

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 244-2017

代替 GBZ/T 244-2013, WS/T 188-1999

电离辐射所致皮肤剂量估算方法

Estimation methods of skin dose caused by ionizing radiation

2017 - 10 - 27 发布

2018 - 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 II

1 范围 1

2 术语和定义 1

3 通用要求 1

4 X、 γ 外照射皮肤吸收剂量估算方法 1

5 中子外照射皮肤吸收剂量估算方法 4

6 电子外照射皮肤吸收剂量估算方法 5

7 α 粒子外照射皮肤吸收剂量估算方法 6

8 皮肤污染时的皮肤吸收剂量估算方法 7

附录 A （资料性附录） X、 γ 外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数 8

附录 B （资料性附录） 外照射皮肤吸收剂量估算方法应用 17

附录 C （资料性附录） 中子外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数 21

附录 D （资料性附录） 电子外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数 26

附录 E （资料性附录） α 粒子外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数 28

附录 F （规范性附录） 皮肤污染所致 $H_p(0.07)$ 的估算方法 29

参考文献 30

前 言

本标准依据《中华人民共和国职业病防治法》起草。

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准代替GBZ/T 244-2013《 β 射线所致皮肤剂量估算规范》和WS/T 188-1999《X、 γ 射线和中子所致皮肤损伤的剂量估算规范》，与GBZ/T 244-2013和WS/T 188-1999相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改标准名称为《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》；
- 修改了X、 γ 、中子和电子外照射剂量估算方法及相关参数（见第4章～6章，附录A，附录C和附录D，WS/T 188-1999的第4章，GBZ/T 244-2013的第3章和第4章）；
- 增加了 α 粒子外照射和皮肤污染所致皮肤剂量的估算方法（见第7章和附录F）；
- 增加了外照射皮肤吸收剂量估算方法举例（见附录B）。

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、孙全富、张文艺、焦玲、何玲。

电离辐射所致皮肤剂量估算方法

1 范围

本标准规定了电离辐射所致皮肤剂量估算的方法。

本标准适用于成人受到电离辐射外照射时皮肤剂量的估算。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

皮肤当量剂量 skin equivalent dose

特定电离辐射在皮肤中产生的平均吸收剂量与该种辐射的辐射权重因子的乘积。

2.2

照射几何条件 irradiation geometries

平行辐射束入射到人体上的照射几何条件。

注：常用的这类照射几何条件有：

- 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。

3 通用要求

3.1 仅当 α 粒子能量 ≥ 6.5 MeV，电子能量 ≥ 0.01 MeV，X、 γ 射线能量 ≥ 10 keV 才需进行外照射皮肤剂量估算。

3.2 在辐射损伤疾病诊断中，特别是超剂量限值时，宜用皮肤吸收剂量作为皮肤剂量估算目标量；在辐射防护评价中应使用皮肤当量剂量为估算目标量。

3.3 皮肤剂量估算的结果报告时除给出平均值外，还应给出受照射线种类、能量、剂量率、受照面积大小、照射的次数和照射间隔时间等信息。

4 X、 γ 外照射皮肤吸收剂量估算方法

4.1 有个人监测信息的剂量估算

当有X、 γ 个人剂量当量 $H_p(d)$ 监测或估算结果、并有射线能量和入射角等信息时，应用式（1）估算皮肤吸收剂量：

$$D_S = f_{py} H_p(d) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D_S ——皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

f_{py} ——个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数（其值参见附录A中A.2的方法计算），单位为毫戈瑞每毫希沃特（mGy/mSv）；

$H_p(d)$ ——个人剂量当量（对X、 γ 射线，一般应采用皮肤估算位置的 $H_p(0.07)$ 进行皮肤吸收剂量估算；无 $H_p(0.07)$ 资料，且为强贯穿辐射所致均匀照射时，也可用 $H_p(10)$ 进行皮肤吸收剂量估算），单位为毫希沃特（mSv）。

4.2 有注量信息时的剂量估算

4.2.1 有辐射场注量相关信息时，皮肤吸收剂量用式(2)进行估算：

$$D_S = f_{zy} \Phi_\gamma \times 10^{-9} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D_S ——皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

f_{zy} ——X、 γ 辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数（不同照射几何条件下的值参见附录A中表A.6和A.7），单位为皮戈瑞平方厘米（pGy·cm²）；

Φ_γ ——X、 γ 辐射场的注量，单位为每平方厘米（cm⁻²）；

10^{-9} ——皮戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

4.2.2 X、 γ 辐射场的注量可用以下方式获取：

a) 若有用注量率测量仪器直接测得的辐射场的注量率，可用式（3）计算出注量。

$$\Phi_\gamma = \phi_\gamma \cdot t \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Φ_γ ——X、 γ 辐射场的注量，单位为每平方厘米（cm⁻²）；

ϕ_γ ——X、 γ 辐射场的注量率，单位为每平方厘米每小时（cm⁻²·h⁻¹）；

t ——人员在相应场所的停留时间，单位为小时（h）。

b) 若已知核素源的放射性活度，则可用式（4）计算注量。

$$\Phi_\gamma = \frac{AF_\gamma t}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Φ_γ ——X、 γ 辐射场的注量，单位为每平方厘米（cm⁻²）；

- A ——放射源的放射性活度，单位为贝可（Bq）；
 F_{γ} ——放射源每次衰变发射X、 γ 射线的分支比（其值参见表A.8）；
 t ——人员在相应场所的停留时间，单位为秒（s）；
 R ——关注点到源的距离，单位为厘米（cm）。

4.3 有场所检测资料的剂量估算

4.3.1 有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用式(5)进行估算：

$$D_S = C_{kS}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- D_S ——皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；
 $\dot{k}$ ——X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（ $\mu\text{Gy/h}$ ）；
 C_{kS} ——空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（其值对男性参见附录A中表A.4；对女性参见表A.5），单位为戈瑞每戈瑞（Gy/Gy）；
 t ——人员累积受照时间，单位为小时（h）；
 10^{-3} ——微戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

4.3.2 X、 γ 辐射场的空气比释动能率可用以下方式之一获取：

- a) 用空气比释动能率测量仪器直接测得的辐射场的空气比释动能率；
b) 若有辐射场周围剂量当量率的测量数据，可用式（6）计算辐射场的空气比释动能率；

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^*(10)}{C_{kH^*}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $\dot{k}$ ——X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（ $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；
 $\dot{H}^*(10)$ ——X、 γ 辐射场的周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；
 C_{kH^*} ——空气比释动能到周围剂量当量的转换系数（其值参见附录A中表A.9），单位为希沃特每戈瑞（Sv/Gy）。

- c) 若有辐射场定向剂量当量率的测量数据，可用式（7）计算辐射场的空气比释动能率；

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}'(0.07, 0^\circ)}{C_{kH'}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $\dot{k}$ ——X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（ $\mu\text{Gy/h}$ ）；
 $\dot{H}'(0.07)$ ——定向剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；
 $C_{kH'}$ ——空气比释动能到定向剂量当量的转换系数（其值参见附录A中表A.9），单位为希沃特每戈瑞（Sv/Gy）。

4.3.3 X、 γ 外照射皮肤吸收剂量估算方法举例参见附录B。

5 中子外照射皮肤吸收剂量估算方法

5.1 有个人监测信息的剂量估算

当有中子个人剂量当量 $H_p(10)$ 监测结果、并有中子射线能量和入射角信息时，应用式（8）估算皮肤吸收剂量：

$$D_S = f_{pn} H_p(10) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

D_S ——皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

f_{pn} ——个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数（其值参见附录C中C.1的方法计算），单位为戈瑞每希沃特（Gy/Sv）；

$H_p(10)$ ——个人剂量当量，单位为毫希沃特（mSv）。

5.2 有注量信息时的剂量估算

5.2.1 有辐射场注量相关信息时，皮肤吸收剂量用式(9)进行估算：

$$D_S = C_{\Phi_e} \times \Phi_n \times 10^{-9} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

D_S ——皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

C_{Φ_e} ——中子辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数（其值参见附录C中表C.1和表C.2），单位为皮戈瑞平方厘米（pGy·cm²）；

Φ_n ——中子辐射场的注量，单位为每平方厘米（cm⁻²）；

10^{-9} ——皮戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

5.2.2 中子辐射场的注量可用以下方式之一获取：

a) 若有用中子注量率测量仪器直接测得的辐射场的注量率，可用式（10）计算出注量。

$$\Phi_n = \phi_n \cdot t \dots\dots\dots (10)$$

式中：

Φ_n ——中子辐射场的注量，单位为每平方厘米（cm⁻²）；

ϕ_n ——中子辐射场的注量率，单位为每平方厘米小时（cm⁻²·h⁻¹）；

t ——人员在相应场所的停留时间，单位为小时（h）。

b) 若已知核素源的放射性活度，则可用式（11）计算注量。

$$\Phi_\gamma = \frac{A F_n t}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

