

# 机械设计手册



闻邦椿 主编

MACHINE DESIGN HANDBOOK

第 2 卷



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 机械设计手册

第6版

主 编 闻邦椿

副主编 鄂中凯 张义民 陈良玉 孙志礼

宋锦春 柳洪义 巩亚东 宋桂秋

## 第2卷 机械零部件设计 (连接、紧固与传动)

卷主编 陈良玉 巩云鹏

机械工业出版社

本版手册是在前5版手册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,并配合我国创新驱动战略的需求撰写而成的。本版手册全面系统地介绍了常规设计、机电一体化设计、机电系统控制、现代设计与创新设计方法及其应用等内容。具有体系新颖、内容现代、凸显创新、系统全面、信息量大、实用可靠及简明便查等特点。

本版手册分为7卷55篇,内容有:机械设计基础资料、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、现代设计与创新设计等。

本卷为第2卷,主要内容有:连接与紧固、带传动和链传动、摩擦轮传动与螺旋传动、齿轮传动、轮系、减速器和变速器、机构设计等。

本版手册可供从事机械设计、制造、维修及相关专业的工程技术人员作为工具书使用,也可供大专院校的相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2卷/闻邦椿主编.—6版.—北京:机械工业出版社,2017.12

ISBN 978-7-111-58342-4

I. ①机… II. ①闻… III. ①机械设计-技术手册 IV. ①TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第261176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:曲彩云 黄丽梅

责任校对:刘志文 张晓蓉 刘雅娜

封面设计:马精明 责任印制:孙 炜

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2018年1月第6版第1次印刷

184mm×260mm·107.75印张·3插页·3736千字

0001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-58342-4

定价:199.00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

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

## 编写和审稿人员

主 编 闻邦椿 (东北大学)  
副 主 编 鄂中凯 张义民 陈良玉 孙志礼  
宋锦春 柳洪义 巩亚东 宋桂秋 (东北大学)

卷次及卷主编	篇次	篇 主 编	编 写 人	审稿人
第 1 卷 机械设计基础资料  卷主编 鄂中凯(东北大学)	第 1 篇	鄂中凯 (东北大学)	鄂中凯 周康年 宋叔尼 林 菁	张义民
	第 2 篇	黄 英 李小号 (东北大学)	黄 英 李小号 孙少妮 马明旭 张闻雷 赵 薇	田 凌 毛 昕
	第 3 篇	方昆凡 (东北大学)	方昆凡 夏永发 黄 英 鄂晓宇 单宝峰 高 虹	鄂中凯
	第 4 篇	王宛山 于天彪 (东北大学)	王宛山 单瑞兰 崔虹雯 于天彪 孟祥志 王学智	巩亚东
第 2 卷 机械零部件设计 (连接、紧固与传动)  卷主编 陈良玉 巩云鹏 (东北大学)	第 5 篇	吴宗泽 (清华大学)	吴宗泽	罗圣国
	第 6 篇	吴宗泽 (清华大学) 陈铁鸣 (哈尔滨工业大学)	吴宗泽 陈铁鸣	罗圣国
	第 7 篇	陈良玉 (东北大学)	陈良玉	巩云鹏
	第 8 篇	陈良玉 巩云鹏 (东北大学)	陈良玉 巩云鹏 张伟华	鄂中凯 陈良玉 王延忠
	第 9 篇	李力行 (大连交通大学)	李力行 叶庆泰 何卫东 李 欣	张少名
	第 10 篇	程乃士 (东北大学)	程乃士 刘 温 石晓辉 程 越	鄂中凯 巩云鹏
第 11 篇	邓宗全 (哈尔滨工业大学) 于红英 (东北大学) 邹 平 (东北大学) 焦映厚 (哈尔滨工业大学)	邓宗全 于红英 邹 平 焦映厚 陈照波 唐德威 杨 飞 刘文涛 陶建国 荣伟彬 王乐峰 陈 明 刘荣强	陈良玉 杨玉虎	
第 3 卷 机械零部件设计 (轴系、支承与其他)  卷主编 孙志礼(东北大学)	第 12 篇	巩云鹏 (东北大学)	巩云鹏 张伟华	孙志礼
	第 13 篇	卜 炎 (天津大学)	卜 炎	吴宗泽
	第 14 篇	李元科 (华中科技大学)	李元科 毛宽民	吴宗泽
	第 15 篇	孙志礼 (东北大学)	孙志礼 闫玉涛 闫 明 王 健	修世超 苏鹏程

