

复杂河道流量测量精准操作实用方案

范磊

湖南省湘潭水文水资源勘测中心

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6453

[摘要] 本报告聚焦于复杂河道流量测量的精准操作实用方案。针对复杂河道特点及测量挑战,对传统与现代流量测量技术进行分析与综合应用。详细制定了精准操作流程,涵盖测量前准备、测点布置、测量过程操作及数据记录处理等环节。同时建立了测量质量控制体系,包括质量控制指标、方法以及误差分析与修正。通过实际案例验证了方案的可行性与有效性。研究成果对于提高复杂河道流量测量的精准度和效率具有重要意义。

[关键词] 复杂河道; 流量测量; 精准操作; 质量控制

中图分类号: TV143+.3 文献标识码: A

Practical solution for precise operation of complex river flow measurement

Lei Fan

Hunan Xiangtan Hydrological and Water Resources Survey Center

[Abstract] This report focuses on practical solutions for precise operation of complex river flow measurement. Analyze and comprehensively apply traditional and modern flow measurement techniques in response to the characteristics and measurement challenges of complex river channels. A detailed operation process has been developed, covering pre measurement preparation, measurement point layout, measurement process operation, and data recording and processing. At the same time, a measurement quality control system was established, including quality control indicators, methods, and error analysis and correction. The feasibility and effectiveness of the plan have been verified through practical cases. The research results are of great significance for improving the accuracy and efficiency of complex river flow measurement.

[Key words] complex river channels; Flow measurement; Accurate operation; quality control

河道流量测量是水利工程、水资源管理等领域的基础工作。复杂河道由于其特殊的地形地貌、水流特性等,使得流量测量难度大幅增加。精准测量复杂河道流量对于水资源合理调配、防洪减灾、生态环境保护等至关重要。然而,目前在复杂河道流量测量中仍存在诸多问题,如测量技术选择不当、操作流程不规范、测量质量难以保证等。因此,制定一套精准操作实用方案具有迫切的现实需求。

1 复杂河道流量测量概述

1.1 复杂河道特点

复杂河道的地形特征具有显著特殊性。其河床结构多变,常见深潭与浅滩交错分布,弯道形态复杂。深潭区域水流湍急且方向多变,浅滩则容易造成水流中断现象。河道弯曲段会形成明显的横向环流效应,导致流速空间分布不均^[1]。此外,河岸边界形态不规则,常伴有岩石裸露或植被覆盖等情况,这些因素都会显著改变水流特性。受气候和上游来水影响,这类河道的水位变化幅度较大,丰枯水期的过水断面和水流动力特征差异明显。

1.2 流量测量重要性

精确测量复杂河道流量具有多方面应用价值。在水利工程规划中,可靠的流量数据是设计水工建筑物的基础依据,直接影响水库库容计算和泄洪设施配置。水资源优化配置也需要准确的流量信息作为支撑,确保农业、工业和居民用水的合理分配。防洪预警系统更离不开实时流量监测,及时准确的流量数据能够为防汛决策提供科学参考,有效减轻洪涝灾害损失。

1.3 测量技术难点

复杂环境下的流量测量存在诸多技术困难。传统测流方法在湍流区域测量精度有限,难以准确捕捉多变的水流特征。复杂的地形条件给测点布设带来挑战,很难全面反映实际水流状况。水位剧烈波动要求测量方案具备动态调整能力。另外,恶劣天气和水中杂物都会干扰设备正常工作,影响测量结果的可靠性。这些因素都给复杂河道的精准测流带来了较大难度。

2 流量测量技术选择

2.1 传统测量方法

在河道流量测量领域,传统方法主要包括流速仪测量和浮标观测两种方式。其中,流速仪测量通过记录不同位置的水流速度,结合断面面积计算总流量。常见的设备有旋桨式和旋杯式两种类型:前者适合中等流速环境,通过水流推动桨叶旋转来测定流速;后者则更适用于低流速条件下的测量。但这类方法在复杂河道应用中存在明显局限,由于水流分布不均,往往需要设置大量测点,导致测量效率较低。

2. 新型测量技术

随着技术进步,现代测量手段为复杂河道提供了更多选择。声学多普勒流速仪(ADCP)采用声波反射原理,可同时获取不同深度和方向的水流数据,具有测量范围大、精度高的特点。其移动测量模式特别适合复杂河道环境。此外,雷达测流系统通过发射电磁波测量水面流速,无需直接接触水体,受环境影响小,安装便捷,可实现远程监控^[2]。卫星遥感技术则通过分析影像数据获取河道水面信息,结合数学模型估算流量。

