



中华人民共和国国家标准

GB/T 16149—1995

外照射慢性放射病剂量估算规范

Specification of estimation of dose for chronic
radiation sickness from external exposure

1996-01-23 发布

1996-07-01 实施

国家技术监督局
中华人民共和国卫生部

发布

目 次

1 主题内容与适用范围	1
2 术语	1
3 剂量估算方法	2
附录 A 照射量率常数(补充件)	5
附录 B 个人剂量计监测照射量与器官剂量、有效剂量当量之间的转换系数(补充件)	6
附录 C 自由空气照射量与红骨髓剂量、有效剂量当量之间的转换系数(补充件)	7
附录 D 核素中子源的特性和单位中子注量的剂量当量(补充件)	8
附录 E 人员射线接触史的调查(补充件)	10
附录 F 根据各种医用诊断 X 线工作条件下的辐射水平估算人员剂量(参考件)	12
附录 G 用归一化工作量法估算医用诊断 X 线工作人员剂量(参考件)	14
附录 H 正确使用本标准的说明(参考件)	16

中华人民共和国国家标准

外照射慢性放射病剂量估算规范

GB/T 16149—1995

Specification of estimation of dose for chronic
radiation sickness from external exposure

1 主题内容与适用范围

本标准规定了外照射慢性放射病剂量估算的基本原则和方法。

本标准适用于对外照射慢性放射病病人和待诊断人员(以下统称人员)的剂量估算,也适用于对恶性肿瘤进行辐射病因判断的剂量估算。

2 术语

2.1 外照射慢性放射病

系指放射工作人员在较长时间内连续或间断受到超剂量当量限值的外照射,达到一定累积剂量后引起的以造血组织损伤为主并伴有其他系统改变的全身性疾病。

2.2 照射量

照射量 X 是 dQ 除以 dm 的商,这里 dQ 是光子在质量为 dm 的空气中释放出的所有次级电子被完全阻止在空气中时,在空气中产生的同一种符号离子的总电荷量。

$$X = \frac{dQ}{dm} \dots\dots\dots (1)$$

照射量的 SI 单位为“ $C \cdot kg^{-1}$ ”(库伦·千克⁻¹),它与照射量的原用单位 R(伦琴)关系为 $1R = 2.58 \times 10^{-4} C \cdot kg^{-1}$ (精确值)。

在本标准中,如不加特殊说明,照射量均指在自由空气中无受体的情况下(receptor-free condition)的照射量;对有受体情况下(receptor condition)的照射量(例如在体模表面测得的照射量或利用人员佩戴的个人剂量计测得的照射量)将予以说明。

2.3 红骨髓剂量

系指全身红骨髓加权平均剂量 $\bar{D}_m$,即

$$\bar{D}_m = \sum_i m_i D_i / M \dots\dots\dots (2)$$

式中: m_i ——分布在人体 i 处的红骨髓质量,kg;

D_i —— i 处红骨髓的吸收剂量,Gy;

M ——全身红骨髓的质量,kg。

2.4 有效剂量当量

为了评价受到照射的有关器官或组织,对人体所致的随机效应的总危险,在辐射防护领域引进了有效剂量当量 H_E ,它被定义为

$$H_E = \sum_T W_T H_T \dots\dots\dots (3)$$

式中: H_T ——器官或组织 T 的剂量当量;

国家技术监督局 1995-12-15 批准

1996-07-01 实施

W_T ——器官或组织 T 的权重因子,它等于由于器官或组织 T 被单独照射单位剂量当量所产生的随机效应的危险与全身被均匀照射单位剂量当量所产生的随机效应的总危险之比。

H_E 和 H_T 的单位均为希沃特(Sv), $1\text{Sv}=1\text{J}\cdot\text{Kg}^{-1}$ 。

2.5 粒子注量 Φ

粒子注量 Φ 是 dN 除以 da 的商,这里 dN 是入射横截面积为 da 的一个球上的粒子数。

$$\Phi = \frac{dN}{da} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: Φ ——粒子注量, m^{-2} (或 cm^{-2})。

3 剂量估算方法

3.1 在外照射慢性放射病的剂量评价中,用器官剂量来评价电离辐射对人员产生的肯定效应(deterministic effect)。由于外照射慢性放射病以造血组织损伤为其主要特点,所以应给出人员的红骨髓剂量,用其来评价电离辐射对人员造血组织产生的肯定效应,并可将其做为评价人员全身剂量的量值。

为了便于更全面地对人员进行剂量评价,本标准也给出了有效剂量当量的估算方法。

3.2 当已知人员的个人或工作场所剂量监测数据时,采用下述方法进行累积照射量或粒子注量的估算。

3.2.1 如已知人员的个人剂量监测数据,则人员的个人剂量计监测的累积照射量 X_p 可据式(5)计算:

$$X_p = \sum_j X_{pj} \frac{T_j}{t_j} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: X_{pj} ——从事 j 类工作,在 t_j 时期内佩戴个人剂量计监测的照射量, C/kg ;

T_j ——从事 j 类工作的总时间, s 。

式(5)是认为在 T_j 时期内,射线源、防护条件和单位时间内平均从事的射线工作量不变的条件下得到的。

3.2.2 如已知人员所在工作场所的剂量监测数据,其工作场所 i 的自由空气照射量率为 $\dot{X}_i$ 或粒子注量率为 φ_i ,以及在该场所工作时间为 t_i 时,则可以根据式(6)或式(7)得到其在各种工作场所的累积照射量 X 或粒子注量 Φ :

$$X = \sum_i \dot{X}_i t_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\Phi = \sum_i \varphi_i t_i \quad \dots\dots\dots (7)$$

