



第2版

齿轮加工 速查手册

CHILUN JIAGONG
SUCHA SHOUCHE



宝珠 郭秀英◎等编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

齿轮加工速查手册

第2版

张宝珠 郭秀英 程瑞 王晓东 编

机械工业出版社

本书是一本齿轮加工速查工具书。其主要内容包括：齿轮加工基础、圆柱齿轮计算、圆柱齿轮加工、渐开线圆柱齿轮精度、锥齿轮计算、锥齿轮加工、圆柱直齿渐开线花键、直齿端齿盘、蜗杆蜗轮。本书内容全面，实用性强；书中的技术数据主要以表格形式给出，便于读者查阅。

本书可供机械加工技术人员、齿轮工使用，也可供相关专业在校师生及研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

齿轮加工速查手册/张宝珠等编. —2 版. —北京:
机械工业出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-111-55175-1

I. ①齿… II. ①张… III. ①齿轮加工-技术手册
IV. ①TG61-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 249853 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

责任印制: 常天培 责任校对: 段凤敏 任秀丽

北京京丰印刷厂印刷

2017 年 1 月第 2 版·第 1 次印刷

130mm×184mm·16.75 印张·433 千字

0 001—2 500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-55175-1

定价: 55.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

策划编辑: 010-88379734

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

《齿轮加工速查手册》出版6年了，在这6年中，齿轮加工技术有了较大的发展，一些技术标准进行了修订，为了满足齿轮行业发展和读者需求，决定对《齿轮加工速查手册》进行修订，出版第2版。修订时，全面贯彻了齿轮技术相关最新标准，更新了相关内容；修正了第1版中的错误，调整了章节结构，更加方便读者阅读使用；增加了一些新颖、实用的技术内容。

全书内容共9章。第1章介绍了齿轮加工基础。第2章介绍了圆柱齿轮的计算。第3章介绍了圆柱齿轮的加工方法、工艺特点、加工中的常见问题与对策。第4章介绍了渐开线圆柱齿轮精度。第5章介绍了直齿锥齿轮、普通弧齿锥齿轮及等高弧齿锥齿轮的计算。第6章介绍了锥齿轮加工，内容包括锥齿轮的刨齿加工、铣齿加工和磨齿加工。第7章介绍了圆柱直齿渐开线花键的检验方法，量棒测量尺寸的计算公式及内、外渐开线花键 M 值、公法线的相关数据。第8章介绍了直齿端齿盘的相关技术内容。第9章介绍了蜗杆蜗轮的相关技术内容。本书内容全面，书中的技术数据主要以表格形式给出，实用性强，读者查阅方便；许多技术数据是从实践中得来的，有较高的使用价值。

