

多波勘探技术在地下隐蔽物 探测中的应用

王超凡 付茂朝 邹桂高 刘金光

(中航勘察设计研究院,北京 100086)

【摘要】 近年来,多波勘探技术已广泛地应用到工程地质的各个领域,它以其快速有效及低廉的工作成本,受到广大工程地质人员的欢迎。在中关村地下粮库和人防工程探测中,采用了高密度地震影像法和多道瞬态瑞雷波法,取得了良好的应用效果,为地下隐蔽物的探测提供了一种新的方案。

【关键词】 多波勘探;隐蔽物探测;瑞雷波

【中图分类号】 P631.429

Application of Multi-wave Exploration Technology in Underground Covered Object Detection

【Abstract】 Multi-wave exploration technology is widely used in engineering geological field and is accepted by most engineering personnel. In applications of an underground grain depot and civil air defense, high-density seismic image and multi-channel transient R wave exploration are adopted. Good result is obtained and a new resolution for exploring covered object detection is given.

【Key words】 multi-wave exploration; covered object detection; Rayleigh wave

0 引言

我国城市地区以前多建有地下人防工程,由于当时条件的限制,一般都没有详细的图形资料,而且由于地面环境的改变,很难确定其准确位置。在这种情况下,如果要在地面进行规划设计,就必须解决这些地下建筑物的探测问题。在中关村地下粮库和人防工程探测中,中航勘察设计研究院工程测试中心采用了高密度地震影像法和多道瞬态瑞雷波法相结合的多波勘探技术,取得了良好的应用效果,不但为地下建筑物的探测提供了一种新的方案,同时对其它地下隐蔽物如岩溶洞穴、矿山采空区等的探测具有一定的借鉴意义。

1 高密度地震影像法

高密度地震影像法是浅层反射波法吸收

地质雷达方法的优点后产生的一种新的物探方法,它采用小偏移距和等偏移距,单点激发,单点接收或多点接收,经实时数据处理,以大屏幕密集显示波阻抗界面的方法形成彩色数字剖面,再现地下结构形态。

在地震勘探中,反射波法为了避免先于反射波到达的直达波、横波、地滚波、声波和折射波等的干扰,需选择足够大的偏移距。而在浅层和超浅层探测时,偏移距过大,则可能形成宽角反射,并带来一系列难题,偏移距小则难以避开上述干扰。在场地狭小处也难以布置水平叠加排列系统。地质雷达、水声法等通常采用小偏移距的发射-接收系统,避开先于反射波到达的各种干扰波^[1]。高密度地震影像法是仿照这些方法,采用小偏移距系统,并充分

利用所能接收到的各种波携带的地下信息,达到重现地下结构的目的。

2 多道瞬态瑞雷波法

弹性波在到达波阻抗不同的介质界面时,会产生反射、折射,同时产生界面波。沿自由表面传播的波被称为表面波,在表面波中存在两种不同类型的波:瑞雷波和拉夫波。在传统的地震勘探中,表面波作为一种强干扰波被想方设法消除。而实际上,瑞雷面波占总输入能量的2/3,且衰减慢,携带足够多的地下信息^[2]。

在匀质半空间中,瑞雷波波速 v_R 可近似地表达为:

$$v_R = \frac{0.862 + 1.14\mu}{1 + \mu} v_s \quad (1)$$

且 v_R 与振动频率 f (或 ω) 无关,即具有非频散性。成层半空间中,由于各层的弹性性质不一样,P 和 SV 波在分界面多次反射及干涉也将产生一种广义瑞雷波,但不同于半空间中的普通瑞雷波,这种广义瑞雷波是频散的,即相速度 c 的大小与振动频率 f 有关^[3]。

瑞雷波传播的波阵面为一个圆柱体,传播深度约为一个波长,因此同一波长的瑞雷波传播特性反映了地质体水平方向的变化情况,不同波长的瑞雷波传播特性则反映了不同深度地质体的变化情况。在瞬态瑞雷波勘探中,可以利用傅氏变换将时间记录转换为频域记录,对于频率为 f_i 的频率分量,用互谱法计算相邻检波器记录的相移 $\Delta\varphi_i$,则相邻道 Δx 长度内瑞雷波的传播速度 v_{R_i} 可由式(2)计算:

$$v_{R_i} = 2\pi f_i \Delta x / \Delta\varphi_i \quad (2)$$

在满足空间采样定理的条件下,测量范围 $N\Delta x$ 内的平均波速为:

$$\bar{v}_{R_i} = 2\pi f_i \cdot N \cdot \Delta x / \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_{ij} \quad (3)$$

在同一测点对一系列频率 f_i 求取相应的 v_{R_i} 值就可以得到一条 v_R-f 曲线,即所谓的频散曲线。由:

$$\lambda_R = v_R / f \quad (4)$$

可将 v_R-f 曲线转换为 $v_R-\lambda_R$ 曲线, $v_R-\lambda_R$ 曲线的变化就反映了该点介质深度上的变化。

沿测线不同点的 $v_R-\lambda_R$ 曲线反映了沿剖面方向上的介质变化特征^[4]。

不同波长的瑞雷波反映了不同深度的介质特性,由式(4)可知,波长 λ_R 是瑞雷波速度 v_R 和频率 f 的函数, λ_R 与 v_R 成正比,与 f 成反比。对某一测区而言, v_R 与采集方式和参数无关,只与介质特性有关,它的频率特性同地球介质的不均匀性有关,数值上接近剪切波速度。

