

机械设计手册

第 三 版

第 4 卷

主编单位 北京有色冶金设计研究总院

副主编单位 北京钢铁设计研究总院

主 编 成大先

副 主 编 王德夫 姜 勇 李长顺 韩学铨

化学工业出版社

内 容 简 介

《机械设计手册》已经过二十多年的实践验证,是全国最有影响的机械 设计工具书。
《手册》第三版分5卷出版。第1卷介绍一般常用设计资料,机械制图、公差、配合与表面粗糙度,材料和机构;第2卷介绍联接与紧固,轴及联轴器、离合器、制动器、滑动轴承和滚动轴承,起重运输机械零部件,管件、操作件及小五金,润滑、密封和弹簧;第3卷介绍螺旋传动、摩擦传动,带、链传动,齿轮传动,多点柔性传动、谐波传动,减速器和变速器,机械振动控制与利用,机架结构计算;第4卷介绍液压和气压传动,液 压控制系统设计;第5卷介绍机电一体化,常用电机及电器。

《手册》第三版保持“实用、可靠、齐全和便查”的传统特点,新增机械设计最新标准和技术成果。

《手册》供机械设计人员及大专院校有关专业师生使用。

机 械 设 计 手 册

第 三 版
第 4 卷

主编单位 北京有色冶金设计研究总院

副主编单位 北京钢铁设计研究总院

主 编 成大先

副 主 编 王德夫 姜 勇 李长顺 韩学铨

责任编辑:张红兵 任文斗 周国庆 邢 浩

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号)

化学工业出版社印刷厂印刷

影山装订厂装订

新华书店北京发行所经销

开本787×1092¹/₁₆印张75¹/₂字数2,669千字

1993年12月第3版 1994年8月北京第2次印刷

印 数 30,501—50,600

ISBN 7-5025-1051-6/TH·23

定 价 55.00 元

(京)工商广临字193号

撰稿人 (按篇章先后为序)

- | | | | |
|-----|---------------|-----|--------------|
| 周凤香 | 北京有色冶金设计研究总院 | 王省三 | 长沙有色冶金设计研究院 |
| 王德夫 | 北京有色冶金设计研究总院 | 邓述慈 | 西安理工大学 |
| 高淑之 | 北京化工学院 | 姜勇 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 成大先 | 北京有色冶金设计研究总院 | 陈谌闻 | 哈尔滨工业大学 |
| 韩学铨 | 北京石油化工工程公司 | 陈荣增 | 哈尔滨工业大学 |
| 吴永健 | 北京理工大学 | 梁桂明 | 洛阳工学院 |
| 马枢 | 中国石油化工总公司 | 谢佩娟 | 太原工学院 |
| 朴树寰 | 北京有色冶金设计研究总院 | 叶凌琦 | 太原化工厂 |
| 贺荣贵 | 北京有色冶金设计研究总院 | 沙树明 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 李秀清 | 北京石油化工工程公司 | 张少名 | 西安公路学院 |
| 王春光 | 北京有色冶金设计研究总院 | 余铭 | 马鞍山市机电研究所 |
| 阮忠唐 | 西安理工大学 | 张文照 | 华东理工大学 |
| 齐维浩 | 西安理工大学 | 张国忠 | 沈阳电工机械厂 |
| 曹惟庆 | 西安理工大学 | 陈祖元 | 广东工学院 |
| 周菁 | 西安理工大学 | 王春和 | 北方工业大学 |
| 殷鸿梁 | 上海工业大学 | 孙夏明 | 北方工业大学 |
| 房庆久 | 北京有色冶金设计研究总院 | 周朗晴 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 阮宝湘 | 北京理工大学 | 张辰玲 | 北京石油化工工程公司 |
| 李秀琴 | 北京有色冶金设计研究总院 | 纪盛青 | 东北大学 |
| 关天池 | 北京有色冶金设计研究总院 | 蒋友谅 | 北京理工大学 |
| 梁全贵 | 北京有色冶金设计研究总院 | 蔡学熙 | 化工部化工矿山设计研究院 |
| 王淑兰 | 北京有色冶金设计研究总院 | 禩有雄 | 天津大学 |
| 刘清廉 | 北京有色冶金设计研究总院 | 李长顺 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 童祖楹 | 上海交通大学 | 丛书和 | 北京钢铁设计研究总院 |
| 林基明 | 北京有色冶金设计研究总院 | 姬奎生 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 许文元 | 天津工程机械研究所 | 佟新 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 杜玉衡 | 北京有色冶金设计研究总院 | 朱天仕 | 北京钢铁设计研究总院 |
| 王鸿翔 | 北京有色冶金设计研究总院 | 林文溢 | 北京钢铁设计研究总院 |
| 秦毅 | 北京有色冶金设计研究总院 | 王玲梅 | 北京科技大学 |
| 喻飞鹏 | 洛阳有色金属加工设计研究院 | 黄奋 | 北京科技大学 |
| 饶明远 | 北京科技大学 | 高学曾 | 北京科技大学 |
| 肖治彭 | 北京有色冶金设计研究总院 | 刘元钧 | 北京钢铁学院分院 |
| 陈光祖 | 北京有色冶金设计研究总院 | 陈子皋 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 杜子英 | 北京有色冶金设计研究总院 | 廖振功 | 北京有色冶金设计研究总院 |
| 柯蕊珍 | 北京有色冶金设计研究总院 | 刘福祐 | 北京有色冶金设计研究总院 |

曹兰珍 北京有色冶金设计研究总院
谢孟春 西安理工大学
吉晓民 西安理工大学
吕传毅 山东工程学院
辛世界 山东工程学院
吴豪泰 北京有色冶金设计研究总院
王国瑞 北京有色冶金设计研究总院

李郝林 西安理工大学
王新民 西安理工大学
刘宏昭 西安理工大学
袁洪璋 机械部北京机械工业自动化研究所
王金友 机械部北京机械工业自动化研究所
张沪生 北京有色冶金设计研究总院

审 稿 人

王省三 蔡学熙 马允纯 包显威
袁洪璋 王繁滨 段慧文 王德夫
韩学铨 李长顺 姜 勇 丛书和
成大先 陈子皋 姬奎生 郭溪泉

赵克强 阮忠唐 齐维浩 余梦生
王金友 王国瑞 赵光德 曾启安
程良能 徐 智 陈汉驿 史习先
童曾寅 郑锡恩 戴有虎

第三版前言

《机械设计手册》第一版于1969年问世，20多年来，修订了两版，发行300多万册，受到了广大读者的欢迎和热情支持。

随着科学技术的迅速发展，我国机电产品呈现机电一体化发展的趋势，在机械设计中开始应用可靠性设计、优化设计和计算机辅助设计等现代设计方法；消化引进国外先进技术和新材料、新工艺在产品中的推广采用；技术标准向国际标准靠拢，标准化工作也有了新的发展，因而大大提高了机械设计和产品水平。为了适应目前新的形势并总结新的成果，满足广大读者的迫切需要，我们又修订编写了第三版。

