



中华人民共和国国家标准

GB/T 23728—2026

代替 GB/T 23728—2009

铀矿冶辐射环境影响评价技术规定

Technical regulation for radiation environment impact assessment in
uranium mining and milling

2026-03-31 发布

2026-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	1
5 评价标准与方法	2
6 环境参数	3
7 源项	4
8 辐射环境现状调查与评价	4
9 辐射环境影响评价	4
10 事件/事故后果评价	5
附录 A (资料性) 公众有效剂量估算模型	6
附录 B (资料性) 铀矿冶辐射环境影响评价源项示例	12
参考文献	14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 23728—2009《铀矿冶辐射环境影响评价规定》，与 GB/T 23728—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围(见第 1 章,2009 年版的第 1 章)；
- b) 更改了“铀矿冶辐射环境影响评价”的定义(见 3.1,2009 年版的 3.2)；
- c) 删除了“铀矿冶设施”“运行阶段环境质量现状评价”“事故环境影响评价”的定义(见 2009 年版的 3.1、3.3、3.4)；
- d) 增加了铀矿冶辐射环境影响评价法律法规和标准的一般要求(见 4.1)；
- e) 更改了铀矿冶辐射环境影响评价工作程序和文件格式与内容要求(见 4.2,见 2009 年版的 4.4.7、5.5、6.2、7.2)；
- f) 更改了质量保证要求(见 4.3,2009 年版的第 8 章)；
- g) 删除了环境影响评价文件的管理程序的要求(见 2009 年版的 4.1、7.1)；
- h) 更改了评价标准(见 5.1,2009 年版的 4.2.1)；
- i) 更改了评价范围(见 5.2、5.4,2009 年版的 4.3.1)；
- j) 更改了评价因子(见 5.3,2009 年版的 4.5.2)；
- k) 更改了年龄组划分(见 5.5,2009 年版的 4.3.2)；
- l) 删除了部分评价内容(见 2009 年版的 4.4.1、4.4.3、4.4.4)；
- m) 更改了评价模型的技术要求(见 5.6,2009 年版的 4.6.3)；
- n) 更改了铀矿冶辐射环境影响评价环境参数的技术要求(见第 6 章,2009 年版的 4.6.1)；
- o) 更改了源项类型、源强确定方法(见第 7 章,2009 年版的 4.4.2、4.5.1、4.6.2)；
- p) 更改了辐射环境现状调查与评价(见第 8 章,2009 年版的第 5 章)；
- q) 更改了辐射环境影响评价内容与指标分析(见第 9 章,2009 年版的 4.2.2、4.4)；
- r) 更改了事件/事故后果评价内容(见第 10 章,2009 年版的 6.1)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国核能标准化技术委员会(SAC/TC 58)提出并归口。

本文件起草单位：中核第四研究设计工程有限公司、核工业北京化工冶金研究院、中国铀业股份有限公司。

本文件主要起草人：路晓卫、刘晓超、田玉斌、葛佳亮、张云涛、詹乐音、谢占军、曹凤波、孙娟、李梦姣、朱全政、胡鹏华、冀东、牛洁、胡龙飞、高洁、张家豪、尹冉、武旭阳、张酒淞、刘艳梅。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2009 年首次发布为 GB/T 23728—2009；

——本次为第一次修订。

铀矿冶辐射环境影响评价技术规定

1 范围

本文件规定了铀矿冶辐射环境影响评价的一般要求,以及评价标准、评价方法、环境参数、源项和剂量评价等技术要求。

本文件适用于铀矿冶设施建设和退役的辐射环境影响评价,伴生放射性矿开发利用项目的辐射环境影响评价参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 14586 铀矿冶设施退役环境管理技术规定
- GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB 23726 铀矿冶辐射环境监测规定
- GB 23727 铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定
- HJ 1015.1 环境影响评价技术导则 铀矿冶
- HJ 1015.2 环境影响评价技术导则 铀矿冶退役

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铀矿冶辐射环境影响评价 **radiation environment impact assessment in uranium mining and milling**
对铀矿冶设施可能造成环境辐射影响的分析、预测和评估。

注:包括对源或实践的规模与特性的概述,对厂址或场所环境现状的分析,以及正常工况下和事件/事故情况下可能造成的辐射环境影响或后果的分析。

4 一般要求

- 4.1 铀矿冶辐射环境影响评价应符合国家生态环境保护法律法规以及 GB 23727 和 GB 14586 的要求。
- 4.2 铀矿冶辐射环境影响评价工作程序、文件格式与内容等应符合 HJ 1015.1 和 HJ 1015.2 的要求。
- 4.3 铀矿冶辐射环境影响评价应进行全过程质量管理。

