

西藏甲玛铜多金属矿床三维模型分析与深部预测

李莹, 肖克炎, 李楠, 邹伟, 张婷婷

中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

摘要: 西藏甲玛铜多金属矿床位于拉萨东约 68 km 处, 是冈底斯成矿带内与斑岩成矿作用有关的斑岩-矽卡岩-角闪型铜多金属矿床。本文以矿床成矿系列和成矿地质异常理论为指导, 开展了矿田构造分析、地球化学元素分带研究。文章运用三维建模及可视化技术建立矿区三维矿床模型, 通过曲面模拟方法提取矿区控矿构造界面, 查明了矿区构造界面对 Cu、Mo、Ag、Au 等元素的富集有绝对控制作用; 矿区地球化学元素分带表现为浅部 Pb、Zn 至深部 Cu、Mo 的变化特征, 矿区成矿中心空间位置的探讨说明矿区在 ZK1616—ZK3216 一带的深部存在隐伏含矿斑岩体。

关键词: 控矿构造; 元素分带; 三维矿床模型; 甲玛铜多金属矿; 西藏

中图分类号: P618.41; P628.3 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2013.04.15

Three-dimensional Model Analysis and Deep Prognosis of the Jiama Copper-polymetallic Deposit in Tibet

LI Ying, XIAO Ke-yan, LI Nan, ZOU Wei, ZHANG Ting-ting

Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract: Located about 68 km away from the east of Lhasa in Tibet, the Jiama copper polymetallic deposit is a porphyry-skarn-hornfels type copper-polymetallic deposit related to the ore-forming process of porphyry in the Gangdise metallogenic belt. Guided by the metallogenic series and ore-forming geological anomaly theory, this paper analyzed ore field structures and elements zoning. The authors used three-dimensional modeling and visualization technology to build its 3D deposit model, applied the surface simulation method to extract ore-controlling structure interface of the mining area, and proved that the structural interface had completely controlled the enrichment of Cu, Mo, Ag, Au. The elements zoning studies have shown the variation that shallow Pb, Zn change to deep Cu, Mo. The discussion on the spatial position of the metallogenic center shows that it is possible to find concealed porphyry ore bodies in the depth of ZK1616-ZK3216 area.

Key words: ore-controlling structure; elements zoning; three-dimensional deposit model; Jiama copper-polymetallic deposit; Tibet

西藏甲玛铜多金属矿床位于西藏拉萨市以东 68 km 处, 是冈底斯成矿带内的重要矿床之一。近年来的勘查工作和地质研究揭示甲玛矿床为岩浆热液交代成因, 初步建立了斑岩-矽卡岩成矿系统的地质勘查模型。甲玛矿床规模大, 现已控制的铜、钼、铅、锌、金、银资源量均达大型(唐菊兴等, 2010)。前人对甲玛的矿床模型和预测研究主要通过文字性

描述和二维图解表达, 这种方式不能直观表现矿床三维分布和空间变化特征。本文将三维建模计算机可视化技术、曲面模拟和空间插值方法与矿田构造分析、地球化学元素分带研究相结合, 分析了甲玛铜多金属矿床模型的特征, 为矿床模型研究和深部预测提供了基于真三维视角的佐证。

甲玛矿区位于冈底斯—念青唐古拉地体南缘,

本文由国家自然科学基金项目(编号: 41002119)、国家 863 计划项目(编号: 2006AA06Z114)、国家科技支撑计划项目(编号: 2006BAB01A01)和中国地质调查局地质调查项目(编号: 1212010012013)联合资助。

收稿日期: 2013-04-17; 改回日期: 2013-05-28。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 李莹, 女, 1983 年生。博士研究生。主要从事三维矿产预测方面的研究。E-mail: 13811089756@139.com。

区内出露地层为被动陆缘环境下沉积形成的碎屑岩-碳酸盐系, 以下白垩统林布宗组(K_1l)、上侏罗统多底沟组(J_3d)为主(图 1)。区内发育不同级别、不同性质的构造, 包括多底沟组与林布宗组的层间构造及甲玛—卡均果推覆构造体系(唐菊兴等, 2010)。矿区出露的侵入岩主要有花岗斑岩、二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩。甲玛矿床成因属岩浆热液交代作用下的与斑岩成矿作用有关的斑岩-矽卡岩-角岩型矿床, 根据赋矿岩石的不同, 甲玛铜多金属矿床矿体分为 3 类: 产于角岩中的钼铜矿体, 产于矽卡岩中的铜多金属矿体和产于斑岩中的钼铜矿体。角岩型、矽卡岩型矿体走向上已被控制, 斑岩型矿体属于深部隐伏矿体(郑文宝等, 2010)。

