

1.机械原理复习提纲

1.填空题

1. 机构由构件组成，构件可以是单一的零件，也可以由几个零件装配而成的刚性结构，所以，构件是 **运动** 单元，零件是 **制造** 单元。
2. 运动副是 **两构件直接接触并能产生相对运动的活动链接**；平面运动副的类型有 **低副**、**高副**；两构件通过面接触而构成的运动副为 **低副**，有 **转动副** 和 **移动副** 两种类型；通过点、线接触而构成的运动副称为 **高副**。
3. 平面运动副的最大约束数为 **2**，最小约束数为 **1**；引入一个约束的运动副为 **高副**，引入两个约束的运动副有 **低副**。
4. 机构具有确定相对运动的条件是 **机构原动件数等于自由度**；根据机构的组成原理，任何机构都可以看成是由 **原动件**、**从动件** 和 **机架** 组成。
5. 当两构件组成转动副时，速度瞬心的位置在 **转动副中心**；当两构件组成移动副时，速度瞬心的位置在 **移动方向的垂线上的无穷远处**；两构件组成滑动兼滚动的高副时，速度瞬心的位置在 **接触点公法线上**；特殊情况下，两构件组成纯滚动的高副时，瞬心的位置在 **接触点处**。
6. 平面铰链四杆机构共有 **6** 个瞬心，其中有 **3** 个绝对瞬心，**3** 个相对瞬心。
7. 速度影像的相似原理只能应用于 **同一** 构件上的各点，而不能应用于机构的 **不同** 构件上各点。
8. 连杆机构是由许多刚性构件用 **低副** 联接而成的。平面铰链四杆机构有 **曲柄** 机构、**曲柄摇杆** 机构、**双摇杆** 机构三种基本类型。
9. 平面四杆机构有无急回特性取决于 **极位夹角** 是否等于零。
10. 在曲柄摇杆机构中，以曲柄为主动件，当 **曲柄** 与 **机架** 处于两次共线位置之一时，出现最小传动角；当 **摇杆** 为主动件，且 **曲柄** 与 **连杆** 两次共线时，则机构出现死点位置。
11. 按照从动件的运动形式分，凸轮机构有 **直动** 从动件凸轮机构和 **摆动** 从动件凸轮机构两种型式。
12. 在凸轮机构从动件的四种常用运动规律中，**匀速** 运动规律有刚性冲击；**等加速-等减速**、**余弦加速度** 运动规律有柔性冲击；**正弦加速度** 运动规律无冲击。
13. 凸轮的基圆半径是从 **凸轮转动中心** 到 **理论轮廓** 的最短距离。
14. 凸轮的基圆半径越小，则凸轮机构的压力角越 **大**，而凸轮机构越容易 **卡死**。
15. 决定渐开线标准直齿圆柱齿轮几何尺寸的五个基本参数是 **模数 m** 、**分度圆压力角 α** 、**齿数 z** 、**齿顶高系数 ha^*** 、**顶隙系数 c^*** ，其中参数 **模数 m** 是标准值。
16. 一对标准渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合的条件是两齿轮的 **模数** 和 **压力角** 分别相等。
17. 按标准中心距安装的渐开线标准直齿圆柱齿轮，节圆与 **分度圆** 重合、啮合角在数值上等于 **分度圆** 上的压力角。
18. 当采用 **范成** 法切制渐开线齿轮齿廓时、可能会产生根切。正常切制的渐开线标准直齿圆柱齿轮不发生根切的最少齿数为 **17**。
19. 一个采取了负变位修正的直齿圆柱齿轮与同样基本参数的标准齿轮相比较，其 **齿顶圆** 及 **齿根圆** 变小了；而 **分度圆** 及 **基圆** 的大小则没有变。
20. 用标准齿条型刀具加工标准齿轮时，刀具的 **中** 线与轮坯的 **分度圆** 相切作纯滚动。当标准直齿圆柱齿轮的齿数小于 **17** 时用 **齿轮范成法** 方法加工将发生根切。
21. 渐开线斜齿圆柱齿轮的标准参数是 **法面** 参数；在尺寸计算时应按 **端** 面参数代入直齿轮的计算公式。
22. 一对平行轴斜齿外轮啮合时，其螺旋角 **大小** 相等，**方向** 相反。
23. 若渐开线斜齿圆柱齿轮齿数为 Z ，螺旋角为 β ，则其当量齿数 $Z_y = \frac{Z}{\cos^3 \beta}$ ；当直齿圆锥齿轮的齿数为 Z ，锥角为 δ ，则其当量齿数 $Z_v = \frac{Z}{\cos \delta}$ 。
24. 蜗轮的螺旋角应 **等于** 蜗杆的升角，且它们的旋向应该 **相同**。
25. 能实现输出构件的运动是单向间隙运动的机构有 **棘轮** 机构，**槽轮** 机构，**凸轮机构** 和 **不完全齿轮** 机构等。

