

文章编号: 1009-6248(2004) 02-0062-07

甘肃省肃南县雪泉铜 (锌) 矿床 找矿勘查思路探讨

赵东宏, 李文渊, 宋忠宝, 申少宁, 李长安, 王伟, 张江华

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 雪泉塞浦路斯型富铜 (锌) 块状硫化物矿床地处北祁连山西段奥陶纪弧后盆地火山岩带内, 矿床的形成受火山热液喷流中心控制, 每个喷流中心的成矿遵循“蘑菇”状的成矿模式, 目前已发现矿区存在多个热液喷流中心, 与此相对应的矿体表现出呈群出现, 分段集中的特点。结合矿区地形特点, 笔者提出矿床下一步的找矿勘查应按照“面上展开——利用地质测量、物探扫面进行探寻热液喷流中心; 分段深入——在每个热液喷流中心主要利用硐探工程进行探矿验证”的思路开展工作。

关键词: 雪泉铜 (锌) 矿床; 塞浦路斯型; 找矿勘查; 甘肃

中图分类号: TD862.1 **文献标识码:** A

雪泉铜 (锌) 矿床位于甘肃省肃南裕固族自治县境内, 是北祁连山西段奥陶纪弧后盆地火山岩带内发现的具有较大工业价值的富铜块状硫化物矿床, 随着近年来矿床研究工作的深入以及勘查力度的加大, 日益显露出雪泉铜 (锌) 矿床有望成为大型富铜块状硫化物矿床的前景和潜力; 2003 年矿床勘查工作又获资源补偿费的资助, 为使正在进行的找矿勘查工作更加经济有效。笔者试图在已获资料的基础上, 参照国外同类型矿床“地-物-化”综合勘查的成功经验, 通过对矿床地质特征和存在问题的总结分析, 探讨下一步地质找矿与勘查工作的思路。

1 研究现状

该矿床于 1966 ~ 1967 年由甘肃地矿局进行地

质矿产普查时发现, 随后进行了检查评价, 认为属火山热液型铜矿点, 不具有较大工业意义^①, 经过十多年的沉寂, 到了 20 世纪 80 年代, 夏林圪、夏祖春等从大地构造背景、火山岩石学及成矿地质条件入手, 又对该区进行了深入分析, 认为该区属弧后盆地强烈拉张的构造背景, 其内所产矿床属与弧后扩张脊蛇绿岩有关的塞浦路斯型火山块状硫化物铜矿床, 并指出该类矿床具有较大的成矿潜力^[1]; 同时该区的民间探矿活动, 也取得了重大突破, 在前人评价过的 号沟和 号沟矿点上发现富铜工业矿体, 此后, 该区的找矿勘查工作引起了许多地质工作者的极大关注, 1998 年, 李文渊等依托“甘肃省肃南县石居里沟铜矿普查专项”, 对雪泉铜 (锌) 矿区进行了初步研究和找矿勘查工作, 估算矿床 号沟铜矿体资源量可达 10 万 t 以上^②。2000 ~ 2001

收稿日期: 2003-06-10; 修回日期: 2004-02-19

基金项目: “甘肃省肃南裕固族自治县雪泉铜 (锌) 矿普查”项目设计和“甘肃北祁连山错沟—寺大隆一带铜矿预测与评价”(项目编号: 200010200152) 部分成果。

作者简介: 赵东宏 (1961-), 男, 1983 年毕业于西安地质学院, 1989 年获矿床学硕士学位, 研究员, 主要从事矿产地质研究及科研管理工作。E-mail: xazdonghong@cgs.gov.cn。

①甘肃省地矿局. 甘肃省摆浪沟—九个泉地区 1/5 万铜矿地质普查, 1967.

②李文渊, 等. 甘肃省肃南县石居里沟铜矿普查专项. 1998.

