

# 思考题

## 第0章 绪论

1、从力学特性和在生产中的低位来看，机器有哪些共同特征？

**答：** 1) 机器都是由各种材料做成的制造单元经装配而成的各个运动单元的组合体；

2) 各个运动单元之间具有确定的相对运动。当在预定的力约束条件下，其中一个 或一个以上单元的运动一定时，该组合体就能实现预期的机械运动；

3) 在生产过程中，机器能代替或减轻人的劳动，完成有用的机械功或转换机械能。

2、机器与机构的主要区别是什么？机器与机构的关系如何？举例说明。

**答：** 机器是执行机械运动的装置，机构是用来传递运动和动力的构件系统。

3、简述构件和零件的区别与联系。举一构件的例子加以说明。

**答：** 构件是机器中独立的运动单元，零件是机器中制造的运动单元。

4、什么叫原动机、工作机？

**答：** 原动机：反将其他形式的能量转换为机械能的机器称为原动机。

工作机：凡用来完成有用功的机器称为工作机。

5、什么叫原动件、从动件和机架？

**答：** 原动件：在除机架外的构件中，驱动力所作用的构件。

从动件：随着原动件的运动而运动的构件。

机架：凡本身固定不动的构件，或相对地球运动但固结于给定坐标参考系并视为固定不动的构件。

## 第一章 结构分析

1、运动副的定义是什么？常见的平面运动副分为哪几种？

**答：** 运动副定义：机构中各个构件之间必须有确定的相对运动，因此，构件的连接既要使两个构件直接接触，

又能产生一定的相对运动，这种直接接触的活动连接称为运动副。

平面运动副按其接触形式分：点线接触的高副和面接触的低副。

2、机构具有确定运动的条件是什么？若不能满足这一条件，将会产生什么结果？

**答：** 若不满足这一条件：

当  $F > 0$  时，原动件数大于自由度机构遭破坏，原动件数小于自由度机构运动不确定。

当  $F \leq 0$  时，机构间不可能产生相对运动。

3、在计算平面机构的自由度时应注意哪些事项？如何处理？

**答：** 1. 复合式铰链两个以上的构件同在一处以转动副相连接，就构成了所谓的复合铰链。当  $M$  个构件以复合铰链相连接时。其转动副的数目应为  $M-1$  个

2. 局部自由度与输出构件运动无关的自由度成为局部自由度，在计算机构的自由度时，局部自由度应该除去

3. 虚约束平面机构的虚约束常出现于下列情况：

(1) . 轨迹重合 机构上有两构件用转动副相连接，而构件上的连接点的轨迹重合，则该连接将带入一个虚约束

(2) 转动副轴线重合 两构件构成多个转动副且其轴线互相重合，这时只有一个转动副起约束作用，其余转动副都是虚约束

(3) 移动副导路平行 两构件构成多个移动副且其导路平行, 这是只有一个移动副起约束作用, 其余运动副都是虚约束

(4) 机构存在对运动起重复约束作用的对称部分 在机构中, 某些不影响机构传递的重复部分所带入的约束亦为虚约束虚约束的存在对机构的于东没有影响, 但引入虚约束后可以改善机构的受力情况, 可以增加构件的刚性, 因此在机构的结构中得到较多使用

4、何为杆组? 常见的有哪两类? 机构的级别是如何判定的?

**答:** 自由度  $F=0$  且不能再分 (否则  $F \neq 0$ ) 的运动链称为杆组。常见的是二级杆组和三级杆组。杆组的级别是杆组中所包含的最高级别封闭多边形来确定的。

5. II级杆组、III级杆组中各包含几个构件、几个低副?

**答:** II级杆组中包含 2 个构件和 3 个低副。III级杆组包含 4 个构件 6 个低副。

## 第二章 运动分析

1、什么是速度瞬心? 什么是绝对速度瞬心和相对速度瞬心?