这次修订是在总结过去、吸收广大读者长期使用手册的经验和要求，并在广泛调查研究基础上进行的。本版保留了前两版实用可靠、内容齐全、简明便查的特点，全面修订了过时的标准、产品，采用了最新标准和法定计量单位，增加了较多新内容，并对前版篇章结构作了适当调整，全书分五卷出版。修订情况如下：

1. 对原有一般设计资料结合当前的具体情况对部分数表进行了删节精选，并增加了部分数学、力学内容。补充了表面处理工艺。
 2. 充实了许多常用材料和新的型材，如钢、铝矩形管材，锌基合金轴承材料，摩擦与减摩材料，粘接材料，玻璃钢以及隔震、减震、消音吸声、隔热防火、过滤等材料。
 3. 在机构部分增加了分度凸轮设计和组合机构设计。
 4. 机械零部件的种类更加丰富了，有的零部件补充了强度计算。新增了无键联接、动压轴承、直线运动滚动功能部件（直线运动轴承）、空气弹簧和扭杆弹簧等，对制动装置、联轴器、离合器、滑动轴承等也进行了补充。
 5. 补充了许多新型传动资料，如特殊带传动、多点柔性传动、滑动及滚动螺旋传动设计及产品、谐波传动产品及其选用计算。
- 筛选和增加多种液、气动元件新产品以及液压控制系统设计。
6. 新增加了防震、减震和利用振动的设计和有关产品。增加了机架设计。
 7. 编入了机电一体化资料、老产品过渡到机电一体化的改造设计。
 8. 适应新产品开发需要，扩大了原动机范围，增加了新型电机、中小型内燃机、电动推杆及蓄电池资料。

《手册》侧重介绍常规设计。在再版的同时，我们还新编写了《机械设计图册》和《机械设计方法》两书，侧重介绍结构设计、造型设计，产品开发设计和现代设计方法。这三套书既各自独立，又有内在联系，既有常规设计资料，又有现代设计方法，既贯彻实用性，又具有先进性和启发性，构成了一套较系统的、风格独特的机械设计工具书。

《手册》第三版是在前两版的基础上重新编写而成，参加每版的编写单位和个人均有所变动，借《手册》第三版出版之际，愿把感激之情献给参加前两版编写工作的热心单位和老朋友。参加本版编写工作的有北京有色冶金设计研究总院、北京石油化工工程公司、北京钢铁设计研究总院、化工部化工矿山设计研究院、长沙有色冶金设计研究院、西安理工大学、上海交通大学、

东北大学、西安公路学院等单位，此外还得到许多单位和个人的支持与热忱帮助，在此一并表示衷心感谢！

由于水平有限，调查研究工作也还不够全面，《手册》中难免存在疏漏和缺点，恳请广大读者继续给予指正。

主 编

1992年2月

《机械设计手册》卷目

| | |
|---------|--|
| • 第 1 卷 | 1. 一般设计资料 2. 机械制图、公差配合与表面粗糙度 3. 材 料 4. 机 构 |
| • 第 2 卷 | 5. 联接与紧固 6. 轴及其联接 7. 轴 承 8. 起重运输机械零部件 9. 操作件、小五金及管件 10. 润滑与密封 11. 弹 簧 |
| • 第 3 卷 | 12. 螺旋传动、摩擦轮传动 13. 带、链传动 14. 齿轮传动 15. 多点啮合柔性传动 16. 减速器、变速器 17. 机械振动的控制及利用 18. 机架设计 |
| • 第 4 卷 | 19. 液压传动 20. 液压控制 21. 气压传动 |
| • 第 5 卷 | 22. 机电一体化 23. 常用电机、电器及其他 附录：金属材料、滚动轴承、液 压介质与液压气动图形符 号的中外对照 |

