

# 赞比亚鲁班比铜矿采选工程 可行性研究

北京东方燕京工程技术有限责任公司

二零二四年一月





# 工 程 设 计 资 质 证 书

证书编号: A111011863  
有效期: 至2028年12月11日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

企业名称: 北京东方燕京工程技术有限责任公司  
经济性质: 有限责任公司(自然人投资或控股)  
资质等级: 冶金行业(冶金矿山工程)专业  
甲级。  
\*\*\*\*\*



在线扫码获取详细信息

发证机关



2023年12月11日

No.AZ\_0104062



## 目录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第 1 章 总论.....        | 1  |
| 1.1 概述.....          | 1  |
| 1.1.1 项目位置和交通.....   | 1  |
| 1.1.2 自然地理和气候.....   | 1  |
| 1.1.3 赞比亚人口及语言.....  | 2  |
| 1.1.4 项目公司及股权结构..... | 2  |
| 1.1.5 项目公司地表权益.....  | 3  |
| 1.2 矿山生产现状.....      | 5  |
| 1.2.1 采矿.....        | 5  |
| 1.2.2 选厂.....        | 7  |
| 1.2.3 尾矿.....        | 8  |
| 1.2.4 公辅设施.....      | 8  |
| 1.3 编制依据及原则.....     | 8  |
| 1.3.1 编制依据.....      | 8  |
| 1.3.2 编制原则.....      | 9  |
| 1.4 项目方案优化.....      | 9  |
| 1.4.1 采矿.....        | 9  |
| 1.4.2 选矿.....        | 10 |
| 1.5 项目投资及经济效果.....   | 12 |
| 1.6 存在的问题及建议.....    | 12 |
| 第 2 章 市场分析.....      | 14 |
| 2.1 铜资源状况.....       | 14 |
| 2.2 铜供需分析.....       | 14 |
| 2.2.1 供给.....        | 14 |
| 2.2.2 需求.....        | 15 |
| 2.2.3 供需平衡.....      | 16 |
| 2.3 铜价格分析.....       | 17 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第 3 章 地质.....                     | 19 |
| 3.1 矿权设置.....                     | 19 |
| 3.2 矿区及矿床地质.....                  | 19 |
| 3.2.1 区域地质概况.....                 | 19 |
| 3.2.2 矿区地质.....                   | 20 |
| 3.2.3 矿床地质特征.....                 | 22 |
| 3.3 矿区地质调查工作评述.....               | 24 |
| 3.4 现场调查.....                     | 25 |
| 3.4.1 岩心调查.....                   | 25 |
| 3.4.2 岩心及原始地质资料抽查.....            | 25 |
| 3.4.3 矿山小体重测量调查.....              | 26 |
| 3.4.4 矿山化实验室调查.....               | 27 |
| 3.4.5 地质样品质量监控 QAQC .....         | 28 |
| 3.4.6 钻孔分析副样抽查.....               | 28 |
| 3.4.7 初步分析.....                   | 30 |
| 3.4.8 初步结论.....                   | 34 |
| 3.5 资源量估算.....                    | 34 |
| 3.5.1 资源量估算评估.....                | 34 |
| 3.5.2 资源量核实情况.....                | 46 |
| 3.5.3 资源量分布特征（2022 年 6 月模型） ..... | 47 |
| 3.6 资源潜力情况.....                   | 52 |
| 3.6.1 南翼矿段 R1 西侧潜在资源.....         | 52 |
| 3.6.2 矿权东北部勘探空白区潜力.....           | 53 |
| 3.7 矿床水文地质.....                   | 54 |
| 3.7.1 矿区自然地理概况.....               | 54 |
| 3.7.2 矿区水文地质.....                 | 56 |
| 3.8 存在的问题及建议.....                 | 60 |
| 第 4 章 采矿.....                     | 62 |
| 4.1 现采区采矿生产现状.....                | 62 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 4.1.1 提升系统现状.....   | 62  |
| 4.1.2 运输系统现状.....   | 64  |
| 4.1.3 井下排水系统.....   | 66  |
| 4.1.4 井下通风系统.....   | 69  |
| 4.1.5 井下供电系统.....   | 71  |
| 4.1.6 矿山机械.....     | 71  |
| 4.1.7 开采范围.....     | 74  |
| 4.1.8 地质资源.....     | 74  |
| 4.1.9 开采技术条件.....   | 75  |
| 4.1.10 采矿方法.....    | 78  |
| 4.1.11 地表塌陷区.....   | 80  |
| 4.2 目前存在的问题及建议..... | 81  |
| 4.3 矿山开采方案优化.....   | 82  |
| 4.3.1 设计利用资源量.....  | 82  |
| 4.3.2 开拓运输系统.....   | 86  |
| 4.3.3 通风系统.....     | 96  |
| 4.3.4 排水系统.....     | 97  |
| 4.3.5 充填设施.....     | 97  |
| 第 5 章 选矿.....       | 101 |
| 5.1 现采区选矿设施现状.....  | 101 |
| 5.1.1 选厂概况.....     | 101 |
| 5.1.2 工艺流程.....     | 102 |
| 5.1.3 生产指标.....     | 105 |
| 5.1.4 主要选矿设备表.....  | 105 |
| 5.1.5 试化验室.....     | 106 |
| 5.1.6 自动化.....      | 106 |
| 5.2 目前存在的问题.....    | 107 |
| 5.2.1 设备问题.....     | 107 |
| 5.2.2 流程问题.....     | 108 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 5.3 选厂优化设计.....     | 109 |
| 5.3.1 选矿厂产能提升.....  | 109 |
| 5.3.2 选矿指标优化.....   | 110 |
| 5.3.3 其他方面优化.....   | 111 |
| 5.4 设计指标.....       | 111 |
| 第6章 尾矿.....         | 113 |
| 6.1 现采区尾矿库现状.....   | 113 |
| 6.1.1 尾矿库概况.....    | 113 |
| 6.1.2 尾矿库排洪和回水..... | 114 |
| 6.2 存在的问题及建议.....   | 116 |
| 第7章 公辅设施.....       | 117 |
| 7.1 供电.....         | 117 |
| 7.2 供水.....         | 118 |
| 第8章 经济效益分析.....     | 119 |
| 8.1 概述.....         | 119 |
| 8.2 投资及资金筹措.....    | 121 |
| 8.2.1 排产计划.....     | 121 |
| 8.2.2 投资.....       | 121 |
| 8.3 成本费用.....       | 122 |
| 8.4 销售收入及税金.....    | 123 |
| 8.4.1 产品价格.....     | 123 |
| 8.4.2 税费.....       | 123 |
| 8.5 净利润.....        | 123 |
| 8.6 财务指标.....       | 123 |
| 8.7 贷款偿还期.....      | 124 |
| 8.8 敏感性分析.....      | 124 |

# 第 1 章 总论

## 1.1 概述

### 1.1.1 项目位置和交通

鲁班比铜矿位于赞比亚铜带省孔科拉盆地，周边有金森达、谦比希等 30 多个铜矿，位于赞比亚首都 Lusaka 以北 350km，赞比亚第三大城市 Ndola 西北 125km，公路交通较好，位置如图 1-1 所示。

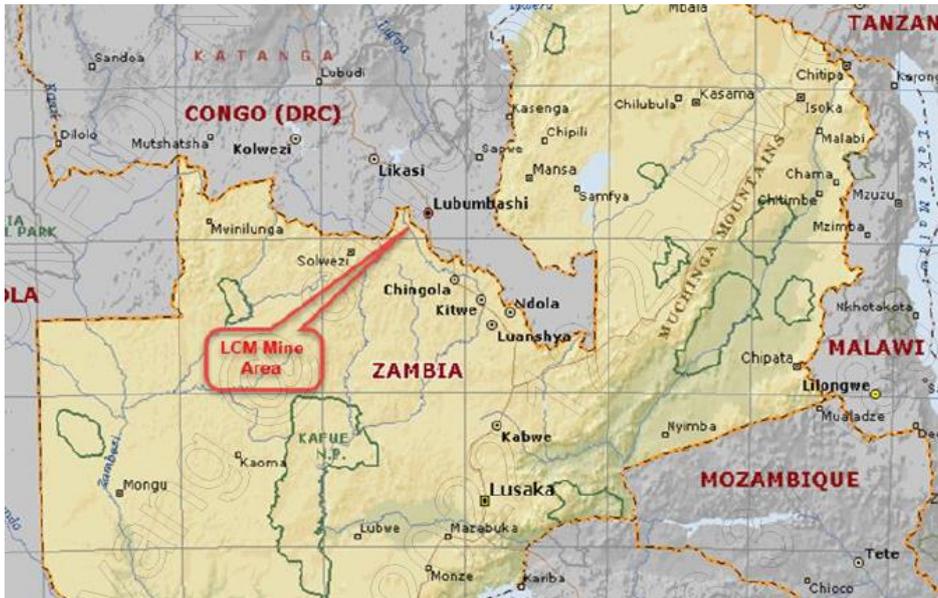


图 1-1 矿山地理位置图

### 1.1.2 自然地理和气候

鲁班比矿区海拔 1350m~1409m，地势从 Konkola 村向南、向东和向西降低，2 号竖井区域朝向 Kafue 河，该河位于 2 号竖井南部约 10km 处，海拔+1240m~+1260m。鲁班比矿区距离 KCM 矿区 8km。

Mingomba 河和 Kafufya、Kawumbe、Lubungele 等几条较小的河流流经鲁班比矿区，大多是常年性河流，补给源主要是基流和大气降水。Mingomba 河流入 Lubengele 山区，通过 Lubengele 河道流出，流入 Kafue 河，再流经 KCM 矿区。目前，鲁班比尾矿库和雨水坝的泄洪点通过一条水渠汇入 Kawumbe 支流的湿地。

当地气候温和，冬季干燥，夏季炎热潮湿。雨季从 11 月到 3 月时降雨量最多，4 月至 10 月是一个寒冷干燥的季节，气温较高，几乎没有降雨。当地有下列 3 个季节：干冷季 5-8 月，5.6-26.7℃；干热季 9-11 月，26.7-32.2℃；湿热季 12-4

月，26.7-32.2°C，为雨季。全国年平均雨量为 1,270 毫米。

### 1.1.3 赞比亚人口及语言

赞比亚是一个多民族的国家，2021 年，人口 1890 万。全国共有 73 个部族。其中，本巴族为最大部族，约占全国人口的 33.6%，主要居住在赞比亚北部地区；通加族为第二大部族，主要分布于赞比亚南部地区，约占全国人口的 22%。

赞比亚官方语言为英语。此外，另有 31 种部族语言，主要有本巴语、通加语、娘加语、洛兹语、卢瓦勒语和隆达语。其中，娘加语在赞比亚应用较广。赞比亚为基督教国家，其他信仰包括天主教、印度教、伊斯兰教和原始宗教等。大约 80% 的人信奉基督教和天主教，农村居民大多信奉原始宗教，亚洲移民多信奉印度教或伊斯兰教。

赞比亚全国居民识字率估计超过 80%，是非洲地区居民文化程度较高的国家，多年来采矿业发展较好，国内有较多的矿业管理人才、技术人才、操作人才，各矿业公司员工属地化程度较高。

### 1.1.4 项目公司及股权结构

2017 年，澳大利亚 EMR Capital Resources 从非洲彩虹矿业有限公司(ARM)和淡水河谷国际有限公司 (Vale International SA) 手中收购了 Lubambe 项目所有权。股权变更后，原 Lubambe 项目分立为鲁班比和 Mingomba。EMR 公司拥有 Lubambe 80% 的权益，20% 由赞比亚联合铜矿 (ZCCM-IH) 投资控股公司持有。

2022 年 12 月，EMR 与美国 KoBold 公司达成 1.5 亿美元交易协议，交易对象为 Lubambe 铜矿深部 Extension 区 52% 矿权，目前该区更名为 Mingomba。

EMR Capital 是一家专注于资源的专业私募股权公司，拥有约 25 亿美元的资产管理规模，其战略是投资铜、黄金、焦煤和钾肥等资源。ZCCM-IH 的控股股东是赞比亚政府全资拥有的投资工业发展公司 (IDC)。企业具体的矿权范围见下图 1-2。

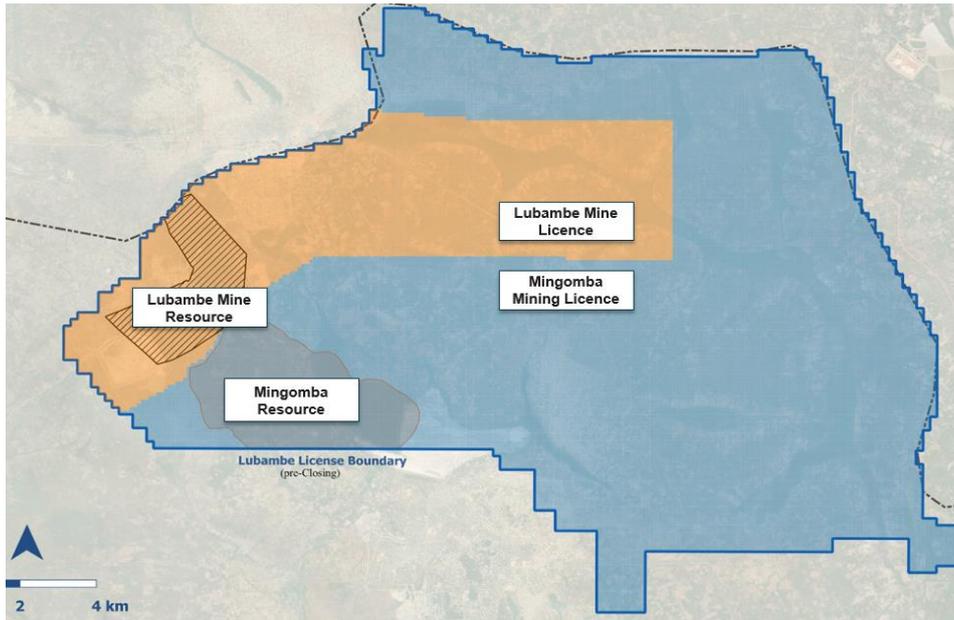


图 1-2 矿权范围图



图 1-3 地表主要区域和矿体投影图

鲁班比持有采矿许可证（编号 7061/HQ/LML），开采矿种为铜和钴,授予期为 25 年,矿权面积 58 平方公里,从 2008 年 4 月 29 日至 2033 年 4 月 28 日到期。

### 1.1.5 项目公司地表权益

根据赞比亚矿业法规定,矿业权人并不能在矿权范围内完全行使相应的地表权利,除非获得了政府的同意从而拥有或者合法占有土地。在矿权分割前,Lubambe 拥有约 3200 公顷的土地使用权,均为租赁使用,每年缴纳租赁费,租

赁期限为 99 年。根据 Lubambe 与 MML2022 年底签署的《投资协议》，矿权分割后，Lubambe 应将部分土地及相应的权益转让给 MML，双方于 2023 年 3 月签署了《地表权益转让协议》，约定 Lubambe 将 Mingomba 矿权范围的土地共计约 1411 公顷的土地及权益(图 4 中蓝线区域外的其他浅黄色区域)转让给 MML，目前还未完全办理完毕相应的转让手续。

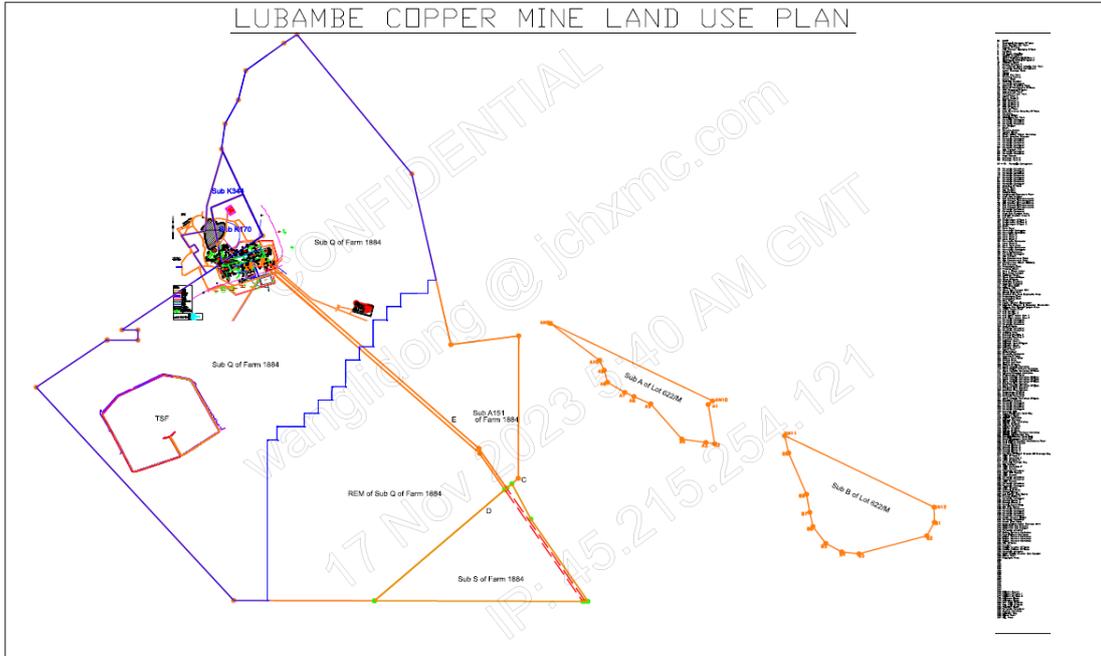


图 1-4 地表权

| Sub K170 Uses  | Sub K344 Uses  | Sub Q Uses   |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Waste stockpile</li> <li>- Timaja offices</li> <li>- Brake test ramp</li> <li>- ED 1 Conveyor</li> <li>- Licensed magazine</li> <li>- Kennels</li> <li>- JCHX workshop</li> <li>- JCHX store yard</li> <li>- Kennels</li> <li>- Reliant workshop</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Waste stockpile</li> <li>- Main Gate car park</li> <li>- Mobile crusher</li> <li>- Reliant office buildings</li> <li>- CV 15 &amp; CV 40 stockpile pad</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Process plant</li> <li>- Reliant workshop</li> <li>- GMO</li> <li>- Mining office buildings</li> <li>- Core yard</li> <li>- Light vehicle workshop</li> <li>- Salvage yard</li> <li>- Weigh bridge</li> <li>- Projects area</li> <li>- VS2D</li> <li>- VS2C</li> <li>- VS2E</li> <li>- VS2C up-cast</li> <li>- Accommodation site</li> <li>- TSF</li> <li>- Wetland</li> <li>- Storm water ponds</li> <li>- Return water pump station</li> <li>- Change houses</li> <li>- Canteen</li> <li>- Main gate</li> <li>- Concentrate Gate</li> <li>- Truck Park ( To hive off)</li> <li>- East &amp; south Limb Mine Subsidence area</li> <li>- Curtain hole – for explosives</li> </ul> |

图 1-5 地表权上的设施

从上图来看，部分土地权益转让给 MML 后，Lubambe 所拥有的土地权益(图 4 中蓝线圈出的区域)已经覆盖了现有的矿区、矿体、尾矿库、营地等，基本能

够满足鲁班比未来的生产运营需要。矿权范围内的其他未申请的土地性质主要为农地、林地等。

## 1.2 矿山生产现状

Lubambe 铜矿由现采区和拓展区组成，现采区为在产矿山，拓展区为待开发区。本次可研仅对现采区进行分析与研究。

### 1.2.1 采矿

现采区由南翼和东翼组成（见图 1-6），于 2013 年开始开采，设计规模为 250 万 t/a，2019 年矿石产量约为 169 万吨，2020 年约为 148 万吨，2021 年约为 146 万吨，2022 年约为 147 万 t，2023 年 1-9 月份约为 87 万 t，根据统计数据，矿山投产以来一直没有达产。

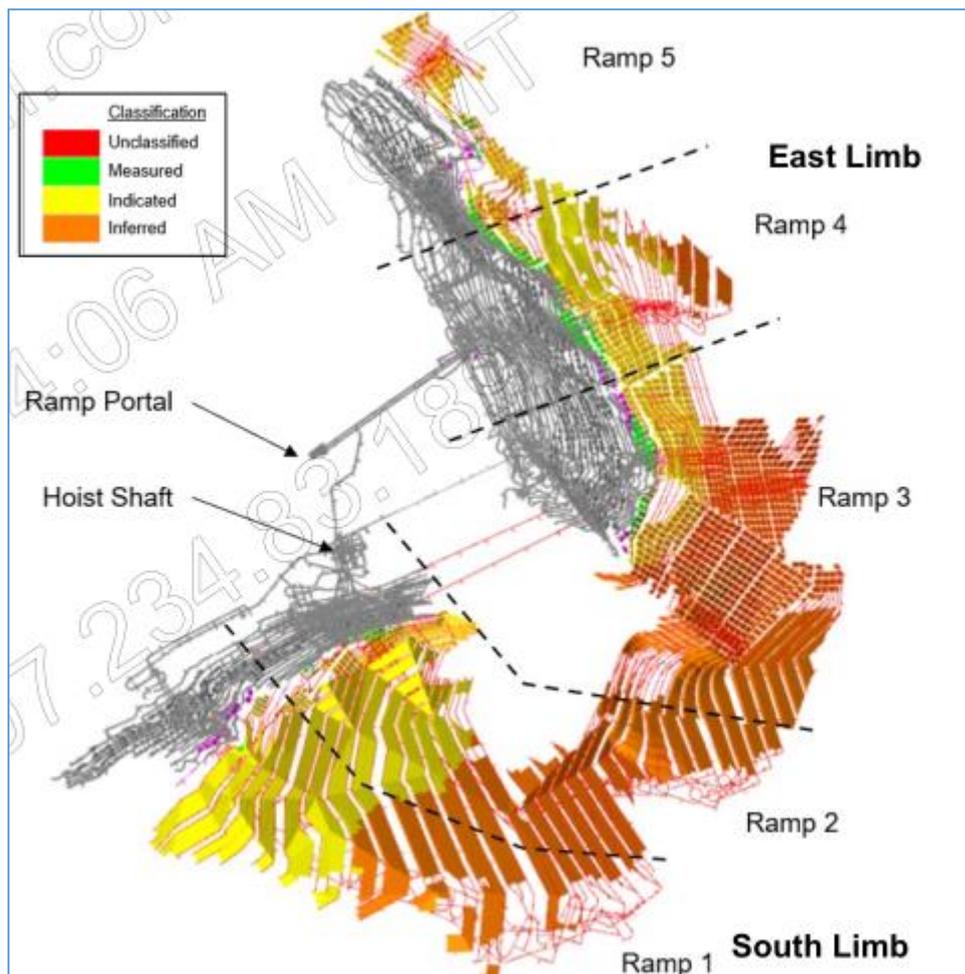


图 1-6 现采区矿区划分图

南翼矿体倾角  $30^{\circ}$  至  $40^{\circ}$ ，矿体真厚度在 5m~6m 之间，东翼矿体倾角  $35^{\circ}$

至  $60^{\circ}$ ，矿体真厚度在 5m~6m 之间，东翼的岩性与南翼岩性一致，但东翼岩体质量比南翼要好。

截止 2023 年 9 月 30 日，现采区剩余资源量（Measured+Indicated+Inferred）为 86.6Mt, TCu1.95%, ASCu0.35%。其中：Measured+Indicated 资源量为 34.4Mt, TCu2.02%，ASCu0.34%。

矿山现采区采矿方法为分段空场法，开采顺序为自上而下开采，分段高度 15m，采场走向长度为 20m~30m，采场之间有 5 米的间柱，各分段之间留设 5 m 的水平矿柱，以保证采场整体稳定性。凿岩巷用作采矿中深孔的施工和后退式的采场出矿，空区内残留的矿石利用遥控铲运机进行清理和运出。采场不施工出矿巷道等采准工程，完全采用铲运机进行后退式采矿作业。

采矿采用大型化无轨设备开采，主要有浅孔凿岩台车、中深孔凿岩台车、坑内卡车（42t），铲运机(14t)、锚杆台车、服务车等。目前矿山采矿和掘进全部采用外包形式。

现采区采用混合井+斜井+辅助斜坡道开拓方式，混合井（2#提升井）位于南翼，主要服务于南翼 1#、2#斜坡道区域的矿石与废石提升；胶带斜井与辅助斜坡道位于东翼主要负责东翼矿石、废石的运输；人员、材料、设备通过辅助斜坡道进入井下。井下设 5 个斜坡道（Ramp），南翼有 Ramp 1、Ramp 2，东翼有 Ramp 3、Ramp 4、Ramp 5，每个斜坡道之间的间距约为 1000m。

南翼为竖井提升系统，该竖井为混合井（2#shaft），矩形断面，规格为 4.3m×7.1m，设有 3 套提升系统，其中箕斗有效载重 12.5t，设计提升能力 250 万 t/a，在 175mL、325mL 水平设有卸载站，井下矿石通过卡车运输到卸载站，鄂式破碎机破碎后通过竖井提升至地表矿仓，矿仓容积 100m<sup>3</sup>，再通过皮带转运至地表矿石堆场，废石提升至地表单独的废石仓。大罐笼为单层罐笼，每次提升最大人数为 50 人，南翼的人员、材料通过罐笼进入井下。服务罐为小罐笼，每次提升最大人数为 6 人。

东翼为胶带斜井与斜坡道平行布置，每隔 100m 由联络道连通。胶带斜井（通地表）长 700 m，胶带倾角约 9.3 度，断面 5.3 m×4.3m，主要负责东翼矿石、废石的运输；辅助斜坡道与胶带斜井平行布置，断面 4.5 m×4.3m，人员、材料、设备通过辅助斜坡道进入井下。在 75mL、205mL 水平设有卸载站，井下矿石通过卡车运输到卸载站，卸载站配有矿石破碎筛分系统，破碎后通过带式输送机输

送至选厂堆场。

井下排水为分级式，最终由南翼 2 号竖井及东翼斜井排出至地表。

矿区井下设有两座 11kV 配电站，分别为东翼 100mL 水泵房 11kV 配电站和南翼 175mL 中段 11kV 配电站，东翼 100mL 水泵房 11kV 配电站采用 11kV 双回路进线，南翼 175mL 中段 11kV 配电站采用 11kV 单回路进线。

南翼新鲜风从混合井（2#竖井）、斜坡道、VS2F 进风井进入井下，通过井下斜坡道进入各分段，冲洗工作面后，污风通过分段间的通风天井汇集到 VS2C 回风井排出地表。

东翼新鲜风从斜坡道、VS2B 进风井、VS2E 进风井进入井下，通过井下斜坡道进入各分段，冲洗工作面后，污风通过分段间的通风天井汇集到 VS2D 回风井排出地表。设计矿山总风量为 1000m<sup>3</sup>/s，目前实际生产所需风量为 750 m<sup>3</sup>/s，其中南翼风量为 250 m<sup>3</sup>/s，东翼风量为 500 m<sup>3</sup>/s。VS2C、VS2D 回风井井口均为 2 台风机并联布置，单个风机电机功率为 950kW。

## 1.2.2 选厂

矿山现采区南翼采区破碎后的矿石（-180mm）和未破碎的废石（-350mm）均通过箕斗提升到地表 100m<sup>3</sup> 的混凝土仓内，仓下安装有重板给矿机。处理矿石时，可逆皮带直接将南部竖井的矿石给到矿石（CV200）皮带上，其将矿石给到南部竖井粗矿堆。在处理废石时，可逆皮带将废石给到南部竖井废石皮带上（CV185），其将废石给到废石堆场。废石由汽车运走修筑尾矿坝。

东翼采区未破碎的原矿或废石（-350mm）通过斜井皮带给到三通漏斗，废石通过皮带（CV15）给到废石堆场，再通过汽车运走筑坝。原矿给到一个 100 吨的粗矿仓，通过振动给矿机将矿石给到皮带（CV70），皮带再将矿石给到振动棒条筛上，棒条筛筛上物料给到颚式破碎机，筛下物料和破碎机排矿通过皮带（CV100）给到东部斜坡道矿堆。

在两个矿堆下方安装有 8 台变频振动给矿机，将矿石给到半自磨给矿皮带（CV255）上。

半自磨机、球磨机与旋流器组成闭路磨矿系统，磨矿细度-75 μm 占 94%~96%。半自磨机装机功率 4400 kW；球磨机装机功率 6200 kW，球磨机钢球充填率 35%。

浮选流程由两部分组成，一是硫化铜矿物的浮选，二是氧化铜矿物的浮选。

硫化矿和氧化矿的混合精矿都泵送至硫化矿精矿浓缩机，浓缩机底流泵送至100m<sup>3</sup>搅拌槽，精矿通过两台压滤机过滤，过滤后的精矿排放至一个独立的装载区，该区域可储存五天的精矿产量。过滤后的精矿经前装机装车运至冶炼厂。

### 1.2.3 尾矿

鲁班比铜矿选矿厂产生的尾矿在厂前浓缩后泵送至尾矿库堆存，尾矿堆存工艺为湿式堆存。尾矿库位于选矿厂的西南方向，尾矿库占地面积约170公顷，总坝高34m，为傍山型尾矿库，四面筑坝。尾矿库主要设施包括：尾矿坝、库区排水系统、库底排渗设施、回水池、雨水收集池等。

尾矿库设计总库容3130×104m<sup>3</sup>，最终坝顶标高1370m，服务年限26年，筑坝材料采用采场剥离的废石。

尾矿库防洪标准按100年一遇考虑，24时洪峰量140mm，安全超高0.8m，干滩长度50m，尾矿库可容纳全部洪水。尾矿库库底设置排渗设施，渗水通过排渗管排入回水池内。

### 1.2.4 公辅设施

#### 1.2.4.1 供水

生产新水主要来自井下排水，井下排水经过沉淀澄清后供生产使用，多余的水经过湿地过滤后达到环保要求外排。生产回水主要来自尾矿库回水和尾矿浓密机回水。

#### 1.2.4.2 供电

矿区电源引自赞比亚铜带能源公司（简称：CEC），矿山配置66/11kV配电站Konkola'A'，Konkola'A'变电站配备三台20MVA，66/11KV降压变压器，以11kV电缆（架空）线路为矿区用电设施供电。同时，矿山配备两台2.5MVA柴油发电机作为应急电源。如果外部电源发生故障，矿山一级负荷将通过应急柴油发电机供电。

## 1.3 编制依据及原则

### 1.3.1 编制依据

- (1) 《有色金属工业项目可行性研究报告编制原则规定》；
- (2) 中国关于项目建设的相关建设标准；
- (3) 《LUBAMBE 项目技术尽职调查报告》；
- (4) 其他资料。

### 1.3.2 编制原则

- (1) 以稳定、正常生产为前提，在可靠、实用的基础上采用先进的生产工艺和技术装备；
- (2) 统筹设计、合理规划，做到尽早达产；
- (3) 充分考虑项目建设地的实际情况，装备实用、可靠的自动控制和检测设备，既满足稳定和提高工艺指标要求，又与当地的维护和维修水平匹配；
- (4) 主要工艺设计遵守中国规范，环保和安全遵守当地法规和要求。

## 1.4 项目方案优化

### 1.4.1 采矿

#### 1.4.1.1 开拓运输系统

现采区南翼采用斜坡道+竖井开拓，东翼采用斜坡道+胶带斜井开拓，随着采场向深部延深，矿（废）石运距越来越长，目前最长运距 R4 已经超过 3 公里。根据矿体赋存状况和矿山已有开拓系统工程布置，胶带斜井继续下延，R1 和 R4、R5 不再基建。现有 2 条斜坡道 R2、R3 下掘，胶带斜井提升。能够实现斜坡道和胶带斜井相辅相成。

资源量减少了，斜坡道开拓工程量和中段工程量减少。由于斜坡道减少，可开采采场减少。综合排产 14 年，最高达产年 2028 年出矿 250 万吨，高于 200 万吨时有 5 年时间。最低为最后一年 85 万吨。总采出矿量 2522 万吨，平均出矿品位 1.86%，酸溶铜品位 0.29%。

#### 1.4.1.2 通风系统

矿山现已在南翼形成了 447ml 回风石门，计划新增 447ml-100ml 回风井，井径  $\Phi 5.0\text{m}$ ，沿现有 100ml 回风道回到已有的 VS2C 回风井（ $\Phi 6.0\text{m}$ ）排出地表，以充分利用现有的地表风机站。同时封闭 447ml 以上回风工程。

东翼通风方案拟利用已经形成的 420 ml 排水石门，新增 420ml-100ml 回风

井，井径  $\Phi 5.0\text{m}$ ，沿现有 100ml 回风道回到已有的 VS2D 回风井（ $\Phi 6.0\text{m}$ ）排出地表，同时新增 554ml 至 420ml 回风工程。

采用新的回风系统后有效减少漏风量，故现有  $750\text{m}^3/\text{s}$  的风量对优化后的生产系统来说是足够的且有富裕的，矿山可沿用现有通风系统，充分利用现有通风设施，相应风机不作调整。

#### 1.4.1.3 排水系统

南翼规划在 524ml 建设一个新泵站，总排水量按照最大  $20000\text{m}^3/\text{d}$  考虑，管道从 447ml 南回风井回风联道，南回风井直达地表。以下继续沿用接力排水方式，每隔 100m 建设接力泵站。

东翼推荐排水疏干中段设计在 824mL 水平，新增一个泵站，通过 824mL 泵站和 420mL 泵站接力，完成东翼矿区的排水任务。新排水系统建成后，取消原有的多级临时接力泵站，改善矿山的整体排水系统，降低排水费用。

#### 1.4.1.4 充填系统

充填料浆制备站拟建设在东翼回风井东南空地。

东翼管线基本和排水管线一致，到达 420ml 后再从各斜坡道附近的回风井进入各分段脉内沿脉凿岩道，然后充填采场。

南翼管线从 100ml 回风道，再通过钻孔到 147ml 接 R3 通往 R2 联络斜坡道，再通过钻孔下放到 447ml 南翼回风盲井石门，到达 447ml 后再从各斜坡道附近的回风井进入各分段脉内沿脉凿岩道，然后充填采场。

### 1.4.2 选矿

#### 1.4.2.1 选矿厂产能提升

250 万 t/a（ $330\text{t}/\text{h}$ 、 $7920\text{t}/\text{d}$ ），系统运转率 86.5%。产能提升，可通过以下的措施实现。

##### （1）磨矿

磨矿系统优化是重中之重，包括工艺操作参数和设备、生产策略方面的调整和优化。

设备优化的措施有：半自磨排矿方式、振动筛筛孔尺寸、顽石破碎系统和旋流器沉砂嘴和溢流管、两段磨矿钢球球径和充填率、旋流器结构及安装粒度分析仪等。

工艺操作优化的措施有：平衡半自磨球磨负荷、磨矿产品粒度和旋流器溢流（浮选给料）进行在线检测等。

生产策略优化的措施有：制定合理、高效的日常设备维护制度，强化预防性维修，加强与井下的协调，结合采矿作业状况来制定选矿厂检修计划，提高计划的合理性，强化选矿设备维护和维修的专业性和专注度；建议把集中在资产管理部（Asset management）的选矿维修部分划回到选矿厂，由选矿经理统一协调管理。

### （2）浮选及再磨

浮选作业和再磨作业主要是结合围绕回收率提升而开展的流程及工艺优化。现有的磨矿细度-200目96%过细，磨矿细度结合浮选回收率探索适当放粗，重新启用并合理利用现闲置的再磨机，发挥其设备能力。通过结构调整和部分泵及管路的改造，确保浮选系统在提升回收率的同时满足产能要求。

### （3）精矿脱水

通过絮凝剂试验筛选出更为高效的絮凝剂以改善浓密机沉降效果；对现有压滤机进行优化改造，开展助滤剂试验，尽量降低精矿水份，在过滤水份不能满足要求（12%）时仍采用现晾晒方式；下一步再根据情况进行置换新压滤机的可行性试验研究和方案技术经济比较，最终作出是否更换的决策。

#### 1.4.4.2 选矿指标优化

TCu 回收率 84%（硫化铜回收率 92%，氧化铜回收率 35%，氧化率 14%）  
精矿品位>40%，精矿杂质满足销售标准。

### （1）磨矿

通过磨矿系统优化措施，改善磨矿产品粒度组成，为浮选创造更加有利条件；在试验基础上确定合理的磨矿细度方案，避免过磨及过细而导致的产能浪费和对浮选（尤其是精选作业）的不利影响。

### （2）浮选

对现有工艺及流程进行调整优化，结合磨矿细度方案、铜矿物赋存状态及工艺流向等优化流程结构及工艺；针对各作业不同特点及目标要求，优化捕收剂；调查研究回水水质（尤其是尾矿浓密机溢流水）对选矿作业效果及药剂消耗的影响；完成各作业及系统的优化后，重新制定各作业操作参数并制定相应的操作标准（SOP），促进选矿指标的稳定提升。

## 1.5 项目投资及经济效果

项目爬坡期投资为 114451.25 千美元，维持运营投资 190138.70 千美元；生产期内平均的现金成本为 83.75\$/t，其中采矿成本 29.63\$/t，选矿成本 10.27\$/t，工程服务成本 24.26\$/t，管理费用为 7.55\$/t，销售费用为 1.07\$/t，资源税为 10.96\$/t。

项目年均利润总额 15881.46 千美元，税后利润 12688.22 千美元；税后财务净现值 (i=10%) 为 84191.02 千美元，税后财务内部收益率 17.36%，税后投资回收期 7.40 年。由此可见，项目的实施能取得较好的效益。

## 1.6 存在的问题及建议

(1)2022 年 6 月 30 日，第三方 CS2 公司完成资源量估算报告。资源量(2022 年 6 月 30 日)统计中，Inferred 级别矿石量 5220 万吨，占比 59.11%，TCu 平均品位 1.9%，铜金属量 99 万吨，占比 57.6%。均由 2007 年以前地表钻孔控制，网度大致 600m (走向) ×500m (倾向)，Inferred 资源量未外推。2007 年以前的地表钻孔多数没有 QAQC 控制记录，推断的资源量由这些钻孔控制。截至 2023 年 10 月 1 日，鲁班比项目保有资源总量大致为 8600 万吨，TCu 品位为 1.95%，AsCu 平均品位为 0.35%。自 2022 年 6 月 30 日至今，资源量分类没有变化，区块模型未更新。

(2) 据鲁班比项目地质经理介绍矿权东北部范围 (白色线框) 未开展过勘查工作。鲁班比项目位于 Musoshi-L 矿-L 矿拓展区-Konkola 矿带中部，东翼矿段矿体向东基本由钻孔控，无向东延伸潜力。刚果 (金) 一侧 Luina 穹窿下罗安亚群层位发育 Kinsenda 铜矿，如果该层位向南进入赞比亚一侧深部，可能会成为深部的找矿层位。建议开展矿权东北部勘探空白区综合研究工作。

(3) 矿区地表受采动影响，南部矿体的采空区连续发生塌陷，导致地表出现 2 个直径 100 米左右的塌陷坑，造成原矿区公路、部分配电设施损坏，影响生产；另在东部矿体的地表也发现了塌陷坑。根据资料混合井始建于 1953 年，2013 年以来一直采用空场法开采，已在上部中段形成了大量采空区，据估计已形成约 900 万 m<sup>3</sup> 采空区，地表开裂 (已经出现) 和塌陷将会是矿山生产的一大安全隐患。经分析主要是矿体在 175ml 以上倾角约 65 度，矿体比较厚大，经多年积累后发生突然塌陷，由于深部矿体变缓，矿体平均厚度 5m，业主已经在 348-539ml 之间留设了 1-2 个分段作为水平矿柱，后期多加关注，可以建立微震监测系统，

防止突然垮塌形成冲击地压。

(4) 采场位于采空区应力集中带的前缘，大面积连续回采形成采空区的压力拱集中作用于活动采场上盘围岩及邻近采场的隔离矿柱和顶柱上，导致采场顶板稳定性差，片冒时有发生，大量废石混入采场矿石中，造成矿石贫化。SRK 研究报告推荐的 650-850m 采深的时候，矿柱宽度为 7 米，对应此深度情况下的回收率预测约为 55%。建议深入研究矿柱的留设或者改用充填法等地压管理手段，同时开展岩石力学研究工作。

(5) 结合尾砂粒度组成和井下充填需求，开展尾砂充填试验，进一步论证采用全尾砂还是分级尾砂的合理性；目前设计采用分级尾砂充填，研究充填粗砂之外的细粒尾矿的处理方案：要研究各方案对尾矿库防洪、坝体稳定性、水平衡和现管路（尾矿及回水）输送能力及成本等的影响，在充分比较的基础上进行选择。

(6) 目前尾矿库筑坝进度滞后，通过现场交流了解到，每年坝体加高 2m，2023 年坝体仅加高了 1m，由于井下出矿量远低于设计能力，尾矿坝欠量基本没有对生产造成影响。但鲁班比尾矿坝为非挡水坝，最小的安全超高为正常运行水位+发生 100 年一遇的洪水时的洪水高度+1.0m 的超高，并且至少保证干滩长度不少于 50m。目前的筑坝欠量，坝高无法保证发生 100 年一遇的洪水时，安全超高大于 1m 的要求。建议尽快完成坝体的加高，来保证尾矿坝的运行安全并且在尾矿库运行过程中加强浸润线监测。

## 第 2 章 市场分析

### 2.1 铜资源状况

铜是人类最早发现的有色金属之一，它在国民经济发展中起着举足轻重的作用。由于它具有高导热性、高导电性、高韧性、耐磨损、抗腐蚀及高延展性等优良特性，铜广泛应用于电力、电子电气、建筑行业、机械制造、航空航天和国防工业等各个领域。

全球铜矿资源丰富，集中度较高。根据美国地质勘查局（USGS）数据显示，截至 2022 年，全球已探明铜矿资源储量 8.9 亿吨，主要分布在智利、澳大利亚、秘鲁、俄罗斯、墨西哥等国家，前五大资源国控制了全球约 55% 的铜矿资源量，我国作为铜需求大国，储量仅有 3495 万吨，约占全球的 4%。见图 2-1。

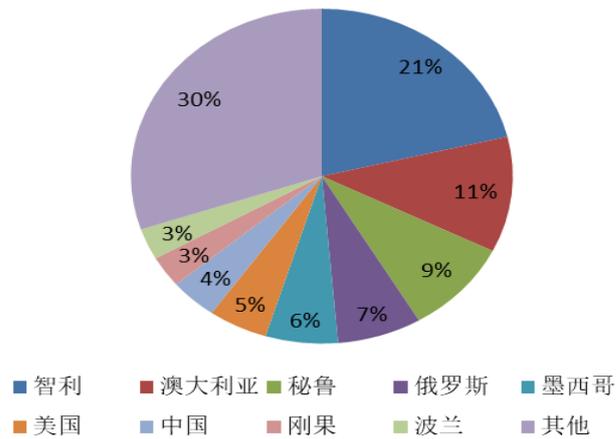


图 2-1 2022 年全球铜矿资源储量图

数据来源：USGS

### 2.2 铜供需分析

#### 2.2.1 供给

铜供给由原生铜和再生铜两部分构成，原生铜主要为火法生产的矿产铜精矿和湿法生产的矿产阴极铜。

全球铜矿生产相对集中，主要分布在智利、秘鲁、刚果（金）、中国、美国等国家。2022 年全球前五大铜矿生产国产量占比合计达 58%，其中，智利产量占比达 24%，其次是秘鲁和刚果（金），占比均为 10%，中国以 9% 的占比位列第四。

随着疫情的影响逐步减弱，全球铜矿产量得以逐步恢复，2022 年全球铜矿产量 21490 千吨，较 2021 年增长 3.4%，见图 2-2。

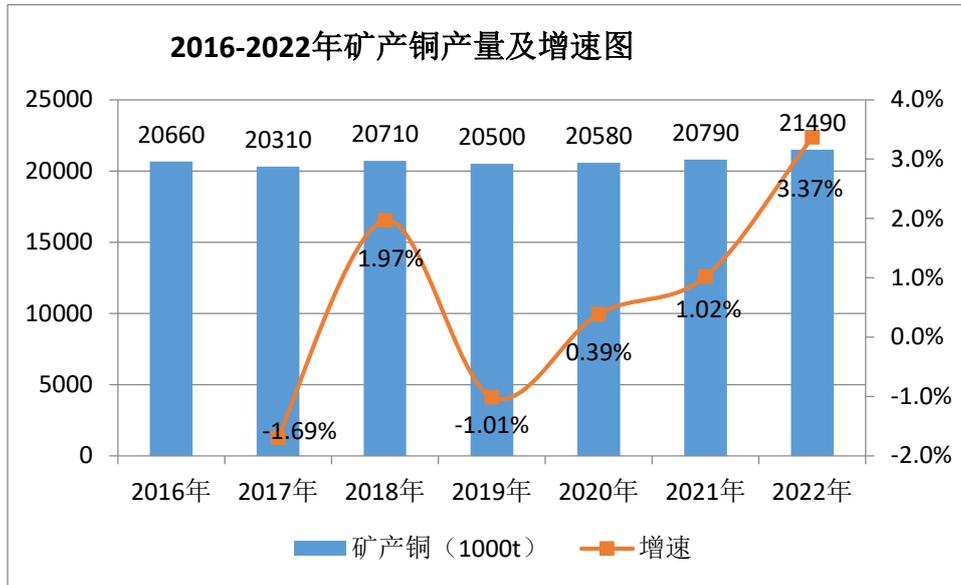


图 2-2 2015-2022 年全球铜矿产量及增速

2020 年，由于新冠疫情的影响，以秘鲁为代表的铜矿生产大国生产受到极大冲击，特别是二季度，大多数主流铜矿的生产纷纷受到影响，部分矿企降低了全年产量预估，或将全年产量定为原预估值范围的低端水平，一些 2019 年投产准备在 2020 年爬产的矿山也都一度受到影响。同时，除了生产方面的影响，运输上的影响也不容忽视，最典型的依然是秘鲁，其汽运卡车司机一直到三季度末都没有满负荷工作，此外，海运方面也一度效率较低。虽然相较而言，也有一些矿企表示全年产量目标不受影响，个别还有提升，且全球最大的铜矿生产国--智利的产量不减反增，且其运输大多是管道至港口，也没有明显受抑制，但其 8、9 月以后产量同比也开始小幅下滑，预计其全年产量增幅不会有较大幅度提升。整体来看，2020 年全球铜精矿产量同比小幅下滑。

2021 年，全球铜精矿生产从 2020 年的疫情影响中明显恢复，加之一些大项目投产或爬产，铜精矿原料方面的掣肘相对减轻，但运输问题导致实际上精铜生产的原料仍不时阶段性受限，而且全球主要铜矿生产国的湿法铜产量受到影响，出现同比负增长，部分限制精铜产量增量。整体来看，中国精铜产量增量明显高于预期，尽管有一些干扰因素，但全球精铜产量还是恢复了较快增长的格局。

## 2.2.2 需求

目前，全球铜消费主要国家是美国、中国、德国、日本和韩国，2021年，上述五国的铜消费量占全球的72.3%。中国的精炼铜消费量占全球消费量的比例在2016年首次过半，达到50.2%；2020年，该比例达到58.5%。但是，中国的铜消费增速自2015年开始已明显降低，由原来的两位数增长，下降至2015年的0.4%。尽管2020年中国精炼铜消费增长率为13.5%，但考虑到2020年受新冠疫情影响的特殊性，精炼铜消费增速可能再难出现高速增长。

根据金属使用强度理论，欧美等发达经济体铜消费量早已进入稳定期。非洲部分国家和印度经济增长，可能成为下一个铜消费增长点。但是，由于这些国家和地区的经济存在很大的不确定性，铜消费量出现高速增长的可能性低。未来一段时间，铜消费会随经济增长而增长，但需要时间和机会。

中国的铜消费以电力行业为主，近几年，其消费量占总消费量的50%左右；其次是家电行业，占总消费量的15%~16%；其他主要行业还有建筑、交通运输、机械行业，占总消费量的9%~11%。未来中国的铜消费将保持增长，但是增速将放缓。主要消费增长点在电力、配电网升级、农村电网改造、清洁能源和新能源汽车领域。

全球精炼铜生产国主要有中国、智利、日本、美国、俄罗斯，2021年，上述五国的精炼铜产量占全球的66.3%。

智利曾经是世界第一精炼铜生产大国，2009年，该国精炼铜产量达到峰值。日本和美国的精炼铜产量过去10多年变化不大，未来也不会有高增长。刚果(金)的精炼铜产量由2007年的2.5万吨，增加至2014年的74.2万吨，此后增速放缓。2021年，刚果(金)的精炼铜产量为85万吨。因为该国铜资源丰富，铜精矿到国际市场的运费很高，所以许多公司考虑在当地建设冶炼厂，未来该国精炼铜产量还将保持增长。类似的情况在赞比亚等国也同样存在。

未来全球铜需求能否有更快的增长，主要取决于印度和非洲部分国家的经济发展，但是存在很大的不确定性。按照目前全球保有的地质资源和现有矿山的能力，在合适的铜价下，铜矿的供应和需求将保持动态平衡，不会出现长期的明显供应不足。

### 2.2.3 供需平衡

2012—2021年，全球精炼铜产量和消费量基本处于动态平衡。2012—2021

年，除 2015—2017 年精炼铜产量略过剩 3.7 万~14 万吨外，其余年份精炼铜产量短缺 11 万~69 万吨左右。全球精炼铜产量增长率在 2014 年达到 7.2% 后，连年下降，2019 年出现负增长，2020 年增长至 2%，2021-2022 年出现短缺。预计 2023 年有小幅过剩，2024-2025 年预计过剩开始缓解，又出现供需缺口。

表 2-1 为 2020-2030 年全球精铜供求关系表。

**表 2-1 2020-2030 年全球精铜供求关系 (kt 金属量)**

| 项目   | 2020  | 2021  | 2022  | 2023E | 2024E | 2025E | 2030E |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 供给量  | 23010 | 24940 | 25640 | 26440 | 26830 | 27500 | 29930 |
| 需求量  | 22540 | 25180 | 25970 | 26350 | 26920 | 27910 | 31460 |
| 平衡关系 | 470   | -240  | -330  | 90    | -90   | -410  | -1530 |

