

中国机械设计大典

CHINA MECHANICAL DESIGN CANON

中国机械工程学会
中国机械设计大典编委会

5



江西科学技术出版社

CHINA
MECHANICAL
DESIGN
CANON

第5卷

机械控制系统设计

Vol.5

Design of Mechanical Control System

中国机械工程学会

中国机械设计大典编委会

China Mechanical Engineering Society

China Mechanical Design Canon Committee

李壮云 主编

中国
机械
设计
大典

5

江西科学技术出版社

中国机械设计大典共 6 卷 52 篇,分为现代机械设计方法、机械设计基础、机械零部件设计、机械传动设计、机械控制系统设计、机械设计实践六部分。本卷为第 5 卷机械控制系统设计。

本卷共 4 篇,主要包括液压传动与控制、气压传动与控制、液力传动与控制、电气传动控制系统等内容,目的是为广大工程技术人员提供与机械电气系统、流体系统设计有关的最新标准、数据、方法和典型系统设计实例,充分利用最新的资料为开发、设计机械产品服务。

本大典主要供具有中等技术水平以上的广大工程技术人员在综合研究和处理机械设计的各种技术问题时,起备查、提示和启发的作用,也可供理、工院校的有关师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国机械设计大典:第 5 卷,机械控制系统设计/中国机械工程学会,中国机械设计大典编委会.一南昌:江西科学技术出版社,2002.1

ISBN 7-5390-1946-8

I. 中… II. 中… III. ①机械设计 ②机械系统:控制系统—机械设计 IV.TH122
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 071018 号

江西科学技术出版社(南昌市新魏路 17 号 邮编:330002 电话:(0791)8513294)
责任编辑:沈火生、沈德廉、张旭初、冯宗善、李骏带
装帧设计:雷嘉琦、覃京燕

北京市密云县印刷厂印刷·江西科学技术出版社发行·各地新华书店经销

2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·49.875 印张·2980 千字

定价:248.00 元

凡购本书,如有缺页,倒页,脱页,请与本社联系调换。

联系电话:(010)68315022 或 (0791)8516122

传 真:(010)68315018

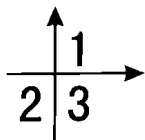
E-mail: cmdc2001bj@vip.sina.com

国际互联网(Internet)网址:HTTP://www.cmdchina.com

《中国机械设计大典》篇目

China Mechanical Design Canon Contents

卷次	卷名	篇目
第1卷 Vol.1	现代机械设计方法 Modern Method of Mechanical Design	1.总论 2.创新设计 3.生命周期设计 4.有限元设计 5.虚拟设计 6.优化设计 7.稳健设计 8.并行设计 9.智能设计 10.机电一体化设计 11.计算机辅助设计
第2卷 Vol.2	机械设计基础 Fundamentals of Mechanical Design	12.常用公式和数表 13.通用基础标准 14.机械工程 材料 15.机械零部件结构设计 16.机械零部件失效分 析 17.可靠性设计 18.疲劳强度设计 19.机械振动 的控制与利用 20.摩擦学设计
第3卷 Vol.3	机械零部件设计 Design of Machine Elements	21.轴及轴毂联接 22.联接与紧固 23.弹簧 24.滚动 轴承 25.滑动轴承 26.密封 27.管路附件 28.起重 和搬运零件 29.操作件、标牌和常用手工工具 30.箱体、机架与导轨
第4卷 Vol.4	机械传动设计 Design of Mechanical Transmission	31.传动总论 32.圆柱齿轮传动及其装置 33.锥齿轮 传动及其装置 34.蜗杆传动及其装置 35.动轴轮系齿 轮传动及其装置 36.带、链传动 37.摩擦轮与螺旋传 动 38.机械无级变速器 39.国外先进机械传动装置 40.联轴器、离合器和制动器 41.机构
第5卷 Vol.5	机械控制系统设计 Design of Mechanical Control System	42.液压传动与控制 43.气压传动与控制 44.液力 传动与控制 45.电气传动控制系统
第6卷 Vol.6	机械设计实践 Practice of Mechanical design	46.机械设计实践总论 47.机械方案设计与总体设计 48.机械动力系统 49.机械实用工业设计 50.机械试验 51.机电成套项目工程设计 52.机械 设计典例



1. 中国机械工业联合会致函
2. 国家863/CIMS主题办公室致函
3. 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部致函

