

新编 机械设计师手册

徐灏

主编

上册



机械工业出版社

新编 机械设计师 手册

徐灏

主编

下册



机械工业出版社

ISBN 7-111-04182-8/TH·522



●
封面设计：
姚毅

定价：114.00 元

第5篇 齿轮传动

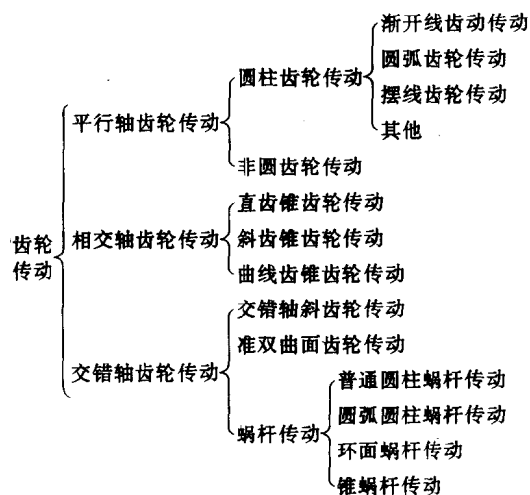
第1章 概述

齿轮是重要的基础件，其应用广泛，历史悠久。早在公元前400~200年，就开始使用齿轮，公元1674年，丹麦天文学家俄勒夫·罗默（Olaf Roemer）提出用外摆线做齿廓，以实现齿轮等角速度运动。公元1754年，瑞士数学家，利昂赫特·欧拉（Leonhard Euler），提倡用圆的渐开线做齿廓，直到19世纪滚齿机出现后渐开线齿轮取得了绝对优势。1929年瑞士俄乃斯特·威尔德哈波（Ernest Wildhaber），取得法面圆弧齿廓齿轮的专利权，1955年苏联工程师M. A. 诺维柯夫（M. A. Новиков）对圆弧齿轮进一步研究，并在工业中应用成功，可明显的提高齿面接触强度的承载能力。

目前齿轮技术可达到的指标：圆周速度 $v=300\text{m/s}$ ，转速 $n=10^5\text{r/min}$ ，传递的功率 $P=10^5\text{kW}$ ，模数 $m=0.004\sim 100\text{mm}$ ，直径 $d=1\text{mm}\sim 152.3\text{m}$ 。

1 齿轮传动的分类和特点

1.1 分类



1.2 特点

- (1) 瞬时传动比恒定。非圆齿轮传动的瞬时传动比又能按需要的变化规律来设计。
- (2) 传动比范围大，可用于减速或增速。
- (3) 速度（指节圆圆周速度）和传递功率的范围大，可用于高速（ $v>40\text{m/s}$ ）、中速和低速（ $v<25\text{m/s}$ ）的传动；功率可从小于1W到 10^5kW 。
- (4) 传动效率高，一对高精度的渐开线圆柱齿轮，效率可达99%以上。
- (5) 结构紧凑，适用于近距离传动。
- (6) 制造成本较高，某些具有特殊齿形或精度很高的齿轮，因需要专用或高精度的机床、刀具和量仪等，故制造工艺复杂，成本高。
- (7) 精度不高的齿轮，传动时噪声、振动和冲击大，污染环境。
- (8) 无过载保护作用。

2 齿轮传动类型选择的原则

(1) 满足使用要求，如对传动结构尺寸、重量、功率、速度、传动比、寿命、可靠性的要求等。对以上要求应作全面的、深入分析、满足主要的要求，兼顾其他。如对大功率长期运转的固定式设备，则着重于齿轮的寿命长和提高齿轮的传动效率；对短期间歇运转的移动式设备，应要求结构紧凑为主；对重要的齿轮传动，则要求可靠性高。

(2) 考虑工艺条件，如制造厂的工艺水平、设备条件、生产批量等。

(3) 考虑合理性、先进性和经济性等。

表5-1-1 列出各类齿轮传动的主要特点和适用范围，供选型时参考。

表 5-1-1 各类齿轮传动的主要特点和适用范围

名称	主要特点	适用范围			
		传动比	传动功率	速度	应用举例
渐开线圆柱齿轮传动	传动的速度和功率范围很大;传动效率高,一对齿轮可达98%~99.5%,精度愈高,效率愈高;对中心距的敏感性小,装配和维修比较简便;可以进行变位切削及各种修形,以适应提高传动质量的要求;易于进行精确加工	单级1~8,最大到10 两级到45 三级到75	到25000kW 最大10 ⁶ kW	到150m/s 最高300m/s	应用非常广泛
圆弧齿轮传动	单圆弧齿轮传动	单级1~8,最大到10 两级到45 三级到75	高速传动可达6000kW 低速传动输出转矩达1.2MN·m(117.7t·m)功率达5000kW	到100m/s	高速传动如用于鼓风机、制氧机、汽轮机 等;低速传动如用于轧钢机械、矿山机械、起重运输机械等
	双圆弧齿轮传动		具有单圆弧齿轮的优点,可用同一把滚刀加工一对齿轮;传动平稳;振动和噪声较单圆弧齿轮小		
圆锥齿轮传动	直齿圆锥齿轮	1~8	370kW	<5m/s	用于机床、汽车、拖拉机及其他机械轴线相交的传动
	曲线圆锥齿轮	1~8	3700kW	>5m/s, ≥40m/s 需磨齿	用于汽车驱动桥传动,机床、拖拉机等传动
准双曲面齿轮传动	比弧线圆锥齿轮传动更平稳。利用偏置距增大小轮直径,因而可以增加小轮刚性,实现两端支承。沿齿长方向有滑动。需用双曲面齿轮油	1~10,用于代替蜗杆传动时可达50~100	735kW	>5m/s	最广泛用于越野及小客车,也用于卡车
蜗杆传动	普通圆柱蜗杆传动	8~80	到200kW	$v_s \leq 15 \sim 35$ m/s	多用于中、小负荷、间歇工作的机器设备中
	圆弧圆柱蜗杆传动				
	环面蜗杆传动	5~100	到4500kW		轧机压下装置、各种绞车、冷挤压机、转炉、军工产品以及其他重型设备
	锥蜗杆传动	10~359			适用于特定结构的场合

(续)