2.3 技术集成应用

针对复杂河道的特殊性,单一测量技术往往难以满足需求。实践中常采用多种技术组合的方案:先用传统流速仪获取局部数据,再用ADCP进行全断面测量验证;对于危险或难以到达的区域,则采用雷达系统进行远程监测。数据处理时,可将现场测量结果与卫星遥感数据相结合,构建更精确的流量计算模型。这种综合应用方式能充分发挥各技术优势,显著提升测量精度和工作效率。

3 精准操作流程制定

3.1 测量前准备

测量前的准备工作是确保流量测量精准的基础^[3]。首先要进行资料收集,收集河道的历史水文资料,包括水位、流量、流速等数据,了解河道的基本特征和流量变化规律。还要收集河道的地形地貌资料,如河道地形图、河床断面图等,以便合理布置测点。对测量设备进行检查和校准是非常重要的。检查流速仪、ADCP等设备的外观是否完好,传感器是否正常工作,流速仪是否在检定有效期内。按照设备的校准要求进行校准,确保测量数据的准确性。同时,准备好必要的辅助设备,如测船、定位仪等。确定测量时间和测量方案也很关键。根据河道的水位变化规律和测量目的,选择合适的测量时间。制定详细的测量方案,包括测点布置、测量方法、测量频率等。

3.2 测点布置原则

测点布置应遵循一定的原则,以确保能够准确反映河道的水流情况。首先要考虑河道的断面特征。在河道的主流区、弯道、支流汇入处等关键位置应布置测点。主流区是水流的主要通道,其流速和流量对整个河道的流量影响较大。弯道处水流复杂,布置测点可以了解水流的横向环流和流速分布。支流汇入处是不同水流交汇的地方,布置测点有助于掌握支流与干流的相互作用。根据水位变化情况合理调整测点位置。在不同水位下,河道的过水断面面积和流速分布会发生变化。因此,需要在不同水位条件下进行测点布置的调整,以保证测量的准确性。还要根

据测量精度要求确定测点的数量。测量精度要求越高,测点数量应越多。

3.3 测量过程操作

在测量过程中,要严格按照操作规程进行。对于使用流速仪测量的情况,测量人员应站在稳定的平台上,将流速仪放入水中,使其处于水流平稳的位置。按照规定的测量时间记录流速仪的转速,然后根据流速仪的校准公式计算流速。在使用ADCP进行测量时,要确保设备安装牢固,测量船按照预定的航线匀速行驶。在测量过程中,实时监控设备的工作状态和测量数据,及时发现并处理异常情况。如果遇到水流异常湍急或有杂物影响测量时,应暂停测量,采取相应的措施。在测量过程中,还要注意测量的连续性和一致性。避免因测量中断或操作不规范导致数据不准确。同时,要做好测量环境的记录,如天气情况、水位变化等,以便后续的数据处理和分析^[4]。

3.4 数据记录与处理

数据记录要准确、完整。在测量过程中,应及时记录每个测点的流速、水位等数据。记录数据时要注明测量时间、测点位置等信息。可以采用纸质记录和电子记录相结合的方式,确保数据的安全性。数据处理是流量测量的重要环节^[5]。首先要对原始数据进行检查和筛选,剔除异常数据。然后根据测量的流速数据和过水断面面积计算流量。可以采用不同的流量计算方法,如流速面积法、积分法等。在计算过程中,要考虑测量误差和不确定度,对计算结果进行合理的修正。利用计算机软件对数据进行处理和分析,绘制流速分布曲线、流量变化曲线等图表,直观地展示测量结果。最后,将处理后的数据进行存档,以便后续的查询和对比分析。

4 测量质量控制

4.1 质量控制指标

为了保证复杂河道流量测量的质量,需要建立相应的质量控制指标,流量测量的误差范围允许误差标准:总随机不确定度(置信水平95%):一类精度水文站:高水5%、中水6%、低水9%;二类精度水文站:高水6%、中水7%、低水10%;三类精度水文站:高水8%、中水9%、低水12%,系统误差:一类站:±1%以内(单一线法)、±2%(其他方法)二类/三类站:±2%以内(单一线法)、±3%(其他方法)^{[6][7]}。测量精度是重要的指标之一,包括流速测量精度和流量计算精度。流速测量精度可以通过与标准流速进行对比来评估,一般要求流速仪单点流速的相对偏差不应超过±3%(条件良好时),若测验条件较差(如高流速、含沙量大等),相对偏差可放宽至±5%。系统误差:系统误差(均值偏差)应控制在±1%范围内。流量计算精度则需要考虑测量数据的准确性和计算方法的合理性。数据的可靠性也是关键指标。测量数据应具有一致性和重复性,即在相同条件下进行多次测量,得到的数据应相近。数据的完整性也是质量控制的重要方面,所有测点的测量数据都应完整记录,不得遗漏。

