高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

自动检测与控制技术

葛金印　组编

强高培　主编



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业院校教材
“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

自动检测与控制技术

ZIDONG JIANCE YU KONGZHI JISHU

葛金印　组编
强高培　主编

高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS　BEIJING

内容简介

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一，是根据职业教育教学改革成果——机电技术专业、数控技术专业人才培养方案中“自动检测与控制技术核心课程标准”，并参照相关国家职业技能标准及有关行业的职业技能鉴定规范编写的。

全书分两大模块九个项目。第一模块主要介绍自动检测技术，从认识传感器开始，介绍力和压力的测量、温度的测量、光敏传感器及其应用、磁敏传感器、液位和流量的测量、位移的测量。第二模块介绍自动控制技术基本知识，首先介绍自动控制系统的基本知识和分析方法，然后介绍自动控制系统的检测环节及调节器。每个任务中都安排拓展内容和练习知识，供学习者阅读和练习。通过相应的实训活动，增强实际应用技能。

本书可作为高等职业院校相关专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材及有关人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

自动检测与控制技术/强高培主编. —北京：高等教育出版社，2010.6

ISBN 978-7-04-025990-2

Ⅰ.①自… Ⅱ.①强… Ⅲ.①自动检测-高等学校：技术学校-教材②自动控制装置-高等学校：技术学校-教材 Ⅳ.①TP27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 076085 号

策划编辑 陈大力　**责任编辑** 李葛平　**封面设计** 张　楠　**责任绘图** 尹　莉
版式设计 王艳红　**责任校对** 杨雪莲　**责任印制** 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	**购书热线**	010-58581118
社　　址	北京市西城区德外大街 4 号	**咨询电话**	400-810-0598
邮政编码	100120	**网　　址**	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landraco.com http://www.landraco.com.cn
经　　销	蓝色畅想图书发行有限公司	**畅想教育**	http://www.widedu.com
印　　刷	北京市鑫霸印务有限公司		
开　　本	787×1092　1/16	**版　　次**	2010 年 6 月第 1 版
印　　张	15.5	**印　　次**	2010 年 6 月第 1 次印刷
字　　数	380 000	**定　　价**	24.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有　侵权必究

物料号　25990-00

出 版 说 明

《国务院关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量，教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列，打造优质教学资源，研发精品教学资源，增强服务意识，提高服务本领，支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，高等教育出版社深切地了解到从事高等职业教育教学工作的教师们正以饱满的热情、高昂的斗志积极投身到课程改革的热潮中，他们也渴望能有一套遵循“以服务为宗旨，以就业为导向，以能力为本位”的职教理念，符合中国国情，能够适合高素质技能型人才培养模式，适应实施理论实践一体化和项目教学法，且可操作性强的实用系列专业教材。我社本着服务于职业教育事业发展，服务于职业院校教师的教学，服务于职业院校学生的学习的指导思想，推出了本套满足高职院校（五年制）机电技术专业、数控技术专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本系列教材是由多年从事高等职业教学工作的一线骨干教师和学科带头人通过社会调研，对劳动力市场人才进行需求分析，进行课题研究，研发专业人才培养方案，制定核心课程标准等技术程序，并在征询了相关企业人员的意见后编写而成的。其主要特点为：

1. 本系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系，参照了人力资源和社会保障部颁发的相关国家职业技能标准，课程设置和教学内容与企业技术发展同步，贯彻了以就业为导向，突出职业岗位能力培养为主的职教思想。

2. 专业核心课程采用综合化模块结构体系；专业基础理论削枝强干，够用为度，兼顾发展；技能训练课程内容实行“项目化”，项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。本系列教材在使用时有较强的可操作性。

3. 适应了学分制改革的需要，避免了教学内容的重复与交叉，给学生自主学习和个性化发展留有充分的空间。

4. 本系列教材以最新的相关国家技术标准为依据，融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实，通俗易懂，便于学生的自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革的不断深化，本套教材在推广使用中，将根据反馈的信息和教学需求的变化进行修订与完善。

