甘肃文县筏子坝铜矿床地质 地球物理 地球化学综合找矿效果

段永民[1],杨礼敬[1], 王强国[2]
(1. 甘肃省地质调查院,甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省地质矿产局 第一地质勘查院,甘肃 天水 741020)

摘 要: 甘肃筏子坝铜矿矿体赋存在喷发旋回晚期变质中基性—基性火山岩层向沉积岩层过渡部位,主含矿层为含铜磁铁石英岩;各类岩(矿)石物性差异明显,Cu、Zn、Mo、Co及Au、Ag主要成矿元素异常浓度分带明显;矿体上均有明显物化探异常;提出了地质 地球物理 地球化学综合找矿标志。

关键词:筏子坝铜矿;地质特征;地球物理特征;地球化学特征;找矿标志
中图分类号: P632 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000 - 8918(2005)05 - 0383 - 05

筏子坝铜矿位于甘肃文县碧口镇的筏子坝一带,为中型铜矿床。该矿床以矿体纵深大于走向延长、铜品位高为其主要特点,被原地矿部列为“九五”重点勘查区。由于矿区植被覆盖厚,化探异常不发育,为找矿带来一定难度。在实际工作中我们针对含铜火山岩与围岩磁性差异大的特点,采用以地面高精度磁法测量为主,配合激电中梯、激电测深试验及岩石地球化学测量,结合矿床特征综合分析,在找矿有利部位进行工程验证,取得了较好的找矿效果。笔者以论述矿床的地、物、化特征为基础,试图全面总结该类铜矿的地质 地球物理 地球化学找矿标志,从而指导区域地质找矿工作。

1 区域地质及地球物理、地球化学背景

1.1 区域地质背景

筏子坝铜矿位于摩天岭元古代隆起区大茅坪—阳坝—碧口火山岩铜矿带西段,其建造 构造环境属扬子板块北缘裂谷或岛弧带。

出露地层为中元古界蓟县系碧口群。赋矿地层为碧口群下部的阳坝组,由绿色细碧岩、细碧凝灰岩、安山质凝灰岩等中基性—基性火山岩及沉积岩组成;岩石已变质为绿帘绿泥片岩、绿泥片岩、绿泥阳起片岩,局部夹碧玉条带或含铜的磁(赤)铁石英岩以及绢云石英片岩、绢云片岩,是一套浅变质、强变形的构造 岩石地层。矿体赋存在喷发旋回晚期变质中基性 基性火山岩层向沉积岩层过渡部位(即绿色岩组→浅色岩组过渡部位),赋矿序列位置稳定是其重要特点,地层是其主要控矿因素。

碧口群构造形态为一向南倒转的复式向斜,矿区位于碧口—阳坝次级复式背斜西部转折端附近。区内断裂构造发育,以北东向脆性断裂和韧性剪切带为主;区域性岩石韧性剪切变形(晋宁期顺层韧性剪切带和加里东期脆 韧性剪切带)对成矿元素的再次富集和矿体的产状及空间分布影响较大。

1.2 地球物理、地球化学背景

在区域航磁图上,筏子坝一带位于扬子地块北部磁场区青川—汉中高磁异常带与龙门山负磁异常带交接部位。筏子坝一带磁异常呈北东向展布,总体呈简单负磁异常,中心位于碧口镇北东;在低磁背景场中分布有少量弱正磁异常。中基性火山岩和含矿的磁铁石英岩呈弱小异常反映。

区内含矿地层分布区与铁族元素中—高背景区对应,而且东部背景强度高于西部,且连续性较好,这与东部基性—中基性火山岩较西部发育是一致的。各种元素基本无明显富集,亲石元素 Li、P、Ca和亲硫元素 Mo、Ag、As、Sb、Cd等贫化,变化较大的为 Au、Hg、Sb。

