

# 水文测验中定点式 ADCP 设备运行维护 及故障处理方法

黄 炜, 张晨旭

(江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210013)

**摘要:** 自动流量测验设备在水文测验中具有时效强、量程大、安全性高等优势, 定点式 ADCP 是目前较为常见的实时在线自动流量测验设备, 其设备运行状况直接决定了测验精度、测验稳定性以及测验长效性。结合近年来水文测验中的应用实例, 详细阐述定点式 ADCP 测验设备运行维护的要点, 并对常见故障及处理方法进行分析。

**关键词:** 流量测验; ADCP 设备; 故障处理; 运行维护

中图分类号: TV131.66

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2024)03-0066-0003

## Operation and maintenance of fixed point ADCP equipment in hydrological testing and fault handling methods

HUANG Wei, ZHANG Chenxu

(Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210013, China)

**Abstract:** Automatic flow testing equipment has the advantages of strong timeliness, large range, and high safety in hydrological testing. Fixed point ADCP is currently a common real-time online automatic flow testing equipment, and its operating condition directly determines the testing accuracy, stability, and long-term effectiveness. Based on the application examples in hydrological testing in recent years, this article elaborates on the key points of operation and maintenance of fixed point ADCP testing equipment, and analyzes common faults and handling methods.

**Key words:** flow test; ADCP equipment; fault handling; operation and maintenance

### 1 概 述

流量是水利规划设计、防汛调度、水资源管理等工作的重要基础资料。流量获取按测验方式可分为以缆道流速仪、桥测、走航式 ADCP 为代表的人工测验方法, 以定点式声学多普勒剖面流速仪(定点式 ADCP)为代表的自动测流方法<sup>[1-2]</sup>。随着水文现代化和测验方式改革进程的推进, 自动流量监测已成为实现水文监测现代化的关键。定点式 ADCP 的应用可有效提高测流效益, 特别是在水位流量关系复杂的测流断面, 采用定点式 ADCP 测流不仅可以进行连续的测流, 而且可大幅减少测验人员投

入, 并降低运行成本。定点式 ADCP 作为一种实时在线的自动测流设备, 其设备运行状况直接决定了测验精度、测验稳定性以及测验长效性。

目前, 相关研究主要关注于 ADCP 设备的适用性、比测率定<sup>[3-4]</sup>、流速分布<sup>[5]</sup>等方面。笔者结合应用实践, 对定点式 ADCP 自动测流系统运维维护及常见的故障分析和解决办法进行分析, 为设备的推广应用提供借鉴。

### 2 定点式 ADCP 系统组成

ADCP 是一种利用声学多普勒原理测量水流速度的仪器, 即通过 ADCP 换能器发射某一固定频率

收稿日期: 2023-09-19

基金项目: 江苏省水利科技项目(2021044)

作者简介: 黄炜(1981—), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事水文测验及站网管理工作。E-mail: 664054945@qq.com

的声波,然后接收被水体中颗粒物(假定水体中颗粒物与水体流速相同)散射回来的声波,经过换算测得断面流速,进而根据断面面积可算得流量。定点式 ADCP 测流系统一般由 ADCP 设备、辅助设备、数据传输设备及软件系统共同组成,包括 ADCP 换能器及设备安装平台等。

目前应用的定点式 ADCP 测流系统中,ADCP 换能器以 RDI 和 Linkquest 设备为主,设备安装分横向式安装和垂向式安装 2 种。其中,横向式安装是将换能器安装在测验河段岸边,以水平方式向河段横断面发射超声波,测得某一水层的流速分布;垂向式安装是将 1 个或数个换能器安装在测验河段河底基座或锚定的水面浮标上,向水面或河底发射声波,测得 1 根或数根垂线流速分布。辅助设备包括水位计、供电系统等,水位计一般采用浮子或压力式水位计,供电系统采用太阳能供电,数据传输系统包括数据采集控制及传输设备(RTU、DTU)等。软件系统包括设备设置软件及数据处理软件等,具备参数设置、数据采集、数据存储、数据上传、查询备份、异常预警、接受指令、数据处理以及流量计算等功能。

江苏省定点式 ADCP 测流系统采用测站、省中心的运行模式,测站设备测得的数据按照《江苏省水文自动测流系统数据传输规约》,通过 GPRS VPDN(主信道)或 CDMA VPDN(备份信道)传输到分中心或省中心的水文自动测报平台,分中心通过省中心进行相关的运行管理、数据查询和应用。

