

怎样測繪圓柱齒輪

唐啓昌編

技术标准出版社

怎样测绘圆柱齿轮

唐启昌编

*

国家科委计量局编辑（北京安外小黄庄）

技术标准出版社出版（北京复外三里河）

（北京市书刊业营业许可证出字第114号）

中华书局排版厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $1\frac{1}{4}$ 字数 30,000

1964年12月第一版

1964年12月第一次印刷

印数 1—20,300 定价（科六）0.20元

*

统一书号：15169·5—1

TG 8

T 24

內 容 簡 介

本书簡要地叙述了圆柱齿輪的測繪方法，及各参数的确定过程。书中还扼要地介紹了各国的齿輪嚙合制度和模数，径节标准等。可供測繪，設計和測量齿輪的技术人員参考。

TG 8
T 24
C.1

目 录

序.....	2
一、基本齿形.....	3
二、啮合制度.....	4
1. 根据齿形的不同	4
2. 根据啮合角的不同	4
3. 根据模数标准的不同	4
4. 根据英制标准的不同	7
5. 根据齿高标准的不同	8
6. 公制与英制之间的关系	10
三、齿轮的修正及其传动的种类.....	10
四、变位系数的选择.....	12
五、圆柱齿轮的测绘.....	14
1. 圆柱直齿轮各参数的确定	14
2. 圆柱斜齿轮各参数的确定	19

序

測繪齒輪是一件复杂而細致的工作，它需要进行周密的調查究研。因为齒輪的主要参数是：齿数、模数、压力角和螺旋角，对于修正齒輪則还有变位系数等。显然，这些参数多已标准化了，但是由于各国所沿用的制度不尽相一致，更由于某些国家为了对于某种机器实行专利，将某些参数作了有意的改变，这些都将是修配工作的一个重要問題。

測繪齒輪是当前工业为农业服务的一个重要工作，它对农业机械化起到积极作用，因为它能給坏了的机器装上合适的零件，恢复正常工作；它还能為仿制国外进口机器提供可靠的技术数据。

測繪齒輪不能仅看成是一个方法問題，它还应包括对各国齒輪标准的研究，嚙合制度的研究等。

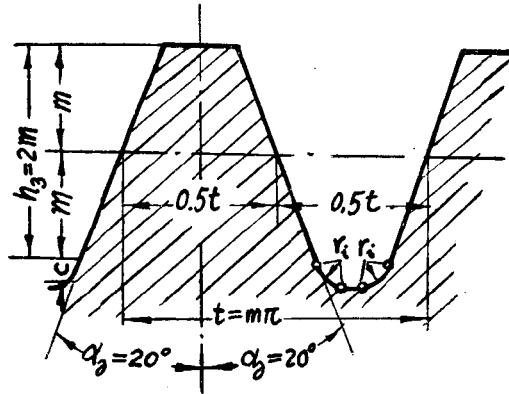
这方面的知識，国外有著作論述，国内則不多见，虽然国内許多单位曾进行过这样的工作，但仍缺乏这方面的系統資料，在測繪齒輪工作中常感到无从着手。作者根据有关資料及多年来工作經驗編成此集，供齒輪測繪或設計、制造和計量工作者参考。