Φ_{γ} ——中子辐射场的注量, 单位为每平方厘米 (cm^{-2});

A ——放射源的放射性活度, 单位为贝可 (Bq);

F_n ——中子放射源每次衰变发射的中子数 (其值参见附录C中表C.4);

t ——人员在相应场所的停留时间, 单位为秒 (s)

R ——关注点到源的距离, 单位为厘米 (cm)。

c) 若有中子辐射场周围剂量当量率监测数据时, 则可用式 (12) 计算注量:

$$\Phi_n = \frac{\dot{H}^*(10) \times t \times 10^6}{C_{\Phi H}} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

Φ_n ——中子辐射场注量, 单位为每平方厘米 (cm^{-2});

$\dot{H}^*(10)$ ——周围剂量当量率, 单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

t ——人员在相应场所的停留时间, 单位为小时 (h);

$C_{\Phi H}$ ——中子注量到周围剂量当量的转换系数 (其值参见附录C中表C.3), 单位为皮希沃特平方厘米 ($\text{pSv}\cdot\text{cm}^2$);

10^6 ——微希沃特每小时转化为皮希沃特每小时的转换系数。

5.2.3 中子外照射皮肤吸收剂量估算方法举例参见附录B。

6 电子外照射皮肤吸收剂量估算方法

6.1 有注量信息的剂量估算

6.1.1 有辐射场注量相关信息时, 皮肤吸收剂量用式(13)进行估算:

$$D_S = f_{ze} \cdot \Phi_e \times 10^{-9} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

D_S ——皮肤吸收剂量, 单位为毫戈瑞 (mGy);

f_{ze} ——电子辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数 (其值参见附录D中表D.1), 单位为皮戈瑞平方厘米 ($\text{pGy}\cdot\text{cm}^2$);

Φ_e ——电子辐射场中皮肤相应位置的注量, 单位为每平方厘米秒 (cm^{-2});

10^{-9} ——皮戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

6.1.2 电子辐射场的注量可用以下方式之一获取:

a) 若有用电子注量率测量仪器直接测得的辐射场的注量率, 可用式 (14) 计算出注量。

$$\Phi_n = \phi_e \cdot t \dots\dots\dots (14)$$

式中:

ϕ_e ——电子辐射场的注量, 单位为每平方厘米 (cm^{-2});

ϕ_e ——电子辐射场的注量率，单位为每平方厘米小时（ $\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

t ——人员在相应场所的停留时间，单位为小时（h）。

b) 若已知核素源的放射性活度及每次衰变发射的 β （包括电子）粒子数，则可用式（15）计算注量。

$$\Phi_e = \frac{AF_e t}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

Φ_e ——电子辐射场的注量，单位为每平方厘米（ cm^{-2} ）；

A ——放射源的放射性活度，单位为贝可（Bq）；

F_e —— β 发射放射源每次衰变发射的电子数（其值参见附录D中表D.2）；

t ——人员在相应场所的停留时间，单位为秒（s）

R ——关注点到源的距离，单位为厘米（cm）。

6.2 有定向剂量当量率信息

6.2.1 当有电子辐射场定向剂量当量率信息时，可用式（16）先计算出中子注量率，再用式（13）计算皮肤吸收剂量。此时的估算仅适用于全身均匀照射的情况。

$$\phi_e = \frac{\dot{H}'(0.07, 0^\circ) \times R(0.07, \alpha) \times 10^3}{C_{eH}} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

C_{eH} ——电子注量到周围剂量当量的转换系数（其值参见附录 D 中的表 D.3），单位为纳希沃特平方厘米（ $\text{nSv}\cdot\text{cm}^2$ ）；

$\dot{H}'(0.07, 0^\circ)$ ——入射方向为 0° 时的浅层定向剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$R(0.07, \alpha)$ ——相对于入射角度为 α 时的定向剂量当量修正值（其值参见附录 D 表 D.4～表 D.5）；

10^3 ——微希沃特每小时转换为纳希沃特每小时的转换系数。

6.2.2 电子外照射皮肤吸收剂量估算方法举例参见附录 B。

7 α 粒子外照射皮肤吸收剂量估算方法

7.1 一般情况下， α 粒子不会引起外照射辐射损伤，仅当 α 粒子能量 $\geq 6.5 \text{ MeV}$ 才需要进行皮肤剂量的估算。

7.2 若需要进行皮肤剂量的估算，皮肤吸收剂量用式(17)进行估算：

$$D_S = f_{ze} \cdot \phi_e \cdot t \dots\dots\dots (17)$$

式中：

D_S ——皮肤吸收剂量，单位为微戈瑞（ μGy ）；

f_{za} —— α 粒子辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数（其值参见附录E中表E.1），单位为微戈瑞平方厘米（ $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ）；

ϕ_e ——用仪器测量的 α 粒子辐射场的注量率，单位为每平方厘米小时（ $\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

t ——人员在相应场所的停留时间，单位为小时（h）。

8 皮肤污染时的皮肤吸收剂量估算方法

8.1 皮肤剂量估算

在皮肤表面 β 污染的情况时，基于 $H_p(0.07)$ 可用式（18）计算污染处皮肤的吸收剂量。

$$D_s = f_{dH} \cdot H_p(0.07) \dots\dots\dots (18)$$

式中：

D_s ——皮肤吸收剂量，单位为微戈瑞（ μGy ）；

$H_p(0.07)$ ——皮肤表面 β 污染所致的个人剂量当量，单位为微希沃特（ μSv ）；

f_{dH} —— $H_p(0.07)$ 到污染皮肤吸收剂量的转换系数，单位为微戈瑞每微希沃特（ $\mu\text{Gy}/\mu\text{Sv}$ ）。

注：可用实验方法确定 f_{dH} ，亦可粗略将 $H_p(0.07)$ 的数值视为污染皮肤的吸收剂量的数值（这时可取 $f_{dH} \approx 1$ ）。

8.2 $H_p(0.07)$ 估算

参见附录 F 的方法估算 $H_p(0.07)$ 。

附 录 A
(资料性附录)

X、 γ 外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数

A.1 空气比释动能与注量的相互转换系数

表 A.1 列出了 X、 γ 外照射，空气比释动能与注量的相互转换系数。

表 A.1 空气比释动能与注量相互转换时的转换系数

光子能量 MeV	$(\mu_{tr}/\rho)_{air}$ $cm^2 \cdot g^{-1}$	单位注量的空气比释动能 $pGy \cdot cm^2$
0.010	4.61	7.38
0.015	1.27	3.052
0.02	0.511	1.637
0.03	0.148	0.711
0.04	0.0668	0.4281
0.05	0.0406	0.3252
0.06	0.0305	0.2932
0.07	0.0270	0.3028
0.08	0.0243	0.3114
0.10	0.0234	0.3749
0.15	0.0250	0.601
0.2	0.0268	0.859
0.3	0.0287	1.379
0.4	0.0295	1.890
0.5	0.0297	2.379
0.6	0.0296	2.845
0.8	0.0289	3.704
1.0	0.0280	4.486
1.25	0.0268	5.37
1.5	0.0256	6.15
2	0.0236	7.56
3	0.0207	9.95
4	0.0189	12.11
5	0.0178	14.26
6	0.0168	16.15
8	0.0157	20.12
10	0.0151	24.19

注： $(\mu_{tr}/\rho)_{air}$ 引自苏旭 张良安主编 《实用辐射防护与剂量学》，原子能出版社，2014。
单位注量的空气比释动能= $1.602E(\mu_{tr}/\rho)_{air} \times 10^{-10}$ ，单位pGy cm^2 。E的单位MeV； $(\mu_{tr}/\rho)_{air}$ 的单位 $cm^2 g^{-1}$ 。

A.2 个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{py}

个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{py} 用式 (A.1) 计算：

$$f_{py} = C_{ks} / C_{kp} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

f_{py} —— 个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数, 单位为毫戈瑞每毫希沃特 (mGy/mSv);

C_{kp} —— 从空气比释动能到个人剂量当量的转换系数 (其值见表A.2和表A.3), 单位为毫希沃特每毫戈瑞 (mSv/mGy);

C_{ks} —— 空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 (其值见表A.4和表A.5), 单位为毫戈瑞每毫戈瑞 (mGy/mGy)。

