



中华人民共和国国家标准

GB/T 17982—2018
代替 GB/T 17982—2000

核事故应急情况下公众受照剂量估算的 模式和参数

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

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施



国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 基本原则	1
4 事故早期剂量估算	2
5 事故中期剂量估算	5
6 事故后期剂量预测原则	7
附录 A (资料性附录) 核事故时释放的对公众成员所受剂量估算有重要意义的放射性核素	8
附录 B (资料性附录) 事故后不同阶段需要模式计算或监测的重要量	10
附录 C (资料性附录) 烟羽照射途径 γ 外照射剂量学参数	11
附录 D (资料性附录) 烟羽中放射性惰性气体对皮肤 β 照射的剂量学参数	12
附录 E (资料性附录) 空气中或皮肤表面沉积核素所致皮肤剂量转换系数	13
附录 F (资料性附录) 吸入放射性核素剂量学参数	14
附录 G (资料性附录) 地面沉积核素所致的 γ 外照射剂量学参数	18
附录 H (资料性附录) 组织权重因数	20
附录 I (资料性附录) 食入放射性核素剂量学参数	21
附录 J (资料性附录) 食入被污染的新鲜食物所致内照射剂量的剂量学参数	23
附录 K (资料性附录) 食入被污染的“储藏”食物所致内照射剂量的剂量学参数	25
参考文献	26

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 17982—2000《核事故应急情况下公众受照剂量估算的模式和参数》。

本标准与 GB/T 17982—2000 相比,主要技术变化如下:

——修改了部分术语和定义;

——修改了表 A.1、表 F.1、表 F.2、表 F.3、表 G.1、表 H.1、表 I.1、表 I.3 中有关参数的部分数据。

本标准由中华人民共和国国家卫生健康委员会提出并归口。

本标准起草单位:中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、中国医学科学院放射医学研究所、江苏省疾病预防控制中心、深圳市职业病防治院。

本标准主要起草人:拓飞、周强、张庆、袁龙、徐翠华、张良安、徐小三、张京、李文红、马加一、王小强、张建峰、付熙明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 17982—2000。

核事故应急情况下公众受照剂量估算的 模式和参数

1 范围

本标准提出了核事故应急不同阶段依据应急辐射监测数据(或由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情况下公众所受辐射剂量的估算和评价。核设施正常运行情况下公众受照剂量的估算和评价也可参考应用。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

应急 emergency

需要立即采取某些超出正常工作程序的行动以避免事故发生或减轻事故后果的状态,有时也称为紧急状态;同时,也泛指立即采取超出正常工作程序的行动。

2.2

核事故 nuclear accident

核电厂或其他核设施中很少发生的严重偏离运行工作状况的状态;在这种状态下,放射性物质的释放可能或已经失去应有的控制,达到不可接受的水平。

2.3

事故早期 early phase of accident

由出现明显的放射性释放的先兆(即开始察觉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。

2.4

事故中期 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。

2.5

事故后期 late phase of accident

自事故中期以后延续几周到几年的这段时间。

2.6

烟羽 plume

释放到环境中的放射性物质的气载“烟云”。

2.7

再悬浮 resuspension

因土壤的机械扰动和风的作用使污染物从地面、物体表面等沉积表面返回大气的过程。

3 基本原则

3.1 核事故情况下估算公众成员受照剂量时应考虑事故不同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成员受照剂量有重要意义的放射性核素参见附录 A 的表 A.1。不同类型核事故、不同阶段应考虑放射性核素参见附录 A 的表 A.2。

3.2 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。

3.3 事故中、后期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。事故不同阶段各照射途径需要模式计算或监测的重要量参见附录 B。

4 事故早期剂量估算

4.1 重要照射途径

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。

4.2 烟羽外照射剂量

4.2.1 γ 外照射剂量

γ 外照射剂量估算公式包括:

- a) 基于地面上方 1 m 处 γ 周围剂量当量 H_{py} 的估算,见式(1)。

$$H_{py} = \int_0^{\tau} H_{py}(t) dt \times SF_{py} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

H_{py} ——在烟羽通过期间 τ 内烟羽所致的 γ 外照射剂量当量,单位为希沃特(Sv);

$H_{py}(t)$ —— t 时刻烟羽产生的在地面上方 1 m 处的 γ 外照射周围剂量当量率,单位为希沃特每秒($Sv \cdot s^{-1}$);

SF_{py} ——建筑物对烟羽外照射的屏蔽因子,对个人 SF_{py} 取作 1,对群体 SF_{py} 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)。

$$H_{py} = \Psi \times DCF_{py} \times SF_{py} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H_{py} ——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,单位为希沃特(Sv);

Ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度,单位为贝可秒每立方米($Bq \cdot s \cdot m^{-3}$);

DCF_{py} ——剂量转换系数,即核素单位时间积分浓度所致 γ 外照射剂量,单位为 $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$, DCF_{py} 的数值参见附录 C;

SF_{py} ——建筑物对烟羽外照射的屏蔽因子,对个人 SF_{py} 取作 1,对群体 SF_{py} 取作 0.7。

4.2.2 皮肤 β 照射剂量

皮肤 β 照射剂量估算公式包括:

- a) 来自烟羽中放射性惰性气体所致皮肤当量剂量 H_{ip} 的估算,见式(3)。

$$H_{ip} = \Psi \times DCF_{ip} \times SF_{\beta} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

H_{ip} ——空气中放射性惰性气体所致皮肤 β 照射当量剂量,单位为希沃特(Sv);

Ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度,单位为贝可秒每立方米($Bq \cdot s \cdot m^{-3}$);

