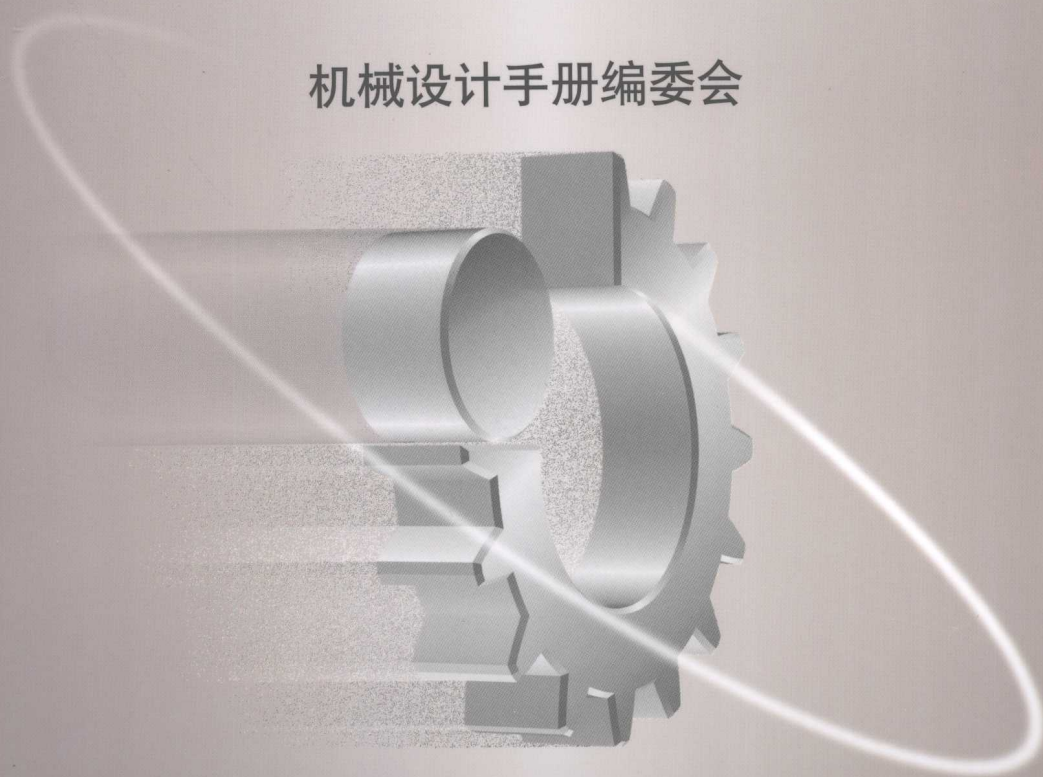


机械设计手册

单行本

气压传动与控制

机械设计手册编委会



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机 械 设 计 手 册

单 行 本

气压传动与控制

机械设计手册编委会



机 械 工 业 出 版 社

本书是在前几版的基础上,吸收了近年来新的设计方法及最新国家标准,全面、系统地介绍了所有现代设计和常规设计方法,数据、图表,内容丰富,具有信息量大,标准新、取材广、规格全、常用结构多、并增加了许多国内外常用的新产品的结构、规格、选用范围,实用性强、查找方便等特点。

全书共分常用资料,机械零部件与传动设计(一)、(二),液压、气动、液力传动与控制,机械设计基础、现代设计方法及应用等6卷50篇。

本单行本主要介绍气压传动的特点和各种气缸、气马达、气动控制阀的相关内容,以及国外系列气动产品。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计手册.气压传动与控制/《机械设计手册》编委会.—4版.—北京:机械工业出版社,2007.2(2007.7重印)

ISBN 978-7-111-20965-2

I.机… II.机… III.①机械设计—技术手册②气压传动装置—技术手册 IV.TH122-62 TH138.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第025254号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:曲彩云 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京双新装订有限公司装订)

2007年7月第4版·第2次印刷

184mm×260mm·31.25印张·1089千字

3 001—6 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-20965-2

定价:52.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

机械设计手册编委会

主 任：王文斌

副主任：林忠钦 严隽琪 李 奇 谢里阳 汪 恺 孙慧波

委 员：鄂中凯 崔虹雯 方昆凡 周康年 吴宗泽 樊文萱 黄万吉
吴自通 徐秀彦 徐 鹏 朱孝录 施永乐 王起龙 巩云鹏
李立行 程乃士 王德俊 李元科 卜 炎 施高义 郑洪生
周恩涛 宗 跃 唐恒龄 高 敏 何德方 欧宗瑛 黄雨华
郭宝柱 张健民 史家顺 陈 铭 蔡建国 王安麟 钟廷修
蒋寿伟 王石刚 邹慧君 金 烨 谢友柏 蒋祖华 曲彩云

《机械设计手册》单行本

出版说明

“设计高品质机械产品，成就新时代设计大师”是我们组织编写《机械设计手册》的指导思想。《机械设计手册》自出版发行以来，已经多次修订，累计销售几十万套，成为国内影响力强、销售量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》曾获得全国优秀科技图书二等奖、原机械工业部科技进步二等奖、全国优秀畅销书奖等各项国家和省部级奖励。

《机械设计手册》以权威、系统、实用、先进为编写宗旨，全书贯彻标准化、创新化、国际化，以其技术性和实用性强、国家标准和专业标准全新、数据可靠、设计方法极佳、使用和查阅方便等特点，特别是推荐了许多实用的新技术、新产品、新材料和新工艺，扩大了相应产品的品种和规格范围，内容齐全，实用、可靠，受到广大机械设计工作者和工程技术人员的首肯和厚爱，成为设计工作者不可缺少的案头工具书。

《机械设计手册》新版自2004年8月出版发行以来，已累计销售30000多套，得到读者的充分肯定。为了更好地服务于读者，我社组织编辑人员深入设计科研院所、机械企业、院校等使用单位进行调研，广泛征求和听取各方面的意见后，为了满足机械设计人员使用更加方便的需求，我们决定编辑出版《机械设计手册》有关篇的单行本。