### 2.3 铜价格分析

铜作为人类社会使用最广泛的有色金属，其市场价格主要受供需状况和开采成本影响。2017 年，伦敦金属交易所 (LME) 铜价格从年初的 5542.5 美元/吨，上涨至年末的 7251.5 美元/吨，涨幅高达 30.8%，平均价格为 6246.06 美元/吨。

2018 年，铜价整体处于跌势，伦铜价格从年初的 7216.5 美元/吨，下跌至年末的 5912 美元/吨，下跌 18.1%，平均价格为 6483 美元/吨。

2019 年，铜价处于震荡整理期，到 2019 年 12 月份，伦铜价格从年初的 5912 美元/吨，上涨至 6144 美元/吨，涨幅 3.9%，年平均价格为 6044 美元/吨。

2020 年，铜价呈先抑后扬的“V”型走势。受全球新冠疫情的冲击，宏观环境发生重大变化，伦铜价格下跌至近 4 年低位 4371 美元/吨。在疫情得到一定控制后，世界主要经济体出台一系列货币与财政刺激政策，流动性大幅改善，全球经济逐步复苏，铜价触底反弹。在此背景下，伦铜价格上涨至 7800 美元/吨，整体呈上行趋势，年平均价格为 6169 美元/吨。

2021 年，铜价延续牛市行情，5 月 11 日，伦铜价格创下 10556 美元/吨的新高；此后，随着我国保供稳价措施出台，铜价高位回落。2021 年下半年，铜价整体处于震荡格局，伦铜价格年涨幅 21%，平均价格为 9297 美元/吨。

2022 年，铜价在一季度整体维持高位偏强运行态势。3 月 4 日，伦铜价格至 10600 美元/吨。随着衰退预期走强和加息路径提速，铜价在 6 月份大幅下跌，年平均价格为 8796.9 美元/t。

2023 年铜价一直在高位运行，全年均价为 8774.39 美元/t。

从长期来看,因为资源开采品位下降、新发现的大型矿山少、矿业投资减少、后续复产与扩建产能逐渐走弱,预计铜供应偏紧,价格向好,但很难有类似 2021 年大幅度的上涨。

表 2-2 为 2014-2023 年铜金属平均价格。

**表 2-2 2014-2023 年铜金属平均价格**

| 年份   | 价格 (\$/t) | 备注 |
|------|-----------|----|
| 2014 | 6861.51   |    |
| 2015 | 5493.93   |    |
| 2016 | 4897.57   |    |
| 2017 | 6246.06   |    |
| 2018 | 6482.63   |    |
| 2019 | 6044.40   |    |
| 2020 | 6168.59   |    |
| 2021 | 9297.00   |    |
| 2022 | 8796.87   |    |
| 2023 | 8774.39   |    |
| 三年均价 | 8956.09   |    |
| 五年均价 | 7816.25   |    |
| 十年均价 | 6906.30   |    |

## 第 3 章 地质

### 3.1 矿权设置

鲁班比采矿权编号为 7061-HQ-LML，为大型规模采矿权，矿权由鲁班比 Copper Mine Limited 公司（LCM）100%持有，并由 LCM 运营，矿权有效期至 2033 年 4 月 28 日，开采矿种为铜和钴，矿权面积 5813.0365 公顷。LCM 为澳大利亚公司 EMR Capital（简称 EMR，持股 80%）和赞比亚国资企业 ZCCM-IH（持股 20%）的合资公司。

鲁班比项目矿权基本情况见图 3-1。

矿权历史情况及分割情况见图 3-2。

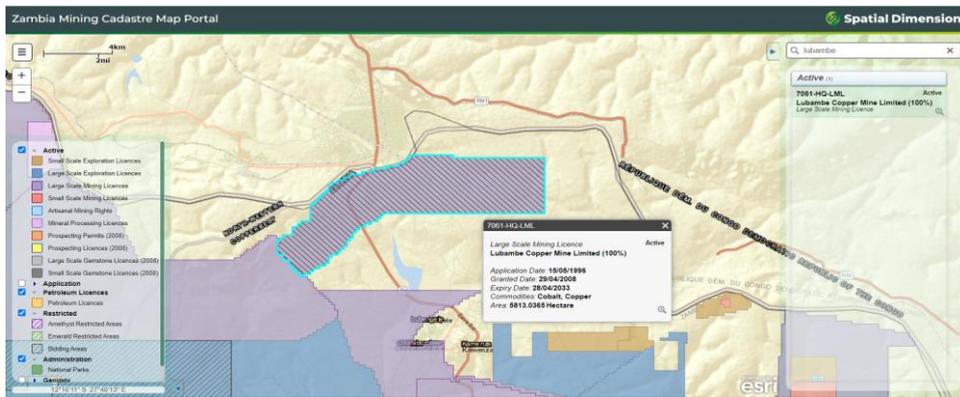


图 3-1 鲁班比项目矿权基本情况

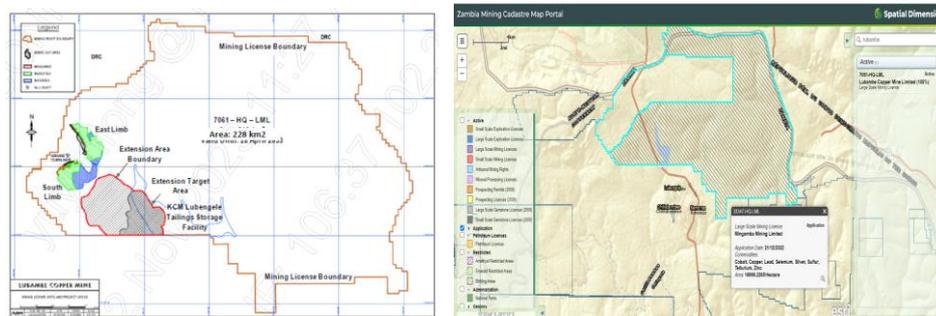


图 3-2 矿权历史情况及分割情况

### 3.2 矿区及矿床地质

#### 3.2.1 区域地质概况

鲁班比项目位于中非铜矿带(CAC)上，中非铜矿带延伸约 600km，西北起于

刚果（金）加丹加省科卢韦齐(Kolwezi)，东南沿伸至赞比亚北部的卢安夏(Luanshya)。中非成矿带位主体为新元古代加丹加超群沉积岩，成岩年代约为880Ma至560Ma，加丹加群整体为一个狭窄的裂谷型盆地。盆地受Damara-Lufilian-Zambezi造山运动(550Ma至530Ma)影响，发生了变形，形成了Kasai、Tanzania和Zimbabwe等克拉通。

在Lufilian造山运动期间，KS沉积物变质为绿片岩到角闪岩相，强烈褶皱，并向北和西北推覆，在Bangweulu地块上方和刚果克拉通上形成低角度逆冲断片。这个过程导致了卢菲利亚弧的形成。CAC赞比亚地区的基底组合包括Lufubu片岩，这是一个由变质沉积岩、火山岩和侵入花岗岩体组成的弧形序列。

区域地质简图见图3-3。

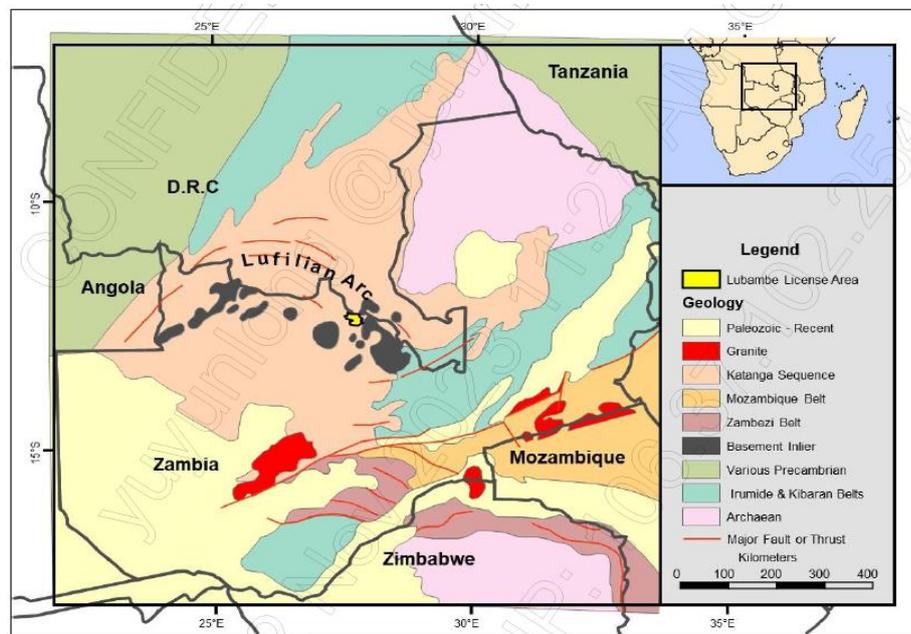


图3-3 区域地质简图

### 3.2.2 矿区地质

基底岩石被 Muva 群的石英岩和变硅岩覆盖。一个重大的不整合面将 Muva 群与上覆的加丹加超群分开，主要分为4个独立亚群：

下罗安亚群：以硅质碎屑为主的序列，包含CAC赞比亚部分的主要矿床

上罗安亚群：主要为碳酸盐岩层序，由台地组成碳酸盐岩、混杂堆积角砾岩及所属硅质碎屑岩

木瓦夏亚群：白云岩、白云质页岩、碧玉和火山碎屑岩单元

下孔德龙古亚群：冰川混积岩，上面覆盖着碳酸盐和含碳酸盐碎屑岩

在上罗安亚群和上罗安亚群中发现了辉长岩脉体。

Konkola-Musoshi 矿床分布见图 3-4。

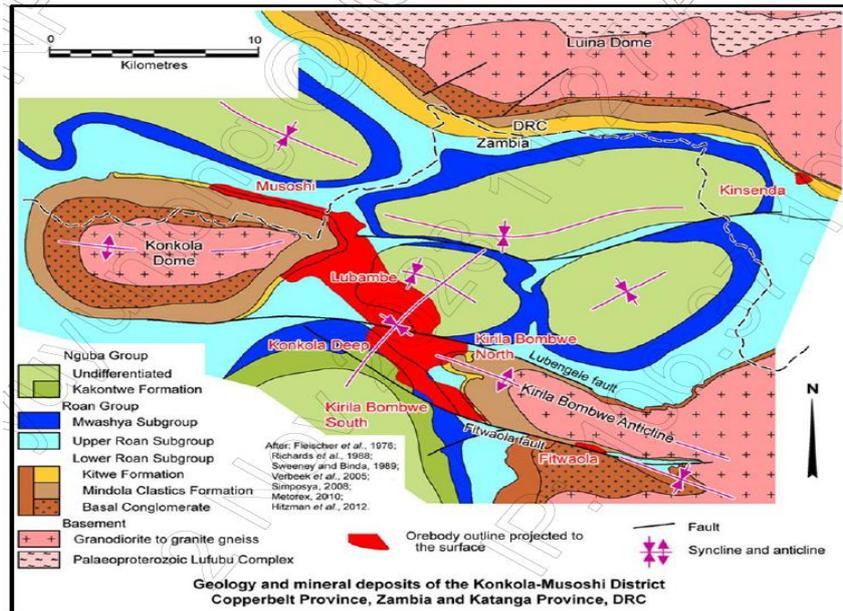


图 3-4 Konkola-Musoshi 矿床分布图

(自北向南 Musoshi (刚)-鲁班比-拓展区-Konkola 矿床)

赞比亚北部加丹加超群保存厚度约为 1-3km，岩石形成一系列分布在 kafue 背斜外围的西北偏西至西北偏北走向的向斜(“盆地”)，有基岩核心。铜矿化主要集中在 OS1 段(Nchanga 地层的 OS1 段)内，这是 1km 米厚的氧化长石岩和砾岩序列上方的第一个主要还原层。OS1 段粉砂岩不整合地覆盖在 Kafufya 地层之上，代表着一次突然的海侵事件。尽管铜矿化主要发生在 OS1 层内，但在某些区域，已观察到大于 1%的铜值延伸到上盘 OS2 和下盘 Kafufya 地层中的任一者或两者。鲁班比项目矿区地层柱状图见图 3-5。

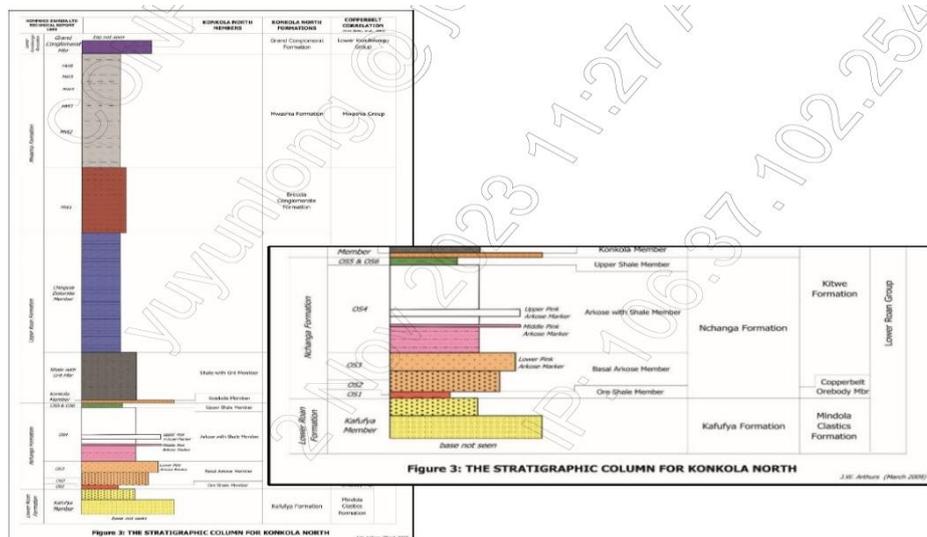


图 3-5 鲁班比项目矿区地层柱状图

在新元古代伸展构造背景下,加丹加超群沉积岩不整合覆盖于基地穹窿之上,形成裂陷盆地;而后 Lufilian 造山运动使盆地遭受 N、NW 方向挤压,盆地边缘及盆地与穹窿拼接部位发育逆冲断层。矿区主要有两组方向构造,一组为 E-W 至 NW-SE 像构造,另一组为 NE-SW 断层。

### 3.2.3 矿床地质特征

铜矿化主要集中在 OS1 段内。OS1 段的真实厚度从 2m 到 10m 不等。通常,OS1 最下面的 1.5m 是块状构造,含铜量极少。向>1%全铜的转变极其突然,发生在薄富含红色氧化铁标志层上方数厘米以上,该标志层可能充当氧化还原边界。OS1 和 OS2 之间经常出现厚度为 1m 至 3m 的贫瘠区,其特征是粉红色长石砂岩标志层。>1%总 Cu 区域(化验上盘)的上部边界在化验剖面中也得到了很好的圈定,但不像下盘化验界线那么清晰。

在粒状含矿岩石中,矿化以细粒浸染状硫化物产出,沿层理面和劈理面,矿化以粗粒细脉状、透镜状和网脉状产出。矿石矿物包括辉铜矿、黄铜矿、斑铜矿、蓝辉铜矿、蓝铜矿、黄铁矿和硫铜钴矿,按丰度顺序大致排列。铜矿物的垂直分带,随着深度的增加,铜含量增加,铁和硫含量减少。理想的现采区矿体剖面在下部富集辉铜矿,其次是斑铜矿,然后是黄铜矿和黄铁矿;横向矿物分带从东翼的斑铜矿-黄铜矿,经南翼以黄铜矿为主的矿化到西部边界附近的黄铁矿。

大部分非硫化物铜矿物沿裂缝和脉体赋存。主要的非硫化铜矿物按丰度排列为孔雀石、假孔雀石、硅孔雀石、赤铜矿、蓝铜矿和自然铜。淋滤通常集中在 OS1 的底部,其中粉砂岩和砾岩/长石砂岩之间的接触面代表渗透性通道。黄铜矿和斑铜矿风化后形成氧化铁在淋滤带很常见。

矿区发育两组褶皱。褶皱 F1 轴面走向近 EW,褶皱 F2 轴面走向 NW-SE。AC 节理方向两组,一组为近 S-N,另外一组为 NE-SW。BC 节理为 NW-SE。

现采区床矿石页岩 1 形态见图 3-6。

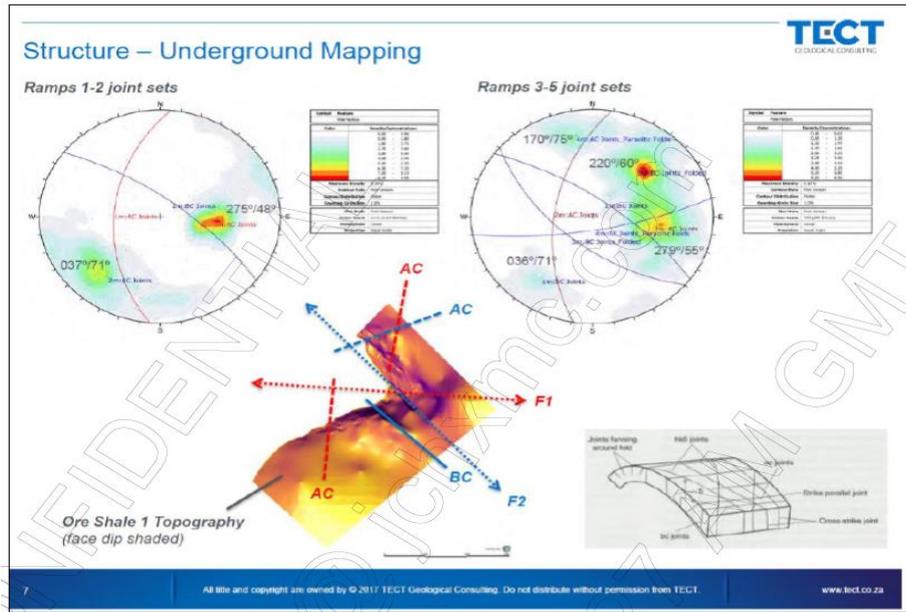


图 3-6 现采区床矿石页岩 1 形态（岩面倾向阴影）

矿区发育两组构造变形：

(1) D1 变形-S1/F1

由于早期 Lufilian 构造运动期间的近垂直压力和 NNE 向缩短，平行 S0 叶理的演化

特点：大型公里级 F1 褶皱，双重倾伏；下翼走滑逆冲挠曲

(2) D2 变形 - S2 / F2

S2 叶理近垂直和 NW-SE 走向的，形成 Lufilian 带后来的弧形/挠曲的弯曲和右行动力移动的演化

特点：S0/S1 交叉点透入性 (S2) NW-SE 轴向平面劈理和相关的圆齿状；双向倾伏的派生 F2 褶皱从毫米级到百米级；斜向 (ESE) 下翼走滑逆冲挠曲。

矿床构造动力学变形见图 3-7。

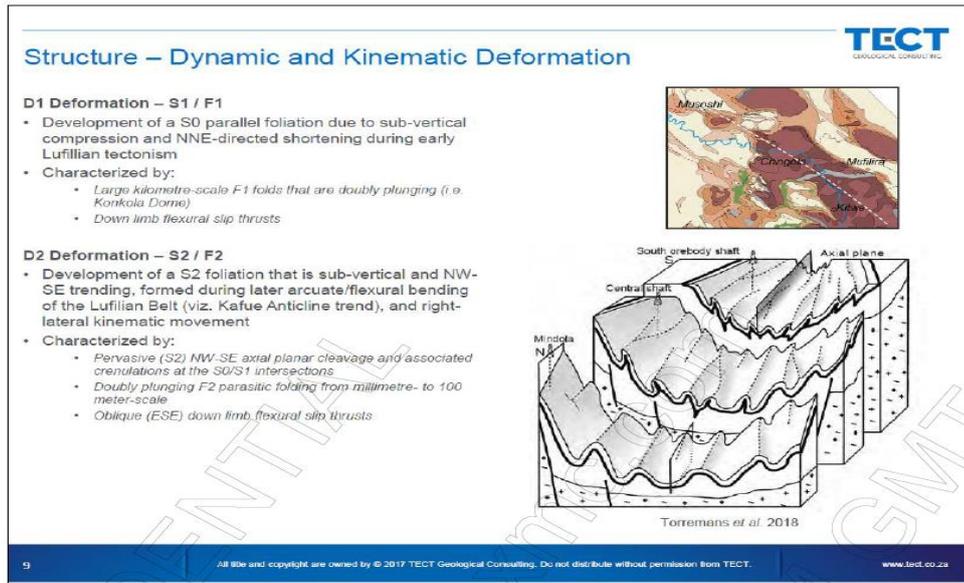


图 3-7 矿床构造动力学变形

### 3.3 矿区地质调查工作评述

(1) 鲁班比项目地质勘查工作自 1930 年代延续至今，2007 年以前 QAQC 记录缺失；2007 年以后，开展了 QAQC 工作，但是数据质量存在部分问题。总体上地质资料不是很规范。鉴于鲁班比项目矿山近年连续生产，资源量估算采用数据基本可以接受。

(2) 鲁班比项目资源量控制程度基本符合要求，估算的数据质量总体可靠，估算方法和过程符合相关行业规范，估值结果和原始数据具较好一致性，资源量估算结果基本可靠。

(3) 2022 年 6 月 30 日，第三方 CS2 公司完成资源量估算报告。NSR/t > US\$60（与 TCu > 1.25% 基本相当），Cu 价格 US\$3.60/lb。鲁班比项目总矿石量 8830 万吨，TCu 平均品位 1.95%，AsCu 平均品位 0.35%，AsCu 占比 18%，Cu 金属量 172 万吨。矿石量主要分布在东翼和南翼，占比 90.1%；金属量主要分布在东翼和南翼，占比 90.8%；可以看出鲁班比项目矿石量和金属量绝大多数分布在东翼和南翼。东翼全铜平均品位 2% 以上，酸溶铜含量较低；南翼酸溶铜含量比东翼大近一倍，且平均品位在 2% 以下。截至 2023 年 10 月 1 日，鲁班比项目保有资源总量预计为 8600 万吨，TCu 品位为 1.95%，AsCu 平均品位为 0.35%。自 2022 年 6 月 30 日至今，资源量分类没有变化，区块模型未更新。

(4) 南翼矿段 R1 以西潜在低品位矿产资源 1800 万吨，TCu 平均品位 1.11%，

AsCu 平均品位 0.32%。潜力区由 9 个历史地表钻探稀疏控制。这部分潜力资源位于尾矿库下面，矿化体在走向和倾向上未封闭。矿权东北部范围未开展过勘查工作，可开展进一步找矿。

(5) 按照不同 Cutoff 值 (1%~2%) 对鲁班比项目矿体进行分析，提高 Cutoff 对矿床平均品位提升不明显，矿床属于较低品位铜矿床。在 Cutoff>1.8% 时，矿石量为 5432 万吨，TCu 平均品位为 2.2% (较卖方 Cutoff 数据下提高 12.8%)，AsCu 平均品位 0.4%，Cu 金属量 119.5 万吨；矿体总体连续性较好。可以作为优化指标供参考。

### 3.4 现场调查

#### 3.4.1 岩心调查

鲁班比项目地表钻孔共计 147 个，非矿心部分岩心存放于露天，按照钻孔编号顺序排放。目前与 M 项目岩心混合堆放，据地质经理介绍，在未来数周内，M 项目岩心将搬离岩心库。在岩心库房内，东部 4 个岩心架存放的矿体岩心箱，2 个铁架存放测试细副样和粗副样。并有矿区典型岩、矿心标本台。目前，岩心库房内西部租借 M 项目进行编录工作。

露天和室内岩心库存放情况见图 3-8。



图 3-8 露天和室内岩心库存放情况

#### 3.4.2 岩心及原始地质资料抽查

按照东翼、南翼和转折段，随机抽查了 KN174D1 和 KN177D4 (东翼)、

KN32 和 KN56(转折段)、KNTE1555 和 KNTE1577(南翼)的矿体及顶底板岩心、地质编录和分析测试结果等资料。对于岩心使用放大镜观察岩性和矿化情况,并使用 XRF 快速分析仪多点测试矿化情况。编录质量较好,快分仪分析数据与实验室分析矿化总体一致。

岩心编录和矿化抽查见图 3-9。



图 3-9 岩心编录和矿化抽查

### 3.4.3 矿山小体重测量调查

小体重测试采用蜡封排水法,长约 5cm 的规则切割的 NQ 岩心。矿区目前生产勘查阶段的钻孔每孔均按层位取样。现场仅见称重设备,据地质负责人介绍,烘干工作在矿山实验室进行。蜡封使用蜡烛。矿山生产探矿测量的小体重缺乏较好的质量控制,其结果未用于资源量估算中。矿山提供的最近小体重样测试结果平均值为  $2.65 \text{ t/m}^3$ ,测试结果均值相比于资源量模型使用的值偏高。矿石体重测试仪器和蜡封装置见图 3-10。



图 3-10 矿石体重测试仪器和蜡封装置

### 3.4.4 矿山化验室调查

考察矿山化验室的地质样品送样流程、烘干、破碎、制样、分析包括 XRF 和 AAS 两种测试方法，并对实验室的管理制度和质量管理月报进行现场了解。

化验室烘干和制样见图 3-11；XRF 和 AAS 化验设备见图 3-12；地质样品送样单和化验室质量管理手册见图 3-13。



图 3-11 化验室烘干和制样



图 3-12 XRF 和 AAS 化验设备

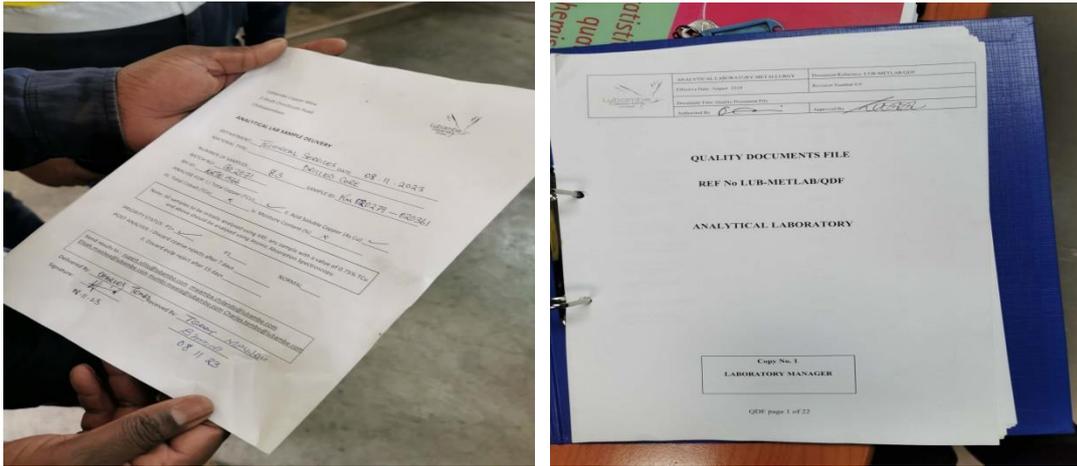


图 3-13 地质样品送样单和化验室质量管理手册

### 3.4.5 地质样品质量监控 QAQC

除了在数据库调取的 QAQC 资料外,在地质部门质量控制人员调取了 QAQC 报告和文件。与数据库提供资料一致,总体上标准样、空白样表现较差,重复样统计分析结果良好。对于矿山生产,数据可以接受使用。标准样、空白样和重复样统计数据见图 3-14。

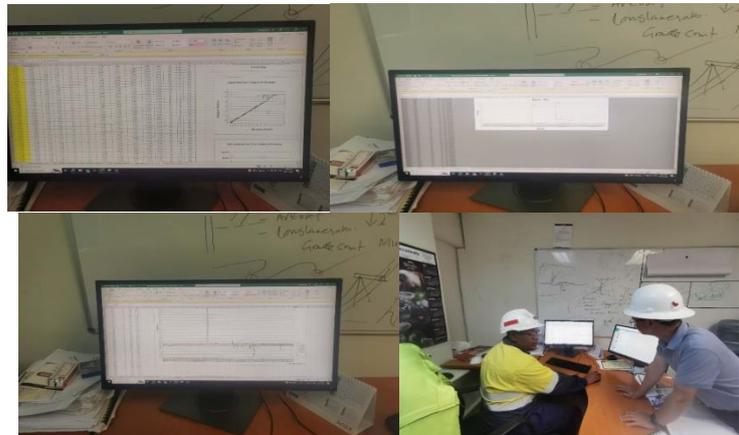


图 3-14 标准样、空白样和重复样统计数据

### 3.4.6 钻孔分析副样抽查

#### 3.4.6.1 抽取副样概况

本次调查对 KN174D1 和 KN177D4 (东翼)、KN56(转折段)、KNTE1392 和 KNTE1434(南翼)的矿体岩心副样进行调查。要求副样重量为 20g,现场称量时够 20g 的副样则取 20g,不足 20g 的按实际剩余样品取样。共抽取 59 件副样送至 SGS 赞比亚实验室进行 TCu 和 AsCu 测试,测试方法为 ASS。

#### 3.4.6.2 岩心观测

在抽取分析副样前，调查组 3 人对钻孔岩心的矿化体、顶板和底板使用放大镜对岩性、矿石矿物、结构构造等地质特征进行观测，同时使用 XRF 快速分析仪对矿体进行多点测试。证实岩心中矿化体位置、品位（矿化强弱）和厚度情况，详见表 3-1。

表 3-1 岩心中矿化体位置、品位（矿化强弱）和厚度情况

| Hole ID  | Lith    | Sample ID     | Weight (g) | Analysis Elements |           |         |            | Sample type | Memo                            |
|--|---------|---------------|------------|-------------------|-----------|---------|------------|-------------|---------------------------------|
|  |         |               |            | TCu(%)            | TCu (SGS) | AsCu(%) | AsCu (SGS) |             |                                 |
| KNTE139<br>2<br>South<br>Limb<br>坑内钻<br>2022 年 | OS<br>1 | KM011197<br>1 | 20         | 0.21              | 0.18      | 0.02    | 0.06       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011197<br>2 | 20         | 0.34              | 0.3       | 0.17    | 0.24       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011197<br>6 | 20         | 1.06              | 0.91      | 0.69    | 0.8        | pulp        |                                 |
|  |         | KM011197<br>7 | 20         | 0.67              | 0.57      | 0.42    | 0.47       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011197<br>8 | 20         | 2.75              | 2.61      | 0.17    | 0.54       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011197<br>9 | 20         | 0.58              | 0.53      | 0.3     | 0.41       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011198<br>0 | 20         | 0.62              | 0.53      | 0.35    | 0.45       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011198<br>4 | 20         | 0.57              | 0.48      | 0.34    | 0.46       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011198<br>5 | 20         | 0.14              | 0.12      | 0.02    | 0.09       | pulp        |                                 |
|  |         | KM011198<br>6 | 20         | 0.13              | 0.1       | <0.001  | 0.05       | pulp        |                                 |
| KNTE143<br>4<br>South<br>Limb<br>坑内钻<br>2023 年 | OS<br>1 | KM014219      | 50         | 0.011             | 0.02      | <0.001  | <0.01      | pulp        |                                 |
|  |         | KM014220      | 50         | 0.018             | 0.02      | <0.001  | <0.01      | pulp        |                                 |
|  |         | KM014221      | 50         | 0.417             | 0.37      | <0.001  | 0.06       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014225      | 50         | 0.557             | 0.53      | 0.0274  | 0.06       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014226      | 50         | 0.421             | 0.42      | 0.00743 | 0.04       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014227      | 50         | 0.672             | 0.63      | <0.001  | 0.03       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014228      | 50         | 1.244             | 1.38      | 0.263   | 0.44       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014229      | 50         | 2.288             | 2.2       | 0.0356  | 0.09       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014233      | 50         | 1.707             | 1.73      | 0.0367  | 0.08       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014234      | 50         | 1.901             | 1.92      | 0.0686  | 0.19       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014235      | 50         | 2.648             | 2.9       | 0.16    | 0.29       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014236      | 50         | 1.825             | 1.85      | 0.0348  | 0.07       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014237      | 50         | 1.707             | 1.75      | 0.0256  | 0.07       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014241      | 50         | 5.61              | 5.96      | 1.68    | 2.46       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014242      | 50         | 1.52              | 1.49      | 0.967   | 1.03       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014243      | 50         | 2.57              | 2.68      | 0.0662  | 0.22       | pulp        |                                 |
|  |         | KM014244      | 50         | 1.553             | 1.64      | 0.387   | 0.5        | pulp        |                                 |
|  |         | KM014245      | 50         | 1.682             | 1.85      | 0.351   | 0.45       | pulp        |                                 |
| KM014249                                       | 50      | 2.273         | 2.57       | 0.776             | 0.73      | pulp    |            |             |                                 |
| KM014250                                       | 50      | 0.7           | 0.68       | 0.386             | 0.4       | pulp    |            |             |                                 |
| KM014251                                       | 50      | 0.874         | 0.89       | 0.284             | 0.34      | pulp    |            |             |                                 |
| KM014252                                       | 50      | 0.328         | 0.3        | 0.132             | 0.14      | pulp    |            |             |                                 |
| KN177D4<br>East Limb<br>地表钻<br>2014 年          | OS<br>1 | KN010203      | 20         | 1.7               | 1.89      | 0.11    | 0.33       | pulp        |                                 |
|  |         | KN010206      | 20         | 3.15              | 3.9       | 0.28    | 1.23       | pulp        |                                 |
|  |         | KN010213      | 20         | 0.32              | 0.03      | 0.03    | 0.01       | pulp        |                                 |
| KN174D1<br>East Limb<br>地表钻<br>2013 年          | OS<br>1 | KN006961      | 20         | 0.01              | 0.01      | 0       | <0.01      | pulp        | KN00696<br>7 样品结<br>果表中未<br>查到结 |
|  |         | KN006962      | 20         | 0.11              | 0.15      | 0.03    | 0.06       | pulp        |                                 |
|  |         | KN006963      | 20         | 0.74              | 0.69      | 0.09    | 0.09       | pulp        |                                 |
|  |         | KN006964      | 20         | 0.9               | 0.88      | 0.09    | 0.27       | pulp        |                                 |
|  |         | KN006967      | 20         | 3.35              | 0.78      | 0.109   | 0.14       | pulp        |                                 |

| Hole ID               | Lith | Sample ID | Weight (g) | Analysis Elements |           |         |            | Sample type | Memo                            |
|-----------------------|------|-----------|------------|-------------------|-----------|---------|------------|-------------|---------------------------------|
|                       |      |           |            | TCu(%)            | TCu (SGS) | AsCu(%) | AsCu (SGS) |             |                                 |
|                       |      | KN006968  | 20         | 0.94              | 2.13      | 0.06    | 0.27       | pulp        | 果, 在 ALS 分析结果中查到, 样品重量为 <0.02kg |
|                       |      | KN006969  | 20         | 2.12              | 3.83      | 0.12    | 1.67       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN006970  | 20         | 3.23              | 5.38      | 0.21    | 1.48       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN006971  | 20         | 5.11              | 0.17      | 1.15    | 0.08       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN006972  | 20         | 0.12              | 0.17      | 0.06    | 0.08       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN006973  | 20         | 0.01              | 0.05      | 0.01    | 0.02       | pulp        |                                 |
| KN56 Hinge 地表钻 2009 年 | OS 1 | KN5603    | 20         | 0.083             | 0.5       | 0.066   | 0.16       | pulp        | 手写样号                            |
|                       |      | KN5604    | 20         | 0.048             | 0.07      | 0.04    | 0.04       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5605    | 20         | 0.479             | 1         | 0.16    | 0.18       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5606    | 20         | 0.076             | 0.43      | 0.05    | 0.13       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5607    | 20         | 1.01              | 0.32      | 0.166   | 0.13       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5608    | 20         | 0.438             | <0.01     | 0.15    | <0.01      | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5609    | 20         | 0.066             | 0.58      | 0.03    | 0.06       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5610    | 20         | 1.615             | 0.06      | 0.21    | 0.03       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5611    | 20         | 1.415             | 1.64      | 0.273   | 0.6        | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5612    | 20         | 2.2               | 1.35      | 0.187   | 0.4        | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5613    | 20         | 0.121             | 2.78      | 0.052   | 0.43       | pulp        |                                 |
|                       |      | KN5614    | 20         | 0.267             | <0.01     | 0.139   | <0.01      | pulp        |                                 |
| KN5615                | 20   | 0.218     | 2.85       | 0.115             | 2.8       | pulp    |            |             |                                 |

### 3.4.7 初步分析

#### 3.4.7.1 南翼钻孔（2 个）副样抽查情况

KNTE1392 钻孔为 2022 年施工坑内钻孔，抽查 OS1 矿体及顶底板样品共 10 件，其中 2 件样品 TCu 品位>1%，抽验结果与原测试基本相符；其中 4 件样品 TCu 品位 0.5%~1%，抽验结果与原测试基本相符。原测试单位为鲁班比项目矿山实验室。

KNTE1434 钻孔为 2023 年施工坑内钻孔，抽查 OS1 矿体及顶底板样品共 22 件，其中 13 件样品 TCu 品位>1%，抽验结果与原测试基本相符；其中 4 件样品 TCu 品位 0.5%~1%，抽验结果与原测试基本相符。原测试单位为鲁班比项目矿山实验室。

小结：近期矿山坑内钻孔探获的矿化体样品测试分析数据基本可靠。

#### 3.4.7.2 东翼钻孔（2 个）副样抽查情况

KN177D4 钻孔为 2014 年施工地表钻孔，抽查 OS1 矿体及顶板样品共 3 件，其中 2 件样品为 TCu 品位>1%，抽验结果与原测试基本相符。原测试单位为 ALS 实验室。

KN174D1 钻孔为 2013 年施工地表钻孔，抽查 OS1 矿体及顶底板样品共 11 件，其中 4 件样品为 TCu 品位>1%，抽检结果中 3 件 TCu 品位>1%，样号无法对应。其中 3 件样品为 TCu 品位 0.5%~1%，抽样结果中有 3 件样品对应，但样号无法对应。其中 KN006967 样品在原始样品分析数据单中没有样品结果，在

ALS 实验室结果表中查到该样品送样重量为 0.02kg，从实验室送回分析副样可能性很小。剔除原分析中 KN006967 样品，3 件连续 TCu 品位 0.5%~1%和 3 件连续 TCu 品位>1% 与 SGS 分析的数量和连续性可以对应。

KN174D1 测试结果对比见表 3-2； KN174D1 样品矿山整理数据见表 3-3；  
KN174D1 样品 ALS 原始测试结果见表 3-4； KN177D1 钻孔位置见图 3-15。

**表 3-2 KN174D1 测试结果对比（红色样品可能为导致编号错误样品）**

|   |      |           |       |       |       |        |        |       |   |
|---|------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---|
| KN174D1↓<br>East Limb↓<br>地表钻↓<br>2013 年↱ | OS1↱ | KN006961↱ | 20↱   | 0.01↱ | 0.01↱ | 0↱     | <0.01↱ | pulp↱ | KN006967 样<br>品结果表中<br>未查到结<br>果，在 ALS<br>分析结果中<br>查到，样品<br>重量为<br><0.02kg↱ |
|   |      | KN006962↱ | 20↱   | 0.11↱ | 0.15↱ | 0.03↱  | 0.06↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006963↱ | 20↱   | 0.74↱ | 0.69↱ | 0.09↱  | 0.09↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006964↱ | 20↱   | 0.9↱  | 0.88↱ | 0.09↱  | 0.27↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006967↱ | 20↱   | 3.35↱ | 0.78↱ | 0.109↱ | 0.14↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006968↱ | 20↱   | 0.94↱ | 2.13↱ | 0.06↱  | 0.27↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006969↱ | 20↱   | 2.12↱ | 3.83↱ | 0.12↱  | 1.67↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006970↱ | 20↱   | 3.23↱ | 5.38↱ | 0.21↱  | 1.48↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006971↱ | 20↱   | 5.11↱ | 0.17↱ | 1.15↱  | 0.08↱  | pulp↱ |   |
|   |      | KN006972↱ | 20↱   | 0.12↱ | 0.17↱ | 0.06↱  | 0.08↱  | pulp↱ |   |
| KN006973↱                                 | 20↱  | 0.01↱     | 0.05↱ | 0.01↱ | 0.02↱ | pulp↱  |        |       |   |

**表 3-3 KN174D1 样品矿山整理数据**

KN174 D1

**COMPOSITED INTERVALS FOR HOLE ID: KN174D1**

**Composited Samples**

| SampleID | From (m) | To (m) | Interval | Rec (%) | CBA | TTh (m) | Cu Tot (pct) | Cu Sol (pct) | Co Tot (ppm) | Fe (pct) |
|----------|----------|--------|----------|---------|-----|---------|--------------|--------------|--------------|----------|
| KN006955 | 453      | 453.5  | 0.5      | 100     | 65  | 0.45    | 0            | 0            | 0.01         | 2.92     |
| KN006956 | 453.5    | 454.19 | 0.69     | 27.5    | 65  | 0.63    | 0            | 0            | 0            | 0.54     |
| KN006957 | 454.19   | 455    | 0.81     | 77.8    | 65  | 0.73    | 0            | 0            | 0.01         | 3.81     |
| KN006958 | 455      | 456    | 1        | 78      | 65  | 0.91    | 0            | 0            | 0.01         | 4        |
| KN006959 | 456      | 456.7  | 0.7      | 100     | 65  | 0.63    | 0            | 0            | 0.01         | 3.76     |
| KN006960 | 456.7    | 457.1  | 0.4      | 100     | 65  | 0.36    | 0            | 0            | 0.01         | 3.6      |
| KN006961 | 457.1    | 458    | 0.9      | 100     | 65  | 0.82    | 0.01         | 0            | 0.01         | 3.02     |
| KN006962 | 458      | 458.6  | 0.6      | 100     | 65  | 0.54    | 0.11         | 0.03         | 0.01         | 2.96     |
| KN006963 | 458.6    | 459.25 | 0.65     | 100     | 65  | 0.59    | 0.74         | 0.09         | 0.01         | 2.62     |
| KN006964 | 459.25   | 460    | 0.75     | 76      | 65  | 0.68    | 0.9          | 0.09         | 0.01         | 2.23     |
| KN006966 | 460      | 461    | 1        | 100     | 65  | 0.91    | 0.94         | 0.06         | 0.01         | 2.27     |
| KN006969 | 461      | 462    | 1        | 100     | 65  | 0.91    | 2.12         | 0.12         | 0.01         | 2.35     |
| KN006970 | 462      | 463    | 1        | 98      | 65  | 0.91    | 3.23         | 0.21         | 0.01         | 2.46     |
| KN006971 | 463      | 464.05 | 1.05     | 100     | 65  | 0.95    | 5.11         | 1.15         | 0.01         | 3.75     |
| KN006972 | 464.05   | 465    | 0.95     | 100     | 65  | 0.86    | 0.12         | 0.06         | 0            | 1.38     |
| KN006973 | 465      | 466    | 1        | 100     | 65  | 0.91    | 0.01         | 0.01         | 0            | 0.54     |

**Composited Values**

| From (m) | To (m) | Rec (%) | CBA | TTh (m) | Cu Tot (pct) | Cu Sol (pct) | Co Tot (ppm) | Fe (pct) | Ratio | MPC  |
|----------|--------|---------|-----|---------|--------------|--------------|--------------|----------|-------|------|
| 461      | 464.05 | 99.3    | 65  | 2.77    | 3.51         | 0.5          | 0.01         | 2.87     | 0.14  | 9.72 |

Composited by: \_\_\_\_\_ Checked by: \_\_\_\_\_

表 3-4 KN174D1 样品 ALS 原始测试结果



**ALS Minerals**

ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.  
 53 Angus Crescent  
 Long Meadow Business Park, East Entrance  
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610  
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 2 - A  
 Total # Pages: 2 (A)  
 Plus Appendix Pages  
 Finalized Date: 18 - NOV - 2013  
 Account: KONZAM

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Konnoco(R306)

**CERTIFICATE OF ANALYSIS JB13196851**

| Sample Description | Method Analyte Units | WB-21        | CRU-QC    | PUL-QC     | Cu-AA05 | ME-06R2 | ME-06R2 | ME-06R2 | ME-06R2 |
|--------------------|----------------------|--------------|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                    |                      | Recvd Wt. kg | Pass2mm % | Pass75um % | Cu %    | Cu %    | Co %    | Fe %    | Ag ppm  |
| LOR                |                      | 0.02         | 0.01      | 0.01       | 0.001   | 0.001   | 0.001   | 0.01    | 1       |
| KN006955           |                      | 1.02         | 73.3      | 89.9       | <0.001  | 0.002   | 0.010   | 2.92    | <1      |
| KN006956           |                      | 0.78         |           |            | <0.001  | 0.004   | 0.002   | 0.54    | <1      |
| KN006957           |                      | 1.34         |           |            | 0.001   | 0.002   | 0.013   | 3.81    | <1      |
| KN006958           |                      | 1.77         |           |            | <0.001  | 0.002   | 0.013   | 4.00    | <1      |
| KN006959           |                      | 1.42         |           |            | <0.001  | 0.002   | 0.012   | 3.76    | <1      |
| KN006960           |                      | 1.01         |           |            | <0.001  | 0.002   | 0.012   | 3.60    | <1      |
| KN006961           |                      | 1.86         |           |            | 0.001   | 0.005   | 0.011   | 3.02    | <1      |
| KN006962           |                      | 1.12         |           |            | 0.032   | 0.112   | 0.010   | 2.96    | <1      |
| KN006963           |                      | 1.58         |           |            | 0.092   | 0.740   | 0.009   | 2.62    | 1       |
| KN006964           |                      | 1.24         |           |            | 0.094   | 0.896   | 0.008   | 2.23    | <1      |
| KN006965           |                      |              |           |            | 0.085   | 0.944   | 0.008   | 2.37    | <1      |
| KN006966           |                      | 1.00         |           |            | <0.001  | 0.004   | 0.001   | 0.32    | <1      |
| KN006967           |                      | <0.02        |           |            | 0.109   | 3.35    | 0.251   | 9.10    | 3       |
| KN006968           |                      | 1.95         |           |            | 0.056   | 0.937   | 0.007   | 2.27    | <1      |
| KN006969           |                      | 1.91         |           |            | 0.124   | 2.12    | 0.008   | 2.35    | <1      |
| KN006970           |                      | 1.92         |           |            | 0.210   | 3.23    | 0.011   | 2.46    | <1      |
| KN006971           |                      | 1.91         |           |            | 1.145   | 5.11    | 0.010   | 3.75    | <1      |
| KN006972           |                      | 1.79         |           |            | 0.057   | 0.118   | 0.002   | 1.38    | <1      |
| KN006973           |                      | 1.94         |           |            | 0.006   | 0.014   | 0.001   | 0.54    | 1       |

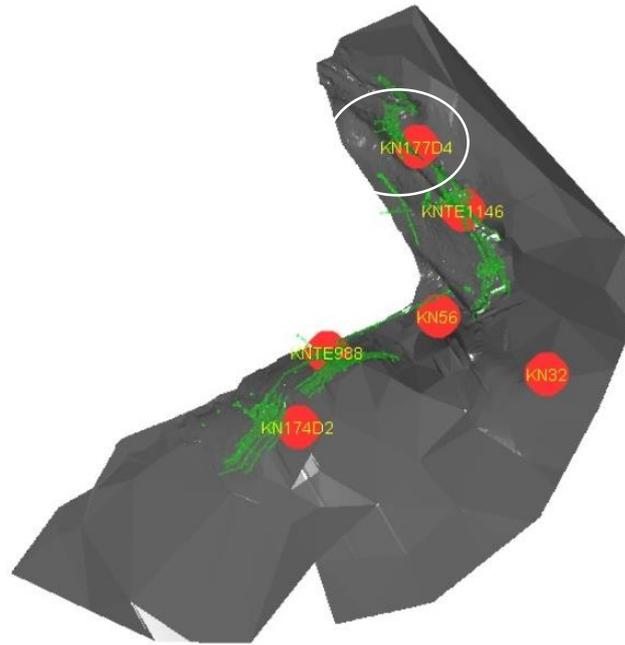


图 3-15 KN177D1 钻孔位置

(开孔位置与 KN177D4 一致，位于 R4 和 R5 在产范围)

小结：2013-2014 地表钻孔为前业主开展的勘探工作，距今 10 年左右时间。KN177D4 抽取 3 件样品测试结果对应性较好。KN174D1 钻孔中连续的矿化体在抽测中有对应的连续矿化体，但是样品编号无法对应。说明对鲁班比项目历史钻孔样品和数据管理存在问题。

#### 3.4.7.3 转折段钻孔（1 个）副样抽查情况

KN56 钻孔为 2009 年施工地表钻孔，抽查 OS1 矿体及顶底板样品共 13 件，其中 4 件样品 TCu 品位>1%，抽检结果中 5 件 TCu 品位>1%，样号无法对应，见表 3-5。抽取副样为鲁班比项目员工使用牛皮纸带装取，样品号码为手工书写，编号为 3-15 号。从 SGS 分析结果来看，KN5608 和 KN5604 很可能为送测样品时插入空白样，KN5615 可能为送测样品时插入的标准样。剔除这些影响，原测试分析的 3 个连续矿样和 SGS 分析的 3 个连续矿样基本可以对应，见表 3-6。

小结：2009 年地表钻孔为前业主开展的勘探工作，距今超过 10 年时间。剔除可能的空白样影响，KN56 钻孔中连续的矿化体（3 件）在抽测中有对应的连续矿化体（3 件），但是样品编号无法对应。说明对鲁班比项目历史钻孔样品和数据管理存在问题。