表 A.2 从空气比释动能到 $H(10, \alpha)$ 的转换系数 C_p

光子能量 MeV	垂直入射 (0°) C_p mSv/mGy	相对于垂直入射的角度修正因子, $H(10, \alpha) / H(10, 0^\circ)$					
		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: 本表的数据来源: ICRP 74 出版物, 1996。

表 A.3 空气比释动能到 $H_b(0.07, \alpha)$ 的转换系数

光子能量 MeV	垂直入射 (0°) C_{sp} mSv/mGy	相对于垂直入射的角度修正因子, $H_b(0.07, \alpha)/H_b(0.07, 0^\circ)$					
		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：本表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。

A.3 辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数

表 A.6 中列出了 X、 γ 辐射场注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数；表 A.7 中列出了 X、 γ 辐射场注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数。

A.4 放射性核素源每次衰变发射X、 γ 射线的分支比

表A.8中列出了放射性核素源每次衰变发射X、 γ 射线的分支比。

A.5 空气比释动能到周围剂量当量或定向剂量当量的转换系数

表A.9中列出了空气比释动能到周围剂量当量或定向剂量当量的转换系数。

表 A.4 空气比释动能到男性皮肤吸收剂量的转换系数 C_{ks}

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{ks} mGy/mGy					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
0.01	0.236	0.233	0.124	0.123	0.194	0.159
0.015	0.403	0.393	0.218	0.214	0.341	0.300
0.02	0.522	0.515	0.293	0.285	0.449	0.408
0.03	0.712	0.712	0.419	0.409	0.617	0.567
0.04	0.878	0.883	0.530	0.521	0.762	0.696
0.05	1.009	1.012	0.618	0.606	0.873	0.793
0.06	1.091	1.088	0.672	0.662	0.941	0.849
0.07	1.077	1.083	0.684	0.670	0.944	0.852
0.08	1.134	1.127	0.716	0.706	0.986	0.886
0.1	1.123	1.115	0.726	0.718	0.982	0.888
0.15	1.080	1.065	0.720	0.712	0.947	0.862
0.2	1.045	1.030	0.716	0.707	0.922	0.844
0.3	1.015	1.001	0.716	0.709	0.899	0.827
0.4	0.989	0.968	0.714	0.709	0.884	0.820
0.5	0.963	0.946	0.710	0.706	0.870	0.807
0.6	0.942	0.921	0.707	0.699	0.851	0.794
0.8	0.891	0.875	0.694	0.688	0.818	0.769
1.0	0.847	0.829	0.675	0.671	0.782	0.742
1.25	0.788	0.769	0.648	0.642	0.736	0.702
1.5	0.756	0.738	0.637	0.633	0.714	0.685
2.0	0.698	0.683	0.611	0.608	0.668	0.647
3.0	0.629	0.621	0.581	0.579	0.614	0.603
4.0	0.587	0.583	0.562	0.561	0.582	0.573
5.0	0.554	0.552	0.545	0.545	0.556	0.548
6.0	0.536	0.537	0.539	0.539	0.543	0.535
8.0	0.502	0.507	0.522	0.522	0.517	0.512
10.0	0.475	0.484	0.508	0.508	0.492	0.488
注：本表的数据来源：依据ICRP 116 出版物，2010中男性光子注量到皮肤吸收剂量的转换系数，并考虑到表A.1中注量到空气比释动能转换系数推算而得出。						

表A.5 空气比释动能到女性皮肤吸收剂量的转换系数 C_{ks}

能量 MeV	不同入射方式下的 C_{ks} mGy/mGy					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
0.01	0.264	0.260	0.135	0.136	0.215	0.1775
0.015	0.426	0.416	0.225	0.227	0.360	0.3182
0.02	0.546	0.534	0.302	0.304	0.469	0.4252
0.03	0.747	0.744	0.439	0.442	0.647	0.589
0.04	0.916	0.927	0.554	0.556	0.799	0.719
0.05	1.046	1.055	0.640	0.643	0.910	0.818
0.06	1.119	1.129	0.692	0.696	0.975	0.873
0.07	1.120	1.120	0.700	0.700	0.971	0.872
0.08	1.156	1.162	0.732	0.735	1.012	0.906
0.1	1.144	1.144	0.739	0.744	1.000	0.902
0.15	1.095	1.085	0.730	0.735	0.967	0.875
0.2	1.059	1.050	0.725	0.730	0.942	0.854
0.3	1.022	1.008	0.725	0.732	0.921	0.841
0.4	0.995	0.979	0.725	0.730	0.899	0.825
0.5	0.967	0.950	0.719	0.723	0.879	0.811
0.6	0.935	0.924	0.710	0.714	0.854	0.793
0.8	0.883	0.869	0.691	0.694	0.813	0.764
1.0	0.829	0.816	0.669	0.673	0.771	0.731
1.25	0.767	0.752	0.641	0.642	0.723	0.691
1.5	0.733	0.727	0.629	0.631	0.699	0.672
2.0	0.675	0.669	0.599	0.603	0.657	0.628
3.0	0.612	0.606	0.576	0.577	0.606	0.587
4.0	0.571	0.571	0.558	0.561	0.576	0.560
5.0	0.540	0.543	0.542	0.543	0.549	0.538
6.0	0.523	0.530	0.537	0.536	0.537	0.527
8.0	0.490	0.502	0.522	0.517	0.512	0.502
10.0	0.463	0.471	0.504	0.504	0.488	0.480
注：本表的数据来源：依据ICRP 116 出版物，2010中女性光子注量到皮肤吸收剂量的转换系数，并考虑到表A.1中注量到空气比释动能转换系数推算而得出。						

表A.6 X、 γ 辐射场注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数

光子能量 MeV	不同照射几何条件下注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数 pGy·cm ²					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
0.01	1.74	1.72	0.912	0.907	1.43	1.17
0.015	1.23	1.20	0.665	0.653	1.04	0.917
0.02	0.855	0.839	0.480	0.467	0.735	0.667
0.03	0.506	0.506	0.298	0.291	0.439	0.403
0.04	0.376	0.378	0.227	0.223	0.326	0.298
0.05	0.328	0.329	0.201	0.197	0.284	0.258
0.06	0.320	0.319	0.197	0.194	0.276	0.249
0.07	0.326	0.328	0.207	0.203	0.286	0.258
0.08	0.353	0.351	0.223	0.220	0.307	0.276
0.1	0.421	0.418	0.272	0.269	0.368	0.333
0.15	0.649	0.640	0.433	0.428	0.569	0.518
0.2	0.898	0.885	0.615	0.607	0.792	0.725
0.3	1.40	1.38	0.987	0.978	1.24	1.14
0.4	1.87	1.83	1.35	1.34	1.67	1.55
0.5	2.29	2.25	1.69	1.68	2.07	1.92
0.511	2.34	2.29	1.73	1.71	2.11	1.96
0.6	2.68	2.62	2.01	1.99	2.42	2.26
0.662	2.89	2.83	2.20	2.18	2.62	2.46
0.8	3.30	3.24	2.57	2.55	3.03	2.85
1.0	3.80	3.72	3.03	3.01	3.51	3.33
1.117	4.03	3.95	3.27	3.24	3.76	3.57
1.33	4.40	4.31	3.65	3.62	4.14	3.95
1.5	4.65	4.54	3.92	3.89	4.39	4.21
2.0	5.28	5.16	4.62	4.60	5.05	4.89
3.0	6.26	6.18	5.78	5.76	6.11	6.00
4.0	7.11	7.06	6.81	6.79	7.05	6.94
5.0	7.90	7.87	7.77	7.77	7.93	7.81
6.0	8.65	8.67	8.71	8.70	8.77	8.64
6.129	8.75	8.77	8.83	8.82	8.88	8.75
8.0	10.1	10.2	10.5	10.5	10.4	10.3
10.0	11.5	11.7	12.3	12.3	11.9	11.8
15.0	14.8	15.2	16.6	16.6	15.7	15.6
20.0	17.9	18.3	20.7	20.7	19.2	19.3
30.0	23.2	23.8	28.3	28.4	25.6	26.0
注：本表的数据来源：ICRP 116 出版物，2010。						

