

内蒙古玉龙矿业股份有限公司
花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库
水土保持监测总结报告

建设单位：内蒙古玉龙矿业股份有限公司

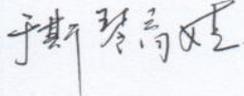
编制单位：内蒙古坤泽水利科技有限责任公司

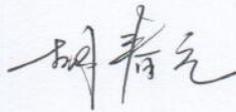
二〇二〇年一月

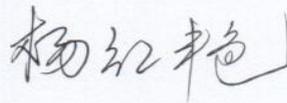
内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期

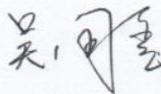
尾矿库水土保持监测总结报告

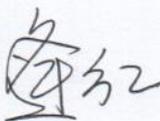
监测单位：内蒙古坤泽水利科技有限责任公司

批准：于斯琴高娃（董事长） 

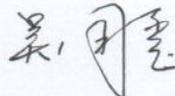
核定：胡春元（总经理） 

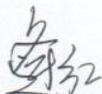
审查：杨红艳（总工） 

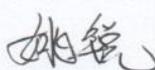
校核：吴国玺（高工） 

项目负责人：逢红（高工） 

编写：

吴国玺（高工）（第一章至第三章） 

逢红（高工）（第四章、第六章和第七章） 

姚锐（工程师）（第五章及制图） 

目 录

前 言.....	1
1 建设项目概况.....	4
1.1 建设项目概况.....	4
1.2 水土保持工作情况.....	8
1.3 监测工作实施情况.....	8
2 监测内容与方法.....	11
2.1 扰动土地情况.....	11
2.4.2 取弃土场.....	13
2.4.3 水土保持措施.....	13
2.4.4 水土流失情况.....	14
3 重点部位水土流失动态监测结果.....	15
3.1 防治责任范围监测结果.....	15
3.2 取弃土场监测结果.....	16
3.3 土石方流向监测结果.....	16
4 水土流失防治措施监测结果.....	18
4.1 工程措施监测结果.....	18
4.2 植物措施监测结果.....	19
4.3 临时措施监测结果.....	20
4.4 水土保持措施防治效果.....	20
5 土壤流失量情况监测.....	21
5.1 水土流失面积.....	21
5.2 土壤流失量.....	21
5.3 取土场潜在土壤流失量.....	26
5.4 水土流失危害.....	26
6 水土流失防治效果监测结果.....	27
6.1 扰动土地整治率.....	27
6.2 水土流失总治理度.....	27
6.3 拦渣率.....	27

6.4 土壤流失控制比.....	28
6.5 林草植被恢复率.....	28
6.6 林草覆盖率.....	28
7 监测结论.....	28
7.1 水土流失动态变化.....	29
7.2 水土保持措施评价.....	29
7.3 存在问题及建议.....	29
7.4 综合结论.....	30

- 报告附件：
- 1、项目区地理位置图
 - 2、监测分区图
 - 3、防治责任范围图
 - 4、监测图片资料
 - 5、相关文件

前 言

内蒙古玉龙矿业股份有限公司选矿厂，位于内蒙古自治区西乌珠穆沁旗白音花镇宝日格斯台苏木，南西距西乌珠穆沁旗旗政府所在地巴彦乌拉镇 138km, 北东距霍林郭勒市 75km。白一乌公路从厂区西 6km 通过，入厂区有砂石路，为厂区提供便利的交通条件。

选矿厂始建于 2004 年 3 月，于 2005 年 10 月建成投产。选矿工艺为浮选，年加工铅锌矿石 36.0 万 t，年入库尾矿 25.2 万 t，自然容重 1.5t/m^3 ，折合体积 16.8 万 m^3 。内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库位于选矿厂西北 1000m 的自然山谷中，库容 96.0 万 m^3 ，服务年限 5 年，服务期止于 2019 年。

尾矿库位于选矿厂西北 1000m 的自然山谷中，占地 30hm^2 ，一面建坝，三面迎坡，属山谷型尾矿库。总库容 96.0 万 m^3 ，总坝高 6.0m，尾矿库等别为五等，相应尾矿库主要构筑物级别为 5 级；新建通往尾矿库道路 1km，砂石路面宽 4m；供水引接至选矿厂厂区已有供水系统，长 1km；供电线路由厂区变电站接入，长 1km；剥离表土临时堆土场占地 0.2hm^2 。

工程总占地面积 32.63hm^2 。工程动用土石方量为 26.22 万 m^3 ，其中挖方量为 13.11 万 m^3 ，填方量为 13.11 万 m^3 ，工程总投资为 891.4 万元，2011 年 7 月正式开工建设，2014 年 4 月底全部完工，工程总工期 34 个月。

内蒙古坤泽水利科技有限责任公司受内蒙古玉龙矿业股份有限公司的委托，承担了《内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库》的水土保持监测工作。2019 年 12 月，双方正式签订了《监测合同》。

按照合同约定，监测单位成立了项目监测工作组及时开展项目监测工作。监测组依据《内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库水土保持方案报告书》中各项水土保持工程的布局、施工设计，对施工过程中的各水土流失防治责任分区的占地、防护措施等进行了实地调查，之后编制完成了《内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库水土保持监测实施方案》。

按照《内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库水土保持监测合同》的要求、主体工程进度和《监测实施方案》制定的监测实施计划，

前 言

监测组人员及时进驻项目区，于 2020 年 1 月对项目区对已经发生的扰动地表面积、土壤流失量进行补充调查，并编写了水土保持监测总结报告。

根据项目实施进度和监测工作开展情况，项目建设期水土保持监测工作于 2019 年 12 月底全面结束。监测单位对建设期内取得的各项监测数据进行了整编分析，按照《水土保持监测技术规程》、《开发建设项目水土保持设施验收技术规程》等规范的要求，着重对开发建设项目水土流失的六项防治指标进行了全面的分析与评价，形成了本报告书，为项目后期验收总结提供依据。

项目监测过程中得到了建设单位、各级水行政主管部门及各施工单位的大力支持与配合，在此报告书编制完成之时特表示最诚挚的谢意。

前 言

开发建设项目水土保持监测特性表

填表日期 2019 年 12 月

主体工程主要技术指标											
项目名称	内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库										
建设规模	年尾矿产出量 25.2 万 t/a	建设单位、联系人	内蒙古玉龙矿业股份有限公司、赫喆								
		建设地点	锡林郭勒盟西乌珠穆沁旗								
		所属流域	海河流域								
		工程总投资	891.4 万元								
		工程总工期	34 个月（2011 年 7 月~2014 年 4 月）								
水土保持监测指标											
监测单位		内蒙古坤泽水利科技有限责任公司			联系人及电话		吴国玺-13500611966				
自然地理类型		低山丘陵			防治标准		一级标准				
监测内容	监测指标	监测方法（设施）			监测指标		监测方法（设施）				
	1、水土流失状况监测	资料调查、类比监测			2、防止责任范围监测		调查				
	3、水土保持措施情况监测	现场测量、资料调查			4、防治措施效果监测		现场测量、资料调查				
	5、水土流失危害监测	资料调查			水土流失背景值		风蚀模数 1500t/km ² ·a，水蚀模数 500t/km ² ·a				
方案设计防治责任范围		35.07hm ²			土壤容许流失量		500t/km ² ·a				
水土保持投资		638.76 万元			水土流失目标值		<610t/km ² ·a				
防治措施		工程措施：尾矿库表土剥离 18.61 万 m ³ 、尾矿库周边截水沟 2920m、初期坝边坡浆砌石护坡 0.37hm ² 。 植物措施：完成植物措施面积 2.04hm ² ，其中供排水管线种草 1.54hm ² 、供电线路施工区种草 0.3hm ² 、临时堆土区植草 0.2hm ² 。									
监测结论	防治效果	分类分级指标	目标值	达到值	实际监测数量（hm ² ）						
		扰动土地整治率（%）	85	95.7	防治措施面积	5.86	永久建筑物及硬化面积	1.10	扰动土地总面积	32.63	
		水土流失治理度（%）	75	84.6	防治责任范围面积	32.63	水土流失总面积	32.63			
		土壤流失控制比	0.8	0.82	工程措施面积	2.12	容许土壤流失量（t/km ² ·a）	500			
		拦渣率（%）	85	95	植物措施面积	2.04	监测土壤流失情况（t）	5264			
		林草植被恢复率（%）	85	89	可恢复林草植被面积	2.04	林草类植被面积	2.04			
		林草覆盖率（%）	13	35	实际拦渣量			总弃渣量			
	水土保持治理达标评价	6 项指标均达到且高于方案确定的防治目标，防护效果显著。									
总体结论	建设过程中注重工程措施与主体工程同步实施，植物措施结合工程措施，通过治理使项目区水土流失基本得到控制。										
主要建议	(1) 加强已有水土保持设施的管护工作。										

