

21 世纪高等学校机电类规划教材

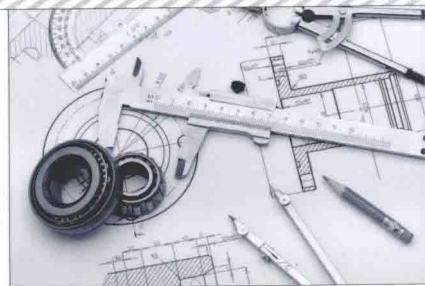
JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



工业和信息化部
“十二五”规划教材

机械 设计基础

- ◆ 范元勋 主编
- ◆ 宋梅利 祖莉 梁医 副主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



21 世纪高等学校机电类规划教材

JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



工业和信息化部
“十二五”规划教材

机械 设计基础

◆ 范元勋 主编

◆ 宋梅利 祖莉 梁医 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 范元勋主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2015. 8
21世纪高等学校机电类规划教材
ISBN 978-7-115-39588-7

I. ①机… II. ①范… 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(2015)第156403号

内 容 提 要

本书是工业和信息化部“十二五”规划教材,是根据教学改革对工科近机类人才培养的需求而编写的。全书根据内容分为机械设计基础知识、机构与机械传动及机械零部件设计三篇共19章,系统地阐述现代机械工程领域常用的机构和通用零部件的基本知识、基本理论和设计选用方法等,并介绍相关的实际应用和维护方面的知识。每章包含有内容提要、重点和难点、知识介绍、例题、思考题和习题及拓展性学习指南等,便于各种层次学生的学习和掌握。

本书可作为本科院校近机类各专业和高职、高专机械类各专业机械设计基础课程教材使用,也可供有关专业师生和相关工程技术人员自学、参考和培训使用。

◆ 主 编 范元勋

副 主 编 宋梅利 祖 莉 梁 医

责任编辑 张孟玮

执行编辑 税梦玲

责任印制 沈 蓉 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 25.5

2015年8月第1版

字数: 643千字

2015年8月北京第1次印刷

定价: 59.80元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

本书是根据教育部高等学校机械基础课程教学指导委员会 2012 年发布的《高等学校机械基础系列课程现状调查分析报告暨机械基础系列课程教学基本要求》中有关机械设计基础课程教学要求,结合当前工程教学改革和创新人才培养的需求,并在总结近几年机械设计基础课程教学实践的基础上编写的。本书适用于高等工科院校本科近机类、非机类各专业和高职高专机械类各专业机械设计基础课程教学。

本书根据近机类或非机类学生学习和掌握机械设计基础知识和技能的要求,既全面覆盖了机械设计相关基础知识,又注意内容上的合理取舍,着重基本原理、基本结构和工程应用的介绍,减少了冗长和复杂的理论公式推导,并注意配有适当的例题,满足少学时课程学生对机械设计知识掌握的需要;在体系结构上,本书注意将机械原理和机械设计的内容按照对机械设计基础知识认知的规律进行了融合,注意了知识点的前后衔接,并避免内容上的重复;本书注意采用最新标准和规范,并适应科技的发展编入最新的机构、零件结构 and 应用示例等,较好地适应了科学技术发展的需要;另外,本书每章设有内容提要、重点、难点,并配有相当数量的思考题和难度适中的习题,便于学生的自学。本书每章后面还附有阅读参考文献,便于学生课后进行拓展性的学习。

本书参考学时为 64 学时,各学校可根据不同专业的需求在内容上做适当删减。各章的参考教学课时见以下的课时分配表。

章 节	课 程 内 容	学时数	章 节	课 程 内 容	学时数
第 1 章	绪论	1	第 11 章	链传动	3
第 2 章	机械零部件设计计算概论	3	第 12 章	螺旋传动	2
第 3 章	平面机构的结构和运动分析	4	第 13 章	机械系统动力学	3
第 4 章	平面连杆机构	3	第 14 章	螺纹连接	4
第 5 章	凸轮机构	3	第 15 章	轴毂连接	2
第 6 章	齿轮传动	9	第 16 章	轴	4
第 7 章	蜗杆传动	3	第 17 章	轴承	7
第 8 章	轮系	4	第 18 章	联轴器、离合器和制动器	2
第 9 章	其他常用机构	2	第 19 章	其他零部件	2
第 10 章	带传动	3	总计		64

