

# 机械设计手册

MACHINE DESIGN  
HANDBOOK

机械工业出版社

5

# 机械设计手册

## 第 5 卷

主 编 徐 灏  
副主编 邱宣怀  
蔡春源  
汪 恺  
余 俊



机械工业出版社

(京)新登字054号

该手册是为了满足广大读者强烈要求组织编写出版的。该书内容新、系统、全面。包括了所有现代设计和常规设计方法,数据、图表丰富,实用性强。全书共42篇,分5卷陆续出版。

本卷为《机械设计手册》第5卷,内容包括:液压传动、气压传动、液力传动、电力传动、机械自动化、工业机器人等篇。主要提供各种传动方面和机械自动化以及工业机器人方面的结构、计算公式、技术数据供有关技术人员查阅使用。

各篇都针对当前技术发展进行取材,全部采用国家现行最新标准,一般都举有应用算例。工业机器人篇的内容,体现机电仪一体化设计的典型供参考。

## 机械 设计 手册

第 5 卷

主 编 徐 灏

副 主 编 邱宣怀 蔡春源

汪 恺 余 俊

\*

责任编辑: 张继铤 陈国威 张秀恩 版式设计: 张世琴  
曲彩云 李骏带 辛 宇

封面设计: 郭景云 责任校对: 陈立耘

责任印制: 王国光

\*

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登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经营

\*

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张 121·插页 3·字数 3774 千字

1992年1月北京第一版·1992年1月北京第一次印刷

印数 00,001—35,000·定价: 62.00 元

\*

ISBN 7-111-02756-6/TH·282

## 前 言

《机械设计手册》是继《机械工程手册》之后出版的一部大型机械设计专业技术工具书。

机械工业担负着向国民经济各部门，包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、价格低廉、使用安全可靠的技术装备的任务，所以在现代化建设中是举足轻重的。市场竞争的生命力在于产品的水平。任何科技成果要转变为有竞争力的商品，设计起着关键性的作用。机械设计是机械产品研制的第一道工序，设计工作的质量和水平，直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。工业发达国家都十分重视产品设计：日本认为，工业发达是企业对产品设计高度重视的结果；美国认为，设计是一本万利的事，对产品设计投资1美元，带来的利润却是1500美元；英国认为，产品设计是英国工业的命脉，英国工业革新必须以设计为中心，始终应把产品设计作为企业的头等大事，应时常探索研究使产品设计尽善尽美；法国认为，设计是工业的生命，要培养超一流设计大师，要大胆启用有才华有实践工作经验的设计人员。

这里，有必要回顾一下机械和机械设计发展的历史。机械的发明和发展，是先由几种简单工具开始的。石器时代的石刀、石斧，只是为了能省力或便于用力。后来发展到利用杠杆原理制作灌溉或扬水用的桔槔，利用滑轮原理制作重物提升用的辘轳等简单机械。这些机械所需的原动力是直接出自人的本身。为了省力和扩大力，开始时利用牲畜力，后来利用风力和火力。待到18世纪60年代发明了蒸汽机，作为动力带动了纺织机、磨粉机、鼓风机、工作母机和铁路机车，促进了冶金、轮船和火车等工业的发展。到19世纪60年代，出现了第一台直流发电机，到19世纪80年代，研制成功了交流发电机和交流电动机，20世纪初，电动机已在工业生产中取代了蒸汽机，成为驱动各种工作机械的基本动力。电气技术的应用，使机械工业得到了高速的发展。工业的发展，要求围绕机械设计制造的基础理论和设计方法，能适应当时机械工业的形势。到18~19世纪，材料科学、结构力学、弹性力学、流体力学、热力学、制图和公差等，都分别发展成为一门独立学科。但由于机械设计的复杂性，还需将这些学科在应用于设计时作某些简化假设，再加上设计人员的经验，逐渐形成了一整套机械设计方法。在这套设计方法中，要应用一些经验设计方法、经验设计公式和经验系数等，称之为常规设计或传统设计。

1946年世界上第一台电子数字计算机诞生。经历了电子管、半导体、集成电路和大型集成电路的发展，电子计算机在机械设计中已广为采用。电子计算机的发展，使有限元法、优化设计和计算机辅助设计等成为可能。加上材料科学、计算力学、摩擦学和设计理论等的发展，逐渐形成了一套现代设计理论和方法。现代设计的特点为：（1）从静态设计到动态设计；（2）从单项设计指标到综合设计指标；（3）从常规设计到精确设计；（4）从手算设计到广泛应用计算机的设计。常规设计是不可缺少的，但对于培养具有更广阔视野的设计人员来说显得非常不够。近二、三十年，设计方法更为科学化、系统化、完善化和现代化了，虽然如此，常规设计仍然是重要基础。

由于机械产品品种繁多，除一些重要的机械产品（如机床等）有专业手册，加上综合性

的《机械工程手册》外，编写一部能统贯整个机械设计领域，主要写机械设计共性内容，具有现代设计水平，实用性强，为机械设计学科领域的机械设计人员、科研和教学工作者查阅使用的《机械设计手册》，实属当务之急。为此，机械工业出版社于1985年冬着手组织全国专家、学者进行《机械设计手册》的编写工作。

本手册是在现代设计方法在我国经历了宣传普及阶段并在设计中初步取得成果、新的设计标准规范陆续制订公布的有利时机完成编写工作的。在制订编写提纲过程中，广泛听取了各方面的意见，将设计作为一个整体来考虑，不仅要考虑强度和润滑等常规设计注意的问题，还要考虑便于制造、技术经济指标合理和美观等方面，贯彻“四性”（实用性、整体性、科学性、先进性）精神，立足于80年代机械设计水平进行编写。手册中的计量单位一律采用国家法定计量单位，原有的数据单位，还没换成法定单位的，我们一律换算成法定单位。标准均为现行标准。

