

# 正义峡输水干渠综合物探勘察

王孝起,刘康和

(水利部天津水利水电勘测设计研究院,天津 300222)

**摘要:**在正义峡输水干渠勘察中,采用地质雷达、地震勘探(反射、折射、小地震、钻孔剪切波测试)等综合物探方法,基本查清了工程区岩性分层及其厚度,并测定了水工建筑地基基础的动弹性参数,取得了良好的应用效果。

**关键词:**输水渠;综合物探;地质雷达;地震勘探;钻孔剪切波测试

**中图分类号:**TV672;P631

**文献标识码:**B

**文章编号:**1006-7647(2001)07-0162-02

正义峡输水干渠地处甘肃省酒泉地区金塔县境内,输水干渠自大墩门引水枢纽(渠首)取水,经金塔县芨芨乡、鼎新镇和双城子乡以及东风场区的荒漠、戈壁滩,向内蒙古自治区额济纳旗平原供水,线路全长约96 km,设计流量 $55\text{ m}^3/\text{s}$ ,加大流量 $60\text{ m}^3/\text{s}$ ,渠道设计纵坡 $1/1000\sim 1/2000$ ,边坡 $1:1.75$ ,底宽 $3\sim 6\text{ m}$ ,设计水深 $2.27\sim 3.28\text{ m}$ ,设计流速 $1.92\sim 2.43\text{ m/s}$ ,一般为明挖梯形混凝土衬砌断面。

## 1 地质简况及地球物理特征

渠基多由第四系中、上更新统冲洪积松散堆积物组成,岩性为含砾砂、砂、含砾砂壤土、壤土、粘土等。测区内各岩层的沉积环境及其空间变化较大,加之部分测区为线路勘探,致使测区内各岩层的地球物理特征复杂,各岩层的物理性能参数见表1。

由表1知,含砾中粗砂与含砾砂岩(基岩)具有较大的弹性差异,具备地震勘探的物理前提;表层干燥含砾砂与下部潮湿含砾砂的波速、介电常数具有一定的差异,可用地震勘探和地质雷达探测,但上游段含砾砂层中的夹层(粉质壤土)厚度太薄,且为中间层展布,在地震曲线上反映不明显,难以准确划分;同时地表含砾砂层非常干燥,导致接地电阻很

大,不利于电法工作的开展。

## 2 资料整理与成果分析

### 2.1 地震勘探

**a. 地震法.**首先进行波形对比分析,读取各道初至时间,然后绘制相遇时距曲线并求解 $\theta(x)$ 曲线,进而计算波速、动弹性模量等参数。

**b. 初至地震折射法.**首先对初至折射波分析,读取各道初至时间,然后绘制相遇时距曲线并求解 $t_0(x)$ 和 $\theta(x)$ 曲线,用交点法求表层的有效速度,由 $\theta(x)$ 曲线求界面速度,最后用 $t_0$ 法构制折射界面。

**c. 浅层地震反射法.**采用美国EAVESDROPPER软件进行室内资料解释,处理过程为:数据输入→格式转换→剔除坏道→动平衡→带通滤波→初至切除→条带切除→抽道集→常速度扫描→正常时差校正→叠加→时间剖面,速度参数由速度分析、速度扫描和正演拟合等方法求取。

**d. 钻孔剪切波测试.**首先进行正反向剪切波波

表1 岩层物理性能参数

| 测试地点 | 岩性         | 电阻率<br>$\rho/(\Omega\cdot\text{m})$ | 纵波速度<br>$v_p/(\text{km}\cdot\text{s}^{-1})$ | 雷达波速<br>$v_r/(\text{m}\cdot\text{ns}^{-1})$ | 相对介电常数 | 备注   |
|------|------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|------|
| 引水枢纽 | 砂砾岩等       |                                     | 1.0~2.0                                     |                                             |        | 露头干燥 |
| 上游段  | 表层含砾砂      | 300~500                             | 0.4~0.6                                     | 0.08~0.12                                   | 6~14   | 干燥   |
|      | 下部含砾砂夹粉质壤土 | 70~150                              | 1.3~1.5                                     | 0.06~0.09                                   | 11~25  | 潮湿   |
| 出口段  | 含砾中粗砂      |                                     | 0.4~0.6                                     |                                             |        | 表层   |
|      | 含砾砂岩等      |                                     | 1.5~2.1                                     |                                             |        | 下部基岩 |

