

岩溶地区复杂条件下的浅层地震方法应用研究

甘伏平^{1,2}, 马祖陆², 喻立平²

(1. 中国地质大学地球物理与信息技术学院, 北京 100083; 2. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 桂林 541004)

[摘要]地震记录质量的好坏极大地影响地震方法解释的可靠程度。在岩溶地区复杂地质条件下, 为了获取高质量的记录, 合理地选择地震方法, 合理地布置测线, 尽一切努力来压制干扰, 是取得探测成功的关键。探测实例表明, 在覆盖层厚度不超过 20m 的条件下, 浅层地震反射法、折射法联合探测可获得良好的地质效果。作为一种有效的探查技术, 等偏移横波 (SH) 反射法具有探测迅速, 易于探测土洞、地下岩溶裂隙带的特点。

[关键词]反射法 折射法 岩溶 等偏移横波 (SH) 反射法 岩溶裂隙带

[中图分类号]P631.4 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2005)03-0075-04

0 引言

我国碳酸盐岩的分布地区十分广泛, 面积达 340 多万 km^2 , 其类型众多, 成因复杂, 表现形式为地裂缝、土洞、塌陷以及溶洞等地质灾害, 对人民的生命、财产危害十分严重, 已经成为岩溶地区重要的环境地质问题。岩溶地区特别是城市物探具有其特殊性。其一, 要求探查的目的体一般规模较小、另外在浅层覆盖条件下 (几米—几十米), 要求对目的体具有较高的分辨能力; 其二, 城市中的高背景噪声、地表的埋埋物、管线、沟、地下墙等干扰体, 对如何选用物探方法、测线的布置以及数据的采集提出了更高的要求。浅层地震方法具有的高分辨率、探测结果可靠等特点, 已经在岩溶探测中发挥了独特的作用。本文结合探测实例说明, 在浅层复杂条件下, 避开或压制干扰源, 获取高质量的记录, 开展浅层地震反射、折射联合探查, 纵、横波方法灵活应用, 可取得良好的探测效果。

1 测区概况

桂林市铁佛塘—木龙洞环境规划是桂林市两江四湖环城水系的重点工程。随着城市的迅猛发展, 人口急增, 填湖造地的现象也越来越严重, 许多自然形成的湖、塘消失, 由于缺乏湖、塘的分洪能力, 严重

地破坏了原有的生态环境体系。每当暴雨来临时, 水漫街道, 冲毁房屋的现象时有发生。为了恢复铁佛塘—木龙洞一带原有的湖、塘生态体系, 建立集分洪、观光一体的环城水系系统, 需查明古水道存在的位置及其流经方向; 了解测区内覆盖层厚度以及下伏基岩的岩溶发育情况。物探方法进行了地质雷达、地震反射 (纵波多次覆盖, 纵、横波等偏移反射), 纵波折射, 面波和跨孔声波 CT 的有效性试验。最后选择地震纵、横波反射、折射的联合探查, 桥位或重点地段采用跨孔声波 CT。

测区位于桂林市城区北部 (图 1)。西起翊武路, 东至漓江西岸; 南以宝积山—叠彩山北部山脚为界, 北至铁佛塘北岸—东镇路一线。东西长约 800m, 南北宽约 300 m, 面积约 24 万 m^2 。

根据地面调查及遥感解译结果, 区内地质构造以北西向和近东西向为主。岩、土层从上到下为: ① 0~6m, 一般为人工堆积的杂填土 (参有片石、漂石和砖瓦垃圾等)、素填土; ② 红色硬塑粘土, 局部有软塑粘土 (一般在基岩面附近), 另外在铁佛塘及古水道下有黑色淤泥及粘土, 淤泥厚度一般为 1~2m, 粘土厚度 8~10m 以上; ③ 二叠系融县组灰岩, 岩溶发育。根据钻孔波速测试, 场地具备地震地质条件。

2 数据采集

城市中开展浅层地震方法, 首先是对采集的数

[收稿日期] 2004-10-15; [修订日期] 2005-01-20; [责任编辑] 曲丽莉。

[第一作者简介] 甘伏平 (1966 年—), 男, 1989 年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 在职博士生, 高级工程师, 现主要从事岩溶探测方法的应用与研究工作。

