

RiverSonde 高频河流实时监测系统及应用

陈 诚,蔡守允,朱滨峰

(南京水利科学研究院河流海岸研究所,江苏 南京 210029)

摘要:介绍了 RiverSonde 高频河流实时监测系统的基本原理及测量方法,在长江上新河段进行了实地测量和应用研究,与 ADCP(声学多普勒流速剖面仪)进行了对比测量试验,并结合实际应用中存在的问题提出了改进方法。该系统采用非接触式的方法精确快速地测量河流的流速和流量,可解决在环境恶劣的条件下,特别是在江河截流、汛期(大洪水)、堤防决口和地震自然灾害来临时的河流测量问题,可为河流治理和水利工程的安全评估提供准确数据和科学决策依据,应用前景广阔。

关键词:高频系统;RiverSonde;河流监测

中图分类号:P332.4 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2012)S2-0078-04

我国既是一个海洋大国,又是一个大陆国家,幅员辽阔,河流众多,江河流域面积在 1 000 km² 以上的河流就有 1 500 多条,这些河流流域约占全国面积的 2/3。由于洪水和地震等自然灾害,堤防决口、水库垮坝频频发生,给国民经济和人民生命财产造成重大的损失。另外,我国大多数河流因种种原因尚没有完全彻底的治理,山区河流水情复杂,平原河道河势不稳,冲淤变化剧烈,水流含沙量较大,许多实际工程与理论问题急需进行专题研究。例如,航道整治与河流水资源综合利用的关系、不同类型河道整治原则、整治技术参数与方案措施的确定、各类整治建筑物的绕流、冲刷及其稳定性、新型整治工程技术的开发、河口海岸防洪与水土资源综合利用、海岸风暴潮灾害防治对策等课题都迫切需要进行科学的研究,而采用非接触式方法精确快速地测量大江大河的流速和流量,对于水利规划和抗洪救灾至关重要。

在环境恶劣的条件下,特别是在江河截流、汛期(大洪水)、堤防决口和地震自然灾害来临时,用传统的测船、缆道测流设备和船用测流设备等接触式方法测量流速和流量都无法实现, RiverSonde 高频河流实时监测系统采用非接触式方法精确快速地测量大江大河的流速和流量,可较好地解决水利规划、除险加固、大江大河的治理和抗洪救灾等情况下的

河流监测问题。

1 RiverSonde 高频河流实时监测系统

1.1 概况

RiverSonde 高频河流实时监测系统是美国 CODAR 海洋传感器公司生产的一种与河流无直接接触的河流监测系统^[1]。该系统使用了用于监测沿海海洋涌流的海洋探测器技术,是目前唯一用于表面涌流测量、具有良好记录的系统,并因其测量精确和易于使用立于涌流测量技术的前沿。该系统可不间断地测量河流或水渠表面的速度分布,通过一个超高频无线电收发机和天线,记录下平均表面速度,生成一个跨河流的流速分布图,使用这些数据以及已知的河流横截面图(深度分布)和水位计算出河流总河水排量,也就是通过该截面的总的水体积通量。RiverSonde 高频河流实时监测系统广泛被水文学家、水资源研究和管理人员、农业和灌溉工程师、野生动物管理人员、洪水控制以及研究河流财产和影响的环境保护和紧急状态反应人员所使用。

1.2 基本原理

RiverSonde 高频河流实时监测系统的基本原理如图 1 所示:当波浪波长是发射频率的一半时,接收到的反射波最强;当有河流存在时,回波信号中含有多普勒频移;根据频移的大小和正负值,算出流速的

基金项目:国家重大科学仪器设备开发专项(2011YQ07005501);交通运输建设科技项目(201132874640);国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2012CB417002);水利部 948 项目(201013);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y212009)

