

黑龙江多宝山铜业股份有限公司
土壤环境自行监测报告

易景检测服务（天津）有限公司

二〇一九年八月



目 录

一、项目背景.....	1
二、企业介绍.....	2
1、企业简介.....	2
2、功能布局.....	2
3、工艺介绍.....	5
三、污染分析.....	10
1、原、辅料分析.....	10
2、产污情况分析.....	14
四、监测方案.....	16
1、方案依据.....	16
2、监测点位.....	16
2、监测项目.....	22
3、监测频次.....	22
4、评价标准及分析方法.....	23
5、样品采集.....	23
五、检测结果分析.....	24
1、质量控制分析.....	24
2、土壤样品检测结果分析.....	26
3、地下水样品检测结果分析.....	28
六、结论.....	30

一、项目背景

2019年6月，易景检测服务（天津）有限公司受黑龙江多宝山铜业股份有限公司委托，遵照相关法律法规的要求，开展黑龙江多宝山铜（钼）矿（以下简称“多宝山铜矿”）用地土壤环境监测，旨在掌握矿区重点区域土壤和地下水状况，为开展土壤和地下水环境保护及相关工作提供数据支持。

多宝山铜矿位于黑龙江省黑河市嫩江县北部多宝山镇境内，东距黑河市约160km，南距嫩江县152km，距黑龙江省会哈尔滨市约600km，地理位置见图1。



图 1 项目位置

二、企业介绍

1、企业简介

多宝山铜矿是黑龙江省最大的有色金属矿山，也是黑龙江省重点推进建设的项目之一。该矿床属大型斑岩型铜（钼）矿床，矿体多、埋藏浅，矿石储量大，品位低。全矿区的四个含矿带，黑龙江多宝山铜业股份有限公司对多宝山铜矿 3#矿带 X 号矿体进行开发。

多宝山铜矿由采矿、选矿和湿法冶炼三部分组成。其中，采、选原生矿规模 25000t/d（750 万 t/a）、氧化矿堆浸处理矿石规模 124 万 t/a，产品为铜精矿、钼精矿和电铜。

2、功能布局

多宝山铜矿区主要分为露天采矿区、排土场、选矿厂、尾矿库、矿区东侧等。多宝山铜矿的平面布局见图 2。现分别对多宝山铜矿区的主要区域进行介绍。

（1）露天采矿区

露天采矿区占地面积约 160hm²，位于矿区内平缓沟谷的端部，露天采场平面上呈椭圆形，上口长约 1540m，宽约 1320m，境界底标高-35m，封闭圈标高 490m，封闭圈以上山坡部分 80m，封闭圈以下凹陷部分 525m，基本上为凹陷露天矿，最大采深 605m，主要从事矿山开采。

（2）选矿厂

选矿厂位于矿区的西部，涉及选矿工业场地和氧化矿堆浸工业场

地两部分区域。其中，选矿工业场地用于选矿，包括粗碎车间、粗矿堆、中细碎车间、筛分车间、皮带廊及转运站、粉矿仓、磨浮车间、精矿浓缩及过滤车间、变电所、尾矿浓密池等车间、变电所、尾矿浓密池等；氧化矿堆浸工业场地用于湿法冶炼，包括矿堆、萃取、电积车间、前液池、后液池、浸出液泵房、事故应急池。

（3）排土场

排土场就近设在露天采场南部，距堑沟口约 150m。最高堆积标高 560~570m，废石分层堆存。废石场最终堆存高度约为 70~120m。

（4）尾矿库

尾矿库位于矿区南部，设在小溪沟下游。尾矿经 9km 管线输送至尾矿库，尾矿汇水经 230 m³ 收集池收集后由回水泵房经约 10km 回水管线打至厂区回用。

（6）矿区东侧

矿区东侧包括排土场、采场、堆场及办公生活区域。

3、工艺介绍

(1) 采矿工艺

采矿工艺集中在露天采矿场进行。矿山露天开采采用水平台阶开采工艺，剥离采用陡帮作业，采矿采用缓帮作业。矿山中深孔台阶爆破使用牙轮钻机穿孔，铵油炸药或乳化炸药爆破，起爆采用非电起爆系统起爆。大块二次破碎使用凿岩机穿孔，爆破使用 2#岩石炸药。

由于多宝山铜（钼）矿矿岩硬度较大，故采用电铲铲装，运输采用自卸汽车。矿岩经电铲装载，由自卸汽车直接运输到矿石粗碎站或排土场。

本矿山采用选别式开采，原生矿、氧化矿、低品位矿及废石分采、分运，分别堆放。原生矿石运到矿石粗碎站，氧化矿运到堆浸场，低品位矿石运到废石场专门的堆放区域堆存。

采矿过程涉及的主要辅助材料为炸药、非电雷管、火雷管、柴油、机油、黄甘油、透平油、汽油。

(2) 选矿工艺（原生矿）

选矿工艺如图 3 所示。

碎矿 碎矿采用三段一闭路、中碎前强化预先筛分的流程。来自采场经过破碎机破碎到-250mm 的矿石，先通过重型双层振动筛进行强力筛分，筛下粉矿直接进入粉矿仓。筛上矿石采用液压圆锥破碎机进行中细碎，并与香蕉型振动筛形成闭路。最终碎矿产品粒度为 -12mm。粉矿仓采用半地下式，下设平板闸门，用于向球磨机给矿皮带给矿。粉矿仓用于调节选矿厂碎矿车间与主厂房生产的不均衡性，

有效贮量为 25000t，可满足选矿厂正常生产 1 天所需矿量。

磨矿 磨矿采用一段闭路磨矿流程。通过带式输送机向球磨机给矿，共 3 台溢流型球磨机。每台球磨机分别与一组水力旋流器形成闭路磨矿，旋流器给矿采用变频调速的砂泵，并通过浓度、压力、流量、泵池液位等对磨矿分级回路进行自动控制，以保证生产合格的旋流器溢流产品。磨矿产品细度为-0.074mm 占 67.8%，矿浆浓度为 30%。

浮选 浮选采用钼铜等可浮再分离－强化选铜工艺流程。水力旋流器组溢流经搅拌槽搅拌调浆后，经浮选机依次进行钼铜等可浮、铜粗扫选后分别得到铜钼混合粗精矿和铜粗精矿，其尾矿为选矿厂最终尾矿并排至尾矿库。铜钼混合粗精矿经浮选机进行精选后，得到的铜钼混合精矿先经磨机与水力旋流器组成的闭路磨矿磨至-0.045mm 占 98%，经搅拌调浆后进行铜钼分离，并得到最终钼精矿和一部分铜精矿。铜粗精矿经球磨机与水力旋流器组成的闭路磨矿磨至-0.045mm 占 96%，经搅拌调浆后进行铜精选，并与铜钼分离所得到的铜精矿合并作为最终铜精矿。

精矿脱水 铜精矿采用浓缩-过滤两段脱水流程，过滤采用陶瓷过滤机，精矿水份 13%。钼精矿采用浓缩－过滤－干燥三段脱水流程，过滤采用板框压滤机，干燥采用蒸汽加热干燥机，精矿水份 4%。

