

化纤工人中高级技术系列读物

涤纶生产仪表及自动化

李 希 主编

东南大学出版社

化纤工人高中级技术系列读物

涤纶生产仪表及自动化

编者： 李 希 （主编）

封永华 胡新宁 黄元庆



东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书内容共分三篇，第一篇叙述了测量的基本知识以及涤纶生产中常用的压力、流量、物位、温度、成分分析等测量仪表的测量原理、基本结构、主要特点；第二篇阐述了生产过程自动化的基本知识、基本调节规律、调节阀和单元组合仪表的基本知识、涤纶生产中常用调节系统的基本知识；第三篇阐述了集散型数字控制系统的基本知识和各种基本操作方法。

本书紧密联系实际，取材丰富实用，是涤纶生产工艺操作工学习的好教材。亦可供仪表维修工人、技术人员和有关仪器仪表及自动化专业的设计人员参考。

责任编辑 陈天授

涤纶生产仪表及自动化

李 希 主编

东南大学出版社出版

南京四牌楼 2 号

新华书店经销

镇江前进印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 19.5 字数 474 千字

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数：1—3500 册

ISBN7—81023—366—1

TQ·4

定价：7.20 元

序

我国化学纤维工业的兴起，始于50年代后半期。三十多年来，在党和政府强有力的领导下，终于在我国建设起一个品种齐全、设备基本立足国内、质量符合要求、生产规模庞大的现代化工业。这一成就使得中、外人士都惊羡不止。

随着我国化纤工业的发展，有关的学术论著、工具书及教科书不断涌现，但相应的工人读物却较为鲜见，更不用说系列读物了。仪征化纤工业联合公司涤纶一厂的同志们积极探索、大胆实践，依靠自身的优势及力量，编写了这套《化纤工人中高级技术系列读物》，在化纤行业中开了编写工人系列读物的先河，确是一件值得称颂的大好事。

化学纤维的生产技术涉及到多门科学、工程和技术知识，如基础化学、高分子科学的机械、电机、电子、化工、仪表自动化等等，具有高度的综合性。要编写一套以初中以上文化水平的化纤工人为对象的系列读物，作为系统培训教材或自学用书，必须考虑到内容的通俗性、实用性、系统性，选材要兼收并蓄，表达要深入浅出，通俗易懂，其任务显然是十分艰巨的。仪征化纤工业联合公司涤纶一厂的专业技术人员，凭他们多年积累的生产技术知识和工作经验，以严谨的科学态度，通力协作，积两年多辛劳，较为成功地编出了这套《读物》。她的问世，对提高我国涤纶生产工人的素质，提高我国涤纶纤维生产水平，将起到重大的效用。

化学纤维起源于实验室研究。一个世纪以来，创造了众多的品种。但不管科学研究成就多么辉煌，如果没有多种工程技术的配合，是不会有现代化大规模化纤生产企业的。目前，我国化学纤维工业的发展虽已具有一个坚实的基础，而且到了比较先进的水平，但我们的领导干部、科学工作者、工程技术人员和工人不能满足于这一现状，还须继续共同努力，精益求精。新的大品种虽一时可能不会出现，但通过接枝、嵌段、共聚、混溶等物理化学变性，不断改进旧品种、创造新品种的潜力还是很大的。通过技术与管理双管齐下，维修保养好设备，节约能源、降低成本、提高质量、增加花色品种，就能使我们的化纤产品立足于剧烈竞争的国际市场。在所有这些方面，生产技术工人的技术素养和工作作风，将起到关键的作用。这套《读物》必将在完成这一任务中，作出应有的贡献。

