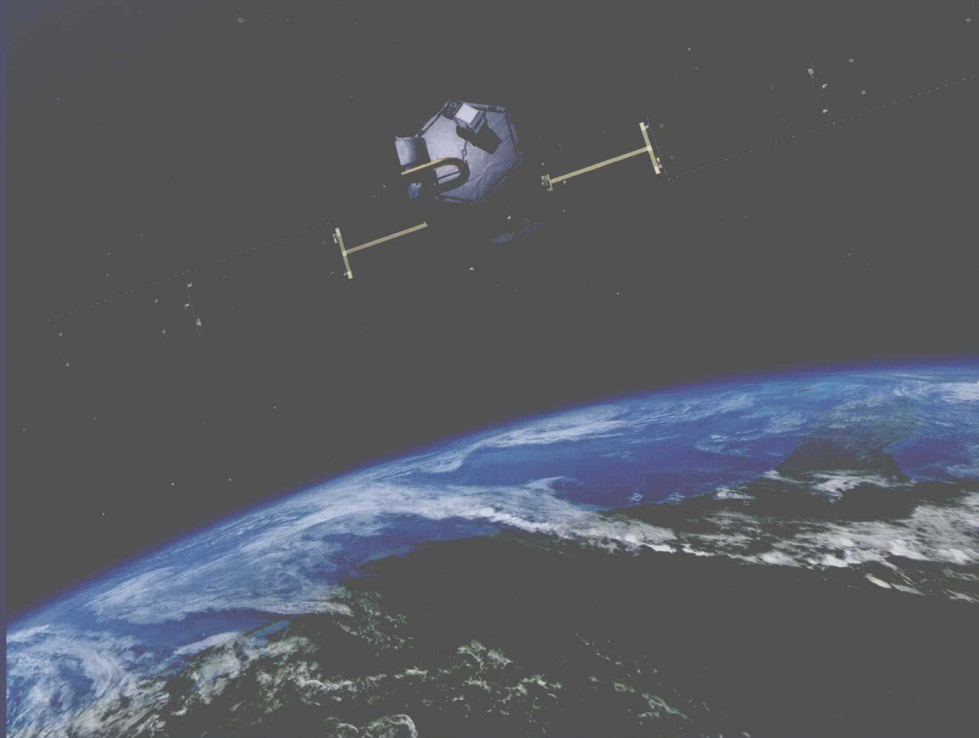




气象仪器基础

唐慧强 张自嘉 刘 佳 编



科学出版社

气象仪器基础

唐慧强 张自嘉 刘 佳 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分为12章,在介绍气象仪器概况的基础上,介绍了智能仪器的设计基础以及数据通信,温度、湿度、气压、风、日照及辐射、天气现象等主要气象要素的基本概念、工作原理、设计开发及其观测方法,介绍了探空仪、气象雷达和气象卫星探测基础以及自动气象站等综合观测内容。

本书可作为高等学校气象类以及环境、仪器、电子、计算机等气象仪器相关专业的气象特色课程教材,也可供相关专业的本科生、研究生以及从事气象仪器、气象观测工作的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

气象仪器基础/唐慧强,张自嘉,刘佳编. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-038633-5

I. ①气… II. ①唐…②张…③刘… III. ①气象仪器-基本知识
IV. ①TH765

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 219295 号

责任编辑:伍宏发 赵鹏利 曾佳佳 / 责任校对:朱光兰
责任印制:肖 兴 / 封面设计:许 瑞

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年9月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013年9月第一次印刷 印张:17 3/4

字数:355 000

定价:59.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

气象仪器是气象观测以及气象预测、预报的基础,也是气象科学研究的重要手段和工具。气象仪器基础是为非气象专业开设的一门气象特色课程。主要任务是掌握气象仪器的基本原理,并掌握基本的使用、设计、研发能力。课程以世界气象组织(WMO)的基本观测方法及规范为依据,了解仪器设计的基础知识及数据通信技术,熟悉各气象要素传感器的工作原理以及温湿压风等要素的气象检测仪器的观测及设计方法,并在此基础上了解综合气象观测系统。

