

定义：为了满足功能、结构、制造、装配、维修和运输等方面的要求，组成机械的各零件是通过各种制约关系组合在一起，各零件之间的这种制约关系称为连接。

概述

- 组成：被连接件、连接件(可无，被连接件直接连接)
- 类型
 - 动连接：各种运动副
 - 静连接
 - 可拆连接：键联接 销联接 螺栓联接 小过盈联接
 - 不可拆连接：焊接 铆接 粘接 大过盈联接

螺纹参数

- 形成：用一个平面图形沿螺旋线运动，并使平面始终通过圆柱体轴线，就构成螺纹。
- 牙型：矩形、三角形、梯形、锯齿形
- 螺旋线旋向：左旋、右旋
- 螺旋线头数：单头、多头
- 螺旋位置：外螺纹、内螺纹
- 用途：连接螺纹、传动螺纹
- 母体形状：圆柱螺纹、圆锥螺纹
- 主要参数
 - 外径(大径)d：与外螺纹牙顶相重合的假想圆柱面直径，亦称公称直径
 - 内径(小径)d1：与外螺纹牙底相重合的假想圆柱面直径，主要用于强度计算核与设计
 - 中径d2：在轴向剖面内牙厚与牙间宽相等处的假想圆柱面的直径 $d_2 \approx 0.5(d + d_1)$
 - 螺纹的工作高度h：表示内外螺纹沿径向的接触高度
 - 螺距P：相邻两牙在中径圆柱面的母线上对应两点间的轴向距离
 - 导程S：同一螺旋线上相邻两牙在中径圆柱面的母线上对应两点间的轴向距离
 - 线数n：螺纹螺旋线数目，一般为便于制造n≤4；螺距、导程、线数之间关系： $S = nP$
 - 螺纹升角ψ：中径圆柱面上螺旋线的切线与垂直于螺旋线轴线的平面的夹角 $\tan \phi = \frac{nP}{\pi d_2}$
 - 牙型角α：螺纹轴向剖面内螺纹牙型两侧边的夹角
 - 牙侧角β：螺纹牙的侧边与螺旋线垂直平面的夹角

螺旋副

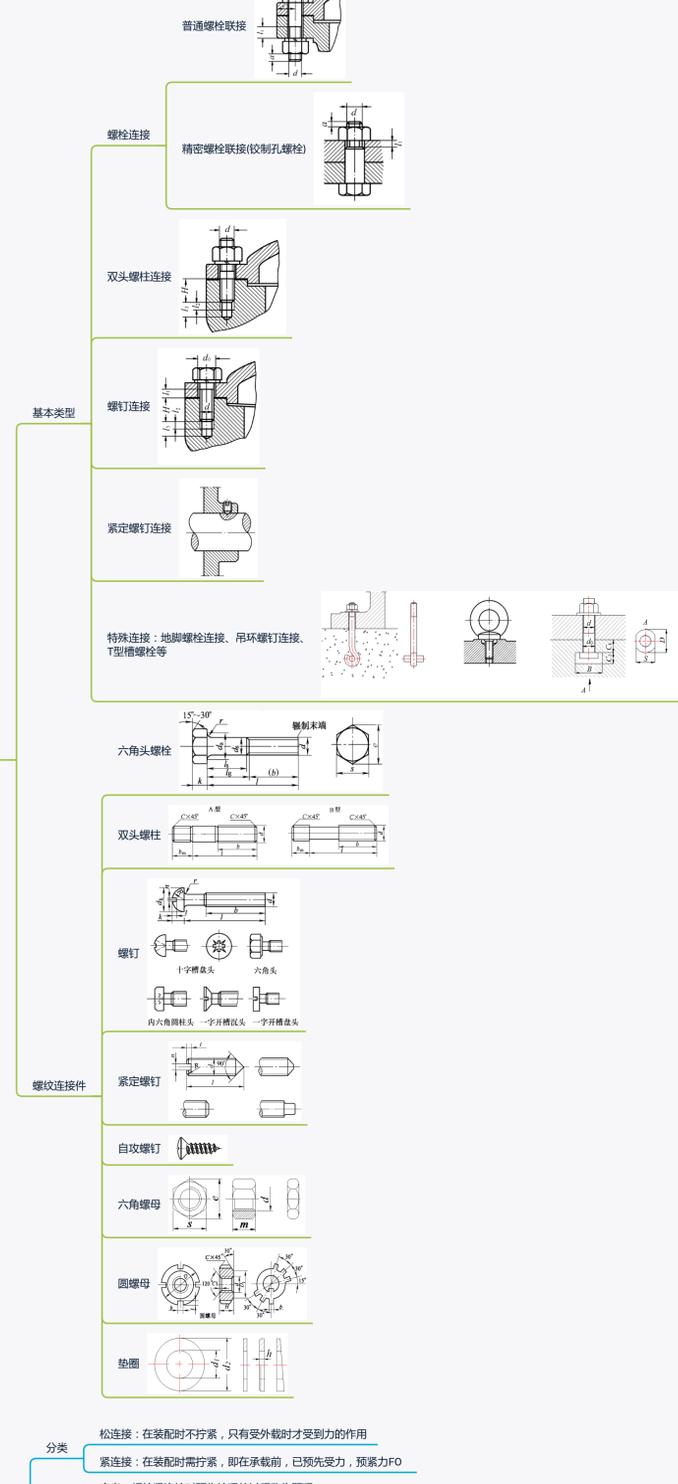
- 受力分析
 - 匀速上升驱动力矩： $T = F \frac{d_2}{2} = F_a \tan(\phi + \rho') \frac{d_2}{2}$
 - 匀速下降驱动力矩： $T = F \frac{d_2}{2} = F_a \tan(\phi - \rho') \frac{d_2}{2}$
- 效率： $\eta = \frac{W_2}{W_1} = \frac{F_a S}{2\pi T} = \frac{F_a \pi d_2 \tan \phi}{2\pi F_a \frac{d_2}{2} \tan(\phi + \rho')} = \frac{\tan \phi}{\tan(\phi + \rho')}$
 - (W1为螺母旋转一周所需的输入功；W2为螺母上升一个导程S的有效功)
- 自锁条件： $\phi \leq \rho'$

