

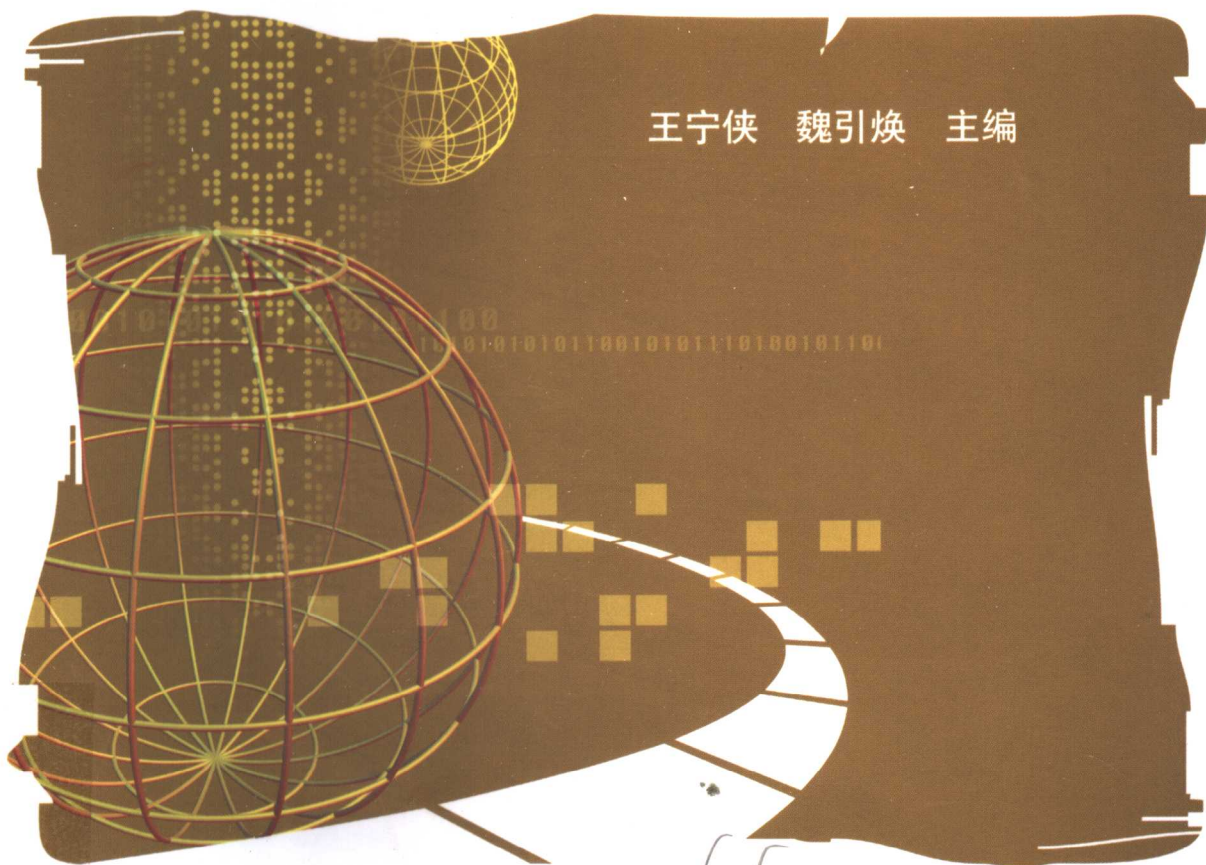


21世纪高校机电类规划教材

机械设计基础

FOUNDATION OF MECHANICAL DESIGN

王宁侠 魏引焕 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高校机电类规划教材

机械设计基础

主编 王宁侠 魏引焕
参编 郑甲红 周志明 王涛
 闫文辉 张东生
主审 尚久浩



机械工业出版社

本书是根据教育部机械基础课程教学指导委员会批准的机械设计基础教学基本要求编写的。全书共分十三章,包括机械原理、机械设计的基本内容,如平面连杆、凸轮、螺旋等各种机构,带、链、齿轮、蜗杆等各种传动,以及轴承、联轴器、减速器、离合器、机械式无级变速器等零部件,主要介绍它们的类型、结构原理、工作特性、受力分析及设计计算。另外,根据学科发展要求加进了现代设计理论及创新设计的有关内容,丰富了课程内容。

