

# 基于 CR1000 的海洋剖面测量平台双重数据系统设计

郭安刚<sup>1</sup>, 张喜验<sup>2</sup>, 綦声波<sup>1</sup>, 陈宗喜<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学 工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 山东省科学院 海洋仪器仪表研究所, 山东 青岛 266001)

**摘要:** 为新型海洋剖面测量平台设计了一种基于 CR1000 数据采集仪的数据存储安全和数据读取方便的双重数据系统。第一重数据, 分散存储于自容式传感器, 传感器的上位机软件通过 CR1000 来读取; 第二重数据, 集中存储在 CR1000 的数据扩展模块中, 通过海洋剖面测量平台的上位机软件直接读取。实验结果表明, 该存储方案可有效地实现采样数据的存储和读取, 从而最大限度地保证了新型海洋剖面测量平台的数据安全。

**关键词:** 双重数据系统; 数据采集仪; CR1000; 剖面测量

中图分类号: TP274+.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2012)07-0123-05

当前垂直剖面海洋参数测量的主要方式是在每个需要测量的深度放置一组传感器, 以便进行不同深度的参数测量。这种方式需要使用多组传感器, 因此测量成本高昂。国外已经研制了新型的测量设备, 比如美国麦克莱恩研究实验室(McLane Research Laboratories)的麦克莱恩系泊剖面仪(The McLane Moored Profiler, MMP), 它已经是一种成熟的产品并开始销售。国内主要使用的垂直剖面海洋参数测量方式还是多组传感器测量的方式, 正在研究新型的测量方式, 还没有一种成熟可靠的产品。基于 CR1000 的海洋剖面测量平台是一种新型的垂直剖面海洋参数测量设备, 其测量平台能够在海水中上下移动和停留。既具有锚泊海洋剖面测量平台可长期获得定点连续观测数据的优点, 又具有漂流式剖面测量平台可自动升沉测量剖面数据的优点, 而且具有隐蔽性好、测量准确度高的特点。

如何保证测量数据存储的安全性, 是海洋监测设备需要解决的一个重要问题。本论文为基于 CR1000 的海洋剖面测量平台设计了一种双重数据系统, 使得海洋剖面测量平台拥有两份测量数据。这两份数据互为备份, 最大限度地提高测量数据的安全性。

## 1 基于 CR1000 的海洋剖面测量平台简介

海洋剖面测量平台的控制系统示意图如图 1 所

示, 主控制器和外围设备之间通过 6 个 RS232 串口来实现通信。3 种测量海洋参数的传感器为: 倾斜度传感器、温盐深传感器(CTD)以及多普勒声学剖面海流传感器(ADCP)。电机为海洋剖面测量平台的上升和下沉提供动力。



图 1 海洋剖面测量平台控制系统示意图

Fig. 1 The control system of moored profile measuring platform

### 1.1 主控制器

为了充分保证海洋剖面测量平台的可靠性, 缩

收稿日期: 2011-09-01; 修回日期: 2012-03-13

基金项目: 国际合作项目(2007DFR90130)

作者简介: 郭安刚(1987-), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 从事海洋监测技术, 电话: 15275237893, E-mail: guoangang123@gmail.com

短开发周期, 并且降低系统开发的难度, 海洋剖面测量平台以 CR1000 作为主控制器。

CR1000 是美国 CAMPBELL SCIENTIFIC 公司的一款数据采集仪(Data Logger), 具有程序扫描时间可设置、时钟精度高和低功耗等优点, 并具有高精度性、高适应性、高可靠性等特点。本设计通过外接存储模块, 便可以获得 2 GB 的大容量数据存储空间。CR1000 能够扩展到 6 个 RS232 串口, 满足了海洋剖面测量平台对控制接口的要求。

