

西藏自治区科学技术奖推荐书

(2025 年度)

一、项目基本情况

专业评审委员会：

序号：

推荐单位(盖章) 或推荐专家		西藏自然资源行业联合会
项目名称		西藏高原甲玛富铜矿找矿勘查理论技术创新与重大突破
主要完成人		唐菊兴、林彬、唐攀、傅渊慧、杨征坤、张焕彬、郭娜、张忠坤、钟康惠、张娣、郭文铂、王维、周敖日格勒、侯金彪、李发桥、顾枫华、唐晓倩、冷秋锋、肖晓、王艺云、曹俊、冉凤琴、杨欢欢、祁婧、焦海军、王梦蝶、赫健、王志超、邹兵、段吉琳
主要完成单位		中国地质科学院矿产资源研究所、西藏华泰龙矿业开发有限公司、成都理工大学、西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队、西藏自治区地质矿产勘查开发局、西藏大学、西南科技大学、中国地质调查局成都地质调查中心（西南地质科技创新中心）、东华理工大学
学科分类 名称	1	勘查地质学
	2	矿床学与矿相学
	3	构造地质学
所属科学技术领域或 国民经济行业、重点 发展领域		科学研究、专业技术服务和地质勘查业
任务来源		国家科技部、中国地质调查局、国家自然科学基金委、企业委托
具体计划、基金的名称和编号： 1、国家重点研发计划：甲玛-驱龙铜多金属资源基地深部勘查与增储示范(2018YFC0604101)（附件 8.2） 2、国家青藏专项：西藏冈底斯东段中新生代斑岩成矿系统与找矿预测（1212011085529）（附件 8.2）； 3、国家行业专项：西藏甲玛斑岩铜多金属矿科学基地建设研究（200911007-02）（附件 8.2）； 4、国家 973 课题：青藏高原南部增生造山成矿系统发育机制（2011CB403103）（附件 8.2）； 5、国家自然科学基金项目：西藏甲玛斑岩铜多金属矿床铜钼分离机制研究（41302060）（附件 8.2）； 6、企业委托项目：西藏华泰龙矿业开发有限公司委托的甲玛矿区及外围的矿产勘查、评价项目（附件 8.2）。		
已呈交的科技报告编号：		

授权发明专利（项）	1	授权的其他知识产权（项）	3 项
项目起止时间	起始： 2006 年 4 月 1 日	完成： 2023 年 12 月 31 日	

西藏自治区科学技术奖励委员会办公室制

三、项目简介

铜是我国最紧缺的大宗矿产资源，威胁着国家资源安全。全球大型铜矿主要形成于洋-陆俯冲带，如何在碰撞造山带寻找大而富铜矿是一个极具挑战的科学问题，对于改变西藏地区“输血型”经济发展模式，具有重大的实际意义。

为实现国家资源增储目标，项目以青藏专项、国家重点研发计划项目为主要依托，选择位于海拔 4800 米以上的西藏甲玛矿床作为找矿重点突破区，围绕大而富铜矿形成机制、控矿因素和探测技术的三大难题，产学研用深度融合，组织上千名勘探和研究队伍，历时十余年，开展高精度的地、物、化、遥等调查工作，施工钻孔 477 个、总进尺 24 万米，投入资金 5.5 亿元，取得主要创新成果如下：

1、创立了斑岩-矽卡岩-角岩铜矿-脉状金矿“四位一体”矿床模型，发现甲玛具备超大型富铜矿的形成条件。甲玛矿床类型争议大，找矿方向不明。研究发现该矿床是以岩浆热液为核心的斑岩-矽卡岩-角岩铜矿和脉状金矿复杂成矿系统，发现多期岩浆热液-流体出溶是形成富铜矿流体的重要机制，在硅钙界面形成超大型富铜矿体。这为在西藏高原发现首例超大型富铜矿奠定了理论基础。

2、提出了“推-滑覆构造控矿”和“多中心复合成矿”的创新认识，成功实施了 3000m 科学深钻，连续发现并探获厚大富铜矿体。甲玛厚大富铜矿体空间变化性大，控矿机理不清。研究发现甲玛矿区存在三种控矿构造，即斑岩-矽卡岩型接触带、层间构造带和推滑覆构造带，解决了碰撞造山带矿床就位空间变化复杂的关键难题，促使持续发现厚大富铜矿体。建立了碰撞造山带斑岩成矿系统多中心复合成矿作用模型，拓展了传统的单一成矿中心斑岩成矿系统勘查模型，发现了外围则古朗北第二个成矿中心，进一步为碰撞造山带富铜矿床提供了新的勘查评价方向。成功实施了 3000m 科学深钻，揭示了成矿系统深部地质结构，探获高品位厚大铜金矿体。

3、构建了构造复杂区多尺度找矿勘查技术体系，实现了找矿重大突破。研发出“低检出限高精度地球化学、多维度短波红外光谱、多尺度地球物理、勘查指针矿物”四种勘查技术方法体系，开展立体填图，定位成矿中心，新探明金属量：铜 520 万吨，金 98.76 吨，银 6245.5 吨，钼 46.31 万吨，铅锌 102.3 万吨。相当于新增 10 个大型铜矿、5 个大型金矿、6 个大型银矿、4 个大型钼矿和 2 个大型铅锌矿，潜在经济价值 4556 亿元。

自 2010 年 7 月，累计上交税金 43.83 亿元，近三年销售 106.16 亿元，利润 11.68 亿元；累计解决就业 3500 人，矿区每户百姓年增收万元以上。项目累计发表学术论文 157 篇，其中 SCI 收录 22 篇，获软件著作权 3 项、发明专利 1 项。1 人获李四光奖科研奖，1 人当选十九大代表，1 人当选中国工程院院士，获首批“全国创新争先奖状”。

该成果创新碰撞造山带富铜矿找矿勘查理论和技术，探获世界级铜多金属矿床，保障了国家“找矿突破战略行动”铜资源中期找矿目标（1500 万吨）超额完成。甲玛矿山已成为西藏规模最大、利税显著的矿业央企，在促进西藏政治稳定、经济增长、民族团结和社会发展具有重大的效益。

四、重要科学发现、主要技术发明和主要科技创新

（一）重要科学发现、主要技术发明和主要科技创新

面对日益严峻的资源形势，我国后工业时代的社会经济发展对铜资源需求长期保持对外依存度 70%以上的高位，严重威胁着国家资源能源安全。世界范围内大型铜矿主要形成于洋-陆俯冲带，如秘鲁 Antamina 式的矽卡岩型大铜矿，如何在西藏碰撞造山带寻找超大型铜矿是一个富有挑战性的科学问题（图 1）。同时，由于青藏高原生态环境脆弱，低品位铜矿床的开发受到极大制约，在西藏地区必须寻找到大而富的铜矿才能进行大规模的绿色开发。为此，该项目针对西藏碰撞造山带寻找大而富铜矿难题，以西藏甲玛作为找矿重点突破地区，通过解决铜矿形成机制、控矿因素和探测技术三大难题，实现了大而富铜矿找矿重大突破，取得以下主要创新成果：

1. 创立了斑岩-矽卡岩-角岩铜矿-脉状金矿“四位一体”矿床模型，揭示了富铜矿的形成机制，发现甲玛具备超大型富铜矿的形成条件。[本创新点属地质、矿产调查与评价学科。佐证材料见附件 5-1 中的论文【1-16】；5-2、5-3]

