



成大先 主编

机械设计手册

HANDBOOK
MECHANICAL
DESIGN

第五版

单行本

气压传动



化学工业出版社

机械设计手册

HANDBOOK
OF MECHANICAL
DESIGN

第五版

单行本

气压传动

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
虞培清



化学工业出版社

· 北 京 ·

《机械设计手册》第五版单行本共 16 分册, 涵盖了机械常规设计的所有内容。各分册分别为: 《常用设计资料》、《机械制图·精度设计》、《常用机械工程材料》、《机构》、《连接与紧固》、《轴及其连接》、《轴承》、《起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《弹簧》、《机械传动》、《减(变)速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。

本书为《气压传动》。其中第 1 章基础理论, 主要介绍各国液压、气动符号对照, 气动技术特点与流体基本公式等; 第 2 章压缩空气站、管道网络及产品, 主要介绍压缩设备的组成、空气管理网络的布局和尺寸配备、增压器、压缩空气站和增压产品等; 第 3 章压缩空气净化处理装置, 主要介绍空气净化处理概述, 以及各种典型空气处理装置(过滤器、油雾器、减压器、溢流阀、气源处理装置等)的分类与功能、工作原理、性能参数、选择与使用等; 第 4 章气动执行元件及产品, 主要介绍各种气动组件和产品在夹紧工艺、送料工艺、冲压工艺、专用设备工艺气动肌肉、真空/比例伺服/测量工艺、包装工艺等上的应用; 第 5 章方向控制阀、流体阀、流量控制阀及阀岛, 主要介绍方向控制阀、流体阀、Namar 阀、流量控制阀、阀岛和几种电磁阀产品等的工作原理、主要技术参数和选用方法等; 第 6 章电-气比例/伺服系统及产品, 主要介绍电-气比例伺服控制阀及系统的组成、原理, 以及几种气动比例/伺服阀的外形尺寸、流量特性及工作参数等; 第 7 章~第 9 章主要介绍了真空元件、传感器和气动辅件; 第 10 章介绍了气动领域的新产品和新技术, 如 ONE 型高度集成的模块化气源装置、双倍行程无杆气缸、MGZ 系列倍力气缸、CE1 系列行程可读出气缸、HSP 高速抓取单元等; 第 11 章气动系统, 主要介绍气动基本回路、典型应用回路、气动系统常用控制方法及设计等; 第 12 章介绍气动相关技术标准及资料; 第 13 章介绍气动系统的维护及故障处理。

本书可作为机械设计人员和有关工程技术人员的工具书, 也可供高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计手册(第五版): 单行本. 气压传动/成大先
主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.1
ISBN 978-7-122-07133-0

I. 机… II. 成… III. ①机械设计-技术手册②气压
传动-技术手册 IV. ①TH122-62②TH138-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 212631 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 36 $\frac{3}{4}$ 字数 1305 千字 2010 年 1 月北京第 1 版第 1 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: 68.00 元
京化广临字 2009—32 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 | 中国航空救生装置公司 |
| 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 | 无锡市万向联轴器有限公司 |
| 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 |

袁 林	四川理工学院	崔桂芝	北方工业大学
王春和	北方工业大学	张若青	北方工业大学
周朗晴	中国有色工程设计研究总院	王 侃	北方工业大学
孙夏明	北方工业大学	张常年	北方工业大学
黄吉平	宁波市镇海减变速机制造有限公司	朱宏军	北方工业大学
陈宗源	中冶集团重庆钢铁设计研究院	佟 新	中国有色工程设计研究总院
张 翌	北京太富力传动机器有限责任公司	禡有雄	天津大学
蔡学熙	连云港化工矿山设计研究院	林少芬	集美大学
姚光义	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
沈益新	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
钱亦清	连云港化工矿山设计研究院	吴根茂	浙江大学
于 琴	连云港化工矿山设计研究院	魏建华	浙江大学
蔡学坚	邢台地区经济委员会	吴晓雷	浙江大学
虞培清	浙江长城减速机有限公司	钟荣龙	厦门厦顺铝箔有限公司
项建忠	浙江通力减速机有限公司	黄 鑫	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
周 堉	中冶京城工程技术有限公司		