为拓展气象特色专业的建设,在测控技术与仪器等相关的专业中,安排了气象仪器课程,进行了精品课程的建设,拟打造气象学科与仪器学科等交叉的特色精品课程。2008年,在南京信息工程大学教改项目精品课程的资助下正式立项,2009年完成了本书的编写以及对应多媒体课件等的制作,并发布于精品课程网站 <http://202.195.237.152/ec/C201/zcr-1.htm> 中。经过多次的实际教学与改进完善,形成了本书。

本书共分为12章,唐慧强教授完成了本书的总体规划,并对全书内容进行了修改完善,张自嘉教授对本书进行了统稿。第1章概论部分内容及第2章智能仪器基础由唐慧强教授编写,第3章数据通信由谈玲博士编写,第4章温度测量及第5章湿度测量由杨常松副教授编写,第6章气压的测量及第7章风的测量由刘佳副教授编写,第8章日照及辐射测量由陈海秀副教授编写,第9章天气现象观测及第1章部分内容由张自嘉教授编写,第10章探空仪由陈旭副教授编写,第11章气象雷达及卫星探测概述由张永宏教授编写,第12章自动气象站由李远禄副教授编写。

本书主要包括气象仪器的现状、特点,气象仪器工作原理,现代气象观测方法;传感器与信号调理,模/数转换技术、微控制器技术、人机接口技术、数据处理等技术;RS232接口、总线技术,无线传感器网络,远程通信技术等,以及在气象数据传输中应用;气温的测量方法,气象用测温传感器及温度计的工作原理;湿度的测量方法,湿度测量传感器及湿度计的工作原理;气压的测量方法,气压传感器及气压计的构成原理;风向、风速的测量方法,风向风速传感器及风向风速仪的构成原理;辐射的测量方法,辐射测量传感器及辐射计的构成原理;天气现象的观测方法,天气现象的自动观测方法与原理;高空气象观测的基本方法,探空仪的构成原理;气

象雷达及气象卫星的基础知识;综合气象观测的基本方法,自动气象站等综合观测系统的构成原理等内容。

目前,本书内容已经在仪器学科、计算机学科、环境科学与工程学科等相关专业中得到应用,并取得了较好的教学效果。

最后衷心感谢中国气象局气象探测中心的关心与帮助,感谢南京信息工程大学对本书编写的支持,感谢有关参考文献及图片涉及的原作者。

第 1 章 概 论

1.1 气象仪器发展概况

人类的生产生活各项活动与气象有着密切的关系,因此人类很早就开始了对天气现象的观测,如我国早在三千多年前,殷墟甲骨文中就有关于天气现象的记载,如雨、雪、雹、雾、雷电等,这一时期对气象的观测处于原始阶段,只是目测现象的记录和应用。

利用仪器对天气现象进行观测在人类历史上起步较晚,而且早期主要是简单的器测,如公元前 2 世纪,我国利用木炭重量的变化和琴弦的伸缩来测量空气湿度,大概在公元 7 世纪的唐朝出现了观测风向的简单仪器,如铜制和木制的风向器。雨量器在我国的明朝永乐年间(1424 年前后),统一颁发到全国,用来报告各地的雨量大小。

对天气现象定量观测的需要推动了气象仪器的发展。气象仪器主要是从 16 世纪以来的三四百年时间里逐步发展起来的,先后发明了一系列天气现象观测仪器并投入实际应用。最早的气象仪器,一般认为是伽利略在 1600 年左右制作的玻璃管温度计。这是一根 45cm 长的细玻璃管,一端开口,另一端为卵球形,管内盛水,水柱随气温升降而升降,这就是现代液体膨胀式温度计的雏形。一些典型的温度和气压观测仪器相继在 17~19 世纪发明。

1620 年荷兰人发明了酒精温度计,1643 年德国人发明了水银温度计,1742 年制定了摄氏温标。

1643 年意大利人发明了水银气压计,1810 年法国人发明了福丁式水银气压计,1877 年德国人发明了自记式水银气压计。

1769 年德国人发明了湿度计,1783 年瑞士人发明了毛发湿度计,1799 年法国人发明了干湿球温度计,1854 年法国人制成露点计,1887 年德国人发明通风干湿计。

公元前 6 世纪,希腊开始观测风向,当时系以风鸡观测。1797 年美国人制作了二羽风向器,这是风标的前身。1846 年英国人制作了杯型风速计。1887 年法国人制作了风速仪,它是螺旋桨风向风速仪的前身。1892 年英国人发明了达因式风速仪。