中国机械工业联合会

中国机械工程学会：

中国机械设计大典编委会：

为确保我国机械设计和产品创新能力及早与国际先进水平接轨，以应对加入WTO之后的竞争局面，贵会邀请了众多国内外一流专家学者共同编撰了具有国际先进水平的《中国机械设计大典》。中国机械工业联合会谨表示热烈祝贺。

该书全面系统地总结了机械学科各专业的先进技术和经验，集中反映了当代机械设计的最高水平，重点展示了国家自然科学基金资助项目和国家863计划的科研成果。我们相信，该书的出版有助于我国进一步实施“加快科技进步，提高创新能力”的科技发展战略，对新世纪中国机械工业全面参与国际合作与竞争，均具有重要的现实意义和深远的战略意义。中国机械工业联合会将全力支持该书的出版发行，并期待着今后在该领域内进一步加强合作。

祝《中国机械设计大典》出版发行工作取得圆满成功！

此致

敬礼



国家高技术计划自动化领域CIMS主题办公室

函

863-511 (00函字) 003号

中国机械设计大典编委会：

贵会聘请近千位专家编撰的《中国机械设计大典》，从现代机械设计方法、机械设计基础、机械零部件设计、机械传动设计、机械控制系统设计、机械设计实践等方面，全面系统地总结了机械设计各专业的技术内容，充分体现了现代设计的创新思维、理论与方法，集中反映了当代机械设计的最新成果。她的出版，对推动未来中国机械工业的发展、设计的创新乃至科技的进步都具有十分重要的意义。本大典总结了国家863计划的许多科研成果，得到了国家863/CIMS主题办公室的支持和资助。预祝出版圆满成功！



国家自然科学基金委员会工程与材料科学部

北京100083海淀区花园北路35号东门

Tel & Fax: 010 62018979

中国机械设计大典编委会：

贵会编撰的《中国机械设计大典》，全面系统地总结了机械设计各专业的技术内容，充分体现了现代设计的创新思想、理论与方法，集中反映了当代机械设计的最新成果。书中的部分内容体现了国家自然科学基金资助项目的研究成果。作为机械科学的一项庞大的基础工程，该书的出版对促进中国机械科学和机械工业的发展将具有十分重要的指导意义。国家自然科学基金委员会工程与材料科学部对《中国机械设计大典》的出版表示支持，祝该书的出版取得成功！

此致

敬礼



中国机械设计大典编委会

China Mechanical Design Canon Committee

名誉主任： 邹家华（全国人大副委员长）

主任： 陆燕荪（原机械工业部副部长，总工程师）

委员： （按姓氏笔画为序）

卜 炎（天津大学，教授）	邹家华（全国人大副委员长）
孔庆堂（中国机械设计大典编委会，教授级高工）	周 济（华中科技大学原校长，院士）
王太辰（北京冶金设备研究院院长，教授级高工）	周榕芳（江西省出版总社副社长，编审）
王立鼎（大连理工大学，院士）	欧阳葆（南京高速齿轮箱厂，教授级高工）
王成元（沈阳工业大学校长，教授）	范卫平（江西省新闻出版局副局长，编审）
王友河（中国机械设计大典编委会，高级工程师）	范宏才（原机械工业部副总工程师，教授级高工）
王启义（东北大学原副校长，教授）	柳百成（清华大学，院士）
叶少华（中国机械设计大典编委会，高级工程师）	贺 毅（原武警水电指挥部主任，教授级高工，将军）
宁汝新（北京理工大学原副校长，教授）	钟 掘（中南大学，院士）
艾 兴（山东大学，院士）	钟秉林（教育部高等教育司司长，教授）
冯宗菁（机械工业出版社，教授级高工）	钟群鹏（北京航空航天大学，院士）
关 桥（航空部工艺所，院士）	闻邦椿（东北大学，院士）
刘 飞（重庆大学原校长，教授）	徐滨士（装甲兵工程学院，院士）
刘积仁（国家软件工程技术研究中心主任，教授）	海锦涛（机械科学研究院院长，教授）
朱孝录（北京科技大学，教授）	郭孔辉（吉林大学，院士）
朱剑英（南京航空航天大学原校长，教授）	钱令希（大连理工大学，院士）
许志锐（江西省出版总社社长）	高福根（中国机械设计大典编委会，高级工程师）
阮雪瑜（上海交通大学，院士）	高镇同（北京航空航天大学，院士）
余 俊（华中科技大学，教授）	盛伯浩（北京机床研究所，教授级高工）
吴柏林（北京机电控股集团公司，总工程师）	黄远东（中国机械设计大典编委会，高级工程师）
吴博达（吉林大学党委书记，教授）	黄尚廉（重庆大学，院士）
宋天虎（中国机械工程学会秘书长，教授）	黄炳照（中国标准出版社原总编辑）
宋玉泉（吉林大学，院士）	温诗铸（清华大学，院士）
宋振武（中国重型机械总公司，教授级高工）	程耿东（大连理工大学校长，院士）
张旭初（江西科学技术出版社，编审）	谢克昌（太原理工大学校长，教授）
李壮云（华中科技大学，教授）	雷源忠（国家自然科学基金委，机械学科主任，研究员）
李骏带（中国机械设计大典编委会，高级工程师）	熊有伦（华中科技大学，院士）
杜庆华（清华大学，院士）	蔡鹤皋（哈尔滨工业大学，院士）
杜善义（哈尔滨工业大学原校长，院士）	赫冀成（东北大学校长，教授）
杨叔子（华中科技大学原校长，院士）	DANIE.G.（斯坦福大学，教授）
杨德新（大连铁道学院院长，教授）	T.S.BEK（德国SEW集团公司亚太地区总裁，教授）
陆燕荪（原机械工业部副部长，总工程师）	畑村洋太郎（东京大学，教授）