审 稿 人 员

刘世参	余梦生	成大先	王德夫	李长顺	强 毅	邹舜卿	李福君
王孝先	郭可谦	孙永旭	汪德涛	林基明	方 正	余雪华	陈应斗
朱 琪	朱 炎	房庆久	李钊刚	厉始忠	姜 勇	陈湛闻	饶振纲
张海臣	季泉生	林 鹤	洪允楣	吴豪泰	王 正	詹茂盛	姬奎生
申连生	张红兵	容同生	卢长耿	郭长生	吴 筠	徐文灿	

编 辑 人 员

周国庆	张兴辉	王 烨	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 澈		

HANDBOOK
MECHANICAL
DESIGN

《机械设计手册》(第五版)单行本

出版说明

国内第一部机械设计大型工具书——《机械设计手册》第一版于1969年由化学工业出版社正式出版,40年来,共修订了五版,累计销售量超过120万套,受到广大读者的欢迎和厚爱,也多次获得国家和省部级奖励。

《机械设计手册》自出版以来,收到读者数千封来信,赢得了广大机械设计工作者的好评。特别是手册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,成为设计工作者不可缺少的工具书。

广大读者在对《机械设计手册》给予充分肯定的同时,也指出了《机械设计手册》装帧太厚、太重,不便携带和翻阅,希望出版篇幅小些的单行本,建议将《机械设计手册》以篇为单位改编为单行本。

根据广大读者的反映和建议,化学工业出版社组织编辑出版人员深入设计科研院所、大中专院校、制造企业和有一定影响的新华书店进行调研,广泛征求和听取各方面的意见,在与主编单位协商一致的基础上,于2004年以《机械设计手册》第四版为基础,编辑出版了《机械设计手册》单行本,并在出版后很快得到了读者的认可。

而今,《机械设计手册》第五版(5卷本)已于去年修订完毕上市发行,第五版在提高产品开发、创新设计方面,在促进新产品设计和加工制造的新工艺设计方面,在为新产品开发、老产品改造创新提供新型元器件和新材料方面,在贯彻推广标准化工作等方面,都较第四版有很大改进。为使更多的读者可按自己的需要,有针对性地选用《机械设计手册》第五版中的部分内容,并降低购书费用,化学工业出版社在汲取《机械设计手册》第四版单行本成功经验的基础上,隆重推出《机械设计手册》第五版单行本。

《机械设计手册》第五版单行本,保留了《机械设计手册》第五版(5卷本)的优势和特色,从设计工作的实际出发,结合机械设计专业具体情况,将原来的5卷23篇调整为16分册20篇,分别为:《常用设计资料》、《机械制图·精度设计》、《常用机械工程材料》、《机构》、《连接与紧固》、《轴及其连接》、《轴承》、《起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《弹簧》、《机械传动》、《减(变)速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。这样,各分册篇幅适中,查阅和携带更加方便,有利于设计人员和读者根据各自需要灵活选购。

《机械设计手册》第五版单行本,是为了适应机械设计事业发展和广大读者的需要而编辑出版的,将与《机械设计手册》第五版(5卷本)一起,成为机械设计工作者、工程技术人员和广大读者的良师益友。

