



普通高等专科热能动力类专业教学委员会推荐使用教材

高等学校教材(专科适用)

热工过程控制仪表

沈阳电力高等专科学校 杨庆柏 编



中国电力出版社

普通高等专科学校热能动力类专业教学委员会推荐使用教材

高等学校教材(专科适用)

热工过程控制仪表

沈阳电力高等专科学校 杨庆柏 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书从实用角度出发,对目前火电厂正在使用和将要使用的热工过程控制仪表进行了全面系统的阐述。本书的最大特点就是仪表的技术内容新,删去了以往教材中占较大篇幅的模拟控制仪表,增加了较多的新型数字控制仪表。

全书共分七章。主要内容有:热工过程控制仪表的基本知识、智能变送器、单回路控制器、基地式仪表、执行机构、控制机构和现场总线控制系统,重点介绍了这些仪表的功能特点、结构原理、工作方式、组态操作和使用方法。

本书可作为高等专科学校“热工检测与控制技术”专业的教材,也可供其他从事工业过程自动化专业工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

热工过程控制仪表/杨庆柏编. -北京:中国电力出版社,1998
高等学校教材·专科适用
ISBN 7-80125-553-4

I. 热… II. 杨… III. 热力工程-过程控制-热工仪表-高等学校:专业学校-教材 IV. TK32

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第03875号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河市实验小学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1998年11月第一版 1998年11月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 20.25印张 459千字

印数0001—4000册 定价19.50元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书是根据电力工业部高等专科学校热控组教材会议通过的“热工过程控制仪表”教学大纲的要求编写的，供电力高等专科学校热工检测与控制技术专业作教材用，也可供其他院校生产过程自动化专业的师生和有关科技人员选用和参考。

为了避免重复，有关模拟变送器和分散控制系统（DCS）的内容不编入本书（这两部分内容已分别编入《热工检测技术及仪表》和《计算机控制系统》）。

全书共分七章。第一章热工过程控制仪表的基本知识，介绍了热工过程控制仪表的基本概念、性能、模拟信号的标准化和抗干扰；第二章智能变送器，介绍了EQN、PTS、ST3000、1151SMART等变送器和STT02、SFC、268等手持终端；第三章单回路控制器，介绍了VI87和DDZ-S型单回路控制器；第四章基地式仪表，介绍了KF系列气动基地式仪表和LD301以及XTC电动基地式仪表；第五章执行机构，介绍了DKJ和西门子电动执行机构、薄膜和ZSLD气动执行机构、DEH-Ⅱ的液动执行机构、转速执行机构和智能执行机构；第六章控制机构，介绍了控制阀和风机的控制机构；第七章现场总线控制系统，介绍了现场总线协议（或标准）、现场总线仪表和现场总线控制系统的控制策略及组态方法。全书各章后面均附有思考题和习题。

本书由沈阳电力高等专科学校杨庆柏副教授编写，由北京电力高等专科学校李平康教授主审。

本书在编写过程中得到了华北电力大学白焰（教授）、东北电力科学研究院钱戈金（教授级高级工程师）、东北电业管理局金丰（高级工程师）、东电一公司刘子才（工程师）、抚顺发电厂马松涛（高级工程师）和冶金工业部自动化研究院韩文清（高级工程师）等同志的热情帮助和大力支持。李平康教授对本书进行了认真仔细的审阅，并提出了详尽具体的修改意见，对本书质量的提高起到了重要的作用。在此对他们一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请读者指正。

杨庆柏

1998年3月

目 录

前 言	
绪 论	1
思考题与习题	5
第一章 热工过程控制仪表的基本知识	6
第一节 基本概念及仪表性能	6
第二节 模拟信号标准化	10
第三节 仪表的抗干扰	14
思考题与习题	23
第二章 智能变送器	25
第一节 概述	25
第二节 EQN 型温度变送器	29
第三节 PTS 型压力(差压)变送器	42
第四节 STT02 型手持终端	49
第五节 ST3000 型压力(差压)变送器	66
第六节 1151SMART 型压力(差压)变送器	89
思考题与习题	98
第三章 单回路控制器	100
第一节 概述	100
第二节 单回路控制器的基本原理	101
第三节 VI87 单回路控制器	113
第四节 DDZ-S 型单回路控制器	151
思考题与习题	155
第四章 基地式仪表	158
第一节 概述	158
第二节 KF 系列气动基地式仪表	159
第三节 LD301 电动基地式仪表	172
第四节 XTC 电动基地式仪表	183
第五节 AS 电动基地式仪表	187
思考题与习题	188
第五章 执行机构	190
第一节 概述	190
第二节 DKJ 型电动执行机构	191
第三节 引进型电动执行机构	205
第四节 气动薄膜执行机构	219