目标元素 Cu、Zn接近区域丰度,并与铁族元素形成组合,显示与基性—中基性火山岩有密切关系。筏子坝一带为低背景区,异常较少。

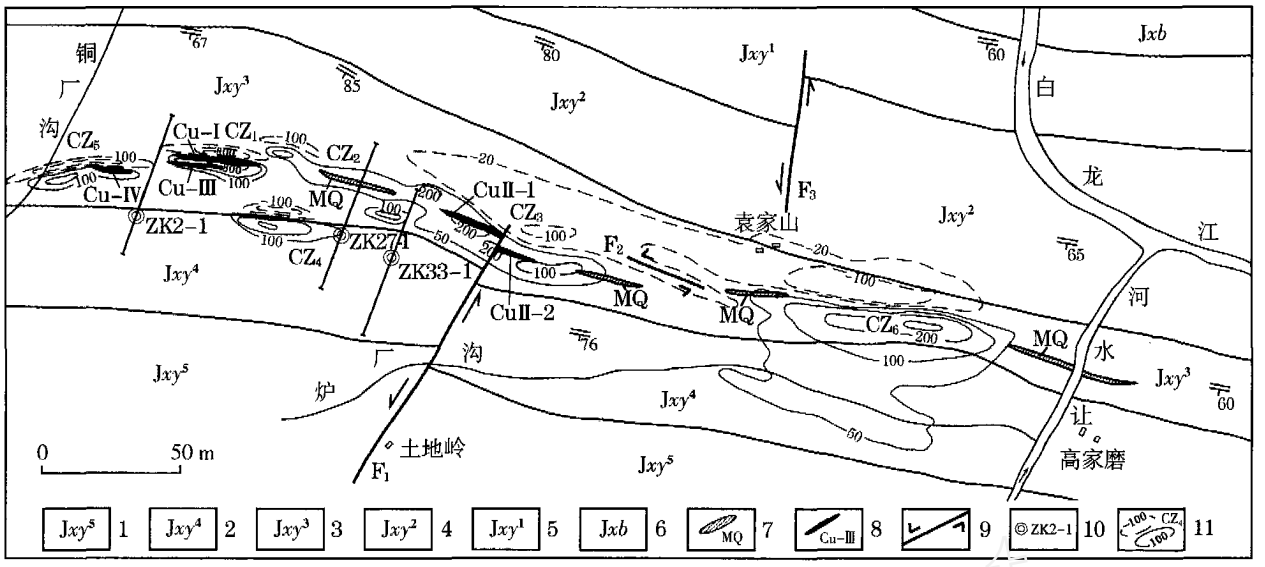
2 矿床地质及地球物理、地球化学特征

2.1 矿床地质特征

筏子坝铜矿含矿带长 3 600 m,宽 5～60 m,主含矿层为含铜磁铁石英岩。矿体与围岩整合产出,沿走向上呈断续展布的条带状、似层状,并有侧列现

收稿日期: 2004 - 09 - 02

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



1—绿泥石英片岩;2—斑点状绢云石英片岩 (Jxy^4);3—绿帘绿泥片岩夹绿泥片岩;4—斑点状绢云石英片岩 (Jxy^2);5—绿帘绿泥片岩;6—斑点状绢云石英片岩 (Jxb);7—磁铁石英岩;8—铜矿体及编号;9—断层位置及编号;10—钻孔位置及编号;11—磁异常位置及编号

图 1 筏子坝铜矿矿区地质概况

象;矿体的延深大于走向延长是重要特点,反映了变形构造对矿体的影响。目前已圈出 4个铜矿体,3个铜矿化体 (图 1)。

Ⅰ号矿体为主矿体,地表长 300 m,厚 0.5～4.48 m,倾向 200°,倾角 55°～65°,呈似层状;控制延深大于 360 m,平均品位 3.52%～5%,矿体品位由地表 (0.5%～1%)向地下有明显变富的趋势,至地下 300 m处,铜矿体厚 7.03 m,品位 4.26%,最高 18%。矿体向东有侧伏之势。

Ⅱ号矿体位于矿区东部,与 Ⅰ号矿体赋存于同一含矿层中,地表长 320 m,厚 1～3 m,呈似层状,倾向 220°,倾角 65°,铜品位为 0.3%～2.54%。

Ⅲ号矿体位于 Ⅰ号矿体南侧,并与之基本平行,地表出露长度为 95 m,厚 0.7～2.25 m,铜品位为 0.28%～0.25%,向下 135～1 502 m中段控制矿体长度 30 m,厚 0.95 m,铜品位 1.68%。

