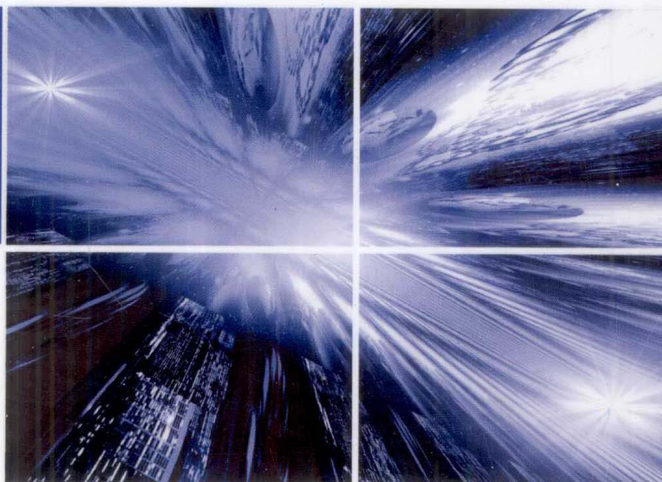




机械设计

王宁侠 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械设计

主编 王宁侠
参编 郑甲红 梁金生 魏引焕
主审 吴宗泽

机械工业出版社

本书是根据高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划的要求,为适应当前教学改革的发展趋势和培养宽口径应用型人才需要而编写的,是机械基础课程改革的主要教材之一。本书以机械类专业学生为对象,着重培养学生的创新能力、机械系统设计能力和结构设计能力。本书在内容编排上贯穿了以设计为主线的思想,将全书内容进行了有机的组合。全书共分 5 篇,18 章。主要介绍机械设计中的基本知识,常用传动机构的参数设计、结构设计,常用机械连接,轴系零件的结构设计,以及一些其他常用零部件。

本书可作为高等学校机械类专业机械设计课程的教材,也可供高等院校有关专业的师生及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计/王宁侠主编. —北京:机械工业出版社,2010.11
ISBN 978-7-111-31976-4

I. ①机… II. ①王… III. ①机械设计—高等学校—教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 184585 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:邓海平 责任编辑:邓海平 余 皞

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京汇林印务有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.75 印张·576 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-31976-4

定价:40.00 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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书主要针对培养应用型本科人才的需要而编写。随着当前教育改革的深入发展,根据“大专业、宽口径”教学模式的要求,对机械类专业学生要求具有一定的机械设计基础理论和工程应用能力,掌握该学科中新的科学成就,并具有集成创新的能力。本书在保证学生掌握基本知识、基本理论、基本技能的前提下,不刻意强调理论分析,重点突出工程应用,努力提高学生解决实际问题的能力;同时高度重视培养学生的创新意识和创新能力;精选教学内容,适度增加了适应科技发展的新知识、新技术和新理论;从提高学生的创新设计能力出发,比较全面地阐述了机械零件、部件及机构的基本概念、工作原理、设计方法和应用场合;加强了对机械设计的解析方法和机械创新设计方法的介绍。

全书在内容编排上贯穿了以设计为主线的思想,将全书内容进行了有机的组合。全书共分5篇,18章。第1篇是机械设计总论,第2篇是连接,第3篇是常用机械传动,第4篇是轴系零部件,第5篇是其他常用零部件。

本书主要作为高等院校机械类专业的教材,也可供其他有关专业的师生及工程技术人员参考使用。

本书由王宁侠、郑甲红、梁金生、魏引焕编写。其中,王宁侠负责编写第1、2、4、8、9、10、11章,郑甲红负责编写第3、15、16、17、18章,魏引焕负责编写第12、13、14章,梁金生负责编写第5、6、7章。

由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1篇 机械设计总论

第1章 绪论	1	3.1 疲劳失效的特点	20
1.1 本课程介绍	1	3.2 变应力	20
1.2 机械现代设计方法简介	3	3.3 材料的疲劳特性	22
第2章 机械设计的基本要求和一般程序	8	3.4 机械零件的疲劳强度计算	25
2.1 机器的组成	8	3.5 机械零件的接触强度	33
2.2 机械设计的基本要求	10	3.6 机械零件疲劳强度计算的相关系数	35
2.3 机械设计的一般程序	11	习题	41
2.4 机械零件的主要失效形式	13	第4章 摩擦、磨损及润滑概述	42
2.5 机械零件应满足的基本要求	15	4.1 摩擦	42
2.6 机械零件材料的选择原则	17	4.2 磨损	44
2.7 机械零件设计中的标准化	18	4.3 润滑剂和润滑方法	46
第3章 机械零件的疲劳强度计算	20	4.4 流体润滑原理简介	51
		习题	55

