

前 言

核设施发生核事故时,可能向环境释放大量放射性物质,这些放射性物质通过烟羽、吸入、食入等照射途径使公众受到辐射照射。因此剂量估算和评价成为核事故医学应急的基本内容之一,不论是采取保护公众的防护措施,还是评价核事故造成的场外后果,都必须立足于剂量数据。本标准旨在提出核事故应急不同阶段估算公众成员或群体所受辐射剂量的模式和参数。

本标准在编写中等效采用了国际原子能机构(IAEA) Safety Series No. 81(1986)《核事故和辐射应急情况下控制公众受照剂量的导出干预水平的原则、程序和数据》的大部分模式和参数。但吸入、食入和烟羽浸没剂量参数取材于国际放射防护委员会(ICRP) 67(1993)、69(1995)、71(1995)、72(1996)号出版物和美国核管会的报告 USNRC NUREG/CR-3160(1983)。

本标准的附录 A 至附录 K 都是标准的附录。

本标准由中华人民共和国卫生部提出。

本标准起草单位:卫生部工业卫生实验所。

本标准主要起草人:任天山。

本标准由卫生部委托卫生部工业卫生实验所负责解释。

中华人民共和国国家标准

核事故应急情况下公众受照剂量 估算的模式和参数

GB/T 17982—2000

Models and parameters for calculating radiation doses to the public
in the event of a nuclear accident

1 范围

本标准提出了核设施事故应急不同阶段依据应急辐射监测数据(或烟羽扩散模式导出的相应数据)估算公众受照剂量的模式和参数。

本标准适用于核事故应急公众所受辐射剂量的估算和评价,核设施常规释放情况下公众受照剂量的估算和评价也可参考应用。

2 定义

本标准采用下列定义。

2.1 核设施 nuclear facility

用于生产、处理、加工、储存和使用易裂变材料的构筑物、设备和土地,这些易裂变材料的数量达到了必须考虑核安全、核事故和相应的应急的规模。

2.2 核事故 nuclear accident

因链式反应失控或放射性物质外泄失控而造成的突发性意外事件或事件序列。本标准中核事故是指国际核事件分类表中的4~7级事件,这类事件很有可能对外界环境造成不良后果(主要指放射性物质失去控制地向环境释放),并可能危及公众的健康。

2.3 公众 public

居住或滞留在发生核事故的核设施周围的广大人群和核事故应急情况下的有关人员。

2.4 模式 models

用于描述物理事件的特征或相互关系的定量的表达式或模拟。本标准中是指根据应急辐射监测数据(或烟羽扩散资料)估算公众成员受照剂量的定量表达式。

2.5 参数 parameter

组成数学模式方程式的常数和独立变量。本标准中的参数主要是指从核素空气积分浓度、地面沉积核素表面比活度、食物和饮水核素浓度等表征放射性污染程度的量计算公众所受剂量的剂量学参数,包括吸入、食入等各种剂量转换系数和其他必要的资料。

2.6 事故阶段 accident phase

按事故释放的时间特征划分的事事故进程的不同阶段。一般将事故进程划分为三个阶段:早期、中期和后期。

2.7 事故早期阶段 early phase of accident

由出现明显的放射性释放的先兆(即开始觉察到可能出现场外辐射后果)到释放开始以后的最初几小时的这段时间。

国家质量技术监督局 2000-01-13 批准

2000-06-01 实施

2.8 事故中期阶段 intermediate phase of accident

从开始释放放射性物质后的最初几小时,一直延续几天到几个星期的这段时间。在这阶段开始,通常大部分释放已经出现,且大部分放射性物质已沉积于地面;但主要是惰性气体释放时则除外。

2.9 事故后期阶段 late phase of accident

自事故中期以后延续几周到几年的这段时间。

2.10 大气沉降 atmospheric deposition

气体、颗粒物和降水从大气中通过干沉降和湿沉降转移到地面的过程。

2.11 烟羽 plume

从烟囱或排气口等连续排放出来的烟气流,外形呈羽毛状。

2.12 再悬浮 resuspension

因土壤的机械扰动和风的作用使污染物从环境表面返回大气的过程。

3 基本原则

在核事故情况下进行公众成员受照剂量估算时应该考虑不同事故阶段的所有主要照射途径和主要放射性核素。核事故时释放的对公众受照剂量有重要意义的放射性核素列于附录 A。

事故早期的剂量估算应主要依靠模式计算,监测结果用来检验和修正模式。

事故中、后期阶段应根据已获得的大量监测资料或采用经过修正的模式进行公众受照剂量估算。附录 B 列出了事故不同阶段各照射途径需要模式计算或监测的重要量。

4 事故早期剂量估算

事故早期的重要照射途径有烟羽外照射(γ 和 β 外照射)、吸入烟羽核素内照射、皮肤和衣服上核素沉积的 β 外照射、核素地面沉积 γ 外照射和吸入再悬浮核素的内照射。

4.1 烟羽外照射剂量

4.1.1 全身 γ 照射剂量

a) 基于地面上方 1 m 处 γ 剂量率 $H_{p\gamma}$ 的估算,见式(1)。

$$H_{p\gamma} = \int_0^{\tau} H_{p\gamma}(t) dt \cdot SF_{p\gamma} \dots\dots\dots(1)$$

式中: $H_{p\gamma}$ ——在烟羽通过期间 τ 内烟羽中核素所致的 γ 外照射剂量当量,Sv;

$H_{p\gamma}(t)$ —— t 时刻烟羽核素产生的在地面上方 1 m 处的 γ 外照射剂量当量率, $Sv \cdot s^{-1}$;

$SF_{p\gamma}$ ——建筑物屏蔽因子,对个人 $SF_{p\gamma}$ 取作 1,对群体 $SF_{p\gamma}$ 取作 0.7。

b) 基于近地面空气中核素的时间积分浓度 ψ 的估算,见式(2)。

$$H_{p\gamma} = \psi \cdot DCF_{p\gamma} \cdot SF_{p\gamma} \dots\dots\dots(2)$$

式中: ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度, $Bq \cdot s \cdot m^{-3}$;

$DCF_{p\gamma}$ ——剂量转换系数,即核素单位时间积分浓度所致的 γ 外照射剂量当量, $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$;

$H_{p\gamma}$ ——同式(1)解释;

$SF_{p\gamma}$ ——同式(1)解释。

$DCF_{p\gamma}$ 的数值列于附录 C。

4.1.2 皮肤 β 照射剂量

a) 来自烟羽中放射性惰性气体剂量当量 $H_{i\beta}$ 的估算,见式(3)。

$$H_{i\beta} = \psi \cdot DCF_{i\beta} \cdot SF_{\beta} \dots\dots\dots(3)$$

式中: $H_{i\beta}$ ——空气中放射性惰性气体所致皮肤 β 照射剂量当量,Sv;

ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度, $Bq \cdot s \cdot m^{-3}$;

$DCF_{i\beta}$ ——剂量转换系数,即惰性气体单位时间积分浓度所致的皮肤 β 照射剂量当量,
 $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$;

SF_{β} ——衣服和人体对 β 辐射的屏蔽因子,该屏蔽因子因个人的习惯、衣着、姿势、季节和时间等因素有关,其时间平均的代表值可取为0.5,对于保守估计可取作1。

几种放射性惰性气体的 $DCF_{i\beta}$ 数值列于附录D。

b) 基于近地面空气中放射性核素的时间积分浓度 ψ 的估算,见式(4)。

$$H_{a\beta} = \psi \cdot DCF_{a\beta} \cdot SF_{\beta} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: $H_{a\beta}$ ——空气中放射性核素所致 β 照射剂量当量, Sv ;

ψ ——同式(2)解释;

