

# 采用综合物探和钻探方法 查明章丘矿山采空区

刘建胜,李树荣,王爱民

(山东省地矿工程勘察院,山东 济南 250014)

**摘要:**采空区与围岩具有明显的波阻抗界面,为应用地震反射波法、瞬态面波法及电阻率测深法在采空区的勘测,具备了有利的物理前提和应用条件。通过现场钻探验证,揭示采空区的空间位置,对下一步设计工作具有指导意义。

**关键词:**矿区;采空区;综合物探;钻探;月宫桥;济南章丘

**中图分类号:** P631.4<sup>+</sup>25; P631.3<sup>+</sup>22 **文献标识码:** A

## 1 工程概况及地质条件

S244省道月宫桥新桥址位于山东省章丘埠村镇南 2 km 西巴漏河河床上,旧桥已经不能满足经济发展的需要,济南市公路局拟在原桥西边扩建 1 座新桥,设计 4 跨 5 墩。据业主提供的有关信息,在新桥址处一采空区分布范围不明。为保证工程建设顺利进行,2006 年 6 月,受业主委托,山东省地矿工程勘察院组成项目组进入工地,采用反射波法浅层地震、瞬态面波法和电阻率测深法 3 种物探方法,结合钻探方法对采空区进行了相关工作,并提交了该区的工程勘察报告。

场区位于泰山断块凸起的西北缘,是一个以古生代地层为主体的 N 斜单斜构造。区内中生代燕山活动强烈,以断裂活动为主,断裂及裂隙多为 NNW, NNE 向。

工作区位于西巴漏河河床,上覆地层主要为第四纪卵石及碎石层,最大厚度 8.0 m 以上;下部为石炭纪砂、泥岩,呈互层状分布,夹薄层煤和铝土矿,采空区推断位置应系采煤所致。

## 2 工作区地球物理特征

该区第四系与下覆的石炭纪砂泥岩层构成了明显的波阻抗界面,采空区与围岩也形成波阻抗界面。

当地震波遇到岩层采空区或破碎带时,地震波速明显减小,地震波振幅大为降低。该区水位约 60 m,采空区处于水位以上,较其他围岩有较高的电阻率值,在曲线上呈现高阻畸变点。因此该区具备了应用地震反射波法、瞬态面波法及电阻率测深法在采空区的勘测物理前提。

### 2.1 浅层地震反射波法

#### 2.1.1 方法及原理

浅层地震反射技术是利用人工激发的地震波在弹性介质不同的地层内的传播规律,根据勘探地震学的基本原理,只要不同介质或地质体间存在密度和地震波速度差异,就有应用地震探测的物理前提。测区内,因为当地开采煤矿形成了较多的采空区,其与围岩有不同的密度和地震波传播速度,即有波阻抗差<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 仪器设备及装置选择

该次地震勘探使用 SE2404EP 综合工程探测仪,其主要技术参数如下:

通道数:24 道;采样率:0.005~50 m/s;采样长度:512~16 K;频带:0.1~5 000 Hz;前置放大器:16 dB, 37 dB;道间抑制比:100 dB;谐波失真:0.05%。

野外采集时所采用的装置:6 道数据接收采集,60 Hz 检波器接收;经现场试验后确定采用道间距

收稿日期:2006-08-25;修订日期:2007-03-09;编辑:孟舞平

作者简介:刘建胜(1970-),男,山东招远人,工程师,主要从事水文地质及岩土工程勘察工作。

山东省地矿工程勘察院, S244 省道月宫桥采空区工程地质勘察报告, 2006 年。

2.0 m, 偏移距 6.0 m, 采样率为 0.2 ms, 采样点数为 1024。根据实际情况选用滤波频段, 为保证数据的信噪比, 迭加次数选用 3 次迭加。

### 2.1.3 数据处理及解译

对采集到的地震记录进行去噪滤波处理, 由于工作区为河床, 地形变化大, 第四系浅而厚度变化大, 数据处理生成的时间叠加剖面不能反映地下地层, 因此仅利用各剖面的共炮点抽道集进行解释。地震波在采空区处反映为顶板处反射界面较强, 在共炮点抽道集中出现明显的多次反射现象, 地震波振幅衰减迅速, 采空区边界处出现同相轴错断现象 (图 1)。

