

中华人民共和国国家标准

GB/T 16139—1995

用于中子辐射防护的剂量转换系数

Dose conversion coefficients for use in
protection against neutron radiation

1 主题内容与适用范围

本标准规定了中子辐射防护中常用的实用量、中子注量与基本限值量之间的转换系数。
本标准只适用于成人。不适用于因辐射事故等原因引起的剂量约在 100 mSv 以上的照射。

2 引用标准

GB 4792—84 放射卫生防护基本标准

3 术语

3.1 中子注量 neutron fluence

空间一给定点处的中子注量是射入以该点为中心的小球体的中子数除以该球体的截面积所得的商。

3.2 弱贯穿性辐射 weakly penetrating radiation

在均匀、单向电离辐射场中,对某一给定的人体取向,如皮肤敏感层的任何小块区域内所接受的剂量当量与有效剂量当量的比值大于 10,则此种辐射称为弱贯穿性辐射。

3.3 强贯穿性辐射 strongly penetrating radiation

在均匀、单向电离辐射场中,对某一给定的人体取向,如皮肤敏感层的任何小块区域内所接受的剂量当量与有效剂量当量的比值小于 10,则此种辐射称为强贯穿性辐射。

3.4 ICRU 球 ICRU sphere

ICRU 球是国际辐射单位与测量委员会(ICRU)在其 33 号报告中规定的组织等效球体,球的直径为 30 cm,密度为 1 g/cm³,元素组成按质量计为 O:76.2%、H:10.1%、C:11.1%、N:2.6%。

3.5 基本限值量 primary limiting quantity

基本限值量是用以表示剂量当量基本限值的量,即有效剂量当量(H_E)与器官(或组织)平均剂量当量(H_T)。

3.6 实用量 operational quantity

实用量亦称运用量。实用量是在辐射防护实践中使用并具有以下性质的量:

- a. 可用简单的监测仪器测出;
- b. 可作为限值量的合理近似(既不低估也不过高估)。

3.7 扩展场 expanded field

扩展场是由实际的辐射场导出的一个假设的辐射场。在其中的整个有关体积内,注量及其角度和能量分布与参考点上的实际辐射场相同。

3.8 齐向扩展场 aligned and expanded field

国家技术监督局 1995-12-15 批准

1996-07-01 实施

齐向扩展场是由实际的辐射场导出的一个假设的辐射场,在其中的整个有关体积内,注量及其能量分布与参考点上的实际辐射场相同,但注量是单向的。

3.9 场所(或工作场所)监测 area (or workplace) monitoring

场所监测是为提供设施及其周围的辐射环境和与操作有关的辐射状况方面的数据而进行的监测。工作场所监测的结果主要用来对辐射照射进行分类和预测,一般不能用于评价个人的剂量当量。场所监测的目的是证实运行状况是否符合要求。

3.10 个人监测 individual monitoring

个人监测是为估计人体组织所受的剂量当量,利用个人佩带的剂量计所进行的测量及对测量结果的解释。个人监测的结果主要用来验证工作条件的安全性,确定意料之外的照射以及作为档案保存。

3.11 周围剂量当量 ambient dose equivalent, $H^*(d)$

周围剂量当量是相应于测量点的齐向扩展场在 ICRU 球内与齐向场方向相反的半径上、深度为 d 处产生的剂量当量。 d 的推荐值为 10 mm,此时 $H^*(d)$ 记为 $H^*(10)$ 。

3.12 定向剂量当量 directional dose equivalent, $H'(d)$

定向剂量当量是相应于测量点的扩展场在 ICRU 球内指定方向的半径上、深度为 d 处产生的剂量当量。 d 的推荐值为 0.07 mm,此时 $H'(d)$ 记为 $H'(0.07)$ 。

3.13 深部个人剂量当量 individual dose equivalent, penetrating, $H_p(d)$

深部个人剂量当量亦称贯穿性个人剂量当量。深部个人剂量当量适用于强贯穿性辐射。它是身体上某一指定点下面深度为 d 处软组织的剂量当量, d 的推荐值为 10 mm,此时 $H_p(d)$ 记为 $H_p(10)$ 。

