

成大先 主编

机械设计手册

第五版

第 5 卷

HANDBOOK
MECHANICAL
DESIGN



化学工业出版社

TH122/8=7
:5
2008

机械设计手册

第五版

第 5 卷

主编单位 中国有色工程设计研究总院
主 编 成大先
副主编 王德夫 姬奎生 韩学铨
姜 勇 李长顺 王雄耀

HANDBOOK
OF MECHANICAL
DESIGN



化学工业出版社

· 北 京 ·

《机械设计手册》第五版共5卷，涵盖了机械常规设计的所有内容。其中第1卷包括一般设计资料，机械制图、极限与配合、形状和位置公差及表面结构，常用机械工程材料，机构；第2卷包括连接与紧固，轴及其连接，轴承，起重运输机械零部件，操作件、小五金及管件；第3卷包括润滑与密封，弹簧，螺旋传动、摩擦轮传动，带、链传动，齿轮传动；第4卷包括多点啮合柔性传动，减速器、变速器，常用电机、电器及电动（液）推杆与升降机，机械振动的控制及利用，机架设计，塑料制品与塑料注射成型模具设计；第5卷包括液压传动，液压控制，气压传动等。

《机械设计手册》第五版是在总结前四版的成功经验，考虑广大读者的使用习惯及对《机械设计手册》提出新要求的基础上进行编写的。《机械设计手册》保持了前四版的风格、特色和品位：突出实用性，从机械设计人员的角度考虑，合理安排内容取舍和编排体系；强调准确性，数据、资料主要来自标准、规范和其他权威资料，设计方法、公式、参数选用经过长期实践检验，设计举例来自工程实践；反映先进性，增加了许多适合我国国情、具有广阔应用前景的新材料、新方法、新技术、新工艺，采用了最新的标准、规范，广泛收集了具有先进水平并实现标准化的新产品；突出了实用、便查的特点。

《机械设计手册》可作为机械设计人员和有关工程技术人员工具书，也可供高等院校有关专业师生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计手册. 第5卷 /成大先主编. —5版. —北京:
化学工业出版社, 2008.3
ISBN 978-7-122-01412-2

I. 机… II. 成… III. 机械设计-技术手册
IV. TH122-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 027932 号

责任编辑: 周国庆 张兴辉 王 焯 贾 娜 文字编辑: 闫 敏 张燕文
责任校对: 郑 捷 战河红 装帧设计: 尹琳琳

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm × 1092mm 1/16 印张 111 1/4 字数 4035 千字
1969 年 6 月第 1 版 2008 年 4 月北京第 5 版第 28 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: 138.00 元
京化广临字 2008—13 号

版权所有 违者必究

撰稿人员

- | | | | |
|-----|--------------------|------|----------------|
| 成大先 | 中国有色工程设计研究总院 | 徐 华 | 西安交通大学 |
| 王德夫 | 中国有色工程设计研究总院 | 陈立群 | 西北轻工业学院 |
| 刘世参 | 《中国表面工程》杂志、装甲兵工程学院 | 谢振宇 | 南京航空航天大学 |
| 姬奎生 | 中国有色工程设计研究总院 | 陈应斗 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 韩学铨 | 北京石油化工工程公司 | 张奇芳 | 沈阳铝镁设计研究院 |
| 余梦生 | 北京科技大学 | 肖治彭 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 高淑之 | 北京化工大学 | 邹舜卿 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 柯蕊珍 | 中国有色工程设计研究总院 | 邓述慈 | 西安理工大学 |
| 王欣玲 | 机械科学研究院 | 秦 毅 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 陶兆荣 | 中国有色工程设计研究总院 | 周凤香 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 孙东辉 | 中国有色工程设计研究总院 | 朴树寰 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 李福君 | 中国有色工程设计研究总院 | 杜子英 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 阮忠唐 | 西安理工大学 | 汪德涛 | 广州机床研究所 |
| 熊绮华 | 西安理工大学 | 朱 炎 | 中国航宇救生装置公司 |
| 雷淑存 | 西安理工大学 | 王鸿翔 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 田惠民 | 西安理工大学 | 郭 永 | 山西省自动化研究所 |
| 殷鸿樑 | 上海工业大学 | 厉始忠 | 机械科学研究院 |
| 齐维浩 | 西安理工大学 | 厉海祥 | 武汉理工大学 |
| 曹惟庆 | 西安理工大学 | 欧阳志喜 | 宁波双林汽车部件股份有限公司 |
| 关天池 | 中国有色工程设计研究总院 | 段慧文 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 房庆久 | 中国有色工程设计研究总院 | 姜 勇 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 李建平 | 北京航空航天大学 | 徐永年 | 郑州机械研究所 |
| 李安民 | 机械科学研究院 | 梁桂明 | 河南科技大学 |
| 李维荣 | 机械科学研究院 | 张光辉 | 重庆大学 |
| 丁宝平 | 机械科学研究院 | 罗文军 | 重庆大学 |
| 梁全贵 | 中国有色工程设计研究总院 | 沙树明 | 中国有色工程设计研究总院 |
| 王淑兰 | 中国有色工程设计研究总院 | 谢佩娟 | 太原理工大学 |
| 林基明 | 中国有色工程设计研究总院 | 余 铭 | 无锡市万向轴厂 |
| 王孝先 | 中国有色工程设计研究总院 | 陈祖元 | 广东工业大学 |
| 童祖楹 | 上海交通大学 | 陈仕贤 | 北京航空航天大学 |
| 刘清廉 | 中国有色工程设计研究总院 | 郑自求 | 四川理工学院 |
| 许文元 | 天津工程机械研究所 | 贺元成 | 泸州职业技术学院 |
| 孔庆堂 | 北京新兴超越离合器有限公司 | 季泉生 | 济南钢铁集团 |
| 孙永旭 | 北京古德机电技术研究所 | 方 正 | 中国重型机械研究院 |
| 丘大谋 | 西安交通大学 | 马敬勋 | 济南钢铁集团 |
| 诸文俊 | 西安交通大学 | 冯彦宾 | 四川理工学院 |

