

电性源短偏移距瞬变电磁法在新疆某煤矿采空富水调查中的应用

刘宽宏 刘才华* 冉军林

中陕核工业集团二一四大队有限公司 陕西西安 710100;

摘要: 电性源短偏移距瞬变电磁法作为一种接地源式的瞬变电磁法具有探测深度大、工作效率高、成本低的优点在煤田采空区和富水区勘查中逐步成为市场应用热点。本文作者团队应用电性源短偏移距瞬变电磁法在新疆石河子市某煤矿井田范围内进行采空区和富水区探测。通过与地质资料比对证实该方法在工区探测效果明显,与地质资料吻合。

关键词: 电性源; 短偏移距瞬变电磁法; 视电阻率; 煤田采空区

0 工区概况

在目前煤矿企业兼并重组、矿权交易、安监督查的背景下,要实施安全生产和扩大规模必须查明矿区井田内的采空区和富水区。本文技术团队在新疆石河子市某煤矿井田内开展地面电性源短偏移距瞬变电磁法进行采空区和富水区探测,结合地质资料比对证实该方法在工区物探异常明显,可以为后期井田防治水施工设计、隐蔽致灾调查、采掘施工设计选择提供基础依据。

根据1990年新疆地矿局一大队1:50000煤田远景调查资料,工区外围区域地层以其南部的F1断层为界,分属两个地层小区。断层以南属天山—兴安地层区北天山地层分区伊连哈比尔地层小区,小区内出露地层为中石炭统前峡组(C2qx)的一套浅海—滨海相的正常碎屑岩、火山碎屑岩和火山岩沉积。断层以北为天山—兴安地层区准噶尔地层分区玛纳斯地层小区,由老至新出露有:二叠中统至三叠下统的苍房沟群(P2—T1ch);三叠系上中统的小泉沟群(T2—3xq);侏罗系下统八道湾组(J1b)、三工河组(J1s);中统的西山窑组(J2x)、头屯河组(J2t);上统的齐古组(J3q)、喀拉扎组(J3k);白垩系下统下吐谷鲁群(K1tg^a)陆相沉积系,其中八道湾组和西山窑组为区域性含煤组。第四系(Q3^{al+pl})冲积、洪积砂、砾石层分布于河床、沟谷及其两侧的阶地上。井田内可采局部可采煤层均赋存于中侏罗统西山窑组中段主含煤段(J2x²)内,中侏罗统西山窑组上段次含煤段(J2x³)和下段底砂砾岩段(J2x¹)均不含可采煤层。

1 基本原理

如图1所示,电性源瞬变电磁与磁性源瞬变电磁本质区别在于它们激励电磁场的方式不同由于电性源需要

接地使长导线与大地构成回路,大地中存在因感应产生的水平感应流E1和垂直感应流E2,因此电性源瞬变电磁场中存在生TE和TM两种极化模式,而回线源只存在TE模式^[1]。布置好发射线源AB后,采用短偏移(收发距接近探测深度或者小于探测深度)的方式,在AB两侧一定位置范围内进行面积性旁线测量勘探,观测网度要求与瞬变电磁法的规范相同。在旁线扫面测量时,可以采取逐点移动、单点测量的方式,也可以多道同时测量的排列形式,并实现空间多次覆盖,资料处理采用全场域技术进行解释^[2]。

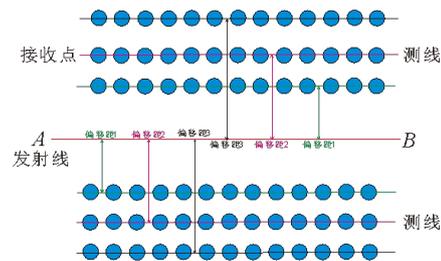


图1 电性源短偏移距瞬变电磁观测系统示意图

根据薛国强研究员研究成果,近场的早期和晚期视电阻率计算公式如下^[2]:

$$\rho_{\text{早}} = \frac{2\pi r^4 \mu_0 \partial B}{3P_E \sin \varphi \partial t} \quad (1)$$

$$\rho_{\text{晚}} = \frac{t^{-5/3}}{4\pi} \left(\frac{P_E r \mu_0^{5/2} \sin \varphi}{5 \partial B / \partial t} \right)^{2/3} \quad (2)$$

