

专业课习题解析课程

第2讲

第四章 机械零部件工作能力设计计算基

第五章 机械零部件结构设计基础

第六章 平面连杆机构

4-1 作用在零件上的载荷类型有哪些？如何确定零

解：1. （1）周期载荷：周期载荷是随时间周期性变化的载荷

包括：

简谐载荷

稳定循环变载荷

规律性不稳定循环变载荷

（2）非周期载荷：无周期规律的载荷

包括：

准周期载荷：由多个简单的正弦周期载荷组成；

瞬变载荷：非周期的突加载荷。

（3）随机载荷：幅值和频率都是随时间变化的。

2. 载荷的确定

(1) 类比法：参照同类或相似的机械，根据经验或简单的计算确定所设计机械的载荷。

(2) 计算法：根据机械的功能要求和结构特点，通过各种力学原理、经验公式或图表来确定载荷的方法。

(3) 实测法：用实验的方法来测定机械及其零件所受的载荷。

4-2 什么是名义应力？什么是计算应力？

解：1. 计算应力时，依据名义载荷求得的应力成为名义应力；

2. 依据计算载荷（工作载荷）求得的应力称为计算应力（工作应力）。

4-3 阐述静应力、变应力、体积应力、表面应力、残余应力、热应力、接触应力、疲劳应力、腐蚀应力、配应力。

静应力：大小和方向都不随时间变化的应力称为静应力。

变应力：大小或方向随时间变化的应力。

体积应力：零件体内产生的应力。包括拉伸应力、压缩应力、弯曲应力、扭转应力和剪切应力等。

表面应力：机械零件之间往往通过表面接触来传递载荷，因而会在接触表面上产生相应的应力，这种应力叫表面应力。

温度应力：由于温度变化而在零件中产生的应力；

装配应力：装配后，过盈量使零件配合表面相互压紧，零件中也将产生相应的应力，这种应力成为装配应力。

4-4 机械零件常见的失效形式有哪些？分析机械零件工作能力设计计算准则。

1. (1) 整体断裂：拉，压，弯，扭

(2) 过大的残余应力

(3) 零件表面的破坏：接触疲劳、磨损、胶合、压溃、腐蚀

(4) 破坏正常工作条件引起的失效：打滑，共振，胶合

2. 机械零件工作能力设计准则见下表

设计准则	计算公式	失效形式	典型零部件
强度准则	$\sigma \leq \sigma_{\text{lim}}/S$	断裂、疲劳破坏、残余变形	轴、齿轮、带轮等
刚度准则	$y \leq [y]$	弹性变形	轴、蜗杆等
寿命准则	满足额定寿命	腐蚀、磨损、疲劳	滚动轴承等
振动稳定性	$0.85f > f_p$ 或 $1.15f < f_p$	共振产生的工作失常	滚动轴承、齿轮、滑动轴承
可靠性准则	$R = N/N_0$		

4-5 机械零件材料选用的原则是什么？

1. 使用要求

有强度和重量要求，选强密比高的；有刚度要求，选弹性模量大的（对碳钢，这种情况下宁肯用较低强度的材料）；有接触强度和耐磨要求，选表面可强化处理的。

2. 工艺要求

毛坯要与生产规模相适应，大批量宜用铸造、模锻，小批量宜用焊接、自由锻。相应的：铸件要求液态流动性好、缩孔和偏析倾向小；焊件要求可焊性好、不易开裂；锻件要求延展性好、热脆性小；切削加工件要便于切削、表面要光整；热处理件要求可淬性、淬透性好，变形倾向小。