第2篇 连 接

第5章 螺纹连接	56	6.2 粘接	99
5.1 螺纹	56	6.3 铆接	103
5.2 螺纹连接的基本类型和标准连接件	59	习题	106
5.3 螺纹连接的预紧和防松	63	第7章 轴毂连接	107
5.4 单个螺栓连接的强度计算	68	7.1 键连接	107
5.5 螺栓组连接的设计计算	77	7.2 花键连接	113
5.6 提高螺纹连接强度的措施	85	7.3 无键连接	115
习题	90	7.4 销连接	125
第6章 焊接、粘接和铆接	93	习题	128
6.1 焊接	93		

第3篇 常用机械传动

第8章 带传动	135	8.2 V带与V带轮结构	136
8.1 概述	135	8.3 带传动的工作情况分析	140

8.4 普通 V 带传动的设计计算	142	10.4 齿轮传动的受力分析与计算	181
8.5 带传动的张紧与维护	148	10.5 齿轮传动的强度计算	188
8.6 同步带传动	150	10.6 齿轮的结构设计	200
习题	154	10.7 齿轮传动的润滑	202
第 9 章 链传动	156	习题	204
9.1 概述	156	第 11 章 蜗杆传动	207
9.2 链传动的运动特性及受力分析	162	11.1 蜗杆传动的特点及类型	207
9.3 滚子链传动的设计计算	165	11.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数 和几何尺寸	210
9.4 链传动的布置、张紧和润滑	170	11.3 普通圆柱蜗杆传动的承载能力 计算	215
习题	174	11.4 圆柱蜗杆、蜗轮的结构	223
第 10 章 齿轮传动	175	习题	226
10.1 概述	175		
10.2 齿轮传动的失效形式及设计准则	176		
10.3 齿轮的材料及其选择原则	178		

第 4 篇 轴系零部件

第 12 章 轴	228	13.5 液体动压径向滑动轴承的设计 计算	263
12.1 概述	228	13.6 其他滑动轴承简介	272
12.2 轴的结构设计	233	习题	273
12.3 轴的强度计算	239	第 14 章 滚动轴承	275
12.4 轴的刚度计算	243	14.1 概述	275
12.5 轴的振动稳定性计算	244	14.2 滚动轴承的主要类型及其代号	277
习题	251	14.3 滚动轴承的类型选择	283
第 13 章 滑动轴承	253	14.4 滚动轴承的载荷分析	285
13.1 概述	253	14.5 滚动轴承的失效形式和计算准则	287
13.2 径向滑动轴承的主要结构形式	254	14.6 滚动轴承尺寸的选择	287
13.3 滑动轴承的主要失效形式及常用 材料	257	14.7 滚动轴承的组合设计	293
13.4 不完全液体滑动轴承的设计计算	261	习题	306

第 5 篇 其他常用零部件

第 15 章 联轴器、离合器和制动器	308	第 16 章 减速器和变速器	325
15.1 概述	308	16.1 减速器	325
15.2 联轴器	310	16.2 变速器	328
15.3 离合器	319	习题	332
15.4 制动器简介	323	第 17 章 弹簧	333
习题	324	17.1 概述	333

17.2 圆柱螺旋弹簧的结构、制造、材料及许用应力	334	18.1 概述	348
17.3 圆柱螺旋弹簧的设计计算	339	18.2 机座和箱体设计的准则和一般设计要求	349
17.4 其他类型弹簧简介	343	18.3 机座和箱体的结构设计要点	350
习题	346	18.4 机座和箱体的结构工艺性	351
第 18 章 机座和箱体设计简介	348	参考文献	355

第 1 篇 机械设计总论

第 1 章 绪 论

机器是人类在生产和生活中用以替代或减轻人的体力劳动和辅助人的脑力劳动、提高生产效率和产品质量的主要工具，更是完成人类无法从事或难以从事的各种复杂、艰难、危险劳动的重要工具。在现代社会中，机器的应用随处可见。机器的设计制造水平是体现一个国家的技术力量乃至综合国力的重要方面，而机器的应用水平则是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。因此，机械工业肩负着为国民经济各个部门提供技术装备和促进技术改造的重要任务，在现代化建设中起着主导和决定性的作用。

机器的种类极多，其构造、性能及用途是各不相同的。但从制造和装配的角度来看，机器又都是由一定数量的机械零件组成。本课程的研究对象就是机器及组成机器的机械零部件。

1.1 本课程介绍

1.1.1 本课程的内容、性质和任务

本课程是一门以一般通用机械零部件设计为核心，论述它们的基本设计理论与方法，用以培养学生具有一般机械设计能力的设计性课程，是机械类和近机类专业的技术基础课。本课程需要综合应用许多先修课程的知识，如机械制图、金属工艺学、理论力学、材料力学、机械原理、互换性与技术测量、工程实训等，故涉及的知识面较广，且偏重于工程应用。它将为以后学习有关专业课程和掌握新的机械科学技术奠定必要的基础。因此，在专业教学计划中，它是一门介于基础课与专业课之间的、具有承上启下作用的主干课程。

