

工业自动化仪表丛书

1



# 工业自动化仪表

黄关祥 编

机械工业出版社



79.89

573

工业自动化仪表丛书

---

# 工业自动化仪表

黄关祥 编



机械工业出版社

本书系《工业自动化仪表丛书》之一。它以通俗的语言，辅以照片、图表，较全面地介绍了检测仪表、显示仪表、调节仪表、工业控制计算机与执行器等各类仪表的结构、动作原理和主要技术特性，并对工业仪表的质量指标，工业生产过程对仪表的要求以及工业仪表今后的发展趋势等作了概略的叙述。

本书可供工业自动化仪表工人、技术人员、管理人员等阅读，也可以供有关专业学校师生参考。

## 工业自动化仪表

黄关祥 编

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $12 \frac{3}{4}$  · 字数 275 千字

1982年 11 月北京第一版 · 1982年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—12,500 · 定价 1.00 元

\*

科技新书目： 35—111

统一书号： 15033 · 5241

## 前言

工业自动化仪表是实现工业生产过程自动化的一种重要装置。通过工业自动化仪表来了解生产过程中的物质变化状态，并将生产过程控制在预定的条件之下，确保生产的优质、高效和安全。

随着我国社会主义建设的发展，工业自动化仪表已日益广泛地应用于冶金、电力、化工、石油、轻纺、机械等工业部门，其发展前途是十分广阔的。

为了适应工业自动化仪表迅速发展的需要，进一步做好技术交流与推广工作，我们组织编写了这套《工业自动化仪表丛书》。

本丛书预定为二十册，分别为：《工业自动化仪表》、《温度测量仪表》、《压力测量仪表》、《流量测量仪表》、《物位测量仪表》、《机械量测量仪表》、《核辐射式检测仪表》、《自动平衡显示仪表》、《动圈指示调节仪表》、《自动调节仪表》、《电动单元组合仪表》、《气动单元组合仪表》、《射流技术及其应用》、《工业控制计算机》、《电动执行器》、《气动执行器》、《工业程序控制装置》、《工业仪表防护》、《工业仪表应用》和《工业仪表维修》等。将陆续分册出版。

本丛书力求以深入浅出、通俗易懂的文字，辅以图表的形式，简要介绍各类工业自动化仪表的结构原理、性能特点、安装使用以及维修等知识，供同志们参考。但由于我们水平有限，书中一定存在不少缺点，甚至错误，欢迎同志们批评指正。

本丛书在编写过程中，曾得到有关工厂、大专院校、科研单位的大力支持，在此谨致谢意。

《工业自动化仪表丛书》编写组

# 目 录

## 前言

第一章 绪论 .....	1
一、工业仪表的发展 .....	1
二、工业仪表的作用 .....	4
1. 保证生产的正常运行, 促进强化生产 .....	4
2. 提高产量, 保证产品质量 .....	5
3. 减少消耗定额, 降低生产成本 .....	5
4. 延长设备寿命, 确保生产安全 .....	5
5. 改善劳动条件, 减轻劳动强度 .....	6
6. 独特的技术作用, 显著的经济效果 .....	6
三、工业仪表的分类 .....	7
1. 检测仪表 .....	7
2. 显示仪表 .....	7
3. 集中控制装置 .....	7
4. 调节仪表 .....	7
5. 执行器 .....	7
四、仪表的质量指标 .....	7
1. 允许误差与基本误差 .....	7
2. 精度和精度等级 .....	8
3. 复现性 .....	8
4. 灵敏度 .....	9
5. 不灵敏区和指示变差 .....	9
6. 反应时间 .....	10
五、工业对仪表的要求 .....	10
第二章 温度测量仪表 .....	11
一、概述 .....	11
1. 温度与温标 .....	11

## IV

2. 国际实用温标 .....	12
3. 温度仪表的分类 .....	13
4. 测温范围与精度等级 .....	13
二、玻璃液体温度计 .....	16
1. 工业玻璃温度计 .....	17
2. 电接点玻璃温度计 .....	18
3. 标准玻璃温度计 .....	20
4. 实验室玻璃温度计 .....	20
三、双金属温度计 .....	20
1. 螺旋形双金属温度计 .....	22
2. 盘旋形双金属温度计 .....	22
3. 杆形双金属温度计 .....	23
4. 悬臂形双金属温度计 .....	24
四、压力式温度计 .....	24
1. 充液压力式温度计 .....	25
2. 充气压力式温度计 .....	25
3. 充蒸发液体压力式温度计 .....	25
五、热电偶 .....	27
1. 贵金属热电偶 .....	28
2. 普通金属热电偶 .....	29
3. 难熔金属热电偶 .....	31
4. 非金属热电偶 .....	32
5. 表面热电偶 .....	32
6. 多点热电偶 .....	33
7. 铠装热电偶 .....	33
8. 薄膜热电偶 .....	34
六、热电阻 .....	34
1. 铂热电阻 .....	36
2. 铜热电阻 .....	38
3. 半导体热电阻 .....	39