26. 平面移动副的自锁条件是 **传动角小于摩擦角或当量摩擦角**，转动副的自锁条件是 **外力作用线与摩擦圆相切或相交**，螺旋副的自锁条件是 **螺旋升角小于摩擦角或当量摩擦角**。
27. 静平衡和动平衡的关系为 **经过动平衡的回转件一定是静平衡,静平衡的回转件不一定是动平衡**。对于轴向尺寸较小的盘形转子，它们的质量分布可视为在 **同一回转平面内**，这时进行的平衡称为 **静平衡**。
28. 机械设计中，常采用输入功 W_d 、输出功 W_r 之间的关系来衡量机器对能量有效利用的程度，即机械效率 η 。 η 的表达式为 $\eta = \frac{W_r}{W_d}$ 。采用机械效率表达机器的自锁条件其表达式为 **$\eta \leq 0$** 。
29. 机械效率 η 是衡量机器对能量有效利用程度的指标，设 Q 为实际生产阻力， F 为实际驱动力， Q_0 为对应 F 的理想有效阻力， F_1 为对应 Q 的理想驱动力，则 η 可表达为 **$\eta = \frac{Q_0}{Q}$** ， **$\eta = \frac{F_0}{F}$** 。
30. 机器在稳定运转状态下，作周期性速度波动的条件是 **各瞬时驱动功率和阻抗功率平均值相等且有公共周期**；对于周期性速度波动，常采用的调节措施是 **安装飞轮**。而作非周期性速度波动采用的调节方法是安装 **调速器**。
31. 等效质量（或等效转动惯量）的值是机构位置的函数，只与 **位置** 有关，而与机器的 **运动** 无关。
32. 四杆机构的压力角和传动角互为 **余角**，压力角越大，其传力性能越 **差**。
33. 标准直齿轮经过正变位后模数 **不变**，齿厚 **增加**，齿距 **不变**，齿根圆 **增大**。
34. 按标准中心距安装的渐开线直齿圆柱标准齿轮，节圆与 **分度圆** 重合，啮合角在数值上等于 **分度圆** 上的压力角。
35. 在单万向联轴节中，当主动轴转过一周时，从动轴转过 **一** 周，而传动轴的角速度波动 **两** 次。
36. 能将主动件的回转运动变为从动件的直线运动的机构有：**曲柄滑杆机构**、**齿轮齿条传动** 和 **凸轮机构**（只要填写3种即可）。
37. 机构中压力角 α 是指 **从动件受力方向与该点受力方向** 之间所夹锐角。机构中传动角 γ 和压力角 α 之和等于 **90°** 。
38. 在对心直动尖顶从动件盘形凸轮机构中，若凸轮基圆半径增大，则其压力角将 **减少**；在对心直动平底从动件盘形凸轮机构中，若凸轮基圆半径增大，则其压力角将 **不变**。
39. 绕通过质心并垂直于运动平面的轴线作等速转动的平面运动构件，其惯性力 **$F_i =$** ，在运动平面中的惯性力矩 **$M_i =$** 。
40. 所谓动态静力分析是指 **将惯性力视为外力加到构件上进行静力平衡计算** 的一种力分析方法，它一般适用于 **高速机械** 情况。