Ⅳ号矿体位于 Ⅲ号矿体之西,为同一含矿层内,地表长 110 m,厚 4.58 m,呈似层状,铜品位 0.7%。

矿石类型有磁铁石英岩型铜矿石、块状黄铁黄铜矿石、条带状磁铁黄铜矿石、绿片岩型铜矿石 4种。其中金属矿物主要有磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿,次为闪锌矿、斑铜矿、方铅矿、辉铜矿、黝铜矿。脉石矿物主要有绿泥石、石英、碧玉、绿帘石、绢云母、长石等。伴生有益元素 $w(Au) \geq 0.1 \times 10^{-6}$,高者达 5.27×10^{-6};$w(Co) = 0.001\% \sim 0.3\%$,$w(Zn) = 0.4\% \sim 10.9\%$,$w(Ag) = (1 \sim 30) \times 10^{-6}$,$w(Mo) = 0.01\% \sim 0.05\%$。矿石具粒状变晶结构、花岗变晶结构、鳞片纤状变晶结构、交代溶蚀结构、块状构造、条带状构造、浸染状构造、变余层 (纹)状构造、角砾状构造等。

矿床围岩蚀变晕窄,强度较弱。蚀变种类简单,主要有不均匀的硅化、绿泥石化及绢云母化、褐铁矿化。矿体顶底板多具绿泥石化,厚度为几至几十厘米。氧化矿石不发育,主要形成孔雀石、蓝铜矿、胆矾、褐铁矿、水绿矾等铜矿物,局部可形成铁帽。矿床成因类型为火山沉积-热液改造型铜矿床。

2.2 地球物理特征

矿区共有 4大类岩石和 4类铜矿石,对其物性进行了系统测定,各类岩 (矿)石物性差异明显 (表 1[1]),尤其矿体与围岩物性差异十分显著,为地球物理探矿提供了可靠的前提。

表 1 筏子坝铜矿岩、矿石物性参数

岩、矿石	$\kappa/10^{-6}$ SI	η_s/%
绢云石英片岩	272	0.55
绿泥片岩	11 049	0.58
磁铁石英岩	63 033	11.12
含铜磁铁石英岩型矿石	299 722	28.15
块状黄铁黄铜矿型矿石	44 308	32.70
含铜绿泥片岩型矿石	19 890	0.44

在进行地面高精度磁测的同时,配合进行了激电中梯、激电测深和磁测充电法试验工作,η_s、ρ_s 在已知矿体上反映比较明显,矿石具高阻高极化特征,

[1] 赵小平. 甘肃文县筏子坝铜矿区物探工作成果报告. 甘肃省地质矿产局第二勘查院, 1996.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

η_s几何平均值 >20%,远高于围岩的 ±1%,因此,矿体表现为双高异常。磁测充电异常特征为各剖面线均出现了"过零交点",反映了导电异常轴(矿体)的位置与已知矿体吻合。由于试验选在了矿化较弱且工作程度较低的矿区东部,致使实验效果不够理想。由上述可以看出,筏子坝铜矿矿体与围岩有显著物性差异,物探异常的找矿作用毋庸置疑。不同比例尺的磁法资料可用于矿田、矿床、矿体的多级圈定,电法则可作为矿体定位的辅助手段。

2.3 地球化学特征

Co、Au、Ag、Fe、Zn是主要的伴、共生有益元素,可能形成次生晕,但在实际工作中不同类型的地球化学异常则有所差异。

1∶20万区域地球化学工作中,本区并未发现较好的 Cu异常,只有个别点的样品 Cu含量达 45 × 10^{-6},亦无其他伴生元素异常。可能是因矿体剥蚀规模较小和地球化学景观等原因,致使水系沉积物异常对已知矿化地段反映不佳,显示率仅 17.1%。

矿区 1∶1万岩石地球化学测量(由于地形切割强烈等原因,难以进行土壤测量),圈出了 Cu、Zn、Co、Ni、Cr等元素的高值区,大致划分为阴山里南—袁家山 Cu、Zn、Co、Ni、Cr高值带和阴山里东北 Cu、Zn、Co、Ni、Cr高值带;前者与 Ⅰ、Ⅱ号铜矿体所处部位相当,后者与透镜状产出的绿泥石片岩基本吻合。