3 现场探测

为了大致了解待测目标物的范围,现场工作开始时,首先布置了3条高密度地震影像试验测线,用于确定现场工作参数及地下粮库和人防的大致位置。正式探测工作共布置高密度地震影像测线14条(见图1),使用SWS-2型工程勘探与检测仪进行采集接收,锤击激发地震波。通过大量的偏移距与道间距试验,最后选定道间距为0.5m,采样间隔0.25ms,采样长度1024点。

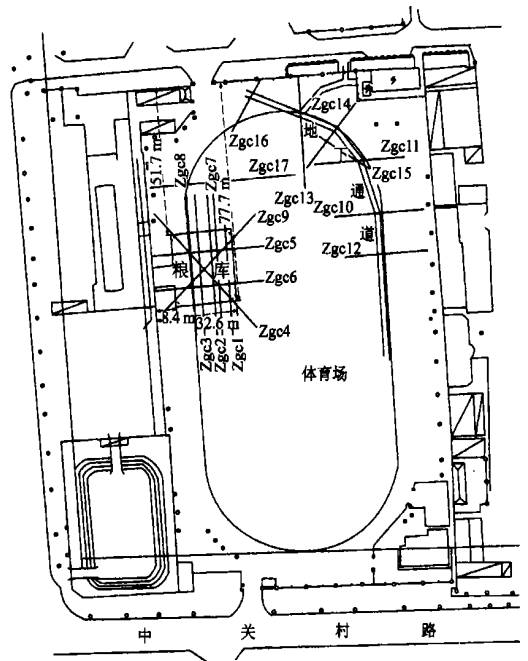


图1 测线布置和探测成果示意图

测线4~9位于测区中部,目的是确定地下粮库的具体位置;测线10~16沿测区边缘布设,用于确定人防工程地下通道的具体位

置;测线 17 用于确定粮库北侧(距粮库中心 30 m)是否存在地下建筑物。根据场地条件和探测目标物范围,测线最长 58 m,最短 20 m。

另外布置瞬态瑞雷波地震测线 1 条,测线位于粮库的正上方,目的是确定粮库的顶面和底板埋深。测线采用 12 道排列,道间距 1 m,偏移距 1 m,采样间隔 0.5 ms,采样长度 1 024 点。

4 探测结果

本次探测首先由试验测线和已知资料确定了地下粮库中心在地表的位置,然后在粮库

的正上方布置了 6 条高密度地震影像测线和 1 条瑞雷波地震测线,处理后得到的 6 条地震影像剖面 and 瑞雷波探测剖面清楚地揭示了地下粮库的顶板埋深和平面位置,经解析判定,地下粮库椭圆状旋梯盖板埋深约为 0.4 m,球状顶板弧顶埋深约为 1.5 m。图 2 是一个典型的地震影像剖面及对应的粮库断面。图中可以看出,探测结果与地下粮库的对应位置十分吻合。粮库上方瑞雷波实测频散曲线见图 3,可知粮库顶板和底板埋深分别为 1.52 m 和 9.80 m。

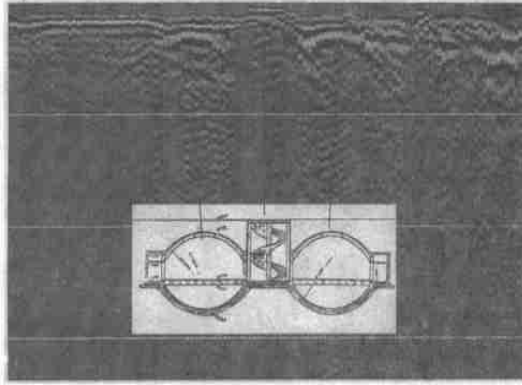


图 2 典型的地震映像剖面及对应的粮库断面图

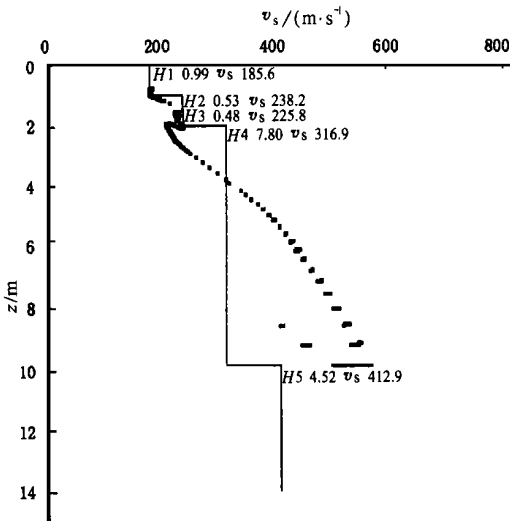


图 3 粮库上方瑞雷波实测频散曲线图

测线 10~16 确定了人防工程地下通道的位置。另外,根据测线 17 的探测结果推断,粮库北

侧没有其它地下建筑物。探测结果见图 1。

5 结论

从地下粮库和人防工程的探测可知,只要偏移距等参数设置合理,利用多波勘探技术进行地下隐蔽物的探测,在某些特定的地质条件下,能够取得不逊色于地质雷达的效果。

参 考 文 献

- 1 钟世航. 陆地声纳法及其应用效果. 物探与化探, 1997, 21(3): 172~179
- 2 赵鸿儒, 郭铁栓. 工程多波地震勘探. 北京: 地震出版社, 1996. 13~85
- 3 吴世明. 土介质中的波. 北京: 科学出版社, 1997. 135~215
- 4 崔占荣, 张世洪, 张俊喻. 瞬态瑞雷波勘探中一些问题的讨论. 物探与化探, 1995, 19(5): 369~378

收稿日期: 2000-12-18