1 建设项目概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

内蒙古玉龙矿业股份有限公司选矿厂，位于内蒙古自治区西乌珠穆沁旗白音花镇宝日格斯台苏木，南西距西乌珠穆沁旗政府所在地巴彦乌拉镇 138km，北东距霍林郭勒市 75km，白一乌公路从厂区西 6km 通过，入厂区有砂石路，为厂区提供便利的交通条件。地理坐标东径 118°57'7.58"，北纬 45°16'35.67"。

内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库位于选矿厂西北 1000m 的自然山谷中，为新建工程，建设规模为年尾矿产出量 25.2 万 t/a（折合体积 16.8 万 m³），库容 96.0 万 m³，服务年限 5 年，服务期止于 2019 年。

尾矿库占地 30hm²，一面建坝，三面迎坡，属山谷型尾矿库。总库容 96.0 万 m³，总坝高 6.0m，尾矿库等别为五等，相应尾矿库主要构筑物级别为 5 级；新建通往尾矿库道路 1km，砂石路面宽 4m；供水引接至选矿厂厂区已有供水系统，长 1km；供电线路由厂区变电站接入，长 1km；剥离表土临时堆土场占地 1.90hm²。

工程总占地面积 32.63hm²。工程动用土石方量为 26.22 万 m³，其中挖方量为 13.11 万 m³，填方量为 13.11 万 m³，工程总投资为 891.4 万元，2011 年 7 月正式开工建设，2014 年 4 月底全部完工，工程总工期 34 个月。

本工程建设内容主要包括尾矿库、厂区通往尾矿库道路、供排水管线、供电线路、临时堆土场等工程。

（1）尾矿库

尾矿库占地面积 30hm²。尾矿库位于选厂西北 1000m 的自然山谷中，一面建坝，三面迎坡，属山谷型尾矿库。共动用土方量 23.06 万 m³。

尾矿坝为坡洪积物坝，筑坝材料可就地取材，选取库区内丰富的第四系松散沉积物。坝顶高程为 974.0m，坝底高程为 968.0m，外边坡为 1:2.0，内边坡为 1:1.75。坝顶长 610.0m，坝底长 176.0m，坝高 6.0m，坝顶宽 4.0m，坝底宽 27.0m，安全超高 0.4m。设计总库容 96.0 万 m³，有效库容 85.7 万 m³。

在尾矿坝上游三面修建浆砌石截洪沟将陆面洪水排向库外。截洪沟设置在库区上游三面坡洪积物坡面上，采用机械开挖或人工开挖而成，开挖断面为梯形。为防止洪水冲刷截洪沟，在沟底及内边坡设置浆砌石衬砌。截洪沟工程土方开挖 3.34 万 m³，浆砌块

石 1.0万 m^3 。截洪沟长 2920m ，底宽 3m ，边坡比 $1:1.0$ ，设计水深 13m ，安全超高 0.4m ，糙率 $=0.025$ ，沟底坡度 $i=0.02$ ，泄水计算采用明渠均匀流公式 $Q=WCRi$ ，计算泄水流量 $Q=28.1\text{m}^3/\text{s}>Q1\%=27\text{m}^3/\text{s}$ ，泄量能满足泄洪要求。浆砌石截洪沟每 10.0m 留一道沉降缝，缝中充添沥青木板。

由于尾矿泥本身含有毒性，不能外排，库内边坡和库底铺设 $800\text{g}/\text{m}^2$ 土工膜（两布一膜）防渗。在尾矿库坝外坡坡面上浆砌石护坡保护坝坡，尾浆由选矿厂的尾矿收集池收集，用渣浆泵输送到尾矿库。

（2）厂区至尾矿库道路

尾矿库通往选厂道路，路长 1000m ，路宽 4m ，路面采用砂石路面铺设，占地面积 0.4hm^2 。

（3）供排水工程

本区在选厂西 6.0km 处一眼深井供选厂之用，单井出水量为 $80\text{-}120\text{m}^3/\text{h}$ 。该尾矿库用水由厂区原有供水管网供给。

矿浆输送管为长 1000m 的塑料管。尾矿输送管道采用双管（一用一备），设计管径为 $D300\text{mm}$ 。库区内回水工程利用直径 $D=120\text{cm}$ 浮箱与钢筋网连接，网内安装四台 $250\text{QJ}125\text{-}16/11$ 型潜水泵（两用两备），随水位变动而升降或移动，成为移动泵站，供选矿作业使用。检修道路及尾矿输送管道施工区、选矿废水回收管道施工区占地宽 6m ，占地面积 1.54hm^2 。

选矿废水主要是选矿工艺过程中产生的精粉脱水废水和尾矿废水。精粉脱水废水是由精粉浓缩过滤产生的废水，该水全部收回不外排，直接用加压泵站扬至选厂。尾矿废水在尾矿库内澄清后，由尾矿库库区内设置的回水泵扬至选厂，供选矿作业使用。废水不外排，供循环使用。

（4）供电线路

本项目的电源由厂区变电站接入，距离约 1000m ；施工便道占地宽 4.0m ，占地面积为 0.40hm^2 ；每 50m 架设一根输电杆，每根杆占地面 2m^2 ，占地面积 40m^2 ，总占地面积 0.40hm^2 。

（5）临时堆土场

工程动土过程中，临时开挖表土堆放在临时堆土场，占地面积 0.20hm^2 。在临时堆土场边坡及平台人工种草：堆存表土利用后，对占压土地进行翻耕种草。

1.1.2 项目区概况

(1) 地形地貌

本区地貌形态为低山丘陵区。海拔高程最低 968.0m, 最高 1030m, 相对高差 62.0m。坝址处地形比较平缓, 北部、南部均为丘陵, 东部为沟谷区, 坝址处沟谷为东西走向呈开阔的“心”字形, 区内第四系覆盖较厚, 多属残积、残坡积和风积物。

(2) 气象

本区属大陆性半干旱气候, 冬季寒冷, 夏季炎热, 春季气温骤升, 秋季气温剧降, 春秋两季多风沙, 8、9 月份为雨季。年平均温度 2.1℃, 一般 10 月份开始结冰, 冰冻期从每年 10 月至翌年 4 月份, 长达半年之久, 最大冻结深度 3m。无霜期 108d, 年日照 2741h, 平均风速 3.2m/s, 最大风速可达 29.7m/s, 春秋两季多 4-9 级大风, 冬季以西北风为主, 夏季以西南风为主。年平均降水量 315.2mm, 多集中在 7-8 月份, 年平均蒸发量约 1769mm, 远远大于降水量。详见表 1-1。

表1-1 项目区气象特征表

项 目	西乌珠穆沁旗	资料年限
年平均气温 (°C)	2.1	1983 年—2013 年
极端最高气温 (°C)	37.8	
极端最低气温 (°C)	-40.7	
≥10°C 的积温 (°C)	2650	1983 年—2013 年
年日照时数 (h)	2819	1983 年—2013 年
无霜期 (天)	132	1983 年—2013 年
年均降水量 (mm)	315.2	1983 年—2013 年
10 年一遇 24 小时最大降水量 (mm)	83.52	
20 年一遇 24 小时最大降水量 (mm)	102.72	
年平均风速 (m/s)	3.6	1983 年—2013 年
最大风速 (m/s)	29.7	
主导风向	WSW	1983 年—2013 年
起沙风速为 (m/s)	6 (距地表 2m 高处)	1983 年—2013 年
大风日数 (天)	62	1983 年—2013 年
最大冻土深度 (cm)	273	1983 年—2013 年
年蒸发量 (mm)	1769	1983 年—2013 年