表A.7 X、 γ 辐射场注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数

光子能量 MeV	不同照射几何条件下注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数 pGy·cm ²					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
0.01	1.95	1.92	0.998	1.00	1.59	1.31
0.015	1.30	1.27	0.688	0.692	1.10	0.971
0.02	0.894	0.874	0.494	0.497	0.768	0.696
0.03	0.531	0.529	0.312	0.314	0.460	0.419
0.04	0.392	0.397	0.237	0.238	0.342	0.308
0.05	0.340	0.343	0.208	0.209	0.296	0.266
0.06	0.328	0.331	0.203	0.204	0.286	0.256
0.07	0.339	0.339	0.212	0.212	0.294	0.264
0.08	0.360	0.362	0.228	0.229	0.315	0.282
0.1	0.429	0.429	0.277	0.279	0.375	0.338
0.15	0.658	0.652	0.439	0.442	0.581	0.526
0.2	0.910	0.902	0.623	0.627	0.809	0.734
0.3	1.41	1.39	1.00	1.01	1.27	1.16
0.4	1.88	1.85	1.37	1.38	1.70	1.56
0.5	2.30	2.26	1.71	1.72	2.09	1.93
0.511	2.34	2.30	1.74	1.76	2.13	1.97
0.6	2.66	2.63	2.02	2.03	2.43	2.26
0.662	2.87	2.83	2.20	2.22	2.63	2.45
0.8	3.27	3.22	2.56	2.57	3.01	2.83
1.0	3.72	3.66	3.00	3.02	3.46	3.28
1.117	3.94	3.87	3.23	3.25	3.70	3.52
1.33	4.27	4.22	3.61	3.62	4.04	3.88
1.5	4.51	4.47	3.87	3.88	4.30	4.13
2.0	5.10	5.06	4.53	4.56	4.97	4.75
3.0	6.09	6.03	5.73	5.74	6.03	5.84
4.0	6.92	6.91	6.76	6.79	6.97	6.78
5.0	7.70	7.75	7.73	7.75	7.83	7.67
6.0	8.45	8.56	8.67	8.66	8.67	8.51
6.129	8.54	8.66	8.79	8.78	8.77	8.60
8.0	9.85	10.1	10.5	10.4	10.3	10.1
10.0	11.2	11.4	12.2	12.2	11.8	11.6
15.0	14.4	14.7	16.4	16.4	15.5	15.3
20.0	17.3	17.7	20.5	20.5	18.9	18.9
30.0	22.5	22.9	28.1	28.1	25.1	25.5
注：本表的数据来源：ICRP 116 出版物，2010。						

表 A.8 放射性核素源每次衰变发射 X、 γ 射线的分支比 F_γ

放射性核素	半衰期	最大能量 MeV	平均能量 MeV	F_γ
氟-18	109.77 min	0.5110	0.5109	1.9348
钠-22	2.6088 a	1.2745	0.7834	2.7986
氩-37	35.04 d	—	0.0026	0.0850
钾-40	1.28×10^9 a	1.4610	1.343	0.1161
钙-47	4.536 d	1.8780	1.1991	0.8373
钪-46	83.81 d	1.1205	1.0049	1.9997
钪-47	3.3492 d	0.1594	0.1593	0.6836
铬-51	27.7025 d	0.3201	0.1009	0.3257
铁-55	2.73 a	0.0065	0.0059	0.2823
铁-59	44.503 d	1.4817	1.1409	1.0416
钴-57	271.74 d	0.6924	0.0768	1.6297
钴-58	70.86 d	1.6747	0.6206	1.571
钴-60	5.2714 a	1.3325	1.2529	1.9996
锌-65	244.26 d	1.1155	0.6278	0.927
镓-67	3.2612 d	0.8877	0.1096	1.4562
砷-74	17.77 d	2.1982	0.5003	1.5114
砷-76	1.0778 d	2.6553	0.6743	0.61525
硒-75	119.79 d	0.5722	0.1655	2.3448
铷-84	32.77 d	1.8978	0.553	1.6161
铷-86	18.631 d	—	1.0770	0.0864
锶-85	64.84 d	0.8681	0.3207	1.5641
锶-89	50.53 d	—	0.9090	0.0001
钨-99	65.94 h	0.9608	0.4671	0.3257
钨-99m	6.01 h	0.1426	0.1306	0.9688
铟-111	2.8047 d	0.2454	0.1481	2.734
碘-124	4.176 d	2.7469	0.5447	2.1224
碘-125	59.4 d	0.0355	0.0261	1.6248
碘-131	8.0207 d	0.7229	0.3604	1.0617
氙-127	36.4 d	0.6184	0.1387	1.9882
氙-133	5.243 d	0.1606	0.0499	0.9434
氙-133m	2.19 d	0.2332	0.055	0.743
钡-131	11.5 d	1.0476	0.1987	2.3951
镱-169	32.026 d	0.3077	0.0815	3.8677
铈-186	3.7183 d	0.7675	0.0825	0.2513
铈-192	73.827 d	1.0615	0.3459	2.36
金-198	2.6951 d	1.0877	0.4004	1.0062
汞-203	46.612 d	0.2792	0.237	1.0028
注：本表资料来自 http://hps.org/publicinformation/radarddecaydata.cfm 。				

表A.9 空气比释动能到周围剂量当量或定向剂量当量的转换系数

光子能 MeV	$C_{kH^*} = H^*(10)/k_a$ Sv/Gy	$C_{kH'} = H'(0.07,0^\circ)/k_a$ Sv/Gy
0.010	0.0080	0.95
0.015	0.26	0.99
0.020	0.61	1.05
0.030	1.10	1.22
0.040	1.47	1.41
0.050	1.67	1.53
0.060	1.74	1.59
0.080	1.72	1.61
0.100	1.65	1.55
0.150	1.49	1.42
0.200	1.40	1.34
0.300	1.31	1.31
0.400	1.26	1.26
0.500	1.23	1.23
0.600	1.21	1.21
0.800	1.19	1.19
1	1.17	1.17
1.5	1.15	1.15
2	1.14	1.14
3	1.13	1.13
4	1.12	1.12
5	1.11	1.11
6	1.11	1.11
8	1.11	1.11
10	1.10	1.10
注：本表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。		

附 录 B

(资料性附录)

外照射皮肤吸收剂量估算方法应用

B.1 应用中的注意事项

B.1.1 一般用受照皮肤 0.07 mm 深处的吸收剂量来表示该处皮肤吸收剂量。为了评价皮肤的确定性效应,必要时,可估算受照皮肤其他深度的吸收剂量,例如 0.3mm~0.5 mm 深处,在事故剂量评价中还可测量吸收剂量随皮肤深度的变化。

B.1.2 在进行皮肤当量剂量评价时,对不均匀照射的皮肤,应用 1 cm² 面积上的平均皮肤吸收剂量来代表该处的皮肤吸收剂量。对较大面积皮肤受到不均匀照射的情况,必要时,还宜给出受照面积上的吸收剂量分布。

B.1.3 在防护评价中,一般可将受照皮肤处的个人剂量当量 ($H_p(0.07)$) 监测结果视为皮肤当量剂量,在均匀照射的情况下,也可将个人剂量当量 ($H_p(10)$) 监测结果视为受照皮肤的皮肤当量剂量。

B.1.4 若需进行皮肤吸收剂量估算,一般应用受照皮肤处的个人剂量当量 ($H_p(0.07)$) 监测结果进行估算,在均匀照射的情况下,也可用个人剂量当量 ($H_p(10)$) 监测结果进行皮肤吸收剂量估算;无个人监测数据时,再用其他剂量信息(例如,辐射场的注量、空气比释动能、周围剂量当量、定向剂量当量等)进行皮肤吸收剂量估算,但采集这些数据的辐射场位置应与受照皮肤相近。

B.1.5 皮肤吸收剂量估算时,若需采用模拟剂量测量,应注意以下技术环节:

- a) 测量用的剂量计应是薄型剂量计,剂量计厚度不宜大于 1 mm,可不用组织等效材料覆盖在探测元件上面(采用开窗方式);
- b) 模拟检测时剂量计应置于受照皮肤部位;
- c) 对受到不均匀照射的皮肤,可用 1 cm² 面积上的平均皮肤吸收剂量来代表该处的皮肤吸收剂量;
- d) 对较大面积的皮肤受到不均匀照射,必要时,还宜给出受照面积上的吸收剂量分布。

B.1.6 应基于不同场景、源项信息、检测数据和其他相关信息,分别用第 5 章~第 7 章的方法进行皮肤剂量估算。

B.1.7 若剂量估算的目标量是皮肤当量剂量时,对 X、 γ 和电子为 $W_R=1$; 对中子按其能量 W_R 分别取值如下: $E_n < 1$ MeV 时, $W_R = 2.5 + 18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}$;

1 MeV $\leq E_n \leq 50$ MeV 时, $W_R = 5.0 + 17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}$;

$E_n > 50$ MeV 时, $W_R = 2.5 + 3.2e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}$