HANDBOOK

89-173/d

袁 林	四川理工学院	周 培	中冶京城工程技术有限公司
王春和	北方工业大学	崔桂芝	北方工业大学
周朗晴	中国有色工程设计研究总院	张若青	北方工业大学
孙夏明	北方工业大学	王 侃	北方工业大学
黄吉平	宁波市镇海减变速机制造有限公司	张常年	北方工业大学
陈宗源	中冶集团重庆钢铁设计研究院	朱宏军	北方工业大学
张 翌	北京太富力传动机器有限责任公司	佟 新	中国有色工程设计研究总院
蔡学熙	连云港化工矿山设计研究院	禚有雄	天津大学
姚光义	连云港化工矿山设计研究院	林少芬	集美大学
沈益新	连云港化工矿山设计研究院	卢长耿	厦门海德科液压机械设备有限公司
钱亦清	连云港化工矿山设计研究院	容同生	厦门海德科液压机械设备有限公司
于 琴	连云港化工矿山设计研究院	吴根茂	浙江大学
蔡学坚	邢台地区经济委员会	魏建华	浙江大学
虞培清	浙江长城减速机有限公司	钟荣龙	厦门海特液压机械工程有限公司
项建忠	浙江通力减速机有限公司	黄 畚	北京科技大学
阮劲松	宝鸡市广环机床责任有限公司	王雄耀	费斯托 (FESTO) (中国) 有限公司
纪盛青	东北大学	彭光正	北京理工大学
付宏生	北京电子科技职业学院设计与工艺学院	张百海	北京理工大学
张海臣	深圳海翔铭公司	王 涛	北京理工大学
黄效国	北京科技大学	陈金兵	北京理工大学
陈新华	北京科技大学	包 钢	哈尔滨工业大学
李长顺	中国有色工程设计研究总院	蒋友谅	北京理工大学
刘秀丽	中国有色工程设计研究总院	刘福祐	中国有色工程设计研究总院
宋天民	北京钢铁设计研究总院	史习先	中国有色工程设计研究总院

审 稿 人 员

余梦生	成大先	王德夫	强 毅	房庆久	李福君	钟云杰	郭可谦
姬奎生	王春九	韩学铨	段慧文	邹舜卿	汪德涛	陈应斗	刘清廉
李继和	徐 智	郭长生	吴宗泽	李长顺	陈湛闻	饶振纲	季泉生
林 鹤	黄靖远	武其俭	洪允楣	蔡学熙	张红兵	朱天仕	唐铁城
容同生	卢长耿	宋京其	姜 勇	吴 筠	徐文灿	史习先	申连生

编 辑 人 员

周国庆	张兴辉	王 焯	贾 娜	张红兵	郭长生	任文斗	黄 滢
周 红	李军亮	辛 田	张燕文	闫 敏	项 激		

HANDBOOK

中国有色工程设计研究总院

第五版前言

《机械设计手册》自1969年第一版出版发行以来,已经修订至第五版,累计销售量超过120万套,成为新中国成立以来,在国内影响力最强、销售量最大的机械设计工具书。作为国家级的重点科技图书,《机械设计手册》多次获得国家和省部级奖励。其中,1978年获全国科学大会科技成果奖,1983年获化工部优秀科技图书奖,1995年获全国优秀科技图书二等奖,1999年获全国化工科技进步二等奖,2002年获石油和化学工业优秀科技图书一等奖,2003年获中国石油和化学工业科技进步二等奖。1986~2002年,连续被评为全国优秀畅销书。

与时俱进、开拓创新,实现实用性、可靠性和创新性的最佳结合,协助广大机械设计人员开发出更好更新的产品,适应市场和生产需要,提高市场竞争力和国际竞争力,这是《机械设计手册》一贯坚持、不懈努力的最高宗旨。

《机械设计手册》第四版出版发行至今已有6年多的时间,在这期间,我们进行了广泛的调查研究,多次邀请了机械方面的专家、学者座谈,倾听他们对第五版修订的建议,并深入设计院所、工厂和矿山的第一线,向广大设计工作者了解《手册》的应用情况和意见,及时发现、收集生产实践中出现的新经验和新问题,多方位、多渠道跟踪、收集国内外涌现出来的新技术、新产品,改进和丰富《手册》的内容,使《手册》更具鲜活力,以最大限度地快速提高广大机械设计人员自主创新的能力,适应建设创新型国家的需要。

《手册》第五版的具体修订情况如下。

一、在提高产品开发、创新设计方面

1. 开辟了“塑料制品与塑料注射成型模具设计”篇:介绍了塑料产品和模具设计的相关基础资料、注塑成型的常见缺陷和对策。

2. 机械传动部分:增加了点线啮合传动设计;增加了符合ISO国际最新标准的渐开线圆柱齿轮的设计;补充并完善了非零变位锥齿轮设计;对多点啮合柔性传动的柔性支撑做了重新分类;增加了塑料齿轮设计。

3. “气压传动”篇全面更新:强调更新、更全、更实用,尽可能把当今国际上已有的新技术、新产品反映出来。汇集的新技术、新产品有:用于抓取和卸放的模块化导向驱动器、气动肌肉、高速阀、阀岛、气动比例伺服阀、压电比例阀、气动软停止、气动的比例气爪、双倍行程无杆气缸、无接触真空吸盘、智能三联件等。第一次把气动驱动器分成两大类型,即普通类气缸和导向驱动装置。普通类气缸实质上是不带导向机构的传统气缸及新型开发的各种气缸,如低摩擦气缸、低速气缸、耐高温气缸、不含铜和四氟乙烯的气缸等。所谓导向驱动装置是让读者根据产品技术参数直接选用,不必再另行设计导轨系统。它将成为今后的发展趋势,强调模块化,即插即用。另外还增补了与气动应用密切相关的其他行业标准、技术的基础性介绍,如气动技术中静电的产生与防止、各国对净化车间压缩空气的分类等级标准;气动元件的防爆等级分类;食品行业对设备气动元件等的卫生要求;在电子行业不含铜和四氟乙烯产品等。