HANDBOOK
MECHANICAL
DESIGN

借《机械设计手册》第五版单行本出版之际，再次向热情支持和积极参加编写工作的单位和人员表示诚挚的敬意！向长期关心、支持《机械设计手册》的广大热心读者表示衷心感谢！

由于编辑出版单行本的工作量较大，时间较紧，难免存在疏漏和缺点，恳请广大读者给予指正。

化学工业出版社

2010 年 1 月



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。

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

目 录

第 23 篇 气压传动

第1章 基础理论 23-3

- 1 各国液压、气动符号对照 23-3
- 2 气动技术特点与流体基本公式 23-15
 - 2.1 气动基础理论的研究与气动技术特点 23-15
 - 2.1.1 气动基础理论、气动技术的研究内容 23-15
 - 2.1.2 气动技术的特点 23-15
 - 2.1.3 气动与其他传动方式的比较 23-16
 - 2.1.4 气动系统的组成 23-17
 - 2.1.5 气动系统各类元件的主要用途 23-18
 - 2.2 空气的性质 23-19
 - 2.2.1 空气的密度、比容、压力、温度、黏度、比热容、热导率 23-19
 - 2.2.2 气体的状态变化 23-20
 - 2.2.3 干空气与湿空气 23-21
 - 2.2.4 压缩空气管道水分计算举例 23-22
 - 2.3 空气热力学和流体动力学规律 23-22
 - 2.3.1 闭口系统热力学第一定律 23-22
 - 2.3.2 闭口系统热力学第二定律 23-22
 - 2.3.3 空气的热力过程 23-24
 - 2.3.4 开口系统能量平衡方程式 23-24
 - 2.3.5 可压缩气体的定常管内流动 23-25
 - 2.3.6 气体通过收缩喷嘴或小孔的

流动 23-26

- 2.3.7 充、放气系统的热力学过程 23-27
- 2.3.8 气阻和气容的特性及计算 ... 23-29

第2章 压缩空气站、管道网络及产品 23-31

- 1 压缩空气设备的组成 23-31
 - 1.1 空压机 23-31
 - 1.2 后冷却器 23-33
 - 1.3 主管道过滤器 23-34
 - 1.4 主管道油水分离器 23-35
 - 1.5 储气罐 23-36
 - 1.6 干燥器 23-36
 - 1.7 自动排水器 23-38
- 2 空气管道网络的布局和尺寸配备 23-39
 - 2.1 气动管道最大体积流量的计算因素 23-39
 - 2.2 空气设备最大耗气均值的计算 ... 23-39
 - 2.3 气动管道网络的压力损失 23-39
 - 2.3.1 影响气动管道网络的压力损失的主要因素 23-39
 - 2.3.2 气动管道网络的压力损失的计算举例 23-40
 - 2.4 泄漏的计算及检测 23-40
 - 2.4.1 在不同压力下, 泄漏孔与泄漏率的关系 23-40
 - 2.4.2 泄漏造成的经济损失 23-41
 - 2.4.3 泄漏率的计算及举例 23-41
 - 2.4.4 泄漏检测系统 23-42

2.4.5 压缩空气的合理损耗	23-42	5.1 溢流阀的功能	23-67
2.5 压缩空气网络的主要组成部分 ...	23-43	5.2 溢流阀的分类、结构及工作 原理	23-67
2.5.1 压缩空气管道的网络布局 ...	23-43	5.2.1 溢流阀的分类	23-67
2.5.2 压缩空气应用原则	23-43	5.2.2 溢流阀的结构、工作原理 及选用	23-67
2.6 管道直径的计算及图表法	23-44	6 气源处理装置	23-69
2.7 主管道与支管道的尺寸配置	23-45	6.1 GC 系列三联件的结构、材质 和特性 (亚德客)	23-69
3 增压器	23-46	6.2 GFR 系列过滤减压阀结构、尺寸 及特性 (亚德客)	23-71
4 压缩空气的质量等级	23-46	6.3 QAC 系列空气过滤组合三联件规 格、尺寸及特性 (上海新益) ...	23-72
4.1 影响压缩空气质量的要素	23-46	6.4 QAC 系列空气过滤组合 (二联件) 结构尺寸及产品型号 (上海新益)	23-74
4.2 净化车间的压缩空气等级	23-47	6.5 费斯托精密型减压阀	23-75
4.3 不同行业、设备对空气质量等级 要求	23-47	6.6 麦特沃克 Skillair 三联件 (管道补偿)	23-78
5 压缩空气站、增压器产品	23-48	6.7 不锈钢过滤器、调压阀、油雾器 (Norgren 公司)	23-79
5.1 环保冷媒冷冻式干燥器 (SMC)	23-48	6.8 不锈钢精密调压阀、过滤调压阀 (Norgren 公司)	23-80
5.2 IDF 系列冷冻式空气干燥器 (SMC)	23-50		
5.3 高温进气型 (IDU) 冷冻式空气 干燥器 (SMC)	23-52		
5.4 DPA 型增压器 (Festo)	23-53		
5.5 VBA 型增压器 (SMC)	23-55		
第3章 空气净化处理装置 ...	23-57	第4章 气动执行元件及产品	23-82
1 空气净化处理概述	23-57	1 气动执行组件	23-82
1.1 压缩空气处理	23-57	1.1 气动执行组件的分类	23-82
1.2 压缩空气要求的净化程度	23-57	1.1.1 气动执行组件分类表	23-82
1.3 压缩空气预处理	23-58	1.1.2 气动执行组件的分类说明 ...	23-83
2 过滤器	23-58	1.2 普通气缸	23-85
2.1 过滤器的分类与功能	23-58	1.2.1 普通气缸的工作原理	23-85
2.2 除水滤灰过滤器	23-59	1.2.2 普通气缸性能分析	23-86
2.3 除油型过滤器 (油雾分离器) ...	23-60	1.2.3 气缸设计、计算	23-90
2.4 除臭过滤器	23-61	1.2.4 普通气缸的安装形式	23-105
2.5 自动排水器	23-61	1.2.5 气动执行件的结构、 原理	23-106
3 油雾器	23-62	1.2.6 高速气缸与低速气缸	23-142
4 减压阀	23-62	1.2.7 低摩擦气缸	23-143
4.1 减压阀的分类	23-62	1.2.8 耐超低温气缸与耐高温 气缸	23-144
4.2 减压阀基本工作原理	23-63	1.2.9 符合 ISO 标准的导向	
4.3 减压阀的性能参数	23-65		
4.4 减压阀的选择与使用	23-66		
4.5 过滤减压阀	23-66		
5 溢流阀	23-67		



