

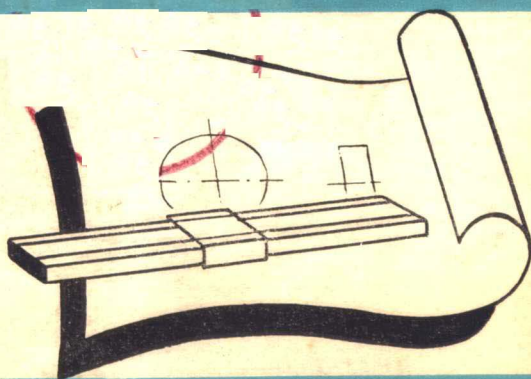
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

变位齿轮各部尺寸计算

曹振洲 编著

易 计 算

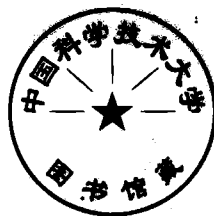


机械工业出版社

8.246
23

内容提要 本书从渐开线的特点谈起,说明产生轮齿根切的原因,以及变位齿轮的原理、种类和用途。本书着重讲解变位直齿圆柱齿轮、变位斜齿圆柱齿轮、变位内啮合齿轮和变位圆锥齿轮等的各部尺寸计算,系统地列出有关计算公式,说明计算的方法,并列举了不少计算实例。

本书可供三四级机械工人阅读。



变位齿轮各部尺寸计算

曾振洲 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登记证出字第 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 $2 \frac{12}{16}$ · 字数 63 千字

1966年3月北京第一版·1974年6月北京重排第二次印刷

印数 60,001—190,000 · 定价 0.21 元

*

统一书号: 15033·3966

毛主席语录

红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一。一定要批判不问政治的倾向。一方面要反对空头政治家，另一方面要反对迷失方向的实际家。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 次

一	谈谈变位齿轮.....	1
1	齿轮的齿形曲线——渐开线(1)——2 渐开线函数和函数表(2)——3 齿轮各部分的名称、代号和意义(8)——4 标准齿轮的根切现象(10)——5 变位齿轮的原理和作用(13)——6 变位齿轮的种类和应用(16)——7 变位齿轮计算的特点(17)	
二	变位直齿圆柱齿轮各部尺寸计算.....	19
1	直齿圆柱齿轮概述(19)——2 高变位直齿圆柱齿轮(20)——3 角变位直齿圆柱齿轮(30)	
三	变位斜齿圆柱齿轮各部尺寸计算.....	45
1	斜齿圆柱齿轮概述(45)——2 高变位斜齿圆柱齿轮(48)——3 角变位斜齿圆柱齿轮(53)	
四	变位内啮合圆柱齿轮各部尺寸计算.....	59
1	内啮合圆柱齿轮概述(59)——2 变位内啮合直齿圆柱齿轮(60)——3 变位内啮合斜齿圆柱齿轮(64)	
五	变位圆锥齿轮各部尺寸计算.....	68
1	变位圆锥齿轮概述(68)——2 高变位圆锥齿轮(71)——3 角变位圆锥齿轮(75)——4 等隙齿圆锥齿轮(83)	

— 谈谈变位齿轮

1 齿轮的齿形曲线——渐开线 齿轮是一种重要的机械零件，差不多所有的机器和仪器中，都少不了齿轮传动装置。因为齿轮传动具有速比准确恒定、工作可靠、传动平稳等一系列的优点，所以得到了广泛的应用。

为什么齿轮传动能够准确平稳呢？那是因为选用了合适的齿形曲线。一般合乎要求的曲线有两种●：渐开线和摆线，其中最常用的是渐开线，摆线齿形已经应用得很少了。渐开线是怎样形成的呢？我们可以用一个圆柱形的物体，在它的边缘绕一根线，线的一端压在圆柱体的下面，使它不能松动，另一端系一枝铅笔，首先把铅笔靠拢圆柱体，并把线拉紧，然后再牵动着铅笔和线，这时由铅笔所绘出的曲线，就是渐开线。圆柱体就叫做渐开线的基圆（图1）。

