

渐开线齿形放大图的画法

国防工业出版社

渐开线齿形放大图的画法

柏永新 编 青 羽 校

国防工业出版社

1973

内 容 简 介

在设计、加工和测量圆柱、圆锥齿轮时，经常需要计算和绘制渐开线齿形放大图。本书介绍了渐开线齿形的三种座标计算方法和放大图的绘制方法，为简化计算，书中列入了计算用数表，并举例说明。对在加工中应用圆弧代替渐开线齿形、也介绍了正确的计算方法。本书可供工厂技术人员及大专院校师生参考。

渐开线齿形放大图的画法

(只限国内发行)

柏永新 编 青 羽 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 $1/32$ 印张 $5\frac{5}{8}$ 143 千字

1973年10月第一版 1973年10月第一次印刷 印数：00,001—25,000册

统一书号：15034·1339 定价：0.60元

目 录

符号说明	5
常用表格目次	6
一 概述	7
二 极坐标法绘制齿形放大图	8
1 原理与计算	8
2 绘制方法	21
3 计算实例	23
三 原点取在渐开线起始点的直角坐标法绘制齿形放大图	28
1 直角坐标的计算	28
2 用制图工具绘制齿形放大图	35
3 在万能显微镜或工具显微镜上绘制齿形放大图	42
4 误差分析	44
5 计算实例	46
四 原点取在分度圆上直角坐标法绘制齿形放大图	50
1 直角坐标的计算	50
2 绘制方法	58
3 绘制虚线齿形公差带的方法	68
4 误差分析	70
5 计算实例	72
五 斜齿圆柱齿轮齿形放大图的绘制	74
1 原点取在渐开线起始点的直角坐标法	74
2 原点取在分度圆上的直角坐标法	75
3 计算实例	82
六 直齿圆锥齿轮齿形放大图的绘制	86
七 渐开线花键齿形放大图的绘制	90
八 测量圆锥齿轮齿形直角坐标的计算	94

九 圆弧代替渐开线齿形的计算	110
附录一 齿轮传动的几何计算	120
1. 直齿圆柱齿轮传动的几何计算	120
2. 斜齿圆柱齿轮传动的几何计算	121
3. 直齿圆锥齿轮传动的几何计算	123
附录二 角度和弧度对照表	125
附录三 斜齿圆柱齿轮的基圆半径表	127
附录四 渐开线的极坐标函数 $\text{inv } \xi$	155

符号说明

C	径向间隙	r_{oy}	引用基圆半径
D_e	齿顶圆直径	r	齿根圆弧半径
D_{ey}	引用齿顶圆直径	s	距离
D_f	齿根圆直径	s_f	分度圆弧齿厚
D_{fy}	引用齿根圆直径	s'_f	分度圆弦齿厚
d_f	分度圆直径	x	展开弧长
d_{fy}	引用分度圆直径	z	齿数
d_o	基圆直径	z_y	引用齿数
d_{oy}	引用基圆直径	α_f	分度圆压力角
e	偏心	α_{fn}	法向分度圆压力角
F	面积	α_{fs}	端面分度圆压力角
f	齿顶高系数	α_e	齿顶圆压力角
h	齿高	α_f	齿根圆压力角
h_e	齿顶高	α_x	齿形上任意点压力角
h_f	齿根高	β_e	齿顶圆螺旋角
h_{fe}	分度圆弦齿顶高	β_f	分度圆螺旋角
h_{fi}	分度圆弦齿槽根高	β_0	基圆螺旋角
M	放大图放大倍数	γ	齿距角
m	模数	Δ	误差、偏差
m_n	法向模数	δ	公差、偏差
m_s	端面模数	θ_f	分度圆弧齿厚对的圆心角
R_e	齿顶圆半径	θ_x	渐开角
R_{ey}	引用齿顶圆半径	ξ	变位系数、渐开线的极座标函数
R_m	圆心圆半径	ρ	曲率半径、展开弧长
R_{fz}	与齿条啮合的工作圆半径	φ	展开角
R_f	齿根圆半径	φ_x	任一点展开角
R_{fy}	引用齿根圆半径	ψ_f	分度圆锥角
R_s	动径、向量半径	ω_{z1}	基圆弧齿厚所对圆心角之半
r_f	分度圆半径	ω_R	基圆弧齿槽宽所对圆心角之半
r'_f	绘图圆半径		
r_{fy}	引用分度圆半径		
r_0	基圆半径		