3.2.3 对医用诊断 X 线工作人员,如已知其在 i 种工作场所的工作量(检查的人次数) W_i ,每人每次检查的平均曝光时间 t_i 和操作位置处的平均照射量率 $\bar{X}_i$,则人员在各工作场所的累积照射量 X ,据式(8)求得:

$$X = \sum_i W_i t_i \bar{X}_i / K_i \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中: K_i ——从事 i 种工作时,使用铅围裙等防护用具对照射量的减弱倍数,如未使用铅围裙等防护用具,则 $K_i=1$ 。

3.3 对某些无剂量监测数据的人员,可采用下述近似方法进行照射量或粒子注量的估算。

3.3.1 对医用诊断 X 线工作人员,可根据其射线工作量、X 线机的容量、出厂时间和防护条件,以及铅围裙和铅椅的使用情况,从全国医用诊断 X 线工作人员剂量调查数据中,选取与其条件相类似的医用

诊断 X 线工作条件下的辐射水平,近似估算其所在工作条件下的照射量(参看附录 F)。也可采用归一化工作量法(参看附录 G)来近似估算剂量。

3.3.2 对接触外照射放射性核素源的人员,应在认真调查和核实其射线接触史的基础上,对其接触某种核素源的各项操作 i ,逐项进行核素源的活度 A_i 、接触时间 t_i 、躯干中心离核素源的距离 r_i 、防护情况和工作量(次数)等的调查,其中 t_i 和 r_i 的数据,如无记录可查,应通过实际或模拟操作确定。

对接触点状 γ 核素源的人员,当其无防护时,其在 i 项操作中的照射量 X_i 和总的照射量 X ,依据式(9)和式(10)计算:

$$X_i = \frac{\Gamma_i A_i t_i}{r_i^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$X = \sum_i X_i \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: Γ_i —— i 种操作所接触核素源的照射量率常数(见附件 A 表 A1)。

r_i 以“m”为单位, t_i 以“s”为单位,当 A_i 和 Γ_i 采用 SI 单位时,则 X_i 的单位为 $C \cdot kg^{-1}$;如果 A_i 和 Γ_i 采用专用单位,则 X_i 的单位为 R。

3.3.3 对接触核素中子源的人员,离中子源心距离为 r (cm)处的中子注量 Φ ,可近似根据式(11)计算:

$$\Phi = \frac{P A_n t}{4\pi r^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中: t ——受中子源照射的时间, s;

A_n ——中子源的强度, Bq;

P ——每贝克的中子产额,对某些核素中子源的中子产额在附录 D 表 D1 中给出。

3.4 当已知个人剂量计监测的累积照射量或工作场所的累积照射量等剂量数据时,可依据在该受照条件或类似该受照条件下的体模实验或计算得到的转换系数来计算人员的器官剂量(包括红骨髓剂量)和有效剂量当量。

3.4.1 对接触 X 或 γ 射线的人员,当已知其个人剂量计监测的累积照射量时,可依据式(12)和式(13)计算其器官剂量(包括红骨髓剂量) D_T 和有效剂量当量 H_E :

$$D_T = C_{TP} X_P \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$H_E = C_{EP} X_P \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: X_P ——个人剂量计监测的累积照射量;

C_{TP} —— X_P 与 D_T 之间的转换系数;

C_{EP} —— X_P 与 H_E 之间的转换系数。

对某些受照条件下的 X 或 γ 射线的 C_{TP} 和 C_{EP} 值在附录 B 的表 B1 和表 B2 中给出。

3.4.2 对接触 X 或 γ 射线的人员,当已知其工作场所的照射量时,可依据式(14)和式(15)计算其器官剂量(包括红骨髓剂量) D_T 和有效剂量当量 H_E :

$$D_T = C_T X \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$H_E = C_E X \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中: X ——工作场所的照射量;

C_T —— X 与 D_T 之间的转换系数;

C_E —— X 与 H_E 之间的转换系数。

对某些受照条件下的 C_T 和 C_E 值在附录 C 表 C1 和表 C2 中给出。

3.4.3 对接触核素中子源的人员,如已知其工作场所的中子注量 Φ ,对单能中子束可依据式(16)和式(17)计算其器官剂量当量(包括红骨髓剂量当量) H_T 和有效剂量当量 H_E :

$$H_T = C_{TN} \Phi \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$H_E = C_{EN} \Phi \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中: C_{TN} ——单位中子注量产生的器官剂量当量;

C_{EN} ——单位中子注量产生的有效剂量当量。

在某些受照条件下,对单能中子的 C_{TN} 和 C_{EN} 值分别在附录 D 的表 D2 和 D3 中给出。

对于同时伴随有 γ 射线产生的中子源,还应计算 γ 射线所致人员的器官剂量当量和有效剂量当量。对某些核素中子源在距源心 1 m 处,每贝克的 γ 射线照射量率,在附录 D 的表 D1 中给出。

附 录 A
照射量率常数
(补充件)

