

基于 UTM 投影技术的苏丹上阿特巴拉综合枢纽 工程施工测量技术探讨

文 多 祥

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

摘 要:GPS 和全站仪广泛应用于水电工程施工测量中。如何解决 UTM 投影带来的施工测量问题?如何进行仓面测量数据快速处理以及如何运用动态 GPS 进行大体积复杂结构开挖放样?介绍了具体实例和解决问题的方法。

关键词:放样;UTM 投影;GPS - RTK;数据处理;上阿特巴拉

中图分类号:TV7;TV52;TV22;T82

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)06-0013-03

1 概 述

在水电工程施工测量中,卫星定位测量技术与全站仪三角测量技术和计算机技术日益融合。如何解决全站仪使用 UTM 坐标?基于高斯投影的加密三角网起算数据如何获取?如何实现仓号测量数据快速处理以及如何使用 GPS RTK 进行水电工程大体积复杂结构开挖放样?笔者通过在苏丹上阿特巴拉综合枢纽工程中的具体实践,对其进行了有益的探讨。

苏丹上阿特巴拉水利枢纽工程距苏丹首都公路里程 460 km,工程所在地地势平缓,6 至 9 月为雨季,其他月份干旱少雨。该项目主要为灌溉,兼顾发电,总装机容量为 135 MW。

2 针对 UTM 投影问题采取的解决方案

2.1 全站仪如何使用 UTM 坐标

本工程坐标系统采用通用横轴墨卡托投影(简称 UTM 投影)。UTM 投影中央子午线长度比为 0.999 6,对称于中央子午线 $\pm 1^{\circ}40'$ (约 180 km)处的两条割线,无长度变形。施工区首级 GPS 控制网以及 GPS RTK 测量采用 UTM 投影,而使用全站仪放样时,发现对任意两 UTM 坐标点测量的实际距离和坐标反算距离并不相等。如何解决这个问题?通常采用的方法是确定测区的比例因子,在全站仪中输入比例缩放因子进行距离缩放后,全站仪将会计算出正确的 UTM 坐标。

确定测区比例因子(长度比)的方法有公式法和现场测定法两种。

(1)公式法是根据当地的经纬度计算其长度

比 u :

$$u = m_0 \left[1 + \frac{L''^2}{2\rho''} \cos^2 B (1 + \eta^2) + \frac{L''^4}{24\rho''^4} \cos^4 B (5 - 4\text{tg}^2 B) \right]$$

式中 m_0 为中央子午线处的长度比,为 0.999 6; L 为经度,以弧度为单位,化为秒; B 为纬度; $\rho'' = 206\,264.81''$, $\eta_2 = e'^2 \cos^2 B$, e' 为第二偏心率。

(2)现场测定法。通过选取测区中的几组控制点,用高精度全站仪如 TS30 精确测定控制点之间的平距与控制点 UTM 坐标反算距离之间的比值。在上阿特巴拉工程中,通过多组数据求均值后,确定的比例因子为 1.000 75。

2.2 加密高精度三角控制网起算数据的计算方法

为保证混凝土浇筑区域有足够的高精度控制点,要求在厂房布设加密三角控制网。首级网为 UTM 投影,加密网采用高斯投影并投影到厂房平均高程面 500 m。

考虑到将 UTM 坐标转换成高斯坐标,其计算较为复杂。在本工程中采用了一种简单确定加密三角网起算数据的方法。

高斯投影、UTM 投影均属于等角投影,即投影后形状保持不变。基于这种保角投影思想,我们选取厂房区域中心点 O ,其设计坐标为 ($Y\ 814\ 889.2147, X\ 1\ 576\ 374.2208$),取首级网 CA13、CA15 两点作为厂房加密网的起算点。以 O 点为起点,分别计算 CA15、CA13 的方位角和平距,将平距缩小到 1.000 75 后再按原方位角计算对应点的坐标,其结果见表 1。

收稿日期:2014-09-06

表 1 起算点在 UTM 投影下的坐标值和高斯投影下的坐标值表

点号	UTM 投影坐标		高斯投影坐标	
	东坐标 Y/m	北坐标 X/m	东坐标 Y/m	北坐标 X/m
CA13	814 334.946 4	1 576 185.903 2	814 335.361 8	1 576 186.044
CA15	814 711.145 9	1 576 538.508 4	814 711.279 4	1 576 538.385

