



机械设计基础

● 主编 颜志勇

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



机械设计基础

主 编 颜志勇

副主编 张 坤 刘 靖

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据高等教育人才培养的目标,按照教育部《关于高等教育机械设计基础课程教学的基本要求》和最新标准,遵循课程内容的内在联系和对事物的认识规律等编写而成,在编写过程中着重考虑了当今高等院校学生的特点,以项目制作为主线的适合学习、突出应用的教材。

全书共分9个模块,包括以汽车零部件为项目的机械设计基础概述、以塔吊机构的设计与制作为项目的力学与应用、以雨刮器机构设计与制作为项目的平面机构、以摆翅迎宾鸟机构设计与制作为项目的凸轮与间歇机构、以起重绞车的设计与制作为项目的齿轮与轮系、以台钳定心夹紧机构设计与制作为项目的螺旋机构、以手工自行车设计与制作为项目的挠性传动,以减速器轴的设计与制作为项目的支承与连接、以仿生机器人设计与制作为项目的机械创新设计等内容;将机械原理与机械零件的内容结合在一起,以项目设计与制作为主线,加入知识导图设计、基于设计与制作的任务驱动过程记录,每章后有项目总结及知识测验,供学生思考与练习。

本书可作为高等院校机械及近机械类专业基础课程的教材,也可供工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 颜志勇主编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 10

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3242 - 5

I. ①机… II. ①颜… 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 (2016) 第 245370 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 361 千字

版 次 / 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 张旭莉

文案编辑 / 党选丽

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

机械设计基础是高等教育制造大类专业的主干课程。为了推动课程教学改革,适应机械设计基础教学的需要,按照课程在专业知识能力结构中的地位和课程教学目标,以提高学生的综合职业能力为宗旨,基于 CDIO (Conceive——构思、Design——设计、Implement——实现和 Operate——运作)的工程教育理念,改变传统的教学模式,经过几年的研究、探索和实践,通过教学团队的不断修改,编写了本书。

本书以产品、过程和系统的构思、设计、实施、运行全生命周期为背景的教育理念为载体,以 CDIO 教学大纲和标准为基础,让学生以主动的、实践的、课程之间具有有机联系的方式学习和获取一定的工程能力,包括个人的科学和技术知识、终身学习能力、交流和团队工作能力以及在社会和企业环境下建造产品的能力。

当我们面对教学时,重要的是要记住有些事情是一定要重视的,比如,学生是由激情、好奇心、参与和梦想驱动的。尽管我们不可能准确地知道应该教给他们什么,但我们能够把注意力集中在他们学习的环境和背景,他们的动力、想法、灵感,为他们提供充分展示自己的空间;另一个不变的是要求学生打下一个坚实的科学、工程原理和分析能力的基础。

全书共分九个项目,包括以汽车零部件为项目的机械设计基础概述、以塔吊机构的设计与制作为项目的力学与应用、以雨刮器机构设计与制作为项目的平面连杆机构、以摆翅迎宾鸟机构设计与制作为项目的凸轮与间歇机构、以起重绞车的设计与制作为项目的齿轮与轮系、以台钳定心夹紧机构设计与制作为项目的螺旋机构、以手工自行车设计与制作为项目的挠性传动,以减速器轴的设计与制作为项目的支承与连接、以仿生机器人设计与制作为项目的机械创新设计等内容;将机械原理与机械零件的内容结合在一起,以项目设计与制作为主线,加入知识导图设计,基于设计与制作的驱动过程记录,每章后有项目总结及知识测验,供学生思考与练习。

本课程建议采用的方式有:工作坊教学、团队项目、挑战性项目、开放式(无预设答案)问题的解决、基于经验的学习、参与学习等;在知识获取方面,建议采用心智图法、学习报告等方式,使学生能够主动地学习。

