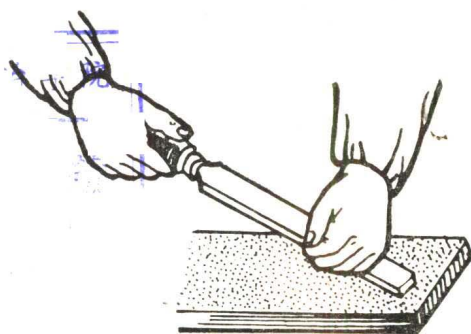


机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

渐开线齿形的划线

姜允光 编著



机械工业出版社

内容提要 本书从渐开线的形成、渐开线齿形的基本计算和划法谈起，着重讲述正常齿和短齿直齿圆柱齿轮、直齿条和斜齿条、高度变位和角度变位圆柱齿轮以及直齿圆锥齿轮等齿轮的渐开线齿形的划法。

本书可供三级以上钳工、木模工作为学习材料。

渐开线齿形的划线

姜允光 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $17\frac{7}{8}$ · 字数 45 千字

1984 年 1 月北京第一版·1984 年 1 月北京第一次印刷

印数 00,001—10,800 · 定价 0.20 元

*

科技新书目：64-55

统一书号：15033·5606

目 次

一	渐开线齿形的基本计算和划线法	1
1	渐开线齿形的形成 (1)——2 渐开线齿轮的基本计算 (2)——3 渐开线齿形的直角坐标画法 (7)——4 渐开线齿形的近似画法 (14)	
二	各种齿形划线法的实际应用	18
1	齿条齿形的划线法 (18)——2 标准直齿圆柱齿轮齿形的划线法 (23)——3 短齿直齿圆柱齿轮的划线法 (29)——4 高度变位直齿圆柱齿轮齿形的划线法 (34)——5 角度变位齿轮齿形的划线法 (39)——6 用当量圆柱齿轮原理划直齿圆锥齿轮齿形 (46)——7 用当量圆柱齿轮的原理划斜齿圆柱齿轮的齿形 (54)	

一 渐开线齿形的基本计算和划线法

1 渐开线齿形的形成 在机械厂、修配厂小批量或单件(修配)生产时,经常遇到这样的情况,就是由于缺少齿轮加工机床(特别是昂贵的大型齿轮加工机床)或因齿轮加工机床加工能力不足,缺少刀具等限制时,有些齿轮的加工(特别是大型、大模数齿轮)要用刨床、插床、万能铣床等代替齿轮加工机床加工齿轮。有的还要改装车床加工直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮以及用铸造的方法铸齿等。所有这些方法的加工,都不是自动滚切出来的渐开线齿形,而是用齿形样板来刃磨刀具加工齿形,或用齿形样板来检验齿轮的加工程度。因此,在这种情况下,划出渐开线齿形和齿形是否准确就成了加工齿轮的关键。

齿轮的齿形曲线有摆线、圆弧和渐开线等。由于渐开线齿形的齿轮容易制造,便于安装,已被广泛采用。我国机械产品中所使用的齿轮,基本上采用渐开线齿形的齿轮。渐开线的形成如图1所示。

在一个圆盘上系一根线,把线的一端固定,另一端栓上一支铅笔,使线紧靠在圆盘上,铅笔从 a 点开始逐渐展开,铅笔在展开中所划出的一条曲线 (ab) ,就叫做渐开线。齿轮的齿形,就是这条渐开线上的一段。

系线的圆盘叫做“基圆”。不难看出,就是这个基圆产生了渐开线的齿形。由此可想到渐开线齿形的形状与基圆大小有直接关系。基圆大,渐开线就直一些;基圆小,渐开线就弯一些(图2)。如果基圆无限大时,渐开线就成了直线,也就是成了齿条的

