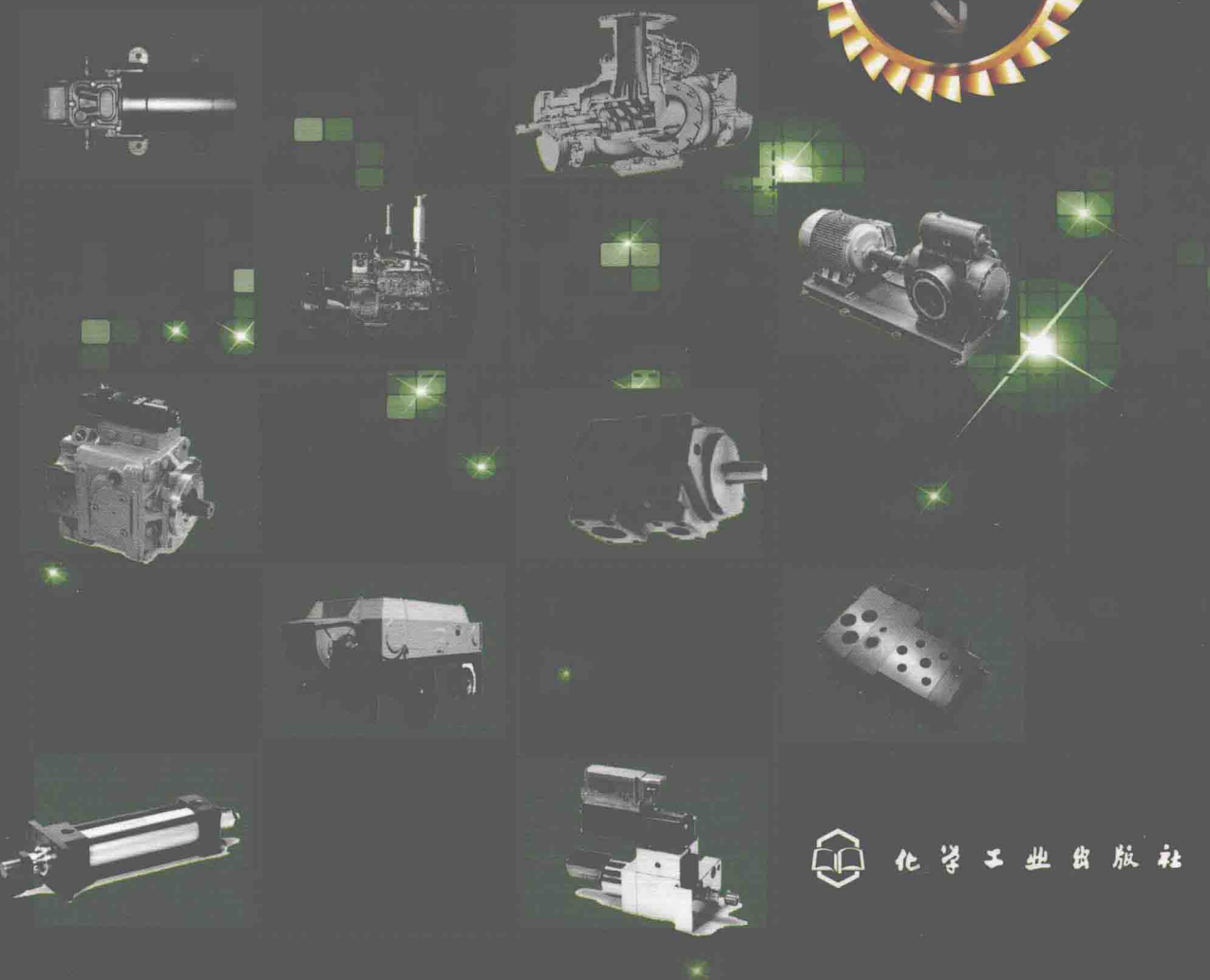


YEYA QIDONG
JISHUSUCHA
SHOUCE

张利平 编著

液压气动技术

速查手册



化学工业出版社

YEYA QIDONG
JISHUSUCHA
SHOUCE

张利平 编著

液压气动技术

速查手册

第二版



化学工业出版社

· 北京 ·

《液压气动技术速查手册》第二版基本保持了第一版的结构、风格和篇幅,通过更新充实内容、应用实例、国内外产品品种系列及标准资料(特别是采用新版本国标 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》给出所有液压气动元件及系统的图形符号并绘制原有及改写或新增的液压气动回路及系统原理图),以求反映液压气动元件的新发展和应用成果,进一步提升了本书的系统性、先进性、全面性和实用性水平,更加有助于解决科研、生产、施工、管理和教学中液压气动技术的各类实际问题。

全书分为4篇共18章,基本上按照“介质及其力学基础—元件—回路—系统实例分析—系统设计”的体系结构,分别介绍液压技术与气动技术。其中对于各类液压及气动元件,着重介绍其工作原理、典型结构、主要性能、使用要点及注意事项、故障诊断等,包括自清洁油箱、气动手指及人工肌肉和气动阀岛等新元件和新结构,典型系统分析与系统设计部分涵盖了多种行业与机械装备中的液压系统及气动系统,这些系统既兼顾传统基本内容并反映液压气动技术广泛应用,也反映了包括作者一些科研新成果在内的液压气动技术的新发展和新成就(如液压气动的模拟仿真),这将有助于各行业不同读者群查阅、借鉴甚至直接采纳所介绍的系统,解决液压气动系统乃至主机的设计研发和使用实际工作中的问题。本书采用法定计量单位和新版国家标准。

本书可供各行业液压气动技术的一线工作人员(例如设计研发、加工制造、安装调试、操作维护和点检定检、管理营销和教育培训等人员)查阅使用,也可作为大专院校师生课题研究、课程设计和毕业设计等实践环节的工具书,还可作为设备和技术培训机构及工矿企业的短期培训、上岗培训辅助资料。

图书在版编目(CIP)数据

液压气动技术速查手册/张利平编著. —2版.

