

技术·方法

东天山土屋—延东斑岩铜矿带矿产资源 GIS 预测

木合塔尔·扎日^{1,2}, 依玛木·塔依尔², 池顺都¹, 帕拉提·阿布都卡迪尔²

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 武汉 430074; 2. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830008)

[摘 要]以东天山土屋—延东斑岩铜矿床找矿预测为例,应用地理信息系统(GIS),查明该区地质、找矿地球化学异常标志。在各类异常找矿有利度分析的基础上,确定了用于预测找矿有利地段的异常组合及数值区间,并决定其权重。最后,圈定出找矿可行地段、找矿有利地段及潜在资源地段,并讨论了东天山土屋—延东斑岩铜矿床的预测结果。

[关键词]斑岩铜矿 GIS 矿产资源预测 东天山土屋—延东地区

[中图分类号]P618.41 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2004)03-0055-05

1 矿产预测背景

1.1 地质特征

预测区位于塔里木板块与准噶尔板块碰撞对接缝合带的北侧,即准噶尔板块最南缘的石炭纪增生拼贴岛弧带中^[1]。出露地层有下泥盆统大南湖组、中泥盆统头苏泉组、上—下石炭统企鹅山群、梧桐窝子岩组,上石炭统干墩岩组,中侏罗统西山窑组及第三、第四系。企鹅山群分布在康古尔塔格断裂与大草滩断裂之间。与岛弧钙碱性火山岩相对应的侵入岩、次火山岩、超浅成侵入岩的大量出现组成了岛弧带上的火山—侵入岩建造。包括 3 个非正式的组,地层南老北新。第一组由内源碎屑岩、沉凝灰岩组成,局部夹少量生物灰岩、砂砾岩等,发育条带状糜棱岩。第二组主要由中基性火山熔岩组成,局部夹少量碎屑岩和火山碎屑岩,火山岩岩石系列以钙碱性为主,碱性和拉斑系列次之,具过渡特征,岩石组合为玄武岩—安山岩—英安岩。第三组紧邻大草滩断裂分布,岩石组合为灰绿色内源碎屑岩夹沉凝灰岩、玄武岩、火山角砾岩及生物灰岩等。闪长玢岩和斜长花岗斑岩侵入于企鹅山群第二组中(图 1)。

区内侵入岩较发育,岩石类型齐全,正常系列的基性到酸性岩均有出露,以偏酸性深成侵入岩为主。在大南湖组、头苏泉组和企鹅山群中,还大量发育中酸性浅成岩和次火山岩体,该类岩体在本区常常是

寻找斑岩型铜矿床的目标地质体。

预测区内发育两条大断裂,其一是康古尔塔格深大断裂,该断裂是准噶尔板块—哈萨克斯坦板块与塔里木板块的分界断裂^[2],也是赤湖—土屋—延东—红岭—小热泉子铜成矿带的南部边界。断裂总体走向近东西,倾向南,倾角 70°左右。其二是大草滩断裂,该断裂为泥盆纪岛弧与石炭纪岛弧的分界断裂,地表总体产状向南倾斜。区内还发育一系列与该断裂平行的次级断裂,是控制小岩体侵入及矿床产出的重要构造。

1.2 地球化学工作

预测区内完成了 15 万化探扫面 202.75 km²。分析的元素有 Ag、As、Au、Cu、Bi、Mo、Sb 等 7 个。在泥盆系头苏泉组中下部、石炭系企鹅山群中,亲铜元素浓度值高,元素组合稳定,异常区岩石背景均以中基性火山岩或浅成岩为主,从已知矿床的分布规律看,上述区域是寻找铜矿的地区。

1.3 区域矿产

迄今为止,工作区已发现的矿种有铜、金、铜镍、铜银、锰、铁、石材、水晶和煤等,已初具规模的有土屋铜矿、土屋东铜矿和延东铜矿、维权铜银矿和路白山铜矿床等。金矿点主要分布在酸性斑岩或其接触带中,以小而富的含金石英脉形式产出。