卷次及卷主编	篇次	篇 主 编	编 写 人	审稿人
第3卷 机械零部件设计 (轴系、支承与其他)  卷主编 孙志礼(东北大学)	第16篇	闫玉涛 (东北大学)	闫玉涛 印明昂	孙志礼
	第17篇	郑夕健 (沈阳建筑大学)	郑夕健 谢正义 鄂东 冯勃	屈福政
	第18篇	张耀满 吴自通 (东北大学)	张耀满 吴自通	原所先
	第19篇	丁津原 (东北大学)	丁津原 马先贵 胡俊宏 金映丽	鄂中凯 孙志礼
	第20篇	修世超 (东北大学)	修世超 李宝民	丁津原 杨好志
第4卷 流体传动与控制  卷主编 宋锦春(东北大学)	第21篇	宋锦春 陈建文 (东北大学)	宋锦春 陈建文 韩学军 周生浩 王长周 林君哲 李松	张艾群 曹鑫铭
	第22篇	宋锦春 王炳德 (东北大学)	宋锦春 王炳德 赵丽丽 周娜	曹鑫铭 张艾群
	第23篇	雷雨龙 (吉林大学)	雷雨龙 汤辉 李兴忠 王忠山 付尧 卢秀全 王佳欣 王宏卫	宋锦春 宋斌
第5卷 机电一体化与 控制技术  卷主编 柳洪义 刘杰 巩亚东 (东北大学)	第24篇	刘杰 (东北大学)	刘杰 李允公 刘宇 戴丽	柳洪义 刘杰
	第25篇	柳洪义 (东北大学)	柳洪义 郝丽娜 罗忠 王菲	刘杰 柳洪义
	第26篇	宋伟刚 (东北大学)	宋伟刚 汪博	柳洪义 赵明扬
	第27篇	巩亚东 张耀满 (东北大学)	巩亚东 张耀满	刘杰 李宪凯
	第28篇	黄庆安 (东南大学)	黄庆安 周再发 宋竞 聂萌	刘杰
	第29篇	段志善 (西安建筑科技大学)	段志善 史丽晨 东亚斌	高金吉 柳洪义
	第30篇	王立军 (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)	王立军 付喜宏 关振忠	柳洪义
第31篇	史家顺 (东北大学)	史家顺 朱立达	鄂中凯 刘杰	
第6卷 现代设计与创新设计 (一)  卷主编 张义民 孙志礼 宋桂秋 (东北大学)	第32篇	闻邦椿 刘树英 (东北大学)	闻邦椿 刘树英	雒建斌
	第33篇	邹慧君 (上海交通大学)	邹慧君	谢友柏
	第34篇	闻邦椿 刘树英 (东北大学)	闻邦椿 刘树英	黄文虎
	第35篇	王德俊 王雷 (东北大学)	王德俊 王雷	鄂中凯 孙志礼
	第36篇	卜炎 (天津大学)	卜炎	丁津原
	第37篇	孙志礼 (东北大学)	孙志礼 张义民 杨强 郭瑜 王健	王德俊 李良巧

卷次及卷主编	篇次	篇 主 编	编 写 人	审稿人
第 6 卷 现代设计与创新设计 (一)  卷主编 张义民 孙志礼 宋桂秋 (东北大学)	第 38 篇	韩清凯 (大连理工大学)	韩清凯 翟敬宇 张 昊	陈良玉
	第 39 篇	宋桂秋 (东北大学)	宋桂秋 李一鸣	佟杰新
	第 40 篇	王宛山 于天彪 (东北大学)	王宛山 郭 钢 于天彪 朱立达 李 虎 孙 伟 杨建宇 王学智	巩亚东
	第 41 篇	任露泉 田为军 (吉林大学) 丛 茜	任露泉 田为军 丛 茜	杨印生
	第 42 篇	刘 洋 任 宏 (沈阳航空航天大学)	刘 洋 任 宏	张 强 张 剑
	第 43 篇	李 鹤 孙 伟 (东北大学)	李 鹤 孙 伟	孙志礼
第 7 卷 现代设计与创新设计 (二)  卷主编 宋桂秋 刘树英 (东北大学)	第 44 篇	闻邦椿 (东北大学)	闻邦椿 宋桂秋	雒建斌
	第 45 篇	闻邦椿 刘树英 (东北大学)	闻邦椿 刘树英	赵淳生
	第 46 篇	闻邦椿 刘树英 (东北大学)	闻邦椿 刘树英	高金吉
	第 47 篇	赵新军 (东北大学)	赵新军 钟 莹 孙晓枫	宋桂秋 巩云鹏
	第 48 篇	刘志峰 (合肥工业大学)	刘志峰 李新宇 张 雷 李小彭	刘光复 孙志礼
	第 49 篇	王安麟 (同济大学)	王安麟	柳洪义
	第 50 篇	任露泉 韩志武 (吉林大学)	任露泉 韩志武 呼 咏 孙霁宇 田丽梅 张成春 张俊秋 张 强 张 锐 张志辉	王继新
	第 51 篇	朱爱斌 (西安交通大学)	朱爱斌 张执南	谢友柏
	第 52 篇	宋桂秋 刘 宇 (东北大学)	宋桂秋 刘 宇 李一鸣	邓庆绪 彭玉怀
	第 53 篇	邓庆绪 (东北大学)	邓庆绪 彭玉怀	张 斌
第 54 篇	李 虎 (东北大学)	李 虎 陈亚东	巩亚东 宋桂秋	
第 55 篇	闻邦椿 刘树英 (东北大学)	闻邦椿 刘树英	赵淳生	

## 本卷编辑人员

篇目	责任编辑	审读编辑
第5篇	张元生	崔滋恩
第6篇	张元生	黄丽梅
第7篇	徐强	崔滋恩
第8篇	李含杨	陈保华 黄丽梅 王春雨
第9篇	徐强	黄丽梅
第10篇	李含杨	王珑
第11篇	高依楠	黄丽梅

# 前 言

本版手册为新出版的第6版七卷本《机械设计手册》。由于科学技术的快速发展，需要我们对手册内容进行更新，增加新的科技内容，以满足广大读者的迫切需要。

《机械设计手册》自1991年面世发行以来，历经5次修订，截至2016年已累计发行38万套。作为国家级重点科技图书的《机械设计手册》，深受社会各界的重视和好评，在全国具有很大的影响力，该手册曾获得全国优秀科技图书奖二等奖（1995年）、机械工业部科技进步奖二等奖（1997年）、机械工业科学技术奖一等奖（2011年）、中国出版政府奖提名奖（2013年），并多次获得全国科技畅销书奖等奖项。1994年，《机械设计手册》曾在我国台湾建宏出版社出版发行，并在海内外产生了广泛的影响。《机械设计手册》荣获的一系列国家和部级奖项表明，其具有很高的科学价值、实用价值和文化价值。《机械设计手册》已成为机械设计领域的一部大型品牌工具书，已成为机械工程领域权威的和影响力较大的大型工具书，长期以来，它为我国装备制造业的发展做出了巨大贡献。

