

水利水电测绘科技论文集

SHUILI SHUIDIAN CEHUI KEJI LUNWENJI

SHUILI SHUIDIAN CEHUI KEJI LUNWENJI

(2005年贵阳)

主编：张显书



贵州科技出版社

水利水电测绘科技论文集

(2005 年贵阳)

主 编:张显书

副主编:蒋广文 谢国靖 赵 刚

编 委:白化忠 吴恒友 黄光星 姚文龙

贵州科技出版社

· 贵阳 ·

图书在版编目(CIP)数据

水利水电测绘科技论文集:2005年贵阳/张显书主编.
贵阳:贵州科技出版社,2006.9

ISBN 7-80662-515-1

I. 水… II. ①张…② … III. ①水利工程测量—学术会议—文集②水力发电工程—工程测量—学术会议—文集
IV. TV221-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 111834 号

贵州科技出版社出版发行

(贵阳市中华北路 289 号 邮政编码 550004)

出版人:施福根

贵阳云岩通达印务有限公司印刷 贵州省新华书店经销

787mm × 1092mm 16 开本 12.5 印张 320 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印数 1~600 定价:35.00 元

序

水是人类赖以生存的三大必备条件之一,水的基本特性(规律)是从高处往低处流。人类要利用水就必须治水,治水中必须遵循水的这一基本规律,要遵循这一规律就必须进行测绘工作,否则就会出现引水不达、排水不畅的恶果。数千年来,古今中外的治水经验都告诫我们,凡是成功的治水典例,背后必然是以正确的测绘成果为支撑,否则就失败。我国当代许多著名的治水老前辈,在治水生涯中早期都从事过水利测绘工作,因为他们深知测绘是治水的基础工作。上世纪 80 年代以前,我国水利测绘行业中,高级专业技术人才奇少,技术水平和仪器装备都落后,既没有统一的作业规范,又缺乏技术人员交流的平台,各单位都是“孤军”作战,全凭作业人员满腔热忱的奉献精神和经验与体能去完成各种测绘任务,测量人员付出的代价太大了!那时的水利测绘行业是名副其实的劳动力密集型行业,测绘产品的技术含量自然低下,从业人员的地位必然不高。然而,随着我国改革开放的不断发展,各种技术的不断进步,我们水利测绘事业也在迅猛发展,其人员素质、技术水平、仪器装备和产品的技术含量都今非昔比。今天的水利测绘行业已是技术密集型行业,人员构成也是以科技型人才为主,其成果全部数字化。现在的水利测绘工作是凭测绘人员的智慧、技能和创新去完成工作任务的,当然也还少不了奉献精神。

从 1983 年起我们水利测绘人员有了自己的交流平台——水利水电测绘信息网。自建网以来,第六片始终坚持每年交流一次,共举办过 21 次(不含全网的活动次数)交流会,其中上世纪 18 次,收到论文 267 篇,年均每次 15.7 篇;本世纪 3 次,收论文 130 篇,平均每次 37.5 篇。当然 2004、2005 两年是两片合办的会议,论文增多是自然的,但最主要的原因是办会单位积极组撰稿,2002、2004、2005 年主办单位珠江水利委员会设计院、广东院、贵州院就分别提供了 12、11、19 篇论文。现在这些单位能积极组撰论文得益于:一是新技术新设备的大量投入使用和水利水电的项目大得多了,有很好的发展空间;二是高素质的人员大大增加和个人竞争加剧,晋升必须要有论文等。我们的测绘工作者要善于总结和创新,写文章就是要以实践为基础进行总结,把在项目工作中的“亮点”突出出来,这些亮点不在别人身上,而就在你自己身上,这就需要你自己去挖掘、去开发、去总结出来。

本次出版这本论文集,是一种尝试,也是一种创新。1998 年以前我们的全网大会、片会交流的论文全是单篇散装。第六次全网大会才首次将全部入选论文整装并正式出版,当时的与会人员手捧集子,无不叫好与喝采!1999 年六片片会首次将会议论文打印合装并一直坚持到 2005 年。现在又将 2005 年的论文正式出版,这是开片会论文出版的先河,当然片的论文要正式出版也应具备三个条件:一是论文有一定的数量,宜在 30 篇以上;二是论文的质量水准要达到一定的高度;三是要有一定的实力,即有编辑人员和资金作保证。贵州院这次是将片会论文编辑出版,无论成功与否,它总是一种创新,我们都应予以支持和爱护,愿水利水电测绘信息网的明天越来越美好!