本书由张宝珠、郭秀英、程瑞、王晓东编写。在本书编写过程中，参考了国内外有关技术资料，在此谨向有关技术资料的作者表示最诚挚的谢意。

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，敬请广大读者批评指正。

编 者

符 号 表

序号	符号	名 称	序号	符号	名 称
一、圆柱齿轮符号			29	d_f	齿根圆直径
1	α_p	标准基本齿条轮压力角	30	a	中心距
2	h_{aP}	标准基本齿条轮齿齿顶高	31	u	齿数比
3	c_p	标准基本齿条轮齿与相啮 标准齿条轮齿之间的顶隙	32	α_a	齿顶压力角
4	h_{fP}	标准基本齿条轮齿齿根高	33	ε_α	端面重合度
5	ρ_{fP}	基本齿条的齿根圆角半径	34	ε_β	纵向重合度
6	p	齿距	35	ε_γ	总重合度
7	s_p	标准基本齿条齿廓的齿厚	36	k	公法线跨齿数
8	h_{wP}	标准基本齿条齿廓和相啮 标准齿条齿廓的有效齿高	37	$\overline{W}_k$	公法线长度
9	m	模数	38	$\overline{h}_c$	固定弦齿高
10	m_n	斜齿轮的法向模数	39	$\overline{s}_c$	固定弦齿厚
11	m_t	斜齿轮的端面模数	40	d_m	跨球尺寸的量球(柱)直径
12	z	齿数	41	α_M	跨球尺寸的量球(柱)中心 所在圆压力角
13	β	分度圆柱螺旋角	42	M	跨球尺寸的量球(柱)测量距
14	α	分度圆压力角	43	Σ	交错轴螺旋齿轮的轴错角
15	α_n	斜齿轮的分度圆法向压力角	44	v_s	齿面间相对滑动速度
16	α_t	斜齿轮的分度圆端面压力角	45	z_d	当量齿数
17	h_a^*	齿顶高系数	46	x	变位系数
18	h_{an}^*	斜齿轮的齿顶高系数	47	α'	齿轮传动的啮合角
19	c^*	顶隙系数	48	v	切削速度
20	c_n^*	斜齿轮的法向顶隙系数	49	f	进给量
21	c_t^*	斜齿轮的端面顶隙系数	50	b	齿宽
22	d	分度圆直径	51	f_{pt}	齿轮单个齿距偏差
23	d_b	基圆直径	52	F_{pk}	齿轮齿距累积偏差
24	p_b	基圆齿距	53	F_p	齿轮齿距累积总偏差
25	h_a	齿顶高	54	F_α	齿轮齿廓总偏差
26	h_f	齿根高	55	$f_{f\alpha}$	齿轮齿廓形状偏差
27	h	齿高	56	$f_{H\alpha}$	齿轮齿廓倾斜偏差
28	d_a	齿顶圆直径	57	F_β	齿轮螺旋线总偏差
			58	$f_{f\beta}$	齿轮螺旋线形状偏差

(续)

序号	符号	名 称	序号	符号	名 称
59	$f_{H\beta}$	齿轮螺旋线倾斜偏差	26	δ_a	顶锥角
60	F'_i	齿轮切向综合总偏差	27	δ_f	根锥角
61	f'_i	齿轮一齿切向综合偏差	28	A_e	分锥顶点到轮冠在轴线上的投影距离
62	F''_i	齿轮径向综合总偏差	29	s	大端分度圆弧齿厚
63	f''_i	齿轮一齿径向综合偏差	30	$\bar{s}$	大端分度圆弦齿厚
64	F_r	齿轮径向圆跳动	31	h_a	大端分度圆弦齿高
65	φ_f	齿轮起始展开角	32	$\bar{s}_c$	大端固定弦齿厚
66	φ_a	齿轮终测展开角	33	h_c	大端固定弦齿高
二、直齿锥齿轮符号			34	ψ	弧齿厚中心角
1	α	压力角	35	λ	齿角
2	h_a^*	齿顶高系数	36	s_x	圆周齿厚
3	c^*	顶隙系数	37	$\bar{s}_x$	测量截面上的弦齿厚
4	m	模数	38	h_x	测量截面上的弦齿高
5	Σ	轴交角	39	W_e	直齿锥齿轮大端槽底宽
6	z	齿数	40	W_i	直齿锥齿轮小端槽底宽
7	u	齿数比	41	i_c	滚比
8	δ	分锥角	42	α_0	刨刀齿形角
9	z_v	当量圆柱齿轮齿数	43	s_a	刨刀顶刃宽
10	u_v	当量圆柱齿轮齿数比	44	α_a	刨刀顶刃后角
11	d	分度圆直径	45	γ_a	刨刀侧刃前角
12	z_c	冠轮齿数	46	τ_j	刨齿机刀架齿距角
13	R	外锥距	47	δ_j	刨齿机安装根锥角
14	b	齿宽	48	A_j	刨齿机轴向轮位
15	ϕ_R	齿宽系数	49	B_j	刨齿机床鞍位移量
16	d_m	齿宽中点分度圆直径	50	i_g	刨齿机机床滚比值
17	m_m	齿宽中点分度圆模数	51	θ_{bj}	刨齿机摇台摆角
18	x	高变位系数	52	B_i	刨齿机床鞍分齿后退量
19	x_s	切向变位系数	三、弧齿锥齿轮符号		
20	h_a	齿顶高	1	f_p	齿距极限误差
21	h	齿高	2	F_p	齿距累积误差
22	h_f	齿根高	3	F_r	齿圈跳动
23	d_a	大端齿顶圆直径	4	m_n	齿轮模数
24	θ_f	齿根角	5	d	齿轮中点直径
25	θ_a	齿顶角			

