

走航式多普勒流速剖面仪在水文测验中的应用

王若晗 李继清

(华北电力大学, 北京 102206)

【摘要】 多普勒流速剖面仪(Doppler Current Profiler)是世界先进和快速有效的测流仪器。本文通过分析声学多普勒流速剖面仪的测流原理,与传统测流方法对比声学多普勒流速剖面仪。通过大创项目,结合山东滨海地区河流的实际测流,主要探讨了声学多普勒流速剖面仪(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)的突出优点。ADCP的合理使用可以为未来河道开发治理、水资源管理和防洪减灾提供科学依据。

【关键词】 声学多普勒流速剖面仪; 新仪器; 比测试验

中图分类号: TV123

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)04-0051-04

Application of underway Doppler Current Profiler in hydrometry

WANG Ruohan, LI Jiqing

(North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: Doppler Current Profiler is a world-advanced, quick and effective current measurement instrument. In the paper, the acoustic Doppler current profiler is compared with traditional current measurement methods through analyzing current measurement principles of acoustic Doppler current profiler. Combined with actual current measurement of rivers in Shandong coastal area through Dachuang projects, prominent advantages of Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) are discussed mainly. Rational application of ADP can provide scientific basis for river development governance, water resources management, flood control and disaster alleviation in the future.

Keywords: ADCP; new instrument; comparative test

1 引言

水是生命的源泉,是人类赖以生存和发展的不可缺少的最重要的物质资源之一。水量的获取途径主要通过流量的观测,因此,快速、准确地开展河流流量测验,是我国水资源管理以及防汛抗旱等水文工作的前提。流量测验是水文水资源行业的重要工作任务之一,传统测流方法主要有流速仪面积法、浮标法、比降面积法、水力学方法等,测验手段有船测、桥测、缆道、

涉水等方式,这些方法普遍落后、信息化水平低,不能很好地适应新时期水文测报快速、准确、精度高、任务多的要求。声学多普勒流速剖面仪(Acoustic Doppler Current Profiler,简称 ADCP)测流仪器的引进较好地解决了这一问题。ADCP 具有精度高、速度快、信息化水平高等突出优势。在发生洪水,尤其是大洪水时,河道漂浮物较多,传统测流方法不适应,而 ADCP 可以快速准确测量水的流速和流量,更好地为各级政府部门作

出防汛决策提供准确可靠的科技支撑。本文通过分析 ADCP 的测流原理,与传统测流方法对比,结合山东滨海地区河流的实际测流,分析探讨了 ADCP 的突出优点和应用前景。

2 ADCP 测流原理

ADCP 是现今世界先进测流仪器的典型,当使用 ADCP 沿任一航迹穿过河流某一断面时,能在短时间内迅速测量出该断面流量和某点流速,通过与电脑的连接,利用 WinRiver 软件迅速地将图生成并显示。该仪器性能稳定,高效快速,远胜传统机械式的测流仪器。自 20 世纪 90 年代初引进我国,至今已在我国的河流、湖泊、海洋等的水体流量测验中广泛应用,特别是在潮汐河段的水文测验中应用较多。

ADCP 通过向水中发射固定频率的声波短脉冲,利用水中颗粒的回波频率来测量流速,在碰到水中的颗粒物时,发射的声波脉冲会发生背散射,ADCP 接收到回波信号并处理得到流速。ADCP 首先测量的是沿声束方向的流速分量。利用声束角将声束坐标下的流速分量转换成 ADCP 坐标下的流速分量,继而通过罗盘提供的方向、倾斜计提供的纵摇和横摇数据,将 ADCP 坐标下的流速分量转换成地球坐标下的流速分量。我们使用的 ADCP 配备有四个换能器,与 ADCP 轴线成一定夹角,每个换能器发射某一固定频率的声波。假定颗粒物的运动速度与水体流速相同。当颗粒物从远处接近换能器时,换能器接收到的回波频率比发射波频率高。当颗粒物背离换能器运动时,换能器接收到的回波频率比发射波频率低,因颗粒物的运动而引起频率的改变称为声学多普勒频移。ADCP 测流时实测区、非实测区、微断面及单元布置见图 1。