对矿体地表进行了 1∶500岩石测量[1],Cu、Zn、Mo、Co及 Au、Ag主要成矿元素明显受(含铜)磁铁石英岩的控制,走向上连续性好,浓度分带明显。Ni的原生异常不发育,仅在矿区的东部出现小范围的异常,而且是在 Cu、Zn、Mo、Co异常不发育的地段,二者呈反消长关系(图 2[1])。

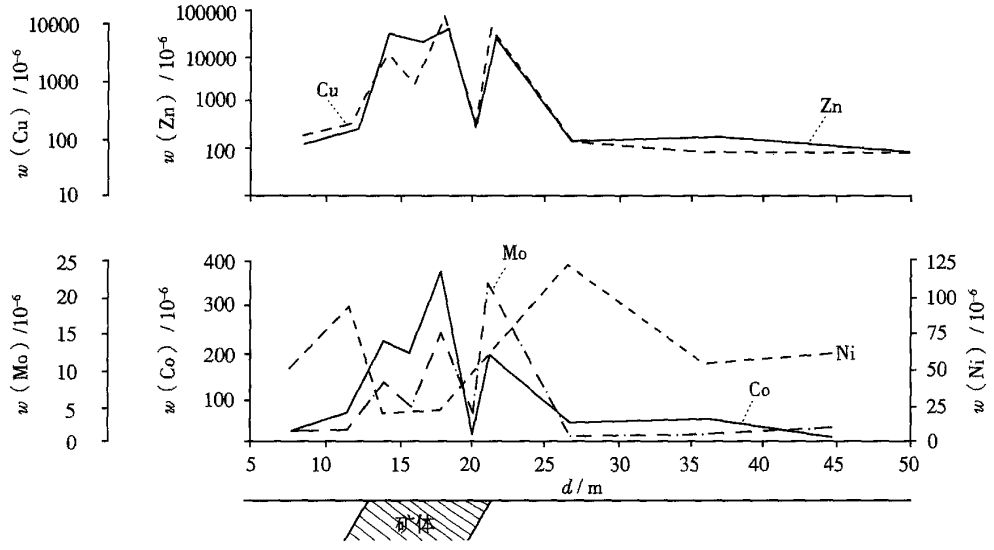


图 2 矿体地表元素含量分布

表 2 筏子坝铜矿区基岩地球化学异常参数　10^{-6}

元素	平均值	标准差	异常下限	外带	中带	内带
Cu	100	93	280	280～560	560～1140	>1140
Zn	165	144	550	550～1100	1100～2200	>2200
Mo	0.5	0.6	1.7	1.7～3.4	3.4～7.2	>7.2
Co	30	11	50	50～100	100～200	>200

朱有光等(1997)按 $\bar{X}+2S$作为异常下限,计算了矿区主要元素的地球化学异常参数(表 2[1])。从表中可以看出,各主要元素异常明显,浓度分带清晰,Zn、Mo、Co等与主成矿元素 Cu的地球化学行为相近,均能成为区内化探的示矿元素。

岩石地球化学异常总体上呈带状,且有相近的浓集中心,但异常很窄,梯度较大,离开矿体很快降为正常场(图 2)。

3 矿床地球物理异常特征

3.1 地球物理勘查成果

矿区磁场背景比较平缓,北部正磁场,ΔT为 0～20 nT;南部负磁场,ΔT为 -20～0 nT;在二者交界部位出现明显的高磁异常带,呈东西向展布,宽 50～200 m,长 3 000 m,ΔT为 100～1 600 nT。平稳正磁场主要分布为绿色火山岩系,负磁异常区以浅色正

[1] 朱有光,李泽九,杜玉良,等.陇南地区以异常形成机制分析为基础的铜、金地球化学找矿研究报告.中国地质大学(武汉),1997.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