北京:化学工业出版社,2016.3

ISBN 978-7-122-25751-2

I. ①液… II. ①张… III. ①液压传动-技术手册②
气压传动-技术手册 IV. ①TH137-62②TH138-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第282498号

责任编辑:黄滢

文字编辑:张绪瑞

责任校对:边涛

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张49½ 字数1334千字 2016年6月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:178.00元

版权所有 违者必究

前 言

《液压气动技术速查手册》自2007年3月出版以来,得到了广大液压技术工作者、读者以及液压技术用户的肯定,对于液压气动技术的科研开发、教学培训、制造生产和使用维护发挥了积极推动作用,期间曾荣获第十届中国石油和化学工业优秀科技图书一等奖。为了实时反映液压气动技术在元件结构、产品类型、回路系统、使用维护、故障诊断及技术标准诸方面的发展和进步,以便更好地为各行业液压气动技术从业人员的具体工作提供便捷的解决方法及经验,提供全新实用的资料数据,满足工程实际需要,提升液压气动技术的综合使用水平,在总结近几年来为相关企业进行相关科研项目攻关及解决液压气动系统设计制造、调试运转及故障诊断难题过程中的经验基础上,利用笔者旅居境外及在国内多个省市区及大中企业讲学之便,收集了大量实用材料,并认真学习了解相关文献资料、研究成果、新产品、应用经验及相关标准,对第一版进行了修订。

第二版基本保持了第一版的结构、风格和篇幅,即从液压气动技术工程实用角度进行选材,避免繁杂的数学处理和冗长论述,而重点以图表形式介绍相关内容,以有利于读者方便快捷地阅读和查取所需内容及资料,解决实际工作中遇到的各类问题,提高使用效率,突出体现新颖翔实、丰富实用、查阅便捷的鲜明特点。第二版通过更新充实内容、应用实例、国内外产品品种系列及标准资料(特别是采用最新版本国标 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》给出所有液压气动元件及系统的图形符号并绘制原有及改写或新增的液压气动回路及系统原理图),以求反映液压气动元件的最新发展和应用成果,进一步提升了本书的系统性、先进性、全面性和实用性水平,更加有助于解决科研、生产、施工、管理和教学中液压气动技术的各类实际问题。

全书分为4篇共18章。第1篇集中介绍了液压气动技术的组成、原理等基础知识以及使用频度较高的国内外液压气动标准等内容。第2篇和第3篇基本上按照“介质及其力学基础—元件—回路—系统实例分析—系统设计”的体系结构,分别介绍液压技术与气动技术。对于各类液压及气动元件,着重介绍其工作原理、典型结构、主要性能、使用要点及注意事项、故障诊断等,包括自清洁油箱;气动手指及人工肌肉和气动阀岛等新元件和新结构;典型系统分析与系统设计部分涵盖了多种行业与机械装备中的液压系统及气动系统,这些系统既兼顾传统基本内容并反映液压气动技术广泛应用,也反映了包括笔者一些科研新成果在内的液压气动技术的新发展和新成就(如液压气动的模拟仿真),这将有助于各行业不同读者群查阅、借鉴甚至直接采纳所介绍的系统,解决液压气动系统乃至主机的设计研发和使用实际工作中的问题。第4篇集中介绍了液压气动技术中常用电气控制系统的设计使用方法以及液压气动系统的安装调试、使用维护与故障诊断方法要点及案例,以适应现代机械装备机电液气一体化的趋势并体现安装调试、使用维护与故障诊断的重要性。附录部分提供了国内主要液压气动元件生产销售厂商名录及其主要产品和经营范围,有利于读者和用户索取产品样本和相关业务联系。本书采用法定计量单位和新版的国家标准。

本书可供各行业液压气动技术的一线工作人员(例如设计研发、加工制造、安装调试、操作维护和点检定检、管理营销和教育培训等人员)查阅使用,也可作为大专院校师生课题研究、课程设计和毕业设计等实践环节的工具书,还可作为设备和技术培训机构及工矿企业的短期培训、上岗培训辅助资料。

本书由张利平编著。张津、山峻、张秀敏和王伟等参与了本书的前期策划及资料的搜集整理、部分插图的绘制和文稿的录入校对整理工作。其中一些插图由王金业、向其兴、樊志涛、

刘健、岳玉晓、刘鹏程、耿卫晓、窦赵明、田贺、冯力伟、陈清华、史琳、甄依、王宝松、郭号、顾敬伟、李震、赵丽娜、朱林丽等绘制。

本书在编写出版工作中，得到了中国液压气动密封件工业协会王建华（高级工程师）和李耀文（中国机械工程学会流体传动与控制分会常委、液压专业委员会副主任、研究员）以及胡堂堂工程师等人的鼎力支持，国内外众多厂家（公司）以及王民三（烟台天马环保节能技术有限公司）等全国各地广大受训学员的大力支持与帮助，他们提供了最新的技术成果、信息、经验，以及翔实生动的现场资料或建设性意见，作者还参阅了国内外同行的大量参考文献，不便逐一列举，在此一并表示诚挚谢意。对于书中不当之处，欢迎液压界同行专家及广大读者不吝指正。

编著者

2016年3月于中国香港

第一版前言

随着国民经济和现代工业技术特别是现代制造业的发展, 液压气动技术近年来发展很快, 并在几乎所有技术领域日益广泛应用, 已成为现代传动与控制的主要技术手段。科学研究及教学、设计与制造、使用与维护的各类人员在液压气动技术实际工作中经常需要便利快捷地获取一些方法、数据和资料。为了提高现代机电装备采用液压气动技术的水平, 满足工程设计和使用的需要, 在总结多年从事液压气动技术教学、科研和工程实践经验基础上, 广泛搜集了大量资料, 编写成《液压气动技术速查手册》一书。全书分为三篇共 18 章, 目标是以适中篇幅, 为液压与气动技术业内人员提供日常实际工作中的方法、资料和数据。

