

MACHINE DESIGN HANDBOOK

2

机械设计手册

第2版



机械工业出版社
China Machine Press

机 械 设 计 手 册

第 2 版

第 2 卷

主 编 徐 灏

副主编 蔡春源 严隽琪

汪 恺 周士昌



机 械 工 业 出 版 社

本手册是在第1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、系统地介绍了现代设计和常规设计方法,数据、图表丰富,实用性强,查找方便。全书共44篇,分5卷出版。

本书为第2卷现代设计方法及应用,包括创新设计、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及附录现代设计主流软件。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计手册.2/徐灏主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2000.6
ISBN 7-111-02535-0

I. 机… II. 徐… III. 机械设计-手册 IV. TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第63087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 范兴国 版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年6月第2版·第5次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·94.75印张·3插页·2872千字

18 001—23 000册

定价:118.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

再版前言

《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骤,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

《机械设计手册》

第 1 版

主 编 徐 灏

副 主 编 邱宣怀 蔡春源

汪 恺 余 俊

主编助理 王 超 樊文萱 方昆凡

目 录

第 10 篇 创 新 设 计

第 1 章 创造与设计思维原理和方法

1 创新思维和方法	10-3
1.1 创新思维	10-3
1.2 创新思维机制	10-4
1.3 创新的外部因素与思维法则	10-4
1.4 创造活动的组织科学	10-6
2 基于功能的设计思维	10-8
2.1 功能的分类	10-8
2.2 功能分析	10-9
2.3 功能综合与整理	10-10
2.4 功能评价	10-11
3 基于产品寿命周期的设计思维	10-13
3.1 产品的市场寿命周期	10-13
3.2 产品的全寿命周期	10-14
4 基于过程的设计思维	10-14
4.1 设计任务的类型和进程	10-14
4.2 设计任务的形成与决策	10-16
4.3 方案设计	10-20
4.4 详细设计	10-23

5 产品总体设计的评价与优化	10-24
5.1 总体设计优化的目标与过程	10-24
5.2 优化对象的确定	10-24
5.3 总体设计的评价	10-28
5.4 总体设计的优化	10-33

第 2 章 产品设计中的“人-机-环境”大系统观

1 “人-机-环境”大系统的构成与运行	10-36
1.1 “人-机-环境”大系统的构成	10-36
1.2 “人-机-环境”大系统的运行	10-36
2 功能分配	10-38
2.1 子系统能力的分析	10-38
2.2 功能分配原则	10-40
3 人的生理和心理因素	10-40
3.1 人的生理因素	10-40
3.2 人的心理因素	10-41
3.3 人的行为	10-42
4 环境因素与可持续发展观	10-43
参考文献	10-45

第 11 篇 绿色产品设计

1 概述	11-3
1.1 绿色产品设计思想的由来	11-3
1.2 绿色产品设计的发展现状和策略	11-3
2 传统设计与绿色设计的区别	11-4
3 原理与方法	11-5
3.1 产品的生命周期	11-5
3.2 产品的生命周期设计	11-5
3.3 面向 X 的设计	11-6
4 绿色产品设计指南	11-6
4.1 材料的选择	11-6
4.2 连接结构	11-7

4.3 毛坯设计与制造	11-9
4.4 绿色制造工艺	11-9
4.5 易于维修	11-9
4.6 便于拆卸回收	11-11
5 绿色产品评价方法	11-14
5.1 检查表	11-14
5.2 矩阵分析	11-14
5.3 产品的生命周期评价	11-15
5.4 影响分析	11-15
5.5 环境会计	11-15
6 绿色包装设计	11-16