常沉积岩为主,磁异常带与矿带的空间展布基本一致(图 1)。圈定的 6个磁异常中,矿致异常 3个,分别对应于已评价的铜矿体。这种磁异常一般呈条带状近东西向展布,长度与所对应矿体的长度有关,宽度较窄,一般小于 50 m,异常强度相对较高,正、负异常紧密伴生,负磁异常长度略大于正磁异常。矿体的地表出露位置在正、负磁异常的交接部位,且向正磁异常方向倾斜。

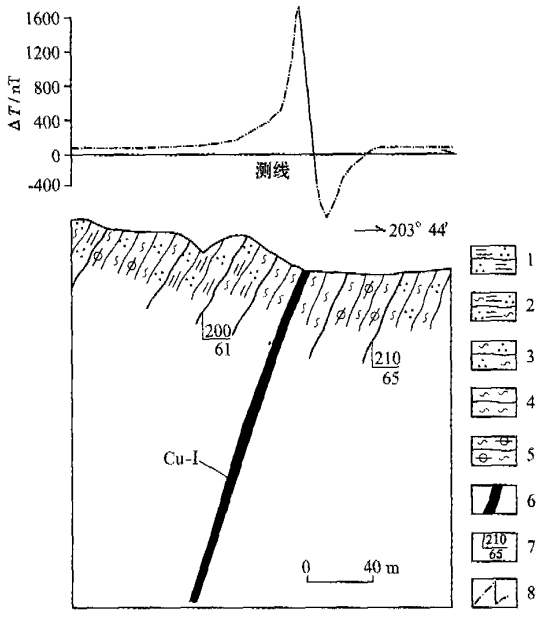
由不含铜磁铁石英岩引起的磁异常,亦呈条带状东西向展布,但宽度一般大于 50 m,磁异常梯度较缓,负磁异常不发育。

由磁铁矿化绿帘绿泥片岩引起的磁异常,呈椭圆状展布,宽度较大,一般大于 100 m,磁异常向南梯度变化小,磁异常曲线多呈锯齿状,。

3.2 典型异常解剖

1∶1万高精度磁测表明,矿区已发现的 4个矿体均有明显的异常反映,尤以主矿体(Cu-Ⅰ)引起的 CZ1磁异常最为典型。

CZ1异常呈条带状近东西向展布,长 310 m,宽 20～80 m,ΔT_{max}达 1 600 nT,异常中心向南梯度变化小,等值线稀疏;向北变化梯度大,等值线密集并显示负值,ΔT_{min}为 - 800 nT。经揭露验证,Cu-Ⅰ矿体地表露头位于正、负异常的交替部位,走向与异常延伸方向一致,倾向梯度变化小的正异常方向(图 3),倾角 60°～75°。控制延深大于 300 m,由磁铁石英岩型矿石、块状黄铜黄铁矿型矿石及含铜绿泥片岩型矿石组成。向深部厚度明显增大,具强磁性的



