

课程基本信息

课程名称	机械设计与制造基础			
课程性质	专业基础课	学分	3	
学时	总学时：54 学时。其中：课堂讲授 54 学时；实训/实验 0 学时；线上教学 0 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	林博	
授课专业、班级	工业机器人专业技术 251、3+251 班	开课学期	2025-2026 学年第二学期	
成绩评定	平时成绩占 40%；期末成绩占 60%	考核方式	考试	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	机械工程基础	李铁成、孟逵	高等教育出版社	2021 年 11 月
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	本课程是高等职业学校工业机器人技术专业的专业基础课程。课程的任务是使学生获得机械基础方面必要的基本理论、基本知识和基本技术，为学习后续课程以及机器人工程相关技术打下一定基础。本课程主要讲授机械设计与机械制造的原理知识。			
本课程教学目标	通过本课程的学习培养学生掌握机械工程的基本原理、设计方法和制造技术，具备解决实际工程问题的能力。通过理论与实践相结合，学生将理解机械系统的组成与工作原理，掌握常用机械零件的设计与选型，并具备初步的工程实践能力。			
素质(思政)内容	课程注重培养学生的创新精神、团队合作意识和社会责任感，引导学生在工程实践中践行工匠精神，树立严谨求实的科学态度，为国家的制造业发展贡献力量。			

学生用主要 参考资料	《机械工程基础》
---------------	----------

绪论

一、教学目标

了解本课程的性质、地位和任务；
掌握机械、机械设计、机械制造的定义。

二、教学重点

掌握机器以及机器人相关的定义。

三、教学难点

掌握机器以及机器人相关的定义。

四、素质 (思政) 内容

加强学生对社会主义核心价值观的教育，培养学生的社会责任感和家国情怀；

介绍材料科学对国家经济发展的重要性，培养学生珍惜资源、节约能源的意识；

引导学生形成积极向上的学习态度，培养学生的自主学习能力和团队合作意识。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示、提问

六、学时数

2 学时。

七、教学内容

教学内容：机器的概念：机器是各组成部分具有确定相对运动的、可代替人做有用的机械功或实现能量转换的人为实物组合。关于机器传统

的概念：机器是可以转换或传递能量并做有用功的实体，机器是人类体力的延伸；关于机器现代的概念：机器是可以转换或传递能量、物料和信息，并做有用功的实体，机器不仅是人类体力的延伸，还可以部分地替代人的脑力劳动。

关于机器的几个概念：零件：机械最基本的单元，是制造的单元。构件：机械中的运动单元。机构：实现一定运动转换的基本单元。运动副：两个直接接触又存在相对运动的构件。

机械设计是一门综合性极强的课程，主要涵盖了从基础理论到实际应用的全面知识体系。学生将深入学习机械原理、材料力学、机械制图等基础知识，掌握各种机械零件的设计方法，如轴、齿轮、轴承、联轴器等。课程还涉及机械系统的动力学分析、强度计算、疲劳寿命评估等内容，确保设计的机械系统在满足功能需求的同时具备足够的可靠性和安全性。

机械制造的基础知识具体包括：工程材料铸造、锻压、焊接、金属切削加工基础知识、机械零件表面加工、特种加工、先进制造技术及机械加工工艺规程等考虑到后续课程安排教材内容处理上有所区别 “工程材料” 部分以剖析铁碳合金的金相组织为基础以介绍工程材料的性质和合理选材为重点 “铸造”、“锻压”、“焊接” 各占有一定的篇幅因为这方面知识是必不可少的而且本课程前后均未安排与此有关的课程 “金属切削加工的基础知识”、“机械零件表面加工” 和 “机械加工工艺规程” 部分则着重在 “机加工实训” 的基础上把感性知识上升到理论高度进而归纳成系统性基础知识为后续课程打好基础。

板块一 机械设计模块

1.1 平面机构

一、教学目标

理解运动副及其分类；
掌握机构运动简图的绘制方法；
掌握平面机构自由度的计算；
理解机构具有确定的运动。

二、教学重点

自由度的计算。

三、教学难点

机构运动简图的绘制方法。

四、素质 (思政) 内容

在介绍平面机构时，强调机构运动规律和力学原理的重要性。引导学生思考如何运用机构运动规律和力学原理进行机器人机械系统的设计和优化，培养学生的力学素养和创新能力。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示、提问

六、学时数

6 学时。

七、教学内容

教学内容：运动副及其分类：一、运动副的概念构件组成机构时，两个或两个以上构件直接接触，并且在构件之间产生一定相对运动的连接，称为运动副。

二、运动副的分类 1. 低副在平面机构中，两个构件之间通过面接触

而组成的运动副称为低副。根据两个构件之间的相对运动形式，低副又可分为转动副和移动副。

2. 高副两个构件之间通过点或线接触而组成的运动副称为高副。对于平面低副（不论是转动副还是移动副），两构件之间的相对运动只能是转动或移动，故它是具有一个自由度和两个约束条件的运动副。对于平面高副，其相对运动为转动和移动，所以它是具有两个自由度和一个约束条件的运动副。

三、运动链将两个以上的构件通过运动副连接而成的系统称为运动链。如果运动链中各构件组成首尾封闭的系统，则称为闭式运动链，简称闭链；否则，称为开式运动链，简称开链。

平面机构：一、平面机构运动简图为了便于研究机构的运动，将机构中那些与运动无关的实际外形和具体结构略去，只需用一些简单线条表示构件，用规定的简单符号表示运动副的类型，按一定比例确定出各运动副的相对位置及与运动有关的尺寸。这种表示机构各构件间相对运动关系的简单图形称为机构运动简图。

一般机构中的构件可分为以下三类：（1）固定件。（2）原动件。（3）从动件。

二、平面机构的表示方法 1. 运动副的表示方法 1) 转动副转动副用一个小圆圈表示，其圆心代表相对转动的轴线。组成转动副的两个构件都是活动构件，称为活动铰链；组成转动副的两个构件之一为机架，在代表机架的构件上画短斜线，称为固定铰链。

2) 移动副移动副的导路必须与相对移动方向一致。

3) 平面高副

2. 构件的表示方法平面机构中的构件不论其形状如何复杂，在机构运动简图中，只需将构件上的所有运动副元素按照它们在构件上的位置用规定的符号表示出来，再用直线进行连接即可。常用机构运动简图符号见表 3-1。

三、平面机构运动简图的绘制绘制平面机构的运动简图时，通常可按下列步骤进行。(1) 分析机构的组成和运动情况。(2) 确定运动副的类型及其数目。(3) 选择视图平面。(4) 选取适当的比例尺 μ_l ，绘制机构运动简图。

平面机构的自由度：一、自由度 1. 自由构件的自由度构件相对于参考系所具有的独立运动称为构件的自由度。自由度也指确定构件位置的独立运动参数的数目。平面运动的自由构件具有三个自由度：沿 x 轴和 y 轴的移动以及绕垂直于 xOy 平面的 A 轴的转动，如图所示。

2. 约束当一个构件与其他构件组成运动副之后，构件的相对运动就要受到限制，自由度就会随之减少。这种对组成运动副的两个构件之间的相对运动所加的限制称为约束。不同类型的运动副受到的约束数不同，所具有的自由度数也不同。对于每个低副（转动副或移动副）则引入两个约束而剩下一个自由度；对于每个高副则引入一个约束而剩下两个自由度。

二、平面机构的自由度计算机构的自由度用 F 表示，其计算公式为 $F=3n-2PL-PH$ (3-2) 式 (3-2) 为机构自由度的计算公式，它表明机构的自由度、活动构件数和运动副数之间的关系。显然，只有在自由度大于零时机构才可能产生相对运动，而自由度等于零时，机构是不可能产生任何相对运动的。因此，机构能具有相对运动的条件是 $F>0$ 。

三、机构具有确定运动的条件从动件是不能独立运动的，只有原动件

才能独立运动，通常每个原动件只有一个独立运动。因此，要使各构件之间具有确定的相对运动，必须使原动件数等于机构的自由度。当运动链自由度大于 0 时，如果原动件数少于自由度，那么运动链就会出现运动不确定现象，就不能成为机构。如果原动件数大于自由度，则运动链中最薄弱的构件或运动副可能被破坏，也不能成为机构。

因此，只有当原动件数等于运动链的自由度时，构件之间才能获得确定的相对运动。综上所述，构件系统成为机构的条件是运动链的自由度必须大于零，且原动件数等于运动链的自由度。满足上述条件的运动链即为机构。

四、计算平面机构自由度时的注意事项 1、复合铰链两个以上的构件在同一轴线上用转动副连接所组成的运动副称为复合铰链。如图 3-18 所示是三个构件组成的复合铰链，图中构件 2 分别与构件 1、构件 3 构成两个转动副。依此类推， k 个构件在一处以转动副相连，应具有 $k-1$ 个转动副。因此在统计转动副数目时应注意识别复合铰链，避免遗漏。

2、局部自由度机构中某些自由度不影响整个机构运动的自由度，称为局部自由度。一般情况下，机械中常常存在局部自由度，如滚子、滚动轴承等。局部自由度并不影响机构的主要运动，但它可以改善机构的工作状况，即可使高副接触处的滑动摩擦变成滚动摩擦，并减少磨损。

3、虚约束运动副引入的约束中，有些约束所起的限制作用是重复的。这种重复的不起独立限制作用的约束称为虚约束。1) 重复运动副当两个构件在多处接触并组成相同的运动副时，就会引入虚约束。安装齿轮的轴与支承轴的两个轴承之间组成了两个相同的，且其轴线重合的转动副 A 和 A' 。从运动的角度来看，这两个转动副中只有一个转动副起约束作

用，而另一个转动副为虚约束。因此，计算机构的自由度时，应只考虑一个转动副。

2) 重复轨迹在机构的运动过程中，如果两个构件上的两点之间的距离始终不变，则用一个构件和两个转动副将这两点连接起来，就会引入虚约束。

3) 对称结构机构中对传递运动不起独立作用的、结构相同的对称部分，使机构增加虚约束。

平面机构的运动分析：一、速度瞬心及其求法 1. 速度瞬心的概念在做平面运动的两个构件上，一般总可以找到某一瞬时重合点，使得在这个重合点上两个构件的相对速度为 0，而绝对速度相同。该重合点称为这两个构件在该瞬时的速度瞬心（同速点），简称瞬心。两构件之一为固定件所构成的瞬心称为绝对瞬心，其绝对速度为零。两构件均为运动件所构成的瞬心称为相对瞬心，其绝对速度不为零。

2. 机构中瞬心的数目机构所具有的瞬心数目 N 为 $N=K(K-1)/2$

3. 瞬心位置的确定 (1) 如果两个自由构件作相对运动，当已知相对运动的规律时，其瞬心的位置可根据瞬心的定义求出。

(2) 两个构件之间直接接触而组成运动副，瞬心的位置可根据运动副的类型来确定。

(3) 对于机构中不以运动副相连的任意两个构件，其瞬心的位置可用三心定理来求出。

二、速度瞬心在机构速度分析中的应用瞬心法的优缺点：①用速度瞬心对简单的平面机构进行速度分析是十分简便的；②对于数目繁多的复杂机构，由于瞬心数目多，求解时较复杂，且作图时某些瞬心的位置会落

在图纸之外，将给求解造成困难；③速度瞬心法不能用于求解机构的加速度问题。

1.2 齿轮传动

一、教学目标

理解齿轮传动失效形式和设计准则；

了解误差对传动的的影响和齿轮精度的选择；

掌握直齿圆柱齿轮传动的强度计算和设计步骤；

了解斜齿圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮传动的设计；

认识齿轮的结构与齿轮传动的润滑。

二、教学重点

齿轮结构的选择。

三、教学难点

直齿圆柱齿轮传动的强度计算。

四、素质 (思政) 内容

通过分析齿轮传动的特点和应用场景，强调团队协作和分工合作的重要性。引导学生思考如何根据实际需求进行齿轮传动的选择和设计，培养学生的团队协作精神和工程实践能力。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示、提问

六、学时数

8 学时。

七、教学内容

教学内容：齿轮传动的失效形式与齿轮的材料：一、齿轮传动的失效形式

1. 轮齿折断当交变的齿根弯曲应力超过材料的弯曲疲劳极限应力时，在齿根处受拉一侧就会产生疲劳裂纹，随着裂纹的逐渐扩展，从而导致齿轮一个或多个齿的整体或局部的折断，这种现象称为轮齿折断。为防止轮齿折断，首先应对轮齿进行抗弯疲劳强度计算，使齿轮必须具有足够的模数；其次采用增大齿根过渡圆角半径、降低表面粗糙度、进行齿面强化处理（如喷丸）、减轻加工过程中的损伤等工艺措施，提高轮齿抗疲劳折断的能力；再次应尽可能消除载荷分布不均匀的现象，有效避免轮齿的局部折断。

