

微动技术在工程勘察中的应用研究

李永铭 周波帆

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

摘要：随着城市建设的大力发展，工程勘察所遇到的环境越来越复杂。微动技术以其抗干扰能力强、应用范围广的特点，在复杂工程勘察中取得了良好的应用效果。本文从微动技术原理出发，通过应用实例，分析微动技术的优缺点。并对微动技术发展进行了展望。

关键词：微动技术；工程勘察；应用研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.026

随着近些年城市建设的大力发展，工程勘察所遇到的情况也越来越复杂，同时对工程勘察技术提出了越来越严苛的要求。物探技术以其无损、高效、直观的特点在工程勘察中起到了越来越重要的效果。但在现阶段的工程勘察中往往会遇到交叉施工、工作面狭小、工作条件有限等特点，限制了以外常规物探技术的应用。

微动技术不同于常规的物探技术，是利用自然界和人类活动所产生的震动，并从中获取面波的频散特性以推断地下速度结果^[2]，它有效利用了环境噪声，减少了人工震源所带来的不便。非常适合应用于复杂工况下的工程勘察。

一、微动技术原理

微动是一种由体波（P波和S波）和面波（瑞利波和拉夫波）组成的复杂振动^[3]。微动探测方法的应用基于以下理论基础：（1）微动信号数据处理以平稳随机过程理论作为依据；（2）在信号的总能量中面波信号的能量占有绝对优势；（3）面波在非均匀介质中的频散特性决定了该方法的可行性。

微动技术在实施过程中按特定方式布设台阵^[4]，记录时间域噪声记录，计算频谱图并从中提取频散曲线，进而反演得到地下浅层介质面波速度或横波速度结构。目前提取频散曲线^[5]主要有两种方法，一种是空间自相关法（SPAC），另一种是频率-波数法（F-K）。

二、应用实例

（一）岩土体分层探测实例

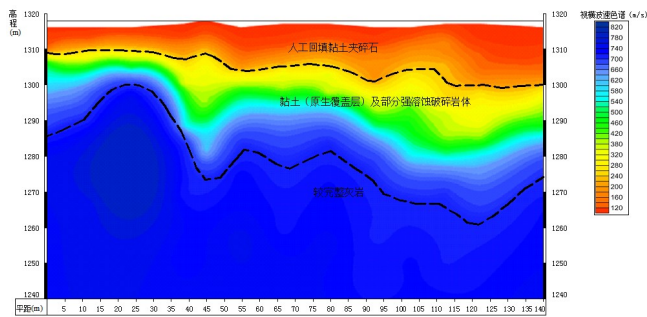


图2-1 视横波速度剖面及解释

某易地扶贫搬迁城区安置点勘察现场占地500余亩。场区内地层自上而下为人工回填粘土夹碎石层（Qm1）、第四系残坡积红粘土层（Qed1）（即原生覆盖层）和二叠系下统茅口组灰色、浅灰色灰岩、白云质灰岩（P1m）。从前期地质调绘得知该区可能存在溶蚀洼地、石林等地貌，基岩面埋深变化较大，完全依靠钻孔控制代价极大，且工地现场工程车辆、钻机较多，干扰非常严重。严重制约了电磁类、地震类方法的使用。为节约勘察成本，提高工作效率，在场区布置微动勘探线。测线视横波速度剖面及解释见图2-1。

测线上钻孔揭露情况与天然源面波分层结果对照见表2-1。从对照情况看，最大偏差3m，偏差率大多在15%以内，偶尔超过20%。分层效果较好。

表2-1 微动勘探分层结果与钻孔揭露情况对照统计表

钻孔	平距 (m)	物探解释情况	钻孔揭露情况	偏差	偏差率
ZK1	0	回填层层厚7m	8m	-1m	12%
		原生堆积层层厚23	23m	0m	0
ZK2	40	回填层层厚10m	13m	-3m	21%
		原生堆积层层厚24m	21m	3m	14%
ZK3	55	回填层层厚12m	12m	0m	0
		原生堆积层层厚23m	23m	0m	0
ZK4	64	回填层层厚12m	14m	-2m	14%
		原生堆积层层厚27m	钻孔加深中	/	/
ZK5	73	回填层层厚11m	11m	0m	0
		原生堆积层层厚27m	钻孔加深中	/	/
ZK6	80	回填层层厚11m	13m	-2m	14%
		原生堆积层层厚24m	钻孔加深中	/	/
ZK7	102	回填层层厚12m	12m	0m	0
		原生堆积层层厚24m	钻孔加深中	/	/
ZK8	140	回填层层厚16m	16m	0m	0
		原生堆积层层厚26m	钻孔加深中	/	/

（二）浅层岩溶探测实例

某变电站机房产生岩溶塌陷，导致设备倾斜，严重影响安全。根据现场塌陷情况及周边岩溶发育情况分析，机房底部浅层岩溶发育。但机房内部孔间狭小，且地面全部为瓷砖。普通的人工源面波勘探基本无法实施。为了他们机房内部岩溶发育情况，沿机房内部设备柜边线布置个微动测点。观测方式采用直线型台阵。1#-5#测点各测点频散曲线见图2-2。

