

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司
伴生放射性矿开发利用

环境辐射监测年度报告

建设单位：肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司



二〇二六年一月

1.单位概况

| | | | |
|----------|--|-----------|-----------------------------|
| 单位名称 | 肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司 | | |
| 单位地址 | 甘肃省酒泉市肃北蒙古族自治县马鬃山镇云母头村37号 | | |
| 法人代表 | 于少峰 | 联系方式 | 13893730044 |
| 所属行业 | 黑色金属矿采选业(钒冶炼) | 生产周期 | 长期 |
| 主要产品 | 偏钒酸铵 | 委托监测的机构名称 | 甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司/中核化学计量检测中心 |
| 项目建设过程简述 | 肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司现有石煤提钒生产线实际日处理石煤钒矿石1400t/d，工作制度为年运行300d，每天3班，每班8h，核算年处理含钒石煤39.96万吨，偏钒酸铵实际产能2000t/a。 | | |

2.生产工艺

钒是一种重要的合金元素，主要用于钢铁工业。钢里掺钒，可以制成钒钢，钒钢比普通钢结构具有更紧密，韧性、弹性与机械强度更高等优点，因而广泛应用于机械、汽车、造船、铁路、航空、桥梁、电子技术、国防工业等行业。此外，钒的氧化物已成为化学工业中最佳催化剂之一，有“化学面包”之称，被广泛应用于军工以及化学药剂、玻璃、陶瓷的着色剂的生产等。

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司前身为肃北县博伦矿业开发有限责任公司，2020年1月10日，肃北县发展和改革局以肃北发改备字〔2020〕01号文件同意变更“肃北县博伦矿业开发有限责任公司七角井石煤提钒带余热发电项目”的建设单位名称，原项目建设单位“肃北县博伦矿业开发有限责任公司”更名为“肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司”。

项目设计总规模为：利用肃北县博伦矿业开发有限公司自产石煤钒矿石，建成一条年处理含钒石煤50万吨的提钒生产线，采用循环流化床锅炉脱碳+隧道窑焙烧+湿法浸

出净化工艺，脱碳余热经2×55t/h循环流化床锅炉+一套25MW汽轮发电机组利用。项目年产98%偏钒酸铵3850t/a，脱碳余热发电量17500kWh。

实际一期工程建成1条年处理18万t/a的石煤提钒带余热发电生产线及伴生放射性固体填埋场工程，石煤提钒采用循环流化床锅炉脱碳+隧道密焙烧+湿法浸出净化工艺，脱碳余热经1台55t/h循环流化床锅炉+1套25MW汽轮发电机组利用，项目年产98%偏钒酸铵700t/a，脱碳余热发电量8000万kW·h。

2022年2月7日，酒泉市生态环境局以酒环审〔2022〕8号文件对本扩建工程予以批复。扩建工程在现有工程（一期）的基础上新增1条石煤提钒生产线，新增1300t/a（含水率25%）偏钒酸铵产品，新增处理石煤钒矿石21.96万t/a。扩建工程主要包括新增立磨车间、焙烧车间、离子交换车间、净化沉钒车间和成品库各1座；浸出、过滤、氧化、中和、陈化工序在原有1期厂房内扩建，同时新建5座硫酸储罐，扩建废水处理站等配套工程；本次扩建工程中破碎筛分车间、脱碳发电车间、煤气发生站和伴生放射性固体填埋场依托现有工程，其中煤气发生站、伴生放射性固体填埋场等为辅助工程。扩建工程提钒工艺采用脱碳→空白焙烧→浓硫酸浸出→氧化中和→离子交换→净化→沉钒→偏钒酸铵（产品）。扩建工程完成后，将形成年处理石煤钒矿石约39.96万t/a，生产偏钒酸铵2000t/a的生产规模。

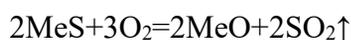
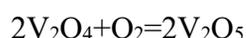
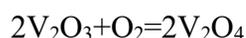
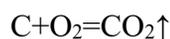
主要工艺流程如下：

①破碎筛分

博伦公司自产的石煤钒矿石（粒度≤400mm）经运输车辆至石煤提钒选厂北侧的原矿堆场堆存，通过铲车将原矿石经老虎口进料口倒入原矿仓，再由重型板式给料机将其送入颚式破碎机破碎；颚破后矿料经皮带输送机输送至中碎圆锥破碎机，中碎后矿料经皮带输送机输送至双层筛；筛上料经皮带输送机送至细碎圆锥破碎机破碎，细碎后矿料与中碎后矿料合并送入双层筛；中碎圆锥破碎机、细碎圆锥破碎机、双层筛和皮带输送机等设备形成闭路循环，原矿破碎加工至-8mm以下粒径的细矿料。

②脱碳发电

扩建完成后，2台循环流化床锅炉同时运行；细料仓石煤经栈桥皮带廊运至脱碳车间煤仓，经称重皮带给至2台循环流化床锅炉，锅炉脱碳温度700~800℃，产生的蒸汽经汽轮机驱动发电机发电。锅炉配备电袋复合除尘器进行除尘，除尘后经脱硫塔脱硫。除尘器收集的粉尘输送至灰仓，经气力输送至粉尘料仓。2台脱碳锅炉产生的灰渣分别输送至2座磨矿车间的发电渣仓内进行暂存。该过程中发生的化学反应方程式如下：



(Me为Fe、Ca、Mg、Cu、Ni、Zn等金属元素)。

③磨矿

发电渣料仓的物料经过仓底的振动给料机下料，管状带式输送机送至立磨缓冲料仓，仓内渣料经皮带秤送入立磨机细磨，物料在磨辊压力的作用下，受到挤压、研磨和剪切作用而被粉碎，粉磨后的细粉随同气流出磨由风带入分级机进行分级，小于100目细料由风管进入收尘设备收集下来即为合格细料，不合格的粗料通过磨机排渣口排出磨机本体由返料皮带机输送至返料提升机，如此循环，完成粉磨作业全过程。小于100目合格细料经收尘设备收集后输送至成型料仓储存。

④压块制砖

立磨后的粉料在成型料仓储存，除尘灰在粉尘料仓储存，两者经螺旋输送机将粉料按照一定配比送入混料机进行强力混合，混合的料经密闭皮带输送机送至液压成型机，压制成实心标砖（标砖尺寸250×115×51mm），再经机械手和码砖机码成垛（垛尺寸1350×1350×1260mm），送至隧道窑内进行焙烧。

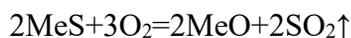
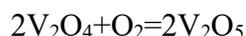
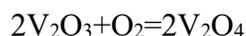
⑤隧道窑焙烧

焙烧采用隧道窑焙烧窑，焙烧砖很少出现裂纹，倒垛，隧道窑焙烧窑有利于保持焙

烧时良好均匀的氧化气氛，使低价钒完全氧化。干燥窑有效长度68.6m，宽度4.9m。焙烧窑有效长度181m，宽度4.98m。窑内设有燃烧系统、排烟系统、余热利用系统、冷却系统。该窑产量高、断面温差小、保温性能好，窑炉设自动控制系统，焙烧热工参数稳定，保证了烧成质量。