年，杨合群等对雪泉矿区进行了较系统的研究，并对北矿段的 号沟进行了评价，求得铜锌资源量 5 万 t 以上，同时提出了雪泉铜（锌）矿床的“蘑菇”状成矿模式^[2]，上述工作对雪泉铜（锌）矿床的下一步勘查奠定了坚实的基础。

2 区域成矿背景及矿床地质特征

2.1 区域成矿背景

矿区位于北祁连山西段奥陶纪弧后盆地火山岩带内^[1]，隶属错沟—九个泉 Cu-Zn 型（蛇绿岩套型）成矿带^[3]的石居里矿化集中区。奥陶纪弧后盆地火山岩带发育于岛弧火山岩带北侧，沿走廊南山北

坡呈近东西向展布，以基性火山岩为主，有少量中性和酸性熔岩，岩石类型主要为基性枕状、块状熔岩和火山碎屑岩沉积岩系，火山岩在横向上，相变剧烈，与正常沉积岩或火山碎屑沉积岩类呈互层产出。夏林圻、夏祖春等对北祁连火山岩浆演化的研究揭示了该区属弧后盆地拉张构造背景^[7]（图 1），并指出其中拉张强烈的地段是寻找火山块状硫化矿床的有利地段^[4]，雪泉铜（锌）矿化区正好地处弧后盆地拉张强烈，蛇绿岩套发育地段，具有极为有利的成矿地质背景。就目前的现状来说，北祁连山西段工作程度较低，仅发现雪泉、错沟及九个泉等中小型矿床，其余多为工作程度很低的矿点和矿化点，这表明有较大找矿潜力。

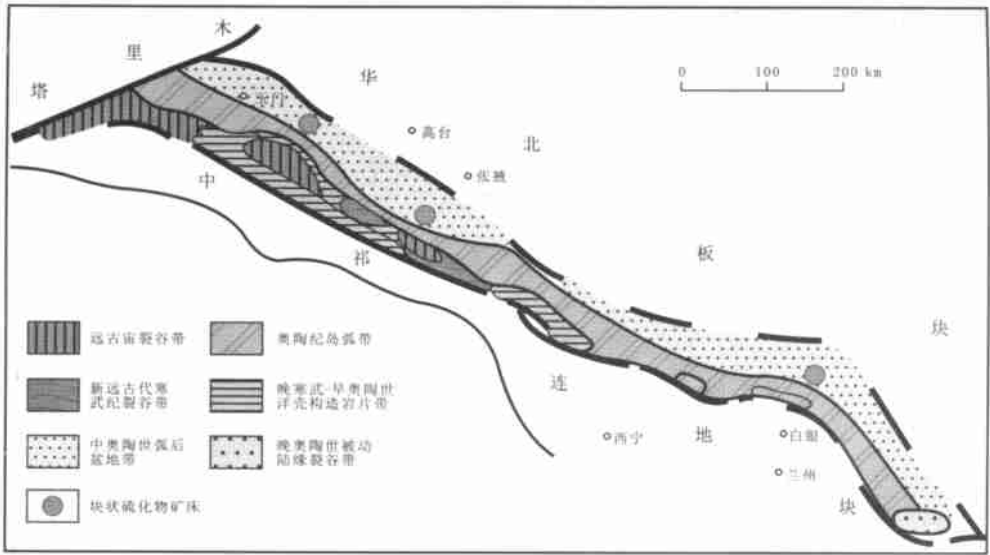


图 1 北祁连山区域构造略图（据夏林圻等，2001）
Fig. 1 Geological sketch map of north Qilian mountains

2.2 矿区地质概况

矿区除局部出露志留系和泥盆系外，其主体由奥陶纪弧后盆地海相火山—沉积岩系组成（图 2），夏林圻等（1996）将其确定为中奥陶世弧后盆地扩张脊蛇绿岩套中火山岩的组成部分^[4]。杨合群等（2000）根据前人研究成果，编制了区内蛇绿岩综合层序图，并进一步将区内火山岩系划归为蛇绿岩套层序的中—上层位早、晚两个喷发旋回^[5,6]。在矿区以沿 号和 号沟通过的区域韧性剪切带为界，早期喷发旋回主要分布在剪切带以南，即矿区南部，其

