

青藏高原铜矿资源研究进展

王勤^{1,2}, 唐菊兴¹, 谢富伟¹, 林彬¹, 李玉彬³, 郭晓宇²

1. 中国地质科学院矿产资源研究所; 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037
2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059
3. 西藏自治区地质调查院, 拉萨 850000

摘要 青藏高原铜矿开发和利用历史悠久。得益于复杂的地质结构及地质演化过程, 青藏高原具备得天独厚的铜矿成矿地质条件, 铜矿因此成为高原地区最重要的优势矿种之一, 探明铜资源量位列全国之首, 是中国最重要的铜矿产地和后备铜资源基地。青藏高原地区铜矿床主要分布在玉龙铜矿成矿带、冈底斯铜矿成矿带及班公湖-怒江铜矿成矿带等3条铜矿带内, 形成时代集中于喜马拉雅期和燕山期, 暗示其形成和演化与高原构造-岩浆事件密切相关, 是响应重大地质事件的产物。矿床具有成因复杂、综合利用价值大的特点。本文以铁格隆南铜(金)矿床、雄村铜金矿床、甲玛铜多金属矿床和驱龙铜钼矿床为例, 介绍了青藏高原地区几种主要的铜矿床成因类型。巨大的铜矿资源潜力将改变中国铜矿资源分布格局, 但在资源开发的同时, 需要注意资源与环境的协同发展。

关键词 青藏高原; 铜矿; 资源开发

铜是最早为人类认识和开发利用的金属之一, 早在5000年以前, 人类的祖先就已经开始识别和利用铜^[1-2]。已有研究表明, 青藏高原铜金属的开发和利用历史悠久, 距今5600~4000年的同德宗日、拉萨曲贡等遗址中均有铜器出土, 说明4000年以前青藏高原地区就已经进入青铜时代, 比当时的中原地区还要早^[3]。铜具有良好的导电性、延展性、导热性及抗腐蚀性, 是国民经济建设中必不可少的原材料, 其地位仅次于铁、铝等重要金属。在现代工业中, 铜作为一种战略物资更是广泛地应用于民用和军事领域。

中国是铜资源储量大国, 截至“十二五”末, 已探明铜资源储量为9910.2万t^[4], 根据美国地质调查局公布的最新数据^[5], 中国的铜资源储量位列智利、澳大利亚、秘鲁、美国、墨西哥之后, 居第6位。青藏高原拥有复杂的地质结构及地质演化过程, 具有得天独厚的铜矿成矿地质条件。据不完全统计, 目前青藏高原地区已发现的铜矿产地达390处, 其中超大型、大型矿床17处, 中型矿床6处, 显示了巨大的铜矿资源潜力^[6-8]。仅据2012年底统计数据, 西藏自治区已探明铜资源储量就已经超过2000万t, 稳居全国之首^[9]。随着近年来一些重大找矿勘查突破, 已探明铜资源储量超过5300万t, 占全国已探明铜资源储量的1/2以上(表1)。毋庸置疑, 铜矿巨大的资

源潜力使其成为青藏高原上的重要优势矿种之一, 也使青藏高原成为中国最重要的铜矿产地和后备铜资源基地。

1 高原铜矿资源特点

1.1 空间分布规律

青藏高原主体位于世界三大斑岩铜矿成矿域之一的特提斯-喜马拉雅成矿域内, 总体可以分为3个铜矿成矿带^[10-11]: 藏东地区的“玉龙铜矿成矿带”^[12], 藏中拉萨-日喀则地区一江两河流域的“冈底斯铜矿成矿带”^[13]以及藏西北地区阿里-那曲沿线的“班公湖-怒江铜矿成矿带”^[14-15](图1)。仅此3条铜成矿带已探明铜资源储量总计已超过5300万t, 青藏高原的铜矿资源与其丰富的铁矿资源共同构筑起青藏高原的3道“铜墙铁壁”。

玉龙铜矿成矿带北起昌都县夏日多, 南至芒康县马牧普, 全长约250 km, 宽约40 km, 向北西进入青海见有纳日贡玛斑岩型铜矿, 向南从芒康延入云南西部的红山、雪鸡坪、普朗、马厂菁和金平等。以玉龙超大型斑岩铜(钼)矿床为代表, 还包括马拉松多、多霞松多、扎那尕、莽总等在内的一系列大-中型斑岩铜(钼)矿床及色礼、色错、吉措、日曲、遵喜、马牧普、错扎拉、龙木、莽扎、然达拉等岩体、恒星错、夏日多

