

文章编号: 0451-0712(2006)08-0292-03

中图分类号: U416.06

文献标识码: B

工程物探技术在高速公路工程勘察中的应用

谢永坚¹, 刘志辉², 曾田胜²

(1. 湖南省核工业地质局 301 大队 衡阳市 421003; 2. 广东西部沿海高速公路珠海段有限公司 中山市 528467)

摘 要: 工程物探是工程地质勘探中的重要方法。针对具体的勘察目的, 选择合适的物探方法可以有效地解决高速公路勘察中复杂的技术难题。介绍了工程物探在高速公路软土地基、岩溶、高边坡滑坡体、隧道、地下管线等工程勘察中的应用效果。工程物探技术在高速公路工程勘察中有良好的应用前景。

关键词: 工程物探; 高速公路; 勘察; 应用

高速公路建设中, 软土地基、破坏性岩溶、高边坡、隧道及地下管线等工程地质勘察以往一般都采用坑探、槽探、触探和钻探等手段, 不仅所取得的资料具有局限性, 不足以扩大分析领域, 而且机械笨重、搬运困难, 特别在山区因受地形条件的限制, 钻探更加难以实施。

工程物探是一种间接的勘察手段, 是利用物质的物性差异, 通过研究天然或人工的地球物理场, 达到了解地下介质分布的一种方法。物性的差异包括电性、磁性、电化学性质、弹性及密度等, 对应的地球物理场则有电场、磁场、电化场、弹性波和重力场等。工程物探仪器设备轻便、工作效率高、周期短、效果好, 并且采集的信息量大, 可以了解和确定大范围的地质条件, 既补充了钻探工作的不足, 又为高速公路设计及施工提供了较完善的基础资料。

根据所观测的参数和测量方法不同, 工程物探可分为多种方法, 主要有浅层地震法、多道瞬态面波法(以下简称面波法)、多波地震映像法、电法、瞬变电磁法、音频大地电磁法、地质雷达技术和地下管线探测技术等。这些方法已成为工程地质勘探中的重要组成部分, 在高速公路勘察中, 解决了部分以前用传统的勘察方法无法解决的岩土工程技术难题。

1 软土地基勘察

在高速公路路基勘察中, 软土地层属不良地质体, 需进行重点勘察。目前用于软土地基勘察的传统方法是钻探及静力触探等, 面波法是一种新兴的工

程勘察技术, 利用其频散特性和传播速度与岩土物理学性质的相关性可以进行浅部地层的波速分层^[1,2]。与浅层地震反射波法、折射波法及电法相比, 虽然面波法检测深度较浅, 一般在半个波长内(约 50 m), 但只要各岩土层间具有波速差异, 其对浅部软土地层的划分精度较其他方法高, 且受场地的条件限制较小。

软土地层的特征是面波波速偏低, 一般为 $V_R = 100 \sim 130$ m/s, 较一般粘土($V_R = 150 \sim 250$ m/s)或砂土($V_R = 200 \sim 280$ m/s)的波速低 30% 以上, 具有较好的面波法物性条件。结合一定数量的钻孔, 通过对面波资料进行综合计算分析, 根据面波法实测波速值, 可以区分软土或非软土地层, 若层与层之间存在较明显的波速差, 而且各层厚较大, 还可以根据波速变化进行分层, 获得较连续的地层剖面。

此外, 根据面波速度 V_R , 还可以由经验公式 $f_k = k_1 \times V_R^{1.636}$ 大致确定地基的承载力。式中 f_k 为承载力, 单位为 kPa; k_1 为修正系数, 受不同地区岩土力学性质的影响, 其值可以结合静力触探或动力触探等原位测试方法来确定。

与传统的勘察方法相比, 面波法在功能上能对软土地基分层、间接地反映地基土的特征参数, 而且在操作上简便易行、快速、经济, 可大面积连续采集数据, 与传统的检测方法结合进行地基勘察, 可以较大地提高勘察资料的解释精度^[3]。