3 主要代号、意义和单位

本篇用的主要代号、意义和单位列于表5·1-2。

表5·1-2 齿轮传动中主要代号、意义及单位

代号	意义	单位	代号	意义	单位
a	中心距、标准齿轮及高变位齿轮传动的中心距	mm	f_{pt}	齿距极限偏差	μm
a_0	切齿中心距	mm	h	齿高	mm
a_w	当量圆柱齿轮中心距	mm	h_{a1}, h_{a2}	小轮、大轮齿顶高	mm
a'	角变位齿轮传动的中心距	mm	h_a^*	齿顶高系数	
b	齿宽	mm	\bar{h}_a	弦齿高	mm
b_1, b_2	小轮、大轮或蜗轮齿宽	mm	h_{ae1}, h_{ae2}	小轮、大轮大端齿顶高	mm
b_{cal}	计算齿宽	mm	h_{a0}	刀具基本齿廓齿顶高	mm
b_{eH}, b_{eF}	接触、弯曲强度计算齿宽	mm	\bar{h}_c	固定弦齿高	mm
c	顶隙	mm	h_{f1}, h_{f2}	小轮、大轮齿根高	mm
C_a	齿顶修缘量	μm	h_{fe1}, h_{fe2}	小轮、大轮大端齿根高	mm
c^*	顶隙系数		j_n	齿轮副的法向侧隙	mm
C_γ	啮合刚度	N/(mm· μm)	j_t	齿轮副的圆周侧隙	mm
C'	单对齿刚度	N/(mm· μm)	K, k	载荷系数、跨测齿数	
d_1, d_2	小轮、大轮分度圆直径；蜗杆、蜗轮分度圆直径	mm	K_A	使用系数	
d'_1, d'_2	小轮、大轮节圆直径；蜗杆、蜗轮节圆直径	mm	K_{Fa}	弯曲强度计算的齿间载荷分配系数	
d_{a1}, d_{a2}	小轮、大轮齿顶圆直径；蜗杆、蜗轮齿顶圆直径	mm	$K_{F\beta}$	弯曲强度计算的齿向载荷分布系数	
d_{ae1}, d_{ae2}	小轮、大轮大端齿顶圆直径	mm	K_{Ha}	接触强度计算的齿间载荷分配系数	
d_{b1}, d_{b2}	小轮、大轮基圆直径	mm	$K_{H\beta}$	接触强度计算的齿向载荷分布系数	
d_{e1}, d_{e2}	小轮、大轮大端分度圆直径或蜗轮外圆直径	mm	$K_{H\beta e}$	轴承系数	
d_{f1}, d_{f2}	小轮、大轮齿根圆直径	mm	K_v	动载系数	
d_{m1}, d_{m2}	小轮、大轮齿宽中点分度圆直径	mm	m	模数	mm
d_{v1}, d_{v2}	小轮、大轮当量圆柱齿轮分度圆直径	mm	m_e	大端端面模数	mm
d_{vb1}, d_{vb2}	小轮、大轮当量圆柱齿轮基圆直径	mm	m_{en}	大端法向模数	mm
E	弹性模量	N/mm ²	m_{mn}	齿宽中点法向模数	mm
F_{tn}	法面内基圆周上的名义切向力	N	m_m	齿宽中点端面模数	mm
F_{te}	端面内基圆周上的名义切向力	N	m_n	法向模数	mm
F_{mt}	齿宽中点分度圆上的名义切向力	N	m_x	轴向模数	mm
F_t	端面内分度圆周上的名义切向力	N	N_L	应力循环次数	
F_β	齿向公差	μm	N_i	i 级载荷应力循环次数	
f_f	齿形公差	μm	N_{Loq}	当量循环次数	
f_{pb}	基节极限偏差	μm	n_1, n_2	小轮、大轮转速	r/min
			P	名义功率	kW
			p	齿距	mm
			p_{bn}	法向基节	mm
			p_{bt}	端面基节	mm
			p_{r0}	凸台量	mm
			q	蜗杆直径系数	
			q_s	齿根圆角参数	
			R_a	轮廓算术平均偏差	μm
			R_e	外锥距	mm
			R_m	中锥距	mm
			R_z	微观不平度十点高度	μm
			s	齿厚	mm
			S_F	弯曲强度的计算安全系数	

(续)

代号	意义	单位
S_{Fmin}	弯曲强度的最小安全系数	
S_H	接触强度的计算安全系数	
S_{Hmin}	接触强度的最小安全系数	
s_{Fn}	危险截面上齿厚	mm
T_1, T_2	小轮、大轮的名义转矩	$N \cdot m$
u	齿数比	
u_v	当量圆柱齿轮齿数比	
v	线速度、分度圆圆周速度	m/s
v_m	齿宽中点分度圆圆周速度	m/s
x_1, x_2	小轮、大轮径向变位系数	
x_{r1}, x_{r2}	小轮、大轮切向变位系数	
Y_{FS}	复合齿形系数	
Y_N	弯曲强度计算的寿命系数	
Y_{RelT}	相对齿根表面状况系数	
Y_{Sa}	载荷作用于齿顶时的应力修正系数	
Y_{ST}	试验齿轮的应力修正系数	
Y_x	弯曲强度计算的尺寸系数	
$Y_{\epsilon\beta}$	弯曲强度计算的重合度与螺旋角系数	
Y_{drelT}	相对齿根圆角敏感系数	
Z_E	弹性系数	$\sqrt{N/mm^2}$
Z_H	节点区域系数	
Z_K	接触强度计算的锥齿轮系数	
Z_{Lvr}	润滑油膜影响系数	
Z_W	齿面工作硬化系数	
Z_X	接触强度计算的尺寸系数	
$Z_{\epsilon\beta}$	接触强度计算的重合度与螺旋角系数	
z_1, z_2	小轮、大轮的齿数	

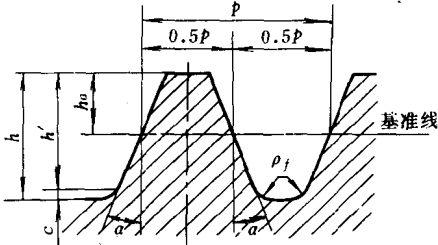
(续)

代号	意义	单位
z_{v1}, z_{v2}	小轮、大轮的当量齿数	
α_n	齿形角; 法向压力角	(°)
α_t	端面压力角	(°)
α_{vt}	当量圆柱齿轮端面压力角	(°)
α_x	轴向齿形角	(°)
β	螺旋角	(°)
β_b	基圆螺旋角	(°)
β_e	大端螺旋角	(°)
β_m	齿宽中点分度圆螺旋角	(°)
β_{vb}	当量圆柱齿轮基圆螺旋角	(°)
γ	导程角, 辅助角	(°)
δ_1, δ_2	小轮、大轮分锥角	(°)
ϵ_a	端面重合度	
ϵ_β	轴向重合度	
ϵ_γ	总的重合度	
ϵ_{va}	当量圆柱齿轮端面重合度	
$\epsilon_{v\beta}$	当量圆柱齿轮轴向重合度	
$\epsilon_{v\gamma}$	当量圆柱齿轮总的重合度	
η	润滑油动力粘度	$mPa \cdot s$
ν	泊桑比	
ν_{40}, ν_{50}	40、50℃时润滑油的名义运动粘度	mm^2/s
ρ	密度	kg/mm^3
ρ_{d0}	刀具齿顶圆角半径	mm
ρ_F	危险截面处齿根圆角半径	mm
σ_b	抗拉伸强度	N/mm^2
σ_F	计算齿根应力	N/mm^2
σ_{FE}	齿轮材料的弯曲疲劳强度基本值	N/mm^2
σ_{FP}	许用齿根应力	N/mm^2
σ_H	计算接触应力	N/mm^2
σ_{HP}	许用接触应力	N/mm^2
σ_{Hlim}	试验齿轮的接触疲劳极限	N/mm^2

第 2 章 渐开线圆柱齿轮传动

1 渐开线圆柱齿轮基本齿廓和模数系列 (表 5·2-1~3)

表 5·2-1 渐开线圆柱齿轮基本齿廓 (GB1356—87 等效 ISO53—74)

