



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ□□□-202□

伴生放射性废水处理与排放技术规范

Technical specification for other radioactive wastewater treatment
and discharge

（征求意见稿）

××××-××-××发布

××××-××-××实施

生态环境部发布

目次

前言.....	24
1 适用范围.....	25
2 规范性引用文件.....	25
3 术语和定义.....	25
4 总体要求.....	25
5 源头控制.....	26
6 处理要求.....	26
7 排放控制.....	27
8 运行与维护.....	27
9 运行期满后的管理.....	28
附录 A（资料性附录）处理方法.....	29

前言

为贯彻《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国水污染防治法》等法律法规，防治放射性污染，保护辐射环境，保障公众健康，规范伴生放射性矿开发利用企业的放射性废水处理与排放，制订本标准。

本标准规定了伴生放射性矿开发利用企业的放射性废水处理与排放的辐射环境保护原则与一般技术要求。

本标准首次发布。

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：中国辐射防护研究院、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。

本标准由生态环境部 202□年□□月□□日批准。

本标准自 202□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

伴生放射性废水处理与排放技术规范

1 适用范围

本标准规定了伴生放射性矿开发利用企业的放射性废水处理与排放的辐射环境保护原则与一般技术要求。

本标准适用于伴生放射性矿开发利用企业的放射性废水处理与排放,其他矿产资源开发利用企业可参照执行。

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。

GB18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

HJ1114 伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范(试行)

3 术语和定义

GB 18871 界定的术语和定义适用于本标准。

3.1

伴生放射性矿 other radioactive mines

指原矿、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超过1贝可/克(Bq/g)的非铀(钍)矿。

3.2

伴生放射性废水 other radioactive wastewater

伴生放射性矿开发利用活动中产生的放射性核素活度浓度超过国家放射性污染防治标准规定排放限值的废水。

3.3

流出物 effluents

实践中源所造成的以气体、气溶胶、粉尘或液体等形态排入环境的通常情况下可在环境中得到稀释和弥散的放射性物质。

4 总体要求

- 4.1 伴生放射性废水的污染防治应贯穿伴生放射性矿开发利用的规划、设计、建设、运行、关闭与整治等过程，均应满足有关法律法规和标准的要求。
- 4.2 伴生放射性废水的污染防治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 伴生放射性废水处理设施应符合环境影响评价文件的要求，与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。
- 4.4 伴生放射性废水处理与排放应符合区域水污染防治规划，与企业生产系统相协调。
- 4.5 伴生放射性废水应优先采用成熟、可靠的处理工艺进行有效处理，实现放射性废水源头控制、循环利用和废物最小化。鼓励开发和应用先进的废水处理工艺，减少废水产生量并尽可能降低废水中的放射性核素活度浓度。
- 4.6 伴生放射性废水处理应采取二次污染防治措施，避免对水环境、土壤环境等产生影响。
- 4.7 伴生放射性废水中的非放射性污染物，应满足非放射性污染物处理与排放的要求。

5 源头控制

- 5.1 伴生放射性废水应与其它废水分别收集、处理，并实现清污分流、雨污分流。
- 5.2 不得在伴生放射性废水处理达标前与其它废水混合，以达到降低排放活度浓度的目的。
- 5.3 鼓励生产废水回用于工艺系统，提高水的循环利用率，减少伴生放射性废水排放量。
- 5.4 对于铀含量较高且有回收价值的伴生放射性废水，鼓励进行铀资源化回收利用。

6 处理要求

6.1 废水处理设施的布置

- 6.1.1 伴生放射性废水须在产生车间或独立的废水处理设施进行处理。
- 6.1.2 废水处理设施宜就近布置，降低伴生放射性废水输送过程潜在的辐射环境风险。

6.2 废水处理设施规模与工艺要求

- 6.2.1 废水处理设施设计规模应以伴生放射性废水产生量为依据，并适应生产波动的要求，分期建设的应满足企业总体规划的要求。
- 6.2.2 连续运行的废水处理设施宜设置伴生放射性废水调节池，调节池容积应根据伴生放射性废水量变化规律计算确定，一般不宜低于 6h 流量；调节池宜设置混合装置。
- 6.2.3 废水处理工艺确定前，应对伴生放射性废水的水质、水量及其变化规律进行全面调查，得到具有代表性、准确的参数，并进行必要的工艺试验。
- 6.2.4 放射性核素活度浓度差异较大的伴生放射性废水，鼓励根据废水特性选择适宜的处理工艺分别处理。
- 6.2.5 废水处理设施所在的车间宜保持厂房通风，铺设易清洗材料。