高等教育出版社

前　言

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一，是根据职业教育教学改革成果——机电技术专业、数控技术专业人才培养方案中“自动检测与控制技术核心课程标准”，并参照相关国家职业技能标准及有关行业的职业技能鉴定规范编写的。

本书根据人才培养方案对本课程的要求，课程内容尽量贴近实际，理论与实践紧密结合。全书以任务引领式为主线，贯彻以就业为导向，以能力为本位的职教思想。在设计上，突破了学科体系模式，打破了原来学科体系框架。在编排上，采用项目式教学法的思路，将学科内容按“项目”进行整合，课程内容以实用为主，原理分析通俗易懂，并配备相应的插图和实践。全书内容分为若干项目，每个项目分为相应的任务，每个任务包括了理论学习部分、知识拓展、实际应用和实践练习等内容。各任务中包括典型电路的分析和测试，融合实际应用电路的知识，使学习者通过学习，能理论联系实际，直观地了解相应的知识点，真正掌握好本课程的知识，为将来就业尽快适应工作岗位要求打好基础。

本书将自动检测和自动控制内容进行了有机整合，分为两大模块。第一模块介绍自动检测的内容、任务和应用。第二模块介绍自动控制系统的基本知识和基本分析方法。每个模块分别设置了若干个项目，每个项目分为若干个典型工作任务，每个任务将相关知识和实践进行有机的结合，注重培养学生的实际应用能力和分析问题、解决问题的能力。

本书由江苏省惠山职业教育中心校高级讲师强高培任主编并统稿。高级讲师过建芬编写了项目三、四，讲师付平编写了项目五、六、七，杨晨老师编写了项目八、九，其余部分由强高培和北京电子科技职业学院闻健萍合作编写。

本书由常州刘国钧高等职业技术学校王猛审稿，并由本套系列教材组编葛金印终审，他们对书稿提出了许多宝贵的修改意见和建议，提高了书稿质量，在此一并表示衷心的感谢！

本书作为课程改革成果系列教材之一，在推广使用中，非常希望得到教学适用性反馈意见，以便不断改进与完善。由于编者水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2009 年 8 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话:(010) 58581897/58581896/58581879

传　　真:(010) 82086060

E - mail: dd@ hep. com. cn

通信地址:北京市西城区德外大街 4 号
高等教育出版社打击盗版办公室

邮　　编:100120

购书请拨打电话:(010)58581118

获取信息及资源:

登录 http://sv. hep. com. cn,可获得图书相关信息及资源。

目　录

绪论 …… 1

第一模块　自动检测技术

项目一　认识传感器 …… 7
任务一　检测技术的概念 …… 7
任务二　传感器的定义和作用 …… 10
任务三　传感器的类型和特性 …… 14
任务四　智能传感器及信号的传输和处理 …… 19
项目二　力和压力的测量 …… 23
任务一　应变式力传感器 …… 23
任务二　应变式压力传感器 …… 32
任务三　差动变压器式力传感器 …… 37
任务四　电感式压力传感器 …… 47
任务五　电容式力传感器 …… 51
任务六　压电式力和压力传感器 …… 62
项目三　温度的测量 …… 72
任务一　热电阻和热敏电阻 …… 72
任务二　热电偶传感器 …… 84
项目四　光敏传感器及其应用 …… 98
任务一　光敏传感器 …… 98
任务二　光敏传感器的典型应用 …… 119
项目五　磁敏传感器 …… 126
任务一　霍尔传感器 …… 126
任务二　磁敏电阻传感器 …… 140
任务三　金属探测器 …… 147
项目六　液位和流量的测量 …… 153
任务一　电容式液位传感器 …… 153
任务二　超声波流量传感器 …… 161
项目七　位移的测量 …… 173
任务一　光栅传感器测位移 …… 173
任务二　旋转编码器测角位移 …… 183

