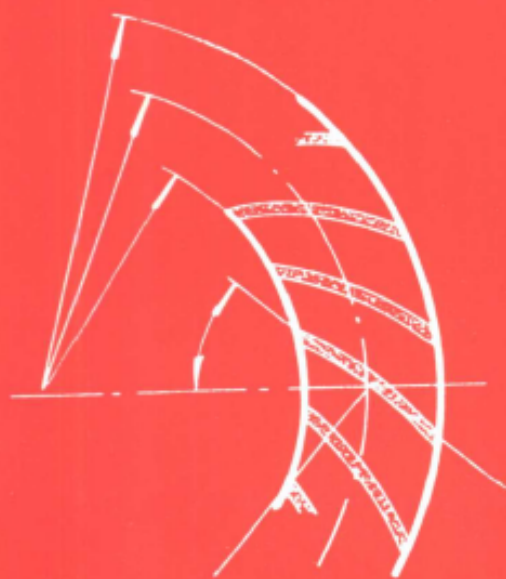




汽车齿轮 与 花键测绘

胡丽华 郎全栋 编 刘惟信 校



人民交通出版社

Qiche Chilun yu Huaqian Cehui

汽车齿轮与花键测绘

胡丽华 郎全栋 编

刘惟信 校

人民交通出版社

汽车齿轮与花键测绘

胡丽华 郎全栋 编

刘惟信 校

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 13.75 字数: 328 千

1987年2月 第1版

1987年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—3,850册 定价: 3.30 元

内 容 提 要

本书详细介绍了进口汽车圆柱、圆锥和双曲面齿轮以及矩形花键、渐开线花键、三角花键的参数特征、测绘步骤和方法，并列举了测绘计算实例，可供从事汽车、拖拉机、工程机械以及机床等维修工作的人员参考，亦可作为大专院校有关专业的教学参考书。

前 言

应用在汽车上的齿轮及花键类零件，数量多，种类繁，与其它机械的齿轮及花键相比，既有共性，也有特点。本书主要阐述汽车齿轮与花键在几何参数和测绘技术等方面的特殊性，对有关的基础知识只作了适当的介绍。

齿轮与花键的测绘是一项技术性很强的工作，而测绘分析对准确地确定所测绘的齿轮与花键的齿制、齿形参数及尺寸尤为重要。故本书除介绍一般的测绘步骤、方法外，还以实例说明了测绘中有关问题的分析方法，并收集了大量的测绘资料。

全书分为三章：第一章由胡丽华同志编写，第二章、第三章由郎全栋同志编写。

在编写本书的过程中，得到了东北林学院参加进口车辆测绘的教师的大力帮助。初稿完成后，又蒙清华大学刘惟信、陈奎元二同志审阅，提出了不少具体修改意见。东北林学院任坤南同志也曾评阅过原稿并提出了意见。全书最后由刘惟信副教授审改定稿，在此表示衷心感谢。

由于编者业务水平所限，书中不妥之处在所难免，殷切希望读者批评指正。

编 者

常用符号

- a ——标准齿轮啮合的中心距
- a' ——实际中心距
- A ——安装距（锥齿轮用）
- b ——齿轮宽度、齿面宽（锥齿轮用）
- B ——矩形花键键宽
- c ——径向间隙、齿顶间隙（锥齿轮用）
- o° ——径向间隙系数、顶隙系数（锥齿轮用）
- d ——齿轮或渐开线花键分度圆直径、矩形花键内径
- d_b ——齿轮或渐开线花键基圆直径
- d_a ——齿轮齿顶圆直径、渐开线花键的齿顶圆直径（花键轴外径、花键孔内径）
- d_f ——齿轮或渐开线花键齿根圆直径（花键轴内径、花键孔外径）
- DP ——径节制齿轮或花键的径节
- D ——矩形花键外径、三角花键中径
- D_1 ——三角花键理论外径
- D_2 ——三角花键理论内径
- D_A ——三角花键（孔）实际外径
- d_A ——三角花键（孔）实际内径
- D_B ——三角花键（轴）实际外径
- d_B ——三角花键（轴）实际内径
- d_p ——测量量棒直径
- E ——双曲面齿轮偏置距
- h ——全齿高
- h' ——工作齿高
- h_a ——齿顶高
- h_a^* ——齿顶高系数
- h_f ——齿根高
- i ——传动比
- j_n ——齿轮副法向侧隙
- k ——测量公法线的跨测齿数
- m ——齿轮或渐开线花键的模数
- m_n ——法向模数
- m_t ——端面模数
- M ——量棒间尺寸（量棒距）
- p ——齿轮或渐开线花键周节