从设计工作的实际出发，结合机械设计专业的具体情况，《机械设计手册》单行本包括：《零件结构设计工艺性》、《连接与紧固》、《起重运输机械零部件、操作件和小五金》、《密封件、密封与润滑》、《管道与管道附件》、《带传动和链传动》、《齿轮传动》、《减速器和变速器》、《滚动轴承》、《滑动轴承》、《联轴器、离合器与制动器》、《液压传动与控制》、《气压传动与控制》、《液力传动》、《失效分析和故障诊断》、《机电一体化系统设计》等，读者可根据各自需要灵活选购。

新版前言

《机械设计手册》自出版以来,在机械设计实践中发挥了重要的基础性作用,先后荣获全国优秀科技图书二等奖、机械电子工业部科技进步二等奖,是全国优秀科技畅销书,在社会上有较高的知名度,影响广泛,深得广大工程技术人员的厚爱。

机械设计是机械工业的基础技术。科技成果要转化为有竞争力的新产品,设计起着关键性作用。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。特别是在产品创新和创造方面,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。近几年来,由于科学技术不断发展,加之我国加入世贸组织以后国际技术交流更直接、便捷,使我国在机械设计领域有了长足的进步,取得了丰硕的成果,发现了许多新材料、新的设计理念和设计方法,这些都需要我们及时归纳总结,全面准确地提供给广大读者。为使《机械设计手册》紧跟时代步伐,满足广大读者需要,我们组织了这次《机械设计手册》的新版修订工作。

这次修订,根据广大工程技术人员实际需要和阅读习惯,在保持手册先进性、系统性的前提下,我们调整了卷、篇、章的框架结构,重新编排,并补充了机械设计应用方面的内容。更加突出实用便查,让技术人员感到既有很多成熟使用的现代设计方法,又能更方便、快捷地查到所需内容。

这次修订取材仍根据基本、常用、关键、发展的原则,强调准确性。我们认真细致地对各种数据、图表等进行分析、核对和验证,对一些局部性的技术经验和测试结果,为了做到准确、可靠,作者亲自南下北上,取得第一手试验数据资料,以确定选取范围,做到了精益求精。对国外资料,以常用和新材料为主,主要从选用角度编写,重点介绍材料的技术参数、性能特点、适用范围和应用技术等,为如何正确选择和合理使用提供依据,以发挥其最佳性能和经济效果,这些都是作者经过长期生产实践积累的宝贵资料。本书数据、资料全部来自国家最新标准、规范和其他权威机构,设计方法、公式选择、参数选取原则均经过长期实践检验,典型结构设计、计算实例均来自工程实践。为了突出反映先进性,增加了许多适合我国国情的新材料、新方法、新技术、新工艺,广泛收集具有先进水平的新产品。

重点修订内容:

(1) 更换补充新标准

书中所涉及的标准均采用现行国际、国家及行业最新标准,这对提高我国机械设计标准化水平,促进机械产品走向世界都将起到促进作用。同时,对一些新旧标准过渡有难点的内容做了详细指导,如渐开线圆柱齿轮部分引入最新国家标准 GB/T 10095.1~2—2001 渐开线圆柱齿轮精度和 GB/Z 18620.1~4—2002 圆柱齿轮检验实施规范;考虑到新旧标准应用的过渡期,保留了渐开线圆柱齿轮精度标准 GB/T 100095—1988 的相关内容,给出了新旧标准精度对照表及旧标准向新标准的转化方法,同时给出了新旧标准标注的齿轮工作图示例,以方便读者使用。

锥齿轮强度计算采用最新颁布的国家标准 GB/T 10062.1~3—2003,为便于采用新标准,

增加了强度计算用到的锥齿轮的端面当量齿轮和法面当量齿轮参数计算公式,给出了用新标准计算的两个锥齿轮传动设计算例。把现有国内资料中关于锥齿轮几何设计中的“参考点”改为“基准点”,以忠实原意。

在轴承中增加了2004年6月发布的滚动轴承代号方法的补充规定,以作为轴承标准的补充内容。

(2) 增加新材料、新结构

由于新材料、新结构不断出现,故在这次修订中,均适当纳入新内容,更换老内容,使手册更新、更适用。

如由于工程塑料和复合材料的力学性能有了很大的提高,又具有价廉、防腐、防锈蚀等一系列优点,故其应用发展很快,我们加强了这方面的介绍,书中还大量增加了新的结构类型和应用实例。

在轴承部分增加了带座外球面轴承、专用轴承、直线运动滚动支撑、关节轴承,以及国外轴承、钢球、钢种、润滑油等的代号和国内外对照表。

(3) 介绍新产品,删掉淘汰产品

机械设计中经常选用的一些基础产品发生了很大的变化,现在产品的分类、代号方法、设计计算等内容完全与国际接轨,与老产品相比完全不同。对于这些内容,我们必须加以修正,以适应我国机械产品进入国际市场的需要。因而,我们删掉了部分淘汰产品内容,并将国内主要厂家新开发推出的具有较大影响的新产品进行了补充,并适当增加了国内选用较多的国外产品,如为适应目前国内市场上进口液压、液力、气动元器件所占份额逐渐增大的现状,特增加了大篇幅的内容,主要推出世界著名的几大品牌应用较广泛的产品,以满足专业技术人员需要。

近年来我国出现的新的减速器或形成了新标准的减速器,都在不断地向国外的新技术看齐,也收入本手册中供大家参考。此外,还及时引入了国外的产品,如SEW和PIV的产品,一则是为了向国际靠拢(接轨),二则是让设计人员方便选用国外知名公司的适用产品。

(4) 增加了反映现代科技的新内容

在“机械振动的控制”一章内,不仅填补了对冲击、对随机振动的隔离等国内外空白内容,还重点增加了利用振动信号的测量、分析、反馈及跟踪等先进技术,进行最优控制、自适应控制、预测控制、模糊控制等振动的主动控制的新内容。增加了“振动的利用”一章,使读者不仅能查到对有害振动进行控制的内容,还能查到振动的有益内容,包括振动利用的方法、步骤、设计与计算,利用振动原理工作的各类机械。