2.分析简答题

1. 机械、机器、机构的概念，机器的三个特征是什么？何谓构件？构件与零件有何区别？

- 机械:"机器"和"机构"的总称
- 机器:是执行机械运动的装置,用来完成有用的机械功或转换机械能
- 机构:能实现预期的机械运动的各构件(包括机架)的基本组合体
- 机器的三个特征:
 1. 都是由各种材料制作成的制造单元经装配而成的各个运动单元的组合物
 2. 各个运动单元之间具有确定的相对运动
 3. 生产过程中,他们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.何谓速度瞬心？相对瞬心与绝对瞬心有何区别？

- **速度瞬心:**
 1. 当任一构件2相对于任一构件1做平面运动时,在任一瞬间,其相对运动可以看作是绕某一重合点的转动,该重合点称为速度瞬心
- **相对瞬心与速度瞬心的区别:**
 1. 如果两构件是静止的,则其瞬心称为绝对速度瞬心,如果两构件都是运动的,则其瞬心称为相对速度瞬心

3.铰链四杆机构的基本形式有哪几种？何谓曲柄？铰链四杆机构具有曲柄的条件是什么？有要使铰链四杆机构具有一个曲柄，应取哪个构件作为机架？具有两个曲柄应取哪个构件作为机架？

- **铰链四杆机构的基本形式:**
 1. 曲柄摇杆机构
 2. 双曲柄摇杆机构
 3. 双摇杆机构
- 曲柄:与机架组成整转副的连架杆称为曲柄
- **铰链四杆机构具有曲柄的条件:**
 1. 最短杆与最长杆长度之和 \leq 其余两杆长度之和
 2. 曲柄是由最短杆与邻边组成的
- 要使铰链四杆机构具有一个曲柄,取最短构件任意相邻构件为机架
- 要使铰链四杆机构具有两个曲柄,取最短杆为机架

4. 铰链四杆机构中，当选择不同的构件为原动件时，传动角和压力角的大小是否相同?为什么？

- 不同
- 传动角和压力角是针对机构中从动件而言的,不仅与机构的主,从动件的选取有关,而且还随构件尺寸及机构所处位置不同而变化

5. 何为急回运动？试列出三种具有急回运动的连杆机构。

- **急回运动**
 - 四杆机构中,当曲柄为主动件做匀速回转时,从动件摇杆的往返摆动行程和往返速度往往是不一样的,返程比往程要快,这种运动称为急回运动
- **三种具有急回特性的连杆机构:**
 1. 曲柄摇杆机构
 2. 曲柄滑块机构
 3. 摆动导杆机构
- **具有急回特性的条件**
 1. 从动件行程速度变化系数 $k > 0$ (极位夹角 $\theta > 0^\circ$)

6.在直动从动件盘形凸轮机构中，试问同一凸轮采用不同端部形状的从动件时，其从动件运动规律是否相同？为什么？

- 不同
- 理论轮廓曲线相同,实际轮廓曲线可能不同,从动件的接触位置可能变化

7.在直动从动件盘形凸轮机构中，若凸轮作顺时针方向转动，从动件向上移动为工作行程，则凸轮的轴心应相对从动件导路向左偏置还是向右偏置为好？为什么？若偏置得太多会有什么问题产生？

8.何谓标准齿轮？何谓标准中心距？一对标准齿轮的实际中心距 a' 略大于标准中心距 a 时，其传动比有无变化？仍能继续正确啮合吗？其分度圆直径、节圆直径、顶隙、齿侧间隙、啮合角和重合度有何变化？

- 标准齿轮:
 1. 模数,压力角,都是标准值
 2. 齿顶高和齿根高也是标准值
 3. 分度圆齿厚与槽宽相等的齿轮
- 标准中心距:
 1. 一对标准齿轮安装时他们的分度圆相切
 2. 各自分度圆与节圆重合时的中心距为标准中心距
- 一对标准齿轮的实际中心距 a' 略大于标准中心距 a 时:
 1. 传动比不会发生变化
 2. 不能正确啮合
 3. 分度圆直径不变
 4. 节圆直径变大
 5. 顶隙变大
 6. 齿侧间隙变大
 7. 啮合角变大
 8. 重合度降低