本课程的内容是在简要介绍整台机器设计基本知识的基础上，重点讨论一般尺寸和参数的通用零件（重型、微型及在高速、高压、高温、低温条件下工作的通用零件除外），包括它们的基本设计理论和方法，以及有关技术资料的应用等。具体包括以下三个方面：

1. 机械设计的基本知识、基本理论和基本方法（第 1~4 章）
2. 通用机械零部件设计（第 5~18 章）

具体包括：

- 1) 传动零件。带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动及螺旋传动。
- 2) 轴系零部件。滑动轴承、滚动轴承、轴及联轴器、离合器、制动器。
- 3) 连接零件。螺纹连接、铆接、焊接、粘接及轴毂连接。

4) 其他零部件。弹簧、机座与箱体。

3. 总体构思与设计（结合课程设计进行）

本课程的主要任务是通过理论教学和实践环节训练，使学生

1) 树立理论联系实际的正确设计思想，提高创新思维和创新设计的能力。

2) 掌握通用机械零件的设计原理、设计方法和机械设计的一般规律，具有设计通用机械传动装置和简单机械的能力。

3) 具有运用机械设计手册、图册及标准、规范，查阅有关技术资料的能力。

4) 掌握典型机械零件的实验方法，获得实验技能的基本训练。

5) 了解国家当前的技术经济政策，并对机械设计的新发展及现代设计方法有所了解。

在本课程的学习过程中，要综合运用先修课程中所学的有关知识与技能，结合各个教学实践环节进行基本训练，逐步提高自身的理论水平、构思能力、工程洞察力和判断力，特别是分析问题及解决问题的能力，为顺利过渡到专业课的学习及进行产品和设备的设计打下宽而坚实的基础。

1.1.2 本课程的特点和学习方法

本课程是机械类专业的一门设计性主干技术基础课程，起到从理论性课程过渡到设计性课程、从基础课程过渡到专业课程的作用。因此，了解和掌握本课程的特点，在学习过程中不断探求与之相适应的学习方法，并随时注意总结提高，是学好本课程的重要条件。学习中应注意以下几个方面的问题：

1) 本课程的内容涉及多门先修课程和同修课程的基本知识，如机械制图、材料力学、金属工艺学、机械原理、工程材料、公差与技术测量等。涉及知识面宽，综合性强，学习中应注意及时复习、总结，深化有关内容，并注重综合运用这些知识的能力的培养。

2) 本课程以培养学生机械零部件及简单机械设计能力为目标，因而是一门实践性很强的课程。其教学环节除课堂教学外，还有习题课、实验课、讨论课、现场教学、答疑、设计性作业及课程设计等。学好教材内容是一个重要方面，但它远非本课程的全部。学习本课程时必须明确，书本知识固然重要，但在工程实际中，仅靠运用书本知识是不能正确解决问题的，还需要掌握一定的经验资料和具有较强的工程判断能力。因此要注重实践训练，通过实践训练，进一步加深对课程内容的理解和掌握，培养和提高机械设计能力，尤其是要重视提高机械零部件结构设计的能力和熟练查阅、使用设计手册及各种技术资料的能力。

3) 本课程是设计性课程，其内容紧密围绕零部件的设计问题。设计包括多方面的内容，但其主要部分通常是工作能力和结构设计，而工作能力设计一般必须进行某些计算，如强度、刚度、寿命、热平衡计算等，这就形成了公式多的特点。本课程许多零部件的设计原理和设计公式是带有条件的，不少零件的设计公式涉及多个参数与系数，使设计表现出某种不确定性，设计结果也往往不是唯一的。学习时①必须彻底搞清楚公式的性质、使用条件、符号意义及代入单位、计算结果的单位等；②准确把握设计公式中各参数间的关系和系数的意义与取值；③正确对待设计结果，尤其是理论计算的结果。通常理论计算结果要服从结构设计和加工工艺的要求。此外，不少零部件的尺寸并不是由理论计算一次确定，而是先由结构设计或凭经验初定尺寸，再经校核、修改后确定；有些零部件设计公式中的参数和系数，在开始设计时是不能确定的，同样需经过先初选再校核最后确定的设计过程，这种设计方法