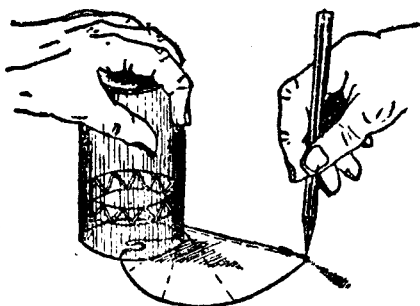


图1 渐开线的划法

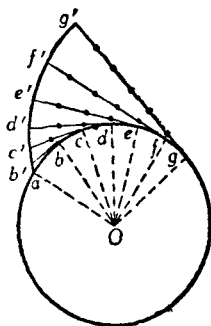


图2 渐开线

● 除渐开线和摆线齿轮外，还有圆弧点啮合齿轮，它的齿形曲线是圆弧。

从上面所说的渐开线形成过程中，我们可以看出：渐开线上每一点的半径都是变化的，在基圆上的渐开线起点（图 2 中的点 a ）半径为 0，以后半径逐渐增大，离基圆越远的点，半径也就越大。渐开线的形状，完全决定于基圆的大小；基圆以内没有渐开线。这些就是渐开线的主要性质。

2 渐开线函数和函数表

我们已经知道了渐开线的形成和它的主要性质，现在再进一步研究渐开线函数。

如图 3 所示： O 点是基圆的圆心， r_0 是基圆半径， A 点

是圆弧 $\widehat{B_1B}$ 展伸成的渐开线上的一点， AB 代表伸直的线条，所以 AB 的长度就等于圆弧 $\widehat{B_1B}$ 的弧长，即： $AB = \widehat{B_1B}$

又从图中可以看出：

$$\widehat{B_1C} = \widehat{B_1B} - \widehat{CB} \text{ 而}$$

$$\widehat{B_1C} = r_0 \times \theta$$

$$\widehat{B_1B} = AB = r_0 \times \operatorname{tg} \alpha$$

$$\widehat{CB} = r_0 \times \alpha$$

$$\text{即} \quad r_0 \times \theta = r_0 \times \operatorname{tg} \alpha - r_0 \times \alpha$$

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

角 α 叫做 A 点处的压力角。角 θ 就叫做角 α 的渐开线函数，用符号 $\operatorname{inv} \alpha$ 表示。即：

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \quad (1a)$$

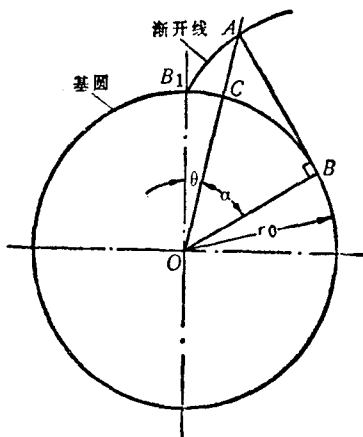


图 3 渐开线函数

$\text{inv } \alpha$ 读作 [因伏阿法]，它的值随 α 值而变化，单位是弧度。所谓弧度，就是某一夹角所对应的圆弧长度与其半径的比值。譬如一个半圆的夹角是 180° ，它所对应的弧长是 πR ，因此半圆的弧度是 $\pi R/R = \pi = 3.1416$ 弧度。

由此，我们可以看出，角度和弧度的关系：即角度为 180° 时相当于 3.1416 弧度。因此角度和弧度可以用下面的公式换算。

当已知角度数值要换算成弧度时：

$$\alpha^\circ = \frac{3.1416 \alpha}{180} (\text{弧度}) \quad (2)$$

当已知弧度值要换算成角度时：

$$\alpha (\text{弧度}) = \frac{180^\circ \alpha}{3.1416} \quad (2a)$$

例 1 求 $\alpha = 20^\circ$ 时的渐开线函数值 $\text{inv } \alpha = ?$

解 先用公式 (2) 将 α 化成弧度：

$$\alpha = \frac{3.1416 \alpha}{180} = \frac{3.1416 \times 20}{180} = 0.34907 (\text{弧度})$$

再由三角函数表查得： $\text{tg} 20^\circ = 0.36397$ ，代入公式 (1a) 得：

$$\text{inv } \alpha = \text{tg } \alpha - \alpha = 0.36397 - 0.34907 = 0.0149$$

根据 α 角的不同数值，就可以由公式 (1a) 推算出 $\text{inv } \alpha$ 的相应值来。把它们按顺序排成表格，就得出渐开线函数表。表 1 所列的渐开线函数， α 角从 14° 到 29° ，每隔 $1'$ 有一个函数值。只要知道了 α 的值，就可以从表中查出相应的 $\text{inv } \alpha$ 来。例如： $\alpha = 21^\circ 35'$ ，查表 1 得：