选矿过程涉及的主要辅助材料为石灰、CSU31、2#油、丁基黄药、丁胺黄药、硫化钠、六偏磷酸钠、煤油。

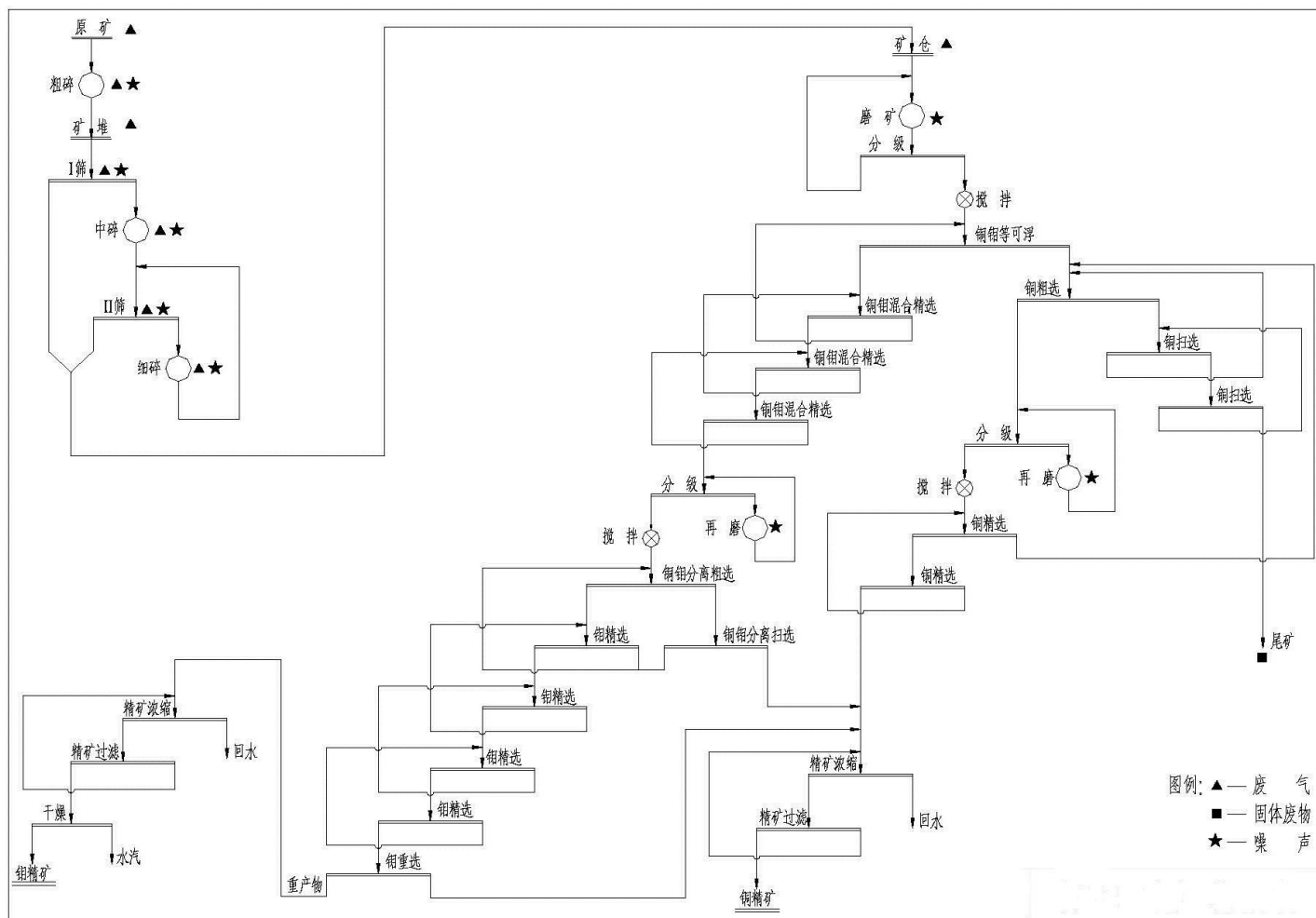


图 3 选矿工艺流程图

(3) 湿法冶炼工艺（氧化矿）

湿法冶炼工艺如图4所示。

矿石堆浸 堆浸场地上平整坡度向集液池方向 2%~3%，压实，铺粘土层，再压实，铺高密度聚乙烯软垫层，防止溶液渗滤。聚乙烯软垫层上铺垫破碎粒度小于 50mm 的浸出矿石层，堆放浸出矿石。堆浸的矿石，经选矿专业破碎后，用汽车运至堆浸场，被运矿车压实的表层，用带犁钩的推土机钩松 1.2m~1.5m 深，其上铺设管网，并在喷淋管网上覆盖 1m~2m 的矿石。一层矿石浸出完后，将其表面犁松 1.2m~1.5m，再在其上堆第二层矿石。

浸出集液池、萃余液池均采用地坑衬高密度聚乙烯薄膜。堆场与集液池之间采用沟渠连通。浸出液经泵打至萃取厂房萃取，萃余液自流至萃余液池，同时补充硫酸至萃余液池，萃余液用泵打至堆场喷淋。浸出液的铜浓度 3g/L，pH2.5。

萃取 萃取设备采用混合-澄清型萃取箱，2 级萃取 1 级反萃。萃取在常温下进行。萃余液经澄清池回收有机相后，自流到萃余液池供再浸出。负载有机相用含铜 35g/L、 H_2SO_4 175g/L 的电解贫液反萃，反萃后液含铜 45g/L、 H_2SO_4 160g/L，送往电解车间。

电积 电积采用始极片法。电解槽阴极为钛板，阳极为 Pb-Ca-Sn 合金。一套硅整流器供电。由萃取工段来的反萃后液，经除油装置和双介质过滤器分离有机相后，用泵送经板式换热器加温后，经电解液高位槽流到电解槽进行电积，电解贫液返回反萃取段作反萃剂。电解槽内进行温度控制，电解槽液面加聚丙烯颗粒复盖，以减少酸雾挥发。

电解液内添加硫酸钴保护阳极。电积周期 8d，种板槽生产的种板经剪裁、压纹、钉耳得到阴极始极片。为防止电解液中的铁积累，每日开路一部分电解贫液到浸出液中，其量视铁的积累情况而定。