2 破坏性岩溶勘察

近年来应用于岩溶地区工程物探的主要方法有

多波地震映象法、面波法、电法和地质雷达技术等。

某岩溶地区高速公路路基在设计阶段仅开展一些常规的工程物探,效果不好,在施工过程中,部分建好的路基因岩溶发育出现塌陷现象。为避免出现类似问题,对全部可能存在岩溶病害的路段综合应用上述方法进行了详查,探测岩溶洞(裂隙),划分岩溶发育带的分布、走向,取得了较好的地质效果。

该区完整灰岩、白云岩与岩溶裂隙发育体之间,填筑土中密实土体与塌陷松散土体之间,视电阻率、弹性力学特征等物性存在较大差异,为采用工程物探提供了较好的前提条件。

塌陷区及岩溶异常物性特征如下:周围密实填筑土体相对于塌陷土体来说,弹性力学强度高,具有较高的纵、横波速度,纵波速度在 $700\sim 800\text{ m/s}$ 间,横波速度在 $250\sim 280\text{ m/s}$ 间,而塌陷土体纵波速度小于 450 m/s ,横波速度小于 180 m/s ,据此可以判断塌陷影响土体。灰岩、白云岩电阻率通常比较高,一般在 $1\,000\sim 10\,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 之间,最高可达 $20\,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 。泥灰岩电阻率相对较低,但一般也大于 $600\ \Omega\cdot\text{m}$ 。随着岩石节理裂隙发育程度、破碎程度、岩溶发育程度的增强和填充物含量的增加,电阻率呈急剧下降趋势,可降至 $100\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下^[4]。

根据以上病害异常物性特征,现场采用了综合工程物探手段进行勘察。使用高密度多波地震映象及面波法查明密实填筑土体中塌陷松散土体;在探地雷达剖面上则表现出在塌陷松散体和原状粘土之间存在较明显的两条反射波界面,且塌陷松散土体中的反射凌乱无序,而原状粘土体的反射较有成层性,据此可以较好地划分塌陷松散土体、影响土体和正常土体。利用常规电测深和高密度电阻率法查明引发填筑土塌陷的岩溶(洞)裂隙发育带。综合工程物探解释出了该段公路地下病害的塌陷土体、影响土体以及正常土体,圈定出岩溶发育带以及岩溶发育带的分布、走向、深度等特征,查明了路基隐伏塌陷的范围、埋深和引发塌陷的地下岩溶分布,为路基的综合工程治理和加固、后期公路建设提供了可靠依据,避免了可能出现的损失。

3 高边坡滑坡体勘察

高速公路高边坡如果存在滑坡体,对边坡施工及行车都会带来极大的安全隐患,因此,对于有可能存在滑坡体的高边坡,在施工前一定要开展详细的地质勘察,而工程物探是查明覆盖物发育地段隐伏

滑坡体的有效手段。

高边坡滑坡体一般是因坡面上存在不良的地质构造或含水量较高的松散堆积物引起的。根据其不同的成因,可以选择不同的物探方法。

对于不良地质构造引起的滑坡体,一般都是因为构造的产状较陡,且其倾向与边坡的倾向一致所引起的,因此,对于此类滑坡体,采用常规的电测深和电阻率剖面法配合钻探即可取得较好的效果。

对于松散堆积物,主要是划分第四系松散堆积层、滑波中含水层、相对隔水层以及堆积物与基岩的界面,确定滑坡体的埋藏深度和平面分布范围。某高速公路可能存在松散堆积物滑坡体的高边坡,在施工前综合使用浅层地震法、面波法及电法,利用地质体的电性和弹性性质基本查明了滑坡体的分布情况。经综合解释,该滑坡体反射波波速为 $600\sim 700\text{ m/s}$,面波波速为 $190\sim 450\text{ m/s}$,视电阻率为 $250\sim 600\ \Omega\cdot\text{m}$,下伏密实碎石土及基岩反射波波速为 $1\,200\sim 3\,700\text{ m/s}$,面波波速为 $600\sim 1\,400\text{ m/s}$,视电阻率为 $700\sim 1\,100\ \Omega\cdot\text{m}$,利用反射波、面波可以确定密实碎石土的埋深,利用视电阻率可以确定含水层及相对隔水层(密实碎石土)的界面,而最主要的滑动带正是位于密实碎石土的顶部,结果与验证钻孔基本一致。

