

NI 43-101 技术报告

甲玛铜多金属矿

矿产资源储量更新

西藏华泰龙矿业开发有限公司

长春黄金设计院有限公司

2026 年 6 月 30

Contents

- 1 执行总结 14
 - 1.1 概述 14
 - 1.2 基准日期 14
 - 1.3 矿区概况与位置 14
 - 1.4 交通、气候、当地资源、基础设施及地形地貌 15
 - 1.5 勘探开发历史 16
 - 1.6 地质与矿化特征 16
 - 1.7 勘探 16
 - 1.8 钻探 16
 - 1.9 样品制备、分析与质量监控 17
 - 1.10 数据核实 17
 - 1.11 选矿工艺 17
 - 1.12 矿产资源量估算 17
 - 1.13 矿产储量估算 21
 - 1.14 采矿方法（露采+地采） 23
 - 1.14.1 采矿综合体概况 23
 - 1.14.2 采矿方法 24
 - 1.15 回收工艺 24
 - 1.16 项目基础设施 25
 - 1.17 环境研究、许可审批及社会与社区影响 26
 - 1.17.1 环境本底研究与影响评价 26
 - 1.17.2 废弃物、尾矿、水资源与监测 26
 - 1.17.3 许可审批 26
 - 1.17.4 社会与社区影响 26
 - 1.17.5 矿山闭坑与生态修复 27
 - 1.18 结论和建议 27
- 2 导论 27
 - 2.1 工作范围说明 28
 - 2.2 作者资格与职责 31
 - 2.3 限制与排除 32

3 其他专家的帮助	32
4 矿区概况与位置	32
4.1 企业权属	32
4.2 采矿权	33
4.3 探矿权	34
5 交通、气候、当地资源、基础设施及地形地貌	35
5.1 交通条件	35
5.2 气候	35
5.3 劳动力与基础设施	36
5.4 电力供应	36
5.5 地形地貌	36
5.6 评述	37
6 甲玛矿区历史	37
7 地质背景与矿化特征	38
7.1 区域地质	38
7.2 矿区地质	39
7.3 矿床特征	41
7.3.1 岩性	42
7.3.2 主要矿体特征	44
7.4 评述	48
8 矿床类型	48
9 勘探工作	51
9.1 勘探网与测量	51
9.2 地质填图	51
9.3 地球化学采样	51
9.4 地球物理勘探	51
9.5 岩石学、矿物学及研究工作	52
9.6 勘探潜力	52
9.7 评述	52
10 钻探工程	52
10.1 引言	52
10.2 地表钻探	55

10.2.1 孔口位置测量	55
10.2.2 钻孔测斜	55
10.3 井下钻孔	56
10.3.1 钻孔位置放孔	56
10.3.2 钻机施工	57
10.3.3 测斜	58
10.3.4 岩芯运输与钻孔封孔	58
10.3.5 井下钻孔岩芯编录	58
10.4 钻探总结	59
11 样品制备、分析与质量监控	59
11.1 样品采集方法	60
11.2 样品制备和分析	60
11.3 质量控制	61
11.3.1 标样	62
11.3.2 重复样	64
11.3.3 空白样	66
11.4 结论	67
12 数据核实	68
12.1 合资格人现场考察	68
12.2 2011 年前的数据验证	69
12.3 2017-2025 年华泰龙甲玛项目样品分析的内检和外检	70
12.4 2026 年现场采样验证	70
12.5 结论	72
13 选矿工艺	72
13.1 试验工作概述	72
13.2 矽卡岩型铜铅锌多金属矿石选矿试验	72
13.3 低品位角岩型铜钼矿石混合浮选试验	73
13.4 矽卡岩型铜钼矿石选矿试验	74
13.5 矽卡岩与角岩混合型铜钼矿石铜钼分离试验	75
13.6 评述	75
14 矿产资源量估算	75
14.1 引言	75

14.2 矿化体（矿化域）圈连	75
14.3 模型形状.....	77
14.4 特高品位处理	77
14.5 矿化域（矿化体）模型的表面精度	80
14.6 勘探数据分析（EDA）	80
14.7 品位估值.....	82
14.8 比重（SG）	84
14.9 资源量分类.....	86
14.10 块模型验证.....	87
14.11 资源量消耗.....	93
14.12 资源量估算结果和讨论	94
14.13 资源量估算结果对品位的敏感性分析	98
14.14 将来采矿计划方面的建议	102
14.15 下一步勘探的靶区	107
14.16 资源量估算可能的影响因素	108
15 矿产储量估算.....	108
15.1 介绍.....	108
15.2 储量估算的主要参数.....	109
15.2.1 采矿因子.....	109
15.2.2 运营成本与损益平衡点	110
15.3 当前露天矿储量估算.....	110
15.4 地下采矿储量估算	114
15.5 甲玛矿山储量总结	118
15.6 甲玛矿产储量变化和讨论	119
16 采矿方法	121
16.1 引言	121
16.2 矿区岩土工程概况	121
16.2.1 矿床背景.....	121
16.2.2 岩土工程条件.....	122
16.2.3 岩土工程域划分	122
16.2.4 岩土工程评价.....	124
16.2.5 支护要求.....	128

16.2.6 开采现状评价.....	129
16.3 角岩型矿体露天开采.....	130
16.3.1 相关信息总结	130
16.3.2 角岩型矿体露天境界.....	130
16.3.3 角岩露天开拓运输	133
16.3.4 采剥工艺	134
16.3.5 角岩露天采场防排水.....	135
16.3.6 建议与下一步工作	135
16.4 南部露天采场.....	135
16.4.1 相关信息总结.....	135
16.4.2 南部露天开采境界	136
16.4.3 南部露天开拓运输	138
16.4.4 采剥工艺.....	138
16.4.5 南部露天采场防排水.....	139
16.4.6 建议与下一步工作	140
16.5 地下开采系统.....	140
16.5.1 相关信息总结	140
16.5.2 采矿方法.....	141
16.5.3 开拓运输系统	147
16.5.4 井下通风.....	147
16.5.5 井下充填.....	151
17 回收工艺.....	151
17.1 引言	151
17.2 厂区工艺流程.....	151
17.2.1 破碎.....	153
17.2.2 磨矿分级.....	153
17.2.3 浮选.....	154
17.2.4 精矿脱水.....	154
17.2.5 辅助设施与药剂.....	155
18 项目基础设施.....	156
18.1 引言	156
18.1.1 总平面布置与规划	157

18.2 矿区地面基础设施概况	161
18.2.1 道路	161
18.2.2 土石方工程	162
18.2.3 台阶、平台及堆场	163
18.2.4 雨水治理	163
18.2.5 矿山岩土转运	164
18.3 辅助设施与公用工程	164
18.4 供电系统	166
19 环境研究、许可审批及社会或社区影响评估	168
19.1 环境本底研究与环境影响评价	168
19.1.1 已开展研究总结	168
19.1.2 环境影响评价进展	168
19.1.3 主要结论	169
19.1.4 拟采取的减缓措施	176
19.2 废弃物、尾矿、水资源与监测计划	176
19.2.1 废弃物与尾矿处置	177
19.2.2 水资源管理	177
19.2.3 现场监测方案	178
19.2.4 闭坑后监测	178
19.3 许可要求	179
19.3.1 所需许可证清单	179
19.3.2 条件及其他义务	180
19.3.3 依从性历史	180
19.4 社会与社区影响	181
19.4.1 利益相关方识别	181
19.4.2 协商活动	181
19.4.3 社区协议	181
19.4.4 本地采购与就业计划	182
19.4.5 提出的主要问题	182
19.4.6 社会风险评估	182
19.5 矿山闭坑与生态修复	182
19.5.1 闭坑策略	182

19.5.2 闭坑后监测	183
20.0 相邻矿产	183
21 解读与结论	185
22 建议	189
23 参考文献	190
24 日期和签字	194
张广篇	194
郭英廷	195
何思维	197

图件

图 4.1 中金国际股权结构图	33
图 4.2 华泰龙公司所属矿权设置示意图	35
图 7.1 甲玛矿区大地构造位置图（据西藏地质志）	39
图 7.2 甲玛矿区构造纲要图（2022 年甲玛核实报告）	40
图 7.3 甲玛矿区 4 个主矿体（1_1, 2_1, 2_2, 3_1）水平分布图	43
图 7.4 甲玛矿区主要矿体三维侧视图	44
图 7.5 I-1 矿体厚度及品位等值线图	45
图 7.6 甲玛矿床 50 号勘查线剖面图	46
图 7.7 甲玛矿床 24 号勘查线剖面图	47
图 8.1 斑岩矿床系统，含斑岩岩、矽卡岩及外围青磐岩（角岩）	49
图 8.2 甲玛矿区斑岩体系，Ⅳ 斑岩,红色，Ⅲ-II 矽卡岩，I 角岩	50
图 10.2 甲玛矿区钻孔分布图	55
图 10.3 甲玛井下钻孔现场放孔	57
图 10.4 井下钻探施工现场	57
图 10.5 现场钻孔测斜	58
图 11.1 标准样分析值的变异	63
图 11.2 标准分析值的变异（接上页）	64
图 11.3 重复样分析结果的相关图	65
图 11.4 2022-2025 年重复样本分析结果的相关图	66
图 11.5 空白样分析，检测限用红色标注。金和银检测限 0.01G/T,铜铅锌检测限 0.0001%	67
图 12.1 郭英廷博士考察甲玛地下矿山	68
图 12.2 张广篇先生（QP）于 2026 年 4 月考察角岩露天采矿坑	69
图 12.3 长春院团队于 2026 年 4 月考察期间现场采集验证样品	69
图 14.1 甲玛采矿权和探矿权区的矿化体（矿化域）	76
图 14.2 矿化体（矿化域）与岩性的对应关系	77
图 14.3 所圈定矿化体（矿化域）的对应关系	77
图 14.4 矿化体 1_1 的 CU 品位的对数概率分布和高于特高品位的样品	78

图 14.5 矿化体 3_1 的 CU 品位对数概率分布和高于特高品位的样品	78
图 14.6 矿化体 2_1 的 CU 品位对数概率分布和高于特高品位的样品	79
图 14.7 矿化体 2_2 的 CU 品位对数概率分布和高于 3.0% 的样品	79
图 14.8 矿化域 1_1、2_1 和 3_1 表面的网格化精度展示	80
图 14.9 矿化体 1_1, 2_1, 2_2, AND 3_1 圈连和样长组合	81
图 14.10 组合前后样品长度对比	81
图 14.11 B, C, D & E 为在矿化域中样品组合操作前后品位分布的对比情况	82
图 14.12 最大的 2 个矿化域 1_1 和 3_1 的空间变异函数模型	83
图 14.13 矿化域的局部变量方向模型 (动态各向异性)	84
图 14.14 对 1_1、2_1 和 3_1 进行的域化比重 SG 估计	85
图 14.15 对不同矿化体 (域) 的 SG 实验室分析与基于 OK 普通克里格法的 SG 估值之间的对比	85
图 14.16 沿 Z 方向 (即高程方向) 的 SG 的 SWATH 图	86
图 14.17 沿 Y 方向 (即北向) 的 SG 的 SWATH 图和沿 X 方向 (即东向) 的 SG 的 SWATH 图	86
图 14.18 各个矿化体资源量分类	87
图 14.19 特高品位处理后铜品位分析结果与各矿化域的估算铜品位的对比	88
图 14.20 特高品位处理后钼品位分析结果与各矿化域的估算钼品位的对比	88
图 14.21 特高品位处理后 AU 品位分析结果与各矿化域的估算 AU 品位的对比	88
图 14.22 特高品位处理后 AG 品位分析结果与各矿化域的估算 AG 品位的对比	89
图 14.23 特高品位处理后 PB 品位分析结果与各矿化域的估算 PB 品位的对比	89
图 14.24 特高品位处理后 ZN 品位分析结果与各矿化域的估算 ZN 品位对比	89
图 14.25 矿化域 1_1 中铜含量的 X (即东向) 方向 SWATH PLOT 分布图	90
图 14.26 矿化域 1_1 中铜含量的 Y (即东向) 方向 SWATH PLOT 分布图	90
图 14.27 矿化域 1_1 中铜含量的 Z (即东向) 方向 SWATH PLOT 分布图	91
图 14.28 域 3_1 中沿 XYZ 方向 (即东向、北向和高程方向) CU 品位 SWATH PLOT 分布图	91
图 14.29 域 2_1 中沿 XYZ 方向 (即东向、北向和高程方向) CU 品位 SWATH PLOT 分布图	92
图 14.30 域 1_1 中沿 XYZ 方向 (即东向、北向和高程方向) MO 品位 SWATH	

PLOT 分布图	92
图 14.31 域 1_1 中沿 XYZ 方向（即东向、北向和高程方向）AU 品位 SWATH	
PLOT 分布图	93
图 14.32 地下采矿的资源量消耗图	94
图 14.33 矿化域 1_1,2_1,3_1 的矿石量吨位—CU 平均品位（探明和控制资源量）	100
图 14.35 现在的露天采坑分布	102
图 14.36 现在的采矿系统（地下坑道和矿房）和现在露采坑	102
图 14.37 南采坑和北采坑的剖面	103
图 14.38 三维视图中的拟议的大露天采坑和及矿化域块模型图	104
图 14.39 拟议的大露天矿及矿化域模型剖	104
图 14.40 甲玛矿区的勘探方向和八一农场靶区	107
图 14.41 甲玛矿区的勘探方向	108
图 15.1 北露天（N_OP）和南露天（S_OP）	111
图 15.2 储量估算的边界品位优化曲线	116
图 16.1 板岩节理裂隙等密度图	124
图 16.2 角岩节理裂隙等密度图	124
图 16.3 矽卡岩节理裂等密度图	124
图 16.4 灰岩节理裂隙等密度图	124
图 16.5 优化形成的最终境界线框图	132
图 16.6 最终境界平面图	133
图 16.7 优化的境界及矿模块透视图	137
图 16.8 圈定的露天境界平面图	137
图 16.9 开拓系统纵投影图	149
图 16.10 通风系统示意图	150
图 17.1 选矿厂工艺流程图	152
图 18.1 矿区主要设施分布示意图	160
图 18.2 矿区内部关系图	160
图 20.1 甲玛矿区和巨龙矿区位置示意图	184
表 1.1 2012 年甲玛矿区资源量（MINING ONE）,0.3% CUEQ 边界品位)	18
表 1.2 甲玛矿区边界品位 0.3%CU 的保有的资源量估算结果*	19
表 1.3 甲玛矿区当前 2 个露天矿露天开采矿石储量（2026 年 6 月 30 日生效）*	21

表 1.4 甲玛矿区地下开采储量（2026 年 6 月 30 日生效日）	22
表 1.5 2013 年甲玛矿矿产储量估算（MINING ONE,2013）*	22
表 1.6 主要采矿方法及其适用条件	24
表 2.1 缩写	28
表 2.2 技术报告合格热（QP）和分工	31
表 10.1 甲玛矿区钻探工作量总结	53
表 12.1 甲玛矿区样品化验内外检结果总结	70
表 12.2 验证样品信息	71
表 12.3 验证样品分析结果与矿山生产数据及对比	71
表 13.1 原矿主要化学成份分析结果（%）	73
表 13.2 原矿多元素分析结果（%）	74
表 14.1 组合样品后每个矿化域样品的特高品位处理统计表	79
表 14.2 地下采矿的资源量消耗图（边界品位 0.3% CU）	94
表 14.3 总结了使用边界品位 0.3% CU 的保有的资源量结果	94
表 14.4 甲玛 2012 和 2026 资源量估算结果对比*	98
表 14.5 不同边界品位下的 MRE 估算结果*	98
表 14.6 南采坑和北采坑的保有资源量	103
表 15.1 甲玛矿山地下及露天采矿因子	109
表 15.2 运营成本与盈亏平衡点*	110
表 15.3 露天矿坑资源与储量的转换	111
表 15.4 露天矿储量估算总结	112
表 15.5 铜当量 CUEQ 计算公式	113
表 15.6 铜当量 CUEQ 的储量估算*	113
表 15.7 地下资源量——可采资源转换	114
表 15.8 甲玛地下开采矿产储量估算	117
表 15.9 甲玛矿区当前 2 个露天矿露天开采矿石储量（2026 年 6 月 30 日生效）*	118
表 15.10 甲玛矿区地下开采储量（2026 年 6 月 30 日生效日）	119
表 15.11 2013 年和 2026 年甲玛矿产储量变化对比表	120
表 16.1 岩体优势节理面产状统计表	124

表 16.2 甲玛矿区围岩矿体岩体质量指标表125

表 16.3 境界优化 MICROMINE 输入的主要参数ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

表 16.4 最终境界主要参数133

表 16.5 5120M 平台、5000M 平台排水沟参数表135

表 16.6 境界优化 MICROMINE 输入的主要参数136

表 16.7 最终露天开采境界主要参数138

表 16.8 5120M 平台、5030M 平台、4910M 平台排水沟参数表140

表 16.9 采矿方法技术指标.....146

表 21.1 2026 年 6 月 30 日甲玛矿区资源估算结果.....185

表 21.2 甲玛矿区露天和地下开采储量（2026 年 6 月 30 日）*188

1 执行总结

1.1 概述

西藏甲玛铜多金属矿（“甲玛项目”或“甲玛矿区”）是一个大型铜，钼，金，银，铅和锌多金属矿床。加拿大多伦多交易所和中国香港交易所两地上市的中国黄金国际资源公司（“中金国际”）的子公司西藏华泰龙矿业开发公司（“华泰龙”或“华泰龙公司”）100%拥有甲玛项目。甲玛项目的地质勘探工作最早始于上世纪50年代。甲玛铜多金属矿建设始于本世纪初。甲玛项目的铜铅山和牛马塘露天矿的一期开发于2010年9月开始商业化运行，甲玛项目一期矿石加工能力为每日6000吨。甲玛项目二期于2018年7月1日开始商业生产，二期开发分为两个系列，每个系列的采矿和矿物加工能力均为每日22000吨，合计44000吨。二期扩建后，甲玛项目矿石加工能力提升至每日5万吨。截至2022年底，其产能保持为每日5万吨。2023年初由于果朗沟尾矿坝溢流问题，矿石处理能力每日6000吨的一期选厂自2024年5月起停止运行。现只有二期选厂运行，矿石加工能力为44000.00吨/日。

中金国际和华泰龙于2026年初委托中国吉林长春黄金设计研究院（“长春院”）根据加拿大NI43-101（2014）和加拿大CIM（2019）标准以及香港交易所18章的要求对甲玛项目进行全面技术总结评估并更新其资源储量。

根据上述中金国际和华泰龙的要求，本技术报告的资源量估算涵盖了甲玛项目的全部采矿权和勘探权区域。储量估算涵盖了南北两个露天矿以及地下矿。甲玛项目采用传统采矿方法用于露天和地下采矿作业。

1.2 基准日期

本技术报告的数据截止日期为2025年12月31日。本报告的生效日期为2026年6月30日。

1.3 矿区概况与位置

甲玛矿区位于中国西藏墨竹工卡县城210°方向直线距里约12km，隶属墨竹工卡县甲玛乡和斯布乡管辖。地理坐标为：东经91°44′27″～91°46′32″，北纬29°41′15″～29°43′12″。

甲玛项目为西藏华泰龙矿业开发有限公司100%拥有，后者隶属于加拿大多伦多交易所和中国香港交易所两地上市的中国黄金国际资源有限公司（TSX:CGG, 2099.HK）。

2007年12月9日，华泰龙公司在西藏自治区注册成立，是集地质勘探、矿山开采和选矿于一体的综合性矿业公司。

甲玛项目一期于2010年投产，二期2021投产，16年来持续运行，经济和社会效益显著。

矿山年产值 8 亿美元以上，年税后利润超 2 亿美元以上，年纳税额近 8 千万美元。

华泰龙自 2009 年建矿以来社会经济效益突出，先后荣获多项中国国家级和西藏自治区级采矿及环境保护奖项，并获评西藏墨竹工卡县吸纳农牧民就业优秀企业。

1.4 交通、气候、当地资源、基础设施及地形地貌

从甲玛矿区矿部沿简易公路北行 10km 到国道 318 线，西行 60km 至拉萨市区，东行 8km 至墨竹工卡县城，矿区交通方便。

矿区内气候属典型的大陆高原性气候。雨季潮湿寒冷，冬季酷寒干燥，昼夜温差较大。矿区无多年气象资料，与矿区相距 7km 的墨竹工卡县城（海拔 3900m 左右）多年（1978 年～2008 年）平均气温 6.0℃，极端最高气温为 28.3℃，极端最低气温为 -23.1℃；6～8 月月平均气温较高；11 月至翌年 4 月温度较低，1 月份最低。空气密度 0.80kg/m³

甲玛乡和斯布乡均属农牧区，人口约 6 千人，为藏族，农闲时剩余劳动力较多。主要粮食作物为青稞、冬小麦、豌豆、土豆，经济作物有油菜。牧业饲养牦牛、黄牛、羊、马、驴等。盛产畜皮及牛羊肉等，经济较落后。

目前矿区已构建起完善的生产、环保及民生基础设施体系，囊括道路交通、电力供应、给排水、通讯网络、采矿生产、选矿加工、尾矿库运维、生态治理及生活配套等全维度设施，可稳定支撑矿区常态化安全生产与生活运营。

一期选厂现已存在一座 110kV 变电站，一期选厂 110kV 变电站主备用电源分别引自 110kV 唐家变电站和二期选厂 110kV 变电站。

二期选厂已存在 110kV 变电站，变电站 110kV 主备用电源均引自墨竹 220kV 变电站。

矿山已存在采场 110kV 变电站一座，采场变电站两路 110kV 电源分别引自二期选厂 110kV 变电站 I、II 段母线。

二期尾矿库现存在一座 10kV 配电室，10kV 电源引自二期选厂 110kV 变电站。

三期尤隆布尾矿库 110kV 变电站电源引自二期选厂 110kV 变电站 2#联络线。

甲玛矿区位于冈底斯山脉东段郭喀拉日居山主峰果沙如则东北部，属高山深切割区，山脊呈南北向和东西向，山顶多呈浑圆状，山坡冲沟较发育，海拔 4350～5407.5m，地势呈南高北低。坡度大、海拔高、相对高差大是本区地形三大特点。

矿区内第四系松散堆积物广泛发育，分布面积占 85%以上。一半山坡密灌丛生，一半山坡或为腐植土覆盖，或为寒冻风化形成的倒石覆盖，厚度一般在 1～5m。植被以高山草甸为主，有少量高山耐寒苔藓，植被简单。水系较发育，以大气降水和冰雪融水供给。年降雨量在 500mm 左右，多集中在 6—9 月。

1.5 勘探开发历史

甲玛项目最早勘探历史始于上世纪 50 年代，本世纪初开始大规模勘探和开发。2009 年建成一期工程，规模 180 万 t/a，开采近地表矿体，分铜铅山、牛马塘两个露天采场。自 2011 年开始筹划并建设了二期扩建工程，二期扩建工程规模 1260 万 t/a，目前已形成两个露天开采区域和一个地下开采区域。

1.6 地质与矿化特征

甲玛矿区位于世界主要斑岩铜矿成矿域之一的特提斯—喜马拉雅成矿域的冈底斯 Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag 等的成矿带，大地构造位于冈底斯—念青唐古拉地体次级构造单元冈底斯晚燕山—早喜马拉雅期陆缘岩浆弧中段北部，多期次多类型的岩浆活动和构造作用，为成矿提供了良好的地质条件。甲玛矿区内岩石类型通常为被动大陆边碎屑岩和碳酸盐岩。地层以上侏罗纪多地沟组大理石和石灰岩为主，以及下白垩纪林布宗组砂岩、板岩和角岩。矿区位于区域推覆构造体系前部，构造对岩浆和含矿流体起着分配容矿作用，主要是通过矿区由南向北的滑覆体和区域由北向南的推覆体影响，具体由层间滑脱构造及由此引起的次级褶皱控矿。

甲玛矿区内现有包括砂卡岩、角岩和斑岩矿化的三种铜多金属矿化。这三种矿化组成了一完整的斑岩成矿系统。

1.7 勘探

甲玛矿区的勘探工作，涵盖测绘、地质、物化探等多项内容。矿区采用 2000 中国国家大地坐标系、1985 中国国家高程基准。

自上世纪 50 年代起，矿区先后开展地质填图。地球物理勘探，通过磁测、激电探测、音频大地电磁等工作，证实矿区深部存在隐伏矿体。综合勘查数据与深钻研究成果来看，矿区多条主矿体尚未完全圈闭、深部未揭穿，矿区深部及外围仍具备较大资源勘探潜力，且现有勘查工作与矿床类型高度适配，勘查成果可靠。

1.8 钻探

甲玛矿区的钻探工程开始于 1990 年代，西藏第六地质队在 1990 年带，完成岩芯钻探 10091.10 米/31 钻孔。2008 年起，中国地质科学院唐举兴教授团队，受华泰龙矿业公司委托，于 2008 到 2025 年继续组织管理地表钻探，完成钻探 153998.08 米/329 孔。2014 年起，华泰龙组织、设计，施工甲玛矿区的井下钻探；至 2025 年 12 月 31 日，甲玛矿区共完成地表岩芯钻探 273947.483 米/484 孔，地下岩芯钻 20557.44 米/147 孔。

钻探工程中岩矿心采取率，测斜，封孔，样片处理等皆符合中国规范和国际矿业行业的

普遍要求，质量合格。

1.9 样品制备、分析与质量监控

甲玛矿区主要勘探工作为钻探，样品为沿岩芯长轴对半切割，一半送测试，一半保存，采样过程中保持设备和场地清洁，以避免样本被污染。样品长度如下：角岩和斑岩矿体每岩芯样品长 2 米，矽卡岩矿体每岩芯样品长 1 米。

样品采集处理后，集中送有关化验室分析并进行 QAQC 分析和监控。

1.10 数据核实

1990 年至 2010 年钻探项目的数据验证此前已在 2012 年 3 月的贝尔多尔贝尔亚洲公司报告《中华人民共和国西藏自治区墨竹工卡县甲玛铜多金属项目资源更新报告》中总结。2011 年钻探项目的数据验证及质量保证/质量控制数据也在 2012 年 11 月 12 日隆格提交的预可行性报告中进行审阅。2012 年以后的勘探工作和数据于中国黄金集团地质有限公司于 2022 年 6 月发布的西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属矿床资源验证报告对数据进行了验证，2022 年中国黄金集团地质有限公司的报告未发现任何可能对资源估算产生实质影响的问题。报告作者 2026 年现场采集验证样 7 件并送具有国际化验资质的天津 SGS 化验室化验，化验结果与甲玛勘探和生产数据基本一致。

1.11 选矿工艺

甲玛矿区目前开采的主要矿石类型为矽卡岩型铜铅锌矿石、矽卡岩型铜钼矿石和角岩型铜钼矿石和斑岩性铜钼矿石。

华泰龙公司多年来针对甲玛矿区的三种主要矿石类型分别开展了多次选矿试验研究，并在实际生产过程中不断优化选矿流程和药剂使用。

1.12 矿产资源量估算

2012 年 12 月，澳洲矿业咨询公司 MINING ONE 以 0.3% 铜当量为边界品位，估算了甲玛矿区的资源量（表 1.1）。MINING ONE 公司报告的甲玛矿区探明和控制矿产资源量为矿石量 14.86 亿吨，平均铜品位 0.41%，钼 0.034%，铅 0.05%，锌 0.03%，金 0.11 g/t，银 6.14 g/t，含金属铜 6.14 百万吨，钼 50.3 万吨，铅 79.4 万吨，锌 49.5 万吨，金 5.33 百万盎司，银 293.4 百万盎司。甲玛矿区推断资源量为矿石量 406 百万吨，平均铜品位 0.31%，钼 0.03%，铅 0.08%，锌 0.04%，金 0.10 g/t，银 5.13 g/t，含金属铜 1.25 百万吨，钼 12.4 万吨，铅 31.2 万吨，锌 17.4 万吨，金 1.32 百万盎司，银 66.9 百万盎司。

表 1. 1 2012 年甲玛矿区资源量（ Mining ONE ）,0.3% CuEq 边界品位)

资源量	矿石量	Cu %	Mo%	Pb%	Zn%	Au g/t	Ag g/t	Cu	Mo	Pb	Zn	Au Moz	Ag Moz
	Mt							Kt	Kt	kt	Kt		
探明的	100.2	0.41	0.035	0.04	0.02	0.11	6.53	415	36	43	24	0.349	21.04
控制的	1,385.80	0.41	0.034	0.05	0.03	0.11	6.11	5722	468	751	470	4.985	272.349
探明+ 控制	1,486.00	0.41	0.034	0.05	0.03	0.11	6.14	6138	503	794	495	5.334	293.389
推断的	406	0.31	0.03	0.08	0.04	0.1	5.13	1247	124	312	174	1.317	66.926

本次资源估算方法将矿化单元与岩性相结合，构建完整的三维（3D）实体和块体模型。根据西藏甲玛矿区目前的运行成本和中长期的铜钼金银金属价格走势，甲玛矿区矿化体的界定主要采用约 0.3% Cu 的边界品位（在局部区域，当钼、金、银、铅或锌含量显著时，使用 0.2% Cu 的边界品位）。

在 Leapfrog 中，使用径向基函数插值（RBF 插值）根据组合样品铜品位以及明显的钼、金、银、铅和锌（如适用）创建矿化体（域）。

铜、钼及其他金属的块状模型，以及比重（SG）均采用普通克里金法（OK）和局部变量方向性（动态各向异性）进行块建模。

甲玛矿区矿产资源量估算数据截止至 2025 年 12 月 31 日。数据由华泰龙公司提供，并经过长春院团队核实和完善。资源量估算基于钻孔数据的三维地质和矿化模型。

资源量估算依据 2014 年 5 月 10 日正式通过的加拿大 CIM 矿产资源与矿产储量定义标准和随后由 2019 年更新的 MRMR 最佳实践指南支持，和加拿大 NI43-101《矿产项目标准与披露，2014》进行。长春院认为资源量估算适合，并符合港交所上市规则第 18 章的报告标准。矿产资源估算的边界品位为 0.3%的铜。资源估算结果汇总于表 1.2。

甲玛项目的矿产资源是依据岩芯钻探数据估算得出的，并符合 CIM 定义标准(2014 版)的要求。作者对数据以及构建资源模型（Leapfrog EDGE）所采用的方法进行了核查，并验证了该资源模型。甲玛资源模型涵盖了探明资源量、控制资源量和推测资源量类别。

表 1. 2 甲玛矿区边界品位 0.3%Cu 的保有的资源量估算结果*

	类别	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	Pb	Zn	Cu	Mo	Ag	Au	Pb	Zn
		百万吨	%	%	g/t	g/t	%	%	Mt	Mt	Moz	Moz	kt	kt
采矿证	探明的	565.9	0.73	0.04	13.93	0.30	0.08	0.05	4.09	0.20	253.46	5.52	474.28	263.81
	控制的	598.3	0.71	0.03	13.37	0.32	0.07	0.04	4.23	0.20	257.28	6.19	420.37	221.95
	探明的 & 控制的	1,164.2	0.72	0.03	13.65	0.31	0.08	0.04	8.32	0.40	510.74	11.71	894.65	485.76
	推断的	357.5	0.69	0.03	14.37	0.32	0.15	0.05	2.46	0.11	165.13	3.65	520.21	194.09
勘探证	探明的	57.2	0.50	0.02	5.51	0.14	0.01	0.01	0.28	0.01	10.13	0.26	4.52	4.58
	控制的	113.6	0.48	0.02	5.41	0.13	0.01	0.01	0.54	0.02	19.75	0.48	6.08	8.22
	探明的&控制的	170.8	0.49	0.02	5.44	0.13	0.01	0.01	0.83	0.03	29.88	0.74	10.60	12.80
	推断的	97.2	0.48	0.02	5.79	0.13	0.01	0.01	0.53	0.02	18.10	0.39	5.57	11.58
											0.00	0.00		
合计	探明的	623.1	0.71	0.03	13.16	0.29	0.08	0.04	4.38	0.21	263.59	5.77	478.80	268.39
	控制的	711.9	0.68	0.03	12.10	0.29	0.06	0.03	4.77	0.23	277.03	6.67	426.45	230.17
	探明 & 控制	1,335.0	0.69	0.03	12.60	0.29	0.07	0.04	9.15	0.44	540.62	12.45	905.25	498.55
	推断的	454.7	0.65	0.03	12.53	0.28	0.12	0.05	2.99	0.13	183.22	4.04	525.79	205.66

*: 1. 数据截至 2025年12月31日, 矿产资源估算是根据加拿大证券监管机构要求, 依据《矿产项目披露标准》NI 43-101 (2012) 和 CIM (2019) 标准进行估算。

2. 在此次矿产资源评估报告中, 所采用的铜边界品位为 0.3%。

3. 报告中的矿产资源未考虑上盘或下盘接触边界损失及稀释因素。也未进行采矿回收率计算。

4. 消耗资源量指地下坑采和地表露采部分, 被排除在资源估算估算之外, 截止到2025年12月31日。

5. 资源量包括储量在内。

6. 所有矿产资源的估算数据 (包括矿石吨数、铜、钼、金、银、铅和锌品位以及铜等金属吨数) 均已进行四舍五入处理, 以反映每个分类类别估算数据的不精确性。因此, 由于四舍五入的原因, 总和可能看起来并不完全准确。

7. 长春院外聘郭英廷博士, 加拿大注册地质师 (P. Geo), 和周朝宪硕士对矿产资源进行了估算。此次矿产资源评估的有效日期定为 2026 年 6 月 30 日, 并考虑到截至 2025 年 12 月 31 日的年度产量进行了损耗计算。

8. 矿产资源不是矿产储量, 并不具备可证明的经济可行性。

截至资料基准日 2025 年 12 月 31 日, 甲玛矿区采矿权内探明资源量铜金属量 4.09 百万吨, 品位 0.73%; 钼金属量 0.20 百万吨, 品位 0.04%; 铅金属量 0.47 百万吨, 品位 0.08%; 锌金属量 0.26 百万吨, 品位 0.05%; 伴生金金属量 5.52 百万盎司, 品位 0.30g/t; 伴生银金属量 253.46 百万盎司, 品位 13.93g/t。甲玛矿区采矿权内控制资源量铜金属量 4.23 百万吨, 品位 0.71%; 钼金属量 0.20 百万吨, 品位 0.03%; 铅金属量 0.42 百万吨, 品位 0.07%; 锌金属量 0.22 百万吨, 品位 0.05%; 伴生金金属量 6.19 百万盎司, 品位 0.32g/t; 伴生银金属量 257.28 百万盎司, 品位 13.37g/t。推断资源量甲玛矿区采矿权内控制资源量铜金属量 2.46 百万吨, 品位 0.69%; 钼金属量 0.11 百万吨, 品位 0.03%; 铅金属量 0.52 百万吨, 品位 0.15%; 锌金

属量 0.19 百万吨，品位 0.05%；伴生金金属量 3.65 百万盎司，品位 0.32g/t；伴生银金属量 165.13 百万盎司，品位 14.37g/t.

甲玛矿区外围探矿权内探明资源量铜金属量 0.28 百万吨，品位 0.50%；钼金属量 0.01 百万吨，品位 0.02%；铅金属量 0.045 百万吨，品位 0.01%；锌金属量 0.046 百万吨，品位 0.01%；伴生金金属量 0.26 百万盎司，品位 0.14g/t；伴生银金属量 10.13 百万盎司，品位 5.51g/t。控制资源量铜金属量 0.54 百万吨，品位 0.48%；钼金属量 0.02 百万吨，品位 0.02%；铅金属量 0.061 百万吨，品位 0.01%；锌金属量 0.082 百万吨，品位 0.01%；伴生金金属量 0.48 百万盎司，品位 0.13g/t；伴生银金属量 19.75 百万盎司，品位 5.41g/t。推断资源量铜金属量 0.53 百万吨，品位 0.48%；钼金属量 0.02 百万吨，品位 0.02%；铅金属量 0.056 百万吨，品位 0.01%；锌金属量 0.012 百万吨，品位 0.01%；伴生金金属量 0.39 百万盎司，品位 0.13g/t；伴生银金属量 18.1 百万盎司，品位 5.79g/t.

甲玛矿区内总的探明资源量铜金属量 4.38 百万吨，品位 0.71%；钼金属量 0.21 百万吨，品位 0.03%；铅金属量 0.48 百万吨，品位 0.08%；锌金属量 0.27 百万吨，品位 0.04%；伴生金金属量 5.77 百万盎司，品位 0.29g/t；伴生银金属量 263.59 百万盎司，品位 13.16g/t。控制资源量铜金属量 4.77 百万吨，品位 0.68%；钼金属量 0.23 百万吨，品位 0.03%；铅金属量 0.43 百万吨，品位 0.06%；锌金属量 0.23 百万吨，品位 0.03%；伴生金金属量 6.67 百万盎司，品位 0.29g/t；伴生银金属量 277.03 百万盎司，品位 12.10g/t。推断资源量铜金属量 2.99 百万吨，品位 0.69%；钼金属量 0.13 百万吨，品位 0.03%；铅金属量 0.53 百万吨，品位 0.12%；锌金属量 0.21 百万吨，品位 0.05%；伴生金金属量 4.04 百万盎司，品位 0.28g/t；伴生银金属量 183.22 百万盎司，品位 12.56g/t.

尽管甲玛矿区经过近 16 年的矿山开采，累积已经开采铜矿石量 8015 万吨吨，含铜金属量 57.9413 万吨吨，钼矿石量 6317 万吨吨含钼金属 19130 吨，铅矿石量 2108 万吨，含铅金属 352008 吨，锌矿石 1927 万吨，含锌金属 183005 吨，金矿石量 5729 万吨，金 596814 盎司盎司，银矿石量 7679000 吨，含银 34115222 盎司。在华泰龙持续加大勘探努力下，甲玛矿区的铜金银等矿产资源量答复增加，以 0.3%铜为边界品位，2026 年 6 月甲玛矿区保有探明资源和控制资源量为 13.35 亿吨，铜品位 0.69%，钼品位 0.03%，银品位 12.6 g/t，金品位 0.29 g/t，铅品位 0.07%，锌品位 0.04%，含铜金属量 9.15 百万吨，钼 12.45 万吨，铅 90.5 万吨，锌 49.8 万吨，金 12.45 百万盎司，银 540.62 百万盎司。2026 年与 2012 年资源量比较，尽管矿石量减少 150 万吨，但由于平均品位提高，目前保有探明和控制资源量中铜金属量增加 3 百万吨，金增加 7.12 百万盎司，银增加 247.23 盎司，钼减少 6 万吨，铅增加 11 万吨，

锌增加 3 千吨。目前保有推断资源量中铜金属量增加 1.74 百万吨，金增加 2.72 百万盎司，银增加 116.3 百万盎司，钼铅锌变化不大。

1.13 矿产储量估算

华泰龙在北部露天坑和南露天坑采用传统卡车铲车采矿。地下矿也是基于传统地下开采。这些采矿方法详见第 16 章。矿产储量估算汇总于表 1.2，包含采矿回收和贫化的调整因素。储量估算的更详细分析见 15 章。

矿产储量估算基于 2019 加拿大矿业、冶金与石油学会（CIM）的定义标准。

目前露天采矿和地下采矿分别采用了 0.39% 和 0.69%的盈益平衡点。利用第 14 章提出的矿产资源及第 16 章中矿石贫化和采矿回收率等参数估算了甲玛项目的矿产储量。

甲玛矿区储量估算结果见表 1.3 和表 1.4

截至资料基准日 2025 年 12 月 31 日，甲玛矿区采矿权内南北两个小露天采矿坑内露天开采储量为矿石量 1.13 亿吨，含铜 55 万吨，品位 0.49%， 含钼 2.17 万吨，品位 0.02%， 含银 16.09 百万盎司，品位 4.44 g/t，含金 0.18 百万盎司，品位 0.05 g/t.

表 1. 3 甲玛矿区当前 2 个露天矿露天开采矿石储量（2026 年 6 月 30 日生效）*

		平均品位					金属量				
分类	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
	Mt	%	%	g/t	g/t	%	Mt	kt	Moz	Moz	Mt
证实的	77.7	0.51	0.02	5.41	0.06	0.65	0.40	15.07	13.51	0.15	0.51
可能的	35	0.44	0.02	2.29	0.04	0.53	0.15	6.63	2.58	0.05	0.19
合计	112.7	0.49	0.02	4.44	0.05	0.61	0.55	21.7	16.09	0.18	0.69

*: 1, 矿产储量报告生效日期为2026年6月30日;

2, 所有矿产储量均根据加拿大国家标准43-101规定的CIM标准进行

3, 矿产储量是根据以下采矿和经济因素进行估算的: 露天开采: a) 采矿方法采用了5%贫化因子和95%采矿回收率; b) 露天整体坡度为43度; c) 铜价为每磅4.66美元; d) 铜的整体加工回收率为85%

4. 矿产储量露天开采铜当量品位0.61%CuEq, CuEq = Cu+0.01*Ag+1.69*Mo+0.79*Au; Cu, 4.66 USD/bl, Mo, 20 USD/Bl, Ag,40USD/Oz Au, 2890 USD/Oz

5. 矿产储量估算由长春院外聘顾问Dr. Siwei He 编制。他是加拿大NI43-101标准的合格人QP，拥有超过36年的相关工程经验，并且是矿产储量的合格人员。

截至资料基准日 2025 年 12 月 31 日，甲玛矿区采矿权地下开采储量为矿石量 5.53 亿吨，含铜 5.2 百万吨，品位 0.94%， 含钼 22 万吨，品位 0.04%， 含银 353.79 百万盎司，品位 19.9 g/t，含金 8.18 百万盎司，品位 0.46 g/t.

表 1. 4 甲玛矿区地下开采储量（2026 年 6 月 30 日生效日）

分类	矿石量	平均品位					金属量				
		Cu	Mo	Ag	Au	CuEq	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
	Mt	%	%	g/t	g/t	%	Mt	Mt	Moz	Moz	Mt
证实的	239.44	1.00	0.04	22.11	0.50	1.68	2.39	0.10	170.21	3.85	4.02
可能的	313.52	0.89	0.04	18.21	0.44	1.47	2.79	0.13	183.55	4.44	4.61
合计	552.97	0.94	0.04	19.90	0.46	1.56	5.20	0.22	353.79	8.18	8.63

*: 1, 矿产储量报告日期为2026年6月30日;

2, 所有矿产储量均根据加拿大国家标准43-101规定的CIM标准进行

3, 矿产储量是根据以下采矿和经济因素进行估算的:

铜价为每磅4.66美元; 铜的整体加工回收率为85%

地下开采: a) 采矿贫化12%; b) 采矿损失 15% c) 选矿收率为85%

4. 矿产储量地下开采当量铜1.56 %; $CuEq = Cu + 0.01 * Ag + 1.69 * Mo + 0.79 * Au$; Cu, 4.66 USD/bt, Mo, 20 USD/bt, Ag, 40USD/Oz Au, 2890 USD/Oz

5. 矿产储量估算由长春院外聘顾问Dr. Siwei He 编制。他是加拿大NI43-101标准的合资格人QP, 拥有超过36年的相关工程经验, 并且是矿产储量的合格人员。

澳洲矿业咨询公司 MINING ONE 于 2013 年进行了甲玛项目的储量估算。甲玛露天矿储量估计基于角岩露天坑和南部露天坑。甲玛地下矿的储量估算基于地下各种采矿方法如房柱法, 充填法和分层浆体充填法等等的综合分析。其矿产储量估计汇总于表 1.5。

2013 年, 甲玛矿区采矿权内两个露天采矿坑内露天开采储量为矿石量 2.4 亿吨, 含铜 1.24 百万吨, 品位 0.51%, 含钼 4.2 万吨, 品位 0.02%, 含银 74.68 百万盎司, 品位 9.65 g/t, 含金 0.69 百万盎司, 品位 0.09 g/t. 2013 年甲玛矿区采矿权地下开采储量为矿石量 2 亿吨, 含铜 1.47 百万吨, 品位 0.74%, 含钼 10 万吨, 品位 0.05%, 含银 88.49 百万盎司, 品位 13.75g/t, 含金 2 百万盎司, 品位 0.31g/t.

表 1.5 2013 年甲玛矿矿产储量估算 (MINING ONE,2013) *

露天开采矿石储量									
类型	矿石 Mt	Cu %	Mo %	Au g/t	Ag g/t	CuI Kt	Mo I Kt	Au Moz	Ag Moz
证实的	7.90	0.41	0.019	0.03	4.1	32.3	1.5	0.01	1.05
可能的	232.80	0.52	0.018	0.09	9.84	1,205.50	40.82	0.68	73.63
合计	240.70	0.51	0.018	0.09	9.65	1,237.80	42.32	0.69	74.68
地下开采矿石储量									

类型	矿石 Mt	Cu	Mo	Au	Ag	Cu kt	Mo kt	Au Moz	Ag Moz
证实的	17.02	0.748	0.049	0.267	14.735	12.70	8.42	0.15	8.06
可能的	183.06	0.734	0.05	0.315	13.664	1,342.90	92.28	1.85	80.43
合计	200.00	0.735	0.05	0.311	13.755	1,470.00	100.70	2.00	88.49

*1. 该矿产储量估算为 2013 年 11 月 20 日,。

2. 矿产储量估算根据 JORC 规范进行估算, 并按照加拿大国家文件 43-101 规定的 CIM 标准进行核对。

3. 矿产储量的估算基于以下采矿和经济因素:

露天:

采矿方法采用了 5% 贫化因子和 95% 回收率; 整体坡角为 43 度; 铜价为每磅 2.9 美元;

铜的整体加工回收率为 88% 至 90%

地下:

开采 10% 贫化; 回收率为 87%; 铜的整体加工回收率为 88% 至 90%.

4. 矿产储量的边界品位露天矿为铜当量 0.3%CuEq (NSR), 地下矿为 0.45%CuEq (NSR)

5. 矿产储量估算由 Mining One Pty Ltd 的顾问 Anthony R. Cameron 编制。他是澳大利亚矿业与冶金学会的会士, 拥有超过 26 年的相关工程经验, 并且是矿产储量合格人员。

MINING ONE 2013 年的甲玛储量估算结果于 2026 本报告中的储量估算结果对比可以看出, 甲玛矿区经过近 16 年的矿山开采, 目前露天开采的矿石储量也从 2.4 亿吨, 降至 1.1 亿吨。但地下开采的矿石储量从 2013 年的 2 亿吨, 增加到 2026 年的 5.5 亿吨, 铜金属量从 1.47 百万吨增加到 5.2 百万吨, 钼从 10 万吨增加到 22 万吨, 金从 2 百万盎司增加大 8 百万盎司, 银从 88 百万盎司 增加大 354 百万盎司。

1.14 采矿方法（露采+地采）

1.14.1 采矿综合体概况

地下主要开采 I-1、II-1 矽卡岩矿体, 主要采用盘区堑沟小阶段空场嗣后充填法, 与二步骤回采分段充填法。

角岩露天采场主要开采 0~40 线间为矿体的核心部位, 呈厚板状, 厚度大, 单孔见矿厚度最厚达 820m (视厚度) (ZK3216)。矿体厚大部位覆盖层较薄且处于山峰地带, 采用露天开采方式, 剥采比较小, 生产成本低。

南坑露天采场主要开采矿床南部急倾斜矿体部位 36-72 勘探线间上部, 优化出南部露天。此部分矿体采用露天开采。一期露天、设计南部露天深部矽卡岩矿体采用地下开采。

1.14.2 采矿方法

开采范围内矿体倾角变化较大，倾角从近水平至极倾斜，矿体厚度从薄至极厚大，以中厚-厚大-极厚大为主。矿石和围岩为坚硬-较坚硬岩组，岩组结构比较简单，工程地质勘探类型属第三~四类，工程地质复杂程度属中等型。开采范围上部有角岩露天、地表破碎站、地表运输皮带廊等需要保护，不允许有大的变形和破坏，设计采用充填法开采。

主要采用底盘堑沟小阶段空场嗣后充填法，沿长轴方向在采场两侧间隔布置出矿进路，形成采场底部出矿结构。分段空场嗣后充填法，底部为平底出矿结构。局部地段矿岩稳固性一般，本次设计上向水平分层充填法（表 1.6）。

表 1. 6 主要采矿方法及其适用条件

适用条件		采矿方法	所占比例(%)
厚度(m)	倾角(°)		
<15	<30	上向水平分层充填法	5
15~30		底盘堑沟小阶段空场嗣后充填法	15
>30	-	分段空场嗣后充填法	80

角岩与南坑露天采场采剥工艺：

根据矿体赋存条件，设计采用传统的分台阶（高度 15m）开采工艺。

剥离采用组合台阶陡帮作业，采矿采用缓帮作业。按最终开采境界自上而下进行扩帮剥离。

组合台阶陡帮工艺参数如下：

工作台阶高度：15m；

工作台阶坡面角：70°；

组合台阶内台阶数：3~4 个；

最小工作平台宽度：50m；

非工作平台宽度：20m；

一次推进宽度：30m；

工作帮坡角：21~26°

1.15 回收工艺

西藏华泰龙矿业开发有限公司选矿的工艺设施主要包括：破碎、磨矿分级、浮选、精矿浓缩过滤及辅助设施。

破碎系统分为露天和井下两个系统，两个系统处理能力和流程相同。破碎采用一段开路

破碎，矽卡岩型矿石为井下开采，经过井下粗碎后用胶带输送机转运至选矿厂原矿堆场；角岩型矿石为露天开采，经粗碎后用胶带输送机转运至选矿厂原矿堆场。送至选矿厂原矿堆场的矿石供矿粒度为小于 300mm。

磨矿分级系统采用两个系列，分别处理两种类型矿石，两个系列处理能力和流程相同。磨矿分级采用半自磨+顽石破碎+球磨流程(即 SABC 流程)，半自磨机的产品细度为-0.074mm 含量 30%，球磨机磨矿产品细度为-0.074mm 含量 50%~55%，水力旋流器溢流细度为-0.074mm 含量 70%。

浮选分为两个系列，一系列采用铜铅锌混合浮选，二系列采用铜钼混浮+铜钼分离，产出铜铅锌混合精矿、铜精矿和钼精矿。

铜铅锌混合精矿采用浓密+压滤两段脱水流程，精矿水分在 12%以内，装袋销售。铜精矿采用浓密+压滤两段脱水流程，精矿水分在 12%以内，装袋销售。钼精矿采用搅拌储存+压滤的脱水流程。

1.16 项目基础设施

为保障矿山全生命周期生产运营，本项目配套设施分为场内设施与场外设施两大板块，整体布局兼顾生产安全、运营效率与长期可持续性。

矿山采矿工业区由角岩露天、南部露天、地下开采等构成；附属设施包括地表固定式破碎站、露天矿石胶带运输系统、井下矿石胶带运输系统、充填站、采区 110kV 变电站、采矿高位水池场地、地下开采采矿工业厂区和废石场场地等。

露天矿石胶带输送系统地表设施包括：破碎站—溜井工业场地的地表运输皮带、溜井场地、地表驱动站、1 号矿石转运站。矿石最终由 1 号转运站输送至选厂原矿堆场。

井下矿石胶带输送系统地表设施包括：地下胶带斜井井口场地和地表皮带廊、2 号转运站。矿石最终由 2 号转运站输送至选厂原矿堆场。

地下开采采矿工业厂区，自西向东依次布置采矿办公室、锅炉房及浴池、备品备件库、金属材料库、材料库、坑木加工车间、电机车修理车间和无轨设备修理车间等，各材料库、加工及修理车间均有窄轨与 4450m 平硐相连。场地标高 4447m。

排土场包括 1、3、4 号三个排土场，1 号排场服务于地下开采，3、4 号排土场服务于露天开采。地下开采废石通过井下废石溜井和 4261m 平硐运出地表，经地表自卸汽车倒运至 1 号废石场。露天开采废石通过自卸式汽车运至 3、4 号排土场。

矿山目前有两座选矿厂，一期选矿厂和二期选矿厂，一期选矿厂设计处理规模为 6000t/d。二期选矿厂设计处理规模为 44000t/d。

矿山现有两座尾矿库，分别为一期干式尾矿堆场和二期果郎沟湿排尾矿库。一期干式尾矿堆场供一选厂使用，二期果郎沟尾矿库供二选厂使用。三期尤隆布尾矿库正在进行基建期建设。

1.17 环境研究、许可审批及社会与社区影响

1.17.1 环境本底研究与影响评价

西藏华泰龙矿业开发有限公司已针对甲玛铜多金属矿开展了一系列全面的环境与社会本底研究及影响评估工作，覆盖矿山基建、生产运营全阶段。近期，建设单位于 2022 年 4 月正式委托沈阳万益安全科技有限公司编制尤隆布尾矿库工程环评报告书，相关报告于 2024 年 10 月完成定稿，并于 2024 年 11 月正式提交至西藏自治区生态环境厅取得批复。该报告严格遵循《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》及《西藏自治区矿产资源开发环境保护条例》等法规要求。

报告识别了矿山开发全周期的各类环境影响，总体结论表明：项目无重大环境制约因素，所有潜在不利影响均已制定成熟的防控与缓解措施，可降至可接受水平，不会对矿山资源开发与长期运营构成实质性阻碍。

1.17.2 废弃物、尾矿、水资源与监测

项目尾矿依托企业现有干式尾矿堆场和果郎沟膏体排放尾矿库，以及正在建设的尤隆布尾矿库集中处置，采用 HDPE 防渗衬层工艺，配套完善的雨水收集与渗滤液处理系统，尾矿不具有浸出毒性和腐蚀性，不属于危险废物，已建立常态化监测机制。

水资源管理以最大化循环利用为核心，尾矿库回水系统日均回水量稳定，大幅降低新鲜水取用量。针对废石场及采场可能产生的酸性废水，项目已建设防渗收集池与处理设施，确保达标回用。项目建立了覆盖全矿区的环境监测体系，监测数据定期报送生态环境主管部门。

1.17.3 许可审批

项目持有涵盖全部采矿区域的采矿许可证，有效期至 2043 年 10 月 13 日。同时已取得环境影响评价批复、排污许可证、安全生产许可证、取水许可证等核心许可文件，相关证照均在有效期内。

1.17.4 社会与社区影响

华泰龙甲玛项目的社会影响范围涵盖矿区周边区域内的多个社区，项目利益相关方包括当地村民、村集体组织、地方政府部门及相关社会组织等。

华泰龙严格按照中国国家及西藏自治区相关规定实施，保障被征地群众的合法权益。社

区发展依托企地共建协议推进，累计投入超 2000 万美元实施民生项目，包括建设温室蔬菜大棚、改善道路与供水设施、捐建学校与卫生院、开展职业技能培训等。公司优先聘用当地居民就业，并通过组建当地运输队、采购本地物资等方式，带动地方经济发展。文化遗产方面，项目已完成矿区范围内文化遗迹普查，建立保护与社区咨询机制，尊重当地民俗习惯。

社会风险评估表明，征地搬迁与生计过渡为主要残余风险，项目通过安置补偿、就业帮扶、产业扶持等措施进行管控，未发现不可缓解的重大社会风险。

1.17.5 矿山闭坑与生态修复

甲玛项目已编制《矿山地质环境保护与土地复垦方案》落实矿山地质环境保护与土地复垦方案，使其基本恢复原土地利用功能，达到与周边环境一致。

已预留矿山生态恢复费用，按照方案确定的年度复垦方案逐地块落实，并进行统一管理，加强复垦后的土地利用和保护工作。涵盖地表设施拆除、采场与排土场治理、尾矿库生态修复、土壤改良与植被重建、闭坑后监测等费用。

1.18 结论和建议

长春院对华泰龙提供的全部数据进行了审查和完善，审查结论数据可信，可以用于资源储量估算。目前资源量储量估算按照甲玛矿区现在的露天和地下矿山开采设计规模确定边界品位为 0.3%的铜并以此确定矿化体（域），未来考虑大规模露天开采，则资源和储量的边界品位可能降低，资源和储量预计会有大的增加。

对甲玛矿床的审查，认为现有露天矿作业规模太小，露天矿规模有机会扩大，甲玛矿区角闪岩、矽卡岩和斑岩实际上是一个相互连接的单一巨大斑岩矿体，整个矿区的大露天开采可行，建议华泰龙尽早开展大露天开采的可行性研究。

大露天可行性研究应充分论证资源利用范围、资源利用率及资源工业指标等基础数据的选取方案，形成项目整体开发思路，明确基建期生产衔接方案，充分考虑企业生产平稳过渡问题。

矿体仍有进一步扩大勘探的潜力。甲玛矿区内，其北部和西部的矿化体 1_1 和 3_1 有进一步勘探的潜力。八一牧场发现的金钼矿化线索，有必要继续钻探。

2 导论

应中国黄金国际资源有限公司（中国黄金）和华泰龙矿业开发公司（华泰龙）的要求，

长春黄金设计研究院（长春院）和其外聘团队受委托审查了甲玛项目的所有数据，包括地质，矿化、勘探、钻探、采矿、加工、尾矿坝、环境、社会和政府（ESG）关心等。并准备更新的甲玛矿资源和储量估算 NI-43-101 技术报告（“报告”）。

本报告的主要内容是甲玛矿区矿产资源和储量估算更新。本报告依据加拿大证券管理局国家标准 43-101（NI 43-101）及 43-101F1 表格——技术报告编制指南编制完成。

矿产资源和矿产储量估算依据加拿大矿业、冶金与石油学会（CIM）定义标准——关于矿产资源和矿产储量（2014 标准，2019 指南），以及 NI-43-101 的编制标准。

本报告由长春院编制，供中国黄金国际提供甲玛矿区的技术和经济信息。本报告同时考虑了露天矿和地下采矿。本报告基于作者对甲玛项目的理解和现场考察。本报告所含技术数据由中国黄金国际和华泰龙公司提供，并由长春院技术专业人员审核验证。

2.1 工作范围说明

本技术报告涵盖了甲玛项目的采矿权和勘探权区域。资源储量估算涵盖了二期的扩大区域，包括角岩露天矿和南露天矿以及二期地下矿采区。甲玛项目采用传统采矿方法用于露天和地下采矿作业。

本技术报告旨在全面回顾甲玛矿山的当前运营情况，并更新矿产资源和储量估算。甲玛露天矿山采用传统采矿方法，包括钻探、爆破、挖掘和运输。多种地下采矿方法被采用，主要的地下采矿方法是地下开放式封闭式充填（初级/次级/三级）。

甲玛地下矿的储量估算基于南北两个地下采区的充填法开采。

本技术报告由长春黄金设计研究院编制。

除非另有说明，货币价值以美元（USD）计价。报告中的词语缩写见表 2.1.

