

• 监测技术 •

太湖入湖河流流量简易测量法——中泓一点法

张祥志, 王经顺
(江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

摘 要: 通过利用经典测试法与多普勒测流仪对太湖入湖河流流量进行的比对分析, 找出了太湖入湖河流流量的简易测试方法——中泓一点法。在河流中泓 0.6 倍水深处测流, 可得到入湖河流流量 70% 的精度; 若要保证得到入湖河流流量为 80% 精度, 则需在中泓 0.8 倍水深处施测。

关键词: 河流; 流量; 测量; 太湖

中图分类号: X830.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2004)04-0028-02

One Point in Middle Stream A Simple Method to Detect Current of Rivers Which Flow into The Taihu Lake

ZHANG Xiang-zhi, WANG Jing-shun
(Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract: After the comparison between the classic detection method and Acoustic Doppler Current Profiler which were used to detect the current of rivers flowing into the Taihu Lake, a simple method was found, which was One Point in Middle Stream. To detect current of rivers in which depth was 0.6 times of middle stream of this river, it can get the 70% precision of current of this river; in 0.8 times of middle stream of this river, it can get the 80% precision of current of this river.

Key words: River; Current; Detection; The Taihu Lake

河川径流流量是确定河流污染物通量的基本要素, 是研究水环境的重要基础。在研究太湖入湖总水量中, 简捷地实测入湖河流流量是一个急待解决的问题。为此, 设计了以多普勒测流为基础, 以精测法为控制, 选择时段进行连续对比监测, 进而优化选取简测法的测流点位, 从而达到科学、客观、便捷测流的目的。

1 多普勒测流法

1.1 原理

ADCP (Acoustic Doppler Current Profilers) 即声学多普勒海流剖面仪, 它能利用声能测量流速剖面。向水体发射的声脉冲(称为 ping, 即单次发射)碰到水体中悬浮的、且随水体运动的微粒(泥沙颗粒、浮游生物等)产生反射作用, 其中部分能量被反射到 ADCP, ADCP 对水体反射回来的信号进行处理时, 将水体沿其垂直方向分割成若干层(称为深

度单元), 测出每个深度单元的流速和流向, 经过积分算出测量区域的流量, 根据岸边、顶部和底部流速, 估算出岸边、顶部和底部的流量, 将各部分的流量相加, 即求得断面总流量。

ADCP 测出反射能量的多普勒频移, 并据此计算出相对于 ADCP 的流速, 同时进行底部跟踪, 测得 ADCP 相对于河底运动的速度和方向, 通过矢量运算求得水流的速度。

1.2 特点

多普勒测流与经典的测流法相比, 特点有:

(1) 测量精度较高。首先, 每个深度单元可以小到 5 cm, ADCP 能测出若干个深度单元的流速和流向, 再通过对每个单元积分算出断面流量, 其测点之多, 分布之密, 是常规水文测试所无法实现的。

收稿日期: 2004-03-16; 修订日期: 2004-06-12

作者简介: 张祥志(1967—), 女, 安徽巢湖人, 高级工程师, 硕士, 从事环境综合分析工作。

试验中, 各参数的测量精度见表 1。

表 1 多普勒测流各参数测量精度

测试项目	水深 d/m	河宽 b/m	平均流速 $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	流向 $/(^{\circ})$
精度	0.01	0.01	0.001	0.01

(2) 直接测量水温。ADCP 换能器探头中装有一个温度传感器能直接测量水温。

(3) 计入船只摇摆的影响。ADCP 上还装有纵横摇传感器, 它可使用户通过 ADCP 或软件消除纵横摇的影响。

(4) 绘出 N/S、E/W 坐标的流速。在 ADCP 中装有一磁通门罗盘, 以便测出 ADCP 相对于地磁场的方位, 根据罗盘指示值, 能算出流向和 ADCP 相对于河底的运动方向, 最终算出水流相对于地球坐标的流向。

