

煤矿机械齿轮的 测绘与改造

张宗仁 编



煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书以煤矿机械传动中常用的变位齿轮为中心内容,详细阐述了圆柱齿轮、圆锥齿轮、蜗杆传动的测绘步骤、计算方法以及测绘实例。为了简化计算过程,还收集了必要的图表及数据,可供测绘时应用。针对现有煤矿机械传动齿轮存在的问题,还阐述了齿轮改造的原因、方法、参数的选择、改造前后强度的对比和实例。

本书可供煤矿机械维修工人及技术人员参考。

煤矿机械齿轮的测绘与改造

张 宗 仁 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

石油化学工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $8 \frac{3}{4}$ 插页 1

字数 193 千字 印数 1—11,300

1977年6月第1版 1977年6月第1次印刷

书号15035·2089 定价0.71元

前 言

当前我国的社会主义革命和社会主义建设正处在一个重要的历史发展时期，煤炭工业也和全国其它行业一样，欣欣向荣，蒸蒸日上，不断跃进，综合机械化水平不断提高，对机械中应用最广泛的齿轮的要求也日益严格。标准渐开线齿轮已无法满足要求，因此，变位齿轮普遍地代替了标准齿轮。

在工作中经常遇到齿轮测绘问题，标准齿轮的测绘比较容易，测绘变位齿轮则不然，必须仔细测量几何尺寸，了解原设计可能采用的齿形标准、变位制、制造加工情况和齿轮磨损情况等，反复计算，求出刀具标准，确定变位类别，求出变位系数，最后计算出加工需要的几何尺寸，才能绘出加工图纸。为满足齿轮测绘的需要，故编写本书供同志们参考。

本书有如下几点需要说明：

1. 由于标准齿轮可以看做是变位齿轮特殊的一种，所以一切叙述都从变位齿轮出发，这对齿轮测绘更显得必要，因为有的时候在未计算之前并不知道是标准的，还是变位的，即使把标准的当做变位的来对待，也不会使计算工作过于复杂化，更不会产生错误的结果。

2. 本书的一切内容都以齿轮测绘为中心，因此各种计算公式都采用适合测绘计算用的形式，取消了一些不必要的中间函数，能够由测得的几何尺寸直接求出齿轮的基本参

数。为了减少测绘中的繁琐计算而选用一些必要的图表供测绘时应用。

3. 为了适应加工的需要, 满足使用的要求, 改进啮合性能, 必须对原有齿轮进行改造, 故本书专门讨论了齿轮改造问题。

在编写过程中曾得到鸡西矿务局穆棱矿领导和同志们以及东北工学院毛中辉老师大力支持、帮助、指导, 在此致以谢意。

由于编者政治和业务水平不高, 书中错误的地方一定很多, 望读者多加批评指正。

编者

1975年11月13日

目 录

前言

第一章	齿轮测绘的基础知识.....	1
第一节	齿形的种类与标准.....	1
第二节	公法线齿厚的基本知识.....	10
第三节	变位齿轮的基本知识.....	42
第四节	齿轮测绘方法.....	62
第五节	齿轮测绘的测量问题.....	62
第二章	直齿圆柱齿轮的测绘.....	71
第一节	几何参数的计算.....	71
第二节	直齿轮测绘步骤.....	79
第三节	直齿圆柱齿轮测绘例题.....	84
第四节	只有一个齿轮的测绘问题.....	89
第五节	内齿轮的测绘.....	92
第三章	斜齿轮和人字齿轮的测绘	104
第一节	基本问题.....	104
第二节	斜齿轮和人字齿轮的螺旋角.....	105
第三节	斜齿轮和人字齿轮的变位.....	122
第四节	斜齿轮和人字齿轮的尺寸计算.....	128
第五节	斜齿轮和人字齿轮的测绘步骤.....	129
第六节	例题.....	133
第四章	圆锥齿轮的测绘	145
第一节	圆锥齿轮的分类.....	145
第二节	直齿圆锥齿轮几何尺寸的计算.....	145
第三节	直齿圆锥齿轮几何尺寸的测量.....	157

