

西藏铜矿资源优势及开发利用展望

唐菊兴¹, 王勤²

(1. 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;
2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

摘要: 铜在国民经济发展中占据重要地位, 而我国的铜矿资源供给与需求矛盾仍然十分突出。西藏是我国铜矿资源最丰富的地区, 科学合理地开发利用西藏地区的铜矿资源对于保证我国的铜矿可持续供应具有举足轻重的作用。本文详细总结了西藏铜矿资源的分布特征以及在西藏地区进行铜矿资源开发的优势和劣势, 提出应坚持科学发展观, 建设西藏地区主要成矿带铜矿绿色开发基地, 加快铜矿资源的科学勘查和有序开发, 正确处理资源开发与环境保护的关系, 充分发挥铜矿资源开发所带来的经济、社会、环境效益, 促进西藏社会的稳定发展, 实现精准扶贫目标。

关键词: 铜矿资源; 开发利用; 西藏

中图分类号: TD982; F407.1 **文献标识码:** A

Advantages of Copper Resources and Prospects for Their Exploitation and Utilization in Tibet

Tang Juxing¹, Wang Qin²

(1. Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Ministry of Natural Resources of the PRC, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Copper resources play an important role in the development of national economy. However, there is a large gap between supply and demand of copper resources in China. Tibet is a province with the most abundant copper resources in China, so the scientific and rational exploitation of copper resources in Tibet plays a very important role in ensuring the sustainable supply of copper resources in China. This paper summarizes the distribution characteristics of Tibet's copper resources and the advantages and disadvantages for exploiting copper resources in Tibet. It proposes that we should adhere to the concept of scientific development, construct green development bases for copper resources in major metallogenic belts in Tibet, accelerate scientific exploration and orderly development of copper resources, correctly handle the relation between resource development and environment protection, and give full play to the economic, social, and environmental benefits brought about by the exploitation of copper resources, to promote the steady development of Tibetan society and achieve the goal of targeted poverty alleviation.

Keywords: copper resources; exploitation and utilization; Tibet

收稿日期: 2019-01-06; 修回日期: 2019-01-18

通讯作者: 唐菊兴, 中国地质科学院矿产资源研究所, 研究员, 研究方向为固体矿产勘查与评价及矿床学; E-mail: tangjuxing@126.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“面向 2035 的中高山-浅覆盖区非煤固体矿产快速找矿勘查战略研究”(2019-ZCQ-05)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

铜作为现代工业基础原料，是经济社会发展的重要物质基础之一，应用范围广泛，其开发利用程度与经济发展水平和技术进步密切相关，是最能体现实体经济发展状况的矿种，也是宏观经济的“晴雨表”，在国民经济中具有重要地位 [1]。据中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心的预测，2020 年我国的精铜需求量为 $7.5 \times 10^6 \sim 8 \times 10^6$ t，2025 年为 $6.5 \times 10^6 \sim 7.5 \times 10^6$ t，精铜需求量大于供应量，短期内供需缺口有进一步扩大的趋势 [2]，整体资源形势不容乐观。

素有“世界屋脊”之称的西藏位于我国西南边陲，占全国国土总面积的 12.5%。复杂的地质结构及演化，尤其是中、新生代以来强烈的岩浆活动导致这一地区铜矿成矿条件极其优越。随着近年来一些重大找矿勘查突破的取得，西藏已成为我国铜资源最丰富的省份，目前已探明的铜矿资源储量占全国铜资源储量的一半以上 [3,4]，是我国重要的铜矿资源战略储备基地。对西藏地区铜矿资源加以合理开发利用，可改变我国东部资源日益枯竭的现状，形成全国资源互补的良好格局，提升我国铜矿资源的保障程度，确保我国经济安全。另一方面，铜矿资源的开发利用将进一步推动藏区产业经济发展，扶持当地相关产业良性成长，以及在维护民族自治地区和平稳定等方面均具有重要的战略意义。

然而，西藏地区脆弱的生态系统如果遭受大规模无序开采，由此带来的生态环境破坏短期内难以恢复，同时也不利于矿业经济的可持续发展。而当地相对落后的基础设施建设和区域技术经济条件也提高了矿业开发的成本。为此，本文在总结西藏地区铜矿资源分布特征的基础上，提出在上述地区开发利用这一重要战略资源的几点建议及对西藏铜矿资源开发利用的展望。

