

● 任玉宝 编 ● 青海人民出版社



SHIYONG
CHILUN
JIAGONG
SHOUCE

实用

齿轮加工手册

实用齿轮加工手册

任玉宝 编

青海人民出版社

1988年·西宁

实用齿轮加工手册

任玉宝 编

青海人民出版社出版

(西宁市西关大街96号)

青海省新华书店发行 青海西宁印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 14.375 字数: 330,000

1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷

印数: 0,001—3,580

ISBN 7-225-00035-7/T·1

定价: 3.00元

编 者 的 话

本书根据目前我国齿轮加工厂的实际情况，总结了生产和技术工作中较为实用的经验和有关理论知识，系统地介绍了齿轮加工全过程，并对加工中一些实际问题的分析和解决办法做了较详细的阐述。为了便于查阅，书中还编绘了大量图表，并介绍了一些国外先进经验和技術。

本书可供从事齿轮加工的技术人员和工人参考，尤其适用于从事齿轮加工工作的初中级技术人员使用。

目 录

第 一 部 分

齿轮加工工艺设计基础

第一章 齿轮基础知识概述.....	(1)
第一节 齿轮知识简介.....	(1)
第二节 渐开线齿形基础知识.....	(8)
第三节 渐开线齿轮传动特性.....	(11)
第二章 渐开线齿轮的基础知识.....	(12)
第一节 圆柱齿轮的基本参数及几何计算.....	(12)
第二节 圆锥齿轮的基本参数及几何计算.....	(12)
第三节 圆柱形阿基米德蜗轮付的基本参数及几何计 算.....	(19)
第三章 齿轮加工概述	(22)
第一节 齿轮加工方法简介.....	(22)
第二节 渐开线齿轮切齿中常用测量尺寸的计算.....	(22)
第三节 齿轮加工的检验.....	(37)
第四章 工艺文件的主要种类及其编制方法.....	(45)
第一节 工艺文件的主要种类及其内容.....	(45)
第二节 工艺文件的编制原则与方法.....	(55)
第五章 工艺编制前的技术准备工作	(60)

第一节	工艺设计前应做好的几项工作	(60)
第二节	产品图纸的审核	(64)
第三节	毛坯图的制订及校核	(68)
第六章	齿轮加工的四个阶段及其主要工序简介	(74)

第 二 部 分

齿轮加工工艺

第七章	齿坯加工工艺	(93)
第一节	各类齿轮的齿坯加工工艺	(93)
第二节	齿坯加工中工艺尺寸及加工精度的确定	(126)
第三节	齿坯加工中常用工艺装备的种类及选用	(150)
第四节	齿坯加工中各种加工方法的切削用量选择	(177)
第五节	齿坯加工中单件工时的计算	(186)
第六节	齿坯加工中各类机床的调整	(187)
第七节	齿坯加工中冷却液的选择	(194)
第八节	齿坯加工的检验	(195)
第九节	齿坯加工中经常出现的一些质量问题及其简 单分析	(196)
第十节	齿坯加工的发展方向与现状简介	(208)
第八章	圆柱齿轮齿形加工工艺	(210)
第一节	滚齿加工工艺	(210)
第二节	插齿加工工艺	(237)
第三节	剃齿加工工艺	(249)
第四节	齿轮冷挤工艺	(264)
第五节	圆柱齿轮的其它齿形加工方法简介	(269)

第九章 圆锥齿轮齿形加工工艺.....	(275)
第一节 直齿锥齿轮(直伞)刨齿工艺.....	(275)
第二节 直齿锥齿轮的其它加工方法简介.....	(291)
第三节 螺旋锥齿轮(螺伞)的铣齿加工工艺.....	(295)
第四节 螺旋锥齿轮的其它加工方法简介.....	(329)
第十章 蜗轮付加工工艺简介.....	(334)
第一节 用蜗轮滚刀加工蜗轮.....	(334)
第二节 用“飞刀法”加工蜗轮.....	(337)
第三节 蜗轮的其它加工方法.....	(339)
第四节 蜗杆加工.....	(340)
第十一章 花键轴加工工艺.....	(342)
第一节 花键轴的滚削加工.....	(342)
第二节 花键轴的其它加工工艺简介.....	(349)
第三节 花键轴的磨削加工.....	(351)
第十二章 齿轮的倒角、去刺和清洗.....	(357)
第一节 齿端倒角加工.....	(357)
第二节 沿齿面及齿顶倒棱和去刺.....	(362)
第三节 齿轮的清洗.....	(367)
第十三章 齿轮的热处理.....	(369)
第一节 齿轮热处理的质量要求.....	(369)
第二节 毛坯的正火处理.....	(371)
第三节 低碳合金钢的渗碳、淬火、回火处理.....	(375)
第四节 几种新的渗碳、淬火工艺简介.....	(388)
第五节 齿轮的表面淬火处理.....	(397)
第六节 齿轮的防渗碳处理及热后清洗工艺简介.....	(400)
第十四章 齿轮的最后加工——磨削工艺.....	(403)
第一节 磨削中的一些共同性问题.....	(403)
第二节 外圆磨削工艺.....	(412)
第三节 内圆磨削工艺.....	(422)