本书所取之表格或数据在有关标准和有关图书中均有叙述，由于篇幅所限故在此叙述較为簡單，因此，限于作者水平，經驗不足，錯誤在所难免。欢迎讀者，提出批評和指正。

本书承吳忠葵工程师反复閱讀，并提出寶貴意見，特此致謝。

一、基本齿形

所有各国渐开线圆柱齿轮和圆锥齿轮的啮合制度，其端面齿条的齿形均规定为直线形状，这就叫做基本齿形。齿条侧面为直线齿形可以容易而精确地加工，如图一所示。



图一 基本齿形

至于基本齿形的尺寸标准，实际上就是关于齿高的标准问题，它与模数之间的关系如下：

$$\text{齿顶高} \quad h' = f'm;$$

$$\text{齿根高} \quad h'' = f''m,$$

因而

$$\text{齿全高} \quad h = h' + h'' = (f' + f'')m;$$

$$\text{径向间隙} \quad c = h'' - h' = (f'' - f')m = f_c m.$$

式中： f' 、 f'' 及 f_c 分别称为齿顶系数，齿根系数和径向间隙系数。常用的标准见表1：

表 1

系 数	正 常 齿	短 齿
f'	1	0.8
f''	1.25	1.1
f_c	0.25	0.3

齿高的标准规定后，则标准齿轮其他部分的尺寸便不难利用下列公式求出：

$$\text{分度圆直径} \quad d_o = mz;$$

$$\text{齿顶圆直径} \quad D' = d_o + 2h' = m(z + 2f');$$

$$\text{齿根圆直径} \quad D'' = d_o - 2h'' = m(z - 2f'');$$

$$\text{中心距} \quad A_o = m(z_1 + z_2)/2.$$

二、嚙合制度

由于各国所沿用的标准不同，故有不同的嚙合制度，而制度主要体现在齿輪輪齿的輪廓形状及其尺寸方面。

(一) 根据齿形的不同：

1. 漸开綫嚙合：齿形的工作部分为漸开綫形状，这是一种最广泛的嚙合形式。在公制标准中采用的有我国 JB162-60 标准、苏联 ГОСТ 标准、国际 ISO 标准、德国 DIN 标准和捷克斯洛伐克 ČSN 标准、瑞士 Maag 标准，以及在英制标准中采用的有：英国和美国等等。

2. 摆綫嚙合：齿形的工作部分为摆綫形状。只有在精密机构中（钟表生产中）和旋轉压缩机(Ротационный Компрессор)中采用。

3. 混合嚙合(Смешанное)：齿形工作部分为漸开綫和摆綫形状。这种嚙合仅美国有标准，但公制系統也有采用的。

4. 簡化嚙合(упрощенное)：为了簡化齿輪的加工，以圓弧来代替漸开綫和摆綫。这种嚙合形式仅仅在鑄造的齿輪中采用。

(二) 根据嚙合角的不同：

1. 20° 公制标准的基本齿形角；

2. 15° Maag 标准的基本齿形角；

3. 14.5° 英制标准的基本齿形角，但英制标准也有用基本齿形角为 20° 和 15° (英国和美国)；

4. 17.5° 不常见

5. 25° 多见于油泵齿輪或其他特殊要求齿輪的基本齿形角。

(三) 根据模数标准的不同：

1. 我国机标 (JB) 111-60 模数系列：

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

注：括号內的模数尽可能不用。

2. 苏联 OCT 1597-57 模数系列：

0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.
1.25	1.50	1.75	2	2.25	2.50	(2.75)
3	(3.25)	3.50	(3.75)	4	(4.25)	4.50
5	5.5	6	6.5	7	8	9

10	11	12	13	14	15	16
18	20	22	24	26	28	30
33	36	39	42	45	50	

注：1. 模数大于50一般取5的倍数；2. 括号内的模数尽可能不用。

3. 德国 DIN780 模数系列：

0.3	(0.35)	0.4	(0.45)	0.5	0.55	0.6
(0.65)	0.7	0.8	0.9	1	1.25	1.5
1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.2
3.5	3.75	4	4.5	5	5.5	6
6.5	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	18	20	22
24	27	30	33	36	39	42
45	50	55	60	65	70	75

4. 捷克 ČSN 01 460 模数系列：

0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.25
1.5	1.75	<u>2</u>	2.25	2.5	2.75	<u>3</u>	(3.35)
3.5	(3.75)	<u>4</u>	4.5	5	(5.5)	<u>6</u>	(6.5)
7	<u>8</u>	9	10	(11)	12	(13)	14
(15)	16	18	20	22			

注：1. 括号内的模数根据可能性不采用；

2. 方括号内建议用于精密的圆柱齿轮。

4. 馬格 Maar 模数系列：

1.0000	1.5000	2.0000	2.5000	3.0000	3.5000
1.0625	1.5625	2.0833	2.5833	3.0833	3.5833
1.1250	1.6250	2.1667	2.6667	3.1667	3.6667
1.1875	1.6875	2.2500	2.7500	3.2500	3.7500
1.2500	1.7500	2.3333	2.8333	3.3333	3.8333
1.3125	1.8125	2.4167	2.9167	3.4167	3.9167
1.3750	1.8750				
1.4375	1.9375				
4.0000	4.5000	5.0000	5.5000	6.0000	6.5000
4.0833	4.5833	5.1000	5.6000	6.1000	6.6000
4.1667	4.6667	5.2000	5.7000	6.2000	6.7000
4.2500	4.7500	5.3000	5.8000	6.3000	6.8000
4.3333	4.8333	5.4000	5.9000	6.4000	6.9000
4.4165	4.9167				
7.0000	8.0000	9.0000	10.0000	11.0000	12.0000
7.1250	8.1250	9.1250	10.1670	11.1667	12.1670