5 评价标准与方法

5.1 评价标准

5.1.1 剂量限值

公众年有效剂量限值应符合 GB 18871 的要求。

5.1.2 剂量约束值和控制值

5.1.2.1 公众剂量约束值应符合 GB 23727 的要求。可根据铀矿冶项目特点确定其剂量约束值。

5.1.2.2 单次事件/事故情况下所致公众个人有效剂量控制值应符合 GB 23727 的要求。

5.2 评价范围

5.2.1 辐射环境影响评价范围通常以对周围居民影响最大的气态流出物排放点为中心,半径为 20 km 的区域。

5.2.2 地下水环境评价区域根据设施类型和场址水文地质条件,参照 HJ 610 中相关要求确定。

5.3 评价因子

5.3.1 建设阶段气态流出物评价因子包括²³⁸U、²³⁴U、²³⁰Th、²²⁶Ra、²¹⁰Po、²¹⁰Pb 和²²²Rn 等,液态流出物评价因子包括²³⁸U、²³⁴U、²³⁰Th、²²⁶Ra、²¹⁰Po 和²¹⁰Pb 等。

5.3.2 退役阶段气态流出物评价因子为²²²Rn,液态流出物评价因子根据退役源项情况确定。

5.3.3 事件/事故情况下评价因子应根据事故源项确定。

5.4 评价子区划分

评价子区是以评价中心为圆心,半径 1 km、2 km、3 km、5 km、10 km、20 km 划分为同心圆,再将同心圆划分成 22.5°扇形段,以正北向左右各划分 11.25°为起始段,共划分 96 个评价子区。

5.5 年龄组划分

可划分为四个年龄组,婴儿组:小于或等于 1 岁;幼儿组:大于 1 岁,小于或等于 7 岁;少年组:大于 7 岁,小于或等于 17 岁;成人组:大于 17 岁。

5.6 评价模型

5.6.1 大气弥散模型

应采用适合当地地形、气象特征的大气弥散模型,并说明适用性。可使用 HJ 2.2 中相关弥散模型。

5.6.2 地表水弥散模型

应采用适合受纳水体特征的地表水弥散模型,并说明适用性。可使用 HAD 101/05 中相关弥散模型。

5.6.3 地下水弥散模型

应结合项目特点,采用适合当地水文地质条件的地下水弥散模型,并说明适用性。可使用 HJ 610 中地下水解析解弥散模型或数值解弥散模型。

5.6.4 公众有效剂量估算模型

公众有效剂量估算包括吸入内照射、沉积外照射、浸没外照射、食入内照射和饮水内照射等途径的公众个人有效剂量和集体剂量。附录 A 给出了推荐的剂量估算模型。

6 环境参数

6.1 自然环境

6.1.1 气象

6.1.1.1 选择与项目所在地地形及气象特征相对接近的地面气象站,并开展适宜性评价,给出气象站名称、编号、距离和方位。

6.1.1.2 调查项目所在地不少于 20 年的主要气象特征统计资料,给出平均风速、风向玫瑰图、最大风速、年平均气温、极端气温、年平均相对湿度、年均降雨量、降雨量极值和年均蒸发量等参数。

6.1.1.3 应根据大气弥散模型的要求,调查近 5 年相对完整的 1 个日历年的气象数据,可按照 HJ 2.2 中相关要求调查。

6.1.2 地表水

通过资料收集或自行测量方式,调查并给出直接接纳水体逐月流量、河宽、流速、河深和水力坡度以及排放口下游汇入接纳水体支流的位置和逐月流量。

6.1.3 地下水

根据地下水弥散模型要求,结合已有勘探、勘查资料,可按照 HJ 610 相关要求调查,给出项目所处区域的含水层划分和地下水补径排条件、流向、厚度、渗透系数、水力坡度和有效孔隙度等参数。

6.2 社会环境

6.2.1 土地利用和水体利用

6.2.1.1 收集评价中心半径 5 km 范围内近 5 年土地利用现状及其规划资料,给出土地利用类型。

6.2.1.2 通过资料收集和现场调查方式,调查评价范围内接纳水体水环境功能、取水口位置及取水量等。对于集中式饮用水取水口,给出供水量和供水范围;灌溉用水取水口,给出灌溉面积、灌溉水量、灌溉方式和作物种类及其产量等。