B.2 X、 γ 外照射皮肤吸收剂量估算方法举例

B.2.1 有个人监测信息

例：若进行介入操作的一个男性工作人员的操作手受到事故照射，受照部位 $H_p(0.07)$ 的监测结果为 500mSv，X 射线的平均能量为 30 keV，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：因 X 射线的平均能量为 30 keV，而且可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。

从表 A.3 可查得空气比释动能到 $H_p(0.07, 0^\circ)$ 的转换系数 $C_{kp}=1.230$ mSv/mGy；

从表 A.4 可查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{ks}=0.712$ mGy/mGy；

由式 (A.1) 可计算个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{py}

$$f_{py} = C_{ks} / C_{kp} = 0.712 / 1.23 \approx 0.579 \text{ mGy/mSv}$$

$$H_p(0.07) = 500 \text{ mSv}$$

用式 (1) 计算受照皮肤吸收剂量 D_s

$$D_s = f_{py} H_p(d) = 0.579 \times 500 = 289.5 \text{ mGy}$$

B. 2.2 有注量监测信息

例：若进行介入操作的一个男性工作人员的操作手受到事故照射，受照部位注量的监测结果为 $50 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ，X 射线的平均能量为 30 keV，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：因 X 射线的平均能量为 30 keV，而且可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。

从表 A.6 可查得 X、 γ 辐射场注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数 $f_{zy}=0.506$ pGy $\cdot\text{cm}^2$ ；

用式 (1) 计算受照皮肤吸收剂量 D_s

$$D_s = f_{zy} \Phi_\gamma \times 10^{-9} = 0.506 \times 50 \times 10^{10} \times 10^{-9} = 253 \text{ mGy}$$

B. 2.3 有场所监测信息

例：若进行介入操作的一个男性工作人员的操作手受到事故照射，受照部位周围剂量当量的监测结果为 500mSv，X 射线的平均能量为 30 keV，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：因 X 射线的平均能量为 30 keV，而且可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。

从表 A.8 可查得 X、 γ 辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转换系数 $C_{kh^*}=1.10$ Sv/Gy；

参考式 (6) 计算这次事故辐射场的空气比释动能：

$$k = \frac{H^*(10)}{C_{kh^*}} = \frac{500}{1.10} \approx 455 \text{ mGy}$$

从表 A.4 可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{ks}=0.654$ mGy/mGy；

参考式 (5) (这时 $k = (\dot{k} \times t) \times 10^{-3}$) 可计算受照皮肤的吸收剂量：

$$D_s = C_{ks} \times (\dot{k} \times t) \times 10^{-3} = C_{ks} \times k = 0.654 \times 455 \approx 298 \text{ mGy}$$

B. 3 中子外照射皮肤吸收剂量估算方法举例

B.3.1 有个人监测信息

例：若进行 $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ 中子源操作的一个男性工作人员受到事故照射，受照部位 $H_p(10)$ 的监测结果为 500mSv，中子的平均能量为 4.5MeV，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：中子的平均能量为 4.5MeV，而且可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。

用插值法从表 C.1 可得中子注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{\Phi_e} = 37.05 \text{ pGy}\cdot\text{cm}^2$ ；

用插值法从表 C.3 可得中子注量到个人剂量当量的转换系数 $C_{\Phi_p} = 421.5 \text{ pSv}\cdot\text{cm}^2$ ；

用公式 (C.1) 可计算中子个人剂量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{pn} ：

$$f_{pn} = C_{\Phi_e} / C_{\Phi_p} = 37.05 \div 421.5 \approx 0.089 \quad \text{mGy/mSv}$$

用式 (8) 可计算出皮肤吸收剂量 D_s ：

$$D_s = f_{pn} H_p(10) = 0.089 \times 500 = 44.5 \quad \text{mGy}$$

B.3.2 有注量监测信息

例：若进行 $\text{Am-241}/\text{Be}$ 中子源操作的一个男性工作人员受到事故照射，事故期间受照部位注量的监测结果为 $50 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ ，中子的平均能量为 4.5MeV，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：中子的平均能量为 4.5MeV，而且可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。

用插值法从表 C.1 可查得中子辐射场注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{\Phi_e} = 37.05 \text{ pGy}\cdot\text{cm}^2$ ；

用式 (9) 计算受照皮肤吸收剂量 D_s ：

$$D_s = C_{\Phi_e} \times \Phi_n \times 10^{-9} = 37.05 \times 50 \times 10^9 \times 10^{-9} \approx 1.85 \times 10^3 \quad \text{mGy}$$

B.3.3 有场所监测信息

例：若进行 $\text{Am-241}/\text{Be}$ 中子源操作的一个女性工作人员受到事故照射，事故期间受照部位周围剂量当量的监测结果为 500mSv，中子的平均能量为 4.5MeV，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：因中子的平均能量为 4.5MeV，而且可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。

从表 C.3 中用插值法可以得到中子注量到周围剂量当量的转换系数， $C_{\Phi_H} = 406.5 \text{ pSv}\cdot\text{cm}^2$ ；

参照式 (12) 可以计算出这种情况下事故期间受照部位注量 Φ_n ：

$$\Phi_n = \frac{H^*(10)}{C_{\Phi_H}} = \frac{0.5}{406.5 \times 10^{-12}} \approx 1.23 \times 10^9 \quad \text{cm}^{-2}$$

从表 C.2 中用插值法可以得到中子注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数， $C_{\Phi_e} = 37.65 \text{ pGy}\cdot\text{cm}^2$

用式 (9) 计算受照皮肤吸收剂量 D_s ：

$$D_s = C_{\Phi_e} \times \Phi_n \times 10^{-9} = 37.65 \times 1.23 \times 10^9 \times 10^{-9} \approx 46.3 \quad \text{mGy}$$

B.4 电子外照射皮肤吸收剂量估算方法举例

B. 4. 1 有注量监测信息

例：在进行 Sr-89 核素治疗时一个工作人员受到事故照射， β 近似地视为垂直入射，源的活度为 3.7 GBq，工作人员受照皮肤离源距离为 50cm，受照时间 1h，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：由表 D.2 可查出 Sr-89 β 射线的平均能量为 0.5846MeV，每次衰变发射的 β 粒子数 $F_e=1.0$ ；

用式 (15) 可计算此时的注量：

$$\Phi_e = \frac{AF_e t}{4\pi R^2} = \frac{3.7 \times 10^9 \times 1 \times 3600}{4 \times 3.14 \times (50)^2} = \frac{133.2 \times 10^9}{314} \approx 4.24 \times 10^8 \quad \text{cm}^{-2}$$

从表D.1用插值法可以得到电子辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数 $f_{ze}=351 \text{ pGy} \cdot \text{cm}^2$ ；

用式 (13) 计算受照皮肤的吸收剂量：

$$D_s = f_{ze} \cdot \Phi_e \times 10^{-9} = 351 \times 4.24 \times 10^8 \times 10^{-9} = 1.49 \times 10^2 \text{ mGy}$$

B. 4. 2 有定向剂量当量监测信息

例：在进行 Sr-89 核素治疗时一个工作人员受到事故照射， β 近似地视为垂直入射，在受照皮肤位置监测的定向剂量当量率 $\dot{H}'(0.07) = 820 \mu\text{Sv/h}$ ，受照时间 1h，估算这个工作人员受照部位的皮肤吸收剂量。

解：由表 D.2 可查出 Sr-89 β 射线的平均能量为 0.5846MeV；

参照表 D.3 用插值法可得出电子注量到定向剂量当量的转换系数 $C_{eH} \approx 0.360 \text{ nSv} \cdot \text{cm}^2$ ；

由于是垂直入射情况，因此， $R(0.07, 0^\circ) = 1$ ；

用式 (16) 和式 (14) 计算受照皮肤部位的注量：

$$\Phi = \phi_e \times t = \frac{\dot{H}'(0.07, 0^\circ) \times R(0.07, \alpha) \times 10^3}{C_{eH}} \times t = \frac{820 \times 1 \times 10^3}{0.360} \times 1 \approx 2.78 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$$

再用式 (13) 计算受照皮肤的吸收剂量：

$$D_s = f_{ze} \cdot \Phi_e \times 10^{-9} = 351 \times 2.78 \times 10^6 \times 10^{-9} \approx 0.98 \text{ mGy}$$

附 录 C

(资料性附录)

