

《伴生放射性矿辐射环境标准
(征求意见稿)》编制说明

标准编制组

二〇二六年六月

目 录

1	项目背景.....	1
2	标准制定必要性分析.....	3
3	国内外相关标准情况.....	4
4	标准制订的基本原则和技术路线.....	8
5	标准主要技术内容.....	9
6	与国内外同类标准或技术法规的对比和分析.....	12
7	实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议.....	13

1 项目背景

1.1 任务来源

为贯彻《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》，进一步强化伴生放射性矿开发利用过程中的辐射环境管理与放射性污染防治，规范、指导和推动伴生放射性矿辐射环境管理，完善伴生放射性矿辐射环境管理标准体系，2018 年生态环境部核与辐射安全中心（以下简称核安全中心）组织开展了伴生放射性矿开发利用放射性排放浓度限值前期研究，对伴生放射性矿开发利用放射性废液的污染控制水平及处理技术、放射性废气的处理技术及排放现状等进行了调研，初步确定了放射性废气、废液排放的控制项目和浓度限值等。

生态环境部辐射源安全监管司于 2019 年向生态环境部核与辐射安全中心、中核第四研究设计工程有限公司、中国辐射防护研究院和核工业北京化工冶金研究院下达了《伴生放射性矿辐射环境限值》标准制定任务。2019 年 7 月，生态环境部法规与标准司通过了《伴生放射性矿辐射环境限值》标准的立项。

1.2 工作过程

2019 年 1 月，生态环境部核与辐射安全中心、中核第四研究设计工程有限公司、中国辐射防护研究院和核工业北京化工冶金研究院联合成立了标准编制组（以下简称标准编制组），制定了标准编制计划。

2019 年 2 月，生态环境部辐射源安全监管司组织召开了《伴生放射性矿辐射环境限值》标准启动会，明确了标准编制的技术路线，确定标准的主要内容包括流出物排放浓度限值、公众剂量限制和放射性污染治理目标值三个部分。

2019 年 2-5 月，编制组在原有研究的基础上，补充收集了伴生放射性矿开发利用放射性废液处理后的排放现状，调研了有关国家环境保护和产业发展法规和政策，以及美国、英国、日本、印度等国家放射性废液排放浓度限值，调研了伴生放射性矿开发利用在我国的发展状况以及纳入第一批管理名录的稀土、铌/钽、锆及氧化锆、石煤和钒等五个行业的工艺状况等，进一步论证了伴生放射性矿开发利用公众剂量限制，在此基础上，起草了《伴生放射性矿辐射环境限值（草稿）》和编制说明初稿。

2019 年 5 月，生态环境部辐射源安全监管司在北京组织了《伴生放射性矿辐射环境限值（草稿）》专家咨询，对标准文本和编制说明初稿进行了讨论，认为标准编写基本规范，框架结构合理，层次清晰，内容基本合理。建议规定污染设备、器材清洁解控水平，进一步论证放射性废气排放浓度限值，研究土壤修复后的钍-232 的目标值。

2019 年 6-9 月，编制组调研了部分伴生放射性矿开发利用企业放射性废气的除尘工艺和排放现状；论证了增加土壤修复后钍-232 的目标值；增加了污染设备、器材清洁解控水平，并对标准文本进行了进一步修改，完善了编制说明。

2019 年 9 月，生态环境部辐射源安全监管司在北京组织了《伴生放射性矿辐射环境限值（草稿）》第二次专家咨询，对标准文本和编制说明初稿进行了讨论，专家认可了标准的技术指标，并建议相关部门尽快研究制定镭-228 的标准监测方法。同时建议对标准文本和编制说明修改完善

后，尽快征求意见。编制组对标准文本和编制说明进行了修改完善，形成了《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（征求意见稿）》及征求意见稿编制说明。

2019 年 10 月，生态环境部发布生态环境部办公厅函《关于征求<伴生放射性矿开发利用项目竣工辐射环境保护验收监测报告的格式与内容（征求意见稿）><伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（征求意见稿）>意见的函》（环办标征函〔2019〕54 号）征求意见。

2019 年 11 月，生态环境部辐射源安全监管司在北京组织了反馈意见的处理情况专家咨询会，编制组根据采纳的意见对标准进行了修改，补充完善了编制说明，形成了《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（送审稿）》及送审稿编制说明。

2019 年 12 月 12 日，生态环境部（国家核安全局）组织召开了 2019 年第四季度核与辐射安全法规标准审查会议，对《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（送审稿）》进行了专家审查，通过了《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（送审稿）》，在会议纪要中提出了修改要求：

