良，故此层根系不多。不属于高尔夫草坪植物的主要活动区域。

（5）岩床层 部分风化的母岩物质区且该层下面常有坚硬岩床。先天存在，不属于高尔夫草坪植物的活动区域。

2. 果岭土壤层次

果岭通常呈圆形或近似圆形，面积为280~2000m²不等，大多数球场果岭草坪面积平均为465~697m²。18洞总面积平均为15000m²。果岭土壤层次或结构除了底部土壤层和岩石层外，全部属于人工构建，其历史经历了几个阶段的变化。

简易结构法是最早时期果岭结构建造的一种方法，其特点是底部不安装排水管，

全由自然土壤制作而成，是一种最简陋的结构建造方法。这种方法因不耐践踏，排水不畅，果岭寿命短而不再使用。因此，这种方法所建造的果岭土壤层次与自然土壤层次结构相同。

改良法是在简易结构法之后发展起来的一种果岭结构建造方法。其特点是果岭介质由沙和有机质混合堆积而成，并在下层安装有排水管系统。可耐一定践踏，排水良好，果岭寿命较长，利于保养。改良法包括加利福尼亚法、USGA 法、日本法和中国法。

USGA 法是美国高尔夫球协会 1960 年创建的一种果岭结构建造方法。同年，美国加利福尼亚大学发明了著名的果岭建造法——加利福尼亚法。后来几经研究，于 1970 年美国加利福尼亚大学又发明了新的加利福尼亚果岭结构建造方法。1973 年美国高尔夫球协会发明了修订后的高尔夫球协会果岭结构建造法。日本法也是比较出名的建造方法。但产生的方法较晚。日本法是在以 Musser (1959) 和柳久 (1978) 为首的研究小组参考了美国等方法的基础上进行的改良方法，其提出的时间为 1979 年并命名为 Purr-wicks 方法。中国法出现的时间更晚。它是深圳大学马宗仁等 (1996) 在研究上述几个方法后提出的一种新的改良方法。它首先运用于龙岗公众球场实践 (2001)，然后进行了理论总结 (2005)。

3. 果岭土壤层次结构原理

地球上明显存在着雨水不同的区域。亚热带和热带地区夏季超量雨水对果岭的土层结构要求甚高。因此，果岭土层结构需要一个竞技标准。这个竞技标准即果岭建造所依据的原理。经过研究，马宗仁 (2005) 明确提出了 G_{30} 标准。 G_{30} 标准要求果岭在大雨过后 30min 内的表面符合竞技需求，既不影响推杆，也不损坏果岭。 G_{30} 标准是对果岭土层结构数据化的概括和表达。 G_{30} 标准是在分析过果岭土层结构的发展历程中提出的，它表明果岭土壤层次结构原理的核心问题是果岭排水和持水的恰当关系。下面依据 USGA 法进行解析。

(1) 排水系统设计 为底部鱼骨架，侧排水管间距 4~6m，先铺设厚 5cm 豌豆沙在水管底部，并在其上面添加厚 5cm 厚的豌豆沙掩埋排水系统并至整个果岭包括领带厚度为 1cm)。果岭表面斜坡 0.5%。进行自然排水是该结构的关键所在，利用表面 0.5%坡度进行外排水为主，余水通过侧排水管 4~6m 间距进行缓排。很好地解决了果岭排水和持水的急缓关系。

(2) 粗沙层设计 第二层铺设厚 3.8~5cm 粗沙。该层目的是防止在其上的细沙移动进入排水系统。正确的根系层混合物与粗沙、豌豆沙之间的关系对保留根部水分，防止上层水向下层快速移动是相当重要的。

(3) 临时阻隔环带设计 在建造果岭时，在外围和果岭交界处安置一层聚乙稀薄膜以防外围临时水分进入果岭内。聚乙稀薄膜的具体位置是在距领带 0.9~1.5m 外围处。

(4) 根区混合物设计 根系层混合物的选择应根据美国高尔夫球协会认定的标

准进行，也需进行专门的试验来确定（表 2-1）。

2-1 果岭土层结构沙粒特性（mm）

沙砾	极粗沙	粗沙	中沙	细沙	极细沙	黏土
大于等于 2	1~2	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	小于 0.05

根区混合物设计非常重要，它关系到果岭排水和持水的理想关系。根区混合物设计的关键是比例和粒径。根据美国高尔夫球协会果岭分会要求：每 92.9m^3 果岭面积的材料量为：水洗豌豆沙层厚 10cm， 9.3m^3 ；粗沙层厚 3.8cm， 3.5m^3 ；根系混合物层厚 30.5cm， 28m^3 ；4.30m 排水管线间距；土壤酸碱度为 5.5~5.7；6.15%的有机物，10%最理想。

4. 果岭土壤层次结构建造方法

（1）USGA 方法（图 2-5） 共有 5 层，即最上层为生长层，由细沙和有机质构成，作为草坪生长的坪床；第 2 层为中沙层；第 3 层为粗沙层；第 4 层为豌豆沙层；第 5 层为砾石层，靠近果岭最底层，其内包埋排水管。需要说明的是，生长层界限通常不分明，在实际使用

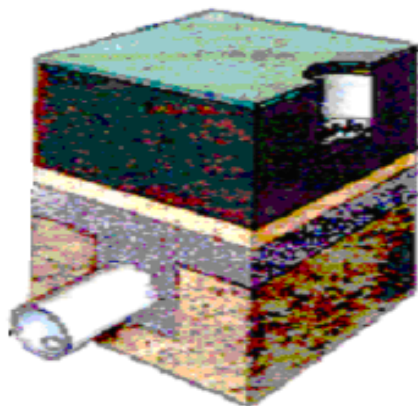


图 2-5 美国高尔夫球协会果岭结构剖面图土壤

时有混合现象发生。因此，这一层成分包括泥炭土、细沙、中沙、粗沙和混合少量土组成，厚 35cm；也就是说它囊括了生长层（细沙和有机质构成）、中沙层和粗沙层 3 个部分。沙粒径从 0.25~1mm 不等。豌豆沙层厚约 10cm，粒径为 0.5 cm。砾石层厚约 10 cm，粒径为 1~3 cm。其中包埋排水管（图 2-5）。

（2）加利福尼亚法 共有 5 层，实际为 3 层，即生长层、中沙层、粗沙层统称为混合表层。厚约 30 cm，成分比 USGA 方法更复杂，包括 85%~95%的极粗沙 2mm、粗沙 1mm、中沙 0.5mm、细沙 0.25mm 和 2%~8%混合物，包括极细沙 0.05mm、微沙小于 0.05 和少量黏土 0.002mm。但是，它与 USGA 方法不同的是，由上述沙子构成的混合表层为水洗后的混合物，即水洗沙。其他与 USGA 方法同。

（3）日本法（图 2-6） 共有 4 层，实际为 2 层，即改良层（15cm）、河沙层（20cm）、粗沙（10cm）统称为混合表层或床土，厚约 45cm。对沙的粒径和比例规定为：0.25~1.0mm 范围内占 75%，最少也在 65%以上，1~2mm 占 7%，2mm 以上占 3%，二者合计不超过 10%。0.25mm

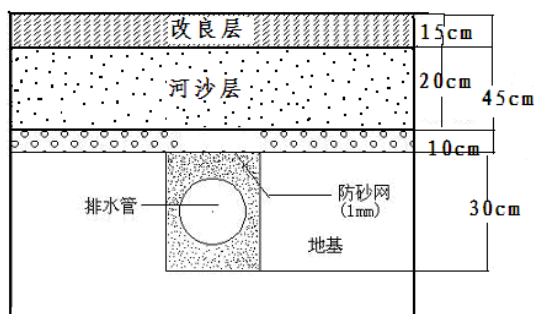


图 2-6 日本法高尔夫果岭结构剖面图

以下不超过 10%，最多不超过 25%。实际上上述混合表层也是一层混合沙。最后一层为砾石层，其中包埋水管。水管先铺设大砾石，然后为小砾石，放置水管后再铺设小砾石。

(4) 中国法 总共 3 层，即生长层、过度层和大砾石层。生长层厚约 10cm，成分为 10%~15%泥炭土（腐熟堆肥、或木屑、椰糠、珍珠岩等）、水洗细沙(0.25mm)。第二层厚约 10cm，成分仅为水洗细沙(0.25mm)。第三层厚约 20cm，成分为 3~5cm 以上的大砾石。水洗细沙与大砾石之间在建造时可用尼龙网做隔层处理，防止细沙参漏（图 2-7）。

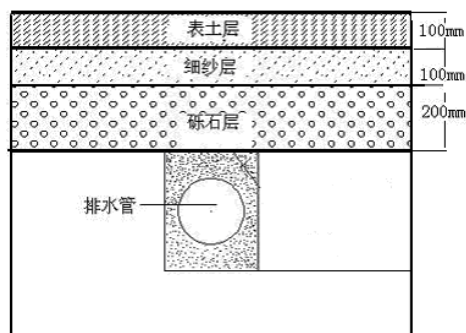


图 2-7 中国法高尔夫果岭结构剖面图

5. 果岭土层结构方法比较

果岭土层结构解决的重点问题是合理持水和排除余水。科学的利用水利学原理，采用不同粒级的沙子分层堆积而成果岭结构可以完成根系层水分达到最佳状态。这主要是利用了沙层之间的吸水力和毛细管现象。目前，世界各国球场果岭的建造均仿美国高尔夫球协会方法进行，但在建造过程中，根据本地区特点也进行了部分改良。

美国高尔夫球协会法提出时间最早，为世界各国遵循。但缺点也是明显的：坪床混合表层的成分比较复杂，厚约 30cm，混合费时费工，且须小心均匀。豌豆沙很难获得，铺设施工费时费力，成本很高。

加利福尼亚大学法生长层不需要泥炭土，但沙子成分复杂，需要大量水清洗为纯净沙，成本很高。

日本法也需要混合 30cm 厚的各种成分，费时费力。但砾石层分为大小两层砾石，均用规格不同的碎石替代，各层之间采用尼龙网防漏。因此，成本也很高。

中国法结构简单，排除余水处理效果高，但合理留水较差。其主要优点是成本很低，建造时间大为缩短，而且果岭寿命也被延长。它将美国和日本法 30cm 生长层缩小为 10cm 厚，并用大砾石替代部分细砂层、粗砂层、小砾石和大砾石，小砾石和细沙之间采用尼龙网防漏即可。

6. 果岭土层结构生长层参数

从 20 世纪 60 年代起，美国、日本等人对果岭土层结构生长层的排水和持水关系进行了大量研究，在反复实验下提出了渗水速度、孔隙率、体积重、持水力等参数指标。

(1) 渗水速度 压实紧固坪床在 20.2℃下，渗水速度为 10~15cm/hr。测定数据是在相当于田间持水量的情况下测定的。其条件是保持稳定的水流动 24h，温度为 20.2℃。实验室测定的结果不应该超过 25.4cm/h。渗水速率可能与温度、草种有关。狗牙根最大不能超过 5cm/hr，翦股颖最大不能超过 7.6cm/hr。这一参数指标的缺点是限制了温度条

件，其他温度下的渗水速度并未确知。实际上温度越高，渗水速度越快。如压实紧固坪床在 30℃ 下，渗水速度可能小于 10~15cm/hr。

(2) 孔隙率 根系混合物层空隙应该占整个该层的 40%~55%。理想坪床毛管和非毛管孔隙率各为 25%，总孔隙率为 50%。根系混合物特性，测定要求过滤水在 24h 内保持流动。

(3) 体积重 理想的坪床比重为 1.4g/cm³，最大为 1.6g/cm³，最小为 1.2g/cm³。

(4) 持水力 理想的坪床持水力为 18%或在厚约 25.4mm 的坪床中持有 3.8mm 水分。

2.2 高尔夫草坪土壤改良

Links 和类似中国型土壤一般含有 95%以上的沙子，英国苏格兰型或类似型土壤含沙量一般为 70%以上。根据多年实践证明：高尔夫草坪土壤改良主要是针对后一种情况而言。但也不否定前者在过度使用下也经常出现紧实、质地过细，以致引起排水不良的后果发生。

高尔夫草坪由禾草类构成，其特点是一次种植、连续培育、多年使用。不进行正确的土壤养护和管理，难以提供持久的地面覆盖。当问题发生后，需要针对问题进行土壤改良。高尔夫草坪土壤改良包括坪前和坪后。建坪前应先调查沙质土壤特性包括营养状态、pH 等。建后主要是针对不良的土壤特性。坪前和坪后土壤改良包括完全改良和部分改良。这里主要讨论坪后土壤改良，而且主要是英国苏格兰型或类似型土壤的改良。

2.2.1 完全改良

沙质土壤质地太差时采用添新沙、换旧沙的一种土壤改良技术。

进行完全改良的原质沙土壤主要问题是沙土壤太薄或质地过细或人类践踏活动过频。因此，用做全部改良沙质土壤不应含有太多的黏土和过细的沙质材料。粗沙质是进行全部改良时理想的填充材料。在条件许可的情况下，改良材料可使用 95%以上的沙子。此外，高尔夫球场果岭区、通道区、梯区等其他人流流量太大的地方为减少沙质土壤紧实问题，也应考虑完全改良。基质最好用 0.25~1.2mm 粒径的沙子为好。改良后的沙层应达 20~30cm 厚。

用合乎需要的改良填充材料改造成一块新地是解决沙质土壤质地问题最理想的方法。然而大量换土和添充改良材料成本太高，而且还需动用大批人力搬用新土、撒土和平整新地。有时为防止地表不平，还需移去若干土方。在此种情况下，完全改良只能在小范围内或确实需要改造的地段且在经费充足的条件下才可使用。

关于改良区段所需土壤改良填充材料的数量是极易计算的，但材料价格需要认真考虑，如经费是否充足问题等。价格一般由其所在的位置远近、质量和购买量来决定的。

值得指出的，往往计算量和实际不符。主要原因是改良材料体积会自然减小，改

造后新土层的深度自然比期望的要薄。为了弥补这一问题，实践中通常在原有计算量的基础上多加 20% 的改良填充材料。

另外，还需要指出的是沙质土壤接口不兼容现象，由此造成排水困难。新改良的地块中由于添加了新沙，破坏了原有的沙层结构。水向下渗透会被截留在新旧沙质土层的界面处。雨季或流量过频过大的情况下常常见到地表积水现象。要消除积水，就必须消除分接口。解决的办法是在新旧沙质层交界处几厘米内双方互相混合，以便在两层中间有一逐渐过渡层。如果上层沙质土很厚或安装排水系统，一般来说不存在这种现象。

2.2.2 部分改良

部分改良是指经费有限或沙质土壤问题不甚严重，仅给现有的沙质土壤掺和一些改良材料，用以改良其结构和质地。相对完全改良来说，这是一种区域改良技术。

一般来说，部分改良所使用的填充材料主要是沙子、有机质及富含有机质的沙质土壤。

不理想的沙质土壤质地一般是指透气和排水不良。这时持续加入沙子是为了其通气和排水问题。然而实践中经常发现，沙子对改善沙质土壤质地作用不是很大。因为沙土中加入沙子后会导致黏土形成一种泥状的混合物。如非用不可，就必须把大量的沙子混合到根系层方能起到显著作用。

另外，一种掺和材料是有机质。有机质土壤至少含为 80% 或更多。当植物死亡时，其纤维常被土壤微生物一般是需氧生物所分解。有机质在潮湿环境中形成如沼泽和池塘。由于水阻止空气进入土壤中，因此，在此类地方生长的植物死亡时并不迅速分解，导致这类土壤含有大量的有机物。多数有机质含有少量营养，只有当有机质分解时，营养被释放到土壤中才被高尔夫草坪吸收。此类材料对改善黏性和沙质土壤极具良好效果。部分改良的主要过程是：先用 5~10cm 厚的有机质均匀混入待改良沙质土壤上层 15~20cm 处，以后逐渐进行直到待改良沙质土壤质地达 25~36cm 时就能获得最好的效果。

改善沙质土壤结构材料有机质的种类或类似物是相当多的。最常见的有泥炭藓、粪肥等。

泥炭藓是一种优质的土壤改良材料。它是有机质的一种类型。当详查了土壤后，如不需要全部改良或花费过多时，用有机质来改良土壤结构比改良土壤质地方法在高尔夫草坪养护方面更普遍。然而我们应该知道，掺和材料有机质的作用只是暂时的，其时间大约能维持到新高尔夫草坪建立起来后一段时间，因为有机质会分解，不过它将被禾草产生的植物组织所代替，这时建坪数月后的高尔夫草坪开始向土壤供给大量的有机质。加之高尔夫草坪根系不断扩展，从而加强了生长层土壤团粒结构形成和增加。

使用有机质进行沙质土壤结构改良一般的方法是，有机质必须均匀地撒布在沙质土壤上。为增加效果，还必须在沙质土壤上层 10~15cm 处与之完全混合，掺和有机

质 5cm 厚或再多些效果将更好。

进行部分改良的另外一种材料即粪肥。不过,此种材料应完全腐熟。新鲜的粪肥在建坪前不应直接施入土壤中,这是由于它易生虫,且有杂草种子将降低高尔夫草坪质量。

堆肥是一种作用与粪肥类似的有机质掺和材料。用于堆肥的材料来源十分广泛,有叶子、草头、稻草、木屑及垃圾等。

高尔夫球场进行堆肥是完善球场高尔夫草坪养护自我维持的一种思路 and 方向。草场每天作业时会剪下大量的草头,这些草修剪物如不利用会造成球场垃圾,有碍观瞻。进行堆肥时可以变废为宝。

如果将堆肥用于果岭和球道,特别是用于果岭和梯时,还必须粉碎并加以过筛,然后与沙子混匀才能用于果岭和梯。一般来说,有机质用于果岭是在每次铺沙时实现的。

应该提及的是,如将木屑等作为沙质土壤掺和材料,同时还应适当施氮肥,否则由于微生物分解木屑等时会吃掉大量氮素导致土壤氮素临时缺乏症。加入氮素是解决微生物食源的问题。

2.2.3 改善排水

高尔夫草坪土壤养护中最重要的是土壤水分的养护。土壤水分对土壤发育、物理性状、质地和结构起着极为重要的调节作用。

目前高球场都面临着雨季或暴雨时沙质土壤排水不良问题,结果导致高尔夫草坪草发霉、发臭、大面积死亡,这种情况南方比北方更为严重。

排水不良的沙质土壤导致土壤的过湿化。过湿的土壤更易造成紧实,土壤更难保持良好的结构。据研究,过湿的土壤比干燥的土壤的温度要低 3~8℃。当根系温度过低时,高尔夫草坪持续生长会受到严重抑制。

另外,过湿土壤中的有机质分解速度慢,这是由于潮湿土壤通透性差,空气含量不足,抑制了好气性微生物的繁殖。在潮湿土壤中,很多养分呈结合态,很难为高尔夫草坪草吸收和利用。原因是潮湿土壤缺乏氧气,抑制了根系呼吸,造成吸收营养所必需的能量源不足,使吸收能力大为降低。

灌溉或降雨后,场地洼地表面产生临时积水现象。时间一久,很多不良情况就会出现。这给持续比赛造成困难,草坪的运动伤害更为严重。高尔夫草坪如果长期生长在潮湿的地方也会引发病害泛滥。

2.2.4 排水系统

土壤积水或过湿引起的问题是严重的。这就必须改善土壤质地和结构。然而要真正治本需要解决排水问题。目前高球场的排水问题是通过设置排水系统来解决的。高尔夫球场用于排水的方法很多,有地下排水系统,注沙排水系统、旱井排水、沙砾沟渠拦截排水等。

1. 地下排水系统

地下排水系统的排水法与其他排水法比较效率更高。这一方法能将根层过剩的水迅速排掉。然而这种系统花费很大，加之如不注意管理深度，易造成高尔夫草坪草旱季伤害。

地下排水系统材料常由管道组成。由主排水管和侧排水管道通过首尾相连而成。各个管子的构形通常是鱼骨架（fishbone frame）或人字形（图 2-8）。

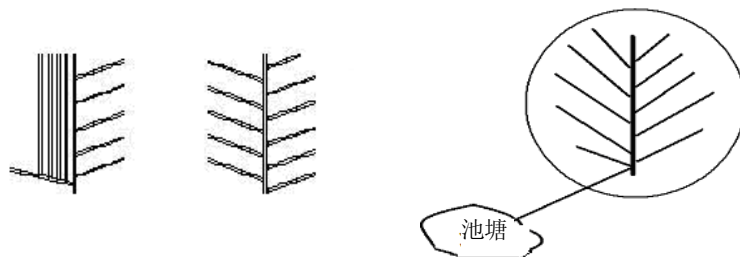


图 2-8 球道（左）和果岭（右）地下排水系统设置类型

过去排水管道常用陶管或水泥管，目前塑料管（PVC）很普及。积聚水的管道叫侧向排水管。水经过侧向排水管后流入主排水管，然后经过主排水管末端孔流入排水系统或湖泊。设计地下排水系统时必须注意以下原则。

（1）斜度 管道放置必须具有倾斜度，一般为 0.5%或更大些。且管道越长，倾斜度越大，如 30m 管道前部比后部至少低 15cm。如注意斜度，一些土壤会进入管道，流速受阻。管内沉淀物难以冲出，最后会于塞管道。应在进入主管接头处设计成 45° 夹角。如果是 90° 则水流缓慢，排不出沉淀物。另管子外面附加一层过滤网，如尼龙网等。

（2）管道间距 侧管道之间的间距依土壤水平方向的渗透性而定。水平渗透性越差，侧向管道的间距应越短。

（3）管道深度 依据水经过土壤横向流动是否畅通以及机动车重量来决定。通常陶管和塑料管在土壤中设置深度至少 60cm。这样一方面防止了旱季高尔夫草坪缺水受害，另一方面避免了车辆通行时管道受压破裂。这点在高尔夫球场尤为重要。

（4）管道埋置 管道放置好后，近管面覆盖至少 15cm 左右小砾石，然后紧接其上的是 5cm 左右粗砂，最后是 30cm 左右的细砂。

（5）清洁 管道出口必须保持清洁，经常清除沉淀物。出口一般通入湖泊、池塘或砾石洞。

2. 注沙排水

注沙排水法是一种改造老球场的排水技术，一般用于排水不良的果岭区域。此种方法采用一种专用机械在土壤中挖出一条宽 1.9~2.5cm、深 23cm 的裂缝，然后将小口径的有孔塑料管安置于裂缝底部，最后用小砾石、粗沙、细沙依次上填直至与地表齐平。

3. 旱井排水技术

排泄高尔夫球场低洼处积水的一种技术。一般深 1.2~1.5m, 直径 60~90cm, 类似井样。为了不碍观瞻, 可在井上覆盖石块, 并在其上覆盖一层粗质土壤和铺建高尔夫草坪草。

4. 沟渠排水技术

这种方法主要是为排水不良的平坦湿地而创造的一种排水技术, 包括明暗两种沟渠。在平坦过湿地段开挖一条宽 10~20cm, 深 0.6~1.2m 的沟渠。内置有孔排水管于渠底部, 并视管长短呈一定斜度, 上面用一定厚度的砾石、细沙依次填满, 最后植草, 或只用砾石, 其上 not 植草以便快速排出余水。不过, 后一种沟渠排水技术在高球场只用于替代道障碍区的明沟, 如设置在球道内则不合适。球道内采用植草法较好。

5. 拦截排水法

只用于球道边缘处斜度较大的地方, 如与山脉连接的地方等。沟渠应挖在紧靠球道与斜坡连接处, 以便在山水和周围水流向球道时较早予以拦截, 防止冲坏高尔夫草坪。拦截排水走向取与球道平行的流向。沟渠可以加宽, 通常采用明渠, 不过如采用填塞砾石的作法一般应多加两条防水带称为一级、二级、三级等拦水渠。当然拦水渠的多少视坡度、降雨量和降水次数等条件来定。

2.3 高尔夫草坪土壤化学

高尔夫草坪土壤养护主要指对土壤养分和土壤反应的调节。这是因为土壤介质直接对高尔夫草坪草的生长发生反应。本节主要讨论土壤肥力、土壤反应和土壤类型问题。

2.3.1 土壤肥力

土壤最基本的特征就是土壤肥力。土壤肥力是指在某种程度上土壤因子满足高尔夫草坪植物所需各种生活条件的供应能力。具体来说, 就是在高尔夫草坪植物生长发育的全过程中, 能经常不断地供给高尔夫草坪草大量的养料。一般土壤肥力越高, 高尔夫草坪生长越旺盛, 只有在土壤肥力较高的土壤上才能充分发挥高尔夫草坪草的优良特性。然而土壤肥力过高也会使高尔夫草坪草生长发育异常并引发病虫害, 反而降低使用价值。因此, 在高尔夫草坪科学管理中应重视高尔夫草坪土壤养护工作。但是, 必须注意的是与农学、景观草坪土壤不同, 这必然影响土壤肥力。为了更好地服务于草坪竞技质量, 需要了解农学、景观草坪土壤与高尔夫草坪土壤肥力的区别和共性。高尔夫草坪土壤肥力也包括两个方面的内容, 即: 土壤贮存养分和根系吸收养分。

1. 土壤贮备养分

大量的研究已经表明: 生长旺盛的高尔夫草坪植物体内水分占 75%~85%, 剩余的 15%~25% 为植物干物质。它由 16 种元素组成, 即: 碳、氢、氧、氮、磷、钾、镁、硫、铁、锰、硼、钼、铜、锌、氯。如果植物缺少了这些元素中的任何一种就不能很好地完成它的生命周期。另据一些研究指出, 植物干物质中大部分由 3 种元素组成即碳、氢、氧。这 3 种元素普遍存在于自然界并由植物通过光合呼吸作用加以利用。

其余 13 种元素，植物通过三个来源进行吸收利用：一个是土壤中矿物质风化分解释放后的产物；施肥是第二个来源；第三个来源是植物组织分解产物的重吸收。土壤中基本含有植物所需要的 13 种元素。但有些由于某些原因而处于结合态。只有那些结构简单，水溶性的元素才能被高尔夫草坪草根所吸收。这种含有溶解营养养分的土壤水称之为土壤溶液（有效态营养物）。

由矿物质和有机质紧密结合的非溶性营养物并非植物不能利用，而是由于这种非溶性的营养物暂时处于结合态暂时不能被植物加以利用。与矿物质结合在一起的营养物可经过一定时期通过风化作用而逐渐释放出来。释放产物很易被植物所利用。同有机物结合在一起的大部分营养还可通过好氧性微生物加以分解，最后形成可溶性养分被根系所吸收利用。

上述所言的分解产物对植物的生长发育是一种有效态营养物。这些有效态营养物通常以离子形式被植物加以利用。离子常带电荷，可分正离子和负离子。16 种元素均以固定的离子形式为植物提供营养养分（表 2-2）。从表 2-2 可见，氮肥是以负电荷形态 NO_3^- 被利用，但还以阳离子 NH_4^+ 的形式被利用。又如钙肥则以正电荷形态为植物吸收和利用。由此可以看出，衡量一种土壤其肥力高低实际上是指土壤中可供态营养离子的多少加以评定，亦即土壤吸收性能评判。

表 2-2 高尔夫草坪营养元素及有效态吸收形式

元素	有效态吸收形式	
N	NO_3^-	NH_4^+
P	HPO_3^-	H_2PO_4^-
K		K^+
Ca		Ca^{++}
Mg		Mg^{++}
S		SO_4^{--}
Fe	Fe^{++}	Fe^{+++}
Mn		Mn^{++}
B	H_2BO_3^-	
Cu		Cu^{++}
Zn		Zn^{++}
Mo		MoO_4^-
Cl		Cl^-

土壤吸收性能是土壤保留溶解状态的化合物或某一部分呈胶体状态的矿物质和有机物微粒、活的微生物以及粗悬浮体的能力。简言之，即土壤保持各种离子、分子胶体以及粗悬浮体的能力。它直接关系到土壤中养分的保存积累及养分的释放和供应，也关系到土壤的持肥和供肥能力。

土壤对不同形态的养分和物质,其吸收保持的方式机制是不同的。高尔夫场地沙质土壤吸收保持更不同于黏土和壤土的能力,尤其是接近 Links 的纯沙质土壤。

施入土壤中的有机肥料、粪肥渣滓、矿物质颗粒等在通过土壤孔隙时被截留在土壤中。这种只能保住不溶性物质的吸收称之为机械吸收。3种土壤截留比例不同。高尔夫场地沙质土壤截留比例最小,Links 的纯沙质土壤更小。

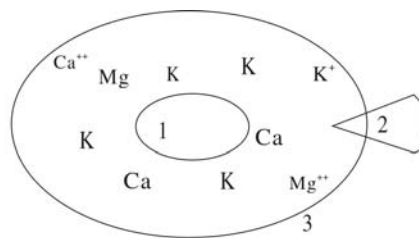
此外,土壤中的细小颗粒主要是黏粒具有较大的表面能,因而能产生吸收作用,如有机酸、有机碱使土壤颗粒表面浓度增大,可以暂时保蓄住养分称为正吸收。无机酸、无机盐不能被土粒表面吸收而在溶液中形成较大的浓度称为负吸收。上述正、负吸收合称土粒表面吸收。3种土壤细小颗粒表面能显然不同,高尔夫场地沙质土壤很小,只能吸收一部分,而高尔夫场地 Links 的纯沙质土壤几乎无黏粒,而不具有吸收作用或更小。无机酸、无机盐是化肥的主要材料,显然只能增大溶液量或浓度,而不能被吸收持有。

高尔夫草坪一经使用,化肥是养护草坪的主要材料产品。而施入土壤中的肥料一般都需要解离成离子态才能被草坪草加以吸收利用。主要离子吸收的有效态见表 2-2。土壤胶体如腐殖土对表 2-2 所列的营养元素有特殊保持作用。又因胶体表面带有电荷,能吸收与其电荷相反的离子同土壤中的离子进行代换,例如硫酸铵施入土壤后速溶于水,解离成铵离子和硫酸根离子。其中除一部分铵离子被植物根吸收外,其他离子还与土壤胶体上吸收的离子相互代换而被土壤保存下来。土壤胶体吸收的铵离子又被其他离子所代替,再回到土壤溶液中供植物吸收利用,通过这种代换作用既能进行养分吸收,又能进行养分释放,称之为离子代换吸收。

离子代换吸收虽然是土壤吸收中最重要的一种持肥方式,但是由于土壤质地的差异,离子吸收的效果也不完全相同。有机质类土壤虽然颗粒表面积数大,但主要是负电荷营养即阴离子不能较大程度地吸附在这些黏粒表面上,其原因是同性电荷相斥。但阳离子可以吸附到这些表面上,理由相似。高尔夫场地沙质土和 Links 的纯沙质土壤因缺乏黏粒,实际上离子代换吸收不存在或很少存在于球道,但正如上述所述,果岭因有人工生长层发生一定作用,且生长层主要由有机质等类似物构成,肥料中阴离子不能较大程度地吸附在生长层表面上。因此,离子代换吸收在高尔夫场地土壤中基本上很少。高尔夫草坪草仅仅吸收的是溶解在土壤液中的部分营养阴离子,大部分被雨水、灌溉水淋洗而不能完全以有效态贮存于土壤中。

上述分析可知,对肥料的机械吸收和离子代换吸收确实与一般农学土壤和景观草坪土壤差别很大,主要表现在比例或吸收量不同。总的情况是高尔夫草坪土壤无论是何种吸收,总的土壤持有量均少于农学土壤和景观草坪土壤。其原因是由于含有更少的黏粒所引起的;另外的原因是养护制度不同,如频繁浇水、修剪等。也就是说,高尔夫草坪土壤肥料利用不高,需要经常投入肥料。禾草对肥料的特点是氮素需求量较其他元素大,如果不经常供给氮肥,高尔夫草坪禾草常常会处于氮素缺乏状态。有机态氮通常存在于有机质中,处于非溶解状态,微生物的活动会分解有机质并释放出有

效态硝酸根，因其是阴离子，土壤不能持有，便会进入土壤溶液中。高尔夫草坪养护的制度及其土壤本身的特点会很快淋洗掉禾草根系尚未能持续吸收的硝酸根。在土壤中，阴离子存在于土壤溶液中。阳离子仅有部分存在于土壤溶液中，而大部分松散地附着于黏土和腐殖土颗粒表面（图2-9）。由于高尔夫草坪土壤属于沙质土壤、Links或人工纯沙土壤，新建球场的球道没有有机质或很少，也很少存在黏粒情况，不要说阴离子，阳离子也无法与载体黏粒或有机质相结合。这样每次施入的肥料利用时间均很短，利用很低。历史悠久的果岭和球道土壤，存在黏粒的机会较大，阳离子结合较好一些。同时也发生较多的离子代换吸收。离子代换吸收从图2-9可明显看出，阳离子是附着在黏粒负电荷交换位置上，但很容易溶解在土壤溶液里。处在黏粒负电荷交换位置上的阳离子可以得到暂时保持，免遭淋洗。土壤吸收可具备交换阳离子的能力，称之为阳离子交换量。



1. 黏土颗粒 2. 禾草根系 3. 土壤溶液

图2-9 高尔夫球场土壤离子代换吸收示意图

离子代换吸收从图2-9可明显看出，阳离子是附着在黏粒负电荷交换位置上，但很容易溶解在土壤溶液里。处在黏粒负电荷交换位置上的阳离子可以得到暂时保持，免遭淋洗。土壤吸收可具备交换阳离子的能力，称之为阳离子交换量。

土壤吸收营养的方式除上述几种外，还包括化学沉淀和生物吸收两种方式。所谓化学沉淀如磷肥与土壤中的石灰发生化合反应生成磷酸钙沉淀。这在北方石灰土壤上反应特别明显。在南方酸性土壤中，磷肥与土壤中的铁、铝发生反应，产生磷酸铁、磷酸铝沉淀物。由此降低了磷的有效性，所以易缺磷肥。施磷肥须先调整土壤pH，否则很难有好效果。上述是针对土壤pH而言。高尔夫草坪土壤是由沙质土壤构成，属于中性，似乎不存在化学沉淀行为。但使用时间久的高尔夫草地也会出现沙质变酸或碱的情况。其原因在于雨水、肥料、芜枝层和混入的少量黏土的影响。南北高尔夫草坪土壤也符合上述农学土壤规律。需要定时检查和改良土壤pH。

生物吸收是指好气性微生物对植物有机体的分解作用、固氮菌的固氮作用等。生物吸收在提高高尔夫草坪土壤肥力上有重要的意义。

2. 根系吸收营养

高尔夫草坪根系吸收营养物质采用两种方式：一是直接吸取溶解在土壤分中养分，二是吸取接触性营养离子。

众所周知，禾草类高尔夫草坪草的根系为须根系，主要密布在球道沙质土壤5~10cm层中，根系的生长方向主要受两个因素的影响：一个是地球引力；另一个是水肥诱导作用。当高尔夫草坪根系周围的水肥缺乏之后，根系就会追寻远离根系的水肥。根系追寻水肥时必须顺目标方向进行延伸生长。根系吸取养分时除直接从周围沙质土壤液中吸收外，也能吸取接触根系的土壤颗粒上新附着在交换位置表面上的营养离子。这种吸收是通过离子代换作用实现的。

不论是离子代换吸收，还是土壤液直接吸收，其养分进入植物体内都是通过细胞

膜外某些营养离子的化学载体分子输送到植物体内。被吸收的营养进入木质部，继而传遍整个植株需要的部位。

植株根系吸收能力的如何，不仅仅决定于土壤中养分的多少，一些重要因素如温度、水分和空气对养分吸收率也有重大影响。

适宜的土壤水分可使离子通过土壤液进入根系。另外，营养离子进入植物细胞时需要能量作动力。这种能量由根的呼吸作用而产生。过高或过低的土壤温度都将抑制呼吸作用。根进行呼吸作用需要氧气。在涝洼或坚实的沙质土壤中，低氧量会限制养分的吸收。

2.3.2 土壤反应

1. 土壤酸碱度、表达及测定

土壤反应是指土壤的酸度或碱度。土壤的酸碱度是用 pH 来表示的。范围从 0~14。pH 是一个化学概念，实际上用于土壤酸碱度的原理相同，即表示土壤溶液中氢离子浓度的负对数。增加土壤中氢离子的数量 pH 就会相应降低，土壤酸性随之增强。pH 每改变一个单位即等于 H^+ 浓度增加或减少 10 倍。当 pH 等于 7 时为中性；pH 小于 7 时土壤呈酸性；pH 大于 7 时土壤呈碱性。土壤溶液中氢离子和氢氧根离子之间的关系为： $[H^+][OH^-]/[HOH]=10^{-4}$

该反应式表明：土壤溶液中氢离子和氢氧根离子浓度比永远是一个常数，即 10^{-4} 。

土壤 pH 可用酸度计测定。实践中通常采用 pH 试纸来检查土壤酸碱度，测定土壤 pH 实际是测定土壤溶液中氢离子浓度，即活性酸度（表 2-3）。

表 2-3 高尔夫球场草坪土壤 pH

pH	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
	中酸	弱酸	极弱酸	中性	极弱碱	弱碱	中碱

2. 影响酸碱度因素

（1）土壤介质 就高尔夫草坪的概念来说，沙质类土壤的酸碱度接近于中性，而 Links 土壤接近微碱性，中国型土壤则为中性。沙质类土壤和 Links 土壤本身处于原始位态，酸碱度变化不大。而中国型土壤则不然，它是建立在各种酸碱度的土壤介质之上，上面虽然为一定厚度的纯沙，但是，时间一长必然会通过毛细管的作用，将下层土壤介质中的各种矿物质离子输送到沙质层或生长层，直接改变生长层酸碱度大小。在盐碱土上建立高尔夫球场，即使铺设 20cm 厚的纯沙层也会出现返碱现象，这在我国北方尤应注意，在建立球场前预先应给予处理，否则祸患不浅。

（2）草坪草种 高尔夫草坪植物维持正常生长的 pH 范围因种而异。一般来说，在 pH6.0~7.0 的沙质土壤中，多数高尔夫草坪植物生长良好（表 2-4）。

表 2-4 主要高尔夫草坪草最适 pH 范围

草坪草类	pH 范围	草坪草类	pH 范围
细弱剪股颖	5.5~6.5	多花生黑麦草	6.5~7.0
匍匐剪股颖	5.5~6.5	细羊茅	5.5~6.5
改良狗牙根	5.7~7.0	多年生黑麦草	6.0~7.0
一年生早熟禾草	6.0~6.5	高羊茅	5.5~7.0
草地早熟禾	5.5~7.0		

暖季型高尔夫草坪草狗牙根喜欢生长在偏酸的土壤中,但海滨雀稗例外;冷季型高尔夫草坪草剪股颖、黑麦草、细羊茅、早熟禾等生长的土壤环境较宽泛。大量的研究表明,维持高尔夫草坪正常生长的 pH4.5~8 之间。但是,高尔夫草坪植物可以耐受较此更宽的范围,如狗牙根在 pH2.5 的泥塘土中还有部分存活(马宗仁,1996);在 pH3.5 的土壤中生长不良;pH4 时,基本生长正常。由此看来,pH3.5 时可能是狗牙根的耐酸极限。又另如海滨雀稗在海水浇灌 5 天后,恢复淡水,仍能正常生长,浇灌一个月内,还有望新生。目前,有些邻海的球场用此种草建植草坪时,因杂草的问题采用海水进行处理,据说效果不错。为此,对此现象进行了跟踪调查,结果表明海水连续灌溉 15 天后,虽然海滨雀稗不会死亡,但叶色黑暗、发灰,了无生气,可能伤害不浅。杂草伤害较海滨雀稗大,但不彻底。结论是此法只能用于球道杂草高度集中的区域。如果杂草过于分散,效果不理想(马宗仁,2003)。

(3) 降雨量 影响 pH 的矿质一般是钙和镁元素。降雨和灌溉均能淋洗掉这两种元素,且成正相关。干旱瘠薄地区因降雨稀少,钙和镁绝大部分保持在土壤中,因而土壤呈碱性。北方土壤多属此种类型。

潮湿地区的土壤因受大雨经常淋洗的影响,钙和镁大部分遭到流失,土壤趋于酸性,南方土壤多属此种类型。

雨量和灌溉对土壤酸碱性的影响是严重的。不过还有另外一些因素对土壤 pH 也会产生类似作用。石灰石质土壤含有大量的钙,一般来说,短期内雨量对其影响几乎为零,pH 仍保持碱性。干旱地区钠能促成土壤显碱性,属于此类土壤,即使采用人工挖渠水洗,其结果也只能是短效。由于蒸发作用,土壤 pH 仍会恢复原态。因此改造此类土壤应与其他措施结合起来,如增施大量有机质粪肥。因为有机质被分解后产生大量的有机酸,在一定程度上可降低土壤 pH。土壤中酸类物质的来源还应包括植物根系放出的有机酸和氮肥的酸化效果。

然而大量的研究已经证实,pH 对高尔夫草坪草影响并非是直接的,而是通过对营养元素的影响间接地危害高尔夫草坪草的正常生长。很多研究报告指出,pH6~7 的范围内所有基本元素都处于溶解态。这种状态能为植物的正常生长提供随时可用的养分。当土壤 pH6.5 左右时,植物可充分利用每一种元素。当土壤 pH 在此范围以外,大多数元素都处于结合态,难以被植物吸收利用。尤其植物三要素氮、磷、钾无论直

接或间接都会或多或少受到 pH 的影响而降低其有效性。氮元素最适 pH6~7.5, 在此范围外, 氮的有效性降低。其原因是强酸、强碱抑制了微生物的活动, 从而阻碍了有机质中氮的释放。磷是维持植物正常生长的另外一种要素元素。土壤 pH 过高、过低时植物也很难得到磷。原因是当 pH6.5 以下时, 磷同铁、铝、锰结合并形成不溶性化合物; 当 pH7 以上时, 磷同钙或镁反应并再次成为无法利用的化合物。另外, 需要注意的是过酸、过碱也可造成铝和锰的过量, 由于高尔夫草坪草生长对这些元素需求甚微, 过量的铝锰会使植物产生毒害作用。

总之, 高尔夫草坪草如在理想的土壤 pH6~6.5 内生长就能高效获得生长养分; 反之, 如果土壤 pH 过高、过低, 植物会感到营养不足。在这种情况下, 土壤中虽然含有大量的基本元素, 但因大部分处于结合态, 植物就无法利用 (图 2-10)。

3. pH 调节

高尔夫草坪草最适营养 pH 范围为 6~6.5。在此范围内一切元素均处于最佳可供态。因此, 对高尔夫草坪土壤来说, 其酸碱度凡不符合这一范围的 pH 应视草种等因素调整到这一水平范围。调整土壤 pH 包括土壤 pH 调节方法、酸度和碱度调整。

(1) 土壤 pH 调节方法 高尔夫草坪如施肥后草势仍差, 就应考虑土壤 pH 的问题。检查土壤 pH 通常使用 pH 试纸。其方法是用小刀掘挖 10cm 深, 口径为 5cm×5cm, 然后顺一边洒一定量的蒸馏水, 随后撒下试纸, 由下至上每隔 2cm 测一次 pH, 然后进行平均。重要的是检查 5cm 生长层的土壤 pH。因为在高尔夫球场, 尤其是果岭区 90% 的高尔夫草坪根系处此层, 且随着果岭利用年限的增加, 草根逐渐向地表表集中, 如场龄 10 年的深圳高球场果岭区狗牙根根系主要集中在 2~3cm 处 (马宗仁, 1996)。研究结果指出, 土壤 pH 对此层根系的影响大于其他生长层或土层。

(2) 土壤酸度调整 北方球场土壤 pH7.0 以下; 南方球场土壤 pH5.0 以下。南方球场土壤 pH 应尽量调整到 6~6.5 水平。北方球场土壤 pH 不必考虑这一点。因北方球场草坪长期生长在土壤 pH7.0 以上的土壤中, 已形成了适应微碱性的土壤环境, 如果调整到 pH6~6.5 水平, 会引发新的生长问题。

① 土壤酸度调整材料: 最常作用的碱性材料为石灰。内含丰富的钙质和镁元素, 能为植物提供营养元素钙和镁, 这种元素均是植物进行光合作用所需的原料。石灰按其用途可分为工业石灰和农用石灰; 按性质可分为熟石灰和生石灰; 按化学可分为白云石灰、碳酸钙石灰等。其中农用石灰指生石灰, 工业用石灰为熟石灰。

最普通的农用石灰是碳酸钙, 它含有 40% 的钙。它是目前使用最广泛的石灰石类型。农用石灰经常称石灰粉, 它是由石灰石块磨碎而成的。它改变酸度的速度依石灰粉的细度而定。石灰粉越细, 其作用就越快。研究表明: 使用 100 筛目的石灰粉两

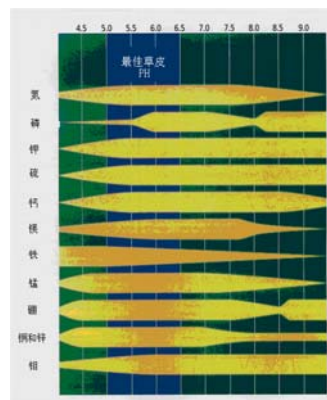


图 2-10 高尔夫草坪土壤 pH 与营养元素的关系

天后能将 pH 从原来的 5 调整到 6.7 左右。而在相同时间下，20 筛目的石灰粉的效果微乎其微。

在高尔夫草坪管理中使用石灰的标准是：石灰粉全部可通过 20 筛目的筛网，其中至少 5% 的石灰粉能通过 100 筛目的筛孔。实践表明：熟石灰和生石灰提高土壤 pH 较快，但水化石灰比石作用更快，但比熟石灰慢。熟石灰和生石灰易溶于水，如果施用不当可能烧伤高尔夫草坪。水化石灰施后两周内不能施氮肥。因为它和氮肥会起化学反应。反应产物氮气能杀死高尔夫草坪叶子。另外，水化石灰使用量如果大于或超过 $12.2\text{kg}/100\text{m}^2$ 时会烧伤高尔夫草坪，即使较低量，草坪草叶子潮湿时也不能施用，如果颗粒粘在叶片能使植物组织脱水而死。一般来讲，水化石灰和熟石灰可当作高尔夫草坪土壤 pH 调节材料。

② 土壤酸度调整方法：土壤酸度调整包括坪前和坪后两种调整方法。坪前使用石灰是解决 pH 过低最有效的方法。它可将石灰直接送到植物生长层，见效快，维持时间长，且毒害性小；坪后使用石灰调节土壤 pH 只是一种补救措施。这种方法无论从时间看，还是从效果看都差于坪前。研究发现，表施石灰每年经过土壤仅仅向下移动 $1.3\sim 2.5\text{cm}$ 。表施至少经过 2~3 年才能使高尔夫草坪草根系层的 pH 达到适宜水平。强制施用过量的石灰易产生表层碱化问题，一般以每次 5kg，相隔数月再施。一次使用过多，特别在沙质土上易造成表土产生过量的碱导致碱害，并进一步影响高尔夫草坪草的生长。所以，必须要注意每次使用量（表 2-5）。

表 2-5 土壤质地与 pH6.5 的调整关系

土壤 pH	石灰石 ($\text{kg}/100\text{m}^2$)		
	沙土	壤土	黏土
6.0	10	17	24
5.5	22	37	49
5.0	32	54	73
4.5	39	73	98
4.0	49	85	112

从表 2-5 可以看到，在最适 pH6.5 时，不同质地的土壤使用石灰量是不同的，黏性土壤施用量最大，壤土居中，高尔夫草坪沙土施用最最小。其原因是黏质土有强大的颗粒表面积和阳离子交换量，它比高尔夫草坪沙土能容纳更多的氢离子，最后这些贮存的氢离子溶解于土壤溶液中并对土壤酸度起作用。高尔夫草坪沙性土壤不仅阳离子代换量低且有机质很少，这样它的缓冲性很弱，即使是酸性，石灰需要量也低。

一般来讲，当很细的石灰用在阳离子代换量低、质地又粗的高尔夫草坪沙土上时，作用最快。

③ 土壤酸度调整注意事项如下。

a) 施用量: 表 2-5 所列石灰施用量宜采用少量多次法, 逐步施入高尔夫草坪中。表施石灰可在一年中的任何时间使用。

b) 石灰性质: 石灰粉和白云石灰不会烧伤禾草类高尔夫草坪草, 但过量施用则会大幅度提高 pH, 再度人为的创造了一个营养不可溶态。尤其是沙土施用石灰尤为注意。

c) 土壤鉴定: 施用石灰前必须进行土壤化验, 以确定适宜的石灰类型。此种化验每隔 2~3 年进行一次。如果化验结果表明南方球场 pH 已下降到 5 或 6, 北方球场 7 以下时, 则应施用石灰。

d) 时间次序: 石灰粉或白云石灰和氮肥不能同时施用, 否则会发生化学反应造成氮损失和草伤害。应在施氮前 2 周撒布石灰或在撒布石灰后 2 周施氮。但过磷酸钙和农用石灰通常可等量混合在一起施用, 熟石灰亦可与过磷酸钙一起混合施用。

e) 施用方法: 施用石灰可用肥料撒布机。撒布时务必均匀。因为在土壤中, 石灰垂直向下移动, 不向水平方向移动。遗漏的地方无法中和。高尔夫球场果岭区施用石灰可利用打孔铺沙时与沙子伴在一块施用。另外一种施用石灰的方法称之为石灰液喷法。当石灰呈干燥状态很难均匀撒布时, 可采用石灰同水混合液进行高尔夫草坪表面喷洒。高尔夫球场果岭区不宜采用这种方法。因为果岭区草低, 伤口多, 易造成烧伤。

(3) 土壤碱度调整: 土壤碱度调整主要指北方球场土壤的问题。一般来说, 土壤碱度在 pH8.0 以上, 预示土壤含有超量的钠、钙和镁。这时需要调节 pH 使之靠近最适 pH。由于北方球场草坪已适应微碱土壤, pH 不能超过 7.0 以下, 所以这里所言靠近最适 pH, 也只是接近 pH6~6.5。

a) 土壤碱度调整材料: 中和碱度材料通常是硫磺、石膏。石膏比硫磺更广泛地用于改良碱土。另外, 凡含有硫元素的肥料如硫酸铁、硫酸铵均有助于降低 pH。施用硫元素降碱应注意施用量, 否则易造成碱烧伤 (表 2-5)。

表 2-5 土壤质地与 pH6.5 的调整关系

土壤 pH	硫磺 (kg/100m ²)	
	沙土	黏土
8.5	17~22	22~29
8.0	12~17	17~24
7.5	5~7	10~12

b. 土壤碱度调整方法: 与石灰施用类似。

c. 土壤碱度调整注意事项: 与石灰施用类似。

2.4 高尔夫草坪土壤基质类型

高尔夫草坪是生活在 70%以上含沙量的土壤中，依此可划分为原质英国苏格兰型、中国人工型和 Links 型。从含沙量分析，中国人工型和 Links 型含沙量均在 95%以上，而英国苏格兰型只有 70%。但无论何种类型，均需以当地土壤母质作为搭载的平台。搭载平台并非直接作用于草坪植物，研究搭载平台，即土壤基质类型，主要是它对上层草坪生长的间接影响。在世界范围内，土壤类型是多种多样的。就我国来说，依据土壤区划分类标准可将全国分成七个高尔夫草坪土壤基质类型。

2.4.1 高尔夫草坪黑土基质类

广布于东北平原。主要集中于松嫩平原和三江平原一带。

该区黑土又可分为黑土类和黑钙类。黑土类又可分黑土和草甸土两个亚类；黑钙土同样含有淋溶黑钙土、草甸黑钙土、普通黑钙土、碳酸盐黑钙土四个亚类。

该土属黏质土壤，基本居于重壤土到轻黏土之间。通气上层较下层高，呈上松下紧的结构。土壤呈微碱，其中以钙、镁为主。

就总体来说，黑土和黑钙土区气候温和，土壤肥沃，高尔夫草坪草资源极为丰富。盛产草地早熟禾、匍匐翦股颖等多种高尔夫草坪草，为冷季型草的发源地之一。在此基质上面建造高尔夫球场不会出现盐碱等问题。

2.4.2 高尔夫草坪黄潮土基质类

分布于华北平原及淮北平原。黄潮土为冲积平原富含碳酸钙的近代河流冲积物，经过潮土化过程形成的土壤。

黄潮土呈强石灰反应，pH 为 8 左右。土壤因质地而异表现为黏土或轻壤土。由于存在黏重、强石灰反应，在此基质上面建造高尔夫球场应注意盐碱和积水问题。

2.4.3 高尔夫草坪砂姜黑土基质类

分布于淮北平原、豫西、苏北及鲁西平原。母质为黄土性泛滥沉积体。

黑盖土呈中性，除结核体外，一般无石灰反应，属重壤土质。该土壤温度较高。地下水资源丰富，水质较好，有利于灌溉。此类基质是建造高尔夫球场的最好土壤母质。

2.4.4 高尔夫草坪褐土基质类

也称黄垆土，石灰性棕色土等。该土质地均匀，不砂不黏；排水性好，兼有一定淋溶作用，可溶性盐类淋失殆尽，土壤无盐渍化现象。此类基质是建造高尔夫球场的最好土壤母质。

2.4.5 高尔夫草坪灰潮土基质类

广布于长江中下游冲积平原，主要分布在湖北、湖南、江西、安徽、江苏及上海等地。

该土水、肥、热、气四性协调佳，微生物活动旺盛，适宜种喜湿耐热性草坪草生长。

土壤湿润，水稳定性高，抗旱能力强。大部分地区无盐渍化现象。此类基质也是

建造高尔夫球场的最好土壤母质。

2.4.6 高尔夫草坪黄棕壤基质类

分布于长江中下游的丘陵岗地。在江苏、安徽的长江和淮河两岸，湖北省的长江北岸和汉水两岸、鄂北、豫西、陕西和皖南也有分布。

黄棕壤中性，无石灰反应。该土黏重，湿时黏重，干时板结。总的来说，该土透水、透气性差。在此基质上面建造高尔夫球场应注意积水并要加强水利设施。

2.4.7 高尔夫草坪娄土基质类

分布于暖温带的南部。陕西关中平原，晋南、豫西等。

娄土为中壤至重壤，此类基质也是建造高尔夫球场的较好土壤母质。

2.4.8 高尔夫草坪黑垆土基质类

主要分布于陇东，陕西、晋西北及内蒙古南部黄土高原的凹地上。

黑垆土呈碱性， $\text{pH}8\sim9$ ，黑垆土不沙不黏，疏松多孔。此类基质上建造高尔夫球场需要注意盐碱问题。

2.4.9 高尔夫草坪黄绵土基质类

广布于黄土高原。呈强石灰反应。土质疏松，透水性强，通气性好。此类基质上建造高尔夫球场需要注意盐碱和干旱问题。

2.4.10 高尔夫草坪栗钙土基质类

主要分布在内蒙古高原、鄂尔多斯东部、甘肃、宁夏、青海及新疆部分地区。表层呈中性，下屋呈微碱性，以钙为主，镁次之，还有少量钠。此类基质上建造高尔夫球场需要注意干旱问题。

2.4.11 高尔夫草坪棕钙土基质类

分布在内蒙古高原中北部、鄂尔多斯中西部、阿拉善东部、新疆北部准噶尔盆地以北、天山北麓及新疆北部各山地垂直带的下部。此类基质上建造高尔夫球场需要注意盐碱和干旱问题。

2.4.12 高尔夫草坪灰漠土基质类

主要分布在新疆准噶尔盆地、柴达木盆地、河西走廊和阿拉善高原。有强烈石灰反应。土体含盐量约在1%左右，故易发生盐碱化现象。此类基质上建造高尔夫球场需要注意盐碱和干旱问题。

2.4.13 高尔夫草坪砖红壤基质类

我国的红壤和砖红壤是重要草坪用土之一，是暖季型高尔夫草坪草的发源地之一。其分布北起长江，南至南海诸岛，东达东海沿岸和台湾诸岛，西到横断山脉南麓的丘陵山地和高原。集中分布于广东、广西、福建、江西、湖南、浙江、云南、贵州和台湾诸省，湖北、四川、安徽和西藏的察隅也有分布。总面积为2.3亿 hm^2 ，约占全国土地总面积的12%，是我国面积最大的土壤资源之一。

该土质地为黏质类，吸水能力很高为11%，呈弱酸性反应。砖红壤地区水热条件非常优越，气候炎热，有效积温高，无霜期长。一般无零度以下的低温度出现，一年

中 5cm 深处的土壤温度有 7 个月在 20℃ 以上。在这一地区土壤风化强烈，土层深厚，养分释放和转化快。此类基质上建造高尔夫球场需要注意积水和酸化问题。

2.4.14 高尔夫草坪红壤基质类

该土质地为黏土质类。土壤呈酸性至强酸反应，pH4.5~5.5。此类基质上建造高尔夫球场需要注意积水和酸化问题。

2.4.15 高尔夫草坪盐碱土基质类

盐碱土亦称盐渍土。我国有盐碱地约 2.7 亿 hm^2 ，广布于全国。根据水文地质、母质和气候等，可分为 5 个大分区。盐碱土可分为盐土、碱土和盐碱土。盐土含有溶解盐很高，致使植物生长缓慢，其 pH 一般低于 8.5；碱土含有大量可交换的钠，妨碍植物生长，其 pH 一般高于 8.5；盐碱土含有大量溶解性盐和可交换的钠，可使植物受害。

此类基质上建造高尔夫球场需要注意积水和盐碱化问题。在盐土中，如果土壤是可渗透的，且排水性能好，可溶性盐会很快淋洗掉，深灌能将它们冲洗到根系层下面。但需要防止蒸发和毛细管现象带来的反复。为了能长成优质高尔夫草坪，具体的方法是采用打孔通气，设置排水道，应注意灌溉水含盐量，此外也可种植耐盐品种，如狗牙根、结缕草、匍匐翦股颖、海滨雀稗等。

1. 滨海盐碱区

北起渤海湾、南至长江三角洲的滨海平原、浙江、福建和广东沿海地区。该区盐类主要以氯化物盐为主。

2. 华北盐碱区

包括黄河中、下游沿河低洼和低平地，主要包括山东、河南、山西、陕西诸省的冲积平原和汾、渭、泾平原。此区大部分盐属氯化物硫酸盐盐土或硫酸盐氯化物盐土。

3. 西北干旱盐碱区

本区包括宁夏、内蒙古河套地区。盐分组成以氯化物和硫酸盐较多，其次是碳酸盐，并且多积聚在地表。盐碱土多属氯化物硫酸盐盐土。

4. 西北半干旱盐碱土

本区包括新疆、青海、甘肃、河西走廊和内蒙古西部地区，为我国盐碱土分布最广、面积最大的地区。该区盐的组成复杂，主要有氯化物、硫酸盐、碳酸钠、硝酸盐等。

5. 东北盐碱土

本区包括松嫩平原、辽河平原、三江平原和呼伦贝尔高原等，该区盐类主要为氯化物、硫酸盐、重碳酸盐类。

第3章 高尔夫草坪建植科学技术

草坪是高尔夫运动的底色，是竞技的平台。草坪建植的质量高低无不关系着运动的发展和提高，也将对今后高尔夫草坪质量或寿命、管护等方面都起到深远的影响。

高尔夫草坪建植包括坪前建植和坪后管理。坪前包括详查土壤、精细选种、平整场地、正确栽植；坪后包括浇水、覆沙、修剪、施肥等。坪前建植和坪后管理称为建坪综合科学技术。

高尔夫草坪建植科学技术包括草种选择、场地准备、建植过程及建后管理几个重要问题。

3.1 高尔夫草坪选种理论

3.1.1 高尔夫草坪选种原则

正确的选择草种是建坪成功与否的关键因素之一，也是维持高尔夫草坪高质持久的重要前提。科学的选择草种应该坚持以下几个重要原则。

1. 气候原则

选择草种要考虑相似气候引种条件，优先从相似地区引种是保证建坪成功的关键。例如，狗牙根是一种暖季型高尔夫草坪草，35℃ 生长最快，13℃ 以下时停止生长，最佳生长范围为 25~35℃。如引入北方寒冷地区和过渡地区会自动缩短绿色景观周期。因为北方寒冷地区和过渡地区 10 月后气温急剧下降，超过狗牙根自然生长下限，必然引发地上部分死亡或枯死。又如冷季型黑麦草温度生长范围为 8~27℃，33℃ 以上即可枯死。如引入亚热带地区则难耐酷热，原因同上。所以，引种时一定要了解原产地气候和引入地气候差异。气候条件一般包括温度、日照、降雨等因素。

2. 奖惩原则

高尔夫球场包括三大功能区，即果岭区、球道短草区（梯区）和高草区。三区草种因竞技功能不同而异。按照高尔夫草坪竞技学的意见，果岭区、球道短草区（梯区）是起奖励作用，因此称之为奖励草坪区；高草区是起障碍作用，因此称之为障碍草坪区。由于各区对草种的要求不同，如高度、颜色、粗硬、践踏、抗逆、养护水平等，引种时必须遵循这些要求。

高尔夫草坪由于竞技的规定性，一定要按照竞技区域、地形、遮阴、通风、草外貌和需要的管护量等仔细选择草种。奖励区域如果岭区需要耐低剪、践踏能力高、抗病虫能力高、恢复迅速等条件选择草种。障碍区域要按照设计要求、当地水源、养护成本等进行。

3. 击球原则

球员对草坪颜色、球托不同而需要考虑不同的草种。日本人更喜欢绿中带黄的草色，而美国、中国人则喜欢深绿色。球托指草坪对高尔夫球的支托能力。几乎大多数人，尤其是业余球员更喜欢较为粗硬的草坪，这些草种不会埋球，能够造成球托一样的作用，如海滨雀稗；另一些草种如狗牙根较软，高草区往往会埋没球，对初学者，甚至职业球员都会造成很大的击球困难。当然，击球原则需要注意设计师的要求。

4. 混播混合原则

混合指同一高尔夫草坪种内不同品种的组合；混播是指包括两种以上高尔夫草坪种间的组合。

几种草种混合播种可以适应差异较大的环境条件，更快成坪并可延长高尔夫草坪使用寿命。但其缺点是不易获得颜色统一的高尔夫草坪外观。不同高尔夫草坪的搭配依土壤和环境条件不同而变化。在混播时，通常包括主要草种和保护草种。保护草种一般是生长迅速的草种。南方春季播种最好种植冷季型高尔夫草坪，如一年生黑麦草；北方则用暖季型草种作保护草。

解决高尔夫草坪草种、土壤和生境的差异性，达到外观较为整齐划一的高尔夫草坪，通常采用的建坪方式就是混合。经过特殊混合技术可能建成一块很适宜的高尔夫球场。理想的混合是由外貌相当接近的品种组成，它们既抗可能发生的病害，又能适应所在地的生境条件，这种混合至少由3个品种组成。

高尔夫草坪混播技术已有相当长的历史了。亚热带区域高尔夫草坪建植技术已朝单一化方向发展。首先，由于暖季型草坪种子生产能力低，价格昂贵。其次，混播技术因其存在的种群竞争，草种间不能共存，而且建植的高尔夫草坪很难协调和匀整，降低了它的使用寿命。再次，南方多雨便于无性繁殖的灵活使用。因此，纯种建植更受欢迎。北方冷季型高尔夫场地果岭区、球道短草区更多的是采用混合技术。而障碍区则更多的是采用奖励与惩罚相结合的分片建植，即奖励区和障碍区分别种植不同的草种，而且障碍区的草种更粗糙、更抗逆。种之间的混播技术目前较少使用，主要是考虑到草外貌问题不易处理。

3.1.2 混匀和混播配方

1. 混匀配方

根据混匀的概念和要求，混匀配方至少要由3个品种组成，最多可以达十几个品种。由于混匀品种一般都是外貌相似，生态类型相近，生存环境要求较为一致的一系列高尔夫草坪草，故品种群内部竞争较弱，能维持长期的使用寿命，故此种组合应用价值较大（表3-1）。

表3-1 lesco 优质早熟禾混匀配方

早熟禾品种名称	所占百分数（%）	发芽率（%）
Goulumbia	24.74	90
Shasta	24.74	90
Adelphi	24.58	91
Sydsport	24.35	90
作物种子	0.06	
杂质	1.5	
杂草种子	0.00	

2. 混播配方

混播技术由于存在难以克服的种间竞争而造成短寿命草坪现象。因此，目前寒冷地区高尔夫草坪也不再利用这一技术，而采取分片种植。早衰原因固然与管护水平低

下、利用频率高有关,但最重要的是与群落生态学有密切的关系。种群斗争影响了高尔夫草坪群落的稳定性。不当的混播配方无疑是高尔夫草坪群落不稳定性的催化剂。

表 3-2 英国传统高尔夫草坪草混播配方

草坪种	占有率 (%)	发芽率 (%)
多年黑麦草	30.7	90
细羊茅	24.75	85
草地早熟禾 Rugby	14.70	80
草地早熟禾 ennstar	14.65	80
草地早熟禾	13.70	80
其他作物	1.70	
杂质	0.50	
杂草种子	0.30	

表 3-2 内多年生黑麦草为保护种。主要种为早熟禾和细羊茅。一般来说,多年生黑麦草含量一般不能超过 20%~30%,否则由于其强扩展性易造成成坪初期混播失败。

3.1.3 高尔夫草坪草建植材料

用于传宗接代,扩繁高尔夫草坪的植物性材料称之为高尔夫草坪草建植材料。这些建材包括高尔夫草坪草种子、单个植株、整块高尔夫草坪及植株的某一部分,如根、根茎、枝条等。

1. 高尔夫草坪草种子

高尔夫草坪草种子属于植物学意义上的种子概念,即指经过受精作用后发育成熟的胚珠体。高尔夫草坪草种子外形细小,单位重量很轻,粒数很多,如每克匍匐剪股颖种子数可达 17 532 粒。普通狗牙根为 3 970 粒。高尔夫草坪草种子是冷季型高尔夫草坪用于建坪的重要繁殖材料。

2. 草皮块

草皮块是指将草皮平铲为平板状或剥离成大小相近并带有一定土壤的正方形、长方形、柱形等形状草块。

理论上草皮块大小通常以长 50~150cm,宽 30~150cm 为宜。实践中经常见到 25×25m² 的居多。原因是面积小易起运。不过大小问题主要视起运机械而不同,如草皮生产厂家使用专门起运机械一次可铲下数米宽、数十米长的草皮,然后折叠成卷直接运往建坪场地。起下的草坪无论大小都不宜停放时间过长,尤其在炎热天气下,一般不能超过 24~48 小时,否则易脱水枯黄。

3. 塞植材料

塞植材料不同于草皮块。它比草皮块要小得多。一般依建植场地绿化速度要求可

大可小,最大的 10 cm×10cm,最小只有 3cm×3cm。实践中经常利用人工将草皮随手撒开成许多大小相近的草块栽种,如塞植材料小、相互间栽种距离短;反之,栽种距离大。

塞植材料多见于暖季型草建坪用。此类材料是南方建植大型高尔夫球场的常见材料,是一种重要性建坪材料。高球场球道短草区、高草区、甚至梯和果岭区都采用这种材料建植。

4. 枝和匍匐茎

不带土的单个植株材料或至少带有两个节的株体部分称之为枝和匍匐茎建坪材料。通常用于精细场地。因为它的种植方法与高尔夫草坪草种子一样均系用撒播,然后铺土、镇压、覆盖,故能长出非常均匀一致的高尔夫草坪。高尔夫球场果岭区通常系用这种材料建坪。这是由于果岭区“光滑、适密、匀整、浓绿”的具体要求。而其他建植材料和方法都不能短期内达到这种水准。

3.2 高尔夫草坪种植理论

3.2.1 坪床准备

高尔夫球场坪床准备工作非常重要。坪床准备是成功建坪的关键环节。它不仅关系到高尔夫草坪草的顺利着床,而且也关系到今后高尔夫草坪的生长和发育以及养护等问题。坪床准备包括坪床清理、平整、排水系统、化验、改良等方面的内容。

1. 坪床清理

坪床清理是指打桩后按标桩指示线和图纸说明书所进行的第二项基础建造工作。其主要任务是清理场地树木、灌木、植被和地表裸露的碎石。场地清理的基本原则是先易后难,先窄后宽,先连通梯、落球点及果岭 3 个重要标桩点,后调整球道应保留的自然特征的清场原则。

每个承包商都有一套自己的清场方法,但无论何种方法结果都应是殊途同归。清场所需要的工具有推土机、铲机、运输车等,有时遇到岩石尚需炸药进行爆破作业。

场地清理的具体过程是:按清理原则和球洞标桩指示,先清理出一条 15m 宽的球道中心线,即梯、落球点及果岭 3 个重要标桩点的联结线,然后,设计师观察应保留的自然特征的取舍并进行第二次清理。第二次清理可以说是在第一次清理的基础上所进行的更为细致的工作,要求设计师亲临现场同承包商进行很好的沟通并指导他们的清理工作。第二次清理对正确理解设计图纸和节省费用具有很重要的作用。第二次清理是在第一次清理的基础上进一步拓宽球道、落球点和果岭面积。经第二次清理后球道宽度可增至 30m 左右,一些主要设计元素已初见雏形,原始植被均按设计功能和美学要素进行了相应保留。

原始植被的保留需要注意的是树木的砍伐原则。树木的砍伐要根据设计功能和球场美学感觉进行有计划的间伐,这种间伐也称选择性疏林。设计师应亲自进行指导,在一些要求很高的区域,应标记每一棵被砍伐或保留的树木。有时可用航空照片的方法进行间伐树木,但缺点是不能辨认树木种类、树龄及健康状况。另外,在间伐树木时,要注意树木价值及种类的搭配。天然生长的树木比人工种植的树木对球场来说更自然,间伐得当更省钱。因此,间伐时要求与球洞设计配套,力求留下的树木在各个

方面与球洞相适应,别有风味,令人记忆深刻。间伐树木时要注意树距、树龄及健康状况。树距要够剪草机通过并保证将来树下有足够的阳光明媚照射,一般树距为 6m 左右。树龄最好是不超过 2m 左右的幼树,树下要清除野草,搞好坪床整理工作。场地经两次清理后已基本达到了清理目的,余下的工作是解决清理物的问题。最理想的结果是从现场完全移走所有树、灌木、根、茎和碎石等垃圾,尤其是树根要彻底清理干净,有些垃圾也可烧埋,但要注意应严格控制在非工程区域。如果树、灌木、根、茎和碎石等垃圾任意乱填乱埋,可能会对将来施工如排水、造型、灌溉和植草等工程留下隐患。

(1) 木本植物清理 包括地上和地下部分。树桩和树根应采用人工或挖掘机彻底除去,以免残体腐烂后形成洼地,从而破坏高尔夫草坪的均匀性,另外也可防止蘑菇和马勃的产生。

(2) 岩石和瓦砾清理 为了防止将来高尔夫草坪供水能力不均匀现象发生,要清除坪体以下 60cm 内的所有大型岩石。此外要清除地表 15cm 生长层内的所有砖石和瓦砾,以免将来管护困难。

(3) 杂草清除 杂草清除是高尔夫球场建造前的一项很重要的工作。这项工作要做得彻底,不留后患。现在经常见到很多高尔夫球场杂草丛生。一部分原因与建前杂草清除不当或不彻底有关。要特别注意防除那些根茎繁殖能力很强的杂草。杂草防除一般采用物理和化学两种防除方法。

物理防除用人工挖除、拔除、机械定期挖。化学防除最有效的方法是使用熏杀剂和灭生性内吸除莠剂。常用的除莠剂包括茅草枯、磷酸甘氨酸及草甘膦等。

熏蒸法是防除杂草的另一种有效方法。这种方法不仅能够起到杀灭和抑制杂草的作用,还能消除土壤有害病原物如线虫等。

坪床熏蒸地应深耕、保持一定湿度和土温,然后施药入土。高尔夫草坪常用熏蒸剂有溴甲烷、氯化苦和威百亩等。

3.2.2 坪床整理

坪床整理就是按高尔夫球场竞技要求和目的对地形和土壤进行一系列的粗精细整理工作。坪床整理有两个原则,即规划造型和提供理想苗床。具体过程包括粗整理和细整理。

1. 粗造型

土方工程的初期阶段称粗造型。粗造型的任务和过程并不十分复杂,主要是进行每洞的土方平衡处理,即挖去不符合设计图纸的高出部分,并用此部分填高不符合设计图纸的低出部分,并整理出球道和各种设计要素的概略造型。

2. 细造型

土方工程的后期阶段称细造型。细造型是指粗造型结束后所进行的球场坡度处理,细造型就是按设计要求对球场表面进行精致的整理,使场地表面达到平滑及协调。这个过程需要一个人称“造型师”的推土机手来进行操作。细造型的工作内容包括表面排水、坡度处理、局部整理、预留土壤的覆盖等工作。

如果说粗造型表达了一个球场的骨架或裸露的外表的话,那么细造型就等于是肌肉或新衣。细造型给高尔夫球场每一洞带来了赋予生命意义的特征变化。球场设计的

真正内涵也就表现在这一特定的过程。

细造型是高尔夫球场所有建造工作中最重要的一个环节,它可将设计师的创作意图淋漓尽致地展现出来,它集中体现了人们对球场的全部审美情趣和视觉效果。这一过程全凭一个富有想象力和创造性的造型师来完成。他将一个凌乱不堪的场地包装成一个真正的艺术品。造型师的工作对球场来说太重要了,他可以将一个平庸设计师的平庸作品包装成一个伟大的作品,也可以将一个伟大设计师的伟大作品包装成一个平庸的作品。因此,有人说一个球场是否



图 3-1 苏格兰老球场 16 号洞果岭造型

为精品,不在于设计师如何,而在于造型师的水平和与设计师的沟通及对设计图纸的理解能力。所以,许多设计师都要有一名有真才实学和工作稳定的造型师相助。而在球场预算中,造型师的工资是最高的。一个 18 洞的球场仅造型工时就需要 3 000 个小时或更多,也就是说,每个球洞要 5 个造型师连续工作 4 天。

在现代球场中造型工作显得越发重要,好的球洞造型经常被媒体刊登或传扬,因而既直接宣传了球场,提高了球场的知名度,也增加了球场收入。所以,发展商对球场造型的工作也格外关注和重视。好的球场或球洞造型不仅具备竞技功能,更重要的是它与周围环境和谐自然、具备美感,尤其是在人们的视觉中产生强烈的立体层次感效果,使人过目难忘、记忆深刻。

对于资历浅、设计水平不高的设计师来说,配备一名高水平的造型师十分必要。他可以帮助设计师造出十分耐看的球场视觉感。造型师也懂设计,从某种意义上来说,他也是一名设计师。不过,目前一个设计师使用许多风格不同的造型师来创造不同的视觉效果,另外的目的也是尽量放开造型师的手脚,充分发挥和调动造型师的创造力和想象力,让他们在细节或局部方面创造出有个性的设计元素。设计师和造型师的关系就如同鱼水关系,设计师将自己的设计意图和要求通过语言和图纸传达给造型师,而造型师则通过造型机展现出来,至于作品的好坏全凭二者的沟通和造型师对设计意图的深刻理解。

