

工业自动化仪表系列丛书

显示调节技术 仪表

孙自强 孙京浩 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

工业自动化仪表系列丛书

显示调节技术及仪表

孙自强 孙京浩 编著



机械工业出版社

本书是《工业自动化仪表系列丛书》之一。对于工艺过程的现场数据,显示仪表不仅能显示、记录、打印、报警、控制,还能存储、传送,方便操作管理人员及时了解现场情况。书中介绍了显示调节技术及仪表的历史现状、产品分类、基本工作原理以及发展趋势。在此基础上从指示仪表、记录仪表、数字显示调节仪表三个方面选择了目前几种较为典型的仪表予以介绍,包括了霍尼韦尔、横河、中控、虹润等公司部分相关产品,帮助读者深入了解显示仪表原理、功能和操作使用方法。书中内容力求贴近实际,并反映显示仪表的最新发展。

本书可供从事工业过程测控领域的工程技术人员及大专院校相关专业的师生阅读、参考,也可作为相关专业技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

显示调节技术及仪表/孙自强,孙京浩编著. —北京:机械工业出版社, 2011.9

(工业自动化仪表系列丛书)

ISBN 978-7-111-35424-6

I. ①显… II. ①孙… ②孙… III. ①显示 ②显示仪表 IV. ①TN27
②TH85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 148354 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张沪光 责任编辑:张沪光

版式设计:霍永明 责任校对:袁凤霞

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

140mm × 203mm · 8 印张 · 213 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-35424-6

定价: 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心 : (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部 : (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部 : (010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线: (010)88379203

**《工业自动化仪表系列丛书》
编辑委员会**

主任委员	张继培		
副主任委员	史美纪 (常务)	吴钦炜	
	王璐璐	罗命钧	秦起佑
	张沪光	张永江	
委	薛生虎	杜水友	梁国伟
员	蔡武昌	李竞武	陈晓竹
	萧 鹏	孙自强	彭 瑜
	张雪申	刘士荣	付敬奇
	凌志浩	刘建侯	徐建平
	俞金寿	余光伟	

编写说明

工业自动化仪表是国民经济各部门重要的现代技术装备之一，广泛用于冶金、电力、石油、化工、轻工、纺织、交通、建筑、食品、医药、农业、环保以及日常生活等各个领域。

工业自动化仪表是对物质世界的信息进行自动测量与控制的基础手段和设备，是信息产业的源头和组成部分。

为了认真总结国内外工业自动化仪表的先进经验，提高我国工业自动化仪表的科技、生产、应用水平，经中国仪器仪表学会、上海工业自动化仪表研究所、机械工业信息研究院和中国仪器仪表学会过程检测控制仪表分会共同研究，决定组织编写、出版《工业自动化仪表系列丛书》。

目前，首先陆续出版以下 16 种：《温度测量技术及仪表》、《压力测量技术及仪表》、《流量测量技术及仪表》、《物位测量技术及仪表》、《机械量测量与虚拟仪器技术应用》、《物性分析技术及仪表》、《显示调节技术及仪表》、《可编程序控制器及其应用》、《控制阀选型和应用》（原名执行器）、《过程控制系统和应用》、《仪表可靠性工程和环境适应性技术》、《仪表本安防爆技术》、《集散控制系统及其应用》、《工业控制计算机系统及其应用》、《现场总线与工业以太网》、《过程分析技术及仪表》。

本系列丛书内容完整，系列齐全，基本上反映了工业自动化仪表技术与产品的全貌；文字力求深入浅出，通俗易懂。系列丛书既可作为从事工业自动化仪表专业的工程技术人员及广大用户的参考书籍，也可作为大专院校教材及科研、设计、制造、使用单位工程技术人员的培训教材。

编写出版《工业自动化仪表系列丛书》，对于我们是一种尝试，难免存在不少问题和缺点，希望广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

《工业自动化仪表系列丛书》编辑委员会

前 言

显示仪表是众多工业自动化仪表中不可缺少的一类品种。在工业测量和控制系统中，通过显示仪表，可以读取和记录被测量信息，及时采取相应的报警、控制等措施。

显示仪表经历了从机械式、机电式、到全电子式的发展过程，品种繁多、系列齐全。一般按显示记录方式不同，可分成指示型显示仪表、记录型显示仪表、数字型显示仪表和闪光报警型显示仪表等。随着大规模集成电路的发展和显示器件的完善，特别是单片微处理器的广泛应用和平面显示器件性能的提高，显示仪表已向多功能、小体积、高准确度方向发展，能更逼真地显示、记录工业过程参数的变化趋势。对于工艺过程的现场数据，显示仪表不仅能显示、记录、打印，还能存储、传送，更方便操作管理人员及时了解现场情况。原有的显示仪表，有的被淘汰，如不少动圈式指示仪表；有的被取代，如不少笔式记录仪、早期的数字显示仪。近年来一些新型的显示仪表相继出现，如各类智能型显示仪表。

