



基于虚拟仪器技术的海洋移动气象观测系统

兰志刚¹, 龚德俊², 于新生³, 李思忍²

(1. 中海实业信息技术开发分公司, 北京 100016; 2. 中国科学院 海洋研究所 山东 青岛 266071; 3. 中国海洋大学 山东 青岛 266003)

摘要: 介绍一种自主研发的、基于Labview虚拟仪器技术的海洋移动气象观测系统, 它可广泛用于各种舰船、海洋移动平台上, 能够有效地去除安装平台的移动给风参数测量造成的影响, 从而给出真风速、真风向、温度、湿度、气压、安装平台移动轨迹、速度等参数, 并能够实时地显示相关参数的随时间的变化趋势, 为海洋气象的研究及预报工作提供真实有效的原始数据分析资料。

关键词: 虚拟仪器; 真风速; GPS; 罗经; LabVIEW

中图分类号: P736.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)03-0012-05

为了开展海面风场变化规律、影响因子以及气象条件对海洋灾害(如海浪、风暴雨)的影响作用研究, 建立海洋风暴潮预报模型, 预报海洋气候变化, 需要准确、及时地采集现场气象资料。行驶于各海域的各种舰船为海洋气象观测系统提供了方便的测量平台。然而, 由于舰船是一个移动的测量平台, 这就决定了舰船上的气象站直接测量的风要素, 是一个合成了舰船移动速度的合成矢量, 而非风参数的真值。要得出风参数的真值, 必须结合舰船的移动速度, 分解实测的风矢量, 从而准确地求得相应的风参数。船载GPS和罗经可以提供实时的船向船速数据, 通过必要的矢量运算, 就可以在移动测量平台上实现对风参数真值的实时测量。为此, 作者建立在NI(National Instruments)公司虚拟仪器技术的基础上, 开发了这套海洋移动气象观测系统。

本系统利用NI公司的LabVIEW图形化开发环境研制而成, 采用NI公司的虚拟仪器技术作为该测量系统核心构建平台, 完成相关仪器的控制、综合数据的采集、运算和储存。整个测量系统由计算机、多串口扩展板、自动气象站、GPS以及罗经组成, 可以实时地测量瞬时真风速、真风向; 瞬时合成风速、合成风向; 温度、湿度、气压; 安装平台移动轨迹、速度等参数; 用户还可以根据需要, 选择不同的平均处理模式, 同步记录两个时间

段的平均处理结果。采样界面为一虚拟仪器面板, 风速风向等参数分别用指针表盘和数字表盘显示, 系统同时还给出了上述参数的趋势图显示, 可以方便用户对相关的气象参数进行实时分析。由于采样系统完全兼容NMEA 0138标准, 任何厂家生产的符合上述标准的气象、GPS及罗经设备均可接入此系统, 实现本系统所提供的所有功能。

1 系统的测量原理

固定在地面上的气象站中的风传感器, 在安装时通常选择正北作为风向传感器的零方向位置, 由于其参考点位置固定不变, 当传感器受风时, 其读数即为真风速值。而当其安装于行进中的舰船上时, 通常以船首方向作为风向传感器的零方向位置, 其参考点将随船只运动发生改变, 因此所测的风要素是一个以舰船本身作为参考系、以船首方向作为零方向、合成了舰船移动速度的合成矢量, 而非风参数的真值。要得出风参数的真值, 必须结合舰船

收稿日期: 2004-06-02; 修回日期: 2005-01-04
基金项目: 中国科学院重大科技合作项目(H42032602); 中国科学院海洋研究所知识创新领域前沿项目(L84032609); 中国科学院留学基金项目(2002-2003)
作者简介: 兰志刚(1963-), 男, 山东青岛人, 高级工程师, 硕士, 主要从事海洋探测技术的研究, 电话: 010-64359217, E-mail: moon@ms.qdio.ac.cn

的移动速度和罗盘读数，分解实测的风矢量，从而准确地求得相应的风参数。安装于舰船之上的全球定位系统 GPS 可以精确地算出舰船行进的轨迹和行进速度，进而用来对气象站所测得的风参数进行修正，获取风参数的真值。但是，由于风浪、海流等因素的影响，舰船行进时船首的方向往往并不能与其行进轨迹的方向一致，两者之间存在一定的偏角。所以，仅仅利用 GPS 的测量结果，并不能获取风参数的真值，必须利用船载罗径的读数值，对风向传感器的测量值进行修正，才能得到正确的测量结果。