二、西藏铜矿资源储量、分布及其特征

(一) 资源储量概况

西藏地区主体位于世界三大成矿域之一的特提斯-喜马拉雅成矿域内，具有复杂的地质结构及演化历史，中生代岩浆活动强烈，为铜矿床，特别是斑岩型铜矿床的形成创造了极其有利的成矿条

件。目前，西藏地区已发现的铜矿产地达 390 处，其中具（超）大型规模的矿床 17 处，中型规模矿床 6 处，已探明的铜矿资源储量已超过 5.3×10^7 t，居全国之首，是该区优势矿种之一 [3,5]。其中单个矿床规模达到千万吨级超大型矿床的有：铁格隆南铜矿床 [6] 和驱龙铜矿床 [7]，单个矿床的铜资源储量均位列亚洲前十。

目前已查明的铜矿床主要分布于 3 条规模巨大，具有重要工业前景的铜、铁及多金属成矿带内 [8,9]，包括：①藏东“三江”地区玉龙铜矿成矿带 [10]；②藏中“一江两河”地区的冈底斯铜矿成矿带 [11]；③藏西北地区阿里-那曲一带的班公湖-怒江铜矿成矿带 [12,13]，这 3 条成矿带内均有大型、超大型铜矿床产出。

(二) 矿床分布与成矿带

1. 玉龙铜矿成矿带

成矿带位于藏东“三江”地区，北起昌都县夏日多，南至芒康县马牧普，全长约 250 km，宽约 40 km，呈北西-南东向展布。向北西进入青海省纳日贡玛斑岩型铜矿，向南自芒康县延入云南西部见红山、雪鸡坪、普朗、马厂菁、北衙等矿床。以玉龙铜矿为代表，包括扎那杂、莽总、多霞松多、马拉松多等大中型矿床，矿床类型以斑岩型和矽卡岩型铜矿为主，成矿年龄集中于 40~35 Ma（始新世），与印度-亚洲大陆在陆-陆碰撞过程中的晚碰撞期转换成矿作用机制下的斑岩铜-钼-金成矿作用密切相关 [14]。玉龙铜矿成矿带主要铜矿床资源量，如表 1 所示。

2. 冈底斯铜矿成矿带

成矿带主要位于西藏地区社会经济最发达的中部“一江两河”地区，交通便利。西起日喀则市昂仁县，东至林芝市加查县，呈近东西向展布，东西长约 550 km，南北宽约 10 km。以斑岩型、斑岩-矽卡岩型或矽卡岩型铜矿（多金属）矿为主，东段已发现 12 个具工业意义的铜矿或铜多金属矿，自西向东分别为吉如、白容、冲江、厅宫、总训、达布、拉抗俄、驱龙、甲玛、向背山、夏马日和吹败子 [15]，以驱龙、甲玛等铜矿床为代表，成矿年龄界于 20~14 Ma（中新世），与印度-亚洲大陆在陆-陆碰撞过程中主碰撞成矿作用关系密切。冈底斯中段及西段研究程度相对较低，分别

以斑岩型铜金矿床及铜矿床为主，其中中段以雄村铜金矿床为代表，成矿年龄 172~160 Ma（中侏罗世），代表了中侏罗世时期的俯冲成矿作用。西段以朱诺铜矿床为代表，成矿年龄 13 Ma（中新世），与冈底斯成矿带东段主碰撞背景下形成的斑岩矿床一致。冈底斯铜矿成矿带主要铜矿床资源量，如表 2 所示。

3. 班公湖—怒江铜矿成矿带

成矿带位于藏西北地区，西起阿里地区革吉县，东至那曲地区班戈县，东西全长约 800 km，南北宽约 50 km。以铁格隆南、多不杂、波龙铜金矿床（合称“多龙铜矿”）为代表，矿床类型以斑岩—浅成低温热液型、斑岩—矽卡岩型铜金矿床为主，成矿年龄集中于 125~90 Ma（白垩纪），其成矿作用与新特提斯洋壳向大陆边缘俯冲，形成的大陆边缘弧

有关 [6]。班公湖—怒江铜矿成矿带主要铜矿床资源量，如表 3 所示。

（三）矿床产出特征

西藏地区铜矿分布广泛，资源丰富。在目前已发现的铜矿床中，绝大部分与中生代岩浆作用有关，矿床类型包括斑岩型、矽卡岩型、浅成低温热液型、沉积变质型、沉积型、风化壳型，除碰撞伸展背景下形成的斑岩—夕卡岩型矿床外，最近几年新发现的岛弧型斑岩铜金矿床、高硫化型浅成低温热液铜金矿床以及低硫化型浅成低温热液银金铅锌矿床将成为西藏地区重要的几种铜多金属矿床类型。燕山期形成的铜矿床主要分布于班公湖—怒江缝合带两侧，与班公湖—怒江洋俯冲、碰撞及消亡所引发的构造—岩浆事件密切相关。喜山期形成的