目 录

第 19 篇 液 压 传 动

第 1 章 基础标准及液压流体力学常用

公式.....19-3

1 基础标准19-3

1.1 液压气动系统及元件的公称压力系列

(GB2346—80)19-3

1.2 压力分级 (JB824—66)19-3

1.3 液压泵、马达公称排量系列

(GB2347—80)19-3

1.4 液压缸、气缸内径及活塞杆外径系列

(GB2348—80)19-4

1.5 液压缸、气缸活塞行程系列

(GB2349—80)19-5

1.6 液压系统管路公称通径系列

(JB825—66)19-5

1.7 液压传动系统用管子外径

(JB827—66)19-5

1.8 液压气动系统和元件的油(气)口

连接螺纹尺寸(GB2878—81)19-6

1.9 液压泵站油箱公称容量系列

(GB2876—81)19-6

2 液压气动图形符号(GB786.1—93)19-6

2.1 图形符号19-6

2.2 控制机构、能量控制和调节元件符

号绘制规则19-14

3 液压流体力学常用公式19-17

3.1 流体主要物理性质公式19-17

3.2 流体静力学公式19-17

3.3 流体动力学公式19-18

3.4 雷诺数、流态、压力损失公式19-18

3.5 小孔流量公式19-26

3.6 平行平板间的缝隙流公式19-27

3.7 环形缝隙流公式19-27

3.8 液压冲击公式19-28

第 2 章 液压系统设计19-29

1 概述19-29

1.1 液压系统的组成和型式19-29

1.2 液压系统的类型和特点19-30

1.3 液压传动与控制的优缺点19-30

1.4 液压开关系统逻辑设计法19-30

1.5 液压CAD的应用19-31

1.6 可靠性设计19-31

2 液压系统设计19-33

2.1 明确设计要求19-33

2.2 总体规划、确定液压执行元件19-33

2.3 明确液压执行元件的载荷、速度

及其变化规律,绘制液压系统

工况图19-36

2.4 确定系统工作压力19-36

2.5 确定执行元件的控制和调速方案19-37

2.6 草拟液压系统原理图19-40

2.7 计算执行元件主要参数19-40

2.8 计算泵的流量,选择液压泵19-40

2.9 选择液压控制元件19-41

2.10 计算液压泵的驱动功率,选择电

动机19-42

2.11 选择、计算液压辅助件19-42

2.12 验算液压系统性能19-42

2.13 绘制工作图,编写技术文件19-43

2.14 液压系统设计计算举例——ZS-500

型塑料注射成形压机液压系统

设计19-44

第 3 章 液压基本回路19-57

1 压力控制回路19-57

1.1 调压回路19-57

1.2 减压回路19-59

1.3 增压回路19-61

1.4 保压回路19-62

1.5 卸荷回路19-64

1.6 平衡回路19-67

1.7 制动回路19-69

2 速度控制回路19-70

2.1 调速回路19-70

2.1.1 节流调速回路19-70

2.1.2 容积式调速回路19-74

| | | | |
|---|--------|---|--------|
| 2.1.3 容积节流调速回路 | 19-77 | 3.1.6 CB-G型齿轮泵 | 19-132 |
| 2.1.4 节能调速回路 | 19-78 | 3.1.7 多联齿轮泵 | 19-133 |
| 2.2 增速回路 | 19-80 | 3.2 叶片泵 | 19-136 |
| 2.3 减速回路 | 19-82 | 3.2.1 YB型、YB ₁ 型单级叶片泵 | 19-136 |
| 2.4 同步回路 | 19-83 | 3.2.2 PV2R系列单级叶片泵 | 19-141 |
| 3 方向控制回路 | 19-87 | 3.2.3 双级叶片泵 | 19-142 |
| 4 其他液压回路 | 19-90 | 3.2.4 双联叶片泵 | 19-143 |
| 4.1 顺序动作回路 | 19-90 | 3.2.5 YB※-A※型复合叶片泵 | 19-148 |
| 4.2 缓冲回路 | 19-92 | 3.2.6 YBN型变量叶片泵 | 19-151 |
| 4.3 锁紧回路 | 19-93 | 3.3 柱塞泵 | 19-153 |
| 第4章 液压工作介质 | 19-95 | 3.3.1 ※CY14-1B型斜盘式轴向柱 塞泵 | 19-153 |
| 1 液压工作介质的类组别、产品符号、命 名和代号 | 19-95 | 3.3.2 ZB型斜盘式轴向柱塞泵 | 19-158 |
| 1.1 液压工作介质的类组别、产品符 号和命名(GB7631.1—87、GB7631.2 —87) | 19-95 | 3.3.3 B型斜盘式轴向柱塞泵 | 19-163 |
| 1.2 液压工作介质的原类组别、命名和 代号 | 19-96 | 3.3.4 XB-H※/※型双联轴向柱塞泵 | 19-168 |
| 2 对液压工作介质的主要要求 | 19-97 | 3.3.5 ※/※ZZB型组合泵 | 19-168 |
| 3 常用液压工作介质的组成、特性和应用 | 19-98 | 3.3.6 ZB※、Z※B型斜轴式轴向柱 塞泵 | 19-170 |
| 4 液压工作介质的添加剂 | 19-103 | 3.3.7 A※V、A※F型斜轴式轴向 柱塞泵/马达 | 19-175 |
| 5 液压工作介质的质量指标 | 19-104 | 3.3.8 JB-※型径向柱塞泵 | 19-180 |
| 5.1 抗氧、防锈液压油和代用油质量 指标 | 19-104 | 4 液压马达 | 19-181 |
| 5.2 抗氧、防锈、抗磨液压油质量指标 | 19-106 | 4.1 齿轮液压马达 | 19-181 |
| 5.3 抗氧、防锈、抗磨、改善粘温性 能液压油质量指标 | 19-108 | 4.1.1 CM-※型液压马达 | 19-181 |
| 5.4 专用和其他液压油质量指标 | 19-110 | 4.1.2 GM5系列液压马达 | 19-182 |
| 5.5 抗燃液压油质量指标 | 19-111 | 4.2 柱塞液压马达 | 19-185 |
| 6 液压工作介质的选择 | 19-114 | 4.2.1 B系列轴向柱塞马达 | 19-185 |
| 7 液压工作介质使用要点 | 19-116 | 4.2.2 A6V系列斜轴式变量马达 | 19-187 |
| 第5章 液压泵和液压马达 | 19-117 | 4.2.3 1JMD、※JM、JM1※型曲轴连 杆式径向柱塞液压马达 | 19-189 |
| 1 液压泵和液压马达的分类与工作原理 | 19-117 | 4.2.4 DMQ系列径向柱塞马达 | 19-194 |
| 2 液压泵和液压马达的选用 | 19-118 | 4.2.5 NJM型内曲线径向柱塞马达 | 19-196 |
| 3 液压泵 | 19-121 | 第6章 液压缸 | 19-199 |
| 3.1 齿轮泵 | 19-121 | 1 液压缸的分类 | 19-199 |
| 3.1.1 CB型齿轮泵 | 19-121 | 2 液压缸的安装形式 | 19-201 |
| 3.1.2 CB-B型齿轮泵 | 19-122 | 3 液压缸传动机构的应用举例 | 19-201 |
| 3.1.3 CB-※※C型齿轮泵 | 19-123 | 4 液压缸的主要参数 | 19-202 |
| 3.1.4 ※CB-D型齿轮泵 | 19-125 | 5 液压缸主要技术性能参数的计算 | 19-203 |
| 3.1.5 CB※-E、CB※-F型齿轮泵 | 19-127 | 6 通用液压缸的典型结构 | 19-209 |
| | | 7 液压缸主要零部件设计 | 19-210 |
| | | 7.1 缸筒 | 19-210 |
| | | 7.2 活塞 | 19-215 |