前已述及,造型的主要内容是坡度处理问题。坡度处理既与球场功能的体现、韵律和视觉有关,也与地表浅排有很大的关系。在处理浅排时,地表坡度至少是 2%,而种植暖季型草则至少是 3%才能将表面水排走。另外,一般在球员活动频繁的区域,靠地表斜坡进行自然排水其长度不能超过 50m 左右,最好每隔 30m 设置一个草坑或集水井将周围靠地表斜坡自然排水的积水排出场外,也就是说,地表浅排控制的范围最好应以 900m² 为限。当然,由于球场地形的复杂性,应以灵活多变的方法为好。

3.2.3 土壤基质查验

完成了草种选择,坪床准备和排灌系统工作之后,下一步的任务就是如何为未来的高尔夫草坪草准备一个良好的着床环境。一个大型高尔夫球场经历了一个大的土方

工程之后,原来的耕作土壤绝大部分已丧失殆尽。土壤质地、结构、肥力性质已发生了重大变化。虽然高尔夫草坪草是种植在 70%或纯沙性的土壤上,但是,土壤基质类型能严重干扰将来上层沙质土壤的物理和化学变化。因此,种草之前,详查下层土壤基质的类型、现有养分、质地、结构等情况,进行有的放矢的土壤改良工作对高尔夫草坪是十分重要的。土壤详查与改良包括土样采集、土壤化验和验后改良 3 个方面的内容。

1. 土样采集

土样采集是一项十分严谨的工作。采集的土壤样品必须能代表整个场地的土壤现状。如果样品不能显示土壤的实况,化验结果必错无疑。而据此使用的肥料、石灰和硫磺也一定会带来严重后果,要采集代表性的样品,必须采取恰当的取样技术。

供化验的样品至少应从 12 个不同地点采集,结合各点的样品混合构成一个复合样。如果少于此数,样品即为非典型样品,对化验结果可能有很大影响。多于此数样品,其结果与实际情况就更为接近,更能代表全地区的土壤特性。如果面积很小,少于 12 个单样亦可。采集土样一般使用土样采集器。这种取样器可取到深层地下土。拟建坪用的土壤基质可取到 20cm 处即可。

2. 采集土样注意事项

(1) 随机取样 切莫从一片小区取样,更要避免从不能代表该地环境和土壤条件的地方取样, 取样要随机化。

(2) 样地选择 任何小的、异常的、独特的地方如高地、斜坡、凹地、花坛和灌丛应避免作为选择区。取样时,应离开高尔夫场地边界、车行道和人行道。采集的土样应不含任何草叶和植物组织。通常应把枯草层从样品中择出。

(3) 分片取样 如果一个场地很大,各处情况又不相同,则应分别取样并分别化验和分别改良。

(4) 取样时间 土样应在土壤不冻结的任何时候采集。

(5) 取样次数 第一次是在建坪前进行土壤基质取样,然后据土壤基质化验情况加入改良物质如石灰和硫磺等。第二次是草坪生长层取样,目的是检查生长层营养情况,以提高高尔夫草坪使用寿命和增加养护效率。

(6) 样土保存 采集的样土应贮于干净的纸袋或塑料袋内,使其慢慢风干,不应在烘箱中焙干以便化验。

(7) 样土容量 进行一个完整的土壤化验需要 0.3L 土壤。复合样品至少不少于 0.3L,应设 3 个重复。

3. 土壤化验 采集的土样有条件时可以自己化验,无条件时应将样品送至有关单位进行化验。

4. 土壤基质改良

经过详查下层土壤基质所有指标后,根据详查的结果进行酸碱度调整或处理。

酸碱度过大的土壤基质需要在覆盖沙质时予以提前处理。根据相关经验,有机肥是进行压碱压酸的很好材料。有机肥包括充分腐熟的堆肥、厩肥、泥炭藓等。

有机肥施用量视土壤基质酸碱度的大小而区别处理。土壤基质酸碱度大,有机质可多施;反之少施。如半腐熟的厩肥每平方米施入 1 600~2 000 吨或以厚度计至少在

基质上层覆盖一层 5cm 的有机肥才可达到土壤改良目的。

此外,根据测定土壤 pH 的结果,在建植前,基质上层适当掺入石灰或硫磺,然后覆盖有机肥对处理酸碱土壤非常有效,也可保持很久的时间。

3.2.4 坪床混匀、平整和压实

建坪前要进行一系列土壤作业,包括沙质土壤、有机肥或无机肥混匀,生长层平整和压实。

沙质土壤太湿或太干时均不宜进行上述作业。沙质土壤与肥料的坪床混匀很重要。底肥要混合到沙质土壤生长层 10cm 内。处理时可借助圆盘耙反复耕作表层。无机肥也可使用。特别是磷肥的使用对幼苗的发育极为重要,它有助于高尔夫草坪草根系的生长发育。过磷酸钙是常用的速效肥料,每平方米使用量为 22.5~30g。

准备场地的最后步骤是平整和压实沙质层土壤,这一步骤力求表面平滑。坪床表面高低不平会发生很多问题,种子或草皮被冲刷到低处或冲掉,较高的地方必将裸露。成坪后的表面必将影响保养的进行。

翻耕后的沙质土壤疏松膨胀,任何通过行为必将留下印迹,破坏坪床的一致性。为了避免此类现象发生,应进行全面细致的镇压。但土壤太湿时则不宜进行。用灌溉的方法,可加快紧实。

面积较大的球道可在动力机后系上一金属拉链来平滑地面。圆盘耙对整平大面积土地是一种有效的工具。此外,高球场的拖沙机也能起到整平的作用,不过仅适用于小面积地,如果岭区、梯台。较小的面积通常采用手工。

3.3 高尔夫草坪建植方法

坪床整好后,即需种草。种草包括确定植物性材料类型、制定相应的建坪方法。

建坪用植物性材料前已述及。建坪方法包括播种、铺草皮块、塞植、蔓植和匍匐茎植。后 4 种方法于营养体繁殖。几乎所有的冷季型高尔夫草坪草和一些暖季型高尔夫草坪草都可进行种子繁殖。播种是建植高尔夫草坪最廉价的方法,但成坪速度慢;铺草皮块或卷成本最高,但成坪速度最快;塞植、蔓植和匍匐茎植是许多暖季型高球场球场最常用的繁殖方法(表 3-3)。

表 3-3 高尔夫草坪草基本繁殖方法

草种	繁殖方法
改良狗牙根	营养繁殖
细弱剪股颖	播 种
匍匐剪股颖	营养繁殖或播种
早熟禾	播 种
细羊茅	播 种
黑麦草	播 种
多花黑麦草	播 种
多年生黑麦草	播 种
高羊茅	播 种

3.3.1 种子建坪法

1. 播种期

应该说高尔夫草坪草在一年的任何时候都可播种,然而实践证明:高尔夫草坪草最适宜的播种期是在温度和水分条件最好、最适于生长的季节。而在不利于种子迅速发芽和幼苗旺盛生长的条件下播种往往是失败的。据此,决定高尔夫草坪草播种的时期至少与4个因素有关,即草种、温度、水分、杂草。

不同的草种对决定播种期限影响很大。例如冷季型高尔夫草坪草考虑所有因素后,最适宜的播种期应在夏末。原因是8月末和9月初,土壤、气温和水分对种子发芽和幼苗生长都很理想。冷季型草最不利的时期是仲夏。这时播种会遭到干热危害,即水分、温度都不利植株生长。夏末种的另一个好处是杂草较少,可避免杂草与高尔夫草坪草争水、争肥的矛盾;春季播种不理想。因为在夏季逆境来临之前,有利的环境条件的时间较短。地温低,种子发芽所需时间较长,加之春季播种时杂草特别严重,对高尔夫草坪草的生长极为不利。

暖季型高尔夫草坪最适生长温度要高于冷季型高尔夫草坪草,因而应在春末夏初播种。暖季型高尔夫草坪草在夏季高温时期生长最好。春末夏初播种能使暖季型草很快发芽,并在冬季到来前形成高质草坪,春初夏末及秋季播种不宜。此时地温低不利于种子发芽。暖季草发芽的适宜温度是21~35℃;冷季型发芽的适宜温度则为16~30℃。

为适应北方寒冷地带某些微环境的特殊要求,冷季型草的播种有一个特殊的播种时期,即晚秋播种,也称休眠播种。休眠播种是不希望种子在晚秋发芽,以种子留在土壤形式越冬,通过冬季寒冷刺激,复壮草坪草抗逆能力。此外,休眠播种广泛用于春季排水不良的潮湿区和林下区。因为春季土壤太湿会给土壤耕作和栽植造成困难。早春落叶乔木尚未长出新叶和形成稠密树冠,可以使幼苗接受较多的阳光,进而加速其生长。

2. 播种量

播种量的大小取决于多种因素,如草种、发芽率、环境条件、播后管理和种子成本等。

高尔夫草坪的种类较多,草种千粒重、活力及发芽率差异较大,因而具有不同的播种量(表3-4)。

表3-4 高尔夫草坪草播种量

草种	kg/100m ²
细弱剪股颖	0.24~0.73
匍匐剪股颖	0.24~0.73
改良狗牙根	0.49~0.98
草地早熟禾	0.49~0.98
细羊茅	1.46~2.44
多年生黑麦草	5.00~7.00

活力强、发芽率高的草种即使低于理论单位面积的播种量其定植效果也要高于活力差、发芽率低、播种量大的草种。

环境条件的好坏也影响播种量的大小。土壤通风透气、温度适宜、水肥充足的坪床能促进种子发芽和生长。反之，土壤条件差的坪床对种子发芽和生长均产生不利影响。

播后管理的程度对播种量也有较大的影响。实践中，播种常见失败的原因是缺水。如果不能经常浇水，播种量应大些。另外，即便播量小，出苗少，对于匍匐茎和根状茎的高尔夫草坪草，如管护得当，最终也能达到适宜的密度。对于分蘖型高尔夫草坪草时间要长一些。

种子成本也是制约播种量的一个重要因素。目前，高尔夫草坪草的种子价值都很昂贵，不加综合的考虑和改进，只是一味加大播种量，不仅浪费钱财，也会出现诸如密度过大的问题。这无疑加剧了幼苗之间的对阳光、水分和养分的竞争，造成各幼苗生长细弱，不但易感病害，且易提早衰退。

了解单位重量的种子数对确定播种量是十分重要的。一般的规律是，在同等条件下，大粒种子播量高，小粒种子播量低（表3-5）。

表3-5 高尔夫草坪草种子克粒数

草坪草	克粒数（粒/克）
细弱剪股颖	18 700
匍匐剪股颖	1 100~15 400
草地早熟禾	2 200~4 840
高羊茅	370~480
细羊茅	770~1 320
多年生黑麦草	550
多花黑麦草	504
改良狗牙根	4 400

3. 播种

播种是将种子播入坪体的一种作业过程。高尔夫草坪草播种最主要的是注意两个方面的问题：一个是均匀性，另一个是深度。

由于高尔夫草坪草种子太轻，质量较差，易受风干扰。另外，进行混播时，混合种子的大小和密度均不同，存在着播种不均匀现象。

为了保证撒播均匀，将种子量一分为二，然后从两个方向撒播：一个是由东向西进行，另一个按南北向撒播；如果种子太小，播种量太低时，可掺土或沙子于种子中撒播；珍贵高尔夫草坪种子或要求严格的建坪或小面积的建坪可采用分区播种，即将拟建区分割成若干等份的块和条，同时将种子也分成若干等份播在对应的地块中。

播种深度对高尔夫草坪种子的发芽和成苗非常重要。实践中许多失败的例子大部分归结于播种太深的缘故。由于高尔夫草坪种子太小,贮藏的营养成分有限,这样在幼苗尚未出土以前就会造成营养断续,过早枯竭而死。因此,正确的做法是:种子撒播在地表,然后用耙子或拖沙机由南北向或东西拖耙两次,使种子进入土壤表层0.64~0.84cm处即可。另外一种办法是在种子上面覆盖一层薄土。比较起来,后者较费事但却保证种子不干燥或被风吹、水冲走。另外种子和土壤接触良好,可使种子极早吸水。

高尔夫草坪草种子的播种通常使用播种机,但还可用大型耕作播种机,这种播种机通常用于大面积作业。还有一种用于大面积播种的工具叫做水力播种机。这种机具常用于陡坡和其他机具难以到达或行走的地段。使用水力播种机是一种最快的播种方法。水播的优点是将种子、肥料和其他物质一次施入土壤。对于小面积的地段也可采用人工手摇播种机。一天之内人均可播种8 000~13 334m²。播完后,通常采用轻型滚压机进行土壤镇压以促进种子和土壤紧密接触。

4. 覆盖

覆盖是待种子播完后用某些材料遮盖坪床的一种作业。实践证明,覆盖对冷季型高尔夫草坪草种子建坪十分重要。通过覆盖能稳定土壤和种子,有助于抗风和免受阳光干燥的影响。另外,覆盖能调节地表温度的波动,刺激萌发,保护已萌发的种子和幼苗免遭温度波动所引起的危害。还能减少土壤水分的蒸发,一般可减少5%以上的水分蒸发损失。覆盖的另一个明显的作用是减缓来自降雨和喷灌水滴对土壤的冲蚀及地面干后板结,使土壤保持较高的渗透速度。斜坡播后不能保证灌溉时,萌发期覆盖尤为重要。

覆盖的材料很多,如稻草和麦秆。使用这些材料必须杀死其内种子。覆盖物用量以36~45kg/100m²为宜。1公顷约相当于20kg。在小面积上通过人工撒播稻草,大面积覆盖可使稻草吹送机,其效果很好。由于稻草较轻,铺展后的稻草很易被风吹走。因此,可用沥青黏结剂等来固定稻草,还可用网覆盖稻草。另外,一边铺稻草,一边洒水,稻草被水淋湿就不易被冲走了。另外,一些覆盖材料如木屑、刨花、木片、木质纤维素、菜豆秸、碎玉米棒心、蔗渣、甜菜渣、花生壳也能起到覆盖的作用。不过,木质覆盖物进行微生物分解时易造成土壤临时性缺氮。

覆盖层应适合,太厚时对种子萌发不利,易闷苗和种子。应避免形成草堆。稻草易分解腐烂,如果用量较大,当植株长到2.5cm时应移去一半覆盖物,移时应采取逐渐过渡的方法,最好在阴天,否则草苗会有被阳光晒死的危险。

各种网状的覆盖物如黄麻网、烟草网、尼龙网、防雨布均可用作覆盖材料,不过这些材料在幼苗长大以前必须移去。目前使用广泛的防雨布不需要移去,当种子发芽后防雨布已基本腐化。

初春和秋季当地温太低播种时,为使种子快速发芽,可用透明的塑料薄膜覆盖坪床以加强萌发。不过随着温度的升高,应逐渐除去,否则易烧坏种子和幼苗。

总之,建坪后的地面覆盖物因地制宜,就地取材,广泛地搜集各种材料加强高尔夫草坪草苗期顺利过关。

5. 播后管理

保证播床湿润，直到高尔夫草坪草很好的建立起来，这是建坪成功的关键。

高尔夫草坪草种子很小，种子根系较浅，需要经常供给水分，否则土壤表面干燥就会导致脱水死亡。为了保证种子安全出土成苗，必须保持至少 1.3cm 的种床土壤层经常湿润。

播后初期浇水要采用少量多次法，而且要缓慢进行。应避免大水大灌，以防发生侵蚀和板结。一般来说炎热季节每天至少灌溉 3 次。播后至少 3 周内要保持经常浇水。特别对于混播草坪尤为重要。混播种子因其生物学特性的不同，发芽时间也不一致。因此，播后管理中常见过早停止浇水的错误现象，这必然造成萌发缓慢的草种因缺水而死亡。

当高尔夫草坪草苗出土后，浇水宜浇透，即每次浇水应使土壤充分湿润为止。出土后的幼苗浇水次数应视天气情况、土壤质地、幼苗抗旱性等而变化。

播后管理的另一个主要作业即修剪。播后首次开刀剪草是当 50% 的幼苗达到高于应修剪高度时候。这时应特别注意刀片的锋利性，否则会严重伤害细嫩的幼苗。第一次修剪前应减少浇水，使土壤坚实一些，以防剪草机轮子陷入土壤中造成齐根剪。

施肥是播后管理的一项极重要的内容。施肥对高尔夫球场建后管理来说，不仅是大量的，而且是经常的。当幼苗出土之后，应使用少量的氮肥，这对生长极为有利。以后应根据高尔夫草坪具体生长状况而施不同的肥料、不同的量。

表施肥料是高尔夫草坪最普遍的一种方式，然而表施肥料是效果最差的一种方式。主要由于浪费严重，这对管理费用不高的高球场来说无疑是一种经济损失。高球场施肥应结合铺沙、打孔来进行，特别是施后铺沙或打孔后施肥再铺沙可增加肥效。据研究，后者施肥效率比前者高 25% 左右（马宗仁，1996）。

幼苗生长期避免使用除莠剂。如果杂草太多，使用除莠剂的正确时间大约是幼苗在坪床上至少生长 1 个月后或等新草已经剪割两次后再使用，否则易造成伤害。

3.3.2 营养体建坪法

营养体建坪法其整地要求、植后管理与种子建坪相似。营养体建坪法通常不用覆盖，但沙质斜坡土壤和雨季栽植一般用网状覆盖物最好，网状覆盖物可防止土壤侵蚀，固着草皮。栽植时期以夏季雨期最佳。这时栽植易成功。

营养体建坪法包括铺草皮卷或块、插枝、铺茎和栽草坯等。其中除铺草皮块外，其余的方法仅用于具有强烈匍匐茎和根茎生长的高尔夫草坪草种类。营养体建坪的时间大致与种子建法相同。不过，为了保证成活高，一般雨季建坪最好。

1. 铺草皮块或卷覆盖

这是一种大面积已在草坪的作业。整个球道由很多草皮块或卷覆盖。草皮是否被切成卷或块视切割设备、草种、运输工具、路径远近而定。如果路程近、运输工具便利，草种成活率高，高级大型切割起草机就可切割成所需要的任何草皮段。否则就只能用一般普通切割机。这种切割机的刀片能切入土中，切幅通常为 0.3~0.6m。有时多用人工铲切下长宽均为 25~30cm 的正方形块，然后叠好并用绳子捆在一起运走。目前我国通常采用小型起草机和人工切割方法。

收获草皮时，土壤表皮必须湿润，否则切割草皮很困难。切割深度相当重要，薄切草坪一般较好。草皮越薄、扎根越快，但浇水工作必须跟上。厚草皮携有较多的土

和根系,比较耐旱,但铺设时很费劲。薄草皮根系少,耐旱性差,水肥管理很重要。浇水不及时易干枯。为避免发生这种现象,切割深度最好比标准的深些。一般来说,草皮携带土应达 0.8~2.5cm 厚。所铺设的草皮应当注意质量,建坪的草皮应茁壮、均匀、稠密、无病虫害和杂草。草皮在收获后的 24~48h 内将草皮铺上,否则草皮堆在地上或捆扎起来放置过久,由于呼吸作用产生的热量会使温度增加,进而导致脱水,造成草质发黄。对新草坪建设不利。如切割的草皮不能立即铺设,则必须将草皮贮放在凉爽处并洒水保持湿润。

高尔夫球场通常自备草圃。草圃约 6 667~13 334m² 左右即可,以备经常换草之用。铺草坪皮前,场地应先灌水,如果铺设前土壤湿润,生根率会明显提高。对于速成草皮即急用草皮,使用人工铺设时,应将草皮平整地铺设在场地上,采用交错的方式使草皮排列紧密,相交连接处不留空隙。铺栽草皮时应缓慢进行,防止加力伸长或散开。搬运草皮卷时切莫拿其一端,以免破碎。

草皮块之间应接触紧密一些,否则草皮块干旱时会收缩,会在草皮间留下裂缝。对于缓用草皮,可以在草坪间隙留有一定宽度的距离,任其蔓延自生。不过这种方法会造成草皮边缘枯黄死亡现象产生;对于斜坡建坪,可以穿过草皮钉些木桩以固定草皮直至根系插入土中。铺栽后应采用 500~1 000kg 的滚筒压紧和压平,使土壤和草皮紧密接触。

2. 栽草坯

栽草坯又称塞植,它是将已建成的草皮切成若干大小的小草坯栽入土中。这些草坯可以是圆形或方形的。通常宽 2~10cm,长 1.9~10.2cm 不等。据研究 1m² 的稠密坯可切成 338 个 5.1cm² 的小草坯,或切成 100 个 10.2cm² 的草坯。暖季型高尔夫草坪草包括狗牙根、海滨雀稗均可采用这种方法来建植果岭区、梯和球道等。

目前,我国栽草坯通常采用人工来进行。首先按草坯的大小挖掘一定深度的土沟,然后将草坯植入,再覆盖一层沙。一般情况下,如果预先挖松土壤,可直接将草坯植入后覆沙,而不用再挖沟或小坑。

草坯间距视草坯的大小、气候、杂草以及利用情况而定。草坯大时植距大;草坯小时植距小,如 5cm² 的草坯常占据 15cm² 的面积。不过草坯越大,草坯间距离越小,成坯速度则越快。栽植后滚压。

目前国外对大面积建坪均采用机器栽草坯。小面积采用手工或环形切割器或球形栽植器。

相对来说,栽草坯是建立高尔夫草坪较慢的方法。不过如欲加快成坪速度,必须采取非常规法,即利用人工将大块草皮撒成 5 至十几株一组,植距为 5cm 左右,大约 2~3 个月后会铺满裸地。这种方法是用营养体建植高尔夫球场的最佳方法。一个标准高尔夫球场需要 2~3.3hm² 左右的备草区就可以铺盖 18 个洞的标准场。

栽植草坯最好的时间是雨季。如在其他季节栽植必须进行经常灌溉,否则易干枯死亡。而且这种灌溉一直要延续到根系伸入到邻近的土壤中。当高尔夫草坪长起来后,可延长浇灌间隔时间。

实践中,栽植草坯最常见的问题是灌溉后易使草坯根系露出地面。处理的方法是,对严重裸露的地表需进行多次覆沙和滚压,不严重的地方进行镇压即可。

3. 插枝

插枝也称蔓植。它是另外一种营养繁殖高尔夫草坪的简便方法。其中也包括在穴内栽植匍匐茎或根状茎的节段。这些节段由机器或人工切成。每一节段至少含有两个节。栽植后从节间发出幼芽和根。匍匐茎或根状茎的节段称为小枝。

用做插枝的小枝茎是不带土的，因而在高温、炎热气候条件下作业时较易脱水。这种方法主要用于暖季型草坪建坪。建坪时间最好安排在雨季时期，以确保成活，雨季干旱期间也需浇水，浇水应每次以浇透为佳。

栽植小枝时，首先是在场地开挖间距为 15~45cm、深 0.25~0.7cm 的沟，将浸在水中的小枝栽植在沟内。植距 10~15cm。用手将土推进沟内并露出 1/4 的小枝于地外，并用滚筒镇压坪床。

栽植匍匐节段可以采用人工和机器。目前我国采用人工栽植。国外对大面积坪床一般使用塞植机一次完成所有的栽植步骤。这种塞植机顶端有一个钝缺口，可不作沟而将节段插入土壤中，建坪速度非常快。

4. 铺茎

铺茎亦称铺植。它是插枝建坪的另一种表现形式。不过与插枝法相比，这种方法不开沟而直接将节段或小枝撒播在平整好的坪床上，坪床应湿润，然后用滚压或耙将小枝部分埋入土壤或在小枝表面略施一层 6.4mm 厚的沙土即可。

为了防止浇水冲击小枝，上面应撒一些稻草或加大沙土层都是有效的。在正常情况下每 100m² 需要 188~376L 的匍匐茎。同插枝法比较，铺茎比插枝建坪速度更快，不过铺茎建坪易使小枝脱水，而且成活率不如插枝法。为减少死亡率，可采取宽幅条状种植，也可分成若干小区，逐个撒播节段并立即覆土、轻度镇压和灌溉。铺茎建坪若考虑使用时间和质量问题，可加大铺茎量，一般较原正常量多 30%。

第4章 高尔夫草坪修剪科学技术

成坪后的高尔夫草坪，即需修剪。它是高尔夫草坪管护工作中一项十分重要的技术手段。修剪对于维持高质草坪、延长草坪寿命、保证高尔夫运动的顺利进行至关重要。

高尔夫草坪修剪技术包括修剪的作用、修剪理论、修剪时间、修剪高度、修剪频率、修剪方法和修剪物的处理。

4.1 高尔夫草坪修剪作用

4.1.1 增强高尔夫草坪美观和竞技效能

竞技、美观、实用是高尔夫草坪的重要功能。充分体现此种效能在于日常和定期的修剪作业。高尔夫草坪植物属于典型的人工生态群落，它与自然生态群落有着极大的差异。不仅混播草种群落内部的竞争十分激烈，而且纯种群落中个体之间对环境的占有率亦存在着十分显著的差异。结果必然导致个体之间在高矮、粗细、颜色、质地等生物学特性方面发生变化。作为人工生态群落，如不进行强制性管理与养护，往往有长势不一、参差不齐、杂乱粗糙、草种变异等现象发生。这种杂乱粗糙的劣质草坪必然会严重影响运动的进行。毋庸多言，高尔夫草坪如果不进行修剪就会立即失掉其实用性和美观性。

4.1.2 延长坪用年限

按照植物生化原理，高尔夫草坪植物生长到一定阶段就会进入老化阶段。形态学上则表现出旁枝增多、茎根木质化、绿度降低，以至枯黄进入生长低潮期或老化期。合理的修剪是防止高尔夫草坪衰退，延长坪用年限的有效措施。剪去高尔夫草坪草的枯枝老叶，可以刺激再生，增加新叶和茎枝。如两块经不同次数修剪处理的草坪其效果表现明显不同。第1年不修剪的草坪，第2年返青后每100cm²有8片叶片，盖度仅为10%；而第1年经5次修剪的草坪则在同一大小的面积上有46片叶片，盖度则为70%（孙吉雄，1989）。草地早熟禾2年不修剪，其根茎自然死亡率在40%以上，而每年修剪2次，根茎自然死亡率不到20%，根茎萌生芽比不剪的多2倍以上，且植株密生，颜色鲜绿，盖度达100%（肖文一，1990）。

4.1.3 防治杂草和增强病虫害抵抗力

多年生人工高尔夫草坪群落不进行合理的强制管理和养护极易衰老。草坪衰老后特别容易招惹病虫害以及滋生杂草。对高尔夫草坪进行一定的修剪，可以增强草坪的生命力和抗病虫能力。同时经常进行修剪能有效地抑制双子叶杂草入侵。因为双子叶杂草的生长点都位于植株的顶部，通过修剪，剪取生长点，进而控制其生长。高尔夫草坪草植物具有耐低刈的习性，同样低的修剪，可对一些耐低刈性差的单子叶杂草进行清除。剪草使植物更新增强，抗病虫能力提高。

4.1.4 改善草坪底层环境

高尔夫草坪修剪特别是低刈能清除相当一部分枯枝落叶。高尔夫球场草坪修剪后

使用拾草机,从而大大改善近地面的生境条件,如接受更多的太阳辐射,通风更加流畅,地表温度也会提高等。这对于调节植物群落草层内部的微环境,刺激高尔夫草坪草均衡发展是有很多好处的。

4.1.5 改变高尔夫草坪草生长习性

修剪对高尔夫草坪的效用是肯定的,然而也有其消极方面。剪草改变了高尔夫草坪草地上、地下生长习性。剪草增强了植物地上部的分蘖,使其密度增加。但也减少了根和茎的生长。原因是新茎叶生长需要更多的营养,而根组织生长所需养分必然减少。这必然导致植物贮存的养分减少,不利于草坪进一步生长。但不剪草确实会严重降低整个高尔夫草坪的质量,特别是果岭在生长期间每天都需修剪。因此,这里有一个量和度的问题。一旦量和度失衡极易损坏高尔夫草坪质量。若每周连续错误剪草1~2次,将发生严重的草坪伤害。实践证明,许多高尔夫草坪质量下降的主要原因就是由于修剪不当引起的,例如剪草太低、齐根剪、次数太多、太少或刀片不锋利等。

4.2 高尔夫草坪修剪理论

4.2.1 高尔夫草坪修剪生长生理原理

高尔夫草坪修剪不是一种简单的剪草过程,而是遵循着一定的原理。这种原理主要是依据禾草类草坪草营养制造、运输、消耗进行的。剪草原理的具体过程是由留茬高度、剪草频率、剪草技术和方法等来实现的。

禾草类高尔夫草坪草大部分耐刈能力都是有限度的。不适当的修剪高度、修剪频率及剪草方法都会造成草坪质量的严重下降。这些均属于营养制造、运输、消耗的严重失调所造成。不适当的修剪使高尔夫草坪草不断地处在一个营养负平衡生长环境之中。因此,进行草坪修剪必须了解修剪生理原理的过程。它主要表现在高尔夫草坪草组织再生和植物营养之间的关系。

1. 组织再生方式与生长生理

高尔夫草坪草修剪后的组织再生主要靠3种方式来实现:根颈、匍匐茎和根茎。3个再生部位都以其不同的生长方式维护着高尔夫草坪的再生生长。密集的茎及着生于其上的叶片的多少是组织再生的主要特征。平滑、适密、匀整和浓绿是评价高尔夫草坪质量的基本指标(马宗仁,1996)。因此,3个部位发育是否良好,生长是否健壮是其质量优劣的关键所在。也就是说,3个再生部位生长发育不仅与草种有关,而且与营养制造、运输和消耗具有非常密切的关系(图4-1)。

高尔夫草坪植物要保持正常生长发育需要有源源不断的养料和能量供应。叶是绿色植物制造养分的主要部位,在叶中通过两种代谢过程即光合作用和呼吸作用来完成养料制造和供给过程。光合作用和呼吸作用是一对矛盾体,只有光合作用超过呼吸作用时,高尔夫草坪草才能增加生长;



图4-1 早熟禾修剪2周后生长状况

反之，高尔夫草坪草的生长就会减弱或停顿（详细参看第一章生长生理）。

2. 营养合成与草坪草叶片

在一定范围之内，营养合成和与草坪草叶片之间的关系是：草坪草叶片越多，接受的日光能越多，合成的营养量就越大；叶片越少，合成的营养则越少。如果发生齐根剪，高尔夫草坪植物只好动用贮存的营养进行恢复性生长，即所谓的负增长。高尔夫草坪植物进行维持生长对叶片合成营养的数量要求是有限度的，多余营养一般以贮存的方式供逆境利用。换句话说，高尔夫草坪植物进行维持生长对叶片数量有一定的要求，在高尔夫竞技功能的规定下，维持1株植物仅需要一定数量的绿色叶片即可满足生长和贮存这两个要求，其余的叶片只能导致植物超额生长。就科学的养护角度来讲，剩余叶片是多余的，是不需要的。剪去后对高尔夫草坪的质量无任何损失，而且还有积极的效应。

4.2.2 高尔夫草坪 1/3 剪草理论

通过分析修剪生长原理可知，正确的剪草正是按营养学原理提出的，这就是所谓的1/3剪草理论。

1/3剪草理论的基本内容是：每次剪草时，当高尔夫草坪草高度高于适宜修剪高度的50%时就可进行剪草，而且被剪去的部分一定是草坪草生长总量的1/3。

数学表达式： $M = (H + H \times 50\%) \times 1/3$

其中： M 表示每次剪去的高度， H 表示球场各功能区草坪适宜的留茬高度，二者单位均为mm或cm。

上述公式反映了在留茬高度不变的情况下，当50%的草坪草生长高度高于既定的留茬高度时即可进行修剪。50%的草坪草生长量在生长季节很易达到。冷季型草坪和暖季型草坪在其最佳生长季节12h之内就可达到此量，24h远远超出此量。

此公式还表明：如果修剪超出每次剪去的高度，将会造成叶面积的大量损失而导致高尔夫草坪草光合能力的急剧下降，贮存的养分全部用于地上部组织重建而使大量根系无足够养分维持而死亡。实践中经常发生果岭边缘缺草裸露的问题。理论和实践证明：问题出在果岭边缘每天修剪两遍。通过测微尺测量，发现果岭边缘草坪留茬高度低于果岭其他区域0.03~0.07cm（马宗仁，1996，1999，2000）。根据高尔夫草坪修剪生长生理原理，2次修剪的结果造成叶片或叶面积锐减，呼吸作用和光合作用发生严重平衡失调，产生负增长，草坪草则动用储藏营养来维持生长。历时稍久，储藏营养和合成营养难以维系，就会出现果岭边缘草坪死亡，大量裸露就无法避免。解决的方法是：果岭边缘隔天修剪或只在周末修剪，其他时间修剪1次。此种修剪方法既可照顾果岭边缘缺草问题，也可兼顾竞技问题。修正后的结果也确实证明此种方法的正确性，也同时验证了1/3剪草理论是建立在高尔夫草坪修剪生长生理原理之上的。

1/3修剪理论是以实践为基础而总结出的修剪原理。高尔夫场地的调查研究表明：生长季节果岭、梯、球道剪草次数分别为7次/周、2~3次/周、2次/周（马宗仁，1996）。由于高尔夫球场竞技功能的要求和规定，存在着明显不同的果岭、梯、球道留茬高度。根据1/3修剪理论，留茬高度越高，修剪次数则越少。高尔夫场地的研究结果确实与

1/3 修剪理论吻合。无数试验都证明：违背 1/3 修剪理论，特别是多次违背 1/3 修剪理论，高尔夫草坪草会逐渐稀疏，质量将显著下降，最终发生裸地无草现象。

有些高尔夫球场对一些高尔夫草坪质量要求相对不重要的地方如障碍区，仅在生长季节修剪几次或甚至不修剪，可节省管护费用。因此，可不必遵循 1/3 修剪理论。

有些灯光球场或肥料发生效应期间，为了保持果岭草坪留茬高度的稳定性，在禾草未达到应有的高度以前剪草，不仅会增加修剪次数，而且过多的修剪，可减少根、根茎和地上部分的生长，也减少了营养贮备。另外，高尔夫草坪草伤口经常外露，无足够时间愈合，给真菌等病原物进入提供了理想的部位。剪割频繁，也会导致管护费用的提高。

4.3 高尔夫草坪修剪时间

高尔夫草坪修剪时间与高尔夫草坪草的种类、生育期、管护水平和实际需要加以确定。原则是维持草坪草正常生长，最大限度地满足绿度保留和竞技要求。

4.3.1 高尔夫草坪草种类与修剪时间

生态分类系统将高尔夫草坪草分成两个重要类型，即：冷季型高尔夫草坪草和暖季型高尔夫草坪草。草坪草种类不同，修剪时间也不同。

1. 暖季型高尔夫草坪草修剪时间

该草主要生长在亚热带和热带地区。自然气候影响很小。在自然状态下，除了生长幅度不同外，可以说全年均在生长。冬季稍受气温干扰，一年之中生长高峰出现在 4~10 月期间。根据测定，暖季型高尔夫草坪海滨雀稗在气温 25~36℃ 时产草量最高，15℃ 时则显著下降。狗牙根生长最快的温度是 27~35℃，生物量最高，7℃ 时产草量几乎为零。但在高尔夫球场强制管理下，即高水平管护期间，即使温度低于 7℃，仍出现缓慢生长（马宗仁，1999）。狗牙根某些品种（Dacca）能连续忍耐 40~50℃ 的高温（陈志一，2003）。根据上述分析可知，暖季型草坪草构成的高尔夫球场草坪修剪期几乎是全年性的作业。

2. 冷季型高尔夫草坪草修剪时间

该草主要生长在温带和寒带地区，受气候影响很明显。3 月中旬开始返青；4~6 月至 8 月中旬~10 月中旬期间生长较快；7~8 月中旬出现休克，停止生长。实际上生长时间只有 6 个月。即生长最快的时期是秋季和春季，冬季地上部则死亡。黑麦草生长最适温度 20~27℃，10℃ 生长较好，-10℃ 仍能生长，-15℃ 产生冻害，大于 35℃ 生长不良、休克甚至死亡（陈志一，2003）。早熟禾生长最适温度 20~25℃，-10℃ 仍能正常生长，大于 25℃ 出现枯萎死亡。匍枝翦股颖 15~30℃ 生长最好，超过 30℃ 则逐渐枯萎死亡，0℃ 仍能生长。

冷季型草坪草构成的高尔夫球场草坪修剪从 4 月初至 10 月底。有些耐冷草坪可延至 12 月初。

4.3.2 高尔夫草坪草生育期与修剪时间

草坪草生育期指某一植物完成某一发育阶段所需要的时间。高尔夫草坪由于竞技

的规定性仅需要保持营养发育阶段即可,而不需要任何生殖发育阶段。高尔夫草坪科学称之为坪用生育期。

草坪生育期也决定修剪时间。修剪时间的合理与否决定着草坪草的开花结实。产生生殖枝,造成抽穗结籽不但引发高尔夫草坪早衰,而且影响景观。合理的修剪时间可以避免草坪草的开花结实或少开花结实,反之,不当的修剪则无法避免开花结实现象的产生。

1. 暖季型高尔夫草坪草修剪时间

暖季型高尔夫草坪草除了果岭草种狗牙根外,球道草种均有开花结实现象的产生,暖季型草坪除了全年性修剪的特征外,与坪用生育期紧密相关的修剪时间主要指具体操作的修剪时间。这个时间大约与温度、水肥、外力有密切关系。例如在生长正常条件下,海滨雀稗修剪2次/周,实际效果是开花结实不断,景观灰白色。如改为3次/周,则发现几乎无抽穗结实现象,色泽正常(马宗仁,1999)。狗牙根虽是高度的问题,但留茬1.6cm也需要完成3次/周的修剪工作量。狗牙根的最大问题是存在繁育适应性现象,即在外力如修剪机的镇压下,极易改变生长向,采取水平生长而完成开花结实。究其原因是该草质地较软,易受外力影响而改变。温度较低的冬季,修剪时间大为降低。水肥条件较高的球场,修剪时间则密集频繁。

暖季型构成的高尔夫球场草坪修剪时间总的规律是:正常生长季节(3月初~12月初)球道为2~3次/周,梯为2~3次/周,果岭为7次/周;冬季低温季节(12月初~2月底)球道为1次/周或1次/2周,梯为1次/周,果岭为1~2次/周。注意暖季型高尔夫草坪草冬季期间虽不像正常生长季节需要每日剪草,但冬季气温忽高忽低,草仍保持缓慢生长状态,为了维持高尔夫草坪正常留茬高度,仍不能停止剪草。

2. 冷季型高尔夫草坪草修剪时间

冷季型高尔夫草坪草受气温影响很明显,生长季节分明。由于北方高尔夫场地是由冷季型草坪草播种建成,因而开花结籽现象十分明显。从果岭至球道开花结实避无可避。低剪是清除开花结实的有力措施。低剪意味着修剪工作的密集频繁。在这一前提下,水肥对促进剪草时间的提前也有作用。

冷季型构成的高尔夫球场草坪修剪时间总的规律是:正常生长季节(4~6月至8月中旬~11月底)球道为2~3次/周,梯为2~3次/周,果岭为7次/周;夏季休眠季节(7月初~8月中旬)球道为1次/周或1次/2周,梯为1次/周,果岭为1~2次/周;冬季低温季节(12月初~3月底)不修剪。目前冬季期间有些北方高尔夫球场仍在运动,称为棕色高尔夫。严酷的冬季使高尔夫草坪草进入休眠状态,免去了剪草这项工作,但需进行铺沙等轻微的养护。

4.3.3 高尔夫草坪草抽穗结籽及处理

抽穗结籽是目前各种类型高尔夫草坪草的普遍现象,这种现象的产生大约有3个原因:漏剪、生物学特性、剪草时间不合理。

漏剪作业是属于技术不熟练问题,容易纠正。关于生物学特性引起的抽穗结籽问题需要认真对待。对于高尔夫草坪草来说,在强制剪草管护下易发生环境转移,在生

态学上称之为适应。长期的低剪增强了耐刈性,改变了原营养生殖发育史,导致了适应繁育性的产生,这种现象在使用年限较长的高球场表现特别明显。狗牙根是暖季型高尔夫球场常用的草种之一。适应繁育所造成的狗牙根抽穗结籽很明显。高球场低剪频繁所引发的狗牙根适宜繁育产生于两种不同的生物形态变化:常见的一种是缩短生殖枝,称之为集合茎。另一种适应方式即匍匐型,它有别于匍匐茎,这种变化是生物改变了原垂直生长方向转向沿水平面方向生长,即生长向改变(马宗仁,1999)。

在剪草方法上应特别注意作业方式,采用交错剪草路线并在剪草机后带有刷子是防止此种适应繁育现象产生的最佳办法。

对于漏剪作业引发的抽穗结籽现象应纠正错误剪草方法。一旦发生此类现象,应采用飞碟剪草机将其修剪,因为滚筒剪草机难以修剪清除,因为草高已超出了滚筒剪草机剪草范围,剪草机经过时只能将高草压倒。

4.4 高尔夫草坪修剪高度

准确的修剪高度是剪后立即测得地上草层的高度。选择合适的剪草高度是保证高质量高尔夫草坪的重要条件,也是维持高尔夫草坪竞技状态的重要手段。过高、过低的剪草高度都可能损伤高尔夫草坪的质量,进而影响竞技的顺利进行。选择合适的草坪留茬高度并非随意而行,需要仔细考察与留茬高度相关的因素。研究表明:草种、养护水平、逆境、竞技要求均可决定留茬高度的大小。

4.4.1 高尔夫草坪留茬原理

1. 忍耐力极限下的修剪高度

遗传基因决定一种草坪草的留茬高度。任何草坪草均具有一个留茬高度忍耐力极限,超此则意味着能量平衡的破坏。低剪或忍耐力极限下的留茬高度可能直接损害根颈,生长顶端削去甚多。此种严重去叶行为会削弱植物的光合能力,致使根系体积减少,贮存养分过分消耗,高尔夫草坪草处于营养负平衡之中,最后衰竭死亡。高尔夫草坪科学将此种极度去叶现象称之为齐根剪。必须指出,忍耐力极限下的留茬高度包括两种修剪行为:忍耐力极限下的低剪和齐根剪。低剪并非叶片全部清除,它只是表明现有叶片生产的能量不敷生长之用,也就是说还有部分余叶。齐根剪意味着无叶可剩,仅余茎秆。换句话说,齐根剪地面仅仅存留棕色的茬和裸露的土壤,它比低剪的破坏性更大。实践表明,此种剪法即使在生长月份也将使高尔夫草坪草的根系停止生长达20~30天之久,对坪用年限破坏极大(马宗仁,1996)。

2. 合理留茬高度之上的修剪高度

任何一种草坪均含有合理的留茬高度。在此高度之上进行修剪亦非正确。留茬过高直接影响美观和竞技。高草的外貌粗糙、蓬乱、松散、而且芫枝层厚度增加,通风透光下降,病虫害传染增强。留茬过高引发形态学变异,如茎叶下垂,顶端过分弯曲,叶片质地变粗并加宽,高尔夫草坪密度变小。如为果岭草坪,草坪美学难以尽现,推杆无法开展,实用效能丧失殆尽。

4.4.2 合理留茬草坪修剪高度

上述分析表明：过高、过低的剪草高度均有问题。因此，必须寻求一个合理的刈草高度。已经指出，高尔夫草坪修剪高度的大小是受一系列因素的影响，这些因素共同左右草坪的合理留茬高度。

1. 留茬高度与草坪种类

18 世纪初，英国先贤就已经提出不能用高草建立草坪的结论。原因是此种植物的潜伏芽位于地表，它不能忍受低剪、频剪以及机械物理的伤害（马宗仁，2003）。遗传学的研究成果表明：遗传基因与草坪草的留茬高度密切相关。任何草坪草均包括一个留茬高度忍耐力极限，超过或不及则意味着破坏。同时，也应该含有一个合理的留茬高度范围。大量的实践表明：高尔夫草坪的正常修剪范围最低应当是草坪草忍耐极限，最高不超过竞技的规定性。这一修剪范围同时兼顾草种的遗传性特征和竞技要求，较好地解决了运动和草坪相辅相成的关系。理论和实践均证明：大部分冷季型高尔夫草坪草留茬高度高于暖季型高尔夫草坪草（表 4-1）。

表 4-1 高尔夫草坪草合理留茬高度（cm）

草种	留茬高度	草种	留茬高度
狗牙根	1.3~3.8	细弱翦股颖	1.3~2.5
杂交狗牙根	0.6~2.5	细羊茅	3.8~6.4
结缕草	1.3~5.0	草地早熟禾	3.8~6.4
匍匐翦股颖	0.5~1.3	多年生黑麦草	3.8~6.4
高羊茅	3.8~7.6		

2. 留茬高度与逆境

当禾草类高尔夫草坪遭受不良气候影响时，最好的保护措施是提高剪草高度。在夏季的数月内，冷季型高尔夫草坪草剪得较高以增强耐热抗旱；暖季型高尔夫草坪草在生长季节的早期和晚期出现低温时，可以剪高一些。此外，遭受病害、客流量或其他因素伤害而需重新恢复时应提高剪草高度。

树下高尔夫草坪由于缺少阳光等其他因素，常常处于柔弱状态，留茬较高可增加阳光接受面，进而增强其耐阴性。

一般休眠期修剪得比其可忍耐的最低留茬高度略低一些。在生长季节开始以前，高尔夫草坪可以修剪得很低并运走枯枝落叶以改善照光条件，并促使土温回升，加速春季返青。在生长季节前，当草处于休眠状态时，齐根剪不会影响坪用年限。

3. 留茬高度与坪外刀片调节高度

高尔夫草坪草的实际留茬高度与剪草机坪外刀片调节高度是不一致的。实践证明：坪外刀片调节高度稍低于实际留茬高度，如坪外调刀为 3.7mm，草坪修剪后的高度则为 3.9mm。这是因为剪草机坪外调节高度是在实地上进行的，在修剪草坪时，由于草坪铺沙、枯草层的垫高作用会增加坪内留茬高度。另外，在某些情况下，如土软

或大雨后剪草又会出现不一致现象，这时剪草机坪外调节高度会高于实际留茬高度。

4. 留茬高度与形态特征

剪草高度的大小还受形态习性的限制。例如水平生长的高尔夫草坪草比那些垂直向上生长的草坪草要低。水平方向生长的草坪草留茬高度则较低。暖季型老鹰草（Tifeagle）水平生长量达70%以上，Tifdwarf和Tifgreen水平生长量仅50%。老鹰草可低剪至3mm以下也不会出现质量问题。但Tifdwarf和Tifgreen则很难修剪到3mm以下。但必须遵守1/3剪草理论，否则强制修剪易伤害根颈引发早衰现象。

5. 留茬高度与竞技功能区

留茬高度的高低还受到高尔夫草坪竞技功能区的影响。高尔夫草坪草留茬高度因受竞技的影响总的情况是：果岭草坪草（狗牙根、翦股颖）为3~6mm；梯为1.2~1.6cm；球道短草区为1.6~2.5cm；高草区为4cm以上。如果超此范围就会影响运动和高尔夫草坪质量的下降。竞技功能区对留茬高度的影响实际上与高尔夫草坪草种有关。球道短草区（梯）和果岭对草种的要求不同，进而影响到各区留茬高度。

6. 留茬高度与管护水平

一般来说，在高水平管护下，可以将高尔夫草坪修剪到草种能忍受的最低限度，能提高竞技挑战性。高水平管护水平可补偿低剪所带来的不良影响。高尔夫草坪科学称为营养补偿生长。但是，低剪高尔夫草坪的一个明显影响即根系浅表化。浅根化的结果能严重影响草坪根系从土壤深层获得养分和水分，进而加大高水高肥的供应。因此，低剪既要考虑竞技因素，也要考虑草坪草本身的情况，否则，一味从竞技角度出发，强制低剪则不能保证草坪的正常生长。根据对使用近10年的高球场狗牙根果岭区调查表明：90%的根系处于2~3cm沙质土层中。这是果岭肥效短；淋洗快、容易干旱的重要原因。促进根系向下生长的方法即定期打孔和合理施肥灌溉，迫使沙质土深层透水、透气。

4.5 高尔夫草坪修剪频率

高尔夫草坪修剪频率是指单位时间内高尔夫草坪修剪次数。高尔夫草坪修剪次数的多少并不是固定不变的，而是经常变动的。众多的研究表明：高尔夫草坪修剪次数主要受生长速度的影响，而生长速度的大小则主要取决于气候条件、管护水平和草坪种类的控制。

4.5.1 气候条件与修剪频率

气候条件是影响高尔夫草坪草生长速度的主要因素之一。气候条件虽然包含因素较多，但对草坪植物而言，温度的作用最大。暖季型高尔夫草坪草和冷季型高尔夫草坪草对同一时期的气候具有不同的生长反应。冷季型高尔夫草坪草最适生长期为春、秋季。冷季型草坪的修剪视地区而定，如在一些温带地区，冬季草坪也在缓慢生长，仍需修剪（4-2）；而暖季型高尔夫草坪草生长的最快时期则是夏季。

最适生长期或生长最快的月份也是产草量最大的时期，剪草频率最高的时期。在其他月份由于生长逆境加强，产草量也相应降低，剪草频率也随着产草量的下降而减



图 4-2 苏格兰冬季 Elmwood 高尔夫球场

少。初春冷季型果岭草坪修剪 3 次/周，夏季仅 1 次/周，秋季则为 7 次/周，冬季温带地区 1 次/月，寒带地区为 0 次；暖季型果岭草坪春季、夏季、秋季 7 次/周，冬季则为 2~3 次/周，甚至 1 次/周（马宗仁，1999）。比较的结果说明暖季型果岭草坪年总剪量次数远远高于冷季型果岭草坪。

4.5.2 竞技功能区与修剪频率

由于高尔夫球场竞技的需要，球道、梯台和果岭区高尔夫草坪出现不同的修剪频率。

果岭区是高尔夫球场最高水平养护区。它要求的剪草高度范围在 0.3~0.6cm 之间。暖季型高尔夫草坪草几乎每天都需剪草。球道养护属于三级水平。生长期的暖季型高尔夫草坪草大约每周 2~3 次。冬季期间每周 1 次或 2 周 1 次；冷季型高尔夫草坪生长季节每周也需 2 次，夏季休克期每周 1 次或 2 周 1 次，冬季以后停止剪草。高尔夫场地林下草坪分两种情况：管理质量要求较高的每周 2 次，生长季节无论是冷季型还是暖季型高尔夫草坪草均相同。一般管理水平生长季节每周 1 次，其他季节 2 周 1 次，冬季期间无论暖季型还是冷季型高尔夫草坪草均应停止剪草。

4.5.3 施肥与修剪频率

每次施肥之后修剪频率稍有变化。因为施肥后高尔夫草坪草的生长速度明显加快，特别是施肥后第 6 天，肥效达到极限，此后维持数天相同生长，10 天后生长速度减慢，15~20 天后逐渐显示出缺肥症状。此时如不及时追肥就会表现出脱肥现象（马宗仁，1996）。深圳高尔夫球场 5 月果岭区施肥实验表明：施肥果岭组与对照组相比，狗牙根生长速度明显高于对照组。处理 24h 后，施肥果岭草坪净生长高度达 0.3~0.4cm，对照果岭草坪仅为 0.2cm 左右。一周后净生长高度分别为 0.5cm/天和 0.25cm/天，对照果岭草坪生长几乎无变化（马宗仁，1999）。施肥明显加快生长进度，生长季节施肥与非施肥的修剪次数虽无变化，但产草量显然不同。如上述实验施肥果岭组与对照组产草量的结果相差在 3 倍左右。施肥引起的暖季型草坪修剪变化在冬季期间很明显。冬季期间，亚热带和热带均受海洋性气候的影响，气温忽冷忽热，冷热规律与节气的出现非常吻合。冷期施固体肥，热期施液体肥，二者相互结合，可有效

保持草坪生长的稳定状态。如不施肥则生长极为缓慢。修剪频率冬季期间相差 2~3 次/周 (马宗仁, 1999)。

4.5.4 修剪频率的本质

由上述分析不难看出,刈草频率同气候条件、管护水平以及草坪种类确实有密切的关系。其本质主要体现在生长速度上。然而仔细分析的结果进一步表明:无论生长速度多快或多慢都可通过生长高度准确地表达出来。事实上,通过无数的试验研究和总结确立的 1/3 修剪理论已充分地表达了这一点。而高尔夫场地高质草坪正是在这一理论的指导下实现的。

1/3 修剪理论认为,无论气候因素、养护水平以及高尔夫草坪草种类等因素如何变化,只要规定出适宜的留茬高度,当禾草达到要求剪割高度的 50%以上时就可剪草,而且清除的草坪总量一定是生长总量的 1/3。高尔夫草坪管理者正是按照 1/3 理论来解决剪草频率问题的。例如,认为某高尔夫场地球道草坪最适留茬高度为 2cm,那么当它长到 2cm 的 50%以上即 3cm 时就需剪草,而且剪掉的草只是 3cm 的 1/3 即 1cm。这样使留茬高度永远保持在 2cm 左右。又如将留茬高度提高到 4cm,那么当它长到 4cm 的 50%以上高度即 6cm 时就可修剪。很显然在同一条件下前者花很短的时间就可以长到 1cm,而后者大约要花前者的 2 倍时间才能长出 2cm 的枝段。通过简单计算就可以得出前者剪草次数要多于后者 2 倍。

高尔夫球场果岭区一般规定留茬高度为 0.3~0.6cm,但果岭的养护条件属于最高水平,充足的水肥条件很易在 24h 内达到 0.3~0.6cm 的 50%以上的留茬高度,所以果岭区在生长季节每天均需剪草。球道草坪的留茬高度远远高于果岭区,水肥条件也没有果岭充足,在同样时间内很难达到应修剪的高度,因此,球道的修剪次数也远远低于果岭草坪,在生长季节相差近 3.5 倍。

实践中经常发现新球场草坪的齐根剪。齐根剪发生的原因可能有两种:一种情况是有些高尔夫草坪管理人员虽知道齐根剪的害处,但为了图省事,一次将长得过高的草剪到标准高度,结果导致去叶过多,地表留下了大面积的黄棕色的斑块。另外一种情况是高尔夫草坪管理人员不清楚齐根剪的危害,即由于无知造成的。

齐根剪之后,由于叶片的大量减少,随之而来的问题便是光合作用的急剧下降,高尔夫草坪草的生长发生暂时性的能量危机,进而运用贮备养料用于新茎叶组织的重建,这种情况历时稍久或频繁发生就会引发各种副作用,最严重的问题是高尔夫草坪草大量死亡。根据植物营养和能量平衡原理,正确的剪法即采用逐渐降低法。所谓逐渐降低法即每次剪去的叶片都应遵守 1/3 剪草理论,通过数次修剪逐渐达到标准高度。实践证明,逐渐降低法的效果特别显著。虽然较之齐根剪费时费力,但为了维持高质高尔夫草坪还是值得肯定和推广的。

高尔夫球场高尔夫草坪修剪养护作业中还有另一种修剪问题是不足剪,即剪除顶端部远不够 1/3。不足剪虽然对击球有益处,但对高尔夫草坪连续生长不利。暖季型高尔夫草坪不足剪发生时间为春、秋和冬季;冷季型高尔夫草坪通常在春、夏季。另外,缺肥、缺水时期也有此种现象发生。高尔夫草坪管理者为了使每天的留茬高度保

持同一水平而忽视新生茎叶是否达到所要求的 1/3 而强行修剪。不足剪实际上是对人力、物力的一种空耗。不正确地过多修剪只能带来诸如根茎、根系、幼叶生长减少，养分贮量降低，叶组织汁液增加，愈合时间延长，病虫害严重，同时管护费用也随之上升。

4.6 高尔夫草坪修剪方法

4.6.1 高尔夫草坪修剪方式

剪草方式包含行进路线和行进方向两个方面的含义。在隶属关系上，行进路线总是随着剪草行进方向的变化而变化。行进方向总是采用既定的修剪模式。

1. 草坪修剪行进路线

行进路线主要表达的是在草坪修剪过程中行直线或曲线（图 4-3），所以它重点强调剪草的式样，如球道斜字形（图 4-3）、横向形剪草。通过太阳光反射可呈现出明暗相交的草色花纹，给球员带来强烈的视觉冲击。高尔夫球场果岭均采用直线式剪草路线（图 4-4）。果岭草坪考虑到竞技和美观需要，即在接近边缘时考虑到机器掉头、边缘可能存在的漏剪现象和整齐美观的因素才进行边缘转圈重复修剪路线。



图 4-3 球道短草区剪草路线



图 4-4 果岭区剪草路线

2. 草坪修剪行进方向

行进方向似乎与行进路线含义相同，其实不然。行进方向则着重于强调高尔夫草坪质量。行进方向总是采用“米”字形交替向进行剪草，不断地变化方向。而通过“米”字的轮转变化，防止草坪朝一个固定方向生长，修剪就能够保持草坪垂直向上生长，从而保证草坪表面的击球和推杆质量。

（1）草坪纹理 由于公平竞技的要求，要防止永远在同一地点、同一方向进行多次重复修剪，否则，高尔夫草坪草易向剪草的方向进行倾斜生长。草叶向一个方向横卧的现象称为草坪纹理。

纹理现象的形成是剪草机对高尔夫草坪施加外力强制性改变的结果。剪草机对狗牙根和翦股颖构成的果岭草坪有一个致命的缺陷,这些草种质地柔软,很易受外力影响而发生变向,纹理现象痕迹很明显。纹理现象的出现久而久之会使冷季型草坪草产生大量的生殖枝,诱发更多的抽穗结实,进而降低草坪质量和寿命。

纹理常造成草坪边状条纹,导致草坪竞技质量下降,进而影响球员推球。改变剪草方向可减少纹理现象发生。一般果岭机前部都带有刷子有利于将草扶起,进而协助高尔夫草坪草垂直生长。

(2) 修剪作业面积与齐根剪 现代高尔夫球场的设计综合地考虑了各种自然和人工因素,使它的造型更具自然艺术美。为了给球员创造一个更富刺激的氛围,球道、果岭面积、形状、造型等方面都进行了合理化的战略部署。遗憾的是很多球场在设计或施工较少考虑草坪作业的困难度,结果出现修剪保养与竞技的突出矛盾。最常见的现象之一就是齐根剪。突起处“剃光头”,洼陷处成“树林”。齐根剪的困惑并非设计不良,主要是作业面积不够。对此种情形通过变换剪草方式可防止在同一方向的地方连续齐根剪。靠近果岭很近的沙坑同样面临着作业面积不够的问题。果岭掉头面积不够很易使附近形成“土墙”和“土沟”。沙墙和沙沟的形成来源于强制性转圈调头造成的。防止的办法是留够足够大的果岭领带面积或沙坑离开果岭的距离为10码左右。

4.6.2 轮廓剪草

所谓轮廓剪草,即按球道高草和短草区要求的留茬高度,简单地修剪一个较小的面积,以减少整个球道短草区面积。具体过程为:从开球区起至一定距离低剪球道,离果岭越近,低剪越宽。这样使高草区面积增加,而短草区面积减小(图4-5)。1/3 修剪理论在理论上已证明了轮廓剪草短草区修剪频率是高草区的3.5倍。已有的研究成果也表明:使用轮廓剪草确实能降低剪草费用,主要在于修剪次数的明显下降。20世纪70年代的目标型设计也是针对当时修剪费用问题提出的。它的研究结果指出:目标型设计可以降低管理费用约60%。目标型设计与轮廓剪草相比有过之而无不及。它更彻底,仅保留落球点草坪,其他区域采用脏地或荒芜地替代。目标型设计是草坪修剪面积大为降低。根据计算,实际种草面积仅为其他类型面积的1/10。



图4-5 高尔夫球场球道修剪轮廓

提出的。它的研究结果指出:目标型设计可以降低管理费用约60%。目标型设计与轮廓剪草相比有过之而无不及。它更彻底,仅保留落球点草坪,其他区域采用脏地或荒芜地替代。目标型设计是草坪修剪面积大为降低。根据计算,实际种草面积仅为其他类型面积的1/10。

4.6.3 轮廓剪草设计

轮廓剪草是球场设计学的一种补充。轮廓剪草扩大了高草区面积,意味着提高了障碍区面积,间接增加了击球困难度。要求球员击球更加精准。轮廓剪草结合障碍设计具体操作时需按一定设计原理进行。

1. 落球点设计

首先,保留一个合理的落球点面积。理想的落球点面积形状、大小可按照四同定律进行(马宗仁,2004)或设计成群丛落球点。

2. 球道短草区设计

可根据惩罚、英雄型设计进行轮廓曲线修剪。尽量采用球道设计元素如断续与波折、洞开与末路、直线与迂回、装饰与保养的特征进行修剪造缘。

3. 轮廓曲线修剪量

暖季型球场草坪4次/年;冷季型球场草坪2次/年。

4.6.4 草坪植物生长调节剂

现代科学技术的发展为人类认识自然科学提供了极为便利的条件。高尔夫球场使用植物生长调节剂来延缓高尔夫草坪新茎叶的生长已发挥了一定的作用。

据统计,目前已人工合成和提取的生长调节剂大约有几十种之多。这些化合物的作用主要是通过抑制细胞分裂来阻止植物生长。根、根状茎、匍匐茎和分蘖节以及茎叶都是其作用的主要部位。

但遗憾的是伴随着植物停止生长的同时也带来了新的问题,诸如病毒、颜色,再生性都有不同程度的改变。如果将这些化合物使用于果岭区问题将更加严重。这些现实的问题已引起了很多人的注意。迄今为止还未有一种既能阻止植物生长,又能保持高质高尔夫草坪生长的抑制剂的产生。目前,这些不太理想的生长抑制剂只能用于粗养护区。在国外,高尔夫球场经常使用的地方是次级高草养护区。在国内,至今尚未见到有使用生长抑制剂的报道。这固然由于我国高尔夫球场高尔夫草坪养护历史较短的缘故。据报道,使用一次生长抑制剂一般可使生长减慢5~10周,剪草频率降低50%。

目前生产的大多数生长抑制剂为专一性抑制。因而高尔夫草坪群落中杂草的生长仍照常进行,这样,还需要定期使用除莠剂。

近年来,高尔夫草坪生长抑制剂的研究工作已有明显的进展,诸如性状、功能、结构等都有重大突破,不过理想的产品仍未产生。希望将来能生产出无副作用并用于控制多种高尔夫草坪用途的生长抑制剂。

4.7 高尔夫草坪修剪物

4.7.1 高尔夫草坪修剪物概念

剪草机修剪下的高尔夫草坪组织称为草坪修剪物。果岭剪草机剪下的修剪物被附在其上的草斗所收集。球道剪草机通常不附带收草器,只能自由地洒落在球道表面。有的球场剪下草头,则用专门的收草机收集;但有些则不进行收集,让修剪物在地表自行进行腐烂、分解。高尔夫草坪修剪物是重要的肥源之一。研究证明:风干的高尔夫草坪修剪物中常含有3%~5%的N,并富集大量的P和K,施肥之后剪下的草叶含肥尤高。研究结果指出,施肥后的二次修剪物中约有60%~70%的营养能被植物很快吸收利用(马宗仁,1999)。

4.7.2 高尔夫草坪修剪物的处理方法

由于环境污染问题,国外高尔夫球场转向使用腐熟有机肥料制成品。草坪修剪物是一种重要的有机肥源。如剪后不收集草叶,使其留于高尔夫草坪中自行分解,参与养分循环是解决化学肥料污染的重要途径。但目前这种作法争议较大。

一种观点认为,修剪物应及时收集运出场外,然后进行高温堆肥,再返回高尔夫草坪土壤中,否则只剪不收会形成芜枝层,影响美观,感染病害并影响准确击球。特别是一些设计较差的球道,对排水问题考虑较小,长期累积,易形成较厚的芜枝层。芜枝层有较强的疏水性,降雨期间易堵塞水分下渗,造成排水不畅,影响雨季打球,这些都是客观存在的事实。

另一种观点认为,球道剪草不应当收集修剪物,应该使它随剪草机自由地撒落于高尔夫草坪地表。因为大部分修剪物能很快腐烂分解,特别是较小的小片段草坪修剪物分解更快,收集后进行再加工易导致管护费用的增加。

关于高尔夫球场剪草管护中修剪物是否应该及时运出场外的问题,应具体问题具体分析才能做出正确的解决。

首先应分析修剪物的性质如修剪物类型、大小、修剪时间,并结合球场排水等实际情况进行全面考虑以决定取舍。

其次,应分析修剪的叶茎组织与分解的因素关系如与修剪时气候、土壤质地、微生物以及修剪物的大小等。

如果温度较高,草叶较小,土壤透气好,pH适中,一切主要因素有利于微生物活动时将修剪物留于地表则很快易被分解,因而可作为一种重要肥源推广。反之,气温低,草段长,土壤紧实,pH不利于微生物活动,草叶分解较慢,长时间留在地表确实造成一系列不良影响,应将其收集收去。

球道区草坪留茬高度较高,修剪物留于地表自然不会影响击球和美观,还可为大面积球道区提供一种自养性肥料,传统上从来不收集修剪物,只是待芜枝层超过1.3cm时每年春秋两季利用疏草机进行耙疏加以补救。长草区的扩养更为粗放。果岭和梯台原则上不允许将剪下的草叶留在该区域。因为果岭、梯台留茬高度太矮,一方面遗草有损美观,另一方面影响击球,还会招惹病虫害。特别在夏季高温高湿季节更易引发果岭和梯台的病害。

然而施肥后就应另当别论。因为施肥后,由于前两次剪下的草头养分较多,且易在夏季分解,特别是暖季型高尔夫球场应考虑留草。前提是留后借助铺沙覆盖以减少副作用。而且这种作业应遵守“123不论,456分明”,即周一、周二、周三进行留草和铺沙作业,原因是此期球员少,不影响击球;周四、周五、周六球员逐渐多起来,进行这项工作具有干扰性,且工作效率太低。对于病害重的果岭不允许留叶,应及时运出场地进行处理。

目前,国外球场已针对叶片问题研制出了一种切碎剪草机。目的是将较大的修剪物经过数次切碎使其容易落进高尔夫草坪草内和容易分解,经试验总的效果较好。

第5章 高尔夫草坪水分科学

水分是高尔夫草坪植物体最多的成分，也是维持正常生命活动的重要生活养料，对草坪植物的生长发育起着很重要的作用。植物细胞原生质 80%以上的成分是由水组成的。高尔夫草坪植物的正常生命活动只有在一定的水分条件下才能正常的进行。否则，这种活动过程就会受到限制，甚至停顿。

草坪生长需要从环境中吸收水分，但不可避免地又要散失大量的水分到空气中去，水分的动态平衡则是维持草坪生长的基本动力。高尔夫草坪是一种高档的养护产品。在维持高质草坪期间需要大量的水分。高尔夫草坪的水源大部分来自自然降雨的库存，由于不确定因素甚多，往往出现草坪干旱，影响草坪生长（图 5-1）。

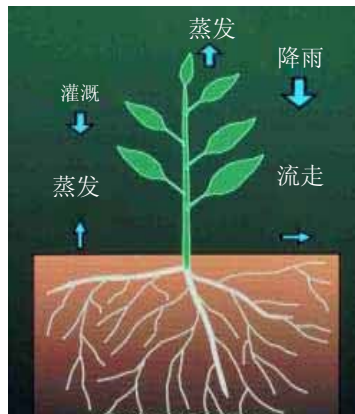


图 5-1 高尔夫草坪水分平衡过程

高尔夫草坪代表了草坪业的最高养护水平。水分养护是其中最主要的作业之一。抗旱、蓄水、合理用水是解决高尔夫草坪水分养护中矛盾迭出的重要手段。

高尔夫草坪水分科学与技术包括高尔夫草坪水分理论、高尔夫草坪灌溉理论、球道灌溉科学技术和果岭灌溉科学技术。

5.1 高尔夫草坪水分理论

5.1.1 高尔夫草坪水分概念

高尔夫草坪用于养护自身正常生长发育所需之水均称为高尔夫草坪水分。狭义理解仅指高尔夫草坪体内所持有的水分。前者范围包括很广，如池塘水（图 5-2）、河流水、自来水、雨雪、土壤水以及草坪体内持有水。一般来说，一个标准国际高尔夫球场含有 30 多个大小不同的池塘，主要起障碍和储水之用。在此类水中，除草坪体内持有水外，其他水分则称之为草坪未来水。后者仅指草坪体内持有水，这部分水是通过草坪一系列的活动和做功而得到，它不是草坪本身的构成部分，所以称这部分草坪水分为做功水。显然做功水和未来水在许多方面都有明显差别，故需注意区别。



图 5-2 高尔夫球场池塘

5.1.2 水的理化性质

1. 偶极性与张力

水分子由两个 H 原子与一个 O 原子构成。H 离子带有正电荷，O 离子带有负电荷，电荷呈不等分布使水分子具有偶极性。偶极性使水分子间紧密结合在一起，因而

阻止水分自由扩散，并形成水面的一定张力。

2. 附着力与毛细管现象

水分子具有偶极性与氢键可造成能附着在其他物质上的一种力称附着力。附着力与表面张力使水发生毛细管现象，很易分布到任何细微的物质孔隙中去，很易从湿润土壤层向地表干燥土壤层扩散。早春干燥地表经过一夜后会出现返潮现象就是水的这两种力作用的结果。

3. 沸点、汽化热和比热

水是一种氢化物，与其他氢化物相比，有较高的沸点和汽化热。这是由于水分子间有强烈的吸引力所造成的。

水有较高的比热，因而吸热很多而温度上升很少。这也是由于水分子间紧密地互相吸引引起的。水的高比热使它能调节周围的温度不致变化太快、太剧烈。

4. 化学反应

水是一种很好的溶剂，有很大的溶解物质能力。一般根据电离与否可形成3种溶解状态。水参与重要的化学反应，与一些有机代谢物如酯、蛋白质及糖相化合形成水解产物。水电离后可形成 H^+ 与 HO^- 。由于植物体内有机酸含量甚多，可起缓冲作用，从而保证植物代谢的正常进行。

5.1.3 高尔夫草坪体内水的存在状态

凡是生活的草坪植物都含有水分。然而不同种类的草坪及同一草坪在不同的环境、年龄、器官组织等含水量都有明显的差别。在高尔夫草坪中，冷季型草含水量低于暖季型草；在器官组织中含水量可从幼嫩组织如生长点、嫩茎、嫩枝等的80%~90%到成熟种子的10%左右。水分在草坪植物中因性质、作用分为不同的状态。

1. 自由水和结合水

自由水亦称贮藏水。它在植物体内可较易自由活动。自由水参与各种代谢活动，其数量的多少与植物的代谢强度有关。在一定的范围下，含量越多，代谢越旺盛。因此，自由水含量直接影响着草坪生化过程的强度。

结合水是原生质胶体和其他有机物质的吸附水。结合水亦称束缚水，一般不能自由移动。结合水不参与草坪代谢活动。结合水的比例与草坪对不良环境的抵抗能力有关。结合水仅占细胞总水量的5%~10%，虽然数量少，但对于生命活动是绝对不可缺少的。结合水的少许减少也会引起原生质结构的重大变化并导致细胞死亡。因为结合水很稳定，在温度升高时不蒸发，温度降低至零下时不结冰，有时降至 $-20^{\circ}C$ ~ $-30^{\circ}C$ 还不结冰。遇到干旱时，结合水同样不减少。如果能增加结合水含量，草坪就有较高的保水力，可减轻干旱的危害。草坪体内自由水与结合水的比例，常受矿质离子的影响。各种矿质离子水合度有较大的区别，当细胞内胶体粒子表面的离子水合度大于被吸附的离子水合度时，则细胞内束缚水含量减少。一般而言，2价离子电动势强，对束缚水含量增加起的作用更大一些。

2. 生理需水和生态需水

草坪对水分的需要作用可概括为两个方面：一方面它直接影响着草坪的生长发

育, 这方面所需之水称生理需水; 另一方面则影响草坪生态变化, 由此产生对水的需求称生态需水。生理需水和生态需水强烈地影响着草坪的新陈代谢和外貌的变化。

5.1.4 高尔夫草坪水分来源

草坪需要的水分不外乎为大气降水和地下水两种来源。而地下水源也主要依靠大气降水来补充。地下水直接影响着水分状况, 还改变土壤性质、土壤温度、土壤渗透性等。无论大气降水或是地下水源, 对草坪生长均具有重大的生理生态学意义。

高尔夫草坪生长需要的水分以降水为主。雨水是草坪生长期内大气水分最重要的形态。干旱季节, 高尔夫球场主要利用湖泊积聚的雨水进行浇灌。正常情况下, 一个标准国际高尔夫球场大约包含 30~40 个水塘。草坪还可利用的水分形态有雪、雹、冰、雾、露以及气态水等都具有重要的生理意义。

5.1.5 水分生理生态作用

水分对草坪生命活动十分重要。它的多少将直接影响着草坪的生长发育。虽然水的性质、存在状态以及来源有时可发生一些变化, 但对草坪的影响和作用基本是相同的。

水首先与 CO_2 通过日光能的参与合成碳水化合物。另外, 在其他很多物质有的合成过程中, 常有水分的参与, 离开了水这些过程将无法进行。因此, 水分是高尔夫草坪进行光合作用生产有机物质的重要原料。

水分是草坪进行物质代谢的介质。有机质的合成和分解, 气体和矿物质的交换和吸收、物质的运输、草坪体内的一系列生物化学变化, 都必须在有充足水的条件下进行。

水分维持了草坪细胞的膨压, 从而使草坪处于膨胀状态。膨压不仅使草坪能保持正常的生长, 而且使细胞间的水分不断运动, 加速水分在草坪体内的运输。当水分充足的时候, 水分便可在草坪体内连成一体。只要草坪水分发生任何变化, 都可牵动整个水系统发生变化。水分充足时, 由于膨压的存在维持了草坪的直立状态, 从而便于进行正常的光合作用。当缺乏水分时, 草坪失去膨压, 就会发生萎蔫, 草坪体内的一切正常活动发生紊乱, 甚至停顿。

细胞水分得失会引起一系列的组织运动, 例如保卫细胞的气孔开关变化。

原生质中 80%以上是由水分构成的。原生质含水量的变化直接影响着原生质胶体状态的变化。当水分多时, 原生质呈溶胶状态, 代谢活动旺盛; 水分减少时, 原生质胶体分散度降低, 代谢强度相应降低。水分继续减少, 原生质胶体渐向凝胶状态转变, 代谢强度大大降低甚至停顿。

水分可以调节草坪体温。草坪在散失水分的过程中, 由于其较高的汽化热对降低草坪在强烈的太阳辐射下上升的体温非常有效。这样才可避免草坪被烫伤的危险。另外, 较高的束缚水可增加抵抗不良环境如干旱、低温等引起的伤害。