表 1 玉龙铜矿成矿带主要铜矿床资源量

矿床名称	铜资源量	共伴生矿种及资源量
玉龙铜矿	6.5×10^6 t	伴生铁 1.267×10^7 t, 伴生钼 4×10^5 t
扎那尕铜矿	4.23×10^5 t	伴生钼 2400 t
莽总铜矿	9.1×10^5 t	伴生钼 2.5×10^4 t
多霞松多铜矿	8.9×10^5 t	伴生钼 5.1×10^4 t, 伴生银 2529 t
马拉松多铜矿	1.508×10^6 t	伴生钼 6×10^4 t

表 2 冈底斯铜矿成矿带主要铜矿床资源量

矿床名称	铜资源量	共伴生矿种及资源量
驱龙铜矿	$>1 \times 10^7$ t	钼 5×10^5 t
甲玛铜矿	7.5×10^6 t	钼 7×10^5 t、铅锌 $>1.7 \times 10^6$ t、伴生金 170 t、伴生银 1×10^4 t
雄村铜矿	2.37×10^6 t	伴生金 213 t、伴生银 1093 t
邦铺铜矿	1.2×10^6 t	钼 4.54×10^5 t
努日铜矿	5.1×10^5 t	钼 3.2×10^4 t、 WO_3 1.9×10^5 t
朱诺铜矿	2.3×10^6 t	钼 4×10^4 t、伴生金 33.8 t、伴生银 999 t
厅宫铜矿	3.4×10^5 t	钼 3.7×10^4 t、伴生金 23 t、伴生银 1249 t
冲江铜矿	5×10^5 t	钼 2.7×10^4 t、伴生金 36 t、伴生银 814 t
白容—岗讲铜矿	1.86×10^6 t	钼 1.7×10^5 t

表 3 班公湖—怒江铜矿成矿带主要铜矿床资源量

矿床名称	铜资源量	共伴生矿种及资源量
铁格隆南铜矿	1.098×10^7 t	伴生金 37 t, 伴生银 2609 t
多不杂铜矿	2.95×10^6 t	伴生金 93 t
波龙铜矿	2.72×10^6 t	伴生金 126 t
拿若铜矿	2.51×10^6 t	伴生金 82 t, 伴生银 873 t
拿厅铜矿	1.56×10^6 t	伴生金 118 t

铜矿床则主要分布于雅鲁藏布江缝合带北侧南冈底斯成矿带以及藏东“三江”地区北羌塘—昌都成矿带，与雅鲁藏布江洋的俯冲、碰撞及消亡所引发的构造—岩浆事件密切相关。矿床在空间上呈带状分布，多以矿集区或矿带的形式产出，在特定成矿带内具有矿床（点）数量多、规模大、类型多样、共生元素（钼、金、银、铅锌）丰富的特征，此外有铀、镓、锗、铈、镧、硒、碲等稀有或稀散元素及大量硫、镍、钴、铋、砷等元素可供综合利用。

三、西藏铜矿资源开发

（一）资源开发意义

在众多矿产资源中，西藏地区的铜、铁、锌、铬等矿产资源尤其丰富，多个世界级铜矿床得以查明，部分矿床已经进入勘查评价阶段，一批铜矿资源基地陆续设立，对于保证我国铜矿资源的可持续供应具有举足轻重的作用。

随着国内经济的发展，我国新发现的铜矿产地急剧减少，东部的矿产资源日益枯竭，后备资源严重不足。作为国民经济支柱的大宗矿产之一的铜的消费与储备增速比已经出现负增长 [15]。科学、合理地勘查和开发，对我国国民经济的发展将起到重要的作用。

西藏铜矿资源丰富，这些矿床或矿体经出露地表或由地下水带出地表后，往往形成铜离子污染。例如玉龙铜矿区和驱龙铜矿区下游的“孔雀河”，

得明顶铜矿区的河水污染等，均由矿体被剥蚀出地表后自然形成。科学开发利用西藏地区铜矿资源，也将有助于降低这些矿体形成的次生异常污染。

（二）开发利用现状

目前，西藏地区经正式备案的非伴生铜矿床共32处，伴生铜矿共13处，已建成投产或近期投产的大型铜矿开发项目有驱龙铜矿、朱诺铜矿、玉龙铜矿、甲玛铜多金属矿、厅宫铜矿以及雄村金铜矿等 [16]，计划筹建的铜矿项目为多龙铜矿。目前西藏地区主要从事铜矿开发的矿业企业情况，如表4所示。