王平

2006.7.10 于北京

目 录

第一部分 GPS 技术及其应用

GPS 高程测量在水利水电工程中的应用探索	吴恒友(1)
GPS RTK 技术在像控点联测中的应用	高志强 王洪祥 赵广宏(6)
双频 RTK 在城市规划测量中的应用	周白海 薛长林 郑玉香(9)
GPS 技术在清水海引水工程中的应用	白少云(12)
RTK 测绘合面狮水库水下地形	叶达忠 段志国 李启业(16)
大伙房输水工程施工控制网的检测、复测及精度分析	崔志强 刘乃军 田野(20)
兴义老江底水电站施工控制网的建立	耿鑫 何正林(23)
金窝水库扩容工程 GPS 高程控制网	叶达忠 黄军胜 周然(26)
RTK 在工程测量中的应用	王小刚(31)

第二部分 GIS 应用

三维 GIS 在水利水电工程施工中的应用	刘莉 杨彪 陈柱(35)
GIS 中断面切割自动化	段建刚 毕强 朱小猛 王媛媛 吴玉忱(38)
GIS 中三维地物入库——三维堤防的入库管理	朱小猛 徐杰 段建刚(42)
MapInfo 二次开发方法及其在地下管网 GIS 系统中的应用	韩先觉 熊寻安(47)
基于 GIS 的测绘生产管理系统设计	陈俊彪(51)

第三部分 工程测量及新技术应用

镇远清溪工业园 1:1 000 航测数字化成图	罗天文 朱成方(56)
遥感技术在水利水电建设中的应用	顾莉娟(59)
采用航测成图法测绘库区 1:2 000 地形图的体会	邓正楷 白化忠(62)
浅谈数字高程模型在水利水电工程建设中的应用	黄涛(66)
DEM 在水利水电建设工程中的应用	李和平 杨坤(69)
水库淹没调查测量作业程序	张茂珍(72)
水利工程中隧洞施工控制网测量的实践	杨彪 刘莉(76)
悬高测量方法探讨	徐骏(80)
黄河内蒙古段防洪工程基础测量资料现状分析及对策	冯志中 王胜法 赵文良 时庆军(83)
浅议高山峡谷无人区水电测绘工作的实现	苟胜国(86)
洞室断面自动测量的实现	黄光星(90)
农村电网 10kV 配电线路测量	唐信东(93)

小水电工程地面控制测量方法浅谈	唐信东(98)
水库淹没测量中应注意的几个问题	赵天鹏(102)
高压线路(悬高)测量方法及精度估算	陈远洪(107)
探讨悬高测量的应用	朱强 李苑红(110)

第四部分 计算机应用

Excel + AutoCADR14 在断面数字化测量中的应用	赵汝洪(113)
基于 BP 神经网络技术的 DTM 空间插值研究	刘全明 王耀强(119)
电子地图的科学内涵与应用外延	蒋成环(122)
CASIOfx - 4500PA 计算器编制曲线测量程序及应用	曹义华 朱成方(127)
浅谈学习 MicroStation 软件的一些体会	熊 莉(131)
卡西欧 fx - 4800p 在带状形施工测量中的应用	冯弟飞(135)
土石方断面处理程序的开发及应用	周白海 薛长林 郑玉香(138)

第五部分 测绘管理

测绘与循环经济	冯 彤 冯兴礼(143)
浅谈水库淹没土地测量质量检查	赵天鹏(146)
做好河流代言人技术支撑的主要测绘任务分析	陈明清 沈清华(149)
测绘论文撰写之我见	黄光星(153)
贵州等省送电线路勘测设计重冰区的调查及设计方案概述	韩祖贵 刘德黔(156)
房产测绘中相关法律问题	叶再方 孙 斌(159)
水利水电工程测绘项目管理浅谈	崔文刚(162)

第六部分 变形监测及其他

变形监测的前沿科技——智能化监测	廖碧友(165)
GPS 自动化监测系统在小湾水电站边坡变形监测中的应用	丁学智(169)
洪家渡水电站施工网与监测网联测分析应用	廖碧友(174)
遵义市海龙水库变形监测网的建立	王世明(179)
无反射棱镜全站仪 TC(R)402 及其测试	邢宽平(184)
基于数字图像处理的普通水准测量	陆建光(188)

第一部分 GPS 技术及其应用

GPS 高程测量在水利水电工程中的应用探索

吴恒友

(贵州省水利水电勘测设计研究院 贵州贵阳 550002)

摘 要:本文结合山区水利水电工程的特性,探讨如何利用 GPS 进行山区高程控制测量。通过控制点的布设、外业观测、数据处理,总结出一些经验。

关键词:GPS 高程;水利水电工程;应用

1 引言

水利水电工程大多建设在山高坡陡、河谷切割较深、交通不便、国家水准点稀少之处,这些条件的限制使得高程测设极为困难,而该类工程对高程的要求又非常严格。目前,高程测量主要采用常规的几何水准和光电测距三角高程测量等常规方法来解决,该方法费工、费时、费力,GPS 还没有大范围应用在工程的等级水准测量上。我们在水利水电工程中建立了不少的 GPS 控制网,这些网的平面精度都较高,其高程大部分采用了四等或三等几何水准方式施测。在成果整理中发现,对同一个测区的观测成果,采用不同数量的起算数据或同样的一组起算数据,采用不同的拟合方式所得到的 GPS 水准高程,与几何水准测量所得的高程相比则具有显著的差异。在联测的高程起算点有限或仅仅满足起算点数要求的情况下,怎样才能使获得的 GPS 高程值更为可靠。在此,笔者根据工程实例谈谈自己在这方面的一些体会和经验,不当之处,请予指正。

