



林良明 顾剑青 主 编

自动化 仪表手册

上海科学技术文献出版社

SHANGHAI KEXUE JISHU WENXIAN CHUBANSHE

自动化仪表手册

林良明 顾剑青 主编

上海科学技术文献出版社

自动化仪表手册

林良明 顾剑青 主编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 43.25 字数 1,070,000

1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-5439-0908-1/T·426

定价: 90.00元

前 言

为把我国建设成社会主义现代化国家,必须保持国民经济持续、快速、健康发展,要优化产业结构,显著提高国民经济整体素质和效益,经济增长方式从粗放型向集约型转变,加快国民经济信息化进程。

现代化建设离不开大量采用尖端自动化仪表。为使我国的自动化仪表工业与国际接轨,我们特收集了国内外自动化仪表领域的最新资料,编成这本《自动化仪表手册》,找出与国外的差距,为赶超世界先进水平而努力。

为加快出书进程,本手册的编写全部由本市亲临自动化仪表生产、科研、教学第一线的人员担任。他们来自上海工业自动化仪表研究所、上海电气自动化研究所、上海汽车研究所、复旦大学、上海交通大学、华东师范大学以及上海工业大学等单位。本手册最后由上海交通大学的林良明、复旦大学的何永保、上海汽车研究所的顾剑青、上海工业自动化仪表研究所的洪郁康以及《电世界》杂志社的瞿文安等先生审阅。

本手册在编写过程中得到了上海自动化仪表一厂的陈肇贤、裘婷、陈科飞和上海工业自动化仪表研究所的崔根宝等先生的大力协助,还得到日本国株式会社的王云龙先生的相助;沈阳自动化仪表厂、鞍山仪表厂、西安仪表厂、四川仪表十六厂、广东仪表厂、上海自动化仪表一厂以及华东师范大学测试仪器厂等单位也为本手册出版提供了帮助,在此一并表示感谢。

鉴于编者水平有限,书中错误之处敬请读者指正。

编者

1995年12月

目 录

1 气动单元组合仪表	1
1.1 概述	1
1.1.1 QDZ-II型气动单元组合仪表的特点	1
1.1.2 QDZ-III型气动单元组合仪表的特点	1
1.1.3 分类与选用	2
1.2 变送单元	6
1.2.1 气动压力式温度变送器	3
1.2.2 气动温度变送器	10
1.2.3 气动压力变送器	13
1.2.4 气动绝对压力变送器	16
1.2.5 气动带法兰压力变送器	18
1.2.6 气动差压变送器	19
1.2.7 气动带法兰差压变送器	25
1.2.8 气动靶式流量变送器	30
1.2.9 气动浮筒液位变送器	34
1.3 显示单元	39
1.3.1 气动指示仪	48
1.3.2 气动色带指示仪	48
1.3.3 气动条形指示仪	51
1.3.4 气动操作器	53
1.3.5 气动指示调节仪	54
1.3.6 气动记录仪	60
1.3.7 气动记录调节仪	62
1.3.8 气动积算器	63
1.3.9 气动报警器	64
1.3.10 AN型热工信号报警系统	66
1.4 调节单元	39
1.4.1 气动比例调节器	76
1.4.2 气动积分调节器	78
1.4.3 气动微分器	78
1.4.4 气动调节器	81
1.4.5 气动配比器	83
1.4.6 计算机给定调节仪	83

