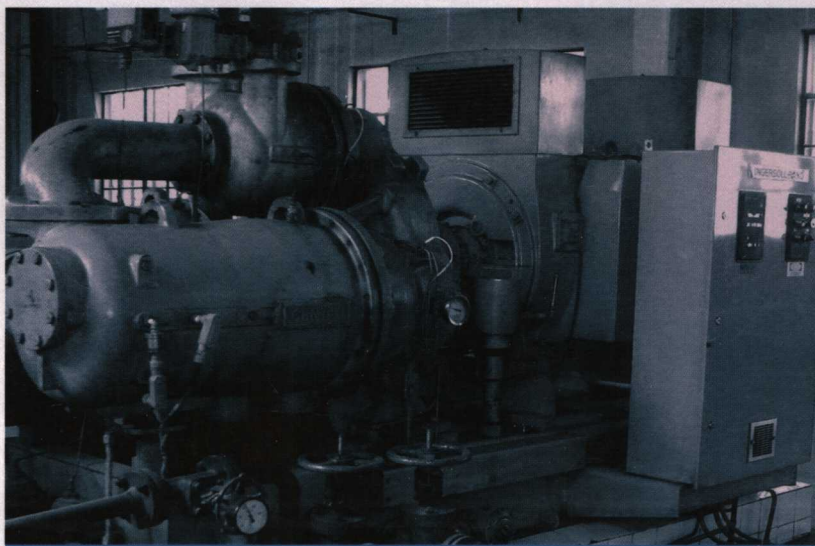
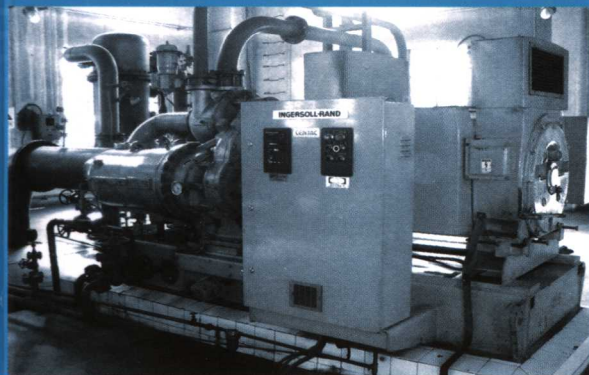




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机组控制技术

王琦 / 编著 王爱广 / 主审



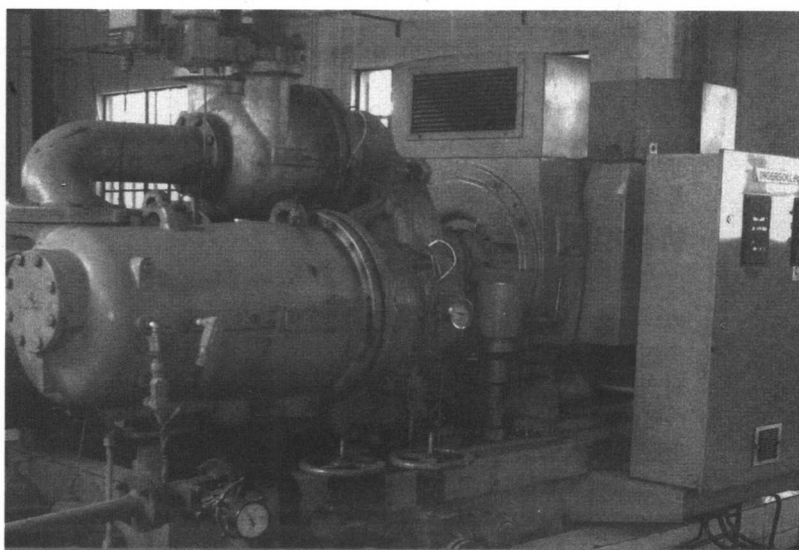
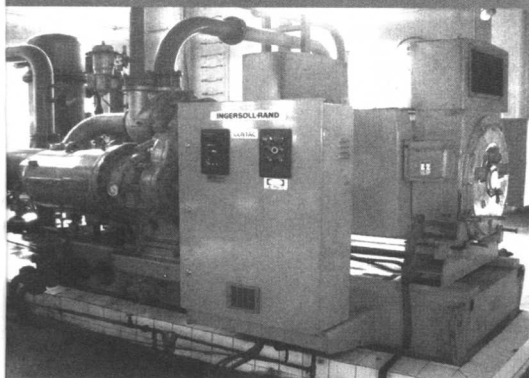
华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机组控制技术