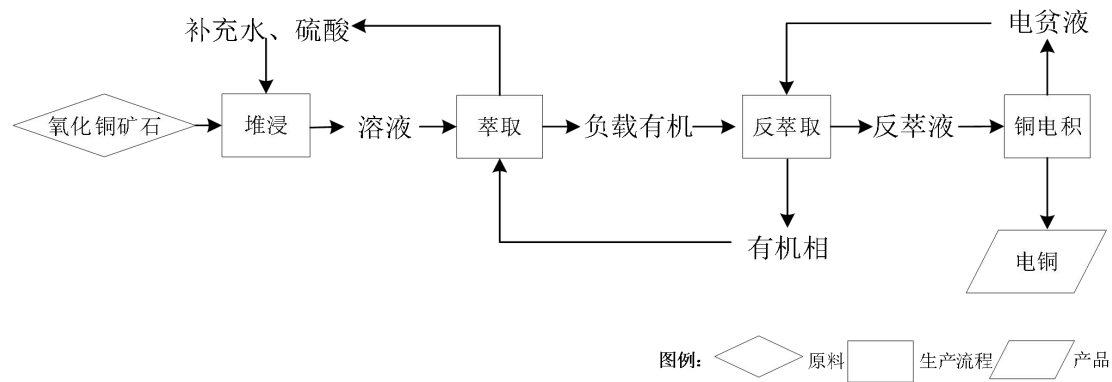


图 4 湿法冶炼工艺流程

湿法冶炼过程涉及的辅助材料为工业硫酸、Lix984N 萃取剂、260 号煤油、Pb-Ca-Sn 阳极、硫酸钴。

三、污染分析

1、原、辅料分析

多宝山铜矿区的生产原料为矿石，分为原生矿和氧化矿。辅助材料主要为炸药、雷管以及捕捉剂、气泡剂、抑制剂等其他化学品。现分别对原料和辅料进行分析。

(1) 原料矿石分析

根据地质报告，本矿区主要金属矿物有黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿，主要伴生矿物有自然金、银金矿、自然银、辉银矿、碲银矿等。在原生矿石中，金属矿物总的含量一般只占矿石总重量的 2%~3%，其中以黄铁矿、黄铜矿较多，斑铜矿、辉钼矿次之。在矿体边缘及其上盘，以黄铁矿 - 黄铜矿组合为主，含量一般为 5%~10%；在矿体内以黄铜矿 - 辉钼矿组合为主，含量一般为 2%~4%；在矿体中心以黄铜矿 - 斑铜矿组合为主，含量一般为 4%~5%。

脉石矿物平均含量约为 95%，以石英、绢云母、绿泥石、碳酸盐为主，其次为绿帘石、黑云母、钾长石、钠长石等。

全矿区四个矿带内 3#矿带 X 号矿体是矿区中规模最大的矿体，3#矿带 X 号矿体矿石储量为 37291.46 万 t，占矿床总矿石储量的 73.44%，金属量为：Cu: 1736967.7t，Mo: 56292.9t，Au: 59.59t，Ag: 761.49t，分别占矿床总金属储量的 73.27%，70.37%，81.19%和 72.81%。

经资料查询了解到，矿区的多元素分析见下表。

表 1 原矿多元素分析

成分	Cu	Mo	Pb	Zn	Ni	Bi	V	Mn
含量 (%)	0.49	0.011	0.003	0.012	0.0022	0.0001	0.051	0.02
成分	Sn	Sb	Hg	Cd	Cr	As	Be	Co
含量 (%)	0.001	/	/	0.0002	/	0.001	/	0.001
成分	WO ₃	Se	Ge	F	S	P	Au	Ag
含量 (%)	0.033	0.0004	0.0002	0.08	0.26	0.01	0.16g/t	1.81g/t
成分	TiO ₂	TFe	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
含量 (%)	0.36	2.33	63.47	3.86	2.47	13.77	3.62	3.07
成分	Ga	In	Pt	Pd	Te	Re	Os	C
含量 (%)	0.0017	0.0003	/	/	/	/	/	0.3

(2) 主要辅助材料分析

①炸药：炸药爆炸生成的气体产物，其组成成分很复杂，包括炸药爆轰产物以及爆轰产物与空气、岩石等进一步发生化学反应的产物。一般主要有 CO₂、CO、H₂O、NO_x、N₂ 等。当炸药内含硫或硫化物时，爆炸气体中还有 H₂S、SO₂ 等有毒有害气体。

②雷管：雷管是一种爆破工程的主要起爆材料，它的作用是产生起爆能来引爆各种炸药及导爆索、传爆管。

③汽油、柴油、煤油

汽油是复杂烃类(碳原子数约 4~12)的混合物。无色至淡黄色的易流动液体。沸点范围约初馏点 30℃至 205℃，空气中含量为 74~123g/m³ 时遇火爆炸。主要组分是四碳至十二碳烃类。易燃。

柴油是轻质石油产品，复杂烃类(碳原子数约 10~22)混合物。主

要由原油蒸馏、催化裂化、热裂化、加氢裂化、石油焦化等过程生产的柴油馏分调配而成；也可由页岩油加工和煤液化制取。可分为轻柴油（沸点范围约 $180 \sim 370^{\circ}\text{C}$ ）和重柴油（沸点范围约 $350 \sim 410^{\circ}\text{C}$ ）两大类。广泛用于大型车辆、铁路机车、船舰。柴油最重要的性能是着火性和流动性。

煤油是轻质石油产品的一类。由天然石油或人造石油经分馏或裂化而得。

④硫酸：湿法冶炼厂使用的硫酸浓度为 92.5%，用于氧化矿喷淋作业、反萃取和原液，硫酸是一种强酸，在水溶液中电离出大量的氢离子。在稀释使用时要特别注意将硫酸向水中慢慢注入，避免大量的热使加入的水沸腾，致使硫酸飞溅造成烧伤事故。酸储存在湿法厂的硫酸储罐区。

⑤捕收剂

丁基黄药，化学名称为烃基二硫代碳酸盐，该药剂为捕收剂。作用是能够选择性的吸附(物理吸附或化学吸附)在矿物表面形成疏水薄膜，使矿物的疏水性增大，使矿粒能牢固的附着于气泡而上浮，从而增加矿物的浮游性的有机物。黄药常温下为黄色固体粉末，常因含有杂质而颜色较深；相对密度为 $1.3-1.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，易燃烧，具有刺激性臭味。

丁铵黑药，化学名称为二丁基二硫代磷酸铵，是有色金属矿石的优良捕收剂兼起泡剂。对铜、铅及活佛了的锌的硫化矿以及难选多金属矿有特殊的分选效果。浮选性稳定，选择性好。丁铵黑药为白色至

灰白色，有时呈轻微粉红色的细粒或粉末状，易溶于水，水溶液呈乳浊态，无臭，在空气中潮解，化学性质稳定，相对密度为 1.2 g/cm^3 。应放在阴凉、通风处，防潮、防火、防暴晒。

⑥起泡剂：2#油为起泡剂。浮选矿浆经捕收剂和调整剂处理后，矿浆中加入少量异极性表面活性物质，可以得到小而不宜兼并的气泡，气泡浮到水面，生成具有一定稳定性的泡沫。使矿物的表面性质达到了浮选要求，此时如果矿浆中存在性质良好的气泡就能实现浮选。

2#油是我国选矿场应用最广泛的一种起泡剂，占起泡剂总用量的95%以上。它是以松节油为原料，硫酸作催化剂，酒精为乳化剂的参与下，发生水合反应制取。其主要组成和松油相似，也是 α -萜烯醇（40-60%），但含量比松油稳定。

