

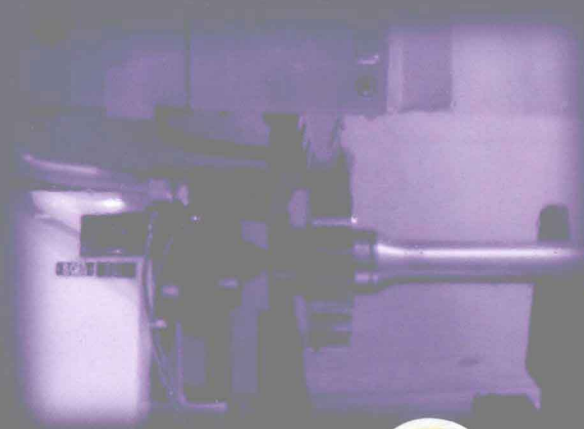


机械工人速成与提高丛书

工 齿 制 速成与提高



张宝珠 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



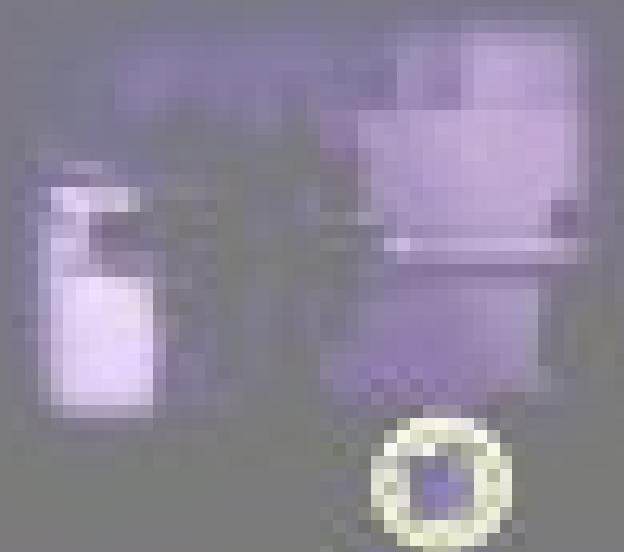
机械工业出版社 职业教育系列教材

工 齿 制

速成与提高

◎ 机械工业出版社

机械工业出版社



机械工业出版社
www.cmpbook.com

机械工人速成与提高丛书

制齿工速成与提高

张宝珠 主编

曹灵生 审核



机械工业出版社

本书是为制齿工编写的一本速成与提高技术图书。内容包括：齿轮加工技术基础、齿轮传动的几何计算、滚齿加工、插齿加工、剃齿加工、珩齿加工、磨齿加工、锥齿轮刨齿加工、弧齿锥齿轮铣齿加工、弧齿锥齿轮磨齿加工、齿轮测量与检验。本书条理清楚，通俗易懂，对齿轮加工的相关内容进行了系统介绍，既有理论知识，又有实际操作，便于自学；本书内容新颖，书中配有丰富的图表及数据，实用性强。

本书的主要读者对象是制齿工，也可供技能学校相关专业的在校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

制齿工速成与提高/张宝珠主编. —北京：机械工业出版社，2009.1

(机械工人速成与提高丛书)

ISBN 978-7-111-25314-3

I. 制… II. 张… III. 齿轮加工—基本知识 IV. TG61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 157863 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：陈保华 责任编辑：陈保华 刘本明

版式设计：霍永明 责任校对：张晓蓉

封面设计：陈 沛 责任印制：洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 15.25 印张 · 293 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-25314-3

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379644

封面无防伪标均为盗版

前 言

齿轮是典型的机械传动部件，广泛应用于机械、汽车、航空、印刷、仪器仪表及矿山等行业。随着国民经济的快速发展，齿轮的需求量越来越大。因此，许多企业、公司都购置了国内外的齿轮设备，从事齿轮生产的人也越来越多，特别是青年工人队伍的不断发展给企业带来了新的问题。他们大多数人都没有经过培训，缺乏系统的齿轮知识。为了帮助他们尽快掌握齿轮加工的操作技能，我们编写了本书。

本书包括以下内容：齿轮加工技术基础，齿轮传动的几何计算，滚齿加工，插齿加工，剃齿加工，珩齿加工，磨齿加工，锥齿轮刨齿加工，弧齿锥齿轮铣齿加工，弧齿锥齿轮磨齿加工，齿轮测量与检验。本书条理清楚，通俗易懂，对齿轮加工的相关内容进行系统介绍，既有理论知识，又有实际操作，便于自学。全书配备了许多照片及图表，很多数据和知识是从实践中得来的，有较高的使用价值。