作为一个与化学纤维科学技术结下五十年不解之缘的老年人，在《化纤工人中高级技术系列读物》出版之际，感到无比欣幸。衷心祝贺她的出版，期待着她的佳音。

钱宝钧 于中国纺织大学
1990年2月

绪 论

§ 0-1 涤纶生产自动化的意义

涤纶是聚酯纤维的商品名称，它的全名是对苯二甲酸乙二酯纤维，它是以精对苯二甲酸和乙二醇为基本原料，经酯化、缩聚而制成的一种醇酸树脂，再经过熔融纺丝和后加工制成的一种合成纤维——聚酯纤维。聚酯纤维的整个生产过程在密闭的容器和设备中连续进行，看不见，摸不着。配料、酯化反应、缩聚反应又必须在一定的压力和温度中进行。而且，不少介质还具有有毒、易燃、易爆、有腐蚀的性质。加之涤纶生产厂的产量和规模越来越大。因此，要保证涤纶生产正常地、高效地进行，就必需把各项工艺参数维持在某一最佳范围之内。要做到这一点，生产过程就必需自动化、现代化。

那么，什么叫做生产过程自动化呢？生产过程自动化就是采用自动化装置来管理生产过程。也就是在生产设备上，配备一些必要的自动化装置，代替人的一部分直接操作，使生产过程在自动化装置操纵下自动进行。自动化装置，可分为自动检测装置、自动调节装置、自动保护装置、自动操纵装置四大类。

生产过程自动化是现代生产技术的发展方向，它提高了劳动生产率，节约了人力，充分保证了操作人员的安全，减轻了工人的劳动强度，改善了工作环境；提高了产品的产量和质量，降低了能量和原材料的消耗，保证了设备的安全，延长了设备的使用寿命，从而降低了生产成本，获得最好的技术经济指标；它有效地监视、控制和调节生产过程，保证生产过程在正常的工艺条件下自动地进行。

§ 0-2 自动化仪表的发展概况

自动化仪表的发展经历了自力式、基地式及单元组合式等几个大的发展阶段，单元组合仪表也经历了Ⅰ型（电子管）、Ⅱ型（晶体管）及Ⅲ型（集成块）等三种型式。最早出现的仪表体积大、精度低。随着科学技术的不断发展和电子技术的不断进步，相继出现了各种类型的基地式电动、气动仪表， $0.02\sim 0.1\text{MPa}$ 标准气信号的气动单元组合仪表， $0\sim 10\text{mA}$ （直流）标准电信号的电动单元组合仪表。从而实现了集中控制，并使得仪表的体积大为缩小，可靠性和精度也有很大提高。随着半导体和集成电路的进一步发展，自动化仪表便向着小体积、高性能的方向迅速发展，新产品不断地涌现， $4\sim 20\text{mA}$ （直流）标准电信号的Ⅲ型电动单元组合仪表也相继问世，并进一步发展到具有多功能的组装仪表，智能化仪表，为实现各种特殊控制规律提供了条件。随着大规模集成电路的出现，以及计算机技术、数据通讯技术、字符图象显示技术、自动控制技术的进一步发展，集散型数字控制系统这种综合型控制装置进入生产过程控制领域，使得生产过程的自动化程度越来越高，经济效益越来越显著。当然，对于小型企业和单机的自动控制，仅需要用结构简单、价格便宜的简易式调节仪表；对于大中型企业则适于应用单元组合式仪表；而集散型数字控制系统则适用于现代化

的、容量大、具有临界参数、系统复杂及安全可靠性要求高的工业装备上。仪征化纤工业联合公司（以下简称仪化）采用了TDC-2000、TDC-3000集散型数字控制系统和I系列Ⅲ型电动单元组合仪表，其自动化水平居于国内先进行列。

§ 0-3 仪表及自动化系统的分类

涤纶生产中使用的仪表类型很多，分类方法也很多，下面介绍几种常用的分类法。

1. 根据被测参数的性质分类，有压力仪表、流量仪表、物位仪表、成分分析仪等。总称为测量仪表。

2. 根据仪表表达方式分类，有指示型仪表、记录型仪表、累积型仪表、信号型仪表、调节型仪表等。

3. 根据仪表的用途分类，有标准表、实用仪表。标准表又分Ⅰ级——初级范型仪表、Ⅱ级——次级范型仪表。实用仪表又分为工业用仪表和实验室用仪表。

4. 根据仪表的安装位置分类，有就地仪表、远距离仪表、远传送仪表。远距离仪表又分为架装仪表和盘装仪表。远传送仪表有时称为变送器，有时也称为一次表。把接收一次表输出信号的仪表叫做二次表。

