

成矿系列模型在东天山斑岩铜矿资源 评价中的应用*

The application of the minerogenetic series model to the evaluation of porphyry copper resources in East Tianshan Mountains

丁建华¹, 谢承祥², 肖克炎¹, 薛顺荣^{1,3}, 娄德波¹

(1 中国地质科学院矿产资源所, 北京 100037; 2 中国国土资源部, 北京 100812; 3 云南省地质调查院, 云南 昆明 650051)

DING JianHua¹, XIE ChengXiang², XIAO KeYan¹, XUE ShunRong^{1,3} and LOU DeBo¹

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China;

3 Yunnan Geological Survey, Kunming 650051, Yunnan, China)

摘 要 成矿系列研究的是成矿作用的时、空演化及分布规律, 因此在矿产资源评价中通过成矿系列建模, 能够更好地反映地质发展历史中某个区域内成矿的客观规律, 利用这些规律对有类似地质环境的地区进行对比预测, 推测可能有矿的可行区, 据此进行的资源预测结果将更趋于合理。论文运用成矿系列模型评价了东天山地区斑岩铜矿资源, 并运用蒙特卡罗法对资源量进行模拟, 给出定量计算的结果。

关键词 成矿系列; 矿床模型; 资源预测; 定量评价; 东天山

矿床模型是资源评价的基础, 通过矿床模型可以实现各种地质信息、矿点、地球化学、地球物理信息与资源评价工作有机的结合, 因此评价结果的合理性在很大程度上取决于矿床模型的科学性, 如何科学地建立矿床评价模型就成为评价技术的关键。

成矿系列理论是我国学者程裕淇、陈毓川等总结和发展的一种区域成矿理论 (程裕淇等, 1979, 1983; 陈毓川等, 1998; 2004^①)。成矿系列概念的核心是“四个一定”: 一定的地质历史时期、一定的构造部位、一定的地质作用、一定的矿床自然组合, 描述了成矿过程在四维空间中的规律。根据典型矿床建立的成矿模型虽然可以指导找寻相似地质条件地区的同类型矿床, 其结果仍具有一定的局限性, 表现在它不能反映区域内一定地时代内构造、成岩、成矿的全过程。成矿系列研究的是成矿作用的时、空演化及分布规律, 因此在矿产资源评价中通过成矿系列建模, 能够更好地反映地质发展历史中某个区域内成矿的客观规律, 利用这些规律对有类似地质环境的地区进行对比预测, 推测可能有矿的可行区, 据此进行的资源预测结果将更趋于合理。

1 东天山铜矿资源评价

工作区东天山的范围界定为东经 91°00′~96°00′, 北纬 40°20′~42°20′, 依据矿床成矿区带划分研究 (朱裕生等, 2006^②), 该区位于天山—北山成矿省 (II-6), 跨了四个 III 级成矿区带 (III-27、III-31、III-34、III-35),

*本文得到国土资源大调查项目 (121204561502) 资助

第一作者简介 丁建华, 女, 1969, 在读博士, 矿产普查与勘探专业, 研究方向: 矿产资源评价。Email: dingzhazhan@163.com

① 陈毓川等. 2004. 中国成矿体系与区域成矿评价成果报告. 中国科学院矿产资源研究所.

② 朱裕生等. 2006. 中国主要成矿区带成矿地质特征及矿床成矿谱系. 地质出版社: 1~239 (印刷中)。

本次预测工作将在 III 级区带的基础上进行。

1.1 成矿系列划分

按照陈毓川等中国成矿体系研究,本成矿系列类型属全国 23 个成矿系列类型 4,在东天山地区属于成矿亚系列 Pz2-64,即东天山与海西旋回构造-岩浆作用有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、Mo、W、Sn、Au、Ag、Ni、Co、V、Ti、蛇纹石、滑石矿床成矿系列组、岩浆系列、与海西中期中酸性侵入岩一次火山岩有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sn、水晶、Au、Ag、稀有金属、硅灰石矿床成矿亚系列。其原始成矿环境为发育成熟的岛弧带或陆缘岩浆带。矿床类型以与钙碱性中酸性浅成、超浅成侵入活动有关的斑岩铜矿床最重要,地表及近地表的火山活动区则产有浅成中低温热液型铜金(银)矿床,靠陆一侧的中酸性中深成侵入岩中往往产有矽卡岩及热液型锡、铁、白云母、萤石矿床。

土屋斑岩铜矿是该系列典型的矿床式之一。东天山班岩铜矿床的预测评价工作即是以土屋铜矿床为模型,进行该成矿系列类型的实例化,在前人总结成因模型和本次信息提取综合基础上,建立评价模型。

