

电子自动指示、记录和调节仪表

[苏]A.A.安德列耶夫著

陆德彰 沙 琳 译校

吴履梯 主审

上海市仪器仪表学会出版

电子自动指示、记录和调节仪表

[苏] A. A. 安德列耶夫著

陆德彰 沙琳 译校

吴建



上海市仪器仪表学会出版

内 容 提 要

本书阐述了电子自动仪表的结构、原理、线路和特性。这类仪表主要用来测量、控制和调节各种工艺过程的参数。

书中讨论了仪表的使用特点、技术经济效果的计算原则及提高可靠性的问题。与1973年第一版不同的地方是介绍了在生产过程自动化和进行科学研究方面最新仪表的设计成果。

本书的对象是从事自动化仪表和自动化装置的研究,设计、生产和使用的工程技术人员。

电子自动指示、记录 and 调节仪表

[俄] A. A. 安德列耶夫著

原出版者 苏联机械制造出版社 列宁格勒分社 1981年

陆德彰 沙 琳 译校

吴履梯 主审

上海市仪器仪表学会出版(上海龙江路225号)

上海市仪器仪表学会发行

江苏省武进县村前印刷厂印刷

开本: 1/32 印张: 8.5625 字数: 197750

1985年6月上海第一版·1985年6月第一次印刷

印数0001—4000·定价: 2.80元

序 言

自动指示、记录和调节仪表是工业生产过程自动化和科学研究的重要装备，是冶金、石油、化工、发电、原子能、轻纺等各工业部门必需的自动化仪器。但对这类仪表的结构、原理、特性、使用要求、可靠性及发展趋势等详细阐述的专业书籍国内很少或比较陈旧。本书为苏联机械制造出版社1981年出版，对各国的自动指示、记录和调节仪表有比较系统全面的介绍，如微处理机在自动化仪表的应用等，因此本书的及时翻译出版对我国发展自动化仪表是有效和适时的。

陆德彰和沙琳同志长期从事仪器仪表科研工作，並有丰富的实践和教学经验，在短期内译出本书作出贡献。我特推荐给广大从事仪器仪表专业的科研、设计、生产及生产单位的工程技术人员和大中专院校师生阅读和参考。

高级工程师 吴履梯 1985.2.20

译 者 的 话

本书译自苏联机械制造出版社1981年出版的《电子自动指示记录 and 调节仪表》一书，作者A. A. 安德列耶夫。

作者在近代国外自动指示、记录和调节仪表科学技术成就的基础上，系统地总结了这方面的科研、设计、生产的成果。详细地阐述了电子自动化仪表的结构原理，使用特点、设计方法，和近代组合式结构小型、微型、和集成自动化仪表，以及微处理机在自动化仪表中的应用。

本书的出版一开始就取得上海市仪器仪表学会杨治中、胡嘉佑两位秘书长的积极支持。在翻译出版过程中，得到了上海市仪表局中心试验室杨不晦工程师大力合作，协助翻译了部分章节，胡嘉佑工程师给予许多具体的帮助，译本经译者互校，最后请仪表专家吴履梯高级工程师审定，对此我们深表感激。

本书的出版对我国实现四化和发展自动化仪表与装备定能起到积极的作用。由于本书内容新颖，译校时间仓促，加上译者业务水平和实践经验有限，译本中错误在所难免，热忱希望读者批评指正。

译者 陆德彰 沙琳

一九八五年一月

前 言

为了要顺利地解决工业的局部和成套自动化任务，必然涉及制造和应用电子自动化指示、记录、调节仪表以及将其改进和不断更新的问题。因为这些仪表是实现工艺过程自动化和系统控制的重要手段。

化工、炼钢、冶金(包括有色金属和稀有金属)石油蒸馏、石油加工、金属加工(退火、淬火、锻压制造)、机器制造、电工、纺织、造纸、食品工业、火箭技术、原子能及其它工业部门的蓬勃发展、不断要求研制、开发和广泛应用新的电子自动指示、记录和调节仪表，以最充分地满足现代工业和科学研究的需要。现在这些自动化仪表的应用是如此地广泛而又前景无限，以至实际上已经没有哪个工业部门不在用到它们。

分析仪表、即指直接根据其特性(如成分、物理性质等)来检验和调节工艺过程的仪表。为了测量、记录和调节固态、液态和气态物质的性质和成份，倘若没有电子自动指示、记录和调节仪表，这种分析仪表制造业的发展几乎是不可想像的。属于这类仪表的主要有：色层分离法、PH值测定、滴定分析、极谱分析和质谱分析用的自动化仪表。