是机械零部件设计中最常用的设计方法,学习中要逐步适应并很好地掌握。

4) 本课程的主要内容是关于通用机械零部件的设计问题,涉及的零部件较多,学习时应注意不同零部件在材料、结构、功能、应用、载荷、应力、失效形式、设计准则及计算公式等方面的差异,又要把握不同零部件设计所遵循的一些共同规律,如基本相同的设计步骤及零部件分析、设计思路等。本教材在论述各类零部件设计时的思路及程序为:①介绍零部件的主要类型、构造、功能、材料、制法、标准、优缺点、使用场合等基本知识,使学生对该类零部件有初步的了解;②论述工作情况、受力分析、应力状态、失效形式、设计准则、设计方法与步骤、参数选择原则、常用参考资料以及有关注意事项等,使学生初步掌握零部件的设计理论与方法;③给出释义例题(包括典型的工作图),把学生引向设计实践,并给出若干习题,以便实际运用所学的有关知识、设计理论、设计方法及参考资料,进行初步的设计锻炼,从而加深与巩固所学的知识与技能,进一步开发智力,提高设计能力。

5) 实际的机械设计问题都不会只有一个答案,新理论、新技术、新材料、新工艺以及新的市场信息等,都将使设计结果发生变化。所以一定要全面分析、综合协调、灵活处理,并富有想象力、洞察力、探索精神和创新勇气,从而对各式各样的设计问题作出机敏的工程判断。而这些能力是要靠一系列课程的各个教学环节来综合培养的。

6) 机械零部件是机器的基本组成部分。在不同的机器中,同样的零部件在受力情况、设计要求及设计方法等许多方面将会有所不同,所以,机械零部件的设计总是和具体机械或机电产品的开发设计联系在一起的。要真正学好本课程,真正掌握机械零部件设计本领,必须注重培养和建立整机设计的概念,从产品开发设计的高度来对待机械零部件设计问题。要结合产品的制造与装配工艺、市场前景及产品的经济性来考虑机械零部件的设计问题。此外,市场竞争日益激烈,产品的开发设计离不开改进、改革、创新、创造,学生应发挥主动性,努力增强创新意识,培养创新设计能力。

1.2 机械现代设计方法简介

1.2.1 现代设计方法研究的概况

现代设计技术是在传统设计的基础上继承和发展起来的,它是一门多专业、多学科而且相互交叉的综合性很强的基础技术科学。随着科学技术的不断发展,其设计范畴不断扩大,设计手段不断现代化,已发展到应用计算机网络技术,实现异地设计、虚拟设计与制造等。

设计是人类高级而复杂的创造性思维活动,它是运用已有的知识和技术解决问题或创造出新事物以满足社会需要的一种技术活动,是创造人为事物的科学。设计建立在多学科的基础上,涉及数学、物理、化学、机械学、电子学、计算机学、制造工艺学、材料学、认知科学和设计学等领域的基础知识。根据设计活动中创造性的大小,设计可分为三类:常规设计、革新设计、创新设计。其中,创新设计旨在提供有重要社会价值的新颖独特的设计成果,在设计领域中最富挑战性,也是设计人员追求的最高目标。

现代设计技术是根据产品功能要求和市场竞争(时间、质量、价格等)的需要,应用现代技术和科学知识,经过设计人员创造性思维、规划和决策,制订可以用于制造的方案,并使方案付诸实施的技术。现代设计技术使产品设计建立在科学的基础上。随着科学技术的

不断发展,其设计范畴也在不断地扩大,从单纯的产品设计扩展到全寿命周期设计,包括考虑环境因素的绿色设计:在设计组织方式上,从传统的顺序设计方式过渡到并行设计方式;在设计手段上,从传统的手工设计向现代化计算机辅助设计过渡,应用计算机网络技术发展了异地设计等。现代工程设计技术涉及的范围很广,它包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺规程设计(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助装配工艺设计(CAAP)、智能CAD和概念设计、面向“x”的设计(DFX)、可靠性设计、优化设计、动态设计、有限元分析、稳健设计、精度设计、三维设计、外观造型设计、工作环境设计、模块化设计、防腐蚀设计、疲劳设计、快速原型法、价值工程、反求工程技术、质量功能配置(QFD)、系统建模与仿真、虚拟设计、设计与制造集成、设计过程管理和工程数据库、创新设计、快速响应设计、并行设计、异地设计、绿色产品设计等。

支撑现代工程设计的相关学科技术有系统工程技术、虚拟现实技术、人工智能技术、多媒体技术、数据标准与接口技术、数据库技术、人机工程学、设计方法学、决策支持系统和计算机网络等。

1.2.2 现代设计方法简介

从上一小节介绍中可知现代设计方法种类极多,内容十分丰富,且在不断发展中,现介绍几种常见方法如下:

1. 机械优化设计

机械优化设计是将最优化数学理论(主要是数学规划理论)应用于工程设计问题,在所有可行方案中寻求最佳设计方案的一种现代设计方法。进行机械优化设计时,首先需要建立设计问题的数学模型,然后选用合适的优化方法并借助于计算机对数学模型进行寻优求解,经过对优化方案的评价与决策,以求得最佳设计方案。

在建立优化设计数学模型的过程中,把影响设计方案选取的那些参数称为设计变量。设计变量应当满足的条件称为约束条件。设计者选定来衡量设计方案优劣并期望得到改进的产品性能指标称为目标函数。设计变量、约束条件和目标函数组成了优化设计的数学模型。将数学模型和优化算法编写成计算机程序,即可寻优求解。常用的优化算法有0.618法、Powell法、变尺度法、惩罚函数法、基因算法等。采用优化设计方法可以在多变量、多目标的条件下,获得高效率、高精度的设计结果,从而极大地提高设计质量。

2. 计算机辅助设计

计算机辅助设计(CAD)是利用计算机运算快而准确、存储量大、逻辑判断功能强等特点进行设计信息处理,并通过人机交互作用完成设计工作的一种设计方法。它应包括分析计算、自动绘图系统和数据库三个方面。一个完整的机械产品CAD系统,应首先能够确定机械结构的最佳参数和几何尺寸,这就要求具有进行机构运动分析及综合、有限元分析和优化设计、可靠性设计等功能,然后能够由分析计算结果自动显示和绘制机械的装配图和零件图,并可进行动态修改。完善的数据库系统,可与计算机辅助制造、计算机辅助监测、计算机管理自动化结合形成计算机集成制造系统(CIMS),综合进行市场预测、产品设计、生产计划、制造和销售等一系列工作,实现人力、物力和时间等各种资源的有效利用,有效地促进现代企业生产组织、管理和实现自动化,提高企业总效益。

3. 可靠性设计

可靠性设计是以概率论和数理统计为理论基础,以失效分析、失效预测及各种可靠性试验为依据,以保证产品的可靠性为目标的一种现代设计方法。其主要特点是将传统设计中是单值而实际上具有多值性的设计变量(如载荷、材料性能和应力等)如实地作为服从某种分布规律的随机变量来对待,用概率统计方法定量设计出符合机械产品可靠性指标要求的零部件和整机的主要参数及结构尺寸。可靠性设计的主要内容有:①从规定的目标可靠性出发,设计零部件和整机的有关参数及结构尺寸;②根据零部件和机器(或系统)目前的状况及失效数据,预测其可能达到的可靠性,进行可靠性预测;③根据确定的机器(或系统)可靠性,分配其组成零件或子系统的可靠性,这对复杂产品和大型系统来说尤为重要。

4. 摩擦学设计

摩擦学设计就是运用摩擦学的理论、方法、技术和数据,将摩擦和磨损减小到最低程度,从而设计出高性能、低功耗、具有足够可靠性及合适寿命的经济合理的新产品。

摩擦学是研究相互运动、相互作用表面的摩擦行为对机械系统的影响,接触表面及润滑介质的变化,失效预测及控制的理论与实践,它是以力学、流变学、表面物理与表面化学为主要理论基础,综合材料科学、工程热物理学科,以数值计算和表面技术为主要手段的边缘科学。它的基本内容是研究工程表面的摩擦、磨损及润滑问题。摩擦学研究的目的在于指导机械系统的正确设计和使用,以节约能源和减少原材料消耗,进而达到提高机械装备的可靠性、工作效率和使用寿命的目的。

5. 并行设计

并行设计是一种对产品及其相关过程进行并行和集成设计的系统化工作模式。其思想是在产品开发的初始阶段,即在规划和设计阶段,就以并行的方式综合考虑其生命周期中所有后续阶段,包括工艺规划、制造、装配、试验、检验、经销、运输、使用、维修、保养直至回收处置等环节,以降低产品成本,提高产品质量。

并行设计与传统的串行设计方法相比,它强调在产品开发的初期阶段全面考虑产品生命周期的后续活动对产品综合性能的影响因素,建立产品生命周期中各个阶段间性能的继承和约束关系及产品各方面属性之间的关系,以追求产品在生命周期全过程中其综合性能最优。它借助于由各阶段专家组成的多功能设计小组,使设计过程更加协调,使产品性能更加完善。因此更好地满足用户对产品全生命周期质量和性能的综合要求,减少产品开发过程中的返工,进而大大缩短开发周期。