一些放射性核素的照射量率常数 Γ

元素名称	放射性核素	照射量率常数 Γ		元素名称	放射性核素	照射量率常数 Γ	
		SI 单位	专用单位			SI 单位	专用单位
		$\times 10^{-18} \text{C} \cdot \text{m}^2 / (\text{kg} \cdot \text{s} \cdot \text{Bq})$	$\text{R} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{Ci})$			$\times 10^{-18} \text{C} \cdot \text{m}^2 / (\text{kg} \cdot \text{s} \cdot \text{Bq})$	$\text{R} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{Ci})$
铍	^7Be	~0.0581	~0.03	铟	$^{114\text{m}}\text{In}$	~0.039	~0.02
碳	^{11}C	1.14	0.59	锡	^{113}Sn	~0.329	~0.17
钠	^{22}Na	2.32	1.20	锑	^{122}Sb	0.465	0.24
	^{24}Na	3.56	1.84		^{124}Sb	1.90	0.98
镁	^{28}Mg	3.04	1.57	碲	^{121}Te	0.639	0.33
氯	^{38}Cl	1.70	0.88		^{132}Te	0.426	0.22
钾	^{42}K	0.271	0.14	碘	^{124}I	1.39	0.72
	^{43}K	1.08	0.56		^{125}I	~0.136	~0.07
钙	^{47}Ca	1.10	0.57		^{126}I	0.484	0.25
钪	^{46}Sc	2.11	1.09		^{130}I	2.36	1.22
	^{47}Sc	0.105	0.056		^{131}I	0.426	0.22
钒	^{48}V	3.02	1.56		^{132}I	2.29	1.18
铬	^{51}Cr	0.031 0	0.016	钡	^{131}Ba	~0.581	~0.30
锰	^{52}Mn	3.60	1.86		^{133}Ba	~0.265	~0.24
	^{54}Mn	0.910	0.47		^{140}Ba	2.40	1.24
	^{56}Mn	1.61	0.83	氙	^{133}Xe	0.019	0.01
铁	^{59}Fe	1.24	0.64	铯	^{134}Cs	1.69	0.87
钴	^{56}Co	3.41	1.76		^{137}Cs	0.639	0.33
	^{57}Co	0.194	0.09	镧	^{140}La	2.19	1.13
	^{58}Co	1.07	0.55	铈	^{141}Ce	0.068	0.035
	^{60}Co	2.56	1.32		^{144}Ce	~0.077	~0.04
镍	^{65}Ni	~0.600	~0.31	钕	^{147}Nd	0.155	0.08
铜	^{64}Cu	0.232	0.12	铕	^{152}Eu	1.12	0.58
锌	^{65}Zn	0.523	0.27		^{154}Eu	~1.20	~0.62
镓	^{67}Ga	~0.213	~0.11		^{155}Eu	~0.058	~0.03
	^{72}Ga	2.25	1.16	铪	^{170}Tu	0.005	0.0025
砷	^{72}As	1.96	1.01	铪	^{175}Hf	~0.407	~0.21
	^{74}As	0.852	0.44		^{181}Hf	~0.600	~0.31
	^{76}As	0.465	0.24	镥	^{177}Lu	0.017	0.009
硒	^{75}Se	0.387	0.20	铪	^{175}Yb	0.077	0.04
溴	^{82}Br	2.83	1.46	铪	^{182}Ta	1.32	0.68
氪	^{85}Kr	~0.008	~0.004	钨	^{185}W	~0.097	~0.05
铷	^{86}Rb	0.096 9	0.05		^{187}W	0.581	0.30
锶	^{85}Sr	0.581	0.30	铼	^{186}Re	~0.039	~0.02
钇	^{88}Y	2.73	0.41		^{192}Ir	0.930	0.48
	^{91}Y	0.002	0.001	铱	^{194}Ir	0.291	0.15
铌	^{95}Nb	0.814	0.42	锇	^{191}Os	~0.116	~0.06
锆	^{95}Zr	0.794	0.41	铂	^{197}Pt	~0.097	~0.05
钼	^{99}Mo	0.349	0.18	金	^{198}Au	0.446	0.23
钨	^{106}Ru	0.329	0.17		^{199}Au	~0.174	0.09
钯	^{109}Pd	0.006	0.003	铊	^{227}Ac	~0.426	0.22
银	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	2.77	1.43	镭	^{226}Ra	1.60	0.825
	^{111}Ag	~0.039	~0.02		^{228}Ra	~0.988	~0.51
镉	$^{115\text{m}}\text{Cd}$	~0.039	~0.02	铀	^{234}U	~0.019	~0.01

附录 B

个人剂量计监测照射量与器官剂量、有效剂量当量之间的转换系数
(补充件)表 B1 不同受照条件下 X、 γ 辐射的个人剂量计监测照射量与器官剂量之间的转换系数 $\times 10^{-2} \text{Sv/R}$

辐 射	^{60}Co			^{137}Cs			140keVX 射线			80keVX 射线			30keVX 射线		
照射条件	前向 入射	背向 入射	各向 同性	前向 入射	背向 入射	各向 同性	前向 入射	背向 入射	各向 同性	前向 入射	背向 入射	各向 同性	前向 入射	背向 入射	各向 同性
肾上腺	0.52	1.35	0.82	0.47	1.85	0.81	0.30	2.82	1.25	0.25	2.47	1.10	0.038	4.68	0.45
膀胱	0.83	0.83	0.78	0.87	0.94	1.00	0.95	0.78	0.93	0.86	0.61	0.94	0.28	0.37	0.29
脑	0.80	1.21	0.91	0.82	1.59	1.04	0.88	2.16	1.51	0.78	1.81	1.31	0.194	1.66	0.34
肾	0.50	1.33	0.78	0.45	2.72	1.08	0.28	2.72	1.10	0.23	2.37	1.05	0.034	3.77	0.43
肝	0.86	1.00	0.87	0.91	1.23	1.06	1.00	1.55	1.49	1.01	1.28	1.31	0.55	1.17	0.52
肺	0.82	1.22	0.92	0.82	1.59	1.08	0.92	2.27	1.52	0.84	1.94	1.45	0.60	2.55	0.53
卵巢	0.63	1.00	0.75	0.64	1.24	0.81	0.60	2.43	1.04	0.52	1.21	0.87	0.112	0.99	0.20
胰脏	0.64	0.98	0.73	0.63	1.21	0.80	0.55	1.35	0.95	0.47	1.09	0.79	0.097	0.83	0.172
直肠	0.65	0.99	0.75	0.64	1.24	0.90	0.58	1.43	1.00	0.50	1.16	0.84	0.107	0.91	0.190
脾	0.63	1.24	0.82	0.61	1.64	0.93	0.55	2.38	1.31	0.47	2.04	1.14	0.097	2.56	0.34
胃	0.85	0.94	0.84	0.89	1.14	1.00	0.99	1.20	1.27	0.92	0.97	1.11	0.36	0.67	0.34
睾丸	1.00	0.85	0.89	1.09	0.97	0.99	1.25	0.79	1.42	1.20	0.63	1.26	0.81	0.49	0.78
甲状腺	0.94	0.88	0.87	1.03	1.07	1.00	1.25	1.06	1.45	1.15	0.86	1.28	0.70	0.68	0.53
上部大肠	0.76	1.12	0.78	0.76	1.42	0.88	0.82	1.89	1.13	0.74	1.59	0.98	0.21	1.56	0.26
子宫	0.71	0.88	0.73	0.71	1.06	0.80	0.69	1.02	0.96	0.61	0.82	0.80	0.150	0.53	0.188
乳腺	0.98	0.99	0.93	1.04	1.23	1.18	1.21	1.40	1.54	1.15	1.17	1.39	0.75	1.22	0.78
骨髓	0.67	1.24	0.84	0.67	1.66	1.00	0.64	2.41	1.29	0.57	2.07	1.16	0.21	3.12	0.48

