

# GPS 自动化技术在水电站滑坡体变形监测中的应用

赵明<sup>1</sup> 李星开<sup>2</sup>

1 中国电建华东勘测设计研究院有限公司 2 浙江华东建设工程有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v2i5.298

**[摘要]** 在当前数字化、自动化测绘时代,滑坡体的变形监测也从传统的监测手段中解放出来,利用计算机技术、互联网技术、自动化技术进行滑坡体的变形监测,对像水电站这类所处的自然条件十分恶劣的地区进行快速、准确的变形监测。文章介绍了GPS自动化技术在水电站滑坡体变形监测中的应用。

**[关键词]** GPS; 自动化; 滑坡体; 变形监测

水电站建设中伴随的滑坡灾害是一种具有巨大危害性的地质灾害,滑坡监测和预报对工程的枢纽布置、方案比选、工程安全和工程投资等多方面的问题都有非常重要的参考价值,能有效地减少滑坡带来的危害。本文主要以水电站滑坡体作为研究对象,利用现代新的测绘技术和方法,结合计算机和网络技术,实现对滑坡体的远程自动化监测。

## 1 现代变形监测技术的发展

### 1.1 GPS测量监测技术

传统的大地测量监测技术比较成熟可靠,并且具备操作简单以及容易观测的优势,但很容易受制于地形条件和气象条件限制,且费时费力,连续观测能力不高,很多时候都不能够满足对滑坡体进行连续以及自动化监测的需求。而GPS的出现使大地测量技术有了质的提升,其精度高、距离远、无需通视、全天候等优点提高了滑坡变形监测工作效率,弥补了传统测量仪器的漏洞,在滑坡变形自动化监测中有着越来越广泛的应用。

### 1.2 三维激光扫描监测技术

三维激光扫描技术是一种通过精度较高的扫描点云数据的方法来取得滑坡体三维表面几何图形信息的技术,它不仅能够使坡体的数字化完成得更加高效和迅速,还能充分完成对滑坡的三维建模以及虚拟重现,能够比较直观地反映滑坡体实时的形态特性。但该技术应用的过程中容易受制于自身技术特点以及监测要求,产生海量点云数据解析困难以及扫描距离受限等问题。

### 1.3 近景摄影监测技术

近景摄影监测技术是一种通过摄影的方式来进行测量的方法,从而实现获取近距离目标的影像信息,确定其三维空间数据的目的。相较于的传统监测手段,近景摄影监测技术在信息容量方面能够更胜一筹。但近景摄影监测技术在应用的过程中可能会受到野外地形条件的束缚,导致监测距离不能很好的满足监测要求,另一方面,相机架设点位选取较难以及全天候工作适应性差等问题也容易对近景摄影监测技术的应用造成不利影响。

## 2 GPS 自动化技术在滑坡体变形监测中的应用

### 2.1 监测的主要目的和内容

为及时掌握滑坡的变形规律,预测滑坡可能变化的范围及趋势,以便可以及时采取相应的处理措施,确保建设得长期安全。根据滑坡体监测点布设方案,本次监测共布设30个点,其中包括24个监测点和6个基准网点。

### 2.2 监测系统的组成

GPS自动化监测系统由GPS点位信号质量测试、基准点控制网建设、GPS参考站建设、GPS监测站建设等部分组成。

#### 2.2.1 GPS点位(包括基准点和监测点)信号质量测试。

整个项目的GPS点位放样完成以后,都需要进行信号测试。其中基准点需要满足信号利用率90%以后,监测点信号利用率在75%以上。

2.2.2 基准点控制网建设。在滑坡体选择6个基准点,对这6个基准点进行控制测量,并满足水平 $\leq \pm 3\text{mm}$ ,高程 $\leq \pm 5\text{mm}$ 。为后期监测提供可靠依据。控制网要定期进行联测,以保证监测的可靠性。

2.2.3 GPS参考站建设。GPS参考站观测点选在滑坡体视野以及地质条件相对好,并且经过GPS信号测试,且信号利用率在90%以上的地方,安置GPS观测墩及在观测墩上的GPS天线、天线保护罩;外场机柜里面安装GPS接收机及辅助设备,而外场机柜是固定在GPS观测墩上;供电部分使用在外场机柜旁边的太阳能供电系统;数据通讯部分用GPS参考站天线到主机的同轴电缆及高频无线传输终端;避雷部分在离观测墩3米处,按照避雷规范和要求制作避雷网。

2.2.4 GPS监测站建设。按照现场监测点位设计,经过信号测试,满足GPS监测所需条件,其余安装过程和参考点相同。

2.2.5 控制中心部分。服务器及软件系统:在控制中心里安置一台高性能电脑,实时运行的GPSensor软件实时解算,滑坡软件把解算结果实时的保存在本地数据库,并可以通过有线或无线网络实时发送到远程服务器。