6. 创新设计

创新是设计的本质,也是设计活动的最终目标。没有创新就没有丰富多彩的世界。创新设计是产品适应新的市场形势的最好途径,创新产品能满足甚至创造出新的需求,因而必然有较强的市场竞争力。

创新活动必须运用创新设计方法。创新方法的基本出发点就是打破传统的思维习惯,克服思维定式和妨碍创造性设想产生的各种消极的心理状态,应用创新设计方法以帮助人们在设计 and 开发产品时得到创造性的成果。常用的创造思维形式有:①分析与综合思维;②收敛与发散式思维;③对应与联想式思维;④离散与组合式思维;⑤换元与移植式思维;⑥正向、迂回与反思维。

通过组织学手段可以帮助创新思维的开展,为此人们创造出很多工作方法,常用的有:①智暴法;②635法;③陈列法;④哥顿法;⑤输入输出法。

7. 动态设计

动态设计是相对于静态设计而言的。动态设计是对结构动态特性,如固有频率、振型、动力响应和运动稳定性等进行分析、评价与设计,谋求系统在工作过程中,受到各种预期可能的瞬变载荷及环境作用时,仍然保持良好的动态性能与工作状态。

动态设计的基本思路是:把产品看成是一个内部情况不明的黑箱,根据对产品功能的要求,通过外部观察,对黑箱与周围不同的信息联系进行分析,求出产品的动态特性参数,然后进一步寻求它们的机理和结构。该方法的技术内涵是:建立可靠的数学模型,借助计算机技术,采用先进的科学计算方法,以试验数据为依托,全面分析研究机械系统在预期可能的各种载荷与周围介质作用下,力与运动、结构变形、内部应力以及稳定性之间的关系;据此调整参数,确保机械结构系统在实际工作运行中,具备优良的动态性能、足够的稳定裕度和良好的工作状态。

随着科学技术的发展,人们对客观世界的认识不断深化,振动理论、结构疲劳、材料疲劳、断裂理论、计算机技术、数据库技术和试验及检测技术等共性基础技术的进步,尤其是有限元和试验模态分析技术与计算机技术的结合并日趋完善,为机械系统的动态设计奠定了坚实的基础。

8. 有限元法

有限元法是以计算机为工具的一种现代数值计算方法。该方法用来进行机械的静态和动态分析,能准确地计算复杂零件的应力分布和变形,成为现代设计中确定复杂零件强度和刚度的有力工具。

有限元法的基本思想是:首先假想将连续的结构分割成数目有限的单元,各单元之间仅在有限个指定结点处相连接,用所有单元的集合体近似代替原结构,此过程称为结构离散化。然后对每个单元,选择一个简单的函数(一般为坐标的多项式函数)来近似地描述单元内位移的分布规律,并按弹性力学中的变分原理建立单元结点力与结点位移(或速度、加速度)的关系,得到单元质量(或阻尼、刚度)矩阵,此过程称为单元特性分析。最后把所有单元的这种关系集合起来,形成以结点位移为基本未知量的动力学方程,引入初始条件和边界条件即可求解,此过程称为单元特性集成。所以,有限元法的基本思想是“先分后和”,先分是为了进行单元分析,后合则是为了对整个结构进行综合分析。

有限元法实用性极广,不仅可用来计算一般零件(二维或三维)及杆系结构、板、壳等问题的静应力或热应力,还可计算它们的弹塑性、蠕变、大挠度变形等非线性问题,以及振动、稳定性等问题。

9. 绿色设计

绿色设计是以环境资源保护为核心概念的设计过程,它要求在产品的整个寿命周期内把产品的基本属性和环境属性紧密结合,在进行设计决策时,除满足产品的物理目标外,还应满足环境目标,以达到优化设计要求。即在产品整个寿命周期内,优先考虑产品环境属性(可拆卸性、可回收性、可维护性、可重复利用性等),并将其作为设计目标,在满足环境目标要求的同时,保证产品应有的基本性能、使用寿命和质量等。

1.2.3 现代设计方法的特点

现代设计方法是综合应用现代各个领域科学技术的发展成果于机械设计领域所形成的设计方法,同时又是在传统设计方法的基础上发展形成的。它包含自然科学、社会科学、经济

科学等各个领域的研究成果,特别是计算机的广泛应用和现代信息科学与技术的发展,极大地推动了现代设计方法的发展。与传统设计方法相比,现代设计方法具有以下特点:①设计范畴的扩展化;②设计过程的并行化、智能化;③设计手段的计算机化、拟实化;④分析手段的精确化;⑤强调设计的逻辑性和系统性;⑥强调产品的环保性、宜人性;⑦设计和制造一体化;⑧进行动态多变量的优化;⑨强调产品全寿命周期最优化。

