

DIMIAN ZHINENG JICHENG
QIXIANGZHAN JISHU

地面智能集成

气象站技术

■ 马启明 主编

地面智能集成气象站技术

马启明 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 简 介

本书全面介绍了智能气象站的设计理论、系统方案、整体结构与技术实现手段,并针对智能气象站的供电、智能传感器、传感器控制核心、无线组网、数据库及应用终端等系统各组成部分的技术实现方法进行了详细的说明。以温度、湿度、雨量、气压、风向、风速、地温、能见度为参数,在江西南昌、云南西双版纳和黑龙江漠河开展了与传统自动气象站的对比观测实验。

本书为智能气象站设计的专业书籍,可供相关专业师生、气象单位工作人员及相关管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地面智能集成气象站技术/马启明主编. —北京:
气象出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-5029-6160-2

I. ①地… II. ①马… III. ①自动气象站
IV. ①P415. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 156036 号

Dimian Zhineng Jicheng Qixiangzhan Jishu

地面智能集成气象站技术

马启明 主编

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室: 010-68407112

网 址: <http://www.qxcbs.com>

责任编辑: 陈红 林雨晨

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 467 千字

版 次: 2015 年 7 月第 1 版

定 价: 60.00 元

邮政编码: 100081

发 行 部: 010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审: 黄润恒

责任技编: 赵相宁

印 张: 18.25

印 次: 2015 年 7 月第 1 版

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

《地面智能集成气象站技术》 编委会

主 编：马启明

副主编：黄启俊 胡 钛 龚贤创 王建凯

华连生 刘 军 章维东 谭志坚

编 委：龚高超 季承荔 苑尚博 陈 瑶

迟文学 肖志刚 秦运龙 杨代才

杨维发 唐怀瓿 季永华 王 科

王建佳 王 伟 周学军 张秀红

胡新华 黎志波 李 嫦 曾 杨

凌升海 徐建华 张利才 罗中强

前 言

本书的编写是在编著者承担并完成公益性行业(气象)科研专项“地面智能集成观测站及业务软件研发”气象行业专项项目的基础上完成的,该专项包括实现常规要素智能传感器研发、台站集成平台及其软件研发、数据库服务器及应用软件研发、地面综合观测系统用户终端与数据处理软件研发、制定地面常规业务观测规范和管理制度五个方面。本书分为三部分:

第一编,理论部分,介绍了现有自动气象站存在的技术问题以及智能气象站的总体设计结构和系统方案。

第二编,技术实现部分,介绍了系统组成各部分的具体设计思路及实现方案,包括智能传感器的控制核心、供电电路设计、智能气象站各部分传感器的设计、传感器无线组网技术、数据库的功能设计和研发以及应用终端的功能设计和研发。

第三编,实验部分,介绍了智能气象站在南昌、西双版纳和漠河站点的运行情况,根据实验观察结果说明了智能气象站数据的完整性以及与传统台站观测数据的一致性。

地面智能集成气象站是由多个单位联合研制的:中国气象局气象探测中心主要负责项目的组织、协调及系统的总体设计,中国科学院空间科学与应用研究中心主要负责中心站处理软件的编写,武汉大学主要负责智能传感器的设计与开发、ZigBee 无线传输模块的程序设计与硬件实现,湖北省大气探测中心主要负责应用终端的功能设计与开发,安徽省气象局主要负责数据库的功能设计和研发,江西省气象局、云南西双版纳傣族自治州气象局和黑龙江省气象局主要负责外场运行试验,中国华云气象科技集团公司主要负责静态测试。

由于编著者学识水平有限,书中难免有不妥不足之处,希望相关领域的专家、学者及参阅本书的各位同事不吝赐教,谢谢!