作者简介:王孝起(1955—),男,河南开封人,工程师,主要从事工程物探应用与研究工作。

## 2.2 地质雷达

由野外实测所获得的雷达剖面,经室内滤波处理、平衡处理等获得剖面图,然后根据各岩(土)层的雷达波速经验值来计算其深度,再与钻(坑)探资料对比划分岩层。

## 3 成果分析

### 3.1 大墩门引水枢纽

在枢纽左岸基岩露头共布置 4 个小地震排列,累计测试长度 54 m。测试成果见表 2。

表 2 不同岩性岩体动弹性参数

| 岩性  | 实测长度/m | 纵波速度/(m·s <sup>-1</sup> ) |       | 动弹性模量/GPa |       |
|-----|--------|---------------------------|-------|-----------|-------|
|     |        | 范围值                       | 加权平均值 | 范围值       | 加权平均值 |
| 砾岩  | 21     | 960~2000                  | 1250  | 1.03~7.51 | 2.75  |
| 砂岩  | 24     | 700~2000                  | 1275  | 0.46~6.41 | 2.50  |
| 砂砾岩 | 8      | 800~1300                  | 1025  | 0.47~2.31 | 1.31  |
| 泥岩  | 1      |                           | 700   |           | 0.33  |

由表 2 可知:该处岩体波速在 700~2000 m/s 之间变化,多数为 1000~1500 m/s;动弹性模量在 0.33~7.51 GPa 之间变化,多数为 1.23~4.00 GPa,可见岩体质量属于差的一类。就所测试的岩体而言,动弹性参数随岩性的变化亦有差异,并具有一定的规律性,其参数由高到低的顺序为:砾岩、砂岩—砂砾岩—泥岩,推而论之即为该处不同岩性岩体的相对优劣顺序。

### 3.2 输水干渠上游段

上游段为第四系中、上更新统冲洪积含砾中细砂、含砾中粗砂,中部夹有薄层粉质壤土。

上部地层为含砾中细砂、含砾中粗砂,干燥、较松散,层厚 3.0~5.3 m,平均 4.0 m,波速  $v_p = 400 \sim 600$  m/s。

中部地层为薄层粉质壤土,由地质雷达剖面分析可知:该层厚度 1 m 左右,埋深约 5 m,分布较稳定。层内土质密实、粘粒含量高,且相对潮湿,使得地震波速度较高,其波速  $v_p = 1300 \sim 1500$  m/s。此层在雷达剖面上表现清晰并连续分布,而在地震曲线上与下部地层表现为同一层。

下部地层为含砾中细砂、含砾中粗砂等,埋深约 6~7 m,层厚大于 14 m,密实且湿度相对较大,地震波速度较高,其波速  $v_p = 1300 \sim 1500$  m/s。

### 3.3 输水干渠出口段

上部为第四系中、上更新统冲洪积中细砂、中粗砂;下伏基岩为第四系下更新统半胶结含砾砂岩、砂岩、泥岩等。

表层中细砂、中粗砂,干燥、较松散,层厚为 2~8 m,一般为 4.0~6.5 m(横测线最厚为 10.6 m),且沿

渠道中心线由小桩号至大桩号覆盖层厚度逐渐变薄(8~2 m),地震波速  $v_p = 400 \sim 600$  m/s。

下伏基岩为半胶结含砾砂岩、砂岩等,埋深一般 4~6.5 m,最深为 10 m。厚度大于 20 m,地震波速较高,其  $v_p = 1500 \sim 2100$  m/s。

尤其要说明的是横测线第 91+552—10~91+552—13 点之间约 450 m 范围内基岩面相对凹槽较明显,上部覆盖层厚度最大,可达 10 m 左右,可能为黑河古河床。

### 3.4 沿渠线剪切波测试

沿渠线实施剪切波测试的钻孔共 17 个,所测钻孔均分布于渠道中心线上。测试对象均为第四系中、上更新统冲洪积松散堆积物,其岩性主要为中细砂或含砾中细砂,其次为含砾粗砂等;层间夹有薄层砂砾石、砂壤土、粉质壤土等。从实测结果来看具有以下规律:地表以下地层随深度的增加其剪切波速和动剪切模量等动弹性参数逐渐增大。在测试深度内具体可划分为三个速度带,即深度 0~5 m 范围内地层剪切波速一般为 190~240 m/s,动剪切模量一般为 0.057~0.096 GPa;深度 5~10 m 范围内地层剪切波速一般为 250~300 m/s,动剪切模量一般为 0.103~0.143 GPa;深度 10~15 m 范围内中细砂、中粗砂层的剪切波速一般为 300~450 m/s,动剪切模量一般为 0.143~0.320 GPa。

按照 GBJ11-89《建筑抗震设计规范》规定,该输水干渠渠基深度 0~5 m 范围内地层(含砾砂、砂等)属于中软场地土;深度 5~10 m 范围内地层(含砾砂、砂等)属于中硬场地土;深度 10~15 m 范围内第四系中细砂、中粗砂地层也属于中硬场地土。

## 4 结 语

正义峡输水干渠的物探工作,根据测区地形、地质及地球物理条件,采用地质雷达和地震勘探等综合物探方法,并结合地质单元的变化,采取了相应的技术措施。同时物探资料解释过程中对比了相应钻孔和坑探资料,又与地质分析紧密结合,因而提高了物探成果的解释精度,基本查清了工程区地层岩性及其厚度,并测定了水工建筑地基基础的动弹性参数,取得了良好的应用效果。

(收稿日期:2001-06-25 编辑:熊水斌)