- （1）进一步考虑标准题目中“环境辐射限值”适宜性。
- （2）完善“流出物”和“剂量约束值”的定义，并修改 5.2 剂量约束的表述。
- （3）剂量限值引用《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871）。

编制组根据上述纪要内容对标准文本进行了修改，此后，编制组又进行了多次讨论、修改与完善，形成了《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（报批稿初稿）》及编制说明。

2020 年 3 月 26 日，生态环境部（国家核安全局）组织召开了 2020 年第一季度核与辐射安全法规标准审查会议，对《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（报批稿初稿）》进行了专家审查，通过了《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（报批稿初稿）》，在会议纪要中要求：

- （1）修改标题中“伴生放射性矿”的英文翻译。
- （2）进一步明确标准的适用范围。
- （3）删除本标准中与技术内容无关的管理性描述内容。
- （4）进一步完善术语解释，增加“废物填埋场”的术语解释。
- （5）根据专家的书面意见进行修改。

编制组根据上述纪要内容对标准文本进行了修改，形成了《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（报批稿）》及编制说明。

2020 年 4 月 29 日，生态环境部辐射源安全监管司召开司务会，对《伴生放射性矿开发利用环境辐射限值（报批稿）》进行了审查，编制组根据司务会的意见进行修改完善。

2021 年 8 月 16 日，叶民副部长主持召开部长专题会审议《伴生放射性矿环境辐射标准（报批稿）》，原则通过，并要求按照会议意见修改完善后再次征求相关单位意见。

2021 年 11 月，生态环境部在系统内及部分单位组织了二次征求意见，共征求 39 个单位意见。收到 25 个单位的回函（含南华大学和东华理工大学），其中 14 个单位无意见、11 个单位提出意见。

2021 年 12 月 9 日，生态环境部辐射源安全监管司组织了反馈意见的处理情况专家咨询，对意见进行了逐条讨论，认为编制组对意见的处理基本合理可行。编制组根据采纳的意见对标准进行了修改，补充完善了编制说明，形成了《伴生放射性矿辐射环境标准（报批稿）》及报批稿编制说明。

2025 年 4 月，编制组根据伴生放射性矿开发利用企业将放射性要素纳入到排污许可的要求，结合正在编制中的《伴生放射性矿辐射环境保护管理办法》报批稿中的相关内容，对标准和编制说明进行了修改和完善，形成《伴生放射性矿辐射环境标准（第三次征求意见稿）》及编制说明。

2025 年 6 月 12 日，生态环境部辐射源安全监管司组织部分专家对《伴生放射性矿辐射环境标准（第三次征求意见稿）》进行了专家咨询，根据专家的咨询意见，标准编制组进一步修改完善相关标准文本及修改说明。

2026 年 4 月，按照生态环境部辐射源安全监管司工作要求，标准编制组开展了近几年全国伴生放射性矿开发利用单位辐射环境自行监测数据结果的统计分析，形成了《关于伴生放射性矿开发利用废水排放浓度限值的研究报告》，并根据研究结果对标准文本进行了适当的修稿，形成《伴生放射性矿辐射环境标准（第三次征求意见稿）》及其编制说明，进一步公开征求意见。

2 标准制定必要性分析

2.1 落实生态环境法典需要

根据《中华人民共和国生态环境法典》第一百七十六条，排放放射性废液或者产生放射性固体废物的伴生放射性矿开发利用单位，应当取得排污许可证。为落实生态环境法典相关要求，需要针对伴生放射性矿开发利用活动制定相应的排污许可管理要求，《伴生放射性矿辐射环境标准》所规定的放射性污染物排放限值标准和相关要求是有效开展伴生放射性矿开发利用活动排污许可的依据和前提。

2.2 伴生放射性矿开发利用辐射环境监管工作的需要

针对伴生放射性矿开发利用带来的辐射环境影响，我国从上世纪八十年代开始逐步加强了伴生放射性矿开发利用辐射环境监管。《国务院办公厅关于印发第二次全国污染源普查方案的通知》（国办发〔2017〕82 号）中明确将稀土、铌/钽、锆石和氧化锆、锡、铅/锌、铜、镍、铁、钒、磷酸盐、煤、铝、钼、金、锑/钛等 15 类矿产纳入伴生放射性矿普查范围。《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发〔2016〕31 号）要求：“加强对矿产资源开发利用活动的辐射安全监管，有关企业每年要对本矿区土壤进行环境辐射监测。”《国务院关于核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标的批复》（国函〔2017〕29 号）要求：“督促伴生放射性矿开采、利用企业加强周边辐射环境监测和流出物监测”。