p_b ——齿轮或渐开线花键基节
 R ——锥齿轮外锥距（节锥距）
 s ——圆柱齿轮或渐开线花键分度圆弧齿厚
 s_b ——圆柱齿轮或渐开线花键基圆弧齿厚
 u ——齿数比
 W_k ——跨 K 齿测量的公法线长度
 x ——圆柱齿轮或渐开线花键的变位系数、圆锥齿轮高变位系数
 x_g ——圆锥齿轮切向变位系数
 z ——齿轮齿数、花键键数
 α ——齿轮或渐开线花键的齿形角、压力角
 β ——齿轮螺旋角
 δ ——圆锥齿轮（或双曲面齿轮）节锥角
 δ_a ——圆锥齿轮（或双曲面齿轮）面锥角
 δ_f ——圆锥齿轮（或双曲面齿轮）根锥角
 θ_a ——圆锥齿轮（或双曲面齿轮）齿顶角
 θ_f ——圆锥齿轮（或双曲面齿轮）齿根角

目 录

常用符号	(1)
第一章 汽车圆柱齿轮的测绘	(1)
第一节 圆柱齿轮的齿形标准及几何计算	(1)
一、渐开线齿形标准	(1)
二、标准直齿圆柱齿轮	(5)
三、标准斜齿圆柱齿轮	(6)
四、变位齿轮	(8)
五、内啮合圆柱齿轮	(10)
六、圆柱齿轮测量尺寸的计算	(12)
第二节 圆柱齿轮测绘的一般步骤及方法	(18)
一、齿轮几何尺寸的测量	(18)
二、直齿圆柱齿轮的测绘	(24)
三、斜齿圆柱齿轮的测绘	(30)
第三节 各种汽车圆柱齿轮的测绘实例	(34)
一、变速器齿轮的测绘	(34)
二、变速器接合齿的测绘	(41)
三、里程表螺旋齿轮的测绘	(44)
四、循环球式转向器齿条和齿扇的测绘	(47)
五、飞轮齿环与起动机齿轮的测绘	(51)
第二章 汽车圆锥齿轮与双曲面齿轮的测绘	(57)
第一节 圆锥齿轮与双曲面齿轮在汽车上的应用、分类及其特点	(57)
第二节 圆锥齿轮与双曲面齿轮常用术语及定义	(62)
一、锥齿轮的锥面和角	(62)
二、锥齿轮各部分的名称与代号	(62)
三、主要术语的定义	(62)
第三节 圆锥齿轮与双曲面齿轮的齿制及几何计算	(66)
一、用滚切法加工的格里森制汽车差速器直齿锥齿轮	(66)
二、用圆拉法加工的格里森制汽车差速器直齿锥齿轮	(70)
三、格里森制一般工业用弧线锥齿轮	(71)
四、格里森制汽车工业用(小齿轮齿数少于12的)弧线锥齿轮	(71)
五、厄利康制延伸外摆线锥齿轮	(76)
六、格里森制弧线双曲面齿轮	(80)
第四节 圆锥齿轮与双曲面齿轮测绘的一般步骤及方法	(91)
一、一般步骤	(91)

