

一、绪论 (看书注意问题)

1-1 机械设计基础课程的主要内容和基本要求是什么？

1-2 原动机、工作机的区别？举例说明

1-3 机构与机器的区别？举例说明

1-4 什么是构件？什么是零件？它们有什么区别和联系？

举例说明。

二、平面机构自由度 (看书注意问题)

2-1 什么是运动副？平面运动副分为哪几类？各种平面运动副的约束性质如何？

2-2 机构中构件的分哪几类？

2-3 什么是平面机构的自由度？熟练用计算公式进行相关计算，判断机构从动件是否具有确定的相对运动？指出运动简图的复合铰链、局部自由度和虚约束。

2-4 试绘制其机构运动简图。

2-5 速度瞬心的求解及应用。

三、平面连杆机构

3-1 铰链四杆机构和滑块四杆机构各有哪几种基本类型？

3-2 四杆机构中构件具有两个整转副的条件是什么？构件成为曲柄的充分条件和必要条件各是什么？四杆机构演化类型？

3-3 在铰链四杆机构中，当曲柄作主动件时，机构是否存在急回特性？为什么？机构的急回特性可以用什么系数来描述？它与机构的极位夹角有何关系？

3-4 判断下列概念是否正确？如果不正确，请改正。

(1) 极位夹角就是从动件在两个极限位置的夹角。

(2) 压力角就是作用在构件上的力与速度的夹角。

(3) 传动角就是连杆与从动件的夹角。

3-5 压力角（或传动角）的大小对机构的传力性能有什么影响？四杆机构在什么条件下有死点？死点在机构中有什么利弊？

3-6 当曲柄作主动件时，说明下列四杆机构具有最大压力角的位置：

(1) 曲柄摇杆机构； (2) 曲柄滑块机构； (3) 摆动导杆机构； (4) 转动导杆机构。

提示：滑块对导杆的作用力方向始终与导杆垂直。

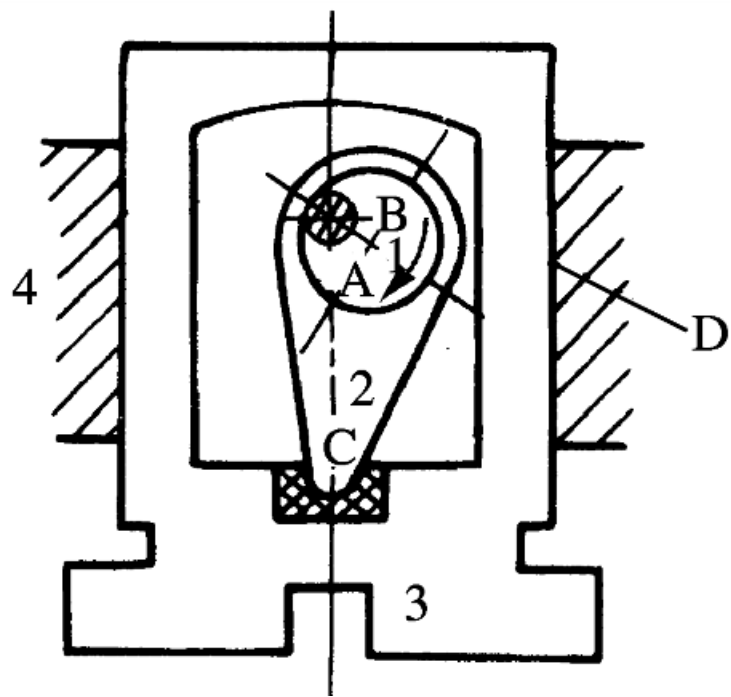
3-7 当曲柄作从动件时，说明下列四杆机构的死点位置：

(1) 曲柄摇杆机构； (2) 曲柄滑块机构； (3) 摆动导杆机构； (4) 转动导杆机构。

提示：分别考察曲柄与连杆共线以及导杆与曲柄垂直的两个位置的传动角。

3-8 试说明偏心轮在机构运动简图中的简化方法。

3-9 在题3-9图所示的冲床刀架装置中，当偏心轮1绕固定中心A转动时，构件2绕活动中心摆动，同时推动后者带着刀架3上下移动，B为偏心轮的几何中心。问该装置是何种机构？

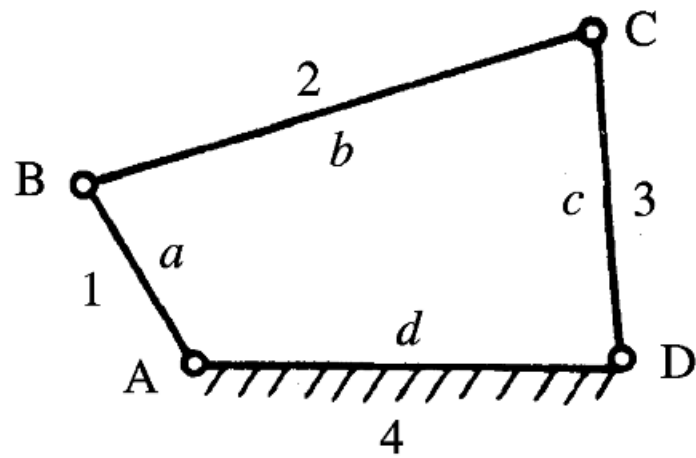


题3-9图 冲床刀架装置

3-10 题3-10图所示的四杆机构各构件长度为 $a=240\text{mm}$ ， $b=600\text{mm}$ ， $c=400\text{mm}$ ， $d=500\text{mm}$ ，试问：

(1) 当取AD为机架时，是否有曲柄存在？

(2) 若各构件长度不变，能否以选不同构件为机架的办法获得双曲柄机构或双摇杆机构？如何获得？

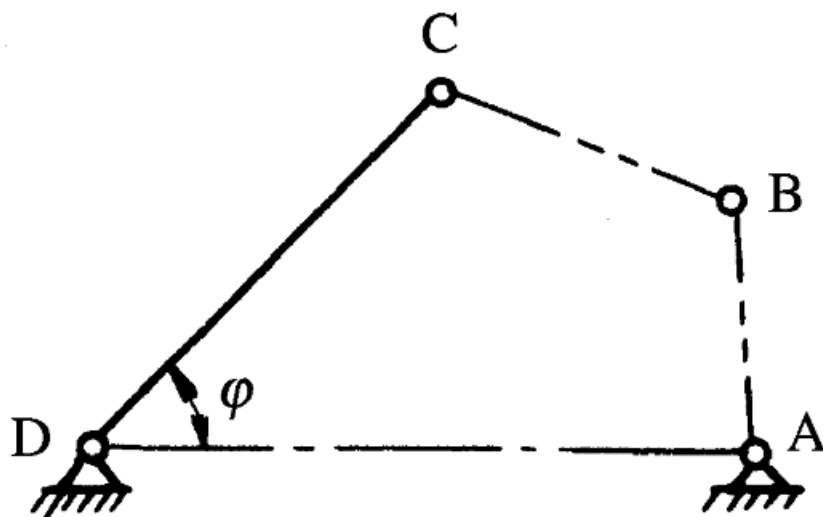


题3-10图 四杆机构

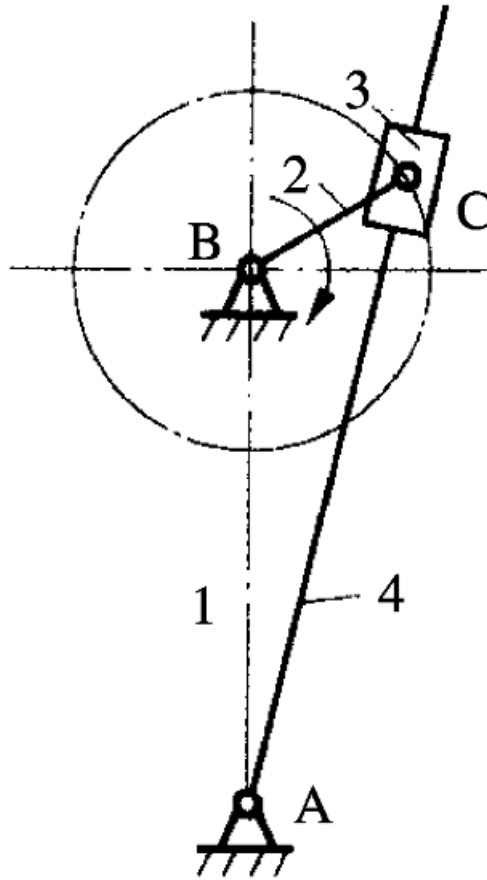
3-11 在某铰链四杆机构中，已知两连杆的长度 $l_{AB}=80$ ， $l_{CD}=120$ 和连杆长度 $l_{BC}=150$ 。试讨论：当机架 l_{AD} 的长度在什么范围时，可以获得曲柄摇杆机构、双曲柄机构或双摇杆机构。