5. 根据仪表的功能分类，则有检测仪表、显示仪表、调节仪表、执行器。

利用上述各类仪表，可以构成自动检测、自动调节、自动保护、自动操纵四种类型的自动化系统。

§ 0-4 课程的内容及要求

本书分为三篇。第一篇共六章，主要阐述测量的基本知识以及涤纶生产中常用的压力、流量、物位、温度、成分分析等测量仪表的测量原理、基本结构、主要特点。第二篇共五章，主要阐述了生产过程自动化的基本知识、基本调节规律和涤纶生产中典型调节系统的设置，介绍了单元组合仪表的基本知识和调节阀的结构及工作原理。第三篇共二章，主要阐述了集散型数字控制系统的组成和各种基本操作方法。

通过本课程的学习，要求工艺操作人员，应能对涤纶生产中常用仪表的测量原理，基本结构及主要特点有所了解，并能够正确地使用它们。应了解生产过程自动化的基本知识，懂得基本调节规律，熟悉涤纶生产中典型调节系统的设置以及在生产过程中自动调节系统的投运，了解调节系统的参数整定方法。对集散型数字控制系统的组成有所了解，掌握集散型数字控制系统人机接口的各种操作方法，能熟练地“人机对话”。

出版说明

我公司是纺织部特大型化纤联合企业。公司的主要产品是各种PET切片、涤纶短纤维及差别化纤维，主要生产装置及技术均系国外引进，为目前国内、国际先进水平。建厂一开始，我公司就十分重视职工培训，系统培训各级各类在职职工，并以对主体工人进行中级技术培训为重点。培训离不开教材，但由于化纤工业较为年轻，适用工人培训的教材可谓凤毛麟角。办学初期，我们常因极度短缺教材而事倍功半，甚至陷入窘境，只得仓促编写一些油印讲义权充教材。为了从根本上保证我公司工人培训的质量，给化纤行业兄弟单位的工人培训提供方便，为我国化纤行业工人培训的教材建设作出应有贡献，在1988年春，我公司组织了四十多名工程技术人员和兼职教师，在油印讲义和讲稿的基础上，全面修改与编写了这套《化纤工人中高级技术系列读物》，我们希望通过这套《读物》的出版，能迎来化纤行业工人培训读物竞相问世的春天。

目前，尽管我国涤纶生产的操作工人有着不同的工种体系及众多的工种名称，但无论如何，切片及短纤维的生产过程总是由聚酯合成、熔体（或切片）纺丝及初生纤维后处理这三大部分所组成；鉴此，同时又考虑到技术等级标准对中高级工人的技术构成要求，这套《读物》共有以下八册组成，它们是：《化纤工人识图知识》、《涤纶生产电气基础》、《涤纶生产仪表及自动化》、《聚酯合成单元操作》、《聚酯生产》、《聚酯生产设备》、《涤纶短纤维生产》、以及《涤纶短纤维生产设备》。其中，前面三册是涤纶生产操作工人的通用读物，后续三册适用于聚酯合成操作工人，最后两册适用于短纤维纺丝及后处理工人。这样，涤纶生产工人都可以通过不同的选配与组合，从这套《读物》中获得本岗位的知识 and 技能。

从我国目前化纤行业操作工人的实际文化程度出发，《读物》在编写过程中，尽量以初中文化知识为基础，深入浅出。为了方便广大倒班的操作工人自学，在这套《读物》多数分册的章、篇之末，都附有习题或思考题。