(续)

序号	符号	名 称	序号	符号	名 称
6	b_e	外刀刀齿基距	39	ΔE_s	齿厚偏差
7	b_i	内刀刀齿基距	40	$\Delta f'_{ic}$	齿轮副切向综合误差
8	K_e	外刀体基距	41	$\Delta f'_{ic}$	齿轮副一齿切向综合误差
9	K_i	内刀体基距	42	$\Delta f_{i\Sigma e}''$	齿轮副轴交角综合误差
10	l_0	修缘长度	43	$\Delta f_{i\Sigma e}''$	齿轮副一齿轴交角综合误差
11	a_0	修缘量	44	$\Delta f'_{zkc}$	齿轮副周期误差
12	α	工作刃刀片齿形角	45	$\Delta f'_{zxc}$	齿轮副齿频周期误差
13	α_w	外刀压力角	46	j_1	齿轮副圆周侧隙
14	α_N	内刀压力角	47	j_n	法向侧隙
15	s_a	刀顶宽	48	ΔF_{vj}	齿轮副侧隙变动量
16	r_n	刀尖圆角半径	49	Δf_{AM}	齿圈轴向位移
17	W	刀顶距	50	Δf_a	齿轮副轴间距误差
18	d_w	刀尖直径	51	ΔE_Σ	齿轮副轴交角误差
19	z_w	尖齿刀具刀片组数	52	α	压力角
20	r_w	尖齿刀具刀盘公称半径	53	X_G	从动齿轮安装距移动量
21	i	齿轮传动比	54	X_p	主动齿轮安装距移动量
22	β	齿轮螺旋角	55	E	检验机上垂直于主从动轮 轴线方向的运动
23	R_e	外锥距			
24	θ	机床摇台角	56	P	检验机上沿主动齿轮安装 距的方向的运动
25	N_i	跨越齿数	57	G	检验机上沿从动齿轮安装 距的方向的运动
26	IX_o	刀倾角(刀具主轴倾角)			
27	Jo	刀转角	58	V	等同于 E
28	z	齿数	59	H	等同于 P
29	t_e	工作行程时间	60	A_1	主动锥齿轮理论安装距
30	$\Delta F'_i$	切向综合误差	61	A_2	从动锥齿轮理论安装距
31	$\Delta f'_i$	一齿切向综合误差	62	D_1	主动锥齿轮检验心轴直径
32	$\Delta F''_{i\Sigma}$	轴交角综合误差	63	D_2	从动锥齿轮检验心轴直径
33	$\Delta f''_{i\Sigma}$	一齿轴交角综合误差	64	V_a (E)	研齿时沿主从动轮轴线方 向的运动
34	ΔF_p	齿距累积误差			
35	ΔF_{pk}	k 个齿距累积误差	65	H_a (P)	研齿时沿主动轮轴线方向 的运动
36	Δf_{pt}	齿距偏差			
37	ΔF_r	齿圈跳动			
38	Δf_c	齿形相对误差			

(续)

