HUNAN SHUIWEN SHUIZIYUAN

湖南水文水资源

2020 年第 1 期
（总第 53 期）

2020 年 6 月出版

编委会

主　任　郭世民
副主任　李广源
主　编　任美庆
副主编　雷　军
编　辑　王冬云

主办单位：湖南省水文水资源勘测中心
省水利学会水文专委会
编　辑：《湖南水文水资源》编辑部
地　址：湖南省长沙市开福区秀峰路 1 号
邮　编：410005
编印单位：湖南省水文水资源勘测中心
印　数：600 份
印刷单位：湘水文轻印刷厂
印刷日期：2020 年 6 月
电　话：(0731)85483915
电子邮箱：2223418191@qq.com

目　录

水文测验与分析

H-ADCP 在线测流系统在郴州水文站的应用探索 …… 陈　钱（1）
雷达波流量在线系统在双江口站的运用 …… 谢　瑚（4）
长潭河水文站流量巡测方案分析 …… 彭伟华（7）
通道水文站流量简测法分析 …… 何芷文（11）
水文巡测思路的初步探讨 …… 匡燕鹏（15）
桃源站 TopSizer 激光粒度分析仪泥沙颗粒级配参数率定分析 …… 龙倩颖（17）

水文预报

娄底站预报模型探索 …… 彭　丽（20）

水资源分析评价

三峡工程运用前后荆江三口分流能力变化 …… 高　耶（26）
后岭水电站建设水资源开发利用影响分析 …… 王　华（33）

水文信息化

论大数据背景下水文工作的创新与发展 …… 李正最（37）
水文监测数据通信规约在湖南水文信息采集系统中的应用 …… 胡兴艺（41）

水文计算与模拟

湘江衡山段“2019.7.10”暴雨洪水分析 …… 李英梅　李岳霖（45）
资水邵阳段“2019.7.9”暴雨洪水分析 …… 陈　航　杨　锋（49）

水质监测

关于构建湖南农村安全饮水水质检测培训体系思考 …… 陈　鹏　任美庆　高万超　朱　熠（53）

H-ADCP在线测流系统在郴州水文站的应用探讨

陈钱 （郴州水文水资源勘测中心 郴州 423000）

【摘 要】 1999年8.13洪水中该站缆道被冲毁后一直采用浮标法测流，测验精度低；2012年6月下游景观坝建成蓄水，使该站水位流量关系紊乱，采用连实测过程线法推流，全年需测流300次以上，劳动强度大。H-ADCP在线测流投入使用后，可节省大量的人力、物力，有利于湖南水文系统推进市场巡测。

【关键词】 在线测流系统 比测分析 方案

1 基本情况

1.1 测站概况

郴州水文站是省级重要水文站，位于湖南省郴州市苏仙区沿江路，东经112°02′，北纬25°48′。测验项目有水位、流量、降水量、水质，属二类精度站。该站集水面积为354km^2，断面以上干流长49.7km，距河口26km。基上30m处建有一座两墩三孔水泥公路桥。基下约2380m处于2004年新建成水泥公路桥一座。基下约2500m处于2012年6月开始新建四普庄钢坝，用于人工造湖，建成后蓄水将本站水位抬高约1.5m以上。上游江源水库的施工建设，对断面河床淤积有一定的影响。

1999年8.13洪水中该站跨河主索被洪水冲毁后该站一直采用浮标法测流，测验精度低；2012年6月下游景观坝建成蓄水，使该站水位流量关系紊乱，采用连实测过程线法推流，全年需测流300次以上，劳动强度大。目前湖南省水文系统正在逐步推进市域巡测，监测方式的改革也势在必行。监测方式改革必须要减轻劳动强度，彻底解决流量测验问题，要解决这些问题必须用好新仪器设备。

2 H-ADCP简介

2.1 系统介绍

H-ADCP采用最新的声学多普勒剖面技术，既有超声波点流速仪的方便安装，简单使用的优点，又具有超声波点流速仪所不具备的实测流速范围的拓宽而带来的流速流量测量高精度和高准确度；提供0.001m/s的流速测量分辨率和0.002m/s的测流分辨率，最大流速测量可达到5m/s。二维测流，安装容易，自带不锈钢安装底座，电缆无需过河底；仪器坚固耐用，不易受生物附着影响，维护方便；外形小巧，流线型设计，能有效减少扰流影响。

2.2 工作原理

郴州站在线测流系统由H-ADCP传感器、和时通数据处理与采集传输系统和和时通流量在线

监测智能管理平台构成。工作原理是利用和时通流量数据采集传输系统控制 H-ADCP 传感器进行工作，定时自动采集水位、流速流量等数据信息，然后通过无线网络自动传输到中心监测站的和时通流量在线监测智能管理平台，实现了流量流速监测管理的实时化、自动化、智能化。

3 在线测流系统率定分析

3.1 率定期间水文情势及资料采用情况

本次比测分析资料的时间段为 2019 年 2 月 21 日~2019 年 6 月 11 日，期间最高水位 3.16m，最低水位 0.69m，H-ADCP 测到的最低水位为 1.07m(当低于 1.07m 时，无流速信号或信号异常)，测到最高水位 3.54m。比测实测流量最低相应水位 1.07m，实测流量最高相应水位 3.54m，比测流量范围 9.0m^3/s~256m^3/s，在线实测流速范围 0.20m/s~1.55m/s。

H-ADCP 流量比测期间本站水位基本处于畅流期，只有 4 月 25~26 日短暂蓄水。采用 2019 年 2 月 21 日~2019 年 6 月 11 日共 50 次实测流量，7 月 14 日 2 次实测流量，总共 52 次实测流量。其中收集高水位比测流量 15 次，中水位流量 28 次，低水位流量 9 次。3 月 12 日 13:10~3 月 15 日 16:20 由于系统故障，该时段内无数据。当水位低于 1.07m 时系统无法监测到数据，因在这一级水位均为畅流期，故在水位低于 1.07m 系统无监测数据时采用临时线推流。

3.2 水位级划分

根据郴州水文站测站任务书水位级划分，高水水位>1.97m，中水水位 1.26m~1.97m，低水水位<1.26m。

3.3 在线测流系统关系线率定

根据《声学多普勒流量测验规范》(SL337-2006)第 6.2.4 条、《水文巡测规范》(SL195-2015)第 7.2.8 条的相关规定，郴州站采用常用流量测验方案中的流速仪法、走航式 ADCP 与 H-ADCP 进行率定分析。为确保资料一致性和精度，实测流量选用了测流平均时间作为在线系统监测的同步时间。当实测流量的平均时间与在线系统不一致时，采用前后两次在线系统的流量平均值。

本次 $Q_{实测}$~$Q_{在线}$关系曲线先采用手工绘制，再查节点输入 Excel 表格自动率定关系线(见图 1)，建立相关公式。

$$Y = 0.0025x^2 + 0.6986x + 3.9909$$

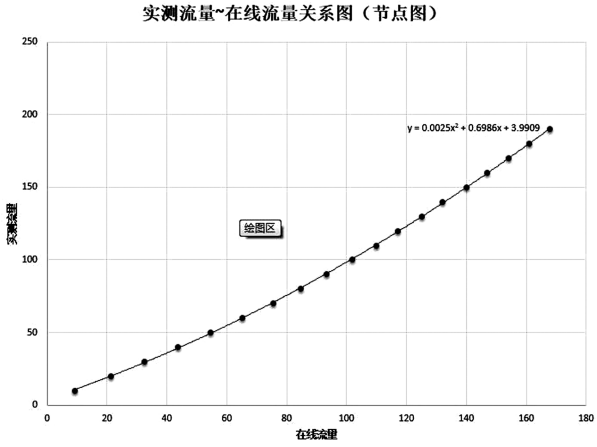


图 1 郴州站 H-ADCP 在线测流系统关系率定图

相关系数是表示两个变量之间关系的密切程度，取值范围在-1~1 之间，当 R 越接近 1 时，说明两变量之间的关系越密切，从图 2 可以看出：R=0.999，说明两者关系很好。

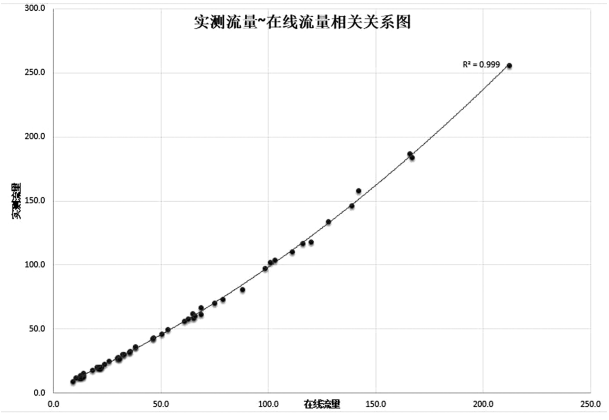


图 2 郴州站实测流量~在线流量相关关系图

4 比测结果分析

(1)对 H-ADCP 流量监测系统率定的关系曲线进行符号、适线和偏离数值三个检验分析，以确定

率定曲线是否正确可行。三项检验结果见表1：

表1　检验结果表

样本容量：	N=52	正号个数：23	符号交换次数：28
符合检验：	u=0.69	允许：1.15(显著性水平 a=0.25)	合格
适线检验：	U=0.84	免检	
偏离数值检验：	|t|=0.89	允许：1.67(显著性水平 a=0.10)	合格
标准差：	Se(%)=4.6	随机不确定度(%)：9.2	系统误差(%)：-0.6

对关系曲线的检验，标准差4.6%，随机不确定度9.2%，系统误差-0.6%，各项指标均达到规范要求，认为定线合理。

(2)对郴州站3~6月的月径流量、次洪量进行对比分析。采用目前郴州站常规测验水位流量关系线与H-ADCP流量(由在线流量通过相关公式计算实测流量)整编成果进行对比。见表2、表3、时段径流总量允许相对误差见表4。

表2　月径流量对照表

月份	3	4	5	6	7
在线月径流量(10^8m^3)	0.691	0.640	0.560	0.614	0.541
实测关系线月径流量(10^8m^3)	0.688	0.643	0.560	0.607	0.533
相对误差(%)	0.44	-0.47	0	1.15	1.50

表3　次洪量对照表

推流方法 / 时间	3.3-3.10	4.14-4.21	6.10-6.15
实测关系线总量(10^8m^3)	0.357	0.267	0.341
在线系统总量(10^8m^3)	0.353	0.269	0.339
相对误差(%)	-1.12	0.75	-0.59

表4　水文巡测规范允许误差表

时段径流总量允许相对误差

时段径流总量	测站类别		
	一类精度水文站	二类精度水文站	三类精度水文站
年总量	2.0	3.0	5.0
汛期总量	2.5	3.5	6.0
一次洪水总量	3.0	6.0	8.0

从曲线检定结果以及其月径流量、次洪量对照表来看均在规范允许范围内。因此所定的流量在线监测系统H-ADCP在线流量与实测流量的关系曲线经校验是可以采用的，利用流量在线监测系统所采集的资料进行整编是可行的。

5　整编方案

通过以上分析可知，当流量在线监测系统所监测水位在1.07m~3.54m时，H-ADCP在线监测系统所测流量与实测流量的误差符合规范要求，可采用H-ADCP流量在线监测系统所监测的流量进行资料整编，其具体实施方案要求如下：

(1)整编方法：根据水位月报中摘录的水位时间，到和时通流量在线监测智能管理平台查询相应时间的流量。由于系统平台是每十分钟一组数据，当水位摘录的时间与平台时间不一致时可采用内插或取平均的方法得到相应流量。

将查询到的在线流量用公式 $Y = 0.0025x^2 + 0.6986x + 3.9909$ 进行计算(x为自变量即在线流量)，得到 $Q_{实测}$。在南方片资料整编中一个摘录水位对应一个 $Q_{实测}$，采用连实测流量过程线的方法进行整编计算。

(2)当水体浑浊或含沙量较大流量出现负值时，可将它的过程数据中的负流速去除后取平均值得到断面平均流速V，根据水位再查算断面面积A，再用V*A=Q得到流量数据。

(3)郴州站水位在1.07m以下时为畅流期，全年为单一线。水位低于1.07m查线得到实测流量。

(4)本次收集的比测资料均为畅流期，故此次分析成果仅适用于畅流期。蓄水期间由于受下游景观坝顶托影响，水位流量关系发生变化，还需重新收集蓄水期资料进行率定。

(下转第56页)

雷达波流量在线系统在双江口站的运用

谢　瑚　（长沙水文水资源勘测中心　长沙　410000）

【摘　要】 通过《水文监测管理规定》、《河流流量测验规范》规定和标准对雷达波流量在线系统进行比测分析，确定雷达波在线测流的采用系数。

【关键词】 双江口　雷达波　流量

1　基本情况

1.1　测站概况

本站位于浏阳市高坪镇双江村，东经113°41′，北纬28°12′，为浏渭河区域代表站，控制流域面积2067km^2，属二类精度站。测验项目包括水位、流量、泥沙、降水、水温、水面蒸发、水质。基本水尺断面位于大、小溪河汇合处下游约700m处，流速仪测流断面在基上6m处，测验河段顺直长度约为3km。上游约10km处的大溪河上有古港坝一座；上游约24km处的小溪河上有株树桥水电站；上游约500m处已建双江口水电站；下游约2km处有石矶头水泥拦河坝。下游500m处长沙引水工程建有桥梁，河道布置有两组桥墩。基本水尺断面及流速仪测流断面均呈“U”型，河床为卵石夹沙组成，整个断面有水草生长，断面比较稳定。

水位21.57m以上为高水，21.57m～20.61m之间为中水，20.61m～20.14m为低水。20.14m以下为枯水。

1.2　雷达波流量在线系统

1.2.1　产品概述

雷达波流量在线系统由跨河缆索、自移动探头、控制系统、电源系统等部分组成。

雷达波流量在线系统流速测量设备采用多普勒雷达波测速传感器，以非接触方式测量水流表面流速，借助自行走机构在缆索上运动，测量横断面上不同位置的水面流速，配套专业测流软件，通过借用断面资料来计算断面流量。雷达波自动探头结构图见图1。

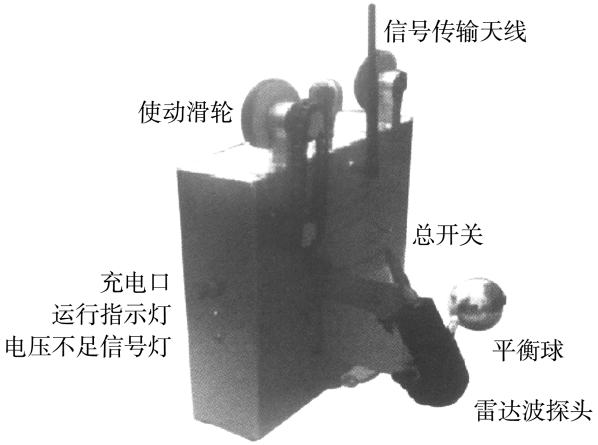


图1　雷达波自动探头结构图

1.2.2　技术参数

流速范围：0.5～18m/s

流速精度：±0.03m/s

俯角范围：0°～70°可设置

雨中测流：可在强降雨环境中正常测流

波束宽度：12°(锥度角)

雷达频率：Ka 波段(34.7GHz)

工作温度：-30℃~+70℃

物理参数：重 0.6kg，直径 7cm，长12cm

1.2.3　无线控制模块

无线频率：2.4Ghz，扩频通信，免频率许可

通信距离：大于 500m

控制功能：控制流速传感器供电，发送流速数据

1.2.4　仪器安装

雷达波流量在线系统的自动探头悬挂在跨河缆道上，根据控制系统发出的无线指令测量各垂线水面流速，测量完成后自动返回充电桩充电。

根据雷达波流速仪测流原理，其设备尤其适用于高流速、大量漂浮物河流，其它测流设备无法入水情况下的流量测验。由于测速时不受水面漂浮物、水质、水流状态的影响，而且流速愈大，漂浮物愈多，反射波愈强，有利于雷达波流速仪工作，所以用它来替代传统的高洪流量测验方法浮标法是最合适的。雷达波流量在线系统示意图见图 2。

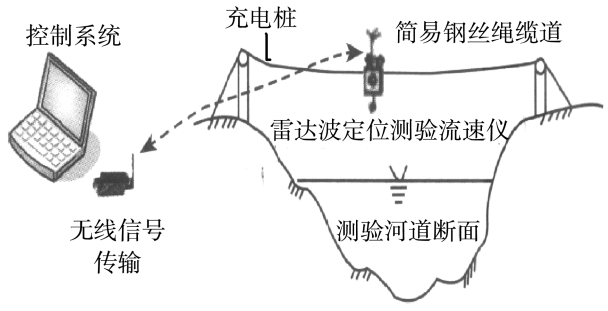


图 2　雷达波流量在线系统示意图

1.2.5　设备测流原理和工作方式

借助跨河水文缆道，当自移动探头自动移动到第一条测速垂线后，流速探头即根据计算机指令采集水面流速数据。依次自动移动到每条垂线进行测量，结合大断面资料计算出断面面积和断面流量。测流软件在完成流速测量后，自动进行流量计算，并通过网络上传。

2　比测目的、内容

雷达波水面流速系数的确定是流量精度的关键，需专门进行比测率定。为了发挥在线测流系统的作用，对雷达波流量在线系统进行比测分析，以确定在雷达波在线测流的采用系数。

本站比测期间水位流量关系稳定呈线性关系，故可以采用雷达波流量在线系统实测流量和基本水尺断面水位查线流量建立相关关系，并分析雷达波流量在线系统的流量系数。

3　雷达波流量在线系统比测方案

3.1　断面位置

雷达波流量在线测流系统安装在双江口站测流断面上。

3.2　雷达波流量在线系统流量测验方案

(1)低、中、高水方案：与该站常规流量测验方案相同，均为七根测速垂线方案，起点距位置为 90.0、105、121、142、164、180、190 m。

(2)起测水位 20.50m，采用 2 段制(8：00、20：00)定时自动测流，水位变幅超过 0.40 m 自动加测。考虑单次流量测验总历时在 20 分钟以内。

(3)每线比测前流速系数采用 1.00，左右岸边系数均采用 0.7。

(4)流量自动整理，与该站常规流量测验一样借用同断面同时间水深。

4　雷达波流量在线测流系统比测情况

对 2017 年 6 月 25 日~7 月 4 日两次完整较大洪水过程的各级水位，进行 88 次雷达波流量在线测流系统的流量测验，均按雷达波流量在线测流系统的测流方案进行，在 88 次的流量中，实测最大流量 3280m^3/s，相应水位 27.32m，2017 年 7 月 1 日出现最高水位为 27.33m；历年最高水

位为 28.75m，实测最小流量 113m³/s，相应水位 20.62m；水位变幅 6.70m，包括了中高水位。历年水位变幅为 8.25m，比测范围达 81.2%。双江口站历年较大洪水特征值见表 1。

表 1　双江口站历年较大洪水特征值表

年份	最高水位		最大流量	
	水位	时间	流量	时间
1969	28.75	6.26	3360	6.26
1983	28.13	7.09	3410	7.09
1998	27.85	6.16	3100	7.3
2017	27.33	7.01	2730	7.01

5　雷达波流速仪系数分析

5.1　分析方法

将采用雷达波流速仪所测的 54 次 21.00m 以上的流量与基本水尺断面水位查线流量进行对比分析，并进行直线拟合，求出直线斜率即雷达波流速仪的流量综合系数 $K_{电}$。

5.2　分析资料的选取

选取 2017 年 2 个主要的洪水过程作为分析样本，在 6 月 25 日~7 月 4 日期间，包含两次完整的大洪水过程，其中中、高水测点多，测验中发现，大风期间，雷达波流速仪所测流速与风速有关，误差较大。因此在这期间比测的过程中，共计收集 21.00m 以上的 54 次流量样本，样本数大于规范要求的 30 次，其中有 1 次比测流量误差较大(Q_{449})，作为特异值将其舍弃，利用 53 次流量进行分析。水位 21.00m 的相应流量由于流速较小误差较大，不适合雷达波测验，不参与分析。参与分析的原始分析资料准确、可靠，比测成果合理。

5.3　相关系数分析

通过采用雷达波流速仪实测流量与基本水尺断面相应水位查线流量进行直线拟合，相关图显示雷达波流量与查线流量相关关系，密集呈带状，雷达虚流量综合系数为 0.8501，其相关关系 R^2为 0.9937，故雷达虚流量综合系数 $K_{雷}$采用 0.85。雷达波流量与查线流量关系图见图 3。

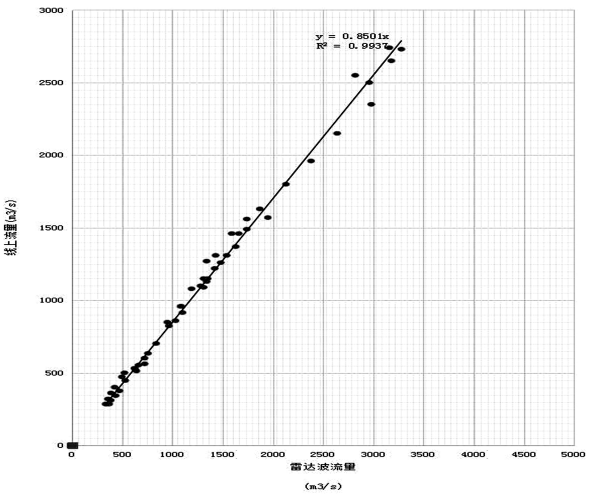


图 3　2017 年双江口站雷达波流量与查线流量关系图

5.4　误差分析

将雷达波流速仪流量 0.85 与查线流量进行误差计算，最大误差为 11.4%，最小误差为 0.1%。标准差 5.4%，系统误差 0.8%。雷达波流速仪流量误差符合规范要求。

6　结论

(1)雷达波流速仪实测流量与基本水尺断面水位查线流量关系符合直线关系，原始分析资料准确、可靠，比测成果合理。

(2)流量综合系数采用：雷达波流速仪流量系数 $K_{雷}$采用 0.85。

(3)测验条件要求：雷达波流速仪的流量测验，避开大风期。基本断面适用水位范围为 21.00m 以上。

(4)系数的使用方法

参照《河流流量测验规范》GB50179-2015 第 C.7.1 第 6 条，采用雷达波流速仪施测时，雷达波流速仪流量按下式计算：

$Q = Q_{雷} \times K_{雷}$

Q——断面流量(m^3/s)；

$Q_{雷}$——雷达波流速仪所测出的虚流量(m^3/s)；

$K_{雷}$——断面雷达波流速仪流量系数。

长潭河水文站流量巡测方案分析

彭伟华　（张家界水文水资源勘测中心　张家界　427000）

【摘　要】 为落实以人为本、人水和谐、水利与经济社会协调发展的治水理念，按照统一发展布局，围绕防汛抗旱、水资源管理、水环境保护等任务，张家界水文水资源勘测中心对长潭河水文站的流量测验方式方法进行相关分析，为寻求更好方案进行流量测验，提高水文技术含量和水文服务水平提供相关依据。

【关键词】 长潭河　流量测验　巡测　水文现代化

1　前言

为落实以人为本、人水和谐、水利与经济社会协调发展的治水理念，按照统一发展布局，湖南省水文系统明确提出了实现“水文现代化”的战略目标，并相继出台相关文件和规划，按照《湖南省水文测验方式改革指导意见》的要求，张家界水文中心对长潭河水文站的流量测验方式方法进行相关分析，以寻求更好方案进行流量测验，达到“站网优化、精兵高效”的目标，为探索水文测验新方法，改革水文测验新方式，提高水文技术含量和水文服务水平提供依据。

2　测站情况简介

长潭河水文站于1952年3月由前湖南省人民政府水利局设立，领导机关为湖南省水文总站。1977年1月1日观测场由左岸迁到右岸，观测至今。领导机关变更为湖南省水文水资源勘测中心。该站位于湖南省慈利县零阳镇长青村，东经111°01′，北纬29°28′，集水面积4913km^2，是溇水控制站，距河口9km，溇水干流长243km，国家一类精度站，为澧水的一级支流。测验项目有降水、水位、流量、泥沙、水温、水质，其中悬移质输沙率自2015年1月1日起实行间测（湘水测便字[2014]23号）。

测验河段顺直长3.5km，基下1km处为急滩和弯道。砂卵石河床，断面历年稳定。河道内水流相对集中，流向与基本水尺断面垂直。基上1100m处为长潭河电站。基上36.6km为溇水一级支流—溆水的入口处，往上6km，即为江垭水电站；基下10km为城关电站。