$DCF_{a\beta}$ ——剂量转换系数,即核素单位时间积分浓度所致的 β 照射皮肤剂量当量,
 $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$;

SF_{β} ——同式(3)解释。

不同核素的剂量转换系数 $DCF_{a\beta}$ 数值列于附录E。

c) 基于皮肤和衣服上核素沉积表面比活度 C_s 的估算,见式(5)。

$$H_{s\beta} = C_s \cdot DCF_{s\beta} \cdot SF_{\beta} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: $H_{s\beta}$ ——沉积在皮肤和衣服上核素所致 β 照射剂量当量, Sv ;

C_s ——皮肤和衣服上沉积核素表面比活度, $Bq \cdot m^{-2}$;

$DCF_{s\beta}$ ——剂量转换系数,即皮肤表面单位核素沉积比活度所致 β 照射剂量当量,
 $Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$;

SF_{β} ——同式(3)解释。

不同核素的 $DCF_{s\beta}$ 数值列于附录E。

4.2 吸入烟羽中核素内照射剂量 H_b 的估算,见式(6)。

$$H_b = \psi \cdot B \cdot DCF_b \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: H_b ——吸入烟羽中核素的内照射待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量, Sv ;

ψ ——同式(2)解释;

DCF_b ——吸入剂量转换系数,即吸入单位活度核素所致的待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量,
 $Sv \cdot Bq^{-1}$;

B ——人的呼吸率, $m^3 \cdot s^{-1}$ 。

不同核素的吸入剂量转换系数 DCF_b 及不同年龄组成员的呼吸率 B 分别列于附录F的表F1和表F2中。

4.3 地面沉积核素 γ 外照射剂量 $H_{g\gamma}$ 的估算

a) 基于地面沉积核素表面比活度 C_g 的估算,见式(7)。

$$H_{g\gamma} = C_g \cdot DCF_g \cdot SF_{\gamma} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: $H_{g\gamma}$ ——地面沉积核素所致外照射剂量当量, Sv ;

C_g ——地面沉积核素表面比活度, $Bq \cdot m^{-2}$;

DCF_g ——剂量转换系数, $Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$; DCF_g 是假定受照射者在室外给定时间 τ 内停留时地面沉积核素单位表面比活度所致积分全身剂量,对事故早期 τ 一般取1周;

SF_{γ} ——考虑了人员在室内居留份额的时间平均建筑物屏蔽因子。

DCF_g 和 SF_{γ} 分别列于附录H中表H1的B、D和F列以及H2中。

b) 基于地面上方1m处 γ 照射剂量率 \dot{H}_{γ} 的估算,见式(8)。

$$H_{g\gamma} = \dot{H}_{\gamma} \cdot (1 - e^{-\lambda\tau}) \cdot \tau^{-1} \cdot SF_{\gamma} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: $H_{g\gamma}$ ——同式(7)解释;

\dot{H}_γ ——地面沉积核素产生的在地面上方 1 m 处的 γ 照射剂量当量率, Sv · s⁻¹;

SF_γ ——同式(7)解释;

λ ——核素的有效衰减常数, s⁻¹。 $\lambda = \lambda_R + \lambda_w$, 其中 λ_R 为核素的物理衰变常数, λ_w 为地面沉积清除速率常数, 与核素再悬浮、降水冲洗、核素向下转移有关。对碘核素 λ_w 取 0.1 a⁻¹, 对其他核素 λ_w 取 0.01 a⁻¹;

τ ——积分时间, s, 一般为一周, 6.048 × 10⁵ s。

4.4 吸入再悬浮核素内照射剂量 H_1 的估算, 见式(9)。

$$H_1 = C_g \cdot B \cdot DCF_b \cdot \int_0^\tau K(t) \cdot e^{-\lambda_R t} dt \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中: H_1 ——吸入再悬浮核素所致的待积有效剂量或待积剂量当量, Sv;

C_g ——同式(7)解释;

B ——同式(7)解释;

DCF_b ——吸入剂量转换系数, 即吸入单位活度再悬浮核素所致的待积有效剂量或待积剂量当量, Sv · Bq⁻¹; DCF_b 的数值列于附录 F 的表 F1;

λ_R ——核素的物理衰变常数, s⁻¹;

τ ——积分时间, s, 一般为一周, 6.048 × 10⁵ s;

$K(t)$ ——时间依赖再悬浮因子, m⁻¹, $K(t)$ 的定义为空气中再悬浮核素浓度与该核素地面沉积表面活度之比, 再悬浮因子 $K(t)$ 的影响因素和时间的依赖关系列于附录 F 的 F3 中。

4.5 公众成员平均受照总有效剂量的估算

在公众成员个体同时受到核事故释放的多种核素通过多种途径照射的情况下, 各核素和各照射途径所致总有效剂量按式(10)计算。

$$E = \sum_T W_T \sum_i \sum_p H_{ip} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: E ——公众成员平均所受的总有效剂量, Sv;

H_{ip} ——个体器官或组织 T 所受 i 核素 p 照射途径所致剂量当量或待积剂量当量, Sv;

i ——所涉及的第 i 种核素;

p ——所涉及的第 p 种照射途径;

W_T ——器官或组织 T 的组织权重因子, 不同组织或器官的 W_T 列于附录 G(标准的附录)。

4.6 集体剂量的估算

如果核事故涉及放射性物质向大气和水体释放, 则集体剂量的表示如式(11)所示。

$$S = S(A) + S(W) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: S ——半径 80 km 范围内的集体有效剂量, 人 · Sv;

$S(A)$ ——经大气途径产生的半径 80 km 范围内的集体有效剂量, 人 · Sv;

$S(W)$ ——经水途径产生的半径 80 km 范围内的集体有效剂量, 人 · Sv。

经大气途径产生的集体有效剂量按式(12)计算。

$$S(A) = \sum_d P_d \sum_a E_{ad} f_{ad} \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中: P_d —— d 子区的公众的人口总数, 人;

E_{ad} —— d 子区 a 年龄组平均个人有效剂量, Sv;

f_{ad} —— d 子区内 a 年龄组成员在该子区人口中的比例。

5 事故中期剂量估算

事故中期的重要照射途径是地面沉积核素的外照射、吸入再悬浮核素的内照射和食入被污染食物

与饮水的内照射。事故中期剂量估算可更多的立足于监测结果。

5.1 外照射剂量

5.1.1 基于地面沉积核素表面比活度 C_g 的估算, 见式(13)、(14)。

$$H_{g\gamma} = C_g \cdot DCF_g \cdot SF_\gamma \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$DCF_g = \int_0^{1a} \dot{H}_\gamma(t) dt \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中: $H_{g\gamma}$ ——地面沉积核素所致 1 年积分剂量当量, Sv;

C_g ——同式(7)解释;

SF_γ ——同式(7)解释;

DCF_g ——剂量转换系数, $Sv(Bq \cdot m^{-2})^{-1}$ 。由式(14)可知剂量转换系数即地面沉积核素单位表面比活度在之后 1 年对全身所致 γ 剂量当量的积分值, $\dot{H}_\gamma(t)$ 为单位表面比活度所致 γ 剂量当量率, 列于附录 H 的表 H1 的 A 列中; t 为照射持续时间, 对事故中期的剂量估算, t 取 1 年, 在室外滞留情况下的 $t=1 a$ 的 DCF_g 列于附录 H 的表 H1 的 D 栏。

5.1.2 基于被污染地面上方 1 m 处 γ 剂量当量率 \dot{H}_γ 的估算, 见式(15)、(16)。

$$H_{g\gamma} = \dot{H}_\gamma \cdot \theta \cdot SF_\gamma \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$\theta = \frac{\int_0^{1a} \dot{H}_\gamma(t) dt}{\dot{H}_\gamma(0)} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中: $H_{g\gamma}$ ——同式(7)解释;