七、非接触式测温仪表 .....	40
1. 光学高温计 .....	40
2. 全辐射温度计 .....	42
3. 光电高温计 .....	44
4. 比色高温计 .....	46
第三章 压力测量仪表 .....	49
一、概述 .....	49
1. 压力的概念 .....	49
2. 分类与性能比较 .....	52
二、液柱式压力计 .....	52
1. U形管压力计 .....	52
2. 单管压力计 .....	53
3. 斜管压力计 .....	54
三、弹性式压力计 .....	55
1. 单圈弹簧管压力表 .....	55
2. 多圈弹簧管压力表 .....	57
3. 膜片压力表 .....	59
4. 膜盒压力表 .....	60
5. 波纹管压力表 .....	60
四、活塞式压力表 .....	61
五、电测式压力表 .....	63
1. 电位器式压力传感器 .....	65
2. 应变式压力传感器 .....	66
3. 霍尔式压力传感器 .....	67
4. 电感式压力传感器 .....	68
5. 振频式压力传感器 .....	70
6. 压阻式压力传感器 .....	71
7. 压电式压力传感器 .....	72
8. 电容式压力传感器 .....	73
六、适于特殊条件下工作的压力测量仪表 .....	74

## V

1. 耐震压力表 .....	74
2. 抗硫压力表 .....	74
3. 隔膜压力表 .....	75
4. 防爆压力表 .....	75
5. 耐高温压力表 .....	75
6. 热带型压力表 .....	76
第四章 流量测量仪表 .....	77
一、概述 .....	77
1. 流量的含义 .....	77
2. 管流和雷诺数 .....	77
3. 分类和性能比较 .....	81
二、节流装置 .....	81
1. 工作原理 .....	82
2. 结构型式 .....	82
3. 主要技术性能 .....	83
4. 选用原则 .....	83
5. 安装使用 .....	85
三、转子流量计 .....	87
1. 工作原理 .....	87
2. 主要技术性能 .....	88
3. 特点 .....	89
4. 安装使用 .....	89
四、叶轮式流量计 .....	91
1. 工作原理 .....	91
2. 主要技术性能 .....	91
3. 定量水表 .....	92
五、涡轮流量计 .....	93
1. 涡轮流量变送器 .....	94
2. 前置放大器 .....	94
3. 数字积算器 .....	95



4. 涡轮流量计的特点 .....	95
六、容积式流量计 .....	96
1. 椭圆齿轮流量计 .....	96
2. 腰轮式流量计 .....	98
3. 圆盘式流量计 .....	99
4. 湿式气体流量计 .....	99
七、电磁流量计 .....	101
1. 工作原理 .....	102
2. 主要技术性能 .....	103
3. 电磁流量计的特点 .....	104
八、靶式流量计 .....	104
1. 工作原理 .....	104
2. 气动靶式流量计 .....	105
3. 电动靶式流量计 .....	106
4. 主要技术性能 .....	106
九、旋涡流量计 .....	107
1. 工作原理 .....	107
2. 主要技术性能 .....	108
3. 旋涡流量计的特点 .....	108
十、特殊流量测量 .....	109
1. 电容式流量计 .....	109
2. 电导率式流量计 .....	109
3. 核磁共振式流量计 .....	110
4. 激光流量计 .....	111
5. 固体颗粒流量计 .....	112
第五章 物位测量仪表 .....	113
一、概述 .....	113
1. 物位测量的意义 .....	113
2. 物位参数的特性 .....	114
3. 物位测量的基本要求 .....	115