为适应现代机械设计的要求,增加了“模态分析与参数识别”一章。在机械设计中应用此章的内容,能对机械给定的动力特性,识别出机械应有的物理参数,或者已知机械的物理参数,识别出其动力特性。还能识别出很难准确计算和直接测量的机械动载荷,更能在机械运行时“在线”识别其动态特性。这些都将提高机械动态优化设计的功能与效率。

(5) 充实增加了现代设计方法的应用技术

近年来,机械设计的理论和方法在国内外取得了很大的发展,我国设计人员要在产品设计方面赶超国际水平,必须掌握先进的设计理论和方法。由于机械设计涉及面广,即使是经验丰富的设计师,也难以及时、全面地掌握这些理论与方法,所以本书重点介绍了当今发达工业国

家流行的成熟的设计理论与方法,增强广大工程技术人员创新意识和能力。如通过对有限元设计、创新设计、虚拟设计、优化设计、并行设计、智能设计、机电一体化设计及其相应工具软件等内容的详细阐述,使得工程技术人员在日常设计工作中融入现代设计的理论与方法,并注重相应流行软件的应用,达到提高设计水平和设计效率的目的。如有限元设计部分,详细介绍将“有限元设计”如何应用于实际设计工作之中,以适应国际流行的针对重大机电产品(包括新产品)研发及销售过程中需配备有限元分析软件的需要。又如为加强环保,进行绿色设计,生产绿色产品,在世界各国均受到普遍欢迎,工业发达国家更是十分重视环保这方面的工作,所以本手册也介绍了如何实施机电产品的绿色设计。所有这些内容,都是现代设计工作者必不可少的最新的必备知识,而其他同类工具书却极少涉及这些内容。

可靠性、优化、疲劳强度、摩擦学等理论的新发展,可以为机械设计人员提供当代的先进资料,其中有些是最新的研究成果。设计人员可以较方便地找到自己需要的方法或解决问题的线索,并为进一步深入开展工作打下良好的基础。

本书作者都是具有丰富的设计知识和技能,具有出色的机械设计实践和研究经验的本学科知名学者和机械设计专家,他们统观全局、采实撷精、为本书修订奠定了可靠的保证。

第2版前言

《机械设计手册》自1990年出版至今已有10年,曾8次印刷,销售10万多套,得到了广大读者的关心、支持和好评,获第七届全国优秀科技图书二等奖,原机械电子工业部科技进步二等奖。

现在,《机械设计手册》(第2版)又与广大读者见面了!

2版修订是在1版的基础上,调整结构、更新内容、完善不足、更新标准、突出实用,让广大机械设计人员更方便快捷地查到所需内容。

一、修订的重点

1. 充实和更新技术内容。在重点反映国内外机械设计领域的新技术、新材料的同时,加强了自动化技术、计算机技术等在设计中的应用。现代设计方法和应用等都增设了新篇章。对于一些有发展前景的新设计方法,也作了相应介绍。2版新增设了电动机和常用低压电器、创新设计、绿色产品设计、并行设计、虚拟设计、快速响应变型设计和反求设计、机电一体化系统设计、现代设计主流软件、零部件设计常用基础标准、传动总论等10篇;重新编写了摩擦学设计、优化设计、计算机辅助设计、带传动和链传动、齿轮传动、滚动轴承、滑动轴承、气压传动与控制、液压传动与控制等9篇。其他各篇也作了较大程度的修改或更新。

2. 突出重点,务求实用。在总体结构和内容设置上作了一定调整,精简了基础理论部分内容,注意收集设计实践的经验和数据,使手册结构更趋合理,内容更切实际,更方便查阅。

3. 更换最新标准。根据到2000年6月为止颁发的国家或行业现行标准及技术规范,重新更换了旧的标准,体现了技术内容和数据的可靠性。

二、内容和结构

2版主要包括常用资料和设计基础、现代设计方法及应用、机械零部件设计、机械传动设计、流体传动与控制等部分,共44篇,分为5卷。

1. 常用资料和设计基础 机械设计总论、常用资料和数学公式、机械工程材料、机械设计力学基础、实验应力分析、机械振动和噪声、造型设计和人机工程、失效分析和故障诊断、电动机和常用低压电器。

2. 现代设计方法及应用 创新设计、绿色产品设计、并行设计、虚拟设计、快速响应变型设计和反求设计、可靠性设计、摩擦学设计、优化设计、计算机辅助设计、疲劳强度设计、蠕变设计、价值工程、机电一体化系统设计、附录 现代设计主流软件。

3. 机械零部件设计 零部件设计常用基础标准、零件结构工艺性、联接与紧固、弹簧、起重、搬运件、操作件、机架、箱体及导轨、密封件、管路附件。

4. 机械传动设计 传动总论、机构、带传动和链传动、摩擦轮及螺旋传动、齿轮传动、轮系、减速器和变速器、轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器、离合器与制动器。

5. 流体传动与控制 气压传动与控制、液压传动与控制、液力传动。

为了便于协调,提高质量,加快编写进度,参加编审的人员以东北大学有关院系为主,并组织邀请清华大学、北京理工大学、北京科技大学、上海交通大学、上海大学、天津大学、哈尔滨工业大学、重庆大学、浙江大学、昆明理工大学、大连理工大学、大连铁道学院、华中理工大学、北京、上海、合肥、天津、沈阳等地的专家学者参加。值此手册出版之际,谨向所有参加本版工作的全体编审人员及有关单位表示诚挚的谢意。由于水平和时间有限,难免有一些不尽人意之处,殷切希望广大读者批评指正,提出宝贵意见,以便在今后的工作中改进。

第 1 版前言

《机械设计手册》是继《机械工程手册》之后出版的一部大型机械设计专业技术工具书。

机械工业担负着向国民经济各部门,包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、价格低廉、使用安全可靠的技术装备的任务,所以在现代化建设中是举足轻重的。市场竞争的生命力在于产品的水平。任何科技成果要转变为有竞争力的商品,设计起着关键性的作用。机械设计是机械产品研制的第一道工序,设计工作的质量和水平,直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。工业发达国家都十分重视产品设计:日本认为,工业发达是企业对产品设计高度重视的结果;美国认为,设计是一本万利的事,对产品设计投资 1 美元,带来的利润却是 1500 美元;英国认为,产品设计是英国工业的命脉,英国工业革新必须以设计为中心,始终应把产品设计作为企业的头等大事,应时常探索研究使产品设计尽善尽美;法国认为,设计是工业的生命,要培养超一流设计大师,要大胆启用有才华有实践工作经验的设计人员。