1.5 计算单元	86
1.5.1 气动比值器	86
1.5.2 气动乘除器	87
1.5.3 气动加减器	94
1.5.4 气动开方积算器	96
1.6 给定单元	98
1.6.1 气动定值器	98
1.6.2 时间程序调节器	101
1.6.3 参数程序调节器	103
1.7 转换单元	104
1.7.1 电-气转换器	104
1.8 辅助单元	106
1.8.1 操作器	106
1.8.2 选择器	111
附录: 引进气动单元组合仪表(山武-霍尼韦尔公司)	113
1. 变送单元(PREX-3000系列变送器)	113
2. 显示单元(Vumaitk 8000系列)	114
3. 调节单元(Vumaitk 8000系列)	115
4. 给定单元(Vumaitk 8000系列)	116
5. 辅助单元(Vumaitk 8000系列)	116
2 电动单元组合仪表	117
2.1 变送单元	117
2.1.1 现场式温度变送器	117
2.1.2 架装式温度变送器	121
2.1.3 压力变送器	130
2.1.4 差压变送器	138
2.1.5 电容式变送器	145
2.2 显示单元	162
2.2.1 积算器	162
2.2.2 指示仪	164
2.2.3 报警器	166
2.2.4 记录仪	168
2.3 计算单元	171
2.3.1 加减器	171
2.3.2 开方器	173
2.3.3 乘除器	174
2.4 调节单元	175
2.4.1 指示调节器	175
2.4.2 抗积分饱和调节器	178
2.4.3 输出跟踪调节器	179

2.4.4	定值伺服跟踪调节器	180
2.4.5	多通道阀位跟踪调节器	181
2.4.6	可编程四回路微处理调节器	182
2.4.7	微分调节器	186
2.4.8	DDO 后备全刻度指示调节器	188
2.4.9	间歇调节器	190
2.5	给定单元	192
2.5.1	恒流给定器	192
2.5.2	报警给定器	196
2.5.3	比值给定器	202
2.5.4	分流器	211
2.6	转换单元	212
2.6.1	频率转换器	212
2.6.2	气-电转换器	217
2.6.3	高电平转换器	226
2.6.4	直流毫伏转换器	231
2.6.5	交流毫伏转换器	233
2.6.6	阻抗转换器	234
2.6.7	电流转换器	238
2.7	辅助单元	245
2.7.1	选择操作器	245
2.7.2	高低值选择器	256
2.7.3	限幅报警器	260
2.7.4	阻尼器	266
3	S 系列仪表	271
3.1	概述	271
3.2	PID 控制器	271
3.2.1	STGJ-1002 型固定程序 PID 控制器	271
3.3	运算器	288
3.3.1	STYJ-2002 型复合运算器	288
3.4	逻辑控制器	294
3.4.1	STXJ-1002 型逻辑控制器	294
3.5	系统监视器	299
3.5.1	SXAJ-1002 型系统监视器	299
3.6	联锁操作器	302
3.6.1	SFDJ-3002 型联锁操作器	302
4	数字化智能测试仪表	309
4.1	数据采集系统	309
4.1.1	3595 型高精度多通道分散式数据采集系统——IMP	309

4.1.2	3535 系列数据采集系统	318
4.1.3	3470 SCORPIO 天蝎座数据采集系统	322
4.2	动态分析仪表	323
4.2.1	1250 系列频率响应分析仪	323
4.2.2	1253 型增益-相位分析仪	325
4.2.3	1255 型高频频响分析仪	326
4.2.4	1286 型电化学接口与分析软件	328
4.2.5	1260 型阻抗/增益-相位分析仪	332
4.2.6	1220 型多通道频谱分析仪	334
4.2.7	1210/1209 型随机振动控制器	337
4.2.8	1215 型多通道振动控制系统	339
4.2.9	1270 型频率响应分析 VXI 板	343
4.3	无线电测试仪表	345
4.3.1	4031 型无线电综合测试仪	345
4.3.2	4015 型无线电综合测试仪	351
4.3.3	4040 型高精度无线电综合测试仪	353
4.3.4	4922 型无线电码分析仪	358
4.3.5	4923 型无线电码分析仪	359
4.3.6	6910 型测量接收机	360
4.3.7	9200 型 GSM 测量系统	363
4.3.8	HP8510B 型高性能天线和雷达反射截面分析仪	366
4.3.9	HP8753 B 型射频网络分析仪	371
4.4	电子维修测试系统	376
4.4.1	635 型在线故障诊断测试系统	376
4.4.2	645 型综合故障诊断测试系统	379
4.4.3	S15 型集成电路测试系统	381
4.4.4	S1650 型双 256 管脚多功能 VLSI 测试系统	382
4.4.5	ITS 9000 系列测试系统及 ASAP 测试软件开发工具	383
4.4.6	IDS 3000 型集成电路诊断验证系统	384
4.4.7	S780 型混合电路印刷电路板自动测试系统	386
4.5	电讯测量仪表	388
4.5.1	7780 系列光纤时域反射仪	388
4.5.2	7703 系列数字传输分析仪	390
4.5.3	771X 系列数字传输分析仪	391
4.5.4	VEGA 数字通讯监测系统	394
4.5.5	7754/7755 型同步传输分析仪	395
4.5.6	7760 型视频传输分析仪	396
4.5.7	激光源和光功率计	397
4.5.8	HP 8145A 型光纤时域反射计	399