\dot{H}_γ ——地面沉积核素产生的在地面上方 1 m 处的 γ 剂量当量率, $Sv \cdot s^{-1}$;

θ ——地面沉积核素在峰值时刻($t=0$)起的单位剂量率($Sv \cdot s^{-1}$)所致的 1 年积分剂量当量, Sv;

SF_γ ——同式(7)解释。

附录 H 表 H1 中的 E 列列出的数值相当于 θ 值, 即峰值时刻单位剂量率所致的 1 年积分剂量当量。表中数据未考虑人员在建筑物内居留时间和建筑物屏蔽修正, 1 年积分剂量数据是以开阔地面上方 1 m 处的初始 γ 剂量率为单位表示的。

5.2 吸入再悬浮核素的内照射剂量

计算方法与事故早期的相同采用式(9), 但积分时间为 1 年。

5.3 摄入被污染食物和饮水的内照射剂量

5.3.1 摄入未经加工处理的被污染的食物所致剂量, 见式(17)。

$$H_{ig} = C_{ig} \cdot I_{ig} \cdot H_2 \cdot G_g \quad \dots\dots\dots(17)$$

式(17)中 G_g 按式(18)计算。

$$G_g = \frac{\int_0^{1a} C_{ig}(t) dt}{C_{ig}(t_p)} \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中: H_{ig} ——食入被污染食物 g 所致的待积有效剂量或器官待积当量剂量, Sv;

C_{ig} ——食物 g 中放射性核素的峰值比活度或归一化时刻的比活度, $Bq \cdot kg^{-1}$;

H_2 ——食入单位活度核素的待积有效剂量或器官待积当量剂量, $Sv \cdot Bq^{-1}$;

I_{ig} ——食物 g 的年摄入量, $kg \cdot a^{-1}$;

G_g ——食物 g 中核素比活度的 1 年积分值与某一指定时刻该食物中核素比活度的比值, $Bq \cdot a \cdot kg^{-1} / (Bq \cdot kg^{-1})$;

t_p ——某一指定时刻, 可以是食物 g 中放射性污染峰值出现的时间或测量时刻或指定的归一化

时刻; $C_{ig}(t_p)$ 是 t_p 时刻食物 g 中的核素比活度, $Bq \cdot kg^{-1}$; G_g 表达式中的积分下限从 t_p 计算起。

附录 J 中表 J1 中列出了不同核素的 H_2 。不同年龄组成员各类食物的年摄入量 I_{ig} 列于附录 J 表 J2 中。

未加工“新鲜”食物的 G_g 值列于附录 K。

对于“储藏”食物即在事故后生产、收获或储存并在其后一年中被均匀消费的食物 G_g 值列于附录 L。

5.3.2 摄入经过加工处理的被污染的食物所致剂量, 见式(19)。

$$H'_{ig} = H_{ig}/f \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中: H'_{ig} ——食入经加工处理的食物 g 所致的待积有效剂量或器官待积剂量当量, Sv;
 f ——未经加工食物中放射性核素比活度与经过清洗、加工处理后比活度的比值。 f 因子的数值列于附录 K 的 K2 中。

5.3.3 饮用被污染的饮水所致的待积有效剂量或待积剂量当量, 见式(20):

$$H_w = C_w \cdot I_w \cdot H_2 \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_R T}}{\lambda_R} \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中: H_w ——摄入被污染的饮水所致的待积有效剂量或待积剂量当量, Sv;
 C_w ——饮用水中放射性核素在 t_p 时即峰值时刻或归一化时刻的比活度, $Bq \cdot L^{-1}$;
 I_w ——被污染饮水的年摄入量, $L \cdot a^{-1}$; 其数值见附录 J(标准的附录)的 J2;
 H_2 ——食入单位活度核素所致的待积有效剂量或器官待积剂量当量, $Sv \cdot Bq^{-1}$;
 λ_R ——核素的物理衰变常数, a^{-1} ;
 T ——摄入被污染饮水的持续时间, a。

5.4 人群平均受照总剂量的估算

同 4.5 条的方法。

5.5 集体剂量的估算

同 4.6 条的方法。

6 事故后期剂量预测

6.1 人群平均剂量预测

事故时撤离的人员如果返回污染地区并在那里重新生活, 预测的人群平均所受内、外照射剂量率和预期终生剂量可作为重返的决策依据。

6.2 集体剂量预测

预测核电厂周围广大地区公众所受的集体剂量, 以作为评估核事故受照人群辐射随机效应的剂量依据。

6.3 剂量估算

参照早期的剂量估算模式和参数。

附录 A

(标准的附录)

核事故时释放的对公众所受剂量估算有重要意义的放射性核素

表 A1 核事故时释放的对公众所受剂量估算有重要意义的放射性核素

核素	半衰期	衰变常数	
		s^{-1}	a^{-1}
^{41}Ar	1.827 h	1.05×10^{-4}	3.31×10^3
^{85}Kr	10.7 a	2.05×10^{-9}	6.47×10^{-2}
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	4.48 h	4.30×10^{-5}	1.36×10^3
^{87}Kr	1.27 h	1.52×10^{-4}	4.78×10^3
^{88}Kr	2.84 h	6.78×10^{-5}	2.14×10^3
^{89}Sr	50.5 d	1.59×10^{-7}	5.01×10^0
^{90}Sr	29.1 a	7.54×10^{-10}	2.38×10^{-2}
^{95}Zr	64 d	1.25×10^{-7}	3.96×10^0
^{95}Nb	35.2 d	2.28×10^{-7}	7.20×10^0
^{103}Ru	39.3 d	2.04×10^{-7}	6.45×10^0
^{106}Ru	368 d	2.18×10^{-8}	6.88×10^{-1}
^{132}Te	3.26 d	2.46×10^{-6}	7.77×10^1
^{131}I	8.04 d	9.98×10^{-7}	3.15×10^1
^{132}I	2.3 h	8.37×10^{-5}	2.64×10^3
^{133}I	20.8 h	9.26×10^{-6}	2.92×10^2
^{134}I	52.6 m	2.19×10^{-4}	6.91×10^3
^{135}I	6.61 h	2.91×10^{-5}	9.19×10^2
^{133}Xe	5.25 d	1.53×10^{-6}	4.83×10^1
^{135}Xe	9.09 h	2.12×10^{-5}	6.68×10^2
^{134}Cs	2.06 a	1.07×10^{-8}	3.36×10^{-1}
^{137}Cs	30.0 a	7.32×10^{-10}	2.31×10^{-2}
^{140}Ba	12.7 d	6.30×10^{-7}	1.99×10^1
^{140}La	1.68 d	4.78×10^{-6}	1.51×10^2
^{144}Ce	285 d	2.82×10^{-8}	8.91×10^{-1}
^{239}Np	2.36 d	3.40×10^{-6}	1.08×10^2
^{238}Pu	87.7 a	2.50×10^{-10}	7.90×10^{-3}
^{239}Pu	24 100 a	9.13×10^{-13}	2.88×10^{-5}
^{240}Pu	6 540 a	3.36×10^{-12}	1.06×10^{-4}
^{241}Pu	14.4 a	1.53×10^{-9}	4.81×10^{-2}
^{241}Am	432 a	5.08×10^{-11}	1.60×10^{-3}
^{242}Cm	163 d	4.93×10^{-8}	1.56×10^0
^{244}Cm	18.1 a	1.21×10^{-9}	3.83×10^{-2}

附录 B

(标准的附录)

