

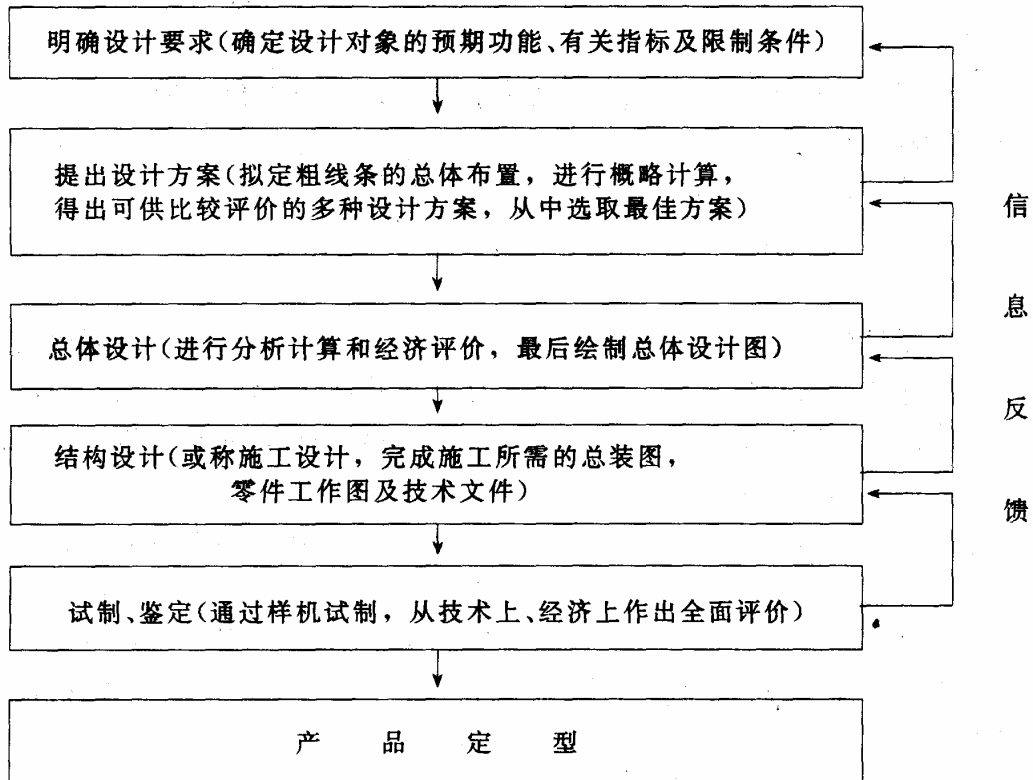
机械及机械零件设计基础知识

一、设计的基本要求和一般程序

1、机械设计的基本要求机械设计应满足的要求：在满足预期功能的前提下，性能好、效率高、成本低，在预定使用期限内安全可靠，操作方便、维修简单和造型美观等。

2、机械设计的一般设计程序

机械设计的一般程序用框图来表示。



设计人员必须善于把设计构思、设计方案, 用语言、文字和图形方式传递给主管者和协作者, 以取得批准和赞同。除具体技术问题外, 设计人员还要论证下列问题: (1) 此设计是否确为人们所需要? (2) 有哪些特色? 能否与同类产品竞争? (3) 制造上是否经济? (4) 维修保养是否方便? (5) 是否有市场? (6) 社会效益与经济效益如何?

设计人员要富有创造精神; 要从实际情况出发; 要调查研究; 要广泛吸取用户和工艺人员的意见, 在设计、加工、安装和调试过程中及时发现问题、反复修改, 以期取得最佳的成果, 并从中累积设计经验

二、机械零件的主要失效形式和工作能力

1、机械零件的主要失效形式机械零件的失效:

零件由于某种原因不能正常工作时, 称为失效零件的失效形式: 断裂或塑性变形; 过大的弹性变形; 工作表面的过度磨损或损伤; 发生强烈的振动; 联接的松弛; 摩擦传动的打滑等。失效原因: 强度、刚度、耐磨性、振动稳定性、温度等原因。

强度条件: 计算应力<许用应力;