4.5.9	HP8702 型光波元器件分析仪	404
4.5.10	HPVXI 测试系统	407
4.6	专用数字化仪表	411
4.6.1	7071/7081 7 ¹ / ₂ 位、8 ¹ / ₂ 位精密数字电压表	411
4.6.2	7061/7062 高速巡检数字万用表	412
4.6.3	7063 系统数字万用表	414
4.6.4	7151 带运算功能的数字万用表	315
4.6.5	7150 PLUS——增强型 7150 数字万用表	417
4.6.6	SSY-1H 电脑水份测定仪	418
4.6.7	血细胞自动检验仪	419
5	工业过程控制计算机	421
5.1	概述	421
5.1.1	电子计算机的产生和发展	421
5.1.2	工业过程控制计算机的特点	421
5.1.3	工业过程控制计算机的系统结构	422
5.2	工业过程控制计算机硬件	423
5.2.1	数字逻辑基础	423
5.2.2	工业过程控制计算机总体结构	426
5.2.3	中央处理器	426
5.2.4	存贮器	432
5.2.5	总线技术和接口技术	534
5.2.6	工业过程控制计算机的安装和维护	461
5.3	工业过程控制计算机软件	467
5.3.1	软件概述	467
5.3.2	系统软件	470
5.3.3	应用软件	485
5.4	工业过程控制计算机的外部设备	495
5.4.1	概述	495
5.4.2	几种主要外部设备及其接口	496
5.5	工业过程控制计算机过程通道	516
5.5.1	概述	516
5.5.2	工业现场输入信号的变换和处理	517
5.5.3	过程输入通道	519
5.5.4	过程输出通道	520
5.5.5	过程通道与主机的接口	540
5.5.6	工业过程控制计算机与自动化仪表的联用	543
5.6	工业过程控制计算机在生产中的应用	545
5.6.1	高炉上料微机控制系统	545
5.6.2	连续式燃油加热炉微机控制系统	548

5.6.3	TDCS-2000 计算机控制系统在石油化工生产中的应用	549
6	集散型控制仪表	555
6.1	集散型控制系统	555
6.1.1	集散型控制系统分层体系结构	555
6.1.2	国外 DCS 产品性能比较	563
6.1.3	MAX-1000 系统的体系结构	563
6.1.4	WDPF 系统的体系结构	565
6.2	操作站(人-机系统)	567
6.2.1	概述	567
6.2.2	操作站的硬件资源	568
6.2.3	操作站的功能	570
6.2.4	系统组态	572
6.2.5	应用处理器操作简介	575
6.2.6	软件配置	577
6.2.7	软件环境	579
6.2.8	图形生成软件 Datavue 简介	580
6.2.9	屏幕画面打印	582
6.3	现场控制单元	584
6.3.1	分散处理单元(DPU)	584
6.3.2	输入/输出模块	604
6.4	集散型控制系统的网络技术	613
6.4.1	概述	613
6.4.2	通讯网络基础	617
6.4.3	局部串行通讯	624
6.4.4	MODBUS 网络及协议	634
6.4.5	以太网网络及协议	640
6.4.6	MAX-1000 系统的网络结构	646
6.4.7	MAX-1000 系统的数据公路	648
6.5	应用实例	655
6.5.1	小型集散系统及其在热处理炉中的应用	655
6.5.2	WDPF 集散系统在高炉热风炉中的应用	663
6.5.3	μ XL 集散系统在方坯连铸机中的应用	663
6.5.4	I/A S 集散系统在蒸馏装置中的应用	674
	参考文献	679

