

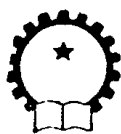
雷天觉 主编

液 压 工 程 手 册

机械工业出版社

液压工程手册

雷天觉 主编



机械工业出版社

内 容 提 要

《液压工程手册》是目前国内第一部最大型的液压专业手册，内容全面而丰富、实用性强，综合反映了我国当代液压工程的概况和成就。

本手册基础篇介绍了流体力学、控制理论、国家标准和计算机在液压工程中的应用。元件篇介绍了工作介质、液压泵和液压马达、液压缸、各种控制阀、伺服阀、比例阀、辅件和液压装置，各个部分附有产品表和生产厂家。系统篇介绍了液压传动和控制系统的設計方法。专题篇介绍了噪声控制、泄漏控制、污染控制、可靠性、管路动态分析、静压技术、节能技术、交流液压和超高压技术。试验篇介绍了液压试验项目、试验设备和仪表、试验方法以及液压设备的安装、使用和维修。应用篇介绍了液压工程在各工业领域中的应用。资料篇介绍了国内外概况、计算机液压设计常用程序和行业名录。

本手册的读者对象是：液压设备的使用者、液压元件和系统的设计者和制造者、液压技术的学习者。对工人和采、供、销人员可利用该书学习液压设备的使用、调试和维修，选购各种液压元器件。

液 压 工 程 手 册

雷天觉 主编

*

责任编辑：王少怀 责任校对：刘绍曾

封面设计：姚 毅 版式设计：张世琴

责任印制：侯新民

*

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）

北京市印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 138·插页 2·字数 4318千字

1990年4月北京第一版·1990年4月北京第一次印刷

印数：00,001—11,155·定价：74.00 元

*

科技新书目：210—002

ISBN 7-111-01724-2/TH·294

手册编委会

主 编：雷天觉

副主编：李寿刚

常务编委：李妙成 林文进

编 委（以姓氏笔划为序）：

田 科 刘能宏 宋学义 李培滋

罗志骏 林建亚 章宏甲 俞鲁五

手册科学技术顾问委员会

主 任：陆元章

顾 问（以姓氏笔划为序）：

刁尔方 方道曾 史维祥 叶克明 刘庆和 许耀铭

冯尔熙 杨尔庄 吴 筠 范承义 路甬祥 樊天训

全书统稿、定稿小组

组长：李寿刚

成员（以姓氏笔划为序）：

王泽彬 刘能宏 李妙成 李培滋 陈启松 赵克强

手册作、审者名单(按所作、审的篇章顺序)

基 础 篇

篇主编: 刘能宏 李寿刚
作 者: 赵克强 张 旺 王世流 钟廷修 郁凯元 黄明慎 张永果 樊天训 吴志明
审 者: 张也影 胡庆超 陆元章 路甬祥 林建亚 聂崇嘉 周士昌

元 件 篇

篇主编: 林文进 俞鲁五 罗志骏 李妙成
作 者: 吴宗真 陈启松 赵伟国 金华宁 王忠捷 孙冬霞 徐绳武 王奕豫 陈 图
徐明远 张有颐 李祖昌 林文进 朱晓毅 葛思华 罗志骏 周素洁 王之炊
卢长耿 范景春 徐国俊 张家初 王锡茂 黄人豪 应关龙 田源道 吴根茂
宋学义 骆涵秀 夏嘉琪 吴百海 王泽彬 陈 琳 何存兴 周应棠 杨 子
许忠明 田 琳 张振鹏 王晓敏 黄振德 朱宝麟 冯晓红 王 意 张学勤
李连生 王树森
审 者: 钱世传 钟廷修 陈启松 黄 谊 赵伟国 施佐源 王奕豫 李 庆 杨林兴
田 科 湛从昌 骆涵秀 周士昌 曹鑫铭 唐英千 顾瑞龙 徐兴斋 张 鼎
金振邦 夏志新 戴天翼 严金坤 段 泽 陈建民 赵易梅 田 琳 朱宝麟
吴克晋 徐绳武 应信盛 叶成良 李培滋

系 统 篇

篇主编: 章宏甲
作 者: 刘能宏 黄 谊 章宏甲
审 者: 薛祖德 李洪人 李建藩 林廷圻

专 题 篇

篇主编: 李培滋 林建亚
作 者: 夏志新 李尚义 熊 雪 湛从昌 李培滋 许耀铭 钱祥生 苏尔皇 朱宝麟
周瑞章
审 者: 王见同 李沛琼 邓景流 田 科 史纪定 刘庆和 徐炳辉 陆乃琨 盛敬超

