

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190390

# 水文流量监测新技术设备运用现状与改进方法

## ——以福建省为例

马富明

(福建省水投勘测设计有限公司,福建 福州 350000)

**摘要:**水文流量监测新技术设备运用已经进入了快速发展期,但目前装的多用的少,实际运用效果良好的不多。其根本原因是运用技术存在较大误区,普遍把测速设备等同于测流设备,安装前缺乏充分的比测分析。通过对流量测验基本原理的介绍,解析目前市场上运用较为广泛的仪器设备的使用情况,分析了存在的问题,有针对性地提出改进的方法和措施,将对目前水文行业的流量测验新技术设备运用提供有效参考。

**关键词:**流量监测;ADCP;一点法;代表垂线法;比测率定

**中图分类号:**P335

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-0852(2020)02-0066-06

21世纪水文流量监测新技术设备运用进入了快速发展的阶段。为了推进和指导水文测报先进技术装备配置和运用,加快提升水文现代化水平,水利部办公厅于2019年9月发布了《关于印发水文现代化建设技术装备有关要求的通知》,明确要求加强声学多普勒流速剖面仪(ADCP)、雷达测速仪和图片识别等先进测量设备的运用;同时,要求流量测验技术和设备配置以在线或自动监测为主,水位流量关系呈单一线的、流量在线监测的或其他符合条件的水文站,可在全年或部分时段实行流量间测或巡测。但总体来说,国内水文流量监测新技术设备的运用情况基本是装得多、用得少,除了走航ADCP、手持电波流速仪等少数仪器设备运用效果较好之外,流量在线监测技术设备实际运用效果良好的站点较少。截至目前,福建省99个已建流量监测站点已配置智能缆道75座、ADCP在线测流系统37套、在线雷达波测流设备53套,但实际已运用到测验整编的比重较小。为适应水文现代化建设的总体要求,福建省近期已逐步加大对水文流量监测新技术运用的研究力度。

本文根据福建省的实际运用情况,探索水文流

量监测新技术运用中存在的误区。通过对目前市场上常用流量监测设备的研究,从流量测验的原理出发,提出了提高水文流量新技术装备运用效率与可靠性的方法。

### 1 流量测验新技术设备运用现状

#### 1.1 流量测验新技术设备类型

目前,按测量方法划分,市场上常用的流量测验新仪器设备的主要有以下四种类型。

(1)水面一点法测量。测量水面流速,通过分析计算水面流速与垂线平均流速的关系、垂线平均流速关系与面平均流速的关系来推算流量,常用的仪器设备包括缆道雷达波<sup>[1]</sup>、双轨雷达波<sup>[2]</sup>、测扫雷达<sup>[3]</sup>、手持电波流速仪等。这种方法的优点是在垂线流速测量中,水面流速通常具有很强的代表性;缺点是水面流速受水面波动干扰较为严重,有时 would 存在较大误差。

(2)水平在线ADCP法测量。测量水下某一个高程基面的流速,通过计算点流速与垂线平均流速的关系、垂线平均流速关系与面平均流速的关系来推算流量,常用的仪器设备主要是水平在线ADCP<sup>[4]</sup>。这种方法的优点是如果安装的位置合适,则流速测验的成果代表

收稿日期:2019-11-15

作者简介:马富明(1977-),男,福建仙游人,工程师,主要从事水文监测、站网规划及水文水资源调查评价工作。E-mail: 104959552@qq.com

性较强;缺点是流速测验受脉动影响、测验成果代表性受水位涨跌影响较大。

(3)代表垂线法测量。测量某一条垂线的流速,通过垂线平均流速关系与面平均流速的关系来推算流量,常用的仪器设备主要是垂向在线 ADCP<sup>[6]</sup>。这种方法的优点是可以测量垂线的平均流速,代表性较强;缺点是安装困难,且维护不便。

(4)多点多线法测量。这种测量方法接近传统的水文监测方法,常用的仪器设备主要是走航式 ADCP<sup>[6]</sup>。这种测量方法的优点在于测量成果基本可以直接采用;缺点在于对于运用的条件要求较高,要具备船只或缆道条件,且不具备在线远程测量的条件。