### 3 定点式 ADCP 设备维护要点

对定点式 ADCP 系统的运行维护,主要包括换能器检查与维护,设备安装平台检查维护,电源、通讯等辅助设备的检查维护,数据传输设备及采集软件维护等。

#### 3.1 换能器检查与维护

换能器是 ADCP 中实现电能与声能相互转化的主要设备。一般定点式 ADCP 具备 4~9 个换能器,每个换能器既是发射器又是接收器,通过感应水体中的声波能量反射情况来推算流速。因此,换能器运行状态直接决定了断面流速数据测验的准确性,特别是换能器表面的干净与否,直接决定了回波强度的好坏。ADCP 换能器检查维护步骤如下。

(1)标记好现有 ADCP 换能器安装位置,将 ADCP 换能器升出水面并对表面附着物进行清洁,确保 ADCP 换能器表面清洁,无污泥、杂草等附着物

等。当发现探头表面有明显裂痕时,应检验是否影响测验精度。

(2)清洁完毕后,将 ADCP 换能器放至原先安装高程,确保换能器安装高程保持在初始值 $\pm 2$  cm 以内。通过三维姿态等数据校核换能器安装位置,保障 ADCP 安装三维角度变化 $\leq 1^\circ$ 。

(3)通过软件对系统性能进行现场抽检,确保指标均通过,抽检声波信号质量、数据成果质量应达到优良级。将检查后的测流数据和检查前数据进行校对,确认数据满足使用要求。

在运行过程中,如果发现 ADCP 成果数据流速异常或者点流速的流速分布不合理,则需要对 ADCP 进行检查。最直接的检查方法就是查看 ADCP 的信号强度,通过信号强度衰减情况来判断波速测量路径上的异常。由于声波在水中悬浮粒子的摩擦和反射,会造成信号衰减,标准的信号衰减是平缓的或平滑下降,如果信号强度有突跳的反射或者剧烈的衰减,就可以认为声波路线上有异常障碍物在影响测流,并且根据回波强度异常增强位置,可以大致定位遮挡位置<sup>[6]</sup>。可通过 ADCP 换能器波束传播图,区分波束传播正常或波束传播受断面影响两种情况。若波束传播信号强度平滑衰减,可以判断 ADCP 换能器运行正常,并且河道断面波速方向上无障碍阻隔。若有较小的反射信号,一般可能是水中悬浮物所影响,可通过查看多组信号强度进行比较。若此处反射可消除,即该处的影响是临时的,可认为其影响不大;若有较大的反射信号,一般认为障碍物或者信号对水面造成了强反射信号,可在测验断面现场情况进行再次检查确认。

#### 3.2 设备安装平台检查维护

定点式 ADCP 有横向(H-ADCP)和垂向(V-ADCP)两种安装方式,安装支架的稳定性决定了 ADCP 测验的质量,由于都是涉水安装和运行,维护不及时容易造成设备损坏、测验数据不准等问题。ADCP 主机姿态要保持同一性,各测次才能保持测到同一地点(相同起点距)的水流速度,也是控制单断流速率定精度最重要的基础。

根据实践经验,对于 H-ADCP 主机安装姿态应符合的要求包括:将仪器水平安装,与河流主流线或者中心线平行,并保持仪器姿态固定,纵横角度误差应控制在 $\pm 1^\circ$ 之内,以保证指标流速率定关系稳定。对于 V-ADCP,安装基础一般在代表垂线位置(偏离不大于 50 cm)打桩到河床以下 1.2 m,并安装自动浮起装置,ADCP(面向上游)的安装近端偏

角为 $20^{\circ}$ (与竖直方向的夹角)左右。

在对设备安装平台进行检查维护时,主要包括以下步骤。

(1)对安装平台稳定性进行全面检查,确保整体安全牢固,无锈蚀、挂渣、摇晃等现象。

(2)对ADCP安装架、连接钢丝稳定性进行检查维护,确保不影响监测质量。

(3)安装位置的河段淤积情况也会对测验精度造成影响,应该定期对安装平台所在测流断面进行大断面测量,保证ADCP测流断面和原安装断面一致。若有淤积应尽快清淤,特别是对影响ADCP信号发射的断面,必须立即清淤。