本手册共有42篇，分5卷出版。第1卷共7篇。第1篇机械设计总论，对机械设计的地位、设计遵循原则、设计的内容和设计方法作战略性的描述，使读者对机械设计有整体性理解。后面6篇是机械设计的基础理论和基本数据，各篇尽量用较小的篇幅写出覆盖面广的现代设计所需的实用内容。第2卷共10篇，是现代设计理论和设计方法。其中第8篇机构及机械系统设计，是机械设计的第一步骤，它是方案设计的主要内容。考虑到现代设计中的计算机应用，故以数值解法为主，代替了传统的图解法。第9篇造型设计和人机工程，介绍机械设计中如何考虑机器的形体和色彩，如何考虑操作者的人体尺寸、出力大小和视力范围等。第10篇价值工程，介绍机械设计中技术经济指标的计算以及评价和决策。下面几篇疲劳强度设计、蠕变设计、可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计，都是一些现代设计方法。第16篇是计算机辅助设计所用的“数据库”，第15篇是与现代设计密切相关的“失效分析和故障诊断”。这些篇大多是现有手册中没有的，个别篇虽然少数手册中有类似的篇名，但本手册是从现代设计的要求出发进行编写，内容新而且深入。第3卷共8篇，第4卷共11篇，是机械零部件设计部分。虽然其中大部分篇名，在一些机械设计手册中也有，但本手册采用了最新的标准规范，尽量与现代设计相结合，所以各篇中都有一些内容，甚至整篇内容在一般手册中是没有的。一些重要的设计计算，另备有设计软件包。第5卷共6篇，是各种传动、机械自动化和工业机器人。其中工业机器人是机电仪一体化的典型产品，作为本手册的终篇，对贯彻本手册编写意图是有深刻含意的。为与本手册精神相一致，工业机器人也只写其共性部分。

《机械设计手册》是一部千万字的巨著，参加编写人员近200名，组织工作繁重。为了统一编写精神，经多次讨论确定了编写体例，按篇确定主编，由主编提出编写人员，召开编写会，审查各篇的编写提纲，按篇确定2~4位审稿人，初稿完成后送审，审稿意见与编写人见面，共同商量改稿意见，在此基础上，部分篇召开了审稿会。待到条件成熟，按卷召开定稿会。所以，本手册的出版，是在国内大专院校、科研院所和工厂的教授、研究人员和工程师的积极参加下完成的，并得到机械工业出版社、机械电子工业部科技司和东北工学院等单位的大力支持，这是本手册能够在较短的时间内从组织编写到出书的有力保证，在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本手册在修订时能有所改进。

徐灏

1988年11月

# 目 录

## 第37篇 液 压 传 动

### 第 1 章 液压通用标准

1 液压图形符号 (含气动符号) .....	3
1.1 基本符号 .....	3
1.2 管路连接及接头 .....	4
1.3 液压泵、液压马达及液压缸 .....	5
1.4 控制方式 .....	7
1.5 压力控制阀 .....	8
1.6 流量控制阀 .....	9
1.7 方向控制阀 .....	10
1.8 辅件和其他装置 .....	12
1.9 基本符号的典型组合示例 .....	14
1.10 液压气动系统图图例 .....	17
2 流体传动系统和元件—图形符号 .....	17
2.1 基本符号 .....	17
2.2 能量转换符号 .....	19
2.3 控制阀 .....	20
2.4 能量传输和调节 .....	23
2.5 控制 .....	25
2.6 附件 .....	27
2.7 元件组合 .....	27
2.8 液压气动系统图图例 .....	28
3 基础标准 .....	29
3.1 液压气动系统及元件—公称压力系列 .....	29
3.2 液压泵及马达公称排量系列参数 .....	29
3.3 液压气动系统和元件—油(气)口连接螺纹系列 .....	29

### 第 2 章 液压流体力学基础

1 流体静力学 .....	30
1.1 流体静压力 .....	30
1.2 压力的度量标准 .....	30
1.3 流体静力学基本方程 .....	30

1.4 平面上的液体总压力 .....	31
1.5 曲线上的液体总压力 .....	31
2 流体动力学 .....	32
2.1 几个基本概念 .....	32
2.2 连续性方程 .....	33
2.3 理想流体伯努利方程 .....	33
2.4 实际流体伯努利方程 .....	34
2.5 系统中有流体机械的伯努利方程 .....	34
2.6 稳定流动量方程 .....	35
3 阻力计算 .....	36
4 孔口及管嘴出流、缝隙流动、 液压冲击 .....	36
4.1 薄壁孔口流量计算及管嘴流量 计算 .....	36
4.2 缝隙流动 .....	37
4.2.1 壁面固定的平行缝隙中的流动 .....	37
4.2.2 壁面移动的平行平板缝隙流动 .....	37
4.2.3 环形缝隙中的流体流动 .....	37
4.2.4 平行平板间的径向流动 .....	38
4.3 液压冲击 .....	39

### 第 3 章 液压介质

1 液压介质的分类 .....	40
1.1 液压油类产品的分组、命名和 代号 .....	40
1.1.1 液压油类产品的分组 .....	40
1.1.2 液压油类产品的命名 .....	40
1.1.3 液压油类产品的代号 .....	40
1.2 液压介质的分类 .....	40
1.3 液压介质的 ISO 分类法 .....	40
2 液压油的性质 .....	41
2.1 液压油的密度 .....	41
2.2 液压油的粘度 .....	41
2.2.1 粘度与温度的关系 .....	41
2.2.2 粘度指数 .....	42

# VI 目 录

2.2.3 调合油的计算 .....	43
2.3 液压油的压缩性 .....	43
2.3.1 液压油的体积压缩系数 .....	43
2.3.2 液压油的体积弹性模量 .....	43
2.3.3 含气液压油的体积弹性模量 .....	43
2.4 液压油的热膨胀性 .....	44
2.5 比热容 .....	44
2.6 含气量 .....	45
2.7 空气分离压 .....	45
2.8 饱和蒸气压 .....	45
3 液压介质的质量指标及应用 .....	45
3.1 矿油型液压油的质量指标及应用 .....	45
3.2 抗燃型液压液的质量指标及应用 .....	50
3.3 液力传动油的质量指标及应用 .....	53
3.4 各类液压介质性能的比较 .....	54
4 液压介质的选择 .....	55
5 液压介质的污染控制 .....	55
5.1 污染物的种类及污染原因 .....	55
5.2 污染程度的测定及污染等级标准 .....	55
5.3 污染控制措施 .....	57
5.4 液压介质的性状管理 .....	59

## 第4章 液压基本回路

1 概述 .....	61
2 压力控制回路 .....	61
2.1 调压回路 .....	61
2.2 减压回路 .....	63
2.3 增压回路 .....	64
2.4 卸压回路 .....	65
2.5 平衡回路 .....	67
2.6 保压回路 .....	68
2.7 卸荷回路 .....	68
2.8 背压回路 .....	70
2.9 缓冲回路 .....	71
3 速度控制回路 .....	73
3.1 节流调速回路 .....	73
3.2 容积调速回路 .....	75
3.3 速度换接回路 .....	76
3.4 二次进给回路 .....	77
3.5 增速回路 .....	78
3.6 减速回路 .....	80
4 方向控制回路 .....	80