刚度条件：变形量<许用变形量；

防止失效的判定条件是：计算量<许用量----工作能力计算准则。

2、机械零件的工作能力

工作能力----在不发生失效的条件下，零件所能安全工作的限度。通常此限度是对载荷而言，所以习惯上又称为：承载能力。

3、许用应力和极限应力、接触应力

(1) 作用在零件上的载荷

名义载荷----在理想的平稳工作条件下作用在零件上的载荷。名义应力----按名义载荷计算所得之应力。工作载荷----在某种工作条件下零件实际承受的载荷。载荷系数 K ----考虑各种附加载荷因素的影响。计算载荷----载荷系数与名义载荷的乘积。计算应力----按计算载荷计算所得之应力。

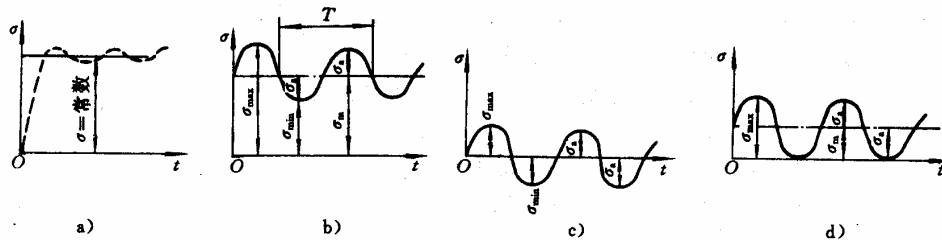
(2) 静应力和变应力

按照随时间变化的情况，应力可分为静应力和变应力。

不随时间变化的应力，称为静应力（图 a），纯粹的静应力是没有的，但如变化缓慢，就可看作是静应力。例如，锅炉的内压力所引起的应力，拧紧螺母所引起的应力等。

随时间变化的应力，称为变应力。具有周期性的变应力称为循环变应力，图 b 所示为一般的非对称循环变应力，图中 T 为应力循环周期。图 b 所示为一般的非对称循环变应力，从图 b 可知

$$\text{平均应力 } \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad \text{应力幅 } \sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$



应力循环中的最小应力与最大应力之比，可用来表示变应力中应力变化的情况，通常称为变应力的循环特性，用 r 表示，即 $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ 。

可用应力循环特性 r 来表示变应力的不对称度， $r=+1$ 为静应力； $r=0$ 为脉动循环变应力； $r=-1$ 为对称循环变应力； $-1 < r < 1$ 为不对称循环变应力。

(3) 许用应力和极限应力

A、静应力下的许用应力

静应力下，零件材料有两种损坏形式：断裂或塑性变形。对于塑性材料，可按不发生塑性变形的条件进行计算。这时应取材料的屈服极限 σ_s 作为极限应力，故许用应力为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{S}$$

对于用脆性材料制成的零件，应取强度极限 σ_B 作为极限应力，其许用应力为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{S}$$

B、变应力下的许用应力和极限应力

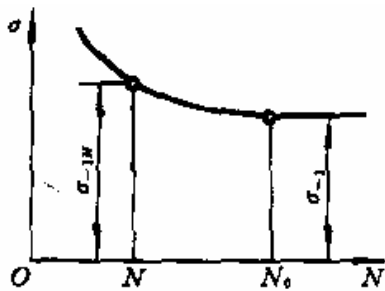
变应力下，零件的损坏形式是疲劳断裂。疲劳断裂具有以下特征：1) 疲劳断裂的最大应力远比静应力下材料的强度极限低，甚至比屈服极限低；2) 不管脆性材料或塑性材料，其疲劳断口均表现为无明显塑性变形的脆性突然断裂；3) 疲劳断裂是损伤的积累，它的初期现象是在零件表面或表层形成微裂纹，这种微裂纹随着应力循环次数的增加而逐渐扩展，直至余下的未裂开的截面积不足以承受外载荷时，零件就突然断裂。在零件的断口上可以清晰地看到这种情况。

疲劳断裂不同于一般静力断裂，它是损伤到一定程度后，即裂纹扩展到一定程度后，才发生的突然断裂。所以疲劳断裂与应力循环次数（即使用期限或寿命）密切相关。

a. 疲劳曲线

由材料力学可知，表示应力。与应力循环次数 N 之间的关系曲线称为疲劳曲线。如下图所示，横坐标为循环次数 N ，纵坐标为断裂时的循环应力 σ ，从图中可以看出，应力越小，试件能经受的循环次数就越多。

从大多数黑色金属材料的疲劳试验可知，当循环次数 N 超过某一数值从以后，曲线趋向水平，即可以。为在“无限次”循环时试件将不会断裂。 N_0 称为循环基数，对应于 N_0 的应力称为材料的疲劳极限。通常用 σ_{-1} 表示材料在对称循环变应力下的弯曲疲劳极限。



