

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 261—2015

外照射辐射事故中受照人员 器官剂量重建规范

Estimation specifications of organic dose for personal
exposed during a radiation accident

2015-11-16 发布

2016-05-01 实施

中华人民共和国
国家卫生和计划生育委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 外照射器官剂量重建的通用要求	2
5 X、 γ 外照射器官剂量估算方法	2
6 中子外照射器官剂量估算方法	6
7 电子外照射器官剂量估算方法	7
附录 A (资料性附录) 光子空气比释动能到注量和实用量的转换系数	8
附录 B (资料性附录) 光子空气比释动能到常用器官剂量的转换系数(C_{kT})	11
附录 C (资料性附录) 辐射防护中不同光子能量时常见介质的 $(\mu_{en}/\rho)_m$ 值	17
附录 D (资料性附录) 常用放射性核素的空气比释动能率常数 Γ_k	18
附录 E (资料性附录) 不同能量射线在不同介质中的衰减系数	19
附录 F (资料性附录) 不同条件下的反向散射因子	20
附录 G (资料性附录) 中子器官剂量估算时的常用参数	21
附录 H (资料性附录) 不同能量下中子注量到实用量的转换系数	24
附录 I (资料性附录) 电子器官剂量估算时的常用参数	25

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准起草单位：中国医学科学院放射医学研究所、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、四川省疾病预防控制中心。

本标准主要起草人：张良安、张文艺、丁艳秋、何玲、焦玲、杨翊。

外照射辐射事故中受照人员器官剂量重建规范

1 范围

本标准规定了外照射辐射事故中,受照人员辐射剂量理论重建的规范方法。

本标准适用于受到辐射事故照射人员的物理辐射剂量重建。辐射流行病学研究等的剂量重建可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 16149—2012 外照射慢性放射病剂量估算规范

GBZ 128 职业性外照射个人监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

剂量重建 dose reconstruction

回顾剂量学方法中对受照人员的剂量进行的回顾性测量和估算。一般有三种剂量重建方法,一是模拟方法(包括理论模拟和实验模拟),二是直接测量方法,三是间接测量方法。

3.2

带电粒子平衡条件 charged particle equilibrium

估算射线在一个小的空气体积元内的能量沉积时,该体积元外的次级电子可能进入到体积元,在体积元内产生的次级电子也可能离开该体积元,当进入和离开该体积元的次级电子所携带的能量相等时,就称之为达到了带电粒子平衡条件。

3.3

照射几何条件 irradiation geometries

为辐射防护评价上的方便,入射到人体上的照射几何条件通常简化为平行线束以下几种入射几何条件。

前后入射(AP):垂直于人体长轴(Z轴)从人体正面的入射。

后前入射(PA):垂直于人体长轴(Z轴)从人体背面的入射。

侧向入射(LAT):垂直于人体长轴(Z轴)从人体侧面的入射,当需要更详细的描述时,从左侧的表示为LLAT,从右侧的表示为RLAT。

转动入射(ROT):垂直于人体长轴(Z轴)围绕着长轴均匀速度转动方式的入射,也可以认为是身体在围绕着长轴均匀速度转动。

各向同性入射(ISO):每单位立体角注量不随角度变化的辐射。

4 外照射器官剂量重建的通用要求

4.1 用理论方法进行外照射器官剂量重建时,应按事故的不同场景、源项信息和其他相关信息分别用第5章~第7章的方法进行器官剂量重建。

4.2 在器官剂量的重建中,个人监测数据应作为器官剂量估算的首选资料,选用其他资料的优劣顺序为空气比释动能、注量、实用量和其他剂量学监测资料。

4.3 进行X、 γ 外照射器官剂量估算时,一般应估算红骨髓和性腺的器官剂量;当可能发生局部皮肤辐射损伤时,应增加受照部位的皮肤剂量估算;当可能发生眼晶体辐射损伤时,应增加眼晶体的剂量估算;在乳房照相情况下,还应考虑乳腺剂量。

4.4 进行中子外照射器官剂量估算时,一般应估算红骨髓和性腺的器官剂量。

4.5 进行电子外照射器官剂量估算时,若电子能量不大于0.4 MeV,只需估算皮肤剂量,当能量高于0.4 MeV时,还可根据需要增加估算睾丸或乳腺剂量。

4.6 所有器官剂量估算的结果不但应给出平均值,还应给出平均值95%可信水平的不确定度,均值和不确定度的单位应是Gy。

4.7 本标准的方法不涉及新的剂量学量的测量,因此不会引入新的测量结果的不确定度,结果的不确定度决定于使用的测量资料的不确定度。

5 X、 γ 外照射器官剂量估算方法

5.1 有个人监测资料的情况

当有按GBZ 128要求监测的X、 γ 个人剂量当量 $H_p(d)$ 、射线能量和入射角信息时,应用公式(1)估算器官剂量:

$$D_T = \frac{C_{kT} H_p(d)}{C_{kP}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

D_T ——T器官的剂量,单位为戈瑞(Gy);

$H_p(d)$ ——个人剂量当量,一般 $d=10$ cm,当射线能量 <20 keV还应考虑 $d=0.07$ cm的情况,当要考虑眼晶体辐射损伤时, $d=3$ cm,单位为希沃特(Sv);

C_{kP} ——从空气比释动能到个人剂量的转换系数,其值见附录A,注意,这个值是射线能量和入射角的函数,单位为希沃特每戈瑞(Sv/Gy);

C_{kT} ——空气比释动能到器官剂量的转换系数 y ,常用器官剂量的转换系数见附录B,单位为戈瑞每戈瑞(Gy/Gy)。

5.2 没有个人监测资料的情况

5.2.1 通用估算方法

只要带电粒子平衡条件能得到满足,又有射线能量信息时,一般用公式(2)估算器官剂量:

$$D_T = C_{kT} k \cdot \frac{(\mu_{en}/\rho)_w}{(\mu_{en}/\rho)_a} \cdot t \cdot (1-g) \dots\dots\dots(2)$$

式中:

C_{kT} ——空气比释动能到器官剂量的转换系数 y ,常用器官剂量的转换系数见附录B,单位为戈每戈(Gy/Gy);

- \dot{k} ——人员所处位置的空气比释动能率,单位为戈瑞每小时(Gy/h);
- $(\mu_{\text{en}}/\rho)_{\text{a}}$ ——空气的质量能量吸收系数,常用值见附录 C;
- $(\mu_{\text{en}}/\rho)_{\text{w}}$ ——组织的质量能量吸收系数,常用值见附录 C;
- t ——累积受照时间,单位为小时(h);
- g ——电离辐射产生的次级电子消耗于韧致辐射的能量占其初始能量的份额。在空气中,对于 ^{60}Co 和 ^{137}Cs γ 射线, $g=0.3\%$,对于光子最大能量小于 300 keV 的 X 射线, g 值可忽略不计。