主要岩性为枕状、块状基性熔岩和凝灰质熔岩，它们构成一单斜板状构造，熔岩枕的产状为 30°~50°~25°~60°。韧性剪切带以北为晚期喷发旋回的基性熔岩夹火山碎屑岩分布区，岩性以细碧岩、火山角砾岩、集块岩、凝灰岩、凝灰质砂岩、硅质岩和碳质板岩等为主，它们构成一不完整的穹隆状构造^[7]。基性火山岩大致围绕火山角砾岩、集块岩分布，火山角砾岩、集块岩集中出现在 、 、 号沟交汇处，穹隆因后期构造改造，使得南北两翼均遭破坏，出露不全，形态上呈一压扁的长透镜状展

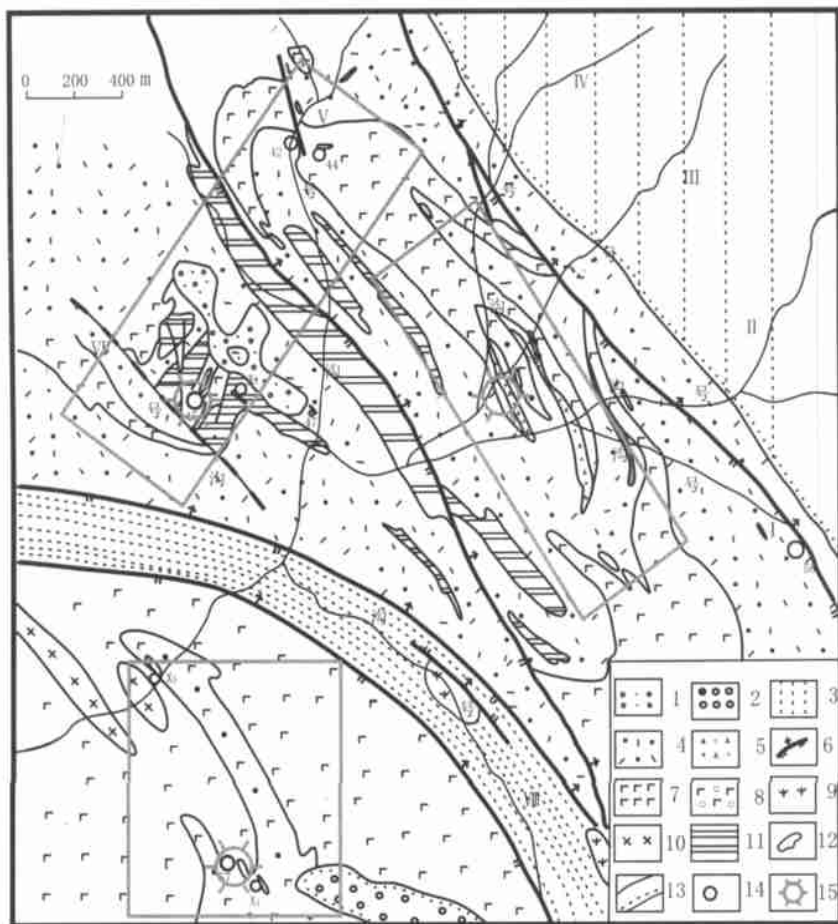


图 2 雪泉铜(锌)矿床地质草图

Fig.2 Geologic sketch map of Xuequan copper (zinc) deposit

1. 第四纪残坡积; 2. 泥盆纪砾岩; 3. 志留纪砂砾岩; 中—晚奥陶世; 4. 凝灰质砂岩; 5. 火山集块、角砾岩; 6. 逆冲断层; 7. 基性熔岩; 8. 凝灰熔岩; 9. 蛇纹岩; 10. 辉长岩; 11. 硅质岩; 12. 碧玉岩; 13. 韧性剪切带; 14. 铜矿床(点)及编号; 15. 热液喷流中心

布, 其轴向与矿区构造方向一致, 产状 $320^{\circ} \sim 340^{\circ}$, 倾向北东, 倾角 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