2. 齿面点蚀齿面的疲劳点蚀一般首先出现在靠近节线处的齿根表面上，然后再向其他部位蔓延和扩展。为防止齿面过早点蚀，可采用提高齿面硬度、降低齿面粗糙度、使用黏度较高的润滑油等措施。

3. 齿面磨损轮齿在啮合过程中存在相对滑动，致使齿面间产生摩擦、磨损。当金属微粒、砂粒、灰尘等硬质磨粒进入轮齿间时引起磨粒磨损。齿面磨损使渐开线齿廓被破坏，齿厚减薄，致使齿侧间隙增大而引起冲击和振动，而且还会因齿厚减薄使强度降低而导致轮齿折断。

4. 齿面胶合在高速、重载齿轮传动中（如航空齿轮传动），由于齿面间压力大、相对滑动速度大、摩擦发热多，使啮合点处瞬时温度过高，润滑失效，致使相啮合两齿面金属尖峰直接接触并相互黏连在一起，当两齿面相对运动时，黏连的地方即被撕开，在齿面上沿相对滑动方向形成条状伤痕，这种现象称为齿面胶合。

5. 塑性变形齿面塑性变形使齿形被破坏，直接影响齿轮的正常啮合。为防止齿面的塑性变形，可采用提高齿面硬度、选用黏度较高的润滑油等

措施。

二、齿轮的设计准则 齿轮的设计准则主要有强度、刚度、耐磨性和稳定性准则等。齿轮按工作条件分为闭式齿轮传动和开式齿轮传动。

三、齿轮的材料与热处理 齿轮的常用材料是锻钢，如各种碳素结构钢和合金结构钢。只有当齿轮的尺寸较大 ($d \quad a > 400 \text{ mm}$) 或结构复杂不容易锻造时，才采用铸钢。在一些低速、轻载的开式齿轮传动中，常采用铸铁齿轮。在高速、小功率、精度要求不高或需要低噪声的特殊齿轮传动中，可以采用非金属材料齿轮。

1. 软齿面齿轮 对于软齿面齿轮，常用的齿轮材料有 35、45、35SiMn、40Cr 等，其热处理方法为调质或正火处理。

2. 硬齿面齿轮 对于硬齿面齿轮，通常是在调质后切齿，然后进行表面硬化处理。有的齿轮在表面硬化处理后还要进行精加工 (如磨齿、剃齿等)，故调质后的切齿应留有适当的加工余量。

齿轮传动的精度：一、误差对传动的影响 (1) 相啮合齿轮在一转范围内实际转角与理论转角不一致，即影响传动的准确性。(2) 瞬时传动比不能保持恒定不变，齿轮在一转范围内会出现多次重复的转速波动，特别在高速传动中将引起振动、冲击和噪声，即影响传动的平稳性。(3) 齿向误差能使齿轮上的载荷分布不均匀，当传递较大转矩时，易引起早期损坏，即影响载荷分布的均匀性。

二、齿轮精度等级的选择 按国家标准规定，齿轮和齿轮副分为 12 个精度等级，从 1~12 级精度依次降低。其中 1、2 级是为发展前景而规定的，目前加工工艺水平还难以达到；3~5 级属于高精度，6~8 级属于中精度，9~12 级属于低精度。两个齿轮的精度等级一般是相同的，也允

许采用不同等级。

直齿圆柱齿轮传动：一、轮齿的计算载荷齿轮所受的法向力计算公式为 $F_c = K F_n$ (7-4) 式中， F_c 为计算载荷 (N)； K 为载荷系数，由表 7-5 查取。

二、直齿圆柱齿轮传动的强度计算 1. 齿面接触疲劳强度齿面接触疲劳强度计算的目的是防止齿面发生疲劳点蚀。齿面疲劳点蚀与齿面接触应力的大小有关，如前所述，齿面的疲劳点蚀一般发生在齿根表面靠近节线处。因此，通常以节点处的接触应力作为计算的依据。防止齿面点蚀的强度条件为节点处的计算接触应力小于或等于齿轮材料的许用接触应力，即 $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ 。

2. 齿根弯曲疲劳强度由于弯曲应力起主要作用，因此防止齿根疲劳折断的强度条件为齿根危险截面的最大弯曲应力应小于或等于轮齿材料的许用弯曲应力，即 $\sigma_F \leq [\sigma_F]$ 。

3. 公式应用注意事项

三、直齿圆柱齿轮传动设计步骤 1. 齿轮传动参数的选择 1) 齿数 z 大小齿轮齿数选择应符合传动比 i 的要求。齿数取整可能会影响传动比数值，误差一般控制在 5% 以内。为避免根切，标准直齿圆柱齿轮最小齿数 $z_{\min} = 17$ ，斜齿圆柱齿轮 $z_{\min} = 17 \cos \beta$ 。大齿轮齿数为小齿轮齿数的整倍数，跑合性能好。

2) 模数传递动力的齿轮，其模数不宜小于 1.5 mm，过小则加工检验不便。

3) 齿宽 b 齿宽取大些，可提高齿轮承载能力，并相应减小径向尺寸，使结构紧凑；但齿宽越大，沿齿宽方向载荷分布越不均匀，使轮齿接触不

良。

斜齿圆柱齿轮传动一、斜齿圆柱齿轮传动的基本参数 1. 螺旋角螺旋角是反映斜齿轮特征的一个重要参数，可反映出轮齿的倾斜程度。斜齿圆柱齿轮按照齿廓螺旋线方向不同，可分为右旋和左旋两种。

2. 其他基本参数除螺旋角 β 之外，斜齿圆柱齿轮与直齿圆柱齿轮一样，也有齿数、模数、压力角、齿顶高系数和顶隙系数五个基本参数。一对外啮合斜齿圆柱齿轮的正确啮合条件是齿轮副的法面模数和法面压力角分别相等，而且螺旋角大小相等，旋向相反。

二、标准斜齿圆柱齿轮的尺寸计算标准斜齿圆柱齿轮尺寸计算公式见表 7-10。

三、斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 1. 齿面接触疲劳强度 2. 齿根弯曲疲劳强度

直齿圆锥齿轮传动：一、直齿圆锥齿轮传动的强度计算 1. 齿面接触疲劳强度计算 2. 齿根弯曲疲劳强度计算圆锥齿轮的制造工艺复杂，大尺寸的圆锥齿轮加工更困难，因此在设计时应尽量减小其尺寸。在传动中同时有圆锥齿轮传动和圆柱齿轮传动时，应尽可能将圆锥齿轮传动放在高速级，这样可使设计的圆锥齿轮尺寸较小，便于加工。为了使大圆锥齿轮的尺寸不致过大，通常齿数比 $u < 5$ 。

齿轮的结构与齿轮传动的润滑：一、齿轮的结构 1. 锻造齿轮 1) 齿轮轴如果圆柱齿轮的齿根圆到键槽底面的径向距离 $e \leq 2.5m$ (mm)，圆锥齿轮小端齿根圆到键槽底面的径向距离 $e < 1.6m$ ，则可将齿轮与轴做成一体，称为齿轮轴。

2) 实心式齿轮如果齿轮齿根圆的直径大于轴的直径，则当齿轮的齿

顶圆直径 $d_a \leq 200 \text{ mm}$ ，并且 e 不满足上述条件时，应将齿轮与轴分开制造，以便于加工和装配。这种齿轮一般制成实心式结构

3) 腹板式齿轮当 $200 \text{ mm} < d_a < 500 \text{ mm}$ 时，可采用腹板式结构。为了减轻重量、便于加工和装配，在腹板上常常加工出若干圆孔，其数量按结构尺寸的大小及需要而定。

2. 铸造齿轮

3. 焊接齿轮

二、齿轮传动的润滑 1. 闭式齿轮传动的润滑 闭式齿轮传动的润滑方式有油池润滑和喷油润滑两种，一般根据齿轮的圆周速度来确定。当齿轮的圆周速度 $v < 12 \text{ m/s}$ 时，通常采用油池润滑。

2. 开式齿轮传动的润滑 对于开式或半开式齿轮传动，由于其传动速度较低，通常采用人工定期润滑的方式，即定期将润滑脂或润滑油加到啮合表面进行润滑。

1.3 带传动与链传动

一、教学目标

掌握带传动、链传动的运动特点及其使用和维护；

掌握带传动的基本设计计算方法。

二、教学重点

带传动及链传动的工作原理。

三、教学难点

带传动及链传动的工作原理。

四、素质 (思政) 内容

在介绍带传动与链传动时，强调可靠性和耐用性的重要性。引导学生思考如何在实际工程中应用带传动与链传动，培养学生的工程实践能力和质量意识。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示、提问

六、学时数

4 学时。

七、教学内容

教学内容：带传动简介：一、带传动的类型及应用 1. 摩擦型带传动
摩擦型带传动通常由主动带轮、从动带轮和传动带组成。

摩擦型带传动的主要优点是：传动带有弹性，可以缓冲和吸振，传动平稳；过载打滑，可防止其他零件损坏；传动中心距大；结构简单，制造、安装、维护方便，成本低。摩擦型带传动的主要缺点是带与带轮之间有滑动，不能保证准确的传动比。另外，由于需要施加张紧力，轴系受力较大。

摩擦型带传动中，根据传动带截面形状不同，可分为平带传动（矩形截面）、V 带传动（梯形截面）等。

2. 啮合型带传动同步带传动工作时带与带轮之间不会产生相对滑动，能够获得准确的传动比，因此它兼有带传动和齿轮传动的特性和优点。

二、带传动的特点优点：(1) 适用于中心距较大的场合。(2) 带是挠性物，可以缓冲、吸振，噪声小，传动平稳。(3) 当过载时，带与带轮之间会打滑，保护其他零部件免受损坏。(4) 结构简单，制造与维护方便，

成本低。

缺点：(1) 外廓尺寸太大。(2) 带在带轮上有相对滑动，传动比不恒定。(3) 传动效率较低，寿命较短。(4) 常需要张紧装置，支承带轮的轴和轴承受力较大。(5) 不宜用于高温、易燃等场所。

普通 V 带及 V 带轮：一、普通 V 带的结构和尺寸 1. 普通 V 带的结构由顶胶、抗拉体、底胶和包布组成。抗拉体是承受负载拉力的主体，有帘布芯结构和绳芯结构两类。前者抗拉强度较高，制造方便，应用较广；后者柔性好，抗弯强度高，适用于带轮直径较小、速度较高的场合。

2. 普通 V 带的尺寸 1) 截面尺寸 V 带按其截面尺寸由小到大的顺序排列，共有 Y、Z、A、B、C、D、E 七种型号。

2) V 带基准长度各种型号普通 V 带的基准长度及长度系数 KL 见表 8-2。

二、V 带轮 1.V 带轮的结构和尺寸 V 带轮由轮缘、腹板（轮辐）和轮毂三部分组成。

轮缘是带轮的工作部分，制有梯形轮槽。轮毂是带轮与轴的连接部分，轮缘与轮毂用轮辐（腹板）连接成一整体。普通 V 带轮的轮槽尺寸见表 8-3。

2.V 带轮的材料带轮的常用材料为灰铸铁、钢、铝合金或工程塑料等，其中灰铸铁应用最广，常用的牌号为 HT150 或 HT200。当带轮圆周速度较大时，可用球墨铸铁或铸钢；小功率传动时，可用铸铝或工程塑料。

三、带传动的张紧与维护 1. 调节中心距 1) 定期张紧调节方法是将装有带轮的电动机安装在滑轨上，在调整带的初拉力时，用调节螺钉将电动机推移到所需要的位置。在垂直或接近垂直的传动中，可以采用摆架式

结构。电动机固定在摇摆动架上，通过旋动调节螺钉上的螺母来调节。

2) 自动张紧将装有带轮的电动机安装在摆动架上，利用电动机及摆动架的重量使带轮随同电动机绕固定轴摆动，自动调整中心距达到张紧的目的。

2. 采用张紧轮 1) 定期张紧 2) 自动张紧

3. 带传动的维护(1) 带传动装置外面应加防护罩，以保证安全，防止带与酸、碱或油接触而被腐蚀，也不宜曝晒。(2) 应定期检查 V 带，若发现一根松弛或损坏则应全部更换。(3) 切忌在有易燃、易爆气体的环境中使用带传动，以免发生危险。(4) 带传动不需润滑，禁止往带上加润滑油或润滑脂，应及时清理带轮槽内及传动带上的油污。(5) 带传动的工作温度不应超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。(6) 如果传动装置要闲置一段时间后再用，应将传动带放松。(7) 存放时，应悬挂在架子上或平放在货架之上，以免受压变形。