新颖翔实、丰富实用、查阅便捷是本书的特点。全书从液压气动技术的工程实用角度进行选材, 力图避免繁杂的数学处理和冗长论述, 而重点以图表形式介绍相关内容, 以有利于读者方便快捷地阅读和查取所需内容及资料, 解决实际工作中遇到的各类问题, 提高使用效率。“绪论”部分集中介绍了液压气动技术的原理等基础知识以及使用频度较高的国内外液压气动标准等内容。考虑到液压技术与气动技术的相对独立性、特殊性及使用的方便性, 将液压技术与气动技术分为两篇(第一篇和第二篇), 并基本上按照“介质及其力学基础—元件—回路—系统实例分析—系统设计”的体系线索进行介绍, 两篇既相互独立, 又有联系。由于液压与气动元件产品系列、品种繁多, 为了节省篇幅, 本手册仅从液压气动系统设计和使用的角度, 着重介绍各类元件的工作原理、典型结构、主要性能、使用要点及注意事项等, 产品介绍则仅以概览形式给出当前的主流产品的型号、技术参数及生产厂, 而不详细罗列其外形连接尺寸(读者可以根据需要和本手册附录部分提供的液压气动厂商及其主要产品、经营范围等信息通过索取产品样本获得); 为了有助于各行业不同读者群查阅、借鉴甚至采纳所介绍的系统, 解决液压气动系统设计和使用的实际工作中的问题, 在典型系统分析与系统设计部分涵盖了金属材料工程、金属切削机床(含数控加工中心)、能源与化学工业、冶金工业、建材与工程机械、家用电器制造装备、轻工与包装机械、航空业与河海工程、特种设备、武器装备、医疗器械等多种行业与机械装备中的液压系统及气动系统, 这些系统在兼顾传统基本内容并反映液压气动技术广泛应用的同时, 也反映了诸如电液(气)比例控制技术, 电液(气)伺服控制技术, 纯水液压技术, 气液复合传动技术, 液压节能技术、冗余技术、真空吸附技术以及液压气动装置的集成方式等新技术的工程实际应用。此外, 考虑到当代液压气动系统大多采用电气控制及使用维护的重要性, 故在第三篇集中介绍了液压气动技术中常用的电气控制系统设计使用方法以及液压气动系统的使用维护方法要点。本书采用法定计量单位和最新版本的国家标准。

本书可供液压气动技术的科研设计、制造调试和使用维护部门的工程技术人员、现场工作人员查阅, 也可作为大专院校师生在课程设计、毕业设计等教学环节和科学研究及技术开发中的参考书。

本书由张利平主编。第一章~第十六章、第十八章由张利平编写, 第十七章的初稿由黄涛和李宁编写, 附录由黄涛编写, 张津、张秀敏参与了本书的前期策划及部分文稿的录入整理与插图绘制工作。全书的统稿工作由张利平完成。

对于本书编写出版过程中, 全国多家液压气动生产厂、研究院(所)、销售商与编者所著部分图书的多位读者所给予的大力支持, 以及参考文献的各位作者一并致以衷心感谢。

限于水平和调查研究工作不够全面, 《液压气动技术速查手册》一书难免存在错漏之处, 恳望同行专家及广大读者给予指正。

CONTENTS 目录

第 1 篇 液压气动基础知识

第 1 章 基础知识与技术标准

1.1 液压气动技术原理	1	1.6.3.1 流体传动系统及元件 公称压力系列 (GB/T 2346—2003) ...	62
1.2 液压气动系统的组成及表示	2	1.6.3.2 液压泵及马达公称排量系列 (GB/T 2347—1980)	62
1.2.1 液压气动系统的组成	2	1.6.3.3 液压气动系统及元件 缸内径及活塞杆外径 (GB/T 2348—1993)	63
1.2.2 液压系统与气动系统的表示——原理图	2	1.6.3.4 液压气动系统及元件 缸活塞行程系列 (GB/T 2349—1980)	63
1.2.2.1 液压气动系统系统的表示方法	2	1.6.3.5 液压气动系统及元件 活塞杆螺纹型式和尺寸系列 (GB/T 2350—1980)	63
1.2.2.2 我国液压气动图形符号标准 (GB/T 786.1—2009)	2	1.6.3.6 液压传动连接 带米制螺纹和 O 形圈密封的油口和螺柱端 第 1 部分: 油口 (摘自 GB/T 2878.1—2011)	64
1.2.2.3 采用图形符号绘制液压气动系统原理图时一般应注意的事项	7	1.6.3.7 气动气口连接螺纹 型式和尺寸 (JB/T6377—1992)	66
1.3 液压气动系统的类型及特点	7	1.6.3.8 液压气动系统用硬管外径和软管内径 (GB/T 2351—2005)	66
1.3.1 液压系统的类型及特点	7	1.6.3.9 液压泵站油箱公称容量系列 (JB/T7938—2010)	67
1.3.2 气动系统的类型及特点	8	1.6.3.10 液压系统通用技术条件 (GB/T 3766—2001) 和气动系统通用技术条件 (GB 7932—2003)	67
1.4 液压气动的特点及与其他传动方式的综合比较	8	1.7 液压气动技术常用物理量及其换算	68
1.4.1 液压气动的特点	8		
1.4.2 液压气动与其他传动方式的综合比较	10		
1.5 液压气动技术的用途与发展	10		
1.5.1 液压气动技术的用途	10		
1.5.2 液压技术的发展概况和趋势	11		
1.5.3 气动技术的发展概况和趋势	12		
1.6 常用液压气动基础标准	13		
1.6.1 流体传动系统和元件 词汇 (摘自 GB/T 17446—2012)	13		
1.6.2 液压气动标准目录	44		
1.6.2.1 国内液压气动标准目录	44		
1.6.2.2 国际液压气动标准目录	49		
1.6.3 常用液压气动标准	62		

第 2 篇 液压技术

第 2 章 液压工作介质及液体力学规律

2.1 液压工作介质	71	2.1.1 主要理化性质	71
------------------	----	--------------------	----

2.1.2 对工作介质的主要性能要求	74	2.1.5.2 品种选择	87
2.1.3 分类、命名和代号	75	2.1.5.3 黏度等级(牌号)的选择	89
2.1.4 品种及技术性能	76	2.1.5.4 难燃液液压液的选用	89
2.1.4.1 常用液压工作介质的组成、 特性及主要应用场合	76	2.1.5.5 液压工作介质的使用管理与 更换	89
2.1.4.2 矿物油型与合成烃型液压油的 技术性能	78	2.1.5.6 液压工作介质的污染及 控制	92
2.1.4.3 难燃液的技术性能	83	2.2 液体力学常用计算公式	98
2.1.4.4 专用液压油(液)的技术 性能	85	2.2.1 液体静力学计算公式	98
2.1.4.5 两类常用矿物型液压油的 国内外产品对照	87	2.2.2 液体动力学计算公式	99
2.1.5 液压工作介质的选择与使用	87	2.2.3 管道系统压力损失计算公式	99
2.1.5.1 选用原则	87	2.2.4 常见孔口流量计算公式	103
		2.2.5 常见缝隙流量计算公式	103
		2.2.6 液压冲击计算公式	104

