

地质和地球物理研究相结合在隐伏矿预测中的应用

沈远超 申 萍 刘铁兵

(中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 北京 100029)

目前, 国家战略资源需求逐渐加大, 而浅表矿床大多已被发现, 寻找深部隐伏矿床已成为当务之急(沈远超等, 2001; Liu et al., 2003), 地质理论研究和地球物理探测技术紧密结合在寻找隐伏矿床过程中起着至关重要的作用(沈远超等, 2006, 2007; Shen et al., 2008)。

2001 年初, 我们从众多的地球物理仪器中选择了具有透视功能、快速高效的 EH4 双源大地电磁测深技术, 该技术是 MT、AMT 和 CSAMT 三种电法仪器的有机结合体, 采用了最新的数字讯号处理器的硬、软件装置。该系统属于部分可控源与天然场源相结合的一种大地电磁测深系统, 代表目前国际上先进的一种电磁法勘探手段, 勘探深度为几十到 1000 多米。

迄今为止, 我们采用地质理论研究和地球物理探测技术(EH4 双源大地电磁测深技术)紧密结合的方法对横跨中国东西的 10 种不同成因类型的 28 个矿床进行了研究(图 1), 钻探验证后效果显著。

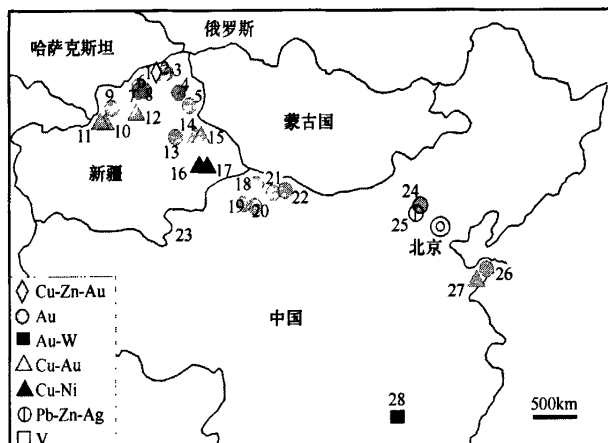


图 1 地质理论研究和物理探测技术结合的研究的金属矿床分布图

新疆: 1—阿舍勒铜锌金矿床; 2—多拉纳萨依金矿床; 3—托库孜巴依金矿床; 4—萨尔布拉克金矿床; 5—扎克斯特金矿床; 6—布尔克斯岱金矿床; 7—阔尔真阔腊金矿床; 8—罕哲尔能金铜矿床; 9—哈图齐 2 金矿床; 10—包古图斑岩型铜铅矿床; 11—苏吾勒斑岩铜金矿床; 12—洪古勒楞铜矿床; 13—康古尔金矿床; 14—卡拉塔格红山金铜矿; 15—卡拉塔格梅岭金铜矿; 16—镜儿泉铜镍矿; 17—葫芦东铜镍矿; 甘肃: 18—南金山金矿; 19—小西弓金矿; 20—乌龙泉金矿; 21—460 金矿; 22—1780 金矿; 平台山钒矿带; 23—平台山钒矿; 内蒙古: 24—红花沟金矿; 25—雅马吐铅锌银多金属矿; 胶东: 26—金牛山金矿; 七宝山铜矿带; 27—七宝山东围铜矿点; 湖南: 28—西安金钨矿床

显示建立在地质理论研究基础上的地球物理测量研究是目前隐伏矿定位预测的新的的重要手段。现以 2 个实例说明之。

1 多拉纳萨依韧性剪切带型金矿床

多拉纳萨依金矿床位于额尔齐斯金矿带的西部哈巴河地区, 该矿床在浅表矿体被开采完后由于深部资源不清一直小规模开采。我们对其进行了矿床地质和成矿规律等研究, 认为矿体向深部仍有一定的延深,

并有新的盲矿体产出。控矿构造研究表明,矿区南北向构造带在走向上具有膨大缩小的规律,矿床中3个矿体群分段出现的特点即表明了这一点。该控矿构造在倾向上也应具有类似的特点。不同中段的研究表明,赋存在剪切构造带膨大部位的含金石英脉在深部的确逐渐变小,乃至尖灭,然而,在矿脉两侧的围岩如千枚岩和闪长岩中仍然发育剪切构造,表明剪切变形在深部并没有消失,此外,脆性变形现象也常见。因此,在已有勘探深度之下仍可能有剪切构造带膨大部位再次出现,矿体在倾向上也可能具有膨大缩小,尖灭再现的特点。