总 主 编： 王启义 副 总 主 编： 余俊、朱孝录、王太辰、李壮云、卜 炎、宋振武

卷 主 编： 第 1 卷 余 俊 第 2 卷 王启义 第 3 卷 卜 炎

第 4 卷 朱孝录 第 5 卷 李壮云 第 6 卷 王太辰

主编助理： 高起元

总 编 辑： 李骏带 副总编辑： 冯宗菁、张旭初

总 策 划： 宋天虎、黄远东 秘 书 长： 黄远东（兼）

前言

Introduction

科学技术发展的进程表明,机械工业是科学技术物化为生产力的重要载体。在一次又一次工业革命过程中,机械与冶金、化工、电力、电子及信息产业等诸多领域科技成果的有机结合,为工业、农业、交通运输、国防建设和人们日常生活等方面不断地提供了先进的设备和器械。生产过程机械化与自动化的实现,极大地推动了技术创新与社会进步,充分体现了机械工业在国民经济中所起到的至关重要的作用。

机械设计是机械工业的基础技术。科技成果要转变为有竞争力的新产品,设计起着关键性的作用。设计工作的质量和水平,直接关系到产品质量、性能和技术经济效益。工业发达国家都极为重视机械设计工作,不断地研制出适应市场需要的机电产品,有力地促进了全球经济的蓬勃发展。

为了展示机械设计方面的前沿理论、成熟经验、先进技术以及国内外最新探索与创造的成果,面对我国“入世”后机械制造业将面临国际市场激烈竞争的格局,编写一部技术内容与国际接轨的实用机械设计工具书,实属当务之急。为此,中国机械工程学会、中国机械设计大典编委会聘请了国内外从事科研、设计、开发的众多著名专家教授,历时三年,编撰此跨世纪科技巨著《中国机械设计大典》(简称《设计大典》)。《设计大典》是在认真总结科技手册编写经验,广泛吸取建国50多年来特别是改革开放20多年来机械工业所取得的科技成果,以及国内外在机械设计方面的成功经验的基础上编撰而成的实用工具书。《设计大典》以设计创新为主线,充分体现了现代设计的创新思维、理论与方法,集中反映了当代机械设计的最新成果;《设计大典》跳出传统工具书的编写套路,首次采用从方法论、系统论、控制论到实践论的全新模式编写,将新思维和新方法与设计实践,融会贯通于机械设计全过程中;书中所涉及的标准均采用现行国际、国家及行业最新标准,每一部分内容都附有设计实例,所涉及的公式、数据、图表准确可靠,具有很强的实用性和可操作性,许多内容都反映了国家863计划和国家自然科学基金资助项目的科研成果。

《设计大典》由现代机械设计方法、机械设计基础、机械零部件设计、机械传动设计、机械控制系统设计和机械设计实践共6卷52篇,约2000万字组成。《设计大典》的出版,符合国家提出的“加快科技进步,提高创新能力”的科技发展战略和全面提高机械设计水平的客观需要,对新世纪中国机械工业走向世界,对企业全面参与国际合作与竞争,都具有重要的现实意义和长远的战略意义。