本书由张宝珠主编，由曹灵生审核，参加编写的人员还有郭秀英、李桂灵、王振东。

在本书编写过程中，我们参考了国内外有关著作和研究成果，邀请了一些生产一线的高级技师、技术人员参与编写。在此谨向有关资料的作者、参与编写的人员表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中可能存在一些错误和不妥之处，敬请专家和读者朋友批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 齿轮加工技术基础 1

1.1 齿轮的基本知识 1

1.1.1 齿轮的种类 1

1.1.2 齿轮的应用范围和特点 1

1.1.3 齿轮的基本概念 2

1.1.4 标准齿形各部分名称及其 基本尺寸关系 8

1.2 齿轮设计的基本知识 9

第 2 章 齿轮传动的几何计算 14

2.1 渐开线圆柱齿轮基本齿廓 14

2.2 圆柱齿轮传动的几何尺寸 计算 15

2.2.1 圆柱齿轮传动几何参数的 选择 15

2.2.2 各种圆柱齿轮传动的几何 尺寸计算公式 15

2.2.3 齿轮变位系数的选择 18

2.2.4 圆柱齿轮啮合质量指标 验算 21

2.2.5 圆柱齿轮传动几何尺寸计 算表 22

2.3 锥齿轮传动 37

2.3.1 锥齿轮传动特点 37

2.3.2 锥齿轮传动的几何尺寸计算 及结构 39

2.4 蜗杆传动 45

2.4.1 机床常用蜗杆传动类型、 特点 45

2.4.2 普通圆柱蜗杆传动 45

第 3 章 滚齿加工 48

3.1 滚齿机的类型和功能 48

3.1.1 滚齿机的类型 48

3.1.2 滚齿机的功能 48

3.1.3 滚齿加工 49

3.2 齿轮滚刀 55

3.2.1 齿轮滚刀的基本尺寸 55

3.2.2 齿轮滚刀的使用 55

3.2.3 齿轮滚刀的刃磨质量 56

3.3 滚齿加工 57

3.3.1 滚齿机切齿前的调整 57

3.3.2 滚刀及工件的安装 57

3.4 蜗轮加工 64

3.4.1 蜗轮加工特点 64

3.4.2 蜗轮的加工方法 65

3.5 滚齿加工常见缺陷及消除 方法 65

3.5.1 齿面粗糙 66

3.5.2 滚刀寿命低 66

第 4 章 插齿加工 68

4.1 插齿机的型号及技术参数 68

4.1.1 插齿机的类型 68

4.1.2 常见的插齿机型号与技术 参数（见表 4-1） 69

4.2 插齿的工作原理与加工方法 70

4.2.1 插齿的工作原理 70

4.2.2 插齿加工准备工作 70

4.3 插齿常见问题产生的原因及 解决办法 76

4.3.1 相邻齿距偏差 76

4.3.2 齿距累积误差 76

4.3.3 公法线长度变动	76	7.2 YM7132A 型磨齿机	97
4.3.4 工件齿面粗糙度	77	7.2.1 工作原理	97
第5章 剃齿加工	78	7.2.2 滚圆盘参数计算及安装 ...	99
5.1 剃齿机的用途、分类及工作 原理	78	7.3 磨齿的基本常识	109
5.2 Y4245 型剃齿机传动系统、剃齿 调整及关键部件的技术要求 ...	79	7.4 磨齿时砂轮的选择	111
5.2.1 Y4245 型剃齿机传动 系统	79	7.5 磨齿常出现的误差及原因	113
5.2.2 剃齿调整	80	7.6 磨齿加工实例	114
5.2.3 关键部件的技术要求	82	第8章 锥齿轮刨齿加工	117
5.3 剃齿的基本知识	83	8.1 直齿锥齿轮刨齿机的用途、 工作原理及传动原理	117
5.3.1 剃齿知识	83	8.1.1 用途	117
5.3.2 剃齿加工方法	84	8.1.2 工作原理	118
5.4 剃齿刀具的基本常识	84	8.1.3 传动原理	118