假设舰船的行进速度为 V_s ，风传感器直接测得的风速为 V_{ws} ，罗径测得的船首偏向角为 θ_c （以正北为方向基准点）。如果用复数形式来表示，则可以写成 $V_s = |V_s| \times e^{j\theta_s}$ ，其中 θ_s 为船速方向（以正北为方向基准点）。 $V_{ws} = |V_{ws}| \times e^{j\theta_{ws}}$ ， θ_{ws} 为风向传感器的读数。由于 θ_{ws} 是以船首为方向基准点的，所以当转换成以正北为方向基准点时，应该加上罗径测得的船首偏向角 θ_c ，因此转换后的直测风速为 $V'_{ws} = |V_{ws}| \times e^{j(\theta_{ws} + \theta_c)}$ 。真风速的表达式应该为 V'_w 与 V_s 的矢量差，即 $V_w = V'_{ws} - V_s$ 。各矢量间的相互关系见图 1 所示。

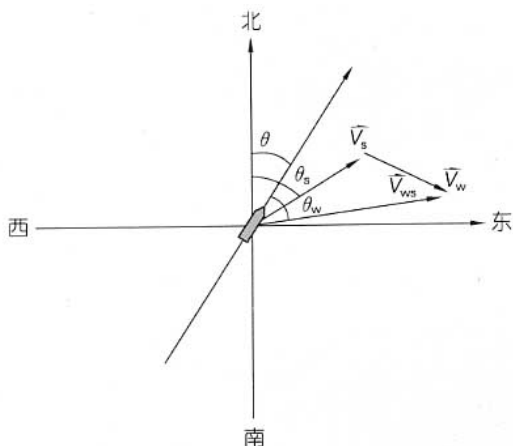


图 1 系统的测量原理
Fig.1 Working principle of system

2 系统组成

该系统的核心控制由计算机结合基于虚拟仪器的

软件技术来实现，通过对虚拟仪器界面上相关的控制部件进行操控，实现系统的操作控制。自动气象站、GPS 和罗径设备通过串口与其实现通讯连接。由于通用计算机通常只有一至两个串口，系统需配置一块通用串口扩展板，以满足系统三个以上串口的要求。作者采用的是 Moxa 公司生产的 PCI 总线结构的 C104 串口扩展板卡，它可以提供 4 个串口的扩充能力，并提供 DB9 和 DB25 两种接口形式，数据传输速率可达 921.6 kb/s。计算机通过此板卡对连接于此串口扩展卡上的外部设备进行控制和采样，并对所采数据进行矢量运算、平均处理，处理后的数据和原始数据可分别进行存盘、显示。数据显示由虚拟仪器面板上的指针表盘、数字表盘和图形屏幕来完成。整个系统的组成如图 2 所示。

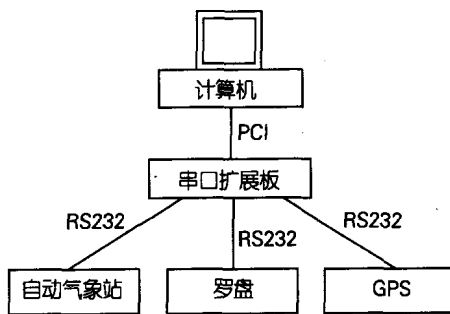


图 2 测量系统组成
Fig.2 Components of the system

3 主系统实现方案

主系统的设计是建立在 NI 公司的 LabVIEW 开发环境上的。LabVIEW 是一种方便灵活、功能强大的图形化开发环境，它将开发软件和各种不同的测量仪器硬件及计算机集成在一起，建立虚拟仪器系统，用于数据采集、仪器控制、测量分析和数据表达等。考虑到系统的通用性，以便使系统能够有效地集成不同仪器生产商生产的气象、GPS 和罗径设备，系统数据层通信协议采用美国国家海洋电子协会创建的 NMEA 0183 标准。这样，所有符合该数据格式标准的气象站、GPS 和罗径设备，均可接入此系统，成为此系统的有效数据输入设备。

