

# 基于各种电法勘探方法的特点与应用探讨

曹峰  
安徽省煤田地质局物探测量队  
DOI:10.32629/gmsm.v3i1.521

**[摘要]** 电法勘探作为一种找矿的物探方法,其是根据岩体的电磁性和电学特性所发挥的导向性作用而进行的。根据电磁场的时间特性,可以将电法勘探方法划分为电阻率法和瞬变电磁法。不同的电法勘探方法以其观测方法不同,对于地质环境的适应性也会有所不同。因此,在开展地质勘探工作中,要提高工作效率,就要选择不同的勘探方法,也可以综合运用多种方法,以提高勘探工作质量。  
**[关键词]** 电法勘探; 特点; 应用

电法勘探是按照地壳中各类岩石或矿体的电磁学的导电性、导磁性、介电性和电学特性的差异,通过对电磁场或电化学场的空间分布规律及时间特性的观测和研究,勘查地质构造和寻找有用矿产的物探方法。电法勘探方法,根据电磁场的时间特性划分为直流电法,即电阻率法;脉冲瞬变场法等。地下岩层电学性质的差异是电法勘探的条件,研究岩石的导电性便于理解电法勘探的原理。电阻率是表征岩石和煤性质的重要物理参数,岩石和煤的电阻率不同程度依赖于它们的成分、结构所含水分等因素,随着影响因素的改变而在较大范围内变化。所以,在一定地质、物性条件下,应通过测定岩石或煤的电阻率解决煤矿生产中存在的一些地质问题。不同电法勘探方法因研究地球物理场及观测方式有所不同,在解决地质问题能力、野外测区地质条件适应性及工作效率等方面都有一定差异。因此,在实际工作中,要按地质任务的地电条件,合理选择方法,扬长避短。也可采用多种方法进行综合应用,实施优势互补。

### 1 电法勘探的特点

电法勘探主要特点:利用的场源形式多,方法变种多,能解决的地质问题多,工作领域宽广,如地面、航空、海洋、地下等都可以用不同的电法勘探进行探测。电法勘探发展历史悠久,由于应用广泛,所以发展前景良好。以高密度电阻率法为例,其具有以下特点:电极布设是一次完成的,为野外数据的快速和自动测量奠定了基础。其次能有效地进行多种电极排列方式的扫描测量,因而可以获得较丰富的关于地电断面结构特征的地质信息。第三是野外数据采集实现了自动化或半自动化,不仅采集速度快,大约每一测点需2~5s,而且避免了由于手工操作所出现的错误。第四是可以对资料进行预处理并显示剖面曲线形态,脱机处理后还可以自动绘制和打印各种成果图件。最后与传统的勘探方法相比,成本低、效率高、信息丰富、解释方便、勘探能力显著提高。

### 2 电法勘探的分类及主要方法

电法勘探有许多种方法。以产生异常电磁场的原因为依据,可分为感应类电法、传导类电法;以电磁场的时间特性为依据,可分为脉冲瞬变场法(过渡过程法)、频率域电法(交流电法)、时间域电法(直流电法);以观测空间为依据,可分为地下电法、地面电法、航空电法;以地质目标为依据,可分为煤田电法、水文与工程电法、石油与天然气电法金属与非金属矿电法;以场源性质为依据,可分为被动源法(天然场法)、主动源法(人工场法);以观测内容为依据,可分为电磁感应法、大地电磁测深法、自然电场法、激发极化法、充电法、电阻率法等。

### 3 煤矿采空区的地球物理特征

煤层采空后,原应力平衡遭到破坏,在煤层顶板保存完整时,采空区以不充水或充水的空洞形式保存下来,当煤层顶板由于重力等原因坍塌后形成冒落带、裂隙带,采空区及塌陷区与周围地层的地球物理特征就发生了

显著变化。实际测量中,二次场的衰减快慢与地质体的电阻率有关,电阻率高,则二次场衰减快;电阻率低,则二次场衰减慢。在煤层顶板保存完好的情况下,采空区空洞不积水时,电性上表现为高阻异常;采空区空洞积水或采空塌陷区积水时,电性上表现为低阻异常。采空区及塌陷区与围岩存在电阻率差异是用瞬变电磁法探测的物理前提,下图为瞬变电磁法探测在某煤矿采空区积水和未积水视电阻率剖面图。