第四节	平面磨削工艺.....	(430)
第十五章	齿轮加工工位器具的设计和使用.....	(437)
第一节	工位器具在齿轮加工中的重要性.....	(437)
第二节	工位器具的分类及设计的主要要求.....	(438)
	本书齿轮几何要素代号对照表.....	(447)

第一部分 齿轮加工工艺设计基础

第一章 齿轮基础知识概述

第一节 齿轮知识简介

人们使用齿轮的历史已很悠久了。据资料介绍,早在公元前152年就有使用齿轮的记载。我国在2000多年以前发明的指南车记里鼓中,已开始应用了较完整的齿轮轮系。而齿轮的广泛使用则是在十九世纪初齿轮制造机床问世之后才开始的。现在齿轮的应用已相当广泛。由于科学技术的发展,齿轮的种类、大小和加工方法越来越多,它的直径从不足1毫米到30多米;传递的动力从不足一瓦到几万千瓦;传递的圆周速度从每分钟不足一米到每秒几百米以上。现在,齿轮几乎是一切机器中必不可少的组成部分。齿轮之所以得到这样广泛的应用,和它具有适应性广,传动比不变,体积小,效率高,寿命长,工作可靠等许多优点是分不开的。

一、齿轮的分类

齿轮的分类方法很多,按齿轮结构分类,参见表1—1—1。

表 1-1-1 按 齿 轮 结 构 分 类 表

圆柱齿轮	直齿圆柱齿轮	外啮合直齿圆柱齿轮(即正齿轮)
		内啮合直齿圆柱齿轮(即内齿轮)
	斜齿圆柱齿轮	平行轴斜齿圆柱齿轮(即斜齿轮)
		交叉轴斜齿圆柱齿轮 (即螺旋齿轮)
	人 字 齿 轮	有空刀槽型 无空刀槽型
圆锥齿轮	直齿圆锥齿轮	轴交角可小于、等于、大于 90°
	斜齿圆锥齿轮	轴交角可小于、等于、大于 90°
	准双曲线斜齿锥齿轮	
	螺旋锥齿轮	弧齿锥齿轮(又分收缩齿·等高齿)
		延长外摆线锥齿轮(只有等高齿)
		准渐开线锥齿轮(只有等高齿)
		其它曲线齿锥齿轮(如准正弦线, 对数螺旋线等)
蜗轮蜗杆	圆柱蜗杆, 蜗轮付	阿基米德蜗杆, 蜗轮付
		渐开线蜗杆, 蜗轮付
		法向直廓蜗杆, 蜗轮付(延长渐开线蜗杆)
	圆弧蜗杆蜗轮付	外啮合 内啮合
齿 条	直齿齿条	
	斜齿齿条	
非圆齿轮	椭圆形齿轮、扇形齿轮等等	

按齿轮外形或工艺特点分类，参见表1—1—2。

表1—1—2

按 齿 轮 外 形 分 类 表

齿 轮 分 类	外 形 特 点 (多数情况下)
齿圈(盘)类齿轮	(1) $\frac{D}{L} > 5$ (2) $\frac{D}{d} < 2$ (3) 外径较大，重量较重
套筒类齿轮	(1) $\frac{D}{L} < 5$ (2) $\frac{D}{d} > 2$ (3) 外径较小，重量较轻
轴 类 齿 轮	(1) $\frac{D}{L} < 0.5$ (2) 有中心孔或大坡口 (3) 同时有齿轮及花键