表 2. 1 缩写

缩写	解释
AAS	原子吸收光谱仪.
AES	原子发射光谱仪.
Ag	银
Au	金.
bcm	银行立方米
BRIMM	北京矿业研究总院
CAPEX	资本支出
CGDI	长春黄金设计院
China Gold	中金国际资源公司
CNAL	中国国家实验室认证委员会
Cu	铜
CuEq	铜当量
cm	centimeter
m	米
g	克
CIM	加拿大矿业、冶金与石油学会
g/t	克吨
HKEx	香港股票交易所
Huatailong	西藏华泰龙矿业开发公司
lb	磅
FAusIMM	澳洲采矿冶金协会Fellow
Leapfrog EDGE	三维矿业资源模型软件
Mo	钼
MMSA	美国采矿冶金协会会员
MRMR	Mineral Resources and Mineral Reserves (矿产资源量和储量)
MD	探明资源量 Measured
ID	控制资源量 Indicated
Inf	推断资源量 Inferred
NI43-101	加拿大国家标准 43-101.
NPV	净现值.
N-OP	北露天
S-OP	南露天
OPEX	运行支出
oz	盎司
Moz	百万盎司
Koz	千盎司
OK	Kriging 克里格法

Pb	铅
P.Eng.	加拿大注册工程师
P.Geo.	加拿大注册地质工程师
RMB	人民币
SLC	分层崩落法 Sub Level Caving.
Southwest Centre	中国西南冶金地质分析中心 Southwestern Metallurgic Geology Analytical Centre.
t	吨
Mt	百万吨
Kt	千吨
SG	体重
QA	质量保证Quality Assurance.
QC	质量控制Quality Control.
US	美国 United States.
QP	合资格人 (Qualified Person)
USD	美元United States Dollars (\$)
Zn	锌

2.2 作者资格与职责

甲玛矿山自 2010 年 9 月开始运营，两个露天矿的运营和井下采矿的多年运行为资源储量估算假设参数提供了相当大的信心。

本技术报告章节的编制责任如表 2.2 所示，除表中所示部分外，这些作者不对报告中其他部分负责。

表 2.2 技术报告合资格热（QP）和分工

报告章节	合资格人 (Qualified Person)
1-4, 10-12, 14, 20-22	郭英廷, 地质与勘探博士, 加拿大注册地质 (P. Geo), 美国采矿冶金协会 QP 会员 (MMSA), QP
15	何思维, 采矿博士, 加拿大注册采矿工程师 (P. Eng), QP
5-9, 13, 16-19	张广篇, 教授级高工, 澳洲采矿冶金学会高级会员 (FAusIMM), QP

郭英廷博士, 加拿大注册地质师, 美国采矿冶金协会 QP 会员, 拥有 30 年的地质勘探和学术经验, 专长于地质勘探、三维地质建模, 资源量估算, 符合 NI43-101 的 QP 要求。郭英廷博士于 2024 年 3 月访问了甲玛现场 (图 2.1) 和 2026 年 4 月 22 日至 24 日访问西藏拉萨华泰龙公司总部并视频指导了长春院采矿工程师和地质师的甲玛现场考察。地质学家兼资源建模工程师周朝宪受合资格人郭英廷博士指导和委托, 于 2026 年 4 月 22 日至 26 日期间访问甲玛现场并采集 7 件验证样品。

何思维博士, 加拿大注册采矿工程师, 拥有 30 年的采矿和学术经验, 专长于采矿工程和储量估算, 符合 NI43-101 的 QP 要求

张广篇先生, 在矿业拥有 30 多年经验, 曾担任矿山设计、研发、设备开发、项目工程及运营管理等高级及高管职位。张光篇在可行性、尽职调查和估值研究方面拥有丰富经验。张广篇为澳洲 FAusIMM 高级会员, 符合 NI43-101 的 QP 要求。张光篇先生于 2026 年 4 月 25 日至 26 日访问了甲玛现场 (图 2.2)。

2.3 限制与排除

本技术报告基于对华泰龙公司提供的甲玛数据，作者未进行任何勘探工作，未进行任何地质测绘，未挖掘任何探槽，钻孔或进行独立勘探工作，仅于 2024 年 3 月和 2026 年 4 月现场访问和采区件验证样品。

3 其他专家的帮助

本报告由长春黄金设计研究院有限公司编制，基于已披露信息的审查、分析、解读和结论。通过与华泰龙现场员工及曾参与甲玛项目的顾问的咨询，进一步验证了数据。

本技术报告由多位长春黄金设计研究院有限公司的同事包括闵元博，谢兴山，崔燕超，陶楠，吴子雍，田楠，汶晓伟协助整理数据，资料研究，报告准备，尤其是谢兴山先生在报告组织，资料管理更新等方面帮助巨大。华泰龙员工包括华泰龙副总经理王维，地质部经理杨征坤经理，格桑顿珠副经理等协助准备资料和现场考察，他们为报告的多个部分提供了意见，见解和帮助。他们的贡献对完成本报告极为重要和宝贵。

4 矿区概况与位置

4.1 企业权属

西藏华泰龙矿业开发有限公司由西藏嘉尔通矿业开发有限公司 100%直接持股；西藏嘉尔通矿业开发有限公司由注册于巴巴多斯的斯凯兰矿业有限公司全资控股；斯凯兰矿业有限公司为加拿大注册上市主体中国黄金国际资源有限公司的全资子公司。通过上述全资层级架构，中国黄金国际资源有限公司间接全额持有西藏华泰龙股权。

向上追溯，中国黄金集团有限公司全资控股中国黄金集团香港有限公司，该香港公司持有中国黄金国际资源有限公司 40.01% 股权，剩余 59.99% 股权由公众投资者持有。中国黄金集团通过上述多层持

股架构实现对西藏华泰龙矿业开发有限公司的最终实际控制。

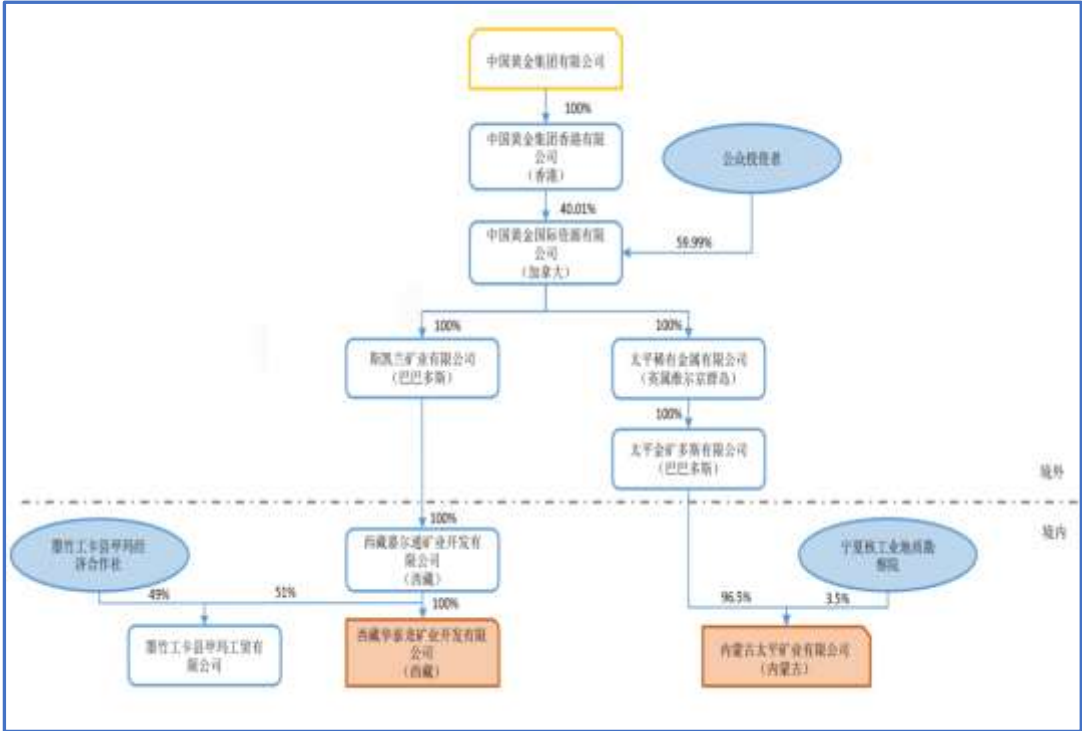


图 4. 1 中金国际股权结构图

4.2 采矿权

西藏华泰龙矿业开发有限公司墨竹工卡县甲玛铜多金属矿采矿许可证颁发机关为西藏自治区自然资源厅（图 4.2），具体信息如下：

采矿权证号：C5400002011113220119758

开采矿种：铜矿、钼、铅、锌、金、银

开采方式：露天/地下开采

开采深度：5300m 至 4085m

生产规模：1440.00 万吨/年

矿区面积：6.74 平方公里

有效期限：2023 年 10 月 13 日至 2043 年 10 月 13 日

采矿权范围内不涉及矿业权重叠、生态保护红线等。

4.3 探矿权

目前，西藏华泰龙矿业开发有限公司拥有两个探矿权证，为八一牧场铜矿普查探矿权和甲玛矿区外围铜铅矿详查探矿权（图 4.2）。

“西藏拉萨墨竹工卡县八一牧场铜矿普查”探矿权许可证发证机关为西藏自治区自然资源厅，具体信息如下：

探矿权证号：T5400002008073050010979

探矿权人：西藏华泰龙矿业开发有限公司

探矿权人地址：西藏自治区拉萨市墨竹工卡县甲玛乡

勘查项目名称：西藏拉萨墨竹工卡县八一牧场铜矿普查

地理位置：西藏自治区墨竹工卡县

勘查面积：37.12 平方公里

有效期限：2021 年 9 月 30 日至 2026 年 9 月 26 日

“西藏拉萨墨竹工卡县甲玛矿区外围铜铅矿详查”探矿权许可证发证机关为西藏自治区自然资源厅（图 4.2），具体信息如下：

探矿权证号：T5400002008073050010972

探矿权人：西藏华泰龙矿业开发有限公司

探矿权人地址：西藏自治区拉萨市墨竹工卡县甲玛乡

勘查项目名称：西藏拉萨墨竹工卡县甲玛矿区外围铜铅矿详查

地理位置：西藏自治区墨竹工卡县

勘查面积：39.73 平方公里

有效期限：2021 年 9 月 30 日至 2026 年 9 月 30 日

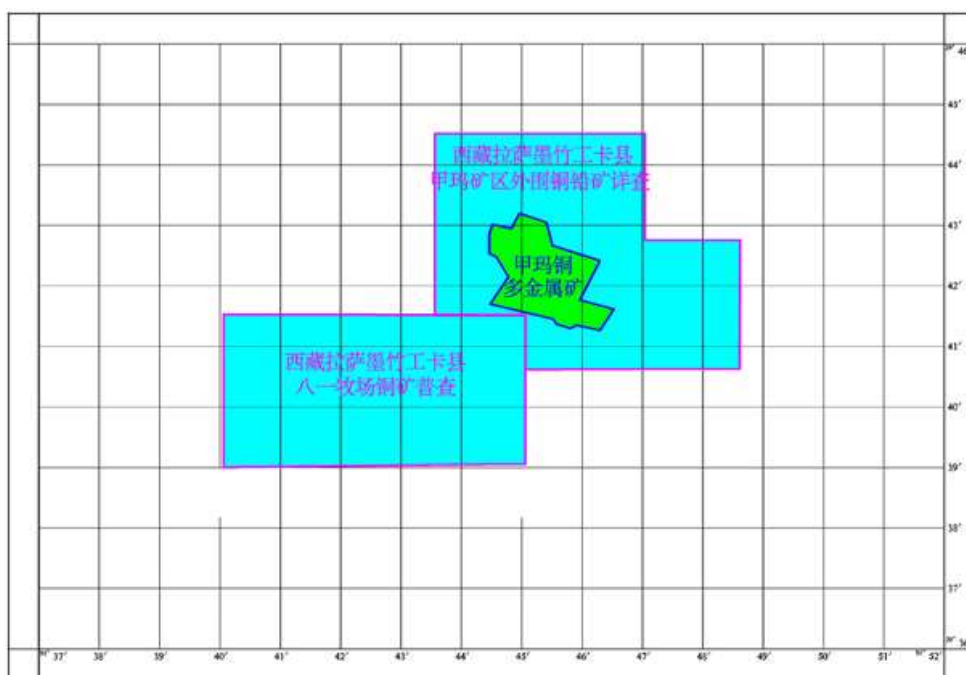


图 4. 2 华泰龙公司所属矿权设置示意图

5 交通、气候、当地资源、基础设施及地形地貌

5.1 交通条件

甲玛铜多金属矿最近民航机场为拉萨贡嘎国际机场（LXA），距矿区公路里程约 123km，车程约 1.5h。机场距拉萨市区约 85km，机场海拔约 3569m，属于高原机场。

连接甲玛铜多金属矿的外部道路，总体为“矿区简易公路+国道 318+拉林高等级公路”三级路网，沥青为主、四季畅通。总体上看，矿区距拉萨近、路况好、四季通、重载可达，在西藏同类矿山中交通优势突出，为开发运营提供坚实公路保障。

甲玛铜多金属矿附近无专用铁路，依托青藏铁路拉萨货运枢纽，通过公路衔接，形成“公路+国铁”联运体系。

5.2 气候

甲玛矿区属于高原温带半干旱季风型气候区，低温干燥，空气稀薄，日照较充足，昼夜温差大。矿区年日照近 3000h，多年平均气温 6.1℃（2004～2024 年），

极端最高气温为 28.3℃，极端最低气温为-23.1℃；旱、雨季分明，年降水量 562.22mm，年最大降雨量 698.70mm（2020 年），年最小降雨量 413.00mm（2009 年），日最大降雨量 48.7mm（2020 年 7 月 13 日），占年降雨量的 83.5%，多年平均蒸发量 2132 mm。甲玛矿区雨季气候较湿润，常有暴雨、雪和冰雹，可能造成山洪和小型泥石流。矿区 10 月底开始冰冻，翌年 4~5 月解冻，最大冻结深度可达 40m，干冷多风，为东南向季风，风力受季节和天气系统影响较大。冬季可能因冷空气活动频繁而出现较大风力，夏季则相对平稳。

5.3 劳动力与基础设施

甲玛矿区藏族员工占比 20% - 30%，汉族及其他民族占比 70% - 80%，主要为管理、技术及生产岗位（采矿、选矿、机电、安全、地质、测量等），墨竹工卡县及周边本地用工 300-400 人。企业员工可乘坐通勤班车往返矿区与墨竹工卡县嘎则公寓。

目前甲玛矿区已构建起完善的生产、环保及民生基础设施体系，可以可稳定支撑矿区常态化安全生产与生活运营。

5.4 电力供应

甲玛矿区设置三座 110kV 变电站，电源稳定可靠，可满足生产需求。高压线路日常巡视及年度预防性试验，符合中国电网西藏电力标准。

5.5 地形地貌

甲玛矿区位于西藏冈底斯山脉东段郭喀拉日居山主峰果沙如则东北部，属高山深切割区，海拔 4490~5407.5m。铜多金属矿带通过的铅山、铜山分别高 5042m、5302.5m，而与之相对的夏工普沟底和布朗沟头仅 4500m。地貌属于雅鲁藏布江中游河谷区。地貌类型以高山构造剥蚀地貌为主，冰缘地貌、构造侵蚀~溶蚀地貌、侵蚀堆积地貌次之。地形坡度一般在 30~40°，最陡达 50°左右。区内地形起伏较大，地势总体中间高两侧低，最高点为甲玛河上游的古拜果吉才峰，海拔 5735m，最低点位于甲玛河与塔隆普沟汇合处，地面标高 3900m 左右，相对高差约 1800m。坡度大，海拔高，相对高差大是本区地形三大特点。

5.6 评述

甲玛矿区进场道路通畅，配套基础设施、人力保障、供电、供水及通信系统完备，可充分满足矿山采矿、选矿、尾矿处置等生产运营需求与人员生活保障，为矿山长期稳定、可持续发展提供坚实保障。

6 甲玛矿区历史

1、早期区调及矿调、预、普查

1951 年—1990 年，主要进行了路线地质踏勘、地形地质测量、电磁法测量、化探采样及槽探工作。

2、中国黄金集团并购前开展的矿产勘查、资源储量核实及评估工作

(1) 1991 年—1999 年，西藏地矿厅第六地质大队对甲玛铜多金属矿开展了系列勘查找矿工作，直至详查工作。

(2) 2005 年—2006 年，西藏自治区矿产资源/储量评审中心对西藏墨竹工卡县人民政府、西藏拉萨矿业及西藏丹璐资源发展有限公司拥有的 0 线-15 线，0 线-16 线，16 线-40 线，40 线-80 线采矿权的资源储量进行了审查，其中 0 线-16 线由于种种原因没有得到备案，其他均予以备案。

(3) 2006 年，成都理工大学在则古朗—牛马塘一带开展 1:10000 土壤地球化学测量工作，认为在则古朗—牛马塘一带深部有隐伏的斑岩—矽卡岩型矿体，找矿潜力巨大。

(4) 2007 年 9 月，中金集团和华泰龙公司委托北京海地人矿业权评估事务所对详查报告范围内的西藏自治区墨竹工卡县甲玛铜多金属矿采矿权进行评估。

3、中国黄金国际资源公司并购后开展的矿产勘查及资源储量核实工作

(1) 2008 年，为满足甲玛铜多金属矿开采设计之目的，中国地质科学院矿产资源研究所受华泰龙公司委托，在原部分详查基础上对 0-16-40-80，0-15 线矿段采矿许可证范围进行勘探地质工作，采矿权以外进行详查地质工作。

(2) 2009 年—2010 年，中国地质科学院矿产资源研究所对牛马塘地区进行钻探加密，达到勘探程度，对甲玛矿区外围进行钻探加密以及深、边部探矿，达到详查程度。

(3) 2011 年, 中国地质科学院矿产资源研究所对甲玛矿区外围 12-44 线硅帽中低品位角岩矿体进行详查工作。

(4) 2012 年, 中国地质科学院矿产资源研究所对甲玛矿区 0-16-40-80, 0-15 线矿段 2.1599km² 采矿权范围内的资源/储量进行核实工作。

(5) 2013 年, 中国地质科学院矿产资源研究所对甲玛铜多金属矿区划定采矿权范围进行资源储量核实工作。完成 1:2000 地质填图 10km², 钻探 12450.67m/27 孔, 基本分析样 7239 件, 提交《西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属资源储量核实报告》

(6) 2017 年以前, 以地表钻为主; 2017 年以后, 多为坑内钻和坑探工程。

(7) 2019 年开始施工的 3000 米科研深钻, 主要目的在于获取 3000 米以浅地质体的精细结构, 实现三维结构解剖, 明确研究区深部铜资源潜力并建立青藏高原地区斑岩成矿系统首例 3000m 科学研究及探矿钻孔。

(8) 2022 年, 中国黄金集团中金地质公司系统收集了矿山测量、采矿、选矿和矿产资源储量年度检测报告数据, 在此基础上, 按照新论证的矿床工业指标, 估算了资源储量, 编写了《西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属矿资源储量核实报告》。

7 地质背景与矿化特征

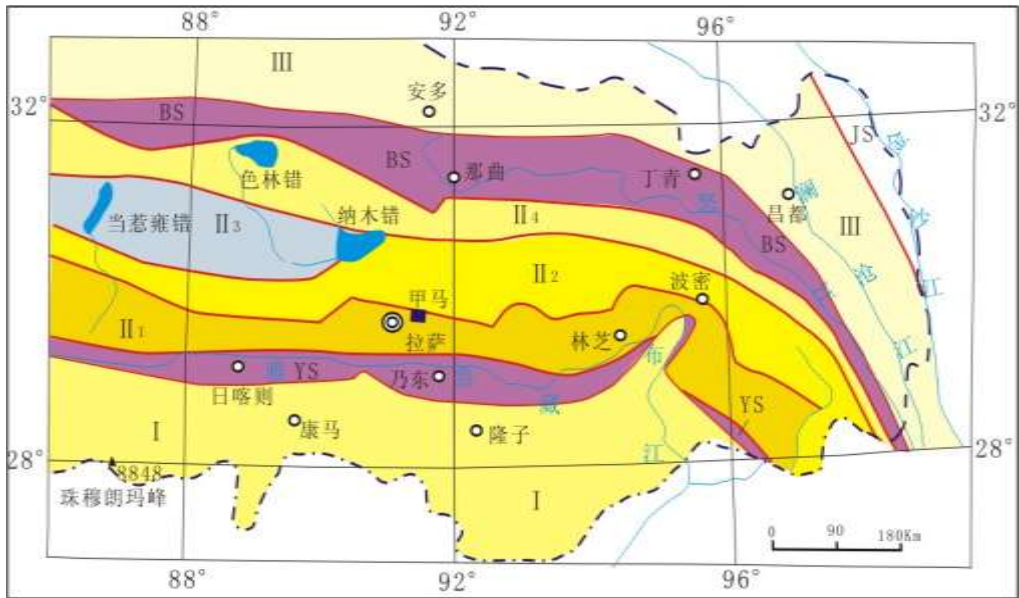
7.1 区域地质

矿区位于世界主要斑岩铜矿成矿域之一的特提斯—喜马拉雅成矿域的冈底斯 Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Fe 成矿带, 冈底斯—念青唐古拉地体的次级构造单元冈底斯晚燕山—早喜马拉雅期陆缘岩浆弧中段北部 (图 7.1)。

冈底斯—念青唐古拉地体, 自北向南分为: 班戈—嘉黎早燕山期陆缘岩浆弧、措勤—纳木错晚燕山期弧后盆地、念青唐古拉断隆、冈底斯晚燕山—早喜马拉雅期陆缘岩浆弧等四个次级构造单元。

区域地层属滇藏地层大区南部的冈底斯—腾冲区之拉萨—察隅地层分区, 由

前寒武纪冈底斯岩群结晶基底和晚古生代—第四系火山沉积盖层构成，以三叠系—白垩系地层分布最广，出露范围大，是冈底斯成矿带铜多金属矿产资源分布最集中的地层分区。甲玛铜多金属矿床位于拉萨—察隅地层分区的中南部，以侏罗系和白垩系地层为主。



I. 印度板块北部；II. 冈底斯—念青唐古拉地体；II1. 冈底斯燕山—喜马拉雅期陆缘岩浆弧；II2. 念青唐古拉断隆；II3. 措勤—纳木错燕山期弧后盆地；II4. 班戈—嘉黎早燕山期陆缘岩浆弧；III. 羌塘—三江复合地体；Ys. 雅鲁藏布江板块缝合带；BS. 班公湖—怒江板块缝合带；JS. 金沙江缝合带

图 7. 1 甲玛矿区大地构造位置图（据西藏地质志）

7.2 矿区地质

甲玛矿区分布的地层主要为被动陆缘期的碎屑—碳酸盐岩系，包括上侏罗统多底沟组石灰岩，下白垩统林布宗组砂岩和板岩以及少数地区的第四系残坡积物和冰水冲洪积物。

甲玛矿区的砂卡岩矿体赋存于多底沟组和林布宗组地层中，斑岩矿体主要赋存于林布宗组地层中。

矿区位于区域推覆构造体系前部（图 7.2）。

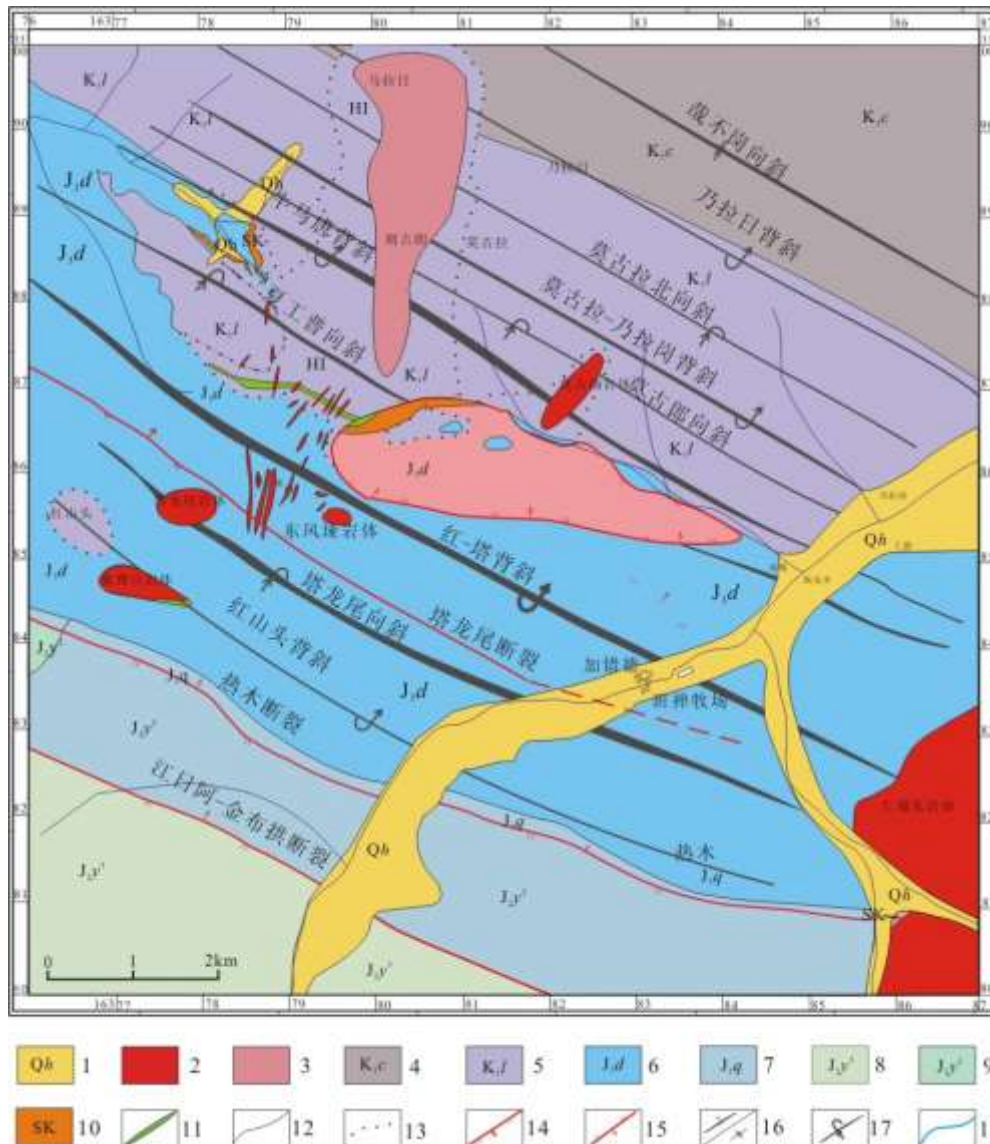


图 7. 2 甲玛矿区构造纲要图（2022 年甲玛核实报告）

构造对岩浆和含矿流体起着分配容矿作用，主要是通过矿区由南向北的滑覆体和区域由北向南的推覆体影响，具体由层间滑脱构造及由此引起的次级褶皱控矿。

推覆构造体系前部主要褶皱包括红—塔背斜、牛马塘背斜、夏工普向斜。

红—塔背斜是区内的主褶皱，轴迹呈北西向，位于一号矿带南西侧，从红旗岭—东风垭纵贯整个矿区，北西端仰起。其北东翼岩层倾向北东，倾角 $30\sim 45^\circ$ ，南西翼近核部地层倾向南西，下部转为北东，倾角 $50\sim 70^\circ$ ，轴面倾向北东，为

同斜倒转的复式背斜，两翼地层内部褶曲发育。

矿体主要赋存在红一塔背斜的北翼，分布于次级的牛马塘背斜和夏工普向斜部位。

自南向北，滑覆体可分为：滑覆体后部带、滑覆体中部带和滑覆体前部带三部分。整个滑覆体出露面积约 4km²，在采矿权内滑覆体出露面积相对较小。

甲玛矿区岩浆岩以侵入岩为主，呈岩枝、岩脉产出，类型复杂，岩石类型有花岗斑岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩、石英闪长玢岩、辉绿玢岩和煌斑岩，以花岗斑岩、二长花岗斑岩和花岗闪长斑岩为主，其中花岗斑岩与成矿关系密切。

矿区发育接触、气液、动力三类变质作用，接触变质与气液变质为主控成矿类型。

(1) 接触变质作用：早期热接触变质形成角岩、大理岩，提供成矿空间；接触交代变质产于地层接触扩容带，以钙矽卡岩为主，汇聚矿区 80%矽卡岩型成矿物质，为主要矿石类型。

(2) 气液变质作用：受岩浆、大气降水共同影响，温降使流体由弱碱性转为中-酸性，发育多种蚀变。硅化与 Cu、Mo 成矿密切相关，则古郎地区强硅化带为直接找矿标志。

(3) 动力变质作用：产于构造活动带及地层接触带，多期次发育，受控于构造应力与热流，形成各类角砾岩及断层泥。

矿区主蚀变为矽卡岩化、角岩化、硅化等，碳酸盐化、泥化为后期叠加蚀变；侵入体以绢云母化、碳酸盐化为主。区域变质叠加掩盖了蚀变分带，矿化主要赋存于矽卡岩化、角岩化带中。

蚀变成矿分为四期且逐期叠加：一是热接触变质期，形成角岩、大理岩；二是干矽卡岩期，为矽卡岩主要成矿期；三是湿矽卡岩期，早期矽卡岩退化蚀变，伴随黄铜矿等硫化物沉淀；四是石英-硫化物期，大量发育铜、铅、锌硫化物脉，为关键成矿阶段。

7.3 矿床特征

甲玛铜多金属矿床是由深部的隐伏斑岩型钼（铜）矿体、围绕斑岩体并沿下白垩统林布宗组砂板岩—角岩与上侏罗统多底沟组灰岩—大理岩层间构造带产出的矽卡岩型铜多金属矿体、产于斑岩体上部裂隙系统中的角岩型铜钼矿体构成。

斑岩型矿体主要受控于矿区褶皱、断裂构造，矽卡岩矿体主要受岩体接触带以及推覆构造导致的层间扩容空间控制，角岩矿体主要受控于斑岩体侵位过程中导致顶部脆性角岩破碎产生的裂隙系统。

依据赋矿岩性及空间位置，划分出 4 个矿带，分别为 I 号矽卡岩矿带、II 号矽卡岩矿带、III 号角岩矿带、IV 号斑岩矿带。

7.3.1 岩性

(1) I 号矿带

I 号矽卡岩矿带产于矿区上覆林布宗组砂板岩、角岩与下伏多底沟组灰岩、大理岩的层间构造带内，分布范围西起 49 号勘查线，东至 52 号勘查线，主要赋存标高 4975~4085m，位于 III 号矿带的下盘。

I 号矽卡岩矿带以铜、钼共生为主，伴生铅、锌、金、银，在南部铅山一带铅、锌、铜共生，伴生金、银、钼。以钻探工程控制为主，个别地段少量坑探工程控制。其中 0、4、8、12、16、32、36、40 线深部较多钻孔未穿透矿体。

I-1 号矿体中部区域（7 号-16 号勘查线范围）沿矿体垂直方向自上而下矿石总体氧化率逐渐提高，并于矿体下部成片分布氧化带。混合（氧化）带主要分布在 7-16 号勘查线区域，标高 4350~4650m 之间。混合（氧化）带整体受 I-1 号矿带控制，氧化矿总体呈“闪电”型南北向展布，南北向延伸约 450m 左右，倾向总体呈北东向，倾角北陡南缓。

(2) II 号矿带

II 号矽卡岩矿带主要受滑覆体构造控制，产于滑覆体前缘；滑覆体构造地表分界线在南部位于 42 号勘查线附近，向北逐步由北东转为近东西向，延伸至矿权最东角 92 号勘查线；II 号矿带分布于 42 线南东侧。II 号矿带赋存标高 5200~4320m，总体高于 I 号矿带。

II 号矽卡岩矿带在海拔 4700m 以上主要为铅锌铜矿石，铅、锌、铜为共生，伴生钼、金、银，海拔 4700m 以下主要为铜钼矿石，铜、钼为共生，伴生铅、锌、金、银。主要矿体 II-1 控制程度较高，由地表钻、坑内钻及坑探工程控制，其中 46、50、54、56 线深部钻孔未穿透矿体。

(3) III 号矿带

III 号角岩矿带主要产于下白垩统林布宗组角岩内，分布范围西起 43 号勘查

线，东至 54 号勘查线，主要赋存标高 5270~4132m，位于 I 号矿带的上盘。

III号角岩矿带在海拔 4700m 以上以铜为主，铜、钼为共生，伴生金、银，海拔 4700m 以下以钼为主，钼、铜为共生，伴生金、银。主要矿体III-1 由钻探工程控制。

(4) IV号矿带

IV号斑岩矿带受斑岩侵入体控制，位于矿区中部，被 I、III号矿带所环绕，分布于 16-32 号勘查线，赋存标高 5088~4208m。

IV号斑岩矿带总体上以钼矿化为主，共生铜，伴生金、银。主要矿体IV-1 由钻探工程控制，16 线、24 线钻孔未穿透矿体。

甲玛矿区 4 个矿带的相对空间位置关系如图 7.3、7.4 所示。

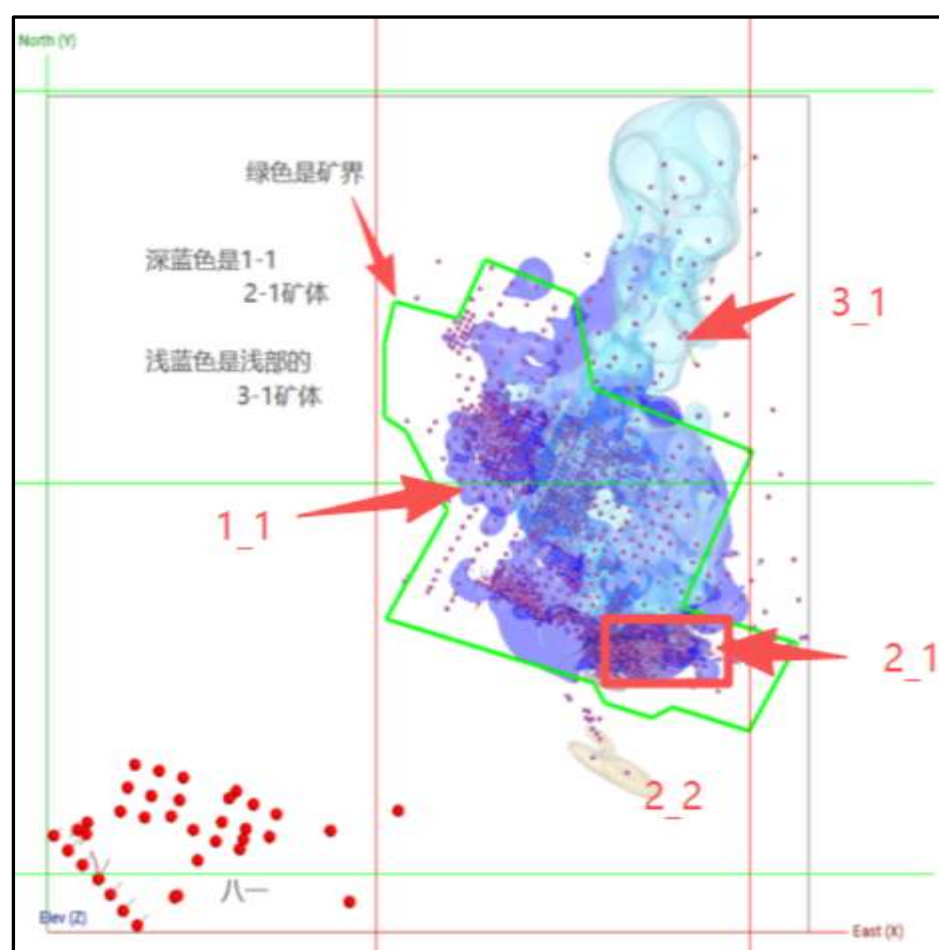


图 7.3 甲玛矿区 4 个主矿体 (1_1, 2_1, 2_2, 3_1) 水平分布图

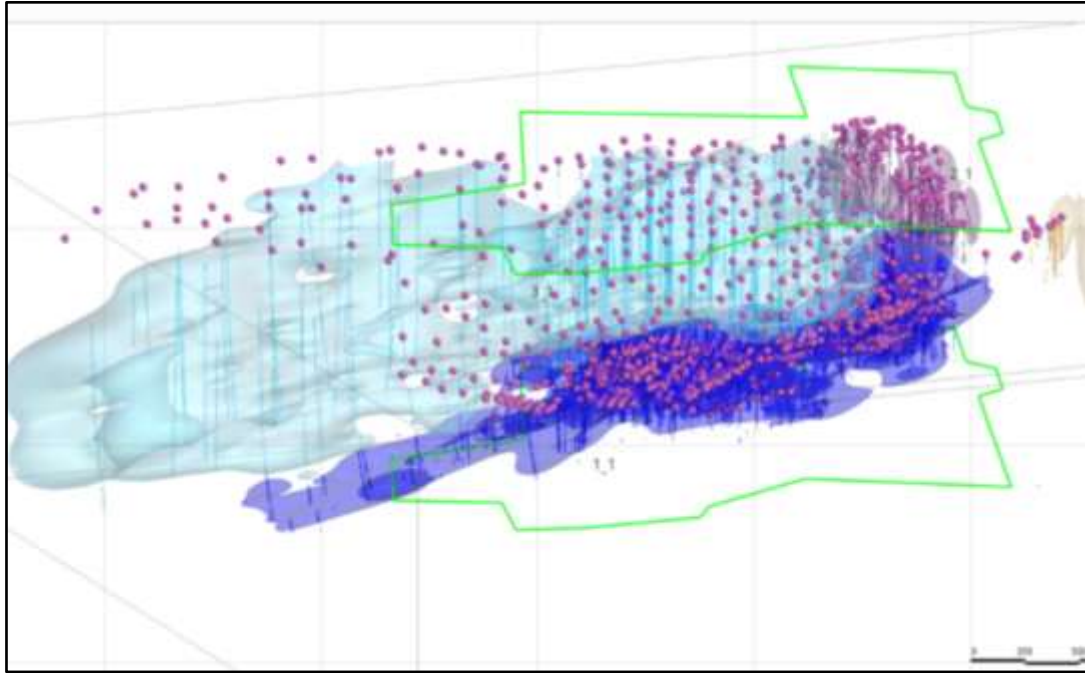


图 7. 4 甲玛矿区主要矿体三维侧视图

7.3.2 主要矿体特征

甲玛矿区 4 条主要矿体的具体特征详述如下：

(1) I-1 号砂卡岩矿体

I-1 矿体呈似层状、厚板状产于上覆林布宗组砂板岩、角岩与下伏多底沟组灰岩、大理岩的层间构造带内（图 7.5）；矿体赋存标高 4975~4085m，由 254 个地表钻、69 个坑内钻、3 个坑道工程，合计 326 个工程控制；矿体走向 NW-SE（约 $300^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ），分布于 47 线-40 线间，走向延长约 2260m；矿体倾向 NE(30°)，延深超过 2770m，I-1 矿体与斑岩成矿作用密切相关，由近斑岩接触带至外围（四周），矿体厚度由厚变薄，变化在 2~392.24m 之间，平均厚 54.32m，厚度变化系数 81.77%，属较稳定型。矿体未圈闭，深部还有待进一步控制。

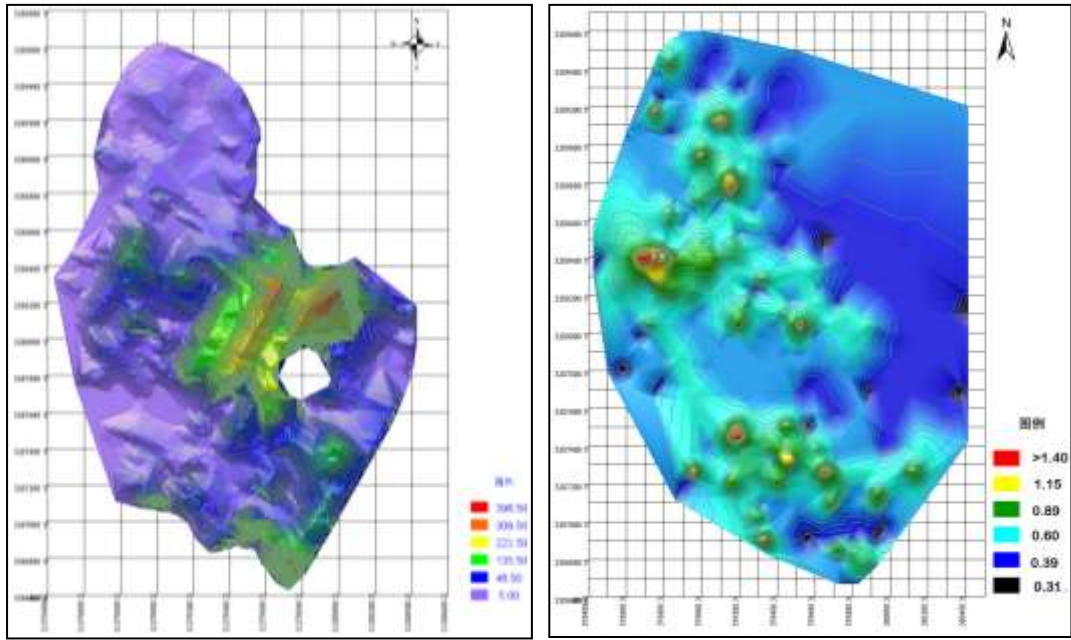


图 7. 5 I-1 矿体厚度及品位等值线图

I-1 矿体受推覆构造控制，在倾向上具有明显的陡→缓→陡的变化特征，上部陡矿体倾角一般介于 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间；中部缓矿体是 I-1 号矿体的主体部分，倾角一般小于 20° ；深部陡矿体倾角一般 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。

I-1 矿体成矿元素组合在空间上具有明显的变化规律，南边铅山以铅锌为主，北边则古朗以铜钼为主，两种矿石类型均伴生有金、银。矿体铜品位介于 $0.30\sim 49.28\%$ 之间，平均 0.77% ，品位变化系数 126.71% ，属较均匀型；钼品位介于 $0.03\sim 5.13\%$ 之间，平均 0.074% ，品位变化系数 135.82% ，属较均匀型；铅品位介于 $0.30\sim 39.93\%$ 之间，平均 1.92% ，品位变化系数 175.36% ，属较均匀型；锌品位介于 $0.50\sim 14.28\%$ 之间，平均 1.13% ，品位变化系数 106.10% ，属较均匀型；伴生金品位介于 $0.10\sim 98.70\text{g/t}$ 之间，平均 0.36g/t ，品位变化系数 303.45% ，属不均匀型；伴生银品位介于 $1.0\sim 1041\text{g/t}$ 之间，平均 13.78g/t ，品位变化系数 171.08% ，属不均匀型。

(2) II-1 号矽卡岩矿体

II-1 矿体为滑覆体内的矽卡岩矿体，矿体形态较不规则，总体呈透镜状产于滑覆体前缘（图 7.6）；赋存标高 $5113\sim 4322\text{m}$ ，由 60 个地表钻孔、14 个坑内钻、7 个坑道工程合计 81 个工程控制；走向 NWW-SEE 向，分布于 42 线-64 线间，延长 600m ；倾向 NNE（约 30° ），延深达 760m ；倾角一般较陡，多大于 50° 。矿

体未圈闭，深部还有待进一步控制。

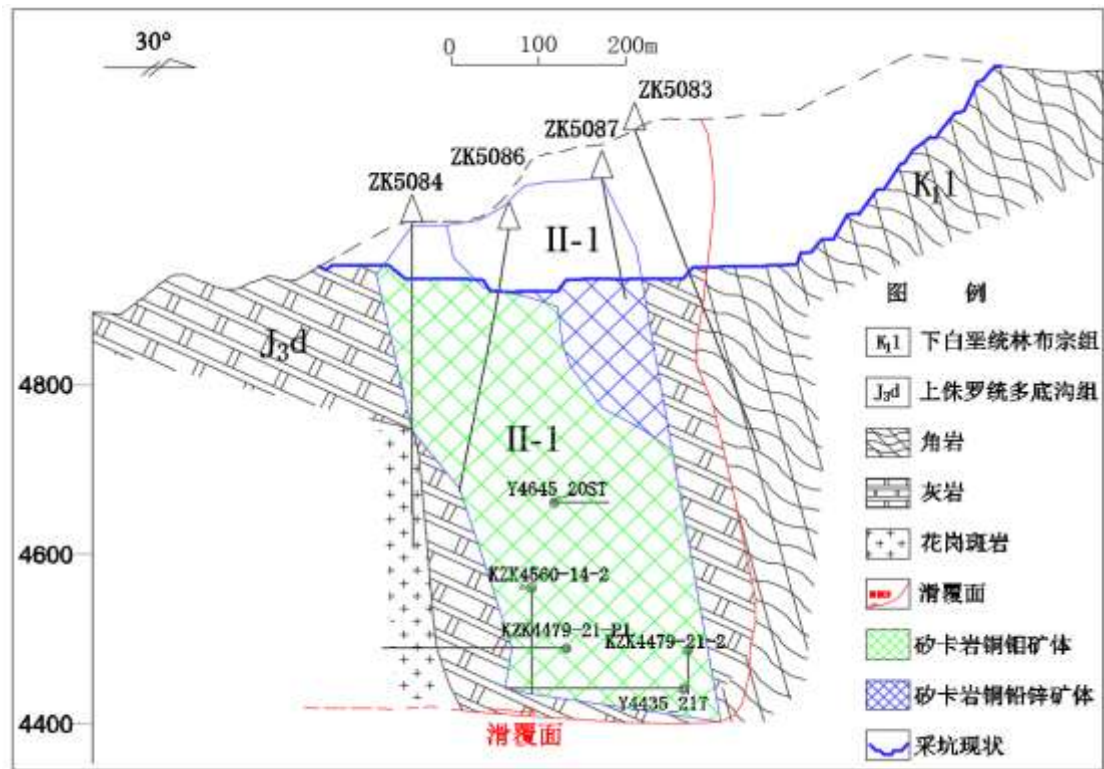


图 7. 6 甲玛矿床 50 号勘查线剖面图

II-1 矿体在 48 线-58 线出现厚度超过 200m 的巨厚砂卡岩，向两侧逐渐变薄。矿体厚度变化在 7~631m 之间，平均厚 195.28m，厚度变化系数 79.60%，属较稳定型。

II-1 矿体随海拔具有成矿元素分带现象，一般海拔 4700m 以上主要为铅锌铜矿石组合，4700m 以下多为铜钼矿石。矿体铜品位介于 0.30~36.04%之间，平均 0.79%，品位变化系数 129.12%，属较均匀型；钼品位介于 0.03~1.30%之间，平均 0.061%，品位变化系数 142.03%，属较均匀型；铅品位介于 0.30~72.97%之间，平均 2.00%，品位变化系数 168.16%，属较均匀型；锌品位介于 0.50~36.17%之间，平均 1.46%，品位变化系数 125.87%，属较均匀型；伴生金品位介于 0.10~13.80g/t 之间，平均 0.29g/t，品位变化系数 156.21%，属较均匀型；伴生银品位介于 1.0~2359g/t 之间，平均 22.07g/t，品位变化系数 244.75%，属不均匀型。

(3) III-1 号角岩矿体

III-1 矿体主要呈厚层状产于斑岩体顶部及周围的角岩中（图 7.7）；赋存标

高 5270~4159m，由 150 个地表钻孔、5 个坑内钻孔、1 个坑道工程，共计 170 个工程控制；走向 NW~SE 向，分布于 27 线-54 线间，延长 1800m；倾向约 30°，延深超过 1610m，倾角约 0~30°。矿体已圈闭，深部还有待进一步控制。

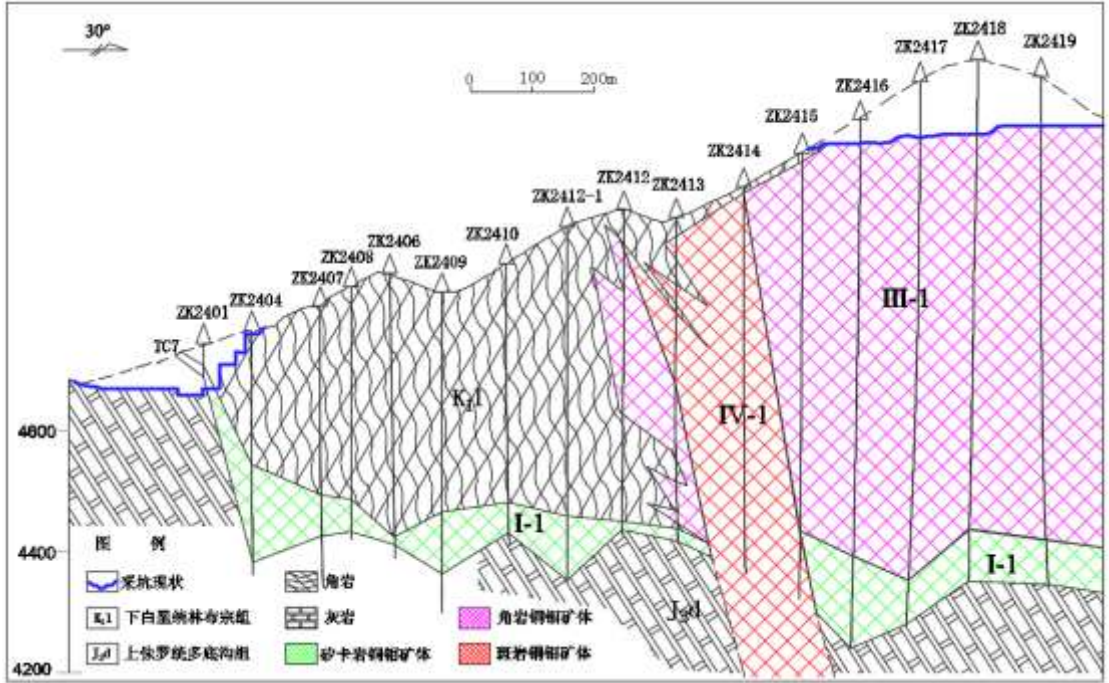


图 7. 7 甲玛矿床 24 号勘查线剖面图

III-1 矿体厚度最大地段出现在 24、32 线，向两侧至 0 线以及 40 线均有所变薄，矿体厚度变化在 4~940m 之间，平均厚 270.30m，厚度变化系数 90.85%，属较稳定型。

III-1 矿体成矿元素在空间位置上具有一定的分带性，一般在海拔 4700m 以上，以铜矿化为主，钼为伴生，而到 4700m 以下，则以钼矿化为主，铜品位变低。矿体铜品位介于 0.20~5.27% 之间，平均 0.44%，品位变化系数 51.40%，属均匀型；钼品位介于 0.03~1.54% 之间，平均 0.077%，品位变化系数 108.85%，属较均匀型；伴生金品位介于 0.10~9.56g/t 之间，平均 0.34g/t，品位变化系数 194.99%，属不均匀型；伴生银品位介于 1.0~92.6g/t 之间，平均 1.52g/t，品位变化系数 135.09%，属较均匀型。角岩矿体中局部伴生少量铅、锌。

(4) IV-1 号斑岩矿体

IV-1 矿体主要呈筒状产于矿区中部，含矿斑岩体总体呈岩枝侵位(图 7.8)，赋存标高 5089~4209m，由 12 个钻孔控制，NW-SE 走向，分布于 16 线-28 线间，

延长 400m；倾向约 30°，倾角 80°左右，垂向延深达 740m。矿体未圈闭，深部还有待进一步控制。

IV-1 矿体厚度变化在 28~607m 之间，平均厚 227.43m，厚度变化系数 62.42%，属较稳定型。矿体总体上以钼矿化为主，铜为伴生。铜品位介于 0.20~1.01%之间，平均 0.44%，品位变化系数 39.52%，属均匀型；钼品位介于 0.03~2.04%之间，平均 0.086%，品位变化系数 131.82%，属较均匀型；伴生金品位介于 0.10~0.66g/t 之间，平均 0.13g/t，品位变化系数 64.56%，属均匀型；伴生银品位介于 1.0~14.6g/t 之间，平均 1.49g/t，品位变化系数 83.82%，属均匀型。

7.4 评述

对甲玛矿区矿床地质条件、地层、岩性、构造、矿物特征、蚀变作用及其控矿规律认识充分，现有资料足以支撑矿区的矿产资源量估算工作。

8 矿床类型

斑岩-矽卡岩-角岩成矿系统代表了一个大规模的成矿系统，其中来自中央侵入岩株的上升岩浆-热液流体与周围岩石相互作用。形成可预测的分带模式：核心为低品位斑岩矿石，接触带为高品位矽卡岩，以及宽大的外围角岩环带。

中心斑岩带特征石以浅部多期长英质侵入体为中心（如花岗闪长岩或石英二长岩）。其矿化特征石

是星散状矿化和分布广泛的石英脉网。典型矿石是铜、钼和黄金矿石。蚀变类特征为同心带状从岩株向外延伸：钾质（钾长石、黑云母）、过渡为石英-绢云母，最终为绿帘石-绿泥石。

矽卡岩带（内矽卡岩和外矽卡岩）为热液流体与富含碳酸盐的围岩（石灰岩或白云岩）相互交代形成矿化。矿化通常高度集中、受地层控制，发生大规模交代作用。金属矿物通常与中部斑岩一致（铜、金、钨、钼或锌-铅等），但品位更

高。两阶段蚀变：前进型热液/交代蚀变为高温流体形成无水的钙硅酸盐矿物，如钙铁石榴石和透辉石。后退蚀变（逆行冷却）为流体与大气水混合的水合蚀变形成绿帘石、绿泥石、阳起石、透闪石和硫化物矿物。

角岩晕分布于侵入体和内矽卡岩带周围，这是一个热液（接触）变质带，形成于泥质岩（页岩、泥岩）中。矿化特征通常作为较宽的晕状结构，具有局部的网脉、角砾化和硅化。角岩本身常常作为流体的盖层或构造空间。高温常将宿主围岩烘烤成坚硬、致密、暗色的岩石。典型矿物包括黑云母、堇青石、红柱石和石英等（图 8.1）。

图 8.1 为典型斑岩-矽卡岩-角岩三位一体的斑岩成矿系统。

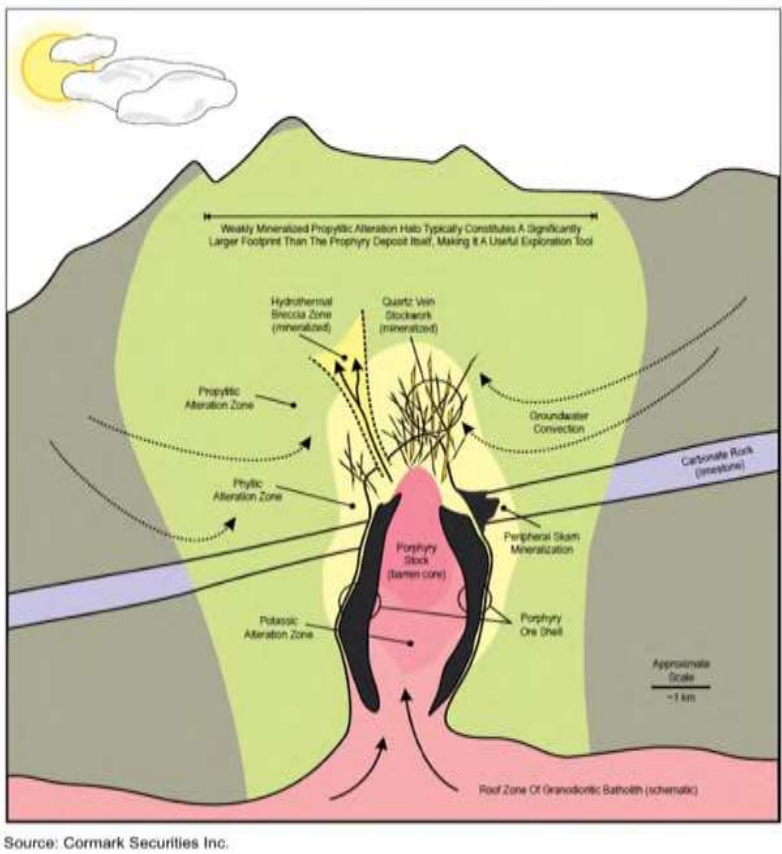


图 8.1 斑岩矿床系统，含斑岩岩、矽卡岩及外围青磐岩（角岩）

这些特征与下文所述的甲玛项目的主要特征高度对应。

甲玛项目被视为斑岩型铜多金属矿床，包括构造控制的层控型高品位矽卡岩铜多金属矿化、中等品位的花岗岩斑岩铜钼多金属矿化以及外围低品位变质角岩

型铜钼多金属矿化。甲玛矿床中的大部分高品位矿化分布于多地沟组与临布宗组之间的剪切接触带及剪切相关的褶皱带。

矿化作用同时存在于与侵入“多地沟大理石”及其上覆临布宗组角岩的花岗岩斑岩中（图 8.2）。

矽卡岩矿化品位高，角岩和斑岩矿化品位均低于矽卡岩。

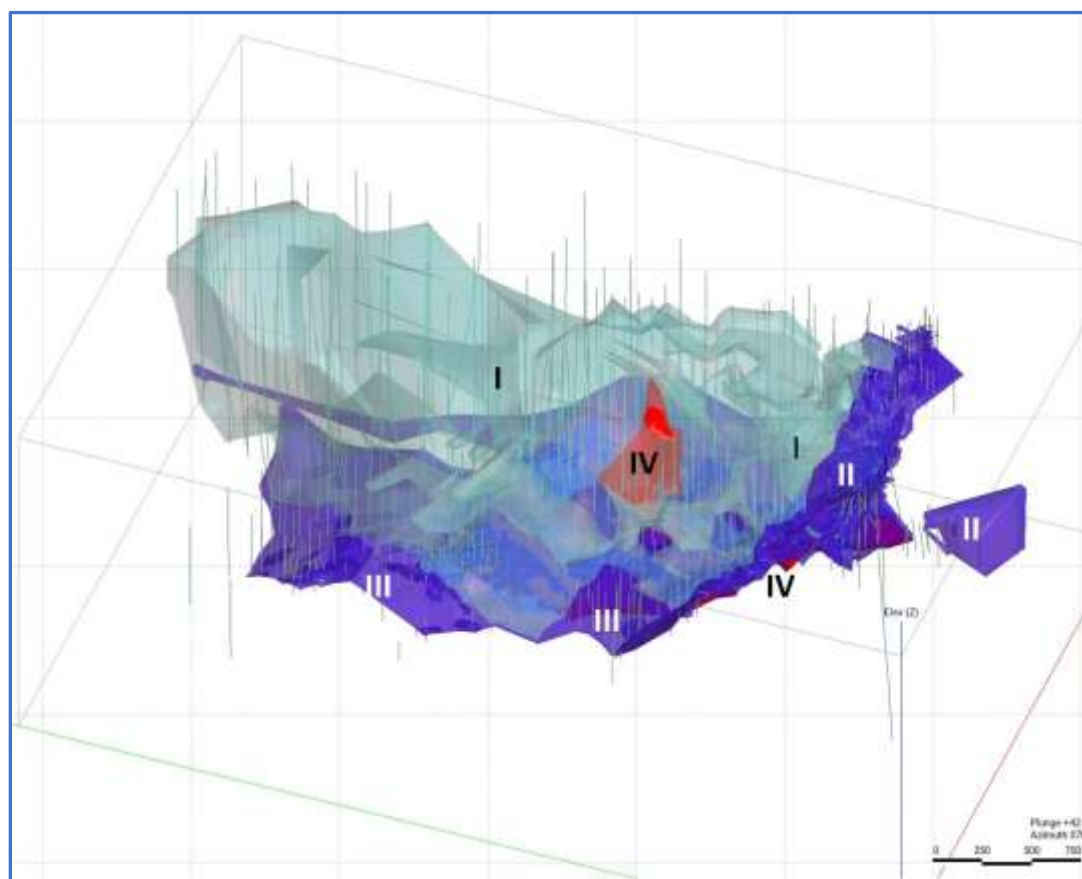


图 8. 2 甲玛矿区斑岩体系，IV 斑岩,红色，III-II 矽卡岩，I 角岩

综上所述，甲玛矿床为含斑岩-矽卡岩-角岩三位一体的与岩浆成矿作用有关的斑岩型矿床。

9 勘探工作

9.1 勘探网与测量

矿区测量坐标系统为 2000 国家大地坐标系，高程系统为 1985 国家高程基准。投影采用高斯-克吕格 3° 带，中央经线 91°。矿区共有 23 个全球定位系统（GPS）E 级平面控制点和国家四等高程控制点。