## 1.2 新技术设备应用中存在的主要误区

截至目前,福建省 99 个已建流量监测站点配备的流量测验新仪器设备中除走航 ADCP、手持电波流速仪运用效果相对较好外,其他新仪器设备的运行效果一般,经分析主要存在以下四个误区。

(1)认识上的误区。一是认为流量测验新技术设备可以直接测量流量;然而目前市场上并不存在能够直接监测流量的仪器设备,水文流量监测新技术设备的本质还是通过流速测验换算而来。二是认为如果流量测验新技术设备没有安装就不能开展比测分析工作;事实上,无论采用什么样的流量测验新技术设备都是通过对点流速的测验,再采用某种算法换算,因此可采用走航式 ADCP、缆道测量或船测等方式开展安装前的比测率定工作;福建省的竹岐水文站改造方案编制过程中,采用到的流量测验新技术装备全部开展了安装前的比测率定工作。

(2)仪器设备选型上的误区。厂家推荐的仪器设备,总是号称自己是“万能”的。所以购买仪器设备时未先行开展比测率定,“有什么仪器就买什么仪器,买来就用”的做法导致实际无法应用或效果不佳。

(3)安装比测上的误区。因缺乏安装前的分析评价,以及对仪器设备基本原理的理解,导致仪器设备安装后缺少检验率定,直接以流量测验成果来做比测。这导致新技术装备安装完成后,比测率定的工作量不减反增,结果不佳的同时又增加了基层测站工作压力,进而阻碍了新仪器设备的运用推广。

(4)使用上的误区。新仪器设备安装后的启用没有严格的审批程序,导致部分仪器设备未经比测率定就直接启用,效果较差,进而导致后期定线整编和误差分析的工作量成倍增加。

## 1.3 福建省流量测验新技术设备运用安装使用存在的主要问题

福建省目前已安装水平 ADCP 在线测流系统 37 套,多数安装于 2014 年之前,但目前仅有 6 套投入整编工作,其余设备均未正式启用。从 2019 年开始,福建省逐步加大对已安装的流量监测新技术设备的使用研究,按照流量测验新技术设备运用的改进措施,对其他 31 个水平 ADCP 在线测流系统逐一排查,经分析得出目前存在的主要问题。

(1)选型前未开展比测分析工作。目前,已安装的设备水平在线 ADCP 主要包括 TRDI、SonTek 两个型号。受安装时期传统思维限制,认为水平在线 ADCP 是标准的测流仪器,未在仪器设备选型前开展比测分析工作。通过对仪器设备安装位置进行逐一排查,31 个水平 ADCP 在线测流系统中,安装位置不具备使用条件的站点超过 8 个,出现安装位置的水深不够、安装位置的代表性不好等问题,需要重新调整。

(2)仪器设备的选型不对。部分站点水面流速很小,不适用水面一点法测量,却选用缆道雷达波测流方式;部分站点水位变幅较大,水平在线 ADCP 安装位置的监测成果仅在部分水位级具有代表性,仪器设备的选型和配置未考虑流量监测全变幅。

(3)仪器设备安装后,未开展安装后的检测检定工作。通过排查,实际测验误差较大。主要原因为:多数使用进口设备 TRDI 站点存在实际有效单元数远小于设置有效单元数;多数站点未开展安装后的检测检定工作;因未开展检测检定工作,新技术设备存在的测验误差问题,如回波变幅误差等,未进行消除工作。

(4)以上问题导致误差没有排除,新技术设备投入运用后,实际比测工作量不增反减。

## 2 流量测验新技术设备运用的基本思路

### 2.1 流量测验的基本原理

流量是指单位时间内通过水断面水体的体积。按照测验的原理,目前常用的流量测验方法主要有两种<sup>[6]</sup>:一是流速面积法流量测验。就是分别测量垂线平均流速和垂线水深,计算部分断面面积和部分断面平均流速,通过面积包围法推求断面流量,这是目前水文流量监测新技术运用最广泛的方法。二是量水建筑物法。通过修建水工建筑物,建立建筑物上下游水位差、上游水头和流量等之间的函数关系,采用水力学公式推算流量。量水建筑物法主要是通过修建量水堰