焙烧工艺技术条件：①干燥炉干燥温度100℃，干燥时间约16.7h；②焙烧温度880~920℃之间，焙烧时间44h；③出料温度小于100℃。

焙烧的目的为了将脱碳石煤中的低价钒进一步氧化为高价钒，有利于后续工序钒的浸出。焙烧工序发生的化学反应方程式如下：



(Me为Fe、Ca、Mg、Cu、Ni、Zn等金属元素)。

⑥破碎球磨

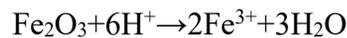
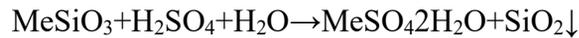
焙烧好的实心砖由抱砖机整垛抱至料斗，经振动给料机将实心砖送至锤式破碎机破碎至30mm以下的块状物料，经密闭皮带输送机和提升机将破碎后的块状物料送至料仓储存后，再进入球磨机磨至-1mm，再经输送机和提升机将粉磨后物料送至粉料仓储存供浸出车间用。

⑦浸出工序

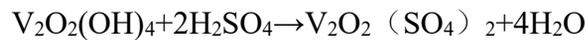
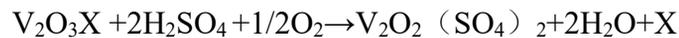
粉料仓下料经过计量送入浸出槽，浸出液固比为1.5: 1，加入硫酸10%，浸出时间约为3h，在常温条件下，连续式浸出，其目的是将矿石中的钒转入水溶液中，实现钒与大部分脉石杂质分离，这样的浸出液不会形成硅凝胶而结块，能保障钒矿长时间存放和后续提钒工艺的要求。

浓硫酸与矿石混合，少量液体在矿石表面加湿浸润，使浓酸只在矿石表面形成一层薄膜液，这层薄膜液包裹矿石颗粒，并通过矿石表面的孔隙渗入矿石内部，与矿石接触

发生化学反应，以硅酸盐为例，矿物中各种硅酸盐被分解形成水合硫酸盐，同时使硅酸盐转化成难溶的SiO₂，一方面达到抑硅、减少浸出液中硅含量，另一方面破坏晶格结构，使钒裸露出来，易被空气氧化，该过程中发生的化学反应方程式如下：



裸露出来的3价V转化成易溶解的四价V，其反应机理为：



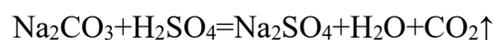
X表示包裹钒的各类盐。

⑧固液分离、洗涤

固液分离的目的是将浸出矿浆溶液与渣分离，设备采用真空带式过滤机。采取三段逆流洗涤，即第一段洗液合并到滤液中；第二段洗液作为下次的第二段洗涤用；第三次用新水，本段洗涤液作为下次第二段洗涤用。固液分离后的浸出贵液送至氧化槽，浸出渣经皮带输送机转运+汽车运输至伴生放射性固体废物填埋场堆存。

⑨氧化、中和、陈化

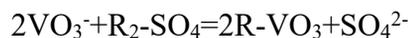
浸出贵液中钒大部份为五价，但也有少量（3~5%）的四价钒，必须氧化成五价后，才能被树脂吸附。本项目采用氯酸钠为氧化剂，对氧化槽中的浸出贵液投加氯酸钠进行氧化反应，氧化时间2h，再加入碳酸钠调节pH至2.0后，得到的中和氧化液进入陈化池进行陈化，陈化考虑将现状工程、扩建工程的中和贵液合并陈化，陈化时间30h，上清液送至陈化液储罐，底流矿浆用渣浆泵送至浸出。该过程中发生的化学反应方程式如下：



⑩离子交换

a) 离子交换吸附

陈化液进入离子交换车间，溶液中含钒浓度3.0~5.0g/L，pH值1.5~2.0，采用SO₄²⁻阴离子交换树脂，树脂柱选用直径φ1.2×3.6的离子交换柱，工作方式每个单元3根交换柱，其中1号、2号柱串联吸附，3号柱进行水洗、解吸和再生等操作，3根柱子进行间歇式的循环操作。交换器正常使用45台，备用3台。在常温下进行树脂吸附，吸附时选择性吸附偏钒酸根阴离子（VO₃⁻），而与溶液中的Fe²⁺、Fe³⁺、Ni²⁺、Cu²⁺、Zn²⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、As³⁺、Cr⁶⁺、Cd²⁺、Pb²⁺、Hg²⁺等阳离子杂质分离；吸附反应方程式如下所示：



b)树脂解吸

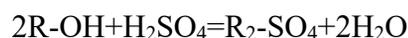
负载偏钒酸根阴离子的树脂采用氢氧化钠（100g/L）溶液解吸，在35℃的温度下得到解吸贵液，经管道泵输送至高钒解吸液罐，解吸液中钒浓度为60g/L左右，解吸反应方程式如下：



式中R为树脂的类型；

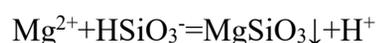
c)树脂再生

解吸后的树脂再用硫酸转型再生，进入到下一个循环周期中，反应方程式如下：



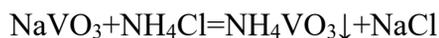
⑪净化沉钒

为了得到98.00%以上品级的偏钒酸铵产品，需要对解吸贵液进行净化处理，除去贵液中的杂质离子；高钒解吸液储罐中的溶液送入净化槽，在一定pH条件下，加入氯化镁和氯化铝进行净化除杂（除磷、硅），并进入过滤，滤液进入铵盐沉钒工序，滤渣；反应方程式如下：