6.2.1.3 调查地下水评价区域内,集中式生活饮用水和灌溉用水取水口位置、取水层位和取水量等,给出生活及灌溉用水与项目相关地下水之间的关系。

6.2.2 人口

6.2.2.1 通过资料收集和现场调查相结合的方式,调查评价范围内近 5 年任 1 年份人口分布。

6.2.2.2 给出评价中心半径 5 km 范围(退役项目半径 3 km)自然村(组)名称、人口数和位置,对于人口密集区可以行政村为单位;给出评价子区各年龄组人口数,评价子区各年龄组接纳水体不同使用途径人口数,各年龄组居民数量占人口总数的比例,以及场址所在县(市、区)人口自然增长率;预测评价年份评价子区各年龄组人口数。

6.2.3 食谱和习性调查

6.2.3.1 结合照射途径,采用资料收集或现场抽样统计方式开展食谱和习性调查。

6.2.3.2 给出居民各年龄组动物产品、农产品、水产品的年消费量,说明食物来自评价子区的份额;动物产品包括家禽、牛、羊、猪、蛋类和奶类等,农产品包括粮食、水果和蔬菜等,水产品包括鱼类和无脊椎类等。

6.2.3.3 给出居民各年龄组室内外活动和各年龄组受纳水体利用(岸边活动、游泳和划船)年时间份额。

7 源项

7.1 正常工况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项示例见附录 B。可采用实测法、类比法、物料平衡法、公式法等方法确定源强,给出源项类别、主要核素、排放方式和年排放量,具体情况如下:

- a) 采用实测法时应说明源强的保守性;
- b) 采用类比法时应说明类比条件和可比性;
- c) 采用物料平衡法时应给出核素平衡关系;
- d) 缺少资料时可按照 EJ/T 1090 中公式进行估算。

7.2 事件/事故情况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项示例见附录 B。

8 辐射环境现状调查与评价

8.1 辐射环境本底调查按照 GB 23726 开展,获取铀矿冶设施运行前环境 γ 辐射水平和环境介质中放射性核素的水平。

8.2 辐射环境现状调查按照 GB 23726 开展,监测结果与辐射环境本底以及日常监测结果进行比较和评价,对于异常数据进行分析并说明原因。

9 辐射环境影响评价

9.1 气态途径

评价内容包括:

- a) 评价子区空气中及地表沉积核素浓度;
- b) 评价中心半径 5 km 范围(退役项目为 3 km)内居民组各核素、各照射途径的公众个人有效剂量;
- c) 评价子区各核素、各途径的公众个人有效剂量。

9.2 地表水途径

评价内容包括:

- a) 废水排放口下游评价范围内河段水体中核素浓度;
- b) 废水排放口下游河段存在水体利用时,估算相应评价子区各核素、各途径公众个人有效剂量。

9.3 地下水途径

评价内容包括:

- a) 地浸采铀井场预测运行期末井场上游、下游及两侧的核素迁移距离、影响范围及浓度分布;
- b) 铀尾矿(渣)库预测核素在各时间段迁移距离、影响范围及浓度分布;
- c) 地浸采铀井场、铀尾矿(渣)库地下水影响范围内存在取水点时,预测取水点处的核素活度浓度,并根据水体利用方式估算公众个人有效剂量。

9.4 剂量评价

9.4.1 计算各评价子区、各年龄组不同照射途径叠加的公众有效剂量,给出关键居民组、关键核素和关键照射途径。得出评价结论。

9.4.2 计算评价范围不同距离各照射途径叠加的公众集体剂量。

10 事件/事故后果评价

10.1 事件/事故判别

分析可能发生的辐射环境事件/事故,筛选最大可信事件/事故。

10.2 典型事件/事故后果评价

10.2.1 废气处理设施失效

预测核素最大落地浓度出现的位置、空气中核素浓度和地表沉积核素浓度,考虑吸入内照射、烟羽浸没外照射和地表沉积外照射,给出失效期间公众个人最大有效剂量。

10.2.2 废水处理设施失效/工艺槽(罐)液料泄漏

预测排放口下游第一取水口处的核素浓度,考虑饮水内照射和水体浸没外照射,给出失效期间所致公众个人最大有效剂量。

10.2.3 尾矿(渣)库溃坝

10.2.3.1 预测洪水汇入地表水下游水体中的核素浓度,考虑饮水内照射和水体浸没外照射,给出洪水下泄期间所致评价子区公众个人有效剂量。

10.2.3.2 预测各评价子区空气中氡浓度,考虑氡(含子体)吸入内照射,给出事故处理期间所致评价子区公众个人有效剂量。

10.2.3.3 计算各评价子区、各年龄组不同照射途径叠加的公众有效剂量,给出公众个人最大有效剂量。

10.2.4 蒸发池/尾矿(渣)库泄漏

10.2.4.1 预测核素迁移距离、影响范围及浓度分布。

10.2.4.2 地下水影响范围内存在取水点时,预测取水点处的核素活度浓度,并根据水体利用方式估算公众个人有效剂量。

10.2.5 剂量评价

评价最大可信事件/事故公众个人最大有效剂量是否满足剂量控制值要求。

附 录 A
(资料性)
公众有效剂量估算模型

A.1 公众个人有效剂量估算模型

A.1.1 吸入内照射

A.1.1.1 铀矿尘吸入内照射

铀矿尘吸入内照射计算公式见(A.1):