4. 收集了钢丝绳振动的分析资料。

二、在促进新产品设计和加工制造的新工艺设计方面

1. 进一步扩充了表面技术,在介绍多种单一表面技术基础上又新增了复合表面技术的基本原理、适用场合、选用原则和应用实例等内容。

HANDBOOK

2. 推荐了快速原型制造技术。该技术解决了单件或小批量铸件的制造问题,大大缩短了产品的设计开发周期,可以预见,它必将受到普遍的重视,得到迅速的发展。

3. 节能的形变热处理。如铸造余热淬火,它是利用锻造的余热淬火,既节省了热处理的重新加热,而且得到了较好的力学性能的组合,使淬火钢的强度和冲击值同时提高。

三、为新产品开发、老产品改造创新,提供新型元器件和新材料方面

1. 左右螺纹防松螺栓:生产实践证明防松效果良好,而且结构简单,操作方便,是防松设计的一种新的、好的设计思路。

2. 集成式新型零部件:包括一些新型的联轴器、离合器、制动器、带减速器的电机、调节精度高伺服液压缸等,这种集成式零部件增加了产品功能,减少了零件数,既节材又省工。

3. 节能产品:介绍了节能电机。

4. 新型材料:在零部件设计工艺性部分和材料篇分别阐述了“蠕墨铸铁”和“镁合金”的工艺特性和主要技术参数。“蠕墨铸铁”具有介于灰铸铁和球墨铸铁之间的良好性能。其抗拉强度、屈服强度高于高强度灰铸铁,而低于球墨铸铁,热传导性、耐热疲劳性、切削加工性和减振性又近似于一般灰铸铁;它的疲劳极限和冲击韧度虽不如球墨铸铁,但明显优于灰铸铁;它的铸造性能接近于灰铸铁,制造工艺简单,成品率高,因而具有广泛的条件,如:(1)由于强度高,对于断面的敏感性小,铸造性好,因而可用来制造复杂的大型零件;(2)由于具有较高的力学性能,并具有较好的导热性,因而常用来制造在热交换以及有较大温度梯度下工作的零件,如汽车制动盘、钢锭模等;(3)由于强度较高、致密性好,可用来代替孕育铸铁件,不仅节约了废钢,减轻了铸件重量(碳当量较高,强度却比灰铸铁高),而且成品率也大幅度提高,特别是铸件气密性增加,特别适用于液压件的生产等。“镁合金”的主要特点是密度低、比刚度和比强度高。铸造镁合金还有高的减振性,因此能承受较大的冲击振动载荷,而且在受冲击及摩擦时不会起火花。镁的体积热容比其他所有金属都低,因此,镁及其合金的另一个主要特性是加热升温与散热降温都比其他金属快;所有金属成形工艺一般都可以用于镁合金的成形加工,其中,压铸(高压铸造)工艺最为常用,镁压铸件精度高、组织细小、均匀、致密,具有良好的性能,因此,镁合金广泛应用于航天、航空、交通运输、计算机、通信器材和消费类电子产品、纺织和印刷等工业。镁合金由于它的优良的力学性能、物理性能等以及材料回收率高,符合环保要求,被称为21世纪最具开发应用前景的“绿色材料”。

四、在贯彻推广标准化工作方面

1. 所有产品、材料和工艺方面的标准均全部采用2006年和2007年公布的最新标准资料。

2. 在产品设计资料的编写方面,对许多生产厂家(如气动产品厂家)进行了标准化工作的调查研究,将标准化好的产品作为入选首要条件。应广大读者的要求,在介绍产品时,在备注中增加了产品生产厂名。由于市场经济的实际变化较快,读者必须结合当时的实际情况,进一步作深入调查,了解产品实际生产品种、规格及尺寸,以及产品质量和用户的实际反映,再作选择。

借《机械设计手册》第五版出版之际,再次向参加每版编写的单位和个人表示衷心的感谢!同时也感谢给我们提供大力支持和热忱帮助的单位 and 各界朋友们!特别感谢鞍山矿山设计研究院,长沙有色冶金设计研究院的袁学敏、刘金庭、陈雨田,武汉钢铁设计研究总院的刘美珑、刘翔等同志给我们提供帮助!

由于水平有限,调研工作不够全面,修订中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者继续给予批评指正。

主 编

HANDBOOK

目 录

第 21 篇

液压传动

第 1 章 基础标准及液压流体力学

常用公式	21-3
1 基础标准	21-3
1.1 液压气动系统及元件的公称压力系列 (摘自 GB/T 2346—1988)	21-3
1.2 液压泵及马达公称排量系列 (摘自 GB/T 2347—1980)	21-3
1.3 液压缸、气缸内径及活塞杆外径系列 (摘自 GB/T 2348—1993)	21-4
1.4 液压缸、气缸活塞行程系列 (摘自 GB/T 2349—1980)	21-4
1.5 液压元件的油口螺纹连接尺寸 (摘自 GB/T 2878—1993)	21-5
1.6 液压泵站油箱公称容量系列 (摘自 JB/T 7938—1999)	21-5
1.7 液压气动系统用硬管外径和软管内径 (摘自 GB/T 2351—1993)	21-5
1.8 液压阀油口的标识 (摘自 GB/T 17490—1998)	21-5
2 液压气动图形符号 (摘自 GB/T 786.1—1993)	21-6
2.1 图形符号	21-6
2.2 控制机构、能量控制和调节元件符号绘制规则	21-13
3 液压流体力学常用公式	21-15
3.1 流体主要物理性质公式	21-15
3.2 流体静力学公式	21-16
3.3 流体动力学公式	21-16
3.4 雷诺数、流态、压力损失公式	21-17

