

瑞利波勘探技术在水库勘察中的应用

杨勤海, 李洪涛, 吴悦

(中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所, 河北 保定 071051)

摘要: 结合工程实例, 介绍瑞雷波勘探技术在石门水库勘察中的应用

关键词: 水库; 坝址勘察; 瑞利波

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2004)01-0082-03

近几年来, 在岩土工程勘察中, 瑞利波勘探引起工程地质界广泛的兴趣, 其原因在于工程勘察中传统的原位测试需要对场地钻孔, 耗时多而且成本高, 而瑞利波勘探能较为快速、经济地对场地进行分层, 并给出每层的剪切波速度。传统的地震勘探方法是以激发测量纵波为主, 瑞利波作为干扰波而被忽略, 事实上瑞利波传播过程中的波场特征包含着丰富的地下信息, 通过人工激发、记录瑞利波并做适当的处理与地质解释, 可解决地下浅部工程地质问题。涞源县拟建石门水库坝址地形坡度起伏较大, 地表地层松散、砂卵石分布、钻探工作难以开展, 瑞利波勘探技术在确定地表一定深度范围内第四系地层的分布规律和近山前地区浅部基岩埋深的工程勘察中可发挥作用。

1 拟建水库地质概况

拟建石门水库位于涞源县县城东约 2~3 km 处, 处于涞源县盆地的底部, 地势西高东低, 坡度为 6.2‰, 三面环山, 库区南北两侧为低缓的垄岗丘陵地貌, 拟建库区东西长 2 km, 南北宽 1.5 km。拒马河水自西向东在拟建水库坝址的石门峡口处流出库外, 峡口处仅宽 120 m, 两侧肩体较陡。河道宽度约 100~200 m, 河床较平坦, 河漫滩为平坦开阔荒地、人工林地和农田, 并有泉水出露。拒马河河谷与河漫滩主要由第四系冲洪积沉积物组成。在河谷南北两侧为 Q₄、Q₃ 的垄岗丘陵黄土状土和坡残积红粘土, 分布较广。在石门峡口处南北两侧出露有震旦系高于庄组的夹燧石条带白云岩, 出露的基岩岩层倾向较缓, 一般在 7°~12°之间, 个别地段较陡, 地层倾向为南西向, 倾向来水方向。

2 工区地球物理特征与工作方法

工区出露的为第四系全新世砂、砾、卵石和杂粘土层, 厚度一般在 12~20 m, 据前人钻探勘察结果显示, 在不同地方不同深度内有厚度不等的混有砾石的杂粘土, 卵砾石层承载力标准值: 500 kPa, 该层纵波速度一般为 800~1 100 m/s, 横波速度为 150~200 m/s。在近基岩层位发育有第三系的红粘土或粉质粘土, 褐红色, 粘性大, 较干硬, 密实质纯, 塑性指数一般在 11~18 之间, 该层纵波速度一般为 1 600~2 500 m/s, 横波速度为 220~300 m/s。底部基岩主要为震旦系灰岩和白云岩, 未发现有岩溶、裂隙发育, 渗透性等级为中等。风化基岩(白云质灰岩)承载力标准值: 1 000 kPa。纵波速度一般为 2 500~5 000 m/s, 横波速度为 300~500 m/s。基岩(微风化白云质灰岩)承载力标准值: 3 000 kPa, 纵波速度一般 > 5 500 m/s, 横波速度为 500~1 800 m/s。

瑞利波法是一种利用瑞利波的运动学特征和动力学特征, 进行工程地质勘察的地球物理勘探方法。在地面上竖向激振时, 会在表层附近产生瑞利波。而瑞利波有 3 个与工程地质勘察有关的重要特征: ①在层状介质中, 瑞利波具有频散特性; ②瑞利波的波长不同, 穿透深度也不同。③瑞利波的传播速度与介质的物理力学性质密切相关。

为全面了解水库坝址的地质情况, 野外勘探在拟建坝址沿中轴线位置布置一条近南北向剖面, 同时在中轴线上、下游等间距 20 m 处各平行布置一条剖面线, 重点了解坝址基础的地质情况。