1 控矿构造界面模拟

矿床构造是控矿基本因素, 其空间展布、形态变化等对矿体分布有重要控制作用, 研究其三维空间展布趋势对预测深部隐伏矿体起重要作用。甲玛矿床层间构造为流体向远离斑岩体的场所扩散提供了有利空间, 也为岩浆热液的运移提供了通道及矿质沉淀场所(郑文宝等, 2010)。本研究搜集了甲玛矿区勘探资料, 提取 214 个钻孔中林布宗组与多底沟组层间临界点数据, 对控矿构造界面进行三维模拟。根据临界点(x, y, z)空间坐标值, 通过网格化后, 将高程 z 值作为待插值, 运用距离平方反比插值方法得出空间中的若干个(x, y, z)离散点数据, 构建函数 $f(x, y, z) = z - \bar{z}$, 提取 $f(x, y, z) = 0$ 的等值曲面,

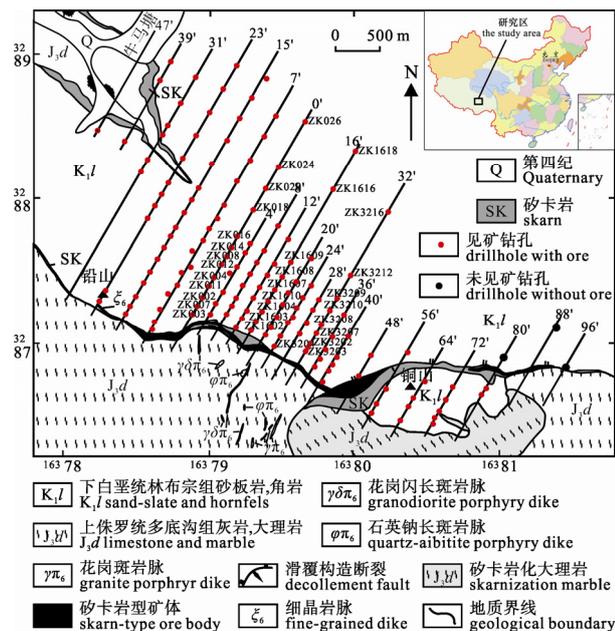


Fig. 1 Geological a map of the Jiama ore district (after TANG et al., 2010)

模拟结果见图 2。据图 2, 控矿构造界面总体走向北西西, 向北东倾斜, 近地表产状陡, 往深部倾角变缓, 矿区矽卡岩型矿体主要赋存于构造界面下方, 多底沟组大理岩与林布宗组角岩、板岩的层间构造界面为形成连续矽卡岩型矿体提供了容矿场所。

2 地球化学元素空间分布规律

甲玛矿区主要成矿元素是 Cu、Mo、Pb、Zn, 研究通过提取矿区钻孔元素化探数据, 利用空间插值方法, 分析了各元素空间分布规律。图 3 为主要成矿元素经过空间网格化和插值后所得的立体值线在甲玛 47、31、15、0、16、32、48、64、80 号剖面上的切片图, 上述 9 个剖面沿矿体走向方向自西向东依次排开, 剖面间距约 400 m。由图 3 可知: Pb、Zn 两种紧密共生的元素(郭衍游等, 2011), 分布规律非常一致, 分布于矿区南侧的铅山—铜山一带, 位于矿头或近地表处, 在海拔 4600 m 以上, 表现为浅成低温成矿的特点; Cu 元素与 Pb、Zn 元素分布比较, 垂向上分布偏于中下部, 除少量高值出现在矿区北西和南东边缘区域海拔在 4500 m 以上, 其余高值区分布于 4500 m 以下, 平面上分布偏于矿区中部, 有向北东部延展的趋势; Mo 元素与上述元素比较, 偏于富集在矿区深部, 浓集中心较 Cu 元素更偏于矿区北东部, 由 16、32 号剖面 Mo 元素分布可知随