第5版《机械设计手册》出版发行至今已有7年时间，这期间我国国民经济有了很大发展，国家制定了《国家创新驱动发展战略纲要》，其中把创新驱动发展作为了国家的优先战略。因此，《机械设计手册》第6版修订工作的指导思想除努力贯彻“科学性、先进性、创新性、实用性、可靠性”外，更加突出了“创新性”，以全力配合我国“创新驱动发展战略”的重大需求，为实现我国建设创新型国家和科技强国梦做出贡献。

在本版手册的修订过程中，广泛调研了厂矿企业、设计院、科研院所和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、新产品和新技术，特别是在现代设计与创新设计理论与方法、机电一体化及机械系统控制技术等方面做了系统和全面的论述和凝练。相信本版手册会以崭新的面貌展现在广大读者面前，它将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跃升，发挥出巨大的作用。

本版手册分为7卷55篇：第1卷 机械设计基础资料；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 机电一体化与控制技术；第6卷 现代设计与创新设计（一）；第7卷 现代设计与创新设计（二）。

本版手册有以下七大特点：

## 一、构建新体系

构建了科学、先进、实用、适应现代机械设计创新潮流的《机械设计手册》新结构体系。该体系层次为：机械基础、常规设计、机电一体化设计与控制技术、现代设计与创新设计方法。该体系的特点是：常规设计方法与现代设计方法互相融合，光、机、电设计融为一体，局部的零部件设计与系统化设计互相衔接，并努力将创新设计的理念贯穿于常规设计与现代设计之中。

## 二、凸显创新性

习近平总书记在2014年6月和2016年5月召开的中国科学院、中国工程院两院院士大会



上分别提出了我国科技发展的方向就是“创新、创新、再创新”，以及实现创新型国家和科技强国的三个阶段的目标和五项具体工作。为了配合我国创新驱动发展战略的重大需求，本版手册突出了机械创新设计内容的编写，主要有以下几个方面：

(1) 新增第7卷，重点介绍了创新设计及与创新设计有关的内容。

该卷主要内容有：机械创新设计概论，创新设计方法论，顶层设计原理、方法与应用，创新原理、思维、方法与应用，绿色设计与和谐设计，智能设计，仿生机械设计，互联网上的合作设计，工业通信网络，面向机械工程领域的大数据、云计算与物联网技术，3D打印设计与制造技术，系统化设计理论与方法。

(2) 在一些篇章编入了创新设计和多种典型机械创新设计的内容。

“第11篇 机构设计”篇新增加了“机构创新设计”一章，该章编入了机构创新设计的原理、方法及飞剪机剪切机构创新设计，大型空间折展机构创新设计等多个创新设计的案例。典型机械的创新设计有大型全断面掘进机（盾构机）仿真分析与数字化设计、机器人挖掘机的机电一体化创新设计、节能抽油机的创新设计、产品包装生产线的机构方案创新设计等。

(3) 编入了一大批典型的创新机械产品。

“机械无级变速器”一章中编入了新型金属带式无级变速器，“并联机构的设计与应用”一章中编入了数十个新型的并联机床产品，“振动的利用”一章中新编入了激振器偏移式自同步振动筛、惯性共振式振动筛、振动压路机等十多个典型的创新机械产品。这些产品有的获得了国家或省部级奖励，有的是专利产品。

(4) 编入了机械设计理论和设计方法论等方面的创新研究成果。

1) 闻邦椿院士团队经过长期研究，在国际上首先创建了振动利用工程学科，提出了该类机械设计理论和方法。本版手册中编入了相关内容和实例。

2) 根据多年的研究，提出了以非线性动力学理论为基础的深层次的动态设计理论与方法。本版手册首次编入了该方法并列举了若干应用范例。

3) 首先提出了和谐设计的新概念和新内容，阐明了自然环境、社会环境（政治环境、经济环境、人文环境、国际环境、国内环境）、技术环境、资金环境、法律环境下的产品和谐设计的概念和内容的新体系，把既有的绿色设计篇拓展为绿色设计与和谐设计篇。

4) 全面系统地阐述了产品系统化设计的理论和方法，提出了产品设计的总体目标、广义目标和技术目标的内涵，提出了应该用IQCTES六项设计要求来代替QCTES五项要求，详细阐明了设计的四个理想步骤，即“3I调研”“7D规划”“1+3+X实施”“5(A+C)检验”，明确提出了产品系统化设计的基本内容是主辅功能、三大性能和特殊性能要求的具体实现。

5) 本版手册引入了闻邦椿院士经过长期实践总结出的独特的、科学的创新设计方法论体系和规则，用来指导产品设计，并提出了创新设计方法论的运用可向智能化方向发展，即采用专家系统来完成。

### 三、坚持科学性

手册的科学水平是评价手册编写质量的重要方面，因此，本版手册特别强调突出内容的科学性。

(1) 本版手册努力贯彻科学发展观及科学方法论的指导思想和方法，并将其落实到手册内容的编写中，特别是在产品设计理论方法的和谐设计、深层次设计及系统化设计的编写中。

(2) 本版手册中的许多内容是编著者多年研究成果的科学总结。这些内容中有不少是国家863、973计划项目，国家科研重大专项，国家自然科学基金重大、重点和面上项目资助项目的研究成果，有不少成果曾获得国际、国家、部委、省市科技奖励及技术专利，充分体现了本版

手册内容的重大科学价值与创新性。

下面简要介绍本版手册编入的几方面的重要研究成果:

1) 振动利用工程新学科是闻邦椿院士团队经过长期研究在国际上首先创建的。本版手册中编入了振动利用机械的设计理论、方法和范例。

2) 产品系统化设计理论与方法的体系和内容是闻邦椿院士团队提出并加以完善的,编写者依据多年的研究成果和系列专著,经综合整理后首次编入本版手册。

3) 仿生机械设计是一门新兴的综合性交叉学科,近年来得到了快速发展,它为机械设计的创新提供了新思路、新理论和新方法。吉林大学任露泉院士领导的工程仿生教育部重点实验室开展了大量的深入研究工作,取得了一系列创新成果且出版了专著,据此并结合国内外大量较新的文献资料,为本版手册构建了仿生机械设计的新体系,编写了“仿生机械设计”篇(第50篇)。

4) 激光及其在机械工程中的应用篇是中国科学院长春光学精密机械与物理研究所王立军院士依据多年的研究成果,并参考国内外大量较新的文献资料编写而成的。

5) 绿色制造工程是国家确立的五项重大工程之一,绿色设计是绿色制造工程的最重要环节,是一个新的学科。合肥工业大学刘志峰教授依据在绿色设计方面获多项国家和省部级奖励的研究成果,参考国内外大量较新的文献资料为本版手册首次构建了绿色设计新体系,编写了“绿色设计与和谐设计”篇(第48篇)。

6) 微机电系统及设计是前沿的新技术。东南大学黄庆安教授领导的微电子机械系统教育部重点实验室多年来开展了大量研究工作,取得了一系列创新研究成果,本版手册的“微机电系统及设计”篇(第28篇)就是依据这些成果和国内外大量较新的文献资料编写而成的。

#### 四、重视先进性

(1) 本版手册对机械基础设计和常规设计的内容做了大规模全面修订,编入了大量新标准、新材料、新结构、新工艺、新产品、新技术、新设计理论和计算方法等。

1) 编入和更新了产品设计中需要的大量国家标准,仅机械工程材料篇就更新了标准126个,如GB/T 699—2015《优质碳素结构钢》和GB/T 3077—2015《合金结构钢》等。

2) 在新材料方面,充实并完善了铝及铝合金、钛及钛合金、镁及镁合金等内容。这些材料由于具有优良的力学性能、物理性能以及回收率高等优点,目前广泛应用于航空、航天、高铁、计算机、通信元件、电子产品、纺织和印刷等行业。增加了国内外粉末冶金材料的新品种,如美国、德国和日本等国家的各种粉末冶金材料。充实了国内外工程塑料及复合材料的新品种。

3) 新编的“机械零部件结构设计”篇(第4篇),依据11个结构设计方面的基本要求,编写了相应的内容,并编入了结构设计的评估体系和减速器结构设计、滚动轴承部件结构设计的示例。

4) 按照GB/T 3480.1~3—2013(报批稿)、GB/T 10062.1~3—2003及ISO 6336—2006等新标准,重新构建了更加完善的渐开线圆柱齿轮传动和锥齿轮传动的设计计算新体系;按照初步确定尺寸的简化计算、简化疲劳强度校核计算、一般疲劳强度校核计算,编排了三种设计计算方法,以满足不同场合、不同要求的齿轮设计。

5) 在“第4卷 流体传动与控制”卷中,编入了一大批国内外知名品牌的新标准、新结构、新产品、新技术和新设计计算方法。在“液力传动”篇(第23篇)中新增加了液黏传动,它是一种新型的液力传动。

(2) “第5卷 机电一体化与控制技术”卷充实了智能控制及专家系统的内容,大篇幅增

加了机器人与机器人装备的内容。

机器人是机电一体化特征最为显著的现代机械系统，机器人技术是智能制造的关键技术。由于智能制造的迅速发展，近年来机器人产业呈现出高速发展的态势。为此，本版手册大篇幅增加了“机器人与机器人装备”篇（第26篇）的内容。该篇从实用性的角度，编写了串联机器人、并联机器人、轮式机器人、机器人工装夹具及变位机；编入了机器人的驱动、控制、传感、视角和人工智能等共性技术；结合喷涂、搬运、电焊、冲压及压铸等工艺，介绍了机器人的典型应用实例；介绍了服务机器人技术的新进展。

(3) 为了配合我国创新驱动战略的重大需求，本版手册扩大了创新设计的篇数，将原第6卷扩编为两卷，即新的“现代设计与创新设计（一）”（第6卷）和“现代设计与创新设计（二）”（第7卷）。前者保留了原第6卷的主要内容，后者编入了创新设计和与创新设计有关的内容及一些前沿的技术内容。

本版手册“现代设计与创新设计（一）”卷（第6卷）的重点内容和新增内容主要有：

1) 在“现代设计理论与方法综述”篇（第32篇）中，简要介绍了机械制造技术发展总趋势、在国际上有影响的主要设计理论与方法、产品研究与开发的一般过程和关键技术、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。闻邦椿院士在国内外首次按照系统工程原理，对产品的现代设计方法做了科学分类，克服了目前产品设计方法的论述缺乏系统性的不足。

2) 新编了“数字化设计”篇（第40篇）。数字化设计是智能制造的重要手段，并呈现应用日益广泛、发展更加深刻的趋势。本篇编入了数字化技术及其相关技术、计算机图形学基础、产品的数字化建模、数字化仿真与分析、逆向工程与快速原型制造、协同设计、虚拟设计等内容，并编入了大型全断面掘进机（盾构机）的数字化仿真分析和数字化设计、摩托车逆向工程设计等多个实例。

3) 新编了“试验优化设计”篇（第41篇）。试验是保证产品性能与质量的重要手段。本篇以新的视觉优化设计构建了试验设计的新体系、全新内容，主要包括正交试验、试验干扰控制、正交试验的结果分析、稳健试验设计、广义试验设计、回归设计、混料回归设计、试验优化分析及试验优化设计常用软件等。