7.2500	8.2500	9.2500	10.3333	11.3333	12.3333
7.3750	8.3750	9.3750	10.5000	11.5000	12.5000
7.5000	8.5000	9.5000	10.6670	11.6670	12.6667
7.6250	8.6250	9.6250	10.8333	11.8333	12.8333
7.7500	8.7500	9.7500			
7.8750	8.8750	9.8750			
13.0000	14.0000	15.0000	16.0000	17.0000	18.0000
13.1667	14.1667	15.2000	16.2000	17.2000	18.2000
13.3333	14.3333	15.4000	16.4000	17.4000	18.4000
13.5000	14.5000	15.6000	16.6000	17.6000	18.6000
13.6667	14.6667		16.8000	17.8000	18.8000
13.8333	14.8333				
19.0000	20.0000	21.0000	22.0000	23.0000	24.0000
19.2000	20.2500	21.2500	22.2500	23.2500	
19.4000	20.5000	21.5000	22.5000	23.5000	
19.6000	20.7500	21.7500	22.7500	23.7500	
19.8000					

各种不同制度的齿輪模数对照表 表 2

0.3	m	1.155	D	2.021	C	3.1667	M	4.4167	M
0.4	m	1.1875	M	2.0833	M	3.175	D	4.5	mM
0.5	m	1.25	mM	2.116	D	3.25	mM	4.548	C
0.505	C	1.27	D	2.1667	M	3.3333	M	4.5833	M
0.529	D	1.3125	M	2.25	mM	3.4167	M	4.6667	M
0.6	m	1.375	M	2.309	D	3.5	mM	4.75	M
0.635	D	1.411	D	2.3333	M	3.537	C	4.8333	M
0.7	m	1.4375	M	2.4167	M	3.5833	M	4.9167	M
0.706	D	1.5	mM	2.5	mM	3.629	D	5	mM
0.794	D	1.516	C	2.527	C	3.6667	M	5.053	C
0.8	m	1.5625	M	2.54	D	3.75	mM	5.08	D
0.847	D	1.588	D	2.5833	M	3.8333	M	5.1	M
0.9	m	1.625	M	2.6667	M	3.9167	M	5.2	M
0.907	D	1.6875	M	2.75	mM	4	mM	5.25	m
0.977	D	1.75	mM	2.822	D	4.043	C	5.3	M
1	mM	1.8125	M	2.8333	M	4.0833	M	5.4	M
1.011	C	1.814	D	2.9167	M	4.1667	M	5.5	mM
1.058	D	1.875	M	3.	mM	4.233	D	5.559	C
1.0625	M	1.9375	M	3.032	C	4.25	mM	5.6	M
1.125	M	2	mM	3.0833	M	4.3333	M	5.7	M

5.75	m	8.5	mM	12.128	C	17.	mM	24.5	M
5.8	M	8.59	C	12.1667	M	17.2	M	24.75	M
5.9	M	8.625	M	12.3333	M	17.4	M	25.	M
6	mM	8.75	M	12.5	M	17.6	M	25.3333	M
6.064	C	8.875	M	12.6667	M	17.8	M	25.4	D
6.1	M	9	mM	12.7	D	18.	mM	25.6667	M
6.2	M	9.096	C	12.8333	M	18.2	M	26.	M
6.25	m	9.125	M	13.	mM	18.4	M	26.3333	M
6.3	M	9.236	D	13.138	C	18.6	M	26.6667	M
6.35	D	9.25	M	13.1667	M	18.8	M	27.	mM
6.4	M	9.375	M	13.3333	M	19.	M	27.3333	M
6.5	mM	9.5	mM	13.5	M	19.2	M	27.6667	M
6.569	C	9.601	C	13.6667	M	19.4	M	28.	M
6.6	M	9.625	M	13.8333	M	19.6	M	28.3333	M
6.7	M	9.75	M	14.	mM	19.8	M	28.6667	M
6.75	m	9.875	M	14.149	C	20.	mM	29.	M
6.8	M	10.	mM	14.1667	M	20.25	M	29.3333	M
6.9	M	10.106	C	14.3333	M	20.32	D	29.6667	M
7	mM	10.16	D	14.5	M	20.5	M	30.	mM
7.074	C	10.1667	M	14.514	D	20.75	M	33.	m
7.125	M	10.3333	M	14.6667	M	21.	M	33.867	D
7.25	M	10.5	M	14.8333	M	21.25	M	36.	m
7.257	D	10.612	C	15.	mM	21.5	M	39.	m
7.375	M	10.6667	M	15.16	C	21.75	M	42.	m
7.5	mM	10.8333	M	15.2	M	22.	mM	45.	m
7.58	C	11.	mM	15.4	M	22.25	M	50	m
7.625	M	11.117	C	15.6	M	22.5	M	50.8	D
7.75	M	11.1667	M	15.8	M	22.75	M	55	m
7.875	M	11.289	D	16.	mM	23.	M	60	m
8.	mM	11.3333	M	16.17	C	23.25	M	65	m
8.085	C	11.5	M	16.2	M	23.5	M	70	m
8.125	M	11.622	C	16.4	M	23.75	M	75	m
8.25	M	11.6667	M	16.6	M	24.	mM		
8.375	M	11.8333	M	16.8	M	24.25	M		
8.467	D	12.	mM	16.933	D	24.255	C		