目前, 在矿区已初步确定至少存在 3 个热液喷流中心, 其中 号沟喷流中心位于早期喷发旋回的基性火山熔岩之中, 与之相配套的为 号沟铜矿体; 另外, 两个喷流中心分别为 、 号沟交汇处的喷流中心 (简称 号沟喷流中心) 和 号沟喷流中心, 它们沿晚期喷发旋回的基性熔岩夹火山碎屑岩构成的火山岩穹窿构造翼部和核部分布, 并存在有与之相对应的 号铜矿体和 号沟铜矿化点。

2.3 矿体地质特征

2.3.1 VIII 号沟铜矿体

分布于 号沟南侧早期喷发旋回的基性熔岩中, 呈“蘑菇”状产出, “蘑菇”叶部产状 $315^{\circ} \sim 38^{\circ}$; 长度 $> 100 \text{ m}$, 厚度 $3 \sim 27 \text{ m}$, “蘑菇”茎部矿体延深未控制 (图 3), 矿体主要由块状、角砾状和网脉状 3 种矿石组成, 在矿体中由上向下, 由中心向边部依次分布, 互为过渡关系; 与此相应的矿石的铜、锌含量及铜锌比值也随之发生变化, 如, 由上向下 25 m 范围内矿石品位: Cu 含量由 $7.44\% \rightarrow 5.73\%$, Zn 含量 $1.44\% \rightarrow 0.02\%$ 。主要矿石矿物有: 黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等; 脉石矿物主要为石英、绿泥石、次为黝 (绿) 帘石、方解石。围岩蚀变有绿泥石化, 帘石化、硅化、碳酸盐化等。其中, 硅化

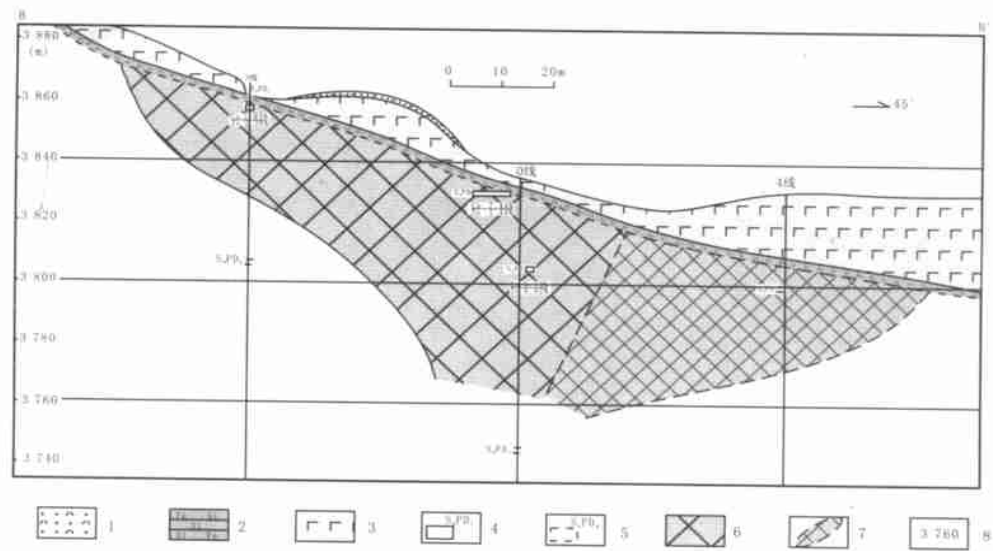


图 3 雪泉洞 (锌) 号沟铜矿体矿形态示意图 (据扬合群, 2001)

Fig.3 The diagram showing the shape of ravine copper ore-body in Xuequan copper (zinc) deposits
1. 坡积; 2. 碧玉岩; 3. 玄武岩; 4. 已有平硐及编号; 5. 设计平硐及编号; 6. 矿体; 7. 推测铜矿体; 8. 高程

与矿化关系最为密切。

2. 3. 2 VI 号沟铜矿体

号沟矿体分布在穹窿构造的南西翼, 受 号沟热液喷流中心控制。目前, 所见为“蘑菇”状矿体的茎部, 形态呈陡立的不规则板柱状 (图 4), 沿北东约 30 方向延伸, 倾向南东, 倾角约 75°; 朝北东方向倾伏, 倾伏角约 47°; 矿体厚度 12~31 m, 平均 24 m; 矿体延深超过 100 m 仍无收缩变窄趋势。矿体围岩为碧玉岩和次生石英岩, 通过可控源音频大地电磁深工作, 显示在地表 300 m 以下还有矿致异常显示。