马启明

2015年4月

目 录

前言

第一编 理论部分

第 1 章 自动气象站与智能传感器	(3)
1.1 自动气象站	(3)
1.2 智能传感器概述	(4)
第 2 章 物联网技术的发展和應用	(13)
2.1 物联网技术简介	(13)
2.2 物联网技术的发展	(14)
2.3 物联网技术的应用	(14)
2.4 大数据	(15)
2.5 基于物联网技术的云处理平台	(21)
第 3 章 智能气象站的设计	(25)
3.1 智能气象站整体结构	(25)
3.2 数据格式与测控命令	(27)

第二编 技术实现部分

第 4 章 智能传感器的控制核心	(47)
4.1 MSP430 简介	(47)
4.2 MSP430 在智能传感器应用中的优势	(48)
4.3 MSP430 时钟模块	(49)
4.4 MSP430 基本资源介绍	(50)
4.5 MSP430 软件开发环境	(56)
第 5 章 供电电路设计	(59)
5.1 太阳能供电	(59)
5.2 太阳能充放电管理	(61)
5.3 系统供电管理	(63)
第 6 章 智能传感器设计	(68)
6.1 智能温湿度传感器	(68)
6.2 智能风传感器	(76)
6.3 智能气压传感器	(86)
6.4 智能雨量传感器	(92)

6.5	智能地温传感器	(99)
6.6	智能温度传感器	(109)
6.7	大气电场仪和能见度仪	(122)
6.8	外围电路设计	(126)
第7章	无线组网技术	(129)
7.1	ZigBee 简介	(129)
7.2	程序设计与硬件实现	(133)
7.3	数据传输	(134)
7.4	中心站处理软件	(135)
第8章	数据库	(141)
8.1	功能需求及系统概况	(141)
8.2	系统设计及功能研发	(141)
8.3	数据存储管理	(141)
8.4	质量控制模块设计说明	(147)
8.5	支持环境	(161)
第9章	应用终端	(162)
9.1	范围	(162)
9.2	系统功能	(163)
9.3	系统研发情况	(163)
9.4	系统环境配置	(164)
9.5	程序系统的结构	(164)
9.6	软件功能模块	(165)

第三编 实验部分

第10章	测试环境要求	(213)
10.1	外围设备	(213)
10.2	实验工作环境	(213)
10.3	电磁兼容性	(214)
第11章	系统静态测试	(217)
11.1	系统测试	(217)
11.2	传感器数据测试	(228)
11.3	标准文档	(234)
第12章	台站运行实验	(236)
12.1	江西南昌站点	(236)
12.2	云南西双版纳站点	(249)
12.3	黑龙江漠河站点	(265)
参考文献		(281)

第一编 理论部分

第1章 自动气象站与智能传感器

1.1 自动气象站

1.1.1 概述

自动气象站是一种能自动收集、存储或传输气象信息的装置。一般由传感器、数据采集器、电源、资料传输设备等组成。

传感器将气象参数转换成数据采集器所需的模拟量、数字、频率等,以便进行测量,数据采集器将传感器送来的参量按设定的要求进行处理。经过处理的气象资料用有线或无线方式传输给用户,或存储起来(中国气象局,2005)。

在网络系统中,自动气象站也称子站,将许多子站和一个中心站用通信网络连接起来,形成自动气象观测系统。

1.1.2 国内外自动气象站研制概况

20世纪50年代末,不少国家已有了第一代自动气象站,如苏联研制的M36型自动气象站,美国研制的AMOS-Ⅲ型自动气象站等。这些自动气象站观测的要素少、结构简单、准确度低。60年代中期,第二代自动气象站已能适应各种比较严酷的气候条件,但未能很好地解决资料存储和传输问题,无法形成完整的自动观测系统。到了70年代,第三代自动气象站大量采用了集成电路,实现了软件模块化、硬件积木化,单片微处理器的应用使自动气象站具有较强的数据处理、记录和传输能力,并逐步投入业务使用。进入90年代以来,自动气象站在许多发达国家得到了迅速发展,建成业务性自动观测网。如美国的自动地面观测系统(ASOS)、日本的自动气象资料收集系统(AMEDAS)、芬兰的自动站系统(MILOS)和法国的基本站网自动化观测系统(MISTRAL)等。