第 3 章 液 压 泵

3.1 液压泵总论	105	3.3.1 类型特点	119
3.1.1 液压泵的基本原理及分类	105	3.3.2 工作原理	120
3.1.2 液压泵常用图形符号	106	3.3.3 典型结构	121
3.1.3 液压泵的主要性能	106	3.3.4 产品概览	122
3.1.4 液压泵的结构特点与技术性能及 选用	107	3.3.5 使用要点	124
3.1.4.1 各类液压泵的结构特点及 优缺点	107	3.3.6 故障诊断	125
3.1.4.2 各类液压泵主要技术性能与 应用范围	109	3.4 柱塞泵	126
3.1.4.3 液压泵的选择	110	3.4.1 类型特点	126
3.1.5 液压泵的常见故障及其诊断 排除	112	3.4.2 工作原理	127
3.2 齿轮泵	112	3.4.3 典型结构	128
3.2.1 类型特点	112	3.4.4 产品概览	131
3.2.2 工作原理	113	3.4.5 使用要点	135
3.2.3 典型结构	114	3.4.6 故障诊断	136
3.2.4 产品概览	115	3.5 螺杆泵	138
3.2.5 使用要点	117	3.5.1 类型特点	138
3.2.6 故障诊断	119	3.5.2 工作原理	138
3.3 叶片泵	119	3.5.3 典型结构	139
		3.5.4 产品概览	140
		3.5.5 使用要点	140
		3.5.6 故障诊断	141

第 4 章 液 压 缸 与 液 压 马 达

4.1 液压缸	142	4.1.6.2 液压缸的类型及安装连接 方式选择	149
4.1.1 类型及特性	142	4.1.6.3 缸的负载及速度计算	149
4.1.2 主要性能及结构参数	144	4.1.6.4 液压缸的主要尺寸参数的 确定	149
4.1.3 液压缸参数计算	144	4.1.6.5 液压缸油口尺寸的确定	153
4.1.4 液压缸的安装连接方式	145	4.1.6.6 液压缸的结构设计	153
4.1.5 液压缸的典型结构与组成	146	4.1.6.7 伺服液压缸的设计特点	166
4.1.6 液压缸的设计要点	149		
4.1.6.1 设计内容与步骤	149		

4.1.7 液压缸标准系列及选用要点	169	4.2.3 主要参数及计算公式	189
4.1.7.1 HSG系列工程液压缸	169	4.2.4 性能特征	190
4.1.7.2 UY系列冶金机械液压缸	170	4.2.5 适用工况与应用范围	190
4.1.7.3 车辆用液压缸系列	171	4.2.6 工作原理与典型结构	191
4.1.7.4 重载液压缸	172	4.2.7 产品概览	196
4.1.7.5 轻型拉杆式液压缸	175	4.2.8 选择与使用要点	202
4.1.7.6 带接近开关的拉杆式 液压缸	176	4.2.9 故障诊断	202
4.1.7.7 多级液压缸	177	4.3 摆动液压马达(摆动液压缸)	203
4.1.7.8 伺服液压缸典型产品	177	4.3.1 特点及分类与图形符号	203
4.1.8 液压缸的使用要点	183	4.3.2 工作原理及使用参数	204
4.1.9 液压缸的故障诊断	184	4.3.3 主要参数计算公式	206
4.2 液压马达	187	4.3.4 典型结构	206
4.2.1 基本原理及分类	187	4.3.5 产品概览	209
4.2.2 图形符号	189	4.3.6 选择与使用要点	210

第 5 章 液压控制阀

5.1 液压阀总述	211	5.2.4.6 常见故障及其诊断排除	238
5.1.1 液压阀的功用与基本结构原理	211	5.2.5 压力继电器	238
5.1.2 液压阀的分类	211	5.2.5.1 工作原理及特点	238
5.1.3 液压阀的基本性能参数	214	5.2.5.2 主要性能参数	240
5.1.4 液压阀的安装面和插装阀阀孔 规格代号	215	5.2.5.3 典型产品	240
5.1.5 对液压阀的基本要求	216	5.2.5.4 应用场合与选用要点	240
5.1.6 液压阀产品系列总览	216	5.2.5.5 常见故障及诊断排除	241
5.1.7 液压阀的选型	218	5.3 方向控制阀	241
5.2 压力控制阀	219	5.3.1 功用及分类	241
5.2.1 功用及分类	219	5.3.2 单向阀	241
5.2.2 溢流阀	220	5.3.2.1 工作原理及图形符号	241
5.2.2.1 工作原理及特点	220	5.3.2.2 主要性能参数	242
5.2.2.2 主要性能参数	221	5.3.2.3 典型结构	243
5.2.2.3 典型结构	222	5.3.2.4 典型产品	244
5.2.2.4 典型产品	226	5.3.2.5 应用场合与选用要点	245
5.2.2.5 应用场合与选用要点	227	5.3.2.6 常见故障及其诊断排除	246
5.2.2.6 常见故障及其诊断排除	228	5.3.3 换向阀	246
5.2.3 减压阀	229	5.3.3.1 工作原理及图形符号	246
5.2.3.1 工作原理及特点	229	5.3.3.2 主要性能参数	250
5.2.3.2 主要性能参数	230	5.3.3.3 典型结构	251
5.2.3.3 典型结构	231	5.3.3.4 典型产品	253
5.2.3.4 典型产品	232	5.3.3.5 应用场合与选用要点	255
5.2.3.5 应用场合与选用要点	233	5.3.3.6 常见故障及其诊断排除	256
5.2.3.6 常见故障及其诊断排除	233	5.4 流量控制阀	257
5.2.4 顺序阀	233	5.4.1 功用及分类	257
5.2.4.1 工作原理及特点	233	5.4.2 工作原理及图形符号	257
5.2.4.2 主要性能参数	234	5.4.3 主要性能参数	260
5.2.4.3 典型结构	235	5.4.4 典型结构	261
5.2.4.4 典型产品	236	5.4.5 典型产品	264
5.2.4.5 应用场合与选用要点	237	5.4.6 应用场合与选用要点	266