主要测验设备设施及断面布设情况：基本水尺断面、流速仪测流断面兼浮标测流中断面，浮标测流上、下断面及比降上、下断面，水文缆道，浮标投放器。

3　水位级划分

水位级划分采用2008年分析并经湖南省水文水资源勘测中心审批的成果，分析确定长潭河

站高、中、低水位级如下：

Z≥96.13 为高水期；

96.13m>Z>92.47m 为中水期；

Z≤92.47m 为低枯水期。

4 历年测验及整编情况

长潭河站调查历史最高水位 106.70m，发生在 1935 年。历年实测最高水位为 102.92m，发生在 1993 年 7 月 23 日，最低水位 90.33m，发生在 2015 年 1 月 2 日，历年实测水位变幅 12.59m；历年实测最大流量 7080m^3/s，相应水位 102.92m，发生在 1993 年 7 月 23 日，实测最小流量 0.412m^3/s，相应水位 90.38m，发生在 2009 年 3 月 29 日。

流量正常测验年份测次以能控制流量变化过程，满足定线推流为原则，全年一般不少于 80 次。每两次测流之间的时间，汛期不超过 7 天，非汛期不超过 10 天；超过中水位的洪峰过程测次一般不少于 5 次。

长潭河站地处高山峡谷，洪水主要由降雨及上游江垭电站泄洪产生。尤其受上、下游电站开关闸影响，洪水涨落率大，洪峰持续时间短，测验条件极为困难，水位~流量关系不稳定；历年来主要采用临时线法和连时序(绳套)法定线整编。

5 历年断面变化情况

长潭河站 2005 年~2014 年测流断面比较稳定，没有冲淤现象。将历年断面各级水位的面积最大值和最小值进行比较，除枯水(91.50m 以下)偏离误差达 3%以上，其它各级水位面积均未超过 3%。

6 资料选取与审查

根据巡测方案分析的要求，各类精度的水文站，有 10 年以上资料，经分析论证实测流量的水位变幅已控制历年水位变幅 80%以上，可进行流量巡测方案分析。我中心根据巡测规范要求，对长潭河水文站进行流量巡测方案分析，并选取最近连续 10 年，即 2005~2014 年资料进行流量巡测方案分析。10 年间实测最大流量 4530m^3/s，相应水位 100.41m，发生在 2008 年 8 月 30 日，实测最小流量 0.412m^3/s，相应水位 90.38m，发生在 2009 年 3 月 29 日，实测流量水位变幅 10.03m，占历年实测水位变幅(12.59m)的 80%，资料的选取完全满足巡测方案分析要求。分析样本水位流量年特征值统计见表 1。

表 1 长潭河站水文特征值统计表

年份	最高水位	出现日期	最低水位	出现日期	水位变幅	最大流量	出现日期	最小流量	出现日期
2005	95.95	5.4	90.69	2.6	5.26	1510	5.4	5.83	2.6
2006	94.67	5.9	90.52	10.5	4.15	862	5.9	2.06	10.5
2007	98.98	7.23	90.55	11.10	8.43	3560	7.23	2.67	11.10
2008	100.41	8.30	90.60	3.8	9.81	4530	8.30	3.80	3.8
2009	98.35	6.8	90.38	4.11	7.97	3020	6.8	0.040	4.11
2010	98.13	7.11	90.38	12.13	7.75	2690	7.11	0.630	12.13
2011	98.06	6.18	90.38	10.20	7.68	2370	6.18	0.640	10.20
2012	95.80	6.27	90.44	1.20	5.36	1390	6.27	1.20	1.20
2013	98.41	6.6	90.41	1.20	8.00	2770	6.6	1.02	1.20
2014	96.48	10.29	90.38	1.2	6.10	1620	10.29	0.710	1.2

7 巡测分析

7.1 当年水位流量关系线的处理

长潭河站中、高水位级(94.00m 以上)水位流量关系较为复杂，除 2005 年、2006 年、2009 年水位流量关系较为稳定外，其它年份均有非单一水位流量关系曲线，且不能进行单值化处理，一般采用连时序法或连实测流量过程线法定线整编。除 2008 年将绳套曲线点据并入临一线外，其它年份绳套曲线一般采用综合涨、落水段各定一根临时线，十年共 20 条水位流量关系曲线。根据《水文巡测规范 SL 195-2015》4.5.1 条规定，对重定的水位流量关系曲线进行三种检验或计算时段总量误差。误差指标均符合《水文巡测规范 SL 195-2015》4.5.1 条规定，说明重定水位流量关系曲线符合要求。2009 年水位在 91.10m 以下原整编有多条临时曲线，本次分析综合成单一线推流，经计算，年总量相对误差为-0.11%，$W_{枯}/W_{年}$ 为 15.5%，低枯水总量相对误差为-0.73%，误差指标符合《水文巡测规范 SL 195-2015》4.5.5 条规定。

7.2 历年水位流量关系处理

根据重新定线整编的 20 根水位流量关系线及 2016 年实测流量点据，采用建立水位流量关系模型线簇的方法进行分析，按分析年份实测最大、最小线做外包线控制，以线与线间并线允许误差作最小间距，依线型走向趋势综合考虑建立模型线簇。长潭河站共定 14 根模型线，模型线线型具体分为：90.33m～92.00m 分为 3 根线；92.00m～92.70m 分为 10 根线；92.70m～93.30m 分为 11 根线；93.30m～95.30m 分为 13 根线；95.30m 以上分为 14 根线。模 1 线、模 11～模 14 在水位 96.00m 以无实测流量点据，暂时只推流至 96.00m，待巡测期间有实测流量时再根据实测流量点据向上延长。

7.3 测验方案布置

(1)平水期每月测流 1 次，相邻测次时间间隔不超过 30 天；洪水期可不测洪水过程，但在涨落水过程各布置流量测次 1～2 次；水位 98.00m 以上实测洪水过程。

(2)实测流量测点布置，高水部分延长不宜超过当年实测流量所占水位变幅的 30%，低水部分延长不超过 10%。

(3)流量测验全年采用水文缆道流速仪法和雷达波流速仪或走航式 ADCP 流速剖面仪法施测，当水文缆道出现故障不能运行时可采用水面浮标法施测，全年测次一般不少于 20 次。流速仪测流应采用精度较高的方法施测。

(4)当测站控制条件发生明显变化或水位流量关系点据超出模型线外包线时(点对线相对误差高、中、低水分别为±4%、±5%、±10%)，应及时恢复正常测验。

7.4 计算模型线推流误差

(1)从分析年份实测流量成果中逐年按照平水期每月一次，洪水期涨落过程各 1～2 次抽样，样本包括高、中、低水在内的 10～50 次流量，判断这些流量测次在水位流量综合关系曲线簇上哪一线上推流，计算各年年径流总量、汛期径流总量、一次洪水径流总量，计算各时段总量与原整编成果的相对误差，判断其误差是否符合《水文巡测规范》SL 195—2015 规定的允许误差。

(2)从分析年份外的历年实测资料中选取丰、平、枯三年资料按(1)条方法进行误差计算，来检验推流模型的实用性。

(3)2015 年出现历年最低水位 90.33m，根据实测点据向下延长低水模型线至 90.33m，并按(1)条方法进行误差计算，检验推流模型的实用性。

(4)2016 年水情特殊，水位流量关系复杂，将原定模型线根据实测点据向上延长，并按(1)条方法进行误差计算，检验推流模型的实用性。

8 巡测分析成果

8.1 误差分析成果

根据既定的模型曲线簇，按 7.2 条方法抽取流量样本，计算分析年份各年径流总量、汛期径流总量、一次洪水径流总量，计算各时段总量与原整编成果的相对误差，各项误差完全满足《水文巡测规范》SL 195-2015 的要求。计算成果见表 2。

表 2　长潭河站巡测方案各时段总量检验成果表

年份	年总量(10^8m^3)			汛期总量(10^8m^3)			一次洪水总量(10^8m^3)			
	原整编成果	巡测方案成果	相对误差(%)	原整编成果	巡测方案成果	相对误差(%)	洪水时间	原整编成果	巡测方案成果	相对误差(%)
2005	35.73	35.77	0.11	28.08	28.11	0.10	4.28-5.08	2.954	3.000	1.56
							7.4-7.12	1.885	1.900	0.77
2006	28.67	28.65	-0.07	20.87	20.83	-0.16	5.7-5.26	3.262	3.293	0.96
							5.31-6.5	1.083	1.074	-0.85
2007	49.27	49.06	-0.43	37.86	38.18	0.84	7.8-7.15	3.673	3.682	0.24
							7.22-7.29	7.265	7.059	-2.83
2008	56.57	56.95	0.67	38.53	38.68	0.41	7.21-7.31	3.552	3.491	-1.70
							8.13-8.21	3.481	3.421	-1.72
							8.29-9.5	5.441	3.359	-1.51
2009	44.07	44.38	0.70	37.21	37.73	1.41	4.17-4.25	2.286	2.275	-0.51
							5.29-6.13	5.909	5.933	0.41
							6.28-7.16	2.085	2.068	-0.79
2010	51.86	52.42	1.08	39.58	40.08	1.26	6.5-6.11	1.980	2.027	2.36
							7.11-7.17	4.596	4.555	-0.90
2011	46.36	46.36	0	32.85	32.67	-0.55	6.13-6.25	4.383	4.345	-0.88
							6.29-7.8	2.332	2.339	0.31
2012	42.46	42.75	0.68	28.52	28.56	0.15	5.9-5.17	2.195	2.225	1.34
							6.21-6.30	2.907	2.948	1.40
							8.16-8.23	1.100	1.111	1.00
2013	45.10	45.39	0.64	30.21	30.61	1.32	6.2-6.12	4.252	4.346	2.21
							9.23-9.30	2.352	2.368	0.69
2014	40.87	40.30	-1.39	30.44	30.17	-0.89	7.9-7.25	3.465	3.453	-0.35
							10.27-11.8	3.928	4.041	2.87

8.2　模型线检验成果

根据已定模型曲线簇，从分析年份外选取2003(丰水年)、2000(平水年)、1992(枯水年)三个典型年及2015、2016年资料，按规范规定方法抽取流量样本，计算各年径流总量、汛期径流总量、一次洪水径流总量，计算各时段总量与原整编成果的相对误差，各项误差完全满足《水文巡测规范》SL 195-2015的要求。成果见表3。

表 3　长潭河站巡测方案各时段总量检验成果表

年份	年总量(10^8m^3)			汛期总量(10^8m^3)			一次洪水总量(10^8m^3)			
	原整编成果	巡测方案成果	相对误差(%)	原整编成果	巡测方案成果	相对误差(%)	洪水时间	原整编成果	巡测方案成果	相对误差(%)
1992	27.27	27.53	0.95	23.26	23.32	0.25	5.11-5.28	4.086	4.145	1.43
							7.16-7.27	2.983	2.950	-1.12
2000	39.60	39.89	0.73	28.06	28.17	0.38	6.29-7.7	4.603	4.589	-0.32
2003	70.96	70.13	-1.17	55.32	54.84	-0.87	6.27-7.2	6.687	6.608	-1.19
							7.7-7.17	13.64	13.41	-1.69
2015	47.17	47.19	0.04	35.75	35.80	0.14	5.29-6.13	4.590	4.622	0.70
							6.20-7.03	4.000	4.047	1.17
2016	65.09	65.80	1.09	53.41	53.91	0.94	6.18-7.05	10.95	11.05	0.92
							7.12-7.25	6.276	6.432	2.49

(下转第 32 页)

通道水文站流量简测法分析

何芷文　（怀化水文水资源勘测中心　怀化　418000）

【摘　要】 通道水文站监测工作受水利工程影响，水位流量关系混乱，测次多，测流历时长，流量测验工作量大。在满足资料整编精度的前提下，采用简测法施测流量，在特大洪水等特殊水情时，流量测次布置的灵活机动性，减少测验工作量，是很有必要的。为此，本分析利用历年流量实测资料，分析检验本站简测法流速、流量测验成果能否达到整编规范要求并提出相应结论，为该站开展流量测验提供一种测验方法。

【关键词】 通道水文站　简测法　资料整编

1　前言

通道水文站设立于 1953 年，是国家基本水文站。现阶段，该站水文监测工作受水利工程影响越来越严重，探求受水利工程影响条件下，水文监测工作已越显得重要。通道水文站基上 5km 渠水支流通道河上建有江口坪电站滚水坝；基上 13km 渠水支流播阳河建有张黄电站，基上 5km 渠水支流四乡河建有晒口电站。特别是基下 3.6km 渠水干流姚来滩水电站于 2008 年 9 月 27 日开始蓄水。对该站造成严重的影响，水位流量关系混乱，不得不采用加密测次方法收集流量资料，测次多，而且单次测流历时长，流量测验工作量巨大一直是该站的难题。为了减少测验工作量，若能在满足资料整编精度的前提下，采用简测法施测流量，无疑减少了平时流量测验的工作量，及加大受水利工程影响(回水影响等)的流量测验次数的布置；同时满足在特大洪水等特殊水情(水位涨落急剧)时，流量测次布置的灵活机动性，开展流量简测法分析是很有必要的。

为此，本分析利用历年流量实测资料对断面各垂线平均流速与断面平均流速进行计算分析，并建立相关关系，分析检验该站简测法流速、流量测验成果能否达到整编规范要求，并提出相应结论，为该站开展流量测验提供一种测验方法。

2　基本情况

2.1　测站基本情况

通道水文站位于沅江渠水上游，为渠水上游控制站，断面以上流域面积 3784km^2，干流长度 125km，干流平均坡降 1.25‰，距河口 152.4km。渠水上游主要支流有通道河、播阳河、四乡河，断面处在各支流汇合口以下约 2km。基下约 500m 处为弯道，有卡口和急滩，为卵石河底，较稳定，可作高、中、低水控制。该站现有主要测验设施有水文缆道、岛岸结合式水位自记井(台)。其中水文缆道为开口式，左、右岸支柱为钢筋混泥土方型柱，高均是 12m，主跨度 220m。用于测验的仪器设备有：转子式流速仪、雨量水位自动

测报系统等。一般情况下全年各项测验工作均使用以上仪器，其测验精度能满足水文规范要求。

2.2 水利工程情况

该站基上 5km 通道河(渠水左岸)上建有江口坪电站滚水坝；基上 13km 播阳河建有张黄电站，基上 5km 四乡河建有晒口电站，可多年调节水库，1996 年 1 月发电。基下 3.6km 姚来滩水电站于 2008 年 9 月 27 日 11：48 开始蓄水。因此，该站受姚来滩电站变动回水及上游电站开关闸综合影响，水力因素十分复杂，造成本站水位流量关系混乱，水位(或其它因子)与流量之间无法建立符合要求的关系曲线。

3 分析目的

由于在线流量监测系统发生故障不能运行，采用转子式流速仪常测法测验工作量大，若能在满足资料整编精度的前提下，采用简测法施测流量，无疑减少了平时流量测验的工作量，加大受水利工程影响(回水影响等)的流量测验次数的布置；同时满足在特大洪水等特殊水情(水位涨落急剧)时流量测次布置的灵活机动性。

因此，为解决该站在线流量监测系统运行不畅，满足在特大洪水等特殊水情(水位涨落急剧)时流量测验，根据多年常测法资料，选取包含高、中、低各级水位的实测流量资料，进行分析计算，找出流速代表垂线，研究代表垂线测流是否符合计算实测流量的要求，从而实现简测法。

4 计算与分析

4.1 技术线路

由于无法建立水位和流量之间的相关关系，因此就不能用水位推求流量的办法得到完整的流量过程。流量是过水断面平均流速与面积的乘积，因此断面流量与断面平均流速的变化必然有着密切的关系，两者的变化具有较好的同步性和一致性，只要得到较为准确的断面平均流速，就可以求得断面流量。在水文工作实践中，断面平均流速不是实际测量得到的，它是由过水断面流量和面积计算得到的。根据断面平均流速的计算公式，可以推导出与其性质相近的代表测流垂线的流速值，在断面流量和代表垂线流速之间建立相关关系，就可以通过代表垂线流速推求断面流量。

4.2 资料收集情况

通道水文站在 2008 年 10 月～2011 年，共进行多线多点流量测验 6 次，因受测验条件限制，高洪时难以施测多线多点，故采用 2008～2011 年的常测法资料共计 46 次(其中 2008 年 6 次、2009 年 26 次、2010 年 11 次、2011 年 3 次)流量资料进行分析。分析资料中最大流量 2220m^3/s，最大断面平均流速 1.83m/s，最低水位 202.68m，最高水位 206.94m，水位变幅 4.26m，所有测次能代表各级水位的测验情况。

经点绘实测流量资料，各测次流速横向分布见图 1：

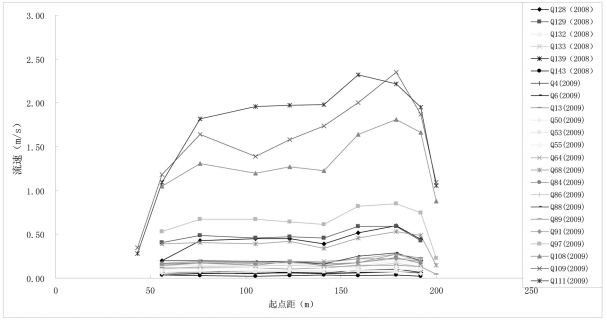
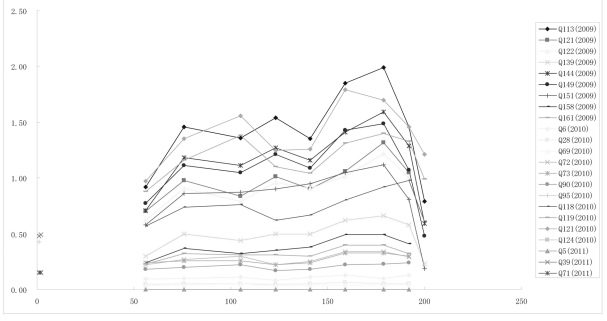


图 1 流速横向分布



（续）图 1 流速横向分布

从图 1 可以看出，各测次的流速横向分布合理。

4.3 分析原理与方法

根据上述基本资料对代表线进行了分析，当断面中某一条或多条垂线流速与该断面平均流速有较好的关系时，我们称该垂线为断面平均流速单线代表线，该垂线的水深为断面平均流速单线代表线水深，该垂线的流速为断面平均流速单线代表线流速。因此，我们要分析找到某一条或多条垂线的垂线平均流速(以下简称垂线流速)与断面平均流速之间相关关系。代表线的选择，首先进行垂线普查，再进行垂线优选拟合，最后进行误差分析。

4.4 垂线普查

垂线普查就是寻找合适的垂线跟断面平均流速建立关系，比较各垂线和断面平均流速的相关系数。各垂线和断面平均流速的相关关系成果见表1。

表1 各垂线和断面平均流速的相关关系成果表

	$V_{平均流速}$	56m	76m	105m	123m	141m	159m	179m	192m	200m
$V_{平均流速}$	1.000									
56m	0.989	1.000								
76m	1.000	0.988	1.000							
105m	0.989	0.974	0.988	1.000						
123m	0.995	0.975	0.996	0.980	1.000					
141m	0.994	0.976	0.994	0.979	0.995	1.000				
159m	0.998	0.983	0.997	0.987	0.994	0.994	1.000			
179m	0.995	0.986	0.995	0.971	0.993	0.992	0.993	1.000		
192m	0.994	0.990	0.993	0.979	0.984	0.986	0.988	0.991	1.000	
200m	0.893	0.906	0.888	0.915	0.827	0.840	0.876	0.855	0.910	1.000

从表1中可以看出，起点距76m的垂线平均和断面平均流速相关系数最大，达到1.000，其次是159m为0.998，其他各垂线都在0.8以上。

4.5 垂线优选拟合

当以单一垂线作为代表线与断面平均流速建立相关关系不理想时，需选配若干条垂线进行组合，即组合垂线作为断面平均流速代表线，才有可能使代表线流速与断面平均流速有更好的相关性。本次分析按一线76m方案进行分析，不考虑其它垂线的组合方案。

4.6 分析计算

根据垂线普查，起点距76m的垂线流速和断面平均流速相关系数最大，因此选用76m和断面平均流速建立关系，其关系式为：

$$V_{断}=1.005V_{76m}$$

关系图见图2，76m垂线平均流速和断面平均流速相关分析计算见表2。

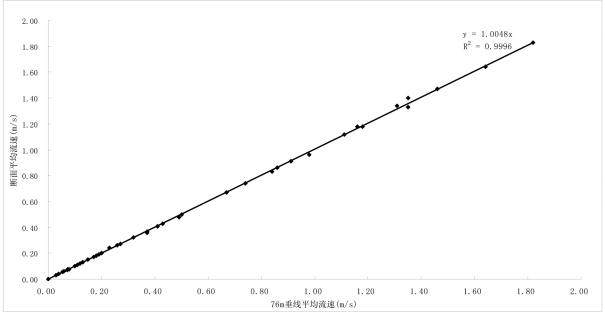


图2 76m垂线平均流速和断面平均流速相关图

表2 76m垂线平均流速和断面平均流速相关分析计算表

序号	流速(m/s)			相对误差I(%)	序号	流速(m/s)			相对误差I(%)
	代表线	断面平均				代表线	断面平均		
	(76m)	实测	查读			(76m)	实测	查读	
1	0.43	0.43	0.43	0.000	24	1.46	1.47	1.46	0.000
2	0.49	0.48	0.48	2.083	25	0.98	0.96	0.96	2.083
3	0.15	0.15	0.15	0.000	26	0.91	0.91	0.91	0.000

续表

序号	流速(m/s)			相对误差Ⅰ(%)	序号	流速(m/s)			相对误差Ⅰ(%)
	代表线(76m)	断面平均				代表线(76m)	断面平均		
		实测	查读				实测	查读	
4	0.13	0.13	0.13	0.000	27	0.50	0.50	0.50	0.000
5	0.072	0.071	0.071	1.408	28	1.18	1.18	1.17	0.855
6	0.029	0.029	0.029	0.000	29	1.11	1.12	1.11	0.000
7	0.054	0.055	0.055	-1.818	30	0.86	0.86	0.86	0.000
8	0.059	0.059	0.059	0.000	31	0.37	0.37	0.37	0.000
9	0.12	0.12	0.12	0.000	32	0.32	0.32	0.32	0.000
10	0.073	0.074	0.074	-1.351	33	0.10	0.10	0.10	0.000
11	0.078	0.078	0.078	0.000	34	0.053	0.053	0.053	0.000
12	0.11	0.11	0.11	0.000	35	0.040	0.04	0.040	0.000
13	0.19	0.19	0.19	0.000	36	0.27	0.27	0.27	0.000
14	0.41	0.41	0.41	0.000	37	0.26	0.26	0.26	0.000
15	0.18	0.18	0.18	0.000	38	0.20	0.20	0.20	0.000
16	0.17	0.17	0.17	0.000	39	0.37	0.36	0.36	2.778
17	0.20	0.20	0.20	0.000	40	0.74	0.74	0.74	0.000
18	0.18	0.18	0.18	0.000	41	1.16	1.18	1.17	-0.855
19	0.19	0.19	0.19	0.000	42	1.35	1.4	1.39	-2.878
20	0.67	0.67	0.67	0.000	43	0.84	0.83	0.83	1.205
21	1.31	1.34	1.33	-1.504	44	0	0	0.00	0.000
22	1.64	1.64	1.63	0.613	45	0.23	0.24	0.24	-4.167
23	1.82	1.83	1.82	0.000	46	1.35	1.33	1.32	2.273
Se=0.6%									

经分析计算，76m 垂线平均流速同断面平均流速的关系计算结果较好，相关关系很好。其相关关系线标准差为±0.6%，系统误差为 0.02%。

5 结论

分析选取资料情况，所有测次能代表各级水位的测验情况，由上述分析结果可知，该站使用 76m 垂线作代表线流量简测法测验方案，其误差相对较小，相对误差最大值 2.778%，最小值-4.167%，标准差为±0.6%，系统误差为 0.02%，能够满足流量测验精度要求。由此得出如下结论：

(1)76m 垂线作代表线流量简测法测验，其代表线与断面平均流速的关系式为 $V_{断}=1.005V_{76m}$；

(2)该站采取转子式流速仪施测 76m 垂线流速为代表线法来进行流量简测测验，流量测验精度满足相关规范要求；

(3)对于该站受上下游水利工程影响时，采用连实测流量过程线进行流量整编时，需大量流量测次时，可采用此方案进行流量测验；

(4)特殊水情时，如洪水涨落急剧，需实测流量过程时，可采用该方案进行流量测验。

(5)在线流量自动监测系统发生故障不能正常运行的情况下，可采用该方案进行流量测验。

水文巡测思路的初步探讨

匡燕鹅 （湖南省水文水资源勘测中心 长沙 410005）

【摘 要】 水文测站数目的成倍增加、仪器设备的大幅更新以及水文监测要素的不断丰富，使得水文测验和管理的任务也不断加重，加上水文人进城的需求，测验方式的改变势在必行。然而，人类活动严重影响了水文巡测方案的分析和实施，阻碍了测站职工从固守断面走出来。我们可以借用巡测的思路，因地制宜地改变测验方式，减轻测验任务，使部分人员部分时间从定点观测解放出来。