本书在苏联和国外的电子自动指示、记录、调节仪表领域内，在最新科学成就的基础上，总结了这方面的科研设计、生产的成果。

书中阐述了设计自动化仪表的基本问题，分析了国产(指苏联——译注)和国外最主要的自动化仪表、其中包括各种型号和规格的电子自动指示、记录和调节仪表。这些仪表的制造单位是、苏联国家检测和自动化装备设计局(ГСКБ СКА)、科学生产联合公

司国营列宁格勒热工电子仪表厂 НПО «Лентеплоприбор»、热工仪表制造科学研究所 (НИИ тепчоприбор) 等。而进行批量生产的则是属于苏联仪器制造、自动化装备和控制系统部的仪表制造工厂。

将研究成果运用到电子自动化仪表批量生产中效果显著的要属 ГСКБ СКА НПО «Лентеплоприбор» 的专家们，苏联国家奖金的获得者 Л. А. Воронков, В. М. Павлов, В. М. Киселев, В. С. Мартьянову, В. М. Скворцову, М. А. Хусаинову, А. А. Андрееву, 以及工程师 В. С. Тихонову, Ю. А. Ларионову, Б. Ю. Квит, Л. П. Шуляковской, Л. Д. Найфельду, В. В. Русакову, А. С. Машницкому, Ю. Н. Ревенко 等。