5.2.2 有辐射场监测资料的情况

5.2.2.1 有空气比释动能的信息

当有与器官剂量计算相应的 X、 γ 辐射场的空气比释动能率(\dot{k})信息时,可用公式(2)直接计算器官剂量。

5.2.2.2 有周围剂量当量的信息

当有与器官剂量计算相应的 X、 γ 辐射场的周围剂量当量率的信息,应用公式(3)估算空气比释动能率(\dot{k}),再用公式(2)估算器官剂量:

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^*(10)}{C_{kH^*}} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $\dot{H}^*(10)$ ——周围剂量当量率,单位为希沃特每小时($\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$);
- C_{kH^*} ——空气比释动能到周围剂量当量的转换系数,单位为希沃特每戈瑞(Sv/Gy)。

5.2.2.3 有定向剂量当量的信息

当有与器官剂量计算相应的 X、 γ 辐射场的定向剂量当量率的信息,应用公式(4)估算空气比释动能率(\dot{k}),再用公式(2)估算器官剂量:

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}'(0.07)}{C_{kH'}}$$

式中:

- $\dot{H}'(0.07)$ ——定向剂量当量率,单位为希沃特每小时(Sv/h);
- $C_{kH'}$ ——空气比释动能到定向剂量当量的转换系数,单位为希沃特每戈瑞(Sv/Gy)。

5.2.2.4 有注量的信息

当有与器官剂量计算相应的 X、 γ 辐射场的注量率的信息,应用公式(5)估算空气比释动能率(\dot{k}),再用公式(2)估算器官剂量:

$$\dot{k} = C_{\phi k} \phi \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- ϕ ——定向剂量当量率,单位为每平方厘米(cm^{-2});

C_{pk} ——注量率到空气比释动能率的转换系数,单位为皮戈瑞平方厘米($\text{pGy} \cdot \text{cm}^2$)。

5.2.3 有辐射源项信息的情况

5.2.3.1 辐射源可以视为点源

当辐射源的最大长度与源到计算点的距离之比小于 0.15% 时,就可以将源视为点源。只要源到计算点的距离足够长(一般要求大于 0.3 m),这时应用公式(6)估算空气比释动能率(\dot{k}),再用公式(2)估算器官剂量:

$$\dot{k} = \frac{A \cdot \Gamma_K}{1\,000 \times R^2} \cdot \exp(-\mu_f f - \mu_m m) \cdot [1 + B(m)] \dots\dots\dots (6)$$

式中:

A ——源的放射性活度,单位为吉贝可(GBq);

R ——放射点源到考察点的距离,单位为米(m);

Γ_K ——空气比释动能率常数,单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{GBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,常用核素的 Γ_K 值见附录 D;

μ_f ——屏蔽材料的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;

μ_m ——人体组织的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;

f ——射线在屏蔽材料内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);

m ——射线在人体模型内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);

$B(m)$ ——射线在体模内经过距离为 m 时的反向散射修正因子,常见的反向散射修正因子见附录 F。

当源与人的距离大于 0.5 m,在源于人之间除空气以外,没有其他屏蔽物质,可以用简单的公式(7)的计算,代替公式(6)的计算:

$$\dot{k} = \frac{A \cdot \Gamma_K}{1\,000 \times R^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

A ——源的放射性活度,单位为吉贝可(GBq);

R ——放射点源到考察点的距离,单位为米(m);

Γ_K ——空气比释动能率常数,单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{GBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,常用核素的 Γ_K 值见附录 D。

5.2.3.2 辐射源不能视为点源

5.2.3.2.1 当源与人的距离足够长,而且源可以视为线源时,应当使用公式(8)先估算空气比释动能率,再用公式(2)估算器官剂量:

$$\dot{k} = \frac{A \cdot \Gamma_K}{1\,000L} \cdot \int_L \left\{ \frac{1}{R_i^2} \exp(-\mu_f f_i - \mu_m m_i) \cdot [1 + B(m_i)] \right\} dL \dots\dots\dots (8)$$

式中:

A ——源的放射性活度,单位为吉贝可(GBq);

R_i ——线源第 i 点到放射点源的距离,单位为米(m);

Γ_K ——空气比释动能率常数,单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{GBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,常用核素的 Γ_K 值见附录 D;

μ_f ——屏蔽材料的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;

- μ_m ——人体组织的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;
- f_i ——线源第 i 点时射线在屏蔽材料内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);
- m_i ——线源第 i 点时射线在人体模型内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);
- $B(m_i)$ ——线源第 i 点时射线在体模内经过距离为 m_i 时的反向散射修正因子;
- L ——线源的总长度。

为便于计算,可将公式(8)近似地改写为如公式(9)形式:

$$\dot{k} = \frac{A \cdot \Gamma_K}{1\,000N} \cdot \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{1}{R_i^2} \exp(-\mu_f f_i - \mu_m m_i) \cdot [1 + B(m_i)] \right\} \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- A ——源的放射性活度,单位为吉贝可(GBq);
- R_i ——第 i 次抽样放射点源到考察点的距离,单位为米(m);
- Γ_K ——空气比释动能率常数,单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{GBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,常用核素的 Γ_K 值见附录 D;
- μ_f ——屏蔽材料的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;
- μ_m ——人体组织的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;
- f_i ——第 i 次抽样时射线在屏蔽材料内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);
- m_i ——第 i 次抽样时射线在人体模型内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);
- $B(m_i)$ ——第 i 次抽样时射线在体模内经过距离为 m_i 时的反向散射修正因子;
- N ——在线源上随机抽取点的总数。

当 $N \rightarrow \infty$,则公式(9)的结果与公式(8)的结果完全一致。公式(6)的抽样计算用蒙特卡罗(MC)随机模拟方法来进行计算较为方便。

5.2.3.2.2 当源与人的距离足够长,而且源可以视为体积源时,应当使用公式(10)先估算空气比释动能率,再用公式(2)估算器官剂量。

$$\dot{k} = \frac{A \cdot \Gamma_K}{1\,000V} \iiint_V \left\{ \frac{1}{R_i^2} \exp(i - \mu_f f_i - \mu_m m_i) \cdot [1 + B(m_i)] \right\} dV_i \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- A ——源的放射性活度,单位为吉贝可(GBq);
- R_i ——体积源中第 i 点到考察点的距离,单位为米(m);
- Γ_K ——空气比释动能率常数,单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{GBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,常用核素的 Γ_K 值见附录 D;
- μ_f ——屏蔽材料的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;
- μ_m ——人体组织的有效线性衰减系数,单位为平方米每千克(m^2/kg),附录 E 中可查到常用值;
- f_i ——第 i 点时射线在屏蔽材料内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);
- m_i ——第 i 点时射线在人体模型内经过的距离,单位为千克每平方米(kg/m^2);
- $B(m_i)$ ——第 i 点时射线在体模内经过距离为 m_i 时的反向散射修正因子;
- V_i ——体积源的总体积,单位为立方厘米(cm^3);脚标 i 是指体积源中的第 i 点。

