

58-60

# 地下岩溶的地质雷达探测

王传雷 祁明松

(中国地质大学·武汉市)

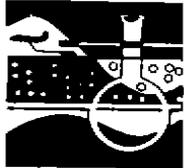
p642.25

A

概述了在朱家嘴巷道施工工地,以地质雷达探测岩溶溶洞的实况。表明在岩溶地区的地上、地下施工中,利用地质雷达探测溶洞的有效性,且经济合理。

关键词 岩溶地区, 溶洞, 建设施工, 地质雷达

巷道



勘探与检测

地下岩溶,对工程建设很有影响。在岩溶发育地区施工,如不对地下情况先作勘察,其风险尤大。由于岩溶分布没有规律,钻探布孔较难掌握,受钻探工作量(成本)的制约,单靠钻探这一手段探测地下岩溶情况,从效率和经济上都难尽人意。利用地质雷达(探地雷达)进行探测,则上述问题就能解决。下面介绍华新水泥厂朱家嘴工地,利用探地雷达探测的成功实例。

该厂拟建造一条地下运输巷道,设计长度 3km、深约 50m。但在施工中,对应巷道的地面出现局部塌陷,导致房屋倒塌,危及了公众生命、财产的安全,当然也影响了巷道的施工。这就必须查清地下岩溶情况,遂考虑到应用地质雷达这一手段。因为探测施工场地为居民区,仅有 30m×10m 左右的地方可以布点施工,且水泥路面还占据了大部分面积。在这小块面积上布置了 14 条地质雷达测线,完成了 275 个测点的观测,查明了该区域内地下岩溶的分布。

地质雷达观测,是利用高频电磁脉冲在地下介质交界面上的反射特征来反映地下地质情况的。由于不同介质地层的介电常数和导电性能的差异,雷达天线发射的电磁波的一部分能量,就会被界面反射折向地表,为接

收天线所接收;而另一部分能量,透过界面继续向下传播,同样在更深处的交界面上被反射回地面,直到能量被完全吸收为止。这样,就可在某个测点上得到随时间变化的一组反射波电信号。当 2 个天线以固定间距,同时沿测线移动时,就能得到沿某一测线上反映地下介质分布的地质雷达图像(图 1a)。在地质雷达图像上,其左侧为时间轴,单位为 ns,表示发射脉冲经界面反射到接收天线的双程走时;图像右侧为深度轴,单位为 m,表示地下界面的埋深,深度由下式可得:

$$H = \text{双程走时} \times v / 2$$

式中  $H$  为深度;双程走时可见于雷达图像; $v$  为地层的电磁波速度。不同地层的电磁波波速也不同,目前常用的是取一平均速度值。该值一般由钻孔等已知界面与雷达图像上的界面比较得到。在无钻孔的情况下,可根据地层属性及其物理性质等估算(见《地球科学》第 18 卷第 3 期,探地雷达专辑)。地表位置轴(即测点位置)在图像的顶部,单位为 m,表示测量时两天线中心所处的位置。地质雷达图像的解释,就是依据反射波的强度、波形特征及其反射波同向轴的连续性等来判断地下介质的分布。当然,进一步的数据处理也是必不可少的。

对地下探测目标反映的详细程度,取决于探测目标与围岩的物性差异之大小、测点

本文 1993 年 9 月收到,吴明编辑。

点距与工作精度,也同探测目标的埋深有关。

物性差异越大,反映越明显。对地下情况的反映,地质雷达勘测与钻探比较,就像线与面的关系。地质雷达图像就像一个剖面图,即一条地下介质分布的扫描剖面,而扫描的详

细程度与其连续程度有关,即点距越密效果越好,反映地下不均匀体的特征就越明显。地质雷达是浅层勘测仪器,受地层物理性质的影响,其勘测深度最大可达 60m(单一地层,无覆盖),浅时只有 10 多 m。