第四节	直齿圆锥齿轮的测绘计算·····	160
第五节	螺旋锥齿轮的特点与加工方法·····	172
第六节	圆弧齿锥齿轮几何尺寸的计算·····	178
第七节	圆弧齿锥齿轮几何尺寸的测量·····	193
第八节	齿形类别的判断及齿形参数的计算·····	194
第九节	等高圆弧齿锥齿轮的测绘计算·····	205
第五章	蜗杆传动的测绘·····	217
第一节	蜗杆传动的种类与齿形标准·····	217
第二节	蜗杆传动的变位与几何尺寸的计算·····	219
第三节	几何尺寸的测量·····	225
第四节	蜗杆传动的测绘计算·····	226
第六章	齿轮的改造·····	235
第一节	改造的原因与目的·····	235
第二节	直齿圆柱齿轮改造时参数的选择·····	239
第三节	斜齿轮改造时参数的选择·····	249
第四节	圆锥齿轮的改造·····	252
第五节	蜗杆传动的改造·····	258
第六节	齿轮材料的选择与代用·····	261
第七节	齿轮改造的实例·····	262

第一章 齿轮测绘的基础知识

第一节 齿形的种类与标准

一、齿形的种类

齿形可以有多种分类方式，现按齿廓曲线形状分类有摆线齿形，点啮合圆弧齿形，渐开线齿形等。

1. 摆线齿形

如图1-1 a 所示，齿廓曲线由内外两段摆线组合而成，在节圆内的齿廓是凹的，是内摆线；在节圆以外的齿廓曲线是凸的，是外摆线。小齿轮与大齿轮的齿廓都是一样的形式，在传动时凸面与凹面互相啮合，由于其切削刀具复杂，使用时要求条件高，不能变位，因此，在动力传动中很少应用，仅在仪表机构中为了耐磨损而采用。

2. 点啮合圆弧齿形

这种齿形又叫做诺维柯夫齿，其齿廓曲线是圆弧形的，常用的是小齿轮齿廓是凸的，大齿轮齿廓是凹的，如图 1-1

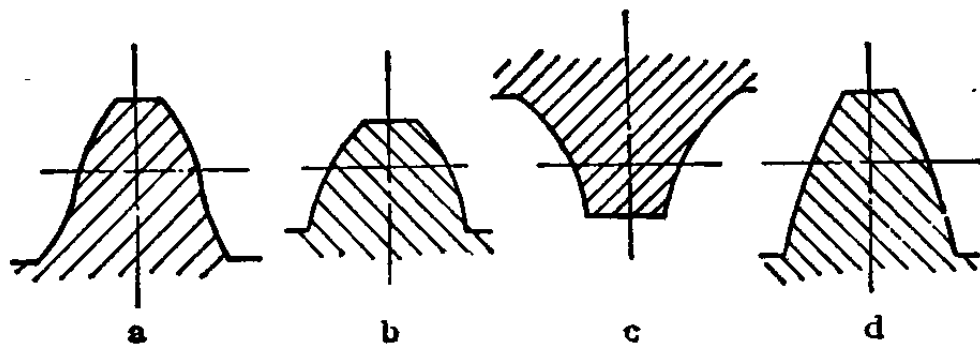


图 1-1

b、c 所示，由于其端面重合度为零，因此，这种齿轮没有直齿轮，只有斜齿轮和人字齿轮，也没有变位齿轮。有传动能力大，效率高等许多优点，是一种新型齿轮。

3. 渐开线齿形

如图1-1 a 所示，其齿廓曲线是圆的渐开线，不论节圆内外，还是小齿轮或大齿轮的齿廓都是凸的。由于有加工简单，使用条件要求不高等一系列优点而得到了广泛应用，特别是变位齿轮问世以来，渐开线齿轮的优越性更得到了进一步发展，几乎完全取代了标准齿轮。

二、齿形标准

渐开线齿形按切削刀具标准分为两类

1. 公制齿形

采用公制齿形的国家有我国、西德、日本、捷克斯洛伐克、法国、瑞士以及苏联等。公制齿形其大小用模数来计算，齿廓角现在普遍采用 20° ，过去有采用 15° 的。按齿形的高低又分为两种，一种是标准齿，其齿顶高为一个模数；另一种为短齿，其齿顶高为0.8模数，在实际应用中标准齿占大多数，短齿较少、各国常用齿形标准和模数分别列于表1-1、表1-2中。

为了获得短齿还有一种双模数制（未列入正式标准），同一个齿轮用两个模数 m_1/m_2 表示齿的大小，用较大的模数 m_1 计算分圆直径、周节、齿厚、齿间等尺寸，用较小的模数 m_2 按标准齿形的齿顶高系数 f_0 及齿顶间隙系数 C_0 计算齿顶高、齿高、齿顶间隙等尺寸，常用的 m_1/m_2 列于表1-4中。

