

Application of Measuring without Prism in the Project of Reservoir Dam Cross-Section

Jian Li Hongxing Zhao Libo Bai

Xinjiang Bingtuan Survey and Design Institute (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830002, China

Abstract

Brief the principle and feature of measuring without prism, and the advantages and disadvantages of measuring without prism, summarized a set of surveying methods suited to dam line cross-section measurement in mountain, make the process simple of dam line cross-section measurement and subsequent processing of data. Through appropriate technical means, improves the efficiency of the inside and outside the industry.

Keywords

measuring without prism; mountain reservoir dam line cross-section measurement; coordinate transformation

免棱镜测量技术在山区水库坝线断面测量中的应用

李坚 赵红星 白立波

新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830002

摘要

简述免棱镜测量技术的原理及特点, 并针对免棱镜测量技术的优、缺点, 总结出一套适合山区水库坝线断面测量的作业办法, 使坝线断面外业测量过程简单、准确而高效。通过合适的技术手段, 使内业数据后续处理过程变得简单, 提高了内外业的工作效率。

关键词

免棱镜测量技术; 山区水库坝线断面测量; 坐标转换

1 引言

水利工程是中国经济发展的重要基础工程, 具有供水、灌溉、防洪、排涝、发电等功能, 水利测绘则贯穿所有水利项目设计、施工、除险加固等工作, 其中山区水库工程测绘更是水利测绘的难点, 水库工程一般处于山高、坡陡、沟深环境, 人员难以攀爬同时具有一定的危险性。近年来, 随着现代测绘技术的发展, 免棱镜全站仪测量技术以其独特的优点深受测量作业人员的欢迎。新技术的出现, 需要测绘人员在遵守测量规范的基础上, 积极、主动地尝试新的作业方法或方式, 以充分挖掘新技术的优势, 提高测绘外业工作效率, 保证测绘项目顺利快捷地完成。

2 免棱镜测量技术简述

免棱镜测量技术, 是一种全新的测量技术, 其原理是基于相位法, 采用现代脉冲激光技术, 发出极为窄小的激光束^[5],

精确地打到目标上, 从而可以高精度的距离测量, 其最大特点就是只要测点的反射介质符合免棱镜测量的条件, 就不需要在测点上放置棱镜, 即可测量出该点的三维坐标, 它具有良好的技术规范: 高精度(3mm + 2ppm)^[1], 大范围(使用柯达灰度标准卡), 测程可达到1200m^[6], 基于这些优点, 免棱镜技术已得到广泛的应用。

免棱镜测量技术适宜测量反射面裸露^[7]、人员难以到达, 如悬崖、房屋、陡坎、独立方位物和有毒化学物质的地物等。采用免棱镜全站仪测量可以大大节约时间, 降低外业人员劳动强度, 提高工作效率, 同时提高测量人员的安全保障。



图1 测量棱镜

3 免棱镜技术的应用实例

石门水库工程是笔者参与的一个项目，在使用免棱镜全站仪测量断面过程中，配合应用了特殊的作业方法，使坝线断面测量过程简单而快捷。

3.1 工程概况及测量要求

石门水库是新疆南疆且末垦区引水工程的起点工程，位于昆仑山脉莫勒切河源头山口处，总体地貌为：两岸为陡峭石质山体，坡度超过 45°，地表无植被覆盖；由于常年风蚀，表面支离破碎；两岸内侧是河床阶地，阶地落差最高达 60m；中间是宽约 190m 河床，河床中几道积雪融水汇流，水流湍急。拟建水库大坝位于石质山体最窄处，长约 542m，坝高约 110 m，两岸山体及中间河床，测绘人员均难以达到^[1]。若采用常规测量仪器（如全站仪或 RTK）、常规测量方法是难以完成此项测绘任务，且存在一定的危险性，见图 2。

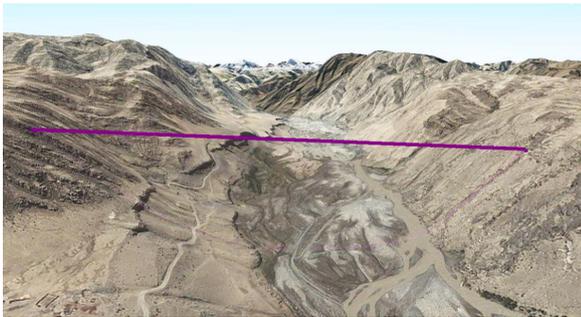


图 2 坝线位置及地形情况

测量要求：平面采用大坝施工坐标系^[4]，高程采用 1985 国家高程基准，要求测量坝轴线纵、横断面测量，以东面山体高程为 2402m 处为坝线起点，西面山体高程为 2402m 处为坝线终点，坝线上每 25m 测量一个纵断面高程点，逢地形变坡处加测断面点，横断面桩号与纵断面桩号一致，横断面测量以坝轴线为中线，垂直坝轴线方向左右各测 400m。随大坝施工过程，每月测量一次，目的是核算施工方量。提交断面格式见表 1^[3]。

表 1 断面格式

纵断面数据格式

桩号	高程	备注
0+000		
0+025		
0+050		
0+125		
0+150		
0+175		
...		