二、齿轮种类及齿制的判别·····	(94)
三、轮齿参数(或尺寸)的测量·····	(94)
第五节 汽车圆锥齿轮与双曲面齿轮的测绘实例·····	(107)
一、差速器直齿圆锥齿轮的测绘·····	(107)
二、主减速器螺旋锥齿轮的测绘·····	(117)
三、主减速器双曲面齿轮的测绘·····	(125)
第三章 汽车花键的测绘·····	(134)
第一节 花键测绘的特点和一般程序·····	(134)
一、汽车花键的分类·····	(134)
二、花键测绘的主要特点·····	(134)
三、花键测绘的一般程序·····	(136)
第二节 矩形花键的测绘·····	(136)
一、矩形花键标准·····	(136)
二、矩形花键尺寸的测量·····	(144)
三、矩形花键联结定心方式的判断·····	(146)
四、矩形花键联结公差与配合的确定·····	(146)
五、矩形花键的测绘实例·····	(146)
第三节 渐开线花键的测绘·····	(151)
一、渐开线花键标准·····	(151)
二、渐开线花键齿厚的测量及计算·····	(153)
三、渐开线花键模数和压力角的确定·····	(171)
四、变位渐开线花键的判断·····	(172)
五、渐开线花键定心方式的识别·····	(173)
六、渐开线花键的几何计算·····	(174)
七、渐开线花键联结公差与配合的确定·····	(178)
八、渐开线花键的测绘实例·····	(189)
第四节 三角花键的测绘·····	(195)
一、三角花键标准·····	(195)
二、三角花键测量尺寸的计算公式·····	(200)
三、三角花键的几何计算·····	(203)
四、三角花键主要参数及尺寸的测量·····	(204)
五、量棒间尺寸公差的确定·····	(205)
六、三角花键的测绘实例·····	(206)
主要参考文献·····	(210)

第一章 汽车圆柱齿轮的测绘

第一节 圆柱齿轮的齿形标准及几何计算

一、渐开线齿形标准

渐开线齿形按切削刀具标准分为两类：

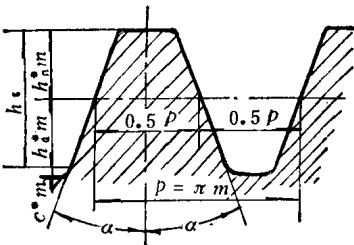
(一) 公制齿形

公制齿形的原始齿形及其基本参数如表 1-1 所示。由表可见，齿轮的所有尺寸都是用模数 m 来表示的，模数 m 是计算齿轮尺寸的一个最基本参数。公制齿形按齿形的高低分为标准齿和短齿。标准齿齿顶高为 1 个模数；短齿齿顶高为 0.8 个模数。公制齿形的齿形角规定为分度圆处的压力角 $\alpha = 20^\circ$ 。应当指出，从目前使用的情况看，有增大压力角的发展趋势。在一些汽车制造业中，为了提高齿轮的抗弯能力，不仅采用短齿，有时也用分度圆压力角 $\alpha = 2.5^\circ$ 或更大。

圆柱齿轮原始齿形基本参数

表 1-1

长度单位：mm

原始齿形	基本参数名称	代号	标准齿	短齿
	齿形角	α	20°	
	齿顶高系数	h_a^*	1.0	0.8
	径向间隙系数	C^*	0.25	0.3
			0.35 用于插剃	
	齿根圆角半径	r	0.4m	0.46m
			0.25m 用于剃齿	

注：m 为齿轮模数，其单位是 mm。

各国常用的齿形标准和模数系列分别列于表 1-2、表 1-3、表 1-4 中。

为了获得短齿，在汽车拖拉机齿轮中有的也采用双模数制。所谓双模数制就是同一个齿轮用两个模数 $\frac{m_1}{m_2}$ 来计算齿形尺寸。用较大的模数 m_1 来计算分度圆直径、周节、齿厚、齿间等尺寸；而用较小的模数 m_2 来计算齿顶高、齿根高和径向间隙。例如东方红-54 型拖拉机变速箱第一轴齿轮采用的是双模数制，其 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{5}{3.75}$ 。

