

doi: 10.11720/wtyht.2015.1.22

吴超凡, 邱占林, 杨胜伦, 等. 网络并行电法与传统电法超前探测效果对比[J]. 物探与化探, 2015, 39(1): 136-140. http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.1.22

Wu C F, Qiu Z L, Yang S L, et al. A comparison of advanced detection effect between the network parallel electrical method and the traditional method[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(1): 136-140. http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.1.22

网络并行电法与传统电法超前探测效果对比

吴超凡¹, 邱占林¹, 杨胜伦², 陈义兴³

(1. 龙岩学院 资源工程系, 福建 龙岩 364012; 2. 安徽惠洲地下灾害研究设计院, 安徽 合肥 230088; 3. 福建煤电股份有限公司 生产部, 福建 龙岩 364102)

摘要: 网络并行电法是以分布式并行智能电极电位差信号采集方法为技术核心支撑的直流电法, 其数据采集模拟地震勘探方式进行, 与常规电法每次供电只能采得一个测点数据不同, 并行电法每次供电可同时获得多个测点数据, 是一种全电场观测技术。运用两种方法对龙岩市新罗区大弯煤矿和武平萤石矿进行超前探测试验对比研究, 并经实际巷道掘进揭露验证, 表明网络并行电法技术较传统电法技术效果更好, 效率更高。

关键词: 网络并行电法; 超前探测; 有效探测范围; 煤矿; 萤石矿; 低阻异常; 井下勘探

中图分类号: P631.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2015)01-0136-05

直流电法^[1-3]是根据岩石电性特征和空间电场分布来推测岩石分布和性质的一种地球物理分支方法, 该方法对含水构造等低阻异常体的响应灵敏度高, 分辨能力强, 在超前探水中有优势。近年来, 直流电法在含水地质异常体超前探测研究中得到了更多的重视。在矿井直流电法勘探技术研究中, 刘盛东等人发明的国家专利“分布式并行智能电极电位差信号采集方法”这一并行电位数据采集专利技术为巷道大容量数据高效采集的实现提供了可能^[4]。目前针对巷道超前及巷道周边含水构造体的探测, 一般在底板布置电极, 采用三电源跨步法进行数据采集与处理, 其有效数据量少,

解释结果较为单一, 判断精度较差。为此, 在龙岩市新罗区白沙镇大弯煤矿和武平萤石矿, 采用网络并行电法仪与传统直流电法仪进行了超前探测试验对比研究, 经实际巷道掘进验证, 网络并行电法技术探测的效果比传统直流电法技术好。

1 网络并行电法技术

网络并行电法是建立在高密度电法勘探技术的基础上, 它不但能完成传统电法的各种测量方式, 而且能短时间内采集海量数据, 从而极大地提高野外勘探的效率^[5-7]。数据采集方式采用的是一种拟地

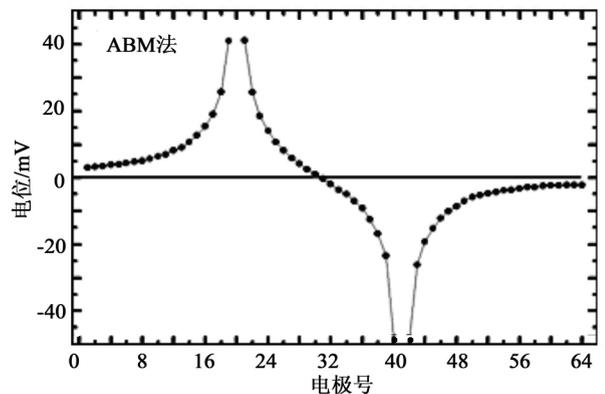
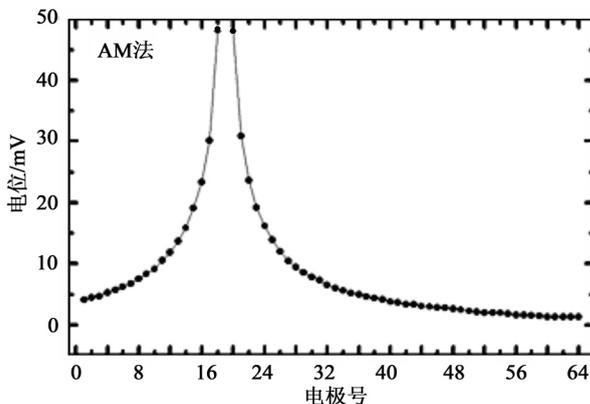