疲劳曲线的左半部 ($N < N_0$)，可近似地用下列方程式表示：

$$\sigma_{-1N}^m N = \sigma_{-1}^m N_0 = C$$

从式 (9-5) 可求得对应于循环次数 N 的弯曲疲劳极限

$$\sigma_{-1N} = \sigma_{-1} \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}}$$

b. 许用应力

变应力下，应取材料的疲劳极限作为极限应力。同时还应考虑零件的切口和沟槽等截面突变、绝对尺寸和表面状态等影响，为此引入有效应力集中系数 k_σ 、尺寸系数 ε_σ 和表面状态系数 β 等。当应力是对称循环变化时，许用应力为

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_{-1}}{k_\sigma S}$$

当应力是脉动循环变化时，许用应力为

$$[\sigma_0] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_0}{k_\sigma S}$$

σ_0 为材料的脉动循环疲劳极限， S 为安全系数。以上各系数均可机械设计手册中查得。以上所述为“无限寿命”下零件的许用应力。若零件在整个使用期限内，其循环总次数 N 小于循环基数时，可得“有限寿命”下零件的许用应力为

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_{-1}}{k_\sigma S} \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}}$$

c、安全系数 $S \uparrow \rightarrow$ 零件尺寸大，结构笨重。 $S \downarrow \rightarrow$ 可能不安全。典型机械的 S 可通过查表求得。无表可查时，按以下原则取：1) 静应力下，塑性材料的零件： $S=1.2 \sim 1.5$ 铸钢件： $S=1.5 \sim 2.5$ 2) 静应力下，脆性材料，

如高强度钢或铸铁： $S=3 \sim 4$

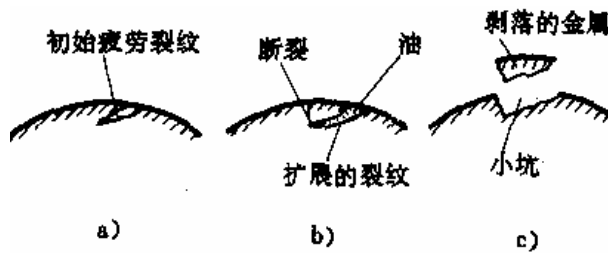
变应力下， $S=1.3 \sim 1.7$

材料不均匀，或计算不准时取： $S=1.7 \sim 2.5$

d、械零件的接触强度

通常，零件受载时是在较大的体积内产生应力，这种应力状态下的零件强度称为整体强度。若两个零件在受载前是点接触或线接触，受载后，由于变形其接触处为一小面积，通常此面积甚小而表层产生的局部应力却很大，这种应力称为接触应力。这时零件强度称为接触强度。如齿轮、滚动轴承等机械零件，都是通过很小的接触面积传递载荷的，因此它们的承载能力不仅取决于整体强度，还取决于表面的接触强度。

机械零件的接触应力通常是随时间作周期性变化的，在载荷重复作用下，首先在表层内约 $20 \mu\text{m}$ 处产生初始疲劳裂纹，然后裂纹逐渐扩展（如有润滑油，则被挤进裂纹中产生高压，使裂纹加快扩展），终于使表层金属呈小片状剥落下来，而在零件表面形成一些小坑。这种现象称为疲劳点蚀。发生疲劳点蚀后，减小了接触面积，损坏了零件的光滑表面，因而也降低了承载能力，并引起振动和噪声。疲劳点蚀还是齿轮、滚动轴承等零件的主要失效形式。



由弹性力学的分析可知，当两个轴线平行的圆柱体相互接触并受压时，其接触面积为狭长矩形，最大接触应力发生在接触区中线上，其值为

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1}{2\pi(1-\mu^2)} \cdot \frac{F_n E}{b\rho}}$$

$$\text{令: } \rho = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 \pm \rho_2} \quad E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2} \quad \text{代入化简得:}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_n}{\pi b} \cdot \frac{\frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}}{\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}}}$$

对于钢或铸铁取泊松比： $\mu_1=\mu_2=\mu=0.3$ ，则有简化公式。

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1}{2\pi(1-\mu^2)} \cdot \frac{F_n E}{b\rho}} = 0.418 \sqrt{\frac{F_n E}{b\rho}}$$