带传动的工作分析：一、带传动的受力分析

二、带传动的应力分析 1. 由紧边和松边拉力产生的应力

2. 离心应力

3. 由带的弯曲产生的弯曲应力

将上述的三种应力进行叠加，即得到在传动过程中，传动带上各个位置所受的应力。

带在工作中所受的应力是变化的，最大应力由紧边进入小带轮处。一般情况下，弯曲应力最大，离心应力较小。离心应力随带速的增加而增加。显然处于变应力状态下工作的传动带，当应力循环次数达到某一值后，带将发生疲劳破坏。

三、带传动的弹性滑动传动比带在绕过主动轮的过程中，相对于轮面向后收缩，带与主动轮轮面间出现局部相对滑动，导致带的速度逐步小于主动轮的圆周速度。当带由松边绕过从动轮进入紧边时，拉力增加，带逐渐被拉长，沿轮面产生向前的弹性滑动，使带的速度逐渐大于从动轮的圆周速度。这种由于带的弹性变形而引起的带与带轮间的相对滑动，称为弹性滑动。

弹性滑动是带传动正常工作时固有的特性，是不可避免的。弹性滑动会引起以下后果。(1) 从动轮的圆周速度总是落后于主动轮的圆周速度，并随载荷变化而变化，导致带传动的传动比不准确。(2) 损失一部分能量，降低了传动效率，会使带的温度升高，并引起传动带磨损。

普通 V 带传动的设计计算：一、设计准则和单根 V 带的功率 1. 设计准则设计准则为：在保证不打滑的条件下，带有一定的疲劳强度。

2. 单根 V 带的功率根据带传动的设计准则，在载荷平稳、包角为 180° （即 $i=1$ ）及特定长度的特定条件下，单根 V 带在保证既不打滑又具有足够的疲劳强度时所能传递的功率称为基本额定功率，用 P_0 表示。

基本额定功率 P_0 和额定功率增量 ΔP_0 的值见表 8-5、表 8-6。

当实际使用条件与实验条件不符时， P_0 值应当加以修正，修正后即得实际工作条件下单根 V 带所能传递的功率，称为许用功率 $[P_0]$ 。

二、设计计算的一般步骤和方法 1. 确定设计功率 $[W_{TBX}] P$
 $[W_{TBZ}] C$ 设计功率是根据需要传递的名义功率再考虑载荷性质、原动机类型和每天连续工作的时间长短等因素而确定的，表达式如下 $PC=KAP$ (8-18) 式中， P 为需要传递的名义功率 (kW)； KA 为工

作情况系数，按表 8-8 选取。

2. 选择带型

3. 确定带轮的基准直径并验算带速小带轮的基准直径小，在一定的传动比下，大带轮的基准直径也相应较小，则带传动的外廓尺寸小，结构紧凑、重量轻。带轮直径愈小，传动所占空间愈小，但弯曲应力愈大，带愈易疲劳。

4. 确定中心距和带长当中心距较小时，传动较为紧凑，但带长也减小，在单位时间内带绕过带轮的次数增多，即带内应力循环次数增加，会降低带的寿命。中心距过大时则传动带的外廓尺寸大，且高速时容易引起 V 带的颤动，影响正常工作。

5. 验算小带轮上的包角包角大，V 带的承载能力高；反之则易打滑。在 V 带传动中，一般小带轮上的包角 α_1 不宜小于 120° ，个别情况下可小到 90° ，否则应增大中心距或减小传动比，也可以加张紧轮。

6. 确定 V 带根数带的根数 z 应圆整，为使各根带受力均匀，其根数不宜过多，一般取 $z=2\sim 5$ 根为宜，最多不能超过 10 根，否则应改选型号或加大带轮直径后重新设计。

7. 计算初拉力和压轴力带传动正常工作的首要条件就是要保持适当的初拉力。初拉力 $[F_{T0}]$ 不足时，会使传动能力降低，出现打滑。初拉力越大，带对轮面的正压力和摩擦力也越大，越不易打滑，即传递载荷的能力越大；初拉力过大会增大带的拉应力，从而降低带的疲劳强度，故初拉力的大小应适当。

带的张紧对安装带轮的轴和轴承来说，会影响其强度和寿命。因此必须确定作用在轴上的径向压力 F_Q ，为了简化计算，通常不考虑松边、紧

边的拉力差，近似按带两边的初拉力的合力来计算。

8. 确定带轮的结构和尺寸确定结构类型、结构尺寸、轮槽尺寸、材料，画出带轮工程图样。

三、带传动的安装与维护 1. 带传动安装要求 (1) 两带轮轴线应相互平行，两带轮相对应的轮槽应对齐，其误差不得超过 $20'$ 。

(2) 安装 V 带时，应先缩小中心距，将 V 带套入槽中后，再调整增大中心距并予以张紧，不应将 V 带硬往带轮上撬，以免损坏 V 带的工作表面和降低 V 带的弹性。

(3) V 带在轮槽中应有正确的位置，带的顶面应与轮外缘平齐，底面与轮槽底面间应有一定间隙，以保证带两侧工作面与轮槽全部贴合。

(4) 用多根 V 带传动时，为避免载荷分布不均，V 带的配组代号应相同，不同厂家生产的 V 带、新旧 V 带不能同组使用。

2. 带传动维护要求 (1) 为了便于 V 带的装卸，带轮应布置在轴的外伸端；要加防护罩，以免发生意外事故；要保护工作环境，防止酸、碱、油等沾污传动带，防止日光曝晒。

(2) 切忌在有易燃、易爆气体的环境中 (如煤矿井下) 使用带传动，以免发生危险。

(3) 定期检查，如有一根带松弛或损坏，应及时并全部更换新带。

链传动简介：一、链传动的组成与工作原理链传动是由装在平行轴上的主、从动链轮和绕在链轮上的环形链条组成的，以链作为中间挠性件，靠链与链轮轮齿的啮合来传递运动和动力。

二、链传动的类型与应用按用途的不同，链传动可分为传动链、起重链和牵引链。

主要特点有以下几点。(1) 链传动能获得准确的平均传动比，但瞬时传动比不恒定。在工况相同时，链传动结构更为紧凑，传动效率较高。(2) 链传动所需张紧力小，故链条对轴的压力较小。(3) 链传动可在高温、油污、潮湿等恶劣环境中工作。(4) 链传动中心距较大而结构简单，对制造与安装精度要求较低。(5) 链传动平稳性差，有噪声，磨损后易发生跳齿和脱链，急速反向转动的性能差。

三、链传动的失效形式 (1) 链板疲劳破坏。(2) 滚子、套筒的冲击疲劳破坏。(3) 销轴与套筒的胶合。(4) 链条铰链磨损。(5) 过载拉断。

四、链传动的张紧链传动张紧的方法有以下几种。(1) 通过调整链轮中心距来张紧链轮。(2) 拆除 1~2 个链节，缩短链长，使链张紧。(3) 使用张紧轮张紧。当两链轮中心连线倾角大于 60° 时，应当设置张紧装置。张紧轮常设置在链条松边外侧或内侧。

当中心距不可调时，可设张紧装置张紧，常用的张紧装置有张紧轮张紧和托板张紧。(1) 张紧轮张紧。一般张紧轮应装在靠近主动链轮一端的松边上，张紧轮的直径与小链轮的直径相近为好。张紧轮可以是有齿的链轮，也可以是无齿的滚轮。

(2) 托板张紧。它是通过调整托板的位置张紧链条的。托板上最好衬以橡胶、塑料或胶木，以减少链条的磨损。这种方式一般用于中心距较大的链传动。

1.4 轴系零件

一、教学目标

了解轴的功用、分类、常用材料及热处理，掌握轴与轴系的结构设计

方法；

掌握滚动轴承的类型、特点及代号，了解滚动轴承类型的选择；

掌握联轴器的功用，了解常用联轴器的结构及应用；

掌握常用离合器的工作原理及应用。

二、教学重点

轴与轴系的结构设计方法。

三、教学难点

轴承的特点。

四、素质 (思政) 内容

通过分析轴系零件的结构特点和作用，强调细节决定成败的道理。引导学生思考如何在实际工程中设计和制造轴系零件，培养学生的精细意识和质量意识。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示、提问

六、学时数

2 学时。

七、教学内容

教学内容：轴：一、轴的分类 1. 按轴承受的载荷不同分类 1) 心轴。工作时只承受弯矩的轴称为心轴。

2) 转轴。工作中同时承受弯矩和扭矩的轴称为转轴。

3) 传动轴。工作时只承受扭矩的轴称为传动轴。

2. 根据轴线形状的不同分类根据轴线形状的不同，轴又可分为直轴、曲轴和挠性钢丝轴。

二、轴及轴系的结构设计 1. 轴头、轴颈和轴身确定轴上各部分的直径时要注意以下四点。(1) 轴颈处的直径应取轴承的标准内径系列。(2) 轴头处的直径应与相配合的零件轮毂内径一致，并符合标准直径系列。(3) 轴身处的直径可选用自由尺寸。(4) 轴上螺纹或花键处的直径均应符合螺纹或花键的标准。

2. 轴上零件的轴向定位与固定常采用下列结构形式来实现轴上零件的轴向定位和固定：轴肩、轴环、套筒、圆螺母、止退垫圈、弹性挡圈、螺钉锁紧挡圈、轴端压板以及圆锥面等。

3. 轴上零件的周向固定零件在轴上作周向固定是为了传递转矩和防止零件与轴产生相对转动。常用的周向固定方法有键联接、花键联接、销联接、过盈配合和成形联接等，其中以键联接的应用最为广泛。4. 轴的结构工艺性(1) 当某一轴段需要车制螺纹或磨削加工时，应留有退刀槽或砂轮越程槽。

(2) 轴上所有的键槽应开在同一母线上。

(3) 为了便于轴上零件的装配和去除毛刺，轴端和轴肩端部一般均应制出 45° 的倒角。过盈配合轴段的装入端应加工出半锥角为 30° 的导向锥面。

(4) 为了便于加工，应使轴上直径相近处的圆角、倒角、键槽、退刀槽和砂轮越程槽等尺寸一致。

5. 提高轴的疲劳强度的措施 1) 改进轴的结构，减小应力集中

2) 提高轴的表面质量

三、轴的常用材料及热处理轴类零件材料的选取，主要根据轴的强度、刚度、耐磨性以及制造工艺性而决定，力求经济合理。轴的常用金属

材料及力学性能见表 11-1。

球墨铸铁、高强度铸铁由于铸造性能好，且具有减振性能，常用于制造外形结构复杂的轴。特别是我国研制的稀土——镁球墨铸铁，抗冲击韧性好，同时还具有减摩、吸振，对应力集中敏感性小等优点，已被应用于制造汽车、拖拉机、机床上的重要轴类零件。

四、轴的设计轴的设计一般有以下几个步骤。(1) 选材。(2) 按扭转强度估算轴的最小直径。(3) 设计轴的结构，绘出轴的结构草图，确定轴上零件的位置和固定方法，确定各轴段直径、长度。(4) 按弯扭合成进行轴的强度校核。

轴承：一、润滑和密封 1. 摩擦与磨损根据摩擦副表面间的润滑状态将摩擦分为干摩擦、液体摩擦、边界摩擦和混合摩擦。

2) 磨损及其过程运动副之间的摩擦将导致零件表面材料的逐渐损失，这种现象称为磨损。单位时间内材料的磨损量称为磨损率，磨损量可以用体积、质量或厚度来衡量。

在机械的正常运转中，磨损过程大致可分为三个阶段。(1) 跑合 (磨合) 磨损阶段。

(2) 稳定磨损阶段。

(3) 剧烈磨损阶段。

3) 磨损分类 (1) 磨粒磨损。由于摩擦表面上的硬质突出物或从外部进入摩擦表面的硬质颗粒，对摩擦表面起到切削或刮擦作用，从而引起表层材料脱落的现象，称为磨粒磨损。

(2) 黏着磨损。黏着磨损按程度不同可分为五级：轻微磨损、涂抹、擦伤、撕脱、咬死。

(3) 疲劳磨损 (点蚀)。两摩擦表面为点或线接触时, 由于局部的弹性变形形成了小的接触区。这些小的接触区形成的摩擦副如果受变化接触应力的作用, 则在变化接触应力反复作用下, 表层将产生裂纹。随着裂纹的扩展与相互连接, 表层金属脱落, 形成许多月牙形的浅坑, 这种现象称为疲劳磨损, 也称点蚀。