图 1 网络并行电法采集电位

收稿日期: 2013-11-05

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题资助项目(2011BAK07B02); 福建省自然科学基金资助项目(2010J01262); 龙岩市科技计划项目(2011LY53)

震的采集方式,电法勘探的信号产生主要是通过供电电极 AB 向大地供电,而地震勘探主要是单点激震,针对这种情况,网络并行电法仪器主要采用单极供电(AM法)与偶极子供电(ABM法)两种方式进行数据采集与处理(图1)。

1.1 现场布置

现场布置如图2所示,测线共布设28个电极,电极间距为2m,探测长度达54m,电极起始编号为5#。由于场地所限,无穷远布置于测线后方200m处,且待测区域位于测线前方。数据采集采用网络并行电法勘探系统。数据采集模式为:恒流时间0.5、2s,采样间隔分别为50ms、100ms。供电模式为单正弦波。现场数据采集过程中对初始数据进行了预处理,对无效点数据予以剔除。

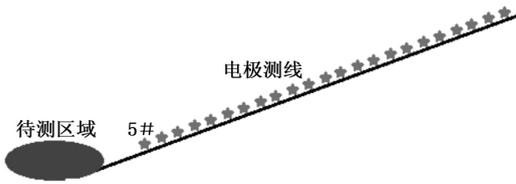


图2 测线布置示意

1.2 数据处理与分析

首先,根据勘探目的了解工区概况,分析地质情况,做好方案设计;其次,进行现场施工,采集数据,并做好现场记录;再次,进行数据解编处理,输入相应坐标,并导出解编数据。坐标系以5#电极位置为坐标原点,沿巷道走向为 x 轴正方向,垂直巷道走向

右方为 y 轴正方向,顶板方向为 z 轴正方向。同时使用矿井直流电法超前探测解析软件(MRP)进行数据预处理,并根据数据情况进行曲线校正、道间均衡、同侧异常消除等处理。此过程的关键,是要进行修正拟合和干扰校正^[14-16]。研究认为:电阻率实测值 Y 与理论值 y 的差的平方和的最小值 φ ,小于等于给定无限小值 ε ,称之为最佳拟合,表达式为

$$\varphi = [(Y_1 - y_1)^2 + (Y_2 - y_2)^2 + \dots + (Y_n - y_n)^2] = \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - y_i)^2 \right]_{\min} \leq \varepsilon。$$

在各种干扰异常信号叠加的情况下,目标异常信号响应相对较弱,为了突出目标异常,将其转化为均匀空间条件下的异常结果表达

$$\rho_s(i) = \left[\frac{\rho_{s\text{实测}}(i) - \rho_{s\text{理论}}(i)}{\rho_{s\text{理论}}(i)} + 1 \right] \rho_0,$$

式中, $\rho_s(i)$ 为作了影响校正后的视电阻率, ρ_0 为均匀空间条件下的视电阻率。

最后,进行三维偏移处理并成图。三维偏移核心处理主要是在建立偏移模型的基础上,对超前探测区域离散化并进行网格单元体视电阻率赋值,然后进行概率成像。

数据成果如图3所示。图中红色虚线所圈范围为相对低阻异常区,位于测线前方16~35m处,其视电阻率值较低,且目标单元异常匹配处理(高分辨数据处理)显示该范围相似度较高(>0.62)。因此,该范围为低阻异常区,富水可能性较大。