基 本 齿 廓	齿廓参数名称	代 号	数 值
	齿顶高	h_a	m
	工作高度	h'	$2m$
	顶隙	c	$0.25m$
	全齿高	h	$2.25m$
	齿距	p	πm
	齿根圆角半径	ρ_f	$\approx 0.38m$

注：1. 渐开线圆柱齿轮的基本齿廓是指基本齿条的法向齿廓。

2. 本标准适用于模数 $m \geq 1\text{mm}$ ，压力角 $\alpha = 20^\circ$ 的渐开线圆柱齿轮。

表 5·2-2 国外圆柱齿轮常用基本齿廓主要参数

国 别	齿形种类	标 准 号	m 或 DP	α	h_a^*	c^*	ρ_f	备注
国际 标准化组织	标准齿高	ISO R53—1974	m	20°	1	0.25	$0.38m$	
德意志联 邦共和国	标准齿高 短 齿	DIN 867	m	20°	1	0.1~0.3		
			m	20°	0.8	0.1~0.3		
日 本	标准齿高	JIS B1701—1973	m	20°	1	0.25		
法 国	标准齿高 短 齿	NFE23—011—1979	m	20°	1	0.25	$0.38m$	
瑞 士	标准齿高	VSM 15520	m	20°	1	0.25 0.167		用于 插齿法
	马格齿形		m	15° 20°	1 1	0.167		
捷克斯洛 伐 克	标准齿高	CSNO 14607	m	20°	1	0.25		
	标准齿高	CSNO 14607	m	15°	1			
英 国	标准齿高	BS436—1940	DP	$14\frac{1}{2}^\circ$	1	0.157		
	标准齿高	BS436; Part1—1967	DP	20°	1	0.25~0.4	0.25~0.39	
	标准齿高	BS436; Part2—1970	m	20°	1	0.25~0.4	0.25~0.39	
美 国	标准齿高	ASAB6.1—1968	DP	20°	1	0.25~0.35 0.40	$0.3 \times 1/DP$	> $DP20$ 剃齿法 > $DP20$ 剃齿法 < $DP20$ 剃齿法
	标准齿高	ASAB6.1—1968	DP	25°	1	0.25~0.35 0.40		
	标准齿高	ASAB6.19	DP	20°	1	0.20 0.35		
	短齿	ASME	DP	$22\frac{1}{2}^\circ$	0.875	0.125		
原苏联	标准齿高	ГОСТ 13755—68	m	20°	1	0.25	$0.4m$	
	短 齿	ГОСТ 13755—68	m	20°	0.8	0.30		

注：表中径节 $DP = \frac{z}{d} - 1/\text{in}$; $m = \frac{25.4}{DP}$ mm。

表 5·2-3 渐开线圆柱齿轮模数 (GB1357—87 参照 ISO54—77) (mm)

第一系列	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3		0.4	0.5	0.6		0.8	
第二系列							0.35				0.7		0.9
第一系列	1	1.25	1.5		2		2.5		3				
第二系列				1.75		2.25		2.75		(3.25)	3.5		(3.75)
第一系列	4		5		6			8		10			12
第二系列		4.5		5.5		(6.5)	7		9		(11)		
第一系列		16		20		25		32		40			50
第二系列	14		18		22		28		36		45		

- 注: 1. 对于斜齿圆柱齿轮是指法向模数 m_n 。
2. 优先选用第一系列, 括号内的数值尽可能不用。

2 渐开线圆柱齿轮的齿形修缘

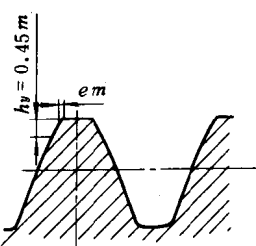
4 的数值而需要修缘时, 推荐使用表 5·2-5 所列数据 (JB110—60)。

对于外啮合圆柱齿轮, 当圆周速度大于表 5·2-

表 5·2-4 外啮合圆柱齿轮的许用圆周速度

齿 轮 类 型	I 组精度		
	6 级	7 级	8 级
	圆周速度 (m/s)		
直齿圆柱齿轮	10	6	4
斜齿圆柱齿轮	16	10	6

表 5·2-5 齿顶修缘高度和深度

图 形	I 组 精 度					
	6 级		7 级		8 级	
	m	e	m	e	m	e
	2~2.75	0.01	2~2.5	0.015	2~2.75	0.02
	3~4.5	0.008	2.75~3.5	0.012	3~3.5	0.0175
	5~10	0.006	3.75~5	0.010	3.75~5	0.015
	11~16	0.005	5.5~7	0.009	5.5~8	0.012
			8~11	0.008	9~16	0.010
			12~20	0.007	18~25	0.009
			22~30	0.006	28~50	0.008

- 注: 1. 表中的数值是指在基准齿形上的修缘数值。
2. 基准齿形上的修缘部分是一条直线, 也允许采用均匀的凸形曲线。
3. 在大批量生产中, 对于特别重要的传动齿轮以及受工艺要求所限制时, 允许改变修缘形状和数值。
4. 内啮合齿轮传动也可以应用本表数值。

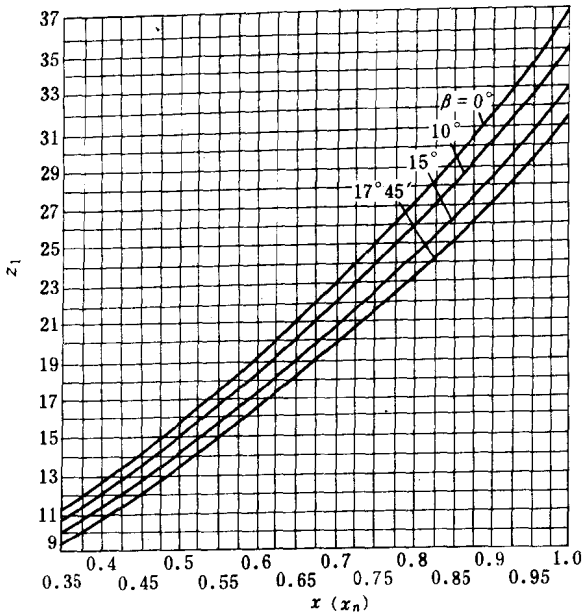


图 5·2-1 高变位齿轮传动在端面重合度 $\epsilon_a=1.089$ (直齿) 和 1.0 (斜齿) 时, 齿数 z_1 与螺旋角 β 及变位系数 $x(x_n)$ 的关系

以下情况不进行齿顶修缘:

(1) 因修缘的结果, 在直齿轮传动中使重合度 $\epsilon < 1.089$, 在斜齿轮传动中使端面重合度 $\epsilon_a < 1$ 。

(2) 当斜齿轮的螺旋角 $\beta > 17^\circ 45'$ 时。

对外啮合高变位齿轮传动 ($x_1 + x_2 = 0$), 齿顶修缘后使重合度 (或端面重合度) 达到 1.089 (直齿) 或 1.0 (斜齿) 的条件, 可按图 5·2-1 求得, 即此时齿轮的变位系数 x 不得大于按图 5·2-1 求得的数值。

