

弹性波技术在探测塔里木河下游地下水位中的应用

李宏,赵忠贤,王新生

(新疆建设兵团 勘测规划设计研究院,新疆 石河子 832000)

摘要: 保护塔里木河下游生态环境是塔里木河综合治理工程的重要目标。由于塔里木河下游地区人烟稀少、气候干燥、自然环境差,因而试验研究一种方便快捷的方法探测本地区地下水位就显得尤其重要。介绍了使用 SWS-3 型工程勘探与工程检测仪在塔里木河下游地区探测地下水位的应用效果,并阐明了塔里木河下游地区潜水位面的变化规律。

关键词: 潜水面; 折射波法; 瞬态面波法; 非饱和含水层; 饱和含水层

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2005)04-0319-04

塔里木河(简称塔河)是我国最长的内陆河流,也是塔克拉玛干沙漠中的一条绿色走廊,沿河流域曾生长着茂盛的胡杨、红柳等植被,还时常有马鹿、野猪等多种野生动物出没。建国以来,流域中上游地区不断开垦土地,用水需求加大,修筑了上百座的水利工程,截蓄引用了大量的塔河河水,以至下游地区已断流近 30 年,造成了大面积的胡杨、红柳等植被枯死,沙漠化严重,自然条件日趋恶化。为恢复绿色走廊植被,保护塔河下游的生态环境,对塔河流域的综合治理已全面展开,而调查了解塔河下游地区的潜水面状况是其中一项重要工作。

2003 年中,我们与南京水科院共同承担了“内陆河平原地下水潜水面调查研究”的国家科技攻关专题研究项目,其主要目的是以塔河下游河道两岸地区为典型研究区,试验评价 SWS-3 型面波仪对地下水位的探测效果,在确保精度满足要求的前提下,开展面积性勘探,查明研究区内地下水位的埋藏规律。

研究区地处新疆尉犁县东南约 170 km,其范围北起大西海子水库东南约 15 km,南至喀尔达依,基本以塔河下游支流其文阔尔河(简称其河)为中心,向两侧各外延约 10 km。

1 自然地理、地质概况及地球物理特征

1.1 自然地理及地质概况

研究区位于塔里木盆地东南部,地处塔河下游

的冲洪积平原,其东为库鲁克塔格沙漠,西为塔克拉玛干沙漠。总体地势呈西北高,东南低,地形起伏不大,海拔高程 830~870 m。

该区具有典型的大陆型干旱气候,风积、风蚀作用显著。在研究区东北部及其河与塔河之间,广泛分布有长满红柳根系的岛状残丘,而研究区南部即塔河以南的大部分地区为波状沙丘,绵延不绝。

本区有 3 条 NW-SE 走向的河流。北部的纳肿河(简称纳河),是在铁干里克西北部由孔雀河分出的一个分支河汉;中部的其河,是大西海子水库二库以下,由塔河分出的 1 个分支河汉,该河原河道较窄且浅,多处已经过人工疏浚;南部为塔河老河道,河道较宽,多呈枝状分布,河床游荡,河汉众多。上述 3 条河流中,纳河为地下水回归河,在中段随着地下水位的下降河水下渗补给地下水,在下游段河水全部渗入地下,成为干涸状态。其河与塔河基本处于断流状态,近年来为恢复塔河的生态环境,每年分阶段从大西海子水库通过这 2 条河向下游输水,输水时,河水大量补给地下水,使河道两侧地下水位明显抬升。

除大西海子水库输水补给地下水外,水库入渗以及西北部耕作区的渠系水入渗和田间灌溉水入渗也是本区地下水的主要补给来源。本区年降雨量小于 50 mm,年蒸发量超过 2 500 mm,故降水对地下水的补给微乎其微。区内地下水的排泄以地面蒸发、植物蒸腾作用为主,东南部下游断面的侧向流出为次。

1.2 地球物理特征

研究区地层为粉细砂、粉土、粉质粘土互层结构,表层土一般含盐量较高,电阻率较低,与潜水含水层电性差异不明显,加之本区气候干旱、降水稀少,地表十分干燥,干燥土层厚度通常可达 1 m 以上,接地电阻极大,不具备开展电法勘探地下水位的条件。而弹性波勘探不受接地条件的制约,在本区探测地下水位有其独特的优势。鉴于研究区地质及水文地质条件,选择了折射波法和瞬态面波法开展工作。通过试验,确定折射波速度层结构类型有 2 个,即二层结构和三层结构,分述如下:

(1)二层结构:即只有 V1、V2 两个速度层。V1 层速度值一般为 200~400 m/s,对应非含水层;V2 层速度值一般为 1 300~2 000 m/s,对应饱和含水层,这种速度层结构类型主要分布在除塔河、其河近河地带之外的广大地区,其地下水位不受地表水的影响或影响较小,水位长期相对稳定。

(2)三层结构:即有 V1、V2、V3 波速层。V1 层波速值一般为 200~400 m/s,对应非含水层;V2 层波速值一般为 500~900 m/s,由于含水率不同,波速差异比较大,该层对应非饱和含水层(指含水,但未达到饱和状态);V3 层波速值一般为 1300~2 000 m/s,对应饱和含水层。这种波速层结构类型主要分布在塔河和其河两岸,由于河道正在向下游输水,河水下渗进入地层,但尚未达到饱和状态,故出现一非饱和含水层。

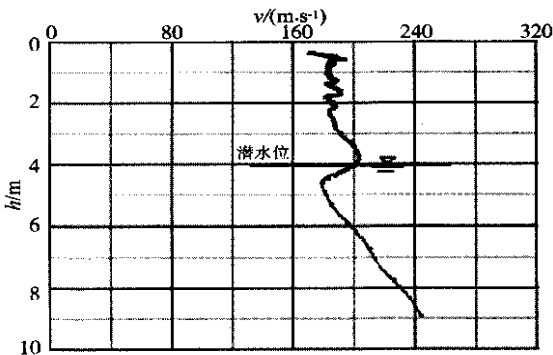


图 1 SY5 点手压井旁面波频散曲线

面波勘探主要研究的是瑞利面波,它是一种沿自由表面传播、质点在波的传播方向垂直平面内振动、振动轨迹为逆时针转动的椭圆、且振幅随深度的增加而迅速衰减的弹性波,它具有:①在分层介质中,面波具有频散特性。②面波的波长不同,其穿透深度也不同的特性。对本区而言,探测的目的层是潜水面,由于地下水的介入,地层的弹性条件会有

所改变,形成一个弹性界面,致使面波发生频散现象,因此具备一定的面波勘探条件。图 1 为已知水位点的面波频散曲线。

2 工作方法技术研究

野外实测选用北京市水电物探研究所生产的 SWS-3 型多功能面波仪,使用 18 磅大锤敲击金属板作为震源。折射波法采用相遇观测系统,道间距根据水位埋藏深度分别取 1 m 和 2 m,采样点数取 1 024,采样率取 0.25 ms;面波法偏移距为 3 m,道间距根据水位埋深分别取 0.5、1.0 m,采用排列两端激发的方式,采样率为 0.5 ms,采样点数为 1 024,记录长度为 512 ms。

为了解研究区有效波和干扰波在波形记录上的分布特征和确定最佳的工作方法技术,在 SY3 点上布置了共炮点展开排列,道距选择为 1 m,偏移距分别为 1、25、49 m 共 3 个排列,拼接成共炮点记录。由图 2 可以看出:直达波、折射波、面波同相轴非常清晰,为选择最佳工作参数提供了依据。同时从图中可以看出,规则的干扰波主要是声波,当直达波速度与声波相近时,两者干涉、叠加,使得直达波初至难以识别,会影响到折射波的解释精度。

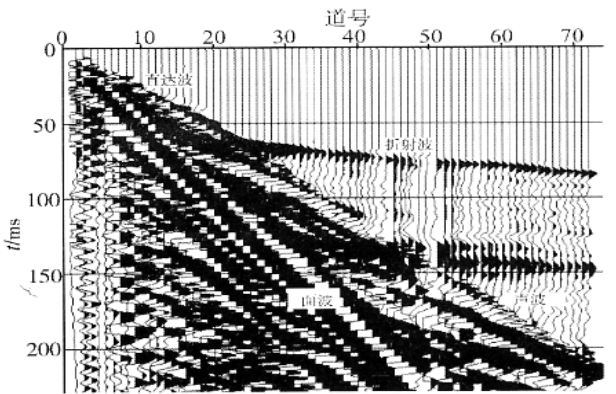


图 2 SY3 点展开排列记录

3 弹性波法对潜水面的探测效果

折射波资料的解释主要采用 t_0 差数时距曲线法,处理过程包括:初至波的识别与拾取,绘制时距曲线,做 $\theta(x)$ 、 $t_0(x)$ 曲线,界面速度与层深度的计算。对于无相遇段的折射波记录,采用 t_0 截距时间法进行解释。

面波资料的解释主要应用 CCSWSWIN 软件来进行,处理过程为:调入要处理的面波记录,在时间域确定面波窗口,在频率域拾取基阶面波,而后转入速度-长域绘制频散曲线,再根据频散曲线的拐点特征确定面波速度分层,确定层参数。