| | | | | | |
|------------|--|--------|-------|--|--------|
| 7.3 | 活塞杆 | 19-218 | 2.14 | 微小电流控制型电磁换向阀 | 19-320 |
| 7.4 | 活塞杆的导向套和密封 | 19-222 | 2.15 | DSHG-04/06/10电液换向阀 | 19-320 |
| 7.5 | 中隔圈 | 19-224 | 2.16 | C※※-02/03/06/10单向阀 | 19-325 |
| 7.6 | 缓冲装置 | 19-225 | 2.17 | CP※※-03/06/10液控单向阀 | 19-327 |
| 7.7 | 排气阀 | 19-229 | 3 | 高压液压控制阀(引进德国力士乐技术产品) | 19-328 |
| 7.8 | 油口 | 19-229 | 3.1 | DBD直动型溢流阀 | 19-328 |
| 8 | 液压缸的标准系列与产品 | 19-231 | 3.2 | DB/DBW型先导溢流阀 | 19-332 |
| 8.1 | 工程用液压缸 | 19-231 | 3.2.1 | 特性参数和特性曲线 | 19-332 |
| 8.2 | 车辆用液压缸 | 19-233 | 3.2.2 | 外形尺寸 | 19-334 |
| 8.3 | 冶金设备用液压缸 | 19-235 | 3.2.3 | 远程调压阀及安装底板 | 19-338 |
| 8.4 | CD/CG250、CD/CG350系列重载 液压缸 | 19-244 | 3.3 | DR型先导式减压阀 | 19-339 |
| 8.5 | C 25、D 25系列高压重型液压缸 | 19-261 | 3.3.1 | 特性参数及特性曲线 | 19-339 |
| 9 | 液压缸的设计选用说明 | 19-278 | 3.3.2 | 外形尺寸 | 19-340 |
| 9.1 | 液压缸主要参数的选定 | 19-278 | 3.3.3 | 遥控阀 | 19-344 |
| 9.2 | 使用工况及安装条件 | 19-278 | 3.4 | DZ型先导顺序阀 | 19-345 |
| 9.3 | 缓冲机构的选用 | 19-279 | 3.5 | DA/DAW型先导式卸荷阀 | 19-349 |
| 9.4 | 密封装置的选用 | 19-279 | 3.6 | ZDR ₁₀ ⁶ D型叠加式减压阀 | 19-354 |
| 9.5 | 工作介质的选用 | 19-279 | 3.7 | FD型平衡阀 | 19-357 |
| 第7章 | 液压控制阀 | 19-282 | 3.8 | HED1型柱塞式压力继电器 | 19-362 |
| 1 | 液压控制阀的类型、结构原理及应用 | 19-282 | 3.9 | HED2型弹簧管式压力继电器 | 19-364 |
| 1.1 | 液压控制阀的类型 | 19-282 | 3.10 | HED3型弹簧管式压力继电器 | 19-365 |
| 1.2 | 液压控制阀的结构和应用 | 19-284 | 3.11 | HED4型电液压力继电器 | 19-366 |
| 2 | 中、高压系列液压阀(引进日本油研公 司技术产品) | 19-292 | 3.12 | MG型节流阀、MK型单向节 流阀 | 19-368 |
| 2.1 | D※-01遥控溢流阀 | 19-292 | 3.13 | Z2FS型叠加式双单向节流阀 | 19-369 |
| 2.2 | D※-02直动型溢流阀 | 19-293 | 3.14 | 2FRM型调速阀及Z4S型流向调 整板 | 19-371 |
| 2.3 | B※-03/06/10先导溢流阀 | 19-294 | 3.15 | MSA型调速阀 | 19-374 |
| 2.4 | S-BG-03/06/10低噪声溢流阀 | 19-296 | 3.16 | 2FRW型电磁调速阀 | 19-374 |
| 2.5 | BS※-03/06/10电磁溢流阀 | 19-297 | 3.17 | S型单向阀 | 19-376 |
| 2.6 | BU CG-06/10卸荷溢流阀 | 19-300 | 3.18 | Z1S型叠加式单向阀 | 19-377 |
| 2.7 | H※-03/06/10顺序阀、HC※- 03/06/10单向顺序阀 | 19-301 | 3.19 | SV/SL型液控单向阀 | 19-378 |
| 2.8 | R※-03/06/10减压阀、RC※- 03/06/10单向减压阀 | 19-304 | 3.20 | Z2S型叠加式液控单向阀 | 19-381 |
| 2.9 | S※-02压力继电器 | 19-306 | 3.21 | WE型湿式电磁换向阀 | 19-383 |
| 2.10 | FG-※※流量控制阀、FCG-※※ 带单向阀的流量控制阀 | 19-307 | 3.22 | WEH型电液换向阀 | 19-390 |
| 2.11 | FBG-03/06/10溢流节流阀 | 19-311 | 3.23 | WM _U ^R 6型滚轮/推杆操纵换向阀 | 19-401 |
| 2.12 | SR※-03/06/10节流阀、SRC※- 03/06/10单向节流阀 | 19-313 | 3.24 | WMM型手动换向阀 | 19-404 |
| 2.13 | DSG-01/03电磁换向阀 | 19-315 | 3.25 | AF6型压力表开关 | 19-409 |
| | | | 3.26 | MS2型多路压力表开关 | 19-410 |
| | | | 4 | GE系列液压阀 | 19-411 |
| | | | 4.1 | YTF3型远程调压阀 | 19-411 |
| | | | 4.2 | YF3型溢流阀 | 19-411 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|--------|
| 4.3 | Y※F3型电磁溢流阀 | 19-413 |
| 4.4 | JF3型减压阀、AJF3型单向减压阀 | 19-413 |
| 4.5 | XF3型顺序阀、AXF3型单向顺序阀 | 19-414 |
| 4.6 | YJF3型溢流减压阀 | 19-415 |
| 4.7 | FBF3型负荷相关背压阀 | 19-416 |
| 4.8 | LF3型节流阀、ALF3型单向节流阀 | 19-417 |
| 4.9 | QF3型调速阀、AQF3型单向调速阀 | 19-418 |
| 4.10 | AXLF3-E10B 单向行程节流阀 | 19-419 |
| 4.11 | AXQF3-E10L单向行程调速阀 | 19-420 |
| 4.12 | AF3型单向阀 | 19-421 |
| 4.13 | YAF3型液控单向阀 | 19-421 |
| 4.14 | $\frac{2}{3} \frac{D}{E}$ F3型电磁换向阀 | 19-422 |
| 4.15 | $\frac{2}{3} \frac{D}{E}$ YF3型电液换向阀 | 19-424 |
| 4.16 | $\frac{2}{3}$ YF3型液动换向阀 | 19-427 |
| 4.17 | KF3型压力表开关 | 19-428 |
| 5 | 其他阀 | 19-429 |
| 5.1 | FL型、F※L型分流集流阀 | 19-429 |
| 5.2 | 3FL-L30※型分流集流阀 | 19-430 |
| 5.3 | 3FJLK-L10-50H型分流集流阀 | 19-431 |
| 5.4 | 3FJLZ-L20-130H型自调式分流集流阀 | 19-431 |
| 5.5 | ※STF ₂ 型分流集流阀 | 19-431 |
| 5.6 | ※※S※型手动换向阀 | 19-433 |
| 5.7 | ZFS型多路换向阀 | 19-438 |
| 5.8 | KF型压力表开关 | 19-439 |
| 5.9 | CJZQ型球阀 | 19-439 |
| 6 | 引进美国威格士技术产品的技术规格 | 19-441 |
| 7 | 叠加阀系列型谱 | 19-442 |
| 8 | 二通插装阀 | 19-454 |
| 8.1 | 二通插装阀的组成及工作原理 | 19-454 |
| 8.2 | 二通插装阀的基本回路及其组合 | 19-455 |
| 8.3 | JK3系列二通插装阀及集成阀块 | 19-457 |
| 8.3.1 | 技术规格 | 19-457 |
| 8.3.2 | 型号说明 | 19-457 |
| 8.3.3 | 集成阀块原理图 | 19-460 |
| 8.3.4 | 集成阀块外形尺寸 | 19-465 |

| | | |
|-------|----------------|--------|
| 8.4 | JK系列二通插装阀及集成阀块 | 19-472 |
| 8.4.1 | 技术规格 | 19-472 |
| 8.4.2 | 插装元件 | 19-472 |
| 8.4.3 | 控制盖板 | 19-473 |
| 8.4.4 | 集成块 | 19-475 |
| 8.5 | TJ系列二通插装阀及集成阀块 | 19-475 |
| 8.5.1 | 技术规格 | 19-475 |
| 8.5.2 | 插装元件 | 19-476 |
| 8.5.3 | 控制盖板 | 19-477 |
| 8.5.4 | 集成控制块 | 19-477 |
| 8.6 | LD※、LB※系列插装阀 | 19-478 |
| 8.6.1 | 技术规格 | 19-478 |
| 8.6.2 | 型号说明 | 19-479 |