为便于 MC 计算,也可将公式(10)改写为公式(9)的形式,不过此时的抽样应在体积 V 中进行。

5.2.3.2.3 当源到人的距离小于 0.3 m 时,不宜用本标准的理论估算方法,应采用模拟实验方法,估算

其器官剂量。

5.2.4 有其他剂量相关信息的情况

在医用诊断 X 射线时,仅有一些工作量和一些防护资料时,可用 GB/T 16149 中推荐的归一化工作量剂量估算方法进行空气比释动能率估算,再用公式(2)估算器官剂量。

5.3 X、γ 外照射器官剂量重建的其他建议

5.3.1 为估算结果的准确性和可靠性,建议使用国内已通过鉴定的器官剂量计算机软件进行计算。

5.3.2 若有可能引起确定性健康效应,应尽可能使用实验模拟方法来验证理论估算的结果。

6 中子外照射器官剂量估算方法

6.1 有个人剂量监测资料的情况

当有按 GBZ 128 的要求进行监测的中子个人剂量当量 $H_P(d)$ 时,而且有中子的能量和中子线束入射角信息,可用公式(11)进行器官剂量估算:

$$D_T = \frac{C_{\Phi T} H_P(d)}{C_{\Phi P}} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$C_{\Phi T}$ ——中子注量到器官剂量的转换系数,单位为皮戈瑞平方厘米($\text{pGy} \cdot \text{cm}^2$),其值见附录 G。此时的估算仅适用于全身均匀照射的情况;

$C_{\Phi P}$ ——中子注量到个人剂量当量的转换系数,单位为皮戈瑞平方厘米($\text{pGy} \cdot \text{cm}^2$),其值见附录 H,注意此值是入射角的函数;

$H_P(d)$ ——个人剂量当量,对中子 $d=10 \text{ cm}$,单位为希沃特(Sv)。

6.2 有非个人监测资料的情况

6.2.1 有辐射场注量资料

6.2.1.1 当有中子辐射场注量监测数据和中子能量信息时,可以用公式(12)计算器官剂量当量:

$$D_T = C_{\Phi T} \cdot \Phi \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$C_{\Phi T}$ ——中子注量到器官剂量的转换系数,单位为皮戈瑞平方厘米($\text{pGy} \cdot \text{cm}^2$),其值见附录 G。此时的估算仅适用于全身均匀照射的情况;

Φ ——中子注量,单位为每平方厘米(cm^{-2})。

6.2.1.2 当有中子辐射场周围剂量当量监测数据和中子能量信息时,可用公式(13)先计算出中子注量,再用公式(12)计算器官剂量。此时的估算仅适用于全身均匀照射的情况。

$$\Phi = \frac{H^*(10)}{C_{\Phi H}} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$H^*(10)$ ——周围剂量当量,单位为希沃特(Sv);

$C_{\Phi H}$ ——中子注量到周围剂量当量的转换系数,单位为皮希沃特平方厘米($\text{pSv} \cdot \text{cm}^2$),其值见附录 H。

6.2.2 有中子源发射量的信息

有中子源发射参数时,可用公式(14)先计算出中子辐射场的注量,再用公式(12)计算器官剂量。

$$\Phi = \frac{F_n \times t_n}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

Φ ——中子注量，单位为每平方厘米(cm^{-2})；

F_n ——中子源总发射量，单位为每秒(s^{-1})；

t_n ——接触中子的有效时间，单位为秒(s)；

R ——离中子源的距离，单位为厘米(cm)。

7 电子外照射器官剂量估算方法

7.1 有辐射场注量资料

当有电子辐射场注量和能量信息时，在 AP 照射条件下，可以用公式(15)计算器官剂量当量：

$$D_T = C_{e\Phi T} \cdot \Phi_e \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$C_{e\Phi T}$ ——电子注量到器官剂量的转换系数，单位皮戈瑞平方厘米($\text{pGy} \cdot \text{cm}^2$)，其值见附录 I 中的表 I.1；

Φ_e ——中子注量，单位为每平方厘米(cm^{-2})。

7.2 有辐射场定向剂量当量资料

当有电子辐射场定向剂量当量监测数据和中子能量信息时，可用公式(16)先计算出中子注量，再用公式(15)计算器官剂量。此时的估算仅适用于全身均匀照射的情况。

$$\phi_e = \frac{H'(0.07, 0^\circ) \times R(0.07, \alpha)}{C_{e\Phi H}} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

$C_{e\Phi H}$ ——电子注量到周围剂量当量的转换系数，单位为皮希沃特平方厘米($\text{pSv} \cdot \text{cm}^2$)，其值见附录 I 中的表 I.1；

$H'(0.07, 0^\circ)$ ——入射方向为 0° 时的浅层定向剂量当量，单位为希沃特(Sv)；

$R(0.07, \alpha)$ ——相对于入射角度为 α 时的定向剂量当量修正值。

附 录 A
(资料性附录)

光子空气比释动能到注量及实用量的转换系数

光子空气比释动能到注量及实用量的转换系数见表 A.1~表 A.3。

表 A.1 $H_p(10)$ 的转换系数

光子能量 MeV	垂直入射(0°) C_{kp} Sv/Gy	相对于垂直入射的角度修正因子, $CF(\alpha)$					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
0.010	0.009	1.000	0.889	0.556	0.222	0.000	0.000
0.0125	0.098	1.000	0.929	0.704	0.388	0.102	0.000
0.015	0.264	1.000	0.966	0.822	0.576	0.261	0.030
0.0175	0.445	1.000	0.971	0.879	0.701	0.416	0.092
0.020	0.611	1.000	0.982	0.913	0.763	0.520	0.167
0.025	0.883	1.000	0.980	0.937	0.832	0.650	0.319
0.030	1.112	1.000	0.984	0.950	0.868	0.716	0.411
0.040	1.490	1.000	0.986	0.959	0.894	0.760	0.494
0.050	1.766	1.000	0.988	0.963	0.891	0.779	0.526
0.060	1.892	1.000	0.988	0.969	0.911	0.793	0.561
0.080	1.903	1.000	0.997	0.970	0.919	0.809	0.594
0.100	1.811	1.000	0.992	0.972	0.927	0.834	0.612
0.125	1.696	1.000	0.998	0.980	0.938	0.857	0.647
0.150	1.607	1.000	0.997	0.984	0.947	0.871	0.677
0.200	1.492	1.000	0.997	0.991	0.959	0.900	0.724
0.300	1.369	1.000	1.000	0.996	0.984	0.931	0.771
0.400	1.300	1.000	1.004	1.001	0.993	0.955	0.814
0.500	1.256	1.000	1.005	1.002	1.001	0.968	0.846
0.600	1.226	1.000	1.005	1.004	1.003	0.975	0.868
0.800	1.190	1.000	1.001	1.003	1.007	0.987	0.892
1	1.167	1.000	1.000	0.996	1.009	0.990	0.910
1.5	1.139	1.000	1.002	1.003	1.006	0.997	0.934
3	1.117	1.000	1.005	1.010	0.998	0.998	0.958
6	1.109	1.000	1.003	1.003	0.992	0.997	0.995
10	1.111	1.000	0.998	0.995	0.989	0.992	0.966

