

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司  
石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护  
验收监测报告

建 设 单 位：肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司

编 制 单 位：甘肃上治环保咨询有限公司

二零二贰年陆月

建设单位法人代表：(签字)

编制单位法人代表：(签字)

项 目 负 责 人：林鹏

报 告 编 写 人：李文、邢树欣

建设单位：肃北蒙古族自治县西矿  
钒科技有限公司

电话：18919463580

传真：

邮编：736300

地址：酒泉市肃北县马鬃  
山镇七角井

编制单位：甘肃上治环保咨询有  
限公司

电话：18993101900

传真：

邮编：730030

地址：兰州市城关区天水北  
路 3017 号第 1 单元  
2506 室

## 目 录

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 1、项目概况 .....                           | 1  |
| 1.1 项目背景 .....                         | 1  |
| 1.2 竣工辐射环保验收监测单位 .....                 | 3  |
| 1.3 验收范围及内容 .....                      | 3  |
| 1.4 验收监测委托及监测情况 .....                  | 3  |
| 2、验收依据 .....                           | 5  |
| 2.1 法律、法规依据 .....                      | 5  |
| 2.2 相关政策、规范性文件 .....                   | 5  |
| 2.3 地方相关政策、规范性文件 .....                 | 6  |
| 2.4 技术规范 .....                         | 6  |
| 2.5 辐射环境影响评价专篇及环评文件批复 .....            | 7  |
| 2.6 其他资料 .....                         | 7  |
| 3、项目建设情况 .....                         | 9  |
| 3.1 地理位置及平面布置 .....                    | 9  |
| 3.2 建设内容 .....                         | 10 |
| 3.3 主要原辅材料 .....                       | 15 |
| 3.4 生产工艺 .....                         | 18 |
| 3.5 水平衡及核素平衡 .....                     | 23 |
| 3.6 项目变动情况 .....                       | 28 |
| 4、放射性污染防治措施 .....                      | 38 |
| 4.1 放射性污染防治措施“三同时”落实情况 .....           | 38 |
| 4.2 放射性污染防治措施 .....                    | 43 |
| 4.3 其他放射性污染防治措施 .....                  | 75 |
| 5、辐射环境影响评价专篇主要结论与建议 and 环评文件批复意见 ..... | 83 |
| 5.1 辐射环境影响评价专篇主要结论及建议 .....            | 83 |
| 5.2 辐射专篇批复意见 .....                     | 87 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 6、验收执行标准 .....                                                  | 90  |
| 6.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） .....                      | 90  |
| 6.2《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》(GB27742-2011)<br>.....              | 91  |
| 6.3《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）》<br>（HJ1114-2020） .....      | 91  |
| 6.4 《甘肃省环境天然贯穿辐射水平》 .....                                       | 91  |
| 6.5 《甘肃省土壤天然放射性核素含量调查研究》（甘肃省环境保护研究<br>所，辐射防护，1995 年 05 期） ..... | 92  |
| 6.6 《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB14882-1994）错误!未定义书签。                     |     |
| 6.7 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中放射性指标.....                         | 92  |
| 6.8 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中放射性指标.....                          | 92  |
| 7、验收监测方案 .....                                                  | 93  |
| 7.1 验收工况 .....                                                  | 93  |
| 7.2 放射性污染防治设施调试运行效果监测.....                                      | 93  |
| 7.3 辐射环境质量监测 .....                                              | 96  |
| 8、质量保证 .....                                                    | 102 |
| 8.1 监测分析方法 .....                                                | 102 |
| 8.2 监测仪器 .....                                                  | 103 |
| 8.3 人员能力 .....                                                  | 104 |
| 8.4 监测分析过程中的质量保证 .....                                          | 104 |
| 9、验收监测结果 .....                                                  | 107 |
| 9.1 生产工况 .....                                                  | 107 |
| 9.2 放射性污染防治设施调试运行效果.....                                        | 107 |
| 9.3 项目建设对辐射环境的影响 .....                                          | 110 |
| 10、验收监测结论 .....                                                 | 118 |
| 10.1 放射性污染防治设施建设及“三同时”执行情况 .....                                | 118 |
| 10.2 放射性污染防治设施调试运行效果.....                                       | 118 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 10.3 项目建设对辐射环境的影响 ..... | 120 |
| 10.4 结论与建议 .....        | 123 |

## 1、项目概况

### 1.1 项目背景

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司原名“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号文同意变更原“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建设单位”，原项目建设单位“肃北县博伦矿业开发有限责任公司”变更为“肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司”。

七角井铁钒矿区位于甘肃省肃北蒙古族自治县北部，博伦公司成立后于2006年建设铁矿采选项目，2008年建成投产，同时在铁矿上盘发现石煤钒矿。2010年肃北县博伦矿业开发有限责任公司委托甘肃省环境科学设计研究院编制完成《肃北县博伦矿业开发有限责任公司七角井钒矿开采工程环境影响报告书》，原甘肃省环境保护厅于2010年5月17日出具《关于肃北县博伦矿业开发有限责任公司七角井钒矿开采工程环境影响报告书的批复》（甘环评发〔2010〕127号）。2010年5月，肃北县博伦矿业开发有限责任公司委托长沙矿冶研究院编制完成《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒工程可行性研究报告》，2011年5月委托乌鲁木齐天助工程技术咨询有限公司编制完成《肃北县博伦矿业开发有限责任公司钒矿选矿厂尾矿库初步设计（代可研）》；2011年建成七角井石煤提钒厂，采用步进式隧道窑脱碳焙烧工艺，建成后利用七角井钒矿基建工程副产矿石进行了工业化试验，试验中发现由于石煤的含碳量较高，脱碳过程中过烧现象较为严重，钒转化率低；故自建成后一直处于停产状态，矿山也仅进行少量基建工程，未完工和开采。

2013年原建设单位“肃北县博伦矿业开发有限责任公司”引进先进的提钒工艺，采用循环流化床锅炉+隧道窑焙烧工艺，并利用脱碳工序产生的热量进行发电，解决矿区双电源问题，并替代原锅炉供暖；于2014年3月委托中冶京诚工程科技有限公司编制完成《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可行性研究报告》，2014年5月，甘肃省工信委下发《关于同意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开展前期工作的函》（甘工信函〔2014〕103号）明确：“该项目符合国家产业政策要求，有利于保护环境、节能降耗，”同意项目开展项目核准要求相关前期工作。2014年，肃北县博伦矿业开发有限公司脱碳余热发电系统建设竣工；本项目设计总规模为：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。

由于石煤中伴生有 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ 等天然放射性核素，甘肃省核与辐射安全局受建设单位委托，曾多次对该矿区的钒矿场、废石场及尾矿进行了放射性监测，监测结果均表明此矿场、尾矿中铀（钍）系单个核素含量超过1贝可/克（1Bq/g），2014年，建设单位委托甘肃省核与辐射安全局编制完成《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目辐射环境影响评价专篇》，一期工程年生产98%偏钒酸铵1249t/a，矿石消耗量19.8万t/a。2014年2月10日，原甘肃省环境保护厅以甘环核发〔2014〕1号出具《甘肃省环境保护厅关于肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目辐射环境影响评价专篇的审查意见》。

受钒行业低迷及企业自生回收率低的影响，本项目自建成以来一直处于停产状态。2020年5月，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司进行本项目试生产，试生产矿石来源于原钒矿井巷基建工程，发现本项目实际日处理石煤钒矿石600t/d，工作制度为年运行300d，每天3班，每班8h，核算偏钒酸铵实际产能约700t/a。产能未达到年处理50万吨石煤钒矿石和年产偏钒酸铵3850t/a，也未能达到原辐射专篇中一期工程年消耗19.8万吨石煤钒矿石和年产98%偏钒酸铵1249t/a的规模要求。

2021年3月，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司委托甘肃上

治环保咨询有限公司编制完成《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司七角井石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》，并于2021年3月14日在肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司组织专家开展阶段性自主验收，验收专家组认为，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司七角井石煤提钒带余热发电项目环境保护措施已经按照环境影响报告书及环评批复要求建成，能够满足污染防治要求，具备验收条件，验收工作组一致同意通过阶段性验收。因该环保验收未包含辐射环境保护验收的内容，故2021年5月，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司委托甘肃上治环保咨询有限公司开展“肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护验收”工作。

### **1.2 竣工辐射环保验收监测单位**

本项目竣工辐射环境保护验收监测单位为甘肃上治环保咨询有限公司。

### **1.3 验收范围及内容**

依据《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环境影响报告书》及审查意见，环评阶段仅为选厂和尾矿库工程，未包含矿山工程；且钒矿山目前正在井巷工程施工，尚未竣工投产，故本次验收范围不包括矿山工程；矿山工程竣工辐射环境保护验收一并纳入矿山工程竣工环境保护验收中。

本项目主要针对石煤提钒选厂、尾矿库等配套的伴生物料输运道路，并参考辐射专篇评价范围，以厂区为中心，周边4km范围的环境保护目标。

### **1.4 验收监测委托及监测情况**

我公司接受委托后，我单位立即组织工作人员对本项目一期工程进行现场踏勘，详细了解了工程建设内容、工艺流程及采取的放射性污染防治措施，并委托甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司开展辐射验收监测。针对本项目液态流出物、气载流出物、伴生放射性固体废物、石煤钒矿石、中间产品、产品、辐射环境质量进行现场采样和检测，并提交监测报告，在此基础上，我公司技术人员编制完成《肃北蒙古族自治县

西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护验收监测报告》，供建设单位开展阶段性自主验收和作为辐射行政管理部门进行辐射监督管理的依据。

在报告编制过程中得到甘肃省核与辐射安全中心、酒泉市生态环境局、酒泉市生态环境局肃北分局、甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司、肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司等单位的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢！

## 2、验收依据

### 2.1 法律、法规依据

(1) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2013 年 10 月 1 日起施行）；

(2) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，自 2015 年 1 月 1 日起施行）；

(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订，自 2018 年 12 月 29 日起施行）；

(4) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修订，自 2018 年 10 月 26 日起施行）；

(5) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修订，自 2018 年 1 月 1 日起施行）；

(6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日修订，自 2020 年 9 月 1 日起施行）；

(7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日修订，自 2018 年 12 月 29 日起施行）；

(8) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2018 年 8 月 31 日修订，自 2019 年 1 月 1 日起施行）；

(9) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年 2 月 29 日修订，自 2012 年 7 月 1 日起施行）；

(10) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日修订，自 2016 年 9 月 1 日起施行）；

(11) 《中华人民共和国节约能源法》（2018 年 10 月 26 日修订，自 2018 年 10 月 26 日起施行）；

(12) 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月 26 日修订，自 2020 年 1 月 1 日起施行）；

### 2.2 相关政策、规范性文件

(1) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正，2017 年 10

月 1 日期施行)；

(2)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4 号, 2017 年 11 月 20 日发布实施)；

(3)《关于强化建设项目环境影响评价事中事后监管的实施意见》，(环环评〔2018〕11 号)；

(4)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》(环发〔2012〕77 号)；

(5)《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》(环发〔2012〕98 号)；

(6)《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)。

(7)《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》。

### 2.3 地方相关法规、政策及规范性文件

(1)《甘肃省辐射污染防治条例》，(2021 年 1 月 1 日起施行)；

(2)《甘肃省环境保护条例》，(2020 年 1 月 1 日起施行)；

(3)《甘肃省大气污染防治条例》(2019 年 1 月 1 日起施行)；

(4)《甘肃省水污染防治条例》(2021 年 1 月 1 日起施行)；

(5)《甘肃省土壤污染防治条例》(2021 年 5 月 1 日起施行)；

(6)《甘肃省人民政府印发关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系实施方案的通知》(甘政发〔2021〕62 号)；

(7)《甘肃省水污染防治工作方案(2015~2050 年)》(2016 年 1 月 7 日)；

(8)《甘肃省人民政府关于印发<甘肃省土壤污染防治工作方案>的通知》(甘政发〔2016〕112 号, 2016 年 12 月 28 日印发)；

### 2.4 技术规范

(1)《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》(HJ 1148-2020)；

(2)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；

(3) 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021) ;

(4) 《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) 。

## **2.5 辐射环境影响评价专篇及环评文件批复**

(1) 《肃北县博伦矿业开发有限责任公司七角井钒矿开采工程环境影响报告书》 (甘肃省环科院, 2010 年 5 月) ;

(2) 《关于肃北县博伦矿业开发有限责任公司七角井钒矿开采工程环境影响报告书的批复》 (甘环评发〔2010〕127 号) ;

(3) 《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程项目辐射影响评价 (专章)》 (原甘肃省核与辐射安全局, 2014 年 2 月) ;

(4) 《甘肃省环境保护厅关于肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目辐射环境影响评价专篇的审查意见》 (甘环核发〔2014〕1 号) ;

(5) 《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环境影响报告书》 (西北矿冶研究院, 2015 年) ;

(6) 《酒泉市环境保护局关于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环境影响报告书的预审意见》 (酒环发〔2015〕277 号) (酒泉市环境保护局, 2015 年 6 月 19 日) ;

(7) 《甘肃省环境保护厅关于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环境影响报告书的批复》 (甘环审发〔2015〕54 号) (甘肃省环境保护厅, 2015 年 7 月 17 日) 。

## **2.6 其他资料**

(1) 《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒工程可行性研究报告》 (长沙矿冶研究院, 2010 年 5 月) ;

(2) 《肃北县博伦矿业开发有限责任公司钒矿选矿厂尾矿库初步设计 (代可研)》 (乌鲁木齐天助工程技术咨询有限责任公司, 2011 年 5 月) ;

(3) 《肃北县博伦矿业开发有限责任公司钒矿选矿厂尾矿库初步设计 (代可研) (安全专篇)》 (乌鲁木齐天助工程技术咨询有限责任

公司，2011 年 5 月）；

（4）《石煤钒矿检测报告》（甘肃华辰检测技术有限公司，2014 年 7 月）；

（5）《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突发环境事件应急预案》（甘肃上治环保咨询有限公司，2019 年 7 月）；

（6）《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》（甘肃上治环保咨询有限公司，2021 年 3 月）；

（7）《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环保验收检测报告》（甘肃锦威环保科技有限公司，2021 年 4 月）；

（8）《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环保验收补充检测报告》（甘肃锦威环保科技有限公司，2021 年 6 月）；

（9）《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护验收监测报告》委托书（肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司，2021 年 5 月）；

（10）《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司七角井石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护（辐射环境）监测报告》（甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司，2021 年 9 月）。

### 3、项目建设情况

#### 3.1 地理位置及平面布置

##### 3.1.1 交通地理位置

肃北蒙古族自治县位于甘肃省西北部，西接新疆维吾尔自治区，南连青海省，北与内蒙古自治区和蒙古国接壤。辖地分南北两部分，归甘肃省酒泉市管辖；全县总面积  $6.93 \times 10^4 \text{km}^2$ ，约占甘肃省总面积的 14%。肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司位于甘肃省肃北蒙古族自治县，行政区隶属马鬃山镇管辖。距离嘉峪关市 420km，距离哈密市 360km。地理坐标：东经  $95^\circ 55' 00''$ ，北纬  $41^\circ 25' 00''$ 。由柳园经长流水到达七角井铁矿区有约 60km 由南向北的简易公路，与瓜州县柳园镇相联，联接着国道 G312，又与连霍高速公路贯通，兰新铁路线经过柳园镇，交通便利。石煤提钒一期工程位于肃北县博伦矿业开发有限公司七角井铁矿选厂东侧约 800m 处。

本项目所在的交通位置见图 3.1-1。



图 3.1-1 本项目所在的交通位置图

### 3.1.2 平面布置

根据现场踏勘，铁钒矿山目前井巷工程正在施工，石煤提钒选厂整体上按照工艺流程和场地地形布置；石煤提钒选厂生产线位于中央，占地面积  $10\text{hm}^2$ ，原矿堆场位于整个厂区最北侧，南侧依次布置粗碎车间、中细碎车间、筛分车间，用于石煤钒矿石破碎筛分；脱碳发电车间位于厂区西侧，配套精煤仓库一座，用于石煤钒矿石脱碳发电；在脱碳发电车间与破碎车间之间设置磨矿车间，主要将脱碳灰渣进行磨矿；磨矿车间南侧为焙烧车间，主要将磨矿后的脱碳灰渣投加水分进行制砖，之后通过步进式隧道窑进行焙烧，并将焙烧后的成型砖进行破碎磨矿；焙烧车间南侧为浸出车间，主要将成型砖磨矿后的粉料投加浓硫酸和水进行浸出、氧化和中和工序；浸出车间南侧为离子交换车间，主要通过离子交换树脂进行吸附、解吸和树脂再生；离子交换车间南侧为沉钒车间，主要通过铵盐进行沉钒。煤气发生站位于焙烧车间东侧，主要通过煤气发生炉制造煤气，作为步进式隧道窑的加热原料；产品仓库位于沉钒车间东侧，废水处理站位于产品仓库东侧；厂区最南侧分别设置药剂车间、氧化剂仓库和硫酸盐酸储罐区。尾矿库位于石煤提钒选厂东侧，尾矿库占地  $20\text{hm}^2$ 。厂区外部道路依托现有博伦公司至柳园镇公路，厂内道路总长度  $2480\text{m}$ ，主干道宽  $15\text{m}$ ，次干道宽  $7\text{m}$ ，均采用水泥混凝土路面。

本项目平面布置图详见图 3.1-2 所示。本项目与博伦公司的位置关系图详见图 3.1-3 所示。

### 3.1.3 辐射环境敏感目标

依据建设单位提供的资料，本项目环评阶段在厂区东北侧有一户牧民，共有 4 人；根据现场调查及实际走访，原有牧民已搬迁，目前，项目周边无辐射环境敏感目标。

## 3.2 建设内容

### 3.2.1 工程概况

(1) 项目名称：肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程

(2) 项目性质：新建

(3) 建设单位：肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司（原肃北县博伦矿业开发有限公司）

(4) 设计生产规模：利用博伦公司自产石煤钒矿石，建成一条年处理石煤钒矿 50 万 t/a 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。

(5) 实际建设内容：一期工程已建成一条年处理 18 万 t/a 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 1 台 55t/h 循环流化床锅炉（已建成 2 台，实际运行 1 台）+一套 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 8000~10000kWh。

(6) 项目投资：实际投资为 37918.12 万元，较环评阶段 34843 万元增加 3075.12 万元。

(7) 开完工时间：本项目建设分为两个阶段，其中七角井石煤提钒选厂于 2011 年 6 月开工，2011 年 12 月完工；脱碳余热发电系统及尾矿库于 2013 年 6 月开工，2014 年 6 月建成；

(8) 开始调试时间：本项目于 2020 年 5 月 1 日~12 日进行调试。

(9) 劳动定员及工作制度：本项目现有职工 380 人，其中生产工人 320 人，技术管理人员 60 人，年运行 300d。

### 3.2.2 工程建设内容对比情况

辐射环境影响评价专篇所述建设内容与肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程实际建设内容对比情况详见表 3.2-1 所示。

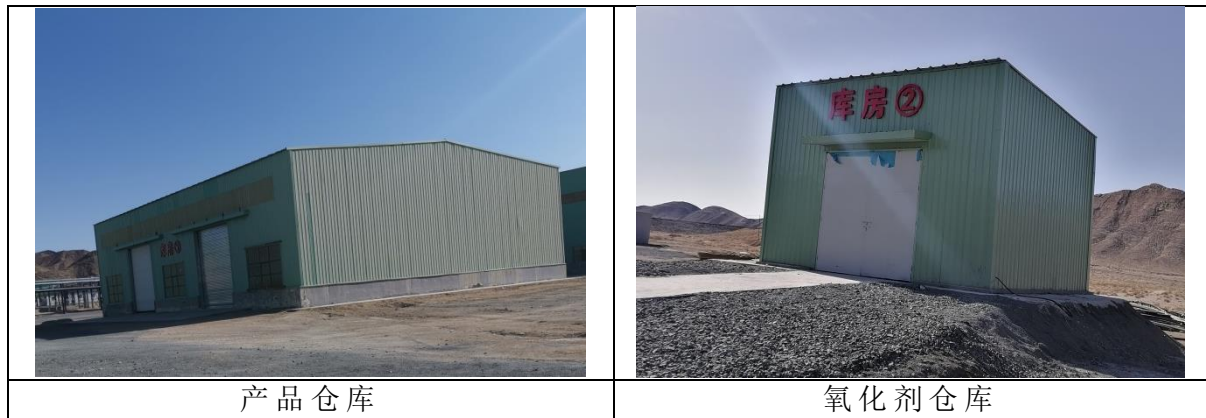
表 3.2-1 主要建设内容及规模对比情况一览表

| 序号 | 项目      | 辐射专篇工程内容                                                                                                                                       | 实际建设情况                                                                                                                      | 变化情况 |
|----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 矿石处理规模  | 总规模 50 万 t/a，一期工程 19.8 万 t/a                                                                                                                   | 总规模为 50 万 t/a，一期已建成 18 万 t/a                                                                                                | 一致   |
|    | 产品方案    | 总规模 98%偏钒酸铵 3850t/a，一期 1249t/a                                                                                                                 | 总规模 98%偏钒酸铵 3850t/a，一期已建成工程产品方案 700t/a，                                                                                     | 一致   |
|    |         | 脱碳余热发电量 17500 万 Kw·h                                                                                                                           | 一期工程仅运行 1 台 55t/h 循环流化床锅炉，实际发电量 8000~10000 万 Kw·h                                                                           | 一致   |
| 2  | 破碎磨矿车间  | 占地 4140m <sup>2</sup> ，由粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、中转站、料仓、磨矿厂房组成。                                                                                         | 由粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、中转站、料仓、磨矿厂房组成，一期工程已全部建成，总占地 4140m <sup>2</sup> 。                                                           | 一致   |
| 3  | 脱碳发电车间  | 占地 2289m <sup>2</sup> ，车间主厂房布置汽机间、除氧间与锅炉房。锅炉房内安装 2 台 55t/h 循环流化床锅炉，汽机间安装 25MW 汽轮发电机组。                                                          | 由车间主厂房布置汽机间、除氧间与锅炉房组成，一期工程已全部建成，总占地 2289m <sup>2</sup> 。锅炉房内安装 2 台 55t/h 循环流化床锅炉，实际运行 1 台；汽机间安装 25MW 汽轮发电机组。                | 一致   |
| 4  | 焙烧车间    | 占地 8769m <sup>2</sup> ，由焙烧厂房、焙烧物料破磨厂房构成。                                                                                                       | 一期工程占地 8769m <sup>2</sup> ，由焙烧厂房、焙烧物料破磨厂房构成。                                                                                | 一致   |
| 5  | 浸出过滤车间  | 占地 1080m <sup>2</sup> ，由熟化料仓、熟化仓、浸出槽、带式真空过滤机和浸出液中和氧化罐、陈化池等组成                                                                                   | 一期占地 1080m <sup>2</sup> ，由熟化料仓、熟化仓、浸出槽、带式真空过滤机和浸出液中和氧化罐、陈化池等组成。                                                             | 一致   |
| 6  | 离子交换车间  | 占地 720m <sup>2</sup> ，由离子交换柱、吸附、解吸和再生设备等组成。                                                                                                    | 一期工程占地 720m <sup>2</sup> ，由离子交换柱、吸附、解吸和再生设备等组成。                                                                             | 一致   |
| 7  | 沉钒车间    | 占地 540m <sup>2</sup> ，由净化厂房和沉钒厂房组成。                                                                                                            | 一期工程占地占地 540m <sup>2</sup> ，由净化厂房和沉钒厂房组成。                                                                                   | 一致   |
| 8  | 石煤钒矿石堆场 | 占地面积 3000m <sup>2</sup> ，储存矿石 18000t，储存时间为 10d                                                                                                 | 一期工程已全部建成，占地面积 3000m <sup>2</sup> ，储存矿石 18000t，储存时间为 10d                                                                    | 一致   |
| 9  | 精煤仓库    | 占地面积 1500m <sup>2</sup> ，贮存洗精煤，用于锅炉点火及初期配烧。贮存量 4000t。                                                                                          | 一期工程已全部建成，占地面积 1500m <sup>2</sup> ，贮存洗精煤，用于锅炉点火及初期配烧。贮存量 4000t。                                                             | 一致   |
| 10 | 尾矿库     | 位于石煤提钒厂东侧，占地 20hm <sup>2</sup> ，有效容积 180 万 m <sup>3</sup> ，主要暂存浸出渣、中和氧化渣、净化渣及废水处理站沉淀物，按照一般工业固体废物 II 类场地建设，库区整体防渗，防渗系数小于 10 <sup>-10</sup> cm/s | 一期工程已全部建成，位于石煤提钒厂东侧，占地 20hm <sup>2</sup> ，有效容积 180 万 m <sup>3</sup> ，主要暂存浸出渣、中和氧化渣、净化渣及废水处理站沉淀物，按照一般工业固体废物 II 类场地建设，库区整体防渗。 | 一致   |

项目建设内容具体情况见如下照片：

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| 石煤钒矿石堆场                                                                             | 破碎筛分车间                                                                               |
|   |   |
| 皮带输送走廊及转运站                                                                          | 皮带输送走廊内部                                                                             |
|  |  |
| 精煤仓库                                                                                | 脱碳余热发电系统脱硫除尘系统                                                                       |
|  |  |
| 脱碳锅炉炉渣磨矿车间                                                                          | 磨矿后的细料输送管道                                                                           |

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| 焙烧车间                                                                                | 浸出中间                                                                                 |
|   |   |
| 离子交换车间洗水槽                                                                           | 沉钒车间                                                                                 |
|  |  |
| 废水处理车间                                                                              | 维修车间                                                                                 |
|  |  |
| 办公区                                                                                 | 尾矿库                                                                                  |



### 3.3 主要原辅材料

#### 3.3.1 本项目主要原辅材料及能源消耗

表 3.3-1 项目主要原辅材料及能源消耗一览表

| 序号 | 名 称      | 单 位               | 设计消耗   | 实际消耗   | 来 源        |
|----|----------|-------------------|--------|--------|------------|
| 1  | 石煤钒矿石    | t/a               | 500000 | 180000 | 自有矿山       |
| 2  | 98%浓硫酸   | t/a               | 47628  | 8652   | 外购         |
| 3  | 30%盐酸    | t/a               | 4133   | 137.2  | 外购         |
| 4  | 氯酸钠      | t/a               | 115    | 21     | 外购         |
| 5  | 碳酸钠      | t/a               | 1117   | 203    | 外购         |
| 6  | 氢氧化钠     | t/a               | 4322   | 784    | 外购         |
| 7  | 氯化铵(补加量) | t/a               | 7340   | 1540   |            |
| 8  | 镁制剂      | t/a               | 5800   | 1050   | 外购         |
| 9  | 煤气发生站煤耗  | t/a               | 17500  | 3178   | 新疆哈密低硫煤    |
| 10 | 煤气消耗     | m <sup>3</sup> /a | 5600 万 | 1015 万 | 煤气发生站自产    |
| 11 | 电耗       | Kw · h/a          | 3850 万 | 7000 万 | 脱碳余热发电系统自产 |

通过上表对比分析可知，由于本项目仅为一期工程，实际运行中，原辅材料消耗量低于环评中的数据；同时，部分工序受药剂变化，实际工程药剂使用类型及使用量相比环评中有所变化。

#### 3.3.2 矿源

本项目矿源来自肃北县博伦矿业有限责任公司七角井铁钒矿区，直距石煤提钒厂约 1.2km，该矿区总面积 5.1424km<sup>2</sup>，采矿权人为肃北县博伦矿业开发有限责任公司，开采方式为地下开采，开采矿种为钒矿和铁矿，其中钒矿和铁矿存在上下盘关系，采矿证编号 C6200002010082220071887，有效期限 2018 年 4 月 21 日至 2033 年 8 月 21 日。

该矿区始建于上世纪 90 年代，2008 年，博伦公司铁矿采选项目建成投产后，在铁矿上盘发现含钒石煤矿石。2009 年 12 月，肃北县博伦矿业有限责任公司委托甘肃省环境科学设计研究院编制《肃北县博伦矿业有限责任公司七角井钒矿开采工程环境影响报告书》，原甘肃省环保厅（现甘肃省生态环境厅）于 2010 年 5 月以甘环评发〔2010〕27 号文进行批复。目前，铁矿深部开采已经建成运行多年，但由于现有石煤提钒厂在国内首次使用“循环流化床锅炉脱碳+隧道窑焙烧+湿法浸出净化工艺”，其在实际运行过程中工况不稳定，实际生产规模和产品的回收率远远达不到设计要求，故钒矿开采工程至今未投运。设计钒矿出矿采用斜坡道和东进风井罐笼，出矿后汽车运至提钒厂区原料场。

### 3.3.3 石煤钒矿石化学组分

本项目矿源来自钒矿山，矿石成分分析详见下表所示：

表 3.3-2 石煤钒矿石化学组分一览表（%）

|    |                               |                                |       |                  |                  |                   |                                |         |
|----|-------------------------------|--------------------------------|-------|------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|---------|
| 元素 | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO     |
| 含量 | 0.757                         | 7.49                           | 4.48  | 53.19            | 2.53             | 0.19              | 6.44                           | 1.11    |
| 元素 | WO <sub>3</sub>               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | S     | Cu               | Pb               | Zn                | Ba                             | Ni      |
| 含量 | 0.13                          | 2.22                           | 0.80  | 0.304            | 0.0058           | 0.044             | 0.0378                         | 0.092   |
| 元素 | Cd                            | Cr                             | Mn    | Mo               | As               | Co                | C                              | Hg（g/t） |
| 含量 | 0.0008                        | 0.0017                         | 0.069 | 0.026            | 0.0098           | 0.0023            | 15.205                         | 0.06225 |

备注：考虑矿石开采贫化率，实际进入选厂的钒矿石入选品位为 0.70%。

### 3.3.4 石煤钒矿石的物理性质

石煤钒矿石的密度为 2.70t/m<sup>3</sup>，松散密度 1.38t/m<sup>3</sup>，热值为 1250kcal/kg，灰分含量约 79%。

### 3.3.5 煤的组分

本项目所用煤全部来源于新疆哈密低硫煤，灰分 11%，挥发分 28%，固定炭 50~60%，硫分 0.4%。

### 3.3.6 主要经济技术指标

本项目石煤提钒主要经济技术指标详见下表所示

表 3.3-3 本项目石煤提钒主要经济技术指标一览表

| 序号 | 项目    | 指标  | 单位  | 备注                |
|----|-------|-----|-----|-------------------|
| 1  | 处理矿石量 | 600 | t/d | 年运行 300d，18 万 t/a |

|   |                                 |         |     |           |
|---|---------------------------------|---------|-----|-----------|
| 2 | 原矿品位                            | 0.70    | %   | 石煤钒矿石入选品位 |
| 3 | 脱碳温度                            | 700~800 | ℃   |           |
| 4 | 脱碳产率                            | 81      | %   |           |
| 5 | 总回收率                            | 65.59   | %   |           |
| 6 | NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub> | 2.33    | t/d | 产品，700t/a |
| 7 | 项目总投资                           | 34843   | 万元  |           |