(3) 水文

① 大气降水

该区属草原干旱区, 其蒸发量是降雨量的 5~6 倍, 小雨未及下渗即很快蒸发, 大雨大部分顺山坡地表径流于低处。该区除山脊基岩少量裸露外, 其余部分为第四系所覆盖, 并且该地区的低洼处分布有厚度不等的隔水层—红色粘土层, 为第四系孔隙潜水

底板,所以只有少部分大气降水直接入渗补给基岩裂隙水,大部分降水补给低洼处的潜水含水层。

② 地表水系

位于评价区西 10km 处,全长 70km,为季节性河流。雨季水量较大,其它季节成溪流或断流,洪水期流量为 $3.5\text{m}^3/\text{s}$,平均流量为 $0.135\text{m}^3/\text{s}$,距矿区较远,水量甚小。

③ 地下水

分布于周边低洼处第四系潜水,含水层薄、水量小,地下水在向下游运移途中遇有相对隔水较弱层位时,下渗补给基岩裂隙水。

(4) 土壤

库区土壤类型以淡黑钙土、草甸土、沙土和盐碱土类为主,成土母质以沙瓢土为主,该土壤表面侵蚀度较重,侵蚀方式以风蚀为主,有机质含量 4-8%,PH 为 7.87,土壤质地为轻壤-中壤土,钙积层埋深 40-60cm,厚度为 20-30cm,土壤养分状况是缺磷、富钾、氮中等,母质为冲积、洪积物和河湖沉积物。

(5) 植被

本区域为草甸草原向典型草原过渡段,其植被类型为:贝加尔针茅、羊草、线叶菊等草甸草原、典型草原植物种,很少有林甸植物,还有面积不大的芨芨草、野大麦、羊草草甸,植被盖度 30-70%。

本地区适宜人工播种的牧草有羊草、草地早熟禾、无芒雀麦、冰草、沙打旺、紫花苜蓿、披碱草等。树种有白榆、杨树、大白柠条,绿化树种有云杉、樟子松、丁香、榆叶梅等。

(6) 工程水土流失

根据《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》(水利部办公厅 2013 年第 188 号)、《内蒙古自治区人民政府关于划分水土流失重点预防区和重点治理区的通告》[内政发[2016]44 号],线路所经的西乌珠穆沁旗属于自治区级水土流失重点预防保护区。按水利部行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》,项目区容许土壤流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

根据水利部行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)及“第一次全国水利普查内蒙古自治区水土保持情况公报(2013年)”结果,土壤侵蚀形式以轻度风蚀为主。结合现场调查确定沿线不同类型区土壤侵蚀模数为:风蚀模数 $1500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$,水蚀模数 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

1.2 水土保持工作情况

根据《中华人民共和国水土保持法》及《内蒙古自治区实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》、水利部、国家计委、国家环保总局联合发布的《开发建设项目水土保持管理办法》、水利部第5号令《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》等法律法规及规章要求，为有效控制项目建设对周边环境的影响，防治新的水土流失，2010年9月，内蒙古玉龙矿业股份有限公司委托锡林郭勒盟水土保持工作站编制了本项目的水土保持方案报告书；2010年10月13日锡林郭勒盟水利局以锡水发（2010）264号文对该项目的水土保持方案进行了批复。

根据批复的水土保持方案，2019年12月内蒙古玉龙矿业股份有限公司委托内蒙古坤泽水利科技有限责任公司承担内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库工程项目水土保持监测工作，双方正式签订了合同。

按照批复的水土保持方案作为主体工程下阶段开展水土保持工作的技术依据。监测工作主要对每年扰动地表面积、土壤流失量等指标进行调查监测，2019年12月对水土保持工程措施、植物措施数量、类型进行调查，并对防治效果进行调查。2019年12月底监测工作全面结束。

在工程建设阶段，建设单位的水土保持工作由工程部负责管理，进入验收阶段，建设单位成立了验收工作组，对公司所属项目包括开展整改和完善验收的相关工作，因此，建设单位水土保持监测工作委托滞后，基本落实了“三同时”制度，成立的水土保持管理机构，由项目经理直接挂帅领导。

1.3 监测工作实施情况

（1）工作开展

2019年12月，建设单位委托内蒙古坤泽水利科技有限责任公司开展本项目的水土保持监测工作，接受委托后，内蒙古坤泽水利科技有限责任公司随即成立了内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库工程项目水土保持监测小组，确定了以监测领导组长为核心的3人监测组成。

（2）监测分区

针对内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库工程项目建设过程中水土流失特点和强度，结合主体工程建设内容、工程布局、施工工艺等，按照

水土流失形式及治理方向的一致性原则进行监测分区，包括尾矿库、厂区通往尾矿库道路、供排水管钱、供电线路、临时堆土场等和原地貌6个监测分区。

根据《水土保持监测技术规程》关于尾矿库工程的监测重点规定，结合本项目各防治区水土流失类型及强度分析结果，确定项目建设期水土流失监测以尾矿库和临时堆土场为重点监测区。

(3) 监测点布设

2019年12月，监测组成员对建设现场进行了全面查勘，根据现场实际编制了监测实施方案并报备，2019年12月内蒙古玉龙矿业股份有限公司委托内蒙古坤泽水利科技有限责任公司承担内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库工程项目水土保持监测工作，由于本工程已于2014年4月完工，因此本项目水土保持监测采用资料调查和类比监测的方法，未布设水土流失固定监测点位。

(4) 监测设备投入使用情况

监测小组进驻现场后开展水土保持监测工作，项目开展使用的仪器设备见表1-2。

表1-2 项目开展使用的监测设备

设施与设备名称		单位	数量	耗损计费方式
固定设备	GPS	台	1	年折旧按 15%
	坡度仪	台	1	
	土壤筛	套	2	
	无人机（带软件）	台	2	
消耗性设备	50m 卷尺	个	3	
	5m 卷尺	个	3	
	标志绳	m	1500	
	标志牌	个	18	
遥感资料	卫星影像	景	2	

(5) 监测技术方法

① 遥感监测

由于本工程委托开展水土保持监测时间滞后，监测单位采用了遥感监测方法，首先从购买卫星或从网上获取较早的卫星影像数据，按照总平面布置图对沿线卫星影像资料进行初步判读，项目竣工后确定位置和施工造成的尾矿库、厂区通往尾矿库道路、供排水管钱、供电线路、临时堆土场等，确定地理坐标、面积、周边地形地貌等因子。对比现场调查确定的尾矿库、厂区通往尾矿库道路、供排水管钱、供电线路、临时堆土场等施工扰动地的位置、数量、面积与遥感影像资料的相符程度，查漏补缺。因此遥感监测既是一种技术手段，也是对监测资料的有力补充。

② 定位监测

对水土流失动态和原地貌水土流失量监测主要采用地面定位监测的方法，水蚀监测采用简易径流小区法和测钎观测法，风蚀监测主要采用测钎法和积沙仪临时观测法。

③调查监测

调查监测主要是针对水土保持防治效果和防治责任范围监测而言的，包括资料调查、普查和抽样调查。

④新技术应用：本项目监测过程中采用遥感影像资料对项目区进行定位确定，并到现场核实；监测单位利用无人机及相关测算软件，应用于面积、土方量核查，同时也用于水土流失测算。并且实现了从不同高度、角度对尾矿库周边环境的探查。

2 监测内容与方法

水土保持调查监测的内容包括：主体工程进度、工程建设扰动地表面积、各防治分区施工期的水土流失变化情况、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果、弃土弃渣及治理情况等情况，同时为了分析比较各防治区建设期的水土流失情况，对项目区原地貌的水土流失量进行调查。

2.1 扰动土地情况

随着工程施工过程的进展，各防治区域的扰动地表面积也在不断发生变化，要监测水土流失量，必须对扰动面积及各防治分区水土流失面积变化情况进行监测，主要监测工程建设各分区扰动地表面积情况。

针对施工扰动强度大，监测委托时间晚于工程完工时间的情况，监测单位采用了遥感监测方法，首先从购买卫星或从网上获取较早的卫星影像原始数据，因为天气，传感器，地形等因素的不同，得到的影像存在着传感器误差，几何畸变和坐标误差等一些问题，如下图所示。