5.1.6 高尔夫草坪水分平衡原理

草坪地上部分暴露于大气中, 由于太阳辐射等因素的影响不断地丧失水分。同时亦不断地通过从土壤中吸收水分以补充减少的水分。只有吸收的水分补偿丧失的水分

才能达到水分动态平衡。

草坪水分平衡实际上包括3个方面的过程，即：吸收、蒸腾及运输。只有当水分的吸收、运输、蒸腾三者调节适当时方能维持良好的水分关系。反之，蒸腾强烈，吸收、运输滞后，平衡会发生倾斜。蒸腾微弱，反过来也会抑制吸收及运输的过程。可见维持一个良好的水分平衡对草坪生长和发育是十分重要的。

1. 水分吸收

草坪是结构复杂的多细胞有机体，吸水是通过细胞来完成的，而且主要靠渗透吸水来满足体内水分平衡的需要。

草坪细胞要进行渗透吸水必须要有液相或膜，通过膜来造成膜两侧的液体产生流体静压或渗透压以促使水分扩散，完成草坪的渗透吸水，早已证明：草坪细胞中的原生质膜、液泡膜以及细胞壁都可造成不同浓度的液相产生渗透势差。浓度小的液体水势高；反之，浓度大的液体水势低。水分即从水势高的地方移向水势低的地方。

草坪组织中，当细胞处于不同浓度的溶液中时，便会发生渗透现象，水分从溶液浓度低的一方向浓度高的一方渗透。如果外界溶液的浓度大于细胞液时，细胞液的水分便会向外渗透，外渗使液泡体积缩小，结果发生原生质和细胞壁分离。发生质壁分离的细胞重新回到较高水势的溶液中，细胞就会恢复原状。这表示当细胞吸水达到一定程度时原生质中能产生一种向外的力限制它不再吸水，否则会无限制地吸水直到原生质被胀破为止。现在已经证明这种力为膨压，与此同时，细胞壁也向内产生反作用力，叫做壁压。膨压和壁压方向相反，但大小相等。这两种力通常称为压力势。可见在细胞吸水时，渗透势不能全部用来吸水，还得留一部分克服压力势，剩下部分才代表细胞水势。相邻细胞之间的水流方向是以水势大小来决定的。相邻细胞的水势差称为水势梯度。水分移动的方向与速度都与水势梯度有密切关系。水势差异越大，水分移动越快。草坪根毛区细胞向土壤吸水的关键是看二者水势大小。如果根部水势比土壤水势低，它就可以从土壤中吸水，否则会发生吸水困难。土壤水势的关键部分不是渗透势而是衬质势即由毛细管作用和胶体吸附保持水分的力。小孔隙的衬质势很大，在土壤干燥时，当大孔隙水被吸干后，毛管水仅存在于小孔隙之中，土壤持水力就相当大，草坪就不易吸水。另外，根系吸收面积越大，根就越容易与土壤水接触，吸收速度也就越快。

一般来说，根细胞水势通常仅为几个巴，但对潮湿土壤来说这已足够吸取大部分毛管水。高尔夫沙质土壤的水势为-2巴时，草坪根系即可吸收沙土中2/3的毛管水；但对农用黏土而言，水势必须在-6巴以上方能获得与沙土相当的效果。所以说，高尔夫沙质土壤的吸水较其他土壤类型要容易一些。

草坪要维持长期生长，必须不断地吸水，而连续不断吸水的直接原因是植株蒸腾造成的。蒸腾作用是草坪吸水的主要动力。蒸腾拉力可在草坪体内产生一种水势梯度，由叶子传至根系，水势渐渐升高，形成根叶水势差，最后促使根系不断吸水。如果土壤中无水补充时，部分根系就会死亡，甚至全株枯死。

2. 水分运输

草坪吸水后，水分流动沿导管或管胞上升。导管和管胞从靠近根尖起，穿过根、茎、叶伸入叶内，成为草坪体内水流的连续通路。水分进一步传导的途径是从叶脉进入叶肉细胞，经过细胞间传导，最后散失于气孔下部的细胞间隙。总之，水分在草坪体内是通过两个主要的途径传导：一个是维管束系统的导管和管胞，为死细胞组成的管道；另一部分是活细胞间渗透性的水分运输。草坪体内的水分除了向上传导途径外，还有侧向传导有时还有向下运输途径。

蒸腾流在植株体内运输要克服一系列的阻力。这些阻力具有双重效应，即阻止水流向体内运输的同时，也阻止水分向干土中反渗。

蒸腾拉力所形成的水势差是保证水分向上运输的原动力。但要保证水分运输过程中水柱不间断，还得靠水分子间的内聚力以及水分子与导管间的附着力，才能呈一条连续不断的水柱，上端挂在生长的顶端和散失水分的叶细胞，下端连在根细胞上。当上端叶片组织失水产生势差时，便从导管抽取水分。抽水的力量经过连续水柱的全部，把水柱拉紧，使水柱处于紧张状态，张力可达到根系的活细胞使其吸水。

3. 水分散失

水分从草坪回到环境中去，有两种方式：一种是以液体状态离开草坪如吐水与伤流，另一种是以气体的状态离开草坪叫蒸腾。草坪蒸腾实际上是一个物理过程，它遵循控制水分从湿润表面蒸发的规律。空气中的蒸气压梯度越陡，自由水面单位时间内和单位蒸发面积上蒸发的水分就越多。强烈的太阳辐射使蒸发表面变热，因而引起蒸气压梯度变大，蒸发加速。

草坪蒸腾失水包括气孔蒸腾和角质层蒸腾。气孔蒸腾可占总蒸腾量的90%以上。

4. 水分平衡

草坪水分平衡包括吸收、运输、蒸腾三个方面的内容，只有这三方面匹配时才能维持一个良好的水平衡。反之，会失衡，出现倾斜或位移。

草坪水分平衡公式：水分平衡=水分吸收－蒸腾作用

公式中蒸腾作用作为水分消耗的一种度量，通常用单位鲜重的失水量来表示。

一般在草坪实际生长过程中，草坪很少能维持较久的水分平衡状态，总是处在正负偏离，左右摆动，如蒸腾大于吸收称为负值偏离，反之，称为正值偏离。如果出现负值，较短时间内通过增加吸水或气孔控制失水，不久便会出现正值，这种过程称为暂时偏离。反之，水分吸收不能持续抵偿蒸腾失水，则称之为永久偏离。

暂时偏离是经常的、暂时的，永久偏离则是罕见的，历时越久，失水副作用越大，越不易恢复。因此，在高尔夫草坪管理中要防止出现永久偏离的现象发生，因为这种过程危害很大。

5.1.7 土壤水分

土壤水分是高尔夫草坪水分的未来水。从利用角度看，它是草坪水最接近的一个水分阶，它的多少、类型、状态对草坪的正常生长和发育有着极其重要的影响。

土壤水分在土壤中并不是混为一团，而是存在着一定的类型，按照土壤水分类型学可将其分成四个类型：吸附水、膜状水、毛管水和重力水。这四个类型的水在数量

上、性状等方面均有显著差异。分析高尔夫沙质土壤的水分类型，是解决灌溉理论问题，寻找合理灌溉方法的重要基础。

1. 毛管水

高尔夫土壤分为两种，70%以上的沙质土和纯沙土。两种土壤质地明显不同。区别主要在于构成的土壤结构粒径比例不同。沙质土壤中较大的空间称为大孔隙，较小的空间称为小孔隙或毛管孔隙，小孔隙的直径大约在 $0.1\sim 0.001\text{mm}$ 之间，毛管水即贮存于这些土壤空隙之中，它通过毛管引力的作用使水贮存于其中。显然沙质土小孔隙要高于纯沙质土壤，大孔隙要小于纯沙质土壤。20 世纪 70 年代以来，对纯沙质土壤成分进行了改进，如美国加利福尼亚果岭土壤配方比例为：85%~95%的极粗沙（2mm）、粗沙（1mm）、中沙（0.5mm）、细沙（0.25mm）和 2%~8%混合物，包括极细沙（0.05mm）、微沙（小于 0.05）和少量黏土（0.002mm）。但与 70%沙质土壤相比差距仍很大。也就是说，高尔夫草坪吸收利用的主要有效水并非毛管水，尽管这种水在土壤中可以上下左右自由移动很容易被植物利用，但小空隙有限，难以存留。

高尔夫草坪沙质土壤小空隙数量虽少，但也可少量截留雨水或灌溉水（称之为毛管悬着水）。当此水被草坪吸收后，继续靠毛细管作用将土壤下层的水分运送到地表继续供草坪利用。高尔夫沙质土壤水分的消耗包括草坪蒸腾和株间蒸发。但高尔夫草坪盖度几达 100%，所以，株间蒸发水分消耗十分有限，但草坪蒸腾和株间蒸发消耗的水分均是通过毛细管运动而得以实现的。高尔夫草坪土壤因毛细管比例不高，其补水不像农作物主要靠土壤毛管水的强烈运动从土壤深层吸水，而主要靠人工频繁灌溉。但就草坪蒸腾和株间蒸发失水而言，也应经常用打孔、切草、铺沙等项作业切断毛细管，阻止毛管水造成的失水。

尽管沙质土壤毛细管比例不高，高尔夫草坪根系吸收水分不像农作物靠根系追逐性和毛细管的张力。但了解毛细管在根系吸收过程的作用也是必要的。当根细胞产生的水分张力比持水的土壤颗粒高时较易进入根系。其具体过程是，毛细管借助其本身引力作用，将远处土壤水分源源不断地补充到水分匮乏的根系周围，进而为根系所吸收。然而根系吸水并不是被动或等待吸水，而是靠根毛的生长向毛细管移动的方向追逐来截水。

2. 重力水

了解灌溉和降雨期间高尔夫沙质土壤水分的变化对掌握土壤水分类型的特征非常重要。大雨或灌溉之后，土壤表层所有的空隙都达到了水饱和。然而这种饱和是暂时的，除非土壤表层下面存在一个阻渗漏层。由于重力的作用使大孔隙内水分很快向下移动，这种不能被土壤保持的水分称为重力水。重力水经过生长层时，渗水太难以被草坪利用。高尔夫沙质土壤重力水比其他土壤渗漏更快，渗漏后整个孔隙充满空气。这时土壤含水量称田间持水量。处于田间持水量时，土壤含有草坪可利用的最大水分。高尔夫沙质土壤田间持水量远远低于其他土壤。草坪利用的有效水数量十分有限。

叶片蒸腾和株间蒸发是土壤水分消耗的主要方式。蒸腾迫使草坪根系不断吸收周

围的水分,株间蒸发有类似的作用,这两种水都是通过土壤毛细管散发的,而且天气越炎热,阳光越充足,风速越快,这两种过程表现越剧烈,土壤干旱速度越快。田间持水量是指示土壤含水量变化的术语,土壤含水量减少到一定限度,草坪出现萎蔫状态,此时的土壤含水量用凋萎系数表示。凋萎系数表示此时土壤水已无法被草坪利用,故称无效水。田间持水量加凋萎系数是决定草坪灌溉的定额依据。正确的灌溉时间是土壤含水量下降到凋萎系数以前,否则太迟。高尔夫沙质土壤田间持水量很低,沙质土壤实际储存的有效水不多。因此,现代高尔夫球场为维持高质草坪,进行频灌是解决上述草坪土壤水分不足的重要手段。

3. 吸附水和膜状水

在高尔夫沙质土壤水分类型中还存在着吸附水和膜状水。吸附水是指沙粒和少量黏粒表面吸附的水汽分子,它紧附于土粒表面而不能移动,显然此水不能被草坪利用。膜状水位于吸附水外围,呈液态,此水受土粒的吸附力小于吸附水,故能缓慢移动,是草坪可利用水的一部分,但所占比例很小。实际上这两部分水对草坪利用的可能性是相当小,凋萎系数中往往也包括这两种水。

灌溉对高尔夫草坪生长的好坏是通过土壤质地来表现的,而质地类型可用渗透率来表达。高尔夫草坪是种植在 70%以上的沙质土壤上。沙质土壤的渗透率高于其他土壤。其原因是沙土大孔隙多,故排水好,持水有限。同一条件下,沙土的渗透率一般为每小时 7.6cm,如果是纯沙质土壤,渗透率则达 15cm,在实验室条件下可能超过 25cm (James B. Beard, 1982)。

5.2 高尔夫草坪灌溉理论

5.2.1 高尔夫草坪灌溉的概念及作用

高尔夫球场灌溉是维持草坪生长旺盛的一项经常性的作业。南北高尔夫球场草坪因气候原因显然差别很大。在大气降雨的基础上,进行人工补水非常必要。高尔夫草坪灌溉就是按照草坪土壤水分盈亏原理实行人工衡水的一种养护作业。灌溉是人为补充因土壤自然缺水的一种衡水方式,它对草坪正常生长和发育具有多方面的作用 and 意义。

高度培养的高尔夫球场草坪密度大、覆盖度高、生长旺盛,因此要消耗大量的水分。禾草类草坪生产 1g 干物质需消耗 500~700g 水 (孙吉雄, 1984)。草坪所需水分主要为大气降水和地下水,但其数量远不能满足高尔夫草坪生育期源源不断的需要。干旱区或干旱时期蒸发量往往大于降水量,降水不足是草坪生长发育受限的最大障碍因素之一。草坪水分不足生长缓慢,茎叶不发达,分枝减少,覆盖度和密度降低,甚至枯死。从而大大降低竞技价值。解决高尔夫草坪水分不足最有效的办法就是灌溉,草坪灌溉是保证草坪正常生长发育的重要手段之一。

天气干旱、空气干燥、土壤水分不足时,草坪叶小而薄。先是出现黄梢,进而由绿变黄,提早枯萎休眠,甚至全部枯死。我国南北气候差别很大,长江以南干湿季节明显,10月至翌年3月为干旱期。此期仅能保证果岭、球道短草区灌溉,高草区及

林带区草坪已进入休眠枯干状态。北方气候四季分明，春季、夏季反而少雨，秋季阴雨连绵。仅靠自然降雨难以保证春夏季草坪正常生长。缺乏水分的草坪瘦弱枯黄，生长不良，如能及时灌溉草坪会很快恢复生长。因此，草坪灌溉是保证草坪植物鲜绿，延长绿期的根本条件之一。

草坪遇旱，土壤水分短缺，导致根系加深，造成地上部生长削弱，杂草乘虚而入，迅速侵占地面，引起草坪质量全面下降。适时灌溉，可增强草坪竞争力，抑制杂草，从而延长坪用年限。因此，草坪灌溉是增强草坪竞争力，延长坪用年限的必备条件之一。

草坪适时灌溉是预防病害和鼠害，确保正常生长发育的重要手段之一。气候干旱、土壤水分亏缺是引起虫害和病害的主要环境因素之一。蚜虫、黏虫、跳甲、蛴象等越是干旱，发生率越高，危害也越严重。虫害严重时，降雨和适时灌溉能明显减少危害。灌溉对鼠害也同样具有重要的抑制作用。

草坪适时灌溉是改变小气候，调节温度的重要措施之一。夏季干旱伴有干热风时，会严重影响草坪生长发育，降低竞技价值。适时灌溉可降低温度，增加湿度，使草坪获得最大功用效果。高尔夫球场果岭区在炎热夏季如在中午喷洒 5min 的水，将会大大降低周围空气温度，有利于草坪旺盛生长。

冬季适量适时浇水可防止草坪冻害的发生。我国南方高尔夫球场如在冬季期间注意水分调节，不仅可保证冬季正常绿度，而且能防止冬季低温对草坪的伤害作用。北方高尔夫球场在冬季来临前 30 天加强水分管理，草坪会顺利越冬，翌年可提早萌发返青。

5.2.2 高尔夫草坪灌溉原理

用最少或最经济的水量获得最满意的效果是科学用水的重要指导原则。了解高尔夫草坪生长期内耗水规律、生长期草坪土壤水分季节变化和剖面垂直变化规律是高尔夫草坪灌溉的重要原理。

1. 高尔夫草坪生长期土壤水分变化规律

(1) 北方高尔夫球场草坪土壤水分周年变化规律

① 春季失墒期：时间 3~5 月。此时气温逐渐升高，草坪生长日趋旺盛，特别是 4~5 月份，是冷季型草坪一年生长最旺盛的时期，耗水量很大。此时气温正处于春旱少雨时期，土壤不断失墒，急需补充水分，此时是补水最频和最大月份之一。

② 夏季增失墒交替期：时间 6~8 月。气温达到一年中最高水平，超过了冷季型草坪适宜生长温度范围，草坪生长反而受到抑制，生长处于休克状态，耗水量仍然很大，失水以株间蒸发为主。草坪土壤水分仍然处于失墒期。为保证顺利越夏，应结合土壤墒情适时灌溉。

③ 秋季增墒期：时间 8 月下旬~10 月底。此时秋雨连绵，土壤大量补水，温度逐渐下降，气候转凉，冷季型草坪在此阶段前期生长加快，后期生长变缓，耗水量减少。补水视土壤墒情而定。

(2) 南方高尔夫球场草坪土壤水分周年变化规律

10月~翌年5月中旬为旱季,5~10月为雨季,雨旱季分明。旱季期间草坪生长除了12月~2月中旬温度过低,草坪生长变缓外,其余时期生长仍很旺盛。土壤处于失墒期,耗水量很大,需要大量补水。雨季雨量过高易形成涝害。雨季期间暖季型草坪生长最旺盛。蒸腾剧烈,雨季期间个别月份温度过高、持久,易出现暂时、反复旱象。沙质土壤失墒严重,应根据土壤墒情及时补水。

2. 高尔夫草坪生长期土壤水分垂直变化规律

了解高尔夫草坪土壤水分周年垂直变化规律对指导草坪灌溉毫无实际意义。这里主要讨论土壤水分垂直日变化。高尔夫草坪土壤是含70%以上的沙质土壤。沙质土壤水分垂直日变化对气候很敏感,波动非常剧烈,既易失水也易吸水,草坪生长常常处于水分不平衡之中。据观察,暖季型草坪构成的果岭区夏季下午2点后经常见到2cm沙层干透现象,而靠近风口附近果岭则更甚,而几乎90%以上的草坪根系均集中在2~5cm生长层内(马宗仁,1996)。因此,土壤水分垂直日变化对草坪生长,尤其是根系根毛组织损害尤重,如不及时补水,仅靠草坪根系自动调节水分盈余很难保证草坪质量。高尔夫草坪是建立在沙质土壤中,沙质土壤毛细管能力很差,对下层土壤水分很难利用,如何确立湿润层和干土层的理想界限非常重要。经过长年对比观察研究,果岭区草坪长期保留0.5~1cm干土表层是最为恰当的灌溉概念,这一概念也是建立在最小病害的科学基础之上(马宗仁,1996,1999,2002,2005),也称最小病害原则。最小病害无时间概念,它执行干湿土层0.5~1cm基本标准。最小病害原则是小刀试墒法的理论基础和唯一解释。

3. 高尔夫草坪草耗水规律

草坪根系从土壤中吸收的水分供给株体正常生长外,绝大部分都消耗于植株的叶面蒸腾和株间土壤的蒸发,这两部分消耗的水分称之为草坪耗水量或蒸腾量。

草坪耗水量可采用土壤水分平衡方程进行计算。根据土壤平衡方程式:

$$Et = R + I + N - D - \lambda - As$$

式中: Et 为蒸腾量, R 为降水量, I 为灌溉量, N 为地下水上升进入该层的水分, D 为渗透到下层的水分, λ 为地表径流, As 为土壤水分差值。

从该方程式可以看出,草坪耗水的强弱主要与草坪蒸腾量和株间土壤蒸发量有关。前者主要与草坪本身的性质有关,后者则主要与土壤性质有关,二者互相影响共同左右蒸腾量的大小。

蒸腾的大小主要指蒸腾作用强弱,它是草坪极重要的一个生理过程,传统生理学中常用蒸腾比、蒸腾系数或需水量来表示。近年来则使用水分利用效率表述。不过实际应用中则主要使用蒸腾系数表示草坪生长1g干物质所需要的水分,其公式: $Eto = g/w$ 。

式中: Eto 即耗水系数; g 为草坪干物质重量; w 为实际耗水量。多年来人们对草坪生长期内的耗水量进行了大量的研究。结果表明:草坪植物每生产1g干物质需消耗500~700g左右的水分。不过这只是一般情况。由于草坪种类、自然条件、草坪发育特点、群体结构、生物量及草坪管理状况等不同而稍有变化。注意蒸腾量是计算

高尔夫球场池塘数量、大小的基本度量依据。

5.2.3 高尔夫草坪缺水诊断方法和指标

诊断草坪是否缺水是进行合理灌溉的基础,也是决定灌溉时间和灌溉量的重要依据。草坪缺水诊断方法和指标归纳起来有三种:土壤指标,形态指标和生化指标。

1. 沙质土壤指标

沙质土壤是高尔夫草坪生长的基础。诊断沙质土壤含水量高低或供水层深浅是土壤指标的重要内容,也是衡量土壤供水能力大小的一个重要指标。沙质土壤含水量一般有5种表示方法。

(1) 土壤重量含水量(重量%) = 土壤水重量/烘干重量 $\times 100$ 。

(2) 土壤容积含水量(体积%) = 水分体积/土壤体积 $\times 100$ 。

(3) 土壤相对含水量(田间持水量%) = 土壤含水量/田间持水量 $\times 100$ 。

(4) 水层深度(mm) = 土层深度(mm) $\times$ 土壤含水量(重量%) $\times$ 土壤容重(g/cm^3)。

或: 水层厚度(mm) = 土层深度(mm) $\times$ 土壤含水量(体积%)。

(5) 土壤贮水量($\text{m}^3/\text{亩}$) = 水层厚度(mm) $\times 2/3$; 或: 水层厚度(mm) = 土壤贮水量($\text{m}^3/\text{亩}$) $\times 3/2$ 。

土壤贮水量可按公式计算: $W_1 = H_s \times P_s \times B\% \times 10 = 0.1 H_s \times P_s \times B$

式中: W_1 : 土壤贮水量(mm); H_s : 土层厚度(cm); P_s : 土壤容重(g/cm^3); $B\%$: 土壤含水量(重量%); 10: 换算系数。

研究表明,土壤所能保持水分的最大数量是田间持水量。超过田间持水量时,便出现重力水下渗流失。因此,田间持水量是计算土壤最大贮水量的指标。土壤贮存的水分,由于各种因素的影响,其中只有部分能被草坪草吸收利用,另一部分不能被吸收利用。因此,通常将田间持水量作为土壤有效水的上限,而把萎蔫系数作为下限,那么土壤中有效贮水量即为田间持水量减去萎蔫系数后的余水。一般高尔夫沙质土壤的田间持水量很低,萎蔫系数很高,有效水的含量很少。

沙质土壤有效水贮量可用公式计算: $W_2 = 0.1 H_s \times P_s (B - K_d)$

W_2 : 土壤有效贮水量(mm); H_s 、 $P_s \times B$ 与土壤贮水量公式中含义相同; K_d 为萎蔫系数(重量%)。

研究认为:土壤含水量维持在田间持水量60%~80%对草坪生长最有利。从理论上讲,确定高尔夫场地果岭区草坪灌溉量时以2~5cm土层贮水量达田间持水量的60%~80%为宜,灌溉时间是依据2~5cm土层贮水量不足田间持水量的60%~80%时进行灌溉最好。球道以5~10cm为宜。当田间持水量接近萎蔫系数以前时是灌溉的最迟时间。

2. 草坪形态指标

土壤指标费时、费工,难以及时跟进和应用。草坪虽然生长在沙质土壤中,但灌溉的直接对象是草坪,土壤是否缺水是从草坪本身表现出来的,利用草坪形态本身的缺水反应可避免土壤指标带来的一些假象。高尔夫草坪种类仅仅限制于禾草类的狗牙根属、雀稗属、早熟禾属、翦股颖属、黑麦草属等,而且各属所用种类不多。品种虽

很多,但外在形态差异基本近似。纤细、低矮是高尔夫草坪的基本特征。草坪形态指标包括叶枝下垂、变色和弹性等。形态指标简便、省时、省力。如果运用得当对指导灌溉有指导意义。

草坪缺水时叶枝会下垂以免进一步失水。要注意临时午睡现象和土壤真正缺水的区别。临时午睡发生于中午强烈阳光辐射期间,土壤并不缺水,只是由于蒸腾大于土壤供水而引起。真正缺水指土壤水分低于最小病害原则(马宗仁,2005),应根据缺水时间及时补水。

缺水时叶片颜色会发生变化,如叶片颜色转绿或暗绿、褐红、灰绿,应根据缺水时间及时补水。

低矮的高尔夫草坪缺水时期弹性会失水变柔,不易折断,应根据缺水时间及时补水。

3. 生理生化指标

草坪缺水期间生理生化会发生系列变化如叶片水势、相对含水量、细胞汁液浓度、渗透势、气孔开启度、叶片吐水、叶绿素、糖、蛋白质均会受到干扰,程度或合成数量出现增减。叶茎颜色转绿是细胞积累叶绿素太多之故。变红、紫褐是碳水化合物分解大于合成,细胞中积累了较多的可溶性的糖,形成了较多的花青素。生长滞缓则是物质代谢减慢以及膨压降低的集中表现。利用量化的生理生化反应即可准确确定缺水程度以决策补水时间。生理生化指针虽然准确,但程序复杂,难以实际跟进应用。

5.2.4 草坪灌溉常用指标和方法

高尔夫草坪灌溉常用指标和技术大多数来自于人类管理经验。这类指标直观、使用方便,但需经验丰富,才能掌握恰当的补水时间。

1. 植株观察法

草坪缺水的直观反应会表现出各种症状,如萎蔫、转色、变柔。

2. 最小病害原则

用小刀检查土壤干土层厚度是否在最小病害原则(马宗仁,2005)的范围之内。果岭干土层厚度为0.5~1cm,球道为1~1.5cm。干土色淡,湿土色暗。

3. 仪器测定法

包括土壤测定仪、张力计、电极板、蒸发器等。

张力计靠其底部一个多孔的陶器杯连接一段金属管,另一端是一个能显示土壤持水张力的量器。张力计陶器杯装满水并将金属管插入所测土壤中。当土壤干燥时,水从多孔杯底部吸出,通过真空显示器读出水份张力,根据读数确定灌溉的恰当时间。

电极板测量材料电极之间的电阻显示土壤有效水的数量。具体方法是将连接在水分计量器上的多孔材料埋在土壤里,通过测试多孔材料对土壤电阻的大小探测土壤储备的有效水分数量。

装满水的蒸发皿可大致估计土壤中水分损失,因为蒸发皿蒸发的水分与草坪表面蒸腾相似。在高尔夫草坪区域选择5个地方,分别将装满水的蒸发皿平置。每天定时检查蒸发深度即可。根据研究,通常适用的灌溉水量是蒸发皿内损失量的75%~

85%。这项技术特别适用于果岭、梯和球道短草区。

5.2.5 高尔夫草坪节水综合技术

1. 草坪修剪节水

正确修剪草坪可节省大量的水分，如提高修剪高度或减少修剪次数。提高修剪高度可使草坪向土壤深层扎根，继而吸收土壤深层的水分。降低修剪次数可以减少修剪伤口。剪草次数越多，伤口外露机会越多，暴露时间越长，水分损失越严重。剪草应使用锋利刀片，粗钝刀片导致伤口愈合时间延长，进而增加失水。

2. 草坪营养节水

干旱年份应少施肥和多使用富含磷、钾肥料。高比率的氮引起草坪快速生长和叶片处于幼嫩状态，因而需水更多，更容易萎蔫。磷、钾肥料均能增加草坪的耐旱性。

3. 特殊养护节水

特殊养护作业利用得当可以节约大量水分。较厚的枯草层易产生浅根化并导致渗水缓慢。如用垂直剪切机进行剪切就可增加透水和透气，即使补水也不会造成径流浪费，也可促使根系向土壤深层发展，草坪可利用深层蓄积的水分。使用打孔机进行打孔，水更易渗进土壤，进而减少经流。

4. 湿润剂

湿润剂亦称渗透剂。其作用能增加水分效率，令肥料和农药均匀分布在土壤根系层。渗透剂作用原理能使水形成较永久的水滴，减少水与固体或其他液体之间的张力。干旱地区高尔夫球场施用湿润剂能增加沙质土壤的湿度。沙质土壤中添加湿润剂，水能很快渗入土壤并被草坪根系吸收。湿润剂使用后应立即浇水，否则易伤害草坪。此外，也可在高尔夫高草区选择耐旱种和品种。

5.3 高尔夫球道草坪灌溉技术

5.3.1 球道草坪灌溉时间

1. 球道草坪生长期灌溉时间

高尔夫球道灌溉时间与气候、草种、沙质土壤有关。根据高尔夫球场草坪土壤水分周年变化规律，北方草坪土壤春季气温正处于春旱少雨时期，土壤不断失墒，急需补充水分，此时是补水最频和最大月份之一。夏季为增失墒交替期，草坪生长处于休克状态，耗水量仍然很大，失水以株间蒸发为主。草坪土壤水分仍然处于失墒期。为保证顺利越夏，应结合土壤墒情适时灌溉。8月下旬后秋雨连绵，土壤大量补水，温度逐渐下降，气候转凉，冷季型草坪在此阶段前期生长加快，后期生长变缓，耗水量减少，补水视土壤墒情而定。

南方高尔夫球场草坪生长期雨旱季分明。旱季期间草坪生长除了12月~2月中旬温度过低，草坪生长变缓外，其余时期生长仍很旺盛。土壤处于失墒期，耗水量很大，需要大量补水。雨季雨量过高易形成涝害。雨季期间暖季型草坪生长最旺盛。蒸腾剧烈，雨季期间个别月份温度过高、持久，易出现暂时干旱并反复。沙质土壤失墒严重，应根据土壤墒情及时补水。冬季期间土壤不干旱，如连续吹风，可视土壤墒

情及时补水。

2. 球道草坪生长日灌溉时间

日灌溉时间主要目的是研究草坪日生长需水曲线与最小病害、补水效率和球场实际操作的关系。就灌溉效率来说，一日之中灌溉最好的时间是在无风、湿度高和温度较低的时候。在正常情况下，夜间和清晨比上午和下午的湿度高、风小、温度低，可使水分损失下降到最大限度，因而是节水的最佳时间。就草坪生长需水来讲，一日之内 10~15 点是水分损失最多，草坪最需要时期。就最小病害来说，白天补水比夜晚好，水分在叶片上停留时间短，病害最少发生。但夜间灌溉有更多的时间排水，可防止土壤紧实。就高尔夫球场实际操作来看，从 18 点开始至晚 22 点（如灯光球场）均有球员击球。因此，在实际运作中，高尔夫球场日灌溉时间模糊不清，下午 16 点灌溉居多，早晨、夜晚也有灌溉情况。总之，就科学灌溉来说，每日清晨灌溉效果最好。

5.3.2 球道日灌溉次数

高尔夫球场球道灌溉次数由草坪生长态势和干旱气候来决定。灌溉次数与灌溉时间不同。灌溉时间重点研究的是草坪需水程度。灌溉次数主要强调的是沙土介质和病害的实际情况等。草坪生长差、气候炎热时期灌溉间隔时间短，灌溉次数多。反之，间隔长，灌溉次数少。

作为一般规律，春节期间草坪每周灌溉 2~3 次；夏季 1 次/日；10 月前，暖季型草坪 1 次/日，10 月后至翌年 3 月初 2~5 次/周；冷季型秋季期间 5~7 次/周；冬季休眠枯死。

5.3.3 球道日灌溉量

高尔夫球道土壤与其他土壤不同，它是由 70% 以上的沙质构成的。灌溉量虽是研究草坪生长与需水大小的关系，但沙质土壤的性质决定灌溉量并不服从灌溉量大，灌溉次数少的补水原则。也就是说，灌溉量大，不一定能满足草坪生长需要。因为沙质土壤持水很差，大部分水因之渗漏，而成为无效水。因此，球道灌溉量服从少量多次的灌溉特征。

作为实践规律，最小病害原则（马宗仁，2005）是球道灌溉量的理论依据，也就是说，每次灌溉时应检查土壤墒情或干土层厚度而定补水量，应以实际需要而定，并非硬性规定。欧洲高尔夫球场的实践表明：春季期间生长季节每周的灌溉量应为 2.8~3.5cm/周，炎热夏季至少灌溉量应为 5.1cm /周或更多。10 月后至翌年 3 月初 3.5~4.6cm /周。James B. Beard（1982）认为，剪股颖构成的高尔夫球道短草区每次浇水至根系层，达到出现脚印时停止。但从节约水源的角度看，这种灌溉很浪费，也不能保证土壤很硬的情况下造成的假象发生。

5.4 高尔夫果岭梯草坪灌溉技术

5.4.1 高尔夫果岭梯灌溉时间

果岭梯有着特殊的土壤层次结构，纯沙是构成沙土果岭梯的主要介质。因此，果岭梯具有明显的自然属性：持水差、易干旱、作业频繁、根系浅。灌溉时间非常敏感。

实践中灌溉的具体时间传统上一般安排在夜晚9点以后,有些球场由于各种原因浇水一般安排在下午4点左右(图5-1)。根据最小病害原则(马宗仁,2005)可安排凌晨5点左右浇水。



图 5-1 高尔夫球场自动喷灌系统

5.4.2 高尔夫果岭梯灌溉次数

灌溉次数与灌溉时间一样执行相同的灌溉动能,受相同的属性制约。因此,果岭梯灌溉次数遵循少量多次灌溉制约。

春季、夏季至12月初,暖季型草坪灌溉次数1次/日,12月初至翌年3月初2~3次/周。冷季型草坪在春季后期、夏季、秋季期间灌溉次数1次/日。冬季休眠枯死。

5.4.3 高尔夫果岭梯灌溉量

由于高尔夫果岭梯的属性和特殊的土层结构,灌溉量并不服从灌溉量大、灌溉次数少的补水原则。也就是说,灌溉量大,不一定能满足草坪生长需要。因为沙质土壤持水很差,大部分水因渗漏,而成为无效水。因此,果岭梯灌溉量服从少量多次的灌溉特征。

作为实践规律,最小病害原则(马宗仁,2005)是果岭梯灌溉量的理论依据,也就是说,每次灌溉时应检查土壤墒情或干土层厚度而定补水量,应以实际需要而定,并非硬性规定。James B. Beard(1982)认为,果岭梯每次浇水应充分湿润到根系生长层,即有明显湿润痕迹时停止浇水。显然此种浇水不利于节水。

现在大多数球场还使用传统的浇水方法,即每个果岭和梯通常用时间来代替浇水量,一般浇水15~20min即可。采用这种计时浇水技术主要是现代球场普遍安装了电子自动浇水系统。采用计时法最为方便。一般而言,这种浇水方法在水源充足的条件下,原则上没有什么大的问题。

第6章 高尔夫草坪营养科学

高尔夫草坪营养实际上是指高尔夫球场草坪的施肥科学与技术。它同灌溉、修剪、施药作业一样是维持和保证草坪生长发育的重要手段,对维护高质草坪起着极为重要的作用。

高尔夫草坪是1次种植、连续培育、多年利用。在维持草坪生长发育的营养技术和手段上不同于农作物。营养技术及方法等均有其独特性。始终不一的坚持“平滑、适密、均匀、浓绿”的草坪竞技状态,需要坚持技术第一,合理施肥,需要完全掌握高尔夫草坪施肥理论、施肥技术、营养诊断方法、高尔夫球场不同功能区施肥理论与技术等。

6.1 高尔夫草坪施肥理论

高尔夫草坪和农田、草地、林地一样,要维持优质的生长发育状态,需要充足的肥料供应。然而,仅有种类齐全、数量充足的肥料是远远不够的,还需要科学的施肥技术和方法。科学的施肥技术和方法来源于施肥的基本理论,它包括:养分补偿论、最小养分律,报酬递减律、因子综合作用律和四因子匹配律等。这些理论客观地反映了施肥实践中存在的问题,所以至今仍然是指导高尔夫草坪施肥的重要依据。

6.1.1 养分补偿论

18世纪初,养分补偿论由德国化学家 Lieberthet 提出。主要观点:随着植物的每次刈割,必然要从土壤中带走大量的养分;如果不正确地归还养分于土地,地力必然会逐渐下降;要想恢复地力,就必须归还从土壤中带走的全部养分;为了增加产量就应该向土壤施加灰分元素。

养分补偿论强调增加生物量必须以施肥方式补偿植物从土壤中带走的养分。通过施肥补充土壤元素失衡,从而维持地力元素平衡。

养分补偿论的理论基础是根据大量的作物试验而提出的。运用于高尔夫草坪施肥时需要区分。因为农作物与高尔夫草坪存在着明显的3个差别:培植对象不同,高尔夫草坪主要是营养生长,作物包括营养生长和生殖生长;收获不同,草坪收获的是“平滑、适密、均匀、浓绿”的竞技坪面,作物最终是籽实;土壤不同,高尔夫草坪是建植在70%,甚至95%以上的沙质土壤上,农作物的土壤种类很多。因此,二者生长期吸收和带走的养分不同,补充归还的养分及数量也不同。但重点元素基本相同,养分归还的重点是N,只要适量照顾P、K就可达到平衡。此外,高尔夫沙质土壤淋洗严重,肥料储存时间短、量少,农作物相对储存时间长、量高。因此,存在着施肥时间、次数、数量的明显差距。

6.1.2 最小养分律

1843年, Lieberthet 成功地制造了一批化肥后提出最小养分律。主要观点:决定植物产量的是土壤中某种对植物需要来说相对含量最少而非绝对含量最小的养分;最小养分不是固定不变的,而是随着条件的变化而变化;继续增加最小养分以外的其他

养分，不但难以增产，而且还会降低施肥的效率。最小养分律主要指矿物养分。

施肥是补充土壤养分欠缺、提供植物适当的营养物质，从而获得正常生长发育的一种手段。土壤补肥首先需要补充土壤中营养相对含量最少的养分，也就是最小养分。高尔夫草坪的特征是一次种植、多年利用。高尔夫草坪收获的对象是“平滑、适密、均匀、浓绿”的草坪竞技状态。维持此种状态需要频繁作业如修剪、灌溉等。高尔夫草坪是生长在 70%以上的高尔夫土壤中，此种土壤本身并不具有保肥性能，因而短效。根据最小养分律，既然最小养分对于植物来说是土壤供应最差的基本养分，而不是土壤中绝对含量最少的养分，那么，影响草坪生长的最小养分一般是大量元素。据此，高尔夫草坪所需大量元素为 N、P、K，其中 N 素消耗最多，因而形成了最缺，也就是最小养分，补 N 效果非常显著。

但是，也不排除其他元素可能成为最小养分。如高尔夫球场果岭区由沙质构成，沙质土壤经常发生缺铁，因而铁元素也常常成为最小养分。当土壤中最小养分经补充满足草坪需求之后，草坪草生长就会迅速加快，原来的最小养分就会被其他养分替代。

最小养分是限制草坪生长发育的关键所在。如果无视最小养分，继续增加其他养分，结果由于最小养分未得到补充，影响草坪生长的限制因子仍然存在，其结果必然降低肥料效率。例如，在缺磷的情况下，即使施用再多的 N 素，很难保证草坪正常生长。原因是缺磷造成草坪根系不发达，根量少，难以获得足够的水肥，进而限制 N 素的吸收，形成无效施 N。

正确分析最小养分律，就可因地制宜选择肥料种类，满足草坪对养分的需求，从而收到增产、节肥和提高肥效的多重效果。最小养分律来源于实践和理论的总结，至今是指导草坪施肥的重要定律。应当指出，利用最小养分表示施肥与草坪生长量之间呈直线相关的结论是有条件的。土壤非常贫瘠，生物量水平极低的情况下，增施少量肥料往往可获得极显著的效果，但在土壤肥力和草坪生长较高的情况下，施肥的增长效率则不成直线关系。

6.1.3 限制因子律

在植物生长过程中，自然界许多条件都可影响植物生长，不只限于矿物质养分，同时最小养分是从某种养分的单因素考虑的，缺乏养分之间和养分与其他生长因素之间的综合考虑。这是最小养分律不足之处。鉴于最小养分律的缺陷，1905 年，Blackman 将最小养分律扩大到养分以外的生长因子，提出限制因子律。主要观点：增加一个因子的供应，可以使植物生长增加，但是遇到另一个生长因子不足时，即使增加前一个生长因子也不能使植物生长增加，直到缺少的因子得到补充，植物才能继续生长。

限制因子律是最小养分律的扩大和引申，它包括养分以外的土壤物理因素，如质地粗细、结构松紧、透气情况、水分多少等，有害物质的有无，气候因子和光照长短、强弱，温度高低，风雨情况以及技术因素等。施肥不能只注意养分种类和数量，还需注意其他影响生长和肥效的因子，因为上述因素都能造成植物生长的进一步提高。

6.1.4 最适因子律

施普林盖 (1837) 曾指出：养分太少植物不能生长，养分太多对植物有毒。Wolmy (1891) 也认为，每种生长因素从最低限度每增加一分，生长增加一分，直到某一最

适数量。如再继续增加这一因素,生长会慢慢减少,最终直到死亡。因此,德国学者 Lieberthet 提出了最适因子律,其内容是:植物生活条件变化的范围很大,生长受许多因素的影响,植物适应的能力有限,只有影响生长的因子处于中间地位,最适于植物生长,生物量才能达到最高。因子处于最高或最低的时候,不适于植物生长,生物量可能为零。

最适因子律表明:养分供应不是越多越好。一种肥料尤其是氮肥,施之过多、超过最多数量时,生物量反而会降低。各种肥料即使有最好的配比,也不是越多越好,超过一定数量,土壤溶液浓度过高,也会形成盐害,甚至烧草死亡。

6.1.5 报酬递减律与米采利希学说

报酬递减律和米采利希学说并不是一回事,但它们都反映了投入与产出过程中客观存在的报酬递减问题。

早在 18 世纪后期,首先由欧洲经济学家 Turgot 和 Andordon 同时提出报酬递减律。由于该经济定律反映了在技术条件不变情况下投入和产出的关系,所以它作为经济学上一个基本法则,广泛应用于工业、农业以及畜牧业生产等各个领域。目前国外对报酬递减律的一般表述是:一定土地所得报酬随着向该土地投入的劳动和资本量的增加而增加,但随着投入的单位劳动和资本的持续增加,报酬的增加却逐渐减少。

后来的学者把报酬递减律移植到农业、草业中。赫尔和史密斯曾指出,对于报酬递减律的第一次投资最有效,以后的连续投资效果将逐渐减少。许多草坪施肥试验说明:草坪生长随施肥量的增加而增加,达到一定阶段生长反而会减少,植物生长呈反“U”型曲线。

在 19 世纪初,米采利希等人在前人工作的基础上深入地探讨了施肥量与生物量之间的关系,结果表明:在其他技术条件相对稳定的前提下,随施肥量的逐次增加,植物生长也随之增加,达到一定阶段,植物的增长量却随施肥量的增加而呈递减趋势。因而与前人提出的关于工业方面的报酬递减律相吻合,如果一切条件都理想的话,植物将会产生出某种最高增长;相反,只要有某种主要因素缺乏时,产量便会相应的减少。

米采利希学说的主要内容为:只增加某种养分单位时,引起生长量增加的数量是以该种养分供应充足时达到的最高生长量与当时的生长量之差成正比。也就是说,增施某种养分的效果,以土壤中该种养分愈为不足时效果愈大。继续增加该养分的施用量,增长效果将逐渐减少。根据米采利希的试验结果证明,在施肥量和生长量之间的关系上报酬递减律是成立的,国内外不同的施肥试验也证明同样的关系。这就充分说明报酬递减律是经济学上的一个基本法则,而且在农业和草坪方面也是指导施肥的重要理论之一。报酬递减律和米采利希定律不足之处都是以其他条件不变为前提而反映投入与产出之间的报酬递减现象。就长远观点看,技术条件总是不断改善,生长水平也不断提高,情况确实如此。但是在一个生长时间较短的时期内,一般来说,生产技术条件不会发生重大的变化或突破,总是保持相对稳定的状态,这就在客观上为报酬递减律提供了使用的可能。

6.1.6 因子综合作用律

高尔夫草坪生长不仅需要解决生长限制因子,其中也包括最小养分,而且只有在

外界环境条件足以保证草坪正常生长和继续发育的前提下,才能充分发挥施肥的最大效益。因此,肥料的增长效应必然受因子综合作用的影响。

因子综合作用律内容是:植物增长是影响植物生长发育的各种因子如水分、养分、光照、温度、空气、植物种类以及养护条件等综合作用的结果。其中必然有一个起主导作用的限制因子,这一限制因子在一定程度上制约着植物的生长和发育。为了充分发挥肥料的增长作用和提高肥料效价,一方面施肥措施必须与草坪养护技术密切配合,另一方面应该因地制宜地综合应用各种肥料。

6.1.7 四因子匹配律

正如限制因子律和综合作用律所指出的那样,在植物生长过程中,自然界许多条件都可影响植物生长,高尔夫草坪生长不仅需要解决生长限制因子,而且只有在外界环境条件足以保证草坪正常生长和继续发育的前提下,才能充分发挥施肥的最大效益,因此,肥料的增长效应必然受因子综合作用的影响。据此,马宗仁(1996)提出四因子匹配律,其内容为:草坪、肥料、病害、气候四因子需要互相匹配,只有在相互匹配的情况下,所施肥料才能促进草坪健康生长;反之,无视草坪、肥料、病害、气候的交互作用,很可能受到惩罚。据此,高尔夫草坪施肥的科学匹配为:春季高氮、低磷钾肥(5:3:2);夏季氮磷钾平衡肥(1:1:1),秋季高磷钾、低氮肥(1:3:5)。

6.1.8 高尔夫草坪生长与环境因子关系

1. 水分与施肥效应

水分是草坪正常生长发育所必需的生活条件之一。土壤水分状况决定着草坪生长的需肥量和土壤中吸收养分的能力。一般来说,施肥效果是随土壤含水量的提高而增加的。土壤水分不足直接影响了肥料的溶化、吸附和吸收,间接影响了草坪光合作用等,因而干旱土壤肥料利用效率低,增长效果差。但随着土壤含水量状况的改善,肥料的溶化、吸附和吸收增强,草坪光合作用加强,草坪干物质增多,从而提高了施效。在高尔夫草坪施肥实践中,施肥与灌溉相结合是发挥肥效的有效措施之一。

2. 草坪种类与施肥效果

草坪对肥料的反应分耐瘠与耐肥,由遗传基因决定。耐肥、耐瘠表明对肥料的最大耐受量,是施肥的重要理论之一。例如,狗牙根耐肥性很高,它可忍受最高肥限。狗牙根1个生长季所需纯氮约 $0.34\sim 0.69\text{kg}/100\text{m}^2$,相反,细叶结缕草1个生长季仅需纯氮 $0.05\sim 0.10\text{kg}/100\text{m}^2$ 。超过最高耐肥极限能引起过多高尔夫草坪体内发生明显的生理变化,如细胞壁变薄、组织柔软多汁、养分贮存减少、耐热、耐旱、抗病、耐寒和耐践踏能力降低。施氮过多还会促进茎叶迅速生长,增加剪草次数;反之,少于最低耐瘠极限,耐肥种类生长发育不充分,草姿难以尽显。

3. 养分间作用效应

最小养分律的实质是植物生长往往受土壤中1种最小养分所制约。如果土壤中同时存在2种养分限制植物生长时,仅仅补充其中的1种养分,对植物生长则无效,如同时补充2种养分,将产生明显的效果,这就是养分之间的相互作用效应,统计学称为交互作用或连应。养分间交互作用效应可分3种情况。

(1)肥料正效应 草坪同时施用2种养分的增长效应大于每种养分单独使用的增

长效应之和, 称为肥料正效应。

(2) 肥料零效应 草坪对 2 种养分同时施用的增长效应等于每种养分单独使用时的增长效应之和, 称为肥料零效应。

(3) 肥料负效应 草坪对两种养分同时施用的增长效应小于每种养分单独施用时的增长效应之和, 称为肥料负效应。

一般来说, 氮肥的最高肥效是在足够数量的磷和钾的基础上取得的; 反之, 钾肥的最高肥效只有在施足氮肥的基础上才能表现出来。在施肥实践中, 利用养分之间的相互作用效应是经济合理施肥的重要原理之一。因为这一理论是在不增加施肥量的前提下能提高肥料利用率并获得最大生物量的效果。

6.2 高尔夫草坪营养元素

高尔夫草坪体内含有大量水分及各种化合物, 如将草坪烘干即得干物质, 其中包括有机物和无机物。有机物来自于光合作用, 无机物来自于土壤, 二者共同构成植物体。研究表明: 草坪植物干物质约占干重的 20% 左右。

现在大家都承认草坪植物生长发育和完成其生命周期需要 16 种基本元素, 其中 C、H、O 来自于空气和水中并很快为草坪植物利用, 余下 13 种元素需由植物根系从土壤中吸收。基于草坪对每种养分的需要可将 13 种无机营养元素分为 3 类(表 6-1)。

表 6-1 高尔夫草坪营养元素

空气和水中获得 C、H、O				
土壤中获得	元素名称	化学符号	有效态	有效态
主要元素	氮	N	NO_3^-	NH_4^+
	磷	P	H_2PO_4^-	HPO_4^-
	钾	K	K^+	
次要元素	钙	Ca	Ca^{++}	
	镁	Mg	Mg^{++}	
	硫	S	SO_4^{--}	
微量元素	铁	Fe	Fe^{++}	Fe^{+++}
	锰	Mn	Mn^{++}	
	硼	B	H_2BO_3^-	
	锌	Zn	Zn^{++}	
	氯	Cl	Cl^-	
	钼	Mo	MoO_4^-	

6.2.1 主要营养元素

N、P、K 构成草坪主要营养元素，亦称草坪营养三要素，是草坪生长吸收量最高，起关键作用的元素（图 6-1）。

1. N

草坪对 N 的需要量比其他任何无机元素都多。据测定正常草坪的干物质中，N 素约占总重的 3%~5%。氮在草坪生长中有很多重要功能。N 是构成酶、蛋白质和氨基酸的重要成分，参与草坪体内许多重要的生物化学反应；它是生长素、细胞分裂素、维生素 B₁、B₂、B₆ 和辅酶 A 的重要构成部分，在草坪细胞伸长、分裂及代谢中起重要的作用。N 素充足时，细胞迅速分裂和伸长，分蘖、分枝陡增，枝叶繁茂；反之，N 素缺乏时，分裂伸长受抑，生长发育停滞，分枝和分蘖受阻，叶少而小，植物瘦弱，草坪呈现稀疏、枯黄。不过 N 素过量时易起到徒长，叶大而薄，茎秆柔嫩，抗病虫能力减弱；N 素也是叶绿素组成成分之一。氮肥关系叶绿素的形成。缺氮时，叶绿素合成受抑，叶片呈黄色。N 易在体内转移，常从老叶向幼叶移动。故缺 N 症状常从老叶开始逐渐向幼叶扩展。缺氮时叶片发黄现象是用来鉴定草坪 N 素丰缺的指标之一。逆境、赛事前，采用液体氮肥可强力调节叶片颜色。

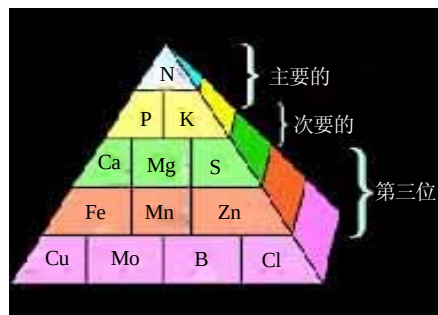


图 6-1 高尔夫草坪土壤营养示意图

2. P

P 存在于磷脂和核酸中，作为草坪细胞原生质和细胞核的重要构成为细胞分裂所必需。P 也是草坪体内糖分转化和淀粉、脂肪、蛋白质形成不可缺少的物质。P 能影响草坪含氮物质的代谢，促进同化产物在草坪体内的运输，刺激草坪根系分裂生长。因此，P 充足时有利于幼芽生长，根系发育，增加草坪草的持续分蘖。缺 P 时草坪代谢过程受抑制，茎叶转为紫褐，分蘖减少，新根少。磷在体内易于再利用，缺乏时常从下部老叶开始向幼叶转移。不过，多 P 时常妨碍硅、锌元素吸收。P 能促进可溶性糖类的贮存，如在冬季前使用，能增强草坪草的抗寒能力。P 刺激草坪根系分裂生长，在植草前施 P，可提早萌发。

3. K

草坪体内的 K 与 N、P 不同，它不是细胞的组成成分，呈离子状态和可溶性钾盐存在或吸收在原生质表面。K 在草坪体内显然较易移动，与 N、P 相比，K 很易再度利用。钾是很多酶的活化剂，在蛋白质、碳水化合物代谢和吸收作用中有发挥作用；K 足时能使蛋白质胶体膨胀，使植物细胞充满水分，减少水分无谓消耗；K 能提高细胞的浓度，降低冰点，强化草坪机械组织，增强抗逆效能。K 肥不足时，草坪的光合作用减弱，生长受到抑制，茎秆机械组织不发达，不耐践踏。严重时叶片枯焦，变成黄褐色。

6.2.2 次要营养元素

包括 Ca、Mg、S。在草坪生长中的需要和功能仅次于草坪营养三要素。

1. Ca

Ca 是草坪叶绿素的重要成分之一，能促进根系生长发育和根毛的形成。Ca 充足时能增加草坪抗病虫能力；缺 Ca 时草坪叶尖或叶片变黄，枯焦坏死，根茎、生长点和幼叶片呈现病症。Ca 在草坪体内移动性很小。Ca²⁺与 H⁺、NH₄⁺、Mo²⁺和 Na⁺离子有拮抗作用。草坪施肥时应加以注意。

2. Mg

Mg 是草坪叶绿素的重要成分之一，为光合作用和叶绿素形成所必需。Mg 离子参与呼吸作用、N 代谢与蛋白质合成过程。

缺 Mg 最明显的症状是缺绿。叶片脉间先失绿，严重时出现坏死斑点，叶易枯萎脱落，较老叶片出现缺症。这是鉴定 Mg 丰缺的形态指标之一。

3. S

S 是蛋白质和酶的重要组成部分。参与草坪机体的氧化还原过程，缺 S 时植株矮小，细胞分裂受阻，叶小而呈黄色易脱落。S 在草坪体内不易移动，缺乏时幼片出现发黄症状。

6.2.3 微量元素

在草坪生长发育中需要很少，但无可代替或缺，包括 Fe、B、Mn、Cu、Zn、Mo。

1. Fe

草坪对 Fe 的需要量较其他微量元素多一些。这与 Fe 在土壤中及草坪体内形成各种不溶性化合物有关。在草坪体内 Fe 参与光合作用过程，主要是促进叶绿素的形成。Fe 在植物体内不易移动，缺乏时从幼叶开始，在碱性土壤上草坪常有缺铁症状，缺铁时幼叶呈淡黄色。

2. B

B 参与草坪体内糖分运输，并与蛋白质的合成、细胞壁构成有一定关系。缺 B 时草坪组织易撕裂，生长受抑。前期根系产生大量侧根、侧芽，后期生长点死亡。植株呈簇态，叶片失绿、枯死、变形或脱落。

3. Mn

Mn 参与光合作用，为叶绿体正常结构所必需。缺乏时叶绿素形成受阻，其典型症状是叶片脉间失绿，有坏死斑点，新叶最先发生病症。

4. Cu

Cu 元素参与草坪光合作用，是许多氧化酶的组成成分。严重缺 Cu 时，草坪叶尖变白、叶细、扭曲、易脱落。不过沙质土壤含 Cu 较高，草坪需求极少。

5. Zn

Zn 与草坪光合和呼吸作用释放二氧化碳有关，也影响生长素的合成。故缺 Zn 时生长迟缓，叶片薄而皱缩，状如脱水、节间短等。

6. Mo

Mo 是硝酸还原酶的组成成分，在蛋白质合成中起重要作用。草坪缺 Mo 时生长发育迟缓，叶片出现异常现象，其中老叶呈灰绿色，是用以鉴定缺钼的主要形态指标。

7. Cl

Cl 主要参与光合作用形成过程。一般草坪对 Cl 元素的需要量极微，仅几个 ppm。

6.3 高尔夫草坪肥料

凡施入土壤或喷洒于草坪叶片，能直接或间接地供给草坪养分，或能改善土壤理化性状，逐步提高土壤肥力，而不产生对环境有害影响的物质称为草坪肥料。根据肥料的来源、性质，一般可分为3类，即化学肥料、农家肥料以及微生物肥料，分别简称化肥、农肥及菌肥。

6.3.1 化肥

化肥亦称为无机肥料，它是一种肥效快、使用普遍的草坪肥料。根据所含营养元素种类以及化合物的形态或溶解性可分为：氮肥、磷肥、钾肥、复合肥、微量元素肥料，其中使用最多的为氮肥、磷肥和钾肥。

1. 氮肥

土壤中的氮素营养分为有机氮和无机氮两种。有机氮主要为草坪植物残体，即土壤有机物，是一类草坪暂时还无法利用的氮素，需要靠土壤微生物分解才能缓慢释放出来为草坪所吸收。因而不易被草坪草利用，这种氮主要以负电荷形态 NO_3^- 利用。有机氮约占土壤总氮量的99%，肥效长，肥效慢是其典型特征。另外1%的氮素为无机氮，主要是铵盐、盐和少量的硝酸盐，易被草坪利用，肥效快，肥效短，是这类氮肥的明显特征。

土壤中有机氮和无机氮数量明显差异，仅靠自然供给，难以维持高质的草坪生长，人工补充氮肥就显得极为重要。高尔夫草坪最常使用的氮肥均为铵盐态氮，主要以正电荷形态 NH_4^+ 为植物利用，这类氮肥的好处是损失极少，因为它易为壤质、黏质土壤暂时持有，但高尔夫沙质土壤难以持有。这类肥料主要包括硫酸铵、硝酸铵、碳酸铵、氨化物、铵水、尿素。其特点是易溶于水，易被草坪吸收，肥效反应快，因此称这类肥料为速效氮。

由于高尔夫球场草坪养护作业和草坪生境的特殊性，速效氮的损失和浪费特别严重。这自然降低了氮肥的使用效率。缓释迟效氮的产生解决了速效氮这一问题，它属于控制释放的一种氮肥类型，其部分氮不溶于水，模拟了有机氮的释放形式，草坪反应时间长，肥效较高，然而这种肥料造价较高。目前已知的迟效氮有：石灰氮、脲甲醛、脲异丁醛草酰胺、包膜碳铵、硫化尿素等。

高尔夫草坪施肥实践中为防止氮肥脱节，可将速效氮和迟效氮混合使用，以保证既迅速又长久的肥效供应。

2. 磷肥

磷肥的有效成分 P_2O_5 ，通过 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} 电荷形态为草坪吸收利用。磷肥有两个问题需要注意：土壤化学反应。无数试验表明：土壤 $\text{pH}6\sim6.5$ ，磷元素处于溶解态，很易被草坪吸收利用；在 $\text{pH}6$ 以下或 6.5 以上，磷便结合为无效的不溶态。磷酸盐在碱性土壤中不溶态为磷酸二钙；酸性土壤中为磷酸镁、磷酸铝等。被固定的磷酸盐只有靠以后土壤微生物活动释放供草坪利用。因而肥效较长，肥效慢，故为迟效性肥料； $\text{pH}6\sim6.5$ 时，磷易淋洗，其原因是土壤表面带电荷，同性排斥，不易被土壤所持有，因而需要补充磷。

目前高尔夫草坪中使用的磷肥有过磷酸钙，重过磷酸钙、钙镁磷肥、钢渣磷肥、氟磷肥、偏磷酸钙、沉淀磷酸钙、碱性磷肥、骨粉、磷矿粉等，其中过磷酸钙使用最为广泛，是一种速效性磷肥。

3. 钾肥

钾肥有许多特点，能降低因施氮量过多所引起的对冷、热、干旱和病害的消极作用。如果对草坪施以适量碳酸钾、氯化钾、窑灰钾肥以及草木灰即可增加对不利环境的抵抗能力。钾肥的另一特点是极易淋洗和草坪超量吸收。目前草坪广泛使用的钾肥有硫酸钾、碳酸钾、氯化钾等。

4. 复合肥

复合肥是根据植物营养学的原理，按照一定比例和营养元素配制而成。目前随着化学工业的不断发展，复合肥种类越来越多。市场上目前所见到的复合肥大致有：磷铵、硫磷铵、硝磷铵、偏磷酸铵、氯磷钾肥、钾镁肥、钾钙肥等。

复合肥的主要特点是用起来方便。但草坪种类较多，生长季节不同，如不注意复合肥比例，必然存在着草坪与肥料不匹配性。因此，需要较高的化肥使用知识。

5. 微量元素肥料

一般来说，土壤反应不是太剧烈的情况下，高尔夫草坪不出现微量元素缺乏症，因为它的需要量很容易从土壤中获得。

目前市场见到的微量元素肥料有：铁肥、锰肥、钼肥、锌肥、铜肥、硼肥等。微量元素常以不同化合物形态使用于草坪草。这类肥料的显著特点是用量少，一般常作追肥使用。

6.3.2 农肥

农肥是一类肥效慢、供肥时间长的有机肥料，这类肥料对改善土壤质地、形成团粒结构、促进草坪植物旺盛生长具有很好的作用。农家肥可分为2类：厩肥、堆肥。

1. 厩肥 厩肥主要指人畜粪尿，猪粪尿，牛粪尿，马粪尿，家禽粪尿等。厩肥除含有大量有机质和 N、P、K 营养元素外，还有许多次量元素和微量元素，故在草坪应用上称为完全肥料。

农家肥料在草坪应用中以不妨碍球场公共卫生为原则，做到充分腐熟后再施，用于建坪初期效果最好。

2. 堆肥 堆肥是杂草、皮壳、垃圾、灰土及部分粪尿等混合堆积起来，通过微生物的分解作用制成的有机肥料。其有效成分取决于掺土多少以及有机物和粪尿类等，掺土少的堆肥肥效高。一般含氮 1%~2%、磷 0.5%~0.8%、钾 0.4%~0.5%，且多为迟效，养分总量接近厩肥。高尔夫堆肥制作时无须掺土，掺沙即可。

堆肥在高尔夫球场来源广泛，如每天剪下的草叶等可用之堆肥，能节省大量养护费用。短时间内造出合乎标准的堆肥，需要一定技术。首先将树叶、草叶等有机物混匀，然后浇水使其充分吸水饱和。当上述有机物充分吸水后，可选一较高地面按有机物与沙子 20:3 的比例进行堆肥，最终体积以不超过 10m×1.0 m×0.9m 为好。在此过程中，一般平均 20 天翻堆 1 次，炎热夏天需做 4 次翻堆。高温堆肥虽然材料广泛，制作过程中为加快腐熟过程，应加入 1% 的尿素作为好气性微生物的食源。按时翻堆

很重要, 否则易造成堆肥缺氧、抑制好气性微生物活动、滞后腐熟过程。每次翻要重新浇水和施肥并覆盖。高球场果岭, 最好不掺入或掺入一些沙子。否则易造成接口层, 影响果岭排水。如果岭用肥时可先粉碎, 然后用筛子过筛。每次同沙子混合在一起使用。

6.3.3 其他草坪肥料

草坪上经常使用的肥料还包括石灰、石膏、稀土、微生物肥料。

石灰在草坪草上主要用于调节土壤酸度, 补充钙等, 不能与人粪尿、铵态氮肥、水溶性磷肥混合或混用, 主要用作基肥, 用量为 $10\text{kg}/100\text{m}^2$ 。

6.4 高尔夫草坪施肥技术

目前, 高尔夫球场肥料利用率很低。据系列试验表明: 按一般施肥方法, 在一般灌溉条件下, 尿素的利用率只有 $25\%\sim 30\%$, 大部分以挥发、淋洗、草叶携带和土壤结合形式损失。造成肥效低下的原因显然很多, 但其中施肥技术不当则是导致肥效降低的主要因素之一。因此如何经济、合理施肥, 提高肥效, 以最小的投资获得最大的增长, 已成为当前高尔夫草坪养护工作中迫切需要解决的问题。合理施肥技术包括肥量、肥料养分配比、施肥时间和施肥方法等内容。

6.4.1 高尔夫草坪施肥量

准确确定高尔夫草坪营养需要量比较困难。显然受许多因子制约, 如要求的质量水平、气候条件、生长季节、草坪种类、沙质土层结构、pH、灌溉量及修剪物移走等。实践中高尔夫草坪施肥量通常根据草坪颜色、密度和修剪次数进行估算。

1. 施氮量

氮是叶绿素的主要成分。缺氮时草坪呈枯黄色、稀疏、密度不高。修剪物的数量和次数也可估计草坪含氮量。氮少, 生长率迟缓, 剪草次数则相应减少。

高尔夫草坪生长在 70% 以上的沙质土壤上, 灌溉、修剪频繁, 氮损失会特别严重。沙质土很易遭淋溶, 灌溉、降雨能将氮素冲洗到根系层下面, 草坪根系短, 易造成无效肥, 氮难以为草坪反复利用。因此, 氮在沙质土壤中极不稳定, 因而利用土壤化验的途径是不能决定施氮量的问题。较为准确的施氮量, 可用试验的方法估测(孙吉雄, 1989)。

$$N_1\% = D_1 - D_2 / N; \quad N_2\% = N_3 \times G / N_1\%$$

式中: N_1 为氮肥利用率; D_1 为施氮草坪的干物质量; D_2 为不施氮草坪干物质量; N : 实验施氮量; N_2 为计算施氮量; N_3 为草坪含氮量; G 为生长量。

试验结果虽然准确, 但沙质土壤中的养分含量具有动态变化的特点, 肥料的利用率也依肥料种类、气候和养护条件变化而变化。再说试验法较麻烦, 难以跟进实际需要, 应用性受到很大的限制。实践证明: 低水平养护草坪氮素补充为 $0.48\text{kg}/100\text{m}^2/\text{年}$; 高水平养护草坪氮素补充为 $5\sim 7\text{kg}/100\text{m}^2/\text{年}$ 。

2. 施磷量

据测定正常生长的草坪磷含量为氮的 1/5。据此可知, 草坪对磷的需要量为氮的 1/5 到 1/10。不过还应考虑磷施入土壤后易被铝、铁和钙固定的问题, 因而草坪施磷

量应予提高，一般施磷量为施氮量的 1/3 较为恰当。

3. 施钾量

冷季型草坪钾含量高于暖季型草坪。干物质相差不多，2.5%~3.5% P，2%~2.5% K。但钾吸收率高于磷，钾不易为土壤所持有。一般施肥量为氮素的 1/2~1/3 较为合适。表 6-2 总结了在一般环境条件下各种草坪施氮量的大致范围。

表 6-2 中等养护水平下草坪施 N 量

草种	一个生长季所需氮量 (kg/100m ²)
细弱剪股颖	0.25~0.48
匍匐剪股颖	0.25~0.63
改良狗牙根	0.34~0.69
早熟禾	0.25~0.48
草地早熟禾	0.19~0.48
细羊茅	0.05~0.19
多花黑麦草	0.19~0.48
多年生黑麦草	0.19~0.48

6.4.2 高尔夫草坪施肥方法

高尔夫草坪是以维持良好的营养阶段而被人们使用的。施肥方法受草种、沙质土壤、环境条件影响。草种、沙质土壤一般固定不变，生境因素变化很大，是施肥主要的考虑对象。由于气候的影响，草坪施肥一般不是一次就能满足整个营养生长阶段，而是由多次不同比例、数量的追肥所组成的。施肥方式并非孤立地起作用，而受气候影响。施肥方式的确定必须在当地气候条件的基础上，才能形成一定条件下的合理施肥。

1. 基肥施肥方法

高尔夫球场建前需要使用基肥。作基肥使用的肥料主要是农家肥料如厩肥、堆肥等。基肥是为草坪生长发育创造一个良好的土壤生长层，满足草坪前期或苗期生长营养要求。基肥能培育地力，改良土壤结构。一般基肥的施用量较大。为充分发挥基肥的作用，必须综合考虑草种、沙质土壤、气候和建植技术等因素。高尔夫草坪也可将基肥作为追肥长期使用，目前常将基肥加工成颗粒状使用。

(1) 混沙施用 坪前应结合沙层将有机肥料混合在主要根系层并使肥料处于经常湿润的状态中，做到沙肥相融，起到培肥沙质土壤和供给草坪生长期所需养分的作用。沙质土壤水分不足，增施基肥不能很好地发挥有机肥料的增产作用，应注意灌溉。此外，化肥也可作基肥。磷钾肥在沙质土壤中移动很小，肥效首先决定于肥料与根系的接触面积。表施时肥料不能充分接触根系，因而在苗期或土壤营养充足时，表施肥料往往利用率低。在一般情况下，磷钾肥的有效施用方法以深施为好。在养分贫瘠的沙质土壤上浅施、表施，能解决苗期和建植期营养的急需。要求草坪质量很高的情况下，均宜深层使用。球道施肥深度 10cm，果岭 5cm 即可。

(2) 混合集中施用 肥料不足，应采取集中使用。化肥中磷肥与有机肥料混合集

中施用可减少与土壤的接触面,防止磷被土壤大量固定,从而提高磷肥利用率。这种施肥方法用肥较少,肥效高,也可起到改良坪床的作用。适宜于肥料较少的情况下采用。高尔夫球场在肥料少的情况下,首先保证球道短草区、梯和果岭区。

(3)多种肥料混合施用 为保证草坪在较长的生长期持续不断地得到所需要的各种营养,基肥最好采用多种肥料混合使用的方法。将迟速不同的肥料混合使用,可以使基肥更加平衡持久,可在较长的时间起作用。有机肥料与 N、P、K 肥配合作基肥使用,可以更有效地按照各种草坪的营养特性和土壤供肥特点,调配肥料中的养分比例,并可互相促进,提高肥效。

2. 种肥施用方法

种肥是播种或营养体建坪时施于种子或营养体附近或与种子混播的肥料。其目的—是为幼苗或营养体生长创造良好的条件,二是改善种子床或坪床的沙质土壤物理结构。

种肥的肥效决定于施肥水平、气候条件以及养护技术等因素。由于种肥与种子或营养体距离较近,因此对肥料种类和用量的要求比较严格。一旦施用不当,易引起烧种和烂种,造成缺苗。

(1)种肥的有效施用条件 在施肥水平较低,基肥不足而且有机肥料腐熟程度较差的情况下,施用种肥的效果较好。沙质土壤较贫瘠和草坪苗期因低温、潮湿,养分转化慢,幼根和新根吸收力弱,不能满足草坪对养分需要时,施用种肥有较明显的成坪效果。

(2)种肥的种类和用量 用做种肥的肥料应当是易被幼苗吸收利用的速效肥料,而且肥料酸碱度要适宜,对种子发芽无毒害。一般用高度腐熟的有机肥料或速效化肥等。硫酸铵作种肥比较合适,该肥养分浓度不高,吸湿性不大,副作用较小。碳酸氢铵、氯化铵、硝酸铵、尿素均不宜直接接触种子,原则上不宜用做氮种肥;磷肥中过磷酸钙作种肥较为适宜。微量元素肥料一般都可用做种肥,但应严格控制用量,以免发生肥害。种肥的用量不宜过大,一般氮肥以 $3.7 \times 10^{-3} \sim 7.5 \times 10^{-3} \text{kg/m}^2$ 。过磷酸钙以 $11.3 \times 10^{-3} \sim 15 \times 10^{-3} \text{kg/m}^2$ 为宜。如将化肥与腐熟有机肥料混合施用效果更好。

(3)种肥施肥方法 种肥施用方法很多,可根据种肥类型和具体要求采用拌种、浸种、喷施等方法。

3. 追肥施肥方法

追肥是在草坪生长期施用的肥料,目的是满足草坪生长期对养分的要求。一般多施用速效性化肥。腐熟好的有机肥料也可用做追肥。应尽量施用化学性质相对稳定的氮肥如硫酸铵、硝酸铵、尿素等作追肥。易挥发的氮肥如碳酸氢铵等用做基肥。建坪初期基肥中已施用磷肥,可在当年生长期不必再施磷肥。如沙质土壤表现缺磷症状时,也可及时追施过磷酸钙补救。为了充分发挥追肥的增长作用,除了确定适宜的追肥时期外,还要求合理的施用技术。

(1)深施覆土 为了保证草坪及时吸收所需要的养分,减少肥料损失,追肥的位置很重要,一般应深施在根系密集层附近,特别是磷钾肥,在沙质土壤中移动性小,应注意合理部位。据此,才有利于草坪吸收,充分发挥肥效。注意调整土壤 pH,如土壤偏碱,各种氮肥均应遵守深施覆土的施肥原则,以免造成挥发损失,降低肥效。

据测定, 碳酸氢铵深施于沙质土壤 6cm 深处, 7 天内氮素损失极微; 7 天后有少量氮素逸出。土表撒施挥发损失可达 20% 以上, 尤其施后的短时间内损失极重 (马宗仁, 1997)。为了发挥追肥的效果, 必须保证适宜的土壤含水量, 一般应结合追肥进行灌溉, 使水肥密切配合, 充分发挥肥效。为了解决草坪深施肥的问题, 高尔夫球场可结合空心打孔、人工助扫等, 然后覆沙。

(2) 表施灌溉 深施覆土在高尔夫草坪施肥技术中, 仅限于打孔、覆沙时结合使用。大多数情况下, 这种机会有限。实践中表施灌溉是施肥技术中最经常的一项技术。表施即将肥料撒施于草坪表面, 然后进行喷灌即可。

(3) 根外追肥 根外追肥是用量小、收效快的一种辅助性施肥技术。逆境、赛事均能影响草坪根系生长, 抑制养料吸收, 可利用根外追肥技术进行弥补。根外追肥是通过草坪叶片途径进行养料吸收, 及时补充根系吸收能力不足的缺陷。微量元素 N、P、K 均可采用根外追肥进行喷施。喷施肥料容易溶于水。实践中, 氮肥 0.5%~2%, 磷肥 3%, 钾肥 0.5%。

3. 高尔夫草坪施肥时间

施肥时间应以维持草坪高质竞技坪面为原则。不同施肥时间的肥效, 决定于沙质土壤、灌溉量、灌溉次数、气候和养护水平等条件, 也是决定草坪施肥时间的基本依据。

气候条件对草坪养分的要求更为重要, 其中温度、水分是指示草坪施肥的主要气候因子。水温条件有利于草坪生长时, 草坪生长旺盛, 对营养需求最强烈, 应抓紧施肥。但当环境不适, 如发生病虫害时, 应避免施肥。暖季型草坪夏季应抑制施肥, 避免过度生长, 增加修剪频率; 冷季型草坪应避免夏季施肥。冷季型草坪夏季处于休克状态。

高尔夫草坪沙质土壤营养储存能力很差, 因而供肥能力有限, 主要靠人工补充。

理论和实践表明: 冷季型草坪最主要的施肥时间是春季、夏末, 10 月或秋末 3 个施肥时间; 暖季型草坪最主要的施肥时间是春初、夏季、秋季 4 个施肥时间。近年实践中高质球场已偏向 1 次/月或 1 次/2 月。这种倾向与高尔夫球场灌溉量或次数频繁有密切关系。

