

机械设计手册



闻邦椿 主编

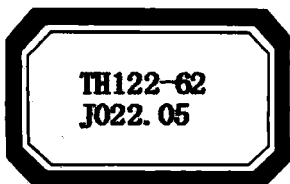
MACHINE DESIGN HANDBOOK

6



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





TH122-62
J022.05

机械 设计 手册 ⁻⁴⁰

第 5 版

主 编 闻邦椿
副主编 张义民 鄂中凯 陈良玉 孙志礼
宋锦春 柳洪义 汪 恺

第 6 卷 现代设计理论与方法

本卷主编 张义民 孙志礼 宋桂秋



机械工业出版社

TH122-62

W678.05

本书是在前4版的基础上,吸收并总结了国内外机械工程设计领域中的新标准、新材料、新工艺、新结构、新技术、新产品、新设计理论与方法撰写而成。本书全面系统地介绍了常规设计、机电一体化与控制技术和现代设计方法及其应用等内容。具有内容先进、信息量大、取材广、规格全,实用性强,数据可靠,使用方便等特点。

全书分6卷52篇,内容有:常用设计资料、机械零部件设计(连接、紧固与传动)、机械零部件设计(轴系、支承与其他)、流体传动与控制、机电一体化与控制技术、现代设计理论与方法等。

本卷为第6卷,主要内容有:现代设计理论与方法综述、普适设计与功能设计、创新设计、绿色设计与和谐设计、机械系统概念设计、机械系统的振动设计及噪声控制、机械结构的有限元设计、疲劳强度设计、机械可靠性设计、造型设计与人机工程、摩擦学设计、优化设计、虚拟设计、智能设计、并行设计与协同设计、反求设计与快速成形制造技术、快速响应型设计、计算机辅助设计、公理设计与质量功能展开(QFD)设计、产品综合设计的理论与方法等。

本书供从事机械设计、制造、维修及有关工程技术人员作为工具书使用,也可供大专院校的有关专业师生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计手册.第6卷/闻邦椿主编.—5版.—北京:机械工业出版社,2010.1

ISBN 978-7-111-29230-2

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第1391号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曲彩云 责任编辑:刘本明

封面设计:姚毅 责任校对:张媛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷

2010年1月第5版第1次印刷

184mm×260mm·119.25印张·3插页·4166千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29230-2

定价:160.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

第5版前言

人类社会正迈入知识经济时代，以知识为依托的科学技术在当今社会发展过程中正在发挥着越来越重要的作用。科学技术成果的研究与开发及其广泛应用是当今，也是未来推动经济发展和社会进步的至关重要的因素。依靠科技进步振兴装备制造业是使我国由制造大国过渡到制造强国的核心因素和关键。

发展装备制造业离不开产品的研究与开发及设计。机械产品设计正由传统设计模式向现代设计模式转变，现代设计的特点是广泛采用计算机技术，着力应用智能化设计、数字化设计、网络化设计、绿色化设计及系统化设计的综合技术。机械设计手册的编辑与出版，充分地展现了现代设计的特点，是现代设计不可缺少的工具和手段。

本版手册在科学发展观和自主创新设计的理念引领下，进行了较大篇幅的修改和补充，为我国现代机械产品自主创新设计提供了保障。例如，在手册中重点介绍了产品绿色设计、和谐设计与系统化设计，也介绍了产品的创新设计等内容，这有利于产品设计师们采用手册中介绍的内容和方法开展产品开发。

本版手册汇总了大量的原始数据和设计资料，以及在设计时必须采用技术标准，同时还介绍了设计中许多不可缺少的相关设计知识。因此，可以说手册是设计师们在产品设计过程中所必需的数据库和知识库，目前她已成为产品研究与开发的“利器”及其他设计器具无法取代的重要的设计工具，这不仅在现在，而且在将来也会发挥其积极的作用。

本版手册系统地叙述了机械设计各专业的主要技术内容，归纳和总结了新中国成立以来我国机械领域取得的成就和经验，不少新内容是本手册编者研究得到的，此外，还吸取了国外的若干先进科学技术，其内容丰富，实用性强，前4版出版后，受到了社会各界的重视和好评，作为国家级重点科技图书和机械工程方面的最具权威的大型工具书，曾获得全国优秀图书二等奖、机电部科技进步二等奖、全国优秀科技畅销书奖，1994曾在台湾建宏出版社出版发行，她在机械产品设计中起着十分重要的作用，目前已成为各行业，尤其是机械行业各技术部门必备的工具书。

