

东天山镜儿泉铜镍矿床成矿预测及 EH4 地球物理测量依据

沈远超¹, 申萍¹, 刘铁兵¹, 李光明¹, 邹为雷², 万克初³, 吴艳生³

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

2. 国土资源部航空遥感中心, 北京 100029; 3 新疆汇友集团, 哈密 839000)

[摘要] 镜儿泉铜镍矿床产于东天山黄山—镜儿泉铜镍成矿带东部, 是典型的岩浆熔离型铜镍硫化物矿床。岩体地质研究表明, 基性—超基性葫芦岩体是一复式岩体, 东部辉石岩相形成的小环切穿西部辉石岩相形成的大环, 两环相交呈葫芦状。矿床形成受岩体控制, 矿体呈似层状赋存于复式岩体西部辉石岩相的底部。EH4 连续电导率成像仪测量结果清晰地反映了岩体的基本形态, 识别了岩体的不同岩相: ①超基性岩(1~300Ωm)在南北剖面呈不对称的盆状, 东西剖面呈东浅西深相交的盆状, 含矿辉石岩相(130~300Ωm)呈盆状分布于橄榄岩相(1~130Ωm)外围; ②中基性岩(500~1000Ωm)包括辉长岩相和闪长岩相呈漏斗状分布于辉石岩相外围, 漏斗状形态预示岩浆上升通道可能在矿区西南部。在此基础上, 预测葫芦岩体地下250~450m区段是最有希望的成矿区段。

[关键词] 铜镍硫化物矿床 成矿预测 EH4 连续电导率测量 镜儿泉

[中图分类号] P618.41; P618.63 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2007)02-0062-06

目前, 铜、镍等矿产的不足严重制约了国民经济的发展, 要解决这一问题, 除寻找一批大型铜镍矿床外, 更快速有效的方法是对已有矿床进行隐伏矿床预测, 探索矿区深部及外围可能的资源^[1-2]。东天山黄山—镜儿泉铜镍成矿带产有若干个铜镍硫化物矿床, 是继金川、喀拉通克铜镍矿床之后我国又一重要的铜镍资源基地^[3-4], 迄今为止, 许多学者已研究了该铜镍成矿带中的黄山、黄山东、香山等铜镍矿床^[4-5], 而对镜儿泉铜镍矿床涉及较少。

1 地质概况和岩体地质

东天山镜儿泉铜镍矿床位于哈密市东南约240km处, 坐标为东经95°42'06", 北纬42°32'11", 大地构造上属于塔里木板块和准噶尔板块的接合部位, 塔里木板块东北边缘(图1a)。区域上出露地层为下石炭统干墩组和中石炭统梧桐窝子组, 区域断裂构造发育, NEE向断裂控制了区域基性—超基性岩的展布(图1b), 如镜儿泉—咸水泉断裂控制了镜

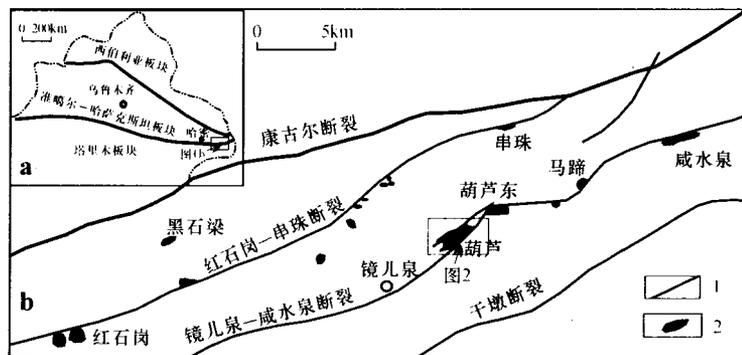


图1 东天山镜儿泉地区区域断裂构造与基性—超基性杂岩分布简图

(据新疆地质六队资料修编)

1—断裂; 2—超基性岩杂岩体

[收稿日期] 2006-02-21; **[修订日期]** 2006-07-10; **[责任编辑]** 韩进国。

[基金项目] 国家科技攻关“305”项目(编号: 2001BA609A-07-08; 2003BA612A-06-19)和横向课题“东天山镜儿泉铜镍硫化物矿床成矿预测研究”项目联合资助。