6.5 高尔夫草坪营养诊断技术

草坪营养诊断是利用生物、化学等测试技术、分析研究影响草坪正常生长发育营养元素丰缺、协调与否的一种重要技术手段, 包括土壤和植株诊断两部分, 通过诊断为指导施肥作出科学判断。具体的讲: 查明土壤养分储量和供应能力; 判定某些营养元素缺乏或过剩引起的草坪营养失调和生理病害; 检验某种肥料的施肥效果; 研究草坪生长期土壤、植株的营养特点。总之, 利用营养诊断这一手段, 看土施肥、看苗施肥、看肥施肥、看水施肥, 以达到科学施肥、改善草坪营养条件的目的。

6.5.1 高尔夫草坪营养诊断依据

高尔夫草坪养护一直所追求的是维持高质持久的营养生长。在此养护概念下, 扰动的主要因素必然是气候条件。气候的变化必然影响到草坪对光照、水温及土壤中各种矿物质的需要。高尔夫土壤是含 70% 以上的沙质土壤, 矿质储存很少, 整个草坪

生长区域土壤介质基本均匀一致,草坪生长基本依靠人工强烈补给养分。因此,土壤对高尔夫草坪的影响与农学概念存在本质差别。进行土壤诊断对解决草坪生长养分需求作用不大。在判断草坪营养丰缺中,主要依靠植株诊断。土壤诊断只具参考意义。

1. 沙质土壤诊断

农学土壤是农作物营养的主要来源,所占农作物一生中所需养分约60%~70%。高尔夫土壤在提供草坪生长养分需求中,仅占总养分的5%~10%(马宗仁,1999)。因此,在制定施肥计划时,进行土壤营养诊断,对决定肥料施用种类和数量仅具参考意义,大部分需要人工补充。

测试土壤养分含量和供应状况的方法甚多,但主要是土壤化学分析。根据土壤化学分析可查明土壤养分含量,但土壤养分含量仅表明其储量多少,不能代表养分供应好坏。土壤诊断需要查明土壤中有效养分数量的变化,它能反映草坪吸收和生长之间的关系。在一定条件下,草坪生长量随土壤有效养分的增加而提高。生长和有效养分之间具有高度或中度正相关。研究证明:土壤有效磷和有效钾的测定值在绝大多数情况下都能较好地反映土壤中磷钾养分含量。因此,土壤有效磷和有效钾含量可指导磷钾肥的施用。

土壤中97%~99%的氮素呈有机态氮。有机氮的数量受土壤微生物、温度、湿度、空气、pH控制。氮在土壤中不稳定,至今尚无令人满意和普遍接受的测氮方法。硝化法被认为是一种测定土壤有效氮的可靠方法,其测定结果与实际相近,所以可用做判定施氮量的诊断依据。

2. 植株诊断

植株诊断是比土壤诊断更深入地了解草坪生长过程中体内养分吸收、运转及相互影响。植株诊断主要依据草坪外部形态和植株内部养分含量判断草坪营养丰缺。

(1) 草坪植物形态诊断 草坪的形态诊断包括外形观察和生物测定。这是在较短时间内了解营养状态的重要依据。一切生物在生长发育过程中的外部形态,都是其内在代谢过程和外界环境条件综合作用的反应。当草坪吸收的某种营养元素处于正常、不足和过多时,都会在草坪外部形态和茎的生长速度,叶片形状和大小,植株和叶片颜色等方面表现出来。如氮素不足,易使草坪株小、叶黄、分蘖少、生长量低。而氮过量会引起超速生长、柔嫩等。因此,根据这些形态症状可以判断某种营养元素在草坪体内的丰缺,作为指导施肥的依据。

然而,有许多情况仅根据形态症状并不能正常作出缺素判断。有时无明显症状,却存在着营养障碍。这是营养缺乏多为潜伏性缺乏。此种情况只在营养严重不足时才会表现明显。有时可能是综合因素的表现或者被某些病害或其他环境因素的干扰而混淆。所以进行形态诊断时首先需要区分是营养原因,还是其他因素造成的。同时需结合其他生长条件加以分析,并配合其他诊断方法作出正确的判断。

(2) 植株养分含量诊断 植株养分浓度的改变早于外部形态的变化。因此,测定植株养分含量,可以在缺素症状出现或不明显时就能发现潜伏缺乏现象,从而起到诊断预测、预报作用。某种营养元素少到足以抑制生长并引起减少,但外部形态并未表现出症状的阶段,称为草坪潜伏缺素期。

6.5.2 草坪营养诊断方法

草坪营养诊断是通过各种方法进行调查、观察和判断草坪营养状况，为拟建合理施肥措施提供依据，以达到改进草坪品质的目的。

草坪营养诊断方法包括形态诊断、化学诊断、实验诊断、酶学诊断和生物培养诊断等。形态诊断直观、简便、不需专门仪器设备；化学诊断结果较为可靠，能较好反映草坪营养状况。因此，这两种方法应用较为广泛。本节仅讨论这两种方法。

1. 形态诊断

草坪缺乏某种营养元素或发生中毒，往往在形态上表现出特有的症状。由于不同营养元素的生理功能不同，症状出现的部位和形态常有其特点和规律，通过肉眼观察草坪形态的变化判断草坪营养元素的丰缺状况称为形态诊断。

(1) 缺氮诊断 缺氮植株矮小，瘦弱，直立；叶片绿色转淡呈浅黄或红绿；失绿叶片色泽均一，一般不出现斑点或花斑，叶细而直；缺氮症状通常以老叶开始，逐渐扩散到上部，下部叶片黄化后提早脱落；根系色白而细长，根量少。

缺氮草坪关键症状：较老叶子浅黄，叶茎生长锐减。

(2) 缺磷诊断 缺磷植株生长缓慢，矮小瘦弱、直立、分枝少、叶小易脱落；色泽呈暗绿色或灰绿色，缺乏光泽；缺磷症状先从茎基部老叶开始，逐渐向上部扩展。

缺磷草坪关键症状：较老叶子先深绿，然后呈紫褐，新根少。

(3) 缺钾诊断 缺钾植株老叶和叶缘发黄，进而变褐，焦枯似火烧状；叶片出现褐斑或斑点，但叶中部、叶脉和靠近叶脉处仍保持绿色，随着缺钾程度的加剧，整个叶片呈红棕色或干枯状，坏死脱落；根系短而少，易早衰，严重时腐烂。

缺钾草坪关键症状：叶脉间变黄色，特别是较老叶子，叶尖和边缘枯焦。

(4) 缺钙诊断 缺钙植株幼叶变形，叶尖呈弯钩状，叶片皱缩，出现棕红色，边缘向下或向前卷曲；新叶抽出困难，叶尖相互黏连，有时叶缘呈不规则的锯齿状，叶尖和叶缘发黄或焦枯坏死。

缺钙草坪关键症状：新叶棕红色、发育不良。

(5) 缺镁诊断 缺镁植株首先老叶尖端、叶缘和脉间色泽绿色转淡；接着，由淡绿变黄再变紫，随后向叶基部和中央扩展，但叶脉仍保持绿色，在叶片上形成清晰的网状脉纹，严重时叶片枯萎、脱落。

缺镁草坪关键症状：较老叶脉间缺绿、带形、边缘鲜红。

(6) 缺硫诊断 缺硫植株幼叶叶脉和叶肉先失绿，叶色浅，叶细小，叶片向上卷曲，变硬、易碎、提早脱落。

缺硫草坪关键症状：幼叶色黄。

(7) 缺硼诊断 缺硼植株顶部幼组织先呈现症状，叶色暗绿色或紫色，叶变小，肥厚，皱缩，根系不发达。

缺硼草坪关键症状：幼叶皱缩，新根少。

(8) 缺铁诊断 缺铁植株幼叶先失绿，叶脉保持绿色，无褐色斑点，随后叶脉也失绿。

草坪缺铁关键症状：幼叶淡黄。

(9) 缺锰诊断 缺锰植株幼叶失绿色黄, 叶脉和叶脉附近保持绿色, 脉纹较清晰。严重缺锰时叶面发生黑褐色的细小斑点, 并逐渐增多扩大, 散布于整个叶片。

缺锰草坪关键症状: 幼叶淡黄, 与缺铁相似。

(10) 缺锌诊断 缺锌植株新叶缘常扭曲、皱折。中脉附近首先出现脉间失绿, 可能发展成褐斑, 组织坏死。

缺锌草坪关键症状: 新叶生长迟缓, 叶子薄而皱缩, 状如脱水。

(11) 缺钼诊断 缺钼植株老叶脉间变淡、后变黄, 叶片上易出现斑点, 边缘发生焦枯并向内卷曲。一般老叶先表现症状, 新叶在相当长时间内仍表现正常。

缺钼草坪关键症状: 老叶灰绿色。

(12) 缺铜及氯诊断 草坪对两种元素所需甚少, 故一般无多大问题。

2. 草坪缺素形态诊断鉴定程序

(1) 部位鉴定 首先察看症状出现的部位。如果症状先在老叶上出现, 说明缺乏的是 N、P、K、Mg、Zn、Mn; 如果症状出现在新生组织上, 说明缺乏的是 Ca、Fe、Mo、B、S 等。

(2) 形状鉴定 察看茎叶症状是否有斑点, 新叶症状是否顶枯。在茎叶出现症状的情况下, 无斑点, 可能是缺磷或氮; 如有斑点, 可能是缺钾或锌; 若症状从新叶开始, 如果顶芽易枯死, 可能是缺硼或钙; 顶叶不易枯死, 可能是缺 Fe、S、Mn、Mo、Cu。

(3) 最后确定 根据具体症状和缺素关键症状最后确定所缺元素。

3. 化学诊断

化学诊断采用化验分析方法测定土壤和植株中营养丰缺状况, 用以指导施肥的一种诊断技术。

(1) 土壤化学诊断 根据被测物质分为土壤营养元素和土壤障碍物质两种测定。通常包括采样、分析和对比, 对结果做出解释提出施肥或采取其他措施的建议。

① 壤营养测定 目的在于准确地测出土壤中各种营养成分的含量并了解其变化规律。一般多采用常规分析和速测法。

测定土样多为混合样品, 可按球场区域土壤类型、草种分别采集, 要选有代表性的取样点, 分析结果应正确的反映草坪土壤真实养分含量情况。采土深度一般为 5~10cm。

土壤养分测定的时期包括坪前和坪后。坪前可测试沙质土壤及生长层养分含量和有效含量, 作为施肥的依据; 坪后测试沙质土壤有效养分, 了解当时土壤养分的供应水平、养分变化规律、养分中限制因素, 结合草坪长相、长势为确定追肥提供依据。

② 壤障碍物测定 在某些条件下草坪生长不正常, 不完全是由于养分不足引起的, 有时因某种物质过多, 使草坪代谢受限抑制生长或影响草坪正常养分吸收, 甚至发生中毒现象。一般称这类物质为障碍物质。土壤障碍物质包括盐害、酸害、还原物毒害、有机酸毒害、亚硝酸盐毒害等。

(2) 植株化学诊断 植株的化学诊断因分析技术不同, 有植株常规分析和组织测定之分。植株常规分析是指植株的全量分析或某一部位如叶片、叶柄等的常规分析, 多采用住样品。组织测定指相对量或半定量的分析鲜株组织汁液或浸提液中活性离子

的浓度。前者是评价草坪植物营养的主要技术,随着仪器分析的发展,这种技术将得到广泛的应用;后者简便,迅速。植物化学诊断主要根据气候变化来决定。

① 春季诊断 冷季型草坪刚从冬季休眠状态恢复过来,对外界环境条件具有较高的敏感性。此时诊断主要是分析研究草坪体内营养丰缺状态,便于采取相应措施促弱赶壮,同时要控制壮株徒长,达到整体一致的水平。具体诊断时间因草种而异。冷季型草大约在3月中旬左右,暖季型草大约在2月初左右。

② 夏季诊断 夏季是暖季型草坪吸收养分最多,生长最旺盛的时期。草坪生长状况、体内养分含量和土壤供应养分状况都直接影响草坪全年生长发育。所以,此期诊断对及时追肥和加强管护至关重要。冷季型草大约在夏初,暖季型草坪主要在春末进行。

③ 秋季诊断 秋季是冷季型草坪生长最旺盛的时期。此时测定主要是防止因某种养分供应不足或妨碍吸收而出现冬季缺肥早衰现象发生,常需进行秋季诊断。冷季型草诊断时间大约在夏末,暖季型草大约在仲秋进行。

土壤和植株的化学诊断能在短时期内了解若干地块和各种养分的含量,做到及时指导施肥。然而应当注意:不能单纯依靠分析资料去解决施肥问题;不能企图用一次测定结果完全说明某种现象。因为土壤和植株中养分除不断被吸收外,还因潜在养分的补充和受土壤理化、生物学性状、气温和施肥等措施的影响而不断变化。植株中的养分含量也因土壤供应能力和草坪长势而不同,即使同一草坪在相同生长期采样,由于分析的器官部位不同,分析结果也有差异,同时,环境条件的改变使体内养分含量发生变化,有时还因草坪生长异常引起养分的浓缩或稀释的干扰;应该特别注意高尔夫球场土壤和草坪作业的特殊性和频繁性。因此,进行化学诊断时,应进行多次测定,找出各种不同情况下的规律和相关性。必要时结合其他诊断方法,以便使诊断结果更符合实际。最后将各方面的结果加以综合分析,从中找出影响草坪生长的主要矛盾,这样才能为草坪施肥和草坪养护准确地提出合理的建议。

6.5.3 草坪营养诊断指标

草坪营养诊断方法需要营养丰缺标准作配合才能进行科学比较,该标准称为养分丰缺指标。利用丰缺指标可了解草坪营养缺肥情况,从而提供相应的施肥技术。养分丰缺指标包括临界值、养分值、直观图指标、土壤肥力法和指数表示法,后二者不作品介绍。

1. 临界值

临界值是应用最早、最广的诊断指标之一。临界值不是一个点,而是一个范围。因为草坪营养临界值受气候等因素的影响很大,体内元素浓度总是随着生长进程发生一定波动。

理论上经常将草坪营养浓度作为营养临界值。草坪氮临界值为2.5%~6%,磷0.5%~1%,钾2%~3.5%。正在生长期的草坪如低于此范围,则表明草坪体内氮、磷、钾不足,需补充。

2. 养分值

草坪体内营养元素间相互影响,往往一种元素浓度的变化常引起其它元素的改变。因此,用养分值作为诊断指标,要比用一种元素的临界值能更好地反映养分的丰

缺关系。

实践和理论均证明：草坪体内 N、P、K 含量比例约为 2:1:1.5。当 $N > 2.5\% \sim 6\%$ 、 $zzP_2O_5 \geq 2$ 时，土壤中 N、P 养分合理，施磷不表现增产，N、P 配合施用增产也不稳定；同样，当 $N/K_2O \geq 1.5$ ，说明 N、K 比例也合理。反之，即缺钾，也缺氮，必须氮钾配合使用才能促进生长。

3. 三角形直观图指标

图 6-1 表明：当 N 为 3.7%、 K_2O 为 3.7%、 P_2O_5 为 0.9% 时，1.最适 2.三种元素严重不足 3.N 严重不足，P 少，K 多
草坪体内 N、P、K 浓度最合适；
当 N 为 1.5%、 K_2O 为 1.4%、 P_2O_5 为 0.41% 时，草坪体内 N、P、K 浓度严重不足；
当 N 为 1.8%、 K_2O 为 4.2%、 P_2O_5 为 0.74% 时，草坪体内 N 严重不足，P 少，K 多。

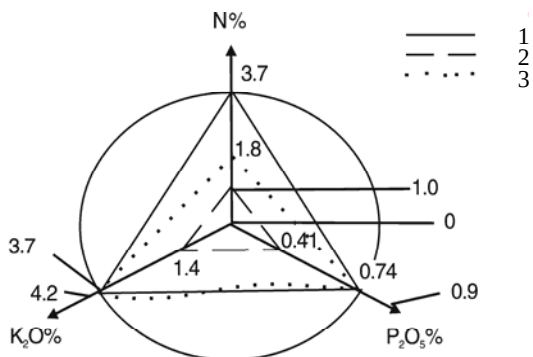


图 6-1 草坪 N、P、K 三要素丰缺指标三角形直观图

4. 应用诊断指标注意事项

由于诊断指标是在长期实践中获得的，所以应用诊断指标时，必须综合分析，全面考虑。因为生长环境条件对诊断指标影响很大。土壤类型、水分、空气、酸碱度都对土壤养分的释放有明显的影响。如早春草坪易表现缺磷，有时不一定是土壤有效磷少，可能是低温造成的。干旱季节组织养分含量较高；草种不同，需要的养分数量不同，如耐肥狗牙根和匍匐剪股颖比耐贫瘠结缕草养分浓度高；草坪正常生长是各种元素协调的结果，营养元素有相互协调的现象，也有相互拮抗作用。一般来说，当增氮时，K、P、Ca 吸收量也相应增加；缺氮时，P、K 吸收减少。还有一些情况是速效磷含量较高的土壤容易缺锌。说明磷多影响植株对锌的吸收。

6.6 高尔夫球场球道施肥技术

通常一个标准国际单位高尔夫球场由长 6 400~7 000m，占地面积约 66.67 多公顷的 18 洞构成。其中，草坪和树木占整个球场面积的 70% 左右，剩余面积由沙坑和水塘构成，其中草坪为主要的养护区。草坪养护区由球道短草区、果岭、梯和高草区构成。

施肥是球道区最重要的养护作业之一，它是保证高质球道的重要手段和技术措施。维护高质球道草坪生长，需要掌握合理的有效施肥技术。有效施肥技术包括施肥方法、施肥量和施肥时间。

6.6.1 球道自然属性

球道自然属性是球道施肥的重要依据，熟悉和掌握球道自然属性对合理有效的施肥非常重要。球道自然属性即指竞技性、广阔性和脆弱性。

1. 竞技性

高尔夫是融休闲与竞技于一体的一项运动。球员通过地表进行击球游戏是该项运

动最明显的特征。

分析表明：频繁的客流击球活动是球道属性最明显的特征。客流击球活动应包括球童、球童车、草坪员工和养护机械等。竞技性属性带来的直接后果则是草坪的直接磨损。间接影响则是践踏后的紧实并由此所引起的土壤恶化，最终表现为草坪衰退。浇水和降雨能加速土壤紧实过程。

2. 广阔性

由 3、4、5 杆组成的球洞分布在地形复杂，微气候条件不同的 66.67 多公顷的面积上，因而表现出强烈的微地域性特征。对此需要制定合理的施肥技术，才能保持质量一致的草坪竞技外观。

3. 脆弱性

草坪生境的脆弱性来源于频繁客流活动、车辆挤压、雨水及修剪的影响。实际上高尔夫草坪是一个高度人工化的生态群落，人类的作业活动即对群落不稳定性的一种强烈的人工自维持。施肥是人工群落自维持的一种重要手段。

客流活动首先造成土壤紧实，随即出现草坪根系吸收困难，其后果比较严重，如施肥无效、排水困难、根系生长不良等。脆弱性特征是草坪根系因深层土壤紧实转而向地表发展，形成浅表化，暴露出抗逆性差的弊端。

践踏直接造成球道草坪生态环境的不稳定性。球员击球活动很易打破此种生态环境的平衡。强制性调整是草坪生态环境自维持的主要手段，施肥是草坪生态群落自维持的主要作业。

6.6.2 球道草坪施肥技术

从养护费用的角度看，球道养护水平虽低于果岭和梯区，属于高尔夫草坪养护学的三级水平，但球道因面积大，养护费用却远远高于果岭和梯区，占整个球场总费用的 70%以上（马宗仁，1996）。从施肥量来看，整个球道施用量也占总球场施用量的 70%以上。因此，降球道费用是减少整个球场费用的关键，降低球道施肥量是减少球道养护费用的重中之重。合理的施肥技术是完成这一目标的主要作业手段。合理施肥技术包括肥料品种搭配、施肥方式、施肥时间和施肥量等。

1. 肥料品种搭配

高尔夫球场坪后主要施用化学肥量，并以追肥为主。农肥只是辅助性的肥料，使用时间也主要在坪前作基肥，有时经特殊加工处理后可作追肥使用。腐熟的农家肥用于追肥，必须通过磨碎和过筛，无嗅无味时才能利用。单纯菌肥使用于草坪尚未见报道。坪后作为追肥施用的化学肥料种类很多，大多数肥料表现为单肥、复合肥料或复混肥，成分以 N、P、K 为主，甚至也包括一些微量元素在内。施用化肥应尽量选择性质较稳定的速效肥如硫酸铵、尿素等。为避免施肥后草坪过度地生长，并保证养分源源不断地供给草坪草，至少有一半肥料应为缓效肥料。目前，实践中高尔夫草坪施肥更偏重于复合肥料或复混肥，单纯施用已很少见到，单纯施用仅发生于一些特殊情况，如草稀催密技术。复合肥料施用简单、方便。彻底了解草坪与气候关系的肥料配方因技术人员的缺乏很少见成果，最后只能演变成不辨气候，千篇一律地施用同种肥料，造成草坪营养失衡。单一成分肥料施用需要掌握草坪生长规律，才能对症下药，但高明

的技术人员也很缺乏。所以,目前高尔夫草坪施肥非常粗糙,肥料的利用率不高,据研究和估计,现有肥料的利用率仅为20%(马宗仁,1996)。

降低高尔夫草坪肥料无效施肥,提高肥料利用率的关键手段之一是肥料品种搭配使用。肥料品种搭配使用的原则是放弃缺乏对症的复合肥,改为单纯肥料并以四因子匹配律(马宗仁,1996)为主要施肥理论进行追肥。实践中可通过分时分次来完成。分时分次即在一个单位时间内将几种单纯肥料在不同时间段内分数次施于同一区域。分时分次可以是一天、一个周,也可以是一个月。具体时间单位可根据诊断情况决定。如雨期较长,肥料淋洗较严重,需要及时补充各种元素。可选择一天,至少一周将氮肥、磷肥、钾肥施入同一草坪区域内。如在干旱时期,各种元素的丰缺并异步发生,可选择一周或月将氮肥、磷肥、钾肥施入。所以,施入土壤的肥料主要与正确诊断有密切关系。

2. 球道施肥方法

(1) 深施覆沙 深施即像农作物一样将肥料直接输送到根系层。高尔夫草坪建成后,难以执行与农学一样的耕作制度,但实际存在这种可能性。因为高尔夫草坪在创造草坪生长环境方面同样模拟了农学耕作制度,如打孔、划破、穿刺、覆沙等作业。空心打孔和覆沙作业给深施覆沙方法创造了机会,而且实际效果很好。(马宗仁,1996)经过研究提出了具体应用技术。首先进行打孔和拾草,然后选择性质稳定的化肥进行播肥作业,接着选择软性助扫工具轻轻扫耙,最后覆沙及喷灌。实验结果表明:肥料的损失率减少20%,挥发性损失推迟6天。结论同时指出:此种作业链需要一环紧扣一环,相隔时间越短越好。

(2) 表施灌溉 采用施肥机将肥料直接施在草坪表面,并浇水溶化渗入生长层的一种传统方法。此种方法肥料利用率只有20%,是一种非常浪费肥料资源的方法。

(3) 液体肥料 液体肥料包括市售母肥和临时自制两种。前者需要按照说明书用水冲淡化解,并用化肥喷雾机进行叶面喷洒,通过叶片吸收,也称为根外追肥。此种方法果岭常用,一些特殊情况如赛事前或逆境使用。液体肥料易吸收,但肥效不长。草坪划破后使用这种施肥方式能保证肥料渗透到根系层,肥效很高。目前广泛使用的液体肥料是尿素水溶液或可溶性复合肥。

(4) 喷灌施肥 利用高尔夫球场大型喷灌系统将肥料直接输送到草坪生长区域。肥料事先溶化于喷灌水池中,每次喷灌时随同水分进入灌溉管道,通过喷头而均匀的撒布于草坪。此种方法能将呈液体状的肥料较快地渗入根区,可以很快地被草坪吸收利用;可以多次少量施肥,防止一次大量施肥给草坪带来危害和肥料的大量损失,从而节约肥料。与表施灌溉比较,喷灌施肥节约氮肥11%~29%;也可直接减少机械和人员镇压,从而降低对土壤结构的破坏和紧实;喷灌与施肥一次完成,节约经费,降低成本。

适宜灌溉施肥的肥料主要是氮肥。磷肥易被土壤固定,也易同水中的盐类起反应形成沉淀,堵塞喷头。灌溉施肥的氮肥浓度为0.3%。此种方法在国外高尔夫球场上使用广泛,国内尚未报道。

6.6.3 球道施肥时间

球道施肥时间主要决定于气温。施肥应确定有利于草坪草生长的温度进行。经费不足的高尔夫球场可按两个时间进行施肥：北方高尔夫球场最重要的施肥时间是每年的3月中旬或4月初进行。草坪早期施肥将能提前2~3周萌发，加速返青，有利于冷季型草坪草在夏季一年生杂草萌发之前恢复生长和加厚密度；另1个施肥时间是8月底或10月初。此时施肥能提供冷季型草坪越冬物质，增加绿期，促进翌年返青和分蘖枝密度；南方暖季型草坪构成的高尔夫球场也有2个主要的施肥时间，每年初春和仲夏。

经费充足的北方高球场球道施肥可以按3个时期进行，3月初、5月中旬和10月初；南方高球场球道施肥可按早春、春末和夏初3个时期进行。目前有些球场不按照气候草坪生长规律施肥，追求草坪质量，每月施肥1次。实际上这是一种极大的浪费，违反草坪生长规律，并造成频繁修剪，增加养护费用。

6.6.4 球道施肥量及比例

高尔夫球场球道施肥是以全年草坪生长时间为单位来计算施肥量的。此种施肥量实际上是草坪整个生长季节诸多因子的综合，诸如沙质土壤供肥能力、气候、草坪类型、养护所需水平等。James B. Beard (1982) 认为，翦股颖构成的高尔夫球道短草区施氮量为 $90\sim 180\text{kg}/\text{hm}^2$ /生长季/2~4次施入；磷依土壤化验供应；钾通常为氮的50%~70%。狗牙根构成的高尔夫球道短草区施氮量则为 $33\sim 135\text{kg}/\text{hm}^2$ /生长季/2~4次施入；磷依土壤化验供应；钾通常为氮的50%~70%。高草区暖季型草坪施氮量 $90\text{kg}/\text{hm}^2$ /年； $45\text{kg}/\text{hm}^2$ /年，磷 $45\text{kg}/\text{hm}^2$ /年。马宗仁 (1996) 对高尔夫球道草坪研究后认为，暖季型球道草坪施肥量：纯氮 $0.08\sim 0.12\text{kg}/\text{m}^2$ /年，磷 $0.08\sim 0.09\text{kg}/\text{m}^2$ /年，钾 $0.04\sim 0.08\text{kg}/\text{m}^2$ /年；冷季型球道草坪施肥量：纯氮 $0.06\sim 0.09\text{kg}/\text{m}^2$ /年，磷 $0.03\sim 0.06\text{kg}/\text{m}^2$ /年，钾 $0.04\sim 0.08\text{kg}/\text{m}^2$ /年。这个施用量高于 James B. Beard (1982) 的研究结果。原因是中国高尔夫球场球道草坪的修剪物每次均被拾取。年施肥量基本不变的情况下，春季肥料比例：N:P:K=5:3:2，夏季肥料比例：N:P:K=1:1:1，秋季肥料比例：N:P:K=1:3:5。

6.7 高尔夫果岭梯施肥技术

高尔夫球场质量的高低主要取决于果岭梯的质量，而果岭梯质量的高低决定于果岭梯竞技表面是否“平滑、适密、匀整、浓绿”（马宗仁，1996）。维持高质竞技果岭梯外表的关键是施肥，特别是合理有效的施肥对维持高质果岭梯有极重要的意义。合理施肥需要掌握果岭梯的自然属性，才能正确判断合理的施肥方法、施肥时间和施肥量。

6.7.1 果岭梯自然属性

1. 面积有限

果岭草坪平均面积为 $465\sim 679\text{m}^2$ 。最小为 280m^2 ，最大达 $2\,000\text{m}^2$ 。一个18洞标准球场的果岭总面积为 $0.8\sim 1.2\text{hm}^2$ 。

2. 结构独特

果岭土层结构均采用美国、日本或中国方法设计建造。果岭土层结构不同球场的其他区域。结构独特的果岭寿命持久。

3. 纯沙介质

排水良好、空气充足、耐践踏，但保水效果差，肥效短，保肥能力不良，需要频繁灌溉和施肥才可维持草坪竞技质量。

4. 作业频繁

定期频繁修剪、浇水、施肥、打孔和覆沙，直接导致草坪根系浅表化，生态自维持非常脆弱，需要人工强制性平衡。

5. 使用频繁

直接后果是土壤紧实，生长层缺乏氧气，根系呼吸困难，易成无效施肥。

6.7.2 肥料四项因素损失理论

表施灌溉长期以来一直是高尔夫果岭梯区草坪追肥的一种主要形式，但此种方法肥料利用率只有 20% 左右，是一种非常浪费肥料资源的方法。后来逐渐创建了球场深施覆沙（马宗仁，1996）和灌溉施肥，使得肥料的利用率不断提高。但是，果岭土层结构不同农学作物土壤，更不同于球道土层结构，它是以排水作为主要考虑对象的结构，因此果岭梯典型的自然属性决定了很低的肥料利用率。马宗仁（1996，1999，2002）经过大量比较研究提出了果岭梯肥料四项因素损失理论，其主要内容为果岭梯表施灌溉后肥料流失来源于 4 个方面：肥料施入后的淋洗损失为 40%；草坪吸收后还来不及储藏利用就被修剪带走，携带损失占整个施入肥料总量的 25% 左右；肥料施入后的挥发损失约占 10%；肥料施入后由于土壤 pH 的关系，很快产生一种暂时不溶解的无效态，固结损失约占 5%。总共损失达 80%。结果每次施入果岭梯的肥料利用率只有 20% 左右。根据这一理论，需要在 4 个损失方面进行持肥研究，近年日本采用模拟农田生长层果岭建造方法、马宗仁（1996）深施覆沙施肥方法、液体肥料施肥方法即是对上述肥料挽回损失的最新研究成果。马宗仁（1996）在研究果岭梯的作业制度后提出了挽回四项肥料损失的具体做法：在条件许可的情况下可利用“123 不论，456 分明”的时间差进行修剪。即周一、二、三修剪留草并覆沙，可挽回草末携带走的肥料并使之再利用；利用打孔覆沙，即深施覆土可挽回部分挥发损失；固结部分可利用调整 pH 的方法来解决；模拟农作物生长层可挽回部分淋洗损失。据估计，此项操作制度可提高每次肥料利用率 20% 左右，因为每次操作不可能均提供四项挽回损失的作业同等机会。

6.7.3 果岭梯施肥方法

长期以来，表施追肥一直是果岭梯的主要施肥方法，并以化肥为主。有时农肥也作为肥源用于坪前基肥。腐熟的农家肥用于追肥，须经特殊加工磨碎、过筛，无嗅无味时才可使用。坪后作为追肥施用的化学肥料种类很多，大多数肥料表现为单肥、复合肥料或复混肥，成分以 N、P、K 为主，甚至也包括一些微量元素在内。实践中高尔夫果岭梯草坪施肥更偏重于复合肥料或复混肥，单肥施用仅发生于一些特殊情况，如草稀催肥技术。

1. 果岭梯有机肥料施用方法

有机肥料多以原质畜禽粪肥或草场修剪物在不加或少量加沙的情况下经高温堆熟而成，结合打洞和铺沙作业将该肥施入果岭梯。具体的施入方法有3种（马宗仁，1996）：将加工过的有机肥料和沙子按4:1的比例直接用铺沙机铺到果岭梯上即可；用撒肥机先将肥料均匀地撒到果岭梯上，然后铺沙；先打洞，然后铺沙，如为空心孔，施肥效果更佳。

2. 果岭梯化学肥料施用方法

化学肥料多以性质稳定的化肥为主，使用施肥机将该肥施入果岭梯，也是常用的追肥方之一。这种方法包括表施灌溉、灌溉施肥和深施覆沙3种。

表施灌溉是将肥料直接撒入果岭梯草坪表面，然后灌溉溶化、渗入草坪生长层。

灌溉施肥是利用果岭梯灌溉系统将肥料直接输送到草坪生长区域。肥料事先溶化于喷灌水池中，每次喷灌时随同水分进入灌溉管道，通过喷头而均匀地撒布于草坪。此种方法能将呈液体状的肥料较快地渗入根区，可以很快地被草坪吸收利用；可以多次少量施肥，防止一次大量施肥给草坪带来危害和肥料的大量损失，显然此种方法较表施灌溉节约肥料，能提高肥料利用率。

深施覆沙与球道相同，主要是结合果岭梯空心打孔予以实现的。其原理是将肥料直接送到草坪根层，然后覆土以减少肥料损失。具体过程是：通过打孔机，最好是空心打孔机进行果岭表面打孔，然后将固体颗粒肥料施入果岭，用扫把将肥料扫进小孔，接着铺沙浇水。使用这种方法施肥，肥效十分显著。不过应注意几个问题：草坪叶面应干，如潮湿则待稍干后进行施肥。如在沙子干的情况下，也可立即在打孔之后施肥、铺沙和浇水。烧叶问题不是太大；扫把应选用软性材料制成的，以免扫把时刷伤草叶；肥料最好用复合肥，切忌用尿素等易溶性的肥料。除了上述施肥方法外，果岭还有一种方法可供采用，这就是根外追肥。关于果岭梯根外追肥的方法、数量、时间参看球道施肥有关章节。

3. 果岭梯施肥时间

果岭梯施肥时间不同于球道，决定果岭梯施肥时间的因素主要是果岭梯自然属性。因此，在草坪生长季节，通常每隔2~4周施肥1次。北方冷季型草构成的果岭梯，应在夏季炎热季节和冬季休眠前减少施肥；暖季型草组成的果岭区在草坪冬季期间应结合冬季忽冷忽热的气候条件，采用升温期间喷洒液体肥料，低温结束前几天抓紧施固体肥料相结合的方法才能确保整个冬季期间草坪竞技质量。

4. 果岭梯施肥量及比例

为了确保果岭梯草坪“平滑、适密、匀整、浓绿”的竞技外观，传统的做法是施以重肥。然而，近年来为了减少病虫害和降低养护费用，施肥量已有所下降。James B. Beard（1982）研究了美国翦股颖、狗牙根构成的果岭梯施肥量，推介的翦股颖果岭区施肥标准为：氮 $0.25\sim0.35\text{kg}/100\text{m}^2$ /生长季，其中速溶性氮 $0.05\sim0.15\text{kg}/100\text{m}^2/10\sim15$ 天，缓释氮 $0.25\sim0.35\text{kg}/100\text{m}^2/20\sim30$ 天；磷肥根据土壤化验决定施肥量；钾 $1.5\sim2.5\text{kg}/100\text{m}^2$ ，生长季可分4~6次施入。翦股颖梯区施肥标准：氮 $0.13\sim1.38\text{kg}/100\text{m}^2/15\sim30$ 天/生长季；磷依土壤化验定，春秋两季施入，打孔后更好；钾 $2\sim2.5\text{kg}/100\text{m}^2$ /年，整个生长季可分为2~4次施入；狗牙根果岭区施肥标准为：氮 $0.25\sim$

0.60kg/100m²/生长月，其中速溶性氮 0.1~0.25kg/100m²/10~15 天，缓释氮 0.25~0.60kg/100m²/20~30d；磷肥根据土壤化验决定施肥量；钾 2~4kg/100m²，生长季可分 4~6 次施入；狗牙根梯区施肥标准：氮 0.25~0.60kg/100m²/15~30 天/生长季；磷依土壤化验定，春秋两季施入，打孔后更好；钾 2~4kg/100m²/年，整个生长季可分为 2~4 次施入。

马宗仁（1996）研究了中国南方亚热带气候条件下的果岭梯施肥量。结果表明：施氮量 0.37~0.73kg/100m²/生长月。这个结果较 James B. Beard（1982）研究结果要高。其原因在于中国高尔夫球场作业如浇水、修剪更为频繁、质量更高。与冷季型草坪翦股颖比较，以狗牙根为代表的南方亚热带果岭梯草种是一个耐肥草，可以忍耐推荐范围内的最高比率。

磷钾肥的用量根据土壤分析结果来决定更为科学。果岭施肥比例仍然要坚持四因子匹配律（马宗仁，1996）。实践中常见的春季肥料比例：N:P:K =5:3:2，夏季肥料比例：N:P:K =1:1:1，秋季肥料比例：N:P:K =1:3:5。

6.7.4 果岭梯施肥注意事项

果岭梯施肥一般采用转圈和直线施肥路径。但须注意重叠和遗漏问题；果岭施肥所用机械包括小型果岭自动撒播机和人工撒播机。近年来更趋向于人工撒播机的使用，因为它简便、易操作。如果超过 27、36 和 54 洞以上，为了提高效率，应使用自动撒播机。使用人工撒播机时应注意步法一致。装料桶保持前高后低。另外应注意果岭施肥的整体性问题。要求长相差的多施，长相强的均衡。这就需靠步法来完成；为降低烧苗现象发生，装肥时要远离果岭，如在施肥途中出现故障，必须立即停止，将撒播机移离果岭。万一遗漏大量肥料，先用适当工具轻轻拾去，然后用大水冲散即可；施肥后立即灌溉，施肥当天禁止任何人在果岭上踩踏。

第7章 高尔夫草坪特殊作业技术

修剪、施肥和灌溉是基本的农艺技术,这些技术同样适用于高尔夫球场草坪的培育,它们也是完成高尔夫草坪优质持久的重要常规作业和基础技术保证。但是,高尔夫草坪与农作物的培育明显不同,仅靠基本农艺技术很难体现高尔夫草坪竞技、美观、实用的重要功能。草坪是一次种植,连续培育,长久使用。农艺技术的松土等间耕作业很难在成坪的球场中使用。于是现代高尔夫草坪发展了系列与农田间耕作业类似的作业。高尔夫草坪科学称这些作业为特殊养护作业。特殊养护作业实际上是精细作业。它与竞技、土壤物理化学、草坪生长密切相关。只有常规养护作业与特殊作业相互结合才能发挥重要作用。

高尔夫草坪特殊养护作业包括高尔夫草坪土壤特殊作业、疏草特殊作业、铺沙特殊作业、非草坪性作业、特殊作业链和草坪改良作业。非草坪性作业包括沙池养护及洞杯更换等。

7.1 高尔夫草坪土壤特殊作业

高尔夫草坪土壤特殊作业实际上是针对土壤紧实所进行的系列养护作业。它包括打孔、切开、穿刺、垂直刈剪等。

7.1.1 高尔夫草坪特殊土壤作业的原因

在充分满足营养的条件下,阳光、水分、温度和氧气是保证高尔夫草坪草旺盛生长的重要前提保证。所有这一切均离不开土壤这个基本立地条件或平台。高尔夫草坪管理的任务实际上就是创造一个良好的土壤环境,使高尔夫草坪从土壤中容易吸收更多的养分和水分,保证畅通的空气。但是,实践中常常发现高尔夫草坪在水分和养分充足的条件下生长不良。究其原因来源于人类的频繁使用所造成的土壤紧实。土壤紧实常常引起高尔夫草坪生长的许多障碍,其中最典型的就是根系浅表化、有害气体累积、渗透性下降,并最终抑制高尔夫竞技的顺利开展。

1. 根系浅表化

根系浅表化是土壤紧实的主要表现。土壤紧实不仅指上层,历时稍久,它常波及下层土壤,严重破坏下层土壤孔隙度,限制根系对氧气的吸收,草坪根系为满足对氧气的需要,就转而向土壤上层发展,表现为明显的浅表化现象,果岭草坪根系尤为严重。据测定使用3年的果岭草坪根系70%以上集中在2~3cm处,与一年龄果岭草坪相比相差2倍(马宗仁,2000),且果岭适用年龄越老,人流量越大,根系浅表化越严重。

2. 有害气体累积

紧实能引起有害气体的积累,进而引发草坪受害。结构良好的土壤基本上含有40%空气,而严重紧实的土壤,其空气含量可能只有5%。土壤空气的成分和大气大致相同,主要是 N_2 、 O_2 、 CO_2 和水汽,但其含量却有较大差异。 CO_2 含量约为0.15%~0.65%,比大气 CO_2 的0.03%多5倍以上,而 O_2 含量为10%~20%左右,稍低于大气, N_2 的成分则与空气相近。高尔夫草坪土壤最佳体积组成一般为:空气为25%,

无机物占 50%，有机物为 10%和水分占 15%（图 7-1）。

总之，土壤、空气和大气比较，有两个显著特点：一是 CO_2 多，二是经常为水气所饱和。此外还含有少量的沼气和氨气。这是因为高尔夫草坪根系在土壤中不断进行呼吸作用，大量耗氧而放出 CO_2 。另外，微生物利用氧气分解有机物，同时也伴随 CO_2 的释放。硫酸盐与有机酸作用也放出 CO_2 。当土壤中这些气体积累过多时，就会对高尔夫草坪根系产生毒害作用，而紧实土壤有害气体的积累过程更快，积累量更大，毒害作用更加强烈。

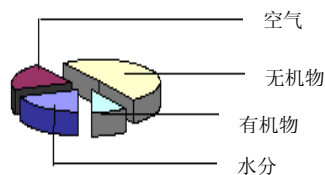


图 7-1 高尔夫草坪生长最佳土壤结构

3. 渗透性下降

紧实土壤渗透不良，空气、养分、农药很难纵深发展渗透。多雨季节或灌溉期间，土壤排水很慢，径流严重，表面极为潮湿，结果反而加速土壤紧实化。农药、肥料施入后缺少渗透，很难被高尔夫草坪吸收，增加无效施肥施药，造成浪费。甚至因为坚硬，施肥施药根本不起作用。1996 年深圳高尔夫俱乐部 C 场曾因土壤紧实问题而引发两次施肥均无效的例子，后因正确诊断，采取打孔透气，施肥后 10 天左右草坪盖度基本恢复原态（马宗仁，2000）。

4. 影响竞技

坚硬场地上进行赛事，有可能引起球员及球具的意外伤害。增加了击球的困难，给球员带来烦恼。

7.1.2 果岭和球道土壤紧实测定方法

果岭、球道沙质土壤使用一段时间后会变得紧实，管理上需要随时检查土壤紧实度。检查方法一般有 2 种：土壤测紧计和刀插法。

1. 土壤测紧计

通过测针和仪表结合起来直接显示土壤紧实程度。采用仪表测定，数据较为准确可靠，但携带不易。土壤测紧计测试的数据需要与球场竞技、草坪生长相结合。

2. 刀插法

刀插法是实践中常常采用的方法。刀插是高尔夫球场修补球疤的工具。借助于刀插可随时测试土壤紧实度。其原理是感觉刀插入土的松紧程度。若土壤紧实则刀插很难插进。土壤松软时，刀插易插进。无此经验时可预先用不同紧实度的土壤样品进行反复训练来体会，直到熟练为止。这种方法，简单实用，如实践经验丰富，则准确性很高。

7.1.3 高尔夫草坪土壤紧实原因

高尔夫草坪土壤紧实的原因主要来源于三方面的因素：球员及高尔夫草坪管理人员的践踏；机械镇压及灌溉或自然降雨等，其中人流量过多是造成高尔夫草坪土壤紧实的主要原因，其他两个因素所占比例相对较小。

1. 人员践踏

出现在高尔夫球场果岭、球道上土壤紧实的主要原因是人员过度践踏引起的。这类践踏是球场正常运转的一种无可避免的现象。这类人员包括球员和为球员服务的球童以及作业的高尔夫草坪员工。1000 名会员的高尔夫球场每日通过果岭的人流量

约 250 人, 会引起很高的践踏程度。浇水和下雨后的运动引起紧实的速度更快。在正常天气下, 每月必须进行一次正常的高尔夫草坪土壤疏松作业。如在雨季, 连续性下雨如 10 天以上, 造成的土壤紧实危害必须通过土壤疏松作业来解决土壤空气畅通和有害气体积累, 否则会引起严重的竞技问题。

2. 机械镇压

高尔夫草坪的生长离不开草坪机械的维护保养。草坪机械的种类很多, 每天均在草坪面作业。这些机械轻重不一, 在作业的同时, 也引起高尔夫草坪土壤的紧实。因而多少减少了作业的效果。高尔夫草坪机械对高尔夫草坪土壤的紧实作业是无可避免的, 只能通过高尔夫草坪员工娴熟技巧、轮胎科学化和作业制度合理化来减弱这种副作用。

3. 浇水和降雨

浇水和降雨对高尔夫草坪土壤的紧实有明显影响。据研究降雨能明显促进土壤紧实, 特别是连续数天的降雨使高尔夫草坪土壤紧实速度加快。人工浇水对果岭的紧实作用视喷出的水雾大小而定。大的雾球紧实作用类似于降雨, 由于浇水每次时间都不长, 故这种紧实作用一般都是渐进式的过程, 达到一定时候, 才对高尔夫草坪起制约作用。降雨或浇水对高尔夫草坪土壤紧实作用来源于两个方面, 一是雨水对高尔夫草坪土壤直接锤打的作用, 另一个是降雨或浇水之后人员和机械行走潮湿土壤的间接作用。因而雨季高尔夫草坪作业应尽量控制次数, 而浇水与剪草应保持适当间隔时间, 以免人为加剧高尔夫草坪土壤紧实化。

7.1.4 高尔夫草坪土壤作业的作用

高尔夫草坪一经建成投入使用后, 不可能像农作物土壤管护方式一样进行养护。因为它的使用期不像农作物按周年来计算, 它往往根据管理的水平使用若干年。然而高尔夫草坪在生长期与农作物一样都需要满足生长条件, 而且高尔夫草坪还要经常承受外界逆境, 尤其是人类频繁的活动, 其中典型的是高尔夫草坪质量的趋短化, 如不及时更新、平衡矛盾将大大缩短使用寿命。

无数试验和研究都证明, 土壤环境是高尔夫草坪最重要的生活条件, 而其他生活条件诸如养分、水分、氧气等都是通过土壤媒介作用而实现的。高尔夫球场的发展过程到今天为止大约已有 700 多年的历史。在高尔夫草坪土壤作业方面已发展了一套极为有效的机具和作业技术, 使高尔夫草坪的使用寿命大大延长, 对维持高质高尔夫草坪起了极为重要的作用。

1. 高尔夫草坪土壤作业养护的作用

(1) 土壤作业正效应 高尔夫草坪土壤经过一系列特殊作业后, 不仅通气性和透水性得到了明显的改善 (孙吉雄, 1989), 而且还具有诸多积极效应: 疏草作用, 防止过密引起早衰; 土壤中的有毒气体如 CO_2 、沼气和氨气得以释放; 缩短潮湿土壤的干燥过程; 增加土壤的渗透能力; 促进作业点或面下部周围草坪生长和地面枝条的生长; 加速高尔夫草坪表面芫枝层的分解; 增加施肥效果; 改善高尔夫草坪生长层土壤结构, 提高保水保肥能力。

(2) 土壤作业负效应 世界上的事物都是一分为二的, 高尔夫草坪土壤作业的正

效应是明显的，然而也伴随着一些不利影响出现，不过这些不利方面都是暂时的，归纳起来这些负效应为：机械对高尔夫草坪部分的伤害作用如脱水、枯黄等（马宗仁，2000）；暂时破坏了高尔夫草坪表面的光滑和匀整性；引发苔藓和藻类的出现；通气条件改善有利于地下虫害的危害。

7.1.5 解除土壤紧实的方法

防止土壤紧实最有效的方法是减少高尔夫草坪人员活动及机械流量。可是实际上对某一高尔夫球场来说这很难做到。因为高尔夫球场的宗旨是提供球员一个良好的击球场所，只能适当限制人员和次数的活动。浇水应同球员击球及剪草错开一定时间，以免潮湿带来的副作用。无论何时只要可能的话，通行频繁的高尔夫草坪应该建立在沙质土壤上，使土壤紧实的可能性最小。对于频繁活动的高尔夫场地果岭、梯区或过道端草坪区，建议采用含有80%或者更多的粗砂质土壤，30cm厚的沙质层最理想。如使用含沙量较高的基质，应在上层2.6~10.2cm厚的沙质内混入有机物，如泥炭藓、锯末或椰糠，增加保水、保肥性能。

当土壤已经出现紧实后，就必须采用相应技术解除紧实。归纳起来，高尔夫球场采用除紧实技术包括：打孔、切开、穿刺（孙吉雄，1989；马宗仁，2000）。

1. 打孔

打孔是高尔夫球场用来解除紧实最有效办法（图7-2）。打孔一般分空心 and 实心打孔两种。所谓空心打孔亦称心土作业，它是通过打孔机来完成的。打孔机上携带有中空的金属管子或空心尖叉，



图7-2 高尔夫球场果岭（左）和球道打孔（右）

这些空心针被压进土壤后，当提上来时就会一起带有混同草坪的楔形土块，而同时在土壤中遗留一些穴洞，穴洞密度及直径、深度、依针孔类型而有所不同。根据目前日本、美国两国所制造的打孔机穴洞间距一般是2~15cm，直径0.5~19.1mm不等，而穴洞最大深度则为7.6~10.2cm。一般来说，穴洞越深，心土作业的效果越好，保持的时间也越长。

心土作业带来的好处是很多的。它能使土壤紧实状况得到缓解，而洞穴的形成更易使水分、空气、肥料、石灰和农药等材料更好地进入根系层，使根深苗壮、旺盛。大雨或连续小雨锤打作用更易加速土壤紧实。雨后的打孔尤为重要。试验结果也显示雨后打孔效果显著。马宗仁（1996）曾对连续20天大雨后的深圳高尔夫9个果岭进行打孔、施肥和铺沙处理，另9洞仅施肥。7天后打孔、施肥和铺沙组果岭草质稠密、根系发达、颜色亮丽。施肥组果岭生长态势不明显。经分析，差距原因在于土壤紧实，

它阻碍了根系活动。施肥组果岭没有破除土壤紧实，水、养料均无法有效渗透至根系层，等于无效施肥。

实心打孔机的孔针为实心的多头金属。通过机器将这些实心针压入土壤打出穴洞。由于穴孔是将土壤挤紧而不挖出，所以这些穴孔的底部和侧边也是极为紧实的。实心孔深度在果岭区一般为5cm左右。相比来说，它的透气效果远差于空心作业，1次空心作业的效果相当于4次实心作业的效果（马宗仁，1999）。不过实心作业对高尔夫草坪表面的破坏极小，对球场正常营业不会造成太大影响。

实心打孔机和空心打孔机均称为垂直型打孔机。它们是同一种机械，区别仅在针孔。还有一类打孔机称之为滚动式打孔机。这类打孔机也携带有空心金属管针头。不过它是安装在一个圆筒式金属轮子上。当圆筒式轮子转动时，带动空心针进入土壤。其作业效率要高于垂直打孔机。垂直打孔机一般适宜于梯区、果岭区或较小面积的打孔。滚动式打孔机更适宜于较大面积的通气作业。滚动式打孔机虽工作效率高，但对高尔夫草坪的破坏性较大。通气效果也不如垂直打孔机。不过可在机身上增加重量能适当提高入穿深度。

垂直型空心打孔机作业于果岭和梯区之后，必须清除草楔和铺沙。其具体过程是，先进行打孔，然后耙除草楔，由人工运出果岭区，再用果岭收草机收取草末，然后铺沙等。滚动式打孔机中空针是安装在空心的圆筒上，当空心针插入土壤提起时，就会将楔形土块推进圆筒里。在修剪较高的高尔夫草坪上，若人员机械不足时也可以不需要清除楔形土块。如高尔夫球场球道，可以用金属拖网或链条网多次拉过高尔夫草坪表面来破碎草楔，然后进行铺沙作业。目前，打孔后覆沙存在着几种方法。国外打孔后不覆沙或覆少量沙（图7-3），主要优点可保持较长时间的通气效果。国内则覆全沙，通气效果较差，但可保持草坪面平整。



图7-3 苏格兰高尔夫球场果岭打孔后不覆沙情形

进行打孔作业应注意有关问题：当土壤过干或过湿时，不应进行打孔作业。土壤过干难以穿入，且针头磨损过甚。土壤过湿草坪受损严重；炎热季节进行心土作业易出现草坪脱水现象，应尽早缩短作业链，尽量灌溉；暖季型草进行心土作业的最佳时间是晚春和早夏；冷季型高尔夫草坪则是晚夏和早秋；果岭心土作业大约是三个月一次。如果人流量过大，通气效果可能只有两个月时间。因此活动频繁的果岭一年之中需进行若干次心土作业。如果土壤紧实程度严重，打孔作业可在高尔夫草坪上沿数个方向交叉进行操作，这样能产生较多数量的穴洞，通气效果能得到大大改善。实心打孔应与空心打孔交替进行。实心打孔可在不利于空心打孔的时间作业。

2. 切开与穿刺

切开和穿刺也是破除土壤紧实，增加通气透水的一种方法。切开是借助安装在圆盘上的刀片刺入高尔夫草坪以改善草坪通气透水的一种作业。穿刺的过程与切开类似。不同之处在于刀片长度不同。前者刺入深度可达5~10cm左右，后者仅为3cm。

当然二者深度视土壤紧实程度而有较大出入。此外，切开是连续性的切口，而穿刺是不连续的切口，视V型刀片安装在圆盘上密度而有所不同。

切开和穿刺虽然同打孔作业一样都是为了减轻土壤紧实而使用的一系列土壤作业技术，但同打孔相比，切开和穿刺的作用是暂时的，而不像打孔特别是空心作业那样有效。不过切开和穿刺不必像心土作业需要清除草楔。因此，这种作业对高尔夫草坪的破坏性极小。在仲夏炎热季节进行作业也有脱水现象发生，但程度较小。

切开和穿刺可用于球道或其他践踏严重致使土壤过硬而不便于进行心土的高尔夫草坪。切开和穿刺另一个好处就是更新高尔夫草坪，防止高尔夫草坪老化和衰退。因为高尔夫草坪经多年生长后，地下根系絮结在一起，进行此项作业可切断匍匐茎和根茎，有助于新枝条的产生和生长发育。切开和穿刺在任何时间都可进行，作业次数视高尔夫草坪发育状况而定，通常与打孔等作业交替进行。果岭上使用小型切开机，球道上使用大型切开机，在作业时按十字形走向效果最好。

7.2 高尔夫草坪铺沙特殊作业

高尔夫草坪利用一段时间后，由于频繁的活动和自然逆境的原因，使草坪大量的根系外露，地表凹凸不平等现象发生，为了不影响击球，维护草的正常生长和发育需要铺沙作业予以校正。

7.2.1 铺沙的作用

1. 平滑击球面

匀整平滑的草坪表面是保证球员开展正常竞技活动理想平台。高尔夫球场每日的人流量很大。活动时间较久会引起表面凹凸不平。通常的做法是用铺沙来解决光滑问题，铺沙也有助于草坪进行恢复生长。

2. 维护高尔夫草坪生长

现代高尔夫球场果岭的生长基质都是由沙质土壤构成的，沙子具有流动性的特点。草坪根系周围沙子遇高空落下的降水极易松散。浇水和降雨的结果造成草坪根部外露。外露的根系会产生部分根毛死亡，并直接影响对水、肥的吸收，造成生长不良。密度不够的草坪这种现象尤为显著。频繁修剪、打孔均能造成草坪根系浅表化。草坪使用即意味着磨损和破坏。草坪表面覆盖一层沙土直接遮盖外露的根系，刺激高尔夫草坪新根系的生长发育。自然气候因素如降雨、辐射、干旱的冲击也会影响草坪生长发育。铺沙能够弥补流失的沙土，覆盖已裸露的草坪根部，促进根系生长，增加密度，延长高尔夫草坪使用寿命。

3. 分解芫枝层

铺沙可以增加枯草的腐烂率，但作用不是直接的，而是通过间接作用实现的。主要是给土壤微生物创造一个良好的分解环境，其原理与高温堆肥过程一样。

4. 提高肥效

铺沙前和铺沙后施肥效果均非常显著。首先铺沙直接覆盖了外露的根系，刺激新根毛的生长和足够的数量；其次，形成了一层微弱阻隔层，可减弱或延缓肥料浇水后淋洗下渗；纯洗沙并非很纯净，沙中也或多或少带有部分泥土，通过负电荷作用能保留部分正电荷肥料；再次，沙子呈中性可部分中和土壤pH，有利于元素处于可给态，

便于植物吸收。高尔夫球场草坪铺沙后进行结合施肥应作为一项常规技术来运用。因为它能间接地提高肥料利用率，延长肥料利用时间，从而减少养护费用。

5. 抑制苔藓、藻类生长

苔藓、藻类也是一种高级植物，常见侵入高尔夫草坪而生长，且在干旱时常形成不透水层，阻绝养分，氧气的进入，阻碍草坪植物正常生长。苔藓和藻类的生长需要阳光，适量铺沙可覆盖苔藓、藻类阻绝阳光照射，苔藓、藻类因缺少阳光会而死亡。

7.2.2 铺沙类型

高尔夫草坪的使用磨损存在着各种各样的原因和类型，不同的磨损需要采取相应的铺沙方式才能完满解决。它包括覆全沙、边沙和疤沙3种类型。

1. 覆全沙

果岭区、梯区或球道区进行全面铺沙的一种作业过程称覆全沙。关于高尔夫球场球道区、果岭区、梯区覆全沙的次数、数量取决于球员竞技强度、草坪草势、沙层结构、草种、表面凹凸情况、芟枝层厚度和苔藓、藻类等因素。

(1) 果岭区覆沙量和频率 1990年前国外覆沙量和频率：1次/3~4周，6~12次/年，1.5~3mm/次。

2000年后国外覆沙量和频率：1次/2周，12~24次/年，0.75~1.5mm/次(表7-1)。

表7-1 高尔夫草坪铺沙量与铺沙厚度的关系

铺沙量 ($\text{m}^3/100\text{m}^2$)	0.035	0.07	0.14	0.21	0.28	0.42	0.57	0.71
铺沙厚度 (mm)	0.4	0.8	1.6	2.4	3.3	4.9	6.6	8.2

2000年后国外覆沙频率的好处是可结合施肥计划同步进行，以提高肥料利用率。另一优点是保证良好的击球环境，如覆沙超过一定厚度会严重影竞技，类同沙坑效果。

国内覆沙量和频率：1次/3~4周或不定，年覆沙约6~12次或不定，2~5mm/次或不定。

国内大部分覆沙重视覆沙厚度，目的是保证草坪生长，不理睬竞技这一重要因素。这与高尔夫球场果岭竞技宗旨背道而驰。需要引起高度重视。

(2) 梯区覆沙量和频率 2000年前国外梯区覆沙量和频率：3~4次/年，3.2~6.4mm/次。

国内梯区覆沙量和频率：1次/6~8周或不定，年覆沙约4~6次或不定，4~8mm/次或不定。

2000年前国外梯区覆沙量和频率和国内相比差异也很明显。国内重视厚度。

(3) 球道短草区覆沙量和频率 1~2次/年活1次/2年或不定，1cm/次或不定。

2. 边沙

针对果岭边部覆盖的沙子称为边沙。果岭边缘因修剪次数增加、践踏、某些错误的操作如果岭机领带(环圈)强制调头、漏肥、漏油等常遭损坏，以致缺草、草弱，甚至裸露无草。常见的矫正补救方法是连续补充边缘沙，一段时间后会恢复其原貌。不过补充沙与原果岭老沙颜色差异明显，很多球场不常使用，而是采用围网形式保护。

3. 疤沙

针对果岭梯区局部损坏部位覆盖的沙子称为疤沙。疤沙主要对象是远离果岭梯区边缘的地带。病虫害、球伤、人为损坏、油害、肥害、药害等均会造成草坪损伤，以致引起草坪草死亡，并形成疤痕或补丁，严重影响光滑度、美观和竞技行为。补救方法是连续补充疤痕处的沙量，一段时间后会恢复其原貌。

7.2.3 高尔夫草坪覆沙时间

实践上任何时期均可进行覆沙，但生长季节覆沙多些。如北方球场梯区春季 1 次，夏季 2 次，秋季 1 次；球道为早春和仲夏进行。

7.2.4 高尔夫草坪覆沙注意事项

果岭、梯区及球道每次覆沙材料必须与原果岭、梯区及球道的土壤质地相同。也就是说，每次覆沙应按质相同原则选用材料，且必须持续不断的使用下去，如果途中选择了异质材料就会产生界面现象。界面现象能阻止空气、水分和肥料进入草坪生长层。沙子被广泛应用，因为许多果岭和梯区都建在沙子上。球道使用沙子效果也很好。对球道进行多年连续覆沙，能大大改善细质土壤的结构，产生更合乎要求的质地。纯沙质土壤显然有许多优点，如易排水、抗践踏，但保水保肥性能差。现在许多球场都采用 80%沙土加 20%有机质的办法作为铺沙材料。

7.3 高尔夫草坪疏松特殊作业

高尔夫草坪在使用一段时间后，由于草坪的新陈代谢作用，会不断积累枯枝落叶，根系老化，土质也会紧实变硬，一些苔藓、杂草因此乘机侵入。草坪疏松特殊作业就是据此发展起来的一种清除养护综合技术。

7.3.1 芜枝层概念

位于草坪表层、呈淡棕色、含少量沙土或不含，即为芜枝层或枯草层。枯草层下为垫层，其内为有机质的土壤层。它是芜枝层分解后形成的。1.3cm 内的球道草坪芜枝层有益，1.3cm 后则对草坪生长发育不利。

7.3.2 高尔夫草坪芜枝层的作用

1. 芜枝层正作用

球道和果岭分别处于 1.3cm 和 0.76cm 以下的芜枝层，对高尔夫草坪和运动来说是有利的。

覆盖和保护土壤，避免过于干燥；缓解温度的剧烈变化防止根茎受损；减轻践踏引起的土壤紧实；减少运动伤害；防止杂草种子萌发。

2. 芜枝层副作用

球道和果岭分别处于 1.3cm 和 0.76cm 以上的芜枝层会对高尔夫草坪的生长带来消极影响。

减缓水分、养分、农药的流动性。水量大时，由于芜枝层的多孔性，排水很快，使水分保持不良；水量小时，由于芜枝层的疏水作用，影响渗入速度和深度，水分不能从芜枝层直接渗入到沙土层。芜枝层养分保持不良，相对贫瘠。

芜枝层阻碍农药向土壤内渗透。杀虫剂、杀菌剂滞留于芜枝层并被芜枝层吸收，即使大量浇水，农药也难以向下移动到沙土层。枯草层厚的草坪防治地下害虫就变得相当困难。

芫枝层加剧高尔夫草坪植物的浅根化过程。芫枝层厚的草坪，植物根系都很浅。大多数根系、根茎、匍匐茎和根颈一般都生长在芫枝层与垫层交界处，根系浅就会出现不牢固问题。芫枝层保护根系较土壤差，根系组织更可能遭受冷热和干燥的伤害。

芫枝层给昆虫和病原体的生存和生长提供了一种良好的生活环境。病原物以有机物作食源，当病原物生活在芫枝层中时，可以免受不利环境条件的制约并大量滋生，进而造成对高尔夫草坪植物的危害。

影响修剪造成齐根剪。芫枝层具有柔软特性，类似于海绵体。当剪草机在修剪高尔夫草坪时，沉重的轮子就会陷进枯草层中，使刀片降低，对于浅根系的高尔夫草坪来说，会发生齐根剪的问题。

7.3.3 芫枝层积累的原因

1. 芫枝层生产速率与分解速率的关系

影响高尔夫场地芫枝层生产速率的因素很多，如肥料、水分、植物组织成分、草坪种类以及修剪物的去留等。完善的管护计划和充足的水肥能使草坪草快速增长。超量的氮肥是形成枯草层的主要原因。不同的植物组织成分积累效果不同。

(1) 芫枝层生产速率和分解速率的影响因素 高尔夫草坪植物普遍含有木质素，这种成分能使细胞壁增厚、坚固和刚硬，因而它具有抗分解作用。根的木质素含量最高，最不易分解。茎、根状茎、匍匐茎和叶鞘也含有丰富的木质素，分解速度也较慢，易形成枯枝层，除非修剪物较短；通常生长旺盛，根系发达，组织中含有较高木质的草坪草如狗牙根、海滨雀稗、结缕草和细羊茅极易形成芫枝层；剪草时如不收集修剪物，也很容易造成芫枝的积累；经常使用农药抑制了些有益微生物和蚯蚓的活动，也可促进枯枝层的形成。

(2) 土壤微生物与芫枝层生产速率和分解速率的关系 土壤微生物是组织分解速率快慢最终决定因素。然而土壤微生物的分解效率则与影响微生物活动的各种限制性因素有关，例如土壤 pH、氮肥、氧气、湿度以及温度等。

多数微生物对土壤 pH 是敏感的，6.0~7.0 的土壤 pH 对微生物生长发育最好。过酸、过碱的土壤，微生物群体便急剧下降。缺氧的土壤对微生物的生长不利。较厚的芫枝层若施以适量氮肥能促进微生物繁殖。如果施氮是纯粹用以刺激微生物生长的话，必须注意所施氮量不能过大，以免促进高尔夫草坪植物快速生长，反而增加芫枝层的数量，造成芫枝层和微生物之间分解与积累距离扩大化倾向。

土壤微生物一般都是好气性菌类。坚实、排水不良、过度潮湿的土壤往往缺少氧气。在这些地方微生物数量均很少，因而芫枝层的分解很慢。然而适量的水分则对微生物活动很重要，当芫枝层和土壤干旱时，分解活动就难以进行。温度也是微生物活动所不能缺少的重要因素之一。一般来说，温度越高分解速度越快。微生物分解枯草层的最适宜温度为 35~38℃。

7.3.4 高尔夫草坪疏草作业的方法

微生物分解小于芫枝层生产速率时就出现芫枝层积累。球道和果岭芫枝厚度层分别超过 1.3cm 和 0.76cm 时，会对高尔夫草坪草生长产生危害。应采取系列除芫技术弥补微生物分解不力的问题。除芫技术包括机械疏草、铺沙、打孔等作业。

1. 疏草作业

疏草是解决芜枝层最有效的方法之一。通常是采用疏草机，亦称通气刀片机或垂直刈剪机。它是靠一系列安装在高速旋转的水平轴上 V 型刀片来切进枯草层，然后再靠旋转惯性扯出枯草。水平轴可根据枯草层厚度上下转动用以控制切深。疏草机有各种大小不同的型号。球场中通常有 2 种：果岭疏草机和球道疏草机。

疏草次数决定于芜枝层积累的速度。当芜枝层超过 1.3cm 的 50% 后就应考虑垂直剪切。

疏草时间与高尔夫草坪种类、土壤状况有关。暖季型草疏草最适宜的时间是晚春或初夏；冷季型草则在夏末或早秋。这时候气候最有利于草坪疏后的恢复。因为疏草能伤害草坪，如土壤和芜枝层太湿，伤害会更大。有利的气候条件能加速高尔夫草坪疏后的快速生长伤害草坪的尽快恢复。

2. 铺沙作业

与疏草作业相比，铺沙对清除芜枝层则更为彻底。但花费较高，使其使用范畴和频度有所降低。铺沙能加速芜枝层腐烂，并提供大量的有机质肥源。

使用铺沙来控制球道芜枝层可用大型铺沙机来完成。果岭有专用果岭铺沙机并自带拖平刷。

应防止从一个极端走向另一个极端。切忌加沙的次数超过实际需要的次数。如果芜枝层已完全分解，果岭和球道表面就会变得太硬，致使高尔夫球跳动太多，从而影响竞技行为。

3. 打孔作业

打孔作业同加沙的作用类似。打孔后使用疏草机可直接破碎草楔，作业链中金属拖网能将破碎的土壤拖进芜枝层内。打孔后沙土氧气升高，微生物活动增加，进而加速芜枝层的分解。

7.4 高尔夫草坪拖平特殊作业

高尔夫草坪铺沙或打孔之后利用金属拉网或拖平毛刷通过草坪表面的过程。

拖平的好处很多。高尔夫球场果岭区草坪使用频繁。每次果岭铺沙后，为了给击球刈剪创造一个平滑的表面，首先将不平整的沙子拖平，使其进入高尔夫草坪根部，必须进行反复拖耙，直至草叶露出地表；球道上进行打孔作业后也可不进行铺沙作业，直接利用金属拉网来回进行耙磨，就能将高尔夫草坪楔磨碎，恢复原来平整的表面；利用种子建坪后，地表会出现凹凸不平的现象，也需要进行拖平。播种后进行拖平可使种子更紧密的和沙土结合在一起，有利于种子的萌发和成活。

值得指出的是土壤过干或过湿时拖平效果较差。适宜拖平时间是在土壤不干不湿时拖平效果最好。实践中如果沙子潮湿的话，果岭每次铺沙后大约晾晒一个半小时左右拖沙较好，当然前提条件是天气晴朗。如果在阴天可推迟一段时间进行拖平。一般常是表面沙子颜色发白时进行。亚热带地区高尔夫球场雨季需要建造大棚来储存干燥沙子（图 7-4）。



图 7-4 英国球场沙源储存大棚

7.5 高尔夫草坪特殊作业链

高尔夫草坪质量代表了整个高尔夫草坪养护的最高水平。常规养护与特殊作业相结合组成了高尔夫草坪养护作业链。高尔夫草坪养护作业链产生了近代高尔夫草坪的最高培育典范——高尔夫球场。所谓作业链是指从高尔夫草坪养护作业开始到完成所施行的一系列相互需要、相互协作的作业程序。

经济产业中的重要法则就是尽量降低成本，提高效益。高尔夫球场的经营效益不直接取自于高尔夫草坪。但好的高尔夫草坪能吸引更多的球员前来打球。在优质的高尔夫草坪上可以产生优秀高尔夫球运动员。高尔夫草坪不同于工业产品，也不同于农产品，更不同于产生农产品的农作物。它有自身发生发展的规律。然而它可借助农业生产的某些农耕技术或利用其原理来培育出合乎理想的高质高尔夫草坪。因而在这个意义上讲高尔夫草坪和作物都采取了非常一致的养护原理，目的都是为植物创造一个极为适宜的阳光、温度、养分、空气和水分条件。高尔夫草坪要经常接受员工及球员包括机械方面的践踏。结果也常常需要进行多次的调理。这势必提高了高尔夫球场的养护费用。而根据自然界因子限制律的原理，影响高尔夫草坪生长的因子并非都是单一的，而是既有相互促进的一面，也有相互制约的一面。因而要想增强养护效率，必须采用综合养护技术。另外从高尔夫草坪特殊的生长环境以及运动角度看，也要求作业化，中间不能断续，反之不仅影响高尔夫草坪生长，还会妨碍高尔夫球运动的进行。高尔夫草坪作业链可以节省成本，创造高质草坪。高尔夫草坪作业链一般包括球道作业链、果岭和梯区作业链。

7.5.1 果岭和梯区作业链

果岭和梯区作业链系指发生于该区域内一系列草坪作业程序。果岭、梯区一般有2种：完整作业链和部分作业链。

所谓完整作业链即综合考虑了果岭、梯区整个草坪状况后所施行的整套作业程序。部分作业链只是在高尔夫草坪生长的某一阶段出现了某一特殊状况所施行的多于两个或至少两个作业内容。一般来说，完整作业链在时间上比较固定，所动用人力和物力比较大，养护效率也比较持久。部分作业则相对较小，所起作用视草坪诊断水平而定。

1. 完整作业链

- (1) 打孔+铺沙+拖平+浇水。
- (2) 打孔+施药+施肥+铺沙+拖平+浇水。

2. 部分作业链

- (1) 铺沙+拖平+施肥+浇水。
- (2) 穿刺+浇水。
- (3) 穿刺+水肥+施药。
- (4) 打孔+水肥。

在某些情况下，打孔也可作为穿刺、切开，如为空心孔，果岭上还需加拾草作业。

完整作业链和部分作业链施工后，如需铺沙必须施肥，原因是可增加施肥效率，特别打孔后，肥效更高。果岭、梯区作业链次数和时间没有任何规定，但是，在草坪

生长逆境时应慎重作业。

7.5.2 球道作业链

球道作业链如同果岭一样，也有完整和部分之别。形式也大致相同。不同之处在于球道更常采用部分作业链。这主要是考虑到球道面积大、作业费用高的缘故。

1. 完整作业链

- (1) 打孔+铺沙+拖平+施肥+浇水。
- (2) 打孔+施肥+铺沙+拖平+浇水。

2. 部分作业链

- (1) 切开+施肥+浇水。
- (2) 疏草+拾草+施肥+浇水。
- (3) 打孔+拖平+施肥+浇水。

如为空心孔和海滨雀稗草种构成的球道需加拾草作业。完整作业链每年只进行 1 次或 2 年进行 1 次。关于作业时间暖季型草常见夏初或春天进行。冷季型草一般为初秋或早春进行。

部分作业链暖季型草和冷季型草在生长的任何季节都可进行。但切忌上述作业在过干过湿时进行。否则对高尔夫草坪草生长和恢复具有严重影响。

7.6 高尔夫草坪特殊改良作业

高尔夫草坪经常处于使用之中。使用和养护出现不平衡就会产生质量问题。草坪的质量问题会影响运动的进行和球会市场核心竞争力。出现草坪质量问题需要诊断。通过耐心细致的诊断，找出问题症结，再采用合适的作业内容进行调理，称之为高尔夫草坪特殊改良作业。

7.6.1 高尔夫草坪改良诊断

高尔夫草坪衰退诊断如同大夫询问病人的病史一样，需要详查作业记录报告，根据高尔夫草坪质量衰退诊断（表 7-1）内所列若干问题仔细排查，并根据问题提出更新方案或方法，最后予以实施。

表 7-1 高尔夫草坪质量衰退调查表

1. 高尔夫草坪位置
2. 建立时间
3. 调查项目
3.1.杂草
杂草种类名称，单位面积内杂草株数。
建议：果岭、梯区采用人工手拔，其他区域采用化学防除和人工拔除相结合。
3.2.高尔夫草坪密度
包括稠密、中等、稀疏。
3.3.土壤反应
包括 pH、含盐量、质地、磷、钾。
建议：施加石灰或硫、磷、钾，根外追肥。
3.4.施肥计划
包括肥料等级、数量、氮磷钾比率。
建议：施更多的肥料，使用不同的等级，变换施肥时期和有效使用技术。

