

水利工程河道地形测量技术探析

李雪婷¹ 高玄²

黄委山东水文水资源局 山东济南 250108

摘要: 河流类型研究包括陆地地形测量和水域测量。为了获得准确可靠的地形测量结果,必须针对不同的地形采用不同的测量方法。考虑到河流开发工作的复杂领域,描述了各种测量方法的含义,并介绍了验证结果的现代方法,为类似活动的研究和绘图的实施提供了信息。

关键词: 水利工程; 地形测量; 河道地形; 测量技术;

随着大数据时代的到来,在物联网、云计算、人工智能等新兴信息技术的推动下,地理空间信息服务正逐步向智能化、自动化、网络化、实时化方向发展。随着测绘处理关键技术的不断进步和多平台、多尺度、多分辨率、多时相的“空间世界”,地球观测网逐步实现了测绘科学化,迈向了地理空间信息服务的新时代。在这个观测网中,以海洋、河流、湖泊等水体为代表的测量对象是重要组成部分。然而,与地基测量的快速发展相比,水域测量相对薄弱,尤其是在水资源丰富的山区和峡谷河流中,复杂的水情环境对数据采集和综合利用提出了更高的要求。目前,常规的水域三维地形测量主要依靠航空/天空摄影测量技术、人机航空摄影技术、GNSS-RTK测量方法、单波束和多波束测深系统实现水下和水下空间数据的分离采集。在水地形勘探和数据处理过程中,上述方法存在数据不连续、精度与高程基准难以统一等问题。

1 概述

进入21世纪以来,我国经济呈指数级增长,城市日新月异,生活条件显著改善,社区福祉水平高标准。河道修复与建设是构建现代生态系统的重要组成部分,作为一项水利工程,河道修复应从中小河流修复、防洪排涝等园林绿化系统、河流自然发展等方面入手。

在河流开发项目实施的第一阶段,应进行勘探、地球物理研究和勘探和测绘,为设计提供必要的信息。测绘成果的准确性和可靠性决定了设计成果的准确性和可靠性,河流测绘一般包括控制测量、陆地地形测量和水体地形测量。控制测量包括平面控制和高度控制。平面控制通常采用GNSS静态位置测量和GNSS实时动态测量。前者适用于平面投放精度要求较高的项目,后者适用于平面投放精度要求不高的市、村级河道整治工程;高度控制应使用几何水准找平。细化后的地理高度可用于精度要求较低的区域,但至少需要验证测量区域附近的三个现有坡度基准。在陆地地形测量中,最常采用全站仪极坐标法来确定飞行器的位置,电磁波到达三角高程法用于确定测点的高度;对于周边高层建筑少、电磁干扰低的研究区,可采用GNSS实时动态测量。^[1]

2 河流调查内容及技术要求分析

2.1 河流工程勘察内容

河道测量的基本内容主要包括河道两侧规定宽度的带状地形图以及沿河道带状地形图轴线规定间隔的横断面和纵断面。带状地形图用于绘制河流两岸的地貌、地形、土壤质量和植被。对于河流,特征包括重要特征,如测量控制点、水利工程建筑物、道路和管道、居民区、输电线路和通信线路。地质地貌和植被包括农田、果园和苗圃、草原、荒地和芦苇地、森林灌木、竹林和其他地貌植被。横断面测量是使用RTK上的中等补偿坐标,通过放线模式计算待测量的横断面。测量断面线上高程变化明显的点坐标,正确反映了河流断面形状,纵断面测量数据与横断面测量数据一起生成。在断面测量的同时,应标明河道中线位置和河道上、下河口断面测量点,以便后期数据处理获得剖面数据。

2.2 河道测量的常规方法和操作程序

为防止测量误差的积累,减少流测法的误差,测法线线地形图应遵循“从全断面,先控制,再局部”的标准原则,则:先建立河流测量范围内的第一个控制网络,以第一条河流航行路线为信号,从每个控制点收集控制点附近的数据。跨江管网的安装往往采用交叉测量、三重测量、交叉测量等传统方法。随着监测和制图专业知识的发展,河流排水网络的建立主要是通过GNSS监测系统,河流流量管理通常使用水准测量。



图1 河道测量常规作业流程图

传统的水下地形搜索法是在河岸上的已知点架设全站仪等测距、测角仪器,测量目标船的方位和距目标船舶的水平距离,并通过数学公式计算目标船的位置,根据静水水面高程和目标船实测水深值,得到目标船的水下高程值。传统的水下测量方法包括平板仪器或光学经纬仪与测深仪的交会

定位、地面无线电定位技术与测深仪、激光测距仪与经纬仪和测深仪。^[2]河道测量常规作业流程如图1所示。

2.3 图根控与碎片测量一体化技术需求分析

随着测绘技术的不断发展和进步,河道测量也从传统的经纬仪、水准仪等仪器发展到基于CORS系统的GNSS RTK技术和网络RTK技术。随着测线测深技术的发展,河道水下地形测量也从传统的测量杆发展而来,测量船采用单波束,甚至无人遥控船采用多波束技术。测绘新技术在河流测量中的应用,极大地提高了测量作业的效率和精度,新技术的出现也要求相应的新河流测量方法。