注 1: 若不是垂直入射, $C_{kp}(\alpha)=C_{kp}(0^\circ)\times CF(\alpha)$ 。

注 2: 附录 A 各表的数据来源:ICRP 74 出版物,1996。

表 A.2 到 $H_p(0.07)$ 的转换系数

光子能量 MeV	垂直入射(0°) C_{kp} Sv/Gy	相对于垂直入射的角度修正因子, $CF(\alpha)$					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
0.005	0.750	1.000	0.991	0.956	0.895	0.769	0.457
0.010	0.947	1.000	0.996	0.994	0.987	0.964	0.904
0.015	0.981	1.000	1.000	1.001	0.994	0.992	0.954
0.020	1.045	1.000	0.996	0.996	0.987	0.982	0.948
0.030	1.230	1.000	0.990	0.989	0.972	0.946	0.897
0.040	1.444	1.000	0.994	0.990	0.965	0.923	0.857
0.050	1.632	1.000	0.994	0.979	0.954	0.907	0.828
0.060	1.716	1.000	0.995	0.984	0.961	0.913	0.837
0.080	1.732	1.000	0.994	0.991	0.966	0.927	0.855
0.100	1.669	1.000	0.993	0.990	0.973	0.946	0.887
0.150	1.518	1.000	1.001	1.005	0.995	0.977	0.950
0.200	1.432	1.000	1.001	1.001	1.003	0.997	0.981
0.300	1.336	1.000	1.002	1.007	1.010	1.019	1.013
0.400	1.280	1.000	1.002	1.009	1.016	1.032	1.035
0.500	1.244	1.000	1.002	1.008	1.020	1.040	1.054
0.600	1.220	1.000	1.003	1.009	1.019	1.043	1.057
0.800	1.189	1.000	1.001	1.008	1.019	1.043	1.062
1.000	1.173	1.000	1.002	1.005	1.016	1.038	1.060

注：若不是垂直入射， $C_{kp}(\alpha) = C_{kp}(0^\circ) \times CF(\alpha)$ 。

表 A.3 到周围剂量当量、定向剂量当量、注量和自由空气比释动能间的转换系数

光子能 MeV	$C_{kH^*} = H^*(10)/k_a$ Sv/Gy	$C_{kH'} = H'(0.07, 0^\circ)/k_a$ Sv/Gy	$C_{\phi k} = k_a/\Phi$ pGy · cm ²
0.010	0.008	0.95	7.60
0.015	0.26	0.99	3.21
0.020	0.61	1.05	1.73
0.030	1.10	1.22	0.739
0.040	1.47	1.41	0.438
0.050	1.67	1.53	0.328
0.060	1.74	1.59	0.292
0.080	1.72	1.61	0.308
0.100	1.65	1.55	0.372

表 A.3 (续)

光子能 MeV	$C_{\text{KH}^*} = H^*(10)/k_a$ Sv/Gy	$C_{\text{KH}'} = H'(0.07, 0^\circ)/k_a$ Sv/Gy	$C_{\text{gk}} = k_a/\Phi$ pGy · cm ²
0.150	1.49	1.42	0.600
0.200	1.40	1.34	0.856
0.300	1.31	1.31	1.38
0.400	1.26	1.26	1.89
0.500	1.23	1.23	2.38
0.600	1.21	1.21	2.84
0.800	1.19	1.19	3.69
1	1.17	1.17	4.47
1.5	1.15	1.15	6.12
2	1.14	1.14	7.51
3	1.13	1.13	9.89
4	1.12	1.12	12.0
5	1.11	1.11	13.9
6	1.11	1.11	15.8
8	1.11	1.11	19.5
10	1.10	1.10	23.2

附录 B

(资料性附录)

光子空气比释动能到常用器官剂量的转换系数(C_{kT})光子空气比释动能到常用器官剂量的转换系数(C_{kT})见表 B.1~表 B.6。

表 B.1 不同能量和不同入射方式下空气比释动能到睾丸剂量的转换系数

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.029 2	0.000	0.000	0.007 44	0.005 59
0.015	0.195	0.000	0.000	0.057 1	0.044 6
0.020	0.503	0.000	0.000	0.160	0.138
0.030	1.093	0.041 1	0.023 0	0.381	0.337
0.040	1.506	0.160	0.105	0.593	0.516
0.050	1.767	0.308	0.198	0.763	0.661
0.060	1.908	0.440	0.264	0.863	0.754
0.070	1.961	0.524	0.312	0.921	0.802
0.080	1.953	0.565	0.339	0.946	0.815
0.100	1.855	0.599	0.372	0.934	0.792
0.150	1.631	0.629	0.392	0.866	0.744
0.200	1.497	0.641	0.422	0.831	0.720
0.300	1.366	0.675	0.457	0.794	0.710
0.400	1.303	0.705	0.480	0.781	0.712
0.500	1.265	0.726	0.503	0.779	0.717
0.600	1.238	0.743	0.527	0.780	0.725
0.800	1.202	0.765	0.572	0.789	0.742
1.000	1.177	0.782	0.607	0.799	0.757
2.000	1.119	0.831	0.703	0.848	0.799
4.000	1.071	0.864	0.776	0.895	0.843
6.000	1.043	0.874	0.807	0.916	0.868
8.000	1.023	0.880	0.822	0.930	0.883
10.000	1.004	0.884	0.833	0.940	0.893

注 1: 不同入射方式的含义见 3.3。

注 2: 附录 B 各表的数据来源: ICRP 74 出版物, 1996。

表 B.2 不同能量和不同入射方式下空气比释动能到卵巢剂量的转换系数

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	0.158	0.078 5	0.009 63	0.066 0	0.035 1
0.040	0.511	0.345	0.099 6	0.277	0.191
0.050	0.846	0.676	0.234	0.527	0.383
0.060	1.072	0.944	0.345	0.723	0.520
0.070	1.200	1.113	0.414	0.844	0.607
0.080	1.262	1.201	0.453	0.901	0.653
0.100	1.282	1.234	0.479	0.926	0.666
0.150	1.185	1.116	0.470	0.882	0.609
0.200	1.106	1.034	0.478	0.841	0.588
0.300	1.017	0.963	0.491	0.810	0.586
0.400	0.972	0.936	0.501	0.796	0.599
0.500	0.948	0.924	0.511	0.789	0.614
0.600	0.934	0.918	0.522	0.786	0.627
0.800	0.921	0.911	0.542	0.787	0.650
1.000	0.918	0.908	0.559	0.793	0.668
2.000	0.936	0.905	0.624	0.833	0.719
4.000	0.981	0.910	0.696	0.891	0.769
6.000	1.013	0.917	0.740	0.926	0.799
8.000	1.037	0.922	0.772	0.949	0.820
10.000	1.056	0.926	0.796	0.966	0.836