作者期望本书经修订和补充的第二版本，对于解决工业自动化的任务及进一步发展电子自动化仪表和自动化设备将有所裨益，并且也是适时的。

目 录

前言

第一章 电子自动指示、记录和调节仪表的设计

基础1—9

1.1 自动化仪表的用途、特点和作用原理1—3

1.2 技术特性和对自动化仪表的要求4—7

1.3 自动化仪表的分类7—8

1.4 自动化仪表的设计原理及其结构工艺性8—9

第二章 自动指示、记录、调节仪表的元件.....10—43

2.1 电子自动化仪表的补偿测量电路10—20

2.2 自动化仪表中的微电子技术及微处理器20—21

2.3 采用统一输出讯号的平衡测量变换器21—23

2.4 以微电子元件为基础的自动化仪表的放大器 24—32

2.5 微型执行电动机——异步、同步、步进、带
有换流器的直流无换向器式电动机、.....32—38

2.6 稳定装置38—39

2.7 调节和信号装置39—43

第三章 单路和多路记录的方法、机构和装置.....44—59

3.1 自动记录仪表的基本记录方法44—45

3.2 图带纸及其技术要求45—46

3.3 图带移动装置及其机构46—50

3.4 连续记录装置及对墨水、油剂、彩油和书写
装置的要求50—54

3.5 多路记录装置和机构, 以及最有前途的发展
方向54—57

3.6 多路仪表中的传感器转换开关57—59

第四章 自动指示、记录仪表的误差及其减小的方

法60—70

4.1 测量和记录仪表的误差概述60—62

4.2 测量电路的误差及其减小方法62—65

4.3 读数和记录误差及其减少措施65—67

4.4 自动化仪表的示值变差及其减小方法68—69

4.5 自动化仪表的抗干扰性及降低干扰影响的方

法69—70

第五章 宽图带的自动指示、记录、调节仪表.....71—111

5.1 用途、特点和主要型式71

5.2 KC4系列多功能自动单路和多路改进型仪表...72—86

5.3 美国Honeywell 公司《电子-112》多功能自
动多路记录和调节仪表86—92

5.4 荷兰Phibips公司多功能自动多路记录仪表... 92—93

5.5 美国Leeds & Northrup 公司的记录24个测量
点的自动多路记录仪表《Speedomax H&w》.....93—94

5.6 美国Leeds & Northrup 公司在热敏图带上用
热印法记录30个测量点的自动多路记录 仪表
《Speedomax 250 》94—97

5.7 仪美国Honeywell 公司带有单独调零数字装
置和不同测量量程的自动指示和记录仪表《电
子195》和《电子196》.....97—99

5.8 高灵敏度的自动记录仪表.....99—102

5.9 快速自动记录仪表..... 102—105

5.10 高阻值多量程自动记录调节仪表105—108

5.11 单路和多路自动应变测量仪表108—111

第六章 小型自动指示、记录、积算和调节仪表.....112—128

6.1 用途和特点112—113

6.2 功能可扩展的KC2系列单路和多 路改进型自
动化仪表113—119

6.3	美国Leeds & Northrup公司在热敏图带上用热印法记录 15 个测量点的多路自动化仪表 《Speedomax 165》	119
6.4	采用差动-变压补偿器的可互换的自动记录和调节仪表	120—125
6.5	自动积算仪表	125—126
6.6	带有传感器电路断路和故障参数值的多触点信号装置的自动温度测量仪表	126—127
第七章	狭图带书写的微型自动指示、记录和调节仪表	128—154
7.1	微型自动化仪表的用途、特点和主要发展方向	128—129
7.2	改进型KC1系列自动微型单通道和多通道指示、记录和调节仪表	129—134
7.3	具有可扩大功能的附加装置的KC1系列微型自动化仪表	134—135
7.4	用于自动化集装系统ACKP的自动微型指示和记录仪表	135—136
7.5	A-541系列具有连续录写功能的自动微型指示和记录仪表	136—137
7.6	采用频率补偿器的自动指示记录仪表	137—141
7.7	带有铁磁电动式补偿变换器的MΦCM型自动化仪表	141—144
7.8	具有力补偿的自动化仪表	144—146
7.9	采用平面直角垂直固定刻度尺的A-501单通道和A-502双通道自动微型指示、报警和调节仪表	146—148
7.10	采用平面扇形刻度尺的KΠ1系列自动微型指示和调节仪表	148—150
7.11	带旋转圆柱形数码盘的单通道和多点式自	

	动化仪表	151—154
7.12	选择检测参数的A-511系列多刻度尺指示仪表	154
第八章	圆图盘记录的自动指示、记录、积算、和调节仪表	155—168
8.1	用途和特点	155—156
8.2	自动指示和记录的电位差计、平衡电桥和电流输入的仪表	156—160
8.3	采用差动-变压器补偿器的KCД3型单通道自动指示、记录和调节仪表	160—161
8.4	KCF3型铁磁电动式单通道自动指示和调节仪表	161—162
8.5	KCT3型自动应变仪	163—164
8.6	带输出装置的KC3系列自动化仪表	164—165
8.7	KПМ3-МГ型自动12点指示和报警仪表	165—168
第九章	特殊条件下使用的单路、双路和多路自动化仪表	169—179
9.1	技术要求和特点	169—170
9.2	СП2型单和双通道抗振动冲击的小型自动指示和记录仪表	170—175
9.3	СП2型多通道抗振动冲击的自动指示和记录仪表	175—176
9.4	СПЛ型采用变压器—感应补偿器的抗振冲击的自动化仪表	176—179
第十章	自动调节装置和自动调节仪表	180—212
10.1	电气位置调节的自动化仪表	180
10.2	采用分开式公共调节量给定的多路调节仪表	180—185
10.3	带有气动ПИД调节装置的自动化仪表	185—192
10.4	自动程序给定的调节装置和仪表	192—200

10.5	电模拟调节手段组合体ГСП АКЭСР	200—210
10.6	Cascade调节组块和组合体调整器	210—211
10.7	A305-13和A306-14型多路调节装置	211—212
第十一章 在公共的图带上同时连续地记录多条曲线的		
	多通道自动记录仪表	213—232
11.1	用途、特点和分类	213—214
11.2	连续记录的双通道补偿式实验室用自动记录 仪表	214—220
11.3	КС4系列双通道自动记录仪表	220—224
11.4	外国公司的双通道自动记录仪表	224—225
11.5	多通道自动记录仪表	225—232
第十二章 供分析和科学研究 $X-Y$ 和 $X-Y_1Y_2$ 函数 关系的双座标单路和双路自动记录仪表		
12.1	用途和分类	233—234
12.2	双座标自动化仪表的结构制作原理	234—235
12.3	ПДП4-002双座标自动绘图仪	236—240
12.4	ЛКД-003系列双座标自动绘图仪	240—246
12.5	ДРП-1、ДРП-2双座标自动化仪表	246—248
12.6	Н306 双座标自动化仪表	248—251
12.7	美国《Hewlett, Packard》公司的双座标自动化 仪表	251—253
12.8	美国《Honeywell》公司的双座标仪表	253
12.9	美国《Houston Omnigraphic》公司的双座标 仪表	253—254
12.10	用于测量记录 $X-Y_1Y_2$ 三个函数的ПКД和П КД2双座标双路自动化仪表	254—258
12.11	美国《Honeywell》公司的双座标双路自动 化仪表	258—259
12.12	美国《Houston omnigraphic》公司的双座 标双路仪表	260

第一章 电子自动指示、记录和调节仪表的设计基础

§1—1 自动化仪表的用途、特点和作用原理

工业各个部门的生产自动化是技术进步最重要的方向和提高生产率最主要的任务。

离开了对自动化仪表的研制、批量生产、应用和不断改进，工业的局部和成套自动化是不可能的。因为电子自动指示、记录和调节仪表是自动化的基本工具，也是最能充分地对映出工厂和科研机构的现代化要求。