我国自动气象站研制工作始于20世纪50年代后期。60年代初,由原中央气象局观象台主持研制无人自动气象站,到70年代初研制出5台无人自动气象站,在青海省的5个台站进行试验,前后达10年之久。与此同时,当时的中央气象局研究所又主持研制出综合遥测气象自动站,在杭州、苏州、北京等地进行了为期6个月的现场考核。

20世纪80年代中期,由中国气象局气科院大气探测所主持,采用静止气象卫星中继数据的方式,研制出资料收集平台(DCP),分别在青海、内蒙古、湖北、浙江等省(区)的艰苦台站进行为期1年的试验,并通过了技术鉴定。到了90年代中期,中小尺度天气自动气象监测站网在长江三角洲、珠江三角洲地区建站运行。90年代后期,我国第一批自动气象站设计定型,并获准在业务中使用。目前,我国已普遍使用自动遥测气象站,实现了人工气象站与自动气象站的联合观测(中国气象局,2003)。10年间,国内2435个国家级气象观测站布设了7个厂家生产的11种型号的自动气象站,22000多个区域自动气象观测站布设了多达20个厂家的44种

型号的设备。

1.1.3 现有自动气象站的技术问题

随着传感器技术的发展,原有的自动气象站显露出一些技术不足。

(1)大部分自动气象站采用集中式结构,系统开放性不高,不同型号的传感器对应不同的数据采集器,各厂家之间标准不统一。维修或增加传感器都必须对自动气象站重新进行校准标定,过程复杂,不符合我国气象发展战略研究中“综合气象观测系统工程”的发展要求(中国气象局,2006)。

(2)国产自动气象站所采用的气象传感器主要依赖进口,受技术水平和生产工艺的限制,国产传感器的准确性、可靠性较差。观测项目仅限于传统的温、压、湿、风和降水等六要素,云、能见度、天气现象等气象要素急需纳入自动气象站的观测项目。

(3)国产自动气象站所采用的数据采集器大多与相应的自动气象站配套使用,当需要扩充自动气象站观测功能,增加新的气象要素传感器时,不能直接进行升级,必须更换,从而造成重复建设和资源浪费。

欧美发达国家正在开展的智能型分布式自动气象站研究,此类自动气象站具有如下特点:(1)面向用户,可自由组合、积木式构建系统;(2)CAN 总线结构,开放式设计,传感器独立性好,可任意增减和组合,使用维护方便;(3)采集通道零误差,精度主要取决于传感器的精度。(4)可以进行有线或无线技术大范围组网。

因此,中国气象局文件《综合气象观测系统发展规划(2010—2015 年)》(气发 2009〔463〕号)明确指出:开展观测仪器研制,试验主要气象要素传感器国产化,观测精度达到 WMO 规定要求;在国家级气象观测站建立集约化观测业务平台,建设标准规范的观测场地和值班室,实现台站观测业务综合化(中国气象局,2009)。

1.2 智能传感器概述

1.2.1 传感器

传感器(transducer/sensor)是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。

国家标准《GB 7665—2005 传感器通用术语》对传感器下的定义是:“能感受规定的被测量件并按照一定的规律(数学函数法则)转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成”。

1.2.2 传感器的作用

人们为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。而单靠人们自身的感觉器官,在研究自然现象和规律以及生产活动中它们的功能就远远不够了。为适应这种情况,就需要传感器。因此可以说,传感器是人类五官的延长,又称之为电五官。

新技术革命的到来,世界开始进入信息时代。在利用信息的过程中,首先要解决的就是要

获取准确可靠的信息,而传感器是获取自然和生产领域中信息的主要途径与手段。

在现代工业生产尤其是自动化生产过程中,要用各种传感器来监视和控制生产过程中的各个参数,使设备工作在正常状态或最佳状态,并使产品达到最好的质量。因此可以说,没有众多的优良的传感器,现代化生产也就失去了基础(赵亚东,2000)。