$$\text{inv } \alpha = 0.0188913$$

应用渐开线函数计算变位齿轮尺寸的具体方法和例子，将在以后各章中分别介绍。

表1 渐开线函数表

分	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°
0	0.0049819	0.0061498	0.0074927	0.0090247	0.0107604	0.0127151	0.0149044	0.0173449
1	0.0050000	0.0061707	0.0075166	0.0090519	0.0107912	0.0127496	0.0149430	0.0173878
2	0.0050182	0.0061917	0.0075406	0.0090792	0.0108220	0.0127842	0.0149816	0.0174308
3	0.0050364	0.0062127	0.0075647	0.0091065	0.0108528	0.0128188	0.0150203	0.0174738
4	0.0050546	0.0062337	0.0075888	0.0091339	0.0108838	0.0128535	0.0150591	0.0175169
5	0.0050729	0.0062548	0.0076130	0.0091614	0.0109147	0.0128883	0.0150979	0.0175601
6	0.0050912	0.0062760	0.0076372	0.0091889	0.0109458	0.0129232	0.0151369	0.0176034
7	0.0051096	0.0062972	0.0076614	0.0092164	0.0109769	0.0129581	0.0151758	0.0176468
8	0.0051280	0.0063184	0.0076857	0.0092440	0.0110081	0.0129931	0.0152149	0.0176902
9	0.0051465	0.0063397	0.0077101	0.0092717	0.0110393	0.0130281	0.0152540	0.0177337
10	0.0051650	0.0063611	0.0077345	0.0092994	0.0110706	0.0130632	0.0152932	0.0177773
11	0.0051835	0.0063825	0.0077590	0.0093272	0.0111019	0.0130984	0.0153325	0.0178209
12	0.0052022	0.0064039	0.0077835	0.0093551	0.0111333	0.0131336	0.0153719	0.0178646
13	0.0052208	0.0064254	0.0078081	0.0093830	0.0111648	0.0131689	0.0154113	0.0179084
14	0.0052395	0.0064470	0.0078327	0.0094109	0.0111964	0.0132043	0.0154507	0.0179523
15	0.0052582	0.0064686	0.0078574	0.0094390	0.0112280	0.0132398	0.0154903	0.0179963
16	0.0052770	0.0064902	0.0078822	0.0094670	0.0112596	0.0132753	0.0155299	0.0180403
17	0.0052958	0.0065119	0.0079069	0.0094952	0.0112913	0.0133103	0.0155696	0.0180844
18	0.0053147	0.0065337	0.0079318	0.0095234	0.0113231	0.0133455	0.0156094	0.0181286
19	0.0053336	0.0065555	0.0079567	0.0095516	0.0113550	0.0133822	0.0156492	0.0181728
20	0.0053526	0.0065773	0.0079817	0.0095799	0.0113869	0.0134180	0.0156891	0.0182172
21	0.0053716	0.0065992	0.0080067	0.0096082	0.0114189	0.0134538	0.0157291	0.0182616
22	0.0053907	0.0066211	0.0080317	0.0096367	0.0114509	0.0134897	0.0157692	0.0183061
23	0.0054098	0.0066431	0.0080568	0.0096652	0.0114830	0.0135257	0.0158093	0.0183506
24	0.0054290	0.0066652	0.0080820	0.0096937	0.0115151	0.0135617	0.0158495	0.0183953
25	0.0054482	0.0066873	0.0081072	0.0097223	0.0115474	0.0135978	0.0158898	0.0184400
26	0.0054674	0.0067094	0.0081325	0.0097510	0.0115796	0.0136340	0.0159301	0.0184848
27	0.0054867	0.0067316	0.0081578	0.0097797	0.0116120	0.0136702	0.0159705	0.0185296
28	0.0055060	0.0067539	0.0081832	0.0098085	0.0116444	0.0137065	0.0160110	0.0185746
29	0.0055254	0.0067762	0.0082087	0.0098373	0.0116769	0.0137429	0.0160516	0.0186196
30	0.0055448	0.0067985	0.0082342	0.0098662	0.0117094	0.0137794	0.0160922	0.0186647