长期以来甲玛矿床类型存在“海底喷流沉积型”和“单一矽卡岩型”等不同成因认识，导致找矿方向不明，一直未取得重大突破。针对碰撞带是否具备超大型富铜矿的形成条件，首先要查明成矿机制和成矿元素空间分布规律等科学问题。为此，创新性地开展了岩浆混合、岩浆-热液过渡、地质年代学、成矿背景等关乎勘查方向的重大基础研究，为在青藏高原发现首例超大型富铜矿奠定了理论基础。

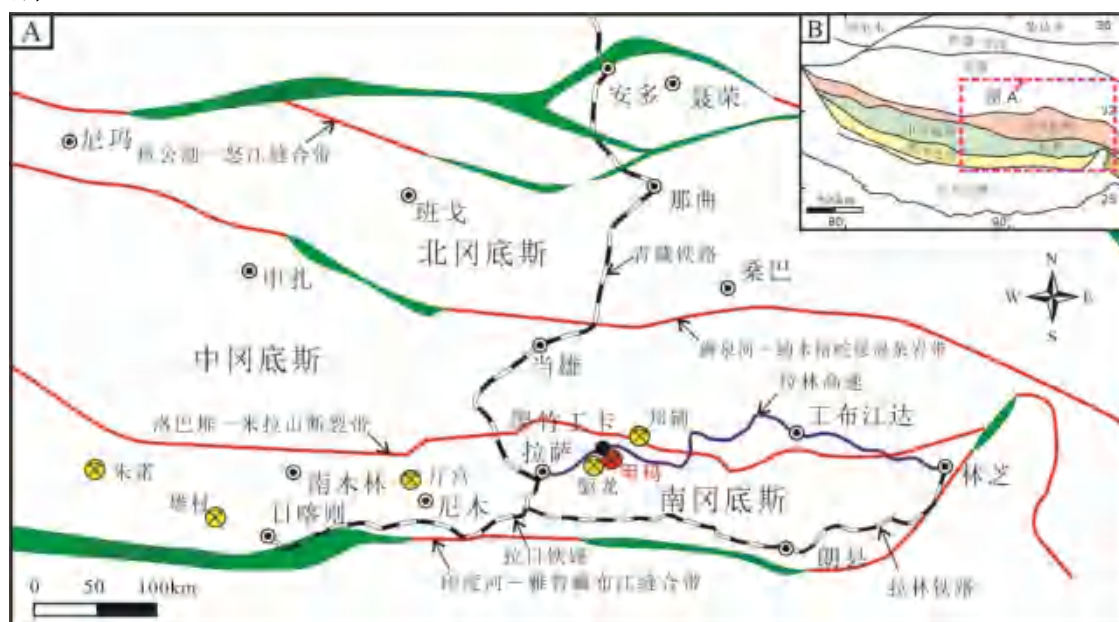


图 1 甲玛铜矿大地构造位置及冈底斯主要斑岩-矽卡岩矿床分布图

1.1 建立以岩浆为核心的斑岩-矽卡岩-角岩铜矿和脉状金矿“四位一体”的复杂成矿系统，发现具备形成大而富的铜矿成矿背景。甲玛铜多金属矿位于大陆碰

碰撞带，成矿流体和成矿元素的巨量富集和堆积是形成超大型铜多金属矿的关键。该项目通过开展成矿岩体岩石地球化学、年代学研究（附件 5-3），研究岩浆活动及其成矿响应的地质背景，认为多期次岩浆侵位于牛马塘背斜，岩浆演化带来了大量的流体交代岩浆岩接触带或其它构造的硅钙面的灰岩，形成巨厚矽卡岩和富铜矿体。揭示成矿与岩浆热液有关，从而确立“四位一体”矿床类型，矿床为形成于（16.1-14.5）Ma 侵位的斑岩成矿系统的产物，而非“海底喷流沉积”成因，改变了后期工作的勘查思路（附件 5-8 中的【7-8、18-19】）。

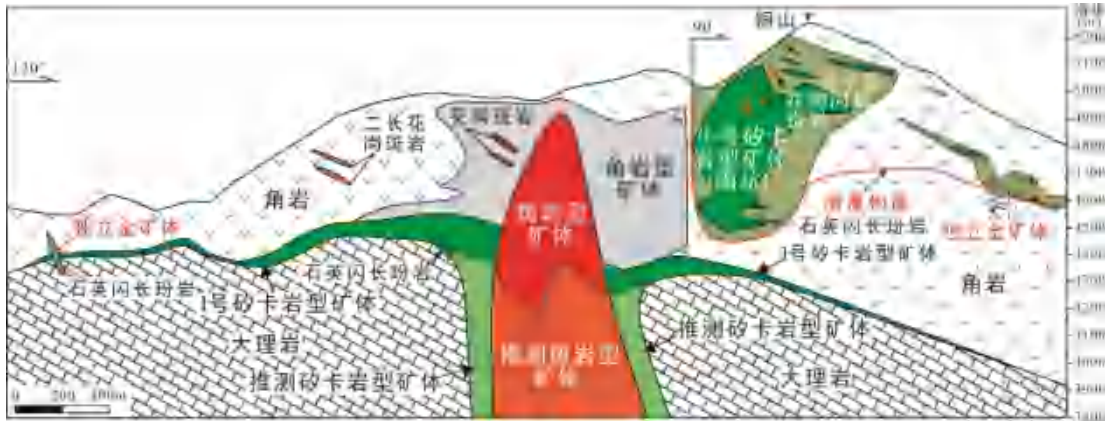


图 2 甲玛铜矿斑岩-矽卡岩-角闪岩型矿体、独立金矿体“四位一体”矿床模型

1.2 查明多期岩浆热液过渡-流体出溶是形成富铜矿流体的重要机制，发现存在形成超大型富铜矿的成矿条件。该项目通过研究影响世界级富铜矿形成的关键问题，揭示了成矿元素“上铜下钼，早铜晚钼”的时空分布规律（附件 5-8 中的【3~6、13】）；发现石英斑晶的溶蚀、不平衡结构，钾长石生长环带和大量岩石暗色包体等反映大规模岩浆混合和岩浆-热液过渡存在的证据，具备有利于富铜矿形成条件（附件 5-8 中的【14~17】），提出大规模、多期次的岩浆混合，持续的岩浆热液过渡-流体出溶是形成富铜矿体的重要机制，从理论上认识到该矿床具备形成超大型富铜矿的基本条件。

2. 提出了“推-滑覆构造控矿”和“多中心复合成矿”的创新认识，解决了碰撞造山带矿床就位空间变化复杂的关键难题，连续发现并探获厚大富铜矿体。[本创新点属地质、矿产调查与评价学科。佐证材料见附件 5-1 中论文【20-21】；5-4]