3.14 浅表个人剂量当量 individual dose equivalent, superficial, $H_s(d)$

浅表个人剂量当量适用于弱贯穿性辐射。它是身体上某一指定点下面深度为 d 处软组织的剂量当量, d 的推荐值为 0.07 mm,此时 $H_s(d)$ 记为 $H_s(0.07)$ 。

3.15 品质因数 quality factor, Q

品质因数表示吸收能量的微观分布对生物效应的影响的因数。计算本标准中给出的所有转换系数时所用的 Q 值见 GB 4792。

3.16 照射几何条件 irradiation geometries

在本标准中,照射几何条件表示入射辐射束相对于身体或体模的取向。本标准中列出的各种转换系数所涉及到的四种照射几何条件都是指宽(实际上无限的)单向中子束,即平面平行中子束而言的。照射时中子束垂直于身体或体模的轴线。四种照射几何条件分别用以下符号表示:

AP—由前向后照射;

PA—由后向前照射;

LAT—由侧面照射;

ROT—旋转照射,在以下两种情况下可产生旋转照射:身体围绕自身轴线以匀速旋转或在身体不动情况下,中子场围绕身体轴线以匀速旋转。

4 中子防护监测中实用量的运用

4.1 周围剂量当量 $H^*(d)$ 与定向剂量当量 $H'(d)$

a. 周围剂量当量 $H^*(d)$ 适用于强贯穿性辐射。空间某点的 $H^*(10)$ 值可作为位于该处的人体所受有效剂量当量的近似值;

b. 定向剂量当量 $H'(d)$ 适用于弱贯穿性辐射。 $H'(10)$ 值可作为与其规定方向垂直的任何一块无遮盖皮肤的敏感层(深度 0.07 mm)所受剂量当量的近似值。

$H^*(10)$ 和 $H'(0.07)$ 是场所监测中使用的实用量。

4.2 深部个人剂量当量 $H_p(d)$ 与浅表个人剂量当量 $H_s(d)$

a. 深部个人剂量当量 $H_p(10)$ 适用于强贯穿性辐射。躯干前半部分某一点的 $H_p(10)$ 值可作为 AP

条件直至 LAT 条件照射时躯干所受有效剂量当量的近似值。

b. 浅表个人剂量当量 $H_s(0.07)$ 适用于弱贯穿性辐射。剂量计测出的 $H_s(0.07)$ 值可作为剂量计附近皮肤所受剂量当量的近似值。

$H_p(10)$ 和 $H_s(0.07)$ 是个人监测中使用的实用量。

4.3 体模中的最大剂量当量(MADE)

这是中子防护监测中过去长期以来使用的实用量。所说的体模通常是指圆柱形组织等效体模。

5 实用量与中子注量的转换系数

5.1 实用量与中子注量(ϕ)之间的转换系数。用于中子监测仪器的研制、评价和标定。国家标准实验室的中子标准通常是用中子注量给出或传递的。

5.2 附录 A 给出了 $H^*(10)$ 与 ϕ 换算的函数关系以及根据这一函数关系得出的一系列能量点上单位中子注量的周围剂量当量 $H^*(10)$, 即转换系数 $H^*(10)/\phi$ (补充件)。

5.3 附录 E 给出了单位注量的定向剂量当量 $H'(0.07)$, 即转换系数 $H'(0.07)/\phi$ (参考件)。

5.4 附录 F 给出了单位中子注量的体模中最大剂量当量, 即转换系数 MADE/ϕ (参考件)。

5.5 附录 G 给出了一些实际中子源的单位中子注量的周围剂量当量 $H^*(10)$ 和定向剂量当量 $H'(0.07)$, 即转换系数 $H^*(10)/\phi$ 和 $H'(0.07)/\phi$ (参考件) ($H^*(10)$ 可看作是 $H_p(10)$ 的近似值)。

6 场所监测实用量与基本限值量的转换系数

6.1 附录 B 给出了 H_E 与 $H^*(10)$ 的比值。这些比值说明, $H^*(10)$ 不会低估 H_E , 在大多数情况下高估程度也是可以接受的, 但在某些能段有较高的高估。如果监测的主要目的是进行辐射防护最优化, 则对高估的情况应加以考虑。