第二模块　自动控制技术

项目八　自动控制系统的基本知识和分析方法 …… 193
任务一　自动控制系统的基本概念 …… 193
任务二　自动控制系统的数学模型 …… 200
任务三　传递函数 …… 205
任务四　系统分析 …… 214
项目九　自动控制系统的检测环节及调节器 …… 226
任务一　检测环节 …… 226
任务二　调节器 …… 235

参考文献 …… 241

绪　论

当今，人类社会已从工业化社会进入信息化社会。对于每一信息的获取，都要有一个检测、转换、存储和处理的过程，检测技术几乎已应用于所有行业，它已成为获取信息的重要组成部分，在人类生产活动中起着及其重要的作用。在各种信息的采集、转换、传输过程中的功能器件——传感器，已成为自动检测、自动控制系统中不可缺少的核心部件。

传感器技术是一项当今世界令人瞩目并且发展迅速的高新技术，也是当代科学技术发展的一个重要标志。美国在20世纪80年代就将传感器技术列入高科技领域，并称世界已进入传感器时代，日本也在20世纪80年代将传感器列为十大科技之首，我国也已将传感器技术列为国家重点科技攻关项目之一。传感器技术、通信技术和计算机技术，是构成信息产业的三大支柱。

一、检测技术在国民经济发展中的地位和作用

检测技术中的前端单元——传感器，已是当今世界迅猛发展的高新技术，它在国民经济发展中起着极其重要的作用。

例如，在机械制造行业中，为保证机床的加工精度和质量，必须采取位置检测装置把机床运动部件的实际位移量随时检测出来，与给定的控制值进行比较，从而控制驱动部件正确运转，使工作台（或刀具）按规定的轨迹和坐标移动，从而保证加工质量。

又如，在化工产品自动生产过程中，需要随时对生产过程中的相关参量进行自动检测。首先，进料时要自动称出原料重量，测量原料成分或浓度，使它们按比例混合，然后将混合后的材料装进反应器中自动反应，这时必须测定容器中的压力、重量或体积，如果是液体，还必须自动控制容器中的液位高度。加工后的半成品在管道中传输时，必须自动控制传输速度或流量，还要检测压力和压强……加工生产后的成品要自动分装和称重。生产过程中的这一系列参数，都需要使用各种传感器将相应的非电量检测出来，并转换为电量送到自动控制的反馈装置中，进行自动调节，让生产设备正常运行，保证生产的高效率和产品的高质量。

在汽车制造行业中，一辆现代化装备的汽车，需要采用几十种以上的传感器，用来检测车速、方位、振动、油压、油量、温度等。在各种航天器上，需要利用许多种传感器测定和控制航天器的飞行参数，运行状态，并将传感器获取的各种信号反馈给各种测量仪表和自动控制系统进行自动调节，确保航天器按照人们预先设计的轨道正常飞行。实际上传感器已进入人们的日常生活中，家用电器中的许多控制都是自动调节的，空调对温度自行调节，还有各类楼宇中的防火报警装置等都是由传感器作为检测元件的。

二、传感器的定义与组成

什么是传感器？到目前为止尚未有一个明确的定义。广义地来说，传感器是一种能把物理量转变为便于利用的电信号的装置或器件。国际电工委员会给出的定义为："传感器是测量系

统中的一种前置部件，是能将输入变量转换成可供测量的信号的装置”。在我国国家标准（GB 7665—87）中的定义为：传感器是“能够感受规定的被测量，并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置”。

我国国家标准定义明确了以下几个方面的含义：① 传感器是某一测量装置，能够完成相应的检测任务。在一个自动化系统中传感器作为直接检测被测量的装置，要把检测到的信息及时、正确地反馈到控制组，以保证输出在规定的允许范围内，所以传感器是一种必备装置。② 它的输入量是某一被测量，可能是物理量，也可能是化学量或生物量。③ 它的输出是某种物理量，这种量要便于传输、转换、处理、显示等，它可以是气、光或电物理量。但目前的传感器输出的大多是电信号，输出的电信号继续供给后续测量电路或执行机构，以便对输出的电信号进行处理、调节、记录和显示等。④ 输出、输入有对应关系，且应有一定的精确程度。