作者简介:陈诚(1982—),男,贵州贵阳人,工程师,博士,主要从事水利量测技术及河流海岸泥沙研究。E-mail:cchen@nhri.cn

大小和方向。

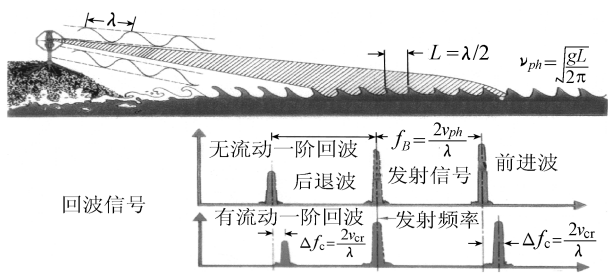


图1 RiverSonde 高频河流实时监测系统基本原理

RiverSonde 高频河流实时监测系统是安装于河岸之上、与河面无直接接触的河水速度监测系统,系统自动地收集、处理并储存河面数据。应用计算机界面,这些数据可以以表格或图表的形式表现出来,或传输用于远程归档或处理,系统中的超高频收发器和天线组合用来传输河水表面已知频率和波长的周期的信号,信号以雷达半波长与河水表面的无规波产生共鸣波动,这种共鸣和反射信号加强现象被称为布拉格散射,它能够在回波频谱作为“布拉格峰”被精确地识别。如果河水是不动的,布拉格共鸣波的两峰与中心(零速率)轴是对称的,表现为传向和传离天线的波。如果雷达测得的表面水的每一点是相对流向天线的,这些布拉格峰就会产生多普勒频移和扩张。河流探测器测量河面流速的基本操作原理是基于已知的布拉格峰的多普勒频移量与河水表面流速之间的精确关系,因此多普勒频移的测定可用于河水表面流速的测量,用作数据处理的计算机将天线观测区域的多普勒频移的重复测量转变为它的平均流速。

1.3 系统组成

RiverSonde 高频河流实时监测系统是一个由硬件和软件组成的系统,硬件包括机箱、无线电收发器、处理器、电源、天线、天线杆和界面计算机,软件包括河流探测器命令程序和河流探测器协调程序。

RiverSonde 高频河流实时监测系统的机箱和收发器如图2所示。机箱为收发器和处理器提供抗大气腐蚀的保护。此外,机箱还配备了完备的空调机以冷却内部的电子设备,机箱还为电源、通讯和天线信号准备了外部接口。收发器与处理器联系,接收命令并转发收到的信号数据,向天线发送测量信号并从天线接受反射信号。

RiverSonde 高频河流实时监测系统的天线将来自收发器的信号发送到河面,并接收从河面反射回来的信号。3组天线单元的每一组都各自有一根电缆连接到收发器。如图3所示,天线包含3个单元,中心单元传输和接收河流探测器信号,外部两个单元接收反射信号,但是不发射信号。



(a) 机箱



(b) 收发器

图2 RiverSonde 高频河流实时监测系统的机箱和收发器



图3 RiverSonde 高频河流实时监测系统天线

RiverSonde 高频河流实时监测系统命令程序在界面计算机上运行,是系统的用户软件界面。RiverSonde 高频河流实时监测系统协调程序在处理器上运行,执行大部分数据的获取和处理功能。该程序与命令程序通讯,并执行命令程序要求的功能,比如数据绘图。副程序在处理器上运行以控制收发器,收集原始数据,将数据传输到界面计算机以及执行支持任务。

1.4 安装要求

如图4所示,安装地点的河流特征和环境必须满足以下要求:河宽10~300m;河流流速0.025~4.0m/s;最小河水表面波浪高度2cm;最小河水深度15cm。

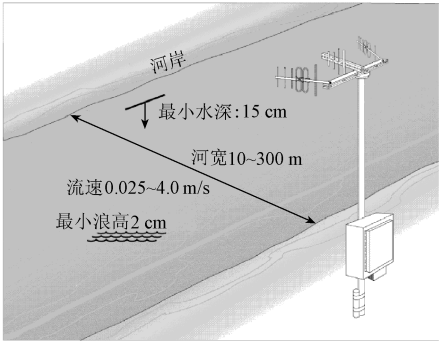


图4 RiverSonde 高频河流实时监测系统安装的河流特征示意图

河岸选择: 该河道的两岸几乎是直的,平行的。如果河道是弯弯曲曲的,河流探测器安装地点必须

有一段为河道宽的两倍距离的直河道(也就是往上游一个河道宽的距离,往下游一个河道宽的距离)。

天线的位置和安装位置必须满足以下要求:天线与水边缘的最大距离 20 m;天线高出水面高度 3 ~ 15 m;水面最小自由视野从中心天线单元方向 $\pm 45^\circ$ (介于天线和水面之间的植物、树木、枝干、栅栏都是障碍物)。

2 现场应用

2.1 现场测量

经过实地勘察,根据 RiverSonde 高频河流实时监测系统安装要求,选择长江南京段夹江上新河段进行现场试验。长江南京段夹江,地处长江南京段上游,其南岸是南京市河西新城区,北岸是江心洲街道。长江南京夹江段自梅子洲头至梅子洲尾长 12.6 km,是南京市的主要供水水源地。在上新河段现场安装好的系统和系统规范的安装图如图 5 所示。