常用的 $\frac{m_1}{m_2}$ 系列列于表 1-5 中。

各国常用齿形标准

表1-2

国 别	齿 形 制	国 家 标 准 号	模数 m 或 径节 DP	α (压力角)	h_o^* (齿顶高系数)	c^* (径向间隙 系数)	r (齿根圆角 半径)
国际标 准协 会	标准齿高	ISO R53	m	20°	1	0.25	0.4m
中 国	标准齿高	GB 1357-78 或JB 110-60	m	20°	1	0.25	
	短 齿	GB 1357-78 或JB 110-60	m	20°	0.8	0.3	
瑞 士	标准齿高	VSM 15520	m	20°	1	0.25 0.167	
	马 格 制	Maag	m	15° 20°	1 1	0.167	
瑞 典	马 格 制		m	20°	1	0.25	
联 邦 德 国	标准齿高	DIN 867	m	20°	1	0.1~0.3	
	短 齿		m	20°	0.8	0.1~0.3	
	标准齿高	(旧)	m	15°	1	0.166	
	标准齿高	(旧)	m	20°	1	0.166	
捷 克 斯 洛 伐 克	标准齿高	ČSN 01 4607	m	20°	1	0.25	
	标准齿高	ČSN 01 4607	m	15°	1		
法 国	标准齿高	NF E 23-011	m	20°	1	0.25	0.4m
	短 齿		m	20°	0.75	0.20	
日 本	标准齿高	JIS B1701-73	m	20°	1	0.25	
	标准齿高	JIS B1701-53	m	$14\frac{1}{2}^\circ$	1	0.25	
苏 联	标准齿高	ГОСТ 3058-54	m	20°	1	0.25	0.4m
	短 齿	ГОСТ 3058-54	m	20°	0.8	0.30	
	标准齿高	OCTBKC 6922	m	20°	1	0.20	
	长 齿	非 标 准	m	20°	1.25	0.2314	0.3516m
	短 齿	非 标 准	m	28°	0.9	0.184	0.347m
英 国	A_1 级复合形	BSS 436-1940	DP	20°	1	0.44	
	A_2, B, C, D 级 复合形	BSS 436-1940	DP	20°	1	0.25	
	标准齿高		DP	$14\frac{1}{2}^\circ$	1	0.157	
	标准齿高		DP	20°	1	0.35	
	短 齿		DP	20°	0.8	0.30	
	长 齿	BS 1807	DP	16°	1.2	0.30~0.45	
美 国	$14\frac{1}{2}^\circ$ 标准齿高	ASAB, 1-1932	DP	$14\frac{1}{2}^\circ$	1	0.157	
	$14\frac{1}{2}^\circ$ 标准复合形	ASAB, 1-1932	DP	$14\frac{1}{2}^\circ$	1	0.157	
	20° 标准齿高	ASAB, 1-1932	DP	20°	1	0.157	
	20° 短 齿	ASAB, 1-1932	DP	20°	0.8	0.20	
	Nuttall短齿		DP	20°	0.785	0.157	
	标准齿高	ASAB, 1-1968	DP	25°	1	0.25	0.3

注：我国国家标准的“基准齿形及齿形参数”（GB1356-78）中规定，为提高综合强度需增大齿形角时，推荐 $\alpha = 25^\circ$ 、 $h_a = m$ 、 $h' = 2m$ 、 $c = 0.2m$ 、 $r = 0.36m$ ，齿根圆角为单圆弧。

各国模数标准系列

表1-3

国 别	中	苏	联邦德国	捷斯洛伐克	日	法	国 别	中	苏	联邦德国	捷斯洛伐克	日	法
模 数	国	联	国	克	本	国	模 数	国	联	国	克	本	国
1	○	○	○	○	○	○	6.75			○		○	
1.125		○	○			○	7	○	○	○	○	○	○
1.25	○	○	○	○	○	○	7.5			○		○	
1.375		○	○			○	8	○	○	○	○	○	○
1.5	○	○	○	○	○	○	8.5			○		○	
1.75	○	○	○	○	○	○	9	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	9.5			○		○	
2.25	○	○	○	○	○	○	10	○	○	○	○	○	○
2.5	○	○	○	○	○	○	11	(○)	○	○	(○)	○	○
2.75	(○)	○	○	○	○	○	12	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	13			○	(○)	○	
3.25	(○)		○	(○)	○		14	○	○	○	○	○	○
3.5	○	○	○	○	○	○	15			○	(○)	○	
3.75	(○)		○	(○)	○		16	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	18	○	○	○	○	○	○
4.25					○		20	○	○	○	○	○	○
4.5	○	○	○	○	○	○	22	○	○	○	○	○	○
4.75			○		○		24			○			
5	○	○	○	○	○	○	25	○	○	○		○	○
5.25			○		○		27			○			
5.5	○	○	○	(○)	○	○	28	○		○			
5.75			○		○		30	(○)		○			
6	○	○	○	○	○	○	32		○	○			
6.25			○		○		33	○		○			
6.5	(○)		○	(○)	○		36	○	○	○			