从区域矿产分布规律看,康古尔塔格断裂北侧、阿齐山雅满苏断裂南侧的近对称分布的石炭纪中酸

[收稿日期]2003-04-28; **[修订日期]**2003-11-10; **[责任编辑]**余大良。

[基金项目]新疆少数民族科技骨干人才特殊培养科研专项资金(编号:2001-07 和 2003-11)及国家自然科学基金项目(编号:40072091)联合资助。

[第一作者简介]木合塔尔·扎日(1960 年-),男,1983 年毕业于新疆工学院,获学士学位,在读博士生,主要从事区域构造和成矿预测方面的科研及教学工作。

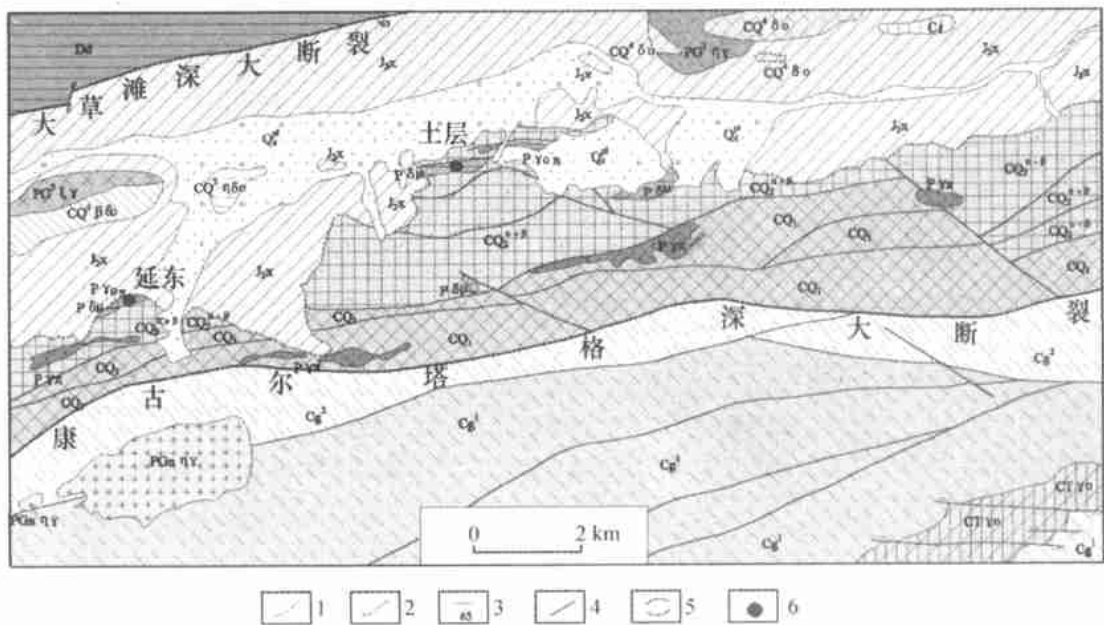


图 1 土屋 - 延东铜矿区区域地质图

(据新疆第一地质大队 1:5 万区域地质图,2002 修编)

Q₄^{pl}—第四系;J_{2x}—西山窑组粗、细、粉砂岩;C_t—土屋组长石岩屑砂岩及沉凝灰岩;CQ₂⁺—企鹅山群第二组安山岩、玄武岩;CQ₁—企鹅山群第一组长石岩屑砂岩、砾岩;C_g²—干墩岩组第二岩段砂质千糜岩、片理化糜棱岩化长石岩屑砂岩;C_g¹—干墩岩组第一段千糜岩、绢云千糜岩及片理化沉凝灰岩等;Dd—大南湖花岗岩、闪长岩;P—长石石英斑岩;P_δ—斜长花岗斑岩;P_μ—闪长玢岩;PGn—中细粒黑云母二长花岗岩;PG³—细粒斑状(文象)正长花岗岩;PG¹—中细—细粒斑状黑云母二长花岗岩;CQ₆—微细—细粒斑状黑云角闪英云闪长岩;CQ₅—中细粒(斑状)角闪石英二长闪长岩;CQ₄—弱糜棱岩化角闪黑云石英闪长岩;CT—弱糜棱岩化细粒斑状黑云角闪斜长花岗岩;1—地质界线;2—角度不整合界线;3—产状;4—断(层)裂;5—火山喷发中心;6—大型铜矿床

性岛弧型岩浆岩带具备形成铜、金、多金属矿产的岩石构造条件,地球化学背景也显示有亲铜前沿元素广泛发育的特点,而且该带还是康古尔金、多金属成矿带的东延部份。

2 预测找矿准则分析

2.1 找矿地质前提分析

从前面矿产预测背景的阐述,可以得出找矿的地质前提有: 企鹅山群分布区是成矿可能地段,其中企鹅山群第二组的成矿地质条件更为优越; 中酸性浅成岩和次火山岩体是寻找斑岩型铜矿床的目标地质体,与已有矿床有关的岩体主要为闪长玢岩和斜长花岗斑岩; 区内发育的一系列走向近东西,倾向南,倾角 70 左右的次级断裂,是控制小岩体侵入及矿床产出的重要构造,矿体的产出一般距断裂在 1 km 以内。

