



工人技术读物
四川人民出版社

滚齿原理 与 调整计算



责任编辑：崔泽海

封面设计：张仁华

滚齿原理与调整计算 傅学平 编著

四川人民出版社出版 (成都盐道街三号)
四川省新华书店发行 渡口新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32印张18.25插页2 字数404千
1983年5月第一版 1983年5月第一次印刷
印数：1—3,850册

书号：15118·62 定价：1.47 元

前 言

职工教育是我国教育事业的组成部分，是提高职工科学文化水平，培养技术、管理人员的主要途径。为了适应我国国民经济的调整和“四化”建设的需要，我们组织了四川省科普创作协会部分会员，以及有关科研、教学、生产单位的科技人员和有丰富实践经验的老工人，编写了一套《工人技术读物》。这套“丛书”，是供具有初中文化程度、又有一定工作实践的工人和管理人员学习，并兼作职工培训教材。《滚齿原理与调整计算》就是这套“丛书”之一。

本书主要内容是讲述滚齿机工作原理和调整计算式推导，其中涉及渐开线的性质和齿轮传动原理，故对渐开线齿轮及其传动原理作了较扼要的介绍，以利于读者对滚齿机的工作原理计算式的理解，选择合理的传动参数。

为了更好地针对生产实际，提出问题，解决问题，作者在四川省机械局和四川人民出版社的支持下，曾到成都、重庆等地区许多厂子收集资料，得到同行的大力支持和帮助。其中宁江机床厂、德阳第二重型机械厂和重庆机床厂等，提供了许多宝贵资料。初稿写成后，又送请四川省机械局设备动力处审查，提出了许多宝贵的补充、修改意见，在此，一并表示感谢。由于我们水平有限，书中缺点错误难免，望读者批评指正。

四川省科普创作协会工交组

一九八一年八月

目 录

前 言

第一章 渐开线圆柱齿轮啮合.....(1)

第一节 圆的渐开线.....(1)

第二节 渐开线圆柱直齿轮参数名称及其计算式.....(5)

第三节 渐开线齿轮的啮合特点.....(22)

第四节 圆柱斜齿轮参数及其计算式.....(33)

第五节 变位齿轮的啮合与计算.....(53)

第二章 轮系及其传动比计算.....(71)

第一节 定轴轮系传动比的计算.....(73)

第二节 行星轮系传动比的计算.....(79)

第三章 滚齿机工作原理及计算式推导.....(102)

第一节 滚齿工作原理.....(102)

第二节 滚齿机型式与结构.....(105)

第三节 滚齿机传动参数及调整计算式.....(108)

第四节 滚齿机各计算式推导实例.....(151)

第四章 圆柱齿轮的基本测量.....(462)

第一节 分度圆弦齿厚和弦齿高的测量.....(462)

第二节 固定弦齿厚和固定弦齿高的测量.....(464)

第三节 圆柱齿轮公法线长度的测量.....(470)

第五章 齿轮滚刀的基本知识.....(497)

第一节 渐开线齿轮滚刀的齿廓形线.....(504)

第二节 滚刀结构参数对齿轮质量的影响.....(506)

第三节 滚刀的刃磨.....(508)

第六章 交换齿轮组的几种近似计算.....(511)

第一节 简单加减法.....(511)

第二节 分数取一法.....(515)

第三节 辗转相除法.....(517)

第四节 分数直接加法.....(320)

第五节 分数比重加法.....(523)