甲玛地区位于印度-欧亚板块碰撞主碰撞带前锋地区，发生过多次强烈的构造作用，使矿区产生强烈的变形，赋矿空间变化复杂，矿体空间定位难度大。通过解析控岩控矿构造样式，解决了矿体就位空间定位，为发现厚大富铜矿体指明了方向。勘查和研究发现，传统的陆缘弧或岛弧背景的单中心成矿作用模型不严格适用于碰撞造山背景下斑岩成矿系统的勘查实践。通过精细矿化-蚀变结构解剖和精确年代学分析，建立了碰撞造山带斑岩成矿系统多中心复合成矿作用模型，发现了外围则古朗北第二个成矿中心，也为碰撞造山带富铜矿床提供了新的勘查评价方向。

2.1 提出推-滑覆构造控岩控矿创新认识，解决了矿床就位空间变化复杂的关键难题。印度-欧亚板块碰撞事件强大的推挤作用，形成甲玛-卡军果推滑覆构造体系

(图 3; 附件 5-4), 推覆构造系的牛马塘背斜核部为斑岩侵位和成矿流体集聚提供了有利空间 (附件 5-4、5-8 中的【20~22】), 多期次侵位的斑岩体提供了成矿所需的物质和能量, 热液侧向运移形成了东西走向近 3500 米, 北东倾向延伸大于 4100 米的超大规模矽卡岩型矿体 (I 号矿体, 图 2、图 3); 热液垂向运移形成长轴 1000 米, 短轴 1000 米的近直立筒状角岩-斑岩型矿体 (图 2、图 3); 持续不断的流体带来巨量物质, 堆积在铜山滑覆体前端形成矽卡岩型厚大富铜矿体 (II 号矿体) (图 2、图 3; 附件 5-4)。除了集聚在斑岩体的内外接触带富铜矿体外, 甲玛矿区还发现了国际上也罕见的赋存于层间构造 (分布面积超过 10 平方千米)、成矿岩体远端的推-滑覆构造中的富铜矿体 (图 2)。

2.2 查明了富铜矿体与层间构造、推-滑覆控矿构造的耦合机制, 连续发现厚大富铜矿体。通过系统的构造地质填图、三维立体填图及二十余万米岩矿心的地质编录, 确定推-滑覆构造、层间构造带 (硅钙面) 及斑岩体接触带是控制矽卡岩型厚大富铜矿体的就位空间, 在推-滑覆构造结构面上识别出一系列北西-南东走向的由推覆构造形成的形变带, 控制了甲玛富铜矿体的空间展布式样 (附件 5-4), 为正确部署勘探工程指明了方向。据此新发现厚大富铜矿体和铜山南坑大型厚大富铜多金属矿体 (图 2)。最新探明的铜山南坑资源量 (尚未评审备案): 铜金属量 79.5 万吨, 钼金属量 1.84 万吨, 铅锌金属量 132.2 万吨, 金金属量 22 吨, 银金属量 2303.2 吨。

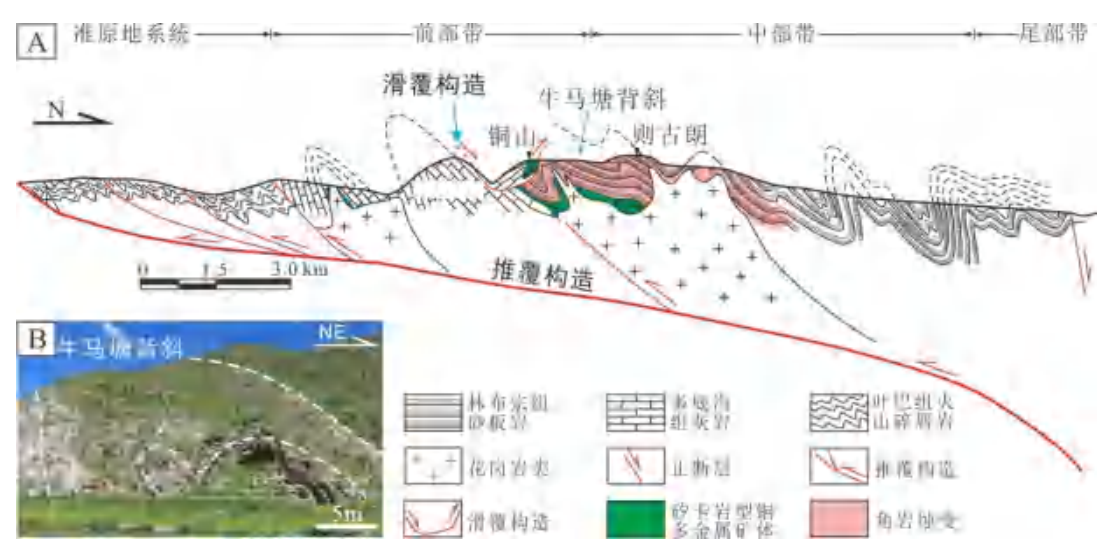


图 3 甲玛矿床推滑覆构造控岩控矿模式

2.3 提出甲玛“多中心复合成矿”的创新认识, 发现外围则古朗北第二个成矿中心。基于十余年的勘查实践, 通过对不同类型矿体蚀变和矿化结构的精细解剖和成岩成矿年代学的系统分析, 建立造山背景下斑岩成矿系统多中心复合成矿作用模型 (图 4)。受控于同一岩浆房的大型斑岩成矿系统, 在浅部具有多个热液和矿化中心, 存在多种矿化和蚀变作用共存, 局部可以叠加, 且矿化元素复杂多样, 具有巨型的成矿规模及良好的找矿前景。其成矿作用模型对冈底斯成矿带乃至碰撞造山背景下的斑岩成矿系统的勘查和综合研究有重要指导意义。基于此, 2017-2024 年外围探矿在则古朗北矿段新发现一处超过 800 米厚的含矿斑岩体、厚大角岩矿体及富铜矽卡岩矿体, 具有独立的蚀变和脉体系统, 构成了新的则古朗北矿段, 进一步印证“多中心复合成矿”作用理论。目前, 则古朗北矿段已经作