31	0.00556643	0.0068209	0.0082597	0.0098951	0.0117420	0.0138159	0.0161329	0.0187099
32	0.0055838	0.0068434	0.0082853	0.0099241	0.0117747	0.0138525	0.0161737	0.0187551
33	0.0056034	0.0068659	0.0083110	0.0099532	0.0118074	0.0138891	0.0162145	0.0188004
34	0.0056230	0.0068884	0.0083367	0.0099823	0.0118402	0.0139258	0.0162554	0.0188458
35	0.0056427	0.0069110	0.0083625	0.0100115	0.0118730	0.0139626	0.0162964	0.0188913
36	0.0056624	0.0069337	0.0083883	0.0100407	0.0119059	0.0139994	0.0163375	0.0189369
37	0.0056822	0.0069564	0.0084142	0.0100700	0.0119389	0.0140364	0.0163786	0.0189825
38	0.0057020	0.0069791	0.0084401	0.0100994	0.0119720	0.0140734	0.0164198	0.0190282
39	0.0057218	0.0070019	0.0084661	0.0101288	0.0120051	0.0141104	0.0164611	0.0190740
40	0.0057417	0.0070248	0.0084921	0.0101583	0.0120382	0.0141475	0.0165024	0.0191199
41	0.0057617	0.0070477	0.0085182	0.0101878	0.0120715	0.0141847	0.0165439	0.0191659
42	0.0057817	0.0070706	0.0085444	0.0102174	0.0121048	0.0142220	0.0165854	0.0192119
43	0.0058017	0.0070936	0.0085706	0.0102471	0.0121381	0.0142593	0.0166269	0.0192580
44	0.0058218	0.0071167	0.0085969	0.0102768	0.0121715	0.0142967	0.0166686	0.0193042
45	0.0058420	0.0071398	0.0086232	0.0103066	0.0122050	0.0143342	0.0167103	0.0193504
46	0.0058622	0.0071630	0.0086496	0.0103364	0.0122386	0.0143717	0.0167521	0.0193968
47	0.0058824	0.0071862	0.0086760	0.0103663	0.0122722	0.0144093	0.0167939	0.0194432
48	0.0059028	0.0072095	0.0087025	0.0103963	0.0123059	0.0144470	0.0168359	0.0194897
49	0.0059230	0.0072328	0.0087290	0.0104263	0.0123396	0.0144847	0.0168779	0.0195363
50	0.0059434	0.0072561	0.0087556	0.0104564	0.0123734	0.0145225	0.0169200	0.0195829
51	0.0059638	0.0072796	0.0087823	0.0104865	0.0124073	0.0145604	0.0169621	0.0196296
52	0.0059843	0.0073030	0.0088090	0.0105167	0.0124412	0.0145983	0.0170044	0.0196765
53	0.0060048	0.0073266	0.0088358	0.0105469	0.0124752	0.0146363	0.0170467	0.0197233
54	0.0060254	0.0073501	0.0088626	0.0105773	0.0125093	0.0146744	0.0170891	0.0197703
55	0.0060460	0.0073738	0.0088895	0.0106076	0.0125434	0.0147126	0.0171315	0.0198174
56	0.0060667	0.0073975	0.0089164	0.0106381	0.0125776	0.0147508	0.0171740	0.0198645
57	0.0060874	0.0074212	0.0089434	0.0106686	0.0126119	0.0147891	0.0172166	0.0199117
58	0.0061081	0.0074450	0.0089704	0.0106991	0.0126462	0.0148275	0.0172593	0.0199590
59	0.0061289	0.0074588	0.0089975	0.0107298	0.0126806	0.0148659	0.0173021	0.0200063
60	0.0061498	0.0074927	0.0090247	0.0107604	0.0127151	0.0149044	0.0173449	0.0200533

(续)