不同事故阶段需要模式计算或监测的重要量

表 B1 不同事故阶段各照射途径需要监测或模式计算的重要量

事故阶段	潜在的重要照射途径	需要的重要量	
		符号	量纲
早期	烟羽核素 γ 外照射	$\dot{H}_{p\gamma}$	$\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$
		ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
	烟羽核素 β 外照射	ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
	体表沉积核素 β 外照射	ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
		C_s	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
	烟羽核素吸入内照射	ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
	地面沉积核素 γ 外照射	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
\dot{H}_γ		$\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$	
吸入再悬浮核素内照射	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	
中期	地面沉积核素 γ 照射	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
		\dot{H}_γ	$\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$
	吸入再悬浮核素内照射	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
	食入污染食物或饮水内照射	C_{fg}	$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$
		C_w	$\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$
C_{pas}		$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$	
后期	参照中期		

注： $\dot{H}_{p\gamma}$ 表示烟羽核素产生的在地面上方1 m处 γ 外照射剂量当量率； ψ 表示近地面空气中核素的时间积分浓度； C_s 表示烟羽核素在皮肤上沉积的表面比活度； C_g 表示地面沉积核素的表面比活度； \dot{H}_γ 表示地面沉积核素产生的在地面上方1 m处的 γ 外照射剂量当量率； C_{fg} 表示食物中放射性核素的峰值比活度或归一化时刻的比活度； C_w 表示饮水中放射性核素的峰值比活度或归一化时刻的比活度； C_{pas} 表示牧草中放射性核素的峰值比活度或归一化时刻的比活度。

附录 C

(标准的附录)

烟羽照射途径 γ 外照射剂量学参数

表 C1 空气中放射性核素单位时间积分浓度经空气浸没途径所致全身 γ 外照射剂量系数

放射性核素	$DCF_{p\gamma}$ $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$	放射性核素	$DCF_{p\gamma}$ $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$
^{41}Ar	7.6×10^{-14}	^{131}I	1.6×10^{-14}
^{60}Co	1.5×10^{-13}	^{132}I	1.0×10^{-13}
^{85}Kr	1.4×10^{-16}	^{133}I	2.6×10^{-14}
^{83m}Kr	6.2×10^{-15}	^{134}I	1.2×10^{-13}
^{85m}Kr	7.0×10^{-15}	^{135}I	7.2×10^{-14}
^{87}Kr	3.8×10^{-14}	^{131m}Xe	3.7×10^{-16}
^{88}Kr	1.3×10^{-14}	^{133m}Xe	1.3×10^{-15}
^{89}Sr	6.1×10^{-18}	^{133}Xe	1.5×10^{-15}
^{90}Sr	2.1×10^{-17}	^{135}Xe	1.1×10^{-14}
^{103}Ru	2.1×10^{-14}	^{137}Cs	2.6×10^{-14}
^{106}Ru	9.0×10^{-15}	^{239}Np	8.3×10^{-15}

注：表中空气浸没 γ 外照射剂量系数数据取自美国核管会 NUREG/CR-3160 号报告(1983)。

附录 D

(标准的附录)

烟羽中放射性惰性气体对皮肤 β 照射的剂量学参数

表 D1 空气中放射性惰性气体单位时间积分浓度所致 β 皮肤剂量转换系数

放射性气体	$DCF_{i\beta}$ $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$
^{85}Kr	3.4×10^{-15}
^{85m}Kr	3.9×10^{-15}
^{87}Kr	6.7×10^{-14}
^{88}Kr	1.2×10^{-14}
^{133}Xe	8.3×10^{-16}
^{135}Xe	5.3×10^{-15}

附录 E

(标准的附录)

空气中或皮肤表面沉积核素所致皮肤剂量转换系数

表 E1 空气中核素单位时间积分浓度或单位皮肤表面沉积比活度所致皮肤剂量转换系数

放射性核素	$DCF_{a\beta}$	$DCF_{s\beta}$
	$Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$	$Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$
^{89}Sr	1.4×10^{-11}	4.6×10^{-9}
^{90}Sr	1.4×10^{-11}	4.6×10^{-9}
^{95}Zr	1.1×10^{-11}	3.6×10^{-9}
^{95}Nb	3.0×10^{-12}	1.0×10^{-9}
^{103}Ru	9.0×10^{-12}	3.0×10^{-9}
^{106}Ru	1.4×10^{-11}	4.8×10^{-9}
^{132}Te	1.5×10^{-11}	5.0×10^{-9}
^{131}I	4.1×10^{-11}	4.1×10^{-9}
^{132}I	1.2×10^{-11}	1.2×10^{-9}
^{133}I	3.8×10^{-11}	3.8×10^{-9}
^{135}I	2.5×10^{-11}	2.5×10^{-9}
^{134}Cs	9.0×10^{-12}	3.0×10^{-9}
^{137}Cs	1.8×10^{-11}	6.1×10^{-9}
^{140}Ba	1.4×10^{-11}	4.7×10^{-9}
^{140}La	1.3×10^{-11}	4.2×10^{-9}
^{144}Ce	2.2×10^{-11}	7.2×10^{-9}
^{239}Np	9.6×10^{-12}	3.2×10^{-9}
^{241}Pu	6.6×10^{-18}	2.2×10^{-15}

注：表中所列剂量参数 $DCF_{s\beta}$ 是核素沉积后 12 h 内皮肤表层所受剂量的积分值。

附录 F

(标准的附录)

吸入放射性核素剂量学参数

F1 剂量转换系数

表 F1 经呼吸途径摄入单位活度核素所致的待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量转换系数 DCF_b

放射性核素	核素吸收速度类别 ¹⁾	待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量 ($Sv \cdot Bq^{-1}$) ^{2),3),4)}		
		幼儿	少儿	成人
		^{89}Sr	F	7.3×10^{-9}
	M	2.4×10^{-8}	9.1×10^{-9}	6.1×10^{-9}
	S	3.0×10^{-8}	1.2×10^{-8}	7.9×10^{-9}

表 F1 (续)

