

一种新的 CMOS 微机控制的 数字式气压表

David B. Call 等

(美国大气仪器研究公司)

七十年代搞气象观测自动化时, 大气仪器研究(AIR)公司已感到电子气压表的性能不甚理想。对机械式气压表多年来的研制与改进经验, 并没有在电子式气压表中得到直接应用。许多研究小组证明了市场上通用的气压表存在着严重的稳定性问题。当实验室电子气压表应用于严酷的野外环境时, 由冲击振荡及温度极值所造成的传感器误差一般为 3—5 mb, 而这种传感器的精度要求为 0.1—0.5 mb。

AIR 公司为满足气象界的需要研制了一种用低功率 CMOS 微型计算机控制的数字式气压表, 型号为 AIR-DB-1A。在用电池供电时, 它的功耗低于 100 毫瓦。这种仪器坚固、稳定, 可以标准气压单位(mb 等)提供数字数据, 全部检定工作及温度补偿由一自动校准装置按软件进行。

获取数字数据的基本原理

微型计算机的应用, 显著地提高了数据远距离采集的可能性。自动气象站、海洋数据浮标和地球物理数据记录器都可依靠微型计算机处理来自不同传感器的信息。它的高速度容许同时处理来自几十个不同传感器的数据, 其程序的可编程性容许换能器的输出呈混合形式(例如电压、电流、频率)。系统设计工程师在利用微型机的这一巨大能力时, 最初考

虑的是最大限度地增加软件, 而把硬件减到最低限度。减少部件的数目, 就可增加可靠性, 降低成本、功耗及重量, 同时提高轻便性。这类系统的第一代, 就是按这一概念设计的, 它使用一只微处理器, 同时辅之以大量程序。

可惜的是, 这样的仪器在野外工作时, 能够从几十条通道取样的模数转换器可能出现漂移或故障而不能给出来自几十个传感器的数据, 与每个传感器接口的多路调制器可能遇到静电影响问题和接地回路问题; 长长的电缆接至塔上、敷设在地面, 也会构成噪声天线和雷闪电放的天线。此外, 用来实时控制各种传感器的软件的设计相当复杂, 并需要一个技术熟练的程序员(通常是编程序的人)去维护; 最后, 校准及记录管理方面的工作也很繁琐: 如果每个传感器的校准系数被存储在微型计算机内或一个中心基本站内, 那么一份详尽的记录上必须注明台站号和传感器序列号, 否则就很可能造成混乱和差错; 设在站上的靠软件定标的传感器如果没有正确的校正系数, 那么传感器将不会被校准, 但得到的看起来象是正确的数据; 当测得的数据出现异常时, 还常常会引起究竟是真实数据还是在校准记录中的差错造成的不正确数据的怀疑。在应用微型计算机的第二代数据遥测采集系统里, 这类缺点中的大多数将可得

到消除。在第二代系统中,微型机与传感器设在一起。现在,微处理器的价格已降至10美元以下,功耗则为几个毫瓦。把微型机和传感器放在一起后,低电平信号与模数转换器之间电路就仅需几厘米,电磁干扰屏蔽可以做得很充分。在这样的系统里,校准系数和转换功能实质上是传感器的一个固定部分,数据直接被转换成所需要的单位,气压以mb表示,温度以°C为单位。数字式数据由长电缆传输出去,而没有噪声混杂。最后,中心站微型机的系统软件可以搞得很简单,可以采用结构式,并可维修,它仅需要完成信息编排、存储及传输数字数据的功能。

系统概述

AIR-DB-1A数字式气压表属第二代仪器。它使用一个8位CMOS微处理器(MC 146805),全部CMOS电路功耗极低。微型计算机的高集成度和有效的设计可使全部电路容纳在两块直径为8厘米的印刷电路板上,其上集成电路仅15个。两板按功能分,一块是与空盒气压传感器相连的模拟板,另一块为包含微型机及输入-输出接口的数字板。膜盒置于一个分离的密封室内,所有电路与所感应的大气隔离。与模拟板的电气连接采用密封的聚四氟乙烯绝缘支柱。气压表直径为9厘米,长8厘米,重量为600克。

新的膜盒与国家大气研究中心(NCAR)所用数字气压表相比,除结构上有非常重大的变化外,在小巧方面几乎相同。这种膜盒由两片镍合金(NI-SPAN-C)膜片组成,它们分别焊在陶瓷盘的两边,陶瓷盘的每一侧有一个镀有金属的环形区。金属膜盒内被抽成真空。在陶瓷盘两侧的两变形膜片之间和两金属化区之间形成两个可变电容器。这两个电容器在电学上属并联电容器,但机械结构上属差动电容器。由温度或者机械结构引起的大部分应力将被这种差动性所消除。这种传感器对位置和加速度不敏感,所以传感器的应力消除问题不突出。传感器及其外壳十分坚固并抗震。

NCAR数字气压表在实验室中测得的稳定性约为135天里变化0.71mb。当安装在数据浮标和NCAR轻便中尺度自动观测网遥测气象站中时,性能严重下降,误差常达1-3mb。在NCAR所进行的广泛的实验室及野外实验证实:漂移的主要原因是由用来把金属膜片粘到陶瓷盘上的环氧树脂造成的,误差的另一个起因在于接向电容器内板的隔离馈通线。这条导线在陶瓷盘一侧的面上,由很薄