分	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
0	0.0200538	0.0230491	0.0263497	0.0299753	0.0339470	0.0382866	0.0430172	0.0481636
1	0.0201013	0.0231015	0.0264074	0.0300388	0.0340162	0.0383621	0.0430995	0.0482530
2	0.0201489	0.0231541	0.0264652	0.0301020	0.0340856	0.0384378	0.0431819	0.0483426
3	0.0201966	0.0232067	0.0265231	0.0301655	0.0341550	0.0385136	0.0432645	0.0484323
4	0.0202444	0.0232594	0.0265810	0.0302291	0.0342246	0.0385895	0.0433471	0.0485221
5	0.0202922	0.0233122	0.0266391	0.0302928	0.0342942	0.0386655	0.0434299	0.0486120
6	0.0203401	0.0233651	0.0266973	0.0303566	0.0343640	0.0387416	0.0435128	0.0487020
7	0.0203881	0.0234181	0.0267555	0.0304205	0.0344339	0.0388179	0.0435957	0.0487922
8	0.0204362	0.0234711	0.0268139	0.0304844	0.0345038	0.0388942	0.0436789	0.0488825
9	0.0204844	0.0235242	0.0268723	0.0305485	0.0345739	0.0389706	0.0437621	0.0489730
10	0.0205326	0.0235775	0.0269308	0.0306127	0.0346441	0.0390472	0.0438454	0.0490635
11	0.0205809	0.0236308	0.0269894	0.0306769	0.0347144	0.0391239	0.0439289	0.0491542
12	0.0206293	0.0236842	0.0270481	0.0307413	0.0347847	0.0392006	0.0440124	0.0492450
13	0.0206778	0.0237376	0.0271069	0.0308058	0.0348552	0.0392775	0.0440961	0.0493359
14	0.0207264	0.0237912	0.0271658	0.0308703	0.0349258	0.0393545	0.0441799	0.0494269
15	0.0207750	0.0238449	0.0272248	0.0309350	0.0349965	0.0394316	0.0442639	0.0495181
16	0.0208238	0.0238986	0.0272839	0.0309997	0.0350673	0.0395088	0.0443479	0.0496094
17	0.0208726	0.0239524	0.0273430	0.0310646	0.0351382	0.0395862	0.0444321	0.0497008
18	0.0209215	0.0240063	0.0274023	0.0311295	0.0352092	0.0396636	0.0445163	0.0497924
19	0.0209704	0.0240603	0.0274617	0.0311946	0.0352803	0.0397411	0.0446007	0.0498840
20	0.0210195	0.0241144	0.0275211	0.0312597	0.0353515	0.0398188	0.0446853	0.0499758
21	0.0210686	0.0241686	0.0275806	0.0313250	0.0354228	0.0398966	0.0447699	0.0500677
22	0.0211178	0.0242228	0.0276403	0.0313903	0.0354942	0.0399745	0.0448546	0.0501598
23	0.0211671	0.0242772	0.0277000	0.0314557	0.0355658	0.0400524	0.0449395	0.0502519
24	0.0212165	0.0243316	0.0277598	0.0315213	0.0356374	0.0401306	0.0450245	0.0503442
25	0.0212660	0.0243861	0.0278197	0.0315869	0.0357091	0.0402088	0.0451096	0.0504367
26	0.0213155	0.0244407	0.0278797	0.0316527	0.0357810	0.0402871	0.0451948	0.0505292
27	0.0213651	0.0244954	0.0279398	0.0317185	0.0358529	0.0403655	0.0452801	0.0506219
28	0.0214148	0.0245502	0.0279999	0.0317844	0.0359249	0.0404441	0.0453666	0.0507147
29	0.0214646	0.0246050	0.0280602	0.0318504	0.0359971	0.0405227	0.0454512	0.0508076
30	0.0215145	0.0246600	0.0281206	0.0319166	0.0360694	0.0406015	0.0455369	0.0509006