3.5.遮

包括3个水平即重、中等、全日照

建议：修剪树木、疏草、打孔。

3.6.芫枝层

果岭 $\leq 0.76\text{cm}$ ，球道 $\leq 1.3\text{cm}$ 。

建议：超过标准厚度应进行打孔、铺沙、疏草、减少施氮量。

3.7.修剪

包括剪草高度过高或过低，每次剪去叶子太多或刀片不利。

建议：磨利刀片，校正修剪高度。

3.8.土壤紧实

包括紧实、中等、疏松。

建议：打孔或十字、米字型打孔。

3.9.土壤水分

包括排水，如积水、持水差；浇水包括浇水太勤、让隔太长、水量不够或水量太多。

建议：埋置理想的排水系统，采用土壤查墒法浇水。

3.10.虫害

包括种类、栖居地类别等。

建议：杀虫剂比率、施用时间、施用后浇水等。

3.11.病害

包括病类、药物种类、比率、间隔时间、减少施氮量。

3.12.苔藓类

包括遮阴、排水不良、浇水过多、土壤酸性、贫瘠、坚实。

建议：修剪树木、疏草、打孔、设置排水系统、加石灰、减少浇水、重施肥料、使用硫酸亚铁铵等。

7.6.2 高尔夫草坪质量改良方法和技术

根据高尔夫草坪质量衰退表逐项调查就可得出高尔夫草坪植物衰退的原因。大多数情况下，高尔夫草坪衰退是管护不当造成的结果。主要是土壤氧气供应不足、缺沙、缺肥，有时单株肥已经满足，但密度肥不够，尤其对于耐肥种类如狗牙根和匍匐剪股颖更是如此。此外，钝刀片或齐根剪、过度低刈均是造成高尔夫草坪衰退常见的问题。

高尔夫草坪受害程度轻时，采用一般方法可望几周内恢复；质量已遭到严重损害的高尔夫草坪，如能针对变坏原因加以纠正，最终会得到恢复；当高尔夫草坪质量变得很稀疏并有大量裸露地和杂草斑块时，需要一年或更长时间才能恢复，对于如此漫长的恢复时间，利用常规养护显然不行。需要采取补种、插茎、匍匐茎或铺草皮来恢复。

高尔夫草坪质量改进的方法很多，依据高尔夫草坪危害程度，可分为高尔夫草坪修补和高尔夫草坪重建两个方法。

1. 高尔夫草坪修补

对局部一些因管理不当或遭到意外事故而发生损坏性的高尔夫草坪进行恢复性生长处理的一种养护技术。

恢复性生长处理养护技术通常适用于果岭修剪错误引起边缘缺草、错误使用农药

和肥料造成的药害和烧伤、连续大雨造成积水而死亡、不当养护引起的过度磨损、机械错误操作漏油引起烧伤、击球和球落草坪疤痕、高尔夫球车使用不当造成损伤等。

2. 高尔夫草坪修补方法

(1) 补播 补播过程为：用小型耙将表面耙松，然后撒上种子；再轻轻耙磨；为加速生长，应适当拌肥、消毒、覆盖等播种处理。此种方法常见于北方高尔夫草坪修补。

(2) 铺草皮 利用铺草皮来修补高尔夫草坪的具体过程是：标出受害地块；利用平铲去掉受害部分；翻土、施肥；耙平坪床；铺新草皮；镇压或滚压；铺沙、浇水。

果岭新铺草皮应稍低于旧草坪 0.3cm，这样可避免等高或过高后的齐根剪。新草皮铺完后，每天覆沙 1 次，保护新生芽直至与旧草坪等高为止。此种方法常见于南方高尔夫草坪修补。

7.6.3 高尔夫草坪重建

高尔夫草坪盖度不足 50%且出现难以控制的杂草、病害应考虑重建草坪。重建有 4 种方法：全部重建、改建、完全更新和部分更新。

1. 全部重建

全部重建的过程为：先用草甘膦杀灭场地所有植物，然后进行土壤耕作、耙碎、播种或铺设草皮、草胚、匍匐茎或根状茎等。种子建坪需覆盖，最后在草坪未建立起来前，保持适当水分（有关详细过程参阅第 3 章有关部分）。

2. 改建

沙质土壤生长层太浅、土壤质地太黏或者过于沙性，导致排水不良或持水性不好，难以生长高质草坪。需要考虑改建（改建详细过程参看第 3 章有关部分）。

3. 完全更新

完全更新主要内容是：先用草甘膦杀来场地所有植物。喷药液 7 天后，用疏草机耙出芜枝层，然后用播种机开沟播种或用插植机栽植匍匐茎。繁殖材料与土壤充分接触，距离 7.6cm，最后拖平。完全更新不需翻耕土壤。比重建、改建节省费用，但效果不如重建、改建好。

4. 部分更新

在许多情况下高尔夫草坪植物群体存在衰退现象，通过补播种子或补栽匍匐茎处理能在短时间内恢复原有质量。换句话说，如果大面积覆盖的是草坪植物，只是局部出现草坪退化，采用部分更新就是最好的恢复方法。

部分更新是指在不破坏原有高尔夫草坪植被的情况下，在其上再播种或再种植。在高尔夫草坪稀疏的地方，可用机械或手工播种或栽匍匐茎或小草坯。

在更新前，应该剪低高尔夫草坪植物，然后用圆盘播种机械或匍匐栽植机把种子或匍匐茎节置入稀薄的高尔夫草坪中。圆盘播种机广泛应用于更新，因为它能直接将种子播进土壤。正如前述，种子必须接触土壤才能保证发芽。

如果没有更新机械可供使用，应进行 5、6 次打孔耕作，或者用疏草机垂直切割几次；或打孔耕作之后，再进行垂直切割效果更佳。原因是该作业能扩大种子与土壤的接触面积，提高发芽率。

种子播种时的播量一般要高于正常量的 5 倍。如用插枝，最好用手将其插入穴孔

或小沟里。在播种或栽植匍匐茎后，需轻轻镇压，以便同土壤紧密接触。如果可能，也可在其上面进行加土铺沙，并需适时浇水。当新芽长出后要及时施肥等项管理工作，直到高尔夫草坪完全恢复到正常状态。

更新或重建时间，冷季型高尔夫草坪最好时间是晚夏或早秋，暖季型草主要在春季或夏初补种。

7.6.4 冬季补播

冬季补播是针对暖季型草冬季期间寒冷休眠，不能提供如同其他季节一样的草坪质量而进行的一项特殊作业。

冬季补播的原理主要依据冷季型草和暖季型对时空冷暖的耐受而设计的。冷季型草在南方冬季生长旺盛。利用这一点可解决暖季型草冬季死亡不能提供绿期的缺陷。当冬季过去，春季到来之际，随着气温的回升，有利于暖季高尔夫草坪生长时，冷季型草因难耐酷热则渐渐消失。过渡带高尔夫球场广泛利用这一原理来解决果岭、梯区及球道的冬季绿期问题。

1. 冬季补播的草种条件

价格低，发芽快，成坪迅速。经过许多研究，意大利黑麦草、多年生黑麦草、草地早熟禾符合上述条件，目前使用也很普遍。

2. 补播时间

补播太早，易发生原有高尔夫草坪同补播草的竞争问题。补播太迟，也易产生地温低，种子发芽慢的问题。实践中补播通常在第1次预期的酷霜前20~30天进行。也可测定土壤温度来决定补播时期。一般是10cm处的温度在21℃时或者中午气温稳定在21℃以下时进行补播效果最好。

3. 补播方法

芫枝层太厚的草坪，播后种子发芽和幼苗生长都很困难。补播时首要按几个方向进行垂直异位疏草清除芫枝层，然后低剪和撒播种子，再用耙或金属拉网将种子耙进高尔夫草坪中。为了促进种子迅速萌发可在表层铺一层沙子，经常浇灌，直到新草长出。播前用杀菌剂处理种子。

James B. Beard (1982) 提出的冬季补播方法为：多个方向垂直切割，切割深度至少6mm；移取高尔夫场地7.6mm，不能少于6.4mm直到种子完全长好，这个时间大约是2个月，草坪碎片种前1周进行；如需可使用杀真菌剂；播种、少量覆沙、覆盖、浇水并保持潮湿；修剪高度应保持在星期或种子开始分蘖，修剪应尽量少，不要移取草末，会带走种子，果岭表面保持干燥或中等水分最好；2~3周后少量施肥；人流量会损害种子发芽，可按9洞轮流播种，或播后关闭2~3周，特别是渗透不好，应高量播种。另外一些在播后可立即打球。每天移动洞杯应尽可能分配均匀，以防践踏造成高尔夫草坪受损。春季到来后应在春初多方向和多次垂直切割。

当春季温度回升时，补播的禾草逐渐死亡，多年生草开始返青。为了促进高尔夫草坪草迅速恢复原状，应采用超低剪、划破方法促使冷季型高尔夫草坪尽快消失。补播草种黑麦草比较耐高温，一般在30℃时才会逐渐死亡。但其根茎浅，如在2月中旬或底反复低剪，会很快消失。早熟禾不耐高温，温度超过25℃后会很快消失。但实践中常见的现象是黑麦草5~6月仍在生长，原草种因受黑麦草的影响生长不旺盛，

出现严重的蘑菇菌使得沙质土壤变得异常坚硬。原因是在原草坪恢复前未能反复低剪之故。早熟禾不耐高温容易消除，但应防止其反复抽穗结实现象，否则其害无穷。

为降低补播成本，冬季期间可喷洒绿色剂来解决绿色问题。这种颜料能使休眠草变为受欢迎的颜色，但必须使用恰当，否则会伤害草坪并出现高尔夫球染色问题。春季草坪返青时应及早剪去喷色草坪。

7.6.5 修补球疤

当球击落到草坪时，旋转的球可能插进高尔夫草坪中或掀起小块草皮，这些凹陷称之为球疤。球对果岭草坪的破坏比球道草坪严重，尤以3杆洞果岭遭害更重。通常来说，球疤处的草坪因受球旋转力的震伤而死亡，雨天或潮湿地面击球时造成的杀伤力更大，表现出很大、很深的球疤。“平滑、适密、匀整、翠绿”是击球质量的重要保障，为此，进行果岭疤痕修补是维持运动进行的繁复作业。修补球疤实际上很简单，即用果岭球疤专用维修工具或小刀等，先在球疤中央打一个小洞，然后将小洞四周的正常草推向伤处，并用脚小心地将草坪弄平实，然后覆沙即可。

类似地如其他破坏行为、意外灾害等造成高尔夫草坪严重破坏时，如果影响到击球质量，不能坐等自然恢复原状，无论何时，只要可能，都要立即更换被伤害的草坪。枯死的草坪可用小刀或草皮切割机从受害区域移走并补上茁壮的草块。很多高尔夫球场都备有草圃，即用于繁殖和更换果岭和开球区及球道损伤处的草坪。

7.7 高尔夫球场其他区域特殊作业

高尔夫草坪科学认为：从草坪角度整个球场包括4个部分，即果岭区、梯区、球道区和高草区草坪。但从竞技角度讲，高草区属于障碍区的一部分，障碍区还包括沙池、水。由于各区因竞技要求不同，需要不同的养护量。前已讨论了果岭区、梯区和球道区养护问题，现讨论高草区、果岭环圈、果岭护围、沙池的养护问题。

7.7.1 高草区特殊作业

位于或环绕每个球洞包括果岭、梯、球道短草区的区域称为高草区。高草区主要的作用是用做惩罚（Michael J. Hurdzan, 1996）。惩罚的轻重依赖于草种、留草高度、肥料水平、灌溉和杂草数量（James B. Beard, 1982）。18洞高草区的变化依赖于设计和保养费用。如果1个球场总面积为40~60hm²的话，高草区的面积则为16~36hm²。如果实施轮廓修剪，高草区的面积则更少。欧美有些球场又将高草区分为初级和次级。连接在短草区相邻部分，留茬高度稍高于短草区的高草区为初级高草区。初级高草区中随机散植树木。初级长草区外围为留茬高度更高的密闭灌木、树木，称为次级高草区。

高草区除具一定惩罚能力外，还起到控制土壤侵蚀的作用。国外球场高草区与我国不同，它们经常选择抗逆性强、保养少、密度大的直立茎高草。

高草区养护作业量相对较少。初级高草区留茬高度为3.8~10cm，次级为3.8~5cm。初级修剪频率为1次/7~14天，次级不修剪。初级施氮量90kg/hm²/年或45kg/hm²/年，施磷量45kg/hm²/年，施钾量45kg/hm²/年（James B. Beard, 1982），不经常灌溉。

7.7.2 环圈和护围特殊作业

环圈（领带）环绕着果岭。宽度由果岭大小、修剪机修剪宽度、果岭外围轮廓和

会员意愿等决定。一般宽度为 1~3 个修剪机割幅左右或 0.9~1.5m 左右。其他所有条件均与果岭同。环圈保养和果岭区一样。环圈修剪高度与果岭区不同,通常为 1.0~0.9cm。护围在环圈的外边,保养较少,其管护水平类似于球道。

领带靠近沙坑容易堆积沙。主要由沙坑爆炸式击球引起。天长日久会抬高领带高度。在国外常通过每 5~10 年更换 1 次新草坪来解决。但也可通过人工来疏理,否则沙会逐渐侵入果岭。

7.7.3 沙坑特殊作业

沙坑起源纯属于自然环境的自发行为。早期沙坑的形成并非由于人为的设计和计算,而是来自于野生动物与气候环境的共同作用。早期沙坑的外貌也是这种自发力量造成的结果。不是人类预先设计和构思的结果。在早期,沙坑作为球场的一部分,毫无疑问是一个能够被规避的惩罚性障碍。

沙坑被正式用于球场的设计范畴应追溯到 16 世纪初。早期 Links 球场的沙坑虽推断为动物所为,但球场分化为内陆型后仍保持沙坑的特性,Cornish 和 Whitten 认为这种情况的出现是为了延续苏格兰 Links 球场的风貌和传统,它象征球场的起源地是海边沙滩。球员都知道沙子与高尔夫球场的关系。事实上,世界上的球场也很少没有沙坑而设计成功。

19 世纪末,英国高尔夫从沙滩转入内陆。当时大批新球场的设计复制了沙滩球场的结构。沙坑设计的位置也是随机的。早期设计师为满足惩罚,一些球场沙坑数量甚至高达 300 个以上。1970 年后,这种惩罚设计一度非常流行和活跃。沙坑大小从几平方米的壶形到占地六千多平方米甚至整个球道的大片沙地沙坑。

随着 1960 年沙坑机械耙和推土机的出现,沙坑开始向大型化发展。大型沙坑更易机械耙和推土机保养和建造。当然,沙坑的数量、大小和形状依赖于设计师的概念和沙坑的保养性、场地特性如土地可利用性、地形、自然植被的数量等的要求和限制。

沙坑的面积一般是 140~372m²,在较少的球道上最大可达 2 323m²(James B. Beard, 1982),而最小的沙坑为数平方米,甚至球员难以站稳。18 洞的沙坑数量过去 20 年间由于保养的因素已大大减少,今天一个球场为 40~80 个沙坑。

沙坑的由沙坑斜坡面、沙坑底面、沙坑边沿、沙坑后面和沙坑前面(与果岭相邻)组成(图 7-5)。



图 7-5 高尔夫球场沙坑造型及结构

从保养的观点看,果岭沙坑应建在离果岭推球面 3~3.7m 的地方。这种空间可方

便大型剪草机作业和避免沙坑沙冲上果岭。

果岭沙坑沙层厚度至少应是 15cm，但需注意添沙以防损失。球道沙坑的厚度比果岭更浅。

正确的选择沙粒大小和比例对打球和保养都是十分重要的。这种过程应建立在物理分析的基础上。理想的沙粒大小和比例必须要通过 16~60 目筛子，其中 75% 的沙应该为 0.25~0.5mm 的中沙（表 7-2）。选择的沙子应防止外部杂物如淤泥和黏土混入，这些物质易引起沙子凝固、板结、杂草侵入。

表 7-2 美国高尔夫球协会 TEXAS 州土壤物理分析实验室沙坑沙规格标准

筛目	沙径 (mm)	筛目	沙径 (mm)	筛目	沙径 (mm)
4	4.76	7	2.83	35	0.42
5	4.00	8	2.38	42	0.35
6	3.36	9	2.00	48	0.30
7	2.83	10	1.68	60	0.25
8	2.38	12	1.41	65	0.21
9	2.00	14	1.19	80	0.18
10	1.68	16	1.00	100	0.15
12	1.41	20	0.84	115	0.13
14	1.19	24	0.71	150	0.11
5	4.00	28	0.59		
6	3.36	32	0.50		

注：美国标准实验材料（筛目）或沙径中 16~60 为沙坑使用沙范围，48~60 为明显的带角沙，16~150 为果岭沙，16~32 为粗沙，32~60 为中沙，60~150 为细沙。在果岭沙中最理想的沙是含有 75% 的中沙。

沙池需要进行大量的管护。其边缘必须保持整齐和良好的界限，可用手工和专用机具动力切边器完成。临近沙池的草坪，通常必须用步行式旋转剪草机剪割。蔓延到沙坑里的杂草，可用化学药物防治，也可用锄除去或用人工拔除。沙地里的沙子可用耙或耙沙机耙平和耙松。

7.7.4 洞杯更换作业

洞杯的位置应定期移动，称为洞杯变更。洞杯由金属或塑料制成的。洞杯位置不进行定期移动，洞穴周围高尔夫草坪将变坏。移动洞杯能增加赛事刺激和竞争性。洞杯变更次数的多少应根据人流量和草坪表现来决定。一般来说，洞杯每天变更一次。新的位置一定要选择“平滑、适密、匀整、翠绿”的地方，而且距环圈边缘至少 4.6m，并且应远离原来的位置。以便使原来的草坪尽快恢复生长。

洞杯挖掘器，类似于桩洞挖掘器。用来挖掘新的球穴。球穴可用拉套器或钩将洞杯从老洞中取出。用洞杯挖掘器挖新穴，将挖出的楔形草块放入老穴并塞实。注意楔形草块要与果岭区表面持平，否则会造成凹凸不平。用穴套调节器可把穴套放进新的洞穴里，脚踩调节器将穴套压入穴里，并嵌入恰当的深度。穴套的顶部应在击球面以下 2.5cm 处。有些果岭区工作人员随身携带一个洒水壶浇灌楔形草块，可防止变干。

第8章 高尔夫草坪保护科学

高尔夫球场的草坪属于高度人工化的生态群落,受人为扰动很重,由于构成草坪的草种单一,因而草坪群落的稳定性不高,特别容易招惹病虫害、杂草的侵入。在高尔夫球场各种养护作业中,草坪病虫害、杂草防治是球场管理的重要环节。草坪病虫害、杂草以其较高的竞争性和多样性的传播定植方式在高尔夫球场草坪中不断的竞争和发展。草坪病虫害、杂草对高尔夫球场危害主要是影响了正常竞技和市场核心竞争力。高尔夫球场因面积大、地形复杂、草坪病虫害和杂草传播途径多等问题给防治工作造成很大的难度,已成为制约高尔夫球场草坪管理质量提高的一个重要因素。近年来,随着环境的日趋复杂化,管护高质高尔夫草坪的不利因素日趋严重。高尔夫球场每年为此投入大量的费用还只能停留在较低的控制水平上,而对高尔夫球场草坪病虫害、杂草的防治效果并不理想,有些球场因专业技术人员知识缺乏所造成的高害管理不但损坏了草坪,甚至因农药使用不当问题引发了区域环境污染。

正确诊断病虫害、杂草种类、识别危害规律和合理使用草坪保护剂是提高高尔夫草坪质量、节约养护费用、减少环境污染的重要技术保证。

高尔夫草坪保护科学包括保护剂的分类、有害生物特征及活动规律、诊断技术和有效防治技术等。

8.1 高尔夫草坪保护科学理论

引起高尔夫草坪退化的有害生物主要为有害昆虫、病原物及杂草。而对引起高尔夫草坪品质、使用功能等方面明显退化的有害生物进行强制灭杀的过程称为高尔夫草坪保护。

高尔夫草坪保护依据草坪有害生物种类、活动规律、栖居地环境等诸多因素的变化和差异来完成或实现对有害生物的灭杀和抑制。高尔夫草坪检疫法、建坪防治法、生物防治、物理防治法和化学防治法是完成灭杀和抑制工作的主要技术手段,其中,化学防治法应用最广,其他方法作为辅助手段。本节将重点讨论高尔夫草坪化学保护的基本防治原理。

8.1.1 草坪化学防治概念及特征

利用化学药剂消灭有害生物的过程即为草坪化学防治。优点是作用快、效果好、简单方便、经济有效、适于机械化及受限小等;缺点是污染环境、引起人畜中毒、造成公害、植物药害、杀死天敌、破坏生态平衡及有害生物产生抗药性等。

8.1.2 化学防治剂分类

根据农药的成分来源:无机农药和有机农药;根据防治对象:杀虫剂、杀线虫剂、杀菌剂、杀螨剂等。根据作用方式:触杀剂、胃毒剂、内吸剂、熏蒸剂、拒食剂、性诱剂和不育剂等。

8.1.3 农药剂型

药厂生产出来未经加工的农药称为原药,固体原药称为原粉,液体原药称为原油。大多数原药不能直接使用,需加工成不同类型的商品农药。原药加工成一定规格要求

的药剂形态称为农药剂型。农药剂型对改善药剂性能、降低药害、提高药效、保障安全等到起着重要作用。常用高尔夫草坪农药剂型主要有粉剂、乳油、油雾剂、颗粒剂、可湿性粉剂等。

8.1.4 农药使用方法

1. 喷雾法

通过喷雾器或大型洒药车将药液雾化,均匀地喷洒地高尔夫草坪植物上,直接杀灭有害生物发生。这是高尔夫球场目前最主要的有害生物灭杀方法之一。

2. 撒毒土

杀虫剂混入一定量的土壤中,然后撒入打孔作业后的高尔夫草坪上或在建坪初期进行土壤消毒处理。

3. 灌根

药液与水配合后,均匀地浇灌在打孔后的果岭上使其下渗到地下害虫栖居处。这是高尔夫球场防治地下害虫常用方法之一。

4. 毒饵法

将害虫喜食的饵料与具有胃毒作用的农药混合,撒在地面或害虫经常出没的地方以防治害虫。

8.1.5 农药毒性

农药对高等动物引起毒害的特性称为毒性。农药毒性的大小常用半致死量来表示。所谓半致死量是指引起供试动物半数死亡时所需的药剂剂量,常用 LD_{50} 表示。单位是 mg/kg 。致死量越小,毒性越大;反之毒性越小。根据 LD_{50} 大小,杀虫剂毒性可分为6级:即特剧毒, LD_{50} , $1\sim 5mg/kg$, 如久效磷、甲胺磷等;高毒, LD_{50} , $50\sim 100 mg/kg$, 如敌敌畏、氧化乐果等;中毒, LD_{50} , $100\sim 500 mg/kg$, 如乐果、杀虫脒等;低毒, LD_{50} , $500\sim 5000 mg/kg$, 如敌百虫、锌硫磷;微毒, LD_{50} , 大于等于 $5000 mg/kg$ 以上, 如托布津、灭菌丹。

农药毒性可分为急性、亚急性和慢性毒性3种。急性毒性是指一次接触或摄食一定量杀虫剂或其他农药后,短期内出现中毒症状。亚急性毒性是指一次接触或摄食一定量农药后经较长时间后,大约是2~3个月引起中毒症状。慢性毒性是指长期大约是1~3年接触或摄食稳定性脂溶性杀虫剂,造成体内积累所引起中毒症状。慢性中毒也就是残留毒性,可由污染环境通过食物链进行生物浓集,引起的生物致变。

8.1.6 农药混用原则

两种或两种以上农药科学的混合使用,不但能提高药效,防止病虫产生抗药性,而且也可以兼治多种病虫害、杂草,节省费用。然而,并非所有农药都能混合使用,有的农药混合后发生变化会降低药效,造成浪费。因此,农药混合使用必须遵守一定原则。

1. 稳定原则

农药混合后,不应发生降低药效的理化变化,如果混合后,发生沉淀或破坏乳化剂的现象,则不应混合。如波尔多液不能与硫合剂混合;有机磷杀虫剂如敌敌畏与拉硫磷等不能与碱性农药混合。

2. 无害原则

农药混合后,对高尔夫草坪草无药害,否则不能混合。一般来说,两种药剂混合后,改变了药剂对高尔夫草坪表面的渗透性,增加了药剂的溶解度,容易出现药害。

3. 高效原则

农药混合后,只能提高药效,不能降低药效。否则,不能混合使用。实践中,农药混合后能提高药效的混合剂很多。例如多菌灵与福灵双,多菌灵与灭菌丹,乙磷铝与灭菌丹,敌百虫与敌敌畏等(表8-1)。

表8-1 高尔夫草坪常用农药混和使用表

双向交叉混合	石 流 合 剂	波 尔 多 液	石 灰 铜	硫 酸 铜 硫 磺	可 湿 性 硫 磺	敌 锈 钠 杀 菌 剂 ①	有 机 硫 杀 菌 剂 ①	退 菌 特	多 菌 灵	百 菌 清	托 布 津	有 机 磷 I 类 ②	有 机 磷 II 类 ③	西 维 因	杀 虫 脒 ④	杀 菌 剂 ⑤	细 菌 杀 虫 剂 ⑥	有 机 氯 杀 虫 剂 ⑥	肥 皂
洗衣粉	—	+	—	+	—	+	—	—	+	⊙	—	+	⊙	+	+	+	+	+	—
肥皂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	⊙	—	—	—	—	—	—	⊙
有机氯杀虫剂	⊙	⊙	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
细菌杀虫剂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—
杀螨剂	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
杀虫脒	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
西维因	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
有机磷II类	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
有机磷I类	⊙	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
托布津	—	—	—	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
百菌清	—	—	—	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
多菌灵	—	—	—	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
退菌特	—	—	—	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
有机硫杀菌剂	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
敌锈钠	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
可湿性硫磺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
硫酸铜	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
石灰	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
波尔多液	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注: 符号说明: +可以混合; —不能混合; ⊙随配随用, 有时需略提高浓度, 以保证药效; ①有机硫杀菌剂: 有代森锌、代森铵、福美锌、灭菌丹等; ②有机磷I类: 在碱性中较稳定, 如敌百虫、二嗪农等; ③有机磷II类: 在碱性中易分解, 如敌敌畏、乐果、马拉硫磷等; ④杀菌类: 有螨卵酯、TDN 等; ⑤细菌杀虫剂: 有青虫菌、杀螟杆菌; ⑥有机氯杀虫剂: 有灭蚁灵等。

8.1.7 农药使用原则

农药对有害生物的防治效果称为药效。农药对高尔夫草坪的不良影响称为药害。药害可分为急性和慢性药害2种。急性药害表现为斑点、变黄、变形、枯焦、萎蔫。慢性药害表现为生长发育缓慢。

合理科学地使用农药是提高药效、避免药害、防止中毒的根本方法。长期连续使用单一农药,易造成有害生物对农药的适应性,降低药效,这种现象称这有害生物的抗药性。克服抗药性的方法主要采用农药轮换使用、交替使用、混合使用以及综合防治等手段。同时,也必须遵守一定原则。

1. 适时原则

在有害生物发生的薄弱环节进行施药,效果最好。如鳞翅目的幼虫三龄前施药,杂草在苗期施药,病害在孢子散飞期施药等。

2. 对症原则

各种农药都有一定的防治对象范围。根据防治对象使用适当农药,才能收到理想的防治效果。如防治蚜虫等刺吸式口器的害虫,可选用内吸杀虫剂最为理想;防治一年生浅根性杂草,选用除草醚效果好。

3. 准确原则

包括农药浓度、药量和次数。它是提高药效、降低成本的一个重要因素。如果用药浓度过高,药量过大,次数过多,虽然药效高,但造成浪费,还易产生抗药性,出现药害和污染环境等不良后果;反之,浓度太低达不到防治目的。因此,用药时要做到最低有效浓度和最少有效次数。

4. 安全原则

农药中毒现象大多由误食、滥用以及使用不当等造成。为了避免中毒,必须严格按照使用说明书进行。

8.1.8 农药稀释方法

1. 农药浓度表示方法

百分浓度即一百份药液中含纯药的份数,用符号%表示;百万分浓度即一百万份药液中含纯药的份数用符号ppm表示;倍比浓度即药液中稀释剂的量为商品农药量的倍数。若是稀释一百倍以下,稀释剂要扣除原农药所占的一份;若稀释一百倍以上,稀释剂不扣除原农药所占的一份。

2. 农药浓度换算

(1) 百分浓度与百万分浓度间的换算

百万分浓度(ppm) = 10 000 × 百分浓度

百分浓度(%) = (原药液浓度/稀释倍数) × 100

(2) 农药稀释换算 稀释液浓度 × 稀释液重量 = 原药浓度 × 原药重量

(3) 稀释倍数换算 稀释倍数 = 原药剂浓度/稀释液浓度

8.2 高尔夫草坪虫害防治理论与技术

8.2.1 高尔夫草坪害虫基本特征

昆虫是陆地上分布最多的动物之一。大部分昆虫能传播花粉,分解有机物和进行

某些生产活动。一般称这些昆虫为益虫。然而其他一部分则起相反的作用为害虫。害虫通常以高尔夫草坪植物根、茎、叶为食料，吮吸汁液、咬断草坪根系、顶起土包和破坏果岭竞技平面，受害草坪经常出现大片秃斑，重则造成高尔夫草坪死亡、引起高尔夫草坪质量严重退化。

完全发育成熟的昆虫有头、胸、腹和三对足构成身体的完整部分。

昆虫的繁殖史是这样的：首先雌雄虫相互交配将卵产在长草区。卵孵化后形成幼虫并开始危害高尔夫草坪。随着幼虫的生长，必须定期脱落外壳，否则会限制生长，然后形成新的外壳。这种过程叫做蜕皮。两次蜕皮之间的时期称为龄期。卵孵化形成的幼虫为第一龄期。随着生长，幼虫蜕皮进入第一龄期并继续进食和蜕皮，直到变为成虫。成虫之后又开始新一代繁殖和生长过程。据研究，有的害虫一年可繁 6~7 代，但有的 3 年才完成一代。

昆虫在完成生命周期的过程中有一些可以看到有几个明显的外部形态变化过程，这种过程称为变态。变态有 2 种。一种为完全变态如金龟子、蛾、蝇等。这些昆虫生命周期有 4 个重要阶段即：卵、幼虫、蛹、成虫；另外一种为不完全变态如长蝽、蝼蛄、蝗虫和蚜虫等。不完全变态的昆虫其生命周期只有 3 个阶段：即卵、若虫、成虫。所谓不完全变态即若虫与成虫在外形上很相似，在生长过程中外形变化不太明显。

以高尔夫草坪草为食料的害虫有两类进食口器，一种是咀嚼式口器如蛴螬、毛虫等；另外是刺吸式口器如长蝽、介壳虫和蚜虫等。两类进食口器均能对高尔夫草坪草产生伤害。

有害昆虫对高尔夫草坪伤害的程度取决于害虫的虫口密度。虫口密度受诸多因素的影响，如害虫的种类、水分、温度及食料等。

几乎所有地区的害虫均以休眠态越冬。当秋季来临时，由于温度下降昆虫停止进食。春季气温回升时又开始活动和危害高尔夫草坪。一般来讲，南方害虫活动越冬时间短，危害期长；北方相对较长，危害时间短。

8.2.2 高尔夫场地不同功能区地下害虫虫口密度和迁移规律

高尔夫草坪地下害虫主要以蛴螬、地老虎、蝼蛄为主。他们嚼食草根，造成草坪死亡。其中蛴螬危害最大，最难防治。其数量、迁移受许多因素影响，如雨季、地形、草质等。亚热带地区雨季球道区高地（长草和短草高地）蛴螬密度是旱季的近 1 倍，是雨季凹地的数倍，雨季凹地（长草凹地和短草凹地）虫口密度与此正好相反。旱雨季高水平养护区（短草高地和短草凹地）虫口密度分别略高于粗养护区。果岭区蛴螬虫口密度较为复杂。边缘区虫口密度占整个虫口密度的 90%，中央区数量很少。旱季球道区蛴螬主要分布于地下较深土壤中（5~11cm），雨季向地表位移（2~5cm），其中长草高地和短草高地年均入土较深，长草凹地和短草凹地入土较浅；果岭区域发生显著的蛴螬迁移，且被证明是一种由外至内的无序行为，能被隔离措施完全阻隔。果岭区蛴螬年均入土深度为球道区 1/2 左右，周年在 0.3~7cm 土层活动，9~10 月接近地表（马宗仁，2004）。

亚热带高尔夫球道和果岭区草坪主要蛴螬种类为铜绿丽金龟、华南大黑鳃金龟、大绿金龟和浅棕鳃金龟。在垂直空间分布上，4 种蛴螬主要活动于食源丰富的上中层土壤空间（0~5cm，5~10cm），少数出现于球道部分区域的 10~15cm 活动和取食，

4 种蛴螬几乎不在果岭 10~15cm 土层中取食（马宗仁，2004）。

8.2.3 高尔夫球场果岭边缘蛴螬集聚理论

高尔夫球场果岭区地下蛴螬危害草坪长期以来一直认为具有整体性特征，防治地下害虫针对整个果岭区域进行，并带来高害管理和严重环境污染。昆虫生态学认为，在昆虫繁殖过程中对后代的处理存在着趋利避害的特征。在金龟子产卵季节对产卵地域具有很强的选择性。长期观察（马宗仁，2000）金龟子嗜喜低洼、高草、食源丰富、湿润和遮荫环境。高尔夫球场不同功能区经同比分析，显然果岭梯符合上述趋利避害的选择特征。但由于养护遗漏操作和区域区别对待，实际上产于果岭中央的虫卵因不利生存环境而大部分死亡，也因果岭区草根细嫩吸引大批外围幼虫不断蜂入。

马宗仁（1999，2004，2004）连续研究了高尔夫球场不同功能区，特别是果岭区域蛴螬活动规律后，发现地下害虫蛴螬危害果岭具有典型的区隔化特征，即蛴螬在果岭的分布具有集聚性，因而果岭草坪受损严重限制在部分区域内。据此，马宗仁等提出了果岭边缘蛴螬集聚理论。其主要内容为：果岭地下害虫蛴螬活动规律存在着分布区隔。区隔集聚的害虫高密度位于领带和果岭边缘区域，占整个蛴螬密度的 80~90%；果岭区域发生显著的蛴螬迁移且被证明是一种由外至内的无序行为。果岭区蛴螬年均入土深度为球道区 1/2 左右，周年在 0.3~7cm 土层活动，9~10 月接近地表；果岭边缘蛴螬无序侵入行为能被物理隔离措施或高密度化学药物完全阻隔；果岭边缘蛴螬集聚效应与金龟子趋利避害生态学特征和人为养护作业呈密切正相关；防治果岭蛴螬的关键是针对领带、护围和果岭内边缘打孔施药。

8.2.4 高尔夫球场草坪重要害虫

1. 蛴螬

金龟子或甲虫的幼虫，在土壤中生活。以高尔夫草坪草根为食料，充分发育的幼虫依种不同，长 1.3~3.8cm 不等。足白，头呈棕色坚硬，足 3 对。通常在土壤中蜷缩为镰刀状。

根据我国南北气候差异，甲虫生活史最短的为 1 年，最长的需 2~4 年。如赤脚铜绿金龟年发生一代，以幼虫越冬，成虫出现于每年 5~11 月间，盛期则为 6~8 月，雌雄交配后，雌成虫在高尔夫草坪土壤中产卵并孵化幼虫，开始进食草坪根系，此后蛴螬蜕皮长大。当秋季土壤温度转低时，停止进食并在土壤深层越冬。春季土壤温度转暖，蛴螬向上移动至土壤表层重新恢复进食。随着蜕皮长大，进入化蛹阶段，5 月后化蛹完成，成虫出土并开始交配产卵，进入新的生命周期。

水分条件对蛴螬虫口有很大的影响。当土壤过干时，许多虫卵脱水死亡。连续干旱的地方，通常蛴螬可减少到最低限度。不过土壤过湿，如大雨季节也会对蛴螬生存不利。蛴螬因忍受不了淹水而纷纷爬出地面。

蛴螬成虫以乔灌木叶子为食料。蛴螬的口器为咀嚼式。它可对高尔夫草坪草根产生大面积的危害。每 1m² 若有 30 头蛴螬就能严重地伤害高尔夫草坪。当高尔夫草坪草根遭到蛴螬严重伤害时，植株枯萎变黄或棕色，最后死去。受害后和临近死亡的高尔夫草坪呈现不规则的斑秃。蛴螬危害高尔夫草坪后，高尔夫草坪草很容易从土壤中拔出来。

一般来说，春季 4~5 月，秋季 9~10 月是蛴螬危害盛期。黑绒金龟是高尔夫球

场另外一类已知的食根性害虫。这类害虫广布于中国各地。在中国南方的高尔夫球场发现此类金龟子约 3~4 种,成虫一般在 1~3cm 左右。此类成虫在草坪中或附近的保护区越冬。春季雌成虫在草坪基部产卵和孵化。幼虫首先进食草坪茎叶,然后咬食根茎,最后蛴螬转入地下危害根和根状茎,春末或夏末、早秋陆续成蛹。此后成虫陆续出土,通常 1 年只一代,最多不超过二代。

2. 蝼蛄

蝼蛄是一种蟋蟀,它生活在土壤中,以草根、匍匐茎、根状茎、昆虫和蚯蚓为食料。它是全国各地危害高尔夫草坪的一种重要害虫。

蝼蛄淡棕色,被覆柔毛,具有锹状的短足。善于在土壤中挖土打孔。成虫长约 3.8cm,经历不完全变态,故称若虫。春季蝼蛄在土壤中打孔产卵,若虫在秋季变为成虫,每年一代。蝼蛄在土壤中打孔时,蝼蛄在土壤中打孔时,草坪会很快枯萎干死,甚至植株会连根拔起并造成高低不平的土丘现象,严重影响草坪竞技表面。

3. 叩头虫

叩头虫亦称金针虫。细长、体长光泽、硬壳、色淡黄至深棕色。成虫大约长 1.3~1.5cm。

金针虫栖居于土壤中以根为食,且喜低洼潮湿生境。由于其数量较少很难达到危害高尔夫草坪的虫口密度。

4. 地珠

地珠属于一种介壳虫,形呈球形,直径约为 3mm,类似珍珠,刺吸式口器,吮吸高尔夫草坪草根系的汁液。它们用针状的口器穿透组织,然后寄生于根系上。

5. 长蝽

长蝽是危害高尔夫草坪最严重的一种地上害虫。北方通常为一代,南方代数依温度而定,通常为五至七代。长蝽具刺吸式口器。刺吸幼嫩枝叶,危害高尔夫草坪,往往使高尔夫草坪枯萎退绿。

长蝽喜居向阳处,叶鞘、匍匐枝、枯草层是长蝽产卵最理想的场所。草坪每 2 000/m² 多长蝽非常普通。夏季干旱时期危害最为明显。干旱造成高尔夫草坪枯黄与长蝽引起的草枯黄相差无几。因此,当夏季高尔夫草坪出现可疑黄色斑块时,应分开草层,细心检查土壤表面和茼枝层有无长蝽。当发现长蝽时,应立即施用杀虫剂。早期检查和防治能避免高尔夫草坪受害。然而雨季往往抑制长蝽虫口数量。其原因是梅雨引起真菌剧增。真菌能杀灭长蝽。

6. 蛾类

危害高尔夫草坪的几种蛾类的总称。其幼虫称这毛虫。毛虫因种的不同而有棕色、绿色和灰色等变化。多数身上散布着黑色或暗棕色的圆斑。充分发育的毛虫体长约 1.9cm 左右。这类害虫在中国北方通常一年一至二代;南方则有多代。常以幼虫越冬,翌年春化蛹为成虫。白天成虫隐蔽在障碍区,夜间雌雄交配并在黄昏时飞翔产卵,产卵后进食高尔夫草坪茎叶。

高尔夫草坪毛虫具咀嚼式口器。危害高尔夫草坪程度视虫口密度而定,虫口密度的大小与气候等因素有关。在干旱夏季,高尔夫球场果岭区、梯区、球道更易受害。高尔夫球场经常见到成群的鸟类。这是高尔夫草坪毛虫存在的征兆。应仔细检查棕色

高尔夫草坪斑块，有无咀嚼痕迹、绿色球状虫粪等。因为白天期间毛虫蜷缩在高尔夫草坪中，必须细心检查才能发现。

检测毛虫最简便的一个方法是利用污垢剂。首先将其洒在有可疑症状如棕色高尔夫草坪斑块上，如有毛虫则其忍受不了去垢剂的刺激而纷纷爬出地表。通常采用 2.8L 配 30ml 去垢剂效果最好。

7. 螨类

螨是另一种危害高尔夫草坪的害虫，种类多、体极小、足 4 对，繁殖速度惊人。有些种可在一周内完成生活史，故在短时间内能形成强大的虫口密度，利用刺吸式口器危害高尔夫草坪。初期造成斑痕，类似病斑。如虫口大则引起叶子死亡。

狗牙根高尔夫草坪上有一种专门食狗牙根为生的螨称为狗牙根螨，体极小，肉眼难辨。其危害特征是：最初受害叶片卷曲并变成淡绿色。螨继续进食，叶组织隆起，茎节间变短，叶片呈簇状。

介壳虫、叶蝉、蝗虫、蚜虫、蚂蚁、鼻涕虫、杆蝇及泥蜂等也能危害高尔夫草坪。不过由于各种原因通常不易形成较大的虫口密度。

8.2.5 果岭梯害虫防治技术

1. 打孔灌药

根据果岭梯作业链即可实施防治地上地下害虫。根据果岭边缘昆虫集聚理论（马宗仁，2000）可采用不完全作业链，如打孔+灌药+浇水。而且仅限于果岭边缘、环圈和护围区域。深圳高尔夫球场（1994）多次采用这一理论有效地控制了害虫活动。作业链之后 24h 检查环圈，灭虫率达 80% 以上。果岭边缘经 1 次打孔灌药后，保持无害虫状态或低害状态至少为 1 年（马宗仁，1996）。从防治效果看，亚热带地区高尔夫球场最佳施药时期为每年 7、8、9 月份，这时蛴螬接近地表活动（马宗仁，2004），杀灭效果最好。

2. 疏草施药

高尔夫草坪芜枝层栖居大量虫卵和成虫。清除枯草层是防治虫害最好的方法之一（马宗仁，1996）。清除芜枝层后喷洒农药效果最高。未清除以前喷洒效果较差。因为枯草疏水性的缘故，农药喷洒后不易下渗而失去效果。枯草层清除后应及时烧埋，以免虫害扩散。

3. 分次施药

根据成虫和幼虫的不同生活习性，按照害虫生活史进行分次集中施药是杀灭成虫、减少幼虫的有效手段。分次施药是指对幼虫和成虫不同时间施药的一种防治手段。

幼虫施药时间大约在农药最敏感期，例如，金龟子幼虫施药敏感期一般在 7、8、9 月。其他时间因幼虫长大而产生抗药性，因而效果较差。高尔夫草坪毛虫杀灭的最佳时间是在草坪上方有大量飞翔的蛾类后 1~2 周施药。此前还未孵化出幼虫，杀虫剂对卵无效。如果将幼虫敏感期作为第一次施药的话，第二施药主要是针对成虫而言。虽然有些成虫不食高尔夫草坪，但它们相互交配是引起幼虫增加的原因。因对成虫施药灭杀是减少第一次施药的重要基础。成虫一般都隐蔽在乔、灌木、长草区，可集中人力来集中杀灭。

8.2.6 球道害虫防治技术

球道是高尔夫球场面积最大的区域。18洞高尔夫球场球道总面积为40多 hm^2 。因而它是高尔夫球场最大的管护区域。球道区地上和地下害虫与果岭梯类似,所不同的是球道害虫数量更多,种类更丰富。这是由于球道地形、地势、周围环境多变。

球道害虫防治结合每年疏草、定期撒药等方法控制害虫。球道情况不同,防治应采取特殊与一般、集中与分散相结合的原则进行。特别对那些地势较低、树木较多、池塘较近的球道应给予特殊关注。

球道成虫防治采取在成虫出土后较短时间内围而灭之。在交配季节,一般是在夜晚8点左右,大量成虫聚集于树上时使用高压喷强集中喷药围歼。

利用黑光灯是灭杀成虫最有效的手段之一。所谓黑光灯诱杀法,即采用3600Å紫外线的低压汞气荧光灯诱集灭杀。许多昆虫视觉神经都对波长3300~4000Å的紫外光线特别敏感。黑光灯诱虫效果可达15目,100多科,几百万种。其中大多数为害虫,益虫比例不到5%。

黑光灯的构造由黑灯管及其配件如防雨罩、档虫板、收集器及灯架等组成。一般一盏20w的黑光灯,最低诱集直径以200m计算,有效诱集面积为3公顷左右。一个标准高尔夫球场大约设置15~20个黑光灯就足以控制害虫活动

8.3 高尔夫草坪病害防治理论与技术

高尔夫草坪在生长过程中遭受病原生物的侵袭或不良环境的影响,导致其内部生理、解剖结构和外部形态发生变化,致使草坪组织功能失调,生长发育迟缓甚至死亡,造成草坪竞技价值降低。这种现象称为高尔夫草坪病害。

高尔夫草坪病害是一个持续的病理变化过程。生理、组织和形状不正常的变化表现称病理程序。因此,只有具备了病理程序和竞技价值降低这两个条件才称为高尔夫草坪草病害。

高尔夫草坪发生病变是通过一定的原因才引发的。这种原因称为草坪病原。病原包括生物和非生物2种。生物病原包括真菌、细菌、病害、类菌质体、线虫等。生物病原有侵染过程,称侵染性病害;非生物病原包括营养不适宜、水分失调、温度过高过低和有毒物质积累等。非生物病原病害无侵染过程,称生理性病害。

高尔夫草坪病害研究的对象是侵染性病害,它包括病害发生、发展与流行,病害症状、类型及诊断防治技术等。

8.3.1 侵染性病害的发生、发展与流行

1. 病害发生过程

病害发生过程亦称病害侵染程序或病程。病程分为接触、侵入、潜育和发育4个时期。

(1) 接触期 接触期是病原物侵染寄主的第一个阶段。只有病原物同寄主植物感病部位进行接触,传染才可能发生。接触期长短同病原物种类有关。病毒和类菌质体的接触与侵入同时完成。因而无明显接触期,一般病害的接触期只有几小时,但有些真菌的接触期长达数日。

(2) 侵入期 从病原物萌发侵入寄主体内到寄生关系建立为止的一段时间,称

为侵入期。病原物完成对寄主的侵入需要有侵入的途径和条件。每种病原物只能从一定的途径侵入。病毒和类菌质体从微伤口侵入；细菌从伤口如机械伤口、气孔侵入；真菌除了从伤口和气孔侵入外，还能突破表皮直接侵入。适宜的环境条件如温度、湿度对侵入影响很大。温度能加速侵入速度。湿度则是影响病原物能否侵入的先决条件。因为大多数真菌孢子的萌发与细菌的游动都需要水分存在。

(3) 潜育期 从寄生关系建立开始到外部出现症状为止的一段时间称为潜育期。

潜育期是病原物在寄生主体内扩展和寄主抗扩展斗争时期。寄主抗病性差，病原物就会不断扩展，最后通过寄主表现出症状。

(4) 发病期 从症状出现后的一段时间称为发病期。此时病害症状不断严重化，被害植株逐渐衰弱或死亡。

2. 病害侵染循环

高尔夫草坪病害从一个生长季开始发育到下一个生长季节再度发病的周年消长过程称为侵染循环。侵染循环通常由4个方面组成，即病原物越冬场所、病原物传播途径、初侵染和再侵染。

(1) 病原物越冬场所 病原物越冬期是侵染循环中的薄弱环节。越冬后病原物又是翌年初侵染的来源。因此，在此期间是消灭和防治病害的关键环节。常见的病原物越冬场所包括病株和病残体、种苗和繁殖体、土壤和有机肥料等。

(2) 病原物传播 病原物传播是侵染循环中各环节的联系纽带。病原物只有通过传播，病害才能发生与流行。因此，杜绝病原物的传播对防治病害有极重要的作用。

病原物传播有自然传播与主动传播2种。主动传播作用有限。病原物主要靠自然传播，其传播方式主要有风力传播、雨水传播、动物传播、人为传播。

(3) 初传染和再传染 越冬后的病原物在生长季节中引起的第一次侵染称为初侵染，初染后引起的侵染称为再侵染。一个生长季节再侵染可能发生多次。高尔夫草坪是一次种植，连续培育，长期使用。再侵染发生的次数要远远多于初侵染。根据再侵染的有无分为单病程病害和多病程病害。一个生长季节只有初侵染，而无再侵染的病害称单病程病害。生长季节中有初侵染，也有再侵染的病害称多病程病害。单病程病害防治的是解决初侵染的问题。多病程病害的防治要解决初侵染和再侵染的问题。

3. 病害流行

高尔夫草坪病害在一个地区、一个时期大量发生，猖獗为害，造成高尔夫草坪严重伤害称为病害流行。高尔夫草坪病害流行必须具备3个基本条件：数量多、强致病力病原物。大面积的感染寄生，适宜于病害流行的环境条件。3个条件必须同时存在，缺一不可。但环境条件则是主导因素。高尔夫草坪病害的流行有季节性和年份的变化。一般来说，病害流行有始发、盛发和衰退3个时期，形成曲线型的消长规律。

8.3.2 高尔夫草坪与病原物的关系

1. 病原物寄生性与抗病性

病原物对寄主植物营养的掠夺能力称寄生性。根据寄生性的强弱可把病原物划分成4种类群，即专性寄生物如病毒、霜霉、锈菌、白粉菌等；强寄生物如担子菌、外子囊菌、黑粉菌；弱寄生物如丝核菌、连刀菌、腐霉菌和腐烂病菌等；专性腐生物如蘑菇、马勃和鬼笔。

病原物的致病性即对寄主高尔夫草坪的破坏能力。病原物对寄主的致病作用是多方面的，如掠夺寄主的水分和养分；病原物新陈代谢产生的某些毒素、酶或激素使寄主的生理活动受到影响，组织受到破坏，引起病理变化，这是致病性的主要方面。

病原物寄生性与致病性的关系十分密切。一般来说，寄生性具有致病性，寄生是致病的前提。然而寄生性强的病原物致病性弱如白粉病菌。致病性弱的病原物致病性强如腐烂病菌等。当然有些情况也不完全如此。

2. 高尔夫草坪抗病性与抗病机制

草坪抗病性即指高尔夫草坪对病原物侵袭的抵抗能力。根据高尔夫草坪对病原物抵抗能力的大小分为4种类型：即感病型、耐病型，抗病型和免疫型。

高尔夫草坪抗病机制是一个较为复杂的问题，根据现有的研究结果，高尔夫草坪通过6个方面的抗病过程来完成对病害的抵抗，即避病、耐病和抗侵入、抗扩展、保卫反应、遗传基因。

高尔夫草坪抗病机制虽然很多，然而对某一高尔夫草坪种来说，并非都通过上述6种抗病机制来完成对病害的抑制。因为有些高尔夫草坪本身并不具有抗病基因。因此，应该说高尔夫草坪在抵抗病原物侵袭时，只是动员了其中一部分抗病机制参预抗病。

8.3.3 高尔夫草坪与病原物及环境之间的关系

高尔夫草坪、病原物和环境是病害发生的三要素。病原物对高尔夫草坪具有寄生性和致病性。高尔夫草坪对病原物的寄生与致病性也有抵抗性。两者相互构成了致病与抗病斗争。然而，病原物与高尔夫草坪对外界环境条件都有一定的要求。它们各自都需要一定的生长及发育条件。因此，环境条件既影响寄主的生长发育，同时也影响病原物的消长。当环境条件有利于病原物，而不利于高尔夫草坪时，病害才能发生和发展；反之，当环境条件不利于病原物，而利于高尔夫草坪时，病害就不能发生和发展。为此，防治高尔夫草坪病害必须充分重视环境条件对高尔夫草坪病害发生发展的影响。创造不利于病原物，而有利于高尔夫草坪生长的条件，防止和减轻草坪病害的发生。

8.3.4 高尔夫草坪病害症状和类型

高尔夫草坪染病后的一切不正常表现称为症状。感病高尔夫草坪本身的不正常表现称为病状。感病高尔夫草坪病原物的表现称为病症。凡由真菌、细菌引起的病害，病状与病症都明显。凡由病毒、类菌质体和线虫引起的病害只有病状而无病症。

高尔夫草坪病害的症状可分为病状和病症2部分。症状类型也可分为病状和病症2种类型。

1. 病状类型

(1) 畸形 感病部位细胞体积增大或缩小，表现为全株或部分器官变形，如肿瘤、丛枝、徒长、小叶、矮化、皱缩等。如狗牙根、羊茅、黑麦草和早熟禾的黄斑病能引起此类病变。

(2) 变色型 感病部位细胞色素改变表现异常颜色如花叶、黄化、褪绿等，如狗牙根、匍匐剪股颖、羊茅、黑麦草、早熟禾黄矮病和花叶病等。

(3) 萎蔫型 感病草坪根、茎皮层腐烂或维管束阻塞，破坏了水分的运输而引起

的凋萎现象如青枯、枯萎等。如匍匐翦股颖细菌萎蔫病。

(4) 坏死型 感病部位细胞和组织坏死如腐烂、溃疡、斑点等。斑点如圆斑、角斑、条斑、环斑、网斑、轮纹斑。如狗牙根的网斑和环斑病；叶斑包括颜色如红褐色、铜色、灰色等，如匍匐翦股颖铜斑病、赤斑病。海滨雀稗的赤斑病等。如早熟禾芽腐、根腐、根茎腐烂和越冬禾草的雪腐病。

2. 病症类型

(1) 霉状物 病部产生不同颜色的菌丝层如霜霉、黑霉、烟霉、灰霉、赤霉、青霉、烟霉等。如狗牙根、海滨雀稗的霜霉病。

(2) 粉状物 病部产生各种颜色的粉末如白粉、黑粉、锈粉等。如匍匐翦股颖、狗牙根、羊茅、早熟禾的白粉病所引起的白粉状物，匍匐翦股颖、早熟禾、海滨雀稗、狗牙根在高温高湿季节引发的黑粉状物。狗牙根 5 月期间锈粉病所引起的锈粉状物。

(3) 点粒状物 病部产生黑色或黑褐色小粒点如分生孢子器和子囊壳等。如温带地区禾草草坪炭疽病产生的黑色点状物。狗牙根 7 月高温高湿季节黑斑病引发的黑色点状物。

此外，病部产生的病症类型还有伞状物、索状物、胶状物等。

8.3.5 高尔夫草坪病害诊断

1. 高尔夫草坪病害分类

高尔夫草坪病害类：包括狗牙根属、翦股颖属、羊茅属、黑麦草属、早熟禾属、雀稗属；组织部位病害类：包括叶部、根部、茎部。生育阶段病害类：幼苗、成株；时间病害类：包括春、夏、秋、冬。

病原病害类：传染、非传染；传播方式病害类包括气传、风传、土传、水传、种传、肥传、机传、人鸟传播。

高尔夫草坪病害种类甚多，传播途径也很多，怎样正确地诊断病害类型以及发生原因和规律，有的放矢地提出有效的防治措施，以达到预期的防治效果，这是高尔夫草坪防病和治病的重要环节。因此，需要正确的掌握高尔夫草坪病害诊断方法。

2. 病害现场观察诊断

高尔夫草坪真菌病害发生与环境条件有着密切的关系。现场观察能基本确定真菌病害发生与地形、地势、土壤、气候等因素关系。草坪在球场发生均表现一定规律：枯草斑大小、形态；严重程度；分布如点、片、发病中心等，侵染病害为点、片分散分布，有发病中心；发生时间；受害部位。

注意高尔夫草坪由于低剪，靠病株不易确立。病症的典型特征是草坪面整体发生，连成一片。所谓点片状即草坪集体表现。单株部位观察诊断无意义。观察单株即观察整体草坪症状。注意整体性斑点形状、单位面积数目、大小、色泽、排列、轮纹等。色泽描述是病害诊断主要的观察方法。可参考 Rayner (1970) 提出的病害颜色标准。

一般来说，每种高尔夫草坪细菌病害都具有特异的症状，因此通过症状就可鉴别高尔夫草坪病害。这是由于不同细菌侵染后引起的症状不同。例如棒形杆菌属主要引起萎蔫，假单胞菌属和黄单胞菌属主要引起叶斑和叶枯病，欧文氏菌属主要引起软腐。一般而言，细菌性病害的病斑常有水渍状。

高尔夫草坪病害的症状有“同症异源”和“同源异症”的现象。例如，黄单胞杆菌引

起草坪叶斑病,也能引起萎蔫病。因此,症状鉴别不是唯一可靠的方法,还需做病原鉴定,病原鉴定一般取病组织或徒手切片进行显微镜检查病原种类。真菌病害可检查出菌丝,孢子和子实体;细菌性病害可检出菌脓;病毒病者在电镜下可见病毒颗粒。

病原鉴定要用显微镜检查病原物,但往往混杂有许多腐生性杂菌,影响了镜检的准确性,为此,一些病害尚需做人工诱发试验。首先将病部的病原物进行分离培养并接种于同类健康的植物上。观察是否发生相同的病害症状。然后,再从病发部位分离出相同的病原物。由此可证明引起病害的真实病原物,此法称柯氏证病律。

8.3.6 果岭梯及球道区病害防治技术

高尔夫球场果岭草坪经常处于如灌水、露滴、低剪、践踏等不利的潮湿环境中,易为病原物侵入造成有利条件。因此果岭草坪是病害多发区。对高尔夫果岭区草坪病害进行防治需要开展多种技术的综合治理。因为果岭草坪属于高度人工化的生态群落,受人为扰动很重,由于构成草坪的草种单一,因而草坪群落的稳定性不高,特别容易招惹各种病害的侵入。仅仅利用化学方法对果岭草坪病害进行防治,存在着污染、耐药性等不利因素。

从草地农业生态系统的观点出发,对果岭病害进行高效防治,应以生态调控为主。因此,首要的问题是了解病害的资源利用关系及与资源多维的动态依存关系,通过调控病害所利用的资源,压缩其生态位的过度扩张,实现对果岭病害的可持续性治理。

马宗仁(2004)研究了珠江三角洲2家高尔夫球场草坪—病害群落中主要10种病害的组成、年消长动态及时间生态位进行了研究。结果表明:果岭发生各种病害类计30种。主要病害10~12种,由炭疽病、霜霉病、褐斑病、银元斑块病、镰刀霉枯萎病、锈病、腐霉枯萎病、白粉病、黑粉病、黑斑病、叶斑病和白叶病组成。

10种病害发生期可分为明显的两类:一类是冬季处于潜伏状态,春夏秋发病和传染,这类草坪病害为炭疽病、银元斑块病、镰刀霉枯萎病、腐霉枯萎病、白叶病;另一类是春秋发病和传染,夏季处于潜伏状态,这类草坪病害为霜霉病、褐斑病、锈病、白粉病、黑粉病。从发病严重程度(病情指数)来看,10种病害总的动态是:1~3月个体数量较少,4月后病害趋重,并逐渐形成高峰,至10月后稍为变缓或消失。其中,炭疽病、霜霉病、腐霉枯萎病、白叶病和银元斑块病状更重,黑粉病、镰刀霉枯萎病、白粉病和锈病则较轻。

66%以上的病害种类在果岭草坪中生态位宽度均在0.6以上,其中生态位最大的病害种类为霜霉病(0.8303),生态位最小的病害种类为黑粉病(0.5179)。在66个病害种对的重叠中,重叠值在0.7以上的种对只有2对,在0.5~0.7之间的病害种对为19对,其余病害种对重叠值均为0.5以下。10种病害中,重叠最高的病害种对为镰刀霉枯萎病与黑斑病(0.826),最小的病害种对为褐斑病与镰刀霉枯萎病(0.007)。

生态位宽度计测结果表明:10种病害对时间资源的占有和利用具有一定的选择性,褐斑病和叶斑病的选择性较为强烈,病害发生发展仅仅限于某些特定的季节或时期;霜霉病和银元斑块病在时间资源上的占有和利用也有一定的选择性,但受限较小,除个别月份外,周年均有病症特征,且月份间病害发生或分布较为均匀。因此,通过研究草坪病害生态位的宽度和重叠指数来调控病害所利用的资源,压缩其生态位的过度扩张,实现对果岭病害的可持续性治理。在生态治理的基础上可结合生物药品和化

学药品进行重点预防，这也是目前发展的方向。

1. 果岭重要病害

(1) 炭疽病 (*Colletotrichum graminicola*)

寄主：几乎所有的禾草草坪均患此病。细羊茅、多年生黑麦草、草地早熟禾，尤其是一年生早熟禾、匍匐翦股颖尤重。

症状识别：此病为半知菌亚门腔胞纲黑盘孢目炭疽属菌禾生刺盘孢引起。好发温带湿润地区冷季型草坪。冷凉湿润时期，病菌活跃。主要引发根部、茎基部腐烂，继而形成病斑，呈水渍样，颜色加深，后呈圆形褐色大斑，并附着黑色小点；暖和湿润时期，主要引发叶片侵染，低剪草坪侵染连成一片，呈现数厘米至几米不规则褪绿斑块，后转红褐色，继转黄色、黄褐色至褐色枯斑，并附生大量黑色小点。几乎全年发生，盛发温度 22~29℃。叶面潮湿、高温高湿、缺肥、缺水等易感染此病。

化学防治：发病初期使用百菌清、乙磷铝、退菌特、多福混剂、克菌丹、代森锌、等量式波尔多液喷雾可得到有效控制。

生态管护防治：避免高氮、夜间灌溉，合理灌溉、减少灌溉次数，适当增施磷钾肥，打孔疏草可增强抗病性。

(2) 褐斑病 (*Rhizoctonia blight*)

寄主：所有高尔夫草坪草均患此病。羊茅、翦股颖、多年生黑麦草、一年生早熟禾、狗牙根受害尤重。

症状识别：此病为半知菌亚门无孢目丝核菌属立枯丝核菌引起。各地均有侵染，为草坪常见病。主要为害叶、鞘、茎，引起叶腐、鞘腐、茎基腐。冷季型草坪高温高湿发病严重。发病初期，低剪草坪感病叶片连成一片，出现不规则形状，并呈水渍样，后病斑中心枯白，边缘红褐色或褐色。暖季型狗牙根春季和秋季末低温时期好发此病，果岭草坪呈现粗糙、圆形、稀疏或枯萎棕褐色圆形斑块，直径几厘米到几十厘米不等。最后病块呈淡褐色或稻草色。冷季型低剪草坪春秋季节发生尤重，表现为褐色、红褐、黄褐圆形斑块。发病温度 8~40℃，盛发温度 20~32℃，高温高湿、多雨、排水不良、过量施氮有利于病情流行。

化学防治：发病初期使用敌菌特、多菌灵、代森锌、百菌清；后期使用甲基立枯灵、五氯硝基苯、敌克松、等量式波尔多液、2%多抗霉素、2%春雷霉素喷雾可得到有效控制。

生态管护防治：通风透气、适量施肥，避免高氮、清除芜枝层、夜间严禁灌溉可减少感染。

(3) 银元斑块病 (*Sclerotinia homoeocarpa*)

寄主：侵染翦股颖、细羊茅、狗牙根、一年生早熟禾、多年生黑麦草、黑滨雀稗、高羊茅、草地早熟禾。海滨雀稗患病尤重。

症状识别：此病为子囊菌亚门核盘菌纲柔膜菌目蜡盘菌引起。传染广泛，为草坪常见病。主要危害草坪叶片。发病初期低剪草坪感病叶片连成一片，出现细小、环形、凹陷斑块，严重时斑块愈合成不规则枯草斑，初期草面淡黄色条纹或斑，边缘浅红棕色，后条纹扩展形成圆形、漂白色斑状，大小类似银元。果岭得此病，形状更显。梯区，球道由于留茬较高，通常斑点较大，形状不规则。此种情况不加控制，多数斑

点则会汇合形成更大的斑块。早晨受害高尔夫草坪表面可观察到白色蛛网状菌丝体。叶片变干后,菌丝体消失。海滨雀稗四季均发,春初、秋末、冬季期间病害减缓。该病初发温度 15℃,盛发温度 21~32℃。高温潮湿、土壤水分过低、肥料缺乏、芜枝层厚,透气差均能加重此病和流行。

化学防治:多菌灵、苯菌灵、百菌清、敌菌灵喷雾可有效控制病情。

生态管护防治:增加浇水量、提高施肥量、清除芜枝层、进行心土切开、打孔等通气作业均有助于控制病害发生。

(4) 黑斑病 (*Curvularia helminthosporium* spp)

寄主:几乎所有高尔夫草坪均患此病,尤以狗牙根为重。

症状识别:发病之初,低剪草坪被害部呈现褐色斑点,后经扩大汇合成黑色圆斑块,似墨汁铺染,直径起初 2~3cm 左右,如不加控制可形成 10~100cm 不等,最常见者为 5~10cm 黑色圆形斑块。愈合后成为不规则大斑块。高温高湿,多雨,尤其是雨后闷热多云天气易发病。此病经阳光照射即可消失。盛发温度 30~35℃。过量施氮、通风不畅、排水不良、高温高湿是诱发因素。

化学防治:减量式波尔多液、代森锌、0.25%铜皂液、百菌清、瑞毒霉锰锌、多菌灵、甲基托布津均可有效控制。

生态管护防治:减少施氮量、低剪、改善排水、增加通风。

(5) 镰刀霉枯萎病 (*Fusarium*)

寄主:冷季型高尔夫草坪草,尤害草地早熟禾、羊茅、匍匐翦股颖。

症状识别:此病为半知菌亚门丝孢纲瘤座孢目连孢菌属镰刀菌引起。感染寄主范围广泛,尤害冷季型高尔夫草坪。主要危害根系、叶,引起根腐、叶腐、叶斑、匍匐茎和根状茎腐烂。发病后流行很快。高尔夫草坪感染后几天内可出现病症。病草患处最初水渍状暗绿色枯斑,后转至黄枯色。患病后期病草很快死亡,并相互汇合成 2~30cm 环状或新月状的萎蔫斑块,通常呈蛙眼状斑块。春夏秋均发生,易发温度为 20~35℃。高温高湿、土壤干燥、土壤水分过高、草层过低、高氮水平、pH6~7 外有利于病害流行。

化学防治:多菌灵、甲基托布津、4%乙磷铝、杀毒矾、灭菌灵喷雾。

生态管护防治:减少施氮量、合理灌溉、及时疏草可预防和减轻该病害。

(6) 锈病 (*Puccinia* spp)

寄主:几乎所有草坪均患此病。早熟禾、多年生黑麦草、狗牙根、羊茅、匍匐翦股颖、海滨雀稗。

症状识别:此病为担子菌亚门冬孢菌纲锈菌目柄锈菌科锈菌属锈菌引起。危害范围广泛,主要危害茎、叶、叶鞘等地上部位。发病初期,高尔夫草坪出现黄色或铁锈色夏孢子堆。严重时被害高尔夫草坪呈黄褐色,最后成锈色。高尔夫草坪渐稀疏,后干枯死亡。锈病为高度专性寄生菌,因草易转化成变种,成为专化型。因此,各种草坪锈菌均不同。春夏秋均有发生。盛发温度 17~22℃。贫瘠、遮阴、干旱、闷热、通风差、草层厚易感此病。

化学防治:粉锈宁、羟锈宁、立克锈、特普唑、福美双、甲基托布津、多菌灵、百菌清喷雾很快控制病情。

生态管护防治：增施磷钾肥、注意遮阴、合理浇水、疏草打孔可预防和减轻此病发生。

(7) 腐霉枯萎病 (*Pythium spp*)

寄主：几乎所有高尔夫草坪草均发生，尤害翦股颖、一年生早熟禾，多年生黑麦草、狗牙根、海滨雀稗易患此病。

症状识别：此病为鞭毛菌亚门卵菌纲霜霉菌目腐霉属腐霉菌引起。传播广泛。危害草坪各个部位。根茎叶侵染后腐烂死亡。初发病即呈 2~5cm 圆形黄褐色枯斑或条形。高湿条件下或雨后，低剪病草呈黑色油污黏滑和水渍状，似油渍，又称油斑。清晨有露水或湿度很高、雨后、灌溉，可见草面一层白如棉絮、状似蛛网的菌丝体。后萎蔫变色成浅红棕色，最终为淡黄色或稻草色。该病为爆发病，谓之草瘟。此病经机具和浇水均可传播。高温、高湿、阴雨天有利于该病流行。好发温度为 26~35℃。施氮过高、土壤排水不良、空气不畅最为严重，上述条件都具备时，在很短时间内通常一昼夜就可毁灭一块高尔夫草坪。狗牙根、翦股颖受害尤重。

化学防治：甲霜灵、杀毒矾、代森锰锌、乙磷铝、多菌灵喷雾。

生态管护防治：改善排水、晚间不浇水、及时疏草、注意机具及水消毒。

(8) 白粉病 (*Erysiphe graminis*)

寄主：草坪常见病。尤害细羊茅、狗牙根、草地早熟禾。

症状识别：此病为子囊菌亚门核菌纲白粉目白粉科布氏白粉属禾布氏白粉菌引起。主要危害草坪叶片。草坪受害初期成灰白色如粘上面粉。低剪草坪斑块白粉尤为严重。该病通过气流传播，在晚春侵染草坪，形成初侵染，后很快萌发侵染并不断形成再侵染。夏季高温可抑制此病发生。易发温度 12~21℃。但在潮湿、雨季、多云天气、遮阴，温度 30℃ 左右时狗牙根亦有此病发生。

化学防治：粉锈宁、敌力脱、甲基托布津、多菌灵喷雾可有效防治。

生态管护防治：改善排水、晚间不浇水、避免高氮、注意疏草通风。

(9) 黑粉病 (*Ustilago striiformis* Niessl)

草坪寄主：黑麦草属、早熟禾属、羊茅属、翦股颖属易侵染。尤害匍匐翦股颖、草地早熟禾。

症状识别：此病为担子菌门冬孢菌纲黑粉菌目黑粉菌属黑粉菌引起。主要危害草坪根系和叶部。低剪草坪最初受害叶片呈现黄白色长条纹，后变为灰色，最后散发黑色孢子团并在草坪面形成烟灰色条纹。该病常发生于春秋季节，易发温度为 10~18℃，温度逐渐增高则消失。过量施氮、厚茭枝层、土壤过干易诱发此病。

化学防治：发病初期用三唑类粉锈宁、福美双喷雾。

生态管护防治：适量增施磷钾肥、清除茭枝层、通风透气、合理浇水。

(10) 白叶病 (*White leaf disease*)

寄主：此病 20 世纪 60 年代在美国高尔夫球场狗牙根上发现。1993 作者在深圳高尔夫球场上发现，2001 在深圳高尔夫球场海滨雀稗上发现。

症状识别：初发病时，病株心叶基部呈现不明显细长淡绿色条斑，沿叶脉向叶尖蔓延，后淡绿色转为白色条斑，叶鞘上也有类似条斑。随后转为绿白相间，最后变为淡黄白色至全白，呈散生或簇生。病株叶多而短小，茎细而间节短。浮尘、昆虫为诱

发因素。建场初期2年后患病，随后蔓延，全年发展，春秋尤重。

化学防治：10%的94白叶灵灌根。

生态管护防治：加强氮肥供应。

(11) 夏季斑枯病 (*Magnaporthe poae*)

寄主：侵染多种冷季型草坪，早熟禾尤重。

症状识别：主要危害草坪根茎。发病初期病原体沿根部向叶部蔓延，。低剪草坪最初表现为环形小斑，后退绿成枯黄、直径3~8cm圆形斑块。最后融合成30~100cm不规则斑块。可通过机械、种苗传播。18~20℃开始侵染，最适温度28℃，传播温度21~35℃。高温高湿、排水不良有利于流行和加重。

化学防治：杀毒矾、代森锰锌、灭毒灵、乙磷铝喷雾。

生态管护防治：减少浇水次数、疏草打孔可有效控制此病。

除上述介绍的高尔夫草坪草病害外，还有一些病害如长孺孢菌病、红螺旋病、蛇孢壳菌斑病、雪霉病、春季死斑病及黄斑病也能引起高尔夫草坪的病害。不过对高尔夫草坪的危害不太严重，因篇幅所限，故不再具引。

8.4 高尔夫草坪杂草防治技术

高尔夫草坪质量是以“平滑、适密、匀整、浓绿”作为品质评定标准。匀整意味着纯一，是指构成高尔夫草坪的种类不能混有其他种类。如果混入了其他草类就会降低高尔夫草坪的质量。这些长错了地方的草类称为杂草。杂草以其较高的竞争性和多样性的传播定植方式在高尔夫球场草坪中不断的竞争和发展。杂草对高尔夫球场危害主要是影响了正常竞技和市场核心竞争力。高尔夫球场因面积大、地形复杂、杂草传播途径多等问题给防治工作造成很大的难度。因此，了解杂草的破坏作用、侵入途径及防除原理对正确管理球场，提供高品质的竞技草坪非常重要。

8.4.1 杂草危害作用

杂草首先损坏高尔夫草坪均一性。杂草种类繁多，生物习性、均一性与高尔夫草坪差异很大，很易造成高尔夫草坪外貌不均一性，使高尔夫草坪质量严重下降，消耗高尔夫草坪养料。杂草与高尔夫草坪争光、争肥、争水，并主动或被动地释放出各种化学物质来干扰高尔夫草坪的正常生长和发育，从而导致高尔夫草坪稀疏，质量下降；许多杂草是传播病虫害的重要来源。因为有些病虫害将杂草作为寄主、中间寄主或越冬场所。通过它导致病虫害的蔓延并感染于高尔夫草坪，从而造成草坪患病，进而影响质量；为了保护纯一的高尔夫草坪，高尔夫球场每年须动用大量的人力、物力和资金用于杂草防除，导致管护费用大幅度上升，使球场负担加重。

8.4.2 杂草分类

杂草分类是高尔夫草坪防除杂草的重要基础。由于杂草种类繁多，生活习性悬殊极大，为便于实际应用，实践中通常按植物来源、生物学特性、危害程度来分类。

1. 植物系统分类法

根据植物形态、繁殖特性的相似相异性来判断进化上的亲缘关系，并根据这种亲缘关系的远近将某一植物划为不同等级如门、纲、目、科、属、种。此种分类方法即经典植物分类法。这种分类科学，系统。在除草剂应用的初级阶段，主要是按此分类

方法来应用。

据调查,我国目前高尔夫球场中杂草菊科种类最多,禾本科居二,莎科居三,以下顺次为唇形科、豆科、蓼科、十字花科、玄参科、石竹科、蔷薇科和伞形科等。

2. 生物学特性分类系统

生物特性分类主要按生活史特征来分类。这是杂草分类中最常用的分类方法之一。可分为多年生杂草如苣荬菜、刺儿菜、田旋花、白茅、芦苇、双穗雀稗、眼子菜、矮慈姑、空心莲子草、香附子、水莎草等。主要特征是营养繁殖发达,依靠地上根、地下茎、地上茎维持多年生长;二年生杂草如田蓟、小飞蓬、牛蒡子、野胡萝卜等。此类杂草需要在2年内完成其整个生活史。主要行种子繁殖;一年生杂草。根据其生活史的特点可分为3种类型:越冬型、越夏型、短生活史。越冬型或称冬季一年生杂草,于秋冬季萌发,至春夏季开花结果而完成一个生活史,如看麦娘、婆婆纳等。越夏型于春夏间萌发,至秋天开花结实而死亡如稗草、马唐、藜和苋等。短生活史可在1~2月完成生活史,如青藜和小藜等。