这里,有必要回顾一下机械和机械设计发展的历史。机械的发明和发展,是先由几种简单工具开始的。石器时代的石刀、石斧,只是为了能省力或便于用力。后来发展到利用杠杆原理制作灌溉或扬水用的桔槔,利用滑轮原理制作重物提升用的辘轳等简单机械。这些机械所需的原动力是直接出自人的本身。为了省力和扩大力,开始时利用牲畜力,后来利用风力和火力。待到 18 世纪 60 年代发明了蒸汽机,作为动力带动了纺织机、磨粉机、鼓风机、工作母机和铁路机车,促进了冶金、轮船和火车等工业的发展。到 19 世纪 60 年代,出现了第一台直流发电机,到 19 世纪 80 年代,研制成功了交流发电机和交流电动机,20 世纪初,电动机已在工业生产中取代了蒸汽机,成为驱动各种工作机械的基本动力。电气技术的应用,使机械工业得到了高速的发展。工业的发展,要求围绕机械设计制造的基础理论和设计方法,能适应当时机械工业的形势。到 18~19 世纪,材料科学、结构力学、弹性力学、流体力学、热力学、制图和公差等,都分别发展成为一门独立学科。但由于机械设计的复杂性,还需将这些学科在应用于设计时作某些简化假设,再加上设计人员的经验,逐渐形成了一整套机械设计方法。在这套设计方法中,要应用一些经验设计方法、经验设计公式和经验系数等,称之为常规设计或传统设计。

1946 年世界上第一台电子数字计算机诞生。经历了电子管、半导体、集成电路和大型集成电路的发展,电子计算机在机械设计中已广为采用。电子计算机的发展,使有限元法、优化设计和计算机辅助设计等成为可能。加上材料科学、计算力学、摩擦学和设计理论等的发展,逐渐形成了一套现代设计理论和方法。现代设计的特点为:(1)从静态设计到动态设计;(2)从单项设计指标到综合设计指标;(3)从常规设计到精确设计;(4)从手算设计到广泛应用计算机的设计。常规设计是不可缺少的,但对于培养具有更广阔视野的设计人员来说显得非常不够。近二、三十年,设计方法更为科学化、系统化、完善化和现代化了,虽然如此,常规设计仍然是重要基础。

由于机械产品品种繁多,除一些重要的机械产品(如机床等)有专业手册,加上综合性的《机械工程手册》外,编写一部能统贯整个机械设计领域,主要写机械设计共性内容,具有现

代设计水平,实用性强,为机械设计学科领域的机械设计人员、科研和教学工作者查阅使用的《机械设计手册》,实属当务之急。为此,机械工业出版社于1985年冬着手组织全国专家、学者进行《机械设计手册》的编写工作。

本手册是在现代设计方法在我国经历了宣传普及阶段并在设计中初步取得成果、新的设计标准规范陆续制订公布的有利时机完成编写工作的。在制订编写提纲过程中,广泛听取了各方面的意见,将设计作为一个整体来考虑,不仅要考虑强度和润滑等常规设计注意的问题,还要考虑便于制造、技术经济指标合理和美观等方面,贯彻“四性”(实用性、整体性、科学性、先进性)精神,立足于80年代机械设计水平进行编写。手册中的计量单位一律采用国家法定计量单位,原有的数据单位,还没换成法定单位的,我们一律换算成法定单位。标准均为现行标准。

本手册共有42篇,分5卷出版。第1卷共7篇。第1篇机械设计总论,对机械设计的地位、设计遵循原则、设计的内容和设计方法作战略性的描述,使读者对机械设计有整体性理解。后面6篇是机械设计的基础理论和基本数据,各篇尽量用较小的篇幅写出覆盖面广的现代设计所需的实用内容。第2卷共10篇,是现代设计理论和设计方法。其中第8篇机构及机械系统设计,是机械设计的第一步,它是方案设计的主要内容。考虑到现代设计中的计算机应用,故以数值解法为主,代替了传统的图解法。第9篇造型设计和人机工程,介绍机械设计中如何考虑机器的形体和色彩,如何考虑操作者的人体尺寸、出力大小和视力范围等。第10篇价值工程,介绍机械设计中技术经济指标的计算以及评价和决策。下面几篇疲劳强度设计、蠕变设计、可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计,都是一些现代设计方法。第16篇是计算机辅助设计所用的“数据库”,第15篇是与现代设计密切相关的“失效分析和故障诊断”。这些篇大多是现有手册中没有的,个别篇虽然少数手册中有类似的篇名,但本手册是从现代设计的要求出发进行编写,内容新而且深入。第3卷共8篇,第4卷共11篇,是机械零部件设计部分。虽然其中大部分篇名,在一些机械设计手册中也有;但本手册采用了最新的标准规范,尽量与现代设计相结合,所以各篇中都有一些内容,甚至整篇内容在一般手册中是没有的。一些重要的设计计算,另备有设计软件包。第5卷共6篇,是各种传动、机械自动化和工业机器人。其中工业机器人是机电仪一体化的典型产品,作为本手册的终篇,对贯彻本手册编写意图是有深刻含意的。为与本手册精神相一致,工业机器人也只写其共性部分。

《机械设计手册》是一部千万字的巨著,参加编写人员近200名,组织工作繁重。为了统一编写精神,经多次讨论确定了编写体例,按篇确定主编,由主编提出编写人员,召开编写会,审查各篇的编写提纲,按篇确定2~4位审稿人,初稿完成后送审,审稿意见与编写人见面,共同商量改稿意见,在此基础上,部分篇召开了审稿会。待到条件成熟,按卷召开定稿会。所以,本手册的出版,是在国内大专院校、研究院所和工厂的教授、研究人员和工程师的积极参加下完成的,并得到机械工业出版社、机械电子工业部科技司和东北工学院等单位的大力支持,这是本手册能够在较短的时间内从组织编写到出书的有力保证,在此谨向大家表示诚挚的感谢,并衷心希望广大读者提出批评意见,使本手册在修订时能有所改进。