矿区采用全球定位系统（GPS）E 级网布设首级平面控制网。高程控制网的建立则由新布设的 5 个高程点与已有的 6 个高程点联测组成，采用高程曲面拟合方式进行高程计算。

矿区多年来的探、采矿工程测量工作均由华泰龙公司生产技术部测量组承担实测。

9.2 地质填图

本项目自上世纪 50 年代开始，先后开展了 1:25000、1:10000、1:5000、1:2000 四种比例尺的地质填图工作。基本查明了区域地质背景。

9.3 地球化学采样

甲玛矿区自发现以来，开展了多次大量的地球化学采样工作，用以圈定找矿方向、追索矿化体。地球化学采样类型包括土壤采样和岩石采样。

9.4 地球物理勘探

1967 年，西藏第一地质大队在矿区开展初步普查工作，布设物探电磁法物理点 6899 个、磁法物理点 1300 个、联合剖面点 1311 个，指出在远景接触带的板岩和灰岩中，也有多金属矿体，认为中酸性脉岩群体为成矿后形成。

2006 年，山西地质调查院在则古朗-牛马塘一带开展 1:10000 高精度磁测 19km²，2007 年又增加 19km²的中间梯度激电探测。通过工作，认为在则古朗-牛马塘一带深部有隐伏的斑岩-矽卡岩型矿体，找矿潜力巨大。

2024 年，华北有色工程勘察院有限公司进行的甲玛铜多金属矿深部水文地质条件对比研究中，完成 41 个点的地面物探（音频大地电磁）工作。

9.5 岩石学、矿物学及研究工作

华泰龙公司多年来针对甲玛矿区的三种主要矿石类型分别进行了大量工艺矿物学研究工作,详细查明了矿石矿物组成、结构构造,矿石的化学成分、有益有害组分的种类、含量、赋存状态和分布规律,以及与成矿有关的围岩蚀变的种类、规模、强度、矿物成分及与成矿的关系。

9.6 勘探潜力

在甲玛采矿权范围内, I-1 矿体、II-1 矿体、IV-1 矿体均未圈闭,尤其是 0~12 线, 24~40 线等多条勘查线剖面的矿体深部未被工程揭穿, 矿体深部仍具有延伸的潜力。

基于甲玛矿床斑岩成矿系统模型及 3000m 深钻科研成果,甲玛矿区深部及外围区域仍有很大资源前景。

9.7 评述

截至目前已实施的勘查工作,与甲玛矿床的矿床类型相匹配。

矿区深部及外围区域仍具备进一步发现矿化体的潜力。

10 钻探工程

10.1 引言

甲玛矿区的钻探工程开始于 1990 年代,西藏第六地质队在 1990-1999 年带,完成岩芯钻探 7209.75 米/24 钻孔,并于 2000 年 12 月提交《西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属矿详查地质报告;2008 年起,中国地质科学院唐举兴教授团队,受华泰龙矿业公司委托,于 2008 到 2025 年继续组织管理地表钻探,完成 钻探 282044.043 米/558 孔。2014 年起,华泰龙组织、设计,施工甲玛矿区的井下钻探;至 2025 年 12 月 31 日,甲玛矿区共完成地表岩芯钻探 289342.793 米/582 孔,地下岩芯钻 20958.46 米/150 孔(表 10.1 甲玛矿区钻探工作量总结)。

甲玛矿区地表岩芯钻探采用新型全液压钻机(图 10.1)。钻孔开孔一般采用 130mm 金刚石钻进,少量钻孔用 110mm 金刚石钻进。穿越浮土层后,主矿层多采用 75mm 金刚石钻进。所有岩芯在取样前均进行拍照。根据设计要求,在底板中发现大理岩后,钻进 2~5m 内终孔,所有钻孔的终孔口径不小

于 75mm。

矿化带内平均岩芯采取率大于 90%。 孔口测量采用 GPS—RTK 模式（Trimble5800）测定钻孔的最终位置；钻孔测斜采用单点测斜仪及反射式多点测斜仪，每 50 米最大间距开展孔下测量；地表钻孔采用测斜仪为 CX-6B 型陀螺测斜仪，坑内钻采用测斜仪为 KXP-2 小口径罗盘测斜仪。

甲玛矿区钻探工程主要分布在采矿权区，探矿权区有少量分布（图 10.2 图 10.2 甲玛矿区钻孔分布图）。 截至 2025 年 12 月 31 日，甲玛矿区已完成地表钻探 289342.793 米，共 5824 孔，井下钻探 20958.46 米，共 150 孔，总进尺 303002.503 米,合计 732 孔 （表 10.1）。

表 10. 1 甲玛矿区钻探工作量总结

年份	工程量	孔数（地表）	孔数 （井下）
1999 以前	7298.75	24	
2008	47450.1	145	
2009-2010	73831.88	174	
2011	21254.6	45	
2012	26379.48	58	
2013	3670.7	15	
2014	64.5		1
2016	9176.2	13	
	107.2		1
2017	11071.19	27	
	485.74		5
2018	15548.773	21	
	1829.56		22
2019	21753.81	18	
	2058.08		19

年份	工程量	孔数（地表）	孔数（井下）
2020	16111.97	11	
	3073.18		25
2021	2811.72	3	
	7077.7		42
2022	17606.5	14	
	3407.2		21
2023	773.5		4
2024	1826.9		9
2025	15377.12	14	
	254.9		1
合计钻孔数		582	150
合计钻探米数	303002.503	289342.793	20958.46



图 10.1 甲玛矿区钻探现场

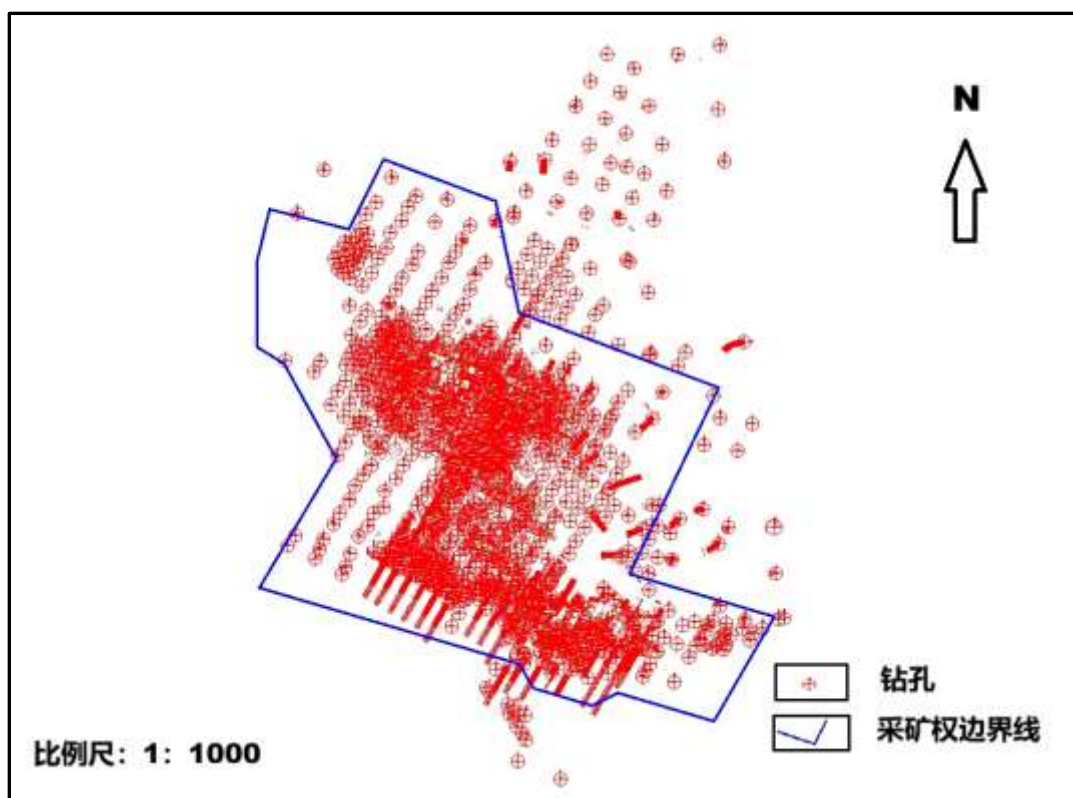


图 10. 1 甲玛矿区钻孔分布图

10.2 地表钻探

10.2.1 孔口位置测量

钻孔放样以各图根点或支导线点为依据。放样前首先对各钻孔的设计坐标进行检查。钻孔的布设采用全站仪测量，方向精确至秒。测定的平距与设计值之方差均小于 ± 0.10 m。钻孔施工结束后，进行定测，采用 GPS—RTK 模式 (Trimble5800) 测定钻孔的最后位置。水平及垂直观测精度与图根点的观测精度一致，要符合设计规定。

10.2.2 钻孔测斜

地表钻孔采用测斜仪为 CX-6B 型陀螺测斜仪，坑内钻采用测斜仪为 KXP-2 小口径罗盘测斜仪。直孔每钻进 100m 测 1 次倾角和方位角，斜孔每钻进 50m 测量 1 次倾角和方位角。钻孔天顶角每百米不超 2° ，且见矿位置方位偏差不超 $1/4$ 勘查线距，钻孔弯曲度偏差均在允许范围内，合格率 100%。

孔深误差的测量与校正：每钻进 100m 及终孔时用钢卷尺对钻具进行丈量校正。校正误差率小于 1‰时，孔深不予改正；校正误差率大于 1‰时，修正班报表。全部钻孔孔深校正误差率均小于 1‰，符合规范的误差要求。

10.3 井下钻孔

井下钻孔施工是矿山地质勘探、工程施工等工作的核心环节，全过程严格遵循规范要求，确保施工安全、数据准确、成果可靠。井下钻孔开孔一般采用 75mm 金刚石钻头钻进，根据地质要求，如在底板中发现大理岩或角岩后，钻进 2~5m 内终孔，所有钻孔的终孔口径不小于 75mm，岩芯直径不小于 45mm 岩（矿）芯。所有钻孔 岩芯采取率平均 95.0%，矿芯平均达 92.40%。满足规范，质量可靠。

10.3.1 钻孔位置放孔

放孔是确保钻孔位置、角度符合设计要求的关键环节，由地质和测量专业技术人员操作，严格控制偏差，具体操作流程如下（图 10.3）：

现场定位：根据钻孔设计坐标，测量技术人员利用全站仪、水准仪等测量仪器，在井下施工地点精准定位钻孔中芯点，地质人员做好标记，确保定位偏差不超过规范要求（一般不大于 5m）。

角度校准：钻机安放到指定位置后，并调整到设计角度后，由地质人员检查复核，确保开孔方向与设计一致，角度偏差不超过 $\pm 1^\circ$ 。

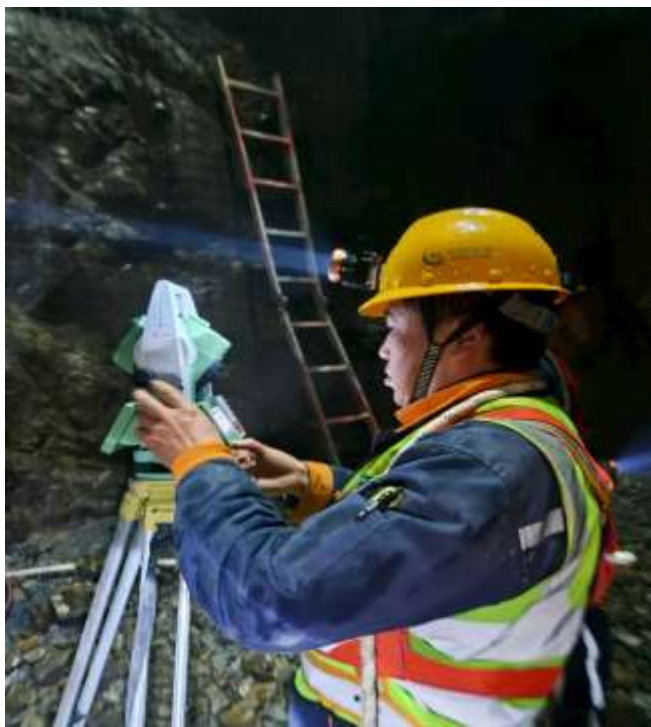


图 10. 2 甲玛井下钻孔现场放孔

10.3.2 钻机施工

钻机型号及要求：Diamec PHC4 坑道全液压岩芯钻机 4 台；Diamec PHC6 DP(深孔版)坑道全液压岩芯钻机 2（图 10.4，岩芯采用绳索取芯。



图 10.3 井下钻探施工现场

10.3.3 测斜

根据钻孔深度和施工要求，确定测斜频率，每钻进50-100m进行一次测斜；若钻孔角度变化较大，需增加测斜次数（每30-50m一次），确保及时发现钻孔偏斜。使用防磁测斜仪（陀螺测斜仪XBY-2GW）进行测斜（图10.5），将测斜仪放入钻孔内指定深度，待数据稳定后，读取钻孔的倾角、方位角，记录测斜数据，形成测斜记录。



图 10. 4 现场钻孔测斜

10.3.4 岩芯运输与钻孔封孔

1、岩芯运输

验收合格后，必须用清水清洗干净岩矿芯，禁止岩矿芯间的相互污染与错乱。及时将完成岩芯运送到指定地点，并按钻孔号、岩芯箱号码堆放整齐，配合地质编录人员摆放或收起岩芯箱。

2、钻孔封孔

钻孔封孔是防止井下瓦斯、水等有害气体、液体泄漏，保障井下作业安全的重要环节，需严格按照封孔规范进行操作，确保封孔质量。

根据钻孔用途、孔径、深度，选择合适的封孔方式（如水泥砂浆封孔、聚氨酯封孔等），按照封孔规范，分层进行封孔，确保封孔材料填充密实，无空隙、无裂缝。封孔过程中，做好封孔记录，明确封孔材料、封孔厚度、封孔时间等参数。

10.3.5 井下钻孔岩芯编录

井下岩芯地质编录是对钻孔岩芯进行系统记录、描述，获取地质信息的重要工作，需由专业地质

人员操作，确保编录数据真实、准确、完整：

1. 岩芯整理：将钻孔施工过程中取出的岩芯，按照钻进顺序、深度进行整理、编号，确保岩芯顺序不混乱，编号与钻孔深度对应，岩芯摆放整齐。

2. 基础信息填写：钻孔编号、孔口坐标（X/Y/H）、开孔日期、回次号、起始深度 / 终止深度、进尺长度、岩芯长度、岩芯采取率。

3. 地质观测记录核心内容

岩性描述：岩石名称、颜色、结构、构造、矿物成分等；

蚀变：硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化、黄铁矿化等蚀变类型、强度；

矿化：金属硫化物、氧化物、脉石矿物含量、产出形态（浸染状、条带状、团块状、脉状）；

构造：节理、裂隙、断层、破碎带、软弱夹层、滑动面，记录产状（走向 / 倾向 / 倾角）；

4. 编录记录：将岩芯描述、回次进尺等内容详细记录在编录本中，明确岩芯回次、岩性特征、地质现象等；编录完成后，由地质负责人审核。

10.4 钻探总结

本报告合格人员认为岩芯钻探项目中收集的岩性、岩土、井下勘测数据的数量和质量足以支持矿产资源估算。钻孔测量和测斜符合勘探行业标准并用使用行业标准仪器进行。井下测量能够恰当地呈现岩芯孔的轨迹。

建议华泰龙定期更新矿产资源估算，以反映勘探工作的最新发展情况。

11 样品制备、分析与质量监控

样品制备、分析和安全信息主要来自以下报告：1、2012 年 3 月贝里多贝尔公司提交的中华人民共和国西藏自治区墨竹工卡县甲玛铜多金属项目资源更新报告，2、澳洲龙格（MMC）2012 年 11 月甲玛矿区铜多金属矿床资源核查报告。2022 年 6 月中国黄金集团地质勘探公司甲玛矿区资源量核实报告以及华泰龙公司 2026 年 5 月提供的露天和地下钻探项目总结报告。

11.1 样品采集方法

11.1.1 地质六队采样 (1990' s)

中国地质矿产部西藏中心化验室在 1990 年代对地质 6 队样品进行了样品制备和分析。岩芯样本由机械分割机采集，岩芯一半取样，另一半留作记录。样本间隔一般为 1.0 到 2.0 米。采样地表探槽宽 5 厘米，深 3 厘米，尽量垂直于矿化/蚀变走向。

11.1.2 华泰龙采样 (2008 - 2025)

在对钻探岩芯进行测量和摄影后，地质师对岩芯进行画样并确定样品采样间隔。用岩芯切割机将岩芯切成两半，一半送去样品制备，另一半留作记录。偶尔，样品长度会根据岩芯的地质特征变化，但区间通常由矿化类型决定，矽卡岩型矿化区间为 1.0 米，角岩矿化为 2.0 米，斑岩为一米。整个矿化带连续采样，矿化带两侧的围岩每 2.0 米采样。

11.2 样品制备和分析

11.2.1 地质六队 (1990' s)

样品制备和分析由中国地质矿产部西藏中心化验室根据当时规定进行。尽管没有关于制备和分析的详细信息，贝尔多尔贝尔和隆哥认为基于后续钻探项目样品的类似结果，分析结果是可接受的。

11.2.2 华泰龙 (2008 - 2016)

2008 年至 2024 年间，华泰龙岩芯样品的样品制备和分析由四川成都西南冶金地质分析中心（西南中心）完成，该中心获得中国国家实验室认证委员会认证。采用两阶段破碎和研磨工艺，将颗粒粒径降至负 200 格（0.074 毫米）。样品分裂直到颗粒尺寸缩小至约 1 毫米后才进行。约 400 克的地面样本被送往分析；一份约 500 克的复制研磨样品以及粗废料被存放在岩芯储存仓库中。

金品位通过王水/氟化物消化、再活性炭浓缩和原子吸收光谱法(AAS)确定。铜、铅、锌、钼和银品位通过王水/氢氟酸高氯酸消化和感应耦合等离子体原子发射光谱仪（ICP-AES）或 Ass 程序确定。标准分析方法遵循中国原地质和矿产资源部官方出

版物《地质矿产资源实验室质量管理标准》(DZ0130-94)。

11.2.4 华泰龙 (2017-2025)

2017-2025 年的样品制备方式与 2013 年 2 月 2016 年类似,但由华泰龙检测实验室分析,该实验室已获得中国国家分析实验室认证(注册号#: CNAS L9450)。华泰隆实验室具备对金、农业、铜、钼、铅和锌元素的检测资格。

已遵循以下检测程序:

样品制备: 样品通过钳式破碎机 (GM/EP150×125) 处理至直径 8 毫米,并根据样品原始重量 $Q=k d^2$ ($k=0.4$) 的要求进行减量,减量重量不少于 1.6 公斤。样品进入滚压机 (2PG- ϕ 200×125),加工至直径 1 毫米,进入环保自动收缩机 (GM/2S-A) 进行还原,还原比为 1: 4,机器下方放置两个样品储存箱,盒内样品被手动搅拌混合,从箱中取出 200 克样品,样本量较小,从样本量大的箱子中取出 500 克次级样本,并储存第二样本。样品放入电加热恒温烘干炉 (RK-DRK-4),温度保持在 $105 \pm 5^\circ \text{C}$ 持续 90 分钟,干燥样品依序从前到后经过环保棒磨机 (GM/F2000-B2) 到-200 网格干燥,均匀混合后送往实验室分析。

基本化验: 金被王水溶解,富集聚氨酯泡沫,去除硫脲,采用 AAS 原子吸收石墨炉法($0.01\text{ppm}-0.05\text{ppm}$)和 AAS 原子吸收火焰法($>0.05\text{ppm}$; 当样品中铜含量超过 4.5% 或铅和锌含量大于 12 时,通过片状荧光法(即 X 射线荧光光谱法)测定铜、钼、铅、锌和银 根据 GB/T14353-2010 铜矿石、铅矿石和锌矿石化学分析方法,第一部分: 铜含量测定,第二部分: 铅含量测定,第三部分: 锌含量测定,溶解于王水中,并通过火焰原子吸收光度法测定。

11.3 质量控制

(1) 根据 $Q=Kd^2$ 公式处理样品的整个过程损失率不得超过 5%,每批样品的损失率应检测为 30%,以确认样品是否合格。

(2) 抽样约简误差的分布系数为 0.4、0.2 和 0.1。

(3) 如果累计 30 个样品中有 4 分之 3 的结果系统性地偏高或偏低,或者系统性

误差，或者每批分析样品的 30%结果超过允许的意外误差，应当识别并适当处理原因，如果找不到原因，基础分析样品和检验部分应交由第三方重新工作。整批系统误差样本低于截止级，但误差不超过 50%，需重新处理。

（4）内外样品分析检查体系应按照相关规范实施，样品数量应批量检查和分析，样品数量应检验 40%，低品位样品可检验少于 20%，异常样品应检验 100%。外部检验样品通过密码提取，将 3~5%的样本送往省级实验室检验。

（5）对于用于计算储量的样品，如果累计 30 个样品中有 4 分之 3 的结果系统性偏高或偏低，或存在系统性误差，或者每批分析样品的 30%结果超过允许的意外误差，应识别并适当处理原因。整批系统误差样本低于截止级，但误差不超过 50%，需重新处理。

样品分析的内外检验体系按照相关规范实施，样品数量应批量检查和分析，样品内部检验比例为 40%，低品位样品可检查少于 20%，异常样品应 100%检查。外部检验样品从内部检验样品中提取密码，3~5%的样本送往省级实验室进行检验。

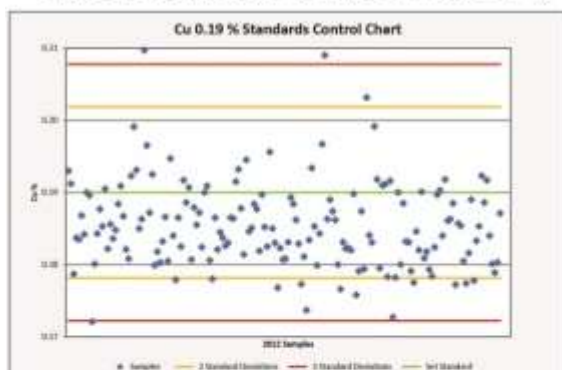
根据国际标准 43-101，样品分析过程需要实时跟踪和测试。这主要通过和分析过程中为每个 50 个样品插入空白样、标准样和重复样本来实现。

11.3.1 标样

2012 年三种标准的分析结果报告如图 11.1 -11.2 所示。4 图中还显示了期望集合值（绿色）、 ± 2 个标准差 QC 警告限值（红色）和 ± 3 个标准差 QC 失效限值（红色）。

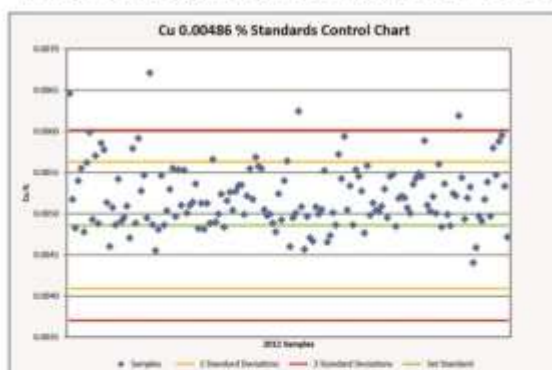
标准样分析总体上产生了可接受的结果，但仍有改进空间，尤其是标准 GBW07294 的银成分，平均结果显著高于预期，且 26%的样品超出失效极限。

Cu Ore Standard 2 (GBW07234)

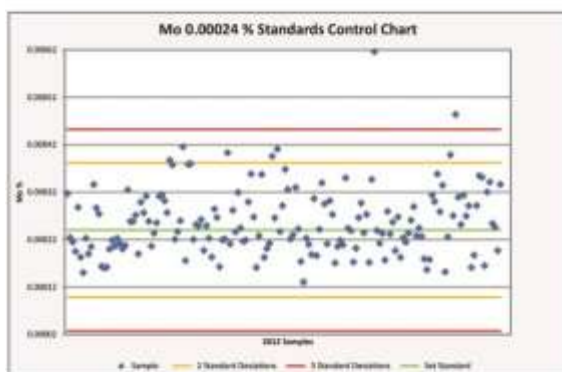


Cu 0.19%: 48.8% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 89.8% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 97.6% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.

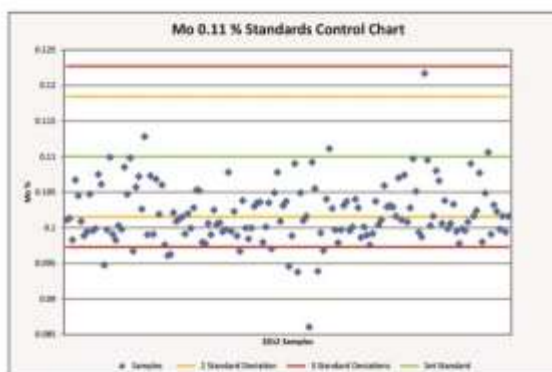
Mo Ore Standard 2 (GBW07239)



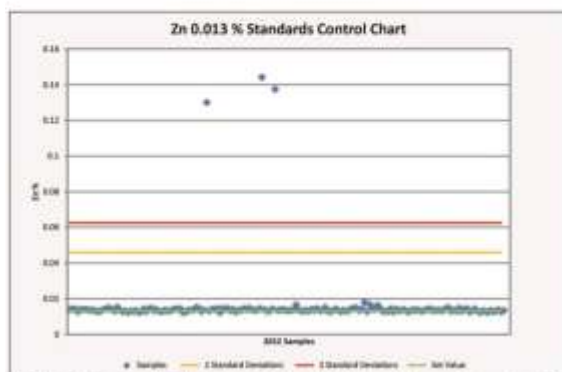
Cu 0.00486%: 59.7% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 87.7% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 97.4% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.



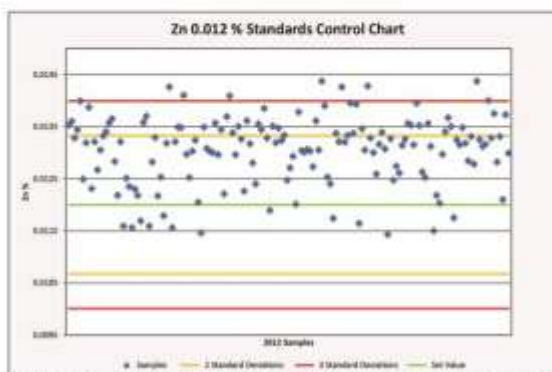
Mo 0.00024%: 72.3% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 94.5% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 98.8% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.



Mo 0.11%: 16.9% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 47.4% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 92.9% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.



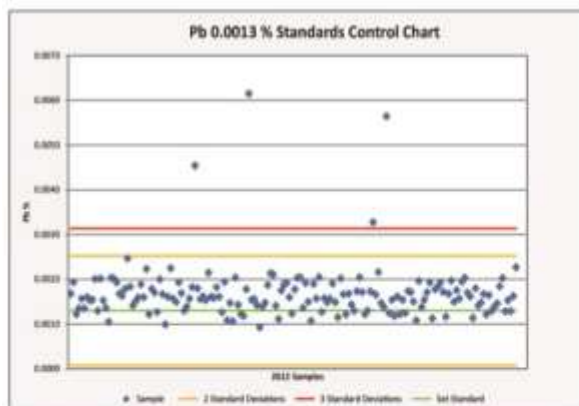
Zn 0.13%: 98.2% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 98.2% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 98.2% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.



Zn 0.12%: 25.3% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 64.9% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 94.2% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.

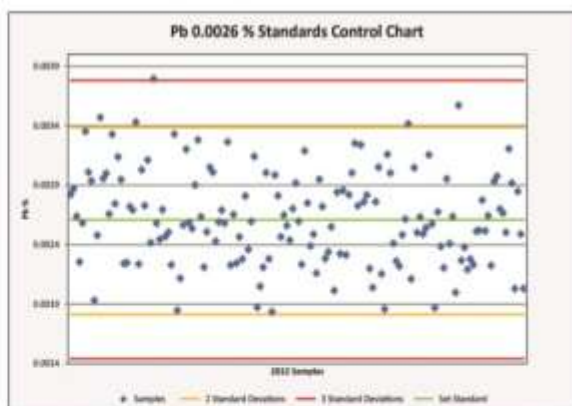
图 11. 1 标准样分析值的变异

Cu Ore Standard 2 (GBW07234)

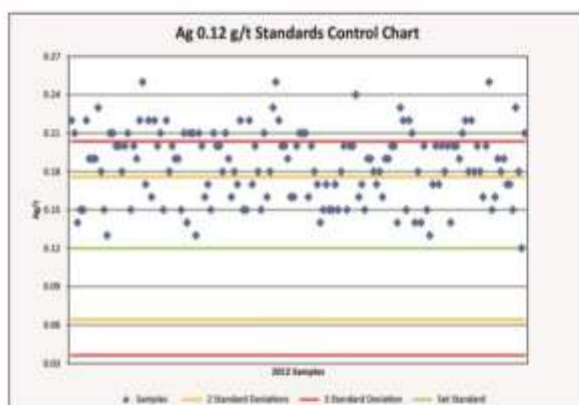


Pb 0.0013%: 65.7% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 97.6% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 97.6% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.

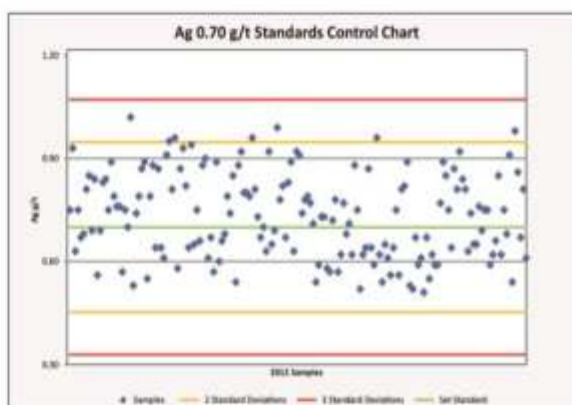
Mo Ore Standard 2 (GBW07239)



Pb 0.0026%: 68.2% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 96.7% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 99.4% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.

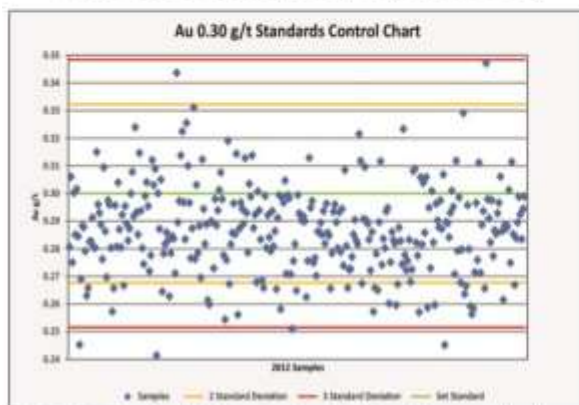


Ag 0.12 g/t: 7% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 35% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 74% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.



Ag 0.7 g/t: 63% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 95% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 100% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.

Au Ore Standard 2 (GAu-15)



Au 0.3 g/t: 54.4% of results fall within ± 1 standard deviation of the expected grade, 86.6% of results fall within ± 2 standard deviations of the expected grade and 98.8% of results fall within ± 3 standard deviations of the expected grade.

图 11. 2 标准分析值的变异 (接上页)

11.3.2 重复样

2012 年共抽样了 299 个重复样本, 平均每 50 个样本中插入 1 个重复样本。对提

供给 Mining One 的数据散点图（图 11.3）的回顾显示，所有测试元素的原始样品与重复样品之间存在强烈相关性。观察到数据存在细微差异，但对这些数据的综述认为这种变异是自然现象，而非与样品制备或分析技术相关的偏倚。

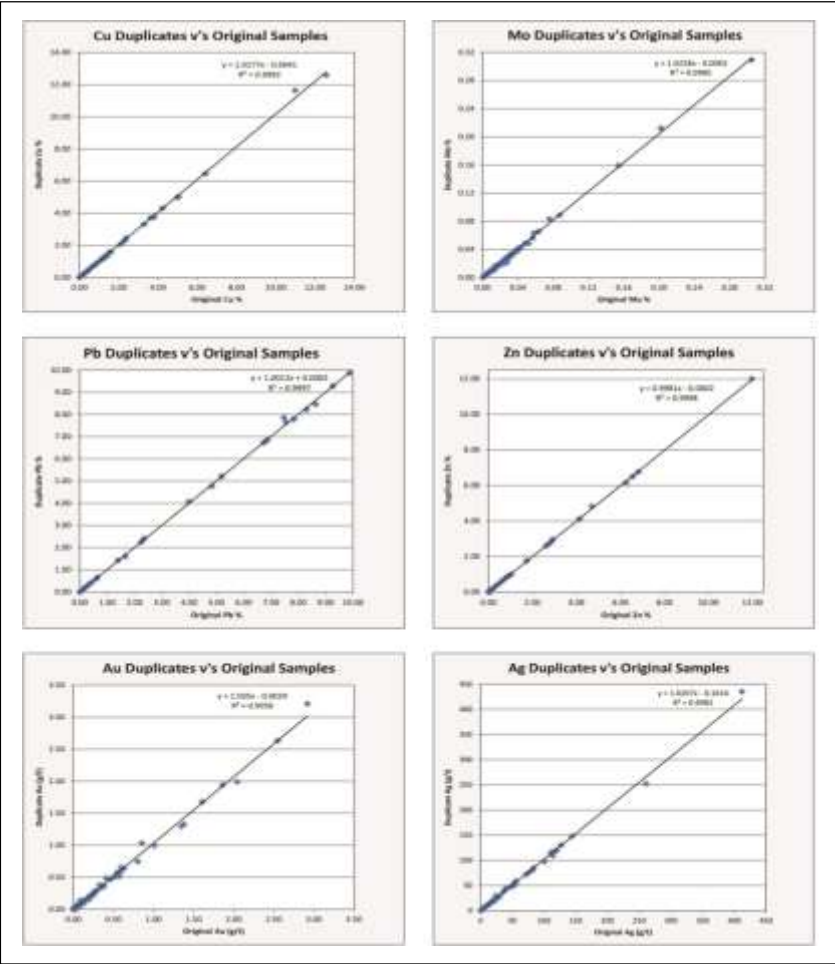


图 11. 3 重复样分析结果的相关图

2022-2025 年以平均每 50 个样本中 1 个的比率插入样本系列。对提供的数据散点图（图 11.4）的回顾显示，所有测试元素的原始样品与重复样品之间存在强烈相关性。观察到数据存在细微差异，但对这些数据的综述认为这种变异是自然现象，而非与样品制备或分析技术相关的偏倚。

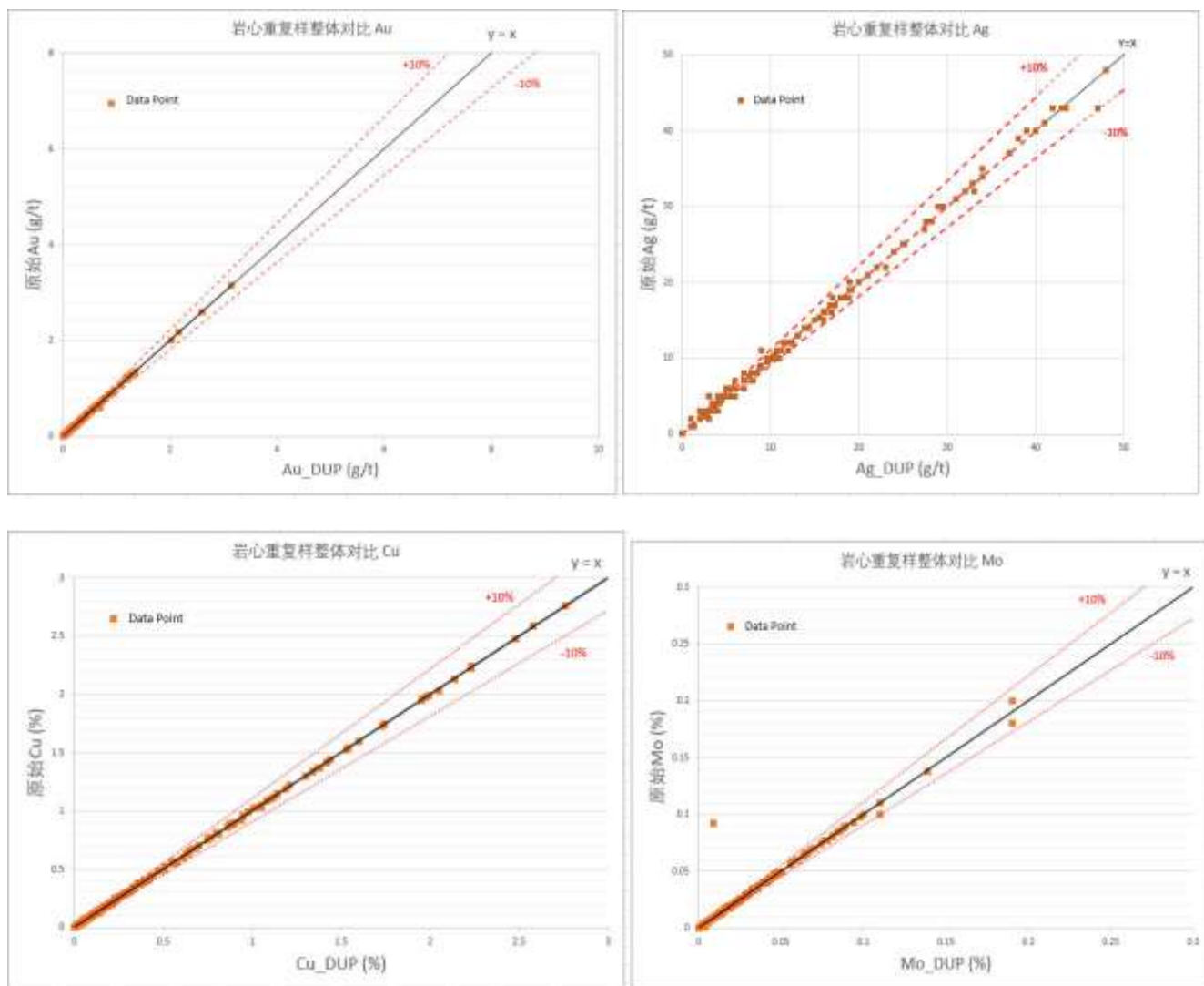


图 11. 4 2022-2025 年重复样本分析结果的相关图

11.3.3 空白样

2012 年分析了 319 个空白题。与设定标准值相比, Mining One 认为空白材料报告的检测值(图 11.5) 在可接受范围内。

图 11.5 空白分析, 检测限用红色标注。金和银检测限 0.01 克/吨。铜、钾、锌和铅检测限 0.0001%。

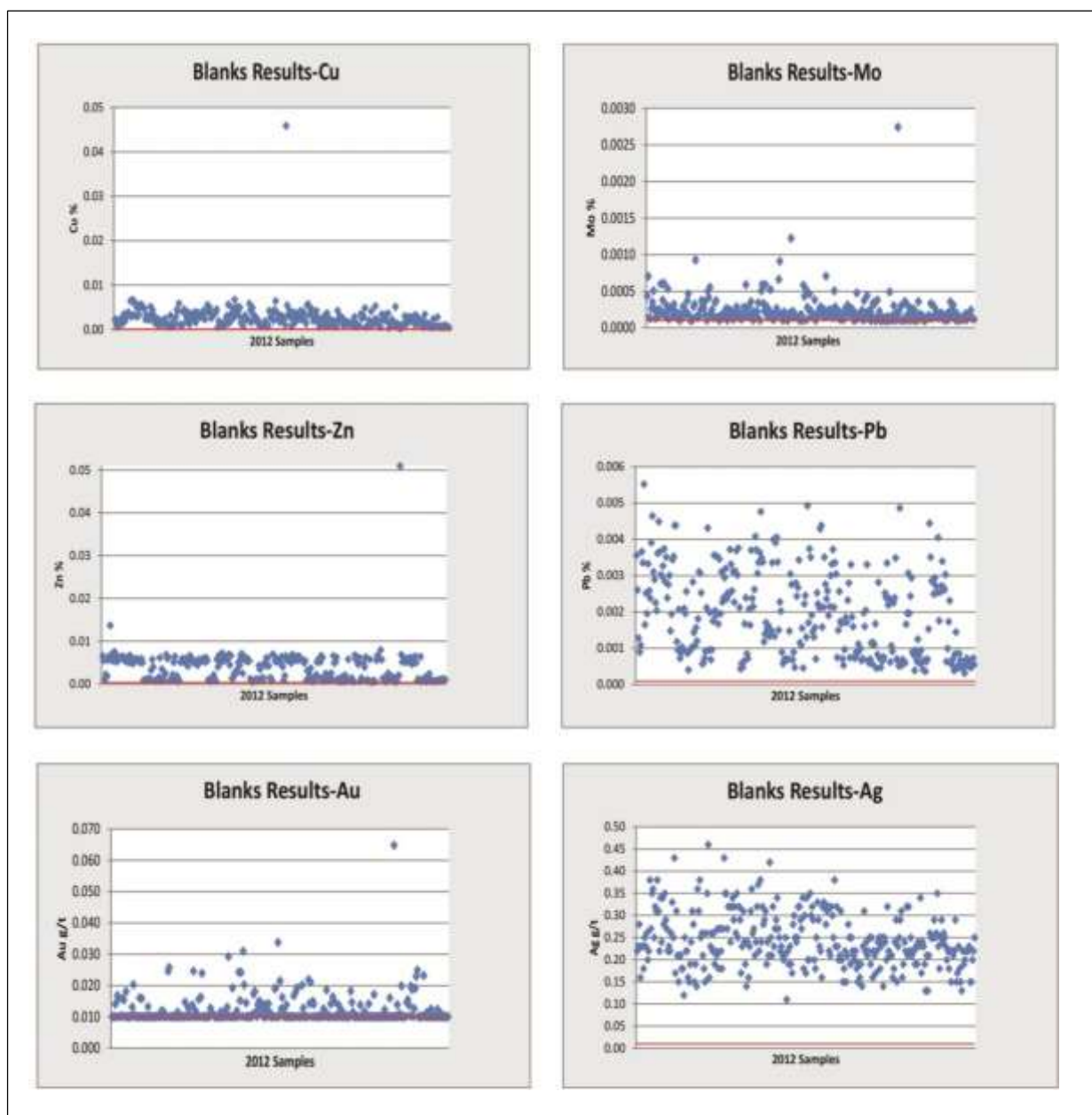


图 11. 5 空白样分析，检测限用红色标注。金和银检测限 0.01g/t, 铜钼铅锌检测限 0.0001%

2017-2025 年间分析了 486 个空白样。 与设定标准值相比，全部合格。

11.4 结论

基于对钻探、采样、取样准备、分析及质量保证/质控数据的审查，斯图矿业认为甲玛项目样品制备分析和质量监控符合行业标准，适合矿产资源估算。

12 数据核实

12.1 合资格人现场考察

从 2010 年到 2024 年，报告的合资格人之一郭英廷博士多次进行现场考察并对矿产资源量估算数据和采矿作业进行了审查和评估（图 12.1）



图 12.1 郭英廷博士考察甲玛地下矿山

本才报告期间，长春院专业人员对甲玛项目的资料审查内容包括钻探坐标、高程和钻孔方位，角度、井下勘测数据、地质和矿化特征、测量以及矿体比重（SG）数据。这些审查未发现可能影响矿产资源和储量估计的重大错误。

2026 年 4 月 22-26，两位合资格人（QP）张广篇先生、郭英廷博士及团队成员进行了甲玛现场考察（图 12.2-12.3），内容包括地下矿山实地考察、钻芯审查、采样程序、地表钻探、地质测量、验证样品采集、露天和地下采矿作业、尾矿坝、加工厂等。审查了样品测试制备和测绘数据，并与矿山自有矿产资源与储量模型进行了比较讨论和验证。



图 12. 1 张广篇先生（QP）于 2026 年 4 月考察角岩露天采矿坑



图 12. 2 长春院团队于 2026 年 4 月考察期间现场采集验证样品

12.2 2011 年前的数据验证

1990 年、2008 年至 2009 年和 2010 年钻探项目的数据验证此前已在 2012 年 3 月的贝尔多尔贝尔公司报告《中华人民共和国西藏自治区墨竹工卡甲玛铜多金属项目资源更新报告》中做了总结。隆格咨询在其 2012 年报告中对甲玛 2011 年钻探数据进行了验证及质量保证审查。中国黄金集团中金地质勘探公司于 2022 年 6 月发布的西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属矿床资源验证报告中亦对 2017-2019 年勘探数据进行了审查和验证。

以上审查和验证未发现任何可能对资源估算产生实质影响的问题。

12.3 2017-2025 年华泰龙甲玛项目样品分析的内检和外检

基本分析样品的内部检查在甲玛矿山实验室进行，提取含铜 $\geq 0.2\%$ 的粗二级样品（共 3,541 件），铜含量 0.2%，用于内部检查和分析。基于通过内部检查样品，提取并重新编号的正样品和残余样品，送交标准技术服务（天津）有限公司进行分析外检。外部检测实验室拥有国际和中国国家计量认证资格（证书编号：160200340127）。甲玛项目 2017-2025 共抽样 823 个样本进行内部检查，采样率为 23.24%。样品内外检验分析结果的资格判断应依据《地质矿产实验室检测良好管理规范》（DZ/T 0130-2006）进行，内外部检验分析结果与基本分析结果之间的相对偏差在允许范围内。根据相关等级以上内部检验通过率统计，铜的通过率为 98.11%，钼的通过率为 98.35%，铅的通过率为 97.79%，锌的通过率为 97.85%，黄金的通过率为 98.11%和 97.19%，银的通过率为 96.00%（见表 12.1）。外部检查中提取了 368 件物品，采样率为 10.39%。根据相关等级以上外部合格检验率的统计，铜合格率为 93.21%，钼合格率为 98.72%，铅合格率为 92.59%，锌合格率为 92.68%，黄金合格率为 96.05%，银合格率为 94.94%（表 12.1）。

表 12. 1 甲玛矿区样品化验内外检结果总结

元素	结果	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Cu	样品合格数	12	3	3	6	1	25
	合格率 %	92.68	95.83	90.91	90.16	97.37	93.21
Mo	样品合格数	0	1	1	1	0	3
	合格率 %	100.00	98.25	96.67	97.67	100.00	98.72
Pb	样品合格数	5	0	1	0	0	6
	合格率 %	90.74	100.00	90.00	100.00	100.00	92.59
Zn	样品合格数	3	0	0	0	0	3
	合格率 %	91.18	100.00	100.00	100.00	0.00	92.68
Au	样品合格数	3	2	2	3	2	12
	合格率 %	97.39	97.01	93.75	94.92	93.55	96.05
Ag	样品合格数	9	2	2	4	1	18
	合格率 %	94.12	97.22	93.44	93.33	97.37	94.94

12.4 2026 年现场采样验证

2026 年现场考察期间，从露天、地下采矿井和地表钻孔岩芯采集 7 个验证样品，并送往中国天津 SGS 实验室，进行铜、金、钼，银、铅和锌的检测。验证样品信息（表 12. 2）的分析结果与矿山生产数据及对比列于下表 12. 2 和 12. 3。

表 12. 2 验证样品信息

编号	位置	样品	取样位置			
			区域	X (米)	Y (米)	Z (米)
HJL-J1	角岩露天采场	块样	生产区	380281	3286595	5032
HJL-J2		块样	采区边部	380210	3288128	5045
HJL-J3		块样	生产区	380207	3287712	5015
HJL-J4	南部露天采场	块样	采场	380129	3285232	4880
HNL-J1		块样	采场	380163	3285262	4878
HD-J1	地下采场	块样	4460-1-1-4	379325	3288412	4460
HW-J1	ZK003, 133.7 米处	岩芯	外围	378891	3287198	4792

表 12. 3 验证样品分析结果与矿山生产数据及对比

编号	取样范围原始品位					
	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Mo (%)
HJL-J1	0.32	—	—	0.10	4.37	0.02
HJL-J2	0.33	—	—	0.05	1.77	0.01
HJL-J3	0.48	—	—	0.06	1.73	0.03
HJL-J4	0.81	1.59	0.99	0.21	30.95	0.01
HNL-J1	0.63	1.52	1.01	0.18	29.01	0.01
HD-J1	0.98	—	—	0.49	24	0.06
HW-J1	0.004	0	0.007	0.02	0.52	0.002
	2026年6月天津SGS化验结果					
HJL-J1	0.66	0.01	0.004	0.07	1.8	0.016
HJL-J2	0.316	0	0.001	0.03	1.3	0.0069
HJL-J3	0.606	0	0.002	0.03	1.4	0.015
HJL-J4	2.14	0.04	0.021	0.59	46.5	0.0047
HNL-J1	2.7	0.02	0.153	1.21	56	0.0025
HD-J1	1.34	0	0.007	0.88	28.8	0.013
HW-J1	0.073	0.01	0.01	0.03	2.2	0.014
	验证样品品位与矿山生产品位比较					

HJL-J1	0.34			-0.0254	-2.5713	-4E-04
HJL-J2	-0.01			-0.02	-0.47	-0.003
HJL-J3	0.126			-0.03	-0.33	-0.012
HJL-J4	1.33	-1.6	-0.97	0.38	15.55	-0.005
HNL-J1	2.07	-1.5	-0.86	1.03	26.99	-0.008
HD-J1	0.36			0.39	4.8	-0.047
HW-J1	0.069	0.01	0.003	0.01	1.68	0.012
备注	验证样品品位高为正值，低为付值（-）					

由对比结果可以看出，7 个验证样品中铜有 6 件样品变化为正值，HNL-J1 样品验证品位高出矿山估计品位 2%。金和银各有四件样品验证品位高于矿山估计品位，钼是 6 件样品品位高于矿山报告品位。

12.5 结论

基于对钻探、取样、样品准备、分析及质量保证/质控数据的审查和现场取样验证，报告作者认为甲玛项目的样品符合行业标准，适合矿产资源估算。

13 选矿工艺

13.1 试验工作概述

甲玛矿区目前可开采的主要的矿石类型为矽卡岩型铜铅锌矿石、矽卡岩型铜钼矿石和角岩型铜钼矿石。

华泰龙公司多年来针对甲玛矿区的三种主要矿石类型分别开展了多次选矿试验研究，并在实际生产过程中不断优化选矿流程和药剂制度，以下就典型的选矿试验报告进行简述。

13.2 矽卡岩型铜铅锌多金属矿石选矿试验

2008 年，为合理开发西藏甲玛铜铅锌多金属矿资源，华泰龙公司委托北京矿冶研究总院对甲玛铜铅锌多金属矿石开展实验室流程试验，确定选矿工艺流程，并提出选矿回水应用的技术方案。

（1）矿石类型和工艺矿物学特征

矿物组成研究表明，该矿是含铜、铅、锌、钼、金、银等多金属复杂硫化矿石，这些有价金属基

本上均以各自的独立矿物形式存在：铜主要以黄铜矿形式存在，其次是斑铜矿、辉铜矿，微量的铜蓝及以浮层形式存在的氧化铜；铅、锌、钼、锑分别以各自的独立矿物——方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、辉锑矿的形式存在；除这些矿物外，矿石中还存在有与有用矿物密切共生的黄铁矿、胶黄铁矿及极少的毒砂等金属硫化矿物。

在矿石中，金属硫化矿物密切共生，常构成两种或多种金属硫化矿物共生组合嵌布在以石榴石-碳酸盐、长石-石英-碳酸盐、透闪石-阳起石为主体的脉石矿物中。矿石中脉石矿物的种类也较多：主要有石榴石、长石、石英、方解石、白云石、透闪石、阳起石，另有少量绿泥石、绢云母、透辉石、硅灰石等。

主要化学成分分析结果见表 13.1。

表 13. 1 原矿主要化学成份分析结果（%）

元素名称	Cu	Pb	Zn	S	Fe	Mn	As	SiO2
含量	1.38	2.44	1.1	2.42	10.07	0.3	0.069	39.1
元素名称	CaO	MgO	Al2O3	Mo	WO3	Au（g/t）	Ag（g/t）	
含量	28.89	1.21	4.21	0.025	0.054	0.55	61.32	

试验表明在磨矿细度为 70%为-0.074mm，选用“铜铅混合浮选再分离-锌浮选”选矿工艺流程进行全流程清水闭路试验。

此外，选矿试验过程中，还对锌尾矿回水做了对铜铅混合粗选影响试验和全程不同比例回水闭路试验以及铜精矿中选钼探索试验。建议在今后选厂选矿过程中多采用清水，并建设适当规模的回水处理车间，科学合理的利用一定比例的生产回水。

对铜精矿中的选钼探索试验表明，通过铜精矿再磨后浮选回收钼的开路试验，并选用巯基乙酸盐作为铜钼分离的抑制剂，经过一次再磨一次分离粗选和二次精选回收钼。初步表明从铜精矿中回收钼是可行的。

13.3 低品位角岩型铜钼矿石混合浮选试验

2011 年华泰龙公司二期工程（4 万 t/d）开发利用甲玛低品位角岩铜钼矿，委托西北矿冶研究院对其角岩矿体代表性岩心矿样进行实验室流程试验。目的是通过试验获得经济合理的选矿工艺流程指标及药剂制度，为建厂设计及选矿工业生产提供可靠的技术依据。

（1）矿石类型和工艺矿物学特征

通过对原矿的主要化学成分和微量组分分析表明：矿石中 Cu 已达到矿石边界品位，并接近矿石工业利用品位，Mo 达到伴生组分要求，可综合回收。而其他伴生组分含量较低，未达到边界利用品位。

物相分析和镜下鉴定结果表明：铜钼矿物均以原生硫化物为主，氧化物含量较少。铜矿物主要有黄铜矿、铜蓝、黝铜矿、蓝辉铜矿及少量的斑铜矿；钼矿物主要为辉钼矿，同时含极少量的氧化钼矿物。除这些矿物外，矿石中还存在有少量的黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、磁铁矿、褐铁矿、白铁矿等金属硫化矿物。非金属矿物有石英，绢云母、粘土、绿泥石、长石、方解石、辉石、角闪石等。结合元素分析表 13.2。

表 13. 2 原矿多元素分析结果（%）

元 素	Cu	Mo	Pb	Zn	S	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃
含量（%）	0.38	0.015	<0.01	0.14	1.23	2.15	68.65	13.51
元 素	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	As	P	
含量（%）	0.56	1.07	4.96	1.13	0.66	<0.05	0.074	

(2) 试验流程及结果

根据全开路试验确定的工艺流程和药剂条件，进行了闭路试验。选用“铜钼混合浮选”工艺流程进行全流程闭路试验，结果表明：铜钼混合浮选效果良好。

铜钼分离探索试验结果表明，硫化钠法并添加铜抑制剂 T17 和诺克斯法均能获得较好的铜钼分离指标，但诺克斯法在现场不易制备和储存，成本较高，而 T17 药剂成本较低，现场容易实施。故铜钼分离抑制剂选用 T17。试验结果表明，在选择合适的药剂种类及用量条件下，铜钼是可分离的。但是由于原矿钼品位很低，受试验室浮选设备条件的限制，其工艺指标有待于通过采取现场生产铜精矿进行详细的铜钼分离试验研究以进一步验证，该结果只能定性说明铜钼分离的可行性。

13.4 矽卡岩型铜钼矿石选矿试验

2016 年，受华泰龙公司委托，长春黄金研究院对甲玛矽卡岩型铜钼矿石进行实验室小型流程试验，解决铜钼分离技术难题，对矿石的浮选特性及流程结构进行更加深入的研究。

采集的铜钼原矿石，采用优化后生产流程和药剂制度进行闭路试验，在实验室条件下，铜钼原矿石混合浮选制备的混合精矿采用一粗、两扫、九精、精四泡沫再磨、中矿逐级返回的流程进行闭路试

验研究。

13.5 砂卡岩与角岩混合型铜钼矿石铜钼分离试验

2021 年，受华泰龙公司委托，东北大学对华泰龙公司选矿二厂砂卡岩与角岩混合型铜钼矿石进行实验室流程试验，对混合精矿工艺矿物和铜钼浮选分离展开试验研究，提出高效的分离浮选工艺流程。

根据一系列条件试验研究结果，进行混合精矿实验室型闭路全流程试验，采用“一粗七精二扫”流程，流程中使用联合硫氢化钠+巯基乙酸钠，配合新药剂 AT208，在水玻璃和煤油以及对精矿进行擦洗作业的联合作用下，可以获得理想指标。

13.6 评述

针对矿区矿石类型多、组分复杂、共生紧密、品位差异大的特点，逐步开展差异化浮选工艺试验研究。试验依次确立了铜铅锌多金属分级回收、低品位铜钼混合浮选、精细化闭路分选、多药剂联合分离等适配工艺，持续优化药剂与流程，旨在解决多金属分离难题。

目前仍存在低品位钼回收指标待工业验证、回水利用未规模化等问题。相关成果有效指导了现场生产，提升了资源回收率，后续可深化低品位钼回收利用研究。

14 矿产资源量估算

14.1 引言

资源估算方法将矿化单元与岩性相结合，构建完整的三维（3D）实体和块体模型。矿化体的界定采用 0.3% Cu 的边界品位（在局部区域，当钼、金、银、铅或锌含量显著时，使用 0.2% Cu 的边界品位）。将数据库中的孔位（collar）、测斜（survey）、品位分析（assay）、岩性（lithology）及比重（SG）数据以 csv 格式文件的形式导入 Leapfrog 软件。

在 Leapfrog 中，使用径向基函数插值（RBF 插值）根据组合样品铜品位以及明显的钼、金、银、铅和锌（如适用）创建矿化体（域）。

铜、钼及其他金属的块状模型，以及比重（SG）均采用普通克里金法（OK）和局部变量方向性（动态各向异性）进行块建模。

14.2 矿化体（矿化域）圈连

甲玛地区的估算区域/矿化体是通过结合地质和矿化而确定的。矿化体的定义采用一个近似的品位上限/阈值，即 0.3% 的铜（在有明显钼、金、银、铅、锌元素矿化的局部，采用 0.2%）以确保所

创建的矿化体（矿化域）涵盖了所有重要的铜矿化以及钼、金、银、铅和锌的矿化情况。建立矿化体（矿化域）时，排除了当前露天采坑已经消耗的资源（图 14.1，以及图 14.2 和 14.3），在建模时以当前地形（即排除当前露天矿开采出的样本）作为上界。矿化体（域）是通过将组合铜品位以及显著的钼、金、银、铅和锌（如适用）与 Leapfrog 中的径向基函数插值器（RBF 插值器）相结合来创建的。