2020 年生态环境部发布了《关于发布<矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录>的公告》（生态环境部公告 2020 年 第 54 号），其中规定：依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》环评类别为环境影响报告书（表）且已纳入《名录》中的矿产资源开发利用建设项目，建设单位应在环境影响报告书（表）中给出原矿、中间产品、尾矿、尾渣或者其他残留物中铀（钍）系单个核素活度浓度是否超过 1 贝可/克（Bq/g）的结论；已纳入《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》，并且原矿、中间产品、尾矿（渣）或者其他残留物中铀（钍）系单个核素含量超过 1 贝可/克（Bq/g）的矿产资源开发利用项目，建设单位应当委托具有核工业类评价范围的环境影响评价机构编制辐射环境影响评价专篇和辐射环境竣工验收专篇。

为了促进伴生放射性矿开发利用的可持续发展，切实加强土壤污染防治，逐步改善土壤环境

质量，规范相关企业辐射环境监测及信息公开工作，指导地方各级生态环境主管部门对相关企业开展辐射环境监管，生态环境部发布了《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》（国环规辐射〔2018〕1号）。办法中要求“企业环境辐射监测发现污染物排放超标的，应立即停止排放，分析原因，并向省级生态环境主管部门报告”，但目前只有稀土工业规定了流出物的排放浓度限值，其他伴生放射性矿开发利用行业均未制定流出物排放浓度限值。

虽然我国已将伴生放射性矿开发利用纳入辐射环境监管体系，制定了一些法规标准，明确了监管职责，取得了一些成绩，但仍不是很完善，需要尽快制定相关的辐射环境保护标准以满足辐射环境监管的需要。为贯彻《中华人民共和国生态环境法典》，进一步强化伴生放射性矿开发利用的辐射环境监管工作，规范、指导和推动伴生放射性矿开发利用的辐射环境保护工作，完善辐射环境管理标准体系，制定《伴生放射性矿辐射环境标准》十分必要。

3 国内外相关标准情况

3.1 国外相关标准情况

3.1.1 美国

美国环保局根据核管会的要求制定了核素排入污水管道的相关导则，导则规定，镭-226及镭-228浓度大于22.2Bq/L和U天然浓度大于111Bq/L的废水禁止排入污水管道。对于含有两种或三种以上核素的废水，其排放必须满足：

$$\frac{C_{226Ra}}{22.4} + \frac{C_{228Ra}}{22.4} + \frac{C_{U天然}}{111} < 1$$

对于镭-226、镭-228以及U天然浓度不能满足以上要求的废水，不能通过污水管道排入公共污水处理厂，直接排放到环境的废水中U天然的浓度为0.4mg/L。

3.1.2 加拿大

加拿大于2000年发布了《加拿大天然放射性物质管理导则》（以下简称《导则》），其中按照对公众及相关从业者造成的年剂量小于0.3mSv的限值要求，明确给出了废水核素浓度导出释放限值，见表3-1。

需要指出的是，《导则》中给出的排放浓度限值为加拿大饮用水标准中相应值的10倍。《导则》还指出，任何含天然放射性物质废水的排放，都不能导致饮用水中核素的含量高于饮用水水质标准中的相关规定。

表 3- 1 加拿大废水中核素浓度导出释放限值 Bq/L¹⁾

序号	核素	导出释放限值
1	²³⁸ U	10
2	²³⁴ U	10
3	²²⁶ Ra	5
4	²³² Th	1

5	^{228}Ra	5
---	-------------------	---

注 1：将 ^{238}U 、 ^{234}U 换算为 $\text{U}_{\text{天然}}$ ，得出 $\text{U}_{\text{天然}}$ 的指导值约为 0.8mg/L，Th 的指导值为 0.25mg/L。

3.1.3 英国

英国于 2011 年发布了《关于放射性物质范围和豁免的指导》，按照对造成公众剂量不高于 0.3mSv/a 的限值要求，明确给出了废水核素浓度导出排放浓度限值，见表 3-2。

表 3- 2 英国废水中核素浓度排放浓度限值 Bq/L¹⁾

序号	核素	排放浓度限值
1	^{238}U	10
2	^{234}U	10
3	^{226}Ra	1
4	^{232}Th	10
5	^{228}Ra	0.1

注 1：将 ^{238}U 、 ^{234}U 换算为 $\text{U}_{\text{天然}}$ ，得出 $\text{U}_{\text{天然}}$ 的指导值约为 0.8mg/L，Th 的指导值为 2.5mg/L。