4.1 换向回路 .....	80
4.2 连续往复运动回路 .....	82
4.3 锁紧回路 .....	83
5 多缸动作回路 .....	84
5.1 顺序动作回路 .....	84
5.2 同步回路 .....	87
5.3 互不干扰回路 .....	91
5.4 多缸串并联回路及卸荷回路 .....	92
6 液压马达回路 .....	93
6.1 液压马达串并联回路 .....	93
6.2 液压马达调速回路 .....	94
6.3 液压马达制动回路 .....	94
6.4 液压马达浮动回路 .....	96
6.5 补油和冷却回路 .....	96
7 其他液压回路 .....	97

## 第5章 液压传动系统设计计算

1 明确设计要求, 制定基本方案 .....	100
1.1 明确设计要求 .....	100
1.2 制定液压系统基本方案 .....	100
1.2.1 确定液压执行元件的形式 .....	100
1.2.2 拟定液压执行元件运动控制回路 .....	100
1.2.3 液压源系统 .....	102
2 绘制液压系统图 .....	102
3 确定液压系统的主要参数 .....	102
3.1 载荷的组成和计算 .....	102
3.1.1 液压缸的载荷组成与计算 .....	102
3.1.2 液压马达载荷力矩的组成与计算 .....	103
3.2 初选系统工作压力 .....	104
3.3 计算液压缸的主要结构尺寸和液压马达的排量 .....	104
3.4 计算液压缸或被压马达所需流量 .....	105
3.5 绘制液压系统工况图 .....	105
4 液压元件的选择与专用件设计 .....	106
4.1 液压泵的选择 .....	106
4.2 液压阀的选择 .....	107
4.3 蓄能器的选择 .....	107
4.4 管道尺寸的确定 .....	107
4.5 油箱容量的确定 .....	107
5 液压系统性能验算 .....	107

5.1	液压系统压力损失	108
5.2	液压系统的发热温升计算	108
5.2.1	计算液压系统的发热功率	108
5.2.2	计算液压系统的散热功率	109
5.2.3	根据散热要求计算油箱容量	109
5.3	计算液压系统冲击压力	110
6	设计液压装置, 编制技术文件	110
6.1	液压装置总体布局	110
6.2	液压阀的配置形式	110
6.3	通道块设计	110
6.4	绘制正式工作图, 编写技术文件	111
7	液压系统设计计算实例——250克 塑料注射机液压系统设计计算	111
7.1	250克塑料注射机液压系统设计要 求及有关设计参数	111
7.1.1	对液压系统的要求	111
7.1.2	液压系统设计参数	111
7.2	制定系统方案和拟定液压系统图	112
7.2.1	制定系统方案	112
7.2.2	拟定液压系统图	112
7.3	液压执行元件载荷力和载荷转矩 计算	114
7.3.1	各液压缸的载荷力计算	114
7.3.2	进料液压马达载荷转矩计算	114
7.4	液压系统主要参数计算	114
7.4.1	初选系统工作压力	114
7.4.2	计算液压缸的主要结构尺寸	114
7.4.3	计算液压马达的排量	115
7.4.4	计算液压执行元件实际工作 压力	115
7.4.5	计算液压执行元件实际所需 流量	115
7.4.6	绘制液压执行元件工况图	116
7.5	液压元件的选择	116
7.5.1	液压泵的选择	116
7.5.2	电动机功率的确定	116
7.5.3	液压阀的选择	116
7.5.4	液压马达的选择	117
7.5.5	油管内径计算	117
7.5.6	确定油箱的有效容积	117
7.6	液压系统性能验算	117
7.6.1	验算回路中的压力损失	117
7.6.2	液压系统发热温升计算	118

## 第6章 液压泵与液压马达

1	液压泵与液压马达的分类	120
1.1	液压泵的分类	120
1.2	液压马达的分类	120
2	液压泵与液压马达的结构、工 作原理及特点	120
2.1	齿轮泵与齿轮马达	120
2.1.1	外啮合齿轮泵	120
2.1.2	内啮合齿轮泵	123
2.1.3	外啮合齿轮马达	123
2.2	叶片泵与叶片马达	124
2.2.1	单作用叶片泵	124
2.2.2	双作用叶片泵	124
2.2.3	限压式变量叶片泵	125
2.2.4	双联叶片泵	126
2.2.5	双级叶片泵	126
2.2.6	叶片马达	126
2.3	柱塞泵与柱塞马达	127
2.3.1	轴向柱塞泵与马达	128
2.3.2	径向柱塞泵与马达	130
2.4	螺杆泵	132
2.4.1	螺杆泵的结构及工作原理	132
2.4.2	螺杆泵的特点	132
3	液压泵与液压马达技术性能	132
3.1	液压泵的技术性能	132
3.2	液压马达的技术性能	132
4	液压泵与液压马达常用计算公式	133
4.1	液压泵与液压马达主要参数计算 公式	133
4.2	液压泵与液压马达排量的计算公式	133
5	液压泵与液压马达产品	134
5.1	齿轮泵与齿轮马达产品	134
5.1.1	齿轮泵与齿轮马达产品概览表	134
5.1.2	CB型齿轮泵	136
5.1.3	CB-S型齿轮泵	138
5.1.4	G30型齿轮泵	140
5.1.5	GM5型齿轮马达	143
5.2	叶片泵与叶片马达产品	145
5.2.1	叶片泵与叶片马达产品概览表	145
5.2.2	YB <sub>1</sub> 型叶片泵	145
5.2.3	YBX型限压式变量叶片泵	147



