

机械工程
手册

K 78-573

878

V.6

机 械 工 程 手 册

第 8 卷 机械制造工艺(二)

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会



机 械 工 业 出 版 社

本卷包括金属切削方法和金属切削刀具两篇，比较全面地介绍了各类普通机床、高效机床和高精度机床的切削加工方法，列叙了有关机械加工工艺和切削原理的理论基础，常用的工艺参数，各种刀具的特点、类型、结构、设计原理和使用等问题，对特殊型面的高精、高效加工也适当作了介绍。

2150 / 04
机械 工程 手册

第8卷 机械制造工艺 (二)

机械工程手册
电机工程手册
编辑委员会 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $67 \frac{1}{4}$ · 插页 5 · 字数 2077 千字

1982 年 12 月北京第一版 · 1982 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—25,400 · 定价 8.10 元

*

统一书号: 15033 · 4679

封面设计 王 伦

编辑委员会

主任委员：沈 鸿

副主任委员：周建南 汪道涵 张 维 史洪志

委员(按姓氏笔划为序)：叶 铮 孙 琪 许力以 张 影
张大奇 陈文全 陈元直 寿尔康 金实蓬 施泽均 俞宗瑞
陶亨咸 翁迪民 章洪深 曹维廉 程 光

《机械工程手册》特约编辑

(按姓氏笔划为序)

丁 淳 马恒昌 万定国 王万钧 王补宣 支少炎 史绍熙 匡 襄
朱广颐 朱景梓 刘庆和 刘晋春 孙珍宝 余 俊 李 策 李 嶽
李兴贵 李庆春 李华敏 陈力展 陈士梁 杜庆华 张作梅 张明之
张国良 张德庆 张鼎丞 杨绍侃 闵学熊 邱宣怀 吴敬业 沈增祚
孟少农 孟宪源 郑林庆 林宗棠 范景春 金福长 祝大年 胡茂弘
陶 炜 陶正耀 陶鼎文 徐 灏 高文彬 郭可谦 郭芷荣 凌业勤
袁裕生 曹 泛 黄明慎 程干亨 舒光冀 蔡习传 薛景瑄

《机械工程手册》编辑及编辑组负责人

(按姓氏笔划为序)

王力中 王光大 王兴垣 王自新 王树勋 王崇云 王德维 冯子珮
叶克明 刘 镇 刘向亭 朱亚冠 许绍高 曲彩云 任赞黄 陈 湖
陈文全 陈元直 陈庚文 陈国威 张 端 张大奇 张劲华 张继铤
张斌如 陆元章 杨谷芬 余果慈 李荫成 李增佐 吴恕三 吴曾评
郑秉衡 施泽均 姚洪朴 钱寿福 徐佳瑞 黄克孚 崔克明 康振章
曹敬曾 谢 健 粟 滋 韩云岑 韩丙告 韩宗贵 蒋聚培 蔡德洪

序

期望已久的《机械工程手册》和《电机工程手册》终于分卷合订成册,正式出版了。这是对我国机电工程科学技术领域的一个贡献。两部手册的编写队伍,由国内有专长、有经验的学者、专家所组成。这两部手册扼要地总结了我国机电工程各主要方面的科学技术成就,同时也吸收了一些国外的成熟经验。聚沙成塔,集腋成裘。名为手册,实则巨著。

读书不易,写书颇难,写工具书更难,写综合性工具书可谓难中之难。为了编好两部“立足全局,勾划概貌,反映共性,突出重点”,而又全面的、完整的、彼此协调的手册,同志们做了很大努力,从无到有,诸事草创,困难重重,艰辛备尝。恰似唐朝韩愈所说的:“贪多务得,细大不捐。焚膏油以继晷,恒兀兀以穷年。”值此合订本出版之际,我谨向各主编单位、各编写单位和印刷出版单位,向数以千计的全体编审同志,向遍及全国的为两部手册提供资料和其他方便条件的单位和同志们,表示衷心的感谢。

两部手册的第一版,现在完成了。对编写者来说,已经有了成果。而对阅读手册的工厂、学校、院所、机关同志们来说,还只是两朵鲜花。在成千上万人的应用中使鲜花结成果实——发展机电工程科学技术事业,为现代化建设服务——才是更丰硕的成果。这才是我们的目的。

一般说来,工具书分两种类型:一种是综合性的,一种是专业性的。综合性的工具书从广度来说是较为全面的,从深度来说是不足的;而专业性的工具书则反之。二者各有所长,相辅相成。我们这两部手

册是综合性的工具书，主要供从事技术工作的各类人员查阅使用。对于搞专业性技术工作的人员来说，还可从中猎取相邻专业和其他有关专业的知识，帮助他们从专业分工的局限性中开拓思路，从科学技术各个环节的相互联系上，综合地、全面地研究和解决技术问题。也唯有以渊博的科学技术知识作为基础，才能不断创新。在编写这两部手册时，考虑到专业手册还比较少，而且一时又出不了那么多，因此在内容的深度上也予以顾及，以适当满足专业工作的需要。所以，它的篇幅已经超过一般常见的综合性手册了。实践是检验真理的唯一标准。我们将严肃认真地听取广大读者的反映和意见，作为评价和改进两部手册的主要依据。国外这类工具书已经有了几十年、甚至百余年的历史，而我们则刚刚开始。现在是从无到有，将来是精益求精。让我们在新的长征途中，戮力同心，再接再厉，去完成时代赋予我们的光荣使命。

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会主任委员 沈 鸿

一九八二年 北京

编 辑 说 明

一、《机械工程手册》、《电机工程手册》的分卷合订工作是在试用本的基础上进行的。试用本的编写工作始于一九七三年,一九七七年以后陆续出版发行,一九八一年出齐。这次分卷合订主要做了三方面工作:一是在技术内容上做了订正;二是尽可能用已颁布的新标准取代老标准;三是按卷编制了索引。