**答:** 当任一构件 2 相对于另一构件 1 作平面运动时, 在任一瞬时, 其相对运动都可以看作是绕某一重合点的运动, 该重合点称为速度瞬心, 如果两构件之一是静止的, 则其瞬心称为绝对速度瞬心; 如果两构件都是运动的, 则称为相对速度瞬心。(P35)

2、什么叫三心定理? 它有什么用途?

**答:** 作平面平行运动的三个构件共有三个瞬心, 它们位于同一直线上。作用: 当不能这届根据瞬心定义求各构件间的瞬心时, 用所谓三心定理来求。(P36)

3、何谓速度影像原理? 什么情况下可利用该原理求构件上的速度?

**答:** 由各速度矢量构成的多边形称为速度多边形; 当速度多边形中速度矢量构成三角形 abc 和机构图中相对应三角形 ABC 相似; 且两三角形顶角字母顺序相同时, 则图形 abc 称为图形 ABC 的速度影像; 当已知一构件上两点的速度时, 则该构件上其他任一点的速度便可以利用速度影像来求。(P44)

4、平面四杆机构的瞬心数目如何确定?

**答:**  $N=[4 \times (4-1)]/2=6$

5、当两构件分别组成转动副、移动副、高副时, 其相对速度瞬心在何处?

**答:** 转动副: 转动副中心; 移动副: 导路的垂直方向的无穷远处;

高副: 接触点处 (P36)

6、当两构件不直接组成运动副时, 其瞬心位置用什么方法确定。

**答:** 找中间构件, 用三心定理求解即可。

## 第三章 连杆机构

1、何谓平面连杆机构? 什么叫连杆、连架杆?

**答:** 平面连杆机构是由若干刚性构件用低副连接而形成的平面机构, 又称平面低副机构。

不与机架组成运动副的构件称为连杆，与机架组成运动副的构件称为连架杆。

2、与其他机构相比，连杆机构有何主要优缺点？

**答：** 优点：1. 运动副单位面积所受压力较小，且面接触便于润滑，故磨损减少；  
2. 制造方便，易获得较高的精度；  
3. 两构件之间的接触是靠本身的几何封闭来维系的，它不像凸轮机构有时需要利用弹簧等力封闭来保持接触；  
缺点：1. 一般情况下只能近似实现给定的运动规律或运动轨迹，且设计较为复杂；  
2. 当给定的运动要求较多或较复杂时，需要的构件数和运动副数往往较多，这样就使机构结构复杂，工作效率降低，不仅发生自锁的可能性增加，而且机构运动规律对制造，安装误差的敏感性增加；  
3. 机构中做平面复杂运动和做往复运动的构件所产生的惯性力难以平衡，在高速时将引起较大的振动和动载荷，故一般只用于速度较低，强度高的场合；