在本版手册的修订过程中，我们努力贯彻了“科学性、先进性、实用性、可靠性”的指导思想。广泛调研了厂矿企业、设计院、科研院所、高等院校等多方面的使用情况和意见。对机械设计的基础内容、经典内容和传统内容，从取材、产品及其零部件的设计方法与计算流程、设计实例等多方面进行了深入系统的整合，同时，还全面总结了当前国内外机械设计的新理论、新方法、新材料、新工艺、新结构、新产品、新技术，特别是在产品的综合设计理论与方法、机电一体化及机械系统自动控制技术等方面作了系统和全面的论述和凝炼。相信本手册会以崭新的面貌展现在广大读者面前，她对提高我国机械产品的设计水平，推进新产品的研究与开发、老产品的改造，以及产品的引进、消化、吸收和再创新，进而促进我国由制造大国向制造强国转变，发挥其积极的作用。

本版手册分6卷52篇。第1卷：常用设计资料；第2卷：机械零部件设计（连接、紧固与传动）；第3卷：机械零部件设计（轴系、支承与其他）；第4卷：流体传动与控制；第5卷：

机电一体化及控制技术；第6卷：现代设计理论与方法。在撰写过程中，贯彻和采用最新技术标准和国际新标准，最大限度地充实和更新技术内容，凝炼和总结机械设计的最新成就和经验，尽力地吸取国外的先进科学技术，努力反映当代机械设计的最新水平，更好地为现代机械设计服务；在取材和选材过程中，尽量压缩对基本原理的介绍，避免在手册中出现教科书的叙述方式，特别强调要采用手册化、表格化的设计流程。删除一些可要可不要的内容，以及应用面相对较窄和尚未用于实际的研究性内容。力求使各篇章内容构成有机的整体，既要考虑到各篇的系统性，又要照顾全书的统一性，尽量避免不必要的重复；在各类零部件设计计算中，要增加结构图和应用实例。在部件设计选用中，应适当提供可选用的产品的结构及其安装尺寸、主要技术参数等，给设计和选用创造方便的条件；所有计算方法和数据都要准确、可靠、无误，重要的要注明来源；对相近标准的数据和表格尽量予以合并、采用双栏排版、摘其所要等形式予以编写，以使该手册采用较少的篇幅而编入较多的内容。

手册的第5版是在前4版的基础上，着力在以下几个方面作了修订：

一、在贯彻落实推广标准化技术方面

手册全部内容贯彻和采用了2010年1月以前颁发的最新国家标准、行业标准和相关的国际新标准，最大限度地充实和更新标准化技术的内容。本次修订为历次修订中标准更新规模最大的一次，例如：机械工程材料部分更新的标准达162个，流体传动与控制部分更新的标准有150多个。更换的标准中有许多是机械行业的重要标准，如GB/T 786.1—2009 流体传动系统及元件图形符号和回路，GB/T 10095.1~2—2008 圆柱齿轮精度制，GB/Z 18620.1~4—2008 圆柱齿轮检验实施规范等。

二、在新的设计计算方法方面

按照GB/T 3480.1~5—1997 渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法、GB/T 10300.1~3—2003 锥齿轮承载能力计算方法重新构建了实用、合理的齿轮设计体系。对圆柱齿轮和锥齿轮均按照初步确定尺寸的简化计算、简化疲劳强度校核计算和一般疲劳强度校核计算编排设计计算方法，以满足不同场合不同要求的齿轮设计需求。增加了齿轮齿廓修形和齿顶修缘的内容，给出了修形计算公式和确定修形量的方法。

在滚动螺旋传动中，按最新的国家标准GB/T 17587.4~5—2008 滚珠丝杠副轴向静刚度、轴向静载荷与动载荷，整理更新了滚珠丝杠传动选用和评估计算方法。

根据机构学的最新发展，考虑到近年来并联机器人和并联机床的快速发展和应用，特地另辟一章，编入并联机器人和并联机床的运动学和动力学分析、典型并联机器人和并联机床的类型和应用选型，这是在大型工具书中首次载入。增加了机构系统方案的构思与拟定并例举了典型实例，对机构设计与选用起到综合和运用的作用。

三、在新材料、新元器件、新产品等方面

在新材料方面，编入了新型工程材料——钛及钛合金，该种材料具有低密度、高熔点、高比强度、耐腐蚀性好、高低温特性好、生物相容性好、具有形状记忆特性等优点，在航空航天、海洋开发、化工、冶金、生物技术、汽车工程、食品、轻工等工业技术领域的装备制造中有重要用途。编入了有“21世纪绿色材料”之称的镁及镁合金，该种材料在轻量化、比强度、导热性、减振性、储能性、切削性、尺寸稳定性以及可回收性等方面具有独特的优点。编入了GB/T 20878—2007 不锈钢和耐热钢牌号及化学成分，该标准是一个全新标准，它规定了143个