在基础学科研究中,传感器更具有突出的地位。现代科学技术的发展,进入了许多新领域:例如空间尺度在宏观上要观测上亿光年的茫茫宇宙,微观上要观测小到飞米(10^{-15} m)的粒子世界;时间尺度上要观测长达数十万年的天体演化,短到微秒级的瞬间反应。此外,还出现了对深化物质认识、开拓新能源、新材料等具有重要作用的各种极端技术研究,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等等。显然,要获取大量人类感官无法直接获取的信息,没有相适应的传感器是不可能的。许多基础科学研究的障碍,首先就在于对象信息的获取存在困难,而一些新机理和高灵敏度的检测传感器的出现,往往会导致该领域内的突破。一些传感器的发展,往往是一些边缘学科开发的先驱。

传感器早已渗透到诸如工业生产、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程、甚至文物保护等等极其广泛的领域。可以毫不夸张地说,从茫茫的太空,到浩瀚的海洋,以至各种复杂的工程系统,几乎每一个现代化项目,都离不开各种各样的传感器。

由此可见,传感器技术在发展经济、推动社会进步方面的重要作用,是十分明显的。世界各国都十分重视这一领域的发展。相信不久的将来,传感器技术将会出现一个飞跃,达到与其重要地位相称的新水平。

传感器种类繁多,常用传感器有以下几种(王善慈,1991)。

(1) 称重传感器

称重传感器是一种能够将重力转变为电信号的力→电转换装置,是电子衡器的一个关键部件。能够实现力→电转换的传感器有多种,常见的有电阻应变式、电磁力式和电容式等(刘九卿,2004)。电磁力式主要用于电子天平,电容式用于部分电子吊秤,而绝大多数衡器产品所用的还是电阻应变式称重传感器。电阻应变式称重传感器结构较简单,准确度高,适用面广,且能够在相对比较差的环境下使用。因此电阻应变式称重传感器在衡器中得到了广泛的运用。

(2) 压阻式传感器

压阻式传感器是根据半导体材料的压阻效应在半导体材料的基片上经扩散电阻而制成的器件(朱目成等,2000)。其基片可直接作为测量传感元件,扩散电阻在基片内接成电桥形式。当基片受到外力作用而产生形变时,各电阻值将发生变化,电桥就会产生相应的不平衡输出。用作压阻式传感器的基片(或称膜片)材料主要为硅片和锗片,硅片为敏感材料而制成的硅压阻传感器越来越受到人们的重视,尤其是以测量压力和速度的固态压阻式传感器应用最为普遍。

(3) 热电阻传感器

热电阻传感器主要是利用电阻值随温度变化而变化这一特性来测量温度及与温度有关的参数,适用于对温度检测精度要求比较高的场合。热电阻大都由纯金属材料制成,较为广泛的热电阻材料为铂、铜、镍等,它们具有电阻温度系数大、线性好、性能稳定、使用温度范围宽($-200 \sim +500^{\circ}\text{C}$)、加工容易等特点(Mathews等,1999)。

(4) 激光传感器

利用激光技术进行测量的传感器。它由激光器、激光检测器和测量电路组成。激光传感器是新型测量仪表,它的优点是能实现无接触远距离测量,速度快,精度高,量程大,抗光、电干扰能力强等(赵继聪等,2011)。激光传感器工作时,先由激光发射二极管对准目标发射激光脉冲。经目标反射后激光向各方向散射。部分散射光返回到传感器接收器,被光学系统接收后成像到雪崩光电二极管上。雪崩光电二极管是一种内部具有放大功能的光学传感器,因此它能检测极其微弱的光信号,并将其转化为相应的电信号。利用激光的高方向性、高单色性和高亮度等特点可实现无接触远距离测量。

(5) 霍尔传感器

霍尔传感器是根据霍尔效应制作的一种磁场传感器,广泛地应用于工业自动化技术、检测技术及信息处理等方面(白韶红,2003)。霍尔效应是研究半导体材料性能的基本方法。通过霍尔效应实验测定的霍尔系数,能够判断半导体材料的导电类型、载流子浓度及载流子迁移率等重要参数。霍尔电压随磁场强度的变化而变化,磁场越强,电压越高,磁场越弱,电压越低。霍尔电压值很小,通常只有几个毫伏,但经集成电路中的放大器放大,就能使该电压放大到足以输出较强的信号。若使霍尔集成电路起传感作用,需要用机械的方法来改变磁场强度。

