



高职高专“十二五”规划教材

机械设计基础

(项目化教程)

史新逸 李敏 徐剑锋 编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

机械设计基础（项目化教程）

史新逸 李敏 徐剑锋 编



化学工业出版社

·北京·

本书针对高职教学特点,以培养学生的应用能力为主线,以对学生进行通用机械设计能力的训练为目标,在教学体系上大胆进行改革创新,对机械设计原有知识体系进行合理分解,按照工学结合的教学要求重构项目化教学体系,将机械设计所涉及的基本理论知识高度整合,形成以任务驱动为主线,以工程实际中的设备、机构、零件为载体,通过知识点详细地讲解机械设计基本方法和基本技能。

全书共分总论和12个项目,主要内容包括:机械设计总论,平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、螺旋机构、齿轮传动、轮系、蜗杆传动、挠性传动、机件连接、轴承、轴、联轴器和离合器等。本书结合工程实际,列举丰富多样的示例,每个项目后面都编排有各种类型的、丰富的思考题和练习题。

可以与本书配套使用的《机械设计课程设计》(徐剑锋等编),也已经由化学工业出版社出版。

本书主要作为职业技术学院和成人教育院校机械、机电、数控等相关专业的教材,也可供从事机械设计与制造专业的工程技术人员和自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础(项目化教程)/史新逸,李敏,徐剑锋
编. —北京:化学工业出版社,2012.6
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-14221-4

I. 机… II. ①史…②李…③徐… III. 机械设计—
高等职业教育—教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第090172号

责任编辑:王听讲
责任校对:蒋宇

文字编辑:余纪军
装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数415千字 2012年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:32.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求，充分汲取高等职业教育在培养技能型技术人才方面的经验和成果，以“必需、够用”为度，密切结合工程实际，突出应用性，重排教学内容，简化理论与公式，结合编者多年的教学经验和教改实践编写而成，可供机械类、机电类各专业使用。

作为机械学科课程体系中的一门技术基础课教程，编写中力求使本书具有如下特色。

1. 对机械设计整体内容进行了重新编排与整理。全书按照实际工程的内在联系和认识的一般规律，依照项目学习重构教学体系，将全书内容分为12个项目进行阐述，形成以设计任务为主线，以实际工程中的设备、机构、零件为载体的教学体系，做到“用什么，学什么”。同时，每个项目后都包含相应的知识拓展，以开阔学生的视野，促进学生可持续发展。

2. 突出职业教育“理论知识够用，注重能力培养”的特点，在各项目教学中均有训练例题，各项目教学后均列出了形式多样化的习题（思考题、填空题、选择题和计算题等），供学生进行分析问题、解决问题的能力训练。

3. 项目教学中，以任务驱动导向，从常见的工程实践出发，讲清基本概念、工作原理；在列出定义、公式时，主要着力于定性的分析，省略或简化了数学的推导过程。

4. 项目教学采用图文并茂的讲解方式，图形、图样清晰规范，文字表达深入浅出。

5. 采用了已颁布的最新国家标准、有关技术规范、数据和资料。

为了方便教学使用，我们还编写了与本书配套的《机械设计课程设计》（书号：ISBN 978-7-122-14268-9），该书也由化学工业出版社出版。

在编写过程中，我们参考了相关文献，在此对这些文献的作者表示衷心的感谢！

限于编者水平，书中难免存在不足之处，敬请广大同行和读者批评指正，宝贵意见请发到电子邮箱：jcbwh@126.com。

编 者

2012年4月

目 录

机械设计总论	1
【任务驱动】	1
【学习目标】	1
【知识解读】	2
知识点一 机械设计的基本概念	2
知识点二 机械设计的基本准则及一般步骤	5
知识点三 机械零件常用材料与选择	8
知识点四 机械零件设计的标准化、系列化、通用化	11
【知识拓展】 现代设计方法	11
练习与思考	14
项目一 平面连杆机构	15
【任务驱动】	15
【学习目标】	15
【知识解读】	15
知识点一 平面机构的结构和运动分析	15
知识点二 铰链四杆机构的形式及特性	23
知识点三 铰链四杆机构的演化	28
知识点四 平面四杆机构的图解法设计	30
【知识拓展】 机构的组合及其应用	32
练习与思考	33
项目二 凸轮机构	38
【任务驱动】	38
【学习目标】	38
【知识解读】	38
知识点一 凸轮机构的应用和类型	38
知识点二 凸轮从动件常用运动规律分析	40
知识点三 图解法设计凸轮轮廓	43
知识点四 凸轮机构基本参数的确定	46
知识点五 凸轮常用材料和结构选择	47
【知识拓展】 改进型运动规律简介	48
练习与思考	48