的绝缘膜与金属膜片分开。它既是漏电的原因,也构成了一个很大的对温度敏感的杂散电容。AIR公司正在制造的新膜盒不存在这两种缺陷。接向电容器内片的馈通线是由一个在制造过程中嵌入陶瓷夹层内的导体构成,从而消除了导线的沿线漏电现象,杂散电容也大大降低,而且十分稳定。AIR公司还开发了一种用锡/铅焊料把膜盒焊到陶瓷盘上以代替环氧树脂粘接的新技术。

精度与稳定性

金属空盒的稳定性有十分明显的改进。据NCAR对AIR公司生产的一组12个新膜盒进行的为期6个月的测试,平均漂移小于0.064mb。这样的长期稳定性,现有任何其它电子气压传感器是达不到的。

大多数气压计用户对商用电子气压计及实验室标准条件下所达到的实际精度及稳定性其实没有很好理解。制造商在广告及数据单上很少列出稳定性,他们只给出线性度、精确度、满刻度百分率精度、滞后及可重复性等。此外,也很少谈到作为时间的函数的精度,原因是没有人能说他的仪器在一年后的真正长期精度还优于3-5mb。为对仪器工作的不稳定性作某些补偿,一般规定,在测量前要进行真空调零,以消除漂移。至于其它方面,只能认为在按一级基准检定之后,仅在短期内是精确的。

校准

具有很高的绝对精度及长期可重复性的一级校准基准是一个精密的自重(dead weight)活塞气压计。这种仪器可用来精确地产生具有约0.15mb绝对精度及约0.05mb的长期可重复性的已知压力。它可以在实验室条件下用来校准电子气压计。活塞气压计使用起来不方便,为达到这个精度,需要水平相当高的先进技术。它主要用来检验检定工作中实际使用的电子二级基准气压表。因此,制造厂能够测试的总的系统精度约为0.25mb。

AIR公司为测试和校准AIR-DB-1A专门研制了一套自动气压计校准设备。这套设备可以控制10-1100mb范围内的气压,其稳定度为0.02mb。气压由一个电子气压计测量,精度为0.25mb。这种气压计是一种二级基准仪器,在测试前,它先用一级基准活塞气压计进行了校准。这套校准设备是全自动的,由DEC PDP-11计算机控制。温度也在自动控制(下转封四)

(上接第91页)

制之列,精度可控制到 0.1°C 。校准时,取一组气压计放在温度调节箱内的压力歧管口,利用PDP-11测试程序给出一系列精确控制的气压和温度。每一步测试所得的气压数据被记录在磁盘上。测试结束后,用最小二乘法找出传递函数与每个传感器测值的拟合关系,从而导出每个传感器的系数,并把这些系数自动地写入微型计算机的可编程序只读存储器(EPROM)。在AIR-DB-1A的校准过程中,没有其它需要用手工进行的工作,所有的校准步骤都由PDP-11按软件执行。AIR-DB-1A也不包含可能影响它的校准状态的用户可调部件。

输 出

虽然用户不能对AIR-DB-1A进行可能影响其校准状态的调整,但在操作使用上他们能有几种选择。把端板的双排8脚根据需要按不同方式跨接,就能得到三种形式的数字资料:串行ACIII码;8位并行ASCII码(CMOS);8位并行二进制码(CMOS)。当选择RS-232时,能提供100波特、300波

特、1200波特、9600波特四种传输速率。传输资料时,单位可取mb、英寸水银柱高、mm水银柱高和磅/平方英寸。平均时间也可由用户选择,对1、8、64、512个样本来求平均。由于AIR-DB-1A以8个读数/秒运行,用户可以得到四种输出结果:每秒8个读数,每秒得到8个读数的平均,每8秒得到64个读数的平均或者每64秒得到512个读数的平均。较长的平均时间可使风的脉动和波动噪声消除。设备中还附有一组允许用户把RS-232电路断开的跨接器。当只使用8位CMOS总线时,AIR-DB-1A耗电7毫安,电源为直流电9—16伏。

AIR-DB-1A的量程有0—1100mb、600—1100mb、和800—1050mb三种。温度范围为 $0-50^{\circ}\text{C}$,现拟扩展为 $-50^{\circ}\text{C}-+50^{\circ}\text{C}$ 。精度随量程而定,在1.0—0.3mb的范围之内,它是用最小二乘法进行曲线拟合的精度和曲线阶数的函数。对所有量程,分辨率为0.01mb。

章育仲译自5th Symposium Meteor. Observ. and Instrum. AMS 张菊生校

气 象 科 技

(双月刊)

1984年第4期(总82期)

编 辑 气 象 科 技 情 报 研 究 所

出 版 气 象 出 版 社

(北京西郊白石桥路46号)

印刷装订 北 京 印 刷 一 厂

一九八四年七月出版

北京市期刊登记证470号 定价:0.50元

(限国内发行)