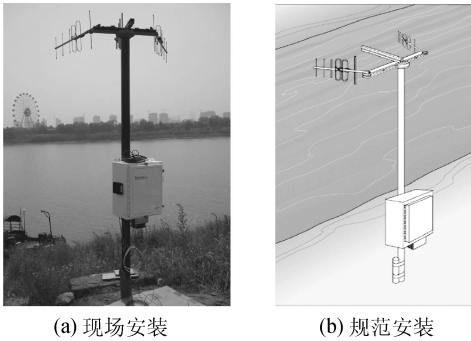


图 5 现场安装和规范安装

RiverSonde 高频河流实时监测系统在测量前需进行雷达方向图标定,并要设定基本安装参数、外部水位数据、方向测定界限、数据处理范围等参数,系统输出数据时间间隔为 5 min,数据单元为 20,最佳分辨率为 1/20 河宽。

RiverSonde 高频河流实时监测系统可以进行连续测量,测得各个时刻的河流表面的径向流速分布图(图 6),并可将其导入谷歌卫星地图(图 7)。系统可由径向流导出沿河方向流速(流速平行于河岸),测得河流的断面流速分布图(图 8)。由于系统测量的是表面流速,在测量流量时需将表面流速换

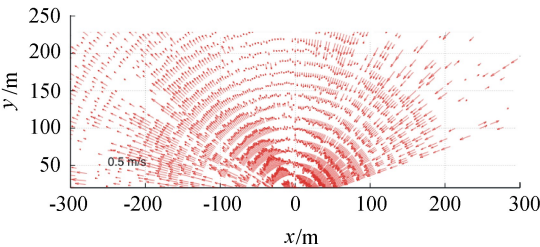


图 6 径向流速分布

算为断面垂线平均流速,本文采用系统推荐的换算系数 0.85。流量测量时采用回声测深仪测量过水断面,通过流速面积法计算得到流量。

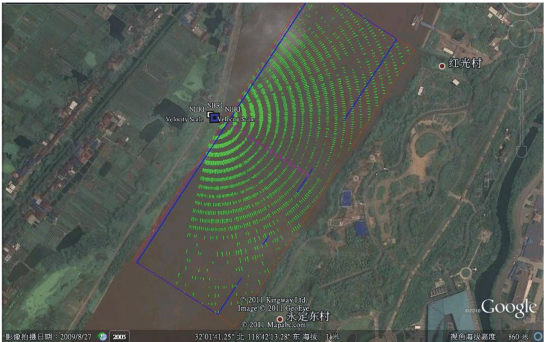


图 7 卫星地图显示

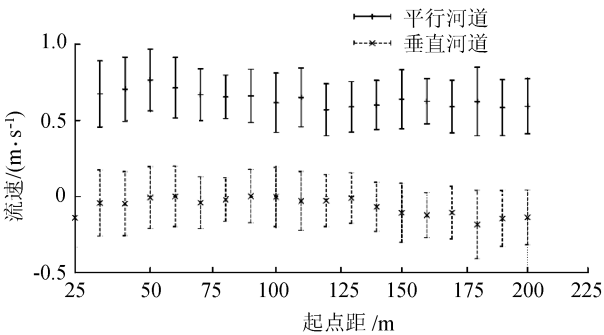


图 8 断面流速分布

2.2 对比测量

比测试验采用目前应用较为广泛的测流仪器 ADCP (声学多普勒流速剖面仪)^[2-5], ADCP 测流根据测定水体中微颗粒声后向散射的多普勒频移来测量水体速度,对流场不产生干扰,而且能够在航行过程中测量流速剖面,可快速地获得一个水域的流场断面。ADCP 同时测速、测深,从而可测得断面的平均流速和流量。

本次试验采用走航式 ADCP 测量与 GPS 相结合,进行了两个不同时刻的往返测量,测得流量,将其与相同时刻 RiverSonde 高频河流实时监测系统的测量结果进行对比,如表 1 所示,可见两者测量结果比较接近,相对误差在 3% 以内。

表 1 RiverSonde 与 ADCP 流速测量结果对比

测次	流速/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		绝对误差/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对 误差/%
	ADCP	RiverSonde		
T1	1 221.07	1 256.63	35.56	2.91
T2	1 150.12	1 181.42	31.30	2.72

3 结 语

目前我国江河湖泊的流速和流量大都采用测船、缆道测流设备和船用测流设备 ADCP 等接触式方法测量,在江河截流、汛期(大洪水)、堤防决口和

自然灾害来临时,水流湍急,接触式方法无法实现测量,RiverSonde 高频河流实时监测系统可以有效地解决上述难题,但该系统尚存在一些不足之处有待进一步改进:①单套系统只能测量径向流速分布,如要测得流场至少需要两套系统^[6];②系统理想测量河宽不超过 300 m,为了扩大适用范围,应采用增加功率及架高天线的方法;③测量流量时,需要其他的水位及地形测量仪器配合测量,应进一步进行相关接口及系统集成研究开发。

参考文献:

[1] TEAGUE C, BARRICK D E, LILLEBOE P M, et al. UHF RiverSonde observations of water surface velocity at Threemile Slough, California [C]//Proc. of the 2005 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. New York: IEEE, 2005: 4383-4386.