第8章 液压辅助件及液压泵站 19-481

| | | |
|-------|-----------------------|--------|
| 1 | 管件 | 19-481 |
| 1.1 | 管道 | 19-481 |
| 1.2 | 管接头 | 19-486 |
| 1.2.1 | 焊接式管接头 | 19-487 |
| 1.2.2 | 锥密封焊接式管接头 | 19-493 |
| 1.2.3 | 扩口式管接头 | 19-498 |
| 1.2.4 | 胶管接头 | 19-506 |
| 1.2.5 | 活接头 | 19-516 |
| 1.2.6 | 快换接头 | 19-517 |
| 1.2.7 | 其他接头 | 19-519 |
| 1.2.8 | 螺塞及其垫圈 | 19-523 |
| 1.3 | 管夹 | 19-529 |
| 1.3.1 | 模压钢板管夹 | 19-529 |
| 1.3.2 | 塑料管夹 | 19-531 |
| 1.3.3 | 球铁管夹 | 19-532 |
| 2 | 蓄能器 | 19-533 |
| 2.1 | 蓄能器的种类、特点和用途 | 19-533 |
| 2.2 | 蓄能器在液压系统中的应用 | 19-535 |
| 2.3 | 蓄能器的计算 | 19-536 |
| 2.3.1 | 蓄能用的蓄能器的计算 | 19-536 |
| 2.3.2 | 其他情况下蓄能器总容积 V_0 的计算 | 19-540 |
| 2.3.3 | 重锤式蓄能器设计计算 | 19-542 |
| 2.3.4 | 非隔离式蓄能器计算 | 19-542 |
| 2.4 | 蓄能器的选择 | 19-543 |
| 2.5 | 蓄能器的产品 | 19-544 |
| 2.6 | 蓄能器控制阀组 | 19-549 |
| 3 | 冷却器 | 19-551 |
| 3.1 | 冷却器的用途 | 19-551 |
| 3.2 | 冷却器的种类和特点 | 19-552 |

| | | |
|-----|---------------|--------|
| 3.3 | 常用冷却回路的型式和特点 | 19-553 |
| 3.4 | 冷却器的计算 | 19-553 |
| 3.5 | 冷却器的选择 | 19-554 |
| 3.6 | 冷却器的产品性能及规格尺寸 | 19-555 |
| 3.7 | 冷却器用电磁水阀 | 19-566 |
| 4 | 过滤器 | 19-568 |
| 4.1 | 过滤器的类型、特点与应用 | 19-568 |
| 4.2 | 过滤器在系统中的安装与应用 | 19-569 |
| 4.3 | 过滤器的计算 | 19-570 |
| 4.4 | 过滤器的选择 | 16-570 |
| 4.5 | 过滤器产品 | 19-573 |
| 5 | 油箱及其附件 | 19-585 |
| 5.1 | 油箱的用途与分类 | 19-585 |
| 5.2 | 油箱的构造与设计要点 | 19-585 |
| 5.3 | 油箱的容量及计算 | 19-585 |
| 5.4 | 油箱中油液的冷却与加热 | 19-587 |
| 5.5 | 油箱及其附件的产品 | 19-588 |
| 6 | 液压泵站 | 19-596 |

| | | |
|-----|------------|--------|
| 6.1 | 液压泵站的分类及特点 | 19-596 |
| 6.2 | AB-C系列液压泵站 | 19-597 |
| 6.3 | YYZ系列液压泵站 | 19-600 |

第9章 液压传动系统的安装、使用和维护

| | | |
|-----|-----------------|--------|
| 1 | 液压传动系统的安装、试压和调试 | 19-603 |
| 1.1 | 液压元件的安装 | 19-603 |
| 1.2 | 管道安装与清洗 | 19-603 |
| 1.3 | 试压 | 19-607 |
| 1.4 | 调试与试运转 | 19-608 |
| 2 | 液压传动系统的使用和维护 | 19-608 |
| 2.1 | 液压系统的日常检查和定期检查 | 19-608 |
| 2.2 | 液压介质的污染等级 | 19-611 |
| 3 | 液压传动系统常见故障及排除方法 | 19-613 |
| 4 | 拖链 | 19-616 |
| | 参考文献 | 19-621 |

第20篇 液压控制

第1章 控制理论基础

| | | |
|-------|--------------------|-------|
| 1 | 控制系统的一般概念 | 20-3 |
| 1.1 | 反馈控制原理 | 20-3 |
| 1.2 | 反馈控制系统的组成、类型和要求 | 20-3 |
| 2 | 线性控制系统的数学描述 | 20-4 |
| 2.1 | 微分方程 | 20-4 |
| 2.2 | 传递函数及方块图 | 20-5 |
| 2.3 | 控制系统的传递函数 | 20-7 |
| 2.4 | 信号流图及梅逊增益公式 | 20-8 |
| 2.4.1 | 信号流图和方块图的对应关系 | 20-8 |
| 2.4.2 | 梅逊增益公式 | 20-9 |
| 2.5 | 机、电、液系统中的典型环节 | 20-10 |
| 2.6 | 频率特性 | 20-11 |
| 2.6.1 | 频率特性的定义、求法及表示方法 | 20-11 |
| 2.6.2 | 开环波德图、奈氏图和尼柯尔斯图的绘制 | 20-13 |
| 2.7 | 单位脉冲响应函数和单位阶跃响应函数 | 20-15 |
| 3 | 线性控制系统的性能指标 | 20-15 |
| 4 | 线性反馈控制系统分析 | 20-17 |
| 4.1 | 稳定性分析 | 20-17 |
| 4.1.1 | 稳定性定义和系统稳定的充要 | |