雨季来临时,清淤治理、提高河道防洪排涝水平,涉及人民生命财产安全、社会稳定、农业生态环境等问题,具有巨大的社会效益和经济效益。因此,前期的调查和测量任务也十分紧迫,这就决定了需要提出新的测量方法。网络RTK技术为综合测量方法提供了可能性,消除了复杂的河流控制网布设和高水准水准测量,直接进行测绘控制测量,大大缩短了测量周期,能为设计人员提供准确的地形、断面数据,保质保量。

3 控制测量

3.1 平面控制测量

控制点的选择应满足以下几个要求:①应便于放置接收设备和操作,视野开阔,视野内障碍物的高度角不得超过 15° 。②远离大功率无线电发射源(如电视台、电台、微波台等),距离不小于200m;高压输电线路与微波无线电信号传输通道的距离不小于50m。③附近不应有强烈反射卫星信号的物体(如大型建筑物)。④交通便利,有利于其他测量手段的扩展和联合测量。⑤地基长期稳定,易于识别。⑥充分利用满足要求的现有控制点。⑦选站时,站附近的局部环境(地形、地貌、植被)应尽量与周围环境相一致,以减少气象要素的代表性误差。^[3]

3.1.1 全球导航卫星系统静态相对定位测量

如果使用GNSS的静态相对位置进行河流地形控制测量,控制网络的级别应为E级。控制网络的主要技术指标包括平均边长、固定误差、比例误差系数、有限调整后最弱边的相对平均平方误差。最弱侧的相对均方误差不应超过 $1/20000$ 。运行的基本技术要求包括卫星高度截止角、同时观测的有效卫星数、有效观测卫星总数、观测周期数、周期长度、采样间隔、观测周期数,即次站数不小于GPS网络总数的百分比。

静态观测数据的后处理应使用经评估的商业软件。计算过程包括基线计算、无限制网络定制、限制网络定制等,独立闭环或加线坐标闭合误差,各坐标分量对基线计算的闭合误差,从两者之间的差值调整到GNS的绝对值GNSS网络约束调整的基线分量校正数与无约束调整结构对应的校正数相同,基线误差必须满足规范要求。

3.1.2 国际卫星实时测量

GNSS实时动态定位测量分布在RTK网络和单基站RTK上。当RTK网络进行实时测量时,用户只需移动台站即可操作。移动台发现显示站点发送的不同数据后,获取最高质量的空中流量。本研究部分所含信息的详细准确性相同;对于一个RTK台站的实时测量,用户需要两台GNSS接收机,一台用于台站,另一台用于移动台。移动台测量的精度取决于移动台到参考点的距离。随着两个差距越来越近,各种误差是片面的,差后的精度变大;距离越远,不同的误差不同,点的精度越低。移动站到展厅的距离应在5km以内。

当连续显示时,真正的GNSS运动学标准应该开始寻找稳定的解决方案。每个点应分别设置两次,两组必须同时集合,每个数据组的数据采集时间不小于10",四个数据组之间的点差不超过2cm。

3.2 测量调整长度

河流监测级别不得低于四级,松软地面采用附合水准线,条件较好的地区可采用封闭水准线。软土地区地面沉降较大,城市基准面附近的市政建设也会影响其稳定性。为了确保现有水准测量结果的可靠性,水准测量线必须附着在两个现有水准测量上。当使用现有水准点铺设闭合水准环时,必须测试控制点的稳定性。

目前,我国许多城市已经开发了准大地水准面精炼系统,可以将GNSS静态相关测量或网络实时动态定位得到的大地高程直接转换为正常高程。为保证结果的准确性和可靠性,通常在研究区采集3级以上较高点的较低水平,调整后的上升与已知上升进行比较。如果差值不超过5cm,则说明准直肠段的最佳调整水平可以满足调整正确测量的要求。^[4]

4 土地地形测量

河道整治工程的土地测绘范围通常为岸线至河口线10~20 m。测量内容包括河道两侧的建筑物、人行道、码头、桥涵、围墙、管道设施、防洪通道、绿化、雨水和污水排放口等。测量地形特征点的高度;在水陆交界处进行所有位置的边缘测量,确保边缘连接的准确性。

陆地面积测量中常用的方法是全站仪极坐标法+电磁波测距三角高法,同时测量地物的局部坐标和高度。这种方法对环境要求低,精度高,但至少需要两名技术人员,操作效率低。GNSS实时动态测量方法可直接测量陆地和地面物体的三维坐标,对周围高楼大厦少、电磁干扰低的区域进行调查。在应用该方法的第一步中,需要获得区域空间变换的七个参数。在应用测量之前,请验证解决方案中未包含的两个或多个控制点的三维坐标。平面坐标差控制在2厘米以内,高差控制在3厘米以内。