(4) 腐蚀磨损。腐蚀磨损可分为氧化磨损、特殊介质腐蚀磨损、气蚀磨损等。

2. 润滑和密封 1) 润滑 润滑就是向摩擦表面供给润滑剂。

(1) 润滑剂的选择。用得最多的润滑剂是润滑油和润滑脂。润滑油的内摩擦系数小, 流动性好, 是滑动轴承中应用最广的一种润滑剂。工业用润滑油有合成油和矿物油两类, 其中矿物油资源丰富, 价格便宜, 适用范围广。

润滑油的主要性能指标是黏度, 它表示润滑油流动时内部摩擦阻力的大小, 是选用润滑油的主要依据。选择滑动轴承的润滑油时, 主要是考虑黏性和油性两项性能指标。

工业上常用的润滑脂有钙基润滑脂、钠基润滑脂、锂基润滑脂。

(2) 润滑油添加剂的选择。添加剂按功能分主要有抗氧化剂、抗磨剂、摩擦改善剂 (又名油性剂)、极压添加剂、清净剂、分散剂、泡沫抑制剂、防腐防锈剂、流点改善剂、黏度指数增进剂等类型。

2) 密封 密封装置可分为两类: 一类是固定密封, 即密封后密封件之间固定不动; 另一类是动密封, 即密封后两密封件之间有相对运动。

固定密封可采用各种垫片, 包括金属垫片、非金属垫片以及密封胶等。动密封又可分为接触式密封、非接触式密封、半接触式密封, 其中应

用较广的是接触式密封，它主要利用各种密封圈或毡圈密封。非接触式密封有迷宫式密封、螺旋式密封等，半接触式密封有活塞环密封、机械密封等，其结构较复杂，主要用于重要部件的密封。

二、滚动轴承的结构、类型及选择 1. 滚动轴承的结构与材料滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架组成。

滚动轴承的内圈、外圈和滚动体均采用强度高、耐磨性好的铬锰高碳钢制造，常用材料有 GCr15、GCr15SiMn 等。热处理后，硬度一般为 60~65 HRC，工作表面需经磨削、抛光处理。保持架多用低碳钢板冲压而成，也可以采用铜合金、塑料及其他材料制造。

2. 滚动轴承的类型与选择 1) 轴承的类型 (1) 按滚动轴承承载方向分。滚动轴承按承载方向可分为向心轴承和推力轴承。

(2) 按滚动轴承滚动体形状分。滚动轴承按滚动体形状可分为球轴承和滚子轴承，而滚子轴承又分为圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承等。

(3) 按滚动轴承工作时能否调心分。滚动轴承按工作时能否调心可分为刚性轴承和调心轴承。

2) 滚动轴承的代号 (1) 前置代号。(2) 基本代号。(3) 后置代号。

3) 滚动轴承类型的选择 (1) 要求工作转速和旋转精度高，且主要承受径向载荷时，应优先选用深沟球轴承。

(2) 径向载荷大，但无轴向载荷，而工作转速又不高时，适宜选用圆柱滚子轴承。

(3) 承受径向载荷，同时又承受较大的轴向载荷时，推荐选用角接触球 (或圆锥滚子) 轴承。若轴向力远大于径向力，可以选用推力球轴承 (承受轴向力) 和深沟球轴承 (承受径向力) 的组合结构。角接触球 (或圆

锥滚子) 轴承应成对使用, 对称安装。

(4) 轴的对中性较差, 或有较大的偏转角时, 则应选用调心球 (或滚子) 轴承。在同一轴上, 这种轴承不能与其他轴承混合使用, 以免失去调心作用。

(5) 仅有轴向载荷作用时, 一般应选推力球轴承。因推力球轴承极限转速低, 若工作转速较高时, 可以考虑用角接触球轴承来承受轴向力, 而不用推力球轴承。

(6) 要考虑经济性。

三、滚动轴承的组合设计 1. 轴系上的轴向固定 1) 两端单向固定轴的两个轴承分别限制一个方向的轴向移动, 这种固定方式称为两端单向固定。

2) 一端双向固定、一端游动一端支承的轴承, 内圈、外圈双向固定, 另一端支承的轴承可以轴向游动。

3) 两端游动两端游动支承结构的轴承, 都不对轴作精确的轴向定位。两轴承的内圈、外圈双向固定, 以保证轴能作双向游动。

2. 轴向位置的调整

3. 提高轴承系统的刚度和同轴度如果不保证支承系统的刚度和同轴度, 会使轴线有较大的偏移, 影响轴承的旋转精度, 从而降低轴承的使用寿命。提高轴承系统的刚度还要减小轴承支点相对于箱体孔壁的悬臂长度。

4. 配合与装拆 1) 滚动轴承与轴和轴承座孔的配合

2) 滚动轴承的安装与拆卸

四、滑动轴承简介 1. 滑动轴承的类型及结构 1) 按摩擦状态分类滑

动轴承按摩擦状态可分为液体摩擦滑动轴承和非液体摩擦滑动轴承。

2) 按受载荷方向不同分类按受载荷方向不同, 滑动轴承可分为径向滑动轴承和止推滑动轴承。

2. 轴瓦和轴承衬 1) 轴瓦的结构轴瓦是滑动轴承中直接与轴颈接触的重要零件, 常用的轴瓦有整体式轴瓦和剖分式轴瓦两种。

2) 材料轴瓦和轴承衬材料应具备以下性能。(1) 耐磨、耐腐蚀、抗胶合能力强。(2) 摩擦系数小。(3) 导热性好。(4) 具有足够的强度和一定的塑性。(5) 具有良好的跑合性。

联轴器和离合器: 一、联轴器 1. 概述联轴器和离合器主要是用来联接两轴、传递运动和转矩的部件。

联轴器所联接的主动轴和从动轴属于两个不同的机器或部件。

2. 联轴器的类型及应用 1) 刚性联轴器刚性联轴器具有结构简单、零件数量少、质量轻、价格低廉、使用方便等优点, 但不能补偿两轴间的偏移, 只适用于一些转速不高、载荷平稳且两轴严格对中的联接。常见的刚性联轴器有凸缘联轴器和套筒联轴器。

2) 挠性联轴器挠性联轴器具有一定的补偿两根轴的轴线偏移的能力, 所以被联接两轴的同轴度不易保证时, 都应选用挠性联轴器。根据补偿偏移方法的不同, 挠性联轴器又可分为无弹性元件联轴器和弹性联轴器。

(1) 无弹性元件联轴器。无弹性元件联轴器包括齿式联轴器、滑块联轴器、万向联轴器等。

(2) 弹性联轴器。弹性联轴器包括弹性套柱销联轴器、弹性柱销联轴器、轮胎式联轴器等。

3. 联轴器的选择 1) 联轴器类型的选择 (1) 联轴器传递载荷的大小和性质及对缓冲减振的要求。若载荷平稳、传递载荷大、转速稳定、同轴性好、无相对位移, 选用刚性联轴器; 若载荷变化大, 要求缓冲减振或同轴度不易保证的, 应选用有弹性元件的挠性联轴器。

(2) 转速很高时, 选用非金属弹性的挠性联轴器。

(3) 要求对中性好, 选择刚性联轴器; 需补偿偏移的选择挠性联轴器。

(4) 考虑拆装方便, 优先选择可直接径向移动的联轴器。

(5) 在高温下工作时, 不可选择无弹性元件的联轴器。

2) 联轴器型号的选择根据计算转矩、轴的转速以及轴端直径, 从标准中选择所需要的联轴器型号和相关尺寸。

4. 联轴器的使用和维护(1) 联轴器的安装误差应严格控制, 尤其是固定式联轴器。通常要求安装误差不应大于许可补偿量的 $1/2$ 。

(2) 联轴器在工作后应检查两轴对中情况, 其相对位移不应大于许可补偿量。应定期检查传力零件是否有损坏, 以便及时更换。有润滑要求的, 要定期检查润滑情况。

(3) 对于转速较高的联轴器, 要进行动平衡试验。

二、离合器 1. 离合器的特点与类型 1) 牙嵌式离合器主要特点是结构简单、外廓尺寸小, 能传递较大的转矩, 可保证主、从动轴同步转动, 但啮合元件为刚性啮合, 有冲击。因此, 这种离合器一般仅能在停车或低速下接合。

牙嵌式离合器常用的牙型有三角形、梯形、锯齿形和矩形等。

2) 摩擦式离合器摩擦式离合器可在任何转速下实现两轴的接合或分

离，接合过程平稳，冲击振动较小，有过载保护作用。但摩擦式离合器尺寸较大，在接合或分离过程中要产生滑动摩擦，故发热量大，磨损较大。

(1) 单片摩擦式离合器。

(2) 多片摩擦式离合器。

3) 定向离合器

2. 离合器的使用和维护(1) 定期检查离合器操纵杆行程、主动片与从动片间隙、摩擦片磨损程度，必要时进行调整或更换。

(2) 摩擦式离合器正常工作时，不得打滑或分离不彻底，否则会加速摩擦片磨损，降低使用寿命，甚至烧坏摩擦片，引起离合器零件变形退火，导致其他事故，因此需经常检查。

(3) 单向离合器应密封严实，不得有漏油现象，否则会磨损过大，温度太高，损坏滚柱、星轮或外壳等。在运行中，如离合器有声响，应及时停机检查。

三、制动器简介 1. 块式制动器块式制动器靠制动瓦块与制动轮间的摩擦力来制动。当用作起重机提升机构的制动器时，为了安全起见，设计成常闭形式。电磁块式制动器制动和开启动作快，体积小、重量轻、易于调整维修。

2. 带式制动器

1.5 其他常用结构

一、教学目标

认知凸轮机构的类型与应用；

理解凸轮机构的运动规律，了解这些规律在工程实际中的应用；

掌握凸轮轮廓设计的基本原理与方法；

认知常见间歇运动机构的类型与应用。

二、教学重点

凸轮轮廓设计的基本原理与方法；常见间歇运动机构的类型与应用。

三、教学难点

凸轮轮廓设计的基本原理与方法。

四、素质 (思政) 内容

在介绍其他常用结构时，强调创新精神和解决问题的能力。鼓励学生思考如何根据实际需求进行结构的优化和创新设计，培养学生的创新意识和实践能力。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示、提问

六、学时数

4 学时。

七、教学内容

教学内容：凸轮机构的组成和类型：一、凸轮机构的组成与应用凸轮机构由凸轮、从动件、机架三个基本构件及锁合装置组成，是一种高副机构。

优点：只要正确地设计和制造出凸轮的轮廓曲线，就能把凸轮的回转运动准确可靠地转变为从动件所预期的复杂运动规律的运动，而且设计简单。

缺点：是凸轮与从动件之间为点或线接触，故难以保持良好的润滑，容易磨损。

广泛应用于机械、仪器、操纵控制装置和自动生产线中，是自动化生产中主要的驱动和控制机构。

二、凸轮机构的类型 1. 按凸轮形状分类 1) 盘形凸轮 2) 移动凸轮 3) 圆柱凸轮

2. 按从动件末端形状分类 1) 尖顶从动件凸轮机构其特点是能与任何形状的凸轮轮廓上各点相接触，因而理论上可实现任意预期的运动规律。

2) 滚子从动件凸轮机构滚子从动件凸轮机构中从动件的端部装有滚子，由于从动件与凸轮之间可形成滚动摩擦，因而磨损显著减少，能承受较大载荷，应用较广。但从动件端部重量较大，又不易润滑，故仍不宜用于高速。

3) 平底从动件凸轮机构若不计摩擦，凸轮对从动件的作用力始终垂直于平底，传力性能良好，且凸轮与平底接触面间易形成润滑油膜，摩擦磨损小、效率高，故可用于高速。其缺点是不能用于凸轮轮廓有内凹的情况。

4) 球面底从动件凸轮机构在实际机构中，从动件不仅有不同的结构形式，而且有不同的运动形式。如作往复直线运动的从动件称为直动从动件；作往复摆动的从动件称为摆动从动件。

3. 按锁合形式分类 1) 力锁合凸轮机构

2) 形锁合凸轮机构。

凸轮机构设计中应注意的几个问题 1. 凸轮机构的压力角压力角的大小反映了机构传力性能的好坏，是机构设计的重要参数。为使凸轮机构工作可靠，受力情况良好，必须对压力角加以限制。

压力角的检验：在凸轮轮廓曲线画出以后，在轮廓曲线较陡、变化较大的地方选取几点，分别作轮廓线的法线和从动件速度方向的直线，用量角器检查其夹角是否超过许用值。

2. 凸轮基圆半径的确定设计凸轮机构时，基圆半径选得越小，机构越紧凑。但基圆半径的减小会使压力角增大。基圆半径的确定应满足最大压力角 $\alpha_{\max} \leq [\alpha]$ 的要求。工程上根据相应的方法借助计算机求出了最大压力角与基圆半径的对应关系，并绘制了诺模图，供近似地确定基圆半径或校核凸轮机构最大压力角时使用。

