



高速切削数据库 与数控编程技术

刘战强 武文革 万 熠 编著

高速切削数据库 与数控编程技术

刘战强 武文革 万熠 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书重点介绍高速切削数据库技术和高速切削数控编程技术。高速切削数据库部分主要介绍通用切削数据库和智能切削数据库的建立。为了方便切削数据库的推广应用,还介绍了四个专用的切削数据库:模具高速切削数据库、陶瓷刀具高速切削数据库、高速切削刀具损坏与加工质量数据库及高速切削刀具系统选配数据库。高速切削数控编程技术部分主要介绍高速切削编程策略,其中包括目前常用 CAM 软件,如 PRO/E、UG、CIMA-TRON 等的高速切削编程应用。

本书可为在高校从事切削加工研究的科研人员、研究生及相关专业工程技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

高速切削数据库与数控编程技术/刘战强,武文革,
万熠编著. —北京:国防工业出版社,2009. 1
ISBN 978-7-118-06046-1

I. 高... II. ①刘...②武...③万... III. ①金属切削—数
据库 ②数控机床—程序设计 IV. TG5 TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 189560 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
天利华印刷装订有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 446 千字
2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474
发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

前 言

切削加工是当前离散机械制造业的主要工艺手段,是应用比例最高的机械加工工艺,切削加工的劳动量约占总劳动量 30% ~ 40%。据统计,全世界工业发达国家(包括俄罗斯)在 20 世纪 90 年代中期每年用于切削加工的费用就已超过了 2500 亿美元,我国每年用在切削加工方面的费用约为 320 亿元人民币,每年创造的价值约为 8000 亿元人民币。切削加工数据是衡量切削技术水平高低的一个基本量值,对机床及 CAD、CAM、CAPP 等而言,是基础数据的提供者,已被中华人民共和国科学技术部科学数据共享工程技术标准(SDS/T 2122 - 2004)列入基础科学门类(代码 F)中的先进制造科学亚门类(代码 P)中,彰显出我国对切削加工技术及切削加工数据的重视。国际标准化组织(ISO)也已制订了切削加工数据的计算机处理(ISO 13399/1 ~ 4)标准。利用计算机建立切削数据库是收集、保存、应用切削加工数据,积累切削加工经验的重要方法。通过建立切削数据库,提供合理的切削加工参数对于降低切削加工成本、提高加工质量及生产效率具有重要意义。

目前,切削加工技术已发展到“高速、高效、智能、复合、环保”的新阶段,出现了高速切削加工技术,为制造业开发新产品、提高加工效率和加工质量、降低制造成本、缩短交货周期发挥了重要的作用,带动着整体切削加工水平的全面提高,并已成为数控加工技术的共性关键技术。但高速切削加工是一个多因素的复杂过程,参与切削的各因素如工件材料、刀具性能、切削条件等在切削中的行为很难定量地描述它们,也不能用数学计算的方法定量地确定和预测切削的进程和效果。但通过将切削专业工作者在科研和实践中积累的切削加工数据和切削知识以切削数据库的方式利用起来,可使切削技术人员获得较佳的切削条件,为高速切削技术的合理应用起到正确的指导作用。为保证高速加工顺利进行,提高零件的加工质量、延长刀具寿命、缩短加工时间,高速切削加工工艺具有不同于普通数控加工的特殊工艺要求。在高速切削编程时,要注意加工工艺的安全性和有效性,高速切削加工工艺策略选择要尽可能使刀具轨迹光滑平稳,同时要使刀具载荷均匀,否则会直接影响加工质量、机床主轴等零件的寿命及刀具的寿命。

全书共分 10 章,第 1 章至第 7 章由刘战强编写,第 8 章至第 10 章由武文革编写,全书由刘战强、万熠统稿。该书主要介绍高速切削数据库的设计技术和高速切削加工数控编程技术,给出通用高速切削数据库、智能高速切削数据库、模具高速切削加工数据库、陶瓷刀具高速切削数据库、高速切削刀具系统选配数据库、高速切削刀具损坏和加工表面质量数据库的开发,并详细介绍了高速切削加工数控编程技术特点、高速数控切削加工编程策略及其应用。由于编者水平有限,书中疏误在所难免,恳请读者批评指正。

本书主要内容大多是艾兴院士和刘战强教授近年来指导的博士后研究工作报告、博士论

文和硕士论文的研究成果,是集体劳动的结晶,在此向艾兴院士、王遵彤博士、相克俊博士、万熠博士、彭修广硕士、高中军硕士、姚磊硕士、刘鲁宁硕士等致谢。在本书的编写过程中,还参阅并部分引用了众多国内外刀具企业、机床企业和研究机构等提供的切削数据和加工实例,也介绍了国内外研究人员和工程技术人员对高速切削编程技术发展的贡献,在此向他们致谢。

本书的研究工作得到国家自然科学基金项目(No. 50105012、No. 50375089)、霍英东教育基金会高等院校青年教师基金(No. 91054)和山东省自然科学基金(No. Y2003F06)的支持。

