

红牛铜矿区钨矿资源潜力预测及成矿模式建立

王 杨 李建翔

云南黄金矿业集团股份有限公司勘查分公司 云南昆明 650200

摘 要: 红牛铜矿区钨矿潜力预测与成矿作用研究表明,在地质调查、地球化学、地球物理以及钻孔资料基础上,利用块体建模、克里金插值法和多因素叠加法对矿体的空间位置及其储量进行估算。根据区域构造背景、岩浆活动以及热液流动特点建立成矿物质运动模型以及控制因素,并找出有利成矿部位和高潜力富集区。矿体呈脉状或层状产出,主要发育在岩浆接触边界的破碎地带,对下一步的工作部署具有重要指导意义。

关键词: 红牛铜矿; 钨矿; 潜力预测; 成矿模式; 地质建模

引言

红牛铜矿区铜钨共生明显,矿体形成与岩浆活动、构造有关,同时受到多次热液叠加作用的影响。而随着社会对新能源、电子和高新技术产业的需求增加,准确估算该区钨资源量显得尤为重要,但复杂的地质环境给传统的经验估算带来困难,在此基础上进行地质调查、数据分析以及控矿因素的研究可以建立钨矿潜力评估模型和成矿模式,从而指导合理的找矿部署、布置钻探工程以及合理开发矿山资源。

一、红牛铜矿区地质背景及钨矿赋存特征

(一) 区域地质概况

红牛铜矿区位于强烈构造活动的褶皱—断裂带中,地层为中生代中期花岗岩、变质片麻岩等组成的多期侵入—变质岩复合体。花岗岩形成于1.35 ~ 1.42Ga,具有斑状—细粒结构,面积约为12km²,在NE、NW向断裂上分布。区域内岩浆活动强烈,有大量侵入体及岩脉存在,岩脉宽度为0.5 ~ 10m,在一些地方发育有热液蚀变带,SiO₂升高5 ~ 8个百分点,K₂O/Na₂O提高0.2 ~ 0.4,说明热液富集阶段与岩浆侵入有关。构造主要为NE向断裂带以及NW向裂隙系统,裂隙密度为2 ~ 6条/km,多次叠加构成控制性构造网络。较大的断裂带宽度在50 ~ 120m之间,伴有一定量的剪切以及周围岩石蚀变,有利于矿化流体流动并产生矿体。该区受三个时期应力影响,有NNE、NNW、ENE三个方向裂隙发育,对于脉状矿体沿着主要走向延伸起到良好作用。

作者简介: 王杨(1991.05—),男,汉族,云南曲靖人,本科学历,地质工程师;研究方向:地质矿产勘查。

(二) 钨矿矿体类型与赋存特征

钨矿在红牛铜矿区主要分布在斑状花岗岩热液脉、脉状矿体以及围岩破碎带内,矿体形态呈脉状或者层控脉状分布,厚度一般为0.5~6米,平均约为2.3米,主要集中在断裂或裂隙带附近,局部由于断裂相交而增厚。矿石品位为0.4%~1.2%,个别地方达到1.5%,同时伴生有锡、铜、钼以及少量的铁、锌等元素,是典型的多金属矿床。矿体形态主要有板状、脉状及片麻状,较大矿体长度可达300~450米,在某些区域厚度相对稳定,变化幅度小于±15%,利于建立三维矿体模型。矿物主要是白钨矿(Scheelite),其次有少量方解石、石英及黄铁矿,粒径在0.2~2毫米之间,成结晶—脉状分布,有利于保证矿石品位一致性。根据厚度、品位以及矿物成分可以划分为大矿体和小矿体两种类型。

(三) 控矿因素分析

红牛铜矿区钨矿富集受岩浆侵入、围岩破碎带以及主要断裂共同影响。岩浆侵入体及其附近破碎带为热液流动及存储场所,裂隙密度2 ~ 6条/km,透水性强,在断裂交汇处或岩浆附近蚀变带是主要富集区,脉状矿体沿主构造可延伸数公里,厚度变化在±15%以内。热液温度约为320 ~ 380℃,pH值为5.5 ~ 6.8。蚀变为石英—方解石化,其次为钾化、绢云母化等,蚀变约占整个岩体8% ~ 12%,并且与上方高品位矿体紧密相关。部分矿体由于断裂交汇产生较大应力而形成,脉体呈带状分布,长度达到400m以上并伴随少量裂隙有利于流体富集及矿物结晶。

二、钨矿资源潜力预测方法与技术应用

(一) 数据整合与预处理

红牛铜矿区钨矿潜力预测是在充分搜集各种类型的基础资料基础上开展工作,主要包括地质测量资料、地球

化学样品测试数据、地球物理剖面以及以往钻孔资料等。其中地质测量资料有1 : 5000地形地质图、断裂及蚀变带位置等,精度较高,一般在5m左右;地球化学分析有岩石、矿化脉、围岩等共562个点,用ICP-MS测定了W、Sn、Cu、Mo含量,准确度为 $\pm 0.02\%$,可信度高;地球物理有重力、磁法和电法剖面,总长约为12km,间隔为10m,经过过滤去除了大部分干扰信号;历史钻探资料主要是区内主要矿体及其附近部位,平均孔深为120m,孔位顶部和底部位置精度 $\pm 0.5\text{m}$,所含钨品位0.4%~1.5%。

