



中华人民共和国国家标准

GB 23727—2020
代替GB 23727—2009

铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定

Regulations for radiation protection and radiation environment
protection in uranium mining and milling

(发布稿)

本电子版为发布稿，请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2020-05-20发布

2020-12-01实施

生态环境部
国家市场监督管理总局 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	3
5 剂量限制和污染物浓度限值	3
6 选址与设计	6
7 建设	9
8 运行	9
9 关停、退役与关闭、长期监护	11
10 运输	12
11 辐射环境应急管理	12

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》，保护环境，保障人体健康，规范铀矿冶辐射防护及辐射环境保护，制订本标准。

本标准规定了铀矿冶设施的选址、设计、建设、运行、关停、退役与关闭、长期监护等过程应遵守的辐射防护和辐射环境保护原则与基本要求。

铀矿冶设施应遵守非放射性污染防治和生态环境保护相关的法律、法规和标准要求。

本标准首次发布于 2009 年。本次为第一次修订。

本次修订的主要内容：

——将原标准名称“铀矿冶辐射防护和环境保护规定”修改为“铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定”；

——修订了废水排放浓度限值的要求；

——增加了归一化排放管理限值的要求；

——删除了放射性废水排放第一取水点核素浓度限值；

——修改了退役治理后无限制开放或使用的土壤中 ^{226}Ra 的残留水平；

——增加了铀矿冶设施、关停、环境整治、有限制开放或使用、无限制开放或使用等术语和定义；

——增加了铀尾矿（渣）库、堆浸场、地浸场、贮液池设计和排放口设置的辐射环境保护要求；

——修订了辐射环境应急管理；

——调整了章节设置。

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准实施之日起，《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB 23727-2009）废止。

本标准由生态环境部辐射源安全监管司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：核工业北京化工冶金研究院、生态环境部核与辐射安全中心。

本标准由生态环境部于 2020 年 5 月 20 日批准。

本标准自 2020 年 12 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定

1 范围

本标准规定了铀矿冶设施的选址、设计、建设、运行、关停、退役与关闭、长期监护等过程应遵守的辐射防护和辐射环境保护原则与基本要求。

本标准适用于中华人民共和国境内的铀矿冶设施，钍矿或其他伴生放射性矿可参照执行。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 11806 放射性物品安全运输规程

GB 14585 铀、钍矿冶放射性废物安全管理技术规定

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

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

3.1 铀矿冶 mining or milling of uranium ores

以提取铀为目的含铀系放射性核素矿石的开采、选矿和水冶过程或处理活动的简称。

3.2 铀矿冶设施 uranium mine and mill facilities

具有一定规模的从事铀矿开采、选冶的设施，主要包括：

——铀矿生产、冶炼的实验设施和场所；

——铀矿山（露天矿、地下矿）场所；

——铀选矿厂和水冶厂；

——铀矿堆浸场地和地浸采铀井场；

——铀矿冶放射性废物处理、贮存和处置设施。

3.3 采矿废石 mining debris

采掘过程中产生的铀含量达不到可用作矿石的岩石。

3.4 铀尾矿（渣） uranium tailings (slags)

为提取铀，从矿石加工过程中产生的细碎残渣，包括水冶过程产生的残余物和堆浸处理矿石而

产生的残渣。

3.5 铀浓缩物 uranium concentrate

又称铀矿石浓缩物，用物理或化学的方法处理铀矿石及其他含铀物料制得的含铀量高的粗制产品。

3.6 堆浸 heap leaching

将矿石或表外矿石破碎或造粒之后，堆积在不透水的天然或人造基底上，喷淋浸出剂到筑堆的矿石上面，经渗透溶浸后，收集浸出液回收有用成分的工艺过程。

3.7 地浸采铀 in-situ leaching of uranium

将配制好的溶浸液通过注入井注入具有适当渗透性能的铀矿层里，在铀矿层中渗透和扩散，与天然埋藏条件下的铀矿物发生化学反应，生产含铀元素的浸出液，然后通过抽出井收集铀浸出液的采铀工艺。

3.8 原地爆破浸出 in situ blasting leaching

通过爆破将采场内矿石破碎到一定块度，在原地用事先配制的溶浸液对矿石进行喷淋，再将所形成的浸出液送地面进行水冶处理的方法。

3.9 槽式排放 discharge through storage tank

将拟排放的废水先注入贮槽中，按照相关规定检测其浓度，当浓度低于排放管理限值时方可排放，并记录排放总量和排放浓度，当浓度高于排放管理限值时，不准排放，应将其返回再处理直至浓度低于管理限值的一种方式。

3.10 关停 shut-down

铀矿冶设施因某些非例行原因停止使用并在某些条件下恢复使用前，或在终止生产后、退役治理实施前所采取的行动。

3.11 退役与关闭 decommissioning and close-out

铀矿冶设施利用寿期終了或其他原因永久终止运行后，在充分考虑保护工作人员和公众健康与安全 and 保护环境的前提下，清除设施污染或者对污染源（坑井口、铀尾矿（渣）库和废石场等）进行治理达到相关标准要求所进行的各种活动。