注：不同入射方式的含义见 3.3。

表 B.3 不同能量和不同入射方式下空气比释动能到乳腺剂量的转换系数

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.022 3	0.000	0.005 13	0.008 69	0.007 63
0.015	0.186	0.000	0.045 1	0.074 7	0.066 4
0.020	0.465	0.000	0.128	0.198	0.183

表 B.3 (续)

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.030	0.958	0.048 9	0.333	0.449	0.423
0.040	1.296	0.181	0.507	0.655	0.615
0.050	1.522	0.328	0.634	0.811	0.752
0.060	1.644	0.439	0.724	0.909	0.836
0.070	1.683	0.511	0.765	0.958	0.878
0.080	1.670	0.545	0.773	0.971	0.883
0.100	1.600	0.574	0.771	0.958	0.874
0.150	1.449	0.600	0.755	0.912	0.829
0.200	1.361	0.625	0.747	0.875	0.813
0.300	1.264	0.663	0.756	0.851	0.795
0.400	1.214	0.693	0.766	0.851	0.794
0.500	1.184	0.717	0.774	0.854	0.798
0.600	1.164	0.737	0.782	0.858	0.804
0.800	1.138	0.767	0.799	0.865	0.815
1.000	1.123	0.791	0.814	0.872	0.826
2.000	1.101	0.863	0.866	0.902	0.865
4.000	1.084	0.905	0.907	0.923	0.897
6.000	1.068	0.911	0.921	0.927	0.906
8.000	1.055	0.911	0.927	0.929	0.909
10.000	1.042	0.911	0.931	0.930	0.911

注：不同入射方式的含义见 3.3。

表 B.4 不同能量和不同入射方式下空气比释动能到红骨髓剂量的转换系数

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.000 29	0.000 48	0.000	0.000 22	0.000 14
0.015	0.004 11	0.007 88	0.001 97	0.004 09	0.003 11
0.020	0.014 4	0.031 6	0.009 04	0.016 7	0.013 6
0.030	0.069 7	0.171	0.058 5	0.093 2	0.073 3
0.040	0.211	0.450	0.175	0.262	0.211
0.050	0.400	0.772	0.323	0.473	0.385

表 B.4 (续)

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.060	0.573	1.037	0.456	0.660	0.539
0.070	0.698	1.212	0.552	0.788	0.645
0.080	0.768	1.302	0.603	0.856	0.698
0.100	0.822	1.347	0.643	0.900	0.729
0.150	0.808	1.254	0.635	0.866	0.706
0.200	0.783	1.175	0.629	0.835	0.689
0.300	0.761	1.088	0.622	0.804	0.669
0.400	0.755	1.043	0.627	0.792	0.665
0.500	0.756	1.017	0.637	0.789	0.668
0.600	0.761	1.000	0.647	0.790	0.674
0.800	0.774	0.983	0.667	0.797	0.690
1.000	0.787	0.974	0.686	0.806	0.705
2.000	0.833	0.968	0.753	0.845	0.762
4.000	0.877	0.980	0.819	0.887	0.821
6.000	0.900	0.992	0.851	0.911	0.852
8.000	0.916	1.001	0.872	0.927	0.873
10.000	0.927	1.007	0.889	0.940	0.889

注：不同入射方式的含义见 3.3。

表 B.5 不同能量和不同入射方式下空气比释动能到皮肤剂量的转换系数

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.235	0.237	0.142	0.200	0.172
0.015	0.377	0.377	0.252	0.331	0.303
0.020	0.488	0.487	0.343	0.433	0.407
0.030	0.654	0.648	0.472	0.581	0.544
0.040	0.808	0.796	0.578	0.714	0.658
0.050	0.944	0.929	0.669	0.830	0.758
0.060	1.040	1.025	0.738	0.911	0.828
0.070	1.098	1.083	0.790	0.968	0.879
0.080	1.109	1.096	0.796	0.981	0.886

表 B.5 (续)

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.100	1.097	1.083	0.805	0.977	0.885
0.150	1.050	1.046	0.795	0.948	0.865
0.200	1.022	1.020	0.789	0.926	0.850
0.300	0.992	0.987	0.787	0.904	0.835
0.400	0.978	0.973	0.791	0.899	0.832
0.500	0.972	0.967	0.797	0.900	0.833
0.600	0.970	0.966	0.805	0.903	0.837
0.800	0.970	0.967	0.819	0.909	0.847
1.000	0.972	0.970	0.833	0.916	0.857
2.000	0.984	0.984	0.879	0.939	0.891
4.000	0.991	0.995	0.910	0.953	0.914
6.000	0.989	0.995	0.917	0.953	0.919
8.000	0.986	0.994	0.920	0.952	0.919
10.000	0.982	0.992	0.921	0.950	0.918

注：不同入射方式的含义见 3.3。

表 B.6 不同能量和不同入射方式下空气比释动能到眼晶体剂量的转换系数

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.304	0.000	0.088 0	0.114	0.087 7
0.015	0.664	0.000	0.252	0.287	0.236
0.020	0.912	0.000	0.390	0.423	0.365
0.030	1.197	0.000	0.579	0.588	0.523
0.040	1.334	0.018 6	0.718	0.694	0.639
0.050	1.419	0.052 1	0.838	0.793	0.742
0.060	1.492	0.083 7	0.930	0.886	0.812
0.070	1.536	0.122	0.988	0.958	0.857
0.080	1.550	0.156	1.023	0.999	0.882
0.100	1.530	0.193	1.049	1.030	0.907
0.150	1.425	0.241	1.024	1.017	0.894
0.200	1.357	0.262	1.020	0.994	0.868

表 B.6 (续)

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{kT} Gy/Gy				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.300	1.280	0.295	1.015	0.958	0.846
0.400	1.232	0.333	1.013	0.935	0.839
0.500	1.199	0.369	1.012	0.921	0.836
0.600	1.174	0.401	1.010	0.913	0.835
0.800	1.138	0.453	1.007	0.908	0.837
1.000	1.113	0.495	1.004	0.909	0.843
2.000	1.047	0.618	1.005	0.943	0.878
4.000	0.995	0.123	1.015	0.995	0.917
6.000	0.967	0.175	1.022	1.024	0.936
8.000	0.946	0.807	1.028	1.044	0.950
10.000	0.931	0.833	1.034	1.063	0.963

注：不同入射方式的含义见 3.3。

附录 C

(资料性附录)

辐射防护中不同光子能量时常见介质的 $(\mu_{\text{en}}/\rho)_m$ 值辐射防护中不同光子能量时常见介质的 $(\mu_{\text{en}}/\rho)_m$ 值见表 C.1。表 C.1 对于不同光子能量时几种媒质的 $(\mu_{\text{en}}/\rho)_m$ 值