试 验 篇

篇主编: 宋学义 田 科
作 者: 宋学义 杨小英 柳曾兴 史纪定 蒋桂棠 姚铁梅 嵇光国

应 用 篇

篇主编: 李寿刚

作者:	陈良华	曹长武	沈德毅	叶浣良	强德生	朱德孚	严少雄	乔石	张明
	廖育才	曹鑫铭	江旭昌	彭余恭	杨宝光	林国重	张宝荣	金燕祥	杨乃
	王焕德	范振武	赵迎春	郑肖波	金安石	陈铮	虞锋	李泉山	李连
	冯淑华	吴自振	寿松乔	陈柏松	关存和	袁举贤	李昌琪	吴自振	
审者:	王焕德	梁树端	李金祥	陈延康	黄有丰	边耀刚	杨尔庄	李培滋	孙文
	蒋平海	田科							

资 料 篇

篇主编: 宋学义

作者: 宋学义 李平 吴志明

编者说明

(1) 本书采用法定计量单位。

(2) 书中收录的部分国内液压产品，资料来源于各生产厂的产品样本。在有些样本中公差、制图和物理量的单位均用旧标准。例如，螺纹、花键的表示方法、公差代号、力、力矩、压力、流量、功率、粘度等单位均和现行标准不符，而且也不统一。对这些地方编者尽可能作了一些替换和统一工作，这些替换改动对产品的性能指标毫无影响。此外，各厂提供的样本尚有其它不妥之处，这些地方应由各该厂自行改正，编者不便改动。读者引用时应予注意。

(3) 近年来我国引进了一些外国产品，均按照引进国的专业标准生产。例如在我国生产的力士乐公司的产品虽符合联邦德国标准，但不符合我国标准。编者不便改动，故国外样本均保留原样未变。

(4) 本书引用的一些未经公布的标准资料，其准确性和可靠性均经有关部门确认，可供读者参考。例如，“液压名词术语”已完成报批稿但尚未正式公布，书中已列入采用。此种超前引入的目的使本书的名词、术语更具科学性并便于读者了解液压行业发展的一些新动向。

(5) 在法定计量单位中，质量的单位是公斤，力的单位是牛顿。重量是个导出单位，在法定计量单位中未明确规定。编者曾就质量、重量和它们的单位访问过若干名物理学专家，他们对此问题的理解和处理办法众说纷云，莫衷一是，大相径庭。本书是实用手册，只好从俗、从众，将重量的单位仍依各厂样本所载，记为公斤，未做变动。

前 言

液压传动技术是机械设备中发展速度最快的技术之一，其发展速度仅次于电子技术，特别是近年来液压与微电子、计算机技术相结合，使液压技术的发展进入了一个新的发展阶段。近40年来，液压设备的年增长率远大于其他设备的年增长率，究其原因这是由于液压传动在许多领域是机械传动无法取代的。液压传动能实现低速大吨位运动；采用适当的节流技术可使运动机构的速度十分均匀稳定；使用伺服、仿形、调速等机构可使执行件的运动精确度达到很高，甚至以微米计；液压传动的各部分间是用管道连接的，其布局安装有很大的灵活性，而其体积重量比却比机械传动小得多，因此能构成用其他方法难以组成的复杂系统；液压传动的速度、方向很容易控制，而控制所需功率却很小；由于液压传动是封闭式的，多数情况下其元件均可由传动液体自行润滑，因此磨损很小；液压元件体积小、重量轻、标准化程度高，便于集中大批量生产，加上近年发展起来的叠装、插装技术，装配也很容易，因此造价低，比起其他机械传动来，它常是一种最为经济的选择。

虽然液压传动有上述种种优点，但使用中也会存在一些问题。例如介质泄漏。系统的内泄漏会造成机构的运动速度下降、运动不稳定和传动效率降低，系统的外泄漏会造成环境污染。在许多情况下仅仅因为泄漏而限制了液压传动的应用。近年来由于耐压高分子密封材料的发展，这个问题正逐步解决，但设计和加工仍需十分注意。又如介质的净化，介质中存在的微小颗粒常常是液压传动不可靠的主要原因。近年来由于新型滤油器的发展和专业生产厂的出现，使滤油问题部分得以解决，但设计和使用中仍需予以重视。上述两个问题在我国均未很好解决，有待设计者和生产厂的共同努力。另一个问题是介质的可压缩性。油柱的刚度比相同尺寸的钢柱刚度大约小50倍，而实际使用中介质不可避免地要混入空气，实际刚度比这还要低2~3倍甚至更多。这种低刚度在复杂系统中很易造成振荡，而许多液压件又非常灵敏，微小的振动会产生反馈，此时开环系统变成振动的闭环系统，导致系统的自激振动而产生噪声和影响系统的正常工作。近十余年来随着自动调节和计算机仿真技术在液压中的应用，这个问题也正逐步解决。此外还有许多其他问题，不能尽述，可以说液压传动进一步更广泛的应用，还有赖于艰苦的研究和开发工作。