(上接第 45 页)

2.4 控制处理策略

基于 GPRS 的灌区信息采集控制服务通过 GPRS 接收到控制指令后,在 1s 之内完成服务端指令解析→存库→发送控制请求→发送成功确认→生成操作日志等一系列任务。由于本服务同时服务于多个站点,因此存在同时被请求控制多个站点的理论情况,为了避免数据拥堵和一个请求不能发出,其他请求长期排队等待的情况发生,系统采用了动态排队机制。也就是为每一个请求设置优先级和等待失效期限,等待失效期限是系统配置的可调参数,优先级是根据队列中请求的多少以及单指令等待时长和总等待时长,动态调整的。这种机制保障了队列中消息的合理等待,避免了单指令长期等待状况的发生。

基于 GPRS 的灌区信息采集控制服务闲时采集频率为每 5 min 一组,控制时采集频率为每 5 s 一组,且不同类采集频率可任意调整,控制指令的全程反应时间控制在 2 s 以内,有效缩短控制等待时间。

(上接第 54 页)

参考文献:

[1] 唐洪武,李瑾,周浩祥. 光电反射式地形仪的研制及应用 [J]. 河海大学学报,1995,23(1): 80-84.
[2] 姚晓明,李旺兴,肖方祥. 实用性冲淤界面判别仪 [J]. 泥沙研究,1996(2): 109-111.
[3] 王雅丽,李旺兴. ABF2-2 地形仪 [J]. 港口科技动态,2006(3): 16-19.

[2] SPAIN P, BARRICK D E, TEAGUE C. Remote sampling of river discharge using radar and sonar: combining RiverSonde radar and Channel Master ADCP provides a new angle to an old measurement problem [J]. Sea Technology, 2006, 47(2): 35-44.
[3] 黄勇强. ADCP 流速仪在三水水文站的比测试验 [J]. 广东水利水电, 2011(2): 43-45.
[4] 高菲,周根富,姜志成,等. ADCP 技术在河流流量测验中的应用 [J]. 江苏水利, 2011(1): 27-29.
[5] 林楠,祁敏敏,王佑喜. 走航式 ADCP 在河流测流中的应用 [J]. 浙江水利科技, 2011(4): 39-41.
[6] TEAGUE C, BARRICK D E, LILLEBOE P M, et al. Two-dimensional surface river flow patterns measured with paired riversondes [C]//Geoscience and Remote Sensing Symposium. Barcelona: IEEE, 2007: 2491-2494.

(收稿日期:2012-08-30 编辑:熊水斌)

3 结 语

基于 GPRS 的灌区信息采集控制服务已成功应用于山东滨州韩墩灌溉局灌区信息化项目,韩墩灌溉局包括众多灌溉所站点,其中已经实施采集控制的有渠首、谷家和五七,各个站点均实现了数据采集、本地以及远程闸门控制、本地以及远程视频控制,并且在五七管理所实现了小车智能化自动测流功能。该项目针对灌区不同层次的用户开发了智能手机数据浏览系统、客户端数据采集控制系统、网络版数据采集控制系统等一体化的灌区信息化系统,2012 年将在整个灌区布设更多的采集控制点,逐步整合、提升韩墩的灌区信息化管理和信息化质量,进一步提升该地区的灌区信息化水平。

参考文献:

[1] 张月萍. Web Services 应用开发 [M]. 北京:电子工业出版社, 2011: 25-38.
[4] 王振先,金欢阳. 实验室用超声地形仪 [J]. 海洋工程, 2001, 19(1): 94-98.
[5] 马志敏,范北林,许鹏,等. 河工模型三维地形测量系统的研制 [J]. 长江科学院院报, 2006(2): 47-49.
[6] 杨文,薛雷平,胡天群,等. 河工模型水下地形激光自动测量系统的开发 [J]. 人民长江, 2009(12): 62-65.
[7] 陈诚,唐洪武,陈红,等. 国内河工模型地形测量方法研究综述 [J]. 水利水电科技进展, 2009, 29(4): 76-79.

(收稿日期:2012-08-15 编辑:熊水斌)