《化纤工人中高级技术系列读物》是由工作在生产第一线的各专业工程师集多年的试车、生产及工人培训的经验编写而成的，并且分别经各有关专业的带头人审定。《读物》以提高化纤操作工人的知识和技能为宗旨，不仅注重理论联系实际，具有较强的实用性及系统性，而且通俗易懂，图文并茂。《读物》内容的取舍，既立足本公司实际又兼顾全国涤纶生产的现状，兼收并蓄，力求针对性与通用性并行不悖。《读物》还适当注意到了与后续的高级技术培训的衔接，因此，它将对高级工的培训具有参考价值。《读物》还可供诸如保全工、维修电工、仪表维修工等与化纤操作工的相邻工种的工人作参考用书。

在《读物》出版过程中，著名化纤专家、中国纺织大学前院长钱宝钧教授给予了热情的关心及支持，并为之写了序。《读物》编写时，参考和引用了国内外许多图书和资料，在此一并致谢。

组织众多工程技术人员编写工人培训系列读物，在我公司尚属初次尝试，缺乏经验，

由于工作量很大，时间仓促，加之编者水平有限，各册内容繁简与文体虽经统稿审定，尚有不尽人意，疏谬之处，在所难免，恳请读者批评指正。

江苏仪征化纤工业联合公司

一九九一年五月

《化纤工人中高级技术系列读物》编审委员会

沈传昌 马育平 邵学洪 沈有根 吕中品 翁世奋 黄兴山
高澄 王树森 许永明 王壮 叶宗善 江昱建 陈森富
李荣兴 成展 施一宁 宁润堂 明向阳 李希 张立华
应俊信 张瑞平 李振峰 赵彦民

主 编 李荣兴

目 录

绪论	(1)
§ 0-1 涤纶生产自动化的意义	(1)
§ 0-2 自动化仪表的发展概况	(1)
§ 0-3 仪表及自动化系统的分类	(2)
§ 0-4 课程的内容及要求	(2)

第一篇 测 量 仪 表

第一章 测量的基本知识	(3)
§ 1-1-1 测量的一般概念	(3)
§ 1-1-2 测量仪表的品质指标	(4)
§ 1-1-3 测量仪表的构成	(7)
思考题	(7)
第二章 压力测量	(9)
§ 1-2-1 概述	(9)
§ 1-2-2 液柱式压力计	(10)
§ 1-2-3 弹性式压力表	(13)
§ 1-2-4 电动压力传感器	(16)
§ 1-2-5 气动压力变送器	(20)
§ 1-2-6 压力开关	(23)
§ 1-2-7 压力表的选择和安装	(24)
§ 1-2-8 压力表的使用和维护	(26)
思考题	(29)
附表 1-2-1 仪化涤纶厂压力仪表使用情况统计表	(30)
第三章 流量测量	(31)
§ 1-3-1 流量测量基本知识	(31)
§ 1-3-2 差压式流量计	(32)
§ 1-3-3 转子流量计	(44)
§ 1-3-4 其它流量计	(50)
思考题	(57)
附表 1-3-1 仪化涤纶厂流量仪表使用情况统计表	(58)
第四章 物位测量	(59)
§ 1-4-1 概述	(59)
§ 1-4-2 直读式液位计	(60)
§ 1-4-3 差压式液位计	(61)
§ 1-4-4 浮力式液位计	(64)
§ 1-4-5 机械接触式料位计	(66)

§ 1-4-6 核辐射式液位计	(68)
§ 1-4-7 其它物位计	(69)
思考题	(72)
附表 1-4-1 仪化涤纶厂物位仪表使用情况统计表	(73)
第五章 温度测量	(75)
§ 1-5-1 温度测量的基本概念	(75)
§ 1-5-2 膨胀式温度计	(77)
§ 1-5-3 热电偶温度计	(78)
§ 1-5-4 热电阻温度计	(82)
思考题	(89)
附表 1-5-1 仪化涤纶厂温度仪表使用情况统计表	(94)
第六章 成分分析仪表	(96)
§ 1-6-1 概述	(96)
§ 1-6-2 M52010型磁压式氧分析仪	(97)
§ 1-6-3 ULTRAMATI CO分析仪	(100)
§ 1-6-4 尾气分析报警仪	(102)
§ 1-6-5 电导式分析仪	(105)
§ 1-6-6 工业酸度计	(108)
§ 1-6-7 ZKS型粉尘含量监视器	(112)
§ 1-6-8 氯化锂露点式湿度计	(115)
§ 1-6-9 毛细管式粘度计	(116)
§ 1-6-10 LB360核辐射式密度计	(119)
§ 1-6-11 成分分析器的使用和测量误差	(120)
思考题	(122)
附表 1-6-1 仪化涤纶厂成分分析仪表使用情况统计表	(122)