牌号的化学成分及部分牌号的物理性能参数与国内外标准牌号的对照,在各种手册中未见编入。

在新元件、新产品方面,在减速器和变速器篇中,增加了平面二次包络蜗杆减速器(GB/T 16444—2008)、新型的锥盘环盘式无级变速器、XZW型行星锥轮无级变速器,在大型工具书中首次编入了用于高档轿车的新型金属带式无级变速器,以及其他相关的设计资料。

流体传动与控制卷在内容和产品方面作了大幅度的更新,编入了液压气动领域中的最新开发的各类元器件,为流体传动与控制系统的的设计、运行和维护提供全面的技术支撑。为满足不同层次用户的需要,分别引入了国内主流品牌(含台湾知名品牌HP)以及国际知名品牌的品牌产品;液压传动中的德国(Rexroth)、美国(Vickers)、日本(Yuken)、意大利(Atos)等品牌产品;液压控制系统中的德国(Festo)、美国(Moog、Vickers、Dowry)等品牌产品;气压传动中的德国(Festo)、日本(SMC)等品牌产品。

编入了最新出现的具有广泛应用前景的液压元件——螺纹插装阀系列产品,增加了液压伺服油缸等相关新产品,大幅度增加了最新出现的适应性强的各类液压辅件。增加了以气流引射原理制造的真空发生器等气动系统常用的真空元器件。

四、在机电一体化设计与控制技术方面

机械技术与电子技术相结合已经成为当前装备制造业的主流和发展趋向,机电一体化是现代机械和技术的重要典型特征之一,为适应机电一体化技术的应用,本版手册对该方面的内容作了重新编排和大量充实,专辟一卷为机电一体化及控制技术等内容进行较系统和全面的叙述。

在机电一体化技术及设计篇中,以典型机电一体化产品的五大组成部分的技术要点作主线进行编写,并以产品设计为背景组织内容,并编入了多个综合性设计实例。

机器人是机电一体化特征最为显著的现代机械系统,从实用性的角度介绍了工业机器人技术中的本体、驱动、控制、传感等共性技术,结合喷涂、搬运、电焊、冲压、压铸等工艺,介绍了机器人的典型应用。另外对视觉机器人、智能机器人等作了实用性的介绍。

微机电系统(MEMS)是20世纪80年代中后期出现的微电子技术及机械技术与生物、物理、化学等学科相交叉的一种新技术,它不仅是机械学科发展的前沿方向之一,也逐渐形成了产业。顺应高新技术发展潮流,设专篇撰写微机电系统,这在大型工具书中尚属首次。本篇重点编入了MEMS制造技术和设计技术。

激光加工目前已经成为一种有效的重要先进制造技术。手册以激光加工技术的最新成果为素材,编写了各种激光加工的原理、工艺及其应用,其中包括在打孔、切割、焊接、淬火、熔覆与合金化中的应用和激光加工中的安全防护等。

同时,对机电系统控制、数控技术、机械状态监测与故障诊断技术和电动机、电器与常用传感器等内容,简化原理、突出应用、扩充实例、引用最新成果作了编写。

五、在凝炼和推广现代设计理论与方法方面

针对现代机械产品设计的新方法和新技术存在的多样性和复杂性问题,本版手册以现代机械产品设计的总目标和建立其设计方法新体系为主旨,从先进性、系统性和实用性的角度,对产品的设计理论与方法作了系统总结和介绍。本版手册按新的分类共编入了21种现代设计方法,可以说是集现代设计方法之大全。

在现代设计理论与方法综述篇中,介绍了机械及机械制造技术发展总趋势,国际上有影响的主要设计理论与方法,产品研究和开发的一般过程和关键问题,现代设计理论的发展和根据不同的设计目标对设计理论与方法的选用。首次采用系统工程的方法对产品设计理论与方法做了分类,克服了目前对产品设计理论与方法的叙述缺乏系统性的不足。

创新设计是现代机电产品提高竞争力的重要技术和方法。该篇在概要介绍创新设计的基本理论、创新思维、创新技法的基础上,基于国际上著名的发明问题解决理论(TRIZ)就情景分析、理想设计、创新设计中的技术进化和技术预测、冲突以及冲突解决原理、物质-场模型方法等介绍了创新设计的系统化方法。介绍了29种创新思维方法,30种创新技术,40条发明创造原理,并通过大量应用实例开拓创新设计思路。

绿色设计是实现低资源消耗、低环境影响、低碳经济的重要手段。该篇系统地论述绿色设计的概念、理论、方法及其关键技术。结合编者多年的研究实践,并参考了大量的国内外文献及其最新研究成果,通过介绍绿色设计的概念、材料选择、拆卸回收产品设计、包装设计、节能设计和绿色设计体系及评价方法,对绿色设计进行系统、简明的论述,并给出了绿色设计在上述几个方面的典型案例。这是在工具书中首次全面和系统地论述绿色设计,为推动工程绿色设计的普遍实施具有指引作用。

