目录

[绪论 2](#_Toc101646547)

[第一节 机械及其组成 2](#_Toc101646548)

[第二节 机械设计的一般过程 2](#_Toc101646549)

[第三节 机器应满足的基本要求 2](#_Toc101646550)

[第四节 在役机械设备的维护管理 2](#_Toc101646551)

[第五节 本课程的内容、性质和任务 2](#_Toc101646552)

[第一章 机械零件设计的基础知识 2](#_Toc101646553)

[第一节 机械零件的常用材料及热处理 2](#_Toc101646554)

[第二节 机械零件的主要失效形式 3](#_Toc101646555)

[第三节 机械零件的工作能力及其准则 3](#_Toc101646556)

[第四节 机械零件设计的一般步骤 3](#_Toc101646557)

[第五节 机械零件的强度 4](#_Toc101646558)

[静应力作用下零件静强度计算 4](#_Toc101646559)

[变应力作用下零件疲劳强度计算 4](#_Toc101646560)

[零件的接触疲劳强度 5](#_Toc101646561)

[第六节 磨损、摩擦和润滑 5](#_Toc101646562)

[润滑油性能指标 5](#_Toc101646563)

[润滑脂的性能指标 5](#_Toc101646564)

[润滑 6](#_Toc101646565)

[第七节 机械零件的结构工艺性及标准化 6](#_Toc101646566)

[第二章 平面机构的组成、运动简图及自由度 6](#_Toc101646567)

[第一节 平面机构的组成 6](#_Toc101646568)

[第二节 平面机构的运动简图 6](#_Toc101646569)

[第三节 平面机构的自由度 6](#_Toc101646570)

[第三章 平面连杆机构 7](#_Toc101646571)

[第一节 概述 7](#_Toc101646572)

[第二节 平面四杆机构的类型 7](#_Toc101646573)

[第三节 平面四杆机构的基本特性 8](#_Toc101646574)

[第四节 平面四杆机构的设计 8](#_Toc101646575)

[第五节 连杆机构的承载能力和常见结构形式 9](#_Toc101646576)

[第四章 凸轮机构 9](#_Toc101646577)

[第一节 概述 9](#_Toc101646578)

[第二节 从动件的运动规律 9](#_Toc101646579)

[第三节 图解法设计凸轮轮廓 10](#_Toc101646580)

[第四节 凸轮机构基本参数的确定 10](#_Toc101646581)

[第五节 凸轮机构的承载能力计算及结构 11](#_Toc101646582)

[第五章 齿轮传动 12](#_Toc101646583)

[第一节 齿轮传动的特点与分类 12](#_Toc101646584)

[第二节 齿廓啮合基本定律 12](#_Toc101646585)

[第三节 渐开线齿廓的啮合性质 12](#_Toc101646586)