3.12 环境整治 environmental remediation

对受到污染或地貌被破坏的场地进行去污、清除、恢复地貌和植被等补救行动。

3.13 有限制开放或使用 restricted release or use

场址或设备、器材、建（构）筑物因其潜在的放射性危害而限制其开放或使用，这种限制通常以禁止某种特定活动（如建房居住、种植或收获特定食物、破坏性或损坏性开发及其进入食物链的行为）或规定某种特定方式（如规定某种材料只能在某一设施内循环或再利用）来约定。

3.14 无限制开放或使用 unrestricted release or use

污染或潜在污染水平足够低的场址或设备、器材、建（构）筑物不受任何放射性限制的开放或使用。

4 基本要求

4.1 铀矿冶设施的选址、设计、建设、运行、关停、退役与关闭、长期监护等实践均应按照有关法规、标准的要求进行，建设绿色矿山，保护人体健康与生态环境。

4.2 铀矿冶生产实践过程中，应遵循实践的正当性、防护与安全的最优化和剂量限制要求。

4.3 铀矿冶设施的建设和退役应分别根据 HJ 1015.1 和 HJ 1015.2 的要求开展环境影响评价。

4.4 铀矿冶新建、扩建、改建工程的放射性污染防治设施，应执行与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”要求。共生有钍的铀矿冶还应防治钍系核素的放射性污染。

4.5 铀矿冶企业应根据 GB 23726 的规定，制定各阶段的环境辐射监测计划，开展相应监测工作，向社会公开监测结果，并按照有关规定定期向生态环境主管部门报告。

4.6 铀矿冶放射性废物的管理应满足 GB 14585 的要求，应尽可能集中堆存和处置放射性固体废物。铀矿冶废物应与生产工艺改革、技术改造、综合利用或复用相结合，做到废物最小化。

4.7 铀矿冶企业应贯彻“边生产、边治理”的原则，根据 GB 14586 的规定，制定和执行退役计划，并将退役治理和环境整治纳入日常生产管理。铀矿冶设施退役和关闭时应同步进行生态修复。

4.8 铀矿冶企业应根据国家有关环境保护法律、法规和标准要求，设立辐射环境保护机构，负责本单位环境监测、“三废”管理、环境应急等环境保护管理工作，并配备专职技术人员和监测仪器设备。

4.9 铀矿冶企业应建立辐射防护和辐射环境保护规章制度，制定辐射防护和辐射环境保护大纲及突发环境事件应急预案，明确有关人员辐射防护和辐射环境保护的责任；建立辐射防护和辐射环境保护及突发环境事件应急管理方面的岗位责任制度、教育培训制度、操作规程、资料存档制度、报告制度等规章制度。

4.10 铀矿冶企业应建设和保持良好的辐射防护和辐射环境保护企业文化，从事辐射防护、辐射环境保护与突发环境事件应急管理的人员应进行教育、培训和定期考核。对从事职业照射活动的工作人员进行上岗前的辐射防护教育与培训。

5 剂量限制和污染物浓度限值

5.1 剂量限值

5.1.1 铀矿冶从业人员职业照射有效剂量限值连续 5 年的年平均（但不可做任何追溯性平均）不应超过 20 mSv，任何一年不超过 50 mSv。

5.1.2 铀矿冶以及其他辐射实践累计所致公众年有效剂量限值不超过 1mSv，特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均有效剂量不超过 1 mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高至 5 mSv。

5.2 剂量约束值

5.2.1 铀矿冶企业应根据辐射防护最优化的原则制定其实践所致职业照射和公众照射的有效剂量约束值。

- a) 一般情况下，职业照射的有效剂量约束值取连续5年的平均有效剂量不超过15 mSv/a；
- b) 特殊情况下，职业照射的有效剂量约束值可以大于15 mSv/a，但不得超过20 mSv/a；

- c) 运行期公众照射的剂量约束值取连续5年的平均有效剂量不超过0.5 mSv/a;
- d) 退役与关闭后公众照射的剂量约束值不超过0.3 mSv/a。

5.2.2 考虑铀矿冶既受到 γ 外照射又受到氦子体和铀系长寿命核素 α 气溶胶的内照射的特殊性, 职业照射辐射剂量应满足公式 (1) 的规定:

$$\frac{H_p}{DL} + \frac{I_{RnD}}{I_{RnD,L}} + \frac{I_\alpha}{I_{\alpha,L}} \leq 1 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- H_p —— 该年内贯穿辐射照射所致的个人有效剂量, 单位为毫希[沃特] (mSv);
- I_{RnD} —— 吸入氦子体 α 潜能的年摄入量, 单位为焦[耳] (J);
- I_α —— 吸入铀系长寿命核素 α 气溶胶的年摄入量, 单位为贝可[勒尔] (Bq);
- DL —— 只考虑外照射的年剂量约束值15 mSv, 单位为毫希[沃特] (mSv);
- $I_{RnD, L}$ —— 按照15 mSv剂量约束值导出的吸入氦子体 α 潜能的年摄入量约束值, 单位为焦[耳] (J);
- $I_{\alpha, L}$ —— 按照15 mSv剂量约束值导出吸入铀系长寿命核素 α 气溶胶的年摄入量约束值, 单位为贝可[勒尔] (Bq)。