(5) 航线独立, 不受外部干扰。因其是对单元矢量求积, 故在施测中无需对航线做出任何标志或保持直线航行, 这大大方便了流量的测量, 特别是对航运繁忙的河流或宽阔的河流更为明显。

(6) 操作简便, 省时省力。该机随带的软件集成度高, 一次即可测试该断面的任何一点的流量、水深、断面面积、河宽、平均流速、流向、甚至断面的剖面图, 它们均能直接显示在软件界面上, 并可以随时随地查阅、转储。

2 监测结果优选分析

根据多普勒测流仪测得的百渎港、陈东港、大浦港、乌溪港和殷村港 5 个太湖入湖河流 3 月、5 月流速数据分析, 80% 的河流中泓 0.6~ 0.8 倍水深处平均流速与河流平均流速相对误差在 30% 以内, 见表 2。

表 2 多条河流中泓 0.6~ 0.8 倍水深处流速

河流编码	中泓 0.6~ 0.8 倍水深处 平均流速 $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	断面平均流速 $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	相对误差 $/\%$
BDG-3	0.533	0.497	7
BDG-5	0.76	0.996	24
CDG-3	0.27	0.259	4
CDG-5	0.598	0.444	35
DPG-3	0.225	0.226	0.4
DPG-5	0.372	0.378	2
WXG-3	0.151	0.185	18
WXG-5	0.443	0.384	15
YCG-3	0.352	0.324	8
YCG-5	0.381	0.297	28

由百渎港、陈东港、大浦港、乌溪港和殷村港 5 条河流不同监测时段 0.6 倍、0.7 倍和 0.8 倍水深处流速分析, 发现近 80% 河流的 0.7 倍水深处流速与河流平均流速相对误差在 20% 以内。所有河流的 0.8 倍水深处流速与河流平均流速相对误差在 20% 以内, 且近 80% 河流两者相对误差小于 15%。详见表 3。

表 3 多条河流中泓 0.6 倍、0.7 倍、0.8 倍水深处流速与断面平均流速的相对误差统计数

不同水深 流速比值	相对误差 < 30% 的断面占总断面 面数/ %	相对误差 < 20% 的断面占总断面 面数/ %	相对误差 < 10% 的断面占总断面 面数/ %
$v_1^{②}/v_0^{①}$	77.8	55.6	22.2
$v_2^{③}/v_0$	77.8	77.8	33.3
$v_3^{④}/v_0$	100	100	66.7

① v_0 为河流平均流速。② v_1 为 0.6 倍水深处流速。③ v_2 为 0.7 倍水深处流速。④ v_3 为 0.8 倍水深处流速。

通过对同一河流百渎港河 24 h 各个时段中泓 0.6 倍、0.7 倍和 0.8 倍处水深流速分析, 70% 时段的 0.8 倍水深处流速与断面河流平均流速相对误差在 20% 以内; 近 90% 时段的 0.8 倍水深处流速与河流断面平均流速相对误差在 30% 以内, 一致性较好, 见表 4。

表 4 同一河流不同时段 0.6 倍、0.7 倍、0.8 倍水深处与断面平均流速相对误差统计数

不同水深 流速比值	相对误差 < 30% 的断面占总断面 面数/ %	相对误差 < 20% 的断面占总断面 面数/ %	相对误差 < 10% 的断面占总断面 面数/ %
$v_1^{②}/v_0^{①}$	77.8	33.3	11.1
$v_2^{③}/v_0$	88.9	55.6	44.4
$v_3^{④}/v_0$	100	66.7	33.3

①②③④同表 3。

3 结论

多普勒测流仪操作简便、省时省力, 监测精度高, 但投资大, 测量成本高。因此, 提出了利用多普勒实测结果经过优选得出一个科学、便捷的河流流量简测法, 即在保证入湖河流流量 70% 精度下, 可在河流中泓 0.6 倍水深处或 0.8 倍水深处中进行中泓一线一点测流, 其中以 0.8 倍水深处计算的断面流速和流量更为精确。若要保证入湖水流量 80% 的精度, 则需在中泓 0.8 倍水深处施测。