3-12 设计如题3-12图所示铰链四杆机构，已知其摇杆 CD 的长度 $l_{CD}=75\text{mm}$ ，行程速度变化系数 $k=1.5$ ，机架 AD 的长度 $l_{AD}=100\text{mm}$ ，摇杆的一个极限位置以及机架的夹角 $\varphi=45^\circ$ ，求曲柄的长度 l_{AB} 和连杆的长度 l_{BC} 。（提示：连接 AC ，以 A 为顶点作极位夹角；过 D 作 $r=l_{CD}$ 的圆弧，考察与极位夹角边的交点并分析。）

3-13 在题3-13图所示某单滑块四杆机构中，已知连架杆长度 $l_{BC}=40$ 。试讨论：当机架 l_{AB} 的长度在什么范围时，可以获得摆动导杆机构或转动导杆机构。



题3-12图 铰链四杆机构



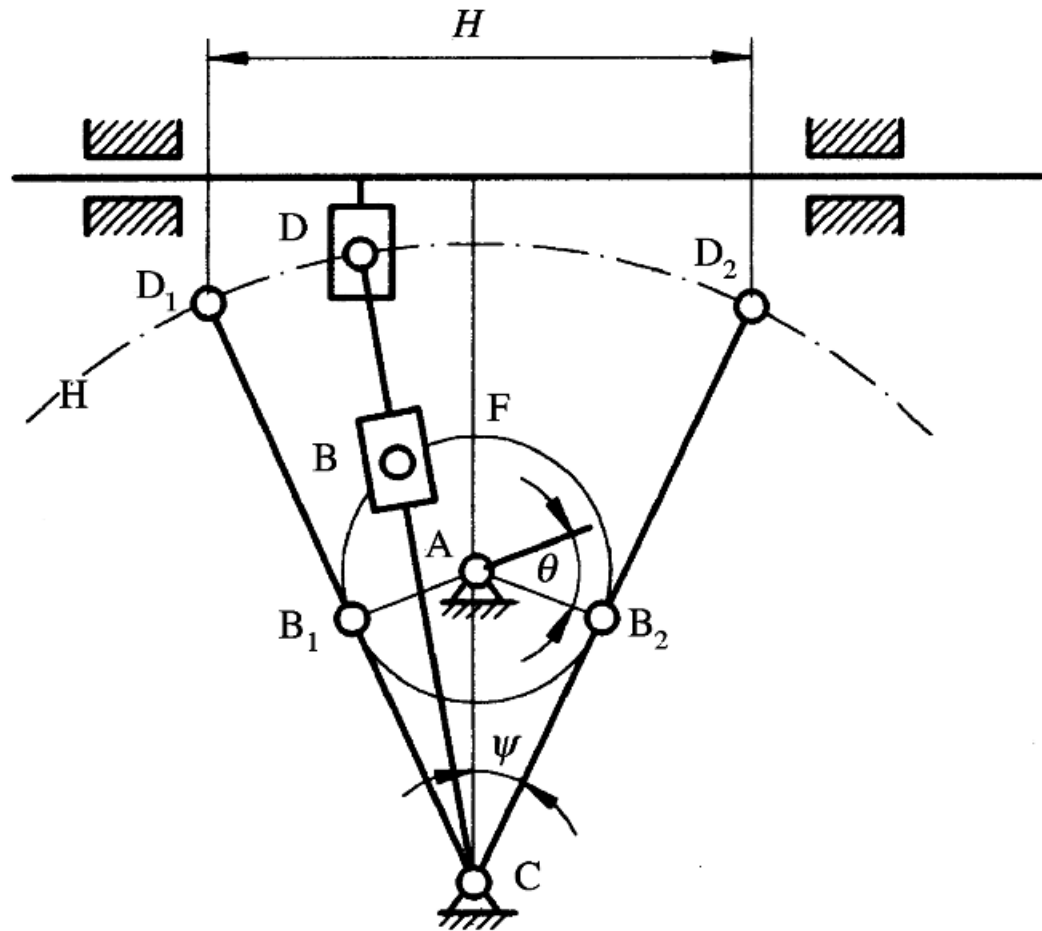
题3-13图 铰链四杆机构

3-14 已知机构行程速度变化系数 $k=1.25$ ，摇杆长度 $l_{CD}=400\text{mm}$ ，摆角 $\Psi=30^\circ$ ，机架处于水平位置。试用图解法设计一个曲柄摇杆机构，并且检验机构的 γ_{\min} 。

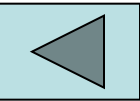
3-15 设计偏置曲柄滑块机构，已知滑块的行程速度变化系数 $k=1.5$ ，滑块的行程 $s=50\text{ mm}$ ，偏心距 $e=20\text{mm}$ 。试用图解法确定曲柄长度 l_{AB} 和连杆长度 l_{BC} 。

3-16 在题3-16图所示的摆动导杆机构中，已知 $AC=300\text{ mm}$ ，刨头的冲程 $H=450\text{mm}$ ，行程速度变化系数 $k=2$ 。试求曲柄 AB 和导杆 CD 的长度。

（提示：由三角形 ACB_2 确定曲柄 AB 的长度，连接 D_1D_2 ，根据冲程 H 与直角三角形关系确定导杆 CD 的长度。）



题3-16图



四、凸轮机构 (看书注意问题)

4-1 凸轮有哪几种型式?

4-2 比较尖顶、滚子和平底从动件的优缺点,并说明它们的应用场合。

4-3 说明等速、等加速等减速、简谐运动和摆线运动等四种基本运动规律的加速度变化特点和它们的应用场合。

4-4 凸轮的基圆指的是哪个圆?滚子从动件盘形凸轮的基圆在何处度量?

4-5 如何用作图法来绘制凸轮的轮廓曲线?怎样从理论廓线来求实际廓线?凸轮的理论廓线与实际廓线有什么关系?

4-6 什么叫“反转法”?

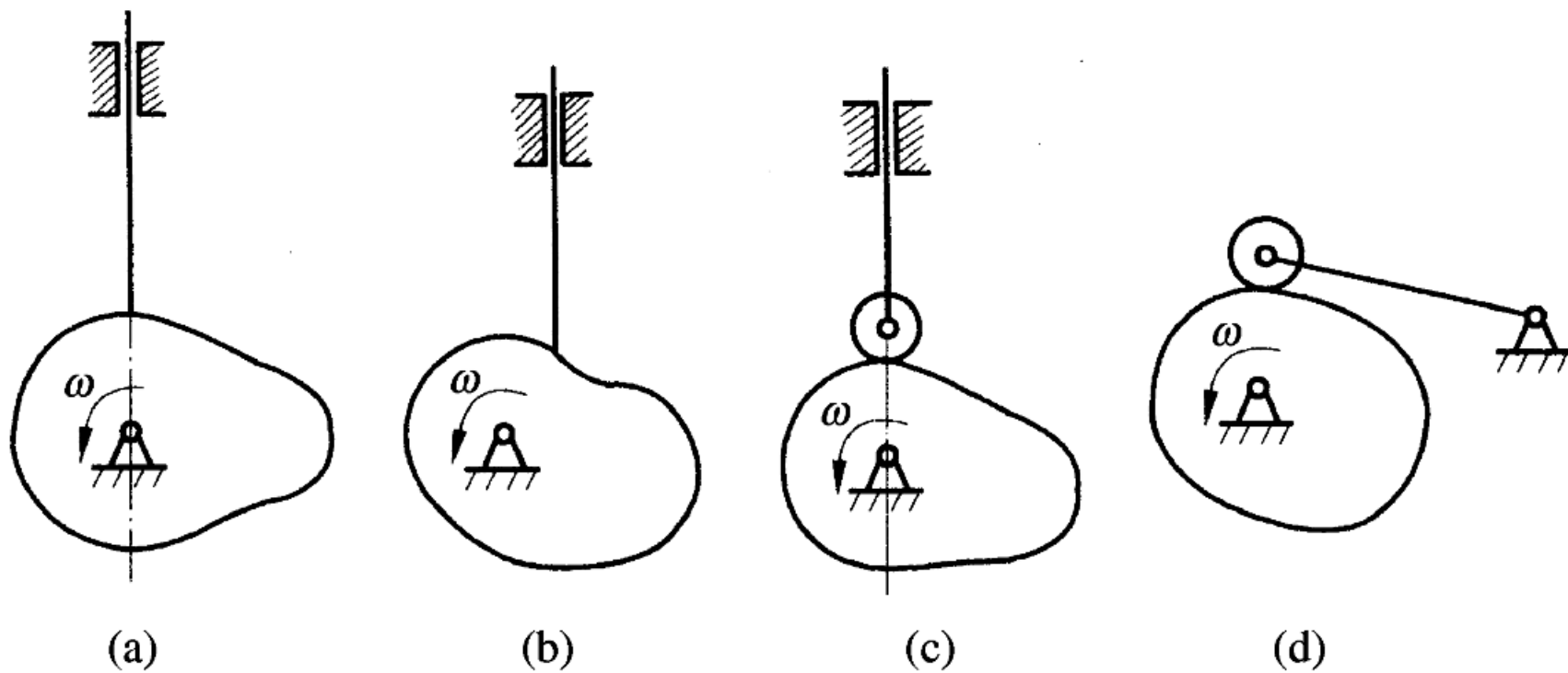
4-7 如何理解从动件某一位移时凸轮的转角?从动件在推程和回程阶段的凸轮转角如何度量?