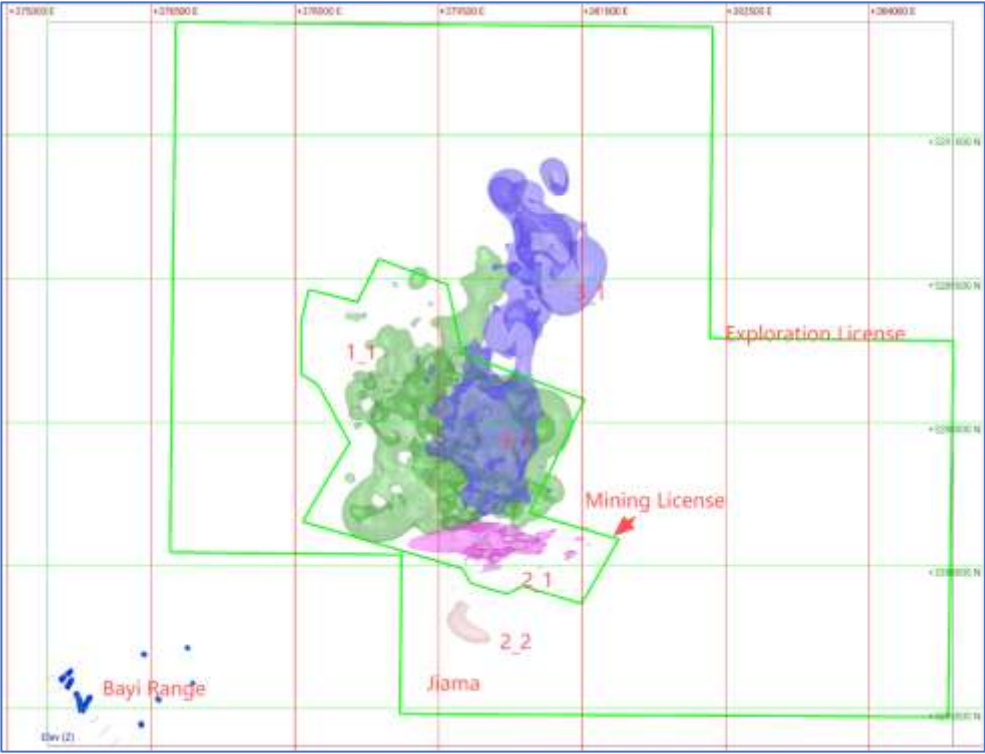


图 14. 1 甲玛采矿权和探矿权区的矿化体（矿化域）

采用北京 54 坐标系 3 度带，带号 31（除非额外声明，本章所有坐标都采用该坐标系）。

这里共形成了 4 个矿化域/矿化体，其中域 1_1 主要由矽卡岩-大理岩构成，主要位于斑岩之上；域 3_1 主要由角岩和一些脉状斑岩构成；域 2_1 和 2_2 主要由矽卡岩构成，位于斑岩旁边（图 14.3）。为了进行资源评估，各区域之间的接触关系被视为硬接触。每个区域 1_1、2_1 和 3_1 包含许多不同的线框（图 14.2，14.3）。矿化体 2_1 和 1_1 中 Cu、Mo 和 Au 较高。

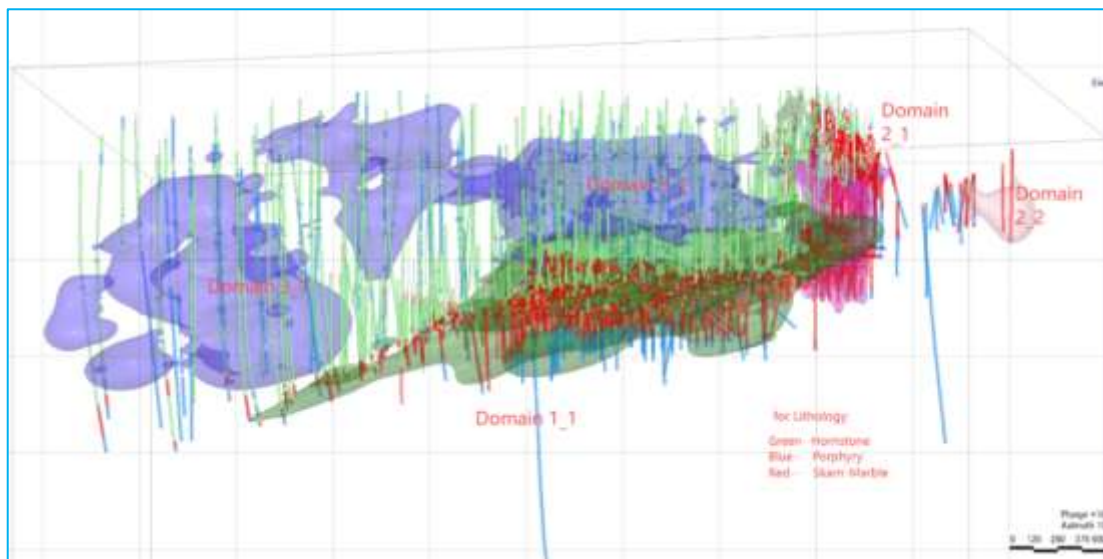


图 14. 2 矿化体（矿化域）与岩性的对应关系

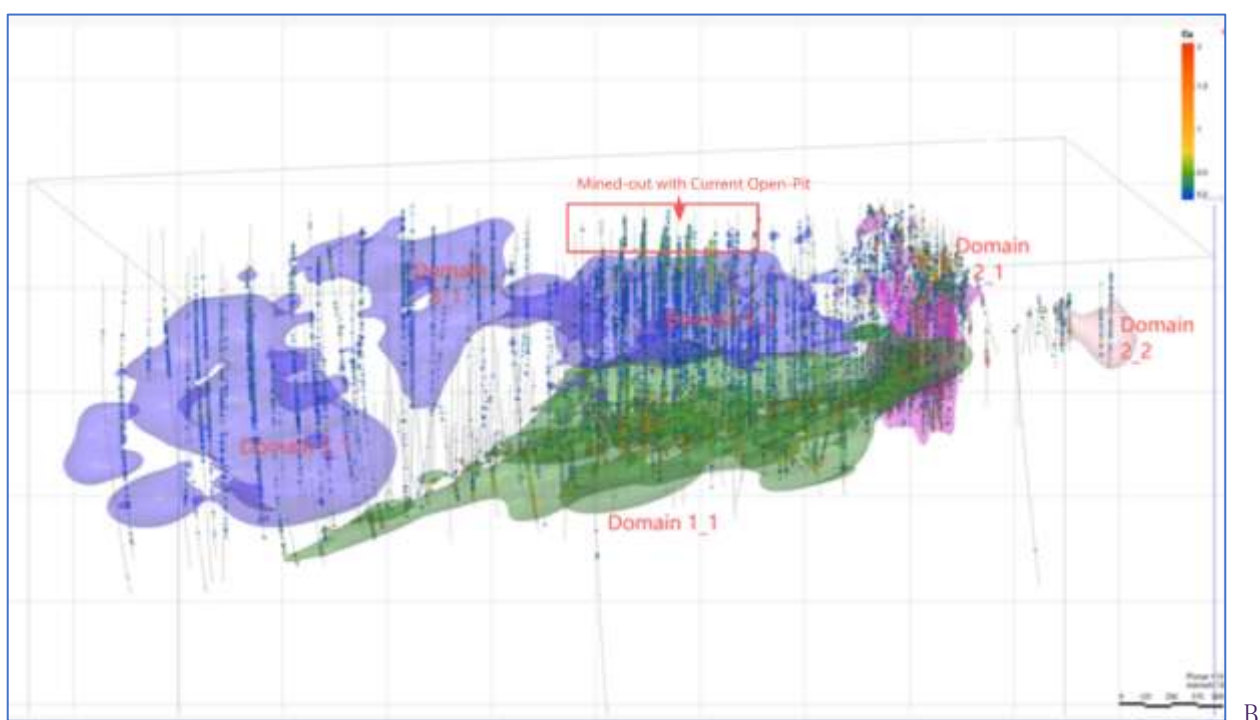


图 14. 3 所圈定矿化体（矿化域）铜品位的对应关系

14.3 模型形状

矿化域（矿化体）在南部较浅（甚至会暴露在地表之上），而在北部则较深。矿化体 2_1 和较小的矿化体 2_2 位于南部且较浅。矿化体 3_1 位于矿化体 1_1 之上，沿着呈厚板状的砂卡岩延伸，倾角为 35° 倾向 25°。域 2_2 的走向为 90°，几乎呈垂直状，位于域 1_1 的南部端部。请参见图 14.1 和 14.2, 14.3。

14.4 特高品位处理

首先，将钻孔样本按照地层接触面进行分组，按照 1 米样长进行组合（对 3_1 矿化体采用 2 米

样长组合)，然后进行特高品位处理。特高品位的处理依据的是直方图和对数概率图分析、变异系数 (CV) 以及高品位样本的空间分析。对于数据量有限的区域，采用了较低的特高品位阈值 (以分布的比例表示)。通常情况下，最高品位区域是聚集分布的，并且钻孔之间具有良好的连通性。因此，这些域要么不进行特高品位处理，要么仅进行轻微的特高品位处理。在进行估算之前，必要时会对每个矿化域分别进行特高品位处理 (表 14.1)。

铜品位的异常值是根据相应矿化区域内的铜值的对数概率得出的。详细的异常值见以下图表（图 14.4, 14.5, 14.6, 14.7）。对于域 2_2, 无需进行异常值封顶处理。而对于矿化域 1_1 和 3_1, 仅需要不到 0.1% 的样本 (Rossi & Deutsch, 2014 年) 即可满足要求 (表 14.1)。

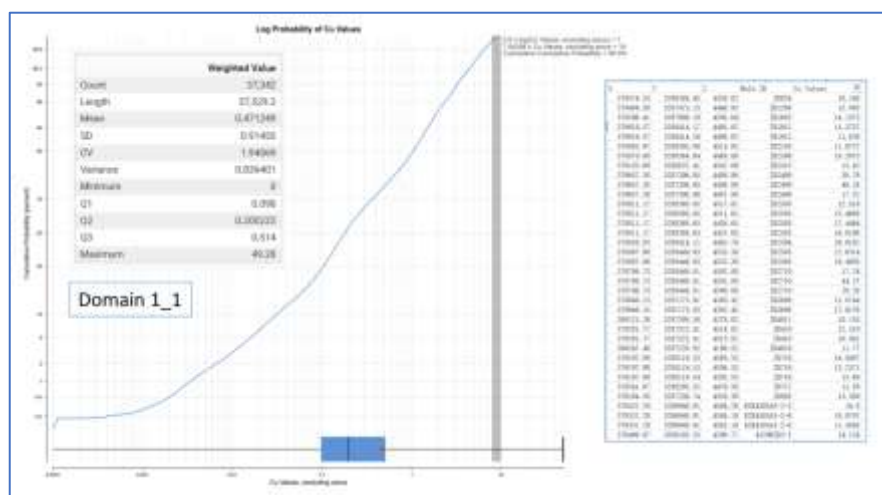


图 14.4 矿化体 11 的 Cu 品位对数概率分布和高于特高品位的样品

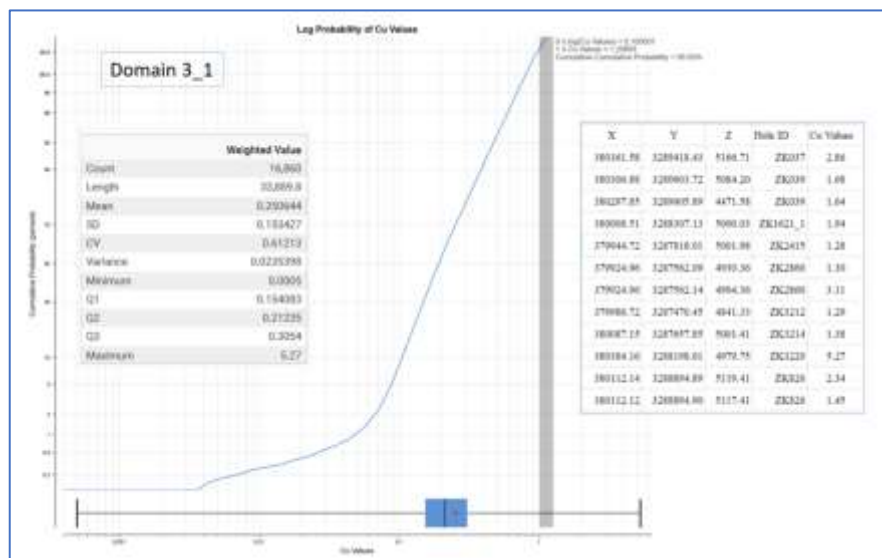


图 14.5 矿化体 31 的 Cu 品位对数概率分布和高于特高品位的样品

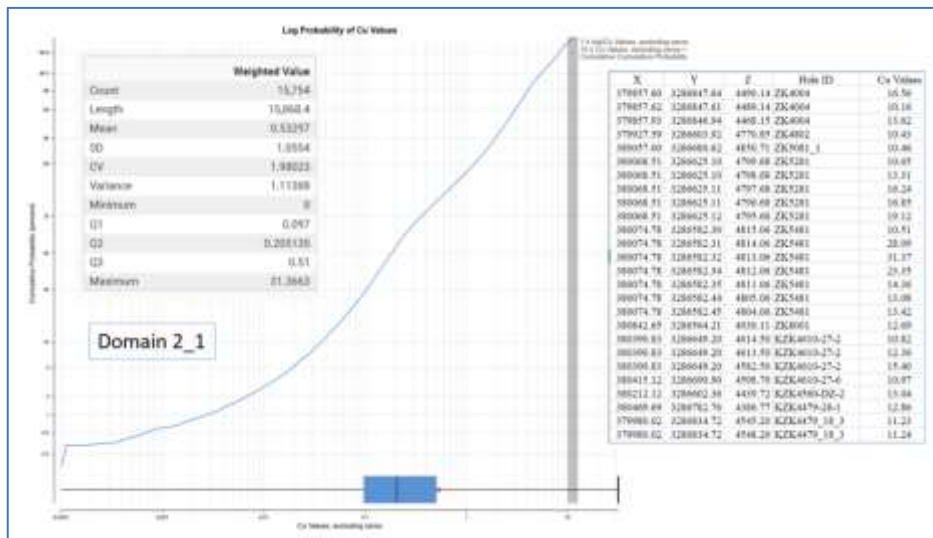


图 14. 6 矿化体 2_1 的 Cu 品位对数概率分布和高于特高品位的样品

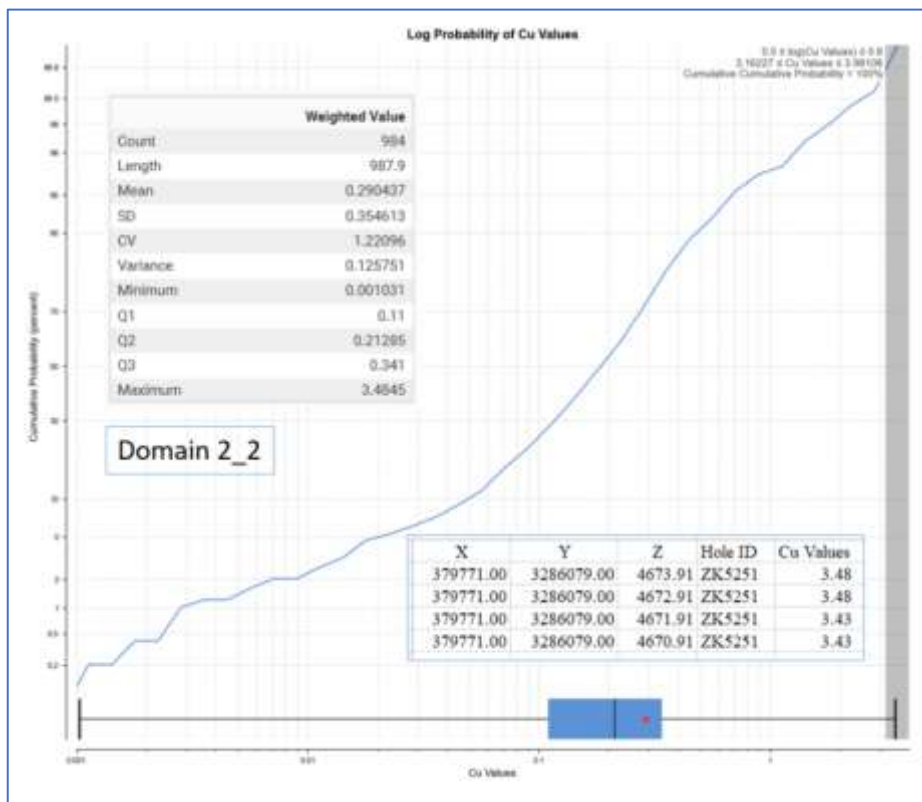


图 14. 7 矿化体 2_2 的 Cu 品位对数概率分布和高于 3.0%的样品

表 14. 1 组合样品后每个矿化域样品的特高品位处理统计表

Domain	Outlier values Cu %	Sample capped	Total samples within the domain	Ratio of Capped sample to total sample within the domain
1_1	10	36	37342	0.096%
3_1	1.26	12	16860	0.071%
2_1	10	26	15754	0.165%
2_2	only 4 samples with Cu % higher than 3%	26	984	

14.5 矿化域（矿化体）模型的表面精度

表面建模和块状模型估算均限于界定矿化区域和边界所划定的范围之内。对于 1_1、2_1、3_1 和 2_2 这些区域，表面采用了基本分辨率为 50 米×50 米、最大搜索距离为 12.5 米至 50 米的生成方式（即数据更多且分辨率更高）（见图 14.8）。

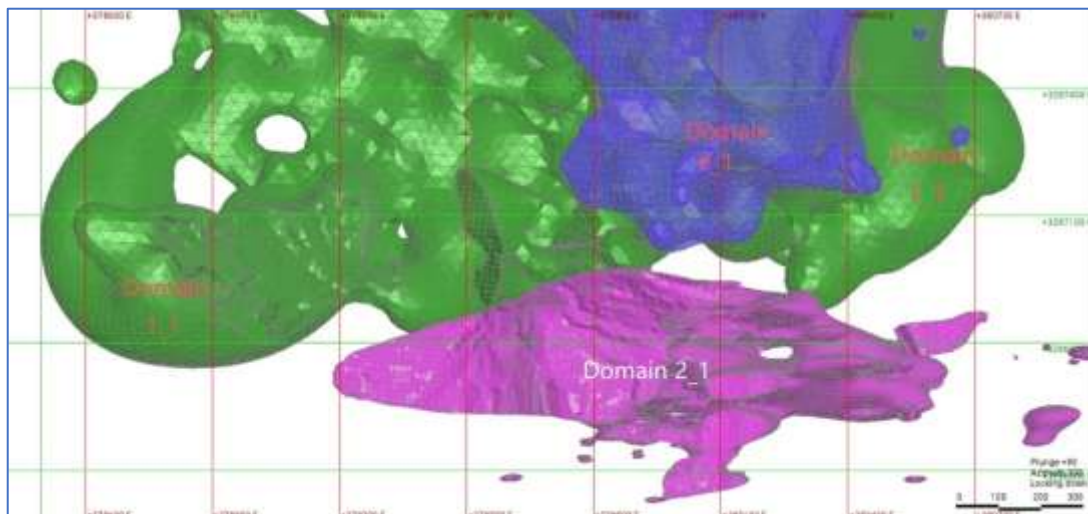


图 14.8 矿化域 1_1、2_1 和 3_1 表面的网格化精度展示

14.6 勘探数据分析（EDA）

矿化域内的铜品位分布呈正偏态分布，但总体上较为明确，几乎没有异常值。较高品位的矿化域通常呈聚集状态，并受岩石类型（如矽卡岩/大理岩）的控制。相关直方图和概率图见图 14.9 和图 14.10。对矿化域 1_1、2_1 和 2_2 样本均按 1 米进行组合，对 3_1 按照 2 米组合（图 14.10）。并且采用了硬边界来划分区域，以实现铜含量在区域边界外的急剧下降（图 14.9）。这里的硬边界意味着在建模时仅考虑边界内的样本。

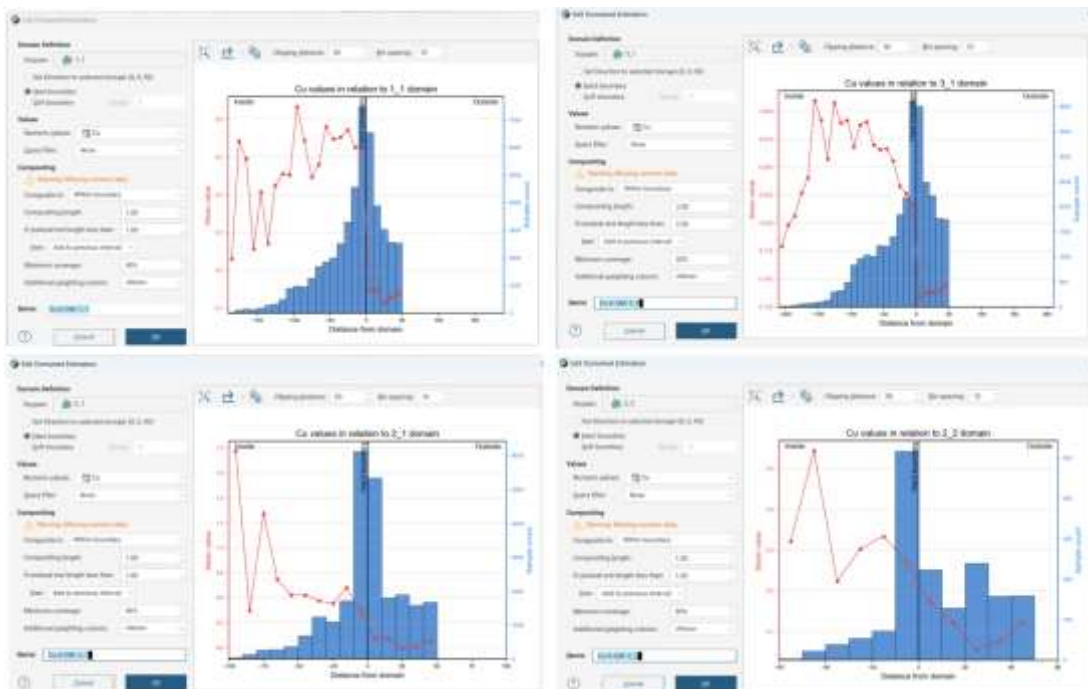


图 14. 9 矿化体 1_1, 2_1, 2_2, and 3_1 圈连和样长组合

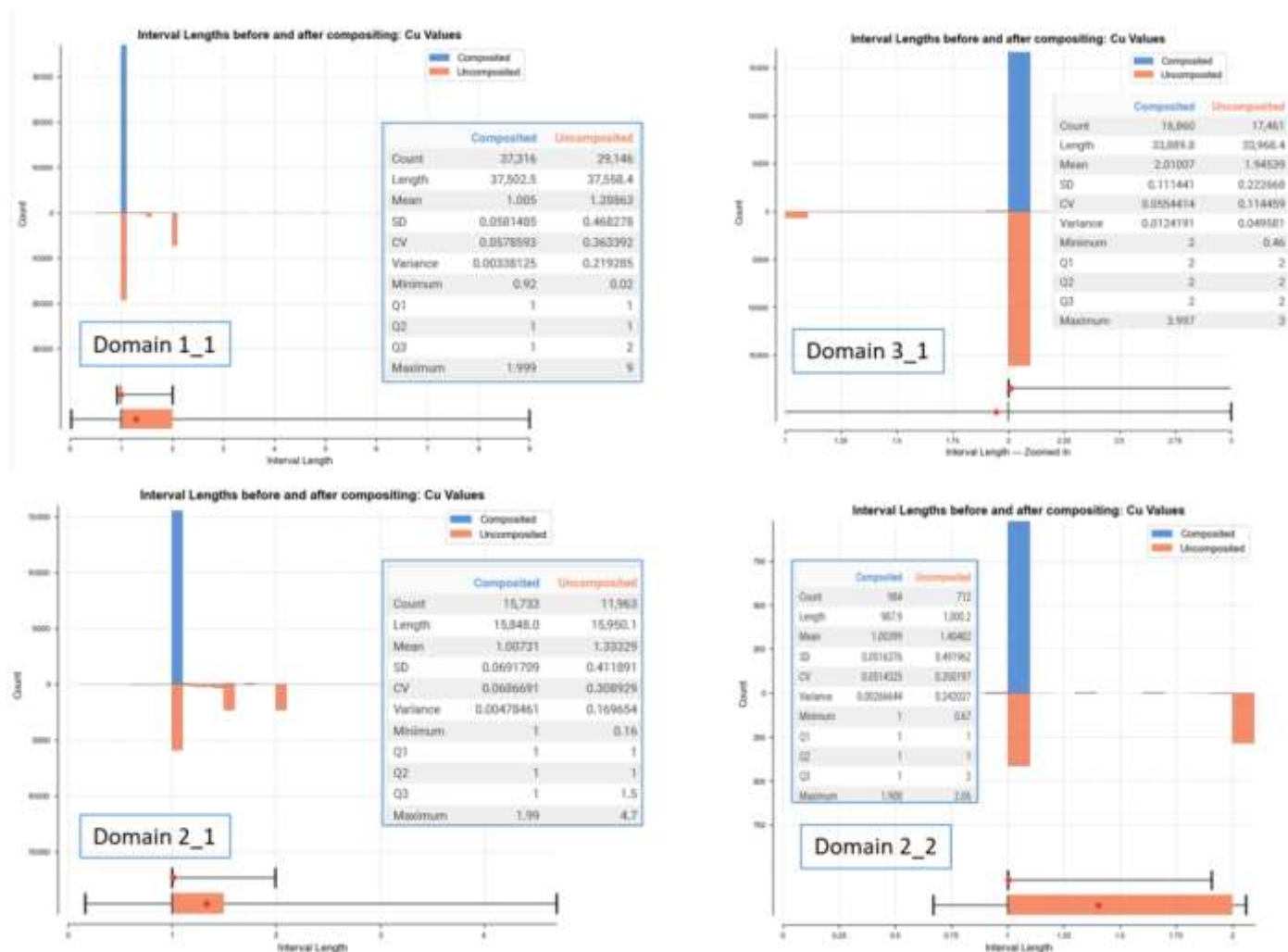


图 14. 10 组合前后样品长度对比

样长组合后，所有矿化体的 Cu 品位在保持平均值基本不变的情况下，其 Cu 品位变化系数都有所下降（图 14.11）：

矿化域 1_1：品位变化系数从 2.05555（未组合）降低到 1.93992（组合后）

矿化域 2_1：品位变化系数从 2.09311（未组合）降低到 1.98063（组合后）

矿化域 3_1：品位变化系数从 0.639395（未组合）降低到 0.61213（组合后）

矿化域 2_2：品位变化系数从 1.22903（未组合）降低到 1.22096（组合后）

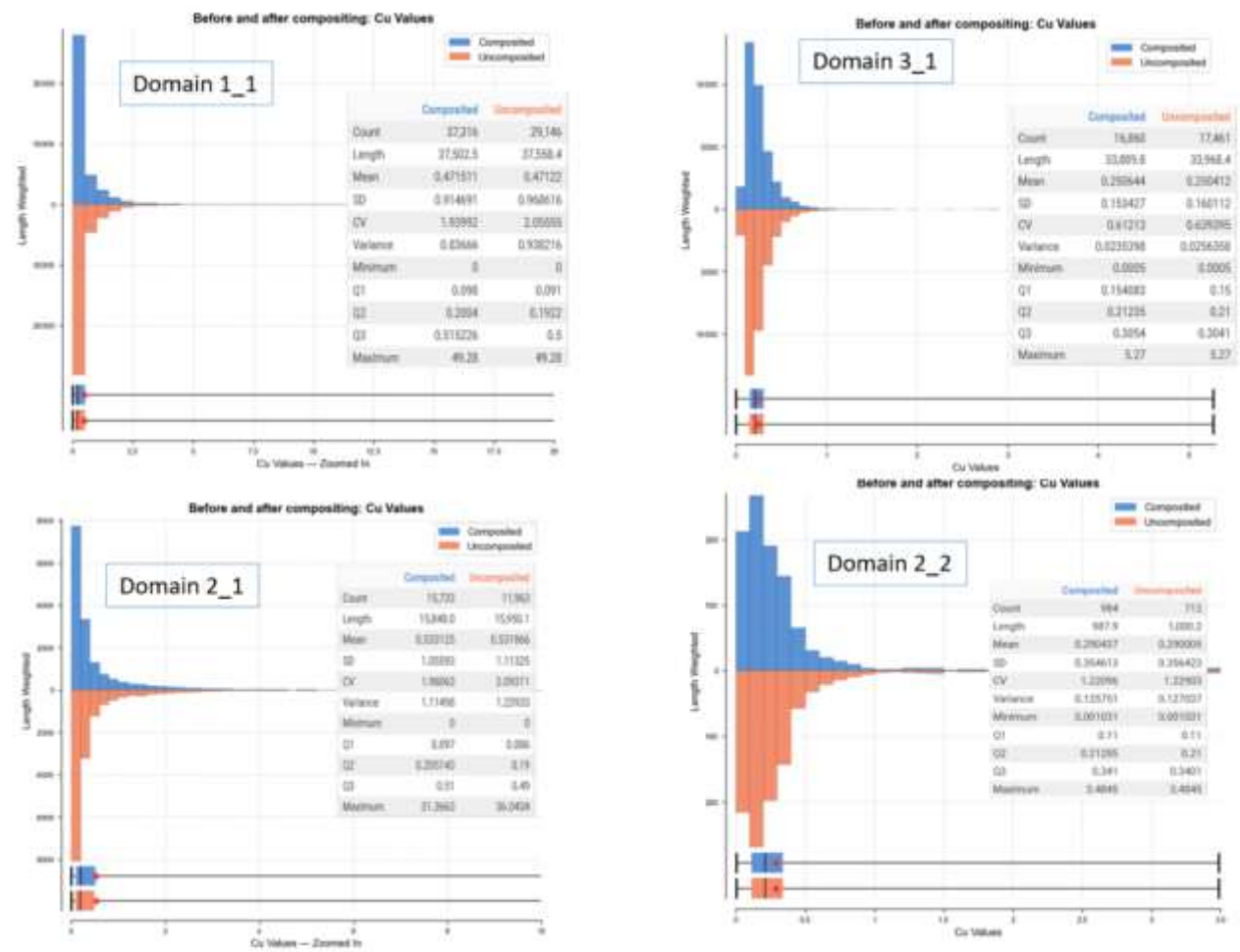


图 14. 11 矿化域中样品组合操作前后品位分布的对比情况

14.7 品位估值

采用普通克里金法（OK）对铜、钼、金、银、铅、锌的品位和比重（SG）含量进行估算。使用 1 米或 2 米长度的组合的数据进行变异函数分析。首先通过对滞后、角度容差、带宽和正态分数变换进行敏感性研究来优化变异函数参数，然后再对变异函数进行建模。在使用经过转换的 1 米或者 2 米长度组合后的孔内变异函数（Downhole Variogram）来确定块金值效应之后，进行变异函数分析和估算。变异函数如图 14.12 所示。

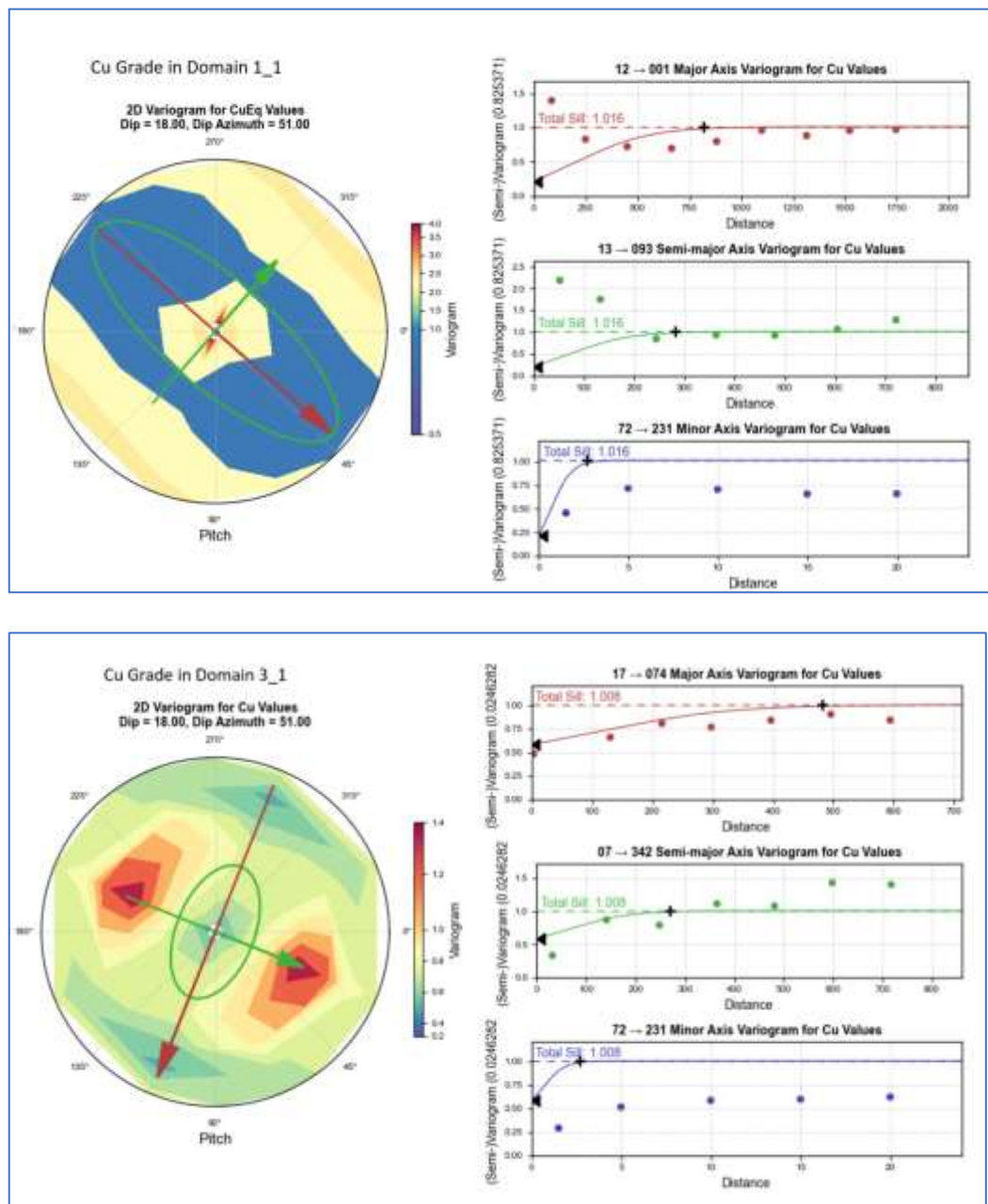


图 14.12 最大的 2 个矿化域 1_1 和 3_1 的空间变异函数模型

由于各个矿化域形状在不同位置一直在变化，上述提到的针对单个区域的单一变差函数过于粗糙，无法进行较为精确的估算。为此，我们采用“局部变量方向”（Local Variable Orientation）方法（Seequent, 2024），根据不同的方向（20 米（东向）×20 米（北向）×10 米（高程方向））对每个小区块进行估算（见图 14.13），同时采用普通克里格（OK）法进行估算，这种动态各向异性方法比在传统方法中仅使用单一变差函数传统方法估值效果要好得多。

块模型的块尺寸如下：20m（5m×4，E 向）×20m（5m×4，N 向）×4m（2m×2，竖直方向）。

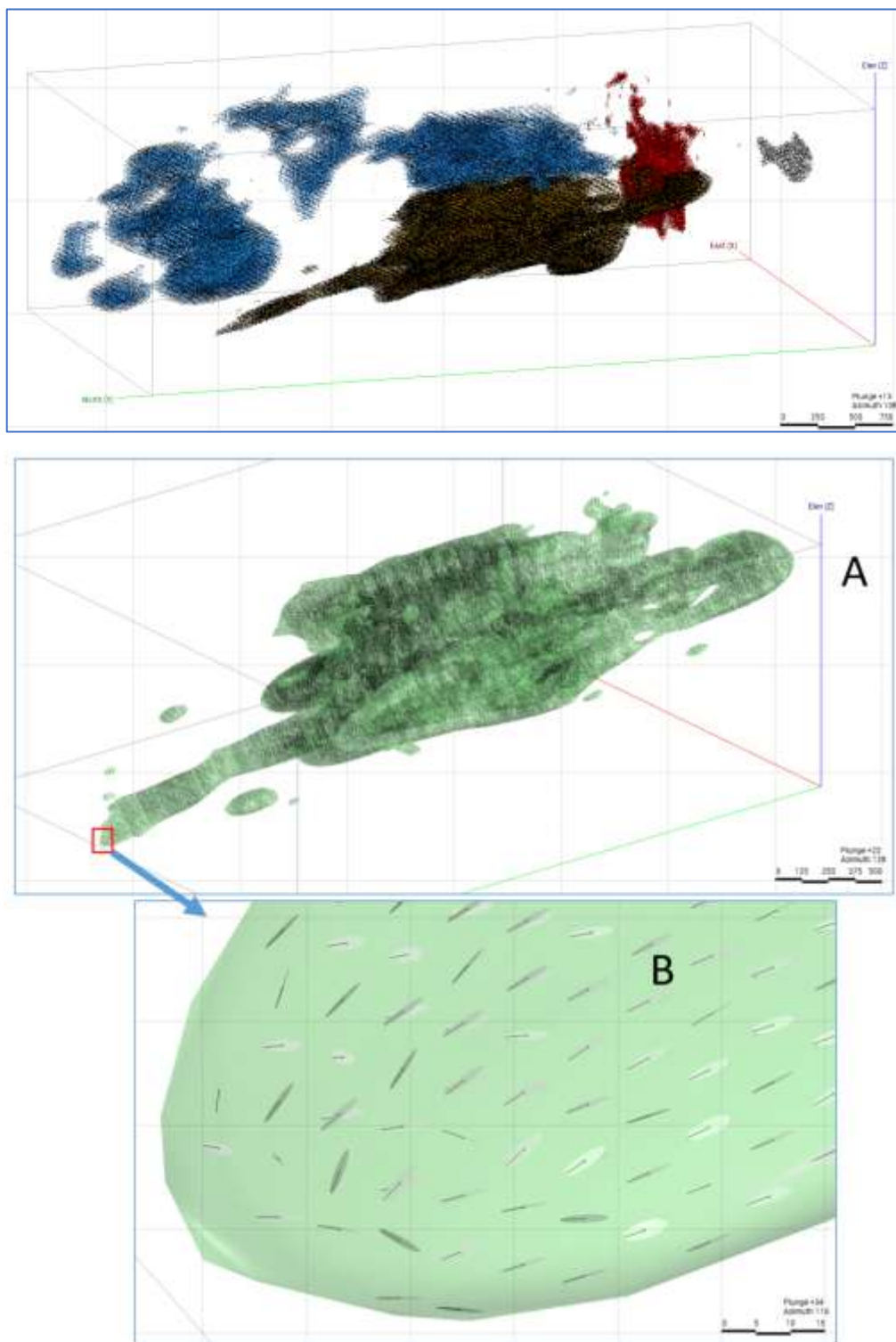


图 14. 13 矿化域的局部变量方向模型（动态各向异性）

14.8 比重 (SG)

作者收集了 1116 个比重样本数据，其中仅有 736 个样品具有坐标信息，即 496 个样本位于域 1_1 内，128 个样本位于域 2_1 内，112 个样本位于域 3_1 内（图 14.14）。

对于 1_1、2_1 和 3_1 这几个矿化域，我们通过普通克里金法（OK）以及自身的搜索和变异函数参数来估算比重 SG。所使用的样本仅限于那些位于各个矿化域边界内的样品。

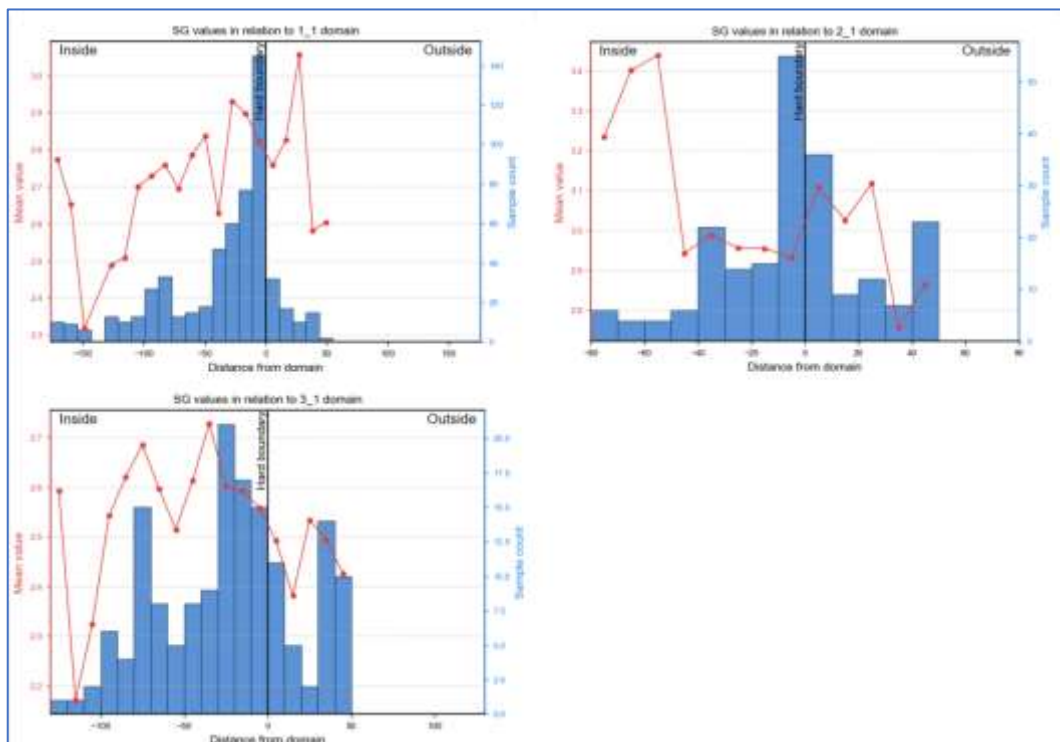


图 14. 14 对 1_1、2_1 和 3_1 进行的域化比重 SG 估计

对于矿化域 2_2，由于其没有比重数据可用，该矿化域为砂卡岩型矿石，根据矿山提供的历史经验，采用该类型矿石的平均数据，即 2.982，作为该矿化域的比重。

SG 估算验证——视觉检查：在平面图和剖面图中对估算的块矿品位和综合品位进行了直观比较，结果显示两者吻合良好（图 14. 15）。

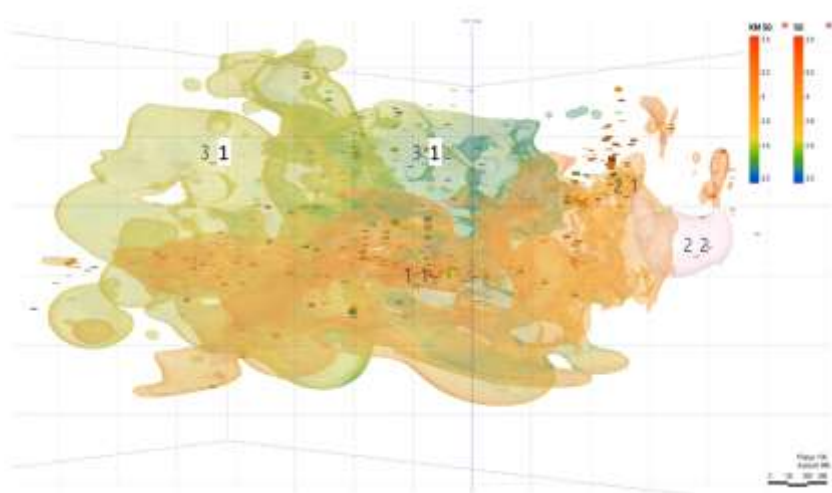


图 14.15 对不同矿化体（域）的 SG 实验室分析与基于 OK 普通克里格法的 SG 估值之间的对比

SG 估值验证 ——Swath Plot 法：做出各种剖面图，在各个剖面图上对比分析数值和估算赋值的数值，即 Swath Plot。在东向、北向和高程方向上，SG 分析结果与区域 SG 估算值之间显示出良好的一致性（图 14. 15,14,16,14,17）。

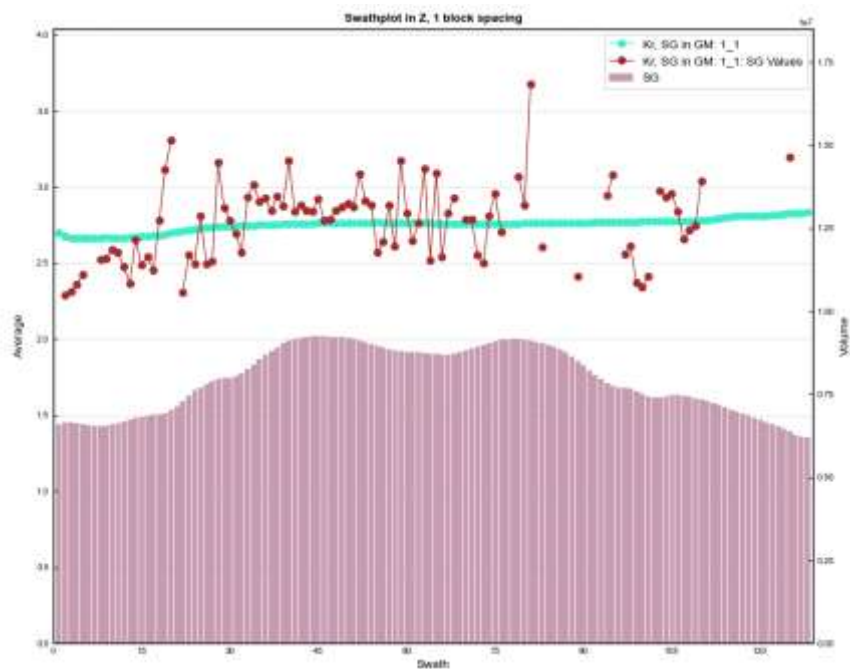


图 14.16 沿 Z 方向（即高程方向）的 SG 的 Swath 图

玫瑰红色点线--SG 实验室分析数据，青绿色—SG估算值，直方条—上述SG数值对应的块的体积（下图同，略）

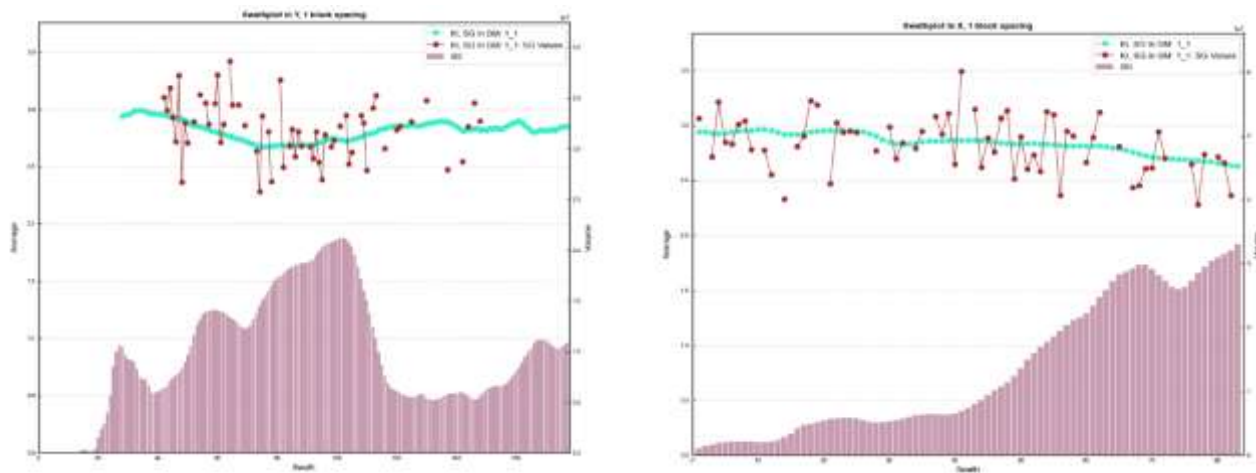


图 14.17 沿 Y 方向（即北向）的 SG 的 Swath 图和沿 X 方向（即东向）的 SG 的 Swath 图

14.9 资源量分类

在确定矿产资源分类时，考虑了如下诸多因素：对矿体形状和成因类型的认识和取样的网度（即密集程度）；

对于露天矿和地下开采区域已有的钻孔，为探明资源、控制资源和推断资源分类所设定的钻孔间距。

对不同矿化域内的矿化连续性以及变异图的稳健性进行建模；所建模的连续性范围远远超过了用于分类的当前钻孔间距。

对建模的地质单元与实际地下和露采露头的比较。

在这里，对于钻探和采矿活动控制程度较高的大矿化域 1_1 和 3_1 以及较小的矿化域 2_1，平均样品距离（AvgD）被用作资源量 MRE 分类标准，具体如下：

- 探明资源量：AvgD ≤60m
- 控制资源量：120m>= AvgD> 60m
- 推断资源量：250m>= AvgD> 120m

此外，对于钻孔间距大于 250m 的区域（AvgD>250m），其矿化资源暂时归类于勘探靶区：对于钻探控制程度低的矿化域 2_2，采用如下平均样品距离（AvgD）被用作资源量 MRE 分类标准：

- 推断的资源量：250m>= AvgD

同样，对于钻孔间距大于 250m 的区域（AvgD>250m），其矿化资源暂时归类于勘探靶区：

图 14. 18 展示了对矿化体进行上述资源量级别分类和勘探靶区的情况

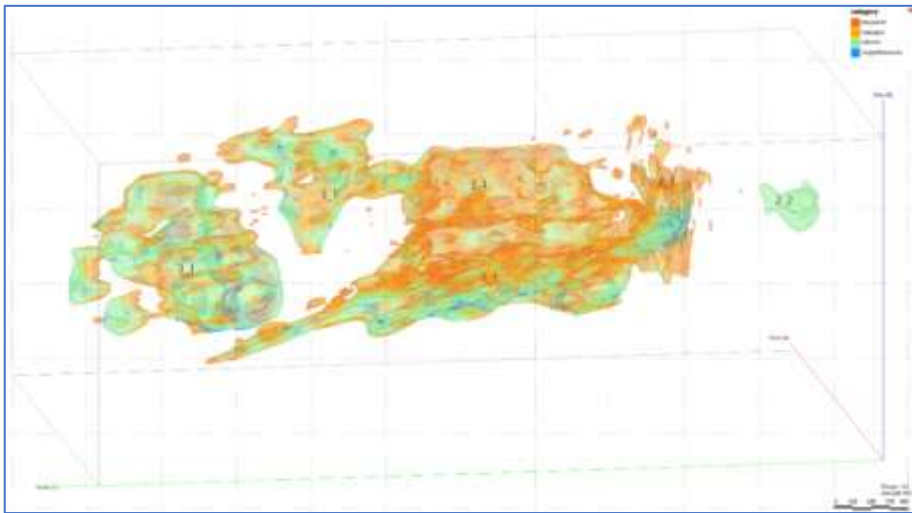


图 14. 18 各个矿化体资源量分类

14.10 块模型验证

我们可以将估算的铜等金属品位与经过特高值处理的组合后的分析结果进行对比，主要通过目视检查和 Swath Plot 条带图这两种方法来确认指标估算是否合理。

品位估算验证——目视法：对估算的块体品位和顶部采出的综合品位进行了平面图和剖面图上的直观比较，结果显示两者吻合良好（图 14. 19-14. 20, 14. 21, 14, 22, 14. 23, 14. 24）。

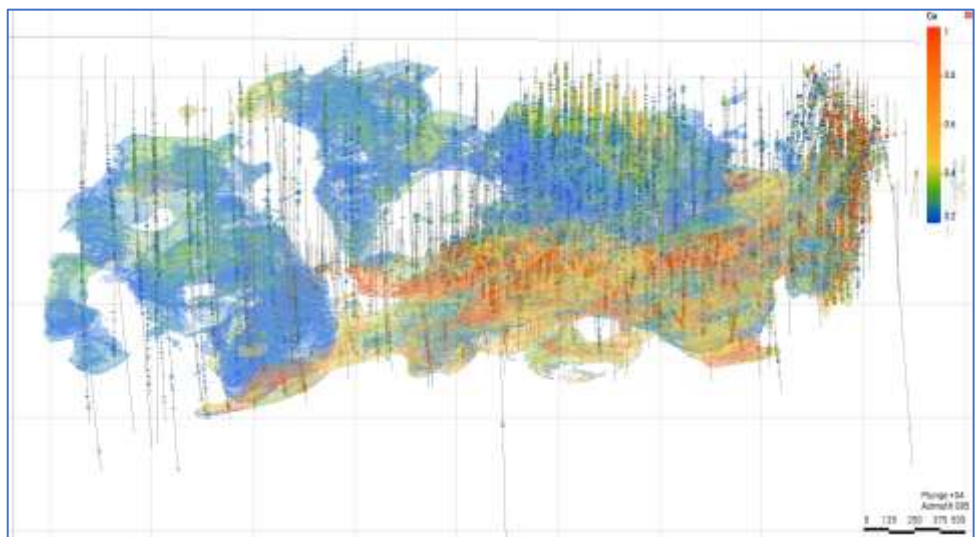


图 14. 19 特高品位处理后铜品位分析结果与各矿化域的估算铜品位的对比

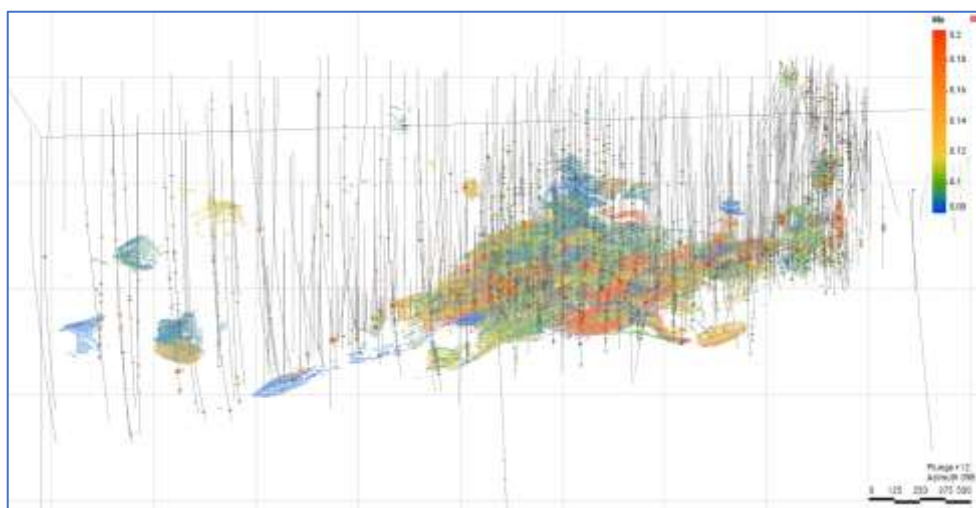


图 14. 20 特高品位处理后钼品位分析结果与各矿化域的估算钼品位的对比

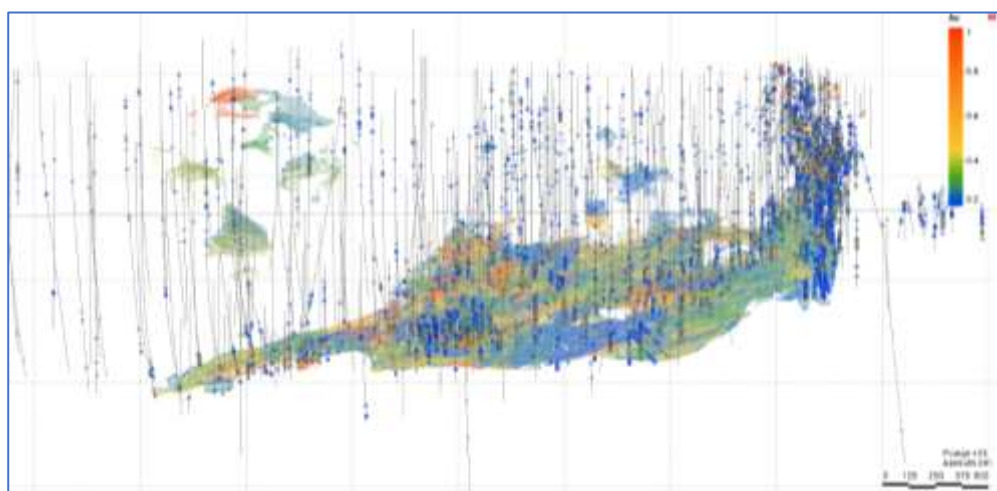


图 14. 21 特高品位处理后 Au 品位分析结果与各矿化域的估算 Au 品位的对比

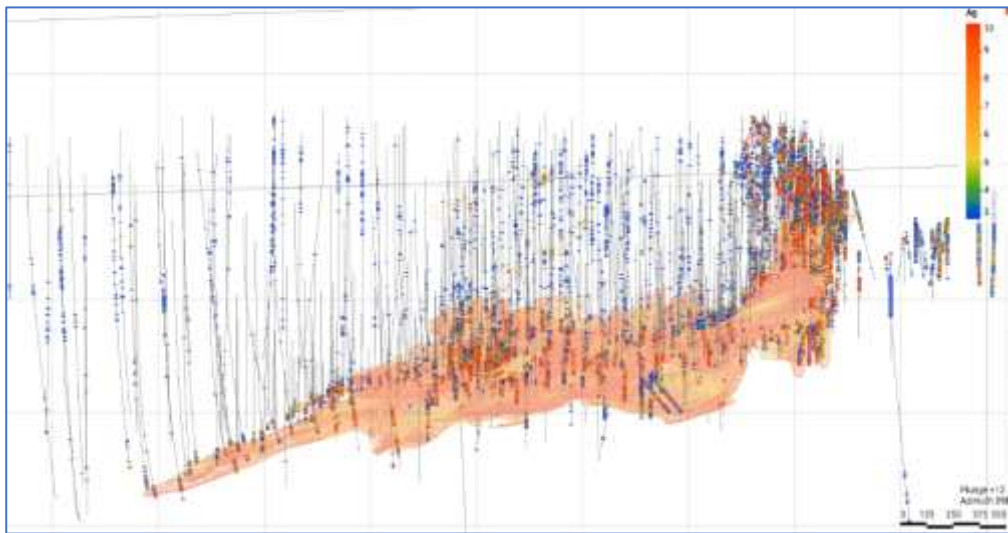


图 14. 22 特高品位处理后 Ag 品位分析结果与各矿化域的估算 Ag 品位的对比

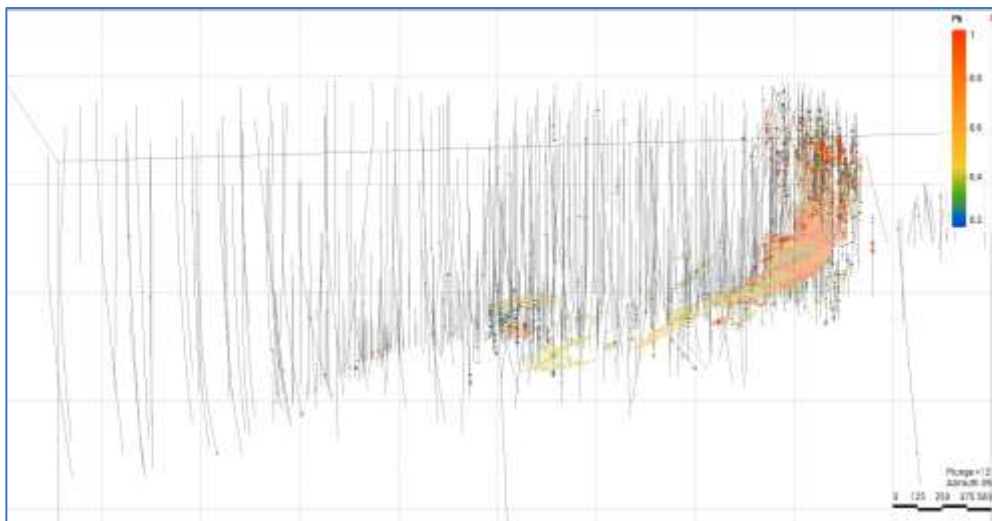


图 14. 23 特高品位处理后 Pb 品位分析结果与各矿化域的估算 Pb 品位的对比

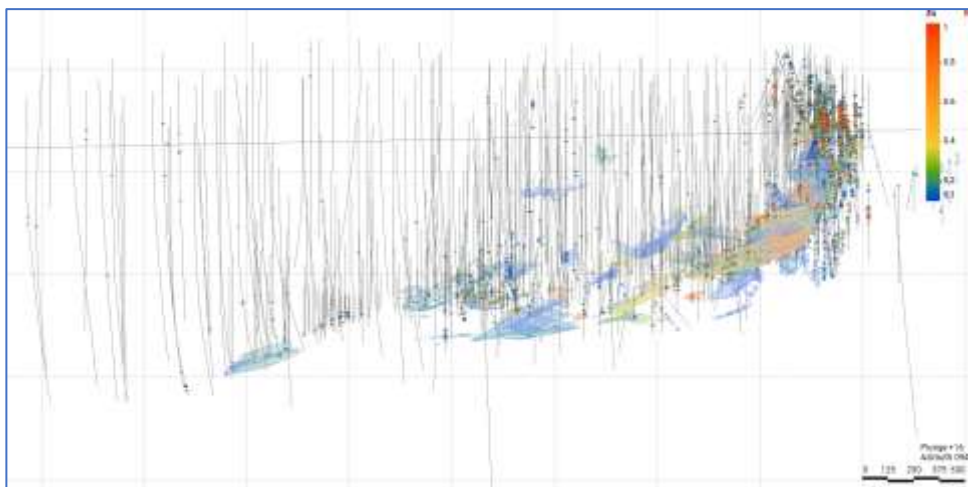


图 14. 24 特高品位处理后 Zn 品位分析结果与各矿化域的估算 Zn 品位对比

品位估算验证——Swath plot 法对比：针对铜、钼、金、银、铅、锌元素和比重，绘制了 Swath Plot 带状图。比重的带状图如上文所述（图 14.19-24）。这里仅展示了 1_1、2_1 和 3_1 区域的铜、钼和金的品位。在东向、北向和高程方向上，品位分析结果与矿化域估值之间显示出良好的一致性（图 14.25-27）。此外，在东向、北向和高程方向上，铜与其他金属的分析结果以及区域铜与其他金属的估算结果之间也显示出良好的一致性（图 14.28 -31）。所有这些都支持这些金属的矿化域内的品位估算是合理的。