当前数字显示调节仪表市场份额越来越大，有些品种已发展成为专门用途的控制站、记录站、网络站。一台数字显示调节仪表有多回路组态控制，多通道开关量输入、输出逻辑控制功能，无纸记录仪往往有几十个通道测量记录功能，还包含多通道数字调节功能。以往需多台数字调节、手动操作器、报警器和记录仪等组成的复杂系统，现在只要一台专用数字显示调节仪表或记录仪就可实现。数字显示调节仪表采取人性化人机界面设计，可同时显示多种信息和多种方式，组态操作简便，在性能和可靠性方面进一步提高，并具有多种通信协议接口以及开放式总线接口，通过网络连接到工厂自动化系统。

本书为适应工业自动化测控技术的发展而编写，力求比较通俗和简明扼要地介绍显示调节技术及仪表的相关技术原理和发展概况，并挑选了几种比较有代表性的显示仪表，从便于了解和使用角度予以介绍，注重理论联系实际，希望对读者有所帮助。全书共分为5章：第1章对显示仪表及相关技术进行概述；第2章介绍各种显示调节仪表基本工作原理涉及的共性内容；第3~5章分别从指示仪表、记录仪表、数字显示调节仪表三个方面结合所选择部分具体型号的仪表深入介绍显示仪表的功能和使用操作情况。读者对其他型号显示仪表的学习和理解可触类旁通。

本书由华东理工大学孙自强、孙京诰编写。其中第3~5章由孙京诰编写，其余由孙自强编写。全书由孙自强统稿，上海工业自动化仪表研究院史美纪高级工程师审稿。本书编写过程中得到了华东理工大学俞金寿教授、吴勤勤教授的指导帮助，在此深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不当和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者
2011年5月

目 录

编写说明

前言

第1章 绪论	1
1.1 显示仪表概况	1
1.2 光电显示技术	2
1.2.1 阴极射线管显示技术	3
1.2.2 平板显示技术	3
1.3 其他相关技术	5
1.4 显示仪表分类	6
1.4.1 指示型显示仪表	6
1.4.2 记录型显示仪表	6
1.4.3 数字型显示仪表	7
1.4.4 闪光报警型显示仪表	7
1.5 显示仪表现状和发展趋势	8
第2章 显示调节仪表基本工作原理	11
2.1 动圈指示仪表	11
2.1.1 动圈式指示仪表基本原理	12
2.1.2 动圈式指示仪表测量机构的组成	14
2.2 光柱指示显示仪表	17
2.2.1 LED 光柱显示仪	18
2.2.2 等离子光柱显示仪	18
2.2.3 光栅式发光二极管光柱显示仪	19
2.3 自动平衡显示记录仪	20
2.3.1 电子电位差计	20
2.3.2 电子自动平衡电桥	25
2.4 简易型数字显示仪表	31
2.4.1 数显仪表种类	32

2.4.2	数显仪表的主要技术指标	32
2.4.3	数显仪表的基本组成	32
2.4.4	数字模拟混合记录仪	35
2.5	微机型数据记录仪	35
2.6	无纸记录显示仪	37
2.7	闪光报警显示仪	38
2.8	控制规律	40
2.8.1	位式控制	41
2.8.2	比例控制	42
2.8.3	比例积分控制	44
2.8.4	比例微分控制	47
2.8.5	比例积分微分控制	48
2.8.6	离散比例积分微分控制	50
第3章	指示仪表	54
3.1	动圈式指示仪表	54
3.1.1	XCZ 型配热电偶的动圈仪表	54
3.1.2	XCZ 型配热电阻的动圈仪表	56
3.2	数字式显示仪表	61
3.2.1	仪表各部分的工作原理	61
3.2.2	XMZ 型数字温度显示仪表	68
3.3	光柱指示显示仪表	71
3.3.1	常用光柱结构	71
3.3.2	IC9504 光柱专用驱动芯片	71
3.3.3	DB 2000S 型智能光柱指示仪	76
3.3.4	虹润 HR-WP 系列智能数字显示仪表	79
第4章	记录仪表	92
4.1	ER 系列显示记录仪	92
4.1.1	ER 系列显示记录仪的组成与原理	94
4.1.2	输入测量单元	94
4.1.3	伺服放大单元	99
4.2	SR10000 记录仪	100
4.3	国内无纸记录仪状况	105
4.3.1	SUPCON-JL 系列无纸记录仪	105