4-8 试比较凸轮机构与平面连杆机构的特点和应用。

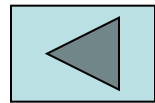
4-9 何谓凸轮机构压力角? 压力角的大小与凸轮尺寸有何关系?压力角的大小对凸轮机构的作用力和传动有何影响?

4-10 已知从动件升程 $h=30\text{mm}$, 凸轮转角 φ 从 0° 到 150° 时从动件等速运动上升到最高位置; 在 $150^\circ\sim 180^\circ$ 时从动件在最高位置不动; 从 180° 到 300° 时从动件以等加速等减速运动返回; 而在 $300^\circ\sim 360^\circ$ 时, 从动件在最低位置不动。试绘出从动件的位移线图。

4-11 用作图法求题4-11图中各凸轮从图示位置转过 45° 后机构的压力角(在图上直接标注)。



题4-11图



第4章 齿轮机构

§4-1 齿轮机构的特点和类型

§4-2 齿廓实现定角速度比的条件

§4-3 渐开线齿廓

§4-4 齿轮各部分名称及标准齿轮的基本尺寸

§4-5 渐开线标准齿轮的啮合

§4-6 渐开线齿轮的切齿原理

§4-8 平行轴斜齿轮机构

§4-9 锥齿轮机构

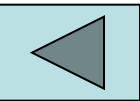
§ 4—1 齿轮机构的特点和类型

一、结构特点：圆柱体或圆锥体外（或内）均匀分布有大小一样的轮齿。

作用：传递空间任意两轴（平行、相交、交错）的旋转运动，或将转动转换为移动。

优点：

- ①传动比准确、传动平稳。
- ②圆周速度大，高达300m/s。
- ③传动功率范围大，从几瓦到10万千瓦。
- ④效率高（ $\eta \rightarrow 0.99$ ）、使用寿命长、工作安全可靠。
- ⑤可实现平行轴、相交轴和交错轴之间的传动。

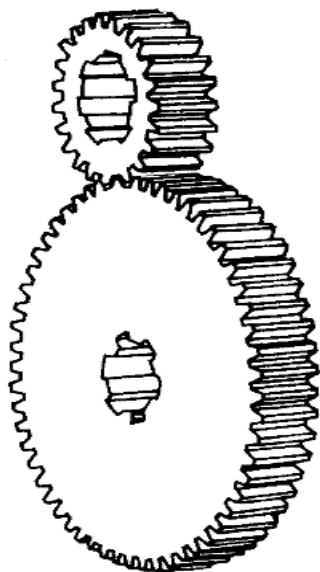


缺点：要求较高的制造和安装精度，加工成本高、不适宜远距离传动(如单车)。

二、齿轮传动的类型（按相对运动分）

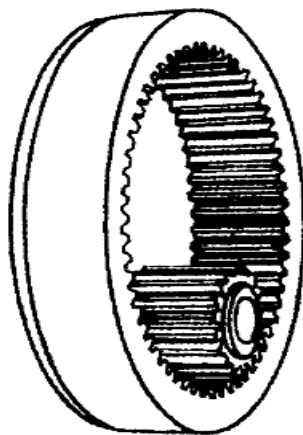
1. 平行轴齿轮传动

(1) 直齿圆柱齿轮传动。



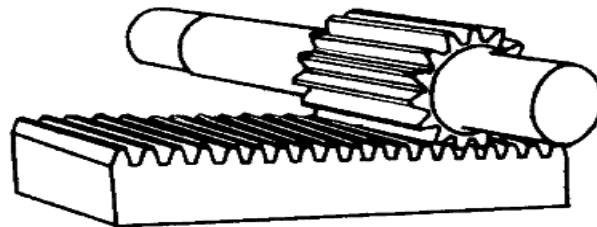
(a)

外啮合齿轮传动：
两齿轮转动方向相反



(b)

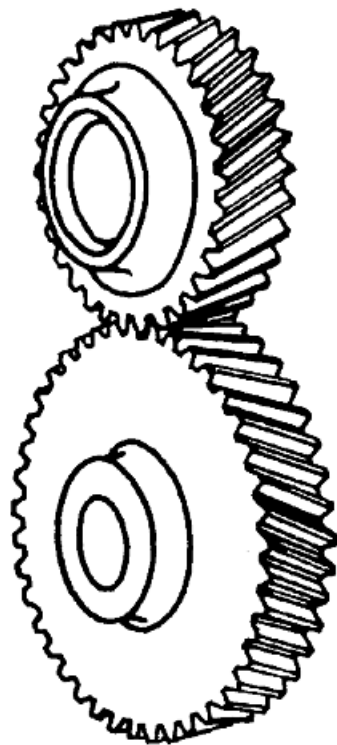
内啮合齿轮传动：
两齿轮转动方向相同。



(c)

齿轮齿条传动：
将齿轮圆周运动变为齿条直线运动
或将直线运动变为圆周运动，

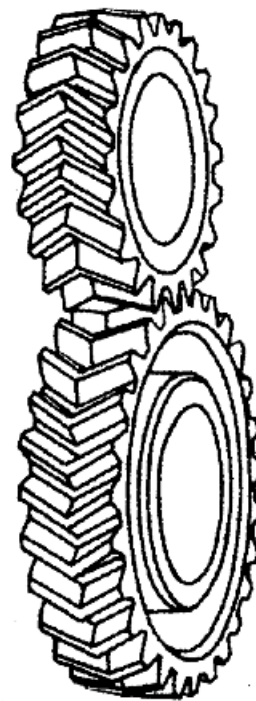
(2) 平行轴斜齿轮传动:



(a)

一对轴线平行斜齿轮相啮合

(3) 人字齿轮传动

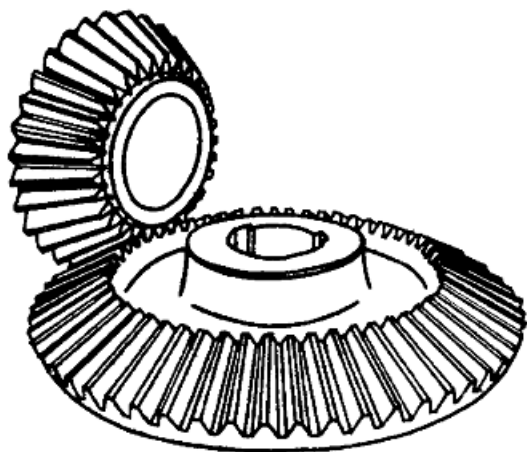


(b)

一对轴线平行轴人字齿轮传动

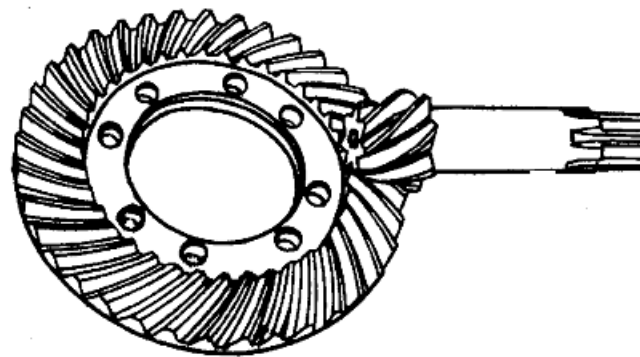
2. 空间齿轮传动

(1) 两相交轴转动的齿轮传动。轴线相交



(a)