在《设计大典》的编写和出版过程中,受到了国家有关领导人的亲切关怀,并得到了中国机械工业联合会、国家863/CIMS主题办公室和国家自然科学基金委员会工程与材料科学部的大力支持和资助,得到了众多高校、科研院所和企业的热情支持和帮助,得到了所有参与编写单位和出版单位的积极配合,在此一并表示衷心的感谢。对于本书中所存在的阙漏之处,我们恳切地希望广大读者给予批评指正。

陆通序

2001年11月8日

荟萃！设计精华
服务经济振兴

为中国机械设计大典题

邵家华

一九九九年五月

《中国机械设计大典》卷目
CHINA MECHANICAL DESIGN CANON CONTENTS

第1卷

Vol. 1

现代机械设计方法

Modern Method of Mechanical Design

第2卷

Vol. 2

机械设计基础

Fundamentals of Mechanical Design

第3卷

Vol. 3

机械零部件设计

Design of Machine Elements

第4卷

Vol. 4

机械传动设计

Design of Mechanical Transmission

第5卷

Vol. 5

机械控制系统设计

Design of Mechanical Control System

第6卷

Vol. 6

机械设计实践

Practice of Mechanical Design

总 策 划

总 主 编
副 总 主 编

总 编 辑
副 总 编 辑

虎 东 义 俊 录 辰 云 炎 武 带 菁 初
天 远 启 孝 太 壮 振 骏 宗 旭
宋 黄 王 余 朱 王 李 卜 宋 李 冯 张

目 录

第 42 篇 液压传动与控制

第 1 章 概述 3	3.15 气动元件——气口连接 螺纹型式 36
1 液压传动装置的工作 原理及组成 3	3.16 五气口气动方向控制阀—— 安装面 36
2 液压传动的优缺点 3	3.17 板式液压流量控制阀—— 安装面 38
2.1 液压传动的主要优点 3	第 2 章 工作介质 43
2.2 液压传动的主要缺点 3	1 工作介质的主要理化性能 43
3 液压与气动常用标准 4	1.1 密度 43
3.1 液压气动图形符号 4	1.2 压缩系数和体积弹性模量 43
3.2 液压气动系统及元件公称 压力系列 20	1.3 油中混气与有效体积弹性模量 44
3.3 液压泵和马达公称 排量系列 20	1.4 汽化压力 44
3.4 液压气动系统及元件 缸内径与活塞 杆外径 20	1.5 黏度 45
3.5 液压气动系统及元件 缸活塞 行程系列 21	1.6 闪点与燃点 48
3.6 液压气动系统及元件 活塞杆螺纹型 式和尺寸系列 21	1.7 倾点 48
3.7 液压气动系统用硬管外径和 软管内径 22	1.8 中和值 (又称酸值) 48
3.8 液压隔离式蓄能器压力和 容积范围 22	1.9 腐蚀性 48
3.9 液压泵和马达 安装法兰和轴伸的尺 寸系列和标记 (二孔和四孔法兰和 轴伸) 22	2 液压系统对工作介质的要求 49
3.10 液压泵和马达 安装法兰和轴伸的尺 寸系列和标记多边形法兰 (包括圆形 法兰) 27	3 工作介质分类 51
3.11 四油口板式液压方向控制 阀安装面 30	3.1 按品种分类 51
3.12 液压泵站油箱公称容量系列 33	3.2 按黏度分类 52
3.13 二通插装式液压阀安装 连接尺寸 33	3.3 液压油代号及名称 53
3.14 液压元件螺纹连接 油口 型式和尺寸 35	4 工作介质的主要品种及技术性能 53
	4.1 液压油的主要品种及技术性能 53
	4.2 难燃液的主要品种及技术性能 65
	4.3 水及与环境相容的工作介质 70
	4.4 我国专用液压油液 72
	5 工作介质的选用 76
	5.1 正确选用需要考虑的主要因素 76
	5.2 液压油的选用 77
	5.3 难燃液液压的选用 84
	6 工作介质的合理使用和维护 86
	6.1 液压设备的故障与液压油 的关系 86
	6.2 合理使用的要点 87