$$f = \tan \rho$$

$$f' = \tan \rho' = \frac{f}{\cos \beta}$$

f—摩擦系数
β—工作面牙侧角
ρ—当量摩擦角
ρ'—当量摩擦系数

螺纹连接



预紧和防松

- 分类
 - 松连接：在装配时不拧紧，只有受外载时才受到力的作用
 - 紧连接：在装配时需拧紧，即在承载前，已预先受力，预紧力F0
- 定义：螺纹连接时预先拧紧的过程称为预紧
- 目的：增强连接的紧密性、可靠性，防止受载后被连接件之间出现间隙或发生相对滑移
- 预紧力控制方法
 - 控制拧紧力矩：测力矩扳手、定力矩扳手
 - 测量预紧前后螺栓伸长量
- 教材：
 - $T_0 = T_1 + T_2 = F_0 \tan(\phi + \rho') \frac{d_2}{2} + \frac{1}{3} f_c \cdot F_a \cdot \frac{D_0^3 - d_0^3}{D_0^2 - d_0^2}$
 - 有些书： $T_0 = T_1 + T_2 = \frac{F d_2}{2} + f_c \cdot F_a \cdot r_f = F_a \tan(\phi + \rho') \frac{d_2}{2} + f_c \cdot F_a \cdot r_f$
 - 拧紧力矩： f_c —为摩擦系数
 - r_f —为支撑面摩擦半径， $r_f = \frac{D_0 + d_0}{4}$
 - D_0 —为螺母支撑面外径(约为1.5d)
 - d_0 —为螺栓孔直径(约为1.1d)
 - 常用情况下简化为： $T_0 \approx 0.2 F_a d$
- 防松
 - 松脱的原因：在冲击、振动或变载荷作用下，或在高温或温度变化较大的情况下，螺栓联接中的预紧力和摩擦力会逐渐减小或可能瞬时消失，导致联接失效。
 - 防松的根本问题是防止螺旋副的相对转动
 - 防松办法
 - 摩擦防松：弹簧垫圈、对顶螺母、尼龙圈锁紧螺母、自锁螺母等
 - 机械防松：开槽螺母与开口销、止动垫圈、串联钢丝等
 - 用机械装置把螺母和螺栓联成一体 消除它们之间相对转动的可能性
 - 永久防松：端铆、冲点、点焊、粘合等