3. 滚子半径的选择为保证滚子及转动轴有足够的强度和寿命，应选用较大的滚子半径 r_T ，然而滚子半径 r_T 的增大受到理论轮廓曲线上最小曲率半径 ρ_{\min} 的制约。

棘轮机构：一、棘轮机构的工作原理 1. 工作原理棘轮机构是一种常用的间歇机构。棘轮机构主要由棘轮、棘爪和机架组成。

2. 主要参数 1) 棘轮的齿数一般来说，为了避免机构尺寸过大，又能使齿轮具有一定的强度，棘轮的齿数不宜过多，通常取 $z=8\sim 30$ 。

2) 齿距和模数在棘轮齿顶圆的圆周上，相邻两个齿对应点之间的弧长称为棘轮的齿距，用 p 表示。

二、棘轮机构的类型 1. 单向式棘轮机构单向式棘轮机构的特点是：当摇杆向某一方向摆动时，棘爪推动棘轮转过某一角度；当摇杆反向摆动时，棘轮静止不动。

2. 双向式棘轮机构

3. 摩擦式棘轮机构为了能无级调节棘轮转角的大小并降低冲击和噪声，在机械中可应用摩擦式棘轮机构。外摩擦式棘轮机构，靠棘爪与棘轮

之间的摩擦力来驱动。

三、棘轮机构的特点与应用 1. 棘轮机构的特点齿式棘轮机构一般只宜用于低速、轻载的场合，如工件或刀具的转位、工作台的间歇送进等，棘爪在棘齿齿背上滑过时，在弹簧力作用下将一次次地打击棘齿根部，发出噪声。

摩擦式棘轮机构的结构十分简单，工作时没有噪音（因此有时也称为“无声棘轮”）；棘轮的转角可调，主动与从动的关系也可以互换。但是由于是利用摩擦力楔紧之后传动，因此从动件的转角准确程度较差，通常只适用于低速、轻载的场合。

槽轮机构：一、槽轮机构的组成和工作原理 1. 槽轮机构的组成单圆柱销外啮合槽轮机构由带有圆柱销 A 的拨盘、具有径向槽的槽轮和机架组成。

2. 工作原理在槽轮机构中，通常拨盘为主动件，槽轮为从动件。当拨盘以等角速度 ω_1 作逆时针的连续转动时，驱动槽轮做反向间歇运动。

二、槽轮机构的类型 1. 根据啮合情况分类根据啮合的情况，槽轮机构也可分为外啮合槽轮机构和内啮合槽轮机构两种类型。

2. 根据圆柱销数目分类圆柱销可以是一个，也可以是多个。在单圆柱销槽轮机构中，拨盘转动一周，槽轮转动一次，。如果有多个圆柱销，拨盘转动一周，则槽轮转动多次。双圆柱销外啮合槽轮机构，拨盘转动一周，槽轮转动两次。

三、槽轮机构的特点和应用槽轮机构结构简单、工作可靠，在进入和脱离啮合时运动比较平稳。但在运动过程中的加速度变化较大，冲击较严

重，因而不适用于高速。在每一个运动循环中，槽轮转角与其径向槽数和拨盘上的圆柱销数有关，每次转角大小固定而不能任意调节。所以，槽轮机构一般用于转速不高、转角不需要调节的自动机械和仪器仪表中。

板块二：机械制造模块

2.1 金属材料的力学性能

一、教学目标

了解金属材料性能种类；

了解金属材料物理性能、化学性能；

掌握金属材料力学性能指标及测试方法。

二、教学重点

掌握金属材料力学性能指标及测试方法。

三、教学难点

掌握金属材料力学性能指标及测试方法。

四、素质 (思政) 内容

在介绍力学性能的测试方法时，强调严谨的科学态度和精益求精的工匠精神。

引导学生思考如何通过改进材料性能来提高产品的质量和可靠性，培养学生的创新思维。

五、教学方式

教学手段：讲授、提问

六、学时数

2 学时。

七、教学内容

教学内容：一、金属材料的力学性能工程材料是指固体材料领域中与工程（结构、零件、工具等）有关的材料，包括金属材料和非金属材料等。其中金属材料因具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能，成为工程中应用最广泛的材料。

本章 主要介绍金属材料的力学性能，包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

强度和塑性

通过拉伸试样的实验曲线来确定强度以及塑性的性能指标，包括：

- （1） 弹性极限
- （2） 屈服极限
- （3） 抗拉强度
- （4） 断面收缩率及伸长率等。

金属材料在载荷作用下产生弹性变形时所能承受的最大应力称为弹性极限，用符号 σ_e 表示。金属材料开始明显塑性变形时的最低应力称为屈服强度，用符号 σ_s 表示。金属材料在断裂前所能承受的最大应力称为抗拉强度，用符号 σ_b 表示。试样拉断后，标距长度的增加量与原标距长度的百分比称为伸长率，用 δ 表示。试样拉断后，标距横截面积的缩减量与原横截面积的百分比称为断面收缩率，用 ψ 表示。

硬度

硬度有布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等 3 种衡量指标。横向比较不同硬度的测量方式、表达方式以及优缺点。

布氏硬度测试是用一定直径的钢球或硬质合金球，以相应的试验力压入试样表面，经规定的保持时间，卸除试验力，用读数显微镜测量试样表面的压痕直径。洛氏硬度是以顶角为 120° 的金刚石圆锥体或一定直径的淬火钢球作压头，以规定的试验力使其压入试样表面，根据压痕的深度确定被测金属的硬度值。维氏硬度试验原理与布氏硬度相同，同样是根据压痕单位面积上所受的平均载荷计量硬度值，不同的是维氏硬度的压头采用金刚石制成的锥面夹角 α 为 136° 的正四棱锥体。

冲击韧性：

生产中许多机器零件，都是在冲击载荷（载荷以很快的速度作用于机件）下工作，试验表明，载荷速度增加，材料的塑性、韧性下降、脆性增加，易发生突然性破断，因此，使用的材料就不能用静载荷下的性能来衡量，而必须用抵抗冲击载荷的作用而不破坏的能力，即冲击韧度来衡量。

应用摆锤冲击实验中的断面缺口计算来评判脆性材料、韧性材料。

疲劳强度

交变应力大小和断裂循环次数之间的关系通常用疲劳曲线来描述(图 1.1.6) 疲劳曲线表明当应力低于某一值时即使循环次数无穷多也不发生断裂此应力值称为疲劳强度或疲劳极限

二、金属材料的其他性能简介

物理性能：密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁等。

化学性能：耐腐蚀性、抗氧化性

工艺性能：铸造性能、锻造性能、焊接性能和切削加工性能。

2.2 铁碳合金

一、教学目标

掌握铁碳合金相图；

掌握铁碳合金相图的特性线、特性点；

学会分析钢的结晶过程。

二、教学重点

铁碳合金相图的特性线、特性点，某钢的结晶过程。

三、教学难点

铁碳合金相图的特性线、特性点，某钢的结晶过程。

四、素质 (思政) 内容

在讲解合金的晶体结构和组织时，引入中国在新材料研发方面的突破，激发学生的爱国情怀。

强调合金性能的优化对于提升制造业水平的重要性，培养学生的创新意识和实践能力。

五、教学方式

教学手段：讲授、演示

六、学时数

2 学时。

七、教学内容

晶体结构

(1) 晶体、非晶体、晶格、晶胞

晶体：原子按一定次序有规律排列的物质称为晶体。

非晶体：原子杂乱无章地堆积在一起的物质称为非晶体。

晶格：为了便于描述晶体中原子的排列规律可以把原子看成一个几

何质点用假想的线将这些点用线连接起来构成有明显规律性的空间构架
这种表示晶体中原子排列形成的空间格子称为晶格。

晶胞：晶格包含的原子数量相当多不便于研究将能够代表原子排列规律的最小单元划分出来这种最小的单元体称为晶胞。

(2) 常见晶格类型

体心立方晶格

面心立方晶格

密排六方晶格

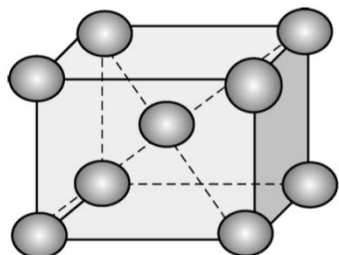


图 1.1.9 体心立方晶格

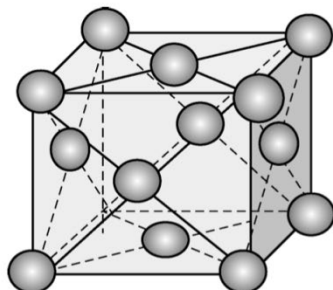


图 1.1.10 面心立方晶格

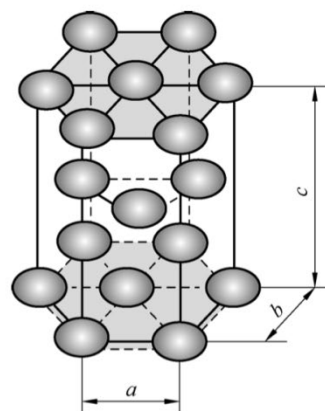


图 1.1.11 密排六方晶格

(3) 晶体缺陷

1) 点缺陷

2) 线缺陷

3) 面缺陷

金属的结晶

过冷度曲线的解读；过冷度对结晶的影响；晶粒大小对力学性能的具体影响。

金属由液态转变为具有晶体结构的固态的过程称为结晶。

冷却分为三个过程：①是从熔点开始降温，随着时间温度慢慢在下

降，这一过程还是属于液态；②是为恒温过程，在整个过程中温度也是在下降的，但由于从液态转变为固态时，原子间要缩短距离进而发生碰撞，释放出大量的热量，补偿了降温消耗的能量，因而为平衡过程，此时液态在向固态转变，最后全部变成晶体；③金属已经变成了晶体状态，随着温度继续下降也不会改变。

结晶的过程实际分为以下两个过程：

第一个过程：形核。液态金属中原子作不规则运动，随着温度降低，原子活动能力减弱，原子活动范围也缩小，相互之间逐渐接近，当液态金属的温度下降到接近实际结晶温度时，某些原子按一定规律排列聚集，形成极细微的小集团，当低于理论结晶温度时，这些小集团的一部分就成为稳定的结晶核心，称为晶核，形核方式分为：①均匀形核（自发形核、均质形核）：依靠稳定的原子集团——相起伏，②非均匀形核（非自发形核、异质形核）：晶核依附于液态金属中现成的微小固相杂质质点的表面形成。

第二个过程：长大。晶核向液体中温度较低的方向发展长大，由小变大长成晶粒的过程，在晶核开始长大的初期，原子排布比较规则，随着晶核长大和晶体棱角的形成，棱角处散热条件优于其他部位，因此优先长大，其生长方式像树枝状一样，因而称为枝晶。在结晶的过程中，会有很多的地方散热条件相差不大，同时达到结晶温度，因而就有多个晶核同时形成，它们分布在液体的不同部位，在不同的部位的晶核都遵循枝晶散热最快的方式进行长大，这样就有多个晶粒在形成，最后获得的实际金属材料就是多晶体的结构。

在常温下，细晶粒金属比粗晶粒金属具有更高的强度、硬度、塑性和

韧性，因而，我们可以采取以下方法获得细晶粒：①增加过冷度：过冷度增加，形核速率远远大于长大速率；②变质处理：实际就是增加非均匀形核；③机械方法：比如振动或搅拌。

金属的同素异构转变

金属在固态下由于温度的改变而发生晶格类型转变的现象，称为同素异构转变。其实质是：原子排列不同，结构不同，金属体积发生改变的结果。

液态纯铁在 1538°C 进行结晶得到体心立方晶格的 $\delta\text{-Fe}$ 继续冷却到 1394°C 时发生同素异构转变转变为面心立方晶格的 $\gamma\text{-Fe}$ 再冷却到 912°C 时又发生同素异构转变 $\gamma\text{-Fe}$ 转变为体心立方晶格的 $\alpha\text{-Fe}$ 如再继续冷却到室温晶格的类型不再发生变化这种同素异构转变转化如图 1.1.20 所示。