注：m—公制，M—馬格制，D—徑节制，C—周节制（以時計量）。

（四）根据英制标准的不同：

1. 徑节 DP 系列(吋)：

1 1.25 1.5 1.75 2 2.25 2.5 2.75 3 3.5 4 5 6 7 8 9 10 11
12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

2. 周节 CP 系列(吋):

$\frac{1}{16}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{3}{16}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{9}{16}$ $\frac{5}{8}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{13}{16}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{15}{16}$
1 $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{13}{16}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{15}{16}$ $\frac{13}{7}$ $\frac{17}{16}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{15}{8}$ $\frac{13}{4}$ $\frac{17}{8}$ 2 3

(五) 根据齿高标准的不同:

齿高是决定齿輪其他部分尺寸的重要因素, 它除与模数有关外, 还决定于各国所沿用的制度或习惯。为了使两个齿輪能够进行啮合, 他們的基节必需相等, 齿高必需一致。如果以 $d_o = \frac{z t}{\pi}$; $m = \frac{t}{\pi}$ 表示, 因此 $d_o = z m$ 。但齿高各国則不尽相一致。

1. 我国机标 (JB) 110-60

齿工作高度 $h_g = 2m$;

正常齿 $h' = m$, $h'' = 1.25m$ 或 $1.35m$;

短 齿 $h' = 0.8m$, $h'' = 1.1m$ 。

2. 苏联 ГОСТ 3058-54

正常齿 $h' = m$, $h'' = 1.25m$ 或 $1.35m$;

短 齿 $h' = 0.8m$, $h'' = 1.1m$ 。

3. 德国 DIN 867

正常齿 $h' = m$, $h'' = (1.1 \sim 1.3) * m$

短 齿 $h' = f' m (h' < 1)$;

$$h'' = 1.165 h', \quad c = \frac{m}{6}。$$

* 1. 当模数小于 1 时采用大的数值;

2. 标准的基本齿形取 $h'' = 1.2m$ 。

4. 捷克 ČSN 01 4606

正常齿 $h' = m$, $h'' = (1.167 \sim 1.3)m$;

注: 1. 标准齿形取 $f'' = 1.25$; 2. 对于插齿可取 $f'' = 0.3$; 3. 对于磨齿則 f'' 不小于 0.2。

5. 瑞士 Maag 标准

$$h = 2.167m, \quad h' = m, \quad h'' = 1.167m。$$

6. 格里森(ГЛССОН)标准

$$h = 2.188m, \quad h' = m, \quad h'' = 1.188m。$$

7. 費罗(Феллоу)标准

$$h = 2.25m, \quad h' = m, \quad h'' = 1.25m。$$

8. 貝里格納姆(Билырам)标准

$$h' = m, \quad h'' = 1.123m。$$

9. 經常遇到的短齿标准

$$h'_y = 0.8h'。$$

10. 双模数标准: 为了获得短齿齿輪, 除了采用較小的齿頂高系数 f' 和齿根高系数 f'' 以外, 还可以采用两个大小不等的模数。其分度圓用較大的模数来計算, 而輪齿

高度虽然仍采用正常的齿高系数,但却用较小的模数来计算。设两模数中 $m_1 > m_2$, 则

$$h' = m_2, \quad h'' = 1.25m_2;$$

$$t = \pi m_1, d_o = m_1 z;$$

$$D_e = (m_1 z + 2m_2),$$

$$D_i = (m_1 z - 2.5m_2).$$

a. 苏联选用下列标准双模数:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{2.25} \quad \frac{2}{2.75} \quad \frac{2.25}{3} \quad \frac{2.5}{3.5} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{3.25}{4.5} \quad \frac{3.75}{5}$$

b. 费罗短齿标准双模数:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1.75}{1.50} \quad \frac{2}{1.75} \quad \frac{2.25}{1.75} \quad \frac{2.5}{2} \quad \frac{2.75}{2} \quad \frac{3}{2.25} \quad \frac{3.25}{2.5} \quad \frac{3.5}{2.5} \quad \frac{3.75}{2.75} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{4.25}{3.25} \quad \frac{4.5}{3.25} \quad \frac{4.75}{3.5} \quad \frac{5}{3.75}$$

$$\frac{5.25}{4} \quad \frac{5.5}{4} \quad \frac{5.75}{4.5} \quad \frac{6}{4.5} \quad \frac{6.25}{4.75} \quad \frac{6.5}{5}$$