本书由颜志勇担任主编,张坤、刘靖担任副主编,由颜志勇统稿,任丕顺担任主审;参与本书编写的还有宁智群、李思思、李升、艾金山、施蓉、向国平等课程团队成员。

本书的编写也是课程改革的探索,加之编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不当之处,恳请专家、同行、读者批评指正,以便不断改进和完善,编者电子信箱:yanzhiy8474@sina.com。

编 者

目 录

项目一 机械设计基础概论	1
一、项目载体	1
二、学习目标	2
三、相关知识	2
知识点1 机械的组成	2
知识点2 本课程研究的对象和任务	4
知识点3 机械零件的失效形式及设计准则	4
知识点4 机械零件常用材料及其选用	5
知识点5 机械设计的基本要求及程序	9
四、项目总结	11
五、知识测验	12
项目二 力学与应用	14
一、项目载体	14
二、学习目标	15
三、相关知识	15
知识点1 绘制构件的受力图	15
知识点2 分析平面汇交力系	27
知识点3 分析平面力偶系	32
知识点4 机械零件的工作能力分析	33
四、项目总结	47
五、知识测验	48
项目三 平面连杆机构	50
一、项目载体	50
二、学习目标	51
三、相关知识	51
知识点1 运动副	51
知识点2 平面机构运动简图	53
知识点3 平面机构的自由度	55
知识点4 铰链四杆机构的基本形式和特性	58
知识点5 铰链四杆机构的演化	61
四、项目总结	64
五、知识测验	65

项目四 凸轮与间歇机构	67
一、项目载体	67
二、学习目标	68
三、相关知识	68
知识点1 凸轮机构	68
知识点2 从动件的常用运动规律	71
知识点3 设计凸轮机构	74
知识点4 棘轮机构	80
知识点5 槽轮机构	83
知识点6 凸轮式间歇运动机构	84
知识点7 不完全齿轮机构	85
四、项目总结	87
五、知识测验	88
项目五 齿轮与轮系	90
一、项目载体	90
二、学习目标	91
三、相关知识	91
知识点1 齿轮传动	91
知识点2 齿廓啮合基本定律	93
知识点3 渐开线及渐开线齿廓	94
知识点4 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和几何尺寸计算	96
知识点5 渐开线直齿圆柱齿轮传动分析	99
知识点6 渐开线直齿圆柱齿轮的加工	101
知识点7 直齿圆柱齿轮强度设计	104
知识点8 斜齿圆柱齿轮传动	113
知识点9 圆锥齿轮传动	118
知识点10 齿轮的结构	122
知识点11 齿轮传动的润滑	124
知识点12 蜗杆传动	125
知识点13 认识轮系	128
知识点14 轮系的传动比计算	131
知识点15 轮系的应用	135
四、项目总结	139
五、知识测验	140
项目六 螺旋机构	143
一、项目载体	143
二、学习目标	144
三、相关知识	144
知识点1 螺纹	144

知识点 2 螺纹连接	153
四、项目总结	164
五、知识测验	166
项目七 挠性传动	167
一、项目载体	167
二、学习目标	168
三、相关知识	169
知识点 1 带传动	169
知识点 2 普通 V 带传动设计	173
知识点 3 带传动的张紧装置及维护	178
知识点 4 履带传动简介	181
知识点 5 链传动的特点和类型	181
知识点 6 滚子链传动的设计	182
四、项目总结	188
五、知识测验	189
项目八 支承与连接	190
一、项目载体	190
二、学习目标	191
三、相关知识	192
知识点 1 轴的类型	192
知识点 2 轴的强度计算	194
知识点 3 滚动轴承的结构及类型	196
知识点 4 滚动轴承的失效形式及寿命计算	202
知识点 5 键连接、花键连接和销连接	206
知识点 6 联轴器、离合器和制动器	210
四、项目总结	216
五、知识测验	217
项目九 机械创新设计	219
一、项目载体	219
二、学习目标	220
三、相关知识	220
知识点 1 创新原理	220
知识点 2 创造创新技法	223
知识点 3 机构的组合、演化与创新设计	227
知识点 4 执行构件能实现的运动或功能	230
四、项目总结	231
五、知识测验	232
附录 机械设计名词术语中英文对照表	233
参考文献	238