本版手册对机械系统的振动设计及噪声控制、机械结构有限元设计、疲劳强度设计、可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计等比较成熟的现代设计方法和技术,本着简明化、实用化的原则,做了全面修订和充实,吸收了最新研究成果,增加了系列应用实例。例如,机械系统的振动设计及噪声控制中,增加了非线性系统中的等效线性化和多尺度法;机械可靠性设计篇编入了机构运动可靠性设计理论和方法、可靠性灵敏度分析方法等最新成果;在机械优化设计篇中,增加了模糊优化设计等新内容。

另外,对机械系统概念设计、虚拟设计、智能设计、并行设计与协同设计、反求设计、快速反应设计、公理设计和质量功能展开(QFD)设计、和谐设计等设计领域的前沿方法分别作了实用化介绍,以进一步拓展设计思路。

在本版手册最后一篇,系统介绍了现代机电产品的综合设计方法。该方法是一种基于系统工程的产品深层次的综合设计理论和方法。它以产品功能设计、性能设计和产品质量检验和评估为基本目标,将产品设计过程分为准备阶段、规划阶段、实施阶段和设计质量检验阶段等四个阶段,以准备阶段的3I调研、规划阶段的7D规划、实施阶段的深层次1+3+X综合设计和设计质量检验阶段的3A检验为基本要点构成综合设计法的完整技术体系。本版手册首次对该设计法作了系统论述,并给出了大型综合应用实例。

在本版手册编写中,为便于协调,提高质量,加快编写进度,编审人员以东北大学的教师为主,并组织邀请清华大学、上海交通大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、天津大学、华中科技大学、西安交通大学、大连理工大学、东南大学、同济大学、重庆大学、上海大学、合肥工业大学、大连交通大学、苏州大学、西安建筑科技大学、沈阳工业大学、沈阳理工大学、重庆理工大学、机械科学研究总院、中国科学院沈阳自动化研究所、中国科学院长春精密机械及物理研究所、合肥通用机械研究院、沈阳液压件制造有限公司、大连液力传动机械厂、天津工程机械研究所等单位的专家、学者参加。

在本手册第5版出版之际,向著名机械学家、本手册创始人、历次版本的主编徐灏教授致

以崇高的敬意，向历次版本副主编邱宣怀教授、蔡春源教授、严隽琪教授、林忠钦教授、余俊教授、汪恺总工程师、周士昌教授表示崇高的敬意，向参加本手册历次版本的编写单位和人员表示衷心感谢，向在手册编写、出版过程中给予大力支持的单位和社会各界朋友们表示衷心感谢，特别感谢机械科学研究总院、郑州机械研究所、沈阳铝镁设计研究院、北方重工集团沈阳重型机械集团有限责任公司和沈阳矿山机械集团有限责任公司、沈阳机床集团有限责任公司、沈阳鼓风机集团有限责任公司及国家标准馆沈阳分馆等单位的大力支持。

由于水平有限，手册难免有一些不尽人意之处，殷切希望广大读者批评指正。

主编 闻邦椿

第4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 10095—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的需要。

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的创新意识和能力。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。

机械设计手册编委会

目 录

第 33 篇 现代设计理论与方法综述

第 1 章 现代机械及制造技术发展趋向	
1 概述	33 - 3
2 “极端制造”方向	33 - 3
3 “综合集成”的方向	33 - 4
4 “信息化”的方向	33 - 4
5 绿色化方向	33 - 5
第 2 章 产品研究与开发的一般过程 及几个关键问题	
1 概述	33 - 6
2 产品研究与开发的一般模型	33 - 6
2.1 产品开发过程的一般模型	33 - 6
2.2 产品开发一般过程中各模块及 其相互关系	33 - 7
3 产品研究和开发中的几个关键问题	33 - 8
4 产品设计工作的重要性及其核心因素	33 - 9
第 3 章 现代产品设计理论与方法 简介及分类	
1 现代产品设计理论与方法研究简况	33 - 11
2 国际著名产品设计理论与方法简介	33 - 11
3 产品主要设计方法的简介	33 - 13
4 现代设计理论与方法的分类	33 - 15
第 4 章 现代机械设计方法的发展 及其特点	
1 现代机械设计方法的发展	33 - 17
2 现代设计与传统设计的比较	33 - 19
3 各类设计目标及各种设计理论与方 法的选用	33 - 20
参考文献	33 - 21