横断面数据格式

	距离	高程	备注
...			
左 2			
左 1			
0+000			
右 1			
右 2			
...			

3.2 传统测绘方法及实施情况

常用测量方法：使用 GNSS RTKS 设备测量，在 RTK 手簿中设置好工程数据，然后进行控制点校正及已知点检查，采集坝线起点、终点坐标，以起、终点建立参考线，然后逐桩号逐断面进行测量，难点是坝线两岸的陡峭碎石山体难以攀爬，中间河床区几股冰川雪融水激流阻断去路，很多断面点位置人员是无法到达的，依靠人力强行攀爬山体或涉水激流，存在较大的安全隐患，并且人员跑上跑下劳动强度极大，作业效率极低。

3.3 利用设备优势定制技术方案

3.3.1 测量设备选用

测区为裸露山体及河床地形地貌，山高坡陡水流急，很多断面点位测绘人员难以到达。测区范围较小，工作频率较高。经过反复的考虑权衡，确定采用以免棱镜全站仪测量技术为主，以 RTK 定位控制测量为辅的。项目组现有拓普康 GPT-3002LN 免棱镜全站仪一台，标称测程为 1200m；南方 S82T 型双频 GPS 接收机 3 台套（1+2），徕卡自动安平水准仪一台，其他配套设备若干。



图 3 拓普康 GPT-3002LN 免棱镜全站仪

3.3.2 技术路线

根据项目组现有仪器特点,制定技术方案如下:以RTK进行图根控制测量,坝线定线、定点测量,坝线起点、终点及轴线点。以拓普康GPT-3002LN全站仪进行断面测量,以免棱镜方式测量坝线纵、横断面。为使断面测量外业过程简单快捷,建立坝轴线坐标系;以公共点求取坝线施工坐标系与坝轴线坐标系转换参数以实现相互转换。

(1) 建立坝轴线坐标系

以坝线起点为原点,坝轴线为Y轴,以过原点垂直Y直线为X轴,向右向上为正向,建立坝轴线平面直角坐标系。可以得出坝线起点坐标为(0,0),坝线终点坐标为(0,L),L为坝线长度。以RTK测量坝线起点、终点以及在坝线施工坐标系下的坐标,以两套坐标求取转换参数备用。

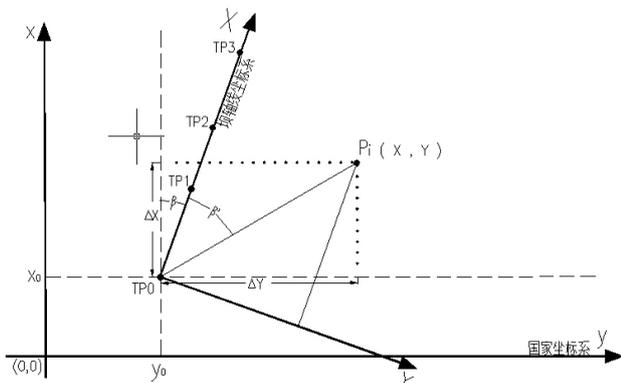


图4 坝轴线坐标系

(2) 坝轴线断面测量

坝线测量采用坝轴线坐标系^[8],以全站仪架设于坝轴线附近合适区域图根点上,要求该图根点上能尽量通视多断面点,以另一图根点为后视点,第三点为检查点,建站合格后进行坝线断面点测量,测量点坐标(x,y),x值是测量点离坝轴线的距离,坝轴线上测量点该坐标值均为0,y值是测量点里程值。在测量过程中,测量员可以根据坐标值快速判断测点是否在坝线断面上,并依据测量坐标值大小判断调整距离多少。例如,正在施测0+075桩的断面,该点纵断面点坐标应为(0,75),若测点为(5,68),则将全站仪照准点横向方向往左5m,纵向方向往坝终点方向移7m。同理:该横断面点应为(x,75),x值范围-400 ≤ x ≤ 400,因为横断面宽度为坝线两边各400m。架站点可架设于断面区任何位置,用这种方法,可以准确、快速完成全部坝线断面点测量。