项目一 机械设计基础概论



项目一配套资源

一、项目载体

汽车零部件拆解制作

Auto Parts Dismantling Production

(一) 任务描述

“汽车零部件拆解”，学习机械设计基础概论，区分机器与零件等概念，设计并制作一张汽车零部件拆解图，如图 1-1 所示，并对每个部件进行命名和描述。每个学习小组设计时取不同的汽车种类，要求表达准确、制作精美、图面美观。

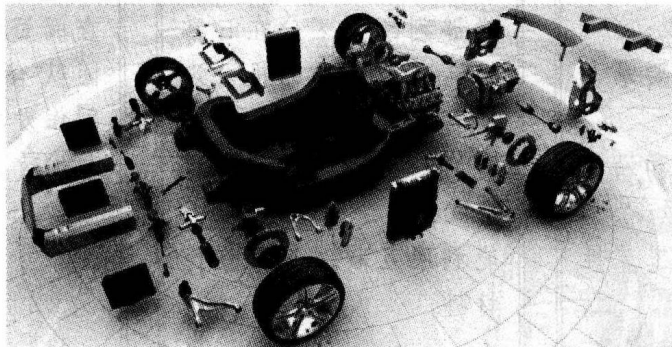


图 1-1 汽车零部件拆解图

(二) 项目任务完成步骤

①指定一辆汽车；
②寻找该汽车的拆解图；
③按照一定的顺序给每个部件分类；

④制定该汽车的拆解图；

⑥制作答辩 PPT，准备作品解说词。

(三) 项目任务成果清单

1. 汽车拆解图
2. 汽车拆解图作品展示会 PPT
3. 汽车拆解图展示会评分成果

二、学习目标

知识目标

机器及其基本组成；
 机械设计的基本要求与一般过程；
 零件的失效形式和设计准则、材料及选择；
 机械零件的机构工艺性及标准化；
 机械的磨损、摩擦与润滑。

能力目标

能够判断并区分在日常生
 活中所遇见的机电设备各
 部件的作用与连接方式，
 以及动力传递方式；
 能利用互联网工具查找材
 料。

素质目标

查阅资料的严谨态度；
 团队合作、精益求精；
 制作发布会 PPT 的全面
 与细致。

三、相关知识



知识点 1 机械的组成

人类为了满足生产和生活的需要，设计和制造了类型繁多、功能各异的机器。机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料和信号，如内燃机、电动机、洗衣机、机床、汽车、起重机、各种食品机械等。机械的种类很多，其用途、性能、构造、工作原理各不相同，通常一台完整的机器包括以下三个基本部分：

(1) 动力部分。其功能是将其他形式的能量变换为机械能（如内燃机和电动机分别将

热能和电能变换为机械能)。原动部分是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。

(2) 工作部分(或执行部分)。其功能是利用机械能去变换或传递能量、物料、信号,如发电机把机械能变换成为电能,轧钢机可变换物料的外形等。

(3) 传动部分。其功能是把原动机的运动形式、运动和动力参数转变为工作部分所需的运动形式、运动和动力参数。

以上三部分都必须安装在支承部件上。为了使三个基本部分协调工作,并准确、可靠地完成整体功能,必须增加控制部分和辅助部分。

所有的机器都是由许多机械零件组合而成的。机械零件可分为两大类:一类是在各种机器中经常能用到的零件,称为通用零件,如齿轮、链轮、蜗轮、螺栓、螺母等,另一类则是在特定类型的机器中才能用到的零件,称为专用零件,如内燃机的曲轴、汽轮机叶片等。根据机器功能和结构的要求,某些零件需固联成没有相对运动的刚性组合,成为机器中独立运动的单元,通常称为构件。构件与零件的区别在于:构件是运动的基本单元,而零件是加工单元。如图1-2所示内燃机的连杆由连杆体1、连杆盖4、螺栓2以及连杆螺母3等4个零件组成,构成一个运动整体。