附：1~10000 小于 127 整数因子表

第一章 渐开线圆柱齿轮啮合

第一节 圆的渐开线

任何平面图形都可以做为基准画出它的渐开线，如图(1-1)所示。这是以正方形为基准的渐开线。

它是以 b 点为圆心， ab 为半径的圆弧 ae ；以 c 点为圆心， ce 为半径的圆弧 ef 等形成的。

正无穷多边形渐开线，即为圆的渐开线。

当不专门指出什么平面图形为基准的渐开线时，都是以圆为基准的渐开线。渐开线齿轮的齿廓，就是这类渐开线的一段。

一、渐开线的形成

把卷紧在圆柱体上一条细线逐渐展开，细线上任一点的运动轨迹，就是以该圆柱体为基准的渐开线，如图(1-2)所

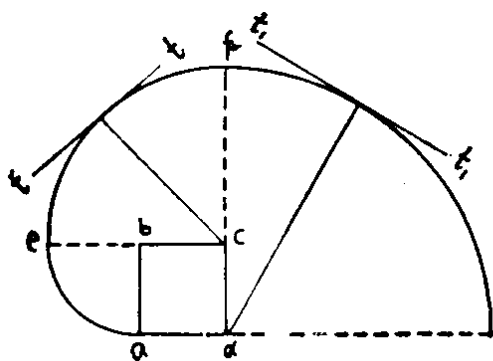


图 1-1 正方形渐开线

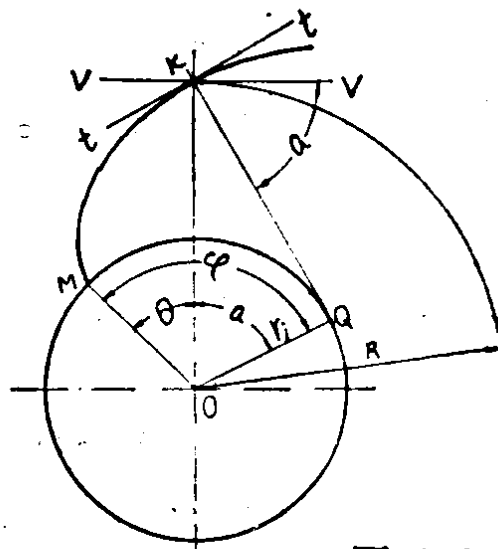


图 1-2

示。 MK 是以 O 为圆心，以 OQ 为半径圆的渐开线。

当直尺在一定圆上做无滑动的滚动，直尺上任一点所描出的轨迹，同样是圆的渐开线，如图(1-3) aa' 、 bb' 所示。

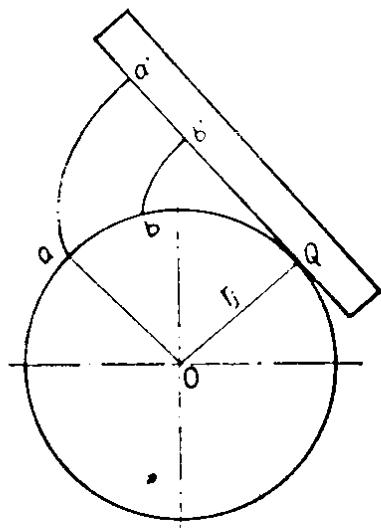


图 1-3

二、渐开线各个要素和名称

1. 基圆

渐开线形成时作为基准的圆柱体或定圆，称为渐开线的基圆。基圆半径一般用“ r_j ”表示，直径用“ d_j ”表示。渐开线的始点位于基圆上。不同基圆就有不同的渐开线。渐开线曲率随基圆大小而变，基圆愈小，渐开线曲率愈大，也就是渐开线弯曲得愈厉害；基圆愈大，渐开线曲率愈小，则渐开线愈平直；当基圆半径变成无穷大时，渐开线就变成一条直线。齿条齿廓就是这样一条直线。所以，齿轮和齿条有同一属性。渐开线虽是比较复杂的曲线，但渐开线齿轮仍可用直线形齿条刀加工。

2. 渐开线的发生线

卷紧在圆柱体上的细线，或在定圆上做无滑动滚动的直尺，统称渐开线的发生线。

3. 渐开线的压力角

渐开线齿廓上任一点 K 的压力角，就是 K 点的压力方向线 KQ 和该点运动速度方向线 KV 之间的夹角，如图(1-2) $\angle VKQ$ 。压力角一般用“ α ”表示