DCF_{ip} ——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 照射当量剂量,单位为 $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$,相关的几种放射性惰性气体的 DCF_{ip} 数值参见附录 D;

SF_{β} ——衣服和人体对 β 辐射的屏蔽因子,该屏蔽因子与个人的习惯、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 0.5,对于保守估计可取作 1。

- 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)。

$$H_{a\beta} = \Psi \times DCF_{a\beta} \times SF_{\beta} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$H_{a\beta}$ ——空气中放射性核素所致皮肤 β 照射当量剂量,单位为希沃特(Sv);

Ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度,单位为贝可秒每立方米($Bq \cdot s \cdot m^{-3}$);

$DCF_{a\beta}$ ——剂量转换系数,即核素单位时间积分浓度所致的皮肤 β 照射皮肤当量剂量,单位为 $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$,不同核素的剂量转换系数 $DCF_{a\beta}$ 数值参见附录 E;

SF_{β} ——衣服和人体对 β 辐射的屏蔽因子,该屏蔽因子与个人的习惯、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 0.5,对于保守估计可取作 1。

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)。

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

式中:

$H_{s\beta}$ ——沉积在皮肤和衣服上核素所致 β 照射当量剂量,单位为希沃特(Sv);

C_s ——皮肤和衣服上沉积核素表面比活度,单位为贝可每平方米($Bq \cdot m^{-2}$);

$DCF_{s\beta}$ ——剂量转换系数,即皮肤表面沉积核素单位比活度所致皮肤 β 照射当量剂量,单位为 $Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$,不同核素的 $DCF_{s\beta}$ 数值参见附录 E;

SF_{β} ——衣服和人体对 β 辐射的屏蔽因子,该屏蔽因子与个人的习惯、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 0.5,对于保守估计可取作 1。

4.3 吸入烟羽内照射剂量

吸入烟羽内照射剂量 H_b 的估算,见式(6)。

$$H_b = \Psi \times B \times DCF_b \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

H_b ——吸入烟羽内照射待积有效剂量或甲状腺待积当量剂量,单位为希沃特(Sv);

Ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度,单位为贝可秒每立方米($Bq \cdot s \cdot m^{-3}$);

B ——人的呼吸率,单位为立方米每秒($m^3 \cdot s^{-1}$),不同年龄组成员的呼吸率 B 参见附录 F 的表 F.1;

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当量剂量,单位为希沃特每贝可($Sv \cdot Bq^{-1}$),不同核素的吸入剂量转换系数 DCF_b 参见附录 F 的表 F.2 和表 F.3。

4.4 地面沉积核素 γ 外照射剂量 H_{gy} 的估算

4.4.1 基于地面沉积核素表面比活度 C_g 的估算

基于地面沉积核素表面比活度 C_g 的估算,见式(7)。

$$H_{gy} = C_g \times DCF_g \times SF_{\gamma} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

H_{gy} ——地面沉积核素所致外照射剂量当量,单位为希沃特(Sv);

C_g ——地面沉积核素表面比活度,单位为贝可每平方米($Bq \cdot m^{-2}$),建议采用峰值或归一化值;

DCF_g ——剂量转换系数,单位为 $Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$; 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 一般取第 1 周, DCF_g 参见附录 G 的表 G.1;

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, SF_{γ} 参见附录 G 的表 G.2。

4.4.2 基于地面上方 1 m 处 γ 外照射剂量当量率 $\dot{H}_{\gamma}$ 的估算

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

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

式中:

H_{gy} ——地面沉积核素所致外照射剂量当量,单位为希沃特(Sv);

$\dot{H}_\gamma$ ——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,单位为希沃特每秒($\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$);

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, SF_γ 参见附录 G 中的 G.2;

λ ——核素的有效衰变常数,单位为每秒(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,单位为秒(s),一般取 $6.048 \times 10^5 \text{ s}$ (一周)。

4.5 吸入再悬浮核素内照射剂量

吸入再悬浮核素内照射剂量 H_1 的估算,见式(9)。

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

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,单位为希沃特(Sv);

Ψ ——近地面空气中核素的时间积分浓度,单位为贝可秒每立方米($\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$);

B ——人的呼吸率,单位为立方米每秒($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

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,单位为希沃特每贝可($\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$); DCF_b 的数值参见附录 F 的表 F.2 和表 F.3;

$K(t)$ ——时间依赖的再悬浮因子, $K(t)$ 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,单位为每米(m^{-1}),再悬浮因子 $K(t)$ 的影响因素和时间的依赖关系参见附录 F 的 F.4;

λ_R ——核素的物理衰变常数,单位为每秒(s^{-1});

τ ——积分时间,单位为秒(s),一般取 $6.048 \times 10^5 \text{ s}$ (一周)。

4.6 公众成员平均受照有效剂量的估算

在公众成员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,由各核素和各照射途径对公众成员平均所致有效剂量按式(10)计算。

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

式中:

E ——公众成员平均所受有效剂量,单位为希沃特(Sv);

W_T ——器官或组织 T 的组织权重因数,不同组织或器官的 W_T 参见附录 H;

H_{ip} ——各器官或组织 T 所受 i 核素 p 照射途径所致当量剂量或待积当量剂量,单位为希沃特(Sv);

i ——所涉及的第 i 种核素;

p ——所涉及的第 p 种照射途径。

4.7 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 ——给定半径范围内的集体有效剂量,单位为人希沃特($\text{人} \cdot \text{Sv}$);

$S(A)$ ——经大气途径产生的给定半径范围内的集体有效剂量,单位为人希沃特($\text{人} \cdot \text{Sv}$);

$S(W)$ ——经水途径产生的给定半径范围内的集体有效剂量,单位为人希沃特($\text{人} \cdot \text{Sv}$)。

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:

$S(A)$ ——经大气途径产生的给定半径范围内的集体有效剂量,单位为人希沃特(人·Sv);

P_d ——d子区的公众的人口数,单位为人;

E_{ad} ——d子区a年龄组平均个人有效剂量,单位为希沃特(Sv);

f_{ad} ——d子区内a年龄组成员在该子区人口中的比例。

经水体途径产生的集体有效剂量按式(13)计算。

$$S(W) = \sum_d P_d \sum_a E_{ad} f_{ad} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$S(W)$ ——经水途径产生的给定半径范围内的集体有效剂量,单位为人希沃特(人·Sv);

P_d ——d子区的公众的人口数,单位为人;

E_{ad} ——d子区a年龄组平均个人有效剂量,单位为希沃特(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

5.1 重要照射途径

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用水的内照射。事故中期剂量估算可更多的立足于监测数据评价、适当结合模式评价。

5.2 外照射剂量

5.2.1 基于地面沉积核素表面比活度 C_g 的估算

基于地面沉积核素表面比活度 C_g 的估算,见式(14)。

$$H_{gy} = C_g \times DCF_g \times SF_\gamma \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

H_{gy} ——地面沉积核素所致第1年积分有效剂量,单位为希沃特(Sv);

C_g ——地面沉积核素表面比活度,单位为贝可每平方米($Bq \cdot m^{-2}$);

DCF_g ——剂量转换系数,单位为 $Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$, DCF_g 的计算见式(15)。

$$DCF_g = \int_0^{1a} \dot{H}_\gamma(t) dt \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$\dot{H}_\gamma(t)$ ——单位表面比活度所致 γ 剂量当量率,单位为 $Sv \cdot s^{-1} \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$, $\dot{H}_\gamma(t)$ 的值参见附录 G 的表 G.1 的 A 列;

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。

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事故发生之后第1年对全身所致 γ 剂量的积分值,对事故中期的剂量估算, t 取1年,在室外滞留情况下的 $t=1a$ 的 DCF_g 参见附录 G 的表 G.1 的 D 栏。

5.2.2 基于被污染地面上方 1 m 处 γ 剂量当量率 $\dot{H}_\gamma$ 的估算

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

$$H_{gy} = \dot{H}_\gamma \times SF_\gamma \times \theta \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

H_{gy} ——地面沉积核素所致外照射剂量当量,单位为希沃特(Sv);

- $\dot{H}_\gamma$ ——地面沉积核素产生的在地面上方 1 m 处的 γ 剂量当量率,单位为希沃特每秒($\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$);
- 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;
- θ ——地面沉积核素在峰值时刻($t=0$)起的单位剂量率所致的第 1 年积分剂量当量与地面沉积核素产生的在地面上方 1 m 处峰值时刻($t=0$)的 γ 剂量当量率 $\dot{H}_\gamma(0)$ 的比值,单位为秒(s), θ 的计算见式(17)。

$$\theta = \frac{\int_0^{1a} \dot{H}_\gamma(t) dt}{\dot{H}_\gamma(0)} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

- $\dot{H}_\gamma(t)$ ——地面沉积核素产生的在地面上方 1 m 处某一 t 时刻的 γ 剂量当量率,单位为希沃特每秒($\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$);
- $\dot{H}_\gamma(0)$ ——地面沉积核素产生的在地面上方 1 m 处峰值时刻($t=0$)的 γ 剂量当量率,单位为希沃特每秒($\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$)。

附录 G 表 G.1 中 E 列的数值相当于 θ 值,即峰值时刻单位剂量率所致的第 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,第 1 年积分剂量数据是以开阔地上方 1 m 处的初始 γ 剂量率为单位表示的。

5.3 吸入再悬浮核素的内照射剂量

计算方法同 4.5,但积分时间为第 1 年。

5.4 食入被污染食物和饮水的内照射剂量

5.4.1 食入未经加工处理的被污染的食物所致剂量

食入未经加工处理的被污染的食物所致剂量见式(18)。

$$H_{iz} = C_{iz} \times I_{iz} \times H_2 \times G_z \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

- H_{iz} ——食入被污染食物 z 所致的待积有效剂量或器官待积当量剂量,单位为希沃特(Sv);
- C_{iz} ——食物 z 中放射性核素的峰值比活度或归一化时刻的比活度,单位为贝可每千克($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$);
- I_{iz} ——食物 z 的年食入量,单位为千克每年($\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$);不同年龄男、女食物消费量参考值参见附录 I 的表 I.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,单位为希沃特每贝可($\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$);食入单位活度核素所致的待积有效剂量、甲状腺待积当量剂量分别参见附录 I 的表 I.2 和表 I.3;
- G_z ——食物 z 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,单位为 $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{kg}^{-1} / (\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1})$,未加工“新鲜”食物的 G_z 值参见附录 J 的表 J.1。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,的 G_z 值参见附录 K 的表 K.1, G_z 按式(19)计算。

$$G_z = \frac{\int_0^{1a} C_{iz}(t) dt}{C_{iz}(t_p)} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- $C_{iz}(t)$ ——食物 z 中某一 t 时刻该食物中核素比活度,单位为贝可每千克($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$);
- $C_{iz}(t_p)$ ——食物 z 中某一指定的 t_p 时刻该食物中核素比活度,单位为贝可每千克($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$);
- t_p ——某一指定时刻,可以是食物 z 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; $C_{iz}(t_p)$ 是 t_p 时刻食物 z 中的核素比活度,单位为贝可每千克($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$); G_z 表

达式中的积分下限从 t_p 计算起。

5.4.2 食入经过加工处理的被污染食物所致剂量

食入经过加工处理的被污染食物所致剂量,见式(20)。

$$H'_{iz} = \frac{H_{iz}}{f} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