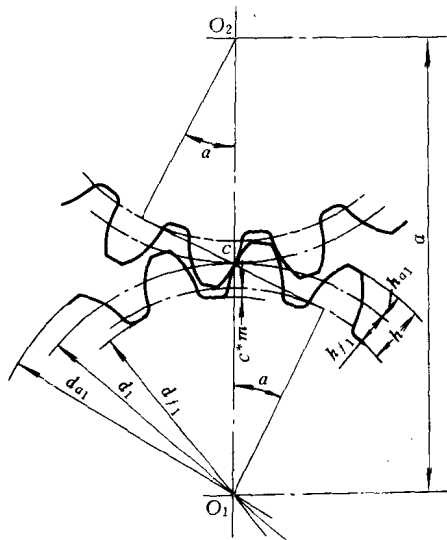
例 一对外啮合高变位直齿圆柱齿轮, $z_1 = 20$ 。由图可知, 当 $x_1 = 0.62$ 时, 端面重合度 $\epsilon_a = 1.089$; 如果 $x_1 > 0.62$, 则 $\epsilon_a < 1.089$ 。

3 圆柱齿轮传动几何尺寸计算

3·1 圆柱齿轮传动几何尺寸计算公式

(表 5·2-6~8)

表 5·2-6 外啮合标准直齿、斜齿 (人字齿) 圆柱齿轮传动几何尺寸计算公式



名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
模 数	m 或 m_n	m 由强度计算或结构设计确定, 并按表 5·2-3 取为标准值	m_n 由强度计算或结构设计确定, 并按表 5·2-3 取为标准值。 $m_t = m_n / \cos \beta$
压力角	α 或 α_n	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ$ $\tan \alpha_t = \tan \alpha_n / \cos \beta$
分度圆直径	d	$d = zm$	$d = zm_t = zm_n / \cos \beta$

(续)

名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
齿顶高	h_a	$h_a = h_a^* m = m, (h_a^* = 1)$	$h_a = h_{an}^* m_n = m_n, (h_{an}^* = 1)$
齿根高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m = 1.25m, (h_a^* = 1, c^* = 0.25)$	$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n = 1.25m_n, (h_{an}^* = 1, c_n^* = 0.25)$
齿全高	h	$h = h_a + h_f = 2.25m$	$h = h_a + h_f = 2.25m_n$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a = (z + 2)m$	$d_a = d + 2h_a$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = (z - 2.5)m$	$d_f = d - 2h_f$
中心距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2)m}{2}$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2)m_n}{2\cos\beta}$
齿数比	u	$u = \frac{z_2}{z_1}$	

侧隙检验尺寸 (选用一组)

I	分度圆弦齿厚	\bar{s} 或 \bar{s}_n	$\bar{s} = z m \sin \frac{90^\circ}{z} = m \bar{s}^*; \bar{s}^*$ 查表 5-2-9	$\bar{s}_n = z_n m_n \sin \frac{90^\circ}{z_n} = m_n \bar{s}_n^*; \bar{s}_n^*$ 查表 5-2-9
	分度圆弦齿高	\bar{h}_a 或 \bar{h}_{an}	$\bar{h}_a = m \left[1 + \frac{z}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right) \right]$ $= m \bar{h}_a^* \quad \bar{h}_a^*$ 查表 5-2-9	$\bar{h}_{an} = m_n \left[1 + \frac{z_n}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z_n} \right) \right]$ $= m_n \bar{h}_{an}^* \quad \bar{h}_{an}^*$ 查表 5-2-9
II	固定弦齿厚	\bar{s}_c 或 \bar{s}_{cn}	$\bar{s}_c = \frac{\pi m}{2} \cos^2 \alpha$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_c = 1.3870m$; \bar{s}_c 可查表 5-2-11	$\bar{s}_{cn} = \frac{\pi m_n}{2} \cos^2 \alpha_n$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_{cn} = 1.3870m_n$; \bar{s}_{cn} 可查表 5-2-11
	固定弦齿高	\bar{h}_c 或 \bar{h}_{cn}	$\bar{h}_c = m \left(1 - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha \right)$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{h}_c = 0.7476m$; \bar{h}_c 可查表 5-2-11	$\bar{h}_{cn} = m_n \left(1 - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha_n \right)$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{h}_{cn} = 0.7476m_n$; \bar{h}_{cn} 可查表 5-2-11
III	公法线跨齿数	k	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, k 值可按 z 查表 5-2-13	$k \approx \frac{\alpha_n}{180^\circ} z' + 0.5$; 假想齿数 $z' = z \frac{\text{inv} \alpha_z}{\text{inv} \alpha_n}$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, 比值 $\frac{\text{inv} \alpha_z}{\text{inv} \alpha_n}$ 查表 5-2-14 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, k 值可按 z' 查表 5-2-13
	公法线长度	W_k 或 W_{kn}	$W_k = m \cos \alpha [\pi(k - 0.5) + z \text{inv} \alpha]$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $W_k = m [2.9521(k - 0.5) + 0.014z] = m W_k^*; W_k^*$ 按齿数 z 查表 5-2-13	$W_{kn} = m_n \cos \alpha_n [\pi(k - 0.5) + z' \text{inv} \alpha_n]$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $W_{kn} = m_n [2.9521(k - 0.5) + 0.014z'] = m_n W_{kn}^*; W_{kn}^*$ 按 z' 查表 5-2-13

注: 斜齿轮按公法线长度进行测量时, 必须满足 $b > W_{kn} \sin \beta$ 的条件。

表 5-2-7 外啮合变位直齿斜齿 (人字齿) 圆柱齿轮几何尺寸计算公式

名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
主要几何参数的计算			
已知条件及要求项目		已知 z_1, z_2, m, a' 求 x_2 及 Δy	已知 $z_1, z_2, m_n (m), \beta, a'$ 求 x_{n2} 及 Δy_n

(续)

