

小热泉子铜矿区隐伏矿预测

温春齐, 徐新煌, 罗小军

(成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059)

摘 要: 在详细研究矿区基础地质、矿床地质及前人研究成果基础上, 通过选择模型单元建立综合找矿模型、划分预测单元、提取变量并赋值, 利用综合类比法和特征分析法进行综合信息定位预测, 最后优选出 5 个靶区, 并设计验证孔位 5 个。

关键词: 隐伏矿; 定位预测; 小热泉子铜矿; 新疆

中图分类号: P618.41; P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)02-0127-04

小热泉子铜矿区位于新疆吐鲁番南直线距离约 80 km 的戈壁滩上。自 1993 年新疆地质矿产局十一地质队二分队在 1 5 万区域地质调查时发现以来, 新疆地矿局进行了重力、瞬变电磁法、激发极化法测量, 十一地质队进行了 1 1 万、1 2 千比例尺地质测量和大量槽探、钻探工作, 并确定为一中型铜矿床。为了进一步扩大远景, 一方面在区域上进行找矿预测, 一方面进行矿区隐伏矿预测, 就矿找矿。

通过对矿区基础地质及矿床地质、地球化学的详细研究^[1]和充分利用前人的研究成果, 通过建立找矿模型对矿区隐伏矿进行综合信息找矿预测, 并对主要靶区设计具体实施的钻探孔位以供验证, 认为扩大该矿床的深部隐伏矿储量很有远景。

1 模型单元的选择及综合找矿模型

1.1 模型单元的选择

所谓模型单元, 是指在研究区内地质工作程度相对较高的已知单元, 其资料水平明显高于未知的预测单元。它应包括不同规模的有矿模型单元和非矿模型单元。同时, 在成矿预测时必须考虑模型单元有一定数量^[2]。然而小热泉子地区目前仅有小热泉子铜矿具有一定规模, 其余仅为矿点、矿化点^①。为此, 在小热泉子铜矿区内将地质勘查程度相对较高、规模相对较大的 号矿床分为两个模型单元, 即矿床西部的 w 单元和东部的 e 单元, 将有一定地勘

工程和一定规模的 号矿床作为次级模型单元, 以 号矿化带作为矿点(矿化带)模型单元。

1.2 综合找矿模型

通过对小热泉子铜矿床地质、地球化学特征及矿床成因、控矿因素研究, 根据找矿的地质、矿化、地球物理、地球化学找矿标志及各模型单元特点对比, 建立了区内综合找矿模型:

(1) 矿床主要产于下石炭统小热泉子组第一岩性段, 次为第二岩性段。

(2) 赋矿岩石主要为微细粒凝灰岩, 次为凝灰质粉砂岩、细砂岩。

(3) 矿体外围通常存在次火山岩(如英安斑岩)。

(4) NW 向背斜、向斜, NW 向片理化带, NEE, SN 向纵、横张裂带, SN 向次级褶皱及其交汇部位。

(5) 围岩蚀变强烈, 主要有绿泥石化、硅化; 褐铁矿化、孔雀石化为重要的直接找矿标志。

(6) 高重力异常, 重力导常垂向二阶导数为正值。

(7) 低磁或弱磁异常, 低阻、高极化率。

2 预测单元的划分和变量的提取与赋值

2.1 预测单元的划分

根据综合找矿模型, 在小热泉子组尤其是第一、

收稿日期: 2002-01-29;

基金项目: 原地质矿产部定向项目(地科定 96-24)和国家重大基础研究发展项目(G1999043200)资助。

作者简介: 温春齐(1945-), 男, 四川富顺人, 教授, 博士, 主要从事矿床学教学与研究工作。

①新疆地矿局第十一地质大队, 新疆吐鲁番小热泉子铜矿普查地质总结报告, 1995, 1997。

二岩性段范围内的高重力异常、高极化率、弱磁异常值域,并结合构造控矿及地表矿化蚀变特点,采用较规则的四边形或多边形划分出各预测单元域。由于大比例尺重、磁、电资料仅限矿床范围内,且不系统,外围无对比资料,因此,仅在有限地域内划分了统计单元 14 个,其中模型单元 4 个,预测单元 10 个。

2.2 变量的提取

众所周知,地、矿、物、化、遥信息是综合信息成矿预测的重要信息和必须提取的变量。但研究(矿)区范围内除仅有不系统的物探图件外,未收集到可以对比的化探、遥感信息资料。因此,本文仅据实际资料提取地质、矿化、地球物理三大类七个项目 22 个变量。表 1 显示了目前研究条件下提取的与矿化相关的变量。进一步研究时,应当提取地球化学、遥感等方面的信息。若有物、化、遥原始数据,还应进行数据处理,提取更多的、对隐伏矿床预测十分有用的信息。