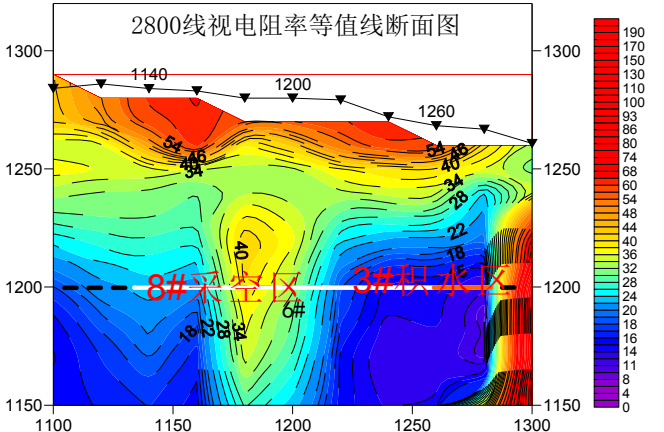
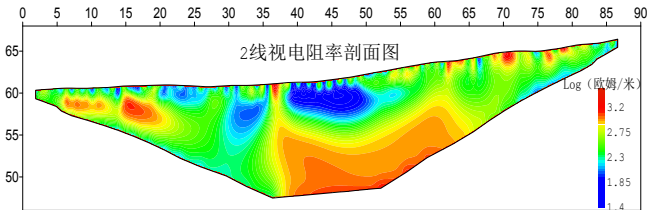


图 1

### 4 煤矿电法勘探方法的主要特征分析

#### 4.1 电阻率法的主要特点

电阻率法的相关理论较为完善,并且技术较为成熟,但在资料解释方面则相对比较简单。电阻率法是一种体积勘探的方法,该方法对于浅层地质异常体有着较强的分辨能力,然而一旦勘探深度在不断增加的话,那么其分辨率就会逐渐下降;电阻率法对于低阻、高阻地质异常体的反映均良好,但是浅部高阻屏蔽可能对其产生较大的影响,在地表干燥地区工作并不具备优势;电阻率法通过对供电电极距离的提升而使勘探深度得以提高,但由于受到地形的影响较大,其在复杂地形矿区的勘探工作并不适合,并且其有着较大的劳动强度,生产效率相对也并不算高,下图为高密度电法在某高铁地基探测中的一条视电阻率剖面。可以看出该方法对于浅层地质异常体有着较强的分辨能力。



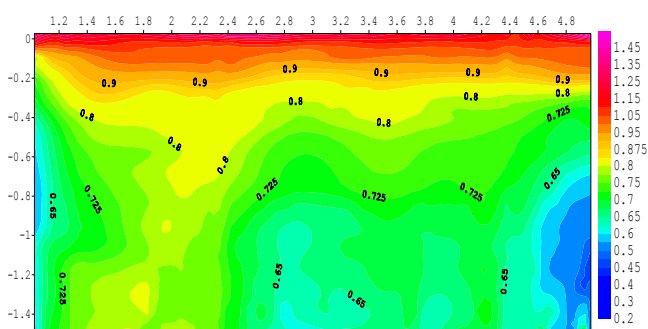
#### 4.2 瞬变电磁法主要特点

对断电后的纯二次场进行观测,能有效克服一次场补偿等复杂问题,地形方面因素对该技术的影响并不大;单脉冲激发可以得到多信息的瞬变电场衰减曲线,利用多次叠加及加大发射功率,能有效提升信噪比,从而加强勘查的深度。此外,通过不接地回线装置的应用,能使其在不同地形环境下的野外工作就较为适合,特别是采用直流电法难以开展施工作业的沙漠干旱区域。由于瞬变电磁法探测的深度受到仪器与电阻率的采样时间等因素的影响,可以通过仪器采样时间与发送功率的调节,从实现对探测区域的控制。不仅如此,瞬变电磁法还能利用多种装置方式来提升纵向与横向的分辨能力,其对于发送回线的点位、方位以及现状并没有太高的要求,并且测地工作简单,可以通过流水作业来提高效率;在低阻围岩区域工作时,由于需要进行多道观测,早期场地形影响分辨起来较为容易。

#### 4.3 CSAMT法的主要特点

相比于直流电法勘探法,CSAMT法可以在干扰较强的区域及外围进行工作,通过改变频率但不改变几何尺寸进行电测探,可以有效提高工作效率,缓解工作人员的劳动强度。此外,通过接收频点的增加及整条断面反演的应用,在一定程度上提升了分辨能力。地形对其的影响相对来说要小一些,可以将这方面的影响降到最低。该方法采用变电磁场,可以穿透高阻层,对于一些难以采用直流电法探测的高阻薄层之下的地质体,通过这一方法则可以取得良好的效果。然而CSAMT法也存在一定的局限性,其在近场区可能会发生近场效应,而且其还可能存在静态效应。下图为CSAMT在某地找水源的一条视电阻断面图,图中可以看出该方法采集深度较深,对地电体的分辨能力较高。