若从运动的观点来研究机器,机器由机构组成,机构由若干构件组成,各构件之间具有确定的相对运动;机构通常指传递运动的机械。一部机器可以包含一个机构(如电动机),也可以包含几个机构,如图1-3所示的单缸四冲程内燃机包含由齿轮9、齿轮10组成的齿轮机构,由曲柄6、活塞连杆5、活塞2组成的曲柄滑块机构,由凸轮8、从动杆7组成的凸轮机构等。

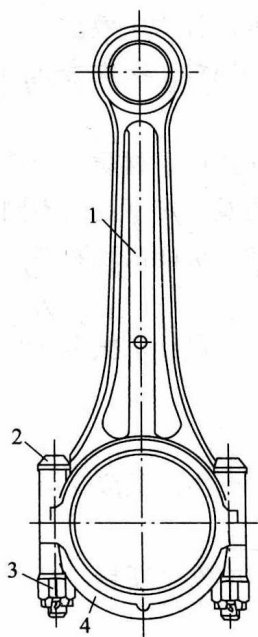


图1-2 内燃机的连杆

1—连杆体; 2—连杆螺栓;
3—连杆螺母; 4—连杆盖

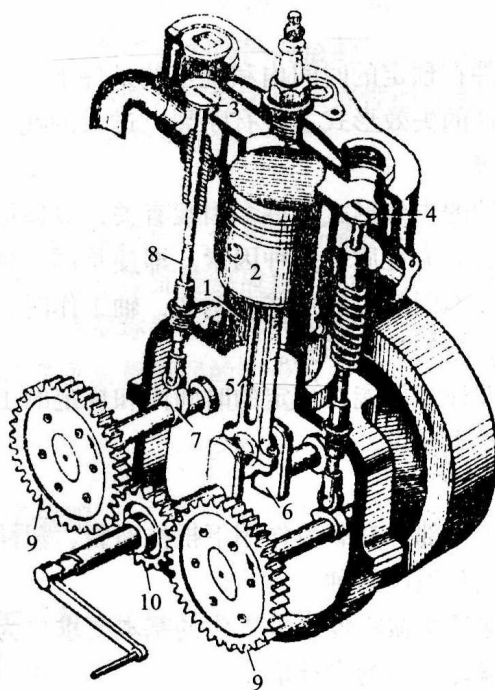


图1-3 内燃机

1—气缸体; 2—活塞; 3—排气门; 4—进气门; 5—活塞连杆;
6—曲柄; 7—凸轮轴; 8—从动杆; 9, 10—齿轮

知识点2 本课程研究的对象和任务

机械设计基础是工科院校中一门重要的技术基础课。课程主要介绍机械中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。项目三和项目四主要介绍机械中的常用机构（连杆机构、凸轮机构等）的工作原理；项目五和项目七主要介绍常用传动件（齿轮传动、蜗杆传动、挠性传动）的设计；项目六和项目八主要介绍连接件（如螺纹连接、键连接、销连接及其他类型连接）和弹簧的设计及选用，项目八的内容还有轴系零部件（轴、轴承、联轴器、离合器）的设计及选用；项目九主要介绍机械创新的原理、技法、设计等。此外，还扼要地介绍了国家标准和有关规范。这些常用机构和通用零件的工作原理、设计理论和计算方法，对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。本课程的内容可为学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。本课程的主要任务是培养学生，使他们具备以下能力：

- (1) 掌握常用机构和通用零件的工作原理和结构特点，使学生具有设计机械传动装置和简单机械的能力。
- (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，得到实验技术的基本训练。

知识点3 机械零件的失效形式及设计准则

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、过大的残余应变、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、受载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，由于其材质及工作情况的不同，也可能出现各种不同的失效形式。例如，轴工作时，由于受载情况不同，可能出现断裂、过大塑性变形、磨损等失效形式。