表 1 小热泉子铜矿区找矿预测变量表

Table 1 Variables for prediction in Xiaore Quanzi
Cu mine area

类别	项目	变 量		
		代号	名 称	序号
地 质	地层	C _{1x} ¹	小热泉子组第一岩性段	1
		C _{1x} ²	小热泉子组第二岩性段	2
	岩性	tf	微细粒凝灰岩	3
		st	凝灰质粉砂岩	4
	岩浆岩	λπ	流纹斑岩	5
		γπ	花岗斑岩	6
	构造	NW	NW 向褶皱(背向斜)	7
		NW	NW 向片理化带	8
		F	NEE、SN 向纵张或横张裂带	9
		SN	SN 向次级褶皱	10
矿 化	矿化	Gn	褐铁矿化	11
		Cu	铜矿化、孔雀石	12
	蚀变	ch	绿泥石化	13
		Si	硅化	14
地 球 物 理	重力	ΔG(c)	重力异常中心等值线扭曲	15
		ΔG(h)	重力异常高值	16
		ΔG(e)	重力异常垂直二等值线中心	17
		ΔG(+)	重力异常垂向导正值	18
	磁法	ΔT(m)	磁测 ΔT 弱异常(5~20 nT)	19
		ΔT(l)	磁测 ΔT 低异常(-55 nT)	20
	电法	η _h	极化率异常高值(>5%)	21
		η _m	极化率异常高值(>-5%)	22

2.3 变量的赋值

因上述变量的实际资料数据以定性为主,故所建立的数学模型应使用定性地质标志方法。由于统计预测的方法很多,不同的预测方法其变量赋值亦不相同。限于时间,本文仅采用特征分析法和类比法进行预测。特征分析法分三态变量赋值,即+1, 0, -1:以有利成矿的变量出现赋以“+1”,不可能出现者赋以“-1”,不明者赋以“0”。类比法:为二态变量赋值,即+1, 0。单元内存在该变量则赋以“+1”,反之则赋以“0”值^[2]。也就是说,将三态变量赋值的原始数据表中的“-1”全取为“0”值。据 4 个模型单元和 10 个预测单元按 22 个变量分别按三态变量赋值。据此得到小热泉子铜矿模型单元和预测单元的原始数据表。

3 定位统计预测

3.1 综合类比法

(1) 综合类比法:将预测单元中出现的有利成矿的预测变量与模型单元进行类比,查明其与之同时存在的变量雷同数(N_{im}),并计算该预测单元雷同数(N_{im})与模型单元有利成矿变量总数(V_m)之比为其与对比模型单元的类比值(P_{im})

$$P_{im} = N_{im} / V_m$$

式中: i 为预测单元号; m 为模型单元号。

(2) 靶区优选——预测单元排序

根据类比序号小计及综合类比值之排序,其优选秩(单元号)为:

12, 4, 7, 3, 11, 9, 13, 5, 10 和 14。

预测单元的综合类比值见表 2,明显地将上述预测单元分为两个部分:即综合类比值大于 0.70 和小于 0.50 的三部分。显然最有利成矿的、找矿预测最有希望的应当是前五个靶区(A 级)。若以三级划分,则为:

A 级: 12, 4, 7, 3, 11;

B 级: 9, 13, 5;

C 级: 10, 14。

3.2 特征分析法

(1) 预测单元关联度计算

对矿区内统计预测的特征分析,本文采用平方和法和乘积矩阵主分量法对模型单元原始数据进行统计计算,得出 22 个变量的权系数表。两种方法所得变量权系数除个别变量外,总体上其排序基本一

致。第 6 号变量权系数为零,因此,计算预测单元关联度时将利用 21 个变量来计算。

(2) 预测单元排序与分级

通过平方和法与乘积矩阵主分量法所计算之关联度排序均完全相同,其排序预测单元号为:12, 4, 7, 3, 11, 13, 5, 9, 10, 14。若以两方法关联度之和排序,则可将预测单元分为三级,即:

A 级($Y > 3.3$):单元号为 12, 4, 7, 3, 11;

B 级($1.0 < Y < 3.3$):单元号为 13, 5, 9;

C 级($Y < 1.0$):单元号为 14。

这一分组与综合类比法相同,尤其是 A 级。B、C 级中单元排序略有变化,个数亦略有差异。但若以 $Y < 1.4$ 计,则与综合类比法相同,即 B 级仍为 3 个,C

级 2 个。

4 优选靶区论证

4.1 靶区的优选

小热泉子铜矿区有物探资料的范围内共圈定统计单元 14 个,其中模型单元 4 个,预测单元 10 个。通过综合类比法和特征分析法确定优选(A 级)靶区 5 个,B 级、C 级共 5 个。现将各预测单元的综合类比值(P)、平方和关联度($Y1$)和乘积矩阵主分量关联度($Y2$)的 $1/4$ 之 3 值平均作为各预测单元的综合特征值(T)及预测单元的优选秩列于表 2。

