

唐河水电站滑坡治理分部工程中深部位移观测的作用

张志刚

山西省水利水电勘测设计研究院有限公司 山西 太原 030024

摘要: 唐河水电站改线公路滑坡治理工程的安全监测中采用深部位移观测对产生滑坡的区域进行长期观测,其目的方面是为了检测和验证工程的施工效果,另一方面也可在工程运行期对边坡的动态稳定进行预测和预报,为保证公路、水库大坝和附近设施的安全起到指标性的作用。

关键词: 深部位移观测; 观测装备安装及计算方法; 监测分析

1 工程概况

灵丘县唐河水电站始建于2010年6月,属唐河中上游,坝址位于山西省灵丘县东河南乡韩淤地村西。根据设计方案,由于水库蓄水后将淹没大(同)~灵(丘)公路5公里长的线路,故需要对该段公路进行改线,但由于公路改线导致边坡产生了裂缝和小规模的滑塌,加之右岸有国防光缆和天然气管道等重要设施通过,所以必须对边坡进行加固处理。边坡岩体主要由古老片麻岩组成,地质历史上经历过多期强烈的构造运动,坡体内构造十分发育,因而风化作用也十分强烈。边坡表面2~3m为片麻岩全风化残积土,通常呈细砂状,且堆积较松散,因而其压缩性较高。强风化带厚度可达15~30m,强风化岩体多呈碎裂块状结构。边坡坡脚线走向近E—W向,倾向N。片麻理产状为N50~85°E/SE∠34~36°,倾向坡内,岩体中主要发育4组节理裂隙,产状分别是:①N40°W/NE∠63°;②N10°W/SW∠80°;③N80°W~N70°E/NE或NW∠65~75°;④N45°E/NW∠78°。其中第3组节理倾向与坡面近一致,是主要的潜在滑动结构面。在实施过程中为有效监测工程施工期及蓄水期边坡稳定性,采取了3项安全监测措施包括深部位移观测、锚索拉力观测、地表位移观测,此文仅对深部位移观测详细阐述^[1]。

2 深部位移观测的设备, 安装及数据分析方式

深部位移观测依据设计安排6个测斜钻孔,并在钻孔中安装了测斜管。首先在设计位置钻凿φ110mm的钻孔,在钻孔中下入φ70mm的专用PVC轨道(测斜管)。测斜孔及测斜管的原理及安装图见图1所示。

测斜管下入钻孔后,将轨道方向与滑坡主方向调整一致,并使测斜管外露约0.5m,然后在测斜管与钻孔之间缓慢地倒入细砂,将测斜管固定。

测斜孔观测采用CX3型读数仪,顺序是在钻孔中自下而上读测。测量前先将探头沿导槽缓慢放入孔底,然后

每隔0.5m读取一个倾斜电量值,并存入读数仪内。以同样的方式分东、西、南、北四个方向进行4次读测,方完成一个测斜孔的观测。

观测完成后需要将存储在读数仪中的数据传输到计算机中进行数据处理和计算。

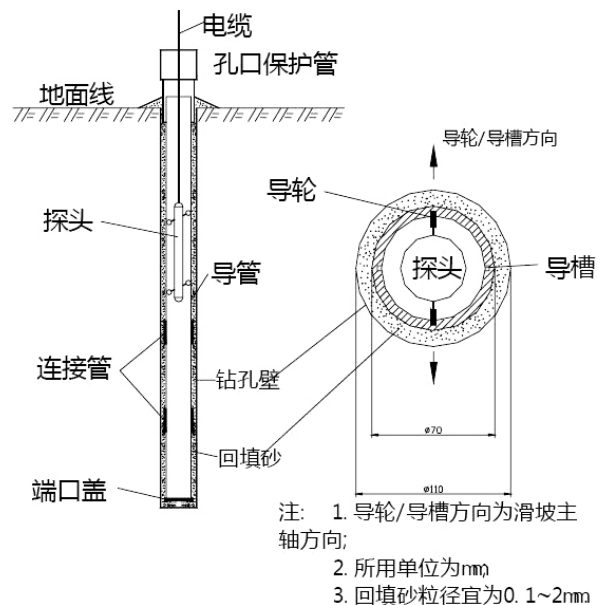


图1 测斜孔的原理及安装图

测斜仪的测量计算方法是:

从测斜孔孔底自下而上每隔0.5m读测一次读数,所读数据为传感器倾角的电量值。为了消除传感器零偏的影响,在测试时一般都采用正反两次测试,比如在东—西方向上进行测试时,可以先测试东方向上的数据,再进行西方向上的测试,两个方向的测值相减即可得到单次测量的偏斜度,计算公式为:

$$\Delta d_i = (U_1 - U_2) L / 2K$$

式中: Δd_i ——单次测量的偏移量,单位: mm;

U_1 、 U_2 ——正反两次测量的偏移量电量读数,单位 mV;