4. 分类与性能比较 .....	115
二、玻璃液位计 .....	120
1. 工作原理 .....	120
2. 品种和性能 .....	121
3. 主要特点 .....	121
三、浮力式液位计 .....	121
1. 浮子式液位计 .....	122
2. 浮筒式液位计 .....	124
3. 主要技术性能 .....	126
4. 浮力式液位计的特点 .....	126
四、差压式物位仪表 .....	127
1. 压力式物位计 .....	127
2. 差压式物位计 .....	130
3. 差压式液位计的特点 .....	132
4. 主要技术性能 .....	133
五、电学式物位仪表 .....	133
1. 电阻式物位计 .....	134
2. 电容式物位计 .....	135
3. 电感式物位计 .....	136
4. 电学式物位计的特点 .....	137
六、超声波物位仪表 .....	137
1. 工作原理 .....	138
2. 主要技术性能 .....	140
3. 超声波物位仪表的特点 .....	140
七、核辐射式物位仪表 .....	140
1. 工作原理 .....	141
2. 主要技术性能 .....	142
3. 核辐射式物位仪表的特点 .....	142
4. 核辐射式物位仪表的防护 .....	143
八、激光式物位仪表 .....	143

第六章 机械量测量仪表 .....	146
一、概述 .....	146
1. 机械量仪表的应用 .....	146
2. 机械量仪表的组成 .....	146
3. 机械量仪表的检测原理 .....	147
二、转速测量仪表 .....	147
1. 离心式转速表 .....	148
2. 磁性式转速表 .....	148
3. 光电式转速表 .....	150
4. 磁阻式转速表 .....	151
5. 数字式转速表 .....	152
三、厚度测量仪表 .....	153
1. 电感式测厚仪 .....	153
2. 涡流式测厚仪 .....	154
3. 微波式测厚仪 .....	155
4. 核辐射式测厚仪 .....	157
5. X射线式测厚仪 .....	158
6. 气动式测厚仪 .....	159
四、测力、称重仪表 .....	160
1. 压磁式测力仪 .....	160
2. 电阻应变式测力仪 .....	161
3. 电子称 .....	162
五、扭矩测量仪表 .....	164
1. 振弦式扭矩仪 .....	164
2. 磁致伸缩式扭矩仪 .....	164
3. 光电式转矩仪 .....	165
4. 相位差式转矩仪 .....	166
六、振动测量仪表 .....	167
1. 压电式加速度测量仪 .....	167
2. 磁电式速度测量仪 .....	169

## X

3. 涡流式位移测量仪 .....	169
4. 电位器式位移测量仪 .....	170
第七章 流程分析仪器 .....	172
一、概述 .....	172
1. 工业流程的在线分析 .....	172
2. 分析仪器的分类 .....	173
3. 流程分析仪器的组成 .....	173
4. 流程分析仪器的选用 .....	175
二、取样与预处理系统 .....	175
1. 取样系统 .....	175
2. 取样原则 .....	175
3. 取样探头 .....	176
4. 除尘净化器 .....	178
5. 除湿器 .....	179
6. 减压、抽引器 .....	180
7. 有害成分处理器 .....	182
三、热导式气体分析仪 .....	183
1. 工作原理 .....	183
2. 测量电路 .....	183
3. 应用 .....	184
4. 主要技术性能 .....	185
四、热磁式氧分析仪 .....	185
1. 工作原理 .....	185
2. 用途 .....	187
3. 主要技术性能 .....	188
五、光学式分析仪 .....	188
1. 红外线分析仪 .....	188
2. 紫外线分析仪 .....	191
3. 工业光电比色计 .....	192
六、电导式分析仪 .....	195

1. 电导式硫酸浓度计 .....	195
2. 工业电导仪 .....	197
3. 电磁式浓度计 .....	199
4. 主要技术性能 .....	200
七、气相色谱仪 .....	201
1. 气相色谱仪的特点 .....	201
2. 工作原理 .....	202
3. 气相色谱仪的组成 .....	203
4. 主要技术性能 .....	203
八、湿度测量仪器 .....	205
1. 光电露点湿度计 .....	205
2. 电解式湿度计 .....	205
3. 电容式湿度计 .....	206
4. 电阻式湿度计 .....	207
5. 干湿球湿度计 .....	207
九、粘度测量仪 .....	208
1. 粘度测量仪的应用 .....	209
2. 旋转式粘度计 .....	209
3. 超声波式粘度计 .....	209
4. 毛细管式粘度计 .....	210
5. 活塞式粘度计 .....	210
6. 工业粘度计的主要技术性能 .....	212
第八章 显示仪表 .....	213
一、概述 .....	213
1. 显示仪表的分类 .....	213
2. 数字显示和模拟显示 .....	213
二、动圈式显示仪表 .....	215
1. 动圈式显示仪表的特点 .....	215
2. 动圈式指示仪 .....	216
3. 动圈式指示调节仪 .....	216