[第一作者简介] 沈远超(1943年—), 男, 1981年毕业于中国科学院研究生院, 获硕士学位, 研究员, 现主要从事成矿预测理论与技术研究工作。

儿泉基性-超基性葫芦岩体的分布。

矿区出露地层是中石炭统梧桐窝子组 C_2w (图 2), 岩性为中酸-中基性火山岩、火山碎屑岩夹变粒岩、浅粒岩、片岩等, 区内断裂构造发育, 葫芦岩体

南北两侧岩石发生劈理化和片理化, 形成宽 20~30m 的片理化带, 是镜儿泉-咸水泉断裂的次级断裂, 具有韧性剪切性质, 片理倾向 170° , 倾角 60° , 与围岩片理产状一致。

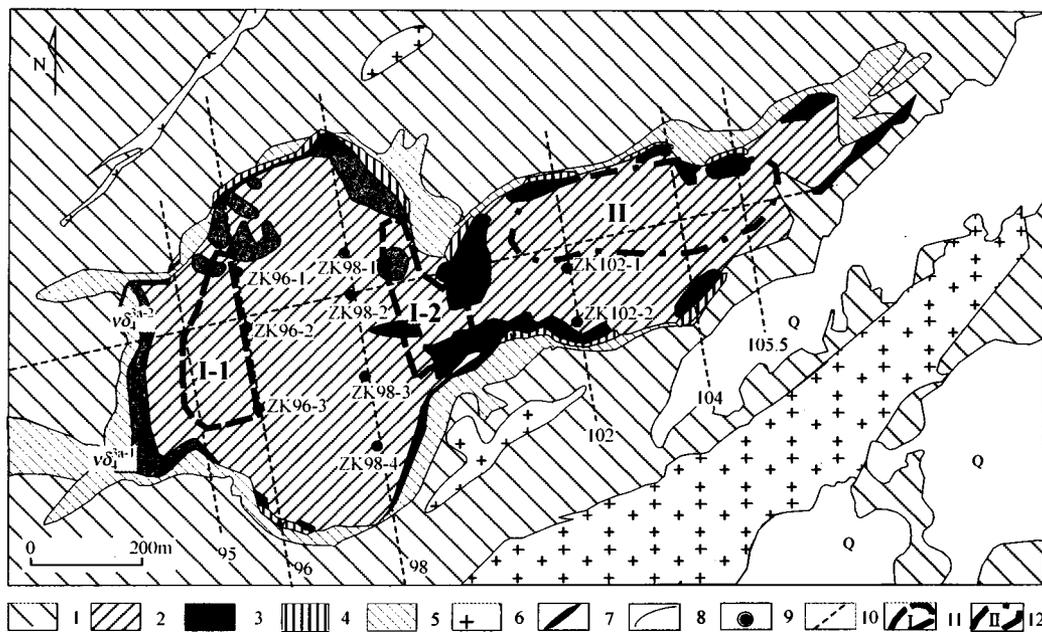


图 2 镜儿泉铜镍矿床地质图及成矿预测图

(据新疆地质六队资料修编)

Q—第四系;1—梧桐窝子组;2—橄辉岩相;3—辉石岩相;4—辉长岩相;5—闪长岩相;6—斜长花岗岩类;7—矿体;8—地质界线;9—钻孔;10—EH4 剖面线位置;11—西岩体成矿预测区;12—东岩体成矿预测区

作者对葫芦岩体露头、钻孔岩芯和坑道进行了研究, 并进行了主干地质剖面测量 (92、98、100、104 勘探线), 结合 98 勘探线剖面图 (图 3) 可知葫芦岩体的基本形态, 地表辉石岩呈大小不等的两个环状, 东部小环切穿西部大环, 两环相交呈葫芦状, 西部大环的辉石岩相控制矿体的形成和分布 (图 2、3); 南北剖面上 (图 3), 岩体呈不对称盆状, 北界倾向 SSE, 倾角 $38^\circ \sim 49^\circ$, 南界地表倾向 SSE, 然后逐渐转为 NNW, 倾角 $33^\circ \sim 75^\circ$, 深部近于水平。岩体与围岩界限清晰, 岩体局部见围岩的捕虏体, 亦见有岩体分支穿入围岩的现象。