因为 $\overline{KV} \perp \overline{KO}$, $\overline{KQ} \perp \overline{OQ}$

所以 $\angle KOQ = \angle VKQ = \alpha$

渐开线上各点的压力角是不等的，基圆上点的压力角为

0，点离基圆愈远其压力角愈大，从图(1-4)可明显的看出这一点。

在 MK_1 线上， K_1 点的压力角为 α_1 ；在 MK 线上， K 点的压力角为 α ：

$$\text{因 } R > R_1, \quad r_i = r_j$$

$$\text{而 } \cos \alpha = \frac{r_j}{R}, \quad \cos \alpha_1 = \frac{r_j}{R_1}, \quad \frac{r_j}{R_1} > \frac{r_j}{R}$$

$$\text{则 } \alpha > \alpha_1$$

当渐开线在开始点 M 时

$$\text{因 } R = r_i$$

$$\text{而 } \cos \alpha = \frac{r_j}{R} = 1$$

$$\text{则 } \alpha = 0$$

对于渐开线齿形，受力方向线就是渐开线的法线、基圆的切线或渐开线的发生线；速度方向线就是运动方向线。转动的齿轮任意点的速度方向线，就是和该点向量半径垂直的直线。

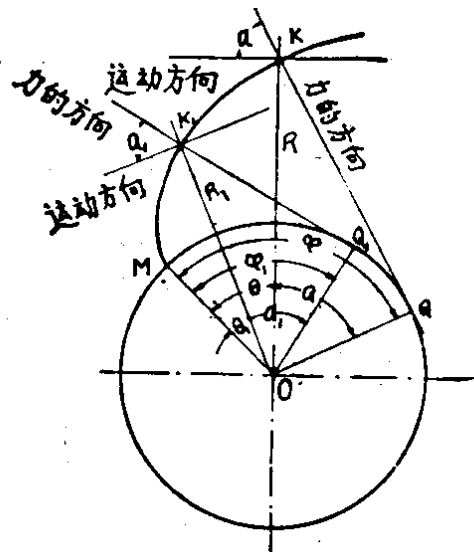


图 1-4

4. 渐开线角

渐开线角，就是渐开线开始点 M 与基圆圆心的连线 MO 和渐开线上任一点 K_1 与基圆圆心连线 K_1O (或 KO) 之间的夹角，如图(1-4) $\angle MOK_1$ 或 $\angle MOK$ 。一般用 “ θ ” 表示，也可用 “ $\text{inv } \alpha$ ” 表示。它是压力角 α 的函数。

5. 渐开线的展开角

渐开线 K 点的展开角，是渐开线在这点的曲率半径卷复到基圆上去的弧长所对的基圆中心角，一般用 “ φ ” 表示，如

图(1-4) $\angle MOQ$ 。

三、渐开线的性质:

根据渐开线形成过程, 可清楚地看到, 它有如下几个基本性质:

1. 渐开线发生线所展开的弧长 $\widehat{MQ}$ 等于直线 $\overline{KQ}$ 。因为 $\overline{KQ}$ 就是 $\widehat{MQ}$ 的展开线。

2. 发生线 $\overline{KQ}$ 是基圆的切线, 又是渐开线 K 点的法线。或者说是渐开线 K 点的曲率半径。曲率半径一般用“ ρ ”表示。

3. 同一基圆上的渐开线, 在法线上所截取的线段相等, 并等于渐开线开始点间的基圆弧长, 如图(1-5)所示也就是:

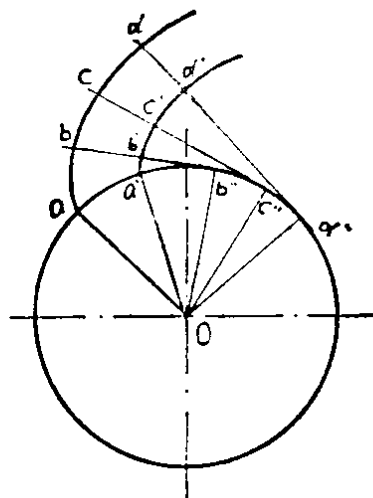


图 1-5

$$\widehat{aa'} = \overline{bb'} = \overline{cc'} = \overline{dd'}$$

证明: $\widehat{ab''} = \widehat{aa'} + \widehat{a'b''}$ 和 $\overline{bb''} = \overline{bb'} + \overline{b'b''}$

