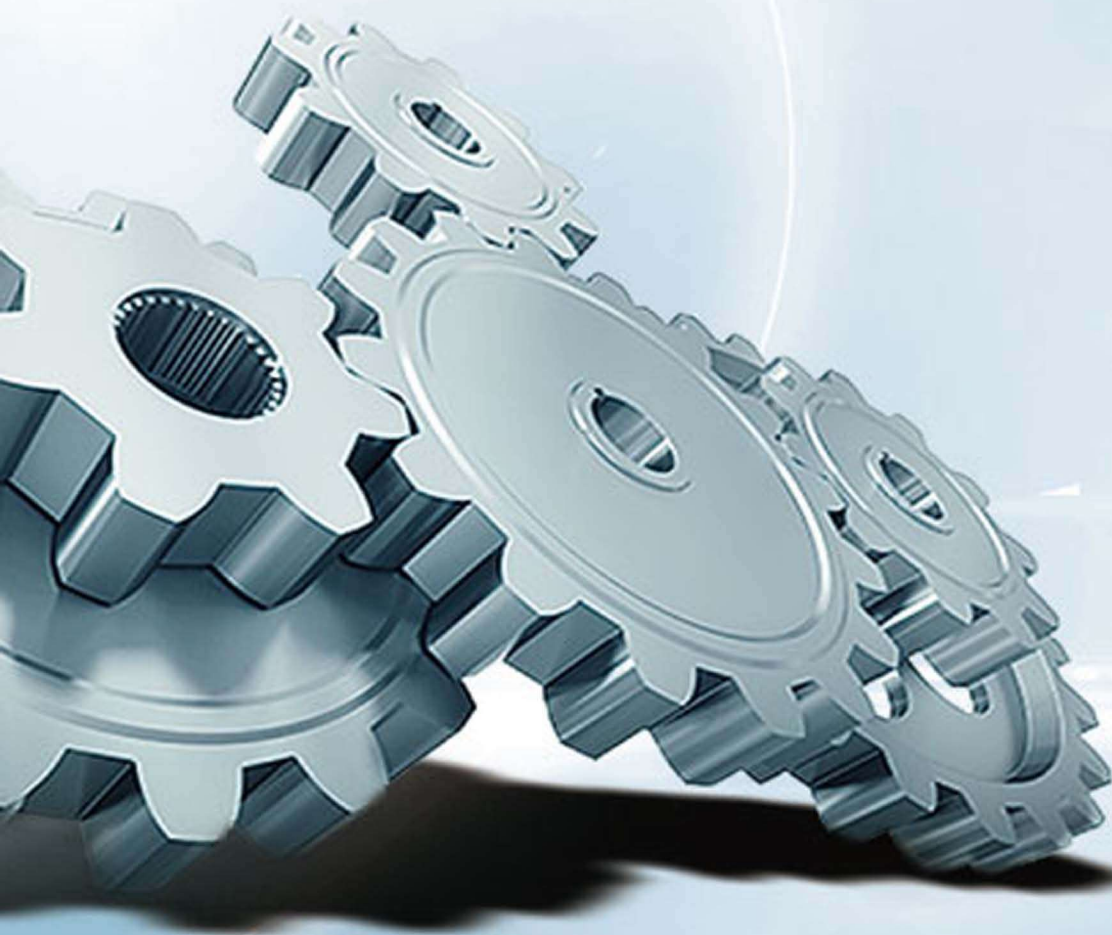




全国职业教育“十三五”规划教材  
机械专业“项目一体化”创新型教材

# 机械基础

主编 刘小娟 陈云东 于天秀



 电子科技大学出版社  
University of Electronic Science and Technology of China Press

# 机械基础

主 编 刘小娟 陈云东 于天秀

 电子科技大学出版社  
University of Electronic Science and Technology of China Press

图书在版编目 ( CIP ) 数据

机械基础 / 刘小娟, 陈云东, 于天秀主编.