上述公式称为赫兹 (H·Hertz) 公式 “+” 用于外接触，“-” 用于内接触。

σ_H -----最大接触应力或赫兹应力；

b -----接触长度；

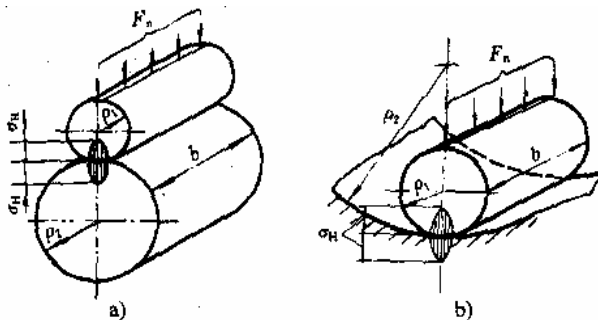
F_n -----作用在圆柱体上的载荷；

$$\rho = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 \pm \rho_2} \quad \text{——综合曲率半径；}$$

$$E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2} \quad \text{——综合弹性模量； } E_1、E_2 \text{ 分别为两圆柱体的弹性模量}$$

接触疲劳强度的判定条件为：

$$\sigma_H \leq [\sigma_H], \quad \text{而} [\sigma_H] = \frac{\sigma_{H\text{lim}}}{S_H}$$



若两零件的硬度不同时，常以较软零件的接触疲劳极限为准。由上图 8 可看出，作用在两圆柱体上的接触应力具有大小相等，方向相反，且左右对称及稍离接触区中线即迅速降低等特点。由于接触应力是局部性的应力，且应力的增长与载荷 F_n 并不成直线关系，而要缓慢得多，故安全系数 S_H 可取等于或稍大于 1。

三、机械零件的设计准则和一般设计步骤

1、零件的设计计算准则

强度准则

$$\left. \begin{array}{l} \sigma \leq [\sigma] \\ \tau \leq [\tau] \end{array} \right\} \text{其中} \quad \left. \begin{array}{l} [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \\ [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S} \end{array} \right\}$$

$$y \leq [y]; \theta \leq [\theta]; \varphi \leq [\varphi]$$

刚度准则 磨性准则 $p \leq [p]$

抗振稳定性准则 $0.85f > f_p$ 或 $1.15f < f_p$

机械零件虽然有多种可能的失效形式，但归纳起来最主要的为强度、刚度、耐磨性、稳定性和温度的影响等几个方面的问题。对于各种不同的失效形式，相应地有各种工作能力判定条件。例如：当强度为主要问题时，按强度条件判定，即应力 \leq 许用应力；当刚度为主要问题时，按刚度条件判定，即变形量 \leq 许用变形量；……。设计机械零件时，常根据一个或几个可能发生的主要失效形式，运用相应的判定条件，确定零件的形状和主要尺寸。

2、一般设计步骤

机械零件的设计常按下列步骤进行：1) 拟定零件的计算简图。2) 确定作用在零件上的载荷。3) 选择合适的材料。4) 根据零件可能出现的失效形式，选用相应的判定条件，确定零件的形状和主要尺寸。应当注意，零件尺寸的计算值一般并不是最终采用的数值，设计者还要根据制造零件的工艺要求和标准、规格加以圆整。5) 绘制工作图并标注必要的技术条件。

以上所述为设计计算。在实际工作中，也常采用相反的方式——校核计算。这时先参照实物（或图纸）和经验数据，初步拟定零件的结构和尺寸，然后再用有关的判定条件进行验算。

还应注意，在一般机器中，只有一部分零件是通过计算确定其形状和尺寸的，而其余的零件则仅根据工艺要求和结构要求进行设计。

四、机械零件的材料及其选择

机械制造中最常用的材料是钢和铸铁，其次是有色金属合金。非金属材料如塑料、橡胶等，在机械制造中也具有独特的使用价值。

1、金属材料

(1) 铸铁

铸铁和钢都是铁碳合金，它们的区别主要在于含碳量的不同。含碳量小于2%的铁碳合金称为钢，含碳量大于2%的称为铸铁。铸铁具有适当的易熔性，良好的液态流动性，因而可铸成形状复杂的零件。此外，它的减震性、耐磨性、切削性（指灰铸铁）均较好且成本低廉，因此在机械制造中应用甚广。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是脆性材料，不能进行辗压和锻造。在上述铸铁中，以灰铸铁应用最广，球墨铸铁次之。