### 2.3 GPS信号室内处理

GPS信号收集完毕以后,采用TEQC软件进行质量分析,通过图像来分析信噪比、多路径效应对卫星信号利用率的影响,TEQC软件工作原理如下。

TEQC中的质量检核部分对GPS/GLONASS伪距和相位观测

量,以线性组合的方式分析L1、L2的信噪比以及接收机的钟漂和周跳等。在其结果摘要文件(\*.oos)中,列出了历元、观测值统计、观测失锁、观测值删除统计以及MP1、MP2分别表示L1、L2载波上的多路径效应对伪距和相位影响的综合指标,σ/slps表示观测值和周跳比,能直接反映出数据的周跳情况,并实现可视化。

$$M_{P1} = P_1 - \left(1 + \frac{2}{\alpha - 1}\right) * \varphi_1 + \left(\frac{2}{\alpha - 1}\right) * \varphi_2 \quad (1)$$

$$M_{P2} = P_2 - \left(\frac{2\alpha}{\alpha - 1}\right) * \varphi_1 + \left(\frac{2\alpha}{\alpha - 1} - 1\right) * \varphi_2 \quad (2)$$

其中P1、P2分别是双频伪距观测值,φ1、φ2为相位观测值,α是L1、L2的频率的平方比。观测值和周跳比以另外一种形式CSR来表示:

$$CSR = \frac{1000}{\sigma/SLPS}$$

GPS观测站点的观测环境、观测数据质量反映在MP1、MP2、CSR值上。

#### 2.4 基准网的观测

GPS基准网采用双频GPS接收机静态测量,6个GPS基准网点的GPS接收机进行同步观测,独立观测2个时段,每个时段观测3个小时。GPS观测的技术要求应符合下表要求:

几何强度因子 PDOP	卫星高度角	时段数	时段长度 (min)	数据采样间隔 (S)	有效卫星 颗数
<5	≥15	≥2	≥120	15	≥5

#### 2.5 平面基准网平差及精度评定

2.5.1 平面基准网的解算使用精密星历,并采用专用GNSS后处理软件按固定的网型和权值进行解算,基线处理完成后应对其结果作以下分析和检核:

##### (1) 观测值残差分析

平差处理时假定观测值仅存在偶然误差。理论上,载波相位观测精度为1%周,即对L1波段信号观测误差只有2mm。因而当偶然误差达1cm时,应认为观测值质量存在系统误差或粗差。当残差分布中出现突然的跳变时,表明周跳未处理成功。

##### (2) 基线向量环闭合差的计算及检核

由同时段的若干基线向量组成的同步环和不同时间段的若干基线向量组成的异步环,其闭合差应满足相应等级的精度要求。其闭合差值就小于相应等级的限差值。基线向量检核合格后,便可进行基线向量网的平差计算。平差后求得各GNSS测点之间的相对坐标差值,加上基准网点的坐标值,求得各GNSS测点的坐标。

##### (3) 基线长度的精度

基线处理后基线长度中误差应在标称精度值内,对20km以内的短基线,单频数据通过差分处理可有效地消除电离层影响,从而确保相对定位结果的精度。当基线长度增长时,双频接收机消除电离层的影响将明显优于单频接收机数据的处理结果。

#### (4) 双差固定解与双差实数解

理论上整周未知数N是一整数,但平差解算得的是一实数,称为双差实数解。将实数确定为整数在进一步平差时不作为未知数求解时,这样的结果称为双差固定解。短基线情况下可以精确确定整周未知数,因而其解算结果优于实数解,但两者之间的基线向量坐标应符合良好(通常要求其差小于5cm)。当双差固定解与实数解的向量坐标差达分米级时,则处理结果可能有疑,其中原因多为观测值质量不佳。基线长度较长时,通常以双差实数解为佳。

#### 2.5.2 网平差

GNSS网平差计算采用GNSS-NET专业软件。

(1) 各项质量检验符合要求,以所有独立基线组成闭合图形,以三维基线向量及其相应方差阵作为观测信息,约束GPS点的坐标进行平差,得到各基准点的WGS84地心坐标。

(2) 在无约束平差确定的有效观测基础上,进行约束平差。考虑到WGS84坐标系是地心坐标系不是平面坐标,最终把成果数据从WGS-84坐标转化为以WGS-84椭球为投影基准、中心基准网点所处经度为中央子午线、按照高斯投影计算的平面坐标。

#### 2.6 其余监测点的平差及精度评定

在获得基准网点合格数据的基础上,对监测网其它监测点进行自动化监测,利用解算平差软件对数据进行处理,精度满足工程及规范要求。

### 3 结束语

随着计算机、互联网以及测量手段的快速发展,滑坡体的变形监测的技术手段也在不断进步,我国传统的滑坡变形监测技术在具体的滑坡灾害治理过程中获得了一系列的突破。但是,滑坡变形监测技术的成熟仍需要世人去不断开拓和更新,在学科交叉融合技术的日趋完善和进步的背景下,滑坡变形监测技术将在自动化、智能化方面取得突破。

#### [参考文献]

- [1]胡友健,梁新美,许成功.论 GPS 变形监测技术的现状与发展趋势[J].测绘科学,2006(05):155-157+10.
- [2]黄燕明.基于GPS变形监测的安全监测系统建设[J].城市勘测,2013(4):90-92+97.
- [3]马琴.基于GPS在变形监测中应用的研究[J].测绘技术装备,2014(2):25-26+13.