

微动探测在乌鲁木齐市米东区采空塌陷区中的应用

邹占 王洪全 吴鸿飞

新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局地球物理化学探矿大队, 新疆 昌吉 831100

[摘要]煤田采空区存在很大隐患, 目前是影响矿山安全的重要因素。以乌鲁木齐市米东区为例, 矿区多条输变电路对常规电磁法有很大干扰, 主要应用微动方法抗干扰特性, 结合采空塌陷区与围岩的速度差异来展开工作, 圈定采空区范围, 对后期的治理工作提供依据。

[关键词]煤田采空区; 抗干扰; 微动

DOI: 10.33142/ect.v2i6.12374

中图分类号: TD166

文献标识码: A

Application of Micro Motion Detection in the Goaf Collapse Area of Midong District, Urumqi City

ZOU Zhan, WANG Hongquan, WU Hongfei

Geophysical and Chemical Exploration Brigade of Xinjiang Geology and Mineral Exploration and Development Bureau, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: There are significant hidden dangers in the goaf of coalfields, which is currently an important factor affecting mine safety. Taking Midong District of Urumqi City as an example, multiple transmission and transformation circuits in the mining area have significant interference with conventional electromagnetic methods. The anti-interference characteristics of micro motion methods are mainly applied, combined with the speed difference between the goaf collapse area and surrounding rock to carry out work, delineate the scope of the goaf, and provide a basis for later governance work.

Keywords: coalfield goaf; anti interference; micro movement

引言

乌鲁木齐市米东区受人为采煤影响, 在勘查区中部区域沿煤层走向已形成多处地面塌陷坑及地面塌陷条带, 对当地牧民生命财产安全造成严重威胁。现需采取有效手段寻找采空塌陷区, 以便后期进行地质灾害治理。由于勘查区地形起伏较大, 瞬变电磁法线框布置受限, 通过讨论研究, 最终确定采用高密度电法与微动探测技术相结合来寻找采空塌陷区。

1 地质概况

勘查区位于准噶尔盆地南缘-天山北麓, 地层区划属南准噶尔-北天山地层分区中的玛纳斯地层小区和伊林哈比尔尕地层小区。区域一带出露的主要地层有: 古生界的二迭系, 中生界的三迭系、侏罗系和第四系。古生界构成了淮南煤田和苇湖梁至米东区中新生界的沉积基底, 勘查区出露的地层主要为二迭系、三迭系、侏罗系及第四系。

勘查区在区域上属准噶尔-北天山褶皱系一级构造单元中的北天山优地槽褶皱带二级构造单元中的博格达复背斜构造单元中博格达复背斜位于北天山北麓, 准噶尔坳陷南缘, 是在华力西褶皱基底上发育的大型中-新生代坳陷。出露地层有三叠系、侏罗系、白垩系、古近-新近系和第四系。三叠纪时期沉降最深处位于昌吉至米泉一带, 侏罗纪时期沉降最深处向西移至玛纳斯南面, 古近-新近纪时期沉降最深处继续西移至沙湾、安集海河一带, 沉积厚度达万米之巨, 共见五次磨拉石建造。

勘查区发育有七道湾背斜和八道湾向斜; 七道湾背斜位于勘查区中部, 七道湾背斜轴向约 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}$, 轴面南倾, 倾角 $76^{\circ}\sim 88^{\circ}$, 向西倾伏; 八道湾向斜位于勘查区南部, 西宽东窄, 轴向 $55^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 轴面南倾, 轴面倾角 $70^{\circ}\sim 74^{\circ}$, 向斜由西向东缓缓翘起。向斜两翼地层倾角不等, 南翼 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 、北翼较缓 $50^{\circ}\sim 65^{\circ}$, 分布地层为头屯河组与西山窑组。以上的背斜、向斜, 为区内大型共轭褶皱, 控制了煤层的赋存与展布, 构造剖面见图 1。