3. 经济性

相对价格要低、材料利用率要高、加工费用要少，最终要与生产规模相适应。

4-6 静应力强度和变应力强度的区别是什么？

静应力强度：静应力作用下的零件强度；

变应力强度：变应力作用下的零件强度。又称疲劳强度。

4-7 什么情况下需要考虑零件的振动稳定性？

当零件或机器的自振频率域周期性干扰力的频率接近时就会产生共振，当干扰力的频率有可能达到零件或机器的自振频率的情况下，应考虑零件的振动稳定性。

4-8 摩擦、磨损有哪些形式？分析各种摩擦、磨损

如何减小摩擦、磨损？

摩擦分为：干摩擦、边界摩擦、流体摩擦、混合摩擦

磨损的类型包括：

（1）粘着磨损：在两摩擦表面的相对运动过程中，由于摩擦表面间的黏着（形成冷焊点）而使材料由一个表面转移到另一个表面而形成的磨损。

（2）磨粒磨损：在两表面的摩擦过程中，由于外界硬颗粒或较硬的粗糙表面对较软表面的划伤而造成摩擦表面材料脱落的现象称为磨粒磨损。

(3) 表面疲劳磨损：在交变接触应力的作用下，摩擦表面形成疲劳裂纹进而形成金属颗粒脱落的现象。

(4) 腐蚀磨损：由于摩擦表面的机械摩擦及摩擦表面与周围介质的化学或电化学反应而造成的磨损。（氧化腐蚀）

采用润滑可以减小摩擦、磨损。

4-9 润滑剂的主要性能指标是什么？

- 1) 粘度：液体润滑剂最重要的性能指标之一，它表示流体内部产生相对运动时摩擦力的大小。
- 2) 油性：也就是润滑性，是指润滑油与金属表面的吸附能力。
- 3) 凝点：润滑油在规定条件下，不能自由流动时的最高温度。
- 4) 闪点和燃点：闪点是润滑油遇到火焰即能发光闪烁的最低温度。能持续闪烁5秒以上的最低温度为燃点。

- 5) 氧化稳定性: 氧化稳定性是指润滑油抗氧化变质的性能。
- 6) 针入度: 衡量润滑脂稀稠度的指标。
- 7) 滴点: 润滑脂受热后开始滴落的温度。
- 8) 极压性: 润滑油中加入含硫、氯、磷的有机极性化合物后, 油中极性分子在金属表面生成抗磨、耐高压的化学反应膜的能力。

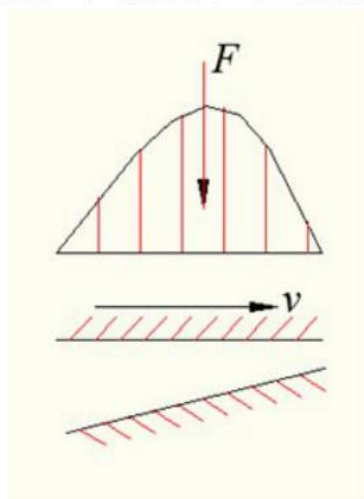
4-10 常用的润滑方法有哪些？

- 1) 滴油润滑
- 2) 油芯润滑
- 3) 油环润滑
- 4) 浸油润滑
- 5) 飞溅润滑
- 6) 压力循环润滑

4-11 什么是流体动力润滑？流体动力润滑的承载机理是什么？

1. 两表面由于相对运动而在其间产生黏性流体膜，该流体膜将两个表面完全隔开，并由流体膜产生的压力来平衡外载荷，这一现象称为流体动力润滑。

2. 在压力作用下的润滑油会从进口和出口两处产生压力流。此时楔形空间中油层的实际流动速度是由剪切流和压力流叠加而成的，而不是简单的线性分布。只要能给收敛油楔提供充足的润滑油并保证两平板具有一定的相对运动速度，就能产生稳定的流体动压力，利用流体动压力可支承一定的外载荷，这就是流体动力润滑的承载机理。



4-12 形成流体动力润滑的基本条件是什么？

- 1) 两相对运动表面必须形成楔形空间
- 2) 两表面必须有一定的相对滑动速度，能使油从楔形空间的大口流向小口；
- 3) 润滑油必须有一定的粘度，且供油要充分

5-1 简述结构设计在机械设计中的重要性。

结构设计就是根据机器及其零部件的功能、零部件之间的结合关系及零部件的加工工艺来确定机械系统的机构布局、零部件的结构形状及相关尺寸。还必须综合考虑强度、刚度、加工、装配、维护等方面的要求。