# 绪论

## 机械及其组成

机器：能实现确定的相对运动，又能做有用功或完成能量形式转换的机械

机械由零件组成，零件是机械中每个能单独加工的单元体，即制造加工单元

机构由构件组成，构件是机构中每个做整体相对运动的单元体

常用机构

通用零件

专用零件

标准零(部)件

机械的功能组成：动力系统、传动系统、执行系统、操纵与控制系统、框架与基础系统

## 第二节 机械设计的一般过程

制定设计工作计划-方案设计-功能技术设计-制造技术设计-试制、试验、鉴定-定型设计

## 第三节 机器应满足的基本要求

具有预定功能

经济性

安全性

可靠性

操作使用方便

## 第四节 在役机械设备的维护管理

## 第五节 本课程的内容、性质和任务

# 机械零件设计的基础知识

## 第一节 机械零件的常用材料及热处理

钢：含碳量小于2%的铁碳合金

铸铁：含碳量大于2%的铁碳合金

黄铜：铜锌合金

青铜：铜锡合金

钢的热处理：将钢在固体范围内加热到一定温度后保温一段时间，再以一定速率冷却

材料选择要求：使用要求、工艺要求、经济性要求

## 第二节 机械零件的主要失效形式

整体断裂

塑性变形

表面破坏

过大弹性变形

功能失效

## 第三节 机械零件的工作能力及其准则

工作能力(承载能力)：在预定使用期间内不发生失效的安全工作限度

准则：衡量工作能力的指标

强度准则

其中

为工作正应力，工作剪切力，MPa

为许用正应力，许用剪切力，MPa

为极限应力

为强度裕度，

刚度准则

其中为挠度，偏转角，扭转角

耐磨性准则

其中为压强,MPa,表面相对滑动速度m/s

振动稳定性准则

其中为激振源频率，自振频率

## 第四节 机械零件设计的一般步骤

1.建立计算模型

2.受力分析，确定载荷

3.分析可能的失效形式，确定设计计算准则

4.选择材料

5.确定主要几何参数和尺寸，将计算值标准化或圆整

6.确定其余结构尺寸

7.绘制零件工作图

8.编写设计计算说明书

## 第五节 机械零件的强度

静载荷：大小和方向不变的载荷

变载荷：大小或方向随时间变化的载荷

名义载荷：理想情况下的载荷

计算载荷：名义载荷与载荷系数(工况系数)的乘积

静应力：不随时间变化的应力，r=1

变应力：随时间发生变化的应力

稳定变应力：随时间做周期性变化的应力，可分为对称循环变应力(r=-1)，脉动循环变应力(r=0)，非对称循环变应力(-1<r<1)

稳定变应力参量：应力幅，平均应力，最大应力，最小应力应力循环特性

### 静应力作用下零件静强度计算

屈服强度

抗拉强度，抗剪强度

安全系数的取值方法：标准取值法，部分系数法

部分系数法

其中为准确性系数，1~1.5

为材料性质均匀性系数，1.2~1.5

为重要性系数，1~1.5

### 变应力作用下零件疲劳强度计算

为循环次数(寿命)