表 3-5 KN56 样品矿山整理数据

| BHID    | FROM   | TO     | LENGTH | EOH | TCU   | ASCU  | TCO   | ASCO | CORE_REC | LITH    | OP |
|---------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-------|------|----------|---------|----|
| KN56 D0 | 150    | 171.9  | 21.9   | 314 | -     | -     | -     | -    | -        | OS2     | 0  |
| KN56 D0 | 171.9  | 185    | 13.1   | 314 | -     | -     | -     | -    | -        | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 185    | 186    | 1      | 314 | 0.083 | 0.066 | 0.009 | -    | 0.96     | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 186    | 187    | 1      | 314 | 0.048 | 0.04  | 0.015 | -    | 1        | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 187    | 188    | 1      | 314 | 0.479 | 0.16  | 0.016 | -    | 0.97     | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 188    | 189    | 1      | 314 | 0.076 | 0.05  | 0.016 | -    | 1        | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 189    | 190    | 1      | 314 | 1.01  | 0.166 | 0.014 | -    | 1        | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 190    | 191    | 1      | 314 | 0.438 | 0.15  | 0.011 | -    | 0.95     | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 191    | 192    | 1      | 314 | 0.066 | 0.03  | 0.013 | -    | 1        | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 192    | 193    | 1      | 314 | 1.615 | 0.21  | 0.017 | -    | 1        | OS1     | 1  |
| KN56 D0 | 193    | 194    | 1      | 314 | 1.415 | 0.273 | 0.009 | -    | 1        | OS1     | 1  |
| KN56 D0 | 194    | 195.24 | 1.24   | 314 | 2.2   | 0.187 | 0.009 | -    | 1.24     | OS1     | 1  |
| KN56 D0 | 195.24 | 196    | 0.76   | 314 | 0.121 | 0.052 | 0.008 | -    | 0.76     | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 196    | 197    | 1      | 314 | 0.267 | 0.139 | 0.022 | -    | 1        | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 197    | 197.8  | 0.8    | 314 | 0.218 | 0.115 | 0.011 | -    | 0.8      | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 197.8  | 198.4  | 0.6    | 314 | 0.955 | 0.682 | 0.013 | -    | 0.6      | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 198.4  | 199.15 | 0.75   | 314 | 0.042 | 0.015 | 0.013 | -    | 0.7      | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 199.15 | 199.2  | 0.05   | 314 | 0.026 | 0.016 | 0.002 | -    | 0.87     | OS1     | 0  |
| KN56 D0 | 199.2  | 200    | 0.8    | 314 | 0.026 | 0.016 | 0.002 | -    | 0.87     | KAFUFYA | 0  |

表 3-6 KN56 测试结果对比 (红色样品可能为空白样和标准样)

|                                    |      |                     |                 |                    |                    |                    |                    |                   |                   |
|------------------------------------|------|---------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| KN56↓<br>Hinge↓<br>地表钻↓<br>2009 年↓ | OS1← | KN5603 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.083 <sup>±</sup> | 0.5 <sup>±</sup>   | 0.066 <sup>±</sup> | 0.16 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> | 手写样号 <sup>±</sup> |
|                                    |      | KN5604 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.048 <sup>±</sup> | 0.07 <sup>±</sup>  | 0.04 <sup>±</sup>  | 0.04 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5605 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.479 <sup>±</sup> | 1 <sup>±</sup>     | 0.16 <sup>±</sup>  | 0.18 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5606 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.076 <sup>±</sup> | 0.43 <sup>±</sup>  | 0.05 <sup>±</sup>  | 0.13 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5607 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 1.01 <sup>±</sup>  | 0.32 <sup>±</sup>  | 0.166 <sup>±</sup> | 0.13 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5608 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.438 <sup>±</sup> | <0.01 <sup>±</sup> | 0.15 <sup>±</sup>  | <0.01 <sup>±</sup> | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5609 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.066 <sup>±</sup> | 0.58 <sup>±</sup>  | 0.03 <sup>±</sup>  | 0.06 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5610 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 1.615 <sup>±</sup> | 0.06 <sup>±</sup>  | 0.21 <sup>±</sup>  | 0.03 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5611 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 1.415 <sup>±</sup> | 1.64 <sup>±</sup>  | 0.273 <sup>±</sup> | 0.6 <sup>±</sup>   | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5612 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 2.2 <sup>±</sup>   | 1.35 <sup>±</sup>  | 0.187 <sup>±</sup> | 0.4 <sup>±</sup>   | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5613 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.121 <sup>±</sup> | 2.78 <sup>±</sup>  | 0.052 <sup>±</sup> | 0.43 <sup>±</sup>  | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5614 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.267 <sup>±</sup> | <0.01 <sup>±</sup> | 0.139 <sup>±</sup> | <0.01 <sup>±</sup> | pulp <sup>±</sup> |                   |
|                                    |      | KN5615 <sup>±</sup> | 20 <sup>±</sup> | 0.218 <sup>±</sup> | 2.85 <sup>±</sup>  | 0.115 <sup>±</sup> | 2.8 <sup>±</sup>   | pulp <sup>±</sup> |                   |

### 3.4.8 初步结论

近期 (2022-2023 年) 矿山坑内钻孔 (南翼 2 个钻孔) 探获的矿化体样品测试分析数据基本可靠。

前业主 (2009-2014 年) 地表钻孔 (东翼 2 个钻孔和转折段 1 个钻孔), 东翼 1 个钻孔的 3 个测试数据基本可靠。另外 2 个 (东翼 1 个和转折段 1 个钻孔), 可以在副样中找到连续矿化的样品, 结合岩性观测, 初步认为钻孔对矿体控制基本可靠。但是样品号码无法对应, 并且对不合格样品 (重量 0.02kg)、控制样品 (空白样、标准样) 管理和分析存在问题。说明对鲁班比项目对历史钻孔样品副样管理和数据管理存在问题。

## 3.5 资源量估算

### 3.5.1 资源量估算评估

#### 3.5.1.1 数据

##### (1) 钻孔和表面样数据

资源量估算数据包含 2 种数据类型，(1) 钻探数据包括地表钻孔（180 孔，1,182.60m）和地下钻孔（698 孔，7,101.30m），(2) 井下表面样。虽然部分表面样数据可用于以前的模型并为解释提供信息，但缺乏详细的 QAQC 制度来支持和保证其可靠性，因此这些未用于估算资源量。

地表钻孔可以追溯到 1930 年代，地表钻数据绝大多数来自之前的 AMEC、ARM 和 LCM 报告，自 2014 年以来，没有地表钻探用于资源量估算。

本次估算中使用的所有井下钻孔都是自 2011 年以来钻探的。所有钻孔都是使用各种岩心尺寸的金刚石钻孔。

使用双管金刚石岩心钻探，地表金刚石钻孔大多是垂直至近垂直的。钻孔通常为 PQ（直径 85 毫米）开孔，换径至 HQ（63.5 毫米），根据地面条件，终孔为 NQ（直径 47.6 毫米）和 BQ（36.5 毫米）；井下金刚石钻探（主要是 BQ，但也有一些 NQ）。地表勘探孔的岩心矿化平均回收率为 99%；井下钻探矿化岩心平均回收率为 85%。

地质模型中钻孔和表面样统计见表 3-7；探工程分布平面投影图见图 3-16。

**表 3-7 地质模型中钻孔和表面样统计表**

**Table 6 – Summary of Drill Holes and Face Sample Data Informing Mine Area Resource Model**

| Type          | Source    | Prefix    | Era                 | Number of Holes | Total Intersection Length (m) | Average Intersection Length (m) | Average Sample Recovery (%) |       |     |
|---------------|-----------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------|-----|
| Drilling      | Surface   | DS        | 2011-2012           | 4               | 21.66                         | 5.42                            | 100                         |       |     |
|               |           | KK        | 1936-1938;1967-1978 | 24              | 170.99                        | 7.12                            | 100                         |       |     |
|               |           | KLB       | 1967-1968           | 2               | 5.82                          | 2.91                            | 100                         |       |     |
|               |           | KN        | 1997-1998;2007-2014 | 106             | 685.38                        | 6.47                            | 98                          |       |     |
|               |           | KNS       | 1998;2003-2007      | 38              | 269.25                        | 7.09                            | 100                         |       |     |
|               |           | TD        | 2011                | 1               | 1.60                          | 1.60                            | 100                         |       |     |
|               |           | VS        | 2009-2010           | 5               | 27.90                         | 5.58                            | 97                          |       |     |
|               |           | Sub-total |                     |                 | 180                           | 1,182.60                        | 6.57                        | 99    |     |
|               |           | UG        | UG                  | KNC             | Recent UG                     | 1                               | 13.00                       | 13.00 | 87  |
|               |           |           |                     | KNG             | Recent UG                     | 288                             | 2,685.72                    | 9.33  | 86  |
|               |           |           |                     | KNH             | Recent UG                     | 1                               | 0.60                        | 0.60  | 100 |
|               |           |           |                     | KNP             | Recent UG                     | 1                               | 29.80                       | 29.80 | 60  |
|               |           |           |                     | KNPE            | Recent UG                     | 61                              | 545.05                      | 8.94  | 85  |
| KNPH          | Recent UG |           |                     | 26              | 212.07                        | 8.16                            | 81                          |       |     |
| KNTC          | Recent UG |           |                     | 1               | 13.00                         | 13.00                           | 95                          |       |     |
| KNTE          | Recent UG |           |                     | 306             | 3,529.05                      | 11.53                           | 86                          |       |     |
| KNTS          | Recent UG |           |                     | 13              | 73.00                         | 5.62                            | 87                          |       |     |
| Sub-total     |           |           |                     | 698             | 7,101.30                      | 10.17                           | 85                          |       |     |
| Sub-total     |           |           | 878                 | 8,283.89        | 9.43                          | 87                              |                             |       |     |
| Face Sampling | UG        | PH        | Recent UG           | 565             | 2,364.60                      | 4.19                            | 100                         |       |     |
| All           | All       | Total     |                     | 1443            | 10,648.49                     | 7.38                            | 90                          |       |     |

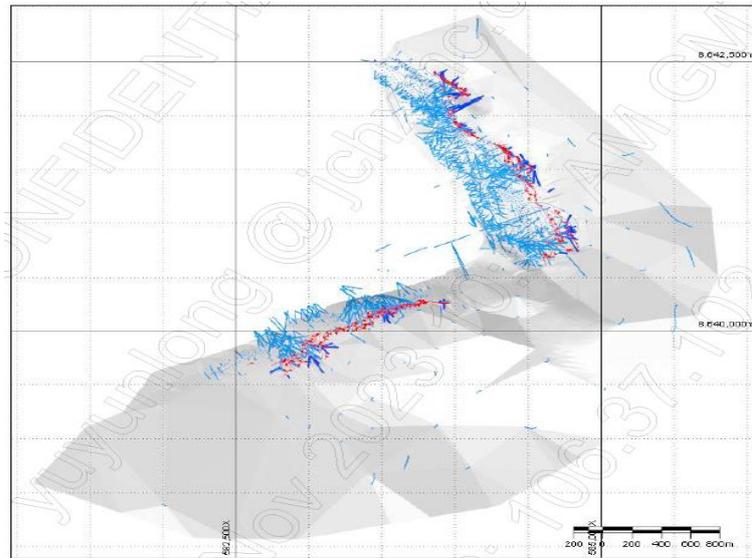


图 3-16 勘探工程分布平面投影图

(浅蓝色为 2022 年以前钻孔，深蓝色为 2022 年钻孔，红色为 2022 年表面样)

(2) 孔口坐标

孔口坐标使用 ARC 1950 基准的通用横轴墨卡托坐标 (UTM)。孔口位置由专业测量员使用 Leica GS15 GPS 仪器进行地面钻孔测量，并使用全站仪进行地下钻孔测量。历史钻孔使用 Sperry Sun 仪器以 100m 的井下间隔进行测量，最近的孔使用 Reflex 测量仪器以 50 m 的间隔进行测量。

(3) 编录

使用标准化编录和代码编录岩性、蚀变、地层、岩土和矿化数据。岩心由地质工程师进行地质记录，并由岩土工程师使用标准化测井表进行岩土编录，从而能够充分捕获信息。截至报告日期，所有岩心均已定性记录岩性、地层、蚀变和颜色，并目估定量矿物含量(%)和 RQD 评级。井下表面样编录柱状图见图 3-17。

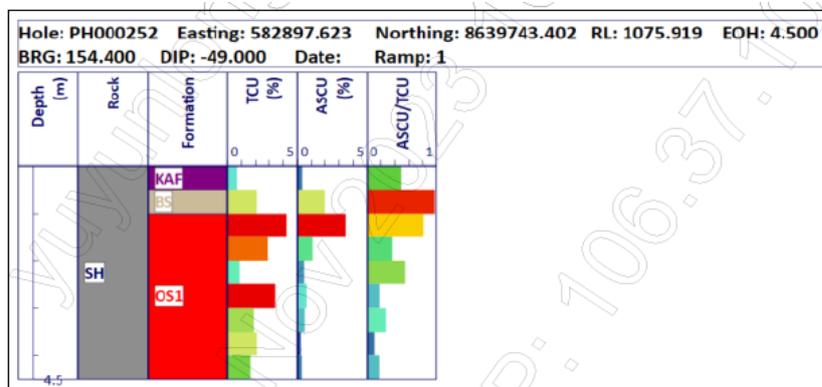


图 3-17 井下表面样编录柱状图

(4) 采样

a 钻孔样

矿化及其附近的所有样品均来自金刚石钻芯。对于地表钻孔，金刚石钻芯以 1m 间隔采样为对半劈芯采样；对于井下钻孔，以 1m 采样间隔采样全芯。岩心取样遵循地质接触和矿物集中区/分带、蚀变和氧化，最小采样间隔为 0.5m，最大采样间隔为 1.2m，但少数采样间隔低于 0.5m 和高于 1.2m。早期地表孔（KK 和 KLB 前缀）的采样方法未知。

b 表面样

使用 Vanta X 射线荧光(XRF)分析井下掌子面中的铜（Cu）点品位。便携式分析仪能够在样品送至实验室分析前在地下快速确定矿体和围岩大致界线。有助于减少低品位矿石/废石对矿石流的影响，进一步降低废石的磨矿成本。表面样采样示意图见图 3-18。

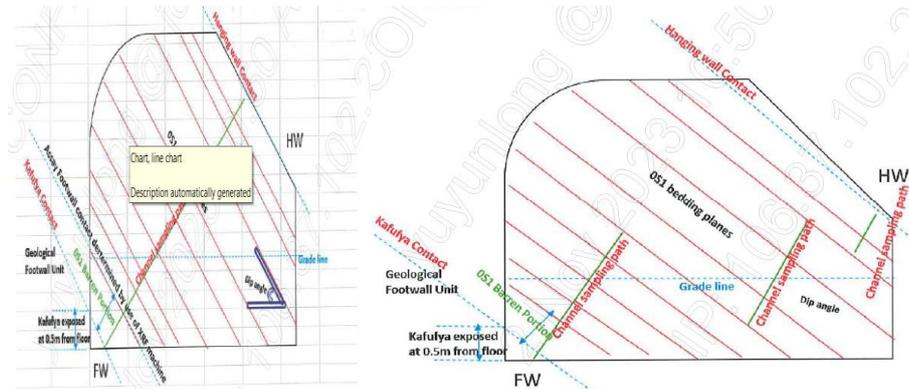


图 3-18 表面样采样示意图

XRF 测试在下盘 Kafufya 接触面以上平均 1.2m，Kafufya 界线在掌子面控制距离底板 0.5m。地质部门负责掌子面编录工作。刻槽样品从顶板向下穿过 OS1 至 OS1 底部低品位段至 Kafufya 界线附近 TCu 品位 1%。刻槽采样垂直矿体倾向控制矿体真厚度。矿体下盘接触面以下按照 0.5m 间隔采样。表面样的 XRF 测试结果不用于资源量估算。

(5) 样品保存

历史地表钻探样品送至南非 ALS 实验室进行测试分析，剩余岩心保存在露天岩心库，矿化段岩心保存在室内岩心库。井下钻探岩心和表面样品全部送至矿山实验室进行化验分析。历史地表钻探样品副样保存在实验室库房，因勘查时间主要集中在 2007 年以前，由于库房空间有限，大部分副样已经丢弃。

(6) 样品制备

使用的样品制备包括现场制备实验室（1997-1998 年的地表孔和所有井下孔）和南非约翰内斯堡的独立第三方实验室 ALS Chemex（2007 年至今的地面孔）。

目前尚无关于 20 世纪 60 年代钻出的 KLB 孔或早期 KK 孔的样品制备信息。井下表面样和钻孔样品没有野外重采样。未开展样品粒度研究。

(7) 样品测试

井下表面样和钻孔样 TCu 使用 AAS（原子吸收）方法。AsCu 使用混合酸消溶稀释后使用 AAS（原子吸收）方法。

地表钻探样品在 2007 年以前，由 NCCM 和 ZCCM（方法不详），AVRL 使用 AAS。2007~2009 年，由 ALS Chemex 使用 ICP-AES 进行包括 TCu 多元素分析，AsCu 使用 AAS 方法分析。钻探样品分析实验室统计见表 3-8。

表 3-8 钻探样品分析实验室统计

| Period    | Holes         | Laboratory                   |
|-----------|---------------|------------------------------|
| 1936-1938 | KK01-KK26     | AA                           |
| 1967-1978 | KK27-KK32     | AA                           |
| 1967-1978 | KLB           | NCCM                         |
| 1997-1998 | KN01-KN38     | ZCCM and AVRL (May 1998)     |
| 1997-1998 | KNS01-KNS40   | AVRL                         |
| 2007      | KNG* and KND* | A H Knight                   |
| 2007      | KNS41-KNS42   | ALS Chemex (assayed in 2010) |
| 2007-2009 | KN39B-KN54    | ALS Chemex                   |
| 2009-2010 | KN55-KN98     | ALS Chemex                   |
| 2009-2010 | VS*           | ALS Chemex                   |
| 2010-2014 | KN101-KN188   | ALS Chemex                   |

(8) QAQC 情况

大部分 2007 年以前的岩心样品 QAQC 程序没有相应的记录。

2014 年，AMEC 对 2007 年至 2014 年间地表钻孔的样品制备程序和 QAQC 程序进行了审查，AMEC 认为样品的制备基本符合行业最佳实践。AMEC 指出样品总体精度在可接受的范围内，但在早期的钻探活动（2007~2011 年）中，AsCu 和 Co 分析结果相对较差。

2007-2009 年期间共提交了 48 件检查样品（包括重复样、空白样和标准样），其结果为：TCu 相对差异通常在 3% 以内，与 Umpire 实验室相比，ALS Chemex 分析的 Co 和 AsCu 结果分别低 10% 和 12%。

2022 年 SRK 审查了 2016 年至 2021 年间提交给现场实验室用于地下钻探的 QAQC 程序，SRK 认为 2016 年至 2021 年期间提交的空白样品没有显示出重大或系统性污染的证据，2020 年中期以来提交的样品显示有轻微污染，但考虑到



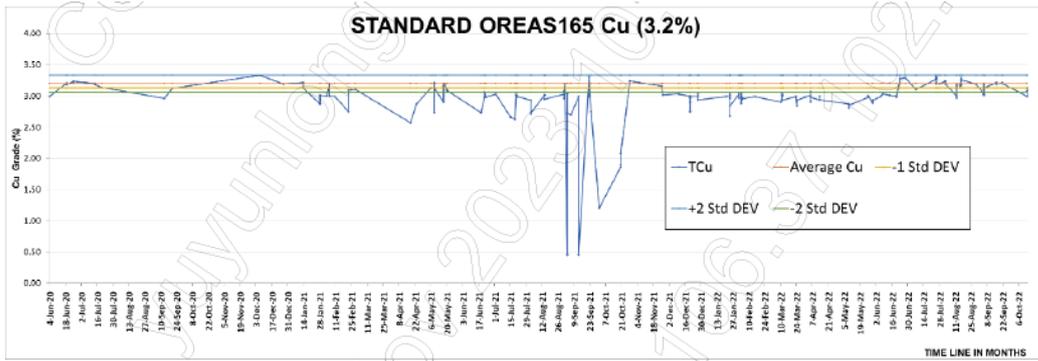


图 3-21 标准物质 (Cu=3.2%) 测试结果统计图

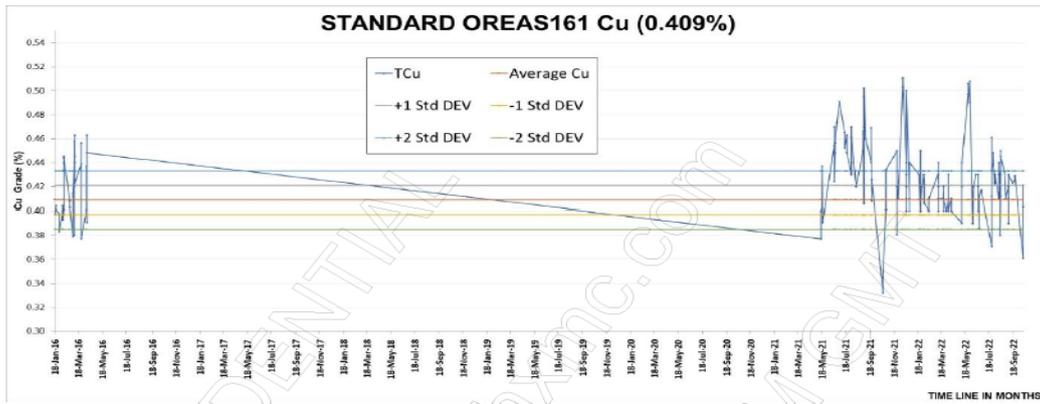


图 3-22 标准物质 (Cu=0.409%) 测试结果统计图

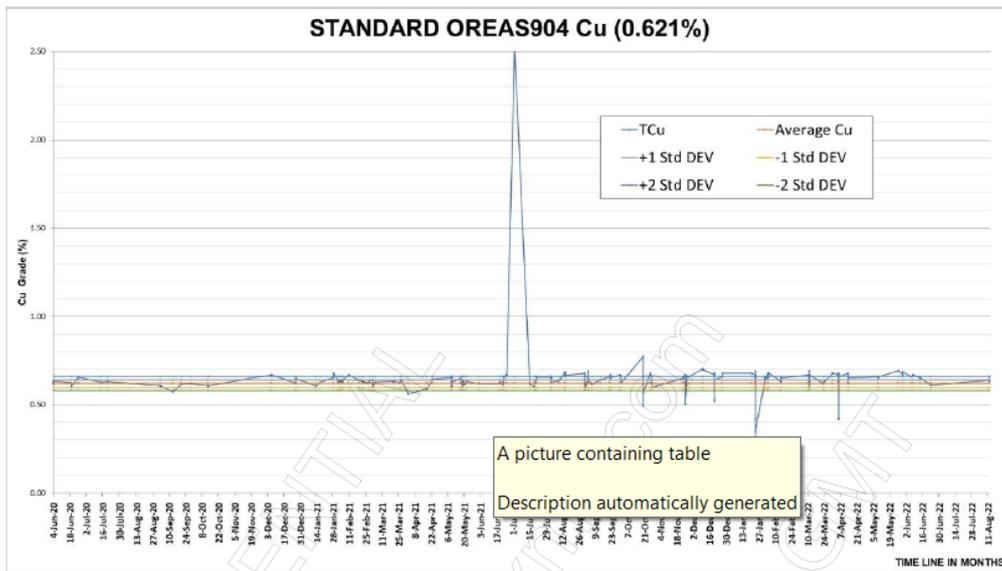


图 3-23 标准物质 (Cu=0.621%) 测试结果统计图

空白样统计结果显示也未能达到 QAQC 标准，可能是样品污染或者标样矿化，图 3-24。

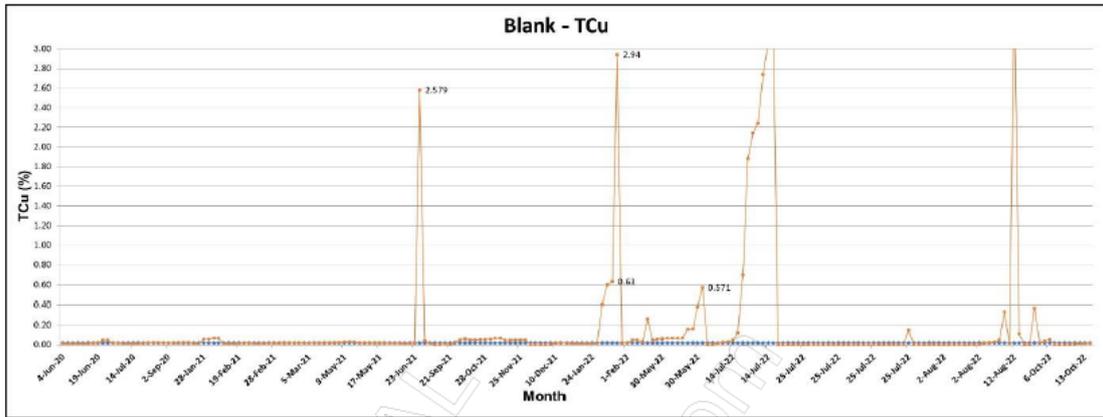


图 3-24 空白样测试结果统计图

重复样测试结果表现较好，仅有少量样品较差，见图 3-25。

鲁班比项目地质部门每月 QAQC 报告，总结矿山实验室在标准样 (CRM)、空白样、测试副样和重复样等方面的每月情况。

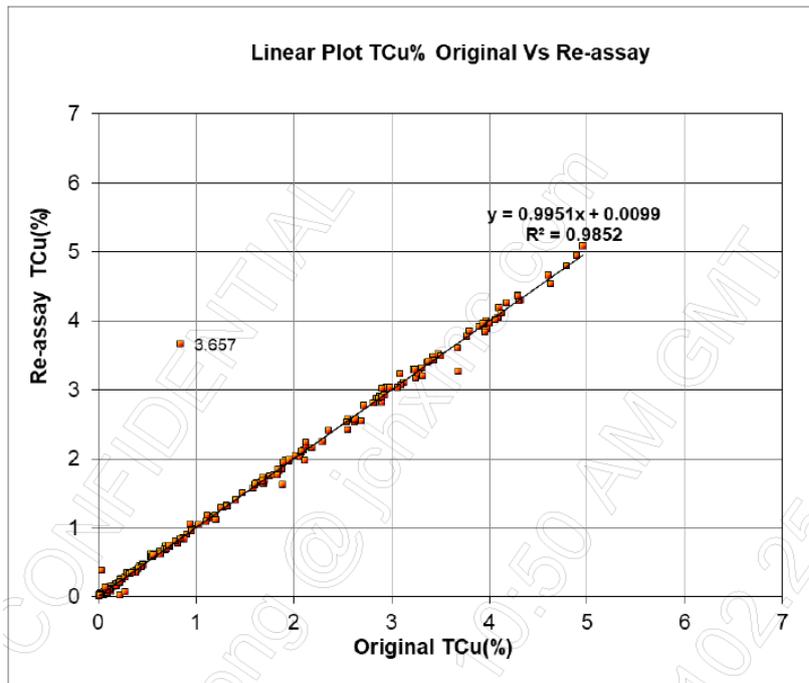


图 3-25 重复样测试结果统计图

虽然井下样品分析还有改进的空间，但钻孔分析数据是可接受的。对于不合格批次的样品在估算中进行资源量估算降级处理，以客观反应数据的不确定性。

### (9) 小体重

2013 年，374 个样品 ( $2\text{cm}^3$ ) 小体重平均值为  $2.57\text{g}/\text{cm}^3$ ，之后使用 15cm 长岩心的小体重平均值  $2.58\text{g}/\text{cm}^3$ ，几乎相同。

从 2007 年到 2014 年，Alfred H Knight 实验室 (赞比亚) 进行 1,186 个样本

体重值，平均为 2.58g/cm<sup>3</sup>，采用蜡浸法进行测定。总共有 2,372 个测量值，平均为 2.57g/cm<sup>3</sup>。

资源量模型采用小体重为 2.57g/cm<sup>3</sup>。

鲁班比项目地质实验室使用蜡封排水法进行小体重测试，近些年完成几百件井下钻孔样品小体重测试，见表 3-9。这些样品测试在空间分布范围有限，QAQC 还在建立中。未使用在资源量估算中。

表 3-9 鲁班比项目矿山小体重测试总结

Table 30 – Summary of Density Sampling by Mineralisation and Formation

| Formation          | Samples         | Minimum     | Maximum     | Average     | StdDev      |      |
|--------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| N/A                | 233             | 1.96        | 2.89        | 2.56        | 0.19        |      |
|                    | 233             | 1.96        | 2.89        | 2.56        | 0.19        |      |
| KAFU               | 15              | 2.18        | 2.96        | 2.60        | 0.21        |      |
|                    | Mineralised     | 13          | 2.28        | 2.96        | 2.64        | 0.19 |
|                    | Non-mineralised | 2           | 2.18        | 2.53        | 2.36        | 0.25 |
| OS1                | 122             | 2.14        | 2.97        | 2.65        | 0.18        |      |
|                    | Mineralised     | 114         | 2.14        | 2.97        | 2.65        | 0.18 |
|                    | Non-mineralised | 8           | 2.25        | 2.73        | 2.63        | 0.17 |
| OS2                | 46              | 2.40        | 2.98        | 2.66        | 0.12        |      |
|                    | Mineralised     | 33          | 2.40        | 2.84        | 2.64        | 0.12 |
|                    | Non-mineralised | 13          | 2.50        | 2.98        | 2.70        | 0.12 |
| OS3                | 1               | 2.34        | 2.34        | 2.34        |             |      |
|                    | Non-mineralised | 1           | 2.34        | 2.34        | 2.34        |      |
| <b>Grand Total</b> | <b>417</b>      | <b>1.96</b> | <b>2.98</b> | <b>2.60</b> | <b>0.19</b> |      |

#### 3.5.1.2 矿体圈连

圈连矿体原则上使用了 TCu≥1%且厚度不低于 2m，并考虑了地质连续性，在 OS1（主要）、OS2、OS3 及连续矿化的底板中圈连矿体。

#### 3.5.1.3 样品组合

褶曲展平样品组合 1m 处理。

#### 3.5.1.4 特高品位处理

特高品位处理对 TCu 的变异系数影响很小，对 AsCu 有明显效果。单独区域分布的统计分析没有做特高品位处理的基础。因此，资源量估算中没有开展特高品位处理。

#### 3.5.1.5 厚度品位关系

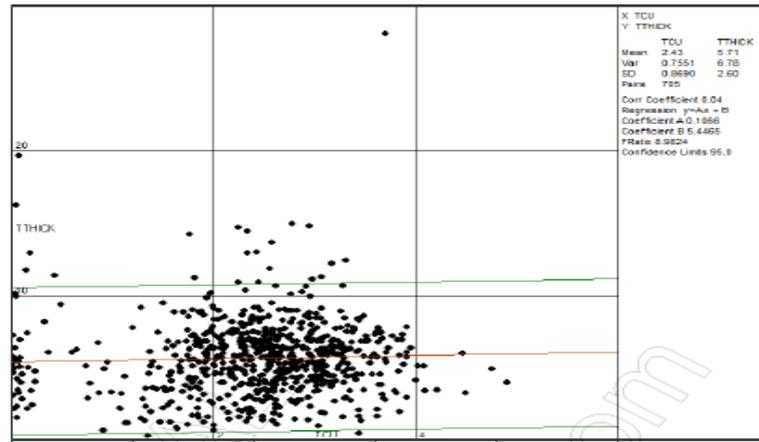


图 3-26 矿体厚度-品位散点图

由图 3-26 可知，矿体真厚度与 TCU 品位变化没有线性关系。

### 3.5.1.6 变异函数模型

矿体变异函数模型参数见表 3-10 和表 3-11。

表 3-10 东翼变异函数模型参数

| Variable | Nugget | First Structure (Spherical) |       |            |       | Second Structure (Spherical) |       |            |       | Total Sill | Major <sup>54</sup> |     | Semi-major |     | Minor |     |
|----------|--------|-----------------------------|-------|------------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|------------|---------------------|-----|------------|-----|-------|-----|
|          |        | Sill                        | Major | Semi-major | Minor | Sill                         | Major | Semi-major | Minor |            | Azi                 | Plu | Azi        | Plu | Azi   | Plu |
| TCU      | 0.28   | 0.43                        | 35    | 25         | 3.75  | 0.29                         | 150   | 100        | 20    | 1.00       | 20                  | 0   | 110        | 0   | 20    | 90  |
| ASCU     | 0.22   | 0.22                        | 25    | 18         | 3.75  | 0.56                         | 110   | 75         | 20    | 1.00       | 20                  | 0   | 110        | 0   | 20    | 90  |

表 3-11 南翼变异函数模型参数

| Variable | Nugget | First Structure (Spherical) |       |            |       | Second Structure (Spherical) |       |            |       | Total Sill | Major <sup>55</sup> |     | Semi-major |     | Minor |     |
|----------|--------|-----------------------------|-------|------------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|------------|---------------------|-----|------------|-----|-------|-----|
|          |        | Sill                        | Major | Semi-major | Minor | Sill                         | Major | Semi-major | Minor |            | Azi                 | Plu | Azi        | Plu | Azi   | Plu |
| TCU      | 0.28   | 0.43                        | 35    | 35         | 3.75  | 0.29                         | 150   | 150        | 20    | 1.00       | 320                 | 0   | 50         | 0   | 320   | 90  |
| ASCU     | 0.22   | 0.22                        | 25    | 25         | 3.75  | 0.56                         | 110   | 110        | 20    | 1.00       | 320                 | 0   | 50         | 0   | 320   | 90  |

### 3.5.1.7 克里格分析

搜索椭球体在转折段以北褶曲的倾伏，椭球在各向异性中在 NW-SE 连续性最大，转折段以南使用较弱的各向异性进行搜索。南翼中没有像东翼的褶曲的证据，可能是由于南翼的数据相对较少，见图 3-27。

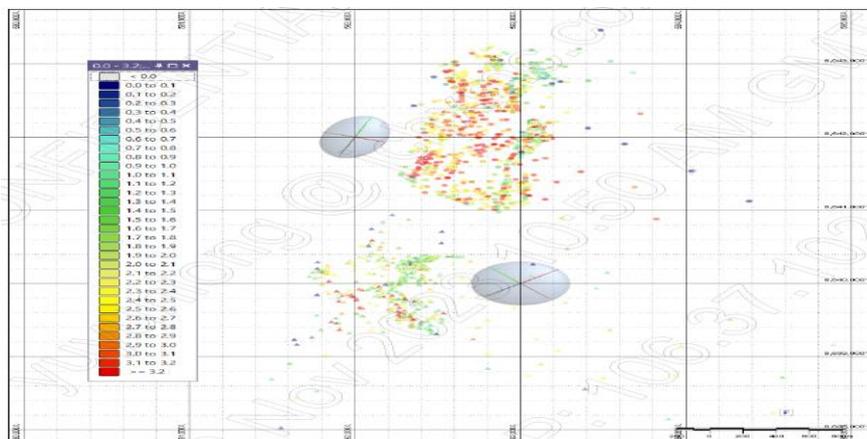


图 3-27 勘探数据展平分布图

搜索主块体尺寸根据数据(钻孔密度)稀疏程度分别为 15×15×3m、30×30×3m

和  $60 \times 60 \times 3\text{m}$ 。使用  $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$  最小子块尺寸。

### 3.5.1.8 资源量分级

含矿层位被褶曲也可能发育断层。褶曲不但发育在相对大的尺度，同时在更小的范围内也有发生，见图 3-28。2019 年地质咨询报告中解译出在 R2 和 R5 发育明显的构造，见图 3-29。

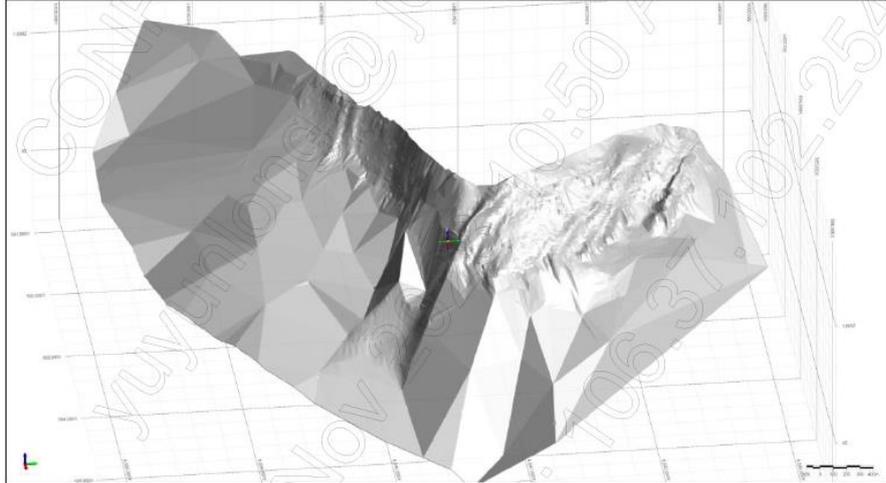


图 3-28 矿（化）体形态解译图

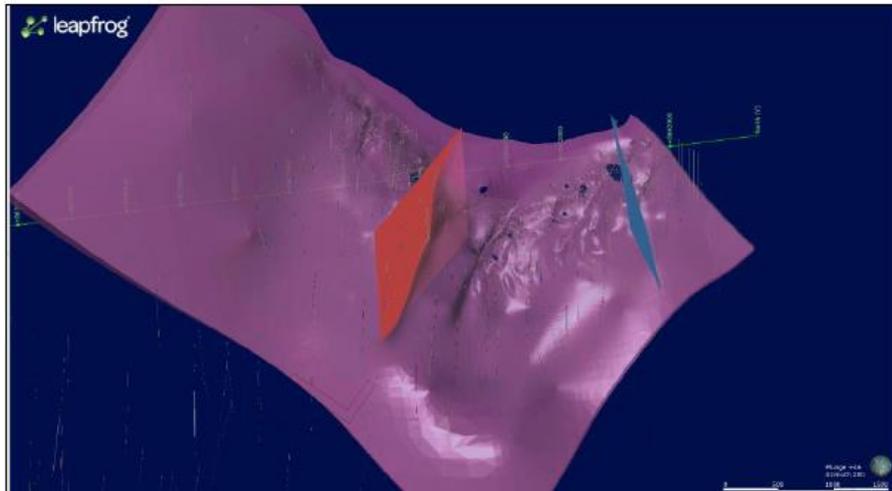


图 3-29 R3 和 R5 解译构造

使用“EstClass”分来来确定资源的可信度。

最高置信度（EstClass = 1），如果没有其他影响因素，对应 Measured 级别资源量；

中等置信度（EstClass = 2），对应 Indicated 级别资源量

最低置信度（EstClass = 3），如果没有其他影响因素，对应 Inferred 级别资源量；

其他未定义 (EstClass = 4) , 为潜在资源。

资源分级表见表 3-12; 资源量分级分布见图 3-30。

表 3-12 资源分级表

| Group         | Variable         | EstClass   |            |           |
|---------------|------------------|------------|------------|-----------|
|               |                  | 1          | 3          | 4         |
| Data Quality  | SUM RANKs        | <= 4 AND   | > 8 OR     | >= 10 OR  |
|               | REC_PCT          | >= 75 AND  | <= 50 OR   | <= 30 OR  |
| Data Quantity | PASS (TCU)       | <= 2 AND   | >= 0.85 OR |           |
|               | KR_VAR (TCU)     | <= 0.4 AND | >= 150 OR  | >= 400 OR |
|               | CLOSEST DISTANCE | <= 40 AND  | >= 150 OR  | >= 400 OR |
|               | AVERAGE DISTANCE | <= 100 AND | >= 150 OR  | >= 400 OR |

- SUM RANKs = COLRANK + SURRANK + ASSRANK + SAMRANK
- EstClass = 2 is defined by not being = 1, 3 or 4

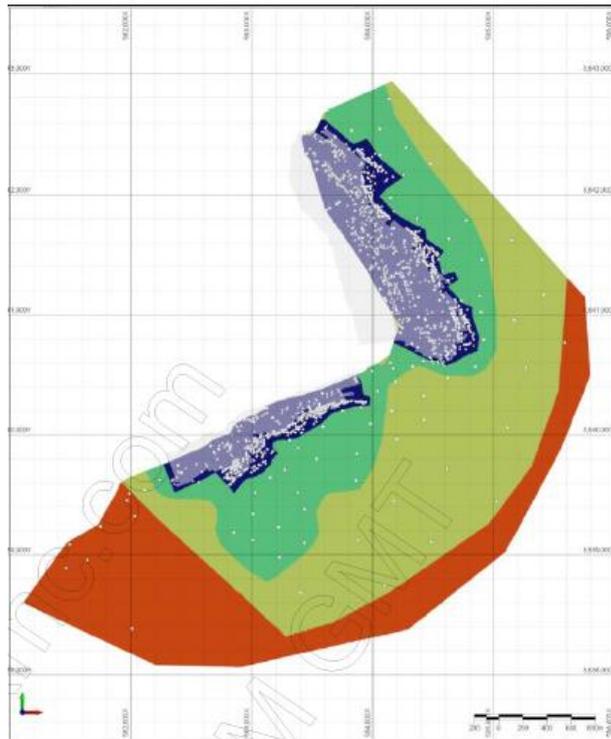


图 3-30 资源量分级分布图 (蓝-Measured, 绿-Indicated, 黄-Inferred)

### 3.5.1.9 勘探升级矿体品位和形态的变化

2022 年资源量报告中, 新增的地下钻探和表面样等工程加密后, 矿体空间位置、厚度和品位等都出现了变化, 表明矿体虽然整体层位稳定, 但矿体本身受次级构造影响, 其空间位置、厚度和品位均存在一定的复杂性。

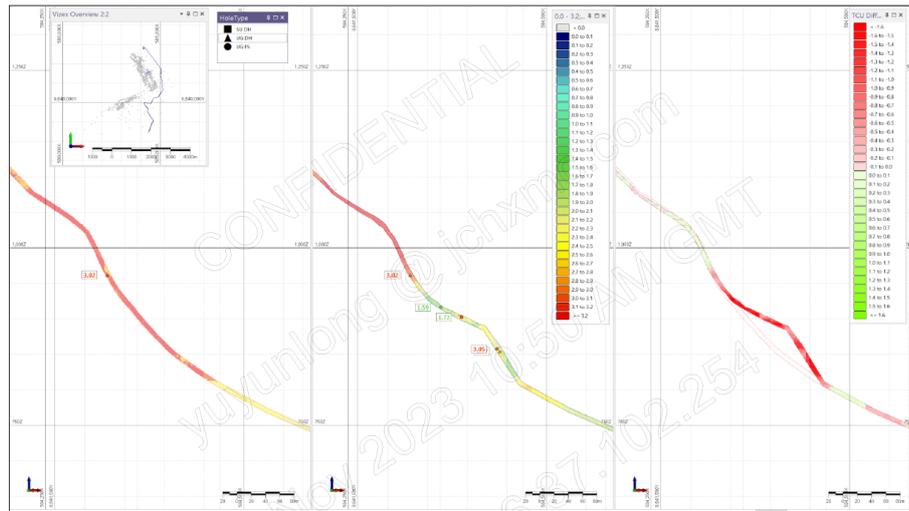


Figure 287 – Cross-section showing 2021 Model TCU and Informing TCU Data as Interval Composites (l), 2022 Model TCU and Informing TCU Data Interval Composites (m), and Differences (2022 – 2021 Proxy) in Block TCU grades (r)

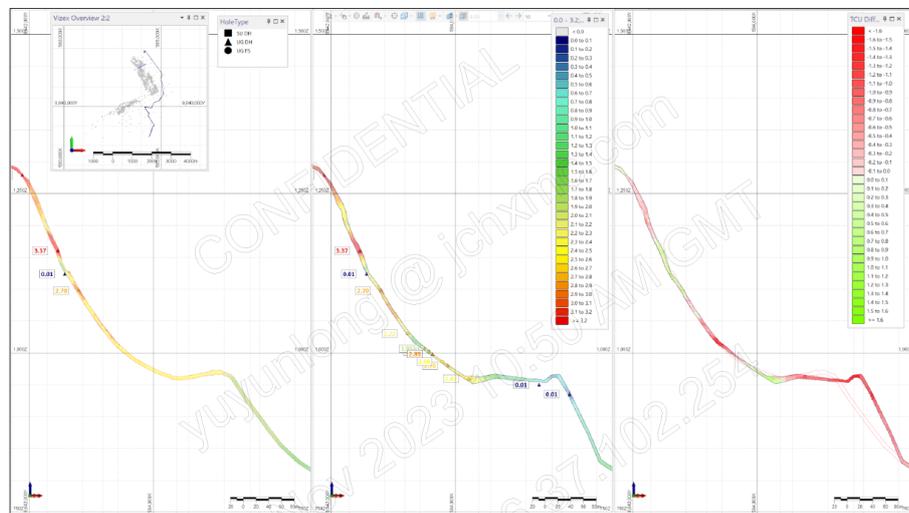


Figure 290 – Cross-section showing 2021 Model TCU and Informing TCU Data as Interval Composites (l), 2022 Model TCU and Informing TCU Data Interval Composites (m), and Differences (2022 – 2021 Proxy) in Block TCU grades (r)

图 3-31 2022 年工程加密后对比 2021 年矿体形态品位变化对比

### 3.5.2 资源量核实情况

卖方提供的现采区资源量模型文件 02.03.01.01.04.05.02 bm\_ma\_2022\_MASTERv\_DM；采空区文件为 02.03.01.01.04.04.03.12 Stopping up to 31.06.2022tr。为核实模型中的资源量，本次调查时将提供的采空区文件扣除模型中消耗资源量。资源量统计条件为“nsrt350≥60”，模型中实际统计的资源量结果见表 3-13。该结果与资源量报告中的结果误差约 1Mt，结果在合理范围。

表 3-13 矿体模型资源量统计表

| 矿段 | 资源量级别     | 卖方资源量报告结果 |         |          | 模型实际统计结果 |         |          | 误差       |         |          |
|----|-----------|-----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
|    |           | 矿石量 (Mt)  | Tcu (%) | AsCu (%) | 矿石量 (Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) | 矿石量 (Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) |
| 东翼 | Measured  | 5.00      | 2.19    | 0.21     | 4.50     | 2.19    | 0.20     | -0.50    | 0.00    | -0.01    |
|    | Indicated | 12.10     | 2.10    | 0.23     | 12.08    | 2.10    | 0.23     | -0.02    | 0.00    | 0.00     |

| 矿段  | 资源量级别     | 卖方资源量报告结果 |         |          | 模型实际统计结果 |         |          | 误差       |         |          |
|-----|-----------|-----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
|     |           | 矿石量 (Mt)  | Tcu (%) | AsCu (%) | 矿石量 (Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) | 矿石量 (Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) |
|     | Inferred  | 17.10     | 1.96    | 0.25     | 17.15    | 1.96    | 0.25     | 0.05     | 0.00    | 0.00     |
|     | 小计        | 34.20     | 2.04    | 0.24     | 33.72    | 2.04    | 0.24     | -0.48    | 0.00    | 0.00     |
| 南翼  | Measured  | 3.30      | 1.80    | 0.38     | 2.76     | 1.78    | 0.38     | -0.54    | -0.02   | 0.00     |
|     | Indicated | 14.80     | 1.98    | 0.47     | 14.80    | 1.98    | 0.47     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
|     | Inferred  | 27.30     | 1.88    | 0.44     | 27.27    | 1.88    | 0.44     | -0.03    | 0.00    | 0.00     |
|     | 小计        | 45.40     | 1.91    | 0.45     | 44.82    | 1.91    | 0.45     | -0.58    | 0.00    | 0.00     |
| 转折端 | Measured  | 0.30      | 1.91    | 0.43     | 0.23     | 1.90    | 0.42     | -0.07    | -0.01   | -0.01    |
|     | Indicated | 0.70      | 1.75    | 0.3      | 0.74     | 1.75    | 0.30     | 0.04     | 0.00    | 0.00     |
|     | Inferred  | 7.80      | 1.86    | 0.27     | 7.75     | 1.86    | 0.27     | -0.05    | 0.00    | 0.00     |
|     | 小计        | 8.80      | 1.85    | 0.28     | 8.73     | 1.85    | 0.27     | -0.07    | 0.00    | -0.01    |
| 总计  | Measured  | 8.50      | 2.03    | 0.28     | 7.49     | 2.03    | 0.27     | -1.01    | 0.00    | -0.01    |
|     | Indicated | 27.60     | 2.02    | 0.36     | 27.62    | 2.02    | 0.36     | 0.02     | 0.00    | 0.00     |
|     | Inferred  | 52.20     | 1.90    | 0.35     | 52.17    | 1.90    | 0.35     | -0.03    | 0.00    | 0.00     |
|     | 总计        | 88.30     | 1.95    | 0.35     | 87.27    | 1.95    | 0.35     | -1.03    | 0.00    | 0.00     |

### 3.5.3 资源量分布特征（2022年6月模型）

保有资源量级别分布特征，红色为 Measured 级别资源量，绿色为 Indicated 级别资源量，蓝色为 Inferred 级别资源量，见图 3-32。橙色为深部和外围潜在资源量，通过极少数钻孔控制。在空间上可以看出，资源量级别由地表向深部逐渐降低。

探明(Measured)级别资源量：位于浅部，地表钻探网度大致已达到了 150m~200m（走向）×100m~150m（倾向），局部走向上钻孔间距可达 100m，局部倾向上钻孔间距可达 50m；地下生产探矿钻孔进一步加密至了约 40m（走向）×25m（倾向）网度。

控制(Indicated)级别资源量：均由地表钻孔控制，地表钻探网度大致在 300m~400m（走向）×200m~300m（倾向），局部走向上钻孔间距可达 500m 左右。

推断(Inferred)级别资源量：均由地表钻孔控制，地表钻探网度大致 600m（走向）×500m（倾向），Indicated 外推部分无钻孔控制，Inferred 资源量未外推。