光子能量 MeV	$(\mu_{\text{en}}/\rho)_m$ (m^2kg^{-1}) $\times 10^{-3}$				
	空气	水	软组织	肌肉	骨
0.015	130.0	134.0	123.5	137.1	572.6
0.02	52.55	53.67	49.42	55.31	245.0
0.03	15.01	15.20	14.04	15.79	72.90
0.04	6.694	6.803	6.339	7.067	30.88
0.05	4.031	4.155	3.922	4.288	16.25
0.06	3.004	3.152	3.016	3.224	9.988
0.08	2.393	2.583	2.517	2.601	5.309
0.10	2.318	2.539	2.495	2.538	3.838
0.20	2.672	2.966	2.936	2.942	2.994
0.30	2.872	3.192	3.161	3.164	3.095
0.40	2.949	3.279	3.247	3.250	3.151
0.50	2.966	3.299	3.267	3.269	3.159
0.60	2.953	3.284	3.252	3.254	3.140
0.80	2.882	3.205	3.175	3.176	3.061
1.00	2.787	3.100	3.071	3.072	2.959

注：数据来源：Frank H. Attix and William C. Roesch, Radiaon Dosimetry, Volume 1, Academic Press, New York and London, 1968。

附录 D

(资料性附录)

常用放射性核素的空气比释动能率常数 Γ_K 常用放射性核素的空气比释动能率常数 Γ_K 值见表 D.1。表 D.1 一些放射性核素的空气比释动能率常数 Γ_K

核素	Γ_K mGy · m ² · GBq ⁻¹ · h ⁻¹	核素	Γ_K mGy · m ² · GBq ⁻¹ · h ⁻¹
²² Na	0,283	¹³¹ I	$5,95 \times 10^{-2}$
²⁴ Na	0,434	¹³² I	0,278
⁴² K	$3,30 \times 10^{-2}$	¹³³ Ba	$5,66 \times 10^{-2}$
⁴⁶ Sc	0,257	¹⁴⁰ Ba	0,293
⁴⁸ V	0,368	¹³⁴ Cs	0,205
⁵⁴ Mn	0,111	¹³⁷ Cs	$7,69 \times 10^{-2}$
⁵⁶ Mn	0,196	¹⁴⁰ La	0,267
⁵⁹ Fe	0,151	¹⁴¹ Ce	$7,26 \times 10^{-3}$
⁵⁸ Co	0,130	¹⁵² EU	0,137
⁶⁰ Co	0,304	¹⁸² Ta	0,159
⁷⁵ Se	0,153	¹⁸⁷ W	$7,08 \times 10^{-2}$
⁹⁵ Nb	$9,91 \times 10^{-2}$	¹⁹² Ir	0,109
¹⁰⁶ Ru	$4,01 \times 10^{-2}$	¹⁹⁸ Au	$5,43 \times 10^{-2}$
^{110 m} Ag	0,337	²²⁷ Ac	$5,19 \times 10^{-2}$
¹¹³ Sn	0,042	²²⁶ Ra	0,195
¹²⁴ Sb	0,28	²³⁴ U	$2,36 \times 10^{-3}$
¹³² Te	0,049	²⁴¹ Am	0,037
¹²⁵ I	$\sim 1,65 \times 10^{-2 a}$	¹⁸ F	0,143

a “~”表示近似值。

注：基础数据来源：GB/T 16149—2012。

附录 E

(资料性附录)

不同能量射线在不同介质中的衰减系数

不同能量射线在不同介质中的衰减系数见表 E.1。

表 E.1 不同能量射线在不同介质中的衰减系数

核素源	铝 ($\rho=2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	硅 ($\rho=2.42 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	铁 ($\rho=7.87 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	铅 ($\rho=11.35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
Am-241	6.855×10^{-1}	7.083×10^{-1}	8.901	51.79
Ra-226	3.510×10^{-1}	3.243×10^{-1}	1.259	11.50
Ir-192	2.781×10^{-1}	2.589×10^{-1}	8.342×10^{-1}	4.040
Au-198	2.489×10^{-1}	2.309×10^{-1}	7.236×10^{-1}	2.361
Cs-137	1.998×10^{-1}	1.815×10^{-1}	5.824×10^{-1}	1.140
Co-60	1.480×10^{-1}	1.375×10^{-1}	4.179×10^{-1}	6.458×10^{-1}
Am-241	6.453×10^{-1}	1.90×10^{-1}	1.973×10^{-1}	1.952×10^{-4}
Ra-226	3.125×10^{-1}	1.40×10^{-1}	1.144×10^{-1}	1.655×10^{-4}
Ir-192	2.514×10^{-1}	1.15×10^{-1}	1.118×10^{-1}	1.37×10^{-4}
Au-198	2.242×10^{-1}	1.00×10^{-1}	1.106×10^{-1}	1.245×10^{-4}
Cs-137	1.809×10^{-1}	8.40×10^{-1}	8.50×10^{-2}	1.00×10^{-4}
Co-60	1.332×10^{-1}	6.00×10^{-2}	6.30×10^{-2}	7.33×10^{-5}

注：附录 E 各表数据来源：Frank H. Attix and William C. Roesch, Radiaon Dosimetry, Volume 1, Academic Press, New York and London, 1968。

附录 F

(资料性附录)

不同条件下的反向散射因子

不同条件下的反向散射因子见表 F.1。

表 F.1 FSD(焦皮距) = 100 cm 时,不同条件下的反向散射因子

管电压 kV	HVL mmAl	反向散射因子(B)								
		照射野 100 mm×100 mm			照射野 100 mm×1 000 mm			照射野 250 mm×250 mm		
		水	ICRU 球	PMMA	水	ICRU 球	PMMA	水	ICRU 球	PMMA
50	1.74	1.24	1.25	1.33	1.26	1.27	1.36	1.26	1.28	1.36
60	2.06	1.26	1.28	1.36	1.31	1.32	1.41	1.31	1.32	1.42
70	2.41	1.30	1.31	1.39	1.34	1.36	1.45	1.35	1.36	1.46
70	2.64	1.32	1.32	1.402	1.36	1.37	1.47	1.36	1.387	1.48
70	3.96	1.38	1.39	1.48	1.45	1.47	1.58	1.46	1.47	1.59
80	2.78	1.32	1.33	1.41	1.37	1.39	1.48	1.38	1.39	1.50
80	3.04	1.34	1.34	1.42	1.39	1.402	1.51	1.40	1.41	1.52
80	4.55	1.40	1.40	1.49	1.48	1.50	1.61	1.49	1.51	1.63
90	3.17	1.34	1.34	1.43	2.00	1.41	1.51	1.41	1.42	1.53
90	3.45	1.35	1.36	1.44	1.44	1.43	1.53	1.42	1.44	1.55
90	5.12	1.41	1.41	1.50	1.50	1.51	1.62	1.51	1.53	1.65
100	3.24	1.34	1.34	1.42	1.40	1.41	1.51	1.41	1.42	1.53
100	3.88	1.36	1.37	1.45	1.44	1.45	1.55	1.45	1.46	1.57
100	5.65	1.41	1.42	1.50	1.51	1.53	1.64	1.53	1.55	1.66
110	3.59	1.35	1.35	1.43	1.42	1.43	1.53	1.43	1.44	1.55
120	4.73	1.37	1.38	1.46	1.46	1.48	1.58	1.48	1.49	1.60
120	6.62	1.41	1.42	1.50	1.53	1.54	1.64	1.54	1.56	1.67
130	4.32	1.36	1.36	1.44	1.44	1.45	1.55	1.45	1.47	1.57
150	4.79	1.36	1.36	1.44	1.45	1.46	1.55	1.46	1.48	1.58
150	6.80	1.39	1.39	1.47	1.50	1.51	1.61	1.52	1.53	1.63
150	8.50	1.40	1.41	1.48	1.53	1.54	1.64	1.55	1.57	1.67