本书由南京理工大学机械工程学院机械设计教研室编写，参与编写工作的有范元勋（第1、2、6、8、17章）、宋梅利（第7、10、11、14、15章）、祖莉（第3、9、12、13章）、梁医（第4、5、16、18、19章）。范元勋任主编并统稿，宋梅利、祖莉、梁医任副主编。此外，教研室其他老师也对本书的编写做出了贡献。

本书承蒙南京航空航天大学朱如鹏教授和南京理工大学袁军堂教授担任主审，他们仔细地审阅了全文内容，对本书从体系结构到内容编排都提出了许多宝贵的建议，为本书质量的提高给予了极大的帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编写时间和经验等限制，本书难免存在不足和错漏之处，敬请读者批评指正。

编者

2015年2月

第一篇 机械设计基础知识

第 1 章 绪论.....	2
1-1 机械的组成.....	2
1-2 本课程的研究对象、内容和任务.....	4
1-3 机械设计的基本要求和程序.....	5
1-4 常用机械设计理论与方法 及其进展.....	8
思考题.....	9
第 2 章 机械零部件设计计算概论.....	10
2-1 概述.....	10
2-2 机械零件的工作能力计算准则.....	10
2-3 机械零件常用材料及其选择.....	13
2-4 作用在零件上的载荷与应力.....	15
2-5 机械零件的强度.....	17
2-6 摩擦、磨损及润滑简介.....	22
思考题.....	30

第二篇 机构与机械传动

第 3 章 平面机构的结构和运动分析.....	32
3-1 机构的组成.....	32
3-2 平面机构的运动简图.....	34
3-3 机构的自由度计算.....	38
3-4 平面机构的速度瞬心.....	42
思考题.....	45
习题.....	46
第 4 章 平面连杆机构.....	48
4-1 概述.....	48

4-2 平面连杆机构的基本型式及 演化.....	49
4-3 平面连杆机构的特性.....	52
4-4 平面连杆机构的设计.....	56
思考题.....	61
习题.....	62

第 5 章 凸轮机构..... 64

5-1 凸轮机构的应用和分类.....	64
5-2 常用的从动件运动规律.....	67
5-3 凸轮轮廓曲线的设计.....	70
5-4 平面凸轮机构基本尺寸的确定.....	74
思考题.....	76
习题.....	77

第 6 章 齿轮传动..... 80

6-1 齿轮传动机构的特点与分类.....	80
6-2 齿廓啮合基本定律.....	82
6-3 渐开线及渐开线齿廓.....	84
6-4 渐开线直齿圆柱齿轮的 基本参数及尺寸计算.....	86
6-5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动.....	89
6-6 渐开线齿轮的加工原理及齿轮 变位的概念.....	94
6-7 齿轮传动的失效形式、设计准则及 材料选择.....	97
6-8 齿轮传动的受力和分析 计算载荷.....	101
6-9 标准直齿圆柱齿轮传动的 强度计算.....	105