和量水槽等水工建筑物开展流量监测工作,而本文重点是流量监测设备,因此主要讨论流速面积法流量测验。

流速面积法流量测验的基本原理:

$$q_i = v_i \times a_i \quad (1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

式中: $q_i$ 为第*i*个过水断面的流量; $v_i$ 为第*i*个过水断面的平均流速; $a_i$ 为第*i*个过水断面的面积; $Q$ 为断面流量。

过水断面的流量测验,水文监测中常用的方法是多线多点法。一是在过水断面上布设多条测速垂线;二是在每条垂线上根据水深情况布设多个测点,常用的垂线流速测法有一点法、两点法、三点法和五点法。通过部分断面面积、平均流速测量,计算部分流量,并采用面积包围法推算流量。

部分过水断面面积测验,主要通过实测水深或套用水深与实测水位、起点距计算得到。水深测量目前主要以测深仪法测量为主,其他常用的方法还有断面索法、极坐标法和人工测深方法等;水位观测主要采用水尺观测法或水位计观测法,水位计观测主要采用浮子式水位计、雷达水位计、压力式水位井、视频水位观测等,方法均较成熟可靠,实际运用效果较好。

部分过水断面的平均流速测量,主要是通过测量相邻两条垂线的平均流速,采用算术平均法计算获得。

## 2.2 流量测验新技术设备运用的改进措施

流量测验的新技术设备,除走航式 ADCP 外,本质上都是多点多线法的精简测量,包括垂线精简,垂线测点精简,或既精简垂线又精简测点。基于流量测验新仪器设备测验方法的本质,新仪器设备运用的改进措施,主要是加强仪器设备选型前的比测分析和安装后的检测检定。

(1)加强仪器设备选型前的比测分析。一是要对测验断面开展流量测验工作,已有流量测验设施的测验断面,可采用现有的流量测量成果进行分析评价;没有流量测验设施的断面,可采用走航式 ADCP 等流量测验设备开展现场测验工作。二是要对测验成果进行合理性分析,对测验成果的代表性、可靠性、一致性进行分析评价,确保测验成果具备代表性,且合理可靠。特别是采用走航式 ADCP 测量的成果,要对其原始测量成果进行全面分析,排除其不具备代表性的数据。三是要分析点流速和垂线平均流速的关系,选取具有代表性的点流速,分析垂线流速测量是否具备精简的可能,

选择水面一点法或水平在线 ADCP 法测量。一点法测量要特别注意的事项是,水平在线 ADCP 法测量比较适合中小流速的过水断面测验,且随着跟水位变幅存在较大相关性,一般情况下,水下 0.6 位置的点流速最具代表性;水面一点法测量比较适合重大流速的过水断面测验。四是要分析代表垂线平均流速与断面平均流速的关系,一般情况下,主流位置的垂线更具代表性,随着水位的变动,代表垂线的选择也是变动的。

(2)加强仪器设备的选型比对工作。通过实测资料的比测分析,选择流量测验方法的精简方式,同时结合测验断面的实际安装条件,选择合适的仪器设备。水面流速代表性比较强的测验断面,适合采用水面一点法测量的,可以选择侧扫雷达、缆道雷达波和定点雷达波等;垂线上某个水平位置的流速代表性比较强的,适合采用水平在线 ADCP 法测量的,可以选择水平在线 ADCP;断面上某条垂线平均流速代表性比较强的,适合采用代表垂线法测量的,可以选择垂向 ADCP。