——成都: 电子科技大学出版社, 2019.5

ISBN 978-7-5647-6821-8

I . ①机… II . ①刘… ②陈… ③于… III . ①机械学—教材 IV . ① TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 064173 号

**机械基础**

**JIXIEJICHU**

刘小娟 陈云东 于天秀 主编

策划编辑 罗 丹

责任编辑 罗 丹

特邀编辑 朱 丹

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 三河市三佳印刷装订有限公司

成品尺寸 210mm × 285mm

印 张 16.5

字 数 396 千字

版 次 2019 年 5 月第 1 版

印 次 2019 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-6821-8

定 价 49.90 元

版权所有, 侵权必究

# 编 委 会

---

主 编 刘小娟 陈云东 于天秀

副主编 吴新华

## 内 容 简 介

本书是以教育部颁布的机械类“机械基础”教学大纲为依据,围绕培养目标,注重基础理论知识与基础应用相结合。本书内容包括杆件的静力分析、直杆的基本变形、工程材料、连接、常用机构、机械传动、支承零部件、机械环保与安全防护、机械零件的精度、气压传动与液压传动。全书图文并茂、通俗易懂、精练实用、通用性强。

本书在编写过程中,结合了新一轮课程改革的指导思想,体现了以能力为本位的职教理念,从机械类专业学生毕业后从事的就业岗位(群)必备的机械基础知识出发,对相关的传统课程内容进行了较大整合,简化了原理的阐述,删除了繁冗的计算,突出了能力的培养。本书可作为中等职业学校机电技术应用专业、数控技术应用专业等机电类相关专业的教学用书,也可作为有关行业的岗位培训教材及相关人员的自学用书。

# 前 言

“机械基础”是中等职业学校机械类及工程技术类相关专业的一门基础课程。通过对本课程的学习能使學生掌握必备的机械基本知识和基本技能，懂得机械的工作原理，了解机械工程材料的性能，准确表达机械的技术要求，正确操作和维护机械设备；培养学生分析问题和解决问题的能力，使其养成良好的学习习惯，具备继续学习专业技术的能力；对学生进行职业意识培养和职业道德教育，使其形成严谨、敬业的工作作风，为今后解决生产实际问题和职业生涯的发展奠定基础。

本书编写的指导思想是紧扣大纲、强调基础、图表呈现、通俗实用。

本书根据当前职业教育改革的新理念、新模式，针对目前职业教育及生源现状，以项目的形式重构教材内容，使理论知识与基本技能相融合，并通过任务目标、课程导入、知识链接、知识拓展等环节，引导学生循序渐进地学习，激发学生的学习兴趣，便于学生知识的建构。

本书图文并茂、言简意赅、通俗易懂、贴近实际。将传统教材中大量冗余繁琐的知识内容表格化、图片化，减少了过多的理论阐述和逻辑推导过程，提升了教材的直观性和可读性。

本书体现以能力为本位的职教理念。删除与学生将来从事的工作相关度不大的纯理论性的教学内容以及繁冗的计算，以学生的“行动能力”为出发点组织教材，突破此类传统教材只重视理论知识传授、忽视技能的做法，有机地将理论与实际应用融合，使学生在掌握机械基础知识的同时，掌握必备的机械操作基础技能。

为能更好地提升教学质量，本教材配有方便教学的PPT课件、多媒体资源等，以便教师教学和学生练习使用。

本教材由具有多年企业工作经验后从教的武汉市交通学校高级工程师刘小娟为主编，工程师吴新华为副主编。

由于编者水平有限，书中错漏不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

绪论	1
项目一 杆件的静力分析	11
任务一 力的概念	12
任务二 构件受力图	22
项目二 直杆的基本变形	28
任务一 直杆的轴向拉伸与压缩	29
任务二 材料的力学性能	32
任务三 连接件的剪切与挤压	34
任务四 圆轴扭转	37
任务五 直梁弯曲	39
项目三 工程材料	41
任务一 黑色金属材料	42
任务二 有色金属材料	58
任务三 工程材料的选择与运用	64
项目四 连接	67
任务一 键连接	68
任务二 销连接	76
任务三 螺纹连接	80
任务四 联轴器	101