⑫铵盐沉钒

净化后的高浓度贵液输送至沉钒搅拌槽中，往搅拌槽中加入氯化铵，在一定温度和浓度条件下，铵根离子和偏钒酸钠很快的反应生成不溶于水的偏钒酸铵沉淀，具体反应方程式如下：



沉淀后进行固液分离，同时采用氯化铵溶液洗涤沉淀物，防治偏钒酸铵水解，最终偏钒酸铵沉淀物为本项目的产品，打包外售。

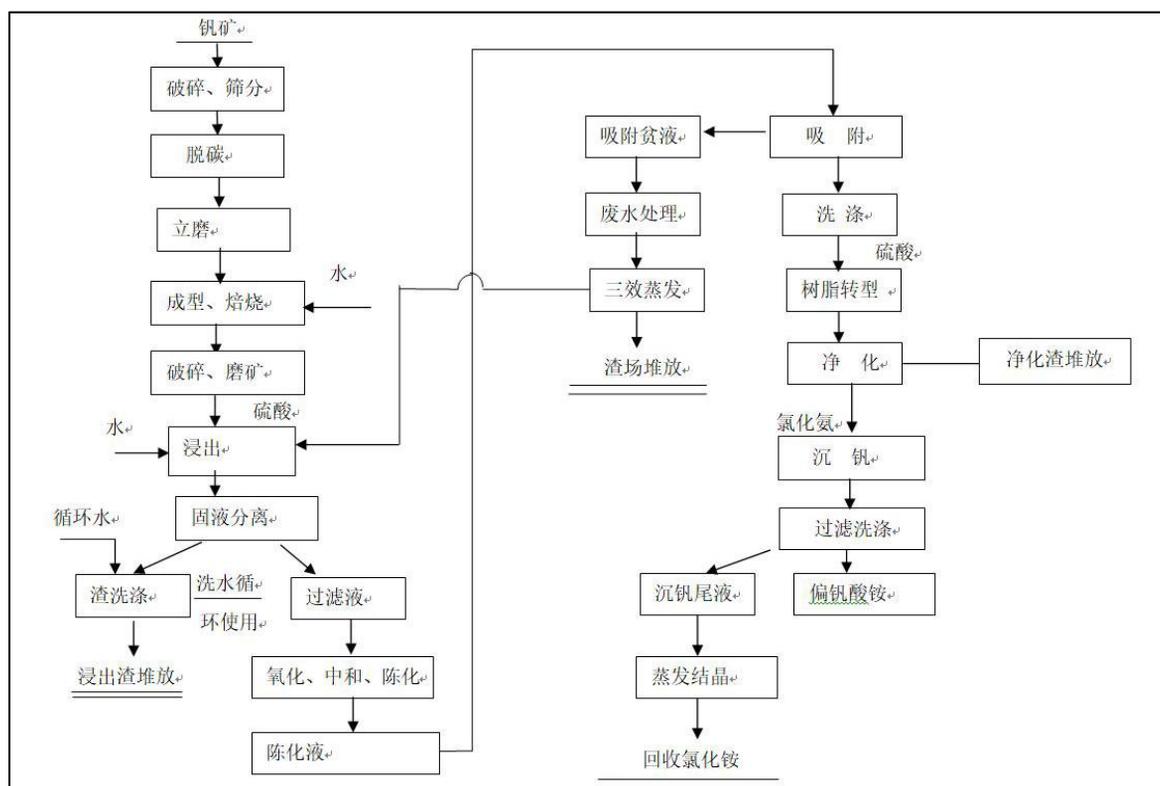


图2-1 本项目工艺流程图

根据工艺流程分析可知，石煤提钒工程涉及放射性污染的环节主要有：石煤堆场、破碎/筛分车间、脱碳发电车间、焙烧车间、伴生放射性固体废物填埋场和各类储灰仓、矿仓、料仓（以上料仓均设有排气筒）等，涉及的污染类型主要是有组织排放的气态流出物、无组织排放的粉尘和析出的氡以及外照射。具体情况见表 2-1。平面布置示意图及流出物排放点见图 2-2。

表 2-1 涉及放射性污染环节的情况一览表

| 涉及放射性污染的环节 | 放射性污染类型 | 流出物排放点 |
|--------------|-------------------|----------------------|
| 破碎、筛分车间 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 脱碳发电车间 | 有组织排放，粉尘、氡 | 气态流出物 |
| 磨矿车间 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 焙烧车间 | 有组织排放，气体、粉尘，外照射、氡 | 气态流出物 |
| 石煤堆场 | 无组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 伴生放射性固体废物填埋场 | 无组织排放，粉尘，外照射、氡 | 渗滤液收集回用，不外排 |
| 原矿仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 粗矿仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 发电渣料仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 缓冲料仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 成型料仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 储灰仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 粉尘料仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 球磨机缓冲料仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 粉料仓 | 有组织排放，粉尘，外照射、氡 | --- |
| 废水处理站 | -- | 废水、污水经处理后全部循环利用，不外排。 |

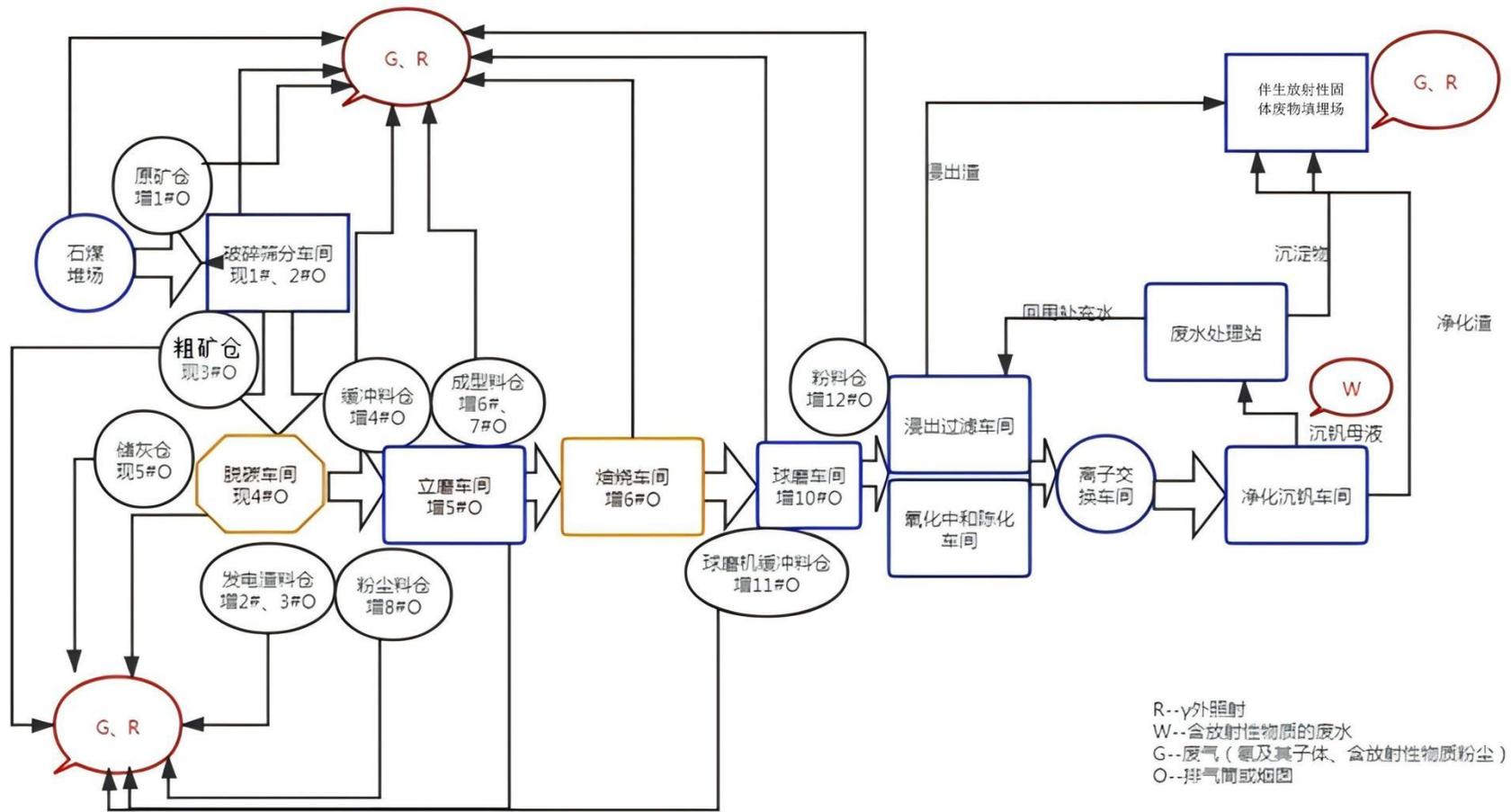


图2-2 平面布置示意图及流出物排放点

3.厂（场）址辐射环境本底

七角井矿区 γ 辐射空气吸收剂量率环境本底水平见表3-1所示。

表3-1 七角井矿区 γ 辐射空气吸收剂量率环境本底水平¹⁾ ($\mu\text{Gy/h}$)

| 序号 | 点位描述 | 测量时间 | 检测结果 |
|----|------------|-------------|----------------|
| 1 | 矿区东厂界边界处1# | 2025年04月22日 | 0.0581±0.0018 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0551±0.0013 |
| 2 | 矿区东厂界边界处2# | 2025年04月22日 | 0.0572±0.0020 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0492±0.0010 |
| 3 | 矿区南厂界边界处1# | 2025年04月22日 | 0.0542±0.0025 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0387±0.0009 |
| 4 | 矿区南厂界边界处2# | 2025年04月22日 | 0.0473±0.0009 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0382±0.0012 |
| 5 | 矿区西厂界边界处1# | 2025年04月22日 | 0.0534±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0454±0.0011 |
| 6 | 矿区西厂界边界处2# | 2025年04月22日 | 0.0540±0.0024 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0395±0.0016 |
| 7 | 矿区北厂界边界处1# | 2025年04月22日 | 0.0620±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0570±0.0012 |
| 8 | 矿区北厂界边界处2# | 2025年04月22日 | 0.0566±0.0010 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0508 ±0.0015 |