电子自动指示、记录和调节仪表，在工业的各个部门里，用于对表征工艺过程的各种参数进行检测、单路与多路(或多点)记录和调节。这些参数是指温度、压力、液体流量、水位、湿度、气体或液体的浓度和成分，电流、电压、功率、频率等等。

电子*自动指示、记录和调节仪表还可用来解决一些复杂的任务，即根据工艺过程的一系列参数或复合参数，管理工艺过程本身。由这些仪表来分析单一成份或多种成份的固态、液态、气态物质的成分和性质、色层分离、pH值测定、湿度控制、比色高温测定、质谱测定、极谱分析、气体分析等等。

自动化仪表在科学研究中已获得了很大的发展和应用：如用于面板上和配电盘上仪表，以及两座标自动记录仪表。前者用来多路测量各种量和在同一个图带记录纸的全宽上同时连续地记录几条曲线；而后者一种仪表，则用于对函数关系值进行测量和记录

*下面“电子”一词将予省略——原注

(单通道或双通道)。

自动化仪表还可以供在很恶劣的条件下，如在较强振动、超载、高湿度情况下运行。

对那些非得要在工艺过程的过程当中进行检测的部门(例如有爆炸危险的条件、核反应堆工作的检测及原子能部门中)，由于必须保证操作人员的安全，使用自动化仪表的可能性就更大。

自动化仪表用来解决各种工艺过程中局部或成套自动化的问题，其范围十分宽广：把简单和复杂的系统、对象、装置和自动控制设备配套，也可以单独个别地使用，用于控制和调节各种对象、机组、炉窑之类，用来保护对象耐受过载，以及使一系列专门的工艺过程自动化。

自动化仪表具有一系列重要的计量、结构和使用方面的特性，这些特性就是：测量的高精度和高灵敏度；读数与使用条件(仪表位置，周围环境温度、湿度、压力，供电电网的电压和频率波动等等)关系很小，传感器电路的电能消耗极小，因此可以采用小功率传感器，且仪表读数不受传感器线路阻抗的影响，记录装置位移的输出力矩要大，以实现检测值的记录，以及控制调节装置，而不降低仪表的灵敏度和准确度；可以同时检测和记录几个量(多路和多表)；仪表在恶劣使用条件下，具有很高的可靠性和工作能力；可以应用于固定的或活动的对象中。

自动化仪表与数字仪表相比，还有其它的重要优点：通常它们可以用最简单的方法将控制过程记录下来(用墨水或涂剂记录在纸带上)，这就有可能非常清楚地确定被控工艺过程的变化，分析被研究现象的进程，以便采取必要的措施。

在一般情况下，仪表主要由下列方框和组件组成(见图1.1)：电气—机械跟踪系统ЭСС，指示和书写装置ИДy，图表带纸移动机构МПД。在检测非电量时，成套自动化仪表中还包括传感器Д，传感器把非电量(温度、压力、流量等等)转换成为电信号(电压或电流)。跟踪系统可使测量过程自动化，并由测量线路ИС和平衡

(补偿)装置 Y_Y ，失调信号放大器 Y ，以及带有减速器的执行电动机 $ИД$ 所组成。

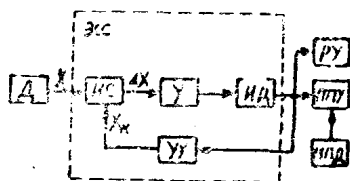


图 1.1 电子自动指示、记录和调节仪表结构

自动指示、记录和调节仪表是在补偿法自动测量原理基础上构成的。自动化仪表跟踪系统的作用原理是把从传感器引出的被测量值 X 与由补偿装置所产生的补偿值 X_K 相比较。被测值和补偿值的差 $\Delta X = X - X_K$ 经放大器放大后，输入异步执行电动机，移动平衡装置，改变 X_K 值，使测量线路达到平衡。同时执行电动机保证仪表的书写、指示和调节装置移动。跟踪系统可以具有稳定装置(图1.1未表示出)，它使仪表有必需的动态特性，而在大多数情况下，它可以是测速发电机、测速电桥、RC—微分电路等。

用来调节生产过程的调节装置 P_Y 往往装入自动化仪表内，也可能作成单独的组件形式，这样，实际上是使仪表的使用范围扩大了。

自动化仪表全部由可拆的集装—组合元件组成，并被安装在一个或若干个抽斗或迴转的支架上，再装入一个总的箱体内。仪表结构应保证指示装置的图带纸，单点或多点记录书写装置的刻度清晰可见，所有控制元件和控制手柄应便于操作，维护简单，且使用方便。