6.3 矿物油型液压油的更换	88	5.1 通用型液压缸	202
6.4 难燃液压油的维护及监测	90	5.2 专用型液压缸	203
第3章 液压泵与液压马达	92	6 液压缸主要零部件结构、材料与	
1 液压泵与液压马达的分类	92	技术要求	204
2 液压泵与液压马达的性能参数及		6.1 缸筒与端盖	204
计算公式	93	6.2 活塞	207
2.1 液压泵的性能参数及计算公式	93	6.3 活塞杆	208
2.2 液压马达的性能参数及		6.4 密封件、防尘圈的选用	212
计算公式	94	6.5 中隔圈(限位圈)	218
2.3 常用液压泵和液压马达的技术性能参		6.6 缓冲装置	219
数	95	6.7 排气装置	220
3 液压泵与液压马达的典型结构、工作原理		7 液压缸典型产品	220
及产品	96	7.1 轻型拉杆液压缸	220
3.1 齿轮泵与齿轮马达	96	7.2 YGH 系列高压拉杆式液压缸	226
3.2 螺杆泵和马达	121	7.3 车辆用液压缸	229
3.3 双作用叶片泵和马达	127	7.4 工程用液压缸	232
3.4 单作用叶片泵	148	7.5 冶金设备标准液压缸	242
3.5 轴向柱塞泵和马达	153	7.6 重载型液压缸	250
3.6 径向柱塞泵和马达	173	7.7 船用液压缸	252
4 液压泵和马达的选用原则和		7.8 农机用多级液压缸	254
使用须知	192	7.9 自卸汽车用多级液压缸	255
4.1 液压泵和马达的选用原则	192	7.10 双作用多级液压缸	257
4.2 液压泵和马达的使用须知	193	8 液压缸的结构设计	258
第4章 液压缸	196	8.1 缸筒计算与验算	258
1 液压缸的分类	196	8.2 液压缸进、出油口尺寸	260
2 液压缸的结构参数及系列	198	8.3 缸底厚度计算	261
2.1 缸筒内径(缸径) D	198	8.4 缸端连接计算	262
2.2 活塞杆外径(杆径) d	198	8.5 活塞杆直径计算及稳定性验算	263
2.3 活塞行程 S	198	8.6 缓冲装置计算	264
3 液压缸的主要性能参数	198	9 液压缸的安装及使用与维修	265
3.1 压力 p	198	9.1 液压缸的安装	265
3.2 液压缸活塞的理论推力 $F_1(F_3)$ 和		9.2 液压缸的使用与维修	266
拉力 F_2	198	10 摆动液压缸	267
3.3 液压缸负载率 ψ	199	10.1 摆动液压缸的分类	267
3.4 单活塞杆液压缸两腔面积比		10.2 摆动液压缸的工作原理、特点及	
(速度比) φ	199	技术参数	267
3.5 液压缸的往返运动速度 v_1 和		10.3 典型结构	267
v_2	200	10.4 摆动液压缸的设计计算	274
3.6 活塞作用力 F	200	10.5 典型产品	275
3.7 效率 η	200	10.6 选用须知	286
3.8 液压缸功率 P	201	第5章 液压控制阀	287
4 液压缸的安装连接方式	201	1 液压控制阀的分类	287
5 液压缸的典型结构	202	1.1 按用途分类	287

1.2 按控制方法分类	287	6.3 电液伺服阀的控制电路	435
1.3 按结构形式分类	287	6.4 电液伺服阀的传递函数	437
1.4 按连接方式分类	287	6.5 电液伺服阀的使用须知	439
2 液压控制阀的工作原理	287	6.6 使用伺服阀时的常见故障及原因	440
2.1 压力控制阀	287	6.7 伺服阀的定期维护	440
2.2 流量控制阀	300	7 国内外主要电液伺服阀产品	440
2.3 方向控制阀	306	7.1 型号系列说明	440
2.4 电液比例阀	315	7.2 国内外主要电液伺服阀产品的技术性能及指标	454
2.5 逻辑阀	322	7.3 安装联系尺寸及外形图	454
2.6 电液数字阀	326	第7章 液压辅件	468
2.7 液压阀的连接方式	330	1 液压过滤器、过滤车、静电净油机、过滤脱水装置	468
3 液压控制阀产品	331	1.1 液压过滤器（简称过滤器）	468
3.1 压力控制阀	331	1.2 过滤车	494
3.2 流量控制阀	349	1.3 静电净油机	495
3.3 方向控制阀	359	1.4 过滤脱水装置	495
3.4 叠加阀	375	2 蓄能器	496
3.5 插装阀	385	2.1 蓄能器的种类及特点	496
3.6 电液比例阀	392	2.2 蓄能器的应用	498
3.7 多路换向阀	403	2.3 蓄能器总容积的计算	500
第6章 电液伺服阀	409	2.4 蓄能器充气压力 p_0 的确定	501
1 电液伺服阀概述	409	2.5 蓄能器产品	501
2 电液伺服阀的基本类型	409	2.6 蓄能器配套元件	502
2.1 通用型流量伺服阀的分类	409	2.7 蓄能器的安装及使用	505
2.2 专用型流量伺服阀的分类	409	3 密封件	505
2.3 电液压力伺服阀的分类	410	3.1 概述	505
3 电液伺服阀的构成、工作原理及特点	411	3.2 O形橡胶密封圈	507
3.1 电液伺服阀的构成	411	3.3 唇形密封圈	525
3.2 电液伺服阀的工作原理及特点	413	3.4 防尘圈	580
4 伺服放大器	425	3.5 旋转轴唇形密封圈（油封）	599
4.1 伺服放大器的功能和要求	425	3.6 组合密封垫圈	609
4.2 伺服放大器的基本组成回路	426	3.7 聚四氟乙烯生料带	610
4.3 通用型实用伺服放大器示例	426	3.8 密封胶	610
5 电液伺服阀主要性能指标及有关技术术语	426	4 管路、管接头、法兰、螺塞及堵头	616
5.1 概述	426	4.1 管路	616
5.2 电液伺服阀技术性能的有关项目	426	4.2 管接头	620
5.3 电液伺服阀有关的技术术语和定义	428	4.3 法兰	654
6 电液伺服阀的使用和维护	432	4.4 螺塞及堵头	663
6.1 电液伺服阀的选用	432	5 冷却器与加热器	670
6.2 电液伺服阀的液压油源	435	5.1 冷却器	670
		5.2 加热器	687