L——传感器长度，本项目使用的传感器为500mm；
K——传感器率定系数，取值25000mV。

测量时按传感器的长度自下而上依次测量，每个测点的偏移量为自下而上的累加值，计算公式为 $\Delta d_i = \sum \Delta d_i$ 。

地表位移分别观测X、Y、H三个方向的位移量，该位移量是相对远离滑坡体的测量基点的测值。计算公式采用：

$$\Delta d_i = Z_1 - Z_0$$

式中： Δd_i ——某一方向上的位移量，单位：mm；

Z₁——某一方向的实时测量值；

Z₀——某一方向的初次测量值。

深部位移观测系统由6个测斜孔组成，测斜孔依次编号为CX01~CX06。测斜孔自安装完成后即开始观测，并以前两次测量数据的平均值作为初始值，以后各次观测数据与初始值进行对比，其差值即为各测点的相对位移

量。观测时在现场将数据采集到测斜仪内存中，再传输到计算机中，然后在Excel电子表格内进行计算，计算结果为各测点的相对位移量。

数据分析时，为更直观地说明测斜孔的位移变化可以绘制两种曲线。第一种是深度——位移曲线，是以水平位移量作为横坐标、深度作为纵坐标，绘制深度方向上所有测点（间距为0.5m）的水平位移，然后将所有位移点连接起来形成的曲线，即为深度——位移曲线。这种曲线可以直观地表现钻孔深度范围内各点的水平位移情况，但这种曲线不能很好表现边坡位移的发展趋势。第二种是代表性点的位移过程线，是以观测时间作为横坐标，位移量作为纵坐标所绘制的曲线^[2]。位移过程线能够较好地表现某点位移随时间的变化过程和趋势。数据分析过程线图的制作见图2、图3。

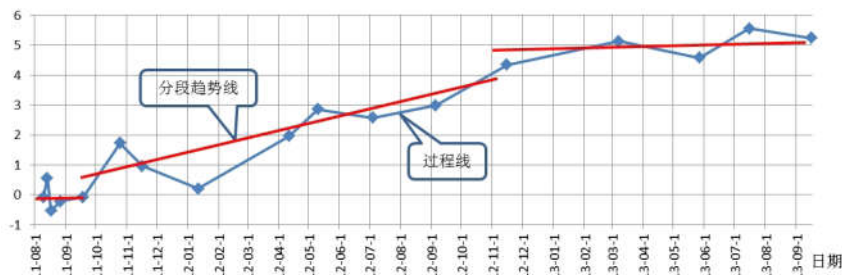


图2 CX01号测斜孔5.0m深度的点在N-S方向上的位移过程线及趋势线

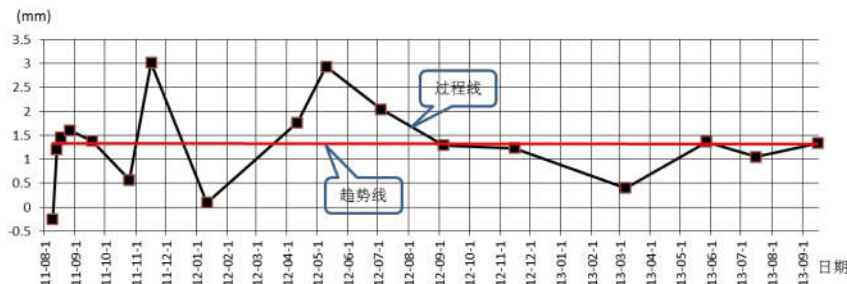


图3 CX01号测斜孔5.0m深度的点在E-W方向上的位移过程线及趋势线

3 深部位移监测量分析

因其他测斜孔与CX01号测斜孔的分析方法一致，故本篇还是就CX01号测斜孔的数据整理和分析路径详细阐述。

CX01号测斜孔位于边坡第一平台的西侧，安装时间为2011年8月7日，孔口高程1082.424m，深度15.0m，孔口高于公路路面9.0m。该位置介于32列和33列地梁、第2行和第3行锚头之间。其深部位移主要受其附近地梁及下部锚索的拉力影响。根据《施工期的监测资料分析报告》，在边坡治理工程的实施初期，锚索的预应力对边坡位移的影响是比较明显的。例如在锚索张拉前，测斜孔位移比较稳定，仅产生小幅度（最大0.9mm）的顺坡向

位移，2011年8月15日该测斜孔附近的锚索实施张拉，测斜孔随即产生了向坡内的位移，例如，至2011年9月18日6.3m深度处，位移量为向坡内0.91mm；孔口最大位移量为向坡内3.73mm。这种现象说明，在锚索张力作用下，边坡岩体受到压密而向坡内产生位移。该孔的位移曲线参见图4，图5。

但从两年来的观测数据分析，局部产生的向坡内的位移仅是一种短期的效应。从长期效应上看，该孔整体上表现为，自孔深6.0m（高程1076.4m，高于公路3.0m）以上部分逐渐产生了顺坡位移的现象。其中深度5.0m的点最具代表性，故绘制了该点的过程线，如图2所示。