### 3.3.7 现有工程主要生产设备

本项目现有工程主要设备情况详见下表所示：

表 3.3-4 本项目现有工程主要设备一览表

| 序号              | 设备名称     | 型号                  | 单位 | 数量 | 备注                  |
|-----------------|----------|---------------------|----|----|---------------------|
| <b>一、破碎磨矿车间</b> |          |                     |    |    |                     |
| 1               | 重型板式给料机  | BWJ1250×5000        | 台  | 1  |                     |
| 2               | 颚式破碎机    | PE600×900           | 台  | 1  |                     |
| 3               | 细碎圆锥破碎机  | PYD-1750            | 台  | 1  |                     |
| 4               | 中碎圆锥破碎机  | GP-1005             | 台  | 1  |                     |
| 5               | 圆振动筛     | YA2148              | 台  | 1  |                     |
| 6               | 立磨机      | BYMR24.21           | 台  | 1  | 环评中为干式球磨机           |
| 7               | 脉冲袋式除尘器  | LJQM64×4            | 套  | 2  |                     |
| 8               | 斗式提升机    | NE100，高度 27.1m      | 台  | 2  |                     |
| 9               | 1#皮带输送机  | B=800，L=44m，a=16°   | 条  | 1  |                     |
| 10              | 2#皮带输送机  | B=650，L=4.5m，a=0°   | 条  | 1  |                     |
| 11              | 3#皮带输送机  | B=800，L=52m，a=12°   | 条  | 1  |                     |
| 12              | 4#皮带输送机  | B=800，L=44m，a=16°   | 条  | 1  |                     |
| 13              | 5#皮带输送机  | B=800，L=21m，a=16°   | 条  | 1  |                     |
| 14              | 6#皮带输送机  | B=800，L=36.71m，a=0° | 条  | 1  |                     |
| <b>二、脱碳发电车间</b> |          |                     |    |    |                     |
| 15              | 循环流化床锅炉  | 55t/h               | 台  | 2  | 实际仅运行 1 台           |
| 16              | 湿法脱硫系统   | 双碱法脱硫               | 套  | 1  |                     |
| 17              | 电袋复合除尘系统 |                     | 套  | 2  | 与循环流化床锅炉配套，实际仅运行一套， |
| 18              | 空气冷却器    | LRW-740kw           | 台  | 1  |                     |
| <b>三、焙烧车间</b>   |          |                     |    |    |                     |
| 18              | 螺旋输送机    | LS400×10×71-M1      | 台  | 1  |                     |
| 19              | 压砖系统     | ZY1200A             | 套  | 2  |                     |
| 20              | 自动运砖码砖机  |                     | 套  | 2  |                     |
| 21              | 步进式焙烧炉   | L192.56×B4.45×H1.32 | 套  | 1  |                     |
| 22              | 自动卸砖机    |                     | 台  | 2  |                     |
| 23              | 复合式破碎机   | PC40                | 台  | 1  |                     |
| 24              | 球磨机      | MQG                 | 台  | 1  |                     |

| 四、熟化浸出车间 |                             |                           |   |    |                              |
|----------|-----------------------------|---------------------------|---|----|------------------------------|
| 25       | 熟化料仓                        | 50m <sup>3</sup>          | 个 | 1  |                              |
| 26       | 双轴加湿混料机                     | YJS-400                   | 台 | 2  |                              |
| 27       | 浸出搅拌槽                       | 60m <sup>3</sup>          | 个 | 3  |                              |
| 28       | 中和调节槽                       | 25m <sup>3</sup>          | 个 | 3  |                              |
| 29       | 带式过滤机                       | DU72-3000                 | 台 | 2  |                              |
| 30       | 板框过滤机                       | X10MZ40/800-UK            | 台 | 2  |                              |
| 31       | 贵液输送泵                       |                           | 台 | 2  | 一用一备                         |
| 五、离子交换车间 |                             |                           |   |    |                              |
| 32       | 离子交换树脂柱                     | Ø1500×5800                | 台 | 14 |                              |
| 33       | 解吸液配置槽                      | 15m <sup>3</sup>          | 个 | 1  |                              |
| 34       | 解吸剂储槽                       | 31.5m <sup>3</sup>        | 个 | 1  |                              |
| 35       | 转型剂配制槽                      | 15m <sup>3</sup>          | 个 | 1  |                              |
| 36       | 转型剂储槽                       | 53m <sup>3</sup>          | 个 | 2  |                              |
| 37       | 电动葫芦                        | CD1, 1T, 跨度 14m,<br>H=10m | 台 | 1  |                              |
| 38       | 贫液储槽                        | 25m <sup>3</sup>          | 个 | 2  |                              |
| 六、净化沉钒车间 |                             |                           |   |    |                              |
| 39       | 净化搅拌槽                       | 28m <sup>3</sup>          | 个 | 2  |                              |
| 40       | 沉钒槽                         | 25m <sup>3</sup>          | 台 | 3  |                              |
| 41       | 板框压滤机                       | X16MZ80/1000-UB           | 台 | 4  |                              |
| 42       | 离心机                         | LXD500                    | 台 | 4  |                              |
| 七、水处理站   |                             |                           |   |    |                              |
| 43       | 空冷冷却水、3#<br>洗水、吸附余液<br>处理系统 | 40m <sup>3</sup> /h       | 套 | 1  | 环评中为中和沉<br>淀+反渗透处理系<br>统+晒盐池 |
| 44       | 沉钒母液处理系<br>统                | 10m <sup>3</sup> /h       | 套 | 1  | 环评中为反渗透<br>处理系统+晒盐池          |

### 3.4 生产工艺

#### 3.4.1 工艺原理

##### (1) 石煤钒矿的特点

石煤钒矿中的大部分钒以类质同象形式置换六次配位的 Al(三价)而存在于铝氧八面体晶格结构,分子式为  $K(Al,V)[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ ,少量分布在铁铝氧化物中的钒主要是以吸附状态存在的四价和五价钒;这主要是由于 V(三价)和 Al(三价)的离子半径具有大小相似、电负性相近,配位数相同等化学性质,因子, V(三价)容易取代部分 Al(三价),进入六次配位的铝氧八面体晶格结构中形成含钒水云母,详见图 3.4-1 所示。

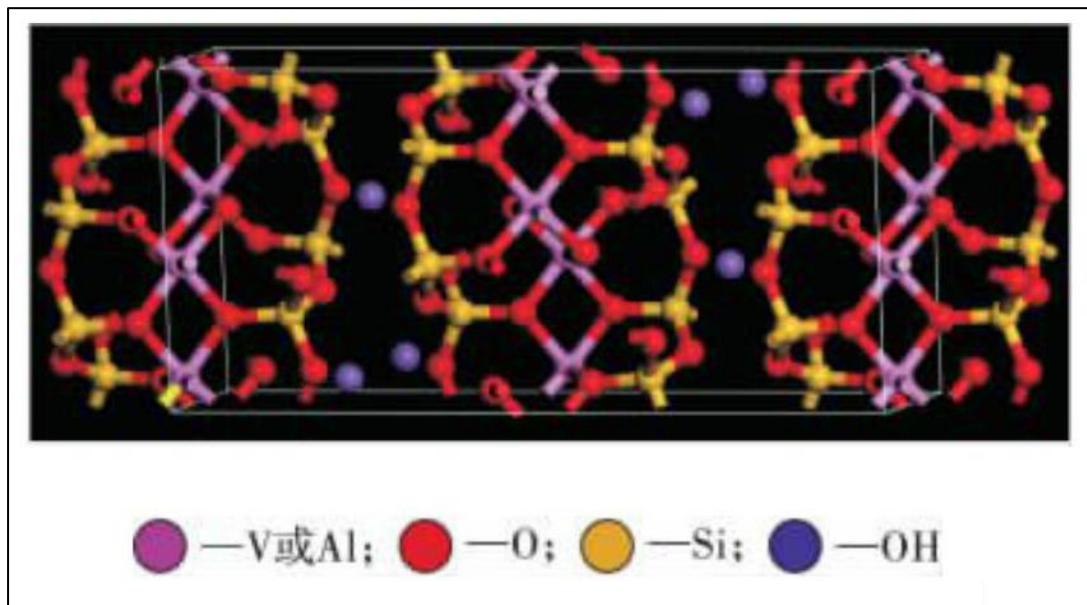


图 3.4-1 含钒云母结构示意图

因此，破坏含钒云母的晶体结构是从石煤钒矿中提取钒的前提，通常在高温或强酸的作用下，使晶体的结构发生变化，从而使晶格中的钒释放出来。

## （2）石煤提钒工艺概述

目前，符合国家政策及准入条件且比较成熟的石煤提钒工艺主要有以下三种：

①钙化焙烧浸出提钒工艺：石煤—破碎磨矿—钙化焙烧—碳酸盐或硫酸浸出—净化富集（离子交换或萃取）—沉钒—煅烧得五氧化二钒产品；

②空白焙烧浸出提钒工艺：石煤—破碎磨矿—空白焙烧—硫酸或烧碱浸出—净化富集（离子交换或萃取）—沉钒—煅烧得五氧化二钒产品；

③拌酸熟化浸出提钒工艺：石煤—破碎磨矿—拌酸熟化—浸出—净化富集（离子交换或萃取）—沉钒—煅烧得五氧化二钒产品；

## （3）本项目采用的工艺

由于博伦公司自产的石煤钒矿含碳量较高，为提高石煤钒矿提钒工序浸出率和总回收率，本项目首先进行脱碳，在 700~800℃的温度下，石煤钒矿中的炭质、有机质以及其他还原性物质被氧化，从而有利于低价钒向高价钒的转化；同时将脱碳产生的热量进行发电，解决矿区双电源问题。提钒整体工艺采用两段破碎——锅炉脱碳——磨矿——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。

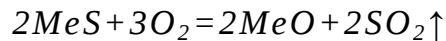
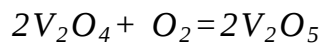
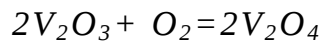
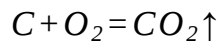
### 3.4.2 石煤提钒工艺流程

#### (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，经老虎口进料口进入原矿仓暂存并调节粗碎作业进料，再通过粗碎、中细碎加工成石煤细料，为下一道脱碳工序创造条件。原矿经过两段一闭路破碎筛分工艺，细矿料产品粒度为-12mm；破碎筛分后的细矿料经转运皮带运至粗矿仓。

#### (2) 脱碳发电

粗矿仓石煤经栈桥皮带廊运至脱碳车间煤仓，经称重皮带给至循环流化床锅炉，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。收集的粉尘输送至灰仓，经气力输送至粉料仓。锅炉灰渣运送至磨矿车间。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

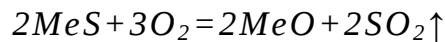
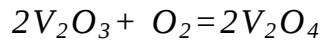
主要针对脱碳锅炉产生的炉渣进行磨矿，磨矿车间配置立磨机和选粉机构成一段闭路循环，选粉机将大于 150 目的大颗粒粉矿返回立磨机继续磨矿，小于 150 目的粉料经管式皮带输送至细矿仓。

#### (4) 氧化焙烧

##### ①压块焙烧

在焙烧工序前，向磨矿粉料中配入水份（87kg/t 矿粉料）并混合均匀，经全自动液压压砖机压制成型为 224×115×55mm 的 8 孔空心砖块，孔径为 Ø30，以便于提高氧化焙烧的效率。压制成型的空心砖块进入步进式焙烧炉进行干燥、氧化焙烧，焙烧炉燃料采用煤气发生站产生的煤气；其中干

燥温度为 105℃，焙烧带温度为 800~900℃。窑体内部步进车行进路线为 U 型，即窑体进口和出口在同一侧。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：



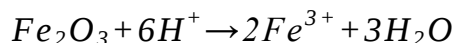
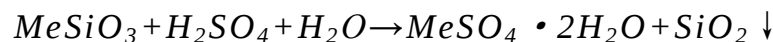
（Me 为 Fe、Ca、Mg、Cu、Ni、Zn 等金属元素）。

## ②破碎球磨

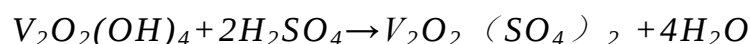
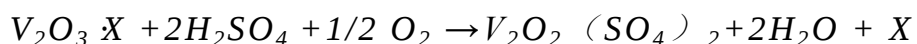
焙烧料经窑内保温后在窑内冷却至<200℃后出炉，然后采用自动卸料机卸焙烧料至链板输送机，经链板输送机送往复合式破碎，破碎后进入熟化粗料仓进行缓冲，之后进入球磨机处理后，焙烧粉料产品粒度为-100目，球磨的粉料进入熟化细料仓。

## （5）浸出工序

根据现场实际调查，本项目实际调试期间，无熟化工序，直接加浓硫酸进行浸出，浸出的目的在于将矿石中的钒转入溶液中，实现钒与大部分杂质分离。使用少量浓硫酸与矿石混合，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 SiO<sub>2</sub>，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

#### (6) 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。浸出渣经皮带输送机转运+汽车运输至尾矿库堆存,固液分离后的浸出贵液进入中和氧化工序。

#### (7) 中和氧化

由于浸出贵液中的酸度比较强,需要中和一部分酸才能保证贵液的树脂吸附;同时含钒溶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,用碳酸钠来调整 pH 值,该过程中发生的化学反应方程式如下:

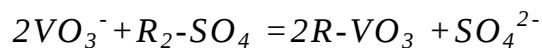


中和氧化后,经板框过滤机分离少量固体渣后,中和贵液进入储槽,中和渣与浸出渣一同经皮带输送机转运+汽车运输至尾矿库堆存。

#### (8) 离子交换

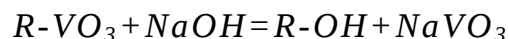
##### ①离子交换吸附

中和贵液进入树脂柱( $SO_4^{2-}$ 阴离子交换树脂),吸附时选择性吸附偏钒酸根阴离子( $VO_3^-$ ),而与溶液中的  $Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Ni^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $As^{2+}$ 、 $Cr^{6+}$ 、 $Cd^{2+}$ 、 $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  等阳离子杂质分离;吸附反应方程式如下所示:



##### ②树脂解吸

负载偏钒酸根阴离子的树脂采用氢氧化钠溶液解吸,得到解吸贵液,解吸反应方程式如下:

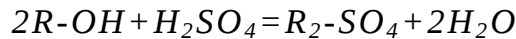


式中 R 为树脂的类型;

##### ③树脂再生

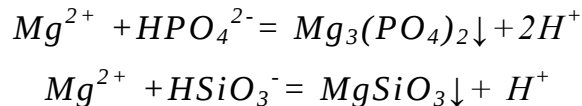
解吸后的树脂再用硫酸转型再生,进入到下一个循环周期中,反应方

程式如下：



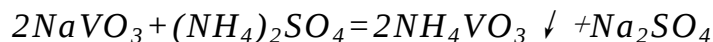
#### (9) 解吸贵液净化

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；采用净化剂搅拌沉降后，解吸贵液进入下一步工序。本项目采用镁制剂除去 P、Si 等杂质，反应方程式如下：



#### (10) 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。

本项目石煤提钒工艺流程及伴生放射性污染物产排环节详见图 3.4-2 所示。

### 3.5 水平衡及核素平衡

#### 3.5.1 水源及水平衡

##### 3.5.1.1 水源

本工程新鲜水（生产和生活用水）的水源地是为 100km 外的瓜州县双塔水库，沿途经建 18 级泵站逐级泵送到厂区，目前博伦公司铁选厂建有一个 2000m<sup>3</sup> 的蓄水池，整体分配铁选厂和石煤提钒选厂的生产、生活用水，同时现有石煤提钒选厂建有一座 500m<sup>3</sup> 的蓄水池，用于石煤提钒选厂生产用水调配，并在废水处理站设有一套 50m<sup>3</sup>/h 的纯水制备系统，用于脱碳锅炉、离子交换、净化等工序。

##### 3.5.1.2 给排水平衡

本项目全厂水平衡详见下表 3.5-1 及图 3.5-1 所示：

表 3.5-1

全厂水平衡

单位: m<sup>3</sup>/d

| 序号       | 用水工序      | 输入数量  |       |        |        |        |       | 输出水量 |        |        |     |        |         |
|----------|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|------|--------|--------|-----|--------|---------|
|          |           | 新鲜水   | 纯水    | 循环水    | 回用水    | 串级水量   | 带入水分  | 纯水   | 循环水    | 串级水量   | 回用水 | 损耗     | 废水      |
| 一、破碎筛分   |           |       |       |        |        |        |       |      |        |        |     |        |         |
| 1        | 破碎、筛分     | /     | /     | /      | /      | /      | 18.0① | /    | /      | 18.0   | /   | /      | /       |
| 二、脱碳发电车间 |           |       |       |        |        |        |       |      |        |        |     |        |         |
| 1        | 脱碳发电      | /     | 90    | /      | /      | 18.0   | /     | /    | /      | /      | /   | 81.6   | 26.4②   |
| 2        | 空冷冷却      | 216.5 | /     | 4920   | /      | /      | /     | /    | 4920   | /      | /   | 172.2  | 44.3③   |
| 3        | 发电脱硫系统    | 74.5  | /     | 6399.9 | 29.6④  | /      | /     | /    | 6399.9 | /      | /   | 104.1  | /       |
| 三、立磨车间   |           |       |       |        |        |        |       |      |        |        |     |        |         |
| 1        | 立磨机冷却     | 15    | /     | 600    | /      | /      | /     | /    | 600    | /      | /   | 15     | /       |
| 四、焙烧车间   |           |       |       |        |        |        |       |      |        |        |     |        |         |
| 1        | 压砖焙烧工序    | 52.2  | /     | /      | /      | /      | /     | /    | /      | /      | /   | 52.2   | /       |
| 五、浸出过滤车间 |           |       |       |        |        |        |       |      |        |        |     |        |         |
| 1        | 浸出工序      | 0     | /     | /      | 969.4⑤ | /      | /     | /    | /      | 969.4  | /   | /      | /       |
| 2        | 浸出渣固液分离工序 | 4.83  | /     | /      | /      | 969.4  |       | /    | /      | 854.03 | /   | 120.2⑥ | /       |
| 3        | 氧化中和及压滤工序 | /     | /     | /      | /      | 854.03 | /     |      |        | 853.91 | /   | 0.12⑦  | /       |
| 六、离子交换车间 |           |       |       |        |        |        |       |      |        |        |     |        |         |
| 1        | 树脂吸附及洗涤   | 1.0   | 23.43 | /      | /      | 853.91 |       | /    | /      | 21.4   | 41⑧ | /      | 815.94⑨ |
| 2        | 树脂解吸及洗涤   | 4.0   | 93.71 | 164    | /      | 21.4   | /     | /    | 164⑩   | 119.11 | /   | /      | /       |

| 序号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 用水工序            | 输入数量           |       |         |     |                     |      | 输出水量           |         |         |                    |                    |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|-------|---------|-----|---------------------|------|----------------|---------|---------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 | 新鲜水            | 纯水    | 循环水     | 回用水 | 串级水量                | 带入水分 | 纯水             | 循环水     | 串级水量    | 回用水                | 损耗                 | 废水                |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 树脂再生及洗涤         | 2.0            | 46.86 | /       | /   | 119.11              | /    | /              | /       | 85.97   | /                  | /                  | 82 <sup>⑪</sup>   |
| 七、净化沉钒车间                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                |       |         |     |                     |      |                |         |         |                    |                    |                   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 净化工序            | /              | 12.2  | /       | /   | 85.97               | /    | /              | /       | 97.2    | /                  | 0.97 <sup>⑫</sup>  | /                 |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 沉钒工序            | /              | /     | /       | /   | 97.2                | /    | /              | /       | /       | /                  | 1.2 <sup>⑬</sup>   | 96 <sup>⑭</sup>   |
| 八、废水处理车间                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                |       |         |     |                     |      |                |         |         |                    |                    |                   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 空冷冷却水+吸附余液+3#洗水 | /              | /     | /       | /   | 942.24 <sup>⑮</sup> | /    | /              | /       | /       | 848.4 <sup>⑯</sup> | 93.84 <sup>⑰</sup> | /                 |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 沉钒母液            | /              | /     | /       | /   | 96                  | /    | /              | /       | /       | 80 <sup>⑱</sup>    | 16 <sup>⑰</sup>    | /                 |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 纯水制备            | 295.8          | /     | /       | /   | /                   | /    | 266.2          | /       | /       | 29.6 <sup>⑲</sup>  | /                  | /                 |
| 九、煤气发生站                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |                |       |         |     |                     |      |                |         |         |                    |                    |                   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 煤气发生炉           | 22.04          | /     | 30.4    | /   | /                   | /    | /              | 30.4    | /       | /                  | 21.2               | 0.84 <sup>⑳</sup> |
| 小计                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 687.87         | 266.2 | 12114.3 | 999 | 4057.26             | 18.0 | 266.2          | 12114.3 | 3019.02 | 999                | 678.63             | 1065.48           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 | 17876.43（不含纯水） |       |         |     |                     |      | 17876.43（不含纯水） |         |         |                    |                    |                   |
| 备注：①根据实际工况调查，本项目日处理石煤钒矿石量 600t/d，石煤钒矿石含水率 3%；②用于精煤仓库和原矿堆场洒水降尘；③空冷冷却水，进入废水处理站与 3#洗水、吸附余液一并处理；④来自纯水制备区浓水和废水处理站 R0 装置淡水；⑤来自废水处理站处理后尾水+1#洗水；⑥浸出渣带走水分⑦中和渣带走水分⑧1#洗水返回浸出工序⑨吸附余液，进入废水处理站，与 3#洗水、空冷冷却水一并处理。⑩2#洗水，闭路返回解吸槽配置解吸液⑪树脂再生洗涤 3#洗水；进入废水处理站，与吸附余液、空冷冷却水一并处理。⑫净化渣带走水分⑬产品偏钒酸铵带出水分；⑭沉钒母液；进入废水处理站沉钒母液处理区处理；⑮=③（空冷冷却水）+⑨（吸附余液）+⑪（3#洗水）；⑯空冷冷却水+吸附余液+3#洗水三股废水在废水处理站处理后的尾水，返回浸出工序⑰废水处理站沉淀物带走水分和三效蒸发器蒸发损耗浓水；⑱沉钒母液处理后的尾水，返回浸出工序；⑲回用于脱硫工序补充水⑳用于煤气发生站储煤场洒水降尘； |                 |                |       |         |     |                     |      |                |         |         |                    |                    |                   |

由上表可知，本项目生产用水总用水量 17876.43m<sup>3</sup>/d，其中新鲜水用水量 687.87m<sup>3</sup>/d，项目生产废水经处理后全部回用，无外排；

本项目生活用水量 30.4m<sup>3</sup>，生活污水产生量 24.3m<sup>3</sup>/d，生活污水经福利区地埋式污水处理站处理后用于厂区绿化、道路洒水降尘等，不外排。

### 3.5.2 核素平衡

根据监测调查，本项目原料和废渣中 <sup>238</sup>U、<sup>226</sup>Ra 核素放射性活度浓度超过 1Bq/g，因此，本次放射性核素平衡分析主要考虑 <sup>238</sup>U、<sup>226</sup>Ra 两种放射性核素。本项目放射性核素平衡详见下表所示：

表 3.5-2 本项目放射性核素平衡表

| 投入                   |                   |             |            | 产出                   |                   |             |            |        |
|----------------------|-------------------|-------------|------------|----------------------|-------------------|-------------|------------|--------|
| 项目                   | 核素                | 比活度 (Bq/kg) | 总活度 (Bq/a) | 项目                   | 核素                | 比活度 (Bq/kg) | 总活度 (Bq/a) | 比例 (%) |
| 石煤原矿<br>180000 (t/a) | <sup>238</sup> U  | 1186        | 2.334E+11  | 气载流出物 31.77<br>(t/a) | <sup>238</sup> U  | 1720        | 54644400   | 0.023  |
|                      | <sup>226</sup> Ra | 1030        | 1.854E+11  |                      | <sup>226</sup> Ra | 1280        | 40665600   | 0.022  |
| /                    | /                 | /           | /          | 浸出渣 140250 (t/a)     | <sup>238</sup> U  | 1245        | 1.641E+11  | 70.313 |
| /                    | /                 | /           | /          |                      | <sup>226</sup> Ra | 1160        | 1.846E+11  | 99.528 |
| /                    | /                 | /           | /          | 中和氧化渣 138 (t/a)      | <sup>238</sup> U  | 425.8       | 56166000   | 0.024  |
| /                    | /                 | /           | /          |                      | <sup>226</sup> Ra | 1246        | 183540000  | 0.099  |
| /                    | /                 | /           | /          | 净化渣 1152 (t/a)       | <sup>238</sup> U  | 55000       | 5.691E+10  | 24.385 |

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护验收监测报告

|    |                   |   |           |             |                   |       |           |       |
|----|-------------------|---|-----------|-------------|-------------------|-------|-----------|-------|
| /  | /                 | / | /         |             | <sup>226</sup> Ra | 8.55  | 12096000  | 0.007 |
| /  | /                 | / | /         | 废水处理站沉淀物    | <sup>238</sup> U  | 582.4 | 1.182E+10 | 5.063 |
| /  | /                 | / | /         | 28000 (t/a) | <sup>226</sup> Ra | 19.26 | 635600000 | 0.343 |
| /  | /                 | / | /         | 产品          | <sup>238</sup> U  | 689.2 | 446600000 | 0.191 |
| /  | /                 | / | /         | (700t/a)    | <sup>226</sup> Ra | 4     | 2800000   | 0.002 |
| 合计 | <sup>238</sup> U  | / | 2.334E+11 | 合计          | <sup>238</sup> U  | /     | 2.334E+11 | 100   |
|    | <sup>226</sup> Ra | / | 1.854E+11 |             | <sup>226</sup> Ra | /     | 1.854E+11 | 100   |

### **3.6 项目变动情况**

#### **3.6.1 实际工程内容对比情况**

本项目实际建设内容与辐射环境影响评价专篇、环评文件及批复的对比情况详见表 3.6-1 所示：

#### **3.6.2 工程变更内容情况**

根据《环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《关于印发环评管理个部分行业建设项目大变动名单的通知》有关规定，建设项目的性质、规模、地点、生产工艺和环境保护措施五个因素中的一项或一项以上发生重大变动，且可能导致环境影响显著变化（特别是不利环境影响加重）的，界定为重大变动。

本项目主要变更工程内容是否属于重大变动初步判断情况详见表 3.6-2 所示。

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司在自主验收企业自查过程中，发现项目生产设备、生产工艺所用药剂及药剂储存、废气和废水处理环保工程发生一些变更，但项目变更未导致环境影响显著变化，特别是不利环境影响加重，不属于重大变动。

表 3.6-1 一期工程实际建设内容与辐射专篇、环评及批复决定建设内容对比一览表

| 工程类别 | 名称     | 辐射专篇、环评及批复建设内容                                                                                                            | 实际建设情况                                                                                                                               | 对比情况                            |
|------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 主体工程 | 破碎磨矿车间 | 占地 4140m <sup>2</sup> ，由粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、中转站、料仓、磨矿厂房组成。粗碎采用 1 台颚式破碎机、中细碎采用两台圆锥破碎机，筛分采用圆振筛，磨矿采用干式球磨机，各厂房均采用皮带输送机连接。         | 一期工程已全部建成，总占地 4140m <sup>2</sup> 。由粗碎厂房、中细碎厂房、筛分厂房、中转站、料仓、磨矿厂房组成。粗碎采用 1 台颚式破碎机、中细碎采用两台圆锥破碎机，筛分采用圆振筛，磨矿采用 BYMR24.2 立磨机，各厂房均采用皮带输送机连接。 | 磨矿设备由原来的干式球磨机变为 BYMR24.2 立磨机    |
|      | 脱碳发电车间 | 占地 2289m <sup>2</sup> ，车间主厂房布置汽机间、除氧间与锅炉房。锅炉房内安装 2 台 55t/h 循环流化床锅炉，汽机间安装 25MW 汽轮发电机组。年发电量 17500 万 Kw·h                    | 一期工程已全部建成，总占地 2289m <sup>2</sup> ，车间主厂房布置汽机间、除氧间与锅炉房。锅炉房内安装 2 台 55t/h 循环流化床锅炉，实际运行 1 台；汽机间安装 25MW 汽轮发电机组，实际发电量 8000~10000 万 Kw·h     | 仅运行 1 台 55t/h 循环流化床锅炉，脱碳余热发电量减少 |
|      | 焙烧车间   | 占地 8769m <sup>2</sup> ，由焙烧厂房、焙烧物料破磨厂房构成。焙烧厂房内配置粉矿仓、全自动配料机、全自动液压压砖机、自动码装机、步进式焙烧炉、全自动卸料机；焙烧物料破磨厂房配置复合式破碎机、斗提机、焙烧细料仓、螺旋输送机等。 | 占地 8769m <sup>2</sup> ，由焙烧厂房、焙烧物料破磨厂房构成。焙烧厂房内配置粉矿仓、全自动配料机、全自动液压压砖机、自动码装机、步进式焙烧炉、全自动卸料机；焙烧物料破磨厂房配置复合式破碎机、斗提机、焙烧细料仓、螺旋输送机等。            | 与环评一致                           |
|      | 浸出过滤车间 | 占地 1080m <sup>2</sup> ，由熟化料仓、熟化仓、浸出槽、带式真空过滤机和浸出液中和氧化罐、陈化池等组成。采用浓硫酸熟化浸出，氯酸钠作为氧化剂，石灰石作为中和剂。                                 | 占地 1080m <sup>2</sup> ，由熟化料仓、熟化仓、浸出槽、带式真空过滤机和浸出液中和氧化罐、陈化池等组成。采用浓硫酸熟化浸出，氯酸钠作为氧化剂，石灰石作为中和剂。                                            | 与环评一致                           |
|      | 离子交换车间 | 占地 720m <sup>2</sup> ，由离子交换柱、吸附、解吸和再生设备等组成。离子交换树脂选用由氯型树脂，解吸采用氢氧化钠溶                                                        | 占地 720m <sup>2</sup> ，由离子交换柱、吸附、解吸和再生设备等组成。离子交换树脂选用由硫酸型树脂，解吸采用氢氧化钠溶液，树脂                                                              | 离子交换树脂由氯型树脂变为硫酸型树脂；             |

| 工程类别 | 名称    | 辐射专篇、环评及批复建设内容                                                                                         | 实际建设情况                                                                                                 | 对比情况                   |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|      |       | 液，树脂再生采用稀盐酸；                                                                                           | 再生采用稀硫酸；                                                                                               | 树脂再生由盐酸变为硫酸            |
|      | 沉钒车间  | 占地 540m <sup>2</sup> ，由净化厂房和沉钒厂房组成。净化厂房配置 2 台浆化槽和板框压滤机，净化剂采用镁制剂；沉钒厂房设置沉钒槽，自动连续卸料离心机、氯化铵药剂暂存间等；沉钒采用氯化铵。 | 占地 540m <sup>2</sup> ，由净化厂房和沉钒厂房组成。净化厂房配置 2 台浆化槽和板框压滤机，净化剂采用镁制剂；沉钒厂房设置沉钒槽，自动连续卸料离心机、氯化铵药剂暂存间等；沉钒采用氯化铵。 | 与环评一致                  |
| 公辅工程 | 供水    | 本项目生产生活用水来自瓜州县双塔水库，沿途经 18 级泵站逐级输送至铁选厂蓄水池，再分配到各用水点，供水能满足项目生产生活需求。                                       | 本项目生产生活用水来自瓜州县双塔水库，沿途经 18 级泵站逐级输送至铁选厂蓄水池，再分配到各用水点，供水能满足项目生产生活需求。                                       | 与环评一致                  |
|      | 供电    | 外部电源从柳园镇架设 110KV 高压供电线路，七角井铁矿厂区内设有 110KV 变电站一座，可满足用电需求。                                                | 外部电源从柳园镇架设 110KV 高压供电线路，七角井铁矿厂区内设有 110KV 变电站一座，可满足用电需求。                                                | 与环评一致                  |
|      | 供暖    | 生产车间采用脱碳余热发电供暖；生活区采用 1 台 2t/h 蒸汽锅炉和 1 台 6t/h 热水锅炉                                                      | 生产车间、生活区均采用脱碳余热发电供暖，新建 5MW 蒸汽换热站一座，生活区经换热站换热后供暖                                                        | 原有蒸汽锅炉和热水锅炉拆除          |
|      | 煤气站   | 现有煤气发生站配备两台 LCG3Q-Φ 3.6 两段式煤气发生炉，单台满负荷煤气量 8000m <sup>3</sup> /h                                        | 一期工程已全部建成，两台 LCG3Q-Φ 3.6 两段式煤气发生炉，单台满负荷煤气量 8000m <sup>3</sup> /h。                                      | 与环评一致                  |
|      | 维修车间  | 建筑面积 756m <sup>2</sup> ，位于焙烧车间东侧，与焙烧车间平行布置                                                             | 建筑面积 756m <sup>2</sup> ，位于焙烧车间东侧，与焙烧车间平行布置                                                             | 与环评一致                  |
|      | 办公区   | 设置提钒和脱碳发电两个办公区，提钒办公区建筑面积 864m <sup>2</sup> ，包括化验室；脱碳发电办公区 1269m <sup>2</sup>                           | 提钒和脱碳办公区合建为一座办公楼，包含化验室、调度中心等；办公楼占地面积 250m <sup>2</sup> ，共 2 层；职工食宿依托博伦矿业有限责任公司福利区。                     | 在厂区内仅设置管理人员办公区，建筑面积减少。 |
|      | 自动化控制 | 生产过程全自动化控制                                                                                             | 生产过程全自动化控制                                                                                             | 与环评一致                  |