大约在公元 1 世纪,人们已经用较简单的器具对降水量进行观测,早期为雨量

器,后来德国人利用虹吸原理发明了虹吸式自记雨量计。1889年德国人设计的翻斗式雨量计,至今仍是降水的重要观测仪器。

19世纪以来随着科学技术的发展和人类生产、生活、交通运输以及战争的需求,一些国家开始建立地面气象站。由于战争的需要,1856年法国建成正规的气象台,1914年前后,欧洲许多国家建立起气象站,并构成了最早的气象观测网,世界各国相继建立了类似的气象台站和观测网,使地面气象观测成为全球性有组织的系统测量工作。

随着无线电技术的发展,20世纪20年代,出现了基于无线电的高空探测仪器,法国、苏联、德国、芬兰开始研制和使用无线电探空仪,到1940年,探测高度可以达到二三十千米,借助于火箭探测,高度可以达到100km。

第二次世界大战后,军事雷达技术的副产品——天气雷达成为气象观测云雨变化的一种新的手段。用于短期降水和对流天气的监测和预报。20世纪50年代一些国家先后建立了雷达气象观测网。

随着航天技术的发展,20世纪中期,开始使用气象卫星。1958年美国发射的人造卫星开始携带气象仪器,1960年美国首先发射了第一颗人造试验气象卫星,到目前为止,全世界已有数百颗气象卫星,形成了一个全球性的气象卫星网。1988年我国发射了“风云一号”气象卫星。气象卫星通过云图拍摄等手段,检测大气、云、陆面、海面等相关气象要素。

目前随着电子技术、传感器技术、智能仪器和通信技术的发展,地面气象仪器逐步向自动气象站发展,通过自动气象站完成多种气象要素的自动采集、传输、记录和处理。本书主要介绍用于地面气象观测的气象仪器的主要工作原理、设计和应用,特别适用于自动气象站应用的气象仪器。

1.2 现代气象观测业务

中国气象事业发展的关键是建设具有国际先进水平的气象现代化体系,即以综合气象观测体系、气象信息管理体系、公共气象服务体系、气象科技创新体系为代表的四大体系。综合气象观测体系强化观测基础,提高现有观测质量,逐步形成对气候系统多圈层的一体化观测能力。改进观测能力与研发新的观测能力成为21世纪大气科学的两大挑战。

2003年G8峰会政治决议成立了地球观测组织(GEO),主要目标:制定和实施全球综合观测系统(GEOSS)计划,建立一个综合、协调和持续的全球对地观测系统,更好地认识地球系统,包括天气、气候、海洋、大气、水、陆地、地球动力学、自然资源、生态系统以及自然和人类活动引起的灾害等。

现代气象观测业务是由天基、空基和地基观测系统组成的一体化综合立体监测

网,如图 1-1 所示。地基(ground-based)观测系统:传感器位于地球表面;或直接架设在地球表面的观测系统,例如,各类地面观测、自动气象观测、海洋浮标站、车载移动气象观测、地基遥感探测等;空基(air-borne)观测系统:传感器位于地球表面以上,但是在大气层以内的观测系统,例如,气球、火箭、飞机观测等;天基(space-based)观测系统:传感器位于地球大气层以外的观测系统,例如,气象卫星观测。