王琦 / 编著 王爱广 / 主审



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

内容提要

本书是高职高专院校“机组控制技术”课程的教材。全书共分机组运转过程参数检测及仪表、机组控制基础、机组控制技术三篇。其内容由基础到应用,第一篇讲授机组运转中的主要参数的检测方法、检测仪表及相应的传感器和变送器;第二篇讲授机组控制系统必备的基础知识和技能;第三篇介绍大中型压缩机组的监控方案及操作方法。本书可作为“化工设备维修”、“制冷与空调”专业的专业课教材,也可作为机组操作工的岗位培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

机组控制技术/王琦编著. —上海:华东理工大学出版社,2007.6

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-5628-2064-2

I. 机... II. 王... III. 压缩机-机组-计算机控制系统-高等学校-教材
IV. TH45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 056947 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机组控制技术

编 著 / 王 琦

责任编辑 / 徐知今

封面设计 / 王晓迪

责任校对 / 张 波

出版发行 / 华东理工大学出版社

地址:上海市梅陇路 130 号,200237

电话:(021)64250306(营销部)

传真:(021)64252707

网址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 常熟华顺印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 21

字 数 / 531 千字

版 次 / 2007 年 6 月第 1 版

印 次 / 2007 年 6 月第 1 次

印 数 / 1—4050 册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2064-2/TH·71

定 价 / 32.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

高职高专电仪类专业规划教材 编审委员会

主 任 王爱广

副主任 邓 允 王黎明

委 员 (排名不分先后)

厉鼎熙	吕廉克	汤光华	于占河	郝万新	马应魁
张 虎	王永红	董 力	蔡夕忠	马克联	刘玉梅
樊明龙	任丽静	国海东	吕铁男	开 俊	王 琦
吴明亮	殷 刚	邓素萍	徐咏东	刘江彩	戴焰明
李世伟	宋 涛	郑 怡	张国华	陆建遵	黎洪坤
陈昌涛	夏鸿儒	黄 杰	王 磊	耿淑芹	何亚平

前 言

随着现代工业的发展,近几年大中型企业逐渐引进国内外生产的大型压缩机组和转动设备。为保证大型机组的正常运转,这些大机组都配有先进的机组监测控制系统。这些企业相继招聘“机械设备专业”的毕业生做机组操作工和机组维修工。因此近几年各类高职院校“化工设备维修技术”专业、“制冷与空调”专业的毕业生担任了大中型企业大机组及转动设备的操作工和维修工。

根据学生这一就业岗位的需要,国内相关高职院校为“化工设备维修技术”、“制冷与空调”两专业先后开设“机组控制技术”课程,培养学生掌握机组操作工和维修工岗位必备的理论和操作技能。“机组控制技术”课程是这两个专业的必修专业课,是“化工机器”、“制冷设备”课程的后续课程,是“机械”与“自控”两大专业的新兴、交叉学科。

随着近几年高职教育的不断深入发展,国内有关院校讲授这门课程的教师及工程技术人员组成了“机组控制技术”课程组,经过广泛深入的调查研究和讨论,制定了“机组控制技术”教学计划和教材编写大纲。《机组控制技术》作为新编的国内第一本“高职高专‘十一五’国家级规划教材”,在编写方式上吸取了各校该课程“校本教材”的优点;介绍了大量的国内外先进大中型压缩机组的监控方案及其操作方法;较详细地阐述了各种类型的机泵、压缩机组运转过程参数的检测、控制及安全保护系统的使用操作技能、故障分析处理的技能;重点介绍采用计算机监测控制的大机组运转过程的操作和故障处理的技能。

为了帮助读者学习和掌握机组控制技术,本书在每章后均附有例题和解答、思考题与习题。

书中各篇、各章、各节教学内容都按模块化排列,可拆可合。有利于各校根据学生就业岗位、授课内容、授课学时不同而选择排课。

书中新编著的教学内容取自于机组操作岗位的工程实践,其应用实例就是发生在机组操作工身边的事情。因此本书也适合做机组操作工岗位培训教材。

书中内容已制成多媒体教学的 PowerPoint 课件,并将免费提供给采用本书作为教材的高职高专院校使用。如有需要可联系:wq3884120@yahoo.com.cn。