项目三 间歇运动机构	51
【任务驱动】	51
【学习目标】	51
【知识解读】	51
知识点一 棘轮机构	51
知识点二 槽轮机构	54
知识点三 不完全齿轮机构	56
【知识拓展】 凸轮间歇运动机构	57
练习与思考	58
项目四 螺旋机构	60
【任务驱动】	60
【学习目标】	60
【知识解读】	60
知识点一 螺旋机构的应用分析	60
知识点二 螺旋副的受力分析、效率和自锁	63
【知识拓展】 静压螺旋传动简介	64
练习与思考	65
项目五 齿轮传动	67
【任务驱动】	67
【学习目标】	67
【知识解读】	67
知识点一 齿轮传动的特点及类型	67
知识点二 渐开线齿廓及其啮合特性	68
知识点三 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸	71
知识点四 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	73
知识点五 渐开线直齿圆柱齿轮的加工	75
知识点六 直齿圆柱齿轮强度计算	78
知识点七 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	89
知识点八 直齿圆锥齿轮传动	95
知识点九 齿轮的结构与齿轮传动的润滑	99
【知识拓展】 圆弧齿齿轮传动简介	101
练习与思考	102
项目六 齿轮轮系	107
【任务驱动】	107
【学习目标】	107
【知识解读】	107
知识点一 轮系的类型	107
知识点二 定轴轮系及其传动比	108

知识点三	周转轮系及其传动比	110
知识点四	混合轮系及其传动比	113
知识点五	轮系的功用	114
【知识拓展】	特殊的行星传动	115
练习与思考		116
项目七	蜗杆传动	119
【任务驱动】		119
【学习目标】		119
【知识解读】		119
知识点一	蜗杆蜗轮机构的形成与特点	119
知识点二	圆柱蜗杆传动主要参数和几何尺寸	120
知识点三	蜗杆传动强度计算	123
知识点四	蜗杆传动的材料和结构	125
知识点五	蜗杆传动的效率、润滑和散热	127
【知识拓展】	各种类型蜗杆传动简介	131
练习与思考		133
项目八	挠性传动	136
【任务驱动】		136
【学习目标】		136
【知识解读】		136
知识点一	带传动的类型、特点及应用	136
知识点二	V带和V带轮	138
知识点三	带传动的工作情况分析	141
知识点四	普通V带传动设计计算	145
知识点五	带传动的张紧、安装与维护	151
知识点六	链传动的类型和特点	152
知识点七	滚子链与链轮	153
知识点八	链传动运动特性及受力分析	155
知识点九	滚子链传动的设计计算	157
知识点十	链传动的布置、张紧与润滑	160
【知识拓展】	同步带传动介绍	163
练习与思考		164
项目九	机件连接	168
【任务驱动】		168
【学习目标】		168
【知识解读】		169
知识点一	螺纹连接的基本类型及特点	169
知识点二	螺纹连接的强度计算和结构设计	171

知识点三 键连接和花键连接	179
知识点四 销连接	183
【知识拓展】 不可拆连接	184
练习与思考	185
项目十 轴承	188
【任务驱动】	188
【学习目标】	188
【知识解读】	188
知识点一 滚动轴承基本知识	189
知识点二 滚动轴承的工作能力计算	194
知识点三 滚动轴承的组合设计	202
知识点四 滑动轴承	206
【知识拓展】 滚动轴承与滑动轴承的对比	213
练习与思考	214
项目十一 轴	216
【任务驱动】	216
【学习目标】	216
【知识解读】	216
知识点一 轴的分类、材料及一般设计步骤	216
知识点二 常用轴的结构设计	219
知识点三 轴的强度计算	225
【知识拓展】 刚性回转件的平衡	231
练习与思考	234
项目十二 联轴器与离合器	237
【任务驱动】	237
【学习目标】	237
【知识解读】	237
知识点一 联轴器	237
知识点二 离合器	242
【知识拓展】 制动器	244
练习与思考	245
参考文献	247

机械设计总论

【任务驱动】

人类在长期的日常生活和生产实践中，逐渐创造和广泛使用着各种各样的机械设备，用来减轻人的劳动强度，改善劳动条件，优化产品质量，提高工作效率，帮助人们创造更多更好的社会财富。

机械的发展经历了一个从简单到复杂的过程。从早期的杠杆、滑轮和近代的机床、汽车、轮船，到现代的机器人、航天器等，机械的发展日新月异，在生产力发展中一直扮演着重要角色。特别在当今，科学技术和工业生产的飞速发展，使计算机技术、电子技术与机械技术有机结合，实现机电一体化，促使机械产品向高速、高效、精密、多功能和轻量化方向发展。