重要性：一方面各种计算都要以一定的结构为基础；

另一方面，尽管一些结构尺寸或主要参数可由设计计算公式求得，但大量的其他结构尺寸要靠机构设计确定。

5-2 结构设计应考虑哪些因素？

- 1) 合理分配功能
- 2) 提高强度和刚度
- 3) 提高耐磨性
- 4) 改善零件的结构工艺性

5-3 零件的结构工艺性应从哪些方面考虑？

(1) 零件结构必须与生产条件和批量相适应

零件结构与生产条件、生产批量密切相关。比如：直径小于500mm的齿轮通常采用锻造结构，而直径大于500mm时，由于锻造设备的限制，一般采用铸造结构。单件生产的减速器箱体宜采用焊接结构，而中、小批量生产特别是大批量生产时就应该采用铸造结构。

(2) 零件结构应力求简单

零件越复杂，加工、装配、维修等越复杂，成本越高。

(3) 零件结构应易于装配

装配式机器生产过程中的一个重要环节，零件结构的装配性能直接影响到产品的质量和成本。

5-4 通过哪些结构措施可以提高零件的强度

- (1) 等强度结构 使零件各截面的强度接近相等
- (2) 合理确定截面形状
- (3) 改善零件的受力状况
- (4) 减小应力集中，提高疲劳强度
- (5) 弹性强化、塑性强化及预紧

6-1 铰链四杆机构各杆的尺寸满足曲柄存在条件时，可能获得哪三种形式的机构？如何得到？若不满足曲柄存在条件时，可得到那种形式的机构？

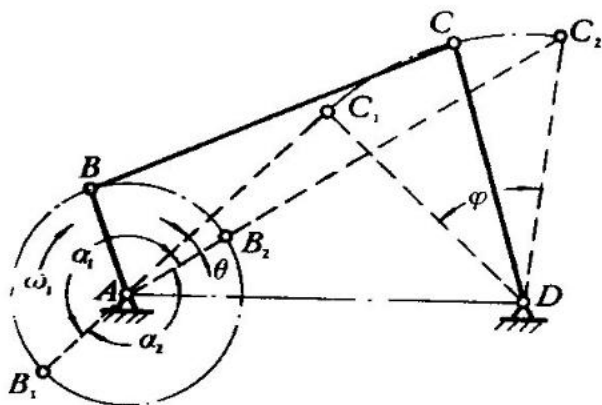
若最短杆与最长杆的长度之和不大于其余两杆长度之和，则取最短杆的相邻杆为机架时，得到曲柄摇杆机构；取最短杆为机架时，得双曲柄机构。

不满足曲柄存在条件时，即若最长杆与最短杆等于其余两杆之和，取与最短杆相对的杆为机架时机构。若长杆与最短杆长度之和大于其余两杆之和，则只能得到双摇杆机构。

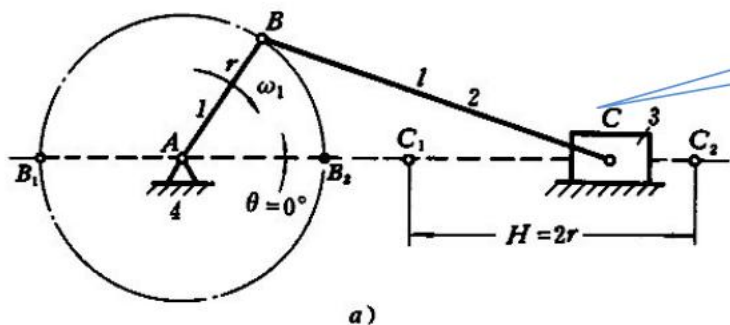
6-2 对具有急回运动特性的平面四杆机构，当改变其曲柄的回转方向时，其急回特性有无改变？