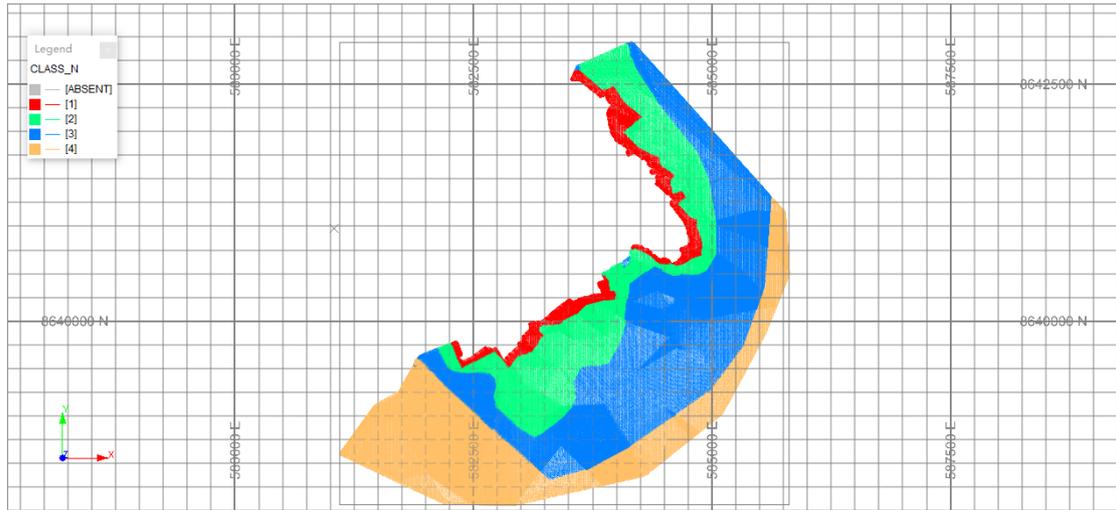


图 3-32 鲁班比项目资源量分级分布图

保有分布情况，按照 TCu 品位 Cutoff 从 1%、1.35% 和 1.8% 设置，矿体的连续性逐渐降低。Cutoff>1.8% 时，矿体在转折段浅部出现大范围天窗，说明转折段浅部品位较低，因此未进行开采，与目前开采范围吻合。尽管深部矿体较高品位连续性较好，但是位于 Inferred 级别资源量，资源的可靠程度低。

从不同 Cutoff 品位设置对比可知，提升 Cutoff 值对矿床平均品位提升并不是非常明显，但对于总体矿石量影响较大，矿体连续性变差。说明矿床整体品位区间相对集中，综合考虑矿石量、矿体连续性和经济性，选择 Cutoff 在 1.3% 比较合理。不同 Cutoff 品位的分布图见图 3-33~3-36；资源量统计见表 3-14~3-17。

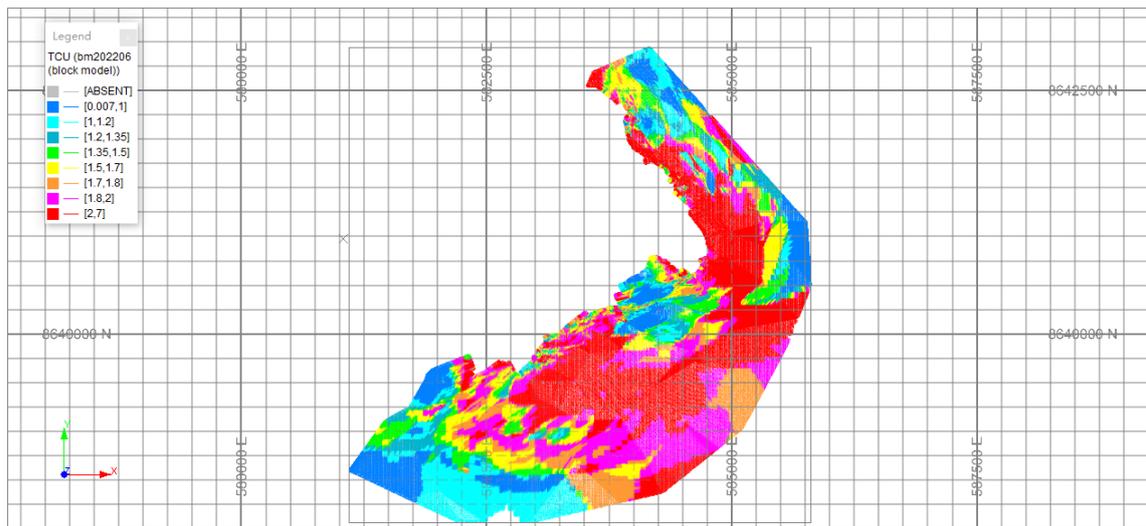


图 3-33 鲁班比项目矿体 TCu 品位分布图（未设置 Cut-off）

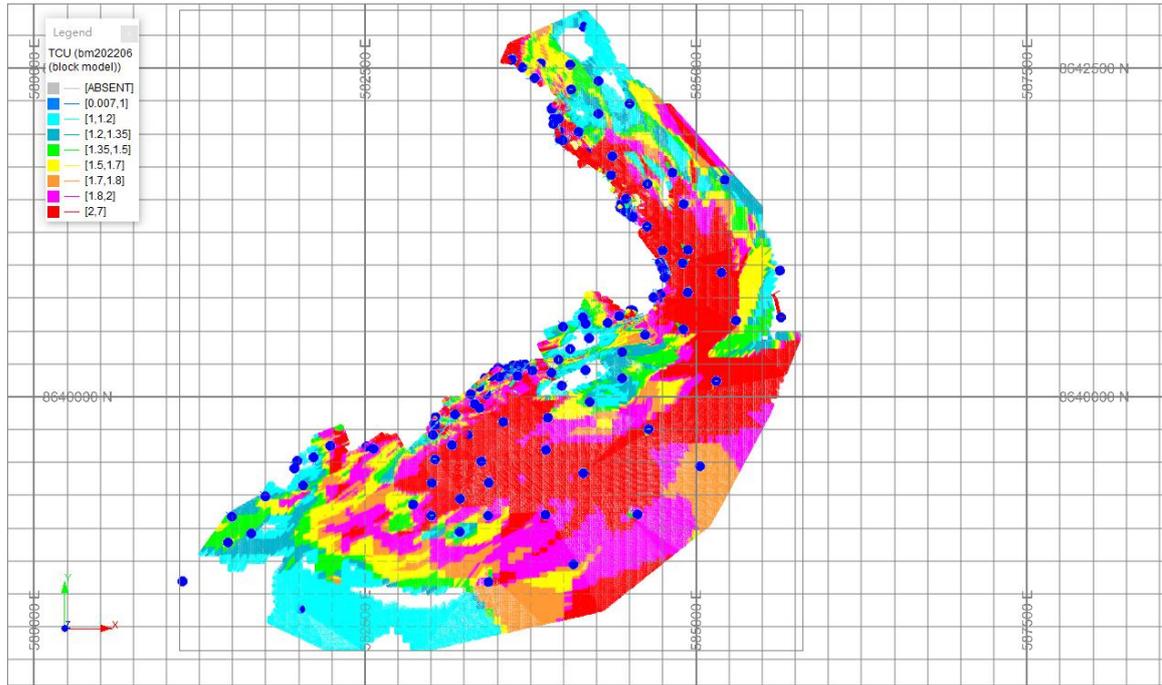


图 3-34 鲁班比项目矿体 TCu 品位分布图 (Cutoff>1%)

表 3-14 资源量统计表 (Cutoff>1%)

| 矿段  | 资源量级别     | 矿石量 (Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) | NSR/t (\$) |
|-----|-----------|----------|---------|----------|------------|
| 东翼  | Measured  | 4.80     | 2.12    | 0.20     | 116        |
|     | Indicated | 12.83    | 2.04    | 0.23     | 111        |
|     | Inferred  | 18.28    | 1.90    | 0.24     | 101        |
|     | 小计        | 35.92    | 1.98    | 0.23     | 107        |
| 转折段 | Measured  | 0.23     | 1.90    | 0.42     | 95         |
|     | Indicated | 0.77     | 1.73    | 0.30     | 88         |
|     | Inferred  | 7.80     | 1.86    | 0.27     | 97         |
|     | 小计        | 8.81     | 1.85    | 0.27     | 96         |
| 南翼  | Measured  | 2.96     | 1.74    | 0.38     | 86         |
|     | Indicated | 15.98    | 1.92    | 0.46     | 95         |
|     | Inferred  | 29.08    | 1.83    | 0.44     | 90         |
|     | 小计        | 48.02    | 1.86    | 0.44     | 92         |
| 总计  | Measured  | 7.99     | 1.97    | 0.27     | 105        |
|     | Indicated | 29.58    | 1.97    | 0.36     | 102        |
|     | Inferred  | 55.17    | 1.86    | 0.35     | 95         |
|     | 总计        | 92.75    | 1.90    | 0.34     | 98         |

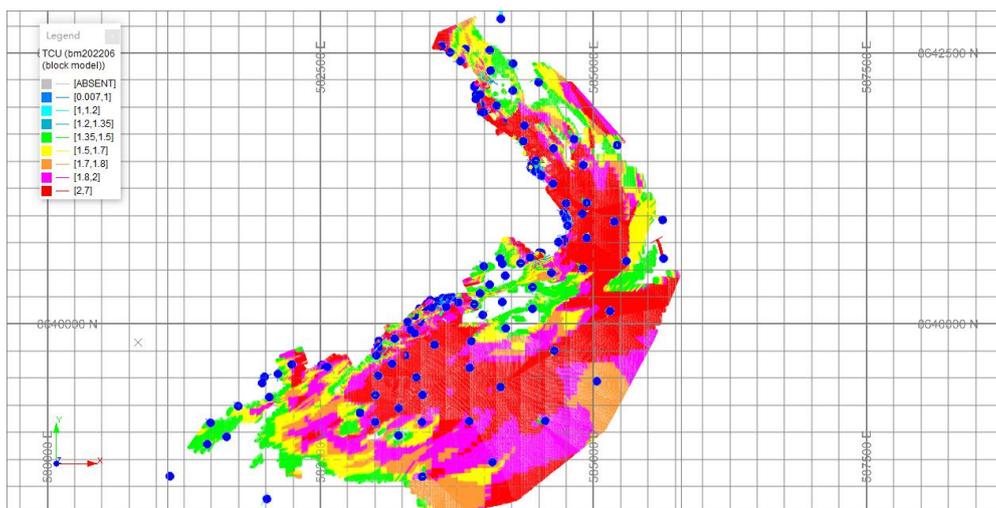


图 3-35 鲁班比项目矿体 TCU 品位分布图 (Cutoff>1.35%)

表 3-15 资源量统计表 (Cutoff>1.35%)

| 矿段  | 资源量级别     | 矿石量(Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) | NSR/t (\$) |
|-----|-----------|---------|---------|----------|------------|
| 东翼  | Measured  | 4.35    | 2.22    | 0.20     | 123        |
|     | Indicated | 10.76   | 2.20    | 0.25     | 120        |
|     | Inferred  | 15.04   | 2.06    | 0.27     | 110        |
|     | 小计        | 30.15   | 2.13    | 0.25     | 116        |
| 转折段 | Measured  | 0.23    | 1.91    | 0.42     | 95         |
|     | Indicated | 0.73    | 1.76    | 0.30     | 90         |
|     | Inferred  | 7.01    | 1.92    | 0.28     | 101        |
|     | 小计        | 7.96    | 1.91    | 0.28     | 100        |
| 南翼  | Measured  | 2.63    | 1.80    | 0.40     | 89         |
|     | Indicated | 14.63   | 1.99    | 0.48     | 99         |
|     | Inferred  | 26.24   | 1.90    | 0.46     | 94         |
|     | 小计        | 43.50   | 1.93    | 0.46     | 95         |
| 总计  | Measured  | 7.20    | 2.06    | 0.28     | 110        |
|     | Indicated | 26.12   | 2.07    | 0.38     | 107        |
|     | Inferred  | 48.29   | 1.96    | 0.37     | 100        |
|     | 总计        | 81.61   | 2.00    | 0.37     | 103        |

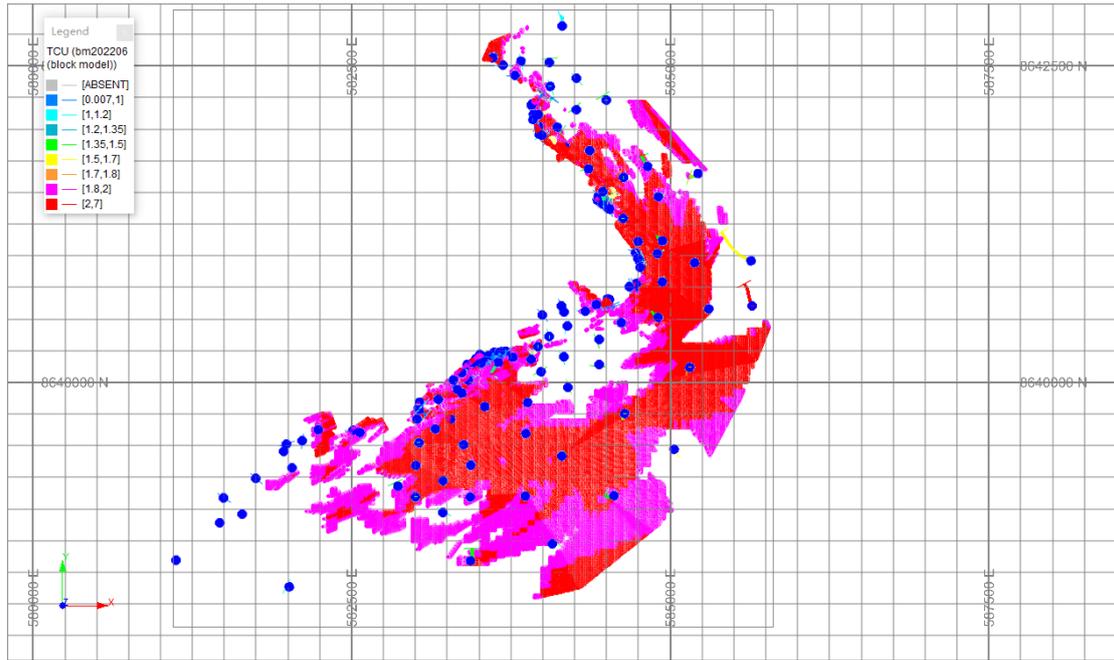


图 3-36 鲁班比项目矿体 TCu 品位分布图 (Cutoff>1.8%)

表 3-16 资源量统计表 (Cutoff>1.8%)

| 矿段  | 资源量级别     | 矿石量(Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) | NSR/t (\$) |
|-----|-----------|---------|---------|----------|------------|
| 东翼  | Measured  | 3.55    | 2.36    | 0.22     | 131        |
|     | Indicated | 7.11    | 2.53    | 0.30     | 140        |
|     | Inferred  | 9.71    | 2.34    | 0.32     | 126        |
|     | 小计        | 20.37   | 2.41    | 0.29     | 132        |
| 转折段 | Measured  | 0.13    | 2.10    | 0.46     | 106        |
|     | Indicated | 0.30    | 1.91    | 0.29     | 99         |
|     | Inferred  | 4.25    | 2.12    | 0.30     | 112        |
|     | 小计        | 4.68    | 2.10    | 0.30     | 111        |
| 南翼  | Measured  | 1.25    | 2.01    | 0.50     | 99         |
|     | Indicated | 10.99   | 2.12    | 0.50     | 106        |
|     | Inferred  | 17.03   | 2.04    | 0.47     | 102        |
|     | 小计        | 29.27   | 2.07    | 0.48     | 103        |
| 总计  | Measured  | 4.93    | 2.27    | 0.30     | 122        |
|     | Indicated | 18.40   | 2.27    | 0.42     | 119        |
|     | Inferred  | 30.99   | 2.14    | 0.40     | 111        |
|     | 总计        | 54.32   | 2.20    | 0.40     | 115        |

表 3-17 鲁班比项目-500m 以上资源统计表 (据 2022.6 模型)

| 矿段  | 资源量级别     | 矿石量(Mt)      | Tcu (%)     | AsCu (%)    |
|-----|-----------|--------------|-------------|-------------|
| 东翼  | Measured  | 4.50         | 2.19        | 0.20        |
|     | Indicated | 12.05        | 2.10        | 0.23        |
|     | Inferred  | 2.33         | 2.04        | 0.29        |
|     | 小计        | <b>18.88</b> | <b>2.11</b> | <b>0.23</b> |
| 转折段 | Measured  | 0.23         | 1.90        | 0.42        |

| 矿段 | 资源量级别     | 矿石量(Mt)      | Tcu (%)     | AsCu (%)    |
|----|-----------|--------------|-------------|-------------|
|    | Indicated | 0.74         | 1.75        | 0.30        |
|    | Inferred  | 2.97         | 1.55        | 0.22        |
|    | 小计        | <b>3.94</b>  | <b>1.61</b> | <b>0.25</b> |
| 南翼 | Measured  | 2.76         | 1.78        | 0.38        |
|    | Indicated | 14.80        | 1.98        | 0.47        |
|    | Inferred  | 19.63        | 1.86        | 0.48        |
|    | 小计        | <b>37.19</b> | <b>1.90</b> | <b>0.47</b> |
| 总计 | Measured  | 7.49         | 2.03        | 0.27        |
|    | Indicated | 27.59        | 2.03        | 0.36        |
|    | Inferred  | 24.93        | 1.84        | 0.43        |
|    | 总计        | <b>60.01</b> | <b>1.95</b> | <b>0.38</b> |

鲁班比项目资源在垂向上，以目前 Indicated 资源级别标高在-500m 附近，在 -500m 以上的资源量情况进行了统计，矿石量为 6001 万吨，TCu 平均品位为 1.95%，AsCu 平均品位为 0.38%。其中，Measured+Indicated 矿石量为 3508 万吨，TCu 平均品位为 2.03%，AsCu 平均品位为 0.34%。矿体不同资源级别纵投影图见图 3-37。

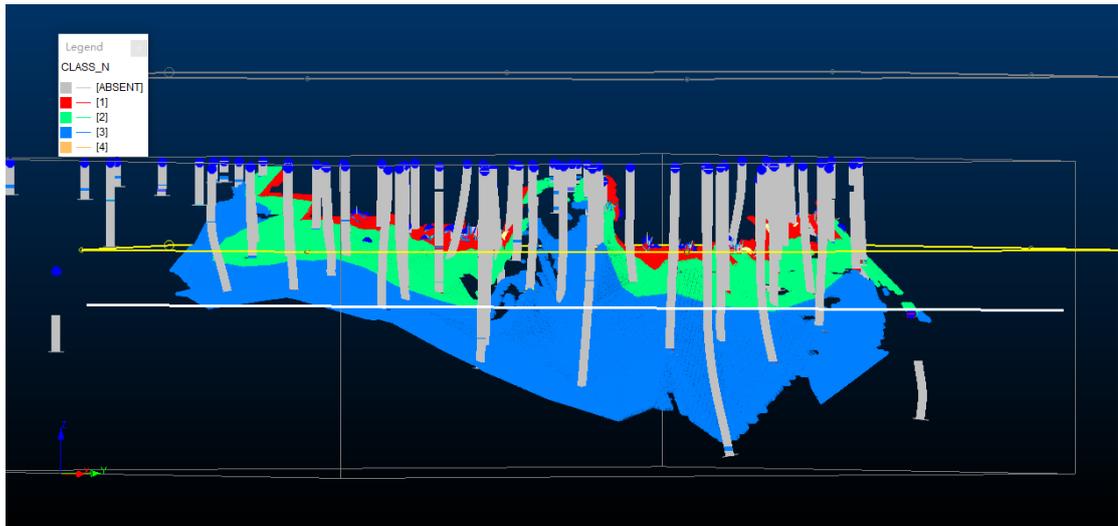


图 3-37 矿体不同资源级别纵投影图（白线为-500m 标高）

### 3.6 资源潜力情况

#### 3.6.1 南翼矿段 R1 西侧潜在资源

南翼矿段 R1 以西潜在矿产资源 1800 万吨，TCu 平均品位 1.11%，AsCu 平均品位 0.32%。潜力区由 9 个历史地表钻探稀疏控制。这部分潜力资源位于尾矿

库下面，矿化体在走向和倾向上未封闭。历史钻孔揭露含矿层位 OS1 标高为 87m 至 239m，上盘围岩厚度为 17m 至 115m。地表没有发现矿化露头。南翼西侧低品位矿化潜力区见图 3-38；南翼西侧潜力区历史钻孔数据见表 3-18。

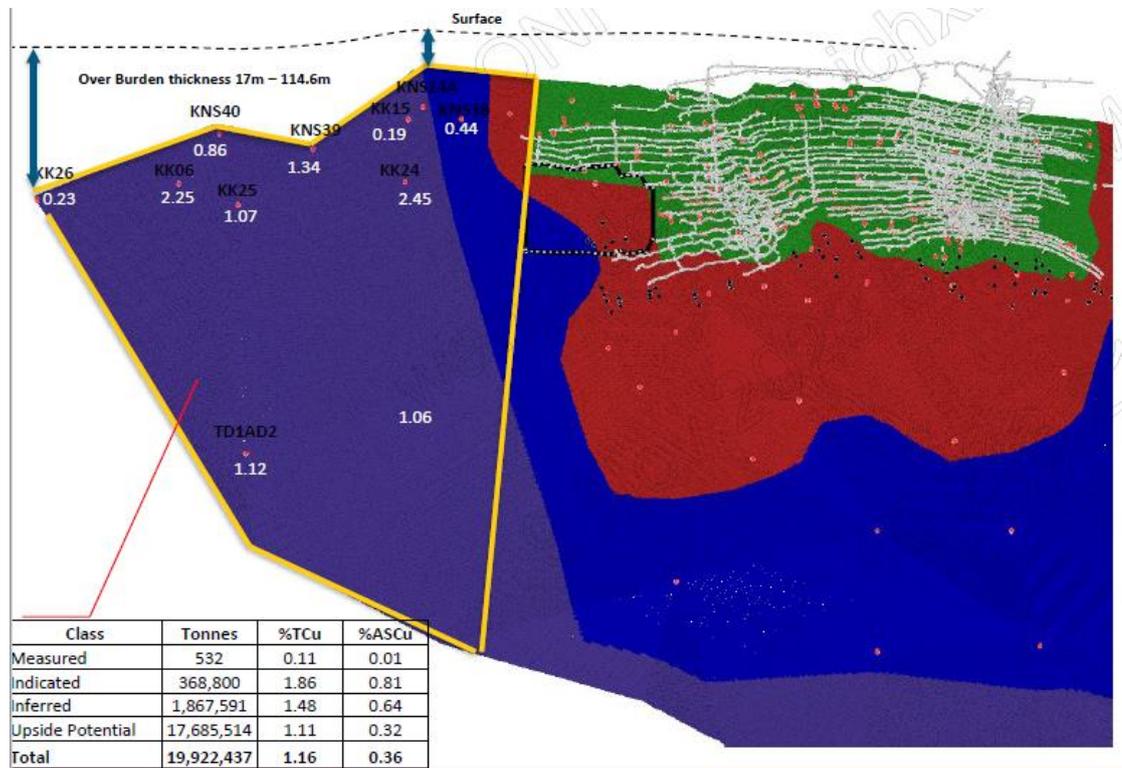


图 3-38 南翼西侧低品位矿化潜力区

表 3-18 南翼西侧潜力区历史钻孔数据  
Table 1 – Surface historical drillholes

| BHID   | From   | To     | %TCu | %ASCu |
|--------|--------|--------|------|-------|
| KK26   | 133.20 | 140.51 | 0.23 | 0.07  |
| KK06   | 149.96 | 151.79 | 2.25 | 0.20  |
| KK25   | 213.97 | 216.41 | 1.07 | 0.05  |
| KNS40  | 86.30  | 88.90  | 0.86 | 0.29  |
| KNS39  | 163.80 | 166.13 | 1.34 | 0.25  |
| KK15   | 109.12 | 112.78 | 0.15 | 0.03  |
| KK24   | 240.18 | 243.54 | 2.45 | 0.75  |
| KNS24A | 90.00  | 97.00  | 0.09 | 0.01  |
| KNS38  | 105.70 | 110.65 | 0.44 | 0.34  |
| TD1AD2 | 190.00 | 191.60 | 1.12 | 0.32  |

### 3.6.2 矿权东北部勘探空白区潜力

据鲁班比项目地质经理介绍矿权东北部范围(白色线框)未开展过勘查工作。鲁班比项目位于 Musoshi-L 矿-L 矿拓展区-Konkola 矿带中部，东翼矿段矿体向东基本由钻孔控，无向东延伸潜力。刚果(金)一侧 Luina 穹窿下罗安亚群层位

发育 Kinsenda 铜矿，如果该层位向南进入赞比亚一侧深部，可能会成为深部的找矿层位。建议开展矿权东北部勘探空白区综合研究工作。矿权未开展勘查工作区见图 3-39 和图 3-40。

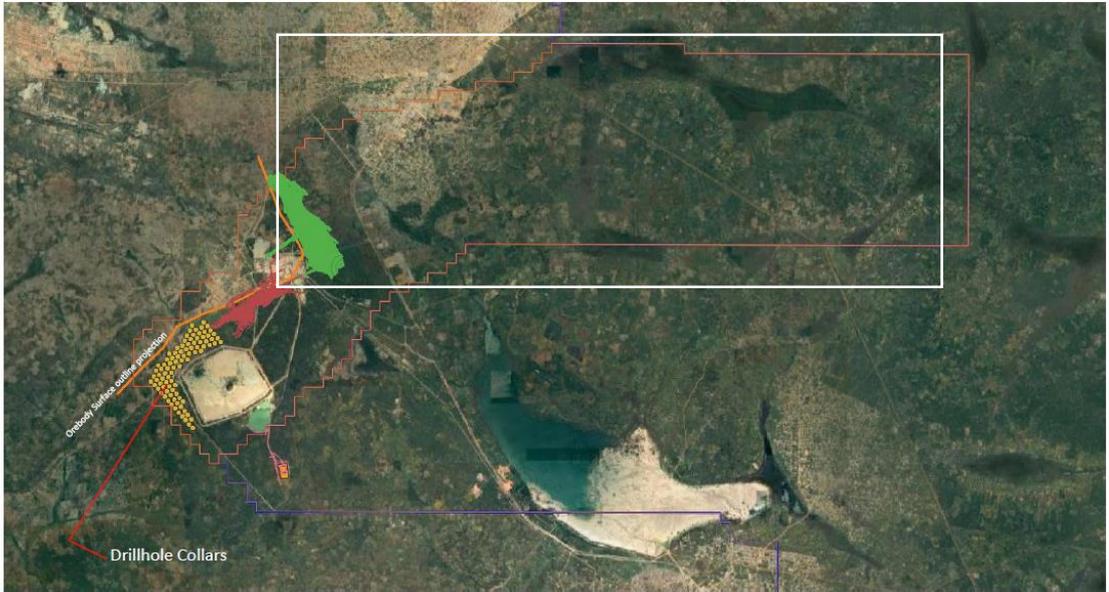


图 3-39 矿权未开展勘查工作区（白色线框）

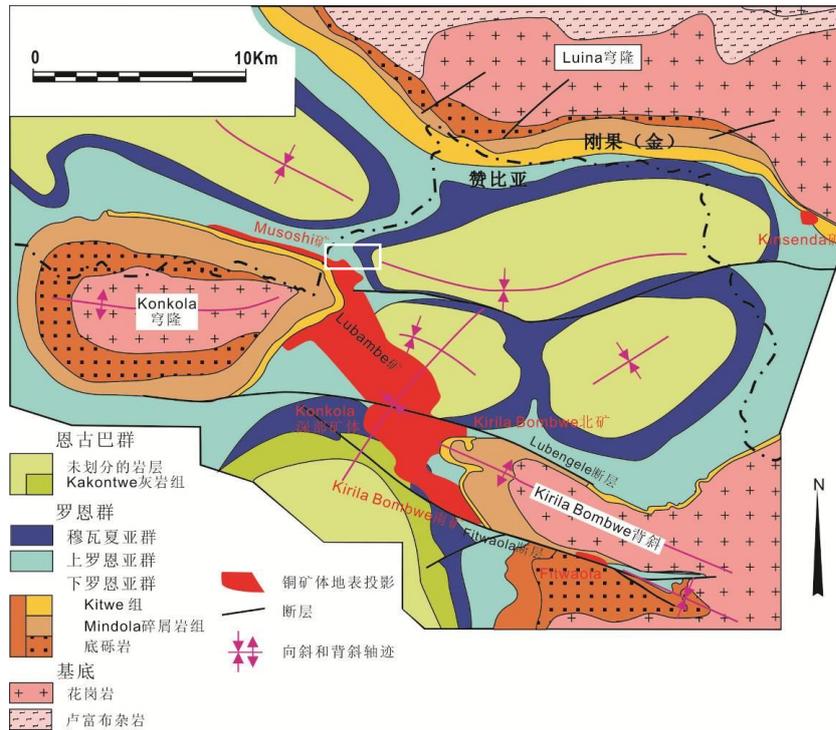


图 3-40 矿权未开展勘查工作区（白色线框）

### 3.7 矿床水文地质

#### 3.7.1 矿区自然地理概况

LCM 矿区海拔 1350m~1370m，地势从 Konkola 村向南、向东和向西降低，2 号竖井区域朝向 Kafue 河，该河位于 2 号竖井南部约 10km 处，海拔+1240m~+1260m。LCM 距离 KCM 矿 8km，LE（拓展区）位于 LCM 东南 5.5km 处的 Lubengele TSF 附近，与 KCM 相距 3km，各矿区地理位置见图 3-41。

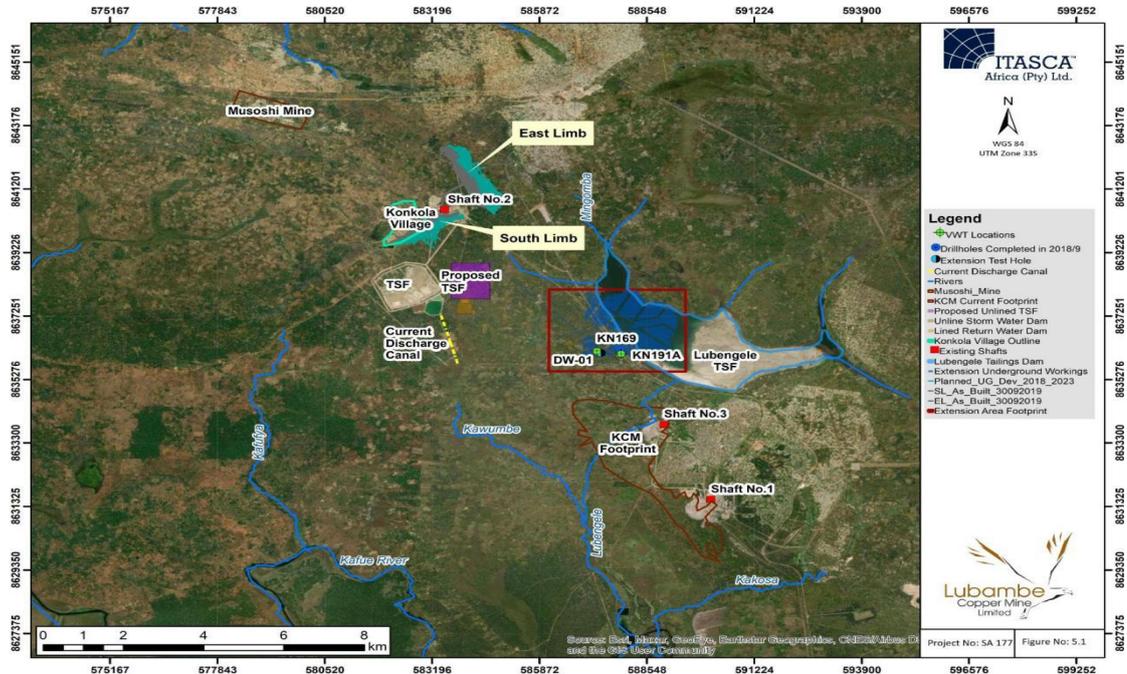


图 3-41 LCM 和 LE 项目区域的卫星图

Mingomba 河和 Kafufya、Kawumbe、Lubungele 等几条较小的河流流经鲁班比矿区，大多是常年性河流，补给源主要是基流和大气降水。Mingomba 河流入 Lubengele 山区，通过 Lubengele 河道流出，流入 Kafue 河，再流经 KCM 矿区。目前，LCM 尾矿库和雨水坝的泄洪点通过一条水渠汇入 Kawumbe 支流的湿地。

根据 Köppen 气候分类系统，鲁班比的气候被划分为温带气候，冬季干燥，夏季炎热潮湿。作为湿润的亚热带气候，这里有两个主要季节，11 月至 3 月为雨季，4 月至 10 月为干季。鲁班比地区年平均降雨量约为 1200mm，降雨量最大的月份为 12 月和 1 月。

LCM 周边有两座相邻矿山，分别为在产的 KCM 矿和停采被淹的 Musoshi 矿。

KCM 有 3 个竖井（1#、3#、4#），目前排水量约 35 万 m<sup>3</sup>/d。

Musoshi 的井口标高+1338m，建有一个 475 m 深的竖井，1968~1983 年开采，开采最深至 700m~800m 左右。地面选矿厂的年产能为 150 万吨。1983 年之后关闭至今，2020 年矿井淹没水位埋深 157m。

### 3.7.2 矿区水文地质

#### 3.7.2.1 含(隔)水层(组)

矿区主要含水层从上到下可划分为：风化潜水含水层、Chingola 白云岩含水层、Konkola 砾岩含水层、Kafufya 长石砂岩含水层、FWQ 裂隙石英岩与 LPC 孔隙砾岩含水层（见图 3-）。其中，Kafufya 长石砂岩含水层、FWQ 裂隙石英岩与 LPC 孔隙砾岩属于下盘含水层（The Footwall Aquifers, FWA）；Chingola 白云岩含水层、Konkola 砾岩含水层属于上盘含水层（The Hangingwall Aquifers,HWA）。LE 区域钻孔最深只揭露到 Kafufya 长石砂岩含水层，见图 3-42。

| 含隔水层                      | 含隔水性         | 厚度       | 岩性 | 岩性描述   |
|---------------------------|--------------|----------|----|--|
| 风化带                       | 含水层          | >50m     |    | 所有地层靠近地表部分都经过了较深的风化，形成了一个较厚的腐生带  |
| Mwashia                   | 隔水层          | 300~600m |    | Breccia conglomerate组向上延伸至完整的层状白云岩粉砂岩、碳质页岩和石灰岩，共有6段。<br>MW2段为层状绿灰色白云质粉砂岩，局部被白色白云岩大量置换，并破坏沉积构造。有磁黄铁矿和少量黄铁矿沉积。MW3段为黄铁矿碳质白云岩页岩，含少量方解石脉。MW4段为层状白云质粉砂岩，沿层理发育20-30%硬石膏。MW5段由互层白云岩和白云质粉砂岩组成，可见大量浸染状、脉状硬石膏。顶部发育一个约30m藻类白云岩单元。MW6段为细粒白云岩，其颜色从底部的粉红色到白色到灰色。溶蚀腔和缝合线贯穿始终。  |
| Chingola Dolomite         | 含水层          | 100~450m |    | 主要是受白云岩化程度的影响。白云石置换体的特征是赤铁矿染色，颜色从粉红色-红色。顶部为约20m厚的富赤铁矿长石砂岩层。<br>长石、粉砂岩和砂砾岩互层。波纹交叉层理，旋回从SWG底部的5cm厚向上增加到顶部的约50cm厚。<br>粉红-红色碎屑支撑砾岩，下部接触面受侵蚀。砾石主要为钾长石卵石平均大小为7-8mm，最大可达40mm。   |
| Shale with Grit (SWG)     | 隔水层 (弱渗透)    | 40~100m  |    | OS1段不整合覆盖在Kafufya组的砾岩或长石砂岩上，是该地区的主要含矿层。该层真厚度3~12m。岩性为页岩、细粒粉砂岩，偶有薄砂状透镜体（优先被氧化和浸出）。该段已部分白云石化，形成薄白色夹层；而北部白云化程度降低。OS2段为5~30m厚的粉砂岩和细粒长石砂岩互层，长石颗粒大小和比例均呈上升趋势。OS1和OS2分界为第一层明显的细粒长石层底部，层厚厘米到分米级。OS2到OS3的过渡是渐变的。OS3为中粗粒长石砂岩，部分粗粒通常被钾长石取代，该段厚度变化很大（钻厚3~213m）。OS4段为长石砂岩与粉砂岩（次要）互层，钻厚83~310m。OS5段为0~47米厚的粉砂岩-页岩-白云岩序列，外观与OS1相似。OS5是Kankola北部地区的标志层，经常被细粒黄铜矿矿化。在某些钻孔中，OS5段发育为粉砂岩和长石砂岩互层，即OS6成层，钻厚3m到22m不等 |
| Konkola+OS6               | 含水层          | 20m      |    |  |
| Nchanga (OS1~OS5)         | 隔水层          | 250m     |    |  |
| Kafufya(KAF)              | 含水层          | 20~>200m |    | 长石砂岩和砾岩互层，其次为泥质岩，大规模的交错层理，扇状河中部洪积扇沉积环境。Konkola North的大部分钻孔终止于OS1段下方约30m处，该区域典型的灰色、多孔、块状结构的长石砂岩，含有大量的溶蚀空腔。在东翼，该层序被一层10-15m厚的砾岩覆盖，在南翼和中部歼灭。砾岩为碎屑结构，平均卵石尺寸为12mm，钾长石和长石屑为主，长石含量为10-15%（多为次生长石）。整个地层被氧化，形成典型的“红层”序列   |
| Argillaceous Sandstone    | 隔水层          | 60m      |    | 泥岩与砂岩互层  |
| Footwall Aquifer(FWQ) LPC | 含水层 (LCM未揭露) | 140~150m |    | 在Konkola North地区，加丹甘沉积序列不整合覆盖在粗斑岩花岗岩之上。花岗岩体在东南以Muliashi斑岩、东北以Luina穹窿出露。矿物成分为微斜长石斑晶。Konkola穹窿由Kibaran时代的侵入岩和变质岩组成。  |

图 3-42 矿区含（隔）水层示意柱状图

参考 KCM 矿区资料，各含水层由老到新描述如下：

#### (1)FWQ 裂隙石英岩与 LPC 孔隙砾岩含水层

该含水层目前在 LCM 并未揭露，但 KCM 揭露该含水层，KCM 资料显示该含水层约在下盘以下 300m，FWQ 裂隙石英岩含水层厚约 100m，灰色块状中粒

石英岩，底部 100m 节理和裂隙极其发育。大量节理和充填的石膏脉中含有大量的地下水，水压高，威胁大，在高水压下产生长期的大量涌水。LPC 孔隙砾岩含水层，主要为石英岩和砾岩构成，下面砾岩的粒径大、胶结不良、多孔，相较 FWQ 的裂隙含水层释水缓慢，在背斜轴部砾石颗粒大、张裂隙发育，富水性强，是造成 KCM 防治水难题的主要原因。

### (2)Kafufya 长石砂岩含水层

KCM 勘探钻孔揭露的 Kafufya 组上部 30m 为灰色、多孔、块状长石砂岩，顶部 200 m 比 Mushoshi 和 KCM 区域的矿石页岩 OS 组下面的 Lower Roan 岩层岩石粒径更粗。含大量 1cm~5cm 的溶蚀腔（硬石膏化后产生的）。空洞是成岩过程中形成的，类似 Chingola 白云岩中的溶洞（Arthers, 2009），南翼为毫米级的溶洞，而东翼为厘米级的。砂岩岩心没有胶结，易吸水，说明孔隙度高，可能是小含水层。东翼钻孔测井显示 Kafufya 组顶部 11m~60m 为砾岩，或多元砂砾和砾岩组成，钻孔揭露 OS1 直接底板发育的砾岩厚度是 7m（KN05）到 60m（KN61），平均厚度至少为 17m，甚至更厚。南翼无此砾岩层，东翼和南翼的岩层突变说明之间可能存在断层或是岩相的突变，见图 3-43。

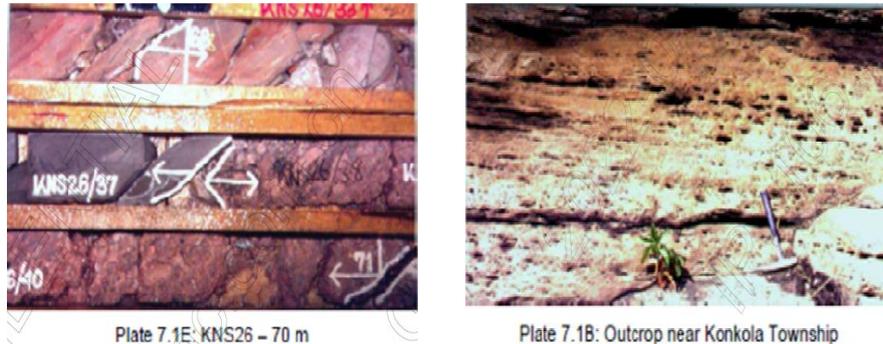


图 3-43 东翼矿体直接底板砾岩和 Kafufya 组上部 30m 典型长石砂岩

### (3)Konkola+OS06 砾岩含水层

该砾岩含水层按照最新的地层划分属于 Lower Roan 组。在 KN 地区，该层是一个独特的、广泛分布的长石砾岩标志层，大约 5m~10m 厚，底部为 Nchanga 地层 (Arthur, 2009)，也被描述为 20m 厚的粉红色碎屑支撑的砾岩 (Vila, 2009)。该层是下伏透水的 Nchanga 组 OS6 段砂岩和上覆弱透水的 Shale-With-Grit (SWG) 之间的连接层，含有高透水性的砾岩和易风化的软弱页岩，是矿井涌水贡献的主要含水层。该层下伏的 Nchanga 组 OS6 段砂岩为 3m~22m 厚的粉砂岩和长石砂岩互层，常常有水，为“接触带含水层”。

LCM 地区的 Konkola 砾岩含水层在 LCM 区域东部及北部较厚；它与 KCM 区的 SWG 与下伏地层的接触带相对应，两个矿区 konkola-SWG 下伏接触带的空间展布。

(4)Chingola 白云岩含水层

Upper Roan 组中上部普遍白云岩化，在 KN 地区称为 Chingola 白云岩(CHD)，真厚度约为 200m，钻探厚度 112m~603m，主要是受白云石化程度的影响 (Konno, 1999)。在 KCM 地区称为 Upper Roan 白云岩 (URD)。钻孔未发现该层有大型溶洞，发育一些较宽的层理和节理。在 KCM 上盘含水层 (主要是 CHD) 是高渗透的破碎区，延伸到超过 1000m，近垂直裂隙发育沟通了下盘含水层 (Kirila Bombwe 背斜附近形成的断裂是优势导水通道)，开采过程中被动降水。白云岩中的孔洞是造成钻取困难和岩心丢失的原因，但从目前所有岩心孔的钻井记录来看，岩心丢失并不频繁，很少超过 25%。

(5)风化潜水含水层

该层为所有地层靠近地表部分的分化层，形成了一个较厚的 (>50 m) 的腐生带，通过人工井和手泵获得该层的潜水。

KCM 曾对各主要含水层的渗透系数进行统计，详见表 3-19。

表 3-19 各含水层平均渗透系数统计 (来自 KCM 钻孔, 2001 年)

| 序号 | 含水层                               | 岩性           | 统计数量 | K    |
|----|-----------------------------------|--------------|------|------|
|    |                                   |              | 个    | m/d  |
| 1  | Upper Roan Dolomite               | Chingola 白云岩 | 4    | 1.57 |
| 2  | Shale With Grit (SWG) (aquiclude) | 粉砂岩          | 10   | 0.62 |
| 3  | Hanging Wall Aquifer              | 长石石英岩        | 18   | 1.38 |
| 4  | Footwall Aquifer                  | 砂岩、砾岩        | 10   | 2.62 |
| 5  | Lower Porous Conglomerate (LPC)   | 石英岩          | 5    | 0.16 |

LE 区 KN169 钻孔根据岩心可视测井假定了地层渗透系数 (图)。由于 SWG 地层的低渗透特性，除 SWG 外，假定其它含水层的渗透系数 (K) 在 0.1m/d~0.5 m/d 之间，虽然符合渗透系数随深度增加而降低的趋势，但该假定值与 KCM 经过多年实地测试后整理出来的平均值相差一个数量级。基于 KN169 的水文地质柱状图见图 3-44。

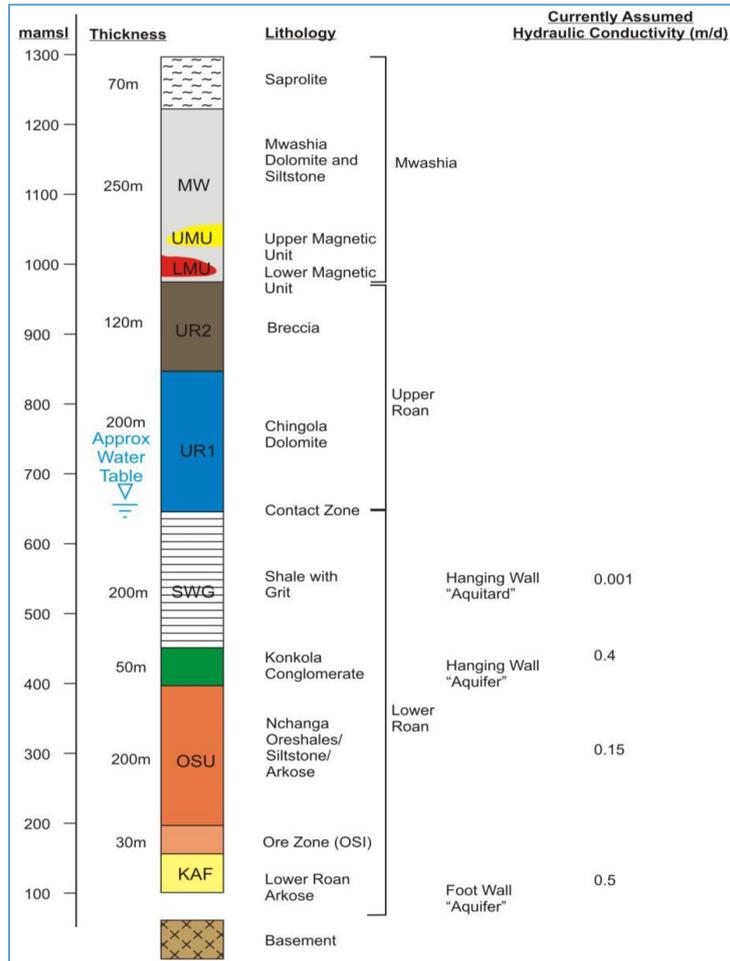


图 3-44 基于 KN169 的水文地质柱状图

根据资料矿区主要隔水层(组)由老到新层有 Argillaceous Sandstone 隔水层、Nchanga 组、SWG 组、Mwashia 组。

**Argillaceous Sandstone 隔水层：**该层在 LCM 及 LE 未揭露，但在 KCM 有揭露，主要为泥岩与砂岩互层，厚度约 60m，其上为 KAF 含水层，其下为 FWQ 与 LPC 含水层。

**Nchanga 组：**包括矿层及其顶板（Ore Zone and Hanging Wall）。该层共 6 段，OS1~OS6，矿层在 OS1 段，页岩局部含砂质条带，厚度有变化。直接顶是 OS2，向上为 OS3—OS6 段，是一组砂砾岩、长石砂岩和粉砂岩互层。

**SWG 组：**Shale-With-Grit (SWG) 组在 KN 地区厚度 100m~130m，由长石、粉砂岩和砂砾薄互层组成，长石砂岩在 SWG 底部约占 50%，粉砂岩向上逐渐增多。SWG 在 KN 地区和 KCM 地区是一致的，在大多数铜矿床地区都有分布。该层垂向渗透率很低，水平方向相对较高但仍属于低渗透性。SWG 地层在 LE

区域南部及 KCM 南部厚度最大。

**Mwashia 组：**Mwashia（页岩）组覆盖了 KN-KCM 地区的大部分区域，因此与区域水文地质有关。该层平均厚约 244m，白云质粉砂岩和页岩呈细条带透镜状，局部发育块状白云岩，局部辉长岩侵入，底部发育砾岩和角砾岩。

Konnoco 团队将构造角砾岩（UR2）视为 Chingola 白云岩的顶部，而不是 Mwashia 页岩的底部。Mwashia 地层被认为是隔水层。Mwashia 地层在 LE 区域东部厚度最大。

收集的水文地质试验情况：

查询到 LCM 及 LE 共完成水文地质相关试验 4 次，其中 LE 实施 DW01 孔抽水试验 1 次，KN191A 孔压水试验和气动压力试验各 1 次，抽水试验及压水试验因试验质量问题，所获参数不具有参考价值，气动压力试验获取的 Kafufya 含水层较小；LCM 分别在 3 号斜坡道和 4 号斜坡道对 Kafufya 含水层进行渗透系数及水压测试，效果较好。

#### 3.7.2.2 地下水补、径、排条件

据以往研究资料，鲁班比地区天然水力梯度为 NW 至 SE，从 LCM Shaft No.2 向 Lubengele TSF 最终至 Kafue 河。区域地下水受岩性和构造双重控制。

腐殖土层中普遍发育潜水含水层。较深处为受岩性控制的半承压含水层。潜水含水层下覆盖承压-半承压含水层系统，该含水层系统分别出现在矿带上方和矿带下方，是矿山开采潜在的充水含水层，包括：上盘 Upper Roan 组的 Chingola 白云岩和 Konkola 砾岩，下盘的 Kafufya 长石砂岩。

各含水层通过垂向断裂构造或节理发生水力联系。

潜水含水层主要接受大气降水补给，以基流形式流向湿地或涝原草地，以及形成 LE 区西部、南部和东部的河流源头的方式排泄。另外，主要通过接触带向基岩含水层补给排泄。

承压-半承压含水层主要接受大气降水补给，潜水入渗补给和河流、沟渠、水库、尾矿库等地表水体入渗补给，在 Musoshi、LCM 和 KCM 开采条件下，矿井排水是半承压-承压水的主要排泄方式。