## II

4. 主要技术性能 .....	219
5. 使用注意事项 .....	220
三、自动平衡式显示仪表 .....	222
1. 特点 .....	222
2. 组成 .....	223
3. 工作原理 .....	228
4. 主要技术性能 .....	231
5. 显示形式 .....	232
四、数字式显示仪表 .....	236
1. 数字式显示仪表的功能 .....	237
2. 分类 .....	237
3. 数字式显示仪表的组成 .....	238
4. 模-数转换器 .....	239
5. 计数器 .....	240
6. 数字式显示仪表的应用特点 .....	241
五、图形显示仪 .....	242
1. 数字式图形显示仪 .....	243
2. 视频式图形显示仪 .....	243
3. 图形显示仪的应用 .....	244
第九章 调节仪表 .....	245
一、概述 .....	245
1. 分类 .....	245
2. 调节规律 .....	246
3. 气动调节仪表与电动调节仪表 .....	250
二、自力式调节器 .....	251
1. 特点 .....	251
2. 主要技术性能 .....	252
3. 自力式温度调节器 .....	252
4. 自力式压力调节器 .....	255
5. 自力式流量调节器 .....	255

6. 自力式液位调节器 .....	258
三、简易式电子调节器 .....	260
1. 基本功能 .....	260
2. 工作原理 .....	260
3. 主要技术性能 .....	262
4. 调节规律说明 .....	262
四、气动位移式调节器 .....	263
1. 特点 .....	263
2. 分类 .....	264
3. 工作原理 .....	264
4. 主要技术性能 .....	265
五、电动单元组合仪表 .....	266
1. 特点 .....	267
2. 组成 .....	269
3. 主要技术性能 (DDZ- I 型) .....	269
4. 变送单元类 .....	269
5. 转换单元类 .....	272
6. 计算单元类 .....	273
7. 显示单元类 .....	276
8. 调节单元类 .....	278
六、气动单元组合仪表 .....	280
1. 特点 .....	280
2. 组成 .....	281
3. 主要技术性能 .....	281
4. 变送单元类 .....	282
5. 调节单元类 .....	284
6. 显示单元类 .....	289
7. 计算单元类 .....	293
8. 给定单元类 .....	298
9. 转换单元类 .....	300

10. 辅助单元类 .....	300
七、组装式电子综合控制装置 .....	302
1. 什么叫组装式仪表 .....	302
2. 组装式仪表的特点 .....	302
3. 系统构成 .....	303
4. 主要技术性能 .....	305
5. 组合形式 .....	306
第十章 工业控制计算机 .....	309
一、工业控制计算机的发展 .....	309
二、工业控制计算机的组成 .....	310
三、工业控制计算机的分类 .....	312
1. 程序控制专用机 .....	312
2. 直接数字控制机 .....	312
3. 过程最佳控制机 .....	313
4. 分级控制系统 .....	313
四、工业控制计算机的功能和特点 .....	315
1. 基本功能 .....	315
2. 技术特点 .....	315
五、主要技术性能 .....	316
六、主机 .....	318
1. 运算器 .....	318
2. 控制器 .....	319
3. 内存储器 .....	320
七、外部设备 .....	322
1. 外存储器 .....	322
2. 输入、输出设备 .....	326
八、外围设备 .....	332
1. 模-数转换器 .....	332
2. 数字量输入 .....	333
3. 数-模转换器 .....	333



4. 数字量输出 .....	334
九、软件 .....	335
1. 程序设计 .....	335
2. 程序框图 .....	335
3. 汇编程序 .....	336
4. 子程序 .....	336
5. 主程序 .....	336
6. 编译程序 .....	336
7. 解释程序 .....	337
8. 诊断程序 .....	337
9. 管理程序 .....	337
10. 操作系统 .....	338
十、计算机的基本工作原理 .....	338
十一、工业控制计算机的应用 .....	340
1. 科学计算 .....	340
2. 数据处理 .....	341
3. 工业控制 .....	341
第十一章 执行器 .....	347
一、概述 .....	347
1. 执行器的作用 .....	347
2. 执行器的选择 .....	348
3. 气动、电动、液动执行器的比较 .....	349
二、气动执行器 .....	349
1. 组成 .....	350
2. 分类 .....	350
3. 主要技术性能 .....	352
4. 气动执行机构 .....	356
5. 调节阀 .....	360
6. 附件 .....	365
7. 选用方法 .....	369