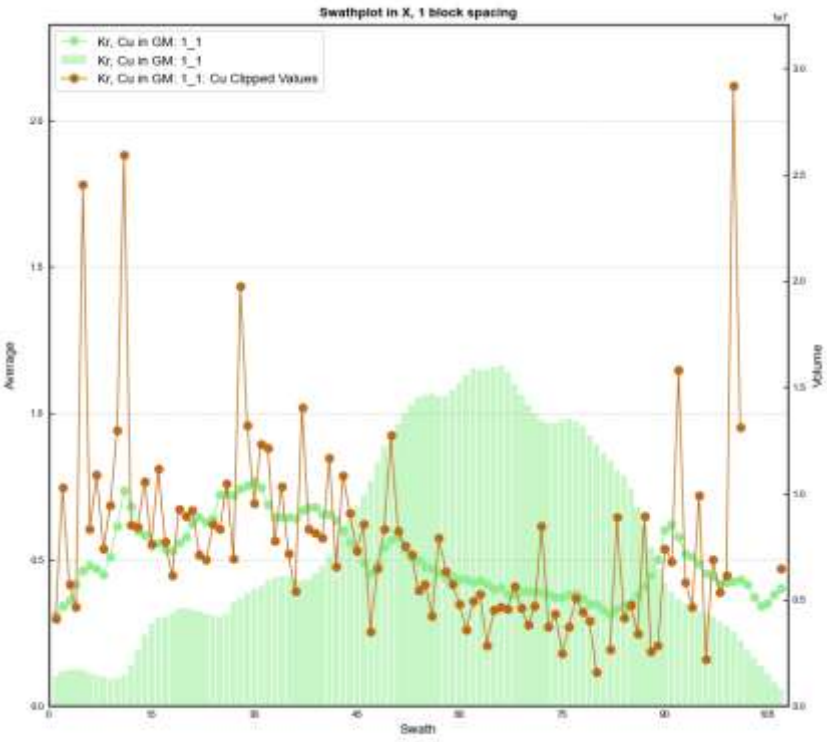


图 14. 25 矿化域 1_1 中铜含量的 X（即东向）方向 Swath Plot 分布图

玫瑰红色点线—Cu 品位实验室分析数据，青绿色—Cu 品位估算值，直方条—上述 Cu 数值对应的块的体积（下图同，略）

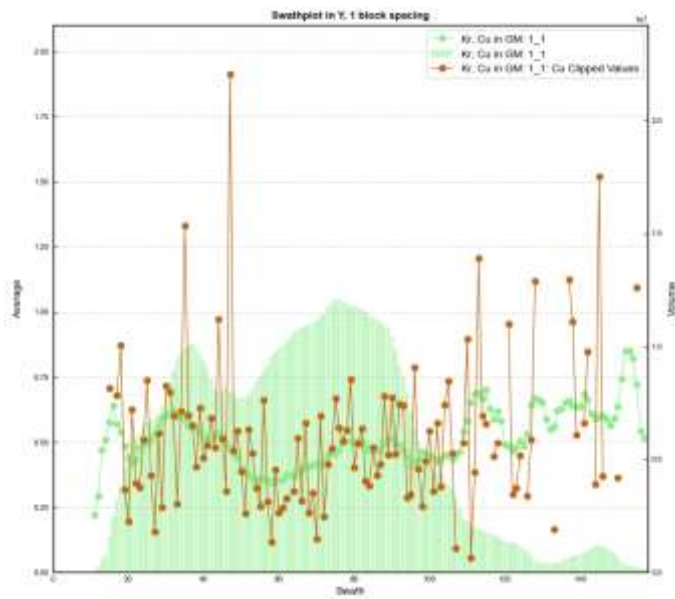


图 14. 26 矿化域 1_1 中铜含量的 Y（即东向）方向 Swath Plot 分布图

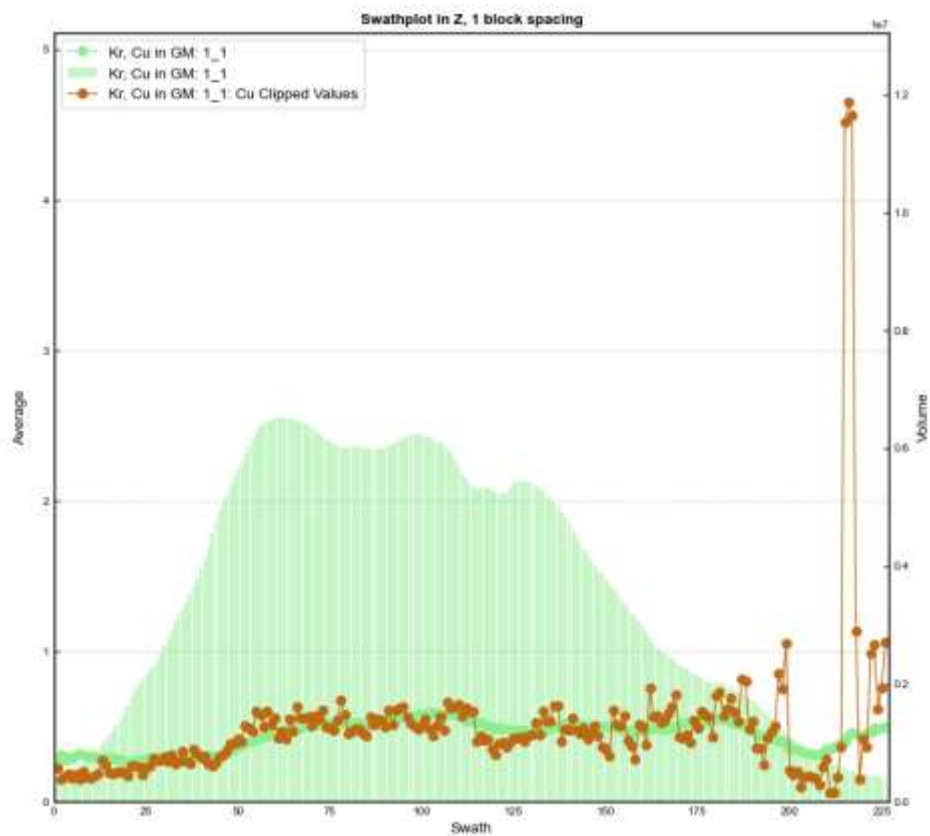


图 14. 27 矿化域 1_1 中铜含量的 Z（即东向）方向 Swath Plot 分布图

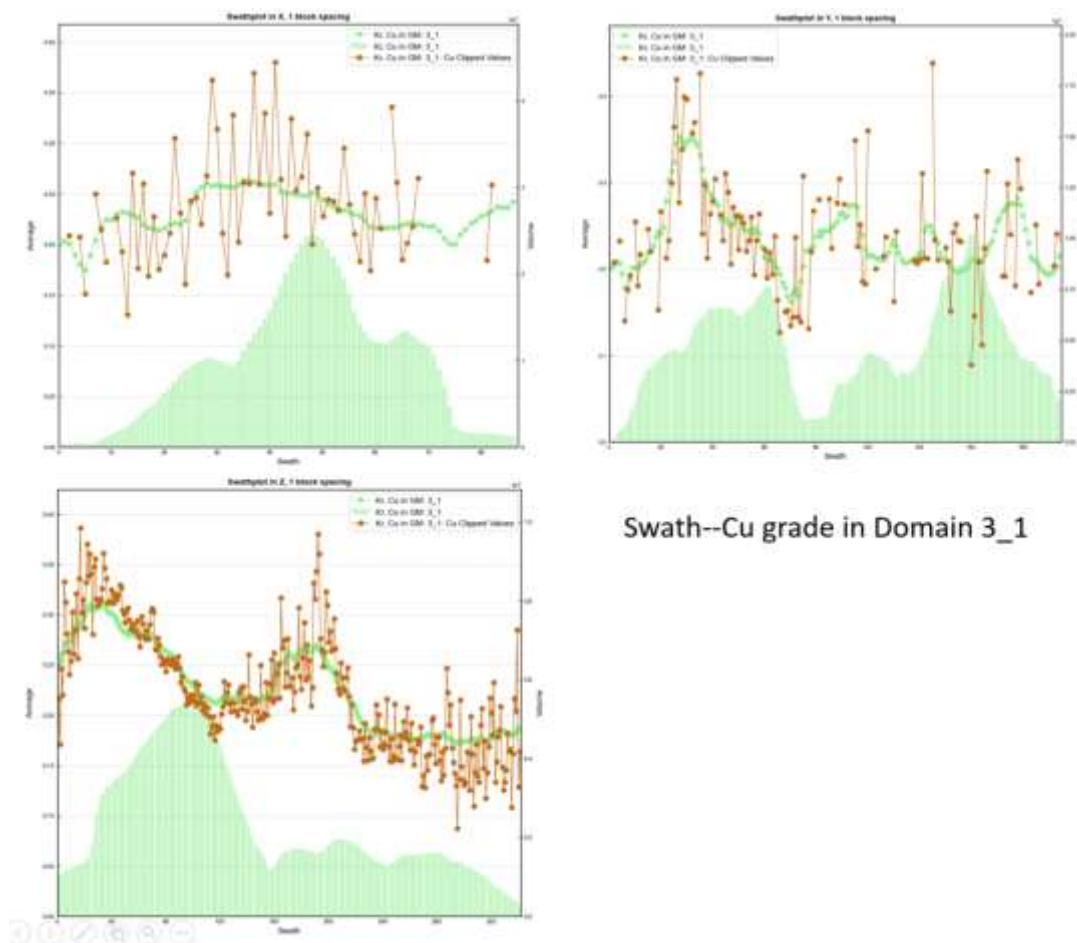


图 14. 28 域 3_1 中沿 XYZ 方向（即东向、北向和高程方向）Cu 品位 Swath Plot 分布图

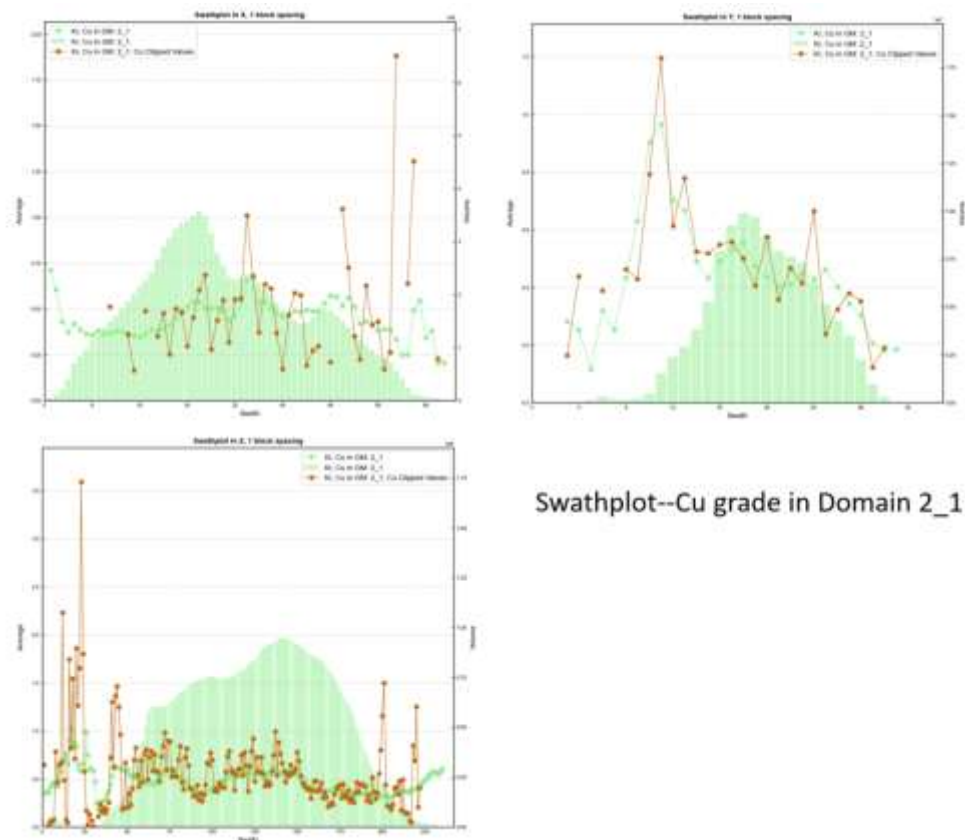


图 14. 29 域 2_1 中沿 XYZ 方向（即东向、北向和高程方向）Cu 品位 Swath Plot 分布图

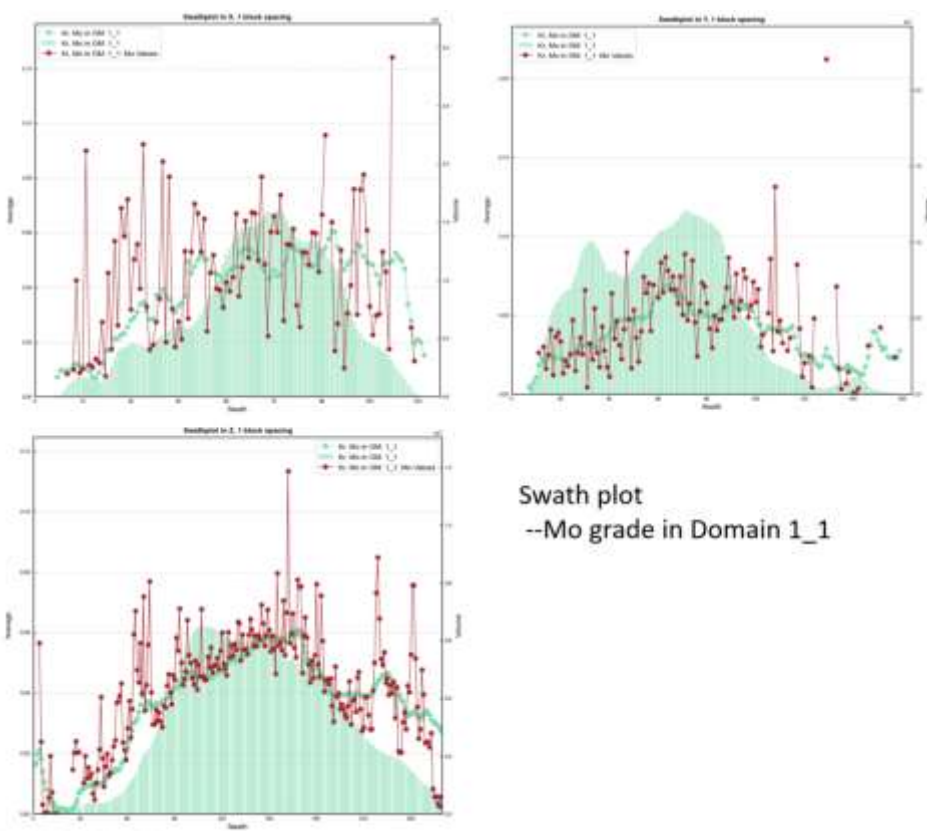


图 14. 30 域 1_1 中沿 XYZ 方向（即东向、北向和高程方向）Mo 品位 Swath Plot 分布图

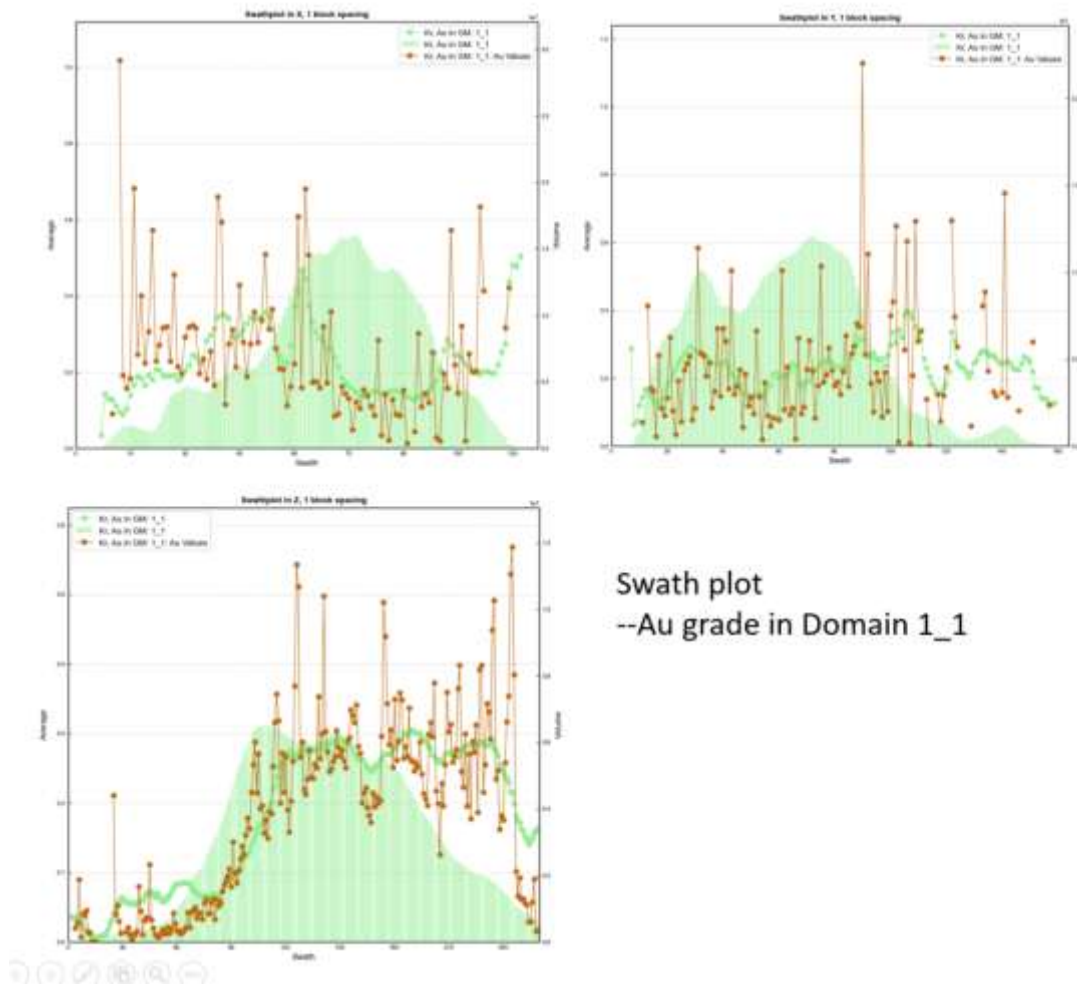


图 14. 31 域 1_1 中沿 XYZ 方向（即东向、北向和高程方向）Au 品位 Swath Plot 分布图

14.11 资源量消耗

在甲玛矿区，采用两种采矿方法进行开采：露天开采和地下开采。对于地下开采，扣除了其矿产资源的消耗量与进行估算。地下开采造成的资源消耗情况见表 14.2 和图 14.321。

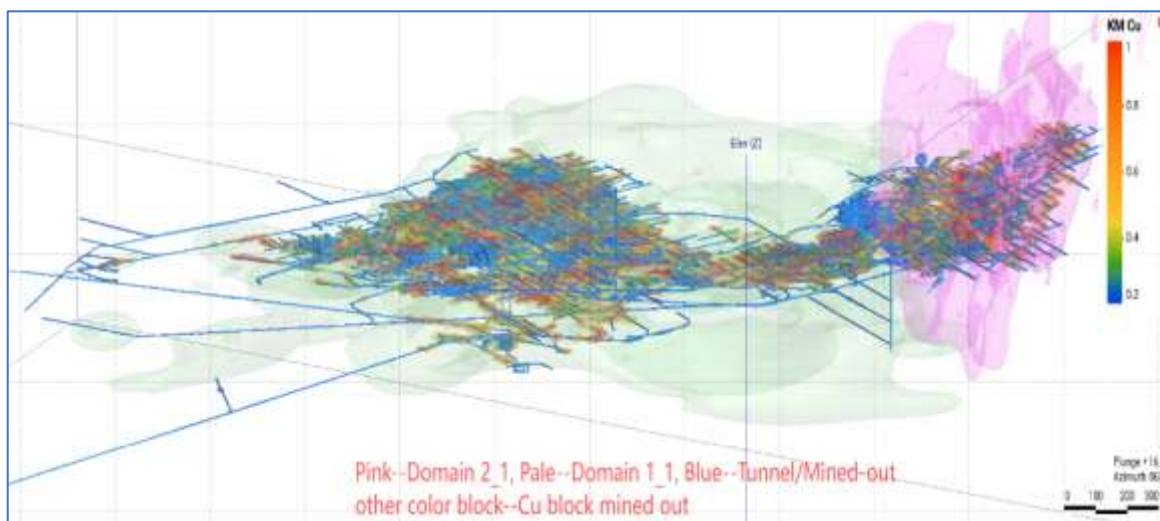


图 14.32 地下采矿的资源量消耗图

表 14. 2 地下采矿的资源量消耗图（边界品位 0.3% Cu）

GM	ML vs PL	category	Volume million m³	Mass Mt	Average Value						Material Content					
					Cu %	Mo %	Ag g/t	Au g/t	Pb %	Zn %	Cu kt	Mo kt	Ag kt	Au t	Pb kt	Zn kt
1_1	ML	Measured	3.54	10.1	0.94	0.05	19.23	0.48	0.05	0.03	94.91	5.2	0.19	4.86	4.57	3.36
		Indicated	2.47	7.0	0.85	0.05	17.26	0.54	0.03	0.02	59.45	3.3	0.12	3.78	2.18	1.36
		ME & ID	6.01	17.1	0.90	0.05	18.42	0.51	0.04	0.03	154.36	8.4	0.31	8.65	6.75	4.72
		Inferred	0.31	0.9	0.71	0.04	13.26	0.41	0.02	0.02	6.24	0.3	0.01	0.36	0.21	0.15
		TargetResources	0.00	0.0	0.84	0.18	17.89	0.49	0.01	0.01	0.08	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
3_1	ML	Measured	0.00	0.0	—	—	—	—	—	—	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		Indicated	0.00	0.0	—	—	—	—	—	—	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		ME & ID	0.00	0.0	—	—	—	—	—	—	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		Inferred	0.00	0.0	—	—	—	—	—	—	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		TargetResources	0.00	0.0	—	—	—	—	—	—	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2_1	ML	Measured	1.14	3.5	0.92	0.03	24.63	0.40	0.22	0.10	31.91	0.9	0.09	1.37	7.69	3.62
		Indicated	0.34	1.0	0.87	0.03	22.93	0.32	0.24	0.13	8.81	0.3	0.02	0.32	2.44	1.28
		ME & ID	1.48	4.5	0.91	0.03	24.24	0.38	0.23	0.11	40.73	1.1	0.11	1.70	10.13	4.91
		Inferred	0.02	0.1	0.98	0.02	25.62	0.27	0.21	0.15	0.69	0.0	0.00	0.02	0.15	0.10
		TargetResources	0.00	0.0	1.12	0.05	20.90	0.31	0.01	0.01	0.05	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	ML	Measured	4.68	13.6	0.94	0.04	20.60	0.46	0.09	0.05	126.82	6.1	0.28	6.23	12.26	6.99
		Indicated	2.81	8.0	0.86	0.04	17.98	0.52	0.06	0.03	68.27	3.5	0.14	4.11	4.62	2.64
		ME & ID	7.49	21.5	0.91	0.04	19.63	0.48	0.08	0.04	195.09	9.6	0.42	10.34	16.88	9.62
		Inferred	0.34	0.9	0.73	0.03	14.18	0.40	0.04	0.03	6.93	0.3	0.01	0.38	0.35	0.25
		TargetResources	0.00	0.0	0.94	0.14	18.94	0.50	0.01	0.01	0.13	0.0	0.00	0.01	0.00	0.00
Differences may occur in totals due to rounding																

本表说明同表14.3,

14.12 资源量估算结果和讨论

表 14. 3 总结了使用边界品位 0.3% Cu 的保有的资源量结果

				平均品位						金属量					
矿权类型	资源量分类	体重	矿石量	Cu	Mo	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Mo	Au	Ag	Pb	Zn
		g/cm ³	Mt	%	%	g/t	g/t	%	%	Mt	Kt	Moz	Moz	Kt	Kt
矿体 1_1															
采矿证	探明的	2.82	353.56	0.81	0.04	0.39	16.24	0.05	0.03	2.86	154.83	4.48	184.56	187.67	116.34
	控制的	2.81	450.98	0.78	0.04	0.39	15.44	0.06	0.03	3.51	176.8	5.71	223.88	263.6	149.64
	探明+控制	2.82	804.54	0.79	0.04	0.39	15.79	0.06	0.03	6.36	331.64	10.2	408.44	451.27	265.98
	推断的	2.84	313.5	0.72	0.03	0.35	14.33	0.11	0.05	2.25	101.9	3.52	144.42	356.08	166.79
探矿证	探明的	2.85	17.7	0.75	0.03	0.36	14.35	0.01	0.02	0.13	5.01	0.21	8.17	1.26	2.82
	控制的	2.84	36.69	0.7	0.03	0.33	13.7	0.01	0.02	0.26	10.33	0.39	16.16	3.03	6.14
	探明+控制	2.84	54.39	0.72	0.03	0.34	13.91	0.01	0.02	0.39	15.34	0.59	24.33	4.29	8.96

				平均品位						金属量					
	推断的	2.81	29.63	0.75	0.03	0.32	15.73	0.01	0.03	0.22	7.43	0.3	14.98	2.71	9.18
合 计	探明的	2.82	371.26	0.81	0.04	0.39	16.15	0.05	0.03	2.99	159.85	4.69	192.72	188.93	119.16
	控制的	2.81	487.67	0.77	0.04	0.39	15.31	0.05	0.03	3.76	187.13	6.1	240.05	266.63	155.78
	探明 +控制	2.82	858.93	0.79	0.04	0.39	15.67	0.05	0.03	6.75	346.98	10.8	432.77	455.56	274.94
	推断的	2.83	343.13	0.72	0.03	0.35	14.45	0.1	0.05	2.47	109.33	3.82	159.4	358.79	175.96
矿体 3—1															
采 矿 证	探明的	2.49	117.53	0.41	0.02	0.03	1.18	0.01	0.01	0.48	20.62	0.11	4.46	6.2	6.6
	控制的	2.5	99.31	0.4	0.02	0.03	1.17	0.01	0.01	0.39	16.97	0.1	3.75	5.37	5.61
	探明 +控制	2.5	216.84	0.4	0.02	0.03	1.18	0.01	0.01	0.88	37.59	0.21	8.21	11.57	12.21
	推断的	2.53	23.87	0.38	0.01	0.03	1.21	0.01	0.01	0.09	3.4	0.02	0.93	1.4	1.3
探 矿 证	探明的	2.63	39.35	0.38	0.02	0.04	1.5	0	0	0.15	6.3	0.05	1.9	1.74	1.07
	控制的	2.63	76.79	0.37	0.02	0.04	1.45	0	0	0.29	12.17	0.09	3.58	3.05	2.08
	探明 +控制	2.63	116.13	0.38	0.02	0.04	1.47	0	0	0.44	18.47	0.14	5.48	4.78	3.15
	推断的	2.63	67.53	0.37	0.01	0.04	1.43	0	0	0.25	10.09	0.09	3.09	2.45	1.99
合 计	探明的	2.52	156.88	0.4	0.02	0.03	1.26	0.01	0	0.64	26.92	0.16	6.36	7.93	7.67
	控制的	2.56	176.1	0.39	0.02	0.03	1.29	0	0	0.68	29.14	0.19	7.33	8.42	7.69
	探明 +控制	2.54	332.97	0.39	0.02	0.03	1.28	0	0	1.32	56.06	0.35	13.69	16.35	15.37
	推断的	2.6	91.4	0.37	0.01	0.04	1.37	0	0	0.34	13.49	0.11	4.02	3.85	3.28
矿体 2_1															
采 矿 证	探明的	2.99	94.71	0.79	0.02	0.3	21.16	0.3	0.15	0.75	22.94	0.92	64.44	280.41	140.87
	控制的	3.02	48.02	0.69	0.02	0.25	19.2	0.32	0.14	0.33	10.59	0.38	29.65	151.39	66.69
	探明 +控制	3	142.73	0.76	0.02	0.29	20.5	0.3	0.15	1.08	33.54	1.31	94.09	431.8	207.56
	推断 的	3	20.13	0.61	0.02	0.18	30.56	0.81	0.13	0.12	3.09	0.11	19.78	162.74	26
探 矿 证	探明的	3.09	0.18	0.47	0.01	0.12	11.51	0.85	0.38	0	0.01	0	0.07	1.52	0.68
	控制的	2.94	0	0.62	0	0.3	9.81	0.83	0.12	0	0	0	0	0.01	0
	探明 +控制	3.08	0.18	0.47	0.01	0.12	11.5	0.85	0.38	0	0.01	0	0.07	1.53	0.68
	推断的	3.14	0.02	0.37	0	0.14	23.64	1.79	1.77	0	0	0	0.02	0.41	0.41
	探明的	2.99	94.89	0.79	0.02	0.3	21.14	0.3	0.15	0.75	22.95	0.92	64.51	281.93	141.55

				平均品位						金属量					
合 计	控制的	3.02	48.02	0.69	0.02	0.25	19.2	0.32	0.14	0.33	10.59	0.38	29.65	151.4	66.69
	探明 +控制	3	142.91	0.75	0.02	0.28	20.49	0.3	0.15	1.08	33.55	1.31	94.16	433.33	208.24
	推断的	3	20.16	0.61	0.02	0.18	30.55	0.81	0.13	0.12	3.09	0.11	19.8	163.15	26.41
矿体 2_2															
探 矿 证	探明的	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
	控制的	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
	探明 +控制	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
	推断的	2.98	14.86	0.43	0.01	0	0	0	0	0.06	1.38	0	0	0	0
全部矿体															
采 矿 证	探明的	2.77	565.8	0.72	0.04	0.3	13.93	0.08	0.05	4.09	198.4	5.52	253.46	474.28	263.81
	控制的	2.77	598.31	0.71	0.03	0.32	13.37	0.07	0.04	4.23	204.36	6.19	257.28	420.37	221.95
	探明 +控制	2.77	1,164.12	0.71	0.03	0.31	13.65	0.08	0.04	8.32	402.76	11.7	510.74	894.64	485.75
	推断的	2.82	357.5	0.69	0.03	0.32	14.37	0.15	0.05	2.46	108.39	3.65	165.13	520.21	194.09
探 矿 证	探明的	2.69	57.23	0.5	0.02	0.14	5.51	0.01	0.01	0.28	11.33	0.26	10.13	4.52	4.58
	控制的	2.69	113.48	0.48	0.02	0.13	5.41	0.01	0.01	0.54	22.5	0.48	19.74	6.08	8.22
	探明 +控制	2.69	170.7	0.48	0.02	0.13	5.44	0.01	0.01	0.83	33.82	0.74	29.88	10.6	12.79
	推断的	2.72	112.05	0.48	0.02	0.11	5.02	0	0.01	0.53	18.89	0.39	18.1	5.57	11.58
合 计	探明的	2.76	623.03	0.7	0.03	0.29	13.16	0.08	0.04	4.38	209.72	5.77	263.59	478.79	268.38
	控制的	2.76	711.79	0.67	0.03	0.29	12.11	0.06	0.03	4.77	226.86	6.67	277.02	426.45	230.16
	探明 +控制	2.76	1,334.82	0.69	0.03	0.29	12.6	0.07	0.04	9.15	436.58	12.4	540.61	905.24	498.55
	推断的	2.8	469.55	0.64	0.03	0.27	12.14	0.11	0.04	2.99	127.28	4.04	183.22	525.79	205.66

说明：

- 数据截至 2025年12月31日，矿产资源估算是根据加拿大证券监管机构要求，依据《矿产项目披露标准》第 43-101 号（NI 43-101）的规定和加拿大CIM的资源储量标准（2019）进行估算的。
- 在此次矿产资源评估报告中，所采用的铜边界品位为 0.3%。
- 报告中的矿产资源未考虑上盘或下盘接触边界损失及稀释因素。也未进行采矿回收率计算。
- 消耗资源量指地下坑采和地表露采部分，被排除在资源量估算之外，截止到2025年12月31日。
- 资源量包括储量在内。
- 所有矿产资源的估算数据（包括矿石吨数、铜、钼、金、银、铅和锌品位以及铜等金属吨数）均已进行四舍五入处理，以反映每个分类类别估算数据的不精确性。因此，由于四舍五入的原因，总和可能看起来并不完全准确。
- 郭英廷博士，注册地质师、符合加拿大NI43-101要求的合格地质师和周朝宪硕士对矿产资源进行了估算。此次矿产资源评估的有效日期定

为 2026 年 6 月 30 日。

8. 不属于矿产储量范畴的矿产资源，并不具备可证明的经济可行性。

根据上表 14.3，甲玛项目探明资源量总计包括：铜金属 438 万吨，品位 0.71%；钼金属 21 万吨，品位 0.03%；铅金属 48 万吨，品位 0.08%；锌金属 27 万吨，品位 0.04%；伴生金 577 万盎司，品位 0.29 克/吨；伴生银 26,359 万盎司，品位 13.16 克/吨。控制资源量包括：铜金属 477 万吨，品位 0.68%；钼金属 23 万吨，品位 0.03%；铅金属 43 万吨，品位 0.06%；锌金属 23 万吨，品位 0.03%；伴生金 667 万盎司，品位 0.29 克/吨；伴生银 27,703 万盎司，品位 12.10 克/吨。推断资源量包括：铜金属 299 万吨，品位 0.69%；钼金属 13 万吨，品位 0.03%；铅金属 53 万吨，品位 0.12%；锌金属 21 万吨，品位 0.05%；伴生金 404 万盎司，品位 0.28 克/吨；伴生银 18,322 万盎司，品位 12.56 克/吨。

2012 年 12 月，MINING ONE 公司发布了甲玛项目以 0.3%铜当量边界品位估算的矿产资源量（表 1.1）。MINING ONE 报告的探明+控制资源量为 14.86 亿吨，平均品位铜 0.41%、钼 0.034%、铅 0.05%、锌 0.03%、金 0.11 克/吨、银 6.14 克/吨，所含金属量为铜 614 万吨、钼 50.3 万吨、铅 79.4 万吨、锌 49.5 万吨、金 533 万盎司、银 293,400 万盎司。报告的推断资源量为 4.06 亿吨，平均品位铜 0.31%、钼 0.03%、铅 0.08%、锌 0.04%、金 0.10 克/吨、银 5.13 克/吨，所含金属量为铜 125 万吨、钼 12.4 万吨、铅 31.2 万吨、锌 17.4 万吨、金 132 万盎司、银 6,690 万盎司。

将本报告的资源量与储量估算结果（表 14.3）进行对比，甲玛项目金属资源量显著增加（表 14.4）。尽管矿山已累计开采约 2.5 亿吨矿石，其中铜矿石 8,000 万吨、钼矿石 6,300 万吨、铅矿石 2,108 万吨、锌矿石 1,900 万吨、金矿石 5,700 万吨、银矿石 768 万吨，但通过持续的勘探工作，甲玛矿的探明、控制和推断资源量均大幅增加。主要金属（铜、金、银）的平均品位提高了近 80%至 100%以上，铜、金、银的金属量也增加了 50%至 100%。

采用 0.3%铜边界品位，截至 2026 年 6 月 30 日，甲玛矿区保有探明+控制资源量为 13.35 亿吨，铜品位 0.69%、钼品位 0.03%、银品位 12.6 克/吨、金品位 0.29 克/吨、铅品位 0.07%、锌品位 0.04%，所含金属量为铜 915 万吨、钼 12.45 万吨、铅 90.5 万吨、锌 49.8 万吨、金 1,245 万盎司、银 54,062 万盎司。

与 2012 年资源量估算结果相比，铜、金、银的平均品位显著提高，其中铜金属增加 300 万吨，金增加 712 万盎司，银增加 24,723 万盎司（注：此处原文为“247.23 ounces”，但根据上下文应为“247.23 million ounces”，翻译时按原文数字直接译出），钼增加 6 万吨，铅增加 11 万吨，锌增加 3,000 吨。推断资源量为 4.547 亿吨，铜金属增加 174 万吨，金增加 272 万盎司，银增加 11,630 万盎司，而钼、铅、锌基本保持不变。

表 14.4 甲玛 2012 和 2026 资源量估算结果对比*

2012 年甲玛矿区资源量估算 (Mining one)													
类别	矿石	Cu %	Mo%	Pb%	Zn %	Au g/t	Ag g/t	Cu	Mo	Pb	Zn	Au	Ag
	Mt							Mt	Mt	kt	Kt	Moz	Moz
探明的	100	0.41	0.035	0.04	0.02	0.11	6.53	0.42	0.04	43	24	0.35	21.04
控制的	1386	0.41	0.034	0.05	0.03	0.11	6.11	5,72	0.47	751	470	4.99	272.35
探明+控制	1486	0.41	0.034	0.05	0.03	0.11	6.14	6.14	0.5	794	495	5.33	293.39
推断的	406	0.31	0.03	0.08	0.04	0.1	5.13	1.25	0.12	312	174	1.32	66.93
2026 年甲玛矿区资源量估算 (长春院)*													
探明的	623	0.71	0.03	0.08	0.04	0.29	13.16	4.38	0.21	478	268	5.77	263.59
控制的	712	0.68	0.03	0.06	0.03	0.29	12.1	4.77	0.23	426	230	6.67	277.03
探明+控制	1335	0.69	0.03	0.07	0.04	0.29	12.6	9.15	0.44	905	499	12.45	540.62
推断的	455	0.65	0.03	0.12	0.05	0.28	12.53	2.99	0.13	526	206	4.04	183.22

• 红色为显著变化的资源量或品位

14.13 资源量估算结果对品位的敏感性分析

表 14.5 概括了不同品位下矿产资源估算的结果，仅含探明和控制部分。由于矿化域 2_2 中的不含探明和控制级别的资源量，因此未在此列出该领域的内容。以 0.3% 铜品位为边界品位对应的平均品位为 0.69% Cu。矿山地采生产的平衡品位在 0.69%（参见第 15 章），故此为保守计，选择 Cu 0.3%作为边界品位圈连矿体。此外，以 0.3% 铜品位为边界品位圈连矿化体（域）时，可见样品品位从矿体内向外穿越矿体边界时，可见矿体品位断崖式下降（见图 14.9），尤其是 1-1 和 3-1 两个主矿体。这也支持选择 0.3%铜为边界品味的合理性。为显示明显，0.3%铜所报告的矿产资源模型用黄色突出。

表 14. 5 不同边界品位下的 MRE 估算结果*

			平均品位						金属量					
Cu%	资源	矿石 Mt	Cu %	Mo %			Pb %	Zn	Cu Mt	Mo kt	Ag kt	Au t		

			平均品位						金属量					
					Ag g/t	Au g/t		%					Pb kt	Zn kt
0.1	探明+控制	3,200.70	0.4	0.03	6.38	0.15	0.04	0.02	12.86	996.8	20.41	466.85	1286	741
0.2	探明+控制	2,249.40	0.51	0.03	8.42	0.19	0.05	0.03	11.37	668.4	18.93	432.42	1115	626
0.3	探明+控制	1,334.80	0.69	0.03	12.6	0.29	0.07	0.04	9.15	436.6	16.81	387.11	905	499
0.5	探明+控制	678.5	0.98	0.04	19.83	0.45	0.09	0.05	6.66	261.2	13.46	307.63	642	345
0.8	探明+控制	354.2	1.31	0.04	26.96	0.59	0.12	0.06	4.62	145.4	CoG	209.08	442	219
1	探明+控制	235.5	1.51	0.04	31.14	0.67	0.15	0.07	3.56	92.3	7.34	157.06	351	167
1.5	探明+控制	82.5	2.07	0.03	42.4	0.85	0.19	0.1	1.70	28.3	3.5	70.44	156	83
2	探明+控制	35.9	2.54	0.03	52.77	1.04	0.23	0.11	0.91	12.3	1.89	37.35	84	39
2.5	探明+控制	14.9	2.99	0.04	61.93	1.23	0.22	0.09	0.45	5.5	0.93	18.4	34	14
3	探明+控制	5.1	3.52	0.03	76.01	1.39	0.19	0.1	0.18	1.6	0.39	7.12	10	5
3.5	探明+控制	2	4.02	0.03	88.46	1.61	0.14	0.1	0.08	0.6	0.18	3.19	3	2
4	探明+控制	0.8	4.48	0.03	98.7	1.77	0.07	0.09	0.04	0.2	0.08	1.4	1	1
0.1	推断	1,158.60	0.37	0.03	6.04	0.13	0.06	0.03	4.34	305.6	7	155.45	730	328
0.2	推断	820.8	0.46	0.02	7.96	0.18	0.08	0.03	3.81	198.8	6.53	144.08	666	285
0.3	推断	454.7	0.64	0.03	12.53	0.28	0.12	0.05	2.93	125.9	5.7	125.78	526	206
0.5	推断	229.4	0.9	0.03	18.65	0.42	0.12	0.05	2.08	77.3	4.28	95.66	287	107
0.8	推断	112.9	1.19	0.04	23.3	0.53	0.12	0.05	1.35	41.3	2.63	59.52	133	54
1	推断	67.6	1.39	0.04	27.04	0.59	0.15	0.06	0.94	24.1	1.83	39.55	99	38
1.5	推断	17.8	1.92	0.04	36.23	0.7	0.16	0.06	0.34	6.5	0.64	12.41	29	11
2	推断	6.2	2.35	0.04	43.69	0.86	0.17	0.06	0.15	2.6	0.27	5.31	10	4
2.5	推断	1.6	2.76	0.05	51.72	1.02	0.17	0.05	0.04	0.7	0.08	1.62	3	1
3	推断	0.3	3.3	0.02	65.92	1.02	0.03	0.03	0.01	0.1	0.02	0.26	0	0
3.5	推断	0	3.89	0.01	78.1	0.67	0.05	0.04	1.8(kt)	0	0	0.03	0	0
4	推断	0	4.22	0.01	77.01	0.37	0.04	0.03	0.8(kt)	0	0	0.01	0	0

本表说明同表14.3,

表14.5显示不同边界品位，对资源量估算结果影响巨大，尤其石是用0.1% Cu-0.5%Cu 为边界品位估算资源量，无论推断资源量还是探明和控制资源量，0.1%Cu 边界品位比0.3% Cu边界品位的矿石量增加140-150%，铜金属量增加40-50%，品位下降43%。而0.5%Cu 边界品位比0.3% Cu边界品位的矿石量则减少50%，铜金属量减少30%，品位升高40%。

图 14.33，对于矿化域 1_1、2_2 和 3_1 来说，显示了从铜平均品位变化（尤其是从 0.01% 到 0.3%）的控制和探明资源矿石吨位急剧增加和铜金属量缓慢增加的情况。

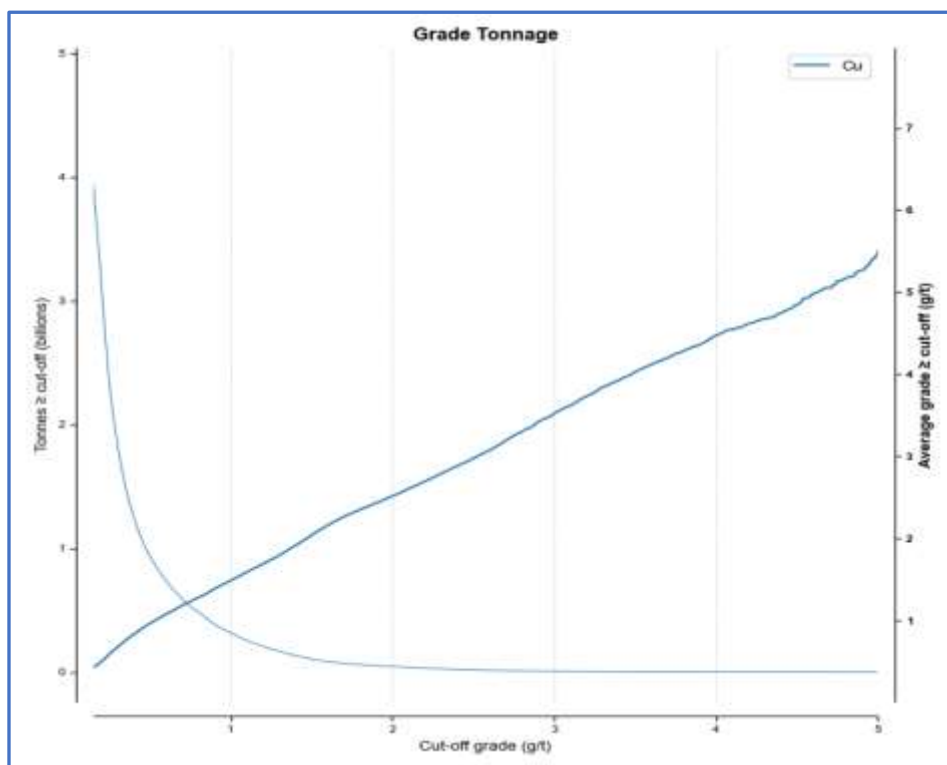


图 14. 33 矿化域 1_1,2_1,3_1 的矿石量吨位—Cu 平均品位（探明和控制资源量）

图14.34 显示了矿化域2_2 的边界品位Cu% 从 0.07% 到 0.32% 之间的推测资源量吨位—品位曲线。

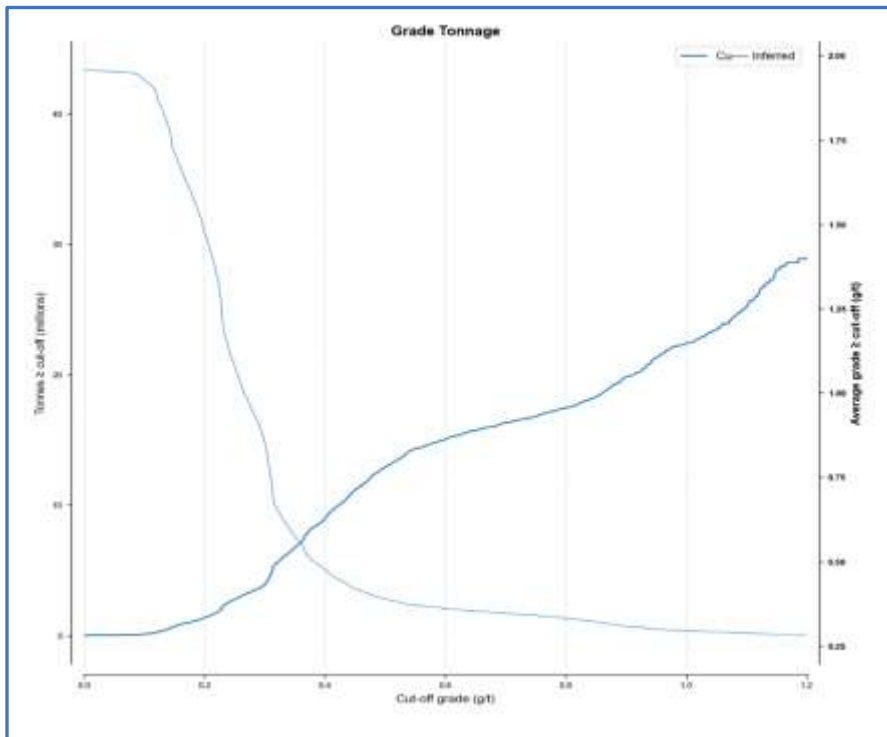


图14. 34 不同Cu边界品位下，矿化域2_2矿石量吨位----品位曲线

14.14 将来采矿计划方面的建议

在甲玛矿区,目前采用的采矿方式包括露天开采和地下开采,其中包括北露天采坑、南露天坑、牛马塘坑、铜铅山坑以及地下开采。如前所述,矿石资源储量巨大,矿层厚度厚且埋藏浅,适合采用大露天开采方式,从而大幅度提高采矿产能。

当前的露天矿场,即北露天坑和南露天坑,分别如图 14.35、14.36 和 14.37 所示。南露天矿场和北露天矿场的矿产资源估算情况如表 14.6 所列。

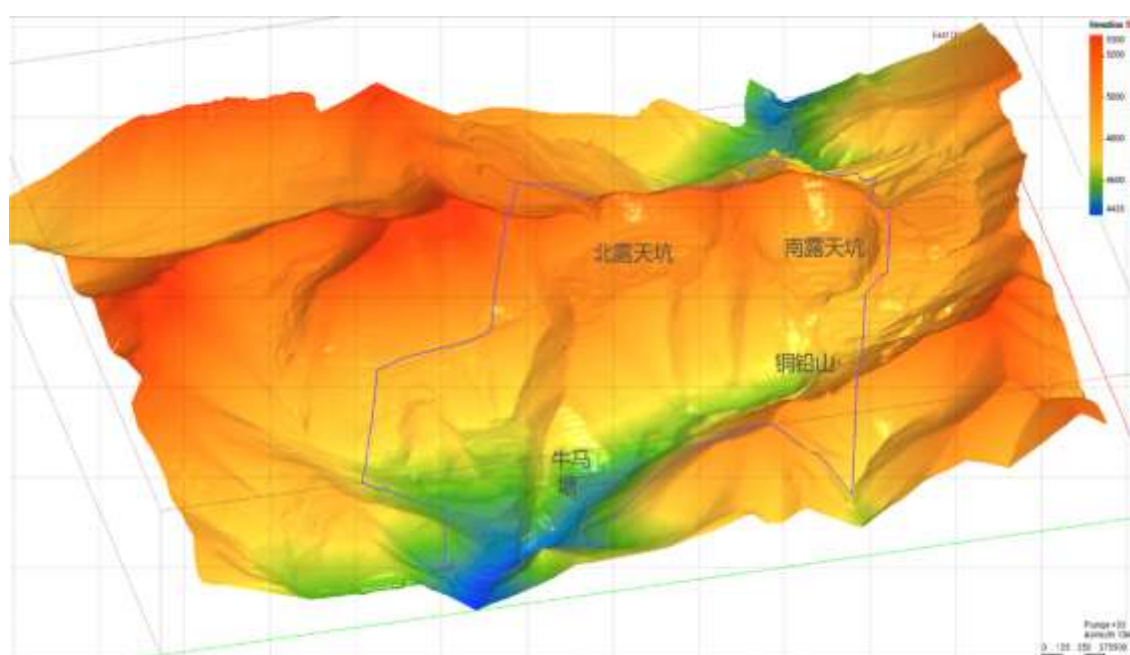


图 14. 34 现在的露天采坑分布

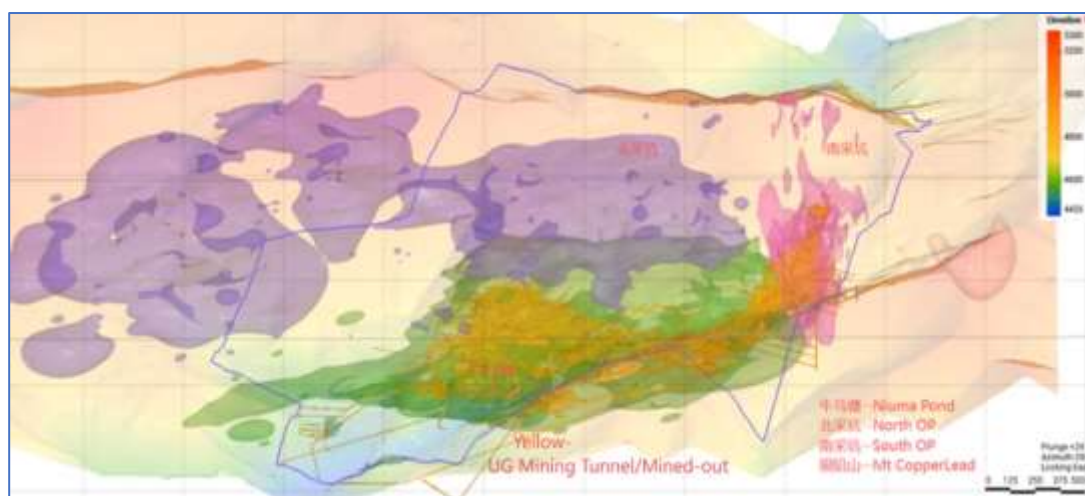


图 14. 35 现在的采矿系统（地下坑道和矿房）和现在露采坑

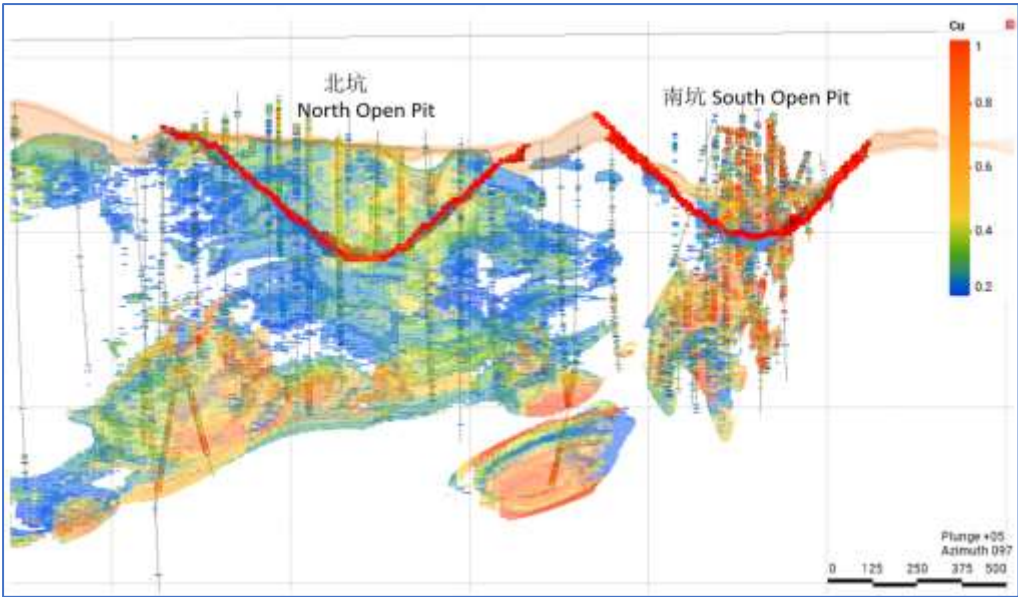


图 14. 36 南采坑和北采坑的剖面

表 14. 6 南采坑和北采坑的保有资源量

			平均品位						金属量					
矿坑	资源分类	矿石	Cu	Mo	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Mo	Au	Ag	Pb	Zn
		Mt	%	%	g/t	g/t	%	%	kt	kt	T	kt	kt	kt
北露天	探明的	65.5	0.44	0.02	0.03	1.16	0.01	0.01	285.67	12.2	1.86	0.08	3.66	3.69
	控制的	32.7	0.43	0.02	0.03	1.13	0.01	0.01	139.91	6.1	0.95	0.04	1.9	1.94
	探明+控制	98.2	0.43	0.02	0.03	1.15	0.01	0.01	425.58	18.4	2.81	0.11	5.56	5.64
	推断的	1.8	0.43	0.02	0.03	1.08	0.01	0.01	7.65	0.4	0.05	0	0.09	0.1
南露天	探明的	12.2	1	0.03	0.25	28.9	0.57	0.32	121.67	3.1	3.08	0.35	69.58	39.02
	控制的	2.3	0.78	0.03	0.13	19.34	0.45	0.29	18.12	0.6	0.31	0.04	10.44	6.63
	探明+控制	14.5	0.96	0.03	0.23	27.37	0.55	0.31	139.79	3.8	3.39	0.4	80.01	45.65
	推断的	0.1	0.74	0.02	0.25	18.53	0.25	0.2	0.78	0	0.03	0	0.26	0.22
全部	探明的	77.8	0.52	0.02	0.06	5.52	0.09	0.05	407.34	15.4	4.94	0.43	73.23	42.72
	控制的	35	0.45	0.02	0.04	2.34	0.04	0.02	158.03	6.8	1.26	0.08	12.34	8.57
	探明+控制	112.8	0.5	0.02	0.05	4.53	0.08	0.05	565.37	22.1	6.2	0.51	85.57	51.29
	推断的	1.9	0.45	0.02	0.04	2.05	0.02	0.02	8.44	0.4	0.08	0	0.35	0.32

*本表说明同表14.3,

拟议中的大露天采坑如图 14.38 所示。采剥比（体积比）为 9.21，若将推测的矿石资源量计算在内，剥采比则为 7.62。也就是说，拟议矿坑内的已有资源量矿石的体积为 37039 万 m³，矿化物质质量 10.207 亿吨。推测部分矿石的体积为 6824 万 m³，矿化物质 1.91 亿吨，而整个露天矿场的体积为 378490 万 m³（表 14.7），矿化物质总量为 12.1 亿吨。

