



航空制造工程手册

《航空制造工程手册》总编委会 主编

· 金属材料切削加工 ·

航空工业出版社

航空制造工程手册

金属材料切削加工

《航空制造工程手册》总编委会 主编

航空工业出版社

1994

(京)新登字 161 号

内 容 提 要

本手册系统总结了我国近 40 年航空金属材料切削加工的丰富经验和成果,汇集了机械工业中各种不同加工工序的大量切削数据和资料,并广泛收集和消化吸收了国外金属材料切削加工的先进技术和切削数据,在求实、求新、求精、求是的编写原则指导下,汇编成概念准确、论述简洁、数据丰富、比较完整和系统的航空金属材料切削加工手册,对航空零部件和民用产品的生产具有广泛的实用价值和指导作用。

全书共分 16 章,另含 7 个附录。内容包括金属切削原理,航空金属材料的分类及其切削加工性,刀具材料及功能,刀具切削部分几何参数,车削、铣削、钻削、铰削、镗削、扩孔、珩磨、拉削、磨削、螺纹及齿轮加工用量,切削力和功率,切削液和磨削液,切削加工零件的表面完整性,切削振动及其抑制和切削加工经济性等。

本手册不仅是从事航空金属材料切削加工的工程技术人员的实用参考书,也可供其他制造行业切削加工技术人员与中、高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空制造工程手册:金属材料切削加工/《航空制造工程手册》总编委会主编. —北京:航空工业出版社,1994

. 11

ISBN 7-80046-829-1

I. 航… II. 航… III. ①航空-制造-手册②金属材料-金属切削-手册 IV. ①V26-62②TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 06269 号

责任编辑 周士林 黎静

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1994 年 11 月第 1 版

1994 年 11 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:46.75

字数:1227 千字

印数:1—2000

定价:75.00 元

序

我国航空工业已走过了四十余年的历程,从飞机的修理、仿制到自行研制,航空制造工程得到很大的发展。在航空高科技产业的大系统中,航空制造工程是重要的组成部分之一。航空工业,就其行业性来讲,属于制造业范畴。航空制造工程的技术状况,是衡量一个国家科学技术发展综合水平的重要标志。航空制造工程的发展水平,对飞机的可靠性和使用寿命的提高、综合技术性能的改善、研制和生产成本的降低、甚至总体设计思想能否得到具体实现等均起着决定性作用。

航空制造工程已成为市场竞争的重要基础,要发展航空工业、并有效地占领市场,不仅要不断地更新设计,开发新产品,更重要的是要具备一个现代化的航空制造工程系统。在发达国家中,均优先发展航空制造工程,很多新工艺、新材料、新设备、新技术都是在航空制造工程中领先使用的,因此必须从战略高度予以重视,并采取实际而有效的措施加速它的发展。编写《航空制造工程手册》,就是为实现航空制造工程现代化的战略目标,在制造工程领域进行的基础性工作。

四十年来,我国航空工业积累了大量经验,取得了丰硕的成果,特别是改革开放以来,开扩了视野并有可能汲取更多的新科技信息。但是如何将这容量浩繁、层次复杂、学科众多的科学技术和经验汇集起来,使之成为我国航空工业、乃至国家的珍贵财富,是一项具有重大实用价值和长远意义的任务,为此航空航天部决定组织全行业的力量,统一计划、统一部署完成这项极其复杂的规模巨大的系统工程。大家本着继往开来的历史责任感和紧迫感,从1989年开始组织航空工业全行业制造工程方面造诣至深的专家、教授、学者,经过几年的努力陆续编写出版了这套基本覆盖航空制造工程各专业各学科的包括三十二个分册、几千万字的《航空制造

工程手册》。

编好这套手册是一项十分艰巨的工作。大家始终坚持求实、求新、求精、求是的原则，在确保鲜明航空特色的前提下，在总体内容上强调实用性、综合性、成套性；在表达形式上，以技术数据、图形表格、曲线公式为主；阐述扼要，结论严谨，力求使手册成为一部概念准确、数据可靠、文字简洁、编排合理、查阅方便，能为广大从事航空制造工程的科技人员提供有益指导和参考的工具书。

首次组织编纂大型手册，缺乏经验，还由于过去资料积累基础比较薄弱，新技术发展迅速和深度广度不断增加，使这项工作带有相当程度的探索性，因之错误与不足之处实为难免，恳切希望广大读者给予指正。对在这套手册编写过程中给予支持的单位和付出辛勤劳动，提供资料，参与编写，评审，出版的同志们表示衷心感谢。由于我国航空制造工程与世界水平尚存在较大差距，这套手册出版之后，还有不断求新、完善的必要，《航空制造工程手册》总编委会及其办公室是常设机构，将努力收集新的科技信息及这套工具书使用的情况和意见，为今后的修订提供依据，以求进一步完善和提高。