其中，谢通门县雄村铜矿项目被西藏自治区人民政府列为“十二五”重点建设项目和国家“十二五”重点生产力布局及产业规划项目，确立为藏中地区有色金属产业基地的重要组成部分。驱龙矿区二期项目建成投产后，将成为目前世界上海拔最高、国内规模最大、工艺设备最先进、自动化程度最高的现代化的绿色环保有色金属矿山。

（三）开发优劣势对比

1. 优势

成矿地质条件优越，资源禀赋独一无二。西藏位于特提斯—喜马拉雅成矿域东段，由于印度—亚洲大陆碰撞、班公湖—怒江洋俯冲消亡，形成了西藏地区铜矿床规模大、成矿时代新、矿床类型丰富、保存条件好的特点。目前区内仅三个成矿带内已查

表4 西藏地区主要从事铜矿开发的矿业企业情况

企业名称	矿区	矿权所有人	资源储量	计划产能	控股情况
西藏巨龙矿业股份有限公司	驱龙铜矿 朱诺铜矿	西藏巨龙矿业股份有限公司	铜 1.3×10^7 t, 钼 3.564×10^5 t	3×10^5 t/d (原矿)	格尔木藏格钾肥有限公司
西部矿业股份有限公司	玉龙铜矿	西藏玉龙铜业股份有限公司	铜 6.5×10^6 t	1×10^5 t/a (精铜)	西部矿业控股 58%
中国黄金集团	甲玛铜多金属矿	西藏华泰龙矿业开发有限公司	铜 7.5×10^6 t, 金 170 t	1.65×10^7 t/a (原矿)	中国黄金集团控股 51%
西藏矿业股份有限公司	厅宫铜矿	尼木县铜业开发有限公司	铜 1.37×10^6 t	1.5×10^6 t/a (原矿)	西藏矿业控股 90%
金川集团	雄村金铜矿 I号矿体	西藏天圆矿业	铜 8.7×10^5 t, 伴生金 120 t, 伴生银 778 t	1.2×10^7 t/a (原矿)	金川集团控股 55%
中铝西藏矿业股份有限公司	铁格隆南铜矿 拿若铜矿	西藏金龙矿业股份有限公司	铜 1.349×10^7 t, 伴生金 119 t, 伴生银 3482 t	筹建	中铝西藏控股 66%
四川宏达集团	多不杂铜矿 波龙铜矿 拿厅铜矿	西藏宏达多龙矿业股份有限公司	铜 6.9×10^6 t, 伴生金 304 t	筹建	四川宏达(集团)有限公司 40%, 四川宏达股份有限公司 30%

明的铜资源储量就已超过 5.3×10^7 t [3], 西藏地区铜矿资源总量约占我国铜矿资源总量的 60% 以上, 已初步探明的铜资源量为 7×10^7 t, 钼 2.9×10^6 t, 铅锌 1.4×10^7 t, 伴生金 1000 t, 银 42 000 t, 优势资源禀赋独一无二。

政策保障机制较为完善。2010 年、2015 年中央第五次、第六次西藏工作座谈会将长期建藏作为一项重要原则, 为推动西藏进一步发展和长治久安提供了财税、金融、投资、人才、援藏等政策保障和重大项目支撑。基础设施建设力度进一步加大, 区域技术经济条件将得到极大改善。《西藏自治区“十三五”时期国民经济和社会发展规划纲要》中提出要“加强基础地质与矿产勘查, 建设重要的战略资源储备基地, 发展优势矿产资源冶炼及深加工产业链, 促进矿产资源高效利用”。2012 年以来实施的省-部-企业合作进行矿产勘查的新模式为相关矿业企业在区内从事矿产勘查与投资提供了政策保障和支持。

形成的铜矿及相关产业链将助推西藏地区的经济与就业。西藏地区若能实现产能 4×10^5 t 精铜, 其产值将超 200 亿元, 与铜相关的采-选-冶-运等相关产业可带动西藏 GDP 增长至少 500 亿元以上。在三大成矿带内合理部署建设铜资源开发基地, 可实现铜矿资源产能的合理布局, 在吸纳就业、稳定发展、精准扶贫等方面做出独特贡献, 同时也能为我国应对复杂国际形势提供重要的资源保障。