H'_{iz} ——食入经加工处理的食物 z 所致的待积有效剂量或器官待积当量剂量,单位为希沃特(Sv);

H_{iz} ——食入被污染食物 z 所致的待积有效剂量或器官待积当量剂量,单位为希沃特(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 因子的数值参见附录 J 的 J.2。

5.4.3 饮用被污染的饮用水所致的待积有效剂量或待积当量剂量

饮用被污染的饮用水所致的待积有效剂量或待积当量剂量,见式(21)。

$$H_w = C_w \times I_w \times H_2 \times \frac{1 - e^{-\lambda_R T}}{\lambda_R} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

H_w ——食入被污染的饮用水所致的待积有效剂量或待积当量剂量,单位为希沃特(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,单位为贝可每升(Bq · L⁻¹);

I_w ——被污染饮用水的年食入量,单位为升每年(L · a⁻¹),其食入量参考值参见附录 I 的表 I.1;

H_2 ——食入单位活度核素所致的待积有效剂量或器官待积当量剂量,单位为希沃特每贝可(Sv · Bq⁻¹),数据参见附录 I 的表 I.2 和表 I.3;

λ_R ——核素的物理衰变常数,单位为每年(a⁻¹);

T ——食入被污染饮用水的持续时间,单位为年(a)。

5.5 人群平均受照总剂量的估算

估算方法同 4.6。

5.6 集体剂量的估算

估算方法同 4.7。

6 事故后期剂量预测原则

6.1 人群平均剂量预测

事故后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用水的内照射。事故后期剂量估算可更多的立足于监测数据评价、适当结合模式评价。

6.2 集体剂量预测

预测核电厂或其他核设施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性效应的剂量依据。

6.3 剂量估算

参照早、中期的剂量估算模式和参数。

附录 A

(资料性附录)

核事故时释放的对公众成员所受剂量估算有重要意义的放射性核素

核事故时释放的对公众成员所受剂量估算有重要意义的放射性核素见表 A.1。不同类型核事故、不同阶段应考虑放射性核素见表 A.2。

表 A.1 核事故时释放的对公众成员所受剂量估算有重要意义的放射性核素

核素	半衰期	每秒衰变常数 s^{-1}	每年衰变常数 a^{-1}
3H	12.32 a	1.78×10^{-9}	5.63×10^{-2}
^{41}Ar	109.61 min	1.05×10^{-4}	3.33×10^3
^{85}Kr	10.756 a	2.04×10^{-9}	6.44×10^{-2}
^{85m}Kr	4.480 h	4.30×10^{-5}	1.36×10^3
^{87}Kr	76.3 min	1.51×10^{-4}	4.78×10^3
^{88}Kr	2.84 h	6.78×10^{-5}	2.14×10^3
^{89}Sr	50.53 d	1.59×10^{-7}	5.01×10^0
^{90}Sr	28.79 a	7.63×10^{-10}	2.41×10^{-2}
^{95}Zr	64.032 d	1.25×10^{-7}	3.95×10^0
^{95}Nb	34.991 d	2.29×10^{-7}	7.24×10^0
^{103}Ru	39.26 d	2.04×10^{-7}	6.45×10^0
^{106}Ru	373.59 d	2.15×10^{-8}	6.78×10^{-1}
^{132}Te	3.204 d	2.50×10^{-6}	7.90×10^1
^{131}I	8.020 70 d	1.00×10^{-6}	3.16×10^1
^{132}I	2.295 h	8.39×10^{-5}	2.65×10^3
^{133}I	20.8 h	9.26×10^{-6}	2.92×10^2
^{134}I	52.5 min	2.20×10^{-4}	6.94×10^3
^{135}I	6.57 h	2.93×10^{-5}	9.25×10^2
^{133}Xe	5.243 d	1.53×10^{-6}	4.83×10^1
^{135}Xe	9.14 h	2.11×10^{-5}	6.65×10^2
^{134}Cs	2.064 8 a	1.06×10^{-8}	3.36×10^{-1}
^{137}Cs	30.167 1 a	7.28×10^{-10}	2.30×10^{-2}
^{140}Ba	12.752 d	6.29×10^{-7}	1.99×10^1
^{140}La	1.678 1 d	4.78×10^{-6}	1.51×10^2
^{144}Ce	284.91 d	2.82×10^{-8}	8.89×10^{-1}
^{239}Np	2.356 5 d	3.40×10^{-6}	1.07×10^2
^{238}Pu	87.7 a	2.50×10^{-10}	7.90×10^{-3}
^{239}Pu	2.411×10^4 a	9.11×10^{-13}	2.87×10^{-5}
^{240}Pu	6 564 a	3.35×10^{-12}	1.06×10^{-4}
^{241}Pu	14.35 a	1.53×10^{-9}	4.83×10^{-2}
^{241}Am	432.2 a	5.08×10^{-11}	1.60×10^{-3}
^{242}Cm	162.8 d	4.93×10^{-8}	1.56×10^0
^{244}Cm	18.10 a	1.21×10^{-9}	3.83×10^{-2}