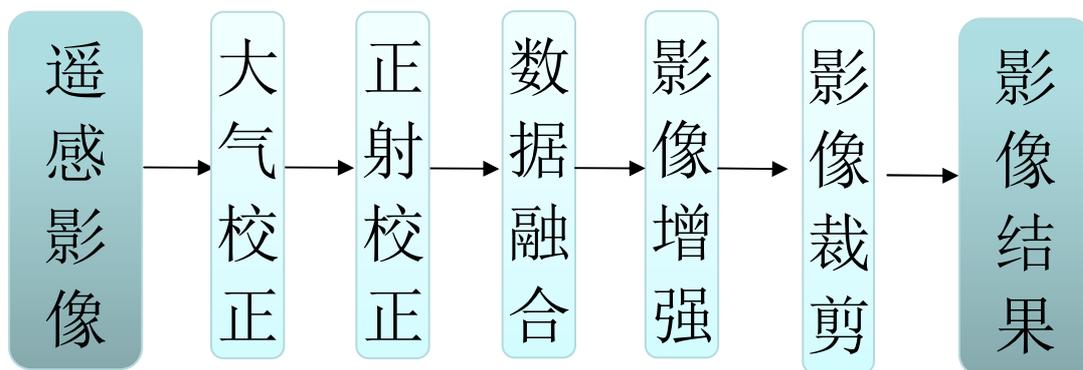


图 5-1

数据采集

a) 大气校正

大气校正就是把表观反射率转化成能够反应地表真实信息的地表反射率。在不考虑大气影响的情况下，卫星传感器获取到的信息取决于地物和反射太阳辐射，实际上由于大气的存在，电磁辐射从太阳发射穿过大气到达地面再有地面反射重新透过大气由卫星传感器接收过程中，原始信号会受到大气中的气溶胶、水汽、颗粒物等干扰，削弱原始信号的强度；而且大气散射光也会反射或通过地物间接反射进入卫星传感器，增强原始信号，因此需要进行大气校正处理。采用遥感影像处理软件 ENVI5.3 的 FLAASH 大气校正工具，利用卫星参数文件获取相关参数信息，结合 DEM 数据以及波谱响应函数，对数据进行校正。

b) 图像正射校正

图像正射校正指利用地面控制点与相机或卫星模型结合，确立传感器、图像与地面3个平台关系，建立校正公式，生成多中心投影平面正射图像的过程，它在纠正了受系统因素影响产生的几何畸变的基础上，还消除了地形引起的畸变，采用遥感影像处理软件 ENVI5.3 的正射校正工具，参考高精度数字高程模型（DEM）数据，并根据遥感卫星数据的有理多项式（RPC）文件和正射模型，对数据进行校正。

c) 数据融合

多遥感影像信息融合是将不同的传感器获取的同一地区的影像进行空间配准，然后采用一定的算法将个影像的优点有机的结合起来产生新影像的技术。

融合后的影像更能解释和描述被感知的地物或环境，能减少被感知地物或环境中可能存在的不完全性，不确定性和误差。利用各种信息源提供的信息，使得到的信息更精确，完全，可靠，提高可判读性，便于综合分析，提高监测精度。

高分辨率多光谱遥感影像包括高空间分辨率的全色波段和高光谱分辨率的多光谱影像，通过对两者影像的融合，可以获取高质量影像信息。利用 ENVI5.3 软件，采用 Image Sharpening 工具下的 Gram-Schmidt Pan Sharpening 进行全色片和多光谱图像融合，能够获得较高精度。Gram-Schmidt Pan Sharpening 变换是从低分辨率的波段中复制出一个全色波段，对复制出的全色波段和多波段进行 Gram-Schmidt 变换，其中，全色波段被作为第 1 个波段。用高空间分辨率的浅色波段替换 Gram-Schmidt 变换后的第 1 个波段，应用 Gram-Schmidt 反变换得到融合影像。融合后的影像增加了影像的易解译性，能够有效方便提取地物信息。

d) 影像增强

为了使融合后的高分辨率遥感影像更加容易识别土地扰动，对于当期植被泛绿的遥感影像进行植被增强处理，处理后影像质量更好，植被更加明显，扰动更能容易区分。

e) 影像解译

遥感图像判读包括识别、区分、辨别、分类、评定、评价及对某些特殊重要现象的探测与鉴别。其轮廓的勾绘及其属性的赋予是要有依据。依据就是判读标志。也就是说，在遥感图像上研究地表地物的种种特征，包括光谱、纹理、形状、大小、相对位置等，通过这些特征，区分不同地物，这些特征的总和就叫判读遥感图像标志。在数据预处理之后，根据数据源情况、解译目标等信息确立解译标志，整理成档，从而获得项目区拍摄卫星影像时间的扰动土地面积、防治责任范围面积、植物措施面积等。

表2-1 扰动土地监测方法

监测分区	扰动土地监测方法
尾矿库	属于永久占地，直接引用征地资料
厂区通往尾矿库道路	
供排水管线	卫星影像资料核查
供电线路	
临时堆土场	

2.2 取弃土场

本工程建设未涉及取土场。

工程动土过程中，尾矿库设置 1 处表土堆土场，堆放表土 18.61 万 m³，占地面积 1.90hm²。在临时堆土场边坡及平台实施了人工种草，待堆存表土利用后，对占压土地进行翻耕种草。

2.3 水土保持措施

水土保持措施监测是本项目水土保持监测工作的重点之一，通过其监测结果可分析各防治区内采取水土保持措施后，水土流失控制效果，进而可以分析扰动土地整治率、水土流失总治理度、土壤流失控制比、拦渣率、林草植被恢复率和林草覆盖率等六项防治指标。监测的主要水土保持措施包括：

(1) 工程措施

水土保持工程措施监测记录一次。

a.土地整治工程：监测指标主要包括整治对象、面积、整治后的地面状况、覆土厚度及整治后的土地利用方式等。

b.防洪排导工程：主要监测指标包括地表排水等拦排水设施的数量、质量、及工程维护与运行情况等。

c.斜坡防护工程：主要监测浆砌石护坡等设施的数量、质量、及工程维护与运行情况等。

监测指标包括各项工程措施的工程量及施工质量等，监测方法主要依据监理资料和现场抽样测量。各防治区工程措施监测指标及相应的监测方法详见表2-2。

表2-2 水土保持工程措施监测指标及方法

建设时段	建设分区	措施类型	监测指标	监测方法
建设期	尾矿库	截洪沟	长度、断面尺寸、工程量	资料调查、现场量测
		浆砌石护坡	长度、工程量	
运行期	尾矿库	覆土	面积、工程量	

(2) 植物措施

水土保持植物措施监测记录一次。

监测指标包括各防治责任分区内林草植被的分布、面积、种类、生长情况等，通过调查数据计算造林成活率、草地的盖度等指标。

对于各防治责任分区内采取的水土保持植被措施的分布、面积采用普查的方法获取监测数据，填写调查成果表；对于植被种类、成活率、保存率、林（草）地郁闭度（盖度）等指标采用抽样调查法，在填写调查成果表的同时填写样地记录表。

对不同的林草植被种类分别进行调查，对于面积较大的地块采用GPS勘界测量植被措施的面积与位置；对于面积较小的地块采用GPS确定植被措施位置，同时采用钢尺或皮尺等工具测量面积。

植被生长情况调查监测指标主要包括林（草）的成活率（有苗面积率）。监测方法主要是抽样调查法，对于春季造林或种草的，在秋季进行成活率调查，秋季造林种草的，在第二年夏季调查其成活率。

造林成活率测定：视造林地地块大小确定样地规格，如条件许可，最好取30m×30m。在样地内用卷尺量株行距，同时清点样地内的造林株数和成活株数，进而计算造林成活率。

种草有苗面积率测定：根据种草地面积情况抽取一定数量的样方，样方面积为2m×2m，测定出苗情况，统计出苗数量，草密度达到30株/m²以上的为合格。以达到草密度规定标准的面积与播种面积的百分比即为有苗面积率，有苗面积率大于75%为合格。

2.4 水土流失情况

各防治分区土壤流失量监测是本项目水土保持监测的重点，通过实地监测获得的数据可分析评价项目建设期内的水土流失动态，主要监测水蚀量和风蚀量。

由于本工程水土保持监测委托滞后，监测单位进场时工程已完工，因此本项目水土流失监测采用调查类比监测的方法进行。

3 重点部位水土流失动态监测结果

3.1 防治责任范围监测结果

3.1.1 水土保持方案确定的防治责任范围

根据批复的《内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库水土保持方案报告书》(报批稿), 本项目防治责任范围 35.07hm^2 , 其中项目建设区为 32.54hm^2 , 直接影响区为 2.53hm^2 。方案确定建设期水土流失防治责任范围详见表 3-1。