集装式控制和调节设备(ACKP)，已获得了广泛的应用，其特点是提供操作者信息的所有设备，其结构外形都是独立的组件。由这些组件配套成各种结构，组件之间及组件与提供信息的设备之间，则利用电缆—插塞接头联接。

§1—2 技术特性和对自动化仪表的要求

自动化仪表的设计过程是从编制技术任务书开始的，任务书中指明了待研制仪表应满足的各项要求。完成这些要求就可以制造出具备规定的技术性能的仪表，而技术性能则决定了仪表的使用功能。

对自动化仪表所提出的技术要求如下：完成功能的多种配套；尺寸适当和重量最轻；有较高的计量特性；具有必需的图带纸移动速度范围；良好的动态特性；在规定的使用条件下，具有最高的可靠性和较长的寿命；仪表结构应符合现代技术水平的要求；生产工艺指标高；技术经济效益高；外形符合工业美学规范；自动调节的可能性大，或者与外部的调节装置相连接。

根据用途、使用条件和上述技术条件，试制的结构应能保证完成下列功能：

a) 生产过程的检测和调节应具有较高的测量和记录精度（精度等级为0.15；0.25，记录纸带的标准宽度为250毫米）；

б) 工艺过程的测量、记录和调节应具有中等检测和记录精度（精度等级为0.5；记录纸带的标准宽度为160毫米）；

в) 仪表用于记忆电路、检测和信号操纵台，以及用于自动调节的工艺过程的系统中时，测量和记录的精度相当低（精度等级为0.5；1.0；记录纸带的标准宽度为100毫米）；

г) 仪表用来分析和科学研究（高速仪表、双座标调节仪表的多路仪表）时，应具有较高的检测和记录精度（精度等级为0.15；0.25）和很宽的记录纸带（宽度为250毫米以上）；

д) 仪表在特别恶劣使用条件下，进行测量及进行单路、双路、多路记录时，精度为 $\pm 0.5\%$ ；速度1秒；振动1.5g；短时超载达500g；湿度达到98%等等；

根据功能的效用不同，自动化仪表可分为指示仪表，记录仪表和调节仪表。

合理的仪表尺寸（正面的）应该主要取决于刻度尺寸的长度

(或记录面度宽)和记录被测量目力观测所必需的宽度(或长度)。

根据图表纸带的形状区分,仪表分为图带式仪表和圆盘式仪表。根据刻度长度和图带记录纸宽度可分为:宽图带记录自动化仪表,其刻度长度和记录纸带宽度为250~280毫米;小型自动化仪表,其刻度长度和记录纸带宽度为150~210毫米;微型自动化仪表,其刻度长度和记录纸带宽度为100~120毫米。

在苏联,仪表的外壳尺寸是由苏联国家标准ГОСТ5944—74规定的。宽图带记录仪表的外壳尺寸不超过400×400×350毫米,小型仪表不超过240×320×450毫米,微型仪表不大于160×200×500毫米,80×160×590毫米。

仪表的计量特性取决于:测量和记录精度;指示、记录的灵敏度和变差;动作速度(指示器通过整个刻度盘的时间)。或以一定的精度被记录的信号的频率范围;必要的测量量程及量程个数(单量程和多量程仪表);仪表抗干扰的程度(即指示值与作用到测量电路干扰的关系)。国家型谱的自动化仪表(ГСП)的计量特性是由ГОСТ7164—78规定的,并且符合ГОСТ12997—76全国仪表型谱的要求。

对自动化仪表规定的精度等级为0.1、0.15、0.25、0.5、1.0、1.5,相当于指示值的基本测量误差为 ± 0.1 、 ± 0.15 、 ± 0.25 、 ± 1.0 和 $\pm 1.5\%$ 。在这种情况下,记录误差不应超过基本误差(或其额定值)的二倍;灵敏度下限(使仪表能够产生反应的最小输入信号变化)不超过0.1%,指示或记录变差对于精度等级为0.15级的仪表不应超过0.1%,对于精度等级为0.25级的仪表不应超过0.2%,对于其它等级的仪表不应超过允许基本误差绝对值的一半。此外,还规定了附加误差,这些误差是由供电电网电压和频率变化,仪表周围空间的交变磁场、周围空气温度和湿度的变化等新引起的。

采用补偿测量法可保证有很高的计量特性,这正是自动化仪表比之其它类型仪表具备的主要优点之一。

图表带纸移动速度范围与仪表的动作速度和图表带纸类型有