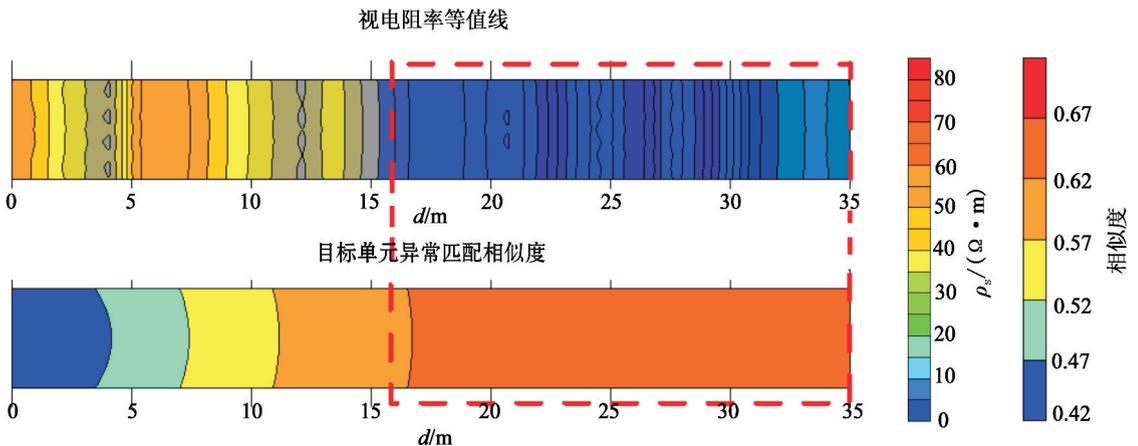


图3 大弯煤矿网络并行电法超前探测成果

2 传统电法技术

传统电法探测技术是基于高密度电阻率法,采用三电位电极系,探测掘进迎头前方含、导水构造,其探测基本原理为:一个供电电极 B 置于“无穷

远”,另外一个则作为供电电极 A ,电极 M 、 N 测量,记录点 O 为 MN 中点。工作装置须满足: $MN \leq AO/3$,即 $OB = (3 \sim 5)OA$ 。

2.1 现场测试

本次所采用的传统电法(三点电源法)超前探

测现场施工布置如图 4 所示。供电电极 B 位于迎头后方 300 m 外,供电电极选取 3 个(A_1 、 A_2 和 A_3) 并采取固定的方式,初始 A_1 距离迎头 18 m 处,测量极 M 、 N 向后方移动。仪器站布置在 A_1 前方。数据采集时, A_1 、 A_2 、 A_3 三极固定(接铁极),接在仪器发射极上,无穷远也接在发射极上; M 、 N 极(铜极)为跑极,接在接收极上,测完一点再跑极(M 、 N 轮流跑极)。测第一点时,先由 A_1 发射后测定,再由 A_2 发射后测定,最后由 A_3 发射再测定,即测完一点。测第二点时,发射顺序为 A_3 、 A_1 、 A_2 。测第三点时,先 A_1 、 A_2 后 A_3 。之后测点依次类推,直至测完。

在上述现场测试过程中,对原始数据进行了预处理,剔除了无效数据。在室内处理中,采用与该电法仪配套的解析软件进行处理。首先进行观测系统坐标的录入工作,然后提取所采集的有效信号,对有效数据进行解编,最后成图。

由超前探测成果(图 5)可知,在掘进巷道前方 6~8 m 处存在低阻异常,该区域存在富水性强的可能性较大。但后期掘进情况表明该处不存在含水水体,只表现为距迎头 3 m 的后方构造(裂隙、节理等结构面)较发育,中也不含水。但掘进至迎头前方 16