5.4.1 剃齿刀具	84	8.2 Y236 型刨齿机传动系统、切齿 调整及关键部件的技术要求 ...	118
5.4.2 剃齿刀的重磨次数和修磨 条件	87	8.2.1 Y236 型刨齿机传动 系统	118
5.4.3 剃齿刀的技术条件	87	8.2.2 切齿调整	120
5.5 剃齿机的维护保养	87	8.2.3 关键部件的技术要求	126
5.6 剃齿产生误差的因素	88	8.3 刨齿的基本知识	128
第6章 珩齿加工	89	8.3.1 安装距的控制	128
6.1 珩齿原理与方法	89	8.3.2 Y236 型刨齿机 精度要求	129
6.1.1 珩齿原理	89	8.3.3 刀具的安装调整	129
6.1.2 珩齿加工方法及特点	90	8.3.4 锥齿轮加工方法	129
6.2 珩齿机	90	8.4 锥齿轮刨刀的基本知识	130
6.3 珩齿夹具	91	8.5 刨齿常出现的误差及原因	132
6.4 珩磨轮	92	8.6 加工实例	133
6.5 珩齿工艺	93	第9章 弧齿锥齿轮铣齿加工 ...	136
6.5.1 珩削方法	93	9.1 锥齿轮铣齿机的用途、工作 原理及传动原理	136
6.5.2 工艺参数选择与计算	94	9.1.1 用途	136
6.5.3 磨削液的选择	94	9.1.2 工作原理及传动原理	136
6.6 珩齿常见问题及解决办法	94	9.2 Y225 型铣齿机的传动系统、 切齿调整及关键部件的技术 要求	137
6.7 珩齿机的调整	95	9.3 铣刀盘	152
6.8 珩齿操作中应注意的问题	96	9.4 Y225 型铣齿机的调整计算	155
第7章 磨齿加工	97		
7.1 磨齿机的分类、工作原理及传 动原理	97		

9.5 锥齿轮接触区的调整	160	11.1.3 度量中心距变动的 测量	183
9.6 铣齿的基本知识	162	11.1.4 螺旋线偏差的测量	184
9.6.1 机床种类	162	11.1.5 齿距偏差的测量	184
9.6.2 弧齿锥齿轮机床精度 要求	162	11.1.6 齿廓误差的测量	184
9.6.3 切削方法	163	11.1.7 齿轮的综合测量	184
9.6.4 弧齿锥齿轮各部分 名称	165	11.1.8 齿面表面粗糙度的 检验	185
9.7 铣齿产生误差的原因	166	11.1.9 噪声的检验	185
第 10 章 弧齿锥齿轮磨齿加工	168	11.2 弧齿锥齿轮的检测	185
10.1 弧齿磨齿机	168	11.2.1 弧齿锥齿轮精度标准	185
10.1.1 机床用途	168	11.2.2 弧齿锥齿轮的几何 检测	186
10.1.2 机床参数、基本结构及加 工精度	169	11.2.3 弧齿锥齿轮接触区 检验	190
10.2 弧齿锥齿轮磨齿加工技术及 要点	172	附录	
10.2.1 弧齿锥齿轮磨齿加工 步骤	172	附录 A 主要元素的化学符号、相 对原子质量和密度	194
10.2.2 检测	174	附录 B 硬度换算表	195
10.3 加工实例	174	附录 C 渐开线函数 $\theta = \text{inv}\alpha - \alpha$	196
10.4 磨齿加工原理	181	附录 D 公法线长度及跨测齿数表 ($m=1\text{mm}$, $\alpha_0=20^\circ$)	214
10.4.1 弧齿锥齿轮磨齿加工 原理	181	附录 E 测量齿轮用的圆柱 直径	216
10.4.2 磨齿工艺特点	182	附录 F 冠轮齿数表 (轴交角 $\Sigma=90^\circ$)	217
第 11 章 齿轮测量与检验	183	参考文献	234
11.1 圆柱齿轮的测量	183		
11.1.1 齿厚的测量	183		
11.1.2 齿圈径向圆跳动的测量	183		