二、《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品等六个部分,共七十九篇,二千余万字,分为十四卷。《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化等七个部分,共五十篇,一千余万字,分为九卷。

三、参加这两部手册编写工作的,有全国许多地区和部门的工厂、科研设计院所、高等院校,近五百个单位,作者两千余人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员,更为广泛。各篇在编写、协调、审查、定稿等环节中,既注意发挥学者、专家的骨干作用,又注意集中群众的智慧和力量。

四、这两部手册因系初版,囿于条件,所采用的名词、术语、符号、代号以及单位制,尚有不尽统一之处。此外,内容上也有重复、遗漏、甚至错误的地方;在设计、印刷、装帧等方面也还存在一些问题。我们将通过手册的不断修订再版,逐步改进。

五、手册合订本的署名,采用单位和个人相结合的方式。各篇的主编单位、编写单位和主编、编写人均按篇署名,置于相应篇的前面。编写人的署名以其编写的章号为序。特约编辑以姓氏笔划为序,集中署于卷首。编辑(包括总编辑、副总编辑)及编辑组负责人亦按姓氏笔划为序,署于卷首。

另外,参加两部手册编写、审查、组织、协调的单位和同志还很多,恕不一一署名。

机 械 工 程 手 册
电 机 工 程 手 册 编辑委员会编辑组

第46篇 金属切削方法

主编单位:

第一机械工业部机床研究所

编写单位:

哈尔滨工业大学 无锡轻工业学院 甘肃工业大学 华南工学院 上海市业余工业大学 沈阳第三机床厂 齐齐哈尔第一机床厂 大连机床厂 长城机床厂 南京机床厂 沈阳机电学院 沈阳第一机床厂 第一机械工业部大连组合机床研究所 沈阳中捷人民友谊厂 昆明机床厂 株洲湘江机器厂 北京第一机床厂 河北工学院 济南第二机床厂 东北工学院 长沙机床厂 上海机床厂 无锡机床厂 杭州机床厂 上海工具厂 北京市机电研究院 第一机械工业部郑州磨料磨具磨削研究所 浙江大学 大河机床厂 北京第二机床厂 北京第三机床厂 上海第三机床厂 新乡机床厂 哈尔滨量具刃具厂 重庆机床厂 天津第一机床厂 宜昌长江机床厂 太原重型机器厂 第二汽车厂发动机分厂 秦川机床厂 重庆大学 西北工业大学 成都新都机械厂 北京首都机械厂 南京晨光机器厂 北京工业学院 上海建设机器厂 哈尔滨机联机器厂 陕西机械学院

主 编:

盛伯浩

编 写 人:

蔡在宣	杨荣福	魏庆同	张英发	钱荣冕	刘运涛	韩笑儒	杨国泰
谢元兰	周光樾	刘宗扬	陈尚仁	乔世民	姚家伦	刘百喜	陈成焕
孟德丰	王东海	沈昆翱	王世琳	傅信国	王永和	余秀琴	黄代桑
夏清池	陈昌源	胡文贤	乔中复	姜 健	李兆高	王开元	沈克诚
钱正刚	丁华明	周忠良	鲁树基	黄家禅	何秀寿	朱钟荫	任尧阶
俞年荣	王玉昆	陈俊强	孙林加	马 俭	任建亚	李高敬	包于泮
王开萃	管希澄	郑庭震	倪德荣	忻明芳	孙克礼	吕振安	蓬铁权
王少怀	姜学文	杨祖康	康忠玲	杨克贤	王振寰	易敏琪	冯祖湘
余纪元	郑昌启	张春江	张明贤	蔡 卫	宋志伟	董仁扬	张 琦
王书林	彭振全	石君长	苗泽民	陈华志	史庭惠	王育民	沈百孙
陈易新	侯雪峰	张树济					