常用表格目次

表 1	用极坐标法绘制齿形放大图的应用数值	12
表 2	$r_0 = 1$ 与 R_s/r_0 相对应的展开角 φ 及展开弧长 $x(\rho)$	16
表 5	渐开线齿形直角坐标值 ($r_0 = 1$ 毫米, $\alpha_f = 20^\circ$)	31
表 6	x 坐标的最大值和最小值	34
表 7	$R = 1$ 圆弧直角坐标值	36
表 8	渐开线起始点在基圆上以直角坐标法绘制齿形放大图时分 度圆盘调整参数的计算	43
表 12	坐标原点在分度圆上渐开线齿形的直角坐标值 ($r_f = 1$ 毫米, $\alpha_f = 14.5^\circ, 20^\circ, 30^\circ$)	52
表 13	坐标原点在分度圆上渐开线齿形的直角坐标值 ($r_f = 1$ 毫米, $\alpha_f = 20^\circ$)	55
表 14	不同齿数的最大、最小半径比 ($R_e/r_f, R_i/r_f$)	57
表 15	坐标原点在分度圆上以直角坐标法绘制齿形放大图时, 分 度圆盘调整参数的计算	60
表 16	坐标原点在分度圆上绘制齿形放大图时分度圆盘的调整参数	61
表 19	斜齿圆柱齿轮基圆螺旋角 β_0 和端面分度圆压力角 α_{fs} 数值	76
表 25	渐开线齿形的切线极坐标 ($\alpha_f = 20^\circ, r_f = 1$ 毫米)	97
表 26	计算渐开线齿形直角坐标的辅助参数 ($m = 1$ 毫米, $\alpha_f = 20^\circ$)	99
表 28	渐开线齿形直角坐标的计算 ($m = 0.7$ 毫米, $z_v = 39.59797$)	107
表 30	基圆弧齿槽宽所对的圆心角之半 $\omega_B(\alpha_f = 20^\circ)$	113
表 31	用圆弧代替渐开线时的齿形误差 ($\Delta J = 2r_0 \operatorname{inv} \delta, m = 1$ 毫米)	116
表 32	圆弧代替渐开线试算表	118

一 概 述

齿形放大图是投影比较测量齿轮齿形时的标准，投影比较法是将齿形放大 20~100 倍，以反射光或透射光投影在受光屏上，而与受光屏上的标准齿形放大图相比较而测量齿形误差的方法。这种方法在工厂实际工作中应用的较广泛，因为这种方法测量效率高，并能测量模数在 0.4 毫米以下的齿轮的齿形。在测量轮齿左右面齿形时，应以齿根圆或齿顶圆作为测量基准。其齿形误差也可利用投影仪的测微装置或专用玻璃刻尺测量。

通常用投影比较法可以测量按机标 JB305-67 所规定的 7 级和 7 级以下精度的齿轮。但必须指出，这种方法可靠性低，如果调整或操作不当，其测量误差的变动范围有时可达 5~20 微米。尤其在测量斜齿圆柱齿轮和花键轴时，其测量条件更差，因此，要使投影比较法能可靠地测量 7 级和 7 级精度以下的齿轮，还必须从各个方面注意减少影响测量精度的各因素，以提高其测量齿形的精度。

对于齿形放大图也应力求使其计算和绘制精确，在条件许可的情况下，应首先采用仪器或座标镗床来绘制，测量时从提高对线精度方面考虑，应尽可能绘制成虚线构成的渐开线齿形。

二 极坐标法绘制齿形放大图

用极坐标法绘制齿形放大图,能画出全部由虚线构成的齿形,使在投影测量时,对线比较清晰,其计算和绘制过程也较简单,并能在万能显微镜、大工具显微镜或坐标镗床上绘制由1~3齿组成的齿形放大图,但当用分度圆盘中心通过基圆的方法时,尚无现成的应用数表。

1 原理与计算

如图1所示,当直线 NN 以逆时针方向沿圆周滚动时,其上一点的轨迹即是渐开线 MM_0 。此运动也可看成如图2所示的圆和直线之间的相对运动。设圆上的 a_1 点和直线上的 a_2 点在 a 点重合,当圆以顺时针方向转动,而直线 NN 向右移动时,圆上的 a_1 点依次转至位置 b_1 、 c_1 、 d_1 、 e_1 ……,直线上的 a_2 点依次移至位置 b_2 、 c_2 、 d_2 、 e_2 ……。 a 点的运动轨迹 e_1e_2 即是渐开线。并且 $\widehat{a_1b_1} = \widehat{a_2b_2}$ 、 $\widehat{a_1c_1} = \widehat{a_2c_2}$ ……。即为用极坐标法(也称展成法)画齿形的原理。