<b>项目五 机构</b> .....	<b>108</b>
任务一 平面机构的组成.....	109
任务二 平面四杆机构.....	112
任务三 凸轮机构.....	123
<b>项目六 机械传动</b> .....	<b>130</b>
任务一 带传动.....	131
任务二 链传动.....	145
任务三 齿轮传动.....	151
任务四 蜗杆传动.....	165
任务五 轮系与减速器.....	172
<b>项目七 支承零部件</b> .....	<b>184</b>
任务一 轴.....	185
任务二 滑动轴承.....	195
任务三 滚动轴承.....	200
<b>项目八 机械的节能环保与安全防护</b> .....	<b>212</b>
任务一 摩擦、磨损和润滑.....	213
任务二 机械密封.....	221
任务三 机械环保与安全防护.....	223
<b>项目九 气压传动与液压传动</b> .....	<b>227</b>
任务一 气压传动与液压传动的工作原理.....	228
任务二 气压传动.....	234
任务三 液压传动.....	238
<b>参考文献</b> .....	<b>253</b>

# 绪论

## 项目目标

- 了解机械的组成。
- 了解机械零件的材料、结构和承载能力。
- 了解本课程的任务和学习要求。



## 课程导入

在生活中，汽车、摩托车、机器人已进入我们的生活，它们能给我们带来很多便利。但是究竟什么是机器？它有哪些特征？机器和机械有何关系呢？

## 知识准备

### 一、认识机器与机构

#### 1. 机器

机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料和信息。机器的种类很多，构造、用途和功能也各不相同，但它们都有一些共同的特征：

**特征一** 任何机器都是人为实物的组合体。如图0-1-1所示的单缸发动机，它由曲轴、连杆、活塞、气缸、机体等许多的实物组成。

**特征二** 组成机器的各部分之间具有确定的相对运动。如图0-1-1所示，活塞在气缸中的往复运动，可变为曲轴相对于两端轴承的连续转动。

**特征三** 所有机器都能做有效的机械功或可进行能量转换，代替或减轻人类的劳动。例如，汽车发动机把燃烧燃料产生的热能转换成机械能，通过传动系将动力传给汽车车轮，最终驱动汽车行驶。

#### 2. 机构

机构是用来传递运动和动力的构件系统，如图0-1-2所示。机构具有机器的前两大特征，但没有第三个特征，即不能单独做机械功和实现能量转换。

机器由机构组成，机器的主要功用是利用机械能做功或实现能量转换；机构的主要功用是传递或转变运动的形式。

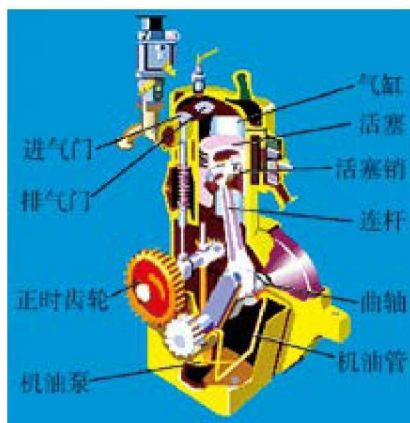
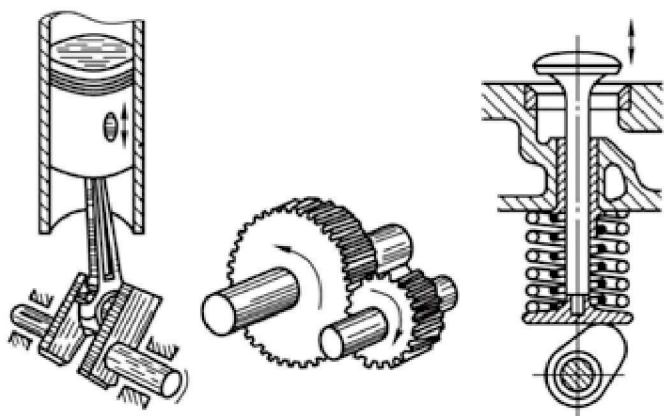