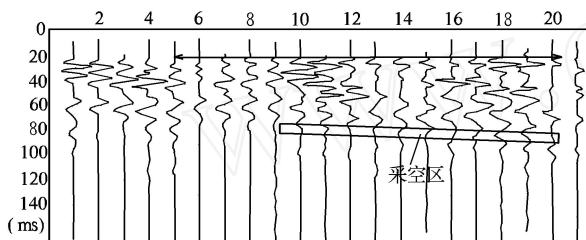


图 1 月宫桥物 2 线浅震剖面共炮点抽道集

从图 1 中可看出, 从第 10 炮至第 20 炮间下部出现二次反射波, 其振幅衰减迅速, 同相轴亦出现错断现象, 推断其为采空区。

## 2.2 瑞利面波法

### 2.2.1 方法及原理

当在地面进行竖向激震时, 将产生沿地表传播的面波, 其传播速度为  $V_R$ , 频率为  $f$ , 则其波长  $\lambda_R = V_R / f$ 。理论研究表明, 面波的能量主要集中在地表以下一个波长的深度范围内, 即面波的穿透深度约为一个波长, 穿透深度与波长成正比, 而传播速度  $V_R$  代表着  $\lambda_R / 2$  深度以上介质的平均速度, 因而勘探深度  $H$  定义为半个波长, 即  $H = \lambda_R / 2 = V_R / 2f$ 。由于面波在多层介质中具有频散性, 所以当改变激发频率  $f$  时, 面波的传播速度  $V_R$  和勘探深度  $H$  都将发生变化, 根据不同深度的面波速度即可推算出不同深度介质的性质, 从而达到勘探的目的<sup>[1]</sup>。

### 2.2.2 仪器及装置

该次面波勘探使用 SE2404EP 综合工程探测仪和配套的大线及主频为 4.5 Hz 的检波器。野外采集时所采用的装置为: 12 道接收采集, 单个检波器接收, 道间距 1.0 m, 偏移距 2.0 ~ 4.0 m, 16 磅大锤地面激发, 采样率为 0.2 ms, 采集点数为 1024。

### 2.2.3 数据处理及解译成果

室内数据处理采用 GeoSw 专用面波处理软件进行面波后处理, 勘探深度一般在 20 ~ 40 m 范围内, 利用频散曲线图, 较好地划分出了上部第四系及风化岩层的厚度, 并求得了面波的  $V_R$  速度。

面波探测解译模型: 在地层的分界面上, 面波频散曲线表现为“之”字型的特征或出现频散点的畸变。在采空分布区, 对应面波的频散曲线会出现频散点的密集或频散曲线的回转, 探测深度相对变浅。

室内对瑞利面波原始记录进行处理的流程如下: 将单炮记录读入时间窗口进行编辑; 对提纯的面波进行傅氏变换, 在  $F - K$  域峰值能量谱上拾取峰值, 经速度滤波提取面波谱; 自动计算并绘制出瑞利面波剪切速度—深度 ( $H - V$ ) 图; 在  $H - V$  图中对层速度及分层厚度等进行反演拟合确定出各层的剪切波速  $V_s$  及厚度  $D$ , 最终获得面波测试成果图。

经对沿线多个面波勘测点资料进行处理 (成果图件为瑞利面波频散曲线图), 分析认为有 2 种类型: 采空区的面波频散曲线 (图 2) 和正常地层的面波频散曲线 (图 3)。