使用单片机和 ARM 开发硬件, 虽然具有很大的灵活性, 但是需要大量的时间来进行设计和验证, 并且不一定能够保证长时间正常运行和水下的恶劣环境。CR1000 数据采集仪在休眠模式时的功耗大约为 5.4 mW; 具有温度补偿的时钟设计, 年偏差约 3 min, 并能够使用 GPS 来进行时钟校正; 能够通过更换外接存储模块, 实现更大容量的存储空间。因此, 采用 CR1000 使得海洋剖面测量平台的开发方便许多。

## 1.2 CTD

CTD 测量温度、盐度、深度三个参数, 具有 RS232 接口来进行控制和数据通信。选定型号的 CTD 为自容式传感器, 控制命令丰富, 满足双重数据系统的控制要求。

## 1.3 ADCP

ADCP 即声学多普勒剖面海流仪, 海洋剖面测量平台有两台不同型号的 ADCP: 一台具有波浪和海流测量功能, 其内部存储空间为 4 GB; 另一台只有海流测量功能, 内部存储空间为 176 MB。这两种型号的 ADCP 控制命令基本相同, 能够提供多种测量方式, 使得海洋剖面测量平台能够以最简单的方式对其进行控制。两种型号的 ADCP 都是自容式的, 且都以 RS232 串口通信。

海洋剖面测量平台选择剖面海流仪, 是为了准确获得剖面海流数据。如果使用点式流速仪, 海洋剖面测量平台会对海流造成影响, 从而破坏测量的准确性。

## 1.4 倾斜度

倾斜度传感器能够测量两维的倾斜角度, 通过 RS232 串口来进行通信。该传感器主要用于海洋剖面测量平台姿态的测量, 并和其他数据同步存储, 以便在海洋剖面测量平台回收后能够进行姿态反

演。它内部没有存储空间, 不是自容式传感器。具有自动发送测量数据和手动发送测量数据两种控制方式, 海洋剖面测量平台选择手动方式进行控制。

## 1.5 电机控制

电机为海洋剖面测量平台提供运动的动力, 同样通过串口来进行控制。电机具有正转、反转、停止等功能, 使海洋剖面测量平台能够上浮、下潜和驻留。

## 2 双重数据系统的设计

第一重数据存储在于自容式传感器中, 在图 2 中为最低层中的 CTD 和两个 ADCP, 因此数据是分散存储的。倾斜度传感器的测量数据不包含在第一重数据系统中。第二重数据集中存储在 CR1000 扩展 2 GB 存储空间中, 为图 2 中的顶层 CR1000 数据仪, 通过串口将四个传感器的测量数据汇集到 CR1000 中。双重的数据系统大大提高了数据的安全性, 使得海洋剖面测量平台具有了更加稳定的工作特性。

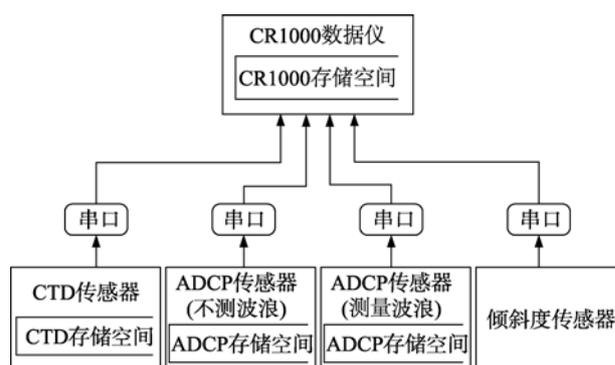


图 2 双重数据结构示意图

Fig. 2 Dual data system

### 2.1 第一重数据

第一重数据存储依靠自容式传感器实现, 所以主要有 CTD 和 ADCP 数据。由于第一重数据存储在于传感器的存储空间中, 如图 2 中 CTD 和两个 ADCP 传感器, 因此数据是分散的。倾斜度传感器用来测量海洋剖面测量平台的倾斜角度, 测量的数据用作对海洋剖面测量平台的姿态研究, 验证海洋剖面测量平台设计是否符合要求, 不属于垂直剖面海洋参数。并且选型的倾斜度传感器不是自容式, 所以第一重数据存储中没有倾斜度传感器的数据。