第五节 ZSLD 型电信号气动长行程执行机构	221
第六节 DEH-Ⅱ 的液动执行机构	226
第七节 转速执行机构	231
第八节 智能执行机构	242
思考题与习题	248
第六章 控制机构	250
第一节 控制阀	250
第二节 风机的控制机构	264
思考题与习题	266
第七章 现场总线控制系统	267
第一节 概述	267
第二节 现场总线通信协议 (或标准)	273
第三节 现场总线仪表	290
第四节 控制策略与组态	299
第五节 关于现场总线控制系统应用的几个问题	312
思考题与习题	314
参考文献	317

绪 论

一、概述

我国著名科学家、教育家钱伟长曾经讲过：“飞机要上天，离开了航空仪表就飞不起来。我们的国家正处在起飞的时候，不抓紧发展仪器仪表也飞不起来”。仪器仪表技术是现代科技的前沿技术，是信息工业的关键技术。

信息工业的要素包括信息的获取、存储、处理、传输和利用，而信息的获取正是靠仪器仪表来实现的。如果获取的信息是错误的或不准确的，那么后面的存储、处理、传输都是毫无意义的，所以仪器仪表工业是信息工业的源头。信息工业将在 21 世纪成为世界发达国家的首要工业。

热工过程控制仪表可称为自动化仪表，它是仪器仪表的一个重要分支。现代工业中的电厂、钢厂、化肥厂、乙烯厂、炼油厂、工业炉窑和大型码头等等，没有自动化仪表来发挥其检测、显示和控制功能，就根本无法连续安全生产。

1. 热工过程控制仪表的作用

目前，热工过程控制仪表已成为火电厂实现热工自动化的重要工具，是保证单元机组安全经济运行不可缺少的技术措施。随着科技进步和机组容量的增大，热工过程控制仪表在整个火电厂所具有的中枢神经作用将越来越明显，甚至已达到了举足轻重的地位。

在火电厂生产过程中，热工自动控制的任务是，当生产过程受到内、外干扰（在允许范围内），机组运行参数偏离给定值时，热工过程控制仪表自动进行操作，消除干扰影响，使机组自动恢复到正常运行状态或按预定的规律运行。火力发电厂中的热工自动控制系统，一般为负反馈系统，其典型的系统组成方框图如图 0-1 所示。系统由控制对象

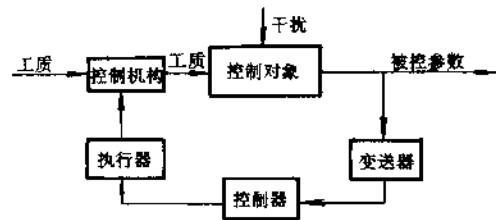


图 0-1 自动控制系统组成方框图

和热工过程控制仪表组成。这里所说的热工过程控制仪表，是指从被控参数到控制机构输出之间的全套自动化仪表的总称。

其中，变送器对被控参数进行测量和信号转换；控制器发出控制指令，使执行器和控制机构动作，最终使生产过程自动地按照预定的规律运行。一个热工自动控制系统控制品质的好坏，除取决于控制系统的设计是否合理外，还取决于控制对象的工作特性和控制仪表的使用方法。因此，作为热工自动化工作人员，既要熟悉控制对象的特性，还要掌握各种热工过程控制仪表的工作原理、工作特性和使用方法，以便正确选择和使用各种控制仪表。

2. 热工过程控制仪表分类

热工过程控制仪表按其所用能源形式的不同，可分为四大类：

(1) 气动控制仪表 气动控制仪表以压缩空气为能源，它具有结构简单、直观、易于掌握、性能稳定、可靠性高、天然防爆及使用范围广等特点，特别适用于石油、化工等有易燃易爆的生产现场。气动控制仪表已有几十年的历史，在 60 年代以前，它是工业自动化系统的主要控制仪表之一。因为气动信号的传输速度的极限是声速，所以如果设备过于大型化，中央控制室所发出的控制指令抵达被控对象附近有较大的时间延迟，这是气动控制仪表的主要缺点。但在火电厂中，气动基地式仪表和气动执行器目前仍被广泛采用。

(2) 液动控制仪表 液动控制仪表以高压油或水为能源，它也是发展得比较早的一类自动控制仪表，具有结构简单、工作可靠的特点，多用于功率较大的场合。例如，目前火电厂中的汽轮机调速系统和汽轮机数字电液控制系统 (DEH) 仍采用液动控制仪表和液动执行机构。液动控制仪表的缺点和气动控制仪表一样，主要是信息传递速度较慢，不适于快速控制、远距离控制和集中控制。