注：1) 检测结果未扣除宇宙射线响应值。

由表3-1可知，七角井矿区厂界边界处 γ 辐射空气吸收剂量率测量范围为（0.0382～0.0620） $\mu\text{Gy/h}$ ，与甘肃省原野 γ 辐射剂量率范围值（0.0169～0.128） $\mu\text{Gy/h}$ 和酒泉市原

野γ辐射剂量率范围值（0.0233~0.0948）μGy/h相比，无显著性差异，属正常环境水平。

七角井矿区土壤中放射性核素活度浓度本底水平见表3-2所示。

表3-2 七角井矿区土壤中放射性核素活度浓度本底水平（Bq/kg）

| 序号 | 采样点位 | 采样日期 | ²³⁸ U | ²²⁶ Ra | ²³² Th |
|----|----------|-------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 矿区东厂界边界处 | 2025年06月13日 | 36.1 | 17.0 | 14.1 |
| | | 2025年11月01日 | <14.8 | <1.15 | <2.19 |
| 2 | 矿区南厂界边界处 | 2025年06月13日 | 31.2 | 14.8 | 22.4 |
| | | 2025年11月01日 | <14.0 | <1.44 | <1.91 |
| 3 | 矿区西厂界边界处 | 2025年06月13日 | 32.4 | 26.9 | 35.3 |
| | | 2025年11月01日 | <14.1 | <1.48 | <1.80 |
| 4 | 矿区北厂界边界处 | 2025年06月13日 | 28.2 | 27.8 | 39.2 |
| | | 2025年11月01日 | <13.6 | <1.52 | <19.0 |

由表3-2可知，七角井矿区厂界边界处土壤中放射性核素²³⁸U活度浓度范围值为（<13.6~36.1）Bq/kg，²²⁶Ra活度浓度范围值为（<1.15~27.8）Bq/kg，²³²Th活度浓度范围值为（<1.80~39.2）Bq/kg。该矿区厂界边界处土壤中放射性核素监测结果，与甘肃省土壤中天然放射性核素范围值²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra含量水平分别为（17.8~200）Bq/kg、（16.4~105）Bq/kg、（14.4~65.3）Bq/kg相比，属正常环境水平。

4.监测的依据和标准

- （1）《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日实施；
- （2）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日实施；
- （3）《甘肃省辐射污染防治条例》，2021年1月1日施行；
- （4）《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》（生态环境部公告2020年54号）；

- (5) 《关于发布甘肃省第一批伴生放射性矿开发利用企业名录的公告》（甘肃省生态环境厅，甘环便核字〔2019〕27号，2019年8月14日）；
- (6) 《关于进一步加强伴生放射性矿开发利用企业辐射安全监管工作的通知》（甘肃省生态环境厅，甘环核发〔2020〕3号，2020年2月23日）；
- (7) 关于发布《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）》的公告（国环规辐射〔2018〕1号）；
- (8) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）；
- (9) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- (10) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- (11) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- (12) 《氡及其子体测量规范》（EJ/T 605-91）；
- (13) 《环境空气中氡的测量方法》（HJ 1212-2021）；
- (14) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；
- (15) 《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）（参照）；
- (16) 《稀土工业污染物排放标准》（GB 26451-2011）（参照）；
- (17) 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；
- (18) 《甘肃省环境天然放射性水平调查报告》（1996年3月）；
- (19) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- (20) 《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB 15848-2009）（参照）；
- ；
- (21) 《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB 23727-2020）（参照）；
- (22) 《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）》（HJ 1114-2020）；
- (23) 《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）；

- (24) 《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》(HJ 899-2017)；
- (25) 《水质 65种元素的测定 电感耦合等离子质谱法》(HJ 700-2014)；
- (26)《硅酸盐岩石化学分析方法 第30部分:44个元素测定》(GB/T 14506.30-2010)；
- (27) 《水中镭-226的分析测定》(GB 11214-89)；
- (28) 《水中铅-210的分析方法》(EJ/T 859-94)；
- (29) 《水中钋-210的分析方法》(HJ 813-2016)；
- (30) 《放射性核素的 α 能谱分析方法》(GB/T 16141-1995)；
- (31) 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)；
- (32) 《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017)；
- (33) 《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 16145-2022)；
- (34) 《关于做好伴生放射性矿开发利用行业尾矿渣管理工作的通知》(中华人民共和国生态环境部办公厅，环办辐射函〔2024〕479号，2024年12月25日)。

5.质量保证

检测分析过程严格按照甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司检验检测资质认定(证书编号:242812050839)管理体系的相关要求,执行三级审核。实验分析项目采用分包方式,分包于同时具备检验检测资质认定证书(证书编号:220020343086)和实验室认可证书(注册号:CNAS L1606)的中核化学计量检测中心(核工业北京化工冶金研究院分析测试中心),实验分析过程严格遵照管理体系要求进行,执行三级审核。

5.1 检测分析仪器的质量控制措施

检测分析所使用的仪器设备定期送至国家法定计量机构(中国计量科学研究院)进行检定或校准,并在有效期内使用。

5.2 检测分析方法的质量控制措施

环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测仪器经常用检验源检验，以检验仪器的稳定性，仪器在使用前在稳定辐射场进行测量以确保仪器的准确性和稳定性；或检测仪器在出库时，在预先选定实验室开机测量该点的环境 γ 辐射空气吸收剂量率，记录测量数据，仪器归还时，在预先选定实验室开机测量该点的环境 γ 辐射空气吸收剂量率，记录测量数据，比较二者的误差，保持在 $\pm 15\%$ 以内，确保仪器的稳定性。

固体（含土壤）样品的按照土壤样品采集规范方法进行，样品装入衬有塑料袋的布袋中运回实验室，以防污染。样品的分析中均进行空白试验、加标回收率试验，并抽取10%~20%样品进行平行双样分析，以检验检测分析结果的可靠性。

水样的采集按照水样采集规范方法进行，样品装入事先准备好的盛水容器中，封装完好，以防污染，送至实验室。样品的分析中均进行空白试验、加标回收率试验，并抽取10%~20%样品进行平行双样分析，以检验检测分析结果的可靠性。