2. 3. 3 III 号沟铜矿 (化) 点

号沟铜矿化点分布在火山穹窿构造的核心部位, 赋存于基性火山熔岩中, 单个矿体长约 10 m, 宽 0.30~3.5 m, 矿化体受火山机构的原生裂隙控制, 产状变化大, 形态呈透镜状、扁豆状、半球状、脉状等; 主要矿石矿物以黄铁矿为主, 含有少量黄铜矿、闪锌矿, 氧化物为孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿等, 脉石矿物为石英、绿帘石、绿泥石、方解石。围岩蚀变以硅化、绿泥石化、绿帘石化为主。另外, 与矿化相伴有大量的暗红色碧玉岩脉, 脉体长约 10~50 m, 宽 2~5 m, 显示出在 号沟喷流中心有较强的热液喷流作用发生, 有进一步探索的价值。

3 找矿勘查工作中存在的问题

(1) 矿床地质研究表明, 雪泉铜 (锌) 矿床为塞浦路斯型富铜块状硫化物矿床, 矿床的空间定位受火山机构制约, 而矿体的空间展布严格受海底火山热液喷流中心控制。目前, 在矿区范围内已发现 3 个海底热液喷流中心, 分别为 、 、 号沟 3 个喷流中心, 在前两个中心已发现具有较大工业前景的富铜工业矿体, 是否还存在更多的火山喷流中心以及 号沟喷流中心是否有相应的铜矿体产出, 这应是找矿工作中急需解决的问题之一。

(2) 杨合群等 (2002) 对矿床的系统研究后总结出矿区“蘑菇”状的成矿模式, 目前在 、 号沟的探采活动仅局限于“蘑菇”的茎部或局部, 由于矿区后期构造的改造, 如何恢复和配套“蘑菇”的全貌探寻部分未知矿体, 还需对成矿模式进行更深入的研究, 以便指导矿床勘查工作。

(3) 矿床位于北祁连山西段, 矿区地形切割强烈, 高差较大, 同时由于“蘑菇”茎部矿体走向延伸较小, 而沿倾向延深可达 300 m 以上, 如何选用有效的勘查手段也显得极为重要。