5.5 多路阀	267	比较	298
5.5.1 功用及分类	267	5.8.2 功用、组成及分类	298
5.5.2 工作原理及图形符号	268	5.8.3 主要组成部分及其作用原理	299
5.5.3 位数、通路数与滑阀机能	268	5.8.4 典型结构及工作原理	303
5.5.4 操纵控制方式	269	5.8.5 主要特性及性能参数	308
5.5.5 主要性能参数	269	5.8.6 典型产品	313
5.5.6 典型结构	270	5.8.7 应用场合与选用要点	314
5.5.7 典型产品	271	5.8.8 常见故障及其诊断排除	318
5.5.8 应用场合与选用要点	275	5.9 电液比例控制阀	319
5.5.9 常见故障及其诊断排除	275	5.9.1 功用、特点及组成	319
5.6 叠加阀	276	5.9.2 主要组成部分及作用原理	319
5.6.1 特点及分类	276	5.9.3 典型结构与工作原理	321
5.6.2 典型结构及工作原理	277	5.9.4 主要特性	327
5.6.3 主要性能参数	278	5.9.5 典型产品	327
5.6.4 典型产品	278	5.9.6 应用场合及选用要点	329
5.6.5 应用场合与选用要点	279	5.9.7 常见故障及诊断排除	330
5.6.6 常见故障及其诊断排除	280	5.10 电液数字控制阀	331
5.7 插装阀	280	5.10.1 功用及分类	331
5.7.1 功用及分类	280	5.10.2 基本构成与工作原理	331
5.7.2 盖板式二通插装阀	281	5.10.3 典型结构原理	333
5.7.2.1 构成与工作原理	281	5.10.4 技术性能	335
5.7.2.2 主要构件功能	282	5.10.5 典型产品	337
5.7.2.3 典型组合及应用回路	287	5.10.6 应用场合及选用要点	337
5.7.2.4 主要性能	287	5.10.7 常见故障及其诊断排除	339
5.7.2.5 典型产品	288	5.11 微型 (Miniature) 液压阀	339
5.7.2.6 应用场合与选用要点	290	5.11.1 特点、概况及类型	339
5.7.2.7 常见故障及诊断排除	291	5.11.2 典型结构性能	340
5.7.3 螺纹式插装阀	291	5.11.3 典型产品	342
5.7.3.1 特点与类别	291	5.11.4 使用维护与故障诊断	344
5.7.3.2 典型结构原理	292	5.12 水压液压阀	344
5.7.3.3 典型产品	297	5.12.1 特点与类型	344
5.7.3.4 应用场合与选用要点	297	5.12.2 典型结构性能	345
5.7.3.5 常见故障及其诊断排除	298	5.12.3 典型产品	348
5.8 电液伺服控制阀	298	5.12.4 使用维护与故障诊断	348
5.8.1 电液控制阀及其特点与性能			

第 6 章 液压辅件

6.1 蓄能器	349	6.2.2 油液过滤器基本组成与典型结构	356
6.1.1 功用	349	6.2.3 油液过滤器的性能参数	358
6.1.2 工作原理	350	6.2.4 油液过滤器典型产品	358
6.1.3 分类	350	6.2.5 油液过滤器应用场合与选用要点	359
6.1.4 充气式蓄能器的典型结构及工作特点	350	6.2.6 液压空气过滤器及其典型产品	360
6.1.5 气囊式蓄能器的参数及计算	350	6.2.7 净油机	361
6.1.6 典型产品	353	6.3 液压油箱	361
6.1.7 应用场合与选用要点	354	6.3.1 功用及类型	361
6.2 过滤器及静油机	355	6.3.2 油箱的设计要点	362
6.2.1 油液过滤器的功用及过滤原理	355		

6.3.2.1 油箱容量的确定	362	6.6.2 压力表开关	377
6.3.2.2 油箱的结构设计要点	363	6.7 密封装置(件)	377
6.4 热交换器及温控元件	367	6.7.1 功用要求及类型	377
6.4.1 冷却器	368	6.7.2 密封基本原理及密封装置设计 要点	378
6.4.1.1 类型及特点	368	6.7.3 常用密封装置的特点及应用	378
6.4.1.2 典型产品	369	6.7.4 常用密封件	380
6.4.1.3 选择及应用	369	6.7.4.1 通用 O 形密封圈(GB/T 3452.1—1992、GB/T 3452.3— 1992 和 GB/T 3452.2— 1988)	380
6.4.2 加热器	370	6.7.4.2 液压缸活塞及活塞杆用高低唇 Yx 形橡胶密封圈(JB/ZQ 4264~4265—1997)	383
6.4.3 温控仪表	370	6.7.4.3 组合密封垫圈 (JB 982—1977)	387
6.5 管件	371	6.7.4.4 轴用 J 形防尘圈	388
6.5.1 管路	371	6.7.5 非金属密封件常见故障及其排除 方法	389
6.5.1.1 管路类型特点及适用场合	371		
6.5.1.2 连接螺纹	371		
6.5.1.3 选用要点	372		
6.5.2 管接头	372		
6.5.3 连接法兰	374		
6.5.4 螺塞及堵头	374		
6.5.5 管夹	375		
6.6 压力测量元件	375		
6.6.1 压力表及压力传感器	375		

第 7 章 液压系统基本功能回路

7.1 液压基本回路及其分类	390	7.4.2 换向回路	410
7.2 压力控制回路	390	7.4.2.1 通用换向阀换向回路	410
7.2.1 作用及种类	390	7.4.2.2 专用换向阀往复直线运动 换向回路	410
7.2.2 调压回路	391	7.4.2.3 插装阀换向回路	411
7.2.3 减压回路	394	7.4.2.4 多路换向阀的换向回路	412
7.2.4 增压回路	394	7.4.3 锁紧回路(位置保持回路)	412
7.2.5 卸荷回路	395	7.5 多执行元件动作回路	413
7.2.6 平衡回路	397	7.5.1 顺序动作回路	413
7.2.7 保压和泄压(释压)回路	398	7.5.2 同步动作回路	416
7.2.8 缓冲回路	400	7.5.2.1 机械同步回路	416
7.2.9 制动回路	400	7.5.2.2 液压缸串联同步回路	416
7.3 速度控制回路	401	7.5.2.3 采用流量阀控制的同步动作 回路	417
7.3.1 调速回路	401	7.5.2.4 采用液压泵或液压马达的 同步动作回路	417
7.3.1.1 节流调速回路	401	7.5.2.5 电液比例控制同步回路	418
7.3.1.2 容积调速回路	403	7.5.2.6 电液伺服控制同步回路	418
7.3.1.3 容积节流调速回路	404	7.5.3 防干扰回路	419
7.3.1.4 有级调速回路	405	7.6 叠加阀控制回路	419
7.3.2 快速运动回路(增速回路)	406	7.7 液压油源回路	420
7.3.3 速度换接回路(减速回路)	409		
7.4 方向控制回路	409		
7.4.1 作用及种类	409		