5.3 事故公众剂量控制值

单次事故情况下所致公众有效剂量不超过 1 mSv。

5.4 摄入量约束值

根据 GB 18871-2002 附录 B 的 B1.3.4 规定, 在不考虑其他照射的情况下, 表 1 给出了职业照射相应的吸入氦 (^{222}Rn) 或 ^{220}Rn 子体及铀系长寿命核素 α 气溶胶的摄入量约束值。

表 1 摄入量约束值($I_{j, inh, L}$)

类型	核素	摄入量约束值
职业照射	^{222}Rn 子体 α 潜能摄入量 (照射量) ^a	0.013 J (3 WLM)
	^{220}Rn 子体 α 潜能摄入量 (照射量) ^b	0.038 J (9 WLM)
	铀系长寿命核素 α 气溶胶摄入量 ^c	2140 Bq

a: 职业照射 Rn-222 子体利用的转换系数为 1.4 mSv/(mJ·h·m⁻³), 呼吸率为 1.2 m³/h;
 b: 职业照射 Rn-220 子体利用的转换系数为 0.47 mSv/(mJ·h·m⁻³), 呼吸率为 1.2 m³/h;
 c: 对于职业照射考虑天然铀系5个长寿命 α 核素处于放射性平衡状态下; 吸入剂量转换因子 (Sv/Bq) 分别为 (^{238}U) 7.30×10⁻⁶、(^{234}U) 8.50×10⁻⁶、(^{230}Th) 1.30×10⁻⁵、(^{226}Ra) 3.20×10⁻⁶、(^{210}Po) 3.00×10⁻⁶。

5.5 导出浓度

5.5.1 考虑年工作时间为 2000 h, 在不考虑其他照射的情况下, 表 2 给出了由剂量限值和剂量约束值导出铀矿冶辐射工作场所主要核素的导出空气浓度 (DAC)。

5.5.2 导出浓度只是为了设计、管理和监测的方便而给出的参考值, 根据工作需要, 可允许一次或多次吸入空气中的放射性物质浓度超过 5.5.1 的规定, 但一年内吸入放射性物质不应超过年摄入量约束值 $I_{j, inh, L}$ 。

对于铀矿冶设施所致住宅和非放射性职业工作场所内的氦持续照射, 其最优化的行动水平应符合 GB 18871-2002 附录 H (提示的附录) 中的规定。

5.6 表面污染控制水平

放射性工作场所（不包括井下工作场所）的表面污染控制水平应符合 GB 18871 的有关要求。

表 2 导出空气浓度

核素 项目	^{222}Rn 子体 $\mu\text{J}/\text{m}^3$	^{222}Rn Bq/m^3	铀系长寿命核素 α 气溶胶 Bq/m^3	纯天然铀 α 气溶胶 Bq/m^3 或 (mg/m^3)
剂量限值 导出浓度	7.1	3700 ^a	1.2 ^b	1.0 ^c 或 (0.04)
剂量约束值 导出浓度	5.4	2700 ^a	0.9 ^b	0.8 ^c 或 (0.03)

a: 考虑铀矿井下平衡因子为0.35;
b: 考虑铀系5个长寿命 α 核素处于放射性平衡状态下; 吸入剂量转换因子 (Sv/Bq) 分别为 (^{238}U) 7.30×10^{-6} 、(^{234}U) 8.50×10^{-6} 、(^{230}Th) 1.30×10^{-5} 、(^{226}Ra) 3.20×10^{-6} 、(^{210}Po) 3.00×10^{-6} ;
c: 只考虑天然丰度的 ^{238}U 、 ^{234}U 和 ^{235}U 对剂量的贡献。

5.7 污染物排放限值

5.7.1 各核素废水排放口处的排放浓度应不得超过表 3 的限值。

表 3 放射性核素排放浓度限值

放射性核素	单位	废水排放口处限值
$\text{U}_{\text{天然}}$	mg/L	0.3
^{226}Ra	Bq/L	1.1
^{230}Th	Bq/L	1.85
^{210}Pb	Bq/L	0.5
^{210}Po	Bq/L	0.5

5.7.2 归一化排放量管理限值

5.7.2.1 铀矿山回风井气载流出物的归一化排放量不得超过表 4 的限值。

表 4 铀矿山回风井的归一化排放管理限值 Bq/100t (U)^a

放射性核素	$\text{U}_{\text{天然}}$	^{226}Ra	^{222}Rn	^{210}Pb	^{210}Po
气载流出物	4.0×10^7	6.0×10^7	6.0×10^{13}	2.5×10^7	2.5×10^7

a: 100t (U) 指 100t 金属铀。

5.7.2.2 堆浸水冶厂堆浸场的气载流出物和工艺废水液态流出物的归一化排放量不得超过表 5 的限值。

表 5 堆浸水冶厂流出物归一化排放管理限值 Bq/100t (U)^a

放射性核素	$\text{U}_{\text{天然}}$	^{226}Ra	^{222}Rn	^{210}Pb	^{210}Po
气载流出物 ^b	3.5×10^8	5.0×10^6	4.0×10^{12}	2.5×10^7	2.5×10^7
液态流出物 ^c	9.5×10^8	2.5×10^8	—	6.5×10^7	6.5×10^7

a: 100t (U) 指 100t 金属铀;
b: 气载流出物的排放场所包括堆浸场、水冶厂房、矿仓 (堆矿场)、破碎厂房, 不包括铀尾矿 (渣) 库;
c: 液态流出物为工艺废水处理后的废水。