参加本书编写的人员都是在各高职院校从事“机组控制技术”课程教学的教师。本书由王琦编著,王爱广任主审。其中第7章由黎烘坤执笔,第14章由张丽文执笔,第18章由何瑞珍(石化企业人员)执笔。全书由王琦统稿。本书编写过程中得到了化工机械专业高级工程师王宇、自动化专业高级工程师鞠伟的悉心指教和大力帮助,在此深表感谢。书中不妥之处在所难免,敬请读者予以批评指正。

作 者

2007年5月

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 机组运转过程参数检测及仪表

1 测量误差	(5)
1.1 测量误差	(5)
1.2 仪表的性能指标	(6)
例题和解答	(9)
思考题与习题	(10)
2 压力检测及仪表	(11)
2.1 弹性式压力表	(11)
2.2 电气式压力表	(13)
2.3 智能型压力变送器	(16)
2.4 压力检测仪表的选用与安装	(19)
例题和解答	(22)
思考题与习题	(23)
3 流量检测及仪表	(26)
3.1 差压式流量变送器	(27)
3.2 靶式流量计	(34)
3.3 转子流量计	(34)
3.4 椭圆齿轮流量计	(37)
3.5 涡街流量计	(38)
3.6 涡轮流量计	(39)
3.7 电磁流量计	(40)
3.8 质量流量计	(41)
例题和解答	(44)
思考题与习题	(45)

4 物位检测及仪表	(46)
4.1 概述	(46)
4.2 差压式液位变送器	(47)
4.3 浮力式液位检测仪表	(49)
4.4 其他物位检测仪表	(52)
例题和解答	(54)
思考题与习题	(54)
5 温度检测及仪表	(56)
5.1 概论	(56)
5.2 膨胀式温度计	(57)
5.3 热电偶温度计	(59)
5.4 热电阻温度计	(64)
5.5 温度变送器	(68)
5.6 测温仪表的选择与安装	(68)
5.7 常用的温度显示仪表	(70)
例题和解答	(73)
思考题与习题	(74)
6 机械量测量仪表	(83)
6.1 概述	(83)
6.2 电涡流式传感器	(84)
6.3 电容式位移检测传感器	(88)
6.4 转速检测	(89)
6.5 振动检测	(90)
6.6 电感式传感器的典型应用	(91)
例题和解答	(98)
思考题与习题	(98)

第二篇 机组控制基础

7 控制系统的基本概念	(101)
7.1 控制系统的组成及其分类	(101)
7.2 控制流程图中图例符号的规定	(103)
7.3 过程控制系统的方块图及其术语	(112)
7.4 对控制系统的基本要求	(114)
例题和解答	(119)
思考题与习题	(121)
8 基本控制规律	(123)
8.1 概述	(123)

8.2 比例控制(P)	(125)
8.3 比例积分控制(PI)	(127)
8.4 比例积分微分控制(PID)	(129)
8.5 离散 PID 控制算法	(133)
例题和解答	(134)
思考题与习题	(135)
9 控制器	(136)
9.1 DDZ-Ⅲ型控制器	(136)
9.2 单回路数字控制器简介	(141)
例题和解答	(145)
思考题与习题	(145)
10 执行器	(147)
10.1 气动执行器	(147)
10.2 电动执行器	(154)
10.3 液动执行器	(157)
10.4 执行器的选用	(157)
例题和解答	(161)
思考题与习题	(162)
11 简单控制系统	(163)
11.1 被控变量与操纵变量的选择	(163)
11.2 测量元件特性的影响及克服办法	(166)
11.3 控制器控制规律的选择及正反作用的确定	(172)
11.4 控制系统间的相互关联及对控制质量的影响	(174)
11.5 简单控制系统的投运和控制器参数整定	(176)
11.6 控制系统操作中常见故障及故障排除	(183)
例题和解答	(188)
思考题与习题	(190)
12 复杂控制系统	(192)
12.1 串级控制系统	(192)
12.2 比值控制系统	(201)
12.3 分程控制系统	(208)
12.4 自动保护系统	(210)
12.5 选择性控制系统	(214)
例题和解答	(218)
思考题与习题	(220)
13 计算机控制系统	(221)
13.1 计算机控制系统概述	(221)
13.2 集散控制系统应用实例	(228)