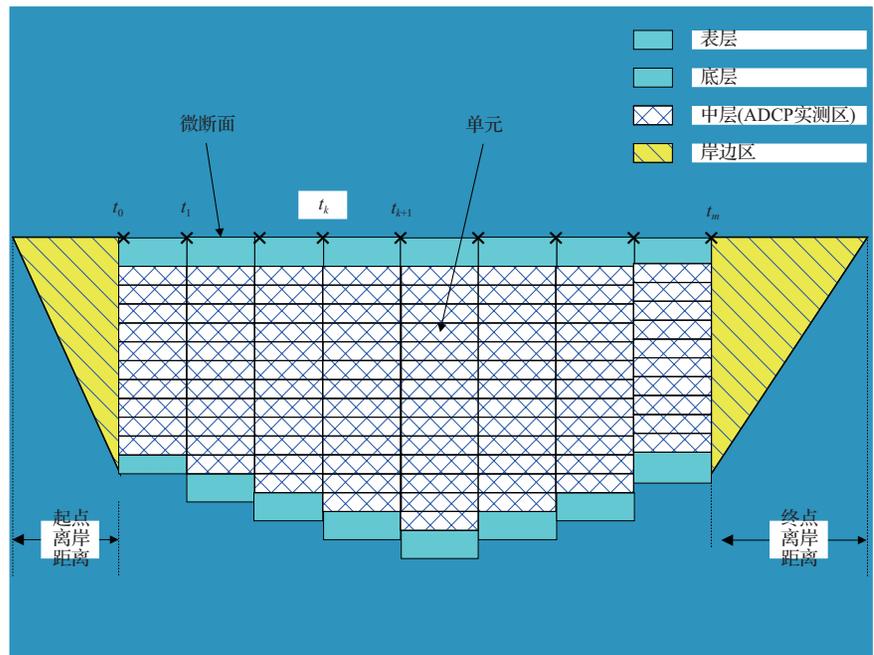


图 1 ADCP 实测区、非实测区、微断面、单元示意

ADCP 计算流量基于如下公式:

$$Q_t = \int_0^T \int_0^d [(V_f \cdot V_b)k] dz dt \quad (1)$$

式中 Q_t ——除去岸边非实测区后,从测验起点至测验终点的总流量;

V_f ——测船航迹断面某微元处流速矢量;

dz ——垂向微元长度;

dt ——时间微元;

V_b ——测船速度矢量;

T ——测船从测验起点至终点的航行时间;

d ——水的深度;

k ——垂向坐标单位矢量。

3 ADCP 与传统测流仪器应用对比实例

3.1 应用实例

滨州市位于黄河三角洲腹地,是山东省的北大门,面积 9600km²,人口 380 万,是黄河三角洲区域内最大的行政区,全市河流按流域划分,除黄河及滩地归黄河流域外,以黄河为界,南部为淮河流域,北部为海河流域。淮河流域主要有小清河、北支新河、孝妇河、杏花河、预备河、支脉河 6 条河流。海河流域内主要有德惠

新河、徒骇河、潮河等河流。

a. 德惠新河位于徒骇河、马颊河之间,由于该河流经德州、滨州两地区,所以称为德惠新河。该河河道总长 77.6km,流域面积 135.4km²。

b. 徒骇河源于豫鲁交界处的聊城市莘县文明寨村东,自惠民县淄角镇靠河郡村入滨州市境内,在沾化区滨海乡西山后村北与秦口河汇流,经套儿河至暴风站北入渤海,全长 436km,流域面积 13638km²,其中滨州市境内河段长度 150.1km,流域面积 4677.6km²。该河是黄河以北的一条主要防洪排涝河道。

c. 潮河是黄河与徒骇河之间人工开挖的一条独流入海的排水河道,全长 75.46km,其中滨州市境内流

域面积 1241.3 km²。主要支流有西沙河、新立河、秦台干沟、朝阳河等。本次选取徒骇河堡集闸、德惠新河白鹤观闸、潮河贾家水文站断面进行了流量对比测验。

3.2 ADCP 测流

ADCP 需要结合 WinRiver 及 BBTalk 软件一起使用,WinRiver 软件是 ADCP 数据处理的重要软件,使用界面截图见图 2。BBTalk 是一种超级终端软件,可以利用直接指令来操作 ADCP,主要用于设定和检测 ADCP。一般要求在每次测量前(下水前)都要运行 BBTalk 软件来对 ADCP 进行检测,从而保证设备的正常可靠运行。