本书是一部液压传动的综合性手册，它既为设计、制造、使用和科研人员提供必要的数据和现成的元器件，又对液压传动的基础理论作了简要的描述。对于熟悉液压技术知识的人，该手册的数据和资料可供他们在实际工作中直接应用，对于不大熟悉液压技术的人，必要的基础理论又可引导他们去分析和掌握液压技术。因此该手册既可备查，又可阅读。内容编排采取既有系统性又有纵横交错；既有从理论出发的篇章，又有从产品出发的篇章，也有从具体应用出发的篇章。使读者无论碰到什么问题都可从书中找到一点线索。书后的参考文献可为读者提供一些资料来源。此外，该书最后所附的厂家名录，可为读者提供液压产品的生产厂家，便于产品选用和进行工作联系。

本书的一百多位作者，来自全国十几个部委的科研院所、高等学校和工厂等不同部门，其写作风格各异，加之定稿时间匆促、水平有限，错漏之处一定不少，敬请读者提出批评建议，以备再版时修正。

本书在编写过程中，机械电子工业部机械基础产品司、全国液压气动标准化技术委员会、中国机械工程学会流体传动与控制专业学会、北京理工大学、机械电子工业部北京工业自动化研究所液压中心、《液压与气动》杂志编辑部、《液压工业》杂志编辑部、以及杨世祥、袁举贤、袁子荣、陈渝中、谢承彦、刘树道、向文娟、郑锡璉、计云田、余湘湘、陈学益、陈宝霞、范明珠、吴砚农、嵇光国、田济民等同志，均给了我们很大的支持和帮助，在此谨向这些单位和个人深致谢意。

雷天觉

一九八九年五月于北京

目 录

编者说明

前言

基 础 篇

1. 液压流体力学基础

1.1 流体力学基本理论	1	1.4.5 同心环形缝隙沿流变化的轴向流动	32
1.1.1 作用在流体上的力	1	1.4.6 同心环形缝隙中旋转运动	32
1.1.2 流体静压力及其特性	1	1.4.7 两平行圆盘缝隙间的径向流	32
1.1.3 静压力基本方程式	1	1.4.8 挤压流动	35
1.1.4 帕斯卡原理	1	1.4.9 液压卡紧	37
1.1.5 静止液体作用在壁上的总力	1	1.4.10 缝隙内的热效应	38
1.1.6 连续性方程式	3	1.5 通过多孔物质的流体流动	40
1.1.7 纳维-斯托克斯方程式	3	1.5.1 过滤过程类型	40
1.1.8 伯努利方程式	4	1.5.2 多孔物质的几何参数	40
1.1.9 节流公式	5	1.5.3 达西定律	40
1.1.10 动量方程式	6	1.5.4 滤饼过滤理论	42
1.1.11 动量矩方程式	7	1.5.5 通过多孔物质的实用公式	42
1.1.12 力学相似及相似准则	7	1.6 气泡油与气穴	43
1.2 管流	7	1.6.1 溶解空气	43
1.2.1 流体的两种流动状态	7	1.6.2 掺混空气	44
1.2.2 雷诺数	8	1.6.3 气泡油的物理特性	44
1.2.3 圆管层流	9	1.6.4 气穴	44
1.2.4 同心套管间环形截面的轴向层流	9	1.6.5 节流气穴	45
1.2.5 圆管紊流	10	1.6.6 液压泵的气穴	45
1.2.6 流动起始段	11	1.6.7 液压缸中的气穴	46
1.2.7 管道中的压力瞬变	11		
1.3 管道中的压力损失	14	2. 自动控制理论基础	
1.3.1 沿程压力损失	14	2.1 概论	48
1.3.2 局部压力损失	17	2.1.1 自动控制理论概述	48
1.3.3 压力损失的叠加	29	2.1.2 反馈控制原理	48
1.3.4 管路计算	29	2.1.3 自动控制系统的名词术语	48
1.4 缝隙流	31	2.1.4 反馈系统分类	49
1.4.1 两平行平板间的缝隙流	31	2.1.5 对控制系统的基本要求	50
1.4.2 倾斜壁面形成的缝隙流	31	2.2 拉氏变换的基本知识	50
1.4.3 动压支承	31	2.2.1 拉氏变换	50
1.4.4 环形缝隙中的轴向流动	32	2.2.2 拉氏反变换	53
		2.3 线性定常系统的数学模型	53

