

⑫

利用宽带 ADCP 动船测量河川流量

54-55

杨福清

王乃敏

P332.4

(山东省科学院海洋仪器研究所 青岛 266001)

关键词 流速剖面仪 流量测验 声学多普勒效应 宽带信号处理技术

ADCP

河流

流速测量

流量测量

基于使用声学多普勒流速剖面仪 ADCP (Acoustic Doppler Current Profilers) 10 年来的经验, 美国已开发出河川系列宽带 ADCP, 应用于浅水河流的流速测量。

ADCP 仪器采用 RD Instruments 公司的先进宽带信号处理技术 (U.S. Patents 5 208 785 和 5 343 443) 使其具有最佳测流性能, 被认为是“测流领域的巨大创新”。

河川宽带 ADCP 可以独立测量出用于直接准确地计算流量所必需的全部信息 (流速、河底深度和船只相对于河底的运动等)。测量时不需要导航装置或回声测深仪, 只需一部能驱动流量计算软件 (TRANSECT) 运行的计算机。与此同时, 它可以测得流场结构和河底深度剖面。河川宽带 ADCP 用于流量测量已在全世界某些大小河流中得到证明, 可在含有大量悬移质的河流中, 以及在浅至 1 m 深的浅水中进行。在这一点上, 宽带 ADCP 是优于窄带 ADCP 的。采用 300 kHz 的宽带仪器已经成功地测量了具有较大含沙量的密西西比河的流量。应该指出, 中国有些河流的含沙量远较密西西比河为大, 尚待进一步应用。

河川用宽带 ADCP 是整个 ADCP 宽带系列产品的一部分。它与用于海洋测流、测速计程和其它方面的 ADCP 产品具有相同的基本原理和测量性能, 而同时适应河川测量的专门要求。全部宽带系列产品包括 6 个频率, 适用于不同的量程和分辨力要求。较低的频率, 可以得到较大的剖面量程, 而较高的频率, 具有更高的分辨力。

1 ADCP 仪器特点

多普勒流速剖面仪 ADCP 具有以下特点:

a. 快速准确的流量测量。在行船上穿越河流, 只要几分钟便可完成流量的准确测量, 从根本上改变了河川流量测验的传统方法。

b. 流量、流场结构和水深的同步测量。

c. 完备的自容式流量测量系统。

d. 多样的仪器布设方式。可以安装在大小船只上走航测量, 亦可架于平台, 锚于河底, 定点长期自记。

2 ADCP 的基本工作原理

2.1 流速测量

a. ADCP 换能器测头由 4 个声学换能器组成, 它们按一定规则排列。测头以 4 个不同的方向向水体中发射短宽度、高频声脉冲, 然后接收自水中返回的反向散射声信号。根据其 Doppler 频移, 便可得知水流速度大小。

b. 宽带 ADCP 测量水流速度是在一系列相同厚度的水层上进行的。这些水层称作“深度单元” (Depth Cell)。

c. 由于换能器浸没、回波灭熄和发射脉冲的时序等原因, 接近水面的小水层是测不到的, 又因侧向波束干涉和脉冲发射技术的限制, 接近河底的小水层也是测不到的。因此, 在水体的上下边界形成两个工作盲区。盲区部分的数据可按某种数学模型进行补插, 补插值计入测量结果。

2.2 流量测验

a. 当动船横渡河流时, 安装在船上的宽带系统便测得计算流量所必需的全部数据, 包括水深、流速和船在河流中的位置 (路径)。流量按以下积分式^[1]计算:

$$Q = \iint n(L) u(Z, L) dZ dL$$

式中 n, u 分别为单位矢量和流速矢量; Z, L 分别为水深和路径。

b. 宽带系统可以测得垂直于航迹方向的水流速度分量。因此, 不管行船采取怎样的路径穿越河流, 直线的、对角线的、“Z”形的, 甚至是在河流中央采取环形路径, 都可以测出河流的流量, 而不受航迹的影响。

第一作者简介: 杨福清, 男, 副研究员, 从事海洋仪器仪表研究工作, 曾发表《价值浮标的最新进展——风速风向深流浮标》等论文。

c. 盲区部分的流量,按流速分布数学模型补插,计入上式求得的流量,即为全断面流量。

3 ADCP 仪器组成与型号

宽带 ADCP 的基本配置由水声换能器、甲板单元(电子设备)、连接电缆及测试软件等部分组成。此外还有方位传感器、倾斜传感器、外接定位系统和接口等标准选件以及辅件等。