收稿日期: 2016-11-16; 修回日期: 2017-03-28

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(201511017)

作者简介: 王勤, 工程师, 研究方向为区域成矿地质学及矿床学, 电子信箱: wagchin@163.com; 唐菊兴(通信作者), 研究员, 研究方向为矿床学及矿产普查与勘探, 电子信箱: tangjuxing@126.com

引用格式: 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; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.12.014

表1 青藏高原地区主要超大型-大型铜矿床统计

Table 1 Statistics of typical super large- large copper deposits in Qinghai-Tibet Plateau

| 序号 | 矿床名称 | 铜资源储量/万t | 矿床规模 |
|-------------|------------|----------|------|
| 玉龙铜矿成矿带 | 江达县玉龙铜矿 | >650 | 超大型 |
| | 察雅县马拉松多铜矿 | >150 | 大型 |
| | 昌都县莽总铜矿 | >90 | 大型 |
| | 贡觉县多霞松多铜矿 | >85 | 大型 |
| | 墨竹工卡县驱龙铜矿 | >1000 | 超大型 |
| 冈底斯铜矿成矿带 | 墨竹工卡县甲玛铜矿 | >750 | 超大型 |
| | 谢通门县雄村铜矿 | >200 | 大型 |
| | 昂仁县朱诺铜矿 | >200 | 大型 |
| | 尼木县岗讲铜矿 | >140 | 大型 |
| | 尼木县厅宫铜矿 | >100 | 大型 |
| | 尼木县冲江铜矿 | >50 | 大型 |
| | 曲水县达布铜矿 | >50 | 大型 |
| 班公湖-怒江铜矿成矿带 | 改则县铁格隆南铜矿床 | >1000 | 超大型 |
| | 改则县多不杂铜矿床 | >290 | 大型 |
| | 改则县波龙铜矿床 | >270 | 大型 |
| | 改则县拿若铜矿床 | >250 | 大型 |
| | 改则县多不杂西铜矿床 | >150 | 大型 |
| 总资源量 | | >5300 万t | |

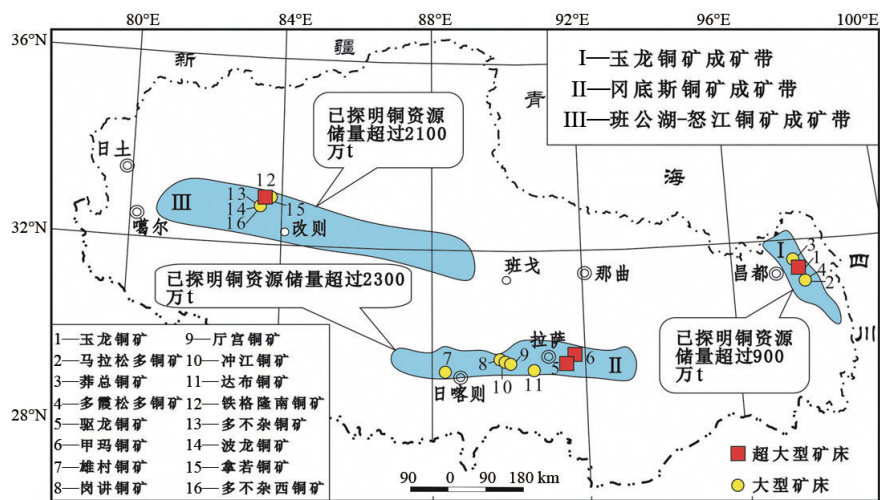


图1 青藏高原铜成矿带及主要超大型-大型铜矿床分布

Fig. 1 Distribution of copper metallogenic belt in Qinghai-Tibet Plateau

等极具远景的矿化点^[16]。

冈底斯铜矿成矿带沿以雅鲁藏布江流域为主体的“两江两河”地区呈近东西向展布,东西长约550 km,南北宽约10 km,沿雅鲁藏布结合带仍可继续向东西两侧延伸。以驱龙超大型斑岩铜矿床、甲玛超大型斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床、雄村大型斑岩型铜金矿床以及岗讲大型斑岩铜矿床等为代表,还包括了厅宫、冲江、白容、德明顶等一系列铜矿床(点)。