放射性核素	核素吸收 速度类别 ¹⁾	待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量 (Sv · Bq ⁻¹) ^{2),3),4)}		
		幼儿	少儿	成人
⁹⁰ Sr	F	5.2×10^{-8}	4.1×10^{-8}	2.4×10^{-8}
	M	1.1×10^{-7}	5.1×10^{-8}	3.6×10^{-8}
	S	4.0×10^{-7}	1.8×10^{-7}	1.6×10^{-7}
⁹⁵ Zr	F	1.1×10^{-8}	4.2×10^{-9}	2.5×10^{-9}
	M	1.6×10^{-8}	6.8×10^{-9}	4.8×10^{-9}
	S	1.9×10^{-8}	8.3×10^{-9}	5.9×10^{-9}
¹⁰³ Ru	F	3.0×10^{-9}	9.3×10^{-10}	4.8×10^{-10}
	M	8.4×10^{-9}	3.5×10^{-9}	2.4×10^{-9}
	S	1.0×10^{-8}	4.2×10^{-9}	3.0×10^{-9}
¹⁰⁶ Ru	F	5.4×10^{-8}	1.6×10^{-8}	7.9×10^{-9}
	M	1.1×10^{-7}	4.1×10^{-8}	2.8×10^{-8}
	S	2.3×10^{-7}	9.1×10^{-8}	6.6×10^{-8}
¹³² Te ²⁾	F	2.9×10^{-7}	6.1×10^{-8}	2.5×10^{-8}
	M	5.3×10^{-8}	1.1×10^{-8}	4.3×10^{-9}
	S	3.5×10^{-9}	7.9×10^{-10}	3.2×10^{-10}
¹³¹ I ²⁾	F	3.2×10^{-6}	9.5×10^{-7}	3.9×10^{-7}
	M	2.1×10^{-7}	5.5×10^{-8}	2.2×10^{-8}
	S	1.2×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.1×10^{-9}
¹³² I ²⁾	F	3.8×10^{-8}	8.9×10^{-9}	3.6×10^{-9}
	M	1.6×10^{-9}	3.4×10^{-10}	1.4×10^{-10}
	S	8.0×10^{-11}	2.2×10^{-11}	1.1×10^{-11}
¹³³ I ²⁾	F	8.0×10^{-7}	1.9×10^{-7}	7.6×10^{-8}
	M	4.5×10^{-8}	9.3×10^{-9}	3.6×10^{-9}
	S	2.5×10^{-9}	5.1×10^{-10}	1.8×10^{-10}
¹³⁵ I ²⁾	F	1.6×10^{-7}	3.8×10^{-8}	1.5×10^{-8}
	M	8.0×10^{-9}	1.7×10^{-9}	6.5×10^{-10}
	S	4.2×10^{-10}	9.3×10^{-11}	3.8×10^{-11}
¹³⁴ Cs	F	7.3×10^{-9}	5.3×10^{-9}	6.6×10^{-9}
	M	2.6×10^{-8}	1.2×10^{-8}	9.1×10^{-9}
	S	6.3×10^{-8}	2.8×10^{-8}	2.0×10^{-8}
¹³⁷ Cs	F	5.4×10^{-9}	3.7×10^{-9}	4.6×10^{-9}
	M	2.9×10^{-8}	1.3×10^{-8}	9.7×10^{-9}
	S	1.0×10^{-7}	4.8×10^{-8}	3.9×10^{-8}
¹⁴⁰ Ba	F	7.8×10^{-9}	2.4×10^{-9}	1.0×10^{-9}
	M	2.0×10^{-8}	7.6×10^{-9}	5.1×10^{-9}
	S	2.2×10^{-8}	8.6×10^{-9}	5.8×10^{-9}
¹⁴⁴ Ce	F	2.7×10^{-7}	7.8×10^{-8}	4.0×10^{-8}
	M	1.6×10^{-7}	5.5×10^{-8}	3.6×10^{-8}
	S	1.8×10^{-7}	7.3×10^{-8}	5.3×10^{-8}
²³⁹ Np	F	1.4×10^{-9}	3.8×10^{-10}	1.7×10^{-10}
	M	4.2×10^{-8}	1.4×10^{-9}	9.3×10^{-10}
	S	4.0×10^{-9}	1.6×10^{-9}	1.0×10^{-9}
²³⁸ Pu	F	1.9×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.1×10^{-4}
	M	7.4×10^{-5}	4.4×10^{-5}	4.6×10^{-5}

表 F1 (完)

放射性核素	核素吸收速度类别 ¹⁾	待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量 (Sv · Bq ⁻¹) ^{2),3),4)}		
		幼儿	少儿	成人
²³⁹ Pu	S	4.0 × 10 ⁻⁵	1.9 × 10 ⁻⁵	1.6 × 10 ⁻⁵
	F	2.0 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻⁴
	M	7.7 × 10 ⁻⁵	4.8 × 10 ⁻⁵	5.0 × 10 ⁻⁵
²⁴⁰ Pu	S	3.9 × 10 ⁻⁵	1.9 × 10 ⁻⁵	1.6 × 10 ⁻⁵
	F	2.0 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻⁴
	M	7.7 × 10 ⁻⁵	4.8 × 10 ⁻⁵	5.0 × 10 ⁻⁵
²⁴¹ Pu	S	3.9 × 10 ⁻⁵	1.9 × 10 ⁻⁵	1.6 × 10 ⁻⁵
	F	2.9 × 10 ⁻⁶	2.4 × 10 ⁻⁶	2.3 × 10 ⁻⁵
	M	9.7 × 10 ⁻⁷	8.3 × 10 ⁻⁷	9.0 × 10 ⁻⁷
²⁴¹ Am	S	2.3 × 10 ⁻⁷	1.7 × 10 ⁻⁷	1.7 × 10 ⁻⁷
	F	1.8 × 10 ⁻⁴	1.0 × 10 ⁻⁴	9.6 × 10 ⁻⁵
	M	6.9 × 10 ⁻⁵	4.0 × 10 ⁻⁵	4.2 × 10 ⁻⁵
²⁴² Cm	S	4.0 × 10 ⁻⁵	1.9 × 10 ⁻⁵	1.6 × 10 ⁻⁵
	F	2.1 × 10 ⁻⁵	6.1 × 10 ⁻⁶	3.3 × 10 ⁻⁶
	M	1.8 × 10 ⁻⁵	7.3 × 10 ⁻⁶	5.2 × 10 ⁻⁶
²⁴⁴ Cm	S	1.9 × 10 ⁻⁵	8.2 × 10 ⁻⁶	5.9 × 10 ⁻⁹
	F	1.3 × 10 ⁻⁴	6.1 × 10 ⁻⁵	5.7 × 10 ⁻⁵
	M	5.7 × 10 ⁻⁵	2.7 × 10 ⁻⁵	2.7 × 10 ⁻⁵
	S	3.8 × 10 ⁻⁵	1.7 × 10 ⁻⁵	1.3 × 10 ⁻⁵

1) 核素吸收速度类别描述放射性核素从肺中的吸收速度。根据物质自肺部吸收入血液的速度,把物质分成 F (快速),M(中速),S(慢速)三类。当核素吸收类别未知时,按 M 类计算。计算中假定除碘同位素处于元素状态外,其他核素都处于氧化物状态。对于其他实际存在的化学形态,剂量有所不同,但差别很小。

2) 表中给出的剂量数值除碘、铯同位素是甲状腺待积当量剂量外,其他都是待积有效剂量。

3) 表中数值是假定气溶胶粒子的活度中值空气动力学直径(AMAD)为 1 μm 计算的。

4) 表中的剂量系数取自 ICRP 71 号出版物。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0~6 岁,7~17 岁和 18 岁以上,其数据分别相应于该出版物中 1 岁、10 岁和成人的数据。

F2 呼吸率 B

表 F2 不同年龄组成员的呼吸率典型值^{1),2)}

活动状态	幼儿			少儿			成人		
	h	m ³ · h ⁻¹	m ³ · d ⁻¹	h	m ³ · h ⁻¹	m ³ · d ⁻¹	h	m ³ · h ⁻¹	m ³ · d ⁻¹
睡眠	14.0	0.15	2.10	10.0	0.31	3.10	8.0	0.45	3.60
休息	3.33	0.22	0.73	4.67	0.38	1.77	6.0	0.54	3.24
轻体力活动	6.67	0.35	2.33	9.33	1.12	10.45	9.75	1.5	14.63
重体力活动							0.25	3.0	0.75
总计			5.16			15.3			22.2

1) 表中的呼吸率数据取自 ICRP 71 号出版物(1995)。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0~6 岁,7~17 岁和 18 岁以上,其数据分别相应于该出版物中 1 岁、10 岁和成人的数据。

2) 表中“h”是人员每天处于各活动状态的时数,“m³ · h⁻¹”和“m³ · d⁻¹”分别是相应的每小时或每天的呼吸率。

F3 时间依赖再悬浮因子

时间依赖再悬浮因子 $K(t)$ 的定义为空气中再悬浮核素浓度与地面沉积该核素表面比活度之比,用于计算空气中核素浓度。再悬浮因子的数值随时间变化,受很多气候与环境因素(如温度、土壤干燥度、风速、地表状态、植被、交通情况等)的影响,应通过实验确定。在温带地区,时间依赖再悬浮因子 $K(t)$ 的计算如式(F1)所示。

$$K(t) = 10^{-6}e^{-at} + 10^{-9}e^{-bt} \dots\dots\dots (F1)$$

式中: t ——沉积以后经过的时间,d; $a=10^{-2} \cdot d^{-1}$, $b=2 \times 10^{-5} \cdot d^{-1}$ 。