名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮	
主要几何参数的计算				
按公式计算	未变位时的中心距	a	$a = \frac{1}{2}m(z_1 + z_2)$	$a = \frac{1}{2}m_t(z_1 + z_2) = \frac{m_n}{2\cos\beta}(z_1 + z_2)$
	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = \frac{a' - a}{m}$	$y_n = \frac{a' - a}{m_n}$
	压力角	α 或 α_t	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ; \tan\alpha_t = \tan\alpha_n / \cos\beta$
	啮合角	α' 或 α'_t	$\cos\alpha' = \frac{a}{a'}\cos\alpha, \alpha'$ 可按图 5·2-2 查得	$\cos\alpha'_t = \frac{a}{a'}\cos\alpha, \alpha'_t$ 可按图 5·2-2 查得
已知条件及要求项目		已知 z_1, z_2, m, a' 求 x_Σ 及 Δy	已知 $z_1, z_2, m_n (m_t), \beta, a'$ 求 $x_{n\Sigma}$ 及 Δy_n	
按公式计算	总变位系数	x_Σ 或 $x_{n\Sigma}$	$x_\Sigma = \frac{z_1 + z_2}{2\tan\alpha} (\text{inv}\alpha' - \text{inv}\alpha)$ inv α' 及 inv α 可根据 α' 及 α 由表 5·2-19 查得 $x_\Sigma = x_1 + x_2$, 可按图 5·2-8 及图 5·2-9 分配为 x_1 及 x_2	$x_{n\Sigma} = \frac{z_1 + z_2}{2\tan\alpha_n} (\text{inv}\alpha'_t - \text{inv}\alpha_t)$ inv α'_t 及 inv α_t 可根据 α'_t 及 α_t 由表 5·2-19 查得 $x_{n\Sigma} = x_{n1} + x_{n2}$, 可按图 5·2-8 及图 5·2-9 分配为 x_{n1} 及 x_{n2}
	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	$\Delta y = x_\Sigma - y$	$\Delta y_n = x_{n\Sigma} - y_n$
按线图计算	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = \frac{a' - a}{m}$, 其中 $a = \frac{1}{2}m(z_1 + z_2)$	$y_n = \frac{a' - a}{m_n}, y_t = \frac{a' - a}{m_t}$, 其中 $a = \frac{m_n}{2\cos\beta}(z_1 + z_2)$
	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	根据 x_Σ 及 y 由图 5·2-3 查得	$\Delta y_n = (\Delta y_t - \omega z_\Sigma) / \cos\beta$ Δy_t 根据 x_Σ 及 y_t 由图 5·2-3 查得 ω 根据 $1000y_t / z_\Sigma$ 及 β 由图 5·2-5 查得
	总变位系数	x_Σ 或 $x_{n\Sigma}$	$x_\Sigma = y + \Delta y; x_\Sigma = x_1 + x_2$, 可按图 5·2-8 或图 5·2-9 将 x_Σ 分配为 x_1 及 x_2	$x_{n\Sigma} = y_n + \Delta y_n; x_{n\Sigma} = x_{n1} + x_{n2}$, 可按图 5·2-8 或图 5·2-9 将 $x_{n\Sigma}$ 分配为 x_{n1} 及 x_{n2}
已知条件及要求项目		已知 z_1, z_2, m, x_Σ 求 a' 及 Δy	已知 $z_1, z_2, m_n (m_t), \beta, x_{n\Sigma} (x_{t\Sigma})$ 求 a' 及 Δy_n	
按公式计算	压力角	α 或 α_t	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ; \tan\alpha_t = \tan\alpha_n / \cos\beta$
	啮合角	α' 或 α'_t	$\text{inv}\alpha' = \frac{2(z_1 + z_2)}{z_1 + z_2} \tan\alpha + \text{inv}\alpha$	$\text{inv}\alpha'_t = \frac{2(x_{n1} + x_{n2})}{z_1 + z_2} \tan\alpha_n + \text{inv}\alpha_t$
	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = \frac{z_1 + z_2}{2} \left(\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'} - 1 \right)$	$y_n = \frac{z_1 + z_2}{2\cos\beta} \left(\frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha'_t} - 1 \right)$
	中心距	a'	$a' = a + ym$	$a' = a + y_n m_n$
	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	$\Delta y = x_\Sigma - y$	$\Delta y_n = x_{n\Sigma} - y_n$
按线图计算	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	根据 x_Σ 及 x_2 由图 5·2-4 查得	$\Delta y_n = (\Delta y_t - \mu x_\Sigma) / \cos\beta$ Δy_t 根据 x_Σ 及 $x_{t\Sigma}$ 由图 5·2-4 查得 μ 根据 $1000x_{t\Sigma} / x_\Sigma$ 及 β 由图 5·2-6 查得
	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = x_\Sigma - \Delta y$	$y_n = x_{n\Sigma} - \Delta y_n$
	中心距	a'	$a' = a + ym$	$a' = a + y_n m_n$

(续)

名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
主要几何尺寸计算公式			
模 数	m 或 m_n	由强度计算或结构设计确定, 并取为标准值	由强度计算或结构设计确定, m_n 应取为标准值; $m_t = m_n / \cos\beta$
齿 数 比	u	$u = z_2 / z_1$	
分度圆直径	d	$d_1 = z_1 m$ $d_2 = z_2 m$	$d_1 = z_1 m_n / \cos\beta$ $d_2 = z_2 m_n / \cos\beta$
节圆直径	d'	$d'_1 = 2a' / (u+1)$ $d'_2 = u d'_1$	$d'_1 = 2a' / (u+1)$ $d'_2 = u d'_1$
齿 顶 高	h_a	$h_a = (h_a^* + x - \Delta y) m$	$h_a = (h_{an}^* + x_n - \Delta y_n) m_n$
齿 根 高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^* - x) m$	$h_f = (h_{an}^* + c_n^* - x_n) m_n$
全 齿 高	h	$h = (2h_a^* + c^* - \Delta y) m$	$h = (2h_{an}^* + c_n^* - \Delta y_n) m_n$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2(h_a^* + x - \Delta y) m$	$d_a = d + 2(h_{an}^* + x_n - \Delta y_n) m_n$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2(h_a^* + c^* - x) m$	$d_f = d - 2(h_{an}^* + c_n^* - x_n) m_n$
侧 隙 检 验 尺 寸 (选 用 一 组)			
I	分度圆弦齿厚	$\bar{s} = z m \sin\Delta$, $\Delta = \frac{90^\circ + 41.7^\circ x}{z}$ \bar{s} 可查表 5·2-10	$\bar{s}_n = z_n m_n \sin\Delta$, $\Delta = \frac{90^\circ + 41.7^\circ x_n}{z_n}$ \bar{s}_n 可查表 5·2-10
	分度圆弦齿高	$\bar{h}_a = h_a + \frac{z m}{2} (1 - \cos\Delta)$ \bar{h}_a 可查表 5·2-10	$\bar{h}_{an} = h_a + \frac{z_n m_n}{2} (1 - \cos\Delta)$ \bar{h}_{an} 可查表 5·2-10
II	固定弦齿厚	$\bar{s}_c = m \cos^2 \alpha \left(\frac{\pi}{2} + 2x \tan\alpha \right)$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_c = m (1.3870 + 0.6428x)$ $= m \bar{s}_c^*$; \bar{s}_c^* 查表 5·2-12	$\bar{s}_{cn} = m_n \cos^2 \alpha_n \left(\frac{\pi}{2} + 2x_n \tan\alpha_n \right)$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_c = m_n (1.3870 + 0.6428x_n) = m \bar{s}_{cn}^*$; \bar{s}_{cn}^* 查表 5·2-12
	固定弦齿高	$\bar{h}_c = h_a - 0.182 \bar{s}_c$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{h}_c = m \bar{h}_c^*$; \bar{h}_c^* 查表 5·2-12	$\bar{h}_{cn} = h_a - 0.182 \bar{s}_{cn}$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{h}_{cn} = m \bar{h}_{cn}^*$; \bar{h}_{cn}^* 查表 5·2-12
III	公法线跨齿数	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5 + \frac{2x \cot\alpha}{\pi}$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, k 值可查表 5·2-13	$k \approx \frac{\alpha_n}{180^\circ} z' + 0.5 + \frac{2x_n \cot\alpha_n}{\pi}$; 假想齿数 z' $= z \frac{\operatorname{inv}\alpha_t}{\operatorname{inv}\alpha_n}$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, 比值 $\frac{\operatorname{inv}\alpha_t}{\operatorname{inv}\alpha_n}$ 查表 5·2-14 当 $\alpha_n = 20^\circ$, k 值可查表 5·2-13
	公法线长度	$W_k = m \cos\alpha [\pi (k - 0.5) + z \operatorname{inv}\alpha + 2x \tan\alpha]$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $W_k = m [2.9521 (k - 0.5) + 0.014x + 0.684x] = m (W_k^* + \Delta W^*)$ W_k^* 查表 5·2-13; ΔW^* 查表 5·2-16	$W_{kn} = m_n \cos\alpha_n [\pi (k - 0.5) + z' \operatorname{inv}\alpha_n + 2x_n \tan\alpha_n]$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $W_{kn} = m_n [2.9521 (k - 0.5) + 0.014z' + 0.684x_n] = m_n (W_{kn}^* + \Delta W_n^*)$ W_{kn}^* 查表 5·2-13; ΔW_n^* 查表 5·2-16

