

工程物探在 S244 省道 K9+500~K10+100 采空区的应用

王涛

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:山东省 S244 省道 K9+500~K10+100 段存在较严重的采空塌陷隐患,如何准确查清采空区的空间分布特征,对于道路的安全运营非常重要。根据以往类似工程经验,采用单一的物探方法,在准确探测采空塌陷形状、埋深等空间分布特征时存在较大难度,工程钻探可以比较直观的揭露采空塌陷的情况,但需要施工大量钻孔,在经济、时间等方面不可取,综合采用多种物探方法是一种准确有效的工作方法。以该工程为例,通过采用浅层地震反射波法和高密度电阻率法等工程物探方法,准确查明了该路段采空区空间分布特征,并通过比较直观的工程钻探对上述方法进行验证,效果良好。

关键词:采空塌陷;浅层地震反射波法;高密度电阻率法;工程地质钻探;S244 省道

中图分类号:P631.4⁺2;P631.3⁺22

文献标识码:B

济南金衢公路勘察设计研究有限公司在对山东省 S244 省道绣惠至枣园段路基施工中,发现 K9+500~K10+100 段范围内存在较严重的采空塌陷隐患,地面上可见多处塌陷坑,大小不一,最大者直径可达 10 m 左右,可见深度 3~5 m。据调查了解,该路段自 20 世纪 80 年代起一直开采铝土矿,多数矿井为私人开采,开采秩序混乱,开采时间较长,大部分巷道已经回采,并且缺乏必要的矿产开采资料,采空区范围、开采规模等相关情况很难掌握。如果不能准确查清采空区的空间分布及规模,对道路修建及以后安全运营存在极大的安全隐患。

1 采空区概况

1.1 地层概况

工作区地貌上属山前冲洪积平原,上部被第四系覆盖,以粉质粘土为主,含少量粘土和碎石土,最大厚度 20 m 左右,第四系下部为二叠纪石盒子组砂岩、泥岩,其中上部为孝妇河段黄绿色、深灰色砂岩、泥岩,中部为奎山段石英砂岩,下部为万山段紫红色、褐黄色粉砂岩、泥岩,夹灰白色铝土质泥岩及铝土岩。

1.2 矿产概况

工作区矿产主要为石盒子组下部万山段铝土岩,呈灰白色—灰黄色,局部杂色,粘土质结构,主要矿物成分为铝土。裂隙极为发育。属极软岩,易风化破碎,岩体基本质量等级一般为 V 级。产状倾向 NW,倾角 15°~20°,厚度一般在 3~7 m 左右。

2 工作方法选择

考虑测区开采时间长,开采混乱,且已发生较严重采空塌陷,同时由于缺乏必要的矿区开采资料,矿区情况比较复杂,结合测区地层情况,综合分析,决定采用工程物探的方法。根据以往类似工程的经验,采用单一的物探方法在准确探测采空塌陷规模、形状、埋深等空间分布特征时存在较大难度,综合运用多种物探方法探测采空塌陷是一种准确有效的工作方式^[1],考虑测区地层及实际塌陷情况,决定采用浅层地震反射波法和高密度电阻率法作为主要勘查手段^[2]。虽然工程钻探可以比较直观的揭露采空塌陷的情况,但要查清整个测区的采空塌陷情况,需要施工大量钻孔,在经济、时间等方面不可取,因此在上述工程物探方法基础上,配合少量工程钻探进行