表 2 小热泉子铜矿区预测靶区综合特征值及优选秩

Table 2 The predicted targets and the preference order

预测靶区		综合类比值		平方和法		乘积矩阵主分量法		综合特征值	
级别	单元号	平均值(P)	序次	关联度($Y1$)	序次	关联度($Y2$)	序次	特征值(T)	优选秩
A 级	12	0.859	1	0.8806	1	3.7497	1	2.7130	1
	4	0.873	2	0.8677	2	3.6905	2	2.6663	2
	7	0.846	3	0.8283	3	3.5232	3	2.5551	3
	3	0.775	4	0.7628	4	3.2367	4	2.3470	4
	11	0.714	5	0.6450	5	2.7228	5	2.0647	5
B 级	13	0.436	7	0.3348	6	1.3604	6	1.1109	6
	9	0.487	6	0.3078	8	1.2525	8	1.1079	7
	5	0.402	8	0.3255	7	1.3004	7	1.0526	8
C 级	10	0.372	9	0.2688	9	1.0733	9	0.9091	9
	14	0.310	10	0.1189	10	0.5853	10	0.5752	10

注:综合特征值(T) = $1/3(P + Y1 + 1/4Y2)$

由表 2 可见,优选靶区为 A 级。A 级各单元之统计值明显高于 B、C 级单元。且 3 种计算方法结果其排序均完全相同。因此确定优选靶区(除模型单元应继续工作外)为:

预测单元号 12, 4, 7, 3, 11。

4.2 孔位验证

5 个优选靶区中,根据重力异常及极化率异常特征,结合 NW 向倒转背斜核部及 NW 向片理化带等有利成矿部位,在每一优选靶区中确定一验证孔位,其孔号、位置等见表 3。各孔位确定依据简介如下。

表 3 验证孔位一览表

Table 3 Schedule of drill holes dsigned

编号	孔号	位置	预测单元号	设计孔深(m)
1	ZK 803	号矿床东南	12	550
2	ZK 601	号矿床东北	4	500
3	ZK 602	号矿床中部	7	500
4	ZK 706	号矿床北西	3	380
5	ZK 1501	号矿床西南	11	640

(1) ZK 803 孔

位置:位于 号矿床南部 12 号预测单元之北部。

设计依据:①该单元出露地层为小热泉子组第一性段(C_{1x}^1),钻孔位置为小热泉子铜矿床最重要的凝灰岩层;

②单元内存在 NW 向主干倒转背、向斜,它是小热泉子铜矿床重要控矿构造,ZK 803 孔位于主干倒转背斜的核部;

③该单元东、西侧均发育 NW 向片理化带,该钻孔位于东侧带之西部;

④单元内见 NEE 向蚀变破碎带,并出露石英粗安斑岩及少量辉绿岩脉;

⑤单元内硅化、绿泥石化,并有 NE 向矿脉、矿化蚀变带;

⑥单元内存在明显的物探异常:布伽重力异常 $0.2 \times 10^{-5} \sim 0.7 \times 10^{-5} m/s^2$;二阶导数重力异常 G1

和 G3; 极化率 $\eta_s > 3.0\%$, 单元内存在井中充电异常 D_n 和 D_n^* ; 高精度磁测 ΔT 异常等值线 $0 \sim 15$ nT。ZK803 孔位于 G3 和 D_n^* ($> 4\%$) 近重叠区, ΔT 为 $0 \sim 5$ nT。

(2) ZK601 孔

位置: 位于 号矿床北部 4 号预测单元之西侧。

设计依据: ①该单元出露地层为小热泉子组第一岩性段, 钻孔位置为下凝灰质砂岩层;

②单元内存在 NW 向主干倒转背斜及叠加的 SN 向背、向斜, ZK601 孔位于主干倒转背斜北端核部;

③单元内发育 NW 向片理化带, ZK601 孔位于该片理化带西侧;

④单元内见 NE 向矿化体, 已施工 97.3 m 的 ZK1204 孔见铜矿体厚 15.4 m, 平均品位 $w(\text{Cu}) = 1.48\%$; 锌矿体厚 2.5 m, 平均品位 $w(\text{Zn}) = 0.728\%$;

⑤单元处于剩余重力异常区 ($0.1 \times 10^{-5} \sim 0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$); 存在二阶导数重力异常 G6 和 G8; 存在井中充电异常 D_n ; 高精度磁测 ΔT 为 $5 \sim 10$ nT。ZK601 孔位于二导重力异常 G8 与极化率 D_n ($> 4\%$) 的重叠区。