5.7.2.3 地浸采铀矿山 ^{222}Rn 的归一化排放量不得超过 $7.0 \times 10^{12} \text{Bq}/100\text{t (U)}$ 。

6 选址与设计

6.1 选址

6.1.1 一般原则

6.1.1.1 应考虑铀矿冶设施在正常运行期间和突发环境事件应急情况下，其放射性流出物释放对环境和公众造成的长远影响，将突发环境事件应急情况下工作人员和公众成员遭受照射的大小与可能性限制到可合理达到的尽量低的水平。

6.1.1.2 应根据当地自然资源、发展规划和自然环境状况，优先考虑近矿建厂，但水冶厂、堆浸场、铀尾矿（渣）库和废石场等不宜建在开采影响范围内，否则应采取措施防止开采活动对设施的影响。

6.1.1.3 拟建厂（场）址、铀尾矿（渣）库、废石场和回风井等应选择在人口密度低、流出物稀释扩散条件好的地点。

在选择铀尾矿（渣）库、废石场的位置时，除满足上述要求外，还应考虑其安全性、稳定性和泄洪能力，并有利于退役与关闭后的环境整治。水文、地质、地震等条件不满足长期稳定要求的场址不宜作为拟选场址。

6.1.2 铀尾矿（渣）库的选址

- a) 在选择铀尾矿（渣）库位置时，应进行多个方案比选；
- b) 坝址及库区应选择具有足以支撑铀尾矿（渣）库、不致发生明显沉降的基底特性区域，避开不良地质构造（如滑坡、溶洞、断层和泥石流等）和洪水、火灾及地震易发区；
- c) 远离城镇人口密集区；
- d) 优先选在库底地层裂隙不发育且具有天然隔水层的区域；
- e) 优先选择库容大、汇水面积小、坝体工程量小的方案；
- f) 铀尾矿（渣）库应布置在附近水库和取水点的下游，并按当地常年最小频率的风向尽可能布置在居民区和企业的上风侧。

6.2 设计

6.2.1 一般原则

6.2.1.1 铀矿冶设施总体布置应根据其生产运行中污染物排放状况，并结合当地气象、水文、地形、地貌等自然条件和人口分布情况，合理布置生产区和生活区。各设施既要相对集中布置，又要避免相互之间的污染。

6.2.1.2 根据铀矿冶设施的性质、规模、流出物排放状况和当地的地形条件，铀尾矿（渣）库、露天采场、废石场、堆浸场、选冶厂、回风井、贮液池、工业场地、矿仓、实验室等铀矿冶主要污染源应按当地常年较小频率的风向尽可能布置在居民区的上风侧。上述设施应根据污染源的性质和当地的自然、气象条件等因素，通过环境影响评价确定与居民区的辐射防护距离，但最小间隔距离不应小于 300 m。

6.2.1.3 铀矿石开采、选冶、废物处理处置应采用合适的工艺流程和设备，采取清污分流措施，做到放射性和非放射性废水分流、分别收集及处理，并加强废水的循环利用，减少“三废”排放量、降低放射性核素浓度。