* 收稿日期:2012-09-04;修订日期:2013-03-18;编辑:王秀元

作者简介:王涛(1975—),男,山东莱州人,高级工程师,主要从事水文地质、工程地质、环境地质工作;E-mail:shuihuan801@163.com。

复核和验证,最终获得准确的勘查成果,是非常经济有效的方法(图 1)。

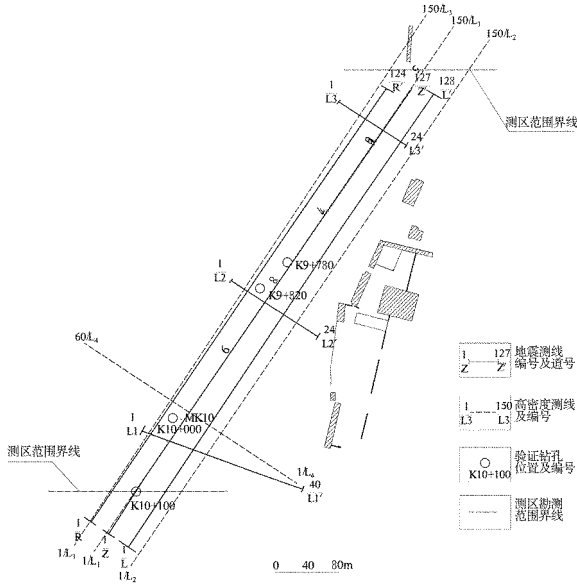


图 1 工程布置图

3 工程物探

3.1 浅层地震反射波法

3.1.1 工作原理及其应用背景

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,研究与岩土工程有关的地质、构造、岩土体的物理力学特性,并对工程场地与人工建筑物的适应性进行评价的一种工程地球物理勘探方法^[3]。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。工作区内当地开采铝土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,因此,在该地区有地震探测方法的应用前提。通过有效地确定地震波的反射界面、基岩埋深、各岩土层的物理力学特性,利用地震反射波速度的变化进行采空区的勘探。

3.1.2 工作布置

根据测区地层等实际情况,沿道路走向布设 3 条地震测线(图 1),中线 Z-Z 以道路中心线进行布设,左线 L-L 及右线 R-R 均离中心线各 30 m 进行布设,同时分别在 K9+565, K9+830, K10+033 处布设 3 条短纵测线,其编号分别为 L1-L1', L2-L2', L3-L3', 施工剖面长 2 365 m, 共采集了 9 080

个数据点,炮点 540 炮。

3.1.3 成果解译

地震波在采空区处反映为顶板处反射界面较强,在共中心点叠加剖面上同相轴表现为不连续,波形表现为下部反射凌乱,振幅减弱,波速减小,同相轴出现错断现象;在共炮点抽道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 2, 图 3)。