第一重数据是自容式传感器自存储的, 使用各传感器自身的上位机软件来读取数据。根据海洋剖

面测量平台布放置时间的长短, 选取合适的内存容量即可。

## 2.2 第二重数据

第二重数据存放在主控制器 CR1000 的扩展存储设备中(即 2 GB 的 CF 存储卡), 在图 2 中为 CR1000 的内部存储器, 数据都采用二进制格式进行存储。主控制器接收到四个传感器的数据, 对数据进行处理并存储在主控制器的扩展存储设备中。因为主控制器中包含了所有的传感器的数据, 所以第二重数据是集中进行存储的。

### 2.2.1 第二重数据的文件和数据格式设计

为了使集中存储于 CR1000 中的各个传感器的数据具有独立性, 各个传感器都有一个文件用来存储数据。但具有波浪和剖面海流测量功能的 ADCP 有两个文件。文件中的数据都是由一条条的数据组成, 一条数据是一次测量的数据。每条数据都以时间作为开始, 便于进行数据查询。如果某一次测量没有成功, 那么这一次测量的数据会被存储为零。这样使得数据的存储很有规律, 便于管理、查询和调取。

倾斜度传感器和 CTD 传感器每一秒钟进行一次数据测量, 数据格式都为 ASCII, 一条数据的大小分别为 16 字节和 20 字节。具有波浪测量功能的 ADCP 发出的数据为 ASCII 码字符串, 字符串的大小同剖面海流层数的设置有关, 层数越大数据量越大。从 ASCII 字符串中提取出海流和波浪测量数据后, 分别存入海流和波浪文件中。只具有剖面海流测量功能的 ADCP 发出的海流数据为二进制字符串, 字符串的长度与设置的剖面海流层数有关, 层数越大数据量越大。该传感器的海流数据与具有波浪测量功能的 ADCP 的海流数据内容不完全相同, 因此两个传感器的剖面海流数据不能统一存储在一个文件中。

### 2.2.2 第二重数据的数据量

倾斜度传感器若每秒钟记录一次数据, 则半年数据量约为 240 MB; 若每 5 s 记录一次数据, 则半年数据量约为 48 MB。CTD 若每秒钟记录一次数据, 则半年数据量约为 300 MB; 若每 5 s 记录一次数据, 则半年数据量约为 60 MB。

剖面海流测量周期一般为 10 min, 而波浪测量的周期一般为 60 min, 再加上海洋剖面测量平台需要运动和稳定的时间, 因此波浪和剖面海流的真实测量周期会比一般周期大许多。并且一条波浪数据

和一条剖面海流数据都不大, 分别为 144 和 500 字节。因此它们的数据量会远小于倾斜度传感器和 CTD 传感器所产生的数据量。

由第二重数据中各部分数据量的估算可知, 主控制器 CR1000 扩展的 2 GB 存储空间, 满足海洋剖面测量平台第二重数据系统对于存储空间的需求。

### 2.2.3 第二重数据的读取

第二重数据通过海洋剖面测量平台的上位机软件来调取, 为此设计了多个数据调取命令。比如调取某天倾斜传感器数据命令、调取全部 CTD 数据命令、以及调取某天海流数据命令等等。海洋剖面测量平台的上位机软件通过串口协议来和 CR1000 进行通信, 数据通信有开始和结束标志, 并且具有校验位, 充分保证了数据传输的可靠性和正确性。

## 3 双重数据存储的关键技术

第一重数据的关键技术是直连命令。直连命令可以在不拆卸海洋剖面测量平台的情况下, 通过自容式传感器自身的上位机软件读取测量数据, 并对传感器进行设置和调试。第二重数据系统的关键技术是存储海洋剖面测量平台的运行状况信息。拥有这些信息后便可以对海洋剖面测量平台的运行状况进行模拟和分析, 从而对海洋剖面测量平台的运行状况进行优化。