9. 简述渐开线标准直齿圆柱齿轮的参数(齿数、模数、齿顶高系数、啮合角)和安装中心距对重合度 ε 的影响。

1. 重合度与模数无关
2. 随齿数的增大而增大
3. 当中心距增大时,重合度减小
4. 压力角增大,重合度减小
5. 齿顶高系数增大,重合度增大

10.什么是标准中心距？一对标准齿轮的实际中心距大于标准中心距时，其传动比和啮合角分别有无变化

- 标准中心距:
 1. 一对标准齿轮安装时他们的分度圆相切
 2. 各自分度圆与节圆重合时的中心距为标准中心距
- 实际中心距 > 标准中心距时:
 1. 传动比不变
 2. 啮合角增大

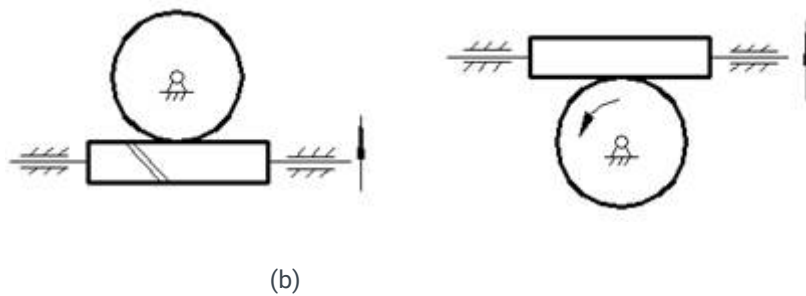
11.渐开线的形状因何而异？一对相互啮合的渐开线齿轮，若其齿数不同，其齿廓渐开线形状是否相同？又如有两个齿轮，其分度圆及压力角相同，但模数不同，试问其齿廓的渐开线形状是否相同？又若两个齿轮的模数和齿数均相同，但压力角不同，其齿廓渐开线形状是否相同？

- 取决于基圆的大小
- 不同
- 相同
- 不同

12.请指出或在相应的图上标出：

(a)蜗轮的转向和旋向；

(b)蜗杆和蜗轮的旋向。



13.什么是重合度？其物理意义是什么？增加齿轮的模数对提高重合度有无好处？

- 重合度
 - 实际啮合线段与齿轮法向齿距之比
- 物理意义
 - 反映了一组齿轮同时啮合的平均齿数对的多少
- 增加模数对提高重合度没有好处

14.试举出主动件作匀速转动，而从动件能实现单向间歇运动的三种不同类型的机构。

1. 凸轮机构
2. 槽轮机构
3. 棘轮机构

15.简述单万向联轴节和双万向联轴节的运动特点。

- 单万向联轴节的运动特点
 1. 当两轴夹角变化时,可继续工作,但影响瞬时角速度比的大小
- 双万向联轴节的运动特点
 1. 当两轴的夹角变化时,不仅可以继续工作,还能保证等角速度比

16.双万向联轴节，要使主、从动轴的角速度相等，必须满足什么条件？

- 满足条件
 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. 中间轴两端叉面必须位于同一平面内

17.以转动副联接的两构件，当外力（驱动力）分别作用在摩擦圆之内、之外，或与该摩擦圆相切时，两构件将各呈何种相对运动状态？

- 当外力作用于摩擦圆内时
 - 原来静止仍静止,原来运动则做减速相对运动
- 当外力作用于摩擦圆外时
 - 做相对加速运动
- 当外力切于摩擦圆时
 - 原来静止仍静止,原来运动做等速运动

18.何谓摩擦圆？以转动副联接的两构件，当外力（驱动力）分别作用在摩擦圆之内、之外，或与该摩擦圆相切时，两构件将各呈何种相对运动状态？

- 摩擦圆
 - 以轴颈中心为圆心,以P为半径的圆
- 当外力作用于摩擦圆内时
 - 原来静止仍静止,原来运动则做减速相对运动
- 当外力作用于摩擦圆外时
 - 做相对加速运动
- 当外力切于摩擦圆时
 - 原来静止仍静止,原来运动做等速运动