## VIII 目 录

5.2.4 YM-F-E 型叶片马达 .....	152	3-4.3 TG 1 型农机用液压缸 .....	213
5.3 柱塞泵与柱塞马达产品 .....	153	3.5 摆动液压缸 .....	215
5.3.1 柱塞泵与柱塞马达产品概览表 .....	153	3.5.1 技术规格 .....	215
5.3.2 CY14-1B 型斜盘式轴向柱塞泵 (马达) .....	154	3.5.2 外形尺寸 .....	216
5.3.3 A 7 V 型斜轴式轴向柱塞泵 .....	159	4 液压缸主要零件的结构、材料 及技术要求 .....	216
5.3.4 Z※B 型斜轴式轴向柱塞泵 .....	166	4.1 缸体 .....	216
5.3.5 1 JMD 型径向柱塞马达 .....	169	4.1.1 缸体端部联接结构 .....	216
5.4 螺杆泵产品 .....	170	4.1.2 缸体的材料 .....	218
5.4.1 螺杆泵产品概览表 .....	170	4.1.3 缸体的技术要求 .....	218
5.4.2 U 型螺杆泵 .....	170	4.2 缸盖 .....	219
<b>第 7 章 液 压 缸</b>			
1 液压缸的基本参数 .....	173	4.2.1 缸盖的材料 .....	219
1.1 液压缸气缸内径及活塞杆外径尺寸 系列 .....	173	4.2.2 缸盖的技术要求 .....	219
1.1.1 液压缸气缸的缸筒内径尺寸系列 .....	173	4.3 活塞 .....	219
1.1.2 液压缸气缸的活塞杆外径尺寸 系列 .....	173	4.3.1 活塞与活塞杆的联接型式 .....	219
1.2 液压缸气缸行程参数系列 .....	173	4.3.2 活塞与缸体的密封 .....	220
1.3 液压缸气缸活塞杆螺纹型式和尺 寸系列 .....	173	4.3.3 活塞的材料 .....	221
1.3.1 液压缸气缸活塞杆螺纹型式 .....	173	4.3.4 活塞的技术要求 .....	221
1.3.2 液压缸气缸活塞杆螺纹尺寸 系列 .....	174	4.4 活塞杆 .....	222
2 液压缸的类型及安装方式 .....	174	4.4.1 端部结构 .....	222
2.1 液压缸的类型 .....	174	4.4.2 端部尺寸 .....	222
2.2 液压缸的安装方式 .....	178	4.4.3 活塞杆结构 .....	224
3 液压缸标准系列 .....	180	4.4.4 活塞杆材料 .....	224
3.1 工程液压缸系列 .....	180	4.4.5 活塞杆的技术要求 .....	224
3.1.1 型号说明 .....	180	4.5 活塞杆的导向、密封和防尘 .....	224
3.1.2 技术规格 .....	181	4.5.1 导向套 .....	224
3.1.3 外形尺寸 .....	181	4.5.2 活塞杆的密封与防尘 .....	226
3.2 冶金设备用标准液压缸系列 .....	190	4.6 液压缸的缓冲装置 .....	228
3.2.1 型号说明 .....	191	4.7 液压缸的排气装置 .....	229
3.2.2 技术规格 .....	192	4.8 液压缸安装联接部分的型式及尺寸 .....	230
3.2.3 外形尺寸 .....	193	4.8.1 液压缸进出油口的联接 .....	230
3.3 车辆用液压缸系列 .....	200	4.8.2 液压缸为单耳环型安装的主要 尺寸 .....	230
3.3.1 DG 型车辆用液压缸 .....	201	4.8.3 液压缸为单耳球铰型安装的主 要尺寸 .....	232
3.3.2 G 型车辆用液压缸 .....	204	4.8.4 液压缸为销轴型安装的主要 尺寸 .....	232
3.4 农机用液压缸系列 .....	206	4.9 柱塞式液压缸的端部型式及 尺寸 .....	233
3.4.1 SG 1 型农机用液压缸 .....	206	5 液压缸的设计计算 .....	234
3.4.2 ZG 1 型农机用液压缸 .....	210	5.1 液压缸设计计算步骤 .....	234
		5.2 液压缸性能参数的计算 .....	234
		5.2.1 液压缸的输出力 .....	234

5.2.2 液压缸的阻力·····	239	1.2.1 节流阀和单向节流阀·····	278
5.2.3 液压缸的输出速度·····	240	1.2.2 CDF型单向行程节流阀·····	279
5.2.4 液压缸的作用时间·····	240	1.2.3 调速阀和单向调速阀·····	280
5.2.5 液压缸的储油量·····	243	1.2.4 分流—集流阀·····	283
5.2.6 液压缸的输出功率·····	244	1.3 中、高压方向控制阀的结构原理 与应用·····	286
5.2.7 摆动液压缸的输出扭矩·····	244	1.3.1 单向阀和液控单向阀·····	286
5.2.8 摆动液压缸的输出角速度·····	244	1.3.2 电磁换向阀·····	287
5.2.9 摆动液压缸的转动时间·····	244	1.3.3 电液换向阀·····	293
5.3 液压缸主要几何尺寸的计算·····	244	1.3.4 手动换向阀·····	298
5.3.1 液压缸内径 $\phi AL$ 的计算·····	244	1.3.5 多路换向阀·····	298
5.3.2 活塞杆直径 $\phi MM$ 的计算·····	244	1.3.6 Z型转阀·····	300
5.3.3 液压缸行程 $s$ 的确定·····	245	1.3.7 压力表开关·····	300
5.4 液压缸结构参数的计算·····	245	2 液压控制阀产品汇总表·····	305
5.4.1 缸筒壁厚的计算·····	245	2.1 中、高压液压控制阀产品汇总表·····	305
5.4.2 液压缸油口直径的计算·····	246	2.2 中、低压液压控制阀产品汇总表·····	308
5.4.3 缸底厚度计算·····	246	2.3 型号说明·····	313
5.4.4 缸头厚度计算·····	248	2.3.1 中、低压阀型号说明(广研所 系列)·····	313
5.5 液压缸的联接计算·····	250	2.3.2 中、高压阀型号说明(榆次厂 系列)·····	314
5.5.1 缸盖联接计算·····	250	3 压力控制阀的规格和性能·····	315
5.5.2 活塞与活塞杆的联接计算·····	251	3.1 溢流阀·····	315
5.5.3 销轴、耳环的联接计算·····	252	3.1.1 DBD型直动式溢流阀·····	315
5.6 活塞杆稳定性验算·····	252	3.1.2 DB/DBW型先导式溢流阀·····	321
5.6.1 无偏心载荷·····	252	3.1.3 YF型溢流阀·····	331
5.6.2 承受偏心载荷·····	258	3.1.4 C-175型溢流阀·····	335
5.6.3 临界应力·····	258	3.1.5 ECT/G-06/10型溢流阀·····	335
5.7 液压缸的缓冲计算·····	258	3.1.6 ECT/G5-06/10型电磁溢流阀·····	336
6 液压缸型式试验·····	259	3.1.7 P型低压溢流阀·····	337
6.1 试验条件·····	259	3.1.8 Y、Y <sub>1</sub> 型中压溢流阀·····	337
6.2 试验设备·····	259	3.1.9 YE型直流电磁溢流阀·····	337
6.3 试验项目与试验方法·····	259	3.2 减压阀·····	338
<b>第8章 液 压 控 制 阀</b>			
1 液压控制阀的结构原理与应用·····	261	3.2.1 DR型先导式减压阀·····	338
1.1 中、高压压力控制阀的结构原理 与应用·····	261	3.2.2 JF型减压阀及JDF型单向减 压阀·····	347
1.1.1 溢流阀·····	261	3.2.3 XCT/G-03/06/10型减压阀·····	351
1.1.2 减压阀·····	263	3.2.4 J型减压阀及JI型单向减压阀·····	352
1.1.3 顺序阀·····	264	3.3 顺序阀·····	353
1.1.4 DA/DAW型先导式卸荷阀·····	270	3.3.1 DZ型先导式顺序阀·····	353
1.1.5 FD型平衡阀·····	271	3.3.2 X※F型顺序阀及XD※F型 单向顺序阀·····	359
1.1.6 压力继电器·····	272	3.3.3 中、低压顺序阀·····	364
1.2 中、高压流量控制阀的结构原理 与应用·····	278		

