

高频大地电磁测深在深边部矿产勘探中的应用

(中南大学信息物理工程学院 湖南 长沙 410083)

摘要:随着我国国民经济的快速发展,对各种矿产资源的需求量越来越大。经过多年对裸地表的矿产开采之后,找矿的目标逐渐向矿区深边部发展。阐述了采用 EH-4 电导率成像系统的高频大地电磁法能够准确快速地探测大深度范围内的矿化异常,对矿区的深边部矿产的赋存状态进行超前的宏观预测,并将野外的成功实例进行了分析。

关键词:高频大地电磁测深; EH-4 仪器; 地球物理找矿

随着我国国民经济的快速发展,对各种矿产资源的需求

量越来越大。因此,矿山保有储量的严重不足和接替资源基地紧缺,已成为阻碍我国经济发展和影响资源供应体系稳定性的重大隐患。传统的以追索地表矿化露头式的地质找矿法,在面对找寻盲矿、深部矿及解决有关隐伏的、深部的地质问题时,早已力不从心。地质找矿工作必须紧密结合各种地球物理勘查、钻探等方法,获取更准确、丰富的地质信息,将传统地质找矿法、地球化学找矿方法与地球物理找矿法有机结合起来,才能实现地质找矿的重大突破。对于绝大多数储量危急的矿山而言,其找矿潜力并未枯竭,开展深部和周边

[上接第 116 页]

念、环境、体制的影响,历史欠帐太多,地勘投入严重不足,国家和地方在一定时期内须持续加大对地勘业发展的投入,尤其应真正认识到我国非金属矿产资源的严峻形势,加大对非金属矿产基础地质工作的投入以增加非金属矿后备资源。

2)、建立健全奖励、鼓励创新的地质人才开发机制和管理体制。设项奖励在建材非金属矿领域中地质科技创新或再创新方面有突出贡献的单位和个人。

3)、切实加强新的矿产资源基地的找矿勘查工作,想方设法调动现存地勘队伍的找矿积极性。加强对优势滑石、石墨、萤石等资源的找矿规律的研究,区分不同情况,在不同的地区寻找紧缺矿种。

4)、地质勘查是一项周期长、风险大但综合效益潜力巨大的行业,要在一定时期内集中一定的投入,才能有好的成果。尽量吸收国内外勘查、开发资金,随着需求的不断扩大和工作领域的不断拓展,未来的地质勘查工作将更趋多元化,社会投资必然大于国家投资(目前社会资金已经超过国家财政资金),未来的地质勘查工作必然以商业性地质工作为主,而企业化程度不断提高的地勘单位是日益发展的商业性地质工作的主力军。

5)、非金属矿产勘查与开发属基础性产业,是国民经济发展与社会建设的重要物质基础,国家应给以重点扶持,应大幅度加强非金属矿产勘查工作。在目前矿业市场尚未形成的过渡时期,勘查工作一刻也不能停顿,建议加大对非金属矿产勘查工作的投入,安排资源危机矿山接替资源的勘查。尽快实现大部分国民经济建设所需要的非金属矿产资源后备资源储量持续增长,提高可供程度。

6)、矿产资源的战略储备,是国家政治安全的重要基础和维护国家经济安全的重要保障。美国把工业金刚石、萤石、石墨、蓝晶石族矿物、片状云母、滑石和叶腊石等非金属矿产列为战略性矿产储备品种,而我国至今还没有真正意义上、保障国家安全的矿产资源储备,仅有矿产资源的自然储备(即储量)。应建立国家战略性非金属矿产资源储备组织管理机构;制定与发布有关战略性非金属矿产资源储备的法律、法规、政策及实施细则;尽早开展对重点矿产,如滑石、萤石、晶质石墨等的储备试点,以取得实践经验。

我国非金属矿开发利用的发展空间巨大。美国 1997 年非金属矿销售额 274 亿美元,为金属矿的 2 倍。我国到 2002 年非金属矿产值约相当于 73 亿美元。在非金属矿年人均消耗量上,美国、世界和中国各为 10.5 和 0.2 吨。今天,非金属矿的开发已向超细、超纯发展。由此可知我国与世界差距之大,但也给我们留下了很大的发展空间。

进入 21 世纪,可持续发展是我国经济快速、稳定、健康发展的主旋律。随着经济结构的调整,科技水平的提高,以及生态环境的建设,我国非金属矿工业受到国家有关部门的高度重视。