3、平面四杆机构的基本型式是什么？可分为哪三种类型？

**答：** 平面四杆机构的基本型式是所有运动副全为转动副的铰链四杆机构。  
分为：曲柄摇杆 双曲柄 双摇杆 这三种类型。

4、平面四连杆机构由铰链四杆机构演化为其它平面四杆机构，有哪些具体途径？

**答：** 将其中一个转动副演化成移动副和将其中两个转动副演化成移动副。

5、什么叫连杆机构的压力角、传动角？研究压力角的意义是什么？

**答：** 作用力的方向与运动速度的方向之间的夹角称为压力角，压力角的余角称为传动角。压力角可以反映出力的有效利用程度。

6、什么叫曲柄摇杆机构的急回特性？

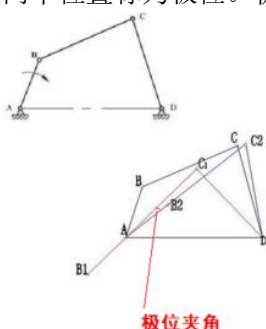
**答：** 从动件正行程与反行程的平均速度不相等。

7、平面连杆机构急回特性用什么参数表达？说出三种有急回特性的机构？

**答：**  $K = \text{从动件快行程平均速度} / \text{从动件慢行程平均速度}$ 。  
例如：曲柄摇杆机构 曲柄滑块机构 偏心轮机构等

8、什么叫极位夹角，当其等于零时说明什么？

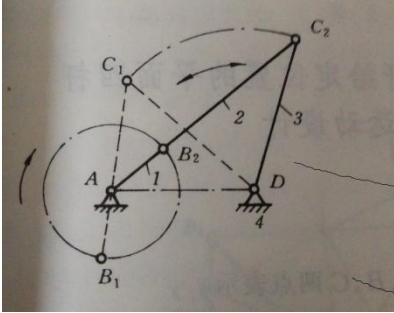
**答：** 曲柄摇杆机构，在曲柄转动一周的过程中，有两次与连杆共线，这时摇杆分别处于两极限位置。机构所处的这两个位置称为极位。机构在两个极位时，原动件所在两个位置之间的夹角称为极位夹角  $\theta$ 。如下图：



当其等于零时说明当主动杆作等速转动时，从动杆来回往复运动的平均速度相等，即摇杆无急回特性。

9、什么是机构的死点？如何避免机构在死点时卡死？

**答：**当从动件上的传动角 $\alpha=0$ ，驱动力对从动件的有效回转力矩为零，即通过连杆加于从动件上的力将经过铰链中心，从而驱使从动件曲柄的有效分力为零，这个位置称为机构的死点位置，也就是机构中从动件与连杆共线的位置称为机构的死点位置。



如何避免机构在死点卡死：采用机构部件的惯性使系统通过死点，比如设置大质量的飞轮。

10、铰链四杆机构中，有曲柄存在的条件是什么？

**答：**(1)最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和。

(2)最短杆必须为连架杆或机架。

#### 第四章 凸轮机构

1、凸轮机构有哪些优缺点？

**答：**凸轮机构的优点：(1)只需设计适当的凸轮轮廓，便可使从动件的任意的预期运动；(2)结构简单，紧凑，设计方便。

缺点：(1)与从动件间为点接触或线接触，易磨损，只宜用于传力不大的场合；(2)轮廓加工困难；(3)从动件行程过大时使凸轮变得笨重。

2、凸轮机构按凸轮形状可分为哪几种？可以采用什么方式维持凸轮与从动件的高副接触（锁合）？

**答：**按形状，凸轮可分为盘形凸轮，移动凸轮，圆柱凸轮；

锁合方式：几何锁合、力锁合。

3、什么是凸轮的理论廓线？什么是凸轮的实际廓线？两者有何关系？

**答：**理论轮廓线：以滚子中心当尖底从动件求出的轮廓曲线；实际轮廓线：在理论轮廓线上作一系列滚子，再作这些滚子的内包络线所得的曲线，两条曲线间距离为滚子半径

4、凸轮机构中，从动件的常用运动规律有哪几种？各有什么冲击？

**答：**常用运动规律 等速运动，有刚性冲击 等加速等减速运动，有柔性冲击 五次多项式，无冲击 简谐运动（余弦加速度），有柔性冲击 摆线运动（正弦加速度），无冲击

5、凸轮机构中，刚性冲击是指什么？举出一种存在刚性冲击的运动规律。

**答：**在推杆运动开始和终止的瞬间，速度有突变，使推杆在理论上出现瞬时的无穷大加速度，致使推杆突然产生非常大的惯性力，使凸轮机构受到极大的冲击。这种冲击称为刚性冲击。

6、什么是凸轮的基圆半径？选择基圆半径时，应考虑那些因素？原则是什么？

**答：**以凸轮轮廓曲线最小矢径 $r$ 为半径所作之圆称为基圆， $r$ 称为基圆半径

选择基圆半径时，应考虑 $\alpha_{\max} \leq [\alpha]$ 的限制和凸轮的结构及强度的要求，原则为：在满足 $\alpha_{\max} \leq [\alpha]$ 的条件下，合理地确定凸轮的基圆半径，使凸轮机构的尺寸不至过大。在实际设计工作中，凸轮的基圆半径常是根据具体结构条件来选择的。