(3) 电动控制仪表 电动控制仪表以电力作为能源。它是本世纪中期才迅速发展起来的一种控制仪表，电动控制仪表采用电气信号，其传输速度的极限是光速。这样一来，无论是中央控制室将信号送到被控对象，还是被控对象的被控参数送到中央控制室，都可以看成没有时间滞后。操作人员可以在中央控制室观察和操作。控制器、显示器、记录仪器都可以安装在中央控制室，还能实现复杂的控制规律，并组成各种复杂的控制系统。但是，电动控制仪表也存在问题，这就是电噪声的问题比较严重，为克服电噪声干扰，不得不采用极为复杂的电子线路。目前，电动控制仪表已成为工业生产过程实现自动控制的主要技术工具，广泛地应用于电力、石油、化工、冶金、轻工和交通等工业部门。

(4) 混合式控制仪表 混合式控制仪表同时使用上述两种或两种以上的能源进行工作。它既具有电动控制仪表快速和远传信号等特点，又具有气动或液动控制仪表的特点。混合式控制仪表在电厂的典型应用，就是近几年才发展起来的汽轮机数字电液控制系统。在这个控制系统中，既有电动控制仪表易于实现各种复杂控制规律的特点，又具有液动控制仪表输出功率大的特点。

热工过程控制仪表按其结构和功能的不同，又可分为六大类：

(1) 基地式控制仪表 基地式控制仪表的特点是，其测量、显示、控制和执行等部件组合成一个整体，安装在一个表壳里。但多数情况下是把这一整体分成两部分：测量、显示和控制部件安装在一起；控制、显示和执行部件安装在一起。一台基地式仪表就能完成一个简单控制系统的测量、指示、记录、控制和执行等全部任务，具有结构简单、使用方便、可靠和经济等优点。但这种控制仪表的整定参数范围较窄，使用的局限性较大（这里仅指气动基地式仪表），一般不能互换使用，而且这种基地式仪表成套性很强，若有某一功能结构损坏，会使整套装置全部报废。因此，它多适用于单参数、单回路的简单控制系统。目前，在火电厂的应用中，又出现了电动基地式仪表，这是性能十分优越的新型仪表，是很有发展前途的。

(2) 单元组合式控制仪表 单元组合式控制仪表在自动控制系统中，根据它所担负的功能分解成不同的单元，每一单元均为一种仪表，不同单元之间的连接采用统一的传输信

号。因此在自动控制系统中，每一单元仪表损坏时，只需更换被损坏单元，其他单元照常使用。这种控制仪表具有组成与改组系统方便、灵活和通用等特点，适合大、中规模生产过程自动化的要求。有人称这种控制仪表为积木式仪表。我国于 50 年代后期就设计和制造了气动单元组合仪表（QDZ 型）和电动单元组合仪表（DDZ-I 型）两大系列自动化仪表。随着电子技术的发展，半导体器件品种的增加和性能的改善，我国在 60 年代研制出了以晶体管和小型电子器件为基本元件的 DDZ-II 型电动单元组合仪表；在 70 年代研制出了以集成运算放大器为基本元件的 DDZ-III 型电动单元组合仪表；在 90 年代开发研制出以微芯片为基本器件的 DDZ-S 型第四代电动单元组合仪表。本书介绍的 STB 单回路控制器就是属于 DDZ-S 型系列仪表的一个单元仪表。

(3) 组装式控制仪表 组装式控制仪表的特点是，将整套仪表的控制和运算功能与显示操作功能分开。为此，组装式控制仪表在结构上分为控制柜和操作台两大部分。控制柜中以插接方式密集安装了一块又一块具有独立功能的功能组件。它们是组装式控制仪表的显著特征。显示操作台是人-机联系部分，集中安装了与监视、操作有关的台装仪表。在我国，组装式控制仪表系列主要有自行研制的 TF-900 型和 MZ-III 型，还有引进生产的 SPEC-200 型。这类仪表在 80 年代的 200MW 和 300MW 机组中有所应用。但由于分散控制系统的出现，这类控制仪表已趋于淘汰，而且仪表制造厂也停止了此类仪表的生产，使备品、备件发生困难，因此，这个时期投入运行的火力发电机组，热工过程控制仪表的更新改造已迫在眉睫。

(4) 分散控制系统 分散控制系统 (distributed control system, 简称 DCS) 是一种以微处理器和微型计算机为核心，在控制 (control)、计算机 (computer)、通信 (communication)、图像显示 (CRT) 等“四 C”技术迅速发展的基础上研制成功的一种新型控制装置。它的设计思想是分散控制、集中管理，也称为集散 (型) 控制系统或分布式控制系统。在 60 年代以后，工业控制计算机开始应用于生产过程中。计算机控制系统虽易实现复杂的控制规律，能集中显示和操作，但当时的计算机体积大，价格高。一台计算机一般要控制几十个甚至上百个回路，这虽然能充分发挥计算机的处理能力，但客观上却造成了“危险”过于集中。一旦出现故障，生产将陷于瘫痪。70 年代初期，由于大规模集成电路技术取得了突破，出现了性能好，成本低的微型计算机。人们开始采用多台微型计算机来代替一台工业控制机控制生产过程。这样，一台微机出现故障只影响到局部范围，从而使“危险”分散。如果将各台微型计算机用数据通信电缆联系起来，并同上一级计算机的显示、操作键盘相连，就组成了分散集中型控制系统，也就是分散控制系统。