因为: $\widehat{ab''} = \overline{bb''}$

所以: $\widehat{aa'} + \widehat{a'b''} = \overline{bb'} + \overline{b'b''}$

因为: $\widehat{aa'} = \overline{bb'}$

所以: $\widehat{a'b''} = \overline{b'b''}$

同理可证: $\widehat{aa'} = \overline{cc'} = \overline{dd'}$

四、渐开线参数方程

渐开线参数方程, 就是要解决线上任一点的位置问题。

从渐开线形成过程可知, 它必须具备两个条件:

第一, 渐开线 K 点到基圆心的距离, 也就是 K 点的向量

半径 R ；其次，渐开线开始点 M 到基圆心的距离，也就是基圆半径 r_i 。 r_i 与 R 的夹角即为渐开线角 θ 。 θ 又是 K 点压力角 a 的函数，如图 (1-6) 所示。

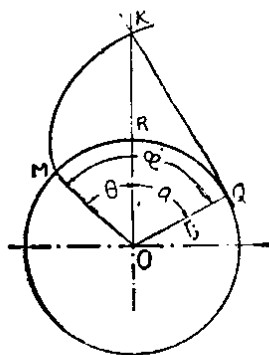


图 1-6

在 $\triangle KOQ$ 中

$$\cos a = \frac{r_i}{R}, \quad R = \frac{r_i}{\cos a} \quad (1-1)$$

$$\theta = \angle MOQ - a = \varphi - a$$

$$\varphi = \frac{\widehat{MQ}}{r_i} = \frac{\overline{KQ}}{r_i} = \operatorname{tg} a$$

$$\therefore \quad \theta = \operatorname{tg} a - a \quad (1-2)$$

式中： θ 和 a 都是用弧度表示。

综上，渐开线上任意点的参数方程为：

$$R = \frac{r_i}{\cos a}$$

$$\theta = \operatorname{tg} a - a$$

用这两个方程即可确定渐开线任一点的位置。

工程上把渐开线函数编制成表，以备计算上的应用。

渐开线函数表 ($\theta = \operatorname{tg} a - a$)，列表 (1-1)。

第二节 渐开线圆柱直齿轮参数名称及其计算式

圆柱直齿轮最基本的参数有四个，这些参数确定之后，齿轮的端面和轴向形状就已确立。

1. 直齿轮齿数 (Z)，它是根据齿轮传动速比来选择的；
2. 模数 (m)，就是表示牙齿大小的一个参数。它是根

表1—1

渐开线函数

分	14°	15°	16°	17°
0	0.0049819	0.0061498	0.0074927	0.0090247
1	0.0050000	0.0061707	0.0075166	0.0090519
2	0.0050182	0.0061917	0.0075406	0.0090792
3	0.0050364	0.0062127	0.0075647	0.0091065
4	0.0050546	0.0062337	0.0075888	0.0091339
5	0.0050729	0.0062548	0.0076130	0.0091614
6	0.0050912	0.0062760	0.0076372	0.0091889
7	0.0051096	0.0062972	0.0076614	0.0092164
8	0.0051280	0.0063184	0.0076857	0.0092440
9	0.0051465	0.0063397	0.0077101	0.0092717
10	0.0051650	0.0063611	0.0077345	0.0092994
11	0.0051835	0.0063825	0.0077590	0.0093272
12	0.0052022	0.0064039	0.0077835	0.0093551
13	0.0052208	0.0064254	0.0078081	0.0093830
14	0.0052395	0.0064470	0.0078327	0.0094109
15	0.0052582	0.0064686	0.0078574	0.0094390
16	0.0052770	0.0064902	0.0078822	0.0094670
17	0.0052958	0.0065119	0.0079069	0.0094952
18	0.0053147	0.0065337	0.0079318	0.0095234
19	0.0053336	0.0065555	0.0079567	0.0095516
20	0.0053526	0.0065773	0.0079817	0.0095799