⑦抑制剂：巯基乙酸钠为抑制剂，硫化钠作为抑制剂和活化剂，硫化钠对硫化矿的抑制作用一般认为主要是两方面，一是 Na_2S 水解产生 HS^- ， HS^- 排除硫化矿物表面吸附的黄药，同时本身又吸附在矿物表面增加矿物表面的亲水性；另一方面， Na_2S 起抑制作用不仅仅是 HS^- 吸附在矿物表面引起的，还应与 Na_2S 在水溶液中电离生成的 S^{2-} 有关。利用 Na_2S 的抑制作用，可将 Na_2S 用作脱药剂，将已吸附于矿物表面的黄药解吸下来，使后续浮选作业易于进行。另外， Na_2S 可作为氧化铜矿物的浮选活化剂。当适量的 Na_2S 加入浮选溶液中后，离解出的 S^{2-} 与氧化矿物表面晶格阴离子发生置换反应，使氧化铜矿物表面生成硫化物薄膜，从而有利于黄药类捕收剂的吸附。

纯硫化钠为无色结晶粉末。吸潮性强，易溶于水。水溶液呈强碱

性反应。触及皮肤和毛发时会造成灼伤。该品在胃肠道中能分解出硫化氢，口服后能引起硫化氢中毒，对皮肤和眼睛有腐蚀作用。

巯基乙酸钠白色粉末状结晶，有时略显浅粉色，非易燃、易爆品，有潮解性，易溶于水，微溶于醇，避光密闭保存。在铜钼矿浮选中，用作铜矿物和硫铁矿的抑制剂。对铜，硫以及其他物质有明显的抑制作用，从而有效地提高了钼精矿的品味。可完全替代剧毒抑制剂氰化钠。无污染、无毒害、对生产区域的环境保护起到了积极的作用。

2、产污情况分析

多宝山铜矿区产生的废物为废气、废水和固体废物。其中，部分废气为矿石开采、破碎过程产生的粉尘，主要成分为矿石颗粒；部分废气为锅炉在燃煤过程产生的烟气。废水主要为选矿工艺废水，主要成分为矿石废渣。矿区的主要产污情况见下表。

表 2 主要污染物产生情况

所属工艺	所在区域	类型	主要产污节点	处理方式
采矿工艺	露天采矿场	废气	露采凿岩、爆破、铲装及车辆运输矿石过程中产生的矿石粉尘	湿式凿岩、洒水降尘
		固体废物	露采废石	用自卸卡车直接运往排土场堆存
选矿工艺	选矿厂	废气	粗碎车间、粗矿堆、细碎车间、筛分车间、转运站、石灰乳制备等车间会产生矿石粉尘	分别经袋式除尘器或湿式除尘器处理后排放
		废水	选矿工艺用水	经浓缩机浓缩后回用
		固体废物	选矿尾矿	送完尾矿库堆存
湿法冶炼工艺	选矿厂	废气	破碎车间会产生矿石粉尘	经湿式除尘器处理后排放
		固体废物	堆浸废渣	运往堆浸场堆存
其他	锅炉	废气	锅炉房煤仓煤炭破碎过程产生粉尘	经袋式处理器处理后排放

所属工艺	所在区域	类型	主要产污节点	处理方式
	房	废气	锅炉在燃煤过程中会产生烟气	经旋风除尘器处理后排放
		固体废物	锅炉灰渣	回收利用
	其他	废水	除尘废水	经沉淀后回用

经过资料查询了解到，各种固体废物的主要成分为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 K_2O ，富含 Cu、Zn、Pb 等金属元素。具体化学成分见下表。

表 3 各固体废物化学成分

采场矿石化学成分								
成分	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Mn	Ti	V
含量 (%)	0.026	0.044	0.008	0.050	0.058	0.01	0.003	0.01
成分	Hg	Co	Cr	Au	Ag	As	C	S
含量 (%)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.008g/t	0.02g/t	0.0002	0.04	0.26
成分	P	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	SiO_2
含量 (%)	0.026	2.28	1.54	2.15	5.78	4.33	20.74	59.54
氧化矿堆浸废渣化学成分								
成分	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Mn	Ti	V
含量 (%)	0.022	0.064	0.0074	0.046	0.0002	0.01	0.003	0.01
成分	Hg	Co	Cr	Au	Ag	As	C	S
含量 (%)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.031g/t	0.62g/t	0.0002	0.25	0.45
成分	P	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	SiO_2
含量 (%)	0.051	2.52	0.612	4.94	6.36	1.48	21.90	58.09
尾矿化学成分								
成分	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Mn	Ti	V
含量 (%)	0.064	0.003	<0.0001	0.0002	0.001	0.01	0.003	0.001
成分	Hg	Co	Cr	Au	Ag	As	C	S
含量 (%)	<0.0001	0.001	<0.0001	0.045g/t	0.66g/t	0.0001	0.10	0.01
成分	P	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	SiO_2
含量 (%)	0.01	3.72	2.98	2.53	1.10	4.02	15.53	67.34

四、监测方案

1、方案依据

（1）法律及行政法规依据

- ① 《中华人民共和国土壤污染防治法》
- ② 《土壤污染防治行动计划》
- ③ 《工矿用地土壤环境管理办法》
- ④ 《黑龙江省土壤污染防治实施方案》（黑政发〔2016〕46号）
- ⑤ 《黑龙江省土壤环境重点监管企业自行监测及信息公开的指导
意见（暂行）》

（2）技术依据

- ① 《在产企业土壤及地下水自行监测技术指南》（征求意见稿）
- ② 《北京市重点企业土壤环境自行监测技术指南》（暂行）
- ③ 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)
- ④ 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB
36600-2018）
- ⑤ 《场地环境监测技术导则》（HJ25.2）
- ⑥ 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004)
- ⑦ 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)

2、监测点位

（1）监测范围

根据企业提供的《黑龙江多宝山铜（钼）矿环境影响报告书》（2008），矿区周围数公里范围内无敏感目标，500m 范围内无居民聚

居点。故本方案以企业边界为限监测用地范围内的土壤环境质量。

(2) 背景点

在企业外部区域较少受人为活动影响的相对清洁区布设4个土壤背景监测点, 以提供不受企业生产过程影响且可以代表土壤质量的样品。

(3) 布点数量及位置

根据矿区总平面布置图, 在地块内识别到 5 个重点区域, 分别为矿区北部露采场、矿区中部排土场、选矿厂、矿区南侧选矿厂和矿区东侧(含排土场、采场、堆场及办公生活区域)。每个区域根据重点设施或潜在污染分布情况布设采样点。详见表 4 和图 5-图 7。

表 4 土壤采样点

序号	布点区域	方位	采样位置
1	露采场	矿区北部	环状均匀布设 6 个采样点
2	排土场	矿区中部	环状均匀布设 6 个采样点
3	尾矿库	矿区南部	环状均匀布设 6 个采样点
4	选矿厂	矿区中部	煤场、酸库和煤油库、磨浮车间、污油库和矿车维修厂房、加油站、粗矿堆、选厂机修车间各布设 1 个采样点, 共 7 个
5	矿区东侧排土场、采场、堆场及办公生活区域	矿区东部	排土场、采场、堆场四个方位各布设 1 个采样点, 锅炉房附近布设 1 个采样点, 共 13 个采样点