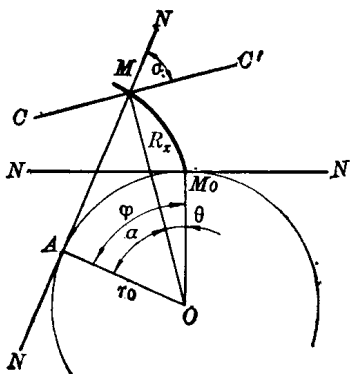


图 1

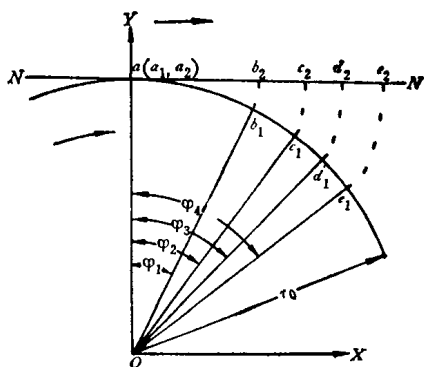


图 2

利用万能显微镜或大工具显微镜绘制放大图时, 应使齿轮基圆圆心与分度圆盘中心相重合, 然后在渐开线起始位置 a 点用划针在 y 轴方向划一短线, 再使放大图板以顺时针方向转动角度 φ_1 , 划针向右移动距离 $x_1 = a_2 b_2 = r_0 \varphi_1$, 在此位置再划一短线, 使圆依次转动角度 $\varphi_2, \varphi_3, \dots$, 划针依次向右移动距离 $x_2 = a_2 c_2 = r_0 \varphi_2, x_3 = a_2 d_2 = r_0 \varphi_3, \dots$ 。即可划出形成渐开线的一系列短线。

如上所述, 用此法画齿形放大图时, 必须具备两个运动: 即放大图板的转动和划针的移动。在大工具显微镜、万能显微镜或座标镗床上绘制齿形放大图时, 划针被固定在显微镜的物镜或座标镗床的主轴上, 在万能显微镜或大工具显微镜上划针是不能移动的, 而以分度圆盘的相对移动来实现, 即分度圆盘除了以顺时针方向转动之外, 还需向左作相应的移动。

绘制放大图时, 一般应在齿形工作部分内选取 10~15 个点 (如放大倍数很大时, 点数应相应增加), 各点沿齿形应分布均匀[●]。为此目的, 本应按渐开线的弧长取点, 但这会使计算复杂。因此,

- 通常按一等值的展开角 φ 的倍数来选取, 但这样所得的点沿齿形分布不均匀。渐开线的弧长, 虽然随着展开角的增大而增大, 但弧长相对于展开角的增大量在齿根部分小, 在齿顶部分则较大。

如右图所示, 当展开角 φ_x 有一增量 $d\varphi_x$ 时, 渐开线弧长的增量 dl 为:

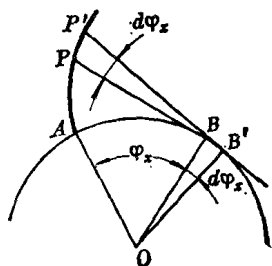
$$dl = \widehat{PP'} = BP d\varphi_x = \widehat{AB} d\varphi_x = r_0 \varphi_x d\varphi_x$$

渐开线弧长的增大量 Δl 与展开角的增大量 $\Delta\varphi_x$ 之间的关系, 可用下式表示:

$$\Delta l \approx r_0 \varphi_x \Delta\varphi_x$$

式中由于 φ_x 的变动范围较大, Δl 的变动则 will 更大。与齿形工作部分相当的展开角范围为 $3^\circ \sim 38^\circ (0.052 \sim 0.663 \text{ 弧度})$, 则弧长增大量的变动范围为 $\Delta l \approx 0.052 r_0 \Delta\varphi_x \sim 0.663 r_0 \Delta\varphi_x$,

由此式可知, 弧长增大量在齿顶和齿根相差达十余倍, 即如按一等值 φ 的倍数选取各点, 则所画齿形放大图的短线的间隔相差十余倍。



这里介绍沿齿形分布比较均匀按半径比 $\odot$ 取点的方法。

应用此法时,为确定所画齿形的范围,可先算出齿顶圆半径和基圆半径之比 $\frac{R_e}{r_0}$,以及齿根圆半径和基圆半径之比 $\frac{R_f}{r_0}$ 。比值分别按下式计算:

$$\frac{R_e}{r_0} = \frac{z + 2}{z \cos \alpha_f}$$

$$\frac{R_f}{r_0} = \frac{z - 2.5}{z \cos \alpha_f} \quad (\text{当 } h_f = 1.25m \text{ 时})$$

$$\frac{R_f}{r_0} = \frac{z - 2.7}{z \cos \alpha_f} \quad (\text{当 } h_f = 1.35m \text{ 时})$$

式中 z —— 齿轮齿数;