| | | |
|-------|----------------|-------|
| 条件 | 20-17 | |
| 4.1.2 | 稳定性准则 | 20-17 |
| 4.1.3 | 稳定裕量 | 20-19 |
| 4.2 | 控制系统动态品质分析 | 20-20 |
| 4.2.1 | 时域分析法 | 20-20 |
| 4.2.2 | 频率分析法 | 20-23 |
| 4.2.3 | 控制系统波德图的绘制 | 20-25 |
| 4.3 | 控制系统的误差分析 | 20-25 |
| 4.3.1 | 误差和误差传递函数 | 20-25 |
| 4.3.2 | 稳态误差的计算 | 20-26 |
| 4.3.3 | 改善系统稳态品质的主要方法 | 20-27 |
| 5 | 线性控制系统的校正 | 20-27 |
| 5.1 | 校正方式和常用的校正装置 | 20-27 |
| 5.1.1 | 校正方式 | 20-27 |
| 5.1.2 | 常用的校正装置 | 20-28 |
| 5.2 | 用期望特性法确定校正装置 | 20-32 |
| 5.2.1 | 期望特性的绘制 | 20-32 |
| 5.2.2 | 校正装置的确定 | 20-33 |
| 5.3 | 用综合性能指标确定校正装置 | 20-35 |
| 6 | 非线性反馈控制系统 | 20-36 |
| 6.1 | 概述 | 20-36 |
| 6.2 | 描述函数的概念 | 20-37 |
| 6.3 | 描述函数法分析非线性控制系统 | 20-40 |

| | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|-------|-----------------------|---|--------|
| 6.3.1 | 稳定性分析 | 20-40 | 3.2 | 四边阀控缸的方块图 | 20-69 |
| 6.3.2 | 振荡稳定性分析 | 20-41 | 3.3 | 四边阀控缸的传递函数及其简化 | 20-70 |
| 6.3.3 | 消除自激振荡的方法 | 20-41 | 3.4 | 其他形式动力元件的传递函数 | 20-72 |
| 6.3.4 | 非线性特性的利用 | 20-41 | 3.5 | 速度放大系数 K_v 、液压固有频率 ω_h 和液压阻尼比 ζ_h | 20-73 |
| 6.3.5 | 非线性系统分析举例 | 20-42 | 3.6 | 液压动态刚度(柔度) | 20-74 |
| 7 | 控制系统的仿真 | 20-42 | 3.7 | 负载特性与动力元件输出特性的 匹配 | 20-75 |
| 7.1 | 系统仿真的基本概念 | 20-42 | 4 | 机液伺服系统的动态计算 | 20-77 |
| 7.1.1 | 模拟仿真和数字仿真 | 20-42 | 4.1 | 机液伺服系统方块图和稳定性的 计算 | 20-77 |
| 7.1.2 | 仿真技术的应用 | 20-45 | 4.2 | 机液伺服系统响应指标的计算 | 20-81 |
| 7.2 | 连续系统离散相似法数字仿真 | 20-45 | 4.3 | 机液伺服系统稳态误差的计算 | 20-82 |
| 7.2.1 | 离散相似法的原理 | 20-45 | 4.4 | 机液伺服系统性能的改善 | 20-85 |
| 7.2.2 | 连接矩阵及程序框图 | 20-47 | 5 | 设计计算举例——仿形刀架的设计 | 20-86 |
| 8 | 线性离散控制系统 | 20-48 | 第4章 电液伺服系统设计计算 | | 20-87 |
| 8.1 | 概述 | 20-48 | 1 | 电液伺服系统的分析与设计 | 20-87 |
| 8.1.1 | 信号的采样过程 | 20-48 | 1.1 | 电液位置控制系统 | 20-87 |
| 8.1.2 | 信号的复原 | 20-49 | 1.1.1 | 系统的组成、方块图与传递 函数 | 20-87 |
| 8.1.3 | 数字控制系统的离散脉冲模型 | 20-49 | 1.1.2 | 电液伺服系统的技术指标 | 20-90 |
| 8.2 | Z变换 | 20-50 | 1.1.3 | 系统的稳定性和品质分析 | 20-90 |
| 8.2.1 | Z变换定义 | 20-50 | 1.1.4 | 精度分析 | 20-91 |
| 8.2.2 | Z变换的基本性质 | 20-52 | 1.1.5 | 系统的校正 | 20-91 |
| 8.2.3 | Z反变换 | 20-53 | 1.2 | 电液速度控制系统 | 20-97 |
| 8.2.4 | 用Z变换求解差分方程 | 20-53 | 1.2.1 | 电液速度控制系统的组成及控 制方式 | 20-98 |
| 8.3 | 脉冲传递函数 | 20-54 | 1.2.2 | 电液速度控制系统的分析与 校正 | 20-98 |
| 8.3.1 | 脉冲传递函数的定义 | 20-54 | 1.3 | 电液力(或压力)控制系统 | 20-99 |
| 8.3.2 | 离散控制系统的脉冲传递函数 | 20-54 | 2 | 电液伺服系统的设计方法与步骤 | 20-102 |
| 8.4 | 离散控制系统分析 | 20-55 | 3 | 电液伺服阀 | 20-105 |
| 8.4.1 | 稳定性分析 | 20-55 | 3.1 | 电液伺服阀的组成与分类 | 20-105 |
| 8.4.2 | 过渡过程分析 | 20-56 | 3.2 | 几种主要类型的电液伺服阀的结构 及工作原理 | 20-106 |
| 8.4.3 | 稳态误差分析 | 20-57 | 3.3 | 电液伺服阀的特性及技术性能参数 | 20-110 |
| 第2章 液压控制概述 | | 20-58 | 3.3.1 | 静态指标 | 20-110 |
| 1 | 液压、液力传动与液压伺服、比例控制 的原理、特点及区别 | 20-58 | 3.3.2 | 动态特性 | 20-113 |
| 2 | 液压伺服控制系统及电液比例控制系统 的分类 | 20-59 | 3.3.3 | 输入特性(电气特性) | 20-113 |
| 第3章 机液伺服控制系统的设计计算 | | 20-61 | 4 | 系统用伺服液压缸的设计计算 | 20-114 |
| 1 | 机液伺服控制系统的组成与分类 | 20-61 | 4.1 | 系统用伺服液压缸与传动用液压缸 的区别 | 20-114 |
| 2 | 液压放大元件 | 20-62 | | | |
| 2.1 | 液压放大元件的结构形式与分类 | 20-62 | | | |
| 2.2 | 滑阀的设计 | 20-63 | | | |
| 3 | 液压动力元件 | 20-68 | | | |
| 3.1 | 四边阀控缸的动态特性方程 | 20-68 | | | |