徐 灏

1988年11月

目 录

第 24 篇 气压传动与控制

第 1 章 气压传动的特点和气体力学基础

1 气动元、辅件图形符号	24-3	6.2 析水量	24-12
2 气压传动的特点	24-8	7 气体流动的基本方程	24-12
2.1 气压传动的优点	24-8	7.1 连续性方程	24-12
2.2 气压传动的缺点	24-8	7.2 能量方程	24-12
2.3 气压传动和控制与其他传动与控制方式的比较	24-8	7.2.1 不可压缩流体的伯努利方程	24-12
2.4 气动技术的应用	24-8	7.2.2 可压缩气体绝热流动伯努利方程	24-13
3 空气的物理性质	24-9	7.2.3 有机机械功的压缩性气体能量方程	24-13
3.1 空气的组成	24-9	8 声速及气体在管道中的流动特性	24-13
3.2 空气的密度	24-9	8.1 声速、马赫数	24-13
3.3 空气的粘性	24-10	8.2 气体在管道中的流动特性	24-14
3.4 空气的压缩性与膨胀性	24-10	9 气动元件的流通能力	24-14
4 理想气体状态方程	24-10	9.1 流通能力 K_v 值、 C_v 值	24-14
4.1 基准状态和标准状态	24-10	9.1.1 流通能力 K_v 值	24-14
4.2 空气的热力过程	24-10	9.1.2 流通能力 C_v 值	24-14
4.2.1 等容过程	24-10	9.2 有效截面积 S	24-14
4.2.2 等压过程	24-10	9.2.1 定义及简化计算	24-14
4.2.3 等温过程	24-10	9.2.2 有效截面积的测试方法	24-15
4.2.4 绝热过程	24-11	9.2.3 系统中多个元件合成的 S 值	24-16
4.2.5 多变过程	24-11	9.3 理想气体在收缩喷管中绝热流动的流量	24-16
5 湿空气	24-11	9.4 可压缩性气体通过节流小孔的流量	24-16
5.1 湿度	24-11	9.5 流通能力 K_v 值、 C_v 值、 S 值的关系	24-17
5.1.1 绝对湿度	24-11	10 充气、放气温度与时间的计算	24-17
5.1.2 相对湿度	24-11	10.1 充气温度与时间的计算	24-17
5.2 含湿量	24-11	10.2 放气温度与时间的计算	24-18
5.2.1 质量含湿量	24-11		
5.2.2 容积含湿量	24-11		
6 自由空气流量、标准额定流量及析水量	24-11		
6.1 自由空气流量、标准额定流量	24-11		
6.1.1 自由空气流量	24-11		
6.1.2 标准额定流量	24-12		

第 2 章 气 缸

1 概述	24-19
1.1 气缸的分类	24-19

1.2 气缸的工作原理	24-21	6.2.1 Q CJ2 系列微型气缸 ($\phi 6 \sim \phi 16$)	24-43
1.2.1 单作用气缸	24-21	6.2.2 QGX 系列小型气缸 ($\phi 8 \sim \phi 32$)	24-45
1.2.2 双作用气缸	24-21	6.2.3 10Y-1 系列小型气缸 ($\phi 8 \sim \phi 50$)	24-46
1.2.3 组合气缸	24-22	6.2.4 QGCX 系列小型气缸 ($\phi 12 \sim \phi 40$)	24-46
1.2.4 特殊气缸	24-24	6.2.5 10Y-2 系列气缸($\phi 20$ $\sim \phi 40$)	24-47
2 气缸的设计与计算	24-29	6.2.6 QM 系列小型气缸 ($\phi 20 \sim \phi 40$)	24-48
2.1 气缸的设计步骤	24-29	6.2.7 10A-5 系列气缸($\phi 32$ $\sim \phi 160$)	24-49
2.2 气缸的基本参数	24-29	6.2.8 LG 系列气缸($\phi 32$ $\sim \phi 125$)	24-51
2.3 气缸有关计算	24-30	6.2.9 QGA II、QGB II 系列 气缸($\phi 32 \sim \phi 320$)	24-52
2.3.1 活塞杆上输出力和缸径的 计算	24-30	6.2.10 QGBQ 系列气缸 ($\phi 32 \sim \phi 100$)	24-53
2.3.2 活塞杆的计算	24-30	6.2.11 QGBM 系列米型气缸 ($\phi 32 \sim \phi 100$)	24-54
2.3.3 缸壁厚度的计算	24-32	6.2.12 LCZ(LCZM)系列气缸 ($\phi 25 \sim \phi 200$)	24-55
2.3.4 缓冲计算	24-32	6.2.13 QGS 系列气缸($\phi 32$ $\sim \phi 320$)	24-56
2.3.5 耗气量的计算	24-32	6.2.14 QGBZ 系列气缸($\phi 50$ $\sim \phi 250$)	24-57
2.3.6 冲击气缸设计计算	24-33	6.2.15 10A-2 系列气缸($\phi 125$ $\sim \phi 250$)	24-58
3 气缸主要零部件的结构、材料及技术 要求	24-36	6.2.16 JB 系列气缸($\phi 80$ $\sim \phi 400$)	24-61
3.1 气缸筒	24-36	6.3 普通双活塞杆气缸	24-62
3.2 气缸盖	24-36	6.3.1 QGEW-1 系列气缸($\phi 20$ $\sim \phi 40$)	24-62
3.3 缸筒与缸盖的联接	24-37	6.3.2 QGEW-2 系列气缸($\phi 32$ $\sim \phi 125$)	24-62
3.4 活塞	24-38	6.3.3 LGL 系列气缸($\phi 32 \sim \phi 125$)	24-64
3.5 活塞杆	24-38	6.3.4 QGBQS 系列气缸($\phi 32$ $\sim \phi 100$)	24-64
3.6 气缸的密封	24-39	6.3.5 QGSG 系列气缸($\phi 32$ $\sim \phi 320$)	24-64
3.6.1 活塞杆的密封	24-39	6.3.6 QGEW-3 系列气缸	
3.6.2 活塞的密封	24-39		
4 气缸的选择	24-40		
4.1 气缸的选择要点	24-40		
4.1.1 安装形式的选择	24-40		
4.1.2 输出力的大小	24-40		
4.1.3 气缸行程	24-40		
4.1.4 气缸的运动速度	24-40		
4.2 气缸使用注意事项	24-41		
5 气缸的性能和试验	24-41		
5.1 空载性能和试验	24-41		
5.2 载荷性能和试验	24-41		
5.3 耐压性及试验	24-41		
5.4 泄漏及试验	24-42		
5.5 缓冲性能及试验	24-42		
5.6 耐久性试验	24-42		
6 国产气缸产品	24-42		
6.1 国产气缸产品概览	24-42		
6.2 普通单活塞杆气缸	24-43		