第二篇 涤纶生产自动化

第一章 涤纶生产自动化概述	(125)
§ 2-1-1 自动调节代替人工调节	(125)
§ 2-1-2 自动调节系统的类型及组成	(127)
§ 2-1-3 调节过程的品质指标	(129)
§ 2-1-4 调节对象的特性	(131)
思考题	(133)
第二章 气动薄膜调节阀	(134)
§ 2-2-1 气动薄膜调节阀的结构与类型	(134)
§ 2-2-2 气动薄膜执行机构	(136)
§ 2-2-3 调节阀	(137)
§ 2-2-4 气动薄膜调节阀的组成形式	(139)
§ 2-2-5 阀门定位器	(140)
思考题	(141)
第三章 基本调节规律	(142)

§ 2-3-1 位式调节·····	(142)
§ 2-3-2 比例调节·····	(143)
§ 2-3-3 积分调节·····	(145)
§ 2-3-4 微分调节·····	(146)
思考题·····	(140)
第四章 单元组合仪表与常用调节系统·····	(150)
§ 2-4-1 概述·····	(150)
§ 2-4-2 单元组合仪表的类型·····	(151)
§ 2-4-3 DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表构成的常用调节系统·····	(158)
思考题·····	(171)
第五章 基本操作系统·····	(173)
§ 2-5-1 概述·····	(173)
§ 2-5-2 聚酯装置中的典型调节系统·····	(173)
§ 2-5-3 纺丝装置中的典型调节系统·····	(193)
思考题·····	(195)
附件 2-5-1 仪表位号、设备位号、介质代号说明·····	(195)

第三篇 集 散 系 统

第一章 集散系统概述·····	(201)
§ 3-1-1 集散系统的概念·····	(201)
§ 3-1-2 集散系统的组成·····	(202)
§ 3-1-3 集散系统的特点·····	(202)
§ 3-1-4 集散系统发展的概况·····	(202)
§ 3-1-5 TDC-3000集散系统总体介绍·····	(203)
思考题·····	(205)
第二章 过程接口箱·····	(206)
§ 3-2-1 基本控制器·····	(206)
§ 3-2-2 多功能控制器·····	(220)
§ 3-2-3 过程接口单元·····	(241)
§ 3-2-4 管理操作系统·····	(243)
思考题·····	(249)
第三章 人机接口的操作·····	(251)
§ 3-3-1 键盘功能说明·····	(251)
§ 3-3-2 显示操作·····	(258)
§ 3-3-3 报警显示和处理·····	(264)
§ 3-3-4 键控操作·····	(266)
§ 3-3-5 管理站操作·····	(272)
复习题·····	(290)
附录3-0-1 缩写词·····	(290)
附录3-0-2 系统标识符中的缩写词·····	(293)
参考文献·····	(296)

第一篇 测量仪表

第一章 测量的基本知识

要对生产过程有效地进行自动操作和自动调节,首先就必须对工艺生产中的压力,流量、物位、温度、物质成分等工艺参数自动地、及时地进行准确测量,随时反映出生产过程中所发生的一切情况,以便进行有效地控制。测量仪表就是测量这些工艺参数所用仪表的总称。

§ 1-1-1 测量的一般概念

测量就是用专门的技术工具靠实验和计算找到被测量的数值。测量的目的就是为了在限定的时间内尽可能准确地收集被测对象的未知信息,以便掌握被测对象的参数,并控制生产过程。