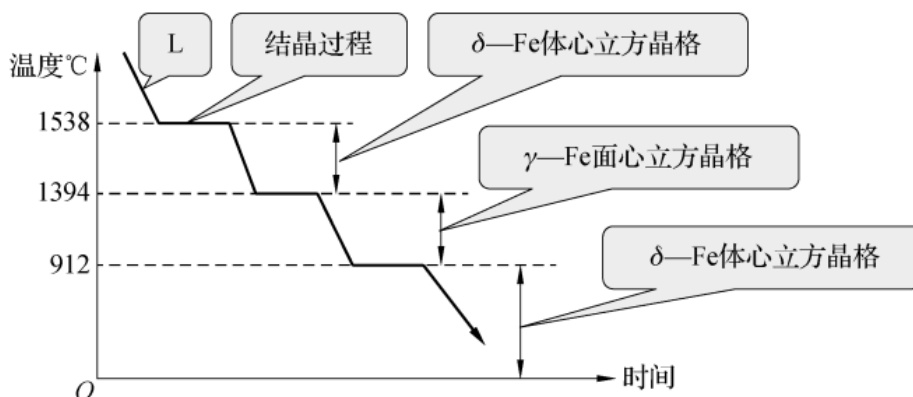
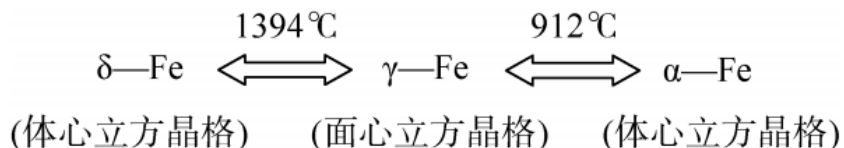


图 1.1.20 冷却曲线



合金的结构

由两种或两种以上的金属，或金属与非金属经一定方法合成的具有金属特性的物质，称为合金。组成合金最基本的物质，称为组元。给定合金以不同的比例而合成的一系列不同成分合金的总称，称为合金系。

根据构成各组元之间相互作用的不同，固态合金的相按结构可分为固溶体和金属化合物。合金在固态时，组元之间相互溶解，形成在某一组元晶格中包含其他组元原子的新相，这种新相称为固溶体。按溶质原子所占溶剂晶格中的位置的不同，固溶体可分为置换固溶体与间隙固溶体两种。中间相是由金属与金属，或金属与类金属元素之间形成的化合物，这些化合物结构一般比较复杂，而且具有金属特性，所以也称为金属间化合物，包括：正常价化合物、电子化合物（电子相）、间隙化合物。

铁碳合金相图的特性线、特性点及结晶过程

铁碳合金随着温度以及碳含量改变的具体变化，相结构的转变以及随着带来的组织变化与力学性能的变化。

铁碳合金在液态是铁和碳可以无限互溶，在固态时根据含碳量的不同，碳可以溶解在铁中形成固溶体，也可以与铁形成化合物，或者形成固溶体与化合物组成的机械混合物，因此，铁碳合金在固态下出现以下几种基本组织：

①铁素体。碳在 α -Fe 中所形成的间隙固溶体，用“F”表示，铁素体还保持 α -Fe 的体心立方晶格，体心立方晶格间隙较小，因而溶解碳的能力很小，随着温度上升溶解碳的能力增加。铁素体的力学性能接近纯铁，强度、硬度低，塑性和韧性很好。

②奥氏体。碳在 γ -Fe 中的形成的间隙固溶体，用“A”表示，奥氏体仍保持 γ -Fe 的面心立方晶格，由于面心立方晶格间隙较大，故奥

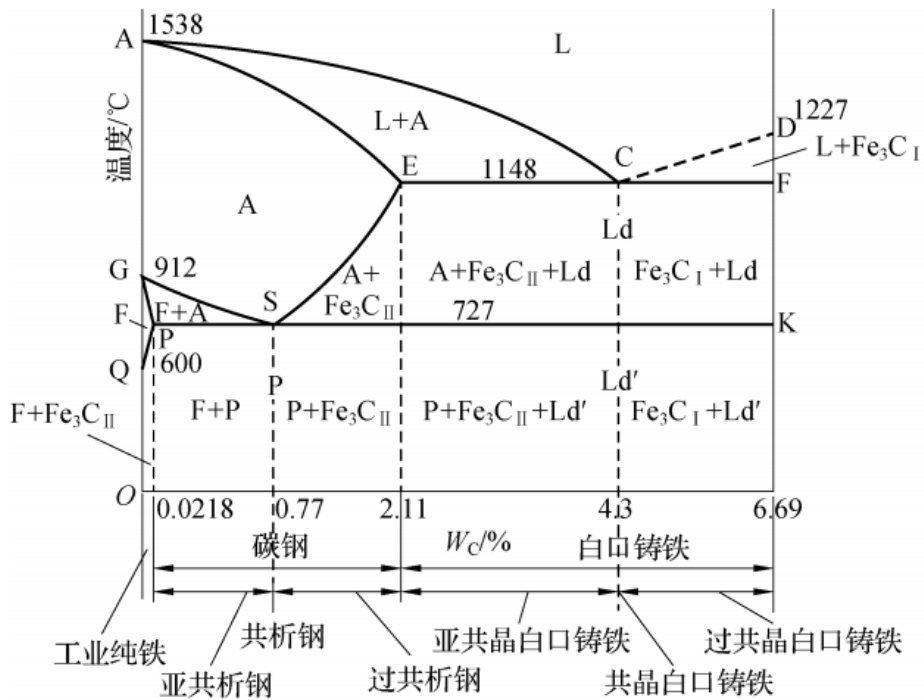
氏体溶解碳的能力较大。随着温度下降，溶解能力也在下降。奥氏体的硬度不高，塑性极好，因此通常把钢加热到奥氏体状态进行锻造。

③渗碳体。渗碳体是 Fe 与 C 的金属化合物，用“Fe₃C”来表示。是一种具有复杂晶体结构的间隙化合物，其硬度高，脆性大，塑性很差，因此铁碳合金中的渗碳体量过多将导致材料的力学性能变坏，因而渗碳体是钢中主要强化相，可以提高材料的强度和硬度。

④珠光体。珠光体是 Fe 与 Fe₃C 机械混合物，用“P”来表示。常见的珠光体形态是铁素体与渗碳体片层相间分布的，片层越细密，强度越高。

⑤莱氏体。含碳量为 4.3% 的液态合金，当温度缓慢冷却 1148℃时，析出 A 与 Fe₃C 的机械混合物，即共晶反应的产物，称为高温莱氏体，用“L_d”表示，当冷却到 727℃时由奥氏体转变为珠光体，所以室温下莱氏体由珠光体和渗碳体组成，称为低温莱氏体或变态莱氏体，用符号“L_d'”表示。莱氏体中渗碳体较多，硬度高、塑性差、脆性很大，是白口铁的基本组织。

随着钢中含碳量的增加，其强度、硬度升高，而塑性和韧性下降，这是由于组织中渗碳体量不断增多，铁素体量不断减少的缘故，但当 $\omega_c=0.9\%$ 时，由于网状二次渗碳体的存在，硬度和强度增高，塑性和韧性降低，随着含碳量的增加，渗碳体以网状分布在晶界处，则材料的塑性和韧性大为下降，且强度也随之降低。



2.3 钢的热处理

一、教学目标

掌握热处理的作用相图在热处理过程中的应用固态相变的特点类型；

熟练掌握钢在加热和冷却时的组织转变；

掌握钢的热处理的目的、工艺及选用。

二、教学重点

钢的热处理工艺及应用范围。

三、教学难点

钢的热处理工艺及应用范围。

四、素质 (思政) 内容

在介绍热处理工艺时，强调工艺参数的精确控制和优化对于提高产

品质量的重要性，培养学生的工匠精神。

引导学生思考如何通过热处理工艺的创新来降低能耗和减少污染，培养学生的环保意识。

五、教学方式

教学手段：讲授

六、学时数

2 学时。

七、教学内容

一、热处理热处理是通过加热、冷却的方法，以改变金属内部组织为手段，以改变金属的力学性能为目的的工艺方法。

本章 节主要介绍结合上一章 所学金属材料的性能，着重介绍改善其性能所采用的热处理方法，使读者掌握金属材料的成分、组织和性能之间的关系，为合理选材和制定加工工艺打下基础。

并介绍热处理新技术：

激光热处理

真空热处理

形变热处理

二、钢的热处理钢的热处理是将钢件在固态范围内，采用适当方式进行加热、保温、冷却，以获得所需组织与性能的工艺。

钢的热处理可分为整体热处理和表面热处理：

整体热处理包括退火、正火、淬火和回火。

将组织偏离平衡状态的钢加热到适当温度，保温一定时间，然后缓慢冷却（一般为随炉冷却）以获得接近平衡状态组织的热处理工艺叫做退

火。根据处理的目的是要求不同，钢的退火可分为完全退火、等温退火、球化退火、扩散退火和去应力退火等。

钢材或钢件加热到 A_{c3} (对于亚共析钢)、 A_{c1} (对于共析钢) 和 A_{cm} (对于过共析钢) 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，保温适当时间后，在自由流动的空气中均匀冷却的热处理称为正火。

淬火就是将零件加热到 A_{c1} 或 A_{c3} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 保温一定时间，然后快速冷却（一般为油冷或水冷）从而得到马氏体的一种热处理工艺。

回火是将淬火钢重新加热到 A_1 点以下的某一温度，保温一定时间后，冷却到室温的一种操作。

不同热处理手段所应用的温度区间以及冷却方式不同；退火与正火的比较与选择；淬火和回火的工艺选择；调质处理（淬火并高温回火）。

表面热处理包括表面淬火和化学热处理，一些在弯曲、扭转、冲击、摩擦等条件下工作的齿轮等机器零件要求具有表面硬、耐磨而心部韧性好，能抗冲击的特性，仅从选材方面去考虑是很难达到此要求的，应用表面热处理可以在维持心部韧性的同时改善表面硬度。

(1) 表面淬火：感应加热表面淬火、火焰加热表面淬火

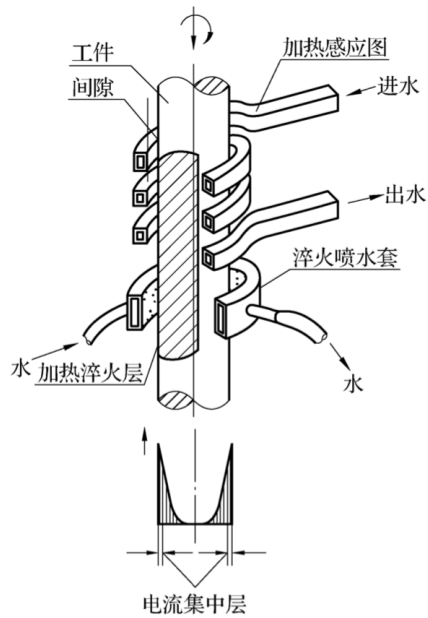


图 2.1.13 感应加热表面淬火示意图

(2) 化学热处理：渗碳、渗氮、碳氮共渗与氮碳共渗

2.4 金属材料

一、教学目标

了解黑色金属和有色金属及其他材料；

掌握钢铁材料的牌号及性能；

掌握铜和铜合金、铝和铝合金的性能。

二、教学重点

掌握钢铁材料的牌号及性能。

三、教学难点

掌握钢铁材料的牌号及性能。

四、素质 (思政) 内容

在讲解不同金属材料的性能和应用时，引导学生关注材料的可回收性和环保性，培养学生的可持续发展意识。

强调中国在新材料领域的领先地位和创新能力，激发学生的民族自豪感。

五、教学方式

教学手段：讲授

六、学时数

2 学时。

七、教学内容

金属材料是由金属元素或以金属元素为主而组成的并具有金属特性的工程材料。包括黑色材料和有色材料两大类。为了更好区分不同材料以及方便人们选取材料用牌号来区别不同的材料或者参杂其他元素的同种材料。

一、常用的钢铁材料

碳钢：

钢按碳含量可分为低碳钢（ $\omega_c < 0.25\%$ ）、中碳钢（ $\omega_c = 0.25\% \sim 0.6\%$ ）、高碳钢（ $\omega_c > 0.6\%$ ）。