2.2 找矿地球化学异常标志

2.2.1 地球化学测量元素的因子分析

在预测区内采集了 294 个样品,分析了 Cu、Au、As、Bi、Ag、Mo、Sb 等 7 个元素。矿床统计预测

应用化探资料时,往往不是用单个元素,而是用因子分析的方法,选用与成矿有关的因子。上述 7 个元素的相关系数矩阵见表 1。

表 1 相关系数矩阵 R

元素	Ag	As	Au	Bi	Cu	Mo	Sb
Ag	1.0000	0.1043	0.0251	<u>0.2308</u>	<u>0.1918</u>	<u>0.1713</u>	0.1059
As		1.0000	-0.0517	<u>0.2956</u>	0.0418	<u>0.3768</u>	<u>0.5294</u>
Au			1.0000	0.0226	<u>0.1672</u>	0.0605	-0.0215
Bi				1.0000	<u>0.5061</u>	<u>0.4366</u>	<u>0.2000</u>
Cu					1.0000	<u>0.2253</u>	0.0034
Mo						1.0000	<u>0.2454</u>
Sb							1.0000

相关系数的大小与样品数有关。294 个样品, $f = n - 2 = 294 - 2 = 292$ 。在 5 % 的置信水平,查得(接近于) $t = 1.960$,计算得到相关系数临界值为 0.1139,大于该值的在表中都标有下划线。从表 1 可看出,Cu 与 Bi、Mo、Sb、Ag、Au 等元素都具有相关关系。从表 2 可见,第一、二个因子所占比例稍大,分别为 32.6 %、19.5 %,所以在取前两个主因子时,其特征值累计百分比达到 52.2 %。在给定迭代精

度和旋转精度后,可以从方差极大正交旋转矩阵(表 3)中看出,第一主因子主要是由变量 Cu、Au 组合,且它们的相关性表现为负的得分。主因子二主要由变量 As、Sb 组合。因而,我们可以根据主因子正交因子得分间接得出以上两组元素的相关性,以及它们在地质演化,空间聚集上的一些联系。

表 2 特征值百分比表

No	特征值 CH	比例值 LH	累计比例值
1	2.2840	0.3263	0.3263
2	1.3670	0.1953	0.5216
3	0.9620	0.1374	0.6590
4	0.8650	0.1236	0.7826
5	0.6710	0.0959	0.8784
6	0.4430	0.0633	0.9417
7	0.4080	0.0583	1.0000

表 3 方差极大正交旋转矩阵

变量	因子 1	因子 2
Ag	- 0.7627	0.0032
As	0.0110	- 1.0001
Au	- 2.1117	0.0088
Bi	- 0.7481	0.0031
Cu	- 1.9833	0.0082
Mo	- 0.7283	0.0030
Sb	- 0.0137	- 1.0000

2.2.2 地球化学异常及正交因子得分异常圈定

预测区化探异常等值线图及正交因子得分的作图中,按平均值加二倍标准差、一倍标准差及平均值来确定 级、级、级化探异常的界线。以铜异常为例:铜异常平均值为 62×10^{-6} ,标准差 100×10^{-6} ,以区域临界值 262×10^{-6} 来圈定 级,以区域临界值 162×10^{-6} 来圈定 级,以区域临界值 62×10^{-6} 来圈定 级化探异常。

2.2.3 用第一主因子预测铜矿的有效性

如前所述第一主因子主要是由变量 Cu、Au 组合。这两个元素具有一定的统计相关性,相关系数 0.1672 大于临界值 0.1139。然而这两种元素在空间的相关性并不紧密。如图 2 所示,Cu 异常与 Au 异常在空间上大多情况下并不相交,空间相关性不好^[3,4]。只是在土屋矿床,铜金之间具有相当紧密的空间相关性。由于该矿床是本区的主要铜矿床,在做因子分析时,起了很大的作用。因此,如果用第一主因子异常来预测铜矿并不合适。于是,下面将用单元素 Cu 异常等值线图作为寻找铜矿床的预测依据。