13.3 现场总线控制系统	(240)
例题和解答	(244)
思考题与习题	(245)
14 可编程控制器	(246)
14.1 可编程控制器概述	(246)
14.2 可编程控制器的基本构成及工作原理	(248)
14.3 OMRON C 系列 PLC	(254)
14.4 应用示例	(258)
例题和解答	(262)
思考题与习题	(262)

第三篇 机组控制技术

15 泵与风机的控制方案	(265)
15.1 机泵控制方案	(265)
15.2 风机控制方案	(269)
例题和解答	(272)
思考题与习题	(273)
16 压缩机组控制方案	(275)
16.1 往复式压缩机控制方案	(275)
16.2 离心式压缩机控制方案	(277)
16.3 变频调速器的应用	(282)
例题和解答	(283)
思考题与习题	(285)
17 离心式压缩机的防喘振控制	(286)
17.1 离心式压缩机的喘振	(286)
17.2 离心压缩机防喘振控制系统的设计	(287)
17.3 防喘振特例分析	(292)
例题和解答	(295)
思考题与习题	(296)
18 机组控制技术工业应用实例	(298)
18.1 催化装置烟机轴振动监测系统的改进	(298)
18.2 催化装置三机组控制技术	(301)
18.3 催化装置三机组故障处理	(305)
18.4 独特的蒸汽透平空压机调速和导叶控制系统	(309)
18.5 GT078L3K3 型离心式空气压缩机的防喘振控制	(312)
18.6 聚乙烯 C-400 压缩机联锁及状态监测系统与 DCS、PLC 的应用	(315)

18.7 离心式制冷机组的能量调节	(318)
18.8 机组操作岗位曾经发生的主要事故和事件的处理方法及 经验教训	(321)
参考文献	(324)

绪 论

1. 教学目的

十几年前国内工业用大型机组控制,只有检测系统,控制系统很少。所以机组操作工人都是“化工专业”的毕业生。随着现代工业的发展,大中型企业逐渐引进国内外生产的大型压缩机组和转动设备。为保证大型机器正常运转,所有大机组都配有一套越来越先进的机组监测控制系统。因此近几年来,各类高职院校“化工设备维修技术”专业、“制冷与空调”专业的学生毕业后大多数在大中型企业做大机组及转动设备的操作工和维修工。

根据学生就业岗位(大中型企业)需要,国内有关院校、同类高职院校的“机组控制技术”课程组经过广泛深入的调查研究和讨论,在“化工设备维修技术”、“制冷与空调”专业先后开设了“机组控制技术”课程。该课程是这两个专业的必修专业课,属于“机械”与“自控”两大专业的新兴、交叉学科,是“化工机器”、“制冷设备”课程的后续课程。

2. 本课程的主要内容

(1) 第一篇主要讲授机组运转过程中的主要测量参数(压力、流量、物位、温度、转速、轴振动与轴位移等参数)的检测方法、检测仪表及相应的传感器或变送器。培养学生能够通过检测仪表正确地观测机组的运转状态。

(2) 第二篇主要讲授机组控制系统必备的基础知识、基本技能,为第三篇的机组操作技术、机组运转故障分析技术提供必须、够用的理论基础和基本操作技能。

(3) 第三篇收集了大量国内外先进的大中型压缩机组的监控方案及其操作方法。详细地阐述了工业生产常用的各种类型的机泵、压缩机组运转过程参数的检测、控制及安全保护系统的使用操作技能;泵及压缩机组运转过程的操作规程和故障分析处理的技能。重点是培养学生的大型机组运转过程的操作和故障处理的技能。

3. 讲授方法

教材内容的选择注重职业特色,理论课与实践课学时基本相等。保证每章、每个知识点

都有实物教学、或实验教学、或现场教学、或仿真教学的内容,理论课结束后,安排一周“机组控制综合实训(泵、压缩机控制系统仿真操作)”。书中各篇、各章、各节教学内容都按模块化排列,可拆可合。有利于各校根据学生就业岗位、授课内容、授课学时不同而选择排课。

