

# 省界水资源监测站盱眙水文站流量测验精简分析

曹 杰, 周洪顺, 方 圆

(江苏省水文水资源勘测局淮安分局, 江苏 淮安 223005)

**摘要:** 根据省界水资源监测站盱眙水文站现有测验条件和工作任务, 以缩短流量测验历时、减轻工作强度、保证测验精度、提高测报质量为指导思想, 在 2015 年流量测验资料基础上, 通过对测速垂线和测点的精简分析, 合理优化测验方案, 达到了“高效准确”的水文测报新要求, 为其他水文站开展流量测验精简分析工作提供借鉴。

**关键词:** 精简分析; 测速垂线; 测点; 流量测验

**中图分类号:** [TV123]      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2016) 11-0019-04

## The runoff data analysis for water resources monitoring in Xuyi hydrological station

CAO Jie, ZHOU Hongshun, FANG Yuan

(Huaian Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Huaian 223005, Jiangsu)

**Abstract:** Aiming at curtailing the runoff measuring time, reducing the working cost, guaranteeing the surveying precision and improving the prediction quality, the task for runoff of Xuyi hydrological station is performed under the current experimental conditions. Based on the runoff measuring material in 2015, the velocity-measuring verticals and measuring points are analyzed and we have also optimized the surveying proposal, to reach the high precision and effective requirements. It can provide an important reference for other hydrological station to conduct the runoff measuring and surveying as well as quantitative analysis.

**Key words:** reducing analysis; velocity-measuring verticals; measuring point; discharge test

### 1 概况

盱眙站设立于 1912 年 4 月, 至今已有超百年的历史, 积累了宝贵的长时间序列水文资料, 在防汛抗洪和水利建设中发挥了巨大作用。但作为一个重要水情控制站、中央级报讯站, 长期以来监测项目仅有水位、雨量、水质。随着国民经济的增长, 水利事业的发展, 现有监测项目已不能满足经济社会发展和洪泽湖防汛调度的需要。根据《淮河水系重要省界断面水资源监测 16 处水文站改造项目可行性研究报告》, 拟新建盱眙水文站溜子河断面测验设施, 配备走航式 ADCP 和无线遥控

三体船等设备。通过项目建设, 提高淮河流域省界断面的水文监测能力, 以满足实施最严格水资源管理要求的实时监控、科学评价、精细管理、量化考核需要。

2014 年 11 月, 盱眙水文站溜子河断面测验设施正式投入运行, 监测项目包括水位、流量、泥沙。该站作为新设站, 流量测验<sup>[1]</sup>采用水文缆道流速仪法施测, 常水位布设 11 条垂线, 高水布设 13 条垂线, 除起点距 25.0 m 测速垂线采用三点法施测外, 其余均采用 0.6 一点法施测。一次测流历时在 1h 左右, 耗时费力, 时效性不强, 难以满足新形势下“高效准确”的基层测站工作要求。为此, 在

收稿日期: 2016-08-23

作者简介: 曹杰 (1985-), 男, 本科, 工程师, 主要从事水文测验、水文水资源研究工作。

保证流量测验成果精度的前提下,通过对流量测验中测速垂线、测点的精简分析,制定比较合理的施测方案,达到减少测流工作量,缩短测流历时,提高测报质量的目的。

## 2 精简分析

### 2.1 流速测点精简分析

为检验 0.6 一点法对垂线平均流速的代表性,收集 2015 年在起点距 25.0 m 测速垂线三点法<sup>[2]</sup>测验共 36 次实测数据进行相关分析,以确定 0.6 一点法能否作为该站的常测法。运用 Excel 点绘  $V_{0.6} \sim V_{\text{垂}}$  散点图(见图 1),通过点群中心定出关系线(趋势线属性选择线性并强制通过原点)。数据基本均匀分布于直线两侧,绝对误差最大值为 0.03 m/s,相对误差最大值为 -9.09%(发生在低流速时,绝对误差仅为 0.01 m/s),系统误差为 -0.72%,符合《河流流量测验规范》对测验精度的要求。显示公式直线换算系数为 1.00,相关系数  $R^2=0.9971$ ,表明 0.6 一点法能够代表该处垂线平均流速。另外断面所处位置上下游较为顺直,水流平稳,河势稳定,因此该站可采用多垂线 0.6 一点法作为常测法。