注 1：表中数据取自 ICRP 第 107 号出版物(2008)。

注 2：本表所列核素主要是核电站事故所释放放射性核素,其余核素参见 ICRP 第 107 号出版物(2008)。

表 A.2 不同类型核事故、不同阶段应考虑放射性核素

核事故类型	重要的放射性核素		
	第一天 ^a	第一周 ^b	长期
反应堆堆芯熔化事故(安全壳失效或不失效)	Y-90、Sr-91、Y-93、Nb-96、Zr-90、Mo-99、Rh-105、Pd-109、Ag-111、Pd-112、Cd-115、Sn-121、Sn-125、Sb-126、I-131、I-132、Te-131m、Te-132、I-133、I-135、La-140、Pr-142、Ce-143、Pr-143、Ba-146、Nd-147、Pm-149、Pm-151、Eu-152m、Sm-153、Sm-156、Eu-157、Np-239	Rh-86、Sr-89、Y-90、Y-91、Nb-95、Zr-95、Nb-96、Mo-99、Tb-160、Ru-103、Rh-105、Ag-111、Pd-112、Cd-115、Cd-115m、Sn-121、Sb-124、Sn-125、Sb-127、I-131、Te-131m、Te-132、I-133、Cs-136、Ba-140、La-140、Ce-141、Ce-143、Pr-143、Nd-147、Pm-149、Pm-151、Sm-153、Np-239	H-3、Sr-89、Sr-90、Y-91、Nb-93m、Nb-95、Ru-103、Ru-106、Ag-110m、Cd-113m、Cd-115m、Sn-121m、Sn-123、Sb-124、Sb-125、I-129、Cs-134、Cs-137、Ce-141、Ce-144、Pm-147、Tb-160、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Am-241、Pu-241、Cm-242、Pu-242、Am-243、Cm-244
堆芯熔化事故(外壳能密封粒子)	H-3、Rb-88、Sr-89、Sr-90、Y-90、Sr-91、Y-91、Ru-103、Ru-105、Ru-106、I-121、I-123、I-132、I-134、I-135、Cs-136、Cs-138、Cs-139、Ba-139、Ba-140、La-140	H-3、Sr-89、Sr-90、Ru-103、Ru-105、Ru-106、I-131、I-133、Ba-140、La-140	H-3、Sr-89、Sr-90、Tc-99、Ru-103、Ru-106、I-129、I-131、Cs-137
核燃料后处理厂意外释放事故	Sr-90、Nb-95、Zr-95、Tc-99、Ru-103、Ru-106、I-129、I-131、Cs-134、Cs-137、Ce-141、Ce-144、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Am-241、Pu-241、Cm-242、Pu-242、Am-243、Cm-244		
钚燃料制造厂意外释放事故	Pu-238、Pu-239、Pu-240、Am-241、Pu-241、Pu-242		
注：表中数据取自 IAEA-TECDOC-1092(1999)。			
^a 放射性核素的半衰期在 6 h 以上。			
^b 放射性核素的半衰期约 1 d 或 1 d 以上。			

附录 B
(资料性附录)

事故后不同阶段需要模式计算或监测的重要量

事故后不同阶段各照射途径需要监测或模式计算的重要量见表 B.1。

表 B.1 事故后不同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	重要量		
		名称	符号	单位
早期	烟羽 γ 外照射	烟羽产生的在地面上方 1 m 处 γ 周围剂量当量	$\dot{H}_{py}$	$\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$
		近地面空气中核素的时间积分浓度	Ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
	烟羽 β 外照射	近地面空气中核素的时间积分浓度	Ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
	体表沉积核素 β 外照射	近地面空气中核素的时间积分浓度	Ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
		烟羽在皮肤上沉积的表面比活度	C_s	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
	烟羽吸入内照射	近地面空气中核素的时间积分浓度	Ψ	$\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
	地面沉积核素 γ 外照射	地面沉积核素的表面比活度	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
		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	$\dot{H}_\gamma$	$\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$
中期	吸入再悬浮核素内照射	地面沉积核素的表面比活度	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
	地面沉积核素 γ 外照射	地面沉积核素的表面比活度	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
		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	$\dot{H}_\gamma$	$\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}$
	吸入再悬浮核素内照射	地面沉积核素的表面比活度	C_g	$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
	食入污染食物或饮水内照射	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_{fx}	$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$
		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_w	$\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$
		牧草中放射性核素的峰值比活度或归一化时刻的比活度	C_{pas}	$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$
后期	参照中期	—	—	—

附录 C
(资料性附录)

烟羽照射途径 γ 外照射剂量学参数

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 外照射剂量转换系数见表 C.1。

表 C.1 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 外照射剂量转换系数

核素	$DCF_{p\gamma}$ $\text{Sv} \cdot (\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$
^{41}Ar	7.6×10^{-14}
^{60}Co	1.5×10^{-13}
^{85}Kr	1.4×10^{-16}
$^{83\text{m}}\text{Kr}$	6.2×10^{-15}
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	7.0×10^{-15}
^{87}Kr	3.8×10^{-14}
^{88}Kr	1.3×10^{-14}
^{89}Sr	6.1×10^{-18}
^{90}Sr	2.1×10^{-17}
^{103}Ru	2.1×10^{-14}
^{106}Ru	9.0×10^{-15}
^{131}I	1.6×10^{-14}
^{132}I	1.0×10^{-13}
^{133}I	2.6×10^{-14}
^{134}I	1.2×10^{-13}
^{135}I	7.2×10^{-14}
$^{131\text{m}}\text{Xe}$	3.7×10^{-16}
$^{133\text{m}}\text{Xe}$	1.3×10^{-15}
^{133}Xe	1.5×10^{-15}
^{135}Xe	1.1×10^{-14}
^{137}Cs	2.6×10^{-14}
^{239}Np	8.3×10^{-15}
注 1：表中数据取自 IAEA Safety Series No.81 号出版物(1986)。	
注 2：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
(资料性附录)

烟羽中放射性惰性气体对皮肤 β 照射的剂量学参数

空气中放射性惰性气体单位时间积分浓度所致 β 皮肤剂量转换系数见表 D.1。

表 D.1 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

放射性惰性气体	DCF_{β} $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$
^{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^{-15}
^{135}Xe	5.3×10^{-15}