装置	23-144	槽的分配送料应用	23-168
1.2.10 无杆气缸	23-145	2.4.2 止动气缸对前一站储存站的 缓冲蓄料应用	23-168
1.2.11 叶片式摆动气缸	23-151	2.4.3 双活塞气缸对工件的抓取和 输送	23-169
1.2.12 液压缓冲器	23-153	2.4.4 中间耳轴型标准气缸在自动 化车床的送料应用	23-169
1.2.13 气动肌肉	23-156	2.4.5 标准气缸在螺纹滚压机的 送料应用	23-170
1.3 普通气缸应用注意事项	23-161	2.4.6 带后耳轴的标准气缸在涂 胶机送料上的应用	23-170
2 气动产品的应用简介	23-162	2.4.7 标准气缸在圆杆送料装置上 的应用	23-170
2.1 防扭转气缸在叠板对齐工艺上的 应用	23-162	2.4.8 无杆气缸/双活塞气缸/平行 气爪/阻挡气缸在底部凹陷 工件上抓取送料的应用	23-171
2.2 气动产品在装配工艺上的 应用	23-163	2.4.9 叶片式摆动气缸在送料装置 分配送料上的应用	23-171
2.2.1 带导轨气缸/中型导向单元 在轴承衬套装配工艺上的 应用	23-163	2.4.10 抗扭转紧凑型气缸实行步进 送料	23-171
2.2.2 三点式气爪/防扭转紧凑型 气缸在轴类装配卡簧工艺 上的应用	23-163	2.4.11 叶片式摆动气缸 (180°) 对片状工件的正反面翻转 工艺的应用	23-172
2.2.3 特殊轴向对中气缸/紧凑型 气缸等在轴类套圈装配工艺 上的应用	23-164	2.4.12 平行气爪的应用	23-172
2.2.4 小型滑块驱动器/防扭转紧凑 型气缸在内孔装配卡簧工艺 上的应用	23-164	2.5 气动产品在冲压工艺上的 应用	23-172
2.2.5 防扭转气缸、倍力气缸对需 内芯插入部件进行的预加工 工艺装配上的应用	23-165	2.6 气动产品在钻孔/切刻工艺上的 应用	23-173
2.2.6 标准气缸/倍力气缸在木梯 横挡的装配工艺的应用	23-165	2.6.1 无杆气缸/直线坐标气缸在 钻孔机上的应用	23-173
2.3 夹紧工艺应用	23-166	2.6.2 液压缓冲器等气动组件在 钻孔机上的应用	23-173
2.3.1 倍力气缸/放大曲柄机构对 工件的夹紧工艺的应用	23-166	2.6.3 带液压缓冲器的直线单元在管 子端面倒角机上的应用	23-173
2.3.2 膜片气缸对平面形工件的 夹紧工艺的应用	23-166	2.6.4 倍力气缸在薄壁管切割机上的 应用	23-174
2.3.3 防扭转紧凑型气缸配合液压 系统的多头夹紧系统的 应用	23-167	2.6.5 无杆气缸在薄膜流水线上 高速切割工艺的应用	23-174
2.3.4 摆动夹紧气缸对工件的夹紧 工艺的应用	23-167	2.7 气动产品在专用设备工艺上的 应用	23-175
2.4 气动产品在送料 (包括储存、 蓄料) 等工艺上的应用	23-168	2.7.1 紧凑型气缸/倍力气缸在金属	
2.4.1 多位气缸对多通道工件输入			