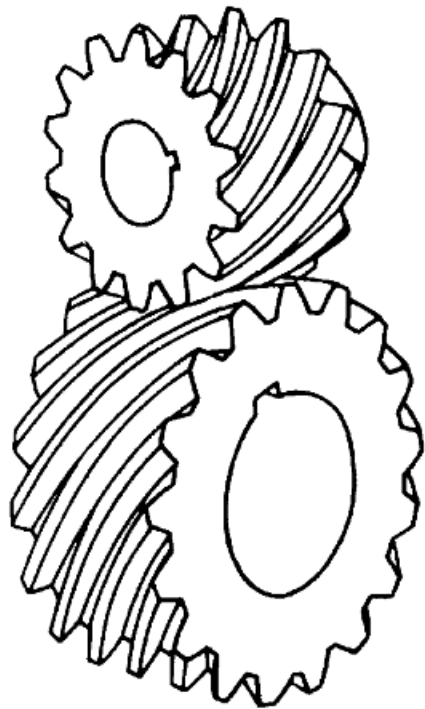
直齿锥齿轮



(b)

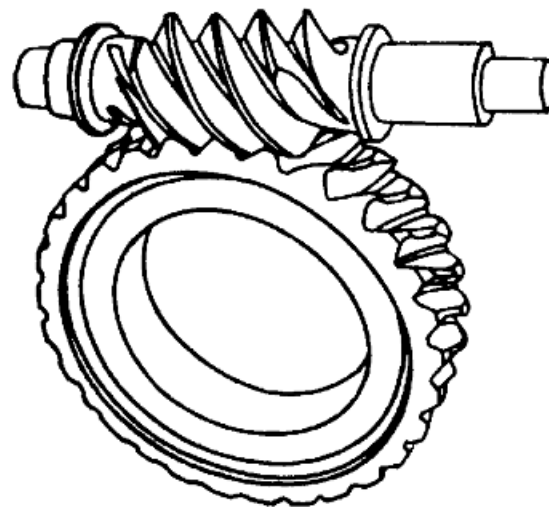
曲齿锥齿轮

(2) 两交错轴转动的齿轮传动。



(a)

交错轴斜齿轮传动



(b)

蜗杆传动（两轴交错 90° ）
兼有齿轮传动和螺旋传动特点。

分类:

传动
传动

齿轮传动的类型

按相对运动分

平面齿轮传动
(轴线平行)

圆柱齿轮

非圆柱齿轮

直齿

斜齿

人字齿

齿轮齿条

空间齿轮传动
(轴线不平行)

两轴相交

圆锥齿轮

球齿轮

直齿

斜齿

曲线齿

两轴交错

交错轴斜齿传动

准双曲面齿轮

按齿廓曲线分

渐开线齿轮

摆线齿轮

圆弧齿轮

抛物线齿轮

按速度高低分: 高速、中速、低速齿轮传动。

按传动比分: 定传动比、变传动比齿轮传动。

按封闭形式分: 开式齿轮传动、闭式齿轮传动。

§ 4-2 齿廓实现定角速比传动的条件

齿轮传动的基本要求: 1) 瞬时角速度之比保持不变 (—惯性力);
2) 满足制造、安装和强度要求。

共轭齿廓: 一对能实现预定传动比
($i_{12}=\omega_1/\omega_2$)规律的啮合齿廓。

1. 齿廓啮合基本定律

一对齿廓在任意点K接触时,作法线n-n

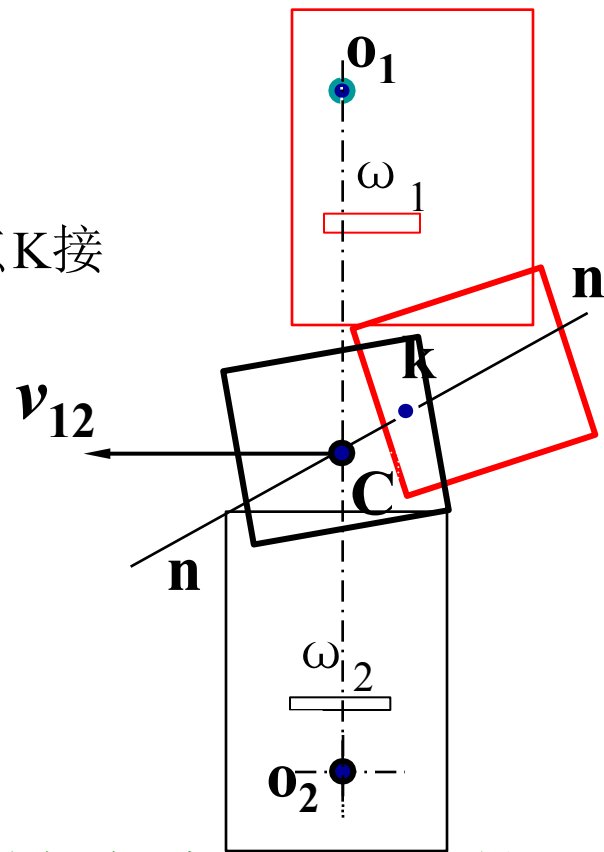
据三心定律知: C点为相对瞬心。

$$\text{由: } v_{12} = \omega_1 \cdot 0_1C = \omega_2 \cdot 0_2C$$

$$\text{得: } i_{12} = \omega_1 / \omega_2 = 0_2C / 0_1C$$

齿廓啮合基本定律:

一对互相啮合齿轮的连心线 0_10_2 被齿廓接触点的公法线分割成两段, 该两段长度与两轮瞬时角速度成反比。



2.推论: 如要求传动比为常数, 应使 O_2C/O_1C 为常数。

因 O_2, O_1 为定点, 故 C 必为一个定点。

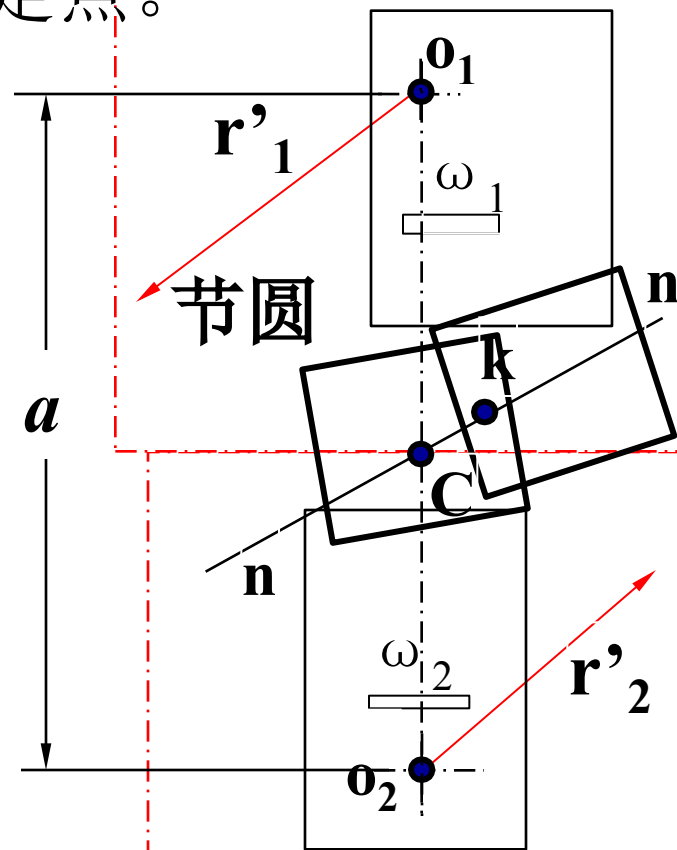
常用齿廓: 1) 渐开线齿廓; 2) 摆线齿廓; 3) 圆弧齿廓

3. 节圆: 过节点 C 做的两个相切的圆。

两节圆相切于 C 点, 两齿轮在节点 C 处速度相同, 故两节圆作纯滚动。

一对外啮合齿轮: 1) 中心距: $a=r'_1+r'_2$

2) 角速比恒等于其节圆半径的反比。



§ 4-3 渐开线齿廓

一、渐开线的形成和特性

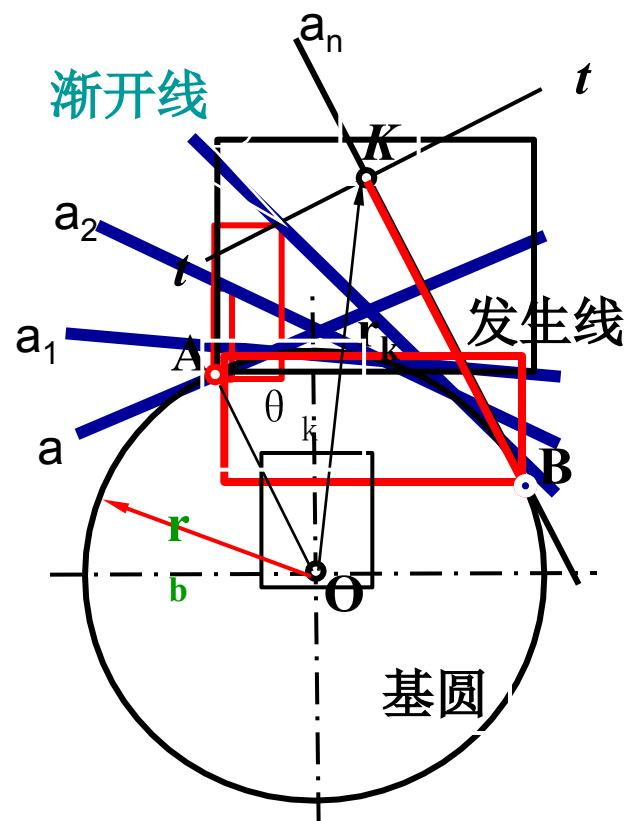
1. 渐开线的形成

当一条直线在一圆周上作纯滚动时,直线上任一点的轨迹—渐开线。

BK—发生线,

基圆—**rb**,

θ_k —**AK**段的展角



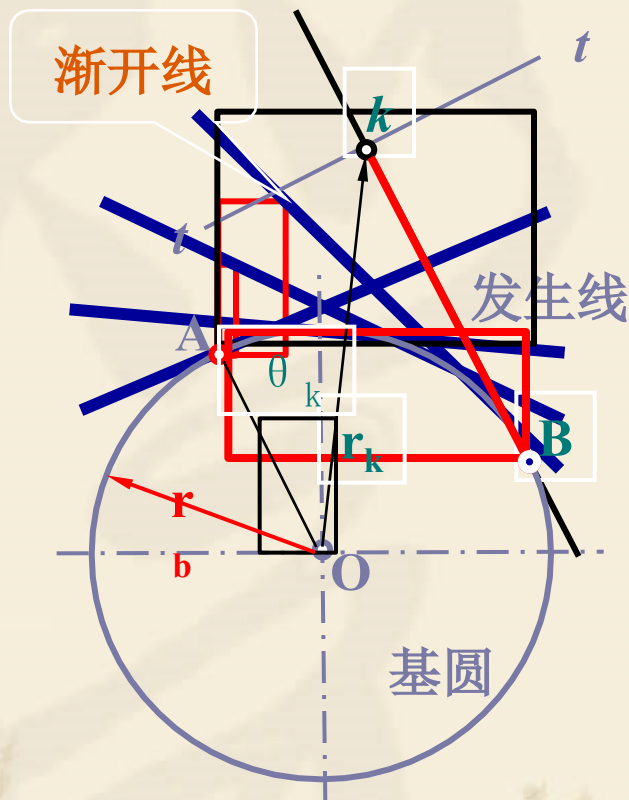
§ 4-3 渐开线齿廓

一、渐开线的形成和特性

一条直线在圆上作纯滚动时，直线上任一点的轨迹 —— 渐开线

BK—发生线，基圆— r_b

θ_k —AK段的展角



2. 渐开线的特性

① $\overline{AB} = \overline{BK}$;

② 渐开线上任意点的法线切于基圆纯滚动时，B为瞬心，速度沿t-t'线，是渐开线的切线，故BK为法线。

③ B点为曲率中心，BK为曲率半径。渐开线起始点A处曲率半径为0。可以证明

明

2.渐开线的特性 ① $\overline{AB} = \overline{BK}$;

发生线从位置 I 滚到 II 时,它与基圆间为纯滚动。

② 渐开线上任意点的法线切于基圆;

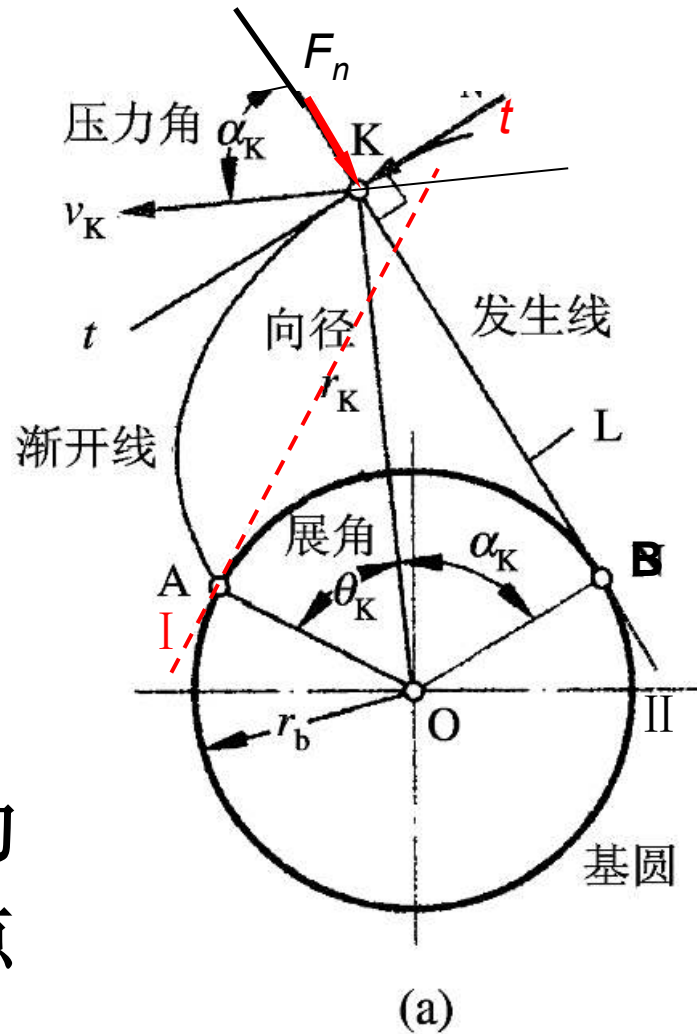
发生线在位置 II 沿基圆纯滚动时, B 是其速度瞬心, 故直线 BK 为渐开线在 K 点的法线; BK 为其曲率半径; B 点为其曲率中心。因发生线始终切于基圆, 故渐开线上任意点的法线切于基圆。

渐开线起始点 A 处曲率半径为 0。

③ 压力角 α_k : 渐开线齿廓上某点的法线(正压力方向线)与齿廓上该点速度方向所夹锐角为点的.....。

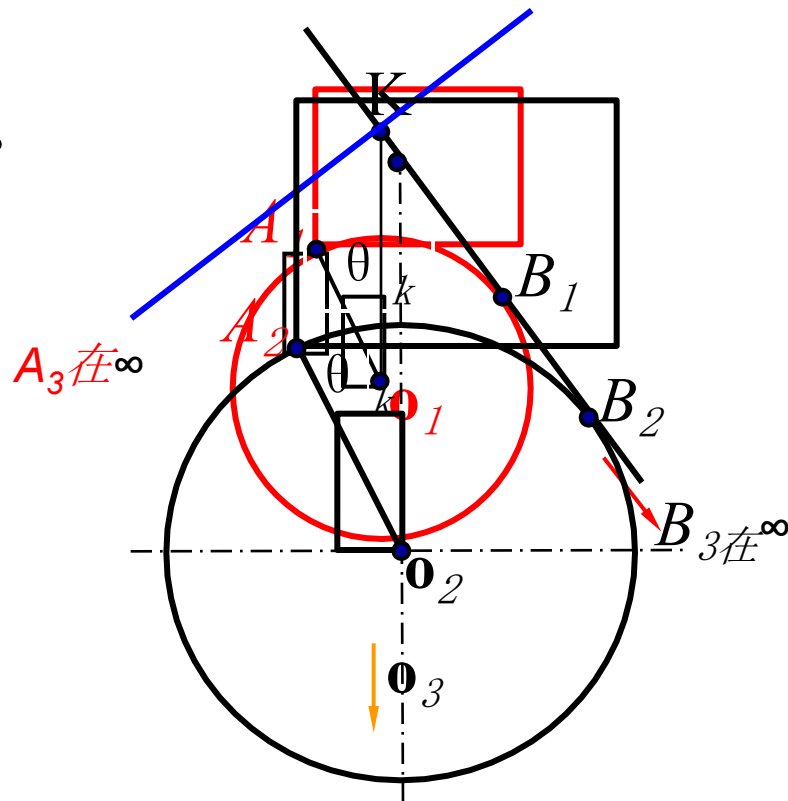
$$\cos \alpha_k = OB / OK = r_b / r_k$$

渐开线齿廓上各点压力角不等, 向径越大 (K 离中心越远), 其压力角越大。



④渐开线形状取决于基圆的大小。

大小相等的基圆其渐开线形状相同, 反之。
基圆越大, 其渐开线在K点的曲率半径越大,
渐开线越趋平直, 当 $rb \rightarrow \infty$, 变成直线
(渐开线齿条的轮廓)。