班公湖-怒江铜矿成矿带是近年来青藏高原上取得找矿重大突破的地区之一^[15-17]。其中,铜矿沿阿里地区噶尔县—

改则县—那曲地区班戈县一线呈近东西向展布,东西全长约800 km,南北宽约50 km。以多不杂大型斑岩型铜矿及波龙大型斑岩型铜矿(合称:“多龙铜矿”)为代表,也包括了近年取得最大找矿突破的铁格隆南矿床,其单个矿体铜资源储量已超过驱龙矿床,成为国内第一大铜矿床。矿带还包括了拿若、多不杂西等大型铜矿床及青草山、地堡那木岗、色那、尕尔勤、尕尔穷-嘎啦勒、舍索、雄梅等一系列重要的铜矿床(点)。由于地理环境限制,该矿带的地质工作程度仍较低,但巴基斯坦和伊朗等地在同一成矿带均发现了诸如赛恩达

克(Saindak)和萨尔切什梅(Sai Cheshmeh)等大型-超大型斑岩铜矿^[10-11],随着勘查工作的深入,相信该带还有更多矿床被发现。

通过几代地质工作者的共同努力,青藏高原上的三条斑岩铜矿成矿带已基本成形,以三“龙”(玉龙、驱龙、多龙)、一“村”(雄村)、一“玛”(甲玛)为代表,西藏铜矿呈现出群星闪耀、众星捧月的喜人景象^[18]。三条巨型斑岩铜矿成矿带的确立和资源储量的探明不仅为高原地区带来了巨大的经济潜力,而且这些超大型-大型矿床的形成演化更从各个方面改变着人们对高原形成演化的认识。

1.2 时间分布规律

众多资料表明,青藏高原地区的铜矿床的成岩成矿年龄具有显著的地域特征和分带性。其中,玉龙铜矿成矿带的成岩成矿年龄介于40~35 Ma之间;冈底斯铜矿成矿带的主要成岩成矿年龄变化于20~14 Ma;班公湖-怒江铜矿成矿带的主要成岩成矿年龄区间为125~90 Ma,表明青藏高原地区的铜矿主要形成于喜马拉雅期和燕山期,总体上反映了西藏铜矿的成矿时代较新的特点。

据最新的勘查及研究成果,喜马拉雅期形成的铜矿床数量多,规模大,主要分布于雅鲁藏布江缝合带北侧的冈底斯铜矿成矿带及西南三江地区的玉龙铜矿成矿带,与印度-亚洲大陆陆-陆碰撞所引发的构造-岩浆事件密切相关。燕山期的铜矿成矿作用同样不容小窥,主要分布于班公湖-怒江缝合带两侧,与班公湖-怒江洋的俯冲消亡所引发的构造-岩浆事件密切相关,形成了以铁格隆南、多不杂和波龙为典型代表的斑岩-浅成低温热液铜(金)矿化。

1.3 主要共(伴)生矿种

青藏高原铜矿的共(伴)生矿产丰富,独立铜矿床较少,具有较大综合利用价值。许多铜矿山生产的铜精矿含有可观的金、银和铜、镓、锗、铊、铷、铯、钨、钼以及大量的硫、铅、锌、镍、钴、铋、砷等元素,它们赋存在各类铜及多金属矿床中。斑岩型铜矿床中,多数矿床共生钼,伴生金、银元素;矽卡岩型铜多金属矿床中,铅、锌、金常共生产出,并伴生钴、锡、铜、银、镓、锗、铊、铷、铯、钨、钼等元素。

2 高原主要铜矿类型及典型矿床

青藏高原的铜矿类型多样,涉及的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、风化壳型等多种类型,但目前发现的具有工业意义的铜矿类型以斑岩型、矽卡岩型为主。

据不完全统计,在青藏高原地区已发现的31个主要铜矿床中,斑岩型矿床数(17个)占已发现矿床数的54.84%;矽卡岩型矿床数(8个)占25.81%;热液型矿床数(5个),占16.13%。已查明资源量的矿床类型中斑岩型占84%,矽卡岩+斑岩型占7%,矽卡岩型占5%,热液型占4%。