## X 目 录

3.4 卸荷阀.....	365	5.1.3 广研型.....	435
3.4.1 DA/DAW型先导式卸荷阀 .....	365	5.2 液控单向阀.....	436
3.4.2 EURT/G-06/10型卸荷溢流阀.....	371	5.2.1 S*型(力士乐).....	436
3.5 FD型平衡阀 .....	371	5.2.2 榆次型.....	439
3.6 背压阀(定压式) .....	378	5.2.3 4C型(威克斯).....	443
3.7 压力继电器.....	378	5.2.4 广研型.....	444
3.7.1 HED 1型压力继电器 .....	378	5.3 电磁换向阀.....	444
3.7.2 HED 2型压力继电器 .....	384	5.3.1 WE型(力士乐) .....	444
3.7.3 HED 3型压力继电器 .....	388	5.3.2 SE型(力士乐)球形电磁 换向阀.....	466
3.7.4 HED 4型压力继电器 .....	392	5.3.3 榆次型.....	469
3.7.5 1 PD01型压力继电器 .....	398	5.3.4 DG4V-3型(威克斯) .....	475
3.7.6 PF型压力继电器 .....	399	5.3.5 DG4S * U-01型(威克斯).....	476
3.7.7 DP型压力继电器 .....	400	5.3.6 广研型.....	477
4 流量控制阀的规格性能.....	401	5.4 电液换向阀.....	479
4.1 节流阀和单向节流阀.....	401	5.4.1 WEH 型(力士乐) .....	479
4.1.1 MK 型单向节流阀.....	401	5.4.2 榆次型.....	494
4.1.2 LF型节流阀及LDF型单向 节流阀.....	402	5.4.3 DG5S-5型(威克斯).....	500
4.1.3 L型节流阀及LI型单向节流阀.....	407	5.4.4 广研型.....	501
4.2 调速阀.....	407	5.5 手动换向阀.....	502
4.2.1 2 FRM 型调速阀 .....	407	5.5.1 WMM 型(力士乐) .....	502
4.2.2 MSA 型调速阀 .....	411	5.5.2 榆次型.....	509
4.2.3 2FRW型电磁调速阀.....	412	5.5.3 广研型.....	514
4.2.4 Z4S型流向调整板 .....	415	5.6 多路换向阀.....	515
4.2.5 QF、QDFT型调速阀 .....	417	5.6.1 榆次型(并联油路) .....	515
4.2.6 FCG型调速阀及FRG型溢流 节流阀.....	418	5.6.2 榆次型(串联油路) .....	517
4.2.7 中、低压调速阀.....	419	5.6.3 ZS型多路换向阀 .....	520
4.3 行程控制阀.....	419	5.6.4 Z型多路换向阀.....	523
4.3.1 CDF型单向行程节流阀(单向 减速阀) .....	419	5.7 转阀.....	528
4.3.2 LCI 型单向行程节流阀.....	421	5.8 压力表开关.....	529
4.3.3 QCI 型单向行程调速阀.....	421	5.8.1 AF6E型(力士乐).....	529
4.3.4 延时阀.....	422	5.8.2 MS型(力士乐) .....	530
4.4 分流—集流阀(同步阀).....	422	5.8.3 KF-L8 型 .....	533
4.4.1 FJL、FL、FDL 型分流— 集流阀.....	422	6 叠加阀.....	535
4.4.2 3FL、3FJLK型分流—集流阀.....	424	6.1 叠加阀型号编制说明.....	535
4.4.3 长春型分流—集流阀.....	426	6.2 叠加阀安装面的联接尺寸.....	536
5 方向控制阀的规格和性能.....	428	6.2.1 I型安装面.....	536
5.1 单向阀.....	428	6.2.2 II型安装面.....	538
5.1.1 S型(力士乐).....	428	6.3 叠加阀的系列型谱.....	539
5.1.2 榆次型.....	431	6.3.1 叠加阀联合设计组系列型谱.....	539
		6.3.2 威克斯叠加阀系列型谱.....	547
		6.4 叠加式溢流阀.....	549
		6.5 叠加式电磁溢流阀.....	551

6.6 叠加式减压阀.....553	9.2.2 技术规格.....629
6.6.1 ZDR * D 型 (力士乐) .....553	9.2.3 外形尺寸.....629
6.6.2 J 型.....558	9.3 力矩马达式电液伺服阀.....629
6.7 X 型叠加式顺序阀.....560	9.3.1 原理与特点.....629
6.8 BXY 型叠加式顺序背压阀 .....564	9.3.2 技术规格.....630
6.9 XL 型叠加式顺序节流阀 .....565	9.3.3 外形尺寸.....635
6.10 叠加式节流阀 .....567	
6.10.1 Z2FS 型 (力士乐) .....567	
6.10.2 L、LA 型.....572	
6.11 QA、QE、QEY 型叠加式调速阀.....578	
6.12 A 型叠加式单向阀 .....582	
6.13 叠加式液控单向阀 .....585	
6.13.1 Z2S 型 (力士乐).....585	
6.13.2 AY 型.....588	
6.14 PD 型叠加式压力继电器.....590	
6.15 4 K 型叠加式压力表开关 .....593	
6.16 叠加阀底板块 .....594	
6.16.1 系列型谱 .....594	
6.16.2 外形尺寸 .....595	
7 插装阀.....604	
7.1 插装阀的工作原理及特点.....604	
7.2 插装阀各种功能单元与普通液压 控制阀的比较.....604	
7.3 插装阀系列 I (冶金工业部北京冶 金液压机械厂产品系列) .....609	
7.3.1 插入元件.....609	
7.3.2 控制盖板.....610	
7.3.3 通道块.....615	
7.3.4 集成阀块.....616	
7.4 插装阀系列 II (济南铸锻机械研 究所系列) .....617	
7.4.1 插入元件.....617	
7.4.2 先导控制元件型号说明.....618	
7.4.3 控制法兰型号说明.....619	
7.4.4 集成阀块.....619	
8 电液比例阀.....622	
8.1 电液比例阀的工作原理.....622	
8.2 技术规格.....623	
8.3 外形尺寸.....624	
9 电液伺服阀.....629	
9.1 功能与用途.....629	
9.2 动圈式电液伺服阀.....629	
9.2.1 原理与特点.....629	
	第 9 章 管 件
	1 管道.....645
	1.1 管子内径的计算.....646
	1.2 金属管管子壁厚 $\delta$ 的计算.....646
	1.3 胶管的选择及设计中应注意事项.....646
	2 管接头.....646
	2.1 管接头的类型.....646
	2.2 管接头的品种和应用.....648
	2.3 焊接式管接头的规格.....650
	2.4 卡套式管接头规格.....655
	2.5 扩口式管接头的规格.....671
	2.6 扣压式胶管接头的规格.....687
	2.7 三瓣式胶管接头的规格.....689
	2.8 快换接头.....692
	2.9 螺塞规格.....695
	2.10 方形法兰 .....697
	第 10 章 液压泵站及其他辅助装置
	1 液压泵站.....699
	1.1 液压泵站概述及液压泵站油箱容 量系列标准.....699
	1.1.1 液压泵站概述.....699
	1.1.2 液压泵站油箱公称容量系列.....699
	1.2 YZ 系列液压泵站 .....699
	1.3 YG 型液压柜 .....699
	1.4 YZS 型液压站.....699
	1.5 YGC 型液压柜 .....702
	1.6 CJZ 型液压站.....702
	1.7 YH 型液压站 .....702
	1.8 SE 型液压泵站 .....702
	1.9 上重型液压站.....702
	2 滤油器及滤油机.....704
	2.1 滤油器概要.....704
	2.1.1 滤油器的作用及过滤精度.....704
	2.1.2 滤油器的类型及其特性.....705