碳素结构钢牌号

优质碳素结构钢牌号

低合金高强度结构钢

合金钢合金钢是指合金元素的各种类和含量高于国标规定范围的钢。

铸铁铸铁可分为白口铸铁、灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁等。

二、有色金属

铝与铝合金 1) 纯铝 2) 铝合金分为变形铝合金、铸造铝合金两大类。

铜与铜合金 1) 纯铜 2) 铜合金：青铜、黄铜

轴承合金：用来制造滑动轴承中轴瓦及轴瓦内衬的合金称为轴承合金。

2.5 铸造成型

一、教学目标

掌握铸造成型的原理；
铸造材料的牌号及选用；
分析铸造结构工艺性；
铸造工艺设计等。

二、教学重点

铸造材料牌号、铸造工艺设计及工艺性分析。

三、教学难点

铸造工艺设计及工艺性分析的热处理工艺。

四、素质 (思政) 内容

在介绍铸造工艺时，强调工匠精神和精益求精的态度对于提高产品质量的重要性。

引导学生思考如何通过技术创新来降低铸造过程中的能耗和污染，培养学生的环保意识。

五、教学方式

教学手段：讲授、视频

六、学时数

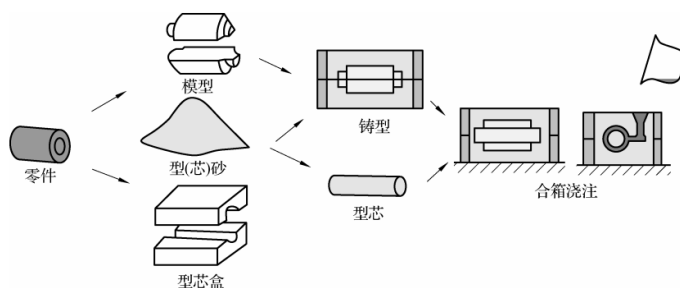
4 学时。

七、教学内容

砂型铸造工艺基础

铸造生产的实质、特点及应用。砂型铸造工艺过程。手工造型基本方法、特点及应用。

砂型铸造主要工序有制造模样和芯盒、备制型砂和芯砂、造型、造芯、合型、浇注、落砂清理和检验等，其中造型（芯）是砂型铸造最基本的工序，按紧实型砂和起模方法不同，造型方法可分为手工造型和机器造型两种。手工造型操作灵活，工装简单，但劳动强度大，生产率低，常用于单件和小批量生产。



手工造型的方法很多。有整模造型、分模造型、挖砂造型、活块造型、刮板造型等。机器造型（芯）使紧砂和起模两个重要工序实现了机械化，因而生产率高，铸件质量好，但设备投资大，适用于中、小型铸件的成批大量生产。机器造型按紧实的方式不同，分压实造型、震击造型、抛砂造型和射砂造型四种基本方式。

表 3.1.4 常用手工造型方法的特点和应用范围

造型方法	特点	应用范围
整模造型	整体模、分型面为平面、铸型型腔全部在一个砂箱内，造型简单，铸件不会产生错箱缺陷	铸件最大截面在一端，且为平面
分模造型	模样沿最大截面分为两半，型腔位于上、下两个砂箱内，造型方便，但制作模样较麻烦	铸件最大截面在中间，一般为对称性铸件
挖沙造型	整体模，造型时需挖去阻碍起模的型砂，生产率低	单件小批量生产，分模后易损坏或变形的铸件
假箱造型	利用特制的假箱或型板进行造型，自然形成曲面造型，可免去挖砂操作，造型方便	成批生产需要挖砂的铸件
活块造型	将模样上阻碍起模的部分，做成活动的活块，便于造型起模，造型和制作模样都较麻烦	单件小批量生产带有突起部分的铸件
刮板造型	用特制的刮板代替实体模样造型，可显著降低模样成本，但操作复杂，要求工人技术水平高	单件小批量生产等截面或回转体大、中型铸件
三箱造型	铸件两端截面尺寸比中间部分大，采用两箱造型无法起模时，铸型可由三箱组成，关键是选配高度合适的中箱，造型麻烦，容易错箱	单件小批量生产具有二个分型面的铸件
地坑造型	在地面以下的砂箱中造型，一般只用上箱，可减少砂箱投资，但造型劳动量大，要求工人技术较高	生产批量不大的大、中型铸件，可节省下箱

合金的铸造性能

合金的流动性、收缩性及常用合金的铸造性能。

合金的铸造性能是指合金在铸造生产过程中，铸造成形的难易程度。熔融金属充满型腔，形成形状完整、轮廓清晰的铸件的能力叫做液态合金的充型能力，影响液态合金充型能力的因素有两个：一是合金的流动性，二是外界条件。

铸件在冷却、凝固过程中，其体积和尺寸减小的现象叫做收缩，合金的收缩量通常用体收缩率和线收缩率来表示。铸造合金收缩要经历三个相互联系的收缩阶段，即液态收缩、凝固收缩和固态收缩。

砂型铸造工艺设计基础

铸造生产要实现优质、高产、低成本、少污染，必须根据铸件结构的特点、技术要求、生产批量、生产条件等进行铸造工艺设计，并绘制铸造工艺图，铸造工艺图就是根据零件图利用各种铸造工艺符号、各种工艺参

数，把制造模样和铸型所需的资料直接绘制在图纸上的图样，图中应表示出铸件的浇注位置、分型面、型芯的形状、数量、尺寸及其固定方式，工艺参数，浇注系统等，这既是生产管理的需要，也是铸件验收和经济核算的依据，依据铸造工艺图，结合所选造型方法，便可绘制出模样图及合箱图。

铸造工艺图的作用和内容。工艺设计主要内容：浇注位置、分型面、主要工艺参数、浇注系统。

铸造工艺参数是指铸造工艺设计时需要确定的某些数据，主要指加工余量、起模斜度、铸造收缩率、型芯头尺寸、铸造圆角等，这些工艺参数不仅和浇注位置及模样有关，还与造芯、下芯及合型的工艺过程有关，在铸造过程中，为了便于制作模样和简化造型操作，一般在确定工艺参数前要根据零件的形状特征简化铸件结构。

铸件的结构工艺性

铸件的结构工艺性及铸造工艺过程的影响。铸件结构设计的基本知识。

铸件结构工艺性是指铸件的结构应在满足使用要求的前提下，还要满足铸造性能和铸造工艺对铸件结构要求的一种特性，它是衡量铸件设计质量的一个重要方面，合理的铸件结构不仅能保证铸件质量，满足使用要求，而且工艺简单、生产率高、成本低。

铸造毛坯的选用

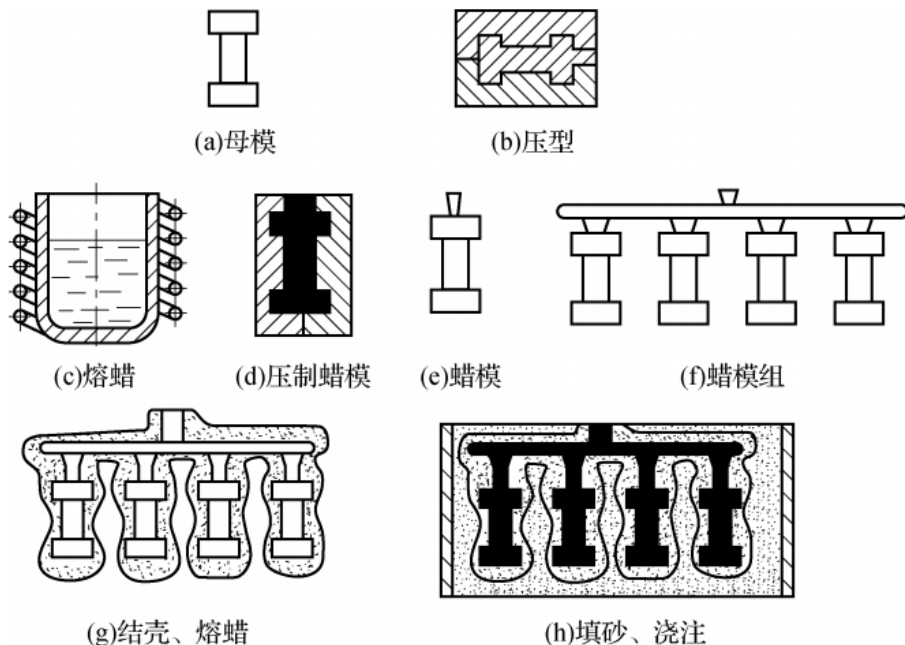
铸件的性能特点及铸造毛坯选用条件。

课堂讨论：结合生产实例，正确选用铸造毛坯。

特种铸造简介

金属型铸造、压力铸造、熔模铸造、离心铸造的基本原理、特点和应用。

将蜡料制成模样，在上面涂以若干层耐火涂料制成型壳，然后加热型壳，使模样熔化、流出，并焙烧成有一定强度的型壳，再经浇注，去壳而得到铸件的一种铸造方法。由于熔模广泛采用蜡质材料来制造，所以熔模铸造又称“失蜡铸造”。



把液体金属浇入用金属制成的铸型内而获得铸件的方法称为金属型铸造 (又称硬模铸造或永久性铸造)。制造金属型的材料熔点一般应高于浇注合金的熔点。按照分型面的位置不同，金属型分为整体式、垂直分型式、水平分型式和复合分型式。

压力铸造是将熔融的金属在高压下，快速压入金属铸型的型腔中，并在压力下凝固，以得到铸件的一种铸造方法。

离心铸造是将熔融的金属浇入高速旋转的铸型中，使金属液在离心力的作用下凝固成形，以得到铸件的一种铸造方法。

2.6 锻压成型

一、教学目标

掌握锻压成型的原理；
分析锻件结构工艺性；
锻造工艺设计等。

二、教学重点

板料冲压工艺，锻造工艺设计。

三、教学难点

锻造工艺设计。

四、素质 (思政) 内容

在讲解锻造工艺时，强调团队合作和协作精神在制造业中的重要性。
引导学生思考如何通过锻压工艺的创新来提高产品的性能和可靠性，培养学生的创新思维。

五、教学方式

教学手段：讲授，视频

六、学时数

4 学时。

七、教学内容

锻造工艺基础

锻造生产的实质、特点及应用。了解自由锻造、锤上模锻、胎模锻造的基本方法。

利用冲击力或压力使金属材料在上下两个砧铁之间或锤头与砧铁之

间产生变形，从而获得所需形状、尺寸和力学性能的锻件的成形过程，称为自由锻造（又称自由锻）。自由锻分为手工自由锻和机器自由锻，机器自由锻是自由锻的主要生产方法，手工自由锻劳动强度大、生产率低、锻件精度低，适于形状简单的单件小批量生产，也适于重型、大型锻件生产。

模锻是在高强度金属锻模上预先制出与锻件形状一致的模膛，使坯料在模膛内受压变形，而获得所需形状、尺寸以及内部质量的锻件的加工方法。目前模锻生产广泛用于国防工业和机械制造业中，模锻按使用设备的不同，可分为锤上模锻、胎膜锻、压力机上模锻。

锤上模锻是在自由锻基础上最早发展起来的一种模锻生产方法，是在模锻设备（主要是蒸汽—空气锤）上将上、下模块分别固紧在锤头与砧座上，将加热透的金属坯料放入下模型腔中，借助于上模向下的冲击作用，迫使金属在锻模型腔中塑性流动和填充，从而获得与型腔形状一致的锻件。

合金的锻造性能

金属的塑性变形及实质。金属的可锻性及其影响因素。常用合金的锻造性能。

金属在外力作用下首先要产生弹性变形，当外力增大到切应力超过材料的屈服点时，就产生塑性变形，锻压成型加工就利用了塑性变形，它是锻压成型的基础，材料塑性变形时都伴随着弹性变形，弹性变形是压力加工时产生形状回弹的原因。

多晶体的变形首先从晶格位向有利于变形的晶粒内的那些取向因子最大的滑移系开始，由于多晶体内各晶粒位向不同，若某一晶粒要发生滑移，会受到周围位向不同的其他晶粒的约束，使滑移的阻力增加，必须在

克服相邻晶粒的阻力之后才能滑移。这就说明，晶粒越细，单位体积所包含的晶界越多，并且不同位向的晶粒也越多，因而塑性变形抗力就越大，强度和硬度越高。同时，由于塑性变形时总的变形量是各晶粒滑移效果的总和，所以晶粒越细，变形可分散在越多的晶粒内进行，金属的塑性和韧性便越高。

金属的锻造性能是指金属经受锻压加工时成形的难易程度的工艺性能，其优劣常用塑性和变形抗力综合衡量，塑性高、变形抗力小则锻造性能好，它决定于金属的本质和变形条件。

锻造工艺设计基础锻件图绘制（确定余量、公差和余块），计算其坯料的质量和尺寸，确定其变形工序等。

锻件的结构工艺性自由锻造零件、胎模锻造零件、模锻零件的结构工艺性。

锻造毛坯的选用锻件的性能特点、锻造毛坯的选用条件。

课堂讨论：结合生产实例，正确选用锻造毛坯。

板料冷冲压

冲压的基本工序。冷冲压模的结构和材料。冷冲压件的结构工艺性。典型冷冲压件生产举例。

冲压是利用安装在压力机上的模具对金属或非金属材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需零件的一种压力加工方法，通常是在室温下进行的，所以又称为冷冲压，冲压件的厚度一般都不超过3~4 mm，故也称薄板冲压。