现代设计是在传统设计基础上发展起来的,它继承了传统设计的精华,弥补了传统设计的不足,从而有效地提高了设计质量。由传统设计发展到现代设计有一定的时序性和继承性,所以,它不能离开或完全取代传统设计方法。当前正处在两者共存阶段。

第2章 机械设计的基本要求和一般程序

2.1 机器的组成

2.1.1 机器的基本组成要素

在长期的生产实践中，人们创造发明了各种机器，如电动机、内燃机、车床、汽车、飞机、船舶等。机器的种类繁多，其构造、性能和用途各不相同。在一台现代化的机器中，常会包含着机械、电气、液压、气动、润滑、冷却、信号、控制、监测等系统的部分或全部，但是机器的主体仍然是它的机械系统。从机械的组成分析，它们都是由一些典型的机构组成，每个机构又是由许多零件组成。所以，机器的基本组成要素就是机械零件。

机械零件按其用途可分为两大类：一类是在各种机器中都能用到的零件，叫做通用零件，如螺钉、齿轮、轴等；另一类则是在特定类型机器中才能用到的零件，叫做专用零件，如飞机的螺旋桨、往复式活塞内燃机的曲轴、涡轮机的叶片等。另外，工程上还常把由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合体叫做部件，如减速器、离合器等。

对于一台机器而言，一切零件都是它的局部，它们必须受到机器这个全局的制约。因而它们在机器中，或按确定的位置相互连接，或按给定的规律作相对运动，共同为完成机器的功能发挥各自的作用。所以任何机器的性能，都是建立在它的主要零件的性能或某些关键零件的综合性能的基础之上的。由此可知，要想设计出一台很好的机器，必须很好地设计或选择它的零件。而每个零件的设计或选择，又是和整台机器的要求分不开的。

2.1.2 机器的组成

机器的发展经历了一个由简单到复杂的过程，类型由少到多，功能差异很大。下面按机器各部分的功能将机器分成几个部分。在图2-1中，粗线框表示一部机器的基本组成部分，细线框表示附加组成部分。

1. 原动部分

原动部分是一台机器的心脏，它给机器提供运动和动力，驱动整台机器完成预定功能。通常情况下一台机器只有一个原动机，复杂的机器也可能有好几个动力源。一般来说，它们都是把其他形式的能量转换为可以利用的机械能。动力源从最早的人力、畜力，发展到利用风力、水力、内燃机、蒸汽机，直到今天的电

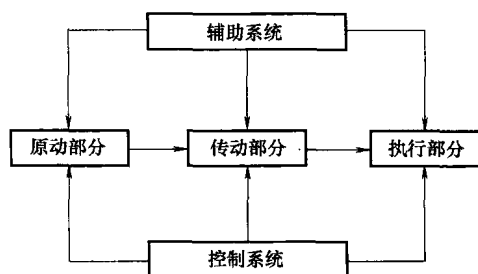


图 2-1 机器的组成

动机（直流、交流）、液压马达、步进电动机等。

原动机的动力输出绝大多数呈旋转运动状态，输出一定的转矩。在少数情况下也有呈直线运动状态，输出一定的拉力或推力。

2. 执行部分

执行部分是直接完成机器预定功能的部分。一台机器可以只有一个执行部分，如常见的冲床、压床等；也可以有多个执行部分，如车床、铣床、刨床等。

3. 传动部分

由于机器的功能各式各样，所要求的运动形式也是各式各样，同时所要克服的工作阻力也会随工作情况有所差异。而原动机所能提供的运动形式、运动及动力参数却是有限的，这就要求必须把原动机所提供的有限的运动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的各式各样的运动形式、运动及动力参数，这就是传动部分的功能。例如把旋转运动变为直线运动，高速变为低速，小转矩变为大转矩等。

4. 控制系统

随着机器的功能越来越复杂，对机器的精度、自动化程度要求越来越高，为保证上述三部分能协调有序地动作，以实现自动化操作，还需设置必要的控制部分。控制部分的种类繁多，常用的有机械式控制器（如离合器）、液压式控制器（各种液压控制阀）和电子式控制器等。

5. 辅助系统

辅助系统是为了改善机器的运行环境，方便使用，延长机器的使用寿命而设置的。例如冷却装置、润滑装置、照明装置、显示系统等。

简单的机器可只由前三部分组成，复杂的机器由于其复杂程度、功能要求、精度、自动化程度等的不同可相应地设置必要的控制系统和辅助系统。

图 2-2 所示为自动冲压机，电动机 1 是原动部分，冲头 12 和推料头 16 是执行部分，其传动部分包括带传动、齿轮传动、曲柄滑块机构；控制系统有机械式离合器、液压式控制阀 17 和电磁铁 20，其辅助系统的润滑、显示、照明等未画出。