⑤基圆内无渐开线。

⑥同一基圆上任意两条渐开线
公法线处处相等。

二、渐开线齿廓满足定角速比要求

定义：啮合时K点正压力方向与速度方向所夹锐角为渐开线上该点之压力角 α_k 。

$$r_b = r_k \cos \alpha_k$$

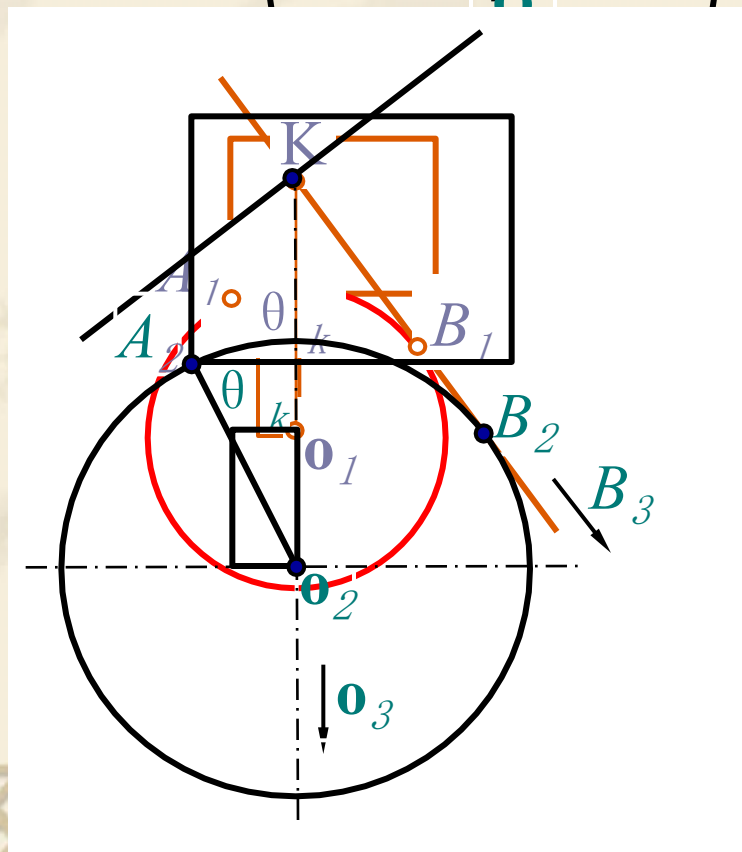
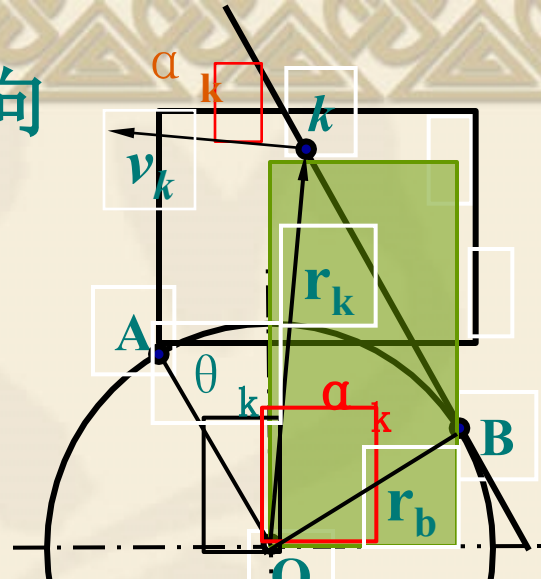
④离中心越远, 渐开线上的压力角越大。

⑤渐开线形状取决于基圆

当 $r_b \rightarrow \infty$, 变成直线。

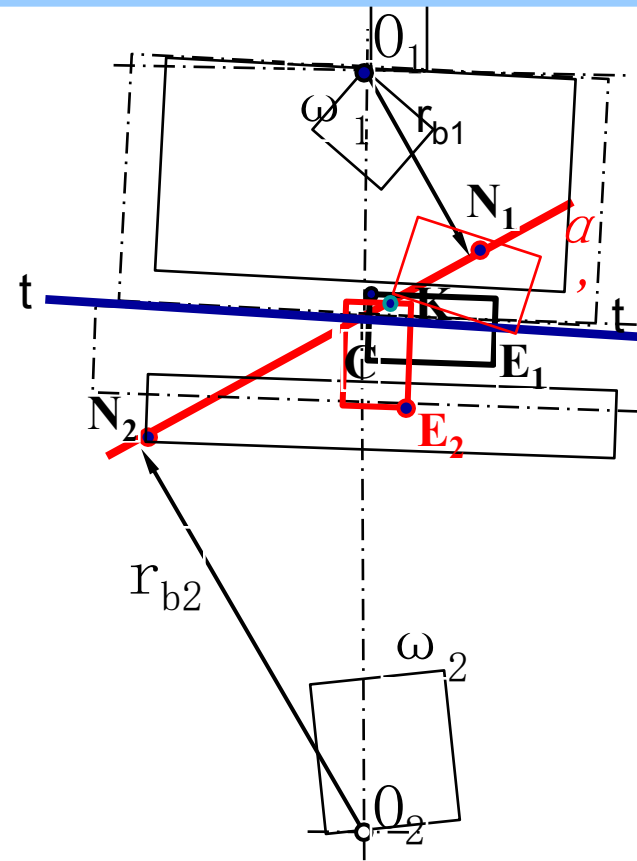
⑥基圆内无渐开线。

⑦同一基圆上任意两条渐开线公法线处处相等。



两齿廓E1和E2在任意点K啮合时，过K作两齿廓的法线N1N2与两轮中心连线交C点。N1N2必与两基圆切（内公线）。

齿轮传动时基圆位置不变，无论两齿廓在何处接触，过接触点所作齿廓公法线均通过连心线上同一点C，故渐开线齿廓满足定角速比要求。



对于定角速比传动，角速比（传动比）

$$\omega_1/\omega_2 = \text{转速比 } n_1/n_2。$$

$$i_{12} = \omega_1 / \omega_2 = O_2C / O_1C = r_{b2} / r_{b1} = \text{const}$$

$$\triangle O_1N_1C \sim \triangle O_2N_2C$$

一对齿轮传动: 1-小轮, 2-大轮。

工程意义: $i_{12} = \text{const}$, 可减少因速度变化所产生的附加动载荷、振动和噪音, 延长齿轮使用寿命, 提高机器工作精度。

渐开线齿廓啮合的特点：

- 1、渐开线齿轮传动的可分性：一对渐开线齿轮制成后，其基圆半径不能改变，即使两轮的中心距稍有改变，其角速比仍保持原值不变(渐开线齿轮传动一大优点)。
- 2、渐开线齿廓的啮合线：齿轮传动时，其齿廓接触点的轨迹为...。对于渐开线齿轮，无论在哪一点接触，接触齿廓的公法线总是两基圆的内公切线 N_1N_2 。直线 N_1N_2 即渐开线齿廓的啮合线。
- 3.啮合角(=const)：过C点作两节圆的公切线(t-t)与啮合线 N_1N_2 间的夹角。渐开线齿轮传动中啮合角=const(数值上=渐开线在节圆上的压力角)。表示齿廓间压力方向