使用机械进行生产的水平已成为衡量一个国家工业发展和现代化程度的重要标志之一，学习和掌握一定的机械设计基础知识是现代工程技术人员必备的素质。

各种机械设备的类型很多，用途不一，但都是若干零件、部件或装置组成的一个特定的系统，而其中的零部件、装置是组成机械系统的基本要素，可看成为子系统。如图 0-1 所示的卷扬机、图 0-2 所示的颚式破碎机、图 0-3 所示的牛头刨床，都是由若干零件、部件组成的不同功能和构造各异的机械系统。机械零件和部件是组成机械系统的基本要素，它们为完成一定的功能相互联系而分别组成了各个子系统。这些子系统之间有什么联系？这些子系统设计有什么要求？常见的设计方法有哪些？设计的步骤是什么？现代机械创新设计的方法和创新设计的原则有哪些？要搞清楚这些问题，并能合理进行机械系统设计和创新设计，就需要学习机械系统设计的方法、内容、一般原则、设计步骤等知识。

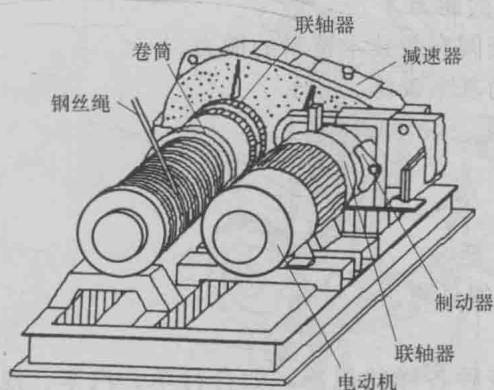


图 0-1 卷扬机

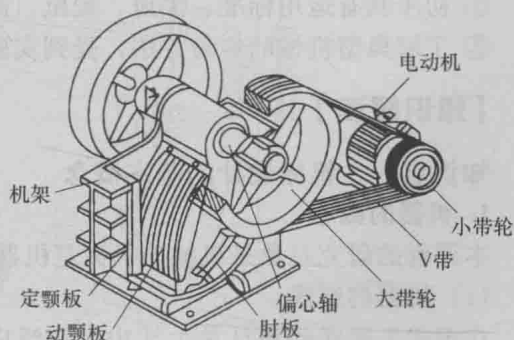


图 0-2 颚式破碎机

【学习目标】

在现代化生产中，几乎没有一个领域不使用机械设备，这就需要大批具有一定机械基础知识的技术人员。工科院校机械类专业正是为了满足这一需要而设置的，其目标是培养从事

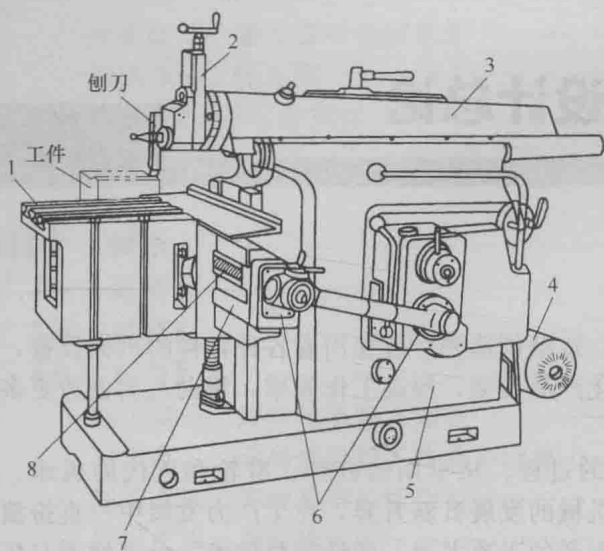


图 0-3 牛头刨床

1—工作台；2—刀架；3—滑枕；4—电动机；5—机身；
6—工作台横向进给机构；7—横梁；8—丝杆

现代机械工业制造、运行、管理、服务的应用型、技能型专门人才。机械设计基础以机械为研究对象，是工科院校中的一门重要的技术基础课，它在专业培养目标中，起着承上启下的作用。一方面，工程力学、工程材料及热成形工艺、公差与技术测量、机械制图等相关选修课程知识，是学习本课程的基础，同时也在本课程中得到综合应用与拓展。除此之外，由于当代机械设备并非单纯采用机械传动，机械专业的工程技术人员还应学习掌握液（气）压传动、电力传动、电子技术和计算机技术等有关知识。

机械设计课程主要研究机械中的常用机构和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。本课程

重点讨论了机械零部件的选用和设计问题，具体机械零、部件包括以下几点。

- ① 传动件，如带传动、链传动、齿轮传动、螺旋传动等。
- ② 支承零部件，如轴、滚动轴承及滑动轴承等。
- ③ 连接件，如轴毂连接、螺纹连接等。
- ④ 其他零部件，如联轴器、离合器、制动器等。

本课程的主要任务是培养学生具备以下能力。

① 掌握常用机构和通用零件的工作原理、组成结构和特点，使学生具有设计机械传动装置和简单机械的能力。书中虽然只讨论了一些零、部件，但绝不是仅仅为了学会这些零、部件的设计理论和方法，而是通过学习这些基本内容去掌握有关的设计规律和技术措施，从而具有设计一切通用零、部件和某些专用零、部件的能力。