6.3 防腐与防渗

- 6.3.1 废水处理设施所在的车间应设地面冲洗水和设备渗漏水收集系统。
- 6.3.2 伴生放射性废水中含有腐蚀性污染物的，输送管道、设备应采用耐腐蚀材料，接口和构筑物应采取防腐蚀措施。

6.3.3 伴生放射性废水收集输送设施、处理车间等，应采取有效防渗措施，防止污染周围土壤和地下水。

6.4 事故应急

6.4.1 伴生放射性废水的输送管道、贮存等设施应当采取防止喷溅、跑冒滴漏等污染防治措施。

6.4.2 企业应设置事故应急池（槽），收集事故泄漏的伴生放射性废水，并确保应急池（槽）处于有效状态；应急池（槽）有效容积应考虑伴生放射性废水最大泄漏量。

6.5 污泥处理与处置

6.5.1 伴生放射性废水处理产生的污泥应进行中和、脱水干燥，并根据污泥的贮存、处置或综合利用等最终去向确定相关要求。

6.5.2 伴生放射性废水处理产生的污泥脱出水不得超标外排。

6.5.3 伴生放射性废水处理产生污泥的处理处置要体现废物减量化。铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1Bq/g 的污泥，应按 HJ1114 的有关规定进行贮存、处置。

7 排放控制

7.1 排放口设置

7.1.1 如伴生放射性废水处理达标后直接排入天然水体，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。严禁排入渗井、渗坑、天然裂隙、溶洞、废矿井，或者漫滩排放。

7.1.2 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。

7.1.3 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。

7.1.4 排放口应设有明显的排放口标志。

7.2 排放要求

7.2.1 须在产生车间或独立的伴生放射性废水处理设施排放口进行流出物监测。

7.2.2 连续或间歇排放

7.2.2.1 伴生放射性废水排放应设置独立的流量监控设备。

7.2.2.2 伴生放射性废水排放宜设置独立的污染物在线监控装置。

7.2.3 槽式排放

7.2.3.1 鼓励采用槽式排放。贮槽的个数应满足槽式排放的要求，每个排放槽的有效容积不小于一个排放周期（监测周期）的水量，一般不小于 8 h 水量。

7.2.3.2 槽式排放槽宜按照“两用一备”设置。

7.2.3.3 废水排放应有流量监控设备。

8 运行与维护

8.1 运行管理

8.1.1 应建立伴生放射性废水处理与排放的管理岗位职责、教育培训、操作规程、资料存档、报告等相关制度。

8.1.2 应建立伴生放射性废水处理与排放台账制度。台账应包括正常情况和异常情况。正常情况包括废水水量、核素种类、核素浓度、运行时间、排放量等信息；异常情况包括核素种类、核素浓度、起止时间、排放量、应对措施等信息。

8.1.3 伴生放射性废水处理设施调试期应进行性能试验。性能试验包括以下内容：最大处理水量试验、最大处理效率试验、运行稳定性试验、达标排放试验。

8.1.4 伴生放射性废水处理设施边界应设置电离辐射标志。

8.1.5 伴生放射性废水处理设施运行人员，应经过岗位技能及辐射防护培训，合格后才能上岗。运行期间，严格执行操作规程，确保正常运行。

8.1.6 当发现伴生放射性废水处理设施运行异常或处理效果出现较大波动，存在超标排放风险时，应及时采取措施进行调整。

8.1.7 应按相关要求开展液态流出物监测，并及时公开监测信息。

8.2 维护保养

8.2.1 应在满足设计工况的条件下运行，定期对伴生放射性废水处理设施的各类工艺、电气、自控设备以及主建（构）筑物进行检查和维护。

8.2.2 伴生放射性废水处理设施的维护保养应纳入企业维护保养计划，使计划检修与工艺运行相协调。

8.3 应急措施

8.3.1 应根据伴生放射性废水处理设施运行和周围环境情况，考虑各种可能的突发事件，编制应急预案，配备人力、设备、通信等资源，建立完善的应急处理机制。

8.3.2 伴生放射性废水处理设施发生异常情况或突发事件，应启动应急预案。

9 运行期满后的管理

9.1 伴生放射性废水处理设施关闭停用后，应对相关的厂房、管道、设备、场地、周围环境进行辐射监测。

9.2 受到放射性污染的厂房、设备、场地及周围环境宜尽快进行治理，满足国家或地方有关要求后方可转为它用；如短期内无法治理，应按国家或地方有关要求进行监护。

资料 A

(资料性附录)