3.1.4 国外大气污染物排放浓度限值

荷兰没有给出废气中铀、钍的排放浓度限值，《荷兰辐射防护条令》给出行业活动中气体排放的豁免/解控水平，见表 3-3。

表 3-3 荷兰气体排放的豁免/解控水平 GBq/a

序号	核素名称	核素释放量
1	^{238}U	10
2	^{232}Th	1
3	^{228}Ra	1
4	^{226}Ra	10
5	^{210}Pb	10
6	^{210}Po	10

3.2 国内相关标准情况

《中华人民共和国生态环境法典》（以下简称《法典》）已于 2026 年 3 月 12 日发布，8 月 15 日开始实施。《法典》对伴生放射性开发利用行业的辐射环境监管进行了系统的规定，为伴生放射性辐射环境标准的制定提供了法律支撑。

3.2.1 废液排放浓度限值

目前国内与伴生放射性矿开发利用废水排放相关的标准有《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、《稀土工业污染物排放标准》（GB26451-2011）、《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）、《无机化学工业污染物排放标准》（GB31573-2015）等。

《稀土工业污染物排放标准》（GB26451-2011）明确规定了车间或设施排放口废水中铈和钍的总量排放浓度限值为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，但没有规定镭-226 排放浓度限值；

《无机化学工业污染物排放标准》（GB31573-2015）执行的标准和《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一致；《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）未规定具体的排放浓度限值，要求执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，而 GB18871 只是原则性规定应该符合排放要求，并未规定具体的排放浓度限值。

《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）规定了铀矿冶废水中铈的排放标准为 $0.3\text{mg}/\text{L}$ ，镭-226 的排放浓度限值均为 $1.1\text{Bq}/\text{L}$ ，钍-210 和铅-210 均为 $0.5\text{Bq}/\text{L}$ 。

这些标准规定的具体排放浓度限值见表 3-4。

表 3-4 国内废水放射性物质排放浓度限值相关标准

序号	标准名称	废水	说明
1	《稀土工业污染物排放标准》 （GB26451-2011）	钍、铈总量不超过 $0.1\text{mg}/\text{L}$	没有规定镭-226 的限值
2	《无机化学工业污染物排放标准》 （GB31573-2015）	总 $\alpha\leq 1\text{Bq}/\text{L}$ ， 总 $\beta\leq 10\text{Bq}/\text{L}$	相当于 $U\leq 0.04\text{mg}/\text{L}$
3	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）	总 $\alpha\leq 1\text{Bq}/\text{L}$ ， 总 $\beta\leq 10\text{Bq}/\text{L}$	相当于 $U\leq 0.04\text{mg}/\text{L}$
4	《锡、锑、汞工业污染物排放标准》 （GB30770-2014）	未做具体规定	—
5	《钒工业污染物排放标准》 （GB26452-2011）	执行 GB18871 的规定	—
6	《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》 （GB23727-2020）	铈: $0.3\text{mg}/\text{L}$ ； 镭-226: $1.1\text{Bq}/\text{L}$ ； 钍-210: $0.5\text{Bq}/\text{L}$ ； 铅-210: $0.5\text{Bq}/\text{L}$	
7	《铀加工与核燃料制造辐射防护规定》 （EJ1056-2018）	铈: $0.05\text{mg}/\text{L}$	

由以上数据可以看出，铀矿冶废水排放标准中有稀释能力的铈排放浓度最高，《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中铈排放浓度最低。

3.2.2 废气排放浓度限值

目前只有《稀土工业污染物排放标准》（GB26451-2011）明确规定了稀土行业废气中铈、钍排放标准，其他标准只规定了颗粒物的排放浓度限值，这些标准的排放浓度限值见表 3-5。

表 3-5 国内废气排放浓度限值相关标准 mg/m^3

序号	标准名称	废气
1	《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)	钍、铀总量不超过 0.1
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB31573-2015)	颗粒物 30
3	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)	颗粒物 150
4	《锡、锑、汞工业污染物排放标准》(GB30770-2014)	颗粒物 80, 120
5	《钒工业污染物排放标准》(GB26452-2011)	颗粒物 100

3.2.3 公众个人剂量控制相关标准

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定实践所致公众的有效剂量限值为 1mSv/a, 并对源相关的剂量约束和优化的要求进行了原则性规定, 各个不同的行业, 也根据自己的行业特点制定了各自的标准, 如《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)、《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》(GB23727-2020)、《铀加工与核燃料制造辐射防护规定》(EJ1056-2018) 等, 见表 3-6。

