

常规物探方法在煤矿中的应用

孙文斌 郭生凯 王 涛 牛云飞

北京探创资源科技有限公司 北京 丰台区 100068

【摘要】目前矿井物探常用方法主要有地面震法和电法、井下震法和电法。其中地面震法主要为二维、三维地震勘探；地面电法主要为大定源瞬变电磁法、激发极化法、高密度电阻率法等。井下震法主要为槽波地震勘探，井下电法主要为瞬变电磁法、音频电透视法、高密度直流电法、无线电波坑道透视法等。我公司在实际应用中根据不同的现场条件及工程要求选择最佳的方法手段，在各大矿区实际应用中均取得了良好的应用效果。

【关键词】三维地震；瞬变电磁法；音频电透视法；槽波地震勘探；高密度直流电法

1 引言

煤炭资源是我国能源组成中最重要的部分，是目前主要能源之一。近些年全国各地煤矿透水事故发生较频繁，给煤矿安全和财产造成很多的损失。如何快速、准确探测井下致灾体，避免各类矿井安全事故的发生，对各类矿井物探方法提出了更高的要求。针对不同的探测目的，选择相对应的物探方法很重要。

在未开采巷道工作面之前，需在地面上进行电法和

地震勘探，查明地下含水层分布情况一般采用地面二维地震勘探、三维地震勘探、地面大定源瞬变电磁法，高密度电阻率法、磁法等等，为下一步开采工作提供地质水文资料；二是在井下巷道掘进前或者工作面回采前查明控制较大的地质构造异常体或者导水通道、顶底板富水情况、顶板与围岩的稳定性、煤层的厚度变化、合并与尖灭、煤层冲刷区和断层、褶曲等等，可以采用瞬变电磁法、槽波地震勘探，并行电法、瑞利波、音频电透视法、高密度直流电法、坑透法等。

地面电法	大定源瞬变电磁法	①探测纯异常，地形影响较小；②加大功率加大勘探深度；③多频叠加；	①分辨率随勘探深度而降低；②高阻体反映不佳；	在地面探测含水层，断层含水性，内层结构和陷落柱；探测采空区富水性；
	激发极化法	①可以用来区分由电子导体和离子导体引起的异常；②不会产生纯地形引起的异常；③可以发现电阻率与围岩无明显侵染状金属矿床的存在；	①矿化（黄铁矿化、石墨化的岩层）岩层产生强激电异常；②电磁藕合干扰给交流激电法资料的解释带来困难；	用来寻找铜矿床、铁矿、铅锌矿，在超基性岩区找镍铬矿和金矿等等。
	高密度电阻率法	①野外数据采集速度快；②获得较多地电断面结构特征的地质信息；③比传统电阻率法成本低、效率高，勘探效果好；	受地形、供电电压、自然电场因素影响较大，不能真实反映地下电介质的变化情况；	岩溶灾害调查；管线探测；物探找水；地质灾害调查；

2 物探方法简介及使用范围

经过多年的发展与实践证明，物探是资源勘探与矿井灾害防治中必不可少的探测技术，并且能在工程地质

灾害抢险中起到快速查明与预测的作用，但是，由于受各种物探方法本身的技术特点与应用环境不同限制，最终的勘探效果可能有所不同。根据物探方法和探测目的将矿井常规物探方法介绍如下表：

分类	名称	优点	缺点	适用范围
地面震法	二维地震勘探	①具有高精度、高分辨率；②具有较大勘探深度；③相对于三维地震费用低、效率高；	① t_0 时间不闭合；②复杂地质构造成像不准确；③无法满足地层岩性圈闭解释的需要；	可用于油气、煤炭资源勘探，识别采空区与断层等构造。
	三维地震勘探	①适用于地形地物多变的复杂工区；②采集地震信息丰富，可以有效压制空间噪音；③可以真实非确定反射界面的空间位置；④灵活多变的数据显示方式；	② 探测结果准确率有待提高；②存在地震信息的缺失，落差较小的断层分辨率差；	获得地下构造的精确地震成像；高分辨率发现可能忽略的油气储量；复杂构造勘探等。