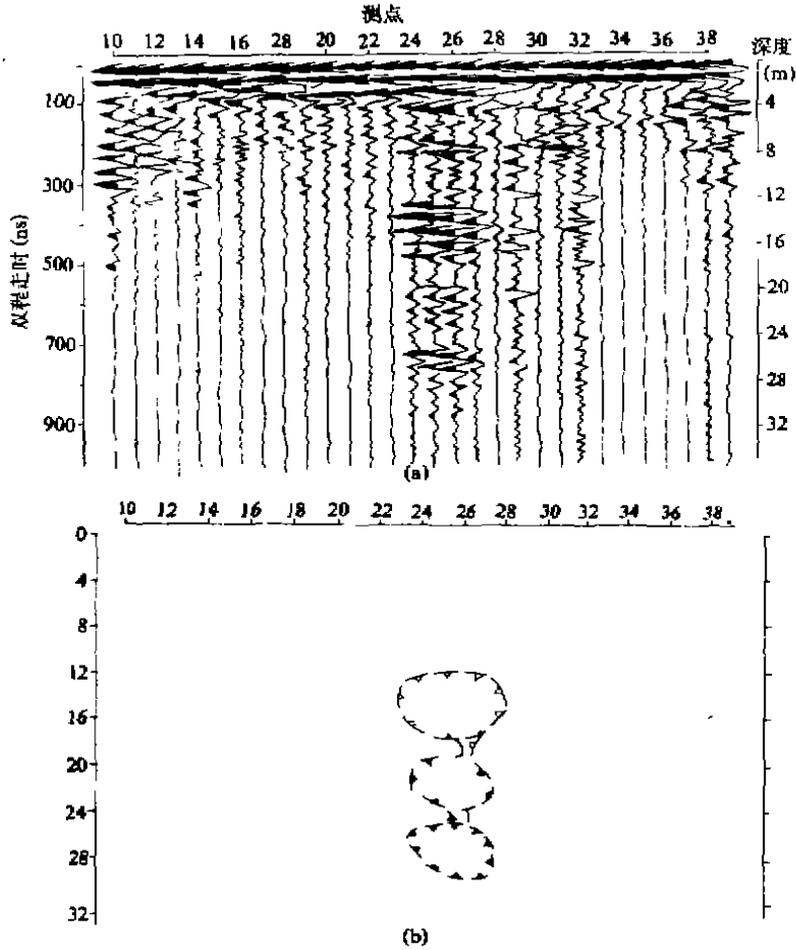


图1 -1线地质雷达图像(a)及岩溶分布剖面图(b)

朱家嘴工地的 30m×10m 勘测现场位于巷道上方,有水泥路面,+1 线部分测点被居民楼房所占据。测点点距为 1m,少数为 0.5m。在所采集的 14 条测线的地质雷达图像上,有 8 条剖面反映出明显的岩溶异常特征。在图 1a 中,无岩溶的测点上即无明显反射特征,而在岩溶上方的测点上则反射强烈,如在 23~28 号测点间的 12~17m、20~23m、25~28m 深处,出现连续的 3 个局部强反射区,且波形同向轴连续性好,顶部波轴呈

拱形,为岩溶引起的异常反映,与附近钻探揭示的本区岩溶呈串珠状垂向连续分布的特点一致。其解释结果见图 1b。

图 2 为 H5 线的地质雷达图像及解释结果。其中岩溶特征十分明显,稍加处理即可给出岩溶分布剖面。

根据测线交叉的位置及岩溶的分布特征、深度等,对有异常反映的 8 条测线进行综合解释。图 3 为测区岩溶分布图,在这 30m、10m 的小小区域内,就发现 3 处岩溶,而每个