7、简述设计凸轮机构中压力角的原则，它的大小对凸轮机构有何影响？

**答：**设计凸轮机构压力角原则：为保证凸轮机构能正常运转，应使其最大压力角 $\alpha_{\max}$ 小于临界压力角 $\alpha_c$ 。

对于摆动从动件， $[\alpha] = 40^\circ \sim 50^\circ$ ，对于直动从动件， $[\alpha] = 30^\circ \sim 38^\circ$ ，应在 $\alpha_{\max} \leq [\alpha]$ 的前提下，选取尽可能小的基圆半径。

影响：驱动从动件的有用分力一定时，基圆越小，压力角越大，则有害分力越大，机构的效率越低。当增大到一定程度，以致在导路中所引起的摩擦阻力大于有用分力时，无论凸轮加给从动件的作用力多大，从动件都不能运动，这种现象称为自锁。

8、按从动件与凸轮的接触形式可分为哪三种类型的从动件？

**答：**按从动件与凸轮接触形式，（1）尖底从动件，（2）滚子从动件，（3）平底从动件

9、凸轮机构中，从动件的运动规律取决于什么？

**答：**如推杆式运动规律：推杆在推程或回程时，取决于其位移 $S$ 、速度 $V$ 和加速度 $a$ 随时间 $t$ 的变化规律。形式：多项式、三角函数。

（1）多项式运动规律：1. 等速运动运动规律；2. 等加等减速（二次多项式）运动规律；3. 五次多项式运动规律。

（2）三角函数运动规律：1. 余弦加速度（简谐）运动规律；2. 正弦加速度（摆线）运动规律。

（3）改进型运动规律——将几种运动规律组合，以改善运动特性。

10、直动从动件凸轮机构采用偏置的目的是什么？

**答：**（1）从动件升降斜率的平滑度考虑的，主要是让从动件运动平滑，加速度不至于过大，减小凸轮的轴向负载等。

（2）工况的需要，有时候凸轮的中心与从动件的轴线需要偏置一定的距离，是工作状况的需要

（3）结构的需要，在结构上有时需要偏开一定的距离，这也是有可能的。

## 第五章 齿轮机构

1 为了实现定传动比传动，对齿轮的齿廓有何要求？

**答：**在啮合传动的任一瞬时，两轮齿廓曲线在相应接触点的公法线必须通过按给定传动比确定的该瞬时的节点，这一条件称为齿廓啮合的基本定律。

2 何为渐开线齿廓啮合的可分性？对齿轮传动有什么意义？

**答：**渐开线齿轮的传动比决定于其基圆的大小，而齿轮一经设计加工好后，它们的基圆也就固定不变了，因此当两轮的中心距略有改变时，两齿轮仍能保持原传动比，此特点称为渐开线齿廓啮合的可分性。这一特点对渐开线齿轮的制造，安装都是十分有利的。

3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数有哪几个？决定齿轮各部分尺寸大小的是哪个参数？

**答：**模数，分度圆压力角，齿数，齿顶高系数和顶隙系数。模数。

4 什么叫标准齿轮？什么叫标准安装？



**答：**标准齿轮是指  $m, a, h_a, c$  均取标准值，具有标准的齿顶高和齿根高，而且分度圆齿厚等于齿槽宽的齿轮。把两轮安装成其分度圆相切的状态，也就是两轮的节圆与分度圆重合，则  $s_1 = s_2 = e_1 = e_2$ ，所以能实现无侧隙啮合传动。标准齿轮的这种安装称为标准安装。