(3) 坝线断面测量成果向坝线施工坐标系的转换

按测量要求,要将坝轴断面测量成果坐标转为坝线施工坐标系成果。

成果坐标转换前,利用两套坐标系坐标公共点(至少三点)求取转换参数,使用参数将坝线断面测量点转换为坝线施工坐标系成果;用于转换的软件很多,南方Coord MG软件、南方测绘GNSS数据处理软件、南方cass9.1绘图软件,本案列采用南方cass9.1绘图软件进行数据转换^[9],在程序菜单“地物编辑”下有坐标转换的功能按钮,通过选取或导入公共点两套坐标(测量用坝线坐标系和坝线施工坐标系)成果,求得的转换四参数,包括横向平移、纵向平移、旋转角度和尺度。

序号	转换前Y(东)	转换前X(北)	转换后Y(东)	转换后X(北)
1	-0.003	127.765	546389.340	4110890.942
2	0.000	318.404	546206.812	4110835.924
3	193.675	504.133	545973.090	4110967.753
4	-60.122	1.442	546527.638	4110869.840

公共点坐标
 转换前: 东 -60.122 北 1.442 拾取
 转换后: 东 546527.638 北 4110869.840 拾取

数据文件名
 转换前:
 转换后:

转换图形 转换数据

横平移 546511.667 旋转角 73° 13' 30.0"
 纵平移 4110927.820 尺度 1.000

图5 坐标转换示意图

转换公式如下:

$$X_p = X_{tp0} + \text{SQRT}(X'^2 + Y'^2) * \text{COS}(\beta + \beta') \quad (1)$$

$$Y_p = Y_{tp0} + \text{SQRT}(X'^2 + Y'^2) * \text{SIN}(\beta + \beta') \quad (2)$$

式中:

X_p 、 Y_p 为坝线断面测量点在坝线施工坐标系中的坐标值;

X_{tp0} 、 Y_{tp0} 为坝轴线坐标系原点在坝线施工坐标系中的坐标值;

X' 、 Y' 为测量点在坝轴线坐标系中的坐标值;

β 为坝轴线坐标系 X 轴在国家坐标中的 X 轴夹角, β' 为测量点在坝轴线坐标系中至原点的方位角;

窗口中的横平移即为公式(2)中的 Y_{tp0} , 纵平移即为公式(1)中的 X_{tp0} , 旋转角度为式中的 $\beta + \beta'$ 之和。

利用这四个参数对在坝轴线坐标系中的测量点坐标数据

进行批处理转换,可以得到断面测量点的坝线施工坐标系成果值。

3.3.3 经验总结

考虑到坝线断面要多频率测量,可以在有利地势设立固定的架站埋石图根点、后视定方向埋石图根点、检查用图根点,固化作业流程。内业数据处理也可以建立坐标转换同一转换参数,采用同方式不同批量数据的处理,达到快速、准确高效的项目目标。

4 结语

如今,免棱镜全站仪测量技术在测绘领域有了广泛的应用。但每一样新生技术的出现,在某个方面表现出了优点,其他方面也会存在不足,需要测绘人员根据项目测区的实际情况,充分利用仪器的先进性功能特点,再探索制订出与先进设备相配套的作业方案,扬长避短,可以在保证测量成果质量的前提下,使测绘的外业、内业过程变得更加简单、快捷,大大提高项目的工作效率,同时大大降低外业人员的劳动强

度和危险程度。笔者旨在探讨因地制宜制定最优的作业方法,配套先进的测量仪器设备,以挖掘其先进效能。

参考文献

- [1] 拓普康全站仪使用说明书 [Z].
- [2] 覃辉.南方 CASS7.1 用户手册 [A]. 土木工程测量 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2013
- [3] 石门水库坝线断面测量项目测绘技术设计书 [Z].
- [4] 中华人民共和国行业标准 .SL197-97 水利水电工程测量规范 (规划设计阶段) [S]. 2009.
- [5] 夏力福, 李井春. 免棱镜全站仪测距性能的测试及精度分析 [J]. 地理信息空间, 2008(02):92-93.
- [6] 李捷, 欧阳祖熙. 全站仪免棱镜测量技术在滑坡变形监测中的应用 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010(01):110-112.
- [7] 朱顺平, 薛英. 无反射棱镜全站仪及其测试析 [J]. 测绘通报, 2001(03):41-45.
- [8] 顾元平, 霍德俊. 全站仪测定线路横断面方法研究 [J]. 北京测绘, 2005(02):19-21.