| 工程类别 | 名称    | 辐射专篇、环评及批复建设内容                                                                                                                         | 实际建设情况                                                                                                                                                              | 对比情况                                 |
|------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 储运工程 | 石煤堆场  | 占地面积 3000m <sup>2</sup> ，储存矿石 18000t，储存时间为 10d                                                                                         | 占地面积 3000m <sup>2</sup> ，储存矿石 18000t，储存时间为 10d                                                                                                                      | 与环评一致                                |
|      | 精煤仓库  | 占地面积 1500m <sup>2</sup> ，贮存洗精煤，用于锅炉点火及初期配烧。贮存量 4000t                                                                                   | 占地面积 1500m <sup>2</sup> ，贮存洗精煤，用于锅炉点火及初期配烧。贮存量 4000t                                                                                                                | 与环评一致                                |
|      | 原矿仓   | 调节石煤钒矿石进料，容积 80m <sup>3</sup>                                                                                                          | 调节石煤钒矿石进料，容积 80m <sup>3</sup>                                                                                                                                       | 与环评一致                                |
|      | 粗矿仓   | 设置在转运站尾部，暂存调节破碎筛分后进入脱碳锅炉的细料，容积为 510m <sup>3</sup>                                                                                      | 设置在转运站尾部，暂存调节破碎筛分后进入脱碳锅炉的细料，容积为 510m <sup>3</sup>                                                                                                                   | 与环评一致                                |
|      | 细矿仓   | 暂存脱碳锅炉炉渣并经磨矿后的细料，设置 2 个容积为 900m <sup>3</sup> 的料仓。                                                                                      | 暂存脱碳锅炉炉渣并经磨矿后的细料，设置 2 个容积为 900m <sup>3</sup> 的料仓。                                                                                                                   | 与环评一致                                |
|      | 储灰仓   | 用于收集脱碳锅炉电袋复合除尘器收集的灰尘，容积为 600m <sup>3</sup> ，收集的灰尘进入焙烧车间                                                                                | 用于收集脱碳锅炉电袋复合除尘器收集的灰尘，容积为 600m <sup>3</sup> ，收集的灰尘进入焙烧车间                                                                                                             | 与环评一致                                |
|      | 熟化粗料仓 | 用于暂存焙烧空心砖后破碎后拟进入磨矿的细料，并起到调节进料作用，容积为 600m <sup>3</sup>                                                                                  | 用于暂存焙烧空心砖后破碎后拟进入磨矿的细料，并起到调节进料作用，容积为 600m <sup>3</sup>                                                                                                               | 与环评一致                                |
|      | 熟化细料仓 | 暂存焙烧后磨矿的细料，并调节进入熟化工序的细料，容积为 600m <sup>3</sup>                                                                                          | 暂存焙烧后磨矿的细料，并调节进入熟化工序的细料，容积为 600m <sup>3</sup>                                                                                                                       | 与环评一致                                |
|      | 熟化罐   | 暂存熟化后的物料，容积为 50m <sup>3</sup> ，共一个                                                                                                     | 暂存熟化后的物料，容积为 50m <sup>3</sup> ，共一个，但实际未使用熟化罐，焙烧后的细料直接进行浓硫酸浸出                                                                                                        | 与环评一致                                |
|      | 原料产品库 | 设置原辅材料及产品仓库，占地 1000m <sup>2</sup>                                                                                                      | 原辅材料及产品仓库位于沉钒车间东侧，与沉钒车间平行布置，占地约 1000m <sup>2</sup>                                                                                                                  | 与环评一致                                |
|      | 药剂贮存  | ①硫酸、盐酸采用储罐存储，设置容积为 225m <sup>3</sup> 的硫酸储罐 3 个；设置容积为 200m <sup>3</sup> 的盐酸储罐 1 个；②氯化铵在沉钒厂房内设单独仓库；氢氧化钠、碳酸钠、氯酸钠、镁制剂、D301 树脂等药剂，设有专用仓库贮存； | ①硫酸、盐酸采用储罐在储罐区存储，设置容积为 225m <sup>3</sup> 的硫酸储罐 3 个；设置容积为 200m <sup>3</sup> 的盐酸储罐 1 个，另在浸出车间外设置一个容积为 50m <sup>3</sup> 的浓硫酸储罐；②氯化铵在沉钒厂房内设单独仓库；氢氧化钠、碳酸钠、镁制剂、D301 树脂等药剂 | 与环评相比，由于实际生产工序未新增一个硫酸储罐；氯酸钠设置独立仓库贮存。 |

| 工程类别 | 名称   | 辐射专篇、环评及批复建设内容                                                                              | 实际建设情况                                                                                      | 对比情况  |
|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|      |      |                                                                                             | 在药剂仓库贮存；氯酸钠设独立仓库贮存；                                                                         |       |
|      | 厂内道路 | 厂区道路为四级道路，长度 2480m，主干道路面宽度 15m，次干道路面宽度 7m，均采用水泥混凝土路面。                                       | 厂区道路为四级道路，长度 2480m，主干道路面宽度 15m，次干道路面宽度 7m，采用水泥混凝土路面。                                        | 与环评一致 |
| 环保工程 | 废气   | 石煤粗碎、中细碎、筛分、转运站均设置集气收尘设施，并配套引风管，其中粗碎和细碎产生的粉尘与脱碳后磨矿产生的粉尘共用一套脉冲布袋除尘器，尾气经内径 0.8m，高 30m 的排气筒排放； | 石煤粗碎、中细碎、筛分、转运站均设置集气收尘设施，并配套引风管，其中粗碎和细碎产生的粉尘与脱碳后磨矿产生的粉尘共用一套脉冲布袋除尘器，尾气经内径 0.8m，高 30m 的排气筒排放； | 与环评一致 |
|      |      | 筛分工序产生的粉尘单独设置一套脉冲布袋除尘器，尾气经内径 0.8m，高 30m 的排气筒排放；各车间物料转运均采用皮带输送机，走廊整体密闭。                      | 筛分工序产生的粉尘单独设置一套脉冲布袋除尘器，尾气经内径 0.8m，高 30m 的排气筒排放；各车间物料转运均采用皮带输送机，走廊整体密闭。                      | 与环评一致 |
|      |      | 脱碳循环流化床锅炉烟气分别经电袋复合除尘后，进入同一脱硫塔采用双碱法脱硫，脱硫后经 60m 高，内径 3.2m 的烟囱排放。                              | 实际仅运行一台循环流化床锅炉，脱碳循环流化床锅炉烟气经电袋复合除尘后，进入脱硫塔采用双碱法脱硫，脱硫后经 60m 高，内径 3.2m 的烟囱排放。                   | 与环评一致 |
|      |      | 步进式焙烧炉尾气采用袋式除尘器装置进行处理，设置 30m 高、内径 1.0m 的烟囱排放                                                | 步进式焙烧炉尾气采用袋式除尘器装置进行处理，经内径 1.0m 的烟囱排放，烟囱高度 15m；                                              | 与环评一致 |
|      |      | 焙烧料破碎磨矿采用脉冲性布袋除尘器，排气筒 30m 高，内径 0.8m                                                         | 焙烧料破碎磨矿采用脉冲性布袋除尘器处理后，经内径 0.8m 排气筒排放，排气筒高度 15m；                                              | 与环评一致 |
|      |      | 各筒仓均设置仓顶除尘器（6 个）                                                                            | 粗矿仓、细矿仓×2、储灰仓、熟化粗料仓、熟化细料仓共 6 个筒仓均设置仓顶除尘器。                                                   | 与环评一致 |
|      |      | 浸出槽硫酸雾采用碱液进行洗涤（酸雾净化塔），效率 95%；                                                               | 浸出槽设置集气罩，浸出过程产生的硫酸雾经集气罩收集后进入酸雾净化塔，采用                                                        | 与环评一致 |

| 工程类别 | 名称 | 辐射专篇、环评及批复建设内容                                 | 实际建设情况                                                                           | 对比情况     |
|------|----|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 环保工程 |    |                                                | 氢氧化钠溶液进行洗涤，处理效率 95%。                                                             |          |
|      |    | 沉钒氨气采用盐酸溶液吸收，效率 99%                            | 沉钒采用氯化铵，产生的氨气进入氨气吸收塔，采用稀硫酸溶液吸收，生成的氯化铵副产品返回沉钒工序；处理效率 99%                          | 与环评一致    |
|      |    | 尾矿库采用浓水及渗滤液洒水降尘                                | 尾矿库采用浓水洒水降尘                                                                      | 与环评一致    |
|      |    | 石煤堆场设置防风抑尘网+洒水降尘                               | 石煤堆场设置 8m 高防风抑尘网+洒水降尘                                                            | 与环评一致    |
|      |    | 储煤场设置密闭仓库+洒水降尘                                 | ①精煤仓库采用密闭仓库+洒水降尘；②煤气发生炉煤场采用 8m 高防风抑尘网+洒水降尘；                                      | 与环评一致    |
|      | 废水 | 吸附余液、3#洗水、沉钒母液全部进入废水处理站进行深度处理，处理后回用，浓水用于尾矿库降尘； | 生产工序中产生的吸附余液、3#洗水、空冷冷却水、沉钒母液全部进入废水处理站进行处理，新增一套 10t/h 三效蒸发器，冷凝水回用；纯水制备站浓水用于尾矿库降尘； | 废水处理工艺变化 |
|      |    | 1#洗水返回浸出； 2#洗水用于制备解吸剂；                         | 1#洗水返回浸出；2#洗水用于制备解吸剂；                                                            | 与环评一致    |
|      |    | 脱碳锅炉排污水用于洒水降尘                                  | 脱碳锅炉排污水用于洒水降尘                                                                    | 与环评一致    |
|      |    | 脱碳发电车间冷却水循环利用，排污水进废水处理站                        | 脱碳发电车间冷却水循环利用，排污水进废水处理站处理                                                        | 与环评一致    |
|      |    | 尾矿库渗滤液经收集用于尾矿库洒水降尘；                            | 尾矿库设置渗滤液收集池收集渗滤液，                                                                | 与环评一致    |
|      |    | 煤气站含酚水单独集中收集，返回发生炉做气化剂；煤气发生炉浊排水用于洒水降尘          | 煤气站含酚水单独集中收集，返回发生炉做气化剂；煤气发生炉浊排水用于洒水降尘                                            | 与环评一致    |
|      |    | 纯水制备废水用于脱硫补充水                                  | 纯水制备废水用于脱硫补充水                                                                    | 与环评一致    |
|      |    | 生活污水送至生活福利区集中处理，处理后用于绿化和洒水降尘。                  | 生活污水送至生活福利区集中处理，处理后用于绿化和洒水降尘。                                                    | 与环评一致    |
|      | 噪声 | 基础减振、厂房隔音、隔声罩（间）、                              | 基础减振、厂房隔音、隔声罩（间）、消                                                               | 与环评一致    |

| 工程类别 | 名称 | 辐射专篇、环评及批复建设内容                                                                                                                                 | 实际建设情况                                                                                                                                                  | 对比情况  |
|------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|      |    | 消声器                                                                                                                                            | 声器                                                                                                                                                      |       |
|      | 固废 | 生产工艺及废水处理站产生的固废全部进入尾矿库堆存；尾矿库有效库容 180 万 m <sup>3</sup> ，占地 20hm <sup>2</sup> 。采用两工一膜防渗，渣库整体防渗；按照一般工业固体废物 II 类场建设，渗透系数小于 10 <sup>-10</sup> cm/s。 | 生产工序产生的浸出渣、中和氧化渣、净化渣及废水处理站产生的沉淀物全部清运至尾矿库堆存；尾矿库位于厂区东侧，占地 20hm <sup>2</sup> ，有效库容 180 万 m <sup>3</sup> ，按照一般工业固体废物 II 类场建设，渗透系数小于 10 <sup>-10</sup> cm/s。 | 与环评一致 |
|      |    | 煤气站焦油在池内暂存后外售。焦油池防渗。                                                                                                                           | 产生的煤焦油按照危险废物暂存，焦油池全防渗；                                                                                                                                  | 与环评一致 |
|      |    | 煤气发生炉灰渣在灰尾矿库暂存，填充矿山采空区                                                                                                                         | 煤气发生炉灰渣在灰尾矿库暂存，定期清运至博伦铁选厂膏体充填站，用于矿山采空区充填                                                                                                                | 与环评一致 |
|      |    | 布袋除尘器收集的粉尘返回生产系统回用                                                                                                                             | 布袋除尘器收集的粉尘全部返回生产系统回用                                                                                                                                    | 与环评一致 |
|      |    | 脱硫石膏经压滤，在石膏池暂存+外售                                                                                                                              | 脱硫石膏经压滤，在石膏池暂存+外售                                                                                                                                       | 与环评一致 |
|      |    | 生活垃圾暂存在垃圾池内，公司统一送环保部门指定的垃圾场                                                                                                                    | 生活垃圾暂存在垃圾池内，公司统一送环保部门指定的垃圾场                                                                                                                             | 与环评一致 |

表 3.6-2 工程变更主要内容分析表

| 序号     | 项目     | 变更内容                                                      | 变更原因                                                                                                                                               | 是否构成重大变动分析                                            | 结论 |
|--------|--------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----|
| 一、主体工程 |        |                                                           |                                                                                                                                                    |                                                       |    |
| 1      | 破碎磨矿车间 | 磨矿设备由原来的干式球磨机变为 BYMR24.2 立磨机                              | 立磨机相对于传统干磨机，设备整体密封且在负压条件下磨矿，磨矿工序中无粉尘外溢，可有效减少生产过程中的物料损失，同时可改善现场工作环境。                                                                                | 设备变更，未造成不利环境影响加重。                                     | 否  |
| 2      | 浸出过滤车间 | 原石煤提钒生产工序中采用浓硫酸拌酸熟化+浸出改为直接用浓硫酸浸出                          | 高温或强酸是破坏石煤钒矿云母矿物晶格结构常用的两种方法，目的使更多的钒裸露出来，易于被空气氧化；本项目经脱碳锅炉、氧化焙烧两道高温工序，云母矿物晶格结构已经基本破坏，熟化工序一方面需要热源，另一方面根据建设单位调试的数据，熟化+浸出与直接浓硫酸浸出对浸出率的影响很小，故调试中采用浓硫酸浸出。 | 采用浓硫酸直接浸出，减少了原熟化工序产生的硫酸雾，未造成不利环境影响加重                  | 否  |
| 3      | 离子交换车间 | 离子交换树脂由氯型树脂变为硫酸型树脂；树脂再生由盐酸变为硫酸                            | 氯型树脂与硫酸型树脂的吸附原理相同，但氯型树脂再生采用稀盐酸，盐酸易挥发，需定期添加挥发抑制剂，管理较难；同时，本项目使用硫酸较多，更换硫酸型树脂类型及转型剂，有利于统一厂区使用的药剂，且浓硫酸较浓盐酸，不易挥发，不需要定期添加挥发抑制剂，便于管理。                      | 整体工艺原理未发生变化，药剂更换减少盐酸雾挥发，同时硫酸雾采用酸雾吸收塔处理后排放，未造成不利环境影响加重 | 否  |
| 二、公辅工程 |        |                                                           |                                                                                                                                                    |                                                       |    |
| 1      | 供暖工程   | 生活区采用 1 台 2t/h 蒸汽锅炉和 1 台 6t/h 热水锅炉全部拆除，变为脱碳余热经换热器后用于生活区供暖 | 原有 2t/h 蒸汽锅炉和 6t/h 热水锅炉均不符合现行环保政策的要求，同时脱碳锅炉余热较丰富，采用 5MW 蒸汽换热站换热后热水供暖，能满足厂区生活区冬季供暖符合要求。                                                             | 减少颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量，利用现有脱碳锅炉余热供暖，减轻了对大气环境的影响。         | 否  |

| 序号     | 项目   | 变更内容                                                                                                           | 变更原因                                                                                                                                                                                            | 是否构成重大变动分析                             | 结论 |
|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----|
| 2      | 办公区  | 环评中提钒和脱碳发电两个办公区合建为一座 2 层办公楼                                                                                    | 便于厂区集中管理,办公区仅管理人员办公,员工及管理人员食宿全部依托博伦矿业有限责任公司福利区。                                                                                                                                                 | 管理更加规范,未造成不利影响加重。                      | 否  |
| 三、储运工程 |      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                 |                                        |    |
| 1      | 药剂储存 | 浸出车间外新增一个容积为 50m <sup>3</sup> 的浓硫酸储罐                                                                           | 新增容积 50m <sup>3</sup> 的浓硫酸储罐主要用于备用;浸出车间所用浓硫酸主要从硫酸储罐区经防腐耐酸管道输送投加,管道输送距离较长,且储罐区较浸出车间地势较低,需加泵输送,为防止事故状态影响生产,设置备用浓硫酸储罐一座。                                                                           | 浓硫酸储量增加,浓盐酸储量减少,总储量增加。                 | 否  |
|        |      | 氯酸钠设置独立仓库贮存                                                                                                    | 氯酸钠属于强氧化剂,根据现行危化品防范要求,需设置独立仓库贮存                                                                                                                                                                 | 管理更加规范,未造成不利影响加重。                      | 否  |
| 四、环保工程 |      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                 |                                        |    |
| 2      | 废水处理 | 吸附余液处理工艺由环评中“中和+絮凝沉淀+过滤+膜分离工艺”变为石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置+强制循环三效蒸发器处理,RO 淡水、冷凝水排至回用水池回用,得到的固体废物外运尾矿库堆存 | 实际运行中,吸附余液中含有少量重金属、硫酸盐类,原环评中的工艺处理效率较低,尾水再次利用影响偏钒酸铵产品的质量,故建设单位经走访南方同类型企业,引进石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置处理+三效蒸发,并将空冷冷却水、吸附余液、3#洗水混合后一并处理,可有效去除重金属,悬浮物、SiO <sub>2</sub> 、硫酸盐类,确保提钒工序偏钒酸铵产品质量。 | 生产废水处理工艺变化,提高了处理效率,未造成不利影响加重。          | 否  |
|        |      | 沉钒母液处理由一体净化器+多介质过滤器+活性炭过滤器+保安过滤器工艺+蒸发结晶+防渗晒盐池变更为强碱+混凝+板框压滤+盐酸调节 pH                                             | 由于沉钒工序前采用镁制剂对解吸贵液进行净化,沉钒工序采用氯化铵沉钒,故废水中 Mg <sup>2+</sup> 和 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 较多,为确保回用水质不会对产品质量产生较大的影响,同时为了回收部分铵盐,故建设单位实际采用强碱+混凝+板框                                                    | 生产废水处理工艺变化,提高了处理效率,并回收部分氯化铵,未造成不利影响加重。 | 否  |

| 序号 | 项目 | 变更内容                                | 变更原因                                                                                    | 是否构成重大变动分析 | 结论 |
|----|----|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|
|    |    | 值+强制循环三效蒸发器，冷凝水排至回用水池回用，得到的氯化铵返回生产线 | 压滤+盐酸调节 pH 值+强制循环三效蒸发器，首先通过强碱+混凝+板框压滤去除 $Mg^{2+}$ ，其次通过投加硫酸与 $NH_4^+$ 反应生成氯化铵，返回提钒生产工序。 |            |    |

## **4、放射性污染防治措施**

### **4.1 放射性污染防治措施“三同时”落实情况**

#### **4.1.1 辐射环境保护工程投资**

本项目辐射环境保护工程投资主要包括监测设备购买,人员监测及培训、大气污染防治、废水处理、固体废物处置等方面。本项目辐射环境影响评价专篇阶段预计辐射环境保护工程投资 663 万元,实际辐射环境保护工程投资 70.78 万元;辐射环境保护投资降低的原因主要为原辐射专篇阶段期间的辐射环境保护工程投资大部分属于工程环保投资,该部分投资已在项目竣工环境保护验收中涵盖,本次辐射验收不再重复计入。

本项目辐射环境保护工程投资落实情况详见表 4.1-1 所示:

#### **4.1.2 放射性污染防治设施“三同时”落实情况**

依据《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程项目辐射环境影响评价(专章)》(甘肃省核与辐射安全局,2014 年)和《甘肃省环境保护厅关于肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目辐射环境影响评价专篇的审查意见》(甘环核发〔2014〕1 号),本项目放射性污染防治设施“三同时”落实情况详见表 4.1-2 所示:

表 4.1-1 本项目辐射环境保护工程投资落实情况一览表

| 类型      | 辐射环境影响评价专篇              |                    |        | 实际情况                                                                                                                              |        |         |
|---------|-------------------------|--------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|
|         | 内容                      | 数量                 | 费用（万元） | 内容                                                                                                                                | 数量     | 费用（万元）  |
| 监测设备    | X-γ 剂量率仪                | 4 台                | 6      | X-γ 剂量率仪                                                                                                                          | 1      | 4.5     |
|         | α、β 表面污染监测仪             | 2 台                | 10     | /                                                                                                                                 | /      | /       |
|         | 氡连续监测仪                  | 2 台                | 10     | /                                                                                                                                 | /      | /       |
|         | 便携式氡及其子体测量仪             | 2 台                | 20     | 氡测量仪（RAD7）                                                                                                                        | 1      | 6.88    |
| 人员      | 放射性培训                   | 150 人              | 10     | 已组织人员参加公司组织的培训会                                                                                                                   | 100 人次 | 20.0    |
|         | 剂量监测                    | 150 人              | 4.5    | 个人辐射剂量报警仪（TPD-03）                                                                                                                 | 20     | 5.6     |
|         | 防护用品                    | 150 人              | 7.5    | 铅防护服（通用型）                                                                                                                         | 10     | 2.3     |
| 尾矿坝     | 尾矿坝的建设、块石护坡、砾石覆压、复垦、绿化等 | /                  | 150    | 尾矿坝占地 20hm <sup>2</sup> ，有效容积 180 万 m <sup>3</sup> ，库区整体防渗。                                                                       | /      | 已列入环保投资 |
| 废气处理措施  | 矿井内除尘器及通风设施             | 2 套                | 60     | 矿山井巷工程目前正在施工                                                                                                                      | /      | /       |
| 废水处理设施  | 渗滤液收集回用系统               | 1 套                | 15     | 新建一座废水处理站，包括两部分：<br>①空冷冷却水、吸附余液、3#洗水混合后，采用石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置+强制循环三效蒸发处理工艺；②沉钒母液采用强碱+混凝+板框压滤+硫酸调节 pH 值+强制循环三效蒸发处理工艺 | 1      | 已列入环保投资 |
|         | 中和沉淀预处理+反渗透深度处理         | 1 套                | 200    |                                                                                                                                   |        |         |
|         | 蒸发池                     | 4 万 m <sup>2</sup> | 80     |                                                                                                                                   |        |         |
| 尾矿库退役治理 | 预留尾渣坝退役治理费用             | /                  | 50     | 预留尾渣坝退役治理费用                                                                                                                       | /      | 已列入环保投资 |

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护验收监测报告

|          |                          |   |     |                                  |    |       |
|----------|--------------------------|---|-----|----------------------------------|----|-------|
| 监测费用     | 委托有资质单位进行样品监测            | / | 20  | 委托甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司进行监测           | /  | 30.0  |
| 工作场所防护措施 | 电离警示标志、分区管理警示标识、警戒线、警示牌等 | / | 20  | 各生产车间门口、尾矿库、废水处理站均设置电离警示标志和标示标牌等 | 12 | 1.5   |
| 合计       |                          | / | 663 | 合计                               | /  | 70.78 |

注：与专篇阶段相比，本次竣工辐射环境保护验收之前，已完成竣工环境保护验收，已涵盖水气声渣等所有环保设施的投资，故本本次辐射验收中不再将废气、废水和固体废物防治设施投资纳入辐射环境保护投资中重复计算。

表 4.1-2 放射性污染防治设施“三同时”落实情况一览表

| 序号 | 辐射环境影响评价专篇及批复要求                                                                                                                | 实际建设情况                                                                                                                   | 是否落实 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 在矿石处理车间（颚式破碎、中碎车间、球磨车间等）、压块和焙烧车间大门设置警示标牌，防止非工作人员入内                                                                             | 已在破碎车间、筛分车间、脱碳车间、焙烧车间、浸出车间、离子交换车间和沉钒车间等车间大门设置设置警示标牌，防止非工作人员入内                                                            | 已落实  |
| 2  | 按照报告中要求配备相应监测仪器，购买防护用品，按照报告中要求制定环境监测计划                                                                                         | 已按照辐射专篇中的要求购买相应的监测仪器和防护用品，并按照辐射专篇及最新的政策要求开展辐射环境监测                                                                        | 已落实  |
| 3  | 从事石煤开采、矿石处理等工作的职业人员，应遵守国家有关放射工作人员个人剂量监测和健康管理的要求，由用人单位组织上岗前和在岗期间定期的职业健康检查，开展个人剂量监测，并建立职业卫生档案。经体检未达到相应标准的人员不得参加放射工作，必须每季度读个人剂量一次 | 建设单位已按照相关要求，在项目投产试运行后，开展个人剂量监测，并建立个人职业卫生档案。                                                                              | 已落实  |
| 4  | 成立辐射环境管理机构，制定工作管理制度                                                                                                            | 建设单位按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、《伴生放射性矿辐射环境保护管理办法》中的相关要求，已于 2021 年 10 月 13 日成立辐射安全与环境保护管理领导小组，主要职责为落实建设单位在矿产资源开发利用过程中各项辐射安全管理制度。 | 已落实  |
| 5  | 对相应辐射工作人员进行辐射安全防护培训，取得辐射安全上岗证，并定期组织辐射防护培训及考核                                                                                   | 建设单位已对辐射工作人员定期进行辐射防护培训。                                                                                                  | 已落实  |
| 6  | 建立台账制度，如实记录原矿、尾渣、产品的辐射水平、来源和去向等资料，并长期保存。                                                                                       | 已建立台账记录，对原矿（石煤钒矿石）、尾矿（浸出渣、中和氧化渣、净化渣和废水处理站沉                                                                               | 已落实  |

|   |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                           |     |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|   |                                                                                                                                                 | 淀物)和产品(偏钒酸铵)的辐射水平、来源和去向均建立台账记录,长期保存。                                                                                                                                                                      |     |
| 7 | 建设符合放射性污染防治要求的尾渣库,对工艺流程产生废渣进行集中贮存、处置,并完善渣场的防洪、拦渣、渗出液收集处理等措施,防止尾渣流失和渗出液漫流。废渣不得用于建筑主体材料。完善渣场及蒸发池防渗设施,渣场渗滤液经收集后回用洒水降尘,工艺废水经处理后,净水回用,浓水排至蒸发池,均不得外排。 | <p>(1)已按照放射性污染方式要求建立尾矿库,对本项目产生的尾矿(浸出渣、中和氧化渣、净化渣和废水处理站沉淀物)进行集中堆存,并覆土;尾矿库已配套建设截排水沟、排水井及渗滤液收集池,收集的渗滤液回用库区洒水降尘;</p> <p>(2)选矿工序中产生的吸附余液、3#洗水和沉钒母液均进入废水处理站处理后,净水回用选矿工序,浓水进入三效蒸发器,冷凝水回用;废水处理工序产生的沉淀物进入尾矿库堆存。</p> | 已落实 |

## 4.2 放射性污染防治措施

### 4.2.1 伴生放射性废水

#### 4.2.1.1 概述

本项目产生废、污水主要包括脱碳发电车间锅炉排污水、空冷系统冷却水、离子交换工序吸附余液、吸附后 1#洗水、解吸后 2#洗水、再生后 3#洗水、沉钒母液、废水处理站 RO 浓水、强制三效蒸发器冷凝水、尾矿库渗滤液、煤气发生站含酚废水、浊排水、纯水制备站浓水、生活污水。根据生产工艺及核素平衡，本项目放射性废水主要为吸附余液、1#洗水、2#洗水、3#洗水、沉钒母液、废水处理站浓水、尾矿库渗滤液。

#### (1) 吸附余液

本项目吸附余液来自离子交换工序，中和贵液通过硫酸型树脂，吸附时选择性吸附偏钒酸根阴离子（ $\text{VO}_3^-$ ），而与溶液中的  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{As}^{3+}$ 、 $\text{Cr}^{6+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 等阳离子杂质分离；吸附余液产生量为  $815.94\text{m}^3/\text{d}$ （ $244782\text{m}^3/\text{a}$ ），该工序中和贵液来自于浸出工序后浸出液中和氧化工序，故其在钒矿石固相转为液相的过程中，均含有放射性，即吸附余液具有放射性，主要放射性核素为  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、Th，全部进入废水处理站处理。

#### (2) 吸附后 1#洗水、解吸后 2#洗水、再生后 3#洗水

①离子交换工序吸附后 1#洗水来自于树脂吸附后冲洗产生，产生量为  $41\text{m}^3/\text{d}$ （ $12300\text{m}^3/\text{a}$ ），全部闭路返回浸出工序，在生产工序内循环，不外排；

②解吸后 2#洗水来自树脂解吸后冲洗产生，产生量为  $164\text{m}^3/\text{d}$ （ $49200\text{m}^3/\text{a}$ ），全部闭路返回解析剂配制槽，用于解析剂配置，在生产工序内循环，不外排；

③再生后 3#洗水来自树脂转型再生后冲洗产生，产生量为  $82\text{m}^3/\text{d}$ （ $24600\text{m}^3/\text{a}$ ），具有放射性，主要放射性核素为  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、Th，进入废水处理站处理。

#### (3) 沉钒母液（含偏钒酸铵洗水）

沉钒工序中，通过对净化后的贵液投加氯化铵，与贵液中的偏钒酸钠

发生化学反应，生成偏钒酸铵沉淀析出，过滤后的溶液为沉钒母液；另偏钒酸铵采用过量氯化铵冲洗，产生少量的洗水，沉钒母液（含偏钒酸铵洗水）产生量为  $96\text{m}^3/\text{d}$  ( $28880\text{m}^3/\text{a}$ )，含有放射性，主要放射性核素为  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $\text{Th}$ ，进入废水处理站处理。

#### （4）废水处理站浓水

本项目吸附余液、3#洗水与沉钒母液经处理后产生的浓水，主要放射性核素种类为  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $\text{Th}$ ，全部进入强制循环三效蒸发器蒸发（共用一套  $20\text{t/h}$  的三效蒸发器）损耗，回收的冷凝水返回浸出工序，不外排。

#### （5）尾矿库渗滤液

项目所在区域地处内陆腹地，气候极端干旱，蒸发量远远大于降水量，根据现场实际调查，本项目调试期间，尾矿库未产生渗滤液。

### 4.2.1.2 吸附余液、3#洗水的处理

#### （1）处理能力

本项目吸附余液、3#洗水和空冷冷却水均进入废水处理站吸附余液处理区进行处理，设计处理规模  $1200\text{m}^3/\text{d}$ 。

#### （2）处理工艺

吸附余液、3#洗水通过排水管道进入废水处理站与空冷冷却水混合后，废水量  $942.24\text{m}^3/\text{d}$ ，采用石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置+强制循环三效蒸发器处理，RO 淡水、冷凝水排至回用水池回用，得到的固体废物外运尾矿库堆存。

##### ①化学处理系统

空冷冷却水、吸附余液、3#洗水经排水管道进入调节池混合，并经污水提升泵输送至反应槽；投加石灰、纯碱和混凝剂去除重金属、部分硫酸盐、SS 等，处理后出水进入膜分离系统。该系统包括：调节池及提升泵、一级反应槽及提升泵、1#中间水箱及提升泵、二级反应槽及提升泵、2#中间水箱及提升泵、污泥板框压滤机及污泥斗、石灰投加装置、纯碱投加装置、硫酸投加装置、一体净化器等。

##### ②膜分离系统

化学处理系统出水经电催化装置、消解装置处理后进入膜分离装置，去除水中绝大部分悬浮物、COD、重金属离子、 $\text{SiO}_2$  等，使水质满足 RO 进水水质要求。膜分离系统包括：电催化装置、消解装置、膜分离装置及配套设备、膜分离装置产水箱、混凝剂投加装置、粉末活性炭投加装置等。

### ③高压 RO 系统

膜分离系统出水进入高压 RO 系统，采用高压 RO 装置浓缩减量，RO 装置设计回收率 80%，浓缩约 5 倍。高压 RO 系统处理水量约 37.4t/h，淡水产量约 30t/h，进入冷凝水收集回用生产工序；浓水量约 7.5t/h，溶解盐总量约 50400ppm，进入蒸发器进水池。高压 RO 系统包括：RO 增压泵、保安过滤器、高压泵及段间增压泵、RO 装置、化学清洗装置、还原剂加药装置、阻垢剂加药装置等。

### ④蒸发系统

吸附余液、3#洗水、空冷冷却水与沉钒母液共用一套 10t/h 三效蒸发器。浓缩后的吸附余液、3#洗水、空冷冷却水排入  $600\text{m}^3$  的水池，进入强制循环三效蒸发器。

三效蒸发器的原理：三效蒸发器主要由相互串联的三组蒸发器、冷凝器、盐分离器和辅助设备等组成三组蒸发器以串联的形式运行，组成三效蒸发器。整套蒸发系统采用连续进料连续出料的生产方式。高含盐废水首先进入一效强制循环结晶蒸发器，结晶蒸发器配有循环泵，将废水打入蒸发换热室，在蒸发换热室内，外接蒸气液化产生汽化潜热，对废水进行加热。由于蒸发换热室内压力较大，废水在蒸发换热室中在高于正常液体沸点压力下加热至过热。加热后的液体进入结晶蒸发室后，废水的压力迅速下降导致部分废水闪蒸，或迅速沸腾。废水蒸发后的蒸气进入二效强制循环蒸发器作为动力蒸气对二效蒸发器进行加热，未蒸发废水和盐分暂存在结晶蒸发室。一效、二效、三效强制循环蒸发器之间通过平衡管相通，在负压的作用下，高含盐废水由一效向二效、三效依次流动，废水不断地被蒸发，废水中盐的浓度越来越高，当废水中的盐分超过饱和状态时，水中盐分就会不断地析出，进入蒸发结晶室的