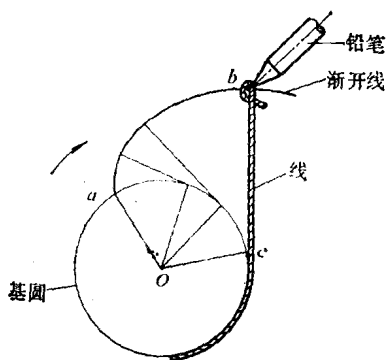


图1 渐开线的形成

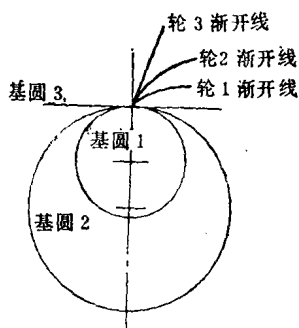


图2 基圆的大小与渐开线的弯曲

齿形了。

基圆的大小是由模数 m 、齿数 z 和压力角 α 的大小决定的。

我国齿轮标准中规定标准压力角（指分度圆上的压力角）为 20° 。所以齿轮的模数、齿数的不同，渐开线的齿形就不一样。如图

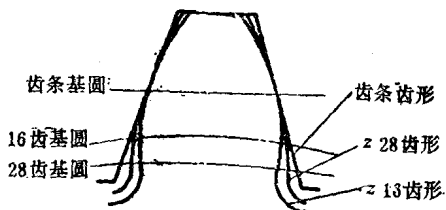


图3 齿数多少和齿形曲线的弯曲程度

3 所示，齿数多的齿形就直一些，齿数少的齿形就弯一些。当然它们的基圆 d_b 也随着变化。

了解渐开线齿形的形成，对于齿形的画法很有帮助。

2 渐开线齿轮的基本计算 上面讲的渐开线齿形是指直齿圆柱齿轮（俗称正齿轮）。实际上，直齿圆锥齿轮，斜齿圆柱齿轮，齿条等齿轮的齿形也都是渐开线齿形。但在讲划齿轮的齿形

时，却要以直齿圆柱齿轮的原理为基础。因此必须掌握直齿圆柱齿轮的各部尺寸计算。

模数 m 模数是齿轮尺寸计算的一个基本参数。模数是齿轮分度圆直径与齿数之比。分度圆上的模数和压力角是标准的模数和压力角。模数越大，齿轮各部尺寸都随着成比例地增大，轮齿上所承受的力量也就越大。模数在齿轮上表现为，将一个齿轮的分度圆直径分成和齿数相等的等分，每一个等分的长度就叫模数。如图 4 所示。例如，一个分度圆直径 d 为 70 毫米，齿数 z 为 14 的齿轮，那么将 70 毫米分成 14 个等分，每一个等分等于 5 毫米。这 5 毫米就是这个齿轮的模数。所以模数的计算公式是：

$$m = \frac{d}{z}$$

式中 d ——分度圆直径
(毫米)；

z ——齿轮的齿数。

模数在我国已经标准化了(见表 1)。

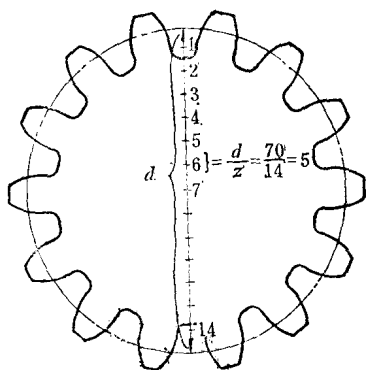


图 4 模数示意图

在日常机修工作中，还会遇到用径节计算的英制齿轮。径节是指每英寸长度上所分布的齿数，用 $D.P.$ 来表示。径节和模数可用下式表示：

$$D.P. = \frac{25.4}{m}$$

或

$$m = \frac{25.4}{D.P.}$$

表 1 齿轮模数标准系列 (GB1357-78)

第一系列	0.1	0.12	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6
	0.7	0.8	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4
	5	6	8	10	12	16	20	25	32
第二系列	36	40	45	50	56	63	71	80	90
	100	112	125	140	160	180	200	224	250
	280	315	355	400	450	500	560	630	710

注：1. 本表适用于各种齿轮传动。对斜齿系指法向模数；对圆锥齿轮，模数按大端分度圆直径计算。

2. 选用模数时，括号内的模数尽量不选用。

压力角 α 压力角是指运动方向和用力方向的夹角(图 5)。两个齿轮在传动时，轮齿正好啮合在 c_1c_2 和中心线 O_1O_2 的交点 P 上(图 6)，两齿廓接触点公法线 c_1c_2 是主动齿轮 1 对被动齿轮 2 施加压力的