注：表中数据取自 IAEA Safety Series No.81 号出版物(1986)。

附录 E
(资料性附录)

空气中或皮肤表面沉积核素所致皮肤剂量转换系数

空气中核素单位时间积分浓度或皮肤表面沉积核素单位比活度所致皮肤剂量转换系数见表 E.1。

表 E.1 空气中核素单位时间积分浓度或皮肤表面沉积核素单位比活度所致皮肤剂量转换系数

核素	$DCF_{s\beta}$ $Sv \cdot (Bq \cdot s \cdot m^{-3})^{-1}$	$DCF_{s\beta}$ $Sv \cdot (Bq \cdot m^{-2})^{-1}$
^{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	1.0×10^{-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 1：表中数据表述取自 IAEA Safety Series No.81 号出版物(1986)。

注 2：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剂量转换系数。

附 录 F
(资料性附录)
吸入放射性核素剂量学参数

F.1 呼吸率 B

不同年龄组成员的呼吸率典型值见表 F.1。

表 F.1 不同年龄组成员的呼吸率典型值

活动状态	幼儿			少儿			成人(男)			成人(女)		
	h	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	h	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	h	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	h	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
睡眠	14	0.15	2.1	10	0.31	3.1	8	0.45	3.6	8.5	0.32	2.7
休息	3.3	0.22	0.73	4.7	0.38	1.8	6	0.54	3.2	5.4	0.39	2.1
轻体力活动	6.7	0.35	2.3	9.3	1.1	10.3	9.8	1.5	14.7	9.9	1.3	12.9
重体力活动	—	—	—	—	—	—	0.25	3	0.75	0.19	2.7	0.52
总计($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	5.1			15.2			22.2			18.2		
注 1: 表中的呼吸率数据取自 ICRP 第 89 号出版物(2002)。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0 岁~6 岁、7 岁~17 岁和 18 岁及以上,其数据分别相应于该出版物中 1 岁、10 岁和成人的数据。												
注 2: 表中“h”是人员每天处于各活动状态的小时数,“ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ”和“ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ”分别是相应每小时或每天的呼吸率。												
注 3: 幼儿组、少儿组不分男女,成人组按性别分男女。												

F.2 待积有效剂量的剂量转换系数

吸入单位活度核素所致的待积有效剂量转换系数见表 F.2。

表 F.2 吸入单位活度核素所致的待积有效剂量转换系数 DCF_b 。单位为希沃特每贝可

核素	吸收速度类别	剂量转换系数 DCF_b		
		幼儿	少儿	成人
^{89}Sr	F	7.3×10^{-9}	2.3×10^{-9}	1.0×10^{-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}
^{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}

表 F.2 (续)

单位为希沃特每贝可

核素	吸收速度类别	剂量转换系数 DCF_b		
		幼儿	少儿	成人
^{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}
^{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^{-9}	7.8×10^{-9}	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^{-9}	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}
	S	4.0×10^{-5}	1.9×10^{-5}	1.6×10^{-5}
^{239}Pu	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}
	S	3.9×10^{-5}	1.9×10^{-5}	1.6×10^{-5}
^{240}Pu	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}
	S	3.9×10^{-5}	1.9×10^{-5}	1.6×10^{-5}
^{241}Pu	F	2.9×10^{-6}	2.4×10^{-6}	2.3×10^{-6}
	M	9.7×10^{-7}	8.3×10^{-7}	9.0×10^{-7}
	S	2.3×10^{-7}	1.7×10^{-7}	1.7×10^{-7}
^{241}Am	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}
	S	4.0×10^{-5}	1.9×10^{-5}	1.6×10^{-5}
^{242}Cm	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}
	S	1.9×10^{-5}	8.2×10^{-6}	5.9×10^{-6}
^{244}Cm	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}

表 F.2 (续)

单位为希沃特每贝可

核素	吸收速度 类别	剂量转换系数 DCF_b		
		幼儿	少儿	成人
注 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。计算中假定表中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。				
注 2: 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。				
注 3: 表中核素的剂量转换系数取自 GB 18871—2002。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0 岁~6 岁、7 岁~17 岁和 18 岁及以上。幼儿、少儿和成人组的参数分别对应于 GB 18871—2002 中 1 岁~2 岁、7 岁~12 岁和大于 17 岁的数据。				

F.3 甲状腺待积当量剂量转换系数

吸入单位活度核素所致的甲状腺待积当量剂量转换系数见表 F.3。

表 F.3 吸入单位活度核素所致的甲状腺待积当量剂量转换系数 DCF_b , 单位为希沃特每贝可

核素	吸收速度 类别	剂量转换系数 DCF_b		
		幼儿	少儿	成人
^{132}Te	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	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	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	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	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}
注 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。计算中假定碘核素处于元素状态外,碲核素处于氧化物状态。对于其他实际存在的化学形态,剂量有所不同,但差别很小。 注 2: 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 $1\ \mu\text{m}$ 计算的。 注 3: 表中剂量转换系数取自 ICRP 第 71 号出版物(1995)。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0 岁~6 岁、7 岁~17 岁和 18 岁及以上。幼儿、少儿和成人组的参数分别对应于该出版物中 1 岁、10 岁和成人的数据。				

F.4 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活度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活度浓度。再悬浮因子的数值随时间变化,受气候与环境很多因素(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,时间依赖的再悬浮因子 $K(t)$ 的计算如式(F.1)所示。

$$K(t) = 10^{-6} e^{-at} + 10^{-9} e^{-bt} \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