(2) 钢

与铸铁相比，钢具有高的强度、韧性和塑性，并可用热处理方法改善其力学性能和加工性能。钢制零件的毛坯可用锻造、冲压、焊接或铸造等方法取得，因此其应用极为广泛。

按照用途，钢可分为结构钢、工具钢和特殊钢。结构钢用于制造各种机械零件和工程结构的构件；工具钢主要用于制造各种刀具、模具和量具；特殊钢（如不锈钢、耐热钢、耐酸钢等）用于制造在特殊环境下工作的零件。按照化学成分，钢又可分为碳素钢和合金钢。

碳素钢的性质主要取决于含碳量，含碳量越高则钢的强度越高，但塑性越低。为了改善钢的性能，特意加入了一些合金元素的钢称为合金钢。

碳素结构钢 这类钢的含碳量一般不超过 0.7%。含碳量低于 0.25% 的低碳钢，它的强度极限和屈服极限较低，塑性很高，且具有良好的焊接性，适于冲压、焊接，常用来制作螺钉、螺母、垫圈、轴、气门导杆和焊接构件等。含碳量在 0.1%~0.2% 的低碳钢还用以制作渗碳的零件，如齿轮、活塞销、链轮等。通过渗碳淬火可使零件表面硬而耐磨，心部韧而耐冲击。如果要求有更高强度和耐冲击性能时，可采用低碳合金钢。含碳量在 0.3%~0.5% 的中碳钢，它的综合力学性能较好，既有较高的强度，又有一定的塑性和韧性，常用作受力较大的螺栓、螺母、键、齿轮和轴等零件。含碳量在 0.55%~0.7% 的高碳钢，具有高的强度和弹性，多用来制作普通的板弹簧、螺旋弹簧或钢丝绳等。

合金结构钢 钢中添加合金元素的作用在于改善钢的性能。例如：镍能提高强度而不降低钢的韧性；铬能提高硬度、高温强度、耐腐蚀性和提高高碳钢的耐磨性；锰能提高钢的耐磨性、强度和韧性；铝的作用类似于锰，其影响更大些；钒能提高韧性及强度；硅可提高弹性极限和耐磨性，但会降低韧性。合金元素对钢的影响是很复杂的，特别是当为了改善钢的性能需要同时加入几种合金元素时。应当注意，合金钢的优良性能不仅取决于化学成分，而且在更大程度上取决于适当的热处理。

铸钢 铸钢的液态流动性比铸铁差，所以用普通砂型铸造时，壁厚常不小于 10 mm。铸钢件的收缩率比铸铁件大，故铸钢件的圆角和不同壁厚的过渡部分均应比铸铁件大些。

选择钢材时，应在满足使用要求的条件下，尽量采用价格便宜供应充分的碳素钢，必须采用合金钢时也应优先选用我国资源丰富的硅、锰、硼、钒类合金钢。例如，我国新颁布的齿轮减速器规范中，已采用 35SiMn 和 ZG35SiMn 等代替原用的 35Cr、40CrNi 等材料。

常用钢铁材料的力学性能见表 9-1。

(3) 铜合金

铜合金有青铜与黄铜之分。黄铜是铜和锌的合金，并含有少量的锰、铝、镍等，它具有很好的塑性及流动性，故可进行碾压和铸造。青铜可分为含锡青铜和不含锡青铜两类，它们的减摩性和抗腐蚀性均较好，也可碾压和铸造。此外，还有轴承合金（或称巴氏合金），主要用于制作滑动轴承的轴承衬。

2、非金属材料

(1) 橡胶

橡胶富于弹性，能吸收较多的冲击能量，常用作联轴器或减震器的弹性元件、带传动的胶带等。硬橡胶可用于制造用水润滑的轴承衬。

(2) 塑料

塑料的比重小，易于制成形状复杂的零件，而且各种不同塑料具有不同的特点，如耐腐蚀性、绝热性、绝缘性、减摩性、摩擦系数大等，所以近年来在机械制造中其应用日益广泛。以木屑、石棉纤维等作填充物，用热固性树脂压结而成的塑料称为结合塑料，可用来制作仪表支架、手柄等受力不大的零件。以布、石棉、薄木板等层状填充物为基体，用热固性树脂压结而成的塑料称为层压塑料，可用来制作无声齿轮、轴承衬和摩擦片等。