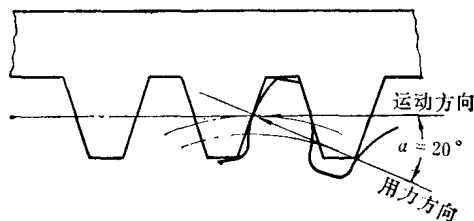


图 5 压力角

用力方向，它和 P 点的运动方向（沿分度圆切线方向）之间的夹角，就是渐开线在分度圆上的压力角。

形成渐开线的法线很多，压力角的大小也不一样。我国齿轮标准中的分度圆压力角 α 定为 20° 。通常所说的压力角就是指分度圆上 P 点处的压力角。压力角除 20° 外，常用的还有 15° 和 $14\frac{1}{2}^\circ$ 。

节圆直径 d' 、分度圆直径 d 如图 6 所示：啮合线 c_1c_2 与两轮中心连线的交点 P ，叫做啮合节点。以齿轮中心至节点的距离

为半径所划的圆叫节圆。当两轮中心距离等于标准的计算值时，齿轮的分度圆与节圆重合。这时节圆又是分度圆。分度圆(节圆)把齿轮的轮齿分成齿顶高 h_a 和齿根高 h_f (图 7)。根据模数 $m = \frac{d}{z}$ 的公式，分度圆

(节圆)

$$d = mz$$

分度圆上具有标准模数和标准压力角。

基圆 d_b 。基圆是产生渐开线齿形的一个圆。这个圆因齿数的不同，有时可在节径和根径之间，有时也在根圆以下。

对于标准直齿轮当 $z \leq 41$ 时，根圆小于基圆；当 $z \geq 42$ 时，根圆大于基圆。

在图 6 中的直角三角形 PO_1c_1 中， O_1c_1 为基圆的半径， O_1P 为分度圆的半径。根据直

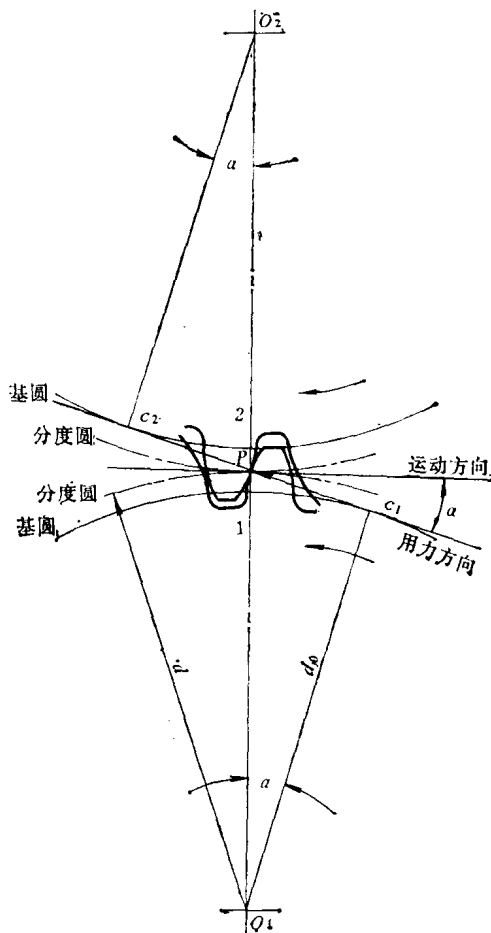


图 6 压力角

角三角形的关系，得：

$$\cos \alpha = \frac{O_1 c_1}{O_1 P} = \frac{r_o}{r} = \frac{d_o}{d}$$

把上式整理后，即得求基圆直径的计算公式：

$$d_o = d \cos \alpha$$

式中 d ——分度圆直径(毫米)；

α ——压力角(度)。

周节 P 一个齿的齿廓到相邻另一个齿的同侧齿廓之间的弧长，就叫做周节(见图7)。图4中有14个齿，数一下就有14个这样的弧长。所以一个齿轮有多少齿就有多少周节。它等于：