6 油箱及油箱附件	688	2.2 设计的原始依据	735
6.1 油箱的作用及容量的确定	688	2.3 主要参数确定	737
6.2 油箱的结构及设计要点	691	2.4 流量控制设计	739
6.3 油箱附件	692	2.5 压力控制设计	744
7 压力表	697	2.6 能耗控制设计	746
第 8 章 液压基本回路	704	2.7 系统图拟定	756
1 压力控制回路	704	2.8 元、辅件规格的计算和确定	758
1.1 调压回路	704	2.9 液压装置的结构设计	760
1.2 减压回路	704	2.10 性能验算及技术文件编制	765
1.3 增压回路	705	2.11 液压系统设计计算实例	767
1.4 卸荷回路	705	3 液压系统的试验验收及使用维护	771
1.5 保压回路	706	3.1 密封性检验	771
1.6 泄压回路	706	3.2 性能试验	771
1.7 平衡回路	707	3.3 模拟负载试验	773
2 速度控制回路	708	3.4 工作寿命试验	773
2.1 调速回路	708	3.5 液压系统的验收	774
2.2 快速运动回路	713	3.6 液压系统的维护保养	774
2.3 速度换接回路	715	3.7 主动维护和预防维修	776
3 方向控制回路	716	3.8 设备技术档案	776
3.1 简单换向回路	716	4 设计内容和方法	776
3.2 连续换向回路	716	4.1 计算机辅助设计	776
4 多缸(马达)工作控制回路	718	4.2 机、电、液一体化设计	782
4.1 顺序动作回路	718	4.3 技术、经济设计观的融合	782
4.2 同步回路	719	第 10 章 典型液压系统及其设计	
4.3 多路换向阀控制回路	722	特点	786
5 其他回路	722	1 以压力控制为主的液压机液压系统	786
5.1 锁紧回路	722	1.1 压机的运动和动力要求	786
5.2 浮动回路	723	1.2 2 500 kN 粉末制品压机系统	786
5.3 定位回路	723	1.3 二通插装阀式压机液压系统	787
5.4 液压马达制动回路	723	1.4 设计要点	789
5.5 液压马达限速回路	725	2 以往复运动控制为主的磨床	
5.6 闭式系统中的补油与冷却回路	725	液压系统	789
第 9 章 液压系统设计	726	2.1 M7120A 型平面磨床液压系统	789
1 液压系统的类型和评价指标	726	2.2 M1432A 型万能外圆磨床液压	
1.1 液压系统的类型	726	系统	791
1.2 评价指标	726	2.3 设计要点	792
1.3 节流调节特性	727	3 泵、马达组合的机车、钻机	
1.4 负载特性	729	液压系统	792
1.5 功率特性	730	3.1 内燃小机车液压系统	792
1.6 四种节流调速方式比较	733	3.2 石油钻机液压系统	793
1.7 容积调速系统的稳态特性	734	3.3 设计要点	794
2 常规设计方法	735	4 多路复合系统的挖掘机液压系统	796
2.1 液压系统设计的内容和步骤	735	4.1 WY-100 型挖掘机液压系统	797