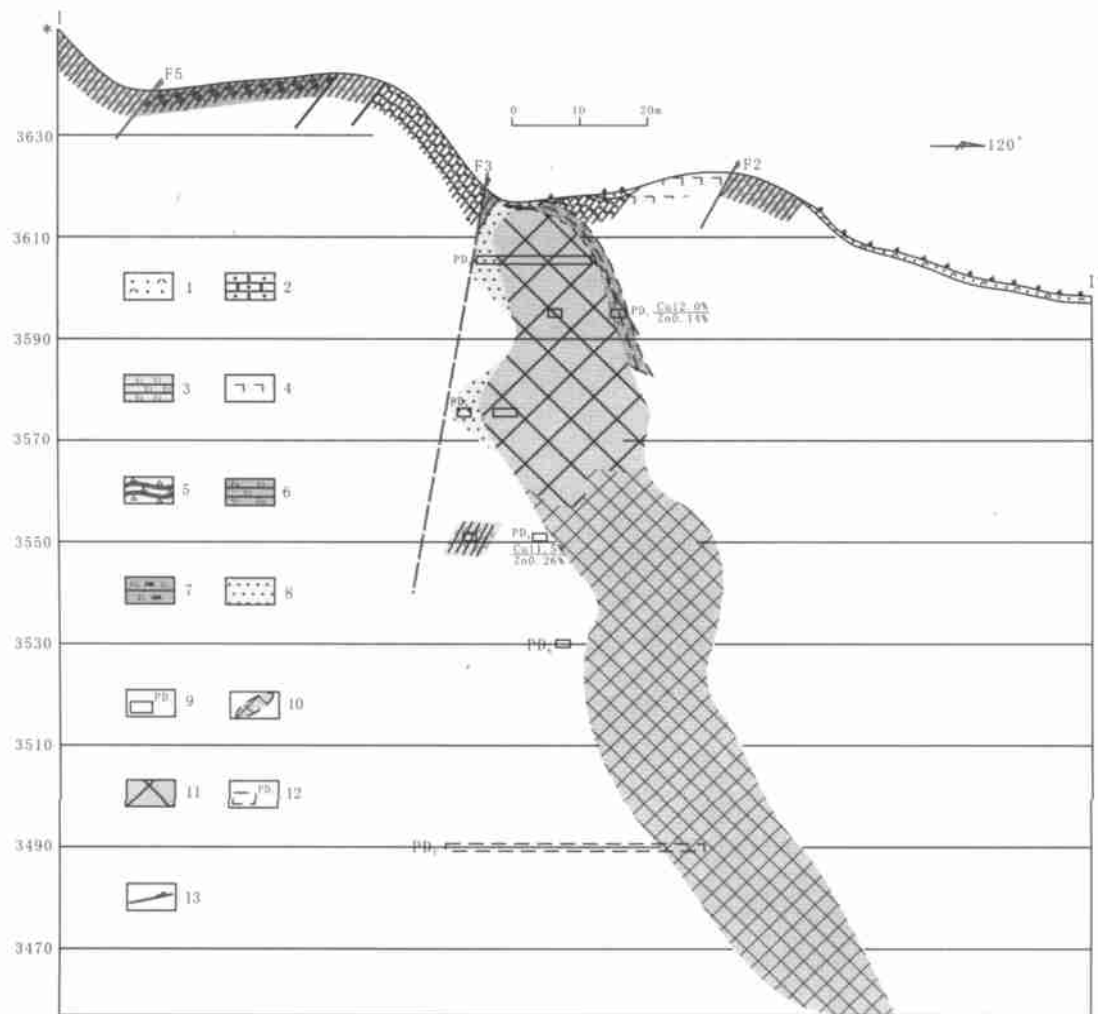


图 4 雪泉铜 (锌) 矿北矿段铜矿体横剖面投影图

Fig. 4 The diagram of projection in cross section showing the shape of ravine copper ore body in Xuequan copper (zinc) deposits

1. 坡积; 2. 凝灰质砂岩; 3. 青灰色硅质岩; 4. 细碧岩; 5. 灰白色次生石英岩; 6. 紫红色碧玉岩; 7. 黄铁化硅质岩;
8. 网脉浸染状铜矿; 9. 已施工平硐及编号; 10. 推测铜矿体; 11. 矿体; 12. 设计平硐及编号; 13. 断层

4 找矿勘查思路

雪泉铜 (锌) 矿床属塞浦路斯型铜 (锌) 矿, 矿体在空间上以热液喷流口为中心具有“蘑菇”状的展布规律, 特别是“蘑菇”茎部矿体具有呈桶状、香肠状延深极大的特征, 矿石多为富铜的块状矿和角砾状矿, 延深大于延长, 矿体浅隐伏, 地表露头较小或仅有矿化线索, 多显示不直观, 往往使得由表及里, 由浅入深的传统矿体分析判断失误, 或产生错觉; 根据矿区已有资料, 目前已证实在矿区存在至少有 3 个热液喷流口, 分别形成 号沟铜矿体和

号沟铜矿体, 而对于产于 号沟、 — 号沟的铜矿 (化) 点, 现还不清楚是否属于新的热液喷流口形成的“蘑菇”状矿体的局部地段, 针对矿床如此特征和勘查工作存在的问题, 矿床的找矿勘查应采用“面上展开, 分段深入、指导全区”的思路开展工作。

4.1 面上展开

主要采用 1:10 000 地质测量, 在确定矿区火山机构、热液喷流口及控矿构造的展布和矿体在平面上变化规律的基础上, 进一步发现有利矿化线索和新的矿化体; 同时开展可控源音频大地电磁测深