中子外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数

C.1 个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{pn}

中子个人剂量当量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{pn} 用式 (C.1) 计算:

$$f_{\text{pn}} = C_{\Phi_e} / C_{\Phi_P} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

f_{pn} ——中子个人剂量到皮肤吸收剂量的转换系数, 单位毫戈瑞每毫希沃特 (mGy/mSv);

C_{Φ_e} ——中子注量到皮肤吸收剂量的转换系数 (其值见附录C中表C.1), 单位为皮戈瑞平方厘米 ($\text{pGy}\cdot\text{cm}^2$);

C_{Φ_P} ——中子注量到个人剂量当量的转换系数 (其值见附录C中表C.3), 单位为皮希沃特平方厘米 ($\text{pSv}\cdot\text{cm}^2$)。

C.2 注量到皮肤吸收剂量的转换系数

表C.1中列出了中子辐射场注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数, 表C.2中列出了中子辐射场注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数。

表C.1 中子辐射场注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数

中子能量 MeV	不同照射几何条件下注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数 $\text{pGy}\cdot\text{cm}^2$					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
1.0×10^{-9}	1.62	1.71	0.792	0.786	1.25	0.993
1.0×10^{-8}	1.40	1.43	0.655	0.653	1.11	0.881
2.5×10^{-8}	1.38	1.45	0.653	0.652	1.10	0.870
1.0×10^{-7}	1.48	1.55	0.667	0.667	1.16	0.910
2.0×10^{-7}	1.55	1.63	0.698	0.697	1.20	0.942
5.0×10^{-7}	1.60	1.70	0.726	0.725	1.26	0.978
1.0×10^{-6}	1.62	1.75	0.739	0.740	1.28	0.996
2.0×10^{-6}	1.64	1.77	0.739	0.743	1.30	1.00
5.0×10^{-6}	1.65	1.80	0.743	0.745	1.30	0.999
1.0×10^{-5}	1.63	1.77	0.733	0.732	1.28	0.986
2.0×10^{-5}	1.60	1.75	0.719	0.719	1.26	0.971
5.0×10^{-5}	1.56	1.68	0.689	0.689	1.23	0.942
1.0×10^{-4}	1.52	1.65	0.674	0.674	1.20	0.919
2.0×10^{-4}	1.49	1.63	0.663	0.663	1.17	0.899
5.0×10^{-4}	1.46	1.58	0.645	0.644	1.14	0.878
1.0×10^{-3}	1.45	1.56	0.642	0.642	1.13	0.876
2.0×10^{-3}	1.47	1.57	0.649	0.651	1.15	0.894
5.0×10^{-3}	1.57	1.66	0.708	0.710	1.24	0.978
1.0×10^{-2}	1.78	1.86	0.819	0.818	1.41	1.14
2.0×10^{-2}	2.19	2.25	1.04	1.03	1.76	1.46
3.0×10^{-2}	2.58	2.62	1.26	1.24	2.10	1.76
5.0×10^{-2}	3.30	3.29	1.64	1.61	2.70	2.31

表C.1 (续)

中子能量 MeV	不同照射几何条件下注量到男性皮肤吸收剂量的转换系数 $\text{pGy}\cdot\text{cm}^2$					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
7.0×10^{-2}	3.94	3.90	1.99	1.95	3.23	2.80
1.0×10^{-1}	4.78	4.70	2.46	2.41	3.94	3.46
1.5×10^{-1}	5.99	5.84	3.14	3.07	4.95	4.41
2.0×10^{-1}	7.02	6.82	3.73	3.64	5.83	5.23
3.0×10^{-1}	8.78	8.50	4.76	4.65	7.34	6.63
5.0×10^{-1}	11.6	11.2	6.49	6.33	9.81	8.93
7.0×10^{-1}	14.1	13.6	8.00	7.81	11.9	10.9
9.0×10^{-1}	16.2	15.6	9.39	9.17	13.8	12.6
1.0	17.2	16.6	10.0	9.81	14.6	13.4
1.2	18.9	18.3	11.3	11.0	16.2	14.8
1.5	21.2	20.5	12.9	12.7	18.2	16.8
2.0	24.5	23.8	15.4	15.1	21.3	19.6
3.0	30.3	29.4	19.8	19.5	26.6	24.5
4.0	35.1	34.1	23.6	23.2	30.9	28.5
5.0	39.0	38.0	26.8	26.5	34.7	32.0
6.0	42.3	41.3	29.7	29.3	37.9	35.0
7.0	45.3	44.3	32.3	31.9	40.8	37.7
8.0	48.0	46.9	34.6	34.2	43.3	40.1
9.0	50.5	49.4	36.7	36.3	45.7	42.3
10.0	52.7	51.6	38.7	38.3	47.7	44.3
12.0	56.6	55.4	42.2	41.8	51.1	47.6
14.0	59.4	58.1	45.0	44.6	53.5	50.0
15.0	60.5	59.2	46.1	45.7	54.4	51.0
16.0	61.3	60.0	47.2	46.8	55.1	51.7
18.0	62.5	61.2	48.9	48.5	56.1	52.8
20.0	63.2	61.8	50.3	49.9	56.6	53.5

注：本表的数据来源：ICRP 116 出版物，2010。

表C.2 中子辐射场注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数

中子能量 MeV	不同照射几何条件下注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数 $\text{pGy}\cdot\text{cm}^2$					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
1.0×10^{-9}	1.73	1.85	0.826	0.825	1.28	1.02
1.0×10^{-8}	1.43	1.46	0.648	0.647	1.11	0.880
2.5×10^{-8}	1.43	1.52	0.666	0.664	1.09	0.862
1.0×10^{-7}	1.50	1.57	0.663	0.661	1.15	0.897
2.0×10^{-7}	1.61	1.71	0.708	0.705	1.20	0.926
5.0×10^{-7}	1.62	1.73	0.722	0.720	1.25	0.960
1.0×10^{-6}	1.64	1.79	0.750	0.744	1.27	0.978
2.0×10^{-6}	1.66	1.79	0.746	0.739	1.29	0.992
5.0×10^{-6}	1.68	1.86	0.760	0.755	1.29	0.991
1.0×10^{-5}	1.65	1.81	0.738	0.736	1.27	0.973
2.0×10^{-5}	1.64	1.82	0.733	0.728	1.25	0.954
5.0×10^{-5}	1.57	1.70	0.688	0.680	1.22	0.927

表C. 2（续）

中子能量 MeV	不同照射几何条件下注量到女性皮肤吸收剂量的转换系数 pGy·cm ²					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
1.0×10 ⁻⁴	1.54	1.66	0.677	0.668	1.19	0.906
2.0×10 ⁻⁴	1.52	1.69	0.680	0.674	1.15	0.879
5.0×10 ⁻⁴	1.42	1.60	0.649	0.646	1.09	0.832
1.0×10 ⁻³	1.44	1.60	0.654	0.648	1.09	0.833
2.0×10 ⁻³	1.48	1.60	0.657	0.648	1.12	0.869
5.0×10 ⁻³	1.57	1.71	0.726	0.720	1.20	0.945
1.0×10 ⁻²	1.75	1.89	0.829	0.824	1.37	1.10
2.0×10 ⁻²	2.18	2.30	1.06	1.06	1.73	1.43
3.0×10 ⁻²	2.58	2.67	1.26	1.27	2.06	1.74
5.0×10 ⁻²	3.31	3.36	1.65	1.66	2.67	2.30
7.0×10 ⁻²	3.97	4.00	2.01	2.02	3.22	2.81
1.0×10 ⁻¹	4.84	4.82	2.48	2.49	3.94	3.48
1.5×10 ⁻¹	6.06	5.99	3.15	3.17	4.97	4.43
2.0×10 ⁻¹	7.11	7.00	3.75	3.76	5.85	5.25
3.0×10 ⁻¹	8.87	8.70	4.77	4.79	7.37	6.66
5.0×10 ⁻¹	11.8	11.5	6.49	6.52	9.89	8.99
7.0×10 ⁻¹	14.3	13.9	8.03	8.08	12.1	11.0
9.0×10 ⁻¹	16.6	16.1	9.45	9.52	14.0	12.8
1.0	17.7	17.1	10.1	10.2	14.9	13.6
1.2	19.5	18.8	11.3	11.4	16.5	15.2
1.5	21.8	21.0	13.0	13.1	18.7	17.1
2.0	25.1	24.3	15.6	15.7	21.7	20.0
3.0	30.8	30.2	20.1	20.2	27.0	24.8
4.0	35.7	35.0	23.9	24.1	31.4	28.8
5.0	39.6	38.9	27.2	27.5	35.2	32.3
6.0	42.9	42.1	30.1	30.4	38.4	35.3
7.0	45.9	45.0	32.8	33.0	41.3	38.1
8.0	48.6	47.7	35.2	35.4	43.9	40.5
9.0	51.1	50.2	37.4	37.7	46.3	42.8
10.0	53.5	52.6	39.5	39.7	48.3	44.8
12.0	57.5	56.6	43.1	43.4	51.7	48.1
14.0	60.4	59.6	46.0	46.3	54.1	50.6
15.0	61.5	60.6	47.2	47.6	55.0	51.5
16.0	62.4	61.5	48.3	48.7	55.7	52.2
18.0	63.5	62.5	50.1	50.5	56.5	53.2
20.0	64.0	62.9	51.4	51.9	56.9	53.7
注：本表的数据来源：ICRP 116 出版物，2010。						