常 用 符 号

A_c ——单刀的切削面积 mm^2	E_{ss} ——齿厚最小偏差 μ
A_{cz} ——总切削面积(如铣削) mm^2	E_{ws} ——公法线平均长度最小偏差 μ
A_f ——切屑与刀具前面的接触面积 mm^2	e ——齿槽宽, 分度圆齿槽宽, 偏心距, 加工余量 mm
A_j ——切齿机的轴向轮位的调整量 mm	F ——作用力 kgf
A_a ——刀具后面	F ——接触区长度与齿面长度之比
A_{a1} ——刀具第一后面, 白刃, 消振棱	F_a ——切削力的轴向分力 kgf
A'_a ——刀具副后面	F_c ——主切削力, 切向磨削力 kgf
A'_{a1} ——刀具第一副后面, 刃带, 白刃	F'_c ——单位刃宽切削力, 单位宽度切向磨削力 kgf/mm
A_v ——刀具前面	F'_i ——切向综合公差 μ
A_{v1} ——刀具第一前面, 倒棱	$\Delta F'_i$ ——切向综合误差 μ
a ——中心距、标准齿轮及高变位齿轮的中心距 mm	F''_i ——径向综合公差 μ
a' ——角变位齿轮的中心距 mm	$\Delta F''_i$ ——径向综合误差 μ
a_c ——切屑厚度 mm	F_j ——走刀抗力, 轴向磨削力 kgf
a_e ——柱铣时的切削深度, 周边磨时的磨削深度, 端铣时工件被切部分宽度 mm	F_{fa} ——刀具后面上的摩擦力 kgf
a_f ——每齿进给量, 齿升量 毫米/每齿, mm	F_{fv} ——刀具前面上的摩擦力 kgf
a_o ——切削厚度 mm	F_H ——铣削进给力 kgf
a_p ——单刃刀具和端铣刀切削时的切削深度, 端面磨时的磨削深度, 切槽、柱铣和切入磨时工件被切部分宽度 mm	$F_{n\tau}$ ——剪切面上的法向力 kgf
B_j ——切齿机的床位调整量 mm	F_{na} ——刀具后面上的法向力 kgf
b ——齿轮齿宽, 砂轮宽度 mm	F_{nv} ——刀具前面上的法向力 kgf
b_c ——切屑宽度 mm	F_p ——吃刀抗力, 法向磨削力 kgf
b_o ——切削宽度 mm	F_p ——周节积累公差 μ
b_{a1} ——刀具后面上白刃、消振棱带的宽度, 即刀具第一后面的宽度 mm	ΔF_p ——周节积累误差 μ
b_{v1} ——负倒棱宽度, 即刀具第一前面的宽度, 断屑器棱带的宽度 mm	F'_p ——单位宽度法向磨削力 kgf/mm
b_s ——过渡刃的长度 mm	F_{px} ——轴向齿距的法向极限偏差 μ
b_{lim} ——不引起自振的最小极限切削宽度 mm	F_r ——齿圈径向跳动公差 μ
C_F ——切削力系数	F_r ——切削合力 kgf
C_p ——工艺能力系数	ΔF_r ——齿圈径向跳动 μ
c ——比热 $\text{kcal}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$	F_s ——剪切面上的切向力 kgf
c ——径向间隙 mm	F_i —— F_j 和 F_p 的合力并垂直于 F_c kgf
c^* ——径向间隙系数	F_v ——铣削垂直分力(在铣刀旋转平面内且垂直于进给方向) kgf
d ——直径, 分度圆直径 mm	F_w ——公法线长度变动公差 μ
d' ——节圆直径 mm	ΔF_w ——公法线长度变动 μ
d_a ——齿顶圆直径, 齿轮大端外径 mm	F_β ——齿向公差 μ
d_f ——齿根圆直径 mm	ΔF_β ——齿向误差 μ
d_o ——刀具直径 mm	f ——每转或每行程的进给量 mm/r , 毫米/行程
d_s ——砂轮直径 mm	f_a ——中心距极限偏差 μ
d_w ——工件直径 mm	f_f ——齿形公差 μ
d_y ——滚圆盘直径 mm	Δf_f ——齿形误差 μ
E ——准双曲面齿轮副的垂直偏距 mm	f_g ——展成运动进给量 mm/r
E''_a ——双啮中心距极限偏差 μ	f'_i ——切向相邻齿综合公差 μ
E_j ——切齿机的垂直轮位调整量 mm	$\Delta f'_i$ ——切向相邻齿综合误差 μ
E_{ms} ——量柱测量距最小偏差 μ	f''_i ——径向相邻齿综合公差 μ
	$\Delta f''_i$ ——径向相邻齿综合误差 μ
	f_{pb} ——基节极限偏差 μ
	Δf_{pb} ——基节偏差 μ

常用符号

f_{pt} ——周节极限偏差 μ
 Δf_{pt} ——周节偏差 μ
 f_r ——径向进给量 mm/r
 f_t ——切向进给量, 纵磨时工件纵向进给量, 卧轴圆台平面磨床的工作台横向进给量 mm/r
 f_x ——砂轮修整导程 mm/r
 G ——重量 kg
 G ——平面上的安装角 度
 G ——磨削比(工件切除总体积与砂轮磨耗体积之比)
 g ——重力加速度 mm/s^2
 H ——正视方向安装角 度
 $H_{\max}$ ——切削表面残留面积的高度 μ
 h ——齿高, 全齿高, 断(卷)屑台高度 mm
 h' ——工作齿高 mm
 h_a ——齿顶高 mm
 h_a^* ——齿顶高系数
 $\bar{h}_a$ ——大端法向弦齿高, 弦齿高 mm
 $\bar{h}_c$ ——固定弦齿高 mm
 h_f ——齿根高 mm
 h_y ——硬化层深度 μ
 I ——弧齿锥齿轮刀盘轴线倾斜角(刀倾鼓轮回转角) 度
 i ——传动比, 即被动齿轮与主动齿轮齿数比, 速比, 即主动轴转速与被动轴转速比
 $\text{inv}\alpha$ ——渐开线函数
 J ——弧齿锥齿轮刀盘轴线倾斜方向角(刀转鼓轮回转角) 度
 J ——热功当量 $\text{kcal}/(\text{kgf}\cdot\text{m})$
 j_n ——最小侧隙 mm
 K ——静刚度 kgf/μ
 k ——铲背量 mm
 k ——导热系数 $\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$
 K_{cb} ——单位切削宽度的切削刚度(动态切削力系数) $\text{kgf}/(\text{mm}\cdot\mu)$, kgf/mm^2
 K_{Dm} ——机床切削自振下的动刚度 kgf/μ
 KT ——月牙洼磨损深度 mm
 k ——测量公法线的跨齿数, 修正系数
 L ——转动安装角 度
 l ——被切削层长度, 切削行程 mm
 l_c ——切屑长度 mm
 l_f ——刀-屑接触长度 mm
 l_{f1} ——刀-屑接触处内摩擦部分的长度 mm
 l_n ——断(卷)屑台离刀刃的距离 mm
 M ——切削扭矩 $\text{kgf}\cdot\text{m}$
 M ——量柱测量距 mm
 m ——模数 mm
 m —— $v-t$ 关系曲线中 t 的指数
 m_m ——齿圈中点端面模数 mm
 m_n ——法向模数 mm
 m_t ——端面模数 mm