4) 将手册第5版的“造型设计与人机工程”篇改编为“工业设计与人机工程”篇（第42篇），引入了工业设计的相关理论及新的理念，主要有品牌设计与产品识别系统（PIS）设计、通用设计、交互设计、系统设计、服务设计等，并编入了机器人的产品系统设计分析及自行车的人机系统设计等典型案例。

(4) “现代设计与创新设计（二）”卷（第7卷）主要编入了创新设计和与创新设计有关的内容及一些前沿技术内容，其重点内容和新增内容有：

1) 新编了“机械创新设计概论”篇（第44篇）。该篇主要编入了创新是我国科技和经济发展的重大战略、创新设计的发展与现状、创新设计的指导思想与目标、创新设计的内容与方法、创新设计的未来发展战略、创新设计方法论的体系和规则等。

2) 新编了“创新设计方法论”篇（第45篇）。该篇为创新设计提供了正确的指导思想和方法，主要编入了创新设计方法论的体系、规则，创新设计的目的、要求、内容、步骤、程序及科学方法，创新设计工作者或团队的四项潜能，创新设计客观因素的影响及动态因素的作用，用科学哲学思想来统领创新设计工作，创新设计方法论的应用，创新设计方法论应用的智能化及专家系统，创新设计的关键因素及制约的因素分析等内容。

3) 创新设计是提高机械产品竞争力的重要手段和方法，大力发展创新设计对我国国民经

济发展具有重要的战略意义。为此,编写了“创新原理、思维、方法与应用”篇(第47篇)。除编入了创新思维、原理和方法,创新设计的基本理论和创新的系统化设计方法外,还编入了29种创新思维方法、30种创新技术、40种发明创造原理,列举了大量的应用范例,为引领机械创新设计做出了示范。

4) 绿色设计是实现低资源消耗、低环境污染、低碳经济的保护环境和资源合理利用的重要技术政策。本版手册中编入了“绿色设计与和谐设计”篇(第48篇)。该篇系统地论述了绿色设计的概念、理论、方法及其关键技术。编者结合多年的研究实践,并参考了大量的国内外文献及较新的研究成果,首次构建了系统实用的绿色设计的完整体系,包括绿色材料选择、拆卸回收产品设计、包装设计、节能设计、绿色设计体系与评估方法,并给出了系列典型范例,这些对推动工程绿色设计的普遍实施具有重要的指引和示范作用。

5) 仿生机械设计是一门新兴的综合性交叉学科,本版手册新编入了“仿生机械设计”篇(第50篇),包括仿生机械设计的原理、方法、步骤,仿生机械设计的生物模本,仿生机械形态与结构设计,仿生机械运动学设计,仿生机构设计,并结合仿生行走、飞行、游走、运动及生机电仿生手臂,编入了多个仿生机械设计范例。

6) 第55篇为“系统化设计理论与方法”篇。装备制造机械产品的大型化、复杂化、信息化程度越来越高,对设计方法的科学性、全面性、深刻性、系统性提出的要求也越来越高,为了满足我国制造强国的重大需要,亟待创建一种能统领产品设计全局的先进设计方法。该方法已经在我国许多重要机械产品(如动车、大型离心压缩机等)中成功应用,并获得重大的社会效益和经济效益。本版手册对该系统化设计方法做了系统论述并给出了大型综合应用实例,相信该系统化设计方法对我国大型、复杂、现代化机械产品的设计具有重要的指导和示范作用。

7) 本版手册第7卷还编入了与创新设计有关的其他多篇现代化设计方法及前沿新技术,包括顶层设计原理、方法与应用,智能设计,互联网上的合作设计,工业通信网络,面向机械工程领域的大数据、云计算与物联网技术,3D打印设计与制造技术等。

## 五、突出实用性

为了方便产品设计者使用和参考,本版手册对每种机械零部件和产品均给出了具体应用,并给出了选用方法或设计方法、设计步骤及应用范例,有的给出了零部件的生产企业,以加强实际设计的指导和应用。本版手册的编排尽量采用表格化、框图化等形式来表达产品设计所需要的内容和资料,使其更加简明、便查;对各种标准采用摘编、数据合并、改排和格式统一等方法进行改编,使其更为规范和便于读者使用。

## 六、保证可靠性

编入本版手册的资料尽可能取自原始资料,重要的资料均注明来源,以保证其可靠性。所有数据、公式、图表力求准确可靠,方法、工艺、技术力求成熟。所有材料、零部件、产品和工艺标准均采用新公布的标准资料,并且在编入时做到认真核对以避免差错。所有计算公式、计算参数和计算方法都经过长期检验,各种算例、设计实例均来自工程实际,并经过认真的计算,以确保可靠。本版手册编入的各种通用的及标准化的产品均说明其特点及适用情况,并注明生产厂家,供设计人员全面了解情况后选用。

## 七、保证高质量和权威性

本版手册主编单位东北大学是国家211、985重点大学、“重大机械关键设计制造共性技术”985创新平台建设单位、2011国家钢铁共性技术协同创新中心建设单位,建有“机械设计及理论国家重点学科”和“机械工程一级学科”。由东北大学机械及相关学科的老教授、老专家和中青年学术精英组成了实力强大的大型工具书编写团队骨干,以及一批来自国家重点高

校、科研院所、大型企业等 30 多个单位、近 200 位专家、学者组成了高水平编审团队。编审团队成员的大多数都是所在领域的著名资深专家，他们具有深广的理论基础、丰富的机械设计工作经历、丰富的工具书编纂经验和执着的敬业精神，从而确保了本版手册的高质量和权威性。