8.4.3 除草剂分类

性质分类法可分为灭生性除草剂和选择性除草剂。灭生性除草剂能杀死所有施药植物如五氯酚钠、草甘膦等。选择性除草剂能杀死某些杂草,但对另一些杂草无效,且对高尔夫草坪安全如二甲四氯, 2,4D 酯, 西马津等;作用方式分类法可分为内吸性除草剂和触杀性除草剂。内吸性除草剂能被杂草根茎,叶分别吸收并被运到杂草全身以破坏其内部结构和平衡,从而引起植株死亡,如二甲四氯、草甘膦等。触杀性除草剂只能杀死直接接触到药剂的植物组织,但无传导作用,如除草醚、五氯酚钠等;施药部位分类法可分为土壤处理剂、茎叶处理剂。土壤处理剂除草剂是将其直接喷洒于土壤表层或通过混土将其拌入土壤中一定浓度,建立起一个除草剂封闭层,借以杀死萌发的杂草如氟乐灵、除草醚、马西津、防畏达等。茎叶处理剂即将除草剂稀释到一定量的水或其他惰性填料中,对杂草幼苗进行喷洒处理,利用杂草茎叶吸收和传导来消灭杂草;剂型分类法按照除草剂的加工剂型和加工质量分类。根据各种除草剂的理化性质和作用方式加工成适宜的剂型,才能充分发挥它的药效。目前常用的有水剂、水溶剂、可湿性粉剂、悬浮剂、乳剂、油剂、颗粒剂和粉剂等。

8.4.4 除草剂作用机理

包括抑制光合和呼吸作用、干扰内源激素作用和细胞分裂;干扰蛋白质、核酸等大分子的合成代谢;破坏生物膜结构,影响细胞内外环流。

8.4.5 除草剂选择性原理

包括利用杂草与高尔夫草坪形态、解剖上的差异进行灭草,如生长点位置、叶片形状、生长角度、叶表皮组织、输导组织等;利用高尔夫草坪与杂草生理生化特性的差异灭草,如吸收能力差异、解毒能力差异、活化能力差异等。

8.4.6 高尔夫草坪除草剂使用技术

1. 除草剂使用前的准备

除草剂使用前,要详细了解除草剂种类、剂型、理化性质、安全系数和杀草谱;了解当地高尔夫草坪种类、布局等;了解杂草危害程度、面积、危害种群及生物学特性。施前准备工作能有的放矢的选择最适合的防除剂和配方,最大限度的灭除杂草。

了解当地气候情况也很重要。一种除草剂不但有一定的专一性，并且有一定的地域性，尤其是一些土壤处理除草剂与土壤质地、pH、有机质含量及降水量、灌溉状况有密切的关系。例如，赛克津适宜于黏壤使用，沙土则不安全。除草醚等土壤处理剂在无水条件下难以发挥药效，宜用于多雨、土壤湿润的土壤。

2. 除草剂剂量确定

除草剂剂量确定必须根据农药特性、杂草种类、危害程度、高尔夫草坪生长安全为原则，即用最小经济药量灭除杂草，又不损害高尔夫草坪生长、污染环境，达到最大目的。

用药量确定首先要看杂草种类，一般防除敏感杂草用量可少些，防除抗性杂草用量则需多些。例如，用 25%除草醚可湿性粉剂防异型莎草仅需 $45\text{g}/100\text{m}^2$ ，但防除高大杂草用量就略嫌少。防除一年生杂草，一般采用适当的剂量一次用量以杀死杂草地上部分，但用内吸性除草剂防除多年生杂草，用药量不宜过高，一次用药立即会杀死杂草地上部分，药剂就无法传导到地下部分，因此防除效果不好。只能采用少量多次用药和逐渐增药法才能彻底杀灭杂草。

确定用药量时还应考虑气候、土壤、杂草数量等因素。如遇气温低，天气干旱，土壤含水量低，土壤有机质含量高，光照条件差，杂草密度大，植株高大等情况，可酌情增加用药量。

3. 除草剂施药时间确定

选择防除适期是为了充分发挥药效，最大限度地聚歼杂草，其原则是：杂草抗药性最差时；杂草已多数萌发且处于除草剂的有效控制期内；杂草发生严重危害之前；高尔夫草坪抗药性最强的时期。

苗前或返青前处理时，除草剂一定选择在草坪种子播在土层下尚未出苗或移栽之前，杂草种子开始萌发且少部分出苗时用药。如时间充足可在种子建坪前 15 天内用药，效果最好。

如苗后处理时，除草剂对高尔夫草坪虽有较高的选择性，但也应选择在杂草敏感阶段和草坪耐药时用药。高尔夫草坪中的莎草类在出苗后至开花结实前对二甲四氯都很敏感，但开花后抗药性明显增强，如 $450\text{g}/\text{hm}^2$ ，70%二甲四氯防除未开花的异型莎草效果可达 90%以上，但防除已开花的异型莎草效果仅为 70%~80%。1~3 叶期稗草对敌稗最敏感，3 叶期后抗药性显著增强，故用敌稗防除稗草应掌握在 3 叶期。防除多年生杂草应选用内吸型除草剂，不但要杀死地上部分，还要让除草剂吸收到杂草体内，传到地下繁殖器官，杀死或控制其为害。如果杂草还没有大量发生或地上部分植株不太茂盛前施药，植株受药量少，防效则差。如在杂草开花期施药，杂草光合作用产物主要流向花和果实，很少进入地下繁殖器官，再加上植株老熟后抗药增强，防除效果则差。因此，防除多年生杂草要选择地上部分生长茂盛，地上繁殖器官开始形成时用药，效果最好。

8.4.7 除草剂使用原则

1. 混合原则

扩大杀草谱。如 2,4-D、二甲四氯丙酸混用可以防除高尔夫草坪内所有阔叶杂草，提高草坪安全性；降低残留活性。有的除草剂在常量下残效太长会影响建坪时间。可

通过除草剂之间的混用原则来解决,即除草剂混用时,药量都可减少,可减少土壤中残留活性,缩短等待建坪时间。此外,还可延长施药适期和增加效果。

除草剂必须现混现用。混用前应进行可混合性试验。可混性试验的具体过程是:称取一定重量的单剂样品,放入 200ml 或 250ml 的带塞量筒中,用少量水先将样品润湿,再加入准备混合地其他样品,调匀后用水稀释,加塞后上下倒摇 30 次,然后观察有无絮状、沉淀、结晶、分层或漂浮等凝聚现象。若混合后的体系均匀,分散性好且相对稳定,则认为是可混合的,保证安全有效,反之不能混用。

2. 气候原则

气温 20~29℃、无风、施药后 6~8h 无雨、阳光充沛,除草剂才能发挥到最大效果。

3. 管理原则

施药前不修剪草坪,用药后数小时内禁止践踏,施药后两天内不修剪。再次喷药至少要等 2 周。草坪根系入土不深及新铺草坪不能使用除草剂。

4. 时间原则

防除暖季型高尔夫草坪中阔叶杂草应在晚春、秋季进行;冷季型可在春、夏末或早秋进行。

5. 药害原则

生长迟缓、畸形、叶片褪绿、白化、枯斑即药害症状。一般来说,一旦发生药害就很难挽救。但如果熟悉除草剂作用原理、特性、使用技术等,药害是完全可以避免的。防止和排除药害的具体办法是:先试验后推广;使用安全保护剂。对激素型的药害喷洒赤霉素、石灰、草木灰、活性炭等;对触杀型除草剂的药害,可施速效肥使其恢复生长;土壤处理剂的药害可采取浇水反复冲洗等。

8.4.8 高尔夫球场果岭梯及球道杂草防除技术

低剪、频剪的果岭梯区杂草很难侵入,但冷季型果岭梯区草坪一年生早熟禾是一个例外。一年生早熟禾适应果岭区高水平的管理条件,防除一年生早熟禾的最好办法就是大量追播翦股颖或用草皮挖取受害的草皮,增高翦股颖密度。侵入果岭的杂草通常是球道草坪草。如海滨雀稗经常侵入果岭狗牙根, Tifway419 通常侵入 Tifgreen 构成的果岭梯区。坚果苔草即香附子在狗牙根果岭区也可能成为一个严重问题。

果岭区草坪低矮,几乎天天修剪,伤口多很易吸收;果岭区土壤为纯沙子构成,沙土吸附小,易造成药害;浇水造成除草剂加速吸收或脱洗。果岭区杂草防治应尽量避免使用除莠剂。因为很易引起草坪药害。鉴于上述情况,果岭除草首先是采取人工拔除。

果岭使用除莠剂时,必须先确定果岭区面积,大多数果岭是近似圆,从果岭区几个方向求平均半径,最后用 $S = \pi r^2$ 求面积即可,并计算施药量。

球道杂草防除首先需要了解球场杂草传播情况,如周围杂草种类、结籽能力、时间;传播途径如风力、雨力、灌溉及机械传播。

杂草防除失败的球场经验也表明,球道杂草大量发生主要在于放松了障碍区、树下等处杂草的管理,任其发展,最后酿成杂草地。球道杂草防除主要采用化学防除和生态防除。马宗仁(2004)研究了亚热带区高尔夫球场草坪杂草群落中主要杂草种类

组成、年校长动态及时间生态位。结果表明草坪杂草群落中各类杂草总计 59 种，其中禾草 14 种、莎草 4 种、阔叶杂草 41 种。优势种杂草为香附子、水蜈蚣、黄花酢浆草、铺地藜、牛筋草、两耳草、马唐草、天胡荽、狗尾草、空心莲子菜、马齿苋、鸡眼草和犁头草。马宗仁（2004）认为，在草地现有管理方式下，以根茎繁殖的杂草如香附子和水蜈蚣生长竞争高，资源利用能力强，现有管理方式很难造成有效伤害。亚热带高尔夫球场各种杂草的相似性指数或竞争生长在弱化，杂草很易朝有利于自己的发展方向生长扩展。这只会加大管理难度。改变现有管理方式，维护草坪主体的生长方向，制定科学可行的维护方案，如按季节变化在水量、肥量、肥料成分、比例、修剪频率和留草高度方面进行合理安排，不断加大草坪密度，压缩杂草生态位，尽量提高草坪生态位是维持高质草坪的关键。

第9章 高尔夫草坪机械科学

高尔夫草坪管理的质量高低主要决定于草坪机械的使用和管理。在不同季节气候下,需要对草坪实施有计划的养护,如草坪修剪、滚压、浇水、施肥、梳草、打孔、覆沙、补种及局部草坪更换、病虫害防治和杂草清除等。这些工作主要依靠高尔夫机械来完成。高尔夫球场占地面积大,各区域草坪的功能及养护要求不同,对此进行养护所需的草坪设备也不同。功能完备的草坪机械通常是保证获得高质草坪的重要条件,也是实现球场自动化作业的重要前提。

自从1830年英国Edwin等首次发明了世界上第一台内燃机剪草机以来,从此结束了用牛羊代替剪草的时代。继此之后,适应于不同层次和用途的草坪机械相继问世。据不完全统计,目前用于建坪、草坪管理的机械多达几十种。这些机械的工作原理、用途、使用与保养技术均有一定差异。本章就有关高尔夫球场草坪机械的分类、工作原理、用途、使用与保养技术等予以详细讨论。

9.1 草坪机械的分类

草坪管理和护养涉及许多方面的内容。除了成坪后的修剪、浇水、施肥和施药外,根据草坪的概念,建坪前的准备工作和建造过程也是草坪管理和护养的重要内容之一。草坪机械正是在这一背景下产生出来的。不同层次、不同用途和不同阶段的需要创造出了相应的草坪机械,所有这一切正是草坪机械借以分类的重要依据。

根据高尔夫球场使用的机械情况,草坪机械大约分成3个大的类型,即草坪建造机械、草坪护养机械和草坪基础机械。

9.1.1 草坪建造机械

草坪建造机械是指与建坪有关的机械总称。它包括坪体准备时所用的耕作机械;建植材料诸如草皮、营养体、种子收获、精选及加工机械;播种作业所需的播种、覆土、草皮铺设、碾压、种植材料喷撒等机械。这些机械又依工作性能、动力和方式等分为大型、中型、小型及手动、半自动和全自动等类型。

9.1.2 草坪护养机械

草坪护养机械是指除草坪建植作业机械以外的草坪机械的总称。它包括草坪的浇灌和供水机械、施肥机械、修剪机械、疏松机械、中耕机械、更新机械、保护机械、耙平机械、耙沙机械、草坪起草机械等。这类机械种类繁多,并随球场的改进越趋于专门化。草坪机械按其使用功能大致可分为以下种类。

表 9-1 高尔夫草坪护养机械

清扫机械	草坪修剪机
更新机械	清扫机
培土机械	打孔机
滚压机械	筛沙机
施肥打药机械	滚压机
散布机	打药机
草皮移植机	补播机
切根机	梳草机
吹风机	覆沙机

9.1.3 草坪基础机械

草坪基础机械是指修理、维护草坪机械的总称，包括磨刀机、研磨机、运输机、动力机等。

9.2 高尔夫球场常用草坪机械简介

9.2.1 果岭剪草机

1. 果岭草坪机类型及特点

目前在高尔夫球场被广泛使用的果岭草坪机，一般可分为自走式手扶滚刀草坪机和车式三连滚刀草坪机两种。其中，自走式手扶滚刀草坪机使用更普遍些。

虽然车式三连滚刀草坪机具有行走快，剪草宽度宽，一般还可以更换使用各种用途的工作部件，如梳草切根刀、清扫刷、整沙刷和振动压辊，具有很高的工作效率，而且一般还附带滚刀的自磨功能，但是由于其体积大、重量重等原因，带来了不可避免的弱点。例如，因其体积（剪草宽度）大，所以在修剪果岭时，导致原来面积并不大的果岭修剪以后，条形花纹偏少，不美观；又因为其自重，经常使用对果岭的地表也不利。除此之外，车式三连滚刀草坪机一般都包括机械、液压和电器等多个系统，所以有时很可能仅仅因某一个系统的故障，导致机器不能正常使用，从而影响了果岭的修剪。而且车式三连滚刀草坪机价格贵，平时的维修保养费用也比较高。

与车式三连滚刀草坪机相比，自走式手扶滚刀草坪机具有更多的优越性。由于果岭的草坪一般都是被修剪成条形花纹，因此使用自走式手扶滚刀草坪机可以使面积并不大的果岭拥有较多的条形花纹，显得更美观。而且，转弯半径小，重量轻，操作和维修保养都比较简单，价格也便宜。不过，自走式手扶滚刀草坪机一般不带滚刀的自磨功能，所以平时果岭修剪工作完毕以后，需要借助一台小型的滚刀研磨机（电动马达）来进行研磨。

2. 果岭草坪机选择要素

目前,市场上有多种品牌和型号的自走式手扶滚刀草坪机可供选择。但是要想选择一台称心如意的果岭草坪机,除了考虑购买机械时的价格外,更应该综合以下几个方面去考虑才比较全面。

(1) 动力源部分 发动机是草坪机的最重要部件之一,应考虑到发动机的输出功率(马力)大小、噪音大小,又因为每天使用,所以必须考虑其耗油量大小,使用寿命等。

(2) 传动部分 对于目前在市场上销售的各类果岭草坪机来说,其传动部分可分为皮带传动、链条传动和齿轮传动三种。其中,以齿轮传动为最佳,传动平稳,精度高,噪音小。

(3) 行走部分 自走式手扶果岭草坪机平时是通过左右轮的驱动来实现行走的,而在剪草时,需要卸下左右轮,通过机械后下方的行走滚筒的驱动来达到自行走的目的。其中,行走滚筒的材料有钢和铝合金两种,以耐锈的铝合金材料为佳。一般在行走滚筒的一侧或中间位置都安装了差速器,不过因差速器的结构和安装位置不同,转弯半径的大小也有所不同。

(4) 剪草部分 果岭草坪机的剪草是通过圆柱体滚刀的旋转和固定的平直底刀之间形成剪切运动来实现的。滚刀的刀片个数一般为9片和11片。需要强调的是,并不是滚刀的刀片个数越多,剪草质量就越好。因为就草坪机在单位行走的距离范围内,实际剪草的频率(次数),除了与滚刀的刀片个数有关以外,还与草坪机的自身行走速度和滚刀的转速以及滚刀的圆柱体半径大小有关。相反,滚刀的刀片个数越多,滚刀每转动一周,滚刀的刀片与底刀的剪切次数就越多,反而加快了底刀的磨损程度,进而缩短了底刀的寿命。总之,不能简单定论。

(5) 剪草范围 目前所使用的果岭草坪机,其剪草宽度以55cm(约22英寸)和65cm(约26英寸)这两种最为普遍。众所周知,在高尔夫球场里,果岭的剪草高度为最低,一般为4mm左右。而果岭草坪机能够修剪的最低草坪高度,取决于底刀本身的厚度,对一台果岭草坪机来说,一般都有几种不同厚度的底刀可供选配,最低修剪高度甚至可以达到3mm。

(6) 梳草功能 目前市场上供应果岭草坪机,有带梳草刀和不带梳草刀两种。梳草刀是由几十片大小形状一致的小刀片,相邻的两片刀之间均成 60° 之差,成螺旋状排列而成。梳草刀安装于滚刀和前压辊之间。由于梳草刀的每片小刀的位置均与滚刀轴成垂直,即与地面垂直,因此经常使用带梳草刀的果岭草坪机,不仅可以帮助清除一些果岭上不必要的残留枯草层,而且还可以相对减少一些倾斜方向生长的果岭草(因为梳草刀本身也是一种剪草刀具,所以在其高速旋转时,也可以帮助修剪非垂直生长的草)。梳草刀也好比理发师手中的梳子,因为滚刀的位置靠近梳草刀,所以修剪作业时,由梳草刀梳理起来的果岭草,随即就可通过滚刀来修剪,得以提高果岭的修剪质量。另外,对于带有梳草刀的果岭草坪机来说,由于一般在梳草刀的传动系统

中装有离合器开关,因此可根据实际情况来决定是否需要使用,非常方便。

(7) 清扫功能 除了梳草功能以外,根据用户的需要也可以在果岭草坪机上安装清扫刷,以提高果岭的清洁程度。

(8) 维修保养成本 虽然目前使用的一般果岭草坪机都是进口的,机械的质量也比较稳定和可靠,但是再好的机械也离不开日常的维修和保养。这类机械只要在正常的维修和保养下,一般都可以使用 10 年左右。所以用户在选购机械时,不仅要考虑购买时的价格,更应该考虑到日后的日常维修和保养成本及难易程度。还有很重要的一点是,因生产厂家的不同,草坪机零部件的尺寸有同中国一致的公制单位和英制单位之分,用公制单位的零配件许多都容易在中国市场上购买到,如螺栓、螺母等紧固件,并且价格便宜。因此在购买时,应尽量考虑购买适合中国市场的公制单位尺寸的草坪机为宜。

3. 果岭剪草机类型

高尔夫球场有许多大小种类不同的果岭,由于果岭草坪的特殊性,目前均多用滚筒式剪草机来修剪。这种剪草机体积小,重量轻,操作方便,效率高,割迹整齐,草坪伤口易于愈合。目前果岭剪草机有多种系列和型号。

(1) 手推果岭剪草机 贴地性好。轻型、自走,滚刀和底刀具有良好的切削性能、修剪质量高。



图 9-1 手推果岭剪草机

(2) 三连果岭剪草机 剪草效率高、修剪质量好;动力转向、液压无级变速;带标准集草箱,装有安全保护框架。



图 9-2 三连果岭剪草机

4 果岭剪草机构造、保养及故障排除

(1) 基本构造 高尔夫球场果岭剪草机种类虽多,但基本构造大致相同。均由机架、汽油发动机、滚刀、刀板、链条、皮带、集草斗和车轮等部分组成。

(2) 使用和保养

① 开机前认真检查发动机汽油、机油是否在标准位置,不够应加足。

② 仔细检查传动系统的紧固件,皮带

松紧是否处于正常状态,不应松动的组件要紧固,应转动的组件必须活动自如。

③ 注意左右链条是否松动,轴承有无松动,齿轮油是否在标准位,如有松动等应提前维修。

④ 非工作状态时或行走时油门不能过大。剪草时发动机不能高速运转。工作时

应预先清除果岭表面障碍物如小石头等，否则易磨损滚刀和刀板。

- ⑤ 工作一定时间后，一般为2~3个月应添一次机油，每工作3天应添1次黄油。
- ⑥ 工作完后用清水进行冲洗，晾干。
- ⑦ 作业时，取下橡胶行走轮。

(3) 故障排除

- ① 果岭剪草机左右链条磨损是工作过程中最常见的故障，此时也必须进行更换。
- ② 传动皮带易断裂，也是果岭剪草机易出现的故障，此时也必须更换。
- ③ 轴承工作过久易造成磨损这时必须更换。
- ④ 由于铺沙等原因，刀板大约使用一个月后即需更换。
- ⑤ 滚刀磨损也是果岭剪草机的常见故障。不过，视工作环境、人为等情况而定。

大约在中等管理条件下，寿命为1~2年。

9.2.2 球道剪草机

球道同样是高尔夫球场重要的区域，管理好球道最重要的仍然是选择最合适的机械。

1. 球道草坪修剪及设备选购

(1) 球道区草坪的修剪 球道的修剪机械一般有三连和五连剪草机，由于球员的要求越来越高，球道草坪的修剪精度也随之要求越高，剪草的高度一般在15~20mm左右，国外有一些比赛球场剪草的高度只有9mm。对修剪的平整度也有很高的要求。因此，球道的剪草机应选用全液压传动的机械（包括滚刀的传动），又因球道草坪有起伏变化，因此，选用剪草机械的单个滚刀的宽度不宜过宽，否则会影响草坪修剪的平整度。又因球道的面积比较大，因此，球道一般选用效率高，修剪精度高的全液压五连剪草机。这种剪草机的刀头要求能随着地形的变化而随地起伏。无动力拖挂三连及五连剪草机都达不到现在球场要求的剪草精度，转弯不灵活，会造成球道草坪的损伤，这种机型不能用于球道。

(2) 球道剪草机的选购 五连球道剪草机每天正常情况下可修剪3个球道，按球道草坪隔天修剪，一个18洞标准高尔夫球场至少要配备3台五连球道剪草机，如果用三连坐骑果岭剪草机，至少用5台。



图 9-3 各种球道剪草机



图 9-4 球道剪草机

9.2.3 果岭清扫机

1. 原理及用途和特点

本机主要用于高尔夫球场果岭区。具体用于打孔式心土作业后清扫遗留的草楔或土楔。也可校正生长方向不正确的果岭草坪以及枯草清除、刷新等多种用途。由于装置有差动齿轮能进行有效的小回转作业。使用大容量的装料罐能轻便、高效、干净的作业。对斜坡、发动机由于置备有效的制动效果，故可提高作业的安全性。采用油压式差动机构能非常平滑地进行操作。按工作性能和方式有多种类型。



图 9-5 果岭清扫机

2. 基本构造

果岭清扫机由发动机、机架、维尼纶刷子、装料罐、滚轮、皮带、链条等组件构成。

3. 使用和保养

清扫机使用和保养方法与前述果岭剪草机相同。

4. 故障排除

轴承、链条、刷子以及皮带是作业时常见的故障，当磨损后即需更换新组件。

9.2.4 球场大型清扫机

1. 原理及用途和特点

该机适用于高尔夫球场的球道、长草区、林带，用以清除草木、枯枝落叶等碎屑。属于油压大罐牵引式。在回转刷子清扫机上附加强力鼓风机。通过装置其上的高性能内燃机驱动回转刷、鼓风机，然后将地面碎屑吸入大型装料罐。该机操作简单、工作效率高、清除能力强，按工作性能和方式可分为多种型号。

2. 基本构造

本机由机架、发动机、鼓风机、扒草刷子、刷子、皮带、链条、循环管道等构成。



图 9-6 各种大型清扫机

使用和保养：该机使用与保养与前述机类相近。

3. 故障排除：该机故障与果岭清扫机同。

9.2.5 打孔机

1. 原理及用途和特点

该种类机是高尔夫球场新一代草坪打孔机。对于空心针而言，其区别在于打孔机后附有一草楔收集桶。当打孔时，其打下的草楔在落到



草地前就能及时用链条输送带收集送往各收集箱。相比老式打孔机可大大节省人力、物力。该机凸轮装有完全密封的油箱，可防磨损。柱塞杆上下运动时不会产生断油，因此故障率极低。此外，该机作业宽度大，工效高。按工作性能和方式可分为果岭打孔机，球道用大型打孔机。关于使用空心针还是实心针视草地紧实度而定，同一机类，可临时换针。

2. 基本构造

本系列机型由发动机、机架、打孔针、草塞装料桶、链条或皮带等组件构成。



图 9-7 各种打孔机

3. 使用和保养: 详见前述其他草坪机具。

4. 故障排除

打孔机的打孔针最易磨损，需随时随地进行更换。此外，链条、皮带也常出故障。一旦发生断裂，磨损必须更换新组件。发动机有时也易出现故障，其中最常见故障为火花塞积尘故障。排除方法即打开火花塞盖，除去积尘即可。

9.2.6 草坪切草机

1. 原理及用途和特点

草坪切草机是一种用于高尔夫球场通气透水的机具。它是借助于安装在圆盘上的一系列 V 形刀片刺入或切入草皮来实现草坪通气透水的过程。切开或穿刺与打孔机作用相同，但前者效果差，不过切开或穿刺与空心打孔相比，由于不存在土壤的移动搬家过程，因此，对草坪的破坏性小。由于 V 形刀具接触面小，刀刃锋利可切断匍匐茎和根茎，有助于新枝条的产生和生长发育。此外，为适应高尔夫球场不同护养区域的作业需要，此种机具有多种型号产品，如果岭切草机、球道大型切草机等。



图 9-8 高尔夫草坪切草机

2. 基本构造

草坪切草机由发动机或拖拉机、机架、刀具、轴承、滚筒、链条、皮带等组件构成。

3. 使用和保养

有关草坪切割机的使用和保养与前述相同。

4. 故障排除

切割机的切刃、轴承、链条式皮带是作业中最常见的机械故障。此种故障一旦出现，即必须更换新组件。

9.2.7 垂直刈剪机

1. 原理及用途和特点

垂直刈剪机亦称梳草机。它也是一类草坪通气机具。垂直刈剪机是借助安装在高速旋转水平轴上的刀片进行。近地面垂直刈剪或划破草皮、清除草皮表面积累和芜枝层来实现草皮通透性的。

刀片在垂直刈割机上的安装位置是可调的。当刀片调至上位时，可切掉匍匐茎上的叶，在中位时，通过垂直刈剪可粉碎空心打孔机挖出的土块，有助于芜枝层的分解。当刀片安装在低位时，可除去地面表积累的芜枝层。

2. 基本构造

垂直刈剪机由发动机（果岭用）或拖拉机（球道用）、机架、轴承、刀具、滚筒、链条等构成。



图 9-9 各种垂直刈剪机

3. 使用和保养：

参考打孔机等机具的使用和保养方法。

4. 故障排除

轴承、刀具、链条是作业中常见的故障。一旦出现即行更换组件。

9.2.8 铺沙机

1. 原理及用途和特点

草坪铺沙是高尔夫球场常规作业之一。这种作业可通过铺沙机来完成。铺沙机种类很多，有果岭铺沙机和球道铺沙机。果岭铺沙机可分为步行式和坐式两种。均系用特制布输送带与回转刷的强制撒播方式进行铺沙。铺沙厚度可用操作杆进行调控。通过一定马力的发动机和变速按照作业条件选择合适的速度。配置的橡胶轮在正确使用下在草坪上不留车痕。进行大面积铺沙如高尔夫球道可采用牵引式大型铺沙机。这种类型有卡车装载型和拖拉机牵引型两种。前者以汽车作为装料斗并在其上配置有铺沙装置，后者仅作为一种动力使用。

2. 基本构造

铺沙机由机架、发动机或拖拉机、卡车、轴承、刷子、传送带或链条、拖平刷、装沙斗等组件构成。



图 9-10 各种铺沙机

3. 使用和保养

参阅打孔机使用和保养方法。

4. 故障排除

轴承、传动带、刷子是作业中较常出现的故障，一旦出现问题即行更换。



图 9-11 草坪切边机

9.2.9 草坪切边机

1. 原理及用途和特点

高尔夫球场需要修整的草皮边缘甚多，如沙坑边缘、道路、花坛等边缘。这种边缘多且长，工作量很大。草坪切边机是完成这类工作不可缺少的工具。草坪切边机通常以汽油机或电动机为动力，机体则由人推进称之为步行式。草皮切边机切割深度可用操作杆进行自动调节。

2. 基本构造

草坪切边机由机架、发动机、刀片、轴承、皮带等组件构成。

3. 使用和保养

参考前述相关机具使用和保养方法。

4. 故障排除

刀片、皮带易磨损，一旦出现问题即行更换。

9.2.10 耙沙机

1. 原理及用途和特点

用于耙平高尔夫球场沙坑零乱的沙子。本机采用油压驱动三轮驱动式。灵活机动性高，工效卓著。

2. 基本构造

本机由机架、发动机、扒耙刷或刀耙等组件构成。



图 9-12 各种草坪耙沙机

2. 使用和保养

参考前述相关机械使用和保养方法。

3. 故障排除

一般作业故障极少。

9.2.11 拖平机

1. 原理及用途和特点

铺沙或空心打孔作业之一，后继作业即为拖平。所谓拖平即一个金属拉网或相似的设备拉过草坪的过程。所谓的拖平机实际上是用另外一种牵引动力附加一个金属拉网。果岭铺沙之后，也可以用这种形式的拖平机进行拖平。但这种拖平机很易伤害草叶。一般情况下使用铺沙机后附置的拖平刷即可。



图 9-13 高尔夫草坪拖平机

2. 使用和保养

① 使用前应详细检查金属拉网有无破损现象。一旦有破裂需立即修补，否则易伤害草地。

② 作业前应详细检查现场上有无石块，如有石块同样会造成草坪拉伤。

③ 当作业一段时间后需在作业现场外进行清扫拉网孔中积累的泥沙，以利于提高效果。

9.2.12 起草机

1. 原理、用途和特点

起草机是高尔夫球场铲掉草皮的一种机具。这种机具不仅起草速度快，而且起草厚度均一，容易铺装，利于草皮的标准化和流通。

通常起草皮机都具有两把“L”型起草刀。当刀插入草皮后，依靠刀的往复运动而整齐地切起草皮。草皮的厚度决定于刀插入草皮的深度垂直部分间的距离，小型起草机约 300mm，大型起草机达 600mm。

起草机由单缸汽油机驱动。动力由三角皮带或链条传给橡胶轮，整机由一只或多只橡胶轮位于后部支撑。有的起草机还附加垂直刀片。该刀片的作用是将切起的草皮条按需要的长度切断。工作时垂直刀片与机器前进的方向成直角。切起的草皮可由机器掀起、卷捆和堆放。

起草作业也可由拖拉机牵引的草皮犁来完成。草皮犁有一个滚筒，滚筒两端直径较大部分是锋利的刀口，当滚筒在草皮上滚过时，割出两条平等的长槽，随后有两把水平刀片在草皮底下切割，最后将草皮提起。



图 9-14 高尔夫草坪起草机

2. 基本构造

起草机由机架、发动机、刀片、皮带或链条等组件构成。

3. 使用和保养

参考剪草机有关使用和保养方法。

4. 故障排除

刀片、链条或皮带易磨损和断裂，此时需更换新组件。

9.2.13 碾压机

1. 原理及用途和特点

草坪碾压机用于碾压坪床和镇压草皮，作用在于平整草坪面及促进草坪草的分蘖生长。用于平整坪床的碾压机的滚轮是由普通钢或铸铁制造，具有各种宽度和直径。碾压机至少应由两部分构成，以使在转变时每部分能以不同速度旋转，以防损坏草坪。碾压机按驱动力可分为平推式、自走式和牵引式三大类型。大多数碾压机具配套装置，以调节碾压机的重量。配置装置通常在碾滚上方设置一个平台，附加重量以混凝土块，沙袋、铸铁块的形成增加。另一种碾压机碾滚为中空筒状，使用时根据需要可将水或沙注入滚筒内。重型碾压机用于建坪时场地的平整。轻型碾压机适用于高尔夫球场草坪的整理。

高尔夫球场大面积碾压作业通常由拖拉机牵引而形成一个机组。作业时应在碾滚上安装刮泥板，以防止土壤粘结在碾滚上。

在潮湿场地进行碾压作业时需要采用具特殊吸水性能的碾压机。这种碾压机的碾滚表面附有一层吸水物质，在其前后均有一只装在平板弹簧上的小滚筒。当碾压机前进时，吸水物质从草皮中吸收水分，这些水分再由滚筒在两个平板弹簧的作用下被挤出收集在每只小滚筒下面的小箱内。

2. 基本构造

碾压机由机架、发动机或拖拉机、滚子等组件构成。



图 9-15 草坪碾压机

3. 使用和保养

参考前述有关机具的使用和保养方法。

4. 故障排除

一般故障较少。

9.2.14 撒肥机

1. 原理及用途和特点

草坪施肥是高尔夫球场经常进行的一项作业。草坪撒肥机是完成这一作业的主要

机具之一。它能将化肥均匀地施入草坪。

草坪撒肥机在机架上装置一锥形筒或圆柱筒或槽形筒。这种筒称为装肥斗。在筒底部装有控制肥料量的拨轮筛孔机构，其下为一与行走轮连动的水平安装撒肥盘。当机具在草坪上行走时，高速带动撒肥盘将料筒输出的肥料借离心力将肥料撒播于草坪表面。

肥料撒播机有发动机驱动的自走式，也有手动式。常用的则是手动式草坪撒播机。

2. 基本构造

撒肥机由漏斗、机架、发动机、撒肥盘等组件构成。



图 9-16 高尔夫草坪撒播机

3. 使用和保养

除参考前述有关机具使用和保养方法外，此外还需注意下述几点。

① 手动式撒肥机调节并非由调节阀唯一来决定，它的撒播量还决定于使用者的步伐快慢和大小。

② 每次撒完肥料之后都应清洗，晾干。

③ 每次作业时，当出现堵塞情况，应小心推出作业现场再修理，否则因肥料突然漏出易烧坏草坪。

4. 故障排除

漏斗内的拨针易损坏，一旦发现施肥不均或肥料撒不出，应仔细检查并校正或更换。

9.2.15 喷药机

1. 原理及用途和特点

病虫害防治是高尔夫球场经常性的作业之一。各种施药机械是完成病虫害防治的重要工具。这些施药机械概括起来可分为人力施药机械和机动施药机械。

人力施药机械如手动喷雾器，它是常用的喷雾机具之一。这种喷雾器重量轻、体积小，但工效低，仅适用于小面积杀虫治病。因而不适应大面积高尔夫球场杀虫治病，但可作为一种辅助工具来使用。高尔夫球场最常用的大型杀虫治病的机械为农药喷雾车。这种农药车工效高，很适合高尔夫球场作业。其喷雾原理通过驾驶人员在操纵室控制，主要靠压力泵加压，然后将药箱中药液通过喷雾嘴压出喷施到草坪上，达到杀虫治病的目的。



图 9-17 各种草坪农药喷雾车

9.2.16 草坪农药灌注机

1. 原理及用途和特点

地下害虫是高尔夫球场一直困扰的问题。它能咬断草坪根系,造成草坪大片死亡。由于这些食根性昆虫一直位于地下,因此很难防治。为了对付地下害虫就必须将药液直接送至昆虫活动层。目前这类草坪机具已研创出来并投入使用。这种草坪农药灌注机不仅操作简单、安全,还可调节空气,增强草根活性,是防治高尔夫球场球道、果岭地下害虫的理想工具。它是通过泵压将农药罐中的药液通过喷嘴压入地下。

2. 基本构造

草坪农药灌注机由机架、发动机、药罐、喷嘴等组件构成。

3. 使用和保养

参考打孔机使用和保养方法。此外,使用时别碰喷雾嘴。

4. 故障排除

喷嘴易损坏。损坏后需要换新组件。药管及接头易露水,更换新组件。

9.2.17 草坪播种机

1. 原理及用途和特点

草坪建植主要有两种方法,即种子播种、营养体建坪。除人工播种外,还可进行机械播种。当前大面积建坪主要靠机械播种。机械播种可分为手动和自动两种。当前我国在直播建坪中普及推广的是手摇撒播式播种机。这种机型体积小、重量轻、结构简单、灵活耐用,不受地形环境和气候的影响,而且操作简单,效率较高。是我国北方高尔夫草坪建植的主要播种机具之一。此外,还有一种自动播种机。这种播种机是装在立式切割机上使用的。在立式切割机割刀之后,通过特殊圆盘进行播种。

2. 基本构造

HS43 型草坪播种机由机架、发动机、漏斗、搅拌机、圆盘种子出口嘴等组件构成。手摇种子撒播机由储种袋、机座手摇传动装置、旋飞轮等部分构成。手摇草坪播种机由北京文龙塑料厂制造生产。

3. 使用和保养

参阅打孔机有关使用和保养方法。



图 9-18 各种草坪播种机

4. 故障排除

圆盘出口嘴及有关传送带易磨损，一旦发现问题即需更换。

9.2.18 草坪割刀研磨机

1. 原理及用途和特点

剪草是高尔夫球场主要的养护作业之一。对于地处偏暖的南方型高尔夫球场，修剪几乎是全年候的，在夏季，果岭几乎天天都必须修剪。锋利的刀具能极大地增强草坪对各种不利环



图 9-19 各种高尔夫草坪割刀研磨机

境的抵抗性。因此，研磨刀具几乎是高尔夫球场草坪人员每天应进行的工作。草坪研磨机是完成这项任务的有效工具，但不是唯一的工具。这些机具操作简便、工效高，能胜任各种剪草机的研磨需要，不仅研磨精细，且经久耐用。

2. 基本构造

研磨机由机架、电机、送进装置、磨石或砂轮构成。

3. 使用和保养

- ① 开机前认真检查研磨机零件是否机油充足，不够应加足。
- ② 注意本机要求电源电压，否则易烧坏电机。
- ③ 刀具磨完后应认真清洗，保持干净。

4. 故障排除

磨石或砂轮易磨损，一经发现应立即更换新砂轮。

9.2.19 草坪供水机械

草坪供水机械亦称灌溉系统。高尔夫球场目前均采用自动灌溉系统。它是根据高尔夫球场的面积、地形地势、水源、供水量等情况进行综合考虑而设计的自动控制灌溉系统。

从高球场灌溉的历史看，高球场灌溉系统可分为三类：手动快速耦合器系统，半

自动系统和自动系统。早期的球场主要采用手动和半自动系统。目前绝大多数球场采用自动灌溉系统。因为该系统可节约大量人力、物力和财力，而且效率极高。目前国内球场均采用国外生产的自动化喷灌系统，据球场使用情况调查表明：澳大利亚设计和生产制造的自动化喷灌系统性能可靠，坚固耐用，深受球场欢迎。在中国许多球场均采用其设计制造的自动喷灌系统如上海常青高尔夫球场、深圳沙河高尔夫球场等，现以澳洲自动喷灌系统为例说明自动控制器系统的详细过程。所谓自动喷灌系统即由固定的弹起式喷头构成。通过控制按预定时间由控制阀启动。需喷灌时将喷灌程序输入控制器，然后发出电信号或液压信号进而操纵控制阀。由于高尔夫球场面积很大，需要多个控制阀来作业。因此，喷灌程序主要为控制阀设置具体的运行时间程序。这样，操纵人员在水泵房按程序进行操纵就可为高球场任何区域提供灌溉服务。目前该机械在香港有其推销代理商即豪迪高尔夫球园景公司。

1. 灌溉系统组成

灌溉系统的主要组成部分构成一串序列链，包括水源、泵站、配水管线包括配套的闸门和排水阀、控制阀、控制线路以及相应的控制器（若为自动系统）和喷洒头。全自动灌溉系统包括上述全部组成，而其他类型的系统则有取舍。可以使用的辅助部分有自动湿度传感系统和自动化学剂注入系统。

（1）泵站 泵站或泵的作用是从井、湖、塘或溪之类水源抽水、加压，然后按照灌溉系统设计规格所要求水压和水量把水送入灌溉系统。此外，有时还把泵安装在加压管在线，把水压提高到灌溉系统运行所需要的水平。这种泵称为加压泵，通常为离心泵或立式涡轮泵。多数高尔夫球场泵站安装在永久性的水泥地基上，可以有防护性的泵房，也可以没有。是否建造泵房取决于泵站所在区域的气候条件、人为破坏性及动物活动情况。泵站的规模从带有加压泵的单机主机，到带有各种控制和阀门的复杂的多级泵组合。系统的具体类型取决于灌溉系统的设计需要以及水源的位置和类型。

（2）泵机的类型 草坪灌溉用泵多为转叶式，借助离心作用加压。用于草坪灌溉的离心泵多为螺旋型或涡轮型。两者之间的主要区别在于各自从旋转的转叶接受水的方式。

（3）泵机选用 泵机选用应该根据场地条件和灌溉设计工程师所提出的灌溉系统的要求选择机类型。场地条件包括地形和已知的最高水位和最低水位。此外，还应简单说明可供使用的电源。

泵机的选择应该以最大的预计排水流量以及计算得出的水头规格为基础。泵机的特性曲线应该仔细预计。此外，还应该研究各项运行条件的各种组合，保证泵机系统在各种变化的条件下均能提供理想的灵活性。最后选定泵机前，还应该估计泵机运行的经济性，计算出建议使用的泵机和动力机组的固定成本和运行成本。把几种泵机系统进行比较，可以反映出在泵机成本上能有可观的节省，保证在排水流量和水头方面

满足灌溉系统设计规格的要求，没有任何缺陷。

(4) 泵机系统 泵机、马达、电源、泵机辅助系统如逆止阀、门阀、减压阀、自动通风阀、旁通控制阀、压力表、压力开关、排水阀、停水开关、泵机控制阀、压力罐、滤网和配套的电气系统等。应该注意泵机的配套供电单元，在整个速度范围和泵机运行状态内均有良好地匹配。

大型高尔夫球场的灌溉系统大多需要多级泵系统。这种系统可以包括一级离心泵，每只泵机都有自己的吸水管，也可以包括一组立式涡轮泵，每只泵均从同一泵池抽水而所有泵机的排水管都连接到主灌溉系统。串联式多级泵机排水量恒定，但是压力是累加的。并联式多级泵维持恒定的压力，但排水量是累加的。典型的 18 洞高尔夫球场院多级泵系统有 2~3 台主泵机，外加一台辅助泵。在典型的三泵机系统中，每一台泵机的容量选为该灌溉系统所要求最大排水量的一半。这种配合的重要性在于，当一台泵机的故障，系统仍有足够的后备容量。压力开关能自动启动一台或多台泵机，从而维持设计所要求的压力。辅助泵有多方面的作用主要有：随时维持系统压力，使泵入空管线所引起的水锤作用减到最小；满足小量供水需要，避免启动主泵机，例如灌水箱、树木和灌木的深灌、小面积草坪的选择性灌溉等；在压力和流量需要增加，而增量还不足以需要增开主泵机的情况下，提供压力和流量，辅助一台或多台主泵。

泵机的运行应该自动控制，通过与泵机相匹配的适当大小的压力罐和必要的控制器件实施。

2. 配水系统

管线草坪灌溉系统的配水管线大多永久性安装在地下。在泵机排水口，管线系统的主管线口径相对较大，而到稍远处的分支管线，口径逐渐变小，直到管线的末端喷洒器喷头。灌溉用水管可以用塑料、石棉胶浆和金属制造，各种材料制作的水管从强度、容量、尺寸、寿命和成本来看各有优缺点。对照各自的优缺点，根据所安装灌溉系统的具体要求，确定应该如何选用水管。另外它的具体配件有：管接头、异径接头、管子平端、三通、四通以及垫衬等。

3. 塑料管

塑料管的优点是成本相对较低，而且完全惰性，这样就避免了诸如锈蚀、电解腐蚀之类的破坏作用。塑料管重量轻安装方便，寿命性能好，而且由于其内壁光滑，其水容量要比标有同样尺寸的其他材料管材要大。

虽然制造管子的塑料种类繁多，对于草坪灌溉系统，目前有意义的只有两种：最主要的是聚氯乙烯（PVC），另外一种是聚乙烯（PE），使用程度有限。

PVC 管为半刚性，安装时允许适当弯曲。与其他类型塑料管相比，PVC 管具有：强度更高；寿命最长；对更广范围的化学剂有抵抗作用；承载容量较大；安装结合件简单。目前用于高尔夫球场横向支管线，口径为 10cm 或更小的管材，大多是 PVC

管。甚至有趋势把 PVC 管用于口径达 76cm 的主管线。用于较小口径 PVC 管的接合件属管外型，用称为熔接的化学方法熔合在管子上。

PE 管一般比 PVC 管价格低，而且容易加工。但是，这类管材的使用量在下降，因为它强度低，额定压力也低。此外，这类管材不能使用熔接技术，只能用插入型接头，而这种接头对水流有阻力。

4. 提升管

其作用是把喷洒器嘴或快速耦合阀连接到地下分水管。提升管的结构类型多种多样，从直接向上延伸进入喷洒器喷嘴基座的短管，到更为复杂的单臂或双壁旋转接头组件。后者在高尔夫球场安装中用得最多，因为旋转接头有保护地下管线和喷洒头免遭损坏的功能，尤其是在车辆和设备直接从喷洒器喷嘴上方经过的时候。旋转接头组件是一组弯接头，在受到来自上方压力时弯曲，因此能在车轮从与之连接的喷洒器喷嘴上面经过时缓冲车轮所造成的冲击力。旋转接头还允许在安装后，随着草坪生长、土壤紧实而引起各个喷洒器喷嘴周围的表面坡度有变化时，调整喷洒器喷嘴的高度。

5. 仪表

泵机系统和配水管线配套仪表是保证水压和水流特性保持在该灌溉系统原设计值的一定范围以内。压力表安装在整个系统的不同点，用来监视水压。在泵机系统中，需要永久性安装一个或多个压力表，包括压力罐以及泵机出水口进入主管线处。还可使用便携式压力表检查各个喷嘴的水压，或者配水管线支线上其他点上的水压。应该考虑在泵站安装一台 7 天期压力记录仪。监视某一周期内的水压。在某些泵站还配备有一只真空表，安装泵机的吸入口处，用来指示泵机运行和性能。

6. 控制阀

阀门用来把水放进配水管线或喷洒器喷嘴把水保留在配水系统的某一部分或泵站内，维持某个特定的压力以及让管线排水。阀门可以手动，通过遥控启动，或者完全自动。

手动控制的灌溉系统通常采用球阀或角阀，用手扭动放水到附近的喷洒器。而现代自动灌溉系统一般使用遥控阀，接受中央控制器和现场分控制器的控制，启动灌溉喷头。虽然遥控阀多数为埋在地直工作而设计，把阀放置在阀箱内有利于维护，而且在必要时，可以方便地进行手工操作。

遥控阀的开启和关闭可以用液压，也可以用电动阀来操作。配水管线中配用的其他类型的阀还有门阀、排水阀、冲泥阀、压力释放阀和真空释放阀。快速耦合阀处于提升管的上端，通常是旋转接头型。

7. 控制器

自动灌溉系统中的一个关键组成部分是启动遥控阀的控制器。其基本部分有：一只 24 小时时钟为控制器计进，并为一旋转选择开关提供脉冲；一只按每周各日编程的编程的编程盘；一只控制站批示器和计时装置；一些泵机线路图。控制器带有不同

数目的控制站。每一控制站通常有 0~60min 的计时量并控制一只或多只遥控阀。球场预先把每一个控制站的定时器,按照该控制站所控制的草坪区域所需要的具体灌溉时间长度,设计一个计进值。从该控制器会发出一个信号,经过电线或液压管线,去启动一只遥控阀,然后顺次启动一只或多只喷洒器喷头进入工作状态。

高尔夫球场设计的大多数现代自动灌溉系统通常采用一只带有一系列现场分控制器的中央编程器,中央编程的主要功能是启动分控制器的循环周期。接到命令时,分控制器承担受其控制的那部分灌溉系统的实际编程和运行。每一只现场控制器都设置在一个战略位置,可以一览它直接控制下的喷洒灌溉喷头。分控制器可以由与之连接的中央编程器直接操作或遥控。分控制器还可以在控制站现场手动操作,这样就有了额外的灵活性,可以手动启动灌溉系统的某个具体部分。

中央编程器可以设计成带有一些附件,允许对灌溉系统的关键部分实施监视。这些附件可包括:指示该系统各部分压力水平的压力表;与泵站配套的各泵机的运行批示器;在出现预先确定的高压状况或低压状况时自动关断;指示在某一时间,系统的哪些部分在运行的自动信号系统;自动雨天关断系统。自动控制系统的优点在于,可使高尔夫球场主管得以直接控制整个高尔夫球场所采用的所有灌溉活动。如果系统运作得当,最终结果是提高水的利用高效率,对各个不同的草坪区域更为均匀的灌溉,避免过度浇水,同时也避免了相应的土壤板结和草坪疾病的问题。

最近自动控制器的一项新发展是固态电子计算机系统,可以根据对某些气象资料的自动监视,编制出更为复杂的程序。中央编程器的进一步完善体现在一种降雨传感装置,在雨天达到规定的降雨量时取消控制器程序,进而关闭灌溉系统。

8. 喷洒器喷头

喷洒器喷头的类型有:固定喷洒、弹起式喷洒、条形喷洒、起泡器、水流喷洒和旋转喷洒器。高尔夫球场使用最普通的是旋转喷洒喷头。它产生缓缓旋转的、高速细雾状水流,相对均匀地分布在圆形或半圆形的大片面积上,直径可以从 15~60m。弹起式旋转喷洒器喷头的性能中参数为直径 21.3~51.8m。高尔夫球场使用的喷洒器喷头多属弹起式。

喷洒器喷头喷水速度和水的分布形式是高尔夫球灌溉的首要出发点。常规分布曲线在喷头附近最高,随着距离变远逐渐下降。因此,使固定式自动喷洒器喷头有适当间隔和重叠,是获得均匀浇灌效果的关键。工作压力不当会对喷洒器喷水的分布产生不利作用。还有一个使问题复杂化的额外因素是风,风速每小时超过 8.5km 时,水的分布曲线就变得不再可靠。

9. 化学剂的注入

通过灌溉系统给高尔夫球场施肥或其他化学剂是可行的。这种方法称为肥灌,较多用于注入化学剂的方法,需要使用一台比例调节泵,这种泵能够以流动速度的方差进行调节。而且,典型的草坪喷洒器灌溉系统的阀门和喷嘴相对较小的喷孔要求使用

液态化学剂。采用肥灌取得成功的关键在于设计和安装合理、能保证在整个草坪区均匀喷洒水的灌溉系统。但也要考虑对管道管的化学反应的影响。

10. 灌溉系统设计

按照高尔夫球场各项变化的条件,以所要求的流速把水均匀地喷洒到需要灌溉的区域,这是球场灌溉系统的最终目标。要达到这一目标,关键在于灌溉系统必须有合理的设计和工艺。该系统还必须在气候、土壤和草坪培育等因素有很大变化范围和条件下运行,合理的设计就更显得重要。

在准备详细的工程规格以前,必须先制订可靠的系统设计方案,必须深思熟虑,投入大量的时间和精力。设计程序的第一步是选择操作喷洒器喷头的方法。这项决策不仅影响所选用喷洒器的类型,同样影响到阀、管线、接合件和控制线的类型。

(1) 设计高尔夫球场灌溉系统应该考虑的主要因素 草坪用水的最高流量;单位时间水源可供水量;每天可进行灌溉的时数;使用灌溉的预期量和频度;土壤承受高度行走压力的情况下仍然具有的透水性;地形的区域;主导风势的风向和风力。设计通常以最干旱的月份中一段长时期所需要的补充供水为基础,以避免设计过度或设计不足,设计阶段应该确保在最高运行负荷条件下整个系统能够维持所选用喷洒器喷头的规定工作压力,这一点极端重要。

(2) 设计的步骤包括 准备高尔夫球场需灌溉区域现场平面图;设计喷洒器喷头布局;确定所需流量和配套管线尺寸;喷洒器喷头系统分区;制备挖沟平面图;选择物料以实现设计目标,还需提供所需要的每个喷洒器组件的详细规格。每一组喷头称为区,由一个单独的控制站控制。这样,给某一具体区的供水量就限制了该区内可以运行的喷洒器喷头个数。在确定区划时,应该考虑草种、土壤条件、排水、护养工作强度、坡度、阴面和阳面比例,风势和存在的树木等方面的差别。

准备准确的灌溉平面图至关紧要。平面图上应准确标示主要的永久性或半永久性特征物,如建筑物、主要的树林或树丛、突出地面的岩石、栅栏以及道路。在这一方面注意细节的准确性能避免喷头布局出错,还能避免此后的成本估计出错。

备妥设计方案、平面图和规格说明书以后,设计工程师应负责准备适当的投标档、发布招标公告,并把适当的设计平面图、规格说明书和施工合约分发给有资格参加项目投标的灌溉安装承包商。

(3) 自动灌溉系统设计中应该注意的事项 只要有可能,主管线应该成回路,即相互连接,用以帮助整个系统压力的平衡。回路是任何设计布局极有价值的一个特征,即使会造成额外成本也值得。管线多花的费用通常可由使用较小管径而抵消;最好用多排系统保证球道的均匀覆盖。单排系统大多数在物理上就不能提供均等落水率的整体效果,尤其是在经常遭受高速风势的干旱、半干旱工区,高降雨区域可能是个例外,这些地区的目标在于保证草坪在下雨间歇期间存活;重叠比(指某喷洒喷头覆盖区域的半径与两喷头间距之比用百分比表示)对于喷洒器的间隔是十分重要的因

素。经验证明 100%的重叠比能提供最佳整体覆盖，也就是说，每只喷头喷水达到相邻喷头的根部。70%~80%重叠比扩大了覆盖面积，但就草坪灌溉来说，在大多数情况下都尚未证明已经足够；自动弹起式喷洒器喷头（果岭、发球台、球道或障碍区）的实际间隔多数都没有发现有超过 20~21.3m，布局成等边三角形。用较大功率喷洒器喷头构成大间隔布局可以减少系统的总成本，但是往往给大多数土壤类型浇水太多太快，和缓的细雨比大雨的效果要好得多；20~21.2m 间隔的等边三角形对于轻打果岭特别重要。由于成三角形，系统提供了相对均匀的覆盖，面积很大的果岭可能无法使用这种设计，虽然把轻打果岭的周边重新整形后有可能可以使用。在果岭为周边简单地每隔 20m 设置一只喷头，不可能提供均匀的覆盖，必须采用三角形格局；等边三角形要比正方形或矩形格局好。三角形格局产生的空白区最小。正方式或矩形格局使降水率的稳定性和覆盖面均匀性都变差。任何球场的草坪灌溉系统，其最终目标无一例外的是均匀覆盖；由同一控制站或遥控阀来控制轻打果岭、发球台和球道的喷洒器是绝对不妥的。这些区域有不同的灌溉要求。因此，喷洒器应该各自独立，且由不同的独立控制站控制；把全方位喷洒器喷头和半周喷洒器喷头置于同一个控制阀或控制站的控制之下，不是好的设计。从降水率和运行时间来看，全方位喷洒和半周喷洒器一般是不兼容的；单个控制站所控制的弹起式喷头一般不应该超过 2 只，最好只控制 1 只。例如：如果覆盖一具体的果岭需要 6 只喷头，至少应为此提供 3 个控制站，这样作为果岭区的灌溉提供了较大的控制度，比全部 5 只喷头时一齐开动的做法要优越得多。喷头的组合和分区可以以地势的高度相似性、上行或下行特征、树阴和其他特征为基础。

发球台和设计要求也相似，也就是说，任何控制站控制的喷洒器喷头不能超过 2 只。至于球道和障碍区，在多排系统中，每控制站最多可有 6 只喷洒器喷头。而单排系统，有些场地可能需要对各个喷头实施单独控制。控制度可能会增加安装的初始成本，但是，系统的灵活性和有效性得到了加强，且运行成本得到了降低；属同一站控制的喷洒器喷头应该处在或近似处在同样的高度。这样安排允许对高地和低地分别制订灌溉计划。如果属同一控制站控制的喷头分布在相差很大的差高上，根本不可能做到均匀灌溉，处于浓阴下的区域也应该有类似的考虑（相对于全日照区域），草坪培植方法有不同的工区也一样；每一只弹起式喷洒器喷头应该有逆止阀或止回阀，这是为了防止灌溉管线在每次灌溉周期以后把水排到地势最低的喷头。有些自动喷头内装阀供这种用途，如果没有某种阻止回流的措施，则在每一条管在线地势最低的喷头基部会出现十分潮湿的区域，造成水的浪费，且空气会进入系统，增加水锤和冲击的损害。安装旱井或排水管线不可能把这个问题解决得好；每个自动灌溉系统都应该在每个果岭和发球台的有水压管在线安装快速耦合阀，除此之外，还有球道，至少每隔 60~91.4m 装一个，用于局部点浇灌、灌注、喷水罐注水、幼树浇水、后备水源和应急用水等；风力修正。在同样影响构成重要因素的地方，减少喷头之间的间隔似乎是

最好的解决方法；分控制器的位置应该能够一览无遗地看到直接有关的所有喷洒器喷头，这样可以监视系统的运行情况；系统的整个主管线应该安装门阀，使主管线和分支线都能便利地与系统隔断。任何自动系统的生命周期内都有必要不时地进行保养和修理。在战略位置设门阀，只要把有关阀关闭使局部停止运行，无需把整个灌溉系统停止运行和排水；每一块球场都会有一些孤立的区域难以被自动灌溉覆盖，例如孤立于林区的发球台。这种情况下，可以采用小功率弹起式喷头，以等边三角形格局安排。可以达到最佳灌溉覆盖，这种类型的设计比单排弹起式喷洒器喷头的覆盖效果好，还可以避免在发球台出现过湿或过干的区域；现代自动控制器大多数具有把灌溉程序重复或再循环的功能。这就意味着，有可能编制两个 10 分钟的程序组，而不是一个 20 分钟的单程式。这种选择主要供滤水性差的土壤使用，所有的自动系统都应该配备；在冬季气候要求系统排水的地区，设计师必须提供灌溉管线的排水能力。应该在地势低于管线要排水部分的地方设置手动排水阀，还要在深秋时候，用便携式空气压缩机吹出管线中的所有沉渣提供双保险。

第10章 高尔夫园林设计与养护技术

通常一个标准国际单位高尔夫球场由长 6 400~7 000m, 占地面积约 600~1 000 亩的 18 洞构成。其中, 草坪和树木占整个球场面积的 70%左右, 剩余面积由沙坑和水塘构成。高尔夫球场常见的分类以 Links 和内陆型为主, 因而散见于世界不同的地理区域中。

现代高尔夫球场设计综合地利用了地形、地势等各种自然因素进行包装和设计。种种迹象和事实表明: 内陆型球场越来越注重高尔夫园林设计、配置及养护, 而树木已成为现代内陆型高尔夫球场设计的主要辅助成分。随之而来的则是大量及技术含量较高的园林养护工作。

本章主要讨论高尔夫园林概念、园林设计、配置及养护技术问题。

10.1 高尔夫园林设计与养护理论

10.1.1 高尔夫园林概念

现有高尔夫园林研究成果表明: 高尔夫园林设计及养护与一般城市园林是两个截然不同的概念。高尔夫园林设计与养护的主题永远是竞技和创造多种感情色彩的自然风光。而一般城市园林则主要满足人们参观、游览和休闲嬉戏的需要。

所谓竞技园林, 即球场园林设计的概念应围绕高尔夫竞技而展开, 园林处处表现为击球障碍要素合理配置, 体现击球陷阱的进退得当, 蕴含击球哲学韵味和思考。所谓自然风光, 即以本地自然景色为基调形成球场景色框架和格局, 体现自然、和谐、陷阱, 表现美观、悦目、愉快、紧张、恐怖、敬畏和力量等感情色彩。

高尔夫园林的设计要素核心即竞技和自然风光的相互包容和渗透。据此, 马宗仁(1996, 2005)提出了高尔夫园林的概念。其定义表述为: 在高尔夫竞技概念下, 以树木等设计要素构成合理的竞技树木组合和具有当地自然风光的球场园林景观效应。

高尔夫园林是高尔夫设计的一部分, 它首先是一种设计要素, 其次是景观。高尔夫球场所含有的花坛、花镜、花径、丛林、独立树等都是在球场设计的要求背景下所存在的既独立、又融合的整体园林概念。

10.1.2 高尔夫园林要素特征

1. 形态要素特征

(1) 乔木 高大、主干明显、分枝点高、寿命长。常分为大乔木(20m 以上)、中乔木(8~20m)和小乔木(8m 以下); 乔木从叶子是否脱落可分为常绿乔木和落叶乔木 2 类; 按照叶子大小可分为针叶乔木和阔叶乔木。

(2) 灌木 无明显主干、多呈丛生状态或基部分枝。一般体高为 1~2m。灌木也常分绿叶灌木与落叶灌木。

(3) 竹类 属于乔木科的常绿乔木或灌木、实心或空心、具节, 是一种观赏价值和经济价值都较高的树木设计要素。

(4) 花卉 姿态优美、花色鲜艳、具有观赏价值的草本和木本植物。

根据花卉生长期的长短及根部形态以及对生态条件的要求可分为一年生、二年生、多年生花卉、球根花卉和水生花卉。

2. 生物学要素特征

(1) 温度 园林植物同化、吸收、呼吸等生理活动均受温度影响。温度越高，呼吸和光合作用越旺盛，消耗越快；反之，园林植物处于生理抑制状态，活动降低或停止。园林植物生长发育等都有最适、最低和最高温度，超此界限，生长发育便降低或停止。亚热带园林植物 15°C 左右开始生长，热带雨林园林植物 18°C 以上才能生长，温带园林植物约 10°C 左右开始生长，有些温带园林植物甚至在 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 即能开始发芽和生长。

高温提高园林植物蒸腾，失水加快，容易萎蔫。土温高阻碍了根生长和发育。低温，例如零下温度，大多数亚热带园林植物易受冻。

(2) 光照 园林植物光合、营养吸收、大气温度、蒸腾、水分均受光的影响。阳光充足，光合作用加强，喜光园林植物生长良好，表现枝叶茂盛，花彩鲜艳。

园林植物对光反应具有最适、最高、最低光。有的园林植物在强光下生长良好，有的则在半荫蔽下才能生长良好。根据园林植物对光照的要求可分为强弱性园林植物、阴性园林植物、中性园林植物和阳性园林植物。每种园林植物开花具有不同的光周期，一般可分为长日照园林植物、短日照园林植物和中日照园林植物。

(3) 水分 一般园林植物体内含水量为 $70\%\sim 80\%$ ，个别种类可达 90% 以上。园林植物只有在含水量充足的条件下才能进行一系列正常的生理活动。水是园林植物进行光合作用的主要原料之一。土壤中的营养物质只有溶解于水中才能被园林植物吸收。园林植物体内有机物的合成和分解以及呼吸作用均离不开水分。种子发芽时需要充足的水分。幼苗根系较浅，抗旱力弱，必须保持土壤湿润。夏季温度高，园林植物生长旺盛需要大量的水分，必须适当的供给水分。

水对园林植物的花芽分化、花色形成等均有重大影响。根据园林植物对水分的要求可分为旱生园林植物、水生园林植物、湿生园林植物、中生园林植物。

过多、过少的水分对园林植物的正常生长发育均不利。因此采用人工水分调节予以校正对养护园林植物是一项重要的技术措施。

(4) 氧气 园林植物的正常生长发育必须要有充足氧气的供应。如果氧气供应不足或缺氧就会导致根的呼吸困难。种子缺氧会停止发芽甚至死亡。雨季期间园林植物缺氧严重。很多园林植物生长表现不良，进行土壤调气是养护园林植物的重要手段之一。

(5) 土壤 土壤是园林植物生长发育的重要物质基础。土壤对园林植物的重要性是通过土壤水分、养分、空气、温度以及酸碱度的变化来实现的。

土壤中水分不足、养分缺乏、空气不畅、温度太低、酸碱度不适均会造成园林植物生长不良。园林植物的养护实际上大部分是对土壤的养



图 10-1 树木替代山丘及水形成弯头障碍

护，只有在各种条件都适合时，园林植物才能生长旺盛。

3. 功能要素特征

(1) 竞技陷阱 现代高尔夫球场设计主要是设计元素的规划组合。设计元素除了正统设计元素沙坑、水塘、山丘、沟壑外，现代高尔夫球场设计已逐步重视运用树木元素的设计。通过树木的高矮、质地、粗细、季相变化丰富甚至替代正统设计元素（图 10-1）。综合高尔夫设计历程演变来看，从无树球场到有树球场，园林植物从无到越益发展壮大，日趋形成完善的高尔夫园林。这种情况的出现一方面基于球场美景需要；另一方面则是考虑日趋激烈的竞技需求。根据世界高尔夫球场发展情况，可以毫不夸张地说高尔夫球场上处处充满了树木陷阱，球员在饱览大自然风光的同时，如何越过树木危险，击出好球成为他们不断思考的主题。

从高尔夫球场设计元素的惩罚性大小来看，水是无情之物，入之即死。沙坑设计的现代功能更多的是表现为一种装饰。而山丘和沟壑更多的是提供一种三维空间，体现球场的神韵和灵气。园林植物在充当障碍方面的功能则更加复杂和对多变。它们栽植和配制的方法、方向、数量、格式、植物类型甚至养护方式都为陷阱的成功运用起到了其他元素难以企及的作用。用树木替代山丘或水元素比水和山丘更加令人敬畏。树木以活的躯体随风摇曳（图 10-2），带来的不仅是动感、聚引目光，而且干扰心理的障碍效应也陡然增大。沙坑叠加树木，震撼力量更大。独立树或树丛不仅指示目标，而且也干扰视线（图 10-3，图 10-4），狭窄空间，造成击球心理障碍。隔离树不仅创造长维动感，而且也形成围城，空间变小，更易动摇击球心理的正常发挥（图 10-5）。球道草坪轮廓修剪既可减少养护费用，也可创造更富刺激的高草轮廓（图 10-6）。梯



图 10-2 梯旁树木摇曳干扰击球



图 10-3 球道与果岭前丛植树



图 10-4 果岭独立树



图 10-5 球道高草修剪轮廓



图 10-6 球道隔离树

区大树既可提供休椅,也因风动树叶增加心理干扰。因此,树木陷阱是一种活的障碍,比正统设计元素更加丰富多变,威慑力更强。

(2)安全静谧 根据高尔夫竞技特点,球场中各球道之间应尽量避免互见,以利于球员专心打球,同时为松弛紧张的运动心态,创造探幽访奇或曲径通幽的悬念,树木起到了连接和荫蔽或隔绝作用(图 10-7)。通过不同树种的合理配置,栽植于相邻球道间可以造成绿色围墙,增大安全。



图 10-7 树木的隔绝功能

随着高尔夫运动的普及,打球的人数越来越多,安全问题就显得越来越重要了。安全问题不仅涉及球员,而且也涉及球场的工作人员。树木绿色围墙使安全系数大为增高。

(3)美化环境 乔木、灌木、花卉和竹类统称高尔夫园林设计要素。高尔夫园林要素有助于美化高球场外貌,增加球场设施艺术效果。

高尔夫园林要素点缀和协调球场园林景色,丰富季相(图 10-8)。主要配置在球道、梯、果岭、小亭、路径、会所,或片置、点置、丛置,形成密林、疏林、丛林,布置成树径、花径、花坛,是高尔夫园林设计和美化的重要组成成分。



图 10-8 高尔夫园林要素的美化功能

草坪在执行高尔夫园林要素功能中也是主要园林要素之一。它们构成高尔夫园林的底色,是使用最多、最广泛、活动最频繁的要素材料。可以说,草坪与高尔夫运动休戚相关,没有草坪就无高尔夫运动的乐趣可言。

高尔夫园林要素有助于美化球员心灵,陶冶性情,消除疲劳和紧张和提高球员竞技成绩。

10.2 高尔夫园林设计

10.2.1 高尔夫园林设计概况

发源于苏格兰东海岸的高尔夫球场已有 700 多年的历史。而将树木作为真正的球场设计要素,据美国高尔夫球场设计师 Ron whitten 的考证大约只有 100 多年的历史。树木作为球场设计要素起源于美国。但早期仅作为一种背景陪衬。开始时球员并不喜欢球场上栽树,因树叶随风摇晃产生的噪音影响击球的注意力。球场植树也造成击球障碍。

随着时间的发展, 树木美化、造景、安全、阻风、遮阴、环保等积极作用越来越明显。由于地形地貌的限制, 树木在平原球场的障碍作用越益突出, 逐渐成为球场设计要素的重要组成部分。1900 年前, 许多致力于球场设计的专家如美国的 C.B.Macdonald 和 Seth Raynor 等虽进行了一些开拓性的设计工作, 但鉴于当时人们对树木在球场上的认识偏见, 以致这种努力收效不大。1900 年后, A.W.Tillinghast 在球场树木设计方面进行了重要而富有成效的工作。他以树木为设计要素所创造的纽约 Winged Food 球场、Rochest 球场和 Minesota 乡村俱乐部成为球场设计的经典作品。

随着地形地势、气候等条件差距日益增大, 球场数目逐步增多, 各种设计风格相继出现。1930 年以来, 树木在球场上的设计要素得到明显加强。由于球场空气流通, 阳光辐射、修剪机具等的要求, 树木养护工作也日益受到重视。这一时期, 球场树木设计也发挥了重要功能。不仅增加了树木种类, 而且在质地、大小和外貌等方面都进行了多种尝试。Dick Wilson 对皇家 Montreal 球场所进行的树木设计便是这一时期的典型代表。

园林球场不再突出美化的概念, 而是加强树木设计要素的竞技成分。过去一度流行的无树球场设计风格正在逐渐改变。现在很多球场设计师已经意识到了湖泊、球道、果岭、梯区以及沙坑揉入树木要素进行战略设计能使高尔夫球场更富刺激和挑战。美国球场设计师 Joe lee 对此方面进行了多年研究。例如他将 Fall Greek Falls 和 Stonehenge 两个球场的树木特点结合在 Tennessee 球场上构成了颇有特点的球道边缘战略布局。不过 Ron whitten 则认为这种布置会分散球员对打球的注意力。

为了消除球员因球道树木过多所带来的副作用。Jack Ridwell 和 Mike Hudza 通过使用沙池、山丘障碍来平衡这种副作用。例如 Hickory Hills 球场和 Foxfire 球场通过采用这种平衡法有效地抑制了树木所带来的副作用, 球员在击球时不受球道和果岭边缘树木的影响, 其感觉如同沙池与布满草的土丘障碍一样。

Roget Rulewich 也曾讨论过球道边缘树木布置的作用并与 Robert Trent Jones 一起进行了许多开创性的工作。像纽约 Grag Burn、马里兰州 Ocean pines 和北卡罗来纳 Carolina Trace 球场即是这种战略布局下精心构思的结晶。Roger Rulewich 指出, 树木的大小和形状能给高尔夫球场提供更多的变化, 使其更趋复杂, 特别对狗腿球道更是如此。

随着高尔夫运动日趋成熟, 1950 年后各种设计风格新意迭出。然而就全世界球场树木设计总的情况看, 树木设计重点仍是果岭。Pete Dye 等在田纳西 Honors 球场上将树种植在离果岭边缘不到 2m 的地方。当然最极端的情况是将树布置在果岭的中央。Frank Duan 在南卡罗来纳州 Skidaway 球场 16 号果岭中心种植了一棵矮棕榈树。近年来, Gene Harmm 在北卡罗来纳的 Cape 球场和 Racquet 球场的 10 号球洞果岭也植了一棵很高的双叉松树。就正统的高尔夫障碍战略布局的观点来说, 此类大胆设计只能哗众取宠。不过也确实别致, 更易提示目标所在。

一些球场设计师以更为流行的方法辅之传统风格创造了一些有特殊魅力的果岭

树型。如 Ron Kirby 在南卡罗来纳的 Kiawah 球场以及田纳西的 Brandermill 球场所设计的一些球洞树。这些独立树均靠近果岭、梯和沙池不远的地方。其作用主要是作为一种景点、竞技策略和提示击球目标。

现在有些设计者还试图利用树木渲染环境，创造一种氛围。例如，Tom Fazio 所设计的南加里福尼亚州的 Vintage 球场，通过球洞边缘栽植橘子树，创造阳光气氛。

由于树木的多种用途，能给球场带来挑战和变化。因此，越来越多的设计人员借助于树木创造出了风格多变的球场。

10.2.2 高尔夫园林要素设计方法

高尔夫园林属于竞技休闲园林的概念范畴，设计时应弥补球场原有设计漏缺，使之锦上添花，而不能削弱或破坏原有设计。例如，果岭外包装树木设计，目的是创造一个特殊的氛围，指出球员击球方向并使击球目标放大。但注意不能本末倒置，即不能将树木本身作为注意对象，而分散球员对果岭的注意。消除此种不良影响的唯一方法是力求树木轮廓自然，尤其像云杉、洋槐、枫树虽为造景良材，但其本身惹人注意，故在规模上应小心应用。任何不寻常的颜色、形状、大小和质地都在此范畴之内。树木替代山丘作障碍，应注意未来高矮变化。随着树木逐年增大，有可能成为不可逾越的障碍，进而破坏原有设计。

树木作为设计要素的功能主要有：替代要素。等同于山丘、水塘、沙坑、荒芜地等；作为背景；美化环境；遮阴、阻风；隐蔽生活区；隔绝视觉和安全等。

高尔夫球场运用树木进行补充设计时，最好按本地风光表现大自然与球场的融合特征。这种设计原则能使球员感受到一种连续性，不致引起心理不适应。相反，栽植太多的奇异植物，反而使球员置身于城市花园之中，失掉了饱览乡野风光的乐趣。

高尔夫球场运用树木应力求形状、大小、颜色和质地都有所变化。通过形状、大小、颜色和质地造成球场多元变化，形成不同而又联系的多种景点。球场树木设计要充分体现自然，切忌排植。对此，必须掌握高尔夫园林植物配置的科学方法。

1. 园林要素配置

高尔夫园林植物配置的原则是根据球场园林要素功能、球场设计图和要素形态、生物学特征相互结合。根据目前国内外球场园林要素配置来看，包括下述几种基本组合形式。

(1) 孤植 孤植树主要表现园林要素中心所在。在高尔夫园林艺术功能上主要作为竞技障碍。孤植树的构图位置应该十分突出，体形要特别巨大，树冠轮廓要富于变化，树姿优美或叶色具有丰富的季相变化的树种都可成为孤植树。例如黄果树、白皮松、红枫、雪松、香樟、广玉兰等。