板材弯曲成形上的应用	23-175	测量设备上的应用	23-182
2.7.2 抽吸率升降可调整的合金焊接 机上应用	23-175	2.9.12 倍力气缸在传送带上的张紧 / 跑偏工艺上的应用	23-183
2.7.3 双齿轮齿条 / 扁平气缸在涂胶 设备上的应用	23-176	2.10 带导轨无杆气缸 / 叶片摆动气缸 在包装上的应用	23-183
2.7.4 普通气缸配置滑轮的平衡吊 应用	23-176	3 导向驱动装置	23-184
2.8 气动肌肉的应用	23-177	3.1 模块化驱动	23-184
2.8.1 气动肌肉作为专用夹具 的应用	23-177	3.2 抓取和放置驱动	23-185
2.8.2 气动肌肉在机械提升设备上 的应用	23-177	3.2.1 二维小型抓取放置驱动	23-186
2.8.3 气动肌肉在轴承装 / 卸工艺上 的应用	23-178	3.2.2 二维中型 / 大型抓取放置 驱动	23-187
2.9 真空 / 比例伺服 / 测量工艺的 应用	23-178	3.2.3 二维线性门架驱动	23-187
2.9.1 止动气缸在输送线上的 应用	23-178	3.2.4 三维悬臂轴驱动	23-188
2.9.2 多位气缸 / 电动伺服轴完成 二维工件的抓取应用	23-179	3.2.5 三维门架驱动	23-189
2.9.3 直线坐标气缸 (多位功能) / 带棘轮分度摆动气缸在二维 工件的抓取应用	23-179	3.3 气动驱动与电动驱动的比较	23-190
2.9.4 直线组合摆动气缸 / 伺服定位 轴在光盘机送料系统上的 应用	23-179	4 气爪	23-191
2.9.5 气动软停止在生产线上快速 喂料	23-180	4.1 气爪的分类	23-191
2.9.6 真空吸盘在板料分列输送 装置上应用	23-180	4.2 影响气爪选择的一些因素及与 工件的选配	23-191
2.9.7 真空吸盘 / 摆动气缸 / 无杆 气缸对板料旋转输送上的 应用	23-180	4.3 气爪夹紧力计算	23-193
2.9.8 特殊吸盘 / 直线组合摆动气缸 缓冲压机送料上的应用	23-181	4.4 气爪夹紧力计算举例	23-194
2.9.9 气障 (气动传感器) / 摆动 气缸在气动钻头断裂监测 系统上的应用	23-181	4.5 气爪选择时应注意事项	23-197
2.9.10 利用喷嘴挡板感测工件 位置的应用	23-182	4.6 比例气爪	23-197
2.9.11 带导轨无杆气缸在滚珠直径		5 气马达	23-200
		5.1 气马达的结构、原理和特性	23-200
		5.2 气马达的特点	23-203
		5.3 气马达的选择与使用	23-203
		6 气动执行组件产品介绍	23-204
		6.1 小型圆形气缸 ($\phi 8 \sim 25\text{mm}$) ...	23-204
		6.1.1 ISO 6432 标准气缸 ($\phi 8 \sim$ 25mm) 连接界面的标准 尺寸	23-204
		6.1.2 ISO 6432 标准小型圆形 气缸	23-206
		6.1.3 非 ISO 标准小型圆形 气缸	23-210
		6.2 紧凑型气缸	23-213
		6.2.1 ISO 21287 标准紧凑型气缸 ($\phi 20 \sim 100\text{mm}$) 连接界面 尺寸	23-213
		6.2.2 ISO 21287 标准紧凑型气缸	