编 者

2008 年 7 月于济南

目 录

第1章 绪论	1
1.1 切削数据库的提出	1
1.2 切削数据库的现状、存在问题及发展方向	2
1.3 建立切削数据库的核心技术	8
1.4 高速切削加工技术及其工艺特点	8
参考文献	12
第2章 通用高速切削数据库的建立	15
2.1 高速切削数据库系统功能建模	15
2.2 高速切削数据库系统信息处理与建模	17
2.2.1 工件及工件材料信息	17
2.2.2 高速切削加工刀具	21
2.2.3 机床与切削液	26
2.2.4 切削用量及其合理选择	26
2.2.5 高速切削数据库系统信息处理模型	27
2.3 高速切削数据库的系统结构与数据来源	29
2.4 通用高速切削数据库的建立	30
2.4.1 通用高速切削数据库设计的需求分析	30
2.4.2 通用高速切削数据库的概念设计	31
2.4.3 通用高速切削数据库的逻辑设计	32
2.4.4 通用高速切削数据库的物理设计	35
2.5 通用高速切削数据库的应用	37
2.5.1 通用高速切削数据库的应用程序设计	37
2.5.2 通用高速切削数据库的铣削用量查询	39
2.5.3 通用高速切削数据库的刀具及铣削用量综合查询	40
2.5.4 通用高速切削数据库的车削数据查询系统	41
参考文献	43
第3章 智能高速切削数据库的建立	45
3.1 高速切削数据库系统的实例推理	45
3.1.1 高速切削数据库系统的实例描述	46
3.1.2 高速切削数据库的实例编码	46

3.1.3	高速切削数据库系统实例的检索与匹配	50
3.1.4	高速切削数据库系统的实例修改与学习机制	58
3.2	高速切削数据库系统的规则推理	61
3.3	高速切削数据库系统的混合推理	63
3.4	智能高速切削数据库系统的开发与应用	64
3.4.1	智能高速切削数据库系统的开发环境	64
3.4.2	智能高速切削实例库与材料数据库	64
3.4.3	智能高速切削数据库界面的开发	66
3.4.4	智能高速切削数据库界面程序的开发	68
3.4.5	智能高速切削数据库系统的应用	72
	参考文献	76
第4章	模具高速切削数据库的建立	79
4.1	模具的分类与模具材料的选择	79
4.1.1	模具的分类	80
4.1.2	模具材料的选择	80
4.1.3	模具加工信息处理	81
4.2	模具高速切削数据库的建立	82
4.2.1	模具高速切削数据库的功能模型	82
4.2.2	模具高速切削数据库系统的结构设计	83
4.2.3	模具高速切削数据库系统的概念设计	85
4.2.4	模具高速切削数据库系统的逻辑设计	89
4.3	模具高速切削数据库系统的开发与应用	89
4.3.1	主控窗口菜单	89
4.3.2	模具材料查询	90
4.3.3	切削用量查询	91
4.3.4	新实例加工方案查询	91
4.3.5	数据维护	93
	参考文献	95
第5章	陶瓷刀具高速切削数据库的建立	97
5.1	陶瓷刀具材料的分类与选用	97
5.1.1	氧化铝系陶瓷刀具材料	98
5.1.2	氮化硅系陶瓷刀具材料	99
5.1.3	陶瓷涂层刀具	100
5.1.4	陶瓷刀具材料的合理选用	103
5.2	陶瓷刀具高速切削数据库的功能与结构设计	106
5.3	陶瓷刀具切削数据库的开发与应用	113
5.3.1	用户登录窗口的设计	113
5.3.2	陶瓷刀具数据库数据的输入	113

5.3.3	切削用量查询与刀具选用	114
5.3.4	陶瓷刀具数据库的应用	115
	参考文献	116
第 6 章	数控刀具系统的计算机辅助选择	117
6.1	基于 STEP - NC 的工件加工特征分析	117
6.1.1	STEP - NC 数据模型的基本概念	117
6.1.2	STEP - NC 数据模型实体关系	119
6.1.3	零件特征分析	120
6.1.4	基于加工的特征模型	122
6.2	模块式刀具系统应用与研究	123
6.2.1	国外模块式刀具系统	123
6.2.2	国内模块式刀具系统	125
6.2.3	刀具系统的模块化及其模块划分	126
6.2.4	刀具系统的模块组合及装配	127
6.3	模块式刀具系统的信息处理与计算机辅助选择	130
6.3.1	刀具选配	131
6.3.2	刀具选配系统功能设计	132
6.3.3	刀具选配系统的结构设计	133
6.4	模块式刀具选配数据库系统的开发与应用	134
	参考文献	138
第 7 章	切削刀具损坏与加工质量数据库	140
7.1	切削刀具损坏与加工质量	140
7.1.1	刀具磨损	140
7.1.2	刀具破损	141
7.1.3	切削加工表面质量	142
7.2	刀具损坏形式计算机辅助分析系统的开发与应用	143
7.2.1	系统设计目标	143
7.2.2	概念结构设计	144
7.2.3	逻辑结构设计	145
7.2.4	数据库结构设计	145
7.2.5	刀具损坏数据库的建立及应用	149
7.3	计算机辅助已加工表面质量分析系统的开发与应用	151
	参考文献	153
第 8 章	高速切削加工数控编程技术	154
8.1	高速数控加工对控制系统的要求	154
8.2	高速数控加工控制系统的类型和特征	158
8.3	高速数控加工机床的编程方法	162