| | | |
|--------|---|--------|
| 4.2 | 系统用伺服液压缸的一般设计步骤 | 20-114 |
| 4.3 | 对系统用伺服液压缸的要求 | 20-115 |
| 4.4 | 系统用伺服液压缸的类型和结构 | 20-117 |
| 5 | 液压伺服系统的能源设计 | 20-118 |
| 5.1 | 对液压能源的要求 | 20-118 |
| 5.2 | 液压能源的型式、特点及应用 | 20-119 |
| 5.3 | 液压能源参数选择 | 20-120 |
| 6 | 电液位置控制伺服系统设计举例—— 350mm可逆轧机液压压下装置 | 20-121 |
| 7 | 速度控制伺服系统设计举例——伺服阀 拖动液压马达 | 20-128 |
| 8 | 力控制伺服系统设计举例——材料实验 机的液压控制系统 | 20-131 |
| 9 | 液压伺服系统回路分析 | 20-135 |
| 10 | 国内主要电液伺服阀产品 | 20-135 |
| 10.1 | 双喷嘴挡板力反馈式电液伺服阀 | 20-135 |
| 10.2 | 双喷嘴挡板电反馈式 (FF108、FF 109、QDY3、QDY8、DYSF型) 电液伺服阀 | 20-144 |
| 10.3 | 动圈式滑阀直接反馈式 (YJ、SV、 QDY4型)、滑阀直接位置反馈 式 (DQSF-I型) 电液伺服阀 | 20-146 |
| 10.4 | 动压反馈 (FF103型)、双喷嘴挡 板压力反馈 (DYSF-3P型)、带 液压锁 (FF107A型)、射流管 式力反馈 (CSDY、FSDY、 SSDY型) 电液伺服阀 | 20-149 |
| 11 | 国外主要电液伺服阀产品 | 20-151 |
| 12 | 伺服液压缸用密封件产品的性能及沟 槽尺寸 | 20-157 |
| 12.1 | 国内伺服液压缸用密封件产品 | 20-157 |
| 12.2 | 国外伺服液压缸用密封件产品 | 20-159 |
| 13 | 电液伺服阀的测试和液压伺服阀及其 系统的使用与维护 | 20-168 |
| 13.1 | 电液伺服阀的测试 | 20-168 |
| 13.1.1 | 伺服阀的静态实验 | 20-168 |
| 13.1.2 | 伺服阀的动态实验 | 20-170 |
| 13.2 | 液压伺服阀及其系统的使用与 维护 | 20-171 |
| 14 | 附录: 力士乐A4 VSO系列轴向柱塞恒压 | |

变量泵20-172

第5章 电液比例控制系统的设计

| | |
|------------------------------------|--------|
| 计算 | 20-175 |
| 1 概述 | 20-175 |
| 1.1 电液比例控制系统的组成、原理与 分类 | 20-175 |
| 1.2 电液比例控制系统的性能要求 | 20-176 |
| 2 电-机械比例转换器 | 20-176 |
| 2.1 对比例电磁铁的主要技术要求 | 20-176 |
| 2.2 比例电磁铁的结构及工作原理 | 20-177 |
| 2.3 常用电-机械转换器的比较 | 20-180 |
| 3 电液比例压力控制 | 20-181 |
| 3.1 电液比例压力阀的典型结构及工作 原理 | 20-181 |
| 3.2 电液比例压力阀的性能 | 20-183 |
| 3.3 电液比例压力控制回路及系统 | 20-186 |
| 4 电液比例流量控制 | 20-190 |
| 4.1 电液比例流量控制阀的典型结构 及工作原理 | 20-190 |
| 4.2 电液比例流量控制阀的性能 | 20-192 |
| 4.3 电液比例流量控制回路及系统 | 20-195 |
| 5 电液比例多参数控制 | 20-197 |
| 5.1 电液比例方向流量控制阀及比例 合阀的典型结构和工作原理 | 20-197 |
| 5.2 电液比例方向流量控制阀性能 | 20-201 |
| 5.3 电液比例多参数控制回路及系统 | 20-205 |
| 6 电液比例控制系统的设计计算 | 20-209 |
| 6.1 电液比例控制系统的设计步骤 | 20-209 |
| 6.2 电液比例压力控制阀的选择 | 20-209 |
| 6.3 电液比例流量控制阀的选择 | 20-209 |
| 6.4 电液比例方向流量控制阀的选择 | 20-209 |
| 7 国内生产的电液比例阀 | 20-211 |
| BY-G型电液比例溢流阀 | 20-211 |
| BL-G型电液比例节流阀 | 20-212 |
| BYBQ-G型电液比例二通调速阀 | 20-213 |
| BQY-G型电液比例三通调速阀 | 20-213 |
| 电磁式比例方向流量阀 | 20-215 |
| SZBY型直动电液比例溢流阀 | 20-215 |
| SDBY型电液比例溢流阀 | 20-216 |
| SBY型先导式电液比例溢流阀 | 20-217 |
| 8 国外生产的电液比例阀 | 20-218 |
| 8.1 比例控制阀 | 20-218 |

| | | | |
|--|--------|--|--------|
| 力士乐(Rexroth)DBETR型/10系列比例 压力溢流阀(带位置反馈阀) | 20-218 | 力士乐4WR _H ^Z 10型/30系列比例方向流 量阀 | 20-255 |
| 力士乐DBE型/30系列溢流阀 | 20-219 | 力士乐4WR _H ^Z 16型/30系列比例方向流 量阀 | 20-259 |
| 力士乐DRE/DREM型减压阀 | 20-224 | 力士乐4WR _H ^Z 25型/30系列比例方向流 量阀 | 20-260 |
| 力士乐3DREP6型三通比例压力阀 | 20-227 | 力士乐4WR _H ^Z 32型/30系列比例方向流 量阀 | 20-262 |
| 力士乐2FRE6型/20系列二通比例流量阀 | 20-229 | 8.2 进口压力补偿器 | 20-264 |
| 力士乐2FRE型/40系列二通比例流量阀 | 20-233 | 力士乐ZDC10型/20系列进口压力补偿器 | 20-264 |
| 力士乐FE...C型/10系列二通比例流量插 装阀 | 20-237 | 力士乐ZDC16型/20系列进口压力补偿器 | 20-266 |
| 威格士(Vickers)KFTG4V-3/5型/20系列 带反馈比例节流阀 | 20-241 | 力士乐ZDC25型/20系列进口压力补偿器 | 20-267 |
| 力士乐4WRA 6型/10系列比例方向流量阀 | 20-244 | 8.3 出口压力补偿器 | 20-268 |
| 力士乐4WRE6型/10系列比例方向流量阀 | 20-246 | 力士乐SCA型出口压力补偿器 | 20-268 |
| 力士乐4WRA10型系列比例方向流量阀 | 20-249 | 8.4 比例方向流量阀底板 | 20-271 |
| 力士乐4WRE10型/10系列比例方向流 量阀 | 20-252 | 力士乐比例方向流量阀底板 | 20-271 |
| | | 参考文献 | 20-276 |