6-10 斜齿圆柱齿轮传动.....	117	10-2 带传动的工作情况分析.....	188
6-11 圆锥齿轮传动.....	127	10-3 普通 V 带传动的设计计算.....	193
6-12 其他齿轮传动简介.....	132	10-4 V 带轮的设计.....	202
6-13 齿轮的结构设计.....	134	10-5 带传动的张紧与维护.....	206
思考题.....	136	10-6 其他新型带传动简介.....	207
习题.....	137	思考题.....	209
第 7 章 蜗杆传动.....	139	习题.....	209
7-1 概述.....	139	第 11 章 链传动.....	210
7-2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及 几何尺寸计算.....	140	11-1 链传动的特点与类型.....	210
7-3 蜗杆传动的运动和受力分析.....	143	11-2 传动链条与链轮.....	211
7-4 蜗杆传动的失效形式、材料和 结构.....	145	11-3 链传动的运动特性和 受力分析.....	216
7-5 蜗杆传动的强度计算.....	147	11-4 链传动的失效形式和 设计计算.....	219
7-6 蜗杆传动的效率、润滑和 热平衡计算.....	148	11-5 链传动的布置、张紧与润滑.....	225
7-7 圆弧圆柱蜗杆传动简介.....	153	思考题.....	226
思考题.....	154	习题.....	227
习题.....	155	第 12 章 螺旋传动.....	228
第 8 章 轮系.....	156	12-1 螺旋传动的类型及应用.....	228
8-1 概述.....	156	12-2 滑动螺旋传动.....	229
8-2 定轴轮系及其传动比的计算.....	157	12-3 滚珠螺旋传动.....	232
8-3 周转轮系及其传动比的计算.....	158	12-4 静压螺旋传动简介.....	237
8-4 复合轮系及其传动比的计算.....	162	思考题.....	238
8-5 轮系的应用.....	164	习题.....	239
8-6 其他行星齿轮传动简介.....	167	第 13 章 机械系统动力学.....	240
思考题.....	170	13-1 概述.....	240
习题.....	170	13-2 机械系统动力学分析基础.....	241
第 9 章 其他常用机构.....	172	13-3 机械系统速度波动及其调节.....	245
9-1 槽轮机构.....	172	13-4 机械的平衡.....	249
9-2 棘轮机构.....	175	思考题.....	254
9-3 不完全齿轮机构.....	178	习题.....	255
9-4 非圆齿轮机构.....	180	第三篇 机械连接件、轴系零部件和 其他零部件	
9-5 组合机构.....	182	第 14 章 螺纹连接.....	258
思考题.....	186	14-1 概述.....	258
习题.....	186	14-2 螺纹连接的基本类型和标准 螺纹连接件.....	262
第 10 章 带传动.....	187		
10-1 带传动的类型与特点.....	187		

14-3 螺纹连接的预紧和防松	266	17-6 液体动力润滑径向滑动轴承的 设计计算	327
14-4 单个螺栓连接的强度计算	270	17-7 其他型式滑动轴承简介	336
14-5 螺栓组连接的设计与 受力分析	278	17-8 滚动轴承的结构、主要类型与 代号	338
14-6 提高螺纹连接强度的措施	281	17-9 滚动轴承的载荷、失效形式及 计算准则	345
思考题	283	17-10 滚动轴承的动载荷和额定 寿命计算	347
习题	283	17-11 滚动轴承的静强度	354
第 15 章 轴毂连接	286	17-12 滚动轴承的组合结构设计	355
15-1 键连接	286	思考题	364
15-2 花键连接	291	习题	364
15-3 销连接	294	第 18 章 联轴器、离合器和制动器	366
15-4 无键连接	295	18-1 概述	366
思考题	296	18-2 联轴器	367
习题	297	18-3 离合器	373
第 16 章 轴	298	18-4 制动器	379
16-1 概述	298	思考题	380
16-2 轴的材料和结构设计	300	习题	381
16-3 轴的强度计算	304	第 19 章 其他零部件	382
16-4 轴的刚度与振动稳定性	307	19-1 弹簧	382
思考题	313	19-2 机架	390
习题	314	19-3 导轨	393
第 17 章 轴承	315	思考题	398
17-1 概述	315	习题	398
17-2 滑动轴承的类型与结构	316	参考文献	400
17-3 滑动轴承的材料和轴瓦结构	318		
17-4 滑动轴承的润滑	322		
17-5 非全液体润滑滑动轴承的设计 计算	325		

第一篇

机械设计基础知识



内容提要

本章介绍机械设计基础课程的研究对象以及机器、机构、构件和零件等概念,对课程的研究内容和任务等进行了阐述,对机械设计的程序和要求、现代机械设计的理论与方法及进展进行介绍。