公式(1)和(2)为近区和远区时电偶源瞬变电磁表达式。

采用小偏移距测量可使测量更为集中于发射源的附近,克服了以往长偏移距瞬变电磁法(LOTEM)信号较弱的缺点。相对于远区方法具有对地层断面以及对有限导

体的探测能力强、附加效应小、探测深度大等优点。该方法不仅可实现对地下分析分辨单元的多次覆盖测量,还便于三维立体探测及快速扫面,大功率发射特点使其在磁性源瞬变电磁发射框难以部署的复杂地形工区具有很好的地形适应能力和在人文电磁干扰较强的复杂矿区具有很好的抗干扰能力。

2 数据采集与处理

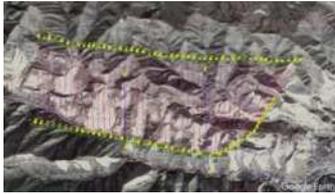


图2 发射源及测线部署影像示意图

如图2所示,工区东西长度约2400m南北长度约960m,由于地形复杂,东西向高差约200m南北向高差约300m,地形起伏大传统磁性源瞬变电磁大发射线框部署难以实施,为保证接收信号的抗干扰能力和高分辨率,使用AB和CD两条发射导线分别提供发射源信号发射,共完成48条测线的数据采集。数据采集仪器使用吉林大学EMT系列电磁法仪(EMT6000发射机、TEM31多功能采集站、TEMC接收线圈),50m(线距)×20m(点距)测网,发射基频6.25Hz,发射电流8.1A,叠加次数512,采样长度40ms,接收线圈等效面积3000m²。

据井田采掘工程平面图统计得出工区地下巷道标高范围大致在1104m—1173m范围内,由地质地形图知工区范围高程最高约1350m,因此,地下300m深度范围以内是本工区勘探工作重点。

内业数据处理使用SOTEMsoft软件^[3],一维反演是数据处理工作的重要环节,正演使用压制激发极化效应的Cole-Cole模型,顶层深度5m,网格纵向深度变化系数1.1,模型层数34,控制深度837m,网格横向步长10m;反演背景视电阻率50Ω·m,采用模型最小梯度反演方法,迭代次数10次,拟合差精度15%,拟合物理参数为接收线圈采集的垂向磁场Z分量dB/dt。

3 资料解释

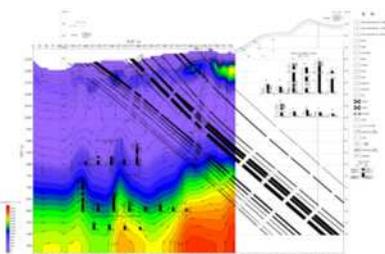


图3 L8测线与IV—IV'地质勘探线剖面1:2000叠合示意图

IV—IV'地质勘探线剖面位于L8测线西侧15m,二者方位均为179°,工区范围内二者沿测线方位高程基本相差不大。IV—IV'地质勘探线剖面起点位于L8测线横向距离125m处。因此可通过设置相同比例对二图进行叠合形成图3分析煤层在L8瞬变电磁测线视电阻率断面上的电性特征和采空区电性特征。经统计,煤层在地表倾角变化范围38°—51°,倾向335°—14°。结合视电阻率断面特征总结形成表1:

表1 L8测线视电阻率异常统计

横向距离/m	标高/m	视电阻率范围/Ω·m	较围岩呈现特征	经过煤层
200—250	1125—1175	800	高阻	B ₃₃
300—350	1150—1200	800—2000	高阻	B ₂₇
375—425	1150—1200	800—1000	高阻	B ₂₅ 、B ₂₃
450—500	1175—1225	600—700	高阻	B ₂₁
575—625	1200—1225	2000—3000	高阻	B ₁₉
675—700	1200—1250	2000—4000	高阻	B ₁₈