6.2 附录 G 给出了一些实际中子源的 H_E 与 $H^*(10)$ 的比值, 由此可以了解在这些情况下 $H^*(10)$ 对 H_E 高估的程度。

6.3 附录 C 给出了皮肤剂量当量 H_{sk} 与 $H'(0.07)$ 的比值。这些比值说明, 除能量较高的情况外, $H'(0.07)$ 不会低估 H_{sk} , 高估的程度一般也可以接受。

7 个人监测实用量的应用及其与基本限值量的转换系数

7.1 在辐射监测中根据剂量的大小对监测有不同的要求。一般说, 剂量越大, 监测的可靠性应越高。

7.2 当剂量当量较低时(譬如相当于乙种工作条件所涉及到的剂量, 即预期的年剂量当量有可能超过 5 mSv, 但很少可能超过 15 mSv), 可直接用个人监测的实用量(即无需换算成基本限值量)进行评价。

7.3 当剂量当量达到较高水平时(譬如相当于甲种工作条件所涉及到的剂量, 即预期的年剂量当量有可能超过 15 mSv; 或事故情况下轻度过量照射的剂量, 即稍大于 50 mSv; 甚至于达到事先计划的特殊照射的剂量, 即超过 50 mSv, 但不到 100 mSv), 应设法从个人监测的实用量计算基本限值量, 特别是对于事先计划的特殊照射, 必须按基本限值量进行剂量评价。利用附录 B 中 AP 条件的数据可将佩带在身体表面的个人剂量计(在 10 mm 组织等效材料覆盖下)所记录的剂量当量转换成有效剂量当量。利用附录 C 中的数据可将个人剂量计(表层有 0.07 mm 组织等效材料)所记录的剂量当量转换成皮肤剂量当量。利用附录 G 中给出的一些实际中子源的 $H_E/H^*(10)$ 比值, 可以了解在这些情况下 $H_p(10)$ 对 H_E 的高估程度。

8 基本限值量与中子注量的转换系数

8.1 附录 D 给出了各种照射条件下, 用人体模型算出的单位中子注量的有效剂量当量和器官剂量当量, 即转换系数 H_E/ϕ 和 H_T/ϕ (见附录 D)。中子注量以基本的方式规定了中子场。在进行设计(工程设施的设计、操作的设计以及监测方案的设计等)时, 可利用附录 D 的数据由中子注量计算有效剂量当量

或某些器官或组织的平均剂量当量。

8.2 由于中子注量也是在现场条件下可测的量,附录 D 的数据对于辐射监测结果的解释和辐射防护评价也是有用的。

8.3 附录 G 给出了一些实际中子源的单位中子注量的有效剂量当量,即转换系数 H_E/ϕ 。

附录 A

周围剂量当量 $H^*(10)$ 与中子注量 ϕ 的转换系数

(补充件)

A1 中子能量为 $0.025 \text{ eV} \leq E \leq 20 \text{ MeV}$ 时,周围剂量当量 $H^*(10)$ 与中子注量 ϕ 的转换函数 $H^*(10)/\phi (10^{-12} \text{ Sv} \cdot \text{cm}^2)$ 见式(A1)。

$$\log_{10} \frac{H^*(10)}{\phi} = \frac{a}{1 + (b + cx)^2} + \frac{d}{1 + \exp(f - gx)} + \frac{h}{1 + \exp(j - kx)} \quad \dots\dots (A1)$$

式中: $x = \log_{10} E$, $a = 1.02$, $b = 0.010$, $c = 0.208$, $d = 2.33$, $f = 9.56$, $g = 1.98$, $h = 0.187$, $j = 93.3$, $k = 13.1$ 。