瑞利波的勘探效果与工作中选取的参数、野外

工作经验有很大关系。现场数据采集采用纵排列接收瑞利波。首先做现场试验,根据场地情况,选取合适的工作参数,如偏移距、道间距、记录长度及采样间隔等。在本次勘探工作中采用偏移距 10 m、道间距 1 m、点距 5 m、采样间隔 0.5 ms、采样点数 1 024。工区部分地表条件复杂,在个别点勘探时为达到最佳效果,采集是从零偏移距开始,逐渐加大至合适的偏移距。工作量相应增加较多。

瑞利波的勘探效果也与激发能量和频率密切相关,要求单次激振有较宽的频谱范围和一定的能量。经野外反复试验,震源采用 63.5 kg 标贯重锤,由人工用三角架、倒链吊起,距离地表 2~3 m 高处落下震击地表。接收采用了 4 Hz 检波器接收,采集道数 12 道,全通滤波方式,效果较佳。

4 资料处理与成果分析

4.1 资料处理

瑞利波资料的处理使用的是 SWS-1 型多功能面波仪随机携带的 FKSWSA 处理软件。对于采集的单张瑞利波记录,首先在其时间-空间域(即 $t-x$ 域)内拾取瑞利波成分,通过傅立叶变换将其转到频率-数域(即 $f-k$ 域)中,在 $f-k$ 域中拾取瑞利波,滤除其它干扰波的频率成分,完成瑞利波的 2 次提取,由此计算得出瑞利波的频散曲线。利用 FKSWSA 处理软件做正演计算,得出理论频散曲线和实测频散曲线拟合,使两者曲线有最佳的拟合系数,由此获得准确的单张瑞利波成果图,即速度-深度(v_R-h)曲线(图 1),根据 v_R-h 曲线的特征即可对地下地层界面的深度作出判断。

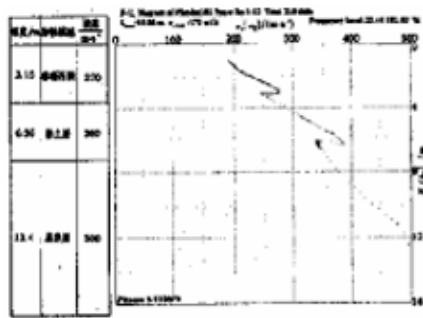


图 1 瑞利波频散曲线

4.2 成果分析

根据实测频散曲线的变化规律(斜率、拐点等特征)进行地层的划分。主要参照地层速度参数,将各个瑞利波点横波速度相近的划分为同一层,连成剖面。瑞利波勘探是按波速的变化来划分地层的,或者说是

按土的物理力学性质划分的,不同于钻探按土的地质成因、颗粒级配及塑性指数来划分地层。当不同的地层波速有足够的差异时,波速的分层和钻探分层是一致的。而当相邻层的波速差异很小,瑞利波就无法将其分开,只能作为一层来解释。依据瑞利波勘探线上的各个单点瑞利波频散曲线图资料,按照横波速度变化规律勾勒出该测线的物性速度界面,再与区域地质资料做进一步分析、比较,构绘成地质推断解释成果图(图 2)。成果图清晰地表明了上覆第四系地层的分层、层厚和空间分布形态,直观反映了覆盖层的分层变化和下部基岩的埋深情况。由地质解释成果图可见拟建石门水库坝址的河床地层可分 3 层,由上至下依次为:表层为砂砾石层,层厚平均约 3 m,该层面波速度为 180~300 m/s。中部为粘土层,层厚平均约为 10 m,面波速度为 250~400 m/s。下部为基岩层,面波速度为 350~800 m/s,其埋深起伏不均,由地形表面到强风化基岩面深度约为 10~15 m,最深处可达 18 m。