1 气动单元组合仪表

1.1 概 述

1.1.1 QDZ-II 型气动单元组合仪表的特点

QDZ-II 型气动单元组合仪表是根据生产流程中自动检测与自动调节系统各组成部分的特点,将自动控制系统所需要的装置分成调节单元、显示单元、变送单元、辅助单元等,通过不同的各种组合,可以构成多种多样的自动检测和自动调节系统,同时可把所有的信号送进控制室,实现集中控制。它被广泛地应用在炼油、化工、轻工等各种生产过程的控制系统中,能进行有效的实时控制。II 型系列仪表具有以下一些特点:

- (1) 采用国际标准统一信号。各单元之间均采用 20~100 kPa 的国际通用压力信号。
- (2) 精度高、变差小。全部采用金属的弹性元件,这样精度就高了、变差就小了、温度影响也小了;同时,抗老化、耐磨蚀。
- (3) 可靠性高,价格低。
- (4) 防爆性能最好。
- (5) 量程范围宽。由于采用了统一的杠杆平衡和双波纹管反馈机构,所以量程就宽了。
- (6) 仪表外形和开孔的尺寸均采用国标规定。
- (7) 操作简便。可在面板上对比例、积分、微分等调节参数进行整定;活塞式切换机构也可进行无扰动平衡切换。
- (8) 可扩性强。可以通过转换单元与电动组合仪表结合使用,也可同电子计算机配套使用,构成高自动化的控制系统。

1.1.2 QDZ-III 型气动单元组合仪表的特点

QDZ-III 型气动单元组合仪表是在 II 型基础上发展和补充的。它主要是控制室盘装仪表。它还能便于组成超驰调节、均匀调节、多冲量调节、计算机给定调节及具有自动保护系统等,并能与电动单元组合仪表和工业控制计算机联用。

III 型系列仪表以指示调节仪为主,根据功用不同,大致上可以分为指示调节仪和一些辅助单元等。与 II 型系列仪表相比,III 型系列仪表具有以下一些特点:

- (1) 盘装仪表可以单体安装,也可以横向密集安装。单体仪表的正面尺寸统一规定为 80×160 mm。密集安装可以大大缩小仪表盘的宽度,能使操作者监视和操作更多的仪表。并且一目了然,仪表显示清晰,刻度尺调换方便。
- (2) 采用了双向无扰动即时切换机构,所以也就不需要“对针”了。而且即使在存在一定偏差的条件下,随时都可以从自动切换到手动状态,或者可以从手动切换到自动状态。
- (3) 整个操作过程极其简单,运行操作、调整操作均在盘前进行。自动调节单元和手动

调节单元各自独立,卸下其中之一不致会影响另一单元的工作。

(4) 为了便于整定参数,带有纸带机构的走纸速度有多档。我们可以根据需要自由切换。

(5) 根据需要,表内可装上下限报警装置、灯光显示报警信号或者可装集中报警装置。

(6) 为了提高调节质量,在仪表内可装有积分限幅装置。限幅值的调整方式有两种,利用限幅器里面的弹簧力调整和由外部引进气压信号进行调整。

(7) 微分器和内给定器应用了扩散喷嘴(也称文丘里管或射流元件)。这样,不但改善了喷嘴挡板的特性,提高了仪表的灵敏性,而且减少了仪表的耗气量。这样既结构简单,并且工作可靠。