4.3.2 SWP - TSR 系列智能化 TFT 真彩色无纸记录仪	113
4.4 国外无纸记录仪状况	129
4.4.1 现状及发展趋势	129
4.4.2 DXAdvanced 横河无纸记录仪	132
第5章 数字显示调节仪表	140
5.1 UDC2300 数字显示调节仪	141
5.1.1 主要功能	141
5.1.2 安装	141
5.1.3 组态	147
5.1.4 操作	162
5.1.5 设定点比率/斜坡/程序操作	175
5.2 SR 系列无超调单回路 PID 调节仪表	179
5.2.1 系统原理	179
5.2.2 技术特点	180
5.2.3 SR60、90 系列操作流程	183
5.2.4 事件和报警设置	188
5.2.5 其他功能	189
5.2.6 选件功能	191
5.3 EC - 5500S 系列温度指示调节器	193
5.3.1 接线	194
5.3.2 面板形式及各部分功能	196
5.3.3 调节器的基本设定	198
5.3.4 操作	203
5.3.5 参数的设定	206
5.3.6 运转	209
5.3.7 主要功能的使用方法	217
5.4 HR - WP 系列模糊 PID 自整定调节器/温控器	226
5.4.1 HR - WP - XD90 仪表面板	226
5.4.2 仪表上电	226
5.4.3 仪表一级参数设定	228
5.4.4 仪表二级参数设定	231
5.4.5 控制目标值 SV 的设定	236
5.4.6 仪表参数说明	236

X

5.4.7 参数设定方式	238
5.4.8 自整定功能的实现	240
5.4.9 自动/手动无扰动切换方法	240
5.4.10 手动/自动无扰动切换方法	240
5.4.11 仪表工作过程状态	241
参考文献	246

第 1 章 绪 论

1.1 显示仪表概况

显示仪表通常是指以指针位移、数字、图形、声光等形式直接或间接显示、记录测量结果的仪表，它能与各种类型的检测仪表配接，用作工业过程变量数值大小的记录、变化趋势和工作状态的显示。不少显示仪表兼有控制调节和故障报警功能。

在工业测量和控制系统中通过显示仪表，可以读取和记录被测量信息，因此在实际生产控制和科学实验中，显示仪表是不可缺少的。

显示仪表经历了从机械式、机电式到全电子式、微机化、智能化的发展过程。仪表所用的元器件从机械元器件、电子管、半导体管发展到集成电路和微处理器芯片、数字信号处理器件，显示方式相应模拟显示、数字显示和图像显示等。随着大规模集成电路的发展和显示器件的完善，特别是微处理器的广泛应用和平面显示器件性能的提高，显示仪表已向多功能、小体积、高准确度方向发展，能更逼真地显示、记录工业过程参数的变化趋势。对于采集的信号数据不仅能显示、记录、打印、控制，还能存储、传送，更方便操作管理人员及时了解现场情况。

早期的显示仪表采用模拟显示技术。检测元件和变送器将被测量（物理量或化学量）转换成另一种物理量，此物理量随被测量作相应变化，这种变化是对被测量的模拟，与此相配套的显示仪表称为模拟式显示仪表，用标尺、指针、曲线等方法显示、记录测量值。模拟式显示仪表一般由信号变换和放大环节、磁电偏转机构（或伺服电动机）及指示记录机构组成，工

作可靠、价格低廉，能够满足一定的准确度要求，能够反映和记录测量值变化趋势。但是，模拟式显示仪表结构较复杂、读数不够直观、测量速度不够迅速、测量重现性不够好。

随着数字脉冲电路的发展以及微处理技术在显示仪表中的应用，显示仪表产品全面由模拟式向数字式方向发展。数字式显示仪表（简称数显仪表）是直接用数字量显示或记录被测量的仪表。它具有模-数转换器，可将被测变量转换成十进制数码，显示清晰直观，无读数视差。由于其内部没有模拟式显示仪表中所必需的机械运动结构，因此测量和显示速度、测量准确度及重现性等都有很大提高。带有与计算机通信接口的数显仪表可用于生产过程计算机控制系统中。若在数显仪表内部配以数-模转换电路，则可输出模拟信号供生产过程控制器用。如再配置某种调节或控制电路就成为集测量显示与调节于一体的数字显示调节仪；配以微处理器可组成带有自诊断、自校正、非线性补偿等功能的智能型数显仪表。由于数显仪表结构紧凑、功能齐全、可靠性强，在当今现代化生产过程中已经得到广泛的应用。