数据预处理主要包括空间坐标校正,将各种不同的测量系统以及坐标统一到UTM WGS84坐标系下,保证多种来源的数据具有良好的空间对应关系;使用 3σ 判别法去除异常值,在地球化学上突出极值并对其进行适当修正以减轻其对预测结果的影响;对多种来源的数据进行标准化处理,使岩石、脉体以及围岩的各种物理化学参数都在0~1之间,消除单位差别带来的影响,有

利于数据的一致性。

(二) 块体建模与地质统计分析

完成数据整合后,主要矿体采用分层单元法建立三维模型,沿垂向划分为五层,每层厚度约1.0~1.5m,以准确反映厚度变化及局部高品位区。随后应用克里金法进行品位空间内插,并通过半变异函数求取各层半变异距及相关性距离,其中水平方向为50~120m,垂向为10~20m。模型结果显示,矿体平均厚度为2.3m,厚度变化率为 $\pm 15\%$,品位为0.4~1.2%,局部可达1.5%左右。基于三维模型开展蒙特卡洛模拟,分别对厚度、品位和原位密度参数增减10%、0.15%、 0.05t/m^3 ,进行一万次计算。结果表明,厚度变化对资源量影响最大,占62%;品位次之,占30%;密度最小,占8%。在预测误差不超过 $\pm 5\%$ 的条件下,该方法可有效控制资源量精度,并为潜力区优选及勘探设计提供依据。如图1所示。

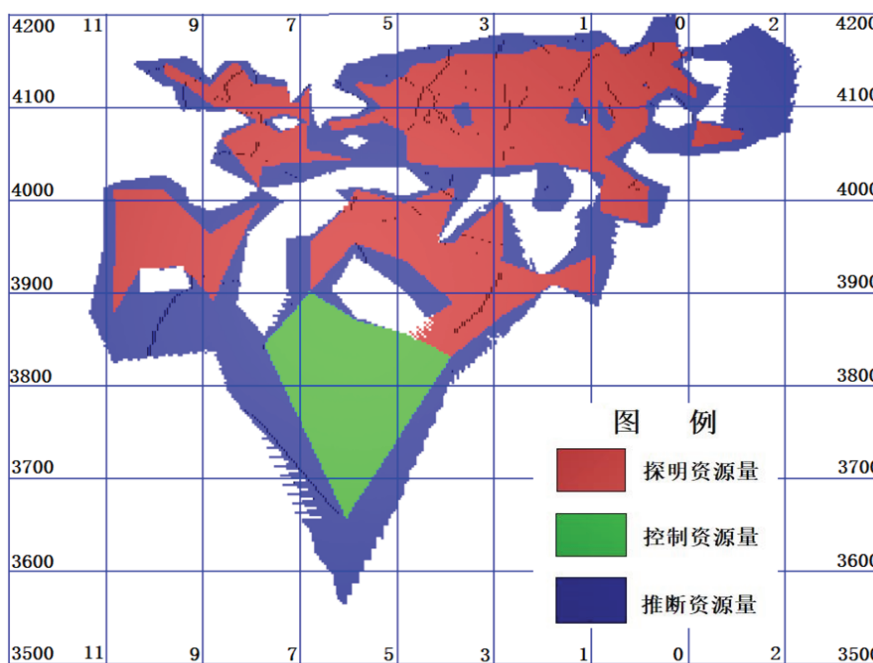


图1 矿体资源量类型划分示意图

(三) 潜力区评价与预测结果

以三维矿体为基础,在此基础上加入控矿因素进行多因素潜力评价,即岩浆侵入体、主要断裂交叉处、破碎带以及热液蚀变强烈地区。赋值采用0至1之间比例尺,断裂交叉处与蚀变强烈地区赋值为0.9到1.0,围岩破碎带赋值为0.7到0.9,岩浆相邻地区赋值为0.8到1.0,然后对这些控矿因素进行加权叠加得到潜力区综合指数分布图。综合指数大于等于0.85地区视为高潜力区,面

积约3.5平方千米,占整个矿区面积的30%,集中在近东西走向断裂附近或者靠近岩浆边缘破碎地带。

预测结果表明,红牛铜矿区钨矿潜在资源量约为15万吨,其中主矿体占65%~70%,次生矿体占30%~35%。在潜力区内矿石厚度平均为2.4m,品位平均水平为0.68%,局部高品位可达到1.5%,矿体延伸长度最大可达350~420m,宽度为50~120m,空间上较连贯。潜力区主要位于岩浆接触破碎带以及断裂交汇处附近,钻孔间