特种锻造简介

辊锻、精密模锻、轧制、挤压、冷拔的基本原理、特点及应用。

2.7 焊接成型

一、教学目标

掌握焊接成形的原理；
分析焊缝布置工艺性；
焊接接头性能及坡口形式等。

二、教学重点

焊接接头性能及坡口形式。

三、教学难点

焊接接头性能及坡口形式。

四、素质 (思政) 内容

在介绍焊接工艺时，强调安全意识和操作规程的重要性，培养学生的安全责任意识。

引导学生思考如何通过焊接工艺的创新来降低能耗和减少污染，培养学生的环保意识。

五、教学方式

教学手段：讲授，视频，讨论。

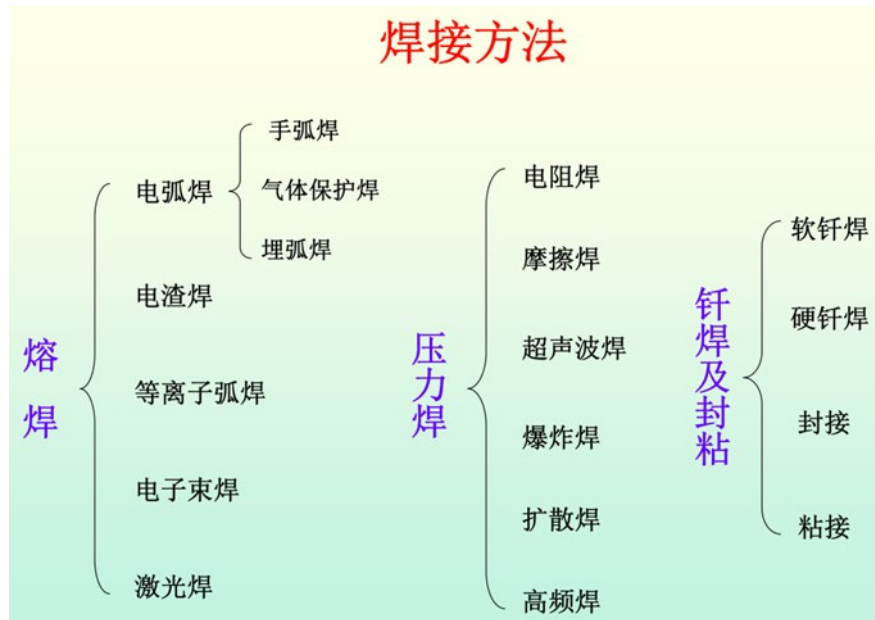
六、学时数

4 学时。

七、教学内容

焊接种类

熔化焊工艺基础熔化焊的实质、特点及应用。手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊基本原理、特点及应用。



焊接就是通过加热或加压，或两者并用，用或不用填充材料，使焊件达到原子间结合的一种加工工艺方法。

手工电弧焊又称焊条电弧焊，是指用手工操作焊条进行焊接的电弧焊方法，手工电弧焊是目前生产中应用最多和最普遍的一种金属焊接方法。

气体保护电弧焊是指采用外加气体作为电弧介质并保护电弧和焊接区的电弧焊，常用的保护气体有氩气和二氧化碳气体两种，气体保护电弧焊是明弧焊接，焊接时便于监视焊接过程，故操作方便，可实现全位置自动焊接，焊后还不用清渣，可节省较多时间，大大提高了生产率。另外，由于保护气流对电弧有冷却压缩作用，电弧热量集中，因而焊接热影响区窄，件变形小，特别适合于焊接薄板。

焊接接头及金属焊接性能

焊缝及热影响区的组织和性能。金属的可焊性。碳钢、合金钢、铸铁的焊接性能。

用焊接方法连接的接头称为焊接接头 (简称接头)，焊接接头包括焊

缝、熔合区和热影响区。焊条电弧焊常用的基本接头形式有对接接头、搭接接头、角接接头和 T 形接头 4 种。坡口是根据设计或工艺需要，在焊件的待焊部位加工成具有一定几何形状并经装配后构成的沟槽，将接头开成一定的角度叫做坡口角度，其目的是为保证电弧能深入到焊缝根部使其焊透，以及便于清渣并获得良好的焊缝成形，而且坡口还能起到调节母材金属和填充金属比例（即熔合比）的作用。焊缝是焊件经焊接后所形成的结合部分，焊缝按不同分类的方法有下列几种形式：①按焊缝在空间位置的不同可分为平焊缝、立焊缝、横焊缝及仰焊缝 4 种形式；②按焊缝结合形式不同可分为对接焊缝、角焊缝及塞焊缝 3 种形式。

焊接应力与焊件的结构工艺性焊接应力与变形：应力产生的原因，变形形式和防止变形的措施。焊接件的结构工艺性。

熔化焊工艺设计基础确定焊缝位置和焊接方法。确定焊接接头及坡口的形式和尺寸。合理选用焊条。简单焊接件工艺设计。

为保证焊缝质量，焊接时必须选择合理的焊接工艺参数，焊条电弧焊的焊接工艺参数通常包括：焊条直径、焊接电流、电弧电压、焊接速度和焊缝的层数等。

1) 焊条直径的选择：焊条直径是指焊芯直径，焊条直径一般根据焊件厚度确定，同时还要考虑接头形式、施焊位置和焊缝层数，对于重要结构还要考虑焊接热输入的要求，这是保证焊接质量和效率的重要因素。

2) 焊接电流的选择：焊接电流对焊缝质量有较大的影响，如果焊接电流过小会使电弧不稳，熔宽和熔深均减小，易造成未焊透、未熔合、夹渣以及焊缝成形不良等缺陷。反之，若焊接电流过大，会使熔宽和熔深增大、飞溅增多、焊条发红发热时药皮失效，易造成气孔、焊瘤和烧穿等缺陷，

也会使焊接接头由于过热而发生组织变化。

焊接件选用

焊接件的性能特点、焊接件的选用条件。

课堂讨论：结合生产实例，正确选用焊接件。

其他焊接方法简介

气焊、接触焊、电渣焊基本原理、特点及应用。

2.8 机械加工成型基础

一、教学目标

了解切削运动及切削要素，车削加工，铣削加工，刨削加工，拉削加工，磨削加工，工艺过程的基本知识。

二、教学重点

切削运动及切削要素，车削加工，铣削加工，刨削加工，磨削加工。

三、教学难点

切削运动及切削要素，工艺过程的基本知识。

四、素质 (思政) 内容

在介绍切削加工时，强调工匠精神和精益求精的态度对于提高加工精度和效率的重要性。

引导学生思考如何通过机械加工技术的创新来提高产品的质量和可靠性，培养学生的创新思维和实践能力。

强调机械加工过程中的节能减排和绿色制造理念，培养学生的可持续发展意识。

五、教学方式

教学手段：讲授

六、学时数

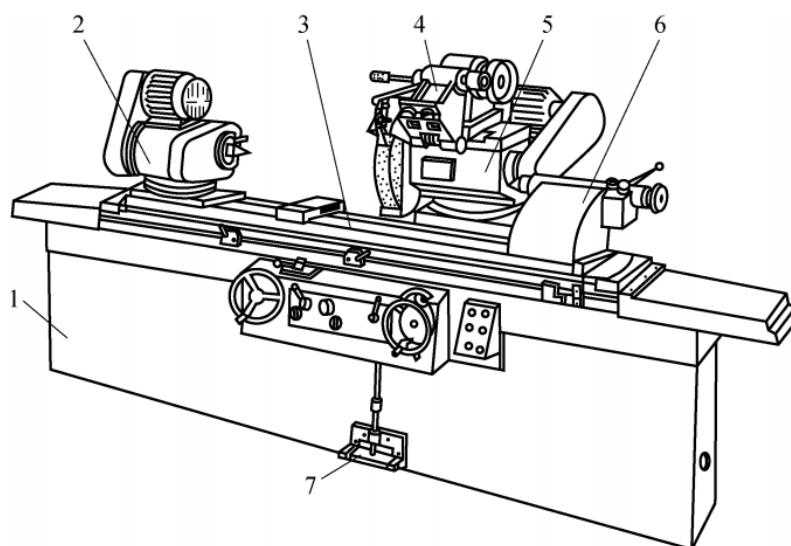
8 学时。

七、教学内容

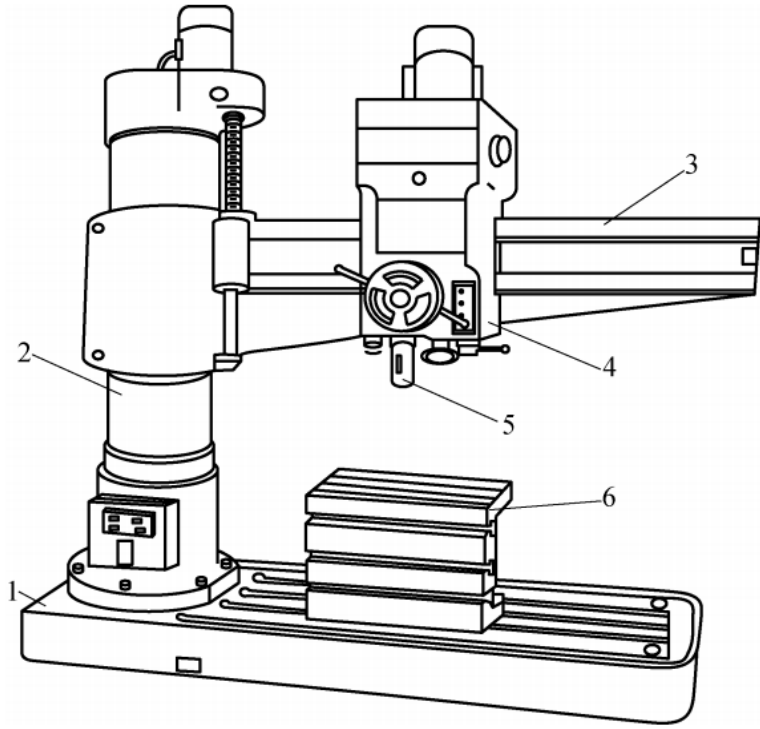
零件表面的形成及切削运动金属切削过程中，刀具和工件之间必须要有一定的相对运动，按刀具和工件在运动中所起作用不同，切削运动可分为主运动和进给运动。

切削用量（切削三要素如何选择）切削用量是指切削过程中切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 三者总称，它表示主运动及进给运动量，是用于调整机床的重要参数。

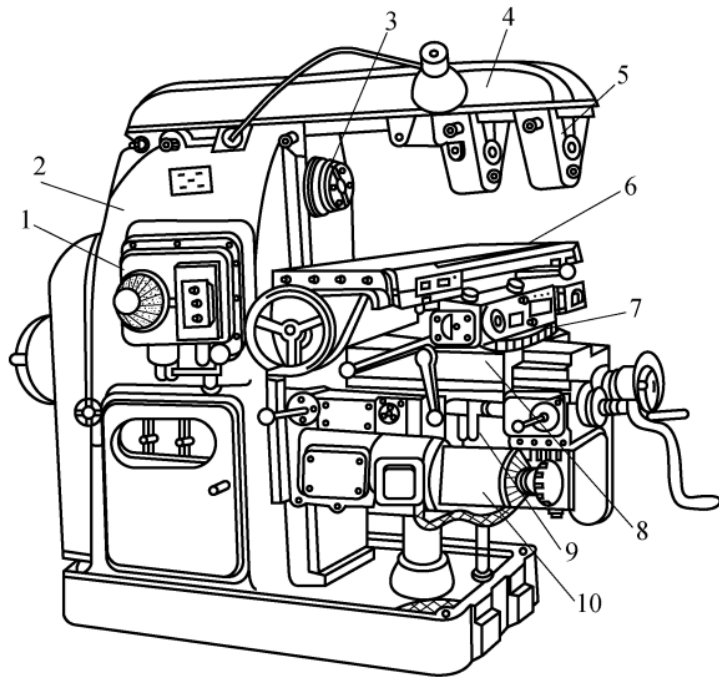
切削机床的分类及型号编制，加工不同零件以及零件表面所许选取的不同的切削方法以及切削机床



磨床



钻床



铣床

刀具材料，高速钢以及硬质合金的选取

刀具材料必须符合下列要求：

高的硬度和耐磨性

足够的强度和韧性

良好的耐热性和导热性

良好的工艺性

良好的经济性

刀具磨损与刀具耐用度，刀具磨损不同于一般的机械零件的磨损，因为与刀具表面接触的切屑底面是活性很高的新鲜表面，刀面上的接触压力很大，接触温度很高，所以刀具磨损存在着机械的、热的和化学的作用，既有工件材料硬质的刻划作用而引起的磨损，也有粘接、扩散、腐蚀等引起的磨损。