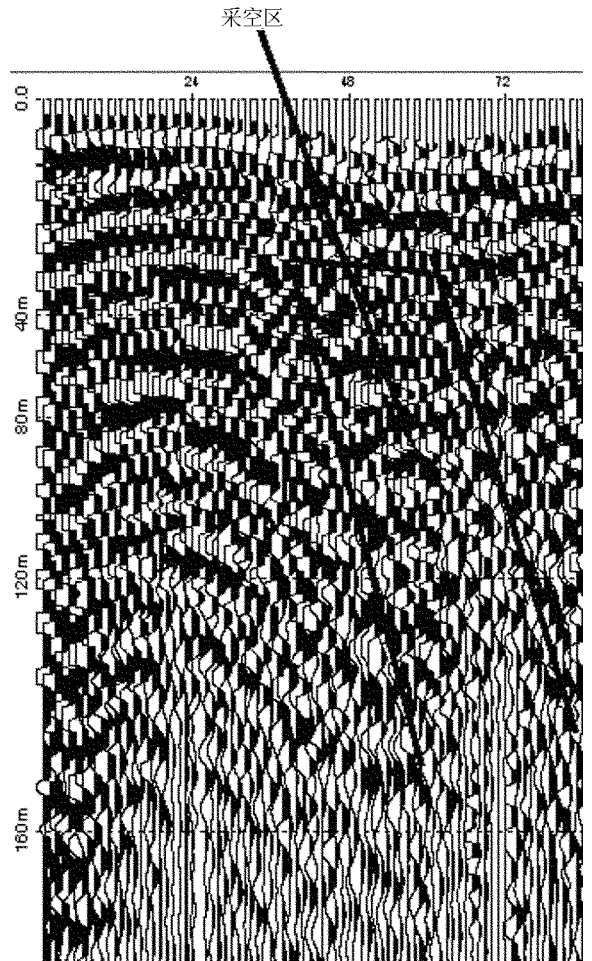


图 2 中线共中心叠加剖面上的采空区范围反映

根据对探测资料分析,采空区主要分布在 K9+605~K9+955 段,推断距路中心线西 30 m 外存在采空区;由右线资料反映的地下情况,采空区主要分布在 K9+780~K9+885 段。采空区南部埋深浅,采空区顶板埋深 19~20 m 左右;北部较深,采空区顶板埋深 30~50 m 左右,采空区的开采厚度约为 6 m。具体地质推断解译成果见表 1。

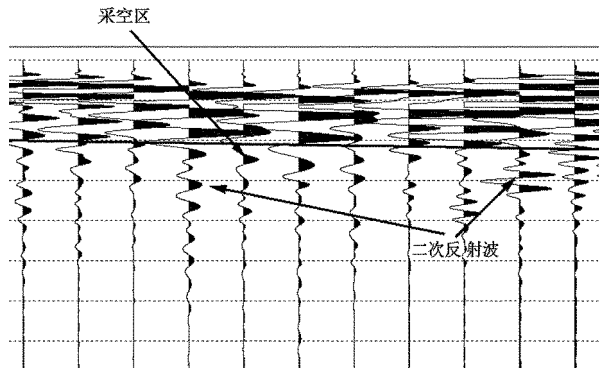


图 3 L2 线上共炮点抽道图上的采空区反映

表 1 K9+500~K10+100 段浅震地质解译推断成果

地震测线	里程桩号	推断异常体性质	范围 (m)	异常体顶板埋深 (m)	异常体高度 (m)
L-L'	K9+605~K9+955	采空区	350	20~50	6
Z-Z'	K10+020~K10+35	巷道采空	15	19	6
	K9+605~K9+920	采空区	315	20~50	6
	K9+615~K9+635	巷道采空	20	30	6
R-R'	K9+780~K9+885	采空区	105	20~50	6
	K9+050~K9+060	巷道采空	10	20	6
L1-L1'	K10+033 (西端距路中心线 5m)	巷道采空	30	19	6
L2-L2'	K9+830 (东端距路中心线 50m)	采空区	95	25	6
L3-L3'	K9+565 (西端距路中心线 45m)	巷道采空	15	40	6

3.2 高密度电阻率法

3.2.1 工作原理及其应用背景

高密度电阻率勘探是集电剖面及电测深为一体,采用高密度布点,进行二维地电断面测量的一种勘探方法^[4]。该方法综合了电剖面法和电测深法的优点,弥补了常规电阻率法由于观测方式限制测点密度较稀且很难从电极的排列上去研究地电断面的结构与分布等方面的不足。具有数据量大,地质信息多,观测精度高,自动化程度高,以及成图解释直观可靠等特点。在寻找洞穴、采空区以及岩溶裂隙等的勘探工作中,是行之有效的方法^[5]。

3.2.2 工作布置

此次工作布置以道路中心线布设 L1(起点为 K10+185 m)、道路中心线西侧 30 m 布设 L3(起点为 K10+193 m)、道路中心线东侧 45 m 处布设 L2(起点为 K10+176 m)以及在 K10 北侧 12 m 处布设 L4(该剖面中点为 K9+988 m)(图 1)。

3.2.3 成果解译

首先在已知塌陷坑进行了试验测试工作,对高

密度剖面反演图进行分析,认为在该区所存在的由采空区所引起的异常应为低阻,与已知的情况进行比较相互吻合。通过对实测 3 条剖面的综合对比分析,并参考对比试验剖面,整个地层变化是南高北低,由于受局部构造的影响,地层显示较为杂乱,分析推断 4 处存在采空区的异常区域(表 2)。