2 高程系统

2.1 大地高系统

大地高系统是以参考椭球面为基准面的高程系统。某点的大地高是该点到通过该点的参考椭球的法线与参考椭球面的交点间的距离。大地高也称为椭球高,大地高一般用符号 H 表示。大地高是一个纯几何量,不具有物理意义,同一个点,对不同的参考椭球面,有不同的大地高。

2.2 正高系统

正高系统是以大地水准面为基准面的高程系统。某点的正高是该点到通过该点的铅垂线与大地水准面的交点之间的距离,正高用符号 H_p 表示。

2.3 正常高系统

正常高系统是以似大地水准面为基准的高程系统。某点的正常高是该点到通过该点的铅垂线与似大地水准面的交点之间的距离,正常高用 H_n 表示。

2.4 高程系统之间的转换关系

大地水准面到参考椭球面的距离,称为大地水准面差距,记为 h_g 。大地高与正高之间的关系可以表示为: $H = H_g + h_g$

似大地水准面到参考椭球面的距离,称为高程异常,记为 ξ 。大地高与正常高之间的关系可以表示为: $H = H_n + \xi$

3 GPS 高程测量的方法及精度分析

由于采用 GPS 观测所得到的是大地高,为了确定出正高或正常高,需要有大地水准面差距或高程异常数据。目前获取大地水准面差距或高程异常的方法有以下几种。

3.1 等值线图法

从高程异常图或大地水准面差距图分别查出各点的高程异常 ξ 或大地水准面差距 h_g ,然后分别采用下面两式可计算出正常高 H_n 和正高 H_g 。正常高: $H_n = H - \xi$; 正高: $H_g = H - h_g$ 。在采用等值线图法确定点的正常高和正高时的精度在很大程度上取决于等值线图的精度。

3.2 地球模型法

地球模型法本质上是一种数字化的等值线图,目前国际上较常采用的地球模型有 OSU91A 等。不过可惜的是这些模型均不适合于我国。

3.3 高程拟合法

高程拟合法就是利用在范围不大的区域中,高程异常具有一定的几何相关性这一原理,采用数学方法,求解正高、正常高或高程异常。它可以根据水准高程和 GPS 所测得的大地高的精度来加以确定。高程拟合的方法是一种纯几何的方法,因此,一般仅适用于高程异常变化较为平缓的地区(如平原地区),其拟合的准确度可达到一个分米以内。对于高程异常变化剧烈的地区(如山区),这种方法的准确度有限,这主要是因为在这些地区,高程异常的已知点很难将高程异常的特征表示出来。在实际工作中,一般采用在水准点上布设 GPS 点或对 GPS 点进行水准联测的方法来实现,为了获得好的拟合结果要求采用数量尽量多的已知点,它们应均匀分布,并且最好能够将整个 GPS 网包围起来。若要用零次多项式进行高程拟合时,要确定 1 个参数,因此,需要 1 个以上的已知点;若要采用一次多项式进行高程拟合,要确定 3 个参数,需要 3 个以上的已知点;若要采用二次多项式进行高程拟合,要确定 6 个参数,则需要 6 个以上的已知点。

3.4 大地水准面模型法

大地水准面模型法是一种数字化的等值线图,是对某个区域或整个地球的大地水准面的数学描述。

3.5 GPS 高程测量的精度分析

GPS 高程测量的精度主要取决于大地高和高程异常的精度,GPS 测定的大地高的精度是很高的,可以达到 $2 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ 。因此 GPS 高程测量的精度主要取决于高程异常的精度。高程异常的误差由水准测量误差和拟合误差两部分组成。水准联测的精度一般容易保证,关键是拟合精度,它与水准联测的点位分布、密度和拟合的模型等有关。

EGM96 是全球范围内的大地水准面模型。对于地形复杂的贵州山区来说,在解算软件中采用 EGM96 水准面模型,在 GPS 高程控制网的平差计算时,可以获得较高精度的 GPS 高程成果。

4 GPS 高程测量的工程应用实践

贵州大田河落生、大地水电站为珠江流域北盘江水系上的两座跨河引水发电站。两电站位于贵州省西南部册亨县和贞丰县境内,引水河流为北盘江右岸的一级支流大田河,受水河为大田河左岸相邻小流域的鲁贡河,鲁贡河也是北盘江的一级支流。落生电站主要建筑物为大坝、溢洪道、引水隧洞、调压井、压力管道、厂房等;大地电站主要建筑物为引水隧洞、前池、压力管道、厂房等。总装机容量为 9.4 万 kW,其中落生电站装机为 7.4 万 kW,大地电站装机容量为 2 万 kW,项目静态总投资 40 831 万元。落生电站取水口高程为 768.5m,隧洞全长 4 730m,坡降比例为 1‰;大地水电站工程隧洞全长 2 100m,进口高程为 512m,坡降比例为 1‰,厂房高程为 450m 左右。测区建筑物最大高差为 320m 左右,其地形高差更大,根据规范规定属山区。本次高程控制点和平面控制点为共用标。即是平面点标志又是高程控制水准点标志。