3.5 小孔流量公式	21-22
3.6 平行平板间的缝隙流公式	21-23
3.7 环形缝隙流公式	21-23
3.8 液压冲击公式	21-24

第 2 章 液压系统设计

1 概述	21-25
1.1 液压系统的组成和型式	21-25
1.2 液压系统的类型和特点	21-25
1.3 液压传动与控制的优缺点	21-26
1.4 液压开关系统逻辑设计法	21-26
1.5 液压 CAD 的应用	21-27
1.6 可靠性设计	21-27
2 液压系统设计	21-29
2.1 明确设计要求	21-29
2.2 确定液压执行元件	21-29
2.3 绘制液压系统工况图	21-30
2.4 确定系统工作压力	21-30
2.5 确定执行元件的控制和调速方案	21-30
2.6 草拟液压系统原理图	21-33
2.7 计算执行元件主要参数	21-33
2.8 选择液压泵	21-34
2.9 选择液压控制元件	21-35
2.10 选择电动机	21-35
2.11 选择、计算液压辅助件	21-36
2.12 验算液压系统性能	21-36
2.13 绘制工作图、编写技术文件	21-37
2.14 液压系统设计计算举例	21-37
2.14.1 ZS-500 型塑料注射成型液压	

机液压系统设计	21-37	6.2 专用液压油 (液)	21-111
2.14.2 80MN 水压机下料机械手液压 系统设计	21-49	6.3 难燃液液	21-115
第3章 液压基本回路	21-57	6.4 液力传动油 (液)	21-119
1 压力控制回路	21-57	7 液压工作介质的选择	21-119
1.1 调压回路	21-57	8 液压工作介质的使用要点	21-122
1.2 减压回路	21-59	第5章 液压泵和液压马达	21-124
1.3 增压回路	21-61	1 液压泵和液压马达的分类与工作 原理	21-124
1.4 保压回路	21-63	2 液压泵和液压马达的选用	21-125
1.5 卸荷回路	21-65	3 液压泵产品及选用指南	21-128
1.6 平衡回路	21-68	3.1 齿轮泵	21-128
1.7 制动回路	21-70	3.1.1 CB 型齿轮泵	21-129
2 速度控制回路	21-71	3.1.2 CB-F 型齿轮泵	21-131
2.1 调速回路	21-71	3.1.3 CBG 型齿轮泵	21-134
2.1.1 节流调速回路	21-71	3.1.4 CB※-E、CB※-F 型 齿轮泵	21-138
2.1.2 容积调速回路	21-75	3.1.5 三联齿轮泵	21-143
2.1.3 容积节流调速回路	21-78	3.1.6 P7600、P5100、P3100、 P197、P257 型高压齿轮泵 (马达)	21-147
2.1.4 节能调速回路	21-79	3.1.7 恒流齿轮泵	21-149
2.2 增速回路	21-81	3.1.8 复合齿轮泵	21-151
2.3 减速回路	21-83	3.2 叶片泵产品及选用指南	21-153
2.4 同步回路	21-84	3.2.1 YB 型、YB ₁ 型叶片泵	21-154
3 方向控制回路	21-88	3.2.2 YB-※车辆用叶片泵	21-159
4 其他液压回路	21-91	3.2.3 PFE 系列柱销式叶片泵	21-161
4.1 顺序动作回路	21-91	3.2.4 Y2B 型双级叶片泵	21-166
4.2 缓冲回路	21-94	3.2.5 YB※型变量叶片泵	21-168
4.3 锁紧回路	21-95	3.3 柱塞泵 (马达) 产品及选用 指南	21-171
4.4 油源回路	21-97	3.3.1 ※CY14-1B 型斜盘式轴向 柱塞泵	21-173
第4章 液压工作介质	21-99	3.3.2 ZB 系列非通轴泵 (马达)	21-179
1 液压工作介质的类别、组别、产品符号 和命名 (摘自 GB/T 7631.1—1987、 GB/T 7631.2—2003)	21-99	3.3.3 Z※B 型斜轴式轴向 柱塞泵	21-184
2 液压油黏度分类	21-100	3.3.4 A※V、A※F 型斜轴式轴向 柱塞泵 (马达)	21-186
3 对液压工作介质的主要要求	21-101	3.3.5 JB-※型径向柱塞定量泵	21-204
4 常用液压工作介质的组成、特性和 应用	21-102	3.3.6 JB※型径向变量柱塞泵	21-205
5 液压工作介质的添加剂	21-104		
6 液压工作介质的质量指标	21-105		
6.1 矿物油型和合成烃型液压油 (摘自 GB 11118.1—1994)	21-105		

3.3.7 JBP 径向柱塞泵	21-207	7.3 冶金设备用液压缸	21-311
4 液压马达产品	21-209	7.4 重载液压缸	21-319
4.1 齿轮液压马达	21-209	7.4.1 CD /CG250、CD /CG350 系列 重载液压缸	21-319
4.1.1 CM 系列齿轮马达	21-209	7.4.2 带位移传感器的 CD /CG250 系列液压缸	21-333
4.1.2 CM5 系列齿轮马达	21-211	7.4.3 C25、D25 系列高压重型 液压缸	21-334
4.1.3 BMS、BMT、BMV 系列摆线 液压马达	21-212	7.4.4 CDH2 /CGH2 系列液压缸	21-350
4.2 叶片液压马达	21-224	7.5 轻型拉杆式液压缸	21-352
4.3 柱塞液压马达	21-227	7.6 多级液压缸	21-361
4.3.1 A6V 变量马达	21-227	7.7 齿条齿轮摆动液压缸	21-364
4.3.2 A6VG 变量马达	21-232	7.7.1 UB 型齿条齿轮摆动 液压缸	21-364
4.3.3 A6VE 内藏式变量马达	21-235	7.7.2 UBS 重型齿条齿轮摆动 液压缸	21-372
4.3.4 ※JM、JM※系列曲轴连杆式 径向柱塞液压马达	21-237	7.8 同步分配器液压缸	21-373
4.3.5 DMQ 系列径向柱塞马达	21-247		
4.3.6 NJM 型内曲线径向柱塞 马达	21-248		
4.3.7 QJM 型、QKM 型液压马达	21-252		
4.4 摆动液压马达	21-271		
第 6 章 液压缸	21-274	第 7 章 液压控制阀	21-377
1 液压缸的分类	21-274	1 液压控制阀的类型、结构原理及 应用	21-377
2 液压缸的主要参数	21-275	1.1 液压控制阀的类型	21-377
3 液压缸主要技术性能参数的计算	21-276	1.2 液压控制阀的结构原理和应用	21-379
4 通用液压缸的典型结构	21-280	2 中、高压系列液压阀	21-388
5 液压缸主要零部件设计	21-281	2.1 D 型直动式溢流阀、遥控 溢流阀	21-388
5.1 缸筒	21-281	2.2 B 型先导溢流阀	21-390
5.2 活塞	21-286	2.3 电磁溢流阀	21-392
5.3 活塞杆	21-289	2.4 低噪声电磁溢流阀	21-396
5.4 活塞杆的导向套、密封装置和 防尘圈	21-292	2.5 H 型压力控制阀和 HC 型压力 控制阀	21-398
5.5 中隔圈	21-294	2.6 R 型先导式减压阀和 RC 型单向 减压阀	21-401
5.6 缓冲装置	21-294	2.7 RB 型平衡阀	21-403
5.7 排气阀	21-296	2.8 BUC 型卸荷溢流阀	21-404
5.8 油口	21-297	2.9 F(C)G 型流量控制阀	21-406
5.9 单向阀	21-299	2.10 FH(C)型先导操作流量 控制阀	21-410
5.10 密封件、防尘圈的选用	21-299	2.11 FB 型溢流节流阀	21-412
6 液压缸的设计选用说明	21-302	2.12 SR /SRC 型节流阀	21-415
7 液压缸的标准系列与产品	21-304	2.13 叠加式(单向)节流阀	21-418
7.1 工程用液压缸	21-305		
7.2 车辆用液压缸	21-310		