6.1 产品包装设计的现状	11-16
6.2 绿色包装设计	11-16

参考文献	11-17
------------	-------

第 12 篇 并行设计

第 1 章 绪 论

1 并行工程基本概念	12-3
2 并行工程方法学	12-4
3 并行工程的若干关键技术	12-5
4 并行工程的使能工具	12-7
5 并行设计实例	12-8

第 2 章 并行产品开发过程 建模及冲突的预消解

1 并行产品开发过程模型	12-9
1.1 并行产品开发过程的定义	12-9
1.2 并行设计过程的基本元素	12-9
1.2.1 活动 (Activity)	12-9
1.2.2 成员 (Person)	12-10
1.2.3 角色 (Role)	12-10
1.2.4 资源 (Resource)	12-11
1.2.5 产品数据 (Product Data)	12-11
1.3 并行设计过程的基本视图	12-12
1.3.1 并行设计过程基本元素之间 的关系——子视图	12-12
1.3.2 活动流视图	12-13
1.3.3 组织视图	12-13
1.3.4 资源视图	12-16
1.3.5 产品数据视图	12-17
1.4 并行设计过程的递阶集成 多视图模型	12-17
2 并行设计过程中冲突的预消解	12-18
2.1 冲突分析	12-18
2.1.1 冲突的形成	12-18
2.1.2 冲突的概念与内涵	12-18
2.1.3 冲突产生的原因	12-19
2.1.4 冲突的分类	12-20
2.2 冲突的预消解	12-20

第 3 章 工作流管理系统

1 工作流技术的出现	12-23
------------------	-------

2 工作流的定义及其相关概念	12-23
2.1 工作流的定义	12-23
2.2 工作流基本术语	12-23
2.3 工作流类型	12-25
3 工作流管理系统定义	12-26
4 工作流管理系统参考模型	12-27
4.1 工作流实施服务	12-29
4.2 过程定义	12-30
4.3 工作流客户端功能	12-31
4.4 应用程序调用功能	12-32
4.5 工作流互操作性	12-32
4.6 系统管理	12-34
5 工作流管理技术的研究现状	12-34
5.1 基于持久消息队列的分布式工作 流管理系统——Exotica	12-34
5.2 具有自适应能力的工作流管理系统 ——Meteor	12-34
5.3 基于分布式主动数据库技术的 工作流管理系统——WIDE	12-35
5.4 基于状态与活动图的工作流 管理系统——Mentor	12-35
5.5 工作流建模语言——WPDL 语言	12-36
5.5.1 WPDL 语言	12-36
5.5.2 工作流建模平台	12-37
6 工作流产品简介	12-39
6.1 FileNet 公司的工作流产品	12-39
6.2 JetForm 公司的工作流产品	12-39
6.3 IBM 的工作流产品	12-39
6.4 Action 技术公司的工作流产品	12-39
7 工作流管理系统的发展趋势	12-40
7.1 各类工作流产品发展情况	12-40
7.2 工作流产品存在的不足	12-40
7.3 工作流管理技术研究与产品的 发展趋势	12-41