何文治

1992年8月28日

《航空制造工程手册》

各分册名称

- | | |
|-------------|---------------|
| 《通用基础》 | 《发动机机械加工》 |
| 《热处理》 | 《发动机装配与试车》 |
| 《特种加工》 | 《发动机叶片工艺》 |
| 《表面处理》 | 《燃油泵与调节器装配试验》 |
| 《焊接》 | |
| 《特种铸造》 | |
| 《金属材料切削加工》 | 《弹性元件工艺》 |
| 《齿轮工艺》 | 《电连接器工艺》 |
| 《工艺检测》 | 《机载设备精密加工》 |
| 《计算机辅助制造工程》 | 《光学元件工艺》 |
| 《飞机钣金工艺》 | 《框架壳体工艺》 |
| 《飞机机械加工》 | 《武器系统装配》 |
| 《飞机装配》 | 《电机电器工艺》 |
| 《飞机工艺装备》 | 《救生装备工艺》 |
| 《飞机模线样板》 | 《电子设备装配》 |
| 《金属结构件胶接》 | 《机载设备环境试验》 |
| 《非金属结构件工艺》 | |
| 《飞机结构工艺性指南》 | |

《航空制造工程手册》

总编委会、顾问及办公室组成名单

总编委员会主任 何文治

总编委会副主任(按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	王敬堂	方裕成	刘多朴
朱伯贤	任家耕	李成功	李哲浩	李章由
吴复兴	易志斌	郑作棣	杨彭基	张彤
张士元	张钟林	周家骐	周砥中	周晓青
金德琨	姚克佩	顾元杰	徐秉铨	徐培麟
郭景山	程宝渠	屠德彰		

总编委会常务副主任 马业广

总编委会顾问(按姓氏笔划排列)

马世英	于欣	于志耕	于剑辉	王英儒
冯旭	杨墉	杨光中	陆颂善	枉云汉
罗时大	荣科	邴少安	董德馨	程华明
廖宗懋	颜鸣皋	戴世然		

总编委会委员(按姓氏笔划排列)

马业广	王广生	王云机	王国成	王喜力
王敬堂	方学龄	方裕成	刘多朴	刘树桓
刘盛东	刘瑞新	关桥	朱伯贤	孙国壁
任家耕	严世能	何文治	何恽晋	李成功
李秋娥	李哲浩	李章由	李德澄	杜昌年
沈昌治	陈于乐	陈进	陈积懋	陈德厚
余承业	杨彭基	吴志恩	吴复兴	张彤
张夏	张士元	张幼桢	张灵雨	张纯正
张钟林	张增模	周家骐	周砥中	周晓青

易志斌	郑作棣	林更元	林泽宽	林敦仪
金慧根	金德琨	国 岩	赵仲英	胡四新
胡建国	姜淑芳	姚永义	姚克佩	郝命麒
顾元杰	郭景山	晏海瑞	唐荣锡	唐瑞润
徐秉铨	徐培麟	常荣福	戚道纬	崔连信
屠德彰	程宝渠	熊敦礼	戴 鼎	

总编委会常委(按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	何恽晋	李成功	李哲浩
吴复兴	郑作棣	周家骐	戚道纬	崔连信
屠德彰	戴 鼎			

总编委会办公室主任

戚道纬

总编委会办公室副主任(按姓氏笔划排列)

刘树桓 姜淑芳 崔连信

总编委会办公室成员(按姓氏笔划排列)

丁立铭	王偕鹏	刘树桓	刘瑞麟	邵 箭
陈 刚	陈振荣	宋占意	张士霖	林 森
段文斌	贺开运	姜淑芳	莫龙生	徐晓风
戚道纬	崔正山	崔连信		

《金属材料切削加工》分编委会组成名单

主 编 张幼楨

副主编 (按姓氏笔划排列)

王尚志 任敬心 姜淑芳 浦学锋

委 员 (按姓氏笔划排列)

王尚志 王俊学 任敬心 李竞涛

张幼楨 张明贤 胡经检 姜淑芳

秦 铸 浦学锋 潘良贤

《金属材料切削加工》其他编写和统稿人员名单

编写人员 (按姓氏笔划排列)

许洪昌 何企青 何金城 李宏钦

金问林 原京庭 徐鸿钧 曹祖安

统稿人员 (按姓氏笔划排列)