## XII 目 录

2.1.3 滤油器在液压系统中的安装位置.....705	4 油箱及其辅件.....727
2.1.4 滤油器的选择.....706	4.1 油箱.....727
2.2 滤油器产品.....706	4.1.1 油箱的设计要点.....727
2.2.1 网式滤油器.....706	4.1.2 油箱容量的计算.....728
2.2.2 线隙式滤油器.....707	4.2 空气滤清器.....728
2.2.3 纸质滤油器.....712	4.2.1 KGQ型空气滤清器.....728
2.2.4 烧结式滤油器.....716	4.2.2 EF型空气滤清器.....729
2.2.5 磁性烧结式滤油器.....719	4.3 YWZ型液位指示器.....729
2.3 滤油车.....720	4.4 冷却器.....730
2.4 JGZ型精密过滤装置.....720	4.4.1 2LQ型冷却器.....730
3 蓄能器.....722	4.4.2 GC、GL型冷却器.....741
3.1 蓄能器的种类及其特点.....722	4.5 电加热器.....741
3.2 蓄能器的应用.....722	5 压力表与温度计.....743
3.3 蓄能器容量计算.....724	5.1 压力表.....743
3.4 蓄能器标准.....724	5.1.1 上海宜川仪表厂压力表.....743
3.5 蓄能器产品.....725	5.1.2 上海自动化仪表四厂压力表.....745
3.5.1 皮囊式蓄能器.....725	5.2 温度计.....746
3.5.2 活塞式蓄能器.....726	参考文献.....746

## 第38篇 气 压 传 动

### 第1章 气压传动概论和 气体力学基础

1 气动元、辅件图形符号.....3	4.5 多变过程.....7
2 气压传动概论.....3	5 湿空气.....7
2.1 气动系统的组成及分类.....3	5.1 湿度.....7
2.1.1 气动系统的组成.....3	5.1.1 绝对湿度.....7
2.1.2 气动系统的分类.....3	5.1.2 饱和绝对湿度.....8
2.2 气压传动的特点与应用.....4	5.1.3 相对湿度.....8
2.2.1 气压传动的特点.....4	5.2 含湿量.....8
2.2.2 气压传动的应用.....4	5.2.1 质量含湿量.....8
3 空气的物理性质.....5	5.2.2 容积含湿量.....8
3.1 空气的组成.....5	6 自由空气流量及析水量.....9
3.2 空气的密度.....5	6.1 自由空气流量.....9
3.3 空气的粘性(粘度).....5	6.2 析水量.....9
3.4 空气的压缩性与膨胀性.....5	7 气体流动的基本方程.....9
4 理想气体状态方程.....5	7.1 连续性方程.....9
4.1 等容过程.....5	7.2 能量方程.....10
4.2 等压过程.....6	7.2.1 不可压缩流体伯努里方程.....10
4.3 等温过程.....6	7.2.2 可压缩气体绝热流动伯努里方程.....10
4.4 绝热过程.....6	7.2.3 有机机械功的压缩性气体能量方程.....10