2.3.1 微分方程	53	2.8 非线性系统	101
2.3.2 传递函数	54	2.8.1 概述	101
2.3.3 结构图及其等效变换	55	2.8.2 描述函数法	101
2.3.4 信号流程图及梅逊公式	55	2.8.3 描述函数分析	105
2.3.5 自动控制系统的结构图和传递函数	58	2.8.4 非线性特性振荡线性化	107
2.3.6 典型环节	60	2.9 采样控制系统	108
2.3.7 单位脉冲响应和单位阶跃响应	60	2.9.1 概述	108
2.4 时域分析法	60	2.9.2 采样器和保持器的数学模型	108
2.4.1 稳定性分析	60	2.9.3 采样定理	109
2.4.2 单位阶跃响应的性能指标	61	2.9.4 z 变换	110
2.4.3 典型二阶系统的单位阶跃响应	62	2.9.5 脉冲传递函数	112
2.4.4 高阶系统的单位阶跃响应	62	2.9.6 采样系统的稳定性	113
2.4.5 稳态误差	63	2.9.7 采样系统的瞬态响应	114
2.4.6 计算机求解高次代数方程	66	2.9.8 连续系统传递函数的离散化	115
2.4.7 计算机绘制单位阶跃响应曲线程序	67	2.9.9 PID调节算法	115
2.5 根轨迹法	70	2.9.10 采样周期的选择	116
2.5.1 根轨迹的概念	70	2.9.11 最少拍系统	117
2.5.2 根轨迹的幅角条件和幅值条件	70	2.10 状态变量法基础	119
2.5.3 根轨迹的性质及草图绘制法则	71	2.10.1 控制系统的状态空间描述	119
2.5.4 根轨迹草图绘制举例	72	2.10.2 线性定常系统状态方程的解	125
2.5.5 计算机绘制根轨迹图程序	73	2.10.3 连续时间状态空间表达式的离散化	126
2.6 频率响应法	79	2.10.4 控制系统的能控性和能观测性	127
2.6.1 频率特性	79	2.10.5 具有二次型性能指标的线性系统的最优控制	128
2.6.2 频率特性的几何表示法	80		
2.6.3 典型环节的频率特性	80	3. 计算机技术在液压中的应用	
2.6.4 开环频率特性的特点	83	3.1 液压CAD概述	130
2.6.5 频率特性实验	84	3.1.1 CAD的发展历程	130
2.6.6 奈魁斯特稳定判据	85	3.1.2 CAD系统的组成	132
2.6.7 稳定裕量	86	3.1.3 液压CAD的功能	133
2.6.8 二阶系统频率特性与过渡过程的关系	86	3.1.4 计算机图形学基本知识	136
2.6.9 高阶系统的频域指标与时域指标估计	89	3.1.5 动态仿真基础理论	139
2.6.10 计算机绘制波德图程序	89	3.1.6 有限元分析概论	142
2.7 自动控制系统校正	93	3.2 应用DSH程序系统对液压系统进行动态仿真	143
2.7.1 系统校正	93	3.2.1 概述	143
2.7.2 常用校正装置	93	3.2.2 DSH程序系统的理论基础	145
2.7.3 串联校正	98	3.2.3 DSH程序系统的结构	147
2.7.4 串联带阻滤波器校正举例	98	3.2.4 DSH动态仿真实例	148
2.7.5 反馈校正	99	3.2.5 DSH动态仿真程序系统的进一步发展	154