本书注重工程应用,不强调理论分析,淡化公式推导,内容简明易懂,图表数据准确、实用,各章附有一定数量的习题,除可供高等学校非机械类专业作教材外,也便于自学参考。

本书采用国际单位制,并采用最新国家标准。

由于非机械专业面广,各专业要求不同,因此,本书除反映其通用性外,还在内容取舍、例题和习题选择上,尽可能照顾各专业的要求。本书的内容是按 60 学时要求编写的,为便于教学,还部分地摘录了国家标准和规范。在使用时,可根据专业要求和教学时数进行取舍与调整。必要时,还可在教学中作些补充。

本书可作为近机类和非机类专业的教材,也可供广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王宁侠,魏引焕主编. —北京:机械工业出版社, 2005.7

21 世纪高校机电类规划教材

ISBN 7-111-17007-5

I. 机... II. ①王...②魏... III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 080915 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 版式设计:冉晓华
责任校对:张媛 封面设计:陈沛 责任印制:杨曦
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm $1/16$ ·17.75 印张·380 千字
定价:26.00 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) 68326294
封面无防伪标均为盗版

21 世纪高校机电类规划教材

编 审 委 员 会

- 顾 问：李培根 华中科技大学
主 任：左健民 南京工程学院
副主任：童幸生 江汉大学
郑 堤 宁波大学
徐格宁 太原科技大学
陈 明 华北航天工业学院
党新安 陕西科技大学
胡 琳 深圳大学
刘全良 浙江海洋学院
马 光 温州大学
张世亮 湛江海洋大学
方庆琯 安徽工业大学
高文龙 机械工业出版社
邓海平 机械工业出版社
- 委 员：(按姓氏笔画排序)
- 王卫平 东莞理工学院
王 华 长春工程学院
仝基斌 安徽工业大学
朱志宏 福建工程学院
刘小慧 机械工业出版社
刘申全 华北工学院分院
刘镇昌 浙江海洋学院
张 茂 西南石油学院
李子琼 厦门理工学院
李建华 中原工学院
李洪智 黑龙江工程学院
陈廉清 宁波工程学院
赵先仲 北华航天工业学院
夏凤芳 上海电机技术高等专科学校
顾晓勤 电子科技大学(中山)
倪少秋 机械工业出版社

序

为了适应我国制造业迅速发展的需要,培养大批素质高、应用能力与实践能力强
的应用综合型人才已成为当务之急。这同时对高等教育的办学理念、体制、模式、机
制和人才培养等方面提出了全新的要求。

为了打通新形势下高等教育和社会需求之间的瓶颈,中国机械工业教育协会机电
类学科教学委员会和机械工业出版社联合成立了“21 世纪高校机电类规划教材”编审
委员会,本着“重基本理论、基本概念,淡化过程推导,突出工程应用”的原则,组
织教材编写,并力求使本套教材突出以下特点:

(1) 科学定位。本套教材主要面向应用的综合型人才的培养,既不同于培养研究
型人才的教材,也不同于一般应用型本科的教材;在保持高学术水准的基础上,突出工
程应用,强调创新思维。

(2) 品种齐全。这套教材设有“力学”、“制图”、“设计”、“数控”、“控制”、“实
训”、“材料”、“双语”等模块,方便学校选用。

(3) 立体化程度高。教材均要求配备 CAI 课件和相关的教辅材料,并在网站上为
本套教材开设研讨专栏。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,是国家级优秀出
版社,是国家高等教育的教材出版基地之一,在机电类教材出版领域具有很高的地位。
相信这套教材在中国机械工业教育协会机电类学科委员会和机械工业出版社的精心组
织下,通过全国几十所学校的老师的仔细认真的编写,一定能够为我国高等教育应用
综合型人才的培养提供更好用、更实用的教材。

教育部·机械工程及自动化专业分教学指导委员会·主任
中国机械工业教育协会·高等学校机械工程及自动化学科教学委员会·主任

李培根 院士
于华中科技大学

前 言

本书是根据教育部机械基础课程教学指导委员会批准的机械设计基础教学基本要求编写的。全书共分十三章,包括机械原理、机械设计的基本内容,如平面连杆、凸轮、螺旋等各种机构,带、链、齿轮、蜗杆等各种传动,以及轴承、联轴器、减速器、离合器、机械式无级变速器等元部件,主要介绍它们的类型、结构原理、工作特性、受力分析及设计计算。另外,根据学科发展要求加进了现代设计理论及创新设计的有关内容,丰富了课程内容。