$$\pi d = zP \quad \text{即：} \quad P = \frac{\pi d}{z} = \pi \frac{d}{z}$$

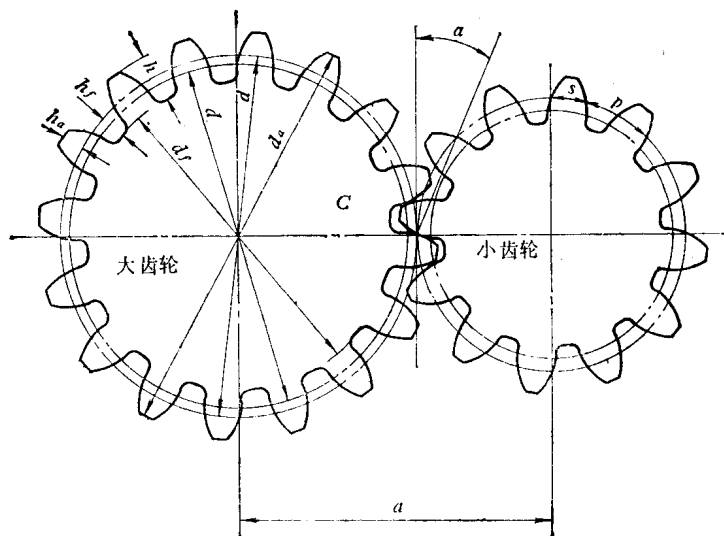


图7 齿轮基本尺寸

式中的 $\frac{d}{z} = m$ ，所以：

$$\text{周节 } P = \pi m$$

齿厚 S 一个轮齿在分度圆上所占的弧长叫齿厚。齿轮的周节可分为齿间和齿厚两部分，标准齿轮分度圆上齿间与齿厚相等。所以：

$$\text{齿厚 } S = \frac{P}{2} = \frac{\pi m}{2}$$

其它各部尺寸可由下列公式求出：

$$\text{齿顶圆直径} \quad d = m(z + 2)$$

$$\text{齿根圆直径} \quad d_f = m(z - 2.5)$$

$$\text{齿顶高} \quad h_a = m$$

$$\text{齿根高} \quad h_f = 1.25m$$

$$\text{全齿高} \quad h = 2.25m$$

$$\text{径向间隙} \quad c = 0.25m$$

$$\text{中心距} \quad a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

3 渐开线齿形的直角坐标画法 渐开线齿形的直角坐标划法，如图 8 所示。

这种划法是在中心线处，找一点 O' (O' 点最好作在坐标纸的十位格上，以利于取 Y 、 X 值)，将齿间底部分成对称的两半。以齿间的对称线 $O'Y$ 为纵坐标轴；以 $O'X$ 线为横坐标轴，计算出齿轮渐开线齿形各点的坐标 (X, Y)，确定出齿形曲线的各点位置，再用曲线板把各点圆滑地连接起来，就得到这个齿轮的半面齿形，然后再用同样的方法划出另一面齿形，或作出这一面齿形样板来划另一面的齿形。

具体步骤和画法如下：

(1) 在坐标纸上划中心线，以 O 为圆心，以齿顶圆半径

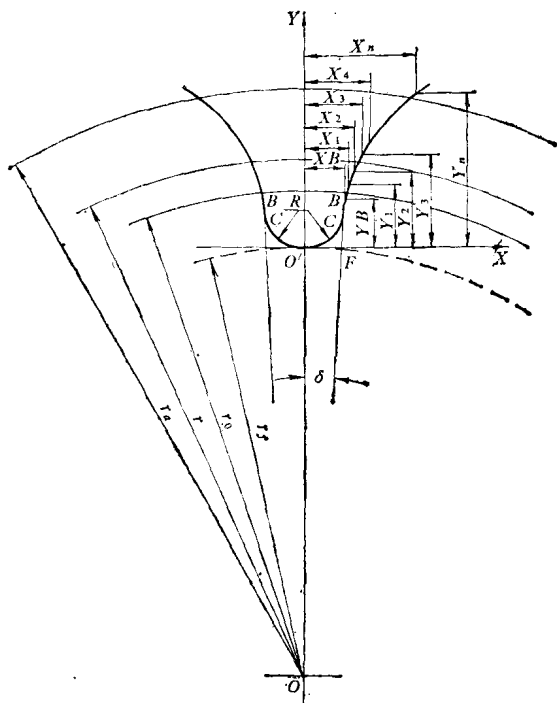


图8 直角坐标划法

r_a ，分度圆半径 r ，基圆半径 r_b 和齿根圆半径 r_f 为半径，分别划出齿顶圆、分度圆、基圆和齿根圆。

(2) 在齿根圆处的 O' 点为齿间的对称点， $O'Y$ 为纵坐标轴； $O'X$ 为横坐标轴；

(3) 根据所划齿轮的齿数 z 在表 2 中找到这一范围的齿数，查出各点坐标 (X, Y) 。表 2 中数据是按模数 $m = 10$ 毫米计算的，所以齿形的各点坐标 (X, Y) 应是：