注：①中国系指 GB1357-78，另有40、45及50三种模数未列入表中，在 JB111-60中除表中所列模数外还有13、15；

苏联——ГОСТ9563-60；

联邦德国——DIN780；

捷克斯洛伐克——ČSN01 4608；

日本——JISB1701-63；

法国——NF E23-011。

②○——各国采用的模数；

(○)——标准中尽可能不用的模数。

(二) 英制齿形

英制齿形主要用于英美国家。英制齿形以径节作为计算齿轮尺寸的基本参数。径节用 DP 表示，单位为 $1/in$ 。径节已系列化，其值列于表1-6中。英制齿形的齿形角有 $14\frac{1}{2}^\circ$ 和 20° 两种。按齿形高低，英制齿形亦分标准齿和短齿。为了获得短齿也引用双径节制，即用 $\frac{DP_2}{DP_1}$ 计算齿轮尺寸。其中较小的径节 DP_2 用来计算分度圆直径、周节、齿厚等尺寸；较大的径节 DP_1 用来计算齿高。常用的双径节系列列于表1-7中。

双模数 $\frac{m_1}{m_2}$ 制系列

表1-5

$\frac{1.5}{1.25}$	$\frac{1.75}{1.5}$	$\frac{2}{1.75}$	$\frac{2.25}{1.75}$	$\frac{2.5}{2}$	$\frac{2.75}{2}$	$\frac{3}{2.25}$	$\frac{3.25}{2.5}$
$\frac{3.5}{2.5}$	$\frac{3.75}{2.75}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4.25}{3.25}$	$\frac{4.5}{3.25}$	$\frac{4.75}{3.5}$	$\frac{5}{3.75}$	$\frac{5.25}{4}$
$\frac{5.5}{4}$	$\frac{5.75}{4.5}$	$\frac{6}{4.5}$	$\frac{6.25}{4.75}$	$\frac{6.5}{5}$	$\frac{7.5}{5.5}$	$\frac{8}{6.5}$	

径节制系列

表1-6

1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	1 ³ / ₄	2	2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂	2 ³ / ₄	3	3 ¹ / ₄	4	5	6	7
8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

双径节 $\frac{DP_2}{DP_1}$ 系列

表1-7

$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{11}$	$\frac{10}{12}$
$\frac{11}{14}$	$\frac{12}{14}$	$\frac{14}{18}$	$\frac{16}{21}$	$\frac{18}{24}$	$\frac{20}{26}$	$\frac{22}{29}$	$\frac{24}{32}$
$\frac{26}{35}$	$\frac{28}{37}$	$\frac{30}{40}$	$\frac{32}{42}$	$\frac{34}{45}$	$\frac{36}{48}$	$\frac{38}{50}$	$\frac{40}{54}$

二、标准直齿圆柱齿轮

所谓标准齿轮就单独一个齿轮来说，其分度圆上弧齿厚 s 等于齿间 e ，均等于周节 p 之半。即：

$$s = e = \frac{p}{2} \quad (1-1)$$

一对标准齿轮啮合，在正确安装条件下，两轮的分度圆相切并作纯滚动，分度圆与节圆重合，此时中心距为：

$$a = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) \quad (1-2)$$

式中， a ——标准中心距；

m ——模数；

z_1, z_2 ——齿数。

掌握标准齿轮这一特点，对于计算和测绘标准圆柱齿轮是很重要的。为了计算方便，把标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算公式列于表1-8。

目前我国进口车辆较多，在齿轮测绘和修配工作中，往往会碰到用模数制齿轮来代替径节制齿轮的情况，此时模数 m 和径节 DP 之间的关系为：

标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算 (模数制)

表1-8

单位: mm

序 号	名 称	代 号	计 算 公 式
1	齿 顶 高	h_a	$h_a = h_a^* m$
2	齿 根 高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m$
3	全 齿 高	h	$h = h_a + h_f$
4	分度圆直径	d	$d = zm$
5	齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a = (z + 2h_a^*) m$
6	齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = (z - 2h_a^* - 2c^*) m$
7	基 圆 直 径	d_b	$d_b = d \cos \alpha$
8	周 节	p	$p = \pi m$
9	基 节	p_b	$p_b = p \cos \alpha$
10	中 心 距	a	$a = \frac{m}{2} (z_1 + z_2)$
11	跨 齿 数	k	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5$
12	公法线长度	W_k	$W_k = m \cos \alpha [\pi (k - 0.5) + z \sin \alpha]$
13	固定弦齿高	$\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = (h_a^* - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha) m$
14	固定弦齿厚	$\bar{s}_c$	$\bar{s}_c = \frac{\pi m}{2} \cos^2 \alpha$