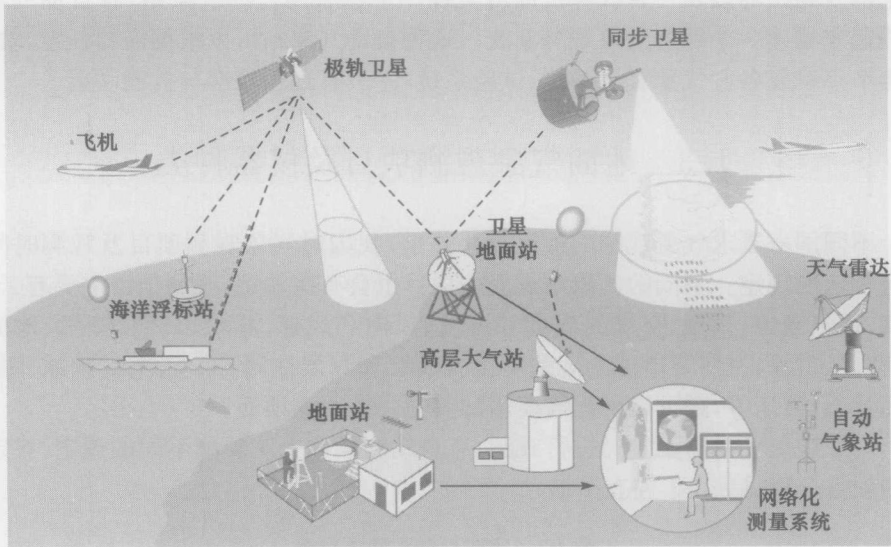


图 1-1 综合气象观测系统

中国气象局正在建设“三站”、“四网”。“三站”指国家气候观象台、国家气象观测站、区域气象观测站。国家气候观象台是对气候系统多圈层及其相互作用开展长期、连续、立体和综合观测,并承担气候系统资料分析及研究评估服务的综合平台;国家气象观测站是国家获取基本气象观测资料的平台,主要承担包括地面和高空天气观测、天气雷达观测等多项观测业务,根据业务性质不同分为一级和二级站;区域气象观测站是国家观测站的重要补充,主要承担地面时空加密观测和实时要素监测业务,提供区域性高时空分辨率的中小尺度灾害性天气、局部环境和区域气候等观测数据。

以“三站”为基础,形成满足多轨道业务需求的国家气候监测网、国家天气观测网、国家专业气象观测网和区域气象观测网(简称“四网”)。国家气候监测网、国家天气观测网和国家专业气象观测网由中国气象局统一规划、统一设计、统一标准建设,统一规范化业务运行;各区域气象中心应根据本区域天气、气候和环境特点,联合组织本区域内各省(自治区、直辖市),规划和设计统一协调的区域气象观测网。

气象观测的发展趋势:从人工观测到自动化遥感遥测;从定性观测到定量观

测;从以地基观测为主到以天基观测为主;从单一的大气圈观测到地球各大圈层及其相互作用的综合观测;固定观测与移动观测相结合;综合利用多种手段、多种技术,实现高精度、高时空分辨率、连续、自动、一体化定量观测。目前,南京信息工程大学开展了以物联网技术为基础、以传感器网络为核心的综合观测系统研究,并形成了气象观测系统。多个气象传感器成为各无线传感器网络节点,外加一个数据通信器及路由器以及一台计算机即可实现一个物联网自动气象站,各自动气象站集成起来构建一个综合气象观测系统。这种自动气象站可以根据需要任意增减传感器节点构建各种气象观测系统、试验系统,并具有远程校准与控制功能。

1.3 地面气象观测项目及仪器种类

不同国家要求气象观测的项目有些差别,我国对气象观测项目及观测时间等也有相应的规定。不同的气象站观测的项目也会有些差别,观测项目主要有云、能见度、天气现象、气压、空气的温度和湿度、风向和风速、降水、日照、蒸发、地面温度、草温、雪深;有些要增加的观测项目有浅层和深层地温、冻土、电线积冰、辐射、地面状态、雪压等,还可以根据需要增加其他一些观测项目。

气象观测项目需要定时进行观测,有自动观测和人工观测不同的规定,各定时观测项目分别见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 定时自动观测项目表

时间	北京时		地平时	
	每小时	20 时	每小时	24 时
观测项目	气压、气温、湿度、风向、风速、地温、草温及其极值和出现时间、降水量、蒸发量	日蒸发量	辐射时曝辐量、辐射辐照度及其极值、出现时间、日照时数	辐射日曝辐量、辐射日最大辐照度及出现时间、日照总时数

表 1-2 定时人工观测项目表

时间	北京时				真太阳时
	02 时、08 时、14 时、20 时	08 时	14 时	20 时	日落后
观测项目	云、能见度、气压、气温、湿度、风向、风速、0~40cm 地温	降水量、冻土、雪深、雪压	80~320cm 地温、地面状态	降水量、蒸发量、最高、最低气温、最高、最低地面温度	日照时数

注:未使用自动气象站的基准站除 02 时、08 时、14 时、20 时外,其他正点时次应观测气压、气温、湿度、风

为了实现对上述气象观测项目的观测,需要相应的仪器。总的来说,需要对气压、气温、湿度、风向、风速、降水量、地温、蒸发量、雪深、雪压、日照、辐射等测量,此

外还要测量一些项目的最大值及出现的时间等。

1.4 地面气象仪器性能要求

由于近地面层的气象要素存在着空间分布的不均匀性和时间变化上的脉动性,所以地面气象观测获取的资料必须具有“三性”,即代表性、准确性、比较性。

代表性:观测记录不仅要反映测点的气象状况,而且要反映测点周围一定范围内的平均气象状况。地面气象观测在选择站址和仪器性能,确定仪器安装位置时要充分满足观测记录的代表性要求。