急回作用具有方向性，当原动件的回转方向改变时，急回的行程也跟着改变。

6-3 曲柄滑块机构是否具有急回运动特性？它在什么情况下出现死点位置？

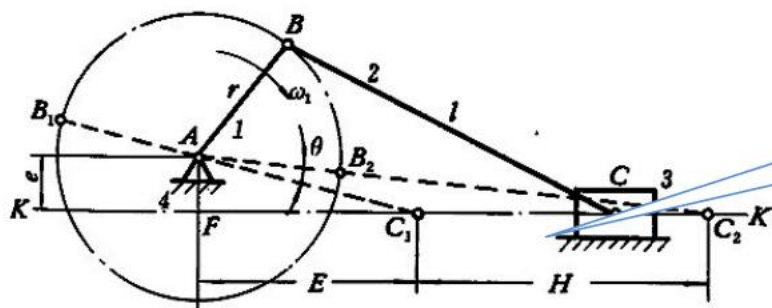


题6-2图



对心曲柄
 $\theta=0, K$

死点位置发生在以滑块
为主动件，曲柄与连杆共线
时。



偏置曲柄滑块机构
 $\theta \neq 0, K \neq 1$, 有急回运动

6-5 平面四杆机构具有双曲柄的条件是什么？双曲柄四杆机构有无急回运动特性？为什么？

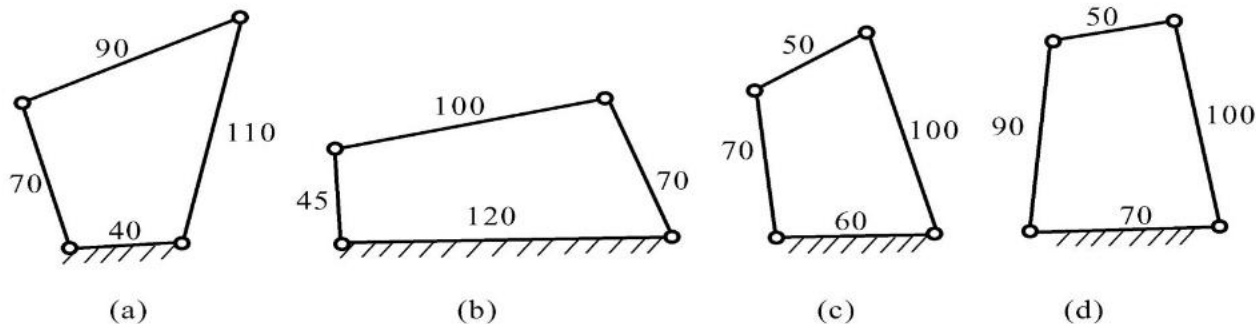
1. 平面四杆机构具有双曲柄条件：若最短杆与最长杆的长度之和不大于其余两杆长度之和，取最短杆为机架时，得双曲柄机构。

2. 双曲柄机构具有急回运动特性，应为它可以将回转运动转化成从动件的变速回转运动，因此具有急回运动特性。

6-6 有曲柄的平面四杆机构中取曲柄为主动件，机构一定不存在死点，对吗？

不对，比如双曲柄机构，对平行四边形或反平行四边形双曲柄机构，当机构运动至两曲柄与连杆共线的两处位置时，为机构的死点位置，其余双曲柄机构无死点位置。

6-9 试根据图6-52中注明的尺寸判断各铰链四杆机构的类型。



习题6-9图

解 (a) $\because l_{\max} + l_{\min} = 110 + 40 = 150 < \Sigma l_{\text{其余}} = 90 + 80 = 170$

最短杆为机架

\therefore 该机构为双曲柄机构

(b) $\because l_{\max} + l_{\min} = 120 + 45 = 165 < \Sigma l_{\text{其余}} = 100 + 70 = 170$

最短杆邻边为机架

\therefore 该机构为曲柄摇杆机构

(c) $\because l_{\max} + l_{\min} = 100 + 50 = 150 > \Sigma l_{\text{其余}} = 70 + 60 = 130$

\therefore 该机构为双摇杆机构

(d) $\because l_{\max} + l_{\min} = 100 + 50 = 150 < \Sigma l_{\text{其余}} = 90 + 70 = 160$