11. 双径节标准: 即一个齿轮有两个径节。其分度圆按小径节计算, 而轮齿高则按较大的径节计算。设两径节中 $DP_1 > DP_2$, (计算单位为吋) 则:

$$h' = \frac{1}{DP_1}; \quad h'' = \frac{1.157}{DP_1};$$

$$d_o = \frac{z}{DP_2}; \quad t = \frac{\pi}{DP_2};$$

$$D_e = \frac{z}{DP_2} + \frac{2}{DP_1};$$

$$D_i = \frac{z}{DP_2} - \frac{2.314}{DP_1}.$$

在英美国家中选用下列标准双径节:

$$\frac{DP_2}{DP_1} = \frac{3}{4} \quad \frac{4}{5} \quad \frac{5}{7} \quad \frac{6}{8} \quad \frac{7}{9} \quad \frac{8}{10} \quad \frac{9}{11} \quad \frac{10}{12} \quad \frac{11}{14} \quad \frac{12}{14} \quad \frac{14}{18} \quad \frac{16}{21} \quad \frac{18}{24} \quad \frac{20}{26} \quad \frac{22}{29} \quad \frac{24}{32} \quad \frac{26}{35} \quad \frac{28}{37} \quad \frac{30}{40} \quad \frac{32}{42} \quad \frac{34}{45}$$

$$\frac{36}{48} \quad \frac{38}{50} \quad \frac{40}{54}$$

12. 周节 CP 系列齿高尺寸

DP	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$
m	1.011	1.516	2.021	2.527	3.032	3.537	4.043	4.548	5.053
h''	1.16	1.75	2.33	2.92	3.50	4.08	4.67	5.25	5.84
h	2.17	3.25	4.34	5.43	6.52	7.62	8.71	9.80	10.89
CP	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	1	$\frac{1^1}{16}$	$\frac{1^1}{8}$	$\frac{1^3}{16}$
m	5.559	6.064	6.569	7.074	7.580	8.058	8.590	9.096	9.601
h''	6.42	7.01	7.59	8.17	8.76	9.34	9.93	10.51	11.10
h	11.98	13.08	14.14	15.24	16.33	17.42	18.51	19.60	20.70
CP	$\frac{1^1}{4}$	$\frac{1^5}{16}$	$\frac{1^3}{8}$	$\frac{1^7}{16}$	$\frac{1^1}{2}$	$\frac{1^5}{8}$	$\frac{1^3}{4}$	$\frac{1^7}{8}$	2
m	10.106	10.612	11.117	11.622	12.128	13.138	14.149	15.166	15.176
h''	11.68	12.26	12.85	13.43	14.02	15.18	16.35	17.52	18.69

h 21.79 22.88 23.97 25.05 26.15 28.32 30.50 32.69 34.87

(六) 公制与英制之间的关系

$$m = \frac{25.4}{DP} = 8.09 CP (\text{毫米});$$

$$DP = \frac{1}{\frac{m}{25.4}} = \frac{25.4}{m} = \frac{3.14}{CP} (\text{吋});$$

$$CP = \frac{\pi m}{25.4} = \frac{m}{8.09} = \frac{3.14}{DP} (\text{吋}).$$

三、齿轮的修正及其传动的种类

为了改善齿轮传动装置的工作情况,用提高轮齿强度的方法以增大传动负荷的能力,可有意地少许移动基本齿形(切削工具)铣切齿轮,这就叫做修正齿形,而经过这样修正的齿轮便叫做修正齿轮。修正齿轮与非修正齿轮可以从分圆弧上测出的齿厚 S_o 来区别。修正齿轮在分圆上的齿厚不等于周节之半。但是分圆仍是具有标准模数和标准压力角的圆。修正齿轮分圆弧齿厚 S_o 按下式计算:

$$S_o = \frac{\pi m}{2} + 2\xi m \operatorname{tg} \alpha_o = \frac{t}{2} + 2\xi m \operatorname{tg} \alpha_o.$$

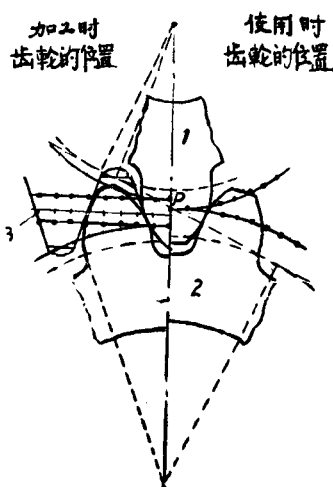


图 2: v——传动(角度修正)

1——修正齿轮; 2——修正齿轮或零轮; 3——刀具基本齿形。

位移,但位移的绝对值相等;

b. 正值传动:

基本齿形(刀具)的位置使齿轮齿形受到影响后即将成为修正齿轮。

1. 如果刀具(齿条)的中线沿分度圆滚动切削齿轮,则获得被称为标准啮合的齿轮(图 2);