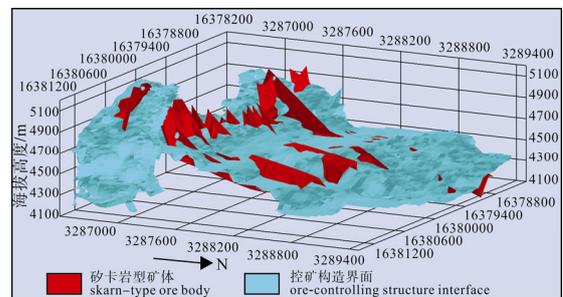


图 2 甲玛矿区控矿构造界面三维模拟图
Fig. 2 3D simulation diagram of ore-controlling structure interface in the Jiama ore district

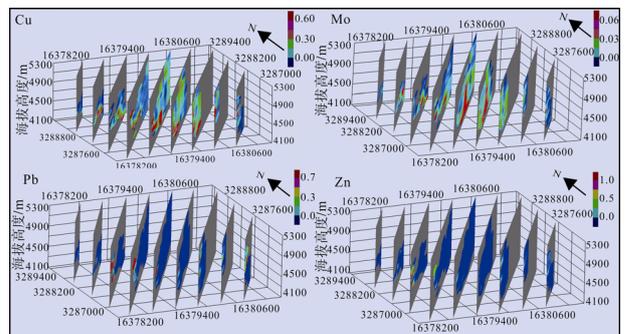


图 3 主要成矿元素立体等值线剖面切片图
Fig. 3 Profile slices of three-dimensional contour of main ore-forming elements

深度增加, 浓集范围有扩大的趋势。

3 讨论

3.1 控矿构造界面对成矿影响

为进一步讨论硅钙界面对矽卡岩型矿体产出影响程度, 取硅钙面 50 m 缓冲区与矽卡岩矿体求交, 统计结果见图 4; 据图 4 所示, 矿区主要成矿元素 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、Au 在硅钙面缓冲区内所占比例, 其中 Cu、Mo、Ag、Au 资源量在硅钙面缓冲区内所占的比值相近, 为 60%~70%; 由此可知硅钙面对 Cu、Mo、Ag、Au 元素的富集有绝对的控制作用, 而 Pb、Zn 资源量在硅钙面缓冲区内所占比值为 20%~25%, 显示硅钙面对 Pb、Zn 元素富集的影响较小, 两者可能主要受到了矿区推/滑覆构造的影响, 流体运移至矿区铜山附近的过程中受到滑覆构造体系的阻挡而聚集发生矿化而形成 Pb、Zn 矿体。

3.2 成矿元素分带

通过元素比值的空间展布可分析主要成矿元素的水平、垂向分带特征(郑文宝等, 2010), 图 5A、B 分别为(Pb+Zn)/Cu、Mo/Cu 元素比值经过空间网格化和插值后所得到的立体等值线在不同水平中段上的分布, 图 5C、D 分别为上述两种元素比值随海拔变化曲线。由图 5A 所示, Pb、Zn 与 Cu 元素相比, 垂向上主要分布于海拔 4600 m 以上, 平面上主要位于矿区南部; 由图 5C 所示, (Pb+Zn)/Cu 比值随海拔 5200 m 至 4200 m 变化为从 1.73 降至 0.31, 海拔 4500 m 以上主要富集 Pb、Zn 元素, 海拔 4500 m 以下主要富集 Cu 元素; 由图 5B 所示, Mo 与 Cu 元素相比, 垂向上主要分布于海拔 4600 m 以下, 平面上主要位于矿区南部; 由图 5D 所示 Mo/Cu 比值随海拔 5000 m 至 4200 m 变化从 0.15 升至 1.17, 海拔 4400 m 以上以 Cu 元素富集为主, 海拔 4400 m 以下以 Mo 元素富集为主。

因此将甲玛矿区的主要成矿元素由南西(浅部)向北东(深部)分带如下: Pb+Zn Cu Cu+Mo Mo(郑文宝等, 2011)。成矿元素平面与垂向分带

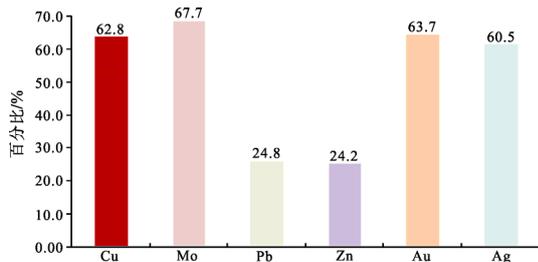


图 4 甲玛硅钙面与成矿主元素关系图
Fig. 4 Diagram of Si-Ca interface and main ore-forming elements