本书注重工程应用,不强调理论分析,淡化公式推导,简明易懂,图表数据准确、实用,各章附有一定数量的习题,除可供高等学校非机械类专业作教材外,也便于自学参考。

本书采用国际单位制,并采用最新的国家标准和通用符号和脚注。

由于非机械专业面广,各专业要求不同,因此,本书除反映其通用性外,还在内容取舍、例题和习题选择上,尽可能照顾各专业的要求。本书的内容是按 60 学时要求编写的,为便于教学,还部分地摘录了国家标准和规范。在使用时,可根据专业要求和教学时数进行取舍与调整。必要时,还可在教学中作些补充。

本书为高校近机械类和非机械类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有:陕西科技大学王宁侠(第一、五、六、十一章)、魏引焕(第二、三、十章)、郑甲红(第十二、十三章、附录)、周志明(第七、八章)、王涛(第四、九章);西安石油大学闫文辉(第五章);陕西理工学院张东生(第二章)。本书由王宁侠、魏引焕担任主编,陕西科技大学尚久浩教授担任主审。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者
于陕西西安

目 录

序 前言

第一章 总论	1
第一节 “机械设计基础”课程研究的对象和内容	1
第二节 机械设计的基本要求和一般步骤	3
第三节 现代设计理论及方法简介	6
第四节 机械零件的常用材料及钢的热处理概念	11
第五节 机械零件的强度	17
习题	23
第二章 平面机构的运动简图及其自由度	24
第一节 运动副及其分类	24
第二节 平面机构的组成及其运动简图	26
第三节 平面机构的自由度及机构具有确定运动的条件	30
习题	35
第三章 平面连杆机构	37
第一节 铰链四杆机构的基本类型及性质	37
第二节 铰链四杆机构具有曲柄的条件	42
第三节 铰链四杆机构的演化	43
第四节 平面四杆机构的运动设计	46
第五节 连杆机构的应用	53
习题	55
第四章 凸轮机构及间歇运动机构	58
第一节 凸轮机构的类型	58
第二节 从动件的常用运动规律	59
第三节 按给定运动规律设计盘形凸轮轮廓	62
第四节 设计凸轮机构应注意的问题	67
第五节 间歇运动机构	70
第六节 凸轮机构及间歇运动机构的应用	77
习题	80

第五章 螺纹联接及螺旋机构	82
第一节 螺纹的形成、主要参数及常用类型	82
第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁	84
第三节 螺纹联接和螺纹联接件	86
第四节 螺栓联接的强度计算	86
第五节 设计螺纹联接时应注意的问题	90
第六节 螺旋传动	92
习题	93
第六章 带传动和链传动	95
第一节 带传动简介	95
第二节 带传动工作情况分析	97
第三节 普通 V 带传动的设计计算	100
第四节 普通 V 带带轮的结构及带传动的张紧和维护	107
第五节 其他带传动简介	110
第六节 链传动简介	111
第七节 套筒滚子链及链轮	112
第八节 链传动的运动特性	117
第九节 链传动的失效形式及设计计算	118
第十节 链传动的布置及润滑	122
习题	125
第七章 齿轮传动	127
第一节 齿轮传动的特点和类型	127
第二节 齿廓啮合基本定律	127
第三节 渐开线及渐开线齿廓的啮合特性	129
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本尺寸	132
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	135
第六节 渐开线齿轮的切削原理及变位齿轮的概念	137
第七节 轮齿的失效形式及设计准则	141
第八节 齿轮的材料和强度计算	142
第九节 斜齿圆柱齿轮传动	149
第十节 直齿锥齿轮传动	153
第十一节 蜗杆传动	157
第十二节 齿轮、蜗杆和蜗轮的构造	161
习题	163
第八章 轮系	165
第一节 轮系的类型	165