N ——转数
 N_0 ——弧齿锥齿轮刀盘的刀号计算值
 NB ——刀具径向磨损量 mm
 n_0 ——刀具的转速 r/min
 n_r ——导轮的转速 r/min
 n_s ——砂轮的转速, 主轴的转速 r/min
 P_f ——横向剖面(车刀), $X-X$ 剖面
 P_{fe} ——工作横向剖面(车刀)
 P_n ——切削刃法剖面
 P_{ne} ——切削刃工作法剖面
 P_o ——主剖面
 P'_o ——副切削刃的主剖面
 P_{oe} ——工作主剖面
 P_p ——纵向剖面(车刀), $Y-Y$ 剖面
 P_{pe} ——工作纵向剖面(车刀)
 P_r ——基面
 P'_r ——副切削刃的基面
 P_{re} ——工作基面
 P_s ——切削平面
 P'_s ——副切削刃的切削平面
 P_{se} ——工作切削平面
 P_c ——切削功率, 磨削功率 kW
 P'_c ——单位宽度磨削功率 kW/mm
 P_e ——电动机额定功率 kW
 P_m ——机床传动功率, 电动机输出功率 kW
 p ——单位切削力 kgf/mm^2
 p ——齿距, 周节, 分度圆周节 mm
 p_s ——单位切削功率 $\text{kW}\cdot\text{min}/\text{mm}^3$
 p_z ——导程 mm
 Q ——切削热量 kcal
 Q ——在 $\bar{X}\sim x$ 尺寸范围内工件的概率
 Q ——摇台角 度
 Q_w ——金属切除总量 mm^3
 Q'_w ——砂轮耐用度期间, 单位宽度金属切除总量 mm^3/mm
 q ——磨削速度比 v_s/v_w
 q ——切齿机的刀位极角 度
 q_n ——断(卷)屑台(槽)圆弧半径 mm
 q_s ——单位时间和剪切面积上的热量 $\text{kcal}/(\text{mm}^2\cdot\text{s})$
 q_r ——单位时间和前面面积上的热量 $\text{kcal}/(\text{mm}^2\cdot\text{s})$
 R ——锥距, 样本尺寸极差 mm
 R_a ——表面光洁度的平均算术偏差 μ
 R_e ——大端锥距, 外锥距 mm
 R_m ——中点锥距 mm
 $R_{\max}$ ——表面光洁度的最大高度 μ
 R_z ——表面光洁度的十点平均高度 μ
 r ——半径, 分度圆半径 mm
 r_n ——切削刃钝圆半径(法向), 刃口圆弧半径 μ
 r_{ne} ——实际切削刃钝圆半径 μ

常用符号

r_{oj} ——弧齿锥齿轮刀盘刀尖半径 mm	系数
r_{om} ——弧齿锥齿轮刀盘名义半径 mm	x ——沿 x 轴方向的座标或位移 mm
r_c ——刀尖圆弧半径 mm	x_s ——切向变位系数
r_ψ ——在切屑流出方向的切削刃钝圆半径 μ	Y —— Y 向座标轴
S ——主切削刃	y ——中心距变动系数
S ——刀具螺旋槽导程 mm	y ——沿 Y 轴方向的座标或位移 mm
S' ——副切削刃	y_a ——齿高跑合量 μ
S_c ——工作主切削刃	y_β ——齿向跑合量 μ
S'_c ——工作副切削刃	Z —— Z 向座标轴
s ——齿厚, 分度圆齿厚, 大端端面节圆弧齿厚 mm	Z_r ——单位时间径向金属切除量 μ/min
$\bar{s}$ ——弦齿厚, 分度圆弦齿厚 mm	Z_w ——金属切除率 (单位时间金属切除体积) mm^3/s
$\bar{s}_c$ ——固定弦齿厚 mm	Z'_w ——单位宽度金属切除率 $\text{mm}^3/(\text{mm}\cdot\text{s})$
s_n ——大端法向弦齿厚 mm	z ——齿数
T ——转矩 $\text{kgf}\cdot\text{m}$	z_c ——产形齿轮齿数
T_M ——跨棒距公差 μ	z_k ——滚刀沟槽数
T_s ——齿厚公差 μ	z_n ——斜齿圆柱齿轮的当量齿数
T_w ——公法线平均长度公差 μ	z_v ——圆锥齿轮的当量齿数
t ——螺距 mm	z_1 ——小齿轮齿数, 主动轴齿轮齿数, 蜗杆或滚刀头数
t ——刀具耐用度 min	
t_c ——切削时间 min	z_2 ——大齿轮齿数, 被动轴齿轮齿数, 蜗轮齿数
t_f ——加工每齿的进给时间 min	α ——压力角, 分度圆压力角, 齿形角 度
t_m ——机动时间, 加工时间 min	α ——导热系数 m^2/s
t_w ——工序工时, 加工循环时间 min	α' ——啮合角, 工作压力角 度
U ——切齿机的径向刀位 mm	α_b ——最小后角 度
U_ϕ ——单位时间剪切面上消耗的功 $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{s}$	α_f ——横向后角, 径向后角 (铣刀), 麻花钻刀刃后角 度
U_ϕ ——单位时间和剪切面积上消耗的功 $\text{kgf}/(\text{m}\cdot\text{s})$	α_{fe} ——横向工作后角 度
u ——齿数比 z_2/z_1	α_n ——法后角 度
VB ——刀具后面磨损带中部平均磨损量 mm	α_{ne} ——工作法后角 度
$VB_{\max}$ ——刀具后面磨损带中部最大磨损量 mm	α_o ——后角 (正交后角), 刀齿齿形角 度
VC ——刀尖处后面磨损宽度 mm	α'_o ——副后面后角 度
VN ——在磨损缺口处后面磨损宽度 mm	α_{o1} ——后面棱边、刃带或消振棱的后角 度
v ——切削速度, 线速度, 分度圆圆周速度 m/min	α_{oe} ——工作后角 度
v_a ——轴向速度 m/min	α_p ——纵向后角, 轴向后角 (铣刀) 度
v_c ——切屑速度 m/min	α_{pe} ——纵向工作后角 度
v_e ——合成切削速度 (由 v 和 v_f 合成) m/min	β ——螺旋角, 刀具前面上的摩擦角 度
v_f ——进给速度 mm/min	β_f ——横向楔角 度
v_{fp} ——磨削时横向切入速度 mm/min	β_{fe} ——横向工作楔角 度
v_{ft} ——磨削时纵向进给速度 mm/min	β_n ——法楔角 度
v_{lim} ——临界切削速度 m/min	β_{ne} ——工作法楔角 度
v_0 ——刀具速度 m/min	β_o ——主剖面楔角 度
v_r ——导轮圆周速度 m/s	β_{oe} ——工作楔角 度
v_s ——砂轮圆周速度, 齿面间相对滑动速度 m/s	β_p ——纵向楔角 度
v_w ——工件速度 m/min	γ ——导角 度
W ——弧齿锥齿轮刀盘的刀尖距 (双面刀盘) mm	γ_f ——横向前角, 径向前角 (铣刀), 麻花钻刀刃前角 度
W ——动柔度 μ/kgf	γ_{fe} ——横向工作前角 度
W_b ——刀齿的刀顶宽 mm	γ_g ——最大前角 度
W_k ——跨 k 齿测量的公法线长度 mm	γ_n ——法前角 度
W_r ——砂轮半径磨耗量, 油石磨耗量 μ	γ_{ne} ——工作法前角 度
X —— X 向座标轴	γ_o ——前角 (正交前角) 度
$\bar{X}$ ——样本尺寸平均值 mm	
x ——径向变位系数 (变位系数), 圆锥齿轮的高变位	