8.3.1	高速切削对数控编程的要求	163
8.3.2	高速数控加工机床的编程方法	164
8.4	高速铣削数控加工编程的内容与步骤	170
8.4.1	数控加工程序编程的内容	170
8.4.2	数控加工程序编程的步骤	171
	参考文献	172
第9章	高速数控加工编程策略	174
9.1	高速切削加工对CAM系统的要求	174
9.2	高速切削常用数控加工编程策略	175
9.2.1	高速切削加工粗加工编程策略	175
9.2.2	高速切削加工半精加工编程策略	178
9.2.3	高速切削加工精加工编程策略	180
9.2.4	高速切削加工刀具轨迹生成策略	183
9.3	高速数控加工刀具路径的优化技术	186
9.3.1	高速切削加工刀具路径特性	187
9.3.2	高速切削刀具走刀方式	190
9.3.3	高速切削粗加工刀具路径优化	192
9.3.4	高速切削精加工刀具路径优化	195
	参考文献	199
第10章	高速数控加工编程技术的应用	201
10.1	Pro/E高速加工编程应用	201
10.1.1	Pro/NC加工的基本步骤	201
10.1.2	Pro/NC的高速加工策略	210
10.1.3	Pro/E高速加工编程实例	216
10.2	UG高速加工编程应用	218
10.2.1	UG/NX加工基本步骤	219
10.2.2	UG/NX高速加工策略	219
10.2.3	UG/NX高速加工编程实例	223
10.3	CIMATRON高速加工编程应用	241
10.3.1	CIMATRON E高速加工编程采用的编程策略	241
10.3.2	CIMATRON E高速加工编程应用实例	247
10.4	其他高速加工编程应用	252
10.4.1	MasterCAM高速加工编程应用	252
10.4.2	PowerMILL高速加工编程	265
10.4.3	HyperMILL高速加工编程	271
10.4.4	高速切削加工数控编程软件比较	276
	参考文献	279

第1章 绪 论

随着科学技术的发展,对切削加工提出了越来越高的要求,这些要求归纳起来有两点:首先是要满足越来越高的加工效率、加工精度和表面质量(表面粗糙度、加工硬化、残余应力、表面纹理等)要求;其次是经济性要求和生态性要求(即绿色生产和可持续发展要求)。为了满足这些要求人们已经做了大量的工作,并取得了良好的经济效益和社会效益。这些工作主要体现在先进切削加工技术的发展上。

高速切削加工技术是近年来迅速崛起的一项先进切削加工技术。通常认为采用的切削速度和进给速度比常规加工高5倍~10倍的加工方式就是高速切削加工,但它并非普通意义上的采用大的切削用量来提高加工效率的一种加工方式,而是采用高转速、快进给、小切深和小步距来去除加工余量,完成零件加工的过程。

掌握正确的高速切削加工工艺是高速加工成功实现的关键。高速切削的工艺技术包括对各种不同工件材料及其不同加工特征的切削方式,数控编程策略,进、退刀方式,刀具轨迹,刀具材料和刀具几何参数及切削参数的合理选择等。高速切削目前尚没有完整的加工参数表格可供选用,可供参考的加工实例也不多。如何选择合适的加工工艺及工艺参数,达到最佳的切削效果、提高生产效率是目前推广高速切削应用的一个首要问题。

建立切削数据库,根据加工工件技术与精度要求,制订高速切削加工工艺,优化选择刀具材料、刀具几何参数、刀具结构和切削用量等切削数据,是增强企业竞争力最有效的措施之一。本章主要介绍高速切削技术,探讨高速切削数据库建立的必要性、切削数据库的现状、核心技术和发展趋势,并给出高速切削加工的工艺特点、主要编程策略和关键控制技术。

1.1 切削数据库的提出

切削加工数据是衡量切削技术水平高低的一个基本量值。采用合理的切削数据,可以充分发挥切削机床和切削刀具的功能,尤其对于各种数控机床和加工中心来说,自动化加工的辅助时间已大大缩短,这样,在有效的加工时间内充分利用合理的或优化的切削数据,对提高整个加工系统的经济效益更为重要。

切削数据传统上通常依据切削手册、生产实践资料或切削试验来确定。切削手册上的数据来源最广泛,条理性一般较强,但针对性和准确性较差,通过查阅切削手册来获得数据,在信息量和方法的先进性上都非常不足。生产实践资料对具体应用企业而言,针对性较强,但数据太分散,缺乏规律性。通过切削试验获得的数据,最有针对性,但受试验条件等多方面的限制,数据量极为有限,而且试验条件与生产现场条件往往差别较大。

随着科学技术的发展,计算机在切削加工中的应用日益增多,国内外已利用计算机来筹建切削数据库,将切削加工中需用的数据和信息,按一定规律储存在计算机中,可以根据需要调用、打印,也可以随时进行修改和增删。切削数据库的内容包括切削用量推荐值,根据加工条

件,在不同的切削深度·进给量组合下,推荐不同寿命刀具的切削速度,并计算功率消耗。除此之外,还包括工件与刀具材料的牌号、成分、性能与机床的型号、性能参数等。由于计算机储存数据高度密集,占空间小,便于修改、增删,所以,凡是切削加工所需的数据,甚至切削实验的曲线、图形及回归公式(如 Taylor 公式、切削力经验公式等)、数学模型等“切削知识”均可储存在数据库中,而成为“切削知识库”。

1.2 切削数据库的现状、存在问题及发展方向

自第一个切削数据库诞生以来,世界各工业发达国家大都开发了各自的金属切削数据库,提供各种形式的信息服务。对世界各国切削数据库所作的调查情况(表 1-1)表明,目前切削数据库中的数据来源于实验室、生产车间及文献,主要应用于车削、铣削、钻削及磨削。