下部的集盐室。吸盐泵不断将含盐的废水送至旋涡盐分离器，在旋涡盐分离器内，固态的盐被分离进入储盐池，分离后的废水进入二效强制循环蒸发器加热，整个过程周而复始，实现水与盐的最终分离。

#### ⑤ 冷凝水回收系统

冷凝器连接有真空系统，真空系统抽掉蒸发系统内产生的未冷凝气体，使冷凝器和蒸发器保持负压状态，提高蒸发系统的蒸发效率。在负压的作用下，三效强制循环蒸发器中的废水产生的二次蒸气自动进入冷凝器，在循环冷却水的冷却下，废水产生的二次蒸气迅速转变成冷凝水。

冷凝水采用连续出水的方式，回收至回用水池，最终返回提钒工序，不外排。

处理工艺流程详见下图 4.2-1 所示。

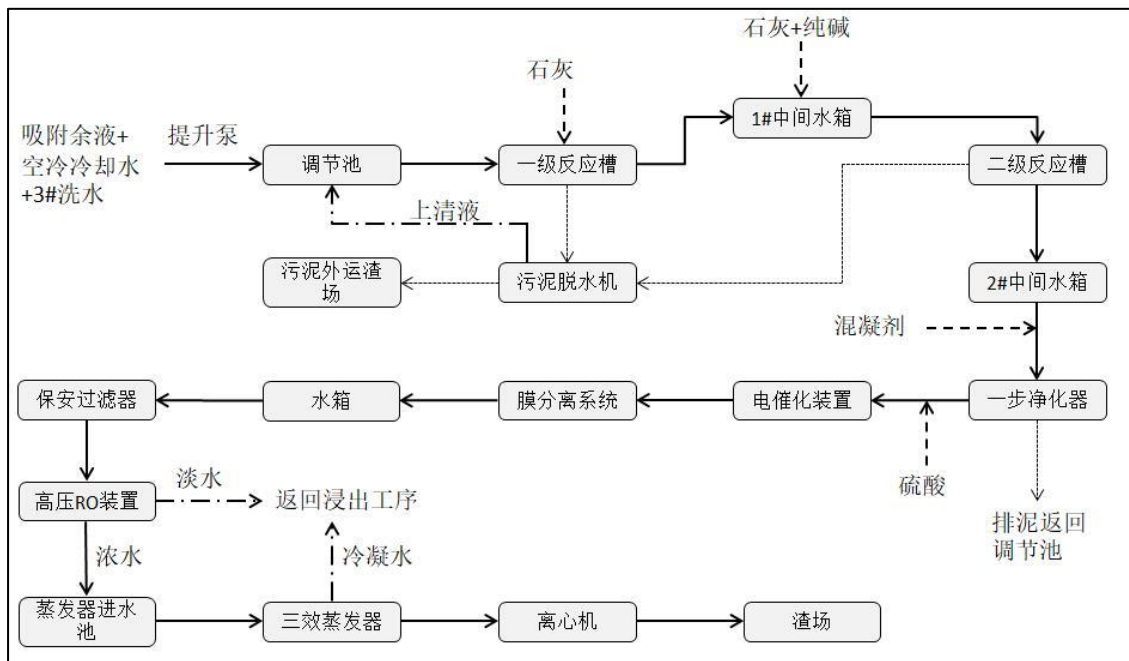


图 4.2-1 吸附余液、3#洗水、空冷冷却水处理工艺流程

#### （3）处理效率

本项目吸附余液、3#洗水和空冷冷却水经石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置+强制循环三效蒸发器处理后，重金属去除率 70%以上，整个工序废水脱盐率能稳定达到 98%以上，可减少绝大部分放射性，可满足后续工艺水质使用要求。

#### （4）尾水去向

吸附余液、3#洗水和空冷冷却水（不含放射性）经处理后的尾水及三效蒸发器冷凝水全部返回浸出工序，不外排。

#### 4.2.1.3 沉钒母液处理

##### （1）处理能力

沉钒母液处理设施设计处理规模  $500\text{m}^3/\text{d}$ ，沉钒母液产生量  $96\text{m}^3/\text{d}$ 。

##### （2）处理工艺

采用强碱+混凝+板框压滤+盐酸调节 pH 值+强制循环三效蒸发器处理工艺，析出氯化铵返回沉钒工序，冷凝水返回浸出工序。

##### ①絮凝沉淀

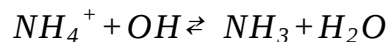
因沉钒母液含有较高的镁离子，直接蒸发会造成氯化铵盐纯度降低，影响回用价值，因此，沉钒母液需要先去除镁离子。沉钒母液进入反应池，通过投加 NaOH 溶液，反应生成  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀，并通过投加混凝剂强化絮凝沉淀效果。

##### ②过滤

经化学反应和絮凝沉淀后，上清液进入中间水箱，浓缩后的污泥经板框压滤机脱水后，泥饼外运尾矿库堆存，滤过液进入中间水箱，经中间水泵增压后进入超滤装置过滤。

##### ③化学反应

在碱性条件下，水中的氨氮，大多以铵离子（ $\text{NH}_4^+$ ）和游离氨（ $\text{NH}_3$ ）保持平衡的状态而存在。其平衡关系式如下：



过滤液加盐酸，与过滤液中的  $\text{NH}_4^+$  发生反应，生成氯化铵，后进入母液蒸发器进料池，经过滤后进入蒸发器。

##### ④蒸发系统和冷凝系统

吸附余液、3#洗水、空冷冷却水与沉钒母液共用一套  $10\text{t/h}$  三效蒸发器；定期切换运行；经三效蒸发器蒸发后得到固体盐氯化铵回用至提钒生产线，冷凝水排至回用水池回用。详见下图所示。

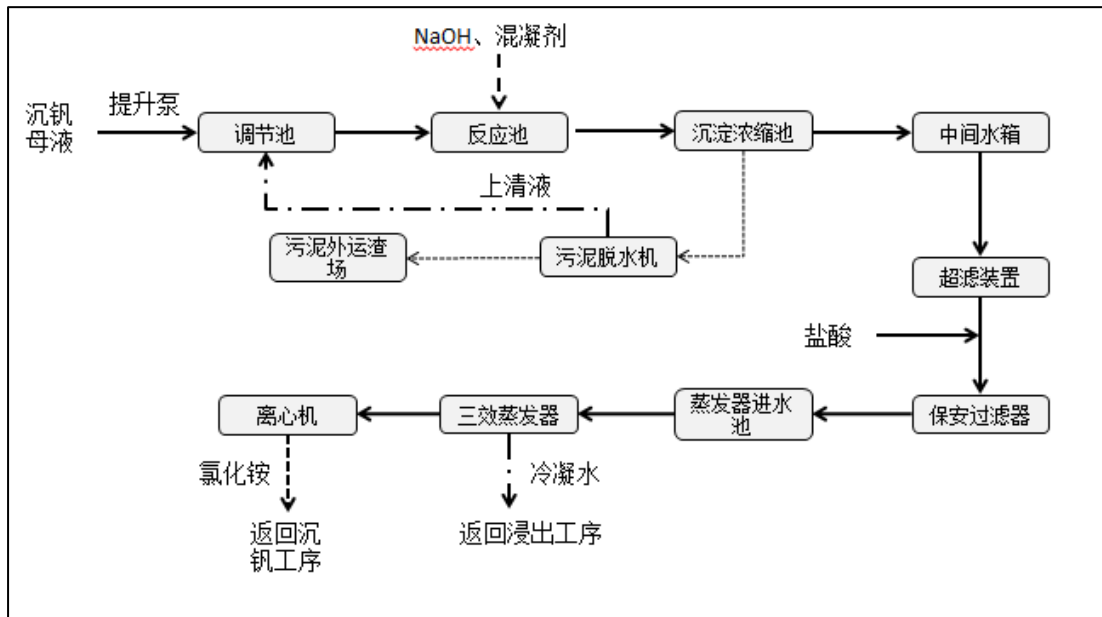


图 4.2-2 沉钒母液处理工艺

### （3）处理效率

强碱+混凝+板框压滤+硫酸调节 pH 值+强制循环三效蒸发器处理工艺对沉钒母液中镁离子去除率 98%以上，对铵根离子去除效率 90%以上，同步去除大部分放射性，生成的氯化铵作为副产品回用沉钒工序。

### （4）尾水去向

沉钒母液处理后的尾水全部返回浸出工序会用，不外排。

#### 4.2.1.4 尾矿库渗滤液

根据现场调查，目前尾矿库未产生渗滤液。渗滤液设计采用回喷尾矿库库区洒水降尘方式进行处理。

#### 4.2.1.5 废水收集及处理设施具体情况

本项目放射性废水收集及处理设施现场照片



吸附余液及洗水收集输送管道



吸附余液处置超滤装置



沉钒母液处置装置



冷凝水回收储罐



尾矿库下游的渗滤液收集池

#### 4.2.1.6 全厂伴生放射性废水处理设施建设对辐射专篇及环评文件的落实情况

全厂伴生放射性废水处理设施建设落实情况调查结果详见见表 4.2-1。

表 4.2-1 伴生放射性废水处理设施建设落实情况调查一览表

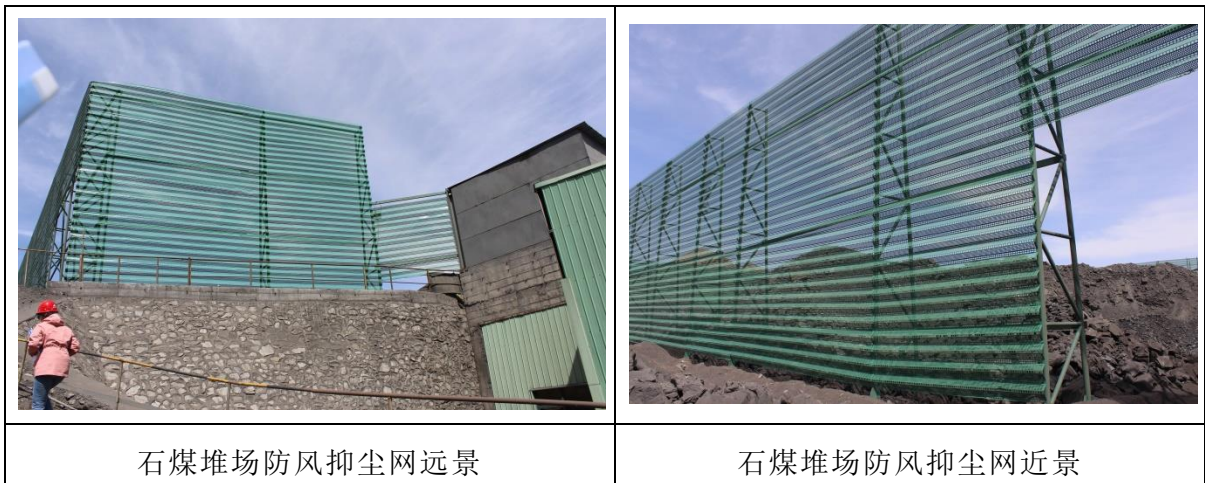
| 废水类别        | 废水来源                             | 放射性核素种类                                                               | 辐射专篇及环评文件提出的废水治理措施                   | 实际治理措施                                                                                                 | 是否落实环评要求 | 排放去向 |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|
| 吸附余液        | 离子交换树脂吸附工序                       | U、总 α、总 β、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>210</sup> Pb、 <sup>210</sup> Po、Th | 中和沉淀预处理+反渗透深度处理+回用；浓水采用蒸发结晶器+防渗晒盐池处理 | 空冷冷却水、吸附余液、3#洗水混合后，采用石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置+强制循环三效蒸发处理工艺，RO 淡水、冷凝水排至回用水池回用生产工序，固体废物外运尾矿库堆存。 | 是        | 不外排  |
| 再生洗涤水（3#洗水） | 离子交换树脂再生工序                       |                                                                       | 反渗透深度处理，淡水回用生产；浓水采用蒸发结晶器+防渗晒盐池处理     |                                                                                                        | 是        | 不外排  |
| 吸附后 1#洗水    | 离子交换树脂吸附后洗涤工序                    |                                                                       | 返回浸出工序                               | 全部闭路返回浸出工序                                                                                             | 是        | 不外排  |
| 解吸后 2#洗水    | 离子交换树脂解吸后洗涤工序                    |                                                                       | 返回解析剂配制槽，用于解析剂配置                     | 全部闭路返回解析剂配制槽，用于解析剂配置                                                                                   | 是        | 不外排  |
| 沉钒母液        | 沉钒工序过滤后的溶液                       |                                                                       | 采取反渗透深度处理，淡水回用生产，浓水采用蒸发结晶器+防渗晒盐池处理   | 采用强碱+混凝+板框压滤+硫酸调节 pH 值+强制循环三效蒸发处理工艺，冷凝水回用生产，氯化铵返回沉钒工序。                                                 | 是        | 不外排  |
| 废水处理站浓水     | 反渗透膜分离后的浓盐水                      |                                                                       | 用于尾矿库洒水降尘                            | 整个废水处理工艺改进，膜分离产生的浓水采用强制循环三效蒸发器进行蒸发，冷凝水回用生产工序。                                                          | 是        | 不外排  |
| 尾矿库渗滤液      | 尾矿库浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站的沉淀物在尾矿库堆积 |                                                                       | 经渗滤液收集池收集后用于尾矿库洒水降尘                  | 尾矿库下游设置一座渗滤液收集池，验收期间尚无渗滤液产生                                                                            | 是        | 不外排  |

#### 4.2.2 伴生放射性废气

本项目伴生放射性废气主要是矿石破碎筛分、脱碳后灰渣磨矿、焙烧后破磨等工序产生的放射性粉尘；脱碳发电和焙烧窑焙烧期间产生的气溶胶；石煤钒矿石在转运及堆放、尾矿转运及堆放过程中含放射性核素衰变排出的氡气。

##### 4.2.2.1 石煤堆场（石煤钒矿石堆场）扬尘

石煤钒矿石卸料及露天堆放过程中受风蚀影响会产生一定的装卸扬尘和堆场扬尘，涉及的放射性核素为氡，采取设置 8m 高的防风抑尘网+洒水降尘控制堆场扬尘。石煤堆场扬尘防护措施现场照片如下：



##### 4.2.2.2 尾矿库扬尘

本项目产生的尾矿（包括浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站沉淀物）清运至石煤提钒选厂东侧的尾矿库，通过机械摊铺压实，覆土并洒水形成表层结皮，抑制扬尘产生；尾矿库涉及的放射性核素主要为氡。

##### 4.2.2.3 石煤钒矿石破碎粉尘

经由给料机进入破碎筛分车间，在各设备落料点及出料点会产生大量粉尘，破碎和磨矿工序产生的粉尘中涉及的放射性核素主要为 U 和 Th；采取措施为在各产尘点设置集气罩+布袋除尘器进行收集除尘，其中粗碎和细碎产生的粉尘与脱碳后磨矿产生的粉尘共用一套布袋除尘器，尾气经 30m 高，内径 0.8m 的 2#排气筒排放。破碎粉尘与脱碳后磨

矿粉尘共用的除尘设施详见下文章节 4.2.2.8 所示。

#### 4.2.2.4 矿石筛分工序粉尘

筛分工序产生的粉尘中放射性核素主要为 U 和 Th, 经集气罩+布袋除尘器进行收集除尘, 尾气通过 30m 高, 内径 1.0m 的 1#排气筒排放; 各工序间均采用皮带输送机相连, 皮带运输通道采用廊道封闭。除尘设施详见下图:



#### 4.2.2.5 筒仓粉尘

破碎后的石煤转运过程中需要通过筒仓调节物料量, 包括粗矿仓、细料仓、熟化粗料仓和熟化细料仓。筒仓在进出料过程中产生一定量的粉尘, 粉尘中放射性核素主要为 U 和 Th; 通过设置仓顶除尘器除尘后经排气口排放。

|                                                                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| <p>细料仓</p>                                                                        | <p>熟化粗料仓</p>                                                                       |

#### 4.2.2.6 脱碳发电烟气

石煤钒矿石通过循环流化床锅炉进行脱碳，并利用石煤钒矿石中的炭质等还原性物质燃烧产生的热量进行发电，产生的烟气主要污染物为  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、烟尘及重金属，烟气中放射性核素主要为 U 和 Th，经电袋复合除尘后，通过双碱法脱硫，尾气经过 60m，内径 3.2m 的烟囱排放。

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| <p>脱碳烟气电袋复合除尘器</p>                                                                  | <p>脱碳烟气脱硫塔</p>                                                                       |

#### 4.2.2.7 脱碳后磨矿粉尘

脱碳后的灰渣进入磨矿车间进行磨矿，产生的粉尘与矿石破碎产生的粉尘共用一套布袋除尘器处理，尾气经 30m 高，内径 0.8m 的排气筒排放。粉尘中放射性核素主要为 U 和 Th。

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                                            |
| 磨矿车间布袋除尘器                                                                         | <p data-bbox="820 618 1390 651">磨矿后的粉料向焙烧细料仓输送高架管道</p>  <p data-bbox="916 1032 1294 1066">磨矿后的粉料输送高架管道</p> |

#### 4.2.2.8 焙烧烟气

脱碳后的石煤经磨矿、压砖后进入步进式隧道窑进行焙烧，隧道窑热源为煤气发生站的煤气燃烧。焙烧过程中由于石煤被压成砖块，因此粉尘量较小，且由于脱碳过程中还原性物质如硫、氮等已基本被脱除，焙烧过程中主要是钒氧化过程，因此主要的污染物来源于煤气燃烧产生的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、烟尘和石煤中挥发出的重金属；烟尘中放射性核素主要为 U 和 Th，采取的措施为袋式除尘器处理后通过高 30m，内径 1.0m 的排气筒外排。

|                                                                                    |                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                    |
| <p>焙烧烟气排气筒</p>                                                                     | <p>焙烧烟气布袋除尘器</p>  <p>焙烧烟气输送管道</p> |

#### 4.2.2.9 焙烧后破磨粉尘

因后续浸出工序需要粉料，故需要将焙烧后的砖块重新破磨，破磨过程中产生的粉尘中放射性核素主要为 U 和 Th；粉尘经集气罩+布袋除尘器处理后经 30m 高，内径 0.5m 的排气筒外排。

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| <p>破磨工序布袋除尘器</p>                                                                    | <p>粉料输送皮带转接处的集气罩</p>                                                                 |

#### 4.2.2.11 废气处理设施与辐射专篇、环评文件及相关批复的落实情况

本项目废气处理措施与环评文件的落实情况详见下表所示：

表 4.2-2 废气处理措施与环评文件的落实情况一览表

| 产污环节    | 污染物种类                                    | 涉及的放射性  | 辐射专篇及专篇审查意见、环评及批复文件中提出的治理措施                                    | 实际建设情况                                                                                                                                   | 是否落实环评要求 |
|---------|------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 石煤堆场    | TSP                                      | 氡       | 石煤堆场设置防风抑尘网+洒水降尘                                               | 石煤堆场设置 8m 高防风抑尘网+洒水降尘                                                                                                                    | 已落实      |
| 破碎筛分    | PM <sub>10</sub>                         | 总 α、总 β | 石煤粗碎、中细碎、筛分、转运站设置脉冲布袋除尘器，排气筒高度 30m，内径 0.8m                     | ①石煤粗碎、中细碎均设置集气收尘设施，并配套引风管，末端与脱碳后磨矿工序产生的粉尘共用一套脉冲布袋除尘器，尾气经内径 0.8m，30m 高的排气筒排放；<br>②筛分、转运站均设置集气收尘设施，并配套引风管，末端设置脉冲布袋除尘器，内径 0.8m，30m 高的排气筒排放； | 已落实      |
| 脱碳后灰渣磨矿 | PM <sub>10</sub>                         | 总 α、总 β | 脱碳后球磨粉尘采用脉冲布袋除尘器处理，排气筒高度 30m，内径 0.8m                           | 脱碳后球磨工序产生的粉尘与石煤粗碎、中细产生的粉尘共用一套脉冲布袋除尘器收集处理，尾气经内径 0.8m，高 30m 排气筒排放                                                                          | 已落实      |
| 粗料仓     | PM <sub>10</sub>                         | 总 α、总 β | 筒仓设置仓顶除尘器                                                      | 细矿仓设置仓顶除尘器。                                                                                                                              | 已落实      |
| 脱碳锅炉    | SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、烟尘及重金属 | 总 α、总 β | 脱碳循环流化床锅炉烟气分别经电袋复合除尘后，进入同一脱硫塔采用双碱法脱硫，脱硫后经 60m 高，内径 3.2m 的烟囱排放。 | 实际仅运行一台循环流化床锅炉，脱碳循环流化床锅炉烟气经电袋复合除尘后，进入脱硫塔采用双碱法脱硫，脱硫后经 60m 高，内径 3.2m 的烟囱排放。                                                                | 已落实      |
| 细料仓     | PM <sub>10</sub>                         | 总 α、总 β | 筒仓设置仓顶除尘器                                                      | 粉料仓设置仓顶除尘器。                                                                                                                              | 已落实      |
| 焙烧窑     | SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、烟尘及重金属 | 总 α、总 β | 步进式焙烧炉尾气采用袋式除尘器装置进行处理，设置 30m 高、内径 1.0m 的烟囱排放                   | 步进式焙烧炉尾气采用袋式除尘器装置进行处理，经内径 1.0m，高 30m 的排气筒排放                                                                                              | 已落实      |
| 焙烧后磨矿   | PM <sub>10</sub>                         | 总 α、总 β | 焙烧料破碎磨矿采用脉冲性布袋除尘器，排                                            | 焙烧料破碎磨矿采用脉冲性布袋除尘器处                                                                                                                       | 已落实      |

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒一期工程项目竣工辐射环境保护验收监测报告

| 产污环节  | 污染物种类            | 涉及的放射性  | 辐射专篇及专篇审查意见、环评及批复文件中提出的治理措施 | 实际建设情况                  | 是否落实环评要求 |
|-------|------------------|---------|-----------------------------|-------------------------|----------|
|       |                  |         | 气筒 30m 高，内径 0.8m            | 理后，经高 30m，内径 0.8m 排气筒排放 |          |
| 熟化粗料仓 | PM <sub>10</sub> | 总 α、总 β | 筒仓设置仓顶除尘器                   | 熟化粗料仓设置仓顶除尘器            | 已落实      |
| 熟化细料仓 | PM <sub>10</sub> | 总 α、总 β | 筒仓设置仓顶除尘器                   | 熟化细料仓设置仓顶除尘器            | 已落实      |
| 尾矿库   | TSP              | 氡       | 尾矿库采用浓水及渗滤液洒水降尘             | 尾矿库采用浓水洒水降尘             | 已落实      |

### 4.2.3 伴生放射性固体废物

#### 4.2.3.1 伴生放射性固体废物与辐射专篇、环评文件及相关批复中要求的落实情况

本项目产生的伴生放射性固体废物主要包括石煤提钒厂产生的尾矿（浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站产生的沉淀物）等；全部进入尾矿库堆存。本项目伴生放射性固体废物产生量及处置去向详见下表所示：

表 4.2-3 本项目一般工业固体废物产生量及处置去向一览表

| 名称           | 来源         | 产生量<br>t/a | 放射性核<br>素种类                                                                                                  | 辐射专篇及<br>批复、环评及<br>批复中提出<br>的处置措施 | 实际采取治理措<br>施                 | 是否<br>落实 |
|--------------|------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------|
| 浸出渣          | 浸出过<br>滤工序 | 140250     | $^{238}\text{U}$ 、<br>$^{210}\text{Pb}$ 、<br>$^{210}\text{Po}$ 、<br>$^{232}\text{Th}$ 、<br>$^{226}\text{Ra}$ | 通过汽车运<br>至尾矿库堆<br>存               | 浸出渣通过皮带<br>输送+汽车转运<br>至尾矿库堆存 | 是        |
| 中和氧化<br>渣    | 中和过滤<br>工序 | 138        |                                                                                                              |                                   | 通过汽车运至尾<br>矿库堆存              | 是        |
| 净化渣          | 净化工序       | 1152       |                                                                                                              |                                   | 通过汽车运至尾<br>矿库堆存              | 是        |
| 废水处理<br>站沉淀物 | 废水处理       | 28000      |                                                                                                              |                                   | 通过汽车运至尾<br>矿库堆存              | 是        |

#### 4.2.3.2 伴生放射性固体废物贮存设施与 HJ1114 的符合性分析

根据现场实际调查，石煤提钒选厂产生的伴生放射性固体废物中各类除尘灰全部作为原料收集返回生产工序，不外排。选厂产生的浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站沉淀物全部清运至尾矿库堆存，故本项目伴生放射性固体废物贮存设施主要为尾矿库。

##### （1）尾矿库概述

本项目尾矿库位于石煤提钒选厂东侧 200m 处，属于傍山型，北侧傍山，其余三面筑坝；尾矿库主要堆存本项目石煤提钒选厂产生的浸出渣、中和氧化渣、净化渣和废水处理站沉淀物。尾矿库占地面积  $20\text{hm}^2$ ，有效库容 180 万  $\text{m}^3$ ，设计可为石煤提钒选厂年处理 50 万吨石煤钒矿时满足 6.9a 堆存要求。本项目自建成以来至 2020 年 5 月未生产，2020 年 5 月复产后，设备运营一直处于调试，实际生产工况约 600t/d，现有工

程实际产生量约 16.95 万 t/a 的尾渣（包括浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站沉淀物）；库内设集水井，尾矿库渗滤液经集水井和排水管进入尾矿库南侧的渗滤液收集池。尾矿库整体防渗，防渗结构采用“两工一膜”。根据现场调查，尾矿库周边无环境敏感点。

（2）符合性分析

尾矿库工程与《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）》（HJ1114-2020）的符合性分析详见下表所示：

表 4.2-4 尾矿库符合性分析一览表

| 序号                       | HJ 1114-2020 中的要求                                                                                               | 尾矿库实际情况                                                                                                                                                                     | 依据                                                                                | 符合情况 |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 一、（HJ 1114-2020）第 4 条：总则 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                             |                                                                                   |      |
| 1                        | 4.1.1 伴生放射性物料贮存设施的设计、建设、运行、关闭等过程，固体废物填埋设施的选址、设计、建设、运行、关闭、监护等过程，均应按照有关法律法规和标准进行。                                 | 该尾矿库工程于 2019 年 8 月 30 日完成工程竣工验收，2020 年 6 月取得酒泉市应急管理局核发的《安全生产许可证》，编号：（甘）酒 FM 安许证字（0011）。2021 年 3 月，七角井石煤提钒带余热发电项目通过竣工环境保护验收，符合当时环保要求。尾矿库设计、选址、建设、运行、关闭、监护等过程均按照现行的法律法规和标准执行。 | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》、《石煤提钒带余热发电项目监理资料》，详见附件尾矿库安全生产许可证                    | 符合   |
| 2                        | 4.1.2 伴生放射性物料贮存、固体废物填埋应遵循实践的正当性、防护与安全的最优化、剂量限制的要求。                                                              | 本项目尾矿库用于堆存石煤提钒工程产生的伴生放射性固体废物，尾矿库运行、封场、运行、监护等落实伴生放射性固体废物填埋设施的要求；公众年有效剂量约束值为 0.1mSv；符合实践的正当性、防护与安全的最优化、剂量限制的要求。                                                               | /                                                                                 | 符合   |
| 3                        | 4.1.3 伴生放射性矿开发利用单位新建、改建、扩建项目需要配套建设的放射性污染防治设施，应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。                                            | 该尾矿库属于“七角井石煤提钒带余热发电项目”配套的环保设施，现已通过工程竣工验收和竣工环境保护验收，满足本次扩建工程“三同时”要求。                                                                                                          | 《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环境影响报告书》、《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》 | 符合   |
| 4                        | 4.1.4 伴生放射性矿开发利用单位可按照本技术规范自行建设伴生放射性固体废物填埋设施，也可将伴生放射性固体废物送至其他单位的填埋设施填埋。鼓励利用铀矿冶设施填埋伴生放射性固体废物。                     | 本项目尾矿库属于“七角井石煤提钒带余热发电项目”配套的环保设施，现已通过工程竣工验收和竣工环境保护验收，满足本次扩建工程“三同时”要求。                                                                                                        | 《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环境影响报告书》、《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》 | 符合   |
| 5                        | 4.1.6 伴生放射性固体废物填埋设施的选址、设计、建设、运行、关闭、监护等过程应采取措施，保障设施的长期安全稳定。                                                      | 建设单位拟按照《专篇》要求，将该尾矿库作为伴生放射性固体废物填埋设施管理，落实其运行、关闭、监护等要求，建立了相关管理制度，落实环境监测计划，采取了相应措施，保障设施的长期安全稳定。                                                                                 | /                                                                                 | 符合   |
| 6                        | 4.2.1 伴生放射性物料应与其他物料分区贮存。                                                                                        | 本项目尾矿库主要堆存浸出渣、中和氧化渣、净化渣和废水处理站沉淀物，均含放射性核素。                                                                                                                                   | 现场调查、辐射监测                                                                         | 符合   |
| 7                        | 4.2.2 伴生放射性固体废物应及时填埋；无填埋条件的，应建设专门设施进行贮存。                                                                        | 浸出渣通过皮带输送至现有尾矿库，中和氧化渣、净化渣和废水处理站沉淀物通过汽车定期运输至现有尾矿库进行贮存。通过铲车将伴生放射性固体废物铺平并覆土处理。                                                                                                 | 现场调查、运营制度                                                                         | 符合   |
| 8                        | 4.2.3 鼓励对伴生放射性固体废物中的有价值资源进行回收利用，实现废物最小化；对于铀含量达到 0.1%的固体废物，宜进行铀资源化回收利用。                                          | 本项目产生的伴生放射性固体废物无再利用价值。                                                                                                                                                      | 《可研报告》、《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程项目辐射影响评价（专章）》                                      | 符合   |
| 9                        | 4.2.4 伴生放射性固体废物贮存及填埋应执行台账制度。                                                                                    | 建设单位已根据辐射专篇要求建立相关制度。                                                                                                                                                        | 工作制度、台账记录                                                                         | 符合   |
| 10                       | 4.2.5 伴生放射性矿开发利用单位应贯彻执行国家和行业颁发的有关法律法规和标准，提供所必需的人力、物力等保障措施；建立辐射环境管理机构，配备专业技术人员与管理人员；建立辐射环境管理岗位责任制度、教育培训制度、报告制度等。 | 建设单位已为本项目配备了人力、物力等保障措施；建立了辐射环境管理机构，配备了专业技术人员与管理人员；建立了辐射环境管理岗位责任制度、教育培训制度、报告制度等。                                                                                             | 工作制度                                                                              | 符合   |