表3-1 方案确定工程建设期水土流失防治责任范围 单位: hm^2

项目	责任范围			占地类型
	项目建设区	直接影响区	合计	
尾矿库	30	1.91	31.93	草地
厂区通往尾矿库道路	0.4	0.07	0.47	草地
供排水工程	1.54	0.5	2.04	草地
供电线路	0.4		0.4	草地
临时堆土场	0.2	0.05	0.25	草地
合计	32.54	2.53	35.07	

3.1.2 监测的防治责任范围

通过现场检查、勘测, 对每个建设区的面积进行核实, 根据查阅资料和现场实地勘察, 并结合工程设计及建设期实际扰动土地情况, 最终确定出内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库监测的水土流失防治责任范围为 32.63hm^2 , (包括永久征地 30.59hm^2 , 临时占地为 2.04hm^2), 防治分区及防治责任面积见表 3-2。

表3-2 实际发生的防治责任范围 单位: hm^2

项目	占用土地面积	占地性质及面积		占地类型
		永久	临时	
尾矿库	30.0	30		草地
厂区通往尾矿库道路	0.49	0.49		草地
供排水工程	1.54		1.54	草地
供电线路	0.4	0.1	0.3	草地
临时堆土场	0.2		0.2	草地
合计	32.63	30.59	2.04	

3.1.3 防治责任范围变化情况

项目建设实际发生的水土流失防治责任范围较水保方案确定的防治责任范围减少 2.46hm^2 , 主要是方案设计的直接影响区在实际建设过程中未发生, 实际临时堆土场面积增加。详见表 3-3。

表3-3 工程实际扰动面积范围变化情况表 单位: hm²

序号	工程区	方案确定防治责任范围			实际发生 责任范围	增减情况(实 际-方案)	分析原因
		建设区	直接影响区	责任范围			
1	尾矿库	30	1.91	31.93	30	-1.93	直接影响区未发生
2	厂区通往尾矿库道路	0.4	0.07	0.47	0.49	0.02	按实际面积统计
3	供排水工程	1.54	0.5	2.04	1.54	-0.5	直接影响区未发生
4	供电线路	0.4		0.4	0.4	0	
5	临时堆土场	0.2	0.05	0.25	0.2	-0.05	直接影响区未发生
合计		32.54	2.53	35.07	32.63	-2.46	

3.1.4 建设期扰动土地面积

本工程于2011年7月正式开工,2014年4月完工,水土保持监测开展时间为2019年12月,通过解译2011年-2014年项目区卫星影像,确定建设期的扰动面积,2011年部分尾矿库坑底、厂区通往尾矿库道路和临时堆土场为主要施工扰动区,扰动面积17.27hm²,至2012年,各防治区累计扰动面积已经达到最大为32.63hm²,2013年随着工程完工,尾矿库库底覆盖,扰动面积逐渐减少,发生扰动面积18.26hm²,项目建设期内各防治区地表扰动面积动态监测结果见下表3-4。

表3-4 地表扰动面积动态监测结果表 单位: hm²

防治分区	2011年	2012年	2013年	2014年
尾矿库	16.58	30	15.63	2.63
厂区通往尾矿库道路	0.49	0.49	0.49	
供排水管线		1.54	1.54	1.54
供电线路		0.4	0.4	0.4
临时堆土场	0.2	0.2	0.2	0.2
合计	17.27	32.63	18.26	4.77

3.2 取料监测结果

内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库项目实际发生土石方总量共动用土石方工程量26.22万m³,其中挖方13.11万m³,填方13.11万m³,区间调配7.5万m³,本项目建设过程中未单独设立取土场。

3.3 弃渣监测结果

内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库项目实际发生土石方总量共动用土石方工程量26.22万m³,其中挖方13.11万m³,填方13.11万m³,区间调配7.50万m³,本项目建设过程中未单独设立弃渣场。

3.4 土石方流向监测结果

3.4.1 方案设计土石方情况

批复的方案报告书设计工程建设期共动用挖填土石方量26.22万m³,其中挖方13.11

万 m³，填方 13.11 万 m³。详见表 3-5。

表3-5 方案设计土石方情况表 单位：万m³

项目		挖填总量	挖方	填方	调入方		调出方		弃方
					数量	来源	数量	去向	
尾矿库	尾矿坝修筑	11.65	1.14	10.51	6.6	尾矿库基础开挖			
					2.77	截洪沟开挖			
	截洪沟开挖	3.91	3.34	0.57			2.77	尾矿坝填筑	
	基础开挖	7.50	7.50				7.50	尾矿坝修筑	
厂区通往尾矿库道路	道路清理表土	0.32	0.16	0.16					
	道路修建	1.54	0.77	0.77					
供排水管线		0.2	0.1	0.1					
供电线路		0.2	0.1	0.1					
临时堆土场平整		0.9		0.9	0.9	尾矿库基础开挖			
合计		26.22	13.11	13.11	10.27		10.27		

3.3.2 实际土石方监测结果

内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅锌矿技改二期尾矿库项目实际发生土石方总量共 26.22 万 m³，其中挖方 13.11 万 m³，填方 13.11 万 m³，无弃方。尾矿库坑底剥离表土 18.61 万 m³，集中堆放，用于尾矿库闭库后绿化覆土，建设期生活垃圾采用垃圾箱收集后运至附近的垃圾场处理。实际土石方情况见表 3-6。

表3-6 实际土石方情况表 单位：万m³

项目		挖填总量	挖方	填方	调入方		调出方		弃方
					数量	来源	数量	去向	
尾矿库	尾矿坝修筑	15.56	4.48	11.08	6.6	尾矿库基础开挖			
	基础开挖	7.5	7.5				7.5	尾矿坝修筑	
厂区通往尾矿库道路	道路清理表土	0.32	0.16	0.16					
	道路修建	1.54	0.77	0.77					
供排水管线		0.2	0.1	0.1					
供电线路		0.2	0.1	0.1					
临时堆土场平整		0.9		0.9	0.9	尾矿库基础开挖			
合计		26.22	13.11	13.11	7.5		7.5		

3.3.3 土石方变化

工程实际发生土石方按照方案设计土石方量进行，未发生变化。

4 水土流失防治措施监测结果

水土保持防治措施监测的主要内容是各项防治措施的工程量,通过工程量的监测结果可分析评价各项防治措施的防治效果,主要评价指标包括:水土流失总治理度、扰动土地整治率、拦渣率、林草覆盖率和林草植被恢复率。

4.1 工程措施监测结果

主要针对表2-2中所列的各项监测指标对各项工程措施进行监测,对于主体工程中具有水土保持功能的工程措施以巡查和监理资料调查为主,对于《水土保持方案报告书》中新增的水土保持工程措施进行重点监测,通过现场测量、调查等手段监测工程实施的数量。

4.1.1 方案设计工程措施

批复的水土保持方案报告书设计的工程措施:

建设期工程措施工程量汇总:尾矿库截洪沟 2920m,初期坝边坡浆砌石防护 0.37hm²;厂区通往尾矿库道路修筑砂石路面 0.4hm²。

运行期水土流失工程总量为:尾矿库平台覆土 30hm²,覆土量 9000m³。

方案设计水土保持工程措施及工程量见表 4-1。

表4-1 方案确定水土保持工程措施量汇总表

建设时段	工程项目	措施类型	措施名称	单位	数量	工程量 (m ³)				
						土方开挖	砂砾垫层	浆砌石	砂石量	表土量
建设期	尾矿库	工程措施	截洪沟	m	2920	364442	3533	9548		
			浆砌石护坡	hm ²	0.37		370	1850		
	厂区通往尾矿库道路	工程措施	砂石路面	hm ²	0.4				1200	
运行期	尾矿库	工程措施	覆土	hm ²	30					9000