附录 G
(标准的附录)
组织权重因子

表 G1 组织权重因子

组织或器官	组织权重因子, W_T
性腺	0.2
红骨髓	0.12
结肠	0.12
肺	0.12
胃	0.12
膀胱	0.05
乳腺	0.05
肝	0.05
食道	0.05
甲状腺	0.05
皮肤	0.01
骨表面	0.01
其余组织或器官 ¹⁾	0.05

1) 其余组织或器官包括:肾上腺、脑、胸腔外气道、小肠、肾肌肉、胰、脾、胸腺及子宫。在其余组织和器官中如有一个组织或器官受到剂量当量超过表内 12 个规定了权重因子的器官的最高剂量当量的例外情况下,该器官或组织的权重因子取 0.025,而剩下的上列其余组织与器官的平均剂量当量权重因子也取 0.025。

附录 H
(标准的附录)

地面沉积核素所致的 γ 外照射剂量参数

H1 剂量转换系数

表 H1 单位地面沉积核素表面比活度所致的 γ 外照射剂量转换系数 DCF_g

核素	沉积时刻的剂量率	7 天积分剂量		1 年积分剂量		50 年待积剂量	
	A	B	C	D	E	F	G
	$\frac{Sv \cdot s^{-1}}{Bq \cdot m^{-2}}$	$\frac{Sv}{Bq \cdot m^{-2}}$	$\frac{Sv}{Sv \cdot s^{-1}}$	$\frac{Sv}{Bq \cdot m^{-2}}$	$\frac{Sv}{Sv \cdot s^{-1}}$	$\frac{Sv}{Bq \cdot m^{-2}}$	$\frac{Sv}{Sv \cdot s^{-1}} \cdot$
⁹⁵ Zr	6.0×10^{-16}	3.7×10^{-10}	6.2×10^5	9.1×10^{-9}	1.5×10^7	9.4×10^{-9}	1.6×10^7
⁹⁵ Nb	6.2×10^{-16}	3.5×10^{-10}	5.6×10^5	2.7×10^{-9}	4.3×10^6	2.7×10^{-9}	4.3×10^6
¹⁰³ Ru	4.1×10^{-16}	2.3×10^{-10}	5.7×10^5	2.0×10^{-9}	4.8×10^6	2.0×10^{-9}	4.8×10^6

表 H1 (完)

核素	沉积时刻的剂量率	7 天积分剂量		1 年积分剂量		50 年待积剂量	
	A	B	C	D	E	F	G
	$\frac{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}$
¹⁰⁶ Ru	1.7×10^{-16}	1.0×10^{-10}	6.0×10^5	3.7×10^{-9}	2.2×10^7	6.8×10^{-9}	3.9×10^7
¹³² Te	2.4×10^{-16}	6.4×10^{-10}	2.7×10^6	8.4×10^{-10}	3.5×10^6	8.4×10^{-10}	3.5×10^6
¹³¹ I	3.6×10^{-16}	1.6×10^{-10}	4.5×10^5	3.6×10^{-10}	1.0×10^6	3.6×10^{-10}	1.0×10^6
¹³² I	1.8×10^{-15}	2.2×10^{-11}	1.2×10^4	2.2×10^{-11}	1.2×10^4	2.2×10^{-11}	1.2×10^4
¹³³ I	5.1×10^{-16}	5.8×10^{-11}	1.1×10^5	6.0×10^{-11}	1.2×10^5	6.0×10^{-11}	1.2×10^5
¹³⁵ I	1.1×10^{-15}	5.0×10^{-11}	4.4×10^4	5.0×10^{-11}	4.4×10^4	5.0×10^{-11}	4.4×10^4
¹³⁴ Cs	1.3×10^{-15}	7.7×10^{-10}	6.0×10^5	3.2×10^{-8}	2.5×10^7	9.1×10^{-8}	7.1×10^7
¹³⁷ Cs	4.7×10^{-16}	2.8×10^{-10}	6.0×10^5	1.4×10^{-8}	2.9×10^7	1.5×10^{-7}	3.3×10^8
¹⁴⁰ Ba	1.6×10^{-16}	6.7×10^{-10}	4.1×10^6	2.9×10^{-9}	1.8×10^7	2.9×10^{-9}	1.8×10^7
¹⁴⁴ Ce	2.2×10^{-17}	2.7×10^{-11}	1.2×10^6	8.9×10^{-10}	4.0×10^7	1.4×10^{-9}	6.3×10^7
²³⁹ Np	1.9×10^{-16}	5.0×10^{-11}	2.6×10^5	5.7×10^{-11}	2.9×10^5	5.7×10^{-11}	2.9×10^5
²³⁸ Pu	1.6×10^{-19}	9.9×10^{-14}	6.0×10^5	4.6×10^{-12}	2.8×10^7	2.4×10^{-11}	1.5×10^8
²³⁹ Pu	1.1×10^{-19}	6.4×10^{-14}	6.1×10^5	3.1×10^{-12}	2.9×10^7	2.8×10^{-11}	2.7×10^8
²⁴⁰ Pu	1.6×10^{-19}	9.8×10^{-14}	6.0×10^5	4.6×10^{-12}	2.8×10^7	2.6×10^{-11}	1.6×10^8
²⁴¹ Pu	2.1×10^{-21}	2.1×10^{-15}	1.0×10^6	5.9×10^{-13}	2.9×10^8	7.6×10^{-11}	3.7×10^{10}
²⁴¹ Am	1.9×10^{-17}	1.1×10^{-11}	6.0×10^5	5.5×10^{-10}	2.9×10^7	5.8×10^{-9}	3.1×10^8
²⁴² Cm	1.9×10^{-19}	1.2×10^{-13}	6.0×10^5	2.9×10^{-12}	1.5×10^7	3.5×10^{-12}	1.8×10^7
²⁴⁴ Cm	3.1×10^{-19}	1.8×10^{-13}	6.0×10^5	8.6×10^{-12}	2.8×10^7	5.6×10^{-11}	1.8×10^8

注：表中数据未考虑在建筑物内居留时间和建筑物屏蔽修正。应用时应采用适当的修正因子。表中 C、E 和 G 栏的数值是以开阔地面上方 1 m 处的剂量积分与单位初始剂量率的比值表示的。

H2 时间平均建筑物屏蔽因子 SF_γ

时间平均建筑物屏蔽因子取决于建筑物的屏蔽作用和人员在室内的居留时间份额。 SF_γ 可以表示为式(H1)。

$$SF_\gamma = 1 + X \cdot (S - 1) \dots\dots\dots (H1)$$

式中：X——人员在建筑物内的居留因子(无量纲)，本标准建议值为 0.8；

S——屏蔽因子，即建筑物内的剂量率与建筑物外的剂量率之比；屏蔽因子受建筑物类型、结构、材料、门窗面积、居住者习惯等诸多因素的影响，使用时根据具体情况确定。联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)建议的代表值和我国秦山核电厂的调查值列于表 H2。表 H2 还列出了 x 等于 0.8 时 SF_γ 的建议值。

表 H2 不同类型建筑物对地面沉积核素 γ 辐射的屏蔽因子 S 和时间平均建筑物屏蔽因子 SF_γ

建筑类型	屏蔽因子 S			SF_γ ($x=0.8$)
	UNSCEAR	秦山	建议值	
砖结构平房建筑	0.05~0.3	0.15~0.3	0.25	0.4
小型多层建筑				
地下室	0.01		0.01	0.21
第一、二层	0.05	0.10~0.15	0.1	0.28
大型多层建筑				
地下室	0.005		0.005	0.2
上部各层	0.01	0.01~0.05	0.01	0.21