|                          |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                   |    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11                       | 4.2.6 伴生放射性固体废物同时具有危险废物特性的，贮存与填埋还应符合危险废物相关技术标准要求。                                  | 本项目产生的尾渣（包括浸出渣、净化渣、废水处理站沉淀物）的浸出毒性浓度低于《危险废物鉴别标准》中的浓度限值，不属于危险废物。                                                                                                                                                                                                              | 《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环境影响报告书》、《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》 | 符合 |
| 二、（HJ 1114-2020）第 5 条：选址 |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                   |    |
| 1                        | 5.1 填埋设施场址应符合国家及地方生态环境功能区划、国土空间规划等相关要求。                                            | （1）依据《甘肃省生态功能区划》，项目所在地属于内蒙古中西部干旱荒漠生态区—北山风蚀荒漠生态亚区—马鬃山风蚀荒漠牧业、采矿生态功能区。依据《酒泉市生态环境保护规划（2014-2020 年）》可知，项目所在地属于肃北马鬃山荒漠生态恢复功能区（I3-5）。                                                                                                                                              | 《甘肃省生态功能区划》（详见附图 4.2-3）《酒泉市生态环境保护规划（2014-2020 年）》（详见附图 4.2-4）                     | 符合 |
|                          |                                                                                    | （2）目前酒泉市国土空间规划尚未划定公布，依据酒泉市“三线一单”生态环境分区管控实施方案，本项目整体处于一般管控区域。                                                                                                                                                                                                                 | 《酒泉市“三线一单”生态环境分区管控实施方案》（详见附图 4.2-5）                                               | 符合 |
| 2                        | 5.2 填埋设施场址优先选择在人口密度相对较低的区域，并远离饮用水水源地；根据公众剂量约束值要求和自然环境条件等因素，通过环境影响评价确定场址与环境敏感目标的距离。 | （1）现有尾矿库位于肃北县马鬃山镇七角井矿区，区域地处内陆腹地，环境恶劣，人烟稀少；据调查，周边 10km 范围内分布仅博伦公司和西矿钒科技职工，约 779 人，无公众等环境敏感目标，仅有博伦公司和西矿钒科技生活区（福利区），与该尾矿库的距离为 780m。                                                                                                                                            | 现场调查，详见前文图 3.1-3                                                                  | 符合 |
|                          |                                                                                    | （2）项目所在区域无集中式饮用水水源地分布，无供水井分布；现有企业厂区生产和生活用水来自 132km 外的瓜州县双塔水库，沿途经建 18 级泵站逐级泵送到厂区。                                                                                                                                                                                            | 现场调查                                                                              | 符合 |
|                          |                                                                                    | （3）公众剂量约束值：依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“第 11.4.3.2 款”规定：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3mSv）的范围之内”。考虑到该项目企业是一个伴生矿采矿企业且伴生放射性水平相对较低，本项目取其十分之一（即 0.10mSv）作为场所周围公众人员年有效剂量管理约束值。 | 现场调查、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程项目辐射影响评价（专章）》                     | 符合 |
| 3                        | 5.3 填埋设施场址应有良好的区域稳定性和岩土体稳定性，没有泉水出露，渗透性低，对放射性核素有较好的阻滞性能。                            | 所在区域属于第四系松散层孔隙潜水，岩性为第四系全新统冲洪积砂砾（碎）石，结构松散。由于沟谷坡降较大，汇水条件较差，隔水底板较深，地下水主要赋存于下伏基岩风化带中。上覆第四系冲洪积碎石角砾夹亚黏土层，堆积厚度>2m，分布连续，渗透系数 0.000137m/d，项目区不属于潜水含水层埋藏浅的区域，水位埋深为 56.55—297.24m，无地表水体，层间水力联系微弱，含水层富水性较弱，且无开发利用价值。                                                                    | 《甘肃省肃北蒙古族自治县七角井钒及铁矿区水文地质工程地质环境地质调查评价报告》（甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院，2012 年 10 月）            | 符合 |
| 4                        | 5.4 填埋设施场址基础层底部应与地下水有记录以来的最高水位保持 3m 以上的距离，否则应采取导排水等措施或提高防渗设计标准。                    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                   | 符合 |
| 5                        | 5.5 填埋设施场址应避开活动断裂带，避免建在溶洞区或易受洪水、滑坡、泥石流、尚未稳定的冲积扇及冲沟等地表作用影响的区域。                      | 七角井矿区位于天山-阴山纬向复杂构造带内，旋扭构造体系，弧形构造。尾矿库所在区域不属于活动断裂带，避免建在溶洞区或易受洪水、滑坡、泥石流、尚未稳定的冲积扇及冲沟等地表作用影响的区域。                                                                                                                                                                                 | 《甘肃省肃北蒙古族自治县七角井钒及铁矿区补充勘查报告》，甘肃地矿局第四地质矿产勘查院，2010 年 12 月。                           | 符合 |
| 6                        | 5.6 填埋设施场址应位于重现期不小于百年一遇洪水水位之上，并在规划中的水利设施淹没区和保护区之外。                                 | 项目区所在肃北县马鬃山镇七角井矿区无常年地表径流，无规划水利设施，未划定保护区。                                                                                                                                                                                                                                    | 现场调查                                                                              | 符合 |

| 三、（HJ 1114-2020）第 6 条：设计与建设 |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                      |     |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1                           | 6.2.1 填埋设施的设计应以实现废物与生物圈的有效隔离为目标。                                                                                                                   | 尾矿库位于石煤提钒选厂东侧 200m 处，属于傍山型，北侧傍山，其余三面平地筑坝，尾矿库与生物圈有效隔离。                                                                                                                                                                   | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》                                                                        | 符合  |
| 2                           | 6.2.2 总体布置应结合当地气象、水文、地形等自然条件和周围人口分布情况，合理布置填埋区和办公区，办公区宜布置在区域常年最小风频下风向。                                                                              | 现有尾矿库位于肃北县马鬃山镇七角井矿区，周边 10km 范围内无环境敏感目标；区域主导风向为西南风，东北风为最小风频，现有办公区（福利区）位于东北风的下风向。                                                                                                                                         | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》                                                                        | 符合  |
| 3                           | 6.2.3 填埋设施应设置防渗系统、截排洪系统等，并根据实际情况设置渗水导排系统、地下水导排系统、废水处理系统等。                                                                                          | （1）尾矿库库底及库壁均采用“两工一膜”的方式进行整体防渗，复合土工膜渗透系数为 $2.0\times10^{-12}\text{cm/s}$ ；同时渗滤液收集池池底和迎水面均设置 1.5mm 厚的防渗膜。                                                                                                                 | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》                                                                        | 符合  |
|                             |                                                                                                                                                    | （2）截排水系统：尾矿库在北侧紧邻山体设横向排水沟，断面尺寸 0.6×0.6m，便于坝顶排水，同时在初期坝下游坝脚设置截水沟，即截水沟沿坝体下游坝脚布置，统一引出，截水沟为矩形，尺寸 0.6×0.6m；本项目截排水沟总长度 3400m。                                                                                                  |                                                                                                      | 符合  |
|                             |                                                                                                                                                    | （3）渗滤液收集系统：尾矿库已在初期坝西南侧设置一座容积为 250m <sup>3</sup> 的渗滤液收集池，尾矿库内皆向该角放坡，库内渗滤液和雨水汇集于此，通过排水井—排水管排出库外，进入渗滤液收集池，设置 1 座框架式排水井，内径 3.0m，井架高 27m，排水管为圆型，内径 1.2m，采用钢筋混凝土结构。                                                           |                                                                                                      | 符合  |
|                             |                                                                                                                                                    | （4）导排系统：尾矿库已在库内设置排水井，排水管为钢筋混凝土管，直径 600mm，坡度为 0.015。项目区不属于潜水含水层埋藏浅的区域，水位埋深为 56.55—297.24m，故无需设置地下水导排系统。废水处理系统：项目所在区域降雨量稀少，蒸发量大，调查期间暂未收集到渗滤液，为避免强降雨导致尾矿库内渗滤液增大，环评要求建设单位需补充设置渗滤液回喷设施，收集的渗滤液回喷至渣库洒水降尘。                      | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》和《甘肃省肃北蒙古族自治县七角井钒及铁矿区水文地质工程地质环境地质调查评价报告》（甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院，2012 年 10 月） |     |
| 4                           | 6.2.4 填埋设施的防渗系统主要由天然基础层、天然材料防渗层和双人工防渗衬层组成，应满足以下要求：a）天然基础层渗透系数不大于 $1\times10^{-5}\text{cm/s}$ ，且厚度不宜小于 2m。                                          | 尾矿库防渗系统由天然基础层、天然材料防渗层和双人工防渗衬层组成。a 七角井矿区（尾矿库）天然基础层渗透系数为 0.000137m/d（ $1.58\times10^{-7}\text{cm/s}$ ），尾矿库天然基础层下部为粉砂质板岩夹硅质板岩，厚度 509m。                                                                                     | 《甘肃省肃北蒙古族自治县七角井钒及铁矿区水文地质工程地质环境地质调查评价报告》（甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院，2012 年 10 月）；尾矿库所在区域水文地质图详见图 4.2-6 所示。     | 符合  |
|                             | b）天然基础层与双人工防渗衬层之间应设置天然材料防渗层，渗透系数不大于 $1\times10^{-7}\text{cm/s}$ ，厚度应根据天然放射性核素特征和天然材料防渗层核素阻滞性能确定。                                                   | b 尾矿库天然材料防渗层采用 300mm 当地黏土层作为防渗材料的保护层，依据水工环报告，区域地下水主要赋存于下伏基岩风化带中，上覆第四系冲洪积碎石角砾夹亚黏土层，分布连续，渗透系数 0.000137m/d（ $1.58\times10^{-7}\text{cm/s}$ ）；且尾矿库所在区域基本为透水不含水层，水位埋深为 56.55—297.24m，无地表水体，层间水力联系微弱，放射源核素主要通过渗滤液最终汇集至渗滤液收集池。 |                                                                                                      | 符合  |
|                             | c）双人工防渗衬层由主衬层、主衬层保护层和次衬层组成，主、次衬层渗透系数均不大于 $1\times10^{-12}\text{cm/s}$ ，厚度均不小于 2.0mm；主衬层保护层应为渗透系数不大于 $1\times10^{-7}\text{cm/s}$ 、厚度不小于 0.3m 的粘土衬层。 | c 尾矿库整体防渗，防渗结构采用“两工一膜”，复合土工膜渗透系数为 $2.0\times10^{-12}\text{cm/s}$ ，幅宽偏差为 0.3%，纵横向断裂强度为 7.25kN/m，纵横向标准强度对应长率为 60%，纵横向撕破强力为 0.24%，CBR 顶破强力为 1.46kN，耐静水压为 0.51MPa，剥离强度为 6.1N/cm。尾矿粒度 > 200 目，随着尾矿的堆积，也可起到一定的防渗作用。           | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》中由山东大学出具的复合土工膜检测报告                                                      | 不符合 |
| 5                           | 6.2.5 填埋设施的渗水导排系统由渗水导排层、集排水管道和集水井组成；导排层应采用天然材料，坡度不宜小于 2%。                                                                                          | 尾矿库设置了渗水导排系统，主要由渗水导排层、集排水管道和集水井组成；导排层采用了天然材料，坡度为 3%。                                                                                                                                                                    | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》和《石煤提钒带余热发电项目监理资料》                                                      | 符合  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                              |                                                 |    |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|
| 6 | 6.2.6 双人工防渗衬层之间应设置渗漏检测层（兼做排水层），由双人工防渗衬层之间的导排介质、集排水管道和集水井组成；检测层渗透系数应不小于 0.1cm/s。                                                                                                                                                                                                              | 尾矿库采用双人工防渗衬层，主要由导排介质、集排水管道和集水井组成。检测层为红砂岩土，渗透系数为 0.1cm/s。     | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》和《石煤提钒带余热发电项目监理资料》 | 符合 |
| 7 | 6.2.7 填埋设施上游、下游应分别设置地下水监测井，两侧宜设置地下水监测井。                                                                                                                                                                                                                                                      | 尾矿库周边（上游、下游、侧向）分别设置了 3 口地下水监测井。                              | 《七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程工程竣工资料》                   | 符合 |
| 8 | 6.2.8 应根据实际运行情况对填埋设施进行中间覆盖和封场覆盖，封场设计应同时满足安全稳定和辐射屏蔽要求。                                                                                                                                                                                                                                        | 目前尾矿库正在运行中，清运至尾矿库内的伴生放射性固体废物暂进行覆土和砾石覆盖。封场设计不纳入本次辐射环境保护验收范围内。 | /                                               | 符合 |
| 9 | 6.2.9 填埋设施封场结构应包括氡（钍）屏蔽层（兼做天然防渗层）、人工防渗衬层、排水层、防生物侵扰层、植被恢复层等，应满足以下要求：a）氡（钍）屏蔽层：采用天然材料，渗透系数不大于 $1\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，厚度应根据氡（钍射气）扩散特征和材料屏蔽性能确定。b）人工防渗衬层：渗透系数不大于 $1\times 10^{-12}\text{cm/s}$ ，厚度不小于 1.5mm。c）排水层：渗透系数不小于 0.1cm/s。d）防生物侵扰层：厚度不小于 30cm 的卵砾石层。e）植被恢复层：厚度不小于 35cm，植被不应破坏防渗层。 | 目前尾矿库正在运行中，清运至尾矿库内的伴生放射性固体废物暂进行覆土和砾石覆盖。封场设计不纳入本次辐射环境保护验收范围内。 | /                                               | 符合 |

综上所述，本项目尾矿库选址合理，并按《肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程辐射环境影响评价专篇》和《甘肃省环境保护厅关于肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程辐射环境影响评价专篇的审查意见》的要求进行建设。根据《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）》（HJ1114-2020）的相关要求，本项目尾矿库除“双人工防渗层”的敷设厚度和层数不满足《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)中 6.2.4 c 中的要求外，其他均符合；本项目尾矿库于 2019 年 8 月建设竣工，《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）颁布时间为 2020 年 3 月，为进一步降低本项目尾矿辐射环境影响，本次验收期间，要求：

- （1）在现有基础层上增加一层人工防渗层和保护层，其中人工防渗层渗透系数不大于  $1\times 10^{-12}\text{cm/s}$ ，保护层渗透系数不大于  $1\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，厚度不小于 0.3m 的粘土衬层；
- （2）尾矿库整改工程纳入二期工程辐射环境保护验收中。

4.2.3.3 伴生放射性固体废物转运及贮存现场照片

本项目伴生放射性固体废物输送及存贮设施现场照片如下所示：

|                                                                                    |                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   |   |  |
| <p>浸出渣输送皮带走廊</p>                                                                   |                                                                                      |  |
|  |  |  |
| <p>尾矿库库区现状</p>                                                                     |                                                                                      |  |
| <p>尾矿库库壁、库内防渗材料施工现场影像资料</p>                                                        |                                                                                      |  |

|                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |  |  |
| <p>尾矿库下游的渗滤液收集池</p>                                                                |                                                                                     |                                                                                      |
|  | <p>尾矿库北侧截排水沟</p>                                                                    | <p>尾矿库库内排水井</p>                                                                      |
| <p>尾矿库渗滤液排水管涵</p>                                                                  |                                                                                     |                                                                                      |



尾矿库西北侧监测井（地下水上游）

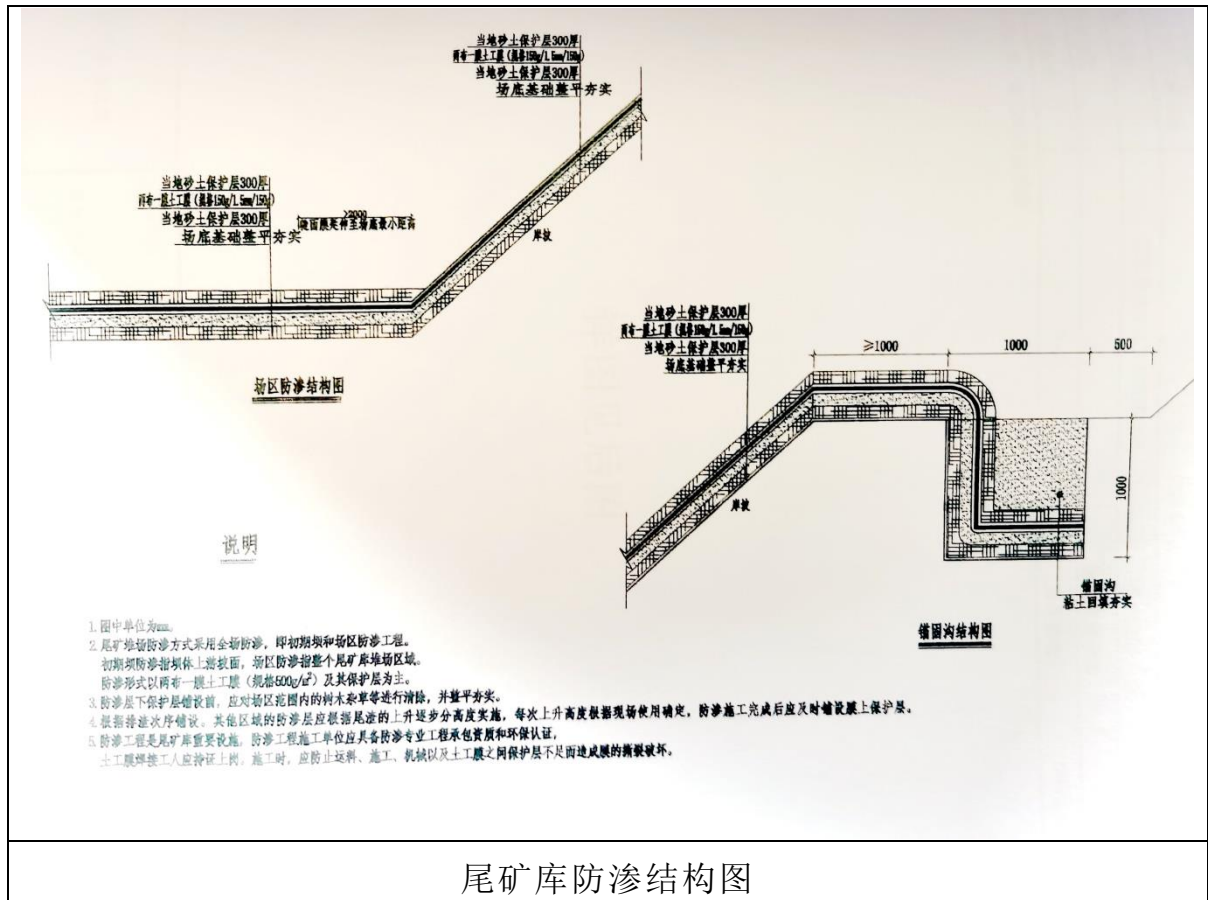


尾矿库西侧监测井（地下水侧向）



尾矿库南侧监测井（地下水下游）

#### 4.2.3.4 尾矿库防渗佐证资料



尾矿库防渗结构图

## 隐蔽验收记录表

C5-9

|                  |                                                                                                                                   |        |     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|
| 单位（子单位）工程名称      | 七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程                                                                                                             |        |     |
| 分部（子分部）工程名称      | 防渗系统                                                                                                                              |        |     |
| 施工单位             | 江苏安久矿山工程有限公司                                                                                                                      | 项目经理   | 叶克放 |
| 分包单位             | /                                                                                                                                 | 分包项目经理 | /   |
| 施工图编号            | W-29                                                                                                                              | 验收部位   | 场区  |
| 隐蔽工程的内容、施工要点及简图： |                                                                                                                                   |        |     |
| 说明：              |                                                                                                                                   |        |     |
| 简图：              |                                                                                                                                   |        |     |
| 详图见后附            |                                                                                                                                   |        |     |
| 施工单位检查结果         | 专业质量检查员：邵祥强<br>专业施工员：王劲松<br>项目技术负责人：郭克申<br>符合设计及施工质量验收规范要求                                                                        |        |     |
| 监理（建设）单位验收结论     | 监理工程师：王新<br>（建设单位项目专业技术负责人）<br><input checked="" type="checkbox"/> 符合要求，同意隐蔽<br><input type="checkbox"/> 不符合要求，不同意隐蔽<br>2019年8月2日 |        |     |
| 资料员（签字）：朱茂芳      | 甘肃省建设工程安全质量监督局编制<br>2019年8月2日                                                                                                     |        |     |

尾矿库隐蔽工程验收记录表

共1页 第1页

|      |                   |      |                       |
|------|-------------------|------|-----------------------|
| 委托单位 | 江苏安久矿山工程有限公司      | 委托编号 | WT-2019-TGM-07005     |
| 样品名称 | 复合土工膜             | 委托时间 | 2019-06-28            |
| 样品数量 | 4m <sup>2</sup>   | 样品规格 | 150g/0.2mm/150g       |
| 样品编号 | YP-2019-TGM-07005 | 检测时间 | 2019-06-28~2019-07-05 |
| 生产单位 | 德州锦旺土工材料有限公司      | 检测依据 | GB/T17642-2008        |
| 检测类型 | 委托检测              | 报告时间 | 2019-07-05            |

**检测项目及结果**

| 检测项目             | 技术指标                                | 检测指标                  | 单项评定 |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|------|
| 幅宽偏差 (%)         | -1.0                                | 0.3                   | 合格   |
| 纵横向断裂强度 (KN/m)   | 7                                   | 7.25                  | 合格   |
| 纵横向标准强度对应伸长率 (%) | 30~100                              | 60                    | 合格   |
| 纵横向撕破强力 (%)      | ≥0.2                                | 0.24                  | 合格   |
| CBR顶破强力 (KN)     | ≥1.45                               | 1.46                  | 合格   |
| 渗透系数 (cm/s)      | $1.0 \times 10^{-11} \sim 10^{-13}$ | $2.0 \times 10^{-12}$ | 合格   |
| 耐静水压 (MPa)       | ≥0.5                                | 0.51                  | 合格   |
| 剥离强度 (N/cm)      | ≥6.0                                | 6.1                   | 合格   |

结论: 所检指标符合GB/T17642-2008国家标准, 样品合格。

备注: 委托检测, 仅对来样负责。

SHANDONG UNIVERSITY

主检: 王冠杰 审核: 李维

签发: 张... 检测单位: (章) 检验检测专用章

复合土工膜检测报告

山东正智土工合成材料检测有限公司  
地址：德州市陵城区迎宾北大街475号

MA  
171521344893

## 检 验 报 告

报告编号：WT2019132 共 2 页，第 1 页

|         |                                                                                                                    |      |                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|
| 产品名称    | 非织造布复合土工膜                                                                                                          | 检验类别 | 委托检验                      |
| 委托单位    | 江苏安久矿山工程有限公司                                                                                                       | 规格型号 | SN2/PE-7.5-300-0.2        |
| 生产单位    | 德州锦旺土工材料有限公司                                                                                                       | 样品等级 | /                         |
| 样品数量    | 1m×6m                                                                                                              | 样品编号 | WTYP2019FZFH132           |
| 送样人员    | 贾敬成                                                                                                                | 收样日期 | 2019.07.22                |
| 样品特征、状态 | 平整、无损伤                                                                                                             | 收样地点 | 业务大厅                      |
| 检验条件    | 20℃，65%RH                                                                                                          | 检验日期 | 2019.07.23-<br>2019.07.28 |
| 检验依据    | GB/T 17642-2008 《土工合成材料 非织造布复合土工膜》                                                                                 |      |                           |
| 检验要求    | 幅宽偏差、断裂强度、标准强度对应伸长率、撕破强力、CBR 顶破强力、耐静水压、剥离强度。                                                                       |      |                           |
| 检验结论    | <p>经检验，所检项目均符合 GB/T 17642-2008 《土工合成材料 非织造布复合土工膜》的技术要求。</p> <p style="text-align: right;">报告签发日期（盖章）：2019.7.28</p> |      |                           |
| 备 注     | 仅对来样负责。                                                                                                            |      |                           |

主检：梁韩坤

日期：2019.7.28

审核：陈正杰

日期：2019.7.28

批准：张孝水

日期：2019.7.28

土工膜检验报告 1



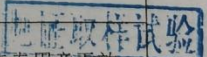
机构名称: 酒泉市建设工程质量检测中心有限公司  
证书编号: 甘建质监[2019]第62210355(1-1)  
有效期至: 2021年12月25日

## 土工膜检测报告

|         |                       |        |                     |
|---------|-----------------------|--------|---------------------|
| 委托单位    | 江苏安久矿山工程有限公司          | 报告日期   | 2019-8-7            |
| 建设单位    | 肃北县博伦矿业开发有限责任公司       | 报告编号   | 2019-00008          |
| 工程名称    | 七角井石煤提钒带余热发电项目配套尾矿库工程 | 委托编号   | 2019-08             |
| 施工单位    | 江苏安久矿山工程有限公司          | 规格型号   | 150/0.3mm/150       |
| 监理单位    | 青海铭鑫实业有限责任公司          | 产品合格证号 | /                   |
| 生产厂家    | 德州锦旺土工材料有限公司          | 进场数量   | 25000m <sup>2</sup> |
| 使用部位    | 库区                    | 评定依据   | GB/T17642-2008      |
| 取样人及证书号 | 朱茂芳                   | 见证人及证书 | 张守刚                 |

| 序号 | 检测项目      | 单位   | 技术指标    | 检测结果  |
|----|-----------|------|---------|-------|
| 1  | 幅宽偏差      | %    | ±0.15   | 合格    |
| 2  | 断裂强度      | KN/m | ≥10.0   | 11.7  |
| 3  | 断裂伸长率(纵向) | %    | ≥30-100 | 71    |
| 4  | 断裂伸长率(横向) | %    | ≥30-100 | 61    |
| 5  | 剥离强度      | N/cm | ≥6      | 6.43  |
| 6  | 耐静水压      | Mpa  | ≥0.5    | 0.60  |
| 7  | CBR 顶破强力  | KN   | ≥1.5    | 1.68  |
| 8  | 撕破强度      | KN   | ≥0.25   | 0.258 |

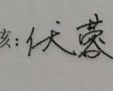
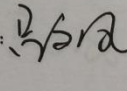
**检测结论** 该样所检项目的检测结果符合 GB/T17642-2008 标准要求



**声明** 1. 报告无 CMA 章、检测机构资质专用章无效; 2. 复制报告未重新加盖检测报告专用章无效;  
3. 报告无检测、审核、签发人签字无效; 4. 对检测报告若有异议, 应于收到报告之日起十五  
日内向检测单位提出, 逾期不予受理。

检测机构: 酒泉市建设工程质量检测中心有限公司

检测机构地址: 酒泉市新城区世纪大道 55 号

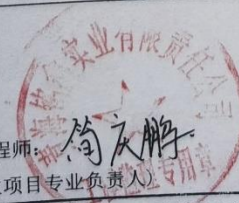
签发:  审核:  检测: 

土工膜检验报告 2

## 防渗系统

## 分部（子分部）工程验收记录

表 F.0.1

|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|------------|---|
| 工程名称          | 七角井石煤提钒余热发电项目配套尾矿库工程 |                                                                                                                 | 结构类型         |                 | 层数         |   |
| 施工单位          | 江苏安久矿山工程有限公司         |                                                                                                                 | 技术部门负责人      |                 | 质量部门负责人    |   |
| 分包单位          | /                    |                                                                                                                 | 分包单位负责人      | /               | 分包技术负责人    | / |
| 序号            | 分项工程名称               | 检验批数                                                                                                            | 施工单位检查评定     | 验收意见            |            |   |
| 1             | 土工膜铺设                | 1                                                                                                               | 符合施工质量验收规范要求 | 符合设计及施工质量验收规范要求 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
|               |                      |                                                                                                                 |              |                 |            |   |
| 质量控制资料        |                      |                                                                                                                 | 齐全，完整        |                 |            |   |
| 安全与功能检验（检测）报告 |                      |                                                                                                                 | 齐全，合格        |                 |            |   |
| 观感质量验收        |                      |                                                                                                                 | 合格           |                 |            |   |
| 验收单位          | 分包单位                 | /                                                                                                               |              | 项目经理            | 年 月 日      |   |
|               | 施工单位                 | 江苏安久矿山工程有限公司                                                                                                    |              | 项目经理            | 2019年8月30日 |   |
|               | 勘察单位                 |                                                                                                                 |              | 项目负责人           | 年 月 日      |   |
|               | 设计单位                 |                                                                                                                 |              | 项目负责人           | 年 月 日      |   |
| 监理（建设）单位      |                      |  总监理工程师：简友鹏<br>（建设单位项目专业负责人） |              |                 |            |   |

资料员签章：朱茂芳

甘肃省工程质量监督总站编制（版权所有 不准翻印）

2019年8月30日

## 尾矿库防渗系统工程验收记录表

#### 4.2.4 其他伴生放射性物料

##### 4.2.4.1 其他伴生放射性物料转运及储存设施

依据本项目辐射专篇，本项目石煤钒矿石中伴生  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、等天然放射性核素，项目生产工艺主要利用石煤钒矿石进行提钒，故其他伴生放射性物料主要为石煤钒矿石、选矿过程中的产生的中间物料、各类除尘器收集的除尘灰和最终产品，如破碎筛分后矿石细骨料、脱碳发电后的脱碳渣、脱碳渣磨矿后的粉料、脱碳渣磨矿粉料加水并压制成型的心砖、焙烧后的空心砖、焙烧后空心砖破碎和磨矿后的粉料，各布袋除尘器收集的除尘灰，产品偏钒酸铵等。具体来源、产生量、放射性核素种类、实际去向情况详见下表所示：

表 4.2-5 本项目其他伴生放射性物料产生量及处置去向一览表

| 名称          | 来源         | 产生量 t/a | 放射性核素种类                                                  | 辐射专篇及批复、环评及批复中提出的处置措施 | 实际采取治理措施                   | 是否落实 |
|-------------|------------|---------|----------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------|
| 石煤钒矿石       | 铁钒矿山       | 180000  | $^{236}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 设置石煤堆场+洒水降尘           | 已设置石煤堆场，并设置 8m 高防风抑尘网+洒水降尘 | 是    |
| 破碎筛分后的矿石细骨料 | 破碎筛分       | 180000  |                                                          | 采用封闭皮带廊道转运至粗矿仓暂存中专    | 封闭皮带廊道转运至粗矿仓暂存中专           | 是    |
| 脱碳渣         | 循环流化床锅炉脱碳  | 123930  |                                                          | 采用封闭皮带廊道输送至磨矿车间进行磨矿   | 采用封闭皮带廊道输送至磨矿车间进行磨矿        | 是    |
| 脱碳渣磨矿后的粉料   | 磨矿车间       | 123930  |                                                          | 采用管廊输送至细料仓暂存          | 采用管廊输送至细料仓暂存               | 是    |
| 焙烧前的空心砖     | 脱碳渣磨矿后加水压制 | 134712  |                                                          | 进入步进式隧道窑进行焙烧          | 进入步进式隧道窑进行焙烧               | 是    |
| 焙烧后的空心砖     | 步进式隧道窑焙烧   | 132018  |                                                          | 经链板输送机送至复合式破碎机进行破碎    | 经链板输送机送至复合式破碎机进行破碎         | 是    |
| 空心砖破碎后的细料   | 焙烧车间破碎机    | 132018  |                                                          | 输送至熟化粗料仓暂存中转          | 输送至熟化粗料仓暂存中转               | 是    |
| 空心砖球磨后的粉料   | 焙烧车间球磨机    | 132018  |                                                          | 输送至熟化细料仓暂存中转          | 输送至熟化细料仓暂存中转               | 是    |
| 筛分收尘        | 筛分除尘器      | 356     | $^{236}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 送入细料仓                 | 通过粉尘运输罐输送至细料仓              | 是    |

|          |           |       |                                                        |              |               |   |
|----------|-----------|-------|--------------------------------------------------------|--------------|---------------|---|
| 脱碳锅炉电袋收尘 | 脱碳锅炉电袋除尘器 | 21850 |                                                        | 灰仓+密闭输送+返回焙烧 | 灰仓+密闭输送+返回焙烧  | 是 |
| 石煤钒矿石破碎  | 磨矿工序除尘器   | 324   |                                                        | 密闭输送至粉料仓     | 通过管道密闭输送至粉料仓  | 是 |
| 脱碳后磨矿收尘  |           |       |                                                        | 密闭输送至熟化料仓    | 通过管道密闭输送至熟化料仓 | 是 |
| 焙烧窑收尘    | 焙烧窑除尘器    | 203   |                                                        | 密闭输送至熟化料仓    | 通过管道密闭输送至熟化料仓 | 是 |
| 焙烧后破磨收尘  | 焙烧后破磨除尘器  | 248   |                                                        | 密闭输送至熟化料仓    | 通过管道密闭输送至熟化料仓 | 是 |
| 产品偏钒酸铵   | 沉钒车间过滤    | 700   | <sup>236</sup> U、 <sup>232</sup> Th、 <sup>226</sup> Ra | 设置产品仓库暂存     | 设置产品仓库暂存      | 是 |

#### 4.2.4.2 其他伴生放射性物料转运及储存设施现场照片

其他伴生放射性物料转运、储存设施现场照片详见下图所示：

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 石煤钒矿石与 8m 高防风抑尘网                                                                    | 破碎后的矿石封闭皮带走廊转运                                                                       |
|  |  |
| 破碎筛分后细骨料在粗矿仓暂存周转                                                                    | 矿石骨料和脱碳灰渣输送廊道                                                                        |

|                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| 脱碳磨矿后的细料输送管廊                                                                       | 磨矿后粉料在细料仓暂存周转                                                                       |
|  |  |
| 破碎后细料在熟化粗料仓暂存中转                                                                    | 磨矿后的粉料在熟化细料仓暂存周转                                                                    |

### 4.3 其他放射性污染防治措施

#### 4.3.1 辐射环境风险防范措施

##### 4.3.1.1 辐射环境风险防范措施落实情况

依据辐射专篇，本项目辐射环境风险防范要求及实际采取的措施详见下表所示：

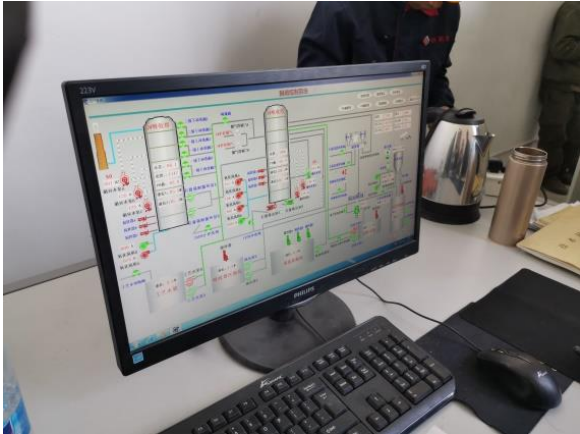
表 4.3-1 本项目辐射环境风险防范措施落实情况一览表

| 辐射环境风险事故类型  | 事故情形        | 辐射专篇及批复、环评及批复中提出的处置措施        | 实际采取治理措施                   | 是否落实 |
|-------------|-------------|------------------------------|----------------------------|------|
| 脱碳锅炉除尘器发生故障 | 伴生放射性废气事故排放 | 设置在线监控系统，对脱碳锅炉烟气进出口进行浓度和速率监测 | 设置在线监控系统，对脱碳锅炉烟气进出口进行浓度和速率 | 是    |