注: E 以电子伏特(eV)为单位。

A2 由式(A1)得出的单位中子注量的周围剂量当量 $H^*(10)$,即转换系数 $H^*(10)/\phi$ 见表 A1。

表 A1 能量为 E 的单能中子的转换系数 $H^*(10)/\phi$

E		$H^*(10)/\phi$ ($10^{-12} \text{ Sv} \cdot \text{cm}^2$)
0.025	eV	8.4
0.1	eV	9.6
1	eV	10.5
10	eV	9.4
100	eV	7.4
500	eV	6.3
1	keV	6.1
2	keV	6.2
5	keV	7.2
10	keV	9.4
20	keV	14.7
24	keV	17.0
50	keV	34.1
100	keV	70.2
144	keV	100
200	keV	135
250	keV	161
500	keV	250
565	keV	265
1	MeV	328
1.2	MeV	345
2	MeV	382
2.5	MeV	393
2.8	MeV	398
5	MeV	415
10	MeV	451
14.8	MeV	553
19	MeV	609
20	MeV	615

注: ① 换算系数给出三位有效数字是为了计算的方便,并不表明数据所具有的准确度。

② 数据出自: Wager, S. R., Grosswendt, B., Harvey, J. R., Mill, A. J., Selbach, J. and Siebert, B. R. L. Uni-

tied conversion function for the new ICRU operational radiation protection quantities. Radiat. Prot. Dosim. 12, 231~235(1985).

附录 B

有效剂量当量 H_E 与周围剂量当量 $H^*(10)$ 的比值
(补充件)

B1 平面平行中子束入射于人形体模和 ICRU 球时,有效剂量当量与周围剂量当量的比值 $H_E/H^*(10)$ 见表 B1。

表 B1 能量为 E 的单能中子 $H_E/H^*(10)$ 比值

E	$H_E/H^*(10)$	
	AP	PA
0.025 eV	(0.50)	(0.33)
0.1 eV	(0.42)	(0.26)
1 eV	0.43	0.25
10 eV	0.48	0.30
100 eV	0.58	0.37
1 keV	0.62	0.40
10 keV	0.53	0.30
20 keV	0.40	0.19
50 keV	0.31	0.10
100 keV	0.29	0.08
200 keV	0.31	0.07
500 keV	0.34	0.12
1 MeV	0.42	0.16
1.5 MeV	0.51	0.24
2 MeV	0.61	0.34
3 MeV	0.69	0.46
4 MeV	0.73	0.53
5 MeV	0.87	0.65
6 MeV	0.91	0.69
8 MeV	0.91	0.71
10 MeV	0.92	0.72
14 MeV	(0.92)	(0.80)

注: ① 括弧中数据是根据原有数据外推得出的。

② 数据出处: ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford: Pergamon Press)p. 127(1987).

附录 C

皮肤剂量当量 H_{sk} 与定向剂量当量 $H'(0.07)$ 的比值
(补充件)

C1 平面平行中子束入射于人形体模和 ICRU 球时, AP 照射条件下皮肤剂量当量与定向剂量当量的比值 $H_{sk}/H'(0.07)$ 见表 C1。

表 C1 能量为 E 的单能中子 $H_{sk}/H'(0.07)$ 比值

E	$H_{sk}/H'(0.07)$
	AP
1 eV	0.85
10 eV	0.94
100 eV	0.91
1 keV	0.76
10 keV	0.59
50 keV	0.50
100 keV	0.48
500 keV	0.62
1 MeV	0.73
2 MeV	0.83
5 MeV	1.05
10 MeV	1.09
14 MeV	1.35

注: ① 低能量中子单向照射时, 表中数值应乘以 2 以便得到按身体靠近源的一面平均的皮肤剂量当量。

② 数据出处: ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51 (Oxford: Pergamon Press) p. 129 (1987).