1—绢云石英片岩; 2—绿泥绢云石英片岩; 3—绿泥石英片岩; 4—绿泥片岩; 5—绿帘绿泥片岩; 6—铜矿体; 7—片理产状; 8—磁测曲线

图 3　5号勘探线剖面

前两种矿石显著增多。磁测结果表明,CZ1异常区除矿体具有强磁性外,围岩磁性微弱, CZ1磁异常由 Cu矿体引起。

4　地质 地球物理 地球化学找矿标志

根据本矿床的成矿规律、控矿因素,建立了地质 地球物理 地球化学特征和找矿勘查经验,总结了综合找矿标志(表 3)。

表 3　筏子坝铜矿地质 地球物理 地球化学综合找矿标志

标志分类		找矿标志
地质	地层	碧口群阳坝组是主要赋矿层位,而其中中基性火山岩发育部位是成矿的有利地段
	火山岩	中基性火山岩是成矿母岩;绿色火山岩系向浅色沉积岩系过渡部位是成矿的有利部位;含碧玉岩磁铁石英岩是直接的标志层
	围岩蚀变	绿泥石化、黄铁矿化、硅化、绢云母化
	地表氧化带	地表一般具孔雀石化、褐铁矿化
	采矿遗迹	地表分布有古采老窿及铜炼渣
地球物理	探测目标物	含碧玉磁铁石英岩及含硫化物绿片岩(异常宽缓,不规则)
	探测目的物	富含磁铁矿和金属硫化物的含铜矿体
	地面磁异常	形成规则的条带状磁异常,异常强度高(一般大于 200 nT),水平梯度大,正、负异常伴生;目的物头部位于正负异常交替部位(或异常梯度变化最大的部位);走向与异常延伸方向一致而向正异常区(或梯度变化较小的一侧)倾斜
	地面电法异常	η_s、ρ_s在矿体上方形成明显的高电阻、高极化异常
地球化学	区域异常	水系沉积物测量无大面积异常,Cu高含量点应该引起重视
	矿区异常	Cu、Zn、Mo、Co、Ni、Au、Ag沿矿带出现高值带
	矿体异常	Cu、Zn、Mo、Co及 Au、Ag异常明显,Ni异常不发育或为负异常(与矿区异常的主要区别点)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

5 结论

筏子坝铜矿为火山岩型铜矿床,在火山喷气(流)阶段形成的含碧玉磁铁石英岩,是铁、铜等成矿元素的载体。由于铁、铜元素相近的地球化学行为,使其在成矿过程中始终保持着某种联系。在本矿区铜矿体多赋存于磁性较高的含碧玉磁铁石英岩中,常表现为上铁下铜,这使矿床具有直接找矿的物性前提(较高的磁性体和电性体),也使勘查的目标物和目的物比较相近,为地球物理探矿提供了方便。

在本文中,筏子坝式铜矿找矿模型是矿床勘查过程中实际方法和经验的总结。其使用方法是:首先按地质标志在碧口群火山岩带中选好成矿远景区,利用中大比例尺高精度磁法在远景区内进行面积性测量,圈出成矿有利地段;然后在其中进行大比例尺磁测,必要时在关键部位加密测量,以圈出形态规则的磁异常并进行筛选,对优选出的磁异常利用高精度磁法剖面配合激电法、岩石测量,定位目标物;最后进行工程验证,探求目的物——含铜矿体。

参考文献:

[1] 伊凡诺夫 CH国外黄铁矿型矿床[M]. 甘肃省地矿局翻译组译. 甘肃:兰州大学出版社, 1992.
[2] 杨礼敬,马佩文,王强国. 地面高精度磁测在筏子坝铜矿勘查中的应用效果[J]. 甘肃地质学报, 2003, (2): 86 - 92.
[3] 孟贵祥. 小热泉子铜矿区物探找矿效果及综合找矿模型[J]. 物探与化探, 2002, (1): 32 - 38.
[4] 曾钦旺,饶家荣,骆检兰,等. 综合方法在柳塘隐伏铅锌矿床的应用效果[J]. 物探与化探, 2002, 26(3): 179 - 184.
[5] 刘士毅,孙文珂,孙焕振,等. 我国物化探找矿思路与经验初析[J]. 物探与化探, 2004, 28(1): 1 - 9.

THE EFFECTS OF GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL-GEOCHEMICAL INTEGRATED ORE PROSPECTING IN THE FUZIBA COPPER DEPOSIT, WENXIAN COUNTY, GANSU PROVINCE

DUAN Yong-min[1], YANG Li-jing[1], WANG Qiang-guo[2]

(1. *Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou 730000, China;* 2. *No. 1 Institute of Geological Exploration, Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources, Tianshui 741020, China*)

Abstract: The orebodies of the Faziba copper deposit in Gansu Province occur in the transitional zone between the metamorphosed intermediate-basic volcanic rocks to sedimentary rocks, with the major ore-bearing bed being copper-bearing magnetite quartzite. Physical characters of various rocks (ores) show remarkable differences. There exists obvious concentration zoning in anomalies of such main ore-forming elements as Cu, Zn, Mo, Co and Au, Ag. Evident geophysical and geochemical anomalies can be observed over the orebodies. Integrated geological-geophysical-geochemical prospecting criteria are put forward in this paper.

Key words: Faziba copper deposit; geological characteristics; geophysical characteristics; geochemical characteristics; ore-prospecting criteria

作者简介:段永民(1955 -),男,陕西蒲城人,高级工程师,1987年毕业于西安地质学院,长期从事地质调查与研究工作,发表多篇论文。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net