值($\operatorname{inv} a = \operatorname{tg} a - a$)

18°	19°	20°	21°
0.0107604	0.0127151	0.0149044	0.0173449
0.0107912	0.0127496	0.0149430	0.0173878
0.0108220	0.0127842	0.0149816	0.0174308
0.0108528	0.0128188	0.0150203	0.0174738
0.0108838	0.0128535	0.0150591	0.0175169
0.0109147	0.0128883	0.0150979	0.0175601
0.0109458	0.0129232	0.0151369	0.0176034
0.0109769	0.0129581	0.0151758	0.0176468
0.0110081	0.0129931	0.0152149	0.0176902
0.0110393	0.0130281	0.0152540	0.0177337
0.0110706	0.0130632	0.0152932	0.0177773
0.0111019	0.0130984	0.0153325	0.0178209
0.0111333	0.0131336	0.0153719	0.0178646
0.0111648	0.0131689	0.0154113	0.0179084
0.0111964	0.0132043	0.0154507	0.0179523
0.0112280	0.0132398	0.0154903	0.0179963
0.0112596	0.0132753	0.0155299	0.0180403
0.0112913	0.0133103	0.0155696	0.0180844
0.0113231	0.0133465	0.0156094	0.0181286
0.0113550	0.0133822	0.0156492	0.0181728
0.0113869	0.0134180	0.0156891	0.0182172

分	14°	15°	16°	17°
21	0.0053716	0.0065992	0.0080067	0.0096082
22	0.0053907	0.0066211	0.0080317	0.0096367
23	0.0054098	0.0066431	0.0080568	0.0096652
24	0.0054290	0.0066652	0.0080820	0.0096937
25	0.0054482	0.0066873	0.0081072	0.0097223
26	0.0054674	0.0067094	0.0081325	0.0097510
27	0.0054867	0.0067316	0.0081578	0.0097797
28	0.0055060	0.0067539	0.0081832	0.0098085
29	0.0055254	0.0067762	0.0082087	0.0098373
30	0.0055448	0.0067985	0.0082342	0.0098662
31	0.0055643	0.0068209	0.0082597	0.0098951
32	0.0055838	0.0068434	0.0082853	0.0099241
33	0.0056034	0.0068659	0.0083110	0.0099532
34	0.0056230	0.0068884	0.0083367	0.0099823
35	0.0056427	0.0069110	0.0083625	0.0100115
36	0.0056624	0.0069337	0.0083883	0.0100407
37	0.0056822	0.0069564	0.0084142	0.0100700
38	0.0057020	0.0069791	0.0084401	0.0100994
39	0.0057218	0.0070019	0.0084661	0.0101288
40	0.0057417	0.0070248	0.0084921	0.0101583

18°	19°	20°	21°
0.0114189	0.0134538	0.0157291	0.0182616
0.0114509	0.0134897	0.0157692	0.0183061
0.0114830	0.0135257	0.0158093	0.0183506
0.0115151	0.0135617	0.0158495	0.0183953
0.0115474	0.0135978	0.0158898	0.0184400
0.0115796	0.0136340	0.0159301	0.0184848
0.0116120	0.0136702	0.0159705	0.0185296
0.0116444	0.0137065	0.0160110	0.0185746
0.0116769	0.0137429	0.0160516	0.0186196
0.0117094	0.0137794	0.0160922	0.0186647
0.0117420	0.0138159	0.0161329	0.0187099
0.0117747	0.0138525	0.0161737	0.0187551
0.0118074	0.0138891	0.0162145	0.0188004
0.0118402	0.0139258	0.0162554	0.0188458
0.0118730	0.0139626	0.0162964	0.0188913
0.0119059	0.0139994	0.0163375	0.0189369
0.0119389	0.0140364	0.0163786	0.0189825
0.0119720	0.0140734	0.0164198	0.0190282
0.0120051	0.0141104	0.0164611	0.0190740
0.0120382	0.0141475	0.0165024	0.0191199