作者对葫芦岩体的岩石组合及相互关系进行了研究, 提出了新的认识, 即葫芦岩体不是单一的岩体, 而是由西、东两个岩体组成的一个基性-超基性复式岩体。两个岩体的中心为橄辉岩相, 平面上呈葫芦状 (图 2)、剖面上呈盆状产出 (图 3)。橄辉岩相外围是辉石岩相, 形成葫芦岩体东西两环, 东部小环切穿西部大环, 两环相交呈葫芦状。钻探显示垂向上辉石岩相赋存于橄辉岩相之下, 是铜镍矿床的主要赋矿岩石, 主矿体赋存于西部大环之中。辉长岩相分布于东西辉石岩相两环的外围, 钻孔中见有辉长岩穿插于辉石岩相之中, 一般在辉石岩相之下。

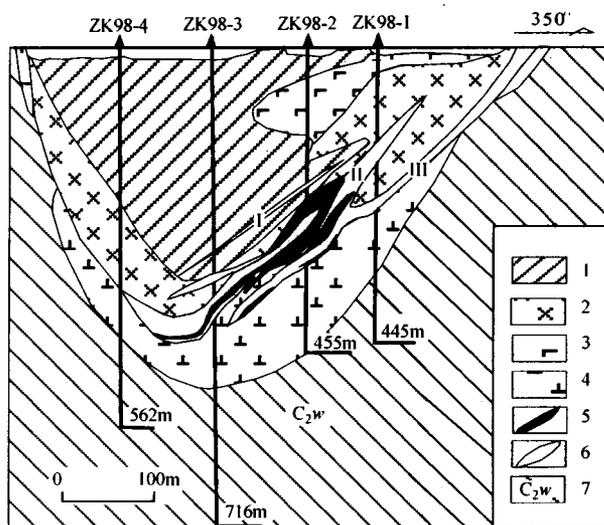


图 3 镜儿泉铜镍矿床 98 勘探线剖面图

(据新疆地质六队资料修编)

1—橄辉岩;2—辉石岩;3—苏长岩 (辉长岩);4—闪长岩;5—富矿体;6—贫矿体;7—梧桐窝子组

闪长岩相分布于辉长岩相外围, 局部切穿上述各岩相。

矿床地质和岩体地质研究表明, 西部大环辉石岩相主要由角闪辉石岩和橄辉辉石岩组成, 地表有

明显矿化, 钻孔显示该岩相控制主矿体(Ⅱ、Ⅲ)的形成和分布; 东部小环辉石岩相主要是角闪辉石岩, 地表有少量矿化, 而深部少量钻孔未发现矿化, 因此, 组成东西两环的辉石岩相各有独自的分异特征、岩石组合及矿化规律, 在成矿预测中应区别对待。

2 矿床地质和矿床成因

2.1 矿床地质

矿区圈出Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等4个矿体, 其中Ⅲ号矿体规模较大, 除Ⅲ号矿体出露地表外, 其余均为盲矿体(图3)。已有的探矿工程揭示: Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ矿体分布于矿区96~99勘探线之间300m范围内, 南北走向最长达400m, 埋深30~410m; Ⅳ矿体分布于100勘探线及其附近, 埋深430~450m。

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ矿体呈似层状产于辉石岩底部, 倾向SE, 倾角 $30^{\circ} \sim 41^{\circ}$ 。坑道观察表明, 矿体与围岩之间呈渐变关系, 矿体主要为贫矿($Ni < 0.8\%$), 有少量富矿体($Ni > 0.8\%$), 垂向上一般富矿体位于贫矿体下部, 如Ⅲ号矿体中的富矿体(厚4.9m)位于贫矿体(厚16.4m)下部。此外, 成矿后构造作用常使矿体发生片理化而较破碎。

Ⅳ号矿体为矿区内埋深最大的盲矿体, 产于辉石岩相内, 基本为全岩矿化, 倾向SW, 倾角较缓($< 15^{\circ}$)。已有的3个钻孔资料显示矿体厚度及品位变化较大, ZK100-1钻孔见贫矿厚11m, 富矿厚8m, 在ZK100-1的 225° 方位60m处的ZKX-1钻孔中贫矿厚约5m, 富矿厚约1m。

根据矿石结构构造可将矿石划分为稀疏浸染状和稠密浸染状铜镍硫化物矿石, 有少量的团块状、细脉浸染状和条带状铜镍硫化物矿石(图4), 其中稀疏浸染状铜镍硫化物矿石构成该区贫矿体, 稠密浸染状矿石和少量的团块状、细脉浸染状和条带状矿石构成该区富矿体。矿石矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿, 次之有钛铁矿、辉铜矿、碲银矿、铂碲铋镍矿等。脉石矿物为橄榄石、透辉石、紫苏辉石、角闪石、斜长石、黑云母、白云母等。