准确性:观测记录要真实地反映实际气象状况。地面气象观测使用的气象观测仪器性能和制订的观测方法要充分满足本规范规定的准确度要求。

比较性:不同地方的气象台站在同一时间观测的同一气象要素值,或同一个气象台站在不同时间观测的同一气象要素值能进行比较,从而能分别表示出气象要素的地区分布特征和随时间的变化特点。地面气象观测在观测时间、观测仪器、观测方法和数据处理等方面要保持高度统一。

地面气象观测分为人工观测和自动观测两种,人工观测分为人工目测和人工器测,因此气象仪器也分为人工器测仪器与自动站气象仪器。气象仪器不同于普通仪器,不同国家都有不同的要求,我国地面气象观测规范中,对气象仪器的要求如下。

(1) 应具有国务院气象主管机构业务主管部门颁发的使用许可证,或经国务院气象主管机构业务主管部门审批同意用于观测业务。

(2) 准确度满足规定的要求。

(3) 可靠性高,保证获取的观测数据可信。

(4) 仪器结构简单、牢靠耐用,能维持长时间连续运行。

(5) 操作和维护方便,具有详细的技术及操作手册。

自动气象站对各气象要素测量的基本技术性能要求如表 1-3 所示。

表 1-3 自动气象站技术性能要求

测量要素	测量范围	分辨力	准确度	平均时间	采样速率
气温	-50~+50℃	0.1℃	±0.2℃	1min	6次/min
相对湿度	0~100%	1%	±4%(≤80%) ±8%(>80%)	1min	6次/min
气压	500~1100hPa	0.1hPa	±0.3hPa	1min	6次/min
风向	0°~360°	3°	±5°	3s, 2min, 10min	1次/s
风速	0~60m/s	0.1m/s	±0.5m/s±3% ±0.3m/s±3%(基准站)	3s, 2min, 10min	1次/s

续表

测量要素	测量范围	分辨力	准确度	平均时间	采样速率
降水	0~4mm/min	0.1mm	$\pm 0.4\text{mm}(\leq 10\text{mm})$ $\pm 4\%(> 10\text{mm})$	累计	1次/min
日照	0~24h	60s	$\pm 0.1\text{h}$	累计	—
蒸发	0~100mm	0.1mm	$\pm 1.5\%$	累计	—
地温	-50~+80℃	0.1℃	$\pm 0.5\text{℃}$ $\pm 0.3\text{℃}(\text{基准站})$	1min	6次/min
总辐射	0~2000W/m ²	1W/m ²	$\pm 5\%$	1min	6次/min
净辐射	-200~1400W/m ²	1W/m ²	$\pm (15\sim 20)\%$	1min	6次/min
直接辐射	0~2000W/m ²	1W/m ²	$\pm 2\%$	1min	6次/min

1.5 本书主要内容

本书主要介绍应用于自动气象站的气象仪器,特别是智能气象仪器,能够实现对气象要素的自动测量、数据传输和存储,对一些人工观测仪器也进行了简要介绍。

为了实现自动气象观测和数据记录,本书首先介绍了智能仪器设计的基本知识,包括传感器、信号调理、控制及数据处理及数据传输技术,其次介绍了温度、湿度、气压、风速风向、日照与辐射、雨量、蒸发、降雪、能见度、云高等的测量原理,还介绍了探空仪器的测量原理及要求,简单介绍了气象雷达的基本知识,最后介绍了气象仪器的检定方法和要求。

第1章介绍气象仪器的发展概况和气象仪器的性能要求等。

第2章对传感器、放大电路、模/数转换技术、微控制器、人机接口技术、低功耗设计以及数据处理技术进行分析和讨论。

第3章介绍测控仪器的通信技术,包括典型的仪器通信接口、测控总线与仪器通信的一般原理和方法、数据通信的基础、各种总线通信技术、网络通信技术、无线通信技术、远程通信技术等。