19.从机器受力的角度说明机构自锁的概念，移动副和转动副自锁的条件分别是什么？

- 机器的自锁
 - 不论驱动力有多大,机构都不能运动的现象
- 移动副自锁的条件
 - 驱动力作用在摩擦锥里
- 转动副自锁的条件
 - 驱动力作用在摩擦圆内

20.何谓周期性速度波动，产生的原因？其采用什么方法调整？能否完全消除周期性速度波动？

- 机械在稳定运转时,通常由于驱动力与阻力的等效力矩或机械的等效转动惯量的周期性变化所引起的主动轴角速度的周期性波动
- 产生的原因是等效力矩,等效转动惯量的周期性变化
- 可以加飞轮调节
- 不能

21.研究机械平衡的目的是什么？

- 消除惯性力和惯性力矩的影响

22.刚性转子静平衡和动平衡的力学条件是什么？为什么说经过静平衡的转子不一定动平衡，而经过动平衡的转子必定是静平衡的？为什么？

- 静平衡 $\sum F_a = 0$
- 动平衡 $\begin{cases} \sum F_a = 0 \\ \sum M = 0 \end{cases}$
- 由于动平衡同时满足了静平衡的条件，故经过动平衡的回转件一定是静平衡；反之，静平衡的回转件不一定是动平衡。

23.造成转子动不平衡的原因是什么？如何平衡？

- 原因
 - 转子的偏心质量产生的惯性力和惯性力矩不平衡
- 平衡方法
 - 增加或减少配重使偏心质量为0

24.具有自锁性的机构其正、反行程的机械效率是否相等？为什么？

- 不相等
- 具有自锁性的机构反行程的机械效率 $\eta \leq 0$,正行程的机械效率 $\eta > 0$

25.如何从机械效率的观点去解释机械的自锁现象？从效率的观点分析，机械发生自锁的条件是什么？

(1) 如果 $W_d=W_f$,则 $\eta=0$ 。在这种情况下：如果机器原来就在运动，那么它仍能运动，但此时 $W_r=0$ ，故机器不作任何有用的功，机器的这种运动通称为空转；如果该机器原来就不动，那么无论其驱动力多大，它能够完成的功总是刚够克服相应的有害阻力所需之功，没有多余的功可以变成机器的动能，故此机器总不能运动，即发生自锁。如果 $W_d<W_f$ ，则 $\eta<0$ ，此时全部驱动力所作的功尚不足以克服有害阻力的功，所以机器不论其原来情况如何，最终必处于静止状态。也就是说，机器必发生自锁现象。

(2) 从效率的观点分析，机械发生自锁的条件是 $\eta \leq 0$ 。

26.通常机器的运动过程分为几个阶段？各阶段的功能特征是什么？

- 机器的运转过程分为三个阶段: 启动阶段, 稳定阶段, 停车阶段
 - 启动阶段:
 - 原动件速度由零上升到稳定运转速度, 系统驱动力所做的功大于阻抗力所消耗的功
 - 稳定运转阶段:
 - 在一个周期内,系统驱动力所做的功等于阻抗力所消耗的功
 - 停车阶段:
 - 系统所做的功小于阻抗力所消耗的功,原动件速度由稳定运转速度下降为0

27.等效质量的等效条件是什么？不知道机构的真实运动，能否求得其等效质量？

- 等效质量的等效条件是动能相等
- 能

28.什么是等效力的等效条件？试写出求等效力的一般表达式。

- 等效力的等效条件 瞬时功率相等
- 一般表达式

$$F = \sum_{i=1}^k F_i \frac{V_i \cos \theta_i}{V_B} + \sum_{i=1}^k \pm M_i \frac{\omega_i}{V_B}$$