分	14°	15°	16°	17°
41	0.0057617	0.0070477	0.0085182	0.0101878
42	0.0057817	0.0070706	0.0085444	0.0102174
43	0.0058017	0.0070936	0.0085706	0.0102471
44	0.0058218	0.0071167	0.0085969	0.0102768
45	0.0058420	0.0071398	0.0086232	0.0103066
46	0.0058622	0.0071630	0.0086496	0.0103364
47	0.0058824	0.0071862	0.0086760	0.0103663
48	0.0059028	0.0072095	0.0087025	0.0103963
49	0.0059230	0.0072328	0.0087290	0.0104263
50	0.0059434	0.0072561	0.0087556	0.0104564
51	0.0059638	0.0072796	0.0087823	0.0104865
52	0.0059843	0.0073030	0.0088090	0.0105167
53	0.0060048	0.0073266	0.0088358	0.0105469
54	0.0060254	0.0073501	0.0088626	0.0105773
55	0.0060460	0.0073738	0.0088895	0.0106076
56	0.0060667	0.0073975	0.0089164	0.0106381
57	0.0060874	0.0074212	0.0089434	0.0106686
58	0.0061081	0.0074450	0.0089704	0.0106991
59	0.0061289	0.0074588	0.0089975	0.0107298
60	0.0061498	0.0074927	0.0090247	0.0107604

18°	19°	20°	21°
0.0120715	0.0141847	0.0165439	0.0191659
0.0121048	0.0142220	0.0165854	0.0192119
0.0121381	0.0142593	0.0166269	0.0192580
0.0121715	0.0142967	0.0166686	0.0193042
0.0122050	0.0143342	0.0167103	0.0193504
0.0122386	0.0143717	0.0167521	0.0193968
0.0122722	0.0144093	0.0167939	0.0194432
0.0123059	0.0144470	0.0168359	0.0194897
0.0123396	0.0144847	0.0168779	0.0195363
0.0123734	0.0145225	0.0169200	0.0195829
0.0124073	0.0145604	0.0169621	0.0196296
0.0124412	0.0145983	0.0170044	0.0196765
0.0124752	0.0146363	0.0170467	0.0197233
0.0125093	0.0146744	0.0170891	0.0197703
0.0125434	0.0147126	0.0171315	0.0198174
0.0125776	0.0147508	0.0171740	0.0198645
0.0126119	0.0147891	0.0172166	0.0199117
0.0126462	0.0148275	0.0172593	0.0199590
0.0126806	0.0148659	0.0173021	0.0200063
0.0127151	0.0149044	0.0173449	0.0200533

分	22°	23°	24°	25°
0	0.0200538	0.0230491	0.0263497	0.0299753
1	0.0201013	0.0231015	0.0264074	0.0300388
2	0.0201489	0.0231541	0.0264652	0.0301020
3	0.0201966	0.0232067	0.0265231	0.0301655
4	0.0202444	0.0232594	0.0265810	0.0302291
5	0.0202922	0.0233122	0.0266391	0.0302928
6	0.0203401	0.0233651	0.0266973	0.0303566
7	0.0203881	0.0234181	0.0267555	0.0304205
8	0.0204362	0.0234711	0.0268139	0.0304844
9	0.0204844	0.0235242	0.0268723	0.0305485
10	0.0205326	0.0235775	0.0269308	0.0306127
11	0.0205809	0.0236308	0.0269894	0.0306769
12	0.0206293	0.0236842	0.0270481	0.0307413
13	0.0206778	0.0237376	0.0271069	0.0308058
14	0.0207264	0.0237912	0.0271658	0.0308703
15	0.0207750	0.0238449	0.0272248	0.0309350
16	0.0208238	0.0238986	0.0272839	0.0309997
17	0.0208726	0.0239524	0.0273430	0.0310646
18	0.0209215	0.0240063	0.0274023	0.0311295
19	0.0209704	0.0240603	0.0274617	0.0311946
20	0.0210195	0.0241144	0.0275211	0.0312597