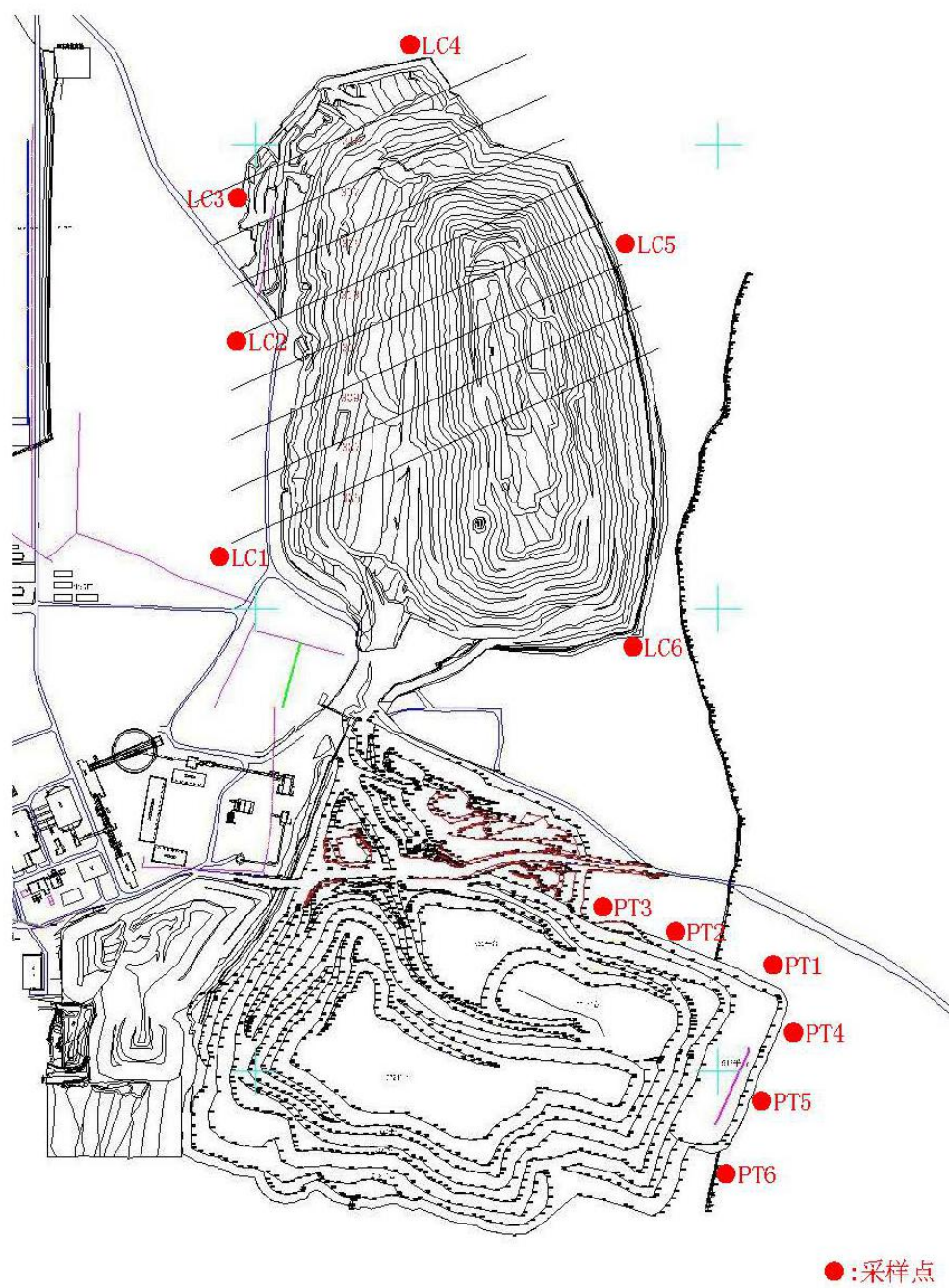


图 5 露采场、排土场布点图

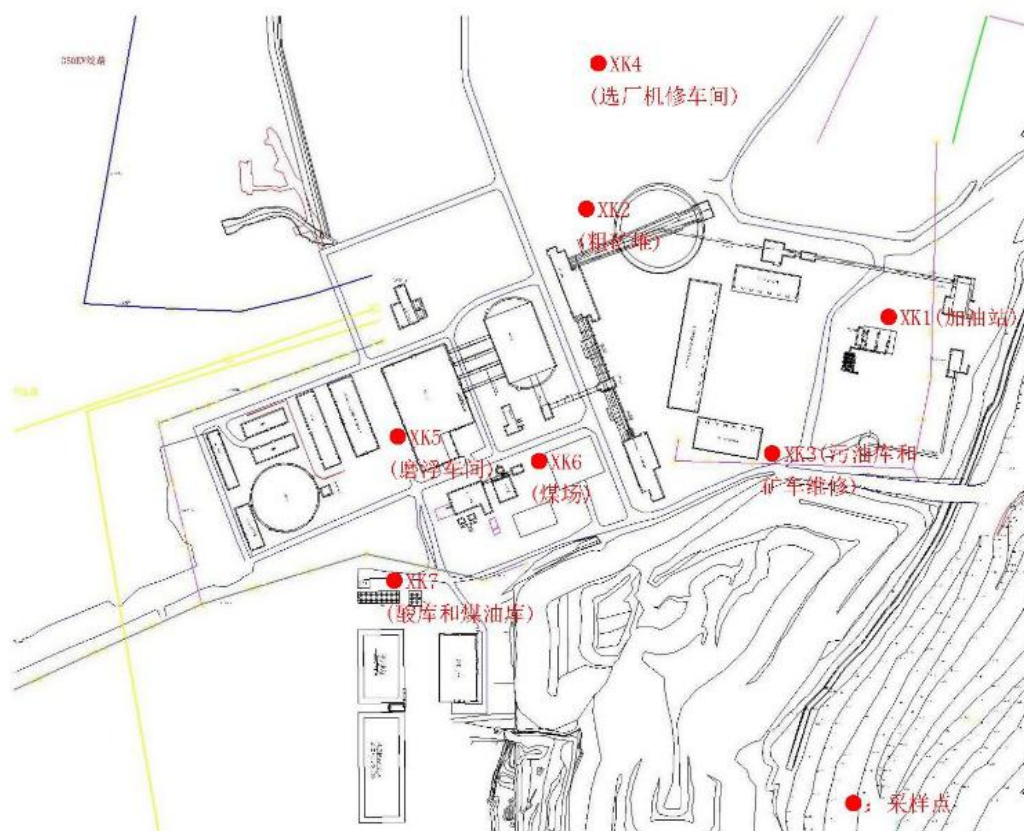


图 6 选矿区布点图

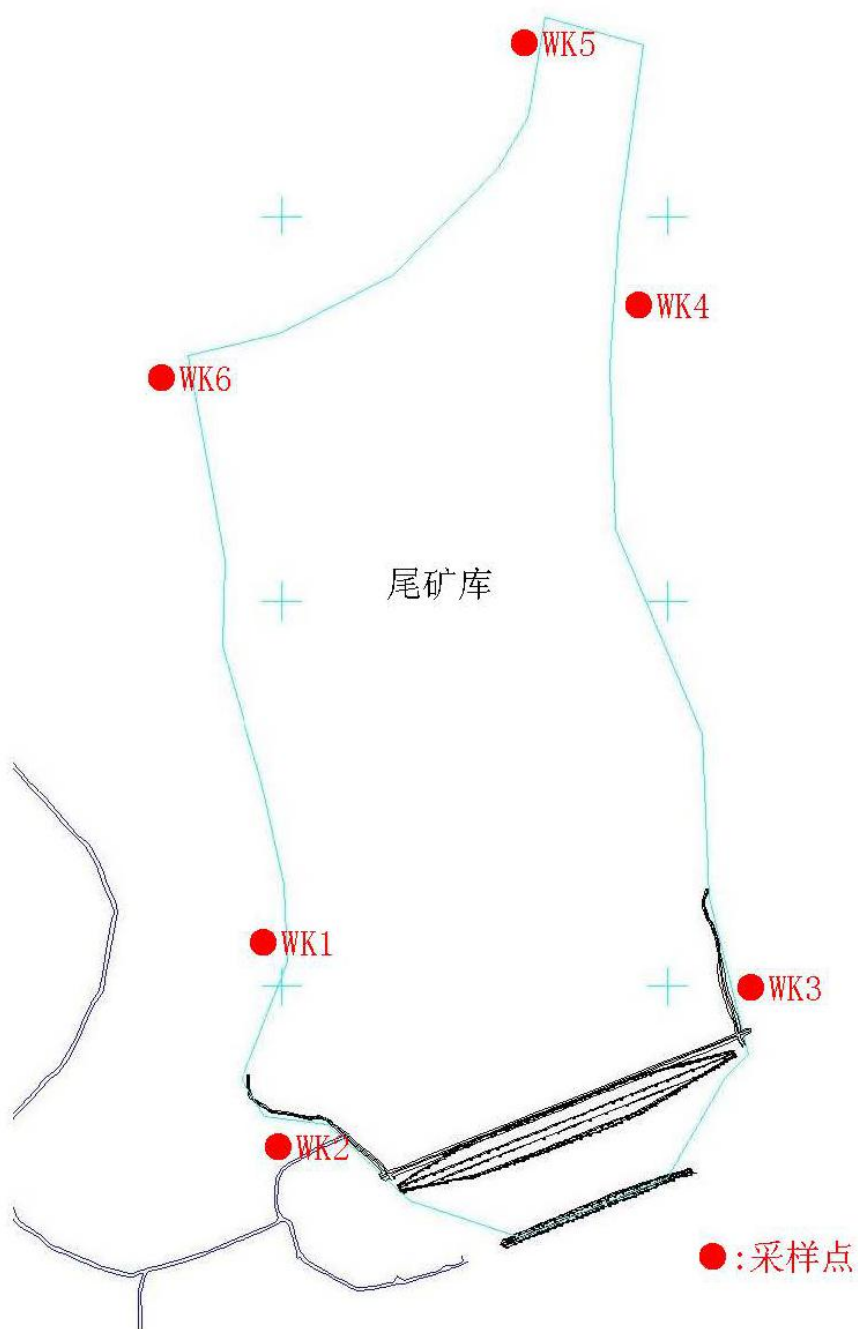


图 7 尾矿库布点图

采样点布设位置应在不影响企业正常生产且不造成安全隐患与二次污染的情况下尽量接近重点区域内污染隐患较大的重点设施。在厂区平面布置中可能造成土壤污染的主要装置或设施附近开展采样。具体采样点位置根据现场实际情况而定。

(3) 采样深度