### 3.8 存在的问题及建议

(1)2022 年 6 月 30 日，第三方 CS2 公司完成资源量估算报告。NSR/t >US\$60

（与 TCu>1.25%基本相当），Cu 价格 US\$3.60/lb。鲁班比项目总矿石量 8830 万吨，TCu 平均品位 1.95%，AsCu 平均品位 0.35%，AsCu 占比 18%，Cu 金属量 172 万吨。矿石量主要分布在东翼和南翼，占比 90.1%；金属量主要分布在东翼和南翼，占比 90.8%；可以看出鲁班比项目矿石量和金属量绝大多数分布在东翼和南翼。平均品位来看，东翼 2.04%较高，南翼 1.91%居中，转折 1.85%段较低。酸溶铜占比来看，东翼 12%较低，转折段 15%居中，南翼 23%较高。资源禀赋来看，东翼全铜平均品位 2%以上，酸溶铜含量较低；南翼酸溶铜含量比东翼大出近一倍，且平均品位在 2%以下。转这段矿石量和金属量占比很小，平均品位较低。

（2）资源量（2022 年 6 月 30 日）统计中，Inferred 级别矿石量 5220 万吨，占比 59.11%，TCu 平均品位 1.9%，铜金属量 99 万吨，占比 57.6%。均由 2007 年以前地表钻孔控制，网度大致 600m（走向）×500m（倾向），Inferred 资源量未外推。2007 年以前的地表钻孔多数没有 QAQC 控制记录，推断的资源量由这些钻孔控制。截至 2023 年 10 月 1 日，鲁班比项目保有资源总量大致为 8600 万吨，TCu 品位为 1.95%，AsCu 平均品位为 0.35%。自 2022 年 6 月 30 日至今，资源量分类没有变化，区块模型未更新。

（3）据鲁班比项目地质经理介绍矿权东北部范围（白色线框）未开展过勘查工作。鲁班比项目位于 Musoshi-L 矿-L 矿拓展区-Konkola 矿带中部，东翼矿段矿体向东基本由钻孔控，无向东延伸潜力。刚果（金）一侧 Luina 穹窿下罗安亚群层位发育 Kinsenda 铜矿，如果该层位向南进入赞比亚一侧深部，可能会成为深部的找矿层位。建议开展矿权东北部勘探空白区综合研究工作。

## 第 4 章 采矿

### 4.1 现采区采矿生产现状

#### 4.1.1 提升系统现状

地表混合井井口海拔标高为 1374.5 米(0mL)，井下各水平标高采用相对深度标注。矿山开拓系统见图 4-1。

#### Mining Areas

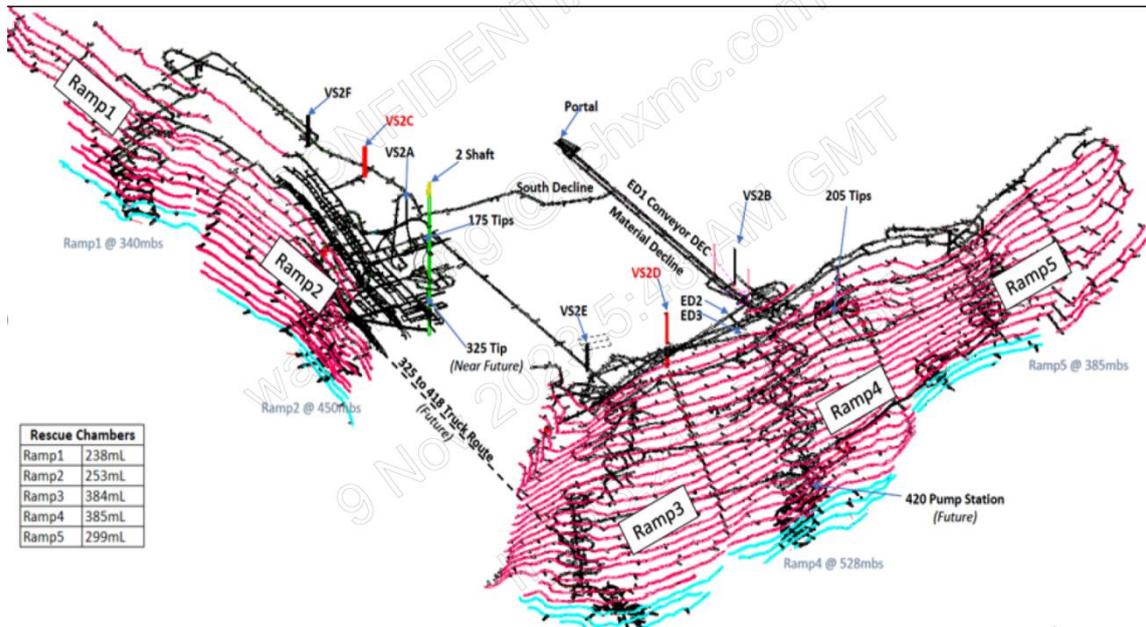


图 4-1 开拓系统复合图

鲁班比项目现采区目前采用混合井+胶带斜井+辅助斜坡道开拓方式，混合井（2#shaft）位于南翼，主要服务于南翼 1#、2#斜坡道区域的矿石与废石提升；井筒为 4.3\*7.1m 矩形断面，内设有 3 套提升系统，其中箕斗有效载重 12.5t，设计提升能力 250 万 t/a。在 175mL、325mL 水平设有卸载站，井下矿石通过卡车运输到卸载站，鄂式破碎机破碎后通过竖井提升至地表矿仓，矿仓容积 100m<sup>3</sup>。大罐笼为单层罐笼，每次提升最大人数为 50 人，南翼的人员、材料通过罐笼进入井下。服务罐为小罐笼，每次提升最大人数为 6 人。混合井各中段布置见图 4-2。

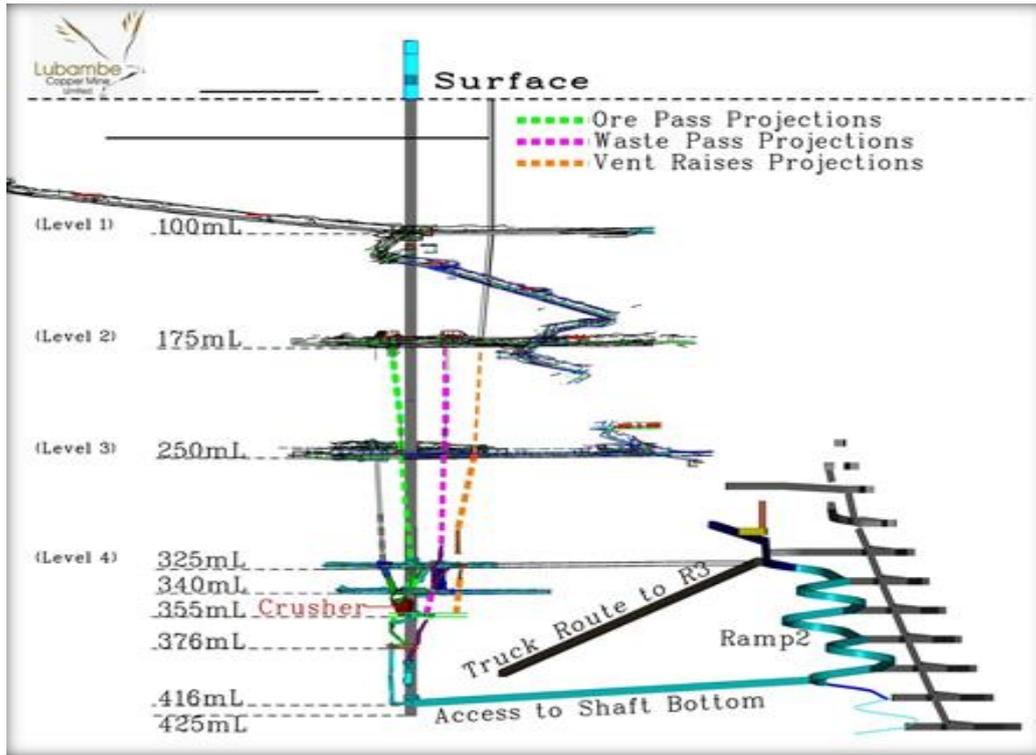


图 4-2 混合井各中段布置图

胶带斜井与辅助斜坡道开口位于东翼。每隔 100m 由联络道连通。胶带斜井（通地表）长 700 m，胶带倾角约 9.3 度，断面 5.3 m×4.3 m，主要负责东翼矿石、废石的运输；人员、材料、设备通过辅助斜坡道进入井下。在 75mL、205mL 水平设有卸载站，井下矿石通过卡车运输到卸载站，卸载站配有矿石筛分 and 小型破碎机，破碎后通过带式输送机输送至选厂堆场。设计提升能力为 250 万吨/a 矿石，按照 900t/h 设计提升计算，考虑废石提升，以及运营时间实际年提升能力有可能可以达到 350 万吨/a。

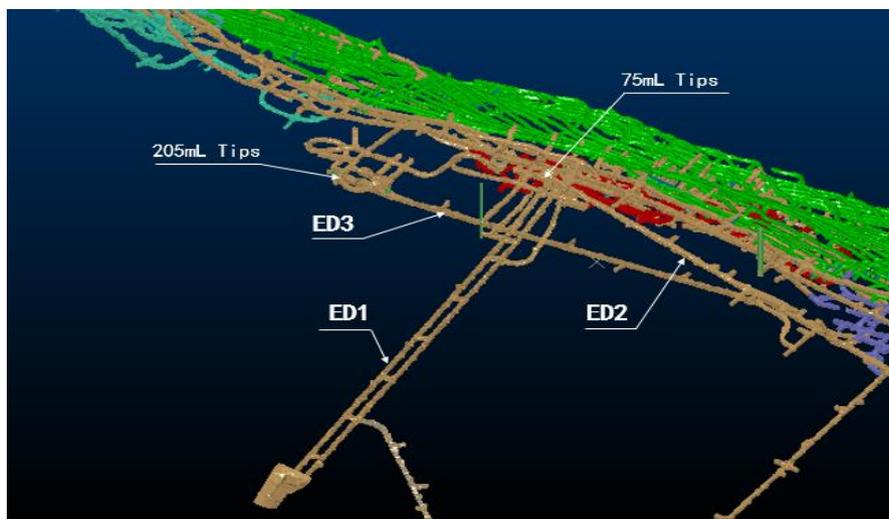


图 4-3 东翼开拓系统图

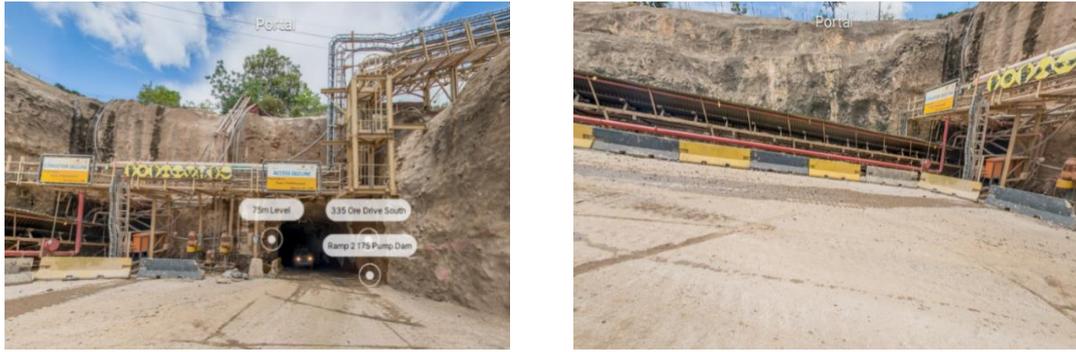


图 4-4 东翼胶带斜井口

#### 4.1.2 运输系统现状

1#斜坡道生产区域采出矿石在作业面铲运机装 42t 矿卡，经 1#斜坡道—383ml1#、2#斜坡道联络巷—2#斜坡道—325ml2#竖井卸载站；废石至 175ml 卸载站；

2#斜坡道的作业面矿、废石铲运机装矿卡后，经 2#斜坡道分别至 2#竖井 325ml、175ml 的卸载站；

3#斜坡道的作业面矿、废石铲运机装矿卡后，经 3#斜坡道—3#、4#斜坡道 225ml 联络巷—4#、5#斜坡道 225ml 联络巷—205ml 胶带卸载站；还有一条运输线路为：矿石经 3#斜坡道—2#、3#斜坡道 325ml 联络巷—2#竖井 325ml 卸载站；废石经 3#斜坡道—2#、3#斜坡道 175ml 联络巷—2#竖井 175ml 卸载站。由于运距原因，非特殊情况，3#斜坡道矿、废石均运至胶带卸载站；

4#斜坡道矿、废石经 4#斜坡道—4#、5#斜坡道 225ml 联络巷—205ml 胶带卸载站；

5#斜坡道矿、废石经 5#斜坡道—5#、4#斜坡道 225ml 联络巷—205ml 胶带卸载站；井下运输系统见图 4-5。



表 4-1 矿山各采区生产最低水平（截止到 2023. 10 月）

| 区域 | RAMP  | 斜坡道掘进水平 | 最低生产采场 |
|----|-------|---------|--------|
| 南翼 | RAMP1 | 447mL   | 348ml  |
|    | RAMP2 | 547mL   | 462ml  |
| 东翼 | RAMP3 | 578mL   | 543ml  |
|    | RAMP4 | 554mL   | 539ml  |
|    | RAMP5 | 445mL   | 没有采场   |

### 4.1.3 井下排水系统

1 号斜坡道目前共 6 个生产水平，分别为 348ml、363ml、397ml、412ml、432ml、447ml 水平，目前 348ml 水平正在回采，363ml 施工切割工程，下斜距离 467ml 尚有 120m。现有涌水量为 150m<sup>3</sup>/h，井下涌水经作业面—357ml（22kW 水泵）—333ml（37KW 水泵）—325ml（37KW 水泵）—303ml—207ml 水仓，在 303ml、207ml 处各设置一个卧式泵房（4 用 3 备），管道为一趟 4 寸管，207ml 泵房接一路 8 寸管汇入 2 号斜坡 100ml 泵房后，经南翼斜井排出至地面沉淀池。261ml 和 240ml，一趟 4 寸管路连接。同时在 86ml 处安装一水泵，接 4 寸管汇入 2 号斜坡 175ml 双级泵房（3 用 1 备），再经 2 号竖井排至地面。

2 号斜坡道生产区域目前共有 4 个生产水平，分别为 462ml、492ml、512ml、527ml 水平，下斜距 547ml 尚有 10m，462ml 正在进行回采，492ml 施工切割天井与中深孔。现涌水量 230m<sup>3</sup>/h，井下涌水经作业面—491ml（22KW 水泵）—467ml（22KW 水泵）—450ml（22KW 水泵）—430ml（37KW 水泵）—402ml（3 用 1 备）—341ml—240ml（3 用 1 备）—175ml（3 用 1 备），排水管为一趟 4 寸管，汇入到 175ml 泵房后，一趟水管至 100ml 泵房水仓，一趟至 2#竖井，均可排至地表沉淀池净化处理。

3 号斜坡道生产区域目前共有 2 个生产水平，分别为 558ml、570ml 水平，558ml 在进行回采准备；现涌水量 430m<sup>3</sup>/h，所有作业面涌水用 22KW、37KW 水泵汇入 498ml 泵房—398ml 泵房—4#斜坡道 390ml 沉淀池—4#斜坡道 420ml 泵房水仓。

4 号斜坡道生产区域目前共有 2 个生产水平，分别为 539ml、554ml 水平，539ml 完成凿岩道掘进。下斜施工至 563m，现涌水量 450m<sup>3</sup>/h，井下作业面涌水用 37KW 水泵排至 501ml 泵房—435ml 泵房—4#斜坡道 390ml 沉淀池—420ml 泵房水仓。

5 号斜坡道生产区域共有 3 个生产水平，分别为 410ml、425ml、445ml 水平，

下斜距 460ml 尚有 80m，正在施工 425ml 切割井与中深孔。现涌水量 300m<sup>3</sup>/h，395ml 以下作业面涌水用 22KW、37KW 水泵排至 395ml 泵房—4#斜坡道 390ml 沉淀池—420ml 泵房水仓。井下排水系统见图 4-7。

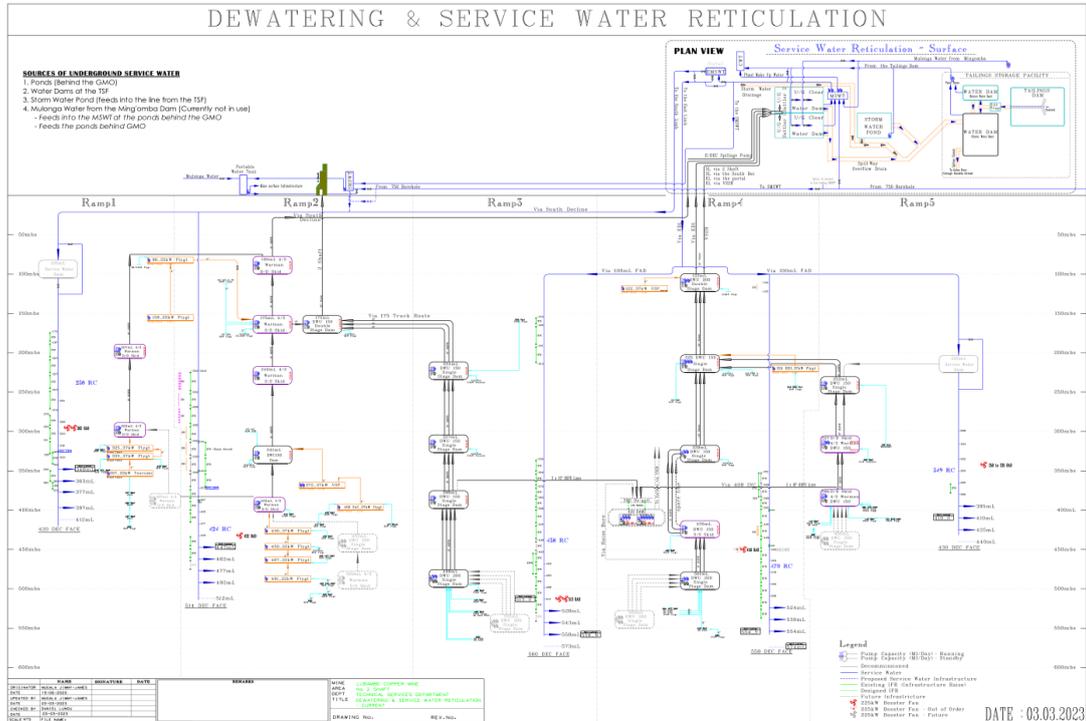


图 4-7 井下排水系统示意图

东翼 420ml 泵房排水系统于 2023 年 4 月投用，目前服务于东翼采区 3#、4#、5#斜坡道区域排水，420ml 泵房建有独立的泵房变电所、390ml 沉淀池、两个水仓（容量 6000m<sup>3</sup>）、专用的 420ml 排水巷（安装有一趟 800mm 管路并已安装完成第二趟管路支架）、直通地表的专用排水井（Ø1.5m，内安装有一趟 800mm 水管及泵房专用高压电缆），来自地表的单独供电电源增加了 420ml 泵房供电的可靠性；泵房内安装有 4 台 GSB225 水泵，单台水泵的流量 765m<sup>3</sup>/h，并预留了 3 台水泵的安装位置；目前日实际最大排水量为 37000m<sup>3</sup>/d（不同周期统计数据有所不同）；该泵房的建成投用后，取消了 3#、4#、5#斜坡道区域多级排水模式，使区域排水系统得以较大幅度完善。相关排水图见图 4-8~4-10。

目前按照 3 用 1 备，每日 20 小时计算，总排水能力 45900 m<sup>3</sup>/d。预留 3 台水泵安装以后，按照 5 用 1 备 1 检修，计算总排水能力 76500 m<sup>3</sup>/d。



图 4-8 东翼 420 排水管地表照片



图 4-9 Ramp2 区域的 175mL 泵站



图 4-10 Ramp4 区域 420mL 水泵房硐室及排水管石门

目前矿山日均排水量有一定范围的波动，近 13 个月以来东翼排水量约为  $41400\text{m}^3/\text{d}$ ，南翼排水量约为  $5000\text{m}^3/\text{d}$ 。排水实测及趋势图见图 4-11。

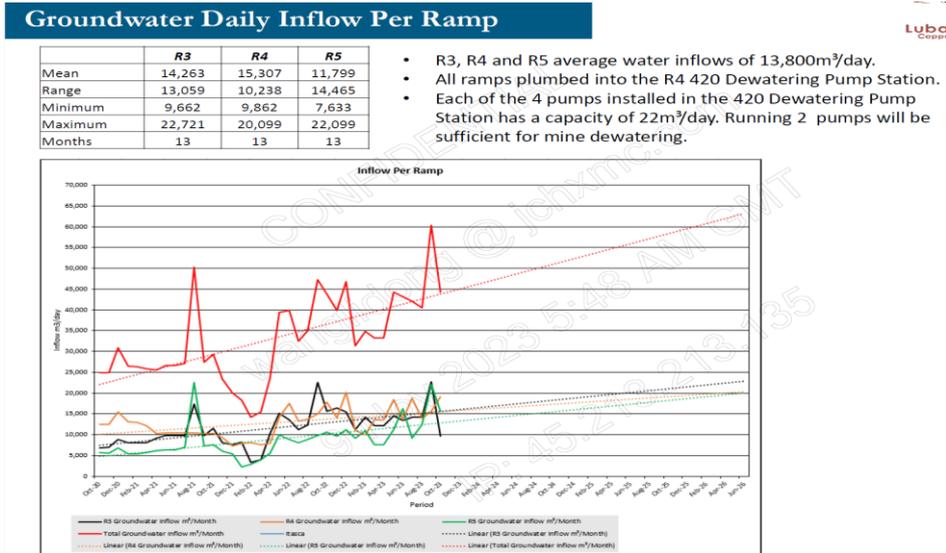


图 4-11 排水实测及趋势图

#### 4.1.4 井下通风系统

南翼新鲜风从混合井（2#竖井）、斜坡道、VS2F（Φ3.1m）进风井进入井下，通过井下斜坡道进入各分段，冲洗工作面后，污风通过分段回风天井倒段——回风辅扇（不超过生产分段 2 个分段，随生产分段下降而下移，风机功率为 2\*220KW）回到 100ml 水平回风巷，经 VS2C（Φ6.0m）回风井排出地表，见图 4-12。

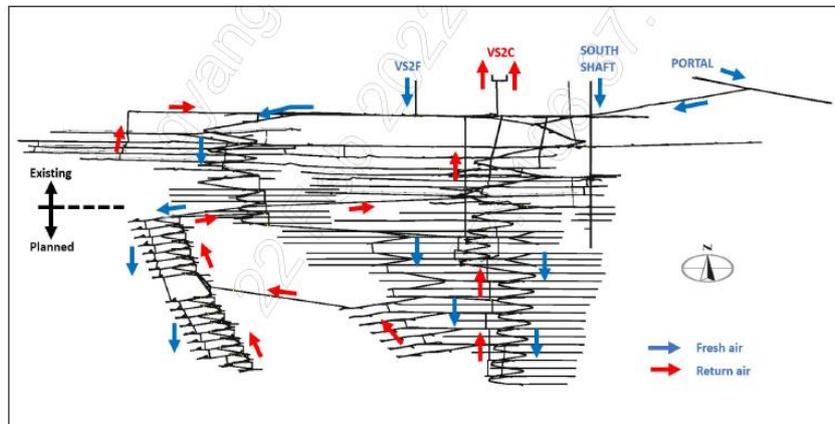


图 4-12 南翼通风系统示意图

东翼新鲜风从斜坡道、VS2B（Φ3.1m）进风井、VS2E（Φ3.1m）进风井进入井下，通过井下斜坡道进入各分段，冲洗工作面后，污风通过分段间的回风天井——回风辅扇（不超过生产分段 2 个分段，随生产分段下降而下移，风机功率为 2\*220KW）回到 100ml 水平回风巷，经 VS2D（Φ6.0m）回风井排出地表，见图 4-13。

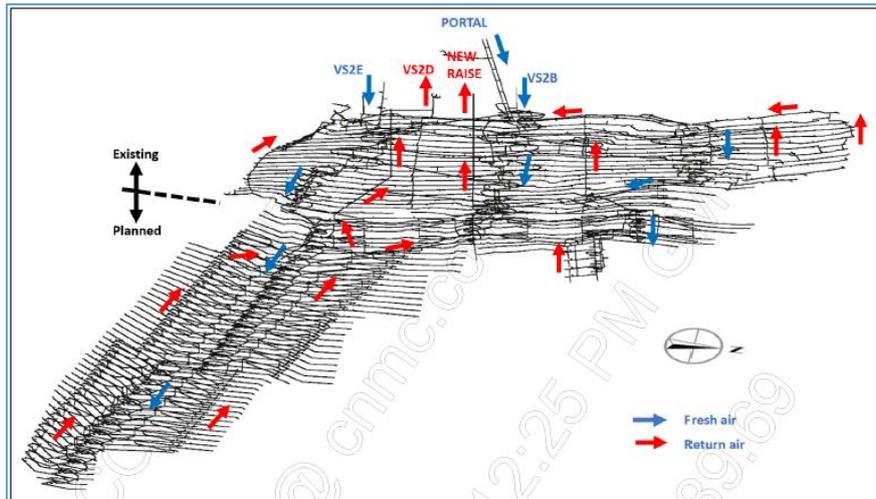


图 4-13 东翼通风系统示意图

设计矿山总风量为  $1000\text{m}^3/\text{s}$ ，目前实际生产所需风量为  $750\text{m}^3/\text{s}$ ，其中南翼需风量为  $250\text{m}^3/\text{s}$ ，东翼需风量为  $500\text{m}^3/\text{s}$ 。VS2C、VS2D 回风井井口均为 2 台风机并联布置，单个风机电机功率为  $950\text{kW}$ 。



图 4-14 地表回风井风机房 (VS2C、VS2D)



图 4-15 井下分段回风辅扇

### 4.1.5 井下供电系统

电力公司 CEC 在矿山附近建有一座 66/11kV 配电站—Konkola A 变电站。该变电站内设三台 66/11kV 20MVA 变压器。

矿区地表设选厂 11kV 配电站为矿区设备供电,该配电站电源引自 Konkola A 变电站。同时, 矿山配备两台 2.5MW 柴油发电机作为应急电源。如果外部电源发生故障, 矿山一级负荷将通过应急柴油发电机供电。地表供电详见公辅设施章节。

矿区井下设有两座 11kV 配电站, 分别为东翼 100mL 水泵房 11kV 配电站和南翼 175mL 中段 11kV 配电站, 东翼 100mL 水泵房 11kV 配电站采用 11kV 双回路进线, 南翼 175mL 中段 11kV 配电站采用 11kV 单回路进线。

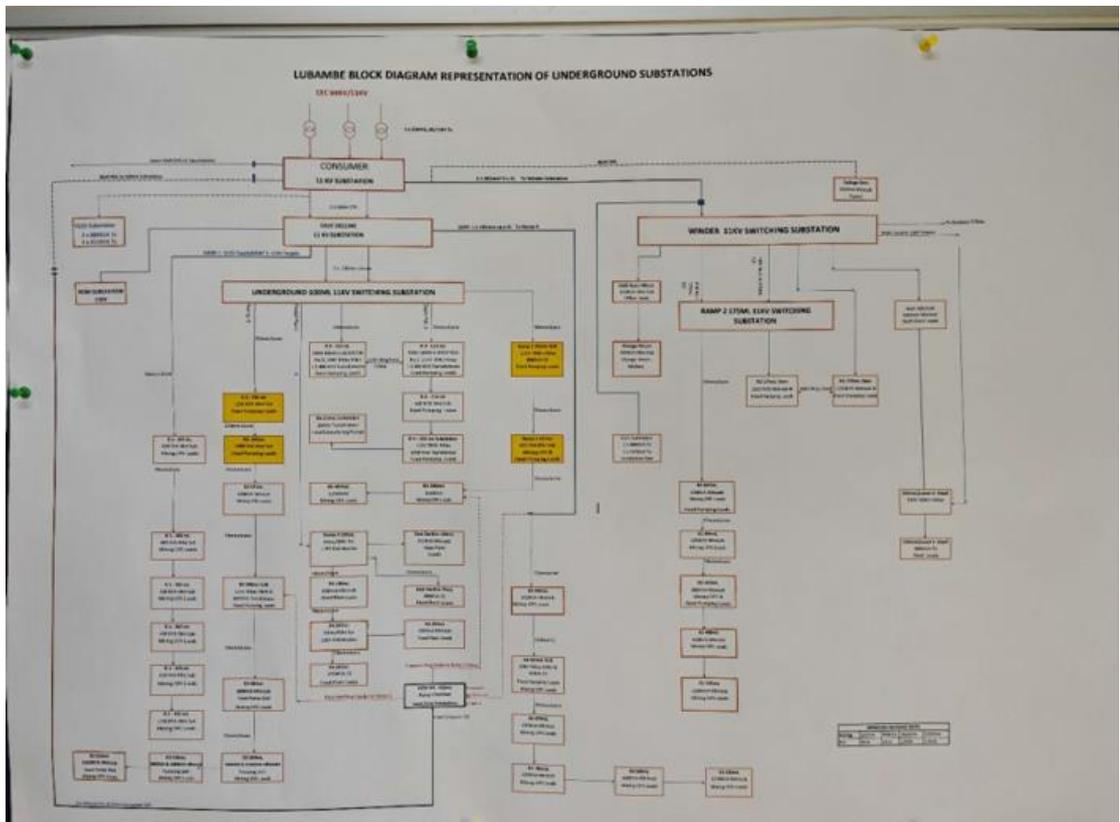


图 4-16 井下供电系统示意图

### 4.1.6 矿山机械

现有胶带斜井倾角约 9.3°, 由 3 条胶带接力组成, 分别为胶带 ED1(通地表)、胶带 ED2、胶带 ED3, 在 75mL、205mL 水平设有卸载站, 负责东翼矿(废)石的运输任务, 设计运输能力为 250 万吨/年。经某设计单位校核, 现有胶带 ED1、

ED2 和 ED3 的最大运量可达 386 万吨/年。

**表 4-2 东翼胶带运输能力校核表**

| 项目      | 单位   | 值    |
|---------|------|------|
| 年矿石运量   | 万吨/年 | 250  |
| 年废石运量   | 万吨/年 | 60   |
| 每月工作天数  | d/m  | 26   |
| 每天工作小时数 | h/d  | 13   |
| 设计小时运量  | t/h  | 765  |
| 最大小时运量  | t/h  | 900  |
| 最大块度    | mm   | 350  |
| 带宽      | mm   | 1200 |
| 带速      | m/s  | 2.1  |

(摘自某设计院)

目前,矿山采矿和掘进全部采用外包形式,承包商金诚信(JCHX)负责 Ramp1 和 Ramp2 区域 Ramp5 区域的采矿采矿和掘进工作。承包商 Reliant 公司负责 Ramp3、Ramp4、的采矿采矿和掘进工作。

**表 4-3 主要系统设备表**

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>1. Winders</b>              | <b>3</b>   |
| <b>2. Jaw Crusher</b>          | <b>1</b>   |
| <b>3. Loading Complex</b>      | <b>Set</b> |
| <b>4. Rock Breakers</b>        | <b>5</b>   |
| <b>5. Mineral Sizer</b>        | <b>1</b>   |
| <b>6. Belt (ED1; ED2; ED3)</b> | <b>3</b>   |

**表 4-4 业主矿山主要固定设备表 (矿山采掘设备表)**

| <b>Lubambe Units</b>                             | <b>Number</b> | <b>Make</b> | <b>Model</b> |
|--|---------------|-------------|--------------|
| Trucks   | 1             | Epiroc      | MT436B       |
|  | 5             | Epiroc      | MT42         |
|  | 1             | Sandvik     | TH540        |
| Loaders  | 2             | Sandvik     | LH514        |
|  | 1             | Sandvik     | LH517        |
|  | 1             | Epiroc      | ST14         |
|  | 2             | Epiroc      | ST18         |
| Development Drills                               | 2             | Sandvik     | DD320-26     |
| Production Drills                                | 2             | Sandvik     | DL411-15     |
|  | 1             | Sandvik     | DL321-7      |
| Ground Support -cable bolter,                    | 1             | Sandvik     | DS420        |
| Ancillary Equipment -Grader,IT,scissor lift, LVs | 32            |             |              |
| <b>JCHX Units</b>                                | <b>Number</b> | <b>Make</b> | <b>Model</b> |
| Trucks   | 1             | Epiroc      | MT436B       |

|  |               |               |              |
|--|---------------|---------------|--------------|
|  | 5             | Yantai Xingye | XYUK-30      |
|  | 2             | Sandvik       | TH330        |
|  | 4             | Sandvik       | TH545i       |
|  | 2             | Sandvik       | TH430        |
| Loaders  | 1             | Sandvik       | LH514        |
|  | 2             | Sandvik       | LH400T       |
|  | 5             | Sandvik       | LH517i       |
| Development Drills                                 | 9             | Epiroc        | BM282        |
| Ground Support -cable bolter,                      | 1             | Epiroc        | SIMBA        |
| Ancillary Equipment -Grader, IT, scissor lift etc. | 14            |               |              |
| <b>Reliant Units</b>                               | <b>Number</b> | <b>Make</b>   | <b>Model</b> |
| Trucks   | 1             | BELL          | B33L         |
|  | 2             | Sandvik       | TH540        |
| Loaders  | 2             | Sandvik       | LH514        |
| Production Drills                                  | 2             | RESEMIN       | 55-XP        |
| Ground Support -cable bolter,                      | 1             | Epiroc        | SIMBA S7D    |
| Ancillary Equipment -Grader, IT, scissor lift etc. | 2             |               |              |

**表 4-5 提升参数**

| ROCK WINDER        |                      |
|--------------------|----------------------|
|                    | 箕斗                   |
| 箕斗最大载重             | 12.5 T               |
| 箕斗平均载重             | 9.5 T                |
| 最大提升速度 (m/s)       | 10                   |
| 井深                 | 512m                 |
| 钢丝绳直径              | 48mm                 |
| 电机功率               | 2 × 2,680 KW         |
| 设备厂家               | WINDER CONTROLS      |
| 提升类型               | BAILEY TYPE          |
| KOEPE (MAN) WINDER |                      |
|                    | 大罐笼                  |
| 罐笼一次提人数            | 50                   |
| 罐笼最大载量             | 3.5 T                |
| 最大提升速度 (m/s)       | 12m/sec (限制为 6m/sec) |
| 井深                 | 512m                 |
| 钢丝绳直径              | 首绳 30mm & 尾绳 32mm    |
| 电机功率               | 1,000 KW             |
| 设备厂家               | KOEPE                |
| 类型                 | 摩擦提升机                |
| SERVICE WINDER     |                      |
|                    | 小罐笼                  |
| 罐笼一次提人数            | 6                    |
| 罐笼最大载量             | 2 T                  |
| 最大提升速度 (m/s)       | 4.5                  |
| 井深                 | 512m                 |
| 钢丝绳直径              | 22mm                 |
| 电机功率               | 304 KW               |

### 4.1.7 开采范围

由于矿体分布广，矿山根据井下的 5 条斜坡道（Ramp1、Ramp2、Ramp3、Ramp4、Ramp5）所处位置划分为南翼、东翼 2 个采区。南翼包括 Ramp1、Ramp2 所覆盖的区域，东翼包括 Ramp3、Ramp4、Ramp5 所覆盖的区域，见图 4-17。

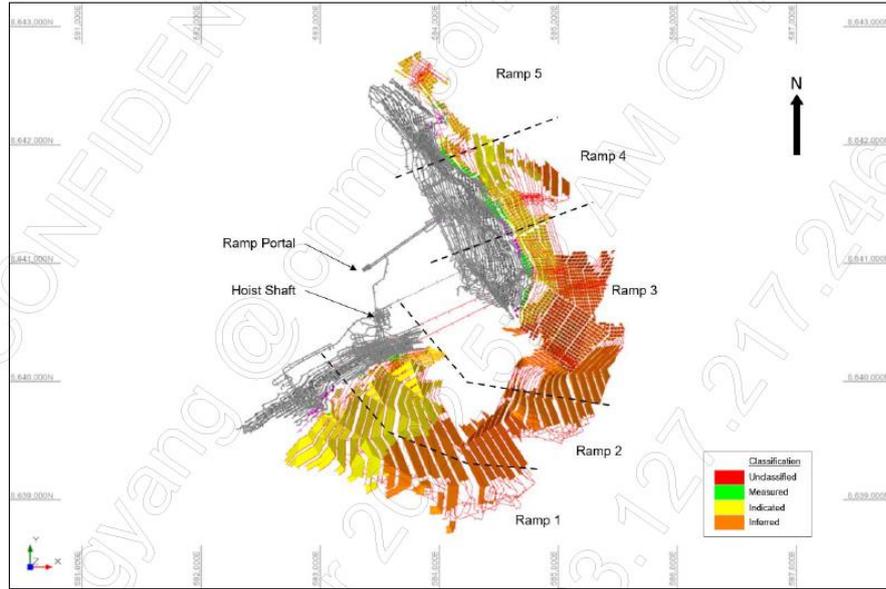


图 4-17 矿山采区划分图

截止到 2023.10 月，各采区采矿、掘进生产水平及最低生产水平及近十年出矿量见下表。

表 4-6 现采区各采区生产水平（截止到 2023. 10 月）

| 区域 | RAMP | 采矿水平    | 掘进水平                          | 斜坡道最低水平 |
|----|------|---------|-------------------------------|---------|
| 南翼 | R1   | 348mL   | 363mL、397mL、412mL、432mL、447mL | 447mL   |
|    | R2   | 462mL   | 492mL、512mL、527mL、547mL       | 547mL   |
| 东翼 | R3   | 543mL   | 558mL                         | 578mL   |
|    | R4   | 539mL S | 539mL N、554mL                 | 554mL   |
|    | R5   | 准备 410  | 410mL、425mL、445mL             | 445mL   |

表 4-7 历年出矿量

| 年       | 2012.10-2013.12 | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023.1-9 |
|---------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 产量 (万吨) | 174.02          | 170.4 | 150.5 | 110.7 | 100.8 | 131.5 | 169.8 | 148.6 | 146.3 | 147.7 | 86.7     |

### 4.1.8 地质资源

现采区截止 2023 年 9 月 30 日，剩余资源量为 86.6Mt, TCu1.95%, ASCu0.35%，

见表 4-8。

表 4-8 保有资源量表 (2023 年 9 月 30 日)

| Class           | 2022-2023            |                |       |        | 2023-2024 (Projected after removal of mined out blocks from July 2022 – September 30 <sup>th</sup> 2023) |       |        |
|-----------------|----------------------|----------------|-------|--------|--|-------|--------|
|                 | Mineral Resources    | Million Tonnes | % TCu | % ASCu | Million Tonnes   | % TCu | % ASCu |
| 1               | Measured             | 8.5            | 2.03  | 0.28   | 7.3  | 2.03  | 0.28   |
| 2               | Indicated            | 27.6           | 2.02  | 0.36   | 27.1   | 2.02  | 0.36   |
| 1 & 2           | Measured + indicated | 36.1           | 2.02  | 0.34   | 34.4   | 2.02  | 0.34   |
| 3               | Inferred             | 52.2           | 1.90  | 0.35   | 52.2   | 1.90  | 0.35   |
| Total resources |                      | 88.3           | 1.95  | 0.35   | 86.6   | 1.95  | 0.35   |

### 4.1.9 开采技术条件

#### 4.1.9.1 水文地质条件

矿区水文地质条件复杂，矿层顶、底板为富含水层，且疏干不造成严重地质环境问题，可进行疏干开采。图 4-18 为现采区凿岩进路下盘涌水。



图 4-18 现采区凿岩进路下盘涌水

2022 年 SRK 报告的预测条件及结果详见表 4-9。

表 4-9 预测条件及结果 (单位: m<sup>3</sup>/d)

| LCM (15 年)    | 拓展区   | KCM (15 年) | KCM (950ml) |
|---------------|-------|------------|-------------|
| 3.2 万-19.53 万 | 无开发计划 | 32 万       | 950ml       |
| 3.2 万-17.24 万 | 无开发计划 | 45 万       | 1350ml      |
| 3.2 万-22.15 万 | 无开发计划 | 0          |             |

注: Ramp1~5 开采标高: 982mL, 1340mL, 1454mL, 927mL, 646mL; Mingomba 开采至 1588mL。

国内某设计院认为, SRK 从原始数据的模型建立、地形条件的稳定流拟合、矿区排水量数据的模型校核和开采计划的涌水量预测, 水文地质数值模拟的工作程序和内容符合 NI43-101 标准的要求。在拟合的原有报告的基础上, 有一定的可信性。

并根据国内经验, 导水范围取岩石移动界限范围, 井下按照胶结充填采矿法

进行开采，现采区塌陷区又进行了充填封闭的情况下，可以减少地表降水的渗透系数，在考虑 LCM 和 KCM 均能够正常生产的情况下，综合目前对断层导水的水量计算参数不明的情况下，结合模拟结果，本次评价采用直接比拟预测涌水量，LCM 774mL 为 6.3~9.3 万 m<sup>3</sup>/d。

#### 4.1.9.2 工程地质条件

岩体力学实验统计结果显示：岩体单轴抗压强度为 34.2~432.1MPa，平均 137.26MPa，其中力学性质相对较差的为角砾岩（均值 65.73MPa）和页岩（均值 69.9MPa）。白云岩、含砂页岩和长石砂岩局部较差。

284 个钻孔的岩体性质统计数据如表 4-10。

**表 4-10 钻孔的岩体性质表**

|     |                 | Mine         | FW           | Ore Zone     | HW           |
|-----|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| RQD | 25th Percentile | 13           | 22           | 16           | 10           |
|     | <b>Median</b>   | <b>34</b>    | <b>45</b>    | <b>37</b>    | <b>30</b>    |
|     | 75th Percentile | 60           | 66.67        | 60           | 59           |
| RMR | 25th Percentile | 51.30        | 10.00        | 53.27        | 49.19        |
|     | <b>Median</b>   | <b>60.13</b> | <b>65.66</b> | <b>60.35</b> | <b>60.13</b> |
|     | 75th Percentile | 67.56        | 72.60        | 66.85        | 68.73        |
| Q   | 25th Percentile | 2.25         | 4.63         | 2.8          | 1.78         |
|     | <b>Median</b>   | <b>6</b>     | <b>11.1</b>  | <b>6.15</b>  | <b>6</b>     |
|     | 75th Percentile | 13.7         | 24           | 12.67        | 15.6         |
| Q'  | 25th Percentile | 5.37         | 9.75         | 6.33         | 4.13         |
|     | <b>Median</b>   | <b>14.25</b> | <b>21.89</b> | <b>13.88</b> | <b>13.17</b> |
|     | 75th Percentile | 32.25        | 22.5         | 30           | 33           |

矿体及其顶底板围岩，RQD 表现为完整性较差，岩石质量劣；

RMR 表现为岩体质量一般至较好；

Q 系统法显示岩体质量为一般至较好。

现有矿坑巷道支护措施主要为挂网加锚杆，局部为挂网喷浆。

层理为优势构造，平均倾角为 42/134(倾角范围 30°~60°，倾向范围 80°~170°)。

节理：J1 组（70/42）和 J2 组（55/273）均为中陡倾斜，与矿体走向正交。

J3 组（78/351）与矿体平行，但倾向相反。



图 4-19 现场巷道支护照片

矿石层理明显贯通性好，节理贯通性较弱，层理通常被节理截断，使岩体呈小到中等大小的块状。

从 SRK 对所提供数据的解释和现场考察观察来看，鲁班比（现采区）矿体、直接上盘和下盘岩体处于极差至差岩体质量范围(由 Q 分类范围定义，假设 SRF 和  $J_w = 1$ )。该岩体的特征是具有：RQD 低、节理发育、接合面光滑、显著的蚀变特征，厚高岭石和粘土带沿着整个层理分布。

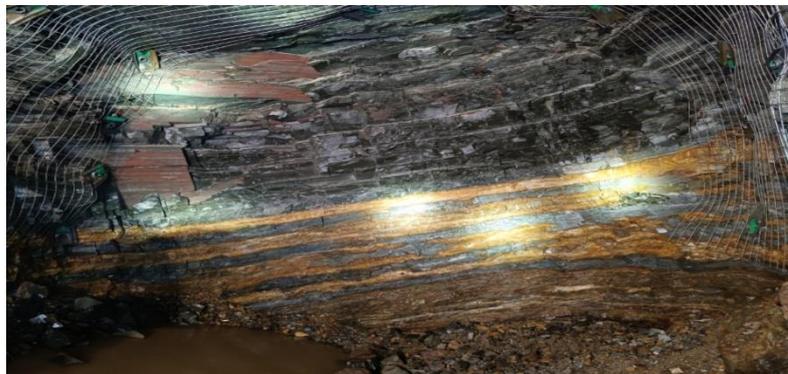


图 4-20 南翼采矿工作面矿体分布照片

矿区工程地质条件中等。

#### 4.1.9.3 矿体产状

南翼：在 R1 生产区域区域，矿体倾角  $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，矿体真厚度在  $5\text{m} \sim 6\text{m}$  之间；在 R2 生产区域，矿体倾角从  $40^{\circ}$  增加到  $60^{\circ}$ ，矿体位于矿层发育良好的块状页岩中，上盘和下盘岩石单元包括石英岩和白云质砂岩单元。

东翼：东翼矿体倾角  $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，矿体真厚度在  $5\text{m} \sim 6\text{m}$  之间，东翼的岩性与南翼的岩性一致，但东翼岩体质量比南翼要好。

#### 4.1.9.4 矿岩条件

现采区的矿体主要赋存在 OS1（矿石页岩）中，OS1 下部的 Kafufya 砾岩和

上部的 OS2 至 OS5 局部也可见一定程度的矿化，但品位较低。OS1 岩性为砂岩粉页岩、部分白云岩化。矿体边界比较分明。

矿区构造发育，矿区褶皱构造有 North Kawriki 向斜、South Kawriki 向斜和鲁班比向斜；矿区断层主要为北东向和北西向断层。



图 4-21 现采区凿岩进路掌子面矿体及锚网支护

#### 4.1.10 采矿方法

矿山目前采用分段空场采矿法(LHR)，后退式回采，开采顺序为自上而下开采，分段高度 15~20m，采场走向长度为 20m~30m，采场之间有 5 米的间柱（根据开采深度的不同，间柱尺寸也不同），各分段之间留设 5 m 的水平矿柱，以保证采场整体稳定性。凿岩巷用作采矿中深孔的施工和后退式采场出矿，空区内残留的矿石利用遥控铲运机进行清理和运出。采场不施工出矿巷道等采准工程，完全采用铲运机进行后退式采矿作业。采矿方法见下图。

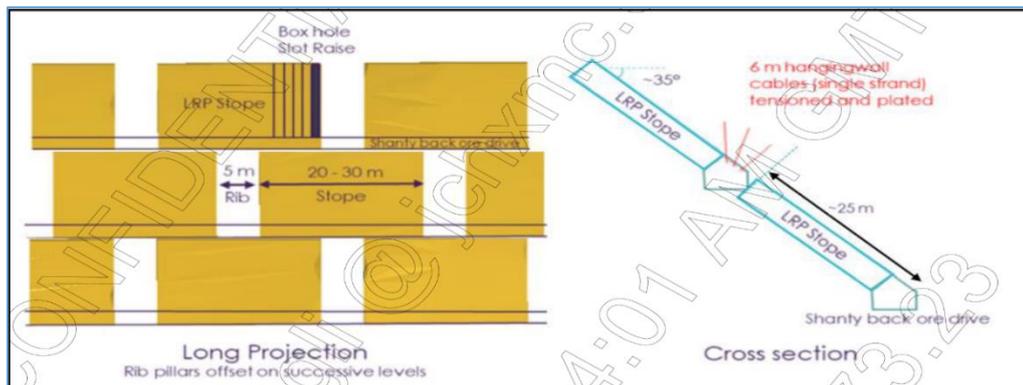


图 4-22 分段空场法示意图(一)

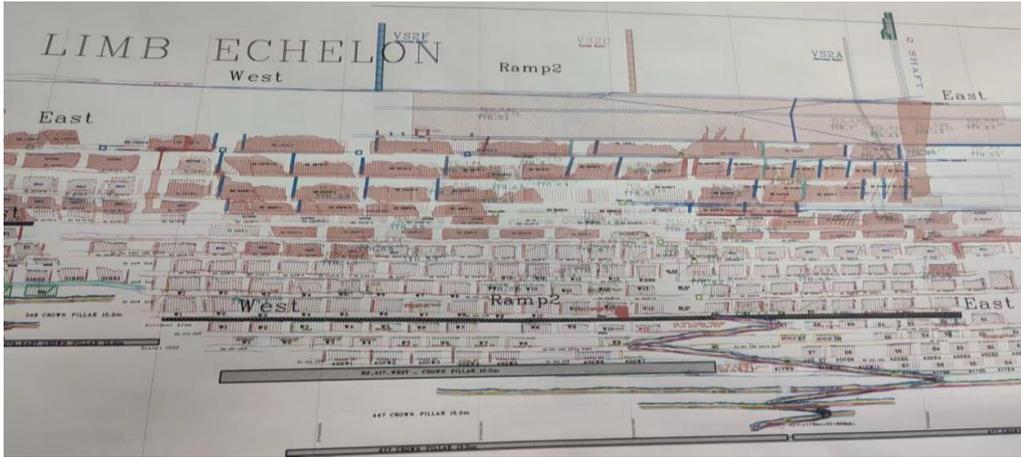


图 4-23 矿体回采分段纵投影图

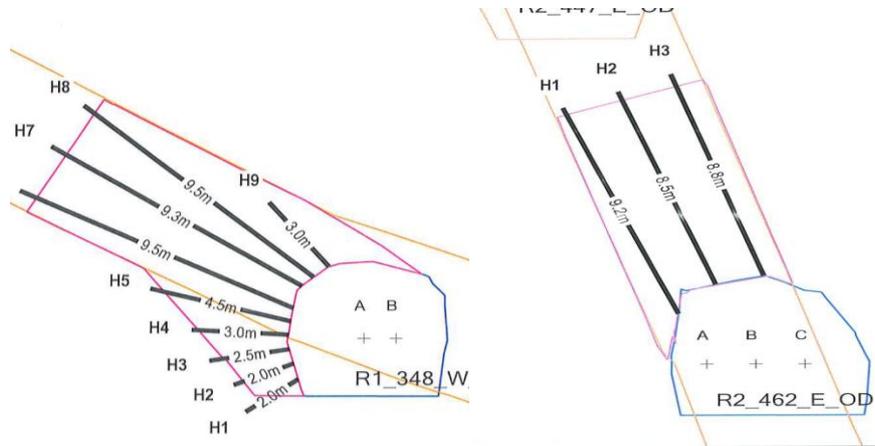


图 4-24 采场中深孔布置设计图

2024 年矿山计划采矿矿石损失率为 20%，贫化率 25%，单个采场生产能力约 800t/d。

根据 SRK2022 年对矿山所做的 LOM 报告，由于开采深度越来越深，矿山计划对采矿方法有所调整，即矿体倾角大于 40°时，采用分段空场法，2 个分段设一个水平矿柱，150m 高时会留出一个分段高度的矿体不采，作为矿柱使用；小于 40°时，采用房柱法。房柱法采矿方法见图 4-25。