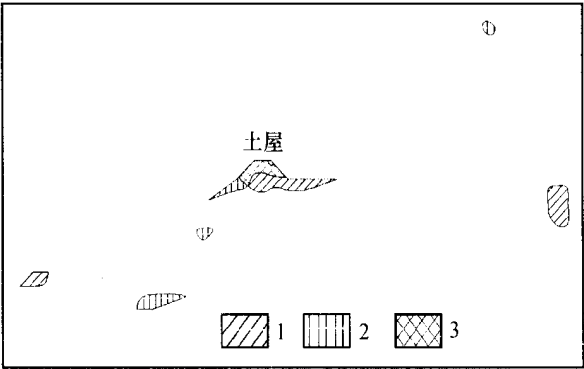


图 2 Cu 异常与 Au 异常空间关系图
1—Cu 异常;2—Au 异常;3—两种异常重叠

3 成矿预测思路与步骤

3.1 成矿预测思路

赵鹏大院士系统地应用地质异常理论^[3~5]及相应的方法,使不同层次的成矿预测研究有机地结合成为一个整体,将之归纳为“5P”地段的圈定。^[5,9~11]这“5P”地段就是:成矿可能地段(Probable ore-forming area)、找矿可行地段(Permissible ore-finding area)、找矿有利地段(Preferable ore-finding area)、潜在资源地段(Potential mineral resource area)和远景矿体地段(Perspective ore body area)。其中,“找矿可行地段”就是根据所要找寻的矿种和矿床类型,有可能找到预期类型矿床的地质异常或异常带。“找矿有利地段”是在找矿可行地段范围内,结合更多的直接和间接的找矿信息圈定的综合地质异常。“潜在资源地段”是在“找矿有利地段”确定的基础上,具有潜在工业价值的矿化地质异常体所产出的矿产资源体地段。在本区将预测找矿可行地段、找矿有利地段和潜在资源地段三个层次。成矿预测的主要工具是地理信息系统 MAPGIS^[6~8,11]。

3.2 找矿可行地段的确定

3.2.1 有利地层

根据区域和矿区资料,土屋—延东斑岩型铜矿含矿斑岩的直接围岩是企鹅山群。因此,利用 MAPGIS 的空间分析功能,检索出企鹅山群的地层,当作本次成矿预测的有利地层。

3.2.2 断裂 Buffer

本区土屋—延东斑岩型铜矿床产在康古尔断裂以北、大草滩断裂以南的区域。因此,首先检索出康古尔断裂及其以北的断裂构造线。土屋—延东斑岩型铜矿位于康古尔塔格深大断裂以北 1~3 km 处,因此断裂构造、地层、岩体和矿点分布情况,把 1 km

的范围作为 Buffer 半径。Buffer 半径确定以后,利用 MAPGIS 的空间分析功能,作 Buffer 缓冲带。

3.2.3 可行地段的确定

土屋—延东斑岩型铜矿主要产在闪长玢岩、斜长花岗斑岩中,而这些岩体侵入于企鹅山群第二组内部及其与第三组接触带中。这些岩体是寻找斑岩型铜(钼)矿床的主要目标岩体。找矿可行地段的圈定经过闪长玢岩、斜长花岗斑岩、长石石英斑岩和石英闪长玢岩等酸性岩体、有利地层和 Buffer 区的空间合并来实现。找矿可行地段的圈定步骤是:首先,给有利地层、酸性岩体和断裂 Buffer 区按照一定的原则着色,给定有利地层的颜色权重为 40、Buffer 区的颜色权重为 30、酸性岩体的颜色权重为 60。颜色权重确定后,把有利地层、酸性岩体和 Buffer 缓冲带进行空间合并。空间合并之后,根据颜色权重删除空间上没有重叠的区域,空间上完全重叠的部分就是预测区的找矿可行地段。

3.3 找矿有利地段的确定

本次成矿预测找矿有利地段的确定经过可行地段和 级化探异常的空间合并来实现。圈定找矿有利地段的步骤和圈定可行地段相同,首先对可行地段和 级化探异常分别给定颜色权重。然后可行地段和 级化探异常空间合并,删除空间上没有重叠的区域,空间上完全重叠的部分为找矿有利地段。

3.4 潜在资源地段的确定

潜在资源地段的圈定是找矿可行地段和 级、级化探异常的合并来实现。具体方法和步骤与有利地段及可行地段相同。

4 预测结果

经过以上工作和分析得出图 3 所示的结果。从图 3 显示的结果表明,预测区内圈定的找矿可行地段 3 处,找矿有利地段 7 处,潜在资源地段 3 处,均分布在康古尔塔格深大断裂以北、大草滩断裂以南的区域。其中找矿可行地段分布在企鹅山群地层及闪长玢岩、花岗斑岩、长石石英斑岩和石英闪长玢岩等酸性火山岩分布区,总面积为 51.36 km²。

预测区内圈定的找矿有利地段主要分布在土屋、延东和 76 号岩体等矿床分布的区域,总面积为 17.8 km²。经过本次预测发现,从 76 号岩体的南部企鹅山群(CQ¹)地层内沿着康古尔塔格深大断裂到土屋铜矿床南部的方向出现面积逐渐变小的 4 个异常区,值得重视。