物探工作,对全矿区有利地段进行扫面,以了解矿体及各种控矿因素在空间上的展布规律,解决矿区探寻热液喷流中心的问题,进而从三维空间了解矿区矿体产出分布特征,为分段深入评价提供依据。

4.2 分段深入

主要采用硃探及钻探评价手段,以控制铜矿体沿走向方向的侧伏及延展、沿倾向方向的延深情况和变化规律。首先进行矿段 1:2 000 地质简测,以 1:2 000 地质图作为布设探矿工程的基础性图件,根据矿体产出具有延深大于延长且有侧伏和香肠状的特征,以及近年来的民采探矿经验和矿区山大沟深,切割陡峻的地形条件,选择硃探和钻探手段的使用范围,对于地表 150 m 以上的矿体选用硃探,对于地表 150 m 以下矿体主要选择钻探进行控制。

对于探矿工程的布设工作遵循先疏后密,逐步加密的原则,以最大限度地控制矿体工程间距布设勘探线,前期以 80 m 的勘查线间距,必要时加密为 40 m,以 40~80 m 深部加密的垂距控制矿体。

4.3 指导全区

矿床普查评价过程也是对矿床成矿规律的深入认识过程,因此在评价中始终应坚持综合研究贯穿于整个找矿勘查工作全过程的技术思路。随着评价工作的进行,及时开展区内成矿条件和成矿规律综合研究工作,综合整理评价过程中所获得的信息,对矿体的空间展布规律进行深入研究,采用 GIS 等新技术对矿体空间形态进行模拟;对成矿模型进一步完善,预测新的找矿远景区和下一步工作的区域,同时指导评价过程中遇到的新问题。

5 找矿勘查手段选择

5.1 地质测量

雪泉铜(锌)矿床属塞浦路斯型矿床类型,火山机构和热液喷流中心对矿体的分布有着严格的控制,因此,查明区内火山机构和热液喷流中心的分布及有关控矿因素对于该类型矿床的勘查有着十分重要的意义,热液喷流中心属火山原生裂隙构造之一,它的最明显标志就是矿区分布的红碧玉岩脉,岩脉一般仅宽约 0.1~2 m,长约 1~15 m,要将这些标志合理(部分放大表示)地表现在火山机构图

上,最低需要选用 1:10 000 比例尺对全矿区进行地质草测,只要这样才能查明火山机构及控矿因素的展布情况。

5.2 化探

前人在矿区进行了比较系统的化深测量工作,发现,存在以铜为主的铜锌套合异常、铜异常、铜矿物异常和水系沉积物的铜锌异常。关于化深测量的找矿效果,郭介人等(2002)在进行雪泉铜(锌)矿床找矿标志研究时,对水系沉积物异常进行了分析,并指出,雪泉铜(锌)矿床水系沉积异常在时未能得到验证,但现看来异常与 1 号沟富铜矿体的位置是相当吻合的^①,这从另一个侧面反映出对前人资料二次开发的重要意义;目前矿区已形成较多的化探成果资料,下一步的找矿勘查工作中,进一步的化探工作已显得意义不大,应主要利用前人化探资料进行二次开发和系统分析,从中提取有用的找矿信息,配合地质测量,为分段深入提供证据。

5.3 物探

对于物探手段的选择,主要以块状硫化物富铜矿为探查目标,同时结合矿区岩性、地形以及对前人使用物探手段找矿效果的分析进行选择。根据矿区 VI 号沟矿体已经使用的结果,可控源音频大地电磁测深对该类隐伏矿体具有较好的探知效果;从可控源音频大地电磁测深所使用的条件分析,该方法具有:①工作效率高,用一个发射偶极供电,便可在它两侧的一个很大的扇形区域内测量,与常规的直流电测深相比(特别是在山区)效率更高;②勘探深度大,勘探深度在数十米至 2 km 之间;③水平方向分辨能力高;④地形影响小,且易修正,同时穿过高阻层的能力也较强;结合矿区地质及矿体特征,因此,选用可控源音频大地电磁测深作为矿区深部探矿工作的手段,但对于该方法在 1 号沟的有效性,还需要进行试验,以进一步确定探查的有效性,根据试验结果进行物探方法的选择和调整。

5.4 槽探及硃探工程

地表槽探与地下硃探相结合是该类型矿床查证最有效的重型工程手段。前者用于揭露浅部矿化、蚀变、碧玉岩及重要地质界线;后者用于验证、控制

① 杨合群等. 甘肃省石居里一带火山岩型铜矿控矿因素、成矿模式及找矿模型. 2001.