2. 英制齿形

英制齿形主要用于英、美等国家。英制齿形的大小用径节D.P来表示，如表1-3中所列，其单位为1/吋，英制的齿

廓角有 14.5° 及 20° 两种。也分标准齿及低齿两种。为了获得低齿也有双径节制，用分数 $D.P_2/D.P_1$ 表示齿的大小，其中较小的径节 $D.P_2$ 用以计算分圆直径、周节、齿厚等尺寸，较大的径节 $D.P_1$ 用来计算齿高等尺寸，常用的双径节系列列于表1-5中。

还有一种周节标准的齿形，其周节 t 用时及时分数来计算。例如1吋， $1\frac{1}{4}$ 吋， $1\frac{1}{2}$ 吋，2吋，3吋等。其齿形标准常用的有：

齿顶高	$h' = 0.3t$
齿顶间隙	$C = 0.1t$
齿廓角	$\alpha_0 = 14.5^\circ$

此种齿形仅在旧设备铸造的齿轮用，现在很少见到。

表1-1中的 K_{th} 是周节与齿高的比值，即

$$K_{th} = \frac{t}{h} = \frac{\pi m_0}{m_0(2f_0 + C_0)} = \frac{\pi}{2f_0 + C_0} \quad (1-1-1)$$

表1-1中的 K_{hc} 是齿高与齿顶间隙的比值，即

$$K_{hc} = \frac{h}{c} = \frac{(2f_0 + C_0)m_0}{C_0 m_0} = \frac{2f_0 + C_0}{C_0} \quad (1-1-2)$$

系数 K_{th} 用在测量完几何尺寸后，确定齿顶高系数 f_0 及齿顶间隙系数 C_0 。当然有经验的人可以根据齿形的高低估计出 f_0 及 C_0 ，但缺乏具体根据。为此可先测出齿高及周节的近似值(用齿高中点的弦长代之)，求其比值与表1-1中的 K_{th} 值对照，结合齿轮可能采用的齿形标准，则可确定出齿顶高系数 f_0 及齿顶间隙系数 C_0 。

例如 测得一对齿轮，齿高 $h = 11.5$ ，大轮的周节 $t \approx 15.5$ ，试确定齿顶高系数 f_0 及齿顶间隙系数 C_0 。

解 $K_{th} = 15.5/11.5 = 1.35$

查表1-1中的 K_{th} 与其相近的标准有JB304-62及JB110-

60, 两个标准的齿顶高系数都是1.0, 故确定 $f_0=1.0$ 。只是齿顶间隙系数有差别, 考虑这对齿轮是滚切的, 因此, 确定 $C_0=0.25$ 。

系数 K_{hc} 用于核对中心距, 一对齿轮中心距为可调节时, 其实际安装中心距往往较原设计的中心距有较大的误差, 故实测的中心距不能直接用于测绘计算中, 必须核对才能使用。核对的步骤是先判定出齿形标准, 再由齿高除以相应的系数 K_{hc} 求出齿顶间隙, 最后再与小(或大)齿轮的根圆半径、大(或小)齿轮的顶圆半径相加即可求出原设计的中心距。其计算公式

$$C = h/K_{ch} \quad (1-1-3)$$

$$A = R_{i1} + C + R_{e2} \quad (1-1-4)$$

或
$$A = R_{i2} + C + R_{e1}$$

用这种方法求得的中心距, 仍然会有一定误差, 但要较实测中心距的误差小得多。

例如 测得一对齿轮, 其中心距为可调节的, 实测得的中心距为 $A=251.2$, 平均齿高 $h=11.5$, 大齿轮周节 $t \approx 15.5$, 大齿轮顶圆直径 $D_{e2}=410$, 小齿轮根圆直径 $D_{i1}=87.2$, 试核对其中心距。

解 根据前例已判断其齿形标准

$$f_0=1.0; C_0=0.25$$

由此值查表1-1得 $K_{hc}=9$

则齿顶间隙 $C=h/K_{ch}=11.5/9=1.28$

最后求出中心距

$$\begin{aligned} A &= 0.5(D_{i1} + D_{e2}) + C \\ &= 0.5(87.2 + 410) + 1.28 \\ &= 250 \end{aligned}$$