第4章介绍温度有关的基本概念,以及常用的温度传感器及应用。

第5章介绍湿度有关的基本概念,包括湿度的表示方法、测量原理等,以及常用的湿度传感器及应用。

第6章介绍气压的定义和表示方法,以及常用的气压传感器及应用。

第7章介绍风的基本概念和风的测量方法,以及常用的测量风的传感器。

第8章介绍了日照和辐射的有关概念,以及常用的日照和辐射测量传感器和仪器。

第9章介绍有关天气现象的观测及有关仪器,包括降水、降雪、蒸发、能见度及

云等的测量原理和主要的传感器。

第10章介绍主要气象要素的高空探测方法,包括探空仪器的基本原理、对探空仪器的要求以及常用的探空用传感器。

第11章简单介绍气象雷达的原理和应用等。

第12章介绍自动气象站的工作原理、组成以及使用方法,包括气象传感器、数据采集器、电源与外围设备、业务软件、数据采集与算法、数据传输与组网等。

参 考 文 献

- 程明虎,刘黎平,张沛源,等. 2004. 暴雨系统的多普勒雷达反演理论和方法. 北京:气象出版社.
- 中华人民共和国气象行业标准. 地面气象观测规范第1部分:总则. QX/T45—2007. 北京:气象出版社.
- 周诗健. 1984. 大气探测. 北京:气象出版社.

习 题

1. 什么是“三站”、“四网”?
2. 什么是气象观测的“代表性”、“准确性”、“比较性”?
3. 主要的气象要素有哪些?

第2章 智能仪器基础

2.1 概 述

电测仪器经历了第一代的指针式(或模拟式)、第二代的数字式、第三代的智能式仪器。随着微电子技术、微机电技术、信息技术等不断发展,智能仪器逐渐显现出微型化、多功能、人工智能化的趋势,应用领域也将不断扩大,并向虚拟化、无线化、网络化方向发展。

采用微控制器(单片计算机),将计算机技术与测量控制技术结合在一起,构成了“智能化测量系统”,也就是智能仪器。一般把含有微型计算机或者微控制器的测量仪器称为智能仪器。微控制器是将 CPU、存储器、定时器/计数器、并行和串行接口、看门狗、前置放大器甚至 A/D、D/A 转换器等电路集成在一块芯片上的超大规模集成电路。

智能仪器的主要功能是将传感器拾取到的信号进行放大,放大后的信号经 A/D 转换器转换成相应的数字信号并送到微控制器,进行相应的数据运算和处理,并把转换为相应物理量的检测结果显示和打印出来。此外,智能仪器还可以与上位机组成计算机检测系统,由微控制器作为下位机采集各种测量信号与数据,通过通信系统将信息传输给上位机,由上位机进行全局管理。与传统仪器仪表相比,智能仪器具有自动检测、自动校准、数据处理、可编程操作和友好人机对话的能力,目前已在各领域中得到了广泛的应用。

智能仪器人工智能化是指智能仪器实现部分人类大脑的功能,从而在视觉、听觉、思维等方面具有一定的能力。这样,智能仪器可无须人的干预而自主地完成检测或控制功能,从而解决用传统方法根本不能解决的问题。此外,智能仪器还可以通过互联网的接入,实现智能仪器系统的远程通信能力以及对智能仪器仪表系统进行远程升级、功能重置和系统维护。

虚拟仪器是智能仪器发展的新阶段,只要额外提供一定的数据采集硬件,就可以与 PC 机组成测量仪器,这种基于 PC 机的测量仪器称为虚拟仪器。在虚拟仪器中,使用同一个硬件系统,只要应用不同的软件编程,就可得到功能完全不同的测量仪器。作为虚拟仪器核心的软件系统具有通用性、通俗性、可视性、可扩展性和升级性,具有传统的智能仪器所无法比拟的应用前景和市场。

近年来,我国开始重视物联网技术的研究,各个物理量利用传感器来检测,并

通过无线传感器网络、互联网等进行通信以及数据库系统来管理,构成网络化测量系统。

本章主要对传感器、放大电路、模/数转换技术、微控制器、人机接口技术、低功耗设计以及数据处理技术进行分析和讨论。

2.2 传感器与信号调理

温度、压力、湿度等被测参数一般需要通过传感器来转换成电压、电流等电信号,这些电信号往往是连续变化的微弱模拟信号,需要进行信号的切换、放大、滤波、隔离、采样保持等处理,并将其转换成计算机能接收的数字信号。