3.解答题

1.自由度计算

$$1 \quad F = 3 \cdot n - 2P_L - P_H;$$

1.复合铰链

由m个构件汇成的复合铰链应当包括m-1个转动副

2.局部自由度

- 定义
 - 与输出件运动无关的自由度称为局部自由度
- 计算方法
 - 局部自由度出去不计
 - 对于滚子来说
 - 将滚子与安装滚子的构件焊成一体即可

3.虚约束

- 定义
 - 有些约束所起的限制作用是重复的,这种不起独立限制作用的约束称之为虚约束
- 常见类型
 - 多一个移动副则直接删去即可

2.相对运动图解法

1.组成移动副的两构件的重合点间的速度和加速度

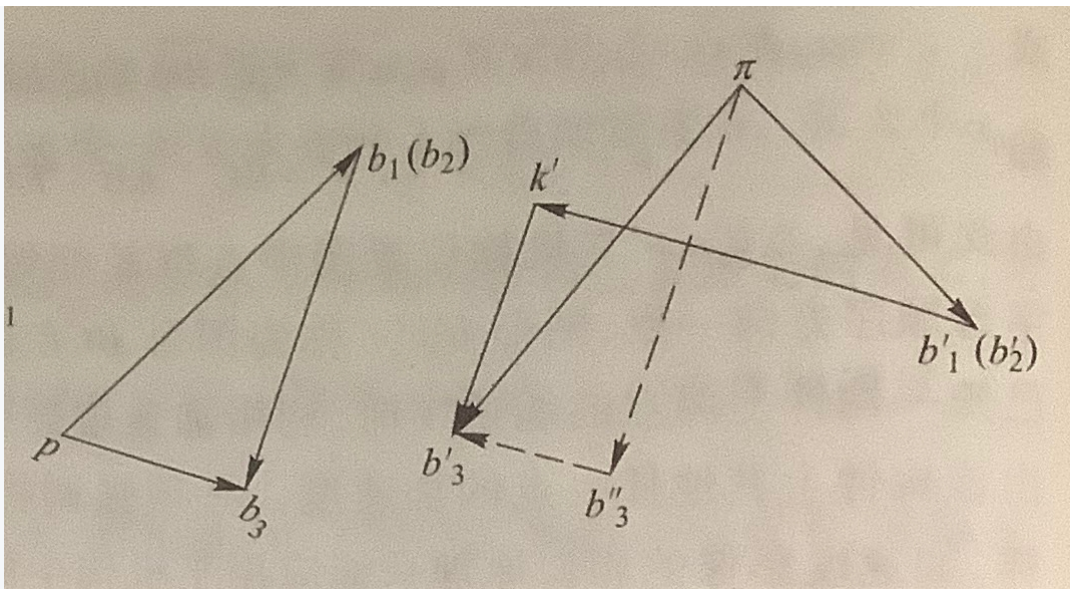
1. 列速度矢量方程式

格式如下

$$\begin{array}{ccccc} V_{B3} & = & V_{B2} & + & V_{B3B2} \\ \perp BC & & \perp AB & & \parallel BC \\ ? & & \omega_l l_{AB} & & ? \end{array} \quad (1)$$