常用符号

γ_{oc} ——工作前角 度
 γ_{oi} ——倒棱角, 倒棱处的前角 度
 γ_p ——纵向前角, 轴向前角(铣刀) 度
 γ_{pe} ——纵向工作前角 度
 γ ——中径上螺纹升角 度
 Δ ——尺寸分散范围 mm
 Δ_r ——径向金属切除量 μ
 ΔW ——锥齿轮加工余量 mm
 δ ——延伸率
 δ ——切削角, 分度圆锥角(分锥角) 度
 δ ——尺寸公差 mm
 δ' ——节圆锥角(节锥角) 度
 δ_a ——齿顶圆锥角(面锥角、顶锥角) 度
 δ_f ——齿根圆锥角(根锥角) 度
 δ_j ——切齿机上工件座的安装角 度
 ε ——拉、压应变
 ε_r ——刀尖角 度
 ε_{xy} ——切应变, 相对剪切, 相对滑移
 $\dot{\varepsilon}_{xy}$ ——切应变速度 $1/s$
 η ——效率、滑动率、齿槽宽半角
 θ ——温度, 切削温度 $^{\circ}C$
 θ_a ——齿顶角 度
 θ_f ——齿根角 度
 κ_r ——主偏角 度
 κ'_r ——副偏角 度
 κ_{re} ——工作主偏角 度
 κ'_{re} ——工作副偏角 度
 κ_{re} ——过渡刃副角 度
 λ ——导热系数 $kcal/(m \cdot s \cdot ^{\circ}C)$
 λ_s ——刃倾角 度
 λ'_s ——副刃倾角 度
 λ_{se} ——工作刃倾角 度
 μ ——摩擦系数
 μ_a ——刀具后面的摩擦系数
 ρ ——齿廓曲率半径, 曲率半径 mm
 ρ ——密度 kg/mm^3
 σ ——拉、压应力 kgf/mm^2
 σ ——标准差
 σ_1 —— $\varepsilon = 1$ 时的应力 kgf/mm^2
 σ_{-1} ——疲劳强度 kgf/mm^2
 σ_b ——抗拉强度 kgf/mm^2
 σ_{bb} ——抗弯强度 kgf/mm^2
 σ_{bc} ——抗压强度 kgf/mm^2
 σ_f ——进给方向的残余应力 kgf/mm^2
 σ_t ——切向正应力 kgf/mm^2
 σ_v ——切削速度方向的残余应力 kgf/mm^2
 σ_v ——刀具前面上的正应力 kgf/mm^2

σ_{ϕ} ——剪切面上的正应力 kgf/mm^2
 τ ——切应力 kgf/mm^2
 τ ——齿距角 度
 τ_j ——直齿锥齿轮刨齿机上的刀架齿角 度
 τ_{xy} —— XY 平面内的切应力 kgf/mm^2
 τ_v ——刀具前面上的切应力 kgf/mm^2
 τ_{ϕ} ——剪切面上的切应力 kgf/mm^2
 ϕ ——剪切角 度
 φ ——相位角 度
 ψ ——合力 F_r 与剪切面间夹角 度
 ψ ——交变切削力与振动位移间相位差 度
 ψ_r ——余偏角($90^{\circ} - \kappa_r$) 度
 ψ_{re} ——工作余偏角 度
 ψ_{λ} ——切屑流出方向角 度
 ω ——合力 F_r 与切削速度间夹角 度
 ω ——角速度, 角频率 rad/s
 Σ ——轴交角 度
 主要下角标符号 (标注在主要符号的右下角)
 a ——齿顶的, 喷出的, 轴向的
 b ——基圆的, 齿宽的
 C ——节点的, 齿顶修缘的, 齿根修形的
 c ——切削的, 切屑的, 产形齿轮的
 e ——外侧的, 外部的, 当量的, 电动机的, 合成的
 f ——齿根的, 喷入的, 进给的
 g ——展成的
 H ——接触的, 水平的
 i ——内侧的, 内部的
 lim ——极限的, 临界的
 m ——中点的, 机床的, 平均的
 max ——最大的
 min ——最小的
 n ——法剖面的, 法向的, 斜齿圆柱齿轮当量的
 o ——主剖面的
 p ——切入的
 r ——径向的, 合成的, 导轮的
 rel ——相对的
 s ——砂轮的, 主轴的
 t ——端面的, 切向的, 刀具的
 v ——背锥上的, 圆锥齿轮当量的
 w ——工件的
 Σ ——代数和
 α ——刀具后面上的
 γ ——刀具前面上的
 ε ——刀尖处的
 0 ——工具上的
 1 ——小齿轮上的
 2 ——大齿轮上的