4.2 全功率调节变量的挖掘机液压系统	798	特点	847
4.3 设计要点	800	2.2 电液伺服控制系统的分类	848
5 多缸顺序自动转换的注塑机液压系统	803	2.3 电液伺服控制系统的性能评定指标	849
5.1 SZ-250A 型注塑机液压系统	804	2.4 电液位置伺服控制系统	850
5.2 SZ-1000 型注塑机液压系统	806	2.5 电液速度伺服控制系统	854
5.3 设计要点	807	2.6 电液力(压力)伺服控制系统	856
6 多缸同步系统	807	2.7 电液伺服系统的性能改善	858
6.1 剪板机液压同步系统	807	2.8 电液伺服控制系统的设计步骤	861
6.2 设计要点	808	2.9 电液伺服控制系统设计示例	862
6.3 步进式加热炉液压系统	808	第 12 章 液压系统污染控制	868
6.4 超大型液压四缸同步顶升系统设计特点	809	1 污染物的种类、来源及危害	868
7 地下遥控作业水平定向钻液压系统	811	1.1 污染物的种类及来源	868
7.1 BPR-5 水平定向钻技术性能	811	1.2 固体颗粒污染物及其危害	868
7.2 BPR-5 水平定向钻液压系统	811	1.3 空气侵入及其危害	869
7.3 设计要点	816	1.4 水的侵入及其危害	869
8 高压水切割设备液压系统	816	2 油液污染度等级及测定	870
8.1 液压原理图	817	2.1 污染度等级	870
8.2 设计要点	817	2.2 污染度测定方法	872
9 船舶液压系统	818	2.3 油液中含水量的测定	876
9.1 舵机液压系统	818	3 污染磨损、污染敏感度及失效形式	877
9.2 起货机液压系统	819	3.1 污染磨损机理	877
9.3 减摇鳍装置控制系统	821	3.2 液压泵污染敏感度试验方法	878
9.4 舰船液压系统设计要点	822	3.3 液压阀污染敏感度评定方法	880
10 海下作业机械的液压系统	824	3.4 失效形式	883
10.1 海底地质取样钻机	824	4 过滤原理、过滤精度及过滤系统分析	883
10.2 HZ10 海底取芯钻机液压系统	824	4.1 油液的净化方法	883
10.3 石油钻井平台步行机构液压系统	825	4.2 过滤原理及过滤介质	884
11 兵器、飞机液压系统	827	4.3 过滤精度	885
11.1 坦克抢救车液压系统	827	4.4 过滤系统的污染度分析	886
11.2 歼击机全机液压系统	828	5 过滤器过滤精度及尺寸的确定	889
11.3 先进歼击机液压系统特征	831	5.1 加权系数法	889
第 11 章 电液比例与电液伺服控制系统	834	5.2 按目标清洁度等级确定过滤器精度	892
1 电液比例控制系统	834	5.3 过滤器尺寸的确定	894
1.1 概述	834	6 过滤系统的设计	895
1.2 电液比例控制系统应用实例	835	6.1 过滤系统设计的主要内容	895
1.3 电液比例控制系统设计	839	6.2 过滤器的布置	895
2 电液伺服控制系统	847	6.3 确认和监测目标清洁度	897
2.1 电液伺服控制系统的构成及		6.4 过滤系统实例	899
		7 液压系统污染控制措施	900
		7.1 污染控制平衡图	900

7.2 污染源及控制措施	900
7.3 液压元件的净化及清洁度	900

7.4 液压系统的清洗	904
参考文献	906

第 43 篇 气压传动与控制

第 1 章 气动技术基础

1 概述	911
1.1 气动技术发展概况	911
1.2 气动技术的发展方向	911
2 气动系统的组成、气动元件分类及其基本参数	912
2.1 气动系统的组成	912
2.2 气动元件分类	912
2.3 气动元件的基本参数	912
3 气动技术的优缺点	914
3.1 优点	914
3.2 缺点	914
3.3 气动技术与其他控制技术的性能比较	914

第 2 章 气体力学基础

1 空气的物理性质	916
1.1 空气的组成	916
1.2 空气的密度	916
1.3 空气的黏性(黏度)	916
1.4 空气的压缩性与膨胀性	916
2 理想气体状态方程	917
2.1 等容过程	917
2.2 等压过程	917
2.3 等温过程	917
2.4 绝热过程	918
2.5 多变过程	918
3 湿空气	918
3.1 湿度	918
3.2 含湿量	919
3.3 露点	920
4 自由空气流量及析水量	920
4.1 自由空气流量	920
4.2 析水量	920
5 气体流动的基本方程	921
5.1 连续性方程	921
5.2 不可压缩流体伯努利方程	921
5.3 可压缩气体绝热伯努利方程	921