第 34 篇 普适设计与功能设计

第 1 章 概 论	
1 概述	34 - 3
1.1 机械系统的概念	34 - 3
1.2 输入输出五要素	34 - 3
1.3 机械系统与环境的相互影响	34 - 4
1.4 机械系统的基本特征	34 - 5
2 机械产品的功能与性能	34 - 5
2.1 产品功能的含义	34 - 5
2.1.1 产品功能定义的目的	34 - 5
2.1.2 产品功能定义的方法与技巧	34 - 5
2.2 产品性能的含义	34 - 6
3 产品创新的核心——产品概念设计	34 - 7
3.1 概念产品	34 - 7
3.1.1 概念产品包含的信息	34 - 7
3.1.2 概念产品结构的单元	34 - 8
3.2 概念产品发展阶段	34 - 8
3.3 产品概念设计的意义	34 - 8
第 2 章 普适设计理论与方法	
1 概述	34 - 10
1.1 产品分析的研究方法	34 - 10
1.2 产品分析的内容框架	34 - 10
2 普适设计法的基本知识	34 - 11
2.1 普适设计法的内涵	34 - 11
2.2 普适设计法的特点	34 - 11
2.3 普适设计法方案构思的步骤及 示例	34 - 12
2.4 机械系统物料流	34 - 13
2.4.1 物料流的内涵	34 - 13
2.4.2 物料流的基本特征	34 - 13
2.4.3 物料流的组成	34 - 13

2.5 机械系统的能量流及内涵	34-14	2.2 功能定义及常用的动词和名词组合	34-28
2.5.1 能量流的内涵	34-14	2.3 功能系统图	34-28
2.5.2 机械系统的能量流	34-14	2.4 产品合理功能的确定	34-28
2.6 信息流及其功能	34-14	2.4.1 合理功能确定的意义	34-28
2.6.1 能量流的内涵	34-14	2.4.2 产品合理功能的确定	34-29
2.6.2 信息流的结构模型	34-15	3 功能分析	34-31
2.6.3 信息流要完成的功能	34-15	3.1 功能分析法的步骤与方法	34-31
2.6.4 典型的信息流	34-16	3.2 功能系统和功能元	34-31
3 产品功能的概念设计	34-16	3.2.1 功能系统	34-31
3.1 产品功能概念设计的内涵	34-16	3.2.2 功能元	34-31
3.2 产品概念设计的基本特性	34-17	3.3 功能系统的特性	34-33
3.3 产品概念设计的原则	34-18	3.4 功能结构的建立	34-34
3.4 产品概念设计的基本内容	34-18	3.4.1 建立功能结构注意事项	34-34
4 产品概念设计过程模型	34-19	3.4.2 功能结构变异方法	34-34
4.1 产品概念设计过程的定义	34-19	3.4.3 功能结构建立步骤	34-34
4.2 产品概念设计过程模型	34-19	3.4.4 建立功能结构步骤的实例	34-35
4.2.1 产品概念设计过程 P_2 模型	34-19	4 功能综合	34-36
4.2.2 产品概念设计过程的层次模型	34-20	4.1 功能综合的含义	34-36
4.2.3 产品概念设计过程详细模型	34-21	4.2 功能综合的方式	34-36
4.3 产品概念设计过程的实现原理	34-22	4.3 功能综合方式示例	34-37
5 设计案例——垂直螺旋式振动输送机 的设计	34-23	5 功能评价	34-38
第3章 功能设计理论与方法		5.1 功能评价的概念	34-39
1 概述	34-26	5.2 功能评价的目的	34-39
1.1 功能与功能设计	34-26	5.3 功能评价的程序与方法	34-39
1.2 产品功能设计的基本步骤	34-26	5.4 功能评价目标的内容及加权系数	34-41
1.3 功能设计与科学技术发展	34-27	5.4.1 评价目标	34-41
2 机械系统的功能	34-27	5.4.2 加权系数	34-41
2.1 功能的分类	34-27	5.4.3 评价目标树	34-42
		6 功能设计理论与方法在工程中的应用	34-42
		参考文献	34-45

第35篇 创新设计

第1章 创新的基本理论

1 创新的基本概念	35-3	1.1 主要的创新思维方法	35-6
2 创新理论及其应用	35-3	1.2 主要的创新思维方法应用实例	35-8
2.1 创新设计	35-3	1.2.1 应用逆向思维的实例	35-8
2.2 创新理论	35-3	1.2.2 应用联想思维的实例	35-9
2.3 创新理论应用	35-4	1.2.3 应用灵感思维的实例	35-9
		1.2.4 应用演绎思维的实例	35-9
		2 创新技法	35-9
		2.1 创新技法简介	35-9
		2.2 主要创新技法阐述	35-10