目 录

序

编辑说明

第 46 篇 金属切削方法

常用符号

第 1 章 机械加工工艺基础 及金属切削原理

1 各类切削方法及其经济加工精度	46-1
1.1 各类机床的工作精度	46-1
1.2 各种切削加工方法能达到的表面光洁度	46-4
1.3 各类型面的加工方案及经济精度	46-4
2 刀具的合理几何形状和参数选择	46-5
2.1 基本概念	46-5
2.2 刀具合理几何参数的选择	46-13
3 切削过程中的应力与塑性变形	46-20
3.1 切削时的三个变形区	46-20
3.2 切屑形成区的塑性变形	46-20
3.3 剪切面的应力	46-24
3.4 切屑底层及刀具前面上的应力	46-26
3.5 刀具前面的摩擦	46-29
3.6 斜角切削	46-30
4 切削力	46-34
4.1 切削分力	46-34
4.2 主切削力的理论公式	46-36
4.3 影响切削力的因素	46-36
4.4 车削切削力及切削功率的计算	46-41
5 切削热与切削温度	46-44
5.1 切削热的产生与传出	46-44
5.2 切削温度	46-44
6 刀具磨损与耐用度	46-49
6.1 刀具磨损形式	46-49
6.2 刀具磨钝标准	46-49
6.3 刀具与工件材料接触区域间	

的变化	46-50
6.4 刀具磨损的原因	46-51
6.5 刀具耐用度及其与切削用量的关系	46-58
6.6 切削用量选择的原则	46-60
7 切削液	46-61
7.1 切削液的作用与添加剂	46-61
7.2 切削液的分类与配方	46-67
7.3 切削液对切削过程的影响	46-71
7.4 切削液的选用	46-73
7.5 切削液的使用方法	46-74
8 已加工表层质量	46-76
8.1 表层质量的标志	46-76
8.2 表面粗糙度产生的原因	46-76
8.3 影响光洁度的因素及提高的措施	46-79
8.4 已加工表面形成过程	46-82
8.5 加工硬化及其影响因素	46-82
8.6 残余应力及其影响因素	46-84
9 提高加工精度的措施	46-86
9.1 影响几何形状精度的基本因素及提高措施	46-86
9.2 影响尺寸精度的基本因素及提高措施	46-88
9.3 影响相互位置精度的基本因素及提高措施	46-89
9.4 提高加工精度的途径	46-89
9.5 精度的统计分析和质量分析	46-90
10 切削加工过程中的振动	46-96
10.1 切削振动的类型和特征	46-96
10.2 引起受迫振动的原因及消减措施	46-96
10.3 产生自激振动的原因及消除措施	46-96
11 机械加工工艺过程的编制	46-102
11.1 工艺过程的组成	46-102
11.2 拟订工艺过程时的几个主要问题	46-103

VII 目 录

11.3 成组加工工艺	46-106
12 加工余量	46-107
12.1 确定加工余量时应考虑的因素	46-107
12.2 各类切削方法的加工余量	46-107
12.3 毛坯的机械加工余量(总余量)	46-110

第2章 车 削

1 普通车床加工	46-113
1.1 普通车床的类型	46-113
1.2 普通车床的切削用量	46-114
1.3 特形工件加工	46-116
1.4 多边形型面加工	46-119
1.5 双曲线矫直辊加工	46-122
1.6 畸形工件加工	46-124
1.7 细长轴加工	46-126
1.8 薄壁类工件加工	46-128
1.9 螺纹加工	46-130
1.10 滚压加工	46-137
1.11 镜面和虹面车削	46-139
1.12 等离子电弧加热切削	46-141
2 立式车床加工	46-143
2.1 立式车床的类型	46-143
2.2 立式车床的工作精度及工艺范围	46-145
2.3 立式车床的切削用量	46-148
2.4 立式车床加工工件的定位、 装夹和测量	46-152
2.5 立式车床的加工方法	46-155
2.6 立式车床的刀具、辅具及附加装置	46-172
3 卡盘多刀半自动车床加工	46-181
3.1 卡盘多刀半自动车床的类型	46-181
3.2 卡盘多刀半自动车床的切削用量	46-182
3.3 卡盘多刀半自动车床的结构特点	46-182
3.4 卡盘多刀半自动车床的附加装置	46-184
3.5 卡盘多刀半自动车床的工艺编制	46-185
4 仿形车床加工	46-188
4.1 仿形车床的类型	46-188
4.2 仿形车床的仿形车削方法	46-189
4.3 仿形车削工艺及样板设计	46-192
4.4 仿形车床调整	46-193
4.5 仿形车床的工作要点及产生故障 原因	46-198

5 六角车床加工	46-198
5.1 六角车床的类型	46-198
5.2 转塔式六角车床的结构特点	46-199
5.3 转塔式六角车床的附具和刀具	46-203
5.4 转塔式六角车床的工艺编制	46-208
6 单轴自动车床加工	46-210
6.1 单轴自动车床的类型	46-210
6.2 单轴自动车床的切削用量	46-210
6.3 单轴六角自动车床的传动系统和 主要机构特点	46-213
6.4 单轴六角自动车床的附具及 附加装置	46-215
6.5 单轴六角自动车床的工艺编制	46-218
7 卧式多轴自动车床加工	46-222
7.1 卧式多轴自动车床的类型及工艺 范围	46-222
7.2 卧式多轴自动车床的切削用量和 加工精度及表面光洁度	46-224
7.3 卧式多轴自动车床的结构特点	46-225
7.4 卧式多轴自动车床的附具和附加 装置	46-232
7.5 卧式多轴自动车床的工艺编制	46-243