2. 作图

1. 任取一点P作为极点,按照对应的方向关系做速度三角形



3. 解三角形

1. 列加速度矢量方程式

$$a_{B3} = a_{B2} + a_{B3B2}^k + a_{B3B2}^r \quad (2)$$

$$\Rightarrow a_{B3}^n + a_{B3}^t = a_{B2} + a_{B3B2}^k + a_{B3B2}^r$$

◦ 科氏加速度

◦ 大小

◦

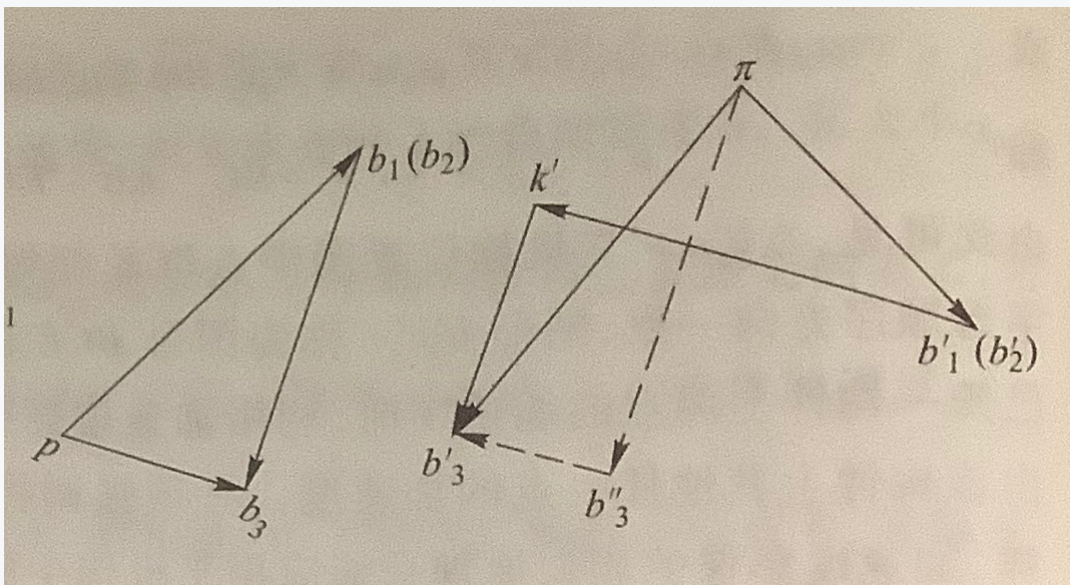
$$a_{B3B2}^k = 2\omega_2 v_{B3B2} \sin \theta \quad (3)$$

$$\Rightarrow a_{B3B2}^k = 2\omega_2 v_{B3B2} (\text{平面运动})$$

◦ 方向

◦ 将 v_{B3B2} 沿 ω_2 的转动方向转 90°

2. 作图



3. 解三角形

- 可能用到速度影像法

3. 已知行程速比系数K, 设计四杆机构

$$\theta = 180^\circ \frac{k-1}{k+1} \quad (4)$$

4. 作图 **直动从动件** 给出凸轮机构运动简图

1. 理论轮廓线
2. 基圆
3. 偏距圆
4. 行程或位移

5. 标准的直齿圆柱齿轮几何参数的计算

1. 初始参数

$$\begin{aligned} h_a^* &= 1 \\ c^* &= 0.25 \\ \text{联立} \begin{cases} \text{中心距 } a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \\ i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_1}{z_2} \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

解出 m, z_1, z_2

2.
 1. 分度圆直径 $d_1 = mz_1$
 $d_2 = mz_2$
 2. 齿顶高 $h_a = h_a^* m$
 3. 齿根高 $h_f = (h_a^* + c^*) m$
 4. 齿全高 $h = h_a + h_f$
 5. 齿顶圆直径 $d_{a1} = d_1 + 2h_a$
 6. 齿根圆直径 $d_{f1} = d_1 - 2h_f$
 7. 基圆直径 $d_{b1} = d_1 \cos \alpha$ 啮合角 α 为 20°
 8. 齿距 $p = \pi m$
 9. 齿厚 $s = \frac{\pi m}{2}$
 10. 齿槽宽 $e = \frac{\pi m}{2}$
 11. 顶隙 $c = c^* m$
 12. 啮合角

啮合角 $\alpha' = \text{截圆压力角} = \text{分度圆压力角} = 20^\circ$

6. 复合轮系(定轴+周转)/(周转+周转)

$i_{\text{定}} = \frac{\text{从动轮齿数连乘积}}{\text{主动轮齿数连乘积}}$

$i_{AB}^H = \frac{\omega_A - \omega_H}{\omega_B - \omega_H}$

7. 静平衡

- 质径积之和为零

$m_1r_1 + m_2r_2 + \cdots + m_br_b = 0$

8. 求飞轮的转动惯量 J_F

- 能量指示图

$$W_m = \frac{W_{\max} + W_{\min}}{2} \tag{6}$$

$$\delta = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{2}$$

$$J_F = \frac{[W]}{\delta \cdot W_m^2} = \frac{90[W]}{\delta \cdot n^2}$$