土壤监测以监测区域内表层土壤（0.2m 处）为重点采样层。本方案每个采样点采集两个土壤样品，分别位于 0.2m 和 0.5m 处。

(3) 地下水样品

利用矿区已有地下水监测井，采集地下水样品送往实验室进行分析检测。地下水样品采样位置见图 8。

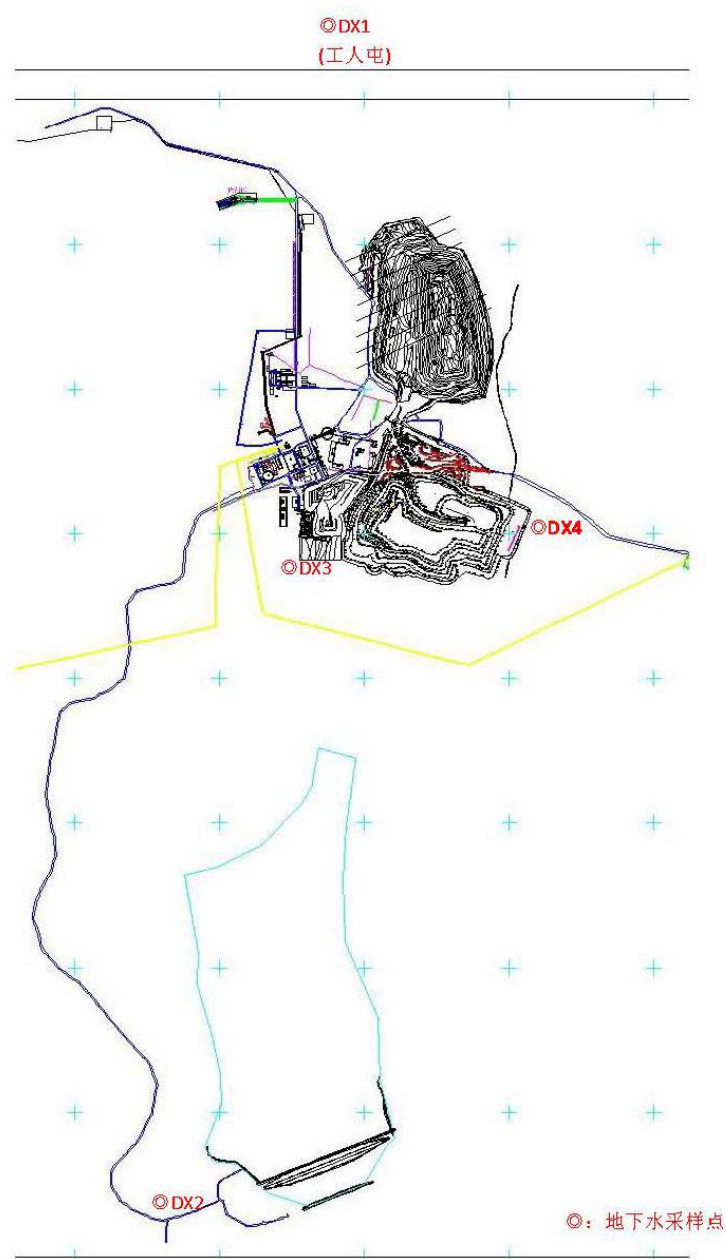


图 8 地下水采样点点位分布图

2、监测项目

根据企业所属行业类别及生产经营活动，确定检测项目为：

(1) 土壤 pH

(2) 重金属与元素共 17 种 (镉、铅、铬、铜、锌、镍、汞、砷、锰、钴、硒、钒、锑、铊、铍、钼、六价铬);

(3) 无机物 2 种 (氰化物、氟化物);