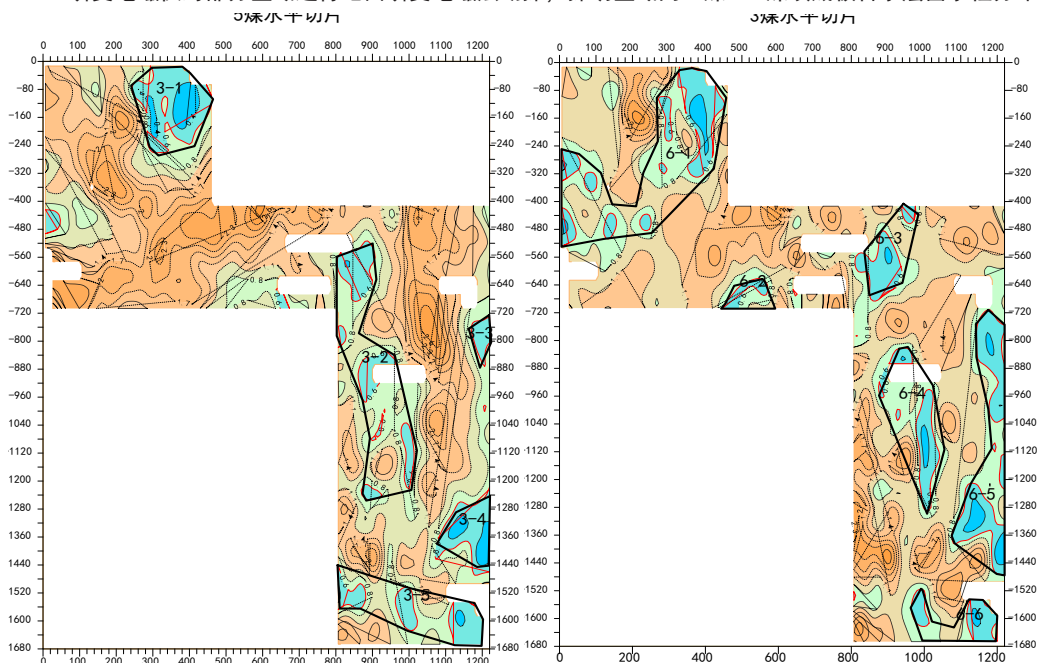
表1 地面物探方法表2 井下物探方法

分类	名称	优点	缺点	适用范围
井下震法	槽波地震勘探	①探测距离大; ②探测精度高; ③抗电干扰能力强; ④波形特征较容易识别; ⑤最终成果直观;	①数据采集比较困难,采集环境比较恶劣,会有较多干扰因素; ②探测范围比较小; 无法有效地解决扩散、频散问题的影响;	可以探查小断层、陷落柱、煤层厚度变化、煤层分叉与变薄带。
井下电法	矿井瞬变电磁法	①小回线工作装置,工作轻便; ②数据采集速度快; ③工作效率高; ④勘探分辨率高;	①由于多匝发射天线有自感与互感现象,是探测盲区增大; ②受全空间响应,影响异常体干扰解释; 受巷道空间金属体影响较大;	可查明工作面顶底板含水层水、采空区积水;掘进巷道超前预测等。
	音频电透视法	①技术对含水异常体探测灵敏度较高; ②设定频率建场与接收,排除其他频率信号干扰; ③以煤层作为相对高阻条件下,可定向建立电场,能区分工作面顶板、底板内的异常;	只能定性的分析岩层裂隙性、含水层连通性,不能进行定量;指向性较差,针对不同方向异常体难以识别	探测煤矿工作面内部顶、底板内的含水层富水性情况,断层构造水富水性情况。
	无线电波坑道透视法	①仪器轻便; ②所需工作人员较少; ③透视距离可达150~220m,大透视仪器可达到320m;	①只能做透射测量,不能做反射测量; ②坑透仪测量时干扰因素比较多,如金属导体或动力设备等; ③透视探测距离不大;	探测煤层中落差大于二分之一煤层厚度的断层;探测富含水区域的大致范围;探测煤层顶底板起伏变化情况,起伏变化的幅度大于二分之一的煤层厚度。