2.1 斑岩-浅成低温热液型铜(金)矿床

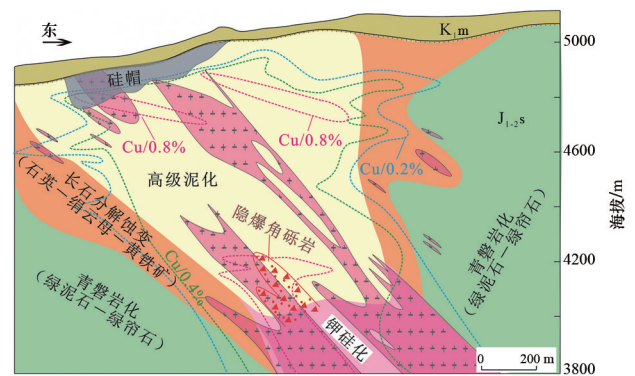
该类型矿床包括,近年来在多龙矿集区新发现的铁格隆

南矿床^[17]和冈底斯成矿带南侧的雄村铜(金)^[18],这两个矿床均达到大型或超大型规模,显示了巨大的找矿潜力。此类矿床在矿体结构上往往表现出二元结构,斑岩型矿体顶部常发育浅成低温热液型矿床^[20],构成斑岩-浅成低温热液成矿体系。与西南太平洋的菲律宾东缘、布干维尔、巴布亚-新几内亚等相似,属未成熟岛弧类型地质构造环境。

2.1.1 铁格隆南铜(金)矿床

铁格隆南铜(金)矿床位于阿里地区改则县北西约120 km处的多龙矿集区荣那沟,是2013年以来青藏高原最重大的找矿发现之一。该矿床目前已达到详查阶段,单个矿体的铜金属量达到1000万t以上,成为中国第2个可与紫金山铜金矿比肩的浅成低温热液矿床,并超过驱龙铜矿成为中国最大的单个铜矿体。

该矿床浅部发育以明矾石-高岭石化为特征的高级泥化蚀变,具有浅成低温热液矿化蚀变特征;深部发育以黑云母为特征的钾硅酸盐化蚀变,为斑岩成矿作用的典型蚀变类型。二者在空间上构成了具有叠加的二元结构,其上则被美日切错组安山岩覆盖(图2)。



K_{1m}—早白垩世美日切错组安山岩-英安岩-流纹岩组合;
J_{1-2S}—中-下侏罗统色洼组长石英砂岩

图2 西藏铁格隆南铜(金)矿床04排钻孔剖面
Fig. 2 Fourth row drill profile of Tiegelongnan copper (gold) deposit in Tibet

2.1.2 雄村铜金矿床

雄村铜金矿床位于日喀则市以东约53 km,距雅鲁藏布江北岸日喀则-谢通门县省道仅4 km,是西藏境内开采条件最好的矿山之一,目前处于矿山建设阶段。矿区已发现I号矿体(图3)、II号矿体、III号矿体、IV号矿(化)体、V号矿(化)体及洞嘎金矿。其中,仅I号矿体、II号矿体铜金属量即可达230万t、金金属量将近220 t、银金属量超过1000 t,潜在铜金属资源量有望超过500万t。I、II、III号矿体整体呈北西-南东走向,走向上具有等距性质。

2.2 斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床

斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床是冈底斯铜矿带东段主要

的矿床类型,以甲玛超大型斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床为代表。

甲玛矿区东西长约8~11 km,南北宽约6~11 km。由斑岩型、矽卡岩型、角岩型及独立金矿体构成“四位一体”的斑岩-矽卡岩矿床(图4)。矿床铜金属量超过750万t、钼金属量将近70万t、铅+锌金属量可达170万t、金金属量超过170t、银金属量达10000t。

2.3 斑岩型铜钼矿床

斑岩铜(钼)矿床是青藏高原最早发现的重要矿床类型

之一,以玉龙、驱龙超大型斑岩铜(钼)矿床为代表。现以驱龙超大型斑岩铜(钼)矿床为例进行说明。

驱龙矿床的发现历经近十年的时间,现已成为国内最大的斑岩型铜钼矿床之一,与其东北约16 km的甲玛矿床构成了冈底斯铜矿带最大的矿集区。其铜资源量超过1000万t,钼资源量约35万t。斑岩体全岩矿化,在深部连为一体,垂向上呈一不规则柱状体(图5^[21]),南部和北部陡倾,北部被中侏罗世的叶巴组火山岩所覆盖。矿体在北部已控制边界,边界线呈北西西-南东东走向,平面上呈波浪形起伏状。中部为