α_f —— 分度圆压力角。

半径比仅与齿数有关,其值可按表 1 查得。从表 1 查得最大和最小半径比之后,在这两个半径比之间选取 10~15 个等差的比值 $\frac{R_x}{r_0}$,再按下式计算与此比值相对应的展开角 φ 和展开弧长 x (即图 2 中的 a_2b_2 , a_2c_2 , a_2d_2)

$$\varphi = \alpha_x + \text{inv} \alpha_x$$

- 按半径比取点时,弧长的增大量在齿形工作部分内也是变动的,但变动范围较小。从渐开线起始点至其上任一点之间的弧长 l 为:

$$l = \int_0^{\varphi_x} r_0 \varphi_x d\varphi_x = \frac{1}{2} r_0 \varphi_x^2$$

$$\text{式中 } \varphi_x = \text{tg} \alpha_x, \quad \varphi_x^2 = \text{tg}^2 \alpha_x = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \left(\frac{R_x}{r_0} \right)^2 - 1$$

$$\text{则} \quad l = \frac{1}{2} r_0 \left[\left(\frac{R_x}{r_0} \right)^2 - 1 \right]$$

而弧长的增大量与半径比的增大量之间的关系,可近似地用下式表示。

$$\Delta l \approx r_0 \left(\frac{R_x}{r_0} \right) \Delta \left(\frac{R_x}{r_0} \right)$$

由于 $\frac{R_x}{r_0}$ 的变动范围较小,一般在 1~1.241 之间,故 Δl 的变动范围也较小。即按半径比取点,沿齿形的分布基本上是均匀的。

$$x = \rho = \frac{2\pi r_0}{360} \varphi$$

式中 α_x ——齿形上所取点的压力角

$$\cos \alpha_x = \frac{r_0}{R_x};$$

R_x ——齿形上所取点的半径。

当齿轮的齿数少于 42 (如 $h_f = 1.35m$, 则为 46) 时, 基圆大于齿根圆, 这时可取最小半径比等于 1。

为了便于计算, 根据上列公式所算出的, 当 $r_0 = 1$ 时与不同半径比 $\frac{R_x}{r_0}$ 相对应的展开角 φ 及其展开弧长 x 值列于表 2。从表 2 中所查得的 x 值乘以所画齿轮的基圆半径 r_0 和放大倍数 M , 即得放大图上各点的移动距离 xr_0M , 之后按所得的 φ 、 xr_0M 、 $y = r_0M$ 绘制第一侧齿形。

在一侧齿形画好之后, 需将分度圆盘退回到原始位置, 并以此位置转动一个基圆弧齿厚所对的圆心角 $2\omega_{z1}$, 即可画另一侧齿形。对于非变位齿轮, $2\omega_{z1}$ 可按下式计算 (图 3):

$$2\omega_{z1} = 2 \left(\frac{\pi}{2z} + \text{inv} \alpha_f \right)$$

式中 ω_{z1} ——基圆弧齿厚所对圆心角之半, 其值可由表 1 查出。

对于变位齿轮应将表中所查得的数值加上 $\frac{2\xi}{z} \text{tg} \alpha_f$,

$$= 0.72794 \frac{\xi}{z} \quad (\xi \text{ 为变位系数})。$$

画第二个齿的齿形时, 需将分度圆盘自原始位置转动一个齿距角 $\gamma = \frac{2\pi}{z}$, 其值可从表 16 第三排 ($\psi_f = \gamma$) 查得。

上述方法, 应用范围是有限的, 如仪器或机床的分度圆盘直径为 400 毫米, 则可能绘制放大图的被测齿轮, 其直径最大不超过 $\frac{400}{M}$ 毫米。