为了使设计零件能在预定的时间内和规定的工作条件下正常工作，设计机械零件时应满足下面几项基本要求。

1. 强度

强度是指零部件在载荷作用下抵抗断裂、塑性变形及表面失效的能力。强度又分为整体强度和表面接触强度两种。

强度是保证机械零件正常工作的基本要求。为了避免零件在工作中发生断裂，必须使零件在工作时满足下面的设计准则：

$$\sigma \leq [\sigma]$$

或

$$\tau \leq [\tau]$$

式中 σ ——零件工作时的正应力；

$[\sigma]$ ——零件材料的许用正应力；

τ ——零件工作时的剪应力；

$[\tau]$ ——零件材料的许用剪应力。

为了提高机械零件的强度，设计时可采取下列措施：

- (1) 采用强度高的材料。
- (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. 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。若零件刚度不够，将产生过大的挠度或转角而影响机器正常工作，例如若车床主轴的弹性变形过大，会影响其加工精度，为了使零件具有足够的刚度，在设计时必须满足下面的设计准则：

$$y \leq [y]$$

$$\theta \leq [\theta]$$

$$\varphi \leq [\varphi]$$

式中 y 、 θ 、 φ ——零件工作时的挠度、偏转角和扭转角；

$[y]$ 、 $[\theta]$ 、 $[\varphi]$ ——零件的许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

3. 寿命

机械零件应有足够的寿命。影响零件寿命的主要因素有腐蚀、磨损和疲劳，但至今还没有提出实用且有效的腐蚀寿命计算方法，因此，也无法列出腐蚀寿命的计算准则。而磨损寿命的计算目前也没有简单、可靠的定量计算方法，因此，只能采取条件性的计算。至于疲劳寿命，通常是用算出使用寿命时的疲劳极限来作为计算的依据。

4. 可靠性

满足强度和刚度要求的一批相同的零件，由于零件的工作应力是随机变量，因此，在规定的工作条件下和规定的使用期限内，并非所有的零件都能完成规定的功能，零件在规定的工作条件下和规定的使用时间内完成规定功能的概率称为该零件的可靠度。可靠度是衡量零件工作可靠性的一个特征量，不同零件的可靠度要求是不同的。设计时应根据具体零件的重要程度选择适当的可靠度。



知识点4 机械零件常用材料及其选用

机械零件的材料是多种多样的，最常用的材料是铸铁和钢，其次是有色金属合金，非金属材料如塑料、橡胶等，这些材料在机械零件制造中也得到了广泛的应用。从各种各样的材料中选择出合适的材料和热处理方式，是机械设计中的一个重要问题，也是一个受到多方面因素制约的问题。

1. 金属材料

金属材料主要指铸铁和钢，它们都是铁碳合金，其区别主要在于含碳量不同。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体。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、焊接和铸造等方法加工各种机械零件，并且可以用热处理和表面处理的方法提高机械性能，因此其应用极为广泛。

钢的类型很多，按用途可分为结构钢、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（如不锈钢、耐热钢、耐腐蚀钢）主要用于特殊的工况条件下。

按化学成分还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。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。含碳量为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。中碳钢的含碳量为0.3%~0.5%，其综合力学性能较好，因此可用于制造受力较大的螺栓、螺母、键、齿轮和轴等零件。含碳量为0.55%~0.70%的高碳钢具有较高的强度和刚性，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的。其中，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以改变钢的机械性能并使其具有各种特殊性质。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机械性能；此外，合金钢较碳素钢价格更高，对应力集中也较敏感，因此，只有在碳素钢难以胜任的工况时才考虑采用。

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，且其收缩率比铸铁大，所以铸钢件的壁厚常大于10 mm，其圆角和不同壁厚的过渡部分应比铸铁件大。表1-1所示为常用金属材料的机械性能。