4.1 三等水准精度分析

高程控制网按三等精度沿建筑物的走向施测水准为一个闭合环,长度 20.997km,闭合差为 +10.5mm。采用武汉大学研制的《科傻系统》(科傻地面控制测量数据处理系统)进行平差处理,最大高程中误差为 ±5.2mm,每千米水准测量偶然中误差 = ±2.3mm/km。

4.2 GPS 控制网的外业观测

本次观测采用 8 台 Astech Locus GPS 接收机作为同步观测。因此基线数较多,每条边至少观测两个时段,每个时段的同步观测时间均在 90min 以上。因此不存在返工问题,观测一次通过。GPS 接收的卫星数均在 6~10 颗(最少 6 颗),PDOP 值保持在 1.6~2.7 之间(最小值为 1.6,最大值为 2.7),平均值为 2.0。

4.3 GPS 控制网的数据处理及成果分析

GPS 观测数据处理采用 Ashtech solutions(V2.6 版)GPS 数据处理软件。为了提高精度,基线数据的解算是采用 GPS 精密星历代替广播星历进行解算的。全网共观测 204 条基线。其中 6 条基线检测失败(5 条为 QA 测试失败,1 条为 Tau 测试失败),14 条基线残差较大,剔除的基线占总基线为 9.8%。最终选取 184 条较好的基线作为独立观测量,以 ZF40、20 号为高程起算点(固定 2 个点,且 2 个点位于控制网的两端)和以 ZF40、20、14 号为高程起算点(固定 3 个点,且控制点分别位于控制网的两端和中间)进行两次整体约束平差。我们研究了固定更多高程点进行整体约束平差的情况,与固定 3 个点解算的精度变化很小,因此笔者认为在 10km 的带状控制网中固定 3 个点、且分布合理就可以了。固定多于 3 个高程点的平差计算这里就不再列出。这里需要说明的是在平差计算时,在设置高程系统处选择正高(EGM96),平差计算只是高程的平差计算。这里就进行两次平差的对比分析,其两次平差成果分析见表 1。贵州大田河落生、大地水电站 GPS 施工控制网图见图 1。

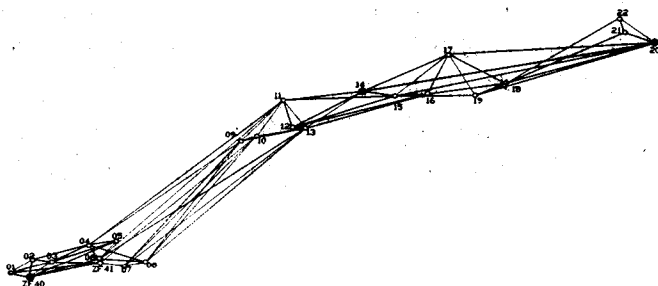


图 1 贵州大田河落生、大地水电站 GPS 施工控制网

我们视三等水准成果为真值,可以计算出 GPS 高程成果与高程真值的差值。利用差值与四等水准测量规范规定的限差进行比较,限差取 $\pm 25 \sqrt{k}$,其中 k 为 GPS 高程点与起算点的距离,单位为千米。平差所获得的高程成果和同名点的水准成果的差值与水准规范规定的限差进行比较,其比较见表 1。

表 1 GPS 高程与水准高程比较表

GPS 高程点与 点名	起算点的距离 (km)	水准高程 (m)	固定 2 个点 解算的 GPS 高程 (m)	水准高程与 GPS 高程之差 (m)	固定 3 个点 解算的 GPS 高程 (m)	水准高程与 GPS 高程之差 (m)	山区四等水 准的限差(m)
01	0.23	796.358	796.354	0.004	796.360	-0.002	0.012
02	0.23	823.869	823.876	-0.007	823.880	-0.011	0.012
03	0.30	827.822	827.834	-0.012	827.831	-0.009	0.014
04	0.76	803.928	804.000	-0.072	803.948	-0.020	0.022
06	0.69	813.230	813.248	-0.018	813.250	-0.020	0.021
07	0.27	773.565	773.582	-0.017	773.575	-0.010	0.013
08	0.52	801.822	801.837	-0.015	801.838	-0.016	0.018
09	1.89	767.224	767.187	0.037	767.215	0.009	0.034
10	2.05	772.332	772.288	0.044	772.321	0.011	0.036
12	2.40	754.276	754.244	0.032	754.237	0.039	0.039
13	2.48	763.327	763.281	0.046	763.326	0.001	0.039
14	3.25	754.547	754.485	0.062	754.547	Fixed	0.045
15	2.91	801.674	801.611	0.063	801.665	0.009	0.043
16	2.56	678.496	678.443	0.053	678.487	0.009	0.040
18	1.71	520.936	520.949	-0.013	520.950	-0.014	0.033
19	2.06	528.782	528.730	-0.052	528.765	0.017	0.036
20		490.769	490.769	Fixed	490.769	Fixed	
21	0.77	436.720	436.707	0.013	436.717	0.003	0.022
ZF40		803.518	803.518	Fixed	803.518	Fixed	