(6) 温度传感器

温度传感器的种类很多,经常使用的有热电阻:PT100、PT1000、Cu50、Cu100;热电偶:B、E、J、K、S等(于成民,1985)。温度传感器不但种类繁多,而且组合形式多样,应根据不同的场所选用合适的产品。

测温原理:根据电阻阻值、热电偶的电势随温度不同发生有规律的变化原理,可以得到所需要测量的温度值。

(7) 光敏传感器

光敏传感器是最常见的传感器之一,它的种类繁多,主要有:光电管、光电倍增管、光敏电阻、光敏三极管、太阳能电池、红外线传感器、紫外线传感器、光纤式光电传感器、色彩传感器、CCD(charge-coupled device,电荷耦合元件)和CMOS(complementary metal-oxide-semiconductor,互补金属氧化物半导体)图像传感器等(史建,2007)。它的敏感波长在可见光波长附近,包括红外线波长和紫外线波长。光传感器不只局限于对光的探测,它还可以作为探测元件组成其他传感器,对许多非电量进行检测,只要将这些非电量转换为光信号的变化即可。光传感器是目前产量最多、应用最广的传感器之一,它在自动控制和非电量电测技术引中占有非常重要的地位。最简单的光敏传感器是光敏电阻,当光子冲击接合处就会产生电流。

(8) 超声波测距离传感器

超声波测距离传感器采用超声波回波测距原理,运用精确的时差测量技术,检测传感器与目标物之间的距离,采用小角度,小盲区超声波传感器,具有测量准确,无接触,防水,防腐蚀,低成本等优点,可应于液位,物位检测,特有的液位,料位检测方式,可保证在液面有泡沫或大的晃动,不易检测到回波的情况下有稳定的输出,应用行业:液位,物位,料位检测,工业过程控制等(华克强等,1991)。

(9) 压力传感器

压力传感器也是工业实践中最为常用的一种传感器,其广泛应用于各种工业自控环境,涉及水利水电、铁路交通、智能建筑、生产自控、航空航天、军工、石化、油井、电力、船舶、机床、管道等众多行业(凌永发等,2003)。

1.2.3 传感器的参数

1.2.3.1 静态特性

传感器的静态特性是指对静态的输入信号,传感器的输出量与输入量之间所具有相互关系(隋文涛等,2007)。因为这时输入量和输出量都和时间无关,所以它们之间的关系,即传感器的静态特性可用一个不含时间变量的代数方程,或以输入量作横坐标,把与其对应的输出量作纵坐标而画出的特性曲线来描述。表征传感器静态特性的主要参数有:线性度、灵敏度、分辨力和迟滞等。

1.2.3.2 动态特性

所谓动态特性,是指传感器在输入变化时,它的输出的特性。在实际工作中,传感器的动态特性常用它对某些标准输入信号的响应来表示(王大堃,2000)。这是因为传感器对标准输入信号的响应容易用实验方法求得,并且它对标准输入信号的响应与它对任意输入信号的响应之间存在一定的关系,往往知道了前者就能推定后者。最常用的标准输入信号有阶跃信号和正弦信号两种,所以传感器的动态特性也常用阶跃响应和频率响应来表示。

1.2.3.3 线性度

通常情况下,传感器的实际静态特性输出是条曲线而非直线(何培杰等,1999)。在实际工作中,为使仪表具有均匀刻度的读数,常用一条拟合直线近似地代表实际的特性曲线,线性度(非线性误差)就是这个近似程度的一个性能指标。拟合直线的选取有多种方法。如将零输入和满量程输出点相连的理论直线作为拟合直线;或将与特性曲线上各点偏差的平方和为最小的理论直线作为拟合直线,此拟合直线称为最小二乘法拟合直线。