的矿柱为 348mL 整个分段和 378mL 东凿岩道；2 号斜坡道的矿柱为 417mL 西凿岩道和 477mL 整个分段；3 号斜坡道为 513mL 分段南凿岩道和 559mL 北凿岩道；4 号斜坡道为 524mL 分段南凿岩道，539mL 北凿岩道；5 号斜坡道为 410mL 整个分段。

为避免采空区的扩大，方案优化时考虑后续采矿方法可以采用充填法开采，不仅能保证矿山生产的安全，同时也能减少矿柱的损失，提高回采率。

## 4.2 目前存在的问题及建议

(1) 现采区南翼采用斜坡道+竖井开拓，东翼采用斜坡道+胶带斜井开拓，随着采场向深部延深，矿（废）石运距越来越长，目前最长运距 R4 已经超过 3 公里。根据调查矿石斜坡道运输单价为 5.01\$/t km、平巷运输单价为 3.01\$/t km、胶带运输单价为 0.25\$/t km。推荐现采区延深现有胶带斜井作为深部矿（废）石的运输通道，以减少井下卡车运输距离。南翼混合井已运行 40 余年，现有设施、设备老旧。新胶带斜井建成后建议停用混合井提升系统。

(2) 矿山开拓仅超前于回采 2~3 个分段，R3 更是只有 1 个掘进水平，R4 也只有 2 个水平，明显出现采掘失衡，可回采采场数量不足，三级矿量失衡，矿山生产难以持续。建议应加大采准工程投入，加快斜坡道延深速度和分段采矿准备，实现三级矿量平衡。

(3) LCM 自投产以来，一直没能达到设计生产规模 250 万吨/年。由于开拓掘进、疏干工程的滞后，目前仅能保持部分生产区域一个分段持续回采，可活动采场有限，导致矿山长期不能达产。建议在保证实现三级矿量平衡的条件下，采用双分段回采方式，增加回采采场数量。

(4) 采场损失贫化较大，矿山生产计划的贫化率为 25%，损失率为 20%。造成损失贫化较大原因客观上是设计留设矿柱的损失，贫化主要是下盘围岩开采和上盘围岩冒落造成的；另一部分与矿山生产管理相关，甲方全面负责设计和贫损管理，乙方没有这方面的职责，不利于发挥现场的主动性和积极性。建议下一步回采中，一是降低缓倾斜采场的高度，以减少直接开挖下盘围岩，可采用矿房内长臂挖掘机辅助扒矿；另一方面加强现场管理，严格按照设计和现场变化施工。根据 SRK 岩石力学报告中认为空场法采矿上盘围岩冒落平均厚度为 0.75m，因此贫化率有可能降低到 15% 以下。

(5) 矿区地表受采动影响，南部矿体的采空区连续发生塌陷，导致地表出现 2 个直径 100 米左右的塌陷坑，造成原矿区公路、部分配电设施损坏，影响生产；另在东部矿体的地表也发现了塌陷坑。根据资料混合井始建于 1953 年，2013 年以来一直采用空场法开采，已在上部中段形成了大量采空区，据估计已形成约 900 万 m<sup>3</sup> 采空区，地表开裂（已经出现）和塌陷将会是矿山生产的一大安全隐患。经分析主要是矿体在 175ml 以上倾角约 65 度，矿体比较厚大，经多年积累后发生突然塌陷，由于深部矿体变缓，矿体平均厚度 5m，业主已经在 348-539ml 之间留设了 1-2 个分段作为水平矿柱，后期多加关注，可以建立微震监测系统，防止突然垮塌形成冲击地压。

(6) 采场位于采空区应力集中带的前缘，大面积连续回采形成采空区的压力拱集中作用于活动采场上盘围岩及邻近采场的隔离矿柱和顶柱上，导致采场顶板稳定性差，片冒时有发生，大量废石混入采场矿石中，造成矿石贫化。SRK 研究报告推荐的 650-850m 采深的时候，矿柱宽度为 7 米，对应此深度情况下的回收率预测约为 55%。建议深入研究矿柱的留设或者改用充填法等地压管理手段，同时开展岩石力学研究工作。

### 4.3 矿山开采方案优化

#### 4.3.1 设计利用资源量

现业主提供的资源量资源模型中，资源量为 8660 万吨，铜品位 1.95%，酸溶铜 0.35%。总量见表 4-11。

表 4-11 保有资源量表 (2023. 9. 30)

| Class                  | 2022-2023            |                |             |             | 2023-2024 (Projected after removal of mined out blocks from July 2022 – September 30 <sup>th</sup> 2023) |             |             |
|------------------------|----------------------|----------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|
|                        | Mineral Resources    | Million Tonnes | % TCu       | % ASCu      | Million Tonnes   | % TCu       | % ASCu      |
| 1                      | Measured             | 8.5            | 2.03        | 0.28        | 7.3  | 2.03        | 0.28        |
| 2                      | Indicated            | 27.6           | 2.02        | 0.36        | 27.1   | 2.02        | 0.36        |
| 1 & 2                  | Measured + indicated | 36.1           | 2.02        | 0.34        | 34.4   | 2.02        | 0.34        |
| 3                      | Inferred             | 52.2           | 1.90        | 0.35        | 52.2   | 1.90        | 0.35        |
| <b>Total resources</b> |                      | <b>88.3</b>    | <b>1.95</b> | <b>0.35</b> | <b>86.6</b>  | <b>1.95</b> | <b>0.35</b> |

从资源级别分析，矿体深部 874ml 水平以下没有控制级以上资源量，且 R1 采区和 R5 采区在此水平以下基本没有资源量。经尽调组集体讨论，本次规划暂按照 874ml 以上水平开采，874ml 以下资源留待下一步探明以后再考虑回采。

参考国内类似矿山经验，本次规划对 874ml 以上推断资源量按利用系数 0.5

考虑，计算开采范围的设计利用资源量。

参考某设计院尽调时对各分段资源量的统计，现有生产采场以下 874ml 水平以上探明+控制级资源量为 2712 万吨，平均品位 TCu 2.09%，AsCu 0.34%；探明+控制+50%推断资源量为 4038 万吨，平均品位 TCu 2.01%，AsCu 0.36%。

经分析，和现业主提供的资源量差别主要有三部分，第一部分是现采场以上未开采部分，第二部分是 874ml 以下推断级资源量 2667 万吨，平均品位 TCu 2.09%，AsCu 0.28%。第三是由于统计方法不同造成的差异。总量和业主提供资源量相差 237 万吨，误差为 2.7%。资源量分级别分区域统计见表 4-12、4-13、4-14、4-15 和 4-16。

**表 4-12 资源量分级别分区域总表**

| 控制级别及区域           | 资源量(万吨) | TCu 品位(%) | AsCu 品位(%) | 备注     |
|-------------------|---------|-----------|------------|--------|
| 874 以上探明+控制       | 2712    | 2.09      | 0.34       |        |
| 874 以上探明+控制+50%推断 | 4038.18 | 2.01      | 0.36       | 本次规划利用 |
| 874 以下推断          | 2667    | 2.09      | 0.28       | 暂不利用   |
| 874 以上推断          | 3720    | 1.71      | 0.53       | 50%利用  |
| 资源量               | 8430    | 1.91      | 0.40       |        |
| 现采区以上探明+控制+推断     | 669     |           |            |        |
| 总计                | 9099    |           |            |        |

**表 4-13 南翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计表（不含推断资源）**

| 中段或分段    | Ramp1 区域    |           |            | Ramp2 区域      |           |            |
|----------|-------------|-----------|------------|---------------|-----------|------------|
|          | 设计利用资源量(万吨) | TCu 品位(%) | AsCu 品位(%) | 设计利用保有资源量(万吨) | TCu 品位(%) | AsCu 品位(%) |
| 350mL    | 36.36       | 1.74      | 0.54       |               |           |            |
| 372mL    | 45.43       | 1.86      | 0.45       |               |           |            |
| 387mL    | 32.73       | 1.98      | 0.42       |               |           |            |
| 399mL    | 27.51       | 2.04      | 0.43       |               |           |            |
| 412mL    | 30.83       | 2.06      | 0.42       |               |           |            |
| 424mL    | 30.25       | 2.06      | 0.41       |               |           |            |
| 474m 中段  | 139.04      | 2.02      | 0.49       | 91.62         | 1.81      | 0.28       |
| 524mL 中段 | 155.99      | 2.14      | 0.67       | 92.56         | 1.93      | 0.28       |
| 574mL 中段 | 178.49      | 1.97      | 0.62       | 108.49        | 2.08      | 0.37       |
| 624mL 中段 | 32.31       | 1.68      | 0.41       | 134.64        | 2.07      | 0.38       |
| 674mL 中段 |             |           |            | 102.98        | 2.03      | 0.3        |
| 724mL 中段 |             |           |            | 82.65         | 2.08      | 0.3        |
| 774mL 中段 |             |           |            | 64.52         | 1.96      | 0.28       |

| 中段<br>或分<br>段 | Ramp1 区域         |               |                 | Ramp2 区域           |               |                 |
|---------------|------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|
|               | 设计利用资源<br>量 (万吨) | TCu 品位<br>(%) | AsCu 品<br>位 (%) | 设计利用保有资<br>源量 (万吨) | TCu 品位<br>(%) | AsCu 品<br>位 (%) |
| 824mL<br>中段   |                  |               |                 | 45.75              | 1.75          | 0.24            |
| 874mL<br>中段   |                  |               |                 | 11.4               | 1.59          | 0.28            |
| 合计            | 708.94           | 2.00          | 0.55            | 734.61             | 1.98          | 0.31            |

表 4-14 东翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计表 (不含推断资源)

| 中段<br>或分<br>段 | Ramp3 区域             |                |                   | Ramp4 区域             |                |                   | Ramp5 区域             |                |                   |
|---------------|----------------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------|-------------------|
|               | 设计利用<br>资源量 (万<br>吨) | TCu 品<br>位 (%) | AsCu<br>品位<br>(%) | 设计利用<br>资源量 (万<br>吨) | TCu 品<br>位 (%) | AsCu<br>品位<br>(%) | 设计利用<br>资源量 (万<br>吨) | TCu 品<br>位 (%) | AsCu<br>品位<br>(%) |
| 398<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 27.69                | 1.95           | 0.18              |
| 418<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 38.24                | 1.94           | 0.16              |
| 434<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 29.59                | 1.9            | 0.17              |
| 449<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 27.97                | 1.82           | 0.15              |
| 461<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 21.25                | 1.75           | 0.14              |
| 477<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 28.11                | 1.68           | 0.13              |
| 493<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 28.81                | 1.68           | 0.13              |
| 505<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 21.3                 | 1.67           | 0.14              |
| 524<br>mL     |                      |                |                   |                      |                |                   | 39.55                | 1.61           | 0.13              |
| 574<br>mL     | 99.75                | 2.47           | 0.22              | 83.26                | 2.4            | 0.22              | 113.4.6              | 1.63           | 0.13              |
| 624<br>mL     | 80.75                | 2.66           | 0.27              | 106.32               | 2.33           | 0.18              | 107.08               | 1.55           | 0.15              |
| 674<br>mL     | 66.89                | 2.85           | 0.35              | 83.86                | 2.03           | 0.19              | 31.43                | 1.49           | 0.15              |
| 724<br>mL     | 64.16                | 3.07           | 0.45              | 52.38                | 1.8            | 0.21              | 10.21                | 1.39           | 0.14              |
| 774<br>mL     | 65.6                 | 2.96           | 0.47              | 32.26                | 1.94           | 0.26              | 2.41                 | 1.24           | 0.14              |
| 824<br>mL     | 41.92                | 2.95           | 0.51              | 42.11                | 1.96           | 0.26              |                      |                |                   |
| 874<br>mL     | 18.99                | 2.58           | 0.46              | 12.9                 | 1.85           | 0.29              | 4.01                 | 1.23           | 0.1               |
| 合计            | 438.06               | 2.78           | 0.36              | 413.09               | 2.13           | 0.21              | 417.65               | 1.68           | 0.15              |

表 4-15 南翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计表 (50%推断资源)

| 中段或<br>分段 | Ramp1 区域        |               |                | Ramp2 区域        |               |                |
|-----------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
|           | 设计利用资源量<br>(万吨) | TCu 品位<br>(%) | AsCu 品位<br>(%) | 设计利用资源量<br>(万吨) | TCu 品位<br>(%) | AsCu 品位<br>(%) |
| 350mL     | 48.08           | 1.71          | 0.58           |                 |               |                |
| 372mL     | 57              | 1.83          | 0.48           |                 |               |                |
| 387mL     | 39.72           | 1.93          | 0.44           |                 |               |                |
| 399mL     | 32.56           | 1.98          | 0.44           |                 |               |                |
| 412mL     | 35.86           | 2.02          | 0.42           |                 |               |                |
| 424mL     | 34.52           | 2.03          | 0.42           |                 |               |                |

| 中段或分段    | Ramp1 区域        |               |                | Ramp2 区域        |               |                |
|----------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
|          | 设计利用资源量<br>(万吨) | TCu 品位<br>(%) | AsCu 品位<br>(%) | 设计利用资源量<br>(万吨) | TCu 品位<br>(%) | AsCu 品位<br>(%) |
| 474m 中段  | 159.44          | 1.99          | 0.5            | 93.6            | 1.8           | 0.28           |
| 524mL 中段 | 190.3           | 2.08          | 0.65           | 94.21           | 1.92          | 0.28           |
| 574mL 中段 | 216.02          | 1.93          | 0.61           | 110.17          | 2.07          | 0.37           |
| 624mL 中段 | 84.34           | 1.79          | 0.43           | 168.2           | 2.09          | 0.42           |
| 674mL 中段 | 39.88           | 1.9           | 0.46           | 161.21          | 2.04          | 0.38           |
| 724mL 中段 | 45.63           | 1.82          | 0.47           | 181.97          | 2.04          | 0.4            |
| 774mL 中段 | 77.13           | 1.8           | 0.57           | 172.89          | 1.99          | 0.4            |
| 824mL 中段 | 35.11           | 1.74          | 0.63           | 135.45          | 1.9           | 0.36           |
| 874mL 中段 | 0.68            | 1.74          | 0.67           | 90.48           | 1.85          | 0.36           |
| 合计       | 1096.27         | 1.93          | 0.54           | 1208.18         | 1.98          | 0.37           |

表 4-16 东翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计表 (50%推断资源)

| 中段或分段  | Ramp3 区域    |           |            | Ramp4 区域    |           |            | Ramp5 区域    |           |            |
|--------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|
|        | 设计利用资源量(万吨) | TCu 品位(%) | AsCu 品位(%) | 设计利用资源量(万吨) | TCu 品位(%) | AsCu 品位(%) | 设计利用资源量(万吨) | TCu 品位(%) | AsCu 品位(%) |
| 398 mL |             |           |            |             |           |            | 27.91       | 1.96      | 0.18       |
| 418 mL |             |           |            |             |           |            | 38.44       | 1.94      | 0.16       |
| 434 mL |             |           |            |             |           |            | 29.6        | 1.9       | 0.17       |
| 449 mL |             |           |            |             |           |            | 27.97       | 1.82      | 0.15       |
| 461 mL |             |           |            |             |           |            | 21.25       | 1.75      | 0.14       |
| 477 mL |             |           |            |             |           |            | 28.11       | 1.68      | 0.13       |
| 493 mL |             |           |            |             |           |            | 28.81       | 1.68      | 0.13       |
| 505 mL |             |           |            |             |           |            | 21.3        | 1.67      | 0.14       |
| 574 mL | 172.46      | 2.27      | 0.16       | 111.17      | 2.35      | 0.21       | 153.01      | 1.62      | 0.13       |
| 624 mL | 103.21      | 2.44      | 0.26       | 106.32      | 2.33      | 0.18       | 107.08      | 1.55      | 0.15       |
| 674 mL | 90.15       | 2.48      | 0.31       | 83.86       | 2.03      | 0.19       | 32.38       | 1.49      | 0.15       |
| 724 mL | 86.85       | 2.62      | 0.38       | 52.81       | 1.79      | 0.21       | 15.22       | 1.39      | 0.14       |
| 774 mL | 90.73       | 2.55      | 0.4        | 36.6        | 1.86      | 0.25       | 6.98        | 1.41      | 0.16       |
| 824 mL | 89.81       | 2.36      | 0.38       | 44.88       | 1.93      | 0.25       | 4.84        | 1.55      | 0.18       |
| 874 mL | 81.72       | 2.21      | 0.34       | 31.08       | 1.77      | 0.25       | 9.18        | 1.43      | 0.15       |
| 合计     | 714.93      | 2.40      | 0.30       | 466.72      | 2.11      | 0.21       | 552.08      | 1.66      | 0.15       |

根据地质模型, 提高 cutoff 值到 1.8% 时, 资源品位提高到了 2.20% 总资源量

如表 4-17。

**表 4-17 资源量统计表 (Cutoff>1.8%)**

| 矿段  | 资源量级别     | 矿石量(Mt) | Tcu (%) | AsCu (%) | NSR/t (\$) |
|-----|-----------|---------|---------|----------|------------|
| 东翼  | Measured  | 3.55    | 2.36    | 0.22     | 131        |
|     | Indicated | 7.11    | 2.53    | 0.30     | 140        |
|     | Inferred  | 9.71    | 2.34    | 0.32     | 126        |
|     | 小计        | 20.37   | 2.41    | 0.29     | 132        |
| 转折段 | Measured  | 0.13    | 2.10    | 0.46     | 106        |
|     | Indicated | 0.30    | 1.91    | 0.29     | 99         |
|     | Inferred  | 4.25    | 2.12    | 0.30     | 112        |
|     | 小计        | 4.68    | 2.10    | 0.30     | 111        |
| 南翼  | Measured  | 1.25    | 2.01    | 0.50     | 99         |
|     | Indicated | 10.99   | 2.12    | 0.50     | 106        |
|     | Inferred  | 17.03   | 2.04    | 0.47     | 102        |
|     | 小计        | 29.27   | 2.07    | 0.48     | 103        |
| 总计  | Measured  | 4.93    | 2.27    | 0.30     | 122        |
|     | Indicated | 18.40   | 2.27    | 0.42     | 119        |
|     | Inferred  | 30.99   | 2.14    | 0.40     | 111        |
|     | 总计        | 54.32   | 2.20    | 0.40     | 115        |

其中探明+控制级资源量 2333 万吨，全铜品位 2.27%，酸溶铜 0.4%。比 cutoff1.25% 时的 2712 万吨减少了 379 万吨，从模型上看矿体连续性尚可。说明矿岩分界明显，提高 cutoff 值提升资源品位有一定效果，但是效果有限。

### 4.3.2 开拓运输系统

现采区南翼采用斜坡道+竖井开拓，东翼采用斜坡道+胶带斜井开拓，随着采场向深部延深，矿(废)石运距越来越长，目前最长运距 R4 已经超过 3 公里。根据矿体赋存状况和矿山已有开拓系统工程布置，推荐两个开拓方案进行比较。

方案一：胶带斜井+两条斜坡道方案。R1、R4、R5 不再下掘，形成 R2、R3 下掘出矿，胶带斜井提升。

方案二：延深胶带斜井方案。延深现有胶带斜井作为矿(废)石的运输通道，停用混合井提升系统。

#### 4.3.2.1 方案一：胶带斜井+两条斜坡道方案

##### (1) 可采矿石量分析

目前采场和斜坡道位置见表 4-20；南翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计见表 4-21；东翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计见表 4-22。

**表 4-20 现采区各采区生产水平（截止到 2023.10 月）**

| 区域 | RAMP | 采矿水平  | 掘进水平                          | 斜坡道最低水平 |
|----|------|-------|-------------------------------|---------|
| 南翼 | R1   | 348mL | 363mL、397mL、412mL、432mL、447mL | 447mL   |
|    | R2   | 462mL | 492mL、512mL、527mL、547mL       | 547mL   |
| 东翼 | R3   | 543mL | 558mL                         | 578mL   |

|  |    |         |                   |       |
|--|----|---------|-------------------|-------|
|  | R4 | 539mL S | 539mL N、554mL     | 554mL |
|  | R5 | 准备 410  | 410mL、425mL、445mL | 445mL |

**表 4-21 南翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计表 (50%推断资源)**

| 中段或分段    | Ramp1 区域     |            |             | Ramp2 区域     |            |             |
|----------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|
|          | 设计利用资源量 (万吨) | TCu 品位 (%) | AsCu 品位 (%) | 设计利用资源量 (万吨) | TCu 品位 (%) | AsCu 品位 (%) |
| 350mL    | 48.08        | 1.71       | 0.58        |              |            |             |
| 372mL    | 57           | 1.83       | 0.48        |              |            |             |
| 387mL    | 39.72        | 1.93       | 0.44        |              |            |             |
| 399mL    | 32.56        | 1.98       | 0.44        |              |            |             |
| 412mL    | 35.86        | 2.02       | 0.42        |              |            |             |
| 424mL    | 34.52        | 2.03       | 0.42        |              |            |             |
| 474m 中段  | 159.44       | 1.99       | 0.5         | 93.6         | 1.8        | 0.28        |
| 524mL 中段 | 190.3        | 2.08       | 0.65        | 94.21        | 1.92       | 0.28        |
| 574mL 中段 | 216.02       | 1.93       | 0.61        | 110.17       | 2.07       | 0.37        |
| 624mL 中段 | 84.34        | 1.79       | 0.43        | 168.2        | 2.09       | 0.42        |
| 674mL 中段 | 39.88        | 1.9        | 0.46        | 161.21       | 2.04       | 0.38        |
| 724mL 中段 | 45.63        | 1.82       | 0.47        | 181.97       | 2.04       | 0.4         |
| 774mL 中段 | 77.13        | 1.8        | 0.57        | 172.89       | 1.99       | 0.4         |
| 824mL 中段 | 35.11        | 1.74       | 0.63        | 135.45       | 1.9        | 0.36        |
| 874mL 中段 | 0.68         | 1.74       | 0.67        | 90.48        | 1.85       | 0.36        |
| 合计       | 1096.27      | 1.93       | 0.54        | 1208.18      | 1.98       | 0.37        |

**表 4-22 东翼各区域 874ml 以上设计利用资源量统计表 (50%推断资源)**

| 中段或分段  | Ramp3 区域     |            |             | Ramp4 区域     |            |             | Ramp5 区域     |            |             |
|--------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|
|        | 设计利用资源量 (万吨) | TCu 品位 (%) | AsCu 品位 (%) | 设计利用资源量 (万吨) | TCu 品位 (%) | AsCu 品位 (%) | 设计利用资源量 (万吨) | TCu 品位 (%) | AsCu 品位 (%) |
| 398 mL |              |            |             |              |            |             | 27.91        | 1.96       | 0.18        |
| 418 mL |              |            |             |              |            |             | 38.44        | 1.94       | 0.16        |
| 434 mL |              |            |             |              |            |             | 29.6         | 1.9        | 0.17        |
| 449 mL |              |            |             |              |            |             | 27.97        | 1.82       | 0.15        |
| 461 mL |              |            |             |              |            |             | 21.25        | 1.75       | 0.14        |
| 477 mL |              |            |             |              |            |             | 28.11        | 1.68       | 0.13        |
| 493 mL |              |            |             |              |            |             | 28.81        | 1.68       | 0.13        |
| 505 mL |              |            |             |              |            |             | 21.3         | 1.67       | 0.14        |
| 574 mL | 172.46       | 2.27       | 0.16        | 111.17       | 2.35       | 0.21        | 153.01       | 1.62       | 0.13        |

| 中段<br>或分<br>段 | Ramp3 区域            |               |                   | Ramp4 区域            |               |                   | Ramp5 区域            |               |                   |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|---------------------|---------------|-------------------|---------------------|---------------|-------------------|
|               | 设计利用<br>资源量(万<br>吨) | TCu 品<br>位(%) | AsCu<br>品位<br>(%) | 设计利用<br>资源量(万<br>吨) | TCu 品<br>位(%) | AsCu<br>品位<br>(%) | 设计利用<br>资源量(万<br>吨) | TCu 品<br>位(%) | AsCu<br>品位<br>(%) |
| 624<br>mL     | 103.21              | 2.44          | 0.26              | 106.32              | 2.33          | 0.18              | 107.08              | 1.55          | 0.15              |
| 674<br>mL     | 90.15               | 2.48          | 0.31              | 83.86               | 2.03          | 0.19              | 32.38               | 1.49          | 0.15              |
| 724<br>mL     | 86.85               | 2.62          | 0.38              | 52.81               | 1.79          | 0.21              | 15.22               | 1.39          | 0.14              |
| 774<br>mL     | 90.73               | 2.55          | 0.4               | 36.6                | 1.86          | 0.25              | 6.98                | 1.41          | 0.16              |
| 824<br>mL     | 89.81               | 2.36          | 0.38              | 44.88               | 1.93          | 0.25              | 4.84                | 1.55          | 0.18              |
| 874<br>mL     | 81.72               | 2.21          | 0.34              | 31.08               | 1.77          | 0.25              | 9.18                | 1.43          | 0.15              |
| 合计            | 714.93              | 2.40          | 0.30              | 466.72              | 2.11          | 0.21              | 552.08              | 1.66          | 0.15              |

从目前开采掘进水平和资源量分析：

R1 采区从 474 中段向下，到 524 中段酸溶铜品位达到了 0.5%，0.61%，最高占比达到了 31.6%，硫化铜资源品位只有 1.43%，考虑贫化后硫化矿出矿品位可能下降到 1.3%，已经到了 NSR60 美元的边界线了。

R5 采区从 449 分段开始持续下降，目前掘进的 445 水平矿体品位 1.82%，酸溶铜品位 0.15%，考虑贫化后出矿硫化铜品位只有 1.5%。

因此 R1 采区斜坡道不再下掘，开采 447 以上矿体后结束。R5 采区目前斜坡道不再下掘，考虑回采 445 水平以上矿体后结束。

经过调整后的可采资源量为 3416 万吨，全铜品位 2.08%，酸溶铜品位 0.3%。资源量减少了 622 万吨，全铜品位提高了 0.06%，酸溶铜减少 0.03%。相当于硫化铜从 1.65% 提高到 1.73%。

根据目前规划的纵投影图 4-27 和图 4-28 分析可知，继续现有 2 条斜坡道 R3、R2 下掘，胶带斜井提升。能够实现斜坡道和胶带斜井相辅相成。

## (2) 工程量及排产计划

鲁班比铜矿开拓工程掘进量统计及计划表见表 4-23。

鲁班比铜矿 14 年采掘计划表见表 4-24 和表 4-25。

**表 4-23 鲁班比铜矿开拓工程掘进量统计及计划表**

| 采掘工程量统计 |        | 2024-2037 年计划总计 |                |     |      |      |      |       |
|---------|--------|-----------------|----------------|-----|------|------|------|-------|
| 序号      | 工程名称   | 掘进              |                | 副产矿 | 采出矿  | 供矿合计 | 供矿品位 |       |
|         |        | m               | m <sup>3</sup> | 万 t | 万 t  | 万 t  | %Tcu | %AsCu |
|         | 全矿总计   | 83060           | 2003122        | 346 | 2694 | 3040 | 1.83 | 0.28  |
|         | 开拓工程小计 | 31135           | 692846         | 83  |      | 83   | 1.88 | 0.29  |
|         | 生产小计   | 51925           | 1310276        | 262 | 2694 | 2956 | 1.83 | 0.28  |

| 采掘工程量统计 |         | 2024-2037 年计划总计 |                |         |         |      |      |       |
|---------|---------|-----------------|----------------|---------|---------|------|------|-------|
| 序号      | 工程名称    | 掘进              |                | 副产矿     | 采出矿     | 供矿合计 | 供矿品位 |       |
|         |         | m               | m <sup>3</sup> | 万 t     | 万 t     | 万 t  | %Tcu | %AsCu |
| 1       | 31135   | 692846          | 83             |         | 83      | 1.88 | 0.29 | 0.29  |
| 1.1     | 21618   | 500589.3        | 83.1           |         | 83      | 1.88 | 0.29 | 0.29  |
| 1.2     | 5956.5  | 108482.9        |                |         |         |      |      |       |
| 1.3     | 2280.2  | 45773.8         |                |         |         |      |      |       |
| 1.4     | 600     | 21000           |                |         |         |      |      |       |
| 1.5     | 680     | 17000           |                |         |         |      |      |       |
| 2       | 3256    | 81400           | 15.3           | 690.2   | 705.5   | 1.60 | 0.31 | 0.31  |
| 2.1     | 1078    | 26950           | 5.1            | 335     | 340.1   | 1.61 | 0.40 | 0.41  |
| 2.2     | 1078    | 26950           | 5.1            | 205.5   | 210.6   | 1.57 | 0.24 | 0.24  |
| 2.3     | 1100    | 27500           | 5.2            | 149.7   | 154.9   | 1.61 | 0.14 | 0.14  |
| 3       | 48669   | 1228876         | 247            | 2003.91 | 2250.91 | 1.91 | 0.28 | 0.29  |
| 3.1     | 16523.1 | 431960          | 89.1           |         | 89.1    | 1.82 | 0.33 | 0.33  |
| 3.2     | 9781.12 | 242480          | 43             | 950     | 993     | 1.80 | 0.33 | 0.35  |
| 3.3     | 22016.8 | 545809          | 115.1          | 555     | 670.1   | 2.10 | 0.26 | 0.27  |
| 3.4     | 348     | 8627            |                | 498.91  | 498.91  | 1.88 | 0.19 | 0.19  |

表 4-24 鲁班比铜矿采掘计划及设备表

| 年度         | 单位               | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  | 2031  | 2032  | 2033  | 2034  | 2035  | 2036  | 2037  |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 出矿量        | 万吨               | 150.0 | 150.0 | 180.0 | 210.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 200.0 | 150.0 |
| 全铜品位       | %Tcu             | 1.630 | 1.635 | 1.719 | 1.797 | 1.881 | 1.902 | 1.901 | 1.894 | 1.855 | 1.839 | 1.839 | 1.839 | 1.899 | 1.740 |
| 氧化铜品位      | %AsCu            | 0.278 | 0.272 | 0.292 | 0.313 | 0.311 | 0.301 | 0.286 | 0.288 | 0.290 | 0.289 | 0.289 | 0.289 | 0.294 | 0.350 |
| 采掘量及设备配置表  |                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 项目         | 单位               | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  | 2031  | 2032  | 2033  | 2034  | 2035  | 2036  | 2037  |
| 掘进量        | 万 m              | 0.9   | 0.8   | 1.5   | 1.2   | 1.3   | 0.7   | 0.6   | 0.6   | 0.2   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
|            | 万 m <sup>3</sup> | 19.2  | 19.0  | 33.9  | 28.6  | 32.6  | 18.0  | 13.8  | 13.8  | 4.8   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 采掘总量       | 万 t              | 176   | 180   | 201   | 224   | 262   | 247   | 206   | 206   | 183   | 170   | 170   | 170   | 170   | 85    |
| 双臂凿岩台车     | 台                | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 7     | 6     | 6     | 6     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 14t/17t 铲运 | 台                | 11    | 13    | 13    | 13    | 15    | 15    | 13    | 13    | 13    | 11    | 11    | 11    | 11    | 6     |
| 42t 矿卡     | 辆                | 10    | 12    | 12    | 15    | 15    | 15    | 12    | 12    | 12    | 10    | 10    | 10    | 10    | 5     |
| 中深孔台车      | 台                | 4     | 4     | 4     | 6     | 6     | 6     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 2     |
| 装药台车       | 台                | 6     | 6     | 8     | 8     | 7     | 6     | 4     | 4     | 4     | 4     | 2     | 1     | 1     | 1     |
| 锚索台车       | 台                | 3     | 4     | 4     | 4     | 4     | 3     | 2     | 2     | 2     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 撬毛台车       | 台                | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |
| 加油车        | 台                | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
| 破碎机        | 台                | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |
| 两头忙        | 台                | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 多功能服务车     | 台                | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 主要生产设备总    |                  | 62    | 68    | 71    | 76    | 77    | 72    | 61    | 61    | 61    | 55    | 53    | 52    | 52    | 40    |

|       |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年度    | 单位 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| 计     |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 下井送人车 | 辆  | 5    | 5    | 8    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   |
| 皮卡    | 辆  | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   |

表 4-25 鲁班比铜矿采掘计划表

| 年度     | 出矿量    | 全铜品位 | 氧化铜品位 | 备注 |
|--------|--------|------|-------|----|
|        | 万吨     | %Tcu | %AsCu |    |
| 2024 年 | 150.02 | 1.63 | 0.28  |    |
| 2025 年 | 150.04 | 1.63 | 0.27  |    |
| 2026 年 | 179.99 | 1.72 | 0.29  |    |
| 2027 年 | 210.04 | 1.80 | 0.31  |    |
| 2028 年 | 250.02 | 1.88 | 0.31  |    |
| 2029 年 | 250.00 | 1.90 | 0.30  |    |
| 2030 年 | 250.00 | 1.90 | 0.29  |    |
| 2031 年 | 250.00 | 1.89 | 0.29  |    |
| 2032 年 | 250.00 | 1.85 | 0.29  |    |
| 2033 年 | 250.00 | 1.84 | 0.29  |    |
| 2034 年 | 250.00 | 1.84 | 0.29  |    |
| 2035 年 | 250.00 | 1.84 | 0.29  |    |
| 2036 年 | 200.00 | 1.90 | 0.29  |    |
| 2037 年 | 150.00 | 1.74 | 0.35  |    |

方案分析对比：

(1) 资源量减少了，按照新的资源量调整，可采出矿量 3040 万吨，全铜品位 1.83%，酸溶铜品位 0.28%。

(2) R1 和 R4、R5 不再基建，减少了斜坡道开拓工程量，中段工程量减少，每个中段长度变短。总开拓工程减少了 13100m，约 30 万立方米。

(3) 采准工程减少，主要是每个分段凿岩道长度减少，工程量减少了 44 万立方米。

(4) 井下安排了维修硐室，工程量增加了 3.1 万立方米。

(5) 综合排产 14 年，达产年出矿量 250 万吨，总采出矿量 3040 万吨，平均出矿品位 1.83%，酸溶铜品位 0.28%。

#### 4.3.2.2 方案二：延深胶带斜井方案

##### (1) 方案概述

延深胶带斜井开拓系统纵投影如图 4-27 和图 4-28 所示。

矿区开拓运输系统改造完成后，现有混合井仅作南翼进风通道。

延深胶带 ED3 尾部 234ml 至 317ml，提升高度 185m，胶带延长了约 482m，倾角 10.2°。延长后的新 ED3 总长度约为 1242m，胶带运输能力和带速与 ED1、ED2 保持一致。

新增的第一段胶带 ED4 自新胶带 ED3 尾部 317ml 至 574ml，提升高度 257m，长约 1534m，倾角 10.2°。

新增第二段胶带 ED5 自胶带 ED4 尾部 574ml 至东翼 714ml，提升高度 140m，长度 1150m，倾角为 8°。

新增第三段胶带 ED6 自胶带 ED5 尾部 714ml 至东翼 854ml，提升高度 140m，长度 1150m，倾角为 8°。

根据开采现状和资源分布情况，ED3 延深，ED4、ED5 同时基建，ED6 在 R2 号斜坡道到达 714ml 时开始基建。

根据现场实际生产情况，取消井下破碎系统，改用井口格筛控制大块，并在溜井口设置液压破碎设备。

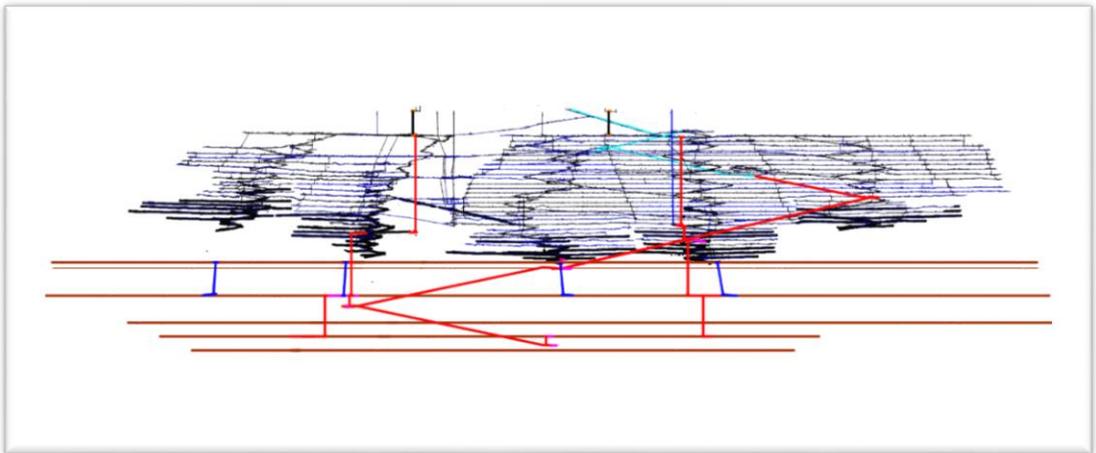


图 4-27 胶带斜井开拓纵投影图

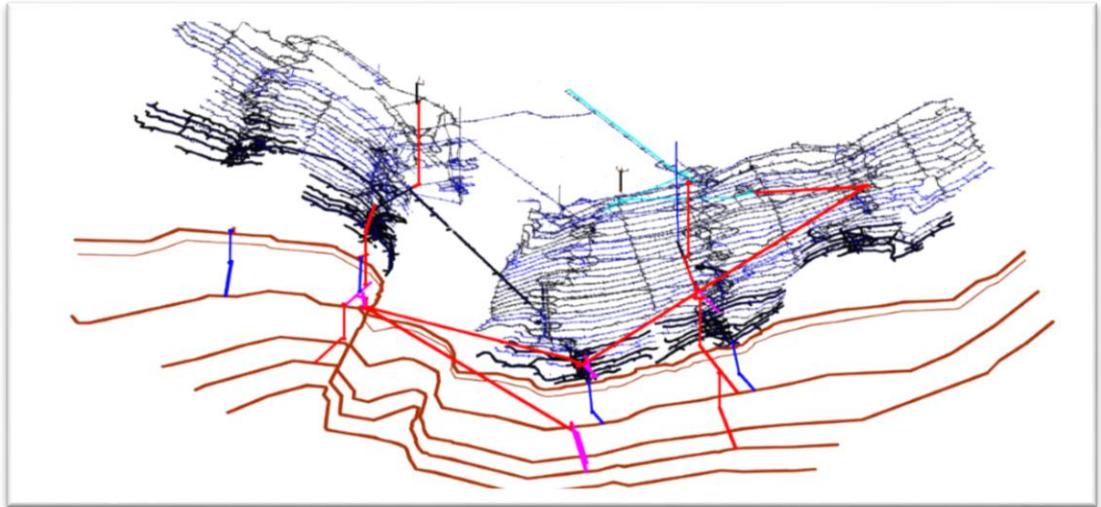


图 4-28 胶带斜井开拓系统立体图

ED4 尾部在 R3 斜坡道附近，设胶带装载站（1 条矿石、1 条废石溜井），溜井井口在 554mL，溜井以及底部结构和放矿机总高度 20m 井底在 574mL，承担 524mL 水平以上矿、废石的提升任务。各分段采出矿石通过采场溜井至中段运输巷道，然后由卡车运输至胶带卸矿站，最终由胶带接力运输至地表。

ED5 尾部在 R2 附近，设胶带装载站（1 条矿石、1 条废石溜井），溜井井口在 674mL，负责 674mL 水平以上矿、废石的溜矿任务。

胶带 ED6 尾部在 R3 斜坡道附近，设一套主溜井系统（1 条矿石溜井、1 条废石溜井），溜井井口设在 820mL，溜井以及底部结构和放矿机总高度 34m 井底设在 854mL，负责全部深部矿、废石的溜矿任务。

矿山现有 5 条斜坡道，基建时 Ramp3 斜坡道随胶带斜井向深部延深至 854mL 水平，其它 4 条斜坡道随生产下延，承担人员、材料、设备的运输通道。

## （2）产能规划

矿山设计规模为 250 万 t/a，由于多方面原因，矿山一直无法达产。2019 年矿石产量约为 169 万吨，2020 年约为 148 万吨，2021 年约为 146 万吨，2022 年约 147 万吨。

本次规划利用资源量 4038 万吨，矿体厚度平均为 5 米，为了降低废石掘进，降低采掘比，拟采用脉内采准、脉内运输的设计思路，因此按照双中段同时开采，5 个采区可布置同时开采矿块 20 个，单采场能力按照目前的 800 吨/d 估算，受充填时间影响，矿块利用系数取 0.6，日产能可达到 9600 吨/d，年按照 330 天计算，矿山生产能力 316 万吨。年下降速度平均达到 30 米。但目前采掘失衡严重，

3、4 盘区目前只有掘进工程，明年还面临开拓系统延深工程施工高峰。因此明年安排 150 万吨矿量。

考虑到目前选矿设计生产能力为 250 万吨，且从没有达到过设计产能，也未单月达过产，因此考虑了和选矿系统相配套，暂时按照 250 万吨排产。规划区增产期 3 年，达产期 10 年，减产期 2 年。符合大型矿山的设计原则。随着选矿系统改造完善，矿山三级矿量逐步平衡，有能力适应选矿系统的处理量。

(3) 采出矿量及排产

根据推荐的改造和排产计划计算：554ml 以上继续沿用空场法回采，优化后的空场法损失率按照 20% 计算，贫化率按照 15% 计算。

554ml 以下倾角 30 度以上采用分段充填法，30 度以下采用脉内采准上向进路充填法。设计按照损失 15%，贫化率 10%

按推断资源量利用系数取 0.5 时，采出矿量为 3600 万吨，采出 TCu 金属量 64.4 万吨、TCu 平均品位 1.79%，AsCu 平均品位 0.32%。

经排产后，874ml 以上矿山总体服务年限 15 年，第一年受现有采掘失衡、基建大量投入影响安排 150 万吨，第二年基建工作量大安排 200 万吨，第三年胶带斜井安装切换影响安排 200 万吨，第 4 至第 14 年产量为 250 万吨，后 2 年减产到 190 万吨，总采出矿石量 3600 万吨。

表 4-18 现采区 2024-2039 年采掘计划汇总表

| 项目名称   |            | 2024-2039 年 |                |     |      |      |      |       |
|--------|------------|-------------|----------------|-----|------|------|------|-------|
| 序号     | 工程名称       | 掘进          |                | 副产矿 | 采出矿  | 供矿合计 | 供矿品位 |       |
|        |            | m           | m <sup>3</sup> | 万 t | 万 t  | 万 t  | %Tcu | %AsCu |
| 全矿总计   |            | 119016      | 2860233        | 545 | 3056 | 3600 | 1.79 | 0.32  |
| 开拓工程小计 |            | 44263       | 991408         | 128 | 0    | 128  | 1.90 | 0.40  |
| 生产小计   |            | 74753       | 1868825        | 416 | 3056 | 3472 | 1.79 | 0.32  |
| 1      | 开拓         | 44263       | 991408         | 128 | 0    | 128  | 1.90 | 0.40  |
| 1.1    | 斜坡道及中段运输开拓 | 34832.0     | 809776.6       | 128 | 0    | 128  | 1.90 | 0.40  |
| 1.2    | 胶带斜井工程     | 5956.5      | 108482.9       | 0   | 0    | 0    |      |       |
| 1.3    | 通风工程       | 2794.2      | 56148.1        | 0   | 0    | 0    |      |       |
| 1.4    | 排水工程       | 680.0       | 17000.0        | 0   | 0    | 0    |      |       |
| 2      | 分段空场法生产    | 3520        | 88000          | 18  | 799  | 817  | 1.63 | 0.34  |
| 2.1    | R1 生产区域    | 1780.0      | 44500.0        | 9   | 468  | 477  | 1.68 | 0.46  |
| 2.2    | R2 生产区域    | 980.0       | 24500.0        | 5   | 155  | 160  | 1.58 | 0.24  |
| 2.3    | R5 生产区域    | 760.0       | 19000.0        | 4   | 176  | 180  | 1.54 | 0.13  |
| 3      | 分段充填法生产    | 71233.0     | 1780825        | 398 | 2257 | 2655 | 1.84 | 0.31  |
| 3.1    | 生产期开拓工程    | 23633       | 590825         | 152 | 0    | 152  | 1.90 | 0.40  |
| 3.2    | R1 生产区域    | 8700.0      | 217500.0       | 45  | 400  | 445  | 1.67 | 0.50  |
| 3.3    | R2 生产区域    | 14000.0     | 350000.0       | 72  | 678  | 750  | 1.81 | 0.35  |
| 3.4    | R3 生产区域    | 14300.0     | 357500.0       | 74  | 525  | 599  | 2.16 | 0.27  |
| 3.5    | R4 生产区域    | 6800.0      | 170000.0       | 35  | 375  | 410  | 1.90 | 0.19  |
| 3.6    | R5 生产区域    | 3800.0      | 95000.0        | 20  | 279  | 298  | 1.41 | 0.13  |

**表 4-19 现采区 2024-2039 出矿计划表**

| 年度     | 出矿量 | 全铜品位 | 氧化铜品位 | 备注 |
|--------|-----|------|-------|----|
|        | 万吨  | %Tcu | %AsCu |    |
| 2024 年 | 150 | 1.70 | 0.32  |    |
| 2025 年 | 200 | 1.69 | 0.31  |    |
| 2026 年 | 200 | 1.69 | 0.32  |    |
| 2027 年 | 250 | 1.77 | 0.30  |    |
| 2028 年 | 250 | 1.78 | 0.32  |    |
| 2029 年 | 250 | 1.81 | 0.31  |    |
| 2030 年 | 250 | 1.77 | 0.33  |    |
| 2031 年 | 250 | 1.77 | 0.33  |    |
| 2032 年 | 250 | 1.78 | 0.31  |    |
| 2033 年 | 250 | 1.82 | 0.30  |    |
| 2034 年 | 250 | 1.82 | 0.30  |    |
| 2035 年 | 250 | 1.82 | 0.30  |    |
| 2036 年 | 250 | 1.87 | 0.33  |    |
| 2037 年 | 250 | 1.89 | 0.36  |    |
| 2038 年 | 150 | 1.88 | 0.36  |    |
| 2039 年 | 150 | 1.87 | 0.37  |    |

4.3.2.3 方案综合技术经济指标比较

根据上述两方案的条件，结合现场实际生产情况及业主提供的资料，估算了两个方案的财务指标，详见表 4-26。

**表 4-26 综合技术经济指标比较表**

| 序号    | 指标名称    | 单位   | 数量       |             |         | 备注 |
|-------|---------|------|----------|-------------|---------|----|
|       |         |      | 方案二      | 方案一         | 方案二-方案一 |    |
|       |         |      | 延伸胶带斜井   | 胶带斜井+2 条斜坡道 |         |    |
| 1     | 采矿      |      |          |             |         |    |
| 1.1   | 采出矿量    | kt   | 36000.46 | 30401.08    | 5599.37 |    |
| 1.1.2 | 矿石品位    |      |          |             |         |    |
|       | Cu      | %    | 1.80     | 1.83        | -0.03   |    |
| 1.1.3 | 金属量     |      |          |             |         |    |
|       | Cu      | kt   | 647.57   | 555.50      | 92.07   |    |
| 1.2   | 矿山服务年限  | a    | 16       | 14.00       | 2       |    |
| 1.3   | 设计规模    | kt/a | 2500     | 2500.00     |         |    |
| 1.4   | 采矿方法    |      | 充填法      | 充填法         |         |    |
| 1.5   | 开拓运输方式  |      | 胶带斜井+斜坡道 | 胶带斜井+斜坡道    |         |    |
| 1.6   | 矿山工作制度  |      |          |             |         |    |
|       | 年工作天数   | d    | 330      | 330         |         |    |
|       | 每天工作班数  | 班    | 2        | 2           |         |    |
|       | 每班工作小时数 | h    | 12       | 12          |         |    |