表 3-6 国内公众照射剂量约束值 mSv/a

序号	标准名称	公众照射剂量约束值
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)	0.10~0.30
2	《核动力厂环境辐射防护规定》 (GB6249-2011)	0.25
3	《铀加工与核燃料制造辐射防护规定》 (EJ1056-2018)	0.20
4	《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》 (GB23727-2020)	0.50

7.2.4 退役相关标准

国内放射性污染治理的相关标准有《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射源和实践的豁免管理原则》(GB13367-1992)、《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020), 见表 3-7。

表 3-7 国内放射性污染治理相关标准

序号	标准名称	表面污染清洁解控值 (Bq/cm ²)	土壤残留放射性水平 (Bq/g)	氡析出率 (Bq/(m ² ·s))
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)	设备类控制区表面污染控制水平的五分之一	—	—
2	《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020)	总 $\alpha\leq 0.08$ 总 $\beta\leq 0.8$	镭-226: 扣除本底值不超过 0.18Bq/g	0.74

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准编制的原则

(1) 与现行环境法律法规、环保方针政策协调一致

本标准制定以《中华人民共和国生态环境法典》《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)等相关的法律法规、方针政策、标准规范为依据,与我国现行有关的环境法律法规、标准协调配套,与生态环境保护的方针政策相一致。

(2) 满足相关生态环境标准和工作要求的原则

适用范围、工作程序和内容满足相关生态环境标准和工作要求的原则。以指导伴生放射性开发利用活动排污许可和辐射环境管理为目标导向,明确标准适用范围,力求为伴生放射性开发利用排污单位排污许可管理提供技术指导和依据。本标准规定了本标准规定了伴生放射性矿开发利用活动的公众剂量约束、放射性排放浓度限值、表面污染清洁解控水平、监测要求以及退役和处置设施关闭要求等,为伴生放射性矿开发利用的辐射环境监管提出了可行的技术要求。

(3) 具有科学性和可操作性原则

依据目前的行业技术水平、污染控制技术水平以及污染危害程度,结合成本代价利益分析,确定排放浓度限值和管控要求,以保证标准的科学性。体现国内外伴生放射性矿开发利用及辐射环境保护的最新进展和技术水平,以保证标准的先进性。力求使标准做到科学合理、技术可行、经济合理和具有可操作性。

4.2 标准编制的技术路线

(1) 调研国内外天然放射性管理相关法规、标准、导则等,主要针对铀矿冶和伴生放射性矿开发利用相关行业的辐射环境管理要求及放射性排放浓度限值。调查了解国内外伴生放射性矿开发利用行业的放射性污染状况,主要调查不同行业各个工艺过程的放射性废液和放射性废气中的放射性核素来源、活度浓度水平、处理措施等;同时调研主要废气和废水的处理技术以及可达到的水平。

(2) 结合生态环境部 2020 年公告 54 号文规定的新增行业,重点关注即稀土、铌/钽、锆及

氧化锆、钒、石煤等行业，实地监测具有代表性伴生放射性矿开发利用行业的流出物放射性排放情况。

(3) 根据前期调研结果，就伴生放射性矿开发利用行业流出物中需要重点关注的污染物因子和排放浓度限值、公众剂量限值（约束值）、退役治理及废液和环境监测方法等进行研究，并开展相关利益代价分析。

(4) 标准形成过程和征求意见等各阶段组织专家咨询会，对标准编制的关键问题进行研讨，修改完善相关标准。

(5) 与时俱进，密切结合近年来我国伴生放射性矿开发利用行业辐射监测统计结果，开展研究分析，结合有关废物处理工艺调研结果，适时修改完善相关标准内容。

(6) 按照送审稿专家审查意见进行修改，形成标准和编制说明报批稿初稿，报核与辐射法规专家委员会审查。审查通过后，形成报批稿，按照程序进行发布。

5 标准主要技术内容

本标准主要包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、公众剂量约束、放射性排放浓度限值、表面污染解控水平、退役和处置设施关闭要求以及监测要求等 8 个部分组成。

5.1 适用范围

本标准规定了伴生放射性矿开发利用活动的公众剂量约束、放射性排放浓度限值、表面污染清洁解控水平、监测要求以及退役和处置设施关闭要求等。本标准适用于伴生放射性矿开发利用、退役和伴生放射性固体废物处置。。