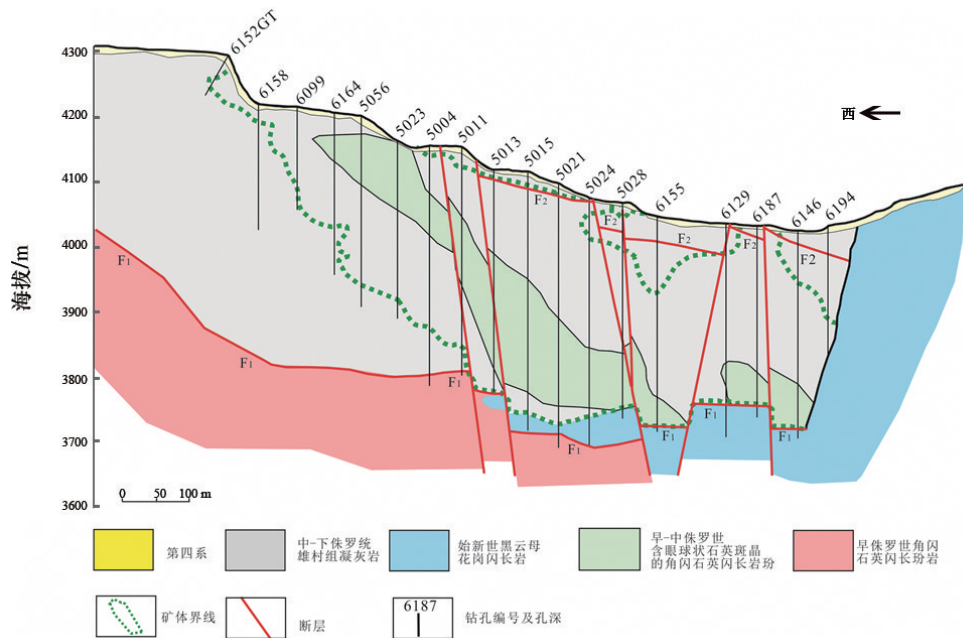


图3 西藏雄村矿区1号矿体剖面

Fig. 3 Profile of No.1 orebody of Xiongkun ore district in Tibet

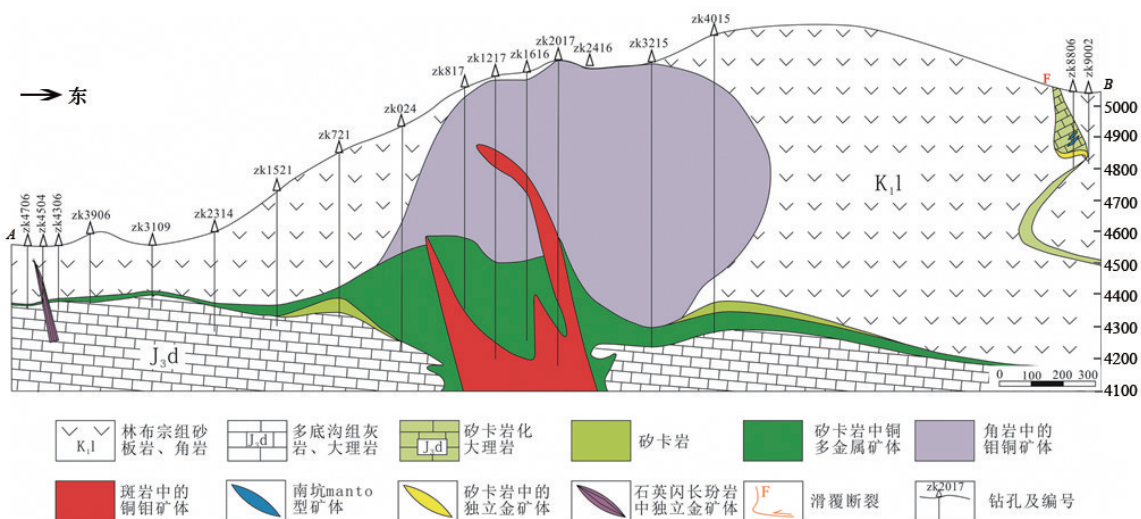


图4 西藏甲玛斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床勘探线剖面

Fig. 4 Exploration line profile of Jiama porphyry-skarn copper polymetallic deposit in Tibet