$$E_{inh,a} = \sum_i C_{A,i} \cdot R_{inh,a} \cdot DF_{inh,i,a} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $E_{inh,a}$ —— 年龄组 a 铀矿尘吸入所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);
- $C_{A,i}$ —— 地面空气中核素 i 活度浓度,由大气弥散模型计算获得,单位为贝可每立方米(Bq/m³);
- $R_{inh,a}$ —— 年龄组 a 年呼吸量,单位为立方米每年(m³/a);
- $DF_{inh,i,a}$ —— 第 i 个核素、年龄组 a 吸入剂量转换因子,单位为希沃特每贝可(Sv/Bq);
- a —— 第 a 个年龄组, $a=1$ 为婴儿组、 $a=2$ 为幼儿组、 $a=3$ 为少年组和 $a=4$ 为成人组。

A.1.1.2 氡及其子体吸入内照射

氡及其子体吸入内照射计算见公式(A.2):

$$E_{Rn} = 1.1 \cdot F \cdot K \cdot T \cdot C_{Rn} \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- E_{Rn} —— 氡及其子体吸入所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);
- C_{Rn} —— 地面空气中²²²Rn 活度浓度,由大气弥散模型计算获得,单位为千贝可每立方米(kBq/m³);
- T —— 年受照时间,单位为小时每年(h/a);
- F —— 氡与氡子体平衡因子,无量纲;
- K —— 氡与氡子体平衡当量浓度,单位为微焦耳每千贝可(μ J/kBq);
- 1.1 —— 氡子体剂量转化系数,单位为毫希沃特每焦耳小时每立方米[mSv/(mJ·h/m³)].

A.1.2 地表沉积外照射

地表沉积外照射计算见公式(A.3):

$$E_{gr,a} = \sum_i C_{gr,i} \cdot DF_{gr,i,a} \cdot O_{f,a} \cdot R_g + \sum_i C_{gr,i} \cdot DF_{gr,i} \cdot (1 - O_{f,a}) \cdot R_b \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $E_{gr,a}$ —— 年龄组 a 地表沉积外照射所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);
- $C_{gr,i}$ —— 第 i 个核素地表沉积密度,单位为贝可每平方米(Bq/m²);
- $DF_{gr,i,a}$ —— 第 i 个核素、年龄组 a 沉积外照射剂量转换因子,单位为[(Sv/a)/(Bq/m²)];
- $O_{f,a}$ —— 年龄组 a 户外居留时间份额,以百分比(%)表示;
- R_g —— 地面粗糙度屏蔽衰减系数,无量纲;
- R_b —— 建筑物屏蔽衰减系数,无量纲。



其中 $C_{gr,i}$ 计算公式见(A.4):

$$C_{gr,i} = \frac{d_i \cdot [1 - \exp(-\lambda_{E_i} \cdot t_b)]}{\lambda_{E_i}} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

d_i ——核素 i 干、湿沉积通量,由大气弥散模型计算获得,单位为贝可每平方米天[Bq/(m²·d)];

λ_{E_i} ——核素 i 的有效衰减速度,单位为每天(d⁻¹), $\lambda_{E_i} = \lambda_w + \lambda_i$;

λ_w ——非自然衰变的放射性核素衰减速度,单位为每天(d⁻¹);

λ_i ——核素 i 衰变常数,单位为每天(d⁻¹);

t_b ——放射性物质释放时间,单位为天(d)。

A.1.3 烟羽浸没外照射

烟羽浸没外照射计算见公式(A.5):

$$E_{im,a,S} = \sum_i C_{A,i} \cdot DF_{im,i,a} \cdot O_{f,a} + \sum_i C_{A,i} \cdot DF_{im,i,a} \cdot (1 - O_{f,a}) \cdot R_b \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$E_{im,a,S}$ ——年龄组 a 烟羽浸没外照射所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);