3.1 折射波法工作效果

由于水的纵波速度值在 1 460 m/s 左右,而松散的细颗粒砂土层波速一般小于 400 m/s,因此地下水的介入,使含水地层的波速明显抬升,形成良好的折射界面。本次工作共在 15 个已知水位点处开展了折射波与实测水位对比试验工作,折射波法解释水位埋深与实际揭露水位埋深对比结果见表 1。从表中可以看出:对饱和含水层来说,折射波法解释精度较高,绝对误差一般在 0.5 m 左右,最高为 0.77 m,而对于非饱和含水层来说,折射波法解释误差偏大,绝对误差一般在 1.0 m 左右,最大将近 1.5 m,原因在于非饱和含水层位于其河与塔河两岸,由于河水渗入补给的时间长短不一,地层中孔隙的充水率也不一样,甚至存在与上覆潮湿的土层波速差异不大情况,因而使得水位解释深度偏大。

表 1 折射波法解释与实际揭露水位埋深对比				
测点	揭露水位埋深/m	解释水位埋深/m	绝对误差/m	含水层类型
SY1	8.29	7.8	0.49	饱和含水层
SY2	8.90	8.7	0.20	饱和含水层
SY3	3.66	4.7	1.04	非饱和含水层
SY4	8.27	7.5	0.77	饱和含水层
17/I	3.51	3.8	0.29	饱和含水层
19/I	4.03	4.5	0.47	饱和含水层
6/IV	2.81	4.3	1.49	非饱和含水层
8/IV	5.12	5.6	0.48	饱和含水层
4/V	1.28	2.4	1.12	非饱和含水层
11 V	5.60	6.0	0.40	饱和含水层
6/VI	3.77	5.0	1.23	非饱和含水层
6/XII	4.04	5.1	1.06	非饱和含水层
7/XII	1.59	1.7	0.11	饱和含水层
4/IX	2.20	2.4	0.20	饱和含水层
6/IX	5.50	5.8	0.30	饱和含水层

3.2 面波法工作效果

本课题面波工作的目的是研究地下水位在频散曲线上的表现规律。地层中由于水的介入,往往会改变其原有的密度、硬度等物理力学特性,因而形成面波速度构层。工作中共在 16 个已知水位的测点处进行了面波试验,结果显示:有 4 个测点的水位在频散曲线上有明显的反映,占 25%;有 9 个测点的水位在频散曲线上有较弱的反映,约占 56%;有 3 个测点的水位在频散曲线上没有反映,约占 19%。从上述成果来看,大多数测点水位在频散曲线上有反映,但水位以下面波速度变化范围较大,且与上覆非含水层差异不明显,有的较上层速度增大,有的减小,规律性不强,给水位的准确判别带来困难。所以,应用面波法探测地下水位效果较差,尚需做更多的研究工作^①。

4 研究区地下水的埋藏规律

研究区内第四系含水系统较为单一,中浅部地下水类型主要以潜水为主,潜水含水层厚度较薄,约 20 m 左右,地下水流向与地表水流向基本一致。2000 年塔河向下游输水以前,受塔河、其河长期断流的影响,潜水面埋深普遍大于 8 m。2000 年以后,由大西海子水库通过塔河与其河多次阶段性向下游调水,河水大量下渗,使地下水位逐步回升(见图 3),但河流停水后,地下水位随河水的回落又缓慢下降^②。

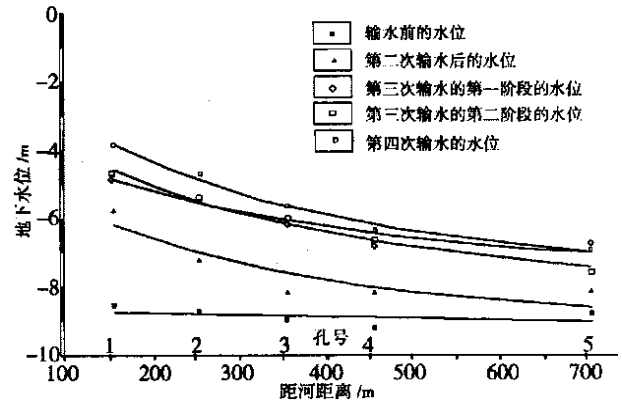


图 3 英苏断面四次输水地下水位变化曲线

(1)本区地下水的补给主要来源于其河与塔河的生态输水(见图 4),其次为大西海子水库入渗和上游田灌水的入渗补给。通过本次工作来看,塔河西南部沙漠区地下水位高于塔河北部地区,地下水总体流向为由西北向东南,但在塔河及其河附近为由河流中心向两侧径流。测区地形总体上比较平缓,地层颗粒又细,地下水径流相当滞缓,地下水的排泄主要以地表蒸发和植物蒸腾作用为主。