2.2 控矿因素

镜儿泉铜镍矿床赋存于葫芦基性-超基性复式岩体中。一般两大板块拼合处是最易产生幔源基性-超基性岩体的部位^[6-7], 镜儿泉铜镍矿床位于塔里木板块和准噶尔板块的接合部位, 具有形成基性-超基性岩体的有利大地构造环境。区域康古尔深大断裂是黄山-镜儿泉基性-超基性岩体的导岩和控岩构造, 镜儿泉-咸水泉断裂是康古尔断裂的次级断裂, 是葫芦岩体的导岩和控岩断裂。

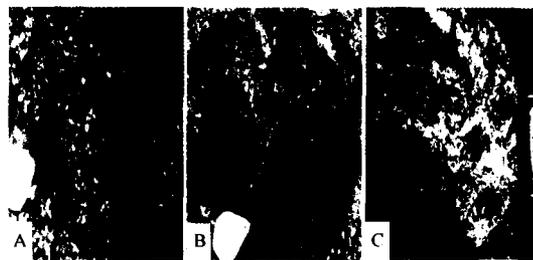


图4 镜儿泉铜镍矿床矿石特征

A—稠密浸染状铜镍矿石; B—团块状铜镍矿石; C—细脉浸染状铜镍矿石

葫芦岩体是一复式岩体, 矿体呈似层状赋存于葫芦岩体辉石岩相底部, 产状明显受岩相控制。此外, 根据矿石矿物硫同位素和铅同位素研究结果表明^[3], 镜儿泉葫芦铜镍成矿物质来源于地幔, 由基性、超基性岩浆带到地壳浅部。因此, 葫芦岩体既是铜镍硫化物的母岩, 又是矿体的容矿岩石。

矿体一般较破碎, 发生明显的劈理化、片理化, 局部呈大小不等的透镜体, 微观上可见压扁拉长的金属矿物定向排列, 表明矿床形成之后, 镜儿泉-咸水泉断裂及其次级断裂又一次活动, 由于矿体与围岩力学性质差异, 使矿体本身发生构造变形, 因此, 该断裂为成矿后断裂, 对矿体具有破坏作用。此外, 晚期形成的闪长岩脉沿构造破碎带贯入并切穿矿体, 使矿体发生位移。

2.3 成矿规律

铜镍矿床形成受葫芦岩体控制, 矿床定位和矿体的分布具有其独特的规律: ①受控于葫芦岩体的规律, 矿床产于葫芦岩体之中, 赋矿岩石为基性-超基性岩; ②定位具岩相控制的规律, 矿体呈似层状、透镜状产于辉石岩相中, 沿倾向和走向有一定的延伸; ③集中于岩体底部, 为盲矿体。

2.4 矿床成因

根据矿床地质特征及控矿因素分析, 矿床形成经历了岩浆成矿期, 与基性-超基性岩浆活动形成的辉石岩关系密切。

来源于上地幔的拉斑玄武岩浆沿区域深大断裂(康古尔断裂)上侵到地壳深部的岩浆房内, 由于物理化学条件的改变使岩浆产生熔离作用, 形成互不相溶的金属硫化物熔体和硅酸盐熔体, 在熔点、密度与重力差异作用下, 铜镍硫化物熔体在岩浆房的底部富集, 形成底部富含金属硫化物的硅酸盐岩浆, 上部少含或不含金属硫化物的硅酸盐岩浆。上述岩浆在构造动力驱动下, 沿康古尔断裂的次级断裂(镜儿泉-咸水泉断裂)上侵, 在适合的构造扩容带产生熔离作用并凝固固结, 在岩体的底部形成层状、似

层状矿体岩浆就地熔离型矿体。矿床成因属与基性-超基性岩体有关的岩浆熔离型铜镍硫化物矿床。

3 成矿预测

3.1 EH4地球物理测量

前已述及,葫芦岩体控制了铜镍矿床的形成和分布,因此,对矿区隐伏矿预测,首先要确定葫芦岩体的形态、产状和规模,其次确定容矿岩相产出范围,在此基础上对其中赋存的矿体进行定位预测。上述研究已经大致分析了岩体形态和成矿规律,但岩体在深部的具体形态需借助高分辨率的地球物理仪器方可判断,为此作者开展了EH4连续电导率成像仪(简称EH4)测量工作,并获得低频及高频探测均为高分辨率的视电阻率-深度图像。