第 21 篇 气压传动

| | | | |
|--------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|
| 第 1 章 气压传动设计一般资料 | 21-3 | 1.5 位置控制回路 | 21-18 |
| 1 气压传动的特点及气压传动网络的组成 | 21-3 | 1.6 自动往复回路 | 21-19 |
| 1.1 气压传动的优缺点 | 21-3 | 1.7 同步回路和延时回路 | 21-20 |
| 1.2 气压传动与其他传动方式性能的 比较 | 21-3 | 1.8 单手柄操作气缸双向运动回路(二 进制计数回路) | 21-20 |
| 1.3 气压传动网络系统的组成 | 21-4 | 1.9 气液转换回路 | 21-21 |
| 2 气路的分析及计算 | 21-4 | 2 气动控制应用举例 | 21-22 |
| 2.1 气路的一般分析 | 21-4 | 第 3 章 气缸 | 21-25 |
| 2.2 气路系统供气需要量的计算 | 21-5 | 1 气缸的类型与特点 | 21-25 |
| 2.3 压缩空气管道管径和压力损失的 计算 | 21-7 | 2 气缸的安装型式 | 21-27 |
| 2.3.1 压缩空气管道管径的确定 | 21-7 | 3 气缸的应用 | 21-27 |
| 2.3.2 管道压力损失的计算 | 21-10 | 3.1 气缸的选择要点 | 21-27 |
| 3 控制阀通径的选择计算 | 21-12 | 3.2 气缸的应用举例 | 21-29 |
| 第 2 章 气动基本回路及其应用 | 21-14 | 4 气缸的设计计算 | 21-31 |
| 1 气动基本回路 | 21-14 | 4.1 气缸的组成与结构图例 | 21-31 |
| 1.1 换向回路 | 21-14 | 4.2 气缸的设计计算 | 21-37 |
| 1.2 速度控制回路 | 21-15 | 4.2.1 活塞杆上的作用力和气缸直 径的确定 | 21-37 |
| 1.3 压力与力控制回路 | 21-16 | 4.2.2 气缸筒 | 21-39 |
| 1.4 安全保护回路 | 21-17 | 4.2.3 气缸盖 | 21-39 |
| | | 4.2.4 缸筒与缸盖的连接 | 21-39 |

| | | | |
|--|-------|----------------------------|--------|
| 4.2.5 活塞 | 21-40 | 1 气动马达的分类、工作原理与特点 ... | 21-98 |
| 4.2.6 活塞杆 | 21-41 | 1.1 气动马达的分类 | 21-98 |
| 4.2.7 缓冲装置 | 21-43 | 1.2 气动马达工作原理 | 21-98 |
| 4.2.8 耗气量的计算 | 21-44 | 1.3 气动马达的特点 | 21-99 |
| 4.2.9 气缸进(排)气口直径 | 21-45 | 1.4 气动马达的润滑及应用 | 21-101 |
| 4.2.10 气缸的密封 | 21-46 | 2 气动马达产品 | 21-101 |
| 5 气缸的产品系列 | 21-48 | 2.1 叶片式气动马达 | 21-101 |
| 5.1 冶金设备用气缸(JB1444~1448—74) | 21-48 | 2.2 活塞式气动马达 | 21-104 |
| 5.2 QGA型与QGB型系列气缸 | 21-52 | 第5章 气动控制阀 | 21-106 |
| 5.3 QGA型与QGB型派生系列气缸 | 21-57 | 1 概述 | 21-106 |
| 5.4 QGA II型与QGB II型系列气缸 | 21-59 | 1.1 气动控制阀的分类、特点和应用 | 21-106 |
| 5.5 QGB II型派生系列气缸 | 21-61 | 1.2 气动控制阀型号意义 | 21-111 |
| 5.6 QGL型绳索气缸 | 21-64 | 2 压力控制阀 | 21-112 |
| 5.7 QGK型和QGKa型齿轮齿条摆动气缸 | 21-65 | 2.1 顺序阀及单向顺序阀 | 21-112 |
| 5.8 QGZ型磁性无活塞杆气缸 | 21-67 | 2.2 安全阀 | 21-113 |
| 5.9 薄型气缸 | 21-67 | 3 流量控制阀 | 21-114 |
| 5.10 QGX和QGX I系列微型气缸 | 21-69 | 3.1 节流阀 | 21-114 |
| 5.11 QGD型气液阻尼缸 | 21-75 | 3.2 单向节流阀 | 21-115 |
| 5.12 QGBX系列气缸 | 21-75 | 3.3 排气节流阀 | 21-120 |
| 5.13 FQGA系列方形气缸 | 21-76 | 3.4 排气消声节流阀 | 21-120 |
| 5.14 LTA系列方形摆动气缸 | 21-76 | 4 方向控制阀 | 21-121 |
| 5.15 GWC系列拉链气缸和QGWG(B)系列刚性无杆气缸 | 21-77 | 4.1 概述 | 21-121 |
| 5.16 LBA系列微型摆动气缸 | 21-78 | 4.2 气控换向阀 | 21-122 |
| 5.17 QGV(D)型薄膜气缸 | 21-79 | 4.2.1 二位二通气控换向阀 | 21-122 |
| 5.18 LCZ、LCZM、LCD、LCDM、LZE、LZEM型气缸 | 21-79 | 4.2.2 二位三通、二位三通气控球阀 | 21-123 |
| 5.19 LCZ-F、LCZM-F、LCD-F、LCDM-F型带阀气缸与LZE-F、LZEM-F组合气缸 | 21-82 | 4.2.3 二位三通气控滑阀 | 21-123 |
| 5.20 QM小型气缸、QM-W小型无油润滑气缸、QM-K小型带磁性开关气缸 | 21-82 | 4.2.4 二位三通气控截止阀 | 21-125 |
| 5.21 QA型可调缓冲气缸、QA-W型无油润滑可调缓冲气缸、QA-K磁性开关气缸 | 21-83 | 4.2.5 二位四通气控换向阀 | 21-128 |
| 5.22 10A-5系列无给油润滑气缸、QGEW-2系列无给油润滑双活塞杆气缸 | 21-85 | 4.2.6 二位五通气控滑阀 | 21-130 |
| 5.23 10Y-2系列无给油润滑气缸 | 21-90 | 4.2.7 二位五通截止式气控换向阀 | 21-137 |
| 5.24 10A-2系列无给油润滑气缸 | 21-95 | 4.2.8 二位三通、二位五通气控换向阀 | 21-138 |
| 第4章 气动马达 | 21-98 | 4.2.9 三位三通、三位五通双气控滑阀 | 21-141 |
| | | 4.3 电控换向阀 | 21-146 |
| | | 4.3.1 微型电磁阀 | 21-146 |
| | | 4.3.2 二位二通单电控电气换向阀 | 21-153 |
| | | 4.3.3 二位三通单电控电磁阀 | 21-157 |
| | | 4.3.4 二位三通双电控电磁阀 | 21-162 |
| | | 4.3.5 二位五通电磁阀 | 21-164 |