第 1 章 齿轮加工技术基础

1.1 齿轮的基本知识

1.1.1 齿轮的种类

齿轮的种类很多，一般可按照以下几种方法进行分类：

1. 按传动比是否恒定分类

1) 定传动比：圆形齿轮机构（圆柱齿轮、锥齿轮）。

2) 变传动比：非圆形齿轮机构（椭圆齿轮）。

2. 按传动时两轮轴的相对位置分类

1) 平面齿轮机构：直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、人字齿轮传动。

2) 空间齿轮机构：锥齿轮传动、交错轴斜齿轮传动、蜗杆传动。

3. 按齿廓曲线分类

按齿廓曲线可分为渐开线齿轮、圆弧齿轮、延伸外摆线齿轮、准渐开线齿轮。

4. 按齿轮传动机构的工作条件分类

按齿轮传动机构的工作条件可分为闭式传动、开式传动、半闭式传动等。

5. 按齿面硬度分类

按齿面硬度可分为软齿面齿轮（ $\leq 350\text{HBW}$ ）、硬齿面齿轮（ $> 350\text{HBW}$ ）等。

1.1.2 齿轮的应用范围和特点

各种齿轮有其各自的特点，根据其特点被应用在各种传动机构中。我国精度标准 GB/T 10095.1—2001 和 GB/T 10095.2—2001 将每种齿轮划分成不同的精度等级。精度等级不同，齿轮的应用范围也就不同。精度的选择和使用的条件有关，这些使用条件又以圆周速度的大小为主要依据。各种齿轮的应用范围和特点见表 1-1。

表 1-1 各种齿轮的应用范围和特点

名 称	精度等级	应用范围	特 点
圆柱齿轮	3 ~ 5	测量仪器与分度装置齿轮，汽轮机、航空及精密机床的精密齿轮等	应用在高速度、传动平稳的机构中，直齿 $v > 20\text{m/s}$ ，斜齿 $v > 40\text{m/s}$

(续)

名 称	精度等级	应用范围	特 点
圆柱齿轮	6~7	航空、汽车、拖拉机、汽轮机、调速器中的齿轮，机床中的齿轮，减速器、锻压设备、重型机械中较重要的齿轮	要求高速下工作平稳，直齿 $v > 15\text{m/s}$ ，斜齿 $v > 25\text{m/s}$
	8~9	一般机械中的齿轮，汽车、拖拉机等不重要的齿轮，锻压机械、轧钢起重机、农业机械、重型设备等的重要齿轮	一般速度下工作 直齿 $v < 6\text{m/s}$ 斜齿 $v < 10\text{m/s}$
	10~11	铸造机械、农业机械等不重要的齿轮	直齿 $v < 2\text{m/s}$ 斜齿 $v < 3\text{m/s}$
锥齿轮	3~5	精密分度、机床分度机构及航空齿轮	直齿 $v > 7\text{m/s}$ 螺旋齿 $v > 25\text{m/s}$
	6~7	航空、汽车、拖拉机、汽轮机、调速器中的齿轮，机床中齿轮，减速器、锻压设备、重型机械中较重要的齿轮	直齿 $v \geq 5\text{m/s}$ 切向齿 $v \geq 10\text{m/s}$ 螺旋齿 $v \geq 25\text{m/s}$
	8~9	汽车、拖拉机、机床中的齿轮，矿山、起重、工程机械及铸造机械中较重要的齿轮，农业机械中较重要的齿轮	直齿 $v \geq 3\text{m/s}$ 切向齿 $v \geq 6\text{m/s}$ 螺旋齿 $v \geq 9\text{m/s}$
	10~11	铸造机械、农业机械、矿山机械等不重要的齿轮	直齿 $v < 3\text{m/s}$ 螺旋齿 $v < 3\text{m/s}$
蜗轮与蜗杆	3~5	精密分度装置	$v < 5\text{m/s}$
	6~7	一般减速器、机床主要传动机构等	$v \geq 7.5\text{m/s}$
	8~9	起重机械、工程机械及矿山设备等机构	$v \geq 3\text{m/s}$

1.1.3 齿轮的基本概念

1. 渐开线

将棉线绕在基圆圆周上，在 A 点插上一支铅笔，按住 C 点，绷紧棉线，从 A 点开始，按箭头方向将棉线展开，铅笔尖在纸上画出的曲线 AB 称为渐开线，而形成渐开线的圆称为基圆，见图 1-1。

渐开线的特点如下：

1) 弧长 AC 等于线段 BC。

2) 棉线 BC 在展开过程中形成许多与基圆相切的线，称为渐开线的法线。法线的特点是一端和基圆相切并和基圆半径垂直于 C 点，即 BC 垂直于 OC，另一端和渐开线的切线垂直。