5 渐开线直齿圆柱齿轮的分度圆和节圆有何区别？在什么情况下分度圆和节圆相等？

**答：**节圆，是只有齿轮装配后，才“存在”的，是假想按照传动比做纯滚动的两个圆（当然也是相切的）。分度圆是齿轮几何结构、计算的“基准圆”，是单个齿轮就存在的圆。

当一对齿轮按照标准中心距装配后，总变位系数等于 0 时，节圆与分度圆重合，否则就不重合。

6 何为根切现象？用展成法加工标准齿轮时不根切的条件是什么？

**答：**用展成法加工齿轮时，若刀具的齿顶线或齿顶圆与啮合线的交点超过被切齿轮的极限点，则刀具的齿顶会将被切齿轮之齿根的渐开线齿廓切去了一部分，这种现象称为根切现象。避免根切就必须使刀具的齿顶线不超过极限点，公式 190 页。

7 根切现象的后果怎样？避免根切的措施有哪些？

**答：**根切的齿廓将使轮齿的弯曲强度大大减弱，而且当根切侵入渐开线齿廓工作段时，将引起重合度的下降。

严重的根切将破坏传动比传动，影响传动的平稳性。齿数大于最小齿数或用径向变位法加工齿轮。

8 正变位齿轮与标准齿轮相比，哪些主要尺寸发生了什么变化？

**答：**齿厚和任意圆上的齿厚，齿顶高和齿根高发生变化。

9 与直齿轮相比，斜齿轮的主要优点是什么？

**答：**1 重合度大，齿面接触情况好，因此传动平稳，承载能力高。2 最少齿数少，机构更紧凑 3 制造成本相同。

10 为使斜齿轮的轴向力不致过大，一般采用的螺旋角的范围是多少度？

**答：**一般取 8-15 度

11 斜齿轮的标准参数规定在哪个面上？当量齿数如何计算？

**答：**规定在法面，端面，轴面上。当量齿数  $Z_v = Z / \cos^3 \beta$

12 蜗杆传动有哪些优点？正确啮合条件是什么？

**答：**1 可以得到很大的传动比比斜齿轮机构紧凑 2 线接触，承载能力比斜齿轮大得多 3 传动平稳无噪音 4 当蜗杆的导程角小于轮齿间的当量摩擦角时，机构具有自锁性，只能由蜗杆带动涡轮。/ 蜗杆轴面的模数和压力角分别等于涡轮端面的模数和压力角，蜗杆与涡轮的螺旋线方向相同。

## 第六章 轮系

1 何为轮系、轮系主要分为哪几类？

**答：**轮系：一系列互相啮合的齿轮将主动，轴和从动轴连接起来，这种多齿轮装置成为轮系。

分类：（1）定轴轮系：当轮系运动时，其各轮轴线的位置固定不动的成为定轴轮系或普通轮系。

（2）周转轮系：当轮系运动时，反至少有一个齿轮的轴线是绕另一齿轮的轴线转动的称为周转轮系。

按自由度分为：差动轮系（ $F=2$ ）、行星轮系（ $F=1$ ）

（3）混合轮系：在轮系中，既有定轴轮系，又有周转轮系的轮系。

2 基本周转轮系由哪些部分构成？什么是复合轮系？

**答：**基本周转轮系：由行星轮（一个或多个）、系杆（行星架）、中心轮（太阳轮）

复合轮系：是由基本周转轮系与定轴轮系或者几个基本周转轮系组合而成。

3 如何从一个复合轮系中区分哪些构件组成一个周转轮系？

**答：** 周转轮系是在轮系运转时，各个齿轮中有一个或几个齿轮轴线的位置并不固定，而是绕着其他齿轮的固定轴线回转，则这种轮系称为周转轮系。

先找行星轮，及找出哪些几何轴线是绕另一几何轴线转动的齿轮。找到行星轮以后，支持行星轮的构件 就是行星架，然后找到中心轮，行星轮、中心轮、行星架及机架组成周转轮系。