2. 劣势

生态环境脆弱。西藏地区地处高原地区, 冻土面积占 60% 以上, 近 30% 以上土地不具备生产能力, 生态系统尚不成熟, 抗侵蚀能力弱, 荒漠化严重, 加之我国主要大江、大河都起源于这一地区, 素有“中华水塔”之誉, 历来是我国生态环境保护的重点地区之一。矿业开发活动如不加以严格管控, 无序开采活动会对高原生态环境造成破坏。

区域技术经济条件相对滞后。相较于经济发达的东部地区, 西藏电力的基础设施建设仍滞后于内地。截至 2017 年, 西藏地市电网总装机容量为 2.807×10^6 kW, 地市电网发电量为 5.844×10^9 kW·h, 仅初步保障了当地经济社会发展和人民生活对电力的需求, 为保民生而对工业

拉闸限电的情况仍时有发生。

矿产资源勘查和矿业开发成本高。基础设施建设目前仍是束缚西藏地区矿产资源勘查开发的一个重要因素, 交通、通信等基础设施仍有待加强, 加之一些共生伴生矿种尚难以开发利用, 导致矿产资源勘查和矿业开发成本高。

劳动力结构单一。西藏地处青藏高原西部和南部, 海拔 4000 m 以上地区占全区总面积的 85.1%, 素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称, 内地劳动力进入这一地区普遍存在不适应。西藏本地常住人口 330.54 万人, 人口数量少, 受教育程度相对较低, 技术工人少。劳动力明显不足, 这也对矿业开发造成了一定的影响。

四、开发利用展望

矿产资源是国土资源的重要组成部分, 也是国民经济建设的重要基础。西藏地区铜矿资源得天独厚, 科学、合理地开发利用铜矿资源是实现中央第六次西藏工作会议所提出的“富民兴藏, 长期建藏, 增进各族群众福祉, 加快西藏全面建成小康社会步伐”要求的重要途径之一, 同时可以改善我国的铜矿资源格局。因此, 本文从西藏地区的实际出发, 提出以下铜矿资源开发利用建议。

(一) 保障三大铜成矿带产能, 实现铜资源开发的区域联动发展, 保障我国铜资源安全

西藏三大成矿带可以在 5 年内实现一定的产能。藏东以玉龙铜矿的开发为基础, 实现日处理铜矿石 1×10^5 t; 藏中以甲玛、驱龙、雄村三大矿床为绿色开发主力矿山, 实现年产能 3.5×10^5 t 精铜, 全力保障我国铜资源安全。藏西应首先开发尕尔穷-嘎拉勒矿集区, 该地区金资源量在 70 t 以上, 远景资源量达到 100 t, 交通条件相对较好, 其经济开发对阿里地区的社会经济具有重要作用。在条件成熟的前提下, 优先考虑多龙矿集区内铁格隆南铜金矿床的开发。

建议尽早启动藏西(那曲-狮泉河)铁路的建设规划。这条铁路不仅助推藏西丰富铜多金属矿产资源开发, 推动当地就业, 同时也具有重要的军事意义, 对保障中印边境安全的重要性不言而喻。

（二）加大宏观调控力度，提高铜资源开发效益，引导资源开发向有序方向发展

西藏地处偏远地区，交通体系尚未完全建立，如果仅仅进行矿石采选和初冶，不发展本地铜精炼工业、铜加工业等，不仅会造成运力的浪费，而且会影响铜资源开发效益。在建设铜资源后备基地的同时，应尽早着手制定本地铜工业体系建设规划。

据2014年4月14日发布的中华人民共和国工业和信息化部《铜冶炼行业规范条件》，对新建铜冶炼项目的规模、技术、环保能力提出了较高要求，文件鼓励企业同时处理铜精矿及含铜二次资源，冶炼能力须在 $1 \times 10^5 \text{t/a}$ 及以上。建议在规划本地铜工业体系的同时，鼓励龙头企业采用强强联合的方式在合适的地区建设冶炼项目，统一生产，统一治污处理后排污，将对环境的影响降至最低。

（三）实现资源勘查与开发同环境保护协同发展

西藏地区海拔高、氧气稀薄、紫外线辐射强，自然环境特殊，生态极其脆弱，在进行西藏地区铜矿资源开发之前，应首先注意规避破坏高原环境的因素，综合考虑水、土地、生物等资源以及矿山开采引发的地质灾害等问题[17]，重点应注意以下几个方面的问题。