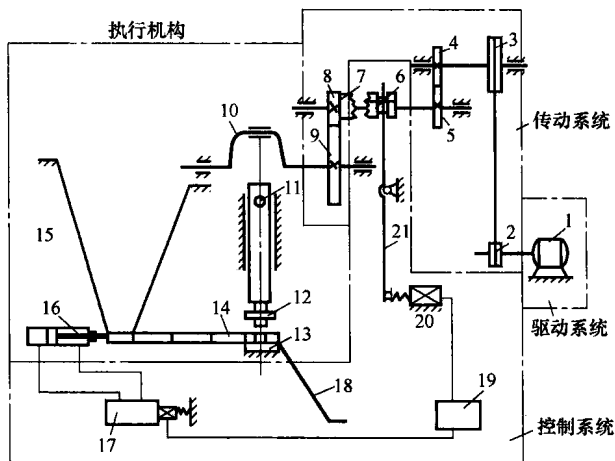


图 2-2 自动冲压机示意图

- 1—电动机 2、3—带轮 4、5、8、9—齿轮 6、7—离合器
10—曲轴 11—连杆 12—冲头 13—下模 14—毛坯 15—料斗
16—推料头 17—液压式控制阀 18—落料板 19—控制装置
20—电磁铁 21—杠杆

以汽车为例，发动机（汽油机或柴油机）是汽车的原动机；传动部分包括离合器、变速箱、传动轴和差速器；执行部分包括车轮、悬挂系统及底盘（包括车身）；转向盘和转向系统、排档杆、制动器脚踏板、离合器踏板及节气门组成控制系统；油量表、速度表、里程表、润滑油温度表及蓄电池电流表、电压表等组成显示系统；前后灯及仪表盘灯组成照明系统；转向信号灯及车尾红灯组成信号系统；后视镜、车门锁、刮雨器等组成辅助系统。

2.2 机械设计的基本要求

2.2.1 功能要求

人们为了生产和生活的需要才设计和制造各式各样的机器,因此,所设计和制造的机器必须能满足使用上的特性和要求,并保持功能参数在规定的范围内。这主要靠正确选择机械的工作原理,正确地选用原动机、传动机构和执行机构以及合理配置控制系统和辅助系统来完成。

2.2.2 可靠性要求

机械的可靠性用可靠度来衡量。可靠度是指在规定的使用时间(寿命)内和预定的使用条件下,机械能够正常完成其预定功能的概率。不同场合使用的机械,对可靠度有不同的要求。

提高机器可靠度的关键是提高其组成零件的可靠度。此外,从机器设计的角度考虑,确定适当的可靠度水平,力求结构简单,减少零件数目,尽可能选用标准零件,合理设计机器的组件和部件以及必要时选用较大的安全系数等,对提高机器可靠度都是十分有效的。

2.2.3 市场需要和经济性要求

机器的经济性是一个综合指标,它体现在机器设计、制造和使用的全过程中,包括设计制造经济性和使用经济性。设计制造的经济性表现为机器的成本低;使用经济性表现为高生产率,高效率,较少的能源、原材料和辅助材料消耗,以及低的管理和维护费用等。设计机器,应把设计、制造、使用及市场作为一个整体全面考虑。只有设计与市场信息相互吻合,在市场、设计、生产中寻求最佳关系,才能获得满意的经济效益。

提高设计制造经济性的主要途径有:①采用恰当的设计方法,力求设计参数合理,缩短设计周期,降低设计成本;②最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件;③合理选用材料,改善零件结构的工艺性,尽可能采用新材料、新结构、新技术、新工艺,使其用料少、质量轻、易加工、易装配;④合理组织设计和制造过程;⑤注重机器外观的设计,以便最大限度赢得消费者。

提高使用经济性的主要途径有:①合理提高机器的机械化、自动化水平,以提高机器的生产率和产品质量;②选用高效率的传动系统和支承装置,尽可能减少传动的中间环节,从而降低能源消耗和生产成本;③采用适当的防护、润滑和密封装置,以延长机器的使用寿命,避免环境污染。

2.2.4 劳动保护和环境保护

设计机器时应应对劳动保护要求和环境保护要求给予高度的重视,应使所设计的机器符合国家的劳动保护法规和环境保护要求。一般应从以下两个方面考虑。

1. 保证操作者安全、方便,减轻操作时的劳动强度

从人机工程学的角度,设计时应尽量做到:①减少操作手柄、按钮的数量,并以不同的形状、颜色等加以区别,避免误操作;②操作手柄、按钮的位置应便于操作,操作力要合