表 1-1 各国常用齿形标准及测绘专用系数

国 别	齿 形 种 类 及 国 家 标 准 号	m 或 D.P	基 齿 条 参 数			测 绘 专 用 系 统	
			α_0	f_0	C_0	K_{th}	K_{hc}
中 国	标准齿形 JB 304-62	m	20°	1.0	0.35	1.33	6.71
	标准齿形 JB 304-62 插齿剃齿	m	20°	1.0	0.45	1.28	5.45
	标准齿形 JB 110-60	m	20°	1.0	0.25	1.40	9
	JB 110-60 插齿剃齿	m	20°	1.0	0.35	1.33	6.71
	短齿齿形 JB 110-60	m	20°	0.8	0.30	1.65	6.32
苏 联	标准齿形 ГОСТ 3058-54	m	20°	1.0	0.25	1.40	9
	短齿齿形	m	20°	0.8	0.30	1.65	6.32
	旧标准齿形 OCT BCK 6922	m	20°、15°	1.0	0.20	1.43	11
	短齿齿形	m	20°	0.8	0.20	1.74	9
西 德	标准齿形 DI N 867	m	20°	1.0	0.157	1.44	13.8
	旧标准齿形	m	15°	1.0	0.157	1.44	13.8
日 本	标准齿形 JIS B 1701-63	m	20°	1.0	0.25	1.40	9
捷克斯 洛伐克	标准齿形 ČSN 014607	m	20°	1.0	0.25	1.40	9
法 国	标准齿形 NF E 23-011	m	20°	1.0	0.25	1.40	9
瑞 士	Maag	m	20°、15°	1.0	0.20	1.43	11

续表

国 别	齿 形 种 类 及 国 家 标 准 号	m 或 D.P	基 齿 条 参 数			测 绘 专 用 系 统	
			α_0	f_0	C_0	K_{th}	K_{hc}
英 国	A ₁ 级复合齿形 BSS 436-1940	D.P	20°	1.0	0.44	1.30	5.56
	A ₂ 级与B级复合齿形 BSS 436-1940	D.P	20°	1.0	0.25	1.40	9
	C级与D级复合齿形 BSS 436-1940	D.P	20°	1.0	0.25	1.40	9
美 国	14.5° 标准渐开线齿形 ASA B6.1-1932	D.P	14.5°	1.0	0.157	1.44	13.8
	14.5° 标准复合齿形 ASA B6.1-1932	D.P	14.5°	1.0	0.157	1.44	13.8
	20° 标准齿形 ASA B6.1-1932	D.P	20°	1.0	0.157	1.44	13.8
	20° 短齿齿形 ASA B6.1-1932	D.P	20°	0.8	0.2	1.74	9
	Nuttaee 短齿	D.P	20°	0.785	0.157	1.83	10.8

表 1-2 各国模数标准系列值

模数\国别	中国	苏联	西德	捷克斯克	洛伐克	日本	法国	模数\国别	中国	苏联	西德	捷克斯克	洛伐克	日本	法国
1	0	0	0	0	0	0	0	6.75			0		0		
1.125		0	0				0	7	0	0	0	0	0	0	0
1.25	0	0	0	0	0	0	0	7.5			0		0	0	
1.375		0	0				0	8	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	0	8.5			0		0	0	
1.75	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	9.5			0		0	0	
2.25	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	11	(0)	0	0	(0)	0	0	0
2.75	(0)	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	13	(0)		0	(0)	0		
3.25	(0)		0	(0)	0	0		14	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	15	(0)		0	(0)	0	0	
3.75	(0)		0	(0)	0	0		16	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
4.25						0		20	0	0	0	0	0	0	0
4.5	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0
4.75			0			0		24			0				
5	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0		0	0	
5.25			0			0		27			0				
5.5	(0)	0	0	(0)	0	0	0	28	0		0				
5.75			0		0	0		30	0		0				
6	0	0	0	0	0	0	0	32		0	0				
6.25			0		0	0		33	0		0				
6.5	(0)		0	(0)	0	0		36	0	0	0				

中国系指 JB 111-60
苏联——ГОСТ 9563-60
西德——DIN 780
捷克斯洛伐克——ČSN01 4608
日本——JIS B1701-63
法国——NF E23-011

0——标准中采用的模数
(0)——标准中尽量不用的模数
本表中仅列入模数为 1~36 系列，其余从略。

表 1-3 径节D·P系列值

径 节 系 列	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$
美国 优选 系列	0	0					

径 节 系 列	$2\frac{3}{4}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5	6	7
美国 优选 系列				0		0	