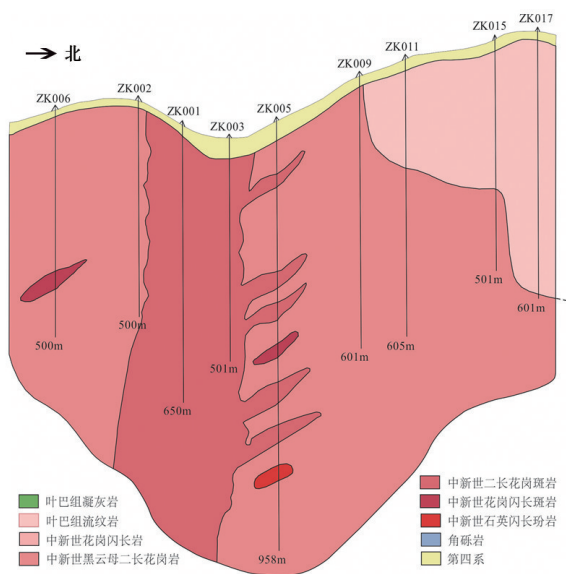


图5 西藏驱龙斑岩铜矿床0号勘探线剖面

Fig. 5 Profile of No.0 exploration line of Qulong porphyry copper deposit in Tibet

矿体的核心部位,东部矿体逐渐贫化变薄,向南东方向尖灭,西部矿体宽度逐渐变小^[22]。同驱龙矿床类似,玉龙铜矿在空间上也是由I、II、V号矿体连为一体组成,说明此类矿床矿体结构常呈多个矿体组成的复合体,进而构成超大型铜(钼)矿床。

3 高原铜矿资源的开发与环境保护

3.1 铜矿资源开发意义

铜是现代工业的基础原料之一,在国民经济发展中具有重要地位。世界上目前已探明铜矿资源为3.5亿~5.7亿t。中国是全球最大的铜消费国、铜加工制造业基地、铜基础产品输出国。从1949年精炼铜消费量0.29万t到2013年精炼铜消费量983万t,中国精炼铜消费量占全球的47%,但中国铜资源量仅占全球的5.5%,中短期内铜市场供需仍存在结构性矛盾。据中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心预测,2020年中国精炼铜需求量为750万~800万t,2025年为650万~750万t,需求的增速总体大于国内供应的增速,导致国产铜精矿与需求之间、国产精炼铜与消费之间的供需缺口呈扩大趋势^[23]。

随着近些年取得的重大找矿突破,青藏高原铜资源储量达5300万t,占全国储量1/2以上,将改变中国东部矿产资源日益枯竭的格局,形成全国资源互补的良好局面。青藏高原甲玛、玉龙等矿山已进行绿色开发,驱龙铜矿、普朗铜矿和羊拉铜矿将陆续投产,3个铜矿预计年产精铜25万t,为拉动藏区经济发展、解决藏族人民就业起到了重要作用。

3.2 铜矿资源开发与环境保护的协同发展

青藏高原由于海拔高、空气干燥、氧气稀薄、太阳辐射强等恶劣的自然条件,被誉为世界“第三极”,自然环境特殊,生

态环境极其脆弱。在进行高原铜矿资源开发的同时,应注意规避破坏高原环境的因素,应考虑水、土地、生物等资源以及矿山开采引发的地质灾害问题^[24]。青藏高原是黄河、长江、雅鲁藏布江、怒江和澜沧江的发源地,河流流经地地势高差大、水土流失严重,铜矿开采过程中大量的酸性废水易对下游水体造成污染,因此开采过程要加强工业三废排放指标的监控。由于青藏高原还在不断隆升,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,而青藏高原铜矿资源以斑岩型铜矿为主,埋藏浅,多适于露天开采。因此,合理规划矿区废石场、尾矿库等,改变粗放型开采是增加土地利用效率、防止土地资源被破坏的关键^[25],在矿产资源开采过程中应加强矿山工程地质研究和监控。

矿产资源的开采不可避免会对环境造成或多或少的影响。因此,在进行铜矿资源开发的同时要遵循尊重自然、顺应自然、保护自然的理念。青藏高原铜矿资源合理的开发和有效的利用不仅要加强政策上的约束和管理,以“谁开发、谁保护,谁受益、谁补偿,谁污染、谁治理,谁破坏、谁修复”为基本原则,而且要增强企业自身的环保意识,提升矿业开发技术,严控生态指标和工业指标,实现绿水青山与金山银山的协同发展。

4 结论

青藏高原因其得天独厚的地质、地理条件,蕴藏着丰富的铜矿资源。目前已探明铜资源储量已经超过5300万t,是高原最重要的优势矿种之一,青藏高原因此成为中国最重要的铜矿产地和后备铜资源基地。

铜矿床主要分布于藏东地区的“玉龙铜矿成矿带”,藏中拉萨—日喀则地区—两江河流域的“冈底斯铜矿成矿带”以及藏西北地区阿里—那曲沿线的“班公湖—怒江铜矿成矿带”,是青藏高原重大地质事件的产物,形成了“三龙”、“一村”、“一玛”的空间格局,成矿时代集中于喜马拉雅期和燕山期,共(伴)生矿种丰富,综合利用价值大,成因复杂多样。