$DF_{im,i,a}$ ——第 i 个核素、年龄组 a 浸没外照射剂量转换因子,单位为[(Sv/a)/(Bq/m³)]。

A.1.4 农产品食入内照射

农产品食入内照射计算见公式(A.6):

$$E_{ing,a,V} = \sum_v \sum_i C_{v,i} \cdot H_{v,a} \cdot DF_{ing,i,a} \cdot f_v \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$E_{ing,a,V}$ ——年龄组 a 所有农产品食入所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);

$C_{v,i}$ ——农产品 v 中的核素 i 的活度浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg);

$H_{v,a}$ ——年龄组 a 、农产品 v 的年摄入量,单位为千克每年(kg/a);

$DF_{ing,i,a}$ ——第 i 个核素、年龄组 a 食入剂量转换因子,单位为希沃特每贝可(Sv/Bq);

f_v ——农产品 v 来自评价子区的份额,单位为百分比(%)。

其中 $C_{v,i}$ 计算公式见(A.7):

$$C_{v,i} = (C_{v,i,1} \cdot \omega_i + C_{v,i,2} + C_{v,i,3}) \exp(-\lambda_i \cdot t_v) \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

ω_i ——核素 i 洗涤因子,无量纲;

λ_i ——核素 i 衰变常数,单位为每天(d⁻¹);

t_v ——农产品 v 从收获到消费的储存时间,单位为天(d);

$C_{v,i,1}$ ——气态途径直接(叶茎截留)所致植物核素 i 活度浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg);

$C_{v,i,2}$ ——气态途径间接(根部吸收)所致植物中核素 i 活度浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg);

$C_{v,i,3}$ ——水体(污水)灌溉(根部吸收)所致植物中核素 i 活度浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg)。

其中 $C_{v,i,1}$ 计算公式见(A.8):

$$C_{v,i,1} = \frac{d_i \cdot \alpha_v \cdot [1 - \exp(-\lambda_{E_i} \cdot t_{e,v})]}{\lambda_{E_i}} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

α_v ——植物 v 截留分数,单位为平方米每千克(m²/kg);

λ_{E_i} ——核素 i 的有效衰减速度,单位为每天(d⁻¹);

$t_{e,v}$ ——植物 v 生长季节暴露在污染中的时间,单位为天(d)。

其中 $C_{v,i,2}$ 计算公式见(A.9):

$$C_{v,i,2} = F_{v,i} \cdot \frac{C_{gr,i}}{\rho} \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

$F_{v,i}$ ——核素 i 从土壤向农产品 v 转移因子, [Bq/kg(植物)] / [Bq/kg(干土壤)];

ρ ——干土壤中有效根部区表面密度,单位为千克每平方米(kg/m²)。

其中 $C_{v,i,3}$ 计算公式见(A.10):

$$C_{v,i,3} = C_{w,tot,i} \cdot I \cdot \frac{F_{v,i} \cdot [1 - \exp(-\lambda_{E_i} \cdot t_b)]}{\rho \cdot \lambda_{E_i}} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

$C_{w,tot,i}$ ——水中核素 i 活度浓度,由地表水或地下水弥散模型计算获得,单位为贝可每立方米(Bq/m³);

I ——农作物平均灌溉率,单位为立方米天每平方米[m³/(m² · d)]。

A.1.5 动物产品食入内照射

动物产品食入内照射计算见公式(A.11):

$$E_{ing,a,P} = \sum_p \sum_i C_{p,i} \cdot H_{p,a} \cdot DF_{ing,i,a} \cdot f_p \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

$E_{ing,a,P}$ ——年龄组 a 所有动物产品食入所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);

$C_{p,i}$ ——动物产品 p 中的核素 i 的活度浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg);

$H_{p,a}$ ——年龄组 a 、动物产品 p 的年摄入量,单位为千克每年(kg/a);

f_p ——动物产品 p 来自评价子区的份额,以百分比(%)表示。

其中 $C_{p,i}$ 计算公式见(A.12):

$$C_{p,i} = F_{p,i} \cdot [C_{f,i} \cdot Q_{m,p} + 10^{-3} C_{w,tot,i} \cdot Q_{w,p}] \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_p) \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

$C_{f,i}$ ——动物饲料中核素 i 的浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg);

$Q_{m,p}$ ——动物 p 每天消耗的饲料量,单位为千克每天(kg/d);

$Q_{w,p}$ ——动物 p 对水体(污水)的消耗量,单位为升每天(L/d);

t_p ——动物产品 p 从屠宰到消费的时间,单位为天(d);