附 录 I
(标准的附录)
食入放射性核素剂量学参数

I1 剂量转换系数

见表 I1。

表 I1 食入单位活度核素所致的待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量(即食入剂量系数 $H_2, Sv \cdot Bq^{-1}$)

放射性核素	肠转移份额	待积有效剂量或甲状腺待积剂量当量 $Sv \cdot Bq^{-1(1),2),3)}$		
		幼儿	少儿	成人
^{89}Sr	3×10^{-1}	1.8×10^{-8}	5.8×10^{-9}	2.6×10^{-9}
^{90}Sr	3×10^{-1}	7.3×10^{-8}	6.0×10^{-8}	2.8×10^{-8}
^{95}Zr	1×10^{-2}	5.6×10^{-9}	1.9×10^{-9}	9.5×10^{-10}
^{103}Ru	5×10^{-2}	4.6×10^{-9}	1.5×10^{-9}	7.3×10^{-10}
^{106}Ru	5×10^{-2}	4.9×10^{-8}	1.5×10^{-8}	7.0×10^{-9}
$^{131}I^{2)}$	1	3.6×10^{-6}	1.1×10^{-6}	4.4×10^{-7}
$^{133}I^{2)}$	1	8.6×10^{-7}	2.3×10^{-7}	8.3×10^{-8}
^{134}Cs	1	1.6×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.9×10^{-8}
^{137}Cs	1	1.2×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.3×10^{-8}
^{144}Ce	5×10^{-4}	3.9×10^{-8}	1.1×10^{-8}	5.2×10^{-9}
^{238}Pu	5×10^{-4}	4.0×10^{-7}	2.4×10^{-7}	2.3×10^{-7}
^{239}Pu	5×10^{-4}	4.2×10^{-7}	2.7×10^{-7}	2.5×10^{-7}
^{240}Pu	5×10^{-4}	4.2×10^{-7}	2.7×10^{-7}	2.5×10^{-7}
^{241}Pu	5×10^{-4}	5.7×10^{-9}	5.1×10^{-9}	4.8×10^{-9}
^{241}Am	5×10^{-4}	3.7×10^{-7}	2.2×10^{-7}	2.0×10^{-7}
^{242}Cm	5×10^{-4}	7.6×10^{-8}	2.4×10^{-8}	1.2×10^{-8}
^{244}Cm	5×10^{-4}	2.9×10^{-7}	1.4×10^{-7}	1.2×10^{-7}

注

- 1) 在计算表中数据时假定除碘同位素处于元素状态外,其他核素都处于氧化物状态,对于其他化学状态,剂量将有所不同,这一点对钚同位素特别重要,因为对易溶解的或生物学结合的钚同位素,剂量可能增高 100 倍。
- 2) 表中的剂量数值除二个碘同位素是甲状腺待积剂量当量外,其他都是待积有效剂量。
- 3) 表中的剂量系数取自国际辐射防护委员会(ICRP) 67(1993)、ICRP 69(1995)和 ICRP 72(1996)号出版物。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0~6 岁,7~17 岁和 18 岁以上,其数据分别相应于该出版物中 1 岁、10 岁和成人的数据。

I2 摄入量

见表 I2。

表 I2 不同年龄组公众成员各类食物的年摄入量 I_{ig}

食 物	年摄入量 ^{1),2)} (kg · a ⁻¹)		
	幼儿	少儿	成人
粮食(大米、小麦、杂粮,但不含薯类)	83	180	213
兽、禽肉类	16	10	25
绿色蔬菜类 ³⁾	10	18	43
其他蔬菜类 ⁴⁾	33	66	81
水果	24	3	5
饮水	400	500	730

1) 就年消费的食物量而言,当把受照个体都作为关键组消费者对待时,应考虑该假定的合理性,因为对牛奶类的关键消费者不一定同时是肉类的关键消费者。因此,对所有各类食物摄入量简单相加可能是不合适的。本表中成人组数据和幼儿组、少儿组数据分别取自我国 1992 年和 1982 年营养调查资料,饮水数据引自国内文献。

2) 表中幼儿组的年龄范围为 0~6 岁,少儿组为 7~17 岁,成人组为 18 岁以上。

3) 其表面可能受到大气沉积物直接污染。

4) 其表面未受到大气沉积物直接污染的水果和蔬菜或食用前去皮的水果与根茎类蔬菜。

附 录 J

(标准的附录)

食人被污染的新鲜食物所致内照射剂量的剂量学参数

J1 比值 G_g

见表 J1。

表 J1 新鲜食物 g 中核素比活度的 1 年积分值($Bq \cdot a \cdot L^{-1}$ 或 $Bq \cdot a \cdot kg^{-1}$)与峰值时刻该食物中核素比活度($Bq \cdot L^{-1}$ 或 $Bq \cdot kg^{-1}$)的比值

核素 ¹⁾	食物中核素比活度的 1 年积分值与相同食物核素峰值比活度的比值 ²⁾ $Bq \cdot a \cdot L^{-1}/(Bq \cdot L^{-1})$ (对牛奶和饮水) $Bq \cdot a \cdot kg^{-1}/(Bq \cdot kg^{-1})$ (对其他食物)						食物中核素比活度的 1 年积分值与牧草中核素峰值比活度的比值 ²⁾ $Bq \cdot a \cdot L^{-1}/(Bq \cdot kg^{-1})$ (对牛奶) $Bq \cdot a \cdot kg^{-1}/(Bq \cdot kg^{-1})$ (对肉类)	
	牛奶 ^{3),4)}	奶制品 ^{3),4)}	暴露的水果和 蔬菜 ⁵⁾	其他水果和 蔬菜 ⁵⁾	肉类等 ⁴⁾	水和饮料	牛奶 ⁶⁾	肉类 ⁶⁾
⁸⁹ Sr	6.2×10^{-2}	6.2×10^{-2}	4.3×10^{-2}	2.0×10^{-1}	8.4×10^{-2}	2.0×10^{-1}	1.4×10^{-3}	2.8×10^{-4}
⁹⁰ Sr	1.2×10^{-1}	1.2×10^{-1}	6.1×10^{-2}	9.9×10^{-1}	1.6×10^{-1}	9.9×10^{-1}	3.0×10^{-3}	6.3×10^{-4}
⁹⁵ Zr	3.8×10^{-2}	2.8×10^{-2}	4.3×10^{-2}	2.5×10^{-1}	7.6×10^{-2}	2.5×10^{-1}	5.5×10^{-5}	5.2×10^{-4}
¹⁰³ Ru	3.7×10^{-2}	3.7×10^{-2}	3.8×10^{-2}	1.6×10^{-1}	2.0×10^{-1}	1.6×10^{-1}	1.0×10^{-6}	2.2×10^{-4}
¹⁰⁶ Ru	4.7×10^{-2}	4.7×10^{-2}	4.9×10^{-2}	7.2×10^{-1}	5.8×10^{-1}	7.2×10^{-1}	1.4×10^{-6}	9.7×10^{-4}
¹³¹ I	2.6×10^{-2}	2.6×10^{-2}	2.1×10^{-2}	3.2×10^{-2}	2.8×10^{-2}	3.2×10^{-2}	7.8×10^{-3}	2.5×10^{-3}
¹³³ I	6.8×10^{-3}	6.8×10^{-3}	3.3×10^{-3}	3.4×10^{-3}	7.4×10^{-3}	3.4×10^{-3}	6.2×10^{-4}	1.7×10^{-4}
¹³⁴ Cs	7.5×10^{-2}	7.5×10^{-2}	6.2×10^{-2}	8.5×10^{-1}	2.0×10^{-1}	8.5×10^{-1}	1.5×10^{-2}	5.3×10^{-2}
¹³⁷ Cs	7.8×10^{-2}	7.8×10^{-2}	6.4×10^{-2}	9.9×10^{-1}	2.1×10^{-1}	9.9×10^{-1}	1.6×10^{-2}	5.6×10^{-2}