传感器一般由敏感元件、传感元件和转换电路三部分组成，组成框图如图 0－1 所示。

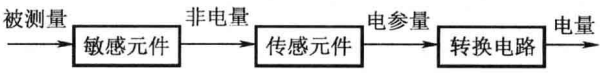


图 0－1　传感器组成框图

敏感元件是传感器的核心，它直接感受被测量，并输出与被测量成确定关系的某一物理量。

传感元件也称转换元件，其主要作用是将敏感元件的输出转换成电参量。

转换电路是将前面转换元件输出的电参量信号转换为便于显示、处理、传送的电信号的电路。

三、传感器的要求和发展前景

各种传感器由于原理、结构不同，使用环境、条件、目的不同，其技术指标也不可能相同。但是有些一般要求却基本上是共同的，如可靠性、灵敏度、分辨率、线性度、稳定性、量程、抗干扰能力、功耗、成本等。

可靠性、静态精度、动态性能、量程的要求是必须满足的。传感器是通过检测功能来达到各种技术指标目的的，很多传感器在动态条件下工作，精度不够，动态性能就不好，会出现故障，使整个工作无法进行。在某些系统或设备上通常装有许多传感器，若有一个传感器失灵或出现故障，就会影响整个系统或设备不能工作。所以传感器工作的可靠性、静态精度和动态性能是最基本的要求。

抗干扰能力也是十分重要的，因为使用现场总会存在这样或那样的干扰，总会出现各种意想不到的情况，因此，要求传感器应有这方面的适应能力。同时还应包括在恶劣环境下使用的安全性、通用性。传感器的通用性主要是指传感器可以用于各种不同的场合，达到事半功倍的目的。

当今，传感器技术是一门高新技术，它在科技领域、工农业生产以及人们日常生活中的应用越来越广泛。可以说，传感器技术发展是当代科学技术发展的一个重要标志，而现代科学技术的发展又为传感器技术提供了新的理论基础和制造工艺，同时也对传感器技术提出了更高的要求。

传感器技术的发展主要体现在以下几个方面。

1. 集成化、功能化

传感器的集成化是由于引入了半导体集成电路等技术发展起来的。一种集成化就是利用集

成加工技术，将敏感元件、放大电路、运算电路、补偿电路等集成在一个器件上，这样使传感器具有体积小、反应快、抗干扰能力强、稳定性高等优点。另一种集成化是将众多同类型的单个传感器集成于同一芯片或器件上，构成二维、三维式传感器，使它们成为一体化装置或器件。这类传感器具有简化电路设计、节省安装和调试时间、坚固性好、准确度高和可靠性高等优点。但有损坏时必须更换整个器件（或装置）。

传感器的功能化是指传感器不仅具有输出信号随被测量的变化而变化的功能，而且还具有比较复杂的或复合的功能。以前由几个元件连接成电路才能完成的功能，经功能化后，只要一个器件就能实现了。并且，传感器与其他功能元器件相结合，可产生新的功能。例如，由温度传感器和开关元件集成化可构成一种热敏传感器，只要将开关元件的集电结反向饱和电流设计成随温度变化而变化，就能起到控温作用。所以这种热敏传感器同时具备温度传感器与开关两种功能。

2. 微型化

微型化就是利用微型加工技术，尽可能使传感器的体积和重量做到最小。微米、纳米技术的问世以及微机械加工技术的不断实用化，为微型传感器的研制、加工提供了可能。微型传感器最显著的特征就是体积微小，重量很轻，其敏感元件的尺寸一般都为 μm 级。它是由微加工技术（即光刻、蚀刻、沉积、键合等工艺）制作而成的。微型化传感器为医学领域对人类体内各种器官检测提供帮助，帮助医生进行诊断。