4.1.2 实际实施的工程措施

通过查阅竣工资料、现场查勘和复核,尾矿库实施了剥离表土、截洪沟,厂区通往尾矿库道路修筑砂石路面等。

完成的水土保持工程措施工程量为:尾矿库表土剥离 18.61 万 m³、尾矿库周边截水沟 2920m、初期坝边坡浆砌石护坡 0.37hm²。

各防治区采取的水土保持工程措施及工程量详见表4-2。

表4-2 实际完成的水土保持措施工程量表

建设时段	工程项目	措施类型	措施名称	单位	数量	工程量			
						土方开挖 (m ³)	表土量(万 m ³)	砂砾垫层 (m ³)	浆砌片石 (m ³)
建设期	尾矿库	工程措施	表土剥离	hm ²	30.0		18.61		
			截洪沟	m	2920	36442		3533	9548
			浆砌石护坡	hm ²	0.37				1110

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 方案设计的植物措施

批复的水土保持方案报告书设计的植物措施有：

(1) 建设期水土流失工程总量为：厂区通往尾矿库道路两侧防护林 0.4hm²，供排水管线种草 1.54hm²、供电线路施工区种草 0.3hm²、临时堆土种草 0.89hm²。

① 厂区通往尾矿库道路：道路两侧防护林 0.4hm²，种植旱榆 2000 株。

② 供排水管线：自然恢复植被 1.54hm²。

③ 供电线路：种草 0.3hm²。

(2) 运行期水土流失工程总量为：尾矿库平台种草 30hm²，临时堆土场种草 0.89hm²。

方案设计水土保持工程措施及工程量见表 4-3。

表4-3 方案确定水土保持植物措施量汇总表

建设时段	工程项目	措施类型	措施名称	单位	数量	工程量	
						草籽 (kg)	旱榆 (株)
建设期	厂区通往尾矿库道路	植物措施	防护林	hm ²	0.4		2000
	供排水管线	植物措施	自然恢复	hm ²	1.54		
	供电线路	植物措施	种草	hm ²	0.3	13.5	
运行期	尾矿库	植物措施	种草	hm ²	30	1350	
	临时堆土场	植物措施	种草	hm ²	0.89	40.05	

4.2.2 实际实施的植物措施

经调查实测，各防治区共完成植物措施面积 2.04hm²，其中供排水管线种草 1.54hm²、供电线路施工区种草 0.3hm²，临时堆土区植草 0.2hm²。

实际完成的植物措施及工程量见表 4-4。

表4-4 实际完成的水土保持植物工程量表

建设时段	工程项目	措施类型	措施名称	单位	数量	工程量
						草籽 (kg)
建设期	供排水管线	植物措施	种草	hm ²	1.54	69.3
	供电线路	植物措施	种草	hm ²	0.3	13.5
	临时堆土场	植物措施	种草	hm ²	0.2	9.0
	合计				2.04	91.8

4.3 临时措施监测结果

4.3.1 方案设计的临时措施

由于工期短，建设区在施工过程中持续扰动，因此方案未设计临时措施。

4.3.2 实际实施的临时措施

监测单位进场后工程已完工，通过现场调查和查阅施工资料，尾矿库对于堆渣面实施了临时防护措施，使用密目网防护 27.37hm²，可有效减缓扬尘对周边的影响。

4.4 水土保持措施防治效果

各分区水土保持措施实施后，对项目区内由于开挖建设过程的引起的水土流失起到良好防治效果，目前，各项水土保持措施运行情况良好。

5 土壤流失量情况监测

5.1 水土流失面积

本工程于2011年7月正式开工，2014年4月完工，水土保持监测开展工作时间为2019年12月，通过解译2011年-2014年项目区卫星影像，确定建设期的水土流失面积，2011年部分尾矿库坑底、厂区通往尾矿库道路和临时堆土场为主要施工扰动区，水土流失面积17.27hm²，至2012年，各防治区累计水土流失面积已经达到最大为32.63hm²，2013年随着工程完工，尾矿库库底覆盖，水土流失面积逐渐减少，发生水土流失面积18.26hm²。监测结果见下表5-1。

防治分区	2011年	2012年	2013年	2014年
尾矿库	16.58	30	15.63	2.63
厂区通往尾矿库道路	0.49	0.49	0.49	
供排水管线		1.54	1.54	1.54
供电线路		0.4	0.4	0.4
临时堆土场	0.2	0.2	0.2	0.2
合计	17.27	32.63	18.26	4.77

5.2 土壤流失量

5.2.1 各阶段的侵蚀模数

本工程于2011年7月开工，2014年4月完工，监测人员于2019年12月进驻项目区。未进驻前的工程建设过程中，项目区没有土壤侵蚀实测资料，可能造成水土流失量确定采用类比法和调查法进行；可能造成水土流失危害采用当地同类型水土流失危害调查和相关经验分析确定；其他扰动原地貌、破坏土地及植被情况、弃土弃渣量及损坏水土保持设施数量等，均采用对主体工程设计资料进行统计、分析基础上，通过实地调查，经过计算确定。

(1) 原地貌侵蚀模数调查

在对项目区外业勘测、调查过程中，项目区植被类型以草甸草原植被为主，植被稀疏，土壤主要有淡黑钙土、草甸土等。根据全国土壤侵蚀遥感普查中第二次遥感调查资料（2000年），并结合实地调查，以及项目区降雨与风力特征、地形地貌、地面组成物质、土地利用与植被生长状况，确定本工程项目区范围内土壤侵蚀模数平均为2000t/km²·a，其中，水力侵蚀模数500t/km²·a，风力侵蚀模数1500t/km²·a。

(2) 建设期侵蚀模数调查

本次对比分析的资料为白音华四号矿二期工程水土保持监测资料。白音华四号露天矿二期工程与本项目区均位于西乌旗白音华镇，两个项目相距 40km，地形地貌特征、土壤类型、植被类型、气象条件相似（见表 5-2）。

表5-2 类比区条件对比表

类比项目区	白音华四号矿二期工程	项目建设区
地形地貌	项目所在区域地貌为低山丘陵，总体呈南高北低、东高西低地形，海拔标高 1000~1050m，相对高差 50m；矿井工业场地处于彦吉嘎河左岸的冲洪积平原区，地形平缓。	本区地貌形态为低山丘陵区，海拔高程最低 968.0m，最高 1030m，相对高差 62.0m。坝址处地形比较平缓，北部、南部均为丘陵，东部为沟谷区，坝址处沟谷为东西走向呈开阔的“心”字形。
气候特点	属半干旱大陆性气候，平均年降水量 315.2mm，蒸发量为 1769mm，降水主要集中在 6-8 月份，占全年降水的 70%左右，年均气温 1.2℃，平均冻土深 3.0m，全年平均风速 3.6m/s，主导风向为西南风，最大风速 29.7 m/s，大风日数 62 天。	本区属半干旱大陆性气候，年平均温度 2.1℃，最大冻结深度 3.0m。无霜期 108d，年日照 2741h，平均风速 3.2m/s,最大风速可达 29.7m/s，春秋两季多 4-9 级大风，大风日数 62 天。年平均降水量 315.2mm，多集中在 7-8 月份，年平均蒸发量约 1769mm，
土壤	项目区地带性土壤为暗栗钙土，非地带性土壤有草甸土、沼泽土和风沙土等；矿区土壤以草甸土为主，有机质含量 4.3%，PH 为 7.87~8，土壤质地为轻壤—中壤土，表土层厚度为 20~30cm，钙积层埋深 40~60cm，土壤养分状况为缺磷、富钾、氮中等。母质为冲积、洪积物和河湖沉积物。	库区土壤类型以淡黑钙土、草甸土、沙土和盐碱土类为主，有机质含量 4-8%，PH 为 7.87，土壤质地为轻壤-中壤土,钙积层埋深 40-60cm，厚度为 20-30cm，土壤养分状况是缺磷、富钾、氮中等，母质为冲积、洪积物和河湖沉积物。
植被覆盖度及类型	矿区为草甸草原向典型草原过渡段，植被盖度 50%左右。	本区域为草甸草原向典型草原过渡段，植被盖度 30-70%。
土地利用及施工扰动情况	天然草地开挖、占压、堆垫等	天然草地开挖、占压、堆垫等
水土流失特点	以风力侵蚀为主，间有水力侵蚀。风蚀主要发生在春秋季节，水蚀发生在雨季。	以风力侵蚀为主，间有水力侵蚀。风蚀主要发生在春秋季节，水蚀发生在雨季。