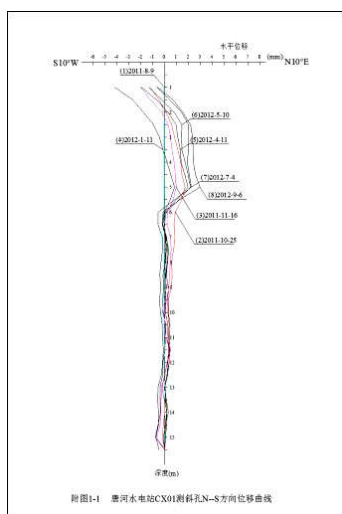


图4 位移曲线

从过程线分析,该点自2011年10月下旬开始产生顺坡向位移,至2013年9月16日,最大位移量为5.55mm。从其位移过程来分析,可将该点的位移变化过程划分为三个阶段,分别是2011年8月9日~9月18日,该阶段未产生明显的顺坡向位移,甚至产生向坡内的位移;2011年9月19日~2012年11月15日,产生明显的顺坡向位移,平均位移速率为0.25mm/月;2012年11月16日~2013年9月16日,顺坡向位移趋于缓慢,平均位移速率为0.03mm/月。因为在边坡削坡后产生小幅的顺坡向位移属于正常的应力释放现象,在受到锚索加固力的作用后又逐渐达到一种新的应力平衡状态。从这种位移的演化过程可以看出,该位置的岩体是趋于稳定的。从空间位置上分析,产生明显位移的岩体(孔口向下6.0m段)位于公路路面3.0m以上,处于边坡的坡脚部位,是边坡应力集中的部位,也是理论上最容易产生滑坡的位置。

该孔的东—西向位移曲线(图1-2)表明,该部位在东—西方向上并未产生趋势性位移,位移曲线无规律分布仅是观测时从孔底开始产生的测量误差,我们可以通过趋势分析来消除该误差,图3为CX01号孔5.0m深度点在E—W方向上的位移过程线及趋势线。从过程线上可以看出,CX01号孔5.0m深度的点在2011年9月1日前产生了小幅向东的位移,之后至2013年9月16日均趋于稳定,平均位移量为向东1.3mm。

4 深部位移观测数据分析对工程的影响及作用

根据中国科学院武汉岩土力学研究所编制的《大同—灵丘公路(省道S203线)K109+600~+800段滑坡稳定性评价及治理施工图设计报告》预测,潜在滑动面呈折线型,底部东西向宽度约70m,南北顺坡向长度约110m,平均厚度15m,体积约 $10 \times 104 \text{m}^3$,滑动方向为

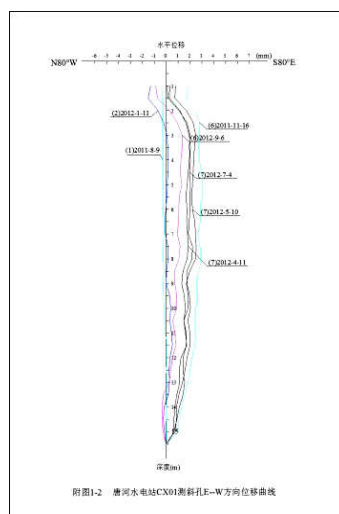


图5 位移曲线

$N6^\circ W$,即顺坡向滑动。边坡岩体主要由古老片麻岩组成,地质历史上经历过多期强烈的构造运动,坡体内构造十分发育,因而风化作用也十分强烈。边坡表面2~3m为片麻岩全风化残积土,通常呈细砂状,且堆积较松散,因而其压缩性较高。是主要的潜在滑动结构面。

深部位移观测在此工程位置共监测2年,通过对包括施工以来所有测斜孔数据的整理、过程线图的绘制、总结和分析,并结合其他各类监测量进行了独立分析和对比分析。六个测斜孔观测成果能够说明该边坡目前处于稳定状态^[3];大多测斜孔在锚索张拉初期具有向坡内位移的趋势,这是由于在锚索拉力作用下使边坡岩体产生压缩所致,而之后又会产生小幅的顺坡向位移,在边坡加固工程完成一年左右,在经历了一个春季的冰雪消融期和一个汛期之后,也经历了一年四季的气温变化之后,边坡岩体在锚索拉力作用下达到一个新的平衡状态,边坡岩土体达到新的平衡之后这种位移渐趋平缓,即边坡趋于稳定。

结束语

深部位移观测对于唐河水电站边坡治理的工程效果及后期边坡的稳定性都提供了可靠理论依据,保证了大坝枢纽、公路及其它重要设施的安全运行。

参考文献

- [1]王德璋,李俊杰.动压巷道矿压显现规律及支护技术[J].煤炭科学技术.2011,(4)
- [2]康红普,王金华,林健.煤矿巷道锚杆支护应用实例分析[J].岩石力学与工程学报.2010,(4).
- [3]易锋华.复杂环境下深基坑变形监测与数据分析[J].城市地理.2017,(14).