第 4 章 并行设计的集成平台——PDM

1 PDM 基本概念	12-42
------------------	-------

2	PDM 的需求分析	12-42	Metaphase	12-60	
3	PDM 主要功能介绍	12-42	7	PDM 发展中的几个感兴趣的问题	12-61
3.1	PDM 系统的电子数据存储	12-43	第 5 章 产品数据交换标准——STEP		
3.2	PDM 系统的用户功能集	12-43	1	产品数据技术	12-63
3.2.1	文档管理	12-43	1.1	产品数据（问题的定义）	12-63
3.2.2	过程与 workflow 管理	12-44	1.2	产品模型（描述产品数据）	12-64
3.2.3	产品结构 with 配置管理	12-44	1.3	产品数据交换	12-65
3.2.4	分类检索管理	12-46	1.4	产品模型数据接口	12-66
3.2.5	项目管理	12-47	2	产品数据标准的发展	12-67
3.3	PDM 系统的实用功能集	12-47	2.1	发展概况	12-67
3.3.1	通信和通知服务	12-48	2.2	各主要国家 CAD 接口标准化 工作综览	12-70
3.3.2	数据传输	12-48	2.3	先前产品数据交换标准（接口） 之不足	12-70
3.3.3	数据转换	12-48	3	产品模型数据交换标准 STEP	12-71
3.3.4	图像服务	12-48	3.1	STEP 的体系结构	12-73
3.3.5	系统管理	12-48	3.1.1	描述方法	12-73
4	PDM 的特性及实现	12-48	3.1.2	实现方法	12-75
4.1	PDM 的特性	12-48	3.1.3	一致性测试方法学和框架	12-75
4.2	PDM 的实现	12-48	3.1.4	集成通用资源	12-76
5	PDM 与应用工具的集成	12-49	3.1.5	应用资源	12-77
5.1	应用集成的驱动力	12-50	3.1.6	应用协议	12-78
5.1.1	减少非增值行为	12-50	3.2	STEP 的标准化状况	12-79
5.1.2	减少数据冗余	12-50	4	几个应用协议介绍	12-79
5.1.3	在正确的时候提供正确的 信息	12-50	4.1	电器设计和装配应用协议 AP212	12-79
5.1.4	满足用户和产品的需要	12-51	4.2	汽车机械设计过程 AP214 （核心数据）	12-81
5.2	应用集成的技术	12-51	4.3	工艺设计的机加工产品定义 应用协议 AP224	12-81
5.2.1	人工方式	12-51	5	STEP 工业应用	12-82
5.2.2	文件转换	12-51	5.1	工业企业 CAD 现状与需求	12-82
5.2.3	应用编程接口	12-52	5.2	Pro STEP 中心	12-84
5.2.4	分布式对象技术	12-53	5.3	产品数据建模及其实现	12-85
5.3	应用集成的模式	12-54	5.4	AP212 和 AP214 的工业推广	12-85
5.3.1	应用系统与 PDM 的集成	12-55	5.4.1	AP212 工业应用	12-85
5.3.2	通过 PDM 实现应用系统之 间的集成	12-56	5.4.2	AP214 工业应用	12-86
5.4	应用集成的层次	12-57	5.5	STEP 工具及其应用	12-87
5.4.1	封装	12-57	第 6 章 在网络上进行的合作设计		
5.4.2	接口	12-57	1	推进网上合作设计的意义	12-89
5.4.3	集成	12-58	2	设计知识和分布式知识获取资源	12-89
5.5	集成的策略	12-58			
6	PDM 产品介绍	12-59			
6.1	上海思普软件公司的 PDM 产品： SIPM/PDM	12-59			
6.2	美国 SDRC 公司的 PDM 产品：				

2.1 已有知识	12-90	3.3 产品性能特征参数的传递	12-96
2.2 市场信息	12-90	4 支持网上合作设计的相关技术	12-97
2.3 数字仿真或虚拟现实	12-90	4.1 群体合作模式的研究	12-98
2.4 物理模型试验	12-91	4.2 设计过程管理	12-99
2.5 样机试验	12-91	4.3 产品设计信息的共享	12-99
2.6 产品运行表现(用户反映)	12-91	4.4 应用的共享	12-99
2.7 关于信息融合	12-92	4.4.1 HTTP/CGI	12-100
3 分布式知识获取资源的运作	12-92	4.4.2 分布对象技术	12-100
3.1 产品的性能特征	12-92	4.4.3 Agent	12-101
3.2 从性能到结构、材料、工艺的映射—— 局部的设计过程	12-95	4.4.4 安全控制	12-101

第13篇 虚拟设计

第1章 虚拟产品的概念

1 虚拟产品的定义	13-3
2 虚拟产品的特点	13-3

第2章 虚拟现实技术

1 虚拟现实的特点	13-4
2 虚拟现实系统组成及分类	13-4
2.1 虚拟现实系统的组成	13-4
2.2 虚拟现实系统的分类	13-4
3 产生虚拟现实环境的工具集	13-5
3.1 产生虚拟现实的硬件	13-5
3.1.1 虚拟现实系统的硬件组成	13-6
3.1.2 虚拟现实硬件产品介绍	13-8
3.2 产生虚拟现实的软件	13-9
3.2.1 虚拟现实软件系统的组成	13-9
3.2.2 虚拟现实软件产品介绍	13-11

第3章 基于虚拟现实技术 的新一代CAD技术

1 基于虚拟现实的CAD的特点	13-14
2 新的几何建模技术	13-14
2.1 传统的几何建模技术简介	13-14
2.2 VR-CAD中的几何建模	13-15
2.2.1 VR-CAD中的B-reps 表示	13-15
2.2.2 VR-CAD中的CSG表示	13-15