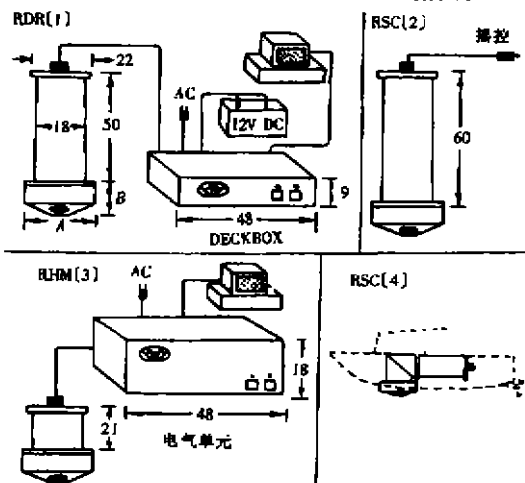
a. RDR 系列(直读式)。RDR 系列由换能器、甲板单元和连接电缆组成。甲板单元采用 AC110V 或 220V,或采用 DC12V,向 ADCP 供电。串行输入/输出:RS-422 到 ADCPRS-232 到计算机。备有外接插座,供机外数据传输之用。水下电缆直径 10mm,长 25m。

b. RSC 系列(自容式)。RSC 由换能器及遥控器组成。机内电池直流供电,适合在任何天气条件下工作。数据记录器有 7.5MB 存储器。遥控器可控制数据采集和记录。当 ADCP 发出声脉冲时,LED 指示器闪光,备有外接插座,可供机外数据传输之用。水下电缆直径 10mm,长 25m。

c. RHM 系列(仪器永久性安装在船体上)。RHM 系列由换能器及甲板单元组成,采用 AC 供电。连接电缆直径 19mm,长 15m。

d. RSC 系列(带有 90°换能器适配器)。RSC 系列适于安装在遥控小艇上。机内电池组和数据记录器同 RSC 系列。

以上各系列宽带仪器的基本配置见附图。



附图 宽带 ADCP 的基本配置(单位:cm)

4 河川宽带 ADCP 流量系统技术参数^[2-3]

根据 ADCP 生产厂家 RD Instruments 公司在 1995 年 2 月出版的资料和样本,将 ADCP 的主要技术参数归纳如下。

a. 水流剖面测量。剖面测量距离:

系统频率(kHz)	2400	1200	600	300
剖面距离(m)	5	20	60	130

深度单元个数为 1~128;深度单元厚度为 0.12~32m;流速范围为 $\pm 20\text{m/s}$ 。

第一深度单元起点:

系统频率(kHz)	2400	1200	600	300
起点(m)	0.3	0.5	1	2

b. 底层流速测量。流速范围为 $\pm 20\text{m/s}$;河底上高度如下:

系统频率(kHz)	2400	1200	600	300
最大高度(m)	11	38	120	150
最小高度(m)	0.3	0.8	1.4	2

c. 流量测量。当河流的平均深度超过最小深度单元厚度 10 倍时其准确度为 $\pm 2\%$ 。

d. 换能器。四种标准频率为 300, 600, 1200, 2400kHz(75 和 150kHz 亦可供货);波束角为偏离垂直线 20° ;波束宽为 1.5° (1200 和 2400kHz)或 3° (300 和 600kHz)。

e. 流量计算软件(TRANSECT)。

f. 外接定位系统。串行方位数据(符合美国电气厂商协会 NEMA 183)可输入到 TRANSECT 程序。

g. 数据存储。机内数据存储为 7.5~240MB。

h. 数据记录。数据用 DOS 兼容的文件记录在可拆卸式存储卡上,它可直接由 IBM PC 机读出,或通过串行电缆转存到 PC 机上。记录数据包括原始数据文件和有关仪器设定参数的 ASCII 文件。

i. 数据通信。接口采用美国电子工业协会标准化接口 RS232, RS422 或 RS485, 串行;波特率为 300~115200 波特,标准为 9600 波特;数据格式为 ASCII 码或二进制码;输入数据为 ASCII 码指令控制操作;输出数据为流速和回波强度剖面、底层流速、河底上高度、传感器和其它数据。

j. 标准软件。帮助用户完成下列工作:测试,数据采集,仪器布放的组织和准备,数据读取、列表和显示,并可将数据转换成 ASCII 码,以便作进一步处理。

k. 可靠性。军用零部件:系统 MTBF 为 20000h,换能器 MTBF 为 50000h;商用零部件:系统 MTBF 为 10000h,换能器 MTBF 为 25000h(MTBF 为平均无故障工作时间)。

l. 可维修性。电子单元的 MTTR 小于 20min(MTTR 为平均维修时间)。

参考文献

- 1 周凤珍.声学多普勒流速剖面仪简介.水文,1994(2):38~40
- 2 RD Instruments. ADCP Preliminary specifications, San Diego, 1995
- 3 RD Instruments. ADCP Moving-boat river measurement, San Diego, 1995

(收稿日期:1996-06-03 编辑:张志琴)