镜儿泉葫芦铜镍矿床尚未大规模开采,主要的已知矿体均保存,选择已知的98勘探线开展实验研究,该勘探线上存在I、II、III号矿体。剖面上,矿化体呈似层状分布于葫芦岩体辉石岩相底部(图3),ZK98-3钻孔处矿体最深,向南北两侧逐渐变浅。剖面南侧为片理化闪长岩,中部为葫芦岩体橄榄岩相和辉石岩相等,北部为III号矿体地表氧化矿体。

一般基性-超基性岩体的岩石具有三高一低(高重力、高磁异常、高激化率、低电阻率)的基本特

征。42个薄片鉴定表明,镜儿泉基性-超基性葫芦岩体含有较高的铁镁矿物,应具有较低电阻率值,且其中赋存金属硫化物矿体,因此,整个岩体具有低电阻率特点。在矿区布置了6条垂直于岩体走向和1条平行于岩体走向的EH4剖面(图2),测量选择1(10Hz~1kHz)、7(1.5~99kHz)频段,信号弱的观测点叠加了4(300Hz~3kHz)频段甚至几个频段多次叠加,电偶极距为20m,为了现场源的卡尼亚条件,将发射机放在距接收机大约3~5个趋肤深度远的距离(250~300m)的位置上^[8],测量 E_x 和 H_y ,随着频段改变,获得每个频点的卡尼亚电阻率值。

对测量结果进行二维反演,得到了视电阻率-深度剖面图(图5、6),图5中显示98勘探线地下存在3种不同的电性体:①低电阻率(1~300 Ω m)电性体,剖面上低电阻率电性体呈形态不规则的盆状产出,规模较大,宽约800m,延深由地表向下450m。根据电阻率值大小又可分为低电阻率(1~130 Ω m)电性体和中低电阻率(130~300 Ω m)电性体,后者位于前者的外围;②中等电阻率(500~1000 Ω m)电性体,呈不规则的漏斗状产出于中低电阻率(<300 Ω m)电性体的外围;③高电阻率(1000~5179 Ω m)电性体,分布广泛,主要分布于中等电阻率(500~1000 Ω m)电性体的外围。