8 声速与气体在管道中的流动特性 .....	11	3.4 活塞 .....	42
8.1 声速 (音速) .....	11	3.5 活塞杆 .....	42
8.2 气体在管道中的流动特性 .....	11	3.6 气缸的密封 .....	43
9 气动元件的流通能力 .....	12	3.6.1 活塞杆的密封 .....	43
9.1 有效截面积 $S$ .....	12	3.6.2 活塞的密封 .....	44
9.1.1 定义及简化计算 .....	12	4 气缸的选择及应用 .....	45
9.1.2 有效截面积的测试方法 .....	12	4.1 气缸的选择要点 .....	45
9.1.3 系统中多个元件合成的 $S$ 值 .....	13	4.1.1 安装形式的选择 .....	45
9.2 不可压缩气体通过节流小孔的流量 .....	13	4.1.2 输出力的大小 .....	45
9.3 可压缩性气体通过节流小孔的流量 .....	13	4.1.3 气缸行程 .....	45
10 充气、放气温度与时间的计算 .....	14	4.1.4 活塞的运动速度 .....	45
10.1 充气温度与时间的计算 .....	14	4.2 气缸使用注意事项 .....	45
10.2 放气温度与时间的计算 .....	15	4.3 气缸应用举例 .....	45
11 气阻、气容 .....	15	5 气缸的性能和试验 .....	48
11.1 气阻 .....	16	5.1 空载性能和试验 .....	48
11.1.1 线性气阻 .....	16	5.2 载荷性能和试验 .....	48
11.1.2 非线性气阻 .....	16	5.3 耐压性及试验 .....	48
11.2 气容 .....	17	5.4 泄漏及试验 .....	48
		5.5 缓冲性能及试验 .....	49
		5.6 耐久性及试验 .....	49
		6 气缸产品 .....	49
		6.1 气缸产品概览 .....	49
		6.2 QGA II、QGB II、QGN 系列	
		气缸 .....	50
		6.2.1 技术规格 .....	50
		6.2.2 外形及安装尺寸 .....	51
		6.3 QGP、QGPA、QGPB 系列气缸 .....	58
		6.3.1 技术规格 .....	58
		6.3.2 外形及安装尺寸 .....	59
		6.4 QGS、IQG 系列气缸 .....	60
		6.4.1 技术规格 .....	60
		6.4.2 外形及安装尺寸 .....	60
		6.5 QGAa 系列气缸 .....	61
		6.5.1 技术规格 .....	61
		6.5.2 外形及安装尺寸 .....	62
		6.6 QGX 系列微型气缸 .....	67
		6.6.1 技术规格 .....	67
		6.6.2 外形及安装尺寸 .....	68
		6.7 QGA、QGB 及 JB 系列气缸 .....	69
		6.7.1 技术规格 .....	69
		6.7.2 外形及安装尺寸 .....	69
		6.8 QGZY 系列气液增压缸 .....	71
		6.8.1 技术规格 .....	71
<b>第 2 章 气 缸</b>			
1 概述 .....	18		
1.1 气缸的分类 .....	18		
1.2 气缸的工作原理 .....	21		
1.2.1 单作用气缸 .....	21		
1.2.2 双作用气缸 .....	22		
1.2.3 组合气缸 .....	22		
1.2.4 特殊气缸 .....	25		
2 气缸的设计与计算 .....	30		
2.1 气缸的设计步骤 .....	30		
2.2 气缸的基本参数 .....	31		
2.3 气缸有关计算 .....	31		
2.3.1 活塞杆上输出力和缸径的计算 .....	31		
2.3.2 活塞杆的计算 .....	32		
2.3.3 缸筒壁厚的计算 .....	33		
2.3.4 缓冲计算 .....	34		
2.3.5 耗气量的计算 .....	35		
2.3.6 冲击气缸设计计算 .....	35		
3 气缸主要零部件的结构、材料及技术要求 .....	39		
3.1 气缸筒 .....	39		
3.2 气缸盖 .....	40		
3.3 缸筒与缸盖的连结 .....	40		

# XIV 目 录

6·8·2 外形及安装尺寸 .....	71
6·9 QGA—W系列不供油润滑气缸 .....	72
6·9·1 技术规格 .....	72
6·9·2 外形及安装尺寸 .....	72
6·10 DQG和DQGL系列不供油薄型 气缸 .....	73
6·10·1 技术规格 .....	73
6·10·2 外形及安装尺寸 .....	73
6·11 QGAI、QGBI系列轻型铝合金气缸 .....	74
6·11·1 技术规格 .....	74
6·11·2 外形及安装尺寸 .....	75
6·12 KQG系列磁性开关气缸 .....	76
6·12·1 技术规格 .....	76
6·12·2 外形及安装尺寸 .....	77
6·13 CQG系列磁性无活塞杆气缸 .....	78
6·13·1 技术规格 .....	78
6·13·2 外形及安装尺寸 .....	78
6·14 QGV系列带阀气缸 .....	79
6·15 ISO标准系列气缸 .....	80

## 第3章 气 马 达

1 气马达的分类、工作原理及特点 .....	81
1·1 气马达分类 .....	81
1·2 气马达工作原理 .....	81
1·2·1 叶片式气马达 .....	81
1·2·2 活塞式气马达 .....	82
1·2·3 摆动式气马达 .....	82
1·3 气马达的特点 .....	84
2 气马达的设计计算 .....	84
2·1 叶片式气马达设计与计算 .....	84
2·1·1 正转与反转性能不同的叶片气 马达 .....	84
2·1·2 正转与反转性能相同的叶片气 马达 .....	86
2·2 活塞式气马达设计与计算 .....	87
2·2·1 工作过程分析 .....	87
2·2·2 设计计算 .....	88
2·3 摆动式气马达设计与计算 .....	88
3 气马达的选择、应用及润滑 .....	88
3·1 气马达的选择 .....	88
3·2 气马达的应用与润滑 .....	89
4 气马达的典型产品 .....	89
4·1 叶片式气马达产品 .....	90

4·1·1 0.9马力叶片式气马达 .....	90
4·1·2 2马力叶片式气马达 .....	91
4·1·3 4马力叶片式气马达 .....	91
4·1·4 6马力叶片式气马达 .....	92
4·1·5 8马力和9马力叶片式气马达 .....	92
4·1·6 12马力叶片式气马达 .....	93
4·1·7 14马力和20马力叶片式气马达 .....	94
4·2 活塞式气马达产品 .....	95
4·2·1 1马力活塞式气马达 .....	95
4·2·2 2.8马力活塞式气马达 .....	96
4·2·3 4.5马力和6马力活塞式气马达 .....	98
4·2·4 8.5马力活塞式气马达 .....	99
4·2·5 8马力和10马力活塞式气马达 .....	100
4·2·6 10.5马力和15马力活塞式气 马达 .....	101
4·2·7 25马力活塞式气马达 .....	102
4·2·8 HS型活塞式气马达 .....	103
4·3 摆动式气马达产品 .....	106
4·3·1 QGB1、QGB2系列叶片摆动气 马达 .....	106
4·3·2 QGK系列齿轮齿条摆动气马达 .....	107

## 第4章 气动控制阀

1 气动控制阀型号说明 .....	110
2 压力控制阀 .....	111
2·1 压力控制阀的种类规格 .....	111
2·2 减压阀 .....	112
2·2·1 直动式减压阀 .....	112
2·2·2 先导式减压阀 .....	119
2·3 单向压力顺序阀 .....	122
2·4 安全阀 .....	124
2·4·1 Q-L6型安全阀 .....	124
2·4·2 A27W-10T型安全阀 .....	125
3 方向控制阀 .....	126
3·1 方向控制阀的种类和规格 .....	126
3·2 气控阀 .....	131
3·2·1 二位三通气控阀 .....	131
3·2·2 二位五通气控阀 .....	134
3·2·3 三位五通气控滑阀 .....	138
3·3 电控阀 .....	138
3·3·1 直动式电控换向阀 .....	138
3·3·2 先导式电控换向阀 .....	144
3·4 无油润滑换向阀 .....	154