隐伏矿体。对于硐探的选择, 主要出于 3 个方面的考虑: ①块状硫化物富铜矿目标相对较小, 且产状较陡, 钻探很难控制, 前期矿区的探矿工作经验也证明了硐探的有效性; ②矿区地形陡峻, 高差达 800 ~ 1 000 m, 钻探前期准备 (如修路、供水等) 投资费用昂贵, 因此, 钻探施工的难度相对较大, 对于 150 m 以上范围, 硐探比钻探更合适; ③从硐探和钻探的费用角度考虑, 硐探工作更为经济。

5.5 钻探

对于塞浦路斯型铜矿床, 由于矿体富而小, 空间展布变化较为复杂, 选用钻探工作应特别慎重, 钻探手段的选择必须有足够的证据, 即只有在地质测量、化探、物探及近表探矿工程验证的基础上, 才可使用钻探工程, 综合考虑矿区地形和经济因素, 钻探工程应作为 150 ~ 300 m 范围矿体延深的查证手段。

6 结语

综上所述, 雪泉铜 (锌) 矿床是由若干分段集中、成群出现的矿体群构成的塞浦路斯型富铜块状

硫化物矿床, 对于该类矿床的找矿勘查应采用 “面上展开, 分段深入, 指导全区” 的思路开展工作。

参考文献:

- [1] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2001.
- [2] 杨合群, 宋忠宝, 王兴安, 等. 北祁连山中西段塞浦路斯型铜矿特征、成矿作用及找矿标志 [J]. 西北地质, 2002, 35 (4): 65-85.
- [3] 孙海田, 邬介人, 沈建忠, 等. 对北祁连山火山喷溢型贱金属硫化物矿床区域成矿的探讨 [J]. 矿床地质, 1993, 12 (3): 194-201.
- [4] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山及邻区火山作用与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [5] 杨合群, 李文渊, 赵宏宏, 等. 北祁连山石居里沟富铜矿床成矿特征 [J], 地质与勘探, 2000, 36 (6): 20-22.
- [6] 龚全胜. 肃南塔洞沟早奥陶世蛇绿岩的成因和侵位 [J]. 甘肃地质学报, 1997, 6 (1): 23-36.
- [7] 李文渊, 夏林圻, 杨合群, 等. 北祁连山肃南早古生代古火山机构恢复及其找矿意义 [A]. 九五全国地质科技重要成果全论文集 [C]. 北京: 地质出版社, 2000.

Discussion on the idea of prospecting and exploration for Xuequan copper (zinc) deposits, Sunan, Gansu Province

ZHAO Dong-hong, LI Wen-yuan, SONG Zhong-bao SHEN Shao-ning

LI Chang-an WANG Wei, ZHANG Jiang-hua

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China)

Abstract: Xuequan Cyprus-type copper (zinc) rich massive sulfide deposits is located in the volcanic rock belt of Ordovician back-arc basin along the west section of the North Qilian mountains. The formed deposits is controled by the spouting center of volcanic hydrothermal solution, and the mineralization in each spouting center obeys to metallogenic model as "mushroom" in shape. It has been found that there are numbers of the spouting center in Xuequan ore district, in which the ore bodies has the feature of the outcropping in group and concentrating in block. In accordance with the topography of ore district, the authors suggest that prospecting and exploration for mineral resources in future should act upon the idea that the prospecting on whole ore district——geological survey and geophysical prospecting should be made use of searching out hydrothermal spouting center and exploration in spot, i.e. the adit will be utilized to check ore body.

Key words: Xuequan copper (zinc) deposits; cyprus-type; exploration; Gansu province