(3) ZK602 孔

位置: 位于 号矿床中部 7 号预测单元西侧边部。

设计依据: ①单元出露地层为小热泉子组第一岩性段 (C_{1x}^1), 钻孔位置为铜矿床中最重要的含矿层凝灰岩层;

②单元内西侧存在 NW 向主干倒转背斜; ZK602 孔位于该背斜中部的核部;

③NW 向片理化带仅通过该单元西侧; ZK602 孔位于该片理化带之西侧断裂交汇部位;

④单元北部地表见 NE, NEE 向矿(化)体, 中部 ZK001 孔孔深 500 m, 见 Cu 矿体厚 13.8 m, 平均品位 $w(\text{Cu}) = 0.534\%$, Zn 矿体厚 12.3 m, 平均品位 $w(\text{Zn}) = 9.44\%$;

⑤单元处于布伽重力异常中心, 存在二阶导数重力异常 G2; 单元西南角见井中充电异常 D_n ; 高精度磁测 ΔT 为 $5 \sim 10$ nT。ZK602 孔位于二导重力异常 G2 近中部, ΔT 为 10 nT 范围内。

(4) ZK706 孔

位置: 位于 号矿床西北部的 3 号预测单元近中部。

设计依据: ①该单元出露地层为小热泉子组第一岩性段 (C_{1x}^1) 的凝灰岩层和下凝灰质粉砂岩层。钻孔处为下凝灰质粉砂岩层;

②单元西部存在 NW 向主干倒转背斜、向斜, 中部存在叠加的 SN 向向斜。ZK706 孔位于主干倒转背斜的北端;

③NW 向片理化带穿过该单元的大部分地区, ZK706 孔位于片理化西侧及 NW, NWW 向断裂的复合部位;

④单元内发育英安斑岩;

⑤单元处于布伽重力异常 $0.2 \times 10^{-5} \sim 0.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 内, 存在二阶导数重力异常 G9, 高精度磁测 ΔT 为 $5 \sim 10$ nT。ZK706 孔位于二导重力异常 G9 东缘。

(5) ZK1501 孔

位置: 位于 号矿床西南部 11 号预测单元北部。

设计依据: ①该单元出露地层为小热泉子组第一岩性段和第二岩性段的凝灰岩层、条带状凝灰质杂砂岩层;

②NW 向片理化带穿过该单元西部, ZK1501 孔位于 NW 向片理化带西缘及 NW 向断裂带上;

③单元 NW 部见英安斑岩及石英脉;

④已施工的位于片理化带之外的 ZK1901 孔孔深 500.74 m, 见矿 1 m, 平均品位 $w(\text{Cu}) = 0.96\%$;

⑤单元处于布伽重力异常带 $0.1 \times 10^{-5} \sim 0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 内, 存在二阶导数重力异常 G4 和 G1(西缘), 存在井中充电异常 D_n ; ZK1501 孔位于二导重力异常 G1 与极化率异常 D_n 的重叠部位。

致谢: 野外工作中得到新疆地矿局第十地质队大力支持与帮助, 特表谢忱。

参考文献:

- [1] 徐新煌, 温春齐, 茅燕石, 等. 新疆小热泉子铜矿床的矿石类型及其成因意义[J]. 矿床地质, 1998, 17(Sup): 679-682.
- [2] 温春齐. 铜陵矿田铜金矿床成矿模式及找矿预测研究[学位论文][D]. 北京: 中国地质大学, 1988.

[J]. 湖南地质, 2000, 19(1): 58-62.

[14] 池顺都, 赵鹏大, 刘粤湘. 应用 GIS 研究矿产资源潜力——以云南澜沧江流域为例[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(5): 493-497.

[15] 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.

THE MAIN STEPS OF APPLYING GIS TO ORE PREDICTING

LIU Zhi-guo¹, CHI Shun-du², ZHOU Shun-ping³.

(1. Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: GIS has been used in metallogenic prediction. Data that is required to process include information of remote sensing, geophysical and geochemical exploration. GIS-supported ore prediction consists of steps, such as data collection and preparation, setting up data base, ore-controlling factor analysis and ore exploration modeling, spatial retrieval, signature extraction and amalgamation, result revision and geological interpretation, output of prediction results etc. GIS is a new tool for ore prediction.

Key words: mineralogical prediction; mineral exploration; GIS; space analysis

(上接第 130 页)

PREDICTION OF BLIND ORE BODY IN XIAOREQUANZI COPPER MINE

WEN Chun-qi, XU Xin-huang, LUO Xiao-jun

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Based on geology of the mine area and ore deposit and the relevant preworks the model units are selected for setting up synthetic predictive model, division of predictive models, variable extraction and assignment. Then the possible locations of ore bodies are predicted with information integration and analogue and characteristic analysis methods. 5 targets are pointed out and 5 drill holes designed.

Key words: blind ore; location prediction; Xiaorequanzi copper mine; Xinjiang