$K(t)$ ——时间依赖的再悬浮因子,无量纲;

t ——沉积以后经过的时间,单位为天(d);

a ——取 10^{-2} ,单位为每天(d^{-1});

b ——取 2×10^{-5} ,单位为每天(d^{-1})。

附录 G
(资料性附录)

地面沉积核素所致的 γ 外照射剂量学参数

G.1 剂量转换系数

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见表 G.1。

表 G.1 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 起始剂量率	第 1 周积分剂量		第 1 年积分剂量		50 年待积剂量	
	A	B	C	D	E	F	G
	$\frac{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}}$	$\frac{\text{Sv}}{\text{Sv} \cdot \text{s}^{-1}}$
⁹⁵ Zr	6.0×10^{-16}	3.7×10^{-10}	6.2×10^5	9.10×10^{-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
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	1.40×10^{-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 1：表中数据取自 IAEA Safety Series No.81 号出版物(1986)。

注 2：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 A 栏不是恒定值，应为起始值或峰值。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。

G.2 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(G.1)。

$$SF_{\gamma} = 1 + X \times (S - 1) \quad \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

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；

X ——人员在建筑物内的居留因子，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。表 G.2 列出了屏蔽因子 S 的建议值和 X 等于 0.8 时 SF_{γ} 的建议值。

表 G.2 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 建议值	SF_{γ} ($X = 0.8$)
砖结构平房建筑		0.25	0.4
小型多层建筑	地下室	0.01	0.21
	第一层、第二层	0.1	0.28
大型多层建筑	地下室	0.005	0.2
	上部各层	0.01	0.21

注：屏蔽因子 S 的建议值是综合了 UNSCEAR 及国内相关文献资料中的值给出的，在实际应用中可根据实际情况取值。

附 录 H
(资料性附录)
组织权重因数

组织权重因数见表 H.1。

表 H.1 组织权重因数

组织/器官	组织权重因数/ W_T
性腺 ^a	0.08
红骨髓	0.12
结肠 ^b	0.12
肺	0.12
胃	0.12
膀胱	0.04
乳腺	0.12
肝	0.04
食道	0.04
甲状腺	0.04
皮肤	0.01
骨表面	0.01
其余组织或器官 ^c	0.12
注：表中的数据取自 ICRP 第 103 号出版物(2007)。	
^a 性腺的 W_T ，用于对男性睾丸和女性卵巢剂量的平均值。 ^b 对结肠的剂量，按国际放射防护委员会(ICRP)第 60 号出版物(1990)，取上部大肠和下部大肠剂量的质量加权平均值。 ^c 所指定的其余组织或器官(总计 14 种)是：肾上腺、外胸区、胆囊、心脏、肾、淋巴结、肌肉、口腔黏膜、胰腺、前列腺(男性)、小肠、脾、胸腺、子宫/子宫颈(女性)。	

附 录 I
(资料性附录)
食入放射性核素剂量学参数

I.1 食物食入量

不同年龄男、女食物食入量参考值见表 I.1。

表 I.1 不同年龄男、女食物食入量参考值

食物	食物食入量参考值 g/d			
	学龄前期(男、女)	儿童期(男、女)	少年期、成人期(男)	少年期、成人期(女)
谷物 ^a	170	270	450	310
豆类	15	20	25	20
蔬菜	180	260	360	320
水果	55	85	80	120
肉、禽	55	—	80	60
奶类	95	110	45	25
蛋类	20	30	35	25
鱼虾	40	30	40	35
油脂	—	—	30	—
饮水	500	700	1 000	800

注 1: 表中食物食入量参考值取自 GBZ/T 200.4—2009。

注 2: 在进行估算时幼儿、少儿和成人组的参数可分别参照 GBZ/T 200.4—2009 中学龄前期(5 岁)、儿童期(10 岁)、少年期(15 岁)和成人期(20 岁~50 岁)的数据。

^a 谷物包括薯类。

I.2 待积有效剂量转换系数

食入单位活度核素所致的待积有效剂量见表 I.2。

表 I.2 食入单位活度核素所致的待积有效剂量(即食入剂量系数 H_2)

核素	肠转移份额	幼儿 Sv/Bq	少儿 Sv/Bq	成人 Sv/Bq
⁸⁹ Sr	3.0×10^{-1}	1.8×10^{-8}	5.8×10^{-9}	2.6×10^{-9}
⁹⁰ Sr	3.0×10^{-1}	7.3×10^{-8}	6.0×10^{-8}	2.8×10^{-8}
⁹⁵ Zr	1.0×10^{-2}	5.6×10^{-9}	1.9×10^{-9}	9.5×10^{-10}
¹⁰³ Ru	5.0×10^{-2}	4.6×10^{-9}	1.5×10^{-9}	7.3×10^{-10}
¹⁰⁶ Ru	5.0×10^{-2}	4.9×10^{-8}	1.5×10^{-8}	7.0×10^{-9}
¹³⁴ Cs	1.0×10^0	1.6×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.9×10^{-8}
¹³⁷ Cs	1.0×10^0	1.2×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.3×10^{-8}

表 I.2 (续)

核素	肠转移份额	幼儿 Sv/Bq	少儿 Sv/Bq	成人 Sv/Bq
¹⁴⁴ Ce	5.0×10^{-4}	3.9×10^{-8}	1.1×10^{-8}	5.2×10^{-9}
²³⁸ Pu	5.0×10^{-4}	4.0×10^{-7}	2.4×10^{-7}	2.3×10^{-7}
²³⁹ Pu	5.0×10^{-4}	4.2×10^{-7}	2.7×10^{-7}	2.5×10^{-7}
²⁴⁰ Pu	5.0×10^{-4}	4.2×10^{-7}	2.7×10^{-7}	2.5×10^{-7}
²⁴¹ Pu	5.0×10^{-4}	5.7×10^{-9}	5.1×10^{-9}	4.8×10^{-9}
²⁴¹ Am	5.0×10^{-4}	3.7×10^{-7}	2.2×10^{-7}	2.0×10^{-7}
²⁴² Cm	5.0×10^{-4}	7.6×10^{-8}	2.4×10^{-8}	1.2×10^{-8}
²⁴⁴ Cm	5.0×10^{-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。