图0-1-1 单缸发动机



(a) 连杆机构 (b) 齿轮机构 (c) 凸轮机构

图0-1-2 发动机主要机构的组成



### 3. 构件与零件

构件是机构中的运动单元，是相互间能做相对运动的物体。如图0-1-3所示的连杆这一构件，是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母装配成的一个整体。连杆体、连杆盖、螺栓、螺母等称为机械零件，简称为零件。

零件是构件的组成部分，是机械中制造的单元，如图0-1-4所示的曲轴。



图0-1-3 连杆



图0-1-4 曲轴

由于机械功用和类型的日益增多，作为组成机械最基本单元的零件更是多种多样，通常把机械零件分为通用机械零件和专用机械零件两大类。

#### (1) 通用机械零件

指在各类机械中具有同一功用和性能、并经常使用的零件。按照用途可分为以下几种：

① 联接零件：铆钉（如图0-1-5所示）、螺栓（如图0-1-6所示）、键、螺钉等。



图0-1-5 铆钉



图0-1-6 螺栓

② 传动零件：如带（如图0-1-7所示）、链（如图0-1-8所示）、齿轮等。

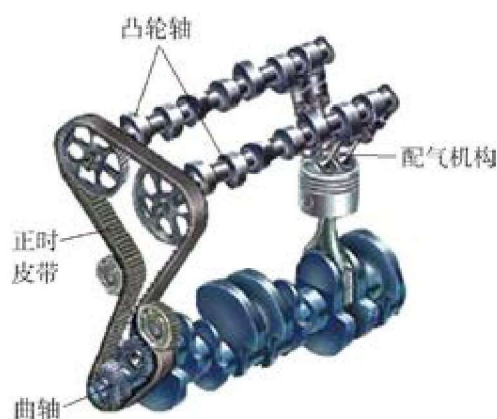


图0-1-7 带传动

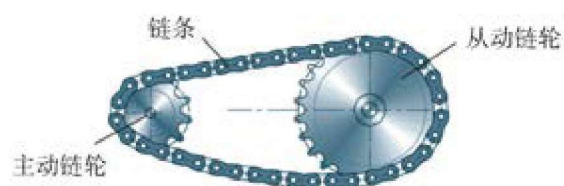


图0-1-8 链传动



③ 转动零件：如轴（如图0-1-9所示）、轴承（如图0-1-10所示）等。



图0-1-9 轴



图0-1-10 轴承

(2) 专用零件

指只适用于一定类型或者特殊机械的零件，具有专门的功用及性能。如发动机活塞（如图0-1-11所示）、风扇的叶片（如图0-1-12所示）、起重机的吊钩、卷筒、轧钢机的轧辊等。



图0-1-11 活塞



图0-1-12 风扇叶片

综上所述，机器是由机构组成的，而机构却不能像机器一样实现能量转换。若仅从结构和运动的角度来看，机器与机构之间并无区别，所以机器和机构统称为机械。而机构中又包含若干构件，构件又可以由一个或多个零件组合而成。