表 B2 两种照射条件下 X、 γ 辐射的个人剂量计监测照射量与有效剂量当量之间的转换系数 $\times 10^{-2} \text{Sv/R}$

照射条件	^{60}Co		^{137}Cs		140keVX 射线		80keVX 射线		30keVX 射线	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
前向入射	0.86	0.77	0.90	0.79	0.99	0.84	1.00	0.83	0.47	0.29
各向同性	0.74	0.70	0.99	0.95	1.40	1.31	1.24	1.14	0.55	0.41

附录 C

自由空气照射量与红骨髓剂量、有效剂量当量之间的转换系数
(补充件)

表 C1 对宽束平行光子或各向同性照射自由空气照射量与红骨髓剂量之间的转换系数

光子能量 MeV	转换系数[$\times 10^{-2}$ Gy/R]		
	前向入射	背向入射	各向同性照射
0.03	0.325	0.454	—
0.05	0.705	1.040	0.146
0.10	0.989	1.304	0.378
0.25	0.857	1.038	0.501 5
0.66	0.787	0.930	0.494
1.25	0.871	0.986	0.595
3.0	0.921	1.108	0.620
5.0	1.008	1.192	0.626
6.0	0.997	1.119	0.576
10.0	0.978	1.094	0.564

表 C2 对宽束平行光子或各向同性照射自由空气照射量与有效剂量当量之间的转换系数

光子能量 MeV	转换系数[$\times 10^{-2}$ Sv/R]				
	前向入射	背向入射	侧向入射	旋转照射	各向同性照射
1.0 10^{-2}	0.007 0	0.000 0	0.002 0	0.003 0	0.003 0
1.5 10^{-2}	0.044 0	0.090 0	0.090 0	0.020 0	0.016 0
2.0 10^{-2}	0.131	0.039 2	0.023 4	0.058 7	0.049 5
3.0 10^{-2}	0.440	0.232	0.131	0.228	0.187
4.0 10^{-2}	0.784	0.490	0.281	0.434	0.352
5.0 10^{-2}	1.04	0.703	0.410	0.601	0.488
6.0 10^{-2}	1.21	0.865	0.513	0.726	0.592
8.0 10^{-2}	1.28	0.980	0.602	0.833	0.675
1.0 10^{-1}	1.25	0.982	0.608	0.840	0.668
1.5 10^{-1}	1.13	0.909	0.577	0.778	0.635
2.0 10^{-1}	1.06	0.861	0.569	0.746	0.614
3.0 10^{-1}	0.984	0.823	0.563	0.720	0.600
4.0 10^{-1}	0.951	0.811	0.570	0.715	0.599
5.0 10^{-1}	0.932	0.808	0.581	0.717	0.602
6.0 10^{-1}	0.919	0.807	0.592	0.719	0.609
8.0 10^{-1}	0.904	0.810	0.613	0.725	0.623
1.0 10^0	0.896	0.815	0.632	0.732	0.638
1.5 10^0	0.888	0.827	0.670	0.748	0.666
2.0 10^0	0.888	0.837	0.698	0.762	0.688
3.0 10^0	0.895	0.855	0.739	0.783	0.720
4.0 10^0	0.905	0.868	0.765	0.797	0.739
5.0 10^0	0.914	0.879	0.785	0.810	0.755
6.0 10^0	0.921	0.889	0.802	0.822	0.770
8.0 10^0	0.932	0.905	0.828	0.846	0.797
1.0 10^1	0.939	0.918	0.849	0.869	0.822

附录 D
核素中子源的特性和单位中子注量的剂量当量
(补充件)

表 D1 某些核素中子源的特性

中子源	半衰期	中子平均能量 MeV	每贝可的中子产额 $\times 10^{-5}$ 中子/Bq	每贝可的照射量率 mR/h, 1m 处
$^{210}\text{Po-Be}$	138.4 天	4.2	6.8	8×10^{-13}
$^{226}\text{Ra-Be}$	1620 年	4.0	35	2.25×10^{-8}
$^{238}\text{Pu-Be}$	86.4 年	4.5	6.2	$\sim 8 \times 10^{-13}$
$^{239}\text{Pu-Be}$	24360 年	4.1	5.9	$\sim 8 \times 10^{-13}$
$^{241}\text{Am-Be}$	458 年	4.5	5.9	$\sim 8 \times 10^{-13}$
$^{124}\text{Sb-B}$	60 天	0.024	3.5	2.64×10^{-8}