(8) 表内装有内、外给定的切换开关。这样可以很方便地实现内给定或者外给定。

(9) 具有能构成计算机给定控制(SPO)系统的计算机给定调节仪、断续调节仪、均匀调节仪等特殊调节规律的指示调节仪。

(10) 仪表采用功能组件装配式结构,装卸时互不影响。采用金属板粘结工艺制造的平面气路板,简化了仪表的连接管道,提高了仪表的可靠性。

在调节单元中装有试验开关。在试验位置上,用本机给定器可校对测量针。

1.1.3 分类与选用

1. 分类

气动单元组合仪表基本上可以区分为七大类:变送单元、调节单元、显示单元、计算单元、给定单元、辅助单元以及转换单元。各单元之间的相互关系如图 1-1 所示。

2. 选用

气动单元组合仪表的选用要看具体的情况来决定。当控制的距离在 150 m 以内,并且

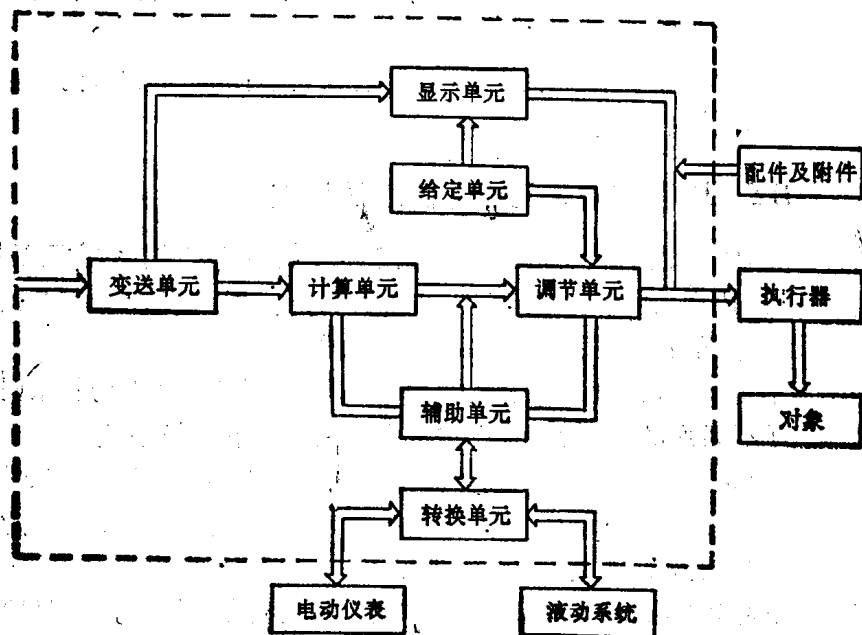
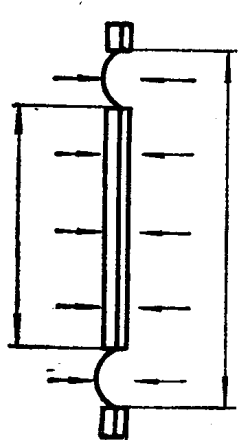
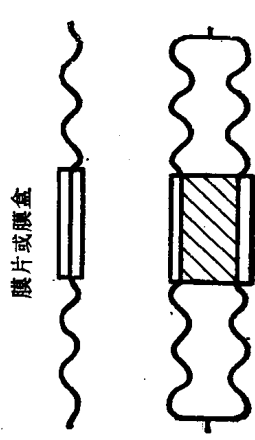
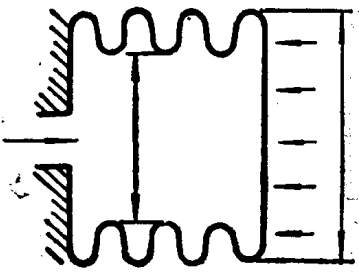
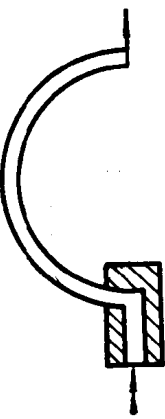
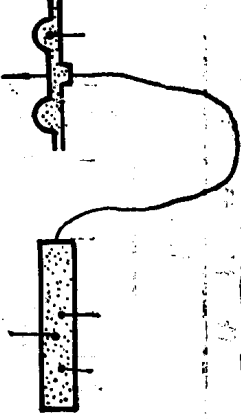


图 1-1 气动单元组合仪表各单元之间的关系

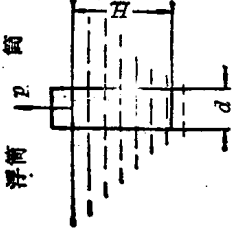
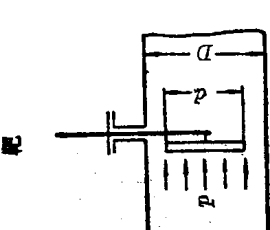
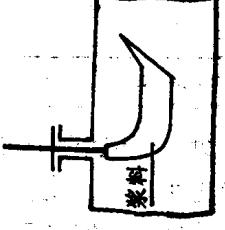
表 1-1 检测元件