表 1-1 切削数据库

国家	切削数据库名称	切削数据来源	切削数据种类
比利时	CRIF	—	车削
法国	CETIM	—	车削、钻削、铣削
德国	INFOS	实验室、生产车间、文献	车削、钻削、铣削、磨削
日本	TRI	实验室、生产车间、文献	车削、钻削、铣削
英国	PERAM ACBANK	—	车削、钻削、铣削
美国	CUTDATA	生产车间、文献	车削、钻削、铣削、磨削
德国	SWS	实验室、生产车间、文献	车削、钻削、铣削、磨削
以色列	TECHNION	生产车间、文献	车削、钻削、铣削
印度	DATA MDC	实验室、生产车间、文献	车削、钻削、铣削
瑞典	CRVEF COROCUT	实验室、生产车间	车削、钻削、铣削

在已建立的切削数据库中,当属美国的 CUTDATA 与德国的 INFOS 最为著名。1964 年,美国金属切削联合研究公司和美国空军材料实验所联合建立了美国空军加工性数据中心 (AFMDC),该中心开发的 CUTDATA 切削数据库,是世界上第一个金属切削数据库,该数据库包含大量的切削试验数据,并且经过多次不断更新,比较全面、可靠。目前,该数据库可以为 3750 种以上的工件材料,22 种加工方式及 12 种刀具材料提供切削参数,其用户界面如图 1-1 所示。联邦德国 1971 年建立了切削数据情报中心 (INFOS),该中心存储的材料可加工性信息达 200 多万个单数据,成为世界上存储信息最多、软件系统最完整和数据服务能力最强的切削数据库之一。

我国建立切削数据库是从 20 世纪 80 年代开始的。目前,国内有成都工具研究所、南京航空航天大学、北京理工大学、西北工业大学、上海工业大学、山东大学、上海交通大学、哈尔滨理工大学和天津大学等单位,在切削数据库方面开展了一些研究与应用推广工作。

成都工具研究所在 1987 年建成了我国第一个试验性车削数据库 TRN10,又于 1988 年从当时的联邦德国引进了 INFOS 车削数据库软件,并加以改进,向国内推出其修订版的 AT-RN90E 数据库软件。随后又继续开发并推出了车削数据库软件 CTRN90V1.0。CTRN90 与原版 INFOS 比较,它应用了“可加工性材料组一切削材料副”的概念,在汉化的 VAX/CVMS 操作系统环境中运行,用户界面为人机对话方式,采用多层菜单驱动。软件本身规模约为 8MB,带

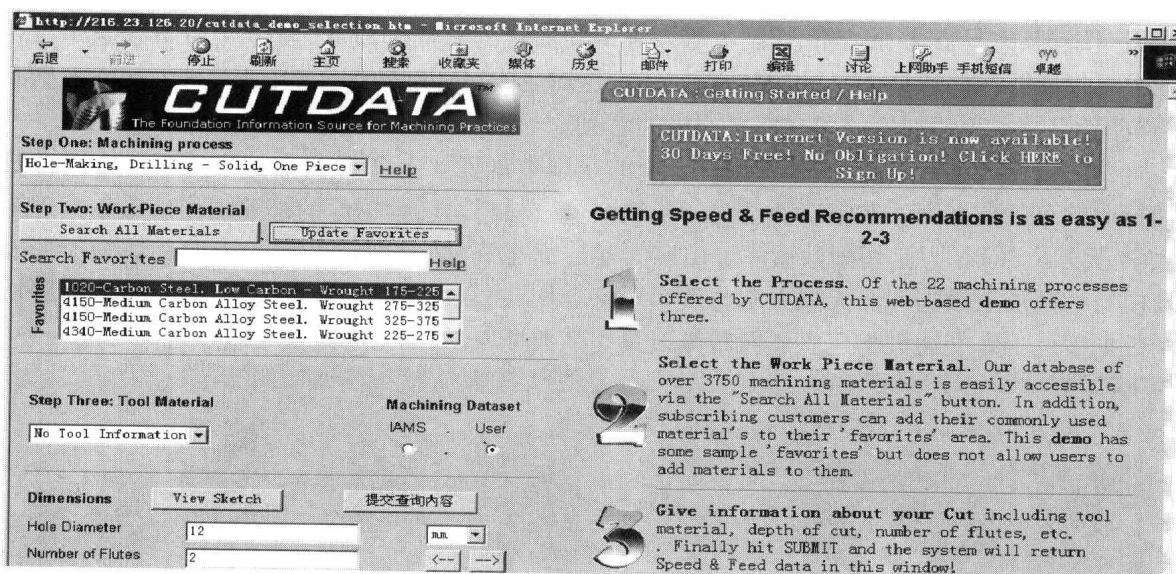


图 1-1 CUT DATA 切削数据库用户界面

有 11 个专用子程序库,采用了国内的机床、刀具和试验数据,同时也包含了部分国外数据。1991 年推出了 CTRN90V2.0,1992 年又推出了 CTRN90V3.0。在上述基础上,1998 年开发了在 Windows 环境下运行的数据库软件,以后又开发了其网络版,如图 1-2 所示。