表 D2 不同照射条件下单位中子注量产生的红骨髓剂量当量

中子能量 MeV	转换系数 [$\times 10^{-12} \text{Sv} \cdot \text{cm}^{-2}$]			
	前向入射	背向入射	侧向入射	旋转照射
1.00×10^{-6}	3.17	4.33	2.00	2.87
1.00×10^{-5}	3.01	4.07	1.85	2.69
1.00×10^{-4}	2.87	3.78	1.69	2.51
1.00×10^{-3}	2.74	3.67	1.59	2.40
1.00×10^{-2}	2.91	3.93	1.85	2.64
2.30×10^{-2}	3.52	4.74	2.57	3.35
5.00×10^{-2}	5.31	7.24	4.42	5.35
1.00×10^{-1}	9.49	13.4	8.51	9.97
2.52×10^{-1}	24.5	26.0	21.6	23.4
5.00×10^{-1}	50.8	72.7	41.8	51.8
1.00×10^0	84.7	121	68.1	85.5
2.10×10^0	175	227	128	165
4.50×10^0	277	334	203	254
7.50×10^0	330	381	245	300
1.10×10^1	380	429	291	348
1.35×10^1	447	499	343	408

注：表中系数值是在 1985 年前确定的，按 1985 年对中子的重新规定 (ICRP, 1985)，表中的值应乘以 2。

表 D3 不同照射条件下单位中子注量产生的有效剂量当量

中子能量 MeV	转换系数 [$\times 10^{-12} \text{Sv} \cdot \text{cm}^{-2}$]			
	前向入射	背向入射	侧向入射	旋转照射
2.5×10^{-8}	(4.00)	(2.60)	(1.30)	(2.30)
1.0×10^{-7}	(4.40)	(2.70)	(1.40)	(2.40)
1.0×10^{-6}	4.82	2.81	1.43	2.63
1.0×10^{-5}	4.46	2.78	1.33	2.48
1.0×10^{-4}	4.14	2.63	1.27	2.33
1.0×10^{-3}	3.83	2.49	1.19	2.18
1.0×10^{-2}	4.53	2.58	1.27	2.41
2.0×10^{-2}	5.87	2.79	1.46	2.89
5.0×10^{-2}	10.9	3.64	2.14	4.70
1.0×10^{-1}	19.8	5.69	3.57	8.15
2.0×10^{-1}	38.6	8.60	6.94	15.3
5.0×10^{-1}	87.0	30.8	18.7	38.8
1.0×10^0	143	53.5	33.3	65.7
1.5×10^0	183	85.8	52.1	93.7
2.0×10^0	214	120	71.8	120
3.0×10^0	264	174	105	162
4.0×10^0	300	215	131	195
5.0×10^0	327	244	151	219
6.0×10^0	347	265	167	237
7.0×10^0	365	283	181	253
8.0×10^0	380	296	194	266
1.0×10^1	410	321	218	292
1.4×10^1	(480)	(415)	(280)	(365)

注：① 表中的转换系数是在 1985 年前确定的，按 1985 年对中子的重新规定 (ICRP, 1985)，表中的值应乘以 2。

② 括号内的值是根据原始数据外推得到的。

附录 E
人员射线接触史的调查
(补充件)

为了估算人员剂量,有关单位和部门应尽可能地提供人员的个人和工作场所剂量监测数据。此外,有关专业人员应负责详细调查核实和记载人员的射线接触史(包括是否受到意外照射),对接触外照射放射性核素源的人员应按表 E1 所包括的内容填写,对医用诊断 X 线工作人员应按表 E2 所包括的内容填写。对填报内容应进行调查核实,并经人员所在单位核对认可,才能作为估算人员剂量的依据。

表 E1 使用核素放射源的人员射线接触史调查表

姓名		性别		年龄		工作单位		开始放射性工作时间		放射工龄	
放射病诊断医院				病历号		调查单位				填表人	
起止时间	所在单位	放射性工作内容		放射源 种 类	放射源 活 度	离放射源 的距离,cm	有否防护 (名称、材料及厚度)	每次操作 时间,min	操作 次数	备注	

放射工作人员所在单位证明(章)

- 注: ① 如使用的放射源种类、活度、距离、时间和防护有一项变更时,则应另起一行填写;
- ② 离放射源的距离系指在工作时,放射源中心到人员躯干中心的距离;每次操作时间系指每次操作纯受照时间。距离和时间均应按实际操作或模拟操作测得数据填写,不要凭想象估计;
- ③ 如曾受到意外照射亦应填入表中,填报项目与表中对一般操作所受照射要求填报项目相同。

非正常或意外照射登记

④ ④ 每人每次曝光时间系指对受检者有线束输出时的净曝光时间,不是每人每次检查所需的总时间。放射工龄系指真正从事放射工作的年数,其中脱离放射工作超过半年以上时,应从中扣除。

附录 F

根据各种医用诊断 X 线工作条件下的辐射水平估算人员剂量
(参考件)

对医用诊断 X 线工作人员,如无剂量监测数据,可根据全国协作调查的我国医用诊断 X 线各种工作条件下的平均辐射水平,对其进行近似的剂量估算,具体方法如下。

F1 射线工作量的估算

如果某人员在某时期内操作同一 X 线机,在同样的防护条件下,分别承担了胸透、胃肠、拍片检查,则可根据全国协作调查所得的这三种检查的平均发射量大小,将胸透、胃肠和拍片检查的工作量(人次) W_c 、 W_a 和 W_i 折合为等效胸透工作量 W_e ,即:

$$W_e = W_c + (17.3W_a + 0.695W_i) \times 35/t \quad \text{..... (F1)}$$

式中: t ——某人员 1 人次胸透检查的实际平均曝光时间, s;