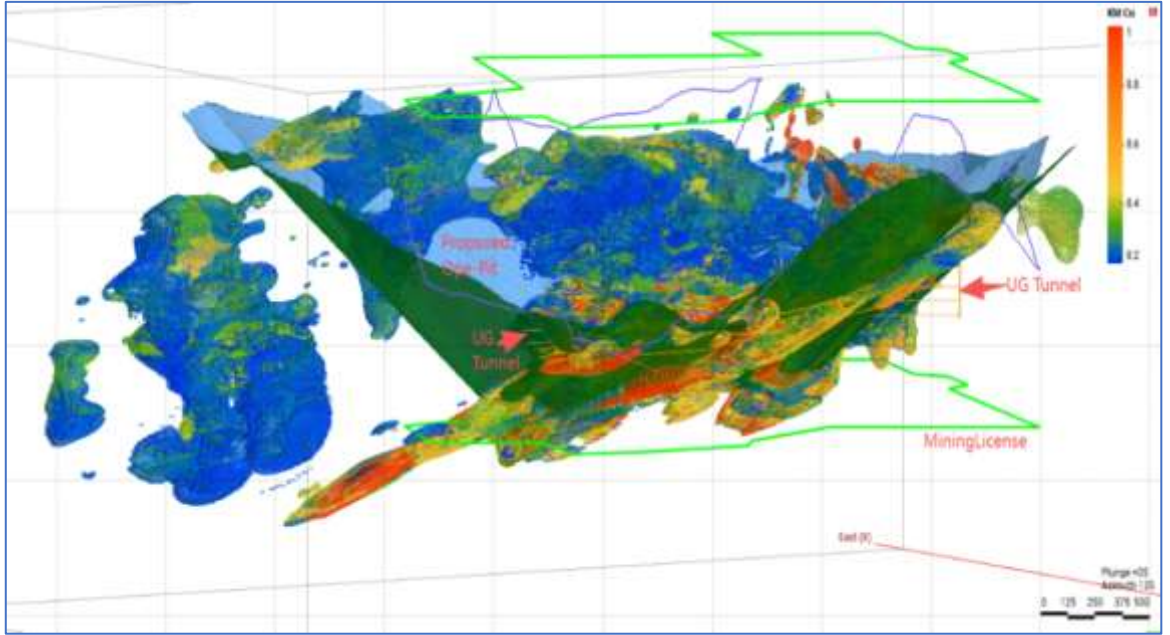


图 14. 37 三维视图中的拟议的大露天采坑和及矿化域块模型图

事实上，很容易就能发现矿化域中的一些部分，特别是拟议露天采坑的底部属于域 1_1 的一部分以及域 3_1 北部的一部分应该被纳入所提议的露天矿开采范围，并且对于所提议的露天矿开采方案还需要做一些调整（见图 14.39）。

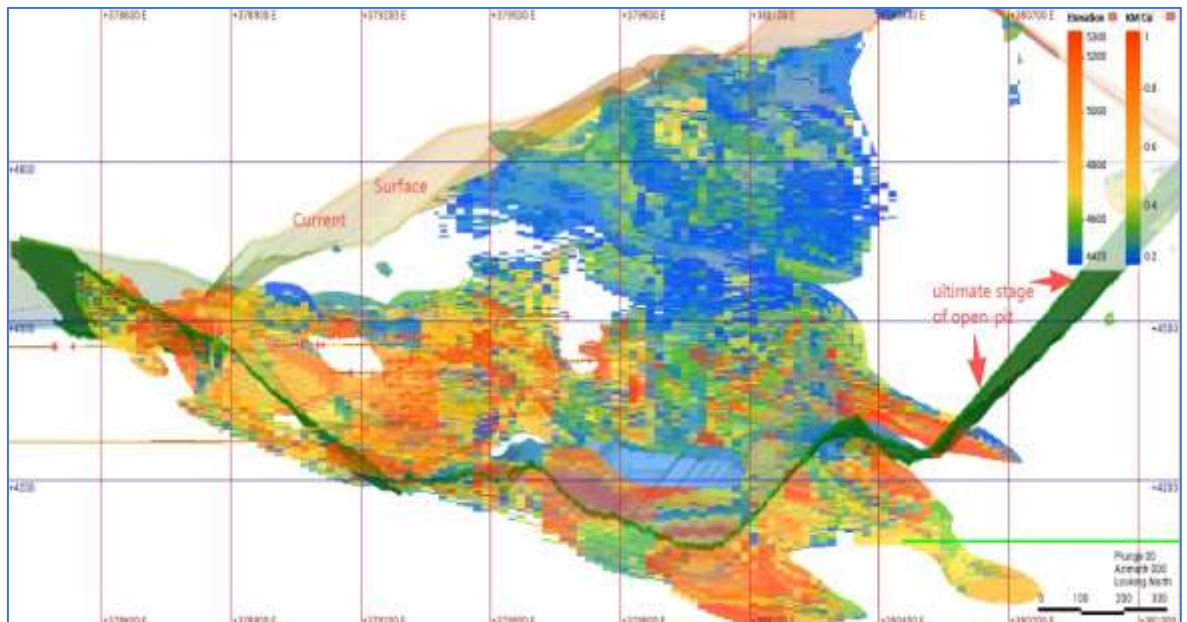


图 14. 38 拟议的大露天矿及矿化域模型剖

表 14.7 拟议的大露天坑内的资源量估算结果

		资源类别	体重	矿石量	平均品位				金属量			
					Cu	Mo	Ag	Au	Cu	Mo	Ag	Au
			g/c m ³	Mt	%	%	g/t	g/t	Mt	Mt	Moz	Moz
1_1	采矿证	探明的	2.82	299.2	0.81	0.04	16.22	0.4	2.43	0.13	155.76	3.8
		控制的	2.81	318.9	0.79	0.04	15.77	0.4	2.51	0.13	161.48	4.09
		探明& 控制	2.82	618.1	0.8	0.04	15.99	0.4	4.94	0.26	317.24	7.89
		推断的	2.85	128.1	0.76	0.03	14.53	0.37	0.97	0.04	59.77	1.53
	探矿证	探明的	2.85	3	0.81	0.03	14.22	0.7	0.02	0	1.39	0.07
		控制的	2.86	4.3	0.74	0.03	14.06	0.61	0.03	0	1.92	0.08
		探明& 控制	2.85	7.3	0.77	0.03	14.13	0.65	0.06	0	3.31	0.15
		推断的	2.82	1	0.91	0.04	17.87	0.55	0.01	0	0.58	0.02
	合计	探明的	2.82	302.2	0.81	0.04	16.2	0.4	2.45	0.13	157.15	3.86
		控制的	2.81	323.1	0.79	0.04	15.75	0.4	2.54	0.13	163.4	4.17
		探明& 控制	2.82	625.4	0.8	0.04	15.97	0.4	5	0.26	320.55	8.04
		推断的	2.85	129.1	0.76	0.03	14.56	0.37	0.98	0.04	60.35	1.55
3_1	采矿证	探明的	2.49	117.4	0.41	0.02	1.18	0.03	0.48	0.02	4.45	0.11
		控制的	2.5	99.2	0.4	0.02	1.17	0.03	0.39	0.02	3.74	0.1
		探明& 控制	2.5	216.6	0.4	0.02	1.18	0.03	0.88	0.04	8.19	0.21
		推断的	2.53	23.9	0.38	0.01	1.21	0.03	0.09	0	0.93	0.02
	探矿证	探明的	2.62	16.7	0.4	0.01	1.43	0.06	0.07	0	0.76	0.03
		控制的	2.62	26.3	0.4	0.01	1.42	0.06	0.1	0	1.2	0.05

					平均品位				金属量			
		探明& 控制	2.62	42.9	0.4	0.01	1.42	0.06	0.17	0.01	1.96	0.08
		推断的	2.63	19	0.38	0.01	1.36	0.08	0.07	0	0.83	0.05
	合计	探明的	2.51	134.1	0.41	0.02	1.21	0.03	0.55	0.02	5.21	0.14
		控制的	2.53	125.5	0.4	0.02	1.23	0.04	0.5	0.02	4.94	0.15
		探明& 控制	2.52	259.5	0.4	0.02	1.22	0.03	1.05	0.04	10.15	0.29
		推断的	2.57	42.9	0.38	0.01	1.28	0.05	0.16	0.01	1.76	0.07
2_1	采矿证	探明的	3	90.5	0.8	0.02	21.52	0.31	0.72	0.02	62.53	0.89
		控制的	3.02	45.1	0.7	0.02	19.61	0.25	0.32	0.01	28.4	0.36
		探明& 控制	3	135.6	0.77	0.02	20.88	0.29	1.04	0.03	90.93	1.25
		推断的	3.01	19	0.63	0.02	31.57	0.17	0.12	0	19.24	0.11
	探矿证	探明的	3.08	0.2	0.47	0.01	12.37	0.13	0	0	0.06	0
		控制的	2.82	0	0.65	0	6.49	0.31	0	0	0	0
		探明& 控制	3.08	0.2	0.47	0.01	12.34	0.13	0	0	0.06	0
		推断的	3.14	0	0.36	0	22.43	0.13	0	0	0.01	0
	合计	探明的	3	90.7	0.8	0.02	21.5	0.3	0.72	0.02	62.6	0.89
		控制的	3.02	45.1	0.7	0.02	19.61	0.25	0.32	0.01	28.4	0.36
		探明& 控制	3	135.8	0.77	0.02	20.87	0.29	1.04	0.03	91	1.25
		推断的	3.01	19	0.63	0.01	31.56	0.17	0.12	0	19.25	0.11
合计	采矿证	探明的	2.76	507.1	0.72	0.03	13.68	0.29	3.64	0.18	222.74	4.79
		控制的	2.76	463.2	0.7	0.03	13.02	0.31	3.22	0.15	193.62	4.55
		探明& 控制	2.76	970.3	0.71	0.03	13.37	0.3	6.86	0.33	416.36	9.34

					平均品位				金属量			
	探矿证	推断的	2.82	171	0.69	0.03	14.56	0.3	1.18	0.05	79.94	1.66
		探明的	2.66	19.9	0.46	0.02	3.48	0.16	0.09	0	2.22	0.1
		控制的	2.65	30.5	0.45	0.02	3.18	0.14	0.14	0	3.12	0.14
		探明& 控制	2.66	50.4	0.45	0.02	3.3	0.15	0.23	0.01	5.33	0.24
		推断的	2.64	20	0.41	0.02	2.21	0.11	0.08	0	1.42	0.07
	合计	探明的	2.76	526.9	0.71	0.03	13.3	0.29	3.73	0.18	224.96	4.89
		控制的	2.75	493.7	0.68	0.03	12.41	0.3	3.36	0.16	196.74	4.69
		探明& 控制	2.76	1,020.70	0.69	0.03	12.87	0.29	7.08	0.34	421.78	9.58
		推断的	2.8	191	0.66	0.03	13.27	0.28	1.26	0.05	81.36	1.73

*本表说明同表14.3,

14.15 下一步勘探的靶区

在八一牧场施工了一些钻探孔，发现了金钼矿化线索，需要继续钻探更多的探孔（图 14.40）。此外，在甲玛矿区内，其北部和西部的矿化体 1_1 和 3_1 也是进一步勘探的良好目标（图 14.41）。

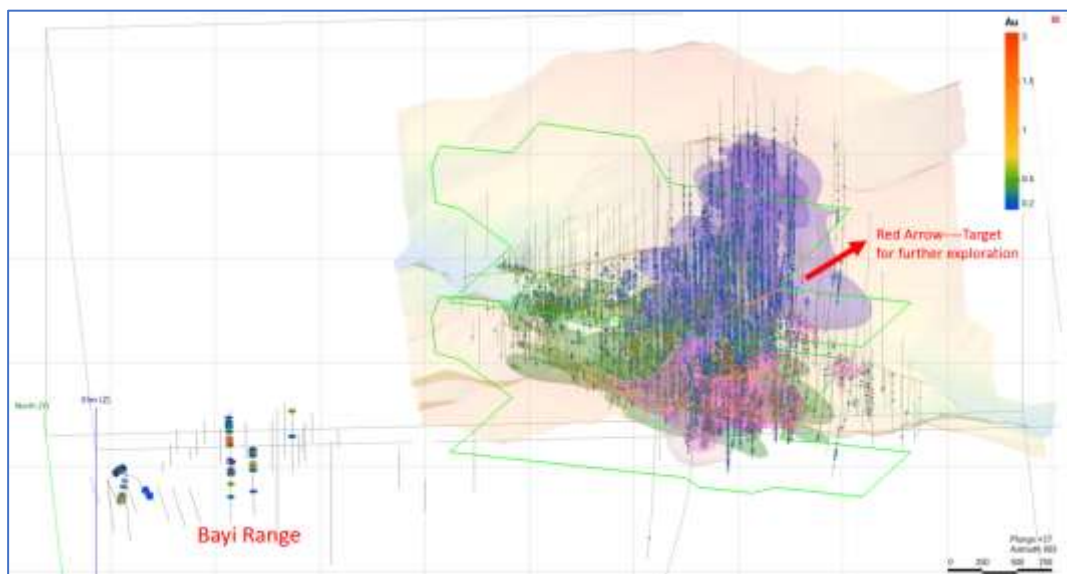


图 14. 39 甲玛矿区的勘探方向和八一农场靶区

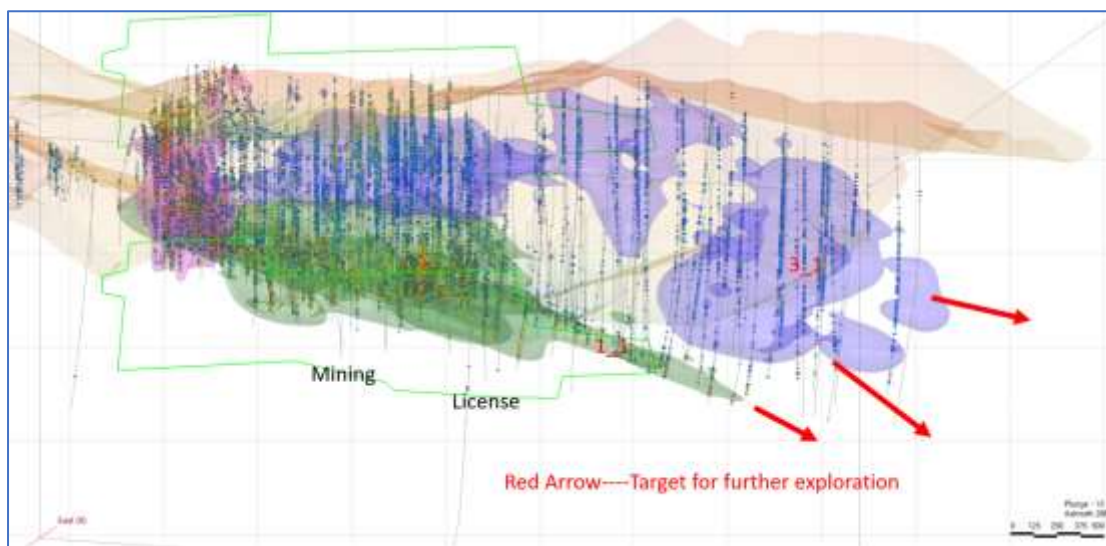


图 14. 40 甲玛矿区的勘探方向

14.16 资源量估算可能的影响因素

该项目的矿产资源是依据岩芯钻探数据估算得出的，并符合 CIM 定义标准（2019 版）的要求。斯图矿业已对数据以及构建资源模型（Leapfrog EDGE）所采用的方法进行了核查，并验证了该资源模型。斯图矿业的甲玛资源模型涵盖了探明资源量、控制资源量、推测资源量 3 个类型。

可能对矿产资源量估算结果产生较大影响的不确定性可能包括：

在域 2_2 中没有 SG 数据，而在域 3_1 中仅有少量的 SG 数据，这两者都可能影响到 SG 的估算，但影响不会大。

15 矿产储量估算

15.1 介绍

甲玛项目包括露天采矿和地下采矿。自 2009 年以来，该矿区已从露天和地下开采超过 2000 万吨矿石或可采矿储量。

矿产储量的估算是根据加拿大 CIM 指南——矿产资源和矿产储量最佳实践指南（2019 年）进行估算。只有被归类为探明的控制的矿产资源，才在矿山设计中赋予经济属性并展示经济可行性。甲玛项目的矿产储量包含了露天和地下采矿的适当采矿参数，如采矿贫化和回采率。该估算为采矿计划和经济分析所准备。

矿产储量是对可经济开采和加工的矿石吨位和平均品位的估算。平均品位是我们所说的选厂加工的入选品位，而平均品位中最低的数值称为采矿边界品位。要将矿化物质视为矿产，必须支付采矿作业期间产生的所有费用。以下子节概述了估算矿产储量所采用的程序。

由甲玛矿山提供的优化露天矿山境界构成了报告中露天矿产储量估算的基础，而延伸至现有露天矿下方及周围的矿体则成为地下评估的目标。

以下章节概述了估算矿产储量所采用的程序。它们是：

- 1 储量估算的主要参数
- 2 现有矿山储量估算
- 3 地下采矿储量估算

15.2 储量估算的主要参数

15.2.1 采矿因子

在矿产资源与储量转换中，采矿回收和贫化最为重要。基于 2025 年月度产量报告（Excel 文件）的审查及华泰龙采矿的假设因子（表 15.1）：

表 15.1 甲玛矿山地下及露天采矿因子

项目	单位	露天采矿	地下采矿
采矿回收	%	98.00	85
矿石贫化	%	2.00	12.00

*注释见表 16.7

作者认为，采矿回收率低于 98%且矿石贫化率超过 2%的参数被广泛接受为露天采矿的现实基准。这两项决定露天采矿的因素在很大程度上取决于采矿台阶高度、矿体厚度和倾角，以及爆破孔直径或钻爆模式。

因此，矿石中掺入更多废料，矿石贫化估计为 12%，包括内部贫化、外部贫化和各种采矿过程贫化。

15.2.2 运营成本与损益平衡点

甲玛项目的储量估算涵盖露天矿和地下矿区。这两种方法的盈亏平衡差别很大。由于运营成本较高且矿石贫化稍高，地下采矿的盈亏平衡率相当高，详见下表(表 15.2)：

表 15.2 运营成本与盈亏平衡点*

项目	单位	露天	地下	解释
全运行成本 (RMB)	RMB/t	204.01	321.31	表 16.7*
全运行成本(US\$)	US\$/t	29.14	45.90	计算
汇率 US\$:RMB	US\$:RMB	7	7	本报告设定
铜价	RMB/t	71889	71889	表 16.7
铜价	US\$/LB	4.66	4.66	计算
金价	US\$/OZ	2890	2890	3 年平均
银价	US\$/OZ	40	40	3 年平均
钼价	US\$/LB	20	20	CGDI 设定
采矿回收率	%	2	15	生产统计
矿石贫化	%	2	12	生产统计
甲玛矿盈亏平衡点 % Cu	%	0.39	0.69	85% Cu 回收率计算

*加 15% 的不可预见性

上表显示露天采矿的盈亏平衡为 0.39% 铜，地下采矿为 0.69%铜。 需要注意，15%的风险代理费或营运资金在损益平衡的计算中被考虑。地下矿区几乎是现有露天矿区（N 坑和 S 矿坑）的两倍。这就是为什么中国西藏甲玛铜金矿的工程师们正积极扩建露天矿井，以最大化对新发现、深厚矿体的开发。露天开采是开采矿石最经济且无需昂贵地下坑道的方式。

15.3 当前露天矿储量估算

作者重点关注当前露天矿井的储量估计，包括北露天(N-OP)和南露天(S_OP)，如下文所示：

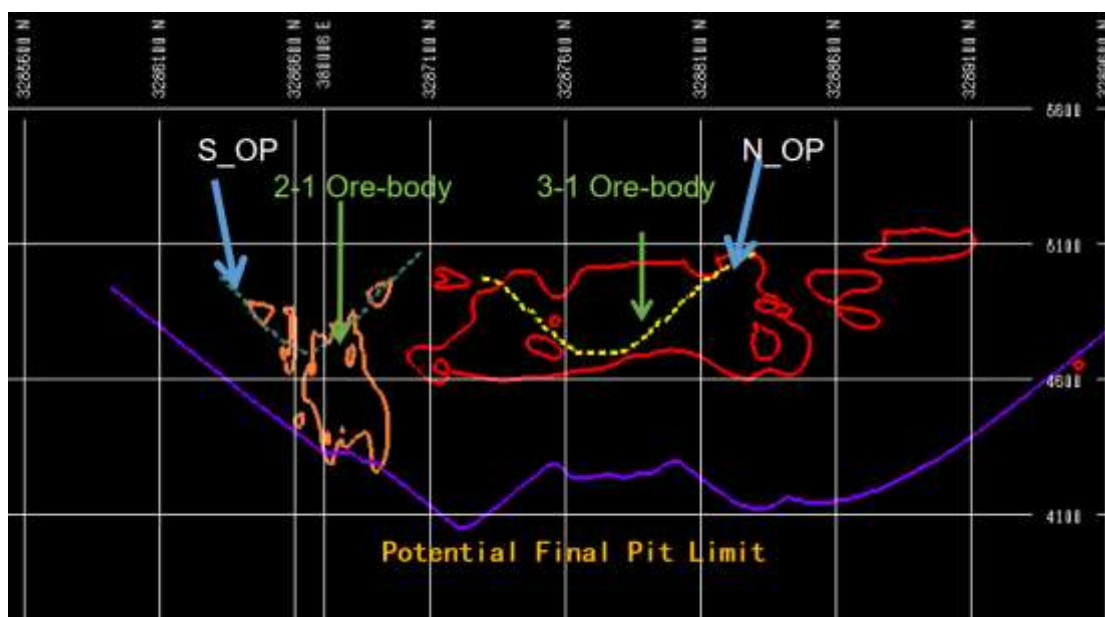


图 15. 1 北露天 (N_OP) 和南露天 (S_OP)

图 15.1 显示了从北露天 N_OP 和南露天 S_OP 中可以开采的矿体 3-1 和 2-1

这两个矿坑的储量估计基于资源估算，固定的断定品位为 0.3%铜，如表 14.5 所示。在这种资源-储量转换中，采用了上述采矿回收率和矿石贫化等因子。下表 15.3 显示了根据表 14.5 中矿产资源估算的储量：

表 15.3 露天矿坑资源与储量的转换

露天矿	矿体	储量类别	矿石量 Mt	平均品位			
				Cu %	Mo %	Au g/t	Ag g/t
N_OP	3_1	证实的 Proven	65.51	0.43	0.02	0.03	1.14
		可能的 Probable	32.69	0.42	0.02	0.03	1.11
		合计 (P&P)	98.20	0.42	0.02	0.03	1.13
S_OP	2_1	证实的 Proven	12.21	0.98	0.03	0.25	28.33
		可能的 Probable	2.32	0.76	0.03	0.13	18.96
		合计	14.53	0.94	0.03	0.23	26.83
合计		证实的 Proven	77.72	0.51	0.02	0.06	5.41
		可能的 Probable	35.02	0.44	0.02	0.04	2.29
		合计	112.74	0.49	0.02	0.05	4.44

上表显示，由于现场工程师在采矿活动中对矿石损失和贫化减少的努力，矿区内矿产资源的数量和品位变化不大。表中的品位代表每种矿体结构的矿石入选品位。铜品位差异很大，从 0.42%到 0.98%。

总之，基于 更新后的资源模型和采矿因， 甲玛露天矿储量估算总结如下表 15.4。

表 15.4 露天矿储量估算总结

类别	矿石量	平均品位				金属量			
		Cu	Mo	Au	Ag	Cu	Mo	Au	Ag
	Mt	%	%	g/t	g/t	kt	kt	t	kt
证实的	77.72	0.51	0.02	0.06	5.41	399.19	15.07	4.84	0.42
可能的	35.02	0.44	0.02	0.04	2.29	154.87	6.63	1.23	0.08
合计(证实 &可能)	112.74	0.49	0.02	0.05	4.44	554.06	21.70	6.08	0.50

1 数字已四舍五入以反映矿产储量估计的精确度。

2 加拿大矿业、冶金与石油学会在其 2014 年 5 月 10 日发布的《CIM 矿产资源与矿产储量定义标准》文件中定义的储量分类。

3 使用铜的 0.3%阈值。

表 15.4 中的 P&P 储量也表示为：

[112.74Mt@0.49% Cu, 0.02% Mo, 0.05g/t Au, 4.4g/t Ag](#)

或者简单用当量铜（CuEq）表示：

[112.74Mt@0.61% CuEq](#)

上述 0.61%的铜当量是根据表 15.5 中的等效公式及其支持数据计算得出的：

$$\text{CuEq} = \text{Cu} + 0.01 * \text{Ag} + 1.69 * \text{Mo} + 0.79 * \text{Au}$$

表 15.5 铜当量 CuEq 计算公式

金属	品位	价格	单价	选矿回收率	价值 \$	单位 2	系数
	g/t or %			%	(1gt Or1%)		
Cu	0.49	4.66	\$/lb	85	87.3	\$/g	1
Ag	4.44	40	\$/oz	69.76	0.9	\$/g	0.01
Mo	0.02	20	\$/lb	33.39	147.18	\$/%	1.69
Au	0.05	2890	\$/oz	73.84	68.62	\$/g	0.79

由于目前主要产品（铜）的金属明确，因此在此阶段采用上表中列出的不同回收率已成熟，这些回收率基于产量统计和甲玛矿山的假设。因此，目前 85% 的回收率是合理的。

所含金属在 CuEq 项下可轻松检查，如下表 15.6 所示：

表 15.6 铜当量 CuEq 的储量估算*

		平均品位					金属量				
类别	矿石量	Cu	Mo	Au	Ag	CuEq	Cu	Mo	Au	Ag	CuEq
	Mt	%	%	g/t	g/t	%	kt	kt	t	kt	kt
证实的	77.7	0.51	0.02	0.06	5.41	0.65	399.2	15.07	4.84	0.42	504.96
可能的	35.0	0.44	0.02	0.04	2.29	0.53	154.8	6.63	1.23	0.08	183.86
合计	112.7	0.49	0.02	0.05	4.44	0.61	554.1	21.70	6.08	0.50	688.82

*露天矿 N_OP 和 S_OP 的矿产储量估算报告生效日期为 2026 年 6 月 30 日)

15.4 地下采矿储量估算

由于目前尚不清楚优化的最终露天矿界在哪里，假设任何露天矿坑与地下采矿边界的假设为时过早。因此，上述两个坑目前是合理的，然后从这些露天坑中剩余的资源将从地下开采。

首先检查剩余矿产资源中可用于地下采掘的可开采物料，边界品位范围为 0.1% 至 0.3%，0.5%，0.7%，0.8%至 1%铜（见表 15.7）。该转换基于：

1. 假设矿产资源随边界品位变化
2. 矿井内的矿产资源保持其数量和平均品位在 0.3%的阈值
3. 假设地下矿产损失和矿石贫化分别为 15%和 12%（见表 15.7）

表 15. 7 地下资源量——可采资源转换

项目	资源		品位					可采		品位				
0.1% Cu	类别	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq	类别	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
		Mt	%	%	g/t	g/t	%		Mt	%	%	g/t	g/t	%
合计	探明&控制	3200.7	0.4	0.03	6.38	0.15	0.63	证实&可能	3128.7	0.35	0.03	5.55	0.13	0.55
坑内	探明&控制	112.8	0.5	0.02	4.53	0.05	0.62	证实&可能	110.3	0.43	0.02	3.94	0.04	0.54
地采	探明&控制	3087.9	0.40	0.03	6.45	0.15	0.63	证实&可能	3018.4	0.34	0.03	5.61	0.13	0.55
0.3% Cu	探明	623.1	0.71	0.03	13.16	0.29	1.12	证实	609.1	0.62	0.03	11.44	0.25	0.98
合计	控制	711.9	0.68	0.03	12.1	0.29	1.08	可能	695.9	0.59	0.03	10.52	0.25	0.94
	探明&控制	1335.0	0.69	0.03	12.6	0.29	1.10	证实&可能	1305.0	0.60	0.03	10.96	0.25	0.95
	探明	77.8	0.52	0.02	5.52	0.06	0.66	证实	76.0	0.45	0.02	4.80	0.05	0.57
坑内	控制	35.0	0.45	0.02	2.34	0.04	0.54	可能	34.2	0.39	0.02	2.03	0.03	0.47
	探明&控制	112.8	0.5	0.02	4.53	0.05	0.62	证实&可能	110.3	0.43	0.02	3.94	0.04	0.54

项目	资源		品位						可采		品位				
	探明	545.3	0.74	0.03	14.25	0.32	1.19	证实	533.0	0.64	0.03	12.39	0.28	1.03	
地采	控制	676.9	0.69	0.03	12.60	0.30	1.11	可能	661.7	0.60	0.03	10.96	0.26	0.96	
	探明&控制	1222.2	0.71	0.03	13.34	0.31	1.14	证实&可能	1194.7	0.62	0.03	11.60	0.27	0.99	
0.5% Cu	探明	322.8	1.00	0.04	20.62	0.45	1.63	证实	315.5	0.87	0.03	17.93	0.39	1.41	
合计	控制	355.7	0.96	0.04	19.11	0.46	1.58	可能	347.7	0.84	0.03	16.62	0.40	1.38	
	探明&控制	678.5	0.98	0.04	19.83	0.45	1.60	证实&可能	663.2	0.85	0.03	17.24	0.39	1.39	
	探明	77.8	0.52	0.02	5.52	0.06	0.66	证实	76.0	0.45	0.02	4.80	0.05	0.57	
坑内	控制	35.0	0.45	0.02	2.34	0.04	0.54	可能	34.2	0.39	0.02	2.03	0.03	0.47	
	探明&控制	112.8	0.5	0.02	4.53	0.05	0.62	证实&可能	110.3	0.43	0.02	3.94	0.04	0.54	
	探明	245.0	1.15	0.04	25.42	0.57	1.93	证实	239.4	1.00	0.04	22.11	0.50	1.68	
地采	控制	320.7	1.02	0.04	20.94	0.51	1.70	可能	313.5	0.89	0.04	18.21	0.44	1.47	
	探明&控制	565.7	1.08	0.04	22.88	0.53	1.80	证实&可能	553.0	0.94	0.04	19.90	0.46	1.56	
0.7% Cu	探明	204.6	1.24	0.04	26.31	0.55	2.01	证实	200.0	1.08	0.04	22.88	0.48	1.75	
合计	控制	224.8	1.18	0.04	23.66	0.56	1.93	可能	219.8	1.02	0.04	20.57	0.48	1.67	
	探明&控制	429.5	1.21	0.04	24.92	0.55	1.96	证实&可能	419.8	1.05	0.04	21.67	0.48	1.71	
	探明	77.8	0.52	0.02	5.52	0.06	0.66	证实	76.0	0.45	0.02	4.80	0.05	0.57	
坑内	控制	35.0	0.45	0.02	2.34	0.04	0.54	可能	34.2	0.39	0.02	2.03	0.03	0.47	
	探明&控制	112.8	0.5	0.02	4.53	0.05	0.62	证实&可能	110.3	0.43	0.02	3.94	0.04	0.54	
	探明	126.8	1.68	0.05	39.06	0.85	2.84	证实	124.0	1.46	0.05	33.97	0.74	2.47	
地采	控制	189.8	1.31	0.05	27.59	0.65	2.18	可能	185.5	1.14	0.04	23.99	0.57	1.90	
	探明&控制	316.7	1.46	0.05	32.18	0.73	2.44	证实&可能	309.5	1.27	0.04	27.99	0.64	2.13	

项目	资源		品位						可采		品位				
0.8% Cu	探明&控制	354.2	1.31	0.04	26.96	0.59	2.11	证实&可能	346.2	1.14	0.03	23.44	0.51	1.84	
坑内	探明&控制	112.8	0.5	0.02	4.53	0.05	0.62	证实&可能	110.3	0.43	0.02	3.94	0.04	0.54	
地采	探明&控制	241.4	1.69	0.05	37.44	0.84	2.81	证实&可能	236.0	1.47	0.04	32.56	0.73	2.44	
1% Cu	探明&控制	235.5	1.51	0.04	31.14	0.67	2.42	证实&可能	230.2	1.31	0.03	27.08	0.58	2.10	
坑内	探明&控制	112.8	0.5	0.02	4.53	0.05	0.62	证实&可能 证实&可能	110.3	0.43	0.02	3.94	0.04	0.54	
地采	探明&控制	122.7	2.44	0.06	55.60	1.24	4.07	证实&可能	119.9	2.12	0.05	48.35	1.08	3.54	

上述表格显示：

1. 剩余矿产资源的平均品位在 0.1%铜的边界品位下，远远低于地下采矿盈亏平衡点（见表 15.7），无法盈利
2. 所有具有 0.3%铜边界品位或更高的矿产资源，在资源储量转换中看起来良好，但我们需要选择一个优化的边界品位，优先最大化项目的净现值（NPV）或现金流（CF），而不仅仅是处理所有 0.3%铜以上的矿产。

第二种，我们会确定哪一种（可开采资源）在最佳的边界铜品位下成为可开采储量。我们在估算矿产储量时会考虑许多因素，包括上述所有投入，包括成本、金属价格和采矿因素，以及一些后续事件，例如现金流。然后，基于上述估算并设置多个边界品位，对地下资源进行经济可行性测试，是储量估算中非常重要的一步，见下图 15.2：

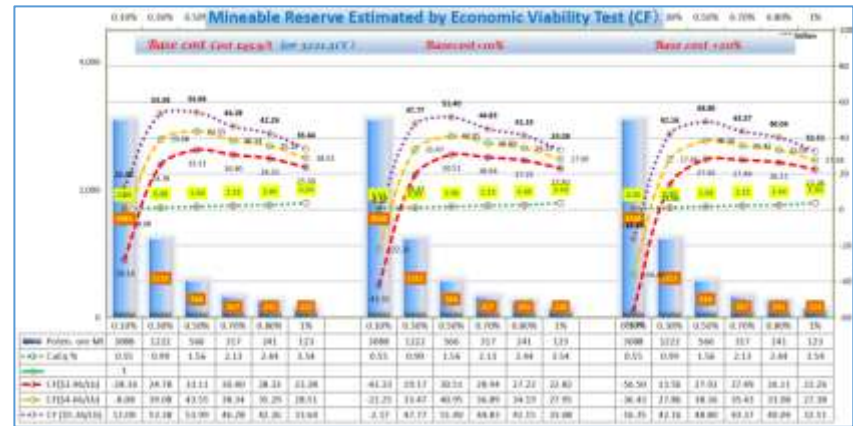


图 15.2 储量估算的边界品位优化曲线

随着市场变化和采矿成本波动，采用动态边界而非单一静态数字。图 15.2 实际上是一个边界品位优化曲线，表明了一个重要信息：这是一个稳定的边界品位，假设铜的变化在 3.96 美元/磅(4.66-20%)、4.66 美元/磅和 5.36 美元/磅(4.66+20%) 的微小波动内实现最大现金流。

1. 在 0.5%边界条件下，最高现金流为 533.8、**433.5** 和 **331.1 亿美元**，采矿成本为每吨 45.9 美元（或 321.31 人民币）
2. 如果采矿成本提高到 50.49 美元/吨（或增加 10%），最高现金流 CF 可达 514, 409.5 和 **305.1 亿美元**
3. 如果采矿成本提高至 55.08 美元/吨(或增加 20%)，最高现金流 CF 为 488、383.6 和 **274.9 亿美元**

矿产资源转化为储量是采矿中的关键过程，代表着从识别潜在矿床到通过细致研究证明其经济可行性的过渡。下表显示了作者推荐的储量估算：

表 15.8 甲玛地下开采矿产储量估算

			平均品位				
	类别	矿石	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
		Mt	%	%	g/t	g/t	%
	证实	239.44	1.00	0.04	22.11	0.50	1.68
地采	可能	313.52	0.89	0.04	18.21	0.44	1.47
	证实&可能	552.97	0.94	0.04	19.90	0.46	1.56

甲玛地下矿产储量估算生效日期为 2026 年 6 月 30 日

表中储量也可表示为：

[552.97Mt@1.56% CuEq](#)

表 15.8 中的储量估算可用于长期矿山规划。它们定义矿山寿命（LOM），指导资本投资，并决定运营的经济可行性。这些估算列出了几十年内可以安全且有利可图地提取的资源

甲玛矿区是一个结合露天和地下采矿的项目。在作者看来，扩建现有露天矿是一种非常常见且有效的策略，可以增加矿产储量，延长矿井寿命，并提升整体运营经济性。

15.5 甲玛矿山储量总结

甲玛矿产储量估算参考了 2019 加拿大矿业、冶金与石油学会(CIM)定义标准。

目前露天采矿和地下采矿分别采用了 0.39% 和 0.69%的盈益平衡点。利用第 14 章给出的矿产资源及第 16 章中矿石贫化和采矿回收率等参数估算了甲玛项目的矿产储量。

甲玛矿区储量估算结果见表 15.9 和表 15.10

截至资料基准日 2025 年 12 月 31 日，甲玛矿区采矿权内南北两个小露天采矿坑内露天开采储量为矿石量 1.13 亿吨，含铜 55 万吨，品位 0.49%， 含钼 2.17 万吨，品位 0.02%， 含银 16.09 百万盎司，品位 4.44 g/t，含金 0.18 百万盎司，品位 0.05 g/t （表 15.9）。

表 15.9 甲玛矿区当前 2 个露天矿露天开采矿石储量（2026 年 6 月 30 日生效）*

		平均品位					金属量				
分类	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
	Mt	%	%	g/t	g/t	%	Mt	kt	Moz	Moz	Mt
证实的	77.7	0.51	0.02	5.41	0.06	0.65	0.40	15.07	13.51	0.15	0.51
可能的	35	0.44	0.02	2.29	0.04	0.53	0.15	6.63	2.58	0.05	0.19
合计	112.7	0.49	0.02	4.44	0.05	0.61	0.55	21.7	16.09	0.18	0.69

*: 1, 矿产储量报告生效日期为2026年6月30日;

2, 所有矿产储量均根据加拿大国家标准43-101规定的CIM标准进行

3, 矿产储量是根据以下采矿和经济因素进行估算的: 露天开采: a) 采矿方法采用了5%贫化因子和95%采矿回收率; b) 露天整体坡度为43度; c) 铜价为每磅4.66美元; d) 铜的整体加工回收率为85%

4. 矿产储量露天开采铜当量品位0.61%CuEq, $CuEq = Cu + 0.01 * Ag + 1.69 * Mo + 0.79 * Au$; Cu, 4.66 USD/bl, Mo, 20 USD/Bl, Ag,40USD/Oz Au, 2890 USD/Oz

5. 矿产储量估算由长春院外聘顾问Dr. Siwei He 编制。他是加拿大NI43-101标准的合资格人QP，拥有超过36年的相关工程经验，并且是矿产储量的合格人员。

截至资料基准日 2025 年 12 月 31 日，甲玛矿区采矿权地下开采储量为矿石量 5.53 亿吨，含铜 5.2 百万吨，品位 0.94%， 含钼 22 万吨，品位 0.04%， 含银 353.79 百万盎司，品位 19.9 g/t，含金 8.18 百万盎司，品位 0.46 g/t （表 15.10）。

表 15. 10 甲玛矿区地下开采储量（2026 年 6 月 30 日生效日）

分类	矿石量	平均品位					金属量				
		Cu	Mo	Ag	Au	CuEq	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
	Mt	%	%	g/t	g/t	%	Mt	Mt	Moz	Moz	Mt
证实的	239.44	1.00	0.04	22.11	0.50	1.68	2.39	0.10	170.21	3.85	4.02
可能的	313.52	0.89	0.04	18.21	0.44	1.47	2.79	0.13	183.55	4.44	4.61
合计	552.97	0.94	0.04	19.90	0.46	1.56	5.20	0.22	353.79	8.18	8.63

*: 1, 矿产储量报告日期为2026年6月30日;

2, 所有矿产储量均根据加拿大国家标准43-101规定的CIM标准进行

3, 矿产储量是根据以下采矿和经济因素进行估算的:

铜价为每磅4.66美元; 铜的整体加工回收率为85%

地下开采: a) 采矿贫化12%; b) 采矿损失 15% c) 选矿收率为85%

4. 矿产储量地下开采当量铜1.56 %; $CuEq = Cu + 0.01 * Ag + 1.69 * Mo + 0.79 * Au$; Cu, 4.66 USD/b1, Mo, 20

USD/b1, Ag, 40USD/Oz Au, 2890 USD/Oz

5. 矿产储量估算由长春院外聘顾问Dr. Siwei He 编制。他是加拿大NI43-101标准的合资格人QP, 拥有超过36年的相关工程经验, 并且是矿产储量的合格人员。

15.6 甲玛矿产储量变化和讨论

澳洲矿业咨询公司 MINING ONE 于 2013 年进行了甲玛项目的储量估算。甲玛露天矿储量估计基于角岩露天坑和南部露天坑。甲玛地下矿的储量估算基于地下各种采矿方法如房柱法, 充填法和分层浆体充填法等等的综合分析。其矿产储量估计汇总于表 15.11

2013 年, 甲玛矿区采矿权内两个露天采矿坑内露天开采储量为矿石量 2.4 亿吨, 含铜 1.24 百万吨, 品位 0.51%, 含钼 4.2 万吨, 品位 0.02%, 含银 74.68 百万盎司, 品位 9.65 g/t, 含金 0.69 百万盎司, 品位 0.09 g/t. 2013 年甲玛矿区采矿权地下开采储量为矿石量 2 亿吨, 含铜 1.47 百万吨, 品位 0.74%, 含钼 10 万吨, 品位 0.05%, 含银 88.49 百万盎司, 品位 13.75g/t, 含金 2 百万盎司, 品位 0.31g/t.

MINING ONE 2013 年的甲玛储量估算结果于 2026 本报告中的储量估算结果对比可以看出, 甲玛矿区经过近 16 年的矿山开采, 目前露天开采的矿石储量也从 2.4 亿吨, 降至 1.1 亿吨。但地下开采的矿石储量从 2013 年的 2 亿吨, 增加 150%倍到 2026 年的 5.5 亿吨, 铜金属量从 1.47 百万吨增加 250%倍到 5.2 百万吨, 钼从 10 万吨增加 120%倍到 22 万吨, 金从 2 百万盎司增加 300%倍到达 8 百万盎司, 银从 88 百万盎司 增加 300%倍达 354 百万盎司。

表 15.11 2013 年和 2026 年甲玛矿产储量变化对比表

2013 露天开采矿石储量									
类型	矿石 Mt	Cu %	Mo %	Au g/t	Ag g/t	Cu Mt	Mo Kt	Au Moz	Ag Moz
证实的	7.90	0.41	0.01 9	0.03	4.1	0.03	1.5	0.01	1.05
可能的	232.80	0.52	0.01 8	0.09	9.84	1.21	40.82	0.68	73.63
合计	240.70	0.51	0.01 8	0.09	9.65	1.24	42.32	0.69	74.68
2013 地下开采矿石储量									
类型	矿石 Mt	Cu	Mo	Au	Ag	Cu Mt	Mo kt	Au Moz	Ag Moz
证实的	17.02	0.748	0.049	0.267	14.73 5	0.13	8.42	0.15	8.06
可能的	183.06	0.734	0.05	0.315	13.66 4	1.34	92.28	1.85	80.43
合计	200.00	0.735	0.05	0.311	13.75 5	1.47	100.70	2.00	88.49
2026 露天开采矿石储量									
类型	矿石 Mt	Cu %	Mo %	Au g/t	Ag g/t	Cu Mt	Mo Mt	Au Moz	Ag Moz
证实的	77.7	0.51	0.02	0.06	5.41	0.4	15.07	0.15	13.51
可能的	35	0.44	0.02	0.04	2.29	0.15	6.63	0.05	2.58
合计	112.7	0.49	0.02	0.05	4.44	0.55	21.7	0.18	16.09
2026 地下开采矿石储量									
证实的	239.44	1.00	0.04	0.5	22.11	2.39	0.1	3.85	170.2 1
可能的	313.52	0.89	0.04	0.44	18.21	2.79	0.13	4.44	183.5 5
合计	552.97	0.94	0.04	0.46	19.9	5.2	0.22	8.18	353.7 9

MINING ONE 2013 年的甲玛储量估算结果于 2026 本报告中的储量估算结果对比可以看出，甲玛矿区经过近 16 年的矿山开采，目前露天开采矿坑的矿石储量已经从 2.4 亿吨，降至 1.1 亿吨。但地下开采的矿石储量从 2013 年的 2 亿吨，增加到 2026 年的 5.5 亿吨，增加 175% 倍。铜金属量从 1.47 百万吨增加到 5.2 百万吨，增加 250% 倍；钼从 10 万吨增加到 22 万吨，增加 120% 倍；金从 2 百万盎司增加到 8 百万盎司，增加 300% 倍；银从 88 百万盎司增加到 354 百万盎司。300% 倍。

16 采矿方法

16.1 引言

甲玛铜多金属矿床是冈底斯成矿带东段典型斑岩—矽卡岩型矿床，位于推覆构造前部带，构造、冻融、高山地貌等多重作用致使区内断裂裂隙发育，岩体稳定程度空间差异大，开采岩土工程风险不一。矿区包含矽卡岩、角岩、斑岩三类矿体四个矿带，采用露天、地下联合开采，本节详细介绍了甲玛项目岩土工程情况，开拓运输系统、采矿方法及通风排水等现状情况。

16.2 矿区岩土工程概况

16.2.1 矿床背景

甲玛铜多金属矿床是由深部的隐伏斑岩型钼（铜）矿体、围绕斑岩体并沿下白垩统林布宗组砂板岩—角岩与上侏罗统多底沟组灰岩—大理岩层间构造带产出的矽卡岩型铜多金属矿体、产于斑岩体上部裂隙系统中的角岩型铜钼矿体构成。斑岩型矿体主要受控于矿区褶皱、断裂构造，矽卡岩矿体主要受岩体接触带以及推覆构造导致的层间扩容空间控制，角岩矿体主要受控于斑岩体侵位过程中导致顶部脆性角

岩破碎产生的裂隙系统。

依据赋矿岩性及空间位置，划分出 4 个矿带，分别为 I 号砂卡岩矿带、II 号砂卡岩矿带、III 号角岩矿带、IV 号斑岩矿带。

16.2.2 岩土工程条件

矿区处于甲玛—卡军果推覆构造系的前部带，受推覆构造影响，区内褶皱构造较发育，断裂构造次之。砂卡岩型矿体为矿区的主要矿体类型，呈层状分布于侏罗系上统多底沟组的上部与白垩系下统林布宗组接触的部位，主矿体大多位于灰岩地下水位之上。区内地层岩性较复杂，构造破碎带发育，岩石风化作用强，新构造活动发育，冻融层厚度大，边坡工程地质条件复杂。

矿区岩层划分为五个工程地质岩组，即松散岩岩组、坚硬岩岩组、较硬岩岩组、较软岩岩组、软岩岩组。其中，矿体及围岩划分为坚硬岩岩组、较坚硬岩岩组、较软岩岩组和软岩岩组四个工程地质岩组。

矿区结构面以断层、层理、节理裂隙为主。根据这些结构面的规律，按《矿区水文地质工程地质勘查规范》(GB/T12719-2021)，可划分出四个结构面级别，即 II、III、IV、V 级结构面。

16.2.3 岩土工程域划分

矿区结构面以断层、层理、节理裂隙为主。可划分出四个结构面级别，即 II、III、IV、V 级结构面，现分述如下：

(1) II 级结构面

F1 (布朗沟断裂)、F2 (塔龙尾断裂)、F13 (热木断裂)、F14 (夏普断裂) 与区内地层走向基本一致，呈 NW 向贯穿全区，走向延伸约

19km，断层性质均属于逆断层，倾向北东，为Ⅱ级结构面。

以上断层控制着矿区主要构造格架，受推覆构造和这些断层的共同作用，在矿区内形成夏工普（F3）和牛马塘（F7）两条平移断裂。其中，F3 断层走向北西与 F7 于牛马塘一带交叉，两断层交叉地带岩层破碎，容易引发地质灾害。

（2）Ⅲ级结构面

F5、F6、F8、F9、F10、F11、F12 等 6 条断裂，为Ⅲ级结构面。均位于矿区东南布朗沟上游及盘羊沟西北侧一带，走向为北西向、南北向及北北东向，延伸数十米，为矿区次一级断裂，均为平移性质断裂，影响岩体稳定性，但远离矿山开采平硐，对井下开采影响不大。仅对南坑露天采场东南帮稳定有一定影响。

受地表覆盖及勘探工程所限，Ⅱ、Ⅲ级结构面断层产状需要进一步查明。

（3）Ⅳ-V 级结构面

矿区Ⅳ-V 级结构面主要是指区内大小不等的层面、节理和裂隙。根据现场对结构面的调查测绘结果并结合前期研究资料，对板岩、角岩、砂卡岩及花岗斑岩岩脉的结构面进行统计，分析牛马塘、铜铅山、及露采区岩石的结构面产状结果如图 16.1 至 16.4 所示，对应于各岩性结构面产状的分析结果如表 6-14 所示。每一种岩组均发育 3 组以上节理裂隙，大部分以优势节理面 1 为主，其他优势节理产状为辅。

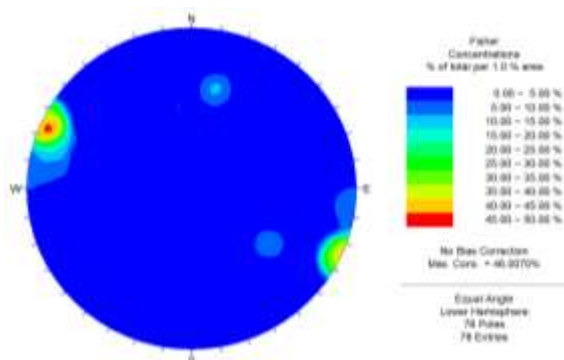


图 16. 1 板岩节理裂隙等密度图

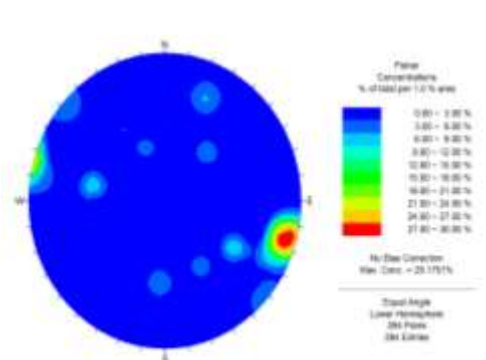


图 16. 2 角岩节理裂隙等密度图

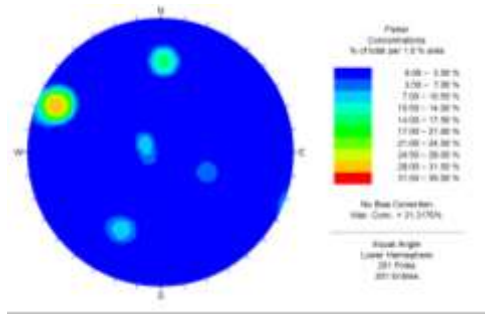


图 16. 3 砂卡岩节理裂等密度图

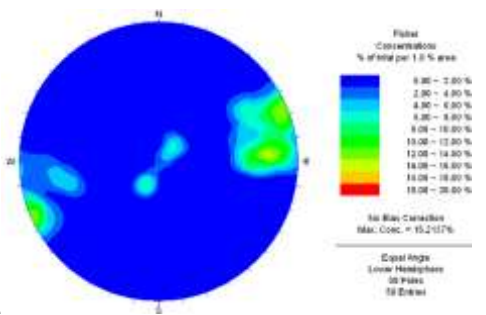


图 16. 4 灰岩节理裂隙等密度图

表 16. 1 岩体优势节理面产状统计表

岩 性	优 势 节 理 面 产 状 (°)					备注
	1	2	3	4	5	
板岩	285∠85	99∠57	302∠62	203∠74	其他	牛马塘、 铜铅山一 带
角岩	114∠81	183∠68	28∠65	109∠13	293∠41	
砂卡岩	110∠87	193∠64	306∠60	/	/	
灰岩	85∠60	280∠84	35∠80	30∠60	/	
角岩	23∠77	91∠77	225∠46	286∠70	/	角岩露天 采场

16.2.4 岩土工程评价

甲玛矿区除部分砂卡岩矿体和角岩型矿体采用露采外，其余矿体均采用地下开采方式，对矿体及围岩岩体质量及井巷围岩稳定性进行评价如下：

1、矿体及围岩岩体质量

矿体顶板直接围岩以角岩、板岩、大理岩为主体，岩石裂隙发育，但随着深度增加，节理裂隙明显减少。

根据岩体质量指标（M）法： $M=R_c \cdot RQD/30$

式中： R_c —岩石单轴饱和抗压强度（MPa）。

经计算矿体及围岩岩体质量指标见表 16.2。

表 16.2 甲玛矿区围岩矿体岩体质量指标表

岩石名称 及取样位置	顶板		底板			岩脉	矿体
	角岩	板岩	大理岩	大理化灰岩	灰岩	花岗斑岩	矽卡岩
R_c 值	99.95	66.36	39.21	44.4	52.16	127.37	48.43
RQD 值 (%)	49.38	49.14	73.51	75.56	66.05	92	73.34
M 值	1.65	1.09	0.96	1.12	1.15	3.91	1.18
岩体分类	II (良)	II (良)	III (中等)	II (良)	II (良)	I (优)	II (良)

由上表可知，矿体围岩质量大都为良（II类），矿体围岩比较稳定，在巷道掘进过程中不易发生矿山工程地质问题。

2、井巷围岩及稳定性评价

甲玛矿区目前井巷和平硐集中分布在牛马塘与铜铅山南坑露天采场之间下部，井巷围岩主要为林布宗组角岩、板岩及多底沟组大理岩、灰岩及少量岩脉。巷道或平硐跨度一般在 2m~2.5m 之间，依据《岩土工程勘察技术规范》（YS5202-2004）将矿区井巷工程围岩分类如下：

角岩：分段呈碎裂镶嵌结构，块状构造，RQD 值 49.38%，单轴饱和抗压强度为 99.95MPa，属坚硬岩，岩块纵波速为 5225m/s（干燥），

5534m/s (饱和), 岩石裂隙一般发育 3 组~4 组, 平均间距 0.33m, 多数闭合, 偶有泥质充填, 贯通性较差, 围岩工程类型为 II 类。

板岩: 板状构造, RQD 值 49.14%, 单轴饱和抗压强度为 66.36MPa, 属于坚硬岩组, 岩块纵波速为 5369m/s (干燥), 5795m/s (饱和), 岩石裂隙一般发育 3 组~5 组, 间距 2.3m~12m, 多数闭合, 贯通性较差, 岩层间结合较好, 围岩工程类型为 II 类。

大理岩: 粒状变晶结构, 块状构造, 岩层多为厚层状, RQD 值 73.51%, 单轴饱和抗压强度为 39.21MPa, 属较硬岩, 岩块纵波速为 2628m/s (干燥), 5836m/s (饱和), 岩石裂隙一般发育 3 组, 揭露井巷部分段有掉块现象, 围岩工程类型为 III 类。

灰岩: 块状构造, 岩层多为厚层状, RQD 值 66.05%, 单轴饱和抗压强度为 52.16MPa, 属较硬岩, 岩块纵波速为 2820m/s (干燥), 5898m/s (饱和), 岩石裂隙一般发育 3 组, 围岩工程类型为 II 类。(围岩岩体质量为 II 类)

甲玛矿区井巷围岩主要为坚硬~较硬 II 类工程类型为主, 工程地质性质较好。

3、边坡稳定性评价

甲玛矿区内边坡类型可分为自然边坡、人工切坡、人工堆积边坡, 以及牛马塘、铜铅山、角岩、南坑 4 个露天采场边坡。

(1) 自然边坡

据前期研究, 区内角岩自然稳定边坡角一般为 $28.9^{\circ} \sim 32.9^{\circ}$, 平均 30.9° ; 板岩自然稳定边坡角一般为 $30.4^{\circ} \sim 33.8^{\circ}$, 平均

32.1°；灰岩和大理岩化灰岩自然稳定边坡角一般为 33.3°。除局部陡崖处，基本处于稳定状态。

矿区地貌类型主要属高山深切割区，山势陡峭，坡度 30°～50°，局部形成陡崖。沟谷横断面多呈“V”字型，纵比降大于 15%。地表径流动力作用顺山势逐渐增强，山坡冲沟发育。矿区内剥蚀强烈，风化作用和冻融作用较强。第四系松散堆积物主要沿沟谷分布。区内部分自然边坡处于极限平衡状态，在地震、冻融、强降雨及人类活动扰动下，易发生不同规模山体滑坡。

（2）人工堆积边坡

矿区内人工堆积边坡主要是排土场堆积边坡，边坡坡度 35°～36°之间，其中，南坑排土场渣堆形成了垂高约 185m～540m，平均厚度约 113m；角岩排土场渣堆形成了垂高约 300m～592m，平均厚度约 60m。堆积物主要为矿山生产剥离的角岩、矽卡岩、大理岩、灰岩碎石和块石，无分选性，块径一般在 20 cm～40cm，最大块径达 1m 左右，堆积物结构松散。废石堆多位于缓坡地段，部分渣堆边坡形成裂缝，随着矿山建设，渣堆高度逐渐增大，易诱发滑坡和泥石流地质灾害，应引起矿山高度重视。

同时矿区季节冻土冻结期长达 4-5 个月，原始状态下矿区表层第四系松散层广泛分布，冰冻期间地表出现 0.4m 左右的季节冻土层。由于露天采场的采剥和排土场、尾矿库的压覆，致使局部季节性冻土消失，而在排土场和尾矿库形成新的人工季节冻土，使局部的原始冻土环境发生了变化。但总体开采后的工程地质条件并未发生明显变化。

(3) 人工切坡

矿区内主要为混合边坡,位于矿区中心,一是矿山简易公路切坡,二是露采工程边坡。矿山公路切坡一般依山就势、切割高度大多小于6m,由于残坡积层厚度小,边坡稳定性较好,根据调查未发生崩塌和滑坡。

矿区已形成牛马塘、铜铅山、南坑和角岩四个露天采场,现牛马塘和铜铅山两个露天采场已经闭坑。南坑和角岩两个露天采场正在剥离采矿,现状比较稳定。

16.2.5 支护要求

根据前期进行的岩石力学试验、工程地质调查以及基于钻孔数据库的“大数据”三维岩体质量评价和相关的支护方法、标准,甲玛矿区的岩体支护分级制定遵循以下原则:

(1)依据 RMR 岩体质量评价指标,根据甲玛矿区的三维岩体质量评价结果,甲玛矿区的大部分岩体在 II、I 级,岩体质量相对较好,此种类型的岩体主要以节理化的灰岩、大理岩和砂卡岩为主,且节理的产状以与巷道走向大角度交叉为主,有利于巷道稳定性。II 级岩体的永久巷道可考虑以喷射混凝土为主,临时性巷道可考虑裸巷;II 级岩体主要以锚喷网为主,根据巷道的使用用途支护强度可有所区分。

(2)IV、V 级岩体主要以大理岩化砂卡岩为主,对于该类岩体根据围岩的松散程度判定支护方式,不论永久巷道或临时性巷道,对于能够提供锚固力的岩体建议以锚网喷支护为主,对于岩体较为松散、岩块之间镶嵌砂质的围岩,必须尽早进行钢拱架支护,并考虑是否辅

超前管棚支护，防止出现大面积的冒顶事件发生。

(3) 对于锚喷支护类型，结合矿区大多数断面宽度为 4.2m，锚杆长度不应低于巷道宽度一半，即不应低于 2100mm，锚杆间排距不应大于 1.0m 为宜，根据巷道不同使用功能，选择性使用端锚型锚杆(如树脂药卷锚杆、水泥药卷锚杆等)和全长锚固型锚杆(如管缝式锚杆)。对于岩体较为破碎区域的锚喷网支护，可考虑使用双层网防止掉块、网兜等现象发生。