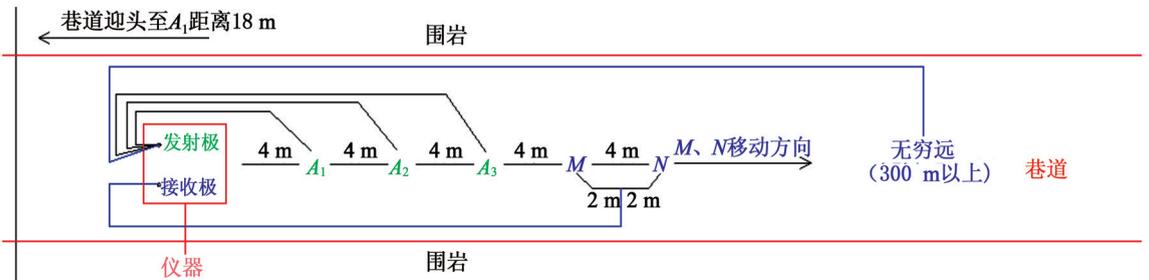


图 4 测线布置

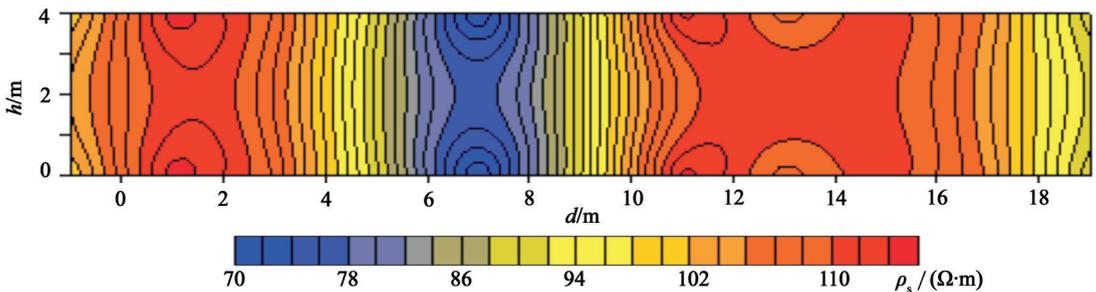


图 5 大弯煤矿传统电法超前探测成果

m 处时,存在淋滤等现象,存在含水水体。可见图 5 没有显示低阻异常,与实际情况相差较大。

3 可靠性评价对比

图 5 显示,传统电法技术的有效探测范围有限,只能响应掘进头前方 18 m 的范围,而且 6~8 m 低阻异常区不存在含水水体,与实际情况相悖。而网络并行电法技术可实现迎头前方 35 m 范围内的高分辨率观测(图 3),16~35 m 异常范围的有效反应明显,为低阻异常区,相似度较高,富水性较强。后经实际生产所揭露,在该范围内存在一处贯通于构造破碎带中的含水水体,后续跟踪测试,得出此处的视电阻率值在 5~10 $\Omega \cdot m$,且相似度高,与图 3 中前期的测试结果基本吻合;而掘进头前方 3~4m 处,构造复杂,不良结构面较发育,但不存在水体;6~8 m 范

围内无低阻异常响应与不含水的实际情况一致。因此,网络并行电法探测效果相对较好,可靠性较强。

为了进一步对比两者的探测效果,在武平灵石矿+400 水平掘进巷道中进行了两种方法的超前探测,结果见图 6。图 6a 中在 0~25 m 范围内存在多处低阻异常,且 2~5 m、14~16 m、21~23 m 范围内的异常响应显著,富水性可能较强。后期掘进显示几处异常区均含水,其余电阻率值较高的几处也存在小规模裂隙水,迎头处存在较多的积水且顶板还出现冒水现象。探测结果与实际揭露情况较为吻合。而传统电法探测成果(图 6b)显示的异常区(21 m、31~33 m)可靠性较差,掘进揭露显示除了 21 m 处出现淋滤现象、存在含水水体外,31~33 m 范围内不含水,与探测结果不一致,且 21 m 处的异常特征不太明显,分辨率较差,出现低阻晕团圈闭。此