概括对机器、机构、构件、零件的分析，它们之间的关系如图0-1-13所示。

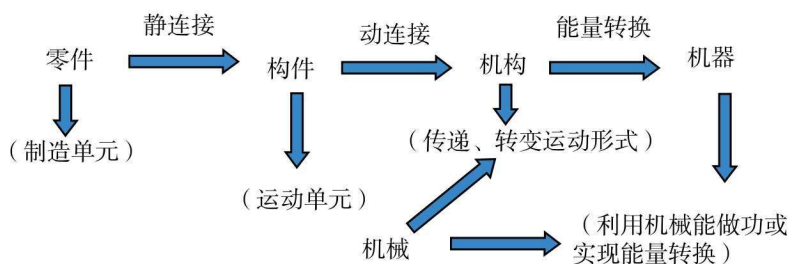


图0-1-13 机器、机构、构件、零件之间的关系

## 二、机器的组成

### 1. 原动部分

原动部分是机器动力的来源，它将非机械能转换为机械能，并为机器提供动力。如图0-1-14所示的汽车发动机就是汽车动力的来源。



## 2. 工作部分

工作部分是完成机械预定动作的部分，它处于整个传动路线的终端。例如汽车的车轮，如图0-1-15所示。



图0-1-14 发动机



图0-1-15 车轮

## 3. 传动部分

传动部分是把原动部分的运动和动力，传递给工作部分的中间环节，如图0-1-16所示。汽车传动系统如图0-1-17所示，其作用是将发动机的动力传至驱动车轮。

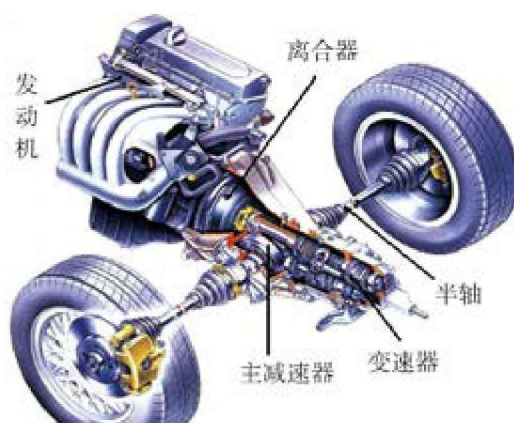


图0-1-16 汽车传动部分



图0-1-17 汽车传动系统图

## 4. 控制部分

控制部分是操纵和控制机器按人的意志运行的部分。机器的控制部分通过人工操作或自动控制来改变机器各系统的工作状态和参数，以适应人们的需要。

例如，汽车的点火开关、驻车制动开关、前轮液压制动器、后轮电动或液压制动器、方向盘、踏板等，都属于机器的控制部分，如图0-1-18所示。



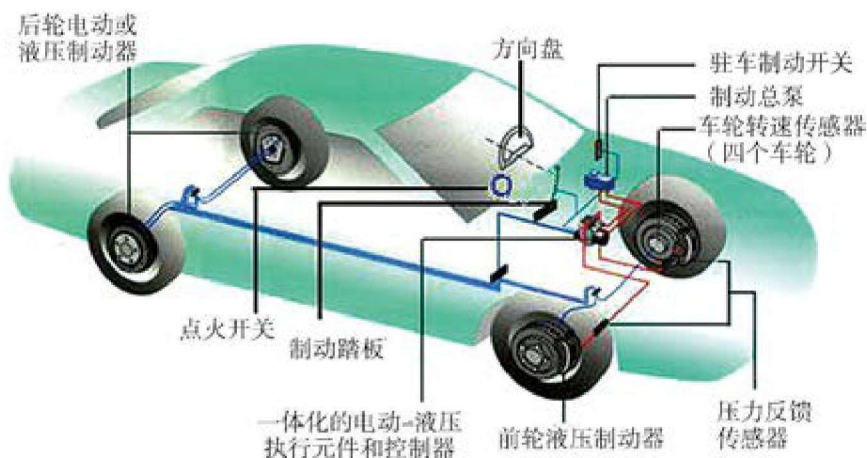


图0-1-18 汽车控制部分

### 三、机械零件的材料、结构工艺性和承载能力

#### 1. 机械零件的材料

材料是制造机械零件的原料，零件有强度和使用寿命的要求，不同的零件需要选用不同的材料。如汽车轮胎具有一定的弹性和耐磨性，选用橡胶作为原料；汽车大梁需要承受较大的载荷和冲击，选用具有一定强度和韧性的低碳合金钢。机床的主轴不仅要有强度，还有能抗弯曲变形的刚度要求，选择45或40Cr钢材，并做成中空形状；机床的床身要求不变形且耐磨损，选用不变形的铸铁材料，导轨表面做淬火处理。