3.3 计算机控制的液压系统	156	内径系列	214
3.3.1 计算机控制的液压逻辑系统	157	4.4.6 液压—隔离式蓄能器公称压力和容积系列	214
3.3.2 计算机控制的液压伺服系统	158	4.4.7 液压泵和马达安装法兰和轴伸的尺寸系列和标记	214
3.3.3 采样控制系统的设计	160	4.4.8 四油口板式液压方向控制阀安装面	219
3.3.4 数字PID的设计及实现	161	4.4.9 液压泵站油箱公称容量系列	223
3.3.5 最少拍系统和快速无波纹系统的设计	163	4.4.10 二通插装式液压阀安装连接尺寸	223
3.4 液压产品的计算机辅助试验 (CAT)	166	4.4.11 液压气动系统和元件——油(气)口联接螺纹尺寸	226
3.4.1 液压CAT的任务	166	4.4.12 液压缸活塞和活塞杆动密封沟槽型式、尺寸和公差	226
3.4.2 液压CAT的型式	166	4.4.13 液压缸活塞和活塞杆窄断面动密封沟槽尺寸系列和公差	232
3.4.3 液压CAT的特点	167	4.4.14 液压气动用O形橡胶密封圈尺寸系列及公差	238
3.4.4 液压CAT系统的硬件	167	4.4.15 液压气动用O形橡胶密封圈沟槽设计计算准则	240
3.4.5 液压CAT系统的抗干扰	169	4.4.16 液压缸活塞用带支承环的密封沟槽型式、尺寸和公差	244
3.4.6 液压CAT的软件	174	4.4.17 液压缸活塞杆用防尘圈沟槽型式、尺寸和公差	246
3.4.7 液压CAT系统实例	179	4.4.18 液压气动用管接头及其附件公称压力系列	253
4. 液压国家标准汇编		4.4.19 液压缸及气缸公称压力系列	253
4.1 中华人民共和国法定计量单位	181	4.4.20 板式液压流量控制阀安装面	253
4.1.1 中华人民共和国法定计量单位	181	4.4.21 板式连接液压压力控制阀(不包括溢流阀)、顺序阀、卸荷阀、节流阀和单向阀安装面	259
4.1.2 常用法定计量单位及其换算	182	4.4.22 板式连接液压溢流阀安装面	265
4.2 优先数和优先数系	185	4.4.23 往复运动橡胶密封圈结构尺寸系列	292
4.2.1 术语和定义	185	4.4.24 往复运动橡胶密封圈结构尺寸系列	306
4.2.2 系列的种类和代号	185	4.4.25 往复运动橡胶密封圈结构尺寸系列	311
4.2.3 优先数系的主要特性	188		
4.2.4 基本系列的应用	188		
4.2.5 优先数系的应用要点	188		
4.3 液压气动国家标准目录汇编	188		
4.4 液压国家标准摘要汇编	190		
4.4.1 液压及气动图形符号	190		
4.4.2 液压气动系统及元件——公称压力系列	213		
4.4.3 液压泵及马达公称排量系列	213		
4.4.4 液压气动系统及元件——缸径及活塞杆外径系列	214		
4.4.5 液压气动系统及元件——软管公称			

元 件 篇

5. 工作介质

5.1 液压系统对工作介质的

一般要求

5.1.1 对工作介质粘度的要求	317
5.1.2 润滑性	317
5.1.3 氧化安定性	317
5.1.4 剪切安定性	317

5.1.5 防锈和抗腐蚀性	317	6.2.1 概述	359
5.1.6 抗乳化性	317	6.2.2 典型结构	361
5.1.7 抗泡沫性	317	6.2.3 提高泵的性能的措施	366
5.1.8 对密封材料的相容性	317	6.2.4 产品介绍	366
5.1.9 其他要求	317	6.2.5 齿轮泵的选择原则	419
5.2 工作介质的物理化学性质	317	6.2.6 使用须知	419
5.2.1 粘度	317	6.3 螺杆泵	420
5.2.2 密度	320	6.3.1 概述	420
5.2.3 温度膨胀	320	6.3.2 典型结构	425
5.2.4 热导率	321	6.3.3 几个特殊问题	426
5.2.5 比热容	321	6.3.4 产品介绍	427
5.2.6 体积弹性模量	321	6.3.5 选择原则与程序	432
5.2.7 闪点	321	6.3.6 使用须知	433
5.2.8 凝点	321	6.4 叶片泵和马达	434
5.2.9 酸值	321	6.4.1 概述	434
5.2.10 腐蚀	321	6.4.2 典型结构	436
5.3 工作介质的添加剂	321	6.4.3 几个特殊问题	441
5.3.1 改善基础液物理特性的添加剂	322	6.4.4 产品介绍	443
5.3.2 改善基础液化学特性的添加剂	322	6.4.5 液压泵的选择原则	470
5.3.3 常用国产液压油添加剂代号 及应用	322	6.4.6 使用须知	471
5.4 工作介质的分类及性能	323	6.5 斜盘式轴向柱塞泵和马达	471
5.4.1 工作介质的分类、命名和代号	323	6.5.1 概述	471
5.4.2 石油型液压油特性	324	6.5.2 典型结构	472
5.4.3 乳化型液压液的种类及性能	329	6.5.3 特殊问题	480
5.4.4 合成型液压液的种类及性能	331	6.5.4 产品介绍	482
5.5 工作介质的选用	334	6.5.5 选择原则	520
5.5.1 选择工作介质的原则	334	6.5.6 使用须知	520
5.5.2 工作介质品种的选择	335	6.6 斜轴式轴向柱塞泵和马达	524
5.5.3 工作介质粘度的选择	336	6.6.1 概述	524
6. 液压泵和液压马达		6.6.2 典型结构	530
6.1 液压泵和液压马达概论	341	6.6.3 几个特殊问题	535
6.1.1 液压泵和液压马达的分类	341	6.6.4 产品介绍	537
6.1.2 液压泵和液压马达的主要参数和 常用计算公式	341	6.6.5 选择原则与使用须知	594
6.1.3 液压泵和液压马达的结构特点	346	6.7 径向柱塞泵	596
6.1.4 液压泵和液压马达的变量方式和 控制方式	350	6.7.1 概述	596
6.1.5 液压泵和液压马达的选择和应用	356	6.7.2 典型结构	597
6.2 齿轮泵和齿轮马达	359	6.7.3 特殊问题	599
		6.7.4 产品介绍	601
		6.7.5 选择原则与使用须知	605
		6.8 曲轴连杆式液压马达	608