附录 D

有效剂量当量 H_E 和器官剂量当量 H_T 与中子注量 ϕ 的转换系数
(补充件)

D1 各种照射条件下, 单位中子注量的有效剂量当量, 即转换系数 H_E/ϕ 见表 D1。

表 D1 各种照射条件下能量为 E 的单能中子的转换系数 H_E/ϕ

E		H_E/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
0.025	eV	(4.00)	(2.60)	(1.30)	(2.30)
0.1	eV	(4.40)	(2.70)	(1.40)	(2.40)
1	eV	4.82	2.81	1.43	2.63
10	eV	4.46	2.78	1.33	2.48
100	eV	4.14	2.63	1.27	2.33
1	keV	3.83	2.49	1.19	2.18
10	keV	4.53	2.58	1.27	2.41
20	keV	5.87	2.79	1.46	2.89
50	keV	10.9	3.64	2.14	4.70
100	keV	19.8	5.69	3.57	8.15
200	keV	38.6	8.60	6.94	15.3
500	keV	87.0	30.8	18.7	38.8
1	MeV	143	53.5	33.3	65.7
1.5	MeV	183	85.8	52.1	93.7
2	MeV	214	120	71.8	120
3	MeV	264	174	105	162
4	MeV	300	215	131	195
5	MeV	327	244	151	219
6	MeV	347	265	167	237
7	MeV	365	283	181	253
8	MeV	380	296	194	266
10	MeV	410	321	218	292
14	MeV	(480)	(415)	(280)	(365)

注：① 括弧中数值是根据原有数据外推得出的。

② 转换系数给出三位有效数字是为了计算的方便，并不表明数据所具有的准确度。

③ 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford:Pergamon Press)p. 32(1987).

D2 各种照射条件下，单位中子注量的器官(睾丸、卵巢、乳腺、红骨髓、男性肺、女性肺、甲状腺、其余器官、眼晶体与皮肤)剂量当量 $H_T(10)/\phi$ 见表 D2~D11。

表 D2 睾丸的单能中子转换系数 $H_T(10)/\phi$

E		$H_T(10)/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	7.09	1.45	0.602	2.43
10	eV	5.85	1.34	0.500	2.05
100	eV	5.03	1.26	0.550	1.85
1	keV	3.94	1.57	0.542	1.65
10	keV	7.18	1.54	0.423	2.39
23	keV	13.9	1.34	0.425	4.04
50	keV	30.5	1.35	0.554	8.23
100	keV	56.9	1.63	0.743	15.0
252	keV	137	2.66	1.22	35.5
500	keV	207	7.50	4.18	55.7
1	MeV	325	14.1	5.64	87.7
2.1	MeV	339	68.8	43.4	124
4.5	MeV	403	171	109	198
7.5	MeV	452	245	166	257
11	MeV	507	317	236	324
13.5	MeV	588	352	288	379

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford:Pergamon Press)p. 112(1987).

表 D3 卵巢的单能中子转换系数 H_T/ϕ

E		H_T/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	3.63	3.23	1.06	2.25
10	eV	3.42	3.80	1.02	2.32
100	eV	3.80	3.45	0.845	2.24
1	keV	4.01	2.68	0.677	2.01
10	keV	3.53	3.03	0.921	2.10
23	keV	3.57	3.11	0.913	2.13
50	keV	4.15	3.80	1.03	2.50
100	keV	4.11	4.35	0.811	2.52
252	keV	6.22	4.95	1.14	3.27
500	keV	13.0	14.8	2.10	8.00
1	MeV	31.8	31.6	6.73	19.2
2.1	MeV	133	118	29.3	77.3
4.5	MeV	253	255	103	178
7.5	MeV	313	306	154	232
11	MeV	405	331	198	283
13.5	MeV	423	474	221	335

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford:Pergamon Press)p. 112(1987).

mon Press)p. 113(1987).

表 D4 乳腺的单能中子的转换系数 H_T/ϕ

E		H_T/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	5.97	1.02	1.15	2.32
10	eV	5.23	1.01	0.995	2.06
100	eV	4.42	1.06	0.929	1.83
1	keV	4.03	1.00	0.888	1.70
10	keV	6.03	0.979	1.10	2.30
23	keV	9.93	1.08	1.62	3.56
50	keV	20.5	1.05	2.99	6.88
100	keV	41.7	1.14	5.90	13.6
252	keV	101	1.75	14.7	33.1
500	keV	171	5.58	25.5	57.0
1	MeV	271	11.8	41.4	91.5
2.1	MeV	322	68.8	59.7	128
4.5	MeV	386	160	94.7	184
7.5	MeV	450	219	110	222
11	MeV	493	280	131	259
13.5	MeV	536	334	152	294

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51 (Oxford: Pergamon Press)p. 114(1987).