【关键词】 测验方式 水位流量关系 间测 巡测

前言

随着水文测站数目的成倍增加、仪器设备的大幅更新以及水文监测要素的不断丰富，水文测验和管理的任务也不断加重。加上水文人进城的需求，测验方式的改变势在必行。然而，近几十年来，由于水资源开发利用的日益增加，河道上修建了大量的水电站、拦河坝，加上岸边修筑防洪堤或涉水景观带，河道采砂等，河道的变化不断增大，许多测站的水位流量关系也随之变化。一些站原有的历年综合关系已无法代表现有的河道水力条件，已有的巡测方案也受到影响。比如，沅水的河溪站 2013 年开始受下游黄莲溪电站施工影响，近两年同级水位的流量严重偏小，原有的流量间测方案不再有效，不得不恢复为常测。

同时，人类活动改变了流域的下垫面条件和产流、产沙因子，流量与输沙率难以找到很好的相关关系。作者曾对澧水及洞庭湖区的泥沙站做过分析，无一个测站的流量与输沙率存在明显的相关关系。人类的活动对原来的泥沙间测方案也造成了不利影响，澧水的石门站因上游河道整治等原因，原来的单-断颗关系、单-断沙关系都发生了改变，泥颗、泥沙测验也不得不停止间测，恢复为实测。

现在，我们的水位、雨量观测已基本实现自动化，但流量和泥沙除少数站采用间测方案或在线测验方式，大部分基本站还是以固守断面测验为主，无法通过间测的方式把人员从测站解放出来。但我们可以采用巡测的思路，改变驻测工作方式，让部分人员或部分时间从固守断面走出来。

1 不能全水位级间测的，可部分水位级间测

澧水流域的长潭河站，受上游长潭河电站的开关闸影响，水位大部分时间在 94.0m 以下，如 2015 年全年大约 100 小时超过 94.0m，相当于 4~5 天的时间，而水位 94.0m 以下水位流量关系多年来可以综合成一条线（见图 1）。因此，长潭河站水位 94.0m 以下可以实行间测，停测年份采用历年综合线推求流量。少部分时段不受开关闸

影响时执行实测；测站人员即使集中在慈利县城，仍可以根据前期水位、降雨及上游水库调度情况，在一刻钟左右赶到测站施测流量及泥沙，从而实行就近巡测。

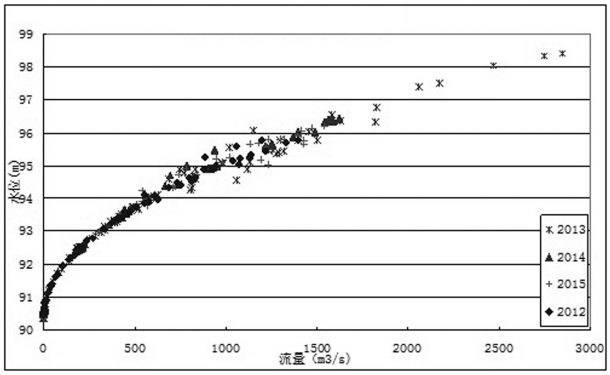


图 1　长潭河站水位流量关系图

2　不能全年间测的，可部分时段间测（或停测）

现在很多测站受上游水电站的拦截影响，枯季流量很小，含沙量更小。沅水的桃源站，从上游 90km 到测站，依次有五强溪电站、凌津滩电站、桃源电站，大部分泥沙被拦截在各级水库中，全年的输沙量集中于几次洪水过程。2014 年桃源站含沙量为 0 的时间有 266 天，占全年天数的 3/4 左右，其中 1~4 月、9~12 月共 8 个月几乎全月为 0。根据《水文巡测规范》规定：当每年低、枯水期连续三个月以上的时段输沙量小于多年平均输沙量的 3.0%时，在该时段内可停测泥沙。因此，桃源站的泥沙可考虑枯季停测，省去枯季泥沙的取样和分析工作，减轻人力、物力和财力的负担，提高工作效率。

3　不能实行间测的，可减少全年流量测次

不少水文站受下游水库顶托期间，水位流量关系点散乱，但顶托消失后，水位流量关系却很稳定，甚至历年可综合为一条线。澧水的淋溪河站，受下游 70m 处的江垭电站影响，汛后经常受水库蓄水顶托(一般从 9 月份开始)，水位流量关系复杂，毫无规律可言。但不受顶托影响时，226.0m 以下水位流量关系为单一线(见图 2)。因此，淋溪河不受非顶托期间 226.0m 以下可以减少流量测次，进一步减轻全年的测验工作量。

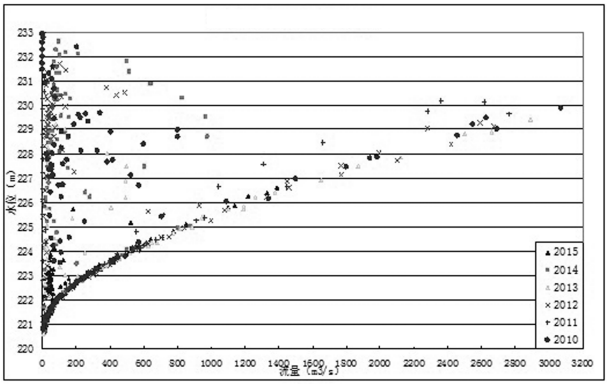


图 2　淋溪河站水位流量关系图

4　不能减少流量测次的，可改变测验安排

汨罗江的加义、伍市站因为河床下切，水位流量关系线逐年偏右，无法通过历年综合来实行间测。但加义、伍市站距平江基地均只有半小时车程。而两站的洪水过程基本上在 4 天以上。平时每站保留 1~2 名员工维持日常工作和设施设备的管理；其他人则可集中于平江基地统一学习和工作，统一管理。每隔几天(涨水时除外)需要测流测沙时，基地人员则赶赴测站进行测验，实行划区巡测。

5　结论

根据以上分析，现状条件下，当我们的测站人员不能完全从测站撤出时，我们可以借用巡测的思路，适当改变测验方式，实行定位观测与巡测相结合、短期巡测与常年巡测相结合，部分时间把部分人员从固守断面解放出来，从而进一步改善职工工作和生活条件，逐步实行精兵高效的路线。

参　考　文　献

[1] 中华人民共和国水利部．水文巡测规范(SL195-2015)[M]．北京：中国水利水电出版社，2016.

桃源站 TopSizer 激光粒度分析仪泥沙颗粒级配参数率定分析

龙倩颖　（常德水文水资源勘测中心　常德　415000）

【摘　要】 经济社会发展进步，要求水文事业准确性和时效性越来越强，桃源水文站特引进激光粒度分析仪，开展参数率定工作。以新仪器引进应用和测验方式改革为突破口，提高了工作效率和质量，减轻了劳动强度，更好满足了社会需求。

【关键词】 泥沙颗粒分析　激光粒度仪　参数率定

2014 年 8 月，桃源站配置一台珠海欧美克仪器有限公司的 Topsizer 型激光粒度分析仪（以下简称激光粒度仪）。通过几年来比测资料的收集与分析，探讨激光粒度仪在不同水沙条件下的泥沙颗粒级配分析的适应条件、参数适用范围，为激光粒度仪的投产应用提供依据和基本资料。

1　激光粒度分析仪简介

TopSizer 激光粒度分析仪是珠海欧美克仪器有限公司经过多年的技术积累后研发出的一款高性能激光粒度仪。它具有量程宽、重复性好、精度高、测试结果真实、可靠性高等诸多优点。

激光粒度仪是目前世界上比较先进的室内粒度测试仪器之一，它测试的粒度范围广，广泛应用于工业冶金、粉末、化工、医药、建筑、水利工程等领域；测试速度快、效率高，对于大批量的测试分析尤能显现其高效性；仪器性能稳定，测试自动化程度高。

2　测站概况

桃源站位于湖南省桃源县漳江镇延溪口街，东经 111°29′，北纬 28°54′，集水面积为 85223km^2，沅江总控制站。悬移质颗粒分析属二类精度站，要求该站在满足定线为前提的基础上，全年完成断颗不少于 12 次，单颗不少于 50 次，人工分析的工作量很大。

3　工作思路和技术路线

分析激光粒度仪在不同水沙条件下泥沙颗粒级配分析的适应条件、仪器参数适用范围，为激光粒度仪的投产提供依据。具体技术路线如下：

（1）泥沙样品的配置，样品在本站断面附近河段人工采样，分别利用 1.0mm、2.0mm 洗筛，去除试样中的杂草浮物等非沙物质及不规则大颗粒。选取粗、中、细型泥沙样品若干组，将过筛后的样品充分混匀，再利用分沙器进行分样，做为样品。

（2）率定主要参数：拌速度、泵速、测量时间及

快照、分散时间、超声强度、遮光度、颗粒折射率、吸收率。对某一个泥沙样品,率定参数 N_1,将其余 i-1 个参数,分别固定在仪器厂商提供的经验值上,对参数 N_1 在允许范围内分成若干档进行测量,获取一系列级配数据,绘制级配曲线,选取曲线基本重合且小于某粒径沙量百分数的互差不大于 2 所对应的参数档范围作为这个参数的合适取值范围。并选择系统误差最小所对应的参数值作为最优参数值。率定下一个参数值时,选择已率定最优参数值进行,直到每个参数率定出最优参数值作为仪器参数值。

(3)仪器稳定性(重复性)试验,在相同测量条件下,对同一泥沙样品进行连续多次测量所得结果之间的一致性。即选取有代表性的样品,用激光粒度仪对泥沙样品连续分析 30 次,取 30 次的平均值与单次结果进行对比,其结果符合规范要求情况。

(4)仪器重现性试验,在改变测量条件的情况下,对同一被测量的结果之间的一致性。将 1 个泥沙样品等分成 30 份,用激光粒度仪对每份泥沙样品逐一分析,并与 30 份泥沙样品的平均值进行比较,其结果符合规范要求情况。

(5)得出结论。

4 样品来源及处理

参数率定沙样主要在本站断面附近河段人工配置沙样。处理过程如下:

过筛:将所有收集的沙样过 1.0mm 洗筛,去除试样中的杂草浮物等非沙物质及不规则大颗粒。

用水:采用去离子水,严格控制和减少气泡产生,防止分析过程中的水气泡误认为颗粒而计入测量成果,保证分析的成果质量。

5 仪器参数率定

5.1 颗粒级配的划分

考虑到与测站原有分析粒径计级配的一致性,激光粒度仪的各参数率定和转换参数比测分析均采用原粒径计的粒径级,即 0.005mm、0.010mm、0.025mm、0.050mm、0.100mm、0.250mm、0.500mm、1.0mm、2.0mm。

样品来源于所辖区域内有代表性的试样,使样品具有区域性,将泥沙样品按粒径分布情况分为相对粗、中、细型三种。具体划分大致为:

细沙型:$D_{50} \leq 0.025$mm

中沙型:$0.025\text{mm} < D_{50} < 0.050\text{mm}$

粗沙型:$D_{50} \geq 0.050$mm

5.2 仪器参数率定与应用

5.2.1 泵速的率定

泵的作用是保持进样器里的悬浮颗粒均匀分散,然后将颗粒输送到流动样品池内测量。分别用粗、中、细三种不同颗粒级的样品,分别从 1500~2500r/min 范围按每次 100 的级差进行测试,确定泵速综合范围:1600~2500r/min,一般采用 2000r/min。

5.2.2 遮光度的率定

遮光度是反映测量时每次激光束中有多少样品的指标,其大小与颗粒多少成正比且与颗粒的组成有关。当泵速范围确定后,测定第二个参数遮光度时,泵速设定的数值为 2000r/min,其余参数不变,用上面同样的方法,改变遮光度进行颗粒级配的测试。确定综合遮光度范围为 12~18。

5.2.3 测量时间及快照次数

测量时间与快照次数是相互关联的,即每秒为 1000 次分析快照,以此类推。最佳的测量时间由样品颗粒大小形状及分布范围决定,如果物质是单模的,其基本粒度特征可用较少的快照捕获到,而较宽粒度分布的物质需要较长的分析时间。我们从 1s 开始,每次以 1s 递加至 9s,确定测量时间范围:1~9s,一般采用 6s 测量。

5.2.4 分散时间率定

泥沙颗粒在水中会产生颗粒与颗粒之间的絮结,造成粒配失真。激光粒度仪为我们采用超声波的分散功能,确定分散时间为 2~4min,一般采用 3min 的时间分散。

5.2.5　超声强度率定

超声强度是指能改变粒子的团聚(絮凝)状态,起分散作用的超声波的大小。超声分散可以替代传统的反凝剂分散方式,考虑到超声强度对样品的粒径级配有一定的影响,严重会破坏粒径的大小。测得粗沙的超声强度范围:12~16,中沙的超声强度范围:12~17,细沙的超声强度范围:12~16,综合超声强度范围:12~16。

5.2.6　折射率率定

激光粒度仪以光学衍射为原理,必须较为准确地确定分散介质的折射率、以及被测物质的折射率和吸收率。经试验测得折射率综合范围为1.60~1.62,优选值为1.60。

5.2.7　吸收率率定

选取粗、中、细型各一种不同颗粒级的泥沙样品,将各种泥沙样品利用分沙器分成多个样品,经试验测得吸收率综合范围为1.1~1.3,优选值为1.2。

5.2.8　各项参数率定值

通过以上基础参数的测试,确定仪器各参数适用范围见表1。

表1　基础参数设置指标

参数名称	泵速(r/min)	遮光度	测量时间(s)	分散时间(min)	超声波强度	搅拌速度(r/min)	水的折射率	颗粒吸收率	颗粒折射率
参数设置	1600~2500	12~18	1~9	2~4	12~16	700~900	1.33	1.50	1.60
优选值	2000	12~18	6	3	14	800	1.33	1.20	1.60

6　稳定性(重复性)试验

重复性是指同一样品多次测试结果之间的偏差,它是仪器所必须具备的重要质量性能测试指标之一。为了检验激光粒度仪分析成果的稳定性,我们选取粗、中、细沙共3个样品,每个样品重复测定30次,取30次的平均值与单次结果进行比较,并分别计算级配系统误差和标准差,计算公式:

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum(X_i-\bar{X})^2}{n-1}} \qquad (1)$$

式中:

σ——为标准差;

X_i——为每次测试的结果;

$\bar{X}$——为多次测量的平均值;

n——为测量次数(一般n大于或等于30)

统计结果见表2~4。

表2　稳定(重复)性测试误差统计[粒径级(粗)]

粒径级(粗)	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	0.25	0.50	1.0
测次	小于某粒经沙重百分数							
平均	9.1	18.5	33.0	41.5	61.8	97.8	100	100
标准差	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.1	0.0
系统差	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表3　稳定(重复)性测试误差统计[粒径级(中)]

粒径级(中)	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	0.25	0.50	1.0
测次	小于某粒经沙重百分数							
平均	12.5	25.5	46.1	61.2	81.9	98.9	99.8	100
标准差	0.6	0.8	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0
系统差	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0

表4　稳定(重复)性测试误差统计[粒径级(细)]

粒径级(细)	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	0.25	0.50	1.0
测次	小于某粒经沙重百分数							
平均	16.6	34.4	59.0	73.3	88.4	98.9	99.8	100
标准差	0.6	0.8	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0
系统差	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0

三组重复性试验的标准差和系统误差很小,均满足《河流泥沙颗粒分析规程》(SL42-2010)的要求,说明仪器稳定性能较好,满足分析精度。

7　重现性试验

将一个样品等份成30份,逐个用激光粒度仪进行分析。

平行性测试标准差计算公式如下:

(下转第36页)

娄底站预报模型探索

彭　丽　（娄底水文水资源勘测中心　娄底　417000）

【摘　要】 水文预报和气象数值预报的耦合是洪水预报发展的趋势。湖南省数值预报软件可根据实测降水量预报未来一定时期内洪峰流量、洪峰时间、洪水过程。同时也可输入气象预报的降水量或人工估算的未来可能降水量加入水文预报模型中。本文通过涟水上游段水文站点及雨量站点历年资料，建立娄底站水文气象模型。

【关键词】 涟水　水文预报　气象数值预报

1　引言

随着计算机技术、通信技术、信息处理技术的快速发展，洪水作业预报系统是当前水文预报最具代表性的先进技术，研制进展较快。为了确保流域防汛安全，对流域的水文预报模型做出了一些研讨。湖南省数值预报系统在计算机网络、水文数据库支持下运行；采用降雨洪水耦合预测技术、信息处理和数据管理技术，具有系统功能全面强大实用的人机交互式功能。涟水流域属于典型的湿润地区，汛期暴雨集中，洪水来势猛，传播时间短，水位变幅大。涟水上游娄底水文站，属于国家基本水文站，本文利用湖南省数值预报系统进行方案构建率定，构建的娄底站洪水预报方案，经检验预报合格率较高，为涟水流域山洪易发区的防洪减灾提供技术支撑。

2　涟水流域概况

2.1　流域自然地理特征

涟水是湘江下游左岸的一级支流，涟水（南源）发源于新邵县观音山南麓，由新邵县落马江进入娄底市境内，自西向东，流经涟源市、娄星区、开发区、在娄星区梨头咀汇合孙水注入水府庙水库，经双峰县、湘乡市，于湘潭县河口汇入湘江。湄江（又称涟水北源），发源于安化县小磨山，自北向南流，而后折转向东，至涟源市湄江镇纳西南的湄塘河，至桥头河镇纳东石山河，过桥头河镇，至渡头塘乡铜铃桥，注入涟水。涟水娄底站以上流域主要支流特征值表见表1。

表1　涟水娄底站以上流域主要支流特征值表

河流名称		发源地点	河口地点	河长（km）	流域面积（km^2）	平均坡降（‰）
涟水南源	涟水	新邵县观音山南麓	涟源市渡头塘乡铜铃桥	58	625	3.54
	新涟河	冷水江市高茅岭	涟源市蓝田镇	27	159	10.4
	温江	涟源市风山亭	涟源市石门上游约500m处	29	167	4.26
涟水北源	湄江	安化县小磨山	涟源市渡头塘乡铜铃桥	71	727	3.40
	湄塘河	涟源市范王冲岭上	涟源市湄江镇龙塘湾	31	162	12.2
	东石山河	宁乡市雷家冲	涟源市桥头河镇豆子冲	37	165	4.44

2.2 流域气象水文特征

娄底市属中亚热带季风性湿润气候区，由于受季风气候的影响，涟水河流域年内降水时空分布不均，4~6月降水高度集中，约占年平均降雨量的50%，易形成洪涝，而7~10月份是少雨干旱期，仅占总雨量的10~15%，夏秋两季干旱频发。涟水流域多年平均年降水量1418.6mm，上游多于下游，自西北向东南逐渐减少，全年以4~6月最多，约占全年的45%。流域多年平均径流量41.99亿m^3，径流深586.9mm，上游大于下游。

2.3 水文站网情况

涟水娄底站以上涟水干流及支流流域共布设有2个基本水文站、3个中小河流水文站、17个雨量站。站网一览表见表2、表3，涟水流域娄底站上游及站网分布见图1。

表2 控制流域内水文(位)站一览表

站码	站名	设站年月	河名	断面地点	地理位置		集水面积(km^2)	测验项目		测站性质
								流量	水位	
61113300	涟源(二)	196201	涟水	涟源市蓝田镇新建街	111°40′	27°41′	152	√	√	基本
61113500	娄底	185801	涟水	娄星区黄泥塘办事处索桥居委会	111°58′	27°45′	1458	√	√	〃
611E2480	七星街	201301	东石山河	涟源市七星街镇七星街村	111°51′	27°54′	141		√	中小河流
611E2680	湄江	201301	湄江	涟源市湄江镇白石村	111°47′	27°51′	402		√	〃
611E2470	桥头山	201501	湄江	涟源市桥头河镇桥头山村	111°58′	27°45′	663	√	√	〃

表3 控制流域内降水量站一览表

序号	站码	站名	河流名	地点	地理坐标		设站年月	性质
1	61113800	娄底	涟水	娄星区黄泥塘办事处索桥居委会	111°58′	27°45′	195801	基本
2	61113300	涟源(二)	涟水	涟源市蓝田镇新建街	111°40′	27°41′	196201	〃
3	61138200	峡山桥	涟水	新邵县坪上镇峡山村	111°33′	27°35′	196604	〃
4	61138208	谢家	涟水	涟源市三甲乡谢家村	111°37′	27°36′	197903	〃
5	61138225	长荣	涟水	涟源市三甲乡长荣村	111°37′	27°39′	197904	〃
6	61138234	团家	涟水	涟源市三甲乡堂家园村	111°39′	27°38′	197907	〃
7	61138242	土硃	涟水	冷水江市岩口镇金星村	111°33′	27°39′	196012	〃
8	61138350	渣渡	狮山河	涟源市六亩塘镇峦峰村	111°34′	27°44′	196012	〃
9	611E8530	梅家	温江	涟源市安坪镇梅家村	111°41′	27°47′	201305	中小河流
10	200906	柏树	湄江	涟源市伏口镇中马村	111°52′	28°01′	200906	〃
11	61138425	龙安	湄塘河	涟源市伏口镇龙安村	111°43′	27°59′	200906	〃
12	61138440	大江口	湄塘河	涟源市湄江镇蒿子村	111°42′	27°56′	200906	〃
13	61141845	龙田	东石山河	宁乡市龙田镇隔山冲村	111°56′	28°02′	201010	
14	611E2480	七星街	东石山河	涟源市七星街镇七星街村	111°51′	27°54′	201301	〃
15	611E2680	湄江	湄江	涟源市湄江镇白石村	111°47′	27°51′	201301	〃
16	61138450	桥头河	湄江	涟源市桥头河镇新铺街	111°51′	27°49′	196012	基本

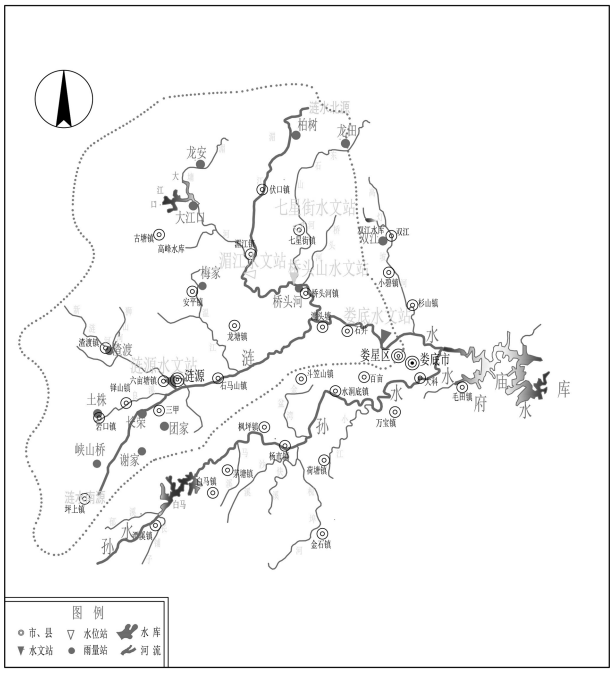


图 1　涟水流域及站网分布图

图 2　雨量站点资料选取表

表 4　娄底水文站历年最大洪峰流量资料审查表

序号	年份	洪峰流量	发生时间	资料情况
1	2015	1480	6~21	雨洪配套不完整，导致预报不准。
2	2016	1460	7~4	雨洪配套
3	2017	3240	7~1	雨洪配套

3　洪水预报方案构建

3.1　预报模型或方法

自 20 世纪 70 年代中期以来，水文预报大量使用水文模型。湖南省数值预报系统设置的模型均适用于湿润地区，分别为新安江模型、API 模型、马法河道演算、大湖演算预报。涟水流域属于典型的湿润地区，因此产流采用新安江蓄满产流方法；河道汇流采用马斯京根演算法。

3.2　资料分析

雨量站选用：经雨量资料分析，娄底水文站以上区间内有峡山桥、谢家、团家、土硃、长荣、涟源（二）、渣渡、梅家、龙安、大江口、柏树、湄江、龙田、七星街、桥头河、娄底 16 个站雨量资料。雨量站点资料选取表见图 2。

水文站的选用：娄底水文站以上区间有流量资料的站点为涟源、娄底水文站，两站均属于国家基本水文站，资料经过整编，能满足编制洪水预报方案要求。

本次为 2018 年利用湖南省数值预报系统的方案，编制方案所使用资料为 2015 年~2017 年资料。资料选用、审查情况见表 4，共计 10 场洪水。

因 2015 年部分站点雨量资料为零，导致预报值普遍偏小，无法准确率定，固只能选用 2016~2017 年资料做率定。

3.3　预报方案说明

3.3.1　定义方案：

娄底站上游分为南源北源，在南源上游涟源（二）站为基本水文站，系列资料较长；北源区域有湄江站、七星街站、桥头河站，但均属于中小河流站点，未建立稳定的 Z~Q 水位流量关系线，但区域雨量站点分布合理，可利用区间流域（湄江站、桥头山站无历年资料）、涟源水文站预报单元项目采用新安江模型，汇流到娄底站采用马斯京根法。