2.2.3 基本体素的处理	13-15
2.2.4 约束识别与求解	13-17
2.3 虚拟现实CAD的应用	13-17
2.3.1 虚拟曲面造型实例	13-17
2.3.2 虚拟雕塑造型实例	13-18
2.3.3 虚拟实体造型实例	13-18
3 VR-CAD中的多通道技术	13-19
3.1 三维鼠标	13-19
3.2 三维物体选取机制	13-19
3.3 三维菜单的设计	13-19
3.4 语音系统	13-20
3.4.1 声音处理	13-20
3.4.2 语音命令	13-21
3.5 触觉反馈系统	13-21
4 虚拟装配技术	13-21
4.1 虚拟装配模型	13-21
4.2 虚拟装配路径规划和仿真	13-22
4.2.1 碰撞检测	13-22
4.2.2 路径优化	13-22
4.3 虚拟装配的应用实例	13-22
5 VR-CAD中的可视化技术	13-24
5.1 VR-CAD系统中的导航技术	13-24
5.1.1 相机模型简介	13-24
5.1.2 三维导航机制	13-25
5.2 VR-CAD系统中的细节处理 技术	13-25
6 设计中的人员因素分析	13-25

第4章 虚拟现实建模语言 (VRML)

1 VRML 概述	13-27
2 VRML2.0 的语言规范	13-27
2.1 VRML 文件	13-27
2.1.1 结点	13-28
2.1.2 场景	13-29
2.2 VRML 的节点及用途	13-29
2.2.1 形状节点及造型的平滑绘制	13-29
2.2.2 编组节点及绘制的可见性选择	13-30
2.2.3 传感器节点 (Sensor nodes) 与 VRML 的交互性	13-30
2.2.4 内插器节点 (Interpolator nodes) 与关键帧动画	13-31
2.2.5 脚本节点 (Script nodes) 和交互式动画	13-31
2.3 VRML 的细节层次控制	13-32
2.4 VRML 的纹理映射及控制	13-33
2.5 VRML 的光照和雾化	13-33
2.6 VRML 的背景及添加声音	13-33
2.7 VRML 的视点控制	13-34

3 VRML 的应用及常用资源	13-34
3.1 典型的应用领域	13-34
3.2 VRML 浏览器	13-35

第5章 计算机辅助工程分析及其可视化技术

1 计算机辅助工程分析	13-36
1.1 计算机辅助工程分析概述	13-36
1.2 计算机辅助工程分析的内容	13-36
2 科学计算可视化技术	13-38
2.1 科学计算可视化的概念	13-38
2.2 可视化技术的组成与分类	13-38
2.2.1 可视化技术的组成	13-38
2.2.2 可视化技术的分类	13-38
2.3 科学可视化技术研究现状与趋势	13-43
3 计算机辅助工程分析软件介绍	13-44
3.1 计算机辅助工程分析软件技术的发展	13-44
3.2 工程分析可视化软件的开发现状	13-45
3.3 CAE 软件分类	13-46
4 工程分析可视化实例: 虚拟风洞	13-47

第14篇 快速响应变型设计和反求设计

第1章 绪 论

1 快速响应工程及其含义	14-3
2 快速响应设计是实施快速响应工程的重要一环	14-4
3 用变型设计实现快速响应的方法	14-4

第2章 快速响应变型设计的体系结构

1 变型设计的过程	14-7
2 变型设计的层次结构	14-8
3 变型设计的系统框架	14-9

第3章 快速响应变型设计的关键技术

1 事物特性表管理	14-12
1.1 事物特性技术简介	14-12
1.2 事物特性	14-12
1.3 特性描述的对象	14-14

1.4 事物特性表	14-14
1.5 事物特性技术及其特点	14-15
2 分类编码系统	14-16
2.1 零件分类编码系统的基本原理和结构	14-16
2.2 适用于快速响应设计的分类编码系统	14-16
3 产品资源管理	14-17
3.1 产品资源管理的意义	14-17
3.2 产品资源管理中的设计信息模型	14-18
3.3 产品信息管理	14-20
3.4 产品后台信息的定义与管理	14-22
4 关系型 CAD 系统	14-24
4.1 传统 CAD 系统的局限性	14-24
4.2 参数化设计和变量化设计	14-25
4.3 适用于变型设计的关系型 CAD 系统	14-26