2. 如果分圆与平行于齿条中线的直线在啮合平面上的P点接触,则获得被称为修正啮合*的齿轮(图 2)。

基本齿形位移量与模数之比叫做修正系数,以 ξ 表示,因此

$$\xi = \frac{\Delta h}{m} \text{ 或 } \Delta h = \xi m.$$

基本齿形自齿轮中心向外移动,叫做正变位($\xi > 0$),向着齿轮中心移动叫做负变位($\xi < 0$)。

由于实用上齿轮组成的传动方式有:

a. 零值传动:两齿轮在切削时基本齿形没有发生位移;或一轮的基本齿形为正位移,另一轮则为负

注: *在其他国家有称为V啮合的。

1. 零輪和正輪相嚙合($V-0$ 嚙合);
2. 正輪和正輪相嚙合($V-V$ 嚙合);
3. 正輪和負輪相嚙合(絕對值不等)。

因此, 常用的齒輪修正方法有:

a. 高度修正: 如果小齒輪用正變位(即 $\xi > 0$) 制造, 而大齒輪用等于正變位絕對值的負變位(即 $\xi < 0$) 制造时, 那么, 所得到的齒輪传动裝置就叫做高度修正。因此,

$$\xi_2 = -\xi_1 \text{ 及 } \xi_c = \xi_1 + \xi_2 = 0$$

式中: ξ_c ——大齒輪修正系数 ξ_2 与小齒輪修正系数 ξ_1 之和。

当大小齒輪修正系数之和 $\xi_c = 0$ 时, 則在此种情况下, 大小齒輪沿分圓弧齒厚之和等于周节($S_{o1} + S_{o2} = t$), 即小齒輪之齒厚 S_{o1} 加大多少, 大齒輪齒厚 S_{o2} 就减少多少。当該二齒輪无間隙地嚙合时, 它們的节圓与分圓重合, 就像非修正齒輪一样。

高度修正齒輪的嚙合角与非修正齒輪的嚙合角相同, 但其齒頂圓直径及齒根圓直径則与非修正齒輪相差 $2m(\xi - \psi)$ 。其齒頂高和齒根高也与非修正齒輪有所差別。而齒輪副的中心距仍保持不变。

b. 角度修正: 如大小齒輪的齒形不同于标准齒形时, 为保持规定的嚙合側隙公差起见, 就必需改变中心距。这样便会引起齒輪副嚙合角和节圓直径的改变。这种改变嚙合角的修正叫做角度修正。

如果标准齒輪副嚙合中心距为 A_0 , 而 A 为修正齒輪中心距, 則其中有:

$$A = A_0 \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_s}$$

中心距 $A - A_0$ 之差与模数 m 之比, 叫做中心距偏离系数 λ , 因此:

$$\lambda = \frac{A - A_0}{m} = \frac{A - 0.5m(z_1 + z_2)}{m},$$

由此 $A - A_0 = \lambda m$; $A = A_0 + \lambda m = (0.5z_c + \lambda)m$, 同时 $\lambda m < \xi_c m$, ($z_c = z_1 + z_2$)。

齒輪副修正系数之和 ξ_c 与中心距偏离系数之差, 叫做反移动系数 ψ (或齒頂縮短系数), 也就是說 $\psi = \xi_c - \lambda$ 。

为了在修正的齒輪传动裝置中保持标准的徑向間隙 C 起见, 把齒高减小 ψm , 因此角度修正齒輪的齒頂圓直径便等于:

$$D_e = d_o + 2m + 2\xi m - 2\psi m = (z + 2 + 2\xi - 2\psi)m.$$

c. 去緣修正: 除高度修正和角度修正外, 还可采用去緣修正, 即在齒頂部分之齒形特意做成有意識的偏差。去緣修正用于高速直齒輪传动以保証相互嚙合的齒輪在嚙合时运转平稳。

去緣修正在齒頂部距离齒頂 $0.45m$, 角度在 $1^\circ \sim 4^\circ 30'$ 的范围内进行。

为消除齒根的干涉以避免齒輪副在工作时輪齒卡住起见, 除修正外, 尚可利用短齒传动。

高度修正齒輪传动与角度修正齒輪传动优缺点比較:

A. 高度修正齒輪传动的优缺点: 由于高度修正齒輪传动的修正系数, 既然是一正一負, 显然, 小齒輪必須采用正變位, 大齒輪應該采用負變位。在两輪进行嚙合时中心

距离仍为标准中心距 A_0 , 啮合角仍保持标准齿轮传动的啮合角, 齿全高仍保持标准齿全高, 而其齿根高、齿顶高以及齿全高的位置却有所变化。

高度修正齿轮传动的条件:

$$Z_1 + Z_2 \geq 2Z_{\min}$$

也就是說, 必須是兩輪齒數之和大于或等于兩倍的最小齒數。

$$\text{当 } \alpha_o = 20^\circ \quad f' = 1 \text{ 时 } \quad Z_1 + Z_2 \geq 34;$$

$$\alpha_o = 20^\circ \quad f' = 0.8 \text{ 时 } \quad Z_1 + Z_2 \geq 28;$$

$$\alpha_o = 15^\circ \quad f' = 1 \text{ 时 } \quad Z_1 + Z_2 \geq 60;$$

$$\alpha_o = 15^\circ \quad f' = 0.8 \text{ 时 } \quad Z_1 + Z_2 \geq 48.$$

高度修正齿轮传动的优点:

- a. 可以减小齿轮机构的尺寸;
- b. 可以改善齿轮的磨损和剥伤情况;
- c. 可以使两轮的齿根强度大致相等;
- d. 可以保证得到给定的中心距离。

缺点:

- a. 必须成对设计制造和应用, 因而互换性条件增加了;
- b. 重叠系数有所减小。

B. 角度修正齿轮传动的优缺点: 由于啮合角发生变化, 所以此种齿轮传动又分为正传动($\xi_1 + \xi_2 > 0$)及负传动($\xi_1 + \xi_2 < 0$)两类:

(1) 正传动: 当两轮齿数和 $Z_1 + Z_2 < 2Z_{\min}$ 时, 显然不能采用等移距修正, 而必须使两轮的变位系数($\xi_1 + \xi_2$) > 0 , 亦即采用正传动。

正传动具有下列优点:

1. 可以减小齿轮机构的尺寸;
2. 可以减轻齿轮的磨损和剥伤;
3. 可以使齿轮的齿根增强或接近于等强度;
4. 可以满足中心距任意给定的要求。

缺点:

1. 亦须成对设计制造和应用, 因而增加了互换性的条件;
2. 由于实际啮合线段的缩短, 所以其重叠系数将减小。

(2) 负传动: 在设计 and 修配齿轮时, 为了满足给定中心距离, 不得不采用负传动, 使两轮的中心得以靠近。

负传动的优缺点: 一般用于两轮的齿数和大于 $2Z_{\min}$, 故其尺寸较大; 容易磨损、剥伤; 齿根变薄, 故齿的抗弯强度较弱。所以工程上一般都不采用负传动, 而只有在凑两轮中心距的时候才不得已采用。

四、变位系数的选择

修正齿轮传动的优越性能否实现, 完全有赖于变位系数的合理选择。因此, 如何合

理选择变位系数 ξ_1 及 ξ_2 , 即成为设计修正齿轮传动中的关键问题。

因为齿轮的破坏方式与其工作条件有关, 所以在不同的工作条件下, 应当根据其主要的传动质量指标, 采用不同的修正传动, 亦即选择不同的变位系数 ξ_1 和 ξ_2 。

在选择变位系数 ξ 时, 应保证以下各点:

- 保证被切齿轮不发生根切现象, 因此变位系数不应小于 $\xi_{\min}$;
- 保证被加工齿轮的齿顶不发生变尖现象, 即保证其齿顶有一定的厚度, 以使其具有足够的强度。一般建议取 $S_e \geq (0.15 \sim 0.4)m$;
- 保证修正齿轮传动的重合系数 ε 不小于其最小的许可值。

至于 ξ_1 及 ξ_2 具体数值的选择, 则根据齿轮传动的不同的工作情况及要求来进行。

对于一定齿数 Z_1 的被切齿轮, 为了避免根切现象的发生, 刀具的位移必有一最小值。此最小变位系数 $\xi_{\min}$ 为:

$$\xi_{\min} = \frac{f'(Z_{\min} - Z_1)}{Z_{\min}}$$

对于不同标准的刀具, 上式可写为:

$$\text{当 } \alpha_o = 20^\circ \quad f' = 1 \text{ 时 } \quad \xi_{\min} = \frac{17 - Z_1}{17};$$

$$\alpha_o = 15^\circ \quad f' = 1 \text{ 时 } \quad \xi_{\min} = \frac{30 - Z_1}{30}.$$