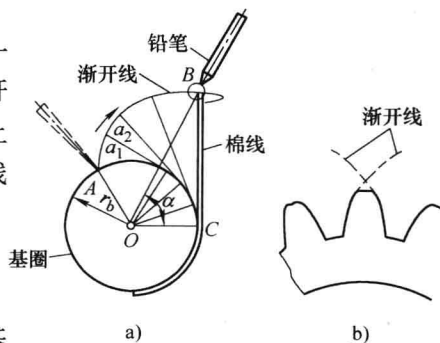


图 1-1 渐开线形成原理图

2. 压力角

用力方向线和运动方向之间的夹角 α ，称为压力角，见图 1-2。

由渐开线的特点可知，在齿轮传动中，用力方向线正是渐开线上相应点的法线，如图 1-2 中的法线 C_1B_1 、 CB 。运动方向线则始终与形成 θ 角的线段垂直。

如前所述形成渐开线的法线很多，因此 θ 角有大小， α 角也有大小。压力角 α 定在什么位置上呢？我国标准中规定采用压力角 α 等于 20° ，压力角的位置规定在齿轮的分度圆上，所谓分度圆就是指齿轮上具有标准模数和标准压力角的圆。现进一步说明如下：如图 1-3 所示，在两个牙齿接触点 P 上，渐开线的法线正好公用一根，称为公法线 N_1N_2 。公法线是两个齿轮在传动中的用力方向线，而运动方向线与两个齿轮的连心线 O_1O_2 垂直，这两条线的夹角 α 正是压力角。 O_1P 是齿轮 1 的分度圆半径， O_2P 是齿轮 2 的分度圆半径，国家标准中将分度圆 P 点处的压力角定为 20° ，通常所说 20° 压力角正是指的分度圆 P 点上的压力角。

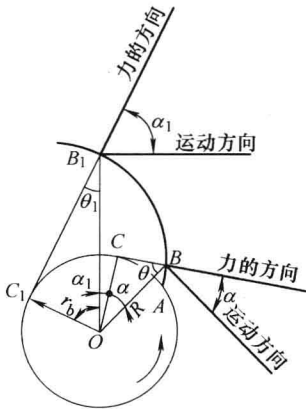


图 1-2 压力角示意图

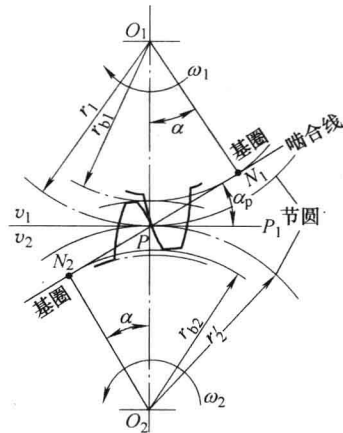


图 1-3 啮合线

3. 渐开线函数 $\text{inv}\alpha$

$\text{inv}\alpha$ 为压力角 α 的渐开线函数，其关系式为 $\text{inv}\alpha = \tan\alpha - \pi\alpha/180^\circ$ 。

例如：求压力角 α 为 20° 处的渐开线函数。代入上式得：

$$\text{inv}20^\circ = \tan 20^\circ - 3.14 \times 20^\circ / 180^\circ = 0.36397 - 0.349066 = 0.0149044$$

这个数值就是要求的压力角 $\alpha = 20^\circ$ 处的渐开线函数值。反之，如果知道渐开线函数值为 0.0149044，也就知道渐开线上这一点的压力角 α 是 20° 。

4. 模数 m

模数就是表示牙齿大小的一个参数。模数越大，说明牙齿越大；反之，模数越小，说明牙齿越小。

模数 m 在国家标准中规定：从最小 0.1mm 到最大 50mm，如同鞋号一样，并不是在大、小之间几寸几分都有，而是分成若干标准鞋号。模数也是一样，分成若干标准号码，用数字表示，见表 1-2。

表 1-2 齿轮标准模数 (GB/T 1357—1987) (单位: 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	
	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	
	10	12	16	20	25	32	40	50			
第二系列	0.35	0.7	0.9	1.75	2.25	2.75	3.25	3.5	3.75	4.5	5.5
	6.5	7	9	11	14	18	22	28	30	36	45