第 4 章 关系型产品模型理论及其应用

1 关系型产品模型的定义及应用背景	14-31
1.1 变型设计在订单规划中的作用	14-32
1.2 企业产品信息资源重组	14-32
2 对象类的信息构成	14-34
2.1 产品对象定义	14-34
2.2 各产品对象类的信息构成	14-38
3 对象分类框架	14-39
3.1 GT 分类原理	14-39
3.2 对象分类框架	14-40
4 基于关系的族类属模型	14-43
4.1 对象类的基本特性	14-43
4.2 对象类的类属模型	14-45

第 5 章 基于实例推理的快速响应变型设计

1 CBR 概述	14-47
2 CBR 的基本问题	14-50
2.1 实例库的建立	14-50
2.2 实例的检索和提取方法	14-51
2.3 实例的修改	14-51
3 应用于快速响应变型设计的 CBR 关键技术研究	14-52
3.1 基本概念	14-52
3.2 实例、实例原型的关联关系	14-53
3.3 实例、实例原型的表示、索引和组织原理	14-54
3.3.1 实例和实例原型表示	14-54
3.3.2 实例和实例原型的索引、组织	14-56
3.3.3 实例的检索	14-57
3.4 实例的修改	14-61

3.4.1 实例修改的基本问题和修改策略	14-61
----------------------------	-------

3.4.2 基于约束满足技术的实例修改过程	14-62
-----------------------------	-------

4 基于 CBR 的产品快速响应变型设计	14-63
4.1 产品定义变型设计	14-63
4.2 产品装配变型设计	14-64
4.3 产品概念变型设计	14-65

第 6 章 实例研究——用关系型产品建模技术实现快速响应变型设计

1 关系型产品模型的建模步骤	14-66
2 圆锥-行星齿轮减速机的变型设计	14-66
3 油嘴偶件的变型设计	14-67

第 7 章 反求工程和快速成型

1 反求工程技术	14-71
1.1 反求工程的概念和流程	14-71
1.2 反求工程的应用场合	14-71
1.3 反求工程所涉及的主要技术	14-72
1.4 反求测量系统简介	14-73
1.5 光学测量设备介绍	14-74
1.6 重构软件介绍	14-75
1.7 应用实例	14-76
2 快速成型	14-79
2.1 快速成型技术流程	14-79
2.2 几种典型的快速成型技术介绍	14-80
2.3 快速成型技术的应用	14-82
2.4 快速成型相关软件技术	14-86
2.5 主要的快速成型产品介绍	14-87
2.6 快速成型技术的发展方向	14-88
参考文献	14-89

第 15 篇 可靠性设计

主要符号表	15-2
-------------	------

第 1 章 可靠性概念、特征量和设计程序

1 产品质量与可靠性	15-3
2 可靠性特征量	15-4
2.1 可靠度	15-4

2.2 累积失效概率	15-5
2.3 平均寿命	15-5
2.4 可靠寿命和中位寿命	15-5
2.5 失效率和失效率曲线	15-6
2.5.1 失效率	15-6
2.5.2 失效率曲线	15-6