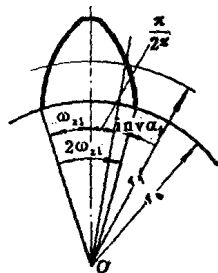


图 3

表 1 用极坐标法绘制齿形放大图的应用数值

z	m = 1 毫米时 的基圆半径 r ₀ (毫米)	最 大 半径比 K _p /r ₀	最小半径比 R _i /r ₀		基圆弧因厚所对圆心角之半 ω _{z1}	
			h _i = 1.25 m	h _i = 1.35 m	度	弧度
12	5.6381556	1.241			8°21'14"	0.145804
13	6.1080019	1.227			7°46'38"	0.135735
14	6.5778482	1.216			7°16'57"	0.127104
15	7.0476945	1.206			6°51'14"	0.119624
16	7.5175408	1.197			6°28'44"	0.113079
17	7.9873871	1.189			6°8'53"	0.107304
18	8.4572334	1.182			5°51'14"	0.102171
19	8.9270797	1.176			5°35'27"	0.097578
20	9.3969260	1.171			5°21'14"	0.093444
21	9.8667723	1.166			5°8'23"	0.089704
22	10.3366186	1.161			4°56'42"	0.086304
23	10.8064649	1.157			4°46'1"	0.083200
24	11.2763112	1.153			4°36'14"	0.080354
25	11.7461575	1.149			4°27'14"	0.077736
26	12.2160038	1.146			4°18'56"	0.075320
27	12.6859501	1.143			4°11'14"	0.073082
28	13.1556964	1.140			4°4'6"	0.071004
29	13.6255427	1.138			3°57'27"	0.069070
30	14.0953890	1.135			3°51'14"	0.067264
31	14.5652353	1.133			3°45'26"	0.065575
32	15.0350816	1.131			3°39'59"	0.063992
33	15.5049279	1.129			3°34'52"	0.062504
34	15.9747742	1.127			3°30'4"	0.061104
35	16.4446205	1.125			3°25'31"	0.059784
36	16.9144668	1.123			3°21'14"	0.058538
37	17.3843131	1.122			3°17'11"	0.057358
38	17.8541594	1.120			3°13'21"	0.056241
39	18.3240057	1.119			3°9'42"	0.055181
40	18.7938520	1.117			3°6'14"	0.054174
41	19.2636983	1.116	1		3°2'57"	0.053216
42	19.7335446	1.115	1.001		2°59'48"	0.052304
43	20.2033909	1.114	1.002		2°56'49"	0.051435
44	20.6732372	1.113	1.004		2°53'58"	0.050604
45	21.1430835	1.111	1.005	1	2°51'14"	0.049811
46	21.6129298	1.110	1.006	1.002	2°48'38"	0.049052
47	22.0827761	1.109	1.008	1.003	2°46'8"	0.048326
48	22.5526224	1.109	1.009	1.004	2°43'44"	0.047629
49	23.0224687	1.108	1.010	1.006	2°41'27"	0.046961
50	23.4923150	1.107	1.011	1.007	2°39'14"	0.046320
51	23.9621613	1.106	1.012	1.008	2°37'7"	0.045704
52	24.4320076	1.105	1.013	1.009	2°35'5"	0.045112
53	24.9018539	1.104	1.014	1.010	2°33'8"	0.044542
54	25.3717002	1.104	1.015	1.011	2°31'14"	0.043993
55	25.8415465	1.103	1.016	1.012	2°29'25"	0.043464
56	26.3113928	1.102	1.017	1.013	2°27'40"	0.042954
57	26.7812391	1.102	1.018	1.014	2°25'58"	0.042462
58	27.2510854	1.101	1.019	1.015	2°24'21"	0.041987
59	27.7209317	1.100	1.020	1.015	2°22'46"	0.041528
60	28.1907780	1.100	1.020	1.016	2°21'14"	0.041084

(续)

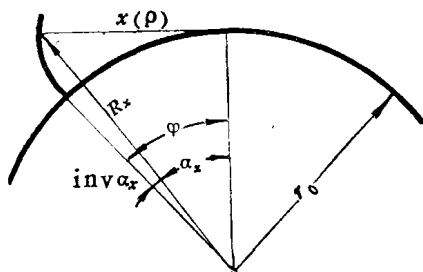
z	m = 1 毫米时的 基圆半径 r_0 (毫米)	最 大 半径比 R_e/r_0	最小半径比 R_i/r_0		基圆弧面厚所对圆心角之半 ω_{z1}	
			$h_i = 1.25m$	$h_i = 1.35m$	度	弧度
61	28.6606243	1.099	1.021	1.017	2°19'46"	0.040655
62	29.1304706	1.099	1.021	1.018	2°18'20"	0.040240
63	29.6003169	1.098	1.022	1.019	2°16'57"	0.039839
64	30.0701632	1.097	1.023	1.019	2°15'37"	0.039448
65	30.5400095	1.097	1.023	1.020	2°14'19"	0.039070
66	31.0098558	1.096	1.024	1.021	2°13' 3"	0.038704
67	31.4797021	1.096	1.024	1.021	2°11'50"	0.038349
68	31.9495484	1.095	1.025	1.022	2°10'39"	0.038004
69	32.4193947	1.095	1.026	1.023	2° 9'30"	0.037670
70	32.8892410	1.095	1.026	1.023	2° 8'23"	0.037344
71	33.3590873	1.094	1.027	1.024	2° 7'18"	0.037028
72	33.8289336	1.094	1.027	1.024	2° 6'14"	0.036721
73	34.2987799	1.093	1.028	1.025	2° 5'12"	0.036422
74	34.7686262	1.093	1.028	1.025	2° 4'13"	0.036131
75	35.2384725	1.093	1.029	1.026	2° 3'14"	0.035848
76	35.7083188	1.092	1.029	1.026	2° 2'18"	0.035573
77	36.1781651	1.092	1.030	1.027	2° 1'22"	0.035304
78	36.6480114	1.091	1.030	1.027	2° 0'28"	0.035043
79	37.1178577	1.091	1.031	1.028	1°59'36"	0.034788
80	37.5877040	1.091	1.031	1.028	1°58'44"	0.034539
81	38.0575503	1.090	1.031	1.029	1°57'54"	0.034297
82	38.5273966	1.090	1.032	1.029	1°57' 5"	0.034060
83	38.9972429	1.090	1.032	1.030	1°56'18"	0.033830
84	39.4670892	1.090	1.033	1.030	1°55'31"	0.033604
85	39.9369355	1.089	1.033	1.030	1°54'46"	0.033384
86	40.4067818	1.089	1.033	1.031	1°54' 1"	0.033169
87	40.8766281	1.089	1.034	1.031	1°53'19"	0.032960
88	41.3464744	1.088	1.034	1.032	1°52'36"	0.032754
89	41.8163207	1.088	1.034	1.032	1°51'55"	0.032554
90	42.2861670	1.088	1.035	1.032	1°51'14"	0.032358
91	42.7560133	1.087	1.035	1.033	1°50'35"	0.032166
92	43.2258596	1.087	1.035	1.033	1°49'56"	0.031978
93	43.6957059	1.087	1.036	1.033	1°49'18"	0.031795
94	44.1655522	1.087	1.036	1.034	1°48'41"	0.031615
95	44.6353985	1.087	1.036	1.034	1°48' 5"	0.031439
96	45.1052448	1.086	1.036	1.034	1°47'29"	0.031267
97	45.5750911	1.086	1.037	1.035	1°46'54"	0.031098
98	46.0449374	1.086	1.037	1.035	1°46'20"	0.030933
99	46.5147837	1.086	1.037	1.035	1°45'47"	0.030771
100	46.9846300	1.085	1.038	1.035	1°45'14"	0.030612
101	47.4544763	1.085	1.038	1.036	1°44'42"	0.030457
102	47.9243226	1.085	1.038	1.036	1°44'11"	0.030304
103	48.3941689	1.085	1.038	1.036	1°43'40"	0.030155
104	48.8640152	1.085	1.039	1.037	1°43' 9"	0.030008
105	49.3338615	1.084	1.039	1.037	1°42'40"	0.029864