研究区内所预测出的潜在资源地段分布在土

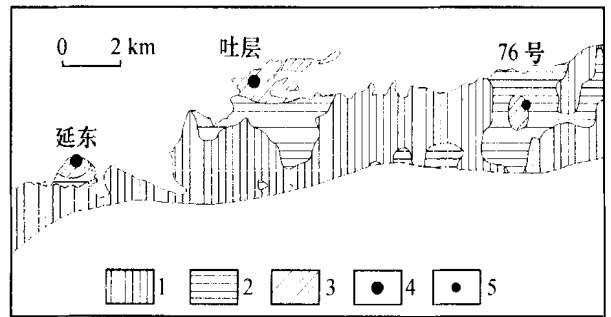


图 3 东天山土屋—延东地区铜矿预测图

1—找矿可行地段;2—找矿有利地段;3—潜在资源地段;

4—大型至超大型铜矿床;5—中型铜矿床

屋、延东铜矿床和 76 号岩体产出处,总面积 3.2 km²。其中土屋和延东铜矿床前人研究确认为大型至超大型铜矿床,而 76 号岩体是小型铜矿床。经过我们的分析和预测,76 号岩体预计达到中型铜矿床的规模。

5 结论

1) 从预测的结果来看,应用地质异常进行 GIS 预测是有效的。各类预测地段重叠最多的地段是地质结构复杂的地段,也是找矿最有利的地段。

2) 用地质异常圈定找矿有利地段的必要在于用这种方法除了预测已知的矿床类型外,还可以预测未知矿床类型。如该预测区找矿有利地段的圈定中,76 号岩体的西南部圈出了 4 个大小和面积不等的找矿有利地段。

3) 土屋—延东一带是新一轮国土资源大调查东天山调查区重点开展工作的地区,因此本文的研究成果对该区今后的找矿和工作部署具有一定的指导意义。

[参考文献]

- [1] 芮宗瑶,王龙生,王义天,等. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论[J]. 矿床地质. 2002, 21(1): 16~22.
- [2] 韩春明,毛景文,杨建民,等. 东天山晚古生代内生金属矿床成矿系列和成矿规律[J]. 地质与勘探. 2002, 38(5): 5~10.
- [3] 赵鹏大,池顺都. 初论地质异常[J]. 地球科学——中国地质大学学报. 1991, 16(3): 241~248.
- [4] 黎清华,张均,张晓军. 基于 GIS 技术胶东金矿集区的地质异常分析[J]. 地质与勘探. 2002, 38(6): 55~58.
- [5] 赵鹏大,池顺都,陈永清. 查明地质异常:成矿预测的基础[J]. 高校地质学报. 1996, 4: 361~373.
- [6] 池顺都,周顺平,吴新林. GIS 支持下的地质异常分析及金属矿产经验预测[J]. 地球科学——中国地质大学学报. 1997, 22(1): 99~103.
- [7] 池顺都. GIS 经验找矿与求异找矿结合的工具——化探异常找矿效果经验分析[J]. 地质与勘探. 2000, 36(1): 71~74.

[8] 池顺都,吴新林.云南元江地区铜矿 GIS 预测时的找矿有利度和空间相关性分析[J].地球科学——中国地质大学学报.1998,23(1):75~78.

[9] 赵鹏大,池顺都.当今矿产勘查问题的思考[J].地球科学——中国地质大学学报.1998,23(1):70~74.

[10] 赵鹏大,陈永清,刘吉平,等.地质异常成矿预测理论与实践[M].中国地质大学出版社,1999.

[11] 池顺都,赵鹏大.应用 GIS 圈定找矿可行地段和有利地段[J].地球科学——中国地质大学学报.1998,23(2):125~128.

GIS MINERAL RESOURCE FORECAST IN THE TUWU- YANDONG
PORPHYRY COPPER BELT, EASTERN TIANSHAN MOUNTAIN

Muhtar ZAR^{1,2}, Imam TA YIR², CHI Shundu¹, Parat ABDU KADIR²

(1. Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
2. Faculty of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830008, China)

Abstract : Takes prospecting forecast in the Tuwu - Yandong porphyry copper deposit in eastern Tianshan Mountain as an example , This paper points out the regional geology and geochemistry abnormality indicator using Geography Information System (GIS) . Based on various beneficial degree analysis of anomaly prospecting , anomaly combination and number interval are confirmed to forecast preferable prospecting area. Lastly , permissible prospecting area , preferable prospecting area and potential mineral resource area are delineated , and prospecting results in the Tuwu - Yandong porphyry copper deposit are discussed.

Key words : porphyry copper deposit , GIS , mineral resource forecast , Tuwu - Yandong area , eastern Tianshan Mountain