为循环基数，

为疲劳极限

为条件疲劳极限

为材料常数

为寿命系数

为绝对尺寸系数

为表面状况系数

为有效应力集中系数

### 零件的接触疲劳强度

对于两个轴线平行的圆柱体在载荷作用下相互接触并压紧时有：

赫兹公式

其中

为最大接触应力

为法向总压力

为接触线长度

为弹性模量

*为泊松比*

为综合曲率半径

为半径，为外接触，为内接触

## 第六节 磨损、摩擦和润滑

表面磨损可分为：磨料磨损，黏着磨损(胶合)，接触疲劳磨损(点蚀)，腐蚀磨损

摩擦状态可分为：干摩擦，边界摩擦，液体摩擦

### 润滑油性能指标

动力黏度，单位泊P，厘泊cP，1P=0.1Pa\*s

运动粘度，单位斯St，厘斯cSt，1St=1cm2/s

倾点：被冷却的润滑油开始连续流动时的最低温度

闪点：油蒸汽与空气混合后与火焰接触发生瞬间闪火的最低温度

黏温特性：黏度随温度变化的特性

### 润滑脂的性能指标

锥入度(稠度)：把质量为150g的标准锥体在25°C恒温下置于润滑脂表面5s后压下的深度

滴点：从标准测量杯孔口滴下第一滴油的温度

### 润滑

润滑方法：滴油润滑；浸油润滑；油环润滑；飞溅润滑；压力喷油润滑；油雾润滑；油气润滑；

## 第七节 机械零件的结构工艺性及标准化

对零件结构的要求：毛坯合理；结构简单合理；制造精度及表面粗糙度合理；

# 第二章 平面机构的组成、运动简图及自由度

平面机构：组成机构的所有构件在同一平面内或几个相互平行的平面内运动

## 第一节 平面机构的组成

运动副：使构件直接连接又能产生一定的相对运动的连接，分为低副，高副

低副：通过面接触构成的运动副

回转副(铰链)：组成运动副的两构件只能相对转动

移动副：组成运动副的两构件只能沿某一直线相对移动

高副：通过点或线接触的运动副

## 第二节 平面机构的运动简图

## 第三节 平面机构的自由度

自由度：描述构件运动的独立参数的最少数量

低副的约束为2；高副的约束为1

平面机构的自由度

其中为平面机构的自由度数

为活动机构的数量

为低副数

为高副数

复合铰链：多个构件同时在一处用回转副连接，K个构件构成K-1个回转副

局部自由度：某些构件的运动不会影响其他构件的运动，计算时应先去除

虚约束：对机构运动不起限制作用的重复约束，计算时应去除

机构具有确定运动的条件：机构的主动构件数=机构的自由度

若说明对象不是机构，而是桁架

*，则机构的薄弱处遭到破坏*

，则机构做无规则运动

欠驱机构：原动件数小于机构自由度而具有确定运动的机构，遵循最小阻力定律，优先沿阻力最小的方向运动

冗余机构：原动件数大于机构自由度的机构

# 第三章 平面连杆机构

## 第一节 概述

连杆机构：由若干个构件用低副连接组成的机构。

原动件的运动、动力须经过一个不与机架直接相连的称为连杆的中间机构传到传动件。

构件接触面几何形状简单，容易加工，制造成本低。

传动链较长会产生较大累计误差，影响运动的准确性，降低机械效率。

连杆和滑块产生的惯性力难以平衡，不宜用于高速运动。

可分为平面连杆和空间连杆。

以所含构件数命名

## 第二节 平面四杆机构的类型

铰链四杆机构：四个运动副均为转动副的平面四杆机构

机架：铰链四杆机构中固定的构件

连架杆：与机架相连的构件

连杆：连接连架杆的构件

曲柄：可以整周回转的连架杆

摇杆：只能在一定角度范围内运动的连架杆

双曲柄机构，两个连架杆均为曲柄

曲柄摇杆机构：

双摇杆机构

周转副：组成转动副的两个构件能360°范围内相对转动

摆动副：组成转动副的两个构件不能360°范围内相对转动

平面四杆机构可演化为：曲柄滑块机构、偏心轮

偏心距：回转中心到几何中心的距离

机构的倒置：以不同构件作为机架

运动副元素的逆换：将构成运动副的两构件的包容关系进行逆换，不影响两构件之间的相对运动，但却能演化成不同的机构

## 第三节 平面四杆机构的基本特性

铰链四杆机构具有周转副的条件：最短杆与最长杆之和小于其余两杆之和。此时最短杆参与构成的运动副为周转副，其余为摆动副。

平面连杆机构存在曲柄的条件：最短杆与最长杆之和小于其余两杆之和且最短杆或其邻杆为机架。

若最短杆与最长杆之和大于其余两杆之和，只能得到双摇杆机构

摇杆的摆角：曲柄和连杆共线时，摇杆两个极限位置的夹角

极位夹角：曲柄和连杆两次共线时，连杆所夹的锐角

急回：摇杆从一个极限位置到另一个极限位置速度不同的现象

行程速比系数：衡量急回程度

机构具有急回特性可使所需功率小，提高生产率，满足某些需求

压力角：从动件摇杆受力方向和速度方向的夹角

传动角：压力角的余角，越大机械传动性能越好

当为锐角时

当为钝角时

死点：曲柄摇杆机构中，以摇杆为主动件，曲柄为从动件，当摇杆处于两个极限位置时，摇杆通过连杆施加于曲柄上的力通过回转中心，对回转中心不产生力矩，不能使曲柄转动。可通过惯性克服；可利用死点实现自锁

## 第四节 平面四杆机构的设计

四杆机构的设计方法：作图法、解析法、实验法、图谱法

通过连杆位置设计四杆机构：中垂线

通过行程速比系数，摇杆长度，摆角设计曲柄摇杆机构：利用行程速比系数求极位夹角，利用摆角和长度画出极限位置，利用极位夹角画出一个回转中心，利用回转中心和两个极限位置画出回转中心的范围，利用构件长度关系求出各构件长度