2.2.1 智力激励法	35 - 10	及减少人的介入	35 - 34
2.2.2 检核表法	35 - 11	2.2.9 系统的分割	35 - 34
2.2.3 列举法	35 - 12	2.2.10 系统进化从改善物质的结 构入手	35 - 35
2.2.4 模拟法	35 - 14	2.2.11 系统元件的一般化处理	35 - 35
2.2.5 联想法	35 - 15	3 创新设计中技术成熟度预测方法	35 - 36
2.2.6 组合法	35 - 17	4 创新设计中技术系统进化工程实例 分析	35 - 37
2.2.7 移植法	35 - 17	4.1 超声波焊接技术成熟度预测分 析	35 - 37
2.2.8 综摄法	35 - 18	4.2 快速原型技术进化模式分析	35 - 38
3 创新技法的运用	35 - 18	4.3 车轮的发明及其技术进化过程 分析	35 - 42
第 3 章 创新设计的分析与描述			
1 创新设计的资源分析与描述	35 - 20	第 5 章 创新设计中的技术冲突 及其解决原理	
1.1 直接利用资源	35 - 20	1 创新设计中的物理冲突及其解决 原理	35 - 45
1.2 导出资源	35 - 20	1.1 物理冲突的概念及类型	35 - 45
1.3 差动资源	35 - 20	1.2 物理冲突的解决原理	35 - 46
2 创新设计的理想化描述	35 - 21	1.3 分离原理及实例分析	35 - 46
2.1 创新设计的理想化概述	35 - 21	2 创新设计中的技术冲突及其解决 原理	35 - 47
2.2 利用理想化思想实现发明创造	35 - 21	2.1 技术冲突的概念及工程实例	35 - 47
2.2.1 提高理想化程度的八种方法	35 - 21	2.2 技术冲突的一般化处理	35 - 47
2.2.2 实现理想化的步骤	35 - 24	2.3 技术冲突的解决原理	35 - 49
3 创新设计的情境分析与描述	35 - 24	2.3.1 原理概述	35 - 49
4 创新设计的实例分析——汽车驾驶 杆的抖振分析	35 - 25	2.3.2 40 条发明创造原理	35 - 50
第 4 章 创新设计中的技术系统 进化理论分析			
1 技术进化过程中创新设计实例分析	35 - 26	3 利用冲突矩阵实现创新设计	35 - 58
2 创新设计中技术系统进化模式	35 - 27	3.1 冲突矩阵的简介	35 - 58
2.1 技术系统进化模式	35 - 27	3.2 利用冲突矩阵创新	35 - 59
2.2 技术系统各进化模式分析	35 - 27	4 实例分析——汽车侧向空气袋概念 设计	35 - 60
2.2.1 技术系统的生命周期	35 - 27	第 6 章 创新设计中的技术系统物 一场模型分析方法	
2.2.2 提高理想化水平	35 - 28	1 如何建立技术系统的物一场模型	35 - 63
2.2.3 系统元件的不均衡发展	35 - 28	2 利用物一场模型实现创新设计	35 - 66
2.2.4 增加系统的动态性和可控 性	35 - 28	3 实例分析	35 - 67
2.2.5 技术系统集成化进而简化	35 - 30	参考文献	35 - 67
2.2.6 系统元件匹配和不匹配的 交替出现	35 - 33		
2.2.7 由宏观系统向微观系统进 化	35 - 33		
2.2.8 提高系统的自动化程度以			

第 36 篇 绿色设计与和谐设计

第 1 章 绿色设计概述

- 1 绿色设计基本概念 36-3
- 2 绿色设计方法 36-4
- 3 绿色设计的实施步骤 36-4

第 2 章 绿色设计中的材料选择

- 1 绿色设计对材料的要求 36-5
- 2 绿色材料选择的原则 36-5
- 3 绿色材料的选择 36-7
 - 3.1 选材基本步骤 36-7
 - 3.2 绿色材料选择的三维方法 36-7
- 4 材料的绿色性能评价 36-9
 - 4.1 泛环境函数法 36-9
 - 4.2 材料再生循环利用度的评价及表示系统 36-9
- 5 材料数据库的构建 36-10

第 3 章 面向拆卸回收的产品设计

- 1 面向拆卸的产品设计 36-12
 - 1.1 可拆卸设计的概念 36-12
 - 1.2 可拆卸设计原则 36-12
 - 1.3 可拆卸结构设计 36-14
 - 1.3.1 可拆卸连接结构设计 36-14
 - 1.3.2 主动拆卸结构设计 36-16
 - 1.4 Snap-Fit 结构设计 36-21
 - 1.4.1 Snap-Fit 结构的概念与特点 36-21
 - 1.4.2 Snap-Fit 结构设计方法 36-22
- 2 面向回收的产品设计 36-26
 - 2.1 回收设计概念 36-26
 - 2.2 回收设计原则 36-26
 - 2.3 回收设计方法 36-27
- 3 面向拆卸回收的产品设计实例 36-29

第 4 章 面向包装的绿色设计

- 1 绿色包装设计的概念 36-30
- 2 绿色包装设计原则 36-30
 - 2.1 材料选择 36-30
 - 2.2 减量化 36-31
 - 2.3 包装材料的回收再利用 36-32
- 3 绿色包装设计流程和内容 36-34