($\phi 32 \sim 125\text{mm}$)	23-215
6.2.3 国产非 ISO 标准紧凑型气缸 ($\phi 12 \sim 100\text{mm}$)	23-217
6.3 ISO 15552 标准普通型气缸	23-224
6.3.1 ISO 15552 标准普通型气缸 ($\phi 32 \sim 320\text{mm}$)	23-224
6.3.2 ISO 15552 标准气缸 ($\phi 32 \sim 125\text{mm}$)	23-226
6.3.3 国内外 ISO 15552 标准气缸 制造厂商名录	23-230
6.3.4 非 ISO 标准普通型气缸 ($\phi 32 \sim 125\text{mm}$)	23-233

第5章 方向控制阀、流体阀、 流量控制阀及阀岛

1 方向控制阀	23-239
1.1 方向控制阀的分类	23-239
1.2 方向控制阀的工作原理	23-245
1.3 电磁换向阀主要技术参数	23-247
1.4 方向控制阀的选用方法	23-253
1.5 气控换向阀	23-254
1.6 机控换向阀	23-256
1.7 人力控制阀	23-258
1.8 压电阀	23-260
1.9 单方向控制型阀	23-260
2 流体阀	23-262
3 Namar 阀	23-265
4 流量控制阀	23-268
5 阀岛	23-272
5.1 阀岛的定义及概述	23-272
5.2 网络及控制技术	23-274
5.3 现场总线的类型	23-274
5.4 阀岛的分类	23-278
5.5 阀岛的结构及特性 (以坚固的 模块型结构的阀岛为例)	23-281
5.6 Festo 阀岛及 CPV 阀岛	23-284
5.6.1 Festo 阀岛概述	23-284
5.6.2 CPV 阀岛简介	23-286
5.7 CPV 直接安装型阀岛使用 设定	23-292
5.8 Metal Work 阀岛	23-296

5.9 Norgren 阀岛	23-297
5.10 SMC 阀岛	23-298
5.11 阀岛选择的注意事项	23-301
6 几种电磁阀产品介绍	23-301
6.1 国内常见的二位三通电磁阀	23-301
6.2 国内常见的二位五通、三位五通 电磁阀	23-304
6.3 QDC 系列电控换向阀	23-311
6.4 符合 ISO 5599 标准的电磁 换向阀	23-320
6.5 二位二通直动式流体阀	23-326
6.6 二位二通高温、高压电磁阀	23-327
6.7 二位二通角座阀	23-329

第6章 电-气比例/伺服系统及 产品

1 概论	23-332
1.1 气动断续控制与气动连续控制 区别	23-332
1.2 开环控制与闭环控制	23-333
1.3 气动比例阀的分类	23-333
2 电-气比例/伺服控制阀的组成	23-334
2.1 可动部件驱动机构(电-机械 转换器)	23-334
2.2 气动放大器(阀体)	23-337
3 几种电-气比例/伺服阀	23-339
4 电-气比例/伺服系统的组成及原理	23-341
4.1 电-气比例/伺服系统的组成	23-341
4.2 电-气比例/伺服系统的原理	23-343
5 几种气动比例/伺服阀的介绍	23-344
5.1 Festo MPPE 气动压力比例阀 (PWM 型)	23-344
5.2 Festo MPPES 气动压力比例阀 (比例电磁铁型)	23-348
5.3 Festo MPYE 比例流量伺服阀 (比例电磁铁型)	23-351
5.4 SMC IT600 压力比例阀(喷嘴 挡板型)	23-353
5.5 SMC ITV1000/2000/3000 先导 式电气比例阀(PWM 型)	23-354
5.6 NORGREN VP22 系列二位三通	