近年来,无人机倾斜摄影测量技术发展迅速,在1:1000和1:500的应用越来越多,对于面积大、植被少、技术人员难以到达的区域,优势明显。具有工作效率高、劳动强度低、数据采集直观全面、精度高、干扰因素少等优点。河道整治工程一般呈条状分布,工程线路较长,传统人工测量费时费

力,某些测量区域难以进入测量,作业效率低。无人机通过投资摄影测量技术弥补了这一不足,这对于完成研究区的综合地形测量具有重要意义,大大提高了实地工作的效率。无人机倾斜摄影测量技术方法如图2所示。

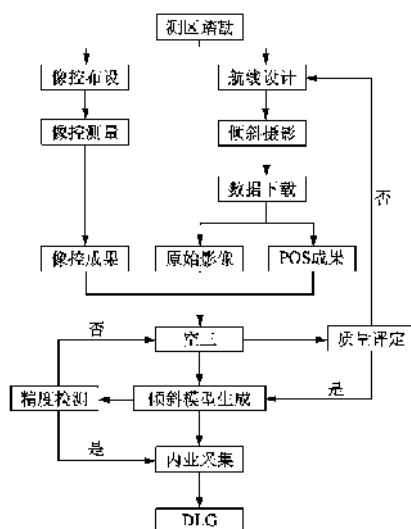


图2 无人机倾斜摄影测量技术流程图

5 水域地形测量

河道整治工程水域地形调查所采用的方法,将综合考虑河流的宽度、深度和速度。大而深的河流经常使用GNSS实时动态测量+测深仪非潮汐指示操作;对于窄而浅的河流,也可以采用分段电缆+探头操作,动态测量水深点的三维坐标。由于不可避免的速度误差和人为操作误差,后两者测得的水深点高度误差通常较大。

GNSS实时动态测量分为网络RTK测量和单基站RTK测量。为了获得高精度的高程结果,两者都需要解析该区域的七个参数。每个重合点的平面变换残差检查在2cm以内,高度变换误差控制在2~5cm以内。在网络RTK测量过程中,移动台接收虚拟网络向移动台附近参考站发送的差分数据,获得测量点的高精度三维坐标。目前,这项技术被广泛使用,但必须付费使用;单基站RTK移动台接收参考端发送的不同数据,如电离层延迟、对流层延迟、卫星时钟误差、卫星星历误差等,获取高精度测点三维坐标。^[5]

测深前,必须在回声警报器中进行GNSS接收器和传感器的投影参数设置、天线高度调整、草案设置、声速设置、中心偏差校正调整。投影平差的目的是直接获得水深点和水面高度的坐标和高度,结合实际水面高度评价水深测量结果的准确性和可靠性。测量完 GNSS 天线的高度后,应立即进

入警报器。由于回声测深仪一般不具备修正固定天线高差的功能,而且不同类型的GNSS接收机的修正值不同,因此必须计算正确的天线高度与正确的水面高度并测量天线高度。直接测量的天线高度一般比正确的天线高度高8~12cm,这对水深点的高度结果有显著影响。传感器的吃水设置不仅要考虑整个水深测量过程的安全性,还要考虑坡度测量中浅水区的范围。河流调查中,水深一般控制在30~50cm,吃水过浅会导致水深不正确,船舶转弯时部分数据丢失。河道中的声速值通常是通过与用板尺或塔尺测量的实际水深进行比较来计算的,通常选择平坦的区域,通过导航软件完成计算。由于声速值误差引起的水深误差不是主要原因,因为河流的水深通常不超过5m;当使用大型船只时,GNSS接收器和传感器之间的中心偏移会被调整。用于测量,很少用于河流测量。主要用于修正水深点的平面位置。测量水深时,测量船应匀速移动,速度控制在6~8节之间。

6 结束语

综上所述,水下地形图的绘制和相应水下地形图的绘制,对我国水运、航道设计和水下资源勘探开发和养殖具有重大的实施意义和广阔的发展前景。随着我国经济水平的不断提高,对水下地形测量的需求越来越大。水下地形测量的方法很多,各有优缺点。因此,相关人员必须根据项目的具体情况选择合适的测量方法。除了在测量过程中综合考虑环境因素和精度外,还必须不断创新,采取科学措施,解决测量方法的不足,使未来的水测量工作不断进步。

参考文献:

- [1] 徐知秋. 关于水域地形测量的探讨[J]. 人民珠江, 2011, 32(3):3.
- [2] 杨剑, 舒国栋, 李涛. 无人船测量系统在特殊水域地形测量中的应用[C]// 第二十届华东六省一市测绘学会学术交流会. 0.
- [3] 杨明, 杨兆祥, 戴劲松. 水下地形测量中前沿技术的应用研究[J]. 林业科技情报, 2017, 49(2):5.
- [4] 刘士付. 水下地形测量技术分析[J]. 工程技术研究, 2020, 5(23):2.
- [5] 杨润奇. 测深仪结合无人船在测量工作中的特殊应用[J]. 2020.

作者简介:李雪婷,出生于1993年2月,性别女,民族汉,籍贯山东临沂,助理工程师,本科学历,毕业于华北水利水电大学,研究方向为水文水资源