6.8.1 概述	608
6.8.2 典型结构	610
6.8.3 几个特殊问题	614
6.8.4 产品介绍	616
6.8.5 使用须知	626
6.9 双斜盘轴向柱塞马达	624
6.9.1 概述	626
6.9.2 典型结构	627
6.9.3 产品介绍	629
6.9.4 使用须知	632
6.10 内曲线径向柱塞马达	633
6.10.1 概述	633
6.10.2 典型结构	633
6.10.3 特殊问题	636
6.10.4 产品介绍	643
6.10.5 选择原则	671
6.10.6 使用维护	671
6.11 轴向球塞式液压马达	671
6.11.1 概述	671
6.11.2 典型结构	672
6.11.3 导轨曲线设计	676
6.11.4 产品介绍	679
6.11.5 使用须知	682
6.12 摆线齿轮液压马达	682
6.12.1 概述	682
6.12.2 典型结构	684
6.12.3 若干特殊问题	685
6.12.4 产品介绍	687
6.12.5 选择原则	695
6.12.6 使用维护须知	696
6.13 摆动液压马达	697
6.13.1 概述	697
6.13.2 典型结构	697
6.13.3 摆动液压马达的设计和密封选用	709
6.13.4 产品介绍	714
6.13.5 选择原则	718
6.13.6 使用须知	718

7. 液 压 缸

7.1 概述	719
7.1.1 分类	719
7.1.2 主要参数及常用计算公式	720

7.2 液压缸典型结构	726
7.2.1 通用液压缸典型结构	726
7.2.2 专用液压缸典型结构	728
7.2.3 活塞式旋转液压缸典型结构	737
7.3 液压缸主要零部件设计	738
7.3.1 缸筒	738
7.3.2 活塞	745
7.3.3 活塞杆	745
7.3.4 导向环	751
7.3.5 活塞杆导向套	751
7.3.6 中隔圈(也称限位圈)	753
7.3.7 缓冲机构	753
7.3.8 油口尺寸	758
7.3.9 辅件	759
7.4 液压缸典型产品介绍	775
7.4.1 车辆用液压缸	775
7.4.2 工程用液压缸	778
7.4.3 冶金用液压缸	782
7.4.4 船用液压缸	784
7.4.5 多级液压缸	785
7.4.6 电液伺服液压缸	788
7.5 液压缸的设计选用说明	790
7.5.1 液压缸主要参数的选定	790
7.5.2 使用工况及安装条件	790
7.5.3 缓冲机构的选用	791
7.5.4 密封装置的选用	791
7.5.5 工作介质的选用	791

8. 液压控制阀

8.1 概论	795
8.1.1 液压阀的概貌和发展动态	795
8.1.2 液压阀的作用	795
8.1.3 液压阀的分类	796
8.1.4 液压阀的特性	796
8.2 液压阀的控制机构和安装连接	816
8.2.1 液压阀的控制机构	816
8.2.2 液压阀的安装连接	833
8.3 液压阀用电磁铁	854
8.3.1 开关式阀用电磁铁	854
8.3.2 比例阀用电磁铁	880
8.3.3 阀用电磁铁专用插头座	884
8.4 压力控制	886