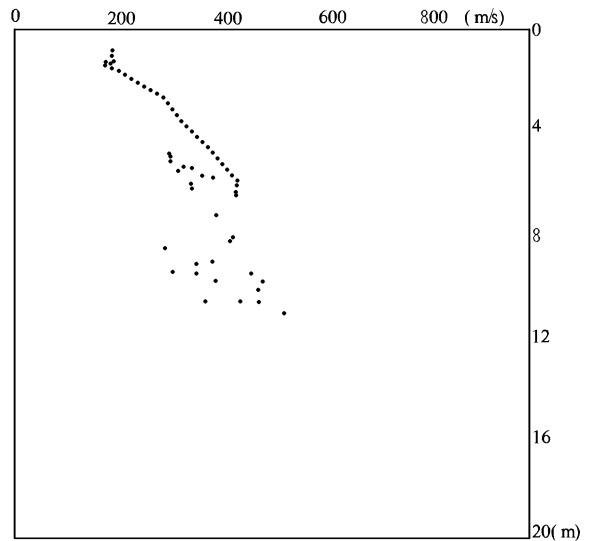


图 2 采空区的面波频散曲线

从图 2 曲线看出, 曲线形态较正常: 0 ~ 2.4 m 为卵石层,  $V_s$  速度值一般为 175 ~ 197.5 m/s; 2.4 ~ 6.0 m 的  $V_s$  为 345 m/s, 为碎石混粘性土层; 6.0 m 以下,  $V_s$  大于 500 m/s, 为砂页岩反映。根据瑞利面波采集的原始数据, 解译成果见表 1。

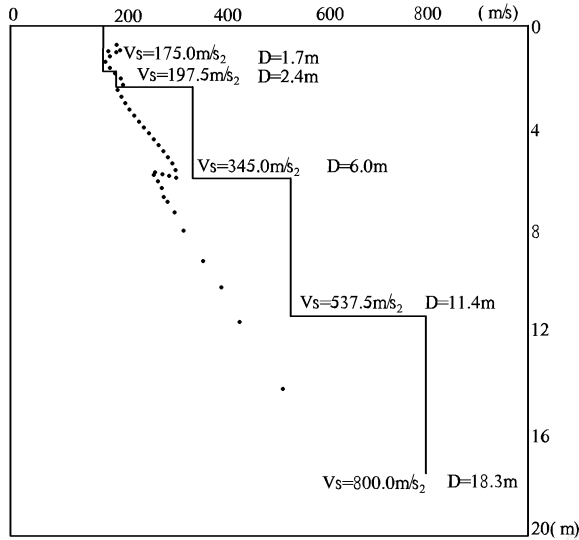


图 3 正常地层的面波频散曲线

表 1 月宫桥瑞利面波解译成果

点号	第四系 (m)	采空区范围	完整基岩埋深	备注
2—35	6.5	12.0m 以下		8~12.0m 塌陷
2—00	7.0	无	7.0m 以下	
4—35	5.2	12.8m 以下		12.8m 以上塌陷
5—44	5.8	12.0m 以下		12.0m 上塌陷轻微
5—35	7.0	未见采空	7.0m 以下	
4—40	7.8	未见采空	7.8m 以下	

### 2.3 电阻率测深法

#### 2.3.1 工作方法与技术

电测深工作选用对称四极装置,最小极距  $AB/2 = 1.5\text{ m}$ ,最大极距  $AB/2 = 50\text{ m}$ ,  $MN/2 = 0.5\text{ m}$  不动,剖面点距  $5\text{ m}$ ,共布设剖面线 3 条,分别为物 2 线、物 4 线和物 5 线。野外使用仪器为 DZD—6 多功能电法仪,该仪器能够自动自电补偿、3 次重复观测、储存及曲线绘制,观测精度高。供电电源使用 45 V 乙电池串联,供电最大电压 225V,要求供电电流大于  $100\text{ mA}$ ,一次场大于  $5\text{ mV}$ 。

#### 2.3.2 资料推断解释

该区水位约  $60\text{ m}$ ,采空区处于水位以上,较其他围岩有较高的电阻率值,在曲线上呈现高阻畸变点; $AB/2 = 1.5 \sim 3.5\text{ m}$ ,  $s$  大于  $500\text{ }\cdot\text{ m}$ ,呈高阻异常,为卵石层的反映; $AB/2 = 5 \sim 10\text{ m}$ ,曲线下降,为粘土混碎石层的反映; $AB/2 = 14 \sim 38\text{ m}$ ,曲线下降更快,推断为泥岩及煤层反映; $AB/2 = 38\text{ m}$  后曲线上,为砂岩引起。2 线 35 点,  $AB/2 = 1.5 \sim$

$3.5\text{ m}$ ,  $s$  大于  $200\text{ }\cdot\text{ m}$ ,呈高阻异常,为卵石层的反映; $AB/2 = 5 \sim 10\text{ m}$ ,  $s$  小于  $150\text{ }\cdot\text{ m}$ ;曲线下降,为粘土混碎石层的反映, $AB/2 = 14\text{ m}$  时,  $s$  突变为高阻,曲线发生畸变,推断为空洞的反映。根据各点曲线反映,推断为空洞的反映埋深在  $10 \sim 15\text{ m}$  (图 4)。