最短杆对边为机架

\therefore 该机构为双摇杆机构

6-10 在图6-53所示的四杆机构中，若 $a=17$ $c=8$ $d=21$ 。则 b 在什么范围内时机构有曲柄存在？它是哪个构件？

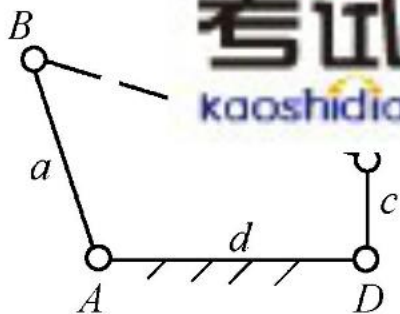


图6-53

解 分析：(1)根据曲柄存在条件②，若存在曲柄，则 b 不能小于 c ；若 $b=c$ ，则不满足曲柄存在条件①。所以 b 一定大于 c 。(2)若 $b > c$ ，则四杆中 c 为最短杆，若有曲柄，则一定是 DC 杆。

$$b > d: l_{\max} + l_{\min} = b + c \leq \Sigma l_{\text{其余}} = a + d$$

$$\therefore b \leq a + d - c = 17 + 21 - 8 = 30$$

$$b < d: l_{\max} + l_{\min} = d + c \leq \Sigma l_{\text{其余}} = a + b$$

$$\therefore b \geq d + c - a = 21 + 8 - 17 = 12$$

结论: $12 \leq b \leq 30$ 时机构有曲柄存在, DC杆为曲柄

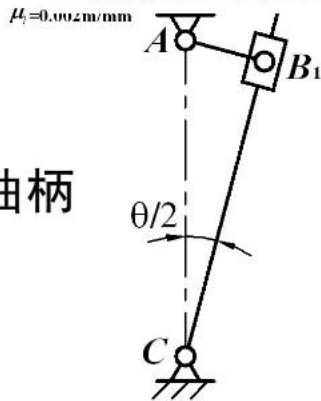
6-15 设计一导杆机构。已知机架长度

$$l_1 = 100\text{mm}, \text{ 行程速比系数 } K = 1.4$$

，试用图解法求曲柄的长度。

解: $\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} = 180^\circ \times \frac{1.4-1}{1.4+1} = 30^\circ$

$$l_{AB} = \mu_l AB_1 = 0.002 \times 12.94 = 0.02588 \text{m} = 25.88 \text{mm}$$



本科试题中的考查：

1. 摆动导杆机构中，以曲柄为原动件时，最大压力角为 0°，最小传动角等于 90° 度。
2. 四杆机构是否存在止点，取决于 连杆 是否与 从动件 共线。
3. 在铰链四杆机构中，当最短杆和最长杆长度之和大于其他两杆长度之和时，只能获得 双摇杆 机构。
4. 牛头刨床滑枕往复运动的实现是应用了平面四杆机构中的 摆动导杆 机构。
5. 平面四杆机构的压力角愈 小，传力性能愈好。
有些平面四杆机构是具有急回特性的，其中两种的名称是 曲柄摇杆 机构、摆动导杆 机构。（偏置曲柄滑块机构）

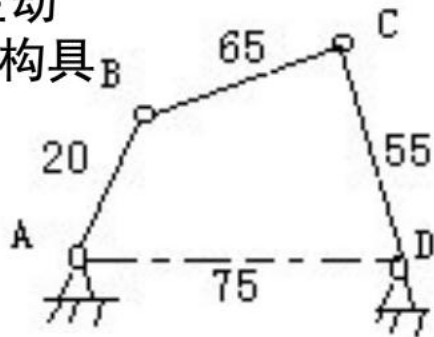
判断题：

1. 平面四杆机构中的死点位置，就是采用任何方法都不能使机构运动的位置。（×）
2. 平面四杆机构中的极位夹角就是从动件在两个极限位置的夹角。（×）
3. 对心曲柄滑块机构具有急回特性。（×）
4. 在铰链四杆机构中，曲柄一定是最短杆。（×）

作图题：

有一铰链四杆机构，尺寸如图所示，AB为主动件，顺时针转动，CD为从动件；请写出该机构具体名称并用图解法求：

- (1) 机构极位夹角； (2) 从动件摆角；
(取作图比例为0.001 m/mm) (15分)



解：最短杆AB=20 最长杆AD=75

$\because 20+75 < 65+55$ 且以最短杆为连架杆

\therefore 该机构为曲柄摇杆机构。

作图

由图得结果：(1) 机构极位夹角为 7°

(2) 从动件摆角为 42°