由表 1 不难看出利用 3 个高程起算点解算的效果比 2 个高程起算点解算的要好。固定 2 个点解算的结果不能满足山区四等水准的要求,而固定 3 个点的解算结果达到山区四等水准测量的精度要求。表中 GPS 高程点与起算点的距离为 GPS 平面坐标计算的平距,在实际四等水准的施测时,距离应该比表中的距离要长一些。因此,我们从实际计算的结果来看,GPS 高程测量的精度比几何水准的精度要差一些,这主要是观测的基线边平均只有 500m,GPS 短基线的精度较差,但只要布设合理、有足够的水准联测点、用适合的拟合模型、严格控制基线的观测质量和平差中的各项检测等方法,同样可以达到四等水准的要求。

5 结论与建议

(1)在山区 GPS 网中,只要联测适量的几何水准,利用拟合法求解 GPS 正常高,就可以达到山

区四等水准的要求。

(2)GPS 高程控制网的设计应根据高程异常的变化情况,对水准联测进行设计,应做到精心设计、观测和解算。联测的几何水准应分布于线型网的两端和中部。这样的布设拟合的精度最好、最合理。网型传递应采用网连式,高程的传递应采用符合方式进行高程推算进行设计。

(3)由于水利水电工程对高程的要求十分严格,目前 GPS 高程测量主要用于水利水电工程像控点的测量、地形测绘等水准精度要求较低的工作,对施测几何水准极为困难的地区,也不失为一种有效的方法。要用于更高等级控制的水准测量还有待于进一步的实践、探索。

参考文献

- 1 杨爱明. 水利水电测绘科技论文集. 武汉:湖北辞书出版社,2003
- 2 徐绍铨. GPS 测量原理及应用. 武汉:武汉大学出版社,2002
- 3 廖超明,叶达中,等. 利用 GPS 测高技术建立水利工程高程控制网. 测绘通报,2004(2)

GPS RTK 技术在像控点联测中的应用

高志强¹ 王洪祥¹ 赵广宏²

(1 中水东北勘测设计研究有限责任公司工程测绘公司 吉林长春 130062;

2 长春市高新技术产业开发区创业中心 吉林长春)

摘要:通过奎屯河引水改建工程的应用,简要介绍 GPS RTK 的原理和特点及在像控点联测中的快速、不受地域条件限制等特性。

关键词:GPS RTK;像控点联测;应用

1 工程概述

奎屯河引水改建工程,位于新疆维吾尔自治区天山北麓准葛尔盆地西南缘,由独山子、奎屯市、乌苏市组成的“金三角”地区。奎屯河发源于天山北麓依连哈比尔尕山,属高山融冰(雪)及降雨补给类型季节性较强的内陆河流。测区位于奎屯河上,准葛尔盆地和天山交界处。南半部分属准葛尔盆地,地势平坦,交通方便;北半部分位于天山山脉中,属高山区,该段河流弯直频繁,切割强烈,山谷深而狭窄,谷底宽 20~50m,相对比高 300~500m,河床两岸山坡陡峻,部分地段竖直,总体呈“V”型,整个河段基本无植被覆盖,基岩裸露而破碎。测区长约 60km,海拔高程在 700~3 000m。天山测区虽有 312 国道在奎屯河右岸通过,但要到达奎屯河左岸非常困难,左岸山里无公路,只有野兽出没的兽道。冰山、雪水融化的河水冰冷刺骨,而且水流湍急,人和船只根本无法涉水过河。若使用传统的测量方法进行该测区的测量工作,不仅浪费人力、物力,效率低,而且工期也不允许。经过多方论证,确定测区 1:5 000 地形图测量采用航空摄影测量方法,使用 GPS RTK 技术进行像控点联测。

2 GPS RTK 技术的原理

GPS RTK(Real time kinematic)实时动态定位技术是一项以载波相位观测为基础的实时差分 GPS 测量技术,它是利用 2 台或 2 台以上的 GPS 接收机同时接收卫星信号,其中一台安置在已知坐标点上作为基准站,其他作为移动站。在 RTK 作业模式下基准站移动站保持同时跟踪至少 5 颗以上的卫星,基准站不断地对可见卫星进行观测,并把带有已知点位置的数据,借助电台将其观测值坐标信息,发送给移动站接收机,移动站接收机将自己采集的 GPS 观测值数据和接收来自基准站的数据,组成差分观测值进行实时处理,求得三维坐标。由于 RTK 技术受外界条件的影响和限制较小,只要满足其基本的工作条件,它就能快速地、高精度地定位作业,使测量工作变得更轻松。同时,由于无需人工干预,减少了人为误差,保证了作业精度。GPS 测量技术走过了静态测量、快速静态测量等发展历程。目前厘米级实时 RTK 技术已经被广泛接受,并应用于各种测绘生产中。