5.3 检测技术人员的质量控制措施

参与本项目的检测技术人员参加生态环境部核与辐射安全中心和甘肃省核与辐射安全中心组织的相关专业技术培训或考核，考核合格，严格执行辐射监测人员持证上岗制度。

5.4 检测数据、报告的质量控制措施

数字修约采用“四舍六入五单双”的原则，即在所拟舍去的数字中，其最左面的第一个数字小于、等于4时舍去，等于、大于6时进1；所拟舍去的数字中，其最左面的第一个数字等于5时，若其后面的数字并非全部为“0”时，则进1，若5后的数字全部为“0”就看5的前一位数，是奇数的则进位是偶数的则舍去（“0”以偶数论）。

放化分析结果进行了实验室间比对，相关分析结果具有较好的可比性；检测数据、检测报告实行三级审核制度，确保检测、放化分析结果科学、有效、公正。

6. 流出物监测

6.1流出物监测方案

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用项目冶炼期间流出物包括液态流出物和气载流出物，具体监测方案见表6-1所示。

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中流出物监测方案与上年度保持一致，液态流出物为水处理车间废水；气载流出物为排风井口边界处（无组织排放）及布袋除尘烟囱、焙烧窑烟囱、55吨循环流化床锅炉烟囱3个有组织排放口废气。

表6-1 西矿钒科技有限公司伴生放射性矿冶炼期间流出物监测方案

| 监测对象 | 监测点位 | 监测项目 | 监测频次 | 监测点数 |
|-----------|--------------|---|------|------|
| 废水（液态流出物） | 水处理车间 | 总 α 、总 β 、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 1 |
| 废气（气载流出物） | 排风井边界处 | 总 α 、总 β 、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 1 |
| | 布袋除尘烟囱 | 总 α 、总 β 、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 1 |
| | 焙烧窑烟囱 | 总 α 、总 β 、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 1 |
| | 55吨循环流化床锅炉烟囱 | 总 α 、总 β 、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 1 |

6.2流出物监测结果

液态流出物监测结果见表6-2-1所示。

表6-2-1 液态流出物监测结果

| 采样点位 | 采样日期 | 总 α (Bq/L) | 总 β (Bq/L) | U ($\mu\text{g/L}$) | ^{226}Ra (Bq/L) | ^{210}Pb (mBq/L) | ^{210}Po (mBq/L) |
|----------------------|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 水处理车间 (处理后 废水) | 2025年04 月23日 | 0.119 | 0.225 | 4.06 | 1.64×10^{-2} | <6.21 | 3.05 |
| | 2025年11 月01日 | 0.230 | 0.117 | 3.50 | 9.15 | <10.0 | <2.58 |

注：未检出项按“<探测下限值”填报。

气载流出物监测结果见表6-2-2所示。

表6-2-2 气载流出物监测结果 (mBq/m³)

| 采样点位 | 采样日期 | 总 α | 总 β | U (ng/m ³) | ^{226}Ra | ^{210}Pb | ^{210}Po |
|----------------------|-------------|------------|-----------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 排风井边界 处 | 2025年04月22日 | 4.24 | 0.974 | 0.830 | <0.146 | 1.28 | 0.599 |
| | 2025年10月31日 | 1.35 | 0.663 | 1.01 | <0.141 | 2.91 | 0.635 |
| 布袋除尘烟 囱 | 2025年04月23日 | 2.03 | 0.877 | 3.72 | <0.146 | 1.49 | 0.385 |
| | 2025年11月01日 | 0.700 | 2.18 | 4.11 | <0.141 | 2.53 | 0.411 |
| 焙烧窑烟窗 | 2025年04月24日 | 1.70 | 0.814 | 5.65 | <0.146 | 1.13 | 0.239 |
| | 2025年11月01日 | 1.32 | 2.61 | 6.03 | <0.141 | 2.58 | 0.277 |
| 55吨循环流 化床锅炉烟 窗 | 2025年04月25日 | 1.86 | 1.00 | 2.85 | <0.146 | 1.63 | 0.155 |
| | 2025年11月02日 | 1.74 | 2.68 | 3.11 | <0.141 | 2.86 | 0.201 |

注：未检出项按“<探测下限值”填报。

6.3流出物监测结果分析

由表6-2-1可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，水处理车间处理后废水（液态流出物）总 α 放射性活度浓度为（0.119~0.230）Bq/L，总 β 放射性活度浓度为（0.117~0.225）Bq/L，铀浓度为（3.50~4.06） $\mu\text{g/L}$ ，镭-226活度浓度为（0.0164~9.15）Bq/L，铅-210活度浓度小于探测下限值（未检出），钋-210活度浓度（<2.58~3.05）mBq/L。水处理车间处理后废水（液态流出物）总 α 放

射性、总 β 放射性活度浓度满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中“表1 第一类污染物最高允许排放浓度总 α 放射性1Bq/L、总 β 放射性10Bq/L排放限值”，铀浓度满足《稀土工业污染物排放标准》（GB 26451-2011）中“表3 水污染物特别排放限值钍、铀总量0.1mg/L（100 μ g/L）标准要求”，达标排放。水处理车间处理后废水循环利用，不外排。

由表6-2-2可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，各气载流出物排放口排风井边界处气溶胶中总 α 放射性活度浓度为（1.35~4.24）mBq/m³，总 β 放射性活度浓度为（0.663~0.974）mBq/m³，铀浓度为（0.830~1.01）ng/m³，镭-226活度浓度小于探测下限值（未检出），铅-210活度浓度为（1.28~2.91）mBq/m³，钋-210活度浓度为（0.599~0.635）mBq/m³；布袋除尘烟囱排放口气溶胶中总 α 放射性活度浓度为（0.700~2.03）mBq/m³，总 β 放射性活度浓度为（0.877~2.18）mBq/m³，铀浓度为（3.72~4.11）ng/m³，镭活度浓度小于探测下限值（未检出），铅-210活度浓度为（1.49~2.53）mBq/m³，钋-210活度浓度为（0.385~0.411）mBq/m³；焙烧窑烟囱排放口气溶胶中总 α 放射性活度浓度为（1.32~1.70）mBq/m³，总 β 放射性活度浓度为（0.814~2.61）mBq/m³，铀浓度为（5.65~6.03）ng/m³，镭活度浓度小于探测下限值（未检出），铅-210活度浓度为（1.13~2.58）mBq/m³，钋-210活度浓度为（0.239~0.277）mBq/m³；55吨循环流化床锅炉烟囱排放口气溶胶中总 α 放射性活度浓度为（1.74~1.86）mBq/m³，总 β 放射性活度浓度为（1.00~2.68）mBq/m³，铀浓度为（2.85~3.11）ng/m³，镭活度浓度小于探测下限值（未检出），铅-210活度浓度为（1.63~2.86）mBq/m³，钋-210活度浓度为（0.155~0.201）mBq/m³。2025年上、下半年气载流出物中各放射性核素活度浓度监测结果处于同一水平，属正常环境水平。