3. 数字化

数字化传感器是指能把被测量（模拟量）直接转换成数字量输出的传感器，这类传感器的主要优点是：测量精度高，分辨率高，测量范围广，抗干扰能力强，稳定性好，自动化控制程度高，便于动态和多路检测，可靠性高等。

4. 智能化

智能化传感器是一种将普通传感器与微处理器相结合，具有检测与信息处理功能的传感器，它不仅具有信号采集、转换和处理功能，还具备信息存储、记忆、逻辑判断、自补偿、自诊断等人工智能。智能化传感器与传统传感器相比具有以下优点：

① 具有逻辑判断和信息处理功能，能对测量值进行修正、误差补偿等，因而提高了测量精度。

② 可以实现多传感器多参数测量。

③ 具有自诊断和自校准功能，提高了可靠性。

④ 测量数据可以存取，使用方便。

⑤ 具有数据通信接口，能与微型计算机直接通信，实现网络化或远程通信。

四、本课程的性质和主要任务

本课程是高等职业技术学校“电气自动化”专业的重要核心课程之一，专业性与实践性很强，是本专业学生必修的一门综合技术应用课程。

本课程的任务是:通过学习与实践,使学生掌握测量的基本原理,学会使用各种传感器对非电量进行测量的方法。掌握传感器的基本结构和使用方法,初步具备使用传感器的应用技能,熟悉相应转换电路、信号处理电路及相应传感器在工业中的应用。了解自动控制系统的基本概念,基本环节的作用,熟悉主要控制方法和常用分析方法。

本课程涉及的学科面广,需要较为广泛的基础知识和专业知识。学好本课程的关键在于理论联系实际,要多看多观察周围的设备,重视实验和实训,才能学好本课程知识,有利于提高解决实际问题的能力。

第一模块

自动检测技术

检测是利用各种物理效应，选择合适的方法与装置，对人类社会各方面的有关信息，通过检查与测量的方法赋予定性或定量结果的过程。能够自动地完成整个检测与处理过程的技术称为自动检测与转换技术。

项目一　认识传感器

［任务］　了解测量的任务和方法，掌握测量误差的概念及类型，能正确选用测量仪表。熟悉传感器的定义和作用，初步认识电阻式、电容式、电感式传感器。知道传感器的分类及静态特性指标。了解智能式传感器的概念。

［分析］　检测是人们认识客观存在物理量和相关信息的一种过程，检测的方式方法很多。本项目主要介绍测量的概念和常用方法；传感器的定义、组成、作用和类型；传感器的静态特性指标以及智能传感器的有关知识。

任务一　检测技术的概念

知识点：测量的概念和测量方法，误差的概念及误差处理。

技能要求：能确保精度并选用合适的测量仪表。



1. 测量的基本概念

所谓测量，就是人们借助专用的技术工具，采用相应的方法，对被测量取得定性或定量认识的过程。“定性”是指通过测量能判断被测量的存在与否，或在某一数值范围内，例如用超声波探伤仪检查工件内部是否存在缺陷。“定量”即是用一定精度等级的测量仪器，对被测量进行测量，然后得到一个比较精确的数值，例如用电子秤称出被测物的重量，用感应同步器测出机床工作台的位移量等。实际操作过程中，测量也是将被测量与同性质的标准量进行比较的过程，从而获得被测量为标准量的多少倍，例如用尺测长度。

测量的结果可以表示为数值，也可以表示为一条曲线或某种图形。但无论表示为何种形式，测量结果总包括数值（大小）和单位（符号）。例如某一电阻量测量结果为 100 Ω，表明该电阻的数值是 100，单位为 Ω。

2. 测量方法的分类

测量方法多种多样，分类方法也各不相同。在测量过程中，可以根据被测量是否随时间变化，分为静态测量与动态测量；根据测量手段不同，可分为直接测量和间接测量；根据测量时是否