第二节 定轴轮系及其传动比	165
第三节 周转轮系及其传动比	168
第四节 混合轮系及其传动比	171
第五节 轮系的应用	172
习题	174
第九章 轴和轴毂联接	176
第一节 轴的类型和材料	176
第二节 轴的结构设计	178
第三节 轴的计算	185
第四节 轴毂联接	191
习题	195
第十章 轴承	197
第一节 轴承的分类	197
第二节 滑动轴承的典型结构	197
第三节 滑动轴承材料和轴瓦结构	201
第四节 非液体摩擦滑动轴承的校核计算	204
第五节 滚动轴承的类型、代号及其选择	206
第六节 滚动轴承的寿命及尺寸选择	212
第七节 滚动轴承的组合设计	218
第八节 轴承的润滑、润滑装置和密封装置	225
习题	228
第十一章 联轴器与离合器	230
第一节 联轴器	230
第二节 离合器	235
第三节 联轴器和离合器的选择	238
习题	239
第十二章 平衡和调速	240
第一节 回转件的平衡	240
第二节 平面机构的平衡简介	243
第三节 机械速度波动的调节	244
习题	248
第十三章 机械创新设计理论及方法	249
第一节 基本创新原理	249
第二节 机械创新寻找课题的方法	251

第三节 总体方案设计阶段的创新方法	253
第四节 结构技术设计阶段的创新方法	263
附录 常用标准	268
附录 1 粗牙普通螺纹	268
附录 2 平键联接中键和槽的剖面尺寸及键长	268
附录 3 向心轴承的径向额定动载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	269
附录 4 角接触球轴承的径向额定动载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	269
参考文献	270

第一章 总 论

第一节 “机械设计基础”课程研究的对象和内容

机器是人类在长期生产实践中创造的具有某种用途的设备，用来节省或代替人力、畜力以完成各种体力工作并提高生产率。在社会生产活动和日常生活中见到的汽车、拖拉机、缝纫机、洗衣机、灌装机、包装机、各种机床等都是机器。

机器种类繁多，就其构造、用途和性能来说是各不相同的，但它们都有一些共同的特征。

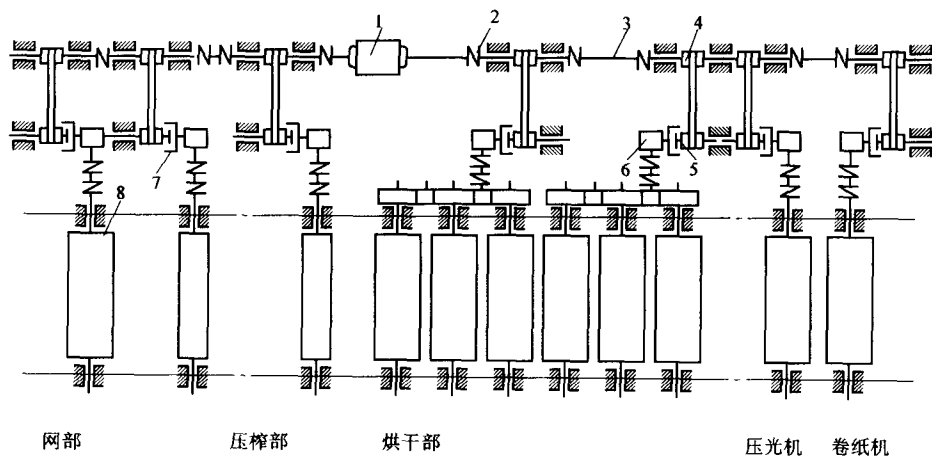


图 1-1 造纸机简图

1—电动机 2—联轴器 3—传动轴 4—无级变速器主动锥轮
5—从动锥轮 6—减速器 7—摩擦离合器 8—辊子

图 1-1 所示为一台造纸机的简图。电动机 1 为整台机器的原动机，经联轴器 2 带动传动轴 3，又经无级变速器锥轮 4、5，减速器 6 等机构分别使运动传给造纸机各部分，完成预定的工艺要求——使配合适量浓度的浆料通过网部脱水形成纸幅，然后进入压榨部用机械的方法断续脱水；通过烘干部加热烘干和压光机使纸张增加光泽度和紧度，然后进入卷纸机，将纸张连续卷成一定大小的卷筒纸。这台机器的网部、压榨部、烘干部、压光机、卷纸机，是按照造纸工艺的需要而设置的，被称为工作机部分；介于电动机和工作机之间的传动装置被称为传动部分。