许洪昌 浦学锋 潘良贤

符号说明

拉丁字母符号

a_0	切削厚度	mm	HRC	洛氏硬度	
a_f	每齿进给量(拉刀齿升量)	mm/Z	HV	维氏硬度	
a_p	切削深度	mm	KB	月牙洼磨损宽度	mm
a_w	切削宽度	mm	KT	月牙洼磨损深度	mm
b	工件被磨削宽度	mm	K_r	相对切削加工性系数	
b_{r1}	倒棱宽度	mm	l_0	被切削层长度	mm
b_ϕ	钻头横刃长度	mm	l_m	切削路程长度	mm
d_0	刀具(砂轮)直径	mm	M	扭矩	N·m, N·cm
d_w	工件直径(待加工表面直径)	mm	NB	径向磨损量	mm
E	弹性模量	GN/m ²	n	工件转速	r/min
F	钻削轴向力	N	n_0	刀具(砂轮)转速	r/min
F_a	轴向磨削力	N	n_w	磨削时工件转速	r/min
F_n	法向磨削力	N	P_c	机床电机功率	kW
F_t	切向磨削力	N	P_m	切削功率	kW
F_r	合成切削力	N	Q	单位时间内产生的切削热	J/s
F_x	进给抗力, 轴向分力	N		切削热	J
F_y	吃刀抗力, 径向分力, 垂直分力	N	R_a	轮廓的平均算术偏差	μm
F_z	主切削力, 切向分力, 水平分力	N	r_n	刃口(法向)圆弧半径	μm
F'_z	单位主切削力	MPa	R_n	刀具断(卷)屑槽底半径	mm
f	每转进给量	mm/r	r_s	刀尖圆弧半径	mm
f_a	轴向进给量	mm/r	T	刀具(砂轮)寿命	min
f_r	径向进给量	mm/r	VB	后刀面磨损带中部平均宽度	mm
G	磨削比		v	切削速度	m/min
HB	布氏硬度				m/s(磨削时)
HRA	洛氏硬度		v_f	进给速度	mm/min
HRB	洛氏硬度		v_p	切入速度	mm/min
			v_w	工件速度	m/min

w_n	刀具断(卷)屑槽宽度	mm	Z_w	单位时间金属切除量	mm^3/s
Z	刀具(铣刀)齿数				

希腊字母符号

α_s	刀具后角	(°)	δ	材料延伸率	
α'	刀具副后角	(°)	θ	切削温度	°C
α_f	钻头后角	(°)	κ_r	刀具主偏角	(°)
β	刀具螺旋角	(°)	κ_r'	刀具副偏角	(°)
γ_0	刀具前角	(°)	λ	热导率	$\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$
γ_{01}	倒棱前角	(°)	λ_i	刀具刃倾角	(°)
γ_f	横向前角(铣刀径向 前角)	(°)	μ	摩擦系数	
γ_n	刀具法向前角	(°)	σ_b	抗拉强度	Pa, MPa, GPa
γ_p	纵向前角(铣刀轴向 前角)	(°)	φ	钻头顶角的一半	(°)
			ψ	钻头横刃斜角	(°)