为矿区重点勘查区，开展详查探矿工作，也已经取得重大找矿突破。

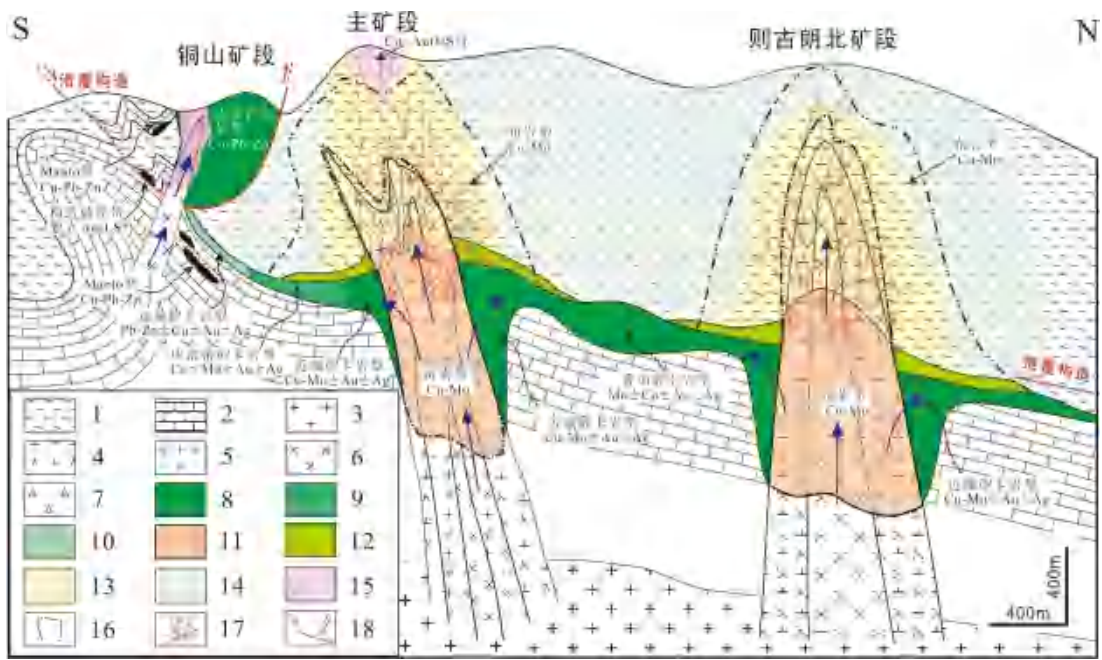


图 4 甲玛矿区多中心复合成矿作用模型

1 林布宗组砂、板岩；2 多底沟组灰岩、大理岩；3 浅部岩浆房；4 花岗闪长斑岩；5 二长花岗斑岩；6 花岗斑岩；7 角砾岩；8 近端矽卡岩；9 中部矽卡岩；10 远端矽卡岩；11 钾硅酸盐岩化；12 绿泥石、绿帘石化；13 绢英岩化、泥化；14 角岩化；15 强硅化；16 矿体界限；17 裂隙系统；18 推/滑覆构造

2.4 成功实施 3000m 科学深钻，直接揭示成矿系统深部地质结构，探获厚大高品位铜多金属矿体。多年来，碰撞型斑岩成矿系统的深部动力学机制、岩浆源区演化以及成矿物质来源已经有了较为清晰的理论认识，但对浅部岩浆储库（3~5 km）的精细地质结构、演化过程及其对斑岩成矿作用的制约机制尚不清楚。项目甲玛矿区成功实施了固体矿产首个 3000m 科学深钻，累计进尺 3003.33 m。科学深钻成功穿透了甲玛斑岩成矿系统中的角岩、矽卡岩及斑岩型矿体，并进入深部无矿核，直接揭示 3000 m 以浅的地质信息，为碰撞型斑岩成矿系统理论创新和深化提供了关键的地质证据。同时，深钻共计探获 21 层矿体，累计视厚度 583.46 m，以铜、钼矿化为主，局部发育钨矿化，同时伴生金、银矿化，也为深部资源探测和勘查技术体系研究提供了关键支撑。

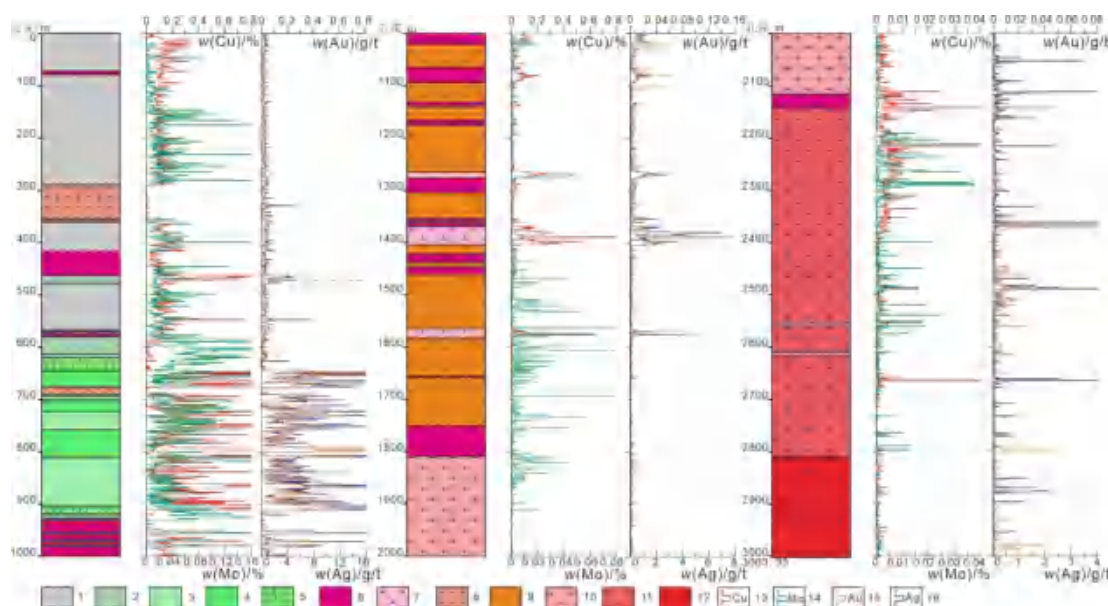


图 5 甲玛科学深钻 JMKZ-1 3000 m 的地质信息

1—角岩; 2—石榴子石、绿泥石化角岩; 3—矽卡岩化大理岩; 4—石榴子石-硅灰石矽卡岩; 5—透辉石-石榴子石矽卡岩; 6—花岗闪长斑岩; 7—暗色石英闪长玢岩; 8—浅色石英闪长玢岩; 9—二长花岗斑岩; 10—黑云母花岗斑岩 11—似斑状黑云母花岗岩; 12—黑云母花岗岩; 13—铜矿化品位; 14—钼矿化品位; 15—金矿化品位; 16—银矿化品位

3. 采用高精度、三维的深部探测手段，构建了构造复杂区多尺度找矿勘查技术体系，实现找矿重大突破。[本创新点属地质、矿产调查与评价学科。佐证材料见附件 1-1、1-3; 5-1 中论文【1, 5-6, 17~19, 34】、5-2、5-5、5-9~5-11]

研究发现斑岩成矿系统蚀变过程形成退磁核（磁异常的“开天窗”效应）、岩体外接触带巨厚矽卡岩型矿体中磁铁矿等磁性矿物形成中高磁异常。据此，选用高精度磁测技术锁定深部成矿斑岩接触带的巨厚矽卡岩型矿体；通过对比研究，采用短波红外光谱技术，开展精细蚀变地质填图，发现矿区地表有 20 平方千米“火烧皮”蚀变带（类似于红砖色），表明矿床主矿体未被剥蚀；进而采用低检出限高精度地球化学和高精度的激电探测，圈定中浅部角岩、斑岩中矿化异常（附件 5-2）；建立石榴子石、黄铁矿、绿泥石等蚀变矿物勘查技术，定位热液成矿中心；从而构建矿床三维地质模型（基于 Leapfrog、Micromine 平台），多技术联合圈定找矿靶区，钻探验证，实现找矿突破。

3.1 研发出“低检出限高精度地球化学、多维度短波红外光谱、多尺度地球物理、勘查指针矿物”四种勘查技术方法体系，为快速评价与找矿突破提供了关键的技术支撑。低检出限高精度岩石、土壤地球化学面积性测量（基于 ICP-MS 的 46 个元素和化合物分析测试），发现前部晕 As-Sb-Tl-Li、中部晕 Te-Se-Ba-Zn-Pb、尾部晕 Cu-Mo 异常元素组合的微量元素地球化学勘查模型（附件 5-8 中的【23-25】），据此发现多个矿化异常（图 5A）；1/5 万~1/1 万高精度磁测、1/1 万高精度激电探测，结合高精度 AMT 剖面测量，基本实现 1500 米以浅矿化体透明化，发现成矿斑岩蚀变中低磁异常的“天窗”是隐伏斑岩型矿体的勘查