3 仓面测量数据内业快速处理方法

厂房加密三角网以改算后的 CA13、CA15 作为起算数据,组网观测、平差后用于厂房混凝土浇筑阶段的施工放样。

为了验证两种坐标系统下的坐标和高程偏

差,在厂房区边缘处地面上任选一点 P,分别用一台流动 GPS 接收机和一台 TCR802 型全站仪以两套坐标系统测量其三维坐标。从表 2 结果看,两套坐标系统测量结果具有显著的一致性。

在苏丹上阿特巴拉工程为代表的非洲地区从

表 2 几种测量方法下同一实测点的坐标和高程表

序号	测量方法	东坐标 Y/m	北坐标 X/m	高程 /m
1	GPS RTK (UTM 投影)	814873.38	1576332.206	490.431
2	首级网坐标系 (GPS 网 UTM 投影)	814873.382	1576332.21	490.432
3	厂房加密网坐标系 (三角网 高斯投影 投影面 500 m)	814873.391	1576332.234	490.427

事水电工程项目,涉及测量验收程序复杂、精度要求高,所有验收测量均为现场采集数据,内业计算成果偏差。由于验仓测量成果是开仓前非常重要的一环,因此,在外业完成后,内业处理测量数据要求尽可能快速。

为了快速完成测量成果处理并及时将其报送给相关单位,除了事先必要的准备外,还需要使用专用测量程序。针对该工程相关检查项目偏差要求,基于 VB.NET 开发了自动处理仓号验收测量数据的程序,笔者将其计算思想和基本算法作以下具体分析。

外业数据文件包括日志文件和坐标文件,程序要求能自动对日志文件中的信息进行必要的添加和删除、对日志文件使用控制点信息进行检查以及测量成果粗差探测。坐标文件含有模板点、钢筋点、止水点和埋管点等三维坐标,在通过野外编码或内业对各点类型属性进行编辑后,每个点对应不同类型(图 1)。

在程序自动处理模块中包括模板偏差计算、钢筋偏差计算、止水偏差计算、埋管偏差计算等各功能小模块,在其自动处理完毕后将偏差成果输出到 EXCEL 表格文件中或打印输出。在 Auto CAD 设计仓面图中,将各功能小模块的设计线设为不同的图层。其中设计线分为直线 LINE 和多个转折点(转折点为大于或等于 2)的多义线 POLY-LINE,设计面为斜面以直线 LINE 表示,并将设计线底部高程和坡比输入到直线起点 Z 值和端点 Z 值中。在需要考虑设计线偏距的情况下(如钢筋保护层),将其偏距输入到多义线的标高值中。

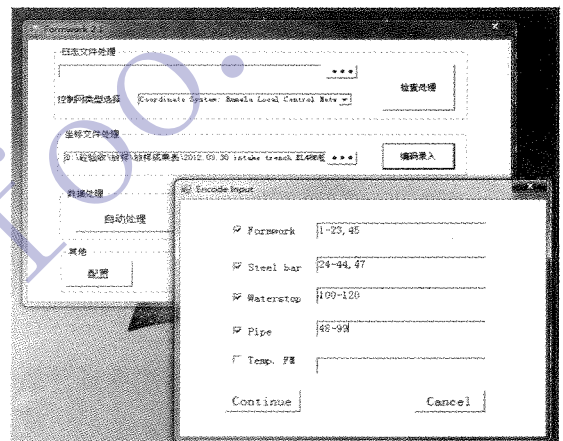


图 1 混凝土仓号偏差自动处理程序界面图

各种偏差计算功能模块程序计算方法如下:

(1) 模板点偏差计算:分别计算任意一点距离各设计边线的距离 D ,距离最短的设计边为正确的设计边。计算点到直线的距离一般采用施工坐标转换公式:

$$D = -1 \times (\text{实测点 } X \text{ 值} - \text{设计线起点 } X \text{ 值}) \times \sin(\text{设计线方位角}) + (\text{实测点 } Y \text{ 值} - \text{设计线起点 } Y \text{ 值}) \times \cos(\text{设计线方位角})$$