1. 测量的定义 测量就是将被测量参数与其同性质的标准量进行比较的过程,并确定被测量参数对标准量的倍数。

上述定义用数学公式表示则为:

$$g = \frac{Q}{V} \quad (1-1-1)$$

式中 Q ——被测量参数; g ——比值即测量值; V ——标准量即测量单位。

由式(1-1-1)可见,对于预先给定的一定的被测量参数 Q 而言,比值 g 的大小,随所采用的标准量大小而定,所采用的标准量愈小,其比值 g 愈大。为了正确地反映出测量值,常需在测量值 g 的后面标明标准量 V 所采用的单位。

无论采用那种方法进行测量,其测量过程的本质是式(1-1-1)所表达的内容,所以,我们称式(1-1-1)为测量的基本方程式。

比如,我们要测量一段电缆的长度,那就用一把米尺与它比较一下,看它有多少米长,即可测知该电缆的长度。如果要知道某一病人的体温,就用水银温度计接触该病人的腋下,过五分钟后,便可以从水银温度计的刻度上读到该病人的体温。在这里,米尺上的刻度和水银温度计上的刻度均为标准量 V ,电缆长度和病人的体温为被测量参数,从米尺和水银温度计上读取的数据为比值,即测量值。

2. 测量过程 为简明起见,由最简单的例子——天平称重的分析来考察其测量过程。首先应检查天平是否平衡,即所谓调零。接着为了比较被测量和标准量,把重物和砝码分别放到两侧秤盘中,这叫对比。然后判断谁重谁轻,这可以借助于观察天平中间的指针偏向何方,以判别有无差值,这叫示差。如存在差值就要调整砝码的大小,一直到砝码与重物平衡时为止,这个调节的动作就叫平衡。示差和平衡动作完成之后就可根据砝码的多少读出物重的数字值,这叫读数。

综上所述,整个测量过程包括对比、示差、平衡和读数四个动作。它是贯穿在一切测量过程中的。要改进测量就应简化和完善这些比较动作。并要求测量仪表能够自动完成这四个

动作。

3. 测量变换的概念 测量的关键在于被测量和标准量的比较,但是,被测量能直接与标准量比较的场合不多。大多数的被测量和标准量都要变换到双方便于比较的某个中间量。例如用水银温度计测室温时,室温被变换成玻璃管内水银柱的热膨胀位移,而温度的标准量为玻璃上的刻度,这时被测量和标准量都变换到线位移这样的中间量,以便直接进行比较。可见通过变换可以实现测量,或者使测量更为方便。变换是测量的核心。

综上所述,变换是指把被测量按一定的规律转变成便于传输或处理的另一种物理量的过程。最简单也是最理想的变换规律,是变换前与变换后的参数成直线关系。变换元件的这种特性叫线性特性。

变换元件是以一定的物理定律为基础的,它完成一个特定的变换任务。多个变换元件的有机组合可构成变换器或测量仪表,后者可直接将被测量变换成观测者能直接感受的量值。

4. 测量误差 测量是一个变换、选择、放大、比较、显示诸功能的综合作用,又是一个对比、示差、平衡、读数的比较过程,如果这些过程是在理想的环境、条件下进行,即假设一些影响因素都不存在,则测量将是十分精确的。但是,这种理想的环境和条件是不存在的。在实际的测量过程中,由于测量仪表本身结构的不同,测量对象、测量方法、测量操作者的不同,对测量结果都会产生不同程度的影响,使得测量仪表的指示值与被测量参数的真值之间产生差异。无论人们怎么努力,都无法测得真值,而只可能尽量接近真值。测量值与真值之间始终存在着一定的差值,我们称这一差值为测量仪表的测量误差。

必须指出:在工业上应用时,测量仪表准确度的要求,应根据生产操作的实际情况和被测参数对整个工艺过程的影响程度所提供的误差允许范围来确定,这样才能保证生产的经济性和合理性。

§ 1-1-2 测量仪表的品质指标

一台测量仪表的好坏,可用它的品质指标来衡量。现将几项常见的品质指标简介如下:

1. 测量仪表的精确度(简称精度)