序号	符号	名 称	序号	符号	名 称
66	G_a	研齿时沿从动轮轴线方向的运动	13	D_{Fe}	渐开线起始圆直径
67	S_a	主动锥齿轮绕齿面啮合区的垂线方向的往复摆动	14	R_{imin}	内花键齿根圆弧最小曲率半径
68	O	研齿循环的零位	15	R_{emin}	外花键齿根圆弧最小曲率半径
69	X_1	主动锥齿轮安装距的块规尺寸	16	E_{max}	内花键实际齿槽宽最大值
70	X_2	从动锥齿轮安装距的块规尺寸	17	E_{min}	内花键实际齿槽宽最小值
71	α_n	节圆法向压力角	18	E_{vmax}	内花键作用齿槽宽最大值
72	ΔT	齿厚变化量	19	E_{vmin}	内花键作用齿槽宽最小值
73	HB	齿高方向修形	20	s	基本齿厚
74	LB	齿长方向修形	21	s_{max}	外花键实际齿厚最大值
75	$d\alpha$	压力角改变量	22	s_{min}	外花键实际齿厚最小值
76	$d\beta$	螺旋角改变量	23	s_{vmax}	外花键作用齿厚最大值
77	dv	齿面扭曲量	24	s_{vmin}	外花键作用齿厚最小值
78	O. B	外切刀	25	C_v	作用侧隙(全齿侧隙)
79	I. B	内切刀	26	T	加工公差
四、圆柱直齿渐开线花键符号			27	$\Delta\lambda$	综合误差
1	m	模数	28	λ	综合公差
2	z	齿数	29	ΔF_p	齿距累积误差
3	α	压力角	30	Δf_f	齿形误差
4	α_p	标准压力角	31	ΔF_β	齿向误差
5	D	分度圆直径	32	ΔF_r	齿圈径向圆跳动误差
6	p	齿距	33	W	公法线平均长度
7	D_b	基圆直径	34	k	跨齿数
8	D_{ei}	内花键大径	35	M_{Ri}	棒间距
9	D_{ee}	外花键大径	36	M_{Re}	跨棒距
10	D_{ii}	内花键小径	37	D_{Ri}	内花键量棒直径
11	D_{ie}	外花键小径	38	D_{Re}	外花键量棒直径
12	D_{Fi}	渐开线终止圆直径	39	a_e	铣削宽度
			40	a_f	铣削时的每齿进给量
			41	v	切削速度
			42	A_c	铣削面积

目 录

前言

符号表

第 1 章 齿轮加工基础	1
1.1 齿轮的基础知识	1
1.1.1 齿轮的种类和特点	1
1.1.2 齿轮的应用范围和特点	4
1.1.3 齿轮的基本概念	6
1.1.4 标准齿形各部的名称及其公称尺寸	47
1.2 齿轮设计的基本知识	48
1.2.1 模数 m 的设计	48
1.2.2 齿轮其他尺寸的设计	49
1.3 齿轮材料	50
1.4 齿轮热处理	51
1.5 齿轮加工工艺	53
第 2 章 圆柱齿轮计算	58
2.1 渐开线圆柱齿轮基本齿廓和主要参数	58
2.2 圆柱齿轮传动的几何尺寸计算	59
2.2.1 圆柱齿轮传动几何参数的选择	59
2.2.2 各种圆柱齿轮传动的几何尺寸计算公式	60
2.2.3 齿轮变位系数的选择	65
2.2.4 圆柱齿轮啮合质量指标验算	70
2.2.5 圆柱齿轮传动几何尺寸计算	70
第 3 章 圆柱齿轮加工	88
3.1 滚齿加工	88
3.1.1 滚齿方法	88

3.1.2	滚齿机及其加工精度	90
3.1.3	滚齿刀具	94
3.1.4	滚齿工艺	99
3.1.5	滚齿常见问题及对策	103
3.2	插齿加工	107
3.2.1	插削内齿轮的特点与条件	108
3.2.2	插齿机及其加工精度	110
3.2.3	插齿刀	112
3.2.4	插齿工艺	120
3.2.5	插齿常见问题及对策	127
3.3	剃齿加工	130
3.3.1	剃齿方法及其工艺特性	130
3.3.2	剃齿机	132
3.4	磨齿加工	133
3.4.1	圆柱齿轮磨齿机类型	133
3.4.2	磨齿夹具	138
3.4.3	磨齿砂轮	140
3.4.4	磨齿工艺	142
3.4.5	磨齿常见问题及对策	146
第4章	渐开线圆柱齿轮精度	150
4.1	精度等级和参数范围	150
4.2	轮齿同侧齿面偏差的允许值	150
第5章	锥齿轮计算	162
5.1	锥齿轮传动	162
5.1.1	锥齿轮传动的分类及特点	162
5.1.2	锥齿轮大端端面模数	163
5.1.3	锥齿轮齿型的选择	164
5.2	锥齿轮传动的几何尺寸计算	165
5.2.1	各类齿型的基本参数	165
5.2.2	标准及高度变位直齿锥齿轮传动几何尺寸计算	165