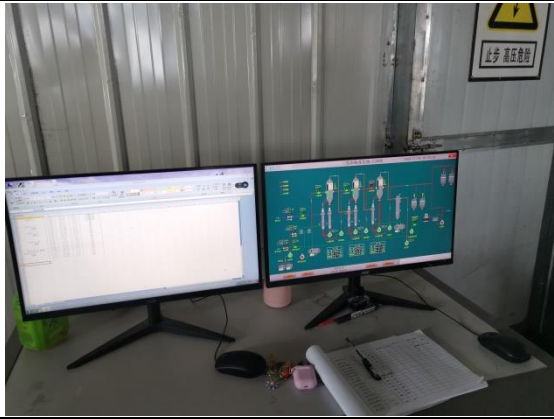
|              |                     |                                                                                |                                                                                                   |   |
|--------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|              |                     |                                                                                | 率监测                                                                                               |   |
| 浸出车间设备故障破损   | 伴生放射性废水事故排放         | 浸出槽区域、中和氧化区域、真空过滤区域等四周设置 300mm 高围堰，围堰内设集水坑，围堰内防渗层防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s        | 浸出配置区域，浸出槽区域、中和氧化区域、真空过滤区四周均设置 300mm 高围堰，围堰内设集水坑，围堰内防渗层防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s。                    | 是 |
| 离子交换车间故障破损   | 伴生放射性废水事故排放         | 离子交换车间地面须防腐防渗，车间内设置集水系统，地面及池底防渗层防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s                         | 离子交换车间地面防腐防渗，防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s 各类储罐水箱均置于高于地面 300mm 的水泥混凝土平台上，并配备环形地沟。                        | 是 |
| 净化沉钒车间设备故障破损 | 伴生放射性废水事故排放         | 净化沉钒车间地面须防腐防渗，车间内设置集水系统，地面及池底防渗层防渗系数小于 $10^{-7}$ cm/s                          | 沉钒反应槽等生产设备位于作业平台上，不与地面直接接触，下方设环形地沟，熟化浸出车间防渗层防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s                                | 是 |
| 废水处理站设备故障破损  | 伴生放射性废水事故排放         | 废水处理站地面须防腐防渗，车间内设置集水系统，地面及池底防渗层防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s                          | 废水处理站地面设置防腐防渗，车间内设置环形地沟，地面及池底防渗层防渗系数小于 $10^{-10}$ cm/s                                            | 是 |
| 尾矿库溃坝        | 伴生放射性固体废物冲出尾矿库进入外环境 | 加固坝体，设置导排水渠道，定期巡检                                                              | 已取得尾矿库安全生产许可证，尾矿库满足安全生产需求；坝体设置位移观测点，定期巡检坝体；                                                       | 是 |
|              | 其他                  | （1）建立工作场所的辐射防护及管理制度；<br>（2）建立台账记录；<br>（3）严格划分控制区和监督区，边界或入口处设置醒目的警示标示，定期审查防护状况。 | （1）已建立工作场所的辐射防护及管理制度；（2）已建立台账记录，对石煤钒矿石、中间产品、尾渣、产品等均有工作记录；（3）厂区已划分控制区和监督区，边界或入口处设置醒目的警示标示，定期审查防护状况 | 是 |

#### 4.3.1.2 辐射环境风险防范措施现场照片

本项目辐射环境风险防范措施现场照片详见下图所示：

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| 建设单位配备的氡测量仪（RAD7）                                                                   | 配备的 X- $\gamma$ 剂量率仪（ATOMTEX）                                                        |
|   |   |
| 职工配备的个人辐射剂量报警仪                                                                      | 车间配备的辐射测量仪位置                                                                         |
|  |  |
| 脱碳车间烟气在线监测显示设施                                                                      | 脱碳车间烟气在线监测装置                                                                         |

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>生产车间环形地沟</p>                                                                     | <p>生产车间集水池</p>                                                                       |
|  |  |
| <p>废水处理站环形地沟</p>                                                                    | <p>车间生产装置围堰</p>                                                                      |
|  |  |
| <p>尾矿库坝体</p>                                                                        | <p>尾矿库坝体位移观测点</p>                                                                    |

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>废气处理站在线监控设施</p>                                                                  | <p>各生产车间同步监控</p>                                                                     |
|   |   |
| <p>尾矿库电离辐射警示标识</p>                                                                  | <p>破碎车间入口电离辐射警示标识</p>                                                                |
|  |  |
| <p>焙烧车间入口电离辐射警示标识</p>                                                               | <p>浸出车间入口电离辐射警示标识</p>                                                                |

#### 4.3.2 流出物排放口、监测设施

依据前文分析，本项目产生的伴生放射性废水经处理后全部回用，

不外排；本项目流出物主要为选矿过程产生的伴生放射性废气。根据国家 and 甘肃省的有关规定进行建设，废气排放口应符合“一明显、二合理、三便于”的要求，即环保标志明显，排污口（接管口）设置合理，便于采集样品、便于监测计量、便于公众参与和监督管理。同时要求按照国家环保总局制定的《环境保护图形标志实施细则（试行）》的规定，设置与排污口相应的图形标志牌。

#### （1）排放口图形标志

为了便于定量准确地监测排放总量，必须建设规范的排污口。标志牌上应注明污染物名称以警示周围群众。废气排放口分为提示图形符号和警告图形符号两种，图形符号的设置按 GB15562.1-1995、GB15562.2-1995 执行。以上标志见下表所示。

| 序号 | 提示图形符号                                                                              | 警告图形符号                                                                              | 名称    | 功能         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
| 1  |  |  | 废气排放源 | 表示废气向外环境排放 |

#### （2）流出物排放口监测设施建设情况

根据现场调查，本项目石煤提钒选厂流出物排放口主要详见下表所示：

表 4.3-2 本项目流出物排放口一览表

| 序号 | 名称                        | 编号    |
|----|---------------------------|-------|
| 1  | 筛分工序布袋除尘器排气筒              | 1#排气筒 |
| 2  | 破碎+脱碳灰渣磨矿工序布袋除尘器排气筒       | 2#排气筒 |
| 3  | 各类筒仓（粗矿仓、细料仓、熟化粗料仓、熟化细料仓） | /     |
| 4  | 脱碳烟气烟囱                    | 3#排气筒 |
| 5  | 焙烧烟气烟囱                    | 4#排气筒 |

各类流出物排放口现状照片详见前文章节 4.2.2 伴生放射性废气，此处不再赘述。

### 4.4 辐射安全管理制度和管理措施

2021 年 10 月 1 日，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司发布《肃北

蒙古自治县西矿钒科技有限公司辐射安全管理制度》，同年 10 与 13 日，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司以肃北钒安字〔2021〕14 号成立“辐射安全与环境保护管理领导小组”，全面落实企业矿产资源开发利用过程中的各项辐射安全管理制度。

#### **4.4.1 组织管理机构**

组长：李建宏

副组长：邢树欣

成员：王世杰、曹成超、余永文、邹鹏、田福宝、尚斌、杨保军、朱亚勇、张继贵、郝文凯

#### **4.4.2 工作职责**

（1）组长：全面负责辐射安全与生态环境保护管理工作。

（2）副组长：协助组长负责辐射安全与防护、生态环境保护和安全质量管理等工作，组织制定安全、生态环境保护等规章制度和各级工作人员职责等。

（3）成员：具体负责石煤提钒开发利用过程中放射性安全管理、工作场所辐射环境监测、辐射安全管理及培训方案的制订等工作，并定期组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训和健康体检工作。

#### **4.4.3 辐射安全管理和防护制度**

（1）成立辐射安全管理小组，明确职责，加强对含放射性物质及废渣的监督和管理。

（2）全体员工应遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素射线装置安全和防护条例》等有关法律、法规，接受、配合各级生态环境主管部门的监督和指导。

（3）从事辐射工作人员上岗前需进行职业健康体检，无禁忌症方可上岗，上岗后每年进行职业健康体检，必要时可增加体检次数，体检结果由安环部存档；在辐射区域工作期间，辐射工作人员应佩带个人剂量仪，加强辐射工作人员的健康管理。

（4）配合监测部门定期对周围辐射环境进行监测，并按照相关要求完善辐射防护措施。

(5) 每年定期对工作场所及周围环境进行监测并将监测结果上报当地生态环境主管部门，配备必要辐射环境监测仪器，做好自主监测工作。

(6) 不得将含有放射性的物质及废渣随意倾倒或随意处置。

(7) 做好辐射安全防护工作，加强安全教育培训，设立辐射标志、防止无关人员进入辐射作业场所。

#### **4.4.4 设备检修维护管理制度**

(1) 建立设备台账管理制度，设有仪器名称、型号、用途等。

(2) 严格设备管理，坚决杜绝外借现象发生。

(3) 设备出现故障时，应请专业人员或设备生产厂家进行维修，建立设备检修及维修记录。

## 5、辐射环境影响评价专篇主要结论与建议 and 环评文件

### 批复意见

#### 5.1 辐射环境影响评价专篇主要结论及建议

##### 5.1.1 建设项目的辐射环境影响及防治措施

###### 5.1.1.1 辐射污染因子

本项目辐射污染因子主要为  $\gamma$  辐射、氡气、放射性固体废物、放射性液体废物、放射性粉尘。放射性污染途径主要是通过“三废”的形式，通过各种途径向环境转移，对环境产生污染。

###### 5.1.1.2 辐射环境本底调查水平

###### (1) 环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果

依据辐射专篇阶段的监测结果可知：评价区环境  $\gamma$  辐射剂量率范围值为  $48.0 \sim 82.8 \text{ nSv/h}$ ，与甘肃省道路  $\gamma$  辐射剂量率范围值约为  $20.1 \sim 129.7 \text{ nSv/h}$  相比，无显著性差异，属正常环境本底水平。室内为  $64.9 \sim 103.0 \text{ nSv/h}$ ，与建筑物室内  $\gamma$  辐射剂量率范围值约为  $33.5 \sim 166.6 \text{ nSv/h}$  相比，无显著性差异，属正常环境本底水平。

###### (2) 环境空气氡浓度监测结果

依据辐射专篇阶段的监测结果可知：评价区室外空气中的氡浓度在  $2\text{--}20 \text{ Bq/m}^3$  范围，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的  $200 \text{ Bq/m}^3$ （待建住宅氡持续照射的控制水平）的限值；评价区室内氡气浓度为  $15 \text{ Bq/m}^3$ ，室内空气中的氡浓度小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的  $400 \text{ Bq/m}^3$ （已建住宅氡持续照射的控制水平）的限值。

###### (3) 生物样品中放射性核素监测结果

依据辐射专篇阶段的监测结果可知：评价区生物样品中放射性核素含量为 U:  $0.16 \text{ Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，总  $\alpha$  :  $17.3 \text{ Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，总  $\beta$  :  $246 \text{ Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ；均低于《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB14882-1994）中放射性

核素含量的限值。

#### (4) 土壤中放射性核素监测结果

依据辐射专篇阶段的监测结果可知：整个评价区土壤中  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  含量分别为：77.7~229.2Bq/kg，70.2~101.3Bq/kg，22.9~29.0Bq/kg，247~374Bq/kg，均为本底水平。

#### (5) 饮用水中放射性核素监测结果

依据辐射专篇阶段的监测结果可知：饮用水均满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中规定水中总  $\alpha < 0.5 \text{ Bq/L}$ ，总  $\beta < 1 \text{ Bq/L}$  的标准要求。

### 5.1.1.3 水环境影响分析及防治措施

项目区没有常年性河流，无地表水体，地下水极度贫乏。项目运行期废水主要有生产废水和生活污水。

#### (1) 生产废水

项目产生的生产废水全部进入废水处理站进行深度处理，废水处理站的工艺分成两部分，第一部分为针对吸附余液的预处理（酸性），第二部分为针对全部工艺废水的深度处理。预处理阶段对吸附余液采取的措施为中和沉淀、絮凝工艺，中和原料采用氧化钙制成的石灰乳（氢氧化钙），这样可以有效去除水中的铀。沉钒母液及处理后的离子交换废液经废水深度处理，铀经活性炭吸附和被膜分离后，水中铀被进一步有效去除，由工程分析可知，处理后水质能够满足相关工艺用水要求。经处理后尾水约有 70%回用，30%浓水进入蒸发池。浓水通过管线排入渣场附近蒸发池，蒸发池占地面积 40000m<sup>2</sup>，容积 10 万 m<sup>3</sup>，设置防洪、防渗设施，蒸发池池底及池壁铺设防渗材料（铺设 HDPE 防渗膜，渗透系数  $K < 1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ）；由区域年蒸发量 3400mm 可知，排入的浓水中的水量全部可以蒸发完。渣场产生的渗滤液设置渗滤液收集设施，收集后泵送回尾矿库用于洒水降尘，不外排。

#### (2) 生活污水

生活污水送生活福利区，处理后用于绿化。全厂废污水均不排放，对地下水环境基本无影响。

#### 5.1.1.4 固体废物影响分析及防治措施

##### (1) 运营期

项目产生的工业固废全部进入尾矿库堆存，包括工艺废渣、废水处理废渣，从措施上保证了不外排。根据《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB 23727-2009）的要求，应建尾矿库，并将尾矿堆放在专用的尾矿库中，矿渣表面应有防止扬尘措施，尾矿库应设防洪排洪、拦渣、渗出液收集处理措施，防止尾渣流失和渗出液漫流。因此，废渣进入尾矿处置能满足要求。只要保证含放射性固体废物不外排，固体废物对环境的影响很小。

##### (2) 恢复期

进入恢复期（即服务期满后），尾矿库的影响主要体现在扬尘污染，环评要求企业制定切实可行的生态恢复计划，采取有效的生态恢复措施，按国家相关要求对尾矿库进行封场处理，主要的措施为进行尾矿库表面及边坡压石、复垦，种植适宜本地区生长的草本植物，从而起到防风固沙的作用，恢复原有地貌。

#### 5.1.1.5 环境空气影响分析及防治措施

本项目中放射性废气来源于原料和尾矿堆放、工艺过程中由于镭的衰变而产生的氡气。但这部分氡气相对钒矿开采来说量很小，通过排风扩散到外环境中，不会对环境造成影响。

矿石开采过程中在矿井中会产生大量粉尘，本项目中主要是以通风排尘为主，喷雾除尘为辅，可以满足对粉尘的处理要求。矿石开采过程中矿井中产生的氡气，同样可以随着通风设施的运行，排到外环境中，通过空气中扩散，不会对环境造成影响。本项目中对石煤堆场产生的粉尘采取的措施为建设围棚及洒水进行降尘，效率 70%，扬尘排放 12t/a。针对尾矿库采取的措施为利用渣场产生的渗滤液及铁选厂尾矿库澄清水定时洒水降尘，抑尘率 70%，则扬尘排放量为 129t/a。

通过上述措施的实施，使得项目无组织扬尘大幅削减，排放量较小，且项目周边无环境空气敏感点，对周边环境空气的影响较小。

项目有组织废气源较多，针对各个源的排放特点，非放射性环评报

告提出了相应的环保措施，达标排放的同时满足了总量控制的要求，排放量较小。通过估算模式计算，所有污染物的最大落地浓度较小，占标率均小于 10%，且项目周边无居民区、自然保护区、水源地等敏感目标，因此项目废气排放对环境空气影响较小。项目周边有一处牧民，但距离较远，对其基本无影响。

#### 5.1.1.5 工作人员照射剂量和公众成员照射剂量

辐射专篇期间提出职业年有效剂量 5mSv 限值的规定，公众年有效剂量 0.25mSv 限值的规定。

#### 5.1.2 验收中需要考核的内容

依据辐射专篇，本项目在辐射环境保护验收中需要考核的内容及要求详见下表所示：

表 5.1-2 环保竣工验收项目一览表

| 序号 | 验收项目   | 处理设施                | 验收要求                                                                                                                           |
|----|--------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 工程质量   | 渣场土建建设              | 严格按照专业的设计厂家设计施工，并按报告表中的要求进行补充                                                                                                  |
| 2  | 通风设施   | 通风设施                | 严格按照报告表中要求进行通风设施的建设                                                                                                            |
| 3  | 警示标志   | 车间门口设置警示标志          | 将矿石处理车间（颚式破碎、中碎车间、球磨车间等）、压块和焙烧车间大门设置警示标牌，防止非工作人员入内                                                                             |
| 4  | 环境监测计划 | 放射性工作场所辐射监测计划       | 按照报告表中要求配备相应监测仪器，购买防护用品，按照报告表中要求制定环境监测计划                                                                                       |
| 5  | 个人剂量   | 每个人配备个人剂量计，建立个人剂量档案 | 从事石煤开采、矿石处理等工作的职业人员，应遵守国家有关放射工作人员个人剂量监测和健康管理的要求，由用人单位组织上岗前和在岗期间定期的职业健康检查，开展个人剂量监测，并建立职业卫生档案。经体检未达到相应标准的人员不得参加放射工作，必须每季度读个人剂量一次 |
| 6  | 管理措施   | 放射性工作场所的规章制度        | 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等中的相应防护标准的要求                                 |

|    |       |                       |                                                                                                                                                  |
|----|-------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | 两区管理  | 放射性工作场所划分为监督区和控制区     | 按照报告表中划分                                                                                                                                         |
| 8  | 退役治理  | 项目退役治理                | 为了保护本工程周围环境和公众的健康，控制放射性核素向环境转移，对坑（井）口、污染的机械设备、废水处理车间、尾渣库以及有关的建筑物等进行退役治理或处置，使其达到稳定、安全无害化程度。                                                       |
| 9  | 矿产的管理 | 严格按照国家标准进行矿样及成品的流通、处置 | 肃北县博伦矿业开发有限责任公司矿产资源开发利用项目开采时配备 $\gamma$ 射线检测设备和专职检测人员，对矿井各个采掘面随掘进进行外照射检测，倘若发现 $\gamma$ 辐射致空气吸收剂量率异常升高，立即划出超标区，不予开采，并设立警示标志禁止人员入内。及时与相关部门联系做好处理工作 |
| 10 | 管理机构  | 完善相关管理机构，制定规章制度       | 肃北县博伦矿业开发有限责任公司成立辐射环境管理机构，制定工作管理制度                                                                                                               |
| 11 | 持证上岗  | 工作人员培训、考核及持证上岗        | 肃北县博伦矿业开发有限责任公司对相应辐射工作人员进行辐射安全防护培训，取得辐射安全上岗证，并定期组织辐射防护培训及考核                                                                                      |
| 12 | 应急预案  | 制定并完善应急预案             | 肃北县博伦矿业开发有限责任公司应制定详细的应急预案，使之具有可操作性，并定期开展培训和演练                                                                                                    |

## 5.2 辐射专篇批复意见

依据《甘肃省环境保护厅关于肃北县博伦矿业开发有限责任公司石煤提钒一期工程项目辐射环境影响评价专篇的审查意见》（甘环核发〔2014〕1号），原甘肃省环境保护厅对本项目辐射专篇审查意见如下：

（一）你单位要高度重视辐射环境管理工作，设立专职管理机构，建立健全辐射防护安全规章制度。制定切合实际的辐射事故应急预案并定期开展培训和演练，防范辐射环境风险。

（二）配备专职监测人员和必要的辐射环境监测仪器，制定并严格执行包含周围环境、工作场所、放射性流出物和个人剂量的运行期完整监测计划，每年3月31日前将监测结果报送我厅。按照辐射防护最优化的原则，本项目确定职业工作人员年有效剂量管理限值为5mSv，公众

年有效剂量约束值为 0.25mSV。

(三) 加强对相关管理人员和工作人员的辐射安全培训工作,做到持证上岗,并严格按操作规程进行作业。矿井、工艺车间、渣堆等部位工作人员要配备必要的辐射防护用品、个人剂量监测仪并做好个人防护工作,建立个人剂量档案和健康档案。

(四) 严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等相关标准要求,进一步完善工作场所的辐射防护及管理措施。建立台账制度,如实记录原矿、尾渣、产品的辐射水平、来源和去向等资料,并长期保存。严格划分控制区与监督区,边界或入口处要设置醒目的警示标识,完善管理措施并定期审查防护状况,防止污染物扩散。加强防护设施管理并定期开展检查维护,确保正常运行。矿石开采中,应对矿井各个采掘面随掘进进行 $\gamma$ 辐射剂量率、氢浓度跟踪监测,发现监测值异常升高要立即划出超标区,不得继续开采,设立警示标志禁止人员入内,及时报告环保等政府相关部门并做好处理工作。

(五) 合理选择工艺及设备,尽量减少放射性废物产生量并按专篇要求妥善处置,确保满足《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》(GB15848-2009)和《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》(GB23727-2009)标准要求。建设符合放射性污染防治要求的尾渣库,对工艺流程产生废渣进行集中贮存、处置,并完善渣场的防洪、拦渣、渗出液收集处理等措施,防止尾渣流失和渗出液漫流。废渣不得用于建筑主体材料。完善渣场及蒸发池防渗设施,渣场渗滤液经收集后回用洒水降尘,工艺废水经处理后,净水回用,浓水排至蒸发池,均不得外排。矿井、工艺车间等作业场所要配套建设通排风设施、合理设置通风口并防止污染物回流,采取有效防尘降氡措施,确保人员和环境安全。

三、经审查,在采取相应辐射防护措施后,项目正常生产和运行从辐射环境影响角度考虑是可行的。原则同意项目建设。你单位要严格按照相关环保法规要求及程序开展环评工作,并将上述意见落实在环评文件当中。严格执行环境保护“三同时”制度,竣工验收阶段应委托有资质单位开展辐射监测,编制辐射环境竣工验收报告并及时向我厅提交申

请，验收合格后方可正式投入生产。该项目终止运行后，要严格落实《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》(GB14586-93)及专篇要求，依法履行退役环保手续，采取有效治理措施并加强后期监护，确保区域辐射环境安全。

## 6、验收执行标准

本次竣工辐射环境保护验收监测期间，原则上采用该工程辐射环境影响评价时所采用的各项标准，对已修订新颁布的标准采用替代后的新标准进行校核。具体标准如下：

### 6.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

辐射专篇评价阶段与本次辐射环境保护验收阶段标准一致，均执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B 和附录 H 中的相关规定，具体如下：

#### 6.1.1 剂量限值（附录 B）

##### 6.1.1.1 职业照射剂量限值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B1.1.1.1 中的规定，应对任何工作人员的\*\*职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

##### 6.1.1.2 公众照射剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

##### 6.1.1.3 辐射专篇及验收标准

###### （1）辐射专篇中的标准

辐射专篇评价期间依照防护与安全最优化原则，要求项目：

①职业照射剂量取 GB1887 限值的 1/4，即“不超过 5mSv”作为职业工作人员的年有效剂量约束值。

②公众照射剂量取 GB18871 限值的 1/4，即“不超过 0.25mSv”作为公众成员的年有效剂量约束值。

###### （2）辐射环境保护验收标准

本次辐射环境保护验收期间，执行标准与辐射专篇及批复中相同，

即工作人员不大于 5mSv/a， 公众不大于 0.25mSv/a。

### 6.1.2 持续照射情况下的行动水平

#### 6.1.2.1 住宅中的氡（H1）

本项目福利区主要为职工食宿的场所，属于I类民用建筑（包括住宅、居住功能公寓、医院病房、老年人照料房屋设施、幼儿园、学校教室、学生宿舍等），本次辐射环境保护验收期间执行《民用建筑工程室内环境污染控制标准》（GB50325-2020）中表6.0.4 民用建筑室内环境污染物浓度限量：氡 $\leq 150\text{Bq/m}^3$ 。

#### 6.1.2.2 工作场所中氡（H2）

工作场所中氡持续照射情况下补救行动的行动水平是在年平均活度浓度为  $500\text{Bq}^{222}\text{Rn/m}^3 \sim 1000\text{Bq}^{222}\text{Rn/m}^3$ （平衡因子 0.4）范围内。达到  $500\text{Bq}^{222}\text{Rn/m}^3$  时宜考虑采取补救行动，达到  $1000\text{Bq}^{222}\text{Rn/m}^3$  时应考虑采取补救行动。

### 6.2 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）

天然放射性单一核素免管浓度值 $\leq 1\text{Bq/g}$ 。

### 6.3 《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）》（HJ1114-2020）

#### 6.3.1 伴生放射性物料

非铀（钍）矿产资源开发利用活动中使用或产生的铀（钍）系单个核素活度浓度超过  $1\text{Bq/g}$  的原矿、中间产品、尾矿、尾渣和其他残留物等。

#### 6.3.2 伴生放射性固体废物

非铀(钍)矿产资源开发利用活动中产生的铀(钍)系单个核素活度浓度超过  $1\text{Bq/g}$  的固体废物，包括采选及冶炼过程产生的尾矿、尾渣和其他残留物等。

### 6.4 《甘肃省环境天然贯穿辐射水平》

#### 6.4.1 甘肃省原野辐射 $\gamma$ 辐射剂量率水平

甘肃省原野辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围为  $16.9 \sim 128.4\text{nGy/h}$ 。

#### 6.4.2 甘肃省道路辐射 $\gamma$ 辐射剂量率水平

甘肃省道路辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围为 20.1~129.7nGy/h。

#### 6.4.3 甘肃省建筑物室内辐射 $\gamma$ 辐射剂量率水平

甘肃省建筑物室内辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围为 33.5~166.6nGy/h。

### 6.5 《甘肃省土壤天然放射性核素含量调查研究》（甘肃省环境保护研究所，辐射防护，1995 年 05 期）

甘肃省酒泉地区土壤天然放射性核素含量如下：

- (1)  $^{238}\text{U}$ : 20.1~200.0 Bq/kg
- (2)  $^{232}\text{Th}$ : 16.4~70.3 Bq/kg
- (3)  $^{226}\text{Ra}$ : 14.4~46.1 Bq/kg

### 6.6 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中放射性指标

依据《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）表 1 中放射性指标如下：

- (1) 总  $\alpha$  放射性：限值要求  $\leq 0.5\text{Bq/L}$ ；
- (2) 总  $\beta$  放射性：限值要求  $\leq 1.0\text{Bq/L}$ ；

本次验收期间，参考新颁布的《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022），该标准于 2023 年 4 月 1 日起施行，暂按《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）执行，本次验收仅做参考：

- (1) 总  $\alpha$  放射性：限值要求  $\leq 0.5\text{Bq/L}$ ；
- (2) 总  $\beta$  放射性：限值要求  $\leq 1.0\text{Bq/L}$ ；

### 6.7 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中放射性指标

由于本项目所属的《钒工业污染物排放标准》（GB 26452-2011）行业标准中未规定车间排放口排放废水中的放射性指标，本次验收期间与辐射专篇评价期间保持一致，参考《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 1 中车间排放口第一类污染物最高允许排放浓度要求，具体如下：

- (1) 总  $\alpha$  放射性：最高允许排放浓度 1Bq/L；
- (2) 总  $\beta$  放射性：最高允许排放浓度 10Bq/L。

## 7、验收监测方案

### 7.1 验收工况

#### (1) 验收期间生产工况

本次验收期间，石煤提钒选厂采用井巷工程产生的矿石进行试生产，生产工况如下表 7.1-1 所示：

表 7.1-1 验收期间生产工况一览表

| 名称   | 石煤钒矿石处理量    | 产品偏钒酸铵产生量               | 浸出渣产生量              | 中和氧化渣产生量            | 净化渣产生量       |
|------|-------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| 工况参数 | 600t/d      | 2.33t/d                 | 467.5t/d            | 0.46t/d             | 3.84t/d      |
| 名称   | 废水处理站沉淀物产生量 | 吸附余液产生量                 | 3#洗水产生量             | 沉钒母液及洗水产生量          | 工作制度         |
| 工况参数 | 93.3t/d     | 815.94m <sup>3</sup> /d | 82m <sup>3</sup> /d | 96m <sup>3</sup> /d | 每天 3 班，每班 8h |

#### (2) 验收期间环保设施运行及污染物排放情况

根据《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》（甘肃上治环保咨询有限公司，2021 年 3 月），本项目石煤提钒选厂各类环境保护设施运行正常，大气污染物排放浓度均满足《钒工业污染物排放标准》（GB 26452-2011）表 5 和表 6 中的限值要求；各类生产废水经废水处理站处理后全部回用生产工序，不外排；验收期间，未发现尾矿库渗滤液产生；产生的尾矿（包括浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站沉淀物）全部清运至尾矿库堆存，尾矿库建设符合环保中的相关要求。

### 7.2 放射性污染防治设施调试运行效果监测

#### 7.2.1 液态流出物

本项目不设置废水排放口，吸附后 1#洗水、解吸后 2#洗水闭路返回上一段生产工序，不外排；空冷冷却水、吸附余液、再生后 3#洗水进入废水处理站吸附余液处理区混合后进行处理，尾水回用浸出工序；沉钒母液（含偏钒酸铵洗水）进入废水处理站沉钒母液处理区进行处理，尾水返回浸出工序，不外排。由于混合后的空冷冷却水、吸附余

液、再生后 3#洗水和沉钒母液（含偏钒酸铵洗水）均含有第一类污染物（总  $\alpha$  放射性、总  $\beta$  放射性），故本次验收在处理设施排放口设置监测点，用于评价处理后废水中的放射性指标是否满足要求。本项目石煤钒矿石煤中伴生有  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  等天然放射性核素，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中 5.4 伴生放射性矿开发区利用表 14 中的要求，并参考《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）中的要求，本次验收期间，液态流出物监测方案具体如下表 7.2-1 及图 7.2-1 所示：

表 7.2-1 液态流出物监测方案

| 流出物名称                           | 监测点位        | 监测因子                                                                                                                    | 监测频次 |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 废水                              | 废水处理车间排放口   | $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |
|                                 | 尾矿库渗滤液收集池入口 | $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |
| 注：验收期间，尾矿库未产生渗滤液，故尾矿库渗滤液监测未取到样。 |             |                                                                                                                         |      |

### 7.2.2 气载流出物

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中 5.4 伴生放射性矿开发区利用表 14 中的要求，并参考《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）中的要求，依据前文 4.2.2 章节伴生放射性废气分析，本次验收期间，气载流出物监测方案如下表 7.2-2 所示：

表 7.2-2 气载流出物监测方案

| 流出物名称 | 监测点位               | 监测因子                  | 监测频次 |
|-------|--------------------|-----------------------|------|
| 粉尘    | 筛分工序布袋除尘器排气筒       | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |
| 粉尘    | 破碎+脱碳后磨矿工序布袋除尘器排气筒 | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |
| 烟气    | 循环流化床锅炉烟囱          | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |
| 烟气    | 焙烧窑烟囱              | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |
| 粉尘    | 焙烧后破碎、磨矿布袋除尘器排气筒   | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |

### 7.2.3 伴生放射性固体废物

依据前文 4.2.3 伴生放射性固体废物分析，本项目产生的伴生放

放射性固体废物主要包括井下开采废石、石煤提钒厂产生的尾矿（浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站产生的沉淀物）、各布袋除尘器收集的除尘灰；其中，矿山目前井巷工程正在施工，尚未投产运行，施工凿岩及掘进废石全部回填井下采空区，不出井；各布袋除尘器收集的除尘灰通过水泥罐车清运至焙烧车间作为原料返回生产工序；浸出渣、中和氧化渣、净化渣和废水处理沉淀物进入尾矿库堆存。

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中 5.4 伴生放射性矿开发区利用表 13 中的要求，并参考《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）中的要求，本次验收期间，伴生放射性固体废物的监测方案如下表 7.2-3 所示：

表 7.2-3 伴生放射性固体废物的监测方案

| 放射性固体废物名称     | 监测点位  | 监测因子                                                                                             | 监测频次 |
|---------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 尾矿（浸出渣、中和氧化渣） | 尾矿库   | $^{238}\text{U}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 1 次  |
| 废水处理站沉淀物（底泥）  | 废水处理站 | $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$                                         | 1 次  |
| 净化渣           | 沉钒车间  | $^{238}\text{U}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$                     | 1 次  |

#### 7.2.4 其他伴生放射性物料

本次验收对其他伴生放射性物料和产品进行监测，其中石煤钒矿石破碎筛分后的细骨料、脱碳渣磨矿后的粉料、焙烧后空心砖破碎磨矿后的粉料等工序产生的物料与上一段工序石煤钒矿、脱碳渣、焙烧后空心砖除粒度外，其他理化性质相同，故本次辐射验收监测期间，按前一段工序产生的物料进行考虑，不再重复监测。具体监测方案如下表 7.2-4 所示：