1.2.3.4 灵敏度

灵敏度是指传感器在稳态工作情况下输出量变化 Δy 对输入量变化 Δx 的比值。它是输出一输入特性曲线的斜率(Yasuda 等,1992)。如果传感器的输出和输入之间呈线性关系,则灵敏度 S 是一个常数。否则,它将随输入量的变化而变化。灵敏度的量纲是输出、输入量的量纲之比。例如,某位移传感器,在位移变化 1mm 时,输出电压变化为 200mV,则其灵敏度应表示为 200mV/mm。当传感器的输出、输入量的量纲相同时,灵敏度可理解为放大倍数。提高灵敏度,可得到较高的测量精度。但灵敏度愈高,测量范围愈窄,稳定性也往往愈差。

1.2.3.5 分辨力

分辨力是指传感器可能感受到的被测量的最小变化的能力。也就是说,如果输入量从某一非零值缓慢地变化。当输入变化值未超过某一数值时,传感器的输出不会发生变化,即传感器对此输入量的变化是分辨不出来的(Bresler,1991)。只有当输入量的变化超过分辨力时,其输出才会发生变化。通常传感器在满量程范围内各点的分辨力并不相同,因此常用满量程中能使输出量产生阶跃变化的输入量中的最大变化值作为衡量分辨力的指标。上述指标若用满量程的百分比表示,则称为分辨率。

1.2.3.6 稳定性

传感器使用一段时间后,其性能保持不变化的能力称为稳定性。影响传感器长期稳定性的因素除传感器本身结构外,主要是传感器的使用环境。因此,要使传感器具有良好的稳定

性,传感器必须要有较强的环境适应能力(Zarnik等,2010)。在选择传感器之前,应对其使用环境进行调查,并根据具体的使用环境选择合适的传感器,或采取适当的措施,减小环境的影响。传感器的稳定性有定量指标,在超过使用期后,在使用前应重新进行标定,以确定传感器的性能是否发生变化。在某些要求传感器能长期使用而又不能轻易更换或标定的场合,所选用的传感器稳定性要求更严格,要能够经受住长时间的考验。

1.2.3.7 精度

精度是传感器的一个重要的性能指标,它是关系到整个测量系统测量精度的一个重要环节。传感器的精度越高,其价格越昂贵,因此,传感器的精度只要满足整个测量系统的精度要求就可以,不必选得过高(庄哲民等,2002)。这样就可以在满足同一测量目的的诸多传感器中选择比较便宜和简单的传感器。如果测量目的是定性分析的,选用重复精度高的传感器即可,不宜选用绝对量值精度高的;如果是为了定量分析,必须获得精确的测量值,就需选用精度等级能满足要求的传感器。对某些特殊使用场合,无法选到合适的传感器,则需自行设计制造传感器以达到特定要求。

1.2.4 常规传感器的局限

首先,为了保持传感器的有效测量,通常需要对常规传感器进行标定,也就是说,传感器的输出必须符合某个预定的标准,这样它们测量的数值才能真实地反映被测参数的值。这样就产生了常规传感器的第一个局限:传感器一旦被用于现场,往往就很难甚至不能再对其进行手工标定。其次,常规传感器的另一个局限是传感器的性能会随时间发生变化,即漂移现象。第三,不仅传感器本身的性能随时间会发生变化,他们所处的工作环境同样也会随时间发生变化。第四,绝大多数传感器都需要型号调理电路,对于特定的应用环境和传感器本身来说,信号调理电路都是唯一的。最后,常规传感器通常需要在物理空间上靠近接受检测信号的控制和监控系统,一般来说,传感器距离监控系统越远,检测信号就越差。

1.2.5 智能传感器

智能传感器的主要任务是实现传感器信号的数字化,智能化,并具有一种以上快速可靠的通信方式。智能传感器能与附近或全球的其他智能传感器相连,共同完成以前无法完成的任务。更重要的是,由于智能传感器主要功能都由软件实现,因此通过对软件的升级或者配置即可得到各种各样的产品。智能传感器可以使供应商有提供硬件产品变为提供软件产品,这样面对竞争则可以通过软件的升级应对。