输入个数：2 个；

输入类型：1 个河道输入（涟源水文站包括涟源（二）、峡山桥、谢家、长荣、团家、土硃）、1 个流域输入（涟水—桥头河娄底站以上区间包括涟源（二）、渣渡、梅家、柏树、龙安、大江口、湄江、龙田、七星街、桥头河、娄底）。娄底站预报结构图见图 3。

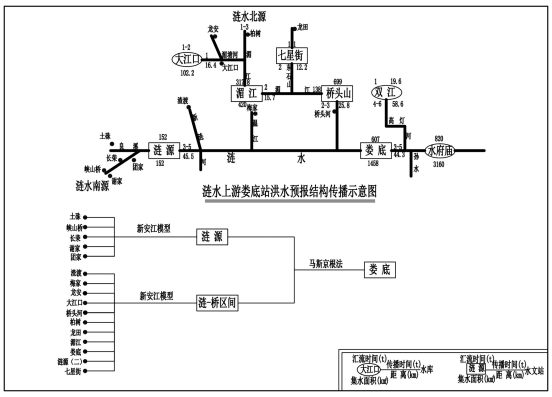


图 3　娄底站预报结构图

3.3.2 参数率定方案

(1)预报基本单元设置:填写控制站基本信息,涟源(二)站集水面积 152km^2,娄底水文站集水面积 1458km^2。

(2)新安江模型参数:

在湖南省数值预报系统中采用人工试错法,基本原则是设定一组参数,在计算机上运算,比较模拟值与实测值,人工分析对比或计算其目标函数,再调整参数,重复计算,直至达到最优参数即为所求。

在新安江三水源模型各参数中,对洪水预报预准确度影响较大的是 K、SM、KG、CS、LAG,但考虑到在实际应用中节省时间,实现参数最大价值化,因此,在进行洪水参数率定时,主要对 CS 参数进行调整分析,达到最佳预测效果,见图 4、图 5。

预报流量过程线图 | 预报水位过程线图 | 预报流量水位数据 | 最大洪峰水量统计 | 单元实测站降雨量 |

新安江参数					本次预报开始初值	
K	0.4～1.5	0.800	EX	1～2	1.0	2016-05-01 08:00
Im	0.01～0.05	0.030	KG	0.1～0.8	0.40	初始土壤含水量 W0	120.0
WM	70～150	120.0	KI	0.1～0.8	0.30	上层土壤含水量 WU0	40.0
UM	1～50	40.0	CG	0.8～0.99	0.88	下层土壤含水量 WL0	60.0
LM	10～100	60.0	CI	0.5～0.9	0.60	地下水流量 QG0	0.0
DM	10～60	20.0	L	0～20	9.0	壤中流流量 QI0	0.0
b	0.1～0.5	0.30	Cs	0.01～0.8	0.08	地表水流量 QS0	0.0
c	0.1～0.3	0.10	Ke	接近时段长	0.1	自由水含水量 S0	0.0
SM	0～50	30.0	Xe	-0.5～0.5	0.30	单元初始流量 Q0	5.3

图 4　涟源站新安江模型参数

预报流量过程线图 | 预报水位过程线图 | 预报流量水位数据 | 最大洪峰水量统计 | 单元实测站降雨量 |

新安江参数					本次预报开始初值	
K	0.4～1.5	1.000	EX	1～2	1.0	2016-05-01 08:00
Im	0.01～0.05	0.030	KG	0.1～0.8	0.30	初始土壤含水量 W0	100.0
WM	70～150	100.0	KI	0.1～0.8	0.40	上层土壤含水量 WU0	40.0
UM	1～50	40.0	CG	0.8～0.99	0.88	下层土壤含水量 WL0	60.0
LM	10～100	60.0	CI	0.5～0.9	0.80	地下水流量 QG0	0.0
DM	10～60	20.0	L	0～20	10.0	壤中流流量 QI0	0.0
b	0.1～0.5	0.30	Cs	0.01～0.8	0.08	地表水流量 QS0	0.0
c	0.1～0.3	0.20	Ke	接近时段长	3.0	自由水含水量 S0	0.0
SM	0～50	20.0	Xe	-0.5～0.5	0.20	单元初始流量 Q0	0.0

图 5　涟—桥头河区间新安江模型参数

(3)流域平均面雨量:

涟源(二)站上游有 5 个雨量站,娄底站上游除去涟源站以上流域站点,共计 11 个雨量站,面雨量计算方法采用 Gis 泰森多边形法,利用雨量站点图层,即可创建泰森多边形,计算并存储各图斑面积与流域总面积的比例,其数值即为泰森权重。涟源(二)站以上流域内各雨量站权重成果见表 5,类底站区间以上流域内各雨量站权重成果表见表 6,涟水上游雨量站泰森多边形法权重见图 4。

表 5　涟源(二)站以上流域内各雨量站权重成果表

站名	涟源(二)	峡山桥	谢家	长荣	团家	土硃
权重	0.09	0.17	0.17	0.21	0.13	0.23

表 6　娄底站区间以上流域内各雨量站权重成果表

站名	娄底	龙田	湄江	大江口	梅家	渣渡
权重	0.07	0.03	0.06	0.10	0.12	0.07
站名	桥头河	七星街	柏树	龙安	涟源(二)	
权重	0.15	0.05	0.10	0.06	0.19	

图 4　涟水上游雨量站泰森多边形法权重

(4)降雨时段的选择

降雨开始时间选择在洪水起涨的 2～3 天,如

遇上一场洪水还未消退完又开始起涨的情况,降雨开始时间应选择在上一场洪水的起涨时间之前,由于娄底站上游区域站点布设合理,主要根据降水分布情况或上游站洪峰出现时间来判断。

洪峰时间预报:娄底水文站洪水预报中洪峰时间预报根据水情科发布的《涟水河流域站点河长及洪水传播时间示意图》进行,主要看降水分布区域在南源还是北源,通过上游降水情况,综合分析。洪峰时间预报采用以经验法为主,并参考数值预报系统的预报时间。涟水河流域站点河长及洪水传播时间示意图见图 5。

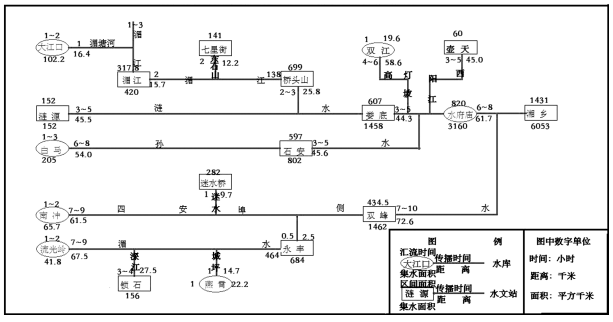


图 5　涟水河流域站点河长及洪水传播时间示意图

(5)马斯京根法参数设置

马斯京根法为汇流模型,只处理河网汇流问题,与产流模型无关,因此,汇流模型的参数与产流模型的参数,性质上是完全独立的。汇流参数决定流量过程,要提高洪水过程的模拟精度,汇流参数十分敏感。主要对 KE、XE 参数进行调整分析,达到最佳预测效果。类底站模型参数见图 6。

预报流量过程线图 | 预报水位过程线图 | 预报流量水位数据 | 最大洪峰水量统计 |

站号或单元代号	站名或单元名称	河长数	KE	XE	是否显示过程线
101	101-涟源(新安江)	3	1.00	0.30	N
122	122-涟桥娄底以上区间	0	0.00	0.00	N

图 6　娄底站模型参数

(6)读取气象数值预报

为进一步延长预见期和提高洪水预报精度,以数值天气模型为基础,直接采用一定有效降雨尺度处理手段将水文、气象模型进行耦合实验,实现将降雨预报在洪水预报上的有效应用,见图 7。

图 7　读取气象数值预报

3.3.3　参数率定及调试

(1)参数率定、检验结果

预报流量过程线图 | 预报水位过程线图 | 预报流量水位数据 | 最大洪峰水量统计 |

统计时间:2016 年 07 月 02 日 08 时 ~ 2016 年 07 月 06 日 08 时　统计水量　统计雨量

统计项目	实测流量	预报流量	差值	允许误差	是否合格
过程平均流量(秒立方)	605.87	598.80	-7.08	121.17	合格
过程总水量(亿立方)	2.0939	2.0694	-0.0245	0.4188	合格
起止时间	2016-07-02 08:00~ 2016-07-06 08:00	2016-07-02 08:00~ 2016-07-06 08:00			
最大洪峰流量(秒立方)	1460.00	1330.43	-129.58	292.00	合格
峰现时间	2016-07-04 08:00:00	2016-07-04 13:00:00			
最大1天洪量(亿立方)	1.0522	1.0169	-0.0353	0.2104	合格
起止日期	2016-07-04 00:00~ 2016-07-05 00:00	2016-07-04 00:00~ 2016-07-05 00:00			
最大3天洪量(亿立方)	1.8986	1.9258	0.0272	0.3797	合格
起止日期	2016-07-03 00:00~ 2016-07-06 00:00	2016-07-03 00:00~ 2016-07-06 00:00			
最大5天洪量(亿立方)	2.3673	2.2902	-0.0771	0.4735	合格
起止日期	2016-07-02 00:00~ 2016-07-07 00:00	2016-07-02 00:00~ 2016-07-07 00:00			
最大7天洪量(亿立方)					
起止日期					
最大15天洪量(亿立方)					
起止日期					
最大30天洪量(亿立方)					
起止日期					
最大45天洪量(亿立方)					
起止日期					
最大60天洪量(亿立方)					
起止日期					

图 8　2016 年 7 月 2 日~6 日最大洪峰流量统计表

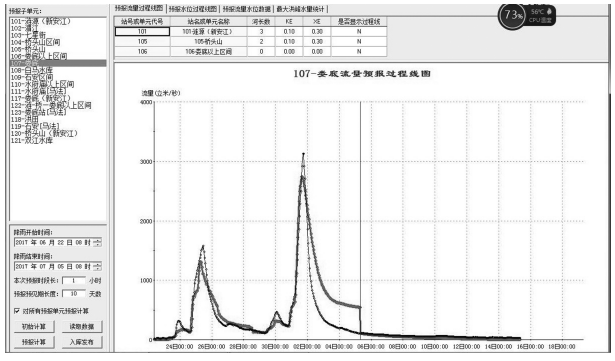


图 9　2017 年 6 月 22 日~7 月 5 日
娄底站洪峰流量过程线

(2)场次洪水统计

表 7　娄底站预报率定场次及检验洪水统计表

序号	年份	日期	实测流量 m^3/s	预报流量 m^3/s	实测洪峰时间	预报洪峰时间	预报实际偏差	许可误差	偏差比例%	是否合格
1	2016	0507	207	166	05072200	05080200	-41	41.4	19.8	√
2		0509	323	217	05092200	05092000	-106	64.6	-32.8	×
3		0515	204	233	05151400	05151100	29	40.8	14.2	√
4		0520	226	190	05200600	05201000	-36	45.2	-15.9	√
5		0629	491	437	06291300	06292100	-54	98.2	-11.0	√
6		0704	1460	1330	07040800	07041000	-130	292	-8.9	√
7	2017	0523	298	306	05231600	05231700	8	59.6	2.68	√
8		0601	498	481	06011800	06020000	-17	99.6	3.4	√
9		0625	1580	1778	06251100	06251300	198	316	12.5	√
10		0701	3240	2619	07011700	07011500	-621	648	-19.2	√
					娄底站预报方案率定					
1	2018	0620	159	111	06201300	06201100	-48	31.8	30.2	不合格
2		0623	227	201	06231200	06240000	-26	45.4	11.5	合格
3		0624	150	174	06241000	06240800	24	20.0	16.0	合格

3.4　方案评定：

根据《水文情报预报规范》，在调试参数时，拟合精度以《水文情报规范》GBT22482-2008 规定的两种目标函数表达，即确定性系数准则和合格率准则。娄底站断面构建方案的预报等级见表 8。

表 8　娄底站洪水预报方案等级评定表

断面名称	集雨面积（km^2）	建站年月	确定性系数	合格率%	方案等级
娄底	1458	195801	0.971	90	甲

由上述参数率定结果可知，洪水过程拟合效果较好，水量基本平衡，各参数符合该地区的洪水特性，10 场次率定洪水有 9 场次洪峰误差小于 20%在允许范围内，合格率为 90%。

4　结论与建议

4.1　结论

本模型主要是按雨量站控制面积划分单元，提高了预报精度，同时充分利用了气象数值预报的超前信息，灵活运用了水文预报模型方案，将降水预报与洪水预报相结合起来，从而延长洪水预报时效，经检验，洪峰预报合格率较高。湖南省数值预报系统虽有一定的预报能力，但还有待进一步地研究和完善。

近几年，由于天气气候变化的影响及河道的各种水力因素不断变化，使娄底水文站的洪水预报与洪水实际值存在一定的偏差，影响到涟水流域的防洪抗灾工作。为了提高娄底水文站洪水预报精度，更好的服务当地政府部门，在实际的预报方案编制过程中，许多方法是经验性的，很不容易直接移植到计算机上。根据每年的实际情况对预报方案进行调整和修改，不断完善洪水预报系统方案。

4.2　建议

根据参数的合理性分析和存在的问题，为完善系统方案提高预报精度，为防洪减灾提供更为可靠的技术支撑，建议如下：

（1）尽快建立完善河流雨量站报汛机制，加强雨量站点维护管理，规范报汛时段，确保数据准确可靠。

（2）逐年积累资料，增加特殊水情资料，进一步修订方案，提高预报精度。

（3）各县市局应加强贯彻落实洪水预报预警机制。即根据气象数值预报与雨量监测资料，在暴雨到来之前做出预警，增加洪水预警预报的时效性。

（4）完善预报系统功能，增加土壤含水量模拟检验，基于土壤墒情实时监测的水文预报模型的应用研究。

三峡工程运行前后
荆江三口分流能力变化

高　耶　（湖南省水文水资源勘测中心　长沙　410005）

【摘　要】　三峡工程运行后，荆江三口口门河段低水河槽出现一定冲刷，与上荆江干流河道低水河槽的冲刷程度基本相当，干流低水时期三口河道分流能力尚未发生明显变化。在干流流量 20000m³/s 条件下，松滋口分流增加，太平口分流减少，藕池口分流稳定，三口总体分流能力在三峡工程前后没有显著变化。松滋口口门河段河漫滩河槽状态稳定，太平口和藕池口口门河段河漫滩河槽持续淤积，但淤积速率减缓。在干流流量为 40000m³/s 条件下，太平口和藕池口分流能力显著下降，弥陀寺站多年平均流量值由 1950m³/s 降至 1674m³/s，管家铺站多年平均流量值由 3760m³/s 降至 2617m³/s，降幅 30.4%，康家岗站多年平均流量值分别为 303m³/s 和 161m³/s，下降 46.86%，三口分流能力明显下降。

【关键词】　三峡工程　荆江三口　分流能力

荆江三口是沟通洞庭湖与长江的联系纽带，是洞庭湖和荆江河道历史变迁的关键驱动因素，三口河道冲淤演变和分水分沙直接影响着长江中游和洞庭湖区的防洪安全、水资源安全和水生态安全。上世纪八十年代以来，葛洲坝和三峡大坝运行导致荆江干流河道出现自上而下的沿程冲刷，在干流泥沙持续减少背景下，三口河道逐浪由淤积过渡为冲刷，深刻影响着三口分流能力。

在洞庭湖北部地区季节性水资源短缺成为常态背景下，三口分流能力正成为普遍关注的热点研究问题。穆锦斌等构建河网水流数学模型研究枝城流量分别为 20000m³/s、30000m³/s 和 40000m³/s情况下荆江三口分流变化。李义天分析认为 1955～1990 年间，荆江河段水位下降、三口分流洪道淤积导致三口分流比急剧递减；1990 年至蓄水前，三口分流比基本变化不大；三峡建库 20 年后，荆江河段中、高水位下降幅度有限，三口分流洪道河床高程下降幅度较大，三口分流比将不会减少。方春明等研究三峡水库运用对荆江三口分流的影响，认为荆江河段冲刷已呈减缓趋势，荆江河段小流量时水位有所下降，但下降速度减缓，大流量时变化不大，干流不同流量下三口分流能力尚未有明显变化，但径流调节导致三口分流量减小。但上述研究将各口门看作整体进行分析研究，没有具体考虑不同河道的冲淤变化和分流变化。随着三峡工程运行时间延长，三口不同河道实际的水文情势发生较为明显变化，有必要基于实测水文资料具体分析荆江干流不同流量情况下三口各河道的分流能力变化，为优化三峡工程运行调度提供科学依据。

1 研究数据和研究方法

研究数据主要通过收集典型水文站的历史长系列资料,以新江口和沙道观水文站(松滋口)、弥陀市水文站(太平口)、康家岗和管家铺水文站(藕池口)1990~2015 年逐日流量数据代表荆江三口;以枝站和沙市水文站 1990~2015 年逐日流量数据代表荆江干流,数据来源于长江水利委员会。

统计分析三峡工程运行前后荆江干流典型流量条件下,各口门站点在三峡工程运行前后的分流流量变化。考虑到不同站点间的可比性,分别选择荆江干流流量 10000m^3/s、20000m^3/s 和 40000m^3/s 作为低水、中水和高水条件。时间序列趋势性采用 Mann-Kendall 非参数秩次相关检验法进行检验。Mann-Kendall 趋势检验由 R 软件"Kendall"包 MannKendall 函数完成,MannKendall 函数基于变量与时间间的 Kendall 秩相关进行单变量时间序列的趋势检验。对于趋势不显著的变量,再基于 SPSS19.0 软件对变量进行 Mann-Whitney 非参检验,比较 1991~2002 年和 2003-2015 年两个时期的差异显著性。

通过解译不同时期的遥感图像(如表 1 所示),获取不同水位条件下三口口门整个河段的平面形态,分析说明近四十年来口门河段河道的冲淤变化情况。遥感影像分析主要基于地物的光谱特征,在大部分遥感传感器的波长范围内,水体总体呈现出较弱的反射率,尤其是在波长大于 740nm 的近红外及中红外波段(相当于 TM/ETM+的 Band4、Band5 和 Band7)几乎所有入射能量均被水体吸收,与其它地物类别形成明显反差。本研究在统一投影和坐标系下,按照常规的人机交互解译方式解译研究区域不同时期的遥感影像。

表 1 荆江三口遥感数据的接收日期及其水位

时期	松滋口		太平口		藕池口	
	枝江站水位/m	影像时间	沙市站水位/m	影像时间	新厂站水位/m	影像时间
高水	44.17	17/9/1987	42.54	30/7/1984	38.51	30/7/1984
	44.41	6/10/2000			37.9	10/7/2000
	44.36	9/7/2011	42.47	30/7/2010	38.99	30/7/2010
低水	38.24	28/4/1988	33.25	28/4/1988	30.14	25/4/1984
	38.05	28/3/2000	32.97	15/12/1999	30.19	13/4/2000
	38.08	14/1/2014	33.38	14/11/2014	30.59	10/10/2013

2 荆江三口分流能力的变化

2.1 松滋口

如图 1、图 2 和表 2 所示,近三十年来,松滋口新江口站和沙道观站流量在干流枝城站流量为 10000m^3/s 时没有显著变化($P>0.05$),而且 1991~2002 年和 2003~2015 年两个时期的平均流量值没有显著差异。荆江干流枝城站流量为 20000m^3/s 条件下,新江口站分流流量显著上升($P=0.005$),两个时期平均流量值由 1480m^3/s 增至 1612m^3/s,增幅 8.92%;枝城站流量为 40000m^3/s 条件下,新江口站分流流量没有明显变化($P>0.05$),两个时期平均流量值由 3527m^3/s 增至 3684m^3/s,增幅 4.45%。荆江干流枝城站流量为 20000m^3/s 和 40000m^3/s 条件下,沙道观站分流没有显著变化($P>0.05$)。在干流流量为 20000m^3/s 时,沙道观站平均流量值由 318m^3/s 增至 371m^3/s,增幅 16.67%。

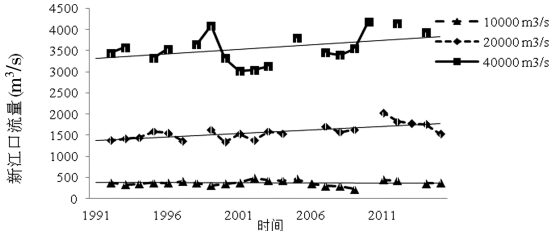


图 1 干流不同流量条件下新江口站流量的时间变化

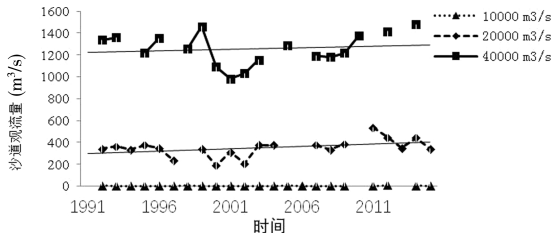


图 2　干流不同流量条件下沙道观站流量的时间变化

2.2　太平口

由图 3 和表 2 可见,荆江干流沙市站流量为 10000m^3/s 时,太平口弥陀寺站流量没有明显变化趋势(P>0.05),并且两个时期没有显著差异;干流中高流量情况下,太平口弥陀寺站流量出现明显的下降趋势(P=0.037,0.013)。沙市站流量为 20000m^3/s 时,弥陀寺站在 1991~2002 年和 2003~2015 年两个时期平均流量值分别为 906m^3/s 和 772m^3/s,下降 14.79%;沙市站流量为 40000m^3/s 时,弥陀寺站两个时期的平均流量值由 1950m^3/s 降至 1674m^3/s,降幅达 14.15%。

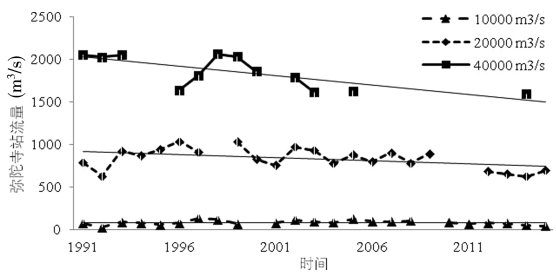


图 3　干流不同流量条件下弥陀寺站流量的时间变化

2.3　藕池口

如图 4 所示,在干流沙市站流量为 10000m^3/s 时,管家铺分流显著下降(P=0.007),在 1981~2002 年和 2003~2015 年两个时期的平均流量分别为 29m^3/s 和 9m^3/s;沙市站流量为 20000m^3/s 时,管家铺分流流量没有明显趋势性变化(P>0.05);沙市站流量为 40000m^3/s 时,管家铺流量值明显下降(P=0.002),两个时期的平均流量值分别为 3760m^3/s 和 2617m^3/s,降幅高达 30.4%。

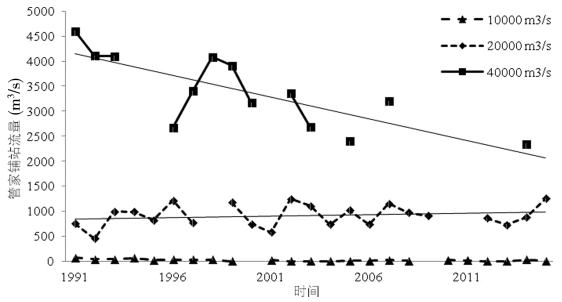


图 4　干流不同流量条件下管家铺站流量的时间变化

由图 5 和表 2 可见,在干流沙市站流量为 20000m^3/s 时,藕池口康家岗站分流流量没有显著趋势性变化(P>0.05),在 1991~2002 年和 2003~2015 年两个时期的多年平均流量值由 48m^3/s 缓慢下降至 33m^3/s。干流沙市站流量为 40000m^3/s 时,藕池口康家岗站流量在 2003 年后显著下降(P=0.001),两个时期的多年平均流量值分别为 303m^3/s 和 161m^3/s,下降 46.86%。