$$X = \frac{m}{10} X'; Y = \frac{m}{10} Y'$$

(4) 按以上所计算的齿形各点坐标 (X, Y) 的位置, 用曲线板连成圆滑曲线, 就是齿形的渐开线。

(5) 从渐开线的起点 B 开始作直线 BF , 与 Y 轴交成 δ 角, 与 X 轴交于 F 点, 再从表 2 中查到齿根圆半径 R , 以 R 为半径将 BF 与 OX 轴圆滑的连接起来, 为齿形的过渡曲线。基圆小于齿根圆渐开线起点就取在 X 轴上, 这时没有过渡曲线的直线部分 BF , 只须以齿根圆半径 R 将渐开线与 X 轴圆滑地连接起来即可。

例 1 有一直齿圆柱齿轮, 模数 $m = 16$, 齿数 $z = 15$, 压力角 $\alpha = 20^\circ$, 变位 (修正) 系数 $x = 0$, 齿顶高系数 $h_a^* = 1$ (实际齿形参看图 16), 用直角坐标画法作齿形。

具体步骤和画法

(1) 计算齿顶圆直径 d_a 、分度圆直径 d 、基圆直径 d_b 和齿根圆直径 d_f :

$$d_a = m(z + 2) = 16 \times (15 + 2) = 272 \text{ 毫米}$$

$$d = mz = 16 \times 15 = 240 \text{ 毫米}$$

$$d_b = d \cos \alpha = 240 \times \cos 20^\circ = 240 \times 0.939 = 225.36 \text{ 毫米}$$

$$d_f = m(z - 2.5) = 16 \times (15 - 2.5) = 200 \text{ 毫米}$$

(2) 按齿数 $z = 15$, 查表 2, 计算并确定渐开线上各点的坐标。

渐开线起点:

$$YB = \frac{m}{10} Y' B = \frac{16}{10} \times 7.828 = 12.524 \text{ 毫米}$$

$$XB = \frac{m}{10} X' B = \frac{16}{10} \times 6.451 = 10.3216 \text{ 毫米}$$

其他各点坐标 (单位为毫米):

表2 渐开线齿形坐标

刀号或齿数范围	№1		№2		№3	
	(z = 12~13)		(z = 14~16)		(z = 17~20)	
圆角半径 R	5.2		4.9		4.6	
坐 标	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'
渐开线起点的坐标	8.588	6.652	7.828	6.451	6.726	6.193
坐 标 尺 寸						
					7.00	6.235
			8.00	6.488	8.00	6.464
	9.00	6.773	9.00	6.770	9.00	6.766
	10.00	7.138	10.00	7.137	10.00	7.134
	11.00	7.586	11.00	7.569	11.00	7.551
	12.00	8.108	12.00	8.061	12.00	8.017
	13.00	8.697	13.00	8.611	13.00	8.529
	14.00	9.352	14.00	9.217	14.00	9.084
	15.00	10.074	15.00	9.876	15.00	9.685
	16.00	10.860	16.00	10.591	16.00	10.325
	17.00	11.711	17.00	11.357	17.00	11.010
	18.00	12.635	18.00	12.181	18.00	11.710
	19.00	13.631	19.00	13.059	19.00	12.507
	20.00	14.704	20.00	13.983	20.00	13.324
	21.00	15.861	21.00	14.997	21.00	14.181
	22.00	17.106	22.00	16.059	22.00	15.087
	23.00	18.436	23.00	17.191	23.00	16.041
	24.00	19.894	24.00	18.395	24.00	17.040
	25.00	21.464	25.00	19.685	25.00	18.090
	26.00	23.173	26.00	21.037	26.00	19.190
	27.00	25.046	27.00	22.495	27.00	20.363
δ	5°00'		5°06'		5°56'	

注：1) 本表适用于齿顶高系数 h^* 为1，径向间隙为0.2mm的齿轮。短齿齿形，
2) 用于指状铣刀时，圆角R值需乘以0.866。

($m = 10$ 毫米, $\alpha = 20^\circ$)