在英制齿轮中，采用径节来表示齿轮牙齿的大小。所谓径节就是指每英寸分度圆上所包含的齿数。径节用 DP 来表示，它和模数的换算关系式是

$$DP = z/d = 25.4/m \quad \text{或} \quad m = d/z = 25.4/DP$$

式中 d ——工件分度圆直径 (in)；

z ——工件齿数。

5. 公法线长度 W_k

根据渐开线形成原理可知，用直尺在基圆上作纯滚动，按箭头方向滚动一个来回，A、B 两端点即可形成渐开线 1 和 2，如图 1-4 所示。直尺实质上就是渐开线的法线。

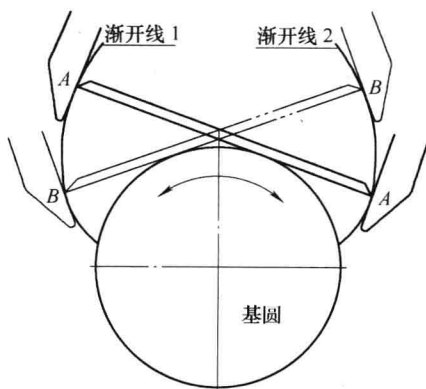


图 1-4 公法线形成原理

对于单个齿轮来说，左齿面渐开线的法线与右齿面渐开线的法线重合成一根直线时的长度，称为公法线长度（即 $\overline{AA}$ 或 $\overline{BB}$ ）。

公法线长度和跨齿数的计算：单个牙齿的两个齿面渐开线在分度圆附近是找不到与基圆相切的公法线的，只有跨几个以后才有可能找到渐开线齿侧面的公法线，因此，在测量公法线长度时就离不开跨齿数，如图 1-5 所示，公法线长度

W_K 包括了三个齿。根据渐开线法线的特点可知：

$$W_K = (K-1) p_b + s_b$$

式中 p_b ——基圆齿距；

s_b ——基圆齿厚；

K ——跨齿数。

通常在测量公法线时不一定就跨三个齿，跨齿数的多少与齿轮的齿数及压力角有关，此外，还应该考虑测量位置在齿高方向中部附近，如果多跨一个齿，公法线长度 W_K 就多增加了一个基圆齿厚 s_b 。

$$\text{跨齿数 } K = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5$$

式中 α ——齿形角；

z ——工件齿数。

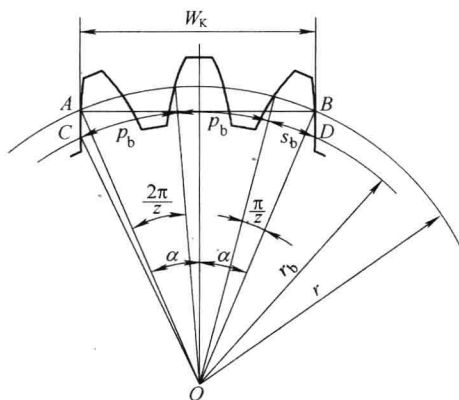


图 1-5 公法线长度测量图

6. 啮合线及渐开线齿轮的正确啮合条件

如图 1-3 所示， $N_1 N_2$ 为两轮的公法线，也就是齿轮的用力方向线，这条线就叫做理论啮合线。

在实际传动时，齿轮 2 的齿顶圆与啮合线相交于 K_1 点，也就是两齿轮开始接触点。经过传动，齿轮 1 的齿顶圆与啮合线相交于 K_2 点，这个点是两个齿轮牙齿开始分离点。 $K_1 K_2$ 就叫做实际啮合线。

啮合线就是一对齿轮在啮合传动中啮合点所经过的轨迹。

啮合线与两齿轮中心连线的交点，叫做啮合节点，以齿轮中心至节点的距离为半径所画的圆叫节圆。啮合线与两齿轮中心连线垂线的夹角，叫做啮合角。当齿轮 1 和齿轮 2 的中心距符合于标准的计算值 $[a = (d_1 + d_2) / 2 = m(z_1 + z_2) / 2]$ 时，齿轮的分度圆与节圆重合，此时压力角等于啮合角；当齿轮 1 和齿轮 2 的中