2.2.1 传感器

传感器(sensor/transducer)是指能把物理量转变成便于利用和输出的电信号,用于获取被测信息,完成信号的检测和转换的器件。传感器是模拟量输入通道的第一道环节,是决定整个测试系统性能的关键环节。

1. 传感器的类型

由于被测物理量的多样性和用于构成传感器原理的繁杂性,导致传感器的种类、规格繁多。传感器的分类方法很多,常用的分类方法有按被测物理量、传感器工作原理或信号转换原理、传感器与被测量间能量关系等进行分类。

传感器按物理量的归类方法来分类,例如,测量力、速度、温度的传感器可分别统称为力传感器、速度传感器及温度传感器等。

传感器按工作原理或信号转换原理进行分类,可分为结构型和物理型两类。结构型传感器,是指根据传感器的结构变化来实现信号的传感,例如,电容式传感器是依靠改变电容极板的间距或作用面积来实现电容值的改变的;变阻器式传感器利用电刷的移动来改变作用电阻丝的长度,从而改变电阻值的大小。物理型传感器,是指根据传感器敏感元件材料本身物理特性的变化来实现信号的转换,例如,压电加速度传感器利用石英晶体的压电效应等。

按传感器与被测量间能量转换关系又可将传感器分为能量转换型和能量控制型两类。能量转换型传感器又称为有源传感器,直接由被测对象输入能量使传感器工作,属于此类传感器的有热电偶温度传感器、压电式传感器、弹性压力传感器等。能量控制型传感器又称无源传感器,它依靠外部提供辅助能量工作,由被测量控制该辅助能量的变化,属于此类传感器的有电阻应变式传感器等。

2. 传感器的选择

合理地选用传感器,是在进行某个量的测量时首先要解决的问题。当传感器

确定之后,与之相配套的测量方法和测量设备也就可以确定了。智能仪器的性能在很大程度上取决于传感器的合理选用。

(1) 根据测量对象与测量环境确定传感器的类型。要进行一个具体的测量工作,首先要考虑采用何种原理的传感器,这需要分析多方面的因素之后才能确定。因为即使测量同一物理量,也有多种原理的传感器可供选用,哪一种原理的传感器更为合适,则需要根据被测量的特点和传感器的使用条件考虑一些具体问题:量程的大小;被测位置对传感器体积的要求;测量方式为接触式还是非接触式;信号的引出方法,有线或非接触测量;传感器的来源、价格。在考虑上述问题之后就能确定选用何种类型的传感器,然后考虑传感器的具体性能指标。

(2) 灵敏度的选择。通常,在传感器的线性范围内,希望传感器的灵敏度越高越好。因为只有灵敏度高时,与被测量变化对应的输出信号的值才比较大,有利于信号检测。但要注意的是,传感器的灵敏度高,与被测量无关的外界噪声也容易混入,也会被放大系统放大,影响测量精度。因此,要求传感器本身应具有较高的信噪比,尽量减少从外界引入的干扰信号。

(3) 频率响应特性。传感器的频率响应特性决定了被测量的频率范围,必须在允许频率范围内保持不失真,实际上传感器的响应总有一定延迟,希望延迟时间越短越好。传感器的频率响应高,可测的信号频率范围就宽,而固有频率低的传感器可测信号的频率较低。在动态测量中,应根据信号的特点来选择合适的响应特性,以免产生误差。

(4) 线性范围。传感器的线性范围是指输出与输入成比例关系的范围。从理论上讲,在此范围内灵敏度保持定值。传感器的线性范围越宽,则其量程越大,并且能保证一定的测量精度。在选择传感器时,当传感器的种类确定以后首先要看其量程是否满足要求。但实际上,任何传感器都不能保证绝对的线性,其线性度是相对的。当所要求测量精度比较低时,在一定的范围内,可将非线性误差较小的传感器近似看成线性的。

(5) 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了传感器本身结构,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,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,在超过规定的使用期限后,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。

(6) 精度。精度是传感器的一个重要性能指标,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。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价廉和简单的传感器。