1.2 成矿系列建模

1.2.1 土屋铜矿床的描述性模型

(1) 名称:土屋式斑岩铜钼矿床。

(2) 特征:细脉浸染状黄铜矿、辉钼矿等产于基-中-酸性连续分异系列火山岩及钙碱性系列花岗岩中。

(3) 地质环境:①岩石类型:内陆碎屑岩、拉斑玄武岩、安山岩、火山角砾岩、砂岩。②矿化结构:复理石建造夹基性-中-酸性火山岩,90%的矿化在钠质火山岩中,只有 10%赋存在侵入岩中(芮宗瑶等,2002)。③成岩成矿时代:330~300 Ma 之间,包括 3 组:302~308 Ma、315 Ma 和 333~334 Ma,但辉钼矿等时线年龄为 322.7 Ma(芮宗瑶等,2001)。④成矿环境:岩浆型被动陆缘。⑤构造背景:觉罗塔格晚古生代陆缘活动带,康古尔深大断裂北侧。

(4) 伴生矿床类型:不清楚。

(5) 矿床工业类型:斑岩型铜钼矿床。铜品位一般 0.30%~1.50%,钻孔平均 0.72%;伴生金一般 0.10~0.79 g/t,平均 0.29 g/t。

(6) 矿物组合:主要金属矿物有黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、蓝辉铜矿、磁铁矿及辉铜矿;非金属矿物组合为石英、绢云母、绿泥石、黑云母、钠长石、绿帘石、阳起石、黝帘石、方解石、石膏、硬石膏等;次生矿物有孔雀石和褐铁矿等。

(7) 矿石结构:稀疏浸染状和细脉状构造。

(8) 矿体结构:矿体长大于 3 800 m,厚 170 m,延深大于 600 m。

(9) 容矿围岩:地层为企鹅山群的拉斑玄武岩、安山岩(第二岩组)、砂岩、中酸性火山角砾岩、玄武岩(第三岩组),以第三岩组为主;侵入岩属辉长岩-闪长岩-花岗闪长岩及斜长花岗岩-二长花岗岩;含矿的直接围岩是斜长花岗斑岩。

(10) 围岩蚀变:硅化、绿泥石化、黑云母化。

(11) 矿化分带。

(12) 蚀变分带:以矿体为中心向两侧矿化蚀变分带为石英核(强硅化-绢云母化带)、黑云母化带、石英-绢云母带、泥化带、青磐岩化带、黑云母化与硅化蚀变强烈时,铜元素富集强度增加

(13) 风化:虽然现代地貌条件与南美智利等地相似,但仅见稀疏孔雀石化和褐铁矿化,铁帽欠发育,次生富集带也不发育。

(14) 地球化学标志:Cu、Mo、Ag、As、Sb。

(15) 变质变形:埋藏变质作用,低绿片岩相、角岩。

2.2.2 土屋斑岩铜矿床区域评价模型

在充分研究土屋铜矿床式的成矿系列模型和工作区基础地、物、化、遥资料的基础上,总结出该矿床式的评价模型:

(1) 成矿构造环境:岩浆型被动陆缘,觉罗塔格晚古生代陆缘活动带。

(2) 地层条件：地层为企鹅山群的拉斑玄武岩、安山岩（第二岩组）、砂岩、中酸性火山角砾岩、玄武岩（第三岩组），以第三岩组为主。

(3) 岩浆岩：石炭纪闪长岩-花岗闪长岩及斜长花岗岩-二长花岗岩；含矿的直接围岩是斜长花岗斑岩。

(4) 构造条件：位于大陆边缘的深大断裂康古尔与次级断裂限定的区域。

(5) 区域地球化学场：Cu、Ni、Co、Zn、Sr、P、Mn、Fe、Ti、Cd 高背景异常区，Mo、Hg、Au 弱异常，Ag、Pb、As 负异常区。

(6) 区域重力场：位于巨型布格重力异常的康古尔梯度带北侧，在相对高异常背景区存在非常明显局部重力异常低异常。

(7) 区域航磁异常场：位于区域带状磁异常边部区域，在航磁解译深大断裂北部区域。

(8) 遥感图象特征：椭圆形环状构造，沿康古尔塔格断裂带呈斜列式分布（南西西向）。

1.3 土屋斑岩铜矿床式有利地段圈定及靶区优选

1.3.1 土屋斑岩铜矿床式可行地段圈定

按照该成矿系列类型，成矿构造环境和成矿时代作为可行地段的圈定条件，土屋斑岩铜矿床成矿时代为石炭纪，一定的构造环境为岩浆型被动陆缘，觉罗塔格晚古生代陆缘活动带。这样的构造环境在重磁异常图表现为正负异常的边界和变化的梯度带，统计表明土屋、延东、赤湖、三岔口等典型矿床都位于康古尔深断裂不超过 10 km 区域，所以本次圈定可行地段使用重磁解译深部大构造，以距该构造 10 km 范围为圈定边界，圈定出此类型的成矿可行地段（图 1）。

1.3.2 有利地段圈定

在可行地段圈定基础上，进行有利远景靶区圈定和优选。前述统计表明此类矿床在地球化学场都有一定的异常，因此有利地段初步圈定原则是：位于研究区可行地段内；有一定的铜地球化学异常的浓集中心；该异常第四系和其它盖层覆盖要浅。