31	0.0215644	0.0247150	0.0281810	0.0319828	0.0361417	0.0406804	0.0456227	0.0509938
32	0.0216145	0.0247702	0.0282416	0.0320491	0.0362142	0.0407594	0.0457086	0.0510871
33	0.0216646	0.0248254	0.0283022	0.0321156	0.0362868	0.0408385	0.0457947	0.0511806
34	0.0217148	0.0248807	0.0283630	0.0321821	0.0363594	0.0409177	0.0458803	0.0512741
35	0.0217651	0.0249361	0.0284238	0.0322487	0.0364322	0.0409970	0.0459671	0.0513678
36	0.0218154	0.0249916	0.0284848	0.0323154	0.0365051	0.0410765	0.0460535	0.0514616
37	0.0218659	0.0250471	0.0285458	0.0323823	0.0365781	0.0411561	0.0461401	0.0515555
38	0.0219164	0.0251028	0.0286069	0.0324492	0.0366512	0.0412357	0.0462267	0.0516496
39	0.0219670	0.0251585	0.0286681	0.0325162	0.0367244	0.0413155	0.0463135	0.0517438
40	0.0220177	0.0252143	0.0287294	0.0325833	0.0367977	0.0413954	0.0464004	0.0518381
41	0.0220685	0.0252703	0.0287908	0.0326506	0.0368712	0.0414754	0.0464874	0.0519326
42	0.0221193	0.0253263	0.0288523	0.0327179	0.0369447	0.0415555	0.0465745	0.0520271
43	0.0221703	0.0253824	0.0289139	0.0327853	0.0370183	0.0416358	0.0466618	0.0521218
44	0.0222213	0.0254386	0.0289756	0.0328528	0.0370921	0.0417161	0.0467491	0.0522167
45	0.0222724	0.0254948	0.0290373	0.0329205	0.0371659	0.0417966	0.0468366	0.0523116
46	0.0223236	0.0255512	0.0290992	0.0329882	0.0372399	0.0418772	0.0469242	0.0524067
47	0.0223749	0.0256076	0.0291612	0.0330560	0.0373139	0.0419579	0.0470120	0.0525019
48	0.0224262	0.0256642	0.0292232	0.0331239	0.0373881	0.0420387	0.0470998	0.0525973
49	0.0224777	0.0257208	0.0292854	0.0331920	0.0374624	0.0421196	0.0471878	0.0526923
50	0.0225292	0.0257775	0.0293476	0.0332601	0.0375368	0.0422006	0.0472759	0.0527884
51	0.0225808	0.0258343	0.0294100	0.0333283	0.0376113	0.0422818	0.0473641	0.0528841
52	0.0226325	0.0258912	0.0294724	0.0333967	0.0376859	0.0423630	0.0474525	0.0529799
53	0.0226843	0.0259482	0.0295349	0.0334651	0.0377606	0.0424444	0.0475409	0.0530759
54	0.0227361	0.0260053	0.0295976	0.0335336	0.0378354	0.0425259	0.0476295	0.0531721
55	0.0227881	0.0260625	0.0296603	0.0336023	0.0379103	0.0426075	0.0477182	0.0532683
56	0.0228401	0.0261197	0.0297231	0.0336710	0.0379853	0.0426892	0.0478070	0.0533647
57	0.0228922	0.0261771	0.0297860	0.0337399	0.0380605	0.0427710	0.0478960	0.0534612
58	0.0229444	0.0262345	0.0298490	0.0338088	0.0381357	0.0428530	0.0479851	0.0535578
59	0.0229967	0.0262920	0.0299121	0.0338778	0.0382111	0.0429351	0.0480743	0.0536546
60	0.0230491	0.0263497	0.0299753	0.0339470	0.0382866	0.0430172	0.0481636	0.0537515

3 齿轮各部分的名称、代号和意义 如图4所示, 直径为 d_f 的圆周上, 均匀地分布着 z 个齿。相邻两齿齿廓相应点之间的弧长, 叫做周节 (或叫节距) t 。于是:

$$\pi \times d_f = z \times t \quad (3)$$

或

$$d_f = z \times \frac{t}{\pi} \quad (3a)$$

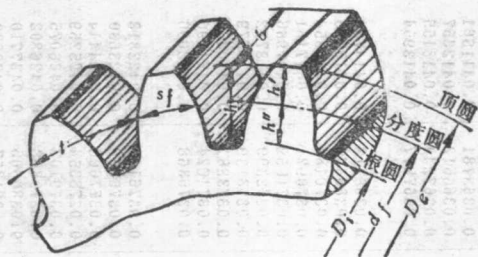


图4 齿轮各部分的名称和代号

直径为 d_f 的这个圆, 就叫做齿轮的分度圆。它实际上并不存在, 是我们想像出来作为齿轮尺寸计算和度量的基准。在齿轮的工作图上, 也把 d_f 标注出来。

周节 t 和 π 的比值, 叫做模数。用符号 m 表示, 即:

$$m = \frac{t}{\pi} \quad (4)$$

或

$$t = \pi \times m \quad (4a)$$

由于 π 是个无理数, 不能用数字准确地表示出来, 所以用公式 (3a) 来计算分度圆直径很不方便, 实际上是用模数来计算的:

$$d_f = z \times m \quad (5)$$

或

$$m = \frac{d_f}{z} \quad (5a)$$

从上式也可以得出这样的定义：模数是一个齿在分度圆直径上所对应的长度（单位为毫米）。在第一机械工业部颁布的机标（JB）111-60的〔齿轮 模数〕中，对模数 m 的系列作了规定（表2）。而周节 t 是根据 m 用公式（4a）推算出来的。

表2 标准模数尺寸〔机标（JB）111-60〕

（单位：毫米）

第一系列	0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 36, 40, 45, 50
第二系列	0.7, 1.75, 2.25, (2.75), (3.25), 3.5, (3.75), 4.5, (5.5), (6.5), 7, 9, (11), (13), (15), 28, 33