№4 ($z = 21 \sim 25$)		№5 ($z = 26 \sim 34$)		№6 ($z = 35 \sim 54$)		№7 ($z = 55 \sim 134$)		№8 ($z = 135$ 以上)	
4.3		4.00		3.6		3.2		2.5	
Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'
5.716	5.925	5.975	5.680	1.375	4.928	0	4.172	0	3.731
								3.00	4.662
						4.00	5.160	4.00	5.025
6.00	5.939	5.00	5.684	5.00	5.555	5.00	5.547	5.00	5.339
7.00	6.172	6.00	5.888	6.00	5.817	6.00	5.718	6.00	5.708
8.00	6.441	7.00	6.141	7.00	6.106	7.00	6.077	7.00	6.051
9.00	6.759	8.00	6.420	8.00	6.373	8.00	6.414	8.00	6.404
10.00	7.127	9.00	6.764	9.00	6.764	9.00	6.764	9.00	6.760
11.00	7.531	10.00	7.131	10.00	7.125	10.00	7.129	10.00	7.129
12.00	7.976	11.00	7.527	11.00	7.515	11.00	7.505	11.00	7.499
13.00	8.456	12.00	7.952	12.00	7.925	12.00	7.898	12.00	7.871
14.00	8.959	13.00	8.408	13.00	8.353	13.00	8.301	13.00	8.271
15.00	9.528	14.00	8.891	14.00	8.804	14.00	8.720	14.00	8.639
16.00	10.103	15.00	9.403	15.00	9.273	15.00	9.149	15.00	9.030
17.00	10.729	16.00	9.941	16.00	9.764	16.00	9.594	16.00	9.422
18.00	11.368	17.00	10.505	17.00	10.270	17.00	10.050	17.00	9.821
19.00	12.052	18.00	11.095	18.00	10.805	18.00	10.520	18.00	10.229
20.00	12.770	19.00	11.711	19.00	11.354	19.00	10.999	19.00	10.572
21.00	13.519	20.00	12.354	20.00	11.919	20.00	11.493	20.00	11.060
22.00	14.303	21.00	13.024	21.00	12.507	21.00	11.996	21.00	11.485
23.00	15.123	22.00	13.720	22.00	13.114	22.00	12.509	22.00	11.907
24.00	15.978	23.00	14.442	23.00	13.738	23.00	13.040	23.00	12.333
25.00	16.887	24.00	15.190	24.00	14.380	24.00	13.580	24.00	12.778
26.00	17.796	25.00	15.965	25.00	15.042	25.00	14.127	25.00	13.213
27.00	18.760	26.00	16.767	26.00	15.725	26.00	14.694	26.00	13.654
		27.00	17.597	27.00	16.422	27.00	15.269	27.00	14.112
7°16'		9°48'							

X坐标不变, Y值需减去 0.2m.