类比资料成果

内蒙古自治区水利科学研究院于 2010 年 9 月至 2017 年 9 月对白音华四号矿二期工程施工期水力侵蚀、风力侵蚀监测结果如表 5-3、表 5-4。

综合以上因素分析，根据白音华四号矿二期工程施工期水土流失调查监测结果，结合本项目施工进度安排和工程施工特点，比较监测时段的水土流失相关因子，确定不同施工时段、施工地段施工期土壤侵蚀模数，经类比并结合工程建设情况及其所在地自然条件，确定本项目施工期土壤侵蚀模数，见表 5-3。

表5-3 白音华四号矿二期工程土壤侵蚀模数实测表 单位: t/km²·a

年度	侵蚀单元	风蚀模数	水蚀模数	土壤侵蚀模数
2011	原地貌	1500	520	2120
	矿井工业场地及周边	4685	2043	6728
	公司总部及矿井辅助设施区	4573	1985	6558
	场外道路	4794	2189	6983
	供水管线	4705	2119	6824
	供电通信线路	4199	1955	6154
2012	原地貌	1550	550	2200
	矿井工业场地及周边	4779	2107	6886
	公司总部及矿井辅助设施区	4632	2045	6677
	场外道路	4865	2189	7054
	供水管线	4817	2219	7036
	供电通信线路	4305	1986	6291
2013	原地貌	1680	650	2330
	矿井工业场地及周边	4893	2154	7047
	公司总部及矿井辅助设施区	4855	2027	6882
	地面生产系统	5421	2671	8092
	供水管线	4463	1926	6389
	供电通信线路	4052	1734	5786
	场外道路	4620	1946	6566
2014	原地貌	1600	540	2140
	矿井工业场地及周边	3899	1536	5435
	公司总部及矿井辅助设施区	3864	1456	5320
	地面生产系统	5069	2350	7419
	供水管线	4243	1609	5852
	供电通信线路	3807	1405	5212
	场外道路	4054	1588	5642
2015	原地貌	1550	500	2050
	矿井工业场地及周边	3420	1237	4657
	公司总部及矿井辅助设施区	3308	1186	4494
	地面生产系统	4456	2054	6510
	供水管线	3264	1078	4342
	供电通信线路	2995	956	3951
	场外道路	3279	1109	4388
2016	原地貌	1500	480	1980
	矿井工业场地及周边	3051	1023	4074
	公司总部及矿井辅助设施区	2923	850	3773
	地面生产系统	3374	1673	5047
	供水管线	2566	835	3401
	供电通信线路	2294	773	3067
	场外道路	2935	1054	3989
2017	原地貌	550	320	870

年度	侵蚀单元	风蚀模数	水蚀模数	土壤侵蚀模数
	矿井工业场地及周边	563	350	913
	公司总部及矿井辅助设施区	556	340	896
	地面生产系统	589	350	939
	供水管线	610	370	980
	供电通信线路	602	360	962
	场外道路	585	355	940

5.2.2 土壤流失量计算方法

土壤流失量计算采用公式法，水蚀量计算公式：

$$M_s = F \times K_s \quad (\text{式 1})$$

式中： M_s ——水蚀量 (t)；

F ——时段水土流失面积 (km^2)；

K_s ——水蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。

风蚀量计算公式：

$$M_f = F \times K_f \quad (\text{式 2})$$

式中： M_f ——风蚀量 (t)；

F ——时段水土流失面积 (km^2)；

K_f ——风蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。

5.2.3 各阶段土壤流失量

(1) 原地貌土壤流失量

根据各防治区实际发生的防治责任范围及原地貌侵蚀强度动态监测结果，采用(式1)和(式2)，可算得各阶段原地貌土壤流失量。

经计算，工程建设期项目建设区原地貌土壤流失量为 2803t，其中水蚀量为 737t，风蚀量为 2065t，详见表 5-4。

表5-4 原地貌土壤流失量计算表

年度	水土流失面积 (hm^2)	土壤侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)		土壤流失量 (万 t)		
		水蚀模数	风蚀模数	水蚀量	风蚀量	土壤流失量
2011	32.63	520	1500	170	489	659
2012	32.63	550	1550	179	506	685
2013	32.63	650	1680	212	548	760
2014	32.63	540	1600	176	522	698
合计				737	2065	2803

(2) 建设期各扰动区土壤流失量

根据建设区实际发生的防治责任范围和各防治区内各年度地表扰动面积、建

筑物占地面积动态监测结果,各土壤流失单元侵蚀强度动态监测结果,采用(式1)和(式2),分别计算项目建设期内各年度土壤流失量。

经计算,工程建设期内项目建设区土壤流失总量为5264t,其中水蚀量为1660t,风蚀量为3604t,各阶段土壤流失量计算过程见表5-5。

表 5-5 各阶段土壤流失量计算表

年度	防治分区	水土流失面积(hm ²)	土壤侵蚀模数(t/km ² ·a)		土壤流失量(t)		
			水蚀模数	风蚀模数	水蚀量	风蚀量	土壤流失量
2011	尾矿库	16.58	2189	4794	363	795	1158
	厂区通往尾矿库道路	0.49	2189	4794	11	23	34
	供排水管线		2119	4705	0	0	0
	供电线路		1955	4199	0	0	0
	临时堆土场	0.2	2189	4794	4	10	14
	小计	17.27			378	828	1206
2012	尾矿库	30	2189	4865	657	1460	2116
	厂区通往尾矿库道路	0.49	2189	4865	11	24	35
	供排水管线	1.54	2189	4865	34	75	109
	供电线路	0.4	1986	4305	8	17	25
	临时堆土场	0.2	2189	4865	4	10	14
	小计	32.63			713	1585	2299
2013	尾矿库	15.63	2671	5421	417	847	1265
	厂区通往尾矿库道路	0.49	1946	4620	10	23	32
	供排水管线	1.54	1926	4463	30	69	98
	供电线路	0.4	1734	4052	7	16	23
	临时堆土场	0.2	2671	5421	5	11	16
	小计	18.26			469	966	1435
2014	尾矿库	2.63	2350	5069	62	133	195
	厂区通往尾矿库道路				0	0	0
	供排水管线	1.54	1609	4243	25	65	90
	供电线路	0.4	1955	4199	8	17	25
	临时堆土场	0.2	2350	5069	5	10	15
	小计	4.77			99	226	325
合计					1660	3604	5264

5.2.4 各阶段土壤流失量动态变化分析

项目建设期内造成土壤流失量变化的主要因素是施工地表扰动,因此,分析项目建设各阶段土壤流失动态变化情况,可通过计算比较各阶段土壤流失量和原地貌土壤流失量进行。

根据上述关于工程建设期内各阶段土壤流失量和原地貌土壤流失量的计算,将表5-4和表5-5计算成果进行综合比较,即可计算建设期内各年度的水土流失量

动态变化情况。

经计算，建设期内扰动地表土壤流失量较原地貌状态增加2461t，其中水蚀量增加922t，风蚀量增加1539t。建设期各年度土壤流失态变化计算结果见表5-7。

表5-7 土壤流失量变化情况计算表 单位：t

年度	水蚀增量	风蚀增量	总增量
2011	208	338	547
2012	534	1079	1613
2013	257	418	674
2014	-77	-296	-374
合计	922	1539	2461

根据表 5-7 计算结果可以看出，2011 年项目开始施工，部分区域进行扰动，随着工程的逐渐开工建设，扰动地表土壤流失量较原地貌土壤流失量有所增加，项目建设期土壤流失动态变化以 2012 年为主，2012 年各防治区内主体工程的全面开工，地表扰动面积达到最大，该年扰动地表土壤流失量最为严重。

5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量

本工程建设不涉及取弃土场。

5.4 水土流失危害

本项目监测期内未发生重大水土流失危害。

6 水土流失防治效果监测结果

通过上述关于项目建设过程中实施的工程措施、植物措施等工程量统计和工程质量评价结果,可以进一步对项目建设期末水土保持防治措施实施后的防治效果做出合理的分析与评价,以总结项目建设期的水土流失防治状况,评定项目防治目标达标情况。具体评价指标包括水土流失总治理度、扰动土地整治率、拦渣率、土壤流失控制比、林草覆盖率和林草植被恢复率共六个评价指标。