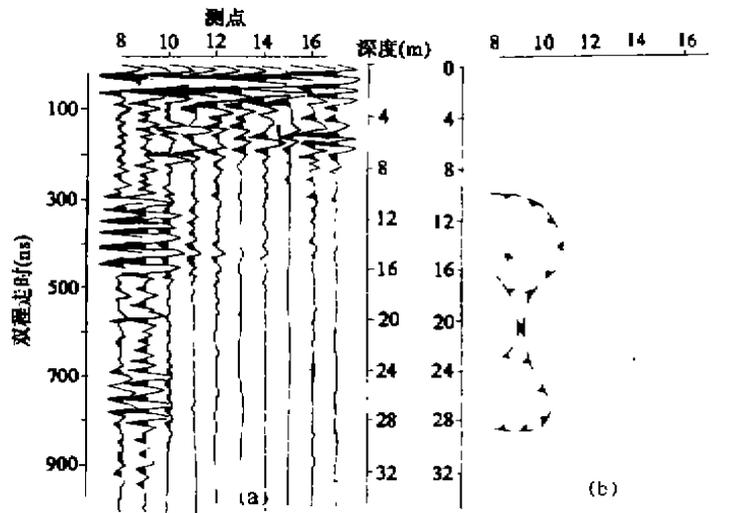


图2 H5线地质雷达图像(a)及岩溶分布剖面图(b)

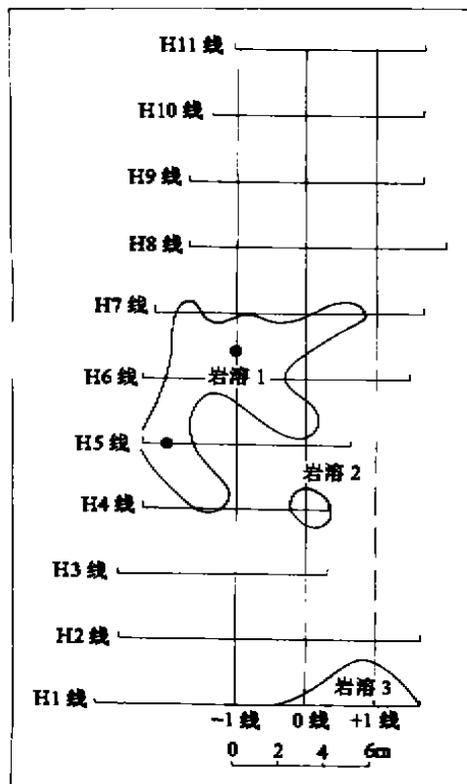


图3 朱家嘴工地岩溶分布图

1—岩溶;2—建议验证孔位

岩溶都由上下数个溶洞组成,足以说该区岩

溶十分发育,在巷道施工中要严加注意。据最近施工单位验证,在朱家嘴圈定的1号岩溶溶洞范围内,2个钻孔灌注混凝土砂浆72t才注满。

分析此次工作结果,我们认为选用1m的点距勘测,对发现直径大于1m的溶洞是有效的,但对连接上下岩溶的通道特征就很难反映,所以测点尚应加密,最好选用0.3~0.5m的点距,可使更小些的岩溶不易漏掉。此外,部分地质雷达图像显示浅部岩溶溶洞,具有与上覆地层贯通的趋势;如果岩溶上方与覆盖层贯通,而下方又受巷道施工的破坏,那么从下到上引起的地层松动,使地面塌陷就在所难免。工区附近约100m处发生的地面塌陷、房屋倒塌就是例证。

由于工区覆盖层有10余m厚,影响了地质雷达发射的高频电磁波的穿透深度,使本次工作的探测深度限于35m。尽管如此,在35m深度内测到的岩溶溶洞,已为钻探验证证实。可以预见,在岩溶发育地区进行地上建设之前,如果利用地质雷达配合工程地质勘察,避免溶洞的危害,也将是很有前途的技术手段。

### Prospecting for Subterranean Karst by Geological Radar

Wang Chuanlei Qi Mingsong

Prospecting for Karst caves in Zhujiazui tunnel is attempted by geological radar. The technique shows successful and economically reasonable in prospecting for Karst caves at superterranean and subterranean construction.