3 测量实施

3.1 航空摄影及像控点布设

由于测区一半位于天山山脉,山高险峻,地形复杂,为保证飞行安全和不产生摄影漏洞,航空摄影沿河道进行,共拍摄 10 条航线。

根据航空摄影及测区实际情况,在满足测图需要的情况下,尽量减少野外的工作量,因此采用航线网布设像控点。共布设像控点 90 个。

3.2 基本控制

在测区内布设了由三个已知点起算的,由 24 个点组成的四等 GPS 网。各点之间最长不超过 5km。首先通过静态测量的方式观测已知点和加密控制点,建立全区 GPS 网,通过该网求得本区块的坐标转换参数。外业数据采集使用 Trimble 5700 型 GPS 接收机。观测前编制测区卫星可见性预报图,制定观测计划表,选择合适的时间段进行观测。经基线解算、网平差、求取转换参数,得到 1954 年北京坐标系坐标。观测精度达到了规范要求。

采用三、四等水准测量和三角高程测量作为测区的基本高程控制,并连测部分控制点,其他控制点高程采用 GPS 高程拟合的方法求得。经校核计算拟合高程与水准高程相差平均为 25cm,最大一点相差 70cm。

3.3 像控点联测

像控点联测使用 6 台 Trimble5700 型 GPS(2+4)接收机进行。Trimble5700 型 GPS 接收机其动态精度为平面 $10\text{mm} + 1 \times 10^{-6}$,高程为 $20\text{mm} + 2 \times 10^{-6}$ 。为了保证基准站的准确性(关键是高程精度),基准站设置在有水准高程的已知点上,并尽量使移动站在两个基准站的控制范围之内。架设好基准站,做好 GPS 接收机、电台及电池等的连线工作,输入作为基准站的控制点坐标及其他一些设置参数后,启动基准站设备进入工作状态,此时移动站可开始工作。为了验证转换参数及参考站设置的准确性,移动站在开始测量工作前,从另一已知点开始出发,通过与已知点坐标验证无误后,才能开始像控点的刺点联测工作。

像控点由一人刺点,另一人检查无误后,用 RTK 联测其三维坐标,一个点至少测两组数据,然后取其平均值作为该像控点的最后坐标值。

4 精度分析

为了保证 GPS RTK 测量像控点的精度能满足规范要求,我们首先选择三个已知点进行校测比较,见表 1。从表 1 可以看出 RTK 的测量精度还是相当高的。

表 1 RTK 测量坐标与已知点坐标比较表 单位:m

点号	控制点成果			RTK 测量成果			较差		
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔH
417	4877911.123	555114.131	1447.160	4877911.130	555114.041	1447.166	-0.007	0.090	0.006
415	4880322.298	556320.111	1382.615	4880322.297	556320.111	1382.615	0.001	0.000	0.000
416	4879671.701	557375.239	1928.273	4879671.701	557375.234	1928.271	0.000	0.005	0.002

根据以往的经验,RTK 测量平面精度受外界因素影响较小,而高程精度受影响较大,其主要原因是受地球高程异常的影响。因此,在测量像控点的过程中,对已知点的高程进行了反复比较,见表 2。其中 419、421 和 418 点是在天山测区,高程较差最大为 -0.234m。水利水电工程测

量规范(SL 197—97)中规定,基本高程控制的高程中误差为 $\pm h/20m$,1:5 000 地形图等高距为5m,高程中误差为 $M = \pm 5/20 = \pm 0.25m$,若以2 倍高程中误差作为极限误差,高程较差允许值 $\Delta H_{允许} = \pm 2M = \pm 2 \times 5/20 = \pm 0.50m$,最大一点较差小于允许值,符合规范的要求。

表2 RTK 测量高程与已知点水准高程比较表 单位:m

点号	水准高程	RTK 测量高程	较差
415	1382.615	1382.560	0.055
417	1447.160	1447.166	-0.006
419	1433.532	1433.766	-0.234
421	1477.692	1477.618	0.074
418	1424.206	1424.415	-0.209

为了检查像控点的联测精度,对像控点 PG37、PG22、PG24、PG51、PG72、PG73 连测了五等水准,与 RTK 测量成果对比见表3。PG37、PG22、PG24 三点在基本控制外距最北面控制点8 000m 左右,PG51、PG72、PG73 三点位于测区南部。从表3 看出,水利水电工程测量规范(SL 197—97)中对像控点的精度要求,山区高程中误差为 $\pm 0.50m$,以2 倍高程中误差作为极限误差,高程较差允许值 $\Delta H_{允许} = \pm 2M = \pm 2 \times 0.50m = \pm 1.00m$ 。最大一点的高程较差为-0.374m,符合规范要求。

表3 RTK 测量高程与像控点水准高程比较表 单位:m

点 号	水准高程	RTK 测量高程	较差
PG37	1514.623	1514.867	-0.244
PG22	1584.892	1585.266	-0.374
PG24	1575.403	1575.774	-0.371
PG51	878.592	878.693	-0.101
PG72	944.175	944.274	-0.099
PG73	1269.154	1269.288	-0.134

通过内业加密,其中有7 个像控点存在问题,属高程错误的有3 个点;属平面错误的有1 个点;刺点错误的3 个点。经分析出现错误的主要原因是由于测量人员操作失误造成的(如 RSM 指标值过大,观测数据不准等)。经过返工处理后,各点均达到了精度要求。