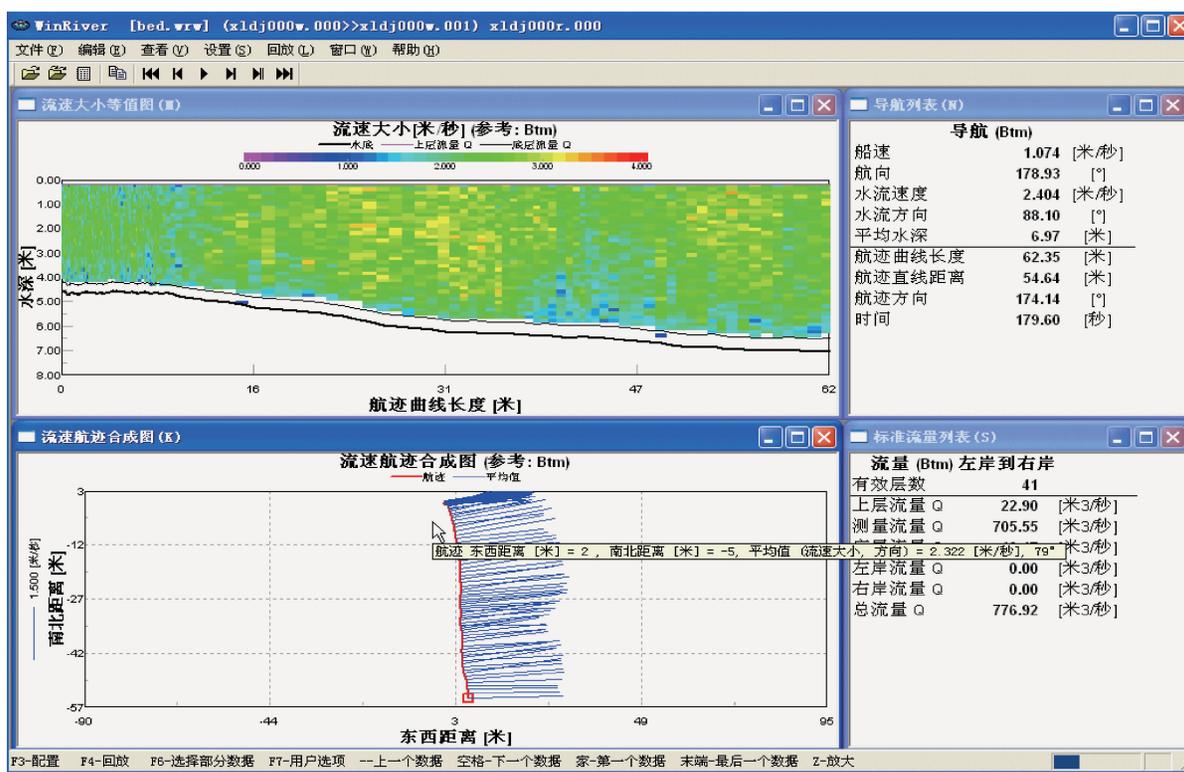


图 2 WinRiver 软件使用界面截图

3.3 ADCP 与传统测流仪器对比

ADCP 与传统流速仪测验对比统计见下页表。

实际测流时分两组进行,一组使用 ADCP 进行测流,另一组使用机械式测速仪。测流进行过程中,发现使用机械式测速仪的一组对于同一个断面、不同的测流方向也会得到不同的数据,表明机械式测速仪所测得的数据有极大的不稳定性。相比之下,ADCP 可以