② 初步具有运用标准、手册、规范、图册和查阅有关技术资料的能力。

③ 了解典型机械的实验方法，受到实验技术的基本训练。

【知识解读】

知识点一 机械设计的基本概念

1. 机器的概念

本课程的研究对象是机械。机械是机器和机构的总称。

(1) 机器的组成

在现代生产活动和日常生活中，广泛应用着各种各样的机器，如自行车、汽车、拖拉机、内燃机、电动机、洗衣机、复印机、缝纫机、金属切削机床等。尽管其种类繁多，式样、用途、性能各异，但它们都有共同的特征，即实现能量的转换，或完成有用的机械功，其目的是为了代替或减少工人的劳动，提高劳动生产率和产品质量，创造出更多更好的物质财富。

机器的种类繁多，其结构和用途各不相同。按用途的不同，机器可分为：动力机器，如内燃机、电动机和发动机等；工作机器，如金属切削机床、轧钢机、收割机、汽车等；信息

机器，如照相机、打字机、复印机等。

现代机器一般由五大部分组成。

① 动力装置部分。它是驱动整台机器完成预定功能的动力来源，其作用是把其他形式的能量转换为机械能，以驱动机器各部件，如电动机、内燃机、液压马达等。内燃机主要用于移动机械，如汽车、农业机械等，大部分现代机器采用电动机。

② 执行装置部分。它是机器中直接完成工作任务的组成部分。如机床的刀架、汽车的车轮、船舶的螺旋桨、工业机器人的手臂等。其运动形式依据用途的要求，可能是直线运动，也可能是回转运动或间歇运动等。

③ 传动装置部分。它是将动力装置的运动和动力传递给执行装置的中间环节，利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及改变运动形式等，从而满足执行部分的各种要求。如机械传动（如带传动、齿轮传动）、液压传动、电力传动等。过去，工程上应用最多的是机械传动。

④ 操纵、控制部分。操纵装置用于如启动、停车、正反转、运动和动力参数的改变及各执行装置间的动作协调等。控制装置有自动监测、自动数据显示和处理、自动控制与调节、故障诊断和自动保护等功能。检测和控制部分的作用是显示和反映机器的运行位置和状态，控制机器正常运行和工作。如工业机器人，检测部分的作用是检测工业机器人执行机构的运动位置和状态，并将信息反馈给控制部分，而控制部分是工业机器人的指挥系统，它控制机器人按规定的程序运动，完成预定的动作。随着计算机技术的高速发展，检测和控制部分在机电一体化产品（加工中心、数控机床、工业机器人）中的地位越来越重要。

⑤ 辅助装置部分。辅助装置如照明、润滑、冷却、清扫等装置。

对于简单的机器往往只有前三部分，有的甚至只有动力部分和执行部分，如水泵、排风扇等。

(2) 机器的特征

如图 0-4 所示为单缸内燃机，它由缸体、活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、推杆、从动

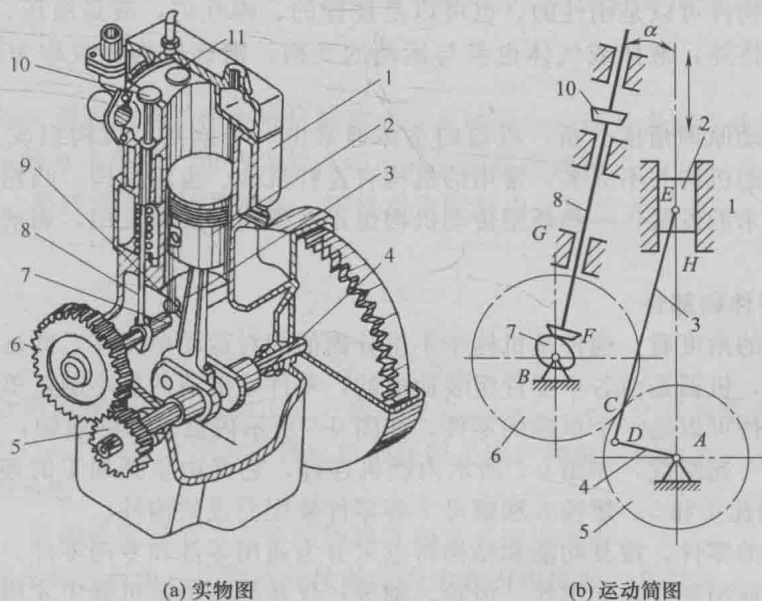


图 0-4 单缸内燃机

1—缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；5，6—齿轮；7—凸轮；8—推杆
9—动杆；10—进气阀；11—排气阀

杆、进气阀、排气阀等组成，燃气膨胀推动活塞作往复移动，通过连杆转变为曲轴的连续转动；凸轮和推杆用于启闭进气阀和排气阀；一对齿轮及机架组成传动部分，从而把燃料燃烧产生的热能转换为机械能。