7. 辐射环境监测

7.1 辐射环境监测方案

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中辐射环境监

测方案见表7-1所示。

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中辐射环境监测方案与上年度保持一致，无变化。

表7-1 西矿钒科技有限公司伴生放射性矿冶炼期间辐射环境监测方案

| 监测对象 | 监测点位 | 监测项目 | 监测频次 | 监测点数 |
|-------------------|--|--|------|----------------|
| γ辐射 | 原矿石、脱碳仓脱碳渣、焙烧车间焙烧前成型原料、焙烧车间焙烧后成型原料、伴生放射性固体废物填埋场废渣、冶炼车间3成品偏钒酸铵（产品）、水处理车间底泥、净化渣、生活区（对照点）、矿区四周厂界边界处 | γ辐射空气吸收剂量率 | 2次/年 | 13 |
| 空气 | 伴生放射性固体废物填埋场、生活区（室内、室外） | ^{222}Rn 及其子体（伴生钍） | 2次/年 | 3 |
| 气溶胶 | 生活区（上风向）、东厂界边界处（下风向） | 总α、总β、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 2 |
| 地表水 ^{*)} | 接纳水体上、下游1~3km范围内 | 总α、总β、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 该矿区常年无地表流经 |
| 地下水 ^{*)} | 最近居民点井水水源 | 总α、总β、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 矿区周边5km范围无地下水源 |
| 固体样品 | 原矿石、脱碳仓脱碳渣、焙 | ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th | 2次/年 | 10 |

| | | | | |
|--------------|---|--|------|---|
| | 烧车间焙烧前成型原料、焙烧车间焙烧后成型原料、冶炼车间3成品偏钒酸铵（产品）、生活区（对照点）和矿区四周厂界边界处 | | | |
| 废渣 | 伴生放射性固体废物填埋场、水处理车间底泥、净化渣 | γ 辐射空气吸收剂量率、 ^{222}Rn 、 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 2次/年 | 3 |
| 生物（植物样品，骆驼草） | 东厂界边界1km处 | 总 α 、总 β 、U、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb | 1次/年 | 1 |

注：*）该矿区无地表水、地下水，故不开采采样监测。

7.2 辐射环境监测结果

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中各工艺环节物质表面 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果见表7-2-1所示。

表7-2-1 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果¹⁾ ($\mu\text{Gy/h}$)

| 序号 | 点位描述 | 检测日期 | 检测结果 |
|----|---------------|-------------|-------------|
| 1 | 原矿石堆场原矿石1#表面处 | 2025年04月22日 | 0.508±0.005 |
| | | 2025年10月31日 | 0.577±0.011 |
| 2 | 原矿石堆场原矿石2#表面处 | 2025年04月22日 | 0.370±0.013 |
| | | 2025年10月31日 | 0.521±0.009 |
| 3 | 原矿石堆场原矿石3#表面处 | 2025年04月22日 | 0.627±0.007 |
| | | 2025年10月31日 | 0.746±0.006 |
| 4 | 脱碳仓脱碳渣1#表面处 | 2025年04月22日 | 0.447±0.002 |
| | | 2025年10月31日 | 0.683±0.004 |

| 序号 | 点位描述 | 检测日期 | 检测结果 |
|----|-------------------------|-------------|---------------|
| 5 | 脱碳仓脱碳渣2#表面处 | 2025年04月22日 | 0.410±0.004 |
| | | 2025年10月31日 | 0.573±0.007 |
| 6 | 脱碳仓脱碳渣3#表面处 | 2025年04月22日 | 0.353±0.003 |
| | | 2025年10月31日 | 0.562±0.005 |
| 7 | 焙烧车间焙烧前成型原料1# 表面处 | 2025年04月22日 | 0.325±0.002 |
| | | 2025年10月31日 | 0.548±0.003 |
| 8 | 焙烧车间焙烧前成型原料2# 表面处 | 2025年04月22日 | 0.350±0.003 |
| | | 2025年10月31日 | 0.571±0.007 |
| 9 | 焙烧车间焙烧前成型原料3# 表面处 | 2025年04月22日 | 0.288±0.001 |
| | | 2025年10月31日 | 0.493±0.004 |
| 10 | 焙烧车间焙烧后成型原料1# 表面处 | 2025年04月22日 | 0.211±0.003 |
| | | 2025年10月31日 | 0.223±0.003 |
| 11 | 焙烧车间焙烧后成型原料2# 表面处 | 2025年04月22日 | 0.234±0.002 |
| | | 2025年10月31日 | 0.235±0.003 |
| 12 | 焙烧车间焙烧后成型原料3# 表面处 | 2025年04月22日 | 0.249±0.001 |
| | | 2025年10月31日 | 0.207±0.003 |
| 13 | 伴生放射性固体废物填埋场 废渣1#表面处 | 2025年04月22日 | 0.514±0.001 |
| | | 2025年10月31日 | 0.479±0.009 |
| 14 | 伴生放射性固体废物填埋场 废渣2#表面处 | 2025年04月22日 | 0.556±0.004 |
| | | 2025年10月31日 | 0.462±0.002 |
| 15 | 伴生放射性固体废物填埋场 废渣3#表面处 | 2025年04月22日 | 0.536±0.001 |
| | | 2025年10月31日 | 0.682±0.002 |
| 16 | 冶炼车间3成品偏钒酸铵1#表 面处 | 2025年04月22日 | 0.0339±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0391±0.0023 |
| 17 | 冶炼车间3成品偏钒酸铵2#表 面处 | 2025年04月22日 | 0.0343±0.0009 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0387±0.0009 |
| 18 | 冶炼车间3成品偏钒酸铵3#表 面处 | 2025年04月22日 | 0.0341±0.0014 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0361±0.0022 |

| 序号 | 点位描述 | 检测日期 | 检测结果 |
|----|--------------|-------------|---------------|
| 19 | 水处理车间底泥1#表面处 | 2025年04月22日 | 0.0395±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0555±0.0012 |
| 20 | 水处理车间底泥2#表面处 | 2025年04月22日 | 0.0497±0.0017 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0512±0.0020 |
| 21 | 水处理车间底泥3#表面处 | 2025年04月22日 | 0.0555±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0644±0.0020 |
| 22 | 净化渣1#表面处 | 2025年04月22日 | 0.0680±0.0017 |
| | | 2025年10月31日 | 0.114±0.003 |
| 23 | 净化渣2#表面处 | 2025年04月22日 | 0.0836±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.105±0.001 |
| 24 | 净化渣3#表面处 | 2025年04月22日 | 0.0883±0.0021 |
| | | 2025年10月31日 | 0.110±0.002 |
| 25 | 生活区（应急救援中心） | 2025年04月22日 | 0.0620±0.0012 |
| | | 2025年10月31日 | 0.0620±0.0016 |

注：1）检测结果未扣除宇宙射线响应值。

空气中氡浓度监测结果见表7-2-2所示。

表7-2-2 空气中氡（²²²Rn）浓度监测结果（Bq/m³）

| 序号 | 点位描述 | 测量日期 | ²²² Rn浓度 |
|----|----------------------|-------------|---------------------|
| 1 | 伴生放射性固体填埋场 （废渣1#） | 2025年04月23日 | 5.90 |
| | | 2024年11月01日 | 11.7 |
| | 伴生放射性固体填埋场 （废渣2#） | 2025年04月23日 | 11.9 |
| | | 2024年11月01日 | 16.3 |
| | 伴生放射性固体填埋场 （废渣3#） | 2025年04月23日 | 8.60 |
| | | 2024年11月01日 | 26.7 |
| 2 | 生活区（室内） | 2024年04月24日 | 48.8 |
| | | 2024年11月01日 | 25.8 |

| | | | |
|---|---------|-------------|------|
| 3 | 生活区（室外） | 2024年04月24日 | 29.6 |
| | | 2024年11月02日 | 18.1 |