8.4.1 溢流阀	886	8.9.1 二通插装阀的组成、结构和工作原理	1174
8.4.2 电磁溢流阀	895	8.9.2 二通插装阀方向控制组件	1176
8.4.3 卸荷溢流阀	899	8.9.3 二通插装阀压力控制组件	1181
8.4.4 顺序阀	899	8.9.4 二通插装阀流量控制组件	1184
8.4.5 平衡阀	903	8.9.5 二通插装阀复合控制组件	1186
8.4.6 减压阀	906	8.9.6 数字式二通插装阀控制组件	1187
8.4.7 压力继电器	909	8.9.7 二通插装阀的基本回路及其组合	1187
8.4.8 压力表保护阀	915	8.9.8 产品介绍	1189
8.4.9 压力控制阀产品表	915		
8.5 流量控制阀	986	9. 伺服、比例、数字控制元件	
8.5.1 节流阀和单向节流阀	986	9.1 电液伺服阀	1202
8.5.2 单向行程节流阀	987	9.1.1 概述	1202
8.5.3 调速阀和单向调速阀	988	9.1.2 电液伺服阀的组成	1202
8.5.4 溢流节流阀	988	9.1.3 电液伺服阀的类型	1202
8.5.5 分流-集流阀	990	9.1.4 电液伺服阀的工作原理、结构及特点	1207
8.5.6 流量控制阀的结构特点分析	992	9.1.5 电液伺服阀的技术性能指标和有关的技术术语	1223
8.5.7 流量控制阀的特性分析	995	9.1.6 电液伺服阀的使用和维护	1231
8.5.8 流量控制阀产品汇总表	998	9.1.7 国内外主要电液伺服阀产品	1240
8.5.9 中、高压流量控制阀产品	1003	9.2 电液数字阀	1280
8.6 方向控制阀	1041	9.2.1 数字阀控制系统的工作原理和组成	1280
8.6.1 概述	1041	9.2.2 数字式电液控制阀	1282
8.6.2 单向阀	1045	9.2.3 数字阀的驱动电源	1288
8.6.3 液控单向阀	1046	9.2.4 数字阀的微机控制	1291
8.6.4 充液阀	1051	9.2.5 数字阀的性能指标	1292
8.6.5 电磁换向阀	1054	9.2.6 数字阀的应用	1295
8.6.6 电磁球阀	1065	9.2.7 数字阀的优缺点及国内外情况介绍	1297
8.6.7 液控换向阀和电液换向阀	1068	9.3 电液步进马达和电液步进缸	1298
8.6.8 手动换向阀	1079	9.3.1 电液步进马达	1298
8.6.9 方向控制阀的其他品种	1081	9.3.2 电液步进缸	1308
8.6.10 产品介绍	1085	9.3.3 步进电动机和电液步进马达、缸产品表	1311
8.7 多路换向阀	1133	9.4 电液比例阀	1319
8.7.1 多路换向阀的油路形式	1133	9.4.1 概述	1319
8.7.2 多路换向阀的结构及辅助装置	1135	9.4.2 比例电磁铁	1319
8.7.3 多路换向阀的性能及其特性曲线	1139	9.4.3 比例阀的结构与工作原理	1320
8.7.4 新型的多路换向阀	1140	9.4.4 比例阀用电控制器	1329
8.7.5 产品表	1142	9.4.5 比例阀的使用	1329
8.8 叠加阀	1155	9.4.6 国产比例阀简介	1330
8.8.1 概述	1155		
8.8.2 叠加阀的分类和结构	1155		
8.8.3 叠加阀的使用方法	1158		
8.8.4 产品表	1159		
8.9 二通插装阀	1174		

11.7.1 概述.....	1608	11.8.7 用户端调节式液压无级变速装置.....	1641
11.7.2 过滤装置的类型.....	1608	11.9 液压泵站.....	1644
11.7.3 典型过滤装置简介.....	1608	11.9.1 分类.....	1644
11.7.4 过滤装置典型产品.....	1609	11.9.2 液压泵站的组成.....	1645
11.7.5 故障原因及排除方法.....	1611	11.9.3 液压泵站的噪声和振动.....	1647
11.8 液压无级变速装置.....	1612	11.9.4 液压泵站产品系列.....	1647
11.8.1 液压无级变速装置的基本特性.....	1612	11.10 液压缓冲器.....	1653
11.8.2 液压无级变速装置的典型结构.....	1614	11.10.1 液压缓冲器的基本结构和工作原理.....	1653
11.8.3 液压无级变速装置的参数选择与计算.....	1623	11.10.2 液压缓冲器的结构类型.....	1654
11.8.4 液压无级变速装置的调节方式.....	1628	11.10.3 典型产品介绍.....	1655
11.8.5 功率分流式液压无级变速装置.....	1631	11.10.4 液压缓冲器的设计和选用要点.....	1658
11.8.6 带贮能设备的液压无级变速装置.....	1640	11.10.5 液压缓冲器使用须知.....	166