5.2 规范性引用文件

本标准共有 22 个规范性引用文件，其中国家标准 9 个，生态环境行业标准 10 个，核工业行业标准 3 个。

5.3 术语和定义

本标准共有 6 个术语和定义，分别是伴生放射性矿、公众照射剂量约束、退役、伴生放射性固体废物、放射性废液、放射性废气。

5.4 公众剂量约束

按照 GB18871 中要求：任何实践使公众中有关关键人群组成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv。考虑到其他厂址或其他照射存在的可能性，单个厂址剂量约束值通常应在公众照射剂量限值（1mSv/a）10%~30%范围之内，即原则上不超过 0.3mSv/a。铀矿冶的源项主要是氡及其子体，铀矿冶设施的公众照射剂量约束值为 0.5mSv/a。伴生放射性矿开发利用源项性质和铀矿冶相似，只是源项比铀矿冶小，经过近几年伴生放射性矿开发利用辐射环境影响评价的实践，以及与铀矿冶辐射环境影响的比较，确定伴生放射性矿开发利用运行阶段的公众照射剂量约束值为 0.3mSv/a。

伴生放射性废渣处置设施在关闭后为有限制开放场所，覆盖治理的标准氡的析出率为 0.74Bq/(m²•s)，氡、钍射气的源项仍不可忽视，参考铀矿冶退役治理后剂量约束值为 0.3mSv/a，

伴生放射性矿尾矿（渣）库关闭后的剂量约束值为 0.2mSv/a。

5.5 放射性排放浓度限值

放射性排放主要参考《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）和《稀土工业污染物排放标准》（GB26451-2011）。伴生放射性矿开发利用的放射性污染物和铀矿冶类似，都是天然放射性物质；稀土行业是典型的伴生放射性矿行业，GB26451 是伴生放射性矿开发利用行业第一个有放射性排放浓度限值的标准，从 2011 年实施以来，在稀土工业放射性污染防治方面得到初步实践检验。

5.5.1 放射性排放控制项目

伴生放射性矿开发利用过程中的放射性废气有铀、钍及其子体核素。考虑到废气中的放射性物质主要是随着颗粒物一起流出，控制铀、钍排放情况下，也能控制镭-226、钋-210 等核素，GB26451 中也规定有组织排放废气中铀、钍总量的排放浓度限值，因此，本标准放射性废气确定铀、钍为废气的控制指标。

伴生放射性矿开发利用产生废液中的放射性物质主要为铀、钍及其子体核素。综合考虑目前 GB23727-2020 和 GB26451-2011 相关规定和国家相关分析方法标准，确定废液中控制项目为铀钍、镭-226、钋-210 和铅-210。

5.5.2 放射性排放浓度限值的确定

● 废气的排放浓度限值

在 GB26451 中，废气的铀、钍的排放浓度限值为铀、钍总量 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。依据上述颗粒物排放标准与矿石铀、钍最大品位测算，稀土、锆英砂、煤、钒矿等绝大多数伴生放射性矿行业，铀、钍理论最大排放浓度均 $\leq 0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于 GB26451 的控制限值；仅独居石、铈钍矿理论值偏高，但铈钍行业粉尘产生量小、实际排放远低于 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，独居石通过强化抑尘、布袋 + 湿法高效除尘等成熟工艺，实测铀、钍浓度总量也能达标。现有除尘技术成熟可靠，能将颗粒物浓度控制在 $2.8 - 50\text{mg}/\text{m}^3$ ，配套后铀、钍实际排放普遍低于 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ ，无需颠覆性技改、执行成本可控。因此，参照 GB 26451，继续沿用、执行废气的铀、钍总量 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，既弥补多数行业铀、钍专项管控空白，又避免标准过严或过松，兼顾环境安全与行业绿色可持续发展，管控适度、科学可行。

● 废水的排放浓度限值

根据《关于废水排放浓度限值的研究报告》相关结果，确定废水的排放浓度限值主要考虑 4 个方面：

（1）针对水中铀的质量控制标准，我国与美国和 WHO 关于饮用水中铀浓度控制标准一致，均为 $30\mu\text{g}/\text{L}$ ；

（2）各国在制定行业排放标准时，均基于控制污染物的技术（即基于技术的排放限值）和保护接收水质标准的限制（即基于水质的排放限值）相结合的办法。根据各国的实践，美国和加拿大地方政府制定了矿冶废水排放中铀浓度控制值，美国为月平均值 $2\text{mg}/\text{L}$ ，加拿大为月平均 $2.5\text{mg}/\text{L}$ ，各自均给出了适当弹性，并放宽了日平均和瞬时控制值，分别为 $4\text{mg}/\text{L}$ 和 $5\text{mg}/\text{L}$ 。另外，加拿大针对铀矿冶行业，根据运行实践提出了较为严格的优化目标 $0.1\text{mg}/\text{L}$ 作为铀矿冶行业废水