表 1-1 常用金属材料的机械性能

材 料		机械性能		
名称	牌号	抗拉强度 σ_b / ($N \cdot mm^{-2}$)	屈服强度 σ_s / ($N \cdot mm^{-2}$)	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	1 079	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

3) 有色金属合金

有色金属合金具有良好的减摩性、跑合性、抗腐蚀性、抗磁性、导电性等特殊的性能，在工业中应用最广泛的是铜合金、轴承合金和轻合金，但有色金属合金比黑色金属价格贵。铜合金有青铜与黄铜之分，黄铜是铜与锡的合金，它具有较好的塑性和流动性，能辗压和铸造成各种机械零件。青铜有锡青铜和无锡青铜两类，其减摩性和抗腐蚀性均较好。轴承合金（巴氏合金）为铜、锡、铅、锑的合金，其减摩性、导热性、抗胶合性均较好，但强度低且价格较贵，主要用于制作滑动轴承的轴承衬。

2. 非金属材料

非金属材料是现代工业和高技术领域中不可缺少且占有重要地位的材料，非金属材料包括除金属材料以外的几乎所有的材料。机械制造中应用的非金属材料种类很多，有橡胶、塑料、复合材料、陶瓷、木料、毛毡、皮革、棉丝等。这里主要介绍前面几种。

1) 橡胶

橡胶富有弹性，具有较好的缓冲、减振、耐热、绝缘等性能，常用作联轴器和减振器的弹性装置、橡胶带及绝缘材料等。

2) 塑料

塑料是高分子合成材料工业中生产最早、发展最快、应用最广的材料。塑料密度小，易制成形状复杂的零件，而且不同的塑料具有不同的特点，如耐蚀性、减摩耐磨性、绝热性、抗振性等。常用塑料包括聚氯乙烯、聚烯烃、聚苯乙烯、酚醛和氨基塑料。工程塑料包括聚甲醛、聚四氟乙烯、聚酰胺、聚碳酸酯、ABS、尼龙、MC 尼龙、氯化聚醚等。目前某些齿轮、蜗轮、滚动轴承的保持架和滑动轴承的轴承衬均有使用塑料制造的。一般工程塑料的耐热性能较差，而且易老化从而使其性能逐渐变差。

3) 复合材料

复合材料是将两种或两种以上不同性质的材料通过不同的工艺方法人工合成多相的复合材料，它既可以保持组成材料各自原有的一些最佳特性，又具有组合后的新特性，这样就可以根据零件对材料性能的要求进行材料配方的优化组合。复合材料主要由增强材料和基体材料组成。还有一类是通过加入各种短纤维的功能复合材料，如导电性塑料、光导纤维、绝缘材料等。近年来从材料的功能与复合目的出发，应用于光、热、电、阻尼、润滑、生物等方面的新复合材料不断问世，复合材料的应用范围正得到不断地扩大。

4) 陶瓷

陶瓷材料具有较高的熔点，在高温下有较好的化学稳定性，适宜用作高温材料。一般超耐热合金使用的温度界限为 $950\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而陶瓷材料的使用温度界限为 $1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，因此现代机械装置特别是高温机械部分，使用陶瓷材料将是一个重要的研究方向。此外，高硬度的陶瓷材料，具有摩擦系数小、耐磨、耐化学腐蚀、密度小、线膨胀系数小等特性，因此可应用于高温、中温、低温领域及精密加工的机械零件，也可以用作电机零件。以机械装置为代表使用的陶瓷材料叫作工程陶瓷。

表 1-2 所示为机械设计中各种零件的常用材料。

表 1-2 机械设计中各种零件的常用材料

零件	常用材料	特 性
轴	碳素钢	应力集中敏感性小，价格低廉，是最常用的轴材料
	合金钢	强度、刚度均得到提高，机械性能、热处理性能均较好
	铸铁	可选用球墨铸铁或高强度铸铁，应力集中不敏感
齿轮	钢	一般零件用锻钢（常用的有碳钢、合金钢），大尺寸零件用铸钢
	铸铁	适用于开式齿轮