如果设计面为斜面,需根据设计面底部高程和坡比,计算出实测高程点对应设计距离 $D_{\text{设}}$ 与实测点至设计线距离 $D_{\text{测}}$ 之差 ΔD ,并将 ΔD 转化为垂直于斜面的偏差 $\Delta D_{\text{垂}}$,其公式为:

$$\Delta D_{\text{垂}} = \Delta D \times \cos \text{ATAN}(\text{坡比})$$

(2) 钢筋点偏差计算:如果钢筋保护层厚度只有一种,则只需在程序配置项中预置好即可;如

果有多种,则需分别在钢筋层的设计线中输入对应保护层厚度。钢筋点偏差计算方法同模板点。

(3)止水点偏差计算:止水需要计算各止水点高程偏差,直接用实测高程减去配置项中的止水设计高程即可。如果仓面中存在多种止水高程,需在配置项中预置多个高程设计值,程序将自动查找合适的设计高程。

(4)埋管点偏差计算:埋管分为直管和斜管。首先将埋管的设计底部坐标和顶部坐标保存在埋管设计坐标文件中,然后对实测坐标文件中每个实测点查找相对应的设计点。每一个实测坐标点遍历所有设计坐标点,计算实测点高程对应的设计坐标,并将其与实测坐标进行比较。如果偏差在阈值允许范围内,认为其就是该实测点对应的设计点。偏差计算完毕,将该设计点进行标记,下次遍历时,不再对该设计点进行比较。

该程序需要在计算前将仓面设计线和相关配置参数设置好,当外业数据获取后,可以在最短时间内获得所需的测量结果,从而提高了测量的外业数据处理工作效率。

4 如何运用 GPS RTK 测量方法在大型水电站中进行复杂结构的开挖放样

由于测区地处平原,地势平缓,采用 GPS 测量作为施工测量的主要手段,对于提高工作效率、减少人力资源投入具有重要意义。静态 GPS 用于高精度首级施工控制网布设,而动态 GPS 则应用于除厂房和溢流坝区混凝土填筑放样之外的其他各种测量过程中。笔者以在该工程中使用的徕卡 Leica 1230GG 型 GPS 为例,介绍了 GPS RTK 在大体积开挖中的放样方法。

4.1 内业放样数据的获取

从电脑中将 CAD 设计文件中的相关坐标点(例如开口点、坡脚点、圆心点、设计线转折点等特征点)采集后存入 GPS 内存卡中。如果是设计面为变坡或其他不规则的过渡段斜面,需要按一定密度沿设计面的高程线进行坐标采集。常用的采集方法一般采用专业测量软件(如南方 CASS 系统)进行。

4.2 基站的架设

架设基站的控制点一般应选在离测区较近、地势较高的位置。电台有低频信号输出口和高频信号输出口,正常状态应选择低频信号开关。但如果处于高差较大、GPS 卫星信号较弱或没有卫星信号的小范围区域,则以高频信号输出。需要注意的是应尽量少使用高频信号,因为长时间使用高频信号可能会烧毁电台。

4.3 流动站的放样

Leica 1230GG 动态标称精度:水平精度为 $10\text{ mm} + 1\text{ ppm}$,垂直精度为 $20\text{ mm} + 1\text{ ppm}$ 。水电工程开挖轮廓点点位限差要求(精度要求较高的基础轮廓点和预裂孔位):平面 50 mm ,高程 50 mm ,参见《水利水电测量规范》DL/T 2003,仪器精度完全可以满足工程需要。

流动站放样方法常采用参考线放样和极坐标放样。对于直线型边坡,直接采用参考线放样,输入参考线两端点,GPS 控制器显示任意点相对于参考线纵横两方向的偏距;对于圆弧段,需输入圆心坐标点号,根据距圆心距离和实测高程进行放样;对于渐变段等不规则的过渡区,只需逐点放样事先在设计图上采集的各点坐标,并用放样后的实际高程与设计高程计算高程方向的超欠挖。从用全站仪对建基面进行验收的结果看,采用 GPS RTK 对于大体积复杂结构开挖,其质量是能够得到保证的。

在水电工程高边坡开挖过程中,如果基站与流动站垂角过大,GPS 接收机可能会没有信号或信号微弱而导致获得错误的结果。对于存在可能出现的情况,一般采取的办法是将基站架设到所测区域对岸或采用全站仪进行测量。

5 结语

由于 GPS 测量、全站仪测量在水电工程中的结合越来越紧密,因此,在运用新技术的同时,也带来了一些新问题。笔者对苏丹上阿特巴拉水电工程施工测量中存在的技术难点、重点问题给出了解决方法。通过采用这些方法,在保证施工质量的同时,大大提高了工作效率。

作者简介:

文多祥(1975-),男,四川射洪人,工程师,从事水电工程施工测量及技术管理工作。(责任编辑:李燕辉)