的铀浓度控制值；

(3) 从排放控制值比较分析，我国《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)中规定的废水排放标准为铀、钍浓度总量不超过 0.1mg/L，《铀矿冶设施辐射防护与环境保护规定》(GB23727-2020)规定废水中铀排放限值为 0.3mg/L。总体而言，我国铀矿冶和其他伴生矿行业废液中铀排放浓度控制标准严于国外制定的排放浓度控制标准；

(4) 从天然放射性废液的处理技术及现状看，废水中天然放射性物质的处理技术包括化学沉淀法、离子交换法、蒸发浓缩法、吸附法、膜处理法、生物处理法、萃取法、离子浮选法等，广泛采用的有化学沉淀法、离子交换法和吸附法等。其处理指标大都能满足 0.1-0.3mg/L 的控制要求；

(5) 从 2022~2024 年全国伴生放射性矿辐射环境自行监测数据来看，对标《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)中规定的铀、钍浓度总量限值标准(0.1mg/L)，每年稀土企业车间排口超标企业仅 1~3 家；其他矿产行业参照该标准执行，每年超标企业最多不超过 4 家，且都集中在铈/钍、钍及氧化钍行业，企业的超标程度并不严重，未出现相关行业废水排放浓度值集中不满足该标准(0.1mg/L)的情况；

(6) 关于废水中钍的排放浓度控制水平：

针对钍的化学毒性进行相关质量浓度控制要求，世界各国和相关组织均未见专门规定，从放射性控制看，按照 WHO 规定的饮用水标准，钍的导出质量浓度控制值比较大，0.247mg/L；

从我国伴生放射性矿开发利用行业的运行废水排放实践结果看，对废水中钍的处理通常情况下不是问题，目前的排放浓度监测结果均远小于 WHO 规定的饮用水标准；

从废液处理工艺可以看出，现有废水处理工艺控制了铀基本也就控制了钍的浓度。因此，本标准参照《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)的相关要求，将废水中钍、铀排放标准合并处理。

综合以上几个方面的考虑，考虑到伴生放射性矿开发利用废水类型以及现有处理排放监测结果，伴生放射性矿与铀矿冶均属于天然放射性，伴生放射性矿开发利用废水中镭-226、钍-210 和钍-210 的排放浓度限值与铀矿冶的排放浓度限值一致，分别为 1.1Bq/L、0.5Bq/L 和 0.5Bq/L，铀和钍的排放浓度限值保持与稀土一致，为 0.1mg/L。

5.6 表面污染清洁解控水平

对于伴生放射性矿开发利用过程中受污染建构筑物、设备、器材和废旧钢铁的清洁解控水平按照 GB18871 的原则确定，即去污处理后，其 α 、 β 放射性表面污染水平分别降低到 0.08Bq/cm² 和 0.8Bq/cm² 以下时，可作为普通物品使用。该值与我国核工业其他相关标准规定的表面污染清洁解控水平一致。

5.7 退役治理要求

5.7.1 污染土壤治理目标值

伴生放射性矿开发利用土壤去污整治后的镭-226 的目标值与 GB23727 一致，即任何 100m² 范围内土壤中镭-226 的平均活度浓度扣除当地本底值后不超过 0.18Bq/g，场址可无限制开放。鉴于部分伴生放射性矿只伴生钍，参照美国《铀矿选冶尾矿辐射控制法案》和美国环保署跟核管理

委员会在 2002 年就场地退役和除污方面达成的一个谅解备忘录中相关规定,天然放射性核素污染土壤修复标准值钍-232 的平均活度浓度为 0.185Bq/g (扣除本底值), 并为保持和其他限值的 2 位有效数字一致, 将 0.185Bq/g 修正为 0.18Bq/g。

5.7.2 覆盖治理后的表面氡析出率

伴生放射性矿开发利用过程中的放射性固体废物处置设尾矿(渣)库和填埋场、放射性水平超过限值的废石堆或者露天采矿废墟, 在放射性污染治理时需要覆盖黏土等以减少氡或钍射气的析出, 由于钍射气暂时没有标准监测方法且钍射气的半衰期极短, 氡的析出率与 GB23727 保持一致, 为 0.74Bq/(m²•s)。