6.2.1.4 运输铀矿石、铀尾矿（渣）或废石的道路应尽量避免城镇人口密集区、饮用水水源地，运输工具应设有防撒漏措施，防止污染。

- 6.2.1.5 设计时应制定边生产边治理或者分期退役的设施及其退役计划。
- 6.2.1.6 铀矿冶设施建设前，应按照 GB 23726 开展辐射环境本底调查。
- 6.2.1.7 铀矿冶设施的辐射防护设计应满足 5.2.1 职业照射剂量约束值的要求。
- 6.2.2 铀选冶厂
- 6.2.2.1 铀选冶厂的主进风口应按当地常年较小频率的风向布置在主排风口的下风侧，以减少对进风风质的影响。
- 6.2.2.2 铀选冶厂排放废气的排气筒高度，应根据排放的放射性核素活度浓度，并结合当地气象、地形、人口分布等因素，经过计算后综合考虑确定，应不小于周围 50 m 范围内最高建筑物屋脊 3 m 以上。
- 6.2.2.3 凡产生铀矿尘的设备，应设计密闭抽风、除尘过滤、净化等相应降尘措施。
- 6.2.3 堆浸场
- 6.2.3.1 地表堆浸场布置应相对集中、避开地下水埋藏浅、易受洪水侵害或地质灾害频发的地区，应有完善的底部防渗结构，其周围应设有防止浸出液流失设施和防洪设施，并考虑洪水和地震等自然灾害可能造成的破坏。
- 6.2.3.2 原地爆破浸出采场应采取有效措施将溶浸液控制在采场边界外 100 m 以内，其底部应采取导流、防渗处理，防止对地下水的污染。
- 6.2.3.3 堆浸场四周应设置地下水监测井。
- 6.2.4 地浸采场
- 6.2.4.1 铀矿体分段浸采时，各地浸采区原则上应按地下水流方向从上游往下游方向顺序布置，减少对地下水的影响。
- 6.2.4.2 地浸矿山设计应根据矿床水文地质特征合理确定抽液量大于注液量的比例，其中边界抽注单元的抽液量至少应超过注液量 0.5%，并确定抽注比等参数对应的浸出液迁移扩散的控制范围。
- 6.2.4.3 地浸矿山井场应设计地下水监测井，监测井数量和位置应根据矿床特征、工艺特征、水文地质特征、污染扩散监控的需要而确定。
- 6.2.4.4 含矿含水层应在采区四周边界井之外 50 m~150 m 范围内布置地下水监测井，其下游监测井还应至少延伸至 300 m。采区含矿含水层上部含水层应布置相应的地下水监测井，下部含水层根据所在区域的地质与水文地质情况酌情布置。
- 6.2.4.5 应按有关规定设计钻孔，以防浸出剂、浸出液等含有害组分的溶液通过钻孔与含矿含水层之外的含水层或地层连通。
- 6.2.5 废气、废水和废石
- 6.2.5.1 铀矿冶生产工艺过程中产生的废气、废水、废石，应采取先进、有效的处理或处置措施，减少对环境的影响。
- 6.2.5.2 铀选冶废水应优先采用循环利用方式，采用先进成熟的废水处理工艺，排放废水中污染物浓度应满足 5.7 的要求。
- 6.2.5.3 废水处理前的贮存池的容积应该不小于废水日最大产生量的 3 倍，防止废水处理车间出现异常工况时未处理的废水流入环境。
- 6.2.5.4 工艺废水、尾渣库渗出水应采取槽式排放设计，贮槽的个数应满足槽式排放的要求，单个

贮槽容积应不小于最大处理能力 8 h 处理量或不少于 100 m³，最大不能超过废水每天的最大处理能力。为防止废水处理车间异常工况下不合格废水流入环境，应设计事故应急池（槽），应急池（槽）的容积不小于异常工况不合格废水量。

6.2.5.5 地浸矿山的工艺废水应优先处理达标后排放。没有具有足够稀释能力的受纳水体时，可建设蒸发池贮存蒸发，并尽可能降低排入废水中铀的浓度。

6.2.5.6 废水的输送沟渠和地下管线检查井等，必须采取防渗漏措施。

6.2.5.7 采矿废石处理处置应优先考虑回填方案。废石应集中堆放于废石场，废石场应采取防止水土流失的措施。

6.2.6 铀尾矿（渣）库

6.2.6.1 铀尾矿（渣）应考虑集中存放和长期环境影响的控制。

6.2.6.2 应对铀尾矿（渣）库进行防排洪和渗出水收集、处理设计。铀尾矿（渣）库的澄清水和渗出水应尽可能回收后返回水冶厂循环利用。

6.2.6.3 应综合考虑铀尾矿（渣）库底地质与水文地质条件、地下水水位、库水位、生产运营时间，进行铀尾矿（渣）库库底防渗设计，确保铀尾矿（渣）库在生产运营、关闭的全寿期不对地下水和土壤产生影响。