第 8 章 典型液压系统

8.1 典型液压系统分析的意义及方法 要点	422	8.2 剪叉式液压升降台系统	423
		8.3 柴油发动机曲柄专用铣床液压系统	425

8.4 大型立式数控车床盘式刀库液压系统	426	8.11 舞台演出车液压系统	436
8.5 多轴钻孔机床液压系统	427	8.12 轻型全液压吸扫式清扫车液压系统	438
8.6 裁断机液压系统	429	8.13 椰果采摘机电液比例控制系统	440
8.7 农作物秸秆粉末高压无胶模塑成形压机液压系统	430	8.14 铝锭堆垛机械手电液伺服控制系统	442
8.8 5000kV·A电炉液压系统	432	8.15 滚筒洗衣机玻璃门压力机电液数字控制系统	443
8.9 小型全液压履带式滑移装载机系统	433	8.16 无人机起飞弹射液压系统	444
8.10 大吨位水平定向钻机液压系统	434		

第 9 章 液压系统设计计算

9.1 液压传动系统的设计计算	446	动力滑台液压传动系统的设计计算	495
9.1.1 设计计算流程与技术要求	446	9.1.9.1 明确技术要求	495
9.1.2 执行元件的配置及动作顺序的确定	447	9.1.9.2 执行元件的配置	495
9.1.3 动力分析和运动分析	449	9.1.9.3 运动分析和动力分析	495
9.1.4 确定主要参数, 绘制液压执行元件工况图	449	9.1.9.4 液压系统主要参数计算和工况图的编制	496
9.1.4.1 执行元件设计压力的选取	451	9.1.9.5 制订液压回路方案, 拟定液压系统原理图	497
9.1.4.2 液压执行元件主要结构参数的计算	452	9.1.9.6 计算和选择液压元件	498
9.1.4.3 计算液压执行元件的最大流量	453	9.1.9.7 验算液压系统性能	500
9.1.4.4 执行元件工况图的编制	453	9.1.9.8 液压系统的结构设计	501
9.1.5 液压系统图的拟定	454	9.2 液压控制系统的设计计算	501
9.1.5.1 液压回路的选择	454	9.2.1 液压控制系统的组成	501
9.1.5.2 液压系统的合成	457	9.2.2 液压控制系统的类型	502
9.1.6 元件选型与设计	457	9.2.3 设计计算流程与设计要求	502
9.1.6.1 一般注意事项	457	9.2.4 拟定控制方案, 画出系统原理图	504
9.1.6.2 液压泵的选择	457	9.2.5 静态设计	507
9.1.6.3 液压执行元件的选择	462	9.2.6 动态设计	514
9.1.6.4 液压控制阀的选择	462	9.2.6.1 系统方块图与开环传递函数	514
9.1.6.5 液压辅助元件的选择	463	9.2.6.2 绘制对数频率特性曲线(波德图), 由稳定性确定系统开环增益	521
9.1.6.6 液压工作介质的选定	463	9.2.6.3 系统快速性(闭环参数)计算	523
9.1.7 系统性能计算	463	9.2.6.4 系统的准确性(稳态误差)计算	523
9.1.8 液压系统的施工设计	465	9.2.7 检验系统静、动态品质, 需要对系统进行校正	525
9.1.8.1 设计目的与内容	465	9.2.8 选择液压能源	529
9.1.8.2 液压装置的结构类型及其适用场合	466	9.2.9 绘制正式工作图, 编制技术文件	530
9.1.8.3 液压站设计的内容步骤及注意事项	468	9.2.10 电液伺服系统设计计算示例——带钢跑偏光电液伺服控制系统的设计计算	530
9.1.8.4 液压控制装置(液压阀组)的集成	469		
9.1.8.5 液压泵站(液压动力源装置)的设计	483		
9.1.8.6 液压站的结构总成	490		
9.1.8.7 全面审查	494		
9.1.9 典型设计计算示例——组合钻床			

9.2.10.1 主机功用与控制系统设计 要求	530	9.2.10.3 静态设计(确定液动力 元件参数,选择系统的 组成元件)	532
9.2.10.2 论证和拟定控制方案,组成 控制系统原理图	531	9.2.10.4 动态设计	534

第 3 篇 气动技术

第 10 章 气动工作介质及气体力学基础

10.1 气动工作介质	537	10.3.1 理想气体的状态方程及状态 变化过程	539
10.1.1 空气的组成及气体与液体的 区别	537	10.3.2 气体的定常管内流动规律	540
10.1.2 空气的主要物理性质	537	10.3.3 气压容器的充、放气计算	541
10.2 空气污染及其控制	538	10.3.4 气动元件的通流能力	542
10.3 气体力学基础	539		

第 11 章 气源及气动辅件

11.1 气源	543	11.2.3 储气罐	550
11.1.1 气源的组成	543	11.2.4 干燥器	551
11.1.2 空气压缩机	544	11.2.5 过滤器	552
11.1.2.1 基本原理、类型及特点	544	11.2.6 油雾器	552
11.1.2.2 主要性能参数计算与选择 使用要点	545	11.2.7 自动排水器	554
11.1.2.3 典型产品	546	11.2.8 消声器	554
11.1.3 真空泵和真空发生器	546	11.2.9 转换器	555
11.1.3.1 真空泵	546	11.2.10 管件	556
11.1.3.2 真空发生器	547	11.2.10.1 管道种类及选择	557
11.2 气动辅件	548	11.2.10.2 管接头类型及应用	558
11.2.1 后冷却器	548	11.2.10.3 管路布置	559
11.2.2 油水分离器	549	11.3 气源及气动辅件的故障及排除 方法	559

第 12 章 气缸、气马达、真空吸盘及人工肌肉

12.1 功用类型及特点	562	12.2.7 气缸的选择及使用要点	579
12.2 气缸	562	12.2.8 气缸的故障诊断	579
12.2.1 气缸的类型	562	12.3 气马达	581
12.2.2 主要性能及基本结构参数	564	12.3.1 分类及性能特点	581
12.2.3 安装连接方式	566	12.3.2 结构原理与特性及图形符号	582
12.2.4 组成与典型结构	567	12.3.3 典型产品	583
12.2.5 设计计算要点	571	12.3.4 选择及使用要点	583
12.2.5.1 气缸的类型及安装连接 方式选择	571	12.4 摆动气马达(摆动气缸)	584
12.2.5.2 气缸输出力及速度的 计算	571	12.4.1 功用特点与分类及图形符号	584
12.2.5.3 计算和确定气缸的主要 尺寸参数	571	12.4.2 工作原理、特点及使用参数	585
12.2.5.4 气缸的结构设计	573	12.4.3 典型产品	586
12.2.6 液压缸标准系列	577	12.4.4 选择及使用要点	586
		12.5 气动手指(气爪)	586
		12.5.1 功用特点、类型及主要参数	586
		12.5.2 典型产品	587