5.2.3 普通弧齿锥齿轮的几何尺寸计算	167
5.2.4 等高弧齿锥齿轮的几何尺寸计算	170
第6章 锥齿轮加工	173
6.1 直齿锥齿轮刨齿加工	173
6.1.1 切齿调整	173
6.1.2 关键部件的技术要求	182
6.1.3 安装距的控制	184
6.1.4 刨齿机精度要求	185
6.1.5 刀具与夹具	186
6.1.6 锥齿轮加工方法	187
6.1.7 锥齿轮刨刀	188
6.1.8 刨齿常见问题及产生原因	190
6.2 弧齿锥齿轮铣齿加工	191
6.2.1 弧齿锥齿轮的分类及各部名称	191
6.2.2 弧齿锥齿轮加工工艺	193
6.2.3 铣齿刀具	197
6.2.4 铣齿夹具	198
6.2.5 弧齿锥齿轮铣齿工艺	200
6.2.6 弧齿锥齿轮铣齿机	205
6.2.7 铣齿常见加工缺陷及原因分析	212
6.3 弧齿锥齿轮磨齿加工	213
6.3.1 弧齿锥齿轮磨齿加工原理	213
6.3.2 磨齿工艺特点	215
6.3.3 磨齿机床	216
第7章 圆柱直齿渐开线花键	219
7.1 圆柱直齿渐开线花键的基本概念	219
7.1.1 术语、代号和定义	219
7.1.2 基本参数	222
7.1.3 基本齿廓	223
7.2 花键的尺寸	225

7.2.1 花键尺寸计算	225
7.2.2 外花键大径公称尺寸	226
7.2.3 花键尺寸表	238
7.3 圆柱直齿渐开线花键检验方法	351
7.3.1 量棒测量尺寸的计算	351
7.3.2 外花键公法线	455
第8章 直齿端齿盘	499
8.1 直齿端齿盘系列参数和尺寸	499
8.2 直齿端齿盘尺寸参数的计算	507
8.3 直齿端齿盘零件的结构特点与技术要求	509
8.4 直齿端齿盘加工工艺分析和定位基准选择	510
8.5 直齿端齿盘精度检验	511
第9章 蜗杆蜗轮	517
9.1 蜗杆蜗轮的结构特点与技术要求	517
9.2 蜗杆蜗轮的加工工艺分析和定位基准选择	518
9.3 蜗杆蜗轮的材料及热处理	519
9.4 蜗杆蜗轮的检测	520
参考文献	524

第 1 章 齿轮加工基础

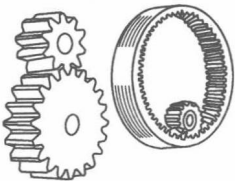
1.1 齿轮的基础知识

1.1.1 齿轮的种类和特点

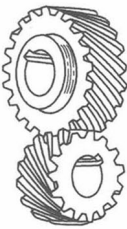
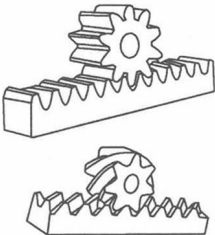
齿轮可分为三类：圆柱齿轮、锥齿轮、蜗杆与蜗轮。

1. 圆柱齿轮的种类和特点（表 1-1）

表 1-1 圆柱齿轮的种类和特点

种类	简 图	特 点
直齿圆柱齿轮		1) 大、小齿轮两个轴线互相平行 2) 齿轮齿长方向线与齿轮轴线平行 3) 外啮合传动时,两齿轮转动方向相反;内啮合传动时,两个齿轮转动方向相同 4) 齿形可以做成正常齿、短齿,并且可以变位
斜齿圆柱齿轮		1) 大、小齿轮两个轴线互相平行 2) 外啮合传动时,两齿轮转动方向相反;内啮合传动时,两个齿轮转动方向相同 3) 齿形可以做成正常齿、短齿,并且可以变位 4) 齿轮齿长方向线与齿轮轴线倾斜一个角度 5) 啮合传动较直齿圆柱齿轮传动平稳,传递的力较大 6) 制造比直齿圆柱齿轮麻烦