检测元件	材料	使用介质	使用压力或差压	适用温度(°C)	被测物理量
 <p>薄膜</p>	丁腈混炼橡胶	空气、天然气及一般的酸、碱	0~40Pa 至 0~200kPa	-20~+50	压力 负压 差压
 <p>膜片或膜盒</p>	耐酸钢 Cr18Ni9Ti 耐酸钢 Cr18Ni12Mo2Ti Cr18Ni12Mo3Ti 高弹性合金 Ni36CrTiAl 高弹性合金 Co40NiCrMo 恒弹性合金 Ni42CrTi 铍青铜 QBe2 铜磷青铜 QSn6.5~0.1	硝酸 2% 硫酸 + (0.5%~6%) 硝酸 78% 磷酸 10%~50% 磷酸 砷氧化钠 30% 氨气 醋酸 + 乙烯 空气 硫酸 <40% 盐酸 <5% 磷酸 <80% <45% 氢氧化钠 40%~78% 尿液、氨、二氧化碳、 水(200个大气压)、 干燥氯气 硝酸 10% 磷酸 15% 稀氢氧化钠 空气 良好的耐腐蚀性 对大气和海水有良 好的耐腐蚀性 能耐大气腐蚀	0~600Pa 至 0~2.5MPa	20 <50 20~90 沸腾 沸腾 80 -15~8 -19.4~400 20 20 20 沸腾 120 180 20 50 最高 250 400 -40~80 -60~150 110	压力 负压 差压

(续表)

检测元件	材料	使用介质	使用压力或差压	适用温度(°C)	被测物理量
<p>波纹管</p> 	<p>黄铜 H80 锡磷青铜 QSn6.5~0.1 铍青铜 QBe2 耐酸钢 Cr18Ni9Ti</p>	<p>耐大气腐蚀</p>		<p>100</p>	
<p>波登管</p> 	<p>铬钒钢 50CrVA 耐酸钢 Cr18Ni9Ti 黄铜 H80</p>	<p>大气、氨水等 同膜片、膜盒中的同栏 耐大气腐蚀</p>	<p>0~10MPa至 0~250MPa 同上 0~100kPa至 0~6MPa</p>	<p>同膜片、膜盒中的同栏 100</p>	<p>压力 负压</p>
<p>温包</p> 	<p>耐酸钢 Cr18Ni9Ti</p>	<p>同膜片、膜盒中的同栏</p>		<p>-100~300, 200 以上少用</p>	<p>温度</p>

(续表)

检测元件	材料	使用介质	使用压力或差压	适用温度(°C)	被测物理量
 <p>浮筒</p>	耐酸钢 Cr18Ni19Ti	同上	-0.1~6.4MPa	300	液位 重度
 <p>浮筒</p>	耐酸钢 Cr18Ni19Ti	同上	40MPa (与管道结构有关)	400	流量
 <p>刀形板</p>	耐酸钢 Cr18Ni19Ti	同上	同上	60	低浆浓度 9~5%

还要求防火、防爆、运行安全可靠时,就可以用气动单元组合仪表。随着科学技术的发展,气动单元组合仪表也在不断地更新。像无扰动切换机构、带有报警和计算机给定机构等等的新技术也逐渐出现在气动单元组合仪表中。

1.2 变送单元

气动变送单元是将压力、差压、液位、重量、流量、温度等各种参数转化成合乎其标准的信号传送到其它单元去。变送单元绝大多数都是采用力矩平衡的原理来工作的。它在结构上可分为检测和转换两大部分。检测部分是将参数变成为力,而转换部分是把被测到的力转换成合乎其标准的气压信号并传输出去。