比例阀	23-359	5 光电传感器	23-398
5.7 SMC ITV 2090 /209 真空用电气		6 压力传感器	23-406
比例阀 (PWM 型)	23-361	7 流量传感器	23-408
5.8 HOERBIGER PRE 压电式		8 传感器的产品介绍	23-411
比例阀	23-364	8.1 电感式接近传感器 SIEN-M12	
第7章 真空元件	23-367	(Festo)	23-411
1 真空系统的概述	23-367	8.2 18D 型机械式气动压力开关	
2 真空发生器的主要技术参数	23-370	(Norgren)	23-413
2.1 单级真空发生器及多级真空发生		8.3 ISE30 /ZSE30 系列高精度数字	
器的技术特性	23-371	压力开关 (SMC 公司)	23-415
2.2 普通真空发生器及带喷射开关		8.4 SFE 系列流量传感器	
真空发生器的技术特性	23-372	(Festo)	23-418
2.3 省气式组合真空发生器的原理及		第9章 气动辅件	23-422
技术参数	23-372	1 气管的分类	23-422
2.4 真空发生器的选择步骤	23-374	1.1 软管	23-422
3 真空吸盘	23-374	1.2 硬管	23-427
3.1 真空吸盘的分类及应用	23-374	1.3 影响气管损坏的环境因素	23-428
3.2 真空吸盘的材质特性及工件材质		1.4 气管使用注意事项	23-428
对真空度的影响	23-375	2 螺纹与接头	23-429
3.3 真空吸盘运动时力的分析及计算、		2.1 螺纹的种类	23-429
举例	23-375	2.2 公制螺纹、G 螺纹与 R 螺纹的	
4 真空辅件	23-378	连接匹配	23-430
4.1 真空减压阀	23-378	2.3 接头的分类及介绍	23-430
4.2 真空安全阀	23-379	2.3.1 快插接头简介	23-431
4.3 真空过滤器	23-380	2.3.2 倒钩接头	23-448
4.4 真空顺序阀	23-380	2.3.3 快拧接头	23-451
4.5 真空压力开关	23-380	2.3.4 卡套接头	23-454
4.6 真空压力表	23-384	2.3.5 快速接头	23-456
4.7 真空高度补偿器 /角度补偿器 ..	23-385	2.3.6 多管对接式接头	23-457
5 真空元件选用注意事项	23-385	3 消声器	23-457
第8章 传感器	23-386	3.1 概述	23-457
1 传感器的概述	23-386	3.2 消声器的消声原理	23-458
1.1 传感器概述	23-386	3.3 消声器分类	23-458
1.2 气动领域中常见传感器的分类		3.4 消声器选用注意事项	23-459
说明	23-386	4 储气罐	23-459
1.3 数字量传感器、模拟量传感器	23-387	第10章 新产品、新技术	23-460
2 气缸位置传感器	23-389	1 ONE 型高度集成的模块化气源装置	
3 电感式传感器	23-391	(Metal Work 公司)	23-460
4 电容式传感器	23-397	1.1 ONE 型模块化气源装置概述	23-460