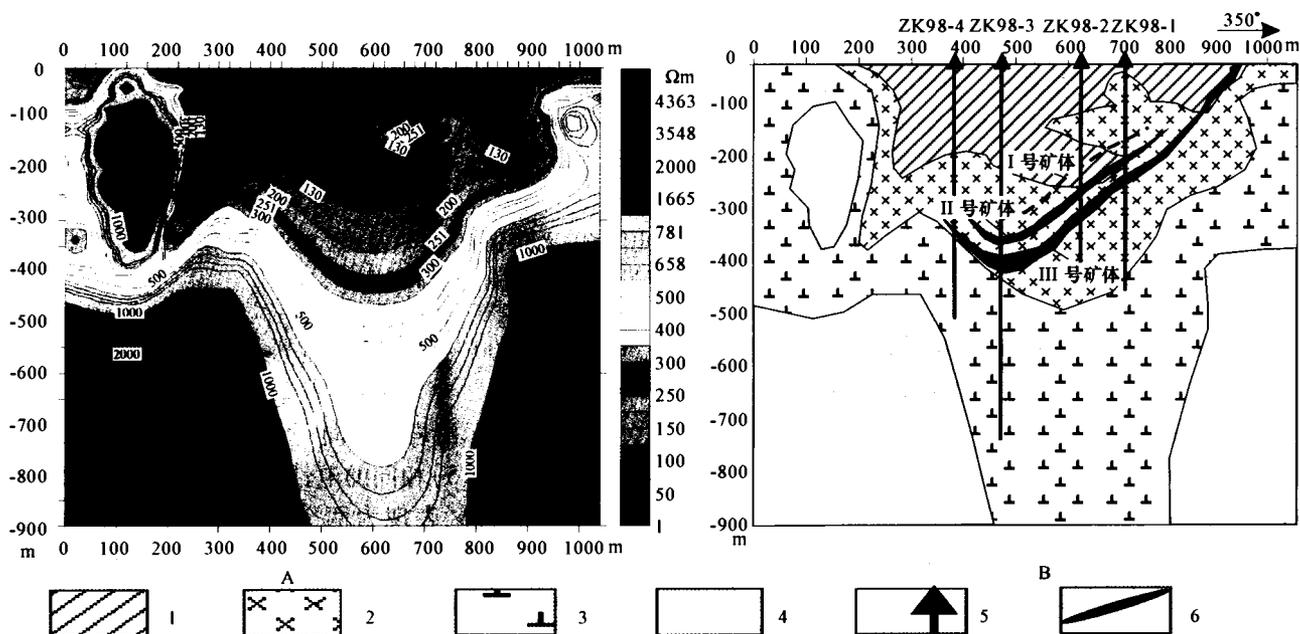


图5 镜儿泉铜镍矿床98勘探线EH4测量视电阻率-深度剖面图(A)及地质解译图(B)