目标靶区（图 5B），经深部钻探验证，探获深部斑岩型矿体及接触带巨厚矽卡岩型富铜矿体（附件 5-2）；采用“似三角”模型遥感线环构造圈定隐伏斑岩体，ASTER 图像确定羟基蚀变矿物异常，短波红外光谱技术（ASD 采集数据）测量钻孔岩心和地表岩石蚀变矿物组合，构建了地表-深部蚀变矿物分布模型和短波红外光谱勘查模型；利用矽卡岩中石榴子石热红外光谱较长的波长位置、黄铁矿较低的 Bi 含量以及绿泥石较高的形成温度定位热液成矿中心。圈定的异常，于 2017 年钻探验证，发现第二个隐伏斑岩型矿体（附件 1-1；5-9~5-11）。

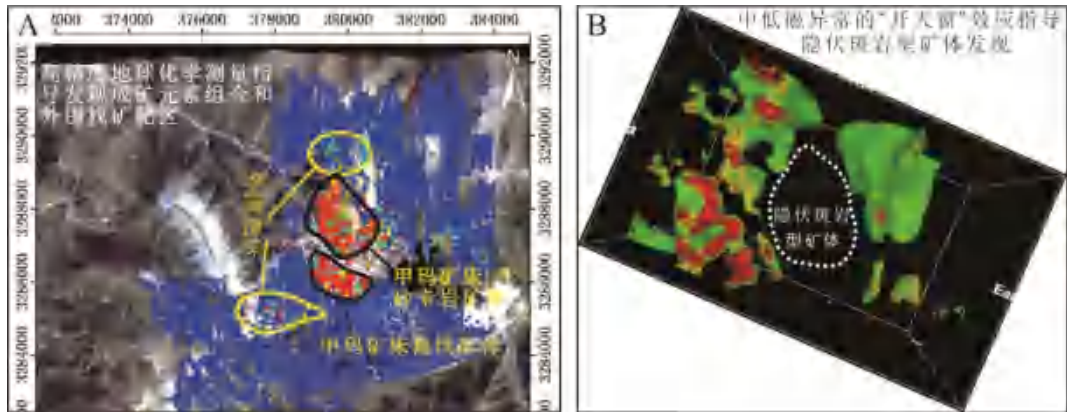


图 6 甲玛岩石-土壤地化、高精度磁测异常与矿体关系模型

3.2 科学部署深部勘探工作，取得找矿重大突破。该项目通过近十年研究和勘查实践，科学部署 24 万米钻探，钻孔见矿率 99% 以上。2013 年提交的资源储量报告通过西藏国土资源厅评审、备案（评审号：藏矿储评字[2013]111 号，备案号：藏国土资储备字[2013]28 号，附件 3-1），较 2009 年提交报告，新增金属量为：铜 520 万吨、钼 46.31 万吨、铅锌 102.27 万吨、伴生金 98.76 吨、伴生银 6245.5 吨（附件 3-1），相当于新增 10 个大型铜矿，4 个大型钼矿、2 个大型铅锌矿，5 个大型金矿、6 个大型银矿，相当于新增当量铜 1086 万吨（按照黄金集团长春设计院可行性研究报告提供的当量铜计算公式，铜当量 $=1 \times \text{Cu} + 10.04 \times \text{Mo} + 0.29 \times \text{Pb} + 0.38 \times \text{Zn} + 0.33 \times \text{Au} + 0.0056 \times \text{Ag}$ ）。新增资源潜在经济约价值 4500 亿元（基准日 2025 年 5 月 10 日，上海期货交易所当日金属价格换算，<http://www.shfe.com.cn>）；资源报告中铜平均品位 $\geq 1.02\%$ 的富铜矿，铜金属量 427.4 万吨，相当于 8 个大型富铜矿。

4. 国内外对比

4.1 在成矿背景方面：一般世界上的超大型富铜矿床常常产出在陆缘弧、洋岛弧等与大洋俯冲带有关，而甲玛产于碰撞-伸展背景，研究表明，碰撞-伸展背景也可以形成超大型富铜矿。

4.2 在控矿因素方面：主要矿体既受斑岩岩体接触带控制，也受层间构造硅钙面、推-滑覆构造控制。大陆碰撞的挤压作用形成规模宏大的推滑覆构造空间，为成矿准备了有利的空间。进而推广到西藏主要成矿带相似构造中寻找该类矿床，取得良好效果。

4.3 在矿床类型方面：突破“海底喷流成矿说”、“单一矽卡岩型说”、“矽卡岩

矿体与象背山岩体有关”的认识，矿床类型的厘定取得突破性认识，进而科学部署探测技术和探矿工程。目前，至少发现 2 个巨大的成矿斑岩，均全岩矿化，发现 4 种独立的工业矿体，6 个有用元素均可工业利用，经济价值巨大。

4.4 在成矿模式方面：突破“传统的陆缘弧或岛弧背景的单中心成矿作用模型”认识，建立斑岩成矿系统多中心复合成矿作用模型，发现外围则古朗北第二个成矿中心，为碰撞造山带富铜矿床提供了新的勘查评价方向。

4.5 在勘查技术方面：多种矿体类型的产出，多个成矿岩体的侵位，正确选择勘查技术手段，开展立体的透明化填图和探测，基本解决了深部成矿岩体巨厚矽卡岩型富铜矿体的探测和寻找，并经钻孔验证，连续发现多个矿体。

4.6 在找矿突破方面：甲玛 2013 年底提交的资源报告新增的资源量占全国《找矿突破战略行动》五年新增铜矿资源储量目标的三分之一；2013 年甲玛的找矿突破成果基本完成了《西藏米拉山地区铜钼矿整装勘查区》的八年目标（预期提交铜资源量 590 万吨）。因此，甲玛与驱龙、邦铺构成了我国最大的斑岩型铜矿集区之一，而甲玛矿床又以矿体类型齐全、成矿元素丰富、矿石品位特高、资源储量巨大，地位独特，研究意义独树一帜。

总之，该项目紧紧围绕国务院“找矿突破战略行动”这一的国家目标，在雪域高原历经十余年艰苦卓绝的努力，埋头苦干、竭诚奉献，创新造山带大而富铜矿找矿勘查理论和技术，引领了西藏乃至全国该类矿床的勘查示范，取得重大找矿突破。保障了国家“找矿突破战略行动”提出的“**用 5 年时间，实现地质找矿重大突破**”中期建设目标，即 2011 年-2015 年实现新增铜资源储量 1500 万吨的阶段性找矿目标任务，该成果完成了中期建设目标 1500 万吨铜资源量的三分之一。同时，2013 年底基本完成了《西藏米拉山地区铜钼矿整装勘查区》提交铜资源量 590 万吨的八年预期目标。甲玛矿山已成为西藏规模大、利税显著的央企，促进了西藏经济增长、民族团结和社会进步，具有重大的政治、社会、经济效益和科学意义。