$F_{p,i}$ ——核素 i 由饲料或水向动物产品的转移因子, d/kg(d/L)。

其中 $C_{f,i}$ 计算公式见(A.13):

$$C_{f,i} = f_d \cdot f_s \cdot (C_{v,i,1} + C_{v,i,2} + C_{v,i,3}) + (1 - f_s) \cdot C_{k,i} + f_s \cdot (1 - f_d) \cdot C_{k,i} \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

f_s ——每年放牧于牧场的时间份额,以百分比(%)表示;

f_d ——放牧季节饲料中鲜草的份额,以百分比(%)表示;

$C_{k,i}$ ——贮存饲料中核素 i 活度浓度,单位为贝可每千克(Bq/kg)。

其中 $C_{k,i}$ 计算公式见(A.14):

$$C_{k,i} = (C_{v,i,1} + C_{v,i,2} + C_{v,i,3}) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_z) \dots\dots\dots (A.14)$$



式中：

t_z ——饲料从收获到消费的贮存时间，单位为天(d)。

A.1.6 岸边沉积物外照射

岸边沉积物外照射计算见公式(A.15)：

$$E_{m,a} = \sum_i C_{s,s,i} \cdot DF_{gr,i,a} \cdot O_{s,a} \quad \dots\dots\dots (A.15)$$

式中：

$E_{m,a}$ ——年龄组 a 岸边沉积外照射所致年有效剂量，单位为希沃特每年(Sv/a)；

$C_{s,s,i}$ ——岸边沉积物核素 i 有效表面污染浓度，单位为贝可每平方米(Bq/m²)；

$O_{s,a}$ ——岸边活动的年时间份额，以百分比(%)表示。

其中 $C_{s,s,i}$ 计算公式见(A.16)：

$$C_{s,s,i} = 60 \cdot C_{s,b,i} \quad \dots\dots\dots (A.16)$$

式中：

60——沉积物表面 5 cm 以上密度，单位为千克每平方米(kg/m²)；

$C_{s,b,i}$ ——底泥中核素 i 活度浓度，单位为贝可每千克(Bq/kg)。

其中 $C_{s,b,i}$ 计算公式见(A.17)：

$$C_{s,b,i} = 0.1 \cdot C_{s,w,i} \cdot \frac{(1 - e^{-\lambda_i \cdot t_e})}{\lambda_i \cdot t_e} \quad \dots\dots\dots (A.17)$$

式中：

$C_{s,w,i}$ ——地表水悬浮物中核素 i 活度浓度，单位为贝可每千克(Bq/kg)；

t_e ——悬浮物有效沉积时间，单位为天(d)。

其中 $C_{s,w,i}$ 计算公式见(A.18)：

$$C_{s,w,i} = 0.001 \cdot K_{d,i} \cdot C_{w,s,i} \quad \dots\dots\dots (A.18)$$

式中：

$C_{w,s,i}$ ——地表水中溶解的核素 i 活度浓度，单位为贝可每立方米(Bq/m³)；

$K_{d,i}$ ——沉积物吸附核素 i 的分配系数，单位为升每千克(L/kg)。

其中 $C_{w,s,i}$ 计算公式见(A.19)：

$$C_{w,s,i} = \frac{C_{w,tot,i}}{(1 + 0.001 \cdot K_{d,i} \cdot S_s)} \quad \dots\dots\dots (A.19)$$

式中：

0.001——L/kg 到 m³/kg 的单位转换系数；

S_s ——河底沉积物浓度，单位为千克每立方米(kg/m³)。

A.1.7 饮水内照射

饮用水内照射计算见公式(A.20)：

$$E_{ing,a,W} = \sum_i C_{w,i} \cdot H_{w,a} \cdot DF_{ing,i,a} \cdot f_w \cdot e^{-\lambda_i \cdot t_w} \quad \dots\dots\dots (A.20)$$

式中：

$C_{w,i}$ ——饮水中核素 i 活度浓度，单位为贝可每升(Bq/L)；

$E_{ing,a,W}$ ——年龄组 a 饮水所致年有效剂量，单位为希沃特每年(Sv/a)；

$H_{v,a}$ ——年龄组 a 饮水的年摄入量，单位为升每年(L/a)；

f_w —— 饮水来自评价子区的份额,以百分比(%)表示;
 t_w —— 饮水从收获至消费的时间,单位为天(d)。

A.1.8 水产品食入内照射

水产品食入内照射计算见公式(A.21):

$$E_{\text{ing},a,Q} = \sum_q \sum_i C_{w,\text{tot},i} \cdot B_{q,i} \cdot H_{q,a} \cdot DF_{\text{ing},i,a} \cdot f_q \cdot e^{-\lambda_i \cdot t_q} \dots\dots\dots (A.21)$$