5.4 有机机械功的压缩性气体能量方程	921
---------------------------	-----

6 声音与气体在管道中的流动特性	921
6.1 声速(音速)	921
6.2 气体在管道中的流动特性	922
7 气体通过节流小孔的流量	922
7.1 不可压缩气体通过节流小孔的流量	923
7.2 可压缩气体通过节流小孔的流量	923
8 充、放气温度与时间的计算	923
8.1 充气温度与时间的计算	923
8.2 放气温度与时间的计算	924
9 气阻、气容	925
9.1 气阻	925
9.2 气容	926

第 3 章 气动控制元件

1 概述	927
1.1 控制元件的作用	927
1.2 控制元件的分类	927
2 压力控制阀	927
2.1 压力控制阀的分类	927
2.2 减压阀	928
2.3 溢流阀(安全阀)	931
2.4 顺序阀	933
3 流量控制阀	933
3.1 节流阀的特性	934
3.2 节流阀的结构和种类	934
3.3 流量控制阀的选择与使用	937
4 方向控制阀	938
4.1 方向控制阀的分类与控制方式	938
4.2 控制方式的分类	940
4.3 电控阀	945
4.4 机控阀(行程阀)	947
4.5 延时阀	949
4.6 单向型控制阀	950
4.7 方向控制阀的技术性能指标及	

选用原则	953	3.2 特性	998
4.8 方向控制阀的使用与维护	960	3.3 使用保养及维修	998
5 电-气比例/伺服控制阀	961	3.4 技术规格	998
5.1 电-气比例/伺服流量阀	962	4 摆动马达	998
5.2 电-气比例压力阀	963	4.1 叶片式摆动马达	1002
6 阀岛	964	4.2 活塞式摆动马达	1003
6.1 带多针插头阀岛	964	4.3 组合式摆动马达	1008
6.2 带现场总线阀岛	965	4.4 摆动马达应用实例	1015
6.3 可编程阀岛	965	第6章 气源装置及气动辅助	
6.4 紧凑型阀岛	966	元件	1016
第4章 气缸	968	1 气源系统及主要设备	1016
1 概述	968	1.1 空气过滤器	1016
2 气缸的类型及安装方式	968	1.2 冷却器	1016
2.1 气缸的类型和特点	968	1.3 油水分离器(或称液气分离器)	1019
2.2 气缸的安装方式	970	1.4 干燥器	1020
3 气缸工作原理、组成及规格	974	1.5 贮气罐	1020
3.1 单作用气缸	974	2 空气压缩机的主要类别及工作原理	1020
3.2 双作用气缸	974	2.1 空气压缩机的分类	1020
3.3 无杆气缸	975	2.2 几种常用空气压缩机	1021
3.4 坐标气缸	978	2.3 国产空气压缩机系列产品	1027
4 气缸的选择	979	2.4 空气压缩机的选用原则	1036
4.1 气缸输出力大小	979	3 压缩空气净化处理设备和装置	1037
4.2 负载率 β	982	3.1 概述	1037
4.3 缸径计算	982	3.2 后冷却器	1037
4.4 活塞杆的弯曲强度和挠度	983	3.3 贮气罐	1037
4.5 缓冲性能	984	3.4 干燥器	1039
4.6 耗气量	986	3.5 过滤器	1045
4.7 气缸选择要点	987	3.6 油雾器	1053
5 气缸使用注意事项	988	4 气源处理二联件和三联件	1058
6 气缸维护保养	988	4.1 概述	1058
第5章 气马达	989	4.2 工作原理	1058
1 概述	989	5 气动系统附件	1059
1.1 气马达的特点	989	5.1 消声器	1059
1.2 气马达的选择、应用及润滑	990	5.2 压力继电器	1060
2 叶片式气马达	991	5.3 气电转换器	1061
2.1 工作原理	991	5.4 真空吸盘	1062
2.2 特性	991	5.5 显示器	1062
2.3 工作特性与空气压力的关系	992	5.6 管接头	1062
2.4 特点	993	5.7 真空发生器	1066
2.5 使用及维修	993	第7章 气动系统	1069
3 活塞式气马达	994	1 气动回路	1069
3.1 工作原理	994	1.1 换向控制回路	1069