6.2.6.4 铀尾矿（渣）库附近应设置地下水监测井。

6.2.7 输送管道

6.2.7.1 铀选冶厂尾矿输送管道（或槽）、主工艺管道，以及地浸、堆浸的布液与集液管道应尽量避免通过居民区、河流、农田。

6.2.7.2 尾矿、工艺水、废水等的输送管道应采取防止喷溅、跑冒滴漏等污染防治措施。

6.2.7.3 输送管道及其附属装置的结构、抗腐蚀性和强度，应与所输送物质特性和工作条件相符，避免破裂而泄漏出输送液。

6.2.7.4 输送管道的支撑结构应充分考虑输送管道的运行荷载及应力，避免输送管道因超负荷断裂。

6.2.7.5 阀门和管道接头处、设备等应采取有效的密封措施和防漏装置，防止物料的跑冒滴漏。

6.2.8 贮液池

6.2.8.1 地浸采场集液池应采用密封设计。

6.2.8.2 集液池、配液池和蒸发池等贮液池应采取可靠的防渗设计并在附近设置地下水监测井，蒸发池底部应设计渗漏检漏装置。

6.2.8.3 贮液池的容积应留有足够的裕度。正常生产时贮存的液面应低于贮液池上边沿 0.3 m 以上，防止溶液的外溢。

6.2.9 废水排放口

6.2.9.1 GB 3838 中的 I、II 类水域和 III 类水域中划定的保护区和游泳区，以及上述水域边界上游 1 km 范围内，禁止新建排放口。

6.2.9.2 排放口应选择具有足够稀释能力的受纳水体，原则上不低于 5 倍稀释倍数。严禁废水漫滩排放。

6.2.9.3 排放口的设置应充分考虑受纳水体的环境容量、功能以及生态特征等因素，以确保受纳水体排放口下游第一集中式取水口处的水质符合规定用途的水质标准。

6.2.9.4 确定排放口位置时，应尽量避免受纳水体中悬浮沉积物较多的地方，以降低排放口附近放

射性物质的沉积。

6.2.9.5 排放口应设有明显的排放口标志。

7 建设

7.1 铀矿山巷道开拓产生的废石应集中堆放在设计的废石场。坑道渗出水应收集处理后达标排放。

7.2 铀尾矿（渣）库的库底应按照设计要求铺设防渗层。

7.3 地浸采场施工过程中产生的钻井泥浆应尽量循环使用，减少泥浆的产生量，废弃泥浆应集中到泥浆池收集堆放，池满后应覆土治理。

7.4 地浸采场施工过程中产生的洗井水应尽量循环使用，多余的洗井水应收集并处理达标后排放。没有受纳水体的，可建设蒸发池贮存。

7.5 地浸采场蒸发池应按照设计要求铺设防渗层和池底检漏装置，按规范检测检漏装置的有效性并形成记录。

7.6 地浸采场集液池应按设计要求密封，减少运行过程中氡气向环境扩散。

7.7 堆浸场、浸出液收集池和水冶车间应按照设计要求做好防渗施工。

7.8 改造过程产生的固体废物应经检测后分类管理，超过豁免水平的放射性固体废物应堆放到铀尾矿（渣）库等设施中，超过清洁解控水平的受污染器材管理应符合 GB 14585 的要求。

8 运行

8.1 一般要求

8.1.1 应确保废水处理设施运行稳定、有效，废水不得漫滩排放，满足 5.7 污染物排放限值的要求。

8.1.2 铀尾矿（渣）、废石等应有组织集中堆放，防止流失，便于退役和最终处置。

8.1.3 制定、实施、评估铀尾矿（渣）库日常检查程序及检查清单，并记录归档。

8.1.4 应按照 GB 23726 和环境影响评价文件中提出的监测方案开展环境辐射监测、工作场所监测和个人剂量监测。

8.1.5 铀矿冶工作人员进入放射性工作场所前，必须穿戴相应的个人防护用品。铀矿冶企业应设置更衣室、淋浴室、个人剂量计发放室、污染监测室。

8.1.6 在辐射工作场所内不得进食、饮水、吸烟和存放食品；辐射工作人员饮食前必须洗手、漱口；所用的防护用品应经常清洗，其表面污染应满足 5.6 的要求，并不得带回生活区。

8.2 铀矿山

8.2.1 铀矿床地下开采时，应采取通风、湿式凿岩、喷雾洒水、密闭等防尘降氡措施，降低氡及其子体、铀矿尘等有害物质的排放浓度及排放量。应建立完善的机械通风系统，将工作场所空气中氡及子体、铀矿尘等有害物质控制在可合理达到的尽量低水平，并满足 5.2.1 和 5.2.2 的职业照射剂量控制要求。

8.2.2 铀矿露天开采过程中，应采取喷雾洒水等防尘措施；露天采场较深时还应采取机械通风方式降氡。

8.2.3 地浸矿山在浸出过程中应确保抽液量大于注液量，并根据实际开采条件和地下水监测情况进行优化调整，确保满足 6.2.4.2 的要求。一旦监测到浸出液迁移扩散到控制范围外，应采取加大抽液量等补救措施直至满足 6.2.4.2 的要求。

8.2.4 铀矿井下工作场所风量应根据井下作业情况的变化及时进行通风系统调整，合理分配风量，以控制井下工作场所空气中氡及其子体、铀矿尘不超过相应的导出浓度。

8.3 铀选冶厂

8.3.1 铀选冶厂应采取通风、防氡降尘等防护措施；凡产生铀矿尘和有害气体的工艺设备应采取密闭、负压、除尘过滤等相应措施，控制生产运行过程中危害因素的产生量，减少对操作人员的危害，并满足 5.2.1 的要求。

8.3.2 地表堆浸结束后堆浸渣应根据其酸碱度进行中和处理，并压实堆存。

8.3.3 铀浓缩物应密封在专用的防渗产品桶中，产品桶集中堆放在专用的产品库，不得露天堆放。

8.4 废物

8.4.1 废水

8.4.1.1 铀矿冶工艺废水应循环利用，复用率应不小于 80%，并尽可能提高废水复用率，减少废水外排量。

8.4.1.2 应鼓励开发和应用废水产生量少或无废水的工艺技术和先进的废水处理工艺。

8.4.1.3 矿井水应优先循环利用，不能循环利用的应处理达标后排放。

8.4.1.4 水冶厂区地面冲洗水应收集处理。

8.4.1.5 废水排放应有流量监控设备，排放应是受控且最优化的。

8.4.1.6 常规开采的铀矿山的洗衣房废水尤其是浸泡工序的排水应处理达标后排放。

8.4.1.7 蒸发池严禁排入设计以外的废水，并采取措施防止蒸发池废水产生恶臭。

8.4.2 废气

8.4.2.1 应根据有害物质的性质、浓度及危害程度，采取机械通风、密闭、过滤净化、喷雾洒水、排气筒排放等相应有效处理措施，降低氡及其子体、铀矿尘等有害物质排放浓度和排放总量。