(4) 作为一种被动支护形式，对于甲玛矿区的分段高度，14#钢拱架强度足以支撑单位宽度上部冒落拱内围岩重量，现场钢拱架的破坏主要以高处冒顶岩体砸坏为主。通过加强相邻钢拱架之间的连接筋的方式(平行式、三角式)和钢拱架背后及时敷设珍珠岩进而提高钢拱架支护的整体性能够有效解决这一问题。

16.2.6 开采现状评价

甲玛铜多金属矿地表主要开采角岩露天坑和南部露天坑，露天采场回采时主要按照由外向内、自上而下的顺序进行回采。

地下回采主要为一期地下和二期地下采场，采矿方法为分段充填法和分层充填法，回采顺序为中段间自下向上，中段内按照隔三采一的顺序；

南部露天未来开采阶段，西南侧坡中下部 F1 断层出露部位存在潜在局部边坡稳定问题，应加强关注，必要时采取边坡加固措施。

角岩露天边坡的安全稳定性主要受控于边坡的自身工程地质条

件及露天开采扰动，地下开采不会对角岩露天边坡的安全稳定性产生明显的影响。

地下开采不会对排土场的整体稳定性产生显著影响，其中 1#排土场下部两级坡面局部存在开裂风险、3#及 4#排土场基本不受地下开采影响；铜铅山露天边坡中下部受局部受采场开采影响存在局部剪切损伤，地下开采不会影响牛马塘及铜铅山露天边坡的整体稳定性。

16.3 角岩型矿体露天开采

16.3.1 相关信息总结

矿山自二期扩建工程基建开始，目前在采矿许可证范围内的角岩露天采区已形成了一个长约 1150m、宽约 650m 的露天采场，形似不规则半圆形。露天采场目前最高标高 5220m，最低台阶标高 5045m，其中 5105m 台阶以上已完全靠帮。

16.3.2 角岩型矿体露天境界

角岩露天采场经济合理剥采比为 $7.5\text{m}^3/\text{m}^3$ ，依据矿床工程地质、水文地质条件，矿体赋存特征，结合边坡高度及服务年限等，边坡参数如下：

台阶高度：15m（2个台阶并段后为30m）

台阶坡面角：55°～65°

安全清扫平台宽度：12～16m

最终边坡角：小于43°

采用Micromine矿业软件，依据表16.3中技术经济参数进行境界优化及圈定。

表 16. 3 境界优化Micromine输入的主要参数

项目	单位	参数	备注
矿块模型尺寸	m	10×10×5	
矿石体重	t/ m ³	2.75	
岩石体重	t/ m ³	2.75	
铜矿石边界品位	%	0.2	小于0.2%为废石
钼矿石边界品位	%	0.03	小于0.03%为废石
采矿损失率	%	2	（回采率98%）
矿石贫化率	%	2	
铜选矿回收率	%	84	
铜金属价格	万元/t	7.2	
钼金属价格	万元/t	32	
采矿成本	元/t	14.5	（39.9元/ m ³ ）
剥离成本	元/ m ³	38	（13.8元/t）
选矿成本	元/t	109.31	
管理及销售费用	元/t	42	
最终边坡角	度	43	
贴现率	%	9	

优化形成的最终开采境界线框图见图 16.5。

根据矿体形态、所选边坡参数及开拓线路布置要求等，进行开采境界设计。形成的最终开采境界底标高 4700m，属山坡转凹陷型露天采场，见图 16.6。

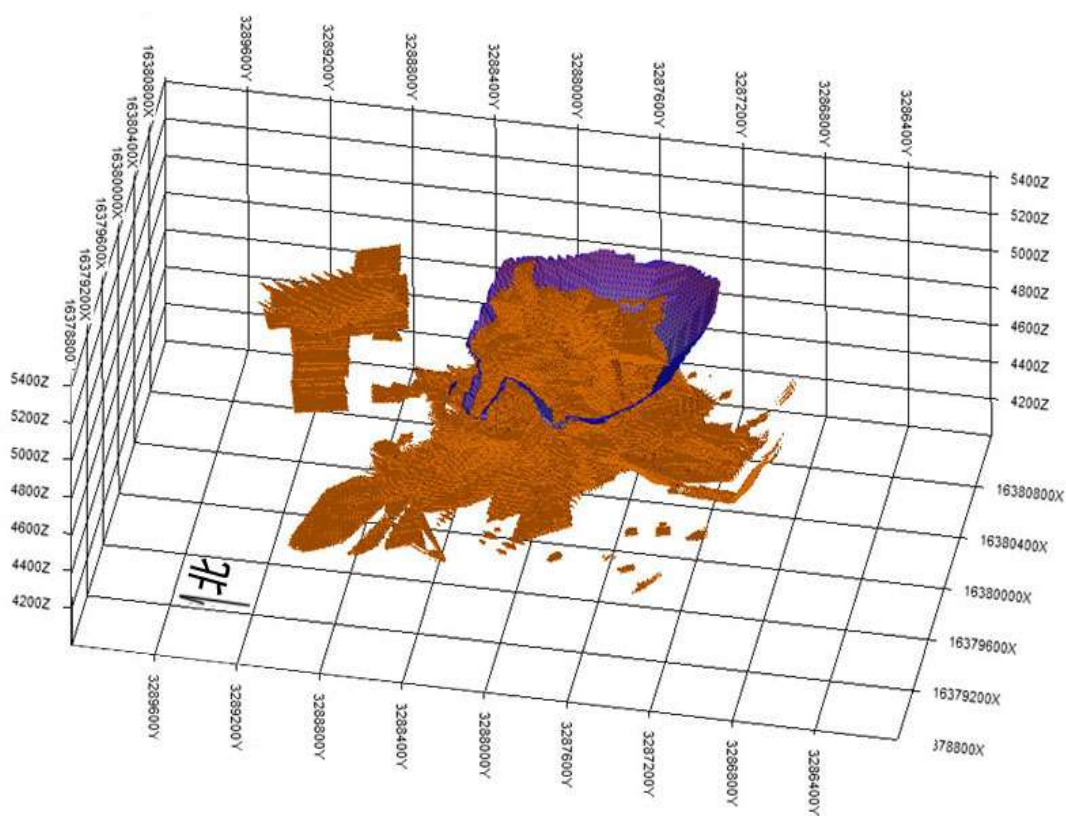


图 16.5 优化形成的最终境界线框图

图 16.6 最终境界平面图

最终境界参数见表 16.4。

表 16.3 最终境界主要参数

项目	单位	参数
上部（地表）尺寸	m	1220×905
下部尺寸	m	260×150
境界最高标高	m	5225
台阶高度	m	15（两个台阶并段后段高 30m）
台阶坡面角	度	55--65
安全清扫平台宽度	m	12--16
底标高	m	4700
封闭圈标高	m	4880
最大边坡高度	m	525
凹陷部分边坡高度	m	180
最终边坡角	度	41.5--43.0

16.3.3 角岩露天开拓运输

角岩露天采场开拓运输方式为：矿石为公路—固定式破碎站—地表胶带机—溜井—斜井胶带机联合运输开拓；岩石为单一汽车—公路开拓。

矿石由工作面倒运至破碎站及岩石运至排土场，采用汽车运输。采用 6 台载重 60t 自卸汽车运输矿岩，道路等级为矿山二级公路，线路最大纵坡度 6.5%，平均坡度 5%，最小转弯半径 30m，单车道道路宽度 10m，双车道道路宽度 14.5m，缓和坡段长度 60m 以上。

道路等级为矿山二级公路，线路最大纵坡度 6.5%，平均坡度 5%，最小转弯半径 30m，单车道道路宽度 10m，双车道道路宽度 14.5m，缓

和坡段长度 60m 以上。

16.3.4 采剥工艺

(1) 穿孔爆破工作

露天坑内剥离、采矿穿孔采用孔径 120mm 型潜孔钻机 3 台，底盘抵抗线 5m。采矿孔间距 4.5m，排间距 4m，穿孔深度 17m。延米爆破量 $15.88\text{m}^3/\text{m}$ 。该设备同时担负边坡预裂爆破、山坡单壁路堑形成及其它辅助穿孔。

中深孔爆破采用微差控制爆破技术，炸药主要使用铵油炸药，水孔使用乳化炸药，爆破工作采用 2 台 15t 装药车装药，装药效率 $250\text{kg}/\text{mi}$ 。

矿石大块尺寸控制在 850mm 以内，岩石大块尺寸控制在 1200mm 以内。二次破碎采用 2 台液压碎石机。

(2) 铲装作业

采用 3 台斗容 4m^3 液压挖掘机作为矿岩主要铲装设备，台年生产能力 $244.7 \times 10^4\text{t}$ 。

(3) 采场辅助设备

采用 2 台斗容 2.1m^3 液压反铲挖掘机、2 台斗容 5m^3 前装机及 2 台斗容 3m^3 前装机作为辅助铲装设备，主要用于采场内辅助铲装、边坡维护、道路养护及其他辅助作业。

采场内穿孔作业场地平整、爆堆规整、道路修筑、配合挖掘机作业等，采用 340 马力推土机 3 台。

为减少道路粉尘污染空气，配备 25t 洒水车 2 台。

由于大型露天矿机械设备要求道路有较大的承载能力，为此采用 120 马力振动式压路机 1 台、180 马力平地机 1 台。

16.3.5 角岩露天采场防排水

山坡露天开采，地形条件有利于自然排水，不需投入排水设备，采用自然排水方式。但需保证场内地面坡降不小于 5‰，避免场内积水。同时在采场外围迎水面挖掘截水沟，拦截和疏导境界外来汇水，避免汇水进入采场。截洪沟采用梯形断面，截洪沟断面约需 1.5m²。设计在角岩露天采场 5120m 标高、5000m 标高清扫平台处设置梯形排水沟，不衬砌，将露天采场内部汇水导出至露天采场外部下游地区（表 16.5）。

表 16.4 5120m 平台、5000m 平台排水沟参数表

序号	结构	净断面尺寸 (底宽×高, m)	最小坡度 (i)	侧壁坡比	长度 (m)
5120m 排水沟-北段	梯形断面	0.55×0.55	0.003	0.5	602
5120m 排水沟-南段	梯形断面	0.6×0.6	0.003	0.5	956
5000m 排水沟-北段	梯形断面	0.8×0.8	0.003	0.5	1320
5000m 排水沟-南段	梯形断面	0.65×0.65	0.003	0.5	572

矿山进入凹陷露天开采后，采用集中排水方式，即在最低的工作水平挖集水池，安置水泵，将采场内积水扬至封闭圈排水沟导出采场。

16.3.6 建议与下一步工作

加强边坡监测工作，保证施工安全，尽快对整个矿区进行系统边坡力学研究，为下一步大露天扩建工程做好准备。

16.4 南部露天采场

16.4.1 相关信息总结

矿山自二期扩建工程基建开始，目前在采矿许可证范围内的砂卡岩南区 36~72 线间已形成了一个长约 1000m、宽约 820m 的露天采场，形似不规则圆形。露天采场目前最高标高 5220m，最低台阶标高 4895m，

其中 4970m 台阶以上已完全靠帮。

16.4.2 南部露天开采境界

南露天采场经济合理剥采比为 $15.6\text{m}^3/\text{m}^3$ 。

依据矿床工程地质、水文地质条件，矿体赋存特征，结合边坡高度及服务年限等，边坡参数如下：

台阶高度：15m（2 个台阶并段后为 30m）

台阶坡面角： $55^\circ \sim 70^\circ$

安全清扫平台宽度：10~16m

最终边坡角：小于 43°

采用 Micromine 矿业软件，依据表 16.6 中技术经济参数进行境界优化及圈定。

表 16.5 境界优化 Micromine 输入的主要参数

项目	单位	参数	备注
矿块模型尺寸	m	$10 \times 10 \times 5$	
矿石体重	t/m^3	3.11	
岩石体重	t/m^3	2.8	
铜矿石边界品位	%	0.2	小于 0.3%为废石
采矿损失率	%	2	（回采率 98%）
矿石贫化率	%	2	
金属价格		Cu: 7.2 万元/t; Mo: 32 万元/t	
		Pb: 1.6 万元/t; Zn: 2.3 万元/t; Au: 595.0 元/g; Ag: 6.46 元/g	
采矿成本	元/t	14.72	
剥离成本	元/ m^3	41.22	
选矿成本	元/t	109.31	
管理及销售费用	元/t	42	
最终边坡角	度	43	
贴现率	%	9	

在 36-72 勘探线间可形成一个近似圆形露天采场。优化产生的境界及开采矿块透视图见图 16.7，圈定的露天境界平面图见图 16.8。

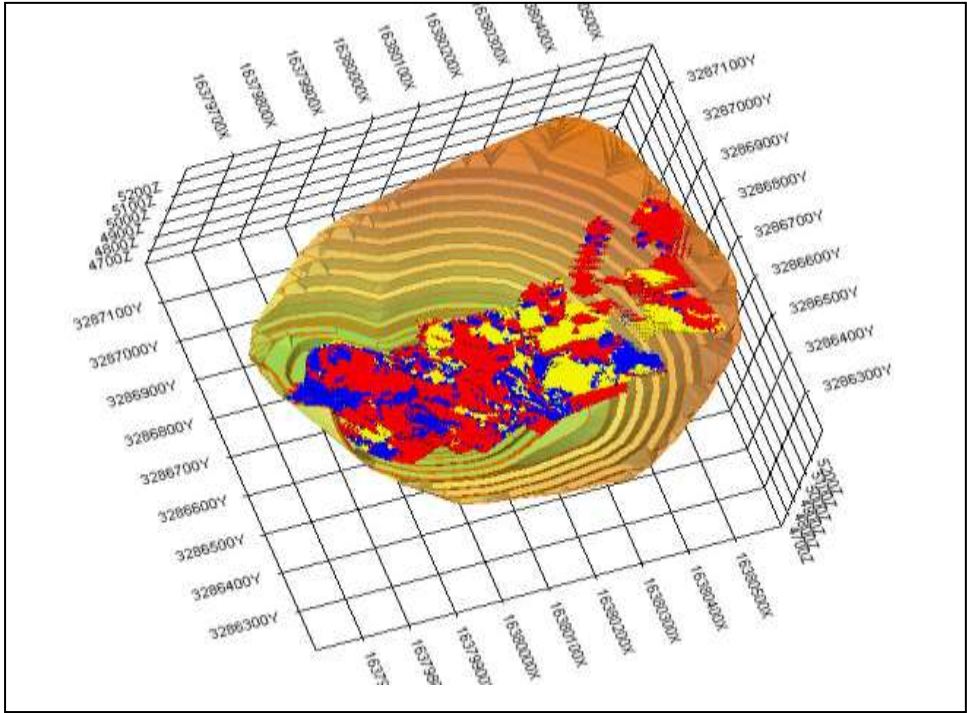


图 16.7 优化的境界及矿模块透视图

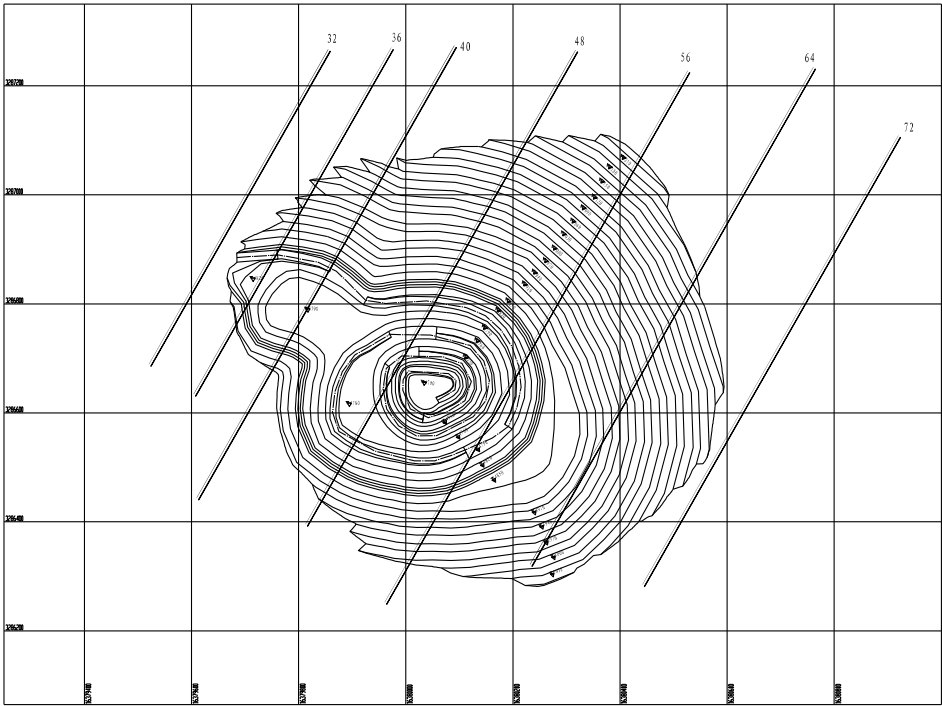


图 16.8 圈定的露天境界平面图

根据矿体形态、所选边坡参数及开拓线路布置要求等，进行开采境界设计。形成的最终开采境界底标高 4715m，属山坡转凹陷型露天采场。

南部露天最终境界参数见表 16.7。

表 16.6 最终露天开采境界主要参数

项 目	单 位	参 数
上部（地表）尺寸	m×m	925×820
底部尺寸	m×m	80×60
最高剥离标高（界内山包）	m	5312.07
边坡最高标高	m	5238
底标高	m	4715
边坡最大高度	m	523
凹陷部分深度	m	120
封闭圈标高	m	4835
台阶高度	m	15（并段后段高 30m）
终了台阶坡面角	度	60--70
安全清扫平台宽度	m	10--16
最终边坡角	(°)	小于 43

16.4.3 南部露天开拓运输

南部露天采场采用 16 台载重 60t 自卸汽车运输。矿石后经固定式破碎站—地表胶带机—溜井—斜井胶带机运至二选厂，深凹露天部分采用螺旋式布线。，道路等级为矿山二级公路，线路最大纵坡度 6.5%，平均坡度 5%，最小转弯半径 30m，单车道道路宽度 10m，双车道道路宽度 14.5m，缓和坡段长度 60m 以上。

16.4.4 采剥工艺

（1）穿孔爆破工作

剥离、采矿穿孔选用 5 台孔径 120mm 型潜孔钻机，底盘抵抗线 5m。采矿孔间距 4.5m，排间距 4m，穿孔深度 17m。延米爆破量 $15.88\text{m}^3/\text{m}$ ，台年综合穿孔效率 $85.8 \times 10^4\text{m}^3$ 。该设备同时担负边坡预裂爆破、山坡单壁路堑形成及其它辅助穿孔。

中深孔爆破采用微差控制爆破技术，炸药主要使用铵油炸药，水孔使用乳化炸药，爆破工作采用 2 台 15t 装药车装药，装药效率 $250\text{kg}/\text{mi}$ 。

矿石大块尺寸控制在 850mm 以内，岩石大块尺寸控制在 1200mm 以内。二次破碎选用 2 台液压碎石机。

(2) 铲装作业

采用斗容 2.1m^3 液压挖掘机作为矿石主要铲装设备，台年生产能力 $176.4 \times 10^4\text{t}$ ；斗容 4m^3 液压挖掘机作为岩石主要铲装设备，台年生产能力 $244.7 \times 10^4\text{t}$ 。根据年采剥量，采用 3 台斗容 4m^3 液压反铲挖掘机，2 台斗容 2.1m^3 液压反铲挖掘机。

(3) 采场辅助设备

采用 2 台斗容 2.1m^3 液压反铲挖掘机、3 台 2 台斗容 5m^3 前装机及 2 台斗容 3m^3 前装机作为辅助铲装设备，主要用于采场内辅助铲装、边坡维护、道路养护及其他辅助作业。

采场内穿孔作业场地平整、爆堆规整、道路修筑、配合挖掘机作业等，选用 340 马力推土机 3 台。

为减少道路粉尘污染空气，配备 25t 洒水车 2 台。

由于大型露天矿机械设备要求道路有较大的承载能力，采用 120 马力振动式压路机 1 台、180 马力平地机 1 台。

16.4.5 南部露天采场防排水

山坡露天开采，地形条件有利于自然排水，不需投入排水设备，

采用自然排水方式。但需保证场内地面坡降不小于 5‰，避免场内积水。同时在采场外围迎水面挖掘截水沟，拦截和疏导境界外来汇水，避免汇水进入采场。截洪沟采用梯形断面，截洪沟断面约需 1.5m²。

设计在南部露天采场 5120m 标高、5030m 标高、4910m 标高清扫平台处设置梯形排水沟，不衬砌，将露天采场内部汇水导出至露天采场外部下游地区（表 16.8）。

表 16.7 5120m 平台、5030m 平台、4910m 平台排水沟参数表

序号	结构	净断面尺寸 (底宽×高, m)	侧壁 坡比	最小 坡度 (i)	长度 (m)
5120m 排水沟	梯形断面， 水沟从中间向 两侧分流。	0.45×0.45	0.5	0.003	794
5030m 排水沟	梯形断面， 水沟从中间向 两侧分流。	0.55×0.55	0.5	0.003	1112
4910m 排水沟	梯形断面， 水沟从中间向 两侧分流。	0.75×0.75	0.5	0.003	1449

矿山进入凹陷露天开采后采用集中排水方式，即在最低的工作水平挖集水池，安置水泵，将采场内积水扬至封闭圈排水沟导出采场。

16.4.6 建议与下一步工作

加强边坡监测工作，保证施工安全，尽快对整个矿区进行系统边坡力学研究，为下一步大露天扩建工程做好准备。

16.5 地下开采系统

16.5.1 相关信息总结

依据矿体厚度、倾角差异地下采用三类充填采矿法，主要为两步骤充填回采。井下形成多中段综合开拓运输系统，采用压抽结合对角式通风系统与全尾砂胶结充填系统，井下留设各类矿柱，严控采场结

构参数，规范回采充填流程，地下安全高效开采。

16.5.2 采矿方法

(1) 分段充填法

1) 矿块布置及结构参数

沿矿体走向每隔 120m 布置一条阶段运输道，形成宽 120m 的大条带，大条带留设 20m 宽条带间柱，在每个大条带内中间位置留设 15m 宽连续间柱，将大条带划分为宽 60m 宽小条带。在小条带内沿条带长轴方向划分盘区，盘区长 90m，每个盘区布置 1~2 条溜井，在盘区内划分采场，采场基准宽度 15m，基准长度 42.5m，每个盘区包括 6 个采场，并间隔划分为一步骤采场和二步骤采场。

当遇矿岩条件较差位置时，沿采场长度方向分为 15~30m 长小采场作为独立回采单元，或一个采场再沿跨度划分为 2 个采场，采场宽度改为 7.5m（或同时缩小采场长度及跨度）作为独立的回采单元，以控制顶板围岩暴露面积及暴露时间。

在中段高度内沿矿体纵向划分分段，分段高度 20~27m。

2) 采准切割

在大条带间柱（宽 20m）内布置分段运输巷道，作为通达各采场的运输通道，在小条带间柱（宽 15m）内布置采场充填及回风巷道。各分段运输巷道及充填巷道通过采准斜坡道相连，每个盘区布置 1 条盘区回风井和 1~2 条矿石溜井。最低分段巷道与有轨运输水平高差控制在 20m 左右，以保证出矿溜井有足够的储矿时间，减小出矿与运输的干扰。

自各分段运输巷沿采场轴线布置凿岩出矿平巷，在采场端部布置切割横巷及切割井，切割井采用钻凿大直径炮孔 VCR 法爆破成井，而后在切割横巷中钻凿上向平行炮孔以切割井为自由面爆破形成切割槽。采场采用平底出矿结构。

3) 矿房回采

各采场在中段内自下而上逐分段进行回采。

选用 SimbaH1354（或 GZ919）液压凿岩台车在各分段凿岩巷道中钻凿上向前倾扇形炮孔，向先行形成的切割槽崩落矿石。

采用中国产 BCJ-4 型装药车，炸药为 2 号岩石乳化粒状炸药，起爆采用数码雷管分段起爆。每次爆破 2~3 排炮孔，在盘区内多个矿块同时爆破。选用 LH514E 型电动遥控铲运机在采场中装矿，通过凿岩出矿巷、分段运输巷、盘区溜井出矿。矿石合格块度为 $\leq 500\text{mm}$ ，大块产出率 1~2%，大块集中采用液压锤破碎。分段回采、充填并养护后再回采上一分段，二步骤采场滞后一步骤采场一个分段进行回采。

4) 采场通风

新鲜风流经分段运输巷、凿岩出矿巷进入回采工作面，污风经盘区回风井进入阶段回风巷。对于爆破后以及远离主风流采场、独头工作面，采用局扇辅助加强通风。

5) 矿柱回采

鉴于上部角岩露天与地下矽卡岩型矿体同时开采的特殊情况，为保证生产安全，并控制地压，设计留设的大条带间柱（宽 20m）不回采。

6) 采场充填

充填之前,首先进行充填准备,在本分段凿岩出矿巷两端架设隔墙进行密闭,在上分段凿岩出矿巷道中架设充填管线,实行多点和多次充填,直至接顶。

充填体强度满足如下条件:一步骤采场充填体要保证二步骤采场开采时受爆破扰动而不垮塌并保证出矿设备安全;满足大型铲运机作为出矿底板的要求;满足第一分段充填体强度满足下阶段开采的安全要求;满足充填体及条带矿柱的联合支撑作用满足露天与地下联合开采安全的要求。

(2) 底盘堑沟小阶段空场嗣后充填法

适用于厚度 15~30m,倾角小于 11° 的缓倾斜及水平矿体。

1) 矿块布置及结构参数

矿块采用盘区布置形式,盘区沿走向长 120m,盘区间柱宽 15m。盘区内按两步骤回采布置采场,每个盘区包括 6 个采场,并划分为一步骤、二步骤采场,一、二步骤采场间隔布置,一步骤、二步骤采场宽均为 18m。

一步骤底部为铲运机出矿的堑沟结构,利用二步骤凿岩出矿巷道作为出矿道。二步骤采用遥控铲运机出矿的平底结构,铲运机在凿岩兼出矿道内自矿块中间开始后退式出矿。

2) 采准切割

以盘区为单位进行采准、切割工程的布置。每两个盘区布置一条

采准斜坡道，自采准斜坡道沿矿体走向在一、二步骤采场结合部矿体底板下约 5m 左右掘进出矿平巷，自出矿平巷以 45° 左右夹角水平掘进出矿进路通达一、二步骤采场堑沟巷道。在出矿平巷对应位置盘区矿柱中布置出矿溜井。在盘区矿柱上部沿矿体顶板布置充填回风斜巷。在矿房端部布置切割井、切割横巷。

3) 矿房回采

首先在切割平巷中钻凿上向平行炮孔，以切割天井为自由面爆破可形成切割槽。

凿岩采用 SimbaH1354 中深孔液压凿岩台车，在各堑沟巷道中钻凿上向前倾扇形炮孔，向先行开凿的切割槽崩落矿石。

装药采用国产 BCJ-4 型装药车，炸药为 2 号岩石粒状炸药，数码雷管起爆。

采用电动铲运机在出矿进路中装矿，通过溜井出矿，残留矿石采用遥控铲运机出矿，大块集中采用液压锤破碎。

4) 采场充填

尾砂充填之前，首先进行充填准备，在充填回风斜巷中架设充填管线。在采场下部出矿进路、堑沟巷道中架设隔墙。

5) 矿柱回采

鉴于上部角岩露天与地下砂卡岩型矿体同时开采的特殊情况，为保证生产安全，并控制地压，设计留设的盘区间柱（宽 15m）不回采。

（3）上向水平分层充填法

1) 盘区和采场布置

将矿体划分为盘区，以盘区为回采单元组织生产，盘区沿走向布置，每四个采场构成一个盘区，宽度为矿体水平厚度，高度为中段高度 50m，每个盘区内划分矿房、矿柱进行两步骤回采，矿房宽度 12m，矿柱宽度 15m。底柱高 4~6m，不留顶柱、间柱。

采场分层回采，分层高度为 3.1m，每四个分层设置一个分段，分段高度 12.5m，每四个分段构成一个中段。采场第一个分层控顶高度 4.1m，采完后充填 3.1m，留有 1.0m 作为下步分层回采的爆破补偿空间（下向+水平落矿）。

先采一步骤矿房，后采二步骤矿柱，矿房采用胶结充填，矿柱采用非胶结充填。盘区之间不留间柱。

2) 采准、切割

通过采区斜坡道在矿体下盘掘进分段巷道，自分段巷道垂直矿体走向先向下掘进分层联络道通达矿体，逐层挑顶垫底后形成逐层分层联络道，以适应每分层回采的要求；每采完四个分层后重新自分段巷道掘进分层联络道。通过分层联络道在矿体内垂直走向掘进水平拉底巷道，然后刷大至矿房（柱）宽度形成拉底层，并在采场上盘布置充填回风天井。沿矿体走向布置采场溜井（间隔 50m），用铲运机通过采场进路和联络道将矿废石运至溜井。

3) 回采、出矿及通风

采用 Boomer281 型凿岩台车钻凿水平炮孔，下向落矿。落下的矿石用 ACY-3 型铲运机装运矿石卸至采区溜井，然后下放到中段电机车运输水平。

新鲜风流自中段石门、进风天井、分段巷道、分层联络道，或经采区斜坡道、分段巷道、分层联络道进入采场，清洗工作面后的污风从采场上盘充填回风井进入上中段回风巷道。

4) 充填

矿房（柱）回采结束后，要进行清底和平场，使采场底部保持平整，然后采用分级尾砂（非）胶结充填料充填采空区。

充填管从充填回风天井铺设至采场，每分层充填高度距采场顶板应留出至少 1.5m 高，作为上一分层采矿爆破的自由空间。矿房（柱）内充填完一个分层，必须待胶结垫层经过养护达到要求强度后再回采上一个分层，如此循环，直到整个矿房（柱）采完为止。

表 16.8 采矿方法技术指标

序号	项目	单位	分段空场嗣后充填法	底盘堑沟小阶段空场嗣后充填法	上向水平分层充填法	综合
1	矿山生产规模	万 t/a				660
		t/d				20000
2	矿山服务年限					
	服务年限	a				
	基建期	a				
7	采矿方法比例	%	80	15	5	100
8	盘区生产能力	t/d	1000	800	400	940
9	同时工作盘区数		14.0	4.0	2.0	20.0
10	损失率	%	14	18	11	14.45
11	贫化率	%	10	11	8	10.05
12	副产矿石率	%	16	15	16	15.85
13	千吨采切比	m ³ /kt	23	50	156	34
14	掘进比	m ³ /kt				50
	开拓及探矿	m ³ /kt				16
	采切	m ³ /kt				34
15	同时掘进工作面	个				13
16	采矿设备效率					
	中深孔凿岩台车	m/台班				120

序号	项目	单位	分段空场 嗣后充填 法	底盘堑沟小阶 段空场嗣后充 填法	上向水平分 层充填法	综合
	浅孔凿岩台车	m/台班				200
	6m ³ 铲运机	kt/台年				500
	4m ³ 铲运机	kt/台年				400
	3m ³ 铲运机	kt/台年				300
	ZL50E 装机 (3m ³)	kt/台年				300
17	日掘进量	m ³ /d		1000		
	日产废石量	t/d		864		
	副产矿石量	t/d		2040		

16.5.3 开拓运输系统

目前,矿山井下 4300m 标高以上开拓运输系统已形成,设 4450m、4400m 和 4300m 有轨集中运输中段,采用胶带斜井+4490m 辅助斜坡道+4505m 斜坡道+4261m 主平窿开拓,开拓系统纵投影图见图 16.9。

胶带斜井承担选矿二厂矿石运输。各中段所产矿石由 20t 电机车牵引 10m³底侧卸式矿车运至 4 号、5 号两条垂直倒段溜井,下放至设于 4250m 标高的破碎站,给入 5065 型旋回破碎机,破碎后粒度小于 250mm 的矿石经 2 号保护胶带转运至 1 号主胶带运输机,沿胶带斜井运至地表转运站,再经地表转运胶带运至选矿二厂储矿堆。

4490m、4505m 辅助斜坡道承担井下废石、人员、设备、材料等运输。载有人员、设备和材料的专用车辆经辅助斜坡道到达各生产中段、分段井下生产废石经 4490m 和 4505m 斜坡道运出地表,排至 1 号废石场。

16.5.4 井下通风

矿山目前采用多井入风的两翼对角式通风系统,即专用进风井、

措施进风井入风，南、北两翼回风井回风，专用进风井、措施进风井、南、北两翼回风井地表井口均设风机机站，压抽结合通风方式，通风系统图见 16.2。

（1）主通风系统

采用多井入风的两翼对角式通风系统，即专用进风井、措施进风井入风，南、北两翼回风井回风，压抽结合通风方式。专用入风井、南回风井、北回风井各设 2 台对旋式轴流通风机，措施进风井设 1 台对旋式轴流通风机。

（2）采区通风系统

4400m、4450m 中段：新鲜风流经专用进风井和原箕斗竖井进入 4400m 有轨水平，汇至北部 4400 中段进风井，再根据需风量分配至 4420m、4440m、4465m、4490m 和 4510m 等生产分段，冲洗工作面后的污风分别流向南、北回风井，排出地表。

4300m 中段：新鲜风流经专用进风井和原箕斗竖井进入 4300m 有轨水平，汇至北部 4300 中段进风井，再根据需风量分配至 4320m、4347m 和 4474m 生产分段，冲洗工作面后的污风分别流向南、北回风井，排出地表，井下通风系统示意图见图 16.10。

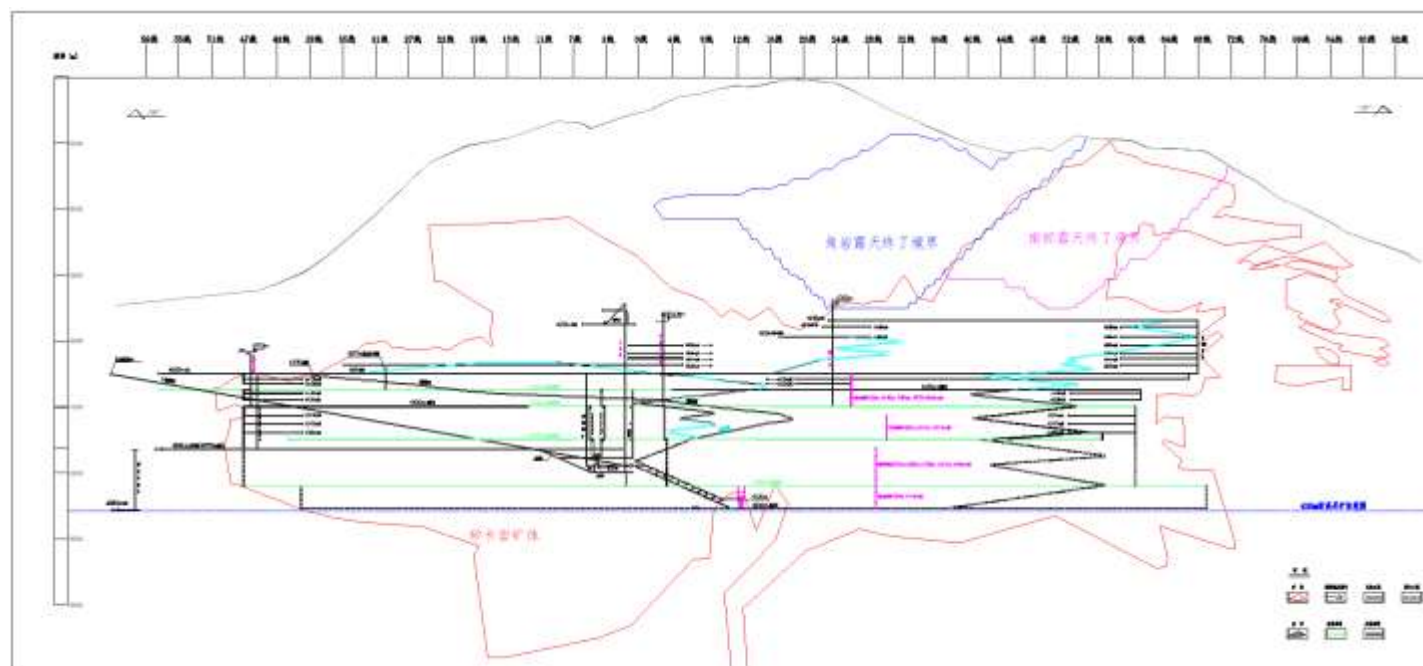


图 16.9 开拓系统纵投影图

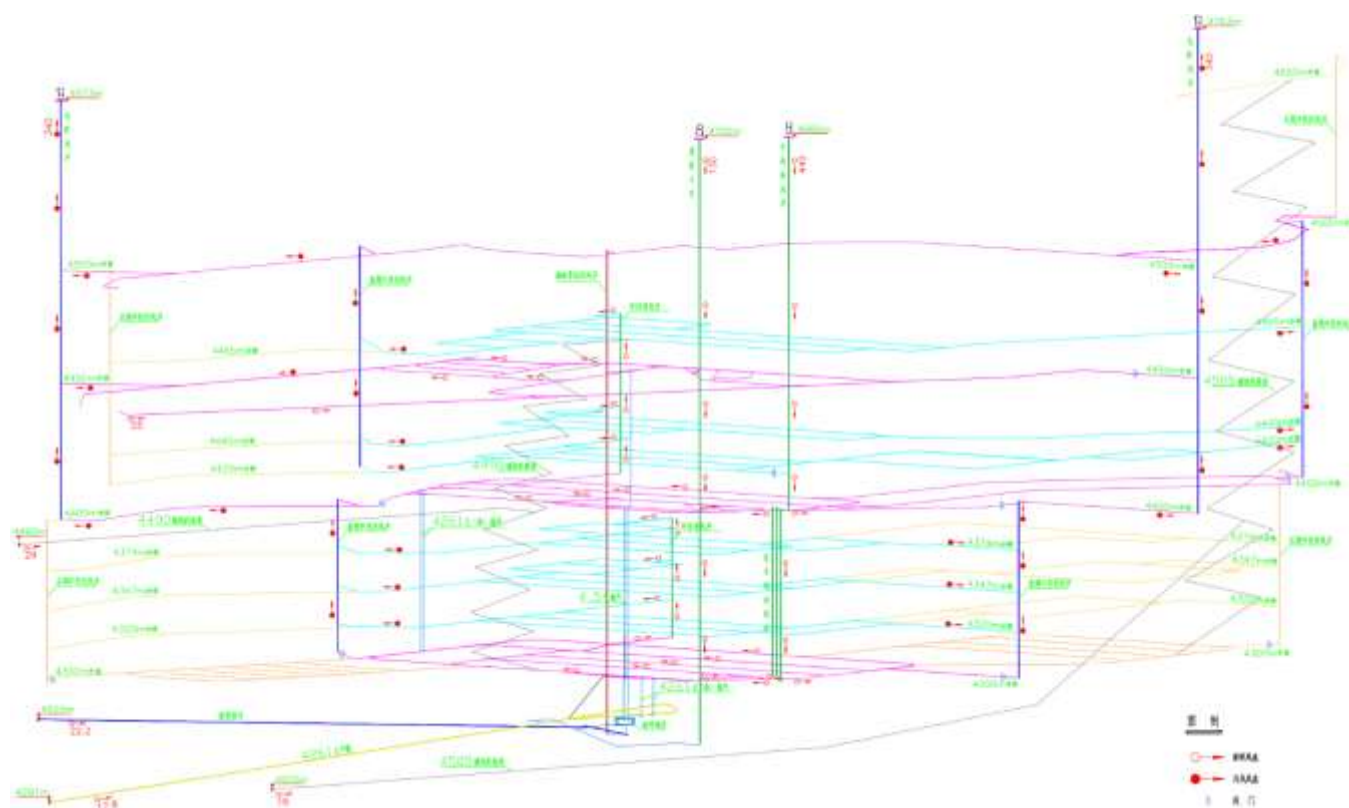


图 16.10 通风系统示意图

16.5.5 井下充填

矿区北部 4820m 标高已建有一座充填站，采用全尾砂充填，胶结材料选择水泥或新型材料。二期选厂尾砂在选厂经深锥浓密机浓密至 60%左右后通过隔膜泵泵送至充填站内立式砂仓，经立式砂仓进一步浓缩脱水后，与水泥混合搅拌均匀，制备成合格充填料浆后，输送至井下采场进行充填。充填站设置四套充填料浆制备系统，三用一备，单套制备能力为 180m³/h。

井下采用自流或加压输送，充填站布置五个充填钻孔，三用两备；在充填站厂区内设充填加压泵站，泵站内设 3 台充填工业泵（2 用 1 备）

17 回收工艺

17.1 引言

本节详细阐述了西藏华泰龙矿业开发有限公司选矿二厂的工艺流程。工艺设施主要由破碎+磨矿分级+浮选+精矿脱水流程设备组成。主要处理来自露天采场和地下采场的矿石。

17.2 厂区工艺流程

西藏华泰龙矿业开发有限公司选矿二厂的工艺设施主要包括：破碎、磨矿分级、浮选、精矿浓缩过滤及辅助设施。下方的示意图流程图展示了选矿厂的工艺流程。

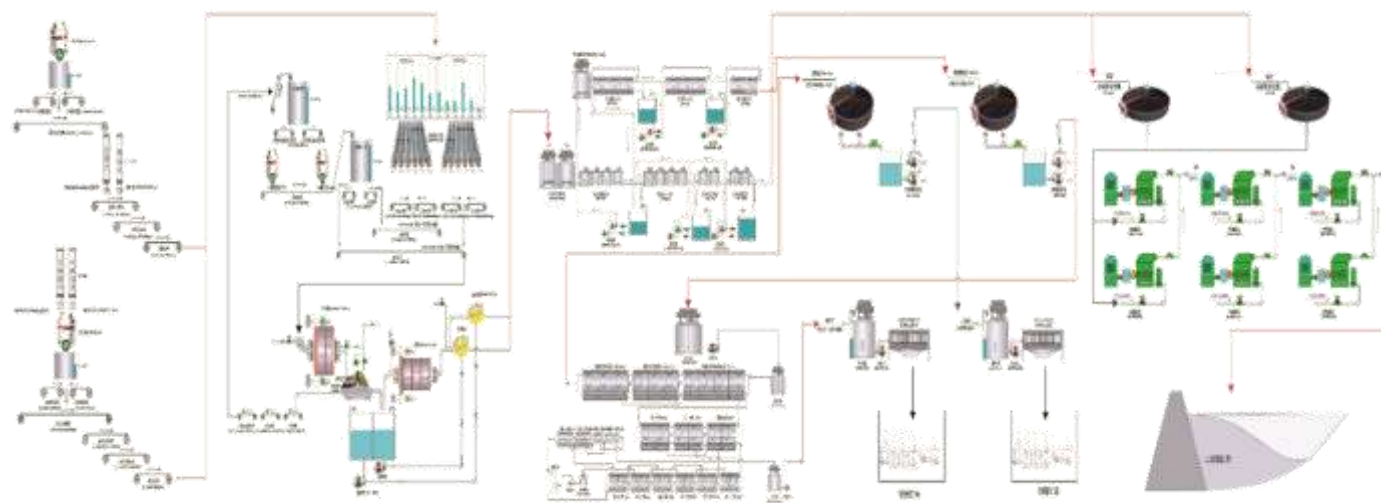


图 17. 1 选矿厂工艺流程图

17.2.1 破碎

破碎流程：破碎系统分为露天和井下两个系统，两个系统处理能力和流程相同。破碎采用一段开路破碎，矽卡岩型矿石为井下开采，经过井下粗碎后用胶带输送机转运至选矿厂原矿堆场；角岩型矿石为露天开采，经粗碎后用胶带输送机转运至选矿厂原矿堆场。

露天破碎站：原矿由汽车运输至粗碎站，给入液压旋回破碎机，破碎后的矿石进入破碎机底部的缓冲料仓。缓冲仓内的矿石由重型板式给矿机给到露天胶带输送机上，经多条胶带输送机将矿石转运至原矿堆场重板给料点。

井下破碎站：原矿经阶段电机车运输，由振动放矿机给入液压旋回破碎机，破碎后的矿石进入破碎机底部的缓冲料仓。缓冲仓内的矿石由重型板式给矿机给到井下胶带输送机上，经多条胶带输送机将矿石转运至原矿堆场重板给料点。

17.2.2 磨矿分级

磨矿分级系统采用两个系列，分别处理两种类型矿石，两个系列处理能力和流程相同。磨矿分级采用半自磨+顽石破碎+球磨流程（即 SABC 流程），半自磨机的产品细度为-0.074mm 含量 30%，球磨机磨矿产品细度为-0.074mm 含量 50%~55%，水力旋流器溢流细度为-0.074mm 含量 70%。

磨矿流程：原矿由重板给料机经胶带运输机给入双电机驱动半自磨机，半自磨机排出后进入直线振动筛，筛上矿石由胶带运输机给入顽石仓，经 HP500 圆锥破碎机处理后返回半自磨机。筛下矿石与双电

机驱动溢流型球磨机排矿合并进入渣浆泵池，泵送至 G660X10 水力旋流器组，旋流器溢流产品进入浮选，沉砂返回至球磨机。

17.2.3 浮选

浮选流程：浮选分为两个系列，一系列采用铜铅锌混合浮选，二系列采用铜钼混浮+铜钼分离，产出铜铅锌混合精矿、铜精矿和钼精矿。

铜铅锌混合浮选流程采用一粗三扫两精；粗选调浆槽采用 2 台高效搅拌槽，粗扫选采用 KYF-200 浮选机，各作业配置为 6+2+2+2；两次精选作业采用 KYF-50 浮选机，各作业配置为 3+3；中矿返回均使用泡沫泵。

铜钼混合浮选流程采用一粗三扫三精；粗选调浆槽采用 2 台高效搅拌槽，粗扫选采用 KYF-200 浮选机，各作业配置为 6+2+2+2；三次精选作业采用 KYF-50 浮选机，各作业配置为 3+3+2；中矿返回均使用泡沫泵。

铜钼分离浮选工艺采用一粗二扫五精流程，粗扫选采用 XCF-24/KYF-24 浮选机，作业配置为 2+2+2；精选一采用 XCF-16/KYF-16 浮选机，精选二采用 XCF-12/KYF-12 浮选机，精选三、四采用 XCF-8/KYF-8 浮选机，精选五采用 XCF-6/KYF-6 浮选机。精选各作业配置为 2+2+2+2+2。扫选尾矿为最终铜精矿，第五次精选精矿为最终钼精矿。

17.2.4 精矿脱水

铜铅锌混合精矿、铜精矿经浓密机浓缩后，由板框压滤机进行过

滤脱水，精矿水分在 12% 以内，装袋销售。钼精矿采用搅拌储存、由板框压滤机脱水，搅拌桶溢流及板框压滤滤液进入斜板浓密机，斜板浓密机中沉降的钼精矿再次返回板框压滤机，减少了钼金属量的流失。

17.2.5 辅助设施与药剂

(1) 原矿堆场：总有效容积为 64000m^3 ，贮存时间为 3.1d。

(2) 缓冲矿仓：按照顽石破碎设备挤满给矿及平衡破碎与磨矿工作制度差异的要求，设置前、后缓冲矿仓有效容积分别为 575m^3 和 627m^3 ，贮存时间为 2.2h 和 2.4h。

(3) 精矿仓：在精矿脱水车间设置了精矿袋装堆放区，面积分别为 1980m^2 和 720m^2 ，贮存时间约为 24d 和 60d。

(4) 石灰乳制备车间：球磨机前设置了调节用的小型石灰缓冲仓。石灰堆场有效容积 1400m^3 ，石灰仓有效容积 42m^3 ，贮存时间分别为 17.5d 和 0.6d。

(5) 药剂设施：所用药剂均为外购，采用桶装，由汽车运输到厂，存放在药剂制备间内，石灰贮存在石灰乳制备车间的堆场。

(6) 检修设施：各车间均设置检修吊车和供日常维修用。碎矿车间、筛分车间、磨矿车间、浮选车间、精矿脱水干燥车间等设有检修用起重机，选厂大修需外委加工。

(7) 其他辅助设施：

球磨机设有专用钢球仓，保证球磨机正常生产的钢耗量。通过起重机将钢球运至磨机给矿端的钢球添加箱内。

顽石破碎设备前输送胶带上设有电磁除铁器，清除混入矿石中

的各种铁件，避免铁件进入破碎机而损坏设备。

浮选充气采用浮选用鼓风机，在靠近浮选机位置单独设置了鼓风机房。

各车间的污水汇集后均流入污水池集中处理，以防止污水四处漫流，影响厂区卫生。各车间设有单独的隔离操作室和电器仪表控制室，保证工人有比较良好的工作环境和操作条件。

18 项目基础设施

18.1 引言

基础设施是矿山项目建设与运营的核心支撑，是保障生产连续稳定、安全合规及绿色低碳发展的先决条件，对项目全周期效能与投资效益具有决定性作用。本章立足华泰龙公司甲玛铜多金属矿项目实际，严格遵循国家及行业矿山建设标准、安全规范与环保要求，结合西藏高原特殊地理气候环境与项目总体规划布局，系统阐述项目交通、给排水、供电、通信、总图运输及公用辅助等基础设施的规划思路、建设内容、技术方案与实施要点中国地质调查局。通过统筹布局、科学设计与合理配置，构建安全可靠、经济适用、绿色低碳、运维便捷的基础设施体系，为项目采矿、选矿、运输等主体生产系统高效运行提供坚实保障，同时满足生态环境保护、职业健康安全及矿区可持续发展要求，助力项目打造西藏矿业开发的典范工程。

18.1.1 总平面布置与规划

企业为生产型矿山,现有采场、排土场、生活辅助工业区及选矿厂设施完善。

(1) 采矿工业区总平面

矿山采矿工业区由角岩露天、南部露天、地下开采等构成;附属设施包括地表固定式破碎站、露天矿石胶带运输系统、井下矿石胶带运输系统、充填站、采区 110kV 变电站、采矿高位水池场地、地下开采采矿工业厂区和废石场场地等。

角岩露天采场位于矿区的东南角,距选矿二厂直线距离约 2.8km。南部露天位于矿区南部,北距角岩露天采场直线距离约 0.3km;南部露天采场位于矿区的东南角,北部紧邻角岩露天采场。

破碎站工业场地位于露天采场出入口北侧 300m 处,爆破飞石界限以外,场地标高 4970.0m。

露天矿石胶带输送系统地表设施包括:破碎站—溜井工业场地的地表运输皮带、溜井场地、地表驱动站、1 号矿石转运站。矿石最终由 1 号转运站输送至选厂原矿堆场。

井下矿石胶带输送系统地表设施包括:地下胶带斜井井口场地和地表皮带廊、2 号转运站。矿石最终由 2 号转运站输送至选厂原矿堆场。

充填站工业场位于现有牛马塘排土场西侧的坡地上,包括充填站厂房、各料仓及砂石破碎站,砂石破碎站原料为就近取自牛马塘排土场的废石。场地标高 4820m。

110kV 变电站布置于现有牛马塘露天采场西北侧的山梁上,场地标高 4615.0m。

地下开采采矿工业厂区,自西向东依次布置采矿办公室、锅炉房及浴池、备品备件库、金属材料库、材料库、坑木加工车间、电机车修理车间和无轨设备修理车间等,各材料库、加工及修理车间均有窄

轨与 4450m 平硐相连。

采矿高位水池场地位于充填站西侧约 200m 的山坡上，布置 3000 立水池一座。

各平硐口及风井工业场地主要包括：4500m 平硐硐口、辅助斜坡道硐口场地、措施斜井井口场地、入风井井口场地、措施入风井井口场地、北回风井井口场地、南回风井井口场地。

排土场包括 1、3、4 号三个排土场，1 号排场服务于地下开采，3、4 号排土场服务于露天开采。地下开采废石通过井下废石溜井和 4261m 平硐运出地表，经地表自卸汽车倒运至 1 号废石场。露天开采废石通过自卸式汽车运至 3、4 号排土场。

牛马塘采场位于矿区中部，距离选矿一厂直线距离约 6.2km；铜铅山采场位于矿区中部偏南，位于牛马塘采场东南部，距离选矿一厂直线距离约 7.1km，目前牛马塘和铜铅山露天已闭坑。

（2）选矿厂总平面

矿山目前有两座选矿厂，一期选矿厂和二期选矿厂，一期选矿厂设计处理规模为 6000t/d，距矿床直线距离约 7km，位于矿区入口处，北侧方向。二期选矿厂设计处理规模为 40000t/d，位于矿区采场西北面 1100m 处，地处 4450m 平窿口西北面约 700m 的山凹中，距离选矿一厂约 5.5km，有主干公路可以相互联接。

（3）排土场总平面

本次设计共设 1 号、3 号、4 号三个排土场，1 号排土场为地下开采矿服务，3 号排土场为角岩露天采矿服务，4 号排土场为南坑露天采矿服务。

1 号排土场：采用单台阶排土模式，设置合理堆置高度与边坡比例，具备充足堆存空间。

3 号排土场：地处角岩露天采场周边山沟，属于沟谷型场地，区域地形坡度条件明确，汇水范围适中，整体库容富余量大，场地按一

级标准设计，可完全满足对应采场长期废石堆存需求。

4 号排土场：坐落于南坑露天采场附近山沟，同为沟谷型布局，地形坡度、汇水范围条件良好，库容充足，适配露天开采废石堆放要求。

（4）水源地总平面

矿山水源取自厂区外围河道，采用大口井搭配渗渠的组合方式取水。沿线布设多级加压泵房，分设两座高位水池分别供给两座选矿厂。整套供水设施已建成投运，可稳定保障矿区生产、生活用水。

（5）供电系统总平面

矿区及周边现有两座变电站，其中矿区内一期选矿厂工业区 110/10.5kV 变电站电源引自距矿区 24km 的墨竹工卡县唐家 110kV 变电站；距矿区 22km 的墨竹工卡县工卡镇格桑村 220kV 变电站，电源引至墨竹工卡县 220KV 变电站。上述电源总容量满足墨竹工卡县和本项目的用电需求。

（6）尾矿库总平面

矿山现有两座尾矿设施，分别对应两座选矿厂。其中一期干式尾矿堆场为山谷型库体，现已完成闭库；二期湿排尾矿库同样为山谷型，目前正常投用，两座库体均按二等库标准建设。

为保障长远生产，企业已选定新址推进新建尾矿库工程，现阶段处于施工阶段。新库选址地形条件良好，周边生态、用地约束少，区域居民分布少，无需额外设置分洪设施，库体为二等库。结合井下充填工况，新库库容可完全匹配矿山全周期尾砂堆放需求。

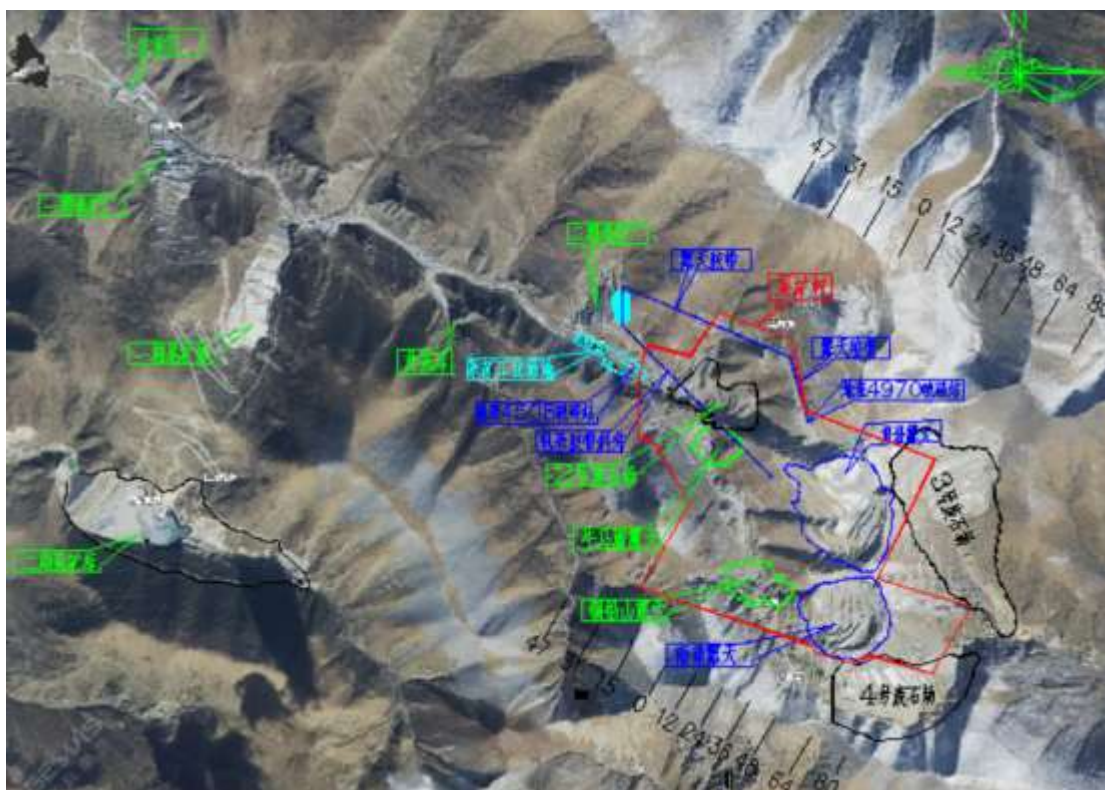


图 18. 1 矿区主要设施分布示意图

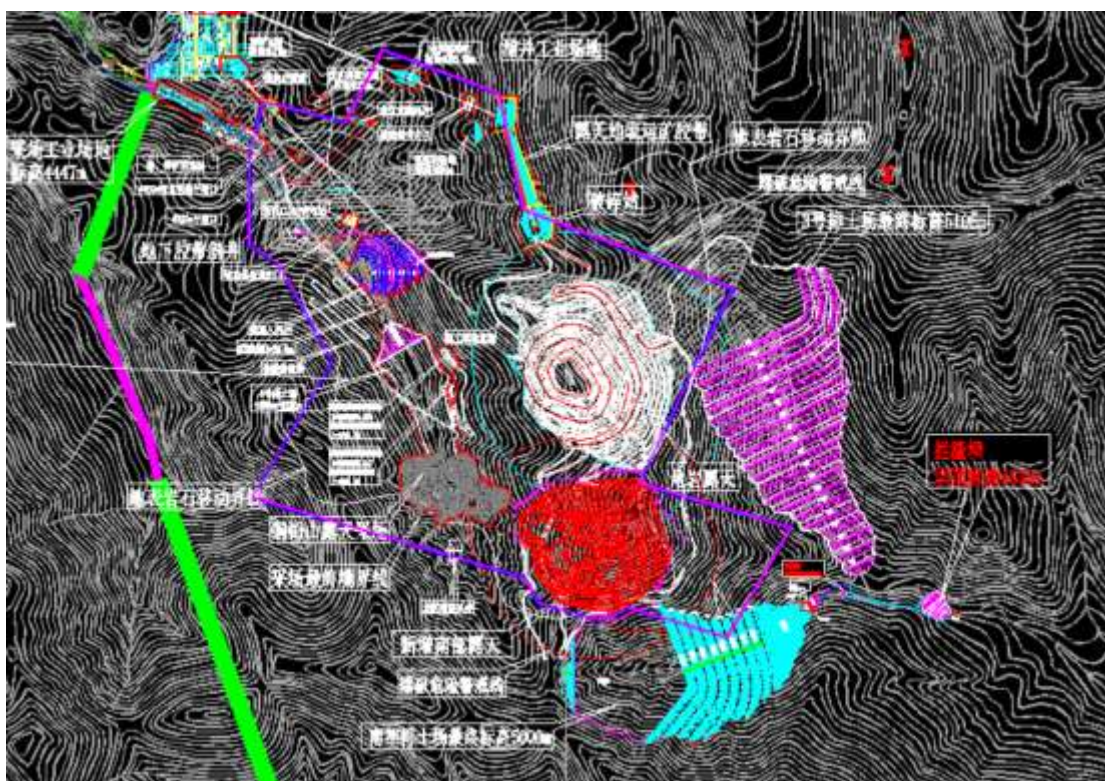


图 18. 2 矿区内部关系图

18.2 矿区地面基础设施概况

18.2.1 道路

18.2.1.1 主要进场道路

西藏华泰龙甲玛矿区外部进场道路以国道 318 线为主要对外干线，从矿区矿部出发，沿甲玛沟内的矿区专用公路向北行驶约 10 公里即可接入 318 国道。由此向西行驶约 60 公里可直达拉萨市区，向东行驶约 8 公里即抵达墨竹工卡县城，形成了连接自治区首府与县域的便捷交通走廊。该进场道路为沥青铺装的标准化矿山公路，路面宽度满足重载货运车辆双向通行，沿线设有完善的挡墙、护栏及排水系统，可适应高原雨雪、冰冻等复杂气候条件。道路穿越高海拔山谷地貌，部分路段海拔超 4000 米，冬春季易受积雪、结冰影响，矿区与交通部门会协同开展除冰保通作业，保障矿山生产物资与人员运输的全天候畅通。