(1) 机械零件的材料有金属材料、非金属材料和复合材料

①机械零件的材料金属材料、非金属材料，如表0-1-1所示。

表0-1-1 常用金属材料和非金属材料

类型		特点及应用	
金属材料	黑色金属	钢	具有较好的力学性能，价格相对便宜，容易获得，而且能满足多种性能和用途的要求。在各类黑色金属中，由于合金钢的性能优良，因而常用来制造重要的零件
		铸铁	
	有色金属	铜及其合金	具有密度小、导热和导电性能好等优点，通常用于有减摩、耐磨及耐腐蚀要求的场合
		铝及其合金	
非金属材料	高分子材料	塑料	原料丰富、密度小，在适当的温度范围内有很好的弹性、耐腐蚀性好等；其主要缺点是容易老化，其中不少材料阻燃性差
		橡胶	
		合成纤维	
	陶瓷	硬度极高、耐磨、耐腐蚀、熔点高、刚度大，密度比钢铁小；其主要缺点是比较脆，断裂韧性低，价格昂贵，加工工艺性差等。目前，陶瓷材料已应用于密封件、滚动轴承和切削刀具等结构中	



②复合材料是指用两种或两种以上具有明显不同的物理和力学性能的材料经复合工艺处理而得到所需性能的一种新型材料。例如用玻璃、石墨、硼、塑料等非金属材料可以复合成各种纤维增强复合材料。

在普通碳素钢板表面贴附塑料，可以获得强度高而又耐腐蚀的塑料复合钢板。主要优点是具有较高的强度和弹性模量，而质量又特别小；但也有耐热性差、导热和导电性能较差的缺点，此外，复合材料的价格比较贵。所以目前复合材料主要用于航空、航天等高科技领域，在民用产品中，复合材料也有一些应用。如图0-1-19所示为复合材料在医疗器材上的应用；如图0-1-20所示为复合材料在4G通信设备上的应用。



图0-1-19 复合材料在医疗器材上的应用



图0-1-20 复合材料在4G通信设备上的应用

## (2) 机械零件材料选用的原则

材料的品种很多，各有特点，应做到物尽其用、用其所长。当然要考虑零件工作中的使用要求、工艺要求和经济性，如表0-1-2所示。

表0-1-2 机械零件材料选用的原则

考虑因素		材料选用说明
使用要求	零件工况	在湿热环境或腐蚀介质中工作的零件，其材料应具有良好的缓蚀和耐腐蚀能力，例如选用不锈钢、铜合金等。在滑动摩擦下工作的零件，要通过其表面硬度，以增强耐磨性，应选择适合于进行表面处理的淬火钢、渗碳钢、氮化钢等品种或选择减摩和耐磨性能好的钢
	受载情况	指载荷、应力的性质和大小。脆性材料原则上只适用于制造在静载荷下工作的零件；对于表面受较大接触应力的零件，应选择可以进行表面处理的材料，如表面硬化钢；对于受变应力的零件，应选择耐疲劳的材料；对于受冲击载荷的零件，应选择冲击韧度较高的材料