§4-4 齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮的基本尺寸

一、齿轮各部分的名称

1) 齿数: 齿轮整个圆周上轮齿的总数。用 z 表示。

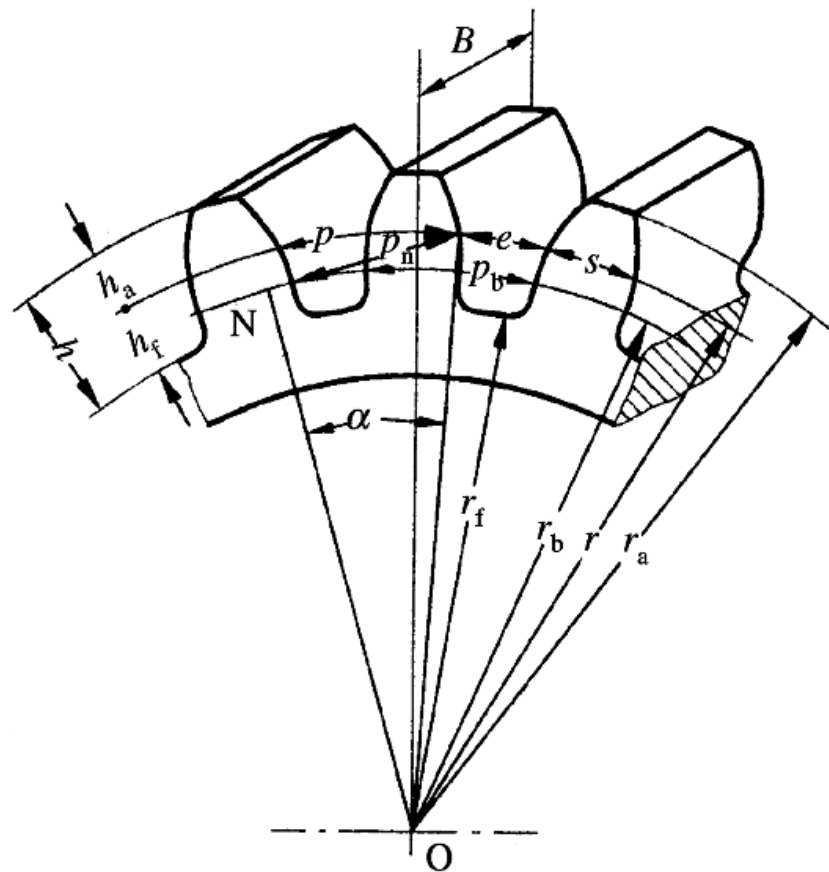
2) 齿顶圆: 齿顶所确定的圆。 r_a 、 d_a 。

3) 齿槽宽: 相邻两齿间的空间称齿槽。任意圆周上量得齿槽的弧长称该圆周上齿槽宽, e_k 。

4) 齿厚: 任意圆周上, 轮齿两侧齿廓间的弧长-该圆上的齿厚, s_k 。

5) 齿根圆: 齿槽底确定的圆。 r_f 、 d_f 。

6) 齿距: 任意圆周上, 相邻两齿同侧齿廓间的弧长称为该圆的齿距。 p_k 。同一圆周上 $p_k = s_k + e_k$ 。



据齿距定义得: $\pi d_k = z p_k$, 故 $d_k = \frac{p_k}{\pi} z$ 。

不同直径的圆周上, 比值 $\frac{p_k}{\pi}$ 不同。齿廓各点的压力角 α_k 也不等, π 无理数。

7. 分度圆和模数

为便于设计、制造及互换, 把齿轮某一圆周上 p 与 π 的比值定为标准值, 并使该圆上的压力角也为标准值, 这个圆称为分度圆。用 d 表示其直径,

分度圆上齿厚、齿槽和齿距即为通常所称齿厚、齿槽和齿距, 分别用 s 、 e 和 p 表示。且 $p = s + e$ 。

$$m = \frac{p}{\pi}$$

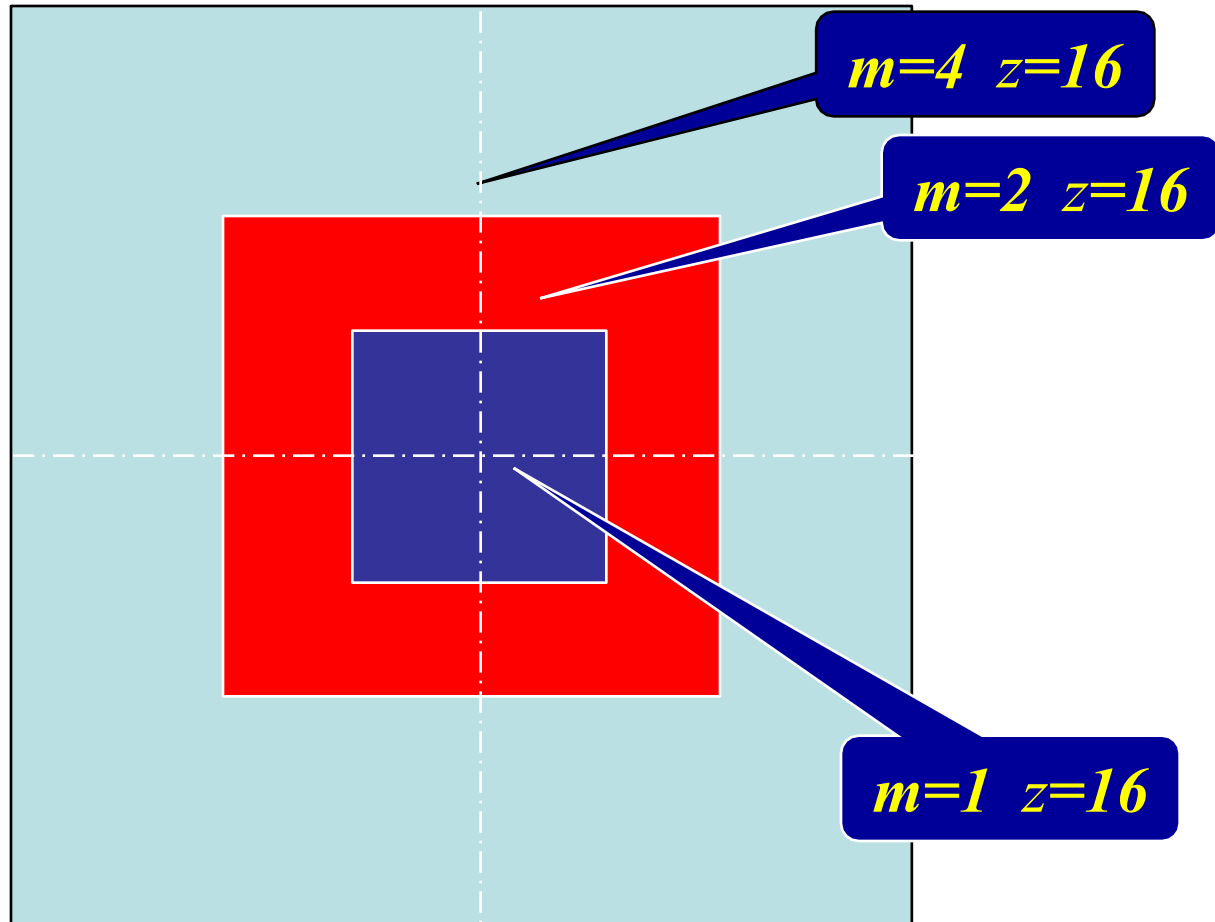
分度圆上 p 与 π 的比值称为模数, 以 m 表示, 单位 mm 。即:

； 分度圆直径: $d = mz$

标准模数系列

第一系列	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50
第二系列	2.25	2.75	(3.25)	3.5	(3.75)	4.5	5.5	(6.5)	7	9	(11)	14	18	22	28	(30)	36	45