机组运转过程参数 检测及仪表

在工业生产过程中,为了正确地指导生产操作、保证生产安全、保证产品质量和实现生产过程自动化,一项必不可少的工作是准确而及时地检测出生产过程中的各个有关参数,例如压力、流量、物位、温度、位移、振动及转速等。用来检测这些参数的技术工具称为检测仪表。感受这些被测量参数的大小,并输出相对应的输出信号(一般多为电量)的器件或装置称为传感器。变送器则将传感器输出的信号变换成便于传输和处理的信号。

本篇主要介绍机组运转过程中主要测量参数(压力、流量、物位、温度、轴振动与轴位移等参数)的检测方法、检测仪表及相应的传感器和变送器。



1

测量误差

在生产过程中需要测量的参数是多种多样的,相应的检测方法及仪表的结构原理也各不相同,但从测量过程的实质来看,却都有相同之处。测量过程在实质上都是将被测参数与其相应的测量单位进行比较的过程,而测量仪表就是实现这种比较的工具。各种测量仪表不论采用哪一种原理,它们都是将被测参数经过一次或多次的信号能量的转换,最后获得一种便于测量的信号能量形式,并由指针位移或数字形式显示出来。例如各种炉温的测量,常常是利用热电偶的热电效应,把被测温度转换成直流毫伏信号(电能),然后变为毫伏测量仪表上的指针位移,并与温度标尺相比较而显示出被测温度的数值。

在测量过程中,由于所使用的测量工具本身不够准确,或观测者的主观性和周围环境的影响等等,使得测量的结果不可能绝对准确。由仪表读得的被测值与被测量真实值之间,总是存在一定的差距,这一差距就称为测量误差。

1.1 测量误差

测量误差通常有两种表示方法,即绝对误差和相对误差。

绝对误差在理论上是指仪表指示值与被测量的真实值之间的差值,所谓真实值是指被测量客观存在的真实数值,它是无法得到的理论值。因此,所谓测量仪表在其标尺范围内各点读数的绝对误差,一般是指用被校表(精确度较低)和标准表(精确度较高)同时对同一参数进行测量所得到的两个读数之差,可用下式表示:

$$\Delta = |x - x_0| \quad (1-1)$$

式中 Δ ——绝对误差;

x ——被校表的读数值;

x_0 ——标准表的读数值。

前面已经提到,仪表的测量误差可以用绝对误差 Δ 来表示。但是,必须指出,仪表的绝对误差在测量范围内的各点上是不相同的。因此,常说的“绝对误差”指的是绝对误差中的最大值 $\Delta_{\max}$ 。

【例 1-1】 下表是一块压力表的校验单,试求该表各校验点的绝对误差和最大绝对误差值 $\Delta_{\max}$ 。

被校表显示值(MPa)		0	1	2	3	4
标准表显示值(MPa)	上行	0	0.96	1.98	3.01	4.02
	下行	0.02	1.03	2.01	3.02	4.02
绝对误差(MPa)	$\Delta_{\pm}$					
	$\Delta_{\mp}$					

解 (1) 该表各校验点的绝对误差见下表:

被校表显示值(MPa)		0	1	2	3	4
标准表显示值(MPa)	上行	0	0.96	1.98	3.01	4.02
	下行	0.02	1.03	2.01	3.02	4.02
绝对误差(MPa)	$\Delta_{\pm}$	0	0.04	0.02	0.01	0.02
	$\Delta_{\mp}$	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02

(2) $\Delta_{\max} = 0.04 \text{ MPa}$ 。

1.2 仪表的性能指标

一台仪表性能的优劣,在工程上可用如下指标来衡量。

1.2.1 精确度(简称精度)

任何测量过程都存在一定的误差,因此使用测量仪表时必须知道该仪表的精确程度,以便估计测量结果与真实值的差距,即估计测量值的误差大小。

事实上,仪表的精确度不仅与绝对误差有关,而且还与仪表的测量范围有关。例如,两台测量范围不同的仪表,如果它们的绝对误差相等的话,测量范围大的仪表精确度较测量范围小的为高。因此,工业上经常将绝对误差折合成仪表测量范围的百分数表示,称为相对百分误差 δ ,即

$$\delta = \frac{\pm \Delta_{\max}}{\text{测量范围上限值} - \text{测量范围下限值}} \times 100\% \quad (1-2)$$