6.1 扰动土地整治率

工程实际扰动原地貌、损坏土地和植被面积为 32.63hm^2 ,建设过程中损坏的水土保持设施造成水土流失的开挖面、填筑面均采取了工程措施和植物措施进行防护。根据监测数据,建设期间扰动土地整治面积 32.63hm^2 ,其中建筑物及硬化区占地 1.10hm^2 ,建设区扰动土地整治率为 95.7%。

扰动土地整治率计算结果见表 6-1。

表6-1 扰动土地整治率统计表 单位: hm^2

项目区	扰动土地面积	水土保持措施面积		硬化、固化面积	建构筑物面积	可绿化面积	扰动土地整治率(%)
		工程措施	植物措施				
尾矿库	30	2.12			0.51	0.37	100.0
场区通往尾矿库道路	0.49			0.49			100
供排水管辖	1.54		1.54			1.54	90
供电线路	0.4		0.3		0.1	0.3	92.5
临时施工场地	0.2		0.2			0.2	80
合计	32.63	2.12	2.04	0.49	0.61	2.41	95.7

注:尾矿库活动面 27.37hm^2 不参与六项指标计算,在计算时考虑了植被的保存率。

6.2 水土流失总治理度

工程实际造成水土流失面积 32.63hm^2 (不包括永久建筑物、硬化、坑塘水面面积)。根据水土保持监测报告,实际完成水土流失治理面积 4.16hm^2 ,水土流失总治理度 84.6%,达到方案确定的 75%的防治指标。

水土流失治理度计算结果见表 6-2。

表6-2 水土流失总治理度统计表 单位: hm^2

项目区	扰动土地面积	水土保持措施面积		硬化、固化面积	建构筑物面积	可绿化面积	水土流失总治理度(%)
		工程措施	植物措施				
尾矿库	30	2.12			0.51	0.37	100
场区通往尾矿库道路	0.49			0.49			-
供排水管辖	1.54		1.54			1.54	100
供电线路	0.4		0.3		0.1	0.3	100
临时施工场地	0.2		0.2			0.2	100
合计	32.63	2.12	2.04	0.49	0.61	2.41	84.6

注:尾矿库活动面 27.37hm^2 不参与六项指标计算,在计算时考虑了植被的保存率。

6.3 拦渣率

拦渣率是指项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土（石、渣）量与工程弃土（石、渣）总量的百分比。

工程共动用土石方工程量26.22万m³，其中挖方13.11万m³，填方13.11万m³，无弃方，经过几年来的连续治理，工程拦渣率达到95%。达到了方案目标值85%。

6.4 土壤流失控制比

根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007），确定项目区土壤容许量为500t/km²·a，经调查，为保护主体工程安全，建设单位采取了一系列具有水土保持功能的防治措施，加强了林草植被的恢复。随着各项措施防护效益的逐步发挥，工程建设区的水土流失强度逐渐减少，水土流失情况较原地貌有明显好转。经分析测算，各防治分区的水土流失基本得到控制，目前项目区土壤侵蚀模数为610t/km²·a，水土流失控制比为0.82，达到了方案目标值0.8，达到了防治标准。

6.5 林草植被恢复率

经计算，本工程建设区内扰动地表面积为32.63hm²，可恢复林草植被面积2.04hm²，实际林草植被恢复面积1.82hm²（考虑了林草保存率后的植被保存面积），经计算，林草植被恢复率为89.0%，达到了水土保持方案设计的85%的防治目标。见表6-3。目前，防治责任范围植被建设取得了显著的成绩，建设区生态环境处于恢复阶段。

6.6 林草覆盖率

项目建设区面积32.63hm²，实际林草植被恢复面积1.82hm²（考虑了林草保存率后的植被保存面积），林草覆盖率为35%，达到了方案设计13%的防治目标。工程各分区林草覆盖率详见表6-3。

表6-3 林草植被恢复率计算结果 单位：hm²

项目区	扰动土地面积	植物措施面积	可绿化面积	林草植被恢复率（%）	林草覆盖率（%）	林草保存率（%）
供排水管辖	1.54	1.54	1.54	90	100	90
供电线路	0.4	0.3	0.3	90	100	90
临时堆土场	0.2	0.2	0.2	80	100	80
合计	32.63	2.04	2.04	89	35	

注：尾矿库活动面 27.37hm² 不参与六项指标计算，在计算时考虑了植被的保存率。

7 监测结论

7.1 水土流失动态变化

根据各阶段土壤流失量动态监测结果，项目建设期土壤流失总量为 5264t，其中风蚀量 3604t，占 68.47%，水蚀量 1660t，占 31.53%。

受施工扰动的影响，各防治区地表植被遭破坏后，土壤抗侵蚀能力降低，在风力、水力及人为因素的综合作用下，扰动地表土壤流失量较原地貌状态土壤流失量有所增加，根据建设期内原地貌土壤流失量和施工扰动后土壤流失总量的计算比较，土壤流失总量新增 2461t，其中水蚀量增加 922t，占 37.47%，风蚀量增加 1539t，占 62.53%。

7.2 水土保持措施评价

经过同类项目的合并和综合，本工程水土流失防治分区为：尾矿库、厂区通往尾矿库道路、供排水管线、供电线路、临时堆土场。通过实地勘测，尾矿库周边截洪沟、坝坡植草、供电线路及供排水管线植草恢复植被。整个措施的实施基本按照水土保持方案的要求来实施，措施整体布局合理。截至 2019 年 12 月，项目区完成水土保持工程措施治理面积 2.12hm²，完成水土保持植物治理措施面积 2.04hm²。

根据工程建设实际情况、各工程建设区内的水土流失现状以及水土保持防护需要等，对实施的所有防治措施布局情况进行了合理性分析，认为本工程建设水土保持措施布局合理，水土保持各项工程外观较整齐，施工质量达到了规定标准，经试运行，未出现水土保持工程质量缺陷，各项工程运行正常，水土保持效果好。

7.3 存在问题及建议

根据监测过程中掌握的情况，监测单位从项目治理的实际出发，总结出几点存在的问题，同时针对问题提出相应的完善意见，供建设单位和其他相关部门参考。具体如下：

- (1) 加强已有水土保持设施的管护工作。

7.4 综合结论

根据上述关于项目建设期内的监测结果，对本工程水土流失状况及水土保持防治效果做出以下几点综合结论：

(1) 通过水土保持综合治理，项目区水土流失得到根本控制：

施工期（2011年7月—2014年4月）内项目建设区地表破坏严重，土壤流失明显加剧，试运行期实施综合治理后，地表植被恢复，土壤流失得到了有效控制。

根据上述计算结果可知，项目建设过程中各防治区均进行了合理的防治措施，项目建设区扰动土地整治率95.7%，达到了方案中提出的防治目标（85%）。水土流失总治理度84.6%，达到方案防治目标要求（75%），林草植被恢复率为89%，达到方案防治目标（85%），林草植被覆盖率为35%，达到了方案防治目标要求（13%）。详见表7-1。

通过实施有效的控制，项目建设区水土流失得到根本控制，建设期拦渣率达到了95.0%。项目建设期各防治分区实施防治措施后，水土流失强度较低，土壤流失控制比为0.82，达到了水土保持方案确定的目标值（0.8），达到《开发建设项目水土流失防治标准》（GB50434-2008）确定的防治目标。

表7-1 水土流失防治目标达到值与设计确定的目标对比情况表

项目	方案设计值	实际达到值	是否达标
扰动土地整治率	85%	95.7%	达标
水土流失总治理度	75%	84.6%	达标
土壤流失控制比	0.8	0.82	达标
拦渣率	85%	95%	达标
林草植被恢复率	85%	89%	达标
林草覆盖率	13%	35%	达标

(2) 水土保持设施运行情况：

目前本项目水土保持措施布局较合理，水土保持设施工程质量总体合格，经试运行，未发现重大质量缺陷，运行情况良好，达到了防治水土流失的目的，整体上具备较强的水土保持功能，能够满足国家对开发建设项目水土保持的要求。

为了确保水土保持工作的正常开展，项目建设管理单位已建立水土保持工程实施、管理养护责任制，制定了水土保持相关的规章制度。由建设管理单位主要负责建设期各项水土保持工程的组织实施工作；由运营单位承担运行期水土保持设施的管理维护工作，负责水土保持工程措施的维护、修复和植物措施抚育、补植和更新，确保水土保持设施正常运行。