设计机械零件时，选择合适的材料是一项复杂的技术经济问题。设计者应根据零件的用途、工作条件和材料的物理、化学、机械和工艺性能以及经济因素等进行全面考虑。这就要求设计者在材料和工艺等方面具有广泛的知识和实践经验。前面所述，仅是一些概略的说明。

各种材料的化学成分和力学性能可在有关的国家标准、行业标准和机械设计手册中查得。

3、机械零件材料的选用原则

适用于制作机械零件的材料种类非常之多，在设计机械零件时，如何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所制约的复杂的工作。设计者应根据零件的用途、工作条件和材料的物理、化学、机械和工艺性能以及经济因素等进行全面考虑。

(1) 载荷及应力的性质脆性材料——只适用于制造在静载荷下工作的零件塑性材料——适用于在有冲击情况下工作的零件。金属材料性能一般可以通过热处理加以提高和改善，因此，要充分利用热处理手段来发挥材料的潜力。对于常用的调质钢，由于其回火温度的不同，可得到机械性能不同的毛坯。

(2) 零件的工作情况——指零件所处的环境特点、工作温度、摩擦磨损程度等。

▲在湿热环境下工作的零件，其材料应具有良好防腐蚀能力，可选用不锈钢、铜合金等。

▲两配合零件的线性膨胀系数不能相差过大，一面在温度变化时产生过大热应力或使配合松动，另一方面要考虑材料机械性能随温度而变化的情况。

▲零件在工作中可能发生磨损的表面，应提高其表面硬度，增加耐磨性，因此应选择淬火钢、渗碳钢、氮化钢。

(3) 零件的尺寸及重量零件的尺寸及质量的大小与材料的品种及毛坯制取方法有关。

▲用铸造材料制造毛坯时，一般可以不受尺寸及质量大小的限制；

▲而用锻造材料制造毛坯时，则须注意锻压机械及设备的生产能力。

▲应尽可能选用强重比大的材料，以便减小零件的尺寸和质量。

(4) 材料的经济性

材料的经济性主要表现在以下几方面：

▲材料本身的相对价格；

▲材料本身的相对价格；

▲材料的加工费用；

▲材料的利用率；

▲采用组合结构；

▲节约稀有材料。

(5) 材料的供应状况选材时还应考虑到当时当地材料的供应状况。

为了简化供应和贮存的材料品种，对于小批制造的零件，应尽可能地减少同一部机器上使用的材料品种和规格各种材料的化学成分和力学性能可在相关国标、行标和机械设计手册中查得。

为了材料供应和生产管理上的方便，应尽量减少一台机器所用材料的品种。

五、摩擦、磨损与润滑

1、摩擦

按表面润滑情况，将摩擦分为以下几种状态：

(1) 干摩擦

当两摩擦表面间不加任何润滑剂时，即出现固体表面间直接接触的摩擦，工程上称为干摩擦。此时，必有大量的摩擦功损耗和严重的磨损。在滑动轴承中则表现为强烈的升温，甚至把轴瓦烧毁。所以，在滑动轴承中不允许出现干摩擦。

(2) 边界摩擦

两摩擦表面间有润滑油存在，由于润滑油与金属表面的吸附作用，因而在金属表面上形成极薄的边界油膜。边界油膜的厚度小于 μm ，不足以将两金属表面分隔开，所以相互运动时，两金属表面微观的高峰部分仍将互相搓削，这种状态称为边界摩擦。一般而言，金属

表层覆盖一层边界油膜后,虽不能绝对消除表面的磨损,却可以起着减轻磨损的作用。这种状态的摩擦系数 $f \approx 0.1 \sim 0.3$ 。

(3) 液体摩擦

若两摩擦表面间有充足的润滑油,而且能满足一定的条件,则在两摩擦面间可形成厚度达几十微米的压力油膜。它能将相对运动着的两金属表面分隔开。此时,只有液体之间的摩擦,称为液体摩擦,又称为液体润滑。换言之,形成的压力油膜可以将重物托起,使其浮在油膜之上。由于两摩擦表面被抽隔开而不直接接触,摩擦系数很小 ($f \approx 0.001 \sim 0.01$),所以显著地减少了摩擦和磨损。