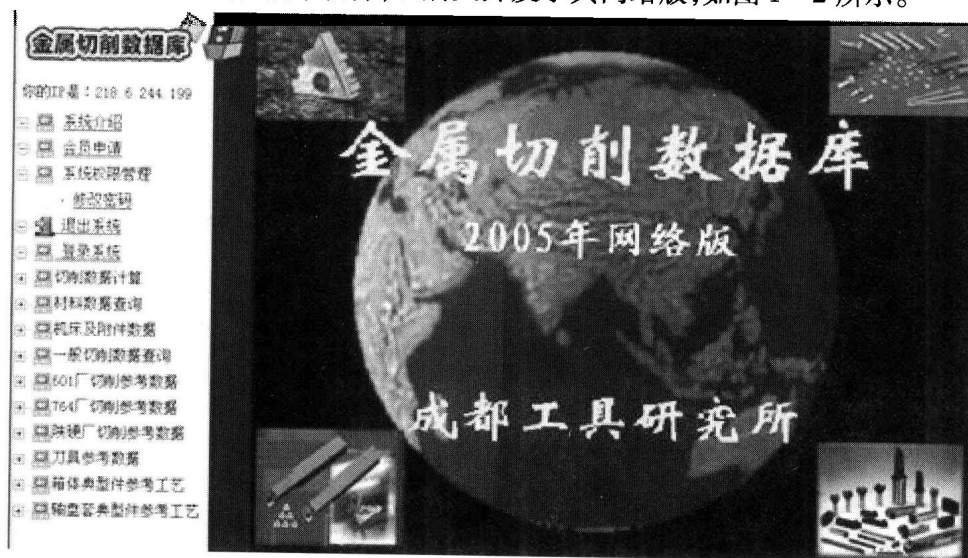


图 1-2 成都工具研究所开发的网络版金属切削数据库

南京航空航天大学是国内研究金属切削数据库较早的高校,早在 1986 年,张幼桢教授就对建立金属切削数据库的若干问题进行了探讨,许洪昌等对金属切削数据库又进行了更进一步的研究。1988 年,开发了一个专用切削数据库软件系统 NAIMDS,1991 年进一步开发了 KBMDBS 切削数据库系统。近年来,着重研究切削数据的优化和专家系统技术在切削数据库中的应用。

北京理工大学建立了面向硬质合金刀具和涂层刀具生产厂家的切削数据库。根据切削数据的不同来源和特点,将其分为三大类:浓缩型切削数据、离散型切削数据和资料型切削数据。北京理工大学对切削试验曲线在切削数据库中的存储与绘制进行了研究,并在此基础上实现

了刀具磨损、刀具寿命、断屑和切削力等六种试验曲线的存储和绘制,使金属切削数据库在功能上不仅能够存储数据,而且也能处理曲线。这对于丰富切削数据库的内容,扩大切削数据库的范围,以及工程数据库的建立都有积极的意义。

西北工业大学开发了 14 种常用钛合金的车削数据库。上海工业大学建立了一个适合石油行业的车削数据库。航空工业部进行了航空金属材料切削数据库的筹建工作。哈尔滨理工大学开发了 PCBN 刀具切削数据库。山东大学建立了高速切削数据库、陶瓷刀具切削数据库及模具切削加工数据库。天津大学与汽车厂家合作,建立了一个针对汽车厂家使用的金属切削数据库。上海交通大学建立了回转体刀具切削数据库,如图 1-3 所示。



图 1-3 上海交通大学开发的回转体刀具切削数据库

除了各国建立的切削数据库外,国际学术机构也开展了切削数据库的研究开发工作,如于 1995 年成立的国际生产工程学会(CIRP)切削加工模型研究小组,从事切削加工预报模型的研究,为机械制造业提供切削参数,自 1998 年开始邀请世界著名研究机构加盟其切削数据库的研究与建立。

切削数据库的建立带来的经济效益是非常可观的。在 CUTDATA 建库的初期,就为工业部门节约了 1.6 亿美元。INFOS 可使单件生产时间下降 10%,生产成本下降 10%。德国研究人员开发的 SWS 切削数据库经 300 多家企业应用,平均每年可节约工时 15%~40%。据 CIRP 对切削数据库经济效益的调查表明,切削数据库可使加工成本下降 10% 以上。

建立切削数据库的根本目的是为生产实际服务,但已建立的切削数据库及工艺数据库,付诸实用的还不多,分析其原因是多方面的:①企业对切削数据库的重视不够;②切削加工数据的信息量还不够多,且尚未解决与 CAPP、CAM 等系统的连接问题;③关键的问题是现有切削数据库本身还存在一些问题,首先是切削数据的可靠性,由于数据的来源较多,有来自工厂的数据、实验室的数据,还有来自各种手册上的数据,这些数据应经过严格的分析、处理和评估,否则,其应用效果必然不佳。同时,还有计算机软件的问题,软件功能的强弱对数据库中数据作用的发挥至关重要。为了进一步促进切削数据库的应用,切削数据库正在向集成化、智能化、实用化和网络化方向发展。

(1)集成化。企业为了方便和准确地查询本企业的制造资源,需要建立制造资源数据库,它一般包括工艺基本定义和分类、机床设备、刀具、工艺装备、毛坯种类、材料牌号、材料规格、工艺规则库、工艺简图库、工艺参数库(切削参数、设备参数、工时定额表)和典型工艺库等。切削数据库与 CAPP、CAD/CAM 和 CIMS 等联机,作为制造数据库的一部分,为这些自动化制造系统提供合理的切削加工数据,由切削数据中心向加工信息中心乃至生产信息中心发展,对加工过程中的规律、规则、数据和技术进行采集、评价、存储、处理及应用。因此,切削数据库对