仪表的测量范围上限值与下限值之差,称为该仪表的量程。

根据仪表的使用要求,规定一个在正常情况下允许的最大误差,这个允许的最大误差就叫允许误差。允许误差一般用相对百分误差来表示,即某一台仪表的允许误差是指在规定的正常情况下允许的相对百分误差的最大值,即

$$\delta_{\text{允}} = \pm \frac{\text{仪表允许的最大绝对误差值}}{\text{测量范围上限值} - \text{测量范围下限值}} \times 100\% \quad (1-3)$$

仪表的 $\delta_{\text{允}}$ 越大,表示它的精确度越低;反之,仪表的 $\delta_{\text{允}}$ 越小,表示仪表的精确度越高。

事实上,允许相对百分误差已被确定为仪表的精确度(精度)等级的标准。将仪表的允许相对百分误差去掉“ $\pm$ ”号及“ $\%$ ”号后的数值就是仪表的精度等级。目前,我国生产的仪表常用的精确度等级有:

I 级标准表——0.005, 0.02, 0.05;

Ⅱ级标准表——0.1, 0.2, 0.35, 0.5;

一般工业用仪表——1.0, 1.5, 2.5, 4.0。

如果某台测温仪表的允许误差为 $\pm 1.5\%$, 则认为该仪表的精确度等级符合1.5级。为了进一步说明如何确定仪表的精确度等级, 下面举两个例子。

【例 1-2】 某台测温仪表的测温范围为 $200\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$, 校验该表时得到的最大绝对误差为 $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 试确定该仪表的精度等级。

解 该仪表的相对百分误差为

$$\delta = \frac{+4}{700-200} \times 100\% = +0.8\%$$

如果将该仪表的 δ 去掉“+”号与“%”号, 其数值为0.8。由于国家规定的精度等级中没有0.8级仪表, 同时, 该仪表的误差超过了0.5级仪表所允许的最大误差, 所以, 这台测温仪表的精度等级符合1.0级。

【例 1-3】 某台测温仪表的测温范围为 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。根据工艺要求, 温度指示值的误差不允许超过 $\pm 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 试问应如何选择仪表的精度等级才能满足以上要求?

解 根据工艺上的要求, 仪表的允许误差为

$$\delta_k = \frac{\pm 7}{1\,000-0} \times 100\% = \pm 0.7\%$$

如果将仪表的允许误差去掉“ $\pm$ ”号与“%”号, 其数值介于0.5~1.0之间, 如果选择精度等级为1.0级的仪表, 其允许的误差为 $\pm 1.0\%$, 超过了工艺上允许的数值, 故应选择0.5级仪表才能满足工艺要求。

由以上两个例子可以看出, 根据仪表校验数据来确定仪表精度等级和根据工艺要求来选择仪表精度等级, 情况是不一样的。根据仪表校验数据来确定仪表精度等级时, 仪表的允许误差应该大于(至少等于)仪表校验所得的相对百分误差。根据工艺要求来选择仪表精度等级时, 仪表的允许误差应该小于(至多等于)工艺上所允许的最大相对百分误差。

仪表的精度等级是衡量仪表质量优劣的重要指标之一。精度等级数值越小, 就表征该仪表的精确度等级越高, 也说明该仪表的精确度越高。0.05级以上的仪表, 常用来作为标准表; 工业现场用的测量仪表, 其精度大多是0.5级以下的。

仪表的精度等级一般可用不同形式的符号标志在仪表的面板上, 如 $\textcircled{1.5}$ 、 $\triangle 1.0$ 等。

1.2.2 变差

变差是指在外界条件不变的情况下, 用同一仪表对被测量值在仪表全部测量范围内进行正反行程(即被测参数逐渐由小到大和逐渐由大到小)测量时, 被测量值正行程和反行程所得到的两条特性曲线之间的最大偏差, 如图1-1所示。

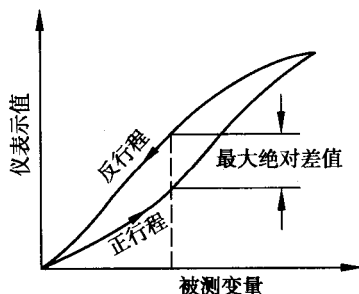


图 1-1 测量仪表的变差