### 3.3 辅助设备检查维护

电源系统和通讯设备是保障定点式ADCP测流系统长期运行及数据传输的重要辅助设备。

(1)检查太阳能电池系统,保持太阳能电池板镜面清洁、无裂纹,密封采光性保持完好,主板使用期及主板的故障率评价为合格及以上。太阳能电池板镜面以南无遮挡范围 $\geq 180^{\circ}$ ,蓄电池表面整洁,蓄电能力及故障率评价为合格及以上。对太阳能板电压、蓄电池电压、接地电阻进行测量,测量接地电阻 $\leq 4\ \Omega$ ,防雷模块运行正常。

(2)检查设备电缆,确保线路畅通,单位长度电压衰减量处于正常范围,不同时期衰减量记录变化保持在 $\pm 20\%$ 以内。岸上部分电缆线套管及防雷接口稳固无松动,水下电缆线套管稳定且紧贴河底,供电、通讯系统电缆线外层无缺损暴露,无松动、无挂物,线缆套管密封性好。

(3)对防腐蚀部件进行检查,当防腐蚀部件腐蚀严重时,要及时更换该部件。检查数据通讯模块,确保运行正常。对数据采集器、通信设备功能进行逐项测试,确认设备工作正常并做好参数备份。

(4)检查水位计,提起水位计,查看读数有无变化。确保无影响水位计正常运行的情况,对水位计进行校核,与遥测水位误差应在 $\pm 2\text{ cm}$ 以内。

(5)检查设备机箱,确认现场机箱设备外观完好,保证设备清洁。对机箱内外进行擦拭,线缆进行整理并合理布局。

### 3.4 信息传输设备及系统维护

目前,江苏流量自动监测站测流数据(包括流量、断面面积、断面流速、测流原始数据等)采用移动4G VPDN单信道模式上报。监测站遥测终端自报信息传输至分中心采集平台(流量数据),分中心采集平台将信息进行初步合理性判断后入分中心

数据库,通过交换软件传输至省中心数据库。原始数据包括点流速、回波强度、代表流速、正北偏角、横摇、纵摇等。在平时运行过程中,要求对测站采集软件配置校验,分析数据及系统运行诊断,确保设备在运行周期内稳定正常,测验数据能实时传输至省水文自动测报平台。

## 4 常见故障及处理方法

ADCP测流系统是由ADCP主机、辅助设备、传输设备等共同组成的复杂系统,任何部分出现运行故障都可能造成整个测流系统运行不正常。其中,ADCP换能器由于长期在水下环境运行,容易造成设备运行故障,ADCP换能器出现故障的具体表现在设备无数据上传、数据少、信号强度较差、流量突变等几个方面。表1中总结了定点式ADCP系统常见故障及处理方法。

(1)对于设备无数据上传,引起故障的原因包括ADCP密封插件由于使用时间较长,插针、插孔锈蚀,或由于雷电、老化、潮湿等原因,导致ADCP电源板损坏以及ADCP设备超期使用造成设备化能器故障等。目前,对于ADCP设备使用周期尚未有明确的规范要求,根据日常使用经验,使用年限超过5年的设备存在设备老化的较多,使用年限超过8年的设备建议进行更换。

(2)对于数据量较少或信号较弱,引起故障的原因包括ADCP探头安装位置发生较大变化或者ADCP探头前有杂物遮挡。当安装断面泥沙含量较高,水草、杂物较多时,或者ADCP设备老化、性能减弱时,都有可能造成ADCP点流速减少。当ADCP设备安装位置过高或过低,安装偏角上、下倾角较大,也有可能造成点流速数据突变。

(3)对于辅助设备,常出现的故障包括工控机不工作、断电,太阳能供电系统工作时间小于1周,浮子水位计、雷达水位计、ADCP自带水位计数据不准确等。对于数据传输,常出现的故障包括测站软件工作不正常,数据传输不正常等。

## 5 结 语

水文设施及相关设备的正常运转是确保水文测验、预报数据准确及时的基础。为了适应经济社会发展的需要,不断提高服务社会、服务公众的能力,有必要对自动测流设施运行管理现状进行分析。针对实际运行中存在的问题,提出优化措

(下转第72页)



的近期将入驻的39家企业及自备水用水需求来看,增加的工业需求真实反映了经开区工业发展态势。

(2)在需水预测成果基础上,考虑市直4区用水总控制指标与现状用水量的余量以及取水许可余量条件,按照优先利用非常规水、公共供水,适当利用自备水,限制利用地下水等原则,核定了规划年经开区用水总量控制指标及各分类控制指标。

(3)未来3至5年内经开区工业用水有一定幅度的增长,为了满足公共供水需求,在自来水厂供水规模扩建的同时,建议规划建设工业水厂并逐步提高供水规模,进一步实现高效、分质供水,有效减

少用水成本,保护水资源。

参考文献:

[1] 吕良华,姜蓓蕾,耿雷华,等. 基于用水总量控制的雄安新区用水强度指标体系[J]. 水资源保护, 2022, 38(5): 105-110.