35——全国调查给出的 1 人次胸透的平均曝光时间, s。

当 $t=35$ 时,则

$$W_e = W_c + 17.3W_a + 0.695W_i \quad \text{..... (F2)}$$

需要说明的是,对于拍片,只是在无隔室或无铅房防护的操作条件下,才能按式(F1)或式(F2)计算。而当拍片操作是在有隔室或铅房防护条件下进行时,则应将此种拍片工作量乘以 $0.695 \times 35/t$ 后,计入隔室防护操作条件下的等效胸透工作量中去,按隔室防护条件进行剂量估算。

对于当曝光时,医生不必守在诊断床边操作的特殊检查(如胆囊造影、肾孟造影等),则根据每人该种检查的平均拍片数,计入相应防护操作条件下的拍片工作量内进行剂量估算。

F2 照射量的估算

根据我国医用诊断 X 线工作场所辐射水平的调查数据,并考虑到人员对铅围裙和铅椅的使用情况,表 F1 给出了在各种工作条件下的平均照射量率。

表 F1 医用诊断 X 线机各种工作条件的分类编码及其平均照射量率(mR/h)³⁾

防护条件	大容量 (>100mA)	小容量 (≤100mA)	限集屏 X 线机胸透	防护差 ²⁾ X 线机胸透	隔室胸透
	X 线机胸透	X 线机胸透		X 线机胸透	
有铅椅 有铅围裙	1(1.51) ¹⁾	5(5.51)	—	11(48.5)	—
有铅椅 无铅围裙	2(2.05)	6(7.10)	—	12(61.9)	—
无铅椅 有铅围裙	3(1.82)	7(7.32)	9(0.55)	13(53.3)	—
无铅椅 无铅围裙	4(3.85)	8(17.8)	10(1.15)	14(90.0)	15(0.192)

注: 1) 表中括号内数值为各工作条件下的平均照射量率,括号前的数字为工作条件分类编码;

2) 指额定容量在 15 mA 或 15 mA 以下的手提式 X 线机,没有经过防护改造的 40 年代的老式 X 线机,或机房面积小于 10 m² 的 X 线机的工作场所;

3) 表中给出的平均照射量率是根据头、胸、腹、手处的自由空气照射量率,按人体各部位皮肤的面积,并考虑到铅围裙、铅椅的防护情况,进行加权平均得到的。

如果人员从事 1 人次胸透检查的平均曝光时间为 t ,则其在 i 种工作条件下从事 W_i 个等效胸透工作量时,受到的照射量 X_i 为

$$X_i = \dot{X}_i \cdot t \cdot W_i \quad \dots\dots\dots (F3)$$

式中: $\dot{X}_i$ —— i 种工作条件下的平均照射量率。

如果人员先后在 n 种工作条件下工作,则人员的累积照射量 X 为

$$X = \sum_i^n X_i \quad \dots\dots\dots (F4)$$

F3 红骨髓剂量和有效剂量当量的估算

目前我国医用诊断 X 线的光子平均能量近似为 30 keV,如近似认为光子是以宽的平行束从人员的前方入射,则可从附录 C 的表 C1 和表 C2 中,得到相应条件下,单位照射量对应的红骨髓剂量 $C_m = 0.33 \times 10^{-2} \text{Gy/R}$ 和有效剂量当量 $C_E = 0.44 \times 10^{-2} \text{Sv/R}$,这样从式(14)和式(15)可得

$$D_m = 0.33 \times 10^{-2} X \quad \dots\dots\dots (F5)$$

$$H_E = 0.44 \times 10^{-2} X \quad \dots\dots\dots (F6)$$

式中: D_m ——红骨髓剂量, Gy;

H_E ——有效剂量当量, Sv;

X ——累积照射量, R。

此外,如果该人员还从事某些当曝光时,其必须守在被检者身边操作的特殊检查(如心血管造影、脑血管造影等),一般应通过现场实际监测得到平均照射量率和从事 1 人次该种特殊检查的平均曝光时间,根据式(8)估算照射量。如无法实现现场实际监测,则可根据有关调查得到的 1 人次该种检查所致工作人员的平均剂量进行估算。

剂量估算举例:某医院放射科医生杨铭在 1950 年 10 月至 1960 年 6 月间,使用老式美国产 200 mA X 线机(1942 年出厂),从事胸透、胃肠、拍片和特检工作。平均每年从事胸透 200 天,每天平均胸透 40 人次,每人次胸透平均曝光时间 40 s;平均每年从事胃肠检查 50 天,每天平均检查 10 人次;平均每年从事拍片 50 天,每天平均拍片 50 张。此外在此期间还做了 850 例心导管造影,1250 例胆囊造影,对胆囊造影,每人次平均拍片 4 张。在此工作期间不注意防护,未带铅围裙,拍片为非隔室无铅房操作。估算杨铭在此期间的受照剂量。

剂量估算:

等效胸透工作量 W_e 的计算:在 1950 年 10 月至 1960 年 6 月间,共计 10.67 年。设胸透、胃肠、拍片的工作量分别为 W_e 、 W_d 和 W_i ,据题意

$$W_e = 40 \text{ 人次/天} \times 200 \text{ 天/年} \times 10.67 \text{ 年} = 85360 \text{ 人次}$$

$$W_d = 10 \text{ 人次/天} \times 50 \text{ 天/年} \times 10.67 \text{ 年} = 5335 \text{ 人次}$$