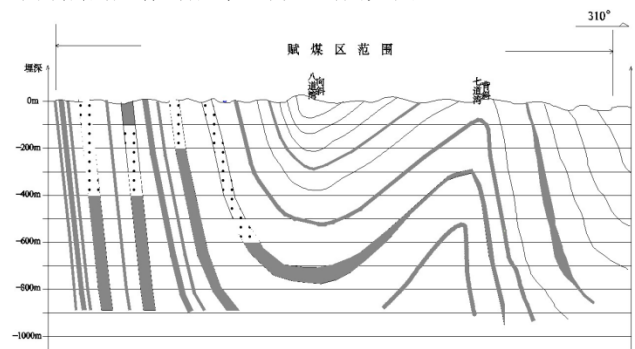


图 1 勘查区构造剖面示意图

勘查区发育有七道湾背斜和八道湾向斜; 七道湾背斜位于勘查区中部, 七道湾背斜轴向约 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}$, 轴面南倾, 倾角 $76^{\circ}\sim 88^{\circ}$, 向西倾伏; 八道湾向斜位于勘查区南部, 西宽东窄, 轴向 $55^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 轴面南倾, 轴面倾角 $70^{\circ}\sim 74^{\circ}$, 向斜由西向东缓缓翘起。向斜两翼地层倾角不等, 南翼

70~85°、北翼较缓 50~65°，分布地层为头屯河组与西山窑组。以上的背斜、向斜，为区内大型共轭褶皱，控制了煤层的赋存与展布，构造剖面见图 1。

2 方法技术

微动是由体波（P 波和 S 波）和面波（瑞雷波和勒夫波）组成的复杂振动，其中面波的能量占信号总能量的 70%以上。微动勘探主要采用台阵方法（SPAC 法）来接收微动信息，从中提取瑞利面波的频散特性，通过对频散曲线进行反演获得地层的横波速度，以此推断地壳浅部的横波速度结构。观测台阵主要有圆形、“+”字形或“L”形，我们的研究表明观测台阵还可以有更多的形式，也可以采取任意形式布置检波器，但需要满足三个条件：满足探查深度范围需要的波长、台阵中各接收点连线的方向要尽可能的多、台阵中各接收点之间的距离要方便计算。

本次工作采用 10 台 2Hz 微动探测采集站，阵列方式为内嵌等边三角形阵列中的一种“三重圆”（图 2 所示），1 个测量周期测得 1 个记录点，位排列中心。阵列半径为 20m、40m、80m，采集时长大于 20 分钟，测量点距为 10m，采集频率为 100Hz。

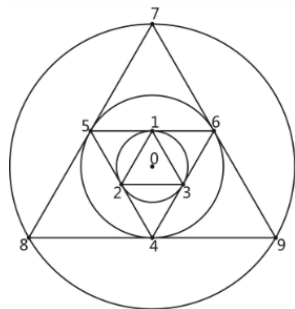


图 2 “三重圆”阵列

从各测点记录中提取瑞雷波频散曲线，直接绘制相速度等值线图，或者计算视 S 波速度，再经插值光滑计算获得二维视 S 波速度剖面，可直观地反映地层变化，是地质解释的基本依据。

3 地球物理前提

根据以往成果，勘查区内第四系、侏罗系泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩、砂岩和煤层、采空区之间存在一定电性差异和波速差异。据收集的资料勘查区地层岩石物性统计成果见下表 1。

从表中看出：本区泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩、砂岩电阻率稍低，波速较高，呈相对低阻高速特征；煤层电阻率稍高，波速较低，呈相对高阻低速特征。在正常情况下，煤系地层电性（电阻率）和波速沿走向和倾向上是相对均一的。当存在局部异常体，如果是未塌陷、不含水的采空区时，则表现为局部相对高阻异常和相对低速；如果是塌陷及含水的采空区时，则表现为局部相对低阻异常和相对低速。表中成果反应采空区与煤层及其他地层的电阻率、波速存在着明显的差异，表现为低阻、低速变化特征。