遵循尊重自然、顺应自然、保护自然的绿色发展理念，坚持科学发展观，不仅要政策上加强约束和管理，更应增强矿山企业自身的环保意识，开发矿产资源绿色勘查及矿业开发新技术，严格控制生态指标和工业指标。

西藏地区的铜矿床以斑岩型及其相关矿床类型为主，埋藏浅，适合露天开采，因此在未来矿山设计时，应改变以往粗放型勘查和开发模式，合理规划矿区废石场、尾矿库，以增加土地利用、防止土地资源被破坏[18]。

在铜矿冶炼工艺上，火法冶炼作为一种传统炼铜工艺，是目前铜的主要生产方法，适用于硫化铜矿的冶炼。湿法冶炼方法包括硫酸浸出-萃取-电积法、细菌浸出等方法，被认为是业界成熟、低成本和低风险的技术[19]，如美国亚利桑那州Morenci铜矿床，矿区实行了“零排放”，所有废液都得到回收利用，取得了良好的环境效益。此外，细菌浸出工艺在我国广东大宝山、福建紫金山等矿区也得到了很好的应用。与传统火法冶炼相比，湿

法冶炼铜法具有工艺简单、成本低、金属综合回收程度高、无二氧化硫污染等优点，且处理低品位复杂矿、含铜废矿石等的能力较强，同时，在缺水少电，交通条件不便的西藏地区，可以就地生产电解铜，可以节约运费成本约80% [20]。因此，在对环境要求日益严格、区域技术经济条件欠发达的西藏地区有必要大力推广这种环境友好型的铜矿冶炼方法。

在铜矿开采过程中形成的酸性废水容易对下游水体造成污染，开采过程应加强工业“三废”排放指标的实时监控，杜绝发生环境安全事故。

通过以上技术处理，可以确保实现西藏地区的铜业开发对环境的影响降至最低的目标，建成一批绿色开发标杆性新型矿山企业。从国内外的经验来看，高标准绿色矿业的开发对环境的影响其实是可控和有限的，需要改变“矿业开发一定会破坏环境”的传统认识。全世界铜资源开发规模最大的南美智利、秘鲁，铜矿产能占世界的一半以上，资源的开发不仅对国家做出巨大贡献，而且彻底改变了地方的经济面貌和社区发展。例如智利最大的斑岩型铜矿床罗斯布鲁恩希斯-里欧布莱恩科(Lo Bronces-Rio Blanco)铜金矿床(金属铜资源储量 $2.2 \times 10^8 \text{t}$)以及埃尔特尼恩特(El Teniente)铜金矿床(金属铜资源储量为 $1.2 \times 10^8 \text{t}$)，分别位于智利首都圣地亚哥北东约100 km和120 km，这些矿床的开发利用不仅没有造成首都地区的环境问题，反而支撑了该国经济的发展，甚至还控制着世界铜矿资源供应的命脉。

（四）进一步加强资源勘查的投入力度，摸清资源家底

近年来，西藏地区的铜矿资源勘查已经取得了长足的进步，多个世界级的矿床和成矿带得以确认，探获资源储量大幅增加，但目前经济的基础储量较少，整体上资源保证程度低，远不能满足矿业开发的需求，因此有必要进一步加强资源勘查的投入力度，摸清资源家底。

资源勘查工作有三个重点方向：①对已知矿区进行补充勘查，提高矿区勘查程度，增加经济的基础储量；②加大矿区深部及外围的勘查力度，开辟第二找矿空间；③加强对重点成矿区带内新区的勘查力度及成矿预测，寻找新的矿化富集区。

勘查投入最大的问题在于勘查经费短缺,应充分运用政策杠杆激励矿业企业加大勘查投入,加快矿业权市场的建设,加大商业性勘查资金在勘查经费中所占的比重。其次,通过招商引资、招拍挂等方式吸引社会资金。国家、省级各类地质勘查基金应重点投放到公益性勘查工作中,以勘查成果吸引更多的商业勘查经费投入。

在设置采矿权时,应优先考虑铜矿规模及矿山最低开采规模,引导矿化集中地区的矿业企业逐步实现联合重组,整合组建集约化、规模经营的股份制矿业公司。而对资源量有限、不能形成规模开发的小型矿床或矿(化)点,往往造成资源破坏和浪费,环境成本通常较高,应引导这类矿业企业逐步退出。