模数是决定齿轮尺寸的一个基本参数（ Z 、 α ）。齿数相同的齿轮，模数大，尺寸也大。（成本）

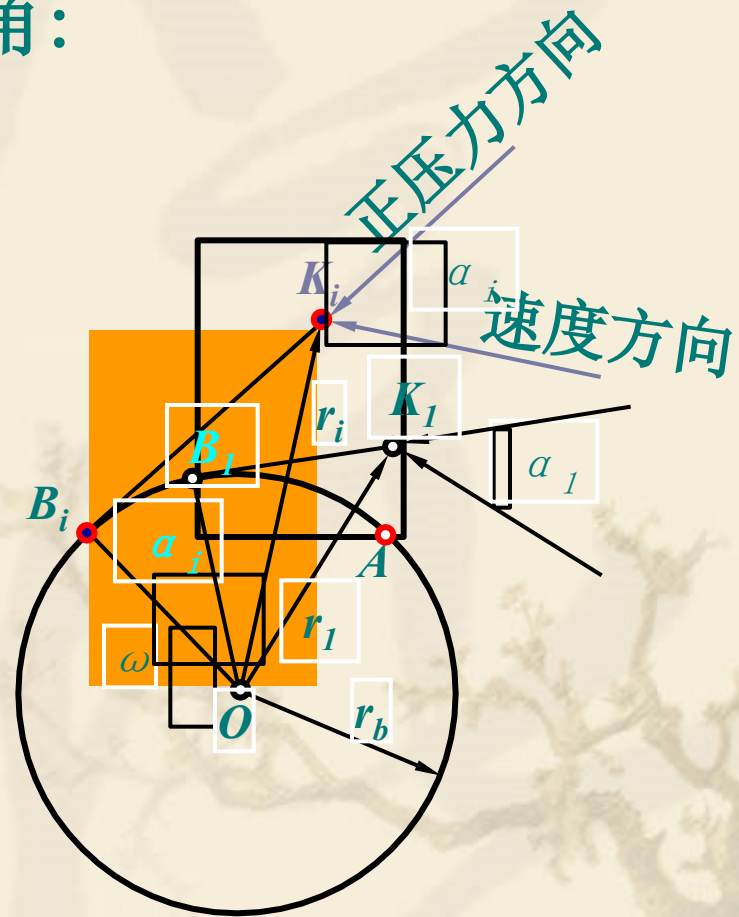
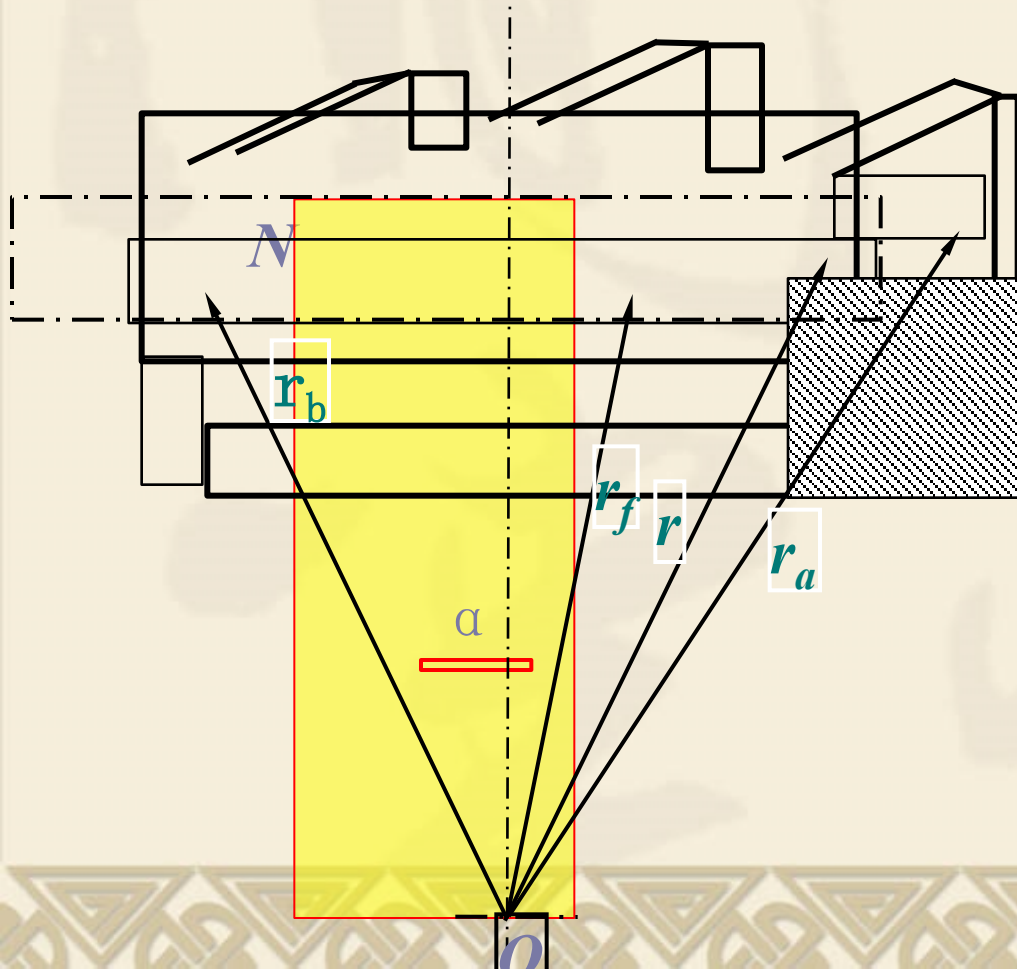


③分度圆压力角

由 $r_b = r_i \cos \alpha_i$ 得: $\alpha_i = \arccos(r_b/r_i)$

对于同一条渐开线: $r_i \rightarrow \alpha_i \downarrow \alpha_b = 0$

↓
定义分度圆压力角为齿轮的压力角:



$$\alpha = \arccos(r_b/r)$$

$$\text{或 } r_b = r \cos \alpha, \quad d_b = d \cos \alpha$$

对于分度圆大小相同的齿轮，
如果 α 不同，则基圆大小将不
同，因而其齿廓形状也不同。

α 是决定渐开线齿廓形状的一个重要参数。

规定标准值： $\alpha = 20^\circ$

由 $d=mz$ 知： m 和 z 一定时，分度圆是一个大小唯一确定的圆。

由 $d_b = d \cos \alpha$ 可知，基圆也是一个大小唯一确定的圆

称 m 、 z 、 α 为渐开线齿轮的三个基本参数。

8. 压力角: 齿轮压力角指分度圆上的压力角。以 α 表示, 并规定为标准值。(我国标准压力角 20°)

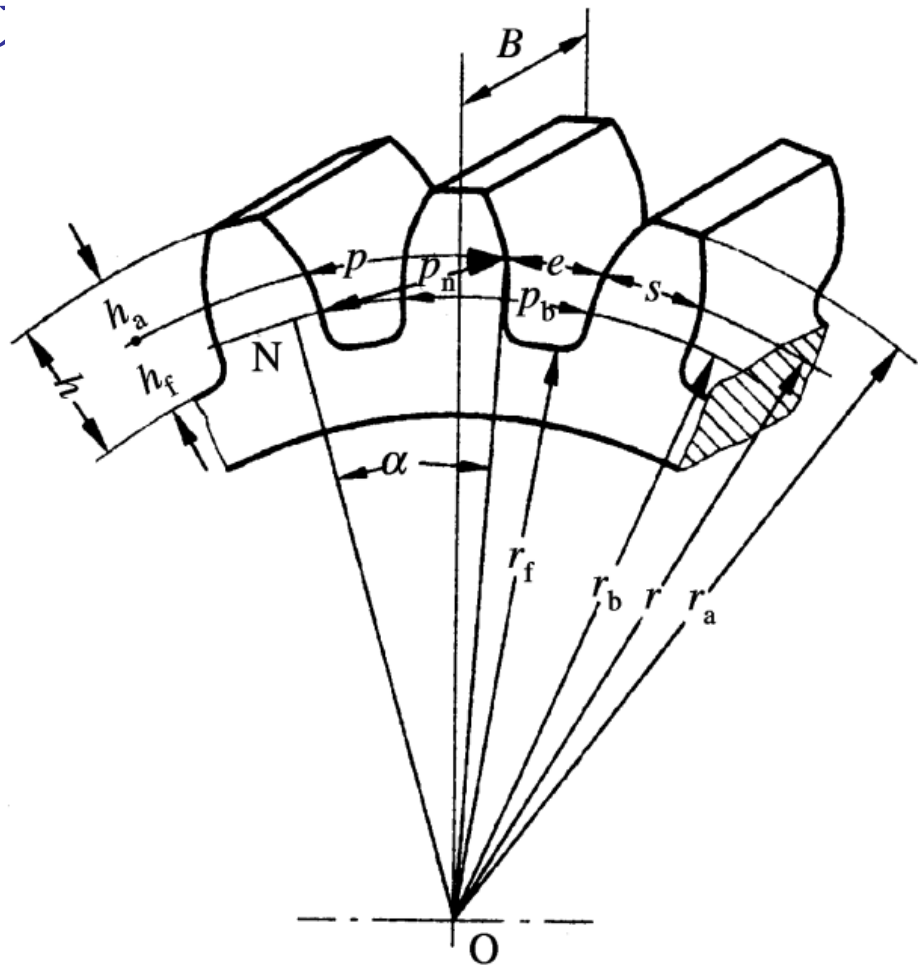
给分度圆一个完整定义: 分度圆是设计齿轮时给定的一个圆, 该圆上的模数 m 和压力角 α 均:

9. 齿顶高、齿根高和全齿高

1) 齿顶高: 齿轮上, 分度圆和齿顶圆间的部分为齿顶, 其径向高度为齿顶高, 以 h_a 表示。

2) 齿根高: 介于分度圆和齿根圆间的部分为齿根, 其径向高度为齿根高, 以 h_f 表示。

3) 全齿高: 齿顶圆和齿根圆间的径向高度为全齿高, 以 h 表示。



【区分: 节圆、基圆、分度圆】 【压力角、啮合角】

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/448067076002006137>