$$Y_1 = \frac{m}{10} Y'_1 = \frac{16}{10} \times 9 = 14.40;$$

$$X_1 = \frac{m}{10} X'_1 = \frac{16}{10} \times 6.77 = 10.832$$

$$Y_2 = \frac{m}{10} Y'_2 = \frac{16}{10} \times 11 = 17.60;$$

$$X_2 = \frac{m}{10} X'_2 = \frac{16}{10} \times 7.569 = 12.110$$

$$Y_3 = \frac{m}{10} Y'_3 = \frac{16}{10} \times 13 = 20.8;$$

$$X_3 = \frac{m}{10} X'_3 = \frac{16}{10} \times 8.611 = 13.777$$

$$Y_4 = \frac{m}{10} Y'_4 = \frac{16}{10} \times 15 = 24;$$

$$X_4 = \frac{m}{10} X'_4 = \frac{16}{10} \times 9.876 = 15.801$$

$$Y_5 = \frac{m}{10} Y'_5 = \frac{16}{10} \times 17 = 27.2;$$

$$X_5 = \frac{m}{10} X'_5 = \frac{16}{10} \times 11.357 = 18.171$$

$$Y_6 = \frac{m}{10} Y'_6 = \frac{16}{10} \times 19 = 30.4;$$

$$X_6 = \frac{m}{10} X'_6 = \frac{16}{10} \times 13.059 = 20.894$$

$$Y_7 = \frac{m}{10} Y'_7 = \frac{16}{10} \times 21 = 33.6;$$

$$X_7 = \frac{m}{10} X'_7 = \frac{16}{10} \times 14.997 = 23.995$$

$$Y_8 = \frac{m}{10} Y'_8 = \frac{16}{10} \times 23 = 36.8;$$

$$X_s = \frac{m}{10} X'_s = \frac{16}{10} \times 17.191 = 27.505$$

$$Y_s = \frac{m}{10} Y'_s = \frac{16}{10} \times 25 = 40$$

$$X_o = \frac{m}{10} X'_o = \frac{16}{10} \times 19.685 = 31.496$$

$$R = \frac{m}{10} R' = \frac{16}{10} \times 4.9 = 7.84$$

$$\delta = 5^\circ 06'$$

(3) 将 X , Y 值各点在齿形图上标出, 并用曲线板连接起来, 如图 9 所示。

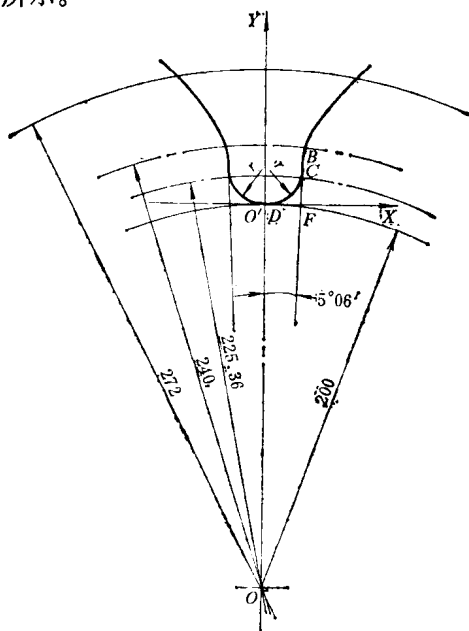


图 9 用直角坐标画法划的 $m = 16$, $z = 15$, $\alpha = 20^\circ$, 齿顶高系数 $h_a^* = 1$ 的齿形

4 渐开线齿形的近似画法 上面讲的直角坐标画法,比较精确,但计算比较麻烦,用途也受到某些限制(如不能划变位齿轮等)。渐开线的齿形曲线,可用两段圆弧来代替渐开线的齿形。实践证明,这种近似画法很接近于渐开线的齿形,比其他画法要简便得多,不仅适用于圆柱齿轮,而且也适用于其他齿轮齿形的划法。划齿形的具体步骤如下(图10):

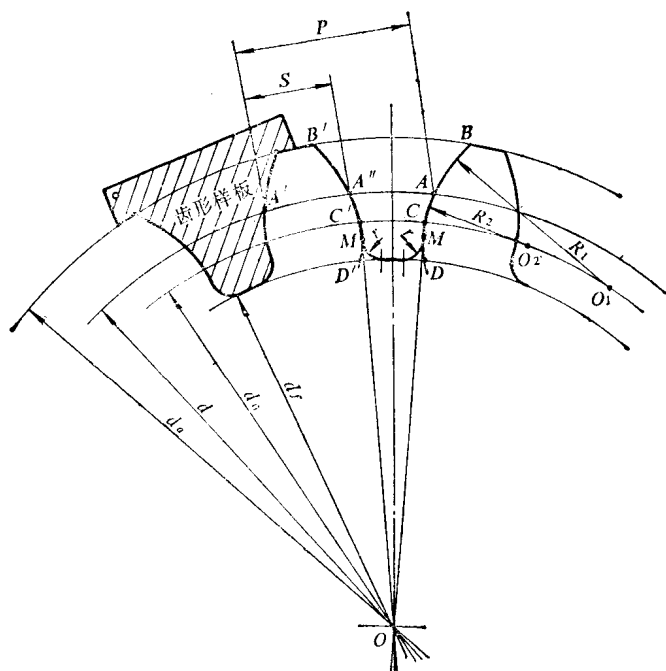


图10 渐开线齿形的近似画法

(1) 根据已知条件(模数 m 、齿数 z 、压力角 α),求出齿顶圆直径 d_o ,节圆直径 d ,基圆直径 d_o 和齿根圆直径 d_f ;

(2) 根据所求得的结果划图;