又如全自动洗衣机主要由机体、电动机、叶轮和控制电路组成。驱动电动机经带传动使叶轮回转，搅动洗涤液实现洗涤，洗衣机就会自动完成洗涤、清洗、甩干等洗衣全过程。

由上述实例及日常生活中常见的其他机器可以看出，尽管机器的种类繁多，构造和差别很大，但注意观察，就会发现机器都有着下列共同特征：

- ① 机器是若干实物的组合；
- ② 组成机器的各实物间具有确定的相对运动；
- ③ 机器能够完成有用的机械功或实现能量转换。

2. 机构的概念

从前例中还可以看出，机器中若干实体的组合，可实现某些预定的动作。这些由若干具有确定相对运动的实体组成，用来传递力、运动或转换运动形式的系统称为机构。机构是机器的重要组成部分，用以实现机器的动作要求。一部机器可能只包含一个机构，也可由若干个机构组成。

通过对内燃机的结构分析，可以发现它主要由三种机构组成。

① 由机架、曲轴、连杆和活塞组成的曲柄滑块机构，它将活塞的往复运动转化为曲轴的连续运动。

② 由机架、凸轮和进排气门推杆构成的凸轮机构，它将凸轮的连续转动转变为推杆的往复直线运动。

③ 由机架、齿轮构成的齿轮机构，其作用是将曲轴的主动转动转换成凸轮轴的从动转动，并改变其转速的大小和方向。

组成机构的具有确定相对运动的实体，称为构件，如上述活塞、连杆、缸体（机架）等。因此，机构是具有确定相对运动的构件组合体，它用来实现运动和动力的传递或转换。

组成机构的构件可以是刚性的，也可以是挠性的、弹性的，或是液压、气动、电磁件。如果机构中除刚体外，液体或气体也参与运动的变换，则该机构相应称为液压机构或气动机构。

从机器的运动原理角度分析，机器的主体通常由一个或几个机构组成。机器的种类很多，但组成机器的机构并不太多，常用的机构有连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、螺旋机构等；随着机械技术的发展，一些新型传动机构也正在得到开发和应用，如谐波齿轮、滚珠丝杠等。

3. 构件、零件和部件

从机构运动的角度看，构件是机构中不可分割的相对运动单元体，即运动单元。从制造加工的角度来看，机器是由若干零件组装而成的，零件是机器的最小制造单元，是机器的基本组成要素。构件可以是一个单独的零件，如图 0-5 所示内燃机中的曲轴；也可以由几个零件刚性地连接在一起组成，如图 0-6 所示内燃机连杆，它是由单独加工的连杆体 1、连杆盖 2、连杆套 3、轴瓦 4 和 5、螺栓 6 和螺母 7 等零件装配而成的构件。

对于机器中的零件，按其功能和结构特点可分为通用零件和专用零件。各种机器中普遍使用的零件称为通用零件，如螺栓、齿轮、轴等；仅在某些特定机器中才用到的零件称为专用零件，如内燃机中的活塞、曲轴、汽轮机中的叶片、电动机中的转子等。

对于一组协同工作的零件组成的独立制造或装配的组合体称为部件，部件是机器的装配单元。部件也分为专用部件和通用部件，如滚动轴承、电动机、减速器、联轴器、制动器属

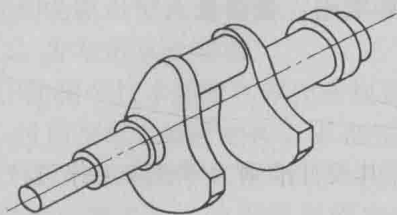


图 0-5 曲轴

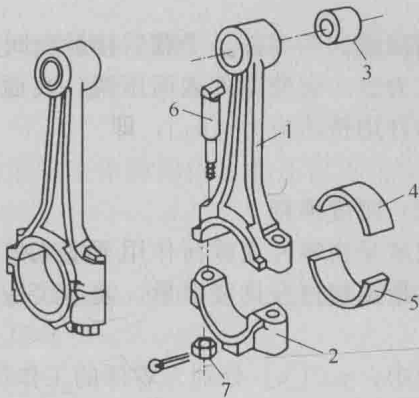


图 0-6 连杆

1—连杆体；2—连杆盖；3—连杆套；
4、5—轴瓦；6—螺栓；7—螺母

于通用部件，汽车转向器则属于专用部件。

知识点二 机械设计的基本准则及一般步骤

1. 机械零件的失效形式及设计计算准则

机械零件在预定的时间内和规定的条件下，不能完成正常的功能，称为失效。

机械零件的失效形式主要有断裂、过大的残余应力、表面磨损、腐蚀、零件表面的接触疲劳和共振等。

机械零件的失效形式与许多因素有关，具体取决于该零件的工作条件、材质、受力状态及其所产生的应力性质等多种因素。即使是同一种零件，由于材质及工作情况不同，也可能出现各种不同的失效形式。如轴工作时，由于受力情况不同，可能出现断裂、过大塑性变形、磨损等失效形式。同一种零件对于不同失效形式的承载能力各不相同。以防止产生各种失效为目的而拟定的零件工作能力计算依据的基本原则称为设计计算准则。机械零件设计时的主要计算准则如下。