据进行客观评价。在数据采集过程中,如何压制干扰,提高记录的信噪比,获取有效信号,是每一个浅

层地震工作者必须认真面对的问题;其次才是室内对有效信号进行合理处理的过程。



图1 铁佛塘-木龙洞遥感综合分析成果图

通过信噪调查,白天各种强震幅信号,随机出现,几乎淹没了来至地下的有效信号,滤波、多次覆盖技术以及垂直叠加技术都不能明显地改善记录的质量。压制不了,只有避让,地震数据采集工作均在22点以后进行。经避开干扰时间区段,信号记录质量大为改善。

在水泥和沥青路面上,用粘性较大的黄泥粘贴倒置的检波器。采用横波反射法时,扣板激发采用木锤横向敲击,测线两侧应避开沟或地下墙体,减少侧反射的干扰。

3 古水道探测

图1中,除铁佛塘外,中山北路以东的三个水塘已全部填平建房,由于建筑用地和城市建设,铁佛塘的范围也日趋缩小。通过对不同时期遥感图像资料进行数值化,图像配准、迭合,得出遥感综合亮度等值线,图1中古水系位置清晰。由于遥感图像比例尺小,有必要在实地进行探测确认。图2为横穿古水道的一条地震反射时间剖面,采用小偏移、小道距多次覆盖技术(纵波)。图中300点为古水道的中心线,深度约17m,在240点解译为F02断裂破碎带。F02延伸长,范围较宽,最宽可达10m,在F02上共布有4个钻孔,经揭露地下岩溶发育,具有多层结构的特点。在0~110点解译为岩溶裂隙段,基岩面凹凸不平形成的散射,导致来自基岩面的反射能量较弱。在测线的小号端处于叠彩山北侧,山脚角

洞发育,地面可见多处塌陷。说明地下岩溶十分发育。

图3为图2的地质推断解释剖面,平均速度由折射资料或钻孔资料计算得出。由于横向速度变化较大,作时深转换时可采用不同的平均速度。

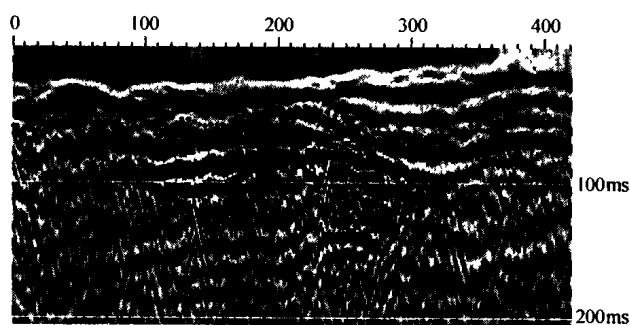


图2 地震反射时间剖面(纵波)

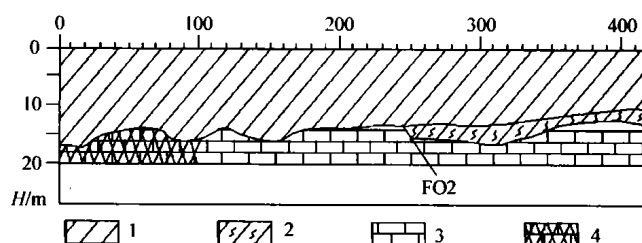


图3 地质推断解释剖面

1—上部为人工填土、素填土,下部为粘土;2—黑色淤泥;3—融县组灰岩;4—岩溶裂隙段

4 等偏移观测的纵、横波资料对比

由于基岩埋深浅、起伏剧烈,对所有探测地段,

很难选择合适的“最佳窗口”,多次覆盖技术并不总能获得好的探测效果。基岩浅时,正常时差校正将造成浅部波形的严重畸变,而大道距又导致波的折射或穿透。因此在城市探测中,从发现异常的角度出发,采用小偏移的纵、横波等偏移反射,具有介质的平均效应小、较少受场地限制、探测快速、异常易于识别等诸多优点。

图4分别为横波、纵波等偏移反射时间剖面对比图。该测线位于巷道内,探测长度受到限制,采用偏移为2m,点距1m的等偏移反射法,并进行了纵、横波探测效果的对比。15~25点为F02断裂破碎带,异常波形特征为:多次波发育,波的频率明显降低。在22点布置钻孔(ZK8),经揭露基岩埋深15.9m,17.3~19.3m岩石破碎,19.3~20.3m为溶洞。