2线视电阻率断面图



### 5 煤矿电法勘探方法的应用分析

电法勘探方法在煤矿中的应用非常广泛,其主要负责勘查煤炭资源等方面的地质任务:第一,对煤系地层、储煤构造以及含煤盆地等分布区域的圈定,从而提供出煤系上覆或新生界的地层厚度,以及提供煤层埋藏深度与基地起伏等情况;第二,对落差较大或褶曲的断层位置进行有效的控制;第三,在薄覆盖区对隐伏煤层露头的位置进行追踪;第四,对自燃煤层正在燃烧的边界、范围或火烧区进行圈定。当前,电法勘探方法逐渐从以往的找煤工作角色过渡到煤矿的安全生产与高效生产方面,负责进行水文地质、煤矿地质上的主要地质任务。第一,对工作区域的形态构造进行勘探,以及对褶皱、断层等地质构造的产状进行勘探,从而对地质构造的布展与延展方向进行追踪,为研究水文地质问题及划分水文地质单元提供科学的地质材料;第二,对矿区隔水层与含水层的产状、层厚以及埋深等情况进行勘探;第三,对采区主要的控水构造以及裂隙、岩溶发育带等所在位置进行探明,同时评价其富水性;第四,对采煤下作面顶、掘进巷道前方隐伏的含水体与导水通道位置进行探明;第五,对老窑采空区进行探明,从而

进一步确认采空区的积水情况;第六,开展防治水工程质量的评估,例如检测注浆效果等。为提高电法勘探的精度和效率,在进行采区三维地震勘探时要进行水文电法勘探,能节省电法工作的测地工作,能把地震勘探对构造的精确定位与电法对含水性敏感结合起来综合解释,可提高水文勘探的可靠性,主要煤矿电法勘探方法的特点和主要应用如下:(1)直流电法。特点是方法较为成熟,施工技术简单,可抗干扰;体积效应影响较大,随着勘探深度的增大,分辨率快速下降;施工效率较低,工作量较大。一般用在小于500m的浅部水文勘探,如第四系含水层、覆盖层厚度、断层裂隙带、岩溶、采空区等的勘查。(2)瞬变电磁测探法。特点是体积效应较小、分辨率高、施工效率高;可穿透高阻屏蔽层,勘探深度较大,抗干扰能力比直流电法低;受地表设施干扰较大;有浅部勘探盲区。一般用在小于1000m的中深部水文勘探,如砂岩富水区、断层裂隙带、岩溶裂隙、采空区等。(3)CSAMT。特点是可穿透高阻屏蔽层,勘探深度较大且横向分辨率较高、施工效率高;受地表不均匀体影响较大,存在过渡区;资料处理复杂。能用在1500m的中深部水文勘探,如砂岩富水区、断层裂隙带、岩溶裂隙、地热等的勘查。

### 6 电法勘探的发展趋势及应用前景

随着各项技术的发展,材料工艺的进步,电法勘探设备向小型化,轻量化,智能化趋势发展。电法勘探技术更趋向专业化,各方面不断创新。其中创新意义尤为重要,电法勘探的创新在于我国在进行技术创新过程中积极和国际上展开交流与沟通,并对技术进行引进,并对技术进行全面的创新。电法勘探的前景十分广阔,其在传统的探矿工程中具有传统的优势,比如找煤,石油天然气,或者深部固体矿产,在此不再列举。电法勘探在水文地质,工程地质中以及环境工程中也有十分重要的意义。早期曾用电阻率法找水,现如今已经形成了专业化的电法勘探找水队伍,对解决我国广大群众的生活水资源问题做出突出贡献。在工程地质中,常用地质雷达来探测与工程相关的地质问题。同时,该方法可以借用地震勘探中已有的资料处理和解释技术,使其迅速发展,可以在更多的领域发挥作用。而瞬变电磁法逐步向工程检测、环境、灾害等应用领域发展。

### 7 结语

电法勘探方法依据电磁场时间特性可以分为脉冲瞬变场法、直流电法以及CSAMT法等。不同的电法勘探方法有着不同的特点与应用层面,因而只要针对具体的煤矿问题具体分析,选择科学的电法勘探方法或综合应用不同的方法,才能获得最准确、最可靠的勘探结果。总之,电法勘探技术在我国地质资源勘查中发挥的作用非常重要,因此在使用该技术过程中需要实现进一步的提升,保证该技术向着经济化、智能化的方向,实现人才、技术、科研等多方面的发展,从而促进我国资源勘查以及水文,环境工程等工作的稳定开展。

#### [参考文献]

- [1]宋劲.煤矿冲刷带探测中的高密度电法勘探方法[J].河南理工大学学报(自然科学版),2014,(4):441-446.
- [2]曹静,吴灿灿,李雪,等.浅谈几种常用电法勘探的原理及优点[J].科技资讯,2009,(18):37.
- [3]马胜胜.常用电法勘探的原理及优点分析[J].黑龙江科技信息,2013,(17):12.

#### 作者简介:

曹峰(1980—),男,安徽省宿州市人,汉族,本科,学士学位,物探工程师,湖南科技大学,现从事物探电法勘探工作。