此外还可按工作齿廓曲线，齿轮的传动精度，承载能力，传递的线速度等方法分类。

二、齿轮材料

齿轮使用的材料有各种钢材、铸铁、铜、粉末冶金、工程塑料、夹布胶木等等。现将国内常用的几种材料的性能及应用情况列表说明如下(见表1—1—3)。

三、齿轮精度标准简介

齿轮加工中贯彻新标准(JB 179—83)，是产品更新换代，提高质量的必由之路。新标准比旧标准(JB 179—60)有不少改进和提高。在贯彻新标准时，对于齿轮加工技术人员来说，应注意以下几个问题：

1. 由于各误差项目的公差与极限偏差数值，均有不同程度的压缩和调整，尤其是齿形及齿向公差压缩幅度较大，因而对加工工艺要求和方法提出了新的更高的要求，这就迫使我们去研究和探索新的工艺方法。

2. 由于检验项目中 F_p 、 f_{pt} 、 f_f 、 F_β 、 F''_i 、 F'_i 、 f_{σ} 等七项被列为关键项目(其中前四项为必检项目)，并规定其中一项不合格即为不合格产品，因而在工艺编制中应

表 1-1-3 齿 轮 常 用 材 料 表

国 产 材料牌号	日 本 相应材料	热处理要求		机械性能(公斤/毫米 ²)		工 作 条 件	应 用 举 例
		处理 方法	热后硬度	抗拉强度	屈服强度		
20CrMnTi 或 20CrMnMo 25MnTiBA	SNCM220H	渗碳	表面硬度 HRC _{0.8} ~64	≥110	≥35	可承受重载、 冲击和较高的 速度	各种变速箱和 后桥齿轮花键轴
		淬火	(日本为 HRC ₆₂)				
		低温回火	心部硬度 HRC ₃₈ ~48				
30CrMnMo 或 30CrMnTi	SNCM420H	同上	同上	≥120	≥100	可承受更重的 载荷和冲击, 速度略低些	大马力、大模 数的后桥齿轮 及重载传动轴
42CrMo	SCM5H	氮化	表面硬度 >HRC50	≥100	≥30	可承受中等载 荷, 一般冲 击, 适于高速	要求变形较小 的高速档齿轮 或薄壁零件
45• 或 40Cr 35CrMo	S43C 或 SCM3H	正火	HB156~ 217	≥12	≥36	可承受中等载 荷, 较小的冲 击, 低速	低速的发动机 及一般机械齿 轮
		调质	HB217~ 250	≥75	≥45	可承受中等载 荷适于无猛烈 冲击中速情况	一般中等马力 的发动机及农 业机械齿轮
		调质后表 面淬火	表面HRC 40~55	≥85	≥45	可承受中载及一 般冲击适用于精 密耐高速的情况	较重要的花键 轴及大马力发 动机齿轮

续表 1-1-3

QT42-10	FCD45	正火 (或退火)	HB147~ 241	≥ 50	≥ 35	可承受一般冲击, 适于低速, 中、小载荷磨情况	小发动机及农业机械齿轮
HT30~54 或 HT25~47	FC30 或 FC25	时效或 正火	HB170~ 241	≥ 25		适用于低速轻负荷、无冲击情况	一般用途的蜗轮及农业机械齿轮
ZG45	SCMh34H	正火或 调质	HB170~ 210 HB220~ 320	≥ 58 ≥ 35	≥ 32 ≥ 36	适用于一般冲击, 低速重载情况	大圆弧齿轮及大型农业机械齿轮
ZQSn 6-6-3			HB60~65	18~20	8~10	适用于一般冲击, 较重载, 耐磨抗腐蚀情况	重要的蜗轮或齿圈

注意增加一定数量的检测仪器和手段。

3. 新标准强调了齿坯加工精度对齿轮加工、检验和安装精度的影响, 并对其公差作了具体规定, 为此对齿坯加工要特别引起重视, 并应对相应的夹具设计和制造提出更高的要求 (这一点在一般工厂中很容易忽视)。

渐开线齿轮的各项精度数值已由相应的标准做了规定。对于常用的中等模数齿轮, 都有其共同的特点: 如精度一般为 JB179-83 所规定的 6~9 级, 分圆直径一般不超过 $\phi 800$

表 1-1-4

圆柱齿轮精度规范值(μ)