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，并组织邀请了清华大学、上海交通大学、西安交通大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、吉林大学、天津大学、华中科技大学、北京科技大学、大连理工大学、东南大学、同济大学、重庆大学、北京化工大学、南京航空航天大学、上海师范大学、合肥工业大学、大连交通大学、长安大学、西安建筑科技大学、沈阳工业大学、沈阳航空航天大学、沈阳建筑大学、沈阳理工大学、沈阳化工大学、重庆理工大学、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国科学院沈阳自动化研究所等单位的专家、学者参加。

在本版手册出版之际，特向著名机械专家、本手册创始人、第 1 版及第 2 版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、周士昌教授致以崇高的敬意，向参加本手册历次版本的编写单位和人员表示衷心感谢，向在本手册历次版本的编写、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、徐州工程机械集团公司、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辽宁省标准研究院等单位的大力支持。

由于编者水平有限，手册中难免有一些不尽如人意之处，殷切希望广大读者批评指正。

主编 闻邦椿

# 目 录

## 第 5 篇 连接与紧固

### 第 1 章 连接总论

1 设计机械连接应考虑的问题	5-3
2 连接的类型和选择	5-3
2.1 按拆卸可能性分类	5-3
2.2 按锁合分类	5-3
3 连接设计的几个问题	5-5
3.1 被连接件接合面设计	5-5
3.2 减小接头的应力集中	5-5
3.3 考虑环境和工作条件的要求	5-6
3.4 使连接件受力情况合理	5-6
4 紧固件的标准和检验	5-6
4.1 紧固件的有关标准	5-6
4.2 紧固件的检验项目	5-6
5 紧固件标记方法	5-7

### 第 2 章 螺纹和螺纹连接

1 螺纹	5-9
1.1 螺纹分类、特点和应用	5-9
1.2 螺纹术语及其定义	5-10
1.3 普通螺纹(牙型、尺寸及公差)	5-18
1.3.1 概述	5-18
1.3.2 牙型	5-18
1.3.3 直径与螺距系列	5-18
1.3.4 公称尺寸	5-18
1.3.5 普通螺纹的标记	5-23
1.3.6 普通螺纹公差	5-23
1.4 管螺纹	5-27
1.4.1 55°非密封管螺纹	5-27
1.4.2 55°密封管螺纹	5-29
1.4.3 60°密封管螺纹	5-31
1.4.4 米制锥螺纹	5-33
1.4.5 80°非密封管螺纹	5-35
2 螺纹连接结构设计	5-36
2.1 螺纹紧固件的类型选择	5-36
2.2 螺栓组的布置	5-37

2.3 螺纹零件的结构要素	5-38
2.3.1 螺纹收尾、肩距、退刀槽、倒角	5-38
2.3.2 螺钉拧入深度和钻孔深度	5-40
2.3.3 螺纹孔的尺寸	5-40
2.3.4 扳手空间	5-43
2.3.5 开口销孔的位置、尺寸和公差	5-44
2.4 螺栓的拧紧和防松	5-44
2.4.1 螺纹摩擦计算	5-44
2.4.2 控制螺栓预紧力的方法	5-45
2.4.3 螺纹连接常用的防松方法	5-46
3 螺纹紧固件的性能等级和常用材料	5-49
3.1 螺栓、螺钉和螺柱	5-49
3.1.1 螺栓、螺钉和螺柱的力学性能等级、材料和热处理	5-49
3.1.2 螺纹紧固件的应力截面积	5-51
3.1.3 最小拉力载荷和保证载荷	5-51
3.2 螺母	5-54
3.3 不锈钢螺栓、螺钉、螺柱和螺母	5-57
3.4 紧定螺钉	5-59
3.5 自攻螺钉	5-61
3.6 自挤螺钉	5-61
3.7 自钻自攻螺钉	5-61
3.8 耐热用螺纹连接副	5-62
3.9 有色金属螺纹连接件	5-62
4 螺栓、螺钉、双头螺柱强度计算	5-63
4.1 螺栓组受力计算	5-63
4.2 按强度计算螺栓尺寸	5-66
5 螺纹连接的标准元件和挡圈	5-68
5.1 螺栓	5-68
5.2 双头螺柱	5-90
5.3 螺母	5-92
5.4 螺钉	5-114
5.5 自攻螺钉	5-134
5.6 木螺钉	5-140
5.7 垫圈和轴端挡圈	5-143