1—橄榄岩相;2—辉石岩相;3—辉长岩相和闪长岩相;4—梧桐窝子组;5—已知钻孔;6—已知矿体

野外观察和薄片鉴定研究表明该区岩体与地层界限较明显,葫芦岩体中橄榄岩、辉石岩、辉长岩和

闪长岩中的铁镁矿物含量依次降低,相应地,岩石的电阻率应依次增高,因此,整个岩体具有较低的电阻

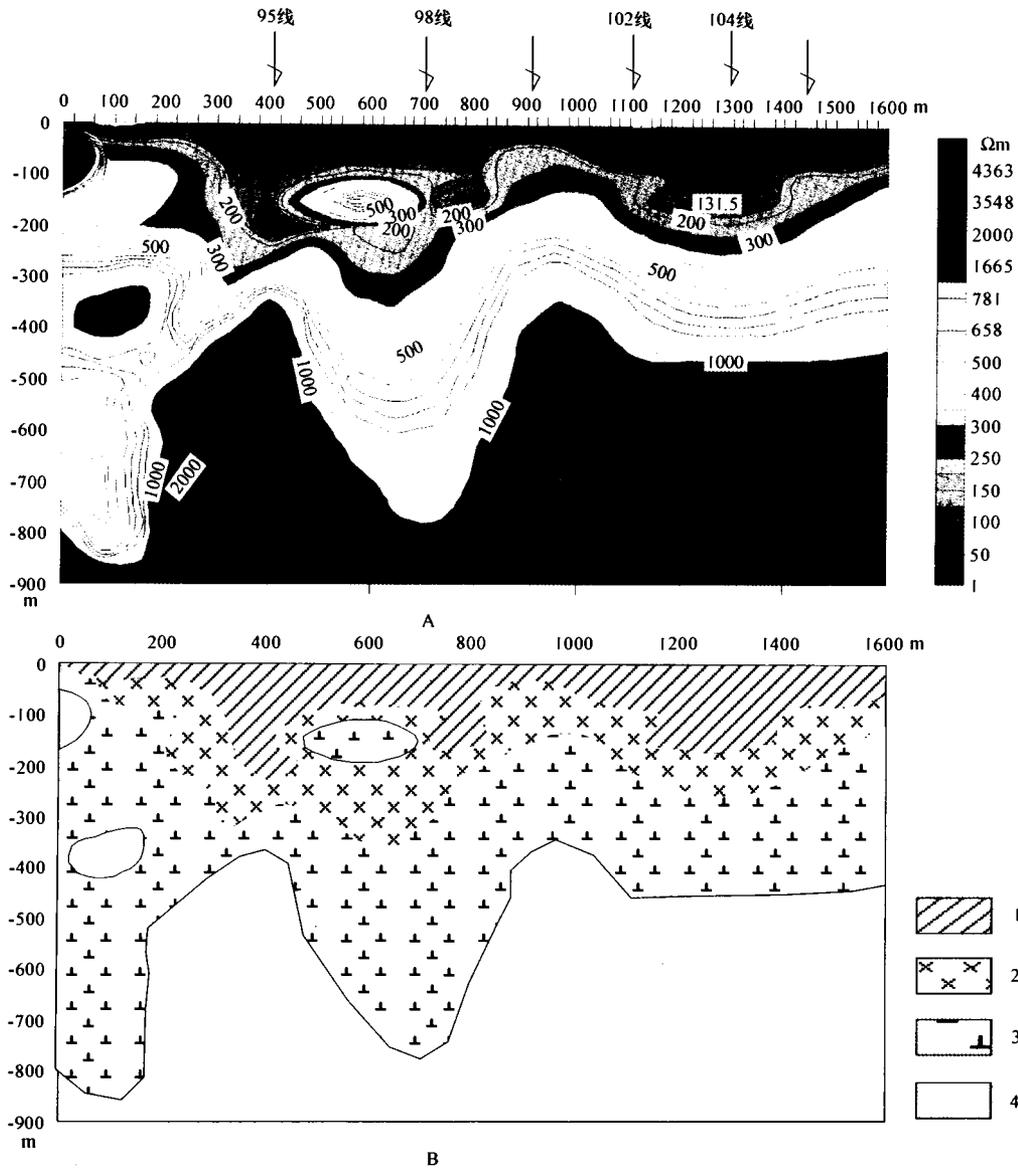


图6 镜儿泉铜镍矿床东西剖面 EH4 测量视电阻率-深度剖面图(A)及地质解译图(B)

1—橄榄岩相;2—辉石岩相;3—辉长岩相和闪长岩相;4—梧桐窝子组

率值,其中橄榄岩具有低电阻率值,辉石岩具有中低电阻率值,而辉长岩和闪长岩具有中等电阻率值。

在此基础上,结合该次工作测量的地质剖面岩性变化规律和98勘探线剖面图分析,图5显示地下450m以上存在的中低电阻率异常体总体呈盆状,应是葫芦岩体的超基性岩(橄榄岩相和辉石岩相)产出的部位,其中低电阻率(1~130Ωm)异常区与橄榄岩相对应,中低电阻率(130~300Ωm)异常区与辉石岩相对应。在盆状超基性岩外围呈不规则漏斗状分布的中等电阻率(500~1000Ωm)电性体应是葫芦岩体的中基性岩(辉长岩和闪长岩)产出的部位,其漏斗状的形态预示着可能存在的岩浆上升通道。分布于盆状和不规则的漏斗状异常体外围的高

电阻率(1000~5179Ωm)电性体,应为梧桐窝子组地层。

图6显示沿岩体走向(近东西向),地下存在与98勘探线(图5)相同的电性体,其中低电阻率(1~300Ωm)异常区表现为两个相交的盆状,西部的盆较深(350~400m),东部的盆较浅(250~300m),与图5对比可知,两个相交的盆状应为葫芦岩体的超基性岩产出部位,中低电阻率(130~300Ωm)异常区应为辉石岩相分布区。漏斗状分布的中等电阻率(500~1000Ωm)电性体应是辉长岩和闪长岩产出的部位,西部两个漏斗状预示可能存在的岩浆上升通道来自西部,结合图5结论可以推断,该区岩浆通道可能来自矿区的西南部,即镜儿泉—咸水泉断裂,

这与地质研究结论吻合。

上述结果可得如下认识:①识别了葫芦复式岩体的形态,超基性岩体(包括橄榄岩相和辉石岩相)的形态在南北剖面上呈不对称的盆状,在东西剖面上呈东浅西深的两个相交的盆状,中基性岩体(包括辉长岩相和闪长岩相)的形态呈不规则的漏斗状;②划分出岩体的不同相带,尤其是大致区分出了含矿的辉石岩相。由于矿体主要为贫矿体,且矿体与围岩之间渐变过渡,辉石岩相和矿体之间电阻率差异不明显,电阻率异常界限不清,推断在岩体较低电阻率背景值中出现的中低电阻率异常区(130~300Ωm)是矿化异常区,含矿岩相电阻率为130~300Ωm;③葫芦岩体底部的漏斗状形态显示,岩浆上升通道可能来自矿区西南部的镜儿泉—咸水泉断裂。

3.2 成矿预测

岩体地质和矿床地质研究表明,镜儿泉铜镍矿床是岩浆熔离型矿床,成矿规律为矿体呈似层状分布于基性—超基性岩体辉石岩相底部。地球物理测量可知,已知矿体向东西两侧延伸部位均存在较明显的低电阻率异常体(图6),该异常体特点与98勘探线已知矿体所反映的电阻率异常类似,产出背景与98勘探线已知矿体相同,因此,这些异常可能为矿化异常,可以推断,地下450m以内存在矿化异常。