与被测对象接触，可分为接触式测量与非接触式测量；还可以根据产品的生产流程分为在线测量和离线测量。

（1）静态测量与动态测量

静态测量是指测量时，系统的输入、输出信号不随时间变化或变化很缓慢。静态测量时，系统的输入、输出特性称为静态特性。

动态测量时，被测信号随时间不断变化，输出信号受检测系统动态特性的影响。对测量动态信号的系统，通常要求系统在输入信号变化时，其输出信号立即随输入信号不失真地变化。否则会造成较大的测量误差。

（2）直接测量与间接测量

利用仪表直接测出被测量结果的测量，称为直接测量，例如磁电式仪表测量电流、电压等。直接测量时，可以从测量仪表上读得结果，获得被测量的具体数值。但需注意的是，不能将直接测量和直读式仪表测量这两者混淆起来，直接测量包含了直读式仪表测量。例如用电压表测电压，用电流表测电流等，这些测量都是直读式仪表测量，还有测量时常用的电位差计测量，是将被测量与标准量进行比较，即误差值为零时，标准量的读数就是被测量的大小，这两种测量都是直接测量。

所谓间接测量就是不直接测量被测量，而是对与被测量有一定函数关系的一个或几个物理量进行直接测量，然后通过已知的函数关系求出被测量的大小，这种测量方法称为间接测量。例如，要测量某电阻中流过的电流 I，可以不直接用电流表测量电流 I，而是根据 $I = \frac{U}{R}$ 的函数关系，测出电阻两端的电压 U，若电阻值已知，则经过计算求得 I 的值。若电阻值不知，则测出电阻值后再计算求得 I 的值。

一般来说，间接测量比直接测量要复杂些，测量后要通过计算才能获得被测量的值。通常在下列三种情况下，才使用间接测量：一是没有直接测被测量的仪表；二是受工作条件限制，直接测量存在一定困难；三是直接测量的结果误差太大。随着计算机技术的发展和普及，测量仪表正向智能化方向发展，使间接测量方法的应用也得到相应扩大，测量过程中的数据运算和处理都由计算机完成，使间接测量方法同样直观和简单。

（3）接触式测量和非接触式测量

这是根据测量时是否与被测量接触来区分的。例如，电涡流探伤系统用来检查金属表面的裂纹以及焊接处的缺陷和红外线辐射测温计测温均属于非接触式测量。非接触式测量不影响被测对象的运行情况，是检测技术的一种发展趋势。

（4）在线测量和离线测量

为监视生产过程或自动控制设备生产的产品质量，在生产过程中所进行的测量称为在线测量。否则称为离线测量。

例如数控机床控制系统中的位置检测装置，是用来检测工作台的实际位移或丝杠的实际转角，并反馈给数控装置，由数控装置计算出实际位置和指令位置的差值，并根据这个差值的方向和大小去控制机床，使机床加工朝减小误差的方向移动，这就是在线测量，它能实时监控加工过程，保证数控机床的加工精度。离线测量是对加工好后的产品进行测量，例如用游标卡尺检测加工后轴的直径等。虽然能测量出加工后产品的质量合格与否，但不能实时监控产品生产质量。