4 隧道勘察

根据隧道工程的特点、地质环境特征、需要解决的工程地质问题及各物探方法适用的地质地球物理前提条件,用于隧道地质勘察的工程物探方法主要有多波地震映象法、瞬变电磁法、音频大地电磁法和高密度电法等。

多波地震映象法可以用来测得岩质隧道围岩岩体、岩石的纵波速、横波速,从而求得围岩动弹性模量、泊松比等物理力学指标,为隧道洞身的围岩分类、隧道洞室的开挖和衬砌设计提供依据。但该方法的探测深度有限($30\sim 50\text{ m}$)。

对于埋深较大的隧道,利用瞬变电磁法、音频大地电磁法、高密度电法等,查明隧道工程场址的地质构造背景及对隧道施工有影响的煤层、矿体、采空区、破碎带、喀斯特发育区和水文地质的基本特征,有较好的效果,为隧道的比选、隧道线形的展布和避让重大不良地质地段提供依据。

5 地下管线勘察

在老城区及部分跨线桥施工以前,由于以往档

案资料的不全或不准确,常常要进行管线的探测。对于金属管线,一般采用专用的管线仪。现在国内外的专用管线仪采用的都是电磁感应原理,可将这类方法归到电法类勘察。对于非金属类的管线,这些仪器的探测效果则较差,现在用得较多的是探地雷达法。

某高速公路拟在经多次改道的地方县道建跨线桥,该区地下自来水管纵横交错,有高压水泥管及钢管,埋深大致 3~4 m,自来水公司仅能提供水管的大致走向及分布情况。因该区处于软基路段,实施坑、槽探十分困难,通过使用电阻率法和探地雷达技术,精确地查明了自来水管的具体位置,经变更拟建跨线桥的桩基位置,避免了不必要的损失和潜在的民事纠纷。

6 结语

(1)各种工程物探技术都有其适用性与局限性,针对具体的勘察任务,应仔细地分析目标体的客观条件(规模、埋深等)及其与非目标体之间的物性差异,选用一种或几种物探技术,结合已有的相关资料进行综合解释。

(2)工程物探一般可以连续观测,对查明规模及

埋深变化较大目标体的分布情况,优于钻探等常规方法“点测”的结果。

(3)工程物探作为一种间接的勘察手段,不能直接提供工程上所需的各项岩土力学参数,应该与钻探、原位测试等手段所取得的成果进行分析对比,建立相应的经验关系,对物探资料进行定量、半定量解释,使工程物探技术更好地应用于高速公路工程勘察中。

(4)工程物探技术在高速公路工程勘察中的作用是肯定的,特别是在采用常规的勘察手段非常困难(甚至无法采用)或不经济时,可以借助于工程物探技术。随着物探技术的不断发展,其在高速公路工程勘察中有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 王振东. 浅层地震勘探应用技术[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [2] 杨成林. 瑞雷波勘探[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [3] 杨立新,戴前伟,吕绍林. 高速公路软土地基分布范围的探测方法及应用[J]. 公路,2000,(3).
- [4] 傅良魁. 电法勘探[M]. 北京:地质出版社,1983.

Appalcation of Engineering Substance Prospecting Techniques to Expressway Exploration Survey

XIE Yong-jian¹, LIU Zhi-hui², ZENG Tian-shen²

(1. Geology Party No. 301, CNNC, Hengyang, 421003, China;

2. Zhuhai Section of Guangdong Western Coastal Expressway Co., Ltd, Zhongshan 528467, China;)

Abstract: Substance prospecting is an important method of engineering exploration survey. According to a concrete exploration survey task, the difficult problems which occur in exploration survey on expressway construction are solved by choosing suitable substance prospecting method. The appalcation of engineering substance prospecting on exploration survey of soft base, karst, high slope, tunnel, underground pipelines and etc. are introduced. All indicate that engineering substance prospecting would have a good foreground in expressway exploration survey.

Key words: engineering substance prospecting; expressway; exploration survey; application