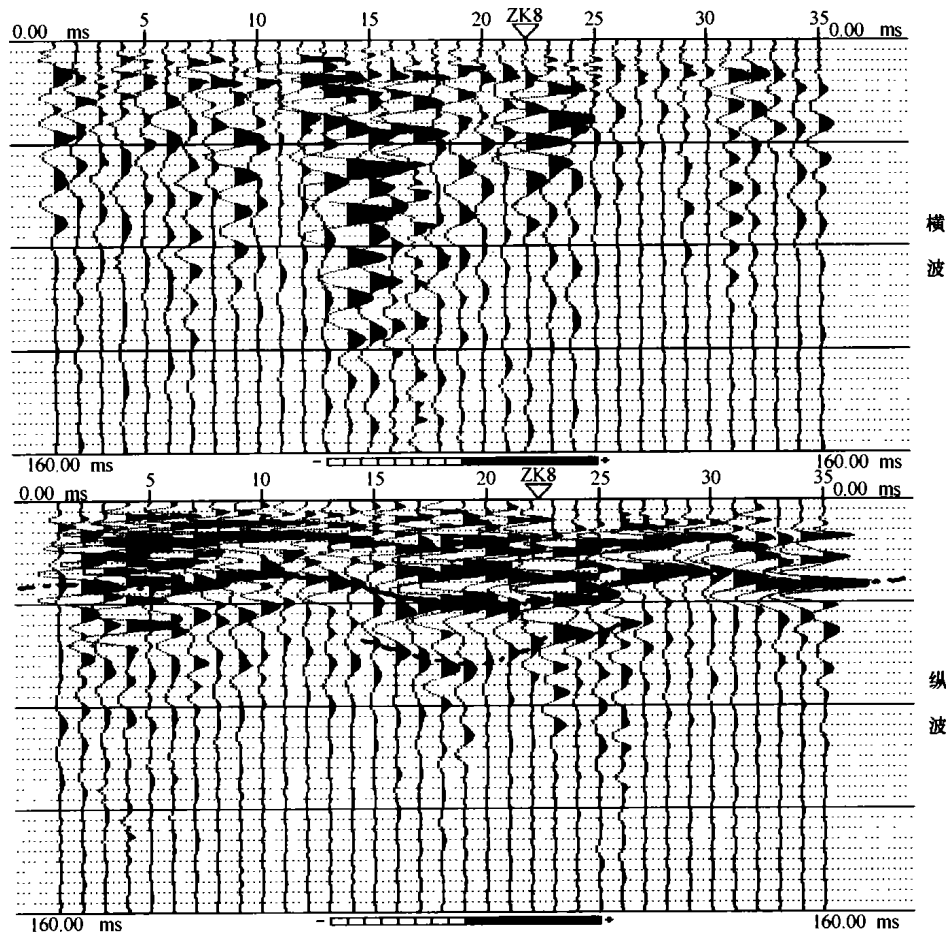


图4 横波、纵波等偏移反射时间剖面对比图

对比纵、横波剖面,可见横波剖面对地下岩溶反映较为灵敏,表现为多次波的延续时间较长,频率较低。经场地大量的资料对比表明,在浅覆盖条件下,等偏移反射法中横波比纵波具有较高的异常识别能力。

5 土洞探测

土洞是岩溶地区所特有的一种地质现象,土洞的逐渐发展是诱发地面沉陷、崩裂、渗漏等灾害发生的直接原因之一。在该项工程中,隐伏土洞是关系到湖水渗漏的一种灾害性隐患。土洞的形成、发育和分布,和它所处的介质以及水文地质条件密切相关,受浅层岩溶构造或基岩侵蚀面的控制。

城市中由于地表有机质含量高,污水等导致地

表潮湿,导电性好,对电磁波强烈吸收,不利于地质雷达探测,经实地探测试验,雷达信号严重衰减,采用100MHz天线,未能获得浅至3m的岩面反射。最终采用等偏移横波反射法进行快速扫描,发现异常后,用折射法或瑞雷面波法对异常进一步查证。

图5为一张等偏移横波反射时间剖面,在15点有明显的异常显示。波的续至相位拉长,频率降低。在异常中心布置排列,折射法采用相遇观测系统,最后确定为土洞异常,后被钻探证实。折射法通过正、反方向炮点记录对比可确定土洞的范围,分层解释可确定土洞的发育深度。