($\phi 125 \sim \phi 250$)	24 - 65	1.1 气马达分类	24 - 81
6.4 薄型气缸	24 - 65	1.2 气马达工作原理	24 - 81
6.4.1 DQGI 系列薄型气缸		1.2.1 叶片式气马达	24 - 81
($\phi 12 \sim \phi 100$)	24 - 65	1.2.2 活塞式气马达	24 - 82
6.4.2 QCQ2 系列薄型气缸		1.2.3 摆动式气马达	24 - 82
($\phi 12 \sim \phi 100$)	24 - 67	1.3 气马达的特点	24 - 83
6.4.3 QGD 系列薄型气缸($\phi 16$		2 气马达的选择、应用及润滑	24 - 83
$\sim \phi 100$)	24 - 68	2.1 气马达的选择	24 - 83
6.4.4 QGY 系列薄型气缸		2.2 气马达的应用与润滑	24 - 84
($\phi 20 \sim \phi 100$)	24 - 69	3 气马达的典型产品	24 - 84
6.5 其他特殊气缸	24 - 70	3.1 叶片式气马达产品	24 - 85
6.5.1 QGCW 系列磁性无活塞		3.1.1 662W(0.9 马力)叶片式气	
杆气缸($\phi 20 \sim \phi 40$)	24 - 70	马达	24 - 85
6.5.2 CWC 系列磁性无活塞杆		3.1.2 1.471kW(2 马力)叶片式气	
气缸($\phi 20 \sim \phi 50$)	24 - 70	马达	24 - 85
6.5.3 QGHJ 系列旋转夹紧气缸		3.1.3 2.942kW(4 马力)叶片式气	
($\phi 25 \sim \phi 63$)	24 - 71	马达	24 - 86
6.5.4 QGBH 系列夹紧气缸($\phi 40$		3.1.4 4.415kW(6 马力)叶片式气	
$\sim \phi 63$)	24 - 72	马达	24 - 86
6.5.5 JQGB 系列夹紧气缸($\phi 40$		3.1.5 5.89kW(8 马力)和 6.62kW	
$\sim \phi 80$)	24 - 72	(9 马力)叶片式气马达	24 - 86
6.5.6 QGJ 系列夹紧气缸($\phi 40$		3.1.6 8.84kW(12 马力)叶片式气马	
$\sim \phi 63$)	24 - 73	达	24 - 87
6.5.7 QGSJ 系列锁紧气缸($\phi 40$		3.1.7 10.31kW(14 马力)和 14.71kW	
$\sim \phi 100$)	24 - 73	(20 马力)叶片式气马达	24 - 88
6.5.8 SJB 系列前(后)端锁定气缸		3.2 活塞式气马达	24 - 88
($\phi 63 \sim \phi 100$)	24 - 73	3.2.1 735.5W(1 马力)活塞式气马	
6.5.9 AV 系列短行程气缸($\phi 8$		达	24 - 88
$\sim \phi 63$)	24 - 76	3.2.2 2.06kW(2.8 马力)活塞式气马	
6.5.10 QGV 系列薄膜气缸($\phi 140$		达	24 - 89
$\sim \phi 160$)	24 - 77	3.2.3 2.979kW(4.5 马力)和 4.415kW	
6.5.11 CTA 系列伸缩气缸($\phi 80$		(6 马力)活塞式气马达	24 - 90
$\sim \phi 125$)	24 - 78	3.2.4 6.258kW(8.5 马力)活塞式气马	
6.5.12 QGNZ 系列气液阻尼缸		达	24 - 91
($\phi 32 \sim \phi 100$)	24 - 78	3.2.5 5.89kW(8 马力)和 7.355kW	
6.5.13 QGCH 系列冲击气缸($\phi 50$		(10 马力)活塞式气马达	24 - 92
$\sim \phi 100$)	24 - 78	3.2.6 7.723kW(10.5 马力)和 11.3kW	
6.5.14 ZG 系列振动气缸($\phi 63$		(15 马力)活塞式气马达	24 - 92
$\sim \phi 100$)	24 - 79	3.2.7 18.4kW(25 马力)活塞式气马	
6.5.15 QGZY 系列直压式气-液		达	24 - 93
增压缸($\phi 80 \sim \phi 160$)	24 - 80	3.2.8 HS 型活塞式气马达	24 - 93
第 3 章 气 马 达		3.3 摆动式气马达	24 - 95
1 气马达的分类、工作原理及特点	24 - 81	3.3.1 QGB1、QGB2 系列叶片摆动	