C. 3 中子外照射注量到周围剂量当量和个人剂量当量的转换系数

表C.3中列出了中子外照射注量到周围剂量当量和个人剂量当量的转换系数。

表 C.3 中子外照射注量到周围剂量当量和个人剂量当量的转换系数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{cm}^2$)

中子能量 MeV	$H^*(10)$ /Φ	$H_{p,\text{slab}}(10,0^\circ)$ /Φ	$H_{p,\text{slab}}(10,15^\circ)$ /Φ	$H_{p,\text{slab}}(10,30^\circ)$ /Φ	$H_{p,\text{slab}}(10,45^\circ)$ /Φ	$H_{p,\text{slab}}(10,60^\circ)$ /Φ	$H_{p,\text{slab}}(10,75^\circ)$ /Φ
1.0×10^{-9}	6.60	8.19	7.64	6.57	4.23	2.61	1.13
1.0×10^{-8}	9.00	9.97	9.35	7.90	5.38	3.37	1.50
2.5×10^{-8}	10.6	11.4	10.6	9.11	6.61	4.04	1.73
1.0×10^{-7}	12.9	12.6	11.7	10.3	7.84	4.70	1.94
2.0×10^{-7}	13.5	13.5	12.6	11.1	8.73	5.21	2.12
5.0×10^{-7}	13.6	14.2	13.5	11.8	9.40	5.65	2.31
1.0×10^{-6}	13.3	14.4	13.9	12.0	9.56	5.82	2.40
2.0×10^{-6}	12.9	14.3	14.0	11.9	9.49	5.85	2.46
5.0×10^{-6}	12.0	13.8	13.9	11.5	9.11	5.71	2.48
1.0×10^{-5}	11.3	13.2	13.4	11.0	8.65	5.47	2.44
2.0×10^{-5}	10.6	12.4	12.6	10.4	8.10	5.14	2.35
5.0×10^{-5}	9.90	11.2	11.2	9.42	7.32	4.57	2.16
1.0×10^{-4}	9.40	10.3	9.85	8.64	6.74	4.10	1.99
2.0×10^{-4}	8.90	9.84	9.41	8.22	6.21	3.91	1.83
5.0×10^{-4}	8.30	9.34	8.66	7.66	5.67	3.58	1.68
1.0×10^{-3}	7.90	8.78	8.20	7.29	5.43	3.46	1.66
2.0×10^{-3}	7.70	8.72	8.22	7.27	5.43	3.46	1.67
5.0×10^{-3}	8.00	9.36	8.79	7.46	5.71	3.59	1.69
1.0×10^{-2}	10.5	11.2	10.8	9.18	7.09	4.32	1.77
2.0×10^{-2}	16.6	17.1	17.0	14.6	11.6	6.64	2.11
3.0×10^{-2}	23.7	24.9	24.1	21.3	16.7	9.81	2.85
5.0×10^{-2}	41.1	39.0	36.0	34.4	27.5	16.7	4.78
7.0×10^{-2}	60.0	59.0	55.8	52.6	42.9	27.3	8.10
1.0×10^{-1}	88.0	90.6	87.8	81.3	67.1	44.6	13.7
1.5×10^{-1}	132	139	137	126	106	73.3	24.2
2.0×10^{-1}	170	180	179	166	141	100	35.5
3.0×10^{-1}	233	246	244	232	201	149	58.5
5.0×10^{-1}	322	335	330	326	291	226	102
7.0×10^{-1}	375	386	379	382	348	279	139
9.0×10^{-1}	400	414	407	415	383	317	171
1.0	416	422	416	426	395	332	180
1.2	425	433	427	440	412	355	210
2.0	420	442	438	457	439	402	274
3.0	412	431	429	449	440	412	306
4.0	408	422	421	440	435	409	320
5.0	405	420	418	437	435	409	331
6.0	400	423	422	440	439	414	345
7.0	405	432	432	449	448	425	361
8.0	409	445	445	462	460	440	379
9.0	420	461	462	478	476	458	399
10.0	440	480	481	497	493	480	421
12.0	480	517	519	536	529	523	464
14.0	520	550	552	570	561	562	503
15.0	540	564	565	584	575	579	520
16.0	555	576	577	597	588	593	535
18.0	570	595	593	617	609	615	561
20.0	600	600	595	619	615	619	570

注：本表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。

C.4 核素中子源的特性

表C.4中列出了部分核素中子源的特性。

表 C.4 部分核素中子源的特性

中子源	半衰期	中子平均能量 MeV	每贝可的中子产额 $\times 10^{-5}/\text{Bq}$	1 m 处每贝可的空气比释动能率 Gy/h
²¹⁰ Po-Be	138.4 d	4.2	6.8	6.98×10^{-18}
²²⁶ Ra-Be	1 600 a	4.0	35	1.96×10^{-13}
²³⁸ Pu-Be	87.7 a	4.5	6.2	$\sim 6.98 \times 10^{-18}$
²³⁹ Pu-Be	24 110 a	4.1	5.9	$\sim 6.98 \times 10^{-18}$
²⁴¹ Am-Be	432.2 a	4.5	5.9	$\sim 6.98 \times 10^{-18}$
¹²⁴ Sb-Be	60.2 d	0.024	3.5	2.30×10^{-18}
²⁵² Cf	2.65	2.13	$2.4 \times 10^{15} \text{ }^{\text{a}}$	6.5 ^{b}
²⁵² Cf (D ₂ O 慢化)	2.65	0.55	$2.4 \times 10^{15} \text{ }^{\text{a}}$	1.5 ^{b}
^a 单位质量的中子发射率，单位是 $\text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。				
^b 离单位质量源1 m处中子剂量当量率，单位是 $\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。				

附 录 D
(资料性附录)

电子外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数

D. 1 注量到皮肤吸收剂量的转换系数

表 D.1 中列出了电子辐射场垂直入射时注量到皮肤吸收剂量的转换系数 f_{ze} 。

表 D. 1 单能电子垂直入射到皮肤时，注量到皮肤吸收剂量的转换系数

电子能量 MeV	f_{ze} pGy·cm ²	电子能量 MeV	f_{ze} pGy·cm ²
0. 01	$1. 22 \times 10^{-3}$	0. 40	$4. 41 \times 10^2$
0. 015	$2. 80 \times 10^{-3}$	0. 50	$3. 82 \times 10^2$
0. 02	$4. 73 \times 10^{-3}$	0. 60	$3. 43 \times 10^2$
0. 03	$8. 85 \times 10^{-3}$	0. 80	$3. 15 \times 10^2$
0. 04	$1. 47 \times 10^{-2}$	1. 0	$3. 04 \times 10^2$
0. 05	$2. 10 \times 10^{-2}$	1. 5	$2. 84 \times 10^2$
0. 06	$1. 37 \times 10^1$	2. 0	$2. 80 \times 10^2$
0. 07	$2. 15 \times 10^2$	3. 0	$2. 64 \times 10^2$
0. 08	$6. 62 \times 10^2$	4. 0	$2. 59 \times 10^2$
0. 09	$1. 08 \times 10^3$	5. 0	$2. 59 \times 10^2$
0. 10	$1. 40 \times 10^3$	6. 0	$2. 59 \times 10^2$
0. 15	$1. 21 \times 10^3$	8. 0	$2. 67 \times 10^2$
0. 20	$8. 41 \times 10^2$	10. 0	$2. 62 \times 10^2$
0. 30	$5. 38 \times 10^2$	—	—
注：本表的数据来源：ICRP 116 出版物，2010。			