由于杨铭所做的 1250 例胆囊造影(每例平均拍片 4 张),属于曝光时医生不必守在病人身边的单纯拍片性特检,故可将该种特检,计入拍片工作量 W_i 中去,这样

$$\begin{aligned} W_i &= 50 \text{ 张/天} \times 50 \text{ 天/年} \times 10.67 \text{ 年} + 1250 \text{ 例} \times 4 \text{ 张/例} \\ &= 26675 \text{ 张} + 5000 \text{ 张} \\ &= 31675 \text{ 张} \end{aligned}$$

已知杨铭平均 1 人次胸透曝光时间为 40 s,据式(F1),等效胸透工作量

$$\begin{aligned} W_e &= W_e + (17.3W_d + 0.695W_i) \times 35/t \\ &= 85360 + (17.3 \times 5335 + 0.695 \times 31675) \times 35/40 \\ &= 185381 \approx 185.4 \times 10^3 (\text{人次}) \end{aligned}$$

由于杨铭在此期间使用 40 年代出厂的老式 X 线机操作,又无铅椅和铅围裙防护,属于表 F1 中所列的分类编码为 14 的工作条件。该工作条件下的平均照射量率为

$$\dot{X}_{14} = 90 \text{ mR/h}$$

这样据式(F3),杨铭在此期间的照射量

$$\begin{aligned}
 X &= \dot{X}_{14} t W_e \\
 &= 90 \times 10^{-3} \times \frac{40}{3600} \times 185.4 \times 10^3 \\
 &= 185.4(\text{R})
 \end{aligned}$$

据式(F5)和式(F6),其红骨髓剂量 D_m 和有效剂量当量 H_E 分别为:

$$\begin{aligned}
 D_m &= 0.33 \times 10^{-2} X = 0.33 \times 10^{-2} \text{Gy/R} \times 188.4\text{R} \\
 &\approx 0.61\text{Gy} \\
 H_E &= 0.44 \times 10^{-2} X = 0.44 \times 10^{-2} \text{Sv/R} \times 188.4\text{R} \\
 &\approx 0.82\text{Gy}
 \end{aligned}$$

根据有关调查¹⁾可知 X 线工作人员从事 1 人次心导管造影检查的平均红骨髓剂量和有效剂量当量分别为 2×10^{-4} Gy 和 1.7×10^{-4} Sv,据此估算杨铭在此期间从事 850 例心导管造影检查受到的红骨髓剂量 D_{ms} 和有效剂量当量 H_{Es} 分别为

$$\begin{aligned}
 D_{ms} &= 2 \times 10^{-4} \text{Gy/人次} \times 850 \text{人次} = 0.17\text{Gy} \\
 H_{Es} &= 1.7 \times 10^{-4} \text{Gy/人次} \times 850 \text{人次} = 0.14\text{Sv}
 \end{aligned}$$

注: 1) 王燮华 贾德林 王永富, 中华放射医学与防护杂志, 2(6), 34(1982)

这样杨铭在此期间总的红骨髓剂量 D_{mt} 和有效剂量当量 H_{Et} 分别为

$$\begin{aligned}
 D_{mt} &= D_m + D_{ms} = 0.61\text{Gy} + 0.17\text{Gy} = 0.78\text{Gy} \\
 H_{Et} &= H_E + H_{Es} = 0.82\text{Sv} + 0.14\text{Sv} = 0.96\text{Sv}
 \end{aligned}$$

附录 G

用归一化工作量法估算医用诊断 X 线工作人员剂量 (参考件)

具体方法简述如下:

根据医用诊断 X 线检查种类、机器类型和防护条件等,将主要诊断 X 线工作条件分为 18 类(见表 G1),若把第 1 类作为归一化的参考类型,则第 k 类检查的归一化系数可由下式求得:

$$r_k = \dot{X}_k / \dot{X}_1 \quad \dots\dots\dots (\text{G1})$$

式中: $\dot{X}_1$ ——第 1 类工作条件下,工作人员身体表面位置的加权平均照射量率;

$\dot{X}_k$ ——第 k 类工作条件下,工作人员身体表面位置的加权平均照射量率。

对各类工作条件的 r_k 值分别给出在表 G1 中分类编码后的括号内。这样若已知人员在各类工作条件下的工作量 W_k ,则归一化工作量 W 可据下式求得:

$$W = \sum_k r_k W_k \quad \dots\dots\dots (\text{G2})$$

对人员个人剂量计佩戴处的累积皮肤剂量 D_s 与其相应的累积归一化工作量 W 之间满足以下关系:

$$D_s = P W \quad \dots\dots\dots (\text{G3})$$

式中, P 是每千人次归一化工作量人员所接受的累积胸前皮肤剂量,经调查研究 $P = 0.0263$ Gy/千人次。这样

$$D_s = 0.0263 W \quad \dots\dots\dots (\text{G4})$$

对于平均能量为 30 keV 的光子,对肌肉组织的照射量(R)转换为吸收剂量(cGy)的系数 $f = 0.918$,这样从上式也可很容易得到个人剂量计所测照射量 X_p 与 W 之间关系,即

$$X_p = 0.0286 W \quad \dots\dots\dots (\text{G5})$$

表 G1 医用诊断 X 线工作条件分类编码及归一化系数

防护条件		大容量 (>100mA) X 线机胸透	小容量 (≤100mA) X 线机胸透	限集屏 X 线机胸透	防护差 X 线机胸透	隔室胸透	拍 片	消化道 检 查
有铅椅	有铅围裙	1(1.00)	5(3.65)		11(32.1)			17(17.3)
有铅椅	无铅围裙	2(1.36)	6(4.70)		12(41.0)			18(23.5)
无铅椅	有铅围裙	3(1.21)	7(4.85)	9(0.36)	13(35.3)			
无铅椅	无铅围裙	4(2.55)	8(11.8)	10(0.76)	14(59.6)	15(0.13)	16(0.035)	