$$m = \frac{25.4}{DP} \quad (1-3)$$

常用的模数与径节的换算值列于表1-9中。

径节-模数换算表

表1-9

模 数 (mm)	径 节 (1/in)	模 数 (mm)	径 节 (1/in)	模 数 (mm)	径 节 (1/in)	模 数 (mm)	径 节 (1/in)
1.016	25	1.8143	14	4.2333	6	12.6998	2
1.0583	24	1.9538	13	5.0799	5	14.514	1 ³ / ₄
1.1545	22	2.1166	12	6.3499	4	16.933	1 ¹ / ₂
1.2700	20	2.3090	11	7.2571	3 ¹ / ₂	20.3196	1 ¹ / ₄
1.3368	19	2.540	10	8.4665	3	25.3995	1
1.4111	18	2.8222	9	9.2362	2 ³ / ₄		
1.4941	17	3.1749	8	10.1598	2 ¹ / ₂		
1.5875	16	3.6285	7	11.2887	2 ¹ / ₄		

三、标准斜齿圆柱齿轮

斜齿圆柱齿轮齿向是倾斜的, 出现了螺旋角, 而且各个圆柱上的螺旋角都不相等, 其分度圆柱上的螺旋角用 β 表示。一对斜齿轮啮合时两轮螺旋角大小相等方向相反即:

$$\beta_1 = -\beta_2$$

由图 1-1 可见, 由于齿向的倾斜, 它的每一个基本参数都可分为法面 (垂直于轮齿方向的平面) 参数和端面 (垂直于齿轮回转头轴线的平面) 参数。斜齿圆柱齿轮的法面参数和端面参数究竟哪一种为标准值, 要由加工方法而定。斜齿圆柱齿轮用滚刀或成形铣刀来加工时,

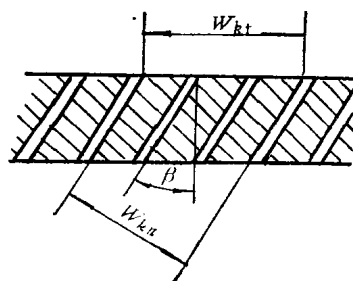
刀具是沿着轮齿的螺旋方向切削,此时必须按斜齿轮的法面模数来选取刀具,这种情况下就以法面参数(m_n 、 α_n 、 h_{an}^* 、 c_n^*)为标准;当用斜齿插齿刀来加工时,就以端面参数(m_t 、 α_t 、 h_{at}^* 、 c_t^*)为标准。在绝大多数情况下,斜齿圆柱齿轮都以法面参数为标准值,但几何尺寸计算却在端面内进行。端、法面参数按下式换算:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} \quad (1-4)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} \quad (1-5)$$

$$h_{at}^* = h_{an}^* \cos \beta \quad (1-6)$$

$$c_t^* = c_n^* \cos \beta \quad (1-7)$$



正确掌握端、法面参数的换算关系是计算斜齿轮的关键。标准斜齿圆柱齿轮几何尺寸计算列于表1-10中。

图1-1 斜齿圆柱齿轮分度圆柱的展开图

标准斜齿圆柱齿轮几何尺寸计算

表1-10

长度单位: mm

序 号	名 称	代 号	计 算 公 式
1	端 面 模 数	m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$
2	端面齿形角	α_t	$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta}$
3	齿 顶 高	h_a	$h_a = h_{an}^* m_n = h_{at}^* m_t$
4	齿 根 高	h_f	$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n = (h_{at}^* + c_t^*) m_t$
5	全 齿 高	h	$h = h_a + h_f$
6	分度圆直径	d	$d = z m_t = z \cdot \frac{m_n}{\cos \beta}$
7	齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2 h_a = \left(\frac{z}{\cos \beta} + 2 h_{an}^* \right) m_n$
8	齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2 h_f = \left(\frac{z}{\cos \beta} - 2 h_{an}^* - 2 c_n^* \right) m_n$
9	基 圆 直 径	d_b	$d_b = d \cos \alpha_t$
10	端 面 周 节	p_t	$p_t = \pi m_t$
11	端 面 基 节	p_{bt}	$p_{bt} = p_t \cos \alpha_t$
12	中 心 距	a	$a = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \frac{m_n}{\cos \beta}$
13	跨 齿 数	k	$k = \frac{\alpha_n}{180^\circ} \cdot \frac{z}{\cos^3 \beta} + 0.5$
14	公法线长度	W_{kn}	$W_{kn} = m_n (k_\alpha + z \cdot k_\beta)$ k_α - 查表1-17, k_β - 查表1-18
15	固定弦齿高	$\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = (h_{an}^* - \frac{\pi}{8} \sin 2 \alpha_n) m_n$
16	固定弦齿厚	$\bar{s}_c$	$\bar{s}_c = \frac{\pi m_n}{2} \cdot \cos^3 \alpha_n$