在此基础上初步预测,在葫芦岩体范围内地下250(104勘探线)~450m(98勘探线)以上的范围是最有希望的成矿区,具体是葫芦岩体西岩体是成矿有利地区(I),已知矿体向东西两侧应有一定的延

伸,工程未控制的96勘探线以西地区(I-1)、99和100勘探线之间的地区(I-2)为成矿有利地段,是优先探索地区;葫芦岩体东岩体也是成矿有利地区(II),是可以探索的地区。

最近的钻探及坑探工程表明,在成矿预测区(I-1)和(I-2)地下约400m发现主矿体(II、III号矿体)向东西两侧均有一定的延伸,初步验证了成矿预测的正确性。

[参考文献]

- [1] 沈远超,金成伟. 西准噶尔地区岩浆活动与金矿化作用[M]. 北京:科学出版社,1993:113-172.
- [2] 沈远超,刘铁兵,曾庆栋,等. 中国金矿床成矿预测的基本理论与方法[M]. 北京:科学出版社,2001:1-106.
- [3] 汤中立,李文渊. 金川铜镍硫化物(含铂)矿床成矿模式及地质对比[M]. 北京:地质出版社,1995:14-209.
- [4] 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.
- [5] 姚敬金,张素兰,曹洛华,等. 东天山色尔特能东部大型铜镍矿成矿条件分析[J]. 地质与勘探,2002,38(增刊):69-73.
- [6] Prichard H M, Hutchinson D, Fisher P C. Petrology and Crystallization History of Multiphase Sulfide Droplets in a Mafic Dike from Uruguay: Implications for the Origin of Cu-Ni-PGE Sulfide Deposits[J]. Economic Geology, 2004, 99: 365-376.
- [7] Zhou Meifu, Michael Leshner C, Yang Zhengxi, et al. Geochemistry and petrogenesis of 270Ma Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing mafic intrusions in the Huangshan district, Eastern Xinjiang, Northwest China: implications for the tectonic evolution of the Central Asian orogenic belt[J]. Chemical Geology, 2004, 209: 233-257.
- [8] Geometrics & EMI ElectroMagnetic Instruments Inc. Operation manual for Stratagem system[Z]. 2000.

GEPHICAL PROSPECTING AND PROGNOSIS IN THE JINGERQUAN Cu-Ni DEPOSIT, EASTREN TIANSHAN MOUNTAINS

SHEN Yuan-chao¹, SHEN Ping¹, LIU Tie-bing¹, Li Guang-ming¹, Zou Wei-lei², Wan Ke-chu³, Wu Yan-sheng³

(1. Institute Geology and Geophysics, Chinese Academy Sciences, Beijing 100029;

2. Airborne Remote-sensing Center, Ministry of Land and Resources, Beijing 100029; 3. Xinjiang Huiyou Group, Hami 839000)

Abstract: Jingerquan deposit is a typical magmatic liquation Cu-Ni sulfide deposits, and located in the east part of the Huangshan-Jingerquan Cu-Ni ore belt in the eastern Tianshan mountains. Basic-ultrabasic Hulu rock mass is a composite one that consists of the east small rock mass and the west larger one, and the former cut through the latter and shows a bottle gourd shape. The deposit was controlled by the basic-ultrabasic composite rock mass and bedded-like orebodies occurred in the bottom of pyroxenite facies of the west rock mass. EH4 electrical conductivity image system is used for measuring the sequence resistivity of the Hulu rock mass. The measured results can clearly identify the rock mass shape and different faces. Ultrabasic rock mass (1~300Ω·m) shows a basin in NS section, and two intersect basins in EW section, and smaller resistivity (130~300Ω·m) for the magmatic liquation Cu-Ni deposit, corresponding to mineralized altered pyroxenite facies, shows a basin around the peridotite facies (1~130Ω·m) in section. Basic rock mass including gabbro and diorite facies (500~1000Ω·m) displays a funnel shape and is distributed around the pyroxenite facies, and indicates a magma passage occurring in WS of the deposit area. Based on these, it is prospected that the area underground from 250m to 450m limited in the Hulu rock mass is a promising area.

Key words: copper-nickel sulfide deposit, prognosis, EH4 measurement of continuous electrical conductivity, Jingerquan