可持续发展要求我国非金属矿工业的开发方式将由粗放型向生态保护的科学开发型转变;科学技术进步仍将成为推动行业发展的根本动力;“西部大开发”和“振兴东北老工业基地”战略的实施,为非金属矿工业的发展带来了前所未有的机遇;提高资源的综合利用率,发展非矿材料深加工已成为非金属矿发展的主要趋势;非金属矿产品在国内外市场依然具有广阔的发展前景。但是,我国非金属矿工业要依靠自己的力量,走自强、自立、联合创新的道路,才能实现可持续发展。④

部找矿仍是解决其接替资源的最佳途径。由于大多数储量危急矿山及所在区域都经历了长期的找矿勘查, 潜在的资源主要是难识别的和深埋藏的隐伏矿床(体), 在这种情况下, 利用各种地球物理方法, 对深部、边部矿产进行宏观预测, 在当前是一种快速、精确、经济可行的方法。本文介绍了一种快速的地球物理找矿方法, 即高频大地电磁测深法(High Frequency MT, 以下简称 HMT), 该方法选用的频率在 10Hz~100KHz 之间, 所用的仪器为美国 Stratage™EH-4 电导率成像系统。通过对内蒙古(锡林郭勒盟)道伦大坝铜钨多金属矿区的成果进行分析, 证明了高频大地电磁测深具有精度较高、分辨率好、快速、轻便的优点。

1 仪器方法简介

1.1 高频大地电磁测深方法原理

大地电磁测深是研究地壳和上地幔构造的一种地球物理探测方法。它是以天然交变电磁场为场源, 当交变电磁场以波的形式在地下介质中传播时, 由于电磁感应作用, 地面电磁场的观测值将包含有地下介质电阻率分布的信息。高频大地电磁测深法(HMT)与大地电磁测深法(MT)、音频大地电磁测深法(AMT)最大的不同在于其所采用的天然电磁场的频率不同。大地电磁测深采用的频率很低, 一般在 $n \times 10^{-3} \sim n \times 10^2$ 赫兹之间, 音频大地电磁测深采用的频率一般为 $n \sim 8192$ 赫兹, 这两种方法采用的频率都较低, 探测的深度也较深; 而高频大地电磁法所使用的频率为 $10 \sim 10^5$ 赫兹, 其频率相对前两种方法较高, 探测深度一般在地下 1 千米以内; 同时, 较高的频率使得高频大地电磁测深法的抗干扰能力增强。其工作频率范围如图 1 所示。

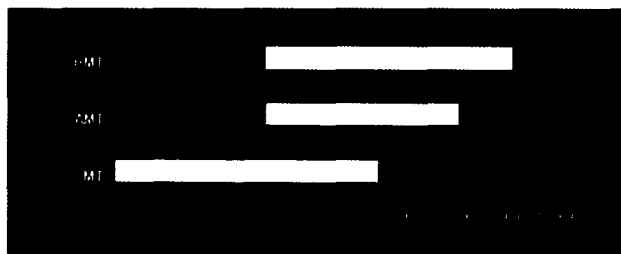


图 1 MT、AMT、HMT 工作频率分布图

1.2 EH-4 电导率成像系统简介

Stratage™EH-4 电导率成像系统是由美国 EMI 公司和 Geometrics 公司联合研制生产的地球物理探测仪器, 它是测量地表以下几米到一公里深度内的电阻率的先进仪器之一。该系统能使用天然场和人工的电磁场信号, 能在各种恶劣地形条件下进行电导率连续剖面观测。

该系统通过对测点电磁场正交分量的观测, 得出相互正交的时域电场分量 E_x 、 E_y 和磁场分量 H_x 、 H_y , 通过傅氏变换、功率谱计算, 然后获得电阻率测深曲线, 频率较高的数据反映浅部的地质特征, 频率较低的数据反映深部的地层信息。其工作装置如图 2 所示。

1.3 仪器的信号接收系统

信号接收系统主要有接收机、前置放大器(AFE)、磁场线圈接收机、带有缓冲放大器的电极电缆线及 12V 电源等。接

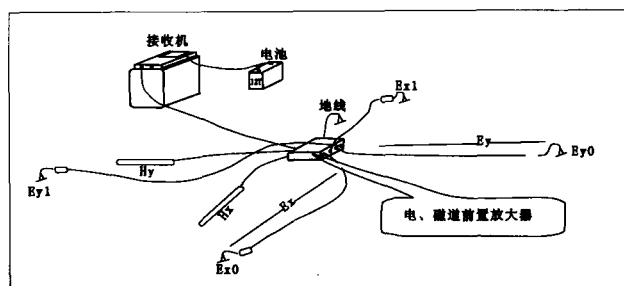


图 2 EH-4 工作装置图

收机主要是用于野外数据采集、数据管理和资料解释。前置放大器用来对电极和磁探头采集的数据进行滤波、放大。磁场线圈接收机主要采集磁场信息, 采集频率范围 10Hz~100KHz。电极主要用来采集电场信息, 为不锈钢电极及 26m 长电缆。