仪表的精度,是衡量仪表测量结果“准不准”的一项指标,在测量中,用仪表引起的误差来表示。仪表的误差常用绝对误差和相对误差来表示。

绝对误差是测量同一参数时仪表的指示值与标准仪表指示值的差值,有单位。绝对误差不能作为不同量程的同类仪表以及不同类的仪表之间测量精度的比较尺度。例如,一压力表的量程为10MPa,绝对误差为 $\pm 0.1\text{MPa}$ 。另一压力表的量程为1MPa,绝对误差为 $\pm 0.1\text{MPa}$ 。虽然这两块表的绝对误差相等,但它们的精度不一样。为了解决这个问题,必须引进相对误差的概念。

相对误差是绝对误差与标准表的指示值的比值,无单位。相对误差不能作为同块仪表不同测量点测量精度的比较尺度。例如,一块压力表分别测量10MPa和1MPa压力时的绝对误差均为 $\pm 0.1\text{MPa}$ 。结果,计算出的相对误差不一样。所以,评价一台仪表准确与否,单凭绝对误差或相对误差是不够的,为了更好地反映仪表的准确度,必须引进相对百分误差的概念。

相对百分误差是仪表的最大绝对误差与仪表测量范围的比值,无单位,用百分数表示。

其数学表达式如下：

$$A = \frac{(a - b)_{\max}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 100\% \quad (1-1-2)$$

式中 A ——相对百分误差； a ——被测量参数的测量值； b ——被测量参数的标准值； $(a - b)_{\max}$ ——最大绝对误差； $x_{\max}$ ——仪表测量范围的上限； $x_{\min}$ ——仪表测量范围的下限；

$x_{\max} - x_{\min}$ ——仪表的测量范围，又称为仪表的量程。

在工程应用中，为了简化表示仪表测量结果的准确程度，引入一个仪表精度等级的概念。仪表精度等级以一系列标准相对百分误差的百分比数值（0.001、0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、0.35、0.5、1、1.5、2.5、4.0、6等）进行分档。

仪表的基本误差是指仪表在标准条件下使用时所产生的相对百分误差。应该指出，标准条件是指对影响测量的各种因素所作的人为规定，一般由企业标准或国家标准规定。如果仪表不在规定的标准条件下工作，则由于外界条件变化的影响，将引起除基本误差外的额外误差。我们把这个额外误差叫做附加误差。这个附加误差的数值可能会是很大的，因而常常分别规定数值，使用时按当时条件再分别叠加到基本误差上去，千万不可忽视。

2. 测量仪表的变差

该指标说明一个仪表正行程特性和反行程特性不一致的程度。如图 1-1-1 所示，在外界条件不变的情况下，用同一仪表对某一参数值进行正反行程测量时，仪表正反行程指示值存在着差值，这一差值被称为滞环误差。最大滞环误差与仪表测量范围之比的百分数即为仪表的变差。其数学表达式由下式表示：

$$B = \frac{\Delta x_{\max}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 100\% \quad (1-1-3)$$

式中 B ——仪表的变差； $\Delta x_{\max}$ ——正反行程之间最大滞环误差； $x_{\max}$ ——仪表量程上限； $x_{\min}$ ——仪表量程下限。