(3)加强安装后的检测检定。仪器设备安装后的检测率定,主要分为两个部分,一是安装后的验收检定。目前市场上还没有流量监测新仪器设备的验收检定的标准,验收检定通常是在仪器设备安装后,选取合适的仪器设备,一般应选取两种及以上不同型式的仪器设备,对安装后的点流速或线流速进行检测检定,以确定安装后的仪器设备正常可用。二是使用后的检测检定。由于流量在线监测仪器设备多为常年连续运行的仪器设备,所以应保持对其的常规性检测检定,且随着其投入使用的时间增加,检测检定的时间间隔应逐渐减少。

(4)加强启用前的分析评价。仪器设备安装完成且通过检测检定的,应按照选型前的比测分析成果,对其测验成果开展合理性分析和评价,通过对点流速、线平均流速和断面平均流速的测验成果建立关系,进行分析评价,以验证不同水位级情况下,安装前比测分析成果的可靠性。验证通过后,即可投入使用。

## 2.3 ADCP 修正典型案例

泉州市洪濂水文站,设立于 1953 年 7 月,集水面积 1 704 km<sup>2</sup>,为晋江东溪控制站,属国家基本水文站。为实现水文数据自动化,于 2014 年安装了一套水平在线 ADCP,但一直未能启用。2019 年,按本文所述改进措施,对该仪器设备重新开展分析率定工作,现已基本已完成比测率定工作,准备投入使用。

(1)断面情况。洪濂水文站测验河段顺直,断面为U形状,河床面层为沙泥质兼有小卵石,河床稳定,右岸为黄粘土坡地,左岸岸上为石砌护坡,测验断面基本稳定。本站于2009年4月16日测流断面向上游迁移4m,即为基上13m。故采用2009~2017年的测流断面资料进行分析,河道断面基本保持稳定(见图1)。

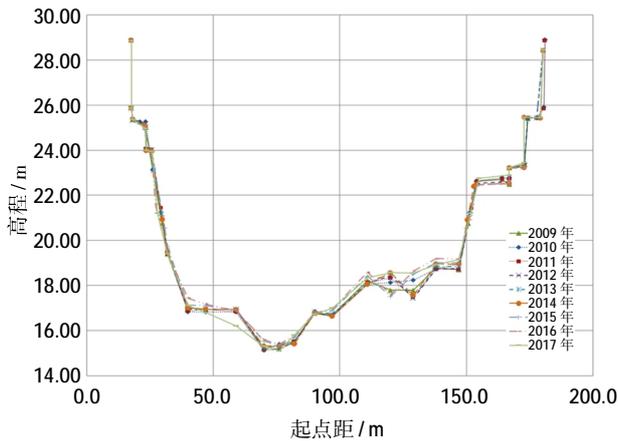


图1 洪濂水文站2009~2017年大断面示意图

Fig.1 The large cross-section of the Honglai hydrometry station from 2009 to 2017

(2)流速分布情况。根据洪濂水文站2009~2017年的实测资料成果分析,低水时由于受下游滚水坝回水影响,横断面平均流速横向分布比较均匀,基本呈一直线。中、高水主流位置主要集中在70~97m间,然后向两岸逐渐减小,在82m位置,受下游琉塘大桥桥墩影响,流速减小,呈双峰形态。

(3)仪器设备选型。洪濂水文站选取的仪器设备为美国进口设备TRDI,当初没有开展仪器设备选型工作,属于拿来即用型。由于洪濂水文站测验断面良好的环境,实际安装位置与分析评价的安装位置基本相符。洪濂水文站的仪器设备安装在左岸起点距36m位置,安装高程是18.50m,流量测验的有效单元能够覆盖70~97m的主流区间。

(4)流速检测检定。2018年7月以来,逐步开始使用走航式ADCP对水平ADCP的有效单元流速开展同步比测。主要存在两个问题:一是有效单元的设置存在问题,设置的有效单元数为100,实际有效单元仅为30,导致计算存在误差;二是存在回波误差,变幅大概在 $\pm 20\%$ ,故流量测验成果存在较大误差。对以上两个问题进行修正后,共实测流速数据200个,在消除回波变幅误差后,单元流速误差均在 $\pm 3\%$ 范围以内,符合流