总体表现一致, 为以浅部、南西向低温元素 Pb、Zn 至深部、北东向高温元素 Cu、Mo 分布的特征, 这反映了热液沿层间破碎带从深处向浅部侧向运移的特点, 构成了一个完整的与岩浆作用有关的元素分带特征。

3.3 成矿中心的探讨

据图 5B 中高温元素组合的分布范围, 表明近岩体接触带主要位于矿区北部; 图 5D 中钼矿化在海拔 4400 m 以下逐渐增强的趋势表明极有可能在矿区深部找到斑岩型钼铜矿体。为探求矿区钼铜斑

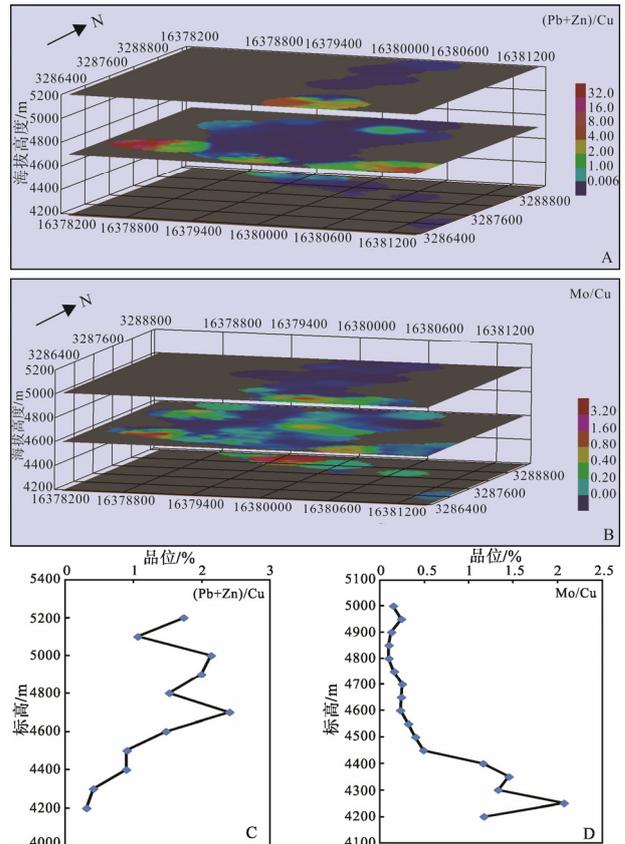


图 5 元素比值立体等值线水平中段分布图
Fig. 5 Three-dimensional contour of element ratios at the horizontal level

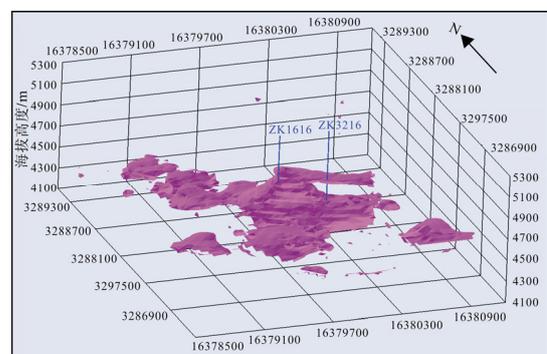


图 6 Mo 元素化探异常等值面空间分布
Fig. 6 Spatial distribution of Mo geochemical anomaly contour surfaces

岩体的位置,进行了高温 Mo 元素等值面的提取。由图 6 可知, Mo 元素异常(品位大于 0.06)的空间分布特征表明在 ZK1616—ZK3216 一带存在浓集中心,该浓集中心呈钟形展布,异常等值面向深部有扩大的趋势,推测深部可能是流体源或存在隐伏斑岩体。此外,角岩及角岩矿由南西向北东逐渐增厚,在 ZK3216 附近角岩厚度最大,角岩型矿体在 ZK3216 处厚度达到近 1000 m。角岩成因上是由岩浆在侵入过程中向围岩释放热量而形成的热接触变质岩,巨厚角岩的形成需要巨量热的供应(王崴平等, 2011; 王登红等, 2011),在 ZK3216 附近形成如此厚的角岩及角岩型矿体,指示了 ZK3216—ZK1616 一带为深部岩体的中心位置。

4 结论

通过对甲玛矿区矿床三维模型的分析,得到以下结论:

(1)甲玛矿区多底沟组大理岩与林布宗组角岩、板岩的层间破碎带是矿体形成的一种理想的界面。通过对该界面的三维模拟,统计主成矿元素 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、Au 在该界面 50 m 缓冲区内所占比例大小,得出甲玛矿区硅钙界面对矽卡岩矿体的形态有较大的影响,对 Cu、Mo、Ag、Au 元素的富集有绝对的控制作用。