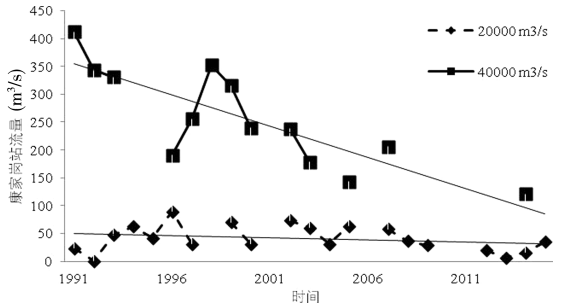


图 5　干流不同流量条件下康家岗站流量的时间变化

表 2　干流不同流量条件下荆江三口分流流量统计表

干流流量/(m^3/s)	时期	新江口	沙道观	弥陀寺	管家铺	康家岗
10000	1991~2002	384	2	95	29	0
	2003~2015	359	2	84	9	0
20000	1991~2002	1480	318	906	910	48
	2003~2015	1612	371	772	940	33
40000	1991~2002	3527	1267	1950	3760	303
	2003~2015	3684	1267	1674	2617	161

3 三口分流能力变化的原因分析

3.1 松滋口

通过解译 1988 年、2000 年和 2014 年三个时期的枯水期遥感影像，得到图 6 所示的松滋口低水位河道平面形态对比图。荆江干流河段河床平面形态和河势相对稳定，松滋口口门发生显著形态变化，口门右岸陈二口边滩略有淤积，宽度近 200m，但总体相对稳定；口门左岸羊角洲由于长江干流来水顶冲影响，持续冲刷崩退，2000 年较 1988 年后退 450m，2014 年又向后退 900m，崩退速度明显加快，导致口门处河宽在 2000 年后大幅展宽，有利于进流。口门下游的心滩处于动态平衡状态。口门河段在 1988 年、2000 年和 2014 年三个时期的平均河宽分别为 290m、270m 和 377m，表明松滋口口门河段在 1980～2000 年间先淤后冲，结果与新江口和沙道观水文站河道断面低水河槽的变化过程一致。

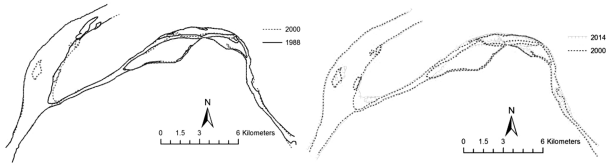


图 6 不同时期松滋口低水位平面形态对比图

通过解译 1987 年、2000 年和 2011 年三个时期的丰水期遥感影像，得到图 7 所示的松滋口高水位平面形态对比图。过去三十年间，高水时期松滋口口门河段形态保持相对稳定，仅口门左岸河段出现近 200m 的轻微冲刷崩退，相对于枯水期明显的冲淤变化，高水河槽保持稳定。

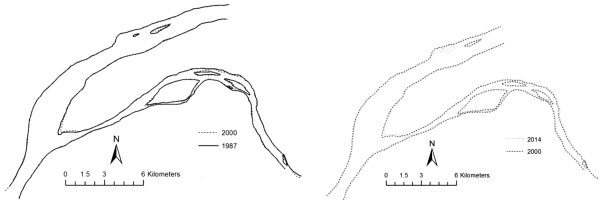


图 7 不同时期松滋口高水位平面形态对比图

3.2 太平口

太平口口门附近沙市河段外形较顺直，太平口河段与主流流向略成垂直。通过解译 1988 年、1999 年和 2014 年三个时期的枯水期遥感影像，过去三十年间，低水时期太平口口门河段总体呈现持续冲刷的态势。相对于 1988 年影像，1999 年影像中口门腊林洲边滩滩头冲刷后退，边滩下段淤积下延，但 2000 年后边滩保持稳定。2000 年后太平口心滩滩头淤积，尾部冲刷分成两个独立心滩。1999 年口门河段的平均河宽为 95m，比 1988 年展宽 3m，表明太平口口门河段在 1990 年间仅发生轻微的河床冲刷。2000 年后，太平口口门河段枯水河槽出现较强冲刷，导致枯水河槽平均河宽增至 120m，相对于 1988 年增长 30%。

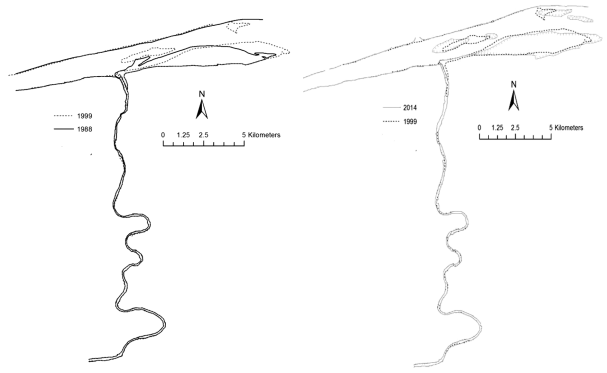


图 8 不同时期太平口低水位的平面形态对比图

由于缺乏 2000 年左右高水位遥感影像资料，这里仅对比 1984 年 7 月 30 日影像与 2010 年 7 月 30 影像，见图 9。近三十年间，高水时期太平口口门河段平均河宽由 310m 缩窄至 249m，河漫滩河槽出现淤积，河道平面形态更加顺直均匀。

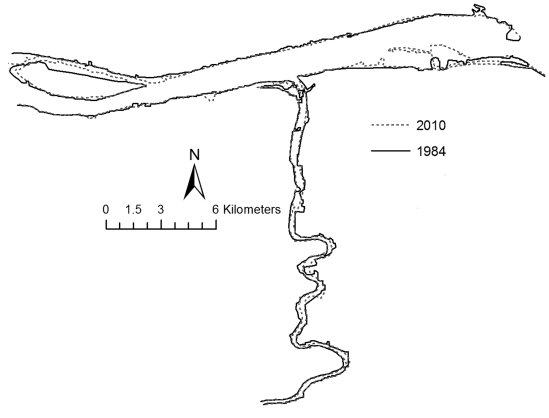


图 9 不同时期太平口高水位的平面形态对比图

3.3 藕池口

相对于松滋口门和太平口门,藕池口门河段发生尤为剧烈的河道形态变化(见图 10、图 11)。藕池口口门河段主流偏左岸,大量底沙造入口门,形成严重的口门沙。口门处天星洲洲头不断淤积上延,洲尾在 1990 年淤积后与荆江河岸连成整体。由于天星洲淤积,藕池口分流口门不断上移,2013 年藕池口口门位置分别较 2000 年和 1984 年向上游移动约 3km 和 8km。2000 年后,天星洲中部迎流冲刷,洲体右缘中部出现大幅度的崩退。低水位条件下,1984 年 4 月 25 日影像与 2000 年 4 月 13 日影像中藕池口口门河段均出现断流情况,2013 年 10 月 10 日影像中新厂水位比前两个时期低 0.3m,但河道并没有发生断流,说明藕池口口门河段枯水河槽存在冲刷。藕池口口门河段三个时期的平均河宽分别为 177m、182m 和 180m,表明过去三十多年藕池口枯水河槽没有刷宽,主要表现为冲深。

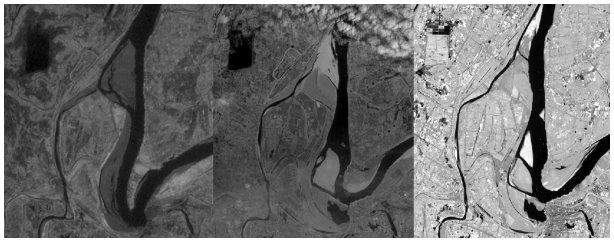


图 10　不同时期藕池口低水位的遥感影像对比图

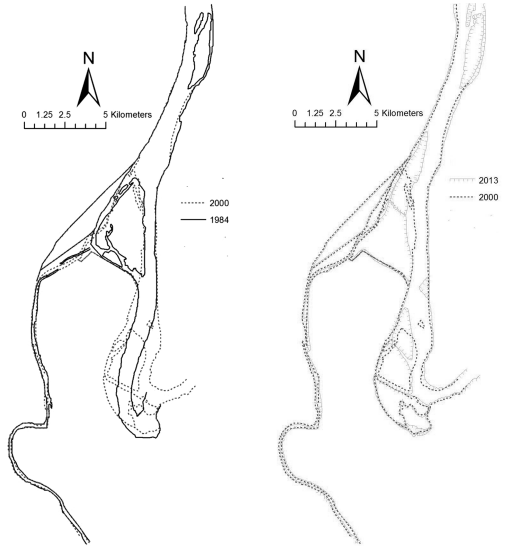


图 11　藕池口低水位的的河道平面对比图

高水位条件下,藕池口门处天星洲洲头同样淤积上延,2000 年口门处淤积 2.5km,面积扩大约 7.4km^2,2000 年后天星洲洲头向上游淤积 800m,面积增加 1km^2,淤积速率明显减缓。高水时期,藕池口口门河段三个时期的平均河宽分别为 467m、307m 和 278m,表明过去三十多年藕池口河漫滩河槽处于持续淤积状态,但由于长江干流来沙持续减少,藕池口口门河段淤积速率在 2000 年后明显减弱,不同时期藕池口高水位遥感影像对比见图 12,河道平面对比见图 13。

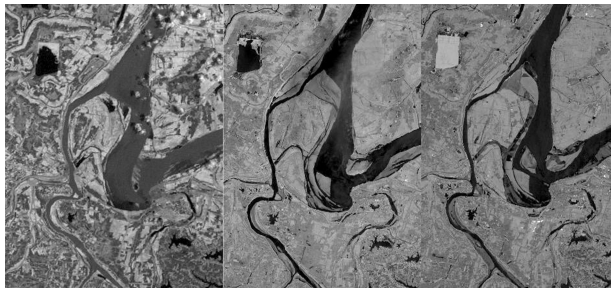


图 12　不同时期藕池口高水位的遥感影像对比图

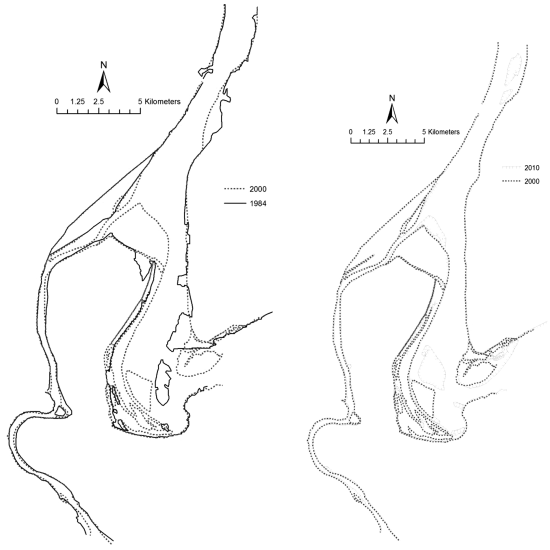


图 13　藕池口高水位的的河道平面对比图

综上所述,可以发现 2003 年三峡工程正式运行后,三口口门河段枯水河槽均处于冲刷状态;松滋口口门河段河漫滩河槽状态较为稳定,但太平口和藕池口口门河段河漫滩河槽处于持续淤积状态,由于长江干流来沙减少,淤积速率减缓。

三口分流能力主要取决于三口河道冲淤变化

与荆江河道不同步。三峡水库初期蓄水运行后，荆江来水量有所减小，来沙量大幅度减小。坝下游水流挟沙处于不饱和状态，河床发生长距离冲刷，含沙量沿程增加，冲刷强度加大。三峡水库初期蓄水运用后的前3年最为剧烈，河床断面滩槽均冲，以枯水河槽冲刷为主，枯水冲刷量占平滩河槽冲刷量的72%，尤其是弯道凹岸中下段的近岸河床冲刷幅度相对较大。除枝城站在枯水流量下水位略有下降外，上荆江在中、枯流量下水位均有一定程度的下降，其中沙市站枯水位下降最大，但中高水位各站下降幅度较小。与蓄水前2002年相比，流量在20000m^3/s时，枝城水位下降仅0.02m，沙市水位下降0.20m；流量在40000m^3/s时，枝城、沙市水位基本变化不大，说明三峡工程运行后荆江河段中、高水位相对稳定。

三峡工程正式运行后，三口口门河段低水河槽均出现一定冲刷，同期2002~2009年间枝城和沙市河道低水河槽冲深分别为0.2m和0.75m，上荆江干流河道低水河槽的冲刷程度基本相当于荆南三口河道，干流低水时期三口河道分流能力尚未造成明显影响。松滋口口门河段河漫滩河槽状态较为稳定，太平口和藕池口口门河段河漫滩河槽处于持续淤积状态，因此干流高水时期，太平口和藕池口分流衰减明显导致三口分流能力明显减弱。

4 结论

2003年三峡工程运行后，荆江三口口门河段低水河槽均出现一定冲刷，与上荆江干流河道低水河槽的冲刷程度基本相当，干流低水时期三口河道分流能力尚未造成明显影响。在荆江干流流量为10000m^3/s条件下，藕池口康家岗站处于断流状态，管家铺站分流流量趋势下降，其余三站分流在三峡工程运行前后并没有明显变化。

在干流流量为20000m^3/s条件下，新江口站在三峡工程运行前后的平均流量值由1480m^3/s增至1612m^3/s，沙道观站平均流量值由318m^3/s增至371m^3/s，增幅达16.67%；弥陀寺站多年平均流量值由906m^3/s降至772m^3/s，下降14.79%；藕池口管家铺站和康家岗站流量基本保持稳定，三口分流能力没有明显变化。

松滋口口门河段河漫滩河槽状态较为稳定，太平口和藕池口口门河段河漫滩河槽处于持续淤积状态，但太平口和藕池口口门河段河漫滩河槽淤积速率减缓明显。在干流流量为40000m^3/s条件下，新江口站在三峡工程运行前后的多年平均流量值由3527m^3/s轻微上升至3684m^3/s；沙道观站平均流量值保持不变，多年平均流量值均为1267m^3/s；弥陀寺站多年平均流量值由1950m^3/s降至1674m^3/s，降幅达14.15%；藕池口两站流量值明显下降，管家铺站多年平均流量值分别为3760m^3/s和2617m^3/s，降幅高达30.4%，康家岗站多年平均流量值分别为303m^3/s和161m^3/s，下降46.86%。综上所述，干流流量10000m^3/s和20000m^3/s条件下，荆江三口在三峡工程正式运行前后分流能力总体没有明显变化；在干流流量和40000m^3/s高水条件下，三口分流能力总体呈现减少。

参 考 文 献

[1] 穆锦斌.张小峰.许全喜. 荆江三口分流分沙变化研究[J]. 水利水运工程学报, 2008(3):22-28. (MU Jinbin, ZHANG Xiaofeng, Xu Quanxi. Study on variation of runoff and sediment diversion from three outfalls. Hydro-Science and Engineering, 2008(3):22-28. (in Chinese))

[2] 李义天.郭小虎.唐金武.孙昭华. 三峡建库后荆江三口分流的变化[J]. 应用基础与工程科学学报, 2009, 17(1):22-31. (LI Yitian, GUO Xiaohu, TANG Jinwu, et al. Changes on runoff diversion from Jingjiang reach of the Yangtze River to Dongting Lake after the operation of Three Gorges Reservoir. Jouranl of Basic Science and Engineering, 2009, 17(1):22-31. (in Chinese))

[3] 方春明.胡春宏.陈绪坚. 三峡水库运用对荆江三口分流及洞庭湖的影响[J]. 水利学报, 2014,45(1):36-41. (FANG Chunming, HU Chunhong, CHEN Xujian. Impacts of Three Gorges Reservoir's operation on outflow of the three outlets of Jingjiang River and Dongting Lake. Journal of Hydraulic Engineering, 2014(1):36-41. (in Chinese))

[4] 曹文洪.毛继新. 三峡水库运用对荆江河道及三口

分流影响研究[J]. 水利水电技术, 2015, 46(6): 67-71. (CAO Wenhong, MAO Jixin. Impacts of Three Georges Reservoir's operation on Jingjiang River and outflow of the three outlets. Water Resources and Hydropower Engineering, 2015, 46(6):67-71. (in Chinese))

[5]潘庆燊.胡向阳. 长江荆江河道整治60年回顾[J]. 人民长江, 2015(7):1-6. (PAN Qinxin, HU Xiangyang. Review of 60 year's river channel harnessing of Jingjiang reach in Yangtze River. Yangtze River, 2015(7):1-6. (in Chinese))

[6]郭小虎.渠庚.朱勇辉. 三峡工程蓄水运用以来荆江水位流量关系变化分析[J]. 长江科学院院报, 2011, 28(7): 82-86. (GUO Xiaohu, QU Geng, ZHU Yonghui. Changes of the Stage-Discharge Relation in Jingjiang River after the Impoundment of Three Gorges Reservoir. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28(7):82-86. (in Chinese))

[7]张晓红.汪红英. 三峡工程建成后上荆江河道演变趋势及治理[J]. 人民长江, 2009, 40(22):9-10. (ZHANG Xiaohong, WANG Hongying. Preliminary research on river channel evolution and comprehensive regulation of the upper reach of the Jingjiang River after completion of TGP. YANGTZE RIVER, 2009, 40(22):9-10. (in Chinese))

[8]魏立鹏.张卫军.渠庚. 三峡工程运用后荆江河道冲淤变化分析[J]. 水利科技与经济,2013,19(12):6-8. (WEI Lipeng, ZHANG Weijun, QU Geng. Analysis of scouring and silting changes of Jingjiang River after Three Gorges Project operation. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2013, 19(12):6-8. (in Chinese))

[9]汪记锋.刘国亮.张艳霞. 湖北荆江河道演变监测及分析项目综述[J]. 水利水电快报, 2018, 39(7): 24-28. (WANG Jifeng, LIU Guoliang, ZHANG Yanxia. A Summary of Monitoring and Analysis Projects of Jingjiang River Channel Evolution in Hubei Province. Express Water Resources & Hydropower Information, 2018, 39(7) :24-28. (in Chinese)

(上接第10页)

9 结论

(1)根据上述分析计算,长潭河站历年水位流量关系曲线不能综合成单一线,故不宜以间测方式开展流量测验。

(2)由表2及表3可以证明,模型线推流误差符合《水文巡测规范》SL 195-2015规定的允许误差。

由此可以确定:长潭河水文站可以以巡测方式开展流量测验。

该方案执行后,可减轻劳动强度,节约人力物力,实现"水文人进城"的战略思想。同时,开展水文巡测是新形势下水文发展的需要,水文的发展要融入社会生活的方方面面,不仅仅局限于水利领域,要随着社会经济的不断发展而发展,只有改变测验方式方法,才能拓宽服务领域、提升水文监测能力、提高水文队伍水平和素质。

参 考 文 献

[1]中华人民共和国国家标准《河流流量测验规范》GB 50179—93.

[2]中华人民共和国行业标准《水文巡测规范》SL 195—2015.

[3]中华人民共和国水利行业标准《水文缆道测验规范》SL 443—2009.

[4]中华人民共和国行业标准《水文资料整编规范》SL 247—2012.

[5]中华人民共和国水利行业标准《水文年鉴汇编刊印规范》SL 460—2009.

[6]湖南水文水资源勘测局《水文测验整汇编补充规定》2016.

后岭水电站建设水资源开发利用影响分析

王　华　（郴州水文水资源勘测中心　郴州　423000）

【摘　要】 本文通过对后岭电站工程涉及区域的水资源时空分布特点及开发利用现状进行分析，目的是保证建设项目的合理用水，提高用水效率和效益，减少建设项目取水和退水对周边产生的不利影响，并对取水区域水资源、水环境所产生的影响加以预测分析，从而实现工程所在区域水资源的优化配置和可持续利用，为社会经济的可持续发展提供供用水保障。

【关键词】 后岭水电站　径流计算　取水退水方案　措施与建议

1　工程概况

后岭水库位于珠江流域武水河一级支流南花溪（长乐河）上游，是一座以发电为主，兼有防洪、养殖等综合效益的小Ⅱ型水库，正常蓄水位308.5m，相应库容98万m^3，后岭水库为无调节水库。水库坝址以上集雨面积为230km^2，干流长36.7km，干流平均坡降21.9‰，多年平均流量为9.37m^3/s，多年平均降雨量1690.2mm。

后岭水库大坝由溢流坝段、备用泄洪闸坝段、输水设施、冲砂闸、公路桥等组成。坝体为混凝土重力坝，最大坝高为20m，坝顶轴线长98m，底宽17m。溢流堰顶高程308.5m，公路桥面高程312.70m，溢流坝设在大坝左段为实用堰，3孔，每孔净空宽度8.6m，消能方式为挑流消能。备用泄水闸设在坝体右段，5孔，单孔闸孔净宽×高均为5m×6.5m，闸顶高程305.5m，闸低高程302.00m，其中一孔已用砼封堵。启闭机为4台2×30t双吊点螺杆启闭机，左端发电放水闸1扇，闸门尺寸2m×2m，闸门顶高程301.34m，闸低高程296.34m，设1台双吊点2×65t螺杆启闭机。后岭电站设计净水头25m，电站装机容量为4×800kw，单机设计引用流量4.94m^3/s，多年平均发电量1114.42万kw·h，多年平均发电取水量24682.87万m^3。

2　数据资料分析

南花溪流域无水文站，缺乏实测径流、洪水资料，而南花溪流域附近设有莽山雨量站，且邻近流域设有水文站桂东寨前水文站，收集有1959年~2010年共52年的径流资料。

2.1　代表性分析

将莽山雨量站多年平均径流系数与邻近流域寨前水文站成果比较，年径流系数为0.68~0.710，见表1。

表 1　多年平均径流成果比较

站名	多年平均降雨量(mm)	径流深(mm)	径流系数	备注
莽山雨量站	1690.2	1213.33	0.72	1956 年~2010 年
寨前水文站	1605.5	1091.1	0.68	1956 年~2010 年

从省水文图集上查得本流域年径流系数在 0.65 以上,另外从莽山雨量站和寨前站多年平均径流量年月分配分析,本次所求成果基本合理。

2.2　一致性分析

寨前站多年平均降雨量 1605mm,多年平均流量 14.80m^3/s,多年平均径流量 4.67 亿 m^3。寨前站址以上流域与南花溪流域地形、地貌,气候条件极为相似,两流域地势较高,流域内植被良好,降雨充沛。通过对两站历年降雨量相关分析,两流域同属一个水文气象分区,自然地理、气候及水文特征基本相似,两流域相关性良好,故可将寨前水文站作为后岭电站径流设计的参考站。

3　建设项目坝址径流计算分析

寨前水文站控制流域面积 384km^2,多年平均流量 14.80m^3/s,多年平均降雨量 1605mm;后岭电站坝址以上集雨面积 230km^2,多年平均降雨量 1690.2mm。

采用水文面积比拟法加雨量修正的方法,推求水电站的设计径流。

水文比拟采用面积比拟法:

$$Q_1=\frac{P_1F_1}{P_2F_2}Q_2$$

Q_1——设计断面的流量(m^3/s)

Q_2——寨前水文站流量(m^3/s)

F_1——设计断面坝址以上集水面积,F_1=230km^2

F_2——寨前水文站控制流域面积,F_2=384km^2

P_1——设计断面坝址以上流域年平均降水量,P_1=1690.2mm

P_2——寨前水文站坝址以上流域年平均降水量,P_2=1605mm

故推出后岭电站坝址处多年平均流量为 9.34m^3/s。

根据《后岭电站安全评价报告》和后岭电站因建设时机电设备的制造技术水平较低,发电机选型与水轮机选型配套不理想,以及运行时间长,设备老化磨损严重等原因,后岭电站水轮机组的出力系数选取 6.8,所以后岭电站发电出力 N=6.8×Q×H,后岭电站各设计代表年的动能指标见表 2、取水年内分配见表 3。

表 2　后岭水电站动能指标表

	装机(kw)	代表年	取水流量	年发电量(万 kw·h)	年利用小时(h)
现状年	3200	15%	9.98	1486.22	4644
		50%	7.07	1052.86	3290
		85%	5.40	804.17	2513
		三年平均	7.48	1114.42	3429

表 3　后岭水电站多年平均每月取水量年内分配表(万 m^3)

一月	二月	三月	四月	五月	六月
665.28	1180.22	1404.86	2612.74	2796.77	2700.00
七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2316.38	2966.98	2689.63	1655.42	943.49	1346.98

经过上述分析可知,在现状水平年,后岭电站多年平均来水量为 29549.23 万 m^3,后岭电站多年平均取水量为 24682.87 万 m^3,多年平均发电量为 1114.42 万 kw·h,年利用小时为 3429h。

水电站运行生产用水对水质无特殊要求,根据《郴州市水功能区》划可知,南花溪水质为Ⅲ类水质,满足项目发电取水的水质要求。

在现状年 P=15%、P=50%、P=85%的来水条件下,后岭水电站坝址断面以上南花溪流域的现状年多年平均可供水量为 29549.23 万 m^3;大于项目设计发电多年平均取水量为 24682.87 万 m^3,因此后岭水电站坝址断面以上南花溪流域的可供水量能够满足后岭水电站的发电需求。终上所述,项目取水水质、水量可行和可靠。