目 录

符号说明

第 1 章 金属切削原理

1.1 切削过程中的变形规律	(1)	1.3.4.2 自然热电偶测温法	(18)
1.1.1 切削过程中的塑性变形	(1)	1.3.4.3 红外线测温法	(19)
1.1.1.1 变形区的划分	(1)	1.4 刀具的磨损及刀具寿命	(19)
1.1.1.2 剪切应变与变形系数	(2)	1.4.1 刀具的磨损形态	(19)
1.1.1.3 切屑形成的几何和力学关系	(2)	1.4.2 刀具的磨损机理	(19)
1.1.1.4 剪切角的理论公式	(4)	1.4.3 刀具的磨损特性	(21)
1.1.2 剪切面的剪应力	(5)	1.4.4 切削难加工材料时的刀具磨损	(22)
1.1.3 刀具前刀面的摩擦特性	(6)	1.4.4.1 切削高温合金的刀具磨损特点	(22)
1.1.4 积屑瘤和鳞刺	(7)	1.4.4.2 切削钛合金的刀具磨损特点	(23)
1.1.4.1 积屑瘤	(7)	1.4.5 刀具的磨钝标准	(23)
1.1.4.2 鳞刺	(8)	1.4.6 刀具寿命及其方程式	(23)
1.1.5 斜角切削	(9)	1.4.6.1 刀具寿命方程式	(24)
1.1.5.1 切屑流出方向	(9)	1.4.6.2 刀具寿命的合理选择	(25)
1.1.5.2 刀具的实际工作角度	(9)	1.4.7 最佳切削速度	(26)
1.1.5.3 有效剪切角	(10)	1.4.7.1 刀具相对磨损	(26)
1.1.6 难加工材料的切削变形规律	(10)	1.4.7.2 最佳切削速度	(26)
1.1.6.1 钛合金	(10)	1.4.8 刀具的非正常磨损——破损	(27)
1.1.6.2 高温合金	(11)	1.4.8.1 刀具破损的形式	(27)
1.2 切削力	(12)	1.4.8.2 刀具破损寿命的计算方法	(27)
1.2.1 切削分力	(12)	1.4.8.3 刀具破损寿命的实验方法	(28)
1.2.2 切削力的经验公式	(12)	1.5 切屑控制	(29)
1.2.3 影响切削力的因素	(13)	1.5.1 切屑的流出和卷曲	(29)
1.2.4 切削力的测量	(14)	1.5.2 断屑机理	(29)
1.2.4.1 八角环电阻式三向车削测力仪	(14)	1.5.3 切屑控制方法	(30)
1.2.4.2 压电式测力仪	(15)	1.6 磨削原理	(30)
1.3 切削热和切削温度	(15)	1.6.1 磨削过程	(30)
1.3.1 切削热的产生与传出	(15)	1.6.1.1 磨削特点	(30)
1.3.1.1 切削热的产生	(15)	1.6.1.2 磨削过程分析	(32)
1.3.1.2 切削热的传出	(16)	1.6.2 磨削力	(33)
1.3.1.3 刀具前后刀面的温度分布	(16)	1.6.2.1 磨削力理论计算式	(33)
1.3.2 切削温度的经验公式	(16)	1.6.2.2 磨削力经验计算式	(33)
1.3.3 影响切削温度的因素	(17)	1.6.3 磨削温度	(34)
1.3.4 切削温度的测量	(18)	1.6.4 砂轮磨损及修整	(34)
1.3.4.1 人工热电偶测温法	(18)	1.6.4.1 砂轮磨损形式及磨损原因	(34)
		1.6.4.2 砂轮修整	(35)
		1.6.5 砂轮磨削性能的评定指标	(36)
		1.6.6 高效磨削	(37)

1.6.6.1 高速磨削	(37)	2.7 铝镁合金的切削加工性	(66)
1.6.6.2 缓进磨削	(38)	2.8 其他材料的切削加工性	(67)
1.6.6.3 砂带磨削	(40)	2.8.1 喷涂(焊)材料的切削加工特点	(67)
1.6.7 难加工材料的磨削规律	(42)	2.8.2 高熔点金属及其合金的切削加工特点	(67)
1.6.7.1 高温合金的磨削	(42)		
1.6.7.2 钛合金的磨削	(43)		
第2章 航空金属材料的分类及其切削加工性		第3章 刀具材料及砂轮	
2.1 航空金属材料的分类及应用	(45)	3.1 刀具材料概述	(69)
2.1.1 高温合金	(45)	3.1.1 刀具材料的分类及其性能	(69)
2.1.1.1 高温合金的分类	(45)	3.1.2 刀具材料选择的一般原则	(69)
2.1.1.2 高温合金在航空工业中的应用	(46)	3.2 高速钢	(70)
2.1.2 钛合金	(47)	3.2.1 普通高速钢和高碳高速钢	(70)
2.1.2.1 工业钛合金的分类	(47)	3.2.2 超硬高速钢	(71)
2.1.2.2 钛合金在航空工业中应用	(48)	3.2.2.1 钴高速钢	(71)
2.1.3 不锈钢	(49)	3.2.2.2 高钒高速钢	(71)
2.1.3.1 不锈钢分类	(49)	3.2.2.3 铝高速钢	(72)
2.1.3.2 不锈钢在航空工业中应用	(50)	3.2.2.4 含氮高速钢	(72)
2.1.4 高强度钢	(50)	3.2.2.5 含 SiNbAl 高速钢	(72)
2.1.4.1 高强度钢的分类	(50)	3.2.3 高速钢的选用	(75)
2.1.4.2 高强度钢在航空工业中的应用	(51)	3.2.4 粉末冶金高速钢	(76)
2.1.5 铝镁合金	(52)	3.2.4.1 粉末冶金高速钢特性	(76)
2.1.5.1 铝镁合金的分类	(52)	3.2.4.2 粉末冶金高速钢主要牌号及其应用	(77)
2.1.5.2 铝镁合金在航空工业中的应用	(52)	3.2.5 涂层高速钢	(77)
2.1.6 其他材料	(55)	3.2.5.1 涂层高速钢特性	(78)
2.1.6.1 喷涂(焊)材料	(55)	3.2.5.2 涂层高速钢的应用	(78)
2.1.6.2 高熔点金属及其合金	(56)	3.3 硬质合金	(79)
2.2 金属材料切削加工性的概念	(57)	3.3.1 硬质合金特点	(79)
2.2.1 金属材料切削加工性的评定	(57)	3.3.2 硬质合金的 ISO 分类分组代号	(79)
2.2.2 影响切削加工性的因素	(57)	3.3.3 国产硬质合金分类和通用牌号	(81)
2.2.3 磨削加工性	(59)	3.3.4 国产新牌号硬质合金性能及适用范围	(83)
2.2.4 航空金属材料的相对切削加工性	(59)	3.3.5 国外若干厂家研制的硬质合金牌号	(86)
2.3 高温合金的切削加工性	(60)	3.3.6 涂层硬质合金	(89)
2.3.1 高温合金的切削加工特点	(60)	3.3.6.1 涂层硬质合金特性与适用范围	(90)
2.3.2 高温合金切削加工中的注意事项	(62)	3.3.6.2 涂层硬质合金主要牌号及其应用	(90)
2.4 钛合金的切削加工性	(62)	3.4 陶瓷刀具材料	(93)
2.4.1 钛合金的切削加工特点	(62)	3.4.1 陶瓷刀具材料的特性	(94)
2.4.2 钛合金切削加工中的注意事项	(64)	3.4.2 陶瓷刀具材料的种类	(94)
2.5 不锈钢的切削加工性	(64)	3.4.3 国产陶瓷刀具材料牌号及性能	(95)
2.5.1 不锈钢的切削加工特点	(64)	3.4.4 国外陶瓷刀具材料牌号及性能	(96)
2.5.2 不锈钢切削加工中的注意事项	(65)	3.4.5 陶瓷刀具材料的应用	(97)
2.6 高强度钢的切削加工性	(66)	3.5 超硬刀具材料	(97)
2.6.1 高强度钢的切削加工特点	(66)		
2.6.2 高强度钢切削加工中的注意事项	(66)		