注: 1. 斜齿轮按公法线长度进行测量时, 必须满足 $b > W_{kn} \sin\beta$ 的条件。2. 表内公式中的 x 、 x_n (x_r) 本身应带正负号代入; Δy 、 Δy_r 永为正号。3. 计算高度变位圆柱齿轮几何尺寸时, 公式中的 y 或 y_r , Δy 或 Δy_r 均为零。

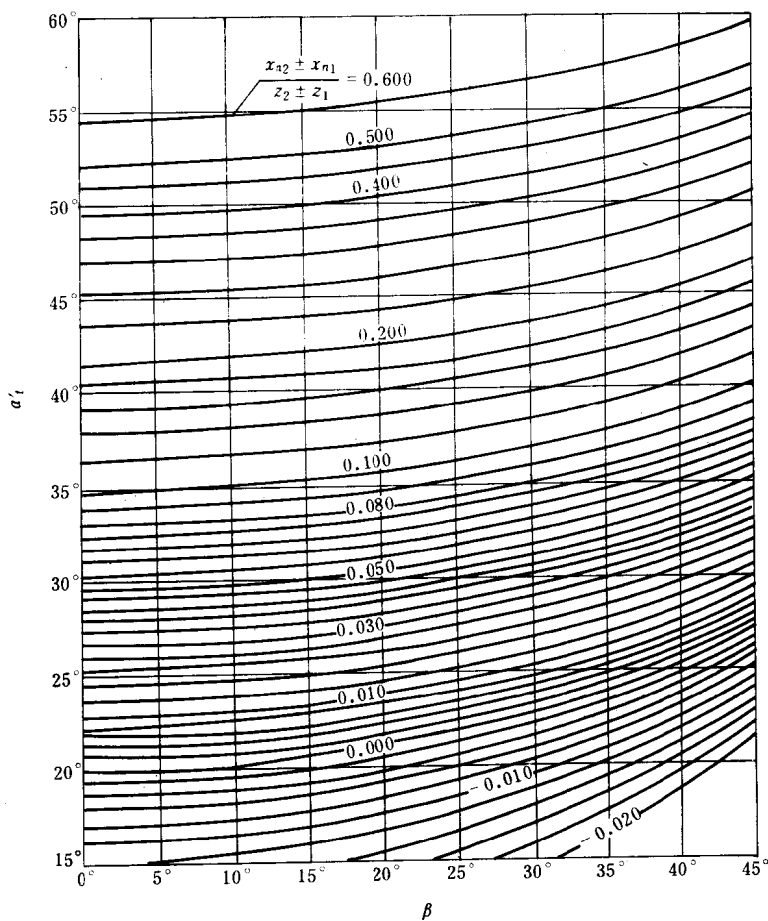
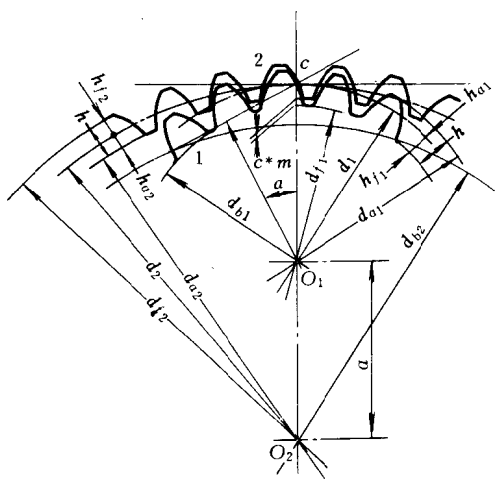


图 5-2-2 确定端面啮合角 α' 的线图

表 5-2-8 内啮合圆柱齿轮 (标准与变位、直齿与斜齿) 几何尺寸计算公式



名称		代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
主要几何参数的计算				
已知条件及要求项目			已知 z_1, z_2, m, a' 求 x_Σ 及 Δy	已知 $z_1, z_2, m_n (m_t), \beta, a'$ 求 $x_{n\Sigma}$ 及 Δy_n
按公式计算	未变位时的中心距	a	$a = \frac{1}{2}m(z_2 - z_1)$	$a = \frac{1}{2}m_t(z_2 - z_1) = \frac{m_n}{2\cos\beta}(z_2 - z_1)$
	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = \frac{a' - a}{m}$	$y_n = \frac{a' - a}{m_n}$
	压力角	α 或 α_t	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ; \tan\alpha_t = \tan\alpha_n / \cos\beta$
	啮合角	α' 或 α'_t	$\cos\alpha' = \frac{a}{a'}\cos\alpha, \alpha'$ 也可由图 5·2·2 查得	$\cos\alpha'_t = \frac{a}{a'_t}\cos\alpha_t, \alpha'_t$ 也可由图 5·2·2 查得
	总变位系数	x_Σ 或 $x_{n\Sigma}$	$x_\Sigma = \frac{z_2 - z_1}{2\tan\alpha} (\text{inv}\alpha' - \text{inv}\alpha)$ $\text{inv}\alpha'$ 及 $\text{inv}\alpha$ 可根据 α' 及 α 由表 5·2·19 查得 $x_\Sigma = x_2 - x_1$	$x_{n\Sigma} = \frac{z_2 - z_1}{2\tan\alpha_n} (\text{inv}\alpha'_t - \text{inv}\alpha_t)$ $\text{inv}\alpha'_t$ 及 $\text{inv}\alpha_t$ 可根据 α'_t 及 α_t 由表 5·2·19 查得 $x_{n\Sigma} = x_{n2} - x_{n1}$
	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	$\Delta y = x_\Sigma - y$	$\Delta y_n = x_{n\Sigma} - y_n$
按线图计算	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = \frac{a' - a}{m},$ 其中 $a = \frac{1}{2}m(z_2 - z_1)$	$y_n = \frac{a' - a}{m_n}, y_t = \frac{a' - a}{m_t},$ 其中 $a = \frac{m_n}{2\cos\beta}(z_2 - z_1)$
	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	根据 $x_\Sigma = z_2 - z_1$ 及 y 由图 5·2·3 查得	$\Delta y_n = (\Delta y_t - \omega x_\Sigma) / \cos\beta$ Δy_t 根据 x_Σ 及 y_t 由图 5·2·3 查得 ω 根据 $1000y_t/x_\Sigma$ 及 β 由图 5·2·5 查得
	总变位系数	x_Σ 或 $x_{n\Sigma}$	$x_\Sigma = y + \Delta y; x_\Sigma = x_2 - x_1$	$x_{n\Sigma} = y_n + \Delta y_n; x_{n\Sigma} = x_{n2} - x_{n1}$
已知条件及要求项目			已知 z_1, z_2, m, x_Σ 求 a' 及 Δy	已知 $z_1, z_2, m_n (m_t), \beta, x_{n\Sigma} (x_{t\Sigma})$ 求 a' 及 Δy_n
按公式计算	压力角	α 或 α_t	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ; \tan\alpha_t = \tan\alpha_n / \cos\beta$
	啮合角	α 或 α_t	$\text{inv}\alpha' = \frac{2(x_\Sigma - x_1)}{z_2 - z_1}\tan\alpha + \text{inv}\alpha$	$\text{inv}\alpha'_t = \frac{2(x_{n\Sigma} - x_{n1})}{z_2 - z_1}\tan\alpha_n + \text{inv}\alpha_t$
	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = \frac{z_2 - z_1}{2} \left(\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'} - 1 \right)$	$y_n = \frac{z_2 - z_1}{2\cos\beta} \left(\frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha'_t} - 1 \right)$
	中心距	a'	$a' = a + ym$	$a' = a + y_n m_n$
	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	$\Delta y = x_\Sigma - y$	$\Delta y_n = x_{n\Sigma} - y_n$
按线图计算	齿高变动系数	Δy 或 Δy_n	根据 $x_\Sigma = z_2 - z_1$ 及 x_Σ 由图 5·2·4 查得	$\Delta y_n = (\Delta y_t - \mu x_\Sigma) / \cos\beta$ Δy_t 根据 x_Σ 及 $x_{t\Sigma}$ 由图 5·2·4 查得; μ 根据 $1000x_{t\Sigma}/x_\Sigma$ 及 β 由图 5·2·6 查得
	中心距变动系数	y 或 y_n	$y = x_\Sigma - \Delta y$	$y_n = x_{n\Sigma} - \Delta y_n$
	中心距	a'	$a' = a + ym$	$a' = a + y_n m_n$