处理方法

A.1 通用要求

由于伴生放射性矿开发利用企业的生产工艺千差万别,其产生的伴生放射性废水的组分也差异巨大。因此,相关企业应根据废水的水质特征、水量及其变化规律、处理后水的去向及排放标准的要求,综合考虑不同处理技术的优缺点,经技术经济比较后确定其废水处理工艺。目前,多技术联用应用最为广泛,处理效率也比较高。

A.2 化学沉淀法

A.2.1 方法提要

为去除废水中的放射性物质,向水中投加能生成难溶解盐类的另一种离子,并使两种离子的沉积大于该难溶解盐的溶度积,形成沉淀或共沉淀,从而降低废水中放射性物质的浓度。能否采用化学沉淀法,首先取决于能否找到合适的沉淀剂,使废水中的放射性物质生成沉淀或者与其他物质共沉淀。根据使用的沉淀剂不同,常见的化学沉淀法有氢氧化物沉淀法、碳酸盐沉淀法、钡盐沉淀法等。

当采用化学沉淀法处理伴生放射性废水时,应满足以下技术条件和要求:(1)沉淀剂种类及投加量应根据废水水质、污染物性质试验确定;(2)沉淀剂投加宜采用一体化配制投加设备;(3)宜设置 pH 自动控制设备,并与加药计量泵耦合;(4)宜采用机械混合。

A.2.2 工艺流程

化学沉淀法工艺流程示意图见图 1。

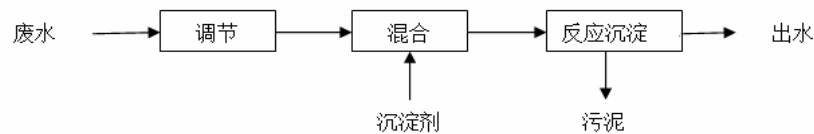


图 1 化学沉淀法工艺流程示意图

向废水中加入不同沉淀剂,调节 pH,将废水中的铀、钍、镭等形成沉淀物。化学沉淀法成本低,去污因子一般在 $10\sim 10^2$ 之间,适用于处理净化要求不高,低活度、低盐度、低放射性水平、体积较大的废水,适用于多数伴生放射性废水的处理。

A.2.3 主要设备

混合槽、沉淀池、污泥压滤机。

A.3 离子交换法

A.3.1 方法提要

用离子交换剂（主要是离子交换树脂）分离除去水中呈离子或者离子络合物状态的铀、钍、镭等，达到分离净化的作用。离子交换反应一般是可逆的，在一定条件下被交换的离子可以解析（逆交换），使离子交换剂恢复到原来的状态。同时，离子交换反应是定量进行的，所以离子交换剂的交换容量（单位质量的离子交换剂所能交换的离子的当量数或摩尔数）是有限的。

当采用离子交换法处理伴生放射性废水时，应满足以下技术条件和要求：（1）离子交换剂类别应根据废水需要深度处理的污染物存在状态来选择，必要时需进行试验验证后确定；（2）进水 pH 宜控制在 6.0~9.0 之间，悬浮物浓度宜小于 5 mg/L，总硬度宜小于 500 mg/L；（3）阳离子型吸附单元的再生宜采用 3%~5% 的盐酸或硝酸，阴离子型吸附单元的再生宜采用 3%~5% 的氢氧化钠溶液，具体应根据试验确定；（4）如进水水质不满足处理要求，应首先进行预处理。

A.3.2 工艺流程

离子交换法工艺流程示意图见图 2。

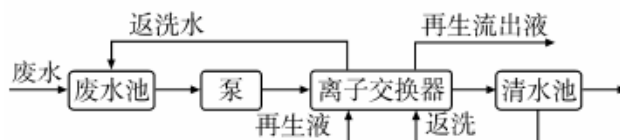


图 2 离子交换法工艺流程示意图

离子交换法中，有机离子交换树脂的去污因子一般在 $10\sim 10^3$ 之间，无机离子交换树脂的去污因子一般在 $10\sim 10^4$ 之间，适用于含盐量较低、成分简单的（如矿井水等）伴生放射性废水的处理，不能用于成分复杂（如悬浮固体含量、溶解总固体含量、有机污染物含量等较高）的伴生放射性废水处理。离子交换法可以单柱使用，一般是 2~3 级串联使用。