(5) 单回路控制器 单回路控制器也称微机控制仪表或可编程数字调节器。随着微芯片价格的进一步下降，用它来控制一个回路的成本与常规模拟式调节器的价格相近，于是就出现了单回路控制器。它是单元组合式仪表向微机化发展和计算机控制向分散化发展相结合的产物，显然，这类控制器用于生产过程，使“危险”更加分散。目前，单回路控制器在火电厂的中小型机组上仍有广泛的应用，例如 KMM 和 VI87 单回路控制器在新建的 200MW 机组和老电厂热工过程控制仪表的更新改造中都得到了一定范围的使用。

(6) 现场总线控制系统 现场总线控制系统 (fieldbus control system, 简称 FCS) 是

诸多现场仪表通过现场总线互联及与控制室人-机界面组成的系统，它是一个全分散、全数字化、全开放和可互操作的新一代生产过程控制系统，因为控制功能重新送回现场，所以每台现场仪表都是一台基地式控制仪表，并且通过现场总线与其他现场仪表和控制室人-机界面进行双向数字通信。可以预言，一旦国际公认的现场总线标准出台，DCS 就将被 FCS 取代，这是自动化仪表发展的新动向。

热工过程控制仪表按其输出信号随时间的变化是否连续，还可分为两大类。

(1) 模拟控制仪表 模拟控制仪表在我国已经历了多次升级换代，如：气动基地式仪表→DDZ-I→DDZ-Ⅰ→DDZ-Ⅱ→TF-900 和 MZ-Ⅲ。我国在模拟控制仪表的设计、制造和使用上均有较成熟的经验，长期以来，广泛应用于电力等其他工业部门。但进入 90 年代以后，模拟控制仪表被数字控制仪表取代的趋势已不可避免。

(2) 数字控制仪表 近十多年来，随着微电子技术和计算机技术的迅速发展，数字式控制仪表的各类品种相继问世，如单回路控制器、DDZ-S 型电动单元组合式仪表、DCS 和 FCS 等。这些仪表以微型计算机为核心，其功能完善、性能优越，它能解决模拟控制仪表难以解决的问题，满足现代化生产过程的高质量控制要求，被越来越多地应用于生产过程自动化中。因为变送器和执行机构相对控制器发展较慢，在生产现场多采用模拟式的，所以这类数字仪表大部分的输出（FCS 除外）都要转换为模拟信号输出，属于半数字控制仪表，但按传统仍把它们划分在数字控制仪表内，只有 FCS 中的现场仪表才是真正的数字控制仪表。

二、发展方向

随着自动化技术的不断发展，新型自动化仪表不断涌现，FCS 就是其中的一种，它是自动化仪表的最新进展。

FCS 采用了现代计算机技术中的网络技术、微处理器技术及软件技术，实现了现场各种仪表之间的数字连接及现场仪表的智能化，从而克服了以往现场控制技术的不足，它给工业生产带来了巨大利益：大幅度降低了现场仪表的初始安装费用；节省了昂贵的电缆、施工费用及人工设计规划等方面的消耗；增强了现场控制的灵活性；提高了信号传递的精度；减少了系统运行维护的工作量。可以说，基于现场总线技术的 FCS 将对未来的生产过程自动控制产生深远影响，它推动着自动化仪表的智能化进程，使其进入一个工业控制的新时代。

三、课程内容

与被控制的生产设备（对象）相比，热工过程控制仪表的发展可以说是日新月异，其品种之多、发展之快，使人颇有眼花缭乱之感。作为热工自动化人员和这个专业的学生，不但要熟悉生产中已应用的仪表，还要学习和掌握新型仪表，任务是繁重和艰巨的。为了减少篇幅，本书在内容上将 DDZ-Ⅱ 和组装式控制仪表全部删去，主要介绍半数字控制仪表，即智能变送器、单回路控制器、电动基地式仪表和智能执行器，并介绍现场仍广泛使用的 DDZ-Ⅲ 型执行器、气动执行器、转速控制机构和控制阀，最后介绍现场总线控制系统。

由于分散控制系统（DCS）的内容已编入《计算机控制系统》（白焰主编，中国电力出版社出版）一书中，为避免重复，本书不再涉及。

在分析每一块仪表时，主要应从使用（校验、安装和维护）出发，对它们的功能（或用途）、特点、基本构成、工作原理、工作方式、组态操作和使用方法等进行较全面和系统的介绍。学生在学习仪表的结构和组态操作以及校验等时，应从实验和现代化教学中掌握这些方面的知识。有条件的学校应购买教材中涉及的典型仪表，开出相应的实验课，另外还要组织人员拍摄典型仪表的电视教学片（气动基地式仪表电视教学录像片已由沈阳电力高等专科学校拍摄完毕，并通过了专家鉴定）和制作相应的 CAI 软件。这样，一定能收到好的教学效果。