4.2 质量控制方法

质量控制方法包括多种。在测量设备方面,要定期对测量设

备进行校准和维护。按照设备的使用说明和校准周期,对流速仪、ADCP等设备进行校准,确保设备的测量精度。在日常使用中,要注意设备的保养,避免设备损坏。在测量过程中,可以采用多次测量取平均值的方法来提高测量精度。对同一测点进行多次测量,然后计算平均值,减少随机误差的影响。还可以采用不同的测量方法进行对比验证。例如,同时使用流速仪法和ADCP法进行测量,对比两种方法的测量结果,如果差异较大,则需要进一步分析原因,找出问题所在。

4.3 误差分析与修正

误差分析是提高测量质量的重要环节。测量误差主要包括系统误差和随机误差。系统误差可能是由于测量设备的不准确、测量方法的不完善等原因引起的。例如,流速仪的校准不准确会导致测量的流速存在系统误差。随机误差则是由于测量过程中的偶然因素引起的,如水流的微小波动、测量人员的操作误差等。对于系统误差,可以通过对测量设备进行重新校准、改进测量方法等方式进行修正。对于随机误差,可以采用统计分析的方法进行处理。通过多次测量,计算误差的分布规律,然后采用合适的数学模型对测量结果进行修正。

5 方案应用案例

5.1 案例河道概况

选取涓水射埠水文站作为案例进行研究。断面情况:测验河段顺直长约400m,为扩张型断面,河槽左深右浅,呈“W”型,中高水位时主槽宽约140m,当水位到48.40m左右时,右岸漫堤约60m,基下30m处有一横堤,漫滩部分流向不垂直于断面,河床由细沙、卵石组成,经常性冲淤变化大。全年有水草生长,对流量测验有一定影响。上游7.5km有盐埠石砌拦河坝,坝高约3m;下游8km有吟江混凝土拦河坝,高约3.5m,开关闸时对水位流量测验有一定影响。2019年基下200m处修建九墩公路桥,对流量测验有一定影响。

5.2 方案实施与结果分析

针对该河段的复杂特性,研究团队制定了系统的测量方案。实施前收集整理历年水文资料和地形数据,对ADCP和多台流速仪进行了严格校准,并对测量人员开展专项培训。测点布置充分考虑了河道特征:在主流区、水深变化较大区域等关键位置设置测点,漫滩部分单独施测,因流向不垂直断面,需校正流向偏角后施测。采用流速仪定点测量与ADCP剖面测量相结合的方法。测量过程中严格执行操作规程,通过多次测量取平均值确保数据质量。

测量结果显示,该方案有效克服了复杂河道条件下的测验难题。与历史数据相比,新方法获得的流量数据精度显著提高,能准确反映不同水位条件下的流量变化规律。特别是在丰水期,测量数据与实际情况高度吻合,流速分布与水流特征匹配良好。数据分析还揭示了若干重要水文特征,如弯道处明显的横向环流现象和流速分布不均特性。这些发现为类似复杂河段的流量测验提供了有价值的参考。案例证明,通过科学的方案设计和严格的质控措施,即使在冲淤变化大、受水工建筑物影响显著的河段,也能获得可靠的流量测验结果。

6 结论与展望

本研究针对复杂河道流量测量问题,制定了一套精准操作实用方案。通过对复杂河道特点和流量测量重要性的分析,明确了测量的难点和需求。对传统和现代测量技术进行了综合分析,提出了技术综合应用的方法。详细制定了精准操作流程,包括测量前准备、测点布置、测量过程操作和数据记录处理等环节。建立了测量质量控制体系,包括质量控制指标、方法以及误差分析与修正。

未来的研究可以在多个方面展开。在测量技术方面,可以进一步研发更先进的测量设备和技术。例如,提高声学多普勒流速仪的测量精度和适用范围,开发更高效的非接触式测量技术。在数据处理方面,可以引入人工智能和大数据技术,对大量的测量数据进行深度挖掘和分析,建立更准确的流量预测模型。

[参考文献]

- [1]白亮,王伟,原松,等.基于离散点的河道地形外包边界自动生成方法[J].人民长江,2021,52(03):112-117.
- [2]罗丽娟.雷达探测技术在河道断面测量中的应用研究[J].珠江水运,2023,(14):74-76.
- [3]李振华,高蓓蓓,周斌.测流仪牵引装置开发研究[J].水资源开发与管理,2018,(10):79-84.
- [4]刘继祥.河流泥沙数值模拟系统开发及应用研究.河南省,黄河勘测规划设计有限公司,2013-06-03.
- [5]于飞.现代测量仪器在河道测量中的应用[J].湖南科技学院学报,2012,33(08):28-29.
- [6]《河流流量测验规范》(GB50179-2015).
- [7]《水文巡测规范》(SL195-2015).

作者简介:

范磊(1999-),男,汉族,湖南邵阳人,大学本科,助理工程师,研究方向:水文水资源。