式中:

$E_{\text{ing},a,Q}$ —— 年龄组 a 所有水产品食入所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);
 $B_{q,i}$ —— 核素 i 在水产品 q 中浓集因子,单位为[(Bq/kg)]/[(Bq/m³)];
 $H_{q,a}$ —— 年龄组 a 水产品 q 的年摄入量,单位为千克每年(kg/a);
 f_q —— 水产品 q 来自评价子区的份额,以百分比(%)表示;
 t_q —— 水产品 q 从捕获至消费的时间,单位为天(d)。

A.1.9 水体浸没外照射

水体浸没外照射计算见公式(A.22):

$$E_{\text{im},a,W} = \sum_i C_{w,\text{tot},i} \cdot DF_{\text{im},i,a} \cdot M_p \cdot f_{\text{im},w} \dots\dots\dots (A.22)$$

式中:

$E_{\text{im},a,W}$ —— 年龄组 a 水体浸没外照射所致年有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);
 M_p —— 源和接受体的几何形状校正因子,无量纲,游泳 $M_p=1$,划船 $M_p=0.5$;
 $f_{\text{im},w}$ —— 游泳或划船的年时间份额,单位为百分比(%)。

A.1.10 公众个人有效剂量

公众个人有效剂量计算见公式(A.23):

$$E_a = E_{\text{inh},a} + E_{\text{Rn}} + E_{\text{gr},a} + E_{\text{im},a,S} + E_{\text{ing},a,V} + E_{\text{ing},a,P} + E_{\text{m},a} + E_{\text{im},a,W} + E_{\text{ing},a,Q} \dots\dots\dots (A.23)$$

式中:

E_a —— 年龄组 a 各途径所致公众个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a)。

A.2 公众集体剂量

A.2.1 评价子区公众有效剂量

A.2.1.1 气态途径所致评价子区公众有效剂量

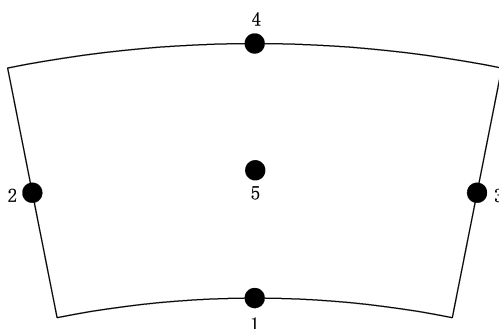
推荐使用评价子区 4 个边界中点和 1 个子区中心点算术平均值估算评价子区公众个人有效剂量,计算公式见(A.24):

$$E_{A,a,i} = \sum_{j=1}^5 \sum_e \frac{E_{A,a,i,j,e}}{5} \dots\dots\dots (A.24)$$

式中:

$E_{A,a,i}$ —— 气态途径所致第 i 个评价子区、年龄组 a 的个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);
 $E_{A,a,i,j,e}$ —— 第 i 个评价子区、年龄组 a 、第 j 个计算点位处第 e 个照射途径所致个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a)。

第 i 个评价子区公众个人剂量计算点位示意图 A.1。

图 A.1 第 i 个评价子区公众个人剂量计算点位示意图

A.2.1.2 液态途径所致评价子区公众有效剂量

A.2.1.2.1 根据废水排放口下游接纳水体利用(或取水口)位置、供水范围和水体利用方式调查离散的公众,评价子区存在多个水体利用河段时,以导致公众最大个人有效剂量的河段作为评价子区剂量。其个人有效剂量计算见公式(A.25)。

$$E_{S,a,i} = \sum_e E_{S,a,i,e} \quad \dots\dots\dots (A.25)$$

式中:

$E_{S,a,i}$ ——地表水途径所致第 i 个评价子区、年龄组 a 的个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);

$E_{S,a,i,e}$ ——第 i 个评价子区、年龄组 a 、第 e 个照射途径地所致个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a)。

A.2.1.2.2 根据铀矿冶设施下游受影响范围的地下水取水口处位置、供水范围和水体利用方式调查离散的公众,评价子区存在多个取水口时,采用评价子区受影响最大取水口处水体估算各照射途径所致该子区公众个人有效剂量,其计算公式见(A.26)。

$$E_{G,a,i} = \sum_e E_{G,a,i,e} \quad \dots\dots\dots (A.26)$$

式中:

$E_{G,a,i}$ ——地下水途径所致第 i 个评价子区、年龄组 a 的个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a);