2.14	Z型行程减速阀、ZC型单向行程减速阀	21-420	5.1	Z系列二通插装阀及组件	21-534
2.15	UCF型行程流量控制阀	21-422	5.2	TJ系列二通插装阀及组件	21-537
2.16	针阀	21-425	5.3	L系列二通插装阀及组件	21-540
2.17	DSG-01/03电磁换向阀	21-427	5.4	LD、LDS、LB、LBS型插装阀及组件	21-556
2.18	微小电流控制型电磁换向阀	21-430	5.5	二通插装阀安装连接尺寸	21-560
2.19	DSHG型电液换向阀	21-431	6	其他阀	21-562
2.20	DM型手动换向阀	21-438	6.1	截止阀	21-562
2.21	DC型凸轮操作换向阀	21-444	6.1.1	CJZQ型球芯截止阀	21-562
2.22	C型单向阀	21-448	6.1.2	YJZQ型高压球式截止阀	21-564
2.23	CP型液控单向阀	21-449	6.2	压力表开关	21-565
3	高压液控控制阀	21-451	6.2.1	AF6型压力表开关	21-565
3.1	DBD型直动式溢流阀	21-451	6.2.2	MS2型六点压力表开关	21-566
3.2	DBT/DBWT型遥控溢流阀	21-455	6.2.3	KF型压力表开关	21-567
3.3	DB/DBW型先导式溢流阀、电磁溢流阀(5X系列)	21-456	6.3	分流集流阀	21-567
3.4	DA/DAW型先导式卸荷溢流阀、电磁卸荷溢流阀	21-460	6.3.1	FL、FDL、FJL型分流集流阀	21-567
3.5	DR型先导式减压阀	21-464	6.3.2	3FL-L30※型分流阀	21-569
3.6	DZ※DP型直动式顺序阀	21-470	6.3.3	3FJLK-L10-50H型可调分流集流阀	21-569
3.7	DZ型先导式顺序阀	21-472	6.3.4	3FJLZ-L20-130H型自调式分流集流阀	21-570
3.8	FD型平衡阀	21-477	6.4	ZFS型多路换向阀	21-570
3.9	MG型节流阀、MK型单向节流阀	21-483	6.5	压力继电器	21-572
3.10	DV型节流截止阀、DRV型单向节流截止阀	21-484	6.5.1	HED型压力继电器	21-572
3.11	MSA型调速阀	21-486	6.5.2	S型压力继电器	21-576
3.12	2FRM型调速阀及Z4S型流向调整板	21-487	6.5.3	S※307型压力继电器	21-577
3.13	S型单向阀	21-491	第8章	液压辅助件及液压泵站	21-578
3.14	SV/SL型液控单向阀	21-493	1	管件	21-578
3.15	WE型电磁换向阀	21-497	1.1	管路	21-578
3.16	WEH电液换向阀及WH液控换向阀	21-503	1.2	管接头	21-580
3.17	WMM型手动换向阀	21-515	1.2.1	金属管接头 O形圈平面密封接头(摘自JB/T 966—2005)	21-582
3.18	WM型行程(滚轮)换向阀	21-520	1.2.2	锥密封焊接式管接头	21-592
4	叠加阀	21-522	1.2.3	卡套式管接头	21-596
4.1	叠加阀型谱(一)	21-522	1.2.4	扩口式管接头	21-612
4.2	叠加阀型谱(二)	21-530	1.2.5	软管接头	21-620
4.3	液压叠加阀安装面	21-533	1.2.6	快换接头	21-629
5	插装阀	21-534	1.2.7	旋转接头	21-631