D. 2 常用 β 发射核素每次衰变发射的分支比

表D.2中列出有 β 外照射意义的常用 β 发射核素每次衰变发射的分支比。

表D. 2 有 β 外照射意义的常用 β 发射核素每次衰变发射的分支比 F_e

放射性核素	半衰期	最大能量 MeV	平均能量 MeV	F_e
钠-24	14. 959 h	0. 5541	0. 5539	0. 9999
磷-32	14. 26 d	0. 6949	0. 6949	1. 0000
氯-38	37. 24 min	2. 2439	1. 5505	2. 0013
氯-41	109. 34 min	1. 0769	0. 4645	0. 9998
钾-40	$1. 28 \times 10^9$ a	0. 5606	0. 519	0. 9647
钾-42	12. 36 h	1. 5658	1. 4304	1. 000
铷-76	1. 0778 d	1. 2669	1. 0701	0. 9977
铷-86	18. 631 d	0. 7094	0. 6682	1. 000
铈-89	50. 53 d	0. 5846	0. 5846	1. 000
钇-90	64. 1 h	0. 9337	0. 9337	1. 0001
铊-210	1. 3 min	1. 7660	0. 6442	2. 0108
注：本表资料来自 http://hps.org/publicinformation/radarddecaydata.cfm 。				

D. 3 电子注量率到定向当量剂量率的转换系数

表D.3中列出了不同能量和AP入射方式下电子注量率到定向当量剂量率的转换系数。

表 D. 3 不同能量和 AP 入射方式下电子注量率到定向当量剂量率的转换系数

电子能量 MeV	定向当量剂量的转换系数 $C_{e\phi H}$ nSv·cm ²		
	$\dot{H}(0.07,0^\circ)/\phi_e$	$\dot{H}(3,0^\circ)/\phi_e$	$\dot{H}(10,0^\circ)/\phi_e$
0.10	1.66	—	—
0.40	0.455	—	—
0.60	0.366	—	—
1.00	0.312	0.301	—
1.50	0.287	0.52	—
2.00	0.279	0.481	0.0050
4.00	0.272	0.334	0.447
10.00	0.275	0.303	0.330
注：本表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。			

D. 4 不同入射角度对 $\dot{H}'(d,0^\circ)$ 的修正系数

表D.4～表D.5中列出了不同入射角度对 $\dot{H}'(d,0^\circ)$ 的修正系数。

表 D. 4 不同入射角度对 $\dot{H}'(0.07,0^\circ)$ 的修正系数

电子能量 MeV	$R(0.07, \alpha)$									
	0°	15°	30°	45°	60°	67.5°	75°	82.5°	85°	89°
0.10	1.00	0.94	0.76	0.51	0.258	0.189	0.081	0.0270	0.0160	0.00200
0.40	1.00	1.04	1.14	1.33	1.35	1.82	0.66	0.245	0.133	0.0150
0.60	1.00	1.03	1.12	1.29	1.46	1.61	1.23	1.37	1.19	1.01
1.00	1.00	1.02	1.09	1.23	1.47	1.58	1.31	0.55	0.294	0.0300
1.50	1.00	1.03	1.07	1.19	1.40	1.57	1.57	0.76	0.422	0.041
2.00	1.00	1.02	1.07	1.16	1.34	1.51	1.65	0.95	0.53	0.053
4.00	1.00	1.01	1.04	1.10	1.24	1.37	1.55	1.48	0.95	0.093
10.0	1.00	1.01	1.02	1.05	1.13	1.22	1.34	1.66	1.65	0.210
注：本表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。										

表 D. 5 不同入射角度对 $\dot{H}'(10,0^\circ)$ 的修正系数

电子能量 MeV	$R(10, \alpha)$								
	0°	15°	30°	45°	60°	67.5°	75°	82.5°	85°
2.00	1.00	0.72	0.308	0.088	0.0290	0.200	0.0100	—	—
4.00	1.00	0.454	0.68	0.53	0.239	0.134	0.062	0.0200	0.0100
10.0	1.00	1.02	1.08	1.21	1.01	0.69	0.360	0.114	0.060
注：本表的数据来源：ICRP 74 出版物，1996。									

附录 E
(资料性附录)

α 粒子外照射皮肤吸收剂量估算中的相关转换系数

表 E.1 中列出了 α 粒子垂直入射到皮肤时，注量到皮肤吸收剂量的转换系数。

表 E.1 单能 α 粒子垂直入射到皮肤时，注量到皮肤吸收剂量的转换系数

α 粒子能量 MeV	$f_{\alpha a}$ $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$	α 粒子能量 MeV	$f_{\alpha a}$ $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$
6.5	0.00111	8.5	0.128
6.8	0.0256	9.0	0.150
7.0	0.0420	9.5	0.140
7.5	0.0752	10.0	0.180
8.0	0.103	—	—
注：本表的数据来源：ICRP 116 出版物，2010。			

附 录 F

(规范性附录)

皮肤污染所致 $H_p(0.07)$ 的估算方法F.1 皮肤污染核素明确时 $H_p(0.07)$ 估算方法

$H_p(0.07)$ 用式 (F.1) 估算。

$$H_p(0.07) = A_{F,0} \cdot I_C \cdot \lambda^{-1} \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

$A_{F,0}$ ——污染开始时, 单位面积的放射性活度, 单位为贝可每平方米 ($Bq \cdot cm^{-2}$);

I_C ——局部皮肤剂量率因子, 单位为微希沃特平方厘米每小时每贝可 ($\mu Sv \cdot cm^2 \cdot h^{-1} \cdot Bq^{-1}$);

λ ——衰变常数, $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ ($T_{1/2}$ 是放射性核素的物理半衰期, 单位小时 (h));

t ——皮肤污染时间, 单位小时 (h)。

注: 用表面污染仪测量的结果来确定 $A_{F,0}$ 。

表 F.1 列出了常见皮肤污染核素的局部皮肤剂量率因子 I_C 值。

表 F.1 常见皮肤污染核素的局部皮肤剂量率因子 I_C 值

皮肤污染核素	I_C $\mu Sv \cdot cm^2 \cdot h^{-1} \cdot Bq^{-1}$	放射性核素	I_C $\mu Sv \cdot cm^2 \cdot h^{-1} \cdot Bq^{-1}$
Ag-110	1.6	*In-111	0.14
Ag-110m	0.54	La-140	1.7
Ba-137m	0.20	Na-24	1.7
C-14	0.30	Nb-95	0.27
Co-60	1.1	*P-32	1.7
Cr-51	0.014	Sb-124	1.5
Cs-137	1.3	Sr-90	1.4
Fe-59	1.1	*Sr-89	1.7
*Ga-67	1.7	*Tl-201	1.3
I-131	1.4	*Tc-99m	0.14
注: 表中未标*的参数来自ISO 15382-2015; 标*的参数是参照ISO 15382-2015, 考虑 β 射线能量和核衰变分支比后确定的, 对仅F-18等 β^+ 衰变核素, 可不计算污染所致皮肤剂量。			

通常 $T_{1/2} \gg t$, 因此, 没有必要考虑由放射性衰变所致的污染减少, 式 (F.1) 可改变为如下形式:

$$H_p(0.07) = A_{F,0} \cdot I_C \cdot t \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

F.2 皮肤污染核素不明确时 $H_p(0.07)$ 估算方法

皮肤污染核素不明确时, 用式 (F.2) 估算 $H_p(0.07)$, 用表面污染仪测量结果来确定 $A_{F,0}$ (皮肤污染核素明确和不明确均用此方法), 局部皮肤剂量率因子, $I_C = 1.6 \mu Sv \cdot cm^2 \cdot h^{-1} \cdot Bq^{-1}$ 。

参 考 文 献

- [1] IAEA, General Safety Requirements, No. GSR Part 3, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, 2014
- [2] ISO 15382 Radiological Protection — Procedures for Monitoring the Dose to the Lens of the Eye, the Skin and the Extremities, International Standard, 2015
- [3] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103. 2007
- [4] ICRP 107 Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations, Ann. ICRP 38(3), 2008
- [5] ICRP, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116. 2010
- [6] ICRP, Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External Radiation, ICRP Publication 74. 1996
- [7] ICRP. Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics. ICRP Publication 23. 1975
- [8] ICRU. Determination of Dose Equivalents form External Radiation Sources-Part 2. ICRU Report 43. 1988
- [9] ICRU. Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations. ICRP Report 47. 1992
- [10] ICRU, 1993b. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. ICRU Report 51. ICRU Publications: Bethesda, M
- [11] ICRU, 1998. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. ICRU Report 60. ICRU Publications: Bethesda, MC
- [12] ICRU, 2001b. Determination of Operational Dose Equivalent Quantities for Neutrons. ICRU Report 66. Journal of ICRU 1 (3)
- [13] F.H. Attix, Topics in Radiation Dosimetry , Academic press , New York and London ,1972
-