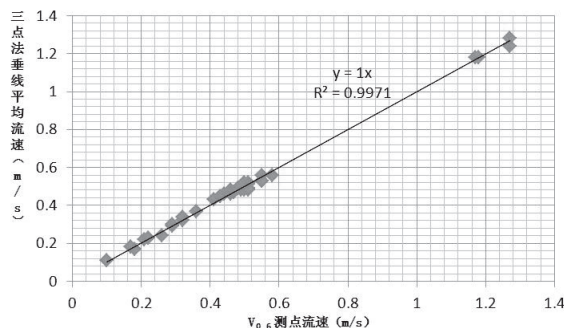


图 1 0.6 一点法与三点法垂线平均流速相关图

### 2.2 测速垂线精简分析

#### 2.2.1 简测法流量计算方法

##### (1) 单位流速的计算

有两条以上测速垂线,每线均用一点法测流且测点在各垂线上的位置(指相对深度)均相同时,即以各测点流速的算术平均值作为单位流速;

垂线、测点的布置不完全符合上述情况时,应先计算各垂线的平均流速,其方法按《河流流量测验规范》执行,然后以各垂线的平均流速的算术平均值作为单位流速;

只有一条测速垂线,则该垂线上布置的测点

不能少于 2 个,并以其垂线平均流速作为单位流速。

##### (2) 断面平均流速的推求

在精简分析工作中绘制好的单位流速与断面平均流速关系图上,用单位流速  $V_{\text{单}}$  查出断面平均流速  $V_{\text{断}}$ 。如果单位流速与断面平均流速关系是一条单一的直线,并通过原点,则其斜率即等于换算系数  $K$ 。这时,断面平均流速等于单位流速与换算系数  $K$  的乘积,计算公式为  $V_{\text{断}}=K \cdot V_{\text{单}}$ 。

##### (3) 断面流量的计算

断面平均流速乘以实测或借用的水道断面面积  $F$ ,即得实测断面流量  $Q=F \cdot K \cdot V_{\text{单}}$ 。

#### 2.2.2 单位流速测速垂线选取步骤

根据简测法<sup>[3]</sup>的计算步骤可知,单位流速的计算关键在于合理的选取测速垂线。首先挑选出高、中、低流量级测流数据,绘制测流断面垂线平均流速横向分布曲线,掌握各流量级下垂线流速横向分布变化趋势。如曲线大致相似,可只考虑通用的精简方案,否则应分级考虑不同的精简方案;其次提取各垂线平均流速和断面平均流速,选择比值比较稳定的部位,作为分析单位流速垂线位置的参考;再选定主流及其附近的一条或几条测速垂线,从各次测流成果中,摘出各垂线和测点的实测流速,并算出单位流速;最后以各次测验的断面平均流速与单位流速点绘关系图,通过点群中心绘一关系线,并对关系线进行检验。经检验合格后,再比选出精确度最佳的方案作为最终流量测验精简结果,提供单位流速换算为断面平均流速的计算公式。

#### 2.2.3 应用实例

盱眙水文站溜子河测验断面位于省道 S121 溜子河大桥上游约 200 m 处。该处测验断面上下游河道较为顺直,至上游 700 m 河道弯曲系数接近 1,河宽大致相同,洪水时主河槽宽度约 200 m,且断面处无分流岔流、斜流、回流等现象,符合《河流流量测验规范》中关于测验河段的选取和断面设立的要求。2015 年汛前大断面测量时,合理布设测深垂线和测速垂线,使得测深垂线能控制河床变化的转折点,且部分水道断面面积无大补大割情况;测速垂线尽可能和测深垂线相一致,且满足缆道施测测速垂线条数的要求。根据测量成果,最终确定常水位时常测法布设 11 条测深、测速垂线,分别为起点距 25.0 m、45.0 m、65.0 m、