综上所述,GPS RTK 测量技术,完全可以满足像控点联测的需要,测量精度能达到规范的要求。而且在山高坡陡不通视的地区更显其快速、方便、不受限制的优越性。

5 结语

GPS RTK 测量具有很多优越性,但 GPS RTK 测量技术也有其局限性,作业过程中,要充分考虑各种因素的影响,如观测死角、卫星个数、磁场干扰,以及人为操作不合理等。

通过奎屯河引水改建工程的测量工作,可以看到 GPS RTK 技术不仅省时、省力,提高了工作效率,减轻了劳动强度,还可以完成一些传统测量作业非常困难的任务。由于其测量精度的提高,必将应用于更多的,不同的测量工作中。

双频 RTK 在城市规划测量中的应用

周白海¹ 薛长林² 郑玉香²

(1 广东省惠州市建筑工程总公司 广东惠州 516001;

2 中水东北勘测设计研究有限责任公司工程测绘公司 吉林长春 130062)

摘 要:城市建设的飞速发展,给城市规划测量工作也带来了很大的影响,比如:控制点的毁坏、丢失、不通视等,严重影响了城市规划测量工作的正常进行,现在应用 RTK 技术,可以很好地解决上述问题,极大地提高城市规划测量工作的精度和效率。南方天王星 9800 RTK 新技术不仅在地形、地籍等测量中普及应用,而且在城市规划测量中有很大的优越性。

关键词:双频 RTK;数字化地形图;放样;控制点;道路纵横断面

1 天王星 9800 双频 RTK 的特点

天王星 9800 双频 RTK 是南方测绘仪器公司推出的一体化双频 RTK,它采用了最新的蓝牙技术,无线操作,使数据采集更方便、更可靠,16M 内存,软件操作真正自由;机身液晶显示,实时显示主机状态,棉板操作更直接;选配中转站,有效克服遮挡,作用距离加大一倍;免基准测站设置,所有参数转换在移动站一键完成;碳纤维对中杆,更轻便,更坚固。天王星 9800 双频 RTK 集成性、稳定性、节能性、方便性、智能性、实用性于一体,在城市规划测量工作中应用天王星 9800 双频 RTK,使我们克服了控制点的毁坏、丢失、不通视等严重影响城市规划测量工作的不利因素,使测量工作变得更加便捷高效。

2 双频 RTK 在城市规划测量中的应用

采用常规测量仪器进行测量时,两已知点之间需要通视,当测量范围较大时,有时还要进行多次转站,而实际工作中,好多控制点多已毁坏或者不通视,测量的困难较大。当采用 RTK 或者 RTK 结合全站仪进行测量时,使用 RTK 进行布设图根点或着急测图,不通视和多次转站的问题,都得到了很好的解决。

2.1 测图

我们结合测量吉林省前郭炼油厂厂区 1:2 000 数字化地形图,谈谈采用双频 RTK 进行测图的一些体会。通过实地踏勘,发现厂区面积较大、建筑物较多,而且厂区附近没有已知点。因为工期要求紧,我们采用天王星 9800 双频 RTK 进行测图。

首先,在厂区选择适当的位置埋设标石设置基准站(在未知点上架设基准站),到城区选择已知控制点架设移动站,在手簿中输入移动站的已知坐标,对中、整平移动站选择“校正”。

再利用移动站进行碎部测量,输入移动站仪高、点号,保存数据,根据点号画草图。当遇到高层建筑物不适合 RTK 测量时,选择适当的距离做建筑物长边的平行线测量,根据平移距离在室内整理时间即可将建筑物上到正确位置上;若某点信号不好,可离开一定距离测两点,并量取待测点距离,用边长交会求得该点坐标。然后就可以根据坐标高程值和草图,利用南方 CASS5.1

成图系统编辑整理,即可完成数字化地形图。

时间不允许时,可采用先碎部后控制的测量方法测图,可先设置基准站的假定坐标直接成图,碎部测量完成后,将厂区选择设置的基准点与城区控制网进行连测,得到基准站点绝对坐标,根据其与假定坐标和高程差值,把碎部测量假定坐标和高程进行改正,即可得到所测点的绝对坐标和高程值,然后再成图。

2.2 放样

待放建筑物或构筑物附近没有已知控制点;或有控制点,但又不通视,待放建筑物或构筑物又处在未开通的规划路边,或者是未动迁完,需要分段施工的工程,结合实际采用 RTK 进行放样,既保证精度要求又方便快捷。

2.2.1 建筑物放样

待放建筑物为一综合楼,位于惠州市云山路、东山路与规划中的汝湖路两交点之间,两交点已形成,但无坐标值,在距汝湖路 60m,和云山路与东山路路中线垂距 180m。附近没有通视的控制点。

首先,我们应用 RTK 在已知控制点上设计置基准站;利用移动站手簿中:测量/目标点测量来测量两个交点的坐标;接着利用移动站手簿中:测量/线放样,以云山路与汝湖路交点为起点,东山路与汝湖路交点为终点设置线放样。然后,根据待放建筑物与路中的距离以及和起点的垂直距离,即可将待放建筑物准确快捷放样到实地上。