本区矿化发育不同程度黄铁矿化,电性特征类似,电阻率相近,但与矿体的围岩千枚岩、粉砂岩、灰岩和花岗岩等差别明显,据此,我们选择多拉纳萨依金矿区控制程度较低而地形条件较好的Ⅱ号矿体群的60勘探线进行地球物理测量,此外,对多拉纳萨依金矿区的南部覆盖区我们也进行了地球物理测量,目的是探测深部的成矿潜力。对EH4测量结果进行了2D反演,得到了视电阻率-深度剖面图,图中清晰地反映了地下存在3种截然不同的电性体。陡倾斜的低电阻率异常出现在地表向下380m的范围内,且存在异常膨大部位(沈远超等,2007),对比分析发现,浅部的低电阻异常区与地表矿(化)体出露位置吻合,地下(240~380m)的低电阻率异常与浅部已知矿体的低电阻率异常相同,其延深与浅部已知矿体向深部延伸的趋势一致,可以认为深部(240~380m)低电阻率异常亦可能反映的是断裂系和其中赋存的矿化异常,地表的矿化可能向深部延深。南部覆盖区的90和94勘探线具有类似的地球物理特征,表明控矿构造或矿化体在矿区的南部覆盖区之下仍有一定的延伸。

据此我们预测多拉纳萨依金矿区金矿体可达地下深部600m,为验证科研预测开展深部找矿我们引进了矿业公司进行了钻探,2004年在Ⅱ号矿体群28~68勘探线之间完成的11个验证钻孔均见矿体,矿体延深达500m以上。目前金矿床垂向剖面已探明了三层矿脉群,因此,受韧性剪切构造控制的矿体的分布在走向和倾向上均具有膨大缩小,尖灭再现的规律。进一步的勘探在2006~2007年进行,在金矿区外围进行的17个钻孔中有15个钻孔见矿。迄今为止,多拉纳萨依金矿区新增金储量达23t,成为新疆额尔齐斯金矿带中最大的一个金矿床。

2 南金山隐爆角砾岩型金矿床

南金山金矿区位于甘肃北山地区西北部,前人对南金山金矿床进行了研究,提出了多种成因认识,包括火山沉积-中低温热液改造型(酒泉地质调查队,1990)、火山岩型(崔惠文和陈祖伊,1996)等;矿体受近东西向区域断裂的控制(酒泉地质调查队,1990^①;崔惠文和陈祖伊,1996;聂凤军等,2000,2002;江思宏等,2001,2006)。甘肃省酒泉地质矿产调查队确立南金山金矿床为一中型金矿床,经多年开采矿山资源处于危机状态。我们对南金山金矿床进行了研究,首次发现了南金山金矿床存在隐爆角砾岩体,金成矿作用与隐爆角砾岩的形成和分布密切相关,南金山金矿床属于隐爆角砾岩型金矿床。

我们对矿区进行了1:2000地质填图,并进行了薄片鉴定,认为前人所定的下石炭统白山组上岩组中的深灰—灰绿色厚层—块状变凝灰质砂砾岩或变凝灰质砂岩是隐爆凝灰角砾岩;深灰—紫褐色厚层—块状变花岗质砂砾岩是隐爆岩角砾岩。隐爆岩角砾岩和隐爆凝灰角砾岩构成南金山隐爆角砾岩体,分布于白山组上岩组地层中,岩体与地层之间为侵入接触或断层接触。

南金山金矿床按矿体产出部位和空间分布位置分南、北两个含矿带。北矿带内已圈出金矿体54个,矿体呈脉状和透镜状,矿体与地层走向一致(65°~80°),倾向与地层相反,绝大多数北倾,倾角25°~45°,局部较陡(60°~70°)。北矿带地表东段矿体规模小,中西段矿体连续性和含矿性好,因此,矿体具有向西收敛,向东散开的帚状分布特点,剖面上矿体具有呈叠瓦状平行分布的特点,一般没有明显的侧伏现象,矿体群空间上分为上下两层。矿化主要为硅化隐爆凝灰角砾岩型,另一种是蛋白石石英脉型矿化,

① 甘肃省酒泉地质矿产调查队. 1990. 甘肃南金山金矿床2-06勘探线详查地质报告, 99.