1-1 机械的组成

机械是机器和机构的总称。机器和机构对我们来说都并不陌生。在理论力学和机械制图课程中已涉及了一些机构(如齿轮机构、连杆机构、螺旋机构等)及应用,各种机构都是用来传递与变换运动和动力的可动装置,工程实际中常用的机构还有带传动机构、链传动机构、凸轮机构等。而机器则是根据某种使用要求设计,将一种或多种机构组合在一起,实现预定机械运动的装置,它可以用来传递和变换能量、物料和信息。如电动机和发电机用来变换能量,机床用来改变物料的状态,运输机械用来传递物料等。

在日常生活和工作中,我们接触过许多机器,从家庭用的缝纫机、洗衣机、自行车,到工业部门使用的各种机床等。机器的种类很多,用途各不相同,但它们却有着共同的特征。

图 1-1 (a) 所示所示单缸内燃机是由汽缸体、活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、顶杆等组成。燃气推动活塞作往复运动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,利用固定在曲轴上的齿轮带动固定在凸轮轴上的齿轮转动。这样,当燃气推动活塞运动时,进、排气阀有规律地启闭,把燃气的热能转变为曲轴连续转动的机械能。其机构运动简图如图 1-1 (b) 所示。

图 1-2 (a) 所示的焊接机器人是一个典型的空间机构,其由以下几个部分组成:构件 7 为机座,作为机器人支撑的基础;构件 1 为腰部,连接大臂 2 和机座 7,作回转运动;大臂 2 与小臂 3 构成手臂机构,与腰部一起,用于确定机器人的空间作业位置;构件 4、5、6 组成腕部机构,其可以实现腕的俯仰、摆动和旋转运动,用于确定末端执行器在空间的姿态;手部,也称末端执行器,它安装于腕部机构的前端,是直接进行工作任务的装置,常见的末端执行器有夹持式、吸盘式和电磁式等。其机构运动简图如图 1-2 (b) 所示。