检测部分接受被测的物理量,并将它转变为力 P ,如图 1-2 所示。其中,“1”部分为检测部分,“2”部分为转换部分。

将物理量转换成力的检测元件有好多种。现将一些主要的列于表 1-1。随着各种新型的检测元件的出现,气动变送器的品种也就更加丰富。

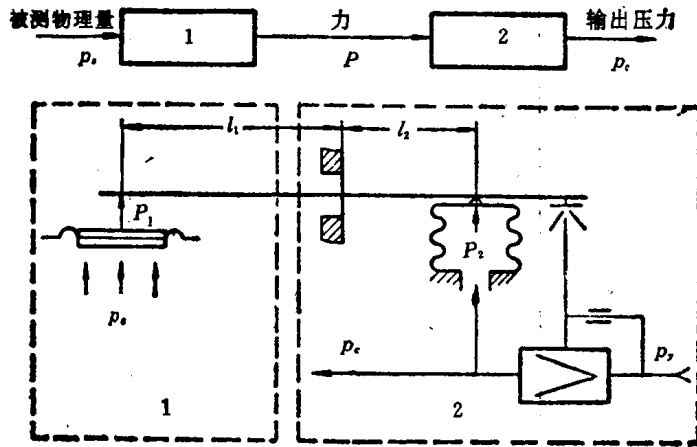


图 1-2 变送单元的工作原理

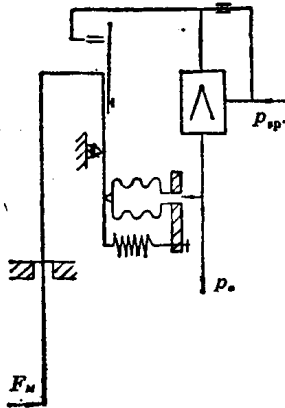
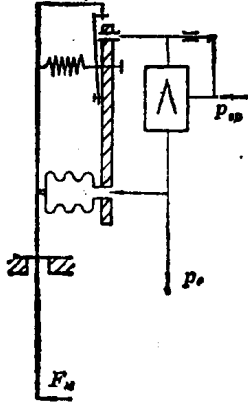
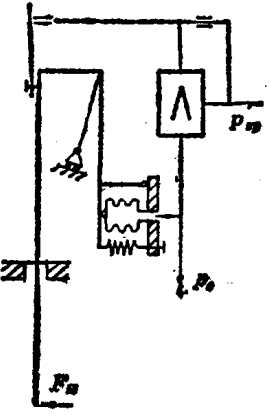
转换部分将检测到的力 P 转换成合乎气动标准的信号。[气动仪表的标准压力信号,国际电工委员会(IEC)1971年推荐为 $0.2 \sim 1 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$)]它与非许用单位的转换关系如表 1-2 所示。

表 1-2 压力单位转换关系

b.ar	0.2	1	0.1961	0.9807
kgf/cm ²	0.2039	1.0197	0.2	1

力-气转换部分的结构形式主要有三种:双杠杆、单杠杆和矢量式,如表 1-3 所示。它的构成是由杠杆系统、喷嘴挡板机构、功率放大器、反馈波纹管四个主要部分再加上迁移机构、阻尼器构成。它的工作原理是(见图 1-2):仪表受到测量力 P 作用后,杠杆就产生了力矩,杠杆就绕支点转动,而喷嘴挡板的间隙得到改变,从而喷嘴的背压产生了变化,经放大器放大后成为输出信号,进入反馈波纹管。在杠杆上形成反馈力矩,与测量力 P 在杠杆上形成的力矩进行比较直到平衡为止。根据力矩方程式:

表 1-3 力-气转换部分的结构形式

结构形式	示意图	测量力矩 (N·mm)	优点	缺点
双 杠 杆 结 构		900~9000	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量程比大。 2. 量程调整简单。 3. 结构较简单。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检测力矩较大。 2. 量程调整后, 零位有变化。
单 杠 杆 结 构		800~5000	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结构最简单。 2. 量程调整较简单。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量程比小, 要借助于双层反馈波纹管来扩大测量范围。 2. 量程调整要移动反馈波纹管, 调整后零位易变化。
矢 量 式 结 构		90~900	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检测力矩小。 2. 量程调整最简单。 3. 稳定性好。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 精确度稍低。 2. 结构稍复杂。 3. 量程比小, 要借助于双层反馈波纹管来扩大测量范围。