[2] 罗晖. 水资源论证区域评估制度在取水许可改革中的试点实践[J]. 福建水力发电, 2021(2): 1-2.

[3] 毕守海,彭安帮,马超. 水资源论证区域评估现状、问题和对策[J]. 中国水利, 2023(3): 18-21.

[4] 徐传琦,马宏. 水资源论证区域评估有关问题探讨[J]. 治淮, 2021(6): 44-45.

(上接第68页)

表1 定点式ADCP常见故障处理方法

序号	故障现象	可能的原因(故障分析)	处理办法	故障频率
1	ADCP 自带水位计数据不准	ADCP正上方有漂浮物遮挡,ADCP探头实际高程没有正确设置到仪器中	清理漂浮物或正确设置高程,修复后观察水位变化率是否正确	5年以上设备占比较多
2	ADCP 流速数据跳变	ADCP横摇纵摇过大,探头表面泥沙水草或水生物附着严重,监测断面有淤积或行船遮挡	检查ADCP横摇纵摇数据是否保持在1°之内,检查探头表面淤积情况,根据回波强度数据判断监测断面是否有遮挡	5年以上设备占比较多
3	ADCP 数据采集失败	ADCP数据线缆损坏,工控机串口损坏,ADCP设备本身损坏	通过ADCP厂家配置软件进行连接调试,及时更换损坏设备	5年以上设备占比较多
4	ADCP 设备无数据上传	ADCP密封接插件由于使用年较长,插针、插孔锈蚀	更换ADCP接插件	5年以上设备占比较多
5	流量成果数据跳变	计算过程所需用到的过程数据可能有误,如过水面积、原始流速、计算公式	逐一检查过程数据,与人工数据进行校核	5年以上设备占比较多
6	设备本身故障	设备遭受雷击或因不规范操作发生损坏,设备本身发生损坏	利用备品备件采用替换法进行故障排查	8年以上设备居多
7	浮子水位计数据不准	码盘被拨乱,浮子和重锤被缠绕,水位井淤积,格雷码协议转换器或线缆故障	按故障分析的描述逐一排查,修复后注意观察水位变化率是否正确	5年以上设备占比较多
8	雷达水位计数据不准	探头不水平、探头下方有树枝或水面漂浮物遮挡	按故障分析的描述逐一排查,及时清理遮挡物,修复后观察水位变化率是否正确	5年以上设备占比较多
9	与中心站通信不通	通信卡解绑或损坏,DTU参数设错或发生故障	通过监听DTU拨号信息排查问题	5年以上设备占比较多
10	阴雨天严重缺数	太阳能供电系统充放电效率降低,蓄电池实际容量降低	通过电池寿命检测仪检测电池状态,必要时进行更换	5年以上设备占比较多
11	系统整体没电	供电系统损坏,电路短路造成空开跳闸,电源线松动或断开	采用万用表测量排查	5年以上设备占比较多

施,建立适用于水文自动测报站智慧化的运维管理方案,为水文系统的精细化管理和运行提供新的思路和解决方案。

参考文献:

[1] 陈金浩,黄士稳,吕耀光. 定点式声学多普勒流速仪的应用难点与误差分析[J]. 水文, 2016, 36(5): 5.

[2] 吴志勇,徐梁,唐运忆,等. 水文站流量在线监测方法研究进展[J]. 水资源保护, 2020, 36(4): 1-7.

[3] 邓山,胡立,左建,等. H-ADCP代表流速与断面平均流速拟合精度研究[J]. 人民长江, 2020, 51(10): 100-104.

[4] 黄炜,唐运忆,赵德友,等. 基于声学多普勒流速仪测流的断面流速分布研究[J]. 水利信息化, 2017(4): 61-67.

[5] 潘杰,李书建,胡尊乐,等. 流速分布规律在横向声学多普勒流量测验系统中的应用[J]. 水利信息化, 2021(2): 58-62.

[6] 舒凯,杨金标,张后来. H-ADCP回波强度分析算法研究与应用[J]. 水电能源科学, 2022, 40(2): 185-188.