1.2.8 其他管件	21-634	4.5 过滤器产品	21-687
1.2.9 螺塞及其垫圈	21-640	5 油箱及其附件	21-721
1.3 管夹	21-645	5.1 油箱的用途与分类	21-721
1.3.1 钢管夹	21-645	5.2 油箱的构造与设计要点	21-722
1.3.2 塑料管夹	21-648	5.3 油箱的容量与计算	21-722
2 蓄能器	21-651	5.4 油箱中油液的冷却与加热	21-724
2.1 蓄能器的种类、特点和用途	21-652	5.5 油箱及其附件的产品	21-725
2.2 蓄能器在液压系统中的应用	21-654	6 液压泵站	21-730
2.3 蓄能器的计算	21-655	6.1 液压泵站的分类及特点	21-730
2.3.1 蓄能用的蓄能器的计算	21-655	6.2 BJHD 系列液压泵站	21-732
2.3.2 其他用途蓄能器总容积 V_0 的计算	21-659	6.3 UZ 系列微型液压站	21-735
2.3.3 重锤式蓄能器设计计算	21-661	6.4 UP 液压动力包	21-737
2.3.4 非隔离式蓄能器计算	21-662	第9章 液压传动系统的安装、	
2.4 蓄能器的选择	21-662	使用和维护	21-748
2.5 蓄能器的产品及附件	21-663	1 液压传动系统的安装、试压和调试	21-748
3 冷却器	21-668	1.1 液压元件的安装	21-748
3.1 冷却器的用途	21-668	1.2 管路安装与清洗	21-749
3.2 冷却器的种类和特点	21-669	1.3 试压	21-756
3.3 常用冷却回路的型式和特点	21-670	1.4 调试和试运转	21-756
3.4 冷却器的计算	21-670	2 液压传动系统的使用和维护	21-757
3.5 冷却器的选择	21-671	2.1 液压系统的日常检查和定期	
3.6 冷却器的产品性能及规格		检查	21-757
尺寸	21-672	2.2 液压系统清洁度等级	21-759
3.7 冷却器用电磁水阀	21-682	3 液压传动系统常见故障及排除方法	21-760
4 过滤器	21-683	3.1 液压系统故障诊断及排除	21-761
4.1 过滤器的类型、特点与应用	21-683	3.2 液压元件故障诊断及排除	21-763
4.2 过滤器在系统中的安装与		4 拖链	21-766
应用	21-684	参考文献	21-772
4.3 过滤器的计算	21-685		
4.4 过滤器的选择	21-685		

第 22 篇 液压控制

第1章 控制理论基础	22-3
1 控制系统的一般概念	22-3
1.1 反馈控制原理	22-3
1.2 反馈控制系统的组成、类型和	
要求	22-3

2 线性控制系统的数学描述	22-4
2.1 微分方程	22-4
2.2 传递函数及方块图	22-5
2.3 控制系统的传递函数	22-7
2.4 信号流图及梅逊增益公式	22-8
2.4.1 信号流图和方块图的对应	

关系	22-8	6.3.3 消除自激振荡的方法	22-39
2.4.2 梅逊增益公式	22-9	6.3.4 非线性特性的利用	22-39
2.5 机、电、液系统中的典型环节	22-10	6.3.5 非线性系统分析举例	22-40
2.6 频率特性	22-11	7 控制系统的仿真	22-40
2.6.1 频率特性的定义、求法及 表示方法	22-11	7.1 系统仿真的基本概念	22-40
2.6.2 开环波德图、奈氏图和尼柯 尔斯图的绘制	22-12	7.1.1 模拟仿真和数字仿真	22-40
2.7 单位脉冲响应函数和单位阶跃 响应函数	22-14	7.1.2 仿真技术的应用	22-42
3 线性控制系统的性能指标	22-15	7.2 连续系统离散相似法数字仿真	22-42
4 线性反馈控制系统分析	22-16	7.2.1 离散相似法的原理	22-42
4.1 稳定性分析	22-16	7.2.2 连接矩阵及程序框图	22-43
4.1.1 稳定性定义和系统稳定的 充要条件	22-16	8 线性离散控制系统	22-45
4.1.2 稳定性准则	22-16	8.1 概述	22-45
4.1.3 稳定裕量	22-18	8.1.1 信号的采样过程	22-45
4.2 控制系统动态品质分析	22-19	8.1.2 信号的复原	22-46
4.2.1 时域分析法	22-19	8.1.3 数字控制系统的离散脉冲 模型	22-46
4.2.2 频率分析法	22-22	8.2 Z变换	22-47
4.2.3 控制系统波德图的绘制	22-24	8.2.1 Z变换定义	22-47
4.3 控制系统的误差分析	22-24	8.2.2 Z变换的基本性质	22-49
4.3.1 误差和误差传递函数	22-24	8.2.3 Z反变换	22-49
4.3.2 稳态误差的计算	22-25	8.2.4 用Z变换求解差分方程	22-50
4.3.3 改善系统稳态品质的主要 方法	22-26	8.3 脉冲传递函数	22-50
5 线性控制系统的校正	22-26	8.3.1 脉冲传递函数的定义	22-50
5.1 校正方式和常用的校正装置	22-26	8.3.2 离散控制系统的脉冲传递 函数	22-51
5.1.1 校正方式	22-26	8.4 离散控制系统分析	22-51
5.1.2 常用的校正装置	22-27	8.4.1 稳定性分析	22-51
5.2 用期望特性法确定校正装置	22-31	8.4.2 过渡过程分析	22-52
5.2.1 期望特性的绘制	22-31	8.4.3 稳态误差分析	22-53
5.2.2 校正装置的确定	22-32	第2章 液压控制概述	22-54
5.3 用综合性能指标确定校正装置	22-33	1 液压控制系统与液压传动系统的 比较	22-54
6 非线性反馈控制系统	22-34	2 电液伺服系统与电液比例系统的 比较	22-55
6.1 概述	22-34	3 液压伺服系统的组成及分类	22-55
6.2 描述函数的概念	22-35	4 液压伺服系统的几个重要概念	22-56
6.3 描述函数法分析非线性控制 系统	22-38	5 液压伺服系统的基本特性	22-56
6.3.1 稳定性分析	22-38	6 液压伺服系统的优点、难点及应用	22-57
6.3.2 振荡稳定性分析	22-39		

第3章 液压控制元件、液压动力

元件、伺服阀	22-59
1 液压控制元件	22-59
1.1 液压控制元件概述	22-59
1.1.1 液压控制元件的类型及特点	22-59
1.1.2 液压控制阀的类型、原理及特点	22-59
1.1.3 液压控制阀的静态特性及其阀系数的定义	22-60
1.1.4 液压控制阀的液压源类型	22-61
1.2 滑阀	22-61
1.2.1 滑阀的种类及特征	22-61
1.2.2 滑阀的静态特性及阀系数	22-62
1.2.3 滑阀的力学特性	22-64
1.2.4 滑阀的功率特性及效率	22-66
1.2.5 滑阀的设计	22-66
1.3 喷嘴挡板阀	22-67
1.3.1 喷嘴挡板阀的种类、原理及应用	22-67
1.3.2 喷嘴挡板阀的静态特性	22-68
1.3.3 喷嘴挡板阀的力特性	22-69
1.3.4 喷嘴挡板阀的设计	22-69
1.4 射流管阀和射流偏转板阀	22-70
1.4.1 射流管阀的紊流淹没射流特征	22-70
1.4.2 流量恢复系数与压力恢复系数	22-71
1.4.3 射流管阀的静态特性及应用	22-71
1.4.4 射流偏转板阀的特点及应用	22-72
2 液压动力元件	22-73
2.1 液压动力元件的类型、特点及应用	22-73
2.2 液压动力元件的静态特性及其负载匹配	22-73
2.2.1 动力元件的静态特性	22-73
2.2.2 负载特性及其等效	22-74
2.2.3 阀控动力元件与负载特性的	