心距不符合于标准的计算值时，压力角就不等于啮合角。

7. 当量齿数 z_d

在计算斜齿轮时将遇到“当量齿数”这个名词。在加工斜齿轮时，可以使用加工直齿轮的刀具，因为斜齿轮在法向上的齿形与直齿轮的齿形相当接近，而模数相同。基于这个原因，就假想斜齿轮法向上的齿轮为该斜齿轮的当量齿轮。当量齿数 z_d 与斜齿轮实际齿数不同，它们之间的关系如下：

$$z_d = \frac{z}{\cos^3 \beta}$$

式中 β ——分度圆柱螺旋角。

8. 变位齿轮

将切齿刀具与被切齿轮的相对位置改变 xm 值，这样加工出的齿轮称为变位齿轮。

当刀具标准位置远离被加工齿轮时，称为正变位切削，如图 1-6b 所示。

当刀具标准位置更深入被加工齿轮时，称为负变位切削，如图 1-6c 所示。

变位齿轮又分成高度变位、角度变位和切向变位三种。

(1) 高度变位（也称径向变位） 加工时改变刀具与被加工齿轮的中心距，来达到高度变位的目的。加工小齿轮和大齿轮时，改变的量则是大小相等而方向相反，也就是对小齿轮正变位切削（如图 1-6b 所示），对大齿轮负变位切削（如图 1-6c 所示）。这样切出大、小齿轮的啮合中心距与标准齿轮啮合中心距是相同的。

高度变位齿轮的特点如下：

- 1) 理论啮合中心距 a_0 = 实际啮合中心距 a ；
- 2) 大、小齿轮的变位系数 x 绝对值相等，即 $|x_1| = |-x_2|$ ；
- 3) 分度圆和基圆与不变位齿轮一样；
- 4) 齿顶圆与齿根圆与不变位齿轮不一样；
- 5) 全齿高与不变位齿轮相同，齿顶高和齿根高与不变位齿轮不同。

(2) 角度变位 在加工齿轮时改变刀具与被加工齿轮的中心距，使啮合角发生改变。

角度变位齿轮的特点如下：

- 1) 理论啮合中心距 a_0 可以大于或小于实际啮合中心距 a ；

当变位齿轮中心距比不变位齿轮中心距大时，啮合角大于标准齿轮啮合角 20° ，相当于正变位切削，如图 1-6b 所示；

当变位齿轮中心距比不变位齿轮中心距小时，啮合角小于标准齿轮啮合角 20° ，相当于负变位切削，如图 1-6c 所示。

- 2) 大、小齿轮的变位量可以根据设计、装配、结构需要来分配。

- 3) 分度圆和基圆与不变位齿轮一样。
- 4) 齿顶圆与齿根圆与不变位齿轮不一样。
- 5) 全齿高、齿顶高、齿根高与不变位齿轮不同。

(3) 切向变位 在加工齿轮时,使被加工齿轮的齿厚加大或减小,叫做切向变位。这种变位方式常用于锥齿轮中。

切向变位齿轮的特点如下:

- 1) 只在齿轮的齿厚方向上改变。对于一对齿轮来说一个增加齿厚,另一个必须减少,才能保持啮合。
- 2) 切向变位通常与高度变位或角度变位联合使用。

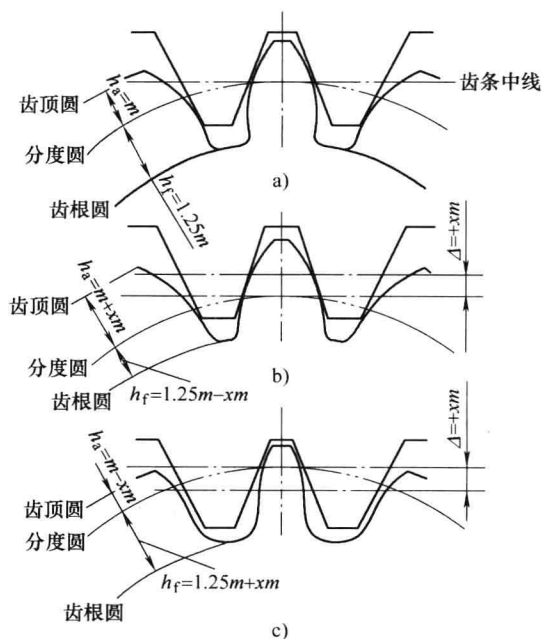


图 1-6 变位齿轮

a) 不变位 b) 正变位 c) 负变位

(4) 采用变位齿轮的目的

- 1) 改变中心距,以满足设计的需要;
- 2) 使大、小齿轮使用寿命大致相同,强度大致相同,更合理地使用材料;
- 3) 未经变位的小齿轮的最少齿数不少于 17 (当 $\alpha = 20^\circ$ 时),若齿数少于 17,则不能制造出正确的齿形来,即齿形顶部或根部被切去,出现顶切或根切现象。齿轮经过变位以后可解决顶切或根切现象。