依据上述原则，圈定出 8 个斑岩铜矿异常有利地段如图 1。

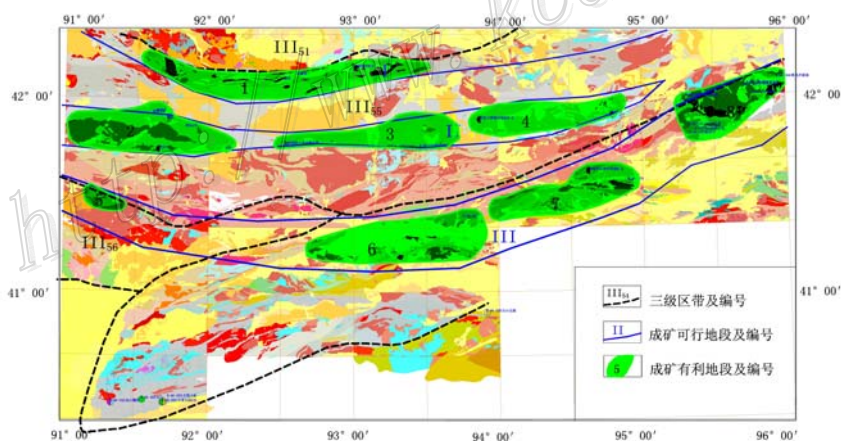


图 1 东天山地区斑岩铜矿成矿远景圈定图

1.3.3 靶区优选

为了向地方地质部门提供部署下一步地质勘查工作的地质依据，工作还确定了 46 个工作靶区，并根据靶区与成矿地质条件、地球物理、地球化学异常和耦合程度，在 MRAS 系统下运用非线性 Kohonen 网络进行精细分类，将工作靶区分为 A、B、C 3 类。

1.4 资源量计算

运用我国自主研发的 MRAS 软件中的 MARK3 方法对工作区资源量进行估算。品位-吨位模型使用肖克炎等的研究成果（肖克炎，2004），区内评价单元中可能存在矿点的数量按 0.9、0.5、0.1 的概率进行估

计, 矿床数的估计没有固定的方法, 常用的有相似类比法、经验法等。本文主要是根据异常和矿产地信息及多种地质证据的一致性来估计的, 依据的主要参数为: 有利成矿地质环境、已知矿床数、铜地球化学异常强度及异常规模, 同时参考物探、遥感等信息。

概率为 90% 的矿床数的确定 圈定的有利地段内如果有 1 个已知矿床, 做过一定的工作, 证明有一定的储量, 但该储量没有上储量表, 则概率为 90% 的矿床数为 1, 如果这样的矿床有两个, 则概率为 90% 的矿床数为 2, 依次类推。

概率为 50% 的矿床数的确定 对应于 A 类靶区, 区内有几个 A 类靶区, 概率为 50% 的矿床数就是几。如 1 号区内有 5 个 A 类靶区, 则决定了 1 号区内概率为 50% 的矿床数为 5。

概率为 10% 的矿床数的确定 对应于 B 类和 C 类靶区。如 3 号区内 B 类和 C 类远景区共 4 个, 则决定了 3 号区内概率为 10% 的矿床数为 4。

据此, 推断的各评价单元的矿床数如表 1 所示。

表 1 东天山斑岩铜矿资源评价结果表

预测单元	概率为 90%				概率为 50%				概率为 10%			
	矿点数	模型品位	模型矿石量	资源量	矿点数	模型品位	模型矿石量	资源量	矿点数	模型品位	模型矿石量	资源量
1	3			1306380	5			6647250	11			5079221
2	0			301050	1			1551910	2			3547890
3	0			448760	2			2307500	4			5364610
4	0			387580	2			1992870	3			4539970
5	0	0.004687	23983800	198230	0	0.007624	119152000	1037690	2	0.0109264	267766000	2388950
6	0			396460	0			2075380	4			4777910
7	0			396460	0			2075380	4			4777910
8	1			487140	2			2481390	4			5614360
累计				3922060				20169370				36090821

注: 矿石量、资源量单位为 t。

通过计算, 东天山工作区内斑岩铜矿的资源量为: 有 392 万吨的可能性为 90%, 有 2 017 万吨的可能性为 50%, 有 3 069 万吨的可能性为 10%。

2 结 论

成矿系列研究的是一定地质环境中的矿床组合, 这些矿床间都存在内在的时、空联系及分布和演化的规律, 通过成矿系列建模, 在有相似地质环境的地区进行资源类比预测, 更能体现出应用成矿规律指导找矿的原则。文章在东天山就此方法做了有益的尝试, 效果较好。如何将这种理论中成因的高度概括性和具体的从实际勘查资料出发的资源潜力评价更有效地结合, 还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1979. 初论矿床成矿系列问题. 中国地质科学院报, (1): 32~58.
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1983. 再论矿床成矿系列问题. 中国地质科学院报, (6): 1~63.
- 陈毓川, 等. 1998. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京: 地质出版社. 1~104.
- 芮宗瑶, 王福同, 李恒海, 等. 2001. 新疆东天山斑岩铜矿带的新进展. 中国地质, 28(2): 11~16.
- 肖克炎, 李景朝, 陈郑辉, 等. 2004. 中国铜矿床品位吨位模型. 地质论评, 50(1): 50~56.