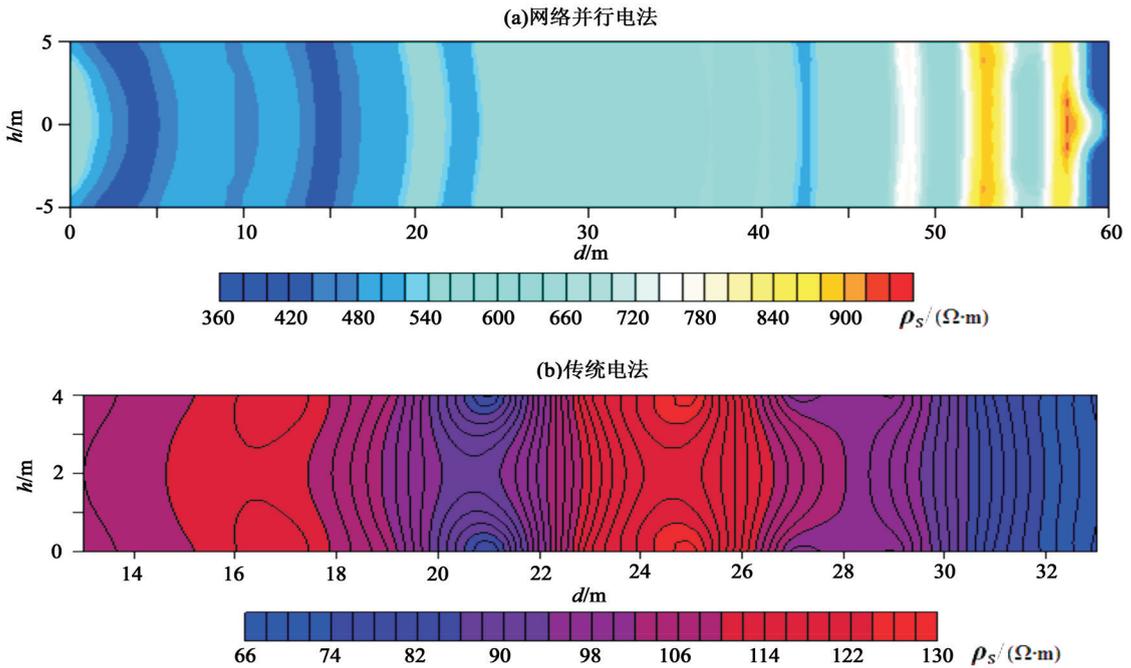


图6 武平萤石矿超前探测成果

外,在有效探测距离上,网络并行电法较传统电法范围大,达60 m(图6)。因此,网络并行电法在探测效果方面优于传统电法,误差小,精度高,可靠性更强。

4 结论与建议

与常规传统电法每次供电只能采得一个测点数据相比,网络并行电法可同时获取多个测点数据,是一种全电场观测技术。传统电法技术在现场测试中采用跑极的方式,使得工作效果大大降低,而并行电法则是一次布极实现海量拟震式数据采集,效率高。传统电法技术的串行采集数据效率随着电极数量增加而呈二次抛物线增长。在同样电极组合条件下,网络并行电法采集数据量远远大于常规传统电法,且可保证数据的同步性和真实性。

网络并行电法有效探测距离较传统电法大,分辨率更高,误差更小,可靠性更强。但仅停留在点上的对比工作,面上的研究还需作大量的试验和验证工作。

参考文献:

- [1] 石学锋,韩德品.直流电阻率法在煤矿巷道超前探测中的应用[J].煤矿安全,2012,43(5):104-107.
- [2] 吴超凡,邱占林,廖存金,等.矿井直流电法在福建小煤矿探测水中的应用[J].煤炭技术,2012,31(9):116-119.
- [3] 吴超凡,刘盛东,杨胜伦,等.煤层围岩破裂过程中的自然电位响应[J].煤炭学报,2013,38(1):50-54.
- [4] 刘盛东,张平松.分布式并行智能电极电位差信号采集方法[P].中国:z1200410014020.0,2006-07-26.
- [5] 胡水根,刘盛东.电法勘探中并行数据采集与传统数据采集效率的比较研究[J].地球物理学进展,2010,25(2):612-617.
- [6] 刘盛东,吴荣新,胡水根,等.网络分布式并行电法勘探系统[C]//中国地球物理22周年会论文集.成都:四川科学技术出版社,2006:251-251.
- [7] 吴荣新,张平松,刘盛东.双巷网络并行电法探测工作面内薄煤区范围[J].岩石力学与工程学报,2009,28(9):1834-1838.
- [8] 郑晓亮,刘盛东.基于双处理器的并行采集网络电法仪器的设计[J].煤炭科学技术,2008,36(4):85-88.
- [9] 岳建华,刘树才,刘志新.巷道直流电测深在探测陷落柱中的应用[J].中国矿业大学学报,2003,32(5):479-481.
- [10] 程久龙,王玉和.巷道掘进中电阻率法超前探测原理与应用[J].煤田地质与勘探,2002,28(4):60-62.
- [11] 韩德品,李丹,程久龙.超前探测灾害性含导水地质构造的直流电法[J].煤炭学报,2010,35(4):635-639.
- [12] 胡雄武.坑道立体电阻率法超前探测技术研究[D].淮南:安徽理工大学,2010.
- [13] 吴超凡,刘盛东,邱占林,等.矿井采空区积水网络并行电法探测技术[J].煤炭科学技术,2013,41(4):93-96.
- [14] 吴超凡,邱占林,傅树增.网络并行电法在某大桥地基勘察中的应用[J].安徽理工大学学报:自然科学版,2013,33(1):93-96.
- [15] 郝治国,贾树林,文群林.综合物探方法在采空区及其富水性探测中的应用[J].物探与化探,2012,36(S1):102-106.
- [16] 时哈.从电法勘探资料分析宋楼煤矿主斜井突水因素[J].物探与化探,2005,29(2):135-137.