2.2.2 信号调理

传感器输出的信号不可避免地包含噪声,其幅度也不一定适合直接进行模/数转换,需要将传感器的信号进行放大。完成滤波、幅度变换等调理功能的电路称为信号调理电路。

随着计算机运算能力的提高以及数字信号处理技术的发展,许多原来依靠硬件实现的信号调理任务可通过软件来实现,这就大大简化了数据采集系统中模拟量输入通道的结构。

各类传感器输出信号各不相同,因此需要根据信号源的频率、幅度等因素选择放大器。

在智能仪器的信号调理通道中,使用较多的放大器有同相比例放大器、反相比例放大器、仪器放大器以及隔离放大器等。

1. 基本放大器

1) 基本同相比例运算放大器

图 2-1(a)所示为一般同相放大器的基本原理,其特点:输入电阻很大,输出电阻接近零,存在共模电压。其放大倍数为

$$A = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (2.1)$$

从式(2.1)可以看出,通过改变 R_1 和 R_f ,可以改变放大器的增益,放大倍数仅与电阻 R_1 和 R_f 有关。同相放大器的放大倍数大于等于 1,同相放大器只能构成增益放大器,不能构成衰减器。当断开 R_1 或短路 R_f 时,放大倍数为 1,构成了电压跟随器。

2) 基本反相比例运算放大器

图 2-1(b)所示为一般反相比例运算放大器的基本原理,其特点:输出电阻接近零,共模电压为零,而输入电阻较小。其放大倍数为

$$A = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1} \quad (2.2)$$

从式(2.2)可以看出,通过改变 R_1 和 R_f ,可以改变放大器的增益,放大倍数仅与电阻 R_1 和 R_f 有关。反相放大器的输入输出电压是反相的,可以构成衰减器。

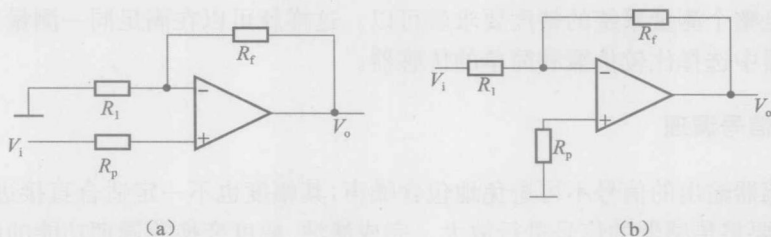


图 2-1 基本同相放大器与基本反相放大器

2. 程控增益放大器

在智能仪器中,为实现在较宽的测量范围内保证必要的测量精度,经常采用改变量程的方法。当改变量程时,放大器的增益一般也应相应地改变。这种改变可以通过软件实现,它使仪器的量程能够方便地自动切换。这种通过程序控制增益大小的放大器,称为程控增益放大器。

基本程控放大器又分为同相程控放大器、反相程控放大器等。

图 2-2 所示为同相程控增益放大器的电路实例。信号从同相端输入,电阻网络接在运放反相端与输出端之间,模拟开关为一个 8 选 1 模拟开关 CD4051。当 CD4051 的 I_0 端接通时,电路是一个跟随器,当其他端如第 j 端接通时,电路增益为

$$A_j = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\sum_{k=0}^N R_k}{\sum_{k=j}^N R_k} \quad (2.3)$$

图 2-3 所示为一个反相程控增益放大器实例电路,电路中电阻网络接在运放的反相输入端与输出端之间,模拟开关采用 8 选 1 模拟开关 CD4051。

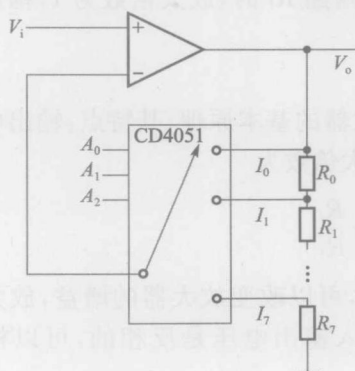


图 2-2 同相程控增益放大器

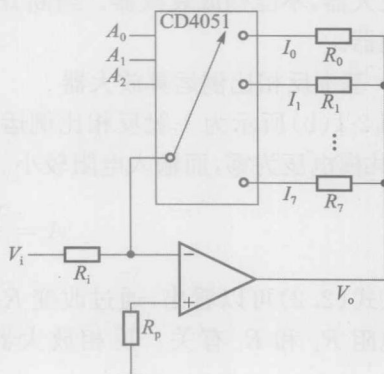


图 2-3 反相程控增益放大器