1.4 数据的采集与处理

1.4.1 数据采集

该系统的数据采集方式为时间域采集, 然后通过傅氏变换转换为频域信号, 再进行分析。即通过对时间域采集的两个电场分量 E_x 、 E_y , 及两个磁场分量 H_x 、 H_y 进行傅氏变换, 转换为电磁场频域的实分量、虚分量。然后计算各频带的视电阻率、E-H 振幅、相位差及全信息相干度等, 并实时显示一维图像。

1.4.2 数据处理

资料处理分为野外实时处理与室内处理, 实时处理能显示单点的电阻率、振幅、相位及相关度曲线, 三点及三点以上能做出二维 Bostick 反演电阻率断面图, 用户能在现场看到结果并据此进行实时调整, 对数据质量不可靠的点, 可以采取增加叠加次数及其它措施来改善数据质量。室内处理可以对每一测点进行编辑, 删除质量差的数据, 突出有用异常, 得到较好的结果。

2 在内蒙古(锡林郭勒盟)道伦大坝铜钨多金属矿区的应用

道伦大坝矿区出露地层主要为二叠系林西组砂板岩, 第四系全新统草原砂土、坡洪积物; 区内岩浆活动强烈, 主要形成黑云母花岗岩及酸性脉岩。矿区林西组在区域上分布于晚二叠世一早三叠世的北北东向展布的兴安凹陷之中, 从其岩石类型主要是粉砂质板岩、粉砂质泥岩、粉砂岩及细粒长石英杂砂岩夹少量泥质胶结的中—细粒长石英砂岩; 该组地层是矿体的直接围岩。

测区内岩浆活动十分强烈, 均为印支期侵入岩。岩体出露较好, 岩性较单一。主要岩石类型为中细粒黑云母花岗岩, 中细粒黑云母二长花岗岩、细粒黑云母花岗岩及细粒花岗岩闪长岩。本岩体为道伦大坝铜钨多金属矿床的直接矿化母岩, 不仅为本区矿床提供了热源, 也直接提供了部分成矿物质。区内断裂构造发育, 发育一系列的北东向断裂。

图 3、图 4 为道伦大坝矿区 1 号线、2 号线高频大地电磁测深电阻率等值线断面图。图中纵坐标为海拔高程, 单位为米;