5.8 螺钉、垫圈组合件 .....	5-163	3.3.3 开口销和销轴 .....	5-210
<b>第3章 键、花键和销连接</b>		3.3.4 槽销 .....	5-212
<b>1 键连接 .....</b>	<b>5-167</b>	<b>第4章 过盈连接</b>	
1.1 键和键连接的类型、特点及应用 .....	5-167	1 过盈连接的类型、特点和应用 .....	5-218
1.2 键的选择和键连接的强度校核 计算 .....	5-168	2 圆柱面过盈连接计算 .....	5-218
1.3 键连接的尺寸系列、公差配合和 表面粗糙度 .....	5-168	2.1 计算基础 .....	5-218
1.3.1 平键 .....	5-168	2.1.1 两个简单厚壁圆筒在弹性范围内 连接的计算 .....	5-218
1.3.2 半圆键 .....	5-168	2.1.2 计算的假定条件 .....	5-218
1.3.3 楔键 .....	5-168	2.1.3 计算用的符号 .....	5-219
1.3.4 键用型钢 .....	5-174	2.1.4 直径变化量的计算公式 .....	5-219
1.3.5 键和键槽的几何公差、配合及 尺寸标注 .....	5-174	2.2 最小过盈量计算公式 .....	5-219
1.3.6 切向键 .....	5-176	2.3 配合的选择 .....	5-220
<b>2 花键连接 .....</b>	<b>5-179</b>	2.4 校核计算 .....	5-220
2.1 花键基本术语 .....	5-179	2.5 设计计算例题 .....	5-222
2.1.1 一般术语 .....	5-179	<b>3 圆锥过盈配合的计算和选用 .....</b>	<b>5-223</b>
2.1.2 花键的种类 .....	5-179	3.1 圆锥过盈连接的特点 .....	5-223
2.1.3 齿廓 .....	5-179	3.2 圆锥过盈连接的形式及应用 .....	5-223
2.1.4 基本参数 .....	5-180	3.3 圆锥过盈连接的计算和选用 .....	5-224
2.1.5 误差、公差及测量 .....	5-180	3.3.1 计算基础与假定条件 .....	5-224
2.2 花键连接的强度计算 .....	5-181	3.3.2 计算要点 .....	5-224
2.2.1 通用简单算法 .....	5-181	3.4 油压装拆圆锥过盈连接的参数 选择 .....	5-224
2.2.2 花键承载能力计算(精确算法) .....	5-181	3.5 设计计算例题 .....	5-225
2.3 矩形花键连接 .....	5-187	3.6 结构设计 .....	5-227
2.3.1 矩形花键公称尺寸系列 .....	5-187	3.6.1 结构要求 .....	5-227
2.3.2 矩形花键的公差与配合 .....	5-188	3.6.2 对结合面的要求 .....	5-228
2.4 圆柱直齿渐开线花键连接 .....	5-188	3.6.3 压力油的选择 .....	5-228
2.4.1 渐开线花键的模数和公称尺寸 计算 .....	5-188	3.6.4 装配和拆卸 .....	5-228
2.4.2 渐开线花键公差与配合 .....	5-188	3.7 螺母压紧的圆锥面过盈连接 .....	5-228
2.4.3 渐开线花键参数标注与标记 .....	5-196	<b>4 胀紧连接套 .....</b>	<b>5-228</b>
2.5 圆锥直齿渐开线花键 .....	5-197	4.1 概述 .....	5-228
2.5.1 术语、代号和定义 .....	5-197	4.2 基本参数和主要尺寸 .....	5-229
2.5.2 几何尺寸计算公式 .....	5-197	4.3 胀紧连接套的材料 .....	5-255
2.5.3 圆锥直齿渐开线花键尺寸系列 .....	5-198	4.4 按传递载荷选择胀套的计算 .....	5-256
2.5.4 圆锥直齿渐开线花键公差 .....	5-200	4.5 结合面公差及表面粗糙度 .....	5-256
2.5.5 参数表示示例 .....	5-201	4.6 被连接件的尺寸 .....	5-256
<b>3 销连接 .....</b>	<b>5-201</b>	4.7 胀紧连接套安装和拆卸的一般 要求 .....	5-257
3.1 销连接的类型、特点和应用 .....	5-201	4.7.1 安装准备 .....	5-257
3.2 销的选择和销连接的强度计算 .....	5-202	4.7.2 安装 .....	5-257
3.3 销的标准件 .....	5-204	4.7.3 拆卸 .....	5-258
3.3.1 圆柱销 .....	5-204	4.7.4 防护 .....	5-258
3.3.2 圆锥销 .....	5-208	4.8 ZJ1型胀紧连接套的连接设计要点 .....	5-258
		4.8.1 ZJ1型胀紧套的连接形式 .....	5-258

4.8.2 夹紧力 .....	5-258	2.2.2 胶粘剂选择原则和常用胶粘剂 .....	5-282
4.8.3 夹紧附件的公称尺寸 .....	5-259	2.3 粘接接头设计 .....	5-285
4.8.4 胀紧套数量和夹紧螺栓数量的 计算 .....	5-261	2.3.1 粘接接头设计原则 .....	5-285
4.8.5 计算举例 .....	5-262	2.3.2 常用粘接接头形式及其改进 结构 .....	5-286
<b>第5章 焊、粘、铆连接</b>		2.3.3 接头结构强化措施 .....	5-287
1 焊接 .....	5-264	3 铆接 .....	5-289
1.1 焊接结构的特点 .....	5-264	3.1 铆缝的设计 .....	5-289
1.2 焊接方法及其选择 .....	5-264	3.1.1 确定钢结构铆缝的结构参数 .....	5-289
1.2.1 焊接方法介绍 .....	5-264	3.1.2 受拉(压)构件的铆接 .....	5-290
1.2.2 焊接方法的选择 .....	5-266	3.1.3 铆钉连接计算 .....	5-290
1.3 焊接材料 .....	5-268	3.1.4 铆钉材料和连接的许用应力 .....	5-291
1.4 电弧焊接头的坡口选择和点焊、 缝焊接头尺寸推荐值 .....	5-270	3.2 铆接结构设计中应注意的几个 问题 .....	5-291
1.5 焊接接头的静载强度计算 .....	5-271	3.3 铆钉 .....	5-291
1.5.1 许用应力设计法 .....	5-271	3.4 盲铆钉 .....	5-298
1.5.2 可靠性设计方法 .....	5-276	3.4.1 概述 .....	5-298
1.6 焊接接头的疲劳强度计算 .....	5-276	3.4.2 抽芯铆钉的力学性能等级与 材料组合 .....	5-298
1.6.1 许用应力算法 .....	5-276	3.4.3 抽芯铆钉力学性能 .....	5-299
1.6.2 应力折减系数法 .....	5-277	3.4.4 抽芯铆钉尺寸 .....	5-301
2 粘接 .....	5-282	3.4.5 抽芯铆钉连接计算公式 .....	5-304
2.1 粘接的特点和应用 .....	5-282	3.5 铆螺母 .....	5-305
2.2 胶粘剂的选择 .....	5-282	附录 起重机的工作等级和载荷计算 .....	5-310
2.2.1 胶粘剂的分类 .....	5-282		