由于各数据输入设备通过不同的串口接入系统，并进行独立采样，系统同时又要保持对用户输入的及时响应，并能够实时地更新数据显示。为了使系统能够实时、无差错地捕捉、采集、处理和记录各端口数据，避免由于各端口间的数据响应冲

突而造成接收缓冲区溢出、丢失数据，使用支持重叠I/O操作的多线程编程是最佳选择方案。多线程的实现可以使得各端口能够独立、准确地实现串行通信，大大提高应用程序对CPU的利用率，从而提高系统的响应能力，加快信息处理速度，提高通信程序的实时性并有效地增大了数据吞吐量，特别适合同时对多个串行设备进行I/O操作。而LabVIEW恰恰提供了一个基于并行数据流控制的、简单易行的多线程编程环境。LabVIEW可以根据编程需要和操作系统的支持情况选择抢占式和协同式两种多线程工作模式，它能够自动运用多线程来提高程序的性能。LabVIEW利用它的基本程序执行系统来维持当前活动进程的队列，对于处理并行结构的应用程序，如果操作系统支持，LabVIEW的执行系统会选择抢占式多线程工作模式，当现有的线程处于“忙”状态时，执行系统会选择协同式多线程工作模式来分配CPU的占用时间。

如果在程序流程图加入几个并行运行的循环结构，LabVIEW会自动运用多线程机制来监管程序的运行。利用这一特点，作者将不同设备的通信、采样和储存程序、综合数据运算处理及储存程序、以及虚拟仪器面板显示更新程序分别置于几个并行运行的While Loop循环结构中，从而实现上述程序的多线程运行，保证了各个通信端口能够独立运行、避免相互冲突。同时为保证数据的实时处理、储存和显示的实时更新，除了将他们分配在不同的线程、保证其独立运行外，各数据采集、处理、显示模块利用模块间共享的LabVIEW本地变量作为“数据有效”的通知机制，通过对其设置不同的状态，同步各个处理模块的“读”操作，使他们能够正确地交换数据和处理数据。图3以数据采集及处理部分为例，给出了这两部分模块的程序流程图，图3详细描述了系统的设计思路。