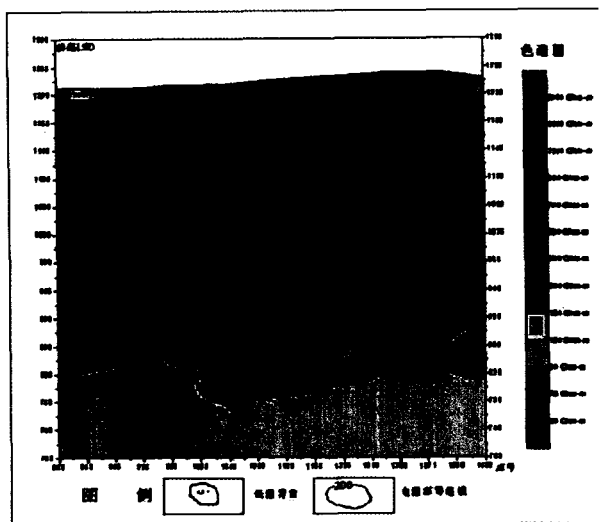


图3 1号线高频大地电磁测深电阻率等值线断面图

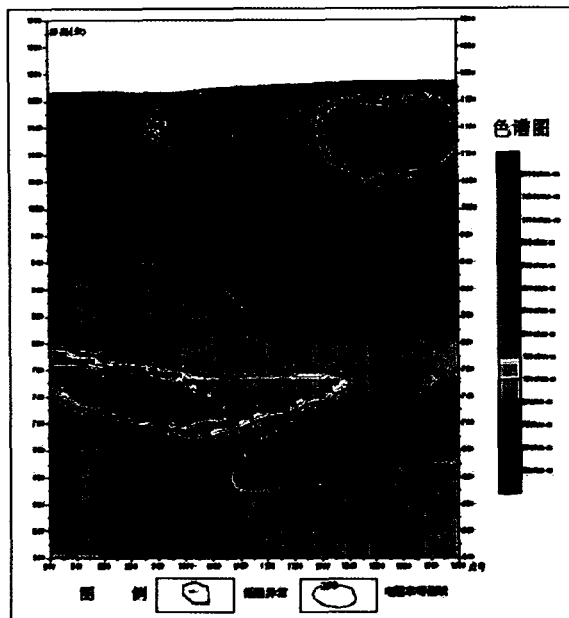


图4 2号线高频大地电磁测深电阻率等值线断面图

横坐标为测点号,相邻测点之间的点距为20米。从图3上可以看出,电阻率等值线在960号点附近、高程830米左右有一闭合低阻异常。同样在1000~1400号点之间,高程在800~880米之间呈低阻闭合曲线,闭合区域电阻率低于150欧姆米,而周围围岩电阻率在500欧姆米以上,说明此区域为相对低阻区,推测为矿化异常,如图3圈出的两个矿化区域。

图4为该矿区2号线高频大地电磁测深电阻率等值线断面图。2号测线与1号测线平均距离为200米,从图4中可以看出,在1060~1400号点处,高程在620~760米之间电阻率等值线闭合,闭合区内电阻率小于150欧姆米,推测此处为矿化异常,并在图4中圈出。

为了验证高频大地电磁测深法的有效性,随后在两条测

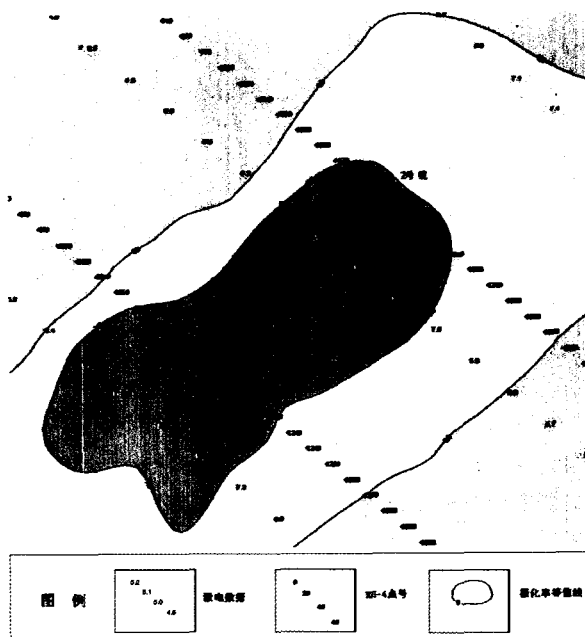


图5 激电异常等值线平面图

线区域开展了大功率激电扫面测量,如图5所示,在激电测量中,1号测线1040~1320点之间,2号测线1060~1350点之间,激电异常为6.4以上,与高频大地电磁测深法的电阻率异常吻合较好。

3 结语

通过在内蒙古(锡林郭勒盟)道伦大坝铜钨多金属矿区的EH-4电导率成像仪高频大地电磁测深的应用,证明该方法在深边部找矿中有较好的效果,其采用的电磁阵列剖面法(EMAP)能有效地压制静态效应,空间滤波技术的采用减小了地形的影响,且具有探测深度大,信噪比高,抗干扰能力强,分辨率高的特点。

利用EH-4电导率成像系统进行高频(10Hz—100KHz)大地电磁测深,不仅能应用在金属矿勘探方面,还可以应用于其它工程地质勘察、寻找地下水、探测浅层地质构造及找矿工作,是一种较先进的地球物理方法。

参考文献

- [1] 孙振家,胡祥昭,等.内蒙古西乌珠穆沁旗道伦达坝铜钨多金属矿床外围成矿规律与成矿预测研究[R].中南大学地学与环境工程学院,2005.12.
- [2] 汤井田,杜华坤,等.内蒙古西乌珠穆沁旗道伦达坝矿区EH-4外围找矿报告[R].中南大学信息物理工程学院,2005.12.
- [3] 刘亮明,王志强,等.综合信息论在储量危急矿山深边部找矿中的应用——以铜陵凤凰山铜矿为例[J].地质科学,2002.10,37(4).
- [4] 刘光鼎,郝天珢.应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J].地球物理学报,1995.11,38(6).
- [5] 石应骏,刘国栋,等.大地电磁测深法教程[M].北京:地震出版社,1985.09.