### 3.1 第一重数据系统的关键技术

直连命令要实现的功能为: 传感器自身的上位机软件(安装在 PC 机上)通过 CR1000 的中继, 和传感器进行连接通信, 功能示意图如图 3。但是, 一次只能连接一台传感器, 此时 CR1000 相当于一个多路开关。

第一重数据读取时, 首先需要使用海洋剖面测量平台的上位机软件发送相应的直连命令给 CR1000, 以便 CR1000 进行直连操作; 其次, 打开传

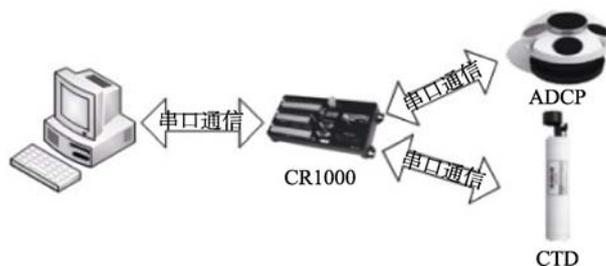


图 3 直连命令功能示意图

Fig. 3 Scheme of direct-connect order

传感器的上位机软件进行连接, 连接成功后便可以进行第一重数据的读取。

### 3.2 第二重数据系统的关键技术

海洋剖面测量平台在海水中运动时会受到海流等的影响, 因此波浪和剖面海流测量的时间在一个海洋剖面测量平台的运行周期中是不固定的。如果在波浪和剖面海流存储的文件中加入海洋剖面测量平台运行周期的信息, 那么从一条波浪或者剖面海流数据中, 就可以直接知道它是一天中的第几个周期和第几次驻点。海洋剖面测量平台运行周期信息包括周期数和驻留点编号。周期数是指一天当中的第几次周期(也可称为升沉次数)。驻留点编号是指一个周期中上升过程中的第几次驻留。上位机软件将会反演海洋剖面测量平台的姿态, 如果没有存储海洋剖面测量平台运行周期的信息, 那么就需要进行逻辑推断。但是逻辑推断有可能出错, 因此存储海洋剖面测量平台运行周期信息就显得很有必要。

## 4 实验结果

本实验是在实验室进行的, 主要验证双重数据系统各部分功能的实现情况。由于海洋剖面测量平台项目没有进入样机实验阶段, 因此此处只给出了实验室的实验结果。

第一重数据主要测试直连命令, 需要调试的直连命令有 3 个: 倾斜度传感器直连命令、CTD 直连命令和 ADCP 直连命令。经过反复测试, 得到如下结

果: CR1000 的程序扫描周期设置在 100 ms 以内(包括 100 ms), 直连命令便能够正常工作。

第二重数据主要进行数据存储的测试, 由于数据读取部分需要与海洋剖面测量平台的上位机软件协调进行, 此处暂不给出结果。实验测试时, 海洋剖面测量平台的工作设置如下: 运行周期设为 60 min, 一个周期内驻点数量设为 4, 倾斜度传感器和 CTD 的采样周期为 1 s, 两个 ADCP 在每个驻点进行各测量一次剖面海流, 一个周内期具有波浪测量功能的 ADCP 测量一次波浪。

图 4 为海洋剖面测量平台工作 1 天后, 位于 CR1000 扩展存储模块中的第二重数据系统的文件信息图, 图中共有 5 个文件: Angle.dat 和 CTD.dat 分别为倾斜度传感器和 CTD 的数据存储文件, ADCPDown.dat 为只测量剖面海流的 ADCP 的数据存储文件, ADCPUp\_current.dat 和 ADCPUp\_wave.dat 为具有波浪测量功能的 ADCP 的剖面海流和波浪数据存储文件。

海洋剖面测量平台工作 1 天时间后, 第二重数据中各个文件的理论数据量如下: Angle.dat 文件的数据量为 1 382 400 字节; CTD.dat 文件的数据量为 1 728 000 字节; 只具有剖面海流测量功能的 ADCP 的层数设置为 10, 文件数据大小为 12 288 字节; 具有波浪测量功能的 ADCP 的层数设置为 5, ADCPUp\_current.dat 文件数据量为 23 808 字节; ADCPUp\_wave.dat 文件数据量为 3 456 字节。