3.5.1 金刚石刀具材料	(98)	4.2.2.3 断屑板	(124)
3.5.2 立方氮化硼刀具材料	(100)	4.2.3 刀具角度换算	(124)
3.6 可转位硬质合金刀片	(101)	4.3 铣刀	(125)
3.6.1 公制可转位刀片的标记法	(102)	4.3.1 端面铣刀	(125)
3.6.2 英制可转位刀片的标记法	(104)	4.3.1.1 端面铣刀切削部分的主要标注角度	(125)
3.6.3 国产可转位刀片型号标记法	(104)	4.3.1.2 端面铣刀几何参数选择	(125)
3.6.4 部分特型可转位刀片	(107)	4.3.2 三面刃铣刀	(126)
3.6.5 可转位刀片选用示例	(107)	4.3.2.1 三面刃铣刀切削部分的主要标注角度	(126)
3.7 砂轮	(108)	4.3.2.2 三面刃铣刀几何角度选择	(126)
3.7.1 普通磨料砂轮	(108)	4.3.3 立铣刀	(126)
3.7.1.1 普通磨料及其选择	(108)	4.3.3.1 立铣刀(铣周边和槽)切削部分的主要标注角度	(126)
3.7.1.2 普通磨料的粒度及其选择	(110)	4.3.3.2 立铣刀几何参数选择	(126)
3.7.1.3 普通磨料砂轮的结合剂及其选择	(111)	4.4 钻头、深孔钻和铰刀	(127)
3.7.1.4 普通磨料砂轮的硬度及其选择	(111)	4.4.1 钻头	(127)
3.7.1.5 普通磨料砂轮的组织和其选择	(111)	4.4.1.1 高速钢麻花钻切削部分结构	(127)
3.7.1.6 普通磨料砂轮的形状和尺寸	(112)	4.4.1.2 高速钢麻花钻几何参数选择	(127)
3.7.1.7 普通磨料砂轮的标志	(112)	4.4.2 深孔钻	(128)
3.7.2 超硬磨料砂轮	(113)	4.4.2.1 深孔钻(枪钻)主要几何参数标注	(128)
3.7.2.1 超硬磨料及其选择	(113)	4.4.2.2 枪钻的结构及主要几何参数选择指南	(128)
3.7.2.2 超硬磨料的粒度及其选择	(114)	4.4.3 铰刀	(129)
3.7.2.3 超硬磨料砂轮的浓度及其选择	(115)	4.4.3.1 铰刀切削部分主要几何参数标注	(129)
3.7.2.4 超硬磨料砂轮的结合剂及其选择	(116)	4.4.3.2 铰刀主要几何参数选择	(129)
3.7.2.5 超硬磨料砂轮的形状和尺寸	(116)	4.4.3.3 铰刀几何参数选择指南	(129)
3.7.2.6 超硬磨料砂轮的标志	(118)	4.5 拉刀	(130)
第4章 刀具切削部分几何参数		4.5.1 拉刀切削部分几何参数	(130)
4.1 刀具切削部分几何参数合理选择原则	(119)	4.5.1.1 拉刀切削部分主要几何参数标注	(130)
4.1.1 刃形的选择	(119)	4.5.1.2 拉刀主要几何角度选择	(130)
4.1.2 切削刃区剖面形式的选择	(119)	4.5.1.3 拉刀几何参数选择指南	(131)
4.1.3 刀面形式的选择	(120)	4.5.2 容屑槽	(131)
4.1.4 刀具几何参数的选择	(120)	4.6 螺纹刀具	(132)
4.2 车刀、镗刀	(121)	4.6.1 螺纹车刀	(132)
4.2.1 车刀、镗刀切削部分几何参数	(121)	4.6.1.1 螺纹车刀切削部分主要几何参数标注	(132)
4.2.1.1 车刀、镗刀切削部分的标注角度	(121)	4.6.1.2 螺纹车刀主要几何角度选择	(133)
4.2.1.2 车刀、镗刀几何角度选择	(121)	4.6.2 螺纹梳刀	(133)
4.2.2 断屑槽	(122)	4.6.2.1 径向梳刀、圆梳刀和切向梳刀切削部分主要几何角度标注	(133)
4.2.2.1 断屑槽基本槽型	(122)		
4.2.2.2 断屑槽基本截形	(123)		