匹配	22-76
2.3 液压动力元件的动态特性	22-76
2.3.1 对称四通阀控制对称缸的动态特性	22-76
2.3.2 对称四通阀控制不对称缸分析	22-82
2.3.3 三通阀控制不对称缸的动态特性	22-84
2.3.4 四通阀控制液压马达的动态特性	22-85
2.3.5 泵控马达的动态特性	22-87
2.4 动力元件的参数选择与计算	22-89
3 伺服阀	22-90
3.1 伺服阀的组成及分类	22-90
3.1.1 伺服阀的组成及反馈方式	22-90
3.1.2 伺服阀的分类及输出特性	22-91
3.1.3 电气-机械转换器的类型、原理及特点	22-91
3.2 典型伺服阀的结构及工作原理	22-92
3.3 伺服阀的特性及性能参数	22-96
3.3.1 流量伺服阀的特性及性能参数	22-96
3.3.2 压力伺服阀的特性及性能参数	22-99
3.4 伺服阀的选择、使用及维护	22-101
3.5 伺服阀的试验	22-102
3.5.1 试验的类型及项目	22-103
3.5.2 标准试验条件	22-103
3.5.3 试验回路及测试装置	22-104
3.5.4 试验内容及方法	22-104

第4章 液压伺服系统的设计计算

1 电液伺服系统的设计计算	22-106
1.1 电液位置伺服系统的设计计算	22-106
1.1.1 电液位置伺服系统的类型及特点	22-106
1.1.2 电液位置伺服系统的方块图、传递函数及波德图	22-106
1.1.3 电液位置伺服系统的稳定性计算	22-108

1.1.4	电液位置伺服系统的闭环 频率响应	22-108	脱水方法	22-134	
1.1.5	电液位置伺服系统的分析及 计算	22-110	4.1.5	油液中的空气污染、危害及 脱气方法	22-135
1.2	电液速度伺服系统的设计 计算	22-111	4.1.6	油液污染度的测量方法及 特点	22-136
1.2.1	电液速度伺服系统的类型 及控制方式	22-111	4.1.7	液压污染控制中的有关 概念	22-136
1.2.2	电液速度伺服系统的分析 与校正	22-112	4.2	油液污染度等级标准	22-137
1.3	电液力(压力)伺服系统的分析 与设计	22-114	4.2.1	GB/T 14039—2002《液压 传动—油液—固体颗粒污染 等级代号法》	22-137
1.3.1	电液力伺服系统的类型及 特点	22-114	4.2.2	PALL 污染度等级代号	22-140
1.3.2	电液驱动力伺服系统的分 析与设计	22-114	4.2.3	NAS 1638 污染度等级 标准	22-140
1.3.3	电液负载力伺服系统的分析 与设计	22-118	4.2.4	SAE 749D 污染度等级 标准	22-141
1.4	电液伺服系统的设计方法及 步骤	22-120	4.2.5	几种污染度等级对照表	22-142
2	机液伺服系统的设计计算	22-124	4.3	不同污染度等级油液的显微图像 比较	22-142
2.1	机液伺服系统的类型及应用	22-124	4.4	伺服阀的污染控制	22-143
2.1.1	阀控机液伺服系统	22-124	4.4.1	伺服阀的失效模式、后果及 失效原因	22-143
2.1.2	泵控机液伺服系统	22-127	4.4.2	双喷嘴挡板伺服阀的典型 结构及主要特征	22-144
2.2	机液伺服机构的分析与设计	22-128	4.4.3	伺服阀对油液清洁度的 要求	22-146
3	电液伺服油源的分析与设计	22-129	4.5	液压伺服系统的全面污染 控制	22-146
3.1	对液压伺服油源的要求	22-129	4.5.1	系统清洁度的推荐等级 代号	22-146
3.2	液压伺服油源的类型、特点及 应用	22-130	4.5.2	过滤系统的设计	22-149
3.3	液压伺服油源的参数选择	22-130	4.5.3	液压元件、液压部件(装置) 及管道的污染控制	22-151
3.4	液压伺服油源特性分析	22-131	4.5.4	系统的循环冲洗	22-152
3.4.1	定量泵—溢流阀油源	22-131	4.5.5	过滤系统的日常检查及 清洁度检验	22-152
3.4.2	恒压变量泵油源	22-132	5	伺服液压缸的设计计算	22-153
4	液压伺服系统的污染控制	22-133	5.1	伺服液压缸与传动液压缸的 区别	22-153
4.1	液压污染控制的基础知识	22-133	5.2	伺服液压缸的设计步骤	22-153
4.1.1	液压污染的定义与类型	22-133	5.3	伺服液压缸的设计要点	22-154
4.1.2	液压污染物的种类及 来源	22-133			
4.1.3	固体颗粒污染物及其 危害	22-134			
4.1.4	油液中的水污染、危害及				