从图中可见1#测点“之”字型曲线不明显。2#测

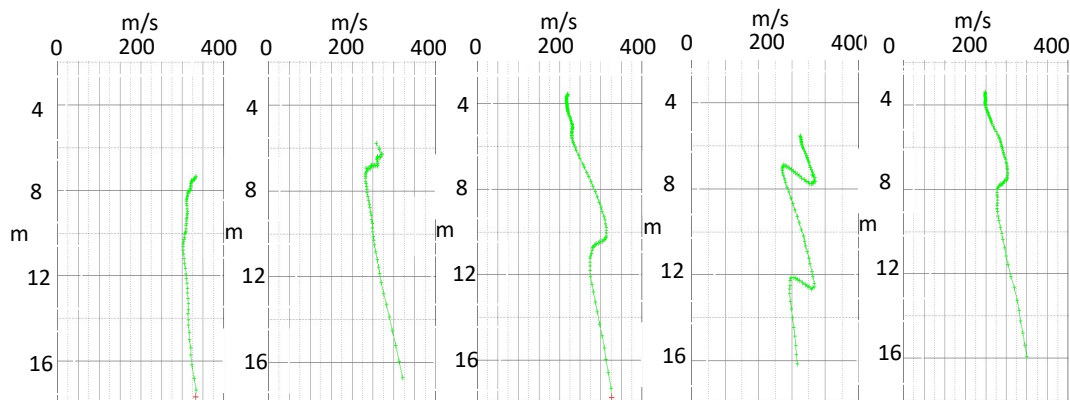


图2-2 各测点频散曲线

点、5#测点均存在较为明显的“之”字型曲线，且速度倒转，推测测点下部存在溶洞。3#测点存在两处“之”字型速度倒转点，但上部点不太明显。4#测点存在两处明显“之”字型速度倒转点。

从5个测点频散区域情况可知，本区域4#测点为岩溶发育中心点且不同高度均发育岩溶，推测此处岩溶的串珠状发育。4#测点两侧岩溶发育逐步减弱。

(三) 剪切波测试应用实例

剪切波速度^[6]是场地评价^[7]中不可获取的一个参数。但剪切波速的获得并非易事，目前，主流方法是进行单孔剪切波测试，该方法需要在地面进行锤击产生剪切波，但就目前的设备水平而言，一般只能保证地下十米之内的剪切波能被读取，再往下则能量弱、信号弱，无法读取剪切波起跳位置。

在非洲某项目中，需要提供场地20m以深剪切波速度。但现场岩性为砂岩。用传统激振板的方式很难激发出剪切波。由于微动方法提供的参数为视横波速度，可较全面地反应地表一定深度范围内地层的横波速度变化。且视横波速度经过一定的校准之后与横波速度（剪切波速度）差距较小。在特殊情况下，使用此方法也可起到现场剪切波测试的功能。

三、优缺点分析

经过以上实例分析，可见微动方法在工程勘测中有以下优点：

(1) 抗干扰能力强

微动探测技术不受场地噪声、电磁干扰及高低速夹层、低阻高导层屏蔽作用的影响；尤其是适合城市闹市区的复杂场地和电磁环境，是一种环保、抗干扰能力强的物探技术。

(2) 应用范围广

微动技术由于其不需要人工激发，且受场地影响小。可以适用于各种复杂条件下的岩土体分层探测、岩溶探测、溶蚀破碎带探测等工程勘察的不同流域，具有很广的应用范围。

(3) 参数利用价值高

微动技术可提供探测区域的视横波速度。横波速度（剪切波速度）是工程勘察中的一个重要参数，具有较高的利用价值。

但微动技术需要使用台阵的方式进行观测，且探测深度越深，所需要的台阵越大，且每个测点的探测均需要一定长度的时间。因此，微动技术的探测效率较为低下。

四、结论

现阶段工程勘察所遇到的情况越来越复杂，常规物探技术受到了很多的制约。微动技术利用自然界和人类活动所产生的震动进行反演计算地下速度结构，在岩土体分层探测、岩溶探测、溶蚀破碎带探测等方面均有较好的探测效果。

微动技术可得到地下视横波深度，横波速度作为一个重要的地球物理参数，在工程勘察中有很重要的利用价值。

参考文献

[1]章飞亮, 闫高翔等. 微动技术在地铁隧道区间孤石探测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2015, (12): 6817-822.

[2]徐佩芬, 李世豪等. 利用SPAC法估算地壳S波速度结构[J]. 地球物理学报, 2013, (11): 3846-3854.

[3]周杰, 李坤鹏等. 天然场源面波与高密度电法在地面塌陷勘察中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2008 (4): 530 ~ 537.

[4]胡家富, 段永康等. 利用Rayleigh波反演浅土层的剪切波速度结构[J]. 地球物理学报, 1999 (3): 393-400.

[5]夏江海. 高频面波方法[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2015.

[6]宋先海, 肖柏勋. 用瞬态瑞雷波反演横波速度度映射二维标准贯入击数剖面[J]. 岩土工程界, 2002(10): 50 ~ 52.

作者简介: 李永铭(1982-), 男, 籍贯山西省灵石县, 硕士, 高级工程师, 主要从事工程物探与检测工作。