(2)工作区地下水位在西北部田灌区及其河、塔河两岸约 500 m 宽度内埋藏较浅(工作时正值两河输水期),一般在 0~2 m;由西北部田灌区向东南部和其河、塔河远河两侧,地下水位在逐渐变深,埋深由 2~4 m 到 4~6 m,此带宽度一般不超过 3 km。在纳河、其河、塔河的河间地带,潜水位埋深达到 8 m。

① 李宏、王新生、赵忠贤. 塔里木河下游地区水文物探研究成果报告. 2003.
② 王占和、白铭、阎峰,等. 塔里木河干流大西海子水库—台特玛湖水文地质工程地质勘察报告. 2003.

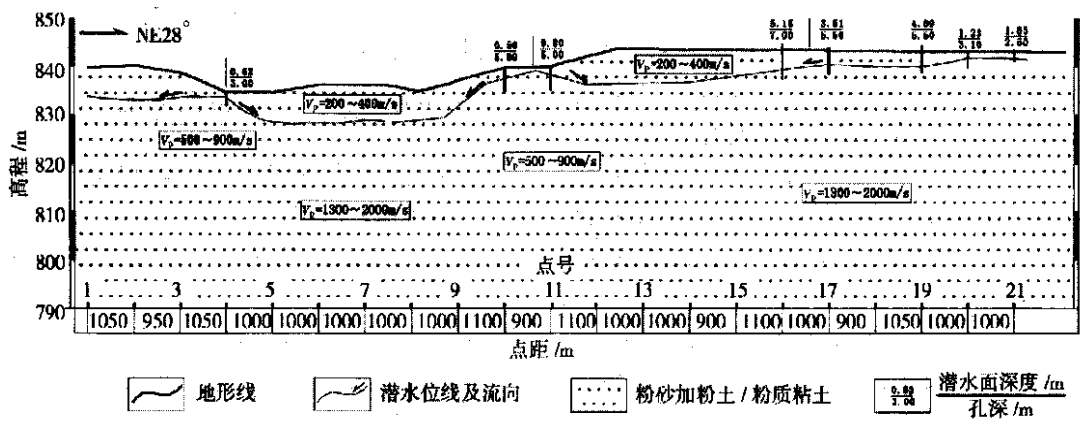


图 4 I—I'综合物性-地质剖面

5 结语

通过本次水文物探研究工作,基本查明了工作区潜水位面的现状及变化规律,同时也证实了在本区应用弹性波中的折射波法确定潜水位面具有较佳的效果,在精度上也是可以满足要求的。

本区影响物探成果精度的主要因素有:声波干扰、地表不均匀体干扰、地表微地形起伏及含水层含水率等因素,其中地层含水率的影响最大。

参考文献:

[1] 王兴泰. 工程与环境物探新技术新方法[M]. 北京:地质出版社,1996.

[2] 胡晓光. 浅层地震在不同地区进行工程地质勘察的应用特点[J]. 物探与化探,1994,18(3):161—165.

[3] 崔占荣,张世洪,张俊喻. 瞬态瑞雷波勘探中一些问题的讨论[J]. 物探与化探,1995,19(5):267—274.

[4] 刘云祯,王振东. 瞬态面波法的数据采集处理系统及其应用实例[J]. 物探与化探,1996,20(1):28—34.

THE APPLICATION OF ELASTIC WAVE TECHNIQUE TO DETECTING UNDERGROUND WATER TABLE OF LOWER TARIM RIVER VALLEY

LI Hong, ZHAO Zhong-xian, WANG Xin-sheng

(Institute of Surveying, Planning and Designing, Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi 832000, China)

Abstract: The protection of the ecological environment of lower Tarim River valley is an important objective in the integrated harnessing of the Tarim River. The lower Tarim River valley is characterized by sparse population, arid climate and bad natural environment, and hence it is especially important to work out an easy and rapid method for detecting the underground water table of this area. This paper reports the results of applying SWS-3 type engineering exploration and exploration detection instrument to detecting the underground water table of lower Tarim River valley, and describes in brief the variation regularity of the phreatic water table in lower Tarim River valley.

Key words: phreatic water table; refraction wave method; unsaturated water-bearing bed; saturated water-bearing bed

作者简介: 李宏(1968—),男,1987年毕业于河北地质学院物探系,地球物理勘探高级工程师,公开发表学术论文数篇。