第3章 钻削、镗削

1 普通钻床加工	46-248
1.1 普通钻床的类型	46-248
1.2 普通钻床的切削用量和加工精度及 表面光洁度	46-250
1.3 普通钻床的加工方法	46-252
1.4 普通钻床扩大工艺范围的加工	46-255
2 普通镗床加工	46-258
2.1 普通镗床的类型	46-258
2.2 普通镗床的定位方式	46-259
2.3 普通镗床的切削用量和加工精度及 表面光洁度	46-262
2.4 普通镗床的加工方法	46-263
2.5 普通镗床扩大工艺范围的加工	46-271
3 座标镗床加工	46-274
3.1 座标镗床的类型	46-274
3.2 座标镗床的测量系统、找正及测量 工作	46-275

3.3 座标镗床的切削用量和加工精度及 表面光洁度	46-281
3.4 座标镗床的加工方法	46-281
3.5 座标镗床扩大工艺范围的加工	46-292
3.6 影响加工孔距精度的因素及措施	46-298
4 组合机床加工	46-301
4.1 组合机床的类型	46-301
4.2 组合机床加工工艺方案的确定	46-303
4.3 组合机床的切削用量和切削力	46-304
4.4 组合机床的加工精度及表面 光洁度	46-317
4.5 组合机床的加工方法	46-317
4.6 在组合机床上加工特殊工序	46-326
5 深孔加工	46-328
5.1 深孔加工的类型	46-328
5.2 深孔加工机床的类型及工作要点	46-329
5.3 深孔加工的切削用量和加工精度及 表面光洁度	46-330
5.4 深孔加工的导向系统	46-331
5.5 深孔加工的切削液及切削液系统	46-331
5.6 深孔加工的切削液输入器	46-332
5.7 深孔加工常见问题及产生原因	46-333

第4章 铣 削

1 铣削特点及铣床的类型	46-335
2 铣削方式和铣削要素	46-339
2.1 铣削方式	46-339
2.2 铣削要素及铣削用量	46-339
3 铣削力及铣削功率	46-344
3.1 铣削分力	46-344
3.2 铣削力及功率的计算	46-344
4 铣刀的磨损极限及耐用度	46-346
4.1 铣刀后刀面的磨损极限值	46-346
4.2 铣刀的耐用度	46-346
4.3 提高铣刀耐用度的措施	46-347
5 典型零件及复杂型面的铣削	46-348
5.1 花键轴的铣削	46-348
5.2 长齿条的铣削	46-349
5.3 凸轮的铣削	46-350
5.4 曲面的铣削	46-352
5.5 等螺旋角锥铣刀刀槽的铣削	46-355

5.6 质数螺旋齿轮的铣削	46-357
5.7 空间斜面的铣削	46-358
6 高效铣刀和超精铣削	46-359
6.1 几种新结构硬质合金铣刀	46-359
6.2 超精铣削	46-363

第5章 刨削、插削

1 刨床和插床的加工特点及类型	46-366
2 刀具切削角度和刨削用量的 选择	46-366
2.1 切削角度的选择	46-366
2.2 刨削用量的选择	46-366
2.3 刨削力和切削功率的计算	46-369
3 工件的定位及装夹	46-370
3.1 定位和装夹中应注意的问题	46-370
3.2 不规则薄壁件和薄板件的装夹	46-371
4 精刨	46-372
4.1 精刨的类型	46-372
4.2 精刨的工作要点	46-373
4.3 精刨表面的波纹和产生原因	46-375
4.4 龙门刨床工作台的配刨	46-375
5 提高刨削生产率的一些方法	46-376
5.1 改进刨削方法提高切削效率	46-376
5.2 缩短辅助时间提高自动化程度	46-379
6 插削加工	46-380
6.1 刀具切削角度和刀杆结构引起 “扎刀”现象的分析	46-380
6.2 插削刀具切削角度参数和插削 用量的选择	46-381
6.3 插削常见缺陷和产生原因	46-382

第6章 拉 削

1 拉床类型、拉削方式和拉削 装置	46-383
1.1 拉床的类型	46-383
1.2 拉削方式	46-383
1.3 拉削装置	46-388
2 拉削工艺参数	46-389
2.1 切削力和功率	46-389
2.2 拉削速度	46-391
2.3 切削液	46-392

X 目 录

2.4 拉刀的几何参数	46-393
2.5 提高拉削加工质量和拉刀寿命的措施	46-394
3 典型拉削加工	46-394
3.1 深孔拉削	46-394
3.2 大平面和复合型面的拉削	46-396
3.3 齿轮拉削	46-398
3.4 高速拉削	46-400

第7章 磨 削

1 磨削特点和磨削方式	46-402
1.1 磨削特点	46-402
1.2 磨削方式	46-402
2 磨削原理及磨削工艺参数的选择	46-403
2.1 磨削原理	46-403
2.2 砂轮修整用量和磨削用量的选择	46-406
2.3 切削液的选用及砂轮表面冲洗	46-410
3 各类磨床加工	46-412
3.1 外圆磨床加工	46-412
3.2 内圆磨床加工	46-416
3.3 平面磨床加工	46-419
3.4 无心外圆磨床加工	46-422
3.5 双端面磨床加工	46-428
3.6 曲轴磨床加工	46-430
3.7 凸轮磨床加工	46-432
3.8 轧辊磨床加工	46-434
3.9 花键轴磨床加工	46-436
3.10 螺纹磨床加工	46-437
3.11 导轨磨床加工	46-440
3.12 轴承磨床加工	46-445
3.13 工具磨床加工	46-449
3.14 多面形磨床加工	46-453
4 高效磨削	46-456
4.1 高速磨削	46-457
4.2 宽砂轮磨削	46-460
4.3 成形磨削	46-461
4.4 适应控制磨削	46-462
4.5 多砂轮磨削	46-463
4.6 缓进深切磨削	46-463