6 结论

1) 在岩溶地区复杂条件下,浅层地震多次覆盖

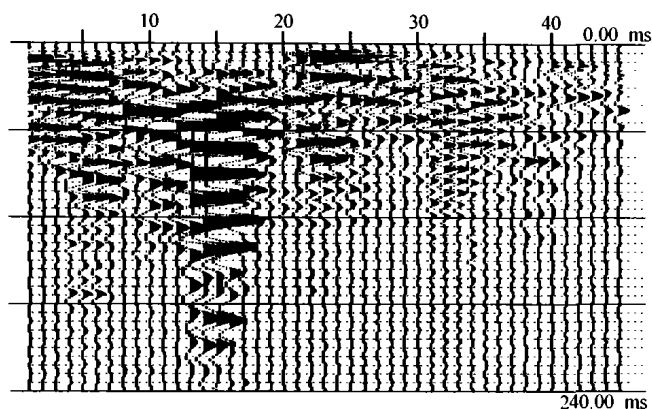


图5 等偏移地震反射时间剖面(横波)

技术可探测埋深 17m 左右的古水道。城市中的浅层地震勘探,应采取一切可以降低干扰的方法,获取高质量的信号记录。

2) 覆盖层厚度在 0~20 余米变化时,浅层折射有时比反射法更有利地探测基岩的岩溶发育情况;较准确地确定灰岩岩面的深度;在无钻孔对比情况下,折射法又是求取反射界面平均速度最好、最直接的方法;当与反射法结合时,可确定异常的倾向;应用折射法可对异常进行划分,判断异常是来自覆盖层内或是基岩内;确定土洞的位置和埋深。因此在复杂条件下应灵活采用反射法和折射法,以便更好地达到探测的目的。

3) 在场地范围受到限制时,采用(小偏移)等偏移反射法,横波反射法比纵波反射法对土洞、岩溶

裂隙带的分辨更为灵敏,作为发现异常,具有快速、准确的特点。

4) 在建筑物密集,管线纵横交错等复杂条件下,采用了浅层地震反射、折射法联合探测场地的岩溶发育情况,在所有 26 个验证钻孔中,有 23 个钻孔揭露与物探解译结果吻合,验证率达 88%,取得了良好的应用效果。

[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, 1988.
- [2] 陈滋康. 地震勘探方法在岩溶地区的应用研究[M]. 桂林:广西师范大学出版社, 1988.
- [3] 覃政教, 钟小群, 等. 岩溶地区浅层地震反射法[M]. 北京:地质出版社, 1993.
- [4] 施逸忠, 王 式. 浅层地震横波反射法最佳应用条件研究[J]. 河海大学学报, 1995, 23(6): 16~21.
- [5] 段佳松. 浅层地震折射波法配合电测深法在花岗岩地区找水[J]. 地质与勘探, 1999, 35(3): 46~48.
- [6] 徐国苍. 浅层地震反射法在采空区探测中的应用[J]. 地质与勘探, 2004, 增刊.
- [7] 荣立新. 浅层地震勘探技术在奥运公园探测溶洞的应用研究[J]. 地质与勘探, 2004, 增刊.
- [8] 蔡大江, 白应甫. 浅层地震反射波与折射波法同步勘探应用实例[J]. 工程勘察, 1996, 1: 69~72.
- [9] 曾德明. 地震横波反射在岩溶塌陷勘察中的应用[J]. 工程勘察, 2001, 5: 68~70.
- [10] 邱文辉, 曾德明. 岩溶塌陷勘察中地震横波反射技术的应用与资料解释. 工程勘察, 2003, 2: 62~65.

APPLICATION AND RESEARCH OF SHALLOW SEISMIC METHODS IN KARST AREAS WITH COMPLICATED GEOLOGICAL CONDITIONS

GAN Fu-ping^{1,2}, MA Zu-lu², YU Li-ping²

(1. School of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004)

Abstract: The reliability of seismic methods was strongly dependent upon record quality. In order to acquire good records, it was very important for successful detections to select exact seismic methods, arrange suitable surveying lines, and suppress noises by all means in karst areas with complicated geological conditions. The case studied showed that good geological results can be achieved by using joint exploration method of shallow seismic reflection and refraction waves in the condition of overburden thickness variation between 0 and 20m. As an effective investigation technique, common-offset SH reflection method can be carried out fast in the field and easy to detect caves and underground karst fracture zones.

Key words: seismic reflection methods, seismic refraction methods, karst, common-offset SH reflection method, karst fracture zones