(1) 强度

强度是指零件在预期寿命工作中抵抗断裂或过大的残余变形及表面失效的能力，是机械零件必须首先满足的基本要求，可分为整体强度和表面强度两种。

① 整体强度。整体强度的计算准则：零件在危险截面处的最大应力 σ 、 τ 不得超过允许的限度，即

$$\sigma \leq [\sigma], \tau \leq [\tau] \quad (0-1)$$

或

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}}, \tau \leq \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (0-2)$$

式中， σ 、 τ 分别为零件工作时的正应力和切应力； $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ 分别为零件材料的许用正应力和许用剪应力； σ_{lim} 、 τ_{lim} 分别为零件材料的极限正应力和极限切应力； S_{σ} 、 S_{τ} 分别为危险截面的实际安全系数。

② 表面强度。表面强度可分为表面接触强度和表面挤压强度。

若两个零件在受力前后由点接触或线接触变为小表面积接触，且其表面产生很大的局部应力（称为接触应力），这时零件的强度称为表面接触强度（简称接触强度）。表面强度不够，会发生表面损伤。表面接触强度的计算准则：最大接触应力 σ_{H} 不得超过材料的许用接触应力 $[\sigma_{\text{H}}]$ ，即

$$\sigma_H \leq [\sigma_H] \quad (0-3)$$

面接触的两零件，受载后接触面间产生挤压应力，这时零件的强度称为表面挤压强度，挤压应力过大会使零件表面压溃。表面挤压强度的计算准则：表面最大挤压应力 σ_p 不超过材料的许用挤压应力 $[\sigma_p]$ ，即

$$\sigma_p \leq [\sigma_p] \quad (0-4)$$

(2) 刚度准则

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力，其设计准则为零件在工作时产生的弹性变形量不超过允许变形量。表达式是

$$y \leq [y], \theta \leq [\theta], \varphi \leq [\varphi] \quad (0-5)$$

式中， y 、 $[y]$ 分别为零件的工作挠度和许用挠度； θ 、 $[\theta]$ 分别为零件的工作偏转角和许用偏转角； φ 、 $[\varphi]$ 分别为零件的工作扭转角和许用扭转角。

零件的刚度分为整体变形刚度和表面接触刚度两种。

① 整体变形刚度 其是指零件整体在载荷作用下发生的伸长、缩短、挠曲、扭转等弹性变形的程度；

② 表面接触刚度 其是指因两零件接触表面上的微观凸峰，在外载荷作用下发生变形所导致的两零件相对位置变化的程度。

(3) 耐磨性准则

耐磨性是指在载荷作用下相对运动的两零件表面抵抗磨损的能力。

过度磨损会使零件的形状和尺寸改变，配合间隙增大，精度降低，产生冲击振动。

在滑动摩擦下工作的零件，常因载荷大，转速高过度磨损而失效。影响磨损的因素很多，通过限制零件工作面的单位压力和相对滑动速度，进行良好的润滑以及提高零件表面硬度和表面质量来提高耐磨性。用公式表示为

$$p \leq [p] \text{ 和 } pv \leq [pv] \quad (0-6)$$

式中， p 、 $[p]$ 分别为零件工作面上的压强及其许用值； pv 、 $[pv]$ 分别为零件工作面上的压强与滑动速度乘积及其许用值。

(4) 热平衡准则

零件工作时因摩擦产生过多的热量导致润滑剂失去作用，从而使零件不能正常工作。热平衡准则是，根据热平衡条件，工作温度 t 不应超过许用工作温度 $[t]$ ，即

$$t \leq [t] \quad (0-7)$$

(5) 振动稳定性

所谓振动稳定性，就是说在设计时要使机器中受激振作用的各零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 应当错开，即

$$0.85f > f_p \text{ 或 } 1.15f < f_p \quad (0-8)$$

为了提高机械零件的强度，设计时可采用下列措施：

- ① 用强度高的材料；
- ② 使零件具有足够的截面尺寸；
- ③ 合理设计机械零件的截面形状，以增大截面的惯性矩；
- ④ 采用各种热处理和化学处理方法来提高材料的机械强度特性；
- ⑤ 合理进行结构设计，以降低作用于零件上的载荷等。

2. 机械设计的基本要求

虽然不同的机械其功能和外形都不相同，但它们设计的基本要求大体是相同的，机械应满足的基本要求可以归纳为如下几方面。

(1) 功能要求

满足机器预定的工作要求,如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度和平稳性、需要传递的功率,以及某些使用上的特殊要求(如高温、防潮等)。