4.6.2.2 径向梳刀、圆梳刀和切向梳刀几何角 度选择	(133)	5.3 切断和成形刀具车削加工用量	(164)
4.6.3 丝锥	(134)	5.3.1 高温合金车削加工用量	(164)
4.6.3.1 丝锥切削部分主要几何角度标注	(134)	5.3.2 钛合金车削加工用量	(167)
4.6.3.2 丝锥几何参数选择	(135)	5.3.3 不锈钢车削加工用量	(169)
4.6.3.3 丝锥几何参数选择指南	(135)	5.3.4 高强度钢车削加工用量	(171)
4.7 数控刀具	(136)	5.3.5 铝合金车削加工用量	(172)
4.7.1 数控刀具特点	(136)	5.3.6 镁合金车削加工用量	(174)
4.7.1.1 数控刀具材料选用	(136)	5.3.7 工具钢车削加工用量	(174)
4.7.1.2 数控刀具结构	(136)	5.4 数控车削加工用量	(176)
4.7.1.3 数控刀具寿命	(136)	5.4.1 数控车削高温合金加工用量	(176)
4.7.2 数控加工铣刀的选择	(136)	5.4.2 数控车削钛合金加工用量	(180)
4.7.3 孔加工用数控刀具的选择	(137)	5.4.3 数控车削不锈钢加工用量	(184)
第5章 车削加工用量		5.4.4 数控车削高强度钢加工用量	(190)
5.1 车削加工方法	(138)	5.5 车削中常见问题、产生原因及解决方法	(195)
5.2 单刃和可转位刀具车削加工用量	(141)	第6章 铣削加工用量	
5.2.1 高速钢、硬质合金刀具车削加工用量	(141)	6.1 铣削加工方法	(196)
5.2.1.1 高温合金车削加工用量	(141)	6.1.1 铣削加工范围	(196)
5.2.1.2 钛合金车削加工用量	(144)	6.1.2 铣削用量要素及铣削参数计算	(197)
5.2.1.3 不锈钢车削加工用量	(148)	6.1.2.1 铣削用量要素的构成与表示方法	(197)
5.2.1.4 高强度钢车削加工用量	(153)	6.1.2.2 铣削参数计算	(197)
5.2.1.5 铝合金车削加工用量	(154)	6.2 端面铣刀平面铣削用量	(200)
5.2.1.6 镁合金车削加工用量	(156)	6.2.1 端面铣刀平面铣削高温合金用量	(200)
5.2.1.7 工具钢车削加工用量	(157)	6.2.2 端面铣刀平面铣削钛合金用量	(203)
5.2.2 陶瓷刀具车削加工用量	(160)	6.2.3 端面铣刀平面铣削不锈钢用量	(205)
5.2.2.1 陶瓷刀具车削高温合金加工用量	(160)	6.2.4 端面铣刀平面铣削高强度钢用量	(208)
5.2.2.2 陶瓷刀具车削不锈钢加工用量	(161)	6.2.5 端面铣刀平面铣削铝合金用量	(210)
5.2.2.3 陶瓷刀具车削高强度钢加工用量	(161)	6.2.6 端面铣刀平面铣削镁合金用量	(212)
5.2.3 立方氮化硼(CBN)刀具车削加工用量	(162)	6.2.7 端面铣刀平面铣削工具钢用量	(213)
5.2.3.1 立方氮化硼刀具车削高温合金加工用量	(162)	6.3 圆柱铣刀平面铣削用量	(215)
5.2.3.2 立方氮化硼刀具车削工具钢加工用量	(162)	6.3.1 圆柱铣刀平面铣削高温合金用量	(215)
5.2.4 金刚石刀具车削加工用量	(163)	6.3.2 圆柱铣刀平面铣削钛合金用量	(216)
5.2.4.1 金刚石刀具车削铝合金加工用量	(163)	6.3.3 圆柱铣刀平面铣削不锈钢用量	(217)
5.2.4.2 金刚石刀具车削镁合金加工用量	(163)	6.3.4 圆柱铣刀平面铣削高强度钢用量	(218)
		6.3.5 圆柱铣刀平面铣削铝合金用量	(219)
		6.3.6 圆柱铣刀平面铣削镁合金用量	(219)
		6.3.7 圆柱铣刀平面铣削工具钢用量	(220)
		6.4 三面刃铣刀侧面和槽铣削用量	(221)
		6.4.1 三面刃铣刀侧面和槽铣削高温合金用量	