思考题与习题

- 0-1 热工过程控制仪表的作用是什么？
- 0-2 热工过程控制仪表的涵义是什么？
- 0-3 热工过程控制仪表有哪些主要分类方法？按系统的结构形式来分，它可分为哪几类仪表？
- 0-4 常规模拟控制仪表指哪些？
- 0-5 自动化仪表的最新进展是什么？

第一章 热工过程控制仪表的基本知识

第一节 基本概念及仪表性能

一、基本概念

1. “调节”与“控制”

目前对“调节”与“控制”这两个术语的涵义有三种不同的理解。

第一种理解认为，“控制”的范围较广，已经包含了“调节”的意思，因而没有必要再引用一个“调节”的概念。例如，参考文献 [1] 中，通篇就没有“调节”的字眼，完全用“控制”代替。由于该书译文不使用“调节”这个术语，所以，目前将国外或国内引进生产的调节器都译为控制器。例如，参考文献 [2] 中，就把单回路调节器译为单回路控制器。参考文献 [3] 中也把第二版中的“调节”统统改为“控制”。例如：比例 (P) 控制器、比例积分 (PI) 控制器、比例积分微分 (PID) 控制器。

第二种理解认为两者是一回事，既可以称为“调节”，也可以称为“控制”。例如，参考文献 [4] 中，就将二者等同起来。

在翻译英语 control 这个词时，既可以翻译为“控制”，也可以翻译为“调节”，但翻译为“控制”的占多数。

第三种理解认为两者是有区别的，在概念上应分开为好，见图 1-1。

调节是一种过程，在这个过程中对某一个量(例如 Y)不断地进行检测并使之保持所希望的值(如给定值)。这里就产生了一个闭环系统，其作用路线是从检测某一量开始，而后又通过这一过程影响它本身。如果这一过程中没有人去参与，就称之为自动调节。反之，如果人作为回路中的某个环节起作用，则称为手动调节。

“控制”是不能和“调节”混淆的。从根本上讲，“调节”和“控制”的区别在于它们的作用路线。调节作用形成一个闭环，而控制则是开环的。同时控制作用并不是根据被控量的测量产生的，如图 1-2 所示^[7]。

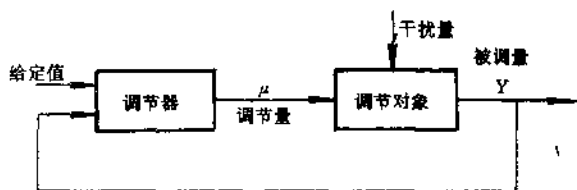


图 1-1 调节回路

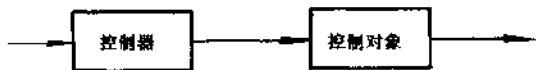


图 1-2 控制作用

由于本书将频繁接触“调节”和“控制”这两个名词，在没有权威性定义的情况下，必须做出选择，所以，本书以第一种理解为准。

2. “量程调整”与“上限调整”

在变送器的校验中，常把“上限调整(也称满度调整)”说成“量程调整”，其实“上

限（或满度）”与“量程”在概念上是有严格区别的，不能混淆。

在允许误差限内，仪表能给出的被测量值的集合，称为测量范围。其最高值与最低值分别被称为仪表的测量上限与下限。上限与下限代数差的绝对值称为仪表的量程。例如某温度变送器的测量范围是 $-200\sim+800^{\circ}\text{C}$ ，则说明其下限为 -200°C ，上限为 $+800^{\circ}\text{C}$ ，量程为 $800 - (-200) = 1000^{\circ}\text{C}$ 。

所以量程调整应包括下限调整（一般称为零点迁移）和上限调整两个方面，只有当下限为零或确定不变时，才可以把上限调整看作是量程调整。

上限调整的目的是使变送器的输出信号的上限值 y_{\max} 与测量范围的上限值 x_{\max} 相对应^[5]。图 1-3 为变送器上限调整前后的输入输出特性。由图可见，上限调整相当于改变变送器输入输出特性的斜率。由特性 1 到特性 2 的调整为上限增大调整，在下限为零时，也可以称作量程增大调整。由于量程调整已成为工程上的习惯用语，所以本书所说的量程调整都是指下限为零或零点迁移后下限确定不变时的上限调整。