## 第6篇 带传动和链传动

### 第1章 带 传 动

1 传动带的种类及其选择 .....	6-3	2.3.5 几种特殊V带轮简介 .....	6-27
1.1 带和带传动的形式 .....	6-3	2.4 V带传动设计中应注意的问题 .....	6-27
1.2 带传动设计的一般内容 .....	6-5	2.5 设计实例 .....	6-28
1.3 带传动的效率 .....	6-5	3 联组V带 .....	6-30
2 V带传动 .....	6-6	3.1 联组窄V带(有效宽度制)传动及其 设计特点 .....	6-30
2.1 尺寸规格、结构和力学性能 .....	6-6	3.1.1 尺寸规格 .....	6-30
2.2 V带传动的设计 .....	6-8	3.1.2 设计计算 .....	6-30
2.2.1 主要失效形式 .....	6-8	3.1.3 带轮 .....	6-30
2.2.2 设计计算 .....	6-8	3.2 联组普通V带 .....	6-31
2.3 带轮 .....	6-22	3.3 联组普通V带轮(有效宽度制) 轮槽截面尺寸 .....	6-31
2.3.1 传动带带轮设计的要求 .....	6-22	4 平带传动 .....	6-31
2.3.2 带轮材料 .....	6-22	4.1 平型传动带的尺寸与公差 .....	6-31
2.3.3 带轮的结构 .....	6-22	4.2 帆布平带 .....	6-32
2.3.4 带轮的技术要求 .....	6-26	4.2.1 规格 .....	6-32



4.2.2 设计计算	6-33	带轮	6-86
4.3 聚酰胺片基平带	6-34	10.2 农业机械用双面 V 带 (六角带)	6-88
4.3.1 结构	6-34	11 多从动轮带传动	6-89
4.3.2 设计计算	6-35	12 塔轮传动	6-91
4.4 高速带传动	6-36	13 半交叉传动、交叉传动和角度传动	6-91
4.4.1 规格	6-36	13.1 半交叉传动	6-91
4.4.2 设计计算	6-37	13.2 交叉传动	6-92
4.5 带轮	6-37	13.3 V 带的角度传动	6-92
5 同步带传动	6-39	13.4 同步带的角度传动	6-92
5.1 同步带传动常用术语	6-39	14 带传动的张紧	6-93
5.2 一般传动用同步带的类型和标记	6-39	14.1 张紧方法	6-93
5.3 梯形齿同步带传动设计	6-40	14.2 预紧力的控制	6-93
5.3.1 梯形齿同步带的规格	6-40	14.2.1 V 带的预紧力	6-93
5.3.2 梯形齿同步带的选型和基准额定功率	6-42	14.2.2 平带的预紧力	6-94
5.3.3 梯形齿同步带传动设计方法	6-48	14.2.3 同步带的预紧力	6-95
5.3.4 梯形齿同步带带轮	6-50	14.2.4 多楔带的预紧力	6-95
5.3.5 设计实例	6-52	15 磁力金属带传动简介	6-96
5.4 曲线齿同步带传动设计	6-53	15.1 磁力金属带传动的工作原理	6-96
5.4.1 曲线齿同步带的规格	6-53	15.1.1 电磁带轮式金属带传动的工作 原理与带轮结构	6-96
5.4.2 H 型曲线齿同步带的选型和 额定功率	6-56	15.1.2 永磁带轮式金属带传动工作 原理及带轮结构	6-96
5.4.3 H 型曲线齿同步带传动设计 计算	6-59	15.2 磁力金属带的结构	6-97
5.4.4 曲线齿同步带带轮	6-61		
6 多楔带传动	6-64	<b>第 2 章 链 传 动</b>	
6.1 多楔带的规格	6-64	1 链传动的特点与应用	6-98
6.2 设计计算	6-65	2 滚子链传动	6-99
6.3 设计实例	6-69	2.1 滚子链的基本参数和尺寸	6-99
6.4 多楔带带轮	6-76	2.2 滚子链传动的设计	6-105
7 双面传动带	6-77	2.2.1 滚子链传动选择指导	6-105
7.1 带的型号	6-77	2.2.2 滚子链传动的设计计算	6-105
7.2 双面传动带的材料	6-78	2.2.3 润滑范围选择	6-108
7.3 同步多楔带的尺寸	6-78	2.2.4 滚子链的静强度计算	6-108
8 汽车用传动带	6-78	2.2.5 滚子链的耐疲劳工作能力计算	6-109
8.1 汽车 V 带	6-78	2.2.6 滚子链的耐磨损工作能力计算	6-109
8.2 汽车同步带	6-79	2.2.7 滚子链的抗胶合工作能力计算	6-110
8.2.1 汽车同步带规格	6-80	2.3 滚子链链轮	6-110
8.2.2 汽车同步带带长和宽度的极限 偏差	6-81	2.3.1 基本参数和主要尺寸	6-110
8.2.3 带与带轮和轮槽的尺寸和间隙	6-81	2.3.2 齿槽形状	6-110
8.2.4 汽车同步带轮	6-82	2.3.3 剖面齿廓	6-113
8.3 汽车多楔带	6-83	2.3.4 链轮公差	6-113
9 工业用变速宽 V 带	6-85	2.3.5 链轮材料及热处理	6-114
10 农业机械用 V 带	6-86	2.3.6 链轮结构	6-114
10.1 农业机械用变速 (半宽) V 带和		2.4 滚子链传动设计计算示例	6-115
		2.5 传动用双节距精密滚子链和链轮	6-116
		3 齿形链传动	6-119