综合上述,液体摩擦是最理想的情况。前述汽轮机等长期且高速旋转的机器,应该确保其轴承在液体润滑条件下工作。

(4) 混合摩擦

在一般机器中,摩擦表面多处于干摩擦、边界摩擦和液体摩擦的混合状态,称为混合摩擦(或称为非液体摩擦)。

2、磨损

磨损—由于摩擦而导致零件表面材料的逐渐丧失或迁移。后果—降低机器的效率和可靠性,甚至促使机器提前报废。磨损过程可分为磨合、稳定磨损、剧烈磨损三个阶段。

▲磨合阶段——包括摩擦表面轮廓峰的形状变化和表面材料被加工硬化两个过程。

▲稳定磨损阶段——零件在平稳而缓慢的速度下磨损。

▲剧烈磨损阶段——在经过稳定磨损阶段后,零件表面遭到破坏,运动副间隙增大引起而外的动载荷和振动。零件即将进入报废阶段。

设计机器时,要求缩短磨合期、延长稳定期、推迟剧烈磨损期的到来。

磨损的类型:

磨粒磨损—也简称磨损,外部进入摩擦面间的游离硬颗粒(如空气中的尘土或磨损造成的金属微粒)或硬的轮廓峰尖在软材料表面上犁刨出很多沟纹时被移去的材料,一部分流动到沟纹两旁,一部分则形成一连串的碎片脱落下来成为新的游离颗粒,这样的微粒切削过程就叫磨粒磨损。

粘附磨损—也称胶合,当摩擦表面的轮廓峰在相互作用的各点处由于瞬时的温升和压力发生“冷焊”后,在相对运动时,材料从一个表面迁移到另一个表面,便形成粘附磨损。严重的粘附磨损会造成运动副咬死。

疲劳磨损—也称点蚀,是由于摩擦表面材料微体积在交变的摩擦力作用下,反复变形所产生的材料疲劳所引起的机械磨损。点蚀过程:产生初始疲劳裂纹→扩展→微粒脱落,形成点蚀坑。

腐蚀磨损—当摩擦表面材料在环境的化学或电化学作用下引起腐蚀,在摩擦副相对运动时所产生的磨损即为腐蚀磨损。

3、润滑

润滑的目的在于降低摩擦功耗,减少磨损,同时还起到冷却、吸振、防锈等作用。

(1) 润滑剂

润滑剂分为:1) 液体润滑剂——润滑油,2) 半固体润滑剂——润滑脂;3) 固体润滑剂等。

在润滑性能上润滑油一般比润滑剂好,应用最广。但润滑剂具有不易流失等优点,也常用。固体润滑剂除在特殊场合下使用外,目前正在逐步扩大使用范围。下面分别作一简单介绍。

A、润滑油

目前使用的润滑油大部分为石油系润滑油（矿物油）。在轴承润滑中，润滑油最重要的物理性能是粘度，它也是选择润滑油的主要依据。粘度表征液体流动的内摩擦性能。

润滑油的粘度并不是不变的，它随着温度的升高而降低，这对于运行着的轴承来说，必须加以注意。描述粘度随温度变化情况的线图称为粘温图 1。

润滑油的粘度还随着压力的升高而增大，但压力不太高时（如小于 10 MPa），变化极微，可略而不计。

选用润滑油时，要考虑速度、载荷和工作情况。对于载荷大、温度高的轴承宜选粘度大的油，载荷小、速度高的轴承宜选粘度较小的油。

B、润滑脂

润滑脂是由润滑油和各种稠化剂（如钙、钠、铝、锂等金属皂）混合稠化而成。润滑脂密封简单，不需经常加添，不易流失，所以在垂直的磨擦表面上也可以应用。润滑脂对载荷和速度的变化有较大的适应范围，受温度的影响不大，但摩擦损耗较大，机械效率较低，故不宜用于高速。且润滑脂易变质，不如润滑油稳定。总的来说，一般参数的机器，特别是低速或带有冲击的机器，都可以使用润滑脂润滑。

目前使用最多的是钙基润滑脂，它有耐水性，常用于 60℃ 以下的各种机械设备中轴承的润滑。钠基润滑脂可用于 115~145℃ 以下，但不耐水。锂基润滑脂性能优良，耐水，在一 20~150℃ 范围内广泛适用，可以代替钙基、钠基润滑脂。