3 应用实例

3.1 地面电法探测采空区富水性

陕西省子长县某煤矿整合后,矿区范围内可能存在以往开采留下的采空区,目前煤矿处于巷道开掘阶段,为消除水害隐患,拟采用ProTem57瞬变电磁仪对部分区域进行地面瞬变电磁法勘探,探明区域内5煤、3煤顶底板含水层富水性分布情况。



a. 3 煤层位水平切片成果图

b. 5 煤层位水平切片成果图

图 3-1 煤层水平切片成果图

图 3-1 为目的层 3 煤和 5 煤水平切片成果图, 成果图中显示在 3 煤层位水平切片中存在五处低阻异常区, 在 5 煤层位存在六处异常区。

经矿方后期巷道掘进, 确认 3 煤层位 3-1 异常区内存在采空区, 与探测结果较为吻合。

3.2 矿井工作面顶板富水性探测

山东济宁某矿 63 上 06 工作面已形成, 面临回采, 影响工作面回采的主要含水层为红层含水层、3 煤顶底板砂岩含水层及三灰含水层。为保证工作面安全回采, 现需查明顶底板含水层富水性分布范围。

根据地质任务及《煤矿防治水细则》, 本次采用瞬

变电磁法和音频电透视法进行探测。其中瞬变电磁法在工作面运输顺槽和轨道顺槽探测内帮顶板 30°、内帮顶板 60°、顶板 90°、内帮底板 60°、内帮底板 30° 五个探测方向, 对工作面顶底板富水性情况进行探测。音频电透视法采用 15Hz 和 120Hz 两个频率进行测量。