..... (221)	6.6.1.6 端面铣刀数控平面铣削镁合金用量 (274)
6.4.2 三面刃铣刀侧面和槽铣削钛合金用量 (224)	6.6.1.7 端面铣刀数控平面铣削工具钢用量 (275)
6.4.3 三面刃铣刀侧面和槽铣削不锈钢用量 (226)	6.6.2 立铣刀数控侧面铣削用量 (277)
6.4.4 三面刃铣刀侧面和槽铣削高强度钢用量 (229)	6.6.2.1 立铣刀数控侧面铣削高温合金用量 (277)
6.4.5 三面刃铣刀侧面和槽铣削铝合金用量 (231)	6.6.2.2 立铣刀数控侧面铣削钛合金用量 (280)
6.4.6 三面刃铣刀侧面和槽铣削镁合金用量 (233)	6.6.2.3 立铣刀数控侧面铣削不锈钢用量 (283)
6.4.7 三面刃铣刀侧面和槽铣削工具钢用量 (234)	6.6.2.4 立铣刀数控侧面铣削高强度钢用量 (287)
6.5 立铣刀侧面和槽铣削用量 (236)	6.6.2.5 立铣刀数控侧面铣削铝合金用量 (290)
6.5.1 立铣刀侧面铣削用量 (236)	6.6.2.6 立铣刀数控侧面铣削镁合金用量 (292)
6.5.1.1 立铣刀侧面铣削高温合金用量 (236)	6.6.2.7 立铣刀数控侧面铣削工具钢用量 (293)
6.5.1.2 立铣刀侧面铣削钛合金用量 (239)	6.7 铣削中常见问题的产生原因及解决方法 (296)
6.5.1.3 立铣刀侧面铣削不锈钢用量 (241)	
6.5.1.4 立铣刀侧面铣削高强度钢用量 (245)	
6.5.1.5 立铣刀侧面铣削铝合金用量 (247)	
6.5.1.6 立铣刀侧面铣削镁合金用量 (249)	
6.5.1.7 立铣刀侧面铣削工具钢用量 (250)	
6.5.2 立铣刀槽铣削用量 (253)	第7章 钻削、扩孔、铰削、镗削及珩磨 加工用量
6.5.2.1 立铣刀槽铣削高温合金用量 (253)	7.1 孔加工的一般方法 (298)
6.5.2.2 立铣刀槽铣削钛合金用量 (254)	7.2 钻削加工用量 (302)
6.5.2.3 立铣刀槽铣削不锈钢用量 (255)	7.2.1 普通钻削加工用量 (302)
6.5.2.4 立铣刀槽铣削高强度钢用量 (258)	7.2.1.1 高温合金普通钻削加工用量 (302)
6.5.2.5 立铣刀槽铣削铝合金用量 (259)	7.2.1.2 钛合金普通钻削加工用量 (304)
6.5.2.6 立铣刀槽铣削镁合金用量 (260)	7.2.1.3 不锈钢普通钻削加工用量 (306)
6.5.2.7 立铣刀槽铣削工具钢用量 (261)	7.2.1.4 高强度钢普通钻削加工用量 (308)
6.6 数控铣削用量 (263)	7.2.1.5 铝合金普通钻削加工用量 (308)
6.6.1 端面铣刀数控平面铣削用量 (263)	7.2.1.6 镁合金普通钻削加工用量 (309)
6.6.1.1 端面铣刀数控平面铣削高温合金用量 (263)	7.2.1.7 工具钢普通钻削加工用量 (310)
6.6.1.2 端面铣刀数控平面铣削钛合金用量 (266)	7.2.2 外排屑深孔钻削加工用量 (311)
6.6.1.3 端面铣刀数控平面铣削不锈钢用量 (268)	7.2.2.1 高温合金外排屑深孔钻削加工用量 (311)
6.6.1.4 端面铣刀数控平面铣削高强度钢用量 (271)	7.2.2.2 钛合金外排屑深孔钻削加工用量 (314)
6.6.1.5 端面铣刀数控平面铣削铝合金用量 (273)	7.2.2.3 不锈钢外排屑深孔钻削加工用量 (315)
	7.2.2.4 高强度钢外排屑深孔钻削加工用量 (317)
	7.2.2.5 铝合金外排屑深孔钻削加工用量