8.4.2.2 应考虑便于露天采场、裸露矿仓、地表储矿场、堆浸场、铀尾矿（渣）库、废石场等表面析出的氡通过空气自然流动和扩散的设计，必要时应采取有效降氡措施。

8.4.3 固体废物

8.4.3.1 应按下列要求对铀尾矿（渣）进行处理：

- a) 鼓励将铀尾矿（渣）回填矿井采空区、废弃巷道或露天采场废墟，但利用铀尾矿（渣）回填时，应采取妥善措施，防止其对地下水的污染；
- b) 铀尾矿（渣）库不应存放其他无关的废物。存放其他种类矿山尾矿（渣）的，应依法进行环境影响评价；
- c) 选冶过程产生的铀尾矿（渣）应根据铀尾矿（渣）的酸碱度采取有效中和措施并堆放在铀尾矿（渣）库；
- d) 铀尾矿（渣）表面应采取措施减少扬尘；
- e) 铀尾矿（渣）库应按设计要求建设防排洪、库底防渗、清污分流、渗出液收集处理设施，防止铀尾矿（渣）流失、地下水污染和渗出液漫流。

8.4.3.2 应按下列要求对铀矿废石或废渣进行处理：

- a) 铀矿山采掘的围岩废石应尽量回填矿井采空区、废弃巷道或露天采场废墟；
- b) 凡具有综合利用价值的废石宜回收利用，提高资源利用率，但应满足国家和地方环境保护的相关要求，不得造成新的放射性污染；
- c) 废石应有组织集中堆放在专用废石场；废石场应采取拦石、防洪和清污分流措施，防止废石流失，减少渗出水，并保证废石场的安全，必要时采取底部防渗漏措施；

- d) 废水处理残渣及沉淀底泥应集中堆放并根据放射性核素活度大小进行治理, 高于豁免水平时, 应送至铀尾矿(渣)库或井下废弃坑道等设施中处置。
- 8.4.3.3 加强铀尾矿(渣)库和废石场的运行管理, 防止铀尾矿(渣)、废石流失。使用采矿废石做建筑和装修材料, 应符合国家建筑材料放射性核素控制标准。
- 8.4.3.4 在铀尾矿(渣)库、废石场、露天采场边界设立电离辐射标志牌等标志。
- 8.4.3.5 钻孔泥浆坑应及时进行覆盖治理和植被绿化, 防止污染地表土壤和水土流失。
- 8.4.3.6 污染设备、器材、废旧钢铁等应按下列要求进行处理:
- 污染设备、器材、废旧钢铁等经过去污处理后, 其 α 、 β 放射性表面污染水平分别降低到 0.08 Bq/cm^2 和 0.8 Bq/cm^2 时, 可作为普通物品(食品工业除外)使用;
 - 对不能回收利用的应进行分类贮存和处置;
 - 对于去污处理后仍不能满足 a) 要求的废旧钢铁送核安全主管部门许可的放射性废旧金属处理单位处理。

9 关停、退役与关闭、长期监护

9.1 关停

- 9.1.1 铀矿冶企业关停前应制定相关的环境保护工作方案, 保证运行维护放射性污染防治设施所需的人员和资金, 确保铀矿冶设施处于受控状态。
- 9.1.2 铀矿冶企业闲置工业场地在未完成治理前禁止开发利用。
- 9.1.3 在铀矿冶企业关停期间, 应严格按照 GB 23726 和环境影响评价文件中提出的监测方案继续开展流出物和环境(辐射)监测。
- 9.1.4 在铀矿冶企业关停期间, 应加强铀尾矿(渣)库和废石场的管理, 防止铀尾矿、废石和堆浸渣的流失。
- 9.1.5 地浸采场关停期间, 仍需要采取抽大于注和地下水监测措施, 确保浸出液迁移扩散范围满足 6.2.4.2 的要求。

9.2 退役与关闭

- 9.2.1 铀矿冶设施设计、建造、运行过程中应充分考虑退役、关闭和环境整治的便利性, 在运行过程中部分可退役的设施应当及时退役。
- 9.2.2 铀矿冶设施退役治理应按 GB 14586 的有关规定执行, 及时做好退役治理工作, 明确各退役设施的退役治理目标; 坚持因地制宜, 采取有效治理措施, 进行多方案比较, 使退役治理和环境整治后的工程达到稳定、安全和无害化。
- 9.2.3 铀尾矿(渣)库退役与关闭后应满足长期安全稳定要求。
- 9.2.4 铀尾矿(渣)库、废石场、露天采矿废墟等设施, 经退役、关闭与环境整治后, 表面氡析出率应不大于 $0.74 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{s}$; 土地去污整治后, 任何 100 m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 的平均活度浓度扣除当地本底值后不超过 0.18 Bq/g , 可无限制开放或使用。
- 9.2.5 铀尾矿(渣)、废石等固体废物应尽可能集中处置。铀尾矿(渣)的覆盖治理应采用多层覆盖体系, 其覆盖层应包括但不限于降氡层、导水层、弱透水层(或隔水层)、植被层。铀尾矿(渣)