(4) 挥发性有机物 27 种 (四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、二氯甲烷、1,2-二氯丙烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间&对-二甲苯、邻二甲苯);

(5) 半挥发性有机物 11 种 (硝基苯、苯胺、2-氯酚、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、蒽、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、萘);

(6) 石油烃 (C₁₀-C₄₀ 总量)。

3、监测频次

每年监测一次。

4、评价标准及分析方法

表 5 各监测对象相应限值标准

监测对象	执行标准
土壤	1、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018) 筛选值 2、《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB 11/T811-2011) 3、《美国 EPA 区域筛选值》(2019)
地下水	1、地下水质量标准 (GB/T 14848-2017) 2、《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006) 3、《美国 EPA 区域筛选值》(2019)

分析方法根据执行标准所要求的方法进行检测。

5、样品采集

土壤样品采集方法参照《场地环境监测技术导则》(HJ25.2)、《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)的要求进行,地下水样品采集方法参照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)。

五、检测结果分析

1、质量控制分析

为评估从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段的质量控制效果，本项目质量控制样共计 8 组现场土壤平行样，质量控制样品总数达到送检样品的 10%以上。现场平行样质量控制样品检测相对偏差见表 6。

表 6 土壤平行样品现场采样质控数据（1） 单位：mg/kg

统计结果	LC1-0.2			PT1-0.2		
	平行样品结果	样品结果	相对偏差	平行样品结果	样品结果	相对偏差
汞	0.045	0.044	1.1%	0.079	0.085	3.7%
硒	0.33	0.33	0.0%	0.18	0.21	7.7%
钒	63.4	62.0	1.1%	69.3	66.7	1.9%
铬	47	46	1.1%	44	42	2.3%
锰	955	980	1.3%	380	369	1.5%
钴	11.5	11.6	0.4%	9.4	9.1	1.6%
砷	9.5	9.6	0.5%	11.4	11.0	1.8%
钼	2.2	1.9	7.3%	1.7	1.6	3.0%
铈	0.4	0.4	0.0%	0.6	0.6	0.0%
铜	66	67	0.8%	89	89	0.0%
锌	147	147	0.0%	68.9	67.8	0.8%
铅	28.5	28.2	0.5%	21.2	21.1	0.2%
镉	0.05	0.06	9.1%	0.02	0.02	0.0%
镍	28	28	0.0%	19	20	2.6%
铍	1.87	1.90	0.8%	1.97	1.88	2.3%
氟化物	400	415	1.8%	455	483	3.0%
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	40	47	8.0%	85	103	9.6%

注：相对偏差=|平行样结果-样品结果|/（平行样结果+样品结果）。

表 6 土壤平行样品现场采样质控数据（2） 单位：mg/kg

统计结果	WK3-0.2			DPT1-0.2		
	平行样品结果	样品结果	相对偏差	平行样品结果	样品结果	相对偏差
汞	0.050	0.048	2.0%	0.060	0.059	0.8%
硒	0.21	0.20	2.4%	0.56	0.54	1.8%
钒	51.6	52.5	0.9%	54.0	53.1	0.8%
铬	42	42	0.0%	44	43	1.1%

统计结果	WK3-0.2			DPT1-0.2		
	平行样品结果	样品结果	相对偏差	平行样品结果	样品结果	相对偏差
锰	1370	1310	2.2%	150	149	0.3%
钴	13.9	13.8	0.4%	8.9	8.9	0.0%
砷	10.3	10.3	0.0%	13.8	13.8	0.0%
钼	2.7	2.9	3.6%	3.9	3.7	2.6%
锑	0.5	0.5	0.0%	0.4	0.4	0.0%
铜	121	117	1.7%	1030	1020	0.5%
锌	99.9	102	1.0%	58.6	59.8	1.0%
铅	27.7	26.5	2.2%	16.4	16.6	0.6%
镉	0.09	0.07	12.5%	0.22	0.21	2.3%
镍	30	30	0.0%	15	15	0.0%
铍	1.80	1.85	1.4%	1.00	0.99	0.5%
氟化物	246	252	1.2%	339	334	0.7%
氰化物	0.06	0.07	7.7%	0.30	0.29	1.7%
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	83	63	13.7%	113	124	4.6%

注：相对偏差=|平行样结果-样品结果|/（平行样结果+样品结果）。

表 6 土壤平行样品现场采样质控数据（3）

单位：mg/kg

统计结果	CC1-0.5			DC3-0.5		
	平行样品结果	样品结果	相对偏差	平行样品结果	样品结果	相对偏差
汞	0.042	0.041	1.2%	0.053	0.061	7.0%
硒	0.19	0.15	11.8%	0.11	0.17	21.4%
钒	73.2	74.8	1.1%	71.4	76.6	3.5%
铬	43	42	1.2%	45	48	3.2%
锰	636	643	0.5%	423	479	6.2%
钴	16.0	16.5	1.5%	9.6	10.3	3.5%
砷	11.3	11.2	0.4%	11.6	12.1	2.1%
钼	5.6	5.8	1.8%	0.3	0.3	0.0%
锑	0.8	0.8	0.0%	0.6	0.6	0.0%
铜	1010	1140	6.0%	37	35	2.8%
锌	139	143	1.4%	54.1	52.7	1.3%
铅	42.9	45.7	3.2%	27.6	26.8	1.5%
镉	0.19	0.20	2.6%	0.02	0.02	0.0%
镍	26	26	0.0%	17	17	0.0%
铍	1.72	1.76	1.1%	1.78	1.77	0.3%
氟化物	626	608	1.5%	453	444	1.0%
氰化物	/	/	/	0.04	0.03	14.3%
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	67	57	8.1%	339	266	12.1%

注：相对偏差=|平行样结果-样品结果|/（平行样结果+样品结果）；

“/”代表原样或平行样低于检出限，无法计算相对偏差。

表 6 土壤平行样品现场采样质控数据 (4)

单位: mg/kg

统计 结果	GL1-0.5			XK1 (加油站) -0.2		
	平行样品结果	样品结果	相对偏差	平行样品结果	样品结果	相对偏差
汞	0.036	0.040	5.3%	0.057	0.055	1.8%
硒	0.04	0.04	0.0%	0.33	0.33	0.0%
钒	61.0	61.5	0.4%	60.2	59.2	0.8%
铬	33	33	0.0%	48	47	1.1%
锰	223	223	0.0%	1120	1060	2.8%
钴	8.3	8.1	1.2%	10.1	9.6	2.5%
砷	8.0	8.1	0.6%	8.7	8.4	1.8%
钼	0.7	0.7	0.0%	1.2	1.2	0.0%
锑	0.4	0.4	0.0%	0.4	0.4	0.0%
铜	30	30	0.0%	66	66	0.0%
锌	60.4	61.6	1.0%	93.8	92.4	0.8%
铅	19.4	19.3	0.3%	22.7	23.4	1.5%
镉	/	/	/	0.02	0.01	33.3%
镍	16	16	0.0%	33	34	1.5%
铍	1.46	1.50	1.4%	2.02	1.92	2.5%
氟化物	372	355	2.3%	417	433	1.9%
氰化物	/	/	/	0.03	0.02	20.0%
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	73	83	6.4%	38	51	14.6%