气马达	24 - 95	2.2.1	SRS 系列二位三通低功率电 磁先导阀	24 - 121
3.3.2 QGK ₁ 系列齿轮齿条摆动气 马达	24 - 96	2.2.2	Q23DI 系列二位三通电磁先 导阀	24 - 121
3.3.3 QGK 系列齿轮齿条摆动式气 马达(孔式)	24 - 97	2.2.3	Q ²² ₂₃ DX 系列二位二通、三通 电磁先导阀	24 - 121
3.3.4 QGABS 系列齿轮齿条摆动 气马达	24 - 98	2.2.4	K23D 系列二位三通电磁先 导阀	24 - 133
3.3.5 QGBC ₂ 系列齿轮齿条式摆动 气马达(轴式)	24 - 99	2.2.5	PC 系列二位二通、三通直动 式电磁阀	24 - 134
3.3.6 LTA 系列方型摆动气马 达	24 - 100	2.2.6	PQF 系列二位二通直动式高 频电磁换向阀	24 - 134
3.3.7 QGK 系列齿轮齿条式摆动气 缸	24 - 100	2.2.7	Q22D 系列二位二通先导截 止式、膜片式电磁换向阀	24 - 134
第 4 章 气动控制阀				
1 压力控制阀	24 - 104	2.2.8	K ²² ₂₃ JD 系列二位二通、三通 单电控先导截止式电磁换向 阀	24 - 136
1.1 压力控制阀的种类规格	24 - 104	2.2.9	K23JD 系列二位三通单电控 先导截止式换向阀	24 - 136
1.2 减压阀	24 - 105	2.2.10	23JD 系列二位三通先导截 止式单电控换向阀	24 - 138
1.2.1 QP 系列直动式减压阀	24 - 105	2.2.11	QDA 系列二位三通先导式单、 双电控换向滑阀	24 - 139
1.2.2 AR、PAR 系列直动式减 压阀	24 - 107	2.2.12	VP342、PS242 系列二位三通 先导式电磁换向阀	24 - 140
1.2.3 395 系列直动式减压阀	24 - 107	2.2.13	80200 系列二位三通先导式 电磁换向阀	24 - 141
1.2.4 495 系列直动式减压阀	24 - 107	2.3	五通电磁换向阀	24 - 142
1.2.5 QTY _a 系列高压减压阀	24 - 107	2.3.1	K25 ^{JD} _{JK} 系列二位五通先导截止 式电控阀与气控阀	24 - 142
1.2.6 PJXN-L80 型内部先导式 减压阀	24 - 111	2.3.2	QDC 系列二位五通先导式电 磁换向阀	24 - 142
1.2.7 QGD 系列定值器	24 - 111	2.3.3	SR 系列二位五通先导式电磁 换向阀	24 - 149
1.2.8 359 系列外部先导式减压 阀	24 - 112	2.3.4	PS ¹⁸⁰ ₃₈₀ 、VF ¹⁰⁰⁰ ₅₀₀₀ 系列二位、三位 五通先导式电磁换向阀	24 - 157
1.3 过滤减压阀	24 - 113	2.3.5	PS ¹²⁰ ₃₄₀ 、VF ⁷⁰⁰⁰ ₈₀₀₀ 系列二位、三位 五通先导式电磁换向阀	24 - 161
1.3.1 QE 系列过滤减压阀	24 - 113	2.3.6	3K 系列二位、三位五通先导	
1.3.2 AW、PAW 系列过滤减压 阀	24 - 113			
1.3.3 397 系列过滤减压阀	24 - 116			
1.4 单向压力顺序阀	24 - 118			
1.5 安全阀(溢流阀)	24 - 119			
1.5.1 Q-L6、QZ:01 型安全阀	24 - 119			
1.5.2 PQ 系列与 D559B-8M 型安 全阀	24 - 119			
1.5.3 PQW 系列安全阀	24 - 119			
2 方向控制阀	24 - 121			
2.1 方向控制阀的种类规格	24 - 121			
2.2 二通、三通、四通电磁换向阀	24 - 121			

式电磁换向阀	24 - 162	2.5.6	APK21 系列多种流体二位二 通直动活塞式换向阀	24 - 184
2.3.7 QDA 系列二位五通先导式 电磁换向阀	24 - 166	2.5.7	APK01、APK11 系列多种流 体二位二通先导活塞式电磁 阀(可用于真空等)	24 - 185
2.3.8 26360、26370 系列二位五通、三 位五通先导式电磁换向阀	24 - 167	2.5.8	09270、09550 系列多种流体 二位二通先导膜片式电磁 阀	24 - 185
2.3.9 QDC 系列三位五通先导式电 磁换向阀	24 - 167	2.5.9	PPS 系列二位二通先导活塞 式电磁换向阀(蒸汽阀)	24 - 188
2.3.10 SR、PS、VF、3K 等系列三位 五通先导式电磁换向阀	24 - 167	2.5.10	Q24JQ(G) 高温型二位四通 单气控截止式换向阀	24 - 188
2.3.11 PS4130 硬质(金属)密封二位 五通直动式电磁换向阀	24 - 169	2.6	人力控制换向阀	24 - 189
2.3.12 VFS2000 系列硬质(金属)密 封二位、三位五通先导式电 磁换向阀	24 - 169	2.6.1	Q23R ₁ C、Q25R ₁ C 系列按钮式 手动换向阀	24 - 189
2.4 气控阀	24 - 172	2.6.2	Q23R ₃ C、Q25R ₃ C 系列旋钮式 手动换向阀	24 - 192
2.4.1 K ²² ₂₃ JK 系列二位二通、三通 单气控截止阀	24 - 172	2.6.3	Q23R ₃ C、Q25R ₃ C 系列推拉式 手动换向阀	24 - 193
2.4.2 K23JK 系列二位三通单气控 截止阀	24 - 172	2.6.4	Q23R _{2eh} C、Q25R _{2eh} C 系列垂直 转柄式手动换向阀	24 - 193
2.4.3 23JQ 系列二位三通单气控 截止阀	24 - 172	2.6.5	QSR ₃ 系列手柄推拉式换向 阀	24 - 194
2.4.4 23JQ 系列二位三通气控换 向滑阀	24 - 172	2.6.6	QSR ₂ 系列水平旋转手柄式 换向阀	24 - 195
2.4.5 JQ25 系列二位五通气控换 向滑阀	24 - 174	2.6.7	SF24、SF34 系列二位、三位 四通手动转阀	24 - 197
2.4.6 QQC 系列二位、三位五通 气控换向滑阀	24 - 175	2.6.8	XQZ(SZ) 系列多位多通手动 转阀	24 - 198
2.4.7 VFA、PMV 系列二位五通 气控换向阀	24 - 177	2.6.9	K23R ₃ 系列二位三通管道手 拉式换向阀	24 - 199
2.5 多种流体、多用途换向阀	24 - 178	2.6.10	Q ²³ ₂₅ R ₇ B、Q ²³ ₂₅ R ₇ A、Q23JR ₇ A 系列二位三通、五通脚踏 阀	24 - 199
2.5.1 PDW2120 系列多种流体二 位二通直动截止式电磁换 向阀	24 - 178	2.7	机械控制换向阀	24 - 201
2.5.2 AB31、41、GAB31、41 系列多 种流体二位二通直动截止式 电磁换向阀	24 - 179	2.7.1	Q23C ₁ C、Q23C ₃ C、Q23C ₄ C 系 列二位三通机控阀	24 - 201
2.5.3 AG、GAG 系列多种流体二位 三通直动截止式电磁换向 阀	24 - 181	2.7.2	Q25C ₁ C、Q25C ₃ C、Q25C ₄ C 系列二位五通机控阀	24 - 203
2.5.4 K2 系列(串联安装)二位二通、 三通直动式微型电磁阀	24 - 183	2.8	时间控制换向阀	24 - 204
2.5.5 PT315 型二位三通直动式电 磁换向阀	24 - 184	2.8.1	FQ0803 型二位三通延时换向 阀	24 - 204
		2.8.2	K23Y-L6(8)-J 型二位三通延 时换向阀	24 - 204
		2.8.3	K25Y-L6(8)-J 型二位五通延	