螺栓强度计算

- 失效形式：螺栓拉断
- 设计准则：螺栓小径d1处不被拉断
- 校核公式： $\sigma = \frac{F_a}{A} = \frac{4F_a}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]$
- 计算公式：设计公式： $d_1 \geq \sqrt{\frac{4F_a}{\pi[\sigma]}}$
- 仅受预紧力
 - 失效形式：螺栓拉断
 - 设计准则：螺栓小径d1处不被拉断
 - 校核公式： $\sigma = \frac{F_0}{A} = \frac{4F_0}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]$
 - $\tau = \frac{T_1}{\pi d_1^3 / 16} = \frac{F_0 \tan(\phi + \rho') d_2 / 2}{\pi d_1^3 / 16}$
 - 校核公式：第四强度理论 $\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \approx 1.3\sigma = \frac{1.3F_0}{\pi d_1^2 / 4} \leq [\sigma]$
 - 计算公式：设计公式： $d_1 \geq \sqrt{\frac{5.2F_0}{\pi[\sigma]}}$
- 受横向载荷
 - 失效形式：被连接件打滑、螺栓拉断
 - 设计准则：被连接件不打滑、螺栓小径d1处不被拉断
 - 校核公式： $F_a \geq \frac{CF}{f_2 m}, \sigma_e = \frac{1.3F_a}{\pi d_1^2 / 4} \leq [\sigma]$
 - 计算公式： $F_a = F_0$ 设计公式： $d_1 \geq \sqrt{\frac{5.2F_a}{\pi[\sigma]}}$
- 紧螺栓连接
 - 失效形式：螺栓压溃、螺栓剪断
 - 设计准则：螺栓不压溃、螺栓不剪断
 - 校核公式： $\sigma_p = \frac{F}{d_0 L_{min}} \leq [\sigma_p]$
 - $\tau = \frac{4F}{\pi d_0^2} \leq [\tau]$
 - 计算公式：设计公式： $d_0 \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau]}}$
 - $L_{min} \geq \frac{F}{d_0[\sigma_p]}$
- 受轴向载荷
 - 失效形式：连接在轴向工作拉力作用下松弛、螺栓拉断
 - 设计准则：残余预紧力大于0，螺栓小径d1处不被拉断
 - 校核公式： $\begin{cases} F_a = F_0 + F_E \\ F_R = F_0 - F_E \end{cases} \cdot \frac{k_b}{k_b + k_c} \cdot \begin{cases} F_R > 0 \\ \sigma_e = \frac{1.3F_0}{\pi d_1^2 / 4} \leq [\sigma] \end{cases}$
 - 计算公式：
 - (1) 求单个连接的工作载荷 F_E
 - (2) 确定残余预紧力 F_R (按工作要求)
 - (3) 求 $F_a, F_a = F_R + F_E, d_1 \geq \sqrt{\frac{5.2F_a}{\pi[\sigma]}}$
 - 分析过程：
 - ① (a)为无预紧力，(b)为仅受预紧力，(c)为预紧后受轴向载荷。
 - ② 受预紧力后，连接件被拉长 δ_0 ，被连接件被压缩 δ_c 。
 - ③ 由(b)到(c)，螺栓在拉长 δ_0 的基础上又被拉长 $\Delta\delta$ ，受力增加 ΔF_b ；被连接件在被压缩 δ_c 的基础上恢复 $\Delta\delta$ ，受力减小 ΔF_c 。

键连接

- 功用 主要实现零件在轴上的周向固定并传递转矩(静连接)，还可实现轴上零件的轴向固定或轴向移动(动连接)
- 分类
 - 普通平键
 - 薄型平键(与普通平键的区别是键的高度约为普通平键的60%-70%)
 - 导向平键
 - 滑键
 - 半圆键
 - 1. 工作原理：两侧面是工作面，靠两侧面挤压传递转矩
 - 2. 失效形式：键角断裂，工作面压溃
 - 3. 承载使用：承载能力不够时，沿同一母线布置
 - 楔键
 - 1. 工作原理：靠上下两面压紧的摩擦力传递转矩，上下面为工作面
 - 2. 失效形式：工作面压溃
 - 3. 缺点：楔紧产生偏心，对中性能差，不适于高速及对中要求高的场合
 - 切向键
 - 1. 工作原理：靠工作面与轴及轮毂相挤压来传递转矩
 - 2. 失效形式：工作面压溃
 - 3. 双向使用：两对切向键(120°~130°分布)
- 键的截面尺寸 $b \times h$ 按轴的直径 d 由标准中选定；键的长度 L 一般可按轮毂的长度而定，即键长等于或略小于轮毂的长度；导向平键则按轮毂的长度及滑动距离而定。
- * 重要的键连接在选出键的类型和尺寸后，还要进行强度校核计算。
- 平键强度校核
 - 失效形式：工作面压溃
 - 静连接
 - 计算公式： $\sigma_p = \frac{F_t}{lh/2} = \frac{4T}{lhd} \leq [\sigma_p]$
 - T—转矩
 - l—键的工作长度
 - h—键的高度
 - k—键与轮毂键槽的接触高度， $k = 0.5h$
 - 动连接
 - 失效形式：工作面磨损
 - 计算公式： $p = \frac{4T}{lhd} \leq [p]$
 - T—转矩
 - l—键的工作长度
 - h—键的高度
 - k—键与轮毂键槽的接触高度， $k = 0.5h$