85.0 m、105.0 m、125.0 m、145.0 m、165.0 m、185.0 m、205.0 m、225.0 m，除 25.0 m 处垂线流速采用三点法施测外，其余采用 0.6 一点法施测。

选取 2015 年盱眙水文站溜子河缆道断面 36 次实测流量资料，根据单位流速测速垂线选取步骤，在断面图上绘制垂线平均流速横向分布曲线，此次挑选出具有代表性的高、中、低水位（流量）级数据绘制分布曲线，流速横向分布见图 2。根据图可知，高、中、低水位（流量）级流速横向分布曲线大致相似，总体呈倒 U 型，近岸流速小，中间流速大；流速大小和断面水深总体呈正相关，在水深处流速大，水浅处流速相对要小。因此本次高、中、低水位（流量）级只考虑通用的精简方案。

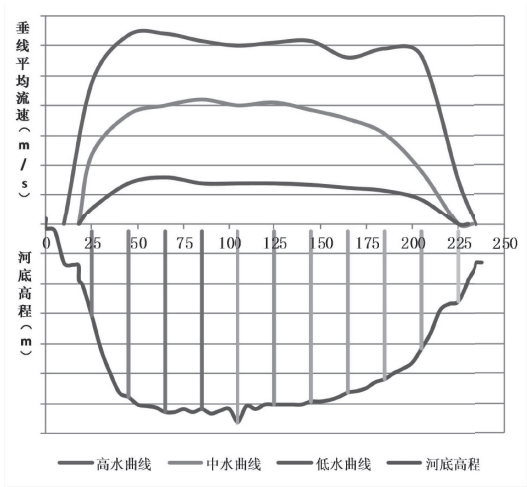


图 2 垂线平均流速横向分布曲线及断面图

测速垂线精简的目的是在保证流量测验成果精度的前提下，减少测流工作量，缩短测流历时，提高测报质量。根据以上原则，本次单位流速选取时考虑单个垂线、两组合垂线和三组合垂线三种情况进行分析。选择垂线流速与断面平均流速关系比较稳定的几个部位并尽量选择主流或其附近的测速垂线作为分析的重点。采用 Excel 通过点群中心绘制线性关系线，设置截距为 0，同时显示公式和  $R^2$  值作为参考。根据表 1 统计数据可知，两组合垂线较单个垂线的相关关系要好，三组合垂线又比两组合垂线的相关关系要好；起点距 65.0 m、105.0 m 和 165.0 m 的三组合垂线其相关关系最优且其在断面中的分布较为平均。经综合考虑，最终选择该三组合垂线作为单位流速计算指标。各组合垂线关系线公式和  $R^2$  值统计见表 1。按规范<sup>[4]</sup>的要求对关系曲线进行符号检验、适线检验和偏离数值检验，评定定线精度。经比选分析，最终选取主槽中三条相对稳定测速垂线计算单位流速，运用 Excel 点绘  $V_{\text{断}} \sim V_{\text{单}}$  散点图，通过点群中心定出关系线（趋势线属性选择线性并强制通过原点），得出线性计算公式  $V_{\text{断}} = 0.913 V_{\text{单}}$ ，相关系数  $R^2 = 0.997$ 。关系线三项检验均合格，对照定线精度指标达到一类定线精度要求。三项检验及精度评定结果见表 2。

表 1 各组合垂线关系线公式和  $R^2$  值统计表

序号	代表垂线数（条）	起点距（m）	相关系数 $R^2$	换算系数 $K$ 值
1	1	105.0	0.993	0.922
2	1	125.0	0.990	0.887
3	1	145.0	0.981	0.924
4	2	105.0 145.0	0.994	0.923
5	2	85.0 165.0	0.994	0.915
6	3	125.0 165.0 105.0	0.996	0.905
7	3	145.0 185.0 65.0	0.994	0.957
8	3	105.0 165.0	0.997	0.913