表 7.2-4 其他伴生放射性物料的监测方案

| 其他伴生放射性物料名称    | 来源           | 批次            | 监测点位 | 监测因子                                                     | 监测频次 |
|----------------|--------------|---------------|------|----------------------------------------------------------|------|
| 石煤钒矿石          | 石煤堆场         | 井巷工程基建产生的掘进矿石 | 石煤堆场 | $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 1 次  |
| 脱碳渣            | 脱碳车间<br>脱碳发电 | 2022-07       | 脱碳仓  | $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 1 次  |
| 焙烧前成型的原料（空心砖块） | 焙烧车间<br>制砖区  | 2022-07       | 焙烧车间 | $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 1 次  |
| 焙烧后成型原料        | 焙烧窑          | 2022-07       | 焙烧   | $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 1 次  |

|        |      |         |      |                                                                                                  |     |
|--------|------|---------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (空心砖块) |      |         | 车间   |                                                                                                  |     |
| 产品偏钒酸铵 | 沉钒车间 | 2022-07 | 沉钒车间 | $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ | 1 次 |

### 7.3 辐射环境质量监测

辐射环境监测是对该项目可能引起影响的区域进行监测，对该项目的辐射环境监测包括厂界及敏感点（厂界、评价范围内的环境保护目标）。根据《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》（甘肃上治环保咨询有限公司，2021 年 3 月）及现场实际调查，本项目所在区域无常年地表径流，无居民点井水水源，本项目新鲜水（生产和生活用水）的水源地是为 100km 外的瓜州县双塔水库，沿途经建 18 级泵站逐级泵送到厂区；原厂区东侧牧民巴叶尔已迁移，周边无环境敏感点。

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中 5.4 伴生放射性矿开发区利用表 13 中的要求，并参考《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）中的要求，结合辐射专篇及辐射专篇审查意见，本次验收期间，辐射环境质量的监测对象、监测点位及监测项目选取如下表 7.3-1 及图 7.2-1 所示：

表 7.3-1 辐射环境质量的监测对象、监测点位及监测项目选取表

| 监测对象        | 监测点位               | 监测项目                                                          | 备注                            |
|-------------|--------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| $\gamma$ 辐射 | 矿区周围 3~5km 以内      | $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率                                            | /                             |
| 空气          | 矿区边界、矿区周围最近居民点     | $^{222}\text{Rn}$ 及其子体（伴生钍）                                   | /                             |
| 气溶胶         | 矿区周围 3~5km 以内      | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ | /                             |
| 地表水         | 受纳水体上、下游 1~3km 范围内 | /                                                             | 本项目所在区域无常年地表径流                |
| 地下水         | 最近居民点井水水源          | /                                                             | 矿区周边 5km 范围无居民点，区域内无居民点井水水源分布 |
| 土壤（固体样品）    | 矿区周围 3~5km 以内      | $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $\text{Th}$      | /                             |
| 尾渣          | 尾矿库                | $^{222}\text{Rn}$ 、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率                        | /                             |

### 7.3.1 环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测

依据工程分析，本次辐射验收环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率主要针对矿石运输道路和石煤提钒选厂，其中矿石运输道路每 50m 设置 1 个监测点，共设置 30 个监测点；石煤提钒选厂主要针对各生产工序、尾矿库、福利区布设监测点，共设置 41 个监测点；总计设置 71 个  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测点，具体监测方案如下表 7.3-2 所示：

表 7.3-2 环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测方案

| 序号              | 监测点位                   | 序号 | 监测点位                  |
|-----------------|------------------------|----|-----------------------|
| <b>一、矿石运输道路</b> |                        |    |                       |
| 1               | 矿石运输道路 1#              | 16 | 矿石运输道路 16#            |
| 2               | 矿石运输道路 2#              | 17 | 矿石运输道路 17#            |
| 3               | 矿石运输道路 3#              | 18 | 矿石运输道路 18#            |
| 4               | 矿石运输道路 4#              | 19 | 矿石运输道路 19#            |
| 5               | 矿石运输道路 5#              | 20 | 矿石运输道路 20#            |
| 6               | 矿石运输道路 6#              | 21 | 矿石运输道路 21#            |
| 7               | 矿石运输道路 7#              | 22 | 矿石运输道路 22#            |
| 8               | 矿石运输道路 8#              | 23 | 矿石运输道路 23#            |
| 9               | 矿石运输道路 9#              | 24 | 矿石运输道路 24#            |
| 10              | 矿石运输道路 10#             | 25 | 矿石运输道路 25#            |
| 11              | 矿石运输道路 11#             | 26 | 矿石运输道路 26#            |
| 12              | 矿石运输道路 12#             | 27 | 矿石运输道路 27#            |
| 13              | 矿石运输道路 13#             | 28 | 矿石运输道路 28#            |
| 14              | 矿石运输道路 14#             | 29 | 矿石运输道路 29#            |
| 15              | 矿石运输道路 15#             | 30 | 矿石运输道路 30#            |
| <b>二、石煤提钒选厂</b> |                        |    |                       |
| 1               | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 1#表面处     | 22 | 焙烧车间焙烧后成型原料 2#表面 1 米处 |
| 2               | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 1#表面 1 米处 | 23 | 焙烧车间焙烧后成型原料 3#表面 1 米处 |
| 3               | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 2#表面处     | 24 | 焙烧车间焙烧后成型原料 4#表面 1 米处 |
| 4               | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 2#表面 1 米处 | 25 | 焙烧车间焙烧后成型原料 5#表面 1 米处 |
| 5               | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 3#表面处     | 26 | 尾矿库尾渣 1#表面 1 米处       |
| 6               | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 3#表面 1 米处 | 27 | 尾矿库尾渣 2#表面 1 米处       |

|    |                        |    |                      |
|----|------------------------|----|----------------------|
| 7  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 4#表面处     | 28 | 尾矿库尾渣 3#表面 1 米处      |
| 8  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 4#表面 1 米处 | 29 | 尾矿库尾渣 4#表面 1 米处      |
| 9  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 5#表面处     | 30 | 尾矿库尾渣 5#表面 1 米处      |
| 10 | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 5#表面 1 米处 | 31 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 1#表面 1 米处 |
| 11 | 脱碳仓脱碳渣 1#表面 1 米处       | 32 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 2#表面 1 米处 |
| 12 | 脱碳仓脱碳渣 2#表面 1 米处       | 33 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 3#表面 1 米处 |
| 13 | 脱碳仓脱碳渣 3#表面 1 米处       | 34 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 4#表面 1 米处 |
| 14 | 脱碳仓脱碳渣 4#表面 1 米处       | 35 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 5#表面 1 米处 |
| 15 | 脱碳仓脱碳渣 5#表面 1 米处       | 36 | 水处理车间底泥 1#表面 1 米处    |
| 16 | 焙烧车间焙烧前成型原料 1#表面 1 米处  | 37 | 水处理车间底泥 2#表面 1 米处    |
| 17 | 焙烧车间焙烧前成型原料 2#表面 1 米处  | 38 | 水处理车间底泥 3#表面 1 米处    |
| 18 | 焙烧车间焙烧前成型原料 3#表面 1 米处  | 39 | 水处理车间底泥 4#表面 1 米处    |
| 19 | 焙烧车间焙烧前成型原料 4#表面 1 米处  | 40 | 水处理车间底泥 5#表面 1 米处    |
| 20 | 焙烧车间焙烧前成型原料 5#表面 1 米处  | 41 | 福利区（生活区，关键人群）        |
| 21 | 焙烧车间焙烧后成型原料 1#表面 1 米处  | /  | /                    |

### 7.3.2 空气中氡浓度及氡析出率监测

#### （1）空气中氡浓度监测

本项目所在区域空气中氡浓度监测共设置 11 个监测点，具体监测方案详见下表 7.3-3 所示：

表 7.3-3 空气中  $^{222}\text{Rn}$  监测方案一览表

| 序号 | 监测点位     | 序号 | 监测点位          |
|----|----------|----|---------------|
| 1  | 七角井矿区东边界 | 7  | 尾矿库滩面（废渣 1#）  |
| 2  | 七角井矿区南边界 | 8  | 尾矿库滩面（废渣 2#）* |
| 3  | 七角井矿区西边界 | 9  | 尾矿库滩面（废渣 3#）* |
| 4  | 七角井矿区北边界 | 10 | 尾矿库滩面（废渣 4#）* |
| 5  | 生活区（室外）  | 11 | 尾矿库滩面（废渣 5#）* |

|   |         |   |   |
|---|---------|---|---|
| 6 | 生活区（室内） | / | / |
|---|---------|---|---|

### （2）氡析出率监测

主要针对尾矿库设置 5 个氡析出率监测点，具体监测方案详见下表 7.3-4 所示：

表 7.3-4 尾矿库氡析出率监测方案一览表

| 序号 | 监测点位         | 监测因子 |
|----|--------------|------|
| 1  | 尾矿库滩面（废渣 1#） | 氡析出率 |
| 2  | 尾矿库滩面（废渣 2#） |      |
| 3  | 尾矿库滩面（废渣 3#） |      |
| 4  | 尾矿库滩面（废渣 4#） |      |
| 5  | 尾矿库滩面（废渣 5#） |      |

### 7.3.3 气溶胶中放射性核素监测

本项目辐射验收监测期间，气溶胶中放射性核素监测详见下表 7.3-5 所示：

表 7.3-5 气溶胶中放射性核素监测方案一览表

| 序号 | 监测点位        | 监测因子                                                          | 监测频次 |
|----|-------------|---------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 生活区（上风向）    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ | 1 次  |
| 2  | 东厂界边界处（下风向） | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ | 1 次  |

### 7.3.4 土壤中放射性核素监测

本项目辐射验收监测期间，土壤中放射性核素监测详见下表 7.3-6 所示：

表 7.3-6 土壤中放射性核素监测方案一览表

| 序号 | 监测点位            | 监测因子                                                           | 序号 | 监测点位            | 监测因子                                                     |
|----|-----------------|----------------------------------------------------------------|----|-----------------|----------------------------------------------------------|
| 1  | 矿区东厂界边界处        | $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ | 7  | 矿区西厂界边界处        | $\text{U}_{\text{天然}}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $\text{Th}$ |
| 2  | 矿区东厂界边界 500m 处  |                                                                | 8  | 矿区西厂界边界 500m 处  |                                                          |
| 3  | 矿区东厂界边界 1000m 处 |                                                                | 9  | 矿区西厂界边界 1000m 处 |                                                          |
| 4  | 矿区东厂界边界 2000m 处 |                                                                | 10 | 矿区西厂界边界 2000m 处 |                                                          |

|   |                    |  |    |                    |  |
|---|--------------------|--|----|--------------------|--|
| 5 | 矿区东厂界边界<br>3000m 处 |  | 11 | 矿区西厂界边界<br>3000m 处 |  |
| 6 | 矿区南厂界边界处           |  | 12 | 矿区北厂界边界处           |  |

### 7.3.5 饮用水水样中放射性核素监测

本项目所在区域无水源地，项目生产和生活用水来源于 100km 外的瓜州县双塔水库，沿途经建 18 级泵站逐级泵送到厂区内蓄水池暂存，辐射专篇评价时段曾对本项目生活饮用水进行放射性核素监测，本次辐射验收期间，对生活区的生活饮用水进行放射性核素监测，具体如下表 7.3-7 所示：

表 7.3-7 生活饮用水放射性核素监测

| 序号 | 点位描述       | 监测因子                                                                                                  | 监测频次 |
|----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 生活区（生活饮用水） | $U_{\text{天然}}$ 、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |

### 7.3.6 生物样品放射性核素监测

本项目位于肃北县七角井地区，周边无农田及农林作物分布，仅在矿区和选厂东北侧零星分布自然植被，主要为骆驼刺；区域主导风向为西南风，考虑试生产期间石煤提钒选厂各类伴生放射性废气通过大气沉降对骆驼刺的影响，本次辐射验收期间，对下风向骆驼刺进行放射性核素监测，具体见下表 7.3-8 所示：

表 7.3-8 生物样品放射性核素监测

| 序号 | 点位描述                 | 监测因子                                                                                                  | 监测频次 |
|----|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 厂界东北侧 1km 处<br>（下风向） | $U_{\text{天然}}$ 、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ | 1 次  |



图 7.2-1 辐射监测点位分布图

## 8、质量保证

### 8.1 监测分析方法

根据前文第七章验收监测方案，本次辐射环境保护验收监测分析方法详见下表所示：

表 8.1-1 监测分析方法一览表

| 序号 | 监测项目                                      | 监测分析方法                                             |
|----|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1  | $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率                        | 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）            |
| 2  | 氡浓度                                       | 《氡及其子体测量规范》（EJ/T 605-91（5））                        |
| 3  | 氡析出率                                      | 《表面氡析出率测定 累积法》（EJ/T 979-1995）                      |
| 4  | 固体中 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ | 《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T11743-2013）        |
| 5  | 固体生物中 U 和 Th                              | 《硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分：44 个元素量测定》（GB/T14506.30-2010） |
| 6  | $^{210}\text{Po}$                         | 《水中钋-210 的分析方法》（HJ813-2016）                        |
| 7  | 总 $\alpha$                                | 《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》（EJ/T 1075-1998）        |
| 8  | 总 $\beta$                                 | 《水中总 $\beta$ 放射性的测定方法 蒸发法》（EJ/T 900-1994）          |
| 9  | 水中 U 和 Th                                 | 《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子质谱法》（HJ700-2014）              |
| 10 | 水中 $^{226}\text{Ra}$                      | 《水中镭-226 的分析测定》（GB11214-1989）                      |
| 11 | 水中 $^{210}\text{Pb}$                      | 《水中铅-210 的分析方法》（EJ/T 859-1994）                     |
| 12 | 气溶胶中 $^{210}\text{Pb}$                    | 《空气中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（WS/T 184-2017）         |
| 13 | 生物中 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ | 《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2020）     |
| 14 | 固体中 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ | 《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T11743-2013）        |
| 15 | 固体生物中 U 和 Th                              | 《硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分：44 个元素量测定》（GB/T14506.30-2010） |

《氡及其子体测量规范》EJ/T 605-91（5）监测环境空气中氡浓度的有效性分析：

（1）甘肃省质量技术监督局与 2018 年 8 月 28 日批准认定甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司检验监测的能力范围中“空气中氡浓度”依据的标准（方法）为：《氡及其子体测量规范》EJ/T 605-91（5）；

具体详见附件 8 所示；

(2) 《氡及其子体测量规范》EJ/T 605-91 (5) 目前仍在有效期限内，未废止，监测环境空气中氡浓度具有有效性。

综上，《氡及其子体测量规范》EJ/T 605-91 (5) 监测环境空气中氡浓度具有有效性。

## 8.2 监测仪器

### 8.2.1 X-γ 环境剂量率仪和氡测量仪设备

本次辐射环境保护验收监测期间所使用的 X-γ 环境剂量率仪和氡测量仪设备基本信息详见下表所示：

表 8.2-1 X-γ 环境剂量率仪和氡测量仪基本信息一览表

| 序号 | 仪器名称       | 仪器型号                     | 仪器编号            | 仪器参数                            | 校准因子 | 检定单位/证书编号                                         | 有效起止日期                        |
|----|------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------|------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1  | X-γ 环境剂量率仪 | FH40G+<br>FHZ672<br>E-10 | QZHA-<br>YQ-003 | 测量范围：<br>10nSv/h<br>~1Sv/h      | 1.06 | 中国计量科学研究院/检定证书编号：<br>DYjl2021-16787               | 2021.08.11<br>~<br>2022.08.10 |
| 2  | 氡测量仪       | RAD7                     | QZHA-<br>YQ-007 | 测量范围：0~<br>10MBq/m <sup>3</sup> | 0.82 | 上海市计量测试技术研究院/检定证书编号：<br>2021H21-20-3220<br>578001 | 2021.05.07<br>~<br>2022.05.06 |

### 8.2.2 其他放射性核素监测仪器

本项目辐射环境保护验收监测期间，其他放射性核素监测仪器详见下表所示：

表 8.2-2 其他放射性核素监测仪器基本信息一览表

| 环境介质          | 监测分析项目            | 仪器名称及型号                | 仪器编号       | 检出限                           |
|---------------|-------------------|------------------------|------------|-------------------------------|
| 固体样品<br>(含土壤) | U、Th              | NexION 350X 质谱仪        | YQ-SP-0115 | U: 0.003 μg/g<br>Th: 0.8 μg/g |
|               | <sup>226</sup> Ra | GMX50P4-83 高纯锗多道 γ 能谱仪 | YQ-KY-0024 | /                             |
|               | <sup>210</sup> Pb |                        |            |                               |
|               | <sup>210</sup> Po | Alpha Ensemble α 谱仪    | YQ-KY-0015 | /                             |
| 水样            | U、Th              | NexION 350X 质谱仪        | YQ-SP-0115 | U: 0.04 μg/L<br>Th: 0.05 μg/L |

|      |                   |                                   |            |                                                                        |
|------|-------------------|-----------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------|
|      | $^{226}\text{Ra}$ | GMX50P4-83 高纯锗多道 $\gamma$ 能谱仪     | YQ-KY-0024 | /                                                                      |
|      | $^{210}\text{Pb}$ |                                   |            |                                                                        |
|      | $^{210}\text{Po}$ | Alpha Ensemble $\alpha$ 谱仪        | YQ-KY-0015 | /                                                                      |
|      | 总 $\alpha$        | LB6008 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪 | YQ-KY-0026 | 总 $\alpha$ : $0.02 \mu\text{g/L}$<br>总 $\beta$ : $0.008 \mu\text{g/L}$ |
|      | 总 $\beta$         |                                   |            |                                                                        |
| 气溶胶  | $^{210}\text{Pb}$ | GMX50P4-83 高纯锗多道 $\gamma$ 能谱仪     | YQ-KY-0024 | /                                                                      |
|      | $^{210}\text{Po}$ | Alpha Ensemble $\alpha$ 谱仪        | YQ-KY-0015 | /                                                                      |
|      | 总 $\alpha$        | LB6008 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪 | YQ-KY-0026 | /                                                                      |
|      | 总 $\beta$         |                                   |            |                                                                        |
| 生物样品 | U、Th              | NexION 350X 质谱仪                   | YQ-SP-0115 | /                                                                      |
|      | $^{226}\text{Ra}$ | GMX50P4-83 高纯锗多道 $\gamma$ 能谱仪     | YQ-KY-0024 | /                                                                      |
|      | $^{210}\text{Pb}$ |                                   |            |                                                                        |
|      | $^{210}\text{Po}$ | Alpha Ensemble $\alpha$ 谱仪        | YQ-KY-0015 | /                                                                      |
|      | 总 $\alpha$        | LB6008 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪 | YQ-KY-0026 | /                                                                      |
|      | 总 $\beta$         |                                   |            |                                                                        |

注：本次验收期间监测单位共有 2 家，分别为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，两家监测单位的检测能力范围、检定有效期、检定证书标号详见附件 8 所示。

### 8.3 人员能力

本次辐射验收监测期间，参加监测采样和测试的人员，均参加生态环境部核与辐射安全中心或甘肃省核与辐射安全中心开展的相关专业技术考核或培训，考核合格，严格执行辐射监测人员持证上岗制度，并持证上岗，确保其专业能力。

### 8.4 监测分析过程中的质量保证

#### 8.4.1 样品布点过程中的质量保证措施

监测单位在布点之前，首先收集项目相关资料，充分熟悉项目的生产工艺、辐射相关设施的生产设施、气载流出物、液体流出物的排放点、伴

生放射性物料及固体废物贮存场所等；进入现场后，与环评文件、辐射专篇进行逐项比对分析，核实实际生产工序和生产设施与相关文件中的区别，并对具体位置采用手持 GPS 仪器进行定位，作为布点的前提；之后再结合国家及地方现行的相关法律、法规、标准规范等进行设置监测方案，最后由采样组携带监测方案前往现场实际采样。

#### 8.4.2 样品采集、保存、运输及预处理过程过程中的质量保证措施

环境  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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。

#### 8.4.3 实验室分析中的质量保证措施

##### （1）检测分析仪器的质量控制措施

检测所用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。

##### （2）检测分析方法的质量控制措施

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：182812050839）管理体系的相关要求，执行三级审核。实验室分析项目分包中核化学计量检测中心，也具备检验检测资质认定证书（证书编号：160021183086）和实验室认可证书

(注册号:CNAS L1606),实验分析过程严格遵照管理体系要求进行,执行三级审核。

### (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或甘肃省核与辐射安全中心开展的相关专业技术考核或培训,考核合格,严格执行辐射监测人员持证上岗制度。

#### 8.4.4 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)。

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。

## 9、验收监测结果

### 9.1 生产工况

本次验收期间，石煤提钒选厂采用井巷工程产生的掘进矿石进行试生产，实际日处理石煤钒矿石 600t/d，每天 3 班，每班 8h，日产偏钒酸铵 2.33t/d；试生产期间，选矿工程各工况相对稳定，环保设施均正常运行；根据《肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司石煤提钒带余热发电项目竣工环境保护验收监测报告》（甘肃上治环保咨询有限公司，2021 年 3 月），本项目选厂各污染物均达标排放。验收期间具体生产工况详见前文 7.1 章节。

### 9.2 放射性污染防治设施调试运行效果

#### 9.2.1 液态流出物

本次辐射验收监测期间，液态流出物监测结果详见表 9.2-1 所示：

表 9.2-1 液态流出物监测结果

| 流出物名称 | 监测点位                                                                                                 | 监测结果 (Bq/L)     |      |                   |                   |                   |      |      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|------|------|
|       |                                                                                                      | U <sub>天然</sub> | Th   | <sup>226</sup> Ra | <sup>210</sup> Po | <sup>210</sup> Pb | 总 α  | 总 β  |
| 废水    | 废水处理车间排放口                                                                                            | 0.12            | <0.1 | <0.26             | <0.001            | 0.16              | 0.58 | 0.70 |
| 备注    | 参考《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 1 中车间排放口第一类污染物最高允许排放浓度要求：总 α 放射性：最高允许排放浓度 1Bq/L；总 β 放射性：最高允许排放浓度 10Bq/L。 |                 |      |                   |                   |                   |      |      |

由上表 9.2-1 可知，本项目废水处理站处理后的尾水中总 α 为 0.58 Bq/L，总 β 为 0.70 Bq/L，均满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 1 中车间排放口第一类污染物最高允许排放浓度要求；本项目废水处理站处理后的尾水全部回用选矿工序，不外排。

#### 9.2.2 气载流出物

本次辐射验收监测期间，气载流出物监测结果详见表 9.2-2 所示：

表 9.2-2 气载流出物监测结果一览表

| 序号 | 样品编号                          | 检测结果(mBq/m <sup>3</sup> ) |      |
|----|-------------------------------|---------------------------|------|
|    |                               | 总 α                       | 总 β  |
| 1  | 布袋除尘烟囱-1#（破碎+脱碳后磨矿工序布袋除尘器排气筒） | 5.39                      | 1.81 |
| 2  | 布袋除尘烟囱-2#（筛分工序布袋除尘器排气筒）       | 0.44                      | 1.13 |

|   |                             |      |      |
|---|-----------------------------|------|------|
| 3 | 布袋除尘烟囱-3#（焙烧后破碎、磨矿布袋除尘器排气筒） | 11.6 | 3.83 |
| 4 | 焙烧窑烟囱                       | 5.46 | 2.16 |
| 5 | 55 吨循环流化床锅炉烟囱               | 2.19 | 1.30 |

由上表 9.2-2 可知，本项目气载流出物总  $\alpha$  放射性范围值为  $0.44 \sim 11.6 \text{mBq/m}^3$ ，总  $\beta$  放射性范围值为  $1.13 \sim 3.83 \text{mBq/m}^3$ 。本项目石煤提钒工程属于《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017）中“黑色金属矿采选业”，钒（V）不属于稀土元素，钒工业不属于稀土工业，目前钒行业标准《钒工业污染物排放标准》中无总  $\alpha$ 、总  $\beta$  排放指标要求，故本次验收期间，不对本项目气载流出物进行达标分析。

### 9.2.3 伴生放射性固体废物

本次辐射环保验收监测期间，伴生放射性固体废物监测结果详见下表所示：

表 9.2-3 伴生放射性固体废物监测结果一览表

| 序号 | 放射性固体废物名称    | 监测结果（Bq/kg）      |                   |                   |                   |                    |
|----|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|    |              | $^{238}\text{U}$ | $^{210}\text{Pb}$ | $^{210}\text{Po}$ | $^{232}\text{Th}$ | $^{226}\text{Ra}$  |
| 1  | 浸出渣 1#       | 1320             | /                 | 434               | 35.6              | $1.28 \times 10^3$ |
|    | 浸出渣 2#       | 1170             | /                 | 910               | 27.0              | $1.04 \times 10^3$ |
| 2  | 中和氧化渣 1#     | 438              | 712               | 635               | 33.1              | $1.33 \times 10^3$ |
|    | 中和氧化渣 2#     | 407              | 689               | 598               | 29.9              | $1.24 \times 10^3$ |
|    | 中和氧化渣 3#     | 433              | 677               | 582               | 31.6              | $1.19 \times 10^3$ |
|    | 中和氧化渣 4#     | 429              | 682               | 591               | 29.2              | $1.21 \times 10^3$ |
|    | 中和氧化渣 5#     | 422              | 697               | 602               | 28.8              | $1.26 \times 10^3$ |
| 3  | 净化渣 1#       | 49400            | /                 | 201               | $<2$              | 10.5               |
|    | 净化渣 2#       | 66600            | /                 | 263               | $<2$              | 6.60               |
| 4  | 水处理车间（底泥 1#） | 1049             | /                 | /                 | 35.7              | 15.3               |
|    | 水处理车间（底泥 2#） | 558              | /                 | /                 | 39.9              | 21.4               |
|    | 水处理车间（底泥 3#） | 422              | /                 | /                 | 40.2              | 21.4               |
|    | 水处理车间（底泥 4#） | 421              | /                 | /                 | 36.8              | 22.7               |
|    | 水处理车间（底泥 5#） | 462              | /                 | /                 | 39.7              | 15.5               |

由上表可知，本项目尾矿（浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站沉淀物）中  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$  核素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）系单个核素含量超过 1 贝可/克（ $1000 \text{Bq/kg}$ ），均需要按伴生放射性固体废物

物进行管理。

#### 9.2.4 其他伴生放射性物料

本次辐射环保验收监测期间，其他伴生放射性物料监测结果详见下表 9.2-4 所示：

表 9.2-4 其他伴生放射性物料监测结果一览表

| 序号 | 放射性固体废物名称         | 监测结果 (Bq/Kg)         |                   |                   |                   |                      |
|----|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
|    |                   | <sup>238</sup> U     | <sup>210</sup> Pb | <sup>210</sup> Po | <sup>232</sup> Th | <sup>226</sup> Ra    |
| 1  | 石煤钒矿石堆场（石煤钒矿石 1#） | 1.06×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 24.0              | 1.25×10 <sup>3</sup> |
|    | 石煤钒矿石堆场（石煤钒矿石 2#） | 1.17×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 35.0              | 1.41×10 <sup>3</sup> |
|    | 石煤钒矿石堆场（石煤钒矿石 3#） | 1.33×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 41.6              | 1.26×10 <sup>3</sup> |
|    | 石煤钒矿石堆场（石煤钒矿石 4#） | 1.13×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 33.5              | 1.18×10 <sup>3</sup> |
|    | 石煤钒矿石堆场（石煤钒矿石 5#） | 1.39×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 44.8              | 1.31×10 <sup>3</sup> |
| 2  | 脱碳仓（脱碳渣 1#）       | 1.74×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 54.9              | 1.27×10 <sup>3</sup> |
|    | 脱碳仓（脱碳渣 2#）       | 1.77×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 46.1              | 1.21×10 <sup>3</sup> |
|    | 脱碳仓（脱碳渣 3#）       | 1.73×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 48.9              | 1.42×10 <sup>3</sup> |
|    | 脱碳仓（脱碳渣 4#）       | 1.61×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 40.4              | 1.04×10 <sup>3</sup> |
|    | 脱碳仓（脱碳渣 5#）       | 1.77×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 42.8              | 1.42×10 <sup>3</sup> |
| 3  | 焙烧车间（焙烧前成型原料 1#）  | 1.45×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 38.1              | 1.01×10 <sup>3</sup> |
|    | 焙烧车间（焙烧前成型原料 2#）  | 3.05×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 40.4              | 847                  |
|    | 焙烧车间（焙烧前成型原料 3#）  | 1.69×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 40.8              | 1.09×10 <sup>3</sup> |
|    | 焙烧车间（焙烧前成型原料 4#）  | 1.28×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 36.7              | 980                  |
|    | 焙烧车间（焙烧前成型原料 5#）  | 1.46×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 39.9              | 1.01×10 <sup>3</sup> |
| 4  | 焙烧车间（焙烧后成型原料 1#）  | 1.58×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 44.0              | 1.35×10 <sup>3</sup> |
|    | 焙烧车间（焙烧后成型原料 2#）  | 1.56×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 40.0              | 1.32×10 <sup>3</sup> |
|    | 焙烧车间（焙烧后成型原料 3#）  | 1.57×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 41.6              | 1.22×10 <sup>3</sup> |
|    | 焙烧车间（焙烧后成型原料 4#）  | 1.60×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 41.2              | 1.46×10 <sup>3</sup> |
|    | 焙烧车间（焙烧后成型原料 5#）  | 1.58×10 <sup>3</sup> | /                 | /                 | 38.7              | 1.32×10 <sup>3</sup> |
| 5  | 沉钒车间（成品偏钒酸铵 1#）   | 638                  | 52.7              | 50.2              | 0.85              | <4                   |
|    | 沉钒车间（成品偏钒酸铵 2#）   | 750                  | 53.9              | 51.3              | <0.7              | <4                   |
|    | 沉钒车间（成品偏钒酸铵 3#）   | 709                  | 60.2              | 58.4              | <0.7              | <4                   |
|    | 沉钒车间（成品偏钒酸铵 4#）   | 678                  | 58.1              | 55.9              | <0.7              | <4                   |
|    | 沉钒车间（成品偏钒酸铵 5#）   | 671                  | 53.8              | 50.6              | <0.7              | <4                   |

由上表9.2-4可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司固体样品中石煤钒矿石中放射性核素<sup>238</sup>U活度浓度为（1060～1390）Bq/kg、<sup>226</sup>Ra活度浓度为（1180～1410）Bq/kg；脱碳仓脱碳渣放射性核素<sup>238</sup>U活度浓度为

(1610~1770) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为(1040~1420) Bq/kg; 焙烧车间原料放射性核素 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为(1280~1690) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为(847~1460) Bq/kg; 沉钒车间成品偏钒酸铵放射性核素 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为(638~750) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为未检出、 $^{210}\text{Pb}$ 活度浓度为(52.7~60.2) Bq/kg、 $^{210}\text{Po}$ 活度浓度为(50.2~58.4) Bq/kg。石煤钒矿石、脱碳渣、焙烧前成型原料、焙烧后成型原料中放射性核素 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 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)系单个核素含量超过1贝可/克(1000Bq/kg), 按伴生放射性物料进行管理; 沉钒车间产生的偏钒酸铵产品铀(钍)系单个核素含量小于1贝可/克(1000Bq/kg), 按一般产品进行管理。

### 9.3 项目建设对辐射环境的影响

#### 9.3.1 环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果

本次辐射环保验收监测期间, 环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测情况详见下表 9.3-1~9.3-2 所示:

表 9.3-1 环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果 1 单位:  $\mu\text{Gy/h}$

| 序号 | 监测点位       | 测值范围      | 监测结果           |
|----|------------|-----------|----------------|
| 1  | 矿石运输道路 1#  | 73.9~75.2 | 74.6 $\pm$ 0.4 |
| 2  | 矿石运输道路 2#  | 74.8~76.9 | 75.9 $\pm$ 0.7 |
| 3  | 矿石运输道路 3#  | 62.0~70.0 | 68.1 $\pm$ 2.5 |
| 4  | 矿石运输道路 4#  | 66.0~69.1 | 67.6 $\pm$ 0.9 |
| 5  | 矿石运输道路 5#  | 65.2~69.3 | 67.8 $\pm$ 1.5 |
| 6  | 矿石运输道路 6#  | 73.1~75.6 | 74.2 $\pm$ 0.7 |
| 7  | 矿石运输道路 7#  | 73.8~75.7 | 74.8 $\pm$ 0.5 |
| 8  | 矿石运输道路 8#  | 74.5~76.3 | 75.3 $\pm$ 0.6 |
| 9  | 矿石运输道路 9#  | 74.8~80.1 | 77.0 $\pm$ 1.8 |
| 10 | 矿石运输道路 10# | 83.7~86.0 | 84.8 $\pm$ 0.9 |
| 11 | 矿石运输道路 11# | 86.5~90.1 | 87.9 $\pm$ 1.2 |
| 12 | 矿石运输道路 12# | 75.8~87.0 | 80.2 $\pm$ 3.2 |
| 13 | 矿石运输道路 13# | 65.2~73.5 | 69.6 $\pm$ 2.7 |
| 14 | 矿石运输道路 14# | 69.5~79.0 | 72.3 $\pm$ 2.7 |
| 15 | 矿石运输道路 15# | 67.7~69.3 | 68.9 $\pm$ 0.6 |

| 序号 | 监测点位       | 测值范围      | 监测结果     |
|----|------------|-----------|----------|
| 16 | 矿石运输道路 16# | 66.8~69.3 | 67.9±0.9 |
| 17 | 矿石运输道路 17# | 57.2~69.2 | 59.9±3.4 |
| 18 | 矿石运输道路 18# | 62.2~65.5 | 63.4±1.2 |
| 19 | 矿石运输道路 19# | 60.9~65.3 | 63.8±1.4 |
| 20 | 矿石运输道路 20# | 79.1~81.6 | 80.5±0.8 |
| 21 | 矿石运输道路 21# | 87.4~90.1 | 88.6±1.0 |
| 22 | 矿石运输道路 22# | 84.4~88.3 | 87.2±1.2 |
| 23 | 矿石运输道路 23# | 88.3~95.4 | 91.8±1.9 |
| 24 | 矿石运输道路 24# | 84.7~90.1 | 88.0±1.4 |
| 25 | 矿石运输道路 25# | 100~109   | 103±3    |
| 26 | 矿石运输道路 26# | 104~113   | 108±3    |
| 27 | 矿石运输道路 27# | 102~109   | 105±2    |
| 28 | 矿石运输道路 28# | 94.5~102  | 99.4±2.7 |
| 29 | 矿石运输道路 29# | 88.3~92.8 | 90.6±1.6 |
| 30 | 矿石运输道路 30# | 67.7~69.7 | 69.1±0.6 |

由上表 9.3-1 可知,矿石运输道路  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (57.2~113) nGy/h, 与甘肃省道路辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围 20.1~129.7nGy/h 相比, 无显著差异, 属于同一水平。

表 9.3-2 环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果 2 单位: nGy/h

| 序号 | 监测点位                   | 测值范围      | 监测结果    |
|----|------------------------|-----------|---------|
| 1  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 1#表面处     | 644~688   | 671±15  |
| 2  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 1#表面 1 米处 | 572~622   | 594±16  |
| 3  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 2#表面处     | 1038~1124 | 1070±28 |
| 4  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 2#表面 1 米处 | 795~906   | 865±34  |
| 5  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 3#表面处     | 596~632   | 612±12  |
| 6  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 3#表面 1 米处 | 536~587   | 557±17  |
| 7  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 4#表面处     | 763~822   | 792±17  |
| 8  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 4#表面 1 米处 | 683~789   | 728±36  |
| 9  | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 5#表面处     | 858~926   | 907±20  |
| 10 | 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石 5#表面 1 米处 | 762~800   | 787±11  |
| 11 | 脱碳仓脱碳渣 1#表面 1 米处       | 390~420   | 401±9   |
| 12 | 脱碳仓脱碳渣 2#表面 1 米处       | 401~424   | 409±8   |

| 序号 | 监测点位                  | 测值范围      | 监测结果           |
|----|-----------------------|-----------|----------------|
| 13 | 脱碳仓脱碳渣 3#表面 1 米处      | 396~426   | 416 $\pm$ 9    |
| 14 | 脱碳仓脱碳渣 4#表面 1 米处      | 337~361   | 348 $\pm$ 9    |
| 15 | 脱碳仓脱碳渣 5#表面 1 米处      | 352~391   | 367 $\pm$ 14   |
| 16 | 焙烧车间焙烧前成型原料 1#表面 1 米处 | 361~376   | 369 $\pm$ 5    |
| 17 | 焙烧车间焙烧前成型原料 2#表面 1 米处 | 236~246   | 240 $\pm$ 3    |
| 18 | 焙烧车间焙烧前成型原料 3#表面 1 米处 | 239~246   | 242 $\pm$ 2    |
| 19 | 焙烧车间焙烧前成型原料 4#表面 1 米处 | 235~248   | 242 $\pm$ 4    |
| 20 | 焙烧车间焙烧前成型原料 5#表面 1 米处 | 263~292   | 278 $\pm$ 10   |
| 21 | 焙烧车间焙烧后成型原料 1#表面 1 米处 | 246~263   | 254 $\pm$ 6    |
| 22 | 焙烧车间焙烧后成型原料 2#表面 1 米处 | 249~260   | 253 $\pm$ 4    |
| 23 | 焙烧车间焙烧后成型原料 3#表面 1 米处 | 294~353   | 325 $\pm$ 15   |
| 24 | 焙烧车间焙烧后成型原料 4#表面 1 米处 | 204~292   | 273 $\pm$ 25   |
| 25 | 焙烧车间焙烧后成型原料 5#表面 1 米处 | 286~307   | 300 $\pm$ 7    |
| 26 | 尾矿库尾渣 1#表面 1 米处       | 407~428   | 418 $\pm$ 7    |
| 27 | 尾矿库尾渣 2#表面 1 米处       | 403~441   | 422 $\pm$ 11   |
| 28 | 尾矿库尾渣 3#表面 1 米处       | 389~404   | 396 $\pm$ 5    |
| 29 | 尾矿库尾渣 4#表面 1 米处       | 543~562   | 551 $\pm$ 5    |
| 30 | 尾矿库尾渣 5#表面 1 米处       | 435~455   | 449 $\pm$ 6    |
| 31 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 1#表面 1 米处  | 72.2~73.5 | 72.8 $\pm$ 0.5 |
| 32 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 2#表面 1 米处  | 74.2~81.4 | 77.7 $\pm$ 3.1 |
| 33 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 3#表面 1 米处  | 74.0~76.9 | 75.4 $\pm$ 0.8 |
| 34 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 4#表面 1 米处  | 73.7~76.0 | 74.9 $\pm$ 0.8 |
| 35 | 沉钒车间成品偏钒酸铵 5#表面 1 米处  | 74.0~79.6 | 76.4 $\pm$ 1.5 |
| 36 | 水处理车间底泥 1#表面 1 米处     | 65.8~73.9 | 71.3 $\pm$ 2.5 |
| 37 | 水处理车间底泥 2#表面 1 米处     | 62.7~70.0 | 66.9 $\pm$ 2.6 |
| 38 | 水处理车间底泥 3#表面 1 米处     | 57.9~66.0 | 61.4 $\pm$ 2.9 |
| 39 | 水处理车间底泥 4#表面 1 米处     | 68.8~75.8 | 71.8 $\pm$ 2.9 |
| 40 | 水处理车间底泥 5#表面 1 米处     | 65.5~69.7 | 67.7 $\pm$ 1.0 |
| 41 | 生活区                   | 73.8~74.4 | 74.0 $\pm$ 0.2 |

由上表 9.3-2 可知：

(1) 石煤钒矿石堆场石煤钒矿石表面处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (596~1124) nGy/h，石煤钒矿石堆场石煤钒矿石表面 1 处

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（536~906）nGy/h，尾矿库废渣表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（389~562）nGy/h，与甘肃省道路  $\gamma$  辐射剂量率范围值（20.1~129.7）nGy/h 相比，属于同一水平。

（2）脱碳仓脱碳渣表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（337~426）nGy/h，焙烧车间焙烧前成型原料表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（235~376）nGy/h，焙烧车间焙烧后成型原料表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（204~353）nGy/h，沉钒车间成品（偏钒酸铵）表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（72.2~81.4）nGy/h，水处理车间底泥表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（57.9~75.8）nGy/h，与甘肃省建筑物室内辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围 33.5~166.6nGy/h 相比，均处于同一水平。

（3）生活区  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为（73.8~74.4）nGy/h，与甘肃省建筑物室内辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围 33.5~166.6nGy/h 相比，无显著性差异，属正常水平。

### 9.3.2 空气中氡浓度及氡析出率监测结果

#### 9.3.2.1 空气中氡浓度监测结果

本次辐射环保验收期间，空气中氡浓度监测结果见下表 9.3-3 所示：

表 9.3-3 空气中氡浓度监测结果一览表

| 序号 | 监测点位       | $^{222}\text{Rn}$ 浓度（Bq/m <sup>3</sup> ） |
|----|------------|------------------------------------------|
| 1  | 尾矿库（废渣 1#） | 68.3                                     |
| 2  | 尾矿库（废渣 2#） | 51.8                                     |
| 3  | 尾矿库（废渣 3#） | 82.6                                     |
| 4  | 尾矿库（废渣 4#） | 66.1                                     |
| 5  | 尾矿库（废渣 5#） | 68.0                                     |
| 6  | 七角井矿区东边界   | 68.6                                     |
| 7  | 七角井矿区南边界   | 39.7                                     |
| 8  | 七角井矿区西边界   | 16.8                                     |
| 9  | 七角井矿区北边界   | 19.2                                     |
| 10 | 生活区（室外）    | 15.6                                     |
| 11 | 生活区（室内）    | 27.7                                     |

由上表9.3-3可知：

(1) 尾矿库空气中氡浓度检测结果为 $(51.8 \sim 82.6) \text{ Bq/m}^3$ ，七角井矿区边界空气中氡浓度检测结果为 $(16.8 \sim 68.6) \text{ Bq/m}^3$ ，生活区室外空气中氡浓度检测结果为 $15.6 \text{ Bq/m}^3$ ，与辐射专篇期间 $2 \sim 20 \text{ Bq/m}^3$ 相比，均处于同一水平。

(2) 生活区室内空气中氡浓度检测结果为 $27.7 \text{ Bq/m}^3$ ，与《民用建筑工程室内环境污染控制标准》(GB50325-2020)中限值 $150 \text{ Bq/m}^3$ 相比，处于同一水平。

### 9.3.2.2 氡析出率监测结果

本次辐射环保验收期间，氡析出率监测结果见下表 9.3-4 所示：

表 9.3-4 氡析出率监测结果一览表

| 序号 | 监测点位            | $^{222}\text{Rn}$ 析出率 ( $\text{Bq/m}^2 \cdot \text{s}$ ) |
|----|-----------------|----------------------------------------------------------|
| 1  | 尾矿库滩面 (废渣 1#表面) | 0.0787                                                   |
| 2  | 尾矿库滩面 (废渣 2#表面) | 0.0785                                                   |
| 3  | 尾矿库滩面 (废渣 3#表面) | 0.0590                                                   |
| 4  | 尾矿库滩面 (废渣 4#表面) | 0.0574                                                   |
| 5  | 尾矿库滩面 (废渣 5#表面) | 0.0841                                                   |

由上表 9.3-4 可知，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司尾矿库滩面 (废渣表面) 的氡析出率  $0.0574 \sim 0.0841 \text{ Bq/(m}^2 \cdot \text{s)}$ ，与尾矿 (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  $0.74 \text{ Bq/(m}^2 \cdot \text{s)}$ ” 相比，处于同一水平。

### 9.3.3 气溶胶中放射性核素监测结果

本项目辐射验收监测期间，气溶胶中放射性核素监测结果详见下表 9.3-5 所示：

表 9.3-5 气溶胶中放射性核素监测结果一览表

| 序号 | 监测点位         | 监测结果 ( $\text{mBq/m}^3$ ) |           |                   |                   |
|----|--------------|---------------------------|-----------|-------------------|-------------------|
|    |              | 总 $\alpha$                | 总 $\beta$ | $^{210}\text{Pb}$ | $^{210}\text{Po}$ |
| 1  | 生活区 (上风向)    | 1.37                      | 0.995     | 0.143             | 0.145             |
| 2  | 东厂界边界处 (下风向) | 1.85                      | 1.38      | 0.309             | 0.319             |

由上表 9.3-5 可知,肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司生活区(上风向)气溶胶中总  $\alpha$  为  $1.37\text{mBq/m}^3$ 、总  $\beta$  为  $0.995\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Pb}$  放射性活度浓度为  $0.143\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Po}$  放射性活度浓度为  $0.145\text{mBq/m}^3$ ,东厂界边界处(下风向)气溶胶中总  $\alpha$  为  $1.85\text{mBq/m}^3$ 、总  $\beta$  为  $1.38\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Pb}$  放射性活度浓度为  $0.309\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Po}$  放射性活度浓度为  $0.319\text{mBq/m}^3$ 。目前,环境空气中气溶胶中放射性核素尚无颁布标准,故本次辐射验收期间,不做对标分析。

#### 9.3.4 土壤中放射性核素监测结果

本项目辐射验收监测期间,土壤中放射性核素监测结果详见下表 9.3-6 所示:

表 9.3-6 土壤中放射性核素监测结果一览表

| 序号 | 监测点位            | 监测结果 (Bq/kg)     |                   |                   |
|----|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|
|    |                 | $^{238}\text{U}$ | $^{232}\text{Th}$ | $^{226}\text{Ra}$ |
| 1  | 矿区东厂界边界处        | 50.3             | 34.0              | 25.5              |
| 2  | 矿区东厂界边界 500m 处  | 35.6             | 40.4              | 23.5              |
| 3  | 矿区东厂界边界 1000m 处 | 68.9             | 33.8              | 16.4              |
| 4  | 矿区东厂界边界 2000m 处 | 32.9             | 28.2              | 14.1              |
| 5  | 矿区东厂界边界 3000m 处 | 34.1             | 32.2              | 13.9              |
| 6  | 矿区南厂界边界处        | 33.3             | 37.0              | 19.9              |
| 7  | 矿区西厂界边界处        | 54.5             | 65.0              | 52.6              |
| 8  | 矿区西厂界边界 500m 处  | 54.1             | 53.7              | 33.1              |
| 9  | 矿区西厂界边界 1000m 处 | 60.3             | 57.0              | 32.1              |
| 10 | 矿区西厂界边界 2000m 处 | 52.3             | 60.2              | 26.2              |
| 11 | 矿区西厂界边界 3000m 处 | 42.2             | 39.3              | 24.7              |
| 12 | 矿区北厂界边界处        | 55.2             | 28.2              | 13.2              |

由上表 9.3-6 可知,本项目周边土壤放射性核素监测中, $^{238}\text{U}$ :  $32.9\sim 68.9\text{Bq/kg}$ ,  $^{232}\text{Th}$ :  $28.2\sim 65.0\text{Bq/kg}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ :  $13.2\sim 52.6\text{Bq/kg}$ ,与甘肃省酒泉地区土壤天然放射性核素含量  $^{238}\text{U}$ :  $20.1\sim 200.0\text{Bq/kg}$ 、 $^{232}\text{Th}$ :  $16.4\sim 70.3\text{Bq/kg}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ :  $14.4\sim 46.1\text{Bq/kg}$  相比,均处于同一水平;与辐射专篇评价阶段监测结果  $^{238}\text{U}$ :  $77.7\sim 229.2\text{Bq/kg}$ ,  $^{232}\text{Th}$ :

70.2~101.3Bq/kg,  $^{226}\text{Ra}$ : 22.9~29.0Bq/kg 相比, 均为同一水平。

### 9.3.5 生活饮用水中放射性核素监测结果

本项目辐射环保验收期间, 生活饮用水中放射性核素监测结果如下表 9.3-7 所示:

表 9.3-7 生活饮用水放射性核素监测结果

| 序号 | 点位描述       | 监测结果 (Bq/L) |           |                   |                   |                   |                       |                        |
|----|------------|-------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|
|    |            | 总 $\alpha$  | 总 $\beta$ | $^{226}\text{Ra}$ | $^{210}\text{Pb}$ | $^{210}\text{Po}$ | U ( $\mu\text{g/L}$ ) | Th ( $\mu\text{g/L}$ ) |
| 1  | 生活区(生活饮用水) | 0.34        | 0.51      | <0.009            | <0.007            | 0.004             | 4.76                  | <0.1                   |

由上表 9.3-7 可知, 本项目生活饮用水总  $\alpha$  为 0.34Bq/L, 总  $\beta$  为 0.51Bq/L; 满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 表 1 中总  $\alpha$  放射性 $\leq 0.5\text{Bq/L}$ , 总  $\beta$  放射性 $\leq 1.0\text{Bq/L}$  的指标要求。

### 9.3.6 生物样品放射性核素监测结果

本次辐射验收期间, 骆驼刺放射性核素监测结果见下表 9.3-8 所示:

表 9.3-8 生物样品放射性核素监测结果

| 序号 | 样品编号                                                | 检测结果(Bq/kg-鲜) |           |                   |                   |                   |         |          |
|----|-----------------------------------------------------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|----------|
|    |                                                     | 总 $\alpha$    | 总 $\beta$ | $^{226}\text{Ra}$ | $^{210}\text{Pb}$ | $^{210}\text{Po}$ | U mg/kg | Th mg/kg |
| 1  | 骆驼刺<br>东厂界边界 1km<br>处(下风向)                          | 11.9          | 114       | 1.46              | 5.86              | 1.12              | 0.23    | 0.25     |
|    | 《食品中放射性物质限制浓度标准》<br>(GB14882-1994) 粮食<br>中放射性核素限制浓度 | /             | /         | 14                | /                 | 6.4               | 1.9     | 1.2      |
|    | 辐射专篇评价阶段监测<br>数据                                    | 17.3          | 246.0     | /                 | /                 | /                 | 0.16    | /        |

由上表 9.3-8 可知, 区域生物样品中放射性核素含量低于《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB14882-1994) 中放射性核素含量的限值; 同时对比辐射专篇评价阶段, 无显著变化。

### 9.3.7 小结

通过以上分析, 一期工程运行以来场址周边辐射环境总体未发生

显著性变化，本次调查发现仅有环境空气中氡浓度略有升高，分析可能主要是石煤开采、矿石堆放、尾矿堆放、粉尘排放等环节中从矿石中析出的氡导致区域氡浓度水平略有增加。

#### 9.4 个人辐射剂量监测

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司于 2021 年 10 月为生产线职工配备了个人辐射剂量报警仪（TPD-03），由于个人辐射剂量报警仪佩戴时长未满一年，无法得到年度个人剂量累计值，本次辐射验收期间，选取了 2021 年 11 月 1 日~2022 年 5 月 1 日，累计半年的监测结果进行分析统计，具体详见下表 9.4-1 所示：

表 9.4-1 个人剂量监测结果一览表

| 编号 | 姓名  | 车间     | 个人剂量单量（ $\mu\text{Sv}$ ）  |                           |                           | 总和   |
|----|-----|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
|    |     |        | 2021.11.01~<br>2022.01.01 | 2021.01.01~<br>2022.03.01 | 2021.03.01~<br>2022.05.01 |      |
| 1  | 蒲天鹏 | 原料车间   | 0.07                      | 0.06                      | 0.08                      | 0.21 |
| 2  | 黄永胜 | 原料车间   | 0.07                      | 0.06                      | 0.09                      | 0.22 |
| 3  | 高晓倩 | 原料车间   | 0.09                      | 0.09                      | 0.06                      | 0.24 |
| 4  | 马亚平 | 原料车间   | 0.06                      | 0.09                      | 0.09                      | 0.24 |
| 5  | 王园彪 | 原料车间   | 0.09                      | 0.08                      | 0.09                      | 0.26 |
| 6  | 李有元 | 冶炼车间   | 0.06                      | 0.09                      | 0.09                      | 0.24 |
| 7  | 胡昌国 | 冶炼车间   | 0.08                      | 0.07                      | 0.07                      | 0.22 |
| 8  | 辛浩杰 | 冶炼车间   | 0.07                      | 0.06                      | 0.07                      | 0.20 |
| 9  | 张桂林 | 冶炼车间   | 0.07                      | 0.06                      | 0.06                      | 0.19 |
| 10 | 朱亚勇 | 冶炼车间   | 0.06                      | 0.08                      | 0.06                      | 0.20 |
| 11 | 刘婉华 | 余热利用车间 | 0.07                      | 0.07                      | 0.06                      | 0.20 |
| 12 | 马东兴 | 余热利用车间 | 0.08                      | 0.06                      | 0.06                      | 0.20 |
| 13 | 李子名 | 余热利用车间 | 0.06                      | 0.09                      | 0.07                      | 0.22 |
| 14 | 李巨庆 | 余热利用车间 | 0.07                      | 0.09                      | 0.08                      | 0.24 |
| 15 | 马正邦 | 余热利用车间 | 0.07                      | 0.08                      | 0.08                      | 0.23 |
| 16 | 刘国龙 | 机电尾供车间 | 0.09                      | 0.06                      | 0.08                      | 0.23 |
| 17 | 王万涛 | 机电尾供车间 | 0.06                      | 0.06                      | 0.09                      | 0.21 |
| 18 | 滑道夫 | 机电尾供车间 | 0.08                      | 0.07                      | 0.09                      | 0.24 |
| 19 | 张进明 | 机电尾供车间 | 0.07                      | 0.08                      | 0.08                      | 0.23 |
| 20 | 王海娟 | 机电尾供车间 | 0.08                      | 0.08                      | 0.06                      | 0.22 |

由上表 9.4-1 可知，半年个人累积剂量最大值为  $0.26 \mu\text{Sv}$ ，低于辐射专篇及批复中要求的职业年有效剂量  $5\text{mSv}$  限值要求。

## 10、验收监测结论

### 10.1 放射性污染防治设施建设及“三同时”执行情况

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司七角井石煤提钒带余热发电项目（一期工程）位于甘肃省肃北蒙古族自治县马鬃山镇七角井地区，目前，矿山正在井巷工程施工，石煤提钒选厂已建成一期工程，即一条年处理 18 万 t/a 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 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 700t/a，脱碳余热发电量 8000~10000kWh。项目总占地面积 32.1hm<sup>2</sup>，实际建设总投资 37918.2 万元，实际辐射环境保护工程投资 70.78 万元。

本次辐射环保验收期间，通过现场调查及取样监测，肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司已基本完成辐射专篇及审查意见中关于本项目放射性污染防治设施的要求，并与主体工程同步设计、同步施工，同步竣工投产。

### 10.2 放射性污染防治设施调试运行效果

本次辐射环保验收期间，石煤提钒选厂实际生产产能未能达到原环评和辐射专篇中的产能要求，本次辐射环保验收按实际产能进行验收。

#### 10.2.1 伴生放射性废水

本项目石煤提钒选厂运营期间，各类生产废水均不外排。其中伴生放射性废水包括吸附余液、3#洗水和沉钒母液（含偏钒酸铵洗水）。吸附余液、3#洗水与空冷冷却水混合后进入废水处理站吸附余液处理区，采用石灰、纯碱化学处理+一体净化+电催化+膜分离系统+高压 RO 装置+强制循环三效蒸发器工艺处理，RO 淡水、冷凝水排至回用水池回用，得到的固体废物外运尾矿库堆存；沉钒母液（含偏钒酸铵洗水）进入废水处理站沉钒母液处理区，采用强碱+混凝+板框压滤+盐酸调节 pH 值+强制循环三效蒸发器处理工艺，析出氯化铵返回沉钒工序，冷凝水排至回用水池回用。

本次辐射环保验收期间，通过对废水处理站处理后的尾水进行放射性核素监测，监测结果表明，本项目废水处理站处理后的尾水中总  $\alpha$  为 0.58

Bq/L，总  $\beta$  为 0.70 Bq/L，均满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 1 中车间排放口第一类污染物最高允许排放浓度要求。

### 10.2.2 伴生放射性废气

本项目伴生放射性废气主要是矿石破碎筛分、脱碳后灰渣磨矿、焙烧后破磨等工序产生的放射性粉尘；脱碳发电和焙烧窑焙烧期间产生的气溶胶；原矿在开采、转运及堆放、尾矿转运及堆放过程中含放射性核素衰变排出的氡气。

参考本项目竣工环保验收监测结果，各类废气均达标排放。本次辐射环保验收期间，通过对气载流出物进行放射性核素监测，监测结果表明，本项目气载流出物总  $\alpha$  放射性范围值为 0.44~11.6mBq/m<sup>3</sup>，总  $\beta$  放射性范围值为 1.13~3.83mBq/m<sup>3</sup>。

### 10.2.3 伴生放射性固体废物

本项目产生的伴生放射性固体废物主要包括井下开采废石、石煤提钒厂产生的尾矿（浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站产生的沉淀物）、各布袋除尘器收集的除尘灰；其中，矿山目前井巷工程正在施工，尚未投产运行，施工凿岩及掘进废石全部回填井下采空区，不出井；各布袋除尘器收集的除尘灰通过水泥罐车清运至焙烧车间作为原料返回生产工序；浸出渣、中和氧化渣、净化渣和废水处理沉淀物进入尾矿库堆存。

本次辐射环保验收期间，对本项目产生的伴生放射性固体废物进行放射性核素监测，监测结果表明，本项目尾矿（浸出渣、中和氧化渣、净化渣、废水处理站沉淀物）中 <sup>238</sup>U、<sup>226</sup>Ra 核素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）系单个核素含量超过 1 贝可/克（1000Bq/kg），均按伴生放射性固体废物进行管理。

本项目伴生放射性固体废物全部在尾矿库中堆存，根据尾矿库工程与《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）的符合性分析，除尾矿库防渗层数量外，其他均满足 HJ 1114-2020 中的相关要求。

#### 10.2.4 其他伴生放射性物料

本项目石煤钒矿石中伴生 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、等天然放射性核素，项目生产工艺主要利用石煤钒矿石进行提钒，其他辅助原材料均不含放射性，故其他伴生放射性物料主要为石煤钒矿石、选矿过程中的产生的中间物料和最终产品，如破碎筛分后矿石细骨料、脱碳发电后的脱碳渣、脱碳渣磨矿后的粉料、脱碳渣磨矿粉料加水并压制成型的空心砖块、焙烧后的空心砖块、焙烧后空心砖破碎和磨矿后的粉料，产品偏钒酸铵等。

本次辐射环保验收监测期间，对其他伴生放射性物料放射性核素进行监测，监测结果表明，石煤钒矿石中放射性核素 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为(1060~1390) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为(1180~1410) Bq/kg；脱碳仓脱碳渣放射性核素 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为(1610~1770) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为(1040~1420) Bq/kg；焙烧车间原料放射性核素 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为(1280~1690) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为(847~1460) Bq/kg；沉钒车间成品偏钒酸铵放射性核素 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为(638~750) Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为未检出、 $^{210}\text{Pb}$ 活度浓度为(52.7~60.2) Bq/kg、 $^{210}\text{Po}$ 活度浓度为(50.2~58.4) Bq/kg。石煤钒矿石、脱碳渣、焙烧前成型原料、焙烧后成型原料中放射性核素 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 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）系单个核素含量超过1贝可/克（1000Bq/kg）。

### 10.3 项目建设对辐射环境的影响

#### 10.3.1 辐射环境质量影响

本次辐射环保验收监测期间，对区域环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率进行监测，监测结果表明：

（1）矿石运输道路 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测结果为（57.2~113）nGy/h，与甘肃省道路辐射 $\gamma$ 辐射剂量率范围20.1~129.7nGy/h相比，无显著差异，属于同一水平。

（2）石煤钒矿石堆场石煤钒矿石表面处 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测结果为（596~1124）nGy/h，石煤钒矿石堆场石煤钒矿石表面1处 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测结果为（536~906）nGy/h，尾矿库废渣表面1米处

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (389~562) nGy/h, 与甘肃省道路  $\gamma$  辐射剂量率范围值 (20.1~129.7) nGy/h 相比, 属于同一水平。

(3) 脱碳仓脱碳渣表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (337~426) nGy/h, 焙烧车间焙烧前成型原料表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (235~376) nGy/h, 焙烧车间焙烧后成型原料表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (204~353) nGy/h, 沉钒车间成品(偏钒酸铵)表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (72.2~81.4) nGy/h, 水处理车间底泥表面 1 米处  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (57.9~75.8) nGy/h, 与甘肃省建筑物室内辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围 33.5~166.6nGy/h 相比, 脱碳车间与焙烧车间整体偏高, 沉钒车间和废水处理站处于同一水平。

(4) 生活区  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果为 (73.8~74.4) nGy/h, 与甘肃省建筑物室内辐射  $\gamma$  辐射剂量率范围 33.5~166.6nGy/h 相比, 无显著性差异, 属正常水平。

### 10.3.2 空气中氡浓度及氡析出率

本次辐射环保验收期间, 对区域空气中氡浓度及尾矿库滩面的氡析出率进行监测, 监测结果表明:

(1) 尾矿库空气中氡浓度检测结果为 (51.8~82.6) Bq/m<sup>3</sup>, 七角井矿区边界空气中氡浓度检测结果为 (16.8~68.6) Bq/m<sup>3</sup>, 生活区室外空气中氡浓度检测结果为 15.6Bq/m<sup>3</sup>, 与辐射专篇期间 2~20Bq/m<sup>3</sup> 相比, 均处于同一水平。

(2) 生活区室内空气中氡浓度检测结果为 27.7Bq/m<sup>3</sup>, 与《民用建筑工程室内环境污染控制标准》(GB50325-2020) 中限值 150Bq/m<sup>3</sup> 相比, 处于同一水平。

(3) 肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司尾矿库滩面(废渣表面)的氡析出率 0.0574~0.0841 Bq/(m<sup>2</sup>·s), 与尾矿(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 0.74Bq/(m<sup>2</sup>·s) ” 相比, 处于同一水平。

### 10.3.3 气溶胶中放射性核素

本项目辐射验收监测期间, 气溶胶中放射性核素监测结果表明: 肃北

蒙古族自治县西矿钒科技有限公司生活区（上风向）气溶胶中总  $\alpha$  为  $1.37\text{mBq/m}^3$ 、总  $\beta$  为  $0.995\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Pb}$  放射性活度浓度为  $0.143\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Po}$  放射性活度浓度为  $0.145\text{mBq/m}^3$ ，东厂界边界处（下风向）气溶胶中总  $\alpha$  为  $1.85\text{mBq/m}^3$ 、总  $\beta$  为  $1.38\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Pb}$  放射性活度浓度为  $0.309\text{mBq/m}^3$ 、 $^{210}\text{Po}$  放射性活度浓度为  $0.319\text{mBq/m}^3$ 。

#### 10.3.4 对区域土壤的影响

本项目周边土壤放射性核素监测中， $^{238}\text{U}$ ：32.9~68.9Bq/kg， $^{232}\text{Th}$ ：28.2~65.0Bq/kg， $^{226}\text{Ra}$ ：13.2~52.6Bq/kg，与甘肃省酒泉地区土壤天然放射性核素含量  $^{238}\text{U}$ ：20.1~200.0 Bq/kg、 $^{232}\text{Th}$ ：16.4~70.3 Bq/kg、 $^{226}\text{Ra}$ ：14.4~46.1 Bq/kg 相比，均处于同一水平；与辐射专篇评价阶段监测结果  $^{238}\text{U}$ ：77.7~229.2Bq/kg， $^{232}\text{Th}$ ：70.2~101.3Bq/kg， $^{226}\text{Ra}$ ：22.9~29.0Bq/kg 相比，均为同一水平。

#### 10.3.5 对生活饮用水的影响

本项目辐射环保验收期间，生活饮用水中放射性核素监测结果表明，生活饮用水总  $\alpha$  为  $0.34\text{Bq/L}$ ，总  $\beta$  为  $0.51\text{Bq/L}$ ；满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）表 1 中总  $\alpha$  放射性 $\leq 0.5\text{Bq/L}$ ，总  $\beta$  放射性 $\leq 1.0\text{Bq/L}$  的指标要求。

#### 10.3.6 个人辐射剂量监测

肃北蒙古族自治县西矿钒科技有限公司于 2021 年 10 月为生产线职工配备了个人辐射剂量报警仪（TPD-03），由于个人辐射剂量报警仪佩戴时长未满一年，无法得到年度个人剂量累计值，本次辐射验收期间，选取了 2021 年 11 月 1 日~2022 年 5 月 1 日，累计半年的监测结果进行分析统计，半年个人累积剂量最大值为  $0.26\mu\text{Sv}$ ，低于辐射专篇及批复中要求的职业年有效剂量  $5\text{mSv}$  限值要求。

#### 10.3.7 辐射环境影响小结

通过以上分析，一期工程运行以来场址周边辐射环境总体未发生显著性变化，本次调查发现仅有环境空气中氡浓度略有升高，分析可能主要是石煤开采、矿石堆放、尾矿堆放、粉尘排放等环节中从矿石中析出的氡导致区域氡浓度水平略有增加。

## **10.4 结论与建议**

### **10.4.1 结论**

综上所述，本项目一期工程基本落实了辐射专篇及辐射专篇审查意见中的要求，各项放射性污染防治措施基本落实到位，监测结果达标或与辐射专篇评价期间处于同一水平，故建议通过本项目一期工程辐射环境保护验收。

### **10.4.2 建议**

（1）在现有尾矿库基础层上增加一层人工防渗层和保护层，其中人工防渗层渗透系数不大于  $1 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ，保护层渗透系数不大于  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，厚度不小于 0.3m 的粘土衬层。

（2）在生产过程中，建设单位应根据本次评价制定的监测计划，对区域辐射环境及流出物活度浓度进行监测，并对监测数据归档保存，掌握区域辐射环境动态，确保区域辐射环境安全。