径 节 系 列	8	9	10	11	12	14	16
美国 优选 系列	0		0		0	0	0

径 节 系 列	18	20	22	24	26	28	30
美国 优选 系列	0	0		0			

表 1-4 双模数 m_1/m_2 系列值

$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{1.5}{1.25}$	$\frac{1.75}{1.5}$	$\frac{2}{1.75}$	$\frac{2.25}{1.75}$	$\frac{2.5}{2}$	$\frac{2.75}{2}$	$\frac{3}{2.25}$	$\frac{3.25}{2.5}$
-------------------	--------------------	--------------------	------------------	---------------------	-----------------	------------------	------------------	--------------------

$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{3.5}{2.5}$	$\frac{3.75}{2.75}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4.25}{3.25}$	$\frac{4.5}{3.25}$	$\frac{4.75}{3.5}$	$\frac{5}{3.75}$	$\frac{5.24}{4}$
-------------------	-------------------	---------------------	---------------	---------------------	--------------------	--------------------	------------------	------------------

$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{5.5}{4}$	$\frac{5.75}{4.5}$	$\frac{6}{4.5}$	$\frac{6.25}{4.75}$	$\frac{6.5}{5}$	$\frac{7.5}{5.5}$	$\frac{8}{6.5}$	
-------------------	-----------------	--------------------	-----------------	---------------------	-----------------	-------------------	-----------------	--

表 1-5 双径节D·P₂/D·P₁系列值

$\frac{D.P_2}{D.P_1}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{11}$	$\frac{10}{12}$
-----------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	----------------	-----------------

$\frac{D.P_2}{D.P_1}$	$\frac{11}{14}$	$\frac{12}{14}$	$\frac{14}{18}$	$\frac{16}{21}$	$\frac{18}{24}$	$\frac{20}{26}$	$\frac{22}{29}$	$\frac{24}{32}$
-----------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

$\frac{D.P_2}{D.P_1}$	$\frac{26}{35}$	$\frac{28}{37}$	$\frac{30}{40}$	$\frac{32}{42}$	$\frac{34}{45}$	$\frac{36}{48}$	$\frac{38}{50}$	$\frac{40}{54}$
-----------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

注：双径节系列中用D·P₂计算分圆直径用D·P₁计算齿高等尺寸。

表 1-6 径节-模数、周节-模数换算表

模 数 (毫米)	径 节 (1/吋)	周 节 (吋)	模 数 (毫米)	径 节 (1/吋)	周 节 (吋)	模 数 (毫米)	径 节 (1/吋)	周 节 (吋)
1.0			3.5			10.1062		1 ¹ / ₄
1.0106	—	1 ¹ / ₈	3.5372		7 ⁷ / ₁₆	10.1598	2 ¹ / ₂	
1.016	25		3.6285	7		11		
1.0583	24		3.75			11.1168		1 ³ / ₈
1.1545	22		4.0			11.2887	2 ¹ / ₄	
1.25			4.0425		1 ¹ / ₂	12		
1.2700	20		4.2333	6		12.1274		1 ¹ / ₂
1.3368	19		4.25			12.6998	2	
1.4111	18		4.5478		9 ⁹ / ₁₆	13		
1.4941	17		5.0			13.1380		1 ⁵ / ₈
1.5			5.0531		5 ⁵ / ₈	14		
1.5159		3 ³ / ₁₆	5.0799	5		14.1484		1 ³ / ₄
1.5875	16		5.5			14.5140	1 ³ / ₄	
1.75			5.584		11 ¹¹ / ₁₆	15		
1.8143	14		6			15.1592		1 ⁷ / ₈
1.9538	13		6.037		3 ³ / ₄	16		
2.0			6.3499	4		16.1698		2
2.0212		1 ¹ / ₄	6.5			16.9330	1 ¹ / ₂	
2.1166	12		6.569		13 ¹³ / ₁₆	18		
2.25			7			18.1911		2 ¹ / ₄
2.3090	11		7.0743		7 ⁷ / ₈	20		
2.50			7.2571	3 ¹ / ₂		20.2123		2 ¹ / ₂
2.5265			7.5796		15 ¹⁵ / ₁₆	20.3196	1 ¹ / ₄	
2.540	10		8			22		
2.75			8.0849		1	22.2335		2 ³ / ₄
2.8222	9		8.4665	3		24.2548		3
3			9			25		
3.0318		3 ³ / ₈	9.0955		1 ¹ / ₈	25.3995	1	
3.1749	8		9.2362	2 ³ / ₄		26		
3.25			10			26.2760		3 ¹ / ₄