(五) 优化铜矿床开采设计,提升矿产综合利用水平

每生产1 t铜原矿、铜精矿和粗铜所需投入的非生物固态物质分别为2.5 t、100 t和450 t,需要消耗的水分别为0.35 t、25 t和200 t [21],因此,要优化和降低生产铜矿的物质投入,应从铜矿开采设计优化着手,同时尽可能降低在选矿和冶炼中消耗的能耗。

我国现行确定矿体边界的是边界品位、最低工业品位以及夹石剔除厚度等工业指标,缺乏经济内涵。铜资源工业指标的确定,应以经济效益来确定。要按照矿石的加工技术性能,依据国际市场铜价的十年平均价,由设计院出具工业指标推荐意见。

西藏地区铜矿床大多有共伴生矿种,独立铜矿床极少,在开发利用时应加强对共(伴)生矿种的综合利用,按照“吃干榨尽”的原则,对斑岩-夕卡岩-浅成低温热液型矿床共伴生的金、银、钼、铅锌进行全方位、强制性的综合利用,坚决做到全面利用资源,增加伴生矿产价值,确保实现绿色环保开发。

五、结语

西藏地区铜矿资源丰富,是青藏高原地区最重要的优势矿种之一,政策保障和支持力度较大,但限于生态环境脆弱、基础设施建设较差、开发成本高、劳动力结构不合理等因素,经济的基础储量不多,低品位铜矿体在短期内难以开采,整体上资源保证程度不高,这些都限制了西藏地区铜矿资源的

开发利用程度。科学、合理地开发利用西藏地区的铜矿资源对于保证我国的铜矿资源分布格局及可持续供应、助推西藏当地自然生态文明建设以及拉动西藏经济与就业至关重要。

要科学、合理地开发利用西藏的铜矿资源,就应当转变传统的开发思路,从资源的环境、经济以及社会效益入手,加强宏观调控,通过采用优化铜矿开采设计,采用环境友好型冶炼技术,处理好矿产资源勘查、矿业开发与环境保护之间的关系等措施,建设一批绿色勘查、绿色开发、绿色冶炼的新型铜矿资源建设和开发基地,提高资源开发效益,实现西藏地区“绿水青山”与“金山银山”协调发展。

建设西藏地区主要铜成矿带内的铜资源绿色开发基地,可以为我国应对复杂国际形势提供重要的资源保障,实现国内铜资源产能的合理布局。同时也可以充分发挥铜矿资源开发所带来的经济、社会、环境效益,促进西藏地区社会的稳定发展,实现精准扶贫的目标。

参考文献

- [1] 周平,唐金荣,杨宗喜,等.铜矿资源战略分析[M].北京:地质出版社,2012.
Zhou P, Tang J R, Yang Z X, et al. Strategic analysis of copper resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012.
- [2] 王京,石香江,牛丽贤,等.基于情景分析法的我国铜资源需求预测[J].中国国土资源经济,2015(5):53-57.
Wang J, Shi X J, Niu L X, et al. Cooper resources demand forecasting by scenario analysis in China [J]. Natural Resource Economics of China, 2015 (5): 53-57.
- [3] 王勤,唐菊兴,谢富伟,等.青藏高原铜矿资源研究进展[J].科技导报,2017,35(12):89-95.
Wang Q, Tang J X, Xie F W, et al. Copper resource on Qinghai-Tibet plateau[J]. Science & Technology Review, 2017, 35(12): 89-95.
- [4] 中华人民共和国自然资源部.中国矿产资源报告[M].北京:地质出版社,2018.
Ministry of Natural Resources of the PRC. China mineral resources report [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2018.
- [5] 潘凤雏,陈友良,苟金,等.西藏自治区区域成矿规律成果报告[R].拉萨:西藏自治区地质调查院,2013.
Pan F C, Chen Y L, Gou J, et al. The report of regional metallogeny of Tibet autonomous region [R]. Lhasa: Tibet Institute of Geological Survey, 2013.
- [6] 唐菊兴,王勤,杨欢欢,等.西藏斑岩-矽卡岩-浅成低温热液铜多金属矿成矿作用、勘查方向与资源潜力[J].地球学报,2017,38(5):571-613.
Tang J X, Wang Q, Yang H H, et al. Mineralization, exploration and resource potential of porphyry-skarn-epithermal copper polymetallic deposits in Tibet [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2017, 38(5): 571-613.