注：表中括号内数值为归一化系数，括号外数字为编码号

式中： D_s 和 X_p 的单位分别为 cGy 和 R，已知 X_p 后，则可根据表 B1 和表 B2 数据，由式(12)和式(13)计算人员的红骨髓剂量 D_m 和有效剂量当量 H_E ：

$$D_m = C_{mp} X_p = 0.21 \times 0.286 W = 0.006 W \quad \dots\dots\dots (G6)$$

$$\text{对男性 } H_E = C_{Ep} X_p = 0.47 \times 0.286 W = 0.0134 W \quad \dots\dots\dots (G7)$$

$$\text{对女性 } H_E = C_{Ep} X_p = 0.29 \times 0.286 W = 0.0083 W \quad \dots\dots\dots (G8)$$

$$\text{对男女平均 } H_E = C_{Ep} X_p = 0.0109 W \quad \dots\dots\dots (G9)$$

式中： D_m 和 H_E 的单位分别为 cGy 和 cSv； W 的单位为千人次；

剂量估算举例：某县医院放射科医生张杰(女)自 1954 年 7 月至 1990 年 7 月间从事 X 线透视工作，其射线工作量及有关防护情况列在表 G2 中，试根据归一化工作量法估算其受照剂量。

根据表 G2 的资料，其四个时期的工作量分别为：

$$W_1 = 150 \times 250 \times 2.5 = 94(\text{千人次})$$

$$W_2 = 60 \times 300 \times 8.25 = 149(\text{千人次})$$

$$W_3 = 40 \times 200 \times 13.25 = 106(\text{千人次})$$

$$W_4 = 40 \times 150 \times 12.5 = 75(\text{千人次})$$

表 G2 张杰从事 X 线诊断工作情况

序号	起止年月	机房面积 m ²	有无隔室	戴否铅围裙	有无铅椅	X 线机厂家容 量和出厂时间	胸透工作量	
							人次/天	天/年
1	54 年 7 月~57 年 1 月	8	无	不戴	无	15 mA 便携式 52 年出厂	150	250
2	57 年 1 月~65 年 3 月	12	无	不戴	无	北京 50 mA 56 年出厂	60	300
3	65 年 3 月~78 年 6 月	20	无	戴	有	上海 200 mA 64 年出厂	40	200
4	78 年 6 月~90 年 7 月	20	有	不戴	有	西南 300 mA 75 年出厂	40	150

其各时期的工作量的归一化系数从表 G1 可得分别为：

$$r_1 = 59.6, \quad r_2 = 11.8, \quad r_3 = 1, \quad r_4 = 0.13$$

根据式(G2)归一化工作量

$$W = \sum_{k=1}^4 r_k W_k$$

$$= 94 \times 59.6 + 149 \times 11.8 + 106 \times 1 + 75 \times 0.13 = 7476(\text{千人次})$$

据式(G4),式(G6)和式(G8)可得:

胸前皮肤剂量 $D_s = 0.0263 W = 0.0263 \times 7476 = 197 \text{ cGy}$

红骨髓剂量 $D_m = 0.006 W = 0.006 \times 7476 = 45 \text{ cGy}$

有效剂量当量 $H_E = 0.0083 W = 0.0083 \times 7476 = 62 \text{ cGy}$

附录 H

正确使用本标准的说明

(参考件)

H1 外照射慢性放射病剂量估算包括内容很多,本标准仅就其中有关原则做出必要的规定,对一些典型的或较常遇到的剂量估算问题给出了剂量估算方法。

H2 对本标准未包括的受照条件下的有关剂量估算参数可通过实际或类似受照条件下的体模实验测量或利用有关研究结果¹⁾,加以解决。

注: 1) ICRP, Publication 51, 1987.

H3 在使用中要注意标准中有关参数的应用条件。

附录 B、附录 C 和附录 D 中的数据是在宽的平行束或各向同性射束对全身照射的条件下计算或测量得到的。对于点状放射源,只有当人体距源较远(如 1 m 以上),能近似被视为平行束时,才能应用。

H4 鉴于对外照射慢性放射病的认识仍在不断深化,当前在对其的剂量评价中,除将红骨髓剂量作为主要剂量依据外,还可参考有效剂量当量和当全身受照射时射束入射皮肤剂量等进行综合剂量评价。

如果射束从人员的前方入射,已知工作场所自由空气照射量 X (单位:R)或个人剂量计监测照射量 X_p (单位:R),则射束入射胸前皮肤剂量 D_s (单位:cGy)可分别据式(H1)和式(H2)计算。

$$D_s = f \cdot b \cdot X \quad \dots\dots\dots (\text{H1})$$

$$D_s = f \cdot X_p \quad \dots\dots\dots (\text{H2})$$

式中: b ——反散射因子,对 30keV 的光子 $b \approx 1.3$;

f ——照射量(R)转换为吸收剂量(cGy)的系数,对 30 keV 的光子,皮肤的 f 值为 0.918。

附加说明:

本标准由中华人民共和国卫生部提出。

本标准由中国医学科学院放射医学研究所负责起草。

本标准主要起草人:贾德林。

本标准由卫生部委托技术归口单位中国医学科学院放射医学研究所负责解释。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
外照射慢性放射病剂量估算规范
GB/T 16149—1995

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

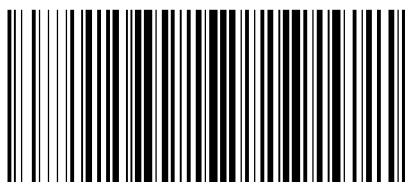
开本 880×1230 1/16 印张 1¼ 字数 35 千字
1997年3月第一版 1997年3月第一次印刷
印数 1—1 500

*

书号: 155066·1-13448 定价 13.00 元

*

标 目 303—47



GB/T 16149—1995