2.6 不同失效类型的数学模型 15-7

2.7 可靠性特征量间的关系 15-8

3 可靠性设计程序和手段 15-9

第 2 章 可靠性数据的统计处理

1 可靠性试验种类 15-12

1.1 按试验场所分 15-12

1.2 根据试验截止情况分 15-12

1.3 根据试验中失效后是否用新试样
替换后继续试验分 15-12

2 可靠性设计常用的概率分布 15-12

2.1 二项分布 15-12

2.2 泊松分布 15-12

2.3 正态分布 15-12

2.4 对数正态分布 15-13

2.5 威布尔分布 15-13

2.6 指数分布 15-13

2.7 I 型极值分布 15-13

2.8 Γ 分布、瑞利分布、 β 分布 15-14

2.9 t 分布、 χ^2 分布、 F 分布 15-14

3 数理统计 15-30

3.1 分布类型的假设检验 15-30

3.1.1 χ^2 检验法 15-30

3.1.2 K-S 检验法 15-30

3.2 分布参数的估计 15-32

3.2.1 点估计 15-32

3.2.2 区间估计 15-33

3.3 平均秩、中位秩 15-34

3.3.1 累积分布函数 15-35

3.3.2 累积分布的点估计 15-36

3.4 极大似然估计 15-46

3.5 回归分析 15-47

3.5.1 基本关系式 15-47

3.5.2 几种常用概率分布的变换
关系 15-48

3.5.3 概率分布的回归分析法 15-48

4 正态分布和对数正态分布的分析法 15-50

4.1 用正态概率纸的分析法 15-50

4.2 用对数正态概率纸的分析法 15-51

4.3 正态分布的数值分析 15-55

4.3.1 正态分布的拟合性检验 15-55

4.3.2 正态分布完全子样参数估计 15-56

4.3.3 正态分布截尾寿命试验的

参数估计 15-56

4.3.4 正态分布可靠寿命和可靠
度的估计 15-57

4.4 对数正态分布的数值分析法 15-76

5 威布尔分布分析法 15-78

5.1 用威布尔概率纸的分析法 15-78

5.1.1 两参数威布尔分布 15-78

5.1.2 三参数威布尔分布 15-81

5.1.3 分组最小值寿命试验的分
析法 15-83

5.1.4 中止寿命试验的图分析法 15-84

5.2 威布尔分布的数值分析 15-86

5.2.1 威布尔分布的拟合性检验 15-86

5.2.2 威布尔分布的参数估计 15-87

5.2.3 威布尔分布的可靠度和可靠
寿命 15-89

6 指数分布的数值分析 15-112

6.1 指数分布的拟合性检验 15-112

6.2 指数分布的参数估计和可靠度 15-113

7 可靠性的非参数分析 15-115

第 3 章 材料的概率统计数据

1 常用材料的疲劳极限 15-119

2 常用材料的 $P-S-N$ 曲线 15-137

3 $P-S-N$ 曲线通用方程式中的常数 a_p
和 b_p 15-160

第 4 章 零件的可靠性设计

1 应力分布 15-169

1.1 零件尺寸误差 15-169

1.2 应力计算公式的运算 15-170

2 强度分布 15-170

2.1 等寿命曲线 15-170

2.2 疲劳强度分布的修正 15-172

2.2.1 应力集中敏性系数的统计
参数 15-172

2.2.2 钢件的尺寸系数的统计
参数 15-172

2.2.3 钢件的表面加工系数的统计
参数 15-172

3 应力-强度干涉模型求可靠度 15-172

3.1 应力-强度干涉模型 15-172

3.2 应力-强度干涉模型求可靠度的

一般公式	15-173
3.3 数值积分法求可靠度	15-174
3.4 图解法求可靠度	15-175
3.5 极限状态法求可靠度	15-176
3.5.1 多个正态变量的情况	15-176
3.5.2 非正态变量的情况	15-178
3.6 梅林变换法求可靠度	15-180
3.7 蒙特卡罗法求可靠度	15-181
3.8 有多种失效模式的可靠度	15-182
4 可靠度与安全系数	15-183
5 可靠度的置信度和置信区间	15-184
5.1 置信度	15-184
5.2 单侧量信区间下限和最低可靠 度	15-184
6 随机变量函数的均值和标准差的近 似计算	15-189
6.1 泰勒展开法	15-189
6.2 变异系数法	15-189
6.3 基本函数法	15-189
7 疲劳强度的可靠性设计	15-190
8 刚度的可靠性设计	15-194
9 耐磨性的可靠性设计	15-195
9.1 磨损的基本规律	15-195
9.2 给定工作寿命下零件耐磨性的 可靠度计算	15-197
9.3 给定可靠度下零件磨损寿命的 计算	15-198
10 抗腐蚀的可靠性设计	15-199
11 某些机械零件的可靠性设计	15-200
11.1 螺纹联接的可靠性设计	15-200
11.1.1 松螺栓联接	15-200
11.1.2 紧螺栓联接	15-201
11.1.3 受剪螺栓联接	15-203
2 按栓杆或孔壁受挤压进行设计	15-204
11.2 过盈联接的可靠性设计	15-205
11.3 压缩螺旋弹簧的可靠性设计	15-206
11.4 滚动轴承的可靠性设计	15-208
11.4.1 滚动轴承寿命与可靠度之 间的关系	15-209
11.4.2 滚动轴承额定动载荷与可 靠度之间的关系	15-209
12 随机载荷下的可靠性设计	15-210
12.1 概率相对 Miner 定理	15-210