(续)

z	m = 1 毫米时 的基圆半径 r_0 (毫米)	最 大 半径比 K_e/r_0	最小半径比 K_i/r_0		基圆弧齿厚所对圆心角之半 ω_{z1}	
			$h_i = 1.25 m$	$h_i = 1.35 m$	度	弧度
106	49.8037078	1.084	1.039	1.037	1°42'11"	0.029723
107	50.2735541	1.084	1.039	1.037	1°41'42"	0.029585
108	50.7434004	1.084	1.040	1.038	1°41'14"	0.029449
109	51.2132467	1.084	1.040	1.038	1°40'47"	0.029315
110	51.6830930	1.084	1.040	1.038	1°40'20"	0.029184
111	52.1529393	1.083	1.040	1.038	1°39'53"	0.029056
112	52.6227856	1.083	1.040	1.039	1°39'27"	0.028929
113	53.0926319	1.083	1.041	1.039	1°39' 1"	0.028805
114	53.5624782	1.083	1.041	1.039	1°38'36"	0.028683
115	54.0323245	1.083	1.041	1.039	1°38'11"	0.028563
116	54.5021708	1.083	1.041	1.039	1°37'47"	0.028446
117	54.9720171	1.082	1.042	1.040	1°37'24"	0.028330
118	55.4418634	1.082	1.042	1.040	1°37' "	0.028216
119	55.9117097	1.082	1.042	1.040	1°36'37"	0.028104
120	56.3815560	1.082	1.042	1.040	1°36'14"	0.027994
121	56.8514023	1.082	1.042	1.040	1°35'52"	0.027886
122	57.3212486	1.082	1.042	1.041	1°35'30"	0.027780
123	57.7910949	1.081	1.043	1.041	1°35' 9"	0.027675
124	58.2609412	1.081	1.043	1.041	1°34'47"	0.027572
125	58.7307875	1.081	1.043	1.041	1°34'26"	0.027471
126	59.2006338	1.081	1.043	1.041	1°34' 6"	0.027371
127	59.6704801	1.081	1.043	1.042	1°33'45"	0.027273
128	60.1403264	1.081	1.043	1.042	1°33'26"	0.027176
129	60.6101727	1.081	1.044	1.042	1°33' 6"	0.027081
130	61.0800190	1.081	1.044	1.042	1°32'46"	0.026987
131	61.5498653	1.080	1.044	1.042	1°32'28"	0.026895
132	62.0197116	1.080	1.044	1.042	1°32' 9"	0.026804
133	62.4895579	1.080	1.044	1.043	1°31'51"	0.026715
134	62.9594042	1.080	1.044	1.043	1°31'32"	0.026627
135	63.4292505	1.080	1.044	1.043	1°31'14"	0.026540
136	63.8990968	1.080	1.045	1.043	1°30'57"	0.026454
137	64.3689431	1.080	1.045	1.043	1°30'39"	0.026370
138	64.8387894	1.080	1.045	1.043	1°30'22"	0.026287
139	65.3086357	1.079	1.045	1.044	1°30' 5"	0.026205
140	65.7784820	1.079	1.045	1.044	1°29'48"	0.026124
141	66.2483283	1.079	1.045	1.044	1°29'32"	0.026045
142	66.7181746	1.079	1.045	1.044	1°29'16"	0.025966
143	67.1880209	1.079	1.046	1.044	1°29' "	0.025889
144	67.6578672	1.079	1.046	1.044	1°28'44"	0.025813
145	68.1277135	1.079	1.046	1.044	1°28'29"	0.025737
146	68.5975598	1.079	1.046	1.045	1°28'13"	0.025663
147	69.0674061	1.079	1.046	1.045	1°27'58"	0.025590
148	69.5372524	1.079	1.046	1.045	1°27'44"	0.025518
149	70.0070987	1.078	1.046	1.045	1°27'29"	0.025447
150	70.4769450	1.078	1.046	1.045	1°27'14"	0.025376