又如图 1-2 所示的真空螺旋挤泥机，是在陶瓷制品的可塑法成型过程中应用极为广泛的成型机械。它利用螺旋叶片对塑性泥料进行连续挤压，使其经过挤泥机机嘴的规

定形状断面后,成为紧密连续的长条出来,然后将其切断,即成为成型后的产品。为了使成型后的产品更加紧密均匀,尽量减少其中所含的气孔,在挤压过程中同时进行抽吸真空的操作。在图 1-2 中,泥料从加料口送入,被螺轴 2 的叶片推至真空室 5,切割器 6 把泥料切割成片状,封存在泥料中的空气就被真空泵不断地抽去。泥料最后由 7 及螺旋叶片 8 经机头的机嘴挤压后送出。螺轴 2 和螺旋叶片 8 由电动机 1 经过传动带及减速器 9 带动,而切割器则由另一电动机 3 经过齿轮 4 带动。真空室由真空泵抽真空(图中未示出)。电动机 1 和 3 就是这台机器的原动机,而传动带装置、减速器 9 就是传动机构,螺旋叶片、机嘴和切割器等就是工作机部分。

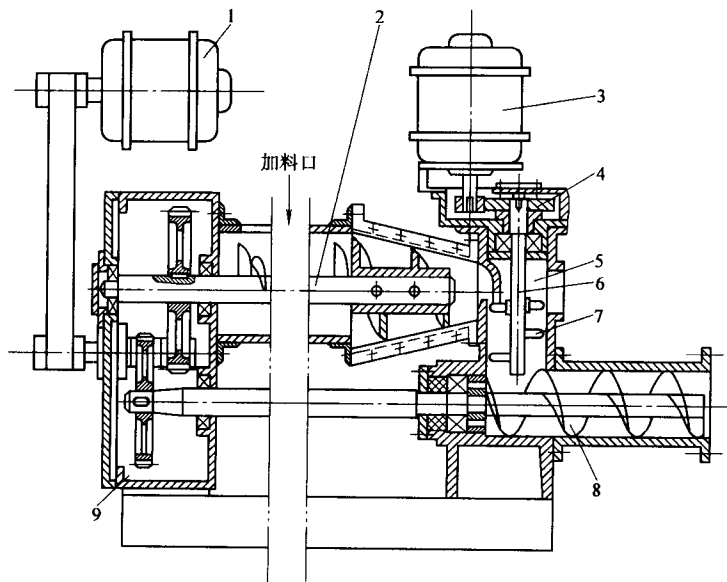


图 1-2 真空螺旋挤泥机

1、3—电动机 2—螺轴 4—齿轮 5—真空室
6、7—切割器 8—螺旋叶片 9—减速器

由上述可知,一部完整的机器都是由三个本质不同的部分——发动机、传动机构和工作机构组成。其组成部分之间的关系如图 1-3 所示。

机器除上述三个基本部分外,还会根据需要增加其他部分,例如控制系统和辅助系统(润滑、显示、照明……)等。

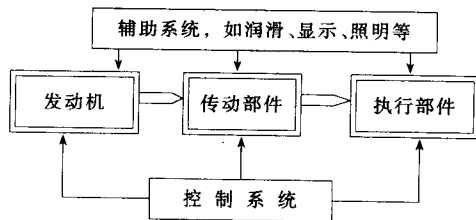


图 1-3 机器的组成

从上述两个例子还可得知，机器具有以下共同特征：

- 1) 它们都是一种人为的实体组合。
- 2) 各实体之间具有确定的相对运动。
- 3) 在工作时能实现能量转换（如内燃机、发电机等）或做有效的机械功（如洗衣机、缝纫机、金属切削机床等）。

仅具有前两个特征的称为机构。若仅从结构和运动的观点来看，机器与机构两者之间并无区别。所以，通常用“机械”一词作为机器和机构的总称。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的整体，也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 1-4 所示包缝机的连杆，就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴套 3、轴瓦 4、螺栓 5、螺母 6 及开口销 7 等零件组成的刚性构件。由此，构件与零件的区别在于：构件是运动的单元，零件是制造的单元。