### 3 钻探成果资料分析

根据现场物探解译资料,场区进行工程钻探后,基本查清场区采空区,采空塌陷垂直影响深度约  $6 \sim 16\text{ m}$ ,其分布范围详见图 5。塌陷处多充填泥岩、砂岩、煤屑及粘性土等。

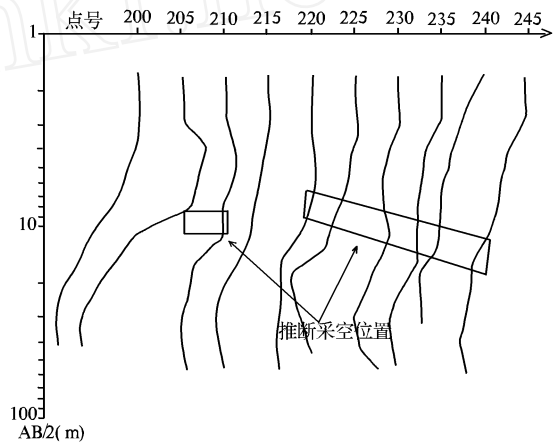


图 4 月宫桥物 2 线电测曲线类型图

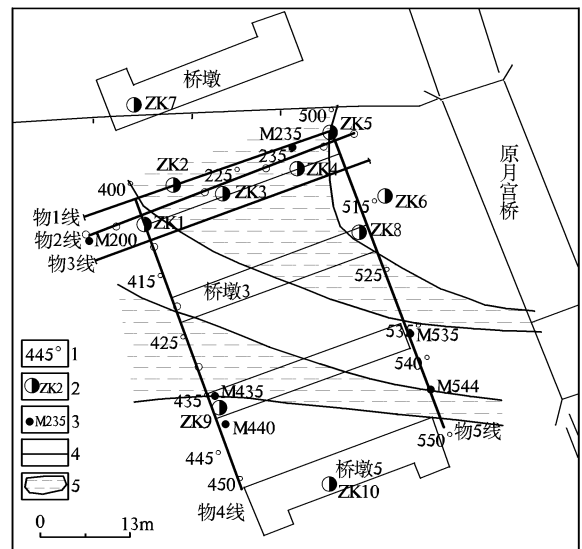


图 5 月宫桥物探、钻探综合成果图

1—电测深点; 2—钻孔及编号; 3—面波点; 4—浅震剖面;  
5—推断采空区范围

## 4 结论

通过综合物探手段对月宫桥采空区开展的浅层地震反射波法、瑞利面波法及电阻率测深法勘探,由获得的时间剖面及电阻率曲线,并分别根据其上的异常反映特征解译推断出采空区的分布范围,经现场钻探验证,解译推断的埋深及厚度与钻探所揭露

的深度及厚度吻合得较好。对下步设计工作具有指导意义。

## 参考文献:

- [1] 王俊茹. 工程与环境地震勘探技术 [M]. 北京:地质出版社, 2002.

# Probing Mined - out Areas in Zhangqiu County by Using Complicated Geophysical Exploration and Drilling Method

L U Jian - sheng, L I Shu - rong, WANG Ai - min

(Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Mined - out areas and country rocks of mines in Zhangqiu county have evident wave - preventing boundary, which provide good physical and application condition for exploration in mined out areas by using seismic reflection method, transient surface wave method, and resistivity sounding method. Spatial location of mined out areas can be tested, which will guide next designing work.

**Key words:** Mine areas; mined out areas; complicated physical exploration; drilling; Zhangqiu in Jinan city; Yuegongqiao

(上接第 13 页)

# Application of RTK Technology in Hydro - geological Exploration for Water Supplement

ZHANG Shu - hua

(1. Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 2. Jilin University, Jilin Changchun 130012, China)

**Abstract:** Feasibility and application method of RTK technology in hydro - geological exploration are introduced in this paper. Through factual application, it is proved that good measurement achievements which fit the precision demand can be gained by using this method, and work efficiency can be improved by 10 times. It can reduce measurement cost greatly.

**Key words:** RTK measurement; hydro - geological exploration; work efficiency