系 统 篇

12. 液压传动系统

12.1 液压回路.....	1663	12.2.1 组合机床液压系统.....	1682
12.1.1 调压回路.....	1663	12.2.2 塑料注射成型机液压系统.....	1683
12.1.2 减压回路.....	1664	12.2.3 汽车起重机液压系统.....	1683
12.1.3 增压回路.....	1664	12.3 液压传动系统的设计与计算.....	1688
12.1.4 保压回路.....	1665	12.3.1 液压传动系统的设计步骤和内容.....	1688
12.1.5 平衡回路.....	1666	12.3.2 液压传动系统设计计算举例.....	1693
12.1.6 卸压回路.....	1666	12.3.3 计算机辅助设计 (CAD) 在液压传动系统中的应用.....	1697
12.1.7 卸载回路.....	1666		
12.1.8 调速回路.....	1667		
12.1.9 增速回路.....	1668		
12.1.10 换速回路.....	1669		
12.1.11 制动回路.....	1670		
12.1.12 换向回路.....	1671		
12.1.13 锁紧回路.....	1674		
12.1.14 定位回路.....	1675		
12.1.15 同步回路.....	1676		
12.1.16 顺序动作回路.....	1680		
12.1.17 互不干扰回路.....	1682		
典型液压传动系统.....	1682		

13. 液压控制系统

13.1 伺服控制系统.....	1703
13.1.1 概述.....	1703
13.1.2 典型液压伺服系统.....	1704
13.1.3 液压伺服系统的设计.....	1709
13.1.4 液压伺服系统设计举例.....	1712
13.1.5 CAD 在液压伺服系统中的应用.....	172
13.2 开关控制系统.....	17
13.2.1 概述.....	17
13.2.2 布尔代数提要.....	1
13.2.3 开关控制系统的设计.....	

专 题 篇

4. 污 染 控 制

4.1 污染物种类及危害性.....	31
4.2 油液中水和空气含量的测定.....	32
4.3 油液中颗粒污染物的鉴别.....	

10. 液 压 辅 件

10.1 密封件	1350
10.1.1 概述	1350
10.1.2 O形密封圈	1353
10.1.3 Y形密封圈	1355
10.1.4 V形及组合唇形密封圈	1358
10.1.5 油封	1363
10.1.6 防尘圈	1366
10.1.7 其他密封件	1368
10.1.8 密封胶	1371
10.1.9 密封材料	1372
10.2 滤油器	1375
10.2.1 概述	1375
10.2.2 滤油器的类型	1375
10.2.3 滤油器的主要性能参数	1376
10.2.4 常用过滤材料及其主要性能参数	1379
10.2.5 几种典型滤油器的结构和工作原理	1383
10.2.6 滤油器压差指示器典型结构	1387
10.2.7 滤油器产品表	1390
10.2.8 滤油器的选用原则	1402
10.2.9 滤油器的使用注意事项	1402
10.3 蓄能器	1402
10.3.1 概述	1402
10.3.2 蓄能器的种类和特点	1405
10.3.3 蓄能器参数的确定	1409
10.3.4 蓄能器产品	1415
10.3.5 蓄能器的使用注意事项	1418
10.4 油箱及其附件	1419
10.4.1 油箱的用途	1419
10.4.2 油箱的分类	1419
10.4.3 油箱的容量及型式尺寸的确定	1421
10.4.4 油箱的构造及内壁加工	1424
10.4.5 油箱内油面和温度的控制	1427
10.4.6 油箱的附件	1428
10.5 管件	1430
10.5.1 管道	1430
10.5.2 管路旋入端用的联接螺纹	1440
10.5.3 管接头	1448
10.5.4 其他管件	1508
换器	

10.6.2 冷却器的结构类型和应用特点	1536
10.6.3 冷却器的换热计算	1539
10.6.4 冷却器的选择、使用和维护	1542
10.6.5 加热器的选择、使用和维护	1546
10.6.6 油温调节简介	1546

11. 其他元件及装置

11.1 齿轮式分流器	1562
11.1.1 概述	1562
11.1.2 结构型式	1562
11.1.3 工作原理	1563
11.1.4 分流精度和同步精度	1564
11.1.5 产品介绍	1565
11.1.6 应用实例	1568
11.2 增压器	1572
11.2.1 概述	1572
11.2.2 基本原理	1572
11.2.3 典型结构及其应用系统	1574
11.2.4 材料及其他	1576
11.3 液压动力转向装置	1576
11.3.1 概述	1576
11.3.2 液压助力转向装置	1577
11.3.3 全液压转向装置	1582
11.4 电机组泵	1591
11.4.1 概述	1591
11.4.2 典型结构	1591
11.4.3 国内产品介绍	1592
11.4.4 国外产品介绍	1595
11.5 气液泵	1596
11.5.1 气液泵的类型及工作原理	1596
11.5.2 气液泵的典型结构	1598
11.5.3 气液泵的应用	1598
11.5.4 气液泵产品介绍	1599
11.6 液压机具	1600
11.6.1 液压钢筋切割机	1600
11.6.2 液压镐	
11.6.3 液压弯管机	
11.6.4 液压测管机	
11.6.5 液压扳手	
11.6.6 液压穿孔机	
11.6.7 液压钢绳切断机	
过滤装置	