5.8 监测要求

本标准中无新建立的监测方法或特殊监测要求, 所有的监测和取样方法均采用生态环境国家标准、国家标准或行业的标准分析方法或技术规范。

6 与国内外同类标准或技术法规的对比和分析

6.1 排放浓度限值相关标准对比分析

本标准与国内外相关标准的对比见表 6-1。

表 6-1 废水排放浓度限值汇总及简要说明

依据	核素及数值			备注
	U _{天然} (mg/L)	Th (mg/L)	²²⁶ Ra (Bq/L)	
国内 相关 标准	0.3	—	1.1	《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》(GB23727-2020) 中的废水排放浓度限值是在对国内铀矿冶废水处理工艺水平现状进行全面调查并对比国外标准后给出的。
	0.1		—	《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011) 中, 废水中钍、铀总量不超过 0.1mg/L, 为车间或生产设施排放口限值。
	总α≤1Bq/L, 总β≤10Bq/L			《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。
国外 相关 标准	0.4	—	0.37 (最大 1.11)	美国相关排放标准。
	4.4	—	22.2	美国环保局根据核管会的要求制定, 大于限值的废水禁止排入污水管道, 含多种核素的废水, 加权求和应后小于 1。
	0.8	—	0.37 (最大 1.11)	加拿大相关排放标准。

	0.8	0.25	5	《加拿大天然放射性物质管理导则》(2000)对废水核素浓度导出限值的要求。
	0.8	2.5	1	英国《关于放射性物质范围和豁免的指导》(2011)对废水核素浓度免管限值的要求。
	1.8	—	0.37	法国相关排放标准。
	0.88	—	0.37	日本相关排放标准。
	0.8	—	1	乌克兰相关排放标准。
	2	—	1.1	匈牙利相关排放标准。
	—	—	0.4	印度相关排放标准。
本标准	0.1		1.1	本标准。

从以上国外标准及与我国现行 GB26451、GB23727 等标准对比情况来看,本标准确定的废水中铀、钍的排放浓度限值比国外相关标准均要严格。本标准的镭-226 的活度水平与铀矿冶行业一致,和国外的排放标准相比,处于中间的位置。

国外废气中铀、钍的排放浓度限值标准不多,国内铀矿冶行业也未设置废气中铀的排放浓度限值,本标准废气中铀、钍的排放浓度限值与《稀土工业污染物排放限值》(GB26451-2011)排放浓度限值一致。

6.2 公众照射剂量约束值和退役相关标准对比分析

● 公众剂量约束

伴生放射性矿开发利用活动和伴生放射性废物处置活动所致公众照射剂量约束值为 0.3mSv/a,处置设施关闭后所致公众照射的有效剂量约束值不超过 0.2mSv/a,在 GB18871-2002 规定的 0.1-0.3mSv/a 的剂量约束值范围。IAEA 在 GSG-9 中给出了实践中流出物排放控制的通用剂量约束为 0.3mSv/a,与本标准规定一致。本标准规定的公众剂量约束值比铀矿冶行业的 0.5mSv/a 低,比核设施的 0.2 (0.25) mSv/a 略高,但基本处于同一水平。需要说明的是,结合我国已经开展的伴生放射性矿开发利用活动和处置设施辐射环境影响评估结果显示,评估结果还未有超过该值的情况,该值作为我国伴生放射性矿行业的通用剂量约束是合适的。

● 退役治理要求

本标准放射性污染治理土壤中镭-226残留活度浓度、污染场所经覆盖治理后表面氡析出率和污染器材等 α 、 β 表面污染清洁解控水平与目前国内外相关标准规定一致,钍-232残留活度浓度是参照美国的《铀矿选冶尾矿辐射控制法案》的控制值进行设置的,为保持和其他限值的2位有效数

字一致，将0.185Bq/g修正为0.18Bq/g。

7 实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议

7.1 管理措施建议

组织地方生态环境部门、伴生放射性矿开发利用活动单位开展标准宣贯和培训，规范、统一标准的执行尺度和相关监管要求。

7.2 技术措施建议

标准全面实施后，按照标准规定的控制类别和指标，定期开展不同行业废液（废气）相关监测数据的统计分析，环评及退役治理等方面经验反馈，引导行业企业进一步做好标准规定要求。

7.3 实施方案建议

建议本标准实施采取“宣贯培训—全面实施—评估修订”的路径。标准发布一段时间后，结合伴生放射性矿开发利用排污许可管理、伴生放射性矿辐射环境监督管理实施情况、相关监测方法的制修订情况，对标准适用范围、排放控制指标及要求、退役治理要求及监测要求开展评估和修订。