(5) 变位系数 变位系数 x 是标志变位量大小的一个参数值。

9. 冠轮齿数 z_c

在锥齿轮计算、制造以及锥齿轮加工计算方面，将遇到冠轮齿数 z_c 这个概念。

冠轮齿数 z_c 指的是能与一对共轭锥齿轮相啮合的当量圆齿条的齿数或节锥角等于 90° 的锥齿轮的齿数，冠轮齿数 z_c 可查附录 E。

1.1.4 标准齿形各部分名称及其基本尺寸关系

齿形已经标准化了，每个国家有自己的齿形制度及变位制度。在齿轮的基本参数上，由于各个国家规定的制度不同而不同。例如：我国齿形制度规定采用 20° ，其他国家有的采用 14.5° ，也有的采用 15° 等。我国 GB/T 10095.1-2001 规定了齿轮原始齿形要素。

1. 齿轮原始齿形要素

原始齿形是齿轮基圆直径无限大变为齿条时和渐开线变为直线的齿形。对于锥齿轮指的是冠轮的大端齿形展开。

齿形要素：

模数	见表 1-2
齿形角	$\alpha = 20^\circ$
齿顶高	$h_a = m$
齿根高	$h_f = m + c$
齿距	$p = \pi m$
齿厚	$s = 0.5p$
顶隙	圆柱齿轮取 $c = 0.25m$ 锥齿轮取 $c = 0.20m$

齿根圆角半径

圆柱齿轮取	$r = 0.4m$
锥齿轮取	$r = 0.20m$

当用插齿法和剃齿法加工圆柱齿轮时，允许增加顶隙 $c = 0.35m$ ，短齿齿形允许增加 $c = 0.30m$ 。

当用剃齿法加工圆柱齿轮时，齿根圆角半径必要时减至 $0.25m$ ，对于圆柱齿轮短齿齿形 $r = 0.46m$ ，对于锥齿轮 $r = 0.31m$ 。

为了提高齿轮的使用寿命，齿根部分可做成连续的平滑曲线。

2. 齿形修缘

当齿轮在传动中圆周速度较大时，根据设计需要可按表 1-3 数值进行修缘。所谓修缘就是倒去齿顶尖角。

表 1-3 原始齿形修缘深度系数 a

精 度 等 级					
6		7		8	
模数 m/mm	a	模数 m/mm	a	模数 m/mm	a
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	0.01	3.75~5	0.015
>10~16	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

1.2 齿轮设计的基本知识

1. 齿轮传动机构

(1) 优点 具有结构紧凑、传动比值不变、能传递较大功率、效率高、使用寿命长、运转可靠和维护简便等优点。

(2) 缺点

1) 在超负荷运转时，不能保证机器不被损坏，不像带传动，超负荷时传动带打滑，机器就得到了保护。

2) 由于齿轮在制造上的误差，会引起噪声，产生振动，也不像液压传动能起减振作用。由于齿轮传动比值固定不变，因此不能实现无级变速。

3) 齿轮传动机构不能实现大的传动比。

2. 模数 m 的设计

模数 m 是齿轮设计中最基本的参数，模数已经确定，齿轮的其他尺寸就很容易确定了。设计齿轮模数 m ，有两种方法：类比估计法和公式计算法。

(1) 类比估计法 此种方法是设计齿轮时常用的方法。在设计齿轮时，常常根据齿轮在使用时的传动功率大小、使用情况等与相类似的实际使用过的齿轮相比较，分析新设计的齿轮与实际使用中的齿轮，有什么共同点和不同点，来估计、确定模数的大小。这种方法的优点是简单、可不必进行复杂的计算，在一般情况下比较实用，但是科学性显得不足。

(2) 公式计算法 就是按照一定的公式计算模数的大小。公式计算法的实质是计算齿的强度。齿轮在传动中是受力的，作用在牙齿上的力，可以使牙齿断裂、弯曲、齿面磨损或剥落（点蚀）。公式计算法就是将这些因素归纳成两类：一个是弯曲强度计算公式，一个是接触强度计算公式。这些公式是通过影响齿轮强度的各种因素进行试验、研究得出来的数据，并运用材料力学和弹性力学中有关的理论公式，经过数学整理后得到的模数设计公式。