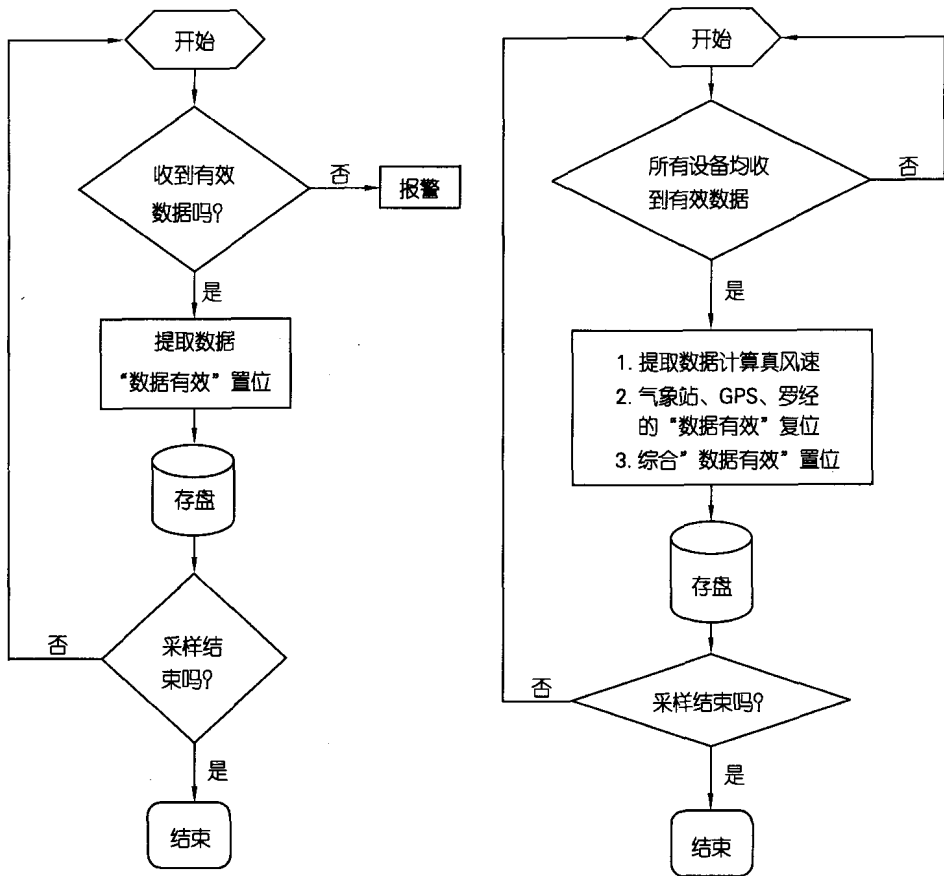


图3 系统程序流程

Fig 3 The flow chart of system programming

左边为气象站、GPS以及罗经采样程序流程；右边为真风速计算机存储模块的程序流程

The left figure is sampling flow charts of meteorological station, GPS and compass; the right one is data storing flow chart of true wind velocity

4 系统其他相关功能及应用

系统主程序界面为一虚拟仪器面板，风速、船速、气压等参数分别用虚拟指针表盘和数字表盘显示，温、湿度值的显示分别由虚拟温、湿度计和数字显示来完成。系统同时还给出了上述参数的趋势图显示，用户可以根据需要，选择感兴趣的参数趋势图，进行实时分析。由于民用GPS信号中加入了伪随机噪声，造成其定位精度的下降，速度值精度也受到影响，进而导致计算出的风参数精度下降。为有效地消除随机噪声、提高测量精度，系统采用了平均滤波的方法对测量值进行消噪处理。系统可以同时记录两种模式的风参数平均值，用户根据其测量的特殊要求可以选择平均时段、平均方式（即使用滑动平均还是普通平均），是否同时记录平均时段风速的最大值等。虚拟仪器面板上的方式开关，用于选择显示两种预制平均模式下的风参数的平均值和最大值。数据储存采用文本格式，用

户可以根据需要选择记录文件的大小，当数据文件储存的记录数达到预设的个数后，系统会自动形成新的记录文件，这样，就不会出现因记录文件过大，影响操作系统对文件的读、写操作的情况。系统在工作过程中同时还监控气象站、GPS和罗径的工作状态以及各端口的通信连接情况，并根据上述状态判断数据的质量并触发报警提示。系统还可以根据测量设备的连接和波特率设置，选择所需串行端口及通讯波特率等参数。

系统设计的虚拟仪器界面及测试结果如图4所示，趋势图显示屏中，顶层曲线为象站直接测量出的风速值，中层为系统测出的真风速值，底层为GPS测得的船速值。速度表盘分别用红、黄、绿三个指针指示直测风速、真风速以及航速。指针式方向表盘也分别用同样颜色的指针指示上述三个速度的方向。虚拟气压表、温、湿度计用以实时显示相关气象参数的实测值。为方便准确读数，系统还为上述参数提供了数字指示。