近些年，基于屏幕的字符、图像显示仪表得到了飞速发展，逐渐成为主流，最有代表性的是无纸记录仪。在计算机控制系统中屏幕显示装置是一个重要组成部分，它利用计算机的快速存取能力和巨大的存储容量，几乎是同一瞬间在屏幕上显示出逐个的或成组的数据，还可以在屏幕上显示出一连串数据信息构成的曲线或图像，如炉膛内的温度分布图等。由于功能强大，使得控制室的面貌发生根本性变化，过去庞大的仪表盘大为缩小，甚至可以取消。屏幕显示装置普遍用于集散控制系统（DCS）中。

1.2 光电显示技术

显示仪表伴随光电显示技术的发展而成长。各种光电技术的应用，不断催生出各种各样显示仪表。

光电显示技术是将电子设备输出的电信号转换成视觉可见的图像、图形及字符等光信号的一门技术。光电显示有阴极射线管（CRT）显示、液晶显示器（LCD）显示、等离子体显示器（PDP）显示、场致发射显示器（FED）显示、发光二极管（LED）显示、有机发光二极管（OLED）显示、数字光投影（DLP）显示和单硅片液晶（LCOS）显示等多种。

1.2.1 阴极射线管显示技术

阴极射线管（Cathode Ray Tube, CRT）是利用高能量电子束激发荧光屏而发光的器件，迄今已有一百多年的历史，是实现最早、应用最为广泛的一种主动式显示器件。其工作原理是高速电子束扫描荧光屏背后所带的红、绿、蓝彩色发光点，使其发光，在屏幕上形成所要显示的彩色图像。CRT 最大的优势在于高的性能价格比及大画面高密度显示。CRT 技术成熟，但是因是电真空器件，它的体积大、电压高、功耗大，在便携式电子产品和大屏幕显示方面的应用受到限制。

1.2.2 平板显示技术

20 世纪 60 年代后出现了各种平板显示器（Flat Panel Display, FPD）技术，采用平板显示器件辅以逻辑电路来实现显示功能。平板显示器件包括发光二极管、液晶显示器、等离子体显示器、场致发射显示器、有机发光二极管、数字光处理投影机、单硅片液晶显示器等。平板显示技术具有体积小、重量轻、耗电省、辐射小、电磁兼容性好等一系列优点，而且随着显示工艺技术的发展，平板显示器的亮度、视角、全彩色等性能已经达到甚至超过 CRT 显示器水平。目前平板显示器件已经大量取代 CRT 显示器。

1. 发光二极管（Light Emitting Diodes, LED）

LED 具有全固化、寿命长、亮度高、响应速度快、低功耗、体积小、耐用且性能稳定等优点，因此应用最为广泛。早期的数字显示仪表中主要都是采用 LED，例如在工业现场仪表显示屏上采用 LED 七段码显示被测量。

2. 液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD)

利用液晶分子对外照光进行调制而实现显示功能,在亮度、对比度、色彩、功耗、寿命、体积、重量等综合性能方面全面赶上和超过 CRT 的平板显示器件,被称之为绿色显示器。

液晶技术基本类型包括无源矩阵和有源矩阵两类,经历了扭曲向列液晶显示器 (TN - LCD)、超扭曲向列液晶显示器 (STN - LCD)、双层超扭曲向列液晶显示器 (DSTN - LCD) 和薄膜晶体管液晶显示器 (TFT - LCD) 4 个发展阶段。目前 TFT - LCD 主要应用在笔记本电脑、桌上电脑、显示仪表、摄像机监视器等领域。

3. 等离子体显示器 (Plasma Display Panel, PDP)

PDP 是伴随惰性气体等离子体放电,利用行列矩阵电极交点发光的显示器件,其中等离子体是指正负电荷共存,处于电中性的放电气体的状态。其特点是高亮度、高对比度、视角广、响应速度快。PDP 的体积比 CRT 显示器小,色彩要比 LCD 鲜艳明亮,显示的图像不会出现扭曲变形的情况。PDP 功耗大、工艺复杂、价格也较昂贵。PDP 特别适用于大屏幕显示。

4. 场致发射显示器 (Field Emission Display, FED)