通过两连架杆位置设计四杆机构：解析法

## 第五节 连杆机构的承载能力和常见结构形式

# 第四章 凸轮机构

## 第一节 概述

凸轮机构由凸轮，从动件，机架组成

优点：凸轮轮廓适当，能使从动件按任意预定要求往复直线运动；结构简单、紧凑，设计简便，工作可靠

缺点：凸轮与从动件接触是点接触或线接触，容易磨损，传递动力较小，凸轮轮廓加工困难

按凸轮形状可分为：盘状凸轮(平板凸轮)、移动凸轮、圆柱凸轮

按从动件型式可分为：尖顶从动件、滚子从动件、平底从动件

按从动件运动形式可分为：移动式、摆动式

按凸轮与从动件相对位置可分为：对心式、偏心式

按凸轮与从动件保持接触的方式可分为：力封闭式、几何封闭式

## 第二节 从动件的运动规律

基圆：以凸轮轮廓的最小半径为半径所作的圆

基圆半径

推程：从动件被推到离凸轮回转中心最远的位置的过程

推程运动角：凸轮推程转过的角度

升距：从动件从最低位置升到最高位置所走过的距离

远休止：从动件在最远距离停留不动的过程

远休止角：凸轮保持远休止转过的角度

回程：从动件从最远位置返回最近位置的过程

回程运动角：凸轮回程转过的角度

近休止：从动件在最近距离停留不动的过程

近休止角：凸轮保持近休止转过的角度

从动件运动规律：等速、等加(减)速、余弦、正弦、组合

等速：速度为常数，速度曲线为水平直线，位移曲线为斜直线，加速度为零，仅在推程开始和结束处速度有突变，为刚性冲击

等加(减)速：速度曲线为斜直线，位移曲线为抛物线，加速度曲线为水平直线，产生柔性冲击

余弦：位移曲线画法：以升距为直径做半圆，均分各，将凸轮转角等分做垂线，将圆周的等分点投影到垂线上即可。为柔性冲击

正弦：位移曲线为摆线，加速度曲线为正弦，无冲击

## 第三节 图解法设计凸轮轮廓

根据工件要求选定从动件的运动规律；根据结构所允许的空间和具体要求确定基圆半径；设计凸轮轮廓曲线

凸轮轮廓曲线设计有图解法和解析法

反转法：设计轮廓曲线时，将坐标系固定在凸轮上，使凸轮静止不动，从动件反向转动的方法

尖顶从动件轮廓曲线的绘制：将从动件位移线图等分；作基圆和偏距圆，将偏距圆等分；作偏心圆切射线；从基圆向外截取位移，光滑连接

滚子从动件：利用滚子中心作轮廓线，，称为理论廓线；在理论廓线上以滚子半径作滚子圆；连接内包络线，得到实际廓线

平底从动件：利用平底与导路中心线的交点作轮廓线；轮廓线必须外凸且平底左右两侧的宽度应分别大于导路中心线至左、右最远切点的距离

摆动从动件：作基圆和中心距圆，利用从动件长度和摆角作轮廓线

## 第四节 凸轮机构基本参数的确定

其中：为理论廓线的曲率半径

为实际廓线的曲率半径

为滚子半径

当时，实际廓线为平滑曲线

时，实际廓线上会产生尖点，极易磨损

时，实际廓线相交，加工时会被切去，使这部分的运动规律无法实现，称为运动失真

从动件受力方向沿接触点法线方向，可分解为沿从动件运动方向的有用分力和使从动件紧压导路的有害分离

自锁：有害分力超过限度使无论有用分力多大都不能使从动件运动

直动从动件压力角公式

其中为从动件速度

为凸轮角速度

为偏距

为位移曲线纵坐标

为基圆半径

基圆半径可取

当凸轮与轴做成一体时

其中为安装凸轮处轴的半径

## 第五节 凸轮机构的承载能力计算及结构

对于滚子从动件-盘状凸轮副，滚子与凸轮为线接触，接触应力按赫兹接触计算

其中为凸轮机构工作中的法向力，单位N

为滚子、凸轮接触宽度，取滚子宽度和凸轮宽度的小值，单位mm

为材料弹性系数，单位

，，,为滚子，凸轮的弹性模量和泊松比

为综合曲率半径，单位mm

,为滚子、凸轮工作面接触点处的曲率半径，用于外凸凸轮，用于内凹凸轮，对于平底从动件，为无穷大，

为凸轮副材料的许用接触应力，单位MPa，为滚子和凸轮的小值

为凸轮副材料的接触极限应力，单位MPa，查表，分别代入滚子和凸轮进行计算

为安全系数

为表面粗糙度系数

寿命系数

为接触应力循环基数，氮化表面，其他情况

为接触应力循环次数

为凸轮转速，单位r/min

为预期工作寿命，单位h

凸轮轮廓切削加工方法：划线加工、万能铣床加工、数控机床加工、电火花机床加工、仿形机床加工

# 第五章 齿轮传动

## 第一节 齿轮传动的特点与分类

## 第二节 齿廓啮合基本定律

使齿轮传动比恒定的条件是过接触点的齿廓公法线与连心线交于固定点，称为节点

共轭齿廓：满足齿廓啮合基本定律的一对齿廓

节圆：以齿轮回转中心为圆心，与节点的连线为半径的两个相切的圆

## 第三节 渐开线齿廓的啮合性质

直线在圆上作纯滚动时，直线上任一点的轨迹为该圆的渐开线，该圆为渐开线的基圆，该直线为发生线

渐开线性质：发生线滚过的长度等于基圆被滚过的弧长；渐开线任一点的法线与基圆相切，且切点为该点的瞬时转动中心，曲率中心，该线段为曲率半径；渐开线上任一点的法线与速度方向线(连接基圆圆心作垂线)所夹锐角为压力角；不同半径的基圆渐开线不同；基圆以内无渐开线

其中为基圆半径

为渐开线上点的半径(点到基圆圆心)

渐开线齿廓满足齿廓啮合基本定律

渐开线齿轮的可分性：两齿轮的中心距稍微变动不影响传动比

啮合线：啮合齿廓的公法线，也是啮合齿廓从开始啮合到退出啮合过程中接触点的运动轨迹

啮合角：啮合线与节圆公切线的夹角

## 第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的构造和几何尺寸