精度等级		df		检验项目		m _n		~φ125 (mm)		φ125~400 (mm)				φ400~800 (mm)							
								≥1~3.5		≥1~3.5		≥1~3.5		≥1~3.5		≥1~3.5		≥1~3.5			
								3.5~6.3		3.5~6.3		3.5~6.3		3.5~6.3		3.5~6.3					
								36		45		50		40		56		63			
Fr (δej)										20		25				32					
F _w (δLg)																					
F _i " (δza)								50		63		71		56		71		80		100	
f _i " (δca)								14		18		20		16		20		22		25	
接触		沿齿高																			
面 %																					
Fr								50		63		71		56		71		80		100	
F _w										28		36				45					
F _i "								71		90		100		80		100		112		125	
f _i "								20		25		28		22		28		32		36	

续表 1-1-4

接 触 面	沿 齿 高		不小于45 (应趋近齿面中部)											
	沿 齿 长		不小于60 (应趋近齿面中部)											
8	Fr		63	80	90	71	90	100	112	90	100	125		
	Fw		40				50				63			
	Fi''		90	112	125	100	125	140	160	125	140	180		
	fi''		28	36	40	32	40	45	50	40	45	56		
接 触 面	沿 齿 高		不小于40 (应趋近齿面中部)											
	沿 齿 长		不小于50 (应趋近齿面中部)											
9	Fr		80	100	112	90	112	125	140	112	125	160		
	Fw		56				71				90			
	Fi''		112	140	160	125	160	180	200	160	180	224		
	fi''		36	45	50	40	50	56	63	50	56	71		
接 触 面	沿 齿 高		不小于30 (应趋近齿面中部)											
	沿 齿 长		不小于40 (应趋近齿面中部)											

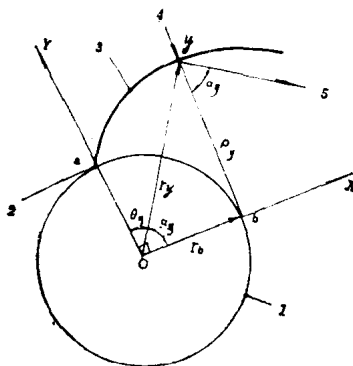
毫米。而其检验项目也基本相同，即多为中心距极限偏差、径向综合公差、径向一齿综合公差、公法线极限尺寸及其变动量、分齿圆径向跳动、接触区大小及位置等几项。为方便起见，现按“渐开线圆柱齿轮精度制JB179—83”所规定的数值，摘录一些有关内容，以便于查阅（见表1—1—4）。

第二节 渐开线齿形基础知识

齿轮轮齿的齿形曲线，根据需要可选用不同的几何图形，如渐开线、摆线、圆弧线等等。由于渐开线齿形有着许多优点，如齿廓的可分性，刀具齿形简单，加工方法多，加工可达到很高精度等等，因而广泛地用于各种机械齿轮中。

一、渐开线特性

1. 基圆内无渐开线（参见图1—1—1）。



1. 基圆 2. 渐开线起点 3. 渐开线 4. 受力方向 5. 运动方向

图1—1—1 渐开线形成原理图

2. 齿面上任意一点与基圆的切点之间的距离 ($\widehat{by}$), 等于渐开线起点到该切点间的基圆弧长 ($\widehat{ab}$), 即,

$$\widehat{by} = \widehat{ab}$$

$$\text{或 } p_y = r_b (\theta_y + \alpha_y)$$

$$= r_b (\text{inv} \alpha_y + \alpha_y)$$

$$= r_b \text{tg} \alpha_y$$

3. 渐开线上离基圆越远的点, 曲率半径越大, 其值为该点至基圆的切线长 p_y 。

4. 渐开线上离基圆越远的点, 其压力角也越大, 其值可按式计算:

$$\cos \alpha_y = r_b / r_y$$

两条平行的、相同的渐开线, 在法线方向上的距离 (即基节) 相等, 且都等于相应的基圆弧长, 即 $P_b = \widehat{AB}$ 。(参见图 1-1-2)。

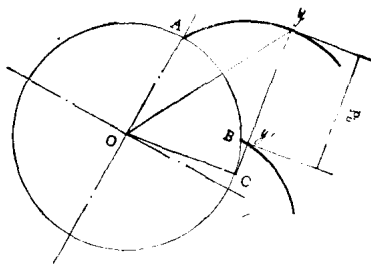


图 1-1-2 渐开线特性

渐开线的形状, 完全取决于基圆大小, 且渐开线曲率随着基圆的加大而减少, 当基圆直径为无限大时 (即基圆变为