库、废石场的植被层厚度考虑侵蚀余量后应不小于 50 cm。

9.2.6 塌陷坑应尽量全部回填，避免安全隐患。

9.2.7 原地爆破浸出、地浸、铀尾矿（渣）库和蒸发池等经监测发现造成地下水污染的，应根据技术经济条件和所在地区的环境要求及地下水水文地质条件确定地下水修复目标值，及时制定和执行地下水修复计划，达到地下水修复目标。

9.2.8 地下堆场浸出结束后应对地下堆场空隙中残留的溶浸液进行中和洗涤，直至流出液的 pH 值稳定在 6~8，严密封堵通往处理后采场的所有通道。

9.2.9 地浸采场地下水修复结束后，应维持不少于一年的监测观察期。在确保地下水水质修复稳定后，所有工艺钻孔应及时从下往上进行全封堵。

9.3 长期监护

9.3.1 退役治理工程竣工验收后，应对有限制开放或使用的设施进行长期监护。

9.3.2 长期监护包括巡视、监测和维护。

9.3.3 退役治理设计和工程竣工验收报告应制定长期监护计划及方案，包括监护目的及范围、基本原则及要求、责任主体及职责、人员与培训、所需物资与仪器设备、监护方式、监护内容及频次、质量保证等。

9.3.4 监测应包括日常监测和应急监测。

9.3.5 维护应包括日常维护、突发应急状况的处理和处置，以及出现事故、破坏或损坏后的维修和补救。

9.3.6 巡视、监测和维护等监护记录应长期保存，并编制相应报告，定期上报。

10 运输

10.1 铀矿石和铀浓缩物的厂外运输应符合 GB 11806 的管理规定。铀矿石、尾渣和废石的厂内运输应满足本标准的规定。

10.2 运输车辆车厢表面应平整光滑容易去污，车辆运输应采取措施防止撒漏、滴水、扬尘。

10.3 运输车辆外表面任意点上的辐射水平应不超过 2 mSv/h，距离车辆外表面 2 m 远处的任意点的辐射水平应不超过 0.1 mSv/h。

10.4 运输车辆外表面放射性污染控制值为：

a) α 放射性污染水平：4 Bq/cm²；

b) β 放射性污染水平：40 Bq/cm²。

10.5 运输车辆应停放在专用的停车场。运输车辆冲洗时产生的废水和矿泥应进行收集与处理。

10.6 运输车辆和包装容器检修时的内外表面污染控制值分别为 10.4 中所列数值的 1/10。

10.7 运输期间，应按照 GB 23726 的技术要求增加对相关路段地面和周围环境的监测。一旦发现污染及时处理。

11 辐射环境应急管理

11.1 铀矿冶企业应落实环境保护主体责任，制定突发环境事件应急预案，开展辐射环境风险评估，健全辐射环境风险防控措施，排查辐射环境安全隐患，加强辐射环境应急能力保障建设。

11.2 铀矿冶企业应分析可能发生的突发环境事件可能产生的辐射环境污染，设计、建设与之相匹配的事件应急池（槽）和废水处理设施，配备必要的通讯、照明、动力、交通、监测等设备工具，配置相应的办公用品、处置用品、通讯器材、个人防护用品和后勤保障用品等应急物资器材。

11.3 铀矿冶企业应严格环境保护管理，防止突发环境事件的发生，减少事件的辐射环境影响，采取的措施有：

- a) 应对铀矿冶设施的辐射环境风险进行评估，并根据评估结果健全风险防控措施；
- b) 发生突发环境事件时，应及时启动突发环境事件应急预案，迅速进行现场调查分析、辐射监测、事件处理和受照剂量估算，采取响应措施，切断和控制污染源，防止污染蔓延扩散，将事件的损失和危害程度降到最低；
- c) 应严格按照国家有关规定执行突发环境事件报告和管理制度，建立完整的事件档案、环境辐射污染档案、剂量档案和有关记录档案，并存档保留。

11.4 水冶厂房、地表堆浸场、贮液池等应设计具有足够容量的事件应急池（槽），并确保应急池（槽）处于有效状态，收集事件泄漏的含铀溶液，防止流入外环境。

11.5 地表堆浸场、蒸发池、集液池、配液池等工艺溶液贮池一旦发生泄漏，应及时进行应急收集处理，事件结束后应及时清空应急池（槽）。

11.6 铀矿冶企业应编制突发环境事件应急预案，定期开展应急演练，确保应急措施与应急设施的有效性，具体要求为：

- a) 突发环境事件应急预案应包括运输事故、工艺水泄漏、废水未经处理外排和其他可能引起辐射环境污染的事件等内容；
- b) 突发环境事件应急准备应包括应急组织体系、应急设备设施、应急响应、监测预警、应急处理措施、有效恢复措施、终止行动的准则、报告有关负责部门和发布公众信息的安排等；
- c) 定期对事件应急预案进行演习与评审，针对实际情况以及预案中暴露的缺陷，对应急预案不断进行更新、完善和改进。应急演练应进行完整地记录。