(续)

名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
主要几何尺寸计算公式			
模 数	m 或 m_n	由强度计算或结构设计确定, 并取为标 准值	由强度计算或结构设计确定; m_n 取为标 准值; $m_t = m_n / \cos\beta$
齿 数 比	u	$u = z_2 / z_1$	
分度圆直径	d	$d_1 = z_1 m$ $d_2 = z_2 m$	$d_1 = z_1 m_n / \cos\beta$ $d_2 = z_2 m_n / \cos\beta$
节圆直径	d'	$d'_1 = 2a' / (u-1)$ $d'_2 = u d_1$	$d'_1 = 2a' / (u-1)$ $d'_2 = u d_1$
齿顶圆直径	d_{a1}	当 $ x_2 - x_1 \leq 0.5$, $ x_2 < 0.5$ 和 $z_2 - z_1 \geq 40$ 时: $d_{a1} = d_1 + 2(h_a^* + x_1)m$	当 $ x_{n2} - x_{n1} \leq 0.5$, $ x_{n2} < 0.5$ 和 $z_{n2} - z_{n1} \geq 40$ 时: $d_{a1} = d_1 + 2(h_{an}^* + x_{n1})m_n$
		当内齿轮用插刀加工时	
		$d_{a1} = d_1 + 2(h_a^* + x_1 + \Delta y - \Delta y_{o2})m$	$d_{a1} = d_1 + 2(h_{an}^* + x_{n1} + \Delta y_{n1} - \Delta y_{no2})m_n$
	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 - 2(h_a^* - x_2 + \Delta y - k_2)m$ 当 $x_2 < 2$ 时, $k_2 = 0.25 - 0.125x_2$ 当 $x_2 \geq 2$ 时, $k_2 = 0$	$d_{a2} = d_2 - 2(h_{an}^* - x_{n2} + \Delta y_n - k_2)m_n$ 当 $x_{n2} < 2$ 时, $k_2 = 0.25 - 0.125x_{n2}$ 当 $x_{n2} \geq 2$ 时, $k_2 = 0$
齿根圆直径	d_{f1}	滚齿: $d_{f1} \approx d_1 - 2(h_a^* + c^* - x_1)m$ 插齿: $d_{f1} = 2a_{o1} - d_{a0}$	滚齿: $d_{f1} \approx d_1 - 2(h_{an}^* + c_n^* - x_{n1})m_n$ 插齿: $d_{f1} = 2a_{o1} - d_{a0}$
		d_{f2} 的近似值可按下式计算	
	d_{f2}	$d_{f2} \approx d_2 + 2(h_a^* + c^* + x_2)m$	$d_{f2} \approx d_2 + 2(h_{an}^* + c_n^* + x_{n2})m_n$
		当内齿轮用插刀加工时: $d_{f2} = 2a_{o2} + d_{a0}$	
全 齿 高	h	$h_1 = 0.5(d_{a1} - d_{f1})$ $h_2 = 0.5(d_{f2} - d_{a2})$	
齿 顶 高	h_a	$h_{a1} = 0.5(d_{a1} - d_1)$ $h_{a2} = 0.5(d_{a2} - d_2)$	
侧 隙 检 验 尺 寸 (选 用 一 组)			
I	分度圆弦 齿厚	$\bar{s}_1 = z_1 m \sin\Delta_1$ $\Delta_1 = \frac{90^\circ + 41.7^\circ x_1}{z_1}$ $\bar{s}_2 = z_2 m \sin\Delta_2$ $\Delta_2 = \frac{90^\circ - 41.7^\circ x_2}{z_2}$	$\bar{s}_{n1} = z_{v1} m_n \sin\Delta_1$ $\Delta_1 = \frac{90^\circ + 41.7^\circ x_{n1}}{z_{v1}}$ $\bar{s}_{n2} = z_{v2} m_n \sin\Delta_2$ $\Delta_2 = \frac{90^\circ - 41.7^\circ x_{n2}}{z_{v2}}$
	分度圆弦 齿高	$\bar{h}_{a1} = h_{a1} + \frac{zm}{2}(1 - \cos\Delta_1)$ $\bar{h}_{a2} = h_{a2} - \frac{zm}{2}(1 - \cos\Delta_2) + \Delta h$ $\Delta h = \frac{d_{a2}}{2}(1 - \cos\delta_a)$ $\delta_a = \frac{\pi}{2z_2} - \text{inv}\alpha - \frac{2x_2}{z_2} \tan\alpha + \text{inv}\alpha_a$ (以弧度计) $\cos\alpha_a = \frac{d_2}{d_{a2}} \cos\alpha$	$\bar{h}_{an1} = h_{a1} + \frac{z_v m_n}{2}(1 - \cos\Delta_1)$ $\bar{h}_{an2} = h_{a2} - \frac{z_v m_n}{2}(1 - \cos\Delta_2) + \Delta h$ $\Delta h = \frac{d_{a2}}{2}(1 - \cos\delta_a)$ $\delta_a = \frac{\pi}{2z_{v2}} - \text{inv}\alpha_a - \frac{2x_{n2}}{z_2} \tan\alpha_a + \text{inv}\alpha_a$ (以弧度计) $\cos\alpha_a = \frac{d_2}{d_{a2}} \cos\alpha$