巨大的铜矿资源潜力将改变中国资源格局。但面对青藏高原脆弱的生态环境,进行铜矿资源开发的同时,要遵循环保的理念,实现资源开发与环境保护的协同发展。

参考文献(References)

- [1] 李朝阳. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
Li Chaoyang. The feature of main types copper deposits in China and its metallogenic prospects[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000.
- [2] 邓会娟, 季根源, 易锦俊, 等. 中国铜矿资源现状及国家级铜矿床实物地质资料筛选[J]. 中国矿业, 2016, 25(2): 143-149.
Deng Huijuan, Ji Genyuan, Yi Jinjun, et al. Current status of copper-ore resources in China and screening of national copper-ore geological material data[J]. China Mining Magazine, 2016, 25(2): 143-149.
- [3] 赵元山, 李健胜. 从考古资料看青藏高原铜业的起源与发展[J]. 濮阳职业技术学院学报, 2015, 28(2): 30-34.

- Zhao Yuanshan, Li Jiansheng. Origin and development of copper industry in Qinghai-Tibet Plateau: In the perspective of archaeological data [J]. Journal of Puyang Vocational and Technical College, 2015, 28(2): 30-34.
- [4] Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2016 China Mineral Resources[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016.
- [5] Mihalasky M J, Ludington S, Hammarstrom J M, et al. Porphyry copper assessment of the central Asian orogenic belt and eastern Tethysides: China, Mongolia, Russia, Pakistan, Kazakhstan, Tajikistan, and India[R/OL]. [2017-03-13]. <https://pubs.usgs.gov/sir/2010/5090/x/pdf/sir2010-5090-X.pdf>.
- [6] 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, 25(6): 45-59.
Chen Youshun, Fang Houguo, Liu Pinhui, et al. Distribution, formation and exploitation of mineral resources in Qinghai-Tibet Plateau[J]. Geography and Geo-Information Science, 2009, 25(6): 45-59.
- [7] 西藏自治区地质调查院. 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: 1-784.
Tibet Institute of Geological Survey. The report of Tibet regional metallogenic regularity[R]. Lhasa: Tibet Institute of Geological Survey, 2013: 1-784.
- [8] 梅燕雄, 朱裕生, 叶锦华. 中国超大型矿床的若干统计特征[J]. 地球学报, 1997, 18(4): 358-366.
Mei Yanxiong, Zhu Yusheng, Ye Jinhua. Statistical characteristics of super-large ore deposits in China[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1997, 18(4): 358-366.
- [9] 应立娟, 陈毓川, 王登红, 等. 中国铜矿成矿规律概要[J]. 地质学报, 2014(12): 2216-2226.
Ying Lijuan, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. Metallogenic regularity of copper ore in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12): 2216-2226.
- [10] 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 Zongyao, Li Guangming, Wang Longsheng. Mineral resources of Qinghai-Tibet Plateau[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(1): 20-23.
- [11] 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, 11(1): 145-152.
Rui Zongyao, Li Guangming, Zhang Lisheng, et al. The response of porphyry copper deposits to important geological events in Xizang[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(1): 145-152.
- [12] 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 Zongyao, Huang Chongke, Qi Guoming, et al. Porphyry copper (molybdenum) deposits in China[M]. Beijing, Geological Publishing House.
- [13] 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 Zengqian, Qu Xiaoming, Huang Wei, et al. The Gangdise porphyry copper metallogenic belt with the hope to become the second “Yu Long” copper metallogenic belt of Tibet[J]. Chinese Geology, 2001, 28(10): 27-29.
- [14] 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(7): 792-799.
Qu Xiaoming, Xin Hongbo. 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.
- [15] 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(7): 795-809.
Song Yang, Tang Juxing, Qu Xiaoming, et al. Progress in the study of mineralization in the Bangongco-Nujiang metallogenic belt and some new recognition[J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(7): 795-809.
- [16] 唐仁鲤, 罗怀松. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
Tang Renli, Luo Huaisong. The geology of Yulong porphyry copper (molybdenum) ore belt, Xizang (Tibet)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995.
- [17] 唐菊兴, 孙兴国, 丁帅, 等. 西藏多龙矿集区发现浅成低温热液型铜(金银)矿床[J]. 地球学报, 2014, 35(1): 6-10.
Tang Juxing, Sun Xingguo, Ding Shuai, et al. Discovery of the epithermal deposit of Cu (Au-Ag) in the Duolong ore concentrating area, Tibet[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2014, 35(1): 6-10.
- [18] 西藏自治区地质调查院. 西藏自治区铜矿资源潜力评价成果报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质调查院, 2011.
Tibet Institute of Geological Survey. The report of Tibet resource potential assessment[R]. Lhasa: Tibet Institute of Geological Survey, 2011.
- [19] 唐菊兴, 王勤, 杨超, 等. 青藏高原两个斑岩-浅成低温热液矿床成矿亚系列及其“缺位找矿”之实践[J]. 矿床地质, 2014, 33(6): 1151-1170.
Tang Juxing, Wang Qin, Yang Chao, et al. Two porphyry-epithermal deposit metallogenic subseries in Tibetan Plateau: Practice of ‘absence prospecting’ deposit metallogenic series[J]. Mineral Deposits, 2014, 33(6): 1151-1170.
- [20] Sillitoe R H. Porphyry copper systems[J]. Economic Geology, 2010, 105(1): 3-41.
- [21] 多吉, 张金树, 刘鸿飞, 等. 冈底斯东段典型金属矿床地质特征及找矿潜力[M]. 北京: 地质出版社, 2012: 1-168.
Duoji, Zhang Jinshu, Liu Hongfei, et al. The geological characteristics and prospecting potential of east part of Gangdise, Tibet[M]. Beijing: Geological Publishing House.
- [22] 西藏自治区地质矿产勘查开发局第二地质大队. 西藏自治区墨竹工卡县驱龙矿区铜多金属矿勘探报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质调查院, 2007.
No. 2 Geological Party, Exploration and Development Bureau of Geology and Mineral of Tibet Autonomous Region. The exploration report of Qu Long copper polymetallic deposit, Tibet[R]. Tibet: Lhasa, Lhasa: Tibet Institute of Geological Survey, 2007.
- [23] 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, 28(5): 53-57.
Wang Jing, Shi Xiangjiang, Niu Lixian, et al. Cooper resources demand forecasting by scenario analysis in China [J]. Natural Resource Economics Of China, 2015, 28(5): 53-57.
- [24] 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 Yafei. The study of environment in the Plateau of Qin-Tibet[J]. Progress in Geography, 1999, 18(2): 163-171.
- [25] 李超. 青藏高原矿产开发与地质环境保护协调发展的对策[J]. 城市地理, 2016(14): 119-120.
Li Chao. The strategy of resource development and geological environmental protection on Qinghai-Tibet Plateau[J]. Global City Geography, 2016(14): 119-120.