注：1. 本标准适用于各种齿轮：圆柱齿轮，圆锥齿轮和蜗轮。对斜齿轮系指法向模数。

2. 在选用模数时，应优先采用第一系列，其次是第二系列，括号内的模数尽可能不用。

3. 对于圆锥齿轮，模数按大端分度圆直径计算。

从定义可以看出，模数是用来表示轮齿大小的。模数大，齿也大；模数小，齿也就小。

除了用模数表示轮齿的大小外，在英制齿轮中，齿的大小是以径节表示，代号为 P_d （或D.P.）。径节的定义是：分度圆直径每吋长度上所对应的齿数，即：

$$P_d = z/d_f \quad (6)$$

径节与模数的关系，可用下式换算：

$$P_d = 25.4/m \quad (7)$$

$$m = 25.4/P_d \quad (7a)$$

轮齿顶部的圆周叫做顶圆（外圆），顶圆直径以 D_e 表示。轮齿根部的圆周叫做根圆，根圆直径以 D_i 表示。

轮齿从顶圆到根圆的高度叫做齿高，代号为 h 。齿高 h 被分

度圆分成两段，在分度圆上面到顶圆的一段高度叫做**齿顶高**，代号为 h' ；在分度圆以内到根圆的一段高度叫做**齿根高**，代号为 h'' 。

一个齿的两相对齿廓面沿分度圆周的弧长，叫做**分度圆弧齿厚**，以代号 s_f 表示。

上面介绍了一个齿轮的主要部分的名称。当一对齿轮互相啮合时（图5），我们如果把它们想像成一对没有齿的圆盘，互相接触滚动而无滑动，那末这两个圆就是两个齿轮的**节圆**，直径以 d 表示。节圆直径在齿轮工作图上并不注出。

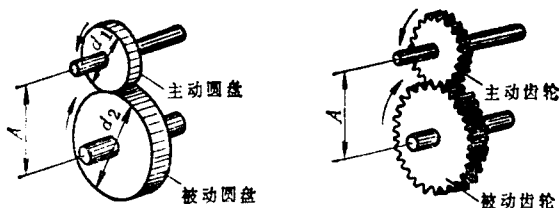


图5 圆柱齿轮啮合

两齿轮轴线之间的距离，叫做**中心距**，以 A 表示。如果中心距正好等于两齿轮分度圆半径之和，我们就叫它做**标准中心距** A_0 ，即：

$$A_0 = \frac{d_{f1} + d_{f2}}{2} = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) \quad (8)$$

这时两齿轮的分度圆相切，也就是分度圆和节圆重合。当 $A \neq A_0$ 时，分度圆就不再和节圆重合。由此可见，齿轮的分度圆 d_f 是不变的，它跟顶圆、根圆和中心距的变化无关，而节圆 d 却随中心距 A 而改变。

4 标准齿轮的根切现象 我们平常碰到的渐开线齿轮，大多

● 脚码 1、2 分别表示小齿轮 1 和大齿轮 2 的有关部分。

数都是标准齿轮。这种齿轮各部分的尺寸，都是符合标准规定的，例如：

齿顶高 h'

$$h' = f_0 \times m \quad (9)$$

式中 f_0 ——齿高系数。即齿顶高和模数的比值： $f_0 = h'/m$

齿根高 h''

$$h'' = (f_0 + c_0) m \quad (10)$$

式中 c_0 ——径隙系数。即齿轮啮合顶隙和模数的比值： $c_0 = (h'' - h')/m$

齿高 h

$$h = h' + h'' = (2f_0 + c_0) m \quad (11)$$

顶圆直径 D_e

$$D_e = d_f + 2h' = m(z + 2f_0) \quad (12)$$

根圆直径 D_i

$$D_i = d_f - 2h'' = m(z - 2f_0 - 2c_0) \quad (13)$$

分度圆弧齿厚 s_f ，名义上等于周节 t 的一半，即：

$$s_f = \frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2} \quad (14)$$

啮合角 α （指一对啮合齿轮基圆的内公切线和节圆公切线之间的夹角，也就是节圆压力角）就等于刀具角 α_0 。（指齿条形刀具相对两直线齿廓所夹的角之半，也就是分度圆压力角）： $\alpha = \alpha_0$ 。