表 D5 红骨髓的单能中子转换系数 H_T/ϕ

E		H_T/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	3.17	4.33	2.00	2.87
10	eV	3.01	4.07	1.85	2.69
100	eV	2.87	3.78	1.69	2.51
1	keV	2.74	3.67	1.59	2.40
10	keV	2.91	3.93	1.85	2.64
23	keV	3.52	4.74	2.57	3.35
50	keV	5.31	7.24	4.42	5.35
100	keV	9.49	13.4	8.51	9.97
252	keV	24.5	26.0	21.6	23.4
500	keV	50.8	72.7	41.8	51.8
1	MeV	84.7	121	68.1	85.5
2.1	MeV	175	227	128	165
4.5	MeV	277	334	203	254
7.5	MeV	330	381	245	300
11	MeV	380	429	291	348
13.5	MeV	447	499	343	408

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51 (Oxford: Pergamon Press) p. 115 (1987).

表 D6 男性肺的单能中子转换系数 H_T/ϕ

E		H_T/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	5.11	6.50	2.37	4.09
10	eV	4.80	5.97	2.09	3.74
100	eV	4.45	5.30	1.94	3.41
1	keV	3.90	4.63	1.74	3.00
10	keV	3.89	4.83	1.72	3.04
23	keV	4.63	6.02	1.97	3.65
50	keV	5.89	8.93	2.39	4.90
100	keV	9.65	18.5	3.76	8.92
252	keV	28.4	44.8	10.8	23.7
500	keV	74.3	142	30.9	69.5
1	MeV	126	222	56.9	115
2.1	MeV	204	284	105	174
4.5	MeV	309	391	178	264
7.5	MeV	358	433	225	310
11	MeV	407	471	269	354
13.5	MeV	469	549	321	415

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51 (Oxford: Pergamon Press) p. 115 (1987).

mon Press)p. 116(1987).

表 D7 女性肺的单能中子转换系数 H_T/ϕ

E	H_T/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
	AP	PA	LAT	ROT
1 eV	3.43	4.36	1.59	2.74
10 eV	3.46	4.29	1.50	2.69
100 eV	3.34	3.99	1.46	2.56
1 keV	3.17	3.76	1.42	2.44
10 keV	3.11	3.86	1.38	2.43
23 keV	3.31	4.30	1.41	2.61
50 keV	3.80	5.76	1.54	3.16
100 keV	5.27	10.1	2.05	4.87
252 keV	14.2	22.4	5.42	11.9
500 keV	35.0	67.0	14.6	32.8
1 MeV	65.5	115	29.6	60.1
2.1 MeV	164	227	83.7	139
4.5 MeV	267	337	153	227
7.5 MeV	335	405	210	290
11 MeV	391	452	259	340
13.5 MeV	435	508	297	384

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51 (Oxford: Pergamon Press)p. 117(1987).

表 D8 甲状腺的单能中子转换系数 H_T/ϕ

E		H_T/ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	6.99	1.85	2.62	3.52
10	eV	6.19	1.81	2.70	3.35
100	eV	4.95	1.60	2.62	2.95
1	keV	4.20	1.53	2.04	2.45
10	keV	5.31	1.55	2.10	2.76
23	keV	8.53	1.41	2.70	3.83
50	keV	16.3	1.52	3.79	6.36
100	keV	37.6	1.50	7.95	13.8
252	keV	94.7	2.11	25.6	37.0
500	keV	184	5.27	59.6	77.0
1	MeV	270	10.8	106	123
2.1	MeV	352	81.0	201	209
4.5	MeV	454	171	321	317
7.5	MeV	521	245	398	391
11	MeV	528	282	437	421
13.5	MeV	568	316	521	481

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford:Pergamon Press)p. 118(1987).