所谓孤植树，并不意味着只栽一棵树，为了竞技需要，增强其雄伟感，也常将两树或三株甚至更多的同一树紧密的种植在一起，形成一个单元，效果如同一株丛生树干，也称孤植树。

在高尔夫球场上，布置的区域包括球道中心区域（图 10-4）、果岭（图 10-5）、会所等处。也可布置在高尔夫球场上开朗的湖泊边缘以及可以眺望辽阔远景的山丘

上或高地上。另外,在高球场球道设计具有转弯的狗腿洞的转弯处,也常布置姿态、线条、色彩特别突出的孤植树,以提示球员击球方向或增加难度。在果岭的旁边或后面也常配置孤植树,用来造景和起伏的山丘、与沙地相呼应。另外,梯区边也常配置孤树,除造景外,还为球员在等待出发或发球时提供休息和乘凉的场所。球场中梯区边供球员庇荫用的树丛,通常采用树种相同、树冠开展的高大乔木为宜,一般不与灌木配合。树丛下面可以放置自然山石或安置座椅供球员休息之用。

在高球场俱乐部门前屋后的假山悬崖上,巨石旁边也常布置特别有吸引力的孤植树。但是孤植树在此多做配置,而且姿态要盘曲苍古,才能与透露神奇的山石相协调。另外也作高尔夫球道的过渡树种。

(2) 对植 凡乔木、灌木以相互呼应栽植在构图轴线两侧的称对植。对植不同于孤植和丛植,前者永远是作配景,而后者可作主景。种植形式有对称种植和非对称种植两种。

对称种植经常应用在规则式种植构图中。在高球场园林中对植可用于球场进出口两旁。球场车道两侧是属于对植的延续和发展。快速型球场也往往采取此种对植方法(图10-9)。

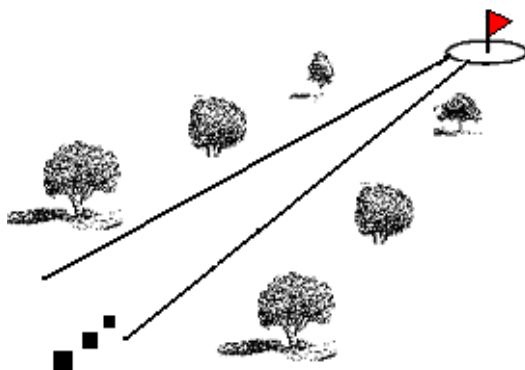


图 10-9 美国快速型高尔夫球场球道对植树模式

对植最简单形式是用两棵单株乔木、灌木分布在构图中轴线的两侧。属于对称种植的,必须采用体型大小一致,树种统一,与对称轴线的垂直距离相等。非对称树种也应统一,但体形大小和姿态可以有差异。与中轴线的垂直距离大者要近,小者要远,才能取得左右均衡,彼此之间要有呼应,顾盼有情,才能取得动静相应。

对植也可以在一侧种一大树,而另一侧种植同种的两株小树,或者分别在左右两侧种植组成近似的两个树丛或树群。

(3) 丛植 树丛的组成通常有2株到9、10株乔木构成。如果加入灌木,总数最多可以到15株左右。树丛的组合主要考虑群体美,所以选择单株树木的条件与孤植树相似(图10-3)。树丛在功能和布置要求上与孤植树相似,但其观赏效果远比孤植树更为突出。

在高尔夫球场上,布置的区域包括球场门前、球道、果岭框架树。作为球场门前的纯观赏性,可以用两种以上的乔木搭配栽植或乔灌木混合配置,亦可同山石花卉相

结合。球道和果岭区域是从植树最集中的区域，也是重要的园林要素，主要作为球道隔离和果岭框架之用。球道、果岭区域设置树木应注意树下草坪生长所需要的阳光和剪草机修剪空间。

① 两株配合：2株配合的原则是既调和又有对比，即采用同一树种或外形十分相似，才能使两者统一起来，但又必须有对比，即在姿态和大小上应有差异，才能静动结合，生动活泼。2株间的距离应该小于两树冠半径之和，大则易造成分离现象，即不成其树丛（图10-10）。



图10-10 高尔夫球场球道隔离树配置模式

② 三株配合：3株配合最好采用姿态、大小有差异的同一种树，栽植时忌3株在同一直线或成等边三角形。3株的距离都不能相等。其中最大的和最小的树要靠近一些成为一组，中等大小的远离一些成为一组，两组之间彼此应有所呼应，使构图不致分割。如果采用两个不同树种，最好同为常绿、落叶、乔木或同为灌木。其中大的和中的同有一种，小的为另一种，这样就可以使两个小组既有变化又有统一（图10-10）。

③ 四株配合：4株配合仍然采取姿态、大小不同的同树种为好，分为两组，成为3:1的组合。最大树和最小树都不能单独成为一组，其基本平面形式为不等边四边形或不等边三角形两种。在此两个图面中，无论如何变化，最大树始终与最小树组合在一起，其他两个中等树，其中一棵树与大树、小树组合在一起，另外一个单独一组（图10-10）。

④ 五株树丛组合：可以用一个树种或两个树种，分成3:2或4:1两组，若为两个树种，其中一种为3株，而另一种为2株，分在两个组内。3株一组的组合原则与3株树丛的组合相同，2株一组的组合原则与2株树丛的组合相同，但是两组之间距离不能太远，彼此之间也要有所呼应和均衡（图10-10）。

⑤ 六株以上组合：实系2株、3株、4株、5株几个基本形式相互组合而已。5株已熟，则千株万株可以类推（图10-10）。

⑥ 树林：树林是大量树木的总体。它不仅数量多、面积大，而且具有一定的密度和群落外貌，对周围环境有着明显的影响。现代园林高尔夫球场球道外侧区域栽植

成千上万的树木,当达到一定时期就会形成树林,树林包括密林和疏林。密林主要是原生树林,建场时得到很好的保护,建场后属于球场的一部分。郁闭度在 0.7~1.0 之间,阳光很少透入林下,所以土壤湿度很大,地被植物含水量高,组织柔软脆弱,不能践踏,易弄脏衣服,一般为阴性植物,由于树木密度大,当球员击球不准误入其内后不便寻找和挥打。

密林又有单纯密林和混交密林之分。单纯密林是由一个树种组成的(图 10-11,图 10-12)。它没有垂直郁闭度景观和丰富的季相变化。为了弥补这一缺点,可以采用异龄树种造林,结合利用起伏变化的地形,同样可以是林冠变化。林区边缘即障碍区边缘还可配置同一树种的树群、树丛和孤植树。增加林线的曲折变化。林下配置一些开花繁茂的耐郁灌木进行多种混交,可以取得丰富多彩的季相变化。



图 10-11 高尔夫球场混交密林



图 10-12 高尔夫球场单纯荔枝密林

混交密林是一个具有多层结构的植物群落,即大乔木、小乔木、大灌木、小灌木、高草、低草各自根据自己的生态要求和彼此相互依存条件、形成不同层次的季相变化。采用这种设计的球场也有其优越性,即不需要修剪林下草、可节约大量管护费用。大部分欧洲和美洲球场属于此种类型。

密林配置方法为:大面积的可采用片状混交,小面积的多采用点状混交,一般不用带状混交,同时注意常绿与落叶,乔木与灌木的配合比例以及树木对生态因子的要求。

疏林郁闭度在 0.4~0.6 之间,常与高尔夫草坪结合,故又称为草地疏林或林下草地。林下草地在我国球场中是应用最多的一种形式。为了考虑管护上的需要以及安全、竞技等,障碍区草地疏林的树种应具有较高的观赏价值,树冠要展开,树荫要疏朗,生长要强健,花、叶要富于季节变化,常绿树与落叶树搭配要合适。树木种植要三五成群、疏密相间,不污染衣服,冬季最好不枯黄。

2. 园林要素设计方法

(1) 边界树 边界树位于球道边界,与球场外界相隔。它是构成球场树木设计的一个重要组成部分。其中也包括那些不易看见的地方、影响球员注意力集中的地方、服务区和其他需要遮蔽的区域。

① 位置:为高尔夫球场重要的外围绿化部分,位于球场最边缘,与外界相邻。同时还包括道路、生活区及影响观瞻的区域。

② 功能:隔绝于外界视觉联系,隐蔽有碍观瞻的区域。

③ 布局：线形紧密绿地网状。

④ 树种及栽种方法：本区宜选择落叶乔木、常绿树和灌木为主，并辅助一些有花树以丰富季相变化。一旦球场交付使用，常绿树应处支配地位。树和灌木的生长会逐渐缩小空间。防止的办法是选择窄型树种；尽量排植、加厚栽植空间；最外围树木尽可能展露自然状态。实践中，边界树的选择依赖于许多因素，如地形、地势、迅速隐蔽某些区域的需要、空间和环境因子，如太阳辐射、遮阴、湿度、风、土壤等。

(2) 隔离树

① 位置：位于球道与另一球道之间，也包括沿着球道击球路线最外围和深入球道中间作设计障碍要素的树木（图 10-13）。

② 功能：防止不准确击球穿越相邻球道，设置障碍，增加竞技刺激，阻挡风吹，增加球场背景。

③ 布局：片状不规则松散绿地网状。

④ 树种及栽种方法：一般来说，隔离树不应当留有过多的坚硬的树干、树枝和树叶。除非它被用做一种屏障。应该保留开阔的视野和景观、增加球场较深的自然景观、完成这种效果的一种方法是沿着击球路线进行丛栽。靠近频繁落球点附近的丛栽树可有作为击球指示。关于球道障碍设计要素需要按设计师设计意图进行。栽植时每组丛群都应有一个引人入胜的中心点。当采用相同的树种构成一个群丛时应紧密靠在一起，造成更大更为紧凑的视觉景点。为了保证机械行走和修剪，群丛和群丛之间应保持适当的距离。不同树种构成的群丛应当有优势种或者是速生种，或者是不同外形、颜色和质地材料。次生种应数量大，但应体积小或外观上应趋小巧柔和。



10-13 球道左右和中间的隔离树

靠近狗腿球道弯头、沙池、水塘和球道中心区域的树木应选择与周围环境相匹配的树种，并尽可能的置于靠近障碍区附近。

(3) 背景树

① 位置：果岭和梯区附近的树（图 10-14）。

② 功能：提供中心景观和能见度。加强景观视差感，指示击球目标所在。

③ 布局：点、片状混合绿地网状。

④ 树种及栽种方法：目前许多球场栽植于梯和果岭区附近的树木会严重干扰果岭区和梯区的击球注意力、草坪生长。



图 10-14 果岭和梯区附近的树

一般来说，生长速度缓慢的树种可以使球洞区更为广阔一些。相反，高树能使球洞区更窄小一些。高地势种植高树，低地区种植矮树和小山丘种植矮树会破坏球场自然景观。果岭区后缘栽植树木能大大加强外观和击球准确度。它们能提供一种宜人的

景点和背景,并能提示击球路线和判断距离。随着渐近果岭区,树木应造成一种末路或死路的感觉。推杆完之后,也要造成一种峰回路转的感觉,然后转到下一个梯区。生长缓慢种或优质树种置于果岭区后面能使一个球洞区显得更长一些。反之,较大的树种或劣质树种则显得短一些。果岭区后面植树的方法是较小的树型应栽于前面,后面可栽植常绿树,形成一个树木斜坡。实践中切忌将大小树分开来栽,要进行混栽。这样显得更自然。采用混栽还要注意果岭区后面树木在外观上应有中心点,使果岭更具有吸引力。切忌本末倒置地显示树木。实践中为了避免遮阴、根部草树地下竞争、空气流通等问题,树要远离果岭 7m 以上。

梯区附近植树亦可造成一种宜人的气氛。这种树可提供遮阴休息,掩蔽邻区视线,防止不准确击球或阻风。梯区应在后面植树,留心树种选择和栽植位置,以保证充足的阳光和空气流通。

10.3 高尔夫树木养护技术

90%的内陆型高尔夫球场已发展成为一种园林高尔夫(Parkland)的设计模式。一个标准国际 18 洞内生长着上万株各类树木。树木已经成为园林高尔夫球场的标志。园林高尔夫球场是一项复杂的生物系统工程。园林高尔夫球场的养护并非一般意义上的修剪、施肥和浇水。它遵循高尔夫竞技和美观的双层养护原则。园林高尔夫球场是一种生命意义的活体,随着时间的发展,会不断增长直至生命的尽头。既存在干预生命活动的各种不利环境,也同时冒出破坏原有设计的体征,如体形增大、质地变化、色相转化等。从本质上讲,高尔夫园林的养护就是上述二者的结合。既维持原有设计的构思,又保留现实的美观。这就是高尔夫园林养护的核心所在。

高尔夫园林养护技术包括园林要素选择、苗木定植及管护等。

10.3.1 高尔夫园林要素选择原则

1. 气候原则

全球气温差异甚显,可分为 4 个明显的气候带:寒、温、亚热和热带。高尔夫球场散见于不同的气候带地域内,需要不同的园林植物来适应,于是出现了冷、暖季型树种。选择树木首先要遵循相似气候引种原则,即以乡土树种为主。乡土树种对土壤、气候适应性强,苗源多易栽活,有地方特点,应作为高尔夫园林的主要树木源。

2. 抗逆原则

抗逆原则是指对酸、碱、旱、涝、烟尘、病虫害、坚硬土壤、有害气体有较强适应性的树木。

3. 竞技原则

树木符合竞技设计需要,包括生长速度、最终高度、颜色、质地、软硬、宽窄等。高尔夫球的危险性很高,最好选择软性树干的树种。最终高度是设计师对此设计要素最终的高度要求,它决定障碍的难度。树种的高低、树冠大小和密度,树木设置的位置和相互距离直接决定击球的难易度,特别是落球机会较多的区域更要充分考虑设计师的设计意图进行选树。原则上要求花果无异味,不掉果、无飞絮、飞粉、无刺。保

证球员活动不受到伤害和不污染衣服。

4. 美化原则

美化原则就是选择那些树姿端正，体形优美，花朵艳丽，花香馥郁，春季发芽早，秋季落叶迟而整齐，叶色富于季相变化的树种为佳。

5. 管护原则

内陆型球场大量的树木都是种植在初级和次级障碍区域。初级区域是草坪和树木的混种区。类似于林下草地。这些区域常常需要定时修剪。因此，在树种选择上要方便修剪机械进入林下作业，为避免树冠和车辆互相碰撞，应尽量选择树茎高大、分枝点高的树种。落叶是园林植物的一个基本特性。但落叶易造成养护的困难。因此，应尽量选择一些抗逆性强的常绿树种或落叶较为一致的树种。像榕树或竹等浅表根系发达的树木应尽量避免种植在初级障碍区。它们会影响周围草坪的正常生长和修剪。

6. 搭配原则

正常情况下，高尔夫球场的寿命是以数百年而计算的。在树种选择上要注意速生树种与慢长树种相结合的选树原则。速生树早期绿化效果好，容易成荫成活，但寿命较短，与高尔夫球场运作时间不配套，因而需要及时更新、补充。为了避免树种与高尔夫运作脱节现象，需要种植一些慢长树种如樟、柏、银杏、杉树、棕榈种树木等。这些树种虽然成树时间长，大约需30~40年，但寿命长达百年以上。这样在速生树衰老的时候，慢长树种就可补充速生树造成的脱节现象。建场初期为早日配合运作应以速生树为主，为保持球场运动的连续性，应搭配一部分慢长树种，同时要远近结合，有计划、分期分批地使慢长树逐渐替代衰老树。

10.3.2 苗木定植

苗木定植亦称植树工程。即苗木在苗圃培育到一定规格后移栽于球场的一种植树过程。植树工程是树种选择之后的另外一项连续性作业。它包括植树适期、植树准备和植树技术等。

1. 植树适期

一般来说，北方高尔夫球场植树适期有春季、雨季和秋季三个时期，但以春、秋两季最好。南方高尔夫球场全年均可植树。但最好的时期仍然是春季，冬季植树也可取，但要注意寒流对新植树成活的影响。夏季植树一般不可取。因为雨季易涝，蒸发量大，成活率低。然而，这还要根据树种来定。因为不同的树种有不同的植树要求，其所适应的植树季节也不完全相同。有的树种全年都可栽植，有的树种仅适合于一年中某个季节。不过，大量的研究和实践表明，无论哪种树种，春季是植树的最佳时期。这个时期移植的树，不仅成活率高，而且生长旺盛。

(1) 春季植树 春季是植树造林的主要施工季节，所有的树种都适宜在这个季节栽植。春季，从土壤解冻至树木发芽之前，即从3月中旬至4月下旬大约45~50天内都适于植树。在这个时期内，一般树种的定植工作宜早不宜迟。早栽则苗木扎根深、出芽早、易成活。对于那些发芽晚、长叶困难的树种，如悬铃木、白蜡树等宜在晚春栽植较宜成活，即在芽开始萌动将要展叶时为宜。一般带土球的常绿树，可延续

到4月下旬栽植完。

(2) 雨季植树 雨季植树只能移植带土球的常绿树。其适期是在常绿树春梢停止生长,秋梢尚未开始生长时。北方为7月,实际上是雨季前期。南方稍早一些。此时温度高,蒸发量大,要尽量缩短移植时间,要随掘苗随运苗随栽植,最好在阴天或降雨前移植。

(3) 秋季植树 秋季植树只限于部分较耐寒的落叶树。其适期是从树木大部分叶片已脱落至土地封冻之前,即10月下旬至11月下旬的一个月内。南方地区可稍晚一些。秋季定植的苗木,经过苗圃中一年的生长,其内部组织较饱满充实,养分积累多,定植时已接近休眠期,栽植后的根部土壤经过冬、春的冻化作用与根系能够密接,因而早春吸水快、扎根快、易成活。

10.3.3 植树准备

1. 施工要求

了解高尔夫球场的地形、地貌、球场设计意图、设计方案和施工要求,掌握工程预算,定点的依据以及其他的有关问题。

2. 现场勘察

在了解设计意图、方案和要求的基础上,应踏勘植树施工现场,了解水源、土质等实际情况,落实苗木来源,苗木规格和苗木质量,落实人力、材料、机械等,然后制定出切实可行的施工方案和具体计划。

3. 施工协作

施工前应和有关施工单位配合协作,以便解决实际问题使植树工程顺利进行。

10.3.4 植树技术和方法

1. 定点放线

定点放线工作是植树工程中不容忽视的重要环节之一,是保证施工符合设计要求的主要措施。

2. 球场车道树定点

一般以行道边线或道路中心线为定点放线的基础,根据设计图的要求。标明现场中每株树木的位置。用镐刨出小坑并向坑内放入一小撮白灰。然后用脚踏实,此点即行道树位置。

3. 会所门前屋后景点的定点

定点前,先清除障碍,再将各景点和绿地边界、道路、花坛、建筑物等位置标明,然后根据标明的位置就近确定树木的位置。

4. 果岭梯及球道树定点

定点前,先清除障碍,充分了解设计师意图,对照设计图纸标明栽植区域、障碍结合区、划定草地边界、林内修剪空间等,然后根据园林要素配置方法标明树木位置。

10.3.5 树木管护技术

定点放线后,紧接着即为植树,包括掘苗、刨坑及栽植等工序。树木栽植后能否成活及成活质量需要精心管护。高尔夫园林从最初栽植到今后继续生长发育是一个漫

长的养护系统工程。树木养护既要维护树木的生活质量,也要维持设计师原有意图不变,达到技战术要求和标准。树木管护包括技战术和质量原则、养护计划和技术。

1. 技战术原则

技战术原则指设计师原有设计要求,包括树木位置、大小、高度、质地、季相等。设计师用树木替代山丘、水塘,在球场设计时总会有一个固定的三维体积,这个三维体积将代表一定的击球难度值,它等同于山丘、水塘的实际效果。但树木是活体,随时间不断成长,形体变大,树冠增粗,因此,这个三维体积在开始时因树木幼小并不一定能够达到,设计师将预留一定时间限度。这个时间限度即为修剪的开始时间。否则,必将招致击球困难度的增大,破坏原有设计方案。

2. 树木质量原则

无病虫害滋生和危害;颜色鲜绿、根部和茎部健壮;树型符合审美和竞技要求;初级障碍区林下乔木分支点高,不挂修剪机具。

3. 树木管护计划及技术

(1) 冬季管护 北方约4个月,南方约2个月。北方此时冰封大地,南方树木处于缓慢生长期,需要加强管护,其计划和技术为:整形修剪、消灭越冬虫害、积雪、防寒。

(2) 春季管护 此时天气回暖,树木萌动,生长渐增。管护计划和技术为:浇水、施肥、防治病虫害、剥芽、去枝、补植缺株。

(3) 夏季管护 初夏气温上升,生长加快,为此:浇水、防治病虫害、修剪。雨季,南方水分较多,台风频仍,气温居高,树木生长旺盛;北方树木休克。管护计划和技术:继续防治病虫害,中耕除草、防涝和封堰、修剪、培土、扶直、立柱。

(4) 秋季管护 气温下降,树木缓慢生长或逐渐停止生长。管护计划和技术为:灌冬水、施基肥、防治病虫害。

10.4 高尔夫球场花卉养护技术

花卉是高尔夫球园林很重要的布景置点材料之一。它在高尔夫球园林中起着很重要的作用。作为高尔夫球园林材料之一,主要用在俱乐部门前屋后、果岭梯区附近(图10-15)、球道与球道连接过渡地带、湖泊、池塘、小亭、小店、选景等处(图10-10),或形成花径,花境,或形成花坛。由于存在着年变率和花期长短等问题,高球场一年



图 10-15 果岭附近花坛



图 10-16 球道狗腿附近花境

中在大部分时间内要保持千姿百态,艳丽多彩,气味芬芳的景观,不但需要与之相匹

配的花卉种类，而且需要的数量也相当大。

就花卉种类来说，高球场不仅栽植草本花卉，还包括木本花卉；除观花外，还包括观叶、观果、观芽、观茎植物，因而涉及的种类范围较广。就数量来说，由于高尔夫球场涉及的面积很大，布置的景点较多，加之要求四季常开，由于景点多，替换的数量自然不少。因此，需要很多园林材料的供应。

10.4.1 花卉类型

花卉性质可分为、草本花卉、木本花卉、草本木本花卉。草本花卉的茎部比较柔软如鸡冠花、百合花、三色堇等；木本花卉茎部比较坚硬如牡丹、夹竹桃、杜鹃花等；草本木本花卉茎基部为较坚硬的木质，而茎上部枝梢却较为柔软如天竺葵、香石竹等。

栽培花卉可分为露地花卉、温室花卉、花坛花卉和盆栽花卉。露地花卉指直接栽培于自然土壤下花卉如凤仙花、翠菊、三色堇、蜀葵、唐菖蒲、荷花和垂盆草等；温室花卉指原产热带及亚热带温暖地区。在北方需在温室内培养或冬季在温室内保持越冬的花卉，如蒲包花、万年青、吊兰、米兰、变叶木、春兰、白芨、仙人掌、石花、凤尾蕨、蜈蚣草、蒲葵，棕竹；花坛花卉指适用于布置花坛的花卉，一般多为一二年生草本花卉如金鱼草、一串红、百日草；盆栽花卉以盆栽形式装饰居室、园林的花卉如君子兰、文殊兰等。

10.4.2 露地花卉布置

1. 花坛

凡具有一定几何轮廓的植床内，种植各种不同色彩的观花或观叶的园林植物，从而构成有鲜艳色彩或华丽图案的称为花坛。花坛具有装饰性，在园林构图中常作为主景或配景。

花坛的种类较多，包括独立花坛、花坛群、花坛组群、带状花坛、连续花坛群、连续花坛组群。

花坛作为园林中局部构图的主体，通常布置在高尔夫球场梯旁、上下果岭梯交界处、大型山坡、会所门前广场等。

2. 花境

花境是园林中从规则式到自然式过渡的形式。其平面轮廓与带状花坛相似，植床的两边是平行的直线或有轨迹可寻的平行曲线，并且最少在一边用常绿木本或草本矮生植物镶边。

花境内植物配置是自然式的，主要平视欣赏其本身所特有的自然美以及植物自然组合的群体美为主。一般在会所建筑或围墙墙基、道球场内车道沿线、挡土墙、绿篱前等地布置。

花境布置有单面观赏和双面观赏两种。单面观赏植物配景由低到高形成一个面向道路的斜观。双面观赏中间植物最高向两边逐渐降低，但其立面应该有高低起伏错落的轮廓变化。

3. 花径

在高尔夫园林中常常出现花径，且多置于上下果岭梯相接处。也可布置于花径球

场内车道两旁(图10-17)或沿草地的边缘,栽种各种花卉。其形式采用规则式或不规则式均可。靠近路面的花径,前方栽植矮小的一二年生草花,后面种植较高的宿根或球根花卉。

10.4.3 常用花坛材料

1. 花坛中心花卉材料

苏铁、大叶黄杨、龙舌兰、石榴、橡皮树、棕榈、散尾葵、蒲葵、一叶兰、一品红。

2. 花坛边缘的材料

荷兰菊、半支莲、孔雀草、雏菊、天冬草、美女樱、福禄考、翠菊、三色堇、玉兰花。

3. 花坛主体材料

金鱼草、一串红、凤仙花、万寿菊、百日草、鸡冠花、美国石竹、蕾香菊、景天、郁金香。

4. 花丛和花径及花境常用花卉材料

美人蕉、大丽花、蜀葵、波斯菊、扫帚草、草茉莉、金光菊、晚香玉、鸢尾。

10.4.4 露地草木花卉的管护技术

露地草木花卉是高尔夫园林使用最多的一种花卉栽培形式。它主要用在一组球道中和相邻球道连接处,构成花径,点缀园林景色。

由于高尔夫球场面积大,洞组多,其花径数目也不少。因此球道花径的管护就显得十分重要。球道花径管护包括栽植、灌溉、施肥、病虫害防治、中耕除草、修剪等。

1. 栽植

栽植即将从花场移植的幼苗栽植于球场所需要的地方。栽植花卉前,必须在前一两天向苗床灌一次水,以免起苗时土坨松散。移植或定植之后,必须及时灌足水。如果脱水,就会影响幼苗生长,严重时会造成黄叶和落叶。

2. 灌溉

灌溉是露天栽培花卉养护的一项重要内容。特别在干旱季节,露地花卉由于根系浅,土壤易干燥,花卉易受到缺水的威胁。对花卉进行人工补水就显得十分重要。

高尔夫球有完善的灌溉系统。然而对花卉进行灌溉基本采取人工皮管浇水。因此要注意浇水方式。否则易冲毁根系土壤,造成部分花卉根部外露而死亡。其具体过程是,花苗移植后应立即灌水1次,过3天灌第二次水,再5天灌第3次。灌完第3次水后要中耕松土。

对于生长时间较长的草本花卉灌水应视季节、土质和花卉种类的不同而异。一般在春、夏季干旱时期,应进行多次灌水。一二年生的球根花卉的灌水次数应比宿根花卉的多。

3. 施肥

高尔夫园林植物一般情况下均以施化肥为主。基肥仅是在种植前施入土壤。因此



图10-17 球道正前方球车道花径

在花卉栽植后的养护管理过程中化肥是其主要施肥原料。

对于一二年生露地花卉，在其生长期，一般可每20~30天追一次化肥。初期多施氮肥，以后则多施一些磷、钾肥。多年生露地宿根花卉和球根花卉追肥次数不宜多，一般可在春季开始生长时追施一次，开花前追施一次。花谢之后追施一次；对其中花期较长的如美人蕉等，可在花期追施一次。

施肥方式以叶面喷洒，沟施为主。叶面喷洒的化肥浓度不宜过大，一般如0.5%~1%硫酸铵，0.1%~0.3%硝酸钾。0.05%~0.1%过磷酸钙就可以了。沟施化肥时应距植株远一些，追肥之后应该灌水。

4. 中耕除草

中耕除草的作用在于疏松表土，减少水分蒸发，增加土温，增强土壤的通透性，促进土壤中养分的分解，促进花卉生长。雨后和灌溉后也需进行中耕除草。在花卉移植后不久，大部分土面暴露，为减少水分蒸发，也应及时中耕。近苗根处中耕宜浅，距苗根远处中耕宜深。

5. 整形和修剪

花卉整形主要是通过修剪和设立支柱、支架以及拉枝和曲枝等手段来完成的。修剪除作为整形的主要手段外，还可通过它们来调节植物的生长和发育，使各部分生理机能相对协调，从而防止徒长和促进开花结果。高尔夫球道相连处的走道两边通常采用丛生式整形。

6. 病虫害防治

病虫害防治是花卉栽培管理中一项极为重要的工作。病虫害防治主要以预防为主，最好能在病虫害发生的初期将其控制并彻底消灭。为此应创造良好的栽培条件，选择抗病、虫力强的优良品种，实行合理的栽培管理制度，进行严格的种苗消毒和检疫，做好药剂防治工作，从而尽量减少病虫害。

由于病虫害的发生与花卉种类、自然气候等有着极重要的联系，即在一定时期，一定气温下病害发生的种类、程度而有较高的相关性，因此，防治病虫害时应根据该气候状况下的病虫种类使用相应药物进行灭杀。

现在已经发现，危害花卉的病虫达数百种之多。有些病虫一旦发生或出现甚至是毁灭性的，而有些即使出现也并不构成威胁。因此，应针对主要病虫害，兼顾一般进行防治。

经过统计，菊花叶斑病、兰花炭疽病、芍药红斑病、唐菖蒲腐烂病、香石竹叶斑病、郁金香枯萎病、白绢病、蔷薇白粉病、立枯病是目前花卉栽培生产中的主要病害。蚜虫类、红蜘蛛类、白粉虱、介壳虫类、地下害虫以及软体动物等是危害花卉的主要害虫。

第 11 章 高尔夫草坪科学实验技术

现代高尔夫草坪科学实验技术是球场草坪养护知识的重要组成部分。它对系统学习和领会高尔夫草坪理论知识的深度具有重要意义。

本章主要讨论有关高尔夫草坪的实验技术,包括高尔夫草坪科学理论验证实验、高尔夫草坪土壤科学观察和设计实验、高尔夫草坪建植科学技术综合实验、高尔夫草坪修剪科学技术验证和设计实验、高尔夫草坪水分科学测定实验、高尔夫草坪营养科学测定实验、高尔夫草坪特殊作业技术测定实验、高尔夫草坪保护科学观察实验和高尔夫草坪机械科学实地调查等调研和实验技术。

实验 1 高尔夫草坪草种子识别实验

1. 目的意义

高尔夫草坪草种子是建造高尔夫球场的主要建筑材料,是建立高效、高质、持久的物质基础和必备材料。高尔夫草坪草种子对北方地区高尔夫球场有着重要的现实意义。

高尔夫草坪草种子种类较少,个体细小,形态彼此接近,如不进行细致的观察,掌握其特征就不能正确地选择播种对象,给高尔夫球场正常建造造成损失。因此,学会种子识别和鉴定方法,熟悉和识别不同种属的形态特征,对建造高尔夫球场具有特别重要的现实意义。通过本实验使同学们掌握和学会鉴定高尔夫草坪种子的正确方法,掌握区别重要的高尔夫草坪种子形态特征及相互之间的差别,为今后进行高尔夫球场建造、管理和科学研究奠定基础。

2. 材料和器具

草坪种子、放大镜、白纸板、镊子、禾本科种子扩大检查器。

3. 实验方法与步骤

(1) 大小 观察种子时将种脐朝下,具有种脐的一段称为基端,反之称为上端或顶端。然后,测量种子大小,即长、宽、厚。所谓长即上下端之间的纵轴的长度,与纵轴相垂直的则为宽度或厚度。方法是取供识别种子 10 粒,置于禾本科种子扩大检查器上,横面相接,量其总长后平均即为宽度,纵端相接,量其总长后平均即为长度。

(2) 种子表面特征 包括颜色、光滑、粗糙、光泽等特征。粗糙指皱、瘤、凹、凸、棱、肋、脉或网状等引起;瘤顶可分为尖、圆、膨大等。瘤分为颗粒状、棒状、乳头状和覆瓦状。

(3) 种子附属物 包括刺、毛、芒等。高尔夫草坪种子最重要是检查芒着生的位置是在稃尖或稃脊中部,是否扭曲、挺直等。基刺有无、数目、长短和形状。

当种子外部无法准确判断时,需要进行种子内部结构识别,常用的方法包括种子胚位置、形状和大小差异分类;另一方法为以种子横切面细胞结构差异分类,均采用化学方法实验,包括酚法、重铬酸钾法和氨酮法。另外,也可采用物理方法进行鉴定,如荧光反应。

表 1 高尔夫草草坪种子特征记载表

种子特征	种子大小		种子表面特征				种子附属物		
	长	宽	颜色	光滑	粗糙	光泽	基刺	毛	芒

4. 作业

观测和鉴定所提供高尔夫草坪种子外形、大小、颜色，将结果填入表 1，比较相异点，并按照深圳大学标准格式写出实验报告。

实验 2 高尔夫草坪营养期形态特征辨识及观察实验

1. 目的意义

高尔夫草坪与一般景观草坪或普通草坪不同。所用草种很少。根据植物分类系统高尔夫草坪包含在禾本科植物内，且仅出现下述属内，分类如下。

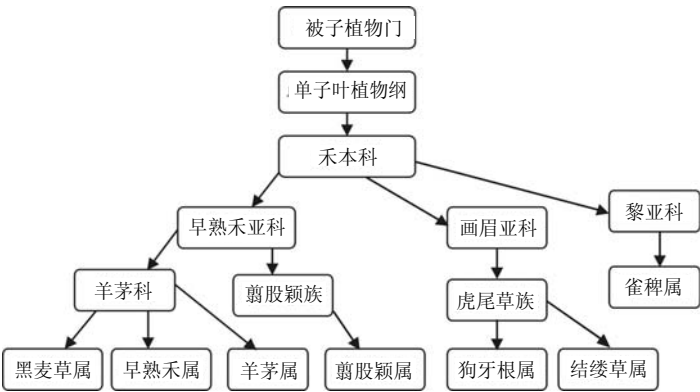


图 2-1 高尔夫草坪分示意图

根据实践和理论证明：高尔夫草坪仅属于上述禾本科 3 亚科、3 族、7 属中极少数种类。

高尔夫草坪草具有发达的根系、耐践踏和耐低刈，易形成致密的高尔夫草坪。属于这类高尔夫草坪的有狗牙根、海滨雀稗、早熟禾、翦股颖、黑麦草、细羊茅、高羊茅等。

本实验是在通过大田草坪标本区的新鲜植物进行观察鉴定，识别并掌握高尔夫球场最常见、最重要的草坪植物属、种区别及形态特征。通过本实验要求同学们掌握高尔夫草坪外部形态结构专门术语，熟悉高尔夫草坪常见草种外部特征，为管理高尔夫球场草坪奠定基础。

表 2 高尔夫草坪形态结构记载表

草坪名称	属	种	主要草坪外部形态特征		
			根	茎	叶

2. 材料与器具

新鲜的或正在生长的活浸制标本，具有根、茎、叶的各种高尔夫草坪植物。解剖针、放大镜、双目解剖镜、镊子、钢卷尺。

3. 方法与步骤

(1) 在草坪标本实验区或实验站，取一整株草坪草，仔细观察根、叶、茎，并将实验结果记录于相应的表格栏内。

(2) 在前一步骤的基础上，根据本实验所附的高尔夫草坪植物外部形态特征，查出或对照属、种名称。

4. 作业

每人至少观察每种 10 株，分别将草坪名称、属、种及主要形态特征填入表内，比较相异点，并写出实验报告。

实验 3 高尔夫草坪沙子粒级鉴定和酸碱度调整实验

1. 目的意义

理解和掌握高尔夫草坪土壤和农学土壤的差别，学会和掌握实际工作中如何测定果岭、球道土壤的酸碱度的方法及步骤；了解高尔夫球场果岭建造和铺沙管理中沙子材料的鉴定方法。

2. 实验材料

精密 pH 试纸、蒸馏水、叉刀、分级筛和沙子等。

3. 实验方法

(1) 土壤酸碱度测定方法 首先将果岭分成 5 个区间，每区间用叉刀插入任意某区域，倒入少量蒸馏水，接着插入精密 pH 试纸并压紧土壤，停留 5 秒钟，立刻取出并与精密 pH 试纸标准纸对照，记下数据，每个区间重复 3 次，并统计和平均最后结果。评价该果岭酸碱度是否适中并提出改良计划和影响酸碱度原因。

(2) 便携式酸度计测定方法

① 实验原理：便携式原位土壤 pH 计 IQ150 是把非玻璃的 ISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor) 离子感应场效晶体管硅芯片传感器的 pH 芯片电极（内含 KCl 胶体的参考电极）插入土壤中，和土壤溶液构成一电池反应。

② 实验仪器：便携式原位土壤 pH 计 (IQ150, 美国)。

③ 方法与步骤：按照 IQ150 操作手册进行正常操作。连接好主机和 ISFET 电极。当主机电源打开时，会自动识别 ISFET 电极。

pH 校正范围。IQ150 原位土壤 pH 计可测量 pH 从 pH0~14。温度自动补偿从 0

到 $\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。主机可进行一点或二点校正。

校正缓冲液的选择：1.68, 4.01, 6.86, 7.00, 9.18, 10.01, 12.45。

自动温度补偿。当校正完后，主机处于 pH 模式中，并进行校正液的实际温度的自动补偿。

最后测定。将 ISFET 电极插头插入草坪土壤中直接测定，读取的数据即为土壤的 pH。

④ 注意事项：当 ISFET 电极是新的，或者有一段时间未使用时，必须将 ISFET 电极浸入 pH7.00 缓冲液中最少 5 分钟（为水合反应及溶解芯片上残留参考物质的结晶物）。

在开始每一个测量阶段前，永远先做两点校正。校正时，两个校正点之间不要超过 3 个 pH 单位。而且校正液必须将所要测量样品的 pH 期望值包括在内。

校正时，校正液的温度必须与样品的温度相同。虽然主机有自动温度补偿功能，但是，为了获得最佳的结果，必须使校正液与样品在同一温度下操作。

校正及测量后，使用去离子水清洗残留在 ISFET 电极上的校正液和样品。

在阳光下读取数值时，使用遮光板遮住显示屏再读数。

不要将 ISFET 电极长时间暴露在空气中，在测量完成后，须即刻用黑色保护盖盖住保护之。

当芯片电极达到很难校正时（如 pH 缓冲液值于校正时，无法停止闪烁，或超过规定时间才停止闪烁），则 ISFET 电极必须更换。更换电极时，先关掉主机电源。

当 BATT 标志显示时，表示低电池电力，请即刻更换电池。更换电池时，先将所有连接线从主机上拔掉。

按照 IQ150 操作手册上的电极维护方法定期对电极进行清洁与再调整。

4. 果岭沙子粒径测定方法

取出 0.3L 果岭沙三份，对每份果岭沙进行不同筛子分级并统计各种粒径的沙子所占比例。对照美国高尔夫球协会和安德鲁斯高尔夫球场果岭果岭用沙标准对结果进行评价（表 3，表 4）。

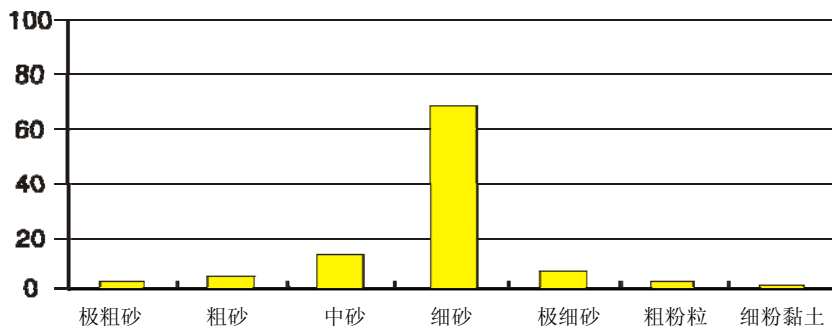


表 3 安德鲁斯高尔夫球场果岭土壤混合层结构

表 4 美国高尔夫球协会果岭用沙标准

沙砾	极粗沙	粗沙	中沙	细沙	极细沙	黏土
≥2	1~2	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	<0.05

5. 作业

选取数家高尔夫球场不同功能区,采用便携式酸碱测定仪和精密试纸方法进行酸碱度测定(表 5),并将测定结果填入制成的表格,最后分析各功能区酸碱度差异和两种方法的优缺点。另外,选取 0.3L 果岭沙三份,根据美国高尔夫球协会和德鲁斯高尔夫球场果岭用沙标准进行分级鉴定并分析鉴定结果是否满足果岭用沙标准。

表 5 高尔夫球场草坪土壤 pH

pH	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	pH
	中酸	弱酸	极弱酸	中性	极弱碱	弱碱	中碱	

实验 4 高尔夫草评分蘖类型识别及观察实验

1. 目的意义

分蘖是指草坪植物枝条或地下植物分蘖节、地下茎节、根颈上的分蘖芽形成枝条的现象。高尔夫草坪植物修剪或利用后的再生主要是以营养更新的方式进行,即以分蘖的方式进行。高尔夫草坪植物分蘖可分为许多种类。不同高尔夫草坪的不同分蘖类型对修剪后的恢复期有着非常重要的作用。学会分辨高尔夫草坪的分蘖类型对于认识草坪生长和管理高质草坪具有实际意义。

2. 材料与器具

高尔夫草评分蘖挂图或电子版图、草坪标本、采集铁锹、采集箱。

3. 方法与步骤

在草坪标本实验区或实验站,分组挖取草坪根系,对照挂图中所示根系分蘖类型进行辨识。仔细观察不同分蘖类型的特征并进行鉴定,并将鉴定结果填入表内(表 6)。

表 6 高尔夫草评分蘖类型识别记载表

草坪名称	高尔夫草评分蘖类型				
	根茎型	疏丛型	根茎-疏丛型	密丛型	匍匐型

4. 作业

列出所采集的高尔夫草坪的标本名录,描述其根系分蘖类型,并绘出简图。

实验 5 高尔夫草坪建植场地整理实验

1. 目的意义

用于传宗接代, 扩繁高尔夫草坪的植物性材料称之为高尔夫草坪草建植材料。这些建材包括高尔夫草坪草种子、单个植株、整块高尔夫草坪及植株的某一部分, 如根、根茎、枝条等。上述方法是目前建植高尔夫球场的基本方法。本实验的目的使同学们掌握各种建植方法的基本技术和整个建坪过程。

2. 材料与器具

各种高尔夫草坪建植材料、皮尺、粗天平、齿耙、肥料等。

3. 方法与步骤

(1) 坪床准备 包括坪床清理、平整、排水系统、化验、改良等方面的内容。

(2) 坪床清理 木本植物清理、杂草清除、砖石。

(3) 坪床整理 具体过程包括粗整理和细整理。

(4) 土样采集 是一项十分严谨的工作。采集的土壤样品必须能代表整个场地的土壤现状。如果样品不能显示土壤的实况, 化验结果必错无疑。而据此使用的肥料、石灰和硫磺也一定会带来严重后果, 要采集代表性的样品, 必须采取恰当的取样技术。

供化验的样品至少应从 12 个不同地点上采集, 结合各点的样品混合构成一个复合样。如果少于此数即非典型样品, 对化验结果可能有很大影响。多于此数样品其结果与实际情况就更为接近, 更能代表全地区的土壤特性。如果面积很小, 少于 12 个单样亦可。采集土样一般使用土样采集器。这种取样器可取到深层地下土。拟建坪用的土壤基质可取到 20cm 处即可。

(5) 土壤基质改良 经过详查下层土壤基质所有指标后, 根据详查的结果进行酸碱度调整或处理。

(6) 坪床混匀、平整和压实 建坪前要进行一系列土壤作业, 包括沙质土壤、有机肥或无机肥混匀, 生长层平整和压实。

沙质土壤太湿或太干时均不宜进行上述作业。沙质土壤与肥料的坪床混匀很重要。底肥要混合到沙质土壤生长层 10cm 内。处理时可借助于圆盘耙反复耕作表层。无机肥也可使用。特别是磷肥的使用对幼苗的发育极为重要, 它有助于高尔夫草坪草根系的生长发育。过磷酸钙是常用的速效肥料, 使用量为 $15\sim 20\text{kg}/667\text{m}^2$ 。

准备场地的最后步骤是平整和压实沙质层土壤, 力求表面平滑。坪床表面高低不平会发生很多问题, 种子或草皮被冲刷到低处或冲掉, 较高的地方必将裸露。成坪后的表面必将影响保养的进行。

翻耕后的沙质土壤疏松膨胀, 任何通过行为必将留下印迹, 破坏坪床的一致性。为了避免此类现象发生, 应进行全面细致的镇压。但土壤潮湿时则不宜进行。用灌溉的方法, 可加快紧实。

面积较大的球道可在动力机后系上一金属拉链来平滑地面。圆盘耙对整平大面积土地是一种有效的工具。此外, 高球场的拖沙机也能起到整平的作用, 不过仅适用于小面积地, 如果岭区、梯台。较小的面积通常采用手工。

(7) 建植方法 坪床整好后,即需种草。种草包括确定植物性材料类型、制定相应的建坪方法。

建坪方法包括播种、铺草皮块、塞植、蔓植和匍匐茎植。后四种方法用于营养体繁殖。几乎所有的冷季型高尔夫草坪草和一些暖季型高尔夫草坪草都可行种子繁殖。播种是建植高尔夫草坪最廉价的方法,但成坪速度慢;铺草皮块或卷成本最高,但成坪速度最快;塞植、蔓植和匍匐茎植是许多暖季型高球场球场最常用的繁殖方法。

表 7 高尔夫草坪草基本繁殖方法

草种	繁殖方法
改良狗牙根	营养繁殖
细弱翦股颖	播 种
匍匐翦股颖	营养繁殖或播种
早熟禾	播 种
细羊茅	播 种
黑麦草	播 种
多花黑麦草	播 种
多年生黑麦草	播 种
高羊茅	播 种

4. 作业

虚拟数块条件各异的地块,按照上述方法进行平底整理并讨论高尔夫草坪建植场地整理的程序。

实验 6 草坪播种设计实验

1. 播种期设计实验

(1) 原理 应该说高尔夫草坪草在一年的任何时候都可播种,然而实践证明:高尔夫草坪草最适宜的播种期是在温度和水分条件最好,最适于生长季节。而在不利于种子迅速发芽和幼苗旺盛生长的条件下播种往往是失败的。据此,决定高尔夫草坪草播种的时期至少与 4 个因素有关,即草种、温度、水分、杂草。

(2) 设计方法 首先决定若干个实验草种(如表 9),其次决定播种时间,可分别选择春季、夏季和秋季,甚至冬季(南方地区)。根据上述及下述相关方法进行播种。分别观察和记载出苗期、出苗率并制成统计表。

(3) 作业 根据播种原理设计一个播种期方案。

2. 播种量设计实验

(1) 原理 播种量的大小取决于多种因素,如草种、发芽率、环境条件、播后管理和种子成本等。高尔夫草坪的种类较多,草种千粒重、活力及发芽率差异较大,因而具有不同的播种量(表 8)。

表 8 高尔夫草坪草播种量

草种	kg/100m ²
细弱剪股颖	0.24~0.73
匍匐剪股颖	0.24~0.73
改良狗牙根	0.49~0.98
草地早熟禾	0.49~0.98
细羊茅	1.46~2.44
多年生黑麦草	5.00~7.00

(2) 播种量设计方法 根据表 8 播种量(假定为 S), 设计为 3 个不同的播种量, 如播量大于等于 $S \times 10\%$ 、 20% 、 30% 或播量小于等于 $S \times 10\%$ 、 20% 、 30% 。分别观察单位出苗率并制成统计表将测定结果填入(表 9)。

表 9 不同播量随时间进推的草坪生长动态

播量项目	出苗期	全苗期	>3d 密度/盖度	>7d 密度/盖度	>15d 密度/盖度	>30d 密度/盖度
2.5g/m ²						
5g/m ²						
10g/m ²						
20g/m ²						

(3) 作业 根据播种量原理设计一个播种量方案。

3. 播种均匀性验证实验

(1) 原理 播种是将种子播入坪体的一种作业过程。高尔夫草坪草播种最主要的是注意两个方面的问题: 一个是均匀性, 另一个是深度。

(2) 播种均匀性验证实验设计 为了保证撒播均匀, 将种子量一分为二, 然后从两个方向撒播: 一个是由东向西进行, 另一个按南北向撒播; 如果种子太小, 播种量太低时, 可掺土或沙子于种子中撒播; 珍贵高尔夫草坪种子或要求严格的建坪或小面积在建坪可采用分区播种, 即将拟建区分割成若干等份的块和条, 同时将种子也分成若干等份播种在对应的地块中。

(3) 作业 试以上述原理, 设计一个系列均匀性验证播种实验方案。

4. 播种深度验证实验

(1) 原理 播种深度对高尔夫草坪种子的发芽和成苗非常重要。实践中许多失败的例子大部分归结于播种太深的缘故。由于高尔夫草坪种子太小, 贮藏的营养成分有

限, 这样在幼苗尚未出土以前就会造成营养断续, 过早枯竭而死。因此, 正确的做法是: 种子撒播在地表, 然后用耙子或拖沙机南北向或东西拖耙两次使种子进入土壤表层 0.64~0.84cm 处即可; 另外一种办法是在种子上面覆盖一层薄土。比较起来, 后者较费事但却保证种子不干燥或被风吹、被水冲走。另外种子和土壤接触良好, 可使种子极早吸水。

(2) 作业 试以土壤表层 0.64~0.84cm 为标准深度设计一个系列深度播种实验并统计出苗率。

实验 7 草坪幼苗管理设计实验

1. 幼苗覆盖设计实验

(1) 原理 覆盖是待种子播完后用某些材料遮盖坪床的一种作业。实践证明, 覆盖对冷季型高尔夫草坪草种子建坪十分重要。通过覆盖能稳定土壤和种子, 有助于抗风和免受阳光干燥的影响。另外, 覆盖能调节地表温的波动, 刺激萌发, 保护已萌发的种子和幼苗免遭温度波动所引起的危害。还能减少土壤水分的蒸发, 一般可减少 5% 以上的水分蒸发损失。覆盖的另一个明显的作用是减缓来自降雨和喷灌水滴对土壤的冲蚀及地面干后板结, 使土壤保持较高的渗透速度。斜坡播后不能保证灌溉时, 萌发期覆盖尤为重要。

覆盖的材料很多, 如稻草和麦秆。使用这些材料必须杀死其种子。覆盖物用量以 $36\sim45\text{kg}/100\text{m}^2$ 为宜。1 亩约相当于 $0.44\text{kg}/\text{m}^2$ 。在小面积上通过人工撒播稻草, 大面积覆盖可使用稻草吹送机, 其效果很好。由于稻草较轻, 铺展后的稻草很易被风吹走。因此, 可用沥青黏结剂等来固定稻草, 还可用网覆盖稻草。另外, 一边铺稻草, 一边洒水。这样稻草被水淋湿就不易被冲走了。此外, 一些覆盖材料如木屑、刨花、木片、木质纤维素、菜豆秸、碎玉米棒心、蔗渣、甜菜渣、花生壳也能起到覆盖的作用。不过木质覆盖物进行微生物分解时易造成土壤临时性缺氮。

覆盖层应适合, 太厚时对种子萌发不利, 易闷苗和种子。应避免形成草堆。稻草易分解腐烂, 如果用量较大, 当植株长到 2.5cm 时应移去一半覆盖物, 移时应采取逐渐过渡的方法, 最好在阴天, 否则易造成草苗被阳光晒死的危险。

各种网状的覆盖物如黄麻网、烟草网、尼龙网均可用做覆盖材料, 不过这些材料在幼苗长大以前必须移去。目前使用广泛的防雨布不需要移去, 当种子发芽后防雨布已基本腐化。

初春和秋季当地温太低时播种, 为使种子快速发芽, 可用透明的塑料薄膜覆盖坪床以加强萌发。不过随着温度的升高, 应逐渐除去, 否则易烧坏种子和幼苗。

(2) 作业 试以各种覆盖材料为例, 设计一个系列覆盖实验, 检查地表温度、土壤冲蚀、根系生长速度和土壤水分保持等, 并统计各种覆盖材料下的草坪出苗率及分析原因。

2. 幼苗浇水验证实验

(1) 原理 保证播床湿润, 直到高尔夫草坪草很好地建立起来, 这是建坪成功的

关键。高尔夫草坪草种子很小，种子根系较浅，需要经常供给水分，否则土壤表面干燥就会导致脱水死亡。为了保证种子安全出土成苗，必须保持至少 1.3cm 的种床土壤层经常湿润。

播后初期浇水要采用少量多次法，而且要缓慢进行。应避免大水大灌，以防发生侵蚀和板结。一般来说炎热季节每天至少灌溉 3 次。播后至少 3 周内要保持经常浇水。特别对于混播草坪尤为重要。混播种子因其生物学特性的不同，发芽时间也不一致。因此，播后管理中常见过早停止浇水的错误现象，这必然造成萌发缓慢的草种因缺水而死亡。

(2) 作业 试以 1.3cm 作为标准土壤湿润层，以时间和浇水量为因子的系列实验，检查单位面积内的草坪根系情况、出苗率等。

3. 首次修剪设计实验

(1) 原理 播后首次开刀剪草是当 50% 的幼苗达到高于应修剪高度时候。这时应特别注意刀片的锋利性。刀片不锋利会严重伤害细嫩的幼苗。第一次修剪前应减少浇水，使土壤坚实一些，以防剪草机轮子陷进土壤中造成齐根剪。

(2) 首次修剪设计方法 试以播后首次开刀剪草是当 50% 的幼苗达到高于应修剪高度作为标准，以小于和大于 50% 草层高度设计系列实验，检查单位面积内的草坪恢复情况如密度、速度等。

(3) 作业 根据原理设计一个首次修剪设计方案。

4. 幼苗施肥设计实验

(1) 原理 施肥是播后管理的一项极重要的内容。施肥对高尔夫球场建后管理来说，不仅是大量的，而且是经常的。当幼苗出土之后，应使用少量的氮肥，这对生长极为有利。以后应根据高尔夫草坪具体生长状况而施不同的肥料、不同的量。

(2) 作业 草坪幼苗出土后，设计一个系列施肥实验并检查生长情况如密度、高度等。

5. 幼苗除莠剂设计实验

(1) 原理 幼苗生长期避免使用除莠剂。如果杂草太多，使用除莠剂的正确时间大约是幼苗在坪床上至少生长 1 个月后或等新草已经剪割两次后再使用，否则易造成伤害。

(2) 作业 根据上述原理，以时间作为主要影响因子设计一个实验方案。

实验 8 草坪营养体建坪方法设计验证实验

1. 目的意义

营养体建坪法包括铺草皮卷或块、插枝、铺茎和栽草坯等。其中除铺草皮块外，其余的方法仅用于具有强烈匍匐茎和根茎生长的高尔夫草坪草种类。营养体建坪的时间大致与种子建法相同。不过为了保证成活高，一般雨季建坪最好。

2. 铺草皮块或卷设计实验

(1) 原理 草皮由人工或机器切成卷或块。草皮块切幅通常为 0.3~0.6m。有时

多用人工铲切下长宽均为 25~30cm 的正方形块, 然后叠好并用绳子捆在一起运走。目前我国通常采用小型起草机和人工切割方法。

收获草皮时, 土壤表皮必须湿润, 否则切割草皮很困难。切割深度相当重要。薄切草坪一般较好。草皮越薄、扎根越快, 但浇水工作必须跟上。厚草皮携有较多的土和根系, 比较耐旱, 但铺设时很费劲。薄草皮根系少, 耐旱性差, 水肥管理很重要。浇水不及时易干枯。为避免发生这种现象。切割深度最好比标准的深些。一般来说, 草皮携带土应达 0.8~2.5cm 厚。所铺设的草皮应当注意质量, 建坪的草皮应茁壮、均匀、稠密、无病虫害和杂草。草皮在收获后的 24~48h 内将草皮铺上, 否则草皮堆在地上或捆扎起来放置过久, 由于呼吸作用产生的热量会使温度增加, 进而导致脱水, 造成草质发黄。对新草坪建设不利。如切割的草皮不能立即铺设, 则必须将草皮贮放在凉爽处并洒水保持湿润。

草皮块之间应接触紧密一些, 否则草皮块干旱时会收缩, 会在草皮间留下裂缝。对于缓用草皮, 可以在草坪间隙留有一定宽度的距离, 任其蔓延自生。不过这种方法会造成草皮边缘枯黄死亡现象产生; 对于斜坡建坪, 可以穿过草皮钉些木桩以固定草皮直至根系插入土中。铺栽后应采用 500~1 000kg 的滚筒或木夯压紧和压平, 使土壤和草皮紧密接触。

(2) 作业 以草坪块为材料, 设计一个 100 平方米小区的成坪方案。草坪块可切成系列大小的材料, 分析不同大小的草坪块材料的成坪速度和质量。

3. 草坯栽植成坪速度验证实验

(1) 原理 栽草坯又称塞植, 它是将已建成的草皮切成若干大小的小草坯栽入土中。这些草坯可以是圆形或方形的。通常宽 2~10cm, 长 1.9~10.2cm 不等。据研究 1m² 的稠密坯可切成 338 个 5.1cm² 的小草坯, 或切成 100 个 10.2 cm² 的草坯。暖季型高尔夫草坪草包括狗牙根、海滨雀稗均可采用这种方法来建植果岭区、梯和球道等。

草坯间距视草坯的大小、气候、杂草以及利用情况而定。草坯大时植距大; 草坯小时植距小, 如 5cm² 的草坯常占据 15cm² 的面积。不过草坯越大, 草坯间距离越小, 成坯速度则越快。栽植后滚压。

(2) 作业 以草坪块为材料, 切成长、宽不等的系列草坯, 比较和验证成坪速度。

4. 插枝设计实验

(1) 原理 插枝也称蔓植。它是另外一种营养繁殖高尔夫草坪的简便方法。其中也包括在穴内栽植匍匐茎或根状茎的节段。这些节段由机器或人工切成。每一节段至少含有两个节。栽植后从节间发出幼芽和根。匍匐茎或根状茎的节段称为小枝。

用做插枝的小枝茎是不带土的, 因而在高温、炎热气候条件下作业时较易脱水。这种方法主要用于暖季型草坪建坪。建坪时间最好安排在雨季时期, 以确保成活, 雨季干旱期间也需浇水, 浇水应每次以浇透为佳。

栽植小枝时, 首先是在场地开挖间距为 15~45cm、深 0.25~0.7cm 的沟, 将浸在水中的小枝栽植在沟内。植距 10~15cm。然后将土推进沟内并露出 1/4 的小枝于地外, 并用滚筒镇压坪床。

(2) 作业 以狗牙根草坪为材料, 选取携带一个节段或两个节段的材料, 将整理好的小区开挖不同的深度、间距、穴植数量, 设计一个成坪速度比较方案。

5. 铺茎成坪速度验证实验

(1) 原理 铺茎亦称铺植。它是插枝建坪的另一种表现形式。不过与插枝法相比, 这种方法不开沟而直接将节段或小枝撒播在平整好的坪床上, 坪床应湿润, 然后用滚压或耙将小枝部分埋入土壤或在小枝表面略施一层 6.4mm 厚的沙土即可。

为了防止浇水冲击小枝, 上面应撒一些稻草或加大沙土层都是有效的。在正常情况下每 100m² 需要的匍匐茎, 同插枝法比较, 铺茎比插枝建坪速度更快, 不过铺茎建坪易使小枝脱水, 而且成活率不如插枝法。为减少死亡率, 可采取宽幅条状种植, 也可分成若干小区, 逐个撒播节段并立即覆土、轻度镇压和灌溉。铺茎建坪如考虑使用时间和质量问题, 可加大铺茎量, 一般较原正常量多 30%。

(2) 铺茎成坪速度验证实验设计 以狗牙根为材料, 选取大小相同的 3 块小区, 采用 3 个不同的铺茎量并均匀铺撒在地表且覆盖一定厚度的沙子, 其他管理措施相同。

6. 作业

验证不同栽植量的草坪成坪速度, 并与标准量 188~376L 比较, 分析其成败原因。

实验 9 草坪建植方法比较设计实验

1. 草坪建植方法比较设计实验

(1) 原理 坪床整好后, 即需种草。种草包括确定植物性材料类型、制定相应的建坪方法。

建坪方法包括播种、铺草皮块、塞植、蔓植和匍匐茎植, 后四种方法属于营养体繁殖。几乎所有的冷季型高尔夫草坪草和一些暖季型高尔夫草坪草都可进行种子繁殖。播种是建植高尔夫草坪最廉价的方法, 但成坪速度慢; 铺草皮块或卷成本最高, 但成坪速度最快; 塞植、蔓植和匍匐茎植是许多暖季型高球场球场最常用的繁殖方法。

(2) 草坪建植方法比较设计实验方法 以普通狗牙根为材料, 选取 2m×3m 大小的地块, 三次重复, 分别栽植上述有关规定的播量或标准量 (以播量为例, 可类推至铺草皮卷或块、插枝、铺茎和栽草坯等, 以量、距离、茎节替代也可)。

表 10 高尔夫草坪播期或栽植期观测项目

播期项目	出苗期	全苗期	>3d 密度/盖度	>7d 密度/盖度	>15d 密度/盖度	>30d 密度/盖度

2. 作业

比较 5 种不同的方法成坪速度实验。分析各种方法的优缺点和建植期间管理措施并将各种不同出苗情况统计于表 10。

实验 10 高尔夫草坪品质鉴定实验

1. 目的意义

James B. Beard (1982) 提出六项果岭草坪质量标准, 即均一性、光滑性、坚韧性、弹性、低剪性、无草丘。均一性、光滑性、坚韧性、弹性对果岭是适用的, 它见证和描述了果岭的基本竞技特征。但低剪性、无草丘似乎专对草种而言, 与果岭本身运动特征不是太直接。虽然并没有专门论述密度, 但均一性、光滑性本身是对竞技密度的高度概括。而坚韧性、弹性是对养护提出的要求, 它强调养护必须服务于运动本质。因此, 这个六项标准对高尔夫球场果岭草坪是恰当的。高尔夫球场除了果岭外, 还包括其他草坪区域如梯、球道短草区、高草区。至今尚未见到类似标准或整个高尔夫球场草坪评价标准。

高尔夫草坪不同于景观草坪, 它在照顾视觉的前提下, 还要兼顾竞技特征。仅仅采用果岭草坪评价标准是不全面的。应该制订一个全面的高尔夫草坪评价标准, 即除了果岭外, 还应该包括其他草坪区域如梯、球道短草区和高草区。

马宗仁 (1996) 提出了四项评价指标体系, 概括起来讲, 即光滑、适密、匀整、浓绿。实际上这四项指标体系是对高尔夫草坪均匀性、密度、质地和色泽的抽象概括。

2. 材料与器具

高尔夫球场、草坪绿度测定仪、测速棒、各种记载表、方格测定尺、取土钻等。

3. 光滑度测定实验

(1) 原理 光滑是指球道短草区和果岭高尔夫草坪表面的特征。它是高尔夫草坪如果岭、梯区和球道短草区质量的主要评价指标。光滑度的好坏取决于质地、密度以及修剪等因素的影响。光滑度差的高尔夫草坪将降低球滚动的速度和持续时间, 从而降低击球困难度。光滑度可目测, 但较准确的测定方法是用测速棒来检测。对于高球场来说, 国际惯用美国高尔夫协会推荐用于比赛的果岭区速度标准。

1976—1977 年美国高尔夫球协会果岭管理分会采用测速棒工具对全美 36 个州, 1 500 个球场进行了各种季节不同特征果岭速度测定后提出的果岭速度标准, 并被世界各种大赛接受 (James B. Beard, 1982)。

测速棒 (Stimpmeter) 是完成果岭速度测定的重要工具。它是一个 0.9m 长, 整个测速棒成 V 形而成, 一般在测试时, 球放于 76cm 处的刻痕线处, 然后将此段抬升, 从水平线开始, 当抬高与地面水平 20 度角时, 球就开始滚动, 这能确保 V 形铝槽内球滚动的速度相同。当不用时, 可小心放于塑料盒子中。注意槽口轻微的损坏也会影响测定精确度。

(2) 检测方法

① 测定程序

- a. 测定前准备如下物品: 3 个比赛用高尔夫球、3 个梯标记、笔记本、5m 的卷尺。
- b. 选择约 3m×3m 的水平果岭区域: 选择平坦的区域取样是让测速棒水平放置在果岭上并将球放稳在 V 形槽中, 球的运动将表明该区域是否平坦。
- c. 测试: 在选定的区域边缘附近插上梯标记并作为测试开始点。手握住槽口刻

痕线末端，另一端放置在标记附近，瞄准想要测定的方向，然后将球放在槽口刻痕线处，慢慢抬，直到球滚出触地槽口，此种过程要重复多次，至少两次以上。

d. 测试球重复间距：测定区域所有 3 次或 3 个球滚动间距应保持在 20cm 左右。如果出此范围，原因为：测速棒的抬升不均匀；所选择的面积可能因视力误差造成不够平坦；或测速棒的结构有问题；或存在一些其他不寻常的情况。在上述任何情况下，超过 20cm 间距的测试均会变得不准确，记住应重复 3 次。

e. 滚动长度计算：假如该在上述所描述的 20cm 球距左右的范围内停下来，需要计算重复球组平均滚动长度，并在平均滚动长度处或停留点插上第二个标记，两个标记之间的距离就是第一次重复滚动的长度。

f. 重复程序 c：将第二个标记作为开始点，第一个标记作为目标点，换句话说，所有参加测试的 3 个球沿着相同的线路反方向再测试一遍，由此建立第一个系列长度。

g. 重复程序 d：由此建立第二个系列长度。

② 计算：统计第一个系列的测定长度和第二个系列的测定长度并求其平均值。在求测定长度平均值以前应注意：第一次和第二次重复中的长度的差异大于 45cm 的话，所获平均值的准确率会有问题，可能是所选测试区不太平整或代表性不大。在此情况下，建议选择另外的区域和重复测试。有时一个果岭可能严重不平或很陡斜以致难以应用这些区域，资料记载应务必明确反映这一情况。对于狗牙根来说，要减取 15cm 滚动长度。

③ 资料记载：测定和计算结果要加上气候及果岭状况描述的基本资料。

选择合适的水平测试区域是重要的。测定上斜坡或下斜坡会导致错误的结果。测试条件很重要。果岭应该在最佳条件下测试，即修剪干净、无风、表面光滑；一旦建立基本的速度，那么，不寻常的天气如多风、潮湿、无修剪、有铺沙、一天之中任何时间、施肥前后等的速度也可进行校正处理。资料累积对理解不同作业条件下果岭速度的影响和果岭均匀性有重要意义。测速棒的使用经验将对增加准确率具有一定的影响。显然，完整和准确的记载是必要的。测速棒是高尔夫球场总监在生长季节经常使用的一种监测果岭生长动态的工具。它可用于监测各种不同类型的作业对果岭速度的影响，并用来确定和采用各种作业措施满足会员期望的果岭速度。

④ 美国高尔夫协会果岭速度标准：美国高尔夫球协会果岭管理分会在 1976—1977 年对全美 36 个州，1 500 个球场进行了各种季节的果岭速度特征研究。表 11 是研究结果。这个表并不是完美的，还在发展，并试图建立一个可供各种赛事试用的标准。对果岭速度标准的制定应该通过不同的俱乐部对当地条件、预算和可期望的打球标准来制定。

表 11 美国高尔夫协会果岭区速度标准

果岭区相对速度	平均滚动长度 (m)	
	平常比赛 (m)	锦标赛 (m)
快	2.6	3.2
中快	2.3	2.9
中	2.0	2.6
中慢	1.7	2.3
慢	1.4	2.0

4. 密度测定实验

(1) 原理 密度是衡量高尔夫草坪质量最重要的指标之一。密度的大小取决于高尔夫草坪种类、自然环境和养护水平。

(2) 密度测定方法 高尔夫草坪密度的大小可用目测法来感觉。但较为正规或标准的测定方法是统计单位面积上新生茎或芽的数量,也可用晶体管光密度计来测定。此外,也可用盖度来估测。一般来说,盖度越大,密度越高。但盖度存在掩盖均匀性问题。在使用盖度的前提下,需要用目测法进行基本校正。

日本人采用 8cm 钢制圆筒打孔,测出其中植株数并用单位面积茎芽数表示。这种方法虽然简单易行,但必须进行多点测试,要求重复性多,选点要具有代表性。另外,需要有竞技密度对比值作参考。果岭测定时可制作 2cm 大小的钢制圆筒打孔钻。可随机选择不同区域进行取草,然后数取茎芽数并换算成单位面积的茎芽数量,然后与竞技密度进行比较以鉴定密度大小。

5. 匀整度测定实验

(1) 原理 匀整不同于光滑,它是对高尔夫草坪整体的最高技术概括,是对高尔夫草坪坪面的全面估价。高质高尔夫草坪表面均一、无裸露地、杂草、病虫害污点、烧斑,生育型、颜色颇为一致。实际上高尔夫草坪匀整指标受质地、密度、草类、颜色、刈剪高度等条件影响。

(2) 匀整度测定方法 马宗仁(2005)提出评价高尔夫草坪匀整指标的目测法,它依草坪表面斑点和颜色 2 个均匀指标所占的百分数为依据分为 5 级制,即 1(优)、2(良)、3(合格)、4(基本合格)、5(不合格)个级别。如 1 级草坪表面基本无斑点,颜色浓绿,几乎达 95%~100%。又如 5 级草坪表面斑点突出,绿色少,所占比例大于 60%。具体测定时,随机抽样一块 1m² 大小的草坪面积,均匀分成 4 份,然后根据斑点和颜色 2 个均匀指标进行目测即可,整个过程须重复 3 次。

表 12 高尔夫草坪 5 级制匀整指标标准

5 级制	优	良	合格	基本合格	不合格
匀整指标	95%~100%	85%~95%	75%~85%	60%~75%	<60%

6. 颜色测定实验

(1) 原理 颜色也是用以评价高尔夫草坪质量高低的重要指标之一。高尔夫草坪颜色来源于光线反射。通过高尔夫草坪吸收和反射并为人眼感受而引起。然而, 高尔夫草坪颜色依草种季节、肥料等有所不同。一般而言, 高尔夫草坪颜色变化从浅绿、深绿到浓绿。在高尔夫草坪发育的早期和晚期, 此种差异将更为明显。一般来说, 禾草类高尔夫草坪越绿品质越高。暗绿色好于淡黄色。色泽不鲜或出现其他颜色, 可能是缺乏氮素、干旱或温度的影响。病虫害也可导致退绿。有些草种正常情况下颜色并不鲜绿, 但生长却很健壮, 这点是草种间差异问题, 并非病症。不过在建坪时应加以注意。

评价高尔夫草坪草的颜色不仅包括程度问题, 还包括绿期长短。绿期越长, 颜色越稳, 说明高尔夫草坪品质越高。

绿期主要与管护管理有关。适当的管理会构成理想的颜色和持久的绿期。管理不当均会造成高尔夫草坪草失绿或不正常的颜色。

(2) 测定方法 评定高尔夫草坪颜色的传统方法是测定叶绿素含量。最简便的方法是测定高尔夫草坪顶部反射光数量。通常反射光量越少品质越高。可用接触或非接触叶绿素和草坪颜色测定仪。它可将草坪的颜色进行量化, 克服了人为的判断误差, 更好对观测草坪进行观测和质量管理。下面以接触式 TCM500 草坪色彩测量仪进行测定操作说明。

① 测量原理: 位于仪器底部的红绿蓝三个光源发出的三色光, 照射到下面的草坪上, 草坪吸收一部分光, 没有被吸收的被反射回仪器, 并被测量。仪器根据反射光中三种光的强度来判断草坪质量即叶绿素含量。在测量时间的选择上应注意水和湿气会影响草坪对光的吸收和反射。因此要选择没有露水、雨水和湿度大的时间段进行测量。而且为了比较数据, 每次测量的时间段也应该相同。

仪器上 ON 键用于开关机。MODE 为测量模式选择, 测量前或测量中按此键在 Grass Index (传统的绿色指数: 0~9.9), R/G/B (红/绿/蓝三色百分比), % color R/G/B (红/绿/蓝相对含量指数: 0~99) 之间切换。READ 为执行测量。Delete/Clr Avg 按此键清除本次测量值, N 值减 1, 重新计算平均值。长按 2 秒清除所有的测量值, N 值为 0。

② 操作步骤: 开机后 LCD 会显示电量, 版本号, 内存使用量和 GPS 信息。电量是以碱性电池的容量来计算的, 如果你使用的是锂电池, 即使是新电池, 系统也不会显 100%。一般用户是没有 GPS 模块的, 所以会显示 NO GPS, 测量记录结果时系统也不会寻找 GPS 信息。

检查完上述仪盘后, 将仪器放在草坪上, 按 MODE 键选择所需要查看的测量模

式,但是无论选择哪个仪器是看 R/G/B,仪器记录的也是这种数据。R 值大小和叶绿素的含量有关,G 或者 B 两个模式,系统记录的只是 R/G/B。测量的三种模式中,对于测量草坪时,要用 Grass Index 或者 R/G/B。建议选择 R/G/B,仪器记录的也是这种数据。植物的叶绿素会吸收红色的光,所以测量结果中 R 值大小和叶绿素的含量有关,准确地说是成反比,R 值大说明叶绿素含量小。G 或 B 和物体的反射情况有关,如果他们的值太小,说明草坪测量时没有被压好,植物叶片没有在仪器底部玻璃镜头上伸展开,或者镜头太脏了,反射光不容易进入仪器,此时应该清洁玻璃镜头了。

每按 READ, N 增加 1, 平均值也刷新一次。如果对本次测量的结果不满意,或者操作失误,按 DELETE 键一次,删除本次测量值,长按则 N 和平均值都归零。如果仪器的采集功能开启的话,每次测量结果都会存进存储卡。

最后按照换算成叶绿素含量并查对指数即可。

7. 作业

以高尔夫球场或练习场果岭为例,分别测定其均匀性、颜色、光滑和密度,并对其质量进行评价。

实验 11 高尔夫球场土壤结构观察实验

1. 目的意义

本实验目的使同学们掌握果岭结构、层次、组成材料的分级等。了解不同类型的果岭土壤结构异同点。

2. 材料与器具

分级筛、高尔夫球场果岭、铁锹、卷尺、沙料、粗天平、照相机等。

3. 球道土壤层次观察实验

(1) 原理 无论是 Links 球场或内陆型球场,研究结果均表明几乎所有的高尔夫球场球道土壤剖面均含有 5 个不同成分的层次构成,即芫枝层、表土层、沙土层、泥土层和岩床层。

(2) 球道土壤层次观测实验方法 以高尔夫球场实地为例子,选取短草区和高草区分别观察 5 层不同的剖面情况。芫枝层:包括未分解的或部分分解的有机物。有机物主要指活的或死的植物组织,即:根、根状茎、匍匐茎、茎和凋落物。芫枝层是种植草坪后经过一段时间的生长自然形成的,属于后天的土壤层次构成部分;表土层:由沙和分解的植物枯枝落叶即腐殖质共同构成。腐殖质使该层显示褐色,并有助于形成良好的保护结构。表土层也同芫枝层一样,也是种植草坪后经过一段时间的生长自然形成的,属于后天的土壤层次构成部分,沙土层:由自然沙土(英国苏格兰型)或人工沙(中国型)构成,有机物含量较低。英国苏格兰型沙土层属于先天的土壤层次,中国型沙土层则属于后天的土壤层次。泥土层:由先天自然土壤构成,该层属于较下层,可能全部由泥土构成,沙量甚低,且颗粒小,当为雨水或灌溉冲击团聚到该层,一般泥土层都比较坚实、结构极差。水和空气极难渗入,根系生长不良,故此层根系不多。不属于高尔夫草坪植物的主要活动区域。岩床层:部分分化的母岩物质区且该