12.5.3 选择与使用要点	588	12.6.3 性能参数与选用	589
12.6 真空吸盘	588	12.6.4 典型产品	590
12.6.1 功用及结构原理	588	12.7 气动肌肉	590
16.6.2 类型特点	588		

第 13 章 气动控制阀

13.1 气动控制阀概述	592	13.4 方向控制阀	601
13.1.1 功用与分类	592	13.4.1 功用及分类	601
13.1.2 与液压阀的比较	592	13.4.2 结构原理及应用	602
13.2 压力控制阀	593	13.4.3 性能参数	607
13.2.1 功用及分类	593	13.4.3.1 换向型方向阀性能参数	607
13.2.2 减压阀	593	13.4.3.2 单向型方向阀性能参数	609
13.2.2.1 结构原理及特点	593	13.4.4 典型产品	610
13.2.2.2 主要性能参数	595	13.4.4.1 单向型方向阀	610
13.2.2.3 典型产品	596	13.4.4.2 换向型方向阀	610
13.2.2.4 选择与使用要点	596	13.4.5 选择与使用要点	615
13.2.2.5 常见故障及其诊断排除	597	13.4.6 方向阀(含磁性开关)的常见 故障及其诊断排除方法	616
13.2.3 安全阀(溢流阀)	597	13.5 气动逻辑控制元件	617
13.2.3.1 结构原理及特点	597	13.5.1 分类、组成及表示	617
13.2.3.2 典型产品	598	13.5.2 结构原理及特点	617
13.2.3.3 选择与使用要点	598	13.5.3 典型产品	619
13.2.3.4 常见故障及其诊断排除	598	13.5.4 选择与使用要点	619
13.2.4 顺序阀	598	13.6 气动比例阀与气动伺服阀简介	619
13.2.4.1 结构原理	598	13.6.1 气动比例阀的分类及典型结构 原理	620
13.2.4.2 典型产品	599	13.6.2 气动伺服阀的分类及典型结构 原理	621
13.3 流量控制阀	599	13.7 气动阀岛	622
13.3.1 功用及分类	599		
13.3.2 结构原理及特点	599		
13.3.3 典型产品	600		
13.3.4 选择与使用要点	600		

第 14 章 气动系统基本功能回路

14.1 气动基本回路及其分类	625	14.6 安全保护与操作回路	630
14.2 压力控制回路	625	14.7 计数回路	631
14.3 速度控制回路	626	14.8 真空吸附回路	631
14.4 方向控制回路(换向回路)	628	14.9 基本逻辑控制回路	632
14.5 多缸动作控制回路	629		

第 15 章 典型气动系统

15.1 典型气动系统分析的意义与要点	634	15.3.3 机床夹具气动系统	637
15.2 铸造机械——四柱沙型震压造型机 气动系统	634	15.4 气动机械手系统	638
15.3 金属切削机床及数控加工中心气动 系统	635	15.5 冶金机械——连轧机组活套气动 系统	640
15.3.1 数控加工中心气动换刀系统	636	15.6 包装机械气动系统	640
15.3.2 气液驱动组合机床动力滑台 系统	636	15.6.1 液体自动灌装机气动系统	641
		15.6.2 粒状物料计量装置气动系统	642
		15.7 建材机械——16 工位石材连续磨机	642

气动系统	643	系统	649
15.8 制冷器械——气动胀管机系统	644	15.12 气动伺服及比例控制系统	650
15.9 家具力学性能试验机电气控制系统	645	15.12.1 气-液伺服纠偏器系统	650
15.10 轻工机械气动系统	647	15.12.2 带材(板材)卷绕机张力电- 气比例控制系统	650
15.10.1 通过式磨革机气动系统	647	15.13 行走工程机械——挖掘机气动系统	651
15.10.2 烟草样品制作机气动系统	647	15.14 航空器——飞机供油车气动刹车 联锁系统	652
15.11 真空吸附系统	648	15.15 医疗器械——颈椎治疗仪气动控制 系统	652
15.11.1 钢板真空吸附搬送系统	648		
15.11.2 高速芯片焊接机真空吸附			

第 16 章 气动系统设计计算

16.1 设计计算方法	654	16.1.6.2 气动辅件及气源的选择	666
16.1.1 设计计算流程与技术要求	654	16.1.7 气动系统的施工设计	668
16.1.2 执行元件的选择配置及动力和 运动分析	655	16.2 设计计算示例——鼓风机钟罩式加料 装置气动系统的设计	669
16.1.2.1 气动执行元件的选择配置	655	16.2.1 技术要求	669
16.1.2.2 循环时间及动作顺序的 确定	655	16.2.2 执行元件的选择配置及动力和 运动分析	670
16.1.2.3 动力分析和运动分析	655	16.2.3 执行元件主要参数的确定	670
16.1.3 确定主要参数	655	16.2.3.1 计算与确定的气缸内径	670
16.1.3.1 回路压力的选定	656	16.2.3.2 气缸耗气量的计算	670
16.1.3.2 确定执行元件主要结构 参数	656	16.2.4 选择控制方式	671
16.1.3.3 执行元件耗气量的计算	656	16.2.5 设计与拟气动系统原理图	671
16.1.4 控制方式的选择	657	16.2.6 选择气动元件	672
16.1.5 气动系统图的设计与拟定	657	16.2.6.1 选择控制元件	672
16.1.5.1 气动控制回路的设计	657	16.2.6.2 选择气动辅件及空压机	673
16.1.5.2 拟定与绘制气动系统 原理图	664	16.2.7 气动系统施工设计	674
16.1.6 选择气动元件	664	16.3 真空吸附系统设计简介	674
16.1.6.1 气动控制元件的选择	664	16.3.1 真空吸附系统的一般组成	674
		16.3.2 真空吸附系统的设计要点	674