距以50~80m为宜,有利于提高厚度和品位估算准确性。

三、钨矿成矿模式构建与应用

(一) 成矿作用类型与控矿规律

红牛铜矿区钨矿是典型的岩浆相邻热液型矿床,成矿作用受到花岗岩浆侵入以及多次热液活动的影响。热液流体温度约为320~380℃,pH5.5~6.8,矿化流体富含钨、锡、铜、钼等元素,在流动过程中沿着NE向和NW向断裂、裂隙和围岩破碎带形成流路。矿体呈脉状或层控脉状产出,厚度为0.5~6米,平均厚度为2.3米,长度为200~450米,矿脉走向与区域主要应力方向相同,在某些地方断裂交汇处形成汇流点,使得矿化更加集中,部分矿石中钨品位高达1.5%,主要矿物为白钨矿,其次为方解石、石英少量黄铁矿,晶体粒径在0.2~2毫米之间,呈晶粒-脉状分布,表明了岩浆-流体-构造联合机制对于矿化富集成因的影响。

控矿规律是多种因素综合作用结果:第一,岩浆侵入体及其周围热液蚀变带是主要控矿区,局部矿体厚度变化率为±15%,厚度较为一致,有利于建模;第二,断裂作用明显,NE向主断裂带宽度在50~120m之间,裂隙密度为2~6条/km,有利于流体通过;第三,围岩破碎带透水性和蚀变程度对钨矿沉积位置有影响,蚀变部分占整个岩石体积比例约为8~12%,并且与高品位矿体的空间分布密切相关。

(二) 区域成矿模式建立

区域成矿模式基于岩体分布、主要断裂构造和热液蚀变带。控矿岩体模型以1.35~1.42 Ga中期花岗岩体为中心,周围岩浆接触破碎带发育,厚度2~6m,脉体间距50~120m,是热液流动和矿物沉淀场所。热液通道沿断裂带及交汇处发育,通道长度300~400m,宽度30~80m,部分断裂交汇处富集区品位提高0.15~0.25个百分点,和围岩蚀变程度密切相关。

成矿模式表明岩浆-构造-热液流体系统的作用关系,岩浆侵入体为热源和金属载体,构造裂隙是热液流动通道,热液蚀变带为成矿物质场所。矿体沿主应力方向展布,大小和品位受构造影响,厚度变化幅度±15%,品位一般为0.68%,局部可达1.5%。此模式可绘制控矿岩体、热液通道及矿化富集区示意图,为钻探工作和资源估算提供依据,建立合理的区域勘探方案。

(三) 模式应用与勘探指导

根据成矿模式,可以有针对性地布置钻孔及优化勘探工作。钻孔间距根据矿体厚度、延伸长度以及脉体连续性合理确定,在主要矿体内布置50~80m间距,在局

部断裂交汇处布置30~50m间距,保证矿体厚度以及品位估算误差小于±5%。钻孔深度根据矿体底板埋深以及热液蚀变范围而定,一般平均钻孔深度约为120m,在局部高潜力地段可达到150m以上,以便覆盖未钻探部分。

成矿模式可用于预测未钻探区潜在资源量以及高富集区位置,采用多种因素叠加以及三维空间分析进行找矿与开发的一体化管理。模式的应用可以减少找矿的风险性,优化钻孔的位置和深度,还可以对资源进行合理的评价,做出正确的投资决策以及矿区的开发等。高潜力区面积为3.5km²,矿层的平均厚度为2.3m,延伸长度在350至420m之间,品位平均水平为0.68%,局部品位可达1.5%,此模型可作为该地区钨矿找矿深度以及开发部署的技术参考工具,做到有的放矢和最大限度地利用资源。

结语

根据地质调查、地球化学分析、地球物理勘探以及已有钻孔资料,在三维块体建模基础上采用克里金插值、蒙特卡洛敏感性分析以及多因素叠加评价等手段,对红牛铜矿区钨矿资源潜力进行分析并提出成矿模式。该模式总结了岩浆侵入活动、断裂构造以及热液蚀变对矿体厚度、品位以及延伸的影响规律,确定了有利富矿区段及其控制因素。本研究可为优化钻孔布置、确定合理的勘探深度、进行准确评估以及有效开发提供指导作用,有利于实现勘探与开采一体化管理,具有较好的工程实践意义和科研价值。

参考文献

- [1] 蒲文斌.基于多源数据集成的赣南钨资源定量成矿预测[D].江西理工大学,2024.DOI:10.27176/d.cnki.gnfy.2024.000752.
- [2] 孙延鹏.甘肃省钨矿找矿远景预测[J].中国金属通报,2024,(05):71-73.
- [3] 邓小华,姜晓,吴艳爽,等.东天山钨矿床时空分布、矿床类型及构造背景[J].岩石学报,2023,39(06):1557-1578.
- [4] 徐浩.广东省韶关市瑶岭钨矿周边矿区矽卡岩型钨矿床地质特征及成矿预测[J].世界有色金属,2022,(17):79-81.
- [5] 徐浩.广东省韶关市瑶岭钨矿周边矿区矽卡岩型钨矿床地质特征及成矿预测[J].世界有色金属,2022,(17):79-81.