从以上的例子可以看出,虽然这些机器的构造、用途和性能各异,但是从它们的组成和

运动的确定性以及与功、能的关系来看，却有着三个共同的特征：

- (1) 它们是一种人为的实物组合；
- (2) 其组成各部分之间具有确定的相对运动；
- (3) 能完成有用的机械功、实现能量的转换或信息的处理与传递。

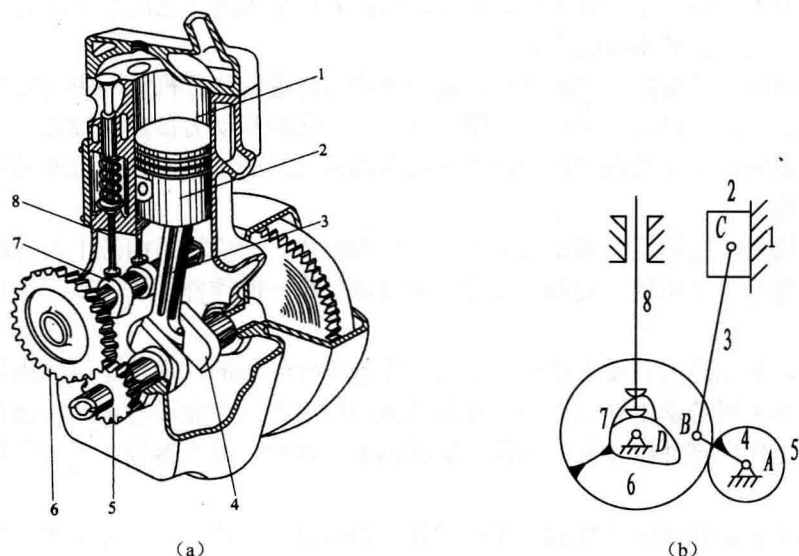


图 1-1 单缸内燃机

1—汽缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；5、6—齿轮；7—凸轮；8—顶杆

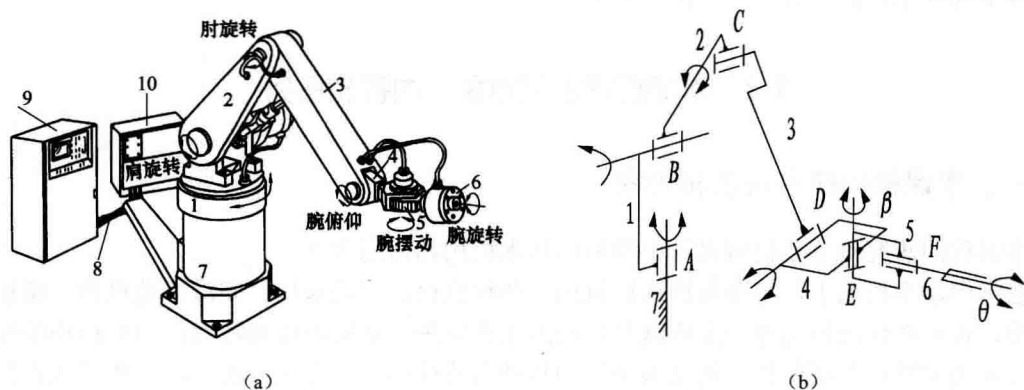


图 1-2 焊接机器人

1—腰部；2—大臂；3—小臂；4、5、6—腕部机构；7—机座；8—电缆；9—控制装置；10—液压源

凡同时具备上述三个特征的设备便称为机器。而机构只具备机器的前两个特征，但从结构和运动的观点来看，两者之间并无区别。因此，为了简化叙述，常用“机械”一词作为“机构”和“机器”的总称。一个机器由多个或一个机构组成，如图 1-1 所示内燃机由齿轮机构、凸轮机构和连杆机构组成。

一部现代的机器往往包含有机、电、液、气、滑、控、监等部分，各部分相互协调，保证机器正常工作。但就功能而言，机器主要由四大部分组成，即原动机、传动机构、执行机构和控制系统，如图 1-3 所示。

(1) 原动机：是驱动机械运动的动力来源。最常见的原动机有电动机、内燃机、液压电机和空气压缩机等。

(2) 执行机构：能完成机械预期的动作，实现机器的功能，如机器人的手爪、机床的刀架等。它随着所要求的工艺动作和性能不同而异，其结构形式完全取决于机械本身的用途。

(3) 传动机构：是机械中把原动机的运动和动力传递给执行机构的中间环节，如齿轮机构、凸轮机构、连杆机构等，它可以实现运动形式、运动和动力参数的改变。

(4) 控制系统：用于协调和控制机器各组成部分之间的工作，以及与外部其他机器或原动机之间的关系。

任何一部机器，它的机械系统总是由一些机构组成，而机构是由若干构件组成的。从运动角度看，构件是一个机器的运动单元体，它可以是单一的零件，也可以是由几个零件装配成的刚性结构。

另一方面，从制造的角度来说机器是由一系列零件组成的，零件是组成机器的制造单元体。组成机器不可拆的基本单元称为机械零件或简称零件。为完成特定的功能在结构上组合在一起并协同工作的零件组合称为部件，如联轴器、轴承、离合器等。机械零件一般泛指零件与部件。

各种机器中普遍使用的零件称为通用零件，如螺钉、齿轮、带、弹簧等；只在特定的机器上使用的零件称为专用零件，如发动机曲轴、汽轮机叶片、船用螺旋桨等都是专用零件。另外，在通用零部件中，零部件的结构形式、尺寸、材料等按规定标准生产的称为标准件，不按规定标准生产的零件和部件称为非标准件。



图 1-3 机器的组成

1-2 本课程的研究对象、内容和任务

一、本课程的研究对象和内容

本课程的研究对象是机械设计中的常用基本机构和通用零件。

在常用基本机构中，主要讨论连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、螺旋传动机构、带和链传动机构等。分析这些机构的工作原理、结构组成和特性；研究机构的运动可能性和确定性；介绍机构和机械系统运动和动力特性的分析方法；研究按工作要求设计各种常用机构运动参数的方法等。

在通用零件中，主要讨论各种传动机构中的零件、常用的连接件、轴承零部件及其他零部件设计理论和设计方法。分析零部件的结构特点；研究零部件的失效形式和工作能力设计计算准则；介绍零部件的结构设计、材料和工艺选择；讨论零部件的设计计算原则和方法等。