(续)

名称	代号	直 齿 轮	斜 齿 (人 字 齿) 轮
侧 隙 检 验 尺 寸 (选 用 一 组)			
I	固定弦齿厚 \bar{s}_c 或 \bar{s}_{cn}	$\bar{s}_{c1} = m \cos^2 \alpha \left(\frac{\pi}{2} + 2x_1 \tan \alpha \right)$ $\bar{s}_{c2} = m \cos^2 \alpha \left(\frac{\pi}{2} - 2x_2 \tan \alpha \right)$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_{c1} = (1.3870 + 0.6428x_1)m$ $\bar{s}_{c2} = (1.3870 - 0.6428x_2)m$	$\bar{s}_{cn1} = m_n \cos^2 \alpha_n \left(\frac{\pi}{2} + 2x_{n1} \tan \alpha_n \right)$ $\bar{s}_{cn2} = m_n \cos^2 \alpha_n \left(\frac{\pi}{2} - 2x_{n2} \tan \alpha_n \right)$ 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, $\bar{s}_{cn1} = (1.3870 + 0.6428x_{n1})m_n$ $\bar{s}_{cn2} = (1.3870 - 0.6428x_{n2})m_n$
	固定弦齿高 \bar{h}_c 或 \bar{h}_{cn}	$\bar{h}_{c1} = h_{a1} - 0.182\bar{s}_{c1}$ $\bar{h}_{c2} = h_{a2} - 0.182\bar{s}_{c2} + \Delta h$	$\bar{h}_{cn1} = h_{an1} - 0.182\bar{s}_{cn1}$ $\bar{h}_{cn2} = h_{an2} - 0.182\bar{s}_{cn2} + \Delta h$
II	公法线跨齿(沟)数 k	$k = \frac{a}{180^\circ} z + 0.5 + \frac{2x \cot \alpha}{\pi}$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, k 值可查表 5·2-13	$k \approx \frac{a_n}{180^\circ} z' + 0.5 + \frac{2x_n \cot \alpha_n}{\pi}$; 假想齿数 $z' = z \frac{\operatorname{inv} \alpha_n}{\operatorname{inv} \alpha}$; 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, 比值 $\frac{\operatorname{inv} \alpha_n}{\operatorname{inv} \alpha}$ 查表 5·2-14 当 $\alpha_n = 20^\circ$ 时, k 值可查表 5·2-13
	公法线长度 W_k 或 W_{kn}	$W_k = m \cos \alpha [\pi(k - 0.5) + z \operatorname{inv} \alpha + 2x \tan \alpha]$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $W_k = m [2.9521(k - 0.5) + 0.014z + 0.684x] = m(W_k^* + \Delta W^*)$ W_k^* 查表 5·2-13; ΔW^* 查表 5·2-16	$W_{kn} = m_n \cos \alpha_n [\pi(k - 0.5) + z' \operatorname{inv} \alpha_n + 2x_n \tan \alpha_n]$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $W_{kn} = m_n [2.9521(k - 0.5) + 0.014z' + 0.684x_n] = m(W_{kn}^* + \Delta W_n^*)$ W_{kn}^* 查表 5·2-13; ΔW_n^* 查表 5·2-16
N	内齿轮测量用圆棒(圆球)直径 d_p	圆棒直径: $d_p = 1.44m$ 或 $1.68m$	圆球直径: ① $d_p = 1.44m_n$ 或 $1.68m_n$
	内齿轮圆棒(圆球)测量跨距 M	圆棒测量跨距: 齿数为双数: $M = d \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_M} - d_p$ 齿数为单数: $M = d \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_M} \cos \frac{90^\circ}{z} - d_p$ $\operatorname{inv} \alpha'_M = \operatorname{inv} \alpha_M + \frac{2x \tan \alpha}{z}$ 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\operatorname{inv} \alpha'_M$ 值可按下式计算: 当 $d_p = 1.44m$ 时, $\operatorname{inv} \alpha'_M = 0.0149 + 0.03838/z$ 当 $d_p = 1.68m$ 时, $\operatorname{inv} \alpha'_M = 0.0149 - 0.21702/z$ 对标准直齿内齿轮 M 值可查表 5·2-17	圆球测量跨距: ① 齿数为双数时: $M = \frac{z \cos \alpha_n}{\cos \alpha_{Mn} \cos \beta} \times m_n - d_p$ 齿数为单数时: $M = \frac{z \cos \alpha_n}{\cos \alpha_{Mn} \cos \beta} \times \cos \frac{90^\circ}{z} m_n - d_p$ 式中 $\operatorname{inv} \alpha_{Mn} = \operatorname{inv} \alpha_n - \frac{d_p}{z \cos \alpha_n m_n} + \frac{\pi}{2z} + \frac{2x_n \tan \alpha_n}{z}$

① 对斜齿圆柱齿轮, 一般采用圆球测量代替圆棒测量。

注: 1. 斜齿轮按公法线长度进行测量时, 必须满足 $b > W_{kn} \sin \beta$ 的条件。2. 表内公式中的 x 、 x_n 本身应带正负号代入; Δy 、 Δy_n 永为正值。3. 计算高变位齿轮 ($x_1 = x_2 \neq 0$ 或 $x_{n1} = x_{n2} \neq 0$) 时, 公式中的 y 、 y_n 、 Δy 、 Δy_n 均为零; 计算标准内啮合传动时, 公式中的 x 、 x_n 、 y 、 y_n 、 Δy 、 Δy_n 均为零。4. 表中的几何尺寸计算公式也适用于用插齿刀切削齿轮时的情况。例如, 用新插齿刀 ($x_0 > 0$) 加工内齿轮时, 刀具的变位系数 x_0 、啮合角 α'_0 、中心距 a_{02} 可按下列公式计算:当 $\beta \neq 0$ 时:

$$x_{n0} = \frac{d_{a0}}{2m_n} - \frac{z_0 + 2h_{a0}^* \cos \beta}{2 \cos \beta}$$

$$\operatorname{inv} \alpha'_0 = \frac{x_{n2} - x_{n0}}{z_2 - z_0} 2 \tan \alpha_n + \operatorname{inv} \alpha$$

$$a_{02} = \frac{m_n (z_2 - z_0) \cos \alpha_n}{2 \cos \beta \cos \alpha_{02}}$$

式中 d_{a0} 、 z_0 及 h_{a0}^* 的数值, 见表 5·2-18。当 $\beta = 0$ 时:

$$x_0 = \frac{d_{a0}}{2m} - \frac{z_0 + 2h_{a0}^*}{2}$$

$$\operatorname{inv} \alpha'_0 = \frac{x_2 - x_0}{z_2 - z_0} 2 \tan \alpha + \operatorname{inv} \alpha$$

$$a_{02} = \frac{m (z_2 - z_0) \cos \alpha}{2 \cos \alpha'_{02}}$$

5. 关于内啮合齿轮的齿形干涉验算, 详见 [3]。对内啮合传动, 当 $u > 2$ 时, 可不必验算齿顶干涉。由于 d_{a2} 的计算中引入了经验系数 k_2 , 因此, 可不必验算轮齿过渡曲线干涉。