A.3.3 主要设备

离子交换柱。

A.4 蒸发浓缩法

A.4.1 方法提要

借助外部加热（蒸汽或电加热），使废水中的水分逐渐汽化为水蒸汽，通过冷凝得到净化水，伴生放射性废水中的铀、钍、镭等大都留在蒸残液中。

当采用蒸发浓缩法处理伴生放射性废水时，应满足以下技术条件和要求：各工艺装置宜设置自控系统，监控项目包括流量、温度等。

A.4.2 工艺流程

蒸发浓缩法工艺流程示意图见图 3。



图3 蒸发浓缩法工艺流程示意图

蒸发浓缩法常用于处理水量少、高盐度、高活度浓度的伴生放射性废水，去污因子一般在 $10^4 \sim 10^6$ 之间。蒸发浓缩法可以是单级，也可以多级串联使用。

A.4.3 主要设备

蒸发器、冷凝器。

A.5 吸附法

A.5.1 方法提要

利用多孔性固体（吸附剂）吸附废水中的铀、钍、镭等从而使伴生放射性废水得到净化。引起吸附的主要原因在于铀、钍、镭对水的疏水特性和对固体颗粒的高度亲和力。根据吸附原理可分为交换吸附、物理吸附和化学吸附几种基本类型。

当采用吸附法处理伴生放射性废水时，应满足以下技术条件和要求：（1）吸附剂类别应根据废水需要深度处理的污染物存在状态来选择，必要时需进行试验验证后确定；（2）进水 pH 宜控制在 6.0~9.0 之间，悬浮物浓度宜小于 5mg/L，总硬度宜小于 500 mg/L；（3）如进水水质不满足处理要求，应先进行预处理。

A.5.2 工艺流程

吸附法工艺流程示意图见图4。

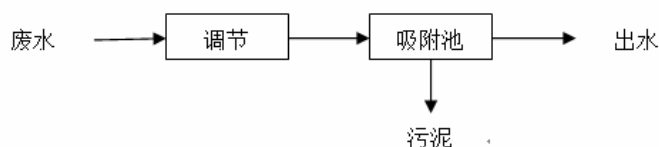


图4 吸附法工艺流程示意图

伴生放射性废水通过阀门控制进入吸附池，经过吸附剂吸附去除铀、钍、镭等后，合格出水由排水管道外排。去污因子一般在 $10 \sim 10^3$ 之间。吸附法适用于含盐量较低、成分简单的（如矿井水等）放射性废水的处理。

A.5.3 主要设备

吸附池。

A.6 膜处理法

A.6.1 方法提要

借助选择性透过的薄膜，以压力差、温度差、电位差等为动力，对伴生放射性废水中铀、钍、镭等实现分离。膜处理对水质要求较高，一般与常用废水处理技术（如过滤、吸附等）

相结合使用。根据膜孔孔径，一般将膜分离过程分为超滤、纳滤和反渗透等。除此之外，常见的膜过程还有电渗析和膜蒸馏。影响膜处理技术的制约因素主要与工艺路线组合特点、预处理流程选择等相关。

当采用膜处理法处理伴生放射性废水时，应满足以下技术条件和要求：（1）膜分离系统产水总回收率应根据进水水质和处理要求确定，一般宜大于 75%；（2）膜元件选择应根据进水水质和处理要求来选择，必要时进行试验筛选和验证；（3）预处理方法应根据原水特点及膜组件的性能特点选择，必要时根据试验确定；（4）各工艺装置宜设置自控系统，监控项目包括流量、压力、电导率及 pH 值等；（5）膜系统应设置化学清洗装置，化学清洗程序和药剂必要时需进行试验验证后确定；（6）膜分离化学清洗水应收集，处理达标后排放。

A.6.2 工艺流程

膜处理法工艺流程示意图见图 5。

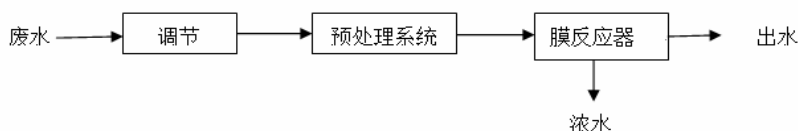


图 5 膜处理法工艺流程示意图

经预处理的伴生放射性废水，进入膜反应器，通过滤膜对废水中铀、钍、镭等实现分离，合格出水由排水管道外排。膜处理法的去污因子一般在 $10\sim 10^3$ 之间，取决于滤膜的孔径以及废水中污染物的形态。膜处理法适用于出水水质要求高的伴生放射性废水的处理。

A.6.3 主要设备

膜反应器、滤膜。