- [7] Li Y, Selby D, Feely M, et al. Fluid inclusion characteristics and molybdenite Re-Os geochronology of the Qulong porphyry copper-molybdenum deposit, Tibet [J]. *Mineralium Deposita*, 2017, 52: 1-22.
- [8] 芮宗瑶, 李光明, 王龙生. 青藏高原的金属矿产资源 [J]. *地质通报*, 2004, 23(1): 20-23.
Rui Z Y, Li G M, Wang L S. Mineral resources in the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23(1): 20-23.
- [9] 芮宗瑶, 李光明, 张立生, 等. 西藏斑岩铜矿对重大地质事件的响应 [J]. *地学前缘*, 2004 (1): 145-152.
Rui Z Y, Li G M, Zhang L S, et al. The response of porphyry copper deposits to important geological events in Xizang [J]. *Earth Science Frontiers*, 2004 (1): 145-152.
- [10] 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(钼)矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.
Rui Z Y, Huang C K, Qi G M, et al. Porphyry copper (molybdenum) deposits in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984.
- [11] 侯增谦, 曲晓明, 黄卫, 等. 冈底斯斑岩铜矿成矿带有望成为西藏第二条“玉龙”铜矿带 [J]. *中国地质*, 2001, 28(10): 27-29.
Hou Z Q, Qu X M, Huang W, et al. Gangise porphyry copper metallogenic belt is expected to become the second “Yulong” copper ore belt in Tibet [J]. *Chinese Geology*, 2001, 28(10): 27-29.
- [12] 曲晓明, 辛洪波. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境 [J]. *地质通报*, 2006, 25(7): 792-799.
Qu X M, Xin H B. Ages and tectonic environment of the Bangong Co porphyry copper belt in western Tibet, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(7): 792-799.
- [13] 宋扬, 唐菊兴, 曲晓明, 等. 西藏班公湖-怒江成矿带研究进展及一些新认识 [J]. *地球科学进展*, 2014, 29(7): 795-809.
Song Y, Tang J X, Qu X M, et al. Progress in the study of mineralizaion in the Bangongco-Nujiang metallogenic belt and some new recognition [J]. *Advances in Earth Science*, 2014, 29(7): 795-809.
- [14] 侯增谦, 王二七, 莫宣学, 等. 青藏高原碰撞造山与成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 2008.
Hou Z Q, Wang E Q, Mo X X, et al. Collision orogeny and mineralization in the Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008.
- [15] 陈有顺, 房后国, 刘娉慧, 等. 青藏高原矿产资源的分布、形成及开发 [J]. *地理与地理信息科学*, 2009 (6): 45-59.
Chen Y S, Fang H G, Liu P H, et al. Distribution, formation and exploitation of mineral resources in Qinghai-Tibet plateau [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2009 (6): 45-59.
- [16] 王璞. 西藏铜资源开发利用现状 [J]. *中国钼业*, 2018, 42(2): 26-30.
Wang P. The status of copper resource exploitation and utilization in Tibet [J]. *China Molybdenum Industry*, 2018, 42(2): 26-30.
- [17] 牛亚菲. 青藏高原生态环境问题研究 [J]. *地理科学进展*, 1999, 18(2): 163-171.
Niu Y F. The study of environment in the Plateau of Qin-Tibet [J]. *Progress in Geography*, 1999, 18(2): 163-171.
- [18] 徐友, 宁乔冈, 张江华. 基于生态保护优先的青藏高原矿产资源勘查开发的对策 [J]. *地质通报*, 2018, 37(12): 2125-2130.
Xu Y, Ning Q G, Zhang J H. Countermeasures and suggestions concerning mineral resources exploitation based on the ecological conservation priority in the Tibetan Plateau [J]. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(12): 2125-2130.
- [19] 王毓华, 邓海波. 铜矿选矿技术 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2012.
Wang Y H, Deng H B. Processing technology of copper ores [M]. Changsha: Central South University Press, 2012.
- [20] 邴友政, 郭正训. 充分开发利用铜资源的思考及对策 [J]. *冶金经济与管理*, 1991 (3): 22-25.
Bing W Z, Guo Z X. Consideration and countermeasure of fully developing and utilizing copper resources [J]. *Metallurgical Economics and Management*, 1991 (3): 22-25.
- [21] 丁一, 王青, 顾晓薇. 中国铜资源开发利用中的物质投入 [J]. *资源科学*, 2005, 27(5): 27-32.
Ding Y, Wang Q, Gu X W. Material inputs of copper exploitation in China [J]. *Resources Science*, 2005, 27(5): 27-32.