四、变位齿轮

前面叙述了标准齿轮的特点及几何计算。但是，在汽车制造业中，标准齿轮的采用愈来愈受到限制，这是因为：

- (1) 标准齿轮的齿数不能太少 ($z_{\min} = 17$)，因而使传动机构不够紧凑；
- (2) 标准齿轮不适用于实际中心距 a' 与标准齿轮中心距 a 不相等的场合；
- (3) 标准齿轮的大小齿轮磨损不均匀。

为了改善标准齿轮的上述这些缺陷，提高传动质量，在汽车齿轮中广泛地采用变位齿轮传动。

变位齿轮就单个齿轮来说有正变位齿轮和负变位齿轮之分。正变位齿轮的变位系数 $x > 0$ ；负变位齿轮的变位系数 $x < 0$ 。由变位齿轮的加工原理可知，变位齿轮的齿形与标准齿轮的齿形比较，其分度圆齿厚、齿顶高、齿根高、公法线等都发生了变化，如图1-2所示。显然这些变化必然反映到一对相互啮合的变位齿轮传动中来。

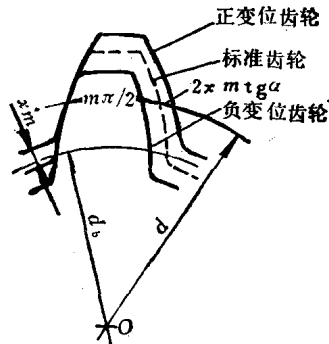


图1-2 标准齿形与变位齿形比较

(一) 变位直齿圆柱齿轮传动

由于变位齿轮是以变位系数区别于标准齿轮，因而变位齿轮传动也将以变位系数的总和区别于标准齿轮传动。根据变位系数总和的不同，变位齿轮传动可分为高度变位齿轮传动和角度变位齿轮传动两种。

1. 高度变位齿轮传动

高度变位齿轮传动，两个齿轮的变位系数 x_1 和 x_2 大小相等，符号相反。一般小齿轮为正变位大齿轮为负变位，即： $x_1 = -x_2$ 、 $x_1 + x_2 = 0$ 。这种变位齿轮传动，齿轮的齿顶高和齿根高已不是标准值（全齿高仍为标准值），但其啮合的实际中心距仍等于准标齿轮中心距，

即： $a' = a = \frac{m}{2}(z_1 + z_2)$ ，分度圆与节圆重合，啮合角等于分度圆压力角，即： $\alpha' = \alpha$ 。

2. 角度变位齿轮传动

角度变位齿轮传动中两轮的变位系数之和 $x_1 + x_2 \neq 0$ 。它又分为 $x_1 + x_2 > 0$ ，称正传动； $x_1 + x_2 < 0$ ，称负传动。角度变位齿轮传动不仅齿轮的齿顶高和齿根高不是标准值，而且，为了保持齿轮传动中的标准径向间隙，两轮齿顶降低了，全齿高也不是标准值，此时全齿高为 $h = 2.25m - \Delta y m$ ， Δy 称齿高变动系数。除此，这种变位齿轮传动的实际啮合中心距与标准齿轮中心距不等，即： $a' \neq a$ ，分度圆与节圆不重合，啮合角也与分度圆压力角不等，即： $\alpha' \neq \alpha$ 。有关变位齿轮传动的几何尺寸计算列于表1-11中；标准齿轮与变位齿轮传动的主要参数比较如表1-12。

(二) 变位斜齿圆柱齿轮传动

斜齿轮的变位原理和直齿轮相同，它的几何计算仍在端面内进行，计算时要注意端面脚号的标注和端、法面之间的换算关系。

(三) 变位系数

变位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。在测绘齿轮时，虽然其变位系数已经确定不能再另选择了，但为了分析原设计意图，就必须掌握选择变位系数