必须注意，仪表的变差不能超过其精确度，否则，应及时检修。

3. 测量仪表的灵敏度与灵敏限

灵敏度是指仪表在稳态下输出变化量 Δy 与引起此变化的被测量参数的变化量 Δx 的比值，用 S 表示，即：

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-1-4)$$

式中 S ——测量仪表的灵敏度； Δy ——仪表在稳态下输出的变化量； Δx ——被测量参数的变化量。

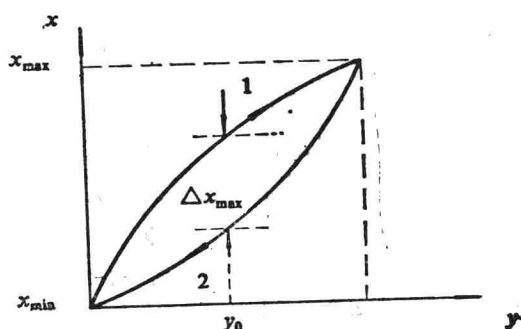


图 1-1-1 测量仪表的变差

x 轴——仪表指示值； $x_{\max}$ ——仪表指示值的上限值； $x_{\min}$ ——仪表指示值的下限值； y 轴——被测量参数； y_0 ——仪表产生最大滞环误差的被测量点参数； $\Delta x_{\max}$ ——最大滞环误差；——1 上行程曲线；2——下行程曲线

所谓仪表的灵敏限，是指仪表指示值发生可察觉的极微小变化时所需被测量参数的最小变化值。其单位与被测量参数的单位相同。通常仪表的灵敏限的数值应不大于仪表基本误差中最大绝对误差值的一半。

必须指出：精度越高的仪表，其灵敏度越高，灵敏限越小。并要求这三项指标彼此之间要相适应。

4. 测量仪表的响应时间

当用仪表进行测量时，可以看到这样一种现象：仪表指示的被测值总是要经过一段时间后，才能准确地指示出来，这是因为仪表本身存在一个“响应时间”的缘故。对此可分下列两种情形来讨论：

第一种情形如图 1-1-2 (a) 所示。当被测量参数在 t_0 时刻突然变化后，仪表不能立刻指示出被测量参数，而是慢慢地增加，经过一段足够长的时间后，才能指示出被测量参数的准确值。比如：用玻璃温度计测量体温就是这种情况。

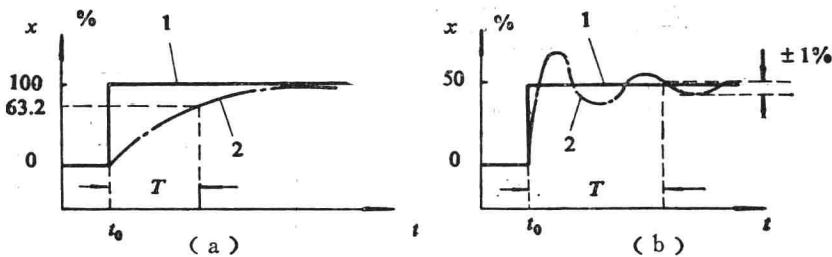


图 1-1-2 仪表的响应时间(动态特性)

x 轴——表示被测量参数和仪表指示值； t 轴——表示时间； t_0 ——表示被测量参数突然变化时的起点时间； T 在图 (a) 中表示时间常数，在图 (b) 中表示阻尼时间，
1——被测量参数变化曲线；2——仪表指示值变化曲线

第二种情形如图 1-1-2 (b) 所示、当被测量参数在 t_0 时间处突然变化时，仪表指示值迅速变化，但是，需要经过几次摆动后，才能指示出被测量参数的准确值。比如：用电流表测量电流时，即可见到此种情况。

一台仪表能不能尽快地反应出被测量参数的变化情况，也是一项很重要的品质指标。我们常常把它叫做仪表的动态特性。

仪表的响应时间长短，反映了仪表动态特性的好坏。为了衡量仪表的动态性能，对于上述两种不同情况，采用了不同表示方法，第一种情形用“时间常数”来衡量；第二种情形用“阻尼时间”来衡量。

上述仪表不能立刻反应客观实际变化的情况，通常称为仪表的滞后现象，不难理解：时间常数小的仪表滞后就小，也就是响应时间短，反之，时间常数大的仪表滞后就大，仪表的响应时间长。

时间常数是指出从仪表突然输入满量程相应参数值时开始，到仪表指示值为满量程的 63.2% 时为止的时间间隔，见图 1-1-2(a) 所示的 T 。

阻尼时间是指从仪表突然输入相应于标尺一半的参数值时开始，到仪表指示值与输入参数之差为该仪表量程的 $\pm 1\%$ 时为止的时间间隔，如图 1-1-2(b) 所示的 T 。