二、本课程的任务

本课程的基本任务是使学生学习掌握机械设计的基本知识、基本理论、基本方法和基本技能，并为后续机械类专业课程的学习打下必要的基础。具体来说，通过本课程学习掌握关于常用机构的结构分析、运动分析和机器动力学方面的基本理论和基本知识，并具有初步的

机构分析、设计和选用能力；掌握通用机械零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律，具有一般通用零部件和一般机器装置的设计、选用和维护能力；形成较规范的机械设计思想；具有运用标准、规范、手册和查阅有关技术资料的能力；掌握典型机械零件的实验方法及技能；了解一些机械领域的新成果和发展动向。

本课程不仅具有较强的理论性，同时具有较强的实践性。在本课程学习过程中，既要注意掌握常用机构和通用零件的基本知识和设计选用方法，更要注意各种机构和零件的特点及在机械工程中的实际应用；既要注意理论知识和方法的学习，又要注意机构和零部件实际设计、分析、选用及实验技能的培养。要在学习机械设计知识和技能的过程中注意创新意识和能力的培养。

1-3 机械设计的基本要求和程序

一、机械设计的基本要求

机械设计的基本要求包括对机器整机的设计要求和对组成机器的零部件的设计要求两个方面，两者相互联系、相互影响。对机械零部件的设计要求是以满足对机器设计的基本要求为前提的，而对机器设计基本要求的不同也就决定了对零部件的不同设计要求。

1. 对机器设计的基本要求

(1) 对机器使用功能方面的要求。实现预定的使用功能是机器设计的最基本的要求，好的使用性能指标是设计的主要目标。另外，操作使用方便、体积小、质量轻、效率高、外形美观、噪声低等往往也是机器设计时所要求的。对不同用途的机器还可能提出一些特殊的要求，如巨型机器有起重运输的要求，生产食品的机器有保持清洁和不污染环境的要求等。随着社会的发展、技术的进步和人们生活质量的提高，对机器使用方面的要求也越来越多、越来越高。

(2) 对机器工作可靠性的要求。机器除了要有好的性能指标外，还必须保证在规定的工作条件和工作期限内正常运行而不失效，即要求有较高的工作可靠性。机器由许多零件及部件组成，机器的可靠性取决于零部件的可靠性。机器的组成越复杂、零件越多，其工作的可靠度越低。因此，对于一个复杂的机械系统，其工作的可靠性是十分突出的问题，需要重点考虑。

(3) 对机器经济性的要求。机器的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中，在设计机器时要全面综合地进行考虑。设计的经济性体现为合理的功能定位、实现使用功能要求的最简单的技术途径和最简单合理的结构；制造的经济性体现为采用合理的加工制造工艺、尽可能采用新的制造技术和最佳的生产组织管理，从而使机器在保证设计功能的前提下有尽可能低的制造成本；使用的经济性表现为机器应有较高的生产率、高效率，较少地消耗能源、原材料和辅助材料，管理和维护保养方便、费用低。总之，机器设计的经济性要求所设计的机器应该有最佳的性能价格比。

2. 对机械零件的设计要求

机械零件是组成机器的基本单元，对机器的设计要求最终都是通过零件的设计来实现的，所以设计零件时应满足的要求是从设计机器的要求中引申出来的，即也应从保证满足机器的

使用功能要求和经济性要求两方面考虑。

(1) 要求在预定的工作期限内正常可靠地工作，从而保证机器的各种功能的正常实现。这就要求零件在预定的寿命期内不会产生各种可能的失效，即要求零件在强度、刚度、振动稳定性、耐磨性、温升等方面必须满足必要的条件，这些条件就是判定零件工作能力的准则。

(2) 要尽量降低零件的生产制造成本。这要求从零件的设计和制造等多方面加以考虑，例如，设计时，应合理地选择材料和毛坯的形式、设计简单合理的零件结构、合理规定零件加工的公差等级以及认真考虑零件的加工工艺性和装配工艺性等。另外，要尽量采用标准化、系列化和通用化的零部件。