层下面常有坚硬岩床。先天存在,不属于高尔夫草坪植物的活动区域。将上述不同观察情况制成表格并填入观察情况并与标准描述进行对照。分析各土层与建坪时间、修剪物等的关系。

4. 果岭土壤层次观察实验

(1) 原理 果岭通常呈圆形或近似圆形,面积为 $280\sim 2\,000\text{m}^2$ 不等,大多数球场果岭草坪面积为 $465\sim 697\text{m}^2$ 。18 洞总面积为 $15\,000\text{m}^2$ 。果岭土壤层次或结构除了底部土壤层和岩石层外,全部属于人工构建,其历史经历了几个阶段的变化。

目前,果岭土壤结构包括加利福尼亚法、USGA 法、日本法和中国法。

USGA 法是美国高尔夫球协会 1960 年创建的一种果岭结构建造方法。同年,美国加利福尼亚大学发表了著名的果岭建造法加利福尼亚法。后来几经研究,于 1970 年美国加利福尼亚大学又发表了新的加利福尼亚果岭结构建造方法。1973 年美国高尔夫球协会发表了修订后的高尔夫球协会果岭结构建造法。日本法也是比较出名的建造方法。但产生的方法较晚。日本法是在以 Musser (1959) 和柳久 (1978) 为首的研究小组参考了美国等方法的基础上进行的改良方法,其提出的时间为 1979 年并命名为 Purr-wicks 方法。中国法出现的时间更晚,是深圳大学马宗仁等 (1996) 在研究上述几个方法后提出的一种新的改良方法。它首先运用于龙岗公众球场实践 (2001),然后进行了理论总结 (2005)。

(2) 果岭土壤层次观察实验方法 以高尔夫球场实地为例子,选取代表性的果岭 1~3 个。分别观察不同层的剖面情况。排水系统设计:为底部鱼骨架,侧排水管间距 $4\sim 6\text{m}$,先铺设厚 2.5cm 豌豆沙在水管底部,并在其上面添加厚 $6.3\sim 10\text{mm}$ 豌豆沙掩埋排水系统并至整个果岭包括领带 (厚度为 1cm)。果岭表面斜坡 0.5% 。进行自然排水是该结构的关键所在,利用表面 0.5% 坡度进行外排水为主,余水通过侧排水管 $4\sim 6\text{m}$ 间距进行缓排。很好地解决了果岭排水和持水的急缓关系;粗沙层设计:第二层铺设厚 $3.8\sim 5\text{cm}$ 粗沙。该层目的是防止在其上的细沙移动进入排水系统。正确的根系层混合物与粗沙、豌豆沙之间的关系对保留根部水分,防止上层水向下层快速移动是相当重要的。临时阻隔环带设计:在建造果岭时,在外围和果岭交界处安置一层聚乙烯薄膜以防外围临时水分进入果岭干内。聚乙烯薄膜的具体位置是在距领带 $0.9\sim 1.5\text{m}$ 外围处。根区混合物设计:根系层混合物的选择应根据美国高尔夫球协会认定的标准进行,也需进行专门的实验来确定 (表 13)。将上述不同观察情况制成表格并填入观察情况并与标准描述进行对照。并与 G_{30} 标准对照,分析不同果岭土壤层次结构建造方法的优缺点。

表 13 果岭土层结构沙粒特性 (mm)

沙砾	极粗沙	粗沙	中沙	细沙	极细沙	黏土
≥ 2	1~2	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	< 0.05
$\leq 3\%$	$\leq 7\%$	75%	$< 65\%$	$\leq$ 总量 25%	8%	10%

(3) 种果岭土壤层次结构建造方法

① USGA 方法 (图 2): 共有 5 层, 即最上层为生长层, 由细沙和有机质构成, 作为草坪生长的坪床; 第 2 层为中沙层; 第 3 层为粗沙层; 第 4 层为豌豆沙层; 第 5 层为砾石层, 靠近果岭最底层, 其内包埋排水管。需要说明的是, 生长层界限通常不分明, 在实际使用时有混合现象发生。因此, 这一层成分包括泥炭土、细沙、中沙、粗沙和混合少量土组成, 厚 35cm; 也就是说它囊括了生长层 (细沙和有机质构成)、中沙层和粗沙层三个部分。沙粒径从 0.25~1mm 不等。豌豆沙层厚约 5cm, 粒径为 0.5cm。砾石层厚约 10cm, 粒径为 1~3cm。其中包埋排水管 (图 2)。

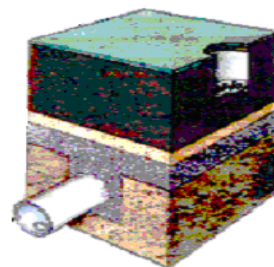


图 2 美国高尔夫球协会果岭结构剖面图

② 加利福尼亚法: 共有 5 层, 实际为 3 层。即生长层、中沙层、粗沙层统称为混合表层。厚约 30 cm, 成分比 USGA 方法更复杂, 包括 85%~95%的极粗沙 (2mm)、粗沙 (1mm)、中沙 (0.5mm)、细沙 (0.25mm) 和 2%~8%混合物, 包括极细沙 (0.05mm)、微沙 (小于 0.05) 和少量黏土 (0.002mm)。但是, 它与 USGA 方法不同的是, 有上述沙子构成的混合表层为水洗后的混合物, 即水洗沙。其他与 USGA 方法同。

③ 日本法: 共有 4 层, 实际为 2 层, 即改良层 (15cm)、河沙层 (20cm)、粗沙 (10cm) 统称为混合表层或床土, 厚约 45cm。对沙的粒径和比例规定为: 0.25~1.0mm 范围内占 75%, 最少也在 65%以上, 1~2mm 占 7%, 2mm 以上占 3%, 二者合计不超过 10%。0.25mm 以下不超过 10%, 最多不超过 25%。实际上上述混合表层也是一层混合沙。最后一层为砾石层, 其中包埋水管。成分与 USGA 方法相似 (图 3)。

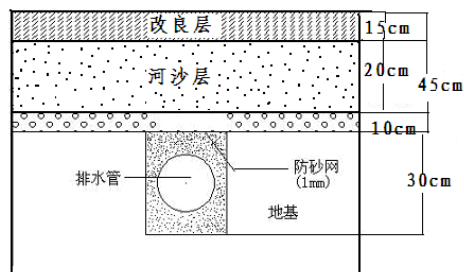


图 3 日本法高尔夫果岭结构剖面图

④ 中国法: 总共 3 层, 即生长层、过渡层和大砾石层。生长层厚约 10cm, 成分为 10%~15%泥炭土 (腐熟堆肥、或木屑、椰糠、珍珠岩等)、水洗细沙 (0.25mm)。第二层厚约 10cm, 成分仅为水洗细沙 (0.25mm)。第三层厚约 20 cm, 成分为 3~5cm 以上的大砾石。水洗细沙与大砾石之间在建造时可用尼龙网做隔层处理, 防止细沙渗漏 (图 4)。

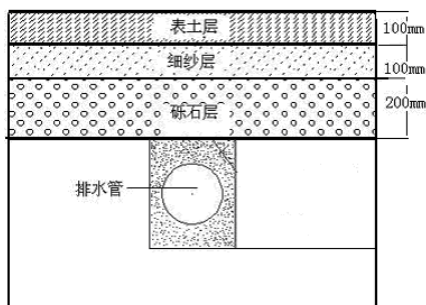


图 4 中国法高尔夫果岭结构剖面图

5. 果岭土层结构 G₃₀ 标准验证实验

(1) 原理 地球上明显存在着雨水量不同的区域。亚热带和热带地区夏季超量雨水对果岭的土层结构要求甚高。因此, 果岭土层结构需要一个竞技标准。这个竞技标准即果岭建造所依据的原理。经过研究, 马

宗仁(2005)明确提出了 G_{30} 标准。 G_{30} 标准要求果岭在大雨过后 30 分钟内的表面符合竞技需求,既不影响推杆,也不损坏果岭。 G_{30} 标准是对果岭土层结构数据化的概括和表达。 G_{30} 标准是在分析过果岭土层结构的发展历程中提出的,它表明果岭土壤层次结构原理的核心问题是果岭排水和持水的恰当关系。

(2) 果岭土层结构 G_{30} 标准验证实验设计 实地选定 3 个不同类型的果岭。选定大雨时期或喷灌时候观察果岭 30 分钟后的地面排水能力。如为喷灌可连续浇灌 15 分钟进行观察。并将观察结果制成表格填入其内切进行排水能力评估,给出建议。

6. 作业

观测高尔夫球场不同功能区土层结构,描述观测结果,比较果岭 4 种不同土壤结构、 G_{30} 排水能力测定,描述和讨论 4 种不同方法的特点和进行果岭排水能力评估。

实验 12 草坪灌溉常用指标观察实验

1. 目的意义

高尔夫草坪灌溉常用指标和技术大多数来自于人类管理经验。这类指标直观、使用方便,但需经验丰富,学会观察才能掌握恰当的补水时间。

2. 植株直接观察法实验

草坪缺水的直观反应会表现出各种症状,如萎蔫、转色、变柔。选择一块草坪,逐步减少供水,逐日观察草坪草生长变化。观察部位主要是叶片颜色、柔性和根部根毛数量。

3. 最小病害指数观察实验

随机选择高尔夫球场果岭,分别在早、中、下午及晚上某时段,用小刀检查土壤干土层厚度变化并与是否在最小病害指数标准内进行比较,即果岭 0.5~1cm 和球道 1~1.5cm,且干土色淡,湿土色暗。最后得出浇水结论。可能的情况可采用实验室土壤水分测定进行对照。

4. 仪器测定法实验

包括土壤测定仪、张力计、电极板、蒸发器等。

(1) 原理及方法 张力计靠其底部一个多孔的陶器杯连接一段金属管,另一端是一个能显示土壤持水张力的量器。张力计陶器杯装满水并将金属管插入所测土壤中。当土壤干燥时,水从多孔杯底部吸出,通过真空显示器读出水分张力,根据读数确定灌溉的恰当时间。

(2) 原理及方法 电极板测量材料电极之间的电阻显示土壤有效水的数量。具体方法是将连接在水分计量器上的多孔材料埋在土壤里,通过测试多孔材料对土壤电阻的大小探测土壤储备的有效水分数量。

(3) 原理及方法 装满水的蒸发皿可大致估计土壤中水分损失,因为蒸发皿蒸发的水分与草坪表面蒸腾相似。在高尔夫草坪区域选择五个地方,分别将装满水的蒸发皿平置。每天定时检查蒸发深度即可。根据研究,通常适用的灌溉水量是蒸发皿内损失量的 75%~85%。这项技术特别适用于果岭、梯和球道短草区。

5. 作业

选择一家高尔夫球场按照上述方法进行比较实验，并分析各个方法优缺点。

实验 13 高尔夫草坪修剪与观察实验

1. 目的意义

成坪后的高尔夫草坪，即需修剪。它是高尔夫草坪管护工作中一项十分重要的技术手段。修剪是高尔夫草坪体现竞技、美观、实用的重要功能。修剪能延长坪用年限，能防治杂草和增强病虫害抵抗力，能改善草坪底层环境，能改变高尔夫草坪草生长习性。

正确的修剪原理是 1/3 剪草理论。1/3 剪草理论的基本内容是：当高尔夫草坪草高度高于适宜修剪高度的 50%时就可进行剪草，而且被剪去的部分一定是草坪草生长总量的 1/3。如果多于这个量，将会造成叶面积的大量损失而导致高尔夫草坪草光合能力的急剧下降，贮存的养分全部用于地上部组织重建而使大量根系无足够养分维持而死亡。

通过本实验使同学们掌握修剪的方法和步骤，了解不正确修剪所引发的严重问题。

2. 材料与器具

高尔夫球场或练习场、实验草坪地、剪草机、剪刀、卷尺。

3. 草坪修剪时间、次数设计实验

先确定实验样地、样方，随机排列，重复 3 次。确定统一修剪高度，刈后观察记载各处理再生能力、盖度、密度、叶色及根量等。分析最佳修剪方法。各种修剪时间和次数实验设计见表 14。

表 14 果岭草坪修剪时间、次数设计实验

次数/项目	修剪时间（月份）					年修剪次数
	1~2	3~5	6~8	9~11	12~01	
1、2、3、4、5、	1	5	7	7	7	27
6、7/周（任选）	2	6	7	7	7	29
	0	2	3	7	1	13

注：球道设计方法类似，仅区别于次数或时间。

4. 草坪修剪高度设计实验

先确定实验样地、样方，随机排列，重复 3 次。确定统一修剪时间、次数计管理水平，刈后观察记载各处理再生能力、盖度、密度、叶色及根量等。分析最佳修剪方法。各种修剪时间和次数实验设计见表 15 和表 16。

表 15 高尔夫草坪修剪高度设计实验

草坪功能区	修剪高度设计 (cm)							
	0.3	0.45	0.5	0.8	1	1.2	2.5	4
果岭								
短草区								
长草区								
梯区								

表 16 高尔夫草坪修剪实验观察项目记载表

处理项目	再生高度 (cm)	再生量 (g/m ²)	盖度 (%)	密度 (株/m ²)	叶色 (5 级)	根总量 (g/m ²)
------	--------------	----------------------------	-----------	---------------------------	-------------	----------------------------

注：处理指草坪修剪高度或时间、次数。

5. 作业

以高尔夫球场或练习场为例，根据其特征和要求，设计一个修剪方案。同时设计一个修剪实验来验证 1/3 修剪理论。

实验 14 草坪齐根剪恢复生长观察及验证实验

1. 目的意义

遗传基因决定一种草坪草的留茬高度。任何草坪草均具有一个留茬高度忍耐力极限，超此则意味着能量平衡的破坏。低剪或忍耐力极限下的留茬高度可能直接损害根颈，生长顶端削去甚多。此种严重去叶行为会削弱植物的光合能力，致使根系体积减小，贮存养分过分消耗，高尔夫草坪草处于营养负平衡之中，最后衰竭死亡。高尔夫草坪科学将此种极度去叶现象称之为齐根剪。必须指出，忍耐力极限下的留茬高度包括 2 种修剪行为：忍耐力极限下的低剪和齐根剪。低剪并非叶片全部清除，它只是表明现有叶片生产的能量不敷生长之用，也就是说还有部分余叶。齐根剪意味着无叶可剩，仅余茎秆。换句话说，齐根剪地面仅仅存留棕色的茬和裸露的土壤，它比低剪的破坏性更大。实践表明此种剪法即使在生长月份将使高尔夫草坪草的根系停止生长达 20~30 天，对坪用年限破坏极大。

2. 材料与器具

高尔夫球场果岭、果岭剪草机、测微尺、放大镜。

3. 方法与步骤

选定高尔夫球场果岭 1 平方米面积进行齐根剪，重复 3 次。观察草坪草恢复原状所需要的生长时间并制成表将每日恢复情况如叶片数量、生长高度和气温及管理背景填入表内。

4. 作业

根据恢复情况分析齐根剪的副作用。

实验 15 草坪缺素诊断实验

1. 目的意义

草坪缺乏某种营养元素或发生中毒，往往在形态上表现出特有的症状。由于不同营养元素的生理功能不同，症状出现的部位和形态常有其特点和规律，通过肉眼观察草坪形态的变化判断草坪营养元素的丰缺状况称为形态诊断。

2. 材料与器具

放大镜、镊子、白纸、草坪草

3. 草坪缺素形态诊断鉴定方法

(1) 部位鉴定 首先察看症状出现的部位。如果症状先在老叶上出现，说明缺乏的是 N、P、K、Mg、Zn、Mn；如果症状出现在新生组织上，说明缺乏的是 Ca、Fe、Mo、B、S 等。

(2) 形状鉴定 察看茎叶是否有斑点，新叶症状是否顶枯。在茎叶出现症状的情况下，无斑点，可能是缺磷或氮；如有斑点，可能是缺钾或锌；若症状从新叶开始，如果顶芽易枯死，可能是缺硼或钙；顶叶不易枯死，可能是缺 Fe、S、Mn、Mo、Cu。

(3) 最后确定 根据具体症状和缺素关键症状最后确定所缺元素。

4. 各种元素形态诊断实验

(1) 缺氮诊断 缺氮植株矮小，瘦弱、直立；叶片绿色转淡呈浅黄或红绿；失绿叶片色泽均一，一般不出现斑点或花斑，叶细而直；缺氮症状通常以老叶开始，逐渐扩散到上部，下部叶片黄化后提早脱落；根系色白而细长，根量少。

缺氮草坪关键症状：较老叶子浅黄，叶茎生长锐减。

(2) 缺磷诊断 缺磷植株生长缓慢，矮小瘦弱、直立、分枝少、叶小易脱落；色泽呈暗绿色或灰绿色，缺乏光泽；缺磷症状先从茎基部老叶开始，逐渐向上部扩展。

缺磷草坪关键症状：较老叶子先深绿，然后呈紫褐色，新根少。

(3) 缺钾诊断 缺钾植株老叶和叶缘发黄，进而变褐，焦枯似火烧状；叶片出现褐斑或斑点，但叶中部、叶脉和靠近叶脉处仍保持绿色，随着缺钾程度的加剧，整个叶片呈红棕色或干枯状，坏死脱落；根系短而少，易早衰，严重时腐烂。

缺钾草坪关键症状：叶脉间变黄色，特别是较老叶子，叶尖和边缘枯焦。

(4) 缺钙诊断 缺钙植株幼叶变形，叶尖呈弯钩状，叶片皱缩，出现棕红色，边缘向下或向前卷曲；新叶抽出困难，叶尖相互粘连，有时叶缘呈不规则的锯齿状，叶尖和叶缘发黄或焦枯坏死。

缺钙草坪关键症状：新叶棕红色、发育不良。

(5) 缺镁诊断 缺镁植株首先老叶尖端、叶缘和脉间色泽绿色转淡，其次，由淡绿变黄再变紫，随后向叶基部和中央扩展，但叶脉仍保持绿色，在叶片上形成清晰的网状脉纹，严重时叶片枯萎、脱落。

缺镁草坪关键症状：较老叶脉间缺绿、带形、边缘鲜红。

(6) 缺硫诊断 缺硫植株幼叶叶脉和叶肉先失绿，叶色浅，叶细小，叶片向上卷曲，变硬、易碎、提早脱落。

缺硫草坪关键症状：幼叶色黄。

(7) 缺硼诊断 缺硼植株顶部幼组织先呈现症状，叶色暗绿色或紫色，叶变小，肥厚，皱缩，根系不发达。

缺硼草坪关键症状：幼叶皱缩，新根少。

(8) 缺铁诊断 缺铁植株幼叶先失绿，叶脉保持绿色，无褐色斑点，随后叶脉也失绿。

草坪缺铁关键症状：幼叶淡黄。

(9) 缺锰诊断 缺锰植株幼叶失绿色黄，叶脉和叶脉附近保持绿色，脉纹较清晰。严重缺锰时叶面发生黑褐色的细小斑点，并逐渐增多扩大，散布于整个叶片。

缺锰草坪关键症状：幼叶淡黄，与缺铁相似。

(10) 缺锌诊断 缺锌植株新叶缘常扭曲、皱折。中脉附近首先出现脉间失绿，可能发展成褐斑，组织坏死。

缺锌草坪关键症状：新叶生长迟缓，叶子薄而皱缩，状如脱水。

(11) 缺钼诊断 缺钼植株老叶脉间变淡、后变黄，叶片上易出现斑点，边缘发生焦枯并向内卷曲。一般老叶先表现症状，新叶在相当长时间内仍表现正常。

缺钼草坪关键症状：老叶灰绿色。

(12) 缺铜及氯诊断 草坪对两种元素所需甚少，故一般无多大问题。

5. 作业

根据元素丰缺症状，选择数家高尔夫球场，分别对高草区、短草区、果岭等区域进行鉴定并将鉴定结果制成表格填入其内，最后进行分析并提出建议。

实验 16 高尔夫草坪施肥设计与观察实验

1. 目的意义

高尔夫草坪是 1 次种植、连续培育、多年利用。在维持草坪生长发育的营养技术和手段上不同于农作物。营养技术及方法等均有其独特性。始终不一的坚持“平滑、适密、均匀、浓绿”的草坪竞技状态，需要坚持技术第一，合理施肥，需要完全掌握高尔夫草坪施肥理论、施肥技术、营养诊断方法、高尔夫球场不同功能区施肥理论与技术等。

通过本实验学习，使同学们掌握高尔夫草坪施肥的原理、施肥技术和施肥方法。

2. 材料与器具

计算器、粗天平、剪刀或剪草机、卷尺、各种肥料、土钻等。

3. 草坪单肥施肥时间、次数设计实验

先确定实验样地、样方、肥料，随机排列，重复 3 次。确定统一管理（浇水、修剪、施药），施肥后观察记载各处理再生能力、盖度、密度、叶色及根量等。分析

次数/项目	施肥时间（月份）					年施肥次数
	1~2	3~5	6~8	9~11	12~01	
1、2、3、4、5、 6、7/月（任选）	1	2	1	1	1	6
	0	1	2	1	1	5
	2	5	6	5	5	23

先确定实验样地、样方、肥料,随机排列,重复3次。确定统一管理(浇水、修剪、施药),施肥后观察记载各处理再生能力、盖度、密度、叶色及根量等。分析最佳施肥方法。注意施肥量、肥料相同,仅施肥时间和次数不同。各种施肥量实验设计见表18和表19。根据草坪、土壤、气候和肥料相互匹配原理(四看原则),设计一个施肥方案。

草坪功能区	施肥设计 (g/m ²)							
	3	5	8	15	18	20	25	30
果岭								
短草区								
长草区								
梯区								

处理项目	再生高度 (cm)	再生量 (g/m ²)	盖度 (%)	密度 (株/m ²)	叶色 (5 级)	根总量 (g/m ²)
------	--------------	----------------------------	-----------	---------------------------	-------------	----------------------------

根据草坪、土壤、气候和肥料相互匹配原理（四看原则），设计一个施肥方案。

实验 17 果岭和球道土壤紧实测定实验

1. 目的意义

在充分满足营养的条件下,阳光、水分、温度和氧气是保证高尔夫草坪草旺盛生长的重要前提保证。所有这一切均离不开土壤这个基本立地条件或平台。高尔夫草坪管理的任务实际上就是创造一个良好的土壤环境,使高尔夫草坪从土壤中容易吸收更多的养分和水分,保证畅通的空气。但是,实践中常常发现高尔夫草坪在水分和养分充足的条件下生长不良。究其原因来源于人类的频繁使用所造成的土壤紧实。土壤紧实常常引起高尔夫草坪生长的许多障碍,其中最典型的的就是根系浅表化、有害气体累积、渗透性下降,并最终抑制高尔夫竞技的顺利开展。造成的土壤紧实危害必须通过土壤疏松作业来解决土壤空气畅通和有害气体积累,否则会引起严重的竞技问题。因此,管理上需要随时检查土壤紧实度。

2. 材料与器具

土壤测紧计、刀叉

3. 土壤测紧计方法

C-900 土壤测紧仪可野外便携式,用来测量土壤紧实度的仪器。可显示 PSI 或 kPa 值。可接 GPS 接收机。紧实度仪主要组成为主机、数据采集软件和 GPS/DGPS 连接线(可选件)。基本技术指标:测量范围为 0~7 000kPa(0~1 000PSI);分辨率为 2.5cm, 35kPa (5PSI) 测量精度为 1.25cm, $\pm 103\text{kPa}$ (15PSI);测量深度为 450mm;电池寿命大约 1 年;可存储 772 个数据(接 GPS 时可存储 579 个数据);RS232 接口,标准数据输出和可接 GPS 接收机。操作面板:ON 钮控制着仪器的开启和关闭。仪器开启时会显示电池状态三秒钟,在接下来的三秒钟内显示的是仪器记忆空间是否已经用完;录器是否已经被软件激活;是否能找到 GPS 的信号。如果有信号,在数据栏中就会显示经度和纬度。然后就可以测量了;DELETE 主要当仪器成功地进行一次剖面之后、进行下一次测量之前,该按钮会消除当前的数据。

REVIEW 键是测量完一个剖面的数据后,按下此按钮就可以看到每一个深度的圆锥指数。一按下此按钮屏幕就会循环顺序的显示剖面的圆锥指数值。START 按钮使得仪器和数采进入采集状态,任何测试之前都必须按下该按钮。

测量步骤:平稳小心的以相同的速度将探针推入土中。仪器默认的速度是 2.54cm/min,如果超过这一速度,屏幕就会显示“Error”;推动探针,按下 Start;在显示屏上会出现剖面的相关信息,第一行显示的是当前圆锥指数和深度,在土壤表面时深度会是 0 cm。第二行显示的是测量了多少剖面。每次开启,该值都会复位为 1;测量者的脚与探针的距离至少是 18 cm,以保证声波传感器测量结果的准确性,探针周围的障碍物都会影响声波的反射。建议在测量之前将周围的土地尽量整治平整。随着探针的插入,屏幕所显示的深度以每次 2.5cm 或者 1 英寸的差额递增。圆锥指数会随着土壤紧实度的变化而改变;将探针缓慢平稳的插入,以保证在探针周围没有任何侧压。如果出现错误信息,拔出探针按下 Start;为了保证测量精度,只有测量深度到 10 cm 或更深,轻轻地移开探针,如果数据已经成功采集就会显示如下信息:

“Reading Completed—Review Mode”；按下 Review 就可以回复以往的数据，也可以按下 Delete 删除数据；按下 Start 进行下一次测量。

警示信息：如果仪器不能准确测量就会显示错误警示。在这种情况下，需要将探针拔出，然后再按下 Start 以继续测量。

“Start over Depth>zero”，在这种情况下只有将探针拔出才可以进行重新测量。原因可能是使用者的脚离探针太近，以至仪器接收到了一个不真实的非零数据；或是测量范围内有树木或者大型植物；或有树根或者土壤粘到探针上；“Start over Insertion too fast”，如果插入速度过快（大于 2.54 cm/min）就会产生这样的错误。在测量紧实土地下方的松软区域时会经常出现这样的情况；“Start over Excessive Force”压力探头最大承受压力是 113kg，当其承受压力大于 95kg 时就会出现这样的情况；“Start over !Depth Error!”，这种情况意味着仪器少读了一个数据。原因可能是探头被快速地插入土中，也可能是其他干扰物如脚膝盖之类的东西进入了测量区域；“Low Battery”电池电量过低。使用 4 节 5 号碱性电池。

4. 刀叉法

刀叉法是实践中常常采用的方法。刀叉是高尔夫球场修补球疤的工具。借助于刀叉可随时测试土壤紧实度。其原理是感觉刀叉入土的松紧程度。若土壤紧实则刀叉很难插进。土壤松软时，刀叉易插进。无此经验时可预先用不同紧实度的土壤样品进行反复训练来体会，直到熟练为止。这种方法，简单实用，如实践经验丰富，则准确性很高。

5. 作业

选择数家高尔夫球场的不同功能区，采用仪器和刀叉法分别测定土壤紧实程度，并比较两种方法的优缺点。

实验 18 高尔夫草坪诊断实验

1. 目的意义

高尔夫草坪经常处于使用之中。使用和养护出现不平衡就会产生质量问题。草坪的质量问题会影响运动的进行和球会市场核心竞争力。出现草坪质量问题需要诊断。通过耐心细致的诊断，找出问题症结，再采用合适的作业内容进行调理，称之为高尔夫草坪特殊改良作业。改良前需要进行高尔夫草坪衰退诊断。诊断如同大夫询问病人的病史一样，需要详查作业记录报告，根据高尔夫草坪质量衰退诊断表内所列若干问题仔细排查，并根据问题提出更新方案或方法，最后予以实施。高尔夫草坪诊断按下述质量衰退调查表进行。

通过本实验，使同学们掌握高尔夫草坪质量出现问题后的具体处理步骤和方法。

2. 材料与器具

高尔夫球场、酸度测定仪、绿色测定仪、实验室测定、土壤测紧仪、卷尺、测微尺、表格、铅笔等。

3. 方法与步骤

按照表 20 指示进行。

表 20 高尔夫草坪质量衰退调查表

(1) 高尔夫草坪位置
(2) 建立时间
(3) 调查项目
① 杂草
杂草种类名称，单位面积内杂草株数。
建议：果岭、梯区采用人工手拔，其他区域采用化学防除和人工拔除相结合。
② 高尔夫草坪密度
包括稠密、中等、稀疏。
③ 土壤反应
包括 pH、含盐量、质地、磷、钾。
建议：施加石灰或硫、磷、钾，根外追肥。
④ 施肥计划
包括肥料等级、数量、氮磷钾比率。
建议：施更多的肥料，使用不同的等级，变换施肥时期和有效使用技术。
⑤ 遮阴
包括 3 个水平即重、中等、全日照。
建议：修剪树木、疏草、打孔。
⑥ 芜枝层
果岭小于等于 0.76cm，球道小于等于 1.3cm。
建议：超过标准厚度应进行打孔、铺沙、疏草、减少施氮量。
⑦ 修剪
包括剪草高度过高或过低，每次剪去叶子太多或刀片不利。
建议：磨利刀片，校正修剪高度。
⑧ 土壤紧实
包括紧实、中等、疏松。
建议：打孔或十字、米字型打孔。
⑨ 土壤水分
包括排水，如积水、持水差；浇水包括浇水太勤、间隔太长、水量不够或水量太多。
建议：埋置理想的排水系统，采用土壤查墒法浇水。
⑩ 虫害
包括种类、栖居地类别等。
建议：杀虫剂比率、施用时间、施用后浇水等。
⑪ 病害
包括病类、药物种类、比率、间隔时间、减少施氮量。
⑫ 苔藓类
包括遮阴、排水不良、浇水过多、土壤酸性、贫瘠、坚实。
建议：修剪树木、疏草、打孔、设置排水系统、加石灰、减少浇水、重施肥料、使用硫酸亚铁铵等。

4. 作业

根据表 20，以某高尔夫球场或练习场为例，进行诊断调查，将结果列入表内，并对该数据进行分析，然后给出正确管理建议。

实验 19 高尔夫草坪修补实验

1. 目的意义

高尔夫草坪经常处于使用之中。使用和养护出现不平衡就会产生质量问题。草坪的质量问题会影响运动的进行和球会市场核心竞争力。出现草坪质量问题需要诊断。通过耐心细致的诊断,找出问题症结,再采用合适的作业内容如补播、重建、更新等进行调理,会逐渐恢复草坪原貌。

2. 材料与器具

受损果岭、草苗、草坪种子、平铲、耙子、沙子、防雨布、肥料、镇压机。

3. 修补实验

(1) 补播方法 选定受损果岭或其他区域地块,然后,用小型耙将表面耙松,然后撒上种子;再轻轻耙磨;为加速生长,应适当拌肥、消毒、覆盖等播种处理。此种方法常见于北方高尔夫草坪修补。

(2) 铺草皮方法 标出受害地块;利用平铲去掉受害部分;翻土、施肥;耙平坪床;铺新草皮;镇压或滚压;铺沙、浇水。

果岭新铺草皮应稍低于旧草坪 0.3cm,这样可避免等高或过高后的齐根剪。新草皮铺完后,每天覆沙 1 次,保护新生芽直至与旧草坪等高为止。此种方法常见于南方高尔夫草坪修补。

(3) 全部重建方法 高尔夫草坪盖度不足 50%且出现难以控制的杂草、病害应考虑重建草坪。

先用草甘膦杀灭场地所有植物,然后进行土壤耕作、耙碎、播种或铺设草皮、草胚、匍匐茎或根状茎等。种子建坪需覆盖,最后在草坪未建立起来前,保持适当水分。

(4) 改建方法 沙质土壤生长层太浅、土壤质地太黏或者过于沙性,导致排水不良或持水性不好,难以生长高质草坪。需要考虑改建。首先:标出受害地块;其次,挖松旧土,掺入或换成透水较好的材料如泥炭藓、有机质和纯沙等;最后镇压、铺草、浇水等管理措施。

(5) 完全更新方法 标出受害地块;先用草甘膦杀灭场地所有植物。喷药液 7 天后,用疏草机耙出芜枝层,然后用播种机开沟播种或用插植机栽植匍匐茎。繁殖材料与土壤充分接触,距离 7.6cm,最后拖平。

(6) 部分更新方法 部分更新是指在不破坏原有高尔夫草坪植被的情况下,在其上再播种或再种植。在高尔夫草坪稀疏的地方,可用机械或手工播种或栽匍匐茎或小草坯。

在更新前,应该剪低高尔夫草坪植物,然后用圆盘播种机械或匍匐栽植机把种子或匍匐茎节置入稀薄的高尔夫草坪中。圆盘播种机广泛应用于更新,因为它能直接将种子播进土壤。正如前述,种子必须接触土壤才能保证发芽。

如果没有更新机械可供使用,应进行 5、6 次打孔耕作,或者用疏草机垂直切割几次;或打孔耕作之后,再进行垂直切割效果更佳。原因是该作业能扩大种子与土壤的接触面积,提高发芽率。

种子播种时的播量一般要高于正常量的 5 倍。如用插枝,最好用手将其插入穴孔或小沟里。在播种或栽植匍匐茎后,需轻轻镇压,以便同土壤紧密接触。如果可能,也可在其上面进行加土铺沙,并需适时浇水。当新芽长出后要及时施肥等项管理工作,直到高尔夫草坪完全恢复到正常状态。

更新或重建时间,冷季型高尔夫草坪最好时间是晚夏或早秋,暖季型草主要在春季或夏初补种。

4. 作业

选定数家高尔夫球场,对不同功能区草坪进行检查,分别评估各种受害程度并按照上述方法予以恢复并评价各种方法的恢复效果。

实验 20 冬季补播验证实验

1. 目的意义

冬季补播是针对暖季型草冬季期间寒冷休眠,不能提供如同其他季节一样的草坪质量而进行的一项特殊作业。冬季补播的原理主要依据冷季型草和暖季型草对时空冷暖的耐受而设计的。冷季型草在南方冬季生长旺盛。利用这一点可解决暖季型草冬季死亡不能提供绿期的缺陷。当冬季过去,春季到来之际,随着气温的回升,有利于暖季高尔夫草坪生长时,冷季型草因难耐酷热则渐渐消失。过渡带高尔夫球场广泛利用这一原理来解决果岭、梯区及球道的冬季绿期问题。

2. 材料与器具

过渡带果岭或短草区、一年生黑麦草、草地早熟禾、地温计、疏草机、耙或金属拉网、沙子、铺沙机。

3. 补播方法

补播太早,易发生原有高尔夫草坪同补播草的竞争问题。补播太迟,也易产生地温低、种子发芽慢的问题。实践中补播通常在第 1 次预期的酷霜前 20~30 天进行。也可测定土壤温度来决定补播时期。一般是 10cm 处的温度在 21℃ 时或者中午气温稳定在 21℃ 以下时进行补播效果最好。

4. 补播方法

如果芜枝层太厚的草坪,播后种子发芽和幼苗生长都很困难。补播时首要按几个方向进行垂直异位疏草清除芜枝层,然后低剪和撒播种子,再用耙或金属拉网将种子耙进高尔夫草坪中。为了促进种子迅速萌发可在表层铺一层沙子,经常浇灌,直到新草长出。播前用杀菌剂处理种子。

James B. Beard (1982) 提出的冬季补播方法为:多个方向垂直切割,切割深度至少 6mm;移取高尔夫场地 7.6mm,不能少于 6.4mm 直到种子完全长好,这个时间大约是 2 个月,草坪碎片种前 1 周进行;如需可使用杀真菌剂;播种、少量覆沙、覆盖、浇水并保持潮湿;修剪高度应保持在星期或种子开始分蘖,修剪应尽量少,不要移取草末,会带走种子,果岭表面保持干燥或中等水分最好;2~3 周后少量施肥;人流量会损害种子发芽,可按 9 洞轮流播种,或播后关闭 2~3 周,特别是渗透不好,

应高量播种。另外一些在播后可立即打球。每天移动洞杯应尽可能分配均匀,以防践踏造成高尔夫草坪受损。春季到来后应在春初多方向和多次垂直切割。

当春季温度回升时,补播的禾草逐渐死亡,多年生草开始返青。为了促进高尔夫草坪草迅速恢复原状,应采用超低剪、划破方法促使冷季型高尔夫草坪尽快消失。补播草种黑麦草比较耐高温,一般在 30℃ 时才会逐渐死亡。但其根茎浅,如在 2 月中旬或底反复低剪,会很快消失。早熟禾不耐高温,温度超过 25℃ 后会很快消失。但实践中常见的现象是黑麦草 5~6 月仍在生长,原草种因受黑麦草的影响生长不旺盛,出现严重的蘑菇菌使得沙质土壤变得异常坚硬。原因是在原草坪恢复前未能反复低剪之故。早熟禾不耐高温容易消除,但应防止其反复抽穗结实现象,否则其害无穷。

5. 作业

在适当的地区选择高尔夫球场的果岭区进行上述实验,并对实验结果或效果进行评价。

实验 21 高尔夫草坪虫害防治设计实验

1. 目的意义

高尔夫球场的草坪属于高度人工化的生态群落,受人为扰动很重,由于构成草坪的草种单一,因而草坪群落的稳定性不高,特别容易招惹病虫害、杂草的侵入。在高尔夫球场各种养护作业中,草坪病虫害、杂草防治是球场管理的重要环节。草坪病虫害、杂草以其较高的竞争性和多样性的传播定植方式在高尔夫球场草坪中不断的竞争和发展。草坪病虫害、杂草对高尔夫球场危害主要是影响了正常竞技和市场核心竞争力。高尔夫球场因面积大、地形复杂、草坪病虫害和杂草传播途径多等问题给防治工作造成很大的难度,已成为制约高尔夫球场草坪管理质量提高的一个重要因素。近年来,随着环境的日趋复杂化,管护高质高尔夫草坪的不利因素日趋严重。高尔夫球场每年为此投入大量的费用还只能停留在较低的控制水平上,而对高尔夫球场草坪病虫害、杂草的防治效果并不理想,有些球场因专业技术人员知识缺乏所造成的高害管理不但损坏了草坪,甚至因农药使用不当问题引发了区域环境污染。

正确诊断病虫害、杂草种类、识别危害规律和合理使用草坪保护剂是提高高尔夫草坪质量、节约养护费用、减少环境污染的重要技术保证。

2. 材料与器具

高尔夫球场或练习场草坪、农药、喷雾器、量筒、水桶、测绳、卷尺、粗天平、样方框、记录表格等。

3. 农药混用实验

(1) 原理 两种或两种以上农药科学的混合使用,不但能提高药效,防止病虫产生抗药性,而且也可以兼治多种病虫害、杂草,节省费用。然而,并非所有农药都能混合使用,有的农药混合后发生变化会降低药效,造成浪费。因此,农药混合使用必须遵守一定原则。

表 21 高尔夫草坪常用农药混合使用表

双向交叉混合	石 流 合 剂	波 尔 多 液	石 灰 多	硫 酸 铜	可 湿 性 硫 磺	敌 锈 钠	有 机 硫 杀 菌 剂 ①	退 菌 特	多 菌 灵	百 菌 清	托 布 津	有 机 磷 I	有 机 磷 II ② ③	西 维 因	杀 虫 脒 ④	杀 螨 剂 ⑤	细 菌 杀 虫 剂 ⑥	有 机 氯 杀 虫 剂	肥 皂
洗衣粉	-	+	-	+	-	+	-	-	+	⊙	-	+	⊙	+	+	+	+	+	-
肥皂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⊙	-	-	-	-	-	-	⊙
有机氯杀虫剂	⊙	⊙	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
细菌杀虫剂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		
杀螨剂	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
杀虫脒	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
西维因	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
有机磷 II 类	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
有机磷 I 类	⊙	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
托布津	-	-	-	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
百菌清	-	-	-	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
多菌灵	-	-	-	⊙	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
退菌特	-	-	-	⊙	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
有机硫杀菌剂	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
敌锈钠	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
可湿性硫磺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
硫酸铜	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
石灰	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
波尔多液	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

注：符号说明：+可以混合；-不能混合；⊙随配随用，有时需略提高浓度，以保证药效；
 ①有机硫杀菌剂：有代森锌、代森铵、福美锌、灭菌丹等；②有机磷 I 类：在碱性中较稳定，如敌百虫、二嗪农等；③有机磷 II 类：在碱性中易分解，如敌敌畏、乐果、马拉硫磷等；④杀菌类：螨卵酯、TDN 等；⑤细菌杀虫剂：有青虫菌、杀螟杆菌；⑥有机氯杀虫剂：灭蚁灵等。

(2) 农药混用实验方法 称取一定重量的单剂样品，放入 200ml 或 250ml 的带塞量筒中，用少量水先将样品润湿，再加入准备混合地其他样品，调匀后用水稀释，加塞后上下倒摇 30 次，然后观察有无絮状、沉淀、结晶、分层或漂浮等凝聚现象。若混合后的体系均匀，分散性好且相对稳定，则认为是可混合的，保证安全有效，反之不能混用。

4. 打孔灌药实验

(1) 原理 果岭边缘昆虫集聚理论 (马宗仁, 2000)。

(2) 打孔灌药实验方法 随机选择样地, 球道每样地单位 100m^2 , 果岭和梯按照原自然设计进行; 组织统一打孔, 然后施入试验农药, 喷灌, 24h 后挖开地面, 检查灭虫效果。重复 3 次。

5. 疏草施药实验

(1) 原理 高尔夫草坪芨枝层栖居大量虫卵和成虫。清除枯草层是防治虫害最好的方法之一 (马宗仁, 1996)。清除芨枝层后喷洒农药效果最高。未清除以前喷洒效果较差。因为枯草疏水性的缘故, 农药喷洒后不易下渗而失去效果。枯草层清除后应及时烧埋, 以免虫害扩散。

(2) 实验方法 随机选择样地, 球道每样地单位 100m^2 , 果岭和梯按照原自然设计进行; 组织统一疏草, 然后喷洒农药, 24h 后挖开地面, 检查灭虫效果。

6. 黑光灯诱集实验

(1) 原理 利用黑光灯是灭杀成虫最有效的手段之一。所谓黑光灯诱杀法, 即采用 $3600\text{\AA}$ 紫外线的低压汞气荧光灯诱集灭杀。许多昆虫视觉神经都对波长 $3300\sim4000\text{\AA}$ 的紫外光线特别敏感。黑光灯诱虫效果可达 15 目 100 多科几百万种。其中大多数为害虫, 益虫比例不到 5%。黑光灯的构造由黑灯管及其配件, 如防雨罩、挡虫板、收集器及灯架等组成。一般一盏 20W 的黑光灯, 最低诱集直径以 200m 计算, 有效诱集面积为 3.3hm^2 左右。一个标准高尔夫球场大约设置 15~20 个黑光灯就足以控制害虫活动。

(2) 黑光灯诱集实验方法 选取高尔夫球场 3、4、5 杆洞, 每隔 200m 配置一盏黑光灯。每晚 8 时亮灯。第二天早晨 6 点收集并清点数量。并选取相邻球场 3、4、5 杆洞作对照。最后评估黑光灯诱杀效果并与化学保护剂进行比较。

实验 22 高尔夫草坪病害防治观察实验

1. 目的和意义

高尔夫草坪在生长过程中遭受病原生物的侵袭或不良环境的影响, 导致其内部生理、解剖结构和外部形态发生变化, 致使草坪组织功能失调, 生长发育迟缓甚至死亡, 造成草坪竞技价值降低。这种现象称为高尔夫草坪病害。

高尔夫草坪病害是一个持续的病理变化过程。生理、组织和形状不正常的变化表现称病理程序。因此, 只有具备了病理程序和竞技价值降低这两个条件才称为高尔夫草坪草病害。

高尔夫草坪发生病变是通过一定的原因才引发的。这种原因称为草坪病源。病源包括生物和非生物两种。生物病源包括真菌、细菌、病害、类菌质体、线虫等。生物病原有侵染过程, 称侵染性病害; 非生物病源包括营养不适宜、水分失调、温度过高过低和有毒物质积累等。非生物病原病害无侵染过程, 称生理性病害。

高尔夫草坪病害类: 包括狗牙根属、翦股颖属、羊茅属、黑麦草属、早熟禾属、

雀稗属；组织部位病害类：包括叶部、根部、茎部。生育阶段病害类：幼苗、成株；时间病害类：包括春、夏、秋、冬。

病原病害类：传染、非传染；传播方式病害类包括气传、风传、土传、水传、种传、肥传、机传、人鸟传播。

高尔夫草坪病害种类甚多，传播途径也很多，怎样正确的诊断病害类型以及发生原因和规律，有的放矢地提出有效的防治措施，以达到预期的防治效果，这是高尔夫草坪防病和治病的重要环节。因此，需要正确的掌握高尔夫草坪病害诊断方法。

2. 材料与器具

高尔夫球场或练习场草坪、测绳、卷尺、样方框、放大镜、记录表格等。

3. 病害现场观察诊断实验原理

高尔夫草坪真菌病害发生与环境条件有着密切的关系。现场观察能基本确定真菌病害发生与地形、地势、土壤、气候等因素关系。草坪在球场发生均表现一定规律：枯草斑大小、形态；严重程度；分布如点、片、发病中心等，侵染病害为点、片分散分布，有发病中心；发生时间；受害部位。

注意高尔夫草坪由于低剪，靠病株不易确立。病症的典型特征是草坪面整体发生，连成一片。所谓点片状即草坪集体表现。单株部位观察针断无意义。观察单株即观察整体草坪症状。注意整体性斑点形状、单位面积数目、大小、色泽、排列、轮纹等。色泽描述是病害诊断主要的观察方法。可参考 Rayner (1970) 提出的病害颜色标准。

一般来说，每种高尔夫草坪细菌病害都具有特异的症状，因此通过症状就可鉴别高尔夫草坪病害。这是由于不同细菌侵染后引起的症状不同。例如棒形杆菌属主要引起萎蔫；假单胞菌属和黄单胞菌属主要引起叶斑和叶枯病；欧文氏菌属主要引起软腐。一般而言，细菌性病害的病斑常有水渍状。

高尔夫草坪病害的症状有“同症异源”和“同源异症”的现象。例如，黄单胞杆菌引起草坪叶斑病，也能引起萎蔫病。因此，症状鉴别不是唯一可靠的方法，还需做病源鉴定，病源鉴定一般取病组织或徒手切片进行显微镜检查病源种类。真菌病害可检查出菌丝，孢子和子实体；细菌性病害可检出菌脓；病毒病者在电镜下可见病毒颗粒。

病源鉴定要用显微镜检查病原物，但往往混杂有许多腐生性杂菌，影响了镜检的准确性，为此，一些病害尚需做人工诱发实验。首先将病部的病原物进行分离培养并接种于同类健康的植物上。观察是否发生相同的病害症状。然后，再从病发部位分离出相同的病原物。由此可证明引起病害的真实病原物，此法称柯氏证病律。

4. 果岭重要病害观察实验

(1) 炭疽病 (*Colletotrichum graminicola*) 观察实验 症状识别:此病为半知菌亚门腔胞纲黑盘孢目炭疽属菌禾生刺盘孢引起。好发温带湿润地区冷季型草坪。冷凉湿润时期，病菌活跃。主要细羊茅、多年生黑麦草、草地早熟禾引发根部、茎基部腐烂，继而形成病斑，呈水渍样，颜色加深，后呈圆形褐色大斑，并附着黑色小点；暖和湿润时期，主要引发叶片侵染，低剪草坪侵染连成一片，呈现数厘米至几米不规则褪绿

斑块，后转红褐色，继转黄色、黄褐色至褐色枯斑，并附生大量黑色小点。几乎全年发生，盛发温度 22~29℃。叶面潮湿、高温高湿、缺肥、缺水等易感染此病。

(2) 褐斑病 (*Rhizoctonia blight*) 观察实验 症状识别: 此病为半知菌亚门无孢目丝核菌属立枯丝核菌引起。各地均有侵染，为草坪常见病。主要危害羊茅、翦股颖、多年生黑麦草、一年生早熟禾、狗牙根叶、鞘、茎，引起叶腐、鞘腐、茎基腐。冷季型草坪高温高湿发病严重。发病初期，低剪草坪感病叶片连成一片，出现不规则形状，并呈水渍样，后病斑中心枯白，边缘红褐色或褐色。暖季型狗牙根春季和秋季末低温时期好发此病，果岭草坪呈现粗糙、圆形、稀疏或枯萎棕褐色圆形斑块，直径几厘米到几十厘米不等。最后病块呈淡褐色或稻草色。冷季型低剪草坪春秋季节发生尤重，表现为褐色、红褐、黄褐圆形斑块。发病温度 8~40℃，盛发温度 20~32℃，高温高湿、多雨、排水不良、过量施氮有利于病情流行。

(3) 银元斑块病 (*Sclerotinia homoeocarpa*) 观察实验 症状识别: 此病为子囊菌亚门核盘菌纲柔膜菌目蜡盘菌引起。传染广泛，为草坪常见病。主要危害翦股颖、细羊茅、狗牙根、一年生早熟禾、多年生黑麦草、黑滨雀稗、高羊茅、草地早熟禾草坪叶片。发病初期低剪草坪感病叶片连成一片，出现细小、环形、凹陷斑块，严重时斑块愈合成不规则枯草斑，初期草面淡黄色条纹或斑，边缘浅红棕色，后条纹扩展形成圆形、漂白色斑状，大小类银元。果岭得此病，形状更显。梯区，球道由于留茬较高，通常斑点较大，形状不规则。此种情况不加控制，多数斑点则会汇合形成更大的斑块。早晨受害高尔夫草坪表面可观察到白色蛛网状菌丝体。叶片变干后，菌丝体消失。海滨雀稗四季均发，春初、秋末、冬季期间病害减缓。该病初发温度 15℃，盛发温度 21~32℃。高温潮湿、土壤水分过低、肥料缺乏、芜枝层厚，透气差均能加重此病和流行。

(4) 黑斑病 (*Curvularia helminthosporium spp*) 观察实验 症状识别: 发病之初，低剪草坪被害部呈现褐色斑点，后经扩大汇合成黑色圆斑块，似墨汁铺染，直径起初 2~3cm 左右，如不加控制可形成 10~100cm 不等，最常见者为 5~10cm 黑色圆形斑块。愈合后成为不规则大斑块。高温高湿，多雨，尤其是雨后闷热多云天气易发病。此病经阳光照射即可消失。盛发温度 30~35℃。过量施氮、通风不畅、排水不良、高温高湿是诱发因素。

(5) 镰刀霉枯萎病 (*Fusarium*) 观察实验 症状识别: 此病为半知菌亚门丝孢纲瘤座孢目镰孢菌属镰刀菌引起。感染寄主范围广泛，尤害冷季型高尔夫草坪。主要危害草地早熟禾、羊茅、匍匐翦股颖根系、叶，引起根腐、叶腐、叶斑、匍匐茎和根状茎腐烂。发病后流行很快。高尔夫草坪感染后几天内可出现病症。病草患处最初水渍状暗绿色枯斑，后转至黄枯色。患病后期病草很快死亡，并相互汇合成 2~30cm 环状或新月状的萎蔫斑块，通常呈蛙眼状斑块。春夏秋均发生，易发温度为 20~35℃。高温高湿、土壤干燥、土壤水分过高、草层过低、高氮水平、pH6~7 外有利于病害流行。

(6) 锈病 (*puccinia spp*) 观察实验 症状识别: 此病为担子菌亚门冬孢菌纲锈菌

目柄锈菌科锈菌属锈菌引起。危害范围广泛，主要危害早熟禾、多年生黑麦草、狗牙根、羊茅、匍匐翦股颖、海滨雀稗茎、叶、叶鞘等地上部位。发病初期，高尔夫草坪出现黄色之铁锈色夏孢子堆。严重时被害高尔夫草坪呈黄褐色，最后成锈色。高尔夫草坪渐稀疏，后干枯死亡。锈病为高度专性寄生菌，因草易转化成变种，成为专化型。因此，各种草坪锈菌均不同。春夏秋均有发生。盛发温度 17~22℃。贫瘠、遮阴、干旱、闷热、通风差、草层厚易感此病。

(7) 腐霉枯萎病 (*pythium spp*) 观察实验 症状识别:此病为鞭毛菌亚门卵菌纲霜霉菌目腐霉属腐霉菌引起。传播广泛。危害翦股颖、一年生早熟禾，多年生黑麦草、狗牙根、海滨雀稗草坪各个部位。根茎叶侵染后腐烂死亡。初发病即呈 2~5cm 圆形黄褐色枯斑或条形。高湿条件下或雨后，低剪病草呈黑色油污黏滑和水渍状，似油渍，又称油斑。清晨有露水或湿度很高、雨后、灌溉，可见草面一层白如棉絮、状似蛛网的菌丝体。后萎蔫变色成浅红棕色，最终为淡黄色或稻草色。该病为爆发病，谓之草瘟。此病机具和水均可传播。高温、高湿、阴雨天有利于该病流行。好发温度 26~35℃。施氮过高、土壤排水不良、空气不畅最为严重，上述条件都具备时，在很短时间内通常一昼夜就可毁灭一块高尔夫草坪。狗牙根、翦股颖受害尤重。

(8) 白粉病 (*Erysiphe graminis*) 观察实验 症状识别:此病为子囊菌亚门核菌纲白粉目白粉科布氏白粉属禾布氏白粉菌引起。主要危害细羊茅、狗牙根、草地早熟禾草坪叶片。草坪受害初期成灰白色如黏土面粉。低剪草坪斑块白粉尤为严重。该病通过气流传播，在晚春侵染草坪，形成初侵染，后很快萌发侵染并不断形成再侵染。夏季高温可抑制此病发生。易发温度 12~21℃。但在潮湿、雨季、多云天气、遮阴，温度 30℃ 左右时狗牙根亦有此病发生。

(9) 黑粉病 (*Ustilago striiformis* Niessl) 观察实验 症状识别:此病为担子菌门冬孢菌纲黑粉菌目黑粉菌属黑粉菌引起。主要危害黑麦草属、早熟禾属、羊茅属、翦股颖属易侵染。尤害匍匐翦股颖、草地早熟禾草坪根系和叶部。低剪草坪最初受害叶片呈现黄白色长条纹，后变为灰色，最后散发黑色孢子团并在草坪面形成烟灰色条纹。该病常发生于春秋季节，易发温度为 10~18℃，温度逐渐增高则消失。过量施氮、厚茳枝层、土壤过干易诱发此病。

(10) 白叶病 (*White leaf diseases*) 观察实验 症状识别:初发病时，狗牙根、海滨雀稗病株心叶基部呈现不明显细长淡绿色条斑，沿叶脉向叶尖蔓延，后淡绿色转为白色条斑，叶鞘上也有类似条斑。随后转为绿白相间，最后变为淡黄白色至全白，呈散生或簇生。病株叶多而短小，茎细而间节短。浮尘、昆虫为诱发因素。建场初期 2 年后患病，随后蔓延，全年发展，春秋尤重。

(11) 夏季斑枯病 (*Magnaporthe poae*) 观察实验 症状识别:主要危害草坪多种冷季型草坪根茎，早熟禾尤重。发病初期病原体沿根部向叶部蔓延，低剪草坪最初表现为环形小斑，后退绿成枯黄、直径 3~8cm 圆形斑块。最后融合成 30~100cm 不规则斑块。可通过机械、种苗传播。18~20℃ 开始侵染，最适温度 28℃，传播温度 21~35℃。高温高湿、排水不良有利于流行和加重。

5. 作业

选取数家高尔夫球场,对不同功能区草坪病害进行观察并分析是何种病害,总结发生的条件和规律。

实验 23 高尔夫草坪杂草混杂度实验

1. 目的意义

杂草混杂度是指草坪中混入的非草坪植物的混杂程度。高尔夫球场草坪生长过程中,经常混入许多其他与草坪不一样的植物,这些杂草严重损害草坪的健康生长。他们与草坪争光、争水、争肥。正确的识别和制定防除措施,才能有效地控制和消灭杂草。因此,需要对草坪中混入和生长的杂草进行种类、分布生物学特性、危害草坪的情况等进行定期的调查和研究,以便进行灭除。

2. 材料与器具

各种记载表、方格测定尺、米尺、卷尺、标本纸、铅笔等。

3. 方法与步骤

(1) 测定时间的选择 杂草测定时间选择原则:南方高尔夫球场调查时间分为 3 次:春节、夏季和秋季各 1 次。北方高尔夫球场调查时间分为:春季、秋季各 1 次。

(2) 测定方法 包括目测法、频度密度法、计数计量法和计数法 4 种。目测法需要经验,不好掌握分级等级,但迅速。计数法所得的总体杂草数目较准确,但对杂草组成的测定不太准确。计数计量法需要正确选择样点,结果准确,但工作量大。下面仅介绍计数计量法和频度密度法。

① 计数计量法:首先在测定之前总体了解测定区杂草分布和组成情况,然后对测定区进行分区、选点。选点的基本原则是按照数理统计的方法进行,点具有代表性。对于高尔夫球场来说,要注意球道、果岭之间的差异,包括走向、高低、平坦与起伏。一般条件下,长洞 3~5 个点样,中洞 2~3 样点,短洞 1~2 个点样。也可按照每隔 50m 取一个 10m² 的大点样,在大点样内取 3 个小点样。也可按照测点与测区面积 1:1 000~1:2 000 比例取样。实验地按照 30m² 取样 1~2 个样点,重复 5 次。取样特别要注意地形变化,如地形平坦可少取样,地形复杂可多取样。点选择好后,将 0.25~1m² 的样方框放在测点上,计数杂草株数和种类并记入表格内。

表 22 高尔夫草坪杂草调查记载表

草坪名称	测点号(球道)	杂草株数/0.25~1 m ²	合计

② 频度法:频率即某种杂草在调查区内不同调查点出现的百分数。频率结果可说明实验区哪些是严重杂草、一般杂草和偶尔出现的杂草。其计算公式如下。

杂草频度=杂草出现次数/测点面积×100%。

密度=杂草株数/测点面积（株/单位面积）。

调查布点工作类似于计数计量法。

③ 优势种杂草测定法。

a.实验设计、处理及测定方法：按球场 18 洞设计（长度共计 6 500~7 000m）从梯（Tee）至果岭（Green）设置 18 洞自然样带，样带间距按原球场 18 洞间距设计进行，每洞样带上每隔 50m 设 10m×10m 样方，共 140 个样方，每个样方按 5 点随机取样法设置 5 个 1m×1m 小样方，记载小样方内杂草个体密度，每次均在每月中旬测定。各区域样方的位置均按随机抽样的原则和方法确定。

b.实验数据处理：分别统计和计算各球场各洞自然样带上各月各杂草种类密度平均值，以此为基础分别计算每家 18 洞球场各月各种杂草密度总平均值，最后计算各家球场各月杂草密度总平均值。为了进一步分析各杂草在高尔夫球场上危害程度，研究着重对主要杂草种类，即 20%以上的样带小样方中出现的杂草种类进行消长动态分析。

4. 作业

以某一练习场或高尔夫球场为例，设计一个杂草调查测定方案。

实验 24 高尔夫草坪杂草防治观察实验

1. 目的意义

草坪质量是以“平滑、适密、匀整、浓绿”作为品质评定标准。适密意味着纯一，是指构成高尔夫草坪的种类不能混有其他种类。如果混入了其他草类就会降低高尔夫草坪的质量。这些长错了地方的草类称为杂草。杂草以其较高的竞争性和多样性的传播定植方式在高尔夫球场草坪中不断的竞争和发展。杂草对高尔夫球场危害主要是影响了正常竞技和市场核心竞争力。高尔夫球场因面积大、地形复杂、杂草传播途径多等问题给防治工作造成很大的难度。因此，了解杂草的破坏作用、侵入途径及防除原理对正确管理球场，提供高品质的竞技草坪非常重要。

杂草首先损坏高尔夫草坪均一性。杂草种类繁多，生物习性，均一性与高尔夫草坪差异很大，很易造成高尔夫草坪外貌不均一性，使高尔夫草坪质量严重下降；消耗高尔夫草坪养料。杂草与高尔夫草坪争光、争肥、争水，并主动或被动的释放出各种化学物质来干扰高尔夫草坪的正常生长和发育，从而导致高尔夫草坪稀疏，质量下降；许多杂草是传播病虫害的重要来源。因为有些病虫害将杂草作为寄主、中间寄主或越冬场所。通过它导致病虫害的蔓延并感染于高尔夫草坪，从而造成草坪患病，进而影响质量；为了保护纯一的高尔夫草坪，高尔夫球场每年须动用大量的人力、物力和资金用于杂草防除，导致管护费用大幅度上升，使球场负担加重。有效杀灭杂草，需要掌握杂草分类和除草剂分类知识。才能充分发挥它的药效。目前常用的杂草分类为一年生、多年生杂草。除草剂包括有水剂、水溶剂、可湿性粉剂、悬浮剂、乳剂、油剂、颗粒剂和粉剂等。

2. 除草剂实验步骤

(1) 使用前的准备 除草剂使用前, 要详细了解除草剂种类、剂型、理化性质、安全系数和杀草谱; 了解当地高尔夫草坪种类、布局等; 了解杂草危害程度、面积、危害种群及生物学特性。施前准备工作能有的放矢地选择最适合的防除剂和配方, 最大限度地灭除杂草。

了解当地气候情况也很重要。一种除草剂不但有一定的专一性, 并且有一定的地域性, 尤其是一些土壤处理除草剂与土壤质地、pH、有机质含量及降水量、灌溉状况有密切的关系。例如, 赛克津适宜于黏壤使用, 沙土则不安全。除草醚等土壤处理剂在无水条件下难以发挥药效, 宜用于多雨、土壤湿润的土壤。

(2) 除草剂剂量确定 除草剂剂量确定必须根据农药特性、杂草种类、危害程度、高尔夫草坪生长安全为原则, 即用最小经济药量灭除杂草, 又不损害高尔夫草坪生长、污染环境, 达到最大目的。

用药量确定首先要看杂草种类, 一般防除敏感杂草用量可少些, 防除抗性杂草用量则需多些。例如, 用 25% 除草醚可湿性粉剂防异型沙草仅需 $45\text{g}/100\text{m}^2$, 但防除高大杂草用量就略嫌少。防除一年生杂草, 一般采用适当的剂量一次用量以杀死杂草地上部分, 但用内吸性除草剂防除多年生杂草, 用药量不宜过高, 一次用药立即会杀死杂草地上部分, 药剂就无法传导到地下部分, 因此防除效果不好。只能采用少量多次用药和逐渐增药法才能彻底杀灭杂草。

确定用药量时还应考虑气候、土壤、杂草数量等因素。如遇气温低, 天气干旱, 土壤含水量低, 土壤有机质含量高, 光照条件差, 杂草密度大, 植株高大等情况, 可酌情增加用药量。

(3) 除草剂施药时间确定 选择防除适期是为了充分发挥药效, 最大限度地聚歼杂草, 其原则是: 杂草抗药性最差时; 杂草已多数萌发且处于除草剂的有效控制期内; 杂草发生严重危害之前; 高尔夫草坪抗药性最强的时期。

苗前或返青前处理时, 除草剂一定选择在草坪种子播在土层下尚未出苗或移栽之前, 杂草种子开始萌发且少部分出苗时用药。如时间充足可在种子建坪前 15 天内用药, 效果最好。

如苗后处理时, 除草剂对高尔夫草坪虽有较高的选择性, 但也应选择在杂草敏感阶段和草坪耐药时用药。高尔夫草坪中的莎草类在出苗后至开花结实前对 2 甲 4 氯都很敏感, 但开花后抗药性明显增强, 如 $450\text{g}/\text{hm}^2$ 70% 的 2 甲 4 氯防除未开花的异型莎草效果可达 90% 以上, 但防除已开花的异型莎草效果仅为 70%~80%。1~3 叶期稗草对敌棉最敏感, 3 叶期后抗药性显著增强, 故用敌棉防除稗草应掌握在 3 叶期。防除多年生杂草应选用内吸型除草剂, 不但要杀死地上部分, 还要让除草剂吸收到杂草体内, 传到地下繁殖器官, 杀死或控制其危害。如果杂草还没有大量发生或地上部分植株不太茂盛前施药, 植株受药量少, 防效则差。如在杂草开花期施药, 杂草光合作用产物主要流向花和果实, 很少进入地下繁殖器官, 再加上植株老熟后抗药增强, 防除效果则差。因此, 防除多年生杂草要选择地上部分生长茂盛, 地上繁殖器官开始形成时用药, 效果最好。

3. 高尔夫球场果岭梯及球道杂草防实验

(1) 原理 低剪、频剪的果岭梯区杂草很难侵入，但冷季型果岭梯区草坪一年生早熟禾是一个例外。一年生早熟禾适应果岭区高水平的管理条件，防除一年生早熟禾的最好办法就是大量追播翦股颖或用草皮挖取受害的草皮，增高翦股颖密度。侵入果岭的杂草通常是球道草坪草。如海滨雀稗经常侵入果岭狗牙根，Tifway419 通常侵入 Tifgreen 构成的果岭梯区。坚果苔草即香附子在狗牙根果岭区也可能成为一个严重问题。果岭草坪低矮，几乎天天修剪，伤口多很易吸收；果岭区土壤为纯沙子构成，沙土吸附小，易造成药害；浇水造成除草剂加速吸收或脱洗。果岭区杂草防治应尽量避免使用除莠剂。因为很易引起草坪药害。

球道杂草防除首先需要了解球场杂草传播情况，如周围杂草种类、结籽能力、时间；传播途径如风力、雨力、灌溉及机械传播。

(2) 农药浓度表示方法 百分浓度即一百份药液中含纯药的份数，用符号%表示；百万分浓度即一百万份药液中含纯药的份数用符号 ppm 表示；倍比浓度即药液中稀释剂的量为商品农药量的倍数。若是稀释一百倍以下，稀释剂要扣除原农药所占的一份；若稀释一百倍以上，稀释剂不扣除原农药所占的一份。

① 农药浓度换算

② 百分浓度与百万分浓度间的换算

百万分浓度 (ppm) = 10 000 × 百分浓度

百分浓度 (%) = (原药液浓度/稀释倍数) × 100

③ 农药稀释换算

稀释液浓度 × 稀释液重量 = 原药浓度 × 原药重量

④ 稀释倍数换算

稀释倍数 = 原药剂浓度/稀释液浓度

(3) 果岭区杂草防除实验方法 果岭除草首先是采取人工拔除。果岭使用除莠剂时，必须先确定果岭区面积，大多数果岭是近似圆，从果岭区几个方向求平均半径，最后用 $S = \pi r^2$ 求面积即可，并计算施药量。或者先进行于实验，即配置不同浓度，选定果岭边缘部位进行单位喷洒，数日后观察杂草死亡效果和草坪受害情况。最后确定用药浓度。

(4) 球道区杂草防除实验方法 小片和深根系杂草采用针刺法用药，力求杀灭整个杂草。大片杂草最好换草。

4. 作业

以某高尔夫球场为例，设计一个防治杂草的方案。

实验 25 高尔夫场地特殊作业及其重要养护设备参观调查

1. 目的意义

高尔夫草坪管理的质量高低主要决定于草坪机械的使用和管理。在不同季节气候下，需要对草坪实施有计划的养护，如草坪修剪、滚压、浇水、施肥、梳草、打孔、

覆沙、补种及局部草坪更换、病虫害防治和杂草清除等。这些工作主要依靠高尔夫机械来完成。高尔夫球场占地面积大，各区域草坪的功能及养护要求不同，对此进行养护所需的草坪设备也不同。功能完备的草坪机械通常是保证获得高质草坪的重要条件，也是实现球场自动化作业的重要前提。

自从 1830 年英国 Edwin 等首次发明了世界上第一台内燃机剪草机以来，从此结束了用牛羊代替剪草的时代。继此之后，适应于不同层次和用途的草坪机械相继问世。据不完全统计，目前用于建坪、草坪管理的机械多达几十种之多。这些机械的工人作原理、用途、使用与保护技术均有一定差异。

草坪护养机械是指除草坪建植作业机械以外的草坪机械的总称。它包括草坪的浇灌和供水机械、施肥机械、修剪机械、疏松机械、中耕机械、更新机械、保护机械、耙平机械、耙沙机械、草坪启动机械等。这类机械种类繁多，并随球场的改进越趋于专门化。草坪机械按其使用功能大致可分为以下种类（表 23）。

表 23 高尔夫草坪护养机械

清扫机械	草坪修剪机
更新机械	清扫机
培土机械	打孔机
滚压机械	筛沙机
施肥打药机械	滚压机
散布机	打药机
草皮移植机	补播机
切根机	梳草机
吹风机	覆沙机

通过本实验，使同学们了解高尔夫球场各种机械的使用原理和工作效能。掌握机械管理的基本步骤和规程。

2. 材料与器具

高尔夫球场各种机械。

3. 方法与步骤

在实验老师的带领下参观 3 家高尔夫草坪养护机械，包括喷灌系统并填写下述项目调查的结果。

表 24 高尔夫球场机械调查项目

球场	数量	完好度	使用年限
机械类型/			
清扫机械			
更新机械			
培土机械			
滚压机械			
施肥打药机械			
散布机			
草皮移植机			
切根机			
吹风机			
草坪修剪机			
打孔机			
梳草机			
覆沙机			

4. 作业：根据表 24 调查结果，进行分析比较，讨论不同球场之间草坪养护质量与机械之间的关系。

参 考 文 献

- [1] 马宗仁.在低刈条件下狗牙根 419 适应繁育性的研究.草业科学, 2000, 93(1):69~71.
- [2] 马宗仁等.高尔夫球场草坪杂草群落中主要杂草种类年消长动态及时间生态位.生态学报, 2004, 24(10):2230~2237.
- [3] 马宗仁等.不同功能区草地蛴螬虫口密度及迁移动态研究.生态学杂志, 2004,34(4):78~83.
- [4] 马宗仁等.高尔夫球场不同功能区草地优势种蛴螬群落生态位分析.应用生态学报, 2004, 15(8):1416~1422.
- [5] 马宗仁等.高尔夫园林功能及园景布局的探讨, 草业科学, 1999, 16(6):60~64.
- [6] 马宗仁等.高尔夫球场草坪的特殊作业护养.中国草地, 2000, 113(2):68~74.
- [7] 马宗仁等.高尔夫球场果岭草坪施肥技术探讨.中国草地, 2000, 114(3):50~53.
- [8] 马宗仁等.高尔夫球场果岭边缘蛴螬集聚规律的研究.草地学报, 2000, 8(1):55~59.
- [9] 马宗仁等.深圳地区狗牙根冬枯成因及防除技术.科学通报, 2002, 18(6):474~478.
- [10] 马宗仁等.高尔夫球场球道草坪的施肥技术.草业科学, 2001, 18(4):23~26.
- [11] 马宗仁等.三点金和海滨雀稗种子成苗阶段吸水量及耐旱性.干旱地区农业研究, 2003, 21(2):82~85.
- [12] 马宗仁等.野生豆科草坪植物三点金的坪用性状初报.西北农林科技大学, 2003, 152(3):54~58.
- [13] 马宗仁等.三点金草形态特征研究,深圳大学学报, 2002, 19(1):72~75.
- [14] 马宗仁.高尔夫球场果岭苔藓的生存与护养因子之间的研究,草业学报, 1999, 28(3):72~75.
- [15] 马宗仁等.草种肥效反应与耐肥性关系.中山大学学报, 2000, 39(2):146~151.
- [16] 尚昌玉.现代生态学中的生态位理论. 生态学进展, 1988, 5(2):77~84.
- [17] 余世效.物种多维生态位宽度测度.生态学报, 1994, 14(1):32~39.
- [18] 黄英姿.生态位理论研究中的数学方法.应用生态学报, 1994, 5(3):331~337
- [19] 梅大钊,马宗仁.珠江三角洲高尔夫球场场地草坪管理研究.深圳大报, 2002, 74(2):124~127.
- [20] 袁庆华,薛福祥.人工草地蛴螬群落空间格局的研究.草业科学, 1995, 12(1):33~37.
- [21] 袁庆华,蒋文兰.草地蛴螬群落空间生态位研究.甘肃科学学报, 1995, 25(1):85~88.
- [22] 黄承嘉.高尔夫球场农药化肥对水环境的影响和对策.农村生态环境, 1998,14(1):35~38.
- [23] 李契, 朱金北.生态位理论及其测定研究进展.北京林业大学学报, 2003, 25(1):101~107.
- [24] 王四敏,吴彦奇.四川国际高尔夫球场草坪杂草及化学防除研究.草业科学, 2001, 18(2):39~42.
- [25] 谢寿昌.生态位概念的研究进展.生态学杂志, 1997,16(6):46~84
- [26] 林开敏,郭玉硕.生态位理论及其应用研究进展.福建林学院学报,2001,21(3):283~287.
- [27] 马建霞,薛光.美国高尔夫球场百慕大草坪杂草防除进展.草业科学,1999,18(2):55~57.
- [28] 薛光,马建霞. 南方高尔夫球场草坪杂草防除现状及对策.草业科学,2003,20(1):65~71.
- [29] 马宗仁.高尔夫草坪管理和护养.兰州:兰州大学出版社,1996.212~224.
- [30] 赵志模, 郭依泉.群落生态学原理与方法.重庆:科学文献出版社重庆分社,1990.73~93.

- [31] 赵美琦等.草坪病害.北京: 中国林业出版社,1999,131-183.
- [32] 陈志一.草坪栽培与管理大全.北京: 中国农业出版社, 2003, 92-98.
- [33] 刘自学等.草坪草品种指南.北京: 中国农业出版社, 2002,71-250.
- [34] 谭继清等.中国草坪与地被.重庆: 重庆出版社, 2000, 46, 72, 76.
- [35] 孙吉雄.草坪学.兰州: 甘肃科学技术出版社, 1989.
- [36] James B. Beard, Turf Management for Golf Courses, Burgess Publishing Company 7108
- [37] Ohms Lane, Minneapolis, Minnesota, 1982, ISBN 0808728725.
- [38] Cornish, S. and Whitten, R.E.1983.The golf Course. Windward, Leicester.
- [39] Price, R.J.1983.Scotland's Environment During the last 30 000 years. Scottish Academic Press, Edinburgh.
- [40] Stubbs, D.1998.The Importance of Environmental Management for Golf. Preceedings Third [41] World Scientific Congress of Golf, 710-720.Human Kinetics.
- [41] Smith, J.A.1998.The Role of Golf Clubs in the Conservation of Scotland' National And Cultural Heritage. Preceedings Third World Scientific Congress of Golf, 729-734.Human Kinetics.