Copper resource in Qinghai-Tibet Plateau

WANG Qin^{1,2}, TANG Juxing¹, XIE Fuwei¹, LIN Bin¹, LI Yubin³, GUO Xiaoyu²

1. MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resource Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China
2. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China
3. Tibet Institute of Geological Survey, Lhasa 850000, China

Abstract The development and the utilization of copper deposits in the Tibetan Plateau have a long history. The Tibetan Plateau is under a unique metallogenic geologic condition of copper deposits due to its complex geological structure and the geological evolution process, and the copper deposits become one of the most important types of mineral deposits in the Tibetan Plateau. The proven resource of copper in the Tibetan Plateau ranks the first in China, and the Tibetan Plateau becomes the most important producer of copper and the base of the copper resource. The copper deposits in the Tibetan Plateau are mainly distributed in the Yulong copper metallogenic belt, the Gangdise copper metallogenic belt and the Bangong Co-Nujiang copper metallogenic belt, and are mainly formed in the Himalayan and Yanshanian period, which suggests that their formation and evolution are closely related to the plateau tectonic-magmatic events, and to the major geological events of the Tibetan Plateau. These deposits involve complex causes of deposit formation and have a very high comprehensive utilization value. In this paper, the genetic types of the main types of copper deposits in the Tibetan Plateau are introduced, taking the Tiegelongnan copper(gold) deposit, the Xiongcu copper-gold deposit, the Jiama copper-polymetallic deposit and the Qulong copper-molybdenum deposit as examples. The huge potential of copper resources of the Tibetan Plateau will change the pattern of the copper resources in China, but while we develop copper resources, at the same time, we should pay attention to the coordinated development of resource development and environmental protection.

Keywords Qinghai-Tibet Plateau; copper deposits; mineral resource development

(责任编辑 刘志远)