(续)

z	$m = 1$ 毫米时的基圆半径 r_0 (毫米)	最大半径比 R_e/r_0	最小半径比 R_i/r_0		基圆弧齿厚所对圆心角之半 $\omega_{.1}$	
			$h_i = 1.25m$	$h_i = 1.35m$	度	弧度
151	70.9467913	1.078	1.047	1.045	$1^\circ 27'$	0.025307
152	71.4166376	1.078	1.047	1.045	$1^\circ 26' 46''$	0.025239
153	71.8864839	1.078	1.047	1.045	$1^\circ 26' 32''$	0.025171
154	72.3563302	1.078	1.047	1.046	$1^\circ 26' 18''$	0.025104
155	72.8261765	1.078	1.047	1.046	$1^\circ 26' 5''$	0.025039
156	73.2960228	1.078	1.047	1.046	$1^\circ 25' 52''$	0.024974
157	73.7658691	1.078	1.047	1.046	$1^\circ 25' 38''$	0.024909
158	74.2357154	1.078	1.047	1.046	$1^\circ 25' 25''$	0.024846
159	74.7055617	1.078	1.047	1.046	$1^\circ 25' 12''$	0.024784
160	75.1754080	1.077	1.048	1.046	$1^\circ 24' 59''$	0.024722
161	75.6452543	1.077	1.048	1.046	$1^\circ 24' 47''$	0.024661
162	76.1151006	1.077	1.048	1.046	$1^\circ 24' 34''$	0.024601
163	76.5849469	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 24' 22''$	0.024541
164	77.0547932	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 24' 10''$	0.024482
165	77.5246395	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 23' 58''$	0.024424
166	77.9944858	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 23' 46''$	0.024367
167	78.4643321	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 23' 34''$	0.024310
168	78.9341784	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 23' 23''$	0.024254
169	79.4040247	1.077	1.048	1.047	$1^\circ 23' 11''$	0.024199
170	79.8738710	1.077	1.049	1.047	$1^\circ 23'$	0.024144
171	80.3437173	1.077	1.049	1.047	$1^\circ 22' 49''$	0.024090
172	80.8135636	1.077	1.049	1.047	$1^\circ 22' 38''$	0.024037
173	81.2834099	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 22' 27''$	0.023984
174	81.7532562	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 22' 16''$	0.023932
175	82.2231025	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 22' 6''$	0.023880
176	82.6929488	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 21' 55''$	0.023829
177	83.1627951	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 21' 45''$	0.023779
178	83.6326414	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 21' 35''$	0.023729
179	84.1024877	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 21' 24''$	0.023680
180	84.5723340	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 21' 14''$	0.023631
181	85.0421803	1.076	1.049	1.048	$1^\circ 21' 4''$	0.023583
182	85.5120266	1.076	1.050	1.048	$1^\circ 20' 55''$	0.023535
183	85.9818729	1.076	1.050	1.048	$1^\circ 20' 45''$	0.023488
184	86.4517192	1.076	1.050	1.049	$1^\circ 20' 35''$	0.023441
185	86.9215655	1.076	1.050	1.049	$1^\circ 20' 25''$	0.023395
186	87.3914118	1.076	1.050	1.049	$1^\circ 20' 16''$	0.023350
187	87.8612581	1.076	1.050	1.049	$1^\circ 20' 7''$	0.023304
188	88.3311044	1.076	1.050	1.049	$1^\circ 19' 58''$	0.023260
189	88.8009507	1.075	1.050	1.049	$1^\circ 19' 48''$	0.023215
190	89.2707970	1.075	1.050	1.049	$1^\circ 19' 40''$	0.023172
191	89.7406433	1.075	1.050	1.049	$1^\circ 19' 30''$	0.023128
192	90.2104896	1.075	1.050	1.049	$1^\circ 19' 22''$	0.023086
193	90.6803359	1.075	1.050	1.049	$1^\circ 19' 13''$	0.023043
194	91.1501822	1.075	1.050	1.049	$1^\circ 19' 4''$	0.023001
195	91.6200285	1.075	1.051	1.049	$1^\circ 18' 56''$	0.022960
196	92.0898748	1.075	1.051	1.050	$1^\circ 18' 48''$	0.022919
197	92.5597211	1.075	1.051	1.050	$1^\circ 18' 39''$	0.022878
198	93.0295674	1.075	1.051	1.050	$1^\circ 18' 31''$	0.022838
199	93.4994137	1.075	1.051	1.050	$1^\circ 18' 22''$	0.022798
200	93.9692620	1.075	1.051	1.050	$1^\circ 18' 14''$	0.022758