根据我国标准，采用刀具角 $\alpha_0 = 20^\circ$ ， $f_0 = 1$ ， $c_0 = 0.25$ 。将这些标准数值代入上面的公式，得：

$$h' = m \quad (9a)$$

$$h'' = 1.25m \quad (10a)$$

$$h = 2.25m \quad (11a)$$

$$D_e = m(z + 2) \quad (12a)$$

$$D_i = m(z - 2.5) \quad (13a)$$

由此可见，标准齿轮的计算比较简单，互换性也很好。

但是，标准齿轮本身有缺陷，如刀具角为 20° 的标准齿轮，它的最少齿数是 17 齿。如果齿轮的齿数再少，用滚刀铣齿时，滚刀的顶尖就会切入齿根的渐开线部分，就产生轮齿根切现象。像图 6 所示的情形，这时齿根被铣瘦了，渐开线齿形也被切去了一部分，这样齿轮强度不但降低了，同时也降低了重合系数^①，使齿轮的正常传动受到影响。

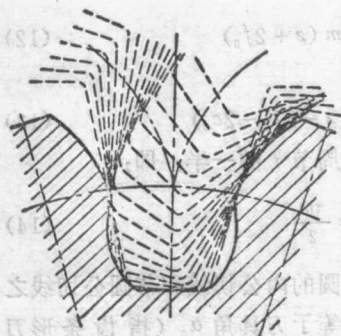


图 6 轮齿根切现象

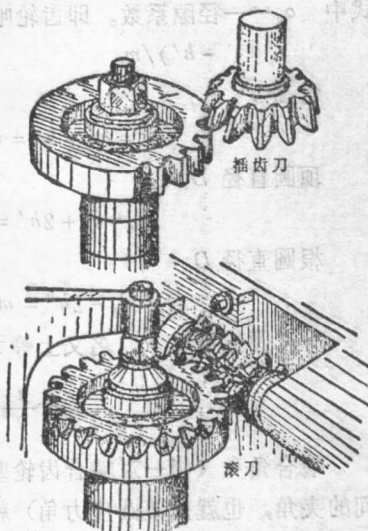


图 7 滚刀铣齿过程

为什么用滚刀铣切标准齿轮时（图 7），会发生根切现象呢？我们知道，滚刀轴线方向的断面形状，基本上就跟齿条一样。在铣齿过程中，滚刀和工件（齿轮坯），就像齿条和齿轮啮合传动的

① 重合系数，是表示两个齿轮啮合时，同时啮合的齿的对数。如重合系数等于 2，就表示同时啮合的齿有两对。

情形一样。图8表示代表滚刀的齿条——刀具齿条切到了工件的齿根里面去。详细的过程是这样的： aa 线是刀具齿条开始接触工件外圆的位置，滚刀再一转动，齿条就切入工件了。到 a_1a_1 线的位置，刀具齿条就开始切削渐开线齿形了。到 a_2a_2 位置，分度圆以上的齿形 PT 已经切出来了。再往后就开始切削分度圆以内的齿形。到 a_3a_3 线的位置，刀具齿条和工件的接触点 N 正好落到基圆上，这时渐开线齿形已经全部切削完毕，因为在基圆以内就没有渐开线了（参看图2）。但是，刀具齿条还要向左移动，就切到了齿根里面去。一直到 a_4a_4 的位置，切削过程才全部完毕。这时齿形根部铣成了一条弧线，不但铣瘦了齿根，也把点 a_1 以下有用的渐开线切去了。

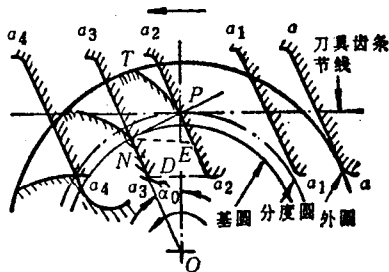


图8 轮齿根切的过程

由此可见，轮齿根切现象是有害的，必须设法避免。

5 变位齿轮的原理和作用 为了制造齿数甚少的齿轮，而又要避免发生轮齿根切现象，就必须设法把刀具和齿轮坯的相对位置作适当的变更，使刀尖不再切到齿根里面去。这种在铣齿时经过变更相对位置的齿轮，就叫做**变位齿轮**，有的也叫做**修正齿轮**。

但是变位齿轮的作用，不仅仅是避免轮齿根切，它还可以用于改善齿轮的啮合性能和凑合给定的中心距等方面，现在分别说明如下：

一、避免轮齿根切——上面谈过，标准齿轮如果齿数太少，就要发生轮齿根切的毛病。要避免这个毛病，就必须采用变位齿