(续)

种类	简 图	特 点
螺旋 齿 轮		1) 大、小齿轮两个轴线在空间可以互相平行、交错、垂直 2) 大、小齿轮转动方向可以相同,也可以相反 3) 大、小齿轮螺旋角可以相等,也可以不相等 4) 当小齿轮螺旋角大到一定程度时,就成为蜗杆
齿 轮 与 齿 条		1) 与齿条相啮合的齿轮,可以是直齿轮或斜齿轮,且具有直齿轮或斜齿轮的特点 2) 齿条与齿轮传动,是把转动变为直线移动或者把移动变为转动 3) 齿条是齿轮直径无限大时形成的

2. 锥齿轮的种类和特点 (表 1-2)

表 1-2 锥齿轮的种类和特点

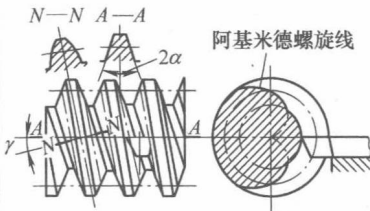
种类	简 图	特 点
直齿 锥 齿 轮		1) 大、小齿轮两个轴线相交于锥顶点 2) 当大齿轮分锥角等于 90° 时,即成为平面产形齿轮;大于 90° 时,即成为内啮合锥齿轮

(续)

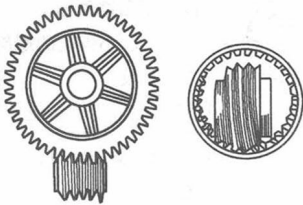
种类	简 图	特 点
斜齿锥齿轮		1) 齿线是斜的,与某圆相切,齿线不和锥顶相交 2) 大、小齿轮的螺旋角相等,方向相反 3) 比直齿锥齿轮传动平稳
弧齿锥齿轮		1) 传动平稳,传力大,适宜高速传动 2) 大、小齿轮的螺旋角相等,方向相反 3) 两齿轮轴线相交于锥顶点 4) 弧齿锥齿轮又分为圆弧齿、延伸外摆线齿、准渐开线齿

3. 蜗杆与蜗轮的种类和特点 (表 1-3)

表 1-3 蜗杆与蜗轮的种类和特点

种类	简 图	特 点
圆柱蜗杆与蜗轮		阿基米德蜗杆 1) 蜗杆轴向切面上的齿形为直线 2) 制造容易
		直线蜗杆 1) 蜗杆螺旋线法向切面上的齿形为直线 2) 在三种蜗杆中是最好做的一种,最为常见
		渐开线蜗杆 平行于蜗杆轴线并与基圆柱相切的平面上的齿形为直线形

(续)

种类	简 图	特 点
圆弧蜗杆与蜗轮		1) 效率高,油膜形成好 2) 承载能力大 3) 制造、装配复杂 4) 也称球面蜗杆副 5) 齿型又分成:原始型和修正型。修正的目的是使蜗杆蜗轮在传动中便于形成油膜

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。GB/T 10095.1—2008 和 GB/T 10095.2—2008 中，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。精度的选择又和使用的条件有关，这些使用条件又以圆周速度的大小为选择齿轮精度等级的最主要依据。各种齿轮的应用范围和特点见表 1-4。

表 1-4 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，直齿轮 $v > 20\text{m/s}$ ，斜齿轮 $v > 40\text{m/s}$
	6~7	航空、汽车、拖拉机、汽轮机、调速器中的齿轮，机床中的齿轮，减速器、锻压设备、重型机械中较重要的齿轮	要求在高速下工作平稳，直齿轮 $v > 15\text{m/s}$ ，斜齿轮 $v > 25\text{m/s}$