1.2.5.1 传感器信号处理

传感器信号处理主要是信号调理和滤波两个部分。

信号调理是对信号进行操作,将其转换成适合后续测控单元接口的信号。信号调理是实现传感器的灵敏度、线性度、输出阻抗、失调、漂移、时延等性能参数的关键环节。它涉及模拟信号和数字信号的调理。相应电路有模拟电路和数字电路,以模拟电路居多。常用电路信号调理电路包括放大、调整、电桥、信号变换、电气隔离、阻抗变换、调制解调、线性化和滤波等电路以及激励传感器的驱动电路,常称为传感器电路。

滤波器是一种对信号有处理作用的器件或电路。滤波器主要分为有源滤波器和无源滤波

器。主要作用是让有用信号尽可能无衰减地通过,对无用信号尽可能大地反射。滤波器一般有两个端口,一个输入信号、一个输出信号,利用这个特性可以将通过滤波器的一个方波群或复合噪波,而得到一个特定频率的正弦波。滤波器的功能就是允许某一部分频率的信号顺利地通过,而另外一部分频率的信号则受到较大的抑制,它实质上是一个选频电路。滤波器中,把信号能够通过的频率范围,称为通频带或通带;反之,信号受到很大衰减或完全被抑制的频率范围称为阻带;通带和阻带之间的分界频率称为截止频率;滤波器是由电感器和电容器构成的网路,可使混合的交直流电流分开。

1.2.5.2 温度传感器

温度传感器是最早开发,应用最广泛的一类传感器。温度传感器是利用物质各种物理性质随温度变化的规律把温度转换为电量的传感器。这些呈现规律性变化的物理性质主要是半导体材料和金属材料。温度传感器是温度测量仪表的核心部分,品种繁多。

随着科学技术的发展,测温系统已经被广泛应用于社会生产、生活的各个领域,在工业、环境监测、医疗、家庭多方面均有应用。从而使得现代温度传感器向微型化、集成化、数字化方向发展。

温度传感器一般分为接触式和非接触式两大类。

接触式温度传感器有热电偶、热敏电阻以及铂电阻等,利用其产生的热电动势或电阻随温度变化的特性来测量物体的温度,被广泛用于家用电器、汽车、船舶、控制设备、工业测量、通信设备等。另外,还有一些新开发研制的传感器,例如,有利用半导体PN结电流/电压特性随温度变化的半导体集成传感器;有利用光纤传播特性随温度变化或半导体透光随温度变化的光纤传感器;有利用弹性表面波及振子的振荡频率随温度变化的传感器;有利用核四重共振的振荡频率随温度变化的NQR传感器;有利用在居里温度附近磁性急剧变化的磁性温度传感器以及利用液晶或涂料颜色随温度变化的传感器等。

非接触方式是通过检测光传感器中红外线来测量物体的温度,有利用半导体吸收光而使电子迁移的量子型与吸收光而引起温度变化的热型传感器。非接触传感器广泛用于接触温度传感器、辐射温度计、报警装置、来客告知器、火灾报警器、自动门、气体分析仪、分光光度计、资源探测等。

1.2.5.3 湿度传感器

湿敏元件是最简单的湿度传感器。湿敏元件主要有电阻式、电容式两大类(喻晓莉等,2009)。

湿敏电阻的特点是在基片上覆盖一层用感湿材料制成的膜,当空气中的水蒸气吸附在感湿膜上时,元件的电阻率和电阻值都发生变化,利用这一特性即可测量湿度。

电子式湿敏传感器的准确度可达 $2\% \sim 3\% \text{RH}$,这比干湿球测湿精度高。

湿敏元件的线性度及抗污染性差,在检测环境湿度时,湿敏元件要长期暴露在待测环境中,很容易被污染而影响其测量精度及长期稳定性。在这方面就没有干湿球测湿方法好。

湿敏电容一般是用高分子薄膜电容制成的,常用的高分子材料有聚苯乙烯、聚酰亚胺、醋酸醋酸纤维等。当环境湿度发生改变时,湿敏电容的介电常数发生变化,使其电容量也发生变化,其电容变化量与相对湿度成正比。湿敏电容的主要优点是灵敏度高、产品互换性好、响应速度快、湿度的滞后量小、便于制造、容易实现小型化和集成化,其精度一般比湿敏电阻要低一