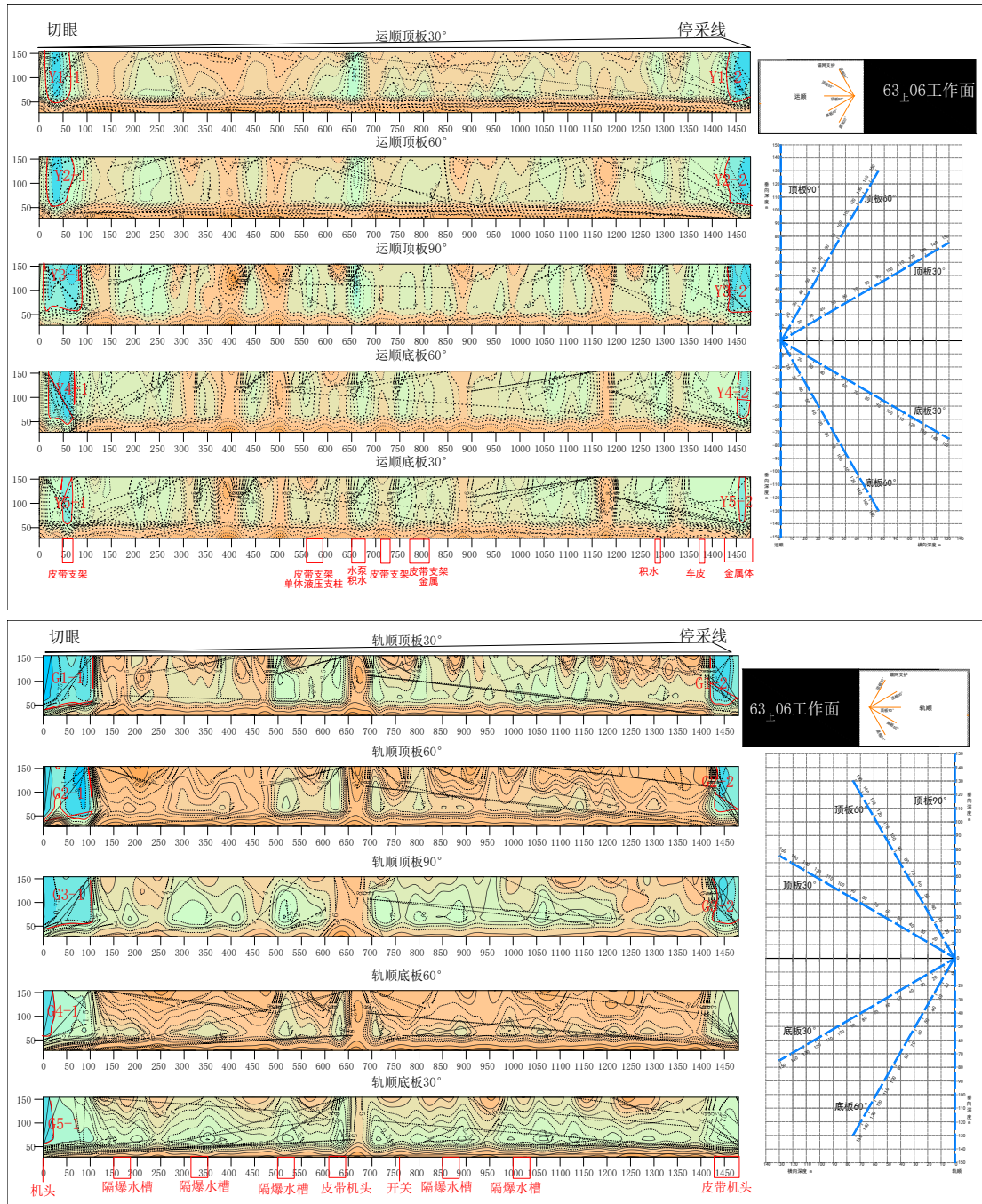


图 3-2 瞬变电磁法运顺和轨顺视电阻率等值线断面图

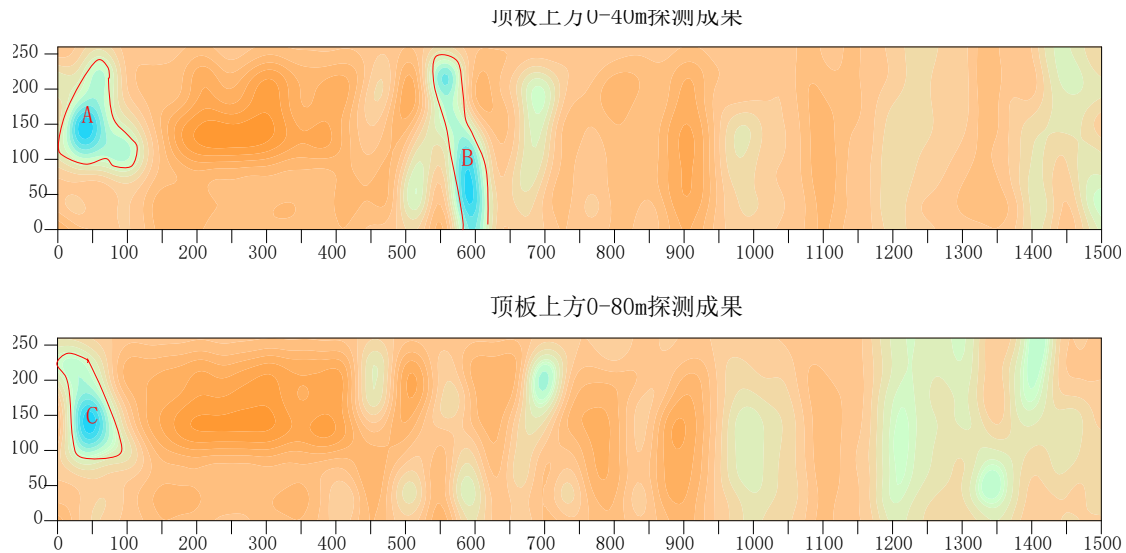


图 3-3 63 上 06 音频电透视顶板上方异常平面图

在瞬变电磁探测成果中，运输顺槽在距切眼 0~100m 范围内存在 Y1-1、Y2-1、Y3-1 三处异常区；在轨道顺槽距切眼 0~100m 范围内存在 G1-1、G2-1、G3-1 三处异常区。在音频电透视探测成果中相应位置存在 A 和 C 异常区。综合两种方法，推断在工作面距切眼 0~100m 范围内存在一处富水异常区。经矿方后期回采验证，该富水异常区出水量为 30m³/h，经确认为顶板砂岩富水所致，与探测结果基本一致。

3.3 矿井工作面构造探测

山东济宁二号煤矿 123 上 02 工作面煤层结构复杂，局部受煤层冲刷带、断层影响。根据采区三维地震解释资料、地面钻孔资料及巷道揭露资料，工作面回采范围内最大断层落差超过 10m，在两顺槽中部均揭露煤层冲刷区，轨顺揭露无煤区长度 75m，运输顺槽揭露无煤区长度 145m。煤层冲刷带、断层的存在对工作面的安全生产带来了不利影响，为了查明 123 上 02 工作面的构造情况，现采用槽波地震勘探和无线电波坑道透视进行探测。