6	液压伺服系统设计实例	22-155	4	电液比例流量控制阀	22-198	
6.1	液压压下系统的功能及控制原理	22-155	4.1	电液比例流量控制的分类	22-198	
6.2	设计任务及控制要求	22-157	4.2	由节流型转变为调速型的基本途径	22-199	
6.3	APC 系统的控制模式及工作参数的计算	22-158	4.3	电液比例流量控制阀的典型结构及工作原理	22-199	
6.4	APC 系统的数学模型	22-160	4.4	电液比例流量控制阀的性能	22-203	
7	液压伺服系统的安装、调试与测试	22-162	4.5	节流阀的特性	22-203	
8	控制系统的工具软件 MATLAB 及其在仿真中的应用	22-163	4.6	流量阀的特性	22-204	
8.1	MATLAB 仿真工具软件简介	22-163	4.7	二通与三通流量阀工作原理与能耗对比	22-206	
8.2	液压控制系统位置自动控制 (APC) 仿真实例	22-164	4.8	电液比例流量阀动态特性试验系统	22-208	
8.2.1	建模步骤	22-164	4.9	电液比例流量控制回路及系统	22-208	
8.2.2	运行及设置	22-167	4.10	电液比例压力流量复合控制阀	22-210	
第 5 章 电液比例系统的设计计算			22-173	5	电液比例方向流量控制阀	22-211
1	概述	22-173	5.1	比例方向节流阀特性与选用	22-211	
1.1	电液比例系统的组成、原理、分类及特点	22-173	5.2	比例方向流量阀特性	22-214	
1.2	电液比例控制系统的性能要求	22-176	6	比例多路阀	22-217	
1.3	电液比例阀体系的发展与应用特点	22-176	6.1	概述	22-217	
2	电-机械转换器	22-177	6.2	六通多路阀的微调特性	22-218	
2.1	常用电-机械转换器简要比较	22-178	6.3	四通多路阀的负载补偿与负载适应	22-218	
2.2	比例电磁铁的基本工作原理和典型结构	22-178	7	电液比例方向流量控制阀典型结构和工作原理	22-221	
2.3	常用比例电磁铁的技术参数	22-181	8	伺服比例阀	22-225	
2.4	比例电磁铁使用注意事项	22-182	8.1	从比例阀到伺服比例阀	22-225	
3	电液比例压力控制阀	22-182	8.2	伺服比例阀	22-225	
3.1	概述	22-182	8.3	伺服比例阀产品特性示例	22-227	
3.2	比例溢流阀的若干共性问题	22-182	9	电液比例流量控制的回路及系统	22-230	
3.3	电液比例压力阀的典型结构及工作原理	22-184	10	电液比例容积控制	22-233	
3.4	典型比例压力阀的主要性能指标	22-191	10.1	变量泵的基本类型	22-234	
3.5	电液比例压力阀的性能	22-191	10.2	基本电液变量泵的原理与特点	22-234	
3.6	电液比例压力控制回路及系统	22-194	10.3	应用示例——塑料注射机系统	22-236	
			11	电控器	22-238	
			11.1	电控器的基本构成	22-238	
			11.2	电控器的关键环节及其功能	22-239	

11.3	两类基本放大器	22-241	1.2.3	双喷嘴挡板力反馈式 (M00G D761) 和电反馈式电液 伺服阀 (M00G D765)	22-266
11.4	放大器的设定信号选择	22-241	1.2.4	直动电反馈式伺服阀 (DDV) M00G D633 及 D634 系列	22-268
11.5	闭环比例放大器	22-242	1.2.5	电反馈三级伺服阀 M00G D791 和 D792 系列	22-269
12	数字比例控制器及电液轴控制器	22-242	1.2.6	EMG 伺服阀 SV1-10	22-271
12.1	数字技术在电液控制系统中的 应用与技术优势	22-242	1.2.7	M00G D661 ~ D665 系列电 反馈伺服阀	22-273
12.2	数字比例控制器	22-243	1.2.8	伺服射流管电反馈高响应 二级伺服阀 M00G D661 GC 系列	22-276
12.3	电液轴控制器	22-247	1.2.9	射流管力反馈伺服阀 Abex 和射流偏转板力反馈伺服阀 M00G26 系列	22-279
13	电液控制系统设计的若干问题	22-252	1.2.10	博世力士乐 (Bosch Rexroth) 双喷嘴挡板机械 (力) 和 / 或 电反馈二级伺服阀 4WS (E) 2EM6-2X、4WS (E) 2EM (D) 10-5X、4WS (E) 2EM (D) 16-2X 和电反馈三级伺服阀 4WSE3EE	22-279
13.1	三大类系统的界定	22-252	1.3	电液伺服阀的外形及安装 尺寸	22-286
13.2	比例系统的合理考虑	22-252	1.3.1	FF101、YF12、M00G30 和 DOWTY30 型电液伺服阀外形 及安装尺寸	22-286
13.3	比例节流阀系统的设计示例	22-252	1.3.2	FF102、YF7、M00G31、M00G32、 DOWTY31 和 DOWTY32 型伺服阀 外形及安装尺寸	22-287

第6章 伺服阀、比例阀及伺服缸主要产品简介

1	电液伺服阀主要产品	22-256	1.3.3	FF113、YFW10 和 M00G72 型电液伺服阀外形及安装 尺寸	22-288
1.1	国内电液伺服阀主要产品	22-256	1.3.4	FF106A、FF118 和 FF119 型 伺服阀外形及安装尺寸	22-289
1.1.1	双喷嘴挡板力反馈式电液 伺服阀	22-256	1.3.5	FF106、FF130、YF13、M00G35 和 M00G34 型电液伺服阀外形 及安装尺寸	22-290
1.1.2	双喷嘴挡板电反馈式 (FF109、QDY3、QDY8、 DYSF 型) 电液伺服阀	22-259	1.3.6	QDY 系列电液伺服阀外形及 安装尺寸	22-291
1.1.3	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	22-260			
1.1.4	滑阀力综合式压力伺服阀 (FF119)、双喷嘴-挡板喷 嘴压力反馈式伺服阀 (DYSF-3P)、 P-Q 型伺服阀 (FF118)、 射流管力反馈式伺服阀 (CSDY、FSDY、SSDY)	22-261			
1.1.5	动圈式伺服阀 (SV9、SVA9)	22-262			
1.1.6	动圈式伺服阀 (SVA8、SVA10)	22-262			
1.2	国外主要电液伺服阀产品	22-264			
1.2.1	双喷嘴力反馈式电液伺服阀 (M00G)	22-264			
1.2.2	双喷嘴挡板力反馈式电液伺 服阀 (DOWTY、SM4)	22-265			

HANDBOOK