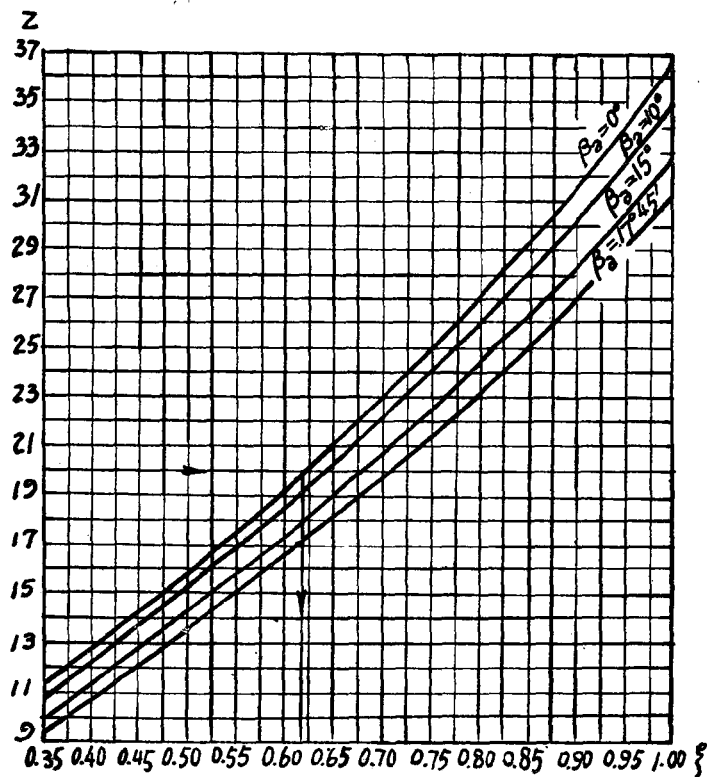


图 3. 齿轮齿数与修正系数关系曲线

但在近代的实际计算中，常常允许将工作条件不好的齿根部分的渐开线切去一些，因而常用下面公式来计算最小修正系数，即

$$\text{当 } \alpha_o = 20^\circ \quad f' = 1 \text{ 时, } \xi_{\min} = \frac{14 - Z_1}{17};$$

$$\alpha_o = 20^\circ, \quad f' = 1 \text{ 时 } \xi_{\min} = \frac{25 - Z_1}{30}.$$

d 图表说明

在没有根切的条件下，小齿轮最小齿数 Z_1 ，牙齿倾斜角 β_o ，及修正系数之和 $\xi_c = \xi_1 + \xi = 0$ ，直齿齿轮副的重叠系数为 1.089，斜齿齿轮副的重叠系数为 1 的情况下，可根据图 3 来确定基本齿形最大位移数值。对于斜齿齿轮修正系数 ξ_1 和 ξ_2 与法向模数相适应。

例：外啮合直齿圆柱齿轮 ($\beta_o = 0$) 齿轮 $Z_1 = 20$ ， $Z_2 > Z_1$ 其修正系数之和 $\xi_1 + \xi_2 = 0$ ，当 $\xi = 0.62$ 时，重叠系数等于 1.089。当 $\xi > 0.62$ 时，重叠系数将小于 1.089。

五、圆柱齿轮的测绘

被测绘的齿轮可能是：

- 零值传动(非修正传动)；
- V-O 传动(高度修正传动)；
- V-V 传动(角度修正传动)。

测绘的目的不外是确定齿轮的各主要参数、传动种类以及传动精度等，也就是说需要确定齿数 z_1 ，模数 m_n ，啮合角 α_o 和修正系数 ξ ，对于斜齿轮则还应确定螺旋角 β_o 等。至于传动精度则只能根据传动的要求来规定，因为被测绘的轮通常是磨损了的，故不能作为决定精度的依据。

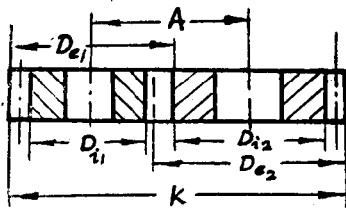


图 4. 测绘直齿齿轮时的计算

测绘时，如果不知道给定条件的地方具有何种类型的传动，可假设非修正传动作为计算开始。如果所得结果与要求不符，可再假设具有减短齿顶的 V 传动，同时根据包含齿轮直径和尺寸 K 的公式检验结果。

(一) 圆柱直齿各参数的确定

1. 模数 m 和修正系数 ξ 的确定：

a. 非修正传动 根据顶圆或根圆确定：

$$m = \frac{D_e}{Z+2} = \frac{D_{e1}}{2} - \frac{AZ_1}{Z_1 + Z_2}.$$

近似值

$$m \approx \frac{D_i}{Z-2.5} \sim \frac{D_i}{Z-2.33}.$$

b. 非修正和 V-O 传动 根据 K 值和中心距 A 确定(图 4)。

$$m = \frac{2A}{Z_1 + Z_2} = \frac{D_{e1} + D_{e2}}{Z_1 + Z_2 + 4} = \frac{K}{Z_1 + Z_2 + 2} = \frac{D_{e1} + D_{e2} - K}{2} = \frac{D_{e1} + D_{e2} - 2A}{4}.$$