气溶胶中放射性核素监测结果见表7-2-3所示。

表7-2-3 气溶胶中放射性核素监测结果（mBq/m³）

| 采样点位 | 采样日期 | 总 α | 总 β | U(ng/m ³) | ²²⁶ Ra | ²¹⁰ Pb | ²¹⁰ Po |
|-------------|-------------|------------|-----------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 生活区（上风向） | 2024年04月25日 | 2.07 | 0.608 | 0.180 | <0.146 | 1.04 | 0.113 |
| | 2024年10月16日 | 1.36 | 1.96 | 0.390 | <0.141 | 2.20 | 0.140 |
| 东厂界边界处（下风向） | 2024年04月25日 | 0.409 | 0.201 | 0.370 | <0.146 | 1.33 | 0.0299 |
| | 2024年10月16日 | 1.91 | 2.13 | 0.380 | <0.141 | 2.21 | 0.0400 |

注：未检出项按“<探测下限值”填报。

固体样品中（包括原矿、中间产品、尾矿（渣））放射性核素监测结果见表7-2-4所示。

表7-2-4 固体样品中放射性核素监测结果（Bq/kg）

| 序号 | 点位描述 | 采样日期 | ²³⁸ U | ²²⁶ Ra | ²³² Th |
|----|--------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 原矿石堆场（原矿石1#） | 2025年04月25日 | 1.10×10 ³ | 1.06×10 ³ | 30.2 |
| | | 2025年11月01日 | 1.77×10 ³ | 403 | <8.19 |
| 2 | 原矿石堆场（原矿石2#） | 2025年04月25日 | 897 | 877 | 23.8 |
| | | 2025年11月01日 | 1.94×10 ³ | 435 | <9.03 |
| 3 | 原矿石堆场（原矿石3#） | 2025年04月25日 | 1.04×10 ³ | 1.03×10 ³ | 22.2 |
| | | 2025年11月01日 | 1.95×10 ³ | 423 | <8.57 |
| 4 | 脱碳仓（脱碳渣1#） | 2025年04月25日 | 1.58×10 ³ | 1.64×10 ³ | 21.2 |
| | | 2025年11月01日 | 1.57×10 ³ | 470 | <10.9 |

| | | | | | |
|----|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|-------|
| 5 | 脱碳仓（脱碳渣2#） | 2025年04月25日 | 1.64×10^3 | 1.62×10^3 | 29.5 |
| | | 2025年11月01日 | 1.73×10^3 | 412 | <8.32 |
| 6 | 脱碳仓（脱碳渣3#） | 2025年04月25日 | 1.64×10^3 | 1.61×10^3 | 41.6 |
| | | 2025年11月01日 | 1.81×10^3 | 398 | <9.43 |
| 7 | 焙烧车间（焙烧前成型原料1#） | 2025年04月25日 | 1.09×10^3 | 1.04×10^3 | 25.1 |
| | | 2025年11月01日 | 1.78×10^3 | 480 | <11.5 |
| 8 | 焙烧车间（焙烧前成型原料2#） | 2025年04月25日 | 1.14×10^3 | 1.06×10^3 | 27.0 |
| | | 2025年11月01日 | 1.80×10^3 | 467 | <10.6 |
| 9 | 焙烧车间（焙烧前成型原料3#） | 2025年04月25日 | 1.12×10^3 | 1.02×10^3 | 24.4 |
| | | 2025年11月01日 | 1.87×10^3 | 456 | <11.0 |
| 10 | 焙烧车间（焙烧后成型原料1#） | 2025年04月25日 | 1.64×10^3 | 1.45×10^3 | 43.5 |
| | | 2025年11月01日 | 1.45×10^3 | 410 | <9.74 |
| 11 | 焙烧车间（焙烧后成型原料2#） | 2025年04月25日 | 1.48×10^3 | 1.46×10^3 | 27.2 |
| | | 2025年11月01日 | 1.47×10^3 | 417 | <9.54 |
| 12 | 焙烧车间（焙烧后成型原料3#） | 2025年04月25日 | 1.51×10^3 | 1.48×10^3 | 32.2 |
| | | 2025年11月01日 | 1.59×10^3 | 443 | <9.83 |
| 13 | 冶炼车间（偏钒酸铵1#） | 2025年04月25日 | 119 | <3.90 | <3.90 |
| | | 2025年11月01日 | 70.7 | <3.23 | <4.39 |
| 14 | 冶炼车间（偏钒酸铵2#） | 2025年04月25日 | 111 | <3.90 | <3.90 |
| | | 2025年11月01日 | 149 | <3.15 | <4.26 |

| | | | | | |
|----|--------------|-------------|------|-------|-------|
| 15 | 冶炼车间（偏钒酸铵3#） | 2025年04月25日 | 70.2 | <3.90 | <3.90 |
| | | 2025年11月01日 | 164 | <2.67 | <4.26 |

注：未检出项按“<探测下限值”填报。

固体废渣中放射性核素监测结果见表7-2-5所示。

表7-2-5 固体废渣中放射性核素监测结果（Bq/kg）

| 序号 | 点位描述 | 采样日期 | ²³⁸ U | ²²⁶ Ra | ²³² Th |
|----|------------------|-------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 伴生放射性固体填埋场（废渣1#） | 2025年04月25日 | 234 | 900 | 21.6 |
| | | 2025年11月01日 | 83.8 | 360 | <12.7 |
| 2 | 伴生放射性固体填埋场（废渣2#） | 2025年04月25日 | 296 | 919 | 15.9 |
| | | 2025年11月01日 | 51.0 | 354 | <12.7 |
| 3 | 伴生放射性固体填埋场（废渣3#） | 2025年04月25日 | 269 | 939 | 16.9 |
| | | 2025年11月01日 | 54.7 | 360 | <12.8 |
| 4 | 水处理车间（底泥1#） | 2025年04月25日 | 3.79×10 ³ | <3.90 | 9.50 |
| | | 2025年11月01日 | 4.91×10 ³ | <4.80 | <6.35 |
| 5 | 水处理车间（底泥2#） | 2025年04月25日 | 3.72×10 ³ | <3.90 | 4.84 |
| | | 2025年11月01日 | 4.28×10 ³ | <5.89 | <6.22 |
| 6 | 水处理车间（底泥3#） | 2025年04月25日 | 4.53×10 ³ | <3.90 | 13.5 |
| | | 2025年11月01日 | 4.68×10 ³ | <6.11 | <6.43 |
| 7 | 净化渣1# | 2025年04月25日 | 1.43×10 ⁴ | <3.90 | 8.46 |
| | | 2025年11月01日 | 1.25×10 ⁴ | <7.09 | <8.05 |
| 8 | 净化渣2# | 2025年04月25日 | 1.18×10 ⁴ | <3.90 | 13.0 |
| | | 2025年11月01日 | 1.15×10 ⁴ | <9.30 | <7.78 |
| 9 | 净化渣3# | 2025年04月25日 | 1.01×10 ⁴ | <3.90 | 6.18 |
| | | 2025年11月01日 | 1.33×10 ⁴ | <8.15 | <8.59 |

注：未检出项按“<探测下限值”填报。

生物样品（植物）中放射性核素监测结果见表7-2-6所示。

表7-2-6 生物（植物）中放射性核素监测结果（Bq/kg鲜）

| 样品名称 | 采样点位 | 采样日期 | 总 α | 总 β | U (mg/kg鲜) | ^{226}Ra | ^{210}Pb | ^{210}Po |
|------|-----------|-------------|------------|-----------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 骆驼草 | 东厂界边界处1km | 2025年11月02日 | 150 | 296 | 1.68 | 10.3 | 49.8 | 19.8 |