(2)甲玛矿区成矿元素由南西(浅部)向北东(深部)分带均表现为: Pb+Zn-Cu-Cu+Mo-Mo。成矿元素空间分布具有典型与岩浆成矿作用有关的元素分带特征。

(3)矿区 Mo/Cu 比值在海拔 4400 m 以下逐渐增强, Mo 元素异常等值面的空间展布成钟形,异常等值面向深部有扩大的趋势, ZK3216 附近形成巨厚角岩及角岩型矿体,以上均指示 ZK3216—ZK1616 一带是成矿中心,其深部可能存在隐伏含矿斑岩体。

致谢: 西藏华泰龙矿业开发有限公司为笔者的野外工作提供了资助,中国地质科学院矿产资源研究所唐菊兴研究员、成都理工大学的老师和同学在野外调研过程中给予帮助,审稿专家对稿件提出较多建设性的修改意见,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献:

郭衍游,王焕,畅哲生,唐晓倩,丁帅. 2011. 西藏甲玛铜多金属矿有用元素空间分布特征及地质意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 38(6): 684-688.
唐菊兴,王登红,汪雄武,钟康惠,应立娟,郑文宝,黎枫信,

郭娜,秦志鹏,姚晓峰,李磊,王友,唐晓倩. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿床地质特征及其矿床模型[J]. 地球学报, 31(4): 495-506.

王登红,唐菊兴,应立娟,林彬,丁帅. 2011. 西藏甲玛矿区角岩特征及其对深部找矿的意义[J]. 岩石学报, 27(7): 2103-2108.

王崴平,唐菊兴. 2011. 西藏甲玛铜多金属矿床角岩岩石类型、成因意义及隐伏斑岩体定位预测[J]. 矿床地质, 30(6): 1017-1038.

郑文宝,陈毓川,宋鑫,唐菊兴,应立娟,黎枫信,唐晓倩. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿元素分布规律及地质意义[J]. 矿床地质, 29(5): 775-784.

郑文宝,陈毓川,唐菊兴,畅哲生,汪雄武,应立娟,黎枫信,王焕,唐晓倩. 2011. 西藏墨竹工卡县甲玛矿区筒状矿体的发现及其地质意义[J]. 矿床地质, 30(2): 207-217.

References:

GUO Yan-you, WANG Huan, CHANG Zhe-sheng, TANG Xiao-qian, DING Shuai. 2011. Research on the spatial distribution of useful elements in the Jiama copper-polymetallic deposit, Tibet, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology(Science & Technology Edition), 38(6): 684-688(in Chinese with English abstract).

TANG Ju-xing, WANG Deng-hong, WANG Xiong-wu, ZHONG Kang-hui, YING Li-juan, ZHENG Wen-bao, LI Feng-ji, GUO Na, QIN Zhi-peng, YAO Xiao-feng, LI Lei, WANG You, TANG Xiao-qian. 2010. Geological Features and Metallogenic Model of the Jiama Copper-polymetallic Deposit in Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(4): 495-506(in Chinese with English abstract).

WANG Deng-hong, TANG Ju-xing, YING Li-juan, LIN Bin, DING Shuai. 2011. Hornfels feature in Jiama ore deposit, Tibet and its significance on deep prospecting[J]. Acta Petrological Sinica, 27(7): 2103-2108(in Chinese with English abstract).

WANG Wei-ping, TANG Ju-xing. 2011. Rock Types and genetic significance of hornfels and location prediction of concealed porphyry bodies in Jiama copper polymetallic deposit, Tibet[J]. Mineral Deposits, 30(6): 1017-1038(in Chinese with English abstract).

ZHENG Wen-bao, CHEN Yu-chuan, SONG Xin, TANG Ju-xing, YING Li-juan, LI Feng-ji, TANG Xiao-qian. 2010. Element distribution of Jiama copper-polymetallic deposit in Tibet and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 29(5): 775-784(in Chinese with English abstract).

ZHENG Wen-bao, CHEN Yu-chuan, TANG Ju-xing, CHANG Zhe-sheng, WANG Xiong-wu, YING Li-juan, LI Feng-ji, WANG Huan, TANG Xiao-qian. 2011. Discovery of the tubular ore body in Jiama ore district, Tibet and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 30(2): 207-217(in Chinese with English abstract).