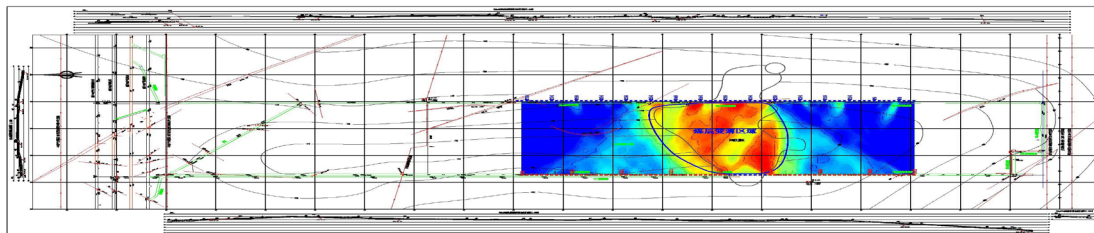


图 3-4 槽波探测地质解释图

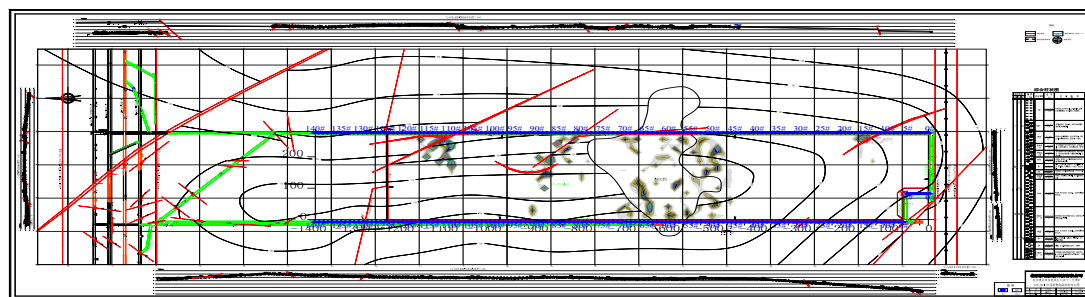


图 3-5 无线电波坑道透视探测衰减层析成像色块图

123 上 02 工作面槽波透射数据处理时使用了槽波能量高精度 CT 成像算法和滑行波能量高精度 CT 成像算法，解释了煤层变薄区一处，解释断层两条。无线电波坑道透视探测在上顺槽距切眼 790~880m 解释断层一处，在运顺 -850m~-450m 到轨顺 -750m~-450m 范围，解释煤层冲刷区一处。两种探测方法结果较为吻合，为矿上安全有效的开采提供了物探基础资料。

4 结束语

经过多年的理论研究和工程实践，我公司已经逐渐掌握了多种物探方法，对部分常用物探方法进行了较深入的研究，能够为煤矿的安全生产提供一定的技术保障。目前，煤矿生产面临的地质、水文地质条件越来越复杂，针对不同地质任务采取不同的物探手段进行探测，建立全面高效的矿井物探探测体系，对指导煤矿地质、水文

地质工作能够起到很好的指导作用,对保障煤矿安全生产更是具有重要意义。

【参考文献】

- [1] 刘盛东,刘静,岳建华.中国矿井技术发展现状和关键问题[J].煤炭学报,2014,39(01):19-25.
- [2] 童有德.对矿井物探若干问题的探讨[J].煤炭科学技术,1992(05):47-48+60.
- [3] 张鹏.我国矿井物探技术发展现状——基于 CAJD 数据源的统计与分析[J].地球物理学进展,2018,33(03):1313-1318.
- [4] 路拓,刘盛东,王勃.综合矿井物探技术在含水断层探测中的应用[J].地球物理学进展,2015,30(03):1371-1375.
- [5] 张石粉.物探方法在工程地质勘查中的运用研究[J].中国金属通报,2018(11):150-151.
- [6] 刘树才,岳建华,刘志新.煤矿水文物探技术与应用[M].徐州:中国矿业大学出版社,2005.