时换向阀	24 - 205
2.9 单向型控制阀	24 - 205
2.9.1 KA 系列单向阀	24 - 205
2.9.2 QS 系列梭阀(或门阀)	24 - 206
2.9.3 KSY 系列双压阀(与门阀)	24 - 207
2.9.4 KP 系列快速排气阀	24 - 208
2.9.5 KKP 系列快速排气阀	24 - 209
3 流量控制阀	24 - 209
3.1 KLJ 系列节流阀	24 - 210
3.2 KLA 系列单向节流阀	24 - 210
3.3 QLA 系列单向节流阀	24 - 212
3.4 QLA(J) 系列接头式单向节流 阀	24 - 212
3.5 KLP、KLPX 系列排气节流 与排气消声节流阀	24 - 213
4 真空发生器、真空过滤器、真空吸 盘	24 - 214
4.1 真空发生器	24 - 214
4.1.1 ZHF-II 系列真空发生器	24 - 214
4.1.2 ZKF 系列真空发生器	24 - 215
4.2 真空过滤器	24 - 215
4.2.1 ZHL-L3 型真空过滤器	24 - 215
4.3 真空吸盘	24 - 216
4.3.1 ZHP 系列真空吸盘	24 - 216
4.3.2 XP 系列真空吸盘	24 - 218
4.3.3 XPI 系列真空小吸盘	24 - 219

第 5 章 气源装置及气动辅助元件

1 气源装置	24 - 223
1.1 容积式压缩机的分类和工作原 理	24 - 223
1.2 容积式压缩机型号说明	24 - 224
1.3 技术规格	24 - 224
2 气动辅助元件	24 - 228
2.1 分水滤气器(二次过滤器)	24 - 228
2.1.1 394 系列分水滤气器	24 - 228
2.1.2 494 系列分水滤气器	24 - 229
2.1.3 QL 系列分水滤气器	24 - 230
2.1.4 QGL 系列精密分水滤气 器	24 - 231
2.1.5 QSL ₂ 系列高压分水滤气 器	24 - 232
2.2 油雾器	24 - 232
2.2.1 396 系列油雾器	24 - 232
2.2.2 496 系列油雾器	24 - 234
2.2.3 QY 系列油雾器	24 - 235

2.3 气源调节装置(三联件:分水滤气 器、减压阀、油雾器的组合件)	24 - 236
2.3.1 398 系列三联件	24 - 236
2.3.2 498 系列三联件	24 - 236
2.3.3 QLPY 系列三联件	24 - 237
2.3.4 QFLJWB 系列三联件	24 - 239
2.3.5 QAC/AC 系列三联件	24 - 240
2.4 气源调节装置(二联件)	24 - 241
2.4.1 399 系列二联件	24 - 241
2.4.2 499 系列二联件	24 - 242
2.5 其他气动辅件	24 - 242
2.5.1 ZPS-L15、ZPSA 系列自动排 水器	24 - 242
2.5.2 ZPW 系列卧式自动排水 器	24 - 243
2.5.3 消声器	24 - 243
2.5.4 TK 型压力继电器	24 - 244
2.5.5 气液转换器	24 - 245
2.6 气动管接头	24 - 246
2.6.1 气动管接头的类型	24 - 246
2.6.2 有色金属管接头	24 - 247
2.6.3 棉线编织胶管接头	24 - 251
2.6.4 PU 管、尼龙管用接头	24 - 253
2.6.5 快换管接头	24 - 260
2.6.6 组合式管接头	24 - 261

第 6 章 国外气动产品

1 德国 FESTO 公司气动产品	24 - 265
1.1 FESTO 气动技术与产品简介	24 - 265
1.2 FESTO 气动执行元件	24 - 265
1.2.1 FESTO 气动执行元件分类与 产品	24 - 265
1.2.2 ESNU、DSNU 系列单、双作用 小型气缸	24 - 267
1.2.3 DNC 系列 ISO 标准双作用中 型气缸	24 - 270
1.2.4 DNG ISO 标准 15552/DIS (草案)双作用中、大型气缸	24 - 274
1.2.5 ADVU、AEVU 系列紧凑型单、 双作用短行程气缸	24 - 280
1.2.6 DZF 系列双作用扁平气缸	24 - 284
1.2.7 DGP、DGPL 系列滑块型无杆 气缸与带导轨的无杆气缸	24 - 287
1.2.8 ADVUT 系列双作用倍力气 缸	24 - 295
1.2.9 ADVUP 系列双作用多位气	