NC 机床、加工中心及 CAD、CAM、CAPP、CIMS 等而言,是基础数据的提供者,是 CAM、CAPP、GT 等先进技术的基础。没有数据库的支持,就没有真正的计算机集成制造系统,所以集成化是切削数据库发展的必然趋势。

意大利比萨大学开发的用于选择刀具的 COATS 系统,实现了与 CAPP 系统的联结,其输入数据来自 CAPP 的子系统。一些计算机辅助设计与制造软件开发商也开发了切削数据库模块,如 UG CAM 中包含了一个切削数据库,通过数据库的查询,可以定义工件材料、刀具材料、刀具尺寸参数以及切削方法等,并通过数据库的运算,获得主轴转速和进给速度的数据。UG CAM 数据库由五个子库组成:工件材料库、刀具材料库、刀具尺寸参数库、切削方法库和切削速度库,UG CAM 数据库的结构如图 1-4 所示。刀具材料分为五类:高速钢、无涂层整体硬质合金、无涂层可转位硬质合金、涂层可转位硬质合金及涂层高速钢。切削方法分为四类:立铣、开槽、面铣和侧铣。

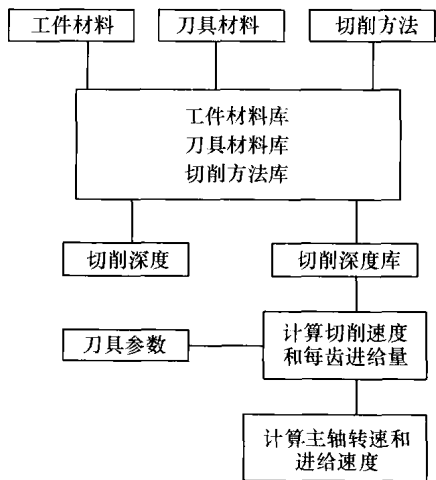


图 1-4 UG CAM 切削数据库的结构

刀具类型有:立铣刀、面铣刀、T 形铣刀、鼓形铣刀、UG5 参数铣刀、UG7 参数铣刀和 UG10 参数铣刀。工件材料类型有:碳素钢、合金钢、高速钢、不锈钢、工具钢、铝合金和铜合金。UG 切削数据库实现了与 UG CAM 的集成。其他 CAD/CAM 软件,如 Pro/E、MasterCAM、Cimatron 等,也都开发了各自的切削数据库模块。

(2)智能化。传统开发的切削数据库和刀具管理系统所提供的数据,大多只是“静态”的原始数据,比较具体、确定,从根本上来说,只能算作电子手册,对于生产现场出现的种类繁多的加工方式、性能千变万化的工件材料和刀具材料,仅靠“静态”数据库往往难以解决。由于数据库管理系统不能从存储的数据中进行逻辑推理或作启发性判断,因而存储数据的价值得不到充分发挥,而人工智能的优势却可以解决这一难题。目前,切削数据库正朝着智能化方向发展,利用人工智能的方法来建立切削数据库,使其具有“动态”特性。把人工智能与切削数据库结合起来,可以解决切削数据库中一些难以解决的问题。智能化是 20 世纪 80 年代以来切削数据库研究的重点,也是切削数据库今后的发展方向。

智能化就是将切削专家的经验,切削加工的某些一般规则与特殊规律存储在计算机中,实现运行与决策。很多切削技术及其专家的经验很难用严格的数学模型表达,如果将数据库与人工智能技术结合,则是解决这类问题的最好方法。

专家系统由知识库、推理机和人机界面三部分组成,其中最关键的部分是知识库和推理机。COATS 系统的知识表示采用了产生式规则。为了避免推理过程中出现多条规则同时满足的不确定情况,给每条规则赋予一定的权重。刀具参数的选择主要依靠知识库中的规则及其权重,通过一定的算法运算来得到。COATS 系统大约有 300 条规则,用 PROLOG 语言写成。宾夕法尼亚州立大学开发的切削加工参数选择专家系统 ESMDS 的推理方式为正向推理,系统的开发语言为 FORTRAN77。加拿大温莎大学开发了基于零件特征的机床和刀具选择专家系统,该系统用专家系统开发工具 EXSYS 开发,知识表示共采用了 122 条产生式规则,推理方式为逆向推理。前南斯拉夫开发了产生式规则和矩阵方法表示知识的刀具自动选择专家系统。国家“863”计划资助北京理工大学开发的 CIMS 环境下的切削数据库专家系统(BYJC - CIMS - MDSE),将切削数据库和专家系统服务多种功能加以集成,把专家系统中知识库的设计与

数据库相结合,取得了较好的效果。

专家系统采用规则匹配推理,适于容易找到因果关系的领域,切削加工中的有些现象却很难用规律性的知识和因果关系来描述,规则匹配推理也需解决规则冲突问题。此外,还有利用人工神经网络、模糊算法、基因遗传算法等,用于切削数据的计算推理,英国开发了基于实例推理的智能磨削参数选择系统。本书将介绍山东大学开发的基于混合推理的智能高速切削数据库。

根据人工智能学说,智能系统的智能越高,系统开发的成本就越大,所以智能化切削数据库的开发研究,应充分利用目前智能技术和信息科学等领域已有的科研成果,综合人与计算机的各自特点,从而开发出新型的智能切削数据库,以满足企业对切削数据合理使用的要求。

(3)实用化。通用切削数据库提供针对不同机床、不同切削方法、不同刀具材料的切削工艺参数,能够根据不同的加工条件,提供优化的刀具角度、切削速度、进给量等切削用量和切削介质等一系列切削参数。