表 2 关系线检验及精度评定

序号	断面平均 流速	线上断面 平均流速	相对 误差 $P_i$	$P_i-P_{均}$	$(P_i-P_{均})^2$	序号	断面平均 流速	线上断面 平均流速	相对 误差 $P_i$	$P_i-P_{均}$	$(P_i-P_{均})^2$
1	0.25	0.26	-3.85	-3.87	15.01	23	0.85	0.83	2.41	2.39	5.69
2	0.29	0.29	0.00	-0.02	0.00	24	0.86	0.87	-1.15	-1.17	1.38
3	0.30	0.29	3.45	3.43	11.74	25	0.87	0.88	-1.14	-1.16	1.36
4	0.34	0.33	3.03	3.01	9.04	26	0.87	0.88	-1.14	-1.16	1.36
5	0.35	0.35	0.00	-0.02	0.00	27	0.88	0.88	0.00	-0.02	0.00
6	0.39	0.39	0.00	-0.02	0.00	28	0.88	0.89	-1.12	-1.14	1.31
7	0.40	0.40	0.00	-0.02	0.00	29	0.92	0.92	0.00	-0.02	0.00
8	0.47	0.47	0.00	-0.02	0.00	30	0.93	0.94	-1.06	-1.08	1.18
9	0.50	0.49	2.04	2.02	4.06	31	0.97	0.95	2.11	2.09	4.35
10	0.53	0.53	0.00	-0.02	0.00	32	0.98	1.00	-2.00	-2.02	4.10
11	0.62	0.62	0.00	-0.02	0.00	33	1.03	1.00	3.00	2.98	8.86
12	0.68	0.68	0.00	-0.02	0.00	34	1.07	1.06	0.94	0.92	0.84
13	0.69	0.73	-5.48	-5.50	30.30	35	1.08	1.08	0.00	-0.02	0.00
14	0.76	0.77	-1.30	-1.32	1.75	36	1.12	1.10	1.82	1.80	3.23
15	0.79	0.77	2.60	2.58	6.63	三项检验及精度评定					
16	0.80	0.80	0.00	-0.02	0.00			计算值	允许值	评价结果	
17	0.80	0.81	-1.23	-1.25	1.57	符号检验		0.00	1.15	合格	
18	0.81	0.80	1.25	1.23	1.50	适线检验		0.68	1.28	合格	
19	0.81	0.80	1.25	1.23	1.50	偏离数值检验		0.08	1.70	合格	
20	0.81	0.81	0.00	-0.02	0.00	系统误差		0.02%	达到一类定线精度		
21	0.82	0.84	-2.38	-2.40	5.78	标准差		1.91%			
22	0.84	0.85	-1.18	-1.20	1.45	不确定度		3.82%			

3. 结语

本文分析了测速垂线和测点的测验数据,得出如下结论:

- (1) 盱眙水文站溜子河断面常测法可采用多垂线 0.6 一点法;
- (2) 可采用比选分析确定的三条测速垂线作为单位流速开展简测法测验;
- (3) 每年应开展一定次数的常规测验,同时注重特殊水情的资料收集,验证和完善本次精简分析成果。

盱眙水文站溜子河断面流量测验精简分析是在初步掌握河道水文特征的基础上,在满足测验

精度的前提下开展的。在现有条件下既减轻了基层测站工作强度,又为应对突发性洪水测验提供了技术支撑,达到了“高效准确”的水文测验新要求。

参考文献:

[1] GB50179—93, 河流流量测验规范 [S].  
[2] 韩国民. 双沟水文站流量测验方法改革 [J]. 江苏水利, 2007, (5):23-24  
[3] 水利电力部水利司. 水文测验手册 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1975.  
[4] SL 247-2012, 水文资料整编规范 [S].

(责任编辑: 华智睿)