速测验误差要求,水平在线ADCP安装运用有效。

(5)比测分析。采用走航式ADCP对水平ADCP开展比测,本次比测分析的时间段为2018年7月29日~2019年8月2日,实测水位变幅在20.10m~23.27m之间,比测次数为62次。实测流量变幅为 $5.62\text{m}^3/\text{s}\sim 763\text{m}^3/\text{s}$ ,流速变幅为 $0.016\text{m}/\text{s}\sim 1.03\text{m}/\text{s}$ 。在对有效单元进行重新设置,并消除回波变幅影响后,实测流量成果与HADCP在线测流系统流速定线情况,相对误差精度 $\leq 10\%$ 合格率达到98.4%(见图2)。

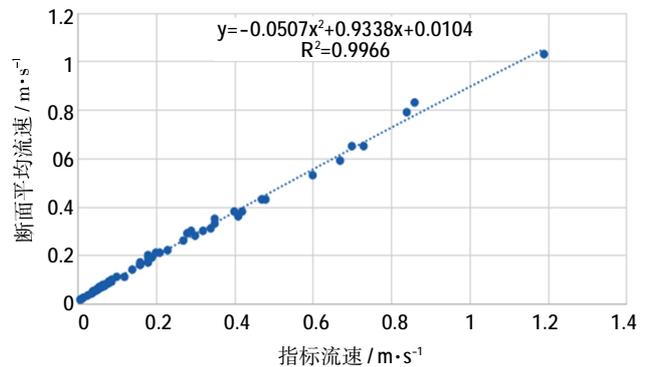


图2 洪濂水文站SL在线测流系统率定分析

Fig.2 The calibration analysis of SL on-line flow monitoring system for the Honglai hydrometry station

(6)检验分析。根据《水文资料整编规范》(SL247-2012)<sup>[11]</sup>规定,关系曲线为单一曲线时且测点在10以上时,应做符号检验、适线检验和偏离值检验,但三种检验结果均接受原假设时,则认为定线正确。利用洪濂水文站62次实测走航ADCP测量的平均流速( $V_{\text{断面平均流速}}$ )与水平ADCP的指标流速( $V_{\text{指标流速}}$ )建立关系线,并进行三线检验分析:样本容量 $N=62$ ,正号个数33,符号交换次数36;符号检验 $u=0.38$ ,允许误差1.15,合格;适线检验 $u=-1.54$ ,免检;偏离数值检验 $|t|=1.27$ ,允许误差1.65,合格;定线精度指标参照水位流量关系测点标准差为5.0%,随机不确定度为10.0%,系统误差为0.8%,符合规范要求,检验通过。

### 3 流量观测误差来源分析

流量测验新技术设备运用的投入使用,必将大大提升水文流量监测的时效性,减少水文流量监测的人员投入,但由于流量监测新技术设备运用正处于起步阶段,产品运用仍存在一定的误差,影响仪器数据精确性以及个别误差偏大的主要原因主要包括:

(1)仪器安装和安装角度的问题<sup>[9]</sup>。各类雷达波测

流系统,由于雷达波的测流角度设置问题,实际测验的水面断面有可能随着水位的变化而发生改变。如果没有及时修正雷达波的测流角度,将对测验成果产生一定误差。比如雷达波安装高度 20m,测流角度 45°,水位 10m 时,测流断面距离雷达波安装位置 10m 处;水位上涨到 15m 时,如果不调整雷达波的测流角度,测流断面距离雷达波的安装位置就变成了 5m,实际测验的水面断面就发生了变化。水平在线 ADCP 受安装位置的限制,实际监测的单元流速位置在垂线的相对位置随着水位变化而变化,而水位变幅将对水平 ADCP 的监测成果代表性产生一定的影响,从而导致误差的产生。比如,假定水平 ADCP 安装高度为 7m,河底高程 5m;当水位 10m 时,水深 5m,则水平 ADCP 安装高度的相对水深为 0.6m,流速代表性较好;当水位上涨到 15m 时,水深 10m,则水平 ADCP 安装高度的相对水深为 0.8m,流速的代表性就会减弱。垂直在线 ADCP,由于采用的是非固定监测平台,实际监测的垂线位置会发生一定的改变,也可能导致误差的产生。