些。国外生产湿敏电容的主要厂家有 Humirel 公司、Philips 公司、Siemens 公司等。以 Humirel 公司生产的 SH1100 型湿敏电容为例,其测量范围是 $1\% \sim 99\% \text{RH}$,在 $55\% \text{RH}$ 时的电容量为 180pF (典型值)。当相对湿度从 0 变化到 100% 时,电容量的变化范围是 $163 \sim 202 \text{pF}$ 。温度系数为 $0.04 \text{pF}/^\circ\text{C}$,湿度滞后量为 $\pm 1.5\%$,响应时间为 5s 。

除电阻式、电容式湿敏元件之外,还有电解质离子型湿敏元件、重量型湿敏元件(利用感湿膜重量的变化来改变振荡频率)、光强型湿敏元件、声表面波湿敏元件等。湿敏元件的线性度及抗污染性差,在检测环境湿度时,湿敏元件要长期暴露在待测环境中,很容易被污染而影响其测量精度及长期稳定性。

1.2.5.4 风传感器

风速是指空气相对于地球某一固定地点的运动速率,风速的常用单位是米/秒(m/s), $1 \text{m/s} = 3.6 \text{km/h}$ 。风速没有等级,风力才有等级,风速是风力等级划分的依据。一般来讲,风速越大,风力等级越高,风的破坏性越大。

风既有大小,又有方向,因此,风的预报包括风速和风向两项。风速的大小常用风级来表示。风的级别是根据风对地面物体的影响程度而确定的。在气象上,一般按风力大小划分为 17 个等级。

在天气预报中,常听到如“北风 4 到 5 级”之类的用语,此时所指的风力是平均风力;如听到“阵风 7 级”之类的用语,其阵风是指风速忽大忽小的风,此时的风力是指最大时的风力。

其实,在自然界,风力有时是会超过 12 级的。像强台风中心的风力,或龙卷风的风力,都可能比 12 级大得多,只是 12 级以上的大风比较少见,一般就不具体规定级数了。

风传感器就是通过传感器把风速大小和风向量化,并通过电信号输出该量化信号。目前国内普遍使用的风传感器为杯式风速传感器和风向标传感器,同时,超声探测风速风向作为一种新兴的探测手段,技术上已经非常成熟(程海洋等,2005)。

1.2.5.5 气压传感器

气压传感器用于测量气体的绝对压强。

高精度气压传感器一般是利用 MEMS 技术在单晶硅片上加工出真空腔体和惠斯登电桥,惠斯登电桥桥臂两端的输出电压与施加的压力成正比,经过温度补偿和校准后具有体积小,精度高,响应速度快,不受温度变化影响的特点(孙嫣等,2007)。输出方式一般为模拟电压输出和数字信号输出两种,其中数字信号输出方式由于和单片机连接方便,是市场上的主流。

1.2.5.6 雨量传感器

雨量传感器通常采用 0.1mm 、 0.5mm 分辨率,是用来测量降水量、降水强度、降水起止时间的传感器(郭剑鹰,2007)。适用于气象台(站)、水文站、农林、国防等有关部门以及防洪、供水调试、电站水库水情管理为目的的水文自动测报系统、自动野外测报站。

翻斗雨量筒是由承水口、过滤网、上筒、连接螺钉、磁钢、干式舌簧管、下筒、翻斗、限位螺钉、锁紧螺母、底座、水准泡、调平螺钉等主要部件所组成的承水口收集的雨水,经过上筒(漏斗)过滤网,注入计量翻斗—翻斗是用工程塑料注射成型的用中间隔板分成两个等容积的三角斗室。它是一个机械双稳态结构,当一斗室接水时,另一斗室处于等待状态。当所接水容积达到预定值(6.28mL 、 15.7mL)时,由于重力作用使自己翻倒,处于等待状态,另一斗室处于工作状态。当其接水量达到预定值时,又自己翻倒,处于等待状态。在翻斗侧壁上装有磁钢,它随