4　水资源保护措施

4.1　工程措施

(1)科学设计取水方案,采用合理的取水水处理技术,做到取水模式与机组和输配系统的整合优化,保护水环境;

(2)加强运行管理,制定严格的系统运行管理

技术规程,从安装开始重视流程中的每一个细节提升效率,减少取水量,用好每一滴水,更好地达到节能减排;

(3)退水处理上,把污染降到最小,达标排放,不破坏水环境;并对电站进行维修时,维修产生油废水,禁止往南花溪倾倒;

(4)建立长期有效的监测,发现问题及时采取措施解决;

(5)电站取水坝上游河道来水量少于生态基流时,应停止发电。

4.2 节水与管理措施

(1)机构设置

设置专门的用水管理部门,负责制定并推行管理条例。并确定其相应的职责和权限,设专人负责工程对运行期的水务管理,确保水资源的高效利用,充分发挥本工程的经济效益和社会效益。

(2)用水管理制度

工程投入运行后,要完善用水管理制度,加大新《水法》的宣传力度。同时严格对本地区的水质状况进行监测,发现有污染水资源现象发生的,或者水功能区的水质未达到水域使用功能对水质要求的,及时向相关政府部门报告,政府依法对水资源进行强制性保护。

(3)南花溪流域使用化学农药、化肥的单位和个人,应加强对农药、化肥的管理,做到合理施用。禁止施用残留期长、剧毒性农药。存贮农药和处置过期失效农药的,不得污染后岭水库。

(4)南花溪的干流和支流及其两岸涵养林和护坡护岸林,由当地人民政府设置警示标志,禁止砍伐。在南花溪流域范围内开发自然资源及进行其他建设,应按有关规定,严格执行环境影响评价制度。后岭电站流域内禁止石板材生产、加工企业将废水、废渣排放后岭电站水域。

5 取水和退水方案

5.1 取水方案

建设项目取水水量、水质是可靠的;取水符合国家产业政策和地方水利发展规划;取水对区域水资源和其他取用水户的不利影响很小;取水符合水资源优化配置要求;取水枢纽前期工作深入,取水技术方案可行,取水口的布置合理。因此,取水是可行的。

后岭电站取用水源为珠江流域武水河一级支流南花溪,后岭电站为无调节径流式电站,有引水坝一座,取水口坐标为 112°45′10.09″E25°1′8.66″N;后岭电站坝址多年平均流量 9.37m^3/s,根据电站多年运行资料统计,后岭电站最大日平均发电引水流量为满负荷发电流量 19.76m^3/s,最小日平均发电引水流量 0.57m^3/s,电站设计发电多年平均取水量 24682.87 万 m^3。

后岭电站发电引水流道图如下:

引水坝→压力隧洞→压力前池→压力钢管→厂房→电站尾水

5.2 退水方案

后岭电站设计多年平均退水总量为 24682.87 万 m^3,后岭电站退水排入电站下游南花溪河道,峰江电站于后岭电站尾水口约 288m 处修建引水坝,后岭电站退水口坐标为 112°50′1.51″E25°1′21.19.00N。

5.3 取退水的影响与补偿措施建议

后岭电站是符合国家及地方政策要求,在宜章电力系统中起着调峰任务,是符合《中华人民共和国水法》第二十一条之规定的,是对水资源可利用量的有效利用。

本项目取水水源位于武江南花溪流域,根据《郴州市水功能区划》,本项目为武江南花溪宜章县莽山水库一六镇保留区。起于宜章县莽山水库坝址,止于宜章县一六镇,干流长 28.7km。划分依据:开发利用程度不高。水质代表断面位于宜章县一六镇,现状水质为Ⅲ类,2015 年、2020 年和 2030 年水质管理目标均为分别为Ⅲ类、Ⅱ类、Ⅱ类。

后岭电站的取水、用水和退水对项目周边地区水资源供需关系和水环境的变化影响甚微,电站的厂房工作人员 1~2 人,生活污水排放对水资源的影响基本可以忽略。取退水不会对取水口下游其他取水户产生大的不利影响,不存在取退水影响补偿问题,因此未制定取退水影响补偿方案。

6 结语

综上所述,本工程取水对区域水资源、其他取

水用户及河道生态环境的影响较小,取水水质、水量能满足电站用水要求,符合国家产业政策和地方有关用水管理方面的规定,取水量是根据规划设计确定的,其取水是合理可行的。

参 考 文 献

[1]《取水许可技术考核与管理通则》(GB/T17367-1998).
[2]《2015年郴州市水资源公报》(郴州市水利局,2016年10月).
[3]《取水许可管理办法》(中华人民共和国水利部第34号令,2008年)等.
[4]《水文调查规范》(SL196-2015).
[5]《郴州市水功能区划》(2012年9月)(郴州市水利局)
[6]春晖.九台区水资源开发利用现状及保护对策[J].吉林水利.2018(3):74-76.
[7]吴娟娟. 浅析南水水库供水工程对调出区水环境的影响及环境保护措施[J]. 广东水利水电,2014(01):41-44.

(上接第19页)

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(V_i-\bar{V})^2}{n-1}} \qquad (2)$$

式中:

V_i——单次小于某粒径的体积百分数(%);

$\bar{V}$——系列小于某粒径的体积百分数样本均值(%);

n——系列小于某粒径的体积百分数样本总数(n=32);

i——小于某粒径的体积百分数样本个数(i=1,,2,…,n)。

悬移质泥沙激光法重现性试验统计见表5。

表5 悬移质泥沙激光法重现性试验统计表

粒径级	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	0.25	0.50	1.0
测次	小于某粒经沙重百分数							
平均值	8.6	20.3	44.1	60.3	79.5	97.8	99.6	100
单个测次与均值的最大偏差	1.0	1.8	2.5	2.0	1.6	1.7	0.4	0.0
标准差	0.4	0.7	1.0	1.0	0.8	0.5	0.1	0.0

从分析结果看,同一样品等分30个样分次测试的平行性误差最大一个为2.5%,满足规程小于5%的要求;小于某粒径的体积百分数的标准差均小于3%,满足要求,一方面说明仪器的重现性能较好,另一方面也检验分样器的分样误差与分析人员的操作误差是符合要求的。

8 结论

(1)Topsizer型激光粒度仪,反映了泥沙颗粒分析领域最新最尖端的发展趋势,通过对其稳定性试验和重现性试验,符合《河流泥沙颗粒分析规程》(SL42-2010)规定,充分证明是一款高效智能、性能稳定的粒度分析仪,可以替代粒径计分析方法。激光粒度仪可作为桃源站泥沙颗粒分析的常规分析方式,人工分析作为激光粒度仪仪器故障时的备用分析方式。

(2)经过率定,激光粒度仪的各项参数分别是:泵速2000r/min,搅拌速度800r/min,测量时间6s,分散时间3min,超声波强度14,水的折射率1.33,颗粒吸收率1.20,折射率1.60,遮光度12~18。

(3)可采用激光粒度仪的分析数据进行泥颗资料整编。

参 考 文 献

[1]住房和城乡建设部.国家质量监督检验检疫总局.《河流悬移质泥沙测验规范》(GB/T50159-2015).北京:中国计划出版社,2015;
[2]水利部.《河流泥沙颗粒分析规程》(SL42-2010).中国水利水电出版社,2010;
[3]长江水利委员会水文局.《激光粒度分布仪操作技术指南》;
[4]《欧美克Topsizer激光粒度分析仪操作使用手册》。

论大数据背景下水文工作的创新与发展

李正最　（湖南省水文水资源勘测中心　长沙　410005）

【摘　要】　当今社会已经进入了一个数据驱动发展、计算无所不在的新时代，大数据正在成为科技研究发展的第四范式。本文从水文信息获取、水文信息处理和水文信息应用等方面简述了大数据对水文行业发展带来的机遇与挑战，结合当前大数据技术发展分析了大数据环境下水文工作创新与发展策略。

【关键词】　水文　大数据　服务　创新　发展

1　前言

大数据被认为是自然世界及人类社会的“望远镜”和“显微镜”，已经成为继科学实验、理论分析和计算机模拟三个范式之后的第四范式。当前以大数据、物联网、云计算等为代表的信息技术正引领着新一轮科技革命和产业变革。在这场革命和变革中，水文行业如何顺应时代潮流，加快推进“大数据+水文”，推动水文服务向平台型、智慧型、共享型发展，实现水文行业发展的转型升级，这是新时期科学技术变革中水文行业已经面临和必须解决的重要问题。

2　机遇与挑战

大数据即指巨量数据集，由于可以从其中挖掘出有价值的信息而受到高度重视。麦肯锡公司的研究报告指出：数据是一种生产资料，大数据是下一个创新、竞争和生产力水平提升的前沿。《华尔街日报》更是将大数据、智能化生产和无线网络并称为引领未来繁荣的三大技术变革。因此，发达国家纷纷把开发利用大数据作为夺取新一轮竞争制高点的重要抓手。毫无疑问大数据也将为水文行业提供前所未有的发展机遇，把水文业务技术助推到一个崭新的高度，同时但也会给水文工作带来强烈的挑战和冲击。

2.1 机遇

2.1.1　水文信息获取渠道拓宽

水文工作是流域性、全局性的，流域上游的降雨、污染等必然在流域下游产生影响，因此流域下游一定需要上游的信息。而且水文分析不仅需要历史资料，其时间跨度较大，同时往往也需要大量相邻区域（或流域）的资料，空间跨度也较大。过去的水文信息获取，只能依靠布设站点和配置相当的人力、物力，在相对封密的条件下获得有限的信息。而大数据条件下可以通过互联网得到区域（或流域）内外、行业内外你想得到的所有信息，并且获取信息的速度比自己去采集更为直接和快捷，信息来源与获取渠道更为广阔。

2.1.2　水文信息处理能力增强

大数据和云计算就像一对孪生兄弟,其关系十分紧密。大数据因其“体”量巨大而无法用单台计算机处理,必须采用分布式计算架构。在互联网越来越快的今天,水文信息用户特别是防汛抢险等决策部门对信息获取的要求越来越高、时机越来越紧迫,他们已很难“忍受”较长时间的等待。在用户为“王”的互联网圈中,用户的需求就是关注的中心。毕竟在“寸”秒“寸”金的互联网行业内,那怕是一秒钟的延迟都可能意味着时机的贻误或资金的流失。大数据处理遵循“一秒定律”,可从各种类型的数据中快速获得高价值的信息。因此基于大数据的水文数据信息处理能力将大大提高。

2.1.3 水文分析模拟更加精准

水文过程是降水、蒸发等气象因素与地貌、地形、土壤、植被和地质等下垫面边界共同或相互作用的产物。目前,水文科学技术虽然有了长足进步,但制约瓶颈也日益凸显,尤其是在如何真实描述气象现象时空分布和下垫面空间分布以及怎样考虑它们对水文过程的影响,是长期以来并没有得到很好解决、也是一直困扰水文学科发展的重要问题。基于大数据的数字高程模型(DEM),使我们能够看到的地面高程空间变化比传统的地形等高线或趋势面数学表达式更为真实和精确。因此,大数据在分析水文现象时空变化、揭示水文特征与地貌特征关系、构建精细化流域水文模型等方面都会起着重要的作用。

2.2 挑战

2.2.1 水文数据的行业垄断打破

过去,水文工作因其公益性,不直接产生效益,而不被大多数人所关注和重视,一度形成了水文行业的自我封密进而导致了水文数据的行业垄断。随着经济社会发展对水文信息需求的剧增,如果长期拥有大量水文信息数据却不与其他有相关需求且同样掌握了一定水文资料信息的单位或部门(如自然资源、应急管理、生态环境等)共享,必然会导致信息不全面和不完整,甚至出现不同工作部门重复采集水文信息而增加政府水文信息采集经费投入的现象。长此下去,政府最终将通过体制或机制的改革,以打破这种数据信息的割据与封锁。实际上《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水文条例》等相关法规早已对水文信息共享作出了明确规定。因此,试图以信息封锁的方式来实现信息资源的垄断,在大数据时代几乎已经不可能。所以,大数据时代的到来,带给水文行业的第一个冲击波就是打破水文信息管理的封密模式,实现水文数据信息的公开和共享。

2.2.2 水文行业的技术优势逐步丧失

一直以来“测、报、整、算”是水文行业引已为豪的四大看家本领,但是现在由于体制、机制等多方原因,水文行业四大业务领域的技术优势正在逐步走向衰落。在水信息采集与处理领域,水位、雨量要素等实行自动采集后信息的采集与传输技术都在掌握在行业外;流量测验除转子流速和缆道技术、泥沙除积时式采样器等技术基本掌握在水文人自己手中外,先进测验技术如多普勒、雷达测流技术和光电现场测沙等核心技术几乎为国外财团所控制,水文人自己掌握仅仅是基本操作,而这些只需要高中甚至初中文化程度即可。水文测验是水文的基础,基础地位动摇了,必将导致其它水文业务工作主动地位的变化。水文计算包括水资源调查分析评价,全国都有向设计、科研机构转移的趋势;水文预报,除了老预报人员的经验优势还在,模型研究应用与开发的水平已落后于行业外的企业甚至个人,如果这些行业外的企业或个人掌握了足够的水文资料信息,他们甚至无需水文单位的配合和合作;水环境或水质监测,由于工作性质的交叉这项工作本身的法规障碍就一直没有取得突破,在新一轮的机构改革和职能调整后更是处于一种尴尬境地。因此,体制内行业水文单位在四个基本水文专业领域都已没有强于体制外水文单位甚至个人的优势。

2.2.3 政府购买服务潜在着水文行业社会化风险

大数据必然带来大市场。目前很多水文机构都在尝试购买服务,在当前水文工作业务量剧增、

人员编制不足的情况下,将一部分技术含量较低的简单劳动通过购买服务的方式社会化,有一定的必要。但在具体的实践中也出现了将设备仪器、巡测车辆整体移交给第三方,并将水文测验、资料整编等主体业务也打包给第三方;也有将本属于自己主体工作如水资源调查评价等业务整体对外招标,自己当业主。这种将自己的主业甩手给市场的方式是否可取,值得商榷。如此这般下去,水文行业,就可能面临和测绘等行业一样的变革,变成社会化行业。所以毫无担当地滥用购买服务方式潜在着将现有专业水文机构边缘化甚至挤出社会这个大市场的危险。因此,水文购买服务必须坚持有所为、而有所不为,重要主干业务必须亲力亲为,绝不应该甩包给市场。

3 对策与出路

习近平同志指出“发展科学技术必须具有全球视野、把握时代脉搏”,“要善于把握世界科技发展大势、研判世界科技革命新方向”。这就要求我们紧跟时代步伐,把握大势、规划前瞻。放眼当下,基于互联网的大数据应用已经日渐渗透到我们生活的方方面面。手机导航、互联网金融、日常气象数据分析等等不胜枚举。水文作为公益性服务行业,站在时代的风口,瞄准社会的需求,仍然可以大有所为。

3.1 夯实水文基础支撑

大数据背景下水文信息化发展的必然要求是,提升水文服务的品质和内涵。信息化只是展示水文服务的手段和方式。因此在大数据、大服务的新形势下,更不应该忽视水文工作的根基。

3.1.1 加强水文基础规律研究

基础研究是整个科学体系的源头,是所有技术问题的总机关。水文基本规律研究是水文服务工作的基础,一个时期以来由于认识上的模糊,使得水文基础工作被忽视,认为多一事不如少一事,或者停留于“说起来重要,做起来次要”的层面,水文基础工作、基础研究、基本规律的探索几乎停顿。比如流域产汇流分析,一度在认识上长期存在误区,满足于现成模型的机械拟合,而不讲机理、不懂参数的物理意义、不顾模型的适用条件,因而即使模型应用出现一些莫名其妙模拟结果也视而不见。产汇流分析的主要目的,是探索不同气候、不同下垫面条件下,降雨形成径流的物理机制,为研制和建立确定性流域水文模型提供理论依据,同时也是水文测验、预报和分析计算及评价的基础支撑。结合大数据的产汇流分析,将可以处理更为丰富的信息、更为多元的数据,提供更为多样化的应用。目前能够预见的产汇流分析的延伸应用至少有以下几方面:

(1)水文站网规划——基于产汇流参数地区分布的水文分区和基于产汇流参数稳定性分析的中小水文站设站年限分析;

(2)工程水文计算——基于产汇流参数区域综合的中小流域设计洪水分析计算;

(3)区域水文预报——基于产汇流参数区域综合的资料缺乏地区水文模型建模与洪水预报;

(4)水资源评价——不同水源径流过程的模拟,取代地下水分割这种粗放的山丘区地下水资源计算方法;任意断面或流域精确的降雨径流模拟将为无资料地区水资源数量评价提供了一种全新方法。

3.1.2 加强信息采集体系布局的研究

站网布局与站网功能,是长期困扰水文工作的重大问题。一个时期以来,由于定位不准、功能不清,使得水文站网撤、迁、设随意性较大;一方面面临站网无序扩张,运行成本和运维压力剧增;另一方面又出现一些关键时刻或敏感区域水文资料不足、水文信息不全的困局,如在我省西北部、甚至洞庭湖区水文信息支撑能力不够。因此,尽管近些年我省水文站网总量上大幅增加,但在如何扩充站网功能、优化站网布局和支撑信息需求上构建天、空、地一体的水文信息综合采集体系,是一篇需要下大功夫、花大力气做好的大文章。

3.2 拓展水文服务功能

要实现水文工作价值的提升,必须坚持“创

新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,大力提高水文大数据分析和价值挖掘的能力。水文大数据犹如原生粗矿石,其隐藏的潜在价值难以显现,原始数据本身难以满足复杂多样的水文服务需求。需要充分利用大数据技术对水文大数据进行分析和挖掘,提取出满足在防灾减灾、水资源与水环境管理、生态修复以及经济社会发展等各方面的有用信息,在开发利用和服务提供的过程中实现水文大数据的大价值。

3.2.1 由信息要素服务转向信息产品服务

过去的水文服务多停留在原始信息的提供上,如何将原始信息转化为与人们生活密切相关的服务产品,气象部门的经验值得借鉴和学习。长期以来水文数据主要依赖设计、科研单位,由他们进行水文信息的深加工,而形成附加值较高的水文服务产品,但基本上是基于工程建设和科学研究的产品,离普通大众的需求相距甚远。所以,应该面向公众需要,充分挖掘水文信息的价值功能,跨越水文的数字鸿沟,实现水文信息产品的“网络化协同、个性化定制、服务化延伸、智能化生产”,让越来越多的人享受水文信息产品服务。

3.2.2 由单一目标服务转向多目标社会化服务

多年来水文工作主要面向水利、面向防汛抗旱提供服务,实际上现代社会对水文服务的需求是全方位。新一轮机构改革和职能调整,将水文部门的服务支撑对象由水利延伸到了应急管理、自然资源、生态环境多个国民经济部门,这就对水文的服务要求提升到了一个前所未有的高度。在经济建设、政治建设、文化建设、社会建设和生态文明建设“五位一体”的战略布局中,水文如何定位,发挥哪些支撑,值得深入研究;水文大数据的价值功能如何体现,通过什么样的产品形式呈现,值得深入发掘。特别是在生态文明建设中,水文大数据在水资源管理与配置、水生态修复与保护以及湿地与生态脆弱区保护等方面大有可为。城镇化过程中水文大数据在协调资源供需矛盾、缓解生态环境压力也应占有一席之地。

4 结语

当今大数据时代已经到来。如何提升水文大数据分析和价值挖掘能力,实现多源异构水文信息数据融合,构建面向用户的智慧水文服务平台,是目前水文工作面临的一项重要课题。也是推动水文大数据往“大价值”的方向升华,实现水文行业发展转型升级的核心所在。

参 考 文 献

[1]邬贺铨. 大数据时代的机遇与挑战[J]. 信息安全与通信保密,2013,(3):9-10.

[2]姚磊. 许旭. 袁晓庆. 高英劢. 升级转型成智慧企业[J]. 网络安全和信息化,2017,(10):33-38.

[3]吴军. 智能时代:大数据与智能革命重新定义未来[M]. 北京:中信出版集团,2016.

[4]周涛. 为数据而生:大数据创新实践[M]. 北京:北京联合出版社,2016.

[5]林命彬. 智能机器的哲学思考[D]. 长春:吉林大学,2017.

[6]袁定波. 艾萍. 熊传圣. 水文时空数据挖掘方法及其应用评述 [J]. 水利信息化,2018,(2):14-17,22.

[7]芮孝芳. 水文学与“大数据”[J]. 水利水电科技进展,2016,(3):1-4.

[8]梁玉荣. 传统水文 GIS 应对大数据技术的挑战与建议[J]. 山东水利,2019,(9):26-28.

[9]何可. 基于数据仓库模型的水文数据挖掘[J]. 电子技术与软件工程,2017,(24):159-160.

[10]邓建明. 水文大数据价值最大化的实现路径探讨[J]. 水利发展研究,2015,(5):51-54.

[11]王更喜. 工业互联网进入平台竞争期[J]. 互联网天地,2017,(2):14-15.

[12]万海斌. 让防汛抗旱指挥系统更有“AI”[J]. 中国防汛抗旱,2018,(5):1-4.

[13]杜红艳. 薛惠锋. 侯俊杰. 王海宁. 面向智慧水利的水资源数据融合探析[J]. 中国水利,2018,(23):61-64.