(2)水面波纹和水下回波的影响<sup>[10]</sup>。各类流量水面监测产品,流速监测成果可能受水面波纹的影响;水下监测产品可能受到回波影响等,均可导致监测成果误差的产生。

(3)各类水上、水下通行物的影响。测量过程中,水面渔船、货船通行,水下水生生物通行、各类水面水下悬浮物等,对仪器产生一定的干扰,进而导致误差的产生。

(4)自然界近似仪器波束频率的信号干扰和极低流速下仪器自身的系统误差,也可能导致误差的产生。

由于仪器设备自身存在的误差和水文监测环境的干扰可能导致的误差,使得流量测验成果可能存在一定的误差,因为,应对各类流量测验新技术设备的监测成果进行合理性分析,以最大程度的降低测验误差。

## 4 结论

(1)目前市场上没有可以直接测量流量成果的新技术设备,只有流速测量的新技术设备。流量测量新技术设备的基本原理,还是通过点流速测量进行流量转换。不同的仪器设备的区别在于流速测量精简程度的不同。

(2)流量测量新技术设备的运用,比测率定的主要工作是在安装前,而不是在安装后。流量测验新技术装备的运用,既要加强安装前的分析论证,也要加

强安装后的检验检定。做好流量测验新技术装备的选型工作,要根据测站特性分析的成果选择适合的仪器设备。需要特别注意的是,水平在线 ADCP 法测量更适合小流速过水断面的流量测验,水面一点法更适合中大流速过水断面的流量测验。

(3)流量新技术设备安装后的检验检定工作需进一步加强。应使用不同型式的仪器设备对设备安装后的点流速开展检测检定工作,以确保仪器设备安装后的测验成果可靠有效。随着使用时间的增加,应适当增加检验检测的次数。还应加强流量测验新技术装备测验成果的合理性分析。摒弃拿来即用的固定思维,并对新仪器设备的测验结果做合理性检查,减少测验误差。

## 参考文献:

- [1] 刘永超. 移动在线缆道雷达波测流系统及其应用分析[J]. 河北水利, 2018,(11):32-33. (LIU Yongchao. Radar wave flow monitoring system for mobile on-line cableway and its application analysis [J]. Hebei Water Resources, 2018,(11):32-33. (in Chinese))
- [2] 解传奇, 张艺, 荀武. 非接触式雷达波测流与传统测流比较分析[J]. 水利水电快报, 2019,40(9):26-28. (XIE Chuanqi, ZHANG Yi, XUN Wu. Comparison analysis between non-contact radar wave flow monitoring and traditional flow monitoring [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2019,40(9):26-28. (in Chinese))
- [3] 林思夏, 曾仲毅, 朱云通, 等. 侧扫雷达测流系统开发与应用[J]. 水利信息化, 2019,(1):31-36. (LIN Sixia, ZENG Zhongyi, ZHU Yuntong, et al. Development and application of tangent sweeping radar flow measurement system [J]. Water Resources Informatization, 2019,(1): 31-36. (in Chinese))
- [4] 黄超. H-ADCP 在后峡水文站河道流量监测中的应用[J]. 水科学与工程技术, 2019,(3):25-26. (HUANG Chao. Application of H-ADCP in river flow monitoring of Houxia hydrological station [J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2019,(3):25-26. (in Chinese))
- [5] 钟永, 杜文印. 浮标式 ADCP 自动流量测验在珠三角的应用[J]. 水利信息化, 2010,(3):47-50. (ZHONG Yong, DU Wenyin. Application of float type ADCP in automatic discharge measurement at Pearl River Delta [J]. Water Resources Informatization, 2010,(3):47-50. (in Chinese))
- [6] SL337-2006, 声学多普勒流量测验规范[S]. (SL337-2006, Code for Discharge Measurement of Acoustic Doppler Current [S]. (in Chinese))
- [7] 苏庆华. 广西龙江河合作水位站 ADCP 流量测验分析[J]. 企业科技与发展, 2014,(8):92-93. (SU Qinghua. Analysis of ADCP discharge measurement at Longjiang river cooperative Gauging Station in Guangxi [J]. Enterprise Science and Technology & Development, 2014,(8):92-93. (in Chinese))
- [8] GB50179-2015, 河流流量测验规范[S]. (GB50179-2015, Code for Liquid Flow Measurement in Open Channels [S]. (in Chinese))