续表

考虑因素		材料选用说明
工艺要求	铸造性能	结构复杂、尺寸较大的零件难以锻造，可采用铸造或焊接，其材料必须具有良好的铸造性能和焊接性能。对于铸造，要考虑材料的液体流动性、产生缩孔和偏析的可能性等；对于焊接，要考虑材料的焊接性和产生裂纹的倾向等；对于锻造，要考虑材料的延伸性、热脆性和变形能力等；对于需要热处理的零件，要考虑材料的淬透性、淬火变形的倾向性等；对于需经切削加工的零件，要考虑材料的硬度、易切削性、冷作硬化程度和切削后能达到的表面粗糙度等
	锻造性能	
	焊接性能	
	切削加工性能	
	热处理性能	
经济性要求	材料价格	材料本身的相对价格在满足使用要求的前提下，应尽量选用价格低的材料
	加工批量和加工费用	单件或小批量生产时，推荐焊接结构；质量不大的零件要重视加工工艺，以防止加工费用大于材料费用
	材料利用率	采用无屑或少切屑加工，如模锻、精铸、冲压等，可以提高材料的利用率
	局部品质原则	零件的不同部位要求有所区别时，在不同的部位采用不同的材料或不同的热处理工艺，使各局部的要求分别得到满足
	替代	尽量用廉价材料来代替昂贵的稀有材料

## 2. 机械零件的结构工艺性

零件的结构工艺性指所设计的零件在满足使用要求的前提下，制造的可行性和经济性，即难易程度，其内容包括零件机械加工的结构工艺性和产品结构的装配工艺性。

良好的结构工艺性是指在现有工艺条件下既能方便制造、又有较低的制造成本，包括结构工艺性内容和结构工艺性原则，如表0-1-3所示。

表0-1-3 机械零件的结构工艺性

结构工艺性内容	毛坯制造方面	铸件：壁厚均匀、便于造型
		锻件：形状简单、便于出模
	加工方面	合理标注零件的技术要求
		便于安装加工
		有利于提高加工质量和提高生产效率
	装配方面	便于装配
减少修配量		



续表

结构工艺性原则	合理确定零件的技术要求	不需要加工的表面，不要设计成加工面
		要求不高的表面，不应设计为高精度和表面粗糙度值低的表面
	遵循零件结构设计的标准化	尽量采用标准化参数
		尽量采用标准件
		尽量采用标准化型材
	合理标注尺寸	按加工顺序标注尺寸，尽量减少尺寸换算，并能方便、准确地进行测量
		从实际存在的和能测量的表面标注尺寸，且在加工时应尽量使工艺基准与设计基准重合
		零件各非加工面的位置尺寸应直接标注，而非加工面与加工面之间只能有一个联系尺
	零件结构要便于加工	零件结构要便于安装，定位准确，加工稳定可靠
		尽量减小毛坯余量和选用切削加工性好的材料
		各要素的形状应尽量简单，加工面积要尽量小，规格应尽量统一
		尽量采用标准刀具进行加工，且刀具易进入、退出和顺利通过加工表面
		加工面和加工面之间、加工面和不加工面之间均应明显分开，加工时应使刀具具有良好的切削条件，以减少刀具磨损和保证加工质量

### 3. 机械零件的承载能力

失效是指机械零件丧失工作能力或不能达到设计要求。如彩色电视机的显像管，由于老化而出现的图像模糊不清，达不到设计时的要求，称之为失效。机械零件主要的失效形式有：因强度不足而断裂；过大的弹性变形或塑性变形；摩擦表面的过度磨损、打滑或过热；压力容器、管道等泄露；运动精度达不到要求；零件松动等。

零件不发生失效时的安全工作限度称为工作能力。对载荷而言的工作能力称为承载能力。

例如，乘坐电梯时，如果乘坐的人数过多，电梯就会报警并提示“超载”导致电梯无法正常工作，这就是电梯的承载能力不足造成的。

## 四、本课程的任务与学习要求

本课程是中等职业学校机械类及工程技术类相关专业的一门基础课程。

### 1. 学习任务

(1) 使学生掌握必备的机械基本知识和基本技能，懂得机械工作原理，了解机械工程材料的性能，能准确表达机械技术要求，正确操作和维护机械设备。

(2) 培养学生分析问题和解决问题的能力，使其形成良好的学习习惯，具备继续学习专业技术的能力。