4.7 控制力磨削	46-465
5 高精度、高光洁度磨削	46-466
5.1 高精度和高光洁度磨削的应用和特点	46-466
5.2 高光洁度表面的形成	46-466
5.3 高精度、高光洁度磨削时对机床的要求与改装	46-467
5.4 高精度、高光洁度磨削工艺参数的选择	46-468
5.5 高精度、高光洁度磨削砂轮的选择	46-469
5.6 高精度、高光洁度磨削的加工实例	46-470
6 磨具的选择	46-472
6.1 主要磨具的类别和用途	46-472
6.2 磨具选择的原则	46-475
6.3 砂轮的修整	46-479
6.4 砂轮的平衡	46-480
6.5 砂带	46-480
7 金刚石和立方氮化硼磨具的选择与使用	46-481
7.1 金刚石和立方氮化硼磨具的选择	46-482
7.2 金刚石和立方氮化硼磨具磨削用量的选择	46-482
7.3 金刚石和立方氮化硼磨具的修整	46-483
7.4 金刚石和立方氮化硼磨具使用注意事项	46-483
7.5 金刚石研磨膏的选用	46-483

第8章 珩磨、超精和研磨

1 珩磨	46-484
1.1 珩磨的加工特点和加工原理	46-484
1.2 珩磨机床及珩磨头	46-486
1.3 珩磨油石的选用及修整	46-495
1.4 珩磨工艺参数的选择	46-499
1.5 珩磨不同形状孔的工作要点及常见缺陷和产生原因	46-505
2 超精加工	46-506
2.1 超精加工特点	46-506
2.2 超精加工的分类及应用	46-507
2.3 超精加工原理	46-507
2.4 超精加工的典型工艺	46-522
2.5 超精加工的工件缺陷和产生原因	46-523

2.6 超精加工的实例	46-524	4.3 切削用量选用	46-591
3 轮式超精磨	46-526	4.4 保证剃齿精度的工作要点	46-591
3.1 轮式超精磨的原理及特点	46-526	4.5 剃齿调整	46-592
3.2 轮式超精磨的磨削运动及磨削 区域	46-526	4.6 剃齿常见缺陷	46-594
3.3 轮式超精磨的机床、装置及磨头	46-527	5 珩齿	46-598
3.4 轮式超精磨的操作工艺	46-528	5.1 珩齿工作原理	46-598
3.5 磨轮的选用	46-530	5.2 珩齿切削用量和余量	46-599
4 研磨	46-530	5.3 珩轮选用	46-599
4.1 研磨特点和工作原理	46-530	5.4 工件珩前精度	46-599
4.2 研磨剂、研具及运动轨迹	46-532	5.5 精整珩齿	46-600
4.3 研磨的工艺参数和工作要点	46-538	6 磨齿	46-601
4.4 典型工件的研磨工艺	46-540	6.1 磨齿机床的类型	46-601
第9章 圆柱齿轮和蜗轮副加工		6.2 磨齿工作原理	46-602
1 圆柱齿轮工艺过程	46-545	6.3 磨齿调整	46-603
1.1 圆柱齿轮齿部工艺	46-545	6.4 磨齿工艺	46-609
1.2 齿坯加工精度	46-545	6.5 磨齿误差	46-611
1.3 圆柱齿轮热处理技术经济性能比较 及流程	46-546	6.6 提高磨齿精度和效率的措施	46-611
1.4 圆柱齿轮测量要素	46-546	6.7 磨齿机床扩大工艺范围的加工	46-614
2 滚齿	46-547	7 蜗轮副加工	46-617
2.1 滚齿机床的类型	46-547	7.1 蜗轮加工特点和工艺	46-617
2.2 滚齿工作原理	46-549	7.2 精密蜗轮加工	46-617
2.3 滚齿调整	46-549	7.3 蜗杆加工	46-629
2.4 滚齿工艺	46-557	7.4 蜗轮副的接触精度	46-630
2.5 大型齿轮滚齿	46-560	7.5 滚齿机运动精度的测量与蜗轮副的 测量要素	46-631
2.6 圆弧齿轮加工	46-563	7.6 其他蜗轮副加工	46-632
2.7 滚齿机床扩大工艺范围的加工	46-566		
2.8 提高滚齿效率和精度的措施	46-568	第10章 锥齿轮加工	
2.9 滚齿误差	46-574	1 锥齿轮加工的运动特性和工艺 要素	46-635
3 插齿	46-577	1.1 齿面的成形方法	46-635
3.1 插齿机床的类型	46-577	1.2 齿面滚切成形的基本要素	46-635
3.2 插齿工作原理	46-578	1.3 滚切成形的主要工作部件	46-637
3.3 插齿调整	46-578	1.4 滚切成形的工艺参数	46-638
3.4 插齿工艺	46-584	1.5 切齿机的运动及其调整环节	46-638
3.5 插齿误差	46-585	1.6 齿部加工的技术要求	46-638
3.6 插齿机床扩大工艺范围的加工	46-587	2 直齿锥齿轮的加工方法	46-641
4 剃齿	46-588	2.1 双刀滚切刨齿法	46-641
4.1 剃齿机床的类型	46-588	2.2 滚切铣齿和磨齿	46-645
4.2 剃齿工作原理	46-588	2.3 成形法	46-646
		2.4 圆拉包络法	46-648