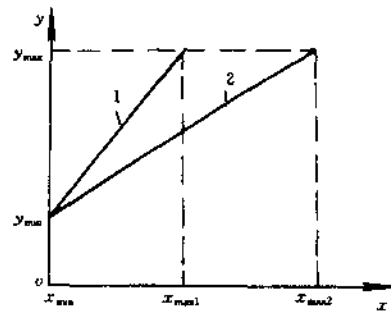


图 1-3 变送器的上限调整

3. 零点调整和零点迁移

在实际测量中，为了正确选择变送器的量程大小，提高测量准确度，常常需要将测量的起点迁移到某一数值（正值或负值），这就是所谓零点迁移。在未加迁移时，测量起始点为零；当测量的起始点由零变为某一正值时，称为正迁移；反之，当测量的起始点由零变为某一负值时，称为负迁移。零点调整和零点迁移的目的，都是使变送器输出信号的下限值 y_{\min} 与测量信号的下限值 x_{\min} 相对应。在 $x_{\min} = 0$ 时，为零点调整；在 $x_{\min} \neq 0$ 时，为零点迁移调整。图 1-4 为变送器零点迁移前后的输入输出特性。由图中可以看出，零点迁移后，

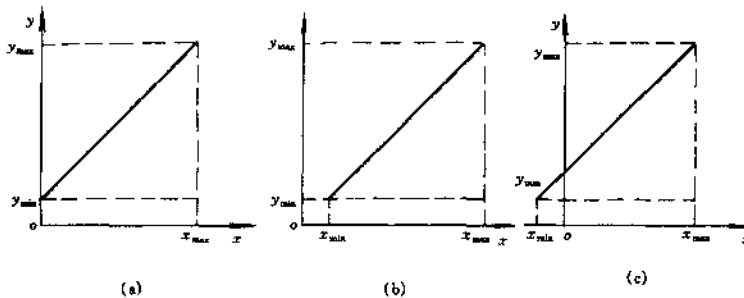


图 1-4 变送器的零点迁移

(a) 未迁移；(b) 正迁移；(c) 负迁移

变送器的输入-输出特性沿 x 坐标向右或向左平移了一段距离，其斜率并没有改变，即变送器的量程不变。若采用零点迁移，再辅以量程压缩，可以提高仪表的测量精确度和灵敏度。

4. 变送器

变送器指通过检测元件（传感器）接受被测变量（参数）信号并将它转换成标准输出信号的仪表。通用的标准输出信号为 4~20mA 直流电流信号或 20~100kPa 气压信号或现场总线数字通信信号。

5. 控制器

控制器也称调节器，指根据输入信号而按某一规律自动地改变输出信号的仪表。控制器的输出信号可以去控制执行器，或去控制其他控制器。控制器的典型动作规律有比例、积分、微分、比例积分、比例微分、比例积分微分等。

6. 执行机构

执行机构也称执行器，指接受控制器的输出指令，进行功率放大后去驱动控制机构的装置。

7. 控制机构

控制机构也称调节机构，指直接改变操作变量的具体设备，通常用它来改变流入或流出生产过程的物质量或能量，如控制阀（也称调节阀）和控制挡板（也称调节挡板）。

8. 手持终端

手持终端也称远程通信器、编程器或组态器，是一个由于电池供电可以随身携带的专用计算机，它的功能极强，可以远距离对单回路控制器、智能变送器、电动基地式仪表（也称现场仪表）进行组态、校验、运行监视、事故诊断和修改操作。它的外形如同计算器，通信距离一般可远达 1.6km。

9. 现场总线

现场总线是安装在生产现场的仪表和控制室内的仪表或装置之间的数字式串行通信链路。

10. 组态

对于数字控制仪表，组态功能的范畴很广。从大的方面讲，可以分为两个方面：硬件组态（又叫配置）和软件组态。硬件的配置对不同的系统差别甚大，而且一般是根据现场的具体要求而定，相对来说选择工作量不大。例如，智能变送器的 LCD 液晶显示器成本机调整装置，就是可选择使用的硬件配置，即根据实际工作情况进行取舍。软件组态的内容比硬件配置丰富得多，例如 DCS 的组态包括了数据库的生成、历史库的生成，图形生成和控制组态；而变送器的组态就是把变送器的标签号、输出形式、阻尼时间常数、工程单位、上限值、下限值等数据参量写到变送器的存储器之中。控制器的组态就是向用户存储器中增加、修改和删除功能块的操作。由此看来，所谓软件组态就是对存储器的写入操作。

11. 校验

校验也称检定。仪表的误差是否符合规定的指标，要通过对仪表校验来判断。在现场一般采用示值比较法，即被校验仪表和作为标准的仪表同时去测量同一被测量，然后比较两表的示值，以确定被校验表的误差。在这里认为标准表的示值就是被测量的实际值（即约定真值）。问题在于标准表也有误差，它的误差应该比被校验仪表的允许误差小多少呢？通常为允许误差的 1/3、1/4、1/5 或 1/10。标准表的测量范围应等于或稍大于被校验表的测量范围，校验几个示值点和哪几个示值，对于校验工作的工作量和能否正确反映仪表误