注：本表的数据来自：PETOUSSI-HENSS, N., ZANKL, M., DREXLER, G., PANZER, W., REGULLA, D., Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods, Phys. Med. Biol. 43 (1998) 2237-2250。

附录 G

(资料性附录)

中子器官剂量估算时的常用参数

中子器官剂量估算时的常用参数见表 G.1~表 G.3。

表 G.1 不同能量和不同入射方式下注量到睾丸剂量的转换系数

中子能量 MeV	不同入射方式下的 C_{OT} pGy · cm ²					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
1.00E-03	3.42	1.18	0.44	0.44	1.39	1.06
2.00 E-03	3.41	1.16	0.43	0.43	1.37	1.05
5.00E-03	3.51	1.15	0.42	0.42	1.39	1.07
1.00E-02	3.69	1.15	0.43	0.43	1.45	1.12
2.00E-02	4.00	1.14	0.43	0.43	1.54	1.22
3.00E-02	4.25	1.15	0.44	0.44	1.64	1.30
5.00E-02	4.80	1.18	0.45	0.45	1.83	1.47
7.00E-02	5.44	1.21	0.47	0.47	2.00	1.66
1.00E-01	6.48	1.25	0.49	0.49	2.25	1.97
1.50E-01	8.25	1.29	0.51	0.51	2.77	2.50
2.00E-01	9.97	1.34	0.53	0.53	3.25	3.00
3.00E-01	13.1	1.45	0.59	0.59	4.17	3.93
5.00E-01	18.4	1.70	0.73	0.73	5.83	5.57
7.00E-01	22.4	1.95	0.85	0.85	7.34	7.02
9.00E-01	25.7	2.24	1.03	1.03	8.75	8.34
1.00E+00	27.1	2.41	1.15	1.15	9.42	8.96
1.20E+00	29.6	3.02	1.55	1.55	10.7	10.1
2.00E+00	36.7	6.43	4.22	4.22	15.3	14.1
3.00E+00	42.7	11.9	8.03	8.03	20.2	18.2
4.00E+00	47.4	17.3	11.6	11.6	24.5	21.7
5.00E+00	51.7	21.5	14.8	14.8	28.2	24.8
6.00E+00	55.8	25.4	17.9	17.9	31.5	27.6
7.00E+00	59.7	29.1	20.7	20.7	34.5	30.2
8.00E+00	63.3	32.7	23.3	23.3	37.2	32.7
9.00E+00	66.7	36.0	25.7	25.7	39.7	35.1

注 1: 入射放射含义见 3.3。

注 2: 附录 G 各表的数据来源: ICRP 74 出版物, 1996。

表 G.2 不同能量和不同入射方式下注量到卵巢剂量的转换系数

中子能量 MeV	不同入射方式下的 $C_{\phi T}$ pGy · cm ²					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
1.00E-03	2.86	2.71	0.78	0.78	1.80	1.25
2.00E-03	2.88	2.68	0.77	0.77	1.77	1.24
5.00E-03	2.91	2.68	0.76	0.76	1.16	1.25
1.00E-02	2.94	2.70	0.77	0.77	1.78	1.28
2.00E-02	2.97	2.72	0.79	0.79	1.83	1.33
3.00E-02	2.99	2.76	0.81	0.81	1.88	1.37
5.00E-02	3.04	2.85	0.84	0.84	1.97	1.44
7.00E-02	3.09	2.95	0.87	0.87	2.04	1.49
1.00E-01	3.17	3.10	0.91	0.91	2.14	1.55
1.50E-01	3.32	3.22	0.97	0.97	2.27	1.63
2.00E-01	3.46	3.38	1.02	1.02	2.38	1.70
3.00E-01	3.74	3.77	1.12	1.12	2.57	1.82
5.00E-01	4.54	4.70	1.30	1.30	2.90	2.10
7.00E-01	5.70	5.74	1.44	1.44	3.27	2.47
9.00E-01	7.08	6.98	1.66	1.66	3.93	2.89
1.00E+00	7.81	7.67	1.81	1.81	4.38	3.12
1.20E+00	9.33	9.22	2.26	2.26	5.45	3.73
2.00E+00	15.5	15.7	4.85	4.85	10.8	6.78
3.00E+00	22.8	23.2	8.44	8.44	17.1	11.3
4.00E+00	29.2	29.6	11.9	11.9	22.4	16.0
5.00E+00	34.6	35.0	15.1	15.1	27.0	21.0
6.00E+00	39.4	39.6	18.1	18.1	30.9	23.9
7.00E+00	43.6	43.5	20.8	20.8	34.3	27.0
8.00E+00	47.4	46.9	23.3	23.3	37.3	29.1
9.00E+00	50.8	49.9	25.6	25.6	39.9	32.2
注：入射放射含义见 3.3。						

表 G.3 不同能量和不同入射方式下剂量到红骨髓剂量的转换系数

中子能量 MeV	不同入射方式下的 $C_{\phi T}$ pGy · cm ²					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
1.00E-03	1.78	2.84	1.03	1.03	1.69	1.21
2.00E-03	1.75	2.81	1.01	1.01	1.68	1.18
5.00E-03	1.76	2.81	1.01	1.01	1.69	1.18
1.00E-02	1.81	2.87	1.03	1.03	1.74	1.21
2.00E-02	1.91	3.01	1.09	1.09	1.79	1.29
3.00E-02	2.00	3.13	1.15	1.15	1.86	1.36
5.00E-02	2.15	3.37	1.25	1.25	1.99	1.50
7.00E-02	2.29	3.63	1.35	1.35	2.12	1.62
1.00E-01	2.46	4.03	1.49	1.49	2.32	1.78
1.50E-01	2.71	4.65	1.71	1.71	2.68	2.04
2.00E-01	2.92	5.26	1.92	1.92	3.03	2.28
3.00E-01	3.28	6.41	2.32	2.32	3.68	2.77
5.00E-01	4.08	8.56	3.11	3.11	4.92	3.70
7.00E-01	5.09	10.6	3.9	3.90	6.12	4.61
9.00E-01	6.21	12.6	4.71	4.71	7.27	5.49
1.00E+00	6.79	13.5	5.12	5.12	7.83	5.93
1.20E+00	1.99	15.5	6.07	6.07	9.08	6.85
2.00E+00	12.8	22.5	9.99	9.99	13.9	10.3
3.00E+00	18.3	29.7	14.3	14.3	19.2	14.3
4.00E+00	23.2	35.2	17.8	17.8	23.8	17.9
5.00E+00	21.4	39.3	20.9	20.9	27.8	21.1
6.00E+00	31.1	42.6	23.6	23.6	31.1	23.8
7.00E+00	34.5	45.5	26.0	26.0	34.0	26.3
8.00E+00	37.5	48.1	28.2	28.2	36.7	28.7
9.00E+00	40.2	50.5	30.2	30.2	39.1	30.9