外部运输道路均为汽车+火车运输方式，其中从拉萨火车站运至矿区的物料和精矿运输至拉萨火车站可由华泰龙公司控股的汽车运输公司完成，其它委托社会车辆运输。

18.2.1.2 服务通道

(1) 一、二期选矿厂内部道路为水泥混凝土路面，按三级厂内道路标准建设，路面规格、转弯半径与坡度设置合理，整体路网完善。

(2) 办公生活区联络道路同样采用三级厂内道路标准，路面及通行参数与选厂道路保持一致，通行条件良好。

(3) 矿区大范围联络道路为三级厂外道路，采用沥青路面，路

面结构层级完善，坡度、转弯半径及路幅根据使用场景差异化设计，满足场内各类通行需求。

18.2.1.3 运输道路

矿区各类专项联络、运输道路按功能划分等级，多数采用碎石路面，结构层设置标准统一，坡度适配山地通行条件。尾矿库、井巷设施、采场、水处理厂区等配套道路路幅规格相近；露天坑至破碎站、废石场的运输道路适当加宽，满足重载运输需求。采区至选厂路段采用水泥混凝土路面，转弯半径、坡度均按规范设计，整体路网可满足生产运输、设备检修日常通行要求。

18.2.2 土石方工程

18.2.2.1 岩土工程勘察

根据地矿眉山工程勘察院 2012 年 5 月提供的西藏华泰龙矿业开发有限公司铜多金属矿采选二期扩建工程《岩土工程勘察报告》结果：选矿厂工业场地属于 II 类建筑场地，场地地基从上至下依次为：松散含碎块石粉土①1、稍密含碎块石粉土①2、中密含碎块石粉土①3、强风化板岩②，结论：建设地及附近无大的活动断裂分布，场地总体处于较稳定状态。场地范围内存在影响场地安全的高边坡等地质灾害，在采取适当的工程措施（如挡墙等）后，可消除或减轻其危害。场地地基土以碎石土及板岩为主，承载力较高，是良好的天然持力层。该场地较为适宜工程建设。

18.3.2.2 典型基础设计

选矿厂主要车间：原矿堆场、磨浮车间（包含磨矿、铜钼混浮）、

铜钼分离车间、精矿浓缩、精矿脱水车间、尾矿浓缩车间、尾矿加压输送泵房、选矿厂厂前回水泵房等沿山坡从上往下顺等高线布置。粗碎系统设在采矿场，粗碎后的矿石用胶带输送机转运送至选矿厂原矿堆场内，选矿厂其它辅助车间如：石灰乳制备车间、选矿厂 110kV 变电站、电锅炉房等沿山坡布置在磨浮车间附近。

破碎磨矿流程为：粗碎（采场）+半自磨+球磨+顽石破碎。浮选为铜钼先混浮，再经浓缩脱药、再磨后进行铜钼分离浮选。铜钼混浮尾矿在厂前浓缩至 64~66%后大部分泵送尾矿库堆存，小部分泵送采矿场充填站砂仓，用于井下充填。

18.2.3 台阶、平台及堆场

矿区共建有三座排土场，分工明确：1 号服务地下开采，3 号、4 号服务露天开采。1 号排土场采用单台阶堆筑形式，边坡设置合理，堆存空间与用地规模满足使用要求。3 号、4 号排土场均为多台阶布局，分层设置作业与安全平台，结合岩土特性优化边坡参数，整体结构稳定性强。两处场地库容充足，不仅可保障现阶段废石堆放，还能适配矿山后续发展需求。

18.2.4 雨水治理

该区域无最高历史洪水位统计数据，矿区内无河流，各工业场地对水的防治主要为降雨形成的地表径流，根据各工业场地的实际情况，外围均设置截、排水沟，保证场地安全，不受洪水威胁。

在排土场外围设有截排水沟，拦截雨洪水，防止外部地表汇水对排土场的平台及边坡产生冲刷。排土场下游的拦渣坝对水土流失可起

到缓冲和拦截的作用。

18.2.5 矿山岩土转运

矿区人员、设备及物料依靠中部辅助斜坡道实现无轨运输。不同标高区段的废石分两套方式转运：高段废石经由有轨车辆输送至主废石溜井，再通过主平硐运出地表，由汽车转运至排土场；低段废石先经坑内车辆转运至衔接点位，再并入统一的溜井 + 平硐运输流程。

南部露天采场划定了开采底线标高，露天开采结束转为地下开采后，预留安全矿柱保障生产安全。南区人员、设备、物料依托延伸而来的辅助斜坡道开展无轨运输，采出矿石经多级溜井下放后，接入转运体系。

结合现场地形、场地布局及运距条件，南部露天废石直接采用汽车运输至排土场。该运输方式建设成本低、施工周期短，设备调度灵活、作业效率高，运维与管理都较为简便。

18.3 辅助设施与公用工程

18.3.1 建构筑物

整体项目土建工程主要建筑物有一期选厂：粗碎车间、中细碎及筛分车间、粉矿转运站及粉矿仓、磨浮车间、精矿脱水车间、浓密池、尾矿压滤车间、皮带廊、破碎站、泵房、制备间、机修车间以及油库、变电站、综合楼、露采办公楼、值班室、车库等附属生活设施建筑物。

二期选厂：原矿堆场、顽石破碎车间、磨浮车间、铜钼分离车间、精矿脱水车间、混精及铜精矿浓缩机、尾矿浓缩机、石灰乳制备车间、石灰仓、皮带廊、转运站、破碎站、充填站及水泥仓厂房、砂仓厂房

等生产设施建筑物，以及锅炉房、变电站、配电所、采选办公楼、矿部食堂、矿部办公楼扩建、工贸公司办公楼、岩心库、值班室、车库等附属生活设施建筑物。

18.3.2 住宿设施

生活区包括:3座员工宿舍及职工食堂、第三方施工单位生活区、职工休闲活动中心。

厂前区位于选厂北部，设有警务区办公室、综合楼及停车场等配套休闲设施。选厂北部为全厂海拔最低点，也是进厂的必经之地，将厂前区布置于此不仅有利于管理，同时从视觉景观角度亦有利于全厂的景观布局。办公区包括：办公大楼、办公楼前停车场；

矿山目前设有职工公寓4个，分别设置在矿山（3个）、县城（1个），可容纳职工1252人住宿；第三方施工单位项目部4处，各施工单位项目部设有宿舍、食堂、办公室等。

18.3.3 应急保障与医疗设施

矿山建立由兼职人员组成的救护和医疗急救组织，配备救护用车、担架和必要救护器材和药物。矿山企业应编制事故应急救援预案并定期演练。矿山企业发生伤亡或其他重大事故时，矿长或其代理人必须立即到现场指挥组织抢救，采取有效措施，防止事故扩大。对伤亡事故，必须按规定如实上报劳动行政主管部门和管理矿山企业的主管部门。

18.3.4 压缩空气供应

矿山地表4500m平硐口和4490m斜坡道口分别设一座空压机站

供压风自救使用，4500m 空压机站设 1 台 JN250-8 型空压机和 1 台 BK132-8ZG 型空压机，4490m 空压机站设 1 台 JN250-8 型空压机。

生产用气来源为井下移动式空压机，在各生产分段分别设置 2 台移动空压机，主要型号 DLGF24/8-160 型空压机。

18.3.5 生产消防水

二期选厂 4575m 标高建有一座 4000m³生产新水高位水池，水源地位于赤康河口。矿区北侧 4635m 标高建设有一座 3000m³采矿用水高位水池，采矿水源引自 4575m 高位水池。井下生产用水、消防用水均由地表 4635m 高位水池供给，静压输送。地表 4635m 高位水池附近设 50m³生活水池，为供水施救使用。

18.4 供电系统

（1）一期选厂供电

矿山一期选厂设计处理量 6000t/d。一期选厂现已存在一座 110kV 变电站，一期选厂 110kV 变电站主备用电源分别引自 110kV 唐家变电站和二期选厂 110kV 变电站。一期选厂 110kV 变电站内设置两台容量为 10000kVA 的主变。变电站 110kV 及 10kV 侧均采用单母线分段形式接线，10kV 侧以放射式向一期选厂各车间变电所、高压用电设备、尾矿压滤车间、尾矿加压车间、4087 水泵房、4261 水泵房、一二期水源地等配电室供电。

（2）二期选厂供电

矿山二期选厂设计处理量 4.4 万 t/d。矿山已存在二期选厂 110kV 变电站，变电站 110kV 主备用电源均引自墨竹 220kV 变电站，二期选

厂 110kV 变电站内设置两台容量为 50000kVA 的主变。实际用电负荷 50000kW。变电站 110kV 及 10kV 侧均采用单母线分段形式接线，10kV 侧以放射式向选厂各车间变电所、选厂高压用电设备及二期尾矿库供电。

（3）采场供电

矿山已存在采场 110kV 变电站一座，采场变电站两路 110kV 电源分别引自二期选厂 110kV 变电站 I、II 段母线。采场 110kV 变电站内设置两台容量为 25000kVA 的主变。采场目前实际负荷为 8000kW。变电站内采用单母线分段形式接线，以放射式向露天及井下变电所供电。

（4）二期尾矿供电现状

二期尾矿库现存在一座 10kV 配电室，10kV 电源引自二期选厂 110kV 变电站。二期尾矿 10kV 配电室 10kV 侧采用单母线不分段形式接线，以放射式向离心泵和回水变压器供电。

（5）三期尾矿供电

三期尾矿库及附属设施正在施工，三期尤隆布尾矿库 110kV 变电站电源引自二期选厂 110kV 变电站 2#联络线。尤隆布尾矿库 110kV 变电站内设置一台容量为 20000kVA 的主变，为三期尾矿库及附属设施供电。

19 环境研究、许可审批及社会或社区影响评估

19.1 环境本底研究与环境影响评价

华泰龙公司已开展了一系列全面的环境与社会本底研究及影响评估。这些研究始于项目初期开发阶段，并涵盖了后续分阶段的扩建工作以及多项配套的技术专项研究。

19.1.1 已开展研究总结

环境与社会影响评估的更新工作持续依托现有的本底研究和影响评估，整合了运营层面的因素及最新的扩建影响，该评估经西藏自治区生态环境厅批准。本底研究、监测管理报告及其他支持性信息包括：

本底研究及影响评估，涵盖空气、水、土壤、生物多样性、噪声、健康及文化遗产等方面。

对以下全部或部分项目进行年度、季度及月度监测：水质、电磁环境、生物多样性、环境空气质量、噪声振动、土壤污染状况及矿山生态修复责任。

这些研究基于《甲玛铜多金属矿二期建设工程环境影响报告书》（2013 年）、《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜多金属矿南部露天开采工程环境影响报告书》（2022 年）、《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜多金属矿尤隆布尾矿库工程环境影响报告书》（2024 年）及其专业附录编制而成。在某些情况下，这些文件优先于先前的环评报告及相关参考文献。

19.1.2 环境影响评价进展

此前，西藏华泰龙矿业开发有限公司已于 2007 年依据西藏自治区矿产资源整合文件（藏国土整规（2007）2 号）开展甲玛铜多金属矿资源整合与开发建设工作。企业先后完成多项改扩建工程环评及验收备案工作，本单位自行开展了资料收集与梳理分析工作。近期，建设单位于 2022 年 4 月正式委托沈阳万益安全科技有限公司编制尤隆布尾矿库工程环评报告书，相关报告于 2024 年 10 月完成定稿，并于 2024 年 11 月正式提交至西藏自治区生态环境厅取得批复。

根据中华人民共和国生态环境保护及矿产资源相关法律法规，环评报告符合现行《中华人民共和国环境影响评价法》相关管理规定，该法规要求矿山企业在新建、改扩建工程项目中编制环境影响评价文件并履行审批及验收流程。环评文件涵盖矿山现有生产系统及拟建尤隆布尾矿库工程项目，并辅以针对场地环境条件的全面现状本底调查。环境评价工作基于有据可查的现场勘查、资料调研及公众咨询结果。

19.1.3 主要结论

报告的总体结果并未引发任何潜在致命缺陷问题或不可缓解的影响，环评报告明确了施工期、生产期及服务期满后阶段所产生的一系列环境影响，具体包括：

- 环境空气的影响
- 地表水、地下水环境的影响
- 声环境的影响
- 固体废物对环境的影响
- 土壤环境影响

- 对生态环境影响
- 电磁环境影响

19.1.3.1 土地使用、许可与搬迁安置

土地使用、许可审批与移民安置过程中可能出现的任何延误或争议，都可能阻碍或推迟关键区域的采矿活动，从而直接影响资源储量的开采计划。

土地所有权与搬迁安置

当地以农业和牧业为主导产业，是自治区六个全国商品粮生产基地之一。甲玛乡居民和耕地主要分布在赤康河下游的河谷地带，平均海拔 4500m，流域中上游为天然草场。从根本上说，土地利用受海拔、草场承载力、水源可达性以及居民点的距离等因素影响。

确认所有采矿及基础设施区域均位于华泰龙公司采矿权及建设用地范围内，不存在第三方采矿权。然而，现有及未来扩建项目需对当地社区进行合理安置及经济补偿。

最新一期搬迁安置工作涉及对象尤隆布尾矿库占地范围内的牧民（11 户）。

土地征用、补偿或移民安置过程中的任何延误或争议，都可能直接阻碍对矿床区域及基础设施的开发与利用。

许可

环境与社会影响评估及管理计划均符合中华人民共和国及西藏自治区相关矿业与生态环境法律法规。所有扩建项目均需获得西藏自治区生态环境厅、自然资源厅及相关主管部门的批准。

若未能及时取得环境影响审批、用地预审、水土保持方案批复及相关行政许可，将导致采矿活动延误或受限，影响项目整体建设进度与合规运营。

19.1.3.2 水资源管理与水文地质

任何潜在的排水不充分、水资源管理不当或相关法规违规行为，都可能导致洪水发生、面临环境处罚或采矿活动暂停。

排水与地下水位下降

水源地工程取水、井下涌水疏干会形成一定范围的地下水降落漏斗，对地下水水位造成一定的影响。

地表水与洪水

项目区属拉萨河水系，以雨水、高山雪融水补给为主，降水集中，河流季节性强，丰枯水期水量差异明显。采选工业场地、尾矿库引起了局部区域地表形态的改变，原有的汇水途径也因此而受到影响。需建立完善的雨水管理系统，采矿区、排土场及尾矿库项目需建造截洪沟，尤其需特别考虑那些被确认会产生酸性淋溶风险的含硫物料。

地表径流管理不善可能导致坑区积水、排土场滑坡、尾矿库漫溢、流域污染或基础设施损坏，进而引发运营中断。

水质与排放

废水及矿井水排放物总体上符合《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的Ⅲ类水质标准要求，均处理后全部回用，正常工况不外排，满足国家及地方排放标准。部分地下水监测点超标主要受地质条件影响，目前项目工程区域内地下水水质整体良好，说明项目的

运行实施未对周边地下水环境造成明显影响。污染物（油类）主要来源于设备检修、车辆维护及周边社区活动。

采矿活动若存在任何违规行为，可能导致监管措施或排放许可证被暂停。

19.1.3.3 酸性岩石排水（ARD）与尾矿管理

ARD 排放或尾矿库故障可能导致环境污染、社会信任度下降以及运营被监管部门暂停。

酸性岩石排水

所有含硫岩性区域均应被视为可能产生酸性物质的潜在风险源。露天采场的雨水径流区、废石堆场及矿石堆场必须采用衬砌设施、雨污分流系统及废水处理设施（缓释硫化法+HDS）进行管理，收集并处理含酸性物质的渗滤液与淋溶水。

若未能有效控制和处理酸性岩体排水（ARD），可能导致地下水与地表水污染、生态环境破坏、监管处罚或受影响区域活动被迫中止。

尾矿储存设施

一期干式尾矿库、二期果朗沟尾矿库以及正在建设的尤隆布尾矿库采用衬砌设计，并配备工程化雨水控制系统，当前采取的缓解措施可有效限制污染物迁移。

尽管采取了缓解措施，尾矿库发生泄漏、衬砌失效或排洪系统故障，仍可能导致灾难性的环境破坏、尾矿库存储容量丧失以及监管机构下令停产整改。

19.1.3.4 生物多样性、敏感目标与保护区

敏感环境或遗产地的扰动可能导致监管机构或社区强制停工、额外的缓解成本增加，或丧失对关键矿区的进入权限。

敏感环境

区域及周围生态敏感目标包括雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤国家级自然保护区、西藏墨竹朗杰沙棘林市级自然保护区、甲玛湿地、赤康湿地、松赞干布故里甲玛景区及珍稀野生动植物。

部分受保护的动物群如黑颈鹤、白唇鹿仍分布于该区域。向这些区域的扩展需要严格控制潜在的关键风险并实施持续监测。已完成的动物群调查结论表明，此类区域的动物群落受历史上过度放牧及栖息地改造的影响较为敏感。

甲玛湿地、赤康湿地属于沼泽化草甸湿地，土壤为草甸土，植被以西藏嵩草和华扁穗草群落为主，甲玛湿地位于拉萨河附近，优势群落还有芦苇、灯芯草等。两个湿地在调节气候、涵养水源、防治水土流失等方面发挥巨大作用。

二期扩建项目尾矿坝址、选矿厂距离雅鲁藏布江中游国家级黑颈鹤自然保护区、甲玛湿地较远，距离甲玛旅游景区、赤康湿地稍近，但总体而言均不涉及生态敏感目标，因此对其无影响。由于华泰龙矿区地区的持续开发活动及规划中的扩张项目，受干扰区域内的入侵植物和动物活动范围可能会进一步扩大。

若未能有效控制入侵物种或保护敏感环境，可能引发监管干预或额外区域补偿要求等非预期后果。

古迹与景观

甲玛境地内目前存有：松赞拉康寺庙，赤康村霍尔康庄园遗址内的一座佛塔，强巴敏久林宫遗址的三座佛塔及松赞圣泉。为了继承和保护优秀民族文化遗产，甲玛乡建成“松赞干布出生地”旅游区。由于矿山的开发建设，在旅游景区所在区域中将形成一个比较大的工矿景观斑块，因此会对区内的旅游景观造成一定的影响。

任何未计划的干扰都可能导致工作中断、法律诉讼或声誉受损。

19.1.3.5 空气质量、噪声与振动

若空气、噪音或振动指标超出限值，可能导致监管处罚、社区反对或运营限制。

大气排放物

华泰龙矿区本身暴露于多种排放源（例如选矿厂、排土场、运输道路及尾矿库）。

在正常运营条件下，空气排放物在敏感监测点均符合相关标准。然而，由于活动本身的特性，在异常情况下可能出现超标情况。违规行为可能导致罚款、限产整改或运营限制。

噪音和振动

爆破作业及重型设备会产生噪音和振动，但监测结果显示其符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）及《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的限值。然而，计划中的扩建施工活动预计将增加爆破作业及重型设备运行频次，最终导致监管机构采取行动，要求停工整改或增设降噪减振措施。

19.1.3.6 闭坑、遗留问题与资金保障

闭坑规划不足或遗留污染可能导致采矿权丧失、额外保证金要求或声誉损害。

闭坑规划

报告书中制定了闭坑后详细的环境保护措施，包括场地修复、设施拆除及关闭后监测工作。

若低估闭坑责任或未能执行闭坑计划，可能导致违反监管规定或丧失采矿权。

遗留污染

未发现新的历史遗留负债，但若未得到有效管理，持续存在的放射性废物（ARD）、尾矿或碳氢化合物污染可能在未来引发负债风险。

19.1.3.7 社会许可、利益相关方协商与社区健康

社会许可的丧失或社区健康危机可能导致运营中断或额外的缓解成本。

利益相关者参与

该地区居民生计主要依赖自给农业和放牧，正式就业机会较少，因此华泰龙铜矿成为当地重要的就业与收入来源。区域内传统矿业活动影响广泛，社区对矿产开发的关注度较高。

环境影响报告书中搬迁安置、供水保障和生态系统服务成为主要关切事项。

若无法维持社会许可状态，可能导致抗议活动、封锁行为或声誉损害。

社区卫生

劳动力涌入和人口增长加剧了对卫生、供水及卫生设施基础设施的压力。

潜在的疾病暴发或感知到的健康影响可能引发监管措施或社区干预行动。

19.1.4 拟采取的减缓措施

环境影响报告书详细阐述了针对所有重大影响的缓解与改善策略，包括粉尘与噪声控制、水资源管理、生物多样性保护以及社区健康与安全措施。具体措施包括但不限于：

（1）采用环境与社会管理体系，建立并实施常态化监测与报告机制。

（2）实施水资源管理策略，优化雨水收集利用与废污水处理工艺，确保符合国家及西藏自治区相关标准。

（3）通过制定合理运输计划、临时占地植被恢复、关键栖息地避让，减少对敏感生态系统的扰动；同步开展长期生物多样性监测。

（4）建立利益相关者沟通机制，落实社区搬迁安置与生计恢复工作。

19.2 废弃物、尾矿、水资源与监测计划

华泰龙公司实施了一套全面的废弃物与尾矿管理策略，旨在最大限度降低环境风险，并确保在整个矿山生命周期内符合监管要求。废石的管理采用综合方案：将部分材料用于建筑施工；部分用于充填井下采空区，对可能产生酸性物质的废石采用衬砌储存；并实施渐进式

修复。尾矿则储存在专门设计的尾矿库中—目前的华泰龙公司存在两个尾矿库，正在建设第三个尾矿库。均采用先进的设计技术，包括部分 HDPE 衬砌、下游堤坝建设以及雨水分流系统，以有效防止渗漏，保护地下水和地表水资源。

19.2.1 废弃物与尾矿处置

尾矿库设施

建设单位现有 3 座尾矿库，分别为干式尾矿堆场和果朗沟膏体排放尾矿库，以及正在建设的尤隆布尾矿库。其中干式尾矿堆场供一期选厂使用，果朗沟尾矿库供二期选厂使用。一期干式尾矿库已完成闭库施工工作，果朗沟尾矿库预计 2028 年达到设计产能，尤隆布尾矿库将于 2027 年投产。尾矿不具有浸出毒性和腐蚀性，不属于危险废物。

废石堆场

本工程目前包括 1#、3#、4#三个排土场，1#排场服务于地下开采，3#、4#排土场服务于露天开采。废石堆存过程中可能导致土壤中重金属的富集，对区域土壤环境造成污染。

19.2.2 水资源管理

华泰龙公司的水资源管理体系以减少淡水消耗、最大化水资源循环利用以及保护地表水与地下水资源为核心。露天封闭圈以下采用集中排水方式，经沉淀后用于采矿及地面防尘。尾矿库雨水通过排水井及排水隧洞排入环保坝前蓄水区，并泵送回选厂循环使用。

采矿活动产生的酸性水（主要来自山泉和矿石堆场）被收集至收

集池中，经高密度污泥（HDS）处理工艺处理后全部回用。水平衡数据会定期更新，以反映矿山扩建、降雨量变化及运营调整等因素的影响。

19.2.3 现场监测方案

已实施全面的污染源和环境监测计划，以确保持续合规并及早发现潜在影响。水质（地表水与地下水）是重点监测参数。

在水处理站、尾矿库及排土场的上下游多个地点采集地下水和地表水样本，并将检测结果与国家相关标准进行比对。在尾矿库和水处理站周围设置多个水质监测井和水质监测点，用于监测地下水位并检测潜在渗漏情况。对生态恢复场地观察与监测。

空气质量监测指标包括颗粒物（可吸入颗粒物 PM10、PM2.5）、二氧化硫、二氧化氮等，监测结果普遍符合法规规定的限值标准。

19.2.4 闭坑后监测

关闭后监测在设施关闭后根据监管机构的要求执行。该计划将重点关注以下关键指标：

- 结构稳定性：定期检查堤坝、边坡及排水设施，以检测侵蚀、沉降或不稳定迹象。同时监测测压管和沉降标记点，以确认堤坝的完整性。

- 地表水质量：对尾矿库下游径流及排放点进行常规采样，以确保符合国家及西藏自治区相关标准。

- 地下水质量：将对尾矿库上下游的监测井进行季度采样，以获取关键指标数据，包括 pH 值、TDS、硫酸盐、硝酸盐及金属含量。

- 植被与侵蚀治理：将通过每半年一次的目视检查及摄影记录，评估植被恢复工作的成效及侵蚀控制措施的有效性。根据植被恢复区域监测计划，植被覆盖不良或存在活跃侵蚀的区域将被列为重点整治对象。

- 渗漏与渗滤液：将对渗漏收集系统的流量和水质进行监测。一旦发现渗漏量增加或水质恶化，将启动调查，并在必要时采取额外的缓解措施。

19.3 许可要求

华泰龙铜矿项目须遵守一套全面的许可制度，该制度规范了勘探、建设、运营及项目关闭等所有环节。许可流程以《中华人民共和国矿产资源法》及相关配套法规为依据，相关环境影响评价和环境与社会管理计划需定期更新，以反映项目扩张及监管政策的变化。

所有主要项目基础设施—包括采矿、加工、废弃物处理及尾矿设施—均持有有效的环境审批文件，并持续接受当地生态环境主管部门和行业监管机构的监督管理。

该项目的环境影响评价报告书确认公司始终遵守适用的国家标准。许可审批流程基于详尽的本底研究、利益相关方参与以及各项目阶段技术文件的提交。合规情况通过定期报告、现场检查和动态管理机制进行监控，确保项目持续符合监管机构要求，并履行其环境与社会责任义务。

19.3.1 所需许可证清单

以下所列许可证及批准文件为必需文件，由公司法务部门负责维

护，并在其许可证登记册中进行追踪：

- 采矿许可证：涵盖所有采矿区域，有效期至 2043 年。
- 环境许可文件：包括与所有主要项目阶段及扩建工程相关的环境影响评价相关文件。
- 专项安全与环保许可：包括重大危险源、爆炸物品储存与使用、危险废物收集与处置等存在环境或安全风险的设施的专项许可。
- 社会责任与公众参与文件：社会项目责任要求文件及相关公众咨询记录。
- 配套基础设施许可：其他各类配套基础设施、油气资源及电信设施的相关许可文件。

19.3.2 条件及其他义务

所有项目设施均位于华泰龙铜矿的特许开采范围内，许可区域及周边范围内不存在其他第三方采矿权。地表开采权及土地使用权均通过正式许可登记册予以记录和维护。

相关设施必须按照工程设计标准建造，配备适当的内衬、渗漏水收集系统及雨水导流设施，符合国家及地方相关法规要求。

需定期监测水质、堤坝稳定性及渗漏情况，并将监测结果及时通报生态环境主管部门和行业监管机构。任何超标情况均须予以处理。

持续与受影响社区进行磋商，包括建立申诉机制并公开监测结果。。农业用地的经济补偿正按照条例附件相关要求实施。

环境影响评价须符合相关条款所规定的各项要求。

19.3.3 依从性历史

华泰龙铜矿在许可审批及环境义务履行方面保持着良好的合规记录。其环境与采矿许可证始终按照监管要求完成续期及更新。最新环境影响评价及配套文件证实，所有主要许可证均处于有效状态。

对常规检查、审计及环境监测报告设定了明确要求：所有报告均须按规提交；发现的任何轻微不符合项均须立即通过纠正措施予以解决。

19.4 社会与社区影响

社会与社区影响评估是确保实施负责任的环境与社会封堵措施、为受影响利益相关方实现长期利益平衡的关键环节。华泰龙铜矿多元化的社会影响力范围，充分彰显了其对当地民生福祉、生计保障及发展机遇产生的重大影响。

19.4.1 利益相关方识别

华泰龙铜矿项目的社会影响范围涵盖矿区周边区域内的多个社区，项目利益相关方包括当地村民、村集体组织、地方政府部门及相关社会组织等，共同构成了项目社会影响评估的核心对象。

19.4.2 协商活动

项目已广泛开展利益相关方参与活动，期间与地方政府、村集体组织、社区居民及相关社会组织举行了多次会议。收集并回应社区关于搬迁安置、用水保障、就业机会、基础设施建设等诉求，建立了规范的申诉反馈机制。

19.4.3 社区协议

目前已有持续进行的搬迁与补偿计划，其福利包括就业机会、学

校、诊所及基础设施。

公司严格遵守社区协议，积极履行社会责任，深入开展走访慰问与驻村帮扶工作。2023 年累计投入超 1.4 亿元实施民生项目，推进产业帮扶与民族团结，助力乡村振兴。

19.4.4 本地采购与就业计划

公司建立了完善的本地招聘、培训及创业支持体系，坚持本地化用工，优先吸纳当地居民就业，是区域内重要的雇主之一。同时，通过设立培训与教育项目提升本地人才技能，并制定明确的本地采购目标，带动地方经济发展。

19.4.5 提出的主要问题

在公众咨询期间，社区成员提出的核心议题围绕搬迁安置展开，同时高度关注水资源获取、社区健康、就业机会、教育及土地利用等事项，这些均被列为利益相关方的优先关注事项。

19.4.6 社会风险评估

重点关注搬迁导致的物理与经济流离失所风险，拟通过区域适应计划和生计恢复措施进行缓解。对于土地压力、公共服务影响及潜在冲突等其他风险，将通过持续参与机制及申诉渠道实施管理，全过程特别关注妇女、儿童、老年人和残疾人等弱势群体权益。

评估未发现不可缓解的社会风险。

19.5 矿山闭坑与生态修复

19.5.1 闭坑策略

矿山服务期满后，废气、废水、废石、噪声等均不再产生和排放，

污染影响大部分消失,残余的影响以生态环境影响为主。要求按照《西藏华泰龙矿业开发有限公司墨竹工卡县甲玛铜多金属矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》落实矿山地质环境保护与土地复垦方案,使其基本恢复原土地利用功能,达到与周边环境一致。工程生态恢复区包括矿山开发中损毁土地及不再留续使用的永久性建设用地构成的区域。

19.5.2 闭坑后监测

闭坑后监测是矿山关闭策略的核心环节,旨在验证复垦措施是否达到既定标准、管控剩余环境风险,并确保采矿后土地利用功能符合预期。重点关注复垦区、临时安全设施及废石堆场的稳定性,以地下水及地表水水质、堤坝稳定性、植被恢复及侵蚀控制为核心指标。遵循基于风险的动态管理原则,初期实施高强度监测,待绩效标准稳定达标后可逐步降低强度;若触发风险阈值或出现异常趋势,可立即恢复并加强监测。

已预留矿山生态恢复费用,按照方案确定的年度复垦方案逐地块落实,并进行统一管理,加强复垦后的土地利用和保护工作。

20.0 相邻矿产

西藏巨龙铜矿是中国首个铜金属资源量超过 2 000 万 t 的超大型斑岩型铜矿床,与甲玛矿区相邻(图 20.1)。巨龙铜矿历经了近 35 年的勘查历史,从三级异常查证(1988 年)、二级异常查证(1994 年)、预查(2001 年)、普查(2005 年)、详查(2006 年)、勘探(2008 年),到近几年的补充勘探,矿区已累计施工钻探 277 377 m,目前已探获铜金属资源量 2 809.63 万 t、钼金属资源量 184.96 万 t、银金属资源

量 25 177 t（据公司内部资料）。

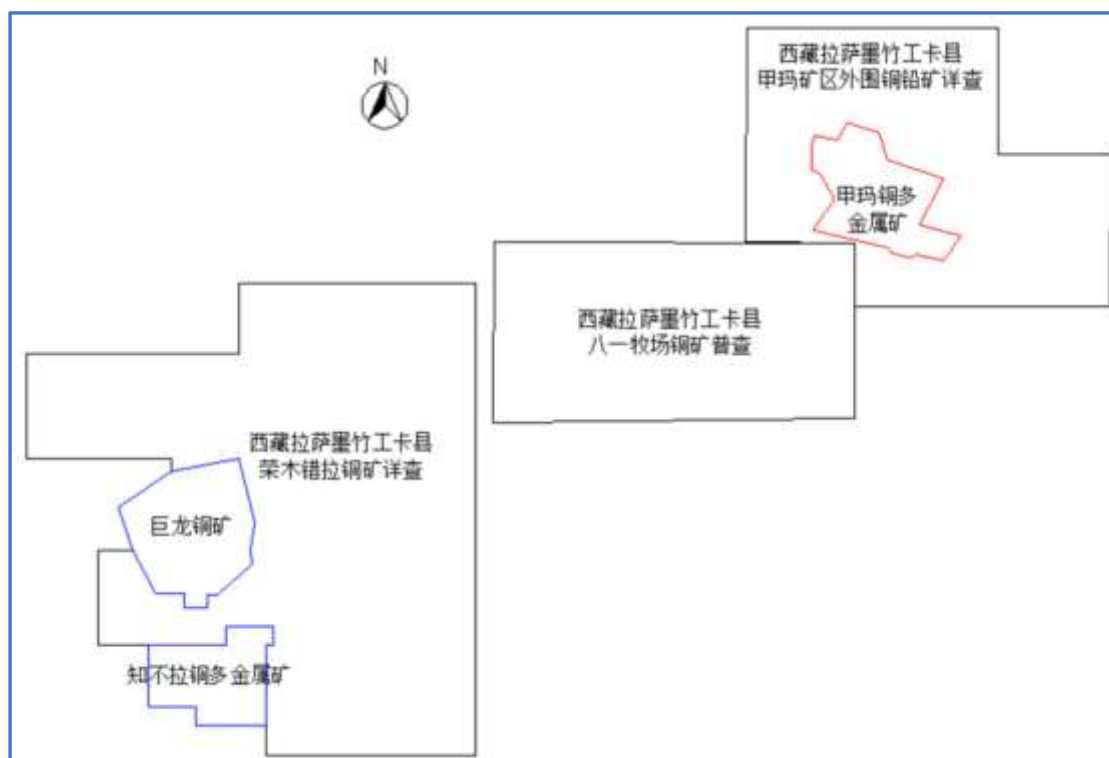


图 20.1 甲玛矿区和巨龙矿区位置示意图

巨龙铜矿是位于西藏的超大型斑岩型铜矿，属于青藏高原铜矿集群的重要组成部分。截至 2024 年，矿区累计查明铜金属资源量达 2,588 万吨，平均品位 0.32%，伴生钼金属量 167.2 万吨、银金属量 15,145 吨，是中国目前备案资源量最多的铜矿山。矿体平面呈近圆形，空间为厚大柱状体

该矿一期工程于 2021 年 12 月投产，日采选规模 15 万吨，2023 年产铜 15.44 万吨。二期改扩建工程于 2025 年 12 月 29 日完成主体工程建设与核心设备安装并成功联动试车，于 2026 年 1 月 23 日正式建成投产。二期全面达产后将新增日处理 20 万吨矿石的产能，届时一、二期合计日处理能力将达 35 万吨。三期工程规划采选规模约 60 万吨/年，获批后将成为全球采选规模最大的铜矿山。紫金矿业通过并购持有其约 57% 权益，实现绝对控股。

21 解读与结论

通过对西藏华泰龙公司甲玛项目矿业探矿权，勘探权资产和甲玛项目勘探开发资料信息的全面审查和评估，认为甲玛项目资料可信，勘探生产运行合规，地质资料产生，准备，精准度符合加拿大 NI43-101 标准和 CIM 标准。

根据甲玛项目资料和信息准备的甲玛矿区矿产资源和储量估算技术和结果可信，以 0.3% 铜为边界品位，以三维矿业软件 Leapfrog 为平台，以甲玛地质采矿资料建立的三维地质模型为基础估算的甲玛项目资源储量如下表 21.1 和 21.2：

表 21.1 2026 年 6 月 30 日甲玛矿区资源估算结果

	类别	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	Pb	Zn	Cu	Mo	Ag	Au	Pb	Zn
		百万吨	%	%	g/t	g/t	%	%	kt	kt	Moz	Moz	kt	kt
采 矿 证	探明的	565.9	0.73	0.04	13.93	0.30	0.08	0.05	4,141.23	198.4	253.46	5.52	474.28	263.81
	控制的	598.3	0.71	0.03	13.37	0.32	0.07	0.04	4,267.40	204.4	257.28	6.19	420.37	221.95
	探明的 & 控制的	1,164.2	0.72	0.03	13.65	0.31	0.08	0.04	8,408.63	402.8	510.74	11.71	894.65	485.76
	推断的	357.5	0.69	0.03	14.37	0.32	0.15	0.05	2,467.38	108.4	165.13	3.65	520.21	194.09
											0.00	0.00		
勘 探 证	探明的	57.2	0.50	0.02	5.51	0.14	0.01	0.01	286.37	11.3	10.13	0.26	4.52	4.58
	控制的	113.6	0.48	0.02	5.41	0.13	0.01	0.01	546.17	22.5	19.75	0.48	6.08	8.22
	探明的& 控制的	170.8	0.49	0.02	5.44	0.13	0.01	0.01	832.55	33.8	29.88	0.74	10.60	12.80
	推断的	97.2	0.48	0.02	5.79	0.13	0.01	0.01	470.28	17.5	18.10	0.39	5.57	11.58
											0.00	0.00		
合 计	探明的	623.1	0.71	0.03	13.16	0.29	0.08	0.04	4,427.60	209.7	263.59	5.77	478.80	268.39
	控制的	711.9	0.68	0.03	12.10	0.29	0.06	0.03	4,813.58	226.9	277.03	6.67	426.45	230.17
	探明 & 控制	1,335.0	0.69	0.03	12.60	0.29	0.07	0.04	9,241.18	436.6	540.62	12.45	905.25	498.55
	推断的	454.7	0.65	0.03	12.53	0.28	0.12	0.05	2,937.66	125.9	183.22	4.04	525.79	205.66

*: 1. 数据截至 2025年12月31日，矿产资源估算是根据加拿大证券监管机构要求，依据《矿产项目披露标准》NI 43- 101（2012）和CIM（2019） 标准进行估算。

2. 在此次矿产资源评估报告中，所采用的铜边界品位为 0.3%。

3. 报告中的矿产资源未考虑上盘或下盘接触边界损失及稀释因素。也未进行采矿回收率计算。

4. 消耗资源量指地下坑采和地表露采部分，被排除在资源估算估算之外，截止到2025年12月31日。

5. 资源量包括储量在内。

6. 所有矿产资源的估算数据（包括矿石吨数、铜、钼、金、银、铅和锌品位以及铜等金属吨数）均已进行四舍五入处理，以反映每个分类类别估算数据的不精确性。因此，由于四舍五入的原因，总和可能看起来并不完全准确。

7. 郭英廷博士，加拿大注册地质师（P. Geo），和周朝宪硕士对矿产资源进行了估算。此次矿产资源评估的有效日期定为 2026 年 6 月 30 日，并考虑到截至 2025 年 12 月 31 日的年度产量进行了损耗计算。

8. 矿产资源不是矿产储量，并不具备可证明的经济可行性。

2026年6月30日，甲玛矿区采矿权内探明资源量铜金属量4.09百万吨，品位0.73%；钼金属量0.20百万吨，品位0.04%；铅金属量0.47百万吨，品位0.08%；锌金属量0.26百万吨，品位0.05%；伴生金金属量5.52百万盎司，品位0.30g/t；伴生银金属量253.46百万盎司，品位13.93g/t。甲玛矿区采矿权内控制资源量铜金属量4.23百万吨，品位0.71%；钼金属量0.20百万吨，品位0.03%；铅金属量0.42百万吨，品位0.07%；锌金属量0.22百万吨，品位0.05%；伴生金金属量6.19百万盎司，品位0.32g/t；伴生银金属量257.28百万盎司，品位13.37g/t。推断资源量甲玛矿区采矿权内控制资源量铜金属量2.46百万吨，品位0.69%；钼金属量0.11百万吨，品位0.03%；铅金属量0.52百万吨，品位0.15%；锌金属量0.19百万吨，品位0.05%；伴生金金属量3.65百万盎司，品位0.32g/t；伴生银金属量165.13百万盎司，品位14.37g/t。

甲玛矿区外围探矿权内探明资源量铜金属量0.28百万吨，品位0.50%；钼金属量0.01百万吨，品位0.02%；铅金属量0.045百万吨，品位0.01%；锌金属量0.046百万吨，品位0.01%；伴生金金属量0.26百万盎司，品位0.14g/t；伴生银金属量10.13百万盎司，品位5.51g/t。控制资源量铜金属量0.54百万吨，品位0.48%；钼金属量0.02百万吨，品位0.02%；铅金属量0.061百万吨，品位0.01%；锌金属量0.082百万吨，品位0.01%；伴生金金属量0.48百万盎司，品位0.13g/t；伴生银金属量19.75百万盎司，品位5.41g/t。推断资源量铜金属量0.53百万吨，品位0.48%；钼金属量0.02百万吨，品位0.02%；铅金属量0.056百万吨，品位0.01%；锌金属量0.012百万吨，品位0.01%；伴生金金属量0.39百万盎司，品位0.13g/t；伴生银金属量18.1百万盎司，品位5.79g/t。

甲玛矿区内总的探明资源量铜金属量4.38百万吨，品位0.71%；钼金属量0.21百万吨，品位0.03%；铅金属量0.48百万吨，品位0.08%；锌金属量0.27百万吨，品位0.04%；伴生金金属量5.77百万盎司，品位0.29g/t；伴生银金属量263.59百万盎司，品位13.16g/t。控制资源量铜金属量4.77百万吨，品位0.68%；钼金属量0.23百万吨，品位0.03%；铅金属量0.43百万吨，品位0.06%；锌金属量0.23百万吨，品位0.03%；伴生金金属量6.67百万盎司，品位0.29g/t；伴生银金属量277.03百万盎司，品位12.10g/t。推断资源量铜金属量2.99百万吨，品位0.69%；钼金属量0.13百万吨，品位0.03%；铅金属量0.53百万吨，品位0.12%；锌金属量0.21百万吨，品位0.05%；伴生金金属量4.04百万

盎司，品位0.28g/t；伴生银金属量183.22百万盎司，品位12.56g/t。

2012年12月，澳洲矿业咨询公司 MINING ONE 以 0.3% 铜当量为边界品位，估算了甲玛矿区的资源量（表 1.1）。

尽管甲玛矿区经过近 16 年的矿山开采，累积已经开采铜矿石量 8015 万吨吨，含铜金属量 57.9413 万吨吨，钼矿石量 6317 万吨吨 含钼金属 19130 吨，铅矿石量 2108 万吨，含铅金属 352008 吨，锌矿石 1927 万吨，含锌金属 183005 吨，金矿石量 5729 万吨，金 596814 盎司盎司，银矿石量 7679000 吨，含银 34115222 盎司。在华泰龙持续加大勘探努力下，甲玛矿区的铜金银等矿产资源量大幅增加，以 0.3%铜为边界品位，2026 年 6 月 30 甲玛矿区保有探明资源和控制资源量为铜金属量 9.15 百万吨，钼 12.45 万吨，铅 90.5 万吨，锌 49.8 万吨，金 12.45 百万盎司，银 540.62 百万盎司。2026 年 5 月与 2012 年 12 月资源量比较，保有探明和控制资源量中铜金属量增加 3 百万吨，金增加 7.12 百万盎司，银增加 247.23 盎司。其他钼铅锌变化较小，忽略不计。目前保有推断资源量中铜金属量亦增加 1.74 百万吨，金增加 2.72 百万盎司，银增加 116.3 百万盎司，钼铅锌变化不大，忽略不计。

矿产储量估算参考了 2019 加拿大矿业、冶金与石油学会（CIM）定义标准。目前露天采矿和地下采矿分别采用了 0.39% 和 0.69%的盈亏平衡点。甲玛项目矿产储量由加拿大注册采矿工程师何思维博士，符合加拿大 43-101 资质要求的合资格人完成，合资格人其对项目数据和估算进行了验证和完善。储量估算基于截至 2025 年 12 月 31 日的数据和信息。矿产储量的估算依据 NI43-101《矿产项目标准与披露》和 CIM 资源储量估算最佳指南（2019 年）进行。作者认为储量估算适合报告，并符合港交所上市规则第 18 章的报告标准。储量估算利用边界品位为 0.3%铜。储量估算结果汇总于表 24.2。

2025 年 6 月 30 日，甲玛矿区采矿权内南北两个小露天采矿坑内露天开采储量为矿石量 1.13 亿吨，含铜 55 万吨，品位 0.49%，含钼 2.17 万吨，品位 0.02%，含银 16.09 百万盎司，品位 4.44 g/t，含金 0.18 百万盎司，品位 0.05 g/t。

2026 年 6 月 30 日，甲玛矿区采矿权地下开采储量为矿石量 5.53 亿吨，含铜 5.2 百万吨，品位 0.94%，含钼 22 万吨，品位 0.04%，含银 353.79 百万盎司，品位 19.9 g/t，含金 8.18 百万盎司，品位 0.46 g/t。

储量估算结果生效日期：2026 年 6 月 30 日。甲玛矿区储量估算结果见表 21.2

表 21.2 甲玛矿区露天和地下开采储量（2026 年 6 月 30 日）*

		平 均 品 位					金属量				
地下开采储量											
分类	矿石量	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq	Cu	Mo	Ag	Au	CuEq
	Mt	%	%	g/t	g/t	%	Mt	Mt	Moz	Moz	Mt
证实的	239.44	1.00	0.04	22.11	0.50	1.68	2.39	0.10	170.21	3.85	4.02
可能的	313.52	0.89	0.04	18.21	0.44	1.47	2.79	0.13	183.55	4.44	4.61
合计	552.97	0.94	0.04	19.90	0.46	1.56	5.20	0.22	353.79	8.18	8.63
露天开采储量											
证实的	77.7	0.51	0.02	5.41	0.06	0.65	0.40	15.07	13.51	0.15	0.51
可能的	35	0.44	0.02	2.29	0.04	0.53	0.15	6.63	2.58	0.05	0.19
合计	112.7	0.49	0.02	4.44	0.05	0.61	0.55	21.7	16.09	0.18	0.69

*: 1, 矿产储量报告日期为2026年6月30日;

2, 所有矿产储量均根据加拿大国家标准43-101规定的CIM标准进行

3, 矿产储量是根据以下采矿和经济因素进行估算的: 露天开采: a) 采矿方法采用了5%贫化因子和95%采矿回收率; b) 露天整体坡度为43度; c) 铜价为每磅4.66美元;

d) 铜的整体加工回收率为85% 地下开采: a) 采矿贫化12%; b) 采矿损失 15% c) 选矿收率为85%

4. 矿产储量露天开采铜当量品位0.61%Cu (CuEq), 地下1.56 %CuEq; CuEq =
Cu+0.01*Ag+1.69*Mo+0.79*Au; Cu, 4.66 USD/bl, Mo, 20 USD/Bl, Ag,40USD/Oz Au, 2890 USD/Oz

5. 矿产储量估算由长春院外聘顾问 Dr. Siwei He 编制。他是加拿大 NI43-101 标准的合格人 QP, 拥有超过 36 年的相关工程经验, 并且是矿产储量的合格人员。

澳洲矿业咨询公司 MINING ONE 于 2013 年进行了甲玛项目的储量估算。2013 年, 甲玛矿区采矿权内两个露天采矿坑内露天开采储量为矿石量 2.4 亿吨, 含铜 1.24 百万吨, 品位 0.51%, 含钼 4.2 万吨, 品位 0.02%, 含银 74.68 百万盎司, 品位 9.65 g/t, 含金 0.69 百万盎司, 品位 0.09 g/t. 2013 年甲玛矿区采矿权地下开采储量为矿石量 2 亿吨, 含铜 1.47 百万吨, 品位 0.74%, 含钼 10 万吨, 品位 0.05%, 含银 88.49 百万盎司, 品位 13.75g/t, 含金 2 百万盎司, 品位 0.31g/t.

MINING ONE 2013 年的甲玛储量估算结果于 2026 本报告中的储量估算结果对比可以看出, 甲玛矿区经过近 16 年的矿山开采, 目前露天开采的矿石储量也从 2.4 亿吨, 降至 1.1 亿吨。但地下开采的矿石储量从 2013 年的 2 亿吨, 增加 150%倍到 2026 年的 5.5 亿吨, 铜金属量从 1.47 百万吨增加 250%倍到 5.2 百万吨, 钼从 10 万吨增加 120%倍到 22 万吨, 金从 2 百万盎司增加 300%倍到达 8 百万盎司, 银从 88 百万盎司 增加 300%倍达 354 百万盎司。

22 建议

对甲玛矿床的审查，认为现有露天矿作业规模有机会扩大，甲玛矿区角闪岩、矽卡岩和斑岩实际上是一个相互连接的单一巨大矿体，整个矿区的大露天开采是可行的，建议华泰龙尽早开展大露天开采的可能性研究。

大露天可行性研究应充分论证资源利用范围、资源利用率及资源工业指标等基础数据的选取方案，形成项目整体开发思路，明确基建期生产衔接方案，充分考虑企业生产平稳过渡问题。

八一牧场发现的金钼矿化线索，有必要继续钻探。

甲玛矿区内，北部和西部的矿化体 1_1 和 3_1 有进一步勘探增储的潜力。矿体南端尚未被钻孔封闭，因此南侧仍有潜力。建议进一步钻探以了解该资源的真实范围。

勘探样品质量控制有待加强，应该严格按照 CIM 和 NI43-101 规定的质量控制标准进行样品的采集，化验和质量控制。尤其是加强标准样，空白样质量监控和管理

岩芯，尤其是勘探岩芯编录要规范化，建议增加矿化特征，氧化特征，磁性特征观察何描述。

23 参考文献

1. Beher Dolbear - Resource update Report on the Jiama Copper-Polymetallic Project in Metrorkongak Country, Tibet Autonomous Region, Peoples Republic of China' , dated March 2012.

2. 北京矿冶科技集团有限公司编制； 2018 年 9 月,《甲玛矿复杂厚大矿体安全高效开采技术研究》

3. 北京矿冶研究总院编制；2017 年 4 月,《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛矿区破碎软弱岩体井巷支护优化研究》;

4. 北京矿冶研究总院编制； 2014 年 4 月,《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜矿岩石力学研究报告》;

5. 北京矿冶科技集团有限公司编制；2025 年 12 月,《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜多金属矿总体开采关键安全风险论证》;

6. 中国黄金集团地质勘探公司-西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属矿资源储量核实报告, 2022 年 10 月。

7. 中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司编制； 2025 年 12 月,中《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜多金属矿井下支护技术研究(岩石力学与岩体质量分级阶段报告)》;

8. 长沙矿山研究院有限责任公司编制； 2025 年 7 月,《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜多金属矿破碎氧化带矿体采矿方法研究现场工业试验报告》;

9. 长沙矿山研究院有限责任公司编制；(5) 2021 年 5 月，《西藏华泰龙矿业开发有限公司甲玛铜多金属矿破碎氧化带区域岩体工程地质调查及岩石力学试验研究报告》；

10. Changchun Gold Design Institute - Jiama Phase 2 Preliminary Design Capital Cost Report (November 2013).

11. Changsha Institute of Mining Research limited liability company of Tibet, Huatai Dragon mining limited February 2013 “Methyl - Ma Cu - polymetallic deposit in Tibet South Pit, Open Pit Slope Stability Studies” .

12. Minarco MineConsult - Jiama Copper-Polymetallic Project - Pre-Feasibility Study Technical Report (12th November 2012) - “the MMC Report (2012)” .

13. Minarco MineConsult, NI 43-101 Technical Report - JIAMA PHASE 2 EXPANSION PROJECT MINERAL RESOURCES AND RESERVES “the MMC Report (2014)” .

14. MMC20130510_ADV-HK-03709 China Gold Tibet Jiama Gold NI 43-101_PFS.

15. Changchun Gold Design Institute - Feasibility Study for the Phase II Expansion Project (2011) - “the CGDI Report (2011).

16. Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy and Huatailong Mining Development Co. Ltd.

17. Burchfiel, B.C., and Zhiliang, C., 2012. Tectonics of the Southeastern Tibetan Plateau and Its Adjacent Foreland.

18. Mining One, 18th June 2013, "Geotechnical Review of the Jiama Polymetallic Deposit, Tibet - Southern Pit Slope Stability Studies".

19. Changchun Gold Design, February 2013, "Tibet, Jiama polymetallic Phase I and II infrastructure engineering; Open Pit Slope Stability Study".

20. Changsha Institute of Mining Research Co. Ltd, Feb 2013, "Methyl-Ma CU-polymetallic deposit in Tibet nankeng open-pit slope stability studies", Tibet huatai Dragon mining limited. SOUTH PIT.

21. Changsha Institute of Mining Research Co. Ltd, Feb 2013, "Methyl-Ma CU-polymetallic deposit in Tibet nankeng open-pit slope stability studies", Tibet huatai Dragon mining limited. JIAOYAN PIT.

22. Changsha Institute of Mining Research Co. Ltd, March 2013, "Jiama copper polymetallic ore two construction projects, Underground mining rock mechanics research report", Huatailong Mining Development Co. Ltd. UNDERGROUND MINE.

23. Changsha Institute of Mining Research Co. Ltd, 19 Aug 2013, "Jiama Post Incident Report".

24. Changchun Design Institute, Oct 2013, "Jiaoyan Open Pit Safety Specifications".

25. Changchun Design Institute, Oct 2013, "Jiama Phase II Underground Project Safety Specifications".

26. Changsha Nonferrous Metallurgy Design and Research Institute Co., Ltd. 2012 June.

27. Guolanggou Tailing Dam Feasibility Report.

28. Metal and nonmetal mines safety regulations" (GB16423-2006).

29. Rossi, M. E. and Deutsch, C. V., 2014, *Mineral Resource Estimation*, DOI 10.1007/978-1-4020-5717-5. Springer Science, 332pp.

30. 西藏华泰龙矿业开发有限公司编制； 2025 年 7 月，《西藏自治区墨竹工卡县甲玛矿区铜多金属矿资源储量核实报告》；

24 日期和签字

张广篇

1. Zhang Guangpian, mining engineer, I am currently an independent technical consultant, residing at No. 1801, Building 22, Golden World Bay Community, Nanguan District, Changchun City, Jilin Province, China. Email: zgpcgdi@qq.com, Phone: +8613756123131.

2. I graduated from Northeast Institute of Technology in 1988 with a bachelor's degree in mining engineering and have been engaged in mining technology consulting and design for over 37 years.

3. I am a Fellow of the Australasian Mining and Metallurgy Association (AusImm), ID number 318443.

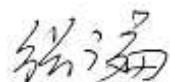
4. I meet the requirements of an "independent qualified person" as defined in "National Document 43-101."

5. I visited and inspected the Jiama project from April 24 to April 27, 2026, and had conducted multiple visiting and inspections prior to this t.

6. I am responsible for chapters 4-6, 13, and 16-19 of this report.

7. I have no connection with China Gold International Resources Co., Ltd. or Huatailong Mining Development Co., Ltd.

Date of signing: June 30, 2026



Zhang Guang Pian

郭英廷

This Technical Report was prepared to NI 43-101 standards by the following Qualified Persons. The effective date of this report is June 30 2026.

Yingting (Tony) Guo, P.Geo., MMSA

I, Yingting (Tony) Guo, P.Geo. do hereby certify that:

1. I am an independent consulting geologist and Canadian citizen residing in the Province of British Columbia, Canada. Mailing address: 2707 164A Street, Surrey, B.C., Canada V3Z 0P3.

2. I hold a B.A.Sc. in Geology Science conferred by the Nanjing University from Nanjing, China in 1982 and a Ph.D. in Geology and Exploration conferred by the China University of Mining and Technology from Beijing, China in 1988.

3. I am a member (License # 31257), in good standing, of the Association of Professional Engineers and Geoscientists of the Province of British Columbia, Canada and a Qualified Professional (QP) member (# 01472QP) of the Mining and Metallurgical Society of America with the special expertise in geology and ore reserve.

4. I have been practicing my profession related to mining and mineral exploration for over 30 years in a wide variety of locations in North, South America, Africa and China. Specific to the content of this report are two trip to Jiama , Tibet, China involving technical reports in 2024 and

2026.

5. I fulfill the requirements to be an “independent qualified person” as defined under “National Instrument 43-101”.

6. I visited the Jiama project during November 9 -19 of 2024 and April 22-24 of 2026. I am responsible for all the chapters except Chapters 5-9,13,15, 16-19in the report.

7. To the best of knowledge, information and belief, the technical report contains all scientific and technical information that is required to be disclosed to make the report not misleading.

8. I am independent of China Gold International Resources and Huatailong Mining Development Limited .

Dated this 30th , June 2026



Signature of Qualified Person

Yingting (Tony) Guo, P.Geo.

June 30, 2026

何思维

Dr. Siwei He, P.Eng

I, Siwei He. P.Eng (APECBC, , License # 35251), do hereby certify that:

1. I am currently an Independent Consultant residing at:

1460 Columbia Ave

Port Coquitlam, B.C.

V3C 1C3

Telephone: 604-248-6456

Email: swjhe118@gmail.com

2. This certificate applies to the technical report entitled
“UPDATED MINERAL RESOURCE AND RESERVE ESTIMATE,
NI43-101 TECHNICAL REPORT ON JIAMA COPPER
POLYMETALLIC MINE, TIBET, CHINA, JUNE 30th, 2026.

3. I graduated with a Bachelor’s degree in Geological Engineering (BSc) from Guizhou Engineering University and with Ph.D in Exploration Engineering from China University of Geosciences, 1992.

4. I am a member of the APECBC (#35251)

5. I have over 20 years of experience as a mining engineer in mine operation, six years in mine research and consultant with different companies.

6. I have read the definition of “qualified person” set out in National Instrument 43-101 (“NI 43-101”) and certify that by reason of my education, affiliation with a professional association (as defined in NI 43-101) and past relevant work experience, I fulfill the requirements to be a “qualified person” for the purposes of NI 43-101.

7. I am responsible for chapter 15 of this report

8. I am independent of VGMPLC.

Signed this 30th , June2026.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Siwei He', written on a light blue background.

Siwei He P.Eng

Consulting Engineer

June 30, 2026