差有很大影响，通常是选择整数刻度值（包括上限值和下限值）。

二、性能

1. 准确性

仪表的准确性用准确度表示，它被定义为“相对于被测变量真实值的正确量度”。准确度通常用满刻度读数来表示。例如，若一台变送器的量程为 100°C ，其准确度为 0.5% ，则说明变送器能确定真实温度在 0.5°C 之内。或者说，若变送器的量程为 100°C ，其测量值与真实值之差为 0.5°C 。

2. 可靠性

可靠性指的是在规定条件下和规定的时间内，完成规定的功能的能力。

单台仪表在两次相邻故障间，除去维修时间后，其实际工作时间的平均值，称为“平均无故障时间”，以MTBF表示。而MTBF是可靠性的一个重要指标。

规定的条件主要指仪表使用的环境条件和维护条件。规定时间指仪表的使用时间。可靠性要随时间的延长而逐渐降低，所以一定的可靠性是对一定的时间而言的。规定的功能是指仪表的各种功能是由性能指标（例如MTBF）来规定的。

3. 电磁兼容性

按照国际上的一般说法，电磁兼容性的定义是：“电子系统在规定的电磁环境中按照设计要求而工作的能力”。仪表里的电子线路就是上述电子系统，它必须和附近的其他电子设备共处，彼此不产生有害影响，而自然界的雷电和地磁等环境对仪表电路也不应该有妨碍，这就是在电磁环境中互相兼顾、互相容忍的意思。仪表是测量和处理微小信号的，附近强电设备产生的电磁波和自然界的雷电都有很大的干扰能量，必须使仪表具备足够的抗干扰能力，才能抑制外界干扰，保证正常发挥其自身的功能，所以仪表的电磁兼容性实质上就是抗干扰问题。

4. 耐环境影响性

热工过程控制仪表并不都是安装在单元控制室里的。从今后发展来看，绝大部分的仪表都要安装在现场。现场安装的仪表及处于运输、保存中的仪表，可能受到高温、严寒、高湿、强腐蚀、剧烈振动等危害。仪表是精密设备，对环境因素十分敏感。仪表是为获得信息而工作的，在不良环境下，尽管未对仪表造成损坏，但其输出信号丧失了精确性，也失去了意义，尤其是直接参与生产过程的自动化仪表，如因不耐环境而提供了虚假信号，后果将是很严重的。仪表制造厂在产品说明中给出的性能指标，很多都是属于耐环境设计方面的，如环境温度、环境湿度、工作压力（大气压力下的）、电源电压变动影响和电磁辐射干扰等。

在恶劣环境下使用的热工过程控制仪表，其外壳必须有足够的防护能力，主要针对防固体异物、防水、防尘的能力。应规定科学的试验方法，给出相应的防护等级。我国参照IEC529国际标准，颁布了国家标准GB4208《外壳防护等级的分类》，规定仪表防护等级代号由特征字母IP及其后的两个特征数字组成。其中第一位数字代表防固体异物的能力，其等级涵义为：0—无防护；1—防50mm（异物）；2—防12mm；3—防2.5mm；4—防1mm；5—防尘；6—尘密（无尘埃进入）。第二位数字代表防水能力，其等级涵义为：0—无防护；

1—防滴；2—防 15°滴（外壳倾斜 15°以内垂直滴水不进入）；3—防淋；4—防溅；5—防喷；6—防浪；7—防浸；8—防潜（能长期潜水）。例如，某仪表的防护等级为 IP54，则表示该仪表的外壳有防尘能力，但并不是绝对无尘埃进入，而是进入量不致妨碍工作；还表示其外壳兼有防溅能力，任何方向溅水对工作无害。

第二节 模拟信号的标准化^[8]

设计热工过程控制仪表时，应力求做到通用化和相互兼容。通用化是指同一台仪表可用来显示或控制不同的参数，尽管被测的被控参数千差万别，也不论它们的变化范围如何，虽然所用的传感器、变送器、转换器不一样，而显示仪表及控制仪表却完全相同，这叫做通用化。相互兼容（也称可互操作）是指不同系列或不同厂家生产的仪表能够共同使用在同一检测控制系统中，彼此配合，共同实现系统的功能。如能做到通用化和相互兼容，就能改善仪表及其部件的互换性，减少备品备件。在生产工艺流程改变时，原有仪表中的大多数都能物尽其用，节省改建的投资。

目前已广泛使用的电动或气动单元组合仪表具有很好的通用性，不仅它的显示单元和控制单元是通用的，甚至像差压变送器这样的变送单元也可以转换压力、流量、液位和密度等多种信号。某些温度变送器设计成既可以配热电偶，也可以配热电阻，既可以测一个点的温度，也可以测两个点的温差，其测量范围和零点都能自由调整。通用化不但使仪表生产厂减少了品种规格，还给用户带来灵活方便、一物多用的好处。