表 D9 其余器官的单能中子转换系数 $H_T(10)/\phi$

E		$H_T(10)/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	5.00	2.80	1.63	2.77
10	eV	4.95	2.77	1.57	2.71
100	eV	4.76	2.74	1.57	2.66
1	keV	4.55	2.73	1.53	2.58
10	keV	4.55	2.67	1.49	2.55
23	keV	4.90	2.88	1.57	2.73
50	keV	5.91	3.03	1.70	3.09
100	keV	8.90	3.74	2.24	4.28
252	keV	22.4	5.83	5.24	9.68
500	keV	51.8	16.3	13.1	23.6
1	MeV	92.0	32.1	26.6	44.3
2.1	MeV	199	108	79.9	117
4.5	MeV	312	214	156	209
7.5	MeV	376	284	210	270
11	MeV	433	335	260	322
13.5	MeV	486	394	306	373

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② “其余器官”按 ICRP 51 号出版物的规定。

③ 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford:Pergamon Press)p. 119(1987).

表 D10 眼晶体的单能中子转换系数 $H_T(10)/\phi$

E	$H_T(10)/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
	AP	PA	LAT	ROT
1 eV	4.70	0.120	2.23	2.32
10 eV	3.46	0.154	1.52	1.66
100 eV	2.01	0.353	1.63	1.40
1 keV	2.89	0.346	1.26	1.44
10 keV	8.96	0.172	4.52	4.55
23 keV	17.3	0.353	7.17	8.00
50 keV	50.4	0.591	19.7	22.6
100 keV	91.7	0.457	43.3	44.7
252 keV	164	0.740	87.0	84.7
500 keV	340	0.670	126	148
1 MeV	459	3.50	176	204
2.1 MeV	343	16.7	189	184
4.5 MeV	359	95.3	294	261
7.5 MeV	568	131	352	351
11 MeV	545	163	435	394
13.5 MeV	583	241	468	440

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford: Pergamon Press)p. 120(1987).

表 D11 皮肤的单能中子转换系数 $H_T(10)/\phi$

E		$H_T(10)/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)			
		AP	PA	LAT	ROT
1	eV	3.15	3.27	1.61	2.41
10	eV	2.64	2.77	1.30	2.01
100	eV	2.28	2.36	1.09	1.71
1	keV	2.14	2.20	1.02	1.59
10	keV	5.27	5.48	3.32	4.35
23	keV	10.9	11.3	7.46	9.28
50	keV	23.4	24.2	16.6	20.2
100	keV	45.7	47.2	33.4	39.9
252	keV	91.1	71.3	70.1	75.7
500	keV	136	140	103	120
1	MeV	212	219	160	188
2.1	MeV	229	235	180	206
4.5	MeV	305	307	241	273
7.5	MeV	368	370	297	333
11	MeV	413	415	340	377
13.5	MeV	473	475	391	432

注：① 关于有效数字的说明见表 D1。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51 (Oxford: Pergamon Press) p. 121 (1987).

附录 E

定向剂量当量 $H'(0.07)$ 与中子注量 ϕ 的转换系数
(参考件)

E1 单位中子注量的定向剂量当量为 $H'(0.07)$ ，即转换系数 $H'(0.07)/\phi$ 见表 E1。

表 E1 能量为 E 的单能中子的转换系数 $H'(0.07)/\phi$

E		$H'(0.07)/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)
0.025	eV	7.20
0.1	eV	5.50
1	eV	3.70
10	eV	2.80
100	eV	2.50
1	keV	2.80
10	keV	8.90

表 E1(完)

E		$H'(0.07)/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)
20	keV	18.2
50	keV	46.6
100	keV	95
200	keV	168
500	keV	219
1	MeV	292
1.5	MeV	292
2	MeV	283
3	MeV	305
4	MeV	329
5	MeV	301
6	MeV	302
7	MeV	312
8	MeV	341
10	MeV	368
14	MeV	359
17	MeV	421
20	MeV	516

注：① 给出三位有效数字是为了计算的方便，并不表明数据所具有的准确度。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against External Radiation. ICRP Publication 51(Oxford: Pergamon Press)p. 36(1987).