鲁班比铜矿采选工程可行性研究

| 序号    | 指标名称       | 单位    | 数量        |                |          | 备注           |
|-------|------------|-------|-----------|----------------|----------|--------------|
|       |            |       | 方案二       | 方案一            | 方案二-方案一  |              |
|       |            |       | 延伸胶带斜井    | 胶带斜井<br>+2条斜坡道 |          |              |
| 2     | 选矿         |       |           |                |          |              |
| 2.1   | 选厂处理能力     | kt/a  | 2500      | 2500           |          |              |
| 2.2   | 原矿入选品位     |       |           |                |          |              |
|       | Cu         | %     | 1.80      | 1.83           | -0.03    |              |
| 2.3   | 精矿品位       |       |           |                |          |              |
|       | Cu         | %     | 42        | 42.00          |          |              |
| 2.4   | 选矿回收率      |       |           |                |          |              |
|       | Cu         | %     | 80.91     | 81.98          | -1.07    |              |
| 2.5   | 精矿产量       |       |           |                |          | 年平均          |
|       | Cu         | kt    | 77.97     | 77.45          | 0.52     |              |
| 2.6   | 年产精矿含金属    |       |           |                |          | 年平均          |
|       | Cu         | kt    | 32.75     | 32.53          | 0.22     |              |
| 3     | 投资与资金来源    |       |           |                |          |              |
| 3.1   | 项目初设总投资    | k\$   | 202389.72 | 151344.13      | 51045.59 |              |
| 3.1.1 | 初设投资       | k\$   | 162792.50 | 114451.25      | 48341.26 | 爬坡期前3年       |
| 3.1.2 | 流动资金       | k\$   | 39597.22  | 36892.88       | 2704.34  |              |
| 3.2   | 前期投入       | k\$   | 60000.00  | 60000.00       |          |              |
| 3.3   | 原有固定资产净值   | k\$   | 185000.00 | 185000.00      |          |              |
| 3.4   | 维持运营投资     | k\$   | 250164.94 | 190138.70      | 60026.24 |              |
| 4     | 成本费用       |       |           |                |          | 生产期内<br>矿量平均 |
| 4.1   | 采矿单位现金成本   | \$/t  | 28.85     | 29.63          | -0.78    |              |
| 4.2   | 工程服务单位现金成本 | \$/t  | 24.35     | 24.26          | 0.09     |              |
| 4.3   | 选矿单位现金成本   | \$/t  | 10.26     | 10.27          | -0.02    |              |
| 4.4   | 管理费用       | \$/t  | 7.56      | 7.55           | 0.01     |              |
| 4.5   | 销售费用       | \$/t  | 1.04      | 1.07           | -0.03    |              |
| 4.6   | 资源税        | \$/t  | 10.65     | 10.96          | -0.31    |              |
| 4.7   | 经营成本       | \$/t  | 82.70     | 83.75          | -1.04    |              |
| 4.8   | 折旧费用       | \$/t  | 16.13     | 15.52          | 0.60     |              |
| 4.9   | 摊销费用       | \$/t  | 1.67      | 1.97           | -0.31    |              |
| 4.10  | 财务费用       | \$/t  | 0.06      | 0.08           | -0.01    |              |
| 4.11  | 总成本费用      | \$/t  | 100.56    | 101.32         | -0.76    |              |
| 5     | 销售收入、税金及利润 |       |           |                |          | 年平均          |
| 5.1   | 销售收入       | k\$/a | 239700.84 | 238100.24      | 1600.60  |              |
| 5.2   | 销售税金及附加    | k\$/a | 23970.08  | 23810.02       | 160.06   |              |
| 5.3   | 总成本费用      | k\$/a | 204430.51 | 198408.76      | 6021.75  |              |
| 5.4   | 利润总额       | k\$/a | 11300.25  | 15881.46       | -4581.21 |              |
| 5.5   | 所得税        | k\$/a | 2582.60   | 3193.24        | -610.64  |              |
| 5.6   | 税后利润       | k\$/a | 8717.65   | 12688.22       | -3970.57 |              |

| 序号    | 指标名称          | 单位  | 数量       |                |           | 备注 |
|-------|---------------|-----|----------|----------------|-----------|----|
|       |               |     | 方案二      | 方案一            | 方案二-方案一   |    |
|       |               |     | 延伸胶带斜井   | 胶带斜井<br>+2条斜坡道 |           |    |
| 6     | 经济效益指标        |     |          |                |           |    |
| 6.1   | 税前            |     |          |                |           |    |
| 6.1.1 | 项目投资财务内部收益率   | %   | 15.50    | 19.36          | -3.86     |    |
| 6.1.2 | 全投资净现值(i=10%) | k\$ | 68461.33 | 108460.51      | -39999.18 |    |
| 6.1.3 | 投资回收期         | a   | 8.22     | 6.98           | 1.24      |    |
| 6.2   | 税后            |     |          |                |           |    |
| 6.2.1 | 项目投资财务内部收益率   | %   | 13.54    | 17.36          | -3.82     |    |
| 6.2.2 | 全投资净现值(i=10%) | k\$ | 44787.50 | 84191.02       | -39403.51 |    |
| 6.2.3 | 投资回收期         | a   | 8.75     | 7.40           | 1.35      |    |
| 6.3   | 总投资收益率        | %   | 5.17     | 8.64           | -3.46     |    |
| 6.4   | 资本金利润率        | %   | 6.97     | 11.99          | -5.03     |    |

由上表可以看出，方案一的出矿量虽然减少，但品位有所提高，年均产铜精矿与方案二相差不大，但方案一的生命周期内采掘量较方案二小，因此方案一的投资较方案二小。两方案成本相差不大；方案一净利润较方案二高，方案一的税后内部收益率及税后财务净现值均高于方案二；投资回收期也较方案二小，所以，方案一在技术及经济方面均比方案二优。

### 4.3.3 通风系统

矿山现已在南翼形成了 447ml 回风石门，计划新增 447ml-100ml 回风井，井径  $\Phi 5.0m$ ，沿现有 100ml 回风道回到已有的 VS2C 回风井 ( $\Phi 6.0m$ ) 排出地表，以充分利用现有的地表风机站。同时封闭 447ml 以上回风工程。本次尽调优化方案为：在矿山现有及计划工程的基础上，新增 554ml 至 447ml 的回风工程。在后续通风系统论证时，可根据实际情况进行通风模拟，选取风机最佳的工作状态，来减少电耗。

东翼通风方案拟利用已经形成的 420 排水石门，新增 420ml-100ml 回风井，井径  $\Phi 5.0m$ ，沿现有 100ml 回风道回到已有的 VS2D 回风井 ( $\Phi 6.0m$ ) 排出地表，同时新增 554ml 至 420ml 回风工程。

现有的回风道目前矿山通风能力约  $750m^3/s$ ，VS2C、VS2D 回风井井口均安装了 2 台风机，并联布置，单个风机电机功率为 950kW。采用新的回风系统后有效减少漏风量，故现有  $750m^3/s$  的风量对优化后的生产系统来说是足够的且有富裕的，矿山可沿用现有通风系统，充分利用现有通风设施，相应风机不作调整。

### 4.3.4 排水系统

本次估算矿区的正常涌水量  $63000\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量  $93000\text{m}^3/\text{d}$ 。涌水量较大。

南翼规划在 524ml 建设一个新泵站，总排水量按照最大  $20000\text{m}^3/\text{d}$  考虑，管道从 447 南回风井回风联道，南回风井直达地表。以下继续沿用接力排水方式，每隔 100m 建设接力泵站。

东翼推荐排水疏干中段设计在 824mL 水平，新增一个泵站，通过 824mL 泵站和 420mL 泵站接力，完成东翼矿区的排水任务。新排水系统建成后，取消原有的多级临时接力泵站，改善矿山的整体排水系统，降低排水费用。

824mL 泵站内设 7 台流量  $20000\text{m}^3/\text{d}$  的多级离心泵（4 用 2 备 1 检修）， $1800\text{kW}/\text{台}$ ，泵站尺寸： $56\text{m}\times 6\text{m}\times 4\text{m}$ ，为便于设备的安装和检修，在泵站内安装 1 台 10t 电动单梁起重机。

南翼 524mL 泵站内增设 3 台流量  $10000\text{m}^3/\text{d}$  的多级离心泵（总数 1 用 1 备 1 检修）。

### 4.3.5 充填设施

#### 4.3.7.1 充填系统

坑内充填系统或设施主要包括地面充填料浆制备站和输送管路等设施。充填料浆制备站制备好的符合充填工艺要求的充填料浆，通过充填管路输送至井下，设计采用全尾砂膏体充填方案。充填料浆制备站拟建设在东翼回风井东南空地。

东翼管线基本和排水管线一致，到达 420ml 后再从各斜坡道附近的回风井进入各分段脉内沿脉凿岩道，然后充填采场。

南翼管线从 100ml 回风道，再通过钻孔到 147ml 接 R3 通往 R2 联络斜坡道，再通过钻孔下放到 447ml 南翼回风盲井石门，到达 447ml 后再从各斜坡道附近的回风井进入各分段脉内沿脉凿岩道，然后充填采场。

#### 4.3.7.2 充填材料及料浆需用量计算

充填骨料采用选矿厂全尾砂，胶结材料选用普通硅酸盐水泥。

日平均充填采空区体积

$$V_r = \frac{V_k Z}{\gamma_k} = \frac{75761}{2.57} = 2944(\text{m}^3/\text{d})$$

式中： $V_r$ —日平均充填采空区体积， $\text{m}^3/\text{d}$ ；

$V_k$ —采用充填法回采的矿石日产量，（250万吨/330天） $\text{t}/\text{d}$ ；

$Z$ —采充比，取  $Z=1$ ；

$\gamma_k$ —矿石体重， $\text{t}/\text{m}^3$ 。

(2) 日平均充填料浆需用量

$$Q_r = V_r K_1 K_2 = 2948 \times 1.05 \times 1.15 = 3559(\text{m}^3/\text{d})$$

式中： $Q_r$ —日需料浆充填量， $\text{m}^3/\text{d}$ ；

$K_1$ —流失系数，取  $K_1=1.05$ ；

$K_2$ —沉缩比，取  $K_2=1.15$ 。

(3) 年平均充填料浆需用量

$$Q_a = Q_r \times 330 = 3559 \times 330 = 1174611(\text{m}^3/\text{a})$$

式中： $Q_a$ —年平均充填料浆需用量， $\text{m}^3/\text{a}$ 。

#### 4.3.7.3 充填料配比、浓度

根据采矿方法对充填工艺的要求，全部采用胶结充填。参考中色非矿主西矿体的充填参数，充填料浆浓度为 72%，进路下部采用灰砂比为 1:24 的料浆进行充填，进路上部 0.5m 采用灰砂比 1:10 料浆进行充填。

#### 4.3.7.4 充填料浆制备站

充填搅拌站建设设在现有工业场地内，在东翼回风井附近。可以有效利用井下 420 排水石门工程。

充填搅拌站设 1 台  $\Phi 18\text{m}$  深锥浓密机，需要充填时选厂尾矿输送至充填站深锥进行浓缩。1 台深锥对应 3 套充填料浆制备系统，单套系统制备能力为  $150\text{m}^3/\text{h}$ 。每套充填料浆制备系统由 1 台  $\Phi 2600\text{mm} \times 3000\text{mm}$  高浓度搅拌槽、1 个水泥仓、1 台微粉秤和相应的管路、阀门及仪表等组成。正常生产时 2 套充填料浆制备系统工作可满足充填需求，另 1 套作为备用。

当坑内需要充填时，全尾砂经过深锥浓密机沉降、浓缩后，由其底流泵泵送到高浓度搅拌槽内，胶结充填时水泥通过微粉秤送入搅拌槽内，按 72% 重量浓度配比要求添加适量的水搅拌合格后，通过充填钻孔自流输送到采场。

#### 4.3.7.5 充填设备表

充填设备表见表 4-27。

表 4-27 充填设备表

| 序号 | 项目名称           | 型号                            | 单位 | 数量          | 备注             |
|----|----------------|-------------------------------|----|-------------|----------------|
| 1  | 充填站工程投资        |                               |    |             | 250 万 t 采矿充填   |
|    | 深锥浓密机          | 24m                           | 台  | 2           |                |
|    | 充填泵            | 120m <sup>3</sup> /h,4MPa     | 台  | 2           |                |
|    | 水泥仓            | 300t                          | 台  | 6           |                |
|    | 搅拌桶            |                               | 台  | 4           |                |
|    | 絮凝剂            |                               | 台  | 2           |                |
|    | 微粉称            |                               | 台  | 4           |                |
|    | 渣浆泵            |                               | 台  | 4           |                |
|    | 管路、阀门          |                               | 套  | 1           |                |
|    | 电气             |                               | 套  | 1           |                |
|    | 自动化            |                               | 套  | 1           |                |
|    | 给排水            |                               | 套  | 1           |                |
|    | 厂房             |                               | 套  | 1           |                |
|    | 安装费            |                               | 套  | 1           |                |
|    | 设备基础           |                               | 套  | 1           |                |
|    | 总图             |                               | 项  | 1           |                |
|    | 充填管路 主管        | 无缝钢管 150mm, 壁厚 8mm, 长度 8000m  | t  | 224.12      |                |
|    | 充填管路 支管        | 无缝钢管 150mm, 壁厚 6mm, 长度 17000m | t  | 362.23<br>6 |                |
|    | 充填钻孔           | 孔径 160mm, 4 个, 300m/个         | m  | 1200        |                |
| 2  | 充填成本           |                               |    |             | 参照谦比希充填成本      |
| 3  | 水泵估算           |                               |    |             |                |
|    | 多级离心泵 设备费      | 1800kW                        | 台  | 7           |                |
|    | 多级离心泵 设备费      | 1000kW                        | 台  | 3           |                |
|    | 多级离心泵 安装费      | 1800kW                        | 台  | 1           |                |
|    | 多级离心泵 安装费      | 1000kW                        | 台  | 1           |                |
| 4  | 皮带机估算          |                               |    |             | 井下皮带, 未考虑通廊及支架 |
|    | ED3, 1242m 设备费 | 带宽 1200mm 带速 2.1m/s 钢芯带       | 台  | 1           |                |
|    | ED4,1534m 设备费  | 带宽 1200mm 带速 2.1m/s 钢芯带       | 台  | 1           |                |
|    | ED5, 1150m 设备费 | 带宽 1200mm 带速 2.1m/s 钢芯带       | 台  | 1           |                |
|    | ED6, 1150m 设备费 | 带宽 1200mm 带速 2.1m/s 钢芯带       | 台  | 1           |                |
|    | ED3, 1242m 安装费 | 带宽 1200mm 带速 2.1m/s 钢芯带       | 台  | 1           |                |
|    | ED4,1534m 安装费  | 带宽 1200mm 带速 2.1m/s 钢芯带       | 台  | 1           |                |
|    | ED5, 1150m 安装费 | 带宽 1200mm                     | 台  | 1           |                |

| 序号 | 项目名称           | 型号                         | 单位 | 数量 | 备注 |
|----|----------------|----------------------------|----|----|----|
|    |                | 带速 2.1m/s 钢芯带              |    |    |    |
|    | ED6, 1150m 安装费 | 带宽 1200mm<br>带速 2.1m/s 钢芯带 | 台  | 1  |    |

## 第 5 章 选矿

### 5.1 现采区选矿设施现状

#### 5.1.1 选厂概况

现采区选矿厂设计处理能力为年处理原矿 250 万 t，设计最大处理能力可到 270 万 t/a，受井下生产能力及选矿厂自身问题的制约，自 2012 年投产以来，一直未达到设计能力。

选矿处理矿石来自井下，产品为单一铜精矿，2023 年 1-9 月份原矿的入选品位 TCu 1.57%，氧化率 13.3%，TCu 回收率在 82.87%，精矿品位 42.36%。井下采区分为南翼和东翼，南翼矿石通过竖井提升到地表，经带式输送机转运至原矿堆场，东翼矿石通过胶带斜井的带式输送机将井下矿石运输至地表，经过颚式破碎机破碎后转运至原矿堆场。

根据收集的资料，从矿物学分析，LCM 铜矿的矿物学组成中有价矿物主要是辉铜矿、黄铜矿、斑铜矿、孔雀石和硅孔雀石。脉石矿物主要由泥质板岩、长石、石英、云母及高岭土等铝硅酸盐矿物组成。辉铜矿等硫化铜以微细浸染矿化的形式存在，硫化铜矿（资料中也叫酸不溶铜）主要以辉铜矿和黄铜矿，其次有少量的斑铜矿，不同矿区与位置，辉铜矿与黄铜矿比例有所变化，从而影响硫化精矿的品位。这部分硫化铜矿占比 71%左右，回收率可到 90~94%，氧化铜矿（酸溶铜）占比 18%左右，主要包括孔雀石、假孔雀石以及硅孔雀石，在整个浮选过程中，回收率基本维持在 35%（实验室可达 40~60%），此外，矿体中含有氢氟酸可溶铜（认为是国内结合铜的一种定义），占比约 11%，从国内外生产与科研的资料了解，这部分结合铜基本不可回收。现场由第三方不同研究机构从矿物物相组成或赋存与嵌布关系，论证了在理论上该矿体铜的回收率不高于 89%。

铜精矿中 93%左右以硫化铜矿形式存在（酸不可溶铜），另 7%左右以酸可溶铜形式存在，主要为孔雀石。未见结合铜（氢氟酸可溶铜）。不同时期，精矿中脉石成分有所变化，前期以钾长石为主，后期以泥质板岩为主。

从尾矿铜的损失分析，硫化铜主要以部分过磨辉铜矿微细粒及粗细不均匀的未解离硫化矿损失。氧化铜矿物已基本解离，但 50%左右的孔雀石及大部假孔雀石未能回收。此外残留结合铜（氢氟酸可溶铜或硅酸盐包裹铜）。

综合大量的生产中产品检查(现场正常情况下每两周进行一次产品物相分析、不定期的产品工艺矿物学研究、少量的流程考察产品分析)表明: LCM 铜矿氧化率大致维持在 16%左右, 硫化矿多以微细浸染矿化的形式存在, 为了获得品位合格 ( $T_{cu}>38\%$ ) 的铜精矿, 并尽可能提高铜回收率 ( $T_{cu}$  回收率 $>80\%$ ), 主体目的矿物硫化铜矿物的细度-0.074mm 含量须大于 90%选矿。

选厂总体布置见图 5-1, 选厂平面图见图 5-2。

## Project Infrastructure



LUBAMBE'S OPERATIONS ARE SUPPORTED BY WELL-ESTABLISHED SURFACE INFRASTRUCTURE



图 5-1 选厂总体布置图



图 5-2 选厂平面布置图

### 5.1.2 工艺流程

(1) 选厂目前工艺流程简述

选矿工艺流程见图 5-3。

PROCESSING FLOW SHEET – CONVENTIONAL CRUSH, GRIND AND FLOTATION OPERATION

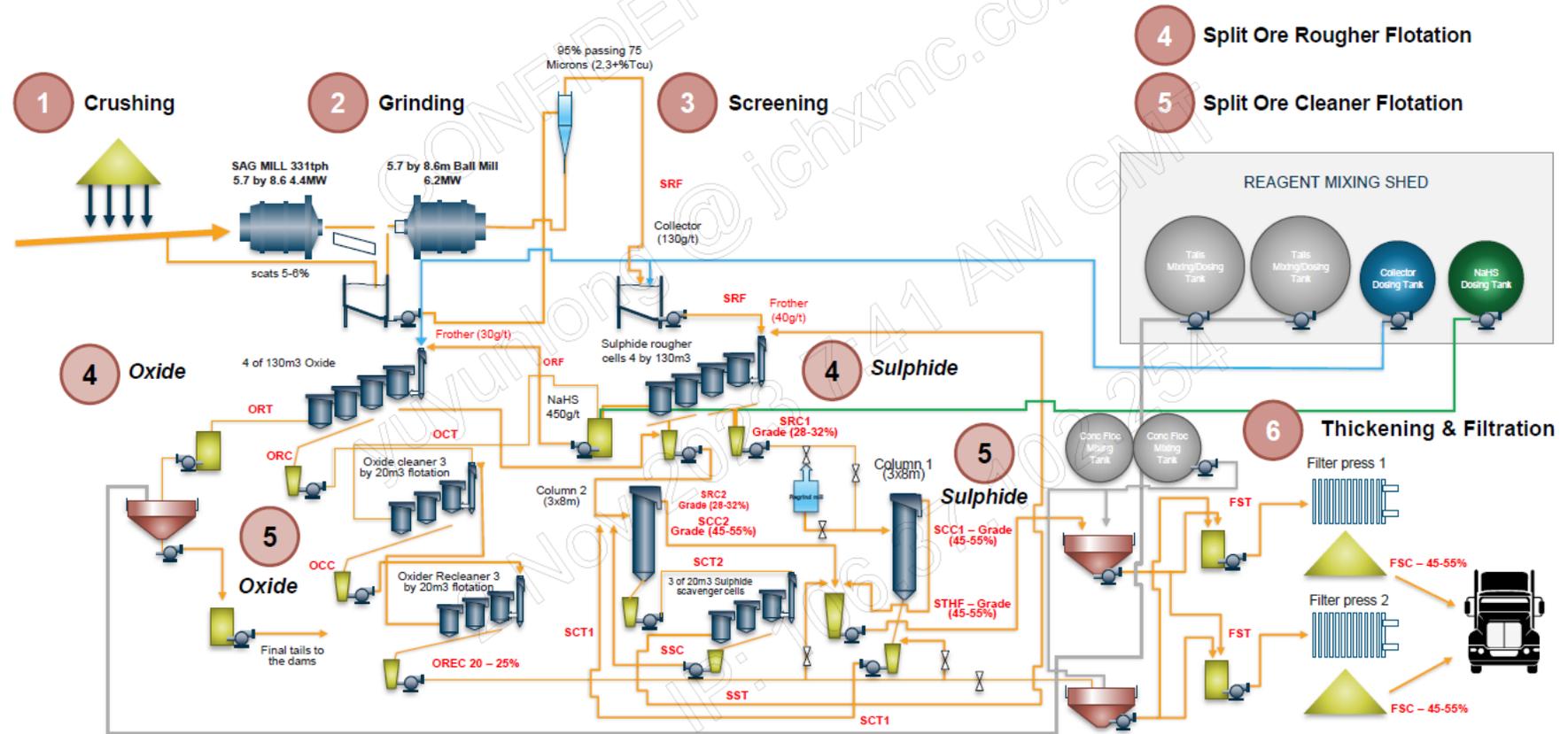


图 5-3 选厂工艺流程图 (摘自 EMR 报告, 实际流程与其有差异)

与图 4-3 的工艺流程图比较，现场实际流程中增加了半自磨配套的顽石破碎系统，停用了阶段磨矿相关的粗精矿再磨的立磨系统，粗选增加了药剂石灰、精矿晾晒，尾矿脱水增加旋流器分级，为尾砂充填做准备。

矿山现采区南翼采区破碎后的矿石 (<180mm) 和未破碎的废石 (<350mm) 均通过箕斗提升到地表混凝土仓内，仓下安装有板式给矿机。处理矿石时，可逆皮带将矿石给到矿石 (CV200) 带式输送机上，其将矿石输送至粗矿堆。在处理废石时，可逆皮带将废石给到废石带式输送机上 (CV185)，其将废石给到废石堆场。废石由汽车运至尾矿库筑坝。

东翼采区未破碎的矿石或废石 (<350mm) 通过斜井带式输送机输送至地表，废石通过皮带 (CV15) 转运至废石堆场，再通过汽车运至尾矿库筑坝。矿石输送至粗矿仓，通过振动给矿机将给到带式输送机 (CV70)，经过转载后给到振动棒条给料机，棒条给料机筛上物料给到颚式破碎机，筛下物料和破碎机排矿通过带式输送机 (CV100) 输送至粗矿堆。

粗矿堆下安装有 8 台变频振动给矿机，将矿石给到半自磨给矿皮带 (CV255) 并输送至 1 台 5.7mX8.6m 半自磨机，半自磨机装机功率 4400 kW，半自磨机、球磨机与旋流器组成闭路磨矿系统，目前磨矿细度-75 $\mu$ m 占 96%。半自磨机排料经过直线筛分级，直线筛为双层筛，上层筛孔为 21x21mm，下层筛孔为 8X10mm，直线筛筛上顽石经带式输送机给入 1 台 CH420 顽石破碎机再破碎，破碎后的顽石返回半自磨给料带式输送机。直线筛筛下矿浆泵入旋流器进行分级，旋流器底流进入 1 台 5.7mX8.6m 球磨机再磨，球磨机装机功率 6200 kW。旋流器溢流进入矿浆泵池，泵送入浮选系统。

浮选采用先硫后氧工艺，旋流器溢流泵入 4 台 130m<sup>3</sup> 硫化矿粗选浮选机，前两台粗选精矿进入 1#浮选柱，原设计流程精矿需经过立磨机再后进入 1#浮选柱，由于目前磨矿回路的磨矿细度已经达到了-200 目 96%，现场取消了再磨流程，1#浮选柱精矿即为最终精矿，1#浮选柱的尾矿泵入 2#浮选柱再选。硫化矿粗选后两台精矿泵入 2#浮选柱，2#浮选柱精矿为最终精矿，2#浮选柱尾矿经过 20m<sup>3</sup> 浮选机精扫，精扫的精矿返回 2#浮选柱，尾矿返回硫化矿粗选。硫化矿粗选尾矿泵入 4 台 130m<sup>3</sup> 氧化矿粗选浮选机，第 1 台粗选精矿与硫化矿后两台精矿混合后，泵入 2#浮选柱，氧化矿粗选后 3 台浮选精矿泵入 3 台 20m<sup>3</sup> 氧化矿精选浮选机，精选浮选机精矿泵入 3 台 20m<sup>3</sup> 浮选机再精选，精选浮选机尾矿返回氧化矿

粗选，再精选浮选机的精矿为氧化矿最终精矿，尾矿返回精选浮选机。现场目前由于氧化矿精矿产量少，已经将硫化矿精矿和氧化矿精矿合并浓缩，浓密机底流泵入压滤车间。

浓密机底流泵入压滤前矿浆搅拌槽，经过缓冲后由隔膜泵泵入 2 台 104 m<sup>2</sup> 压滤机进行精矿产压滤，压滤后的精矿堆存，由于磨矿细度过细，精矿水分偏高，旱季时自然晾晒达到要求水分，雨季时在精矿库内烘干。

### 5.1.3 生产指标

选矿厂自 2012 年投产以来，井下的出矿能力和选矿厂的处理能力均未达到设计能力 250 万 t/a，从近几年的生产数据看，硫化铜的回收率最高 97%，最低 84%，平均在 90% 以上，氧化铜的回收率不稳定，最高 45%，最低 27%，平均 35% 左右，氧化铜整体回收率不高。

近几年选矿厂生产数据见表 5-1。

**表 5-1 2018-2023 年选矿厂生产数据统计表**

| 指标              | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023(1-9 月份) |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| 处理量万 t          | 131.5 | 169.9 | 148.6 | 146.3 | 148.6 | 86.7         |
| 矿石品位/%          | 1.98  | 1.68  | 1.77  | 1.54  | 1.49  | 1.57         |
| 氧化铜品位/%         | 0.286 | 0.250 | 0.277 | 0.206 | 0.18  | 0.208        |
| 氧化率/%           | 14.43 | 14.83 | 15.65 | 13.31 | 12.08 | 13.30        |
| 选矿回收率/%         | 84.7  | 80.5  | 80.1  | 81.5  | 80.97 | 82.73        |
| 铜精矿量 t          | 56672 | 50339 | 47459 | 43229 | 41489 | 26808        |
| 精矿品位/%          | 39.0  | 45.7  | 44.4  | 42.50 | 43.26 | 42.25        |
| 精矿含铜 t          | 22082 | 23015 | 21062 | 18373 | 17948 | 11326        |
| C1 成本 (\$/t 原矿) |       | 8.37  | 10.11 | 10.27 | 10.07 | 14.49        |

### 5.1.4 主要选矿设备表

选矿主要设备见表 5-2。

**表 5-2 选矿主要设备表**

| 序号 | 设备名称 | 型号及规格             | 单位 | 数量 | 附电动机<br>(千瓦/台) | 备注 |
|----|------|-------------------|----|----|----------------|----|
| 一  | 磨浮车间 |                   |    |    |                |    |
| 1  | 半自磨机 | Φ5.7×8.6m         | 台  | 1  | 4400           |    |
| 2  | 球磨机  | Φ5.7×8.6m         | 台  | 1  | 6200           |    |
| 3  | 振动筛  | 2.44×4.88m        | 台  | 1  |                |    |
| 4  | 旋流器  | 12-Φ350           | 台  | 1  |                |    |
| 5  | 浮选机  | 130m <sup>3</sup> | 台  | 8  | 225            |    |
| 6  | 浮选机  | 20m <sup>3</sup>  | 台  | 9  | 45             |    |

| 序号 | 设备名称    | 型号及规格              | 单位 | 数量 | 附电动机<br>(千瓦/台) | 备 注   |
|----|---------|--------------------|----|----|----------------|-------|
| 7  | 浮选柱     | 3×8m               | 台  | 2  |                |       |
| 8  | 再磨机     | Φ2.4×2.1m          | 台  | 1  | 355            | 现场未使用 |
| 9  | 旋流器     | 4-Φ250             | 台  | 1  |                |       |
| 10 | 圆锥破碎机   | CH420              | 台  | 1  |                | 顽石破碎  |
| 11 | 鼓风机     | GM130L             | 台  | 4  | 132            | 3工1备  |
| 二  | 浓缩车间    |                    |    |    |                |       |
| 1  | 硫化精矿浓缩机 | Φ15m               | 台  | 1  |                |       |
| 2  | 氧化精矿浓缩机 | Φ10m               | 台  | 1  |                |       |
| 3  | 高浓度搅拌槽  | 100 m <sup>3</sup> | 台  | 2  |                |       |
| 三  | 过滤车间    |                    |    |    |                |       |
| 1  | 硫化精矿产滤机 | 104m <sup>2</sup>  | 台  | 2  |                |       |
| 2  | 氧化精矿产滤机 | 104m <sup>2</sup>  | 台  | 2  |                |       |

### 5.1.5 试化验室

试化验室位于选厂区域，能够满足生产所需的化验和小型试验。

试化验室现有情况见图 5-4。



图 5-4 试化验室现有情况

### 5.1.6 自动化

整个选厂配套了基础自动化，在选厂内设置了中控室，可以满足生产数据的在线收集和远程控制，全厂未设置视频监控系统和在线品位粒度等分析系统。

中控室现有情况见图 5-5。



图 5-5 中控室

## 5.2 目前存在的问题

现场与矿方了解,半自磨的实际处理能力可以达到 350t/h(设计能力 331t/h),我们认为在目前的情况下,即使能达到设计处理能力也是不可持续的。主要原因如下:

### 5.2.1 设备问题

#### 5.2.1.1 磨矿系统

(1) 粗矿堆下振动给料机时常出现卡料堵塞问题(矿方解释主要原因是因为井下供矿中含有一些大块,在下料漏斗处卡死造成堵塞),影响系统运转率;

(2) 半自磨给料漏斗时常出现堵塞造成停车。通过改造,该现象已大大减少,但仍时有发生;

(3) 半自磨排料能力仍然不足,尽管已经将格子板开口尺寸从原设计 25mm 改为 40mm (18 块,另有 2 块 60mm 更大孔)。为实现达产,矿方已经引进改进设计的带弧形提升条的新型格子板,新格子板已经到货,计划在明年 2 月左右换衬板时再更换。

(4) 磨矿系统启动程序和控制参数设定方面存在一些缺陷,时常导致失灵或跳闸现象,影响系统正常启动和平稳运行;

(5) 半自磨齿轮箱出现异常振动,检测数据表明振幅较大,但无明显规律。矿方在等待设备制造厂家 (FL Smith) 12 月份来做年度回访时进行全面检测分析

以求找到原因，目前是以控制磨机负荷（给料不超过 260 吨/时）的方式来控制风险。

### 5.2.1.2 精矿脱水系统

(1) 由于精矿粒度过细，精矿浓密机沉降效果不甚理想，经常出现跑黑现象。如下步产能提升，精矿量进一步增加，该问题可能将更加突出；

(2) 同样因为粒度细，精矿过滤水分偏高，需要晾晒和烘烤（雨季时）才能达到冶炼要求的 13% 以内的水份。

(3) 设备日常维护、计划检修和设备管理存在较多不足，体现在磨机开、停比较频繁，故障率高；计划检修时间安排不够合理，计划及预防性维修实现率低，综合起来导致设备完好率和运转率偏低（扣除井下供矿不足因素后）。

## 5.2.2 流程问题

2010 年之前，本项目委托南非 Mintek 公司对钻孔样品进行了多次选矿试验，试验表明最佳磨矿细度 P80 75 $\mu\text{m}$ ，选矿厂原设计磨矿细度也是以此为依据，磨矿细度在-200 目 85%，粗选精矿再磨再选流程。近些年鲁班比试验室对矿物解离粒度做了相关的试验，试验表明铜矿物解离的最佳粒度为-200 目 96%（见图 5-6）此为依据，再磨系统停止使用。由于磨矿粒度过细，导致了精矿和尾矿的浓缩沉降困难，溢流跑混，精矿产率水分偏高等问题。

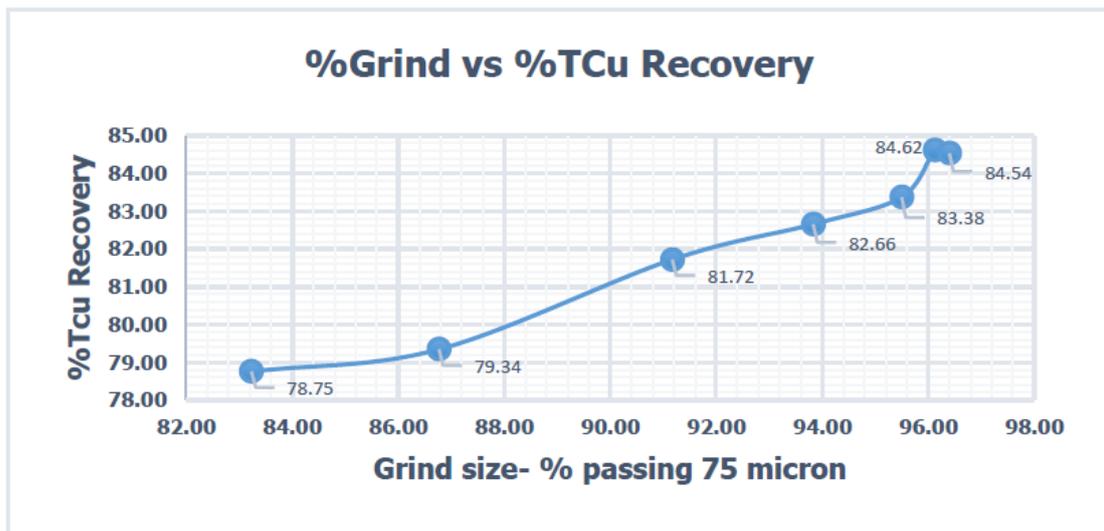


图 5-6 鲁班比试验室磨矿粒度数据

## 5.3 选厂优化设计

### 5.3.1 选矿厂产能提升

选矿厂目标产能达到 250 万 t/a (330t/h、7920t/d)，系统运转率 86.5%。

#### 5.3.1.1 磨矿作业

(1) 磨矿系统优化是重中之重，包括工艺操作参数和设备、生产策略方面的调整和优化。

a 优化半自磨排矿方式（格子板改进）、振动筛筛孔尺寸优化、顽石破碎系统和旋流器沉砂嘴和溢流管等，平衡半自磨球磨负荷，提升半自磨通过能力和磨矿系统整体处理能力。

b 通过调整优化两段磨矿钢球球径和充填率、旋流器结构及操作参数以及各作业操作参数，在确保达到处理量目标的同时，优化磨矿产品粒度组成，增加中间粒级，减少粗粒级和超细粒级（-20 微米）含量，为浮选创造最佳选别条件；

c 论证合理的磨矿细度，确定-200 目含量目标（结合浮选的优化），目标是在确保回收率不损失的前提下，尽量避免细磨，同时为精矿脱水和尾矿沉降创造更加有利的条件；

d 安装粒度分析仪，对旋流器溢流（浮选给料）进行在线检测，指导操作进行及时调整，避免过磨等不利操作；

(2) 对影响流程畅通的重要节点如给/排料漏斗、管路等进行优化改造，确保系统作业平稳畅通；

(3) 对磨矿系统控制系统进行全面审查并在此基础上进行优化，设置合理的参数设定，制定合理的控制策略，提高系统可靠性；

(4) 制定更加合理、高效的日常设备维护制度，强化预防性维修，加强与井下的协调，结合采矿作业状况来制定选矿厂检修计划，提高计划的合理性，从而达到整体提升选矿设备维护水平和管理水平，使设备完好率和运转率达到与产能目标要求相适应的水平（实际生产运转率：第一阶段 85% 以上，第二阶段 90% 以上）。

(5) 为实现选矿操作与维修之间的协调配合，强化选矿设备维护和维修的专业性和专注度，建议把集中在资产管理部（Asset management）的选矿维修部分划回到选矿厂，由选矿经理统一协调管理。

### 5.3.1.2 浮选作业及再磨作业

浮选作业和再磨作业主要是结合围绕回收率提升而开展的流程及工艺优化。现有的磨矿细度-200目96%过细，磨矿细度结合浮选回收率探索适当放粗，重新启用并合理利用现闲置的再磨机，发挥其设备能力。通过结构调整和部分泵及管路的改造，确保浮选系统在提升回收率的同时满足产能要求；

### 5.3.1.3 精矿脱水

(1) 通过絮凝剂试验筛选出更为高效的絮凝剂以改善浓密机沉降效果；

(2) 产能提升后，可以两台精矿浓密机都投入使用。

(3) 精矿过滤：第一步先对现有压滤机进行优化改造，开展助滤剂试验，尽量降低精矿水份，在过滤水份不能满足要求（12%）时仍采用现晾晒方式；下一步再根据情况进行置换新压滤机的可行性试验研究和方案技术经济比较，最终作出是否更换的决策。

### 5.3.1.4 尾矿处理

(1) 结合尾砂粒度组成和井下充填需求，开展尾砂充填试验，进一步论证采用全尾砂还是分级尾砂的合理性。

(2) 目前设计采用分级尾砂充填，研究充填粗砂之外的细粒尾矿的处理方案：细粒尾矿（旋流器溢流）厂前浓密然后输送至尾矿库排放 VS 不浓缩直接输送至尾矿库排放。要研究各方案对尾矿库防洪、坝体稳定性、水平衡和现管路（尾矿及回水）输送能力及成本等的影响，在充分比较的基础上进行选择。

## 5.3.2 选矿指标优化

选矿厂指标目标达到 TCu 回收率 84%（硫化铜回收率 92%，氧化铜回收率 35%，氧化率 14%）精矿品位>40%，精矿杂质满足销售标准。

### 5.3.2.1 磨矿

(1) 通过磨矿系统优化措施，改善磨矿产品粒度组成（减少粗粒及超细粒级含量），为浮选创造更加有利条件。（见产能提升磨矿部分）

(2) 在试验基础上确定合理的磨矿细度方案，避免过磨及过细而导致的产能浪费和对浮选（尤其是精选作业）的不利影响，从而为产能提升、精选作业改善和精矿品质提高以及精、尾矿脱水、降低成本等创造有利条件。

### 5.3.2.2 浮选

(1) 对现有工艺及流程进行调整优化, 结合磨矿细度方案、铜矿物赋存状态及工艺流向等优化流程结构及工艺, 主要思路是: 通过药剂优化及作业参数优化(必要时采用更高效的新型浮选设备)在相对较粗入选粒度的情况下确保其中连生体的上浮以保证粗选作业回收率, 再利用立磨机对粗精矿或中矿进行再磨, 这样有利于精选作业的优化和指标提升(回收率和精矿品质)以及全厂总回收率等选矿指标的提升, 并大大有利于精矿和尾矿脱水以及选矿单位处理成本的降低;

(2) 捕收剂优化(针对各作业不同特点及目标要求); 泥化脉石矿物抑制剂试验(目的是降低精矿中扣款杂质铝、镁、硅酸盐类等的含量, 提升精矿品质, 提高精矿价值)。

(3) 研究调查回水水质(尤其是尾矿浓密机溢流水)对选矿作业效果及药剂消耗的影响;

(4) 在完成各作业及系统的优化后, 重新制定各作业操作参数并制定相应的操作标准(SOP), 从而实现规范化、标准化操作, 促进选矿指标的稳定提升;

(5) 后续可以考虑增加 2 槽 130m<sup>3</sup>浮选机用于硫化矿和氧化矿粗选后的扫选作业, 尽可能提高铜回收率。

### 5.3.3 其他方面优化

根据 2010 年可研报告, 鲁班比铜矿东翼矿石相比南翼矿石辉铜矿与黄铜矿的比例更高, 氧化率更高。在 400m 深度内, 随着深度的加深, 氧化程度降低, 矿石氧化率在 10%-20%。

## 5.4 设计指标

本次设计指标考虑实际生产时诸多不可预见因素, 以及结合采出矿石品位的实际情况和以往选厂的生产实践确定。设计的选矿指标详见表 5-3。

表 5-3 设计选矿工艺指标

| 年度    |       | 2024 年 | 2025 年 | 2026 年 | 2027 年 | 2028 年 | 2029 年 | 2030 年 | 2031 年 | 2032 年 | 2033 年 | 2034 年 | 2035 年 | 2036 年 | 2037 年 |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 出矿量   | 万吨    | 150.0  | 150.0  | 180.0  | 210.0  | 250.0  | 250.0  | 250.0  | 250.0  | 250.0  | 250.0  | 250.0  | 250.0  | 200.0  | 150.0  |
| 全铜品位  | %Tcu  | 1.630  | 1.635  | 1.719  | 1.797  | 1.881  | 1.902  | 1.901  | 1.894  | 1.855  | 1.839  | 1.839  | 1.839  | 1.899  | 1.740  |
| 氧化铜品位 | %AsCu | 0.278  | 0.272  | 0.292  | 0.313  | 0.311  | 0.301  | 0.286  | 0.288  | 0.290  | 0.289  | 0.289  | 0.289  | 0.294  | 0.350  |
| 氧化率   | %     | 17.08% | 16.62% | 17.02% | 17.41% | 16.55% | 15.82% | 15.06% | 15.22% | 15.61% | 15.71% | 15.71% | 15.71% | 15.46% | 20.10% |
| 选矿回收率 | %     | 81.41% | 81.69% | 81.45% | 81.20% | 81.74% | 82.19% | 82.67% | 82.56% | 82.32% | 82.26% | 82.26% | 82.26% | 82.42% | 79.54% |
| 精矿品位  | %     | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  | 42.00  |
| 精矿产率  | %     | 3.16%  | 3.18%  | 3.33%  | 3.48%  | 3.66%  | 3.72%  | 3.74%  | 3.72%  | 3.64%  | 3.60%  | 3.60%  | 3.60%  | 3.73%  | 3.30%  |

鲁班比铜矿采选工程可行性研究

| 年度    |   | 2024年    | 2025年    | 2026年    | 2027年    | 2028年    | 2029年    | 2030年    | 2031年    | 2032年    | 2033年    | 2034年    | 2035年    | 2036年    | 2037年    |
|-------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 铜精矿产量 | t | 47408.03 | 47702.25 | 59984.65 | 72995.02 | 91515.23 | 93059.27 | 93541.30 | 93075.52 | 90881.05 | 90053.94 | 90053.94 | 90053.94 | 74517.56 | 49426.00 |
| 铜金属量  | t | 19911.37 | 20034.95 | 25193.55 | 30657.91 | 38436.40 | 39084.90 | 39287.35 | 39091.72 | 38170.04 | 37822.65 | 37822.65 | 37822.65 | 31297.37 | 20758.92 |

## 第 6 章 尾矿

### 6.1 现采区尾矿库现状

#### 6.1.1 尾矿库概况

尾矿库位于选矿厂西南方向，处理选矿尾矿，为湿排库。尾矿库占地面积约 170 公顷，总坝高 34m。尾矿库为傍山型尾矿库，四面筑坝。主要设施包括：尾矿坝、库区排水系统、库底排渗设施、回水池雨水收集池等，尾矿库平面图见图 6-1。



图 6-1 尾矿库平面图

尾矿库设计总库容  $3130 \times 104 \text{m}^3$ ，最终坝顶标高 1370m，服务年限 26 年。尾矿库初期坝坝顶标高 1344m，利用采矿的废石筑坝，上游坝坡 1:1.5，下游坝顶 1:2.0。尾矿坝先利用下游法加高至 1355m 后，改为采用中线法加高至 1370m，总坝高 34m，每间隔 2m~3m 加高一次坝体，筑坝材料采用采场剥离的废石，尾矿坝典型断面图见图 6-2。

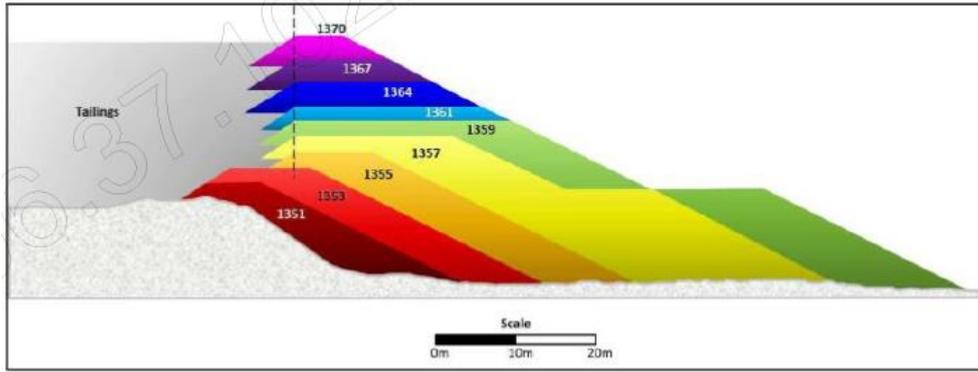


图 6-2 尾矿坝典型断面图

尾矿库防洪标准按 100 年一遇考虑，24 时洪峰量 140mm，安全超高 0.8 米，干滩长度 50 米，尾矿库可容纳全部洪水。尾矿库库底设置排渗设施，渗水通过排渗管排入回水池内。库内水区排水系统为进水塔+坝下涵管的型式，将库内汇水排至库外淤泥收集池中，溢流至回水池，再进入雨水收集池。为减少渗漏，回水池底部铺设土工膜，回水池容积为  $5 \times 10^4 \text{m}^3$ 。雨水收集池容积  $40 \times 10^4 \text{m}^3$ ，回水池内的回水泵至选厂循环利用。

尾矿库放矿见图 6-3。



图 6-3 尾矿坝放矿

### 6.1.2 尾矿库排洪和回水

尾矿库采用混凝土结构的取水塔+涵管的回水型式，见图 6-。回水出口位于回水池附近，见图 6-，回水自流至回水池供选厂回用。尾矿库回水涵管见图 6-6、尾矿库回水澄清池见图 6-7。回水池与雨水池相连，当回水池内水位过高时会溢流至雨水池，雨水池南侧设置溢洪道作为排洪系统。

混凝土结构的取水塔+涵管的回水系统形式在非洲地区应用广泛，对于鲁班比尾矿库这类傍山型尾矿库，且总坝高不高的尾矿库，适用性较好。



图 6-4 取水塔



图 6-5 库内排水出口



图 6-6 尾矿库回水涵管



图 6-7 尾矿库回水澄清池

## 6.2 存在的问题及建议

目前尾矿库筑坝进度滞后，通过现场交流了解到，每年坝体加高 2m，2023 年坝体仅加高了 1m，由于井下出矿量远低于设计能力，尾矿坝欠量基本没有对生产造成影响。《TAILINGS STORAGE FACILITY STRUCTURAL STABILITY AUDIT REPORT2021》中指出鲁班比尾矿坝为非挡水坝，最小的安全超高为正常运行水位+发生 100 年一遇的洪水时的洪水高度+1.0m 的超高，并且至少保证干滩长度不少于 50m。目前的筑坝欠量，坝高无法保证发生 100 年一遇的洪水时，安全超高大于 1m 的要求。安全超高不足，干滩长度太短，库内水位过高，将会有洪水漫顶的风险，影响坝体安全。

建议尽快完成坝体的加高，来保证尾矿坝的运行安全并且在尾矿库运行过程中加强浸润线监测。

## 第 7 章 公辅设施

### 7.1 供电

矿区电源引自赞比亚铜带能源公司（简称：CEC），矿山配置 66/11kV 配电站 Konkola 'A'，Konkola'A'变电站配备三台 20MVA，66/11 KV 降压变压器，以 11kV 电缆（架空）线路为矿区用电设施供电。同时，矿山配备两台 2.5MVA 柴油发电机作为应急电源。如果外部电源发生故障，矿山一级负荷将通过应急柴油发电机供电。

Konkola'A'变电站以 11kV 线路向矿井供电，该线路仍然存在且状况良好，能够向矿山输送高达 5MVA 的电力。矿井线路为矿山用电负荷供电，井下负荷供电电源主要有两个地下变电站，一个位于东翼 100 m 高度，另一个位于南翼 175 米高度。均采用 11kV 馈线供电。地面选厂在磨矿和浮选区域各设置以处配电室，井下设置两处地下变电站，均采用 11kV 馈线供电。

总降变电站见图 7-1、柴油发电机见图 7-2、选厂配电室见图 7-3。



图 7-1 总降变电站



图 7-2 柴油发电机组



图 7-3 选厂配电室

另外矿山会配备一个 25MW 柴油发电机组，为重要的地下系统提供紧急电力供应。

## 7.2 供水

生产新水主要来自井下排水，井下排水经过沉淀澄清后供生产使用，多余的水经过湿地过滤后达到环保要求外排。生产回水主要来自尾矿库回水和尾矿浓密机回水。

## 第 8 章 经济效益分析

### 8.1 概述

本项目为鲁班比铜矿采选工程可行性研究，采矿设计规模为 2500kt/a，开拓运输方式为胶带斜井+斜坡道，出矿平均品位为 1.83%，选矿回收率为 81.98%，矿石经选别后，产品为铜精矿，品位为 42%。项目年均铜精矿产量为 77.45kt，铜精矿含铜金属量为 32.53kt。

项目爬坡期投资为 114451.25 千美元，维持运营投资 190138.70 千美元；生产期内平均的现金成本为 83.75\$/t，其中采矿成本 29.63\$/t，选矿成本 10.27\$/t，工程服务成本 24.26\$/t，管理费用为 7.55\$/t，销售费用为 1.07\$/t，资源税为 10.96\$/t。