续表

模数 (毫米)	径节 (1/吋)	周节 (吋)	模数 (毫米)	径节 (1/吋)	周节 (吋)	模数 (毫米)	径节 (1/吋)	周节 (吋)
28			35			44.4671		5 ¹ / ₂
28.2972		3 ¹ / ₂	36			45		
30			36.3822		4 ¹ / ₂	48.5095		6
30.3185		3 ³ / ₄	39			50		
32.3397		4	40			50.7991	1 ¹ / ₂	
33			40.4246		5			
33.8661	3 ³ / ₄		42					

三、径节、周节与模数的关系

径节与周节可用如下两个公式换算为模数

$$m = 25.4 / D.P \tag{1-1-5}$$
$$m = 25.4t / \pi$$
$$= 8.085 t \tag{1-1-6}$$

此式中周节 t 是用吋来计算的。

常用的径节、周节与模数的换算关系列于表1-6中。

第二节 公法线齿厚的基本知识

一、渐开线及渐开线函数

1. 渐开线

渐开线是最常用的齿廓曲线，在计算齿厚经常涉及渐开线的原理，经常用到渐开线函数，下面简单介绍一下渐开线的基本知识。

如图1-2 a 所示，当一直线沿圆周做纯滚动时，此直线上的任一点 K 的轨迹 $\widehat{AK}$ 称为该圆的渐开线，该圆称为渐开

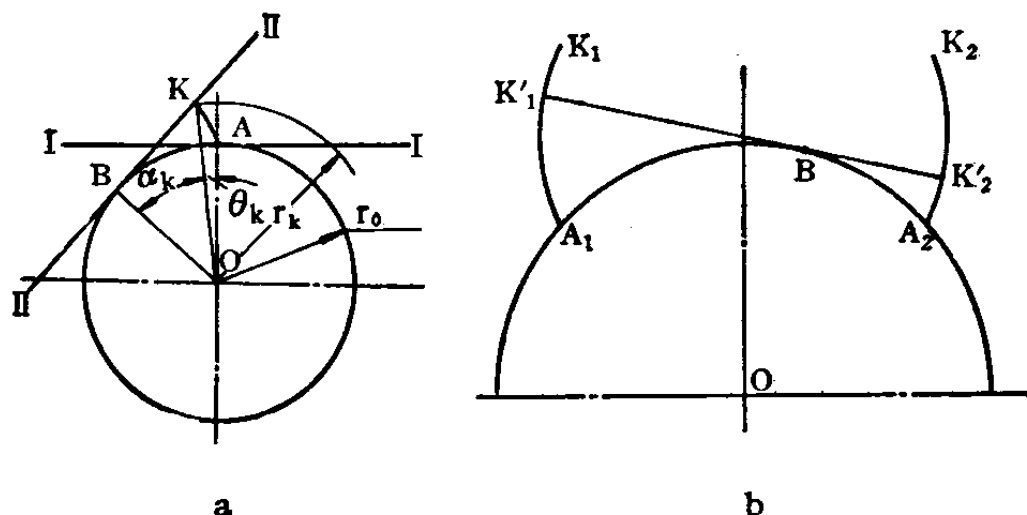


图 1-2

线的基圆，而该直线称为发生线，基圆上的切点 B 与动点 K 间的线段长度称为母线长度。

根据渐开线产生的原理可知其有如下几个特点：

(1) 因发生线做无滑动的纯滚动，所以母线长度等于其所接触过的一段弧长，即

$$\overline{BK} = \widehat{AB}$$

(2) 发生线是渐开线的法线，因此渐开线任一点的法线必与基圆相切，并且该点的曲率半径等于母线长度。

(3) 同样大小的基圆，其所有的渐开线完全相同，否则反之。基圆半径越大其渐开线曲率半径也越大，当基圆为无穷大时，其渐开线为一直线，齿条的齿廓曲线就是一条直线。

(4) 基圆内无渐开线。

2. 渐开线函数

由渐开线的性质可求出渐开线函数的方程式，如图1-2 a 所示，发生线沿逆时针方向自位置 I-I 滚动至 II-II；其