(2) 安全可靠要求

① 使整个技术系统和零件在规定的外载荷和规定的工作时间内,能正常工作而不发生断裂、过度变形、过度磨损、不丧失稳定性。

② 能实现对操作人员的防护,保证人身安全和身体健康。

③ 对于技术系统的周围环境和人不致造成危害和污染,同时要保证机器对环境的适应性。

(3) 经济性要求

在产品整个设计周期中,必须把产品设计、销售及制造三方面作为一个系统工程来考虑,用价值工程理论指导产品设计,正确使用材料,采用合理的结构尺寸和工艺,以降低产品的成本。设计机械系统和零部件时,应尽可能标准化、通用化、系列化,以提高设计质量、降低制造成本。

(4) 其他要求

机械系统外形美观,便于操作和维修。此外还必须考虑有些机械由于工作环境和要求不同,而对设计提出某些特殊要求,如食品卫生条件、耐腐蚀、高精度要求等。

3. 机械设计的一般程序

机械设计就是建立满足功能要求的技术系统的创造过程。机械设计一般过程如图 0-7 所示。

(1) 明确设计任务

产品设计是一项为实现预定目标的有目的的活动,因此正确地决定设计目标(任务)是设计成功的基础。明确设计任务包括定出技术系统的总体目标和各项具体的技术要求,这是设计、优化、评价、决策的依据。

明确设计任务包括分析所设计机械系统的用途、功能、各种技术经济性能指标和参数范围,预期的成本范围等,并对同类或相近产品的技术经济指标,同类产品的不完善性,用户的意见和要求,目前的技术水平以及发展趋势,认真进行调查研究、收集材料,以进一步明确设计任务。

(2) 总体设计

机械系统总体设计根据机器要求进行功能设计研究。总体设计包括确定工作部分的运动和阻力,选择原动机的种类和功率,选择传动系统,机械系统的运动和动力计算,确定各级传动比和各轴的转速、转矩和功率。总体设计时要考虑到机械的操作、维修、安装、外廓尺寸等要求,确定机械系统各主要部件之间的相对位置关系及相对运动关系,人→机→环境之间的合理关系。总体设计对机械系统的制造和使用都有很大的影响,为此,常需作出几个方案加以分析、比较,通过优化求解得出最佳方案。

(3) 技术设计

技术设计又称结构设计。其任务是根据总体设计的要求,确定机械系统各零部件的材料、形状、数量、空间相互位置、尺寸、加工和装配,并进行必要的强度、刚度、可靠性设计,若有几种方案时,需进行评价决策最后选择最优方案。技术设计时还要考虑加工条件、

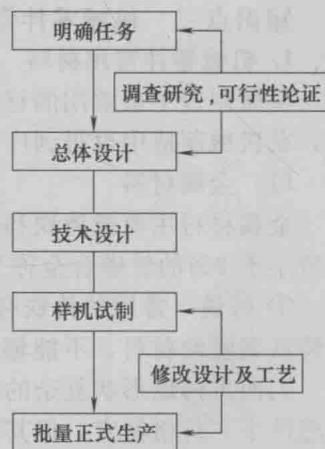


图 0-7 机械设计过程

现有材料、各种标准零部件、相近机器的通用件。技术设计是保证质量、提高可靠性、降低成本的重要工作。技术设计还需绘制总装配图、部件装配图、编制设计说明书等。技术设计是从定性到定量、从抽象到具体、从粗略到详细的设计过程。

(4) 样机试制

样机试制阶段是通过样机制造、样机试验、检查机械系统的功能及整机、零部件的强度、刚度、运转精度、振动稳定性、噪声等方面的性能，随时检查及修正设计图纸，以更好地满足设计要求。