五、客观评价

1、成果鉴定意见

1.1《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》审查意见（附件 3-1）。

完成的资源储量报告于 2013 年 11 月通过西藏自治区国土资源厅组织专家评审和备案，新增铜 520 万吨，金 98.76 吨，银 6245.5 吨，钼 46.31 万吨，铅锌 102.3 万吨。报告中矿体平均品位 1.02% 的富铜矿铜金属量 427.4 万吨，相当于 8 个大型富铜矿；平均品位 1.54%，铜金属量 241.4 万吨，相当于近 5 个大型超富铜矿（Micromine 资源量估算软件可以提供各品级矿石的资源量）。

1.2《西藏冈底斯东段中生代斑岩成矿系统与找矿预测》项目成果审查意见（附件 5-15）

中国地质调查局于 2014 年 1 月组织专家评审验收，认为“项目采用 1/1 万高精度磁测、1/1 万激电探测、1/1 万区域及典型剖面岩石地球化学测量、高光谱测量等勘查技术方法，对甲玛矿区及其外围进行了有效预测，经钻探发现了甲玛铜山南坑矽卡岩型富铜多金属矿体。”

1.3《西藏高原甲玛富铜矿找矿勘查理论技术创新与重大突破》项目成果评审验收意见（附件 5-16）

中国黄金国际资源有限公司于 2017 年 11 月组织中国工程院陈毓川院士、裴荣富院士和中国科学院王成善院士等专家评审验收，专家认为“项目查明矿床地质特征，揭示矽卡岩型厚大矿体的富铜矿形成机制，深化特提斯成矿带岩浆热液成矿机理研究，创新性地提出了推-滑覆构造控岩控矿的新认识，集成了有效勘查技术组合，实现了找矿重大突破，找到了我国最大、世界第四的矽卡岩型厚大富铜矿体，短期内取得的成果在国内领先，国际少见，具有重要的理论创新和勘查指导意义，为冈底斯成矿带开辟了崭新的寻找富铜矿床的新方向（附件 5-16）”。

1.4《甲玛-驱龙铜多金属资源基地深部勘查与增储示范》项目成果评审验收意见（附件 5-17）

中国地质调查局成都地质调查中心于 2021 年 8 月组织中国科学院侯增谦院士、吴福元院士、丁林院士等专家评审验收，专家认为“1、项目在甲玛矿区成功实施了青藏高原固体矿产首个 3000m 科学深钻，揭示了甲玛斑岩-矽卡岩成矿系统 3000m 以浅地质和成矿信息，总结了青藏高原科学深钻施工工艺；精细解剖了甲玛斑岩-矽卡岩成矿系统，发现“四位一体”矿体结构，创建“多中心复合”成矿作用模型；精细重建驱龙-甲玛矿集区隆升剥露历史，为区域勘查评价及矿床保存条件研究提供科学依据。2、开展典型矽卡岩矿物短波-热红外波谱特征研究，通过磁黄铁矿、黄铁矿、斑铜矿、绿泥石、石榴子石、黑云母等矿物学、矿物化学特征及其勘查指示意义研究，探讨矿物波谱与矿化分带的关系，构

建矿物光谱勘查和指针矿物勘查模型。3、集成矿床地质、勘查地球化学、勘查地球物理、高光谱探测、指针矿物学等勘查技术方法，建立深部矿产资源定向预测方法，构建三维可视化综合勘查及预测模型，圈定 3 处深部及外围资源靶区，指导和实施矿区深部及外围找矿取得重大突破，新增查明资源量：铜金属量 161.8 万吨，钼金属量 9.2 万吨，金金属量 38.7 吨，银金属量 1863.9 吨。预测潜在矿产资源的量为：铜金属量 39.7 万吨，钼金属量 4.5 万吨，金金属量 13.4 吨，银金属量 633.9 吨。”专家高度认可和评价了项目成果，最近综合评价优秀（95.44 分）（附件 5-17）。

2、论文检索和查新

3、国内外同行评议与获奖

3.1 国内获奖

序号	获奖项目名称	奖励等级	获奖年度
1	西藏甲玛矿床勘查评价理论及技术方法创新与找矿突破	中国黄金协会科学技术一等奖	2021
2	西藏自治区甲玛铜多金属矿床勘探	自然资源部找矿突破战略行动优秀找矿成果	2021
	西藏甲玛铜多金属矿床勘查和综合研究项目	金桥奖二等奖	2020
3	大陆碰撞成矿理论指导成功实施青藏高原首个 3000 米固体矿产科学深钻并揭露巨厚铜金矿体	中国地质调查局、中国地质科学院 2020 年度地质科技十大进展	2020
	李四光地质科学奖科研奖	中国地质学会	2017
2	全国创新争先奖状	国家级	2017
3	《西藏甲玛铜多金属矿床成矿理论创新与找矿重大突破》	国土资源部国土资源科学技术一等奖	2016
4	中国地质调查局首批卓越人才计划，李四光学者	局级	2015
5	全国先进工作者、全国五一劳动奖状	党中央、国务院	2015
6	国家百千万人才计划、国家有突出贡献中青年专家	国家级	2013
7	《西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查模型》等 3 篇论文入选“领跑者 5000——中国精品科技期刊顶尖学术论文”	学术论文	2013
8	《西藏甲玛铜多金属矿床地质特征及其矿床模型》入选“2014 年中国百篇最具影响优秀国内学术论文”（《地球学报》）	学术论文	2014
9	2010-2013 年度优秀矿产资源储量报告	西藏国土资源厅	2014
10	中国地质学会“2009 年度十大地质找矿成果奖”	全国行业协会	2009
11	中国国际矿业大会“2009 年度国际合作最佳开发奖”	全国行业协会	2009

4、应用单位评价

应用单位中国黄金国际资源有限公司及其子公司西藏华泰龙矿业开发有限公司认为中国地质科学院矿产资源研究所等单位，在甲玛矿区开展了为期十余年

的地质勘查和综合研究，创立“四位一体”矿床模型，在“斑岩-矽卡岩”矿床成矿理论的指导下，完成钻探工作量 24 万米，采用 Micromine、Leapfrog 软件建立地质-资源量模型，先后提交阶段性地质报告 5 份；2013 年在矿区划定范围提交最终的资源储量报告，完成备案的铜金属量超过 750 万吨，新增铜金属量 520 万吨（附件 3-1）。

5、服务支撑西藏自治区和国家部门中心工作

国务院《找矿突破战略行动纲要》（2011-2020 年）（国办发[2011]57 号）将甲玛列入 19 个重点成矿区带及其主要找矿远景区；《西藏自治区“十三五”时期国民经济和社会发展规划纲要》将甲玛列入西藏十三五特色和新型小城镇建设试点；《国土资源“十三五”科技创新发展规划》中将甲玛列入“十二五”的重大找矿成果；《有色金属工业“十二五”发展规划》将甲玛列入资源重点开发工程的铜矿山建设工程。《新一轮找矿突破战略行动》（“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要之一）也将甲玛列入主要找矿远景区。《西藏自治区甲玛铜多金属矿床勘探》项目 2021 年入选了自然资源部找矿突破战略行动优秀找矿成果。经第十届中国技术市场协会金桥奖评审委员会评审，由中国地质科学院矿产资源研究所与西藏华泰龙矿业开发有限公司、中国黄金国际资源有限公司合作开展的西藏甲玛铜多金属矿床勘查和综合研究项目，因突出的成矿理论创新和重大找矿突破，获得第十届中国技术市场协会金桥奖项目奖二等奖。