表 1 勘查区地层岩性物性参数统计表

地层	岩性	电阻率 (Ω·m)		波速 (m/s)		方法
		变化范围	常见值	变化范围	常见值	
Q	砂砾石土	200-250	250	1200-1500	1500	收集统计
J	泥岩	30-60	30	2500-3500	2500	
	泥质粉砂岩	30-150	75	1500-3500	3000	
	粉砂岩	60-130	105	2000-4000	3000	
	细砂岩	60-150	130	3000-4000	3200	
	砂岩	40-250	150	3000-4500	3500	
	煤层	65-250	180	1000-3000	2000	
	采空区		<15		<1000	

由此可见，勘查区各地层岩性、煤层和采空区间存在的电性和波速差异，是本次高密度电法测深和智能微动勘探的地球物理前提，为资料解释推断提供了物理依据。

4 应用效果

4.1 成果分析

4.1.1 1 线成果

1 线高密度剖面图上，南部地带，高阻与低阻相间分布，高低阻异常倾向与岩层倾向相一致。中部与北部地带，浅部呈层状分布，应该是第四系沉积地层的反映，推断第四系覆盖层厚度 60~80m。

1 线微动剖面图上，桩号 470、550、630 处为三个低速异常。据收集的地质资料，剖面桩号 450~610 为煤层投影地表位置（不保证绝对准确），煤层开采深度约 150~250m。桩号 450 处有一断裂。现场可见，桩号 490~510 处，旁侧 5m，地表有塌陷坑。推断桩号 470 处的低速异常为一断裂所引起。

桩号 550 处的低速异常，中心深度 160m，该异常最浅部中心桩号 540，深度 90~110m，视横波速度小于 800m/s。推断为煤层采空塌陷所致。

桩号 630 处的低速异常，深度相对较深，中心深度 220 米，范围从桩号 610~640，视横波速度 660~800m/s。推断为煤层采空塌陷适量含水所致。

建议该剖面桩号 540 处布置验证钻孔 ZK01，孔深 250 米，目的主要是验证微动低速异常，验证推断采空塌陷区顶板、地板深度。

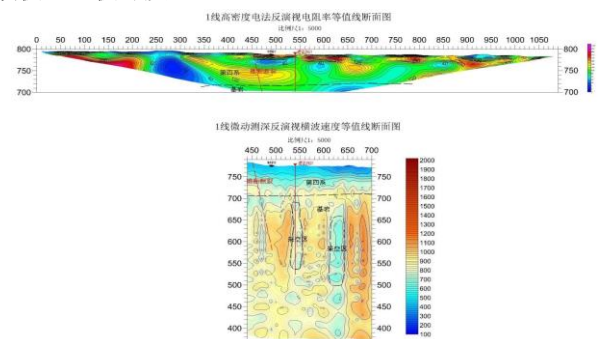


图 3 1 线高密度电法反演视电阻率等值线断面推断解释图

及微动测深反演视横波速度等值线断面推断解释图
4.1.2 2线成果

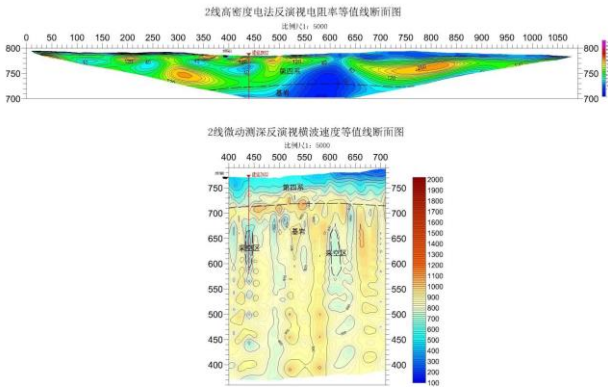


图4 2线高密度电法反演视电阻率等值线断面推断解释图

及微动测深反演视横波速度等值线断面推断解释图

2线高密度剖面图上,高阻与低阻相间分布,推断第四系覆盖层厚度50~70m。

2线微动剖面图上,桩号440、610处为两个低速异常。

据收集的资料,剖面桩号470~630为煤层投影地表位置(不保证绝对准确),煤层开采深度约150~250m。现场可见,桩号390~415处,旁侧5m,地表有塌陷坑。