机械中的零件按其用途可分为两类：凡各种机械中都经常使用的零件，例如齿轮、螺栓、螺钉、键、弹簧等，称为通用零件；只在某些机械中使用的零件，例如缝纫机中的曲轴、连杆，灌装机中的凸轮，纺织机械中的纺锭、织梭，汽轮机的叶片等，称为专用零件。

另外，还常把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物称为部件，如减速器、离合器等。

本课程主要阐述一般机械中的常用机构和一般参数的通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。

本书前半部分着重研究机械中常用机构，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构，后半部分着重研究常用的联接（如螺纹、键、销联接等），主要的机械传动（如齿轮传动、蜗轮蜗杆传动、螺旋传动、挠性件传动）及轴系零、部件（如轴、轴承、联轴器、离合器等）。同时还扼要地介绍与本课程有关的国家标准和规范，以及某些标准零件的选用原则和方法。

为了学好本课程，首先要求学生必须掌握机械制图、工程力学、金属工艺学等先修课程有关的基础知识。通过本课程的教学，可使学生获得认识、使用和维护机械设备的一些基本知识，并能培养学生初步掌握运用有关机械设计方面的手册，设计简单机械传动装置的方法，为学习有关专业机械设备课程及以后参与技术创新奠定必要的基础。

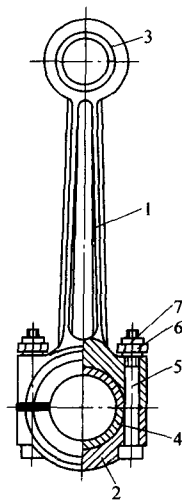


图 1-4 连杆

- 1—连杆体 2—盖
3—轴套 4—轴瓦
5—螺栓 6—螺母
7—开口销

第二节 机械设计的基本要求和一般步骤

一、机械设计的基本要求

机械的种类虽然很多，但设计时所考虑的基本要求却往往是相同的。这些基本要

求如下。

1. 运动和动力性能的要求

根据预定的使用要求确定机械的工作原理,并据此选择机构类型和机械传动方式,达到以合理的机构组合来协调运动,实现预定动作。在运动分析的基础上,对机构进行动力分析,从而确定作用在各零件上作用力。

2. 工作可靠性要求

为了使机械在预定的工作期限内可靠地工作,防止因零件失效而影响正常运行,零件应满足下列要求:

(1) 强度 强度是衡量零件抵抗破坏的能力,是保证零件工作能力的最基本要求。零件强度不足时,就会发生不允许的塑性变形,甚至造成断裂破坏,轻则使机械停止工作,重则发生严重事故。为保证零件有足够的强度,零件的工作应力不得超过许用应力,这就是零件的强度计算准则。

(2) 刚度 刚度是衡量零件抵抗弹性变形的能力。零件的刚度不足时,就会产生不允许的弹性变形,形成载荷集中等,影响机械的正常工作。例如造纸机的辊子,缝纫机的主轴,如果没有足够的刚度,就会导致产品质量的严重恶化。刚度计算准则要求零件工作时的弹性变形量(弯曲挠度或扭转角),不超过机械工作性能所允许的极限值(即许用变形量)。

(3) 耐磨性 耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。例如齿轮的轮齿表面磨损量超过一定限度后,轮齿齿形有较大的改变,使齿轮转速不均匀、产生噪声和动载荷,严重时因齿根厚度减薄而导致轮齿折断。因此在磨损严重的条件下,以限制与磨损有关的参数(如零件接触表面间的压强和相对滑动速度)作为磨损计算的准则。

(4) 耐热性 耐热性包括抗氧化、抗热变形和抗蠕变的能力。零件在高温(一般钢件在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 以上,轻合金和塑料件在 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 以上)下工作时,将会因强度削弱而降低承载能力,同时会出现蠕变,增加塑性变形甚至发生氧化现象,从而大大影响机械的精度甚至使零件失效。另外,高温下润滑油膜容易破裂,润滑能力降低甚至完全丧失。为保证零件在高温下能正常工作,除采用耐热材料外,还可采用水冷或汽化冷却等降温措施,以达到将机器的工作温度限制在正常的运行温度,使发热与散热相平衡,即热平衡准则。