六、代表性论文专著目录

序号	论文专著 名称/刊名 /作者	年卷页 码	发表 时间	通 讯 作 者	第 一 作 者	国内作者	检索数 据库	被 引 总 数	署名 单位 是否 包含 国外 单位
1	西藏甲玛铜多金属矿床地质特征及其 矿床模型/地球学报/唐菊兴;王登红;汪 雄武;钟康惠;应立娟;郑文宝;黎枫 估;郭娜;秦志鹏;姚晓峰;李磊;王 友;唐晓倩	2010 年 3 1 卷 495-5 06 页	2010 年 10 月 14 日	唐 菊 兴	唐 菊 兴	唐菊兴;王 登红;汪雄 武;钟康惠; 应立娟;郑 文宝;黎枫 估;郭娜; 秦志鹏;姚 晓峰;李磊; 王友;唐晓 倩	CSCD	343	否
2	西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查 模型/矿床地质/唐菊兴;邓世林;郑文宝; 应立娟;汪雄武;钟康惠;秦志鹏;丁 枫;黎枫估;唐晓倩;钟裕峰;彭慧娟	2011 年 30 卷 179-19 6 页	2011 年 5 月 30 日	唐 菊 兴	唐 菊 兴	唐菊兴;邓 世林;郑文 宝;应立娟; 汪雄武;钟 康惠;秦志 鹏;丁枫; 黎枫估;唐 晓倩;钟裕 峰;彭慧娟	CSCD	184	是
3	西藏冈底斯成矿带东段主要矿床类型、 成矿规律和找矿评价/矿物学报/唐菊兴; 陈毓川;多吉;刘鸿飞;杜欣;张金树; 郑文宝;高一鸣	2009 年 29 卷 476-478 页	2010 年 1 月 27 日	唐 菊 兴	唐 菊 兴	唐菊兴;陈 毓川;多吉; 刘鸿飞;杜 欣;张金树; 郑文宝;高 一鸣	CSCD	96	是
4	斑岩成矿系统多中心复合成矿作用模型 ——以西藏甲玛超大型矿床为例/矿床地 质/林彬;唐菊兴;唐攀;郑文宝;Greg Hall;陈国良;张忠坤	2019 年 38 卷 1204-122 2 页	2019 年 12 月 31 日	唐 菊 兴	林 彬	林彬;唐菊 兴;唐攀; 郑文宝;陈 国良;张忠 坤	CSCD	51	是
5	Re-Os systematics of sulfides (chalcopyrite, bornite, pyrite and pyrrhotite) from the Jiama Cu-Mo deposit of Tibet, China/Journal of Asian Earth Sciences/ Ying Lijuan; Wang Chenghui; Tang Juxing; Wang Denghong; Qu Wenjun; Li Chao	2014 年 79 卷 497-506 页	2014 年 1 月 5 日	王 成 辉	应 立 娟	Ying Lijuan; Wang Chenghui; Tang Juxing; Wang Denghong; Qu Wenjun; Li Chao	SCI	63	是

6	Mapping white mica alteration associated with the Jiamia porphyry-skarn Cu deposit, Central Tibet using field SWIR spectrometry/ Ore Geology Reviews/ Guo Na; Thomas Cudahy; Tang Juxing; Tong Qingxi	2019 年卷 108 卷 147-157 页	2019 年 5 月	郭娜	郭娜	郭娜、唐菊兴	SCI	47	是
7	Zircon U-Pb Age and Deformation Characteristics of the Jiamia Porphyry Copper Deposit, Tibet: Implications for Relationships between Mineralization, Structure and Alteration: Resource Geology/Resources Geology/ Duan, J. L., Tang, J. X., Mason, R., Zheng, W. B., and Ying, L. J.	2014 年卷 64 期 3 卷 316-331 页	2014 年 7 月	唐菊兴	段吉琳	段吉琳、唐菊兴、郑文宝、应立娟	SCI	15	是
8	Geology, geochronology, and exploration of the giant Jiamia porphyry copper deposit (11Mt), Tibet, China: A review/China Geology/ Lin, B, Tang, J.X., Tang, Pan., Zheng, W.B., Song, Y., Li, F.Q., Leng, Q. F., Wang, Z.C., Qi, J., Sun, M., and Juan David Bello, R.	2023 年第 6 期 338-357	2023 年 4 月 23 日	林彬	林彬	林彬、唐菊兴、唐攀、郑文宝、宋扬、李发桥、冷秋锋、王志超、祁婧、孙渺	SCIE	16	是
9	Geology, geochemistry, and geochronology of the Zegulangbei deposit in the Jiamia ore district: Implications for a polycentric, complex porphyry mineralization system model/Ore Geology Reviews/Tang Pan; Tang Juxing; Lin Bin; Fang Xiang; Sun Miao; Li Faqiao; Qi Jing; Cui Hao; Wang Mengdie; Xiong Yan; Fu Yuan Hui; Zhang Zhongkun; Yang Zhengkun; Yao Xiaofeng	2023 年卷 159 卷 10558-	2023 年 6 月 22 日	林彬	唐攀	唐攀、唐菊兴、林彬、方向、孙渺、李发桥、祁婧、崔浩、王梦蝶、熊妍、傅渊慧、张忠坤、杨征坤、姚晓峰	SCI	5	否
10	The formation of a giant post-collision porphyry copper system: A case study of the Jiamia deposit, Tibet/GSA Bulletin/Sun Miao; Tang Juxing; Klemd Reiner; Lin Bin; Tang Pan; Zhang Zebin; Chen Wei; Li Faqiao; Qi Jing; Chen Han; Gu Fenghua	2024 年卷 136 卷 1675-1688 页	2024 年 3 月 4 日	林彬	孙渺	孙渺、唐菊兴、林彬、唐攀、张泽斌、陈伟、李发桥、祁婧、陈瀚、顾枫华	SCI	11	是