File Name	Run Options	Size	Modified	Attributes
CTD.dat		1728 KB	2011-07-11 16:36:56	RW
ADCPDown.dat		12.288 KB	2011-07-11 16:37:18	RW
ADCPUp_current.dat		23.808 KB	2011-07-11 16:37:40	RW
ADCPUp_wave.dat		3.456 KB	2011-07-11 16:38:00	RW
Angle.dat		1382.4 KB	2011-07-11 16:41:00	RW

图 4 第二重数据的一天数据存储量图

Fig. 4 Daily size of second data

通过对比理论值和图 4 中实际的文件大小, 可以得到如下结论: 第二重数据的实际数据存储大小与理论计算一致。再将第一重数据和第二重数据中的共有部分的数据内容进行对比, 可知第二重数据

存储的数据内容和格式也是正确的。因此, 第二重数据的存储是正确无误的。

综上所述, 本论文设计的双重数据系统能够满足设计要求, 也就是能够保证海洋剖面测量平台安

全可靠的工作。

## 5 结语

一般的海洋监测设备只有单重数据系统,当发生意外导致存储设备出现问题时,存储设备中的数据就会损坏或者丢失,那么测量的数据就会被破坏或者完全丢失。此种海洋监测设备的可靠性不高。

与一般的海洋监测设备的单重数据系统相比,双重数据系统的最大特点是:充分保证了存储数据的安全,提高了海洋剖面测量平台的可靠性。双重数据系统的两重数据互为备份,并且第一重数据分散存储,第二重数据集中存储。如果其中一重数据损坏或者丢失了,那么另一重数据仍然能够提供测量数据。因而能够最大限度地提高数据安全性,并提高海洋剖面测量平台可靠性。

除了上述的双重数据系统的特点外,海洋剖面测量平台作为新型的海洋监测设备,它只需要一组传感器,大大降低了剖面海洋参数测量的成本,并

且具有全天候的测量能力。因此,基于 CR1000 的海洋剖面测量平台不仅拥有良好的应用前景,而且会弥补我国在垂直剖面测量方面的不足。

参考文献:

- [1] 刘素花, 龚德俊, 徐永平, 等. SD 卡在海洋数据存储中的应用[J]. 海洋科学, 2009, 33(3): 16-20.
- [2] 刘素花, 龚德俊, 徐永平, 等. 基于单片机的海洋环境监测系统的控制电路设计[J]. 海洋科学, 2009, 33(8): 67-71.
- [3] 商红梅, 张少永, 沈高山. 极区冰盖下定点剖面测量系统[J]. 海洋技术, 2006, 25(3): 23-26.
- [4] 商红梅. 缆式水下自动升降平台[J]. 海洋技术, 2005, 24(1): 19-24.
- [5] 刘素花, 龚德俊, 徐永平, 等. 海洋剖面要素测量系统波浪驱动自治的实现方法[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(3): 603-609.

# Design of moored profile measuring platform's dual data system based on CR1000

GUO An-gang<sup>1</sup>, ZHANG Xi-yan<sup>2</sup>, QI Sheng-bo<sup>1</sup>, CHEN Zong-xi<sup>1</sup>

(1. College of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Institute of Oceanographic Instrumentation, Shandong Academy of Sciences, Qingdao 266001, China)

Received: Sep., 1, 2011

**Key words:** dual data system, datalogger, CR1000, profiling measurement

**Abstract:** We designed and developed a dual data system for moored profile measuring platform. This dual data system could make sure that data were stored and read right and safely. First data were stored in self-contained sensors and were read by the use of sensor's software through CR1000; second data were stored in CR1000, and were read by the software of the moored profile measuring platform. Experimental results showed that measured data was well stored and read, demonstrating the security of the moored profile measuring platform's data is guaranteed.

(本文编辑: 刘珊珊)