7.3 辐射环境监测结果分析

由表7-2-1可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，原矿石堆场原矿石表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.370~0.746) $\mu\text{Gy/h}$ ，脱碳仓脱碳渣表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.353~0.683) $\mu\text{Gy/h}$ ，焙烧车间焙烧前成型原料表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.288~0.571) $\mu\text{Gy/h}$ ，焙烧车间焙烧后成型原料表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.207~0.249) $\mu\text{Gy/h}$ ，伴生放射性固体填埋场废渣表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.462~0.682) $\mu\text{Gy/h}$ ，冶炼车间3成品（偏钒酸铵）表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.0341~0.0391) $\mu\text{Gy/h}$ ，水处理车间底泥表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.0395~0.0644) $\mu\text{Gy/h}$ ，净化渣表面处 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为(0.0836~0.114) $\mu\text{Gy/h}$ ，生活区（应急救援中心） γ 辐射空气吸收剂量率检测结果为0.0620 $\mu\text{Gy/h}$ 。除原矿石堆场原矿石表面、脱碳仓脱碳渣表面、焙烧车间焙烧前成型原料表面、焙烧车间焙烧前成型原料表面、伴生放射性固体填埋场废渣表面 γ 辐射空气吸收剂量率偏高外，其余各检测点位与甘肃省原野 γ 辐射剂量率范围值(0.0169~0.128) $\mu\text{Gy/h}$ 相比，无显著性差异，属正常环境水平。

由表7-2-2可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，伴生放射性固体填埋场滩面空气中氡(^{222}Rn)浓度检测结果为(5.90~26.7) Bq/m^3 ，生活区（室内）空气中氡(^{222}Rn)浓度检测结果为(25.8~48.8) Bq/m^3 ，生活区（室外）空气中氡(^{222}Rn)浓度检测结果为(18.1~29.6) Bq/m^3 。各工作场所检测点位检测结果，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录H2中

工作场所中氡持续照射情况下补救行动的行动水平（500~1000）Bq/m³（年平均活度浓度，平衡因子0.4）的控制要求。达到500Bq/m³时需考虑采取补救行动，达到1000Bq/m³时需采取补救行动。生活区（室内）空气中氡（²²²Rn）浓度检测结果未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录H1中住宅中氡持续照射的优化行动水平（200~400）Bq/m³（年平均活度浓度，平衡因子0.4）的控制限值。

由表7-2-3可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，生活区（上风向）气溶胶中总 α 放射性活度浓度为（1.36~2.07）mBq/m³，总 β 放射性活度浓度为（0.608~1.96）mBq/m³，铀浓度为（0.180~0.390）ng/m³，镭-226放射性活度浓度小于探测下限值（未检出），铅-210放射性活度浓度为（1.04~2.20）mBq/m³，钋-210放射性活度浓度为（0.113~0.140）mBq/m³；东厂界边界处（下风向）气溶胶中总 α 放射性活度浓度为（0.409~1.91）mBq/m³、总 β 放射性活度浓度为（0.201~2.13）mBq/m³，铀浓度为（0.370~0.380）ng/m³，镭-226放射性活度浓度小于探测下限值（未检出），铅-210放射性活度浓度为（1.33~2.21）mBq/m³，钋-210放射性活度浓度为（0.0299~0.0400）mBq/m³，均属正常环境水平。

由表7-2-4可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，所涉及的固体样品中矿石堆场原矿石放射性核素铀-238放射性活度浓度为（897~1.95 $\times 10^3$ ）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度为（403~1.06 $\times 10^3$ ）Bq/kg、钍-232放射性活度浓度为（<8.19~30.2）Bq/kg，脱碳仓脱碳渣放射性核素铀-238放射性活度浓度为（1.57 $\times 10^3$ ~1.81 $\times 10^3$ ）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度为（398~1.64 $\times 10^3$ ）Bq/kg、钍-232放射性活度浓度为（<8.32~41.6）Bq/kg，焙烧车间焙烧前成型原料放射性核素铀-238放射性活度浓度为（1.09 $\times 10^3$ ~1.87 $\times 10^3$ ）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度为（456~1.06 $\times 10^3$ ）Bq/kg、钍-232放射性活度浓度为（<10.6~27.0）Bq/kg，焙烧车间焙烧后成型原料放射性核素铀-238放射性活度浓度为（1.45 $\times 10^3$ ~1.64 $\times 10^3$ ）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度为（410~1.48 $\times 10^3$ ）Bq/kg、钍-232放射性活度浓度为（<9.54~43.5）Bq/kg，冶炼车间成品偏钒酸铵放射性核素铀-238放射性活度浓度为（70.2~164）Bq/kg、镭-226

和钍-232放射性活度浓度均小于探测下限值（未检出）。其中原矿石、脱碳渣、焙烧前成型原料、焙烧后成型原料中放射性核素铀-238、镭-226放射性活度浓度高于《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》中除铀（钍）矿外所有矿产资源开发利用活动中原矿、中间产品、尾矿（渣）或者其他残留物中铀（钍）系单个核素含量1贝可/克（1000Bq/kg），其余为正常环境水平。

由表7-2-5可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，伴生放射性固体废物填埋场废渣中放射性核素铀-238放射性活度浓度为（51.0~296）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度为（354~939）Bq/kg、钍-232放射性活度浓度为（<12.7~21.6）Bq/kg，水处理车间底泥中放射性核素铀-238放射性活度浓度为（ $3.72\times 10^3\sim 4.91\times 10^3$ ）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度小于探测下限值（未检出）、钍-232放射性活度浓度为（<6.22~13.5）Bq/kg，净化渣中放射性核素铀-238放射性活度浓度为（ $1.01\times 10^4\sim 1.43\times 10^4$ ）Bq/kg、镭-226放射性活度浓度小于探测下限值（未检出）、钍-232放射性活度浓度为（<7.78~13.0）Bq/kg。其中水处理车间底泥和净化渣中放射性核素铀-238活度浓度高于《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》中除铀（钍）矿外所有矿产资源开发利用活动中原矿、中间产品、尾矿（渣）或者其他残留物中铀（钍）系单个核素含量1贝可/克（1000Bq/kg）。

由表7-2-6可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿开发利用过程中，矿区特征性生物（植物）样品中总 α 放射性活度浓度为150Bq/kg·鲜、总 β 放射性活度浓度为296Bq/kg·鲜、铀浓度为1.68mg/kg·鲜、镭-226放射性活度浓度为10.3Bq/kg·鲜、铅-210放射性活度浓度为49.8Bq/kg·鲜、钋-210放射性活度浓度为19.8Bq/kg·鲜，属正常环境水平。

8.结论

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司伴生放射性矿在开发利用过程中周边辐射环境安全可控，流出物排放满足标准要求，达标排放。

9.建议

1、肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司在伴生放射性矿开发利用过程中对伴生放射性固体废物填埋场应建立健全相关档案，如实完整地记录尾矿渣的来源、数量、特征、去向、存放位置等信息。

2、肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司在伴生放射性矿开发利用过程中应编制突发环境事件应急预案，其中应当包含辐射环境应急的内容，配备必要的应急装备和物资，并定期组织开展演练。

10.附件

- 1、检测报告；
- 2、检测机构资质证书。