(5) 批量正式生产

批量正式生产阶段是根据样机试验、使用、测试、鉴定所暴露的问题，进一步修正设计，以保证完成系统功能，同时验证各工艺的正确性，以提高生产率、降低成本，提高经济效益。

产品设计过程是智力活动过程，它体现了设计人员的创新思维活动，设计过程是逐步逼近解答方案并逐步完善的过程。设计过程中还应注意几点。

① 设计过程要有全局观点，不能只考虑设计对象本身的问题，而要把设计对象看作一个系统，处理人→机→环境之间的关系。

② 善于运用创造性思维和方法，注意考虑多方案解答，避免解答的局限性。

③ 设计的各阶段应有明确的目标，注意各阶段的评价和优选，以求出既满足功能要求又有最大实现可能的方案。

④ 要注意反馈及必要的工作循环。解决问题要由抽象到具体，由局部到全面，由不确定到确定。

知识点三 机械零件常用材料与选择

1. 机械零件常用材料

机械制造中最常用的材料是钢和铸铁，其次是有色金属合金，非金属材料如塑料、橡胶等，在机械制造中也得到广泛的应用。

(1) 金属材料

金属材料主要指铸铁和钢，它们都是铁碳合金，它们的区别主要在于含碳量的不同。含碳量小于2%的铁碳合金称为钢，含碳量大于2%的称为铁。

① 铸铁 常用的铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、合金铸铁等。其中灰铸铁和球墨铸铁属脆性材料，不能辗压和锻造，不易焊接，但具有适当的易熔性和良好的液态流动性，因而可铸成形状复杂的零件。灰铸铁的抗压强度高，耐磨性、减振性好，对应力集中的敏感性小，价格便宜，但其抗拉强度较钢差。灰铸铁常用作机架或壳座。球墨铸铁强度较灰铸铁高且具有一定的塑性，球墨铸铁可代替铸钢和锻钢用来制造曲轴、凸轮轴、油泵齿轮、阀体等。

② 钢 钢的强度较高，塑性较好，可通过轧制、锻造、冲压、焊接和铸造方法加工各种机械零件，并且可以用热处理和表面处理方法提高力学性能，因此其应用极为广泛。

钢的类型很多，按用途分，钢可分为结构钢、工具钢和特殊用途钢。结构钢可用于加工机械零件和各种工程结构；工具钢可用于制造各种刀具、模具等；特殊用途钢（不锈钢、耐热钢、耐腐蚀钢）主要用于特殊的工况条件下。按化学成分，钢可分为碳素钢和合金钢。碳素钢的性能主要取决于含碳量，含碳量越多，其强度越高，但塑性越低。碳素钢包括普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。普通碳素结构钢（如Q215、Q235）一般只保证机械强度而不保证化学成分，不宜进行热处理，通常用于不太重要的零件和机械结构中。碳素钢的性能主要取决于其含碳量。低碳钢的含碳量低于0.25%，其强度极限和屈服极限较低，塑性很高，

可焊性好，通常用于制作螺钉、螺母、垫圈和焊接件等。含碳量在 0.1%~0.2% 的低碳钢零件可通过渗碳淬火使其表面硬而心部韧，一般用于制造齿轮、链轮等要求表面耐磨而且耐冲击的零件。中碳钢的含碳量在 0.3%~0.5% 之间，它的综合力学性能较好，因此可用于制造受力较大的螺栓、螺母、键、齿轮和轴等零件。含碳量在 0.55%~0.7% 的高碳钢具有高的强度和刚性，通常用于制作普通的板弹簧、螺旋弹簧和钢丝绳。合金结构钢是在碳钢中加入某些合金元素冶炼而成。每一种合金元素低于 2% 或合金元素总量低于 5% 的称为低合金钢。每一种合金元素含量为 2%~5% 或合金元素总含量为 5%~10% 的称为中合金钢。每一种合金元素含量高于 5% 或合金元素总含量高于 10% 的称为高合金钢。加入不同的合金元素可改变钢的力学性能并具有各种特殊性质。例如铬能提高钢的硬度，并在高温时防锈耐酸；镍使钢具有良好的淬透性和耐磨性。但合金钢零件一般都需经过热处理才能提高其力学性能；此外，合金钢较碳素钢价格高，对应力集中亦较敏感，因此只在碳素钢难以胜任工作时才考虑采用。

用碳素钢和合金钢浇铸而成的铸件称为铸钢，通常用于制造结构复杂、体积较大的零件，但铸钢的液态流动性比铸铁差，且其收缩率比铸铁件大，故铸钢的壁厚常大于 10mm，其圆角和不同壁厚的过渡部分应比铸铁件大。表 0-1 是常用的金属材料的力学性能。

表 0-1 常用钢铁材料的力学性能

材 料		力 学 性 能		
名称	牌号	抗拉强度 $\sigma_b / (\text{N}/\text{mm}^2)$	屈服强度 $\sigma_s / (\text{N}/\text{mm}^2)$	硬度 /HBS
普通碳素结构钢	Q215	335~410	215	
	Q235	375~460	235	
	Q255	410~510	255	
	Q275	490~610	275	
优质碳素结构钢	20	410	245	156
	35	530	315	197
	45	600	355	220
合金结构钢	18Cr2Ni4W	118	835	260
	35SiMn	785	510	229
	40Cr	981	785	247
	40CrNiMo	980	835	269
	20CrMnTi	1079	834	≤217
	65Mn	735	430	285
铸钢	ZG230-450	450	230	≥130
	ZG270-500	550	270	≥143
	ZG310-570	570	310	≥153
灰铸铁	HT150	145	—	150~200
	HT200	195	—	170~220
	HT250	240	—	190~240
球墨铸铁	QT450-10	450	310	160~210
	QT500-7	500	320	170~230
	QT600-3	600	370	190~270
	QT700-2	700	420	225~305