4 轮系的主要功用有哪些？

**答：**

- (1) 实现大传动比传动 (2) 实现较远距离的传动 (3) 实现换向传动 (4) 实现变速传动 (5) 实现多分路传动

5 什么叫行星轮、系杆和中心轮？

**答：** 在周转轮系中，轴线位置变动的齿轮，既作自传又作公转的齿轮，称为行星轮；支持行星轮作自传和公转的构件称为行星架或转臂弯，也称系杆；轴线位置固定的齿轮则称为中心轮或太阳轮。

## 第七章 其他机构

1、能实现间歇运动的机构有哪几种？可调节从动件转角大小的是哪一个？

**答：** 棘轮机构，槽轮机构，不完全齿轮机构，凸轮式间歇运动机构。棘轮机构可调节从动件转角大小

2、间歇运动的机构中，从动件转角可作无级调节的是哪种？从动件转角不能调节的是哪种？

**答：** 摩擦式棘轮机构可做无极调节。

3、既能作间歇运动又能作超越运动的是什么机构？欲实现把回转运动改变为直线运动，可以采用哪些机构？

**答：** 棘轮机构。曲柄滑块机构，凸轮机构，齿轮齿条机构，螺旋机构。

4、欲传递两轴间的运动，但两轴的夹角是变化的，可采用什么机构？若要求从动件匀速运动如何选择？

**答：** 万向联轴节。若使主从动轴角速度相等 1) 主动轴与中间轴的夹角必须等于从动轴与中间轴的夹角；2) 中间轴两端的叉面必须位于同一平面内。

5、欲把旋转变换为直线运动，且要求降速比大，具有自锁作用，可采用什么机构？并需满足什么条件？

**答：** 螺旋机构。螺纹升角小于或者等于螺旋副的摩擦角或当量摩擦角。

## 第九章 力分析

1、在机构的力分析中主要有哪几类力？对于机构而言什么力属于内力？

**答：** 驱动力、阻力、运动副反力、重力、惯性力。内力：运动副反力。

2、机构力分析中，什么叫静定条件？什么样的构件组符合静定条件？

**答：** 静定条件:无多余约束，自由度为零。凡只需利用静力平衡条件就能计算出结构的全部支座反力和杆的内力， $F=0$  的结构。

3、什么叫摩擦角 $\phi$ ？如何确定移动副中总反力的方向？

**答：** 摩擦角：总反力与其分解的正压力之间的夹角。总反力的方向恒与所作用的构件运动方向呈一钝角  $90^\circ + \phi$ 。

4、何谓径向轴颈转动副中的摩擦圆？怎样确定该转动副中总反力作用线位置及方向？

**答：**摩擦圆：总反力  $R(AB)$  总与以  $O$  为圆心  $\rho = f_0 r$  为半径的圆相切且与摩擦角作用相同，可确定总反力作用线位置。利用摩擦圆，构件间相对运动的方向和构件的平衡条件，其中  $R(AB)$  总与摩擦圆相切。

5、何谓自锁？从受力观点分析，移动副在什么条件下自锁？书 P353 试举出二个具有自锁性能的机构。

**答：**自锁：不管驱动力多大，由于摩擦力的作用力的作用而使机构不能运动的现象。当作用在物体上合力与接触面法线夹角为  $\beta$  摩擦角  $\phi$ ，沿接触面的分力  $F_x$ ，摩擦力  $F_f$ ，当满足  $\beta < \phi, F_f > F_x$  时发生自锁。生活中自锁机构：凸轮机构，斜面机构，偏心夹具机构，螺母等。