通过其多普勒原理,利用发射声波的方式,使其获得的数据在任何方向都有着一致性。ADCP 不受其航线的影响,不光可以高效轻松地测量整个断面的流速,也可以同时瞬间将断面的流量测出,并直接绘出断面流速航迹合成图。而使用机械式测速仪,要在不同的测量位置投放多次,浪费大量的人力。通过数据对比分析,ADCP 实测流量自测重复偏差最大只有 2.9%, ADCP

实测流量多次(2~4次)均值与传统流速仪施测流量相差在±5%以内,ADCP实测流量比传统流速仪法节约时约60%~75%,这说明ADCP性能可靠,精度较高,节约时间,在水草严重的江段使用仍然能够快速

地进行流量测验,精度高于水文测验规范要求。一台ADCP相当于多个测速仪,因此在水文测验中使用ADCP可以达到高效节省人力的效果,使水文测验事半功倍。

ADCP与传统测流仪流量测验对比统计表

测验次数	时 间		断面位置	所在河流	流量/(m ³ /s)			历时/分		
	日 期	时 分			ADCP	流速仪	相对误差/%	ADCP	流速仪	节时率/%
测验 1	2014年8月22日	10:32	堡集闸	徒骇河	101	96.8	4.34	15	45	66.7
	2014年8月22日	11:26	贾家	潮河	74.3	73.5	1.09	10	30	66.7
	2014年8月22日	13:31	白鹤观闸	德惠新河	162	164	-1.22	16	54	70.4
测验 2	2014年8月25日	11:07	堡集闸	徒骇河	97.6	98.5	-0.91	14	56	75.0
	2014年8月25日	12:01	贾家	潮河	76.8	74.5	3.09	8	35	77.1
	2014年8月25日	14:29	白鹤观闸	德惠新河	149	147	1.36	14	58	75.9

当然,应在中水和含沙量小的河流中使用ADCP,投放时避免与水草缠绕。在堰闸等水工建筑物下游测流时,测流断面应避开波浪及回水较大的区域,以免产生测流盲区。

4 结 语

通过ADCP与传统机械式方法的测流的一系列对比,发现ADCP满足精度要求,具有测量快速、不干扰水体、极少受天气影响等优点,是一种快速有效的测流装置,在水文测验中,特别是洪水测验中可大力推广使用,为未来河道开发治理、水资源管理和防洪减灾提供科学依据。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部. GB 50179—2015 河流流量测验规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.
- [2] 李志敏. ADCP流量测验应用研究[J]. 广西水利水电,2003(3):7-10.
- [3] 谢波,田岳明,叶建红. ADCP河流流量测验及其误差分析[J]. 水资源研究,2007(4):35-36.
- [4] 饶西平. ADCP测流与传统测流的对比及应用[J]. 科技咨询,2012(6):96.
- [5] 刘涛. 水环境演变规律分析及治理对策研究[D]. 南京:河海大学,2006.

(上接第47页)

八棵树站多年平均含沙量为0.478kg/m³,多年平均悬移质年输沙量为23.3万t。清河水库多年平均含沙量按两站面积加权法推求,多年平均悬移质年输沙量按两站相加再面积比方法推求,则清河水库多年平均含沙量为0.632kg/m³,多年平均悬移质年输沙量50.55万t,多年平均年输沙模数为213t/km²。清河水库多年平均推移质年输沙量按悬移质年输沙量的15%考虑,则清河水库多年平均年总沙量为58.13万t。

参考文献

- [1] 程卫华. 官厅水库水文特性统计分析[J]. 北京水务,2012(5).
- [2] 班富孝. 张家口市水文特性分析[J]. 吉林水利,2011(2).
- [3] 张亚芳,姜黎. 唐河流域西大洋水库上游的水文特性分析[J]. 水科学与工程,2011(2).
- [4] 余金凤,洪林,章春娣,等. 漳河灌区新埠河流域水文特性变化趋势研究[J]. 中国农村水利水电,2011(1).
- [5] 李宗才,傅金成. 邢台市水文特性分析[J]. 陕西水利,2011(6).