附录 F

体模中最大剂量当量 MADE 与中子注量 ϕ 的转换系数
(参考件)

F1 单向宽中子束入射于圆柱形组织等效体模时，单位中子注量的体模中最大剂量当量，即转换系数 MADE/ ϕ 见表 F1。

表 F1 能量为 E 的单能中子的转换系数 MADE/ ϕ

E		MADE/ ϕ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)
0.025	eV	10.7
0.1	eV	11.6
1	eV	12.6
10	eV	12.1
100	eV	11.6

表 F1(完)

E		$MADE/\phi$ ($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)
1	keV	10.3
10	keV	9.9
100	keV	57.9
500	keV	198
1	MeV	327
2	MeV	397
5	MeV	408
10	MeV	408
20	MeV	427
50	MeV	455
100	MeV	496
200	MeV	545
500	MeV	772
1 000	MeV	1 263
2 000	MeV	1 763
3 000	MeV	1 984

注：① 给出了较多的有效数字是为了计算的方便，并不表明数据所具有的准确度。

② 数据出处：ICRP. Data for Use in Protection Against Ionizing Radiation from External Sources, Supplement to ICRP Publication 15. ICRP Publication 21(Oxford: Pergamon Press)p. 12(1971).

附录 G

一些实际中子源的周围剂量当量 $H^*(10)$ 、定向剂量当量 $H'(10)$ 和有效剂量当量 H_E 与中子注量 ϕ 的转换系数
(参考件)

G1 一些实际中子源的单位中子注量的周围剂量当量 $H^*(10)$ 、定向剂量当量 $H'(10)$ 和有效剂量当量 H_E ，即转换系数 $H^*(10)/\phi$ 、 $H'(10)/\phi$ 和 H_E/ϕ 见表 G1。表中还列出了比值 $H_E/H^*(10)$ 和 $H_E/H'(10)$ 。

表 G1 一些实际中子源的转换系数 $H^*(10)/\phi$ 、 $H'(10)/\phi$ 和 H_E/ϕ 及比值 $H_E/H^*(10)$ 和 $H_E/H'(10)$

中子源	照射几何条件	$H^*(10)/\phi$	$H'(10)/\phi$	H_E/ϕ	$H_E/H^*(10)$	$H_E/H'(10)$
($10^{-12}\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)						
HPRR	AP	256	256	130	0.51	0.51
	ROT		118	70.1	0.27	0.59
HPRR+12cmLucite	AP	120	120	66.0	0.55	0.55
	ROT		56.3	37.1	0.31	0.66
HPRR+20 cm 混凝土	AP	109	109	55.9	0.51	0.51
	ROT		49.9	30.5	0.28	0.61
HPRR+13 cm 铁	AP	208	208	85.8	0.41	0.41
	ROT		85.4	41.2	0.20	0.48
1/E 0.4eV~1 keV	AP	8.65	8.65	4.36	0.50	0.50
	ROT		2.81	2.43	0.28	0.86
Am-Be	AP	370	370	277	0.75	0.75
	ROT		214	179	0.48	0.84
252Cf	AP	333	333	195	0.59	0.59
	ROT		166	111	0.33	0.67
252Cf+15 cm 重水	AP	90.0	90.0	51.1	0.57	0.57
	ROT		43.4	29.4	0.33	0.68

注：① HPRR 为美国橡树岭国家实验室的保健物理研究堆 Health Physics Research Reactor 的缩写，这里指该堆堆芯在未经屏蔽的条件下发出的辐射束；HPRR+12 cm Lucite 指经过 12 cm Lucite 发出的辐射束，余类推。
 ② 给出三位有效数字是为了计算的方便，并不表明数据所具有的准确度。
 ③ 数据出处：Bartlett, D. T. Dose Equivalent Conversion Coefficients, Instrument and Dosimeter Responses for a Set of Neutron Radiation Fields. Radiat. Prot. Dosim. 15, 273-278(1985).

附加说明：

本标准由全国卫生标准技术委员会放射卫生防护标准分委员会提出。
 本标准由卫生部工业卫生研究所归口。
 本标准由北京放射医学研究所负责起草。
 本标准主要起草人：陈迪、骆亿生。