表2 $r_0=1$ 与 R_x/r_0 相对应的展开角 φ 及展开弧长 $x(\rho)$ 展开角 $\varphi = \alpha_x + \text{inv} \alpha_x$ 基圆中心到齿形上任意一点距离 $R_x = \frac{1}{\cos \alpha_x}$ 展开弧长 $x = \rho = 0.01745329 \varphi$

半径比 R_x/r_0	φ	$x(\rho)$	半径比 R_x/r_0	φ	$x(\rho)$	半径比 R_x/r_0	φ	$x(\rho)$
1.001	2°33'	0.044506	1.031	14°24'	0.251327	1.061	20°18'	0.354301
1.002	3°39'	0.063704	1.032	14°36'	0.254817	1.062	20°30'	0.357791
1.003	4°27'	0.077667	1.033	14°51'	0.259181	1.063	20°39'	0.360409
1.004	5°9'	0.089884	1.034	15°3'	0.262671	1.064	20°48'	0.363027
1.005	5°45'	0.100356	1.035	15°18'	0.267035	1.065	21°	0.366518
1.006	6°18'	0.109955	1.036	15°30'	0.270525	1.066	21°9'	0.369136
1.007	6°48'	0.118682	1.037	15°45'	0.274888	1.067	21°18'	0.371754
1.008	7°15'	0.126536	1.038	15°57'	0.278379	1.068	21°30'	0.375245
1.009	7°42'	0.134390	1.039	16°9'	0.281870	1.069	21°39'	0.377863
1.010	8°6'	0.141371	1.040	16°21'	0.285360	1.070	21°48'	0.380481
1.011	8°30'	0.148353	1.041	16°33'	0.288851	1.071	21°57'	0.383099
1.012	8°54'	0.155334	1.042	16°48'	0.293214	1.072	22°9'	0.386589
1.013	9°15'	0.161442	1.043	17°	0.296705	1.073	22°18'	0.389207
1.014	9°36'	0.167551	1.044	17°12'	0.300196	1.074	22°27'	0.391825
1.015	9°57'	0.173660	1.045	17°24'	0.303686	1.075	22°36'	0.394443
1.016	10°18'	0.179768	1.046	17°36'	0.307177	1.076	22°45'	0.397061
1.017	10°36'	0.185004	1.047	17°45'	0.309795	1.077	22°54'	0.399679
1.018	10°54'	0.190240	1.048	17°57'	0.313286	1.078	23°3'	0.402297
1.019	11°12'	0.195476	1.049	18°9'	0.316776	1.079	23°12'	0.404915
1.020	11°30'	0.200712	1.050	18°21'	0.320267	1.080	23°21'	0.407533
1.021	11°48'	0.205948	1.051	18°33'	0.323758	1.081	23°30'	0.410151
1.022	12°6'	0.211184	1.052	18°42'	0.326376	1.082	23°39'	0.412769
1.023	12°21'	0.215547	1.053	18°54'	0.329866	1.083	23°48'	0.415387
1.024	12°39'	0.220783	1.054	19°6'	0.333357	1.084	23°57'	0.418005
1.025	12°54'	0.225147	1.055	19°15'	0.335975	1.085	24°6'	0.420623
1.026	13°9'	0.229510	1.056	19°27'	0.339465	1.086	24°15'	0.423231
1.027	13°24'	0.233873	1.057	19°36'	0.342083	1.087	24°24'	0.425859
1.028	13°39'	0.238237	1.058	19°48'	0.345574	1.088	24°33'	0.428477
1.029	13°54'	0.242600	1.059	19°57'	0.348192	1.089	24°42'	0.431095
1.030	14°9'	0.246963	1.060	20°9'	0.351683	1.090	24°51'	0.433713