项目年均利润总额 15881.46 千美元，税后利润 12688.22 千美元；税后财务净现值 (i=10%) 为 84191.02 千美元，税后财务内部收益率 17.36%，税后投资回收期 7.40 年。由此可见，项目的实施能取得较好的效益。

综合技术经济指标表见表 8-1。

**表 8-1 综合技术经济指标表**

| 序号    | 指标名称    | 单位   | 数量       | 备注 |
|-------|---------|------|----------|----|
| 1     | 采矿      |      |          |    |
| 1.1   | 采出矿量    | kt   | 30401.08 |    |
| 1.1.2 | 矿石品位    |      |          |    |
|       | Cu      | %    | 1.83     |    |
| 1.1.3 | 金属量     |      |          |    |
|       | Cu      | kt   | 555.50   |    |
| 1.2   | 矿山服务年限  | a    | 14       |    |
|       | 设计规模    | kt/a | 2500     |    |
|       | 采矿方法    |      | 充填法      |    |
| 1.3   | 开拓运输方式  |      | 胶带斜井+斜坡道 |    |
| 1.4   | 矿山工作制度  |      |          |    |
|       | 年工作天数   | d    | 330      |    |
|       | 每天工作班数  | 班    | 2        |    |
|       | 每班工作小时数 | h    | 12       |    |
| 2     | 选矿      |      |          |    |
| 2.1   | 选厂处理能力  | kt/a | 2500.00  |    |
| 2.2   | 原矿入选品位  |      |          |    |
|       | Cu      | %    | 1.83     |    |
| 2.3   | 精矿品位    |      |          |    |

| 序号    | 指标名称         | 单位     | 数量        | 备注        |
|-------|--------------|--------|-----------|-----------|
|       | Cu           | %      | 42        |           |
| 2.4   | 选矿回收率        |        |           |           |
|       | Cu           | %      | 81.98     |           |
| 2.5   | 精矿产量         |        |           | 年平均       |
|       | Cu           | kt     | 77.45     |           |
| 2.6   | 年产精矿含金属      |        |           | 年平均       |
|       | Cu           | kt     | 32.53     |           |
| 3     | 投资与资金来源      |        |           |           |
| 3.1   | 项目初设总投资      | k\$    | 151344.13 |           |
| 3.1.1 | 初设投资         | k\$    | 114451.25 |           |
| 3.1.2 | 流动资金         | k\$    | 36892.88  |           |
| 3.2   | 前期投入         | k\$    | 60000.00  |           |
| 3.3   | 原有固定资产净值     | k\$    | 185000.00 |           |
| 3.4   | 维持运营投资       | k\$    | 190138.70 |           |
| 4     | 成本费用         |        |           | 生产期内平均    |
| 4.1   | 采矿单位现金成本     | \$/t   | 29.63     |           |
| 4.2   | 工程服务单位现金成本   | \$/t   | 24.26     |           |
| 4.3   | 选矿单位现金成本     | \$/t   | 10.27     |           |
| 4.4   | 管理费用         | \$/t   | 7.55      |           |
| 4.5   | 销售费用         | \$/t   | 1.07      |           |
| 4.6   | 资源税          | \$/t   | 10.96     |           |
| 4.7   | 经营成本         | \$/t   | 83.75     |           |
| 4.8   | 折旧费用         | \$/t   | 15.52     |           |
| 4.9   | 摊销费用         | \$/t   | 1.97      |           |
| 4.1   | 财务费用         | \$/t   | 0.08      |           |
| 4.11  | 总成本费用        | \$/t   | 101.32    |           |
| 4.12  | 吨铜现金成本       | \$/t 铜 | 5590.70   | 2.54\$/lb |
| 4.13  | 吨铜总成本费用      | \$/t 铜 | 6763.87   | 3.07\$/lb |
| 5     | 销售收入、税金及利润   |        |           | 年平均       |
| 5.1   | 销售收入         | k\$/a  | 238100.24 |           |
| 5.2   | 销售税金及附加      | k\$/a  | 23810.02  |           |
| 5.3   | 总成本费用        | k\$/a  | 198408.76 |           |
| 5.4   | 利润总额         | k\$/a  | 15881.46  |           |
| 5.5   | 所得税          | k\$/a  | 3193.24   |           |
| 5.6   | 税后利润         | k\$/a  | 12688.22  |           |
| 6     | 经济效益指标       |        |           |           |
| 6.1   | 税前           |        |           |           |
| 6.1.1 | 财务内部收益率      | %      | 19.36     |           |
| 6.1.2 | 财务净现值(i=10%) | k\$    | 108460.51 |           |
| 6.1.3 | 投资回收期        | a      | 6.98      |           |

| 序号    | 指标名称         | 单位  | 数量       | 备注 |
|-------|--------------|-----|----------|----|
| 6.2   | 税后           |     |          |    |
| 6.2.1 | 财务内部收益率      | %   | 17.36    |    |
| 6.2.2 | 财务净现值(i=10%) | k\$ | 84191.02 |    |
| 6.2.3 | 投资回收期        | a   | 7.40     |    |
| 6.3   | 项目资本金财务内部收益率 | %   | 19.30    |    |
| 6.4   | 总投资收益率       | %   | 8.64     |    |
| 6.5   | 资本金利润率       | %   | 11.99    |    |
| 6.6   | 贷款偿还期        | a   | 4.75     |    |

## 8.2 投资及资金筹措

### 8.2.1 排产计划

采矿排产计划及工程量见表 8-2。

### 8.2.2 投资

掘进单价为：平巷 125\$/m<sup>3</sup>，斜坡道 137.5\$/m<sup>3</sup>，斜井 143.75\$/m<sup>3</sup>，竖井 250\$/m<sup>3</sup>，硐室及联络道 150\$/m<sup>3</sup>。

根据工程量及掘进单价计算各年投资，爬坡期投资为 114451.25 千美元，维持运营投资为 190138.70 千美元。

项目前期费用 60000 千美元，固定资产净值为 185000.00 千美元。

项目投资详见表 8-3。

### 8.2.3 资金筹措

爬坡期投资及流动资金均按 40% 自筹，60% 银行贷款考虑，贷款利率为 8%。项目投资产生的利息均计入成本费用。

项目投资使用计划与资金筹措表见表 8-4。

**表 8-4 项目资金使用计划及资金筹措**

| 序号    | 项目名称     | 合计        | 1         | 2        | 3        | 4       |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
| 1     | 总投资      | 396344.13 | 310608.53 | 31928.05 | 47147.35 | 6660.20 |
| 1.1   | 建设投资     | 359451.25 | 284977.21 | 31837.37 | 42636.67 |         |
| 1.1.1 | 新增建设投资   | 114451.25 | 39977.21  | 31837.37 | 42636.67 |         |
| 1.1.2 | 前期投入     | 60000.00  | 60000.00  |          |          |         |
| 1.1.3 | 利用原有固定资产 | 185000.00 | 185000.00 |          |          |         |
| 1.2   | 建设期利息    |           |           |          |          |         |
| 1.3   | 流动资金     | 36892.88  | 25631.32  | 90.67    | 4510.69  | 6660.20 |
| 2     | 资金筹措     | 396344.13 | 310608.53 | 31928.05 | 47147.35 | 6660.20 |

| 序号    | 项目名称     | 合计        | 1         | 2        | 3        | 4       |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
|       | 项目资本金参考值 |           |           |          |          |         |
| 2.1   | 项目资本金    | 305537.65 | 271243.41 | 12771.22 | 18858.94 | 2664.08 |
| 2.1.1 | 用于建设投资   | 290780.50 | 260990.88 | 12734.95 | 17054.67 |         |
| a     | 新增建设投资   | 45780.50  | 15990.88  | 12734.95 | 17054.67 |         |
| b     | 前期投入     | 60000.00  | 60000.00  |          |          |         |
| c     | 原有资产净值   | 185000.00 | 185000.00 |          |          |         |
| 2.1.2 | 用于流动资金   | 14757.15  | 10252.53  | 36.27    | 1804.27  | 2664.08 |
| 2.1.3 | 用于建设期利息  |           |           |          |          |         |
|       | 债务资金参考值  |           |           |          |          |         |
| 2.2   | 债务资金     | 90806.48  | 39365.12  | 19156.83 | 28288.41 | 3996.12 |
| 2.2.1 | 长期借款     | 68670.75  | 23986.32  | 19102.42 | 25582.00 |         |
| 2.2.2 | 流动资金借款   | 22135.73  | 15378.79  | 54.40    | 2706.41  | 3996.12 |
| 2.3   | 其它资金     |           |           |          |          |         |

### 8.3 成本费用

根据业主提供的资料，以鲁班比铜矿 2022 年财务报表为基准，估算各方案的成本费用。

项目生产期内平均总成本费用为 101.32 元/t，现金成本为 83.75 元/t。

项目生产期内平均的成本费用见表 8-5。

项目逐年总成本费用表见表 8-6。

**表 8-4 项目生产期内平均的成本费用**

| 序号  | 项目       | 总成本费用 (元/a) | 单位成本 (\$/t 矿) |
|-----|----------|-------------|---------------|
| 1   | 采矿现金成本   | 900714.81   | 29.63         |
| 1.1 | 外包采矿成本   | 538911.00   | 17.73         |
| 1.2 | 充填成本     | 191803.81   | 6.31          |
| 1.3 | 其他制造费用   | 170000.00   | 5.59          |
| 2   | 工程服务现金成本 | 737508.68   | 24.26         |
| 2.1 | 通风       | 3952.14     | 0.13          |
| 2.2 | 排水       | 75394.69    | 2.48          |
| 2.3 | 提升       | 136300.60   | 4.48          |
| 2.4 | 动力       | 317486.27   | 10.44         |
| 2.5 | 人员薪酬     | 85408.00    | 2.81          |
| 2.6 | 其他制造费用   | 118966.98   | 3.91          |
| 3   | 选矿现金成本   | 312331.84   | 10.27         |
| 3.1 | 辅助材料     | 107916.65   | 3.55          |
| 3.2 | 动力       | 146283.35   | 4.81          |
| 3.3 | 人员薪酬     | 17401.50    | 0.57          |
| 3.4 | 其他制造费用   | 40730.34    | 1.34          |
| 4   | 管理费用     | 229538.74   | 7.55          |
| 5   | 销售费用     | 32528.03    | 1.07          |

| 序号 | 项目        | 总成本费用 (元/a) | 单位成本 (\$/t 矿) |
|----|-----------|-------------|---------------|
| 6  | 资源税       | 333340.34   | 10.96         |
| 7  | 现金成本      | 2545962.44  | 83.75         |
| 8  | 折旧费用      | 471879.89   | 15.52         |
| 9  | 摊销费用      | 60000.00    | 1.97          |
| 10 | 财务费用      | 2372.90     | 0.08          |
| 11 | 总成本费用     | 3080215.23  | 101.32        |
|    | 出矿量 (t/a) | 30401085    |               |

## 8.4 销售收入及税金

### 8.4.1 产品价格

铜价格按 8300\$/t 计。

TC 为 65\$/t, RC 为 0.065\$/lb。冶炼分成为 170 美元/t。

### 8.4.2 税费

项目税费主要包括资源税和所得税。

当铜价大于 5000 美元/t 小于 7000 美元/t 时, 资源税税率为 8.5%; 当铜价大于等于 7000 美元/t 时, 资源税税率为 10%。

根据业主提供的资料可知, 所得税税率为 20%。

项目销售收入、税金及附加表见表 8-7。

## 8.5 净利润

项目年平均利润总额为 15881.46 千美元, 净利润为 12688.22 千美元。

项目利润及利润分配表见表 8-8。

## 8.6 财务指标

项目计算期 14 年, 贴现率取 10%。计算的项目各项财务指标见表 8-9。

**表 8-9 项目投资财务指标表**

| 序号 | 项目名称             | 单位  | 数值       | 备注 |
|----|------------------|-----|----------|----|
| 1  | 项目投资财务内部收益率      | %   | 17.36    |    |
| 2  | 项目投资财务净现值(i=10%) | 千美元 | 84191.02 |    |
| 3  | 项目投资回收期          | 年   | 7.40     |    |

由上表可以看出, 项目的实施能取得较好的效益。

项目投资现金流量见表 8-10。

项目资本金现金流量见表表 8-11。

### 8.7 贷款偿还期

根据融资计划，项目的长期借款本金合计为 26881.35 千美元。偿还借款的资金来源包括未分配利润、折旧费和摊销费。按最大偿还能力进行贷款本金偿还，则项目的长期借款偿还款期为 4.75 年。

项目的还本付息表见表 8-12。

**表 8-12 项目还本付息表**

| 序号  | 项目名称      | 合计        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        |
|-----|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 一   | 借款还本付息计划  |           |          |          |          |          |          |
| 1   | 长期借款      |           |          |          |          |          |          |
| 1.1 | 期初借款余额    |           |          | 8788.60  | 12990.25 | 23257.44 | 20733.52 |
| 1.2 | 当期借款      | 68670.75  | 23986.32 | 19102.42 | 25582.00 |          |          |
| 1.3 | 当期应计利息    | 8008.41   | 959.45   | 1467.19  | 2062.50  | 1860.59  | 1658.68  |
| 1.4 | 当期还本金     | 68670.75  | 15197.72 | 14900.78 | 15314.81 | 2523.92  | 20733.52 |
| 1.5 | 当期付利息     | 8008.41   | 959.45   | 1467.19  | 2062.50  | 1860.59  | 1658.68  |
| 1.6 | 期末借款余额    |           | 8788.60  | 12990.25 | 23257.44 | 20733.52 |          |
| 二   | 还本付息资金来源  | 83692.80  | 16157.17 | 16367.96 | 17377.31 | 4384.51  | 29405.84 |
| 1   | 折旧摊销费     | 146102.90 | 19098.93 | 23420.76 | 27114.49 | 34231.29 | 42237.43 |
| 2   | 未分配利润     | 37963.94  | 1186.29  | -3432.48 | 5075.32  | 8323.37  | 26811.45 |
| 3   | 计入财务费用的利息 | 8008.41   | 959.45   | 1467.19  | 2062.50  | 1860.59  | 1658.68  |
|     | 减：维持运营投资  | 108382.45 | 5087.50  | 5087.50  | 16875.00 | 40030.74 | 41301.72 |
|     | 短期贷款偿还    |           |          |          |          |          |          |
| 三   | 指标计算      |           |          |          |          |          |          |
| 12  | 借款偿还期（年）  |           |          |          |          |          |          |
|     | 长期借款      |           | 4.75     |          |          |          |          |

### 8.8 敏感性分析

为预测一些因素发生变化时，对经济效益的影响，就销售收入、建设投资和经营成本等几个因素变化对经济效益的影响进行敏感性分析见表 8-13。

**表 8-13 项目单因素敏感性分析**

| 序号 | 不确定因素 | 不确定因素<br>变化率(%) | 税后内部<br>收益率(%) | 税后财务<br>净现值(千美元) | 税后投资<br>回收期(年) |
|----|-------|-----------------|----------------|------------------|----------------|
|    | 基本方案  | 0.00            | 17.36          | 84191.02         | 7.40           |
| 1  | 建设投资  | 15.00           | 16.19          | 73903.82         | 7.64           |
|    |       | 10.00           | 16.57          | 77332.89         | 7.56           |
|    |       | 5.00            | 16.96          | 80761.95         | 7.48           |

| 序号 | 不确定因素 | 不确定因素<br>变化率(%) | 税后内部<br>收益率 (%) | 税后财务<br>净现值 (千美元) | 税后投资<br>回收期 (年) |
|----|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|    |       | -5.00           | 17.77           | 87620.08          | 7.32            |
|    |       | -10.00          | 18.20           | 91049.15          | 7.24            |
|    |       | -15.00          | 18.64           | 94478.21          | 7.16            |
| 2  | 销售收入  | 15.00           | 36.22           | 283008.98         | 5.13            |
|    |       | 10.00           | 29.55           | 216776.58         | 5.69            |
|    |       | 5.00            | 23.31           | 150544.18         | 6.41            |
|    |       | -5.00           | 11.49           | 17142.16          | 8.83            |
|    |       | -10.00          | 5.05            | -57120.49         | 11.70           |
|    |       | -15.00          | -2.46           | -139910.99        | 0.00            |
| 3  | 经营成本  | 15.00           | 4.76            | -62301.89         | 11.89           |
|    |       | 10.00           | 9.20            | -9455.69          | 9.58            |
|    |       | 5.00            | 13.30           | 38264.82          | 8.32            |
|    |       | -5.00           | 21.57           | 130014.12         | 6.67            |
|    |       | -10.00          | 25.99           | 175716.45         | 6.09            |
|    |       | -15.00          | 30.71           | 221418.79         | 5.59            |

通过上面的敏感性分析可以看出，销售收入对项目的经济效益影响较大，其次为经营成本和建设投资。

项目铜价格敏感性分析见表 8-14。

**表 8-14 铜价敏感性分析**

| 序号 | 铜价<br>(\$/t) | 税后内部收益率<br>(%) | 税后财务净现值<br>(千美元) | 税后静态投资回收期<br>(a) |
|----|--------------|----------------|------------------|------------------|
| 基准 | 8300.00      | 17.36          | 84191.02         | 7.40             |
| 1  | 8000.00      | 13.14          | 36101.52         | 8.38             |
| 2  | 8100.00      | 14.56          | 52269.96         | 8.03             |
| 3  | 8200.00      | 15.94          | 68081.63         | 7.71             |
| 4  | 8300.00      | 17.36          | 84191.02         | 7.40             |
| 5  | 8400.00      | 18.78          | 100271.40        | 7.12             |
| 6  | 8500.00      | 20.21          | 116231.01        | 6.87             |
| 7  | 8600.00      | 21.64          | 132190.63        | 6.65             |
| 8  | 8700.00      | 23.10          | 148150.24        | 6.44             |
| 9  | 8800.00      | 24.56          | 164109.86        | 6.25             |
| 10 | 8900.00      | 26.05          | 180069.47        | 6.07             |
| 11 | 9000.00      | 27.56          | 196029.09        | 5.90             |
| 12 | 9100.00      | 29.08          | 211988.70        | 5.73             |

项目贴现率敏感性分析见表 8-15。

**表 8-15 贴现率敏感性分析**

| 序号 | 贴现率 (%) | 税后财务净现值 (千美元) |
|----|---------|---------------|
| 1  | 8       | 121046.87     |
| 2  | 10      | 84191.02      |
| 3  | 12      | 54517.36      |

表 8-2 项目采矿排产及工程量

| 序号  | 项目          | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14   |
|-----|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| 1   | 出矿量         | 30401      | 1500      | 1500      | 1800      | 2100      | 2500      | 2500      | 2500      | 2500      | 2500     | 2500     | 2500     | 2500     | 2000     | 1500 |
| 2   | 品位 (Tcu%)   | 1.83       | 1.63      | 1.63      | 1.72      | 1.80      | 1.88      | 1.90      | 1.90      | 1.89      | 1.85     | 1.84     | 1.84     | 1.84     | 1.90     | 1.74 |
| 3   | 爬坡期工程量 (m³) | 511664.21  | 154974.44 | 153087.68 | 203602.10 |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |      |
| 3.1 | 斜坡道 (m³)    | 90000.00   | 30000.00  | 30000.00  | 30000.00  |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |      |
| 3.2 | 斜井 (m³)     | 48312.00   | 20700.00  | 27612.00  |           |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |      |
| 3.3 | 竖井 (m³)     | 25118.21   | 14355.69  | 8952.93   | 1809.60   |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |      |
| 3.4 | 平巷 (m³)     | 261175.75  | 66671.75  | 52461.50  | 142042.50 |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |      |
| 3.5 | 硐室及联络巷 (m³) | 87058.25   | 23247.00  | 34061.25  | 29750.00  |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |      |
| 4   | 运营期工程量 (m³) | 1491458.06 | 40700.00  | 40700.00  | 135000.00 | 294687.06 | 326321.00 | 179500.00 | 144375.00 | 144375.00 | 47800.00 | 37500.00 | 36000.00 | 36000.00 | 28500.00 |      |

表 8-3 项目年投资表

| 序号  | 项目名称   | 单位  | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9       |
|-----|--------|-----|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 一   | 爬坡期投资  | k\$ | 114,451.25 | 39977.21  | 31837.37  | 42636.67  |          |          |          |          |          |         |
| 1   | 采矿     | k\$ | 112,951.25 | 39,977.21 | 31,837.37 | 41,136.67 |          |          |          |          |          |         |
| 1.1 | 井巷工程   | k\$ | 71,305.11  | 22,510.57 | 21,999.33 | 26,795.21 |          |          |          |          |          |         |
|     | 移动设备   | k\$ | 20,545.95  | 13,770.38 | 6,775.58  |           |          |          |          |          |          |         |
| 1.2 | 胶带机    | k\$ | 6,758.73   | 3,696.26  | 3,062.47  |           |          |          |          |          |          |         |
| 1.3 | 水泵     | k\$ | 254.84     |           |           | 254.84    |          |          |          |          |          |         |
| 1.4 | 充填     | k\$ | 14,086.62  |           |           | 14,086.62 |          |          |          |          |          |         |
| 2   | 选矿     | k\$ | 1,500.00   |           |           | 1,500.00  |          |          |          |          |          |         |
| 二   | 前期费用   |     | 60,000.00  | 60,000.00 |           |           |          |          |          |          |          |         |
| 三   | 原有资产净值 | k\$ | 185000.00  | 185000.00 |           |           |          |          |          |          |          |         |
| 四   | 维持运营投资 | k\$ | 190,138.70 | 5087.50   | 5087.50   | 16875.00  | 40030.74 | 41301.72 | 22437.50 | 18046.88 | 18046.88 | 5975.00 |

表 8-6 项目逐年总成本费用表 单位：千美元

| 序号  | 项目名称       | 合计        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       |
|-----|------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|     | 出矿量        | 30401.08  | 1500.17  | 1500.37  | 1799.94  | 2100.39  | 2500.21  | 2500.00  | 2500.00  | 2500.00  | 2500.00  | 2500.00  | 2500.00  | 2500.00  | 2000.00  | 1500.00  |
| 1   | 采矿现金成本     | 900714.81 | 37880.00 | 38760.00 | 47899.61 | 59282.74 | 65641.45 | 71647.25 | 73620.95 | 73620.95 | 77861.85 | 80000.00 | 80000.00 | 80000.00 | 66500.00 | 48000.00 |
| 1.1 | 外包采矿成本     | 538911.00 | 25380.00 | 26260.00 | 22800.00 | 32080.00 | 35640.00 | 41647.25 | 43620.95 | 43620.95 | 47861.85 | 50000.00 | 50000.00 | 50000.00 | 40000.00 | 30000.00 |
| 1.2 | 外包充填成本     | 191803.81 |          |          | 12599.61 | 14702.74 | 17501.45 | 17500.00 | 17500.00 | 17500.00 | 17500.00 | 17500.00 | 17500.00 | 17500.00 | 14000.00 | 10500.00 |
| 1.3 | 其他制造费用     | 170000.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 12500.00 | 7500.00  |
| 1.4 | 采矿单位现金成本   | 29.63     | 25.25    | 25.83    | 26.61    | 28.22    | 26.25    | 28.66    | 29.45    | 29.45    | 31.14    | 32.00    | 32.00    | 32.00    | 33.25    | 32.00    |
| 2   | 工厂服务现金成本   | 737508.68 | 41310.68 | 41314.23 | 46509.83 | 52395.79 | 59329.96 | 59326.36 | 59531.46 | 59531.46 | 59531.46 | 58805.82 | 58805.82 | 58805.82 | 50351.91 | 31958.09 |
| 2.1 | 辅助材料       | 215647.43 | 10641.31 | 10642.76 | 12767.75 | 14898.95 | 17735.00 | 17733.53 | 17733.53 | 17733.53 | 17733.53 | 17733.53 | 17733.53 | 17733.53 | 14186.82 | 10640.12 |
|     | 通风         | 3952.14   | 195.02   | 195.05   | 233.99   | 273.05   | 325.03   | 325.00   | 325.00   | 325.00   | 325.00   | 325.00   | 325.00   | 325.00   | 260.00   | 195.00   |
|     | 排水         | 75394.69  | 3720.42  | 3720.92  | 4463.86  | 5208.97  | 6200.51  | 6200.00  | 6200.00  | 6200.00  | 6200.00  | 6200.00  | 6200.00  | 6200.00  | 4960.00  | 3720.00  |
|     | 提升         | 136300.60 | 6725.87  | 6726.79  | 8069.89  | 9416.92  | 11209.46 | 11208.53 | 11208.53 | 11208.53 | 11208.53 | 11208.53 | 11208.53 | 11208.53 | 8966.82  | 6725.12  |
| 2.2 | 燃料         |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 2.3 | 动力         | 317486.27 | 15376.72 | 15378.82 | 18449.43 | 22204.20 | 26302.31 | 26300.18 | 26505.28 | 26505.28 | 26505.28 | 25779.64 | 25779.64 | 25779.64 | 20872.44 | 15747.44 |
| 2.4 | 人员薪酬       | 85408.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 6280.00  | 3768.00  |
| 2.5 | 其他制造费用     | 118966.98 | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 9012.65  | 1802.53  |
| 2.6 | 工程服务单位现金成本 | 24.26     | 27.54    | 27.54    | 25.84    | 24.95    | 23.73    | 23.73    | 23.81    | 23.81    | 23.81    | 23.52    | 23.52    | 23.52    | 25.18    | 21.31    |
| 3   | 选矿现金成本     | 312331.84 | 16805.74 | 16807.45 | 19312.33 | 21824.54 | 25167.61 | 25165.88 | 25165.88 | 25165.88 | 25165.88 | 25165.88 | 25165.88 | 25165.88 | 20985.10 | 15267.93 |
| 3.1 | 辅助材料       | 107916.65 | 5325.24  | 5325.97  | 6389.38  | 7455.89  | 8875.14  | 8874.41  | 8874.41  | 8874.41  | 8874.41  | 8874.41  | 8874.41  | 8874.41  | 7099.53  | 5324.64  |
| 3.2 | 燃料         |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

| 序号   | 项目名称     | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3.3  | 动力       | 146283.35  | 7218.48   | 7219.46   | 8660.94   | 10106.63  | 12030.45  | 12029.45  | 12029.45  | 12029.45  | 12029.45  | 12029.45  | 12029.45  | 12029.45  | 9623.56   | 7217.67   |
| 3.4  | 人员薪酬     | 17401.50   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 1289.00   | 644.50    |
| 3.5  | 其他制造费用   | 40730.34   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2973.02   | 2081.11   |
| 3.6  | 选矿单位现金成本 | 10.27      | 11.20     | 11.20     | 10.73     | 10.39     | 10.07     | 10.07     | 10.07     | 10.07     | 10.07     | 10.07     | 10.07     | 10.07     | 10.49     | 10.18     |
| 4    | 管理费用     | 229538.74  | 10983.18  | 10984.63  | 14039.61  | 18010.22  | 20930.60  | 19420.00  | 19068.75  | 19068.75  | 18103.00  | 18000.00  | 17985.00  | 17985.00  | 14385.00  | 10575.00  |
| 5    | 销售费用     | 32528.03   | 1422.24   | 1431.07   | 1799.54   | 2189.85   | 2745.46   | 2791.78   | 2806.24   | 2792.27   | 2726.43   | 2701.62   | 2701.62   | 2701.62   | 2235.53   | 1482.78   |
| 6    | 经营成本     | 2212622.10 | 108401.85 | 109297.37 | 129560.93 | 153703.15 | 173815.08 | 178351.27 | 180193.27 | 180179.30 | 183388.61 | 184673.31 | 184658.31 | 184658.31 | 154457.54 | 107283.79 |
| 7    | 折旧费用     | 471879.89  | 14813.21  | 19135.05  | 22828.78  | 29945.57  | 37951.72  | 46212.06  | 49682.06  | 52273.94  | 52508.31  | 45697.17  | 30465.57  | 25218.74  | 22924.75  | 22222.96  |
| 8    | 摊销费      | 60000.00   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   | 4285.71   |
| 9    | 财务费用     | 33220.63   | 2189.76   | 2701.84   | 3513.67   | 3631.45   | 3646.90   | 2027.45   | 2043.42   | 2039.85   | 2075.48   | 2099.14   | 2119.27   | 2126.26   | 1786.20   | 1219.95   |
| 9.1  | 长期借款利息   | 8008.41    | 959.45    | 1467.19   | 2062.50   | 1860.59   | 1658.68   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 9.2  | 流动资金借款利息 | 25212.22   | 1230.30   | 1234.66   | 1451.17   | 1770.86   | 1988.21   | 2027.45   | 2043.42   | 2039.85   | 2075.48   | 2099.14   | 2119.27   | 2126.26   | 1786.20   | 1219.95   |
| 9.3  | 短期借款利息   |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 10   | 总成本费用    | 2777722.62 | 129690.53 | 135419.97 | 160189.09 | 191565.89 | 219699.41 | 230876.49 | 236204.46 | 238778.80 | 242258.12 | 236755.33 | 221528.87 | 216289.03 | 183454.21 | 135012.42 |
| 10.1 | 其中：可变成本  | 1550576.54 | 65363.99  | 66258.08  | 83466.65  | 103638.26 | 120829.81 | 126876.60 | 129069.85 | 129055.88 | 133230.95 | 134618.65 | 134618.65 | 134618.65 | 108017.88 | 80912.65  |
| 10.2 | 固定成本     | 1227146.08 | 64326.54  | 69161.90  | 76722.44  | 87927.63  | 98869.60  | 103999.89 | 107134.61 | 109722.92 | 109027.18 | 102136.69 | 86910.22  | 81670.39  | 75436.33  | 54099.77  |

表 8-7 项目销售收入、税金及附加表

| 序号  | 项目名称    | 单位   | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|-----|---------|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     |         |      |            | 2024      | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      | 2031      | 2032      | 2033      | 2034      | 2035      | 2036      | 2037      |
| 1   | 收入合计    | k\$  | 3333403.38 | 145748.22 | 146652.77 | 184412.99 | 224411.22 | 281348.57 | 286095.50 | 287577.41 | 286145.44 | 279398.89 | 276856.07 | 276856.07 | 276856.07 | 229092.02 | 151952.14 |
| 2   | 采矿      |      |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2.1 | 出矿量     | kt   | 30401.08   | 1500.17   | 1500.37   | 1799.94   | 2100.39   | 2500.21   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2000.00   | 1500.00   |
| 2.2 | 出矿品位    | %    | 1.83       | 1.63      | 1.63      | 1.72      | 1.80      | 1.88      | 1.90      | 1.90      | 1.89      | 1.85      | 1.84      | 1.84      | 1.84      | 1.90      | 1.74      |
| 2.3 | 金属量     | kt   | 555.50     | 24.46     | 24.52     | 30.93     | 37.75     | 47.02     | 47.55     | 47.53     | 47.35     | 46.37     | 45.98     | 45.98     | 45.98     | 37.98     | 26.10     |
| 3   | 选矿      |      |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 3.1 | 入选矿量    | kt   | 30401.08   | 1500.17   | 1500.37   | 1799.94   | 2100.39   | 2500.21   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2500.00   | 2000.00   | 1500.00   |
| 3.2 | 选矿回收率   | %    | 81.98      | 81.41     | 81.69     | 81.45     | 81.20     | 81.74     | 82.19     | 82.67     | 82.56     | 82.32     | 82.26     | 82.26     | 82.26     | 82.42     | 79.54     |
| 3.3 | 金属量     | kt   | 455.39     | 19.91     | 20.03     | 25.19     | 30.66     | 38.44     | 39.08     | 39.29     | 39.09     | 38.17     | 37.82     | 37.82     | 37.82     | 31.30     | 20.76     |
| 3.4 | 精矿品位    | %    | 42.00      | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     | 42.00     |
| 3.5 | 铜精矿(干吨) | kt   | 1084.27    | 47.41     | 47.70     | 59.98     | 73.00     | 91.52     | 93.06     | 93.54     | 93.08     | 90.88     | 90.05     | 90.05     | 90.05     | 74.52     | 49.43     |
|     | 含水率     | %    | 12.00      | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     |
|     | 铜精矿(湿吨) | kt   | 1214.38    | 53.10     | 53.43     | 67.18     | 81.75     | 102.50    | 104.23    | 104.77    | 104.24    | 101.79    | 100.86    | 100.86    | 100.86    | 83.46     | 55.36     |
| 4   | 冶炼      |      |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 4.1 | 冶炼回收率   | %    | 96.60      | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     | 96.60     |
| 4.2 | 冶炼金属量   | kt   | 439.91     | 19.23     | 19.35     | 24.34     | 29.62     | 37.13     | 37.76     | 37.95     | 37.76     | 36.87     | 36.54     | 36.54     | 36.54     | 30.23     | 20.05     |
| 4.3 | 销售价格    | \$/t | 8300.00    | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   | 8300.00   |

| 序号    | 项目名称        | 单位    | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|-------|-------------|-------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 4.4   | 冶炼的销售收入     | k\$   | 3651245.39 | 159645.40 | 160636.19 | 201996.88 | 245808.96 | 308175.33 | 313374.87 | 314998.09 | 313429.58 | 306039.74 | 303254.46 | 303254.46 | 303254.46 | 250936.08 | 166440.86 |
| 4.5   | 冶炼费用        | k\$   | 317842.01  | 13897.18  | 13983.43  | 17583.89  | 21397.74  | 26826.76  | 27279.38  | 27420.68  | 27284.14  | 26640.85  | 26398.39  | 26398.39  | 26398.39  | 21844.06  | 14488.73  |
| 4.5.1 | TC          | k\$   | 70477.40   | 3081.52   | 3100.65   | 3899.00   | 4744.68   | 5948.49   | 6048.85   | 6080.18   | 6049.91   | 5907.27   | 5853.51   | 5853.51   | 5853.51   | 4843.64   | 3212.69   |
|       |             | \$/t  | 65.00      | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     | 65.00     |
| 4.5.2 | RC          | k\$   | 63039.10   | 2756.29   | 2773.40   | 3487.50   | 4243.92   | 5320.68   | 5410.45   | 5438.47   | 5411.39   | 5283.81   | 5235.72   | 5235.72   | 5235.72   | 4332.44   | 2873.62   |
|       |             | \$/lb | 0.065      | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     | 0.065     |
| 4.5.3 | 冶炼分成费用      | k\$   | 184325.51  | 8059.36   | 8109.38   | 10197.39  | 12409.15  | 15557.59  | 15820.08  | 15902.02  | 15822.84  | 15449.78  | 15309.17  | 15309.17  | 15309.17  | 12667.98  | 8402.42   |
|       |             | \$/t  | 170.00     | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    | 170.00    |
| 4.5.4 | 罚款 (CCM)    | k\$   |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 5     | 增值税         | k\$   | 290456.78  | 13089.03  | 13092.12  | 16439.34  | 19674.05  | 26122.27  | 25921.71  | 25810.21  | 25581.09  | 23823.10  | 23190.25  | 23190.25  | 23190.25  | 19729.55  | 11603.56  |
| 5.1   | 销项税金        | k\$   | 533344.54  | 23319.71  | 23464.44  | 29506.08  | 35905.80  | 45015.77  | 45775.28  | 46012.39  | 45783.27  | 44703.82  | 44296.97  | 44296.97  | 44296.97  | 36654.72  | 24312.34  |
| 5.2   | 进项税金        | k\$   | 242887.76  | 10230.68  | 10372.32  | 13066.74  | 16231.75  | 18893.50  | 19853.57  | 20202.18  | 20202.18  | 20880.72  | 21106.72  | 21106.72  | 21106.72  | 16925.18  | 12708.78  |
| 5.2.1 | 产品生产流通过程进项税 | k\$   | 242887.76  | 10230.68  | 10372.32  | 13066.74  | 16231.75  | 18893.50  | 19853.57  | 20202.18  | 20202.18  | 20880.72  | 21106.72  | 21106.72  | 21106.72  | 16925.18  | 12708.78  |
| 6     | 税金及附加       | k\$   | 333340.34  | 14574.82  | 14665.28  | 18441.30  | 22441.12  | 28134.86  | 28609.55  | 28757.74  | 28614.54  | 27939.89  | 27685.61  | 27685.61  | 27685.61  | 22909.20  | 15195.21  |
| 6.1   | 资源税         | k\$   | 333340.34  | 14574.82  | 14665.28  | 18441.30  | 22441.12  | 28134.86  | 28609.55  | 28757.74  | 28614.54  | 27939.89  | 27685.61  | 27685.61  | 27685.61  | 22909.20  | 15195.21  |

表 8-8 项目利润及利润分配表 单位：千美元

| 序号 | 项目名称  | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|----|-------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 营业收入  | 3333403.38 | 145748.22 | 146652.77 | 184412.99 | 224411.22 | 281348.57 | 286095.50 | 287577.41 | 286145.44 | 279398.89 | 276856.07 | 276856.07 | 276856.07 | 229092.02 | 151952.14 |
| 2  | 税金及附加 | 333340.34  | 14574.82  | 14665.28  | 18441.30  | 22441.12  | 28134.86  | 28609.55  | 28757.74  | 28614.54  | 27939.89  | 27685.61  | 27685.61  | 27685.61  | 22909.20  | 15195.21  |

| 序号 | 项目名称                     | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|----|--------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3  | 总成本费用                    | 2777722.62 | 129690.53 | 135419.97 | 160189.09 | 191565.89 | 219699.41 | 230876.49 | 236204.46 | 238778.80 | 242258.12 | 236755.33 | 221528.87 | 216289.03 | 183454.21 | 135012.42 |
| 4  | 补贴收入                     |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 5  | 其他收入                     |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 6  | 利润总额<br>(1-2-3+4+5)      | 222340.42  | 1482.87   | -3432.48  | 5782.60   | 10404.21  | 33514.31  | 26609.46  | 22615.21  | 18752.10  | 9200.88   | 12415.13  | 27641.60  | 32881.43  | 22728.61  | 1744.50   |
| 7  | 弥补以前年度亏损                 | 2246.19    |           |           | 2246.19   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 8  | 应纳税所得额(6-7)              | 223526.71  | 1482.87   |           | 3536.41   | 10404.21  | 33514.31  | 26609.46  | 22615.21  | 18752.10  | 9200.88   | 12415.13  | 27641.60  | 32881.43  | 22728.61  | 1744.50   |
| 9  | 所得税                      | 44705.34   | 296.57    |           | 707.28    | 2080.84   | 6702.86   | 5321.89   | 4523.04   | 3750.42   | 1840.18   | 2483.03   | 5528.32   | 6576.29   | 4545.72   | 348.90    |
| 10 | 净利润(6-9)                 | 177635.08  | 1186.29   | -3432.48  | 5075.32   | 8323.37   | 26811.45  | 21287.56  | 18092.17  | 15001.68  | 7360.70   | 9932.11   | 22113.28  | 26305.15  | 18182.89  | 1395.60   |
| 11 | 期初未分配利润                  |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 12 | 可供分配的利润<br>(10+11)       | 177635.08  | 1186.29   | -3432.48  | 5075.32   | 8323.37   | 26811.45  | 21287.56  | 18092.17  | 15001.68  | 7360.70   | 9932.11   | 22113.28  | 26305.15  | 18182.89  | 1395.60   |
| 13 | 提取法定盈余公积金                |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 14 | 职工奖励与福利基金                |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 15 | 可供投资者分配的利润<br>(12-13-14) | 177635.08  | 1186.29   | -3432.48  | 5075.32   | 8323.37   | 26811.45  | 21287.56  | 18092.17  | 15001.68  | 7360.70   | 9932.11   | 22113.28  | 26305.15  | 18182.89  | 1395.60   |
| 16 | 应付优先股股利                  |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 17 | 提取任意盈余公积金                |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 18 | 应付普通股股利<br>(15-16-17)    | 177635.08  | 1186.29   | -3432.48  | 5075.32   | 8323.37   | 26811.45  | 21287.56  | 18092.17  | 15001.68  | 7360.70   | 9932.11   | 22113.28  | 26305.15  | 18182.89  | 1395.60   |

| 序号 | 项目名称         | 合计        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|----|--------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 19 | 各投资方利润分配     |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |
| 20 | 未分配利润(18-19) | 177635.08 | 1186.29  | -3432.48 | 5075.32  | 8323.37  | 26811.45 | 21287.56 | 18092.17 | 15001.68 | 7360.70  | 9932.11   | 22113.28  | 26305.15  | 18182.89  | 1395.60   |
| 21 | 累计未分配利润      |           | 1186.29  | -2246.19 | 2829.13  | 11152.50 | 37963.94 | 59251.51 | 77343.67 | 92345.35 | 99706.06 | 109638.16 | 131751.44 | 158056.59 | 176239.47 | 177635.08 |
| 22 | 息税前利润        | 255561.05 | 3672.62  | -730.64  | 9296.27  | 14035.66 | 37161.20 | 28636.90 | 24658.62 | 20791.95 | 11276.36 | 14514.27  | 29760.87  | 35007.70  | 24514.81  | 2964.46   |
| 23 | 息税折旧摊销前利润    | 787440.94 | 22771.55 | 22690.12 | 36410.76 | 48266.95 | 79398.64 | 79134.68 | 78626.40 | 77351.60 | 68070.39 | 64497.15  | 64512.15  | 64512.15  | 51725.27  | 29473.13  |

表 8-10 项目投资现金流量表 单位：千美元

| 序号  | 项目名称           | 合计         | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|-----|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1   | 现金流入           | 3395484.92 | 145748.22  | 146652.77  | 184412.99  | 224411.22  | 281348.57  | 286095.50 | 287577.41 | 286219.77 | 279398.89 | 276856.07 | 276856.07 | 276856.07 | 236176.67 | 206874.70 |
| 1.1 | 营业收入           | 3333403.38 | 145748.22  | 146652.77  | 184412.99  | 224411.22  | 281348.57  | 286095.50 | 287577.41 | 286145.44 | 279398.89 | 276856.07 | 276856.07 | 276856.07 | 229092.02 | 151952.14 |
| 1.2 | 回收资产余值         | 17710.06   |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           | 17710.06  |
| 1.3 | 回收流动资金         | 44371.47   |            |            |            |            |            |           |           | 74.33     |           |           |           |           | 7084.65   | 37212.50  |
| 2   | 现金流出           | 2954923.87 | 253672.70  | 160978.19  | 212024.58  | 222835.21  | 247779.89  | 230215.71 | 227330.53 | 226840.72 | 218045.91 | 217539.24 | 217263.27 | 216989.67 | 180929.25 | 122479.01 |
| 2.1 | 建设投资           | 114451.25  | 39977.21   | 31837.37   | 42636.67   |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2.2 | 前期投入           | 60000.00   | 60000.00   |            |            |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2.3 | 流动资金           | 44371.47   | 25631.32   | 90.67      | 4510.69    | 6660.20    | 4528.23    | 817.39    | 332.65    |           | 742.40    | 492.82    | 419.35    | 145.75    |           |           |
| 2.4 | 经营成本           | 2212622.10 | 108401.85  | 109297.37  | 129560.93  | 153703.15  | 173815.08  | 178351.27 | 180193.27 | 180179.30 | 183388.61 | 184673.31 | 184658.31 | 184658.31 | 154457.54 | 107283.79 |
| 2.5 | 税金及附加          | 333340.34  | 14574.82   | 14665.28   | 18441.30   | 22441.12   | 28134.86   | 28609.55  | 28757.74  | 28614.54  | 27939.89  | 27685.61  | 27685.61  | 27685.61  | 22909.20  | 15195.21  |
| 2.6 | 维持运营投资         | 190138.70  | 5087.50    | 5087.50    | 16875.00   | 40030.74   | 41301.72   | 22437.50  | 18046.88  | 18046.88  | 5975.00   | 4687.50   | 4500.00   | 4500.00   | 3562.50   |           |
| 2.7 | 其它现金流出         |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 3   | 所得税前净现金流量(1-2) | 440561.05  | -107924.48 | -14325.43  | -27611.59  | 1576.01    | 33568.68   | 55879.79  | 60246.88  | 59379.05  | 61352.98  | 59316.83  | 59592.80  | 59866.41  | 55247.42  | 84395.69  |
| 4   | 累计所得税前净现金流量    |            | -107924.48 | -122249.91 | -149861.50 | -148285.48 | -114716.80 | -58837.01 | 1409.87   | 60788.92  | 122141.90 | 181458.73 | 241051.53 | 300917.94 | 356165.36 | 440561.05 |
| 5   | 调整所得税          | 51258.34   | 734.52     |            | 1859.25    | 2807.13    | 7432.24    | 5727.38   | 4931.72   | 4158.39   | 2255.27   | 2902.85   | 5952.17   | 7001.54   | 4902.96   | 592.89    |

| 序号   | 项目名称                              | 合计        | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8        | 9        | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|------|-----------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6    | 所得税后净现金流量 (3-5)                   | 389302.71 | -108659.00 | -14325.43  | -29470.84  | -1231.12   | 26136.44   | 50152.41  | 55315.15  | 55220.66 | 59097.71 | 56413.97  | 53640.63  | 52864.87  | 50344.46  | 83802.80  |
| 7    | 累计所得税后净现金流量                       |           | -108659.00 | -122984.43 | -152455.27 | -153686.39 | -127549.95 | -77397.54 | -22082.39 | 33138.27 | 92235.98 | 148649.96 | 202290.58 | 255155.45 | 305499.91 | 389302.71 |
| 计算指标 | 指标名称<br>1-所得税前 2-所得税后             |           | 1          | 2          |            |            |            |           |           |          |          |           |           |           |           |           |
|      | 项目财务内部收益率 (%)                     |           | 19.36      | 17.36      |            |            |            |           |           |          |          |           |           |           |           |           |
|      | 项目投资财务净现值<br>(税前 I=10%, 税后 I=10%) |           | 108460.51  | 84191.02   |            |            |            |           |           |          |          |           |           |           |           |           |
|      | 项目投资静态回收期 (年)                     |           | 6.98       | 7.40       |            |            |            |           |           |          |          |           |           |           |           |           |

表 8-11 项目资本金现金流量表 单位：千美元

| 序号  | 项目名称     | 合计         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|-----|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1   | 现金流入     | 3395484.92 | 145748.22 | 146652.77 | 184412.99 | 224411.22 | 281348.57 | 286095.50 | 287577.41 | 286219.77 | 279398.89 | 276856.07 | 276856.07 | 276856.07 | 236176.67 | 206874.70 |
| 1.1 | 销售(营业)收入 | 3333403.38 | 145748.22 | 146652.77 | 184412.99 | 224411.22 | 281348.57 | 286095.50 | 287577.41 | 286145.44 | 279398.89 | 276856.07 | 276856.07 | 276856.07 | 229092.02 | 151952.14 |
| 1.2 | 回收资产余值   | 17710.06   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 17710.06  |
| 1.3 | 回收流动资金   | 44371.47   |           |           |           |           |           |           |           | 74.33     |           |           |           |           | 7084.65   | 37212.50  |
| 2   | 现金流出     | 3017600.44 | 231991.63 | 159423.98 | 203271.93 | 227075.30 | 276146.23 | 237074.61 | 233697.40 | 232675.58 | 221516.12 | 221825.72 | 224659.25 | 225604.77 | 191511.96 | 131125.96 |
| 2.1 | 项目资本金    | 63529.09   | 26243.41  | 12771.22  | 18858.94  | 2664.08   | 1811.29   | 326.96    | 133.06    |           | 296.96    | 197.13    | 167.74    | 58.30     |           |           |
| 2.2 | 前期投入     | 60000.00   | 60000.00  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2.3 | 维持运营投资   | 190138.70  | 5087.50   | 5087.50   | 16875.00  | 40030.74  | 41301.72  | 22437.50  | 18046.88  | 18046.88  | 5975.00   | 4687.50   | 4500.00   | 4500.00   | 3562.50   |           |
| 2.4 | 借款本金偿还   | 80044.23   | 15197.72  | 14900.78  | 15314.81  | 2523.92   | 20733.52  |           |           | 44.60     |           |           |           |           | 4250.79   | 7078.10   |
| 2.5 | 借款利息支付   | 33220.63   | 2189.76   | 2701.84   | 3513.67   | 3631.45   | 3646.90   | 2027.45   | 2043.42   | 2039.85   | 2075.48   | 2099.14   | 2119.27   | 2126.26   | 1786.20   | 1219.95   |
| 2.6 | 经营成本     | 2212622.10 | 108401.85 | 109297.37 | 129560.93 | 153703.15 | 173815.08 | 178351.27 | 180193.27 | 180179.30 | 183388.61 | 184673.31 | 184658.31 | 184658.31 | 154457.54 | 107283.79 |
| 2.7 | 税金及附加    | 333340.34  | 14574.82  | 14665.28  | 18441.30  | 22441.12  | 28134.86  | 28609.55  | 28757.74  | 28614.54  | 27939.89  | 27685.61  | 27685.61  | 27685.61  | 22909.20  | 15195.21  |
| 2.8 | 所得税      | 44705.34   | 296.57    |           | 707.28    | 2080.84   | 6702.86   | 5321.89   | 4523.04   | 3750.42   | 1840.18   | 2483.03   | 5528.32   | 6576.29   | 4545.72   | 348.90    |
| 2.9 | 其他流出     |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

| 序号   | 项目名称         | 合计        | 1         | 2         | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8        | 9        | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3    | 净现金流量 (1-2)  | 377884.48 | -86243.41 | -12771.22 | -18858.94  | -2664.08   | 5202.35    | 49020.88  | 53880.01  | 53544.19 | 57882.77 | 55030.36  | 52196.82  | 51251.30  | 44664.71  | 75748.74  |
| 4    | 累计净现金流量      |           | -86243.41 | -99014.63 | -117873.57 | -120537.65 | -115335.30 | -66314.42 | -12434.41 | 41109.78 | 98992.54 | 154022.90 | 206219.72 | 257471.03 | 302135.74 | 377884.48 |
| 计算指标 | 资本金内部收益率 (%) |           | 19.30     |           |            |            |            |           |           |          |          |           |           |           |           |           |