新型带有微处理器的仪表和分散控制系统也都有极好的通用性，而且能够与多种常规模拟控制仪表兼容，它们可以混合安装在同一系统中，甚至同一个仪表盘上，这对于用户分批更新设备和逐渐扩大系统的规模十分有利，可以避免一次性投资过多，并且有助于对新技术的逐步适应。

要做到通用性和相互兼容，首先必须统一仪表间的信号制。无论模拟信号或数字信号，都应该标准化。

表 1-1 模拟气动信号的下限
值和上限值

下 限	上 限
20kPa (0.2kgf/cm ²)	100kPa (1.0kgf/cm ²)

一、模拟气动信号

根据国际标准 IEC382《过程控制系统用模拟气动信号》，我国制定了国家标准 GB777《工业自动化仪表用模拟气动信号》。该标准规定的模拟气动信号下限值和上限值如表 1-1 所示。

二、模拟直流电流信号

在国际标准 IEC381 和 IEC381A《过程控制系统用模拟直流电流信号及其第一次补充》的基础上，我国颁布了国家标准 GB3369《工业自动化仪表用模拟直流电流信号》。模拟直流电流信号及其负载电阻如表 1-2 所示。

在表 1-2 所示两种电流信号范围中，应优先选用序号 1。至于序号 2，是考虑到目前 DDZ-I 系列电动单元组合仪表仍在应用的现状而设置的。由于序号 1 的电流信号在接收端

要转换为 1~5V 的直流电压信号,故负载电阻至少是 250Ω。为了便于串联动圈仪表供当地显示,负载电阻应大于 250Ω。但负载电阻过大势必要提高功率放大级的电源电压,所以一般不超过 750Ω。序号 2 的负载电阻从零开始,以便与低输入阻抗的仪表或晶体管电路配合,其负载电阻范围的上限值也是受功率放大级电源电压的限制,一般不超过 3000Ω。

表 1-2 模拟直流电流信号及其负载电阻

序号	电流信号	负载电阻
1	4~20mA	250~750Ω
2	0~10mA	0~1500Ω 0~3000Ω

信号电路中最低电位点规定为信号公用线。如果信号公用线接电源,应接电源负极或双向电源的 0V 端。信号电路需要接地时,应将信号公用线或电源负极(双向电源的 0V 端)接地。

以上气动和电动模拟仪表的标准信号不适用于传感器和仪表内部,因为内部气路或电路的信号没有必要标准化,可以自由设计。

三、直流电流信号的优点

(1) 直流比交流干扰少 交流容易产生交变电磁场的干扰,对附近仪表和电路有影响,外界交流干扰信号混入后和有用信号形式相同,难以滤波,直流就没有这个缺点。

(2) 直流信号对负载的要求简单 交流有频率和相位问题,对负载的感抗或容抗敏感,使得影响增多,计算复杂,直流电路只需考虑电阻。

(3) 电流比电压更利于远距离传送信息 如果采用电压形式传送信息,当负载电阻较小,距离较远时,导线上的电压降会引起误差,采用电流传送就不会出现这个问题,只要沿途没有漏泄电流,电流的数值始终一样。而低电压的电路中,即使只采用一般的绝缘措施,漏泄电流也可以忽略不计,所以接收信号的一端能保证和发送端有同样的电流。由于信号源的电路有恒流特性,电流只随所传送的信息而变化,并不决定于电阻,所以导线电阻在规定的范围内变化对信号电流也不会有明显的影响。

当然,采用电流传送信息,接收端的仪表必须是低阻抗的。如果有多个仪表接收同一电流信息,它们必须是串联的。串联电路的缺点是,任何一个仪表在拆离电路之前首先要将该仪表的输入两线短接,否则其他仪表将因电流中断而失去信号。此外,串联电路中各个仪表的内部电路不能共用地线,因为当信号源一端接地时,各仪表将因互相串联而对地有不同的电位,共用地线就会引起信号混乱。

我国以前曾广泛应用的 DDZ-1 系列电动单元组合仪表,采用晶体管分立元件,其输入阻抗低。在输入信号的端子接线上采用了能自动短接的插口或保护二极管,在仪表拆离电路后能自动保持信号电流畅通。又因为采用交流供电,仪表内部必然有电源变压器,所以各仪表电路的直流侧是互相独立的,加上输入输出间往往利用调制/解调放大,这就便于设置隔离变压器,因此,即使接在串联信号电路里,也不会因为对地电位不等而出现问题。

四、电压信号的辅助作用

无论如何,纯粹采用串联方式使同一信号供给多个仪表的方法,总归受到一些限制。对比起来,用电压传送信息的方式在这方而就有优越性了,因为它可以用并联电路使同一个电压信号为多个仪表所接收。任何一个仪表拆离信号线都不会影响其他仪表的运行。各个仪表既然并联在同一信号线上,当信号源负极接地时,各仪表内部电路对地有同样的电位,