1.2	ONE 型模块化气源装置的主要特性及功能模块说明	23-461	7.2	高速阀的开关特性曲线	23-483
1.3	ONE 型模块化气源装置的主要技术参数	23-462	7.3	高速阀的技术特性	23-484
1.4	ONE 型模块化气源装置的结构维护	23-462	7.4	高速阀应用	23-485
2	双倍行程无杆气缸 (M46900/IA、M46900/M) (Norgren 公司)	23-463	8	非接触式真空吸盘	23-485
2.1	概述	23-463	8.1	非接触式真空吸盘概述	23-485
2.2	工作原理	23-463	8.2	工作原理	23-485
2.3	标准型号	23-464	8.3	非接触式真空吸盘的主要技术参数	23-486
2.4	技术参数	23-464	8.4	非接触式真空吸盘安装与使用注意事项	23-486
2.5	安装型式及尺寸	23-464	9	带诊断功能的模块化 CPX 电气终端 + 阀岛 (FESTO)	23-487
3	MGZ 系列倍力气缸 (SMC)	23-467	9.1	概述	23-487
3.1	概述	23-467	9.2	新阀岛的模块化特性	23-487
3.2	工作原理	23-467	9.3	新阀岛的总线连接技术	23-487
3.3	技术参数	23-467	9.4	诊断功能	23-489
3.4	外形及安装尺寸	23-468	9.4.1	LED 指示灯诊断	23-489
4	CE1 系列行程可读出气缸 (SMC) ..	23-471	9.4.2	手持设备诊断	23-492
4.1	工作原理	23-471	9.4.3	通过 FESTO 软件进行远程诊断	23-493
4.2	技术参数	23-472	10	压电阀	23-493
4.3	外形及安装尺寸	23-473	10.1	概述	23-493
4.4	3 点预设计数器 CEU1	23-475	10.2	直动式换向阀	23-493
4.5	多输出计数器 CEU5	23-476	10.3	先导压电比例换向阀	23-493
5	HSP 高速抓取单元 (FESTO)	23-477	10.4	先导压电比例换向阀特性	23-495
5.1	概述	23-477	11	有关厂商名录	23-495
5.2	HSP 的结构形式及工作原理	23-478			
5.3	HSP 的技术参数	23-479			
5.4	HSP 的气动线路图	23-479			
6	FESTO 公司的气动软停止	23-480			
6.1	概述	23-480			
6.2	气动软停止配置及原理	23-480			
6.3	气动软停止的仿真运动曲线分析	23-481			
6.4	$\phi 32$ 气缸 (水平安装/垂直安装) 运动质量、有效行程和时间关系	23-482			
6.5	气动软停止 (soft stop) 的特点及应用	23-483			
7	高速阀 (FESTO)	23-483			
7.1	概述	23-483			

第 11 章 气动系统

1	气动基本回路	23-496
1.1	换向回路	23-496
1.2	速度控制回路	23-497
1.3	压力、力矩与力控制回路	23-498
1.4	位置控制回路	23-501
2	典型应用回路	23-502
2.1	同步回路	23-502
2.2	延时回路	23-504
2.3	自动往复回路	23-504
2.4	防止启动飞出回路	23-505
2.5	防止落下回路	23-506
2.6	缓冲回路	23-506
2.7	真空回路	23-507

2.8 其他回路	23-507	5 关于防爆的标准及说明	23-540
2.9 应用举例	23-508	5.1 目前的标准	23-540
3 气动系统的常用控制方法及设计	23-512	5.2 关于“爆炸性气体环境用电气设备 第1部分:通用要求”简介	23-540
3.1 气动顺序控制系统	23-512	5.3 关于“爆炸性气体环境用电气设备 第14部分:危险场所分类” 简介	23-546
3.1.1 顺序控制的定义	23-512	5.3.1 “危险场所分类”中的几个 主题	23-546
3.1.2 顺序控制系统的组成	23-512	5.3.2 正确划分爆炸性环境的三个 区域	23-546
3.1.3 顺序控制器的种类	23-512	5.4 ATEX94 /9 /EC 指令和 ATEX1999 / 92 /EC 指令	23-546
3.2 继电器控制系统	23-513	6 食品包装行业相关标准及说明	23-551
3.2.1 概述	23-513	7 用于电子显像管及喷漆行业的不含铜 及聚四氟乙烯的产品	23-555
3.2.2 常用继电器控制电路	23-513	8 气缸行程误差表	23-556
3.2.3 典型的继电器控制气动 回路	23-515	9 美国、欧洲、日本、德国对“阀开关 时间测试”的比较	23-556
3.2.4 气动程序控制系统的设计 方法	23-519	10 流量转换表	23-557
3.3 可编程控制器的应用	23-522	第13章 气动系统的维护及故障 处理	23-558
3.3.1 可编程控制器的组成	23-523	1 维护保养	23-558
3.3.2 可编程控制器工作原理	23-523	2 维护工作内容	23-559
3.3.3 可编程控制器常用编程 指令	23-524	3 故障诊断与对策	23-560
3.3.4 控制系统设计步骤	23-526	4 常见故障及其对策	23-562
3.3.5 控制系统设计举例	23-527	参考文献	23-567
第12章 气动相关技术标准及 资料	23-528		
1 气动相关技术标准	23-528		
2 IP 防护等级	23-533		
3 关于净化车间及相关受控环境空气 等级标准及说明	23-534		
4 关于静电的标准及说明	23-537		