七、代表性论文专著被他人引用的情况

序号	被引代表性论文专著序号	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间 (年 月 日)
1	1	Post-collisional porphyry copper deposits in Tibet: An overview/Yang Zhiming; Cao Kang	EARTH-SCIENCE REVIEWS /10.8	2024 年 10 月 9 日
2	2	Magmatic initial and saturated water thresholds determine copper endowments: Insights from apatite F-Cl-OH compositions/Sun Yingcai; Zhou Qiushi; Wang Rui; Humphreys Madeleine C.S.	GEOSCIENCE FRONTIERS /8.5	2024 年 11 月 9 日
3	3	Shortwave infrared (SWIR) spectroscopy for greenfield exploration: Investigating the Bayi-Muchang prospect within the Jiama giant Porphyry-Skarn system/ Zhao Junfeng; Zhu Yabo; Lu Wanjian; Xiao Bing; Yang Zhengkun; Du Liang	ORE GEOLOGY REVIEWS /3.2	2024 年 11 月 28 日
4	4	Miocene Ultrapotassic, High-Mg Dioritic, and Adakite-like Rocks from Zhunuo in Southern Tibet: Implications for Mantle Metasomatism and Porphyry Copper Mineralization in Collisional Orogens/ Sun Xiang; Lu Yongjun; McCuaig, T. Campbell; Zheng Youye; Chang Huifang; Guo, Feng; Xu Lijuan	JOURNAL OF PETROLOGY/3.5	2018 年 3 月 20 日
5	4	Skarn Zonation of the Giant Jiama Cu-Mo-Au Deposit in Southern Tibet, SW China/ Shu Qihai; Deng Jun; Chang Zhaoshan; Wang Qingfei; Niu Xudong; Xing Kai; Sun Xiang; Zhang Zhongkun; Zeng Qingwen; Zhao Hesen; Yu Fan	ECONOMIC GEOLOGY/5.5	2024 年 1 月
6	5	Hyperspectral remote sensing of white mica: A review of imaging and point-based spectrometer studies for mineral resources, with spectrometer design considerations/ Meyer John M.; Kokaly Raymond F.; Holley Elizabeth	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT/11.1	2022 年 6 月 15 日
7	6	Origin of postcollisional magmas and formation of porphyry Cu deposits in southern Tibet/Wang Rui; Weinberg Roberto F.; Collins William J.; Richards Jeremy P.; Zhu Dicheng	EARTH-SCIENCE REVIEWS/10.8	2018 年 1 月
8	7	Genesis of the Cuonadong tin polymetallic deposit in the Tethyan Himalaya: Evidence from geology, geochronology, fluid inclusions and multiple isotopes/ Cao Huawen; Li Guangming; Zhang Rongqing; Zhang Yunhui; Zhang Linkui; Dai Zuowen; Zhang Zhi; Liang Wei; Dong Suiliang; Xia Xiangbiao	GONDWANA RESEARCH /7.2	2021 年 1 月 6 日

	8	西藏冈底斯成矿带东段主要钼多金属矿床成矿规律研究/王立强; 唐菊兴; 郑文宝; 陈伟; 林鑫; 康浩然; 罗茂澄	地质论评/1.84	2014 年 6 月 23 日
	9	冈底斯复合造山带铜钼金多金属成矿作用与成矿系列/郑有业; 吴松; 次琼; 陈鑫; 高顺宝; 刘晓峰; 姜笑文; 郑顺利; 李森; 姜晓佳	地球科学/4.582	2021 年 3 月 3 日
	9	冈底斯后碰撞斑岩成矿带高水、高氧逸度岩浆成因研究进展/王瑞; 罗晨皓; 夏文杰; 孙英才; 刘彪; 张京渤	矿物岩石学地球化学通报/	2021 年 8 月 19 日
	10	Magmatic evolution and formation of the giant Jiama porphyry-skarn deposit in southern Tibet/ Sun Fei; Zhang Jingbo; Wang Rui; Zhou Limin; Jeon Heejin; Li Yuyao; Xue Qingwen; Liu Siyu; Guo Na; Luo Chenhao; Xia Wenjie	ORE GEOLOGY REVIEWS/3.2	2022 年 1 月
	10	High-sulfidation veins in the Jiama porphyry system, South Tibet/ Zheng Shiji; Zhong Hong; Bai Zhongjie; Zhang Zhongkun; Wu Chengquan	MINERALIUM DEPOSITA/4.4	2021 年 2 月

八、主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	斑岩型矿床的“似三角”模型遥感线环构造找矿方法	中国	201510488519.3	2015 年 08 月 11 日	ZL201510488519.3	成都理工大学	郭娜;唐菊兴;汪重午	已授权
计算机软件著作权	甲玛岩心编录信息系统 V1.0	中国	2016SR021611	2016 年 01 月 29 日	软著登字第 1200228 号	成都理工大学		已授权
计算机软件著作权	矿产勘查原始数据校验系统 V1.0	中国	2016SR021845	2016 年 01 月 29 日	软著登字第 1200462 号	成都理工大学		已授权
计算机软件著作权	基于球状模型的变异函数计算系统 V1.0	中国	2016SR021830	2016 年 01 月 29 日	软著登字第 1200447 号	成都理工大学		已授权

九、推广应用情况、经济效益和社会效益

1. 推广应用情况

1.1 矿山直接推广应用

该成果为西藏华泰龙矿业开发有限公司直接应用。

2009 年 1 月提交的资源报告，公司据此建设了日处理 6000 吨选矿厂。

2013 年 9 月提交了资源储量报告，较 2009 年 1 月报告新增金属量铜 520 万吨、钼 46.31 万吨、铅 54.92 万吨、锌 47.35 万吨、金 98.76 吨、银 6245.5 吨。2014 年-2024 年间，公司继续加大勘查投入，完成钻探工作量 88065.4 米，施工钻孔 96 个，在矿区外围、深部及铜山取得找矿新突破，累计探获铜金属量预计可达 1000 万吨，累计铜当量超过 2000 万吨。据此，该项目取得的成果为公司建设日处理 5 万吨矿石的选厂提供了资源保障。

1.2 间接推广应用

该项目提出“成矿岩体推-滑覆构造、层间构造和近端接触带构造寻找矽卡岩或岩浆热液型多金属矿的创新认识”，应用于班公湖-怒江成矿带的尕尔穷矽卡岩型铜金矿（2009~2011 年，铜 9 万吨、共生金 19.4 吨）、冈底斯成矿带的斯弄多（2015-至今，银 500 吨，铅锌 35 万吨）、洞中拉、洞中松多（2011-2013 年，铅锌 100 万余吨，银 2000 吨）等矿床。米拉山整装勘查区提前完成国家“找矿突破战略行动”590 万吨铜资源量的找矿目标。

3. 社会效益

1) 区域经济发展效益

截止 2017 年底，华泰龙矿业累计解决就业 3500 人。矿区甲玛乡每户百姓年增收上万元。《西藏自治区“十三五”时期国民经济和社会发展规划纲要》将甲玛列入西藏十三五特色和新型小城镇建设试点。

2) 区域交通发展效益

甲玛项目的规模化开发带动了拉萨-林芝高速公路的迅速建成通车，矿山已经成为国务院第五次援藏工作会议确定的藏中有色金属开发基地的重要组成部分（附件 2-1）。

3) 科研科普基地建设

高标准地建成库容达 50 万米岩心的现代化岩心库，研发了岩心地质编录系统和岩心库管理系统，成为我国铜矿科研、科普基地，获“企业社会责任示范基地”称号（附件 1-2，2-1）。

4) 人才培养效益

拔尖人才培养：中国黄金国际资源有限公司副总裁张松林先生编制了符合国际标准的 NI43-101 独立技术报告（基于项目的资源储量报告），由此入选第十批国家创新人才“千人计划”长期项目专家。项目负责人唐菊兴荣获李四光地质科学奖科研奖、首批“全国创新争先奖状”，入选中国地质调查局首批卓越人才计划，入选国家百千万人才计划，获国家有突出贡献中青年专家、全国先进工作者和全国五一劳动奖状等荣誉，当选中国共产党十九大代表、中国工程院院士（附件 5-27~5-30）。项目主要完成人钟康惠教授获批中国教科文卫体工会全国委员“劳模创新工作室”平台。项目主要完成人林彬入选自然资源部高层次科技创新人才工程（地质找矿方向）青年科技人才。