..... (318)	加工用量 (368)
7.2.2.6 镁合金外排屑深孔钻削加工用量 (319)	7.5.1.5 高速钢、硬质合金刀具镗削铝合金加 工用量 (370)
7.2.2.7 工具钢外排屑深孔钻削加工用量 (319)	7.5.1.6 高速钢、硬质合金刀具镗削镁合金加 工用量 (371)
7.2.3 内排屑深孔钻削加工用量 (320)	7.5.1.7 高速钢、硬质合金刀具镗削工具钢加 工用量 (372)
7.2.3.1 钛合金内排屑深孔钻削加工用量 (320)	7.5.2 陶瓷刀具镗削加工用量 (375)
7.2.3.2 不锈钢内排屑深孔钻削加工用量 (322)	7.5.2.1 陶瓷刀具镗削不锈钢加工用量 (375)
7.2.3.3 高强度钢内排屑深孔钻削加工用量 (324)	7.5.2.2 陶瓷刀具镗削高强度钢加工用量 (377)
7.2.3.4 铝合金内排屑深孔钻削加工用量 (325)	7.5.2.3 陶瓷刀具镗削工具钢加工用量 (377)
7.2.3.5 镁合金内排屑深孔钻削加工用量 (326)	7.5.3 金刚石刀具镗削加工用量 (379)
7.2.3.6 工具钢内排屑深孔钻削加工用量 (326)	7.5.3.1 金刚石刀具镗削铝合金加工用量 (379)
7.3 扩孔加工用量 (327)	7.5.3.2 金刚石刀具镗削镁合金加工用量 (380)
7.3.1 高温合金扩孔加工用量 (327)	7.6 珩磨加工用量 (380)
7.3.2 钛合金扩孔加工用量 (329)	7.7 孔加工中常见问题、产生原因及解决方法 (381)
7.3.3 不锈钢扩孔加工用量 (331)	7.7.1 钻削中常见问题、产生原因及解决方法 (381)
7.3.4 高强度钢扩孔加工用量 (333)	7.7.1.1 普通钻削中常见问题、产生原因及解 决方法 (381)
7.3.5 铝合金扩孔加工用量 (335)	7.7.1.2 深孔钻削中常见问题、产生原因及解 决方法 (383)
7.3.6 镁合金扩孔加工用量 (336)	7.7.2 扩孔中常见问题、产生原因及解决方法 (384)
7.3.7 工具钢扩孔加工用量 (336)	7.7.3 铰削中常见问题、产生原因及解决方法 (384)
7.4 铰削加工用量 (338)	7.7.4 镗削中常见问题、产生原因及解决方法 (385)
7.4.1 高温合金铰削加工用量 (338)	7.7.5 珩磨中常见问题、产生原因及解决方法 (386)
7.4.2 钛合金铰削加工用量 (342)	
7.4.3 不锈钢铰削加工用量 (346)	
7.4.4 高强度钢铰削加工用量 (352)	
7.4.5 铝合金铰削加工用量 (354)	
7.4.6 镁合金铰削加工用量 (355)	
7.4.7 工具钢铰削加工用量 (356)	
7.5 镗削加工用量 (359)	
7.5.1 高速钢、硬质合金刀具镗削加工 用量 (359)	
7.5.1.1 高速钢、硬质合金刀具镗削高温合金 加工用量 (359)	
7.5.1.2 高速钢、硬质合金刀具镗削钛合金加 工用量 (362)	
7.5.1.3 高速钢、硬质合金刀具镗削不锈钢加 工用量 (365)	
7.5.1.4 高速钢、硬质合金刀具镗削高强度钢 加工用量 (368)	
	第8章 拉削加工用量
	8.1 拉削加工方法 (388)
	8.1.1 拉削特点 (388)
	8.1.2 拉削方式 (388)
	8.1.3 拉削加工范围 (390)
	8.2 拉削加工用量 (391)
	8.2.1 高温合金拉削用量 (391)
	8.2.2 钛合金拉削用量 (392)