水文监测数据通信规约在湖南水文信息采集系统中的应用

胡兴艺 （湖南省水文水资源勘测中心 长沙 410005）

【摘 要】 湖南省水情信息采集系统遥测站点RTU设备采用了不同通信协议的传统水情传输模式，其中包括各生产厂家自定义协议，不同通信协议的系统数据分别由不同的软件平台接收处理，自成体系，RTU设备不能互换。由于系统通信协议混乱，给所建系统日后维护管理带来居多困难，系统故障率高。为了解决这一问题，湖南省中小河流水情信息采集系统基于GPRS通信方式，采用了水文监测数据通信规约，要求所有厂家共同遵守此通信规约，中心站由同一套软件平台进行数据接收处理。水文监测数据通信规约与传统的水情传输模式相比，其数据通信字节数明显加长，一包数据可以到达200多字节，甚至400多字节；RTU和中心站交互密切，遥测站不仅要上传实时水情数据，还要接收中心站的下行报文，执行诸如参数设置，数据招测，远程下载固态数据等指令，交互量明显加大；系统运行的稳定性和可靠性大大提高，站点畅通率由过去的80%提高到95%。

【关键词】 信息采集 遥测终端 通信规约 中小河流

前言

水文监测是防御洪涝灾害十分重要的非工程措施，水文监测系统主要包括各种不同名称命名的水文测报系统，是防汛抗旱、水资源管理等工作的重要支撑手段。上世纪80年代，我国水文自动测报系统开始建设，经过近30年的发展，水文监测系统发展迅速，水文自动测报系统已从单一的水位、雨量自动测报，发展到目前覆盖整个水利行业包括地表水、地下水、墒情等，及其量、质的监测，规模日益扩大，在水利各项工作中发挥了巨大作用。当前，随着信息技术的飞速发展和水利工作的不断深入，水文监测系统建设在水利行业呈蓬勃之势。但水文监测系统对信息采集与传输的要求与其它水利信息系统相比具有独特性，水文监测系统使用单位缺乏熟悉数据传输及编码格式的专业技术人员，需要参照一个统一的规约来开展工作。由于没有规定统一的通信规约和数据格式，不同设备之间很难兼容，数据也无法共享，甚至更换厂家就要更换全部设备；每个厂家设备传输的信息都必须要用单独的计算机处理，给运行维护单位带来巨大不便，造成了资源浪费。越来越多的厂家进入水文监测系统建设领域，不同厂家生产的水文信息采集与传输设备在不同领域、不同体系结构、不同时间、不同服务对象下有着不同的（自主）数据传输规约，不同的设备也有不同的传输格式。

经过多年的不断建设，水文监测作为水利建

设非工程措施最为重要的工作内容。单位结合自身工作需要,不断改造和新增水文监测系统,国家防汛指挥系统一、二期工程、国家水资源监控能力建设、山洪灾害防治预警监测系统、中小河流水文监测等项目的全面铺开。在大江大河和防洪重点区域形成了比较完整和相对稳定的基本水文站网体系,并且在历年防汛抢险救灾斗争中发挥了重要作用。然而,为了规范水文自动监测系统设计、建设和管理,以适应水利信息化发展的需要,指导规范水文自动测报系统技术工作,统一水文监测数据采集和传输规约,以形成科学合理、相互兼容、资源共享的信息管理体制,最终实现不同厂商的遥测终端设备可以互换,基本统一常用智能传感器的接口及通信协议。为此,水利部 2014 年 1 月新颁布了水文监测数据通信规约。为了贯彻水文监测数据通信规约要求,达到设备互换互通的目标,在中小河流水情信息采集系统和今后改建系统中将严格参照新规约执行。

湖南省 2011 年度中小河流水情信息采集系统以水文监测数据通信规约报批稿为依据建设。该系统于 2012 年 11 月以公开招标方式确定了四家施工单位,分别为北京金水燕禹科技有限公司、北京燕禹水务科技有限公司、中南勘测设计研究院、南京水利水文自动化研究所。中心站公用数据接收软件由南京水利水文自动化研究所研制开发。2013 年 1 月各施工单位正式开工建设,5 月进入式运行期,7 月通过系统验收。

本文将针对新水文监测数据通信规约在湖南小河流水情信息采集系统应用过程中存在的问题和解决方式向各位专家学者共同探讨。

1 系统基本情况

湖南省位于长江中游南岸,南岭山地以北,地处东经 108°47′~109°15′、北纬 24°39′~30°08′之间。东、南、西三面环山,中部丘陵起伏,北部平原、湖泊展布,呈西高东低、南高北低、朝东北开口的不对称马蹄形盆地。

湖南省境内溪河纵横,水系发达,5km 以上的河流有 5431 条,分属长江和珠江两大流域,以长江流域的洞庭湖水系为主,占全省面积的 96.6%,只有 3.3%的面积属于珠江流域和长江流域的鄱阳湖、黄盖湖水系。洞庭湖是我国第二大淡水湖,一般分为纯湖区、环湖区间和四水尾闾三部分,总面积 53951km^2。湘、资、沅、澧四水及汨罗江、长江三口等河流来水从东、南、西三面汇入洞庭湖并由城陵矶注入长江。

随着经济社会的快速发展以及近年来极端天气事件的明显增多,中小河流洪涝灾害频繁发生,已成为湖南省洪涝灾害损失的主体。山丘区暴雨的发生常具突发性,因山高坡陡,洪水汇流快,流速大,加之人口和财产分布在有限的低平地上,往往在洪水过境的短时间内即可造成人员伤亡和财产损失。在这些区域水文站点明显偏少,且设施陈旧,技术手段落后,远不能满足中小河流防洪以及中小流域抗旱、水资源管理以及水生态与环境保护修复等工作对水文信息的迫切需求。因此,加快建设中小河流水情信息采集系统,及时发布洪水预报,以保障人民群众生命安全,减少灾害损失,加快中小河流水文监测系统建设迫在眉睫。

本系统建设范围在湖南省中小河流区域,水文信息采集站点分布在湖南省长沙、株洲、湘潭等 14 个地州市。系统建设规模为 1:499,即包括 1 个水文信息中心和 499 个监测站,其中 114 个水位雨量站,385 个雨量站。

2 系统建设任务

系统建设任务包括:

(1)水情信息采集设备购置及安装调试;

(2)数据接收服务器购置及安装调试;

(3)数据接收软件开发及系统维护管理软件升级;

(4)设备安装基础设施建设。

3 系统技术要求

3.1 总体功能要求

系统建设总体功能要求为系统建设的基本要求,即:

(1)具有水位、雨量自动采集和存贮功能,水位采集应具有防波浪功能,雨量采集应具有防接触丝抖动功能。

(2)具有自报、定时自报和应答查询功能。

(3)具有远程固态数据下载和 RTU 配置升级功能。

(4)具有现场固态存储和 U 盘取数功能。

(5)水位具有多输入接口功能。

(6)工作环境:测站应能在雷电、潮湿、高温等恶劣条件下正常工作。

(7)安全措施:设备设施应有防风、防盗等方面的功能。

(8)监测站应具有自动校时功能,设备时钟与水情中心保持一致。

(9)通信软件要求符合《水文监测数据通信规约》,满足不同厂家遥测站设备数据接收处理入库的要求。

3.2 系统结构要求

系统结构如下:

(1)监测站采用测、报、控一体化结构,实现水位、雨量自动采集、传输,并现场固态存储。

(2)雨量监测统一采用杆式雨量计,按水文规范要求安装于无遮挡开阔地面;水位监测浮子水位计安装于水位井,雷达水位计安装应安装在业主定制的专用支架上,采集终端设备置于一体化仪器箱存放于支架上。

(3)监测站与水情中心之间的数据传输通信采用 GPRS/GSM 方式,GPRS 为主信道,GSM 为备用信道。

(4)水情中心设省水文勘测中心水情中心机房,监测数据通过现有移动固定 IP 接收和移动代理服务器接收,数据接收后按国家防总颁布的数据库标准格式处理入库。

3.3 报汛通信要求

自动报汛设备应保证测报工程迅速、准确、安全、可靠地传输水雨情信息,所有监测站的水情信息在 10 分钟内全部准确传输到省水情中心。

GPRS 通信模块数据传输误码率、畅通率、电路的衰落储备和外噪声恶化量等质量指标均应满足《水文自动测报系统技术规范》(SL61-2003)的要求。

遥测终端 RTU 报讯通信要求:

数据丢失率:$\leq 1\times10^{-5}$

畅通率和及时率:≥99%

误码率:GPRS/GSM$\leq 10^{-6}$

系统可靠性:数据收集的月平均畅通率>95%

数据处理作业完成率>95%

平均无故障工作时间(MTBF):>6300h

3.4 水文信息监测要求

3.4.1 雨量站监测

雨量站监测要求:

(1)雨量传感器分辨率为 0.1mm 或 0.5mm。

(2)雨量计采用杆式形式安装在地面。

(3)按雨量观测规范标准,RTU 能存储一年以上的雨量数据。

3.4.2 水位站监测

水位站监测要求:

(1)雨量传感器分辨率为 0.1mm。

(2)雨量计采用杆式形式安装在地面或安装在水位井仪器室上方。

(3)水位传感器分辨力为 1.0cm。

(4)应能测得各次峰、谷和完整的水位变化过程。

(5)按雨量、水位观测规范标准,RTU 应能存储一年以上的雨量、水位数据。

3.5 数据传输通信网络

3.5.1 通信信道

各站点均采用 GPRS/GSM 通信信道。即 GPRS 为主信道,GSM 为备用信道,当主信道发送不成功时自动切换到备用信道发送,之后自动恢复主信道发送。

3.5.2 工作体制

采用超限自报、定时自报、自动加报和召测兼容的混合工作体制。

4 通信规约

为了满足本项目招标文件的水文监测数据通信规约要求,实现“多家设备一套接收软件”的目标,项目实施前,四家施工单位针对通信规约做了一些具体约定,以保证本项目的顺利实施。

具体约定如下:

(1)在 RTU 的通信协议中,采用《水文监测数据通信规约》(报批稿)。

(2)RTU 编码传输报文采用 HEX/BCD 报文帧结构;

(3)短信方式采用 M1 模式(发送/无回答);

(4)在 RTU 的增量自报,定时自报和应答查询中,采用统一的雨量、水位和电压的标识符:累

计雨量标识符 2619;5 分钟时段雨量标识符 F4F4;实时水位标识符 3923;5 分钟水位标识符 F5F5;水位传输值采用相对水位,实际水位由中心站软件加上该站的水位基值后得到;RTU 接受中心站发过来的水位修正值,可现场显示实际水位。电压标识符 3812。

(5)固态存储下载时,雨量数据按 5 分钟间隔存储,存的是 5 分钟雨量;水位也按 5 分钟存储,存的是相对水位值 . 数据到中心站后,有固态存储解析软件,对原始信息进行解析,还原出实际雨量和实际水位值。

(6)中心软件每天检查数据完整性,不完整则采用下载数据的方式自动补齐,保证资料数据的完整性。

(7)超时,按“规约”要求,传输过程应具有重发机制(共发送 3 次),谁发起,谁启动超时重发,超时时间定为 15 秒。

(8)加报报文中可以编列多个要素,但第一个要素应是触发加报的要素。

(9)小时报必须编列 5 分钟资料数据,只编列 1 个观测时间,与发报时间一致,为报文中还有其他实时要素的观测时间。报文中的 5 分钟雨量、5 分钟水位数据的起始时间(第一组数据时间)为此观测时间的前一小时。

(10)地址标示符:F1F1,观测时间标示符 F0F0。

(11)雨量累计值 5000. 0mm 回 0。

(12)初始密码为 1234。

(13)链路维持报,链路保持在线时间最长 1 小时,到 1 小时自动退出。

(14)GPRS 不通,150 秒自动转短信,短信采用 PDU 格式,UNICODE 字符集。

本系统具体采用的通信功能码见表 1,运作参数表见表 2。

表 1　通信功能码

序号	名称	功能码	说明
1	测试报	30H	测试报用于遥测站安装或检修时的数据传输测试
2	遥测站加报报	33H	被测要素达到设定加报阈值,遥测站向中心站报送实时信息、遥测站状态及报警信息等
3	遥测站小时报	34H	遥测站按设定的报送间隔,以 1 小时为基本单位向中心站报送遥测站水文信息
4	遥测站人工置数报	35H	以人工观测、人工置入方式传输的水文信息
5	中心站查询遥测站实时数据	37H	中心站查询遥测站所有要素(雨量累计值,实时水位,当前电压)最新实时数据
6	中心站查询遥测站时段数据(固态存储器数据下载)	38H	中心站查询遥测站指定要素的时段数据
7	中心站修改遥测站基本配置表	40H	
8	中心站读取遥测站基本配置表	41H	
9	中心站修改遥测站运行参数配置表(参数见表 2)	42H	
10	中心站读取遥测站运行参数配置表(参数见表 2)	43H	
11	初始化固态存储数据	47H	
12	设置遥测站时钟	4AH	

表 2　运行参数表

序号	名称	标识符引导符	数据长度	说明
1	定时报时间间隔	20H	N(2)	1,2,3,4,6,8,12,24(按照发送段次确定)
2	加报时间间隔	21H	N(2)	0 表示关闭时间触发加报,1~59 分钟
3	雨量加报阈值	27H	N(2)	1~99mm
4	水位基值 1	28H	N(7,3)	数据单位:m,有负数
5	水位修正基值 1	30H	N(5,3)	数据单位:m,有负数
6	加报水位 1	38H	N(4,2)	数据单位:m,用相对水位表示
7	加报水位以上加报阈值	40H	N(3,2)	数据单位:m
8	加报水位以下加报阈值	41H	N(3,2)	数据单位:m

(下转第 52 页)

湘江衡山段“2019.7.10”暴雨洪水分析

李英梅　李岳霖　（衡阳水文水资源勘测中心　衡阳　421001）

【摘　要】 2019年7月湘江衡山段出现超50年一遇特大洪水，本次收集相关资料对这次洪水成因、特性等进行了综合分析。

【关键词】 湘江衡山段　暴雨　洪水　分析

1　前言

2019年7月6日~10日，湘江衡山以上流域发生了一次强降雨过程，影响范围之广、降水强度之大、累计雨量之多，最终形成了湘江干流特大洪水。其中湘江干流衡山段出现超50年一遇特大洪水。

2　基本概况

2.1　流域概况

湘江是湖南境内流域面积最大的河流。湘江发源于湖南省永州市蓝山县紫良瑶族乡野狗岭南麓，干流全长948km，流域面积94721km^2，其中湖南境内85224.7km^2。衡山位于湘江干流下游，衡山以上流域从上至下汇入的主要支流有：祁水，流域控制面积1683km^2；白水，流域控制面积1815km^2；春陵水，流域控制面积6637km^2；蒸水，流域控制面积3482km^2；耒水，流域控制面积11776km^2；洣水，流域控制面积10327km^2。

2.2　水文站基本情况

湘江干流衡山段有衡山水文站。衡山水文站为国家级重要水文站，位于湘江干流中下游，控制流域面积63980km^2。始设站于1952年12月，原为衡山水位站，位于湖南省衡山县城关公社东方红大队，1956年4月上迁350m至衡东县新塘公社罗汉大队（右岸），更名为衡山水文站，1957年1月下迁380m至衡山县城关镇东方红大队（左岸），1993年1月因衡山大桥的兴建，上迁900m至湖南省衡山县开云镇湘江街49号，并更名为衡山（二）站。测验项目主要有：水位、流量、降水和水质。

衡山水文站实测最高洪峰水位54.88m（1994年），实测最大洪峰流量20200m^3/s（1994年）；调查历史最高洪水位55.84m（1924年），调查历史最大洪峰流量23000m^3/s（1924年）。湘江衡山以上站网分布见图1。

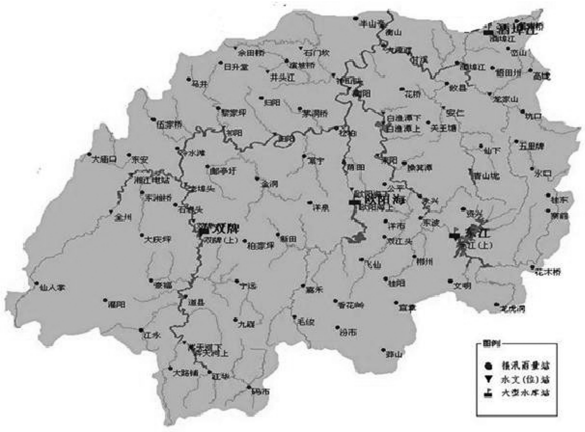


图1　湘江衡山以上站网分布图

2.3 流域主要水利工程情况

湘江干流影响衡山段水力因素的主梯级水利枢纽工程有大源渡航电枢纽工程、株洲航电枢纽工程等,水利工程建设使得天然河流的水文特征受到了很大改变,导致水位流量关系、降雨的产汇流条件和洪水传播时间都有较大变化。水利工程的调度对上下游水文站的洪峰流量和峰现时间影响较大。

3 暴雨分析

3.1 降雨过程

7月6日8时~10日8时,由于高空低槽东移配合西南季风加强,为降雨带来了充足的水汽和能量条件,加上地面冷空气的影响,冷暖气流在湖南东南部一带交汇,导致衡阳市普降大到暴雨,部分地区大暴雨,暴雨主要集中在衡东县、常宁市、衡南县、南岳区、耒阳市等地。

3.2 暴雨特性

3.2.1 暴雨、大暴雨覆盖范围广

本次暴雨过程的强降雨笼罩全市大部分地区,7月6日8时~7月10日8时的降雨过程中,全市100mm以上笼罩面积1.50万km^2,基本包括了全市所有区域范围;200mm以上笼罩面积1.27万km^2,占全市面积80%;300mm以上笼罩面积0.54万km^2,占全市面积34%,见图2。暴雨中心位于常宁市、衡东县,衡阳市各县7月6日~10日降雨统计见表1。

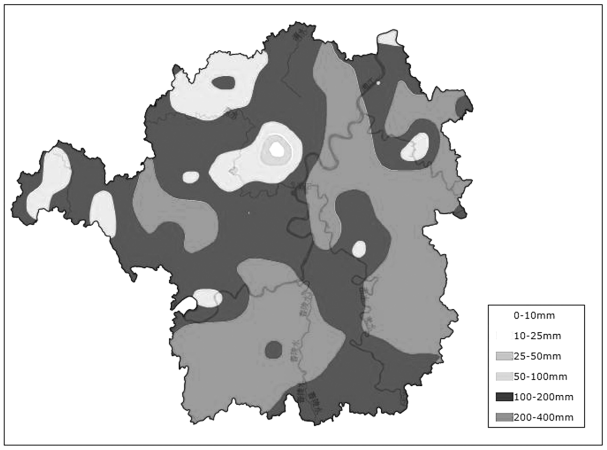


图2 衡阳市7月6时8时~10日8时降雨分布图

表1 衡阳市各县(市、区)7月6日~10日降雨统计表

年份	耒阳市	常宁市	衡南县	衡阳县	祁东县	衡山县	衡东县	南岳区	市区	平均
2019年	166.2	248.6	235.7	228.5	190.8	204.3	318.5	223.8	260	227.7
历年均值	8.6	15.3	16.5	18.6	18.7	27.6	18.4	25.5	17.2	16.6

3.2.2 发生暴雨站数多、强度大

据统计,全市共249站降雨超过100mm,173站降雨超过200mm,17站降雨超过300mm。

7月6日8时~7月10日8时,累计点最大降雨为衡东县踏庄乡石坝头水库站422.5mm,常宁市洋泉镇洋泉水库站361.0mm,衡东县高湖镇洪桥村347.5mm。日降雨最大点为衡东县踏庄乡石坝头水库站7月8日降雨203.5mm,其次为常宁市洋泉镇洋泉水库站7月7日降雨199.5mm,常宁市洋泉镇洋泉站7月7日降雨191.5mm。衡阳市各县市区7月6日8时~10日8时降雨统计见图3。湘江衡山以上流域7月6日8时~10日8时降雨分布图见图4。

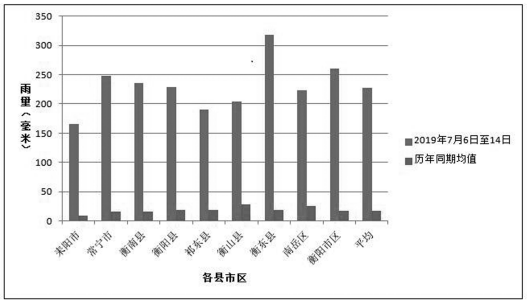


图3 衡阳市各县市区7月6日8时~10日8时降雨统计图

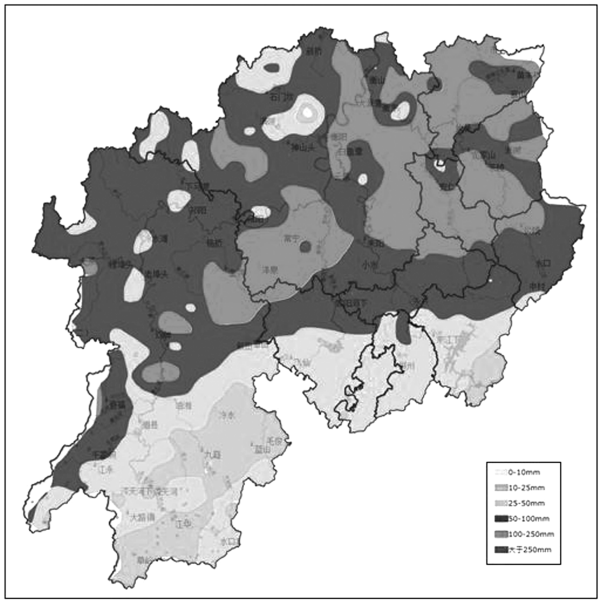


图 4　湘江衡山以上流域 7 月 6 日 8 时~10 日 8 时降雨分布图

3.2.3　暴雨维持时间长,雨区相对稳定

7 月 6 日~7 月 9 日的强降雨时长在 4 天以上,强降雨时段(7 月 7 日 6 时~9 日 5 时),同时这次暴雨过程其暴雨区大都稳定少动,暴雨中心在同一区域徘徊,这次降雨过程主雨带持续稳定在衡东县、常宁市境内。

4　洪水分析

4.1　洪水过程

受强降雨及上游来水影响,衡山水文站于 7 月 7 日 12 时水位开始起涨,7 月 10 日 15 时 2 分出现洪峰水位 54.17m,超警戒水位(49.00m)5.17m,超保证水位(51.50m)2.67m,实测洪峰流量 22800m^3/s。7 月 12 日 0 时退出保证水位,12 日 12 时退出警戒水位。

4.2　洪水组合实况

暴雨特征决定洪水特征。本次降雨导致湘江干流衡山以上全部超过警戒水位,其中衡阳水文站出现洪峰水位 59.44m,超过保证水位(58.00m)1.44m,为大源渡航电枢纽工程建成以来第二大洪水,实测洪峰流量 16200m^3/s;衡阳至衡山区间主要支流洣水衡东水文站出现 20 年一遇大洪水,洪峰水位 55.22m,超过保证水位(54.00m)1.22m,实测洪峰流量 6410m^3/s,水位为 2010 年迁站以来最高水位,比历年最高洪水低 1m 左右,洪峰流量排历史第四位。湘江干流衡阳、衡山水文站集水面积分别为 52150、63980km^2,从衡阳到衡山,集水面积增加了 22.7%,洪峰流量增加了 40.7%。说明本次洪水过程中,一级支流洣水对湘江干流衡山段洪峰影响很大。

4.3　洪水特性分析

经初步分析本次洪水过程主要有以下几个特点:

(1)洪峰水位高。衡山水文站实测洪峰水位为 54.17m,超过保证水位(51.50m)2.67m,排位历史第二,仅比 1994 年 6 月 18 日出现的最高水位 54.88m 低 0.71m。

(2)洪峰流量大。衡山水文站实测洪峰流量 22800m^3/s,超过 1994 年历史最大流量 20200m^3/s,排位实测历史第一位。

(3)超警时间长。受上游持续来水及下游高水位顶托的影响,衡山水文站退水速度缓慢,于 7 月 12 日 0 时退出保证水位,超保时长达 68 小时;于 12 日 12 时退出警戒水位,超警戒时长达 92 小时。见表 2。

(4)洪水涨幅大,涨落率大。整个洪水过程水位变幅达 10.52m,最大 1 小时涨率达 0.35m,最大 3 小时涨率 0.93m,均为有记录以来少见。

表 2　衡山水文站“7.10”洪水情况表

河名	站名	警戒水位(m)	洪峰水位(m)	洪峰流量(m^3/s)	超警时间(月、日、时)	峰现时间(月、日、时)	退警时间(月、日、时)	超保时长(h)	超警时长(h)
湘江	衡山	49.00	54.17	22800	7.08.16:07	7.10.19:17	7.12.12:02	68	92

4.4 洪水形成原因分析

4.4.1 降水强度强、持续时间长、累计雨量大

本次强降雨历时 4 天，全市面平均降雨量 218.4mm，200mm 以上笼罩面积 1.27 万 km^2，基本包括了全市所有区域范围，249 站降雨超过 100mm，173 站降雨超过 200mm，17 站降雨超过 300mm。降雨强度之大、持续时间之长、累计雨量之大均历年罕见。

4.4.2 湘江衡山段上游来水量大

本次洪水过程中，湘江干流衡山以上主要水文站均超过警戒水位。全州水文站洪峰流量 2980m^3/s；潇水双牌水库最大下泄流量 2660m^3/s，2000m^3/s 左右下泄流量维持时长达 24 小时；老埠头水文站实测洪峰流量 7100m^3/s；归阳水文站实测洪峰流量 11100m^3/s；衡阳水文站实测洪峰流量 16200m^3/s。上游来水量与“2017.7.3”大洪水基本持平。

4.4.3 支流洪水大，且与湘江干流洪水遭遇

湘江干流衡阳至衡山区间一级支流洣水发生大洪水。洣水衡东水文站 7 月 9 日 21 时 30 分出现洪峰水位 55.22m，超保证水位（54.00m）1.22m，实测洪峰流量 6410m^3/s，洪峰流量排历史第四。支流来水与湘江上游洪峰遭遇，造成湘江水位不断上涨。同时湘江干流对洣水进行顶托，导致衡东水文站、衡山水文站退水过程极为缓慢。

5 洪水频率计算分析

通过延长系列资料，对衡山水文站洪峰流量重新进行频率计算分析，得出成果（见表 3）与《湖南省报汛站暴雨洪水特征值重新期查算手册》成果基本一致。通过分析得出，衡山水文站“2019.7.10”洪水为超 50 年一遇洪水。

表 3 湘江衡山水文站历年最大洪峰流量频率计算成果（建站~2019 年连续系列资料）

站名	C_V	C_V/C_S	频率（%）							
			0.50	1	2	3.33	5	10	20	50
衡山站	0.13	1.62	25100	23600	21900	20700	19600	17700	15500	11800

由于湘江干流各梯级水利工程先后建成对水文站水位影响较大，工程修建前后历年资料不成同一系列，分系列后样本资料较少，本文不对历年最高洪水位作频率分析计算。

6 结语

湘江干流衡山段“2019.7.10”暴雨洪水强度大、范围广，干支流洪水恶劣组合是形成大洪水的主因。由于湘江流域缺乏大型控制性水利工程，拦蓄洪水能力不足，防洪非工程措施尤显重要，特别是洪水预警预报在本次防洪过程中发挥了重要作用。

资水邵阳段“2019.7.9”暴雨洪水分析

陈　航　杨　锋　（邵阳水文水资源勘测中心　邵阳　422000）

【摘　要】 2019年7月9日，受冷空气南下及低空急流共同影响，资水邵阳市境内发生了历史上罕见的大范围、长时间强降雨过程，造成资水邵阳段流域性大洪水。本文对此次暴雨洪水特征进行分析，并与1996年、2017年洪水进行对比分析。

【关键词】 暴雨　洪水　资水

前言

2019年7月6日~7月9日，邵阳市发生了历史上罕见的大范围、长时间强降雨过程。此次暴雨洪水过程中，暴雨区稳定少动、恶性叠加，致使境内洪涝灾害严重，资水流域全线超警，其中蓼水红岩（二）站、赧水黄桥站等9站出现超保证水位洪水，资水干流邵阳站7月9日21时50分出现洪峰水位218.58m，超保证水位1.58m，洪峰流量7250m^3/s，为建国以来第四高洪水（仅次于1954年、1996年和2017年）。