(5) 振动稳定性 机器中存在着许多周期性变化的激振源,如轴上零件的偏心载荷、滚动轴承中的振动、齿轮的啮合等。如果零件本身的固有频率与激振源的频率相同或为其整数倍时,零件就会发生共振,振幅将急剧增大,能在短期内使零件或整部机械造成破坏。所以,对于高速机械及其零件应进行相应的振动计算并采取措施以防机械及其零件因共振而失效。

3. 经济性要求

经济性是用设计、制造和使用三个方面的综合指标来衡量的。设计机械时应最大限度地考虑经济性:选择或设计的机械在使用性能上应具有最大的经济效益,在满足

使用要求的前提下应力求结构简单、加工容易,材料价廉且市场供应充分,维修方便和能源消耗较低等。应该指出,在机械中采用标准零件,不仅可简化设计,保证互换性,便于机械的修配,而且有利于保证零件的质量并降低其成本。

4. 劳动保护要求

在设计机械时,必须考虑操作简便省力,力求改善使用条件和减轻劳动强度,同时还应注意安全,加强劳动保护。例如:简单重复的劳动要利用机械本身的机构来完成;尽可能减少操作手柄的数量,及手柄和按钮等应放置在便于操作位置;合理规定操作时的驱动力;设置完善的安全防护及保安装置;尽量减少机械的噪声;防止有毒、有害介质的渗漏,对废水、废气、废液进行治理等。

5. 其他特殊要求

对于不同用途的机械还可能提出一些特殊要求,例如:对机床要求能长期保持其精度;流动使用的机械(如钻探机、塔式起重机等)要便于安装、拆卸和运输;医药、食品、印刷、纺织和造纸等机械要求能保持清洁,不得污染产品。

二、机械设计的一般步骤

机械设计一般可分为以下几个阶段:

1. 提出设计要求

设计任务的提出,主要是根据社会和市场的需要,一定要有明确的目的。无论是设计新的机械产品还是进行技术改造,总是要达到某种技术经济目的,如提高劳动生产率、提高产品质量与使用寿命、节约原材料、降低能耗或减轻劳动强度等。

2. 调查研究、分析对比、确定设计模型与方案

设计者要了解所设计的对象的工作条件、环境、预计的生产能力、技术经济指标以及是否具有特殊的技术要求等,例如耐高温、耐腐蚀,材料、尺寸及重量的限制等,以作为设计的依据。同时要根据国家的标准、规范做到产品系列化、部件通用化、零件标准化。

根据调查、分析与研究,拟定所设计的机器方案,这是设计中的重要阶段,应力求做到所设计的方案技术先进、使用可靠、经济、合理。

3. 结构设计

在方案确定以后,需经过必要的计算与分析来确定数学模型与计算公式,在进行校验之后,即可着手进行结构设计,绘制装配草图、装配图和部装图,最后根据装配图与结构设计绘制零件工作图。

4. 试验分析

图样设计完成后,需要编制必要的技术文件,进行产品试制,经过试车获得预期的结果,否则需要反复进行修改,直到完善。

5. 使用与考核

产品在成批制造与投放市场后,需广泛征求用户意见,以求不断地提高和完善。

第三节 现代设计理论及方法简介

“设计”是人类征服自然改造世界的基本活动之一，是人们为满足一定的需求而进行的一种创造性活动的实践过程。因此，“设计”从来就是和人类的生产活动紧密相连的。设计是把各种先进科学技术成果转化为生产力的一种手段和方法，是先进生产力的代表，反映了社会的生产力水平。就机械系统和结构范畴而言，它是从给定的合理的目标参数出发，通过各种方法和手段创造出一个所需的优化系统或结构的过程。所以，任何设计都是开发和创造新的系统和结构的过程。

一、现代设计方法的特点和范畴

现代设计方法是现代广义设计和分析科学方法学的简称，它是用系统的观点、考虑自然科学、社会科学、经济科学的因素，为获得高质量、廉价、有创新性的产品所使用的设计程序、规律及设计中的思维、工作方法和工具的总和。现代设计方法实际上是科学方法在设计中的应用，可归纳为下列几种：