注：入射放射含义见 3.3。

附录 H

(资料性附录)

不同能量下中子注量到实用量的转换系数

不同能量下中子注量到实用量的转换系数见表 H.1。

表 H.1 不同能量中子注量到实用量的转换系数

中子能量 MeV	到不同实用量的转换系数 pSv · cm ²						
	$H^*(10)/\Phi$	$H_P(10, 0^\circ)/\Phi$	$H_P(10, 15^\circ)/\Phi$	$H_P(10, 30^\circ)/\Phi$	$H_P(10, 45^\circ)/\Phi$	$H_P(10, 60^\circ)/\Phi$	$H_P(10, 75^\circ)/\Phi$
1.00E-03	7.90	8.78	8.20	7.29	5.43	3.46	1.66
2.00E-03	7.70	8.72	8.22	7.27	5.43	3.46	1.67
5.00E-03	8.00	9.36	8.79	7.46	5.71	3.59	1.69
1.00E-02	10.5	11.2	10.8	9.18	7.09	4.32	1.77
2.00E-02	16.6	17.1	17.0	14.6	11.6	6.64	2.11
3.00E-02	23.7	24.9	24.1	21.3	16.7	9.81	2.85
5.00E-02	41.1	39.0	36.0	34.4	27.5	16.7	4.78
7.00E-02	60.0	59.0	55.8	52.6	42.9	27.3	8.10
1.00E-01	88.0	90.6	87.8	81.3	67.1	44.6	13.7
1.50E-01	132	139	137	126	106	73.3	24.2
2.00E-01	170	180	179	166	141	100	35.5
3.00E-01	233	246	244	232	201	149	58.5
5.00E-01	322	335	330	326	291	226	102
7.00E-01	375	386	379	382	348	279	139
9.00E-01	400	414	407	415	383	317	171
1.00E+00	416	422	416	426	395	332	180
1.20E+00	425	433	427	440	412	355	210
2.00E+00	420	442	438	457	439	402	274
3.00E+00	412	431	429	449	440	412	306
4.00E+00	408	422	421	440	435	409	320
5.00E+00	405	420	418	437	435	409	331
6.00E+00	400	423	422	440	439	414	345
7.00E+00	405	432	432	449	448	425	361
8.00E+00	409	445	445	462	460	440	379
9.00E+00	420	461	462	478	476	458	399

注：数据来源：ICRP 74 出版物，1996。

附录 I

(资料性附录)

电子器官剂量估算时的常用参数

电子器官剂量估算时的常用参数见表 I.1~表 I.5。

表 I.1 不同能量和 AP 入射方式下电子注量到器官剂量的转换系数

能量 MeV	电子注量到器官剂量的转换系数 pGy · cm ²			
	皮肤	睾丸	红骨髓	乳腺
1.00E-01	8	—	—	—
4.00E-01	98	—	—	—
6.00E-01	171	0	0	0
1.00E+00	164	1	1	14
1.50E+00	158	14	5	43
2.00E+00	153	37	11	75
4.00E+00	150	214	28	200
1.00E+01	165	345	52	325

注：附录 I 各表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。

表 I.2 不同能量和 AP 方式下电子注量到定向当量剂量的转换系数

能量 MeV	定向当量剂量的转换系数 $C_{e\phi H}$ nSv · cm ²		
	$H' (0.07, 0^\circ)/\Phi$	$H' (3, 0^\circ)/\Phi$	$H' (10, 0^\circ)/\Phi$
0.10	1.661	—	—
0.40	0.455	—	—
0.60	0.366	—	—
1.00	0.312	0.301	—
1.50	0.287	0.524	—
2.00	0.279	0.481	0.005
4.00	0.272	0.334	0.447
10.00	0.275	0.303	0.330

表 I.3 不同入射角度对 $H'(0.07, \alpha)$ 的修正系数

能量 MeV	$R(0.07, \alpha)$									
	0°	15°	30°	45°	60°	67.5°	75°	82.5°	85°	89°
0.10	1.000	0.938	0.760	0.509	0.258	0.189	0.081	0.027	0.016	0.002
0.40	1.000	1.039	1.143	1.330	1.348	1.82	0.661	0.245	0.133	0.015
0.6	1.000	1.032	1.121	1.287	1.461	1.608	1.227	1.366	1.188	1.014
1.00	1.000	1.017	1.087	1.227	1.469	1.583	1.308	0.552	0.294	0.030
1.50	1.000	1.027	1.075	1.191	1.401	1.574	1.572	0.756	0.422	0.041
2.00	1.000	1.022	1.066	1.163	1.338	1.510	1.654	0.950	0.53	0.053
4.00	1.000	1.007	1.042	1.097	1.239	1.369	1.546	1.479	0.952	0.093
10.00	1.000	1.010	1.016	1.050	1.126	1.220	1.345	1.661	1.646	0.210

表 I.4 不同入射角度对 $H'(3, \alpha)$ 的修正系数

能量 MeV	$R(0.07, \alpha)$									
	0°	15°	30°	45°	60°	67.5°	75°	82.5°	85°	89°
0.08	1.000	0.839	0.465	0.167	0.037	0.021	0.003	—	—	—
1	1.000	0.905	0.657	0.346	0.127	0.063	0.027	0.007	0.004	—
1.50	1.000	0.951	0.798	0.548	0.276	0.172	0.086	0.029	0.015	0.002
2.00	1.000	1.000	0.940	0.746	0.425	0.267	0.138	0.047	0.026	0.003
4.00	1.000	1.036	1.134	1.272	1.039	0.741	0.412	0.142	0.078	0.007
10.00	1.000	1.005	1.025	1.092	1.347	1.419	1.048	0.402	0.215	0.1;9

表 I.5 不同入射角度对 $H'(10, \alpha)$ 的修正系数

能量 MeV	$R(10, \alpha)$									
	0°	15°	30°	45°	60°	67.5°	75°	82.5°	85°	89°
2.00	1.000	0.720	0.308	0.088	0.029	0.20	0.010	—	—	—
4.00	1.000	0.454	0.677	0.526	0.239	0.134	0.062	0.02	0.01	0.01
10.00	1.000	1.017	1.083	1.211	1.008	0.694	0.360	0.114	0.060	0.060