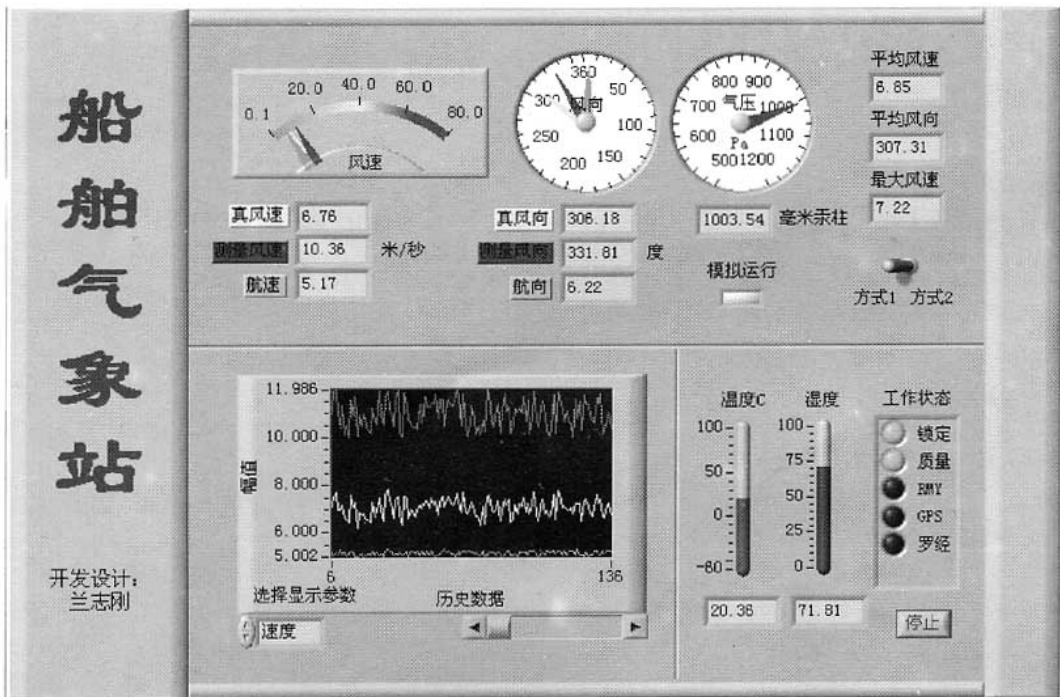


图4 系统软件界面
Fig.4 Software interface of the system

5 结语

利用NI公司的虚拟仪器技术研制开发的这套海洋移动气象观测系统，有效地利用了LabVIEW的并

行数据流编程结构所提供的多线程技术，实现了多个串行端口的并行运行和通信控制，它有效地将软

件、各种不同的测量仪器硬件及计算机集成在一起, 充分地把高速发展的PC技术所带来的种种便利运用于测量系统中, 既提高了系统的开发效率, 改善了测量系统的性能, 也增加了测量系统的功能。它可广泛用于各种舰船、海洋移动平台上, 能够有效地去除安装平台的移动给风参数测量造成的影响, 从而给出真风速、真风向、温度、湿度、气压、安装平台移动轨迹、速度等参数, 并能够实时地显示相关参数的趋势图, 为海洋气象的研究及预报工作提供真实有效的原始数据分析资料。

参考文献:

[1] 郭锡钦, 曾书儿, 王金钊. 自动气象站的动态试验及其测量准确度[J]. 应用气象学报, 1994, 5

(2): 176.
 [2] 徐绍铨. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003. 1-192.
 [3] National Instruments Corporate Headquarters. LabVIEW user manual[M]. Austin: National Instruments Corporation, 2000, 1-32.
 [4] Norma Dorst. Using LabVIEW to create multithreaded VIs for maximum performance and reliability[A]. National Instruments Corporate Headquarters. National Instruments Application Note 114[C]. Austin: National Instruments Corporation, 2000. 1-18.
 [5] Kent E C, Taylor P K, Truscott B S, *et al.* The accuracy of voluntary observing Ship's meteorological observations[J]. *J Atmos & Oceanic Tech*, 1993, 10(4): 591-608.

Mobile ocean meteorological observation system based on virtual instrumentation

LAN Zhi-gang¹, GONG De-jun², YU Xin-sheng³, LI Si-ren²

(1. Information Technology Development Corporation, CNOOC Enterprise Corporation., Beijing 100016, China; 2. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Jun., 2, 2004

Key words: virtual instrumentation; true wind velocity; GPS; compass; LabVIEW

Abstract: A mobile meteorological observation system was developed based on NI virtual instrumentation, which can be used in ships or any other mobile offshore platforms to measure real wind velocity and monitor some other meteorological parameters simultaneously, and has been applied in ocean research. It took advantage of inherent multithreading technology provided by parallel data flow programming architecture of NI LabVIEW to implement parallel access to various data acquisition devices through serial ports, and integrated software, hardware, peripheral devices and PC very effectively to raise the developing efficiency and improve the measurement. For the sake of equipment compatibility, the system was designed to support NMEA 0183 communication standard. Any GPS, compass, meteorological equipments compatible with NMEA 1083 can, therefore, be connected as data input device into the system. Besides real time data logging function, the system can also display the real time trend of measurements, and is therefore of great assistance for ocean meteorological research and weather forecast.

(本文编辑: 刘珊珊)