续表

零件	常用材料	特 性
蜗杆传动	碳钢、合金钢	蜗杆细长, 需要一定的强度和刚度
	铜合金、铸铁	蜗轮的轮缘需要耐磨
带传动	铸铁	带轮常用材料
螺纹连接	中碳钢、低碳钢	螺栓常用材料
	中碳钢	螺母常用材料
轴承	有色金属的合金钢或者非金属材料	滑动轴承、轴瓦常用材料
	铬锰高碳钢	轴承内外圈、滚动体常用材料
	低碳钢板、铜合金	保持架常用材料, 较软材料

3. 机械材料选用的原则

从各种各样的材料中选择出合适的材料是一项受多方面因素制约的工作, 通常应考虑下面的原则。

1) 载荷的大小和性质, 应力的分布状况

对于承受拉伸载荷为主的零件宜选用钢材, 承受压缩载荷的零件应选用铸铁。脆性材料原则上只适用于制造承受静载荷的零件, 承受冲击载荷的零件应选择塑性材料。

2) 零件的工作条件

在腐蚀介质中工作的零件应选用耐腐蚀材料, 在高温下工作的零件应选用耐热材料, 在湿热环境下工作的零件, 应选用防锈性能好的材料, 如不锈钢、铜合金等。零件在工作中有可能发生磨损之处, 要提高其表面硬度, 以增强耐磨性, 应选择适于进行表面处理的淬火钢、渗碳钢、氮化钢。金属材料的性能可通过热处理和表面强化(如喷丸、滚压等)来提高和改善, 因此要充分利用热处理和表面处理的工艺来发挥材料的潜力。

3) 零件的尺寸及质量

零件尺寸的大小及质量的好坏与材料的品种及毛坯制取的方法有关, 对外形复杂、尺寸较大的零件, 若考虑用铸造毛坯, 则应选用适合铸造的材料; 若考虑用焊接毛坯, 则应选用焊接性能较好的材料; 尺寸小、外形简单、批量大的零件, 适于冲压和模锻, 所选材料就应具有较好的塑性。

4) 经济性

选择零件材料时, 当选用价格低廉的材料能满足使用要求时, 就不应选择价格高的材料, 这对于大批量制造的零件尤为重要, 此外还应考虑加工成本及维修费用等。为了减少供应和储存的材料品种, 对于小批量制造的零件, 应尽可能减少同一部设备上使用材料的品种和规格, 使综合经济效益达到最高。

知识点 5 机械设计的基本要求及程序

1. 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, 但其设计的基本要求是大体相同的。机械应满

足的基本要求可以归纳为以下几个方面。

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员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

在产品的整个设计周期中，必须把产品的设计、销售及制造三个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，并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

机械系统应外形美观，便于操作和维修。此外，还必须考虑到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。

2. 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。机械设计的一般过程如图 1-4 所示。

1) 明确设计任务

产品设计是一项为实现预定目标而进行的有目的的活动，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、参数范围和预期的成本范围等，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，认真地进行调查研究、收集材料，从而进一步明确设计任务。

2) 总体设计

机械系统总体设计是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，计算机械系统的运动和动力，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，以及人、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。

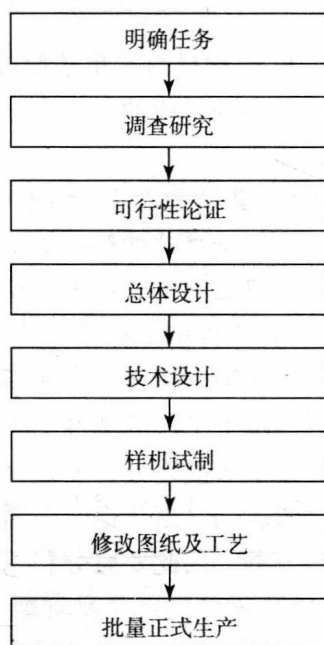


图 1-4 机械设计的一般过程