3. 测量误差及分类

测量值与被测量实际值(真实值)之间不可能完全一样,总存在一定的误差,这个误差称为测量误差。测量误差分为绝对误差和相对误差。

(1) 绝对误差

绝对误差 Δ 是指测量值 A_x 与被测量实际值(真实值) A_0 之间的差值,即

$$\Delta = A_x - A_0 \tag{1-1}$$

绝对误差的单位与被测量的单位相同,绝对误差的符号有正、负之分。

(2) 相对误差

用绝对误差来表示误差的大小,有时不足以反映测量值偏离真实值程度的大小,因此,采用相对误差来表示。

相对误差用百分比的形式来表示,一般都取正值。相对误差又有示值(标称)相对误差和引用误差之分。

① 示值相对误差

$$\gamma_x = \frac{|\Delta|}{A_x} \times 100\% \tag{1-2}$$

② 引用误差 γ_m 有时也称为满度相对误差。它用绝对误差 Δ 与仪器满量程值 A_m 之比的百分数表示,即

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \tag{1-3}$$

(3) 准确度等级

在式(1-3)中,当 Δ 取仪表的最大绝对误差值 Δ_m 时,引用相对误差用来表示仪表的准确度等级 S,即

$$S = \left|\frac{\Delta_m}{A_m}\right| \times 100 \tag{1-4}$$

测量时,根据仪表的准确度等级 S 和满量程值 A_m,可以计算出该仪表可能出现的最大绝对误差值 Δ_m 为多大,示值相对误差为多大等。

准确度等级 S 规定取一系列标准值。我国的模拟仪表的准确度通常分为 7 个等级,分别为 0.1,0.2,0.5,1.0,1.5,2.5,5.0 级。其中 0.1 级表示该表的引用相对误差最大不超过 ±0.1%。我们可以从仪表的使用说明书上或仪表的面板上得到仪表的准确度等级。

例 1-1 已知被测电压的准确值为 220 V,现用一块准确度等级 S 为 2.5,量程为 300 V 的电压表,测得电压为 226 V,试计算最大绝对误差 Δ_m,与准确值 220 V 的误差 Δ,示值相对误差 γ_x 以及引用误差 γ_m 各为多少?

解:最大绝对误差:$\Delta_m = S \times A_m = 2.5 \times 300\ \text{V}/100 = 7.5\ \text{V}$

与准确值 220 V 的误差:$\Delta = 226\ \text{V} - 220\ \text{V} = 6\ \text{V}$

示值相对误差:$\gamma_x = (6/226) \times 100\% = 2.65\%$

引用相对误差:$\gamma_m = (6/300) \times 100\% = 2\%$

例 1-2 示值相对误差是不是小于引用误差呢?上例中在仪表的绝对误差不变的情况下,如果被测电压为 100 V,示值相对误差 γ_x 为多少?变大了还是变小了?

解：已知绝对误差 Δ 仍为 6 V，当示值 A_x = 100 V 时，示值相对误差 γ_x = (6/100) × 100% = 6%，与前者相比，示值相对误差大多了。

结果表明，采用同一仪表测量时，无论被测量值为多少，仪表的相对误差变化不会太大，这是由仪表的精度等级决定的。当示值 A_x 比满度值小许多时，由式(1 - 2)可知，其分母变小，示值相对误差 γ_x 就变得大多了。因此，测量时要选择仪表合适的量程，通常希望测量示值要在仪表满量程值的 2/3 以上。

在工程测量中，仪表的准确度通常称为“精度”，准确度等级习惯上称为精度等级，准确度等级值小，称为精度等级高。



想一想

1. 准确度等级的数值越小，仪表越昂贵，对吗？
2. 测量时，选用准确度等级高的仪表(S 值小的)，测量的准确度肯定高吗？为什么？



练一练

1. 现有两只电压表，一只的精度等级为 0.5 级，测量范围(量程)为 0 ~ 500 V，另一只精度等级为 1.0 级，测量范围(量程)为 0 ~ 100 V，用它们来测量 80 V 的电压，试问选用哪一只电压表测量较为合适？为什么？

2. 欲测 230 V 电压，要求测量示值相对误差不大于 ±0.6%，问选用量程为 250 V 的电压表，其精度等级为哪级？若选用量程为 300 V 和 500 V 的电压表，其精度等级又为哪级？

任务二　传感器的定义和作用

知识点：传感器的作用，初步认识电阻式、电容式和电感式传感器。

技能要求：认识电阻、电容、电感式传感器的结构，为今后学习各种传感器应用打好基础。



学一学

1. 传感器

传感器，又称换能器、变能器，广义而言，是将被测的某一种非电物理量或信号，按一定规律，以一定精度转换为与其对应的另一种或同种物理量或信号输出的器件或装置。目前，限于非电