$E_{G,a,i,e}$ ——第 i 个评价子区、年龄组 a 、第 e 个照射途径所致个人有效剂量,单位为希沃特每年(Sv/a)。



A.2.2 公众集体剂量

公众集体剂量计算见公式(A.27):

$$S = \sum_{i=1}^{96} \sum_{a=1}^4 (E_{A,a,i} \cdot R_{a,i} + E_{S,a,i} \cdot R_{S,a,i} + E_{G,a,i} \cdot R_{G,a,i}) \quad \dots\dots\dots (A.27)$$

式中:

S ——评价子区集体剂量,单位为希沃特人每年(Sv·人/a);

$R_{a,i}$ ——第 i 个评价子区的年龄组 a 的人口数,单位为万人;

$R_{S,a,i}$ ——第 i 个评价子区、接纳水体使用人群中年龄组 a 的人口数,单位为万人;

$R_{G,a,i}$ ——第 i 个评价子区、受影响地下水使用人群中年龄组 a 的人口数,单位为万人。

附录 B

(资料性)

铀矿冶辐射环境影响评价源项示例

正常工况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项见表 B.1。

表 B.1 正常工况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项

序号	类别	设施	源项		
1	采矿设施	露天采场	气态流出物	露天采场表面析出的氡	
			气态流出物	矿石爆破、挖掘、装卸产生的铀矿尘	
			液态流出物	矿坑水中的放射性核素	
2		井下采场	气态流出物	井下巷道矿石及围岩析出的氡	
			气态流出物	井下爆破、凿岩等产生的铀矿尘	
			液态流出物	矿井水中的放射性核素	
3			废石场	气态流出物	废石场表面析出的氡
4		地浸采铀井场	气态流出物	地下浸出液提出排放的氡	
			液态流出物	洗井废水的放射性核素	
	弥散浸出液		地浸井场弥散浸出液的放射性核素		
5	水冶设施	矿仓及破磨设施	气态流出物	矿石表面析出的氡	
			气态流出物	卸矿、破磨过程产生的铀矿尘	
6		堆浸场	气态流出物	堆浸场表面析出的氡	
7		浸出液处理设施	气态流出物	敞口设备表面或密封不严处释放的氡	
			液态流出物	水冶工艺废水的放射性核素	
8		尾矿(渣)库	气态流出物	尾矿(渣)库滩面析出的氡	
			液态流出物	尾矿(渣)库渗水的放射性核素	
9			蒸发池	液态流出物	蒸发池水面析出的氡

事件/事故情况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项见表 B.2。

表 B.2 事件/事故情况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项

序号	类型	景象	源强确定原则
1	废气处理设施失效	铀矿尘处理设施短期失效,废气未经处理直接排放至外大气环境	核素释放量和时间根据日常流出物监测频次、巡检频次、处理前核素活度浓度和废气及废水产生量等确定
2	废水处理设施失效	矿井水、工艺废水或尾渣库渗水等处理设施短期失效,废水未经处理直接排放至地表水环境	

表 B.2 事件/事故情况下铀矿冶设施辐射环境影响评价源项 (续)

序号	类型	景象	源强确定原则
3	尾矿(渣)库溃坝	由于洪水、地震等原因导致坝体损坏,铀尾矿(渣)及汇入库内短期洪水下泄至坝体外部环境	尾矿(渣)及洪水下泄范围根据坝体高度、地形和环境条件等确定 下泄水核素释放量和时间根据降雨量、汇水面积、降雨时间、库内积水量和尾矿(渣)库渗水核素活度浓度等确定 下泄尾矿(渣)氡释放量和时间根据下泄面积、尾矿(渣)氡析出率和事故处理时间等确定
4	工艺槽(罐)液料泄漏	工艺槽(罐)出现破口,短时间内槽(罐)工艺液料泄漏至地表水环境	核素泄漏量和时间根据槽(罐)有效容积、破口大小和液料核素活度浓度等确定
5	蒸发池泄漏	蒸发池底部防渗结构发生破损,废水泄漏至地下水环境	核素泄漏量和时间根据蒸发池水量、防渗结构破损面积、包气带特性、蒸发池废水核素浓度和检漏装置检测频次等确定
6	铀尾矿(渣)库泄漏	铀尾矿(渣)库底部防渗结构发生破损,渗水泄漏至地下水环境	核素泄漏量和时间根据降雨量、蒸发量、雨水径流系数、防渗结构破损面积、包气带特性、尾矿(渣)库渗水核素浓度和下游地下水监测频次等确定

参 考 文 献

- [1] EJ/T 1090 铀矿冶设施所造成的气态(载)放射性与有毒性源项的确定
 - [2] HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境
 - [3] HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境
 - [4] HAD 101/05 核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题
-