地球物理勘探在危机矿山深边部接替资源勘探中的应用

摘要:如何解决危机矿山深边部资源勘探问题,是我国矿业界一个非常紧迫的研究课题,笔者针对危机矿山深边部资源勘探的特殊性和国内外相关研究与应用,详细分析了现有地球物理勘探方法技术及其在危机矿山深边部接替资源勘探的适用,最后结合我国几个大型危机矿山深边部资源勘探工作,介绍了几种有效的地球物理方法的勘探效果,供其他危机矿山在进行深边部资源勘探加以借鉴。

关键词:危机矿山;深边部;资源勘探;地球物理勘探技术

1 我国危机矿山深边部资源勘探具有广阔的前景

目前我国矿业形势十分严峻:一方面,现有大批矿山基地的已探明储量日趋枯竭;另一方面,新发现的矿床和接替资源又越来越少,从而导致我国新建矿山不多,而大批老矿山,特别是一些大型矿山,因资源危机而面临或濒临关闭的严峻局面。由于这些大型老矿山不仅在我国矿产资源保障体系中占有非常重要的地位,而且对所在地域的经济以及社会稳定都具有十分重要的影响,因此开展大型老矿山基地的接替资源勘查特别是深边部的资源勘探,具有十分重要的经济和社会意义。

我国现有矿山的勘探深度多在 800m 以内,采矿深度大多在 500m 以上,国内目前最大的采矿深度只达到 1100m,这与国外相比还存在相当大的差距,如南非的开采深度达 4000m,加拿大达 2000m,美国达 3000m,印度达 3500m。从我国现有经济技术来分析,可采深度至少可达 1500m,这表明在现有的矿山,还有相当大的深度区间是勘探的空白区,仍具有很大的找矿潜力。近年来,国内外众多找矿成果也证明了危机矿山深部找矿的巨大潜力。专家认为我国危机矿山深边部具有很大的找矿前景,主要表现在:浅部资源危机,深部资源潜力巨大;矿山本区资源危机,外围资源潜力巨大;已知矿床

类型资源危机,新类型资源潜力巨大。如江西银山九区铜矿及铜官山铜矿深部找到的特大型冬瓜山铜矿等,矿床埋深均在 1000m 左右;云南个旧矿田近 50 年来,平均 3~5 年就提交一个大、中型矿床;辽宁青城子铅锌矿在其外围相继发现了高家堡子大型银矿、桃源、白云金矿等,从而有力地证明了上述论证。

因此危机矿山深边部接替资源勘探是解决这些矿山资源危机最有效的途径。

2 危机矿山深边部找矿难度大,必须寻求勘探技术的突破

危机矿山深边部接替资源勘探之所以未能取得全面突破,一方面是由于勘查投入的严重不足;另一方面是由于所投入的方法技术缺乏科学论证,没有充分考虑方法的有效性,因而效果不明显,难以解决矿山找矿勘查所面临的特殊难题;此外勘探方法几十年来没有改变,新的观测参数和方法发展缓慢,也制约了勘探效果的突破。因此,要想在危机矿山深边部取得好的找矿效果,除了大幅度增加勘查投入外,更应该在勘查技术创新方面下功夫,针对矿山找矿的特殊性,创建一套适合我国地质条件的、矿山深边部及外围隐伏矿床(体)定位预测的理论体系和实用的资源勘查技术集成。这就需要对地质、物探、化探、遥感和信息处理等多学科进行融合,特别要针对不同矿山开展地球物理勘探技术有效性的研究。地球物理勘探技术作为通过研究地层不同的电性等参数以达到资源勘探目的的勘探技术,如何综合利用其在我国危机矿山的深边部资源勘探中的应用,是一个值得深入研究的课题。

就地球物理而言,危机矿山深边部找矿主要存在以下困难:

1、危机矿山大多经历了长时间的勘探,浅表矿、易找矿大多已被发现,各个矿山基本已形成了一套成熟的勘探方法,因此按照传统的矿床模式、成矿理论和勘探方法,难以取

[上接第 119 页]

[6] 敬荣中.新世纪勘查地球物理的发展及我院勘查地球物理发展的对策思路[J].矿产与地质,2001.04,15(82).

[7] 王辉,曹哲民,等.铁路隧道工程勘察中高频大地电磁测深应用效果研究[J].工程地质学报,2005.09,13(3).

[8] A. A 考夫曼, G. V 凯勒.频率域和时间域电磁测深[M].北京,地质出版社,1987.08.

[9] 张宪润,陈儒军.激电相对相位法区分矿与非矿的成功实例[J].物探与化探,1998.8,22(4). [B]