C、固体润滑剂

固体润滑剂有石墨、二硫化钼（MoS₂）、聚氯乙烯树脂等多种品种。一般在超出润滑油使用范围之外才考虑使用，例如在高温介质中，或在低速重载条件下。目前其应用已逐渐广泛，例如可将固体润滑剂调合在润滑油中使用，也可以涂覆、烧结在摩擦表面形成覆盖膜，或者用固结成型的固体润滑剂嵌装在轴承中使用，或者混入金属或塑料粉末中烧结成型。

石墨性能稳定，在 350 ° C 以上才开始氧化，并可在水中工作。聚氯乙烯树脂摩擦系数低，只有石墨的一半。二硫化钼与金属表面吸附性强，摩擦系数低，使用温度范围也广（-60~300 ° C），但遇水则性能下降。

（2）润滑方法

油润滑的方法：1. 手工加油润滑 2. 滴油润滑 3. 油环润滑 4. 飞溅润滑 5. 压力循环润滑

脂润滑的方法：润滑脂的加脂方式有人工加脂、脂杯加脂、脂枪加脂。

4、润滑装置

润滑装置有：针阀式油杯，弹簧盖油杯，润滑脂用的油杯，油环润滑，油泵循环给油。

针阀式油杯可调节针杆下端油口大小，以控制供油量。弹簧盖油杯不能调节给油量，油杯中油面高时给油多，油面低时给油少，停车时仍在继续给油，直到滴完为止。油环润滑常用于大型电机的滑动轴承中。油泵循环给油方法安全可靠，但设备费用较高，常用于高速且精密的重要机器中。

六、机械零件的工艺性及标准化

1、工艺性

设计机械零件时，不仅应使其满足使用要求，即具备所要求的工作能力，同时还应当满足生产要求，否则就可能制造不出来，或虽能制造但费工费料很不经济。

在具体生产条件下，如所设计的机械零件便于加工而加工费用又很低，则这样的零件就称为具有良好的工艺性。有关工艺性的基本要求是：

(1) 毛坯选择合理机械制造中毛坯制备的方法有：直接利用型材、铸造、锻造、冲压和焊接等。毛坯的选择与具体的生产技术条件有关，一般取决于生产批量、材料性能和加工可能性等。

(2) 结构简单合理设计零件的结构形状时，最好采用最简单的表面（如平面、圆柱面、螺旋面）及其组合，同时还应当尽量使加工表面数目最少和加工面积最小。

(3) 规定适当的制造精度及表面粗糙度零件的加工费用随着精度的提高而增加，尤其在精度较高的情况下，这种增加极为显著。因此，在没有充分根据时，不应当追求高的精度。同理，零件的表面粗糙度也应当根据配合表面的实际需要，作出适当的规定。

欲设计出工艺性良好的零件，设计者就必须与工艺技术人员相结合并善于向他们学习。此外，在金属工艺学课程和手册中也都提供了一些有关工艺性的基本知识，可供参考。

2、标准化

标准化是指以制订标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。标准化的研究领域十分宽广，就工业产品标准化而言，它是指对产品的品种、规格、质量、检验或安全、卫生要求等制订标准并加以实施。

产品标准化本身包括三个方面的含义：(1) 产品品种规格的系列化——将同一类产品的主要参数、型式、尺寸、基本结构等依次分档，制成系列化产品，以较少的品种规格满足用户的广泛需要；(2) 零部件的通用化——将同一类型或不同类型产品中用途结构相近似的零部件（如螺栓、轴承座、联轴器和减速器等），经过统一后实现通用互换；(3) 产品质量标准化——产品质量是一切企业的“生命线”，要保证产品质量合格和稳定就必须做好设计、加工工艺、装配检验，甚至包装储运等环节的标准化。这样，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

对产品实行标准化具有重大的意义：在制造上可以实行专业化大生产，既可提高产品质量又能降低成本；在设计方面可减少设计工作量；在管理维修方面，可减少库存量和便于更换损坏的零件。

按照标准的层次，我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。按照标准实施的强制程度，标准又分为强制性（GB）和推荐性（GB/T）两种。例如《普通螺纹基本尺寸》（GB196—2003）都是强制性标准，必须执行。而《渐开线圆柱齿轮精度》（GBT10095—2001）等即为推荐性标准，鼓励企业自愿采用。

为了增强在国际市场的竞争能力，我国鼓励积极采用国际标准和国外先进标准。近年发布的我国国家标准，许多都采用了相应的国际标准。设计人员必须熟悉现行的有关标准。一般机械设计手册及机械工程手册（以后简称手册）中都收录摘编了常用的标准和资料，以供查阅。