但是,建立通用切削数据库是一项巨大的工程,要耗费大量的人力、物力和资金。作为一个公司、一个行业范围来说,它用到的刀具、工件材料是有限的,基本切削数据可以通过资料获得并经实践检验。因此,建立一个公司自己的数据库是有必要的,并且不会太困难。

许多刀具生产商和研究机构开发了计算机刀具数据管理(Tool Data Management, TDM)系统,如德国 Walter 公司的 TDM easy 软件,向用户推荐该公司的各类刀具加工不同工件材料时的切削参数。Walter 公司的 TDM 刀具管理软件具有缩短计划时间、使调整时间和工序间断时间降至最低、减少刀具种类、促进刀具标准化、减少刀具库存,以及对刀具订货进行控制的功能等。Sandvik Coromant 公司开发的 Auto TAS 刀具管理软件有 11 个集成模块。该软件可为该公司提供 3000 多种刀具的 CAD 模型(几何尺寸、检测、装配),可自动选择该公司样本与电子样本中的刀具使用,提供各种刀具的库存位置、成本、供应商、切削性能、刀具寿命及要加工工件的信息。Auto TAS 刀具管理软件还提供刀具库存管理、购买、统计分析、报表、刀具室计划与质量控制等功能。

Kennametal 公司也开发了自己的刀具管理软件 KATMS 与 ToolBoss。Datos 计算机公司推出的刀具供应软件收录有 30 多种刀具,并提供大量的信息,本身计算出的或获取的切削数据可以集成在软件内。Mapal 公司推出的全球刀具管理系统可为用户提供正确的刀具品种和数量,可为用户建立切削数据服务部,负责刀具的重磨、调整、发放等业务,帮助用户分析、评价加工过程等。Guntner 公司和 Seco 公司的刀具电子样本(图 1-5)可帮助用户正确选择和使用切削刀具。EMUGE FRANKEN 公司的刀具电子样本可计算和分析加工成本,还可对多功能刀具(如钻—铣螺纹刀具)提供编程指南和 G 代码的运行程序。

德国 CIM 公司研制了金属切削刀具的电子信息系统(称为 CIMSOURCE),包括世界上 17 个主要刀具公司生产的 115000 种以上的刀具数据(图 1-6)。CIMSOURCE 系统对刀具用户的服务,包括为刀具用户提供标准化图形、优化控制刀具业务和优化组织大批或成批的刀具供应。CIMSOURCE 系统的电子目录可帮助用户了解世界刀具市场推出的品种繁多的产品,并可获得较深入的信息,以便进一步用来准备具体的加工工艺过程。刀具供应商采用 CIMSOURCE 系统,可保证做到:①精确、按时地将刀具提供给用户;②因供应的刀具是以电子产品形式的,故价格最佳;③可扩大市场和便于用户进入全球性贸易网络。

国内许多研究机构和企业对刀具管理系统进行了研究开发,如国家“863”计划资助清华大学开发的面向 CIMS 的计算机辅助刀具管理系统,济南轻骑发动机厂开发的适合自己企业