2.2.2 道路放样

惠州市建设中三环路位于麦地路与惠淡路以北,起点(麦地路与惠淡路交点)坐标、转点坐标、终点坐标已知,但是路上的动迁建筑物未拆迁完,而道路工程施工时间要求紧,需要分段施工,我们采用了双频 RTK 进行道路放样。

首先,我们将天王星 9800 双频 RTK 基准站设置在待放道路中间位置适当的点(未知坐标)上,然后,利用移动站手簿中:测量/校正向导/基准站架设在未知点/输入当前移动站(起点位置)的已知坐标/将移动站设在“起点位置”,对中整平,再按“校正”;接着,利用移动站手簿中:设置/坐标管理库/增加(输入道路起点坐标、转点坐标、终点坐标)/确定;然后,就可以利用移动站手簿中:测量/点放样(选取待放点的点号,按“点放样”按钮),根据手簿显示的三维坐标($x y z$)的差值,指挥移动站,当三维坐标($x y z$)的差值小于工程规定的限差值,就完成了点放样;而分段施工的放样,可利用移动站手簿中:测量/线放样(确定起点和线终点,待放段要在这两点之间),根据手簿显示的偏离距离,起点和终点距,指挥移动站,当偏离距小于工程规定的限差值,就完成了此段工程中的一个点,再测一个点,即可完成此段工程的中线放样。

2.2.3 道路圆曲线、缓和曲线的放样

利用 RTK 采集软件测量中的曲线放样的计算功能,输入曲线要素,可计算曲线数据,然后即可按放样间距确定的点号进行放样。

2.2.3.1 圆曲线的放样

2.2.3.1.1 移动站手簿:测量/曲线放样/按“计算”按钮/圆曲线计算,进行圆曲线设置界面/输入:ZY JD 坐标,曲线半径;JD 里程;偏角;放样点间距;选择 ZY 点或 JD 点的偏角方向,按“确定”按钮。

2.2.3.1.2 即可得到圆曲线计算结果:切线长、曲线长、切曲差、外距、交点、直圆、曲中、圆直数据,再确定里程方式(整桩距或桩号)确定“成果文件名”再按“确定”。

2.2.3.1.3 返回“曲线放样界面”,点取“要放的点位”编号,即可指挥移动站进行“圆曲线放

样”。

2.2.3.2 缓和曲线的放样

2.2.3.2.1 移动站手簿:测量/曲线放样/按“计算”按钮/缓和曲线计算,进入缓和曲线设置界面/输入:ZH、JD 坐标、曲线半径;JD 里程;偏角;放样点间距缓和曲线长;选择 ZH 或 JD 点的偏角方向,按“确定”按钮。

2.2.3.2.2 即可得到缓和曲线计算结果:切线长、曲线长、切曲差、外距、交点、直缓、缓圆、曲中、圆缓、缓直数据,再确定里程方式(整桩距或桩号),确定“成果文件名”再按“确定”按钮。

2.2.3.2.3 返回“曲线放样界面”,点取“要放的点位”编号,即可指挥移动站进行“缓和曲线放样”。

2.3 断面测量

2.3.1 道路纵横断面的测量:利用 RTK 采用软件中的线放样功能,用起点距确定断面点位和横断面位置,用横断面宽和手簿的左右偏差距离确定横断面上各特征点位置。

2.3.1.1 移动站手簿:设置/坐标管理库/增加(道路确定坐标转点坐标终点坐标)/确定。

2.3.1.2 测量/线放样(确定线起点和线终点,待测剖面要在这两点间),根据手簿显示的偏离距起点和终点距,根据断面点间距指挥移动站,当左右偏离距进入小于工程规定的限差值,回车即可起点纵剖面点位置。

2.3.1.3 根据纵剖面点位置和横剖面的宽度(偏离开距确定点位)及特征点,回车即可确定横剖面点。

2.3.1.4 利用南方 CASS5.1 成图系统,根据坐标文件进行纵横剖面的绘制。

2.4 土方及面积计算

2.4.1 土方计算

2.4.1.1 利用移动站手簿:测量/目标点测量,确定测量计算范围。

2.4.1.2 测量/线放样(确定线起点和线终点,待测剖面要在这两点间),根据手簿显示的偏离距起点距离和终点距,根据方格网的大小指挥移动站,回车即可确定点位的三维坐标。

2.4.1.3 利用南方 CASS5.1 成图系统,根据坐标文件进行土方计算。

2.4.2 面积计算

2.4.2.1 利用移动站手簿:测量/目标点,确定测量计算范围。

2.4.2.2 利用移动站手簿:工具/面积计算/打开文件圈定计算范围,点取“计算”按钮即可得到圈定范围的面积。

经多年的规划测量实践,觉得用 RTK 技术进行规划放样、断面测量、数字化地形图等工作,非常便捷实用、高效,克服了缺少已知点以及已知点之间不通视的问题,既节省作业时间,又提高测量精度。

参考文献

- 1 刘基余,李征航,等.全球定位系统原理及其应用.北京:测绘出版社,1995
- 2 南方测绘仪器公司.RTK9800 天王星操作手册.2004