注 2: 表中核素的剂量转换系数取自 GB 18871—2002。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0 岁~6 岁、7 岁~17 岁和 18 岁及以上。幼儿、少儿和成人组的参数分别对应于 GB 18871—2002 中 1 岁~2 岁、7 岁~12 岁和大于 17 岁的数据。

I.3 甲状腺待积当量剂量转换系数

食入单位活度核素所致甲状腺待积当量剂量转换系数见表 I.3。

表 I.3 食入单位活度核素所致甲状腺待积当量剂量(即食入剂量系数 H_2)

核素	肠转移份额	幼儿 Sv/Bq	少儿 Sv/Bq	成人 Sv/Bq
¹³¹ I	1.0	3.6×10^{-6}	1.0×10^{-6}	4.3×10^{-7}
¹³² I	1.0	3.5×10^{-8}	8.3×10^{-9}	3.4×10^{-9}

注 1: 在计算表中数据时假定碘同位素处于元素状态。

注 2: 表中核素的剂量转换系数取自 ICRP 第 67 号出版物(1993)。幼儿、少儿和成人组的年龄范围分别为 0 岁~6 岁、7 岁~17 岁和 18 岁以上。幼儿、少儿和成人组的参数分别对应于 ICRP 第 67 号出版物中 1 岁、10 岁和成人的数据。

附录 J

(资料性附录)

食入被污染的新鲜食物所致内照射剂量的剂量学参数

J.1 比值 G_z

新鲜食物 z 中核素比活度的 1 年积分值与峰值时刻该食物中核素比活度的比值见表 J.1。

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

核素 ^a	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 ^b $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{L}^{-1} / (\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1})$ (对牛奶和饮水) $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{kg}^{-1} / (\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1})$ (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 ^b $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{L}^{-1} / (\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1})$ (对牛奶) $\text{Bq} \cdot \text{a} \cdot \text{kg}^{-1} / (\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1})$ (对肉类)	
	牛奶 ^{c,d}	奶制品 ^{c,d}	暴露的水果和蔬菜 ^e	其他水果和蔬菜 ^e	肉类等 ^d	水和饮料	牛奶 ^f	肉类 ^f
⁸⁹ Sr	6.2×10^{-2}	6.2×10^{-2}	4.9×10^{-2}	2.0×10^{-1}	8.4×10^{-1}	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}	4.9×10^{-2}	2.5×10^{-1}	7.6×10^{-1}	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}	1.6×10^{-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^{-1}	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}	7.46×10^{-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}	2.00×10^{-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}
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 ^g	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}

注：表中数据取自 IAEA Safety Series No.81 号出版物(1986)。

^a 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_z 值时(表中右边二列),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_z 值。

^b 假定所食入的该食物全部取自同一来源和地区(即假定食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(如食入的一部分来自非污染地区时),表中数值应作适当修正。

^c 假定动物全年连续食用牧草,不食用储藏饲料。

^d 此值适用于奶牛,也可假定适用于其他放牧的动物如绵羊和山羊。

^e 此值适用于已经准备食用的水果和蔬菜。

^f 此值适用于奶牛,对其他放牧动物此值约高一倍。

^g 此值也适用于钚的同位素,即²³⁸Pu、²⁴⁰Pu 和²⁴¹Pu。

J.2 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
(资料性附录)

食入被污染的“储藏”食物所致内照射剂量的剂量学参数

“储藏”食物 z 中核素比活度的 1 年积分值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的比值见表 K.1。

表 K.1 “储藏”食物 z 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 ^a	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 ^{b,c}	肉类等 ^{b,c}	任何其他食物 ^b
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 ^d	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}

注：表中数据取自 IAEA Safety Series No.81 号出版物(1986)。

^a 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_z 值时(表中第 2 列、第 3 列),锕系元素(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_z 值。

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

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

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

参 考 文 献

- [1] GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
 - [2] GBZ/T 200.4—2009 辐射防护用参考人 第4部分:膳食组成和元素摄入量
 - [3] IAEA,1986.Safety series,No.81,Procedures and data derived intervention levels for application in controlling radiation doses to the public in the event of a nuclear accident or radiological emergency,principles,procedures and data
 - [4] IAEA (1999) Generic procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency.Vienna,International Atomic Energy Agency (IAEA-TecDoc-1092)
 - [5] ICRP,1991,1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.ICRP Publication 60 (Users Edition)
 - [6] ICRP,1993.Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides—Part 2 Ingestion Dose Coefficients.ICRP Publication 67,Ann.ICRP 23 (3-4)
 - [7] ICRP,1995.Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides—Part 4 Inhalation Dose Coefficients.ICRP Publication 71,Ann.ICRP 25 (3-4)
 - [8] ICRP,2002.Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values.ICRP Publication 89,Ann.ICRP 32 (3-4)
 - [9] ICRP,2007,2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Users Edition).ICRP Publication 103 (Users Edition).Ann.ICRP 37 (2-4)
 - [10] ICRP,2008.Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations.ICRP Publication 107,Ann.ICRP 38 (3)
 - [11] NUREG/CR-3160,1983.Parameters and variables appearing in radiological assessment codes.Final report
-