12.2 Miner 定理-干涉模型综合法	15-211
-----------------------------	--------

第 5 章 系统的可靠性

1 不可修复系统的可靠性	15-213
1.1 可靠性模型	15-213
1.1.1 串联系统	15-213
1.1.2 并联系统	15-213
1.1.3 混联系统	15-214
1.1.4 表决系统	15-215
1.1.5 旁联系统	15-215
1.1.6 复杂系统	15-216
1.2 系统的可靠性特征量	15-217
1.3 有贮备的系统	15-217
2 可修复系统的可靠性	15-219
3 可靠性预计	15-219
3.1 可靠性预计的目的	15-219
3.2 可靠性预计的方法	15-219
3.2.1 设计初期的概略预计法	15-219
3.2.2 数学模型法	15-219
3.2.3 上下限法	15-220
3.2.4 蒙特卡罗模拟法	15-221
4 可靠性分配	15-221
4.1 可靠性分配的原则	15-221
4.2 可靠性分配的方法	15-222
4.2.1 等分配法	15-222
4.2.2 再分配法	15-222
4.2.3 比例分配法	15-222
4.2.4 综合评分分配法	15-224
4.2.5 动态规划分配法	15-225
5 失效模式、效应及危害度分析 (FMECA)	15-226
5.1 基本概念	15-226
5.2 分析的过程和方法	15-226
5.3 例子	15-229
6 故障树分析 (FTA)	15-233
6.1 基本概念	15-233
6.2 故障树符号	15-233
6.2.1 事件符号	15-233
6.2.2 逻辑门符号	15-234
6.3 故障树的建立	15-235
6.3.1 注意事项	15-235
6.3.2 故障树简化	15-236
6.4 故障树的定性分析	15-237

6.4.1 下行法	15-237	布时的维修度函数	15-252
6.4.2 上行法	15-238	2.3 修复率	15-253
6.5 故障树的定量分析	15-238	2.4 平均修复时间	15-254
6.5.1 顶事件发生的概率	15-238	2.4.1 主动修复—设备的平均 时间	15-254
6.5.2 重要度	15-239	2.4.2 平均维修工时 (MMH)	15-254
7 设计评审	15-241	3 按龄期更换的预防维修	15-254
7.1 一般概念和要求	15-241	3.1 按龄期预防维修设备的可靠度 及平均寿命	15-254
7.2 设计评审点的设置	15-241	3.2 失效时间为威布尔分布时的预 防维修	15-255
7.3 设计评审组	15-241	3.3 失效时间为指数分布时的预防 维修	15-257
7.4 设计评审检查清单	15-242	4 有贮备的可维修系统的可靠度	15-258
7.5 设计评审程序	15-242	4.1 确定可维修系统可靠度的步骤	15-258
7.6 设计评审资料要求	15-243	4.2 两单元并联系统的可靠度	15-259
第 6 章 维修性设计			
1 概述	15-245	4.2.1 系统的状态分析法	15-259
1.1 维修性的定义和特征量	15-245	4.2.2 马尔可夫图解法	15-260
1.1.1 维修性定义	15-245	5 可维修系统的有效度	15-261
1.1.2 维修性特征量	15-246	5.1 有效度的定义	15-261
1.2 维修的分类	15-247	5.2 可维修的单个部件的有效度	15-261
1.2.1 事后维修	15-247	5.3 可维修的两单元并联系统的 有效度	15-263
1.2.2 预防维修	15-247	6 维修性设计例子	15-264
1.3 维修性设计与可靠性设计的 关系	15-248	7 全寿命费用	15-269
1.4 维修性设计准则	15-248	7.1 全寿命费用的分析	15-269
2 修复时间分布和维修度函数	15-249	7.2 产品使用与维修费用的分析	15-270
2.1 修复时间分布	15-249	7.3 可靠性、维修性与费用的计算 模型	15-272
2.2 维修度函数	15-251	参考文献	15-274
2.2.1 已知修复时间为对数正态 分布时的维修度函数	15-251		
2.2.2 已知修复时间为威布尔分			