FED 的工作原理类似于 CRT 显示器,但 CRT 显示器采用单一的光栅扫描电子束,而 FED 在每个像素后排列有无数个微米级电子冷发射体。FED 技术能把 CRT 显示器的明亮清晰与 LCD 的轻薄环保等优点结合起来,具有低功耗、低电压、薄型化、平板化以及能在恶劣条件下工作等特点,但工艺复杂、发光效率低。目前在欧美等发达国家,FED 已经被大量用于各种军事装备中。

5. 有机发光二极管 (Organic Light Emitting Diode, OLED)

有机发光物质种类繁多,因而在全色显示、大屏幕视频显示方面比无机发光材料有优势,OLED 成为业界公认的可能替代液晶显示器的新一代显示器件,已经在手机、MP3 等小型设备

上得到了应用。OLED 采用非常薄的有机材料涂层和玻璃基板,当有电流通过时,这些有机材料就会发光,属主动发光,具有无需背光灯、响应速度快、可视角度大、能耗小、发光效率高,能满足许多低温条件下的使用等特点,还能做成可弯曲的柔软显示器。

6. 数字光投影 (Digital Light Projection, DLP) 技术

DLP 是一种全数字反射式投影技术,以数字微镜装置器件 (Digital Micromirror Device, DMD) 作为成像器件,图像灰度等级提高、图像噪声消失、画面质量稳定、数字图像非常精确。

7. 单硅片液晶 (Liquid Crystal On Silicon, LCOS) 显示

LCOS 是液晶技术和半导体技术相结合的产物,也是液晶显示的第 5 代产品。传统的 LCD 是做在玻璃基片上,采用透射式投射的方式,光利用效率只有 3% 左右,分辨力较低;而 LCOS 则是做在单晶硅片上,采用反射式投射方式,光利用效率可达 40% 以上,分辨力较高。

8. 电子纸显示器 (Electronic Paper Display, EPD)

所谓电子纸显示器,是对“纸一样薄的可擦写的显示器”的统称,它实际上是一种超轻、超薄、可弯曲的显示屏,且非常容易做成大尺寸的产品。电子纸在显示中一旦色彩和图案固定下来,即使切断电源也能保持其所显示的内容。

1.3 其他相关技术

随着显示仪表向微机化、智能化方向发展,显示仪表突破单纯的显示功能而将多种功能集于一体是其突出特点,如带配电 (向变送器提供 DC 24V 电源功能)、变送输出 (可提供输入信号的标准化信号输出功能)、PID 调节 (也包括带模糊控制,自整定等控制功能)、报警、通信、数学运算功能等,从而使由智能化显示仪表组成的检测、控制系统构成简化,投资也大大减少。

从调节技术角度看,基本控制规律还是生产过程中常见的

开关（位式）控制、比例积分微分（PID）控制。也有显示仪表与可编程序控制器（PLC）结合于一体，具有逻辑控制功能，并显示控制过程变化状态。

从信号输入输出角度看，智能化显示仪表兼备了变送器功能，可以直接与检测元件（如热电偶、热电阻等）连接，输出标准电流或电压信号；可以输出开关量和数字信号；可以直接驱动报警电路；可以与其他设备和计算机通信联系。

从数学运算功能角度看，智能化显示仪表能实现复杂的补偿运算、非线性校正，以及模糊控制等先进控制算法。

从提高系统可靠性角度看，智能化显示仪表具有开机自检、故障自诊断等功能。

1.4 显示仪表分类

显示仪表品种繁多、系列齐全，一般按显示记录方式不同可分成：指示型显示仪表、记录型显示仪表、数字型显示仪表和闪光报警型显示仪表四类。

1.4.1 指示型显示仪表

指示型显示仪表为机电结合型仪表，一般分为动圈式和光柱型两大类。

20 世纪 80 年代以前，动圈式指示仪表在我国获得广泛的应用，功能较全，有指示、指示报警、指示调节等多种功能。

20 世纪 80 年代后，光柱型指示仪表逐渐获得广泛应用。这类仪表能模拟显示各种工艺参数的变化趋势，直观地指示变量的绝对值、偏差值。

1.4.2 记录型显示仪表

记录型显示仪表能将工艺过程中各种过程参数的变化状况和变化数值以曲线图和数字的方式记录、存储下来，便于管理人员了解工艺过程参数变化的全貌。

记录型显示仪表根据其功能和所使用的元器件不同，一般可分为三类，即自动平衡显示记录仪、微机型数据记录仪和无