第 4 篇 电气控制与使用维护

第 17 章 液压气动系统的电气控制

17.1 液压气动系统中电气控制装置的 功用与类型	677	控制线路	684
17.2 继电器接触式电气控制	677	17.2.4 继电器接触式电气控制的设计	688
17.2.1 电气控制线路原理图的组成及 绘制原则	677	17.3 微机控制	689
17.2.2 常用基本电气控制线路	680	17.3.1 工控机控制	690
17.2.3 液压与气动系统的典型电气 控制线路	682	17.3.1.1 工控机的作用特点及基本 系统组成	690
17.2.3.1 液压系统的典型电气 控制线路	682	17.3.1.2 工控机系统的组合方式	691
17.2.3.2 气动系统的典型电气		17.3.1.3 实例——带多点调压液压垫 手动拉伸压边机的计算机 控制系统	691
		17.3.2 可编程序控制	693

17.3.2.1 可编程序控制器的特点与类型	694	17.3.2.3 可编程序控制系统的设计要点及举例	696
17.3.2.2 可编程序控制器的构成及工作过程	695	17.4 线缆的选择与布置及电气控制柜(箱)的设计与配置	702

第 18 章 液压气动系统的安装调试、使用维护与故障诊断

18.1 液压系统的安装调试、使用维护与故障诊断	703	18.1.4.7 液压系统故障现场快速诊断仪器	734
18.1.1 液压系统的安装	703	18.1.5 液压系统共性故障及其诊断排除方法	735
18.1.1.1 安装准备及安装程序与方案的确定	703	18.1.5.1 液压执行元件动作失常故障及其诊断排除方法	735
18.1.1.2 液压元件和管件的质量检查	704	18.1.5.2 液压系统压力失常故障及其诊断排除方法	736
18.1.1.3 液压动力源装置及相关液压辅件的安装要求	704	18.1.5.3 液压系统流量失常故障及其诊断排除方法	736
18.1.1.4 液压阀组的安装要求	707	18.1.5.4 液压系统异常振动和噪声故障及其诊断排除方法	737
18.1.1.5 液压缸与液压马达的安装要求	708	18.1.5.5 液压系统过热故障及其诊断排除方法	738
18.1.1.6 摆动液压马达的安装要求	710	18.1.5.6 液压系统的冲击及其控制	738
18.1.1.7 液压管道的安装要求	710	18.1.5.7 气穴现象及其防止	739
18.1.2 液压系统的调试	715	18.1.5.8 液压卡紧及其消除	739
18.1.2.1 调试目的、类型与一般顺序	715	18.1.5.9 液压控制系统常见故障诊断	739
18.1.2.2 出厂试验	715	18.1.5.10 液压系统的泄漏故障及其诊断排除方法	742
18.1.2.3 总体调试(现场调试)	718	18.1.6 液压故障诊断排除典型案例	744
18.1.2.4 液压系统的调整	718	18.2 气动系统的安装调试、使用维护及故障诊断	755
18.1.2.5 液压控制系统的调试要点	719	18.2.1 气动系统的安装	755
18.1.3 液压系统的运转维护及管理	719	18.2.1.1 气动系统的安装内容与准备工作	755
18.1.3.1 运转维护的一般注意事项	720	18.2.1.2 气动元件和管道安装总则	755
18.1.3.2 液压系统的检查(点检)	720	18.2.1.3 气动控制元件的安装要求	756
18.1.3.3 液压系统的定期维护与检修	721	18.2.1.4 气动系统管道的安装要求	757
18.1.4 液压系统的故障诊断	723	18.2.2 气动系统的调试	757
18.1.4.1 液压故障及其诊断的定义	723	18.2.3 气动系统的运转维护	758
18.1.4.2 做好液压故障诊断及排除应具备的条件	723	18.2.4 气动系统故障故障诊断	759
18.1.4.3 液压系统的常见故障类型及其特征	724	18.2.4.1 气动系统故障类型及特点	759
18.1.4.4 液压系统的故障特点及故障征兆	725	18.2.4.2 气动系统故障诊断策略与常用排除方法	760
18.1.4.5 液压系统的故障诊断排除策略及一般步骤	726	18.2.5 气动系统故障诊断排除典型案例	761
18.1.4.6 液压系统故障诊断常用方法	728	附录 国内部分液压气动厂商名录	764
		参考文献	775

第 1 篇

液压气动基础知识

第 1 章

基础知识与技术标准

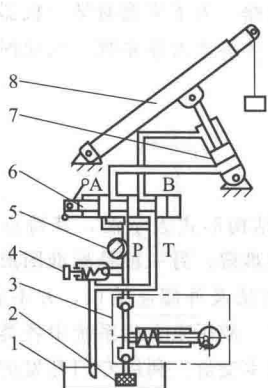
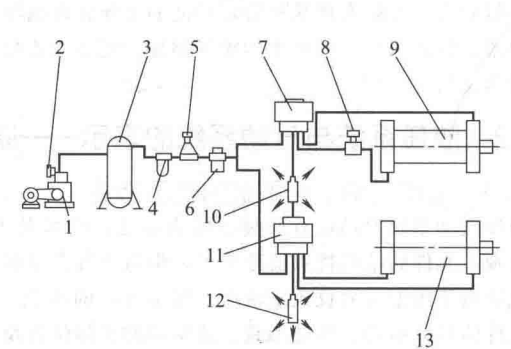
1.1 液压气动技术原理

液压气动技术是流体传动与控制学科的俗称，是以有压流体为工作介质实现各种机械的传动与自动控制的一种形式。液压技术以液压油或其他合成液体为工作介质，气动技术以压缩空气为工作介质，由于这两种流体的性质不同，故液压技术与气动技术各有特点。但是，液压技术与气动技术实现传动与控制的方法基本相同，即它们都是通过各种元件组成所需的各种控制回路，再由若干回路有机地组合成具有一定控制功能的传动系统来进行能量（或动力）的传递、转换与控制。

液压与气动的基本工作原理是相似的，表 1-1 以半结构原理图模型描述了液压与气动的基本原理及工作特征。

表 1-1 液压与气动的基本原理及工作特征

基本原理

液压传动	气压传动
 <p>液压系统原理图</p> <p>1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀； 5—流量阀；6—换向阀；7—液压缸；8—起重臂</p>	 <p>气动系统原理图</p> <p>1—气压发生装置；2—空气压缩机；3—储气罐；4—过滤器； 5—减压阀；6—油雾器；7,11—换向阀；8—单向流量阀； 9,13—气缸；10,12—消声器</p>