二、机械设计的一般程序

机械设计的程序也包括机器设计程序和零件设计程序两个方面。

1. 机器设计的一般程序

狭义的机械设计过程仅是指根据设计任务书的要求提供原理设计方案，并进行具体的总体结构设计和零部件设计。而要向市场提供性能好、质量高、成本低、受用户欢迎、有市场竞争力的机械产品，则设计工作应从市场调研、可行性研究开始，并应贯穿于样机的试制、试验及产品生产制造和市场销售的全过程。一个新产品的的设计是一个复杂的系统工程，要提高设计质量，必须有一个科学的设计程序。根据人们设计新的机械产品的经验，一部机器比较完整的设计程序如表 1-1 所示。

表 1-1 机器设计的一般程序

设计阶段	工作步骤与内容	各阶段工作目标
市场调研、可行性研究	社会需求调研 ↓ 提出设计任务 ↓ 可行性研究 ↓ 明确设计任务	设计任务书
原理方案设计	← 机器的功能定位 ↓ 可行的技术途径分析 ↓ 方案综合评价 ↓ 最佳原理方案	确定最佳原理方案

续表

设计阶段		工作步骤与内容	各阶段工作目标
技术设计		<pre> graph TD A[造型、结构方案设计] --> B{结构方案评价} B -- N --> A B -- Y --> C[最佳结构方案] C --> D[总体设计] D --> E[零、部件设计] </pre>	总装图、部件图、零件工作图、设计计算书、零件明细表和其他技术文件
改进设计阶段	样机试制、试验	<pre> graph TD E --> F[编制技术文件] F --> G[样机试制与试验] G --> H{样机综合评价} </pre>	考核设计功能、完善设计方案
	小批生产、试销、批生产准备	<pre> graph TD H -- N --> G H -- Y --> I[小批生产] I --> J[试销] J --> K[批生产工艺、工装设计] </pre>	考核工艺性能，收集用户意见
	投产销售阶段	<pre> graph TD K --> L[批量生产] L --> M[市场销售] </pre>	根据用户要求不断完善设计

需要注意的是，由于所设计的产品不同，设计的要求不同，机器设计的程序也不是一成不变的，应根据具体情况选择合理、可行的机器设计程序。

2. 机械零件设计的一般步骤

(1) 根据机器的工作情况，按力学方法建立零件简化的力学模型，确定零件上的计算载荷。

(2) 根据零件的使用要求，选择零件的类型与结构。为此，必须对各种零件的不同类型、优缺点、特性与适用范围等进行综合比较并正确选用。

(3) 根据零件的工作条件和材料的力学性能等选择适当的零件材料和热处理方式。

(4) 根据零件可能的失效形式确定计算准则，并根据零件的工作能力准则和零件上的计算载荷，确定零件的基本尺寸，并加以标准化和圆整。

(5) 根据工艺性和标准化等原则进行零件的结构设计。

(6) 绘制零件工作图，并编写计算说明书。零件工作图是制造零件的依据，故应对其进

行严格的检查,以保证零件有合理的结构和加工工艺性。

机械零件的计算可分为设计计算和校核计算两种。设计计算是先根据零件的工作情况和选定的工作能力准则拟定出安全条件,用计算方法求出零件危险截面的尺寸,然后根据结构和工艺要求,确定具体的零件结构。校核计算是先参照已有零件实物、图纸或根据经验初步拟定零件的结构和基本尺寸,然后根据工作尺寸进行合理的结构设计,再根据情况对较精确的零件受力模型进行必要的校核计算。

1-4 常用机械设计理论与方法及其进展

传统的机械设计方法的特点是:在设计经验积累的基础上,以通过数学、力学建模及试验等方法所形成的设计公式、图表、规范及标准等为依据,运用条件性计算或类比的方法进行设计。传统的设计方法在长期的应用中得到不断完善和提高,目前在多数情况下仍是有效和常用的设计方法。但其有很大的局限性,主要体现在:①设计思维收敛,不易得到最优和创新的设计方案和参数;②一般为静态的设计计算,计算和分析精度较低;③侧重于零件自身功能的实现,忽略了机械系统中零部件之间关系及人一机—环境之间关系的重要性;④传统设计一般采用手工计算绘图,设计效率低,周期长。