表 2 K9+500~K10+100 段高密度地质解译推断成果

高密度剖面	里程桩号	推断异常体性质	范围 (m)	异常体顶板埋深 (m)	异常体高度 (m)
L1	K9+949~K9+603	采空区	346	20~50	3
	K9+630	采空区	10	20~50	5
L2	K9+800	巷道采空	10	30	6
	K9+947	巷道采空	10	30	5
L3	K9+950~K9+604	采空区	346	30	5

4 工程钻探对比验证

4.1 工作量布置

根据工程物探测量结果,结合现场采空塌陷发育程度,共布设 4 个钻孔,里程桩号 K9+780, K9+820, K10+000 与 K10+100,其中 K10+100 和 K9+780 位于道路中轴线, K9+820 和 K10+000 位于道路中轴线西侧。

4.2 结果验证

根据现场工程钻探结果,铝土矿层厚度 0.1~7.8 m,矿层底板埋深 23.00~41.10 m,测区采空区经过塌陷,大多填充铝土矿碎石及上部塌落的砂泥岩碎块,钻探时具轻微掉钻情况,根据钻探过程中各种情况判断,采空区垂直厚度 3~7 m 左右,由工作区 K10+100 至 K9+500 由大向小渐变,与铝土矿层厚度变化趋势基本一致,采空塌陷垂直影响深度 6~16 m 左右。

从采空区的顶底板埋深、矿床厚度、分布范围等方面与物探测量结论基本一致,验证了上述 2 种方法的可行性与准确性,为下一步工程治理提供了准确的基础资料。

5 结语

在矿产开采区,尤其是开采比较混乱,缺乏必要开采资料的情况下,如何查清采空区的空间分布特征,是工程建设领域的重点和难点,而单一的测试手段往往难以达到上述目的,该文以 S244 省道绣惠至枣园 K9+500~K10+100 段采空区勘查为例,充分

结合测区工程地质条件,综合运用浅层地震反射波法和高密度电阻率法等物探方法,并通过工程地质钻探验证了上述方法的有效性,成功查明采空区空间分布特征,达到了预期的效果,为今后类似工程提供了良好的成功范例。

参考文献:

[1] 时彦芳. 综合物探方法在马石店隧道勘察中的应用[J]. 山东国

土资源,2010,26(8):22-23.

[2] 杨庆镰. 综合物探技术在永定县箭滩矿区地热勘查中的作用[J]. 山东国土资源,2010,26(12):19-20.

[3] 何樵登. 地震勘探原理和方法[M]. 北京:地质出版社,1985:311-338.

[4] 刘晓东. 高密度电阻率法在工程物探中的应用[J]. 工程勘察,2001,(4):64-66.

[5] 赵光辉. 高密度电法勘探技术及其应用[J]. 矿产与地质,2006,20(2):166-168.

Application of Engineering Geophysical Exploration in K9 +500 ~ K10 +100 Mined-out Area of S244 Provincial Highway

WANG Tao

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

Abstract: There is serious mined-out collapse hazards in K9 +500 ~ K10 +100 mined-out area of S244 Provincial Highway in Shandong province. How to accurately identify the space distribution characteristics is very important for the safe operation of the road. Based on past experience in similar projects, using a single geophysical methods, there is a big difficulty in accurately detecting the shape, depth and spatial distribution characteristics of mining subsidence. Engineering drilling can be more intuitive to expose mining subsidence, but need to construct a large number of drill holes. But it is not reasonable in the economy and time. Combination of a variety of geophysical methods is an accurate and efficient working method. Setting this project as an example, by using shallow seismic reflection method and high-density resistivity method, spatial distribution characteristics of the mined-out area in this road have been identified accurately. By testing through intuitive engineering drilling, it is regarded that the above methods have good effect.

Key words: Mining subsidence; shallow seismic reflection method; high density resistivity method; geo-engineering drilling