- [9] 刘洋,李伟,田长涛. ADCP 河流流量测量应用实例分析[J]. 科技创新与运用, 2018,(13):170-171. (LIU Yang, LI Wei, TIAN Changtao. Application experience analysis of ADCP current measurement [J]. Technology Innovation and Application, 2018,(13):170-171. (in Chinese))
- [10] 李德标,刘勇亮. H-ADCP 在平原水网区河道站流量测验中的应用试验 [J]. 江苏水利, 2015,(4):38-44. (LI Debiao, LIU Yongliang. Application of H-ADCP in river flow monitoring of river station in plain river network area [J]. Jiangsu Water Resources, 2015,(4): 38-44. (in Chinese))
- [11] SL247-2012,水文资料整编规范[S]. (SL247-2012, Code for Hydrologic Data Processing [S]. (in Chinese))

## Application of New Instruments for Hydrological Flow Monitoring and Improvement Methods: a Case Study in Fujiang Province

MA Fuming

(Fujian Province Water Survey and Design Co., Ltd, Fuzhou 350000, China)

**Abstract:** The application of new technical instruments for discharge monitoring has entered a period of rapid development. Many instruments were installed, but few used, or very few used practically. The fundamental reason is that there is a big misunderstanding in the application of the technology, that is, mistaking the velocity measuring instruments for discharge measuring instruments, and lacking full comparing test and analysis before installation. This paper analyzed the application of some widely used instruments based on the basic principle of discharge measurement, and then discussed existing problems in the usage of those instruments. Some improvement methods and measures were proposed, which could provide effective references for the application of new technical equipment for discharge monitoring in the current hydrological sector.

**Key words:** discharge monitoring; ADCP; point-velocity method; representative vertical-velocity method; calibration of comparing test

(上接第 30 页)

## Analysis of Hydrological Drought Characteristics in Yichang Based on Copula Function

FENG Ruirui, RONG Yanshu, WU Futing

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** Based on the measured monthly runoff data at the Yichang Station during 1951-2014, this paper adopted the standardized runoff index (SSI) and run-length theory to identify drought, and made use of the Copula function to construct a multi-dimensional joint probability distribution between drought characteristic variables. The analysis results show that: (1) Yichang experienced alternating changes in the number of droughts from the 1950s to the 1980s. Since the 1990s, especially after entering the 21st century, the increase in the duration of drought events in Yichang has increased the severity of droughts and peaks. There is a tendency of aggravation; (2) Copula function could well describe the joint probability distribution between drought characteristic variables in Yichang region, and the multivariate joint return period and coincident return period can be used as actual univariate recurrence interval estimates. The lower and upper limits were used to evaluate the frequency of drought events represented by different values of drought variables in Yichang; (3) Two severe drought events occurred at the Yichang Station in the past 60 years, one occurred from September 1978 to July 1979. In March, the drought duration and drought intensity of the event reached historical extreme. The joint return period of these two variables is about 32 years and the coincident return period is about 110 years. The drought return period is 9 years, and the coincident return period is about 115 years. Another drought event occurred from June to December 2006, and its peak intensity reached historical extreme. Its return period is close to 90 years; joint return period of the drought drought and peak intensity of the event is only about 13 years, and the coincident return period exceeds 231 years. **Key words:** standardized streamflow index SSI; Copula function; run-length theory; joint return period; coincident return period