1　流域概况

资水发源于湖南省城步县黄马界雪峰山东麓，位于湖南省中部，流域面积28113km^2，邵阳市境内流域面积14756km^2。资水自邵阳县双江口以上分为两支，西源赧水与南源夫夷水相比，其面积大36.3%，河长则短24.2%，故以西源赧水为主流。资水邵阳以上流域有广西资源、洞口平溪和隆回辰水三个主要的暴雨中心，由于流域内多山地、丘陵，洪水具有典型的山区特点，涨落过程较短，上游洪水历时3天左右，中游4天左右。

2　暴雨成因分析

2019年7月6日~9日，受海洋副热带高压影响，7日晚上开始有低涡切变线和弱冷空气南下影响，加之低空急流存在，有利于中低层水汽输送，与冷空气配合形成强降水，造成大范围的持续强降雨，部分地方出现大暴雨。到9日8时副热带高压开始减弱，强降水随之减弱消失。

3　暴雨特征分析

本次强降雨分为两个阶段，分别为7月6日11时~7日12时、7月8日1时~9日11时。笼罩面积广、降雨强度大、暴雨重复叠加是本次强降雨过程的三大特征。

3.1　笼罩面积广

此次强降雨过程中（7月6日11时~9日11时），全市累计降雨达50mm以上笼罩面积2.08万km^2，基本覆盖全市所有区域；达100mm以上笼罩面积1.84万km^2，占全市国土面积88.2%，达200mm以上笼罩面积0.16万km^2，占全市国土面积7.5%，见表1。

表 1　资水邵阳段 2019 年 7 月 6 日 11 时~7 月 9 日 11 时暴雨笼罩面积情况表

过程	时间	暴雨级别	笼罩面积(km^2)	占流域面积比例(%)
第一阶段	7 月 6 日 11 时~7 日 12 时	0~50mm	11737	0.8
		50~100mm	2586	0.17
		100~250mm	433	0.03
第二阶段	7 月 8 日 1 时~9 日 11 时	0~50mm	247	0.02
		50~100mm	7361	0.50
		100~250mm	7148	0.48

3.2　暴雨强度大

此次暴雨过程中,最大 1 小时降雨为绥宁县李熙桥镇逆流水站 7 月 8 日 3 时~4 时 61.9mm,暴雨频率约 20 年一遇;最大 3 小时降雨为绥宁县李熙桥镇逆流水站 7 月 8 日 2 时~5 时 109.7mm,暴雨频率约 20 年一遇;最大 6 小时降雨为绥宁县李熙桥镇逆流水站 7 月 8 日 2 时~8 时 145.1mm,暴雨频率超 50 年一遇;最大 12 小时降雨为党坪乡界溪口站 7 月 7 日 22 时~8 日 8 时 169.2mm,暴雨频率超 10 年一遇;最大 24 小时降雨为党坪乡界溪口站 7 月 7 日 22 时~8 日 22 时 226.7mm,暴雨频率约 40 年一遇。全市过程累计降雨 100~200mm 站点 287 个,55 站降雨超过 200mm。其中绥宁县巫水干流党坪乡界溪口站、蓼水瓦屋塘乡瓦屋塘站、蓼水李西桥镇逆流水站 3 站降雨超过 300mm。邵阳市 2019 年 7 月 6 日 11 时~7 月 9 日 11 时暴雨等值线见图 1。“2019.7.9”各流域暴雨频率分析见表 2。

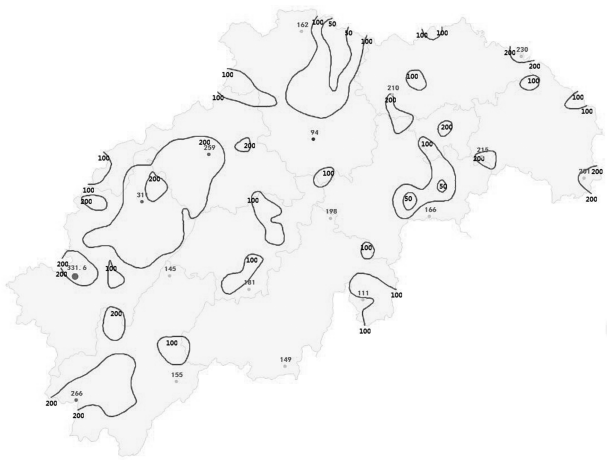


图 1　邵阳市 2019 年 7 月 6 日 11 时~7 月 9 日 11 时暴雨等值线图

表 2　邵阳市“2019.7.9”各流域暴雨频率分析表

流域	最大 3h			降雨最大 6h 降雨			降雨最大 12h 降雨			降雨最大 24h 降雨			频率分析代表
	站点	雨量	频率	站点	雨量	频率	站点	雨量	频率	站点	雨量	频率	
蓼水流域	逆水流	109.7	0.05	逆水流	145.1	0.02	逆水流	165.6	0.07	逆水流	214.4	0.02	武阳
平溪流域	洞口(二)	66	0.44	洞口(二)	82	0.31	洞口(二)	127.5	0.15	洞口(二)	194	0.04	洞口(二)
夫夷水流域	司马冲	54	0.34	崀山	145.62	0.35	丰田	96	0.20	丰田	142	0.07	回龙寺
邵水流域	黄泥洞	46.3	0.56	黄泥洞	76.6	0.37	黄泥洞	138.3	0.14	黄泥洞	185.1	0.03	黄家桥

3.3　暴雨重复叠加

本次强降雨持续时长达 4 天,有二个强降雨时段(7 月 6 日 11 时~7 日 12 时、7 月 8 日 1 时~9 日 11 时),中间间隔时间短,暴雨区稳定少动,暴雨中心一直位于城步县境内巫水流域,绥宁-洞口县蓼水流域、平溪流域、赧水洞口-隆回段、夫夷水广西资源境内和邵阳县段、资水邵阳县及以下河段、邵水全流域、邵东县蒸水流域,重复性强,造成叠加。

4　洪水特征分析

受强降雨影响,资水流域出现两次洪峰过程,分别为 7 月 7 日~8 日、7 月 9 日~10 日,洪峰水位量级逐步叠加增强,至 7 月 9 日~10 日资水流域全线发生了流域性超警洪水,红岩(二)、黄桥、塘渡口、罗家庙、邵阳、茅坪、黄家桥、新邵、筱溪 9 站先后出现了超保证水位洪水。由于暴雨集中,次洪水洪峰模数大,其中赧水支流蓼水红岩(二)站洪峰模数最大达 1.51($m^3/s \cdot km^2$),见表 3。

表 3　邵阳市“2019.7.9”资水干支流站点洪水特征统计表

流域	河名	站名	流域面积（km^2）	次暴雨量（mm）	次洪水总量（亿 m^3）	径流模数（$104m^3/km^2$）	洪峰流量（m^3/s）	洪峰模数（$m^3/s \cdot km^2$）
资水	蓼水	红岩(二)	694	185.0	1.14	16.4	1050	1.51
	平溪	洞口	904	253.0	1.30	14.4	1300	1.44
	赧水	黄桥	2660	130.5	3.17	11.9	1830	0.69
	赧水	隆回	5871	148.0	7.15	12.2	4280	0.73
	夫夷水	新宁	2456	131.5	3.10	12.6	1490	0.61
	夫夷水	塘渡口	4548	168.0	6.35	14.0	2360	0.52
	资水	邵阳	12238	171.5	16.57	13.5	7250	0.59

4.1　洪水重复叠加

本次洪水分为两个阶段，第一阶段 7 月 7 日～8 日洪水过程中，全市平均降雨 70.3mm，降雨主要集中在资水上游夫夷水广西–新宁区间，赧水洞口区间及支流蓼水、平溪流域，受前期持续降雨影响，土壤含水率高，流域产流系数大，造成夫夷水新宁站、赧水黄桥站、平溪洞口(二)站、蓼水红岩(二)站出现超警戒水位洪水，其中蓼水红岩(二)站出现洪峰水位 103.54m，超保证水位 0.54m。第二阶段 7 月 9 日～10 日，全市平均降雨达 88.6mm，此时土壤含水已达超饱和，降雨基本全部产生径流洪水，加之暴雨中心集中在赧水隆回以下及资水干流区间，与第一阶段洪水传播区域恶性叠加，致使资水干流全面遭遇超保证水位洪水。

4.2　峰现时间长，退水缓慢

本次暴雨持续时间长，暴雨中心稳定叠加，致使洪水持续时间明显增加，赧水隆回站 7 月 8 日 19 时水位达到峰顶附近 249.97m，至峰现时间 9 日 6 时(洪峰水位 250.97m)，期间 11 小时仅上涨 1m，流量增加 $800m^3/s$。资水干流邵阳站从 8 日 21 时开始超警，至 7 月 9 日 22 时受夫夷水来水和区间来水峰值影响出现洪峰水位，过程持续时间长达 25 小时。峰现后夫夷水来水和区间来水衰减，赧水来水继续缓慢增加，但不及衰减速度，邵阳站缓慢退水，至 9 日 21 时 50 分水位为 218.58m，平均 1 小时退水 0.22m，10 日 17 时后赧水洪峰到达邵阳站后，退水速度加快，从出现超警水位到退出警戒水位过程持续时长达 45 小时。

5　洪水对比分析

将此次洪水过程与 2017 年 7·2、1996 年 7·18 洪水对比分析，见表 4、表 5。从面降雨对比情况可知，此次暴雨洪水过程持续时间 4 天，降雨总量大。与 2017 年相似，但是主峰雨(7 月 8 日)比 2017 年(6 月 30 日)降雨总量多 13.4mm，约 19.4%，持续时间较 2017 年短。从洪水对比情况可知，此次邵阳站受下游邵水水位顶托影响，洪峰流量比 2017 年少 $720m^3/s$，但洪峰水位仅低 0.1m；本次暴雨主要集中在赧水隆回以上流域，而 1996 年暴雨主要集中在赧水流域，暴雨中心区强度更大，洞口站、黄桥站、隆回站均发生了超历史特大洪水，由此可见，暴雨中心区在赧水流域容易造成更大的流域性洪水。

表 4　面降雨情况对比表

1996 年 7.18 洪水		2017 年 7.2 洪水		2019 年 7.9 洪水	
日期	全市平均降雨量	日期	全市平均降雨量	日期	全市平均降雨量
7 月 9 日	24.8				
7 月 10 日	51.6	6 月 24 日	40.3		
7 月 11 日	0	6 月 25 日	23.3		
7 月 12 日	13.6	6 月 26 日	27.8		
7 月 13 日	44	6 月 27 日	36.4		
7 月 14 日	9.8	6 月 28 日	27.2		
7 月 15 日	14.9	6 月 29 日	31.3	7 月 6 日	27.8
7 月 16 日	80.1	6 月 30 日	69.1	7 月 7 日	42.5
7 月 17 日	76.7	7 月 1 日	31.9	7 月 8 日	82.4
7 月 18 日	23.1	7 月 2 日	5.8	7 月 9 日	6.2
合计	338.6	合计	293.1	合计	158.9

表 5　洪水情况对比表

水系	站名	1996. 7. 18 洪峰水位(m)	1996. 7. 18 洪峰流量(m^3/s)	2017. 7. 2 洪峰水位(m)	2017. 7. 2 洪峰流量(m^3/s)	2019. 7. 9 洪峰水位(m)	2019. 7. 9 洪峰流量(m^3/s)
资水	邵阳	222. 21		218. 68	7970	218. 58	7250
赧水	隆回	256. 19	8200	251. 88	5180	250. 97	4250
夫夷水	塘渡口	234. 50	3380	232. 41	2980	231. 02	2360
邵水	茅坪	222. 02	1000	218. 43	905	218. 52	1140

6　结语

由于本次强降雨过程持续时间长、笼罩面积范围大、降雨强度大、降雨重复叠加,加之上游来水与区间来水重复叠加后与邵水水位顶托,因此资水邵阳段 2019. 7. 9 洪水与 2017. 7. 2 相比,本次洪水过程洪峰低、洪量大、峰顶历时长,通过此次暴雨洪水特征分析,为邵阳站今后出现类似的洪水预报起到一定的参考作用。

(上接第 44 页)

5　问题与建议

对规约应用存在的问题和建议:

(1)由于本系统施工单位中,通信方式有的采用 UDP 协议,有的采用 TCP 协议,有的采用宏电 GPRS 通信模块,有的采用其它 GPRS 通信模块,系统通信模式混乱,给数据接收处理带来一定麻烦。因此,在今后的系统建设中,通信方式应选定一种通信方式,要么采用 UDP 协议,要么采用 TCP 协议。

(2)通过本系统实践,RTU 编码传输报文采用 HEX 方式比 BCD 方式效率高。因此,在今后的系统建设中,建议采用 HEX 方式。

(3)为了确保数据传输稳定性,建议 RTU 发送 GPRS 自报数据采用 M2 模式,RTU 发送短信采用 M1 模式,远程下载 RTU 固态数据采用 M4 模式。

(4)为了解决数据接收拥堵现象,确保测站到中心站的数据链路数据传输畅通,建议中心站采用至少两路 GPRS 专线,每条专线采用不同路由经不同路径到达中心站。以防当一条专线出故障时,能自动切换至另一条专线,确保物理线路畅通无阻。

6　结论

本系统在建设过程中,为了适应新通信规约,各厂家对规约的理解,确实出现了一些分歧,虽然通过各方协商,解决了部分问题,但从 RTU 发送出来的数据或多或少还存在一些差异,尤其是固态数据下载,每个厂家的报文格式都不相同。主要原因是:一方面,由于本系统建设的时候,规约刚颁布,大家对规约的理解有些分歧;另一方面,规约中部分条款灵活性较大,需要在技术协调会上加以明确。因此,在今后的系统搭建过程中,应该让各设备生产厂家主动适应中心站软件,严格按照中心站软件和新通信规约入网,这样可以大大减少中心软件开发的工作量,同时也方便系统扩容和改建并网。

参　考　文　献

[1]《水文监测数据通信规约》(SL651-2014)
[2]《实时雨水情数据库表结构与标示符标准》(SL323-2011)
[3]《水文资料整编规范》(SL247-1999)

关于构建湖南农村安全饮水水质检测培训体系思考

陈　鹏　　任美庆
（娄底水文水资源勘测中心　娄底　417009）　（湖南省水文水资源勘测中心　长沙　410005）
高万超　　朱　熠
（湖南省水文水资源勘测中心　长沙　410005）　（湖南省河湖水质监测中心　长沙　417000）

【摘　要】 结合当前湖南省水环境监测工作的开展情况，本文就今后水环境监测工作如何助力湖南水文高质量发展进行了分析和介绍，特别是对农村安全饮水水质检测工作如何根据需求来定位服务内容及预期服务效益进行了较为深入的思考和研究，为水环境监测工作今后的发展提供思路。

【关键词】 农村饮水安全　需求　服务　效益

1　需求分析

民以食为天，食以水为先。农村饮水安全是打赢脱贫攻坚战的底线任务，是最基本、最重要的民生问题，也是实施乡村振兴的基本保障。农村饮水安全工作连续16年来作为湖南省重点民生实施项目之一，尤其在近年来的脱贫攻坚工作中，湖南省各级党委、政府将其纳入脱贫攻坚“两不愁三保障”的重点任务来推进，“十一五”、“十二五”期间，全省建成农村饮水安全工程2.67万处，累计解决约3500万人饮水安全问题。从2016年至2019年11月底，全省共完成投资143.1亿元，兴建工程12931处，巩固提升农村饮水安全人口1256万人。

湖南水文自2016年开始广泛参与到各市州的农村饮水安全水质检测工作当中，省中心及各市州分中心（长沙、郴州、湘西、张家界除外）都加挂了农村饮水安全水质监测（检测）中心的牌子，按照省水利厅《关于进一步规范和加强全省农村饮水水质检测管理工作的通知》（湘水工管〔2016〕22号），省水利厅、卫计委、环保厅《关于切实提升农村供水工程水质达标率的通知》（湘水办【2017】

106号)等文件精神要求,切实做好相关供水工程水源水、出厂水、末梢水的水质检测工作,积极应对各类突发事件,获得了各级政府部门的高度肯定。同时,各级疾控部门也对农村安全饮水工程的水质状况进行了抽检,从职能部门的角度做好了对全省农村安全饮水供水工程水质的定期检测。但千吨万人以上水厂日常九项指标的自检工作依然存在一些问题:因为私人承包或经费问题,大多水厂自检设备配备不齐全;缺乏专业水质检测人员;管理相对粗放,没有形成长效运行机制。

规模以上水厂自检是整个水质检测体系中最基础的一环,也是最关键的一环,更是最薄弱的一环,水厂自检是水源水是否发生污染的监督第一道关口,是出厂水和末梢水能否满足要求的监督第一道关口,是人民群众能否喝上放心水的监督第一道关口。

近年来,省水利厅及各市州水行政主管部门都在积极开展水质检测培训工作,但培训质量参差不齐,培训效果不太明显,如何将新建的湖南省河湖水质监测中心打造成全省农村安全饮水水质检测培训中心,为全省脱贫攻坚助力做好服务值得探索。在决胜脱贫攻坚的关键之年,省水利厅对于全省各级水利部门从事农村安全饮水工程的管理人员、各级水质检测中心的管理人员和技术人员、规模以上水厂的管理人员和水质检测人员进行定期培训,并通过考核颁发水质检测人员上岗证是基本前提,亦属客观需要,规模以上水厂的管理体制急需理顺,持证上岗是一个好的方向和契机。水文作为一个事业单位,其公信力是第三方检测机构无法替代的。水文要高质量发展,关键在于服务,通过做精做优服务,才能在赢得社会地位的同时闯出新路,才能培育高质量发展源源不断的动力与活力。

2 培训服务内容分析

(1)湖南省河湖水质监测中心简介

湖南省河湖水质监测中心(湖南省农村饮水安全水质监测中心)位于长沙市雨花区黎托街道川河路,实验室面积约1500m^2,拥有GC-MS、ICP-MS等价值十万元以上的大型仪器24台(套),是湖南省水文水资源勘测中心隶属的非独立法人的国家级资质认定检测机构。

河湖中心下设质量保证室、分析测试室、检测业务室三个内设机构,监测能力涵盖地表水、地下水、生活饮用水、大气降水、废污水等五种水体类别共112项理化及生态指标。

(2)服务内容

服务目标:以需求和服务为导向,量身打造培训服务内容;以补齐目前存在短板为导向,着重构建全省农村安全饮水水质检测培训体系,即“1+13”全省联动培训长效机制(省中心为主线,13个市州分中心为辅)。

服务对象(三个层次):一是各级水行政部门分管领导和部门管理者,二是各级水质检测中心管理者和水质检测人员,三是规模以上水厂管理者和水质检测人员。

服务承载部门:省河湖监测中心:以培训市县一级为主,针对市县水行政部门管理人员开展相关政策、水厂管理、水质检测基本知识等方面培训;针对市县两级检测中心人员以完成42项常规指标检测为目标开展实验室管理、实验理论、实际操作三个方面培训。

各市州分中心:积极打造培训分基地,以培训规模以上水厂为主,针对水厂日常九项指标开展培训。也可结合当地水行政主管部门需求,在省中心指导下不定期开展补充培训,面窄效果更佳。

各市州分中心在省河湖中心的统一指导下开展培训工作。

服务内容:

定期举办培训班:按照省水利厅相关要求及征求各市州意见,定期举办农村安全饮水水质检测培训班。

理论授课:学习水质检测、水质处理工艺(水质净化、消毒)等相关知识,学习国家关于饮用水水质管理、检测的有关标准和规范及相关文件精神;

经验推广:邀请水质达标率较高的市州水行政部门与达标率较高的水厂做管理经验介绍;

实操演练:在实验室实地进行操作讲解,学员自己动手,项目逐一过关;

参观学习:组织前往管理规范、拥有高水平检测能力的县、区级水质检测中心和设备齐全,自检可靠的规模以上水厂实地参观学习。

动态调整:按照省厅相关要求及征求各市州意见,动态调整部分实际需要课程。比如此次疫情期间娄底水文中心根据水厂需求进行的消毒剂指标和生物毒性检测培训。

定期考核各级水质检测中心(市、县两级):质量是检测的生命线,省农村安全饮水水质检测中心和各市州分中心一直按照资质认定的要求实施严格的质控管理,但县(市、区)级水质检测中心则基本属于"零质控"状态。可以对县(市、区)级水质检测中心采取省中心现场抽检和市州级定期盲样考核相结合的考核形式,以确保各级检测中心的检测质量。

进行上岗考核:通过理论考核和操作考核两种方式对县级检测中心人员进行上岗考核,考核合格者可由省水利厅颁发从业人员上岗证,有效期五年,期满需再次考核延期。

对规模以上水厂检测人员进行上岗考核,考核合格者可由省厅颁发从业人员上岗证,考虑到水厂人员相对不固定,有效期两年,期满或更换人员需再次考核发证。

计划在1~2年左右的时间将河湖水质监测中心打造成全省农村安全饮水水质检测的培训交流基地。同时努力成为各类高校的实习基地,让地处川河路旁的湖南省河湖水质监测中心人潮川流不息,成为水文高质量发展的一张闪亮名片。各市州分中心也必将紧跟省中心的步伐成为各市州农村安全饮水水质检测的定点培训中心。

3 效益分析

(1)经济效益

自2016年承担农村安全饮水水质检测工作以来,各市州依靠当地水行政主管部门争取了部分工作经费,但工作经费有多有少,同时各市州分中心基本都采用了劳务派遣方式聘用了相关临时人员,一个临时人员一年的工资福利开支大致在5~6万左右。有的市州工作经费较少,比如娄底,一年40万经费,仅三个临聘人员就开支了将近一半费用,再加上仪器设备的维护维修等费用,只能维持基本运行。如通过争取定点培训这一思路向省厅争取部分经费,也能弥补各市州经费的不足,在目前咨询服务尚未重新打开局面的前提下,是一个较好的途径;同时,为了提高培训的针对性以及满足各检测机构设备配置的需要,可以在全省推广同一品牌、同型号检测设备,以此途径与仪器厂家建立持久的合作关系,将来水文自己内部仪器需要日常维修保养或更新换代相信都能拿到更加优惠的价格。

(2)人才效益

通过成立培训基地锻炼人才队伍。定时定点培训形成长效机制后,必将督促全省各水环境监测中心人员加强政策、业务学习,各中心人员既是分析员也可成长为授课专家。机制一旦形成,学习也将形成习惯,能力水平能得到锻炼提升。省中心可建立专家库,在每个分中心挑选业务素质高,综合能力强的1~2名人员组建农村安全饮水水质检测专家库(理论和实操并重,可通过全省水环境监测竞赛、授课竞赛等途径选拔),定期交流

培训,盘活整个水环境监测队伍。

(3)社会效益

通过培训基地的建设,提高水文知名度,构建与水行政主管部门更加和谐关系。通过培训,各级水环境监测部门将保持与各级水行政主管部门的密切联系,通过专业授课,展现专业风采,体现专业价值,提供专业服务,也将提升整个水文在咨询服务这一块的地位和话语权,以点带面为水文高质量发展奠定良好基础。经济效益上来以后,及时更新仪器设备也能为更好提供农村安全饮水水质检测服务做好硬件保障,同时也能招聘更多高素质人才,为有机物项目及水生态项目的开展提供人才保障。

综上所述,如能在省水利厅争取到农村安全饮水水质检测定点培训政策,并配套相应经费,将会给目前逐渐脱离关注焦点的水环境监测队伍带来重新焕发生机的机会。随着水功能区监测和排污口监测职能调整到环保部门,水环境监测在为各级政府及水行政主管部门提供服务的重点只剩下了农村安全饮水,我们一定要牢牢把握这个点,以此为发力点,找准突破口,精准服务,重新建立起水环境监测的社会地位,成为锻炼整个水环境监测队伍,获取一定经济效益的有效途径。

(上接第 3 页)

6 结语

在线测流系统所测流量与实测流量关系良好,畅流期可以用 $Y = 0.0025x^2 + 0.6986x + 3.9909$ (Y 实测,X 在线)关系转换,整编精度符合规范要求。此次比测范围水位在 1.07m~3.54m,当水位在 1.07 m 以下时进行查线处理,因此每年 1.07m 以下要实测流量校正综合线;当水位高于 3.54m 时要实测流量比测率定相关系数;当流量在线监测系统所监测的流量与实测流量的关系误差超过规范要求,立即恢复常规测验;在 H-ADCP 仪器出现故障或维护期间恢复正常测验。

采用在线测流系统后,可大大减轻劳动强度,腾出人力、物力进行水文服务和应急监测,为市域巡测打下坚实基础。