注: 相对偏差=|平行样结果-样品结果|/(平行样结果+样品结果);

“/”代表原样或平行样低于检出限, 无法计算相对偏差。

2、土壤样品检测 results 分析

(1) 重金属及其他无机物

根据实验室检测结果显示, 送检 73 组土壤样品中检出汞、硒、钒、铬、锰、钴、砷、钼、锑、铜、锌、铅、镉、镍、铍共 15 种重金属 (见表 7), 六价铬、铊检出值低于检出限。对比筛选值, 各重金属的检出值均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB 36600-2018) 第二类用地筛选值或《美国 EPA 区域筛选值》(2019) 工业用地标准。土样样品 pH 值处于 3.20-7.27 之间。

土壤样品中检出氰化物和氟化物 (见表 7)。对比筛选值, 氰化物检出值低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试

行)》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值,氟化物检出值均低于《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB 11/T811-2011)。

表 7 土壤样品中重金属及无机物的检出情况 单位: mg/kg

指标	最大值	最小值	检出个数	检出率	超标率	筛选值	来源
重金属							
汞	1.50	0.022	73	100%	0%	8	A
硒	0.77	0.02	73	100%	0%	5800	C
钒	104	44.6	73	100%	0%	5800	C
铬	64	33	73	100%	0%	2500	B
锰	1850	121	73	100%	0%	26000	C
钴	43.6	4.9	73	100%	0%	70	A
砷	21.2	5.7	73	100%	0%	60	A
钼	41.4	0.3	73	100%	0%	390	C
锑	1.2	0.3	73	100%	0%	180	A
铜	3900	26	73	100%	0%	18000	A
锌	234	52.6	73	100%	0%	10000	B
铅	55.4	15.6	73	100%	0%	800	A
镉	0.79	0.01	70	95.89%	0%	65	A
镍	39	13	73	100%	0%	900	A
铍	2.44	0.99	73	100%	0%	29	A
其他							
pH 值	7.27	3.20	73	100%	0%	-	-
氟化物	640	243	73	100%	0%	650	B
氰化物	0.29	0.01	18	24.47%	0%	135	A

注: A-《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值;

B-《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB 11/T811-2011);

C-《美国 EPA 区域筛选值》(2019)。

(2) 有机物

根据实验室检测结果显示,送检 73 组土壤样品中检出石油烃(C₁₀-C₄₀) 1 类有机物(见表 8)。对比筛选值,石油烃(C₁₀-C₄₀)检出值低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值。

表 8 土壤样品中重金属及无机物的检出情况 单位: mg/kg

指标	最大值	最小值	检出个数	检出率	超标率	筛选值	来源
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	578	31	72	98.63%	0%	4500	A

注: A-《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值。

3、地下水样品检测结果分析

(1) 重金属及其他无机物

根据实验室检测结果显示,送检 4 组地下水样品中检出汞、钒、铬、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、钼、锑、铅共 13 种重金属(见表 9),六价铬、铍、镉、铊检出值低于检出限。对比筛选值,各重金属检出值均低于地下水质量标准(GB/T 14848-2017)IV类标准或《美国 EPA 区域筛选值》(2019)。地下水样品 pH 值处于 7.13-8.06 之间。

地下水样品中检出氟化物(见表 9)。对比筛选值,氟化物检出值低于地下水质量标准(GB/T 14848-2017)IV类标准。地下水样品中氰化物的检出值低于检出限。

表 9 地下水样品中重金属及无机物的检出情况

指标	单位	最大值	最小值	检出个数	检出率	超标率	标准限值	来源
重金属								
汞	μg/L	0.050	0.050	1	25%	0%	2	A
钒	μg/L	0.84	0.38	4	100%	0%	86	B
铬	μg/L	7.09	0.28	3	75%	0%	22350	B
锰	μg/L	436	3.17	4	100%	0%	1500	A
钴	μg/L	2.98	0.09	4	100%	0%	100	A
镍	μg/L	12.5	0.14	4	100%	0%	100	A
铜	μg/L	72.3	0.46	4	100%	0%	1500	A
锌	μg/L	24.9	1.95	4	100%	0%	5000	A
砷	μg/L	2.44	0.18	4	100%	0%	50	A
硒	μg/L	0.65	0.65	1	25%	0%	100	A
钼	μg/L	9.14	0.21	4	100%	0%	150	A

指标	单位	最大值	最小值	检出个数	检出率	超标率	标准限值	来源
锑	μg/L	0.88	0.88	1	25%	0%	10	A
铅	μg/L	0.86	0.54	2	50%	0%	100	A
其他								
pH 值	-	8.06	7.13	4	100%	0%	-	-
氟化物	mg/L	0.31	0.06	3	75%	0%	2	A

注：A-地下水质量标准（GB/T 14848-2017）IV类标准；

B-《美国 EPA 区域筛选值》（2019）。

（2）有机物

根据实验室检测结果显示，送检 4 组地下水样品中检出石油烃（C₁₀-C₄₀）1 类有机物（见表 10）。对比筛选值，部分样品中石油烃（C₁₀-C₄₀）检出值超过《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

表 10 地下水样品中重金属及无机物的检出情况 单位：μg/L

指标	DX1	DX2	DX3	DX4	检出率	超标率	标准限值	来源
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	162	1080	190	2040	100%	50%	300	A

注：A-《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

六、结论

根据矿区总平面布置图，在地块内识别到 5 个重点区域，分别为矿区北部露采场、矿区中部排土场、选矿厂、矿区南侧选矿厂和矿区东侧，分别对其布设土壤采样点位。本次共布设 38 个土壤采样点，采集了 81 组土壤样品（含 8 组平行样）全部送完实验室检测。同时利用矿区已有地下水监测井，采集 4 组地下水样品送往实验室检测。

根据实验室检测结果，土壤样品中检出汞、硒、钒、铬、锰、钴、砷、钼、锑、铜、锌、铅、镉、镍、铍共 15 种重金属，六价铬、铊检出值低于检出限。对比筛选值，各重金属的检出值均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地筛选值或《美国 EPA 区域筛选值》（2019）工业用地标准。土样样品 pH 值处于 3.20-7.27 之间。

土壤样品中检出氰化物和氟化物。对比筛选值，氰化物检出值低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地筛选值，氟化物检出值均低于《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB 11/T811-2011）。

送检 4 组地下水样品中检出汞、钒、铬、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、钼、锑、铅共 13 种重金属，六价铬、铍、镉、铊检出值低于检出限。对比筛选值，各重金属检出值均低于地下水质量标准（GB/T 14848-2017）IV 类标准或《美国 EPA 区域筛选值》（2019）。地下水样品 pH 值处于 7.13-8.06 之间。

地下水样品中检出氟化物。对比筛选值，氟化物检出值低于地下

水质标准（GB/T 14848-2017）IV类标准。地下水样品中氰化物的检出值低于检出限。

地下水样品中检出石油烃（C₁₀-C₄₀）1类有机物。对比筛选值，石油烃（C₁₀-C₄₀）检出值部分超过《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

检测结果详见《检测报告》（EGTH 190228）。