3.4.1	二位五通单、双气控无油润滑 换向滑阀	154
3.4.2	二位五通单、双电控无油润滑 换向滑阀	156
3.4.3	四位五通双电控无油润滑截止 式换向阀	157
3.5	防爆电磁阀	158
3.5.1	防爆二位三通先导式电磁阀	158
3.5.2	防爆二位五通单、双电控先 导式电磁阀	159
3.5.3	防爆三位五通双电控先 导式电磁阀	161
3.6	人控换向阀	161
3.6.1	联合设计的人控换向阀	161
3.6.2	手操转阀	169
3.6.3	小型人控阀、机控阀	170
3.6.4	Q 22R <sub>15</sub> 、Q 23R <sub>15</sub> 系列二位二通、 二位三通手动滑阀	170
3.7	机控换向阀(行程阀)	172
3.7.1	直动式二位三通机控阀	172
3.7.2	杠杆滚轮式二位三通机控阀	173
3.7.3	可通过式二位三通机控阀	173
3.8	时间控制换向阀	175
3.8.1	常断延时通型(及常通延时断型) 二位三通换向阀	175
3.8.2	常通延时通型(及常断延时断型) 二位三通换向阀	175
3.9	单向型控制阀	175
3.9.1	单向阀	175
3.9.2	梭阀	180
3.9.3	双压阀	182
3.9.4	快速排气阀	183
4	流量控制阀	184
4.1	流量控制阀的种类	184
4.2	流量控制阀的主要技术规格	184
4.3	节流阀、调速阀	185
4.3.1	节流阀	185
4.3.2	KSL 双级调速阀	185
4.4	单向节流阀	186
4.5	排气节流阀	189
4.6	排气消声节流阀	189

## 第5章 气动逻辑元件

1	概述	190
1.1	气动逻辑元件的分类	190
1.2	气动逻辑元件的特点	190
2	逻辑元件基本原理及结构组成	190
2.1	截止式逻辑元件基本原理	190
2.2	膜片式逻辑元件基本原理	192
2.2.1	微压膜片式逻辑元件	192
2.2.2	低压膜片式逻辑元件	193
2.2.3	高压膜片式逻辑元件	196
2.3	滑柱式逻辑元件基本原理	196
2.4	球式逻辑元件基本原理	198
3	高压截止式逻辑元件(QLJ型)	198
3.1	QLJ型高压截止式逻辑元件的特点	198
3.2	QLJ型逻辑元件的技术规格	198
3.3	QLJ型逻辑元件的动作原理及尺寸	200
3.3.1	QLJ-101是门元件和QLJ-107 与门元件	200
3.3.2	QLJ-102非门元件和QLJ-108禁 门元件	201
3.3.3	QLJ-103或门元件	201
3.3.4	QLJ-104或非元件	202
3.3.5	QLJ-105单输出记忆元件	203
3.3.6	QLJ-106双稳元件	203
3.3.7	QLJ-201、QLJ-202、QLJ-203 和QLJ-204延时元件	204
3.3.8	QLJ-205和QLJ-206脉冲元件	206
3.3.9	QLJ-341、QLJ-342、QLJ-345 和QLJ-346放大器	206
3.3.10	QLJ-301和QLJ-302压力 开关	208
3.3.11	微型电磁阀	208
3.3.12	QLJ-721型气电转换器	209
3.3.13	微型调压阀	209
3.3.14	QLJ-901型安装底板	209
4	高压膜片式逻辑元件(QLM型)	210
4.1	QLM型高压膜片式逻辑元件的 特点	210
4.2	QLM型逻辑元件的技术规格	211
4.3	QLM型逻辑元件的动作原理及尺寸	212
4.3.1	QLM-109三门元件	212
4.3.2	QLM-110四门元件	212



# XVI 目 录

4.3.3	QLM-606双控单向放大器	213
4.3.4	QLM-607 双控双向放大器	214
4.3.5	QLM-111或双稳元件和 QLM-602或双稳放大器	215
4.3.6	QLM-101是门元件和QLM-103或门元件	218
4.3.7	QLM-102 非门元件	218
4.3.8	QLM-107与门元件	219
4.3.9	QLM-431P 喷嘴发讯器	219
5	程序器和读数机	219
5.1	概述	219
5.2	信号分配原理	220
5.3	时间程序器	221
5.3.1	码盘码鼓式时间程序器	221
5.3.2	凸轮式时间程序器	221
5.4	位置程序器	222
5.5	机械程序器	225
5.6	继电器程序器	227
5.7	读数机	227
6	射流元件	229
6.1	射流元件的特点	229
6.2	射流元件的技术规格	229
6.3	射流元件的动作原理	230
6.3.1	附壁式或双稳元件	230
6.3.2	附壁式或非元件	230
6.3.3	附壁式计数触发器	230
6.3.4	动量交换式与门	231
6.3.5	紊流或非元件	232

## 第6章 气源装置及气动辅助元件

1	气源装置	233
1.1	容积式压缩机的分类和工作原理	233
1.2	容积式压缩机型号说明	234
1.3	技术规格与生产厂	234
1.4	无油式压缩机	240
2	气动辅助装置和辅助元件	240
2.1	气动辅助装置	240
2.1.1	致冷式气源净化干燥机	240
2.1.2	空气过滤器(一次过滤器)	241
2.2	主要气动辅助元件	244
2.2.1	型号说明	244
2.2.2	分水滤气器(二次过滤器)	245
2.2.3	油雾器	251

2.2.4	气源处理三联件(分水滤气器、减压阀、油雾器的组合件)	255
2.2.5	消声器	257
2.2.6	气电转换器	258
2.2.7	气液转换器	263
2.2.8	气动计数器	264
2.3	气接管接头	265
2.3.1	气接管接头的类型	265
2.3.2	有色金属管接头	267
2.3.3	棉线编织胶管接头	273
2.3.4	塑料管、尼龙管用接头	276
2.3.5	快速管接头	279
2.3.6	组合式管接头	281

## 第7章 气动系统的设计计算

1	气动回路	284
1.1	气动基本回路	284
1.1.1	压力与力控制回路	284
1.1.2	换向回路	285
1.1.3	速度控制回路	286
1.1.4	位置控制回路	289
1.1.5	基本逻辑回路	291
1.2	常用回路	294
1.2.1	安全保护回路	294
1.2.2	往复动作回路	295
1.2.3	程序动作控制回路	296
1.2.4	同步动作控制回路	296
2	气动逻辑设计方法	296
2.1	X/D线图设计法	296
2.1.1	绘工作行程顺序图	297
2.1.2	绘制X/D线图	297
2.1.3	消除障碍与失控,确定执行信号	300
2.1.4	绘制气控逻辑原理图	303
2.1.5	绘制气动回路原理图	304
2.2	卡诺图设计法	306
2.2.1	绘制动作状态时序图	306
2.2.2	卡诺图的结构组成	306
2.2.3	卡诺图简化及执行信号确定	308
2.2.4	绘制气动控制逻辑原理图与气动回路原理图	310
3	气动系统设计	318
3.1	气动系统设计的基本内容与一般	