第 5 章 面向节能的绿色设计方法

- 1 能耗标签与能耗标准 36-36
 - 1.1 中国节能认证标识 36-36
 - 1.2 欧洲能效等级标识 36-36
 - 1.3 我国产品能效标识 36-36
- 2 节能降耗设计方法 36-37
 - 2.1 低能耗加工工艺选择 36-38
 - 2.1.1 典型工艺能耗分析 36-38
 - 2.1.2 切削工艺能耗优化方法 36-38
 - 2.1.3 低能耗工艺规划方法 36-39
 - 2.2 产品低能耗设计方法 36-40
 - 2.2.1 产品能耗特性 36-40
 - 2.2.2 能耗设计参数 36-41
 - 2.2.3 低能耗设计方法 36-42
 - 2.3 节能结构设计 36-43
 - 2.3.1 结构数字分析 36-43
 - 2.3.2 能耗优化设计 36-44
 - 2.3.3 有限元优化设计 36-45
- 3 面向节能的绿色设计案例 36-45
 - 3.1 典型机构节能设计 36-45
 - 3.2 车架的轻量化设计 36-46
 - 3.2.1 汽车车架载荷分析 36-46
 - 3.2.2 轻量优化结构设计 36-46

第 6 章 绿色设计评价

- 1 绿色产品评价 36-48
 - 1.1 绿色产品的概念 36-48
 - 1.2 绿色产品的认证与绿色标志 36-48
 - 1.3 绿色产品的评价指标体系 36-48
 - 1.4 常用的评价方法 36-51
- 2 生命周期评价 36-52
 - 2.1 生命周期评价的技术框图 36-53
 - 2.2 LCI 的数据收集和确认 36-54
 - 2.3 生命周期影响评价 36-57
- 3 拆卸性能评估 36-61
 - 3.1 拆卸性能评估指标 36-61
 - 3.2 拆卸性能评估方法 36-64

第 7 章 绿色设计案例

- 1 电冰箱绿色设计案例 36-66

1.1 设计对象的选择	36-66	2 和谐设计的内容	36-77
1.2 参照产品的确定	36-66	2.1 产品与环境的和谐设计	36-77
1.3 产品基本资料的分析	36-66	2.1.1 与自然环境的和谐设计	36-77
1.4 核查清单的建立	36-66	2.1.2 与社会环境的和谐设计	36-77
1.5 绿色设计策略的确定	36-67	2.1.3 与技术、市场及资金环境的和谐设计	36-78
1.6 绿色设计方案的制定	36-67	2.2 产品设计单元间的和谐设计	36-78
2 轿车生命周期评价研究实例	36-68	2.2.1 设计目标的最佳配合	36-78
2.1 研究目标	36-68	2.2.2 设计内容的最佳组合	36-78
2.2 定义系统边界	36-68	2.2.3 设计方法的最佳匹配	36-78
2.3 清单分析模型及数据收集	36-69	2.2.4 设计目标、设计内容和设计方法之间的协调	36-78
2.4 轿车生产阶段生命周期评价	36-72	2.3 关联度分析与和谐度评价	36-79
2.5 轿车使用阶段生命周期评价	36-74	2.3.1 产品与各类环境间的关联度分析	36-79
2.6 环境影响	36-74	2.3.2 对产品和和谐度的评价与质量管理	36-79
第 8 章 和谐设计			
1 和谐设计的目标	36-75	3 和谐设计的方法及应用	36-79
1.1 和谐设计的提出背景	36-75	3.1 和谐设计的实施方法	36-79
1.1.1 产品设计的和谐因素	36-75	3.2 和谐设计的实施原则	36-80
1.1.2 现代产品设计的趋势所需	36-75	参考文献	36-80
1.2 和谐设计的概念	36-76		
1.3 和谐设计的意义	36-76		
1.4 和谐设计的应用前景	36-77		

第 37 篇 机械系统概念设计

第 1 章 概 论

1 机械系统的基本概念	37-3	3.2 能量流、物质流和信息流	37-6
1.1 什么是系统	37-3	3.3 机器的基本特征	37-6
1.1.1 系统的定义	37-3	4 机械设计概述	37-8
1.1.2 系统的特性和组成	37-3	5 机械系统的概念设计	37-9
1.2 什么是机械系统	37-3	5.1 概念设计与方案设计、创新设计的比较	37-9
1.2.1 机械系统的基本特点	37-3	5.2 概念设计的内涵	37-10
1.2.2 传动—执行机构组成了机械系统的核心	37-4	5.3 概念设计的基本特征	37-11
1.3 什么是广义机械系统	37-4	5.4 机械系统概念设计的基本内容	37-11
2 机械系统的基本特征	37-4	5.4.1 功能分析与功能结构设计	37-11
2.1 整体性	37-4	5.4.2 工艺动作的分解和构思	37-11
2.2 相关性	37-5	5.4.3 执行机构系统方案构思与设计	37-11
2.3 层次性	37-5	5.5 机电一体化系统的概念设计	37-11
2.4 目的性	37-5	第 2 章 机械系统概念设计的基本方法	
2.5 环境适应性	37-5	1 工艺动作过程和执行机构	37-13
3 机器的类别和基本特征	37-5	1.1 工艺动作过程	37-13
3.1 机器的类别	37-5		