机械产品的现代设计理论与方法是相对传统设计方法而言的。由于其在不断发展过程中,对其内涵和边界还不能确切地定义。但笼统地说,现代机械设计理论与方法是现代设计、分析技术和科学方法论在机械产品设计中的应用,它融合了信息技术、计算机技术、知识工程、管理科学等领域的知识和机械工程领域最新的研究、发展成果。目前常用的现代设计理论与方法有计算机辅助设计(CAD: computer-aided design)、优化设计(OD: optimization design)、有限元法(FEM: finite element method)、可靠性设计(RD: reliability design)、虚拟设计(VD: virtual design)、智能设计(ID: intelligent design)、并行设计(CD: concurrent design)、反求设计(工程)(RE: reverse engineering)、创新设计(ID: innovative design)、绿色设计(GD: green design)、动态设计(DD: dynamic design)等。

近几十年来,机械设计学科发生了巨大的变化。新的设计方法不断涌现,设计理论不断深化、拓展,更加完善,计算分析手段更加丰富,新材料和新工艺被广泛使用,各种新型的机械零部件性能更佳、功能更完善。由于计算机的广泛采用,使设计的速度更快、效率更高,新产品更新换代的周期更短。机械设计领域最新进展具体表现在如下几个方面。

(1) 机械设计的基础理论不断深化和扩展,形成了多学科的交叉与综合,现代应用数学、现代力学、应用物理、材料学、微电子学及信息科学理论和知识极大地丰富了机械设计的基础理论,促进了机械学科的发展。

(2) 从机械零、部件传统的静态设计,向以多种零件综合或整机系统为对象的动态设计方向发展,例如对发展高速机械具有重要意义的机械系统动力学问题的研究等。

(3) 机械可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计和有限元分析和设计等已经在机械设计中得到普通应用,由于有大量成熟、功能强大和实用的设计与分析商用软件提供给设计者,使机械设计变得更快捷、方便,设计效率大大提高。

(4) 为使产品设计更科学、更完善、更适应时代的需要,新的设计方法不断出现,如功能设计、设计方法学、价值工程、参数化设计、模块化设计、并行设计、虚拟设计、绿色设计、创新设计等,大大丰富了机械设计理论,弥补了传统机械设计的不足。

(5) 机械设计的 CAD 技术正向标准化、集成性、网络化、智能化等方面发展。除了可实现一般的数值计算和绘图等功能外,利用计算机还能进行逻辑推理、分析综合、自我学习、方案决策等工作,传统的 CAD 从单一的计算机辅助设计向 CAD/CAE (CAE: computer aided engineering) /CAM (CAM: computer aided manufacturing) 集成化方向发展,以及 CAD 与快速成型制造技术 (RPM: rapid prototyping manufacturing) 相结合,极大地提高了机械设计的质量和效率。

(6) 机电一体化已经成为当今世界机械产品发展的趋势,也是我国机械工业发展的重要目标。机电一体化的实质是机械与电子、软件与硬件、控制与信息等多种技术的有机结合,这就使机械设计的内涵得到进一步的拓宽,对机械设计人员的知识面和设计能力提出了更高的要求。



阅读参考文献

如需要深入了解机械系统组成、设计原理和过程,可参阅:(1)邹慧君编著,《机械系统设计原理》,科学出版社,2003。(2)朱龙振主编《机械系统设计》,机械工业出版社,2001。要深入了解现代机械设计理论与方法,可参阅:谢里阳主编,《现代机械设计方法》,机械工业出版社,2010。

思考题

- 1-1 什么是机械、机器和机构?各有什么特征?
- 1-2 机械系统的组成如何?各组成部分的功能如何?
- 1-3 什么是机械的运动单元和制造单元?
- 1-4 机械零部件设计的标准化有什么意义?标准化包括哪些方面?
- 1-5 机械系统和机械零件设计的基本要求分别是什么?有什么区别和联系?
- 1-6 机械设计的一般程序是什么?机械零件设计的一般步骤是什么?
- 1-7 与传统的机械设计方法相比,现代机械设计方法和技术有哪些特点和优势?
- 1-8 你所了解的现代机械设计理论与方法有哪些?