- (1) 信息论方法 如信息分析法、技术预测法等。它是现代设计方法的前提。
- (2) 系统论方法 如系统分析法、人机工程以及面向产品生命周期中各个阶段（如设计、制造、使用、回收处理等）的设计。
- (3) 控制论方法 如动态分析法等。
- (4) 优化论方法 它是现代设计方法的目标。
- (5) 对应论方法 如相似设计、反求工程设计等。
- (6) 智能论方法 如 CAD、CAE、并行工程、虚拟设计、人工智能（主要是专家系统）等。它是现代设计方法的核心。
- (7) 寿命论方法 如可靠性设计、价值工程和稳健性设计等。
- (8) 离散论方法 如有限元和边界元方法。
- (9) 模糊论方法 如模糊评价和决策等。
- (10) 突变论方法 如创造性设计等，它是现代设计方法的基础。
- (11) 艺术论方法 如艺术造型等。

随着机械向高速、重载、精密和自动化等方向的发展，以及计算机的广泛应用和计算技术的日益提高，机械现代设计方法的应用使机械设计从经验的、静态的、随意性较大的设计方法中摆脱出来，缩短了设计周期、提高了设计质量，使机械设计向参数化、智能化、动态的、更符合实际工程实践的方向过渡。

二、现代设计方法简介

由于科学技术的发展，各学科的交叉渗透，现代设计方法已逐渐成为一门崭新的学科。以下扼要介绍一些常见的现代设计方法。

1. 机械优化设计

机械优化设计是采用数学规划理论，借助计算机发展起来的一种现代设计方法。

它能在受许多因素影响的设计参数中,选择一组最优地满足预定要求的参数,从而得到最优的设计方案。

机械优化设计包括建立优化设计问题的数学模型和选择恰当的优化方法与程序两个方面的内容。由于机械优化设计是应用数学方法寻求机械设计的最优方案,所以首先要根据实际的机械设计问题(如重量轻、成本低、外廓尺寸小、承载能力高、性能好等)建立相应的数学模型,即用数学形式来描述实际设计问题。在建立数学模型时需要应用专业知识确定设计的限制条件和所追求的目标,确定设计变量之间的互相关系等。机械优化设计问题的数学模型可以是解析式、试验数据或经验公式。虽然它们给出的形式不同,但都是反映设计变量之间的数学关系。

优化设计数学模型建立后,必须应用优化方法进行求解,工程优化设计对数学模型的求解均用数值计算方法,其基本思想是搜索、迭代和逼近。即求解时,从某一初始点出发,利用函数在某一局部区域的性质和信息,确定每一迭代步骤的搜索方向和步长,去寻找新的迭代点,这样一步一步地重复数值计算,用改进后的新设计点替代老设计点,逐步改进目标函数,并最终逼近极值点。

我国现已开发了先进的 OPB 优化方法程序库和常用机械零部件及机构优化设计程序库,为推广和普及优化设计创造了条件。

优化方法不仅用于产品结构的设计、工艺方案的选择,也用于运输线路的确定、商品流通量的调配、产品配方的配比等等。

2. 计算机辅助设计

计算机辅助设计(CAD)是把计算机技术引入设计过程,利用计算机完成选型、计算、绘图及其他作业的现代设计方法。CAD 技术促进机械设计发生巨大的变化,并成为现代机械设计重要组成部分。

目前,CAD 技术向更深更广的方向发展,主要表现为以下几个方面:①基于专家系统的智能 CAD;②CAD 系统集成化,CAD 与 CAM(计算机辅助制造)的集成系统(CAD/CAM);③动态三维造型技术;④基于并行工程,面向制造的设计技术(DFM);⑤分布式网络 CAD 系统。

3. 可靠性设计

可靠性设计是第二次世界大战时由一只真空管的故障所引起的,当时某种军用飞机的电子装置有 60%处于故障状态,但出故障的真空管却是完全符合出厂标准的。后来做出一种推断:关于真空管的制造技术,有超出以往制造技术和检查能力以外的某种特性,这种特性就是“可靠性”。后来在设计、制造和检查中考虑了可靠性,结果故障大大的减少。这样,“可靠性”设计的问题就提到了日程上来。

可靠性最早是一个抽象的定性的评价指标,缺乏定量概念,需用定量指标予以衡量。衡量零件可靠性的定量指标是可靠度。所谓零、部件或机械系统的可靠度,就是它们各自在规定的条件下和规定的工作时间(寿命)内,无故障的完成规定功能的能力(或概率)。一般来说零件的可靠度是时间的函数,用 $R(t)$ 表示,且 $0 \leq$