经L8测线与IV—IV'地质勘探线剖面叠合统计发现,如表2所示沿B33、B27、(B25、B23)、B21、B19、B18煤层分别发现6处高视电阻率异常,异常上覆岩层和下伏岩层视电阻值分别在20—400Ω·m、100—400Ω·m,从视电阻率特征和标高分析推断该6处异常为采空区引起的高阻异常;经统计L8测线地下水位标高结合ZK401、ZK402和ZK403三个钻孔资料,总体在约1240—1255m之间,视电阻率呈低阻特征(ZK401对应L8测线横向距离325m处,水位标高1243.81m,视电阻率20—50Ω·m;ZK402对应L8测线横向距离675m,水位标高1252.15m,视电阻率20—600Ω·m;ZK403对应L8测线横向距离625m,水位标高1251.27m,视电阻率20—600Ω·m),而该6处异常区中仅横向距离675—700m范围异常区标高1200—1250m接近地下水位,其他5处异常标高均低于地下水位,但6处异常均较围岩体现出高视电阻率异常,因此可推断该6处异常对应的采空区含少量积水或基本不含水。该测线地表第四系覆盖层被剥蚀,地层全部为侏罗系中统西山窑组地层,沿勘探线剖面方位从南往北由西山窑组下段(底砂砾岩段)—中段(主含煤段)—上段(次含煤段)过渡,地表露头岩性主要以砂岩和泥岩为主。

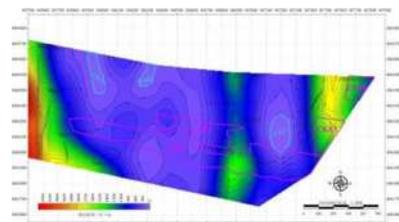


图4 1238m标高视电阻率平面综合解释图

通过工区瞬变电磁测线与临近地质勘探线叠合分析、选取与采掘工程相关的1070m、1106m、1120m、1165m、1170m、1238m六个标高视电阻率平面等值线图绘制分析后综合研究形成图4整个工区采空区和富水区平面综合推断解释。形成如下表2统计成果:

表2 推断采空区、富水区统计

编号	视电阻率较围岩特征	控制测线	面积/m ²
CK01	高阻	L06-L43	215299.95
CK02	高阻	L18-L29	53790.37
CK03	高阻	L41-L48	30936.24
CK04	高阻	L45-L48	21039.40
FS01	低阻	L9-L10	18550.24
FS02	低阻	L16-L17	10213.82
FS03	低阻	L35-L37	24641.85

4 结论

本文开展地面电性源短偏移距瞬变电磁法,通过对不同标高视电阻率水平切片等值线图和测线视电阻率断面分析,结合已知地质勘探线剖面叠合解释后综合研究完成了工区井田范围内采空区和富水区的勘探。得出以

下结论:

(1) 该方法反演结果获得的视电阻率断面中异常与已知地质勘探线剖面上煤层分布位置相吻合,结合巷道平面位置分布及开采工作面标高便于采空区和富水区的推断圈定;

(2) 查明了勘探区内煤层采空区及富水区范围,为井田后期验证钻孔设计提供重要基础依据;

(3) 工区地形复杂,实践证实该方法施工便捷且成本低,具有很好的复杂地形适应能力。

参考文献:

[1] 陈卫营.短偏移距电性源瞬变电磁法研究[D].桂林理工大学,2012.

[2] 薛国强,闫述,陈卫营.电性源瞬变电磁短偏移探测方法[J].中国有色金属学报,2013,23(9):2365-2370.

[3] 陈卫营,薛国强.电性源短偏移距瞬变电磁法数据处理软件系统SOTEMsoft[J].地球科学与环境学报,2021,43(6):1050-1056.