6、在对高速机械进行动态静力分析时，不能忽略什么力？在不考虑摩擦力的条件下求机构各运动副反力时，应先将机构按照什么形式进行分解？

**答：**摩擦力。步步逼近法，1、画简图，进行运动分析，求惯性力和惯性力矩 2、拆杆组计算运动副反力 3、最后计算平衡力及运动副反力。

## 第十章 平衡

1、研究机构平衡的主要目的是什么？平衡问题可以分为哪两大类？

**答：**目的：尽量消除附加动压力，减轻有害机械振动现象以改善机器工作性能和延长使用寿命。

两大类：回转件（转子）的平衡和机架上的平衡。

2、静平衡的条件是什么？动平衡以后的转子是否再进行静平衡？为什么？

**答：**条件：分布于该回转件上各个质量的离心力的和力等于零或质径积的矢量和等于零。不需要。因为动平衡要求物体中心对称，而静平衡要求物体轴对称，而中心对称的物体必然轴对称。

3、何谓转子？刚性转子动平衡的充要条件是什么？

**答：**转子：由轴承支撑的旋转体。条件：合力（矢量）为零和质量（矢量）为零。

## 第十一章 效率

1 机械运动时，一般要经过哪三个时期，计算效率应该在哪个时期？

**答：**要经过起动、稳定运动和停车三个时期，效率应在稳定运动时期计算。

2 试描述机械运动的三个时期中，对应的主轴速度的变化规律。

**答：**

(1) 起动时期：此时机器主轴的速度由零增加到它的正常的工作速度，即末速度大于初速度， $E > E_0$ ；

(2) 稳定运动时期：主轴速度稳定  $W_d - W_r - W_f = E - E_0 = 0$ ；

(3) 停车时期：主轴速度由正常工作速度减小到零，即末速度小于初速度， $E < E_0$

3 简述机器的机械效率的定义，是分别用驱动力，生产阻力的形式计算效率的公式？

**答：**机械效率：机器对机械能的有效利用的程度。

$\eta = F_d 0 (\text{理想驱动力}) / F_d (\text{实际驱动力}) = F_r (\text{实际生产阻力}) / F_r 0 (\text{理想生产阻力}) = W_r / W_d = P_r / P_d = M_r / M_r 0$ ;

4 机械效率  $\eta$  判断机械自锁的条件是什么？试分别写出由串联、并联机构组成的机器的机械效率。

**答：**自锁条件： $\eta \leq 0$

(1) 串联机械效率： $\eta_1 = W_1 / W_d, \eta_2 = W_2 / W_2, \eta_3 = W_3 / W_2 \cdots, \eta_k = W_k / W_{k-1}$ ,

所以  $\eta = W_k / W_d = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \cdots \eta_k$

组成的机器数目越多，则其总效率将越小；



## 第十二章 调速

1、什么叫周期性速度波动，它可用什么调节？

**答：** 机器主轴在其主要工作阶段做变速稳定运动，其运转速度的这类波动称为周期性速度波动。在机器中某一回转轴上加一适当质量，飞轮。

2、试述机器运转过程中产生周期性速度波动的原因。

**答：** 由于作用在机器等效构件（一般是主轴）上的等效驱动力矩和等效阻力矩并不时时相等，而等效转动惯量又不能正好发生相应的变化，故其角速度  $\omega$  随之发生变化。但因每个循环中驱动力矩和阻力矩所做的功相等，所以经过每个运动循环后，机器的动能又能回到运来的数值，致使主轴角速度作周期性波动。

3、何谓机器的非周期性速度波动？它可用什么进行调节。

**答：** 由于机器运转速度的这种波动没有一定的周期，并且其作用不是连续的所以称为非周期性速度波动。1、具有自调性 2、机械式调速器（离心调速器）

4、能否完全消除周期性速度波动？为什么？

**答：** 不能。因为很多机器运转时，其主轴的速度都是做周期性的波动，即使安装了飞轮，也只能使其速度不发生过大的变化。

5、飞轮应尽可能安装在什么轴上？为什么？

**答：** 速度高的轴上、机器的主轴或与机器主轴有定传动比的构件上。因为角速度  $\omega_x$  愈大，则飞轮的转动惯量愈小，所以从减少飞轮质量来看，把他装在速度高的轴上有利；要使转动惯量  $J(F_x)$  是常数，必须使传动比  $\omega/\omega(x)$  也是常数，这就要求飞轮装在机器的主轴或与机器主轴有定传动比的构件上。书 P450