分布局限,沿隐爆断裂裂隙构造充填呈脉状;矿石均属贫硫化物型,矿物成分简单,金属矿物含量低,一般在1%左右。

隐爆角砾岩体边部发育隐爆构造,由于本区隐爆角砾岩体呈近东西向带状分布,形成的隐爆断裂呈近东西的线状分布,向岩体外倾斜。根据目前已有的资料,结合在坑道中观察的结果,北矿带中的金矿体在平面上呈弧形脉状分布,剖面上倾向北,浅部倾角较缓($25^{\circ} \sim 45^{\circ}$),深部倾角较陡($60^{\circ} \sim 70^{\circ}$),矿体分布明显受弧形断裂的控制。前人认为矿体的分布受区域近东西向断裂构造控制(酒泉地质调查队,1990;崔惠文和陈祖伊,1996;聂凤军等,2000,2002;江思宏等,2001,2006),实际上,区域断裂构造倾向南,而矿体倾向北,二者相反。因此,矿体的形成和分布并不受区域断裂的控制,而是受岩浆隐爆作用形成的隐爆弧形构造的控制。

我们提出南金山金矿床矿体分布应具有隐爆角砾岩体外带成矿和对称成矿的规律,即矿体赋存于隐爆角砾岩体的隐爆凝灰角砾岩(外带)中,已知矿体均分布于隐爆角砾岩体外带隐爆凝灰角砾岩中的现象表明矿体具有外带成矿的分布规律。根据地表及坑道内对隐爆角砾岩的研究可知,隐爆岩浆角砾岩总体上近于直立,其隐爆作用形成的断裂在其北部和南部应该对称分布,受隐爆断裂控制的矿体也应该对称分布,目前工业矿体分布于北部的隐爆凝灰角砾岩中,构成北矿带,矿体主要为隐伏矿体;在隐爆角砾岩体的南带地表发育矿化,深部隐爆角砾岩体的外带可能存在矿体。因此,矿体应以隐爆岩浆角砾岩为中心呈对称分布。

为了验证上述成矿规律的正确性,我们采用EH4连续电导率成像仪对矿床进行了地球物理测量,在矿区垂直隐爆角砾岩体走向布置深部地球物理测线14条,长8810m,测点438个。由于金矿体含有金属硫化物很少($<1\%$),因此,矿化体显示的电阻率异常可能并非为低电阻率;隐爆凝灰角砾岩具有较大的孔隙度,可能表现为低电阻率;隐爆岩浆角砾岩及花岗岩体的岩石结构紧密,可能表现为高电阻率,这是本次解译的基本依据。矿化蚀变的展布受到隐爆角砾岩体及其断裂构造的控制,因此,在电阻率异常剖面上呈对称的带状,这是本次地球物理测量异常解译的形态依据。

14条地球物理测线获得了类似的结果,视电阻率-深度剖面图反映了地下存在3种截然不同的电性体是:①低电阻率($<500\Omega \cdot m$)电性体,对称分布于高电阻率电性体两侧,构成本区电性体的主体,结合围岩产状分析,应为含矿主体岩石即凝灰隐爆角砾岩;②中等电阻率($500 \sim 1500\Omega \cdot m$)电性体,呈不规则团块状产出,与地表露头、坑道矿体和勘探线剖面图进行比较,该电性体对应于已知矿体,且地表出露的矿体地下皆有中等电阻率电性体出现,因此,中等电阻率电性体反映的可能是矿化蚀变带产出部位;③高电阻率($>2000\Omega \cdot m$)电性体,呈柱状和不规则蘑菇状产于低电阻率电性体中,浅部不规则团块状应为隐爆岩浆角砾岩和地层中的砂岩等,深部应为花岗岩体。

本次研究证明了外带成矿、对称成矿的基本规律。矿山对7勘探线的地球物理异常进行了坑道验证,在地球物理异常区顶部发现了品位1.48g/t水平宽13m的隐伏金矿体。

3 认识

不同的矿床,其成因模型不同,如韧性剪切带型金矿床形成受韧性剪切断裂构造控制,矿床成因模型为一项延长的脉状;隐爆角砾岩型金矿床矿化带的展布受隐爆角砾岩体及断裂系的控制,矿床成因模型为对称产出的带状。不同类型的矿床其成矿规律不同,则矿体的形态和产状不同,因此,地质解译的形态依据不同。如韧性剪切带型金矿床矿化带在电阻率异常剖面上呈脉状;隐爆角砾岩型金矿床矿化带在电阻率异常剖面上呈对称带状。

上述研究可见,具有针对性的地质研究对于新技术的应用也是至关重要,地质研究不仅为探测方法提供目标区,而且为地球物理数据/图像的合理解释提供依据,因此,地质理论研究和物理探测技术紧密结合在寻找隐伏矿床过程中起着至关重要的作用。