表 J1 (完)

核素 ¹⁾	食物中核素比活度的 1 年积分值与相同食物核素峰值比活度的比值 ²⁾ Bq · a · L ⁻¹ / (Bq · L ⁻¹) (对牛奶和饮水) Bq · a · kg ⁻¹ / (Bq · kg ⁻¹) (对其他食物)						食物中核素比活度的 1 年积分值与牧草中核素峰值比活度的比值 ²⁾ Bq · a · L ⁻¹ / (Bq · kg ⁻¹) (对牛奶) Bq · a · kg ⁻¹ / (Bq · kg ⁻¹) (对肉类)	
	牛奶 ^{3),4)}	奶制品 ^{3),4)}	暴露的水果和 蔬菜 ⁵⁾	其他水果和 蔬菜 ⁵⁾	肉类等 ⁴⁾	水和饮料	牛奶 ⁶⁾	肉类 ⁶⁾
¹⁴⁴ Ce	4.2 × 10 ⁻²	4.2 × 10 ⁻²	4.9 × 10 ⁻²	6.6 × 10 ⁻¹	6.7 × 10 ⁻¹	6.6 × 10 ⁻¹	4.1 × 10 ⁻⁵	8.6 × 10 ⁻⁵
²³⁹ Pu ⁷⁾	5.9 × 10 ⁻¹	5.9 × 10 ⁻¹	5.1 × 10 ⁻²	1.0 × 10 ⁰	5.9 × 10 ⁻¹	1.0 × 10 ⁰	2.5 × 10 ⁻⁸	1.4 × 10 ⁻⁶
²⁴¹ Am	5.6 × 10 ⁻¹	5.6 × 10 ⁻¹	5.1 × 10 ⁻²	1.0 × 10 ⁰	5.7 × 10 ⁻¹	1.0 × 10 ⁰	2.4 × 10 ⁻⁶	1.3 × 10 ⁻⁴
²⁴² Cm	3.2 × 10 ⁻¹	3.2 × 10 ⁻¹	4.7 × 10 ⁻²	8.6 × 10 ⁻¹	3.2 × 10 ⁻¹	8.6 × 10 ⁻¹	1.3 × 10 ⁻⁶	7.1 × 10 ⁻⁵
²⁴⁴ Cm	5.6 × 10 ⁻¹	5.6 × 10 ⁻¹	5.1 × 10 ⁻²	9.8 × 10 ⁻¹	5.6 × 10 ⁻¹	9.8 × 10 ⁻¹	2.4 × 10 ⁻⁶	1.3 × 10 ⁻⁴

1) 假定除碘同位素呈元素状态外,其他核素均以氧化物状态从大气向地面和植物表面沉积。对于大部分核素和食物,单位峰值比活度的时间积分比活度对核素的化学状态并不灵敏。当采用牧草中峰值比活度表示 G_0 值时(表中右边二列),锕系核素(特别是钍同位素)将对所假设的核素的化学状态灵敏。当所释放物质在动物体内的生物学转移比所假设的氧化物状态更容易时,应采用修正的 G_0 值。

2) 假定所摄入的该食物全部取自同一来源和地区(即假定摄入的该类食物都具有相同的初始污染水平),当食物来源、污染水平和消费类型显著不同时(如摄入的一部分来自非污染地区时),表中数值应作适当修正。

3) 假定动物全年连续食用牧草,不食用储藏饲料。

4) 此值适合于奶牛,也可假定适合于其他放牧的动物如绵羊和山羊。

5) 此值适用于已经准备食用的水果和蔬菜。

6) 此值适用于奶牛,对其他放牧动物此值约高一倍。

7) 此值也适用于钍的同位素,即²³⁸Pu, ²⁴⁰Pu 和²⁴¹Pu。

J2 f 因子

f 因子定义为未经加工食物中放射性核素比活度与经过清洗、加工处理后食物中核素比活度的比值。对于一般清洗很难去污染或难以清洗的食物 f 近似取作 1(如牛奶,奶制品,肉类,水和饮料等),对于在消费形态下测量的水果、蔬菜和谷物类比活度的 f 值也取作 1,而对于去皮后食用或污染易于去污的食物 f 可以取 100。因此, f 值应视食物类别、清洗加工的放射性损失情况确定。

附录 K

(标准的附录)

食人被污染的“储藏”食物所致内照射剂量的剂量学参数

K1 比值 G_0

见表 K1。

表 K1 “储藏”食物 g 中的核素比活度的 1 年积分值($\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{kg}^{-1}$)与牧草中核素初始比活度或储藏开始时该食物核素比活度($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)的比值

核素 ¹⁾	食物中核素比活度的 1 年积分值与牧草中核素初始比活度的比值 $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{kg}^{-1}[\text{食物}]/(\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1})[\text{牧草, 鲜重}]$		食物中核素比活度的 1 年积分值与储藏开始时相同食物中核素比活度的比值 $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{kg}^{-1}/(\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1})$
	牛奶 ^{2),3)}	肉类等 ^{2),3)}	任何其他食物 ²⁾
⁸⁹ Sr	4.4×10^{-3}	6.6×10^{-4}	2.0×10^{-1}
⁹⁰ Sr	2.4×10^{-2}	4.0×10^{-3}	9.9×10^{-1}
⁹⁵ Zr	1.8×10^{-4}	8.5×10^{-4}	2.5×10^{-1}
¹⁰³ Ru	4.3×10^{-6}	1.7×10^{-4}	1.6×10^{-1}
¹⁰⁶ Ru	2.1×10^{-5}	1.2×10^{-3}	7.2×10^{-1}
¹³¹ I	9.4×10^{-3}	2.8×10^{-3}	3.2×10^{-2}
¹³³ I	3.1×10^{-4}	7.9×10^{-5}	3.4×10^{-3}
¹³⁴ Cs	1.7×10^{-1}	2.3×10^{-1}	8.5×10^{-1}
¹³⁷ Cs	2.0×10^{-1}	2.7×10^{-1}	9.9×10^{-1}
¹⁴⁴ Ce	6.4×10^{-4}	8.5×10^{-5}	6.6×10^{-1}
²³⁹ Pu ⁴⁾	4.3×10^{-8}	2.3×10^{-6}	1.0×10^0
²⁴¹ Am	4.3×10^{-6}	2.3×10^{-4}	1.0×10^0
²⁴² Cm	3.6×10^{-6}	1.9×10^{-4}	8.6×10^{-1}
²⁴⁴ Cm	4.2×10^{-6}	2.3×10^{-4}	9.8×10^{-1}

1) 假定除碘同位素呈元素状态外,其他核素均以氧化物状态从大气向地面和植物表面沉积。对于大部分核素和食物,单位峰值比活度的时间积分比活度对核素的化学状态并不灵敏。然而当采用牧草比活度表示的 G_s 值时(表中第 2、3 列),锕系核素(特别是钚同位素)将对所假设的核素的化学状态灵敏。当所释放物质在动物体内的生物学转移比所假设的氧化物状态更容易时,应采用修正的 G_s 值。

2) 数值是基于下面假设计算的:食物一旦制作成储藏食物,则放射性衰变是其中放射性损失的唯一途径。

3) 这些数值适合于奶牛,对其他草食动物(如绵羊、山羊)其数值可能高达 10 倍以上。

4) 这些数值也适用于钚的其他同位素,主要是²³⁸Pu, ²⁴⁰Pu 和 ²⁴¹Pu。