第 16 篇 摩擦学设计

第 1 章 摩擦与摩擦因数

1 固体摩擦的摩擦力及其计算	16-3	2.2.1 粘附分量的摩擦因数计算	16-3
1.1 摩擦力的性质	16-3	2.2.2 变形分量的摩擦因数计算	16-4
1.2 摩擦因数	16-3	3 摩擦角和摩擦锥	16-6
2 固体摩擦定律	16-3	3.1 静摩擦角	16-6
2.1 古典摩擦定律	16-3	3.2 静摩擦锥	16-6
2.2 固体摩擦的现代理论	16-3	3.3 动摩擦角与动摩擦锥	16-6
		4 滑动摩擦因数	16-6
		4.1 室温及大气中的摩擦因数	16-6

4.1.1 无润滑表面的滑动摩擦因数	16-6	1.3 影响磨损的参数	16-27
4.1.2 润滑表面的摩擦因数	16-10	1.3.1 载荷	16-27
4.2 高温下的摩擦因数	16-10	1.3.2 速度	16-27
4.3 真空中的摩擦因数	16-10	1.3.3 温度	16-28
4.4 低温下的摩擦因数	16-11	1.3.4 其他参数	16-28
5 滚动摩擦	16-12	2 有效控制磨损的设计方法	16-28
6 机械零件的摩擦	16-13	2.1 材料	16-29
6.1 斜面的摩擦	16-13	2.2 表面粗糙度	16-29
6.2 楔的摩擦与摩擦因数	16-14	2.3 润滑剂	16-29
6.3 螺纹的摩擦	16-14	2.4 表面结构形状	16-29
6.4 (非流体润滑) 滑动轴承的摩擦	16-15	2.5 环境、过滤与密封	16-29
6.4.1 径向轴承的摩擦	16-15	2.6 表面温度和冷却能力	16-29
6.4.2 止推轴承的摩擦	16-15	2.7 控制运动	16-29
6.5 滚动轴承的摩擦	16-16	3 磨损的度量与预测	16-29
6.6 齿轮的摩擦	16-18	3.1 磨损的度量	16-29
6.7 带与轮的摩擦	16-18	3.2 磨损度的计算	16-30
6.8 绳与卷筒的摩擦	16-18	3.2.1 磨损计算的公式	16-30
6.9 车轮与钢轨(路面)的摩擦	16-19	3.2.2 磨损计算的公式	16-30
7 摩擦装置中的摩擦	16-19	3.3 各种机械零件的典型磨 损度(率)	16-32
7.1 基本特性	16-20	4 机械零件的磨损预测	16-33
7.1.1 接触种类	16-20	4.1 轴瓦(套)的磨损预测	16-33
7.1.2 接触刚性	16-20	4.2 滚动轴承的磨损预测	16-34
7.1.3 成膜介质对摩擦的影响	16-20	4.2.1 粘附磨损计算	16-34
7.1.4 滑动持续时间	16-20	4.2.2 磨粒磨损计算	16-35
7.1.5 工作状态	16-21	4.3 导轨的磨损预测	16-36
7.1.6 外部能量场对摩擦特性的 影响	16-21	4.3.1 滑动导轨	16-36
7.2 摩擦副的主要参数	16-21	4.3.2 滚动导轨	16-37
7.2.1 滑动速度	16-21	4.4 齿轮传动的磨损控制	16-37
7.2.2 载荷	16-21	4.4.1 润滑状态	16-37
7.2.3 摩擦因数	16-21	4.4.2 轮齿胶合	16-38
7.2.4 摩擦因数的稳定度	16-21	4.4.3 轮齿磨粒磨损	16-38
7.2.5 摩擦力	16-21	4.5 传动链的磨损预测	16-39
7.3 摩擦材料的选取	16-22	4.5.1 磨损率	16-39
7.4 摩擦热力学计算	16-23	4.5.2 允许磨损量	16-39
		4.5.3 磨损寿命	16-40
		4.6 气缸套与活塞环的磨损预测	16-40
		4.6.1 粘附磨损预测	16-40
		4.6.2 磨粒磨损预测	16-41
		4.7 机械密封的磨损预测	16-41
		4.7.1 磨损类型	16-41
		4.7.2 磨损因数与极限 pv 值	16-41
		4.8 刀具磨损的预测	16-42

第2章 磨损控制

1 磨损过程	16-25
1.1 磨合	16-25
1.1.1 稳定粗糙度	16-25
1.1.2 影响磨合效果的因素	16-25
1.1.3 磨合与磨损寿命	16-26
1.2 磨损类型	16-26