桩号440处的低速异常,中心深度130m,视横波速度580~700m/s。推断为煤层采空塌陷少量含水所致。

桩号610处的低速异常,深度相对较深,中心深度160m,范围从桩号600~640,视横波速度小于800m/s。推断为煤层采空塌陷含水所致。

建议该剖面桩号440处布置验证钻孔ZK02,孔深190m,目的主要是验证微动低速异常,验证推断采空塌陷区顶板、地板深度。

4.2 钻探验证结果

根据1线微动和高密度电法勘查成果推断建议,在1线桩号543处,布置了验证钻孔Zk1,设计孔深250m。钻孔实施到90m时,开始漏水,孔隙发育,直至钻进120米终孔。钻探验证结果:97.85~120.33m为煤层采空塌陷。

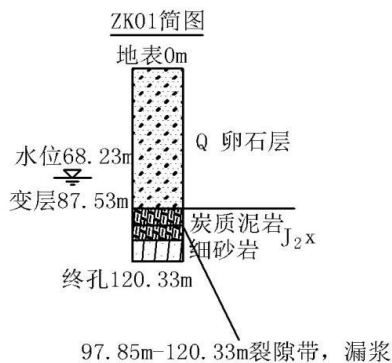


图5 ZK01 钻孔剖面图

根据2线微动和高密度电法勘查成果推断建议,在2线桩号440处,布置了验证钻孔Zk2,设计孔深130m,终孔深度130.85m。钻探验证结果:119.78~130.85m为煤层采空塌陷。孔内水位80.57m。

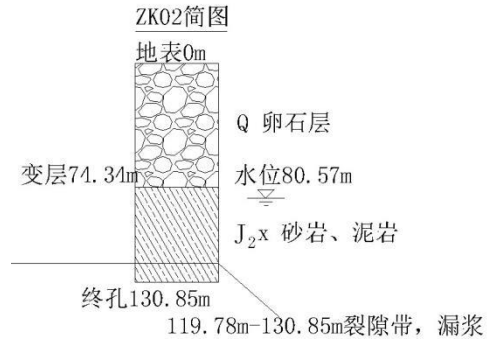


图6 ZK02 钻孔剖面图

5 结束语

微动探测是一种新兴的深层探测方法,目前应用案例还十分有限。通过钻探验证,证明在本区微动探测技术运用在寻找采空塌陷区方面是有效的。结合地址资料、高密度电法较准确地推断出了采空塌陷区的位置,为后续钻探工程提供了可靠依据。

在运用微动探测技术时,应结合地质资料、多种物探方法综合分析。经钻探对推断解释结果进行验证,再结合钻探结果及已有资料进一步解释,提高解译成果准确性,综合效果明显。

微动勘探无需任何人工震源,具有经济环保的优点;另外微动信号频率低、波长长,勘探深度大,已有的研究表明SPAC法的有效波长范围为台站半径的3.2~17.2倍;台阵式的观测系统具有较强的抗干扰能力,所以微动勘探具有越来越广泛的应用前景。

项目资助:乌鲁木齐市米东区采空塌陷区地质灾害勘查(三标段)物探勘查。

[参考文献]

[1]孙飞.基于微动探测的煤矿采空区勘察及其稳定性评价研究[J].能源与环保,2022(1):44.
[2]李巧灵,雷晓东,朱琳,李晨,陈蓓蓓.基于微动探测地下空间异常响应特征研究[J].工程勘察,2022(1):50.
[3]孟爱青.微动探测技术在土木工程领域的应用分析[J].山西建筑,2016,42(4):2.
[4]贾慧涛,廖圣柱,盛勇,徐子桥.微动勘探技术在城市地质工作中的应用[J].安徽地质,2020,30(1):5.
作者简介:邹占(1987—),男,湖北荆州人,汉族,本科学历,中级工程师,就职于新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局地球物理化学探矿大队,从事于地球物理勘查工作。