本次坝址勘察中所用的物探方法为设计部门提供了可靠、翔实的物探基础资料和依据,且在后期的详勘工程中得到了验证。

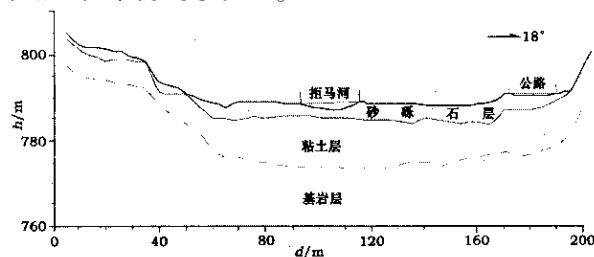


图 2 石门水库坝址中轴线瑞利波勘探地质解释剖面

5 结论

(1)通过对石门水库坝址的瑞利波勘探表明,瑞利波勘探技术解决地表第四系松散层一定深度范围内的分层、分层厚度及空间分布形态问题是十分有效的。

(2)通过大量的工作和对比试验,野外数据采集仪器的参数设置至关重要,直接影响到数据的质量。

(3)瑞利波勘探在一定深度范围内反映的地层分层较之浅层高分辨率地震法更精准,且不受下部各地层速度关系的影响,如折射法要求下伏地层速度大于上覆层速度,反射波法要求各层具有较大波阻抗差异。

(4)瑞利波勘探技术是一种快速、经济、有效的方法,特别是在地表地层砂卵砾石分布、地层松散,钻探工作难以进行的情况下,具有钻探无法比拟的优点。

参考文献:

[1] 杨成林. 瑞雷波勘探[M]. 北京:地质出版社,1993.

1994

[3] 王振东浅层地震勘探应用技术[M]. 北京:地质出版社,1988.

[2] 林宗元. 岩土工程试验手册[M]. 辽宁:辽宁科学技术出版社,

THE APPLICATION OF THE RAYLEIGH WAVE EXPLORATION TECHNIQUE TO THE RESERVOIR INVESTIGATION

YANG Qin-hai, LI Hong-tao, WU Yue

(Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Techniques, China Geological Survey, Baoding 071051, China)

Abstract: This paper deals with the application of the Rayleigh wave technique to reservoir survey with the Shimen reservoir as a case study example.

Key words: Rayleigh wave; reservoir; exploration

作者简介: 杨勤海(1972-),男,汉族,陕西省三原县人,1995年毕业于河北地质学院勘查地球物理专业,现任中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所物探勘查技术研究部工程师,主要从事工程物探技术的开发研究与应用工作,发表论文数篇。

“区域生态地球化学评价测试方法研讨会”会议纪要

目前广泛开展的农业地质调查工作,逐步由多目标区域地球化学调查阶段进入区域性或局部性生态地球化学评价阶段,样品测试对象也将由单介质(土壤)转向多介质(岩石、土壤、水、大气及生物等),测试内容由全量分析转向分量分析,即形态分析。调查阶段的全量分析已经有了一套比较成熟的做法,在评价阶段则还比较缺乏,迫切需要在这方面有一个可以遵循的方案。

受中国地质调查局基础部委托,由区域性地球化学样品测试质量专家检查组组织,于2003年12月22~25日,在山东威海市召开“区域生态地球化学评价测试方法研讨会”,主要针对区域生态地球化学评价工作中的形态分析问题进行了研讨。

研讨会由叶家喩主持,先后听取了“区域生态地球化学评价有机结合态元素分析方法及质量控制要求”(刘忠)、“区域生态地球化学评价有效态和元素浸提性分析质量要求及检查办法”(李锡坤)、“生物样品分析质量要求及检查办法”(叶家喩)、“关于测试元素检出限问题”(杨乐山)及“元素价态及有机污染物分析质量要求及检查办法”(熊采华)等报告。会议代表在上述报告基础上针对各类介质有关有效态、水溶态、可交换态、有机结合态、碳酸盐结合态、铁锰结合态等测试条件选择、方法技术、操作规程、精度、准确度及质量监控要求等方面进行了认真的讨论。会议要求区域性地球化学样品测试质量专家检查组根据讨论结果,修改、补充和完善区域生态地球化学评价测试方法技术及有关质量要求,形成“区域生态地球化学评价形态分析指南”。中国地质调查局基础部奚小环处长对会议进行了总结。

参加会议代表由从事这方面工作的测试专家和勘查地球化学专家共同组成,主要来自吉林、辽宁、黑龙江、内蒙古、新疆、山西、河北、山东、安徽、浙江、江西、湖北、河南、四川、江苏、海南、湖南、福建等省区中心实验室,以及地质科学院物探所、测试所和中国地质大学等单位,共计48名代表。

(姚岚供稿)