1.2 执行动作	37 - 13	2.2 动作为载体(执行机构)的 类型	37 - 25
1.3 执行构件和执行机构	37 - 13	3 机构组合和组合机构	37 - 26
2 工作原理和工艺动作分析	37 - 14	3.1 机构的串联式组合	37 - 26
2.1 机械工作原理的确定	37 - 14	3.2 机构的并联式组合	37 - 27
2.1.1 糖果包装	37 - 14	3.3 机构的叠合式(或运载式)组合	37 - 27
2.1.2 印刷工作	37 - 14	3.4 机构的叠联式组合	37 - 28
2.1.3 螺栓的螺纹加工	37 - 14	3.5 组合机构	37 - 28
2.2 工艺动作过程的分解	37 - 14	4 广义机构	37 - 29
3 系统设计方法	37 - 15	4.1 液动机构	37 - 29
3.1 系统设计基本概念	37 - 15	4.2 气动机构	37 - 30
3.2 系统分析	37 - 15	4.3 电磁机构	37 - 30
3.2.1 系统分析的要素	37 - 15	4.4 振动机构	37 - 30
3.2.2 系统分析的程序	37 - 16	4.5 光电机构	37 - 31
3.2 系统设计	37 - 16	5 执行机构的创新方法	37 - 32
3.3.1 系统设计的概念	37 - 16	5.1 应用机构学原理	37 - 32
3.3.2 系统设计的基本原则	37 - 16	5.2 利用连杆机构或连架杆机构的运动 特点构思新的机构	37 - 33
3.3.3 系统设计的过程	37 - 16	5.3 用成型固定构件和相对运动实现复 杂运动过程	37 - 35
3.3.4 系统综合评价	37 - 17	5.4 利用多种驱动原理创新机构	37 - 35
4 层次分析方法	37 - 18	5.5 机构类型创新和变异设计	37 - 37
4.1 层次分析法的基本步骤	37 - 18	5.6 机构类型变换法	37 - 38
4.2 层次结构模型	37 - 18	6 机构选型	37 - 39
4.3 构造判断矩阵和计算相对权重	37 - 18	6.1 按运动形式选择机构	37 - 39
4.3.1 构造判断矩阵	37 - 18	6.2 按执行机构的功用选择机构	37 - 41
4.3.2 计算权重	37 - 19	6.3 按不同的动力源形式选择机构	37 - 41
4.4 判断矩阵的一致性检验	37 - 19	6.4 按先易后难选择机构	37 - 41
4.4.1 完全一致性	37 - 19	6.5 选择机构及其组合安排时应考虑的 主要要求和条件	37 - 41
4.4.2 一致性检验指标	37 - 19	7 动作解法库的建立	37 - 41
4.4.3 随机一致性指标	37 - 19		
4.5 层次总排序	37 - 20		
4.6 层次分析法应用举例	37 - 20		
5 形态组合法	37 - 21		
5.1 形态综合的基本概念	37 - 21		
5.2 子系统的求解	37 - 21		
5.3 形态组合法进行子系统解的组合	37 - 22		
5.4 求最佳系统方案	37 - 23		
第 3 章 动作为载体及其 创新设计			
1 机械系统的功能—行为—结构特点	37 - 24		
1.1 总功能与工艺动作过程	37 - 24		
1.2 行为与执行动作	37 - 24		
1.3 结构与执行机构	37 - 24		
1.4 工艺动作过程—执行动作—执行机构 的功能求解模型	37 - 25		
2 动作为和执行机构	37 - 25		
2.1 常见的动作为形式	37 - 25		
		第 4 章 机械运动系统的协调设计	
		1 机械运动系统的基本构成	37 - 42
		1.1 传动系统	37 - 42
		1.2 执行系统	37 - 42
		2 机械运动系统设计	37 - 42
		2.1 机械运动系统的基本内容	37 - 42
		2.2 机械运动系统的集成设计	37 - 47
		3 执行机构的协调设计	37 - 49
		3.1 机器的机构传动系统类型和工作 原理	37 - 49
		3.2 机器执行机构的协调设计	37 - 51
		3.3 执行机构协调设计的分析计算	37 - 52
		4 机械运动循环图设计	37 - 53
		4.1 机器的运动分类	37 - 53