A comparison of advanced detection effect between the network parallel electrical method and the traditional method

WU Chao-Fan¹, QIU Zhan-Lin¹, YANG Sheng-Lun², CHEN Yi-Xing³

(1. School of Resource Engineering, Longyan University, Longyan 364012, China; 2. Huizhou Institute of Subterranean Calamity of Anhui Province, Hefei 230088, China; 3. Production Department of Fujian Coal and Electricity Co., Ltd., Longyan 364102, China)

Abstract: The network parallel electrical method is a direct current method with the "distributed parallel intelligent electrode potential difference signal acquisition method" as the core technological support. Its data acquisition simulates the style of seismic exploration. Different from the traditional electrical method in which every time of power supply can only pick out data of one measuring point, the network parallel electrical method can simultaneously obtain data of quite a few measuring points for every time of power supply, thus being a fully electric field observation. The authors used the two kinds of methods for the comparative study of advanced detection test in the Dawan coal mine and Wuping fluorite mine in Xinluo District of Longyan City, and conducted the actual tunnel drivage verification. The results show that the network parallel electrical method technology is better and more efficient than the traditional method.

Key words: network parallel electrical method; advanced detection; effective detection range; coal mine; fluorite deposit; low resistance anomaly; underground exploration

作者简介: 吴超凡(1964-),男,福建仙游人,硕士,副教授,主要从事工程地质、工程物探与地质灾害防治的教学与研究工作,公开发表学术论文数篇。

上接 131 页

Pseudo-seismic migration imaging based on numerical simulation results of a two-layered water-bearing mined out goaf model

YAO Wei-Hua¹, ZHAO Wei¹, LI Xiu¹, YANG Zeng-Lin¹, QI Zhi-Peng¹, SUN Huai-Feng²

(1. School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Geotechnical and Structural Engineering Research Center, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: The transient electromagnetic method is an effective exploration method for the coalfield mined-out area. The pseudo-seismic processing and interpreting of TEM have gradually become a hot research spot of EM exploration and made some breakthroughs. In this study. The authors employed the pseudo-seismic processing and interpreting method in coal mine goaf detection for higher detecting accuracy. With 3D finite difference time domain method of TEM, a model with two water bearing gobs was simulated. Pre-condition regularized conjugate gradient algorithm was used to realize stable transform from the diffusion field to the virtual wave field. And pulse compression was applied to virtual wave field. Finally, three-dimensional interpretation of the model was realized through the Kirchhoff integral equation downward migration imaging of the fictitious wave field data.

Key words: transient electromagnetic method; coal mined-out area; seismic migration imaging; fictitious wave field; digital simulation

作者简介: 姚伟华(1989-),男,长安大学硕士研究生,专业为瞬变电磁探测。Email: yaoweihua890724@126.com。

通讯作者: 李貅(1958-),男,长安大学教授、博士生导师,主要从事瞬变电磁勘探理论研究与教学工作。