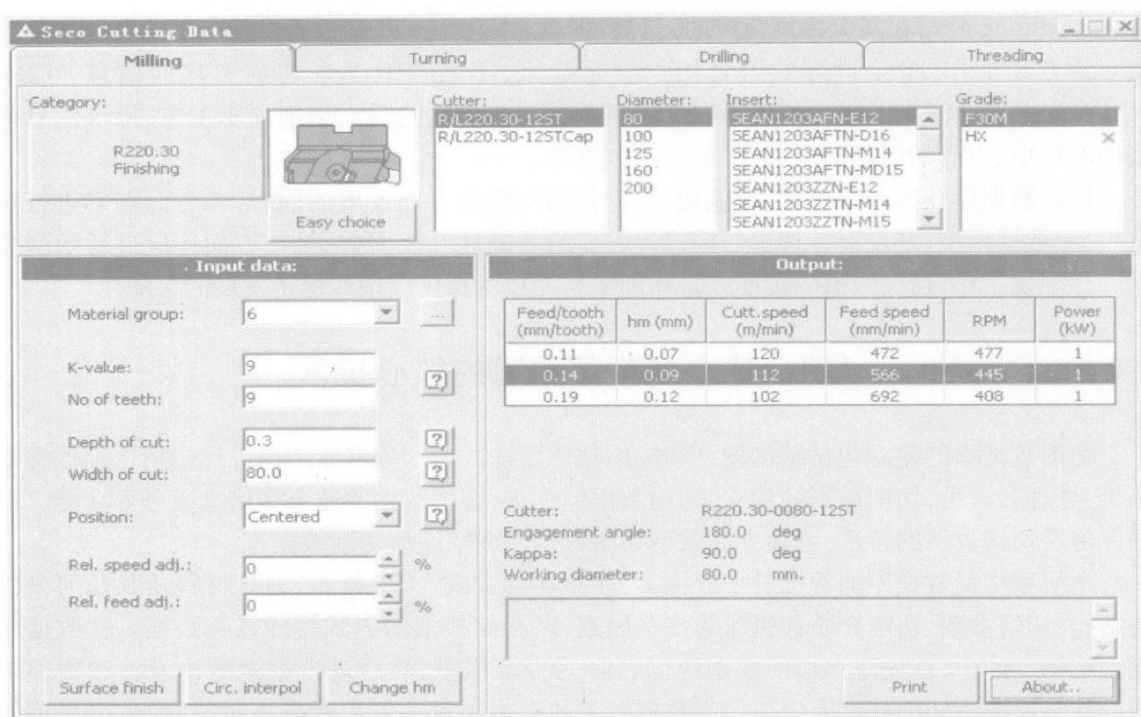


图 1-5 Seco 公司的刀具电子样本

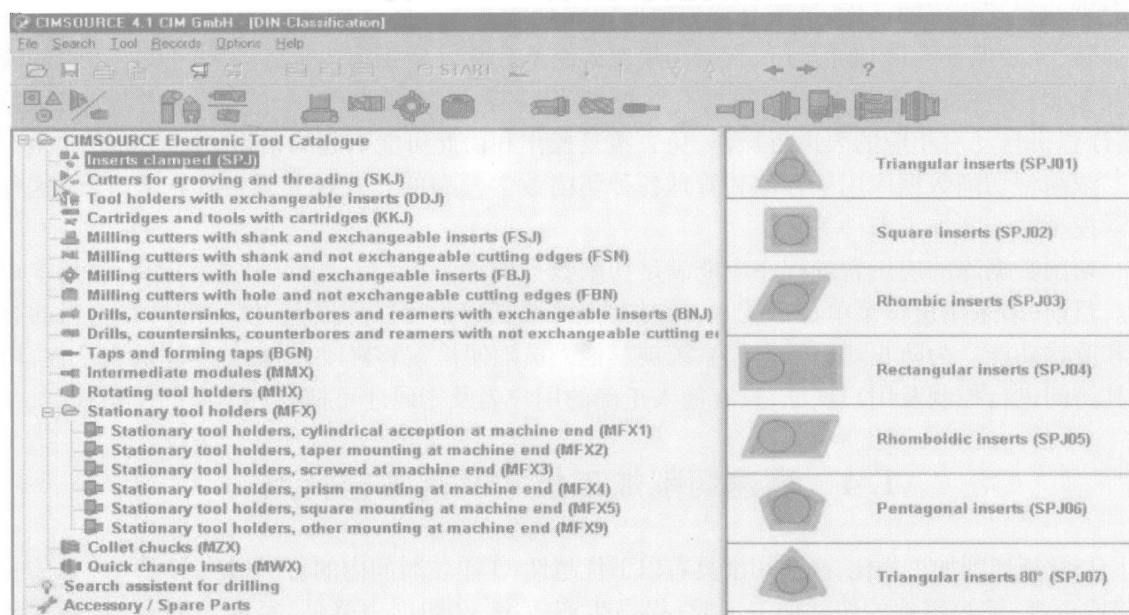


图 1-6 CIMSOURCE 切削数据库

的计算机刀具管理系统等。

(4) 网络化。迅速发展的 Internet 技术, 给切削数据库应用领域带来了新的活力, 网络化强调数据交换和资源共享, 将是未来切削数据库技术发展的主要趋势。

目前, 世界著名刀具制造公司纷纷开设了自己的网站, 通过访问这些网站, 用户可以了解该公司的概貌、目前的生产科研情况、新产品目录、特点、报价和出版物等, 有的还可以提供切削参数, 有的可以下载软件, 如下载刀具制造的标准程序、刀具选择软件以及刀具 CAD 图纸

等,如 Guhring 公司在网上提供免费的刀具管理软件。CIMSOURCE 也已纳入 Internet,并以人机对话方式工作,将全世界的刀具用户联系起来,不断获取关于切削刀具的信息。CIMSOURCE 可帮助解决下列刀具制造和使用问题:切削刀具的选择、切削加工工艺、提供信息网络内的订单、刀具的图形信息、刀具的生产数据等。

切削数据库在向着集成化、智能化、实用化和网络化方向发展的同时,一方面需要进行信息模型、数据模型、开发设计理论与模式等方面的基础性开发研究;另一方面还应进行切削数据的标准化工作,切削数据的标准化是切削数据库技术推广应用和稳定发展的保障。

1.3 建立切削数据库的核心技术

切削数据库的建立包括结构设计和应用软件设计。切削数据库结构设计包括切削数据的采集、处理和评价,切削数据的建立,切削数据的优化,切削数据的输出和信息服务等功能。根据评价后切削数据的特征,可建立离散型切削数据库或浓缩型切削数据库。

离散型切削数据库的数据量十分庞大,涉及切削方式、工件材料、刀具材料及其几何参数与结构、切削参数、切削介质和机床等许多因素,以存储检索的方式管理该类数据。在数据库概念结构设计中,首先建立切削数据的(实体—关系)模型,然后进行逻辑结构设计和物理结构设计。离散型切削数据库中,与切削数据有关的影响因素一般用代码表示,切削数据库里的关键字由影响切削数据选择的各代码叠加而成。因此,各种切削方式的关键字是不相同的,必须分别建立其相应的子库,这就是切削数据库的分库技术。各子库既要考虑它能在总控程序下运行,又要保证它能独立运行,它采用模块式结构建立。数据库内部各影响因素的表之间应建立参照完整性,父表与子表之间具有约束关系,对表进行修改(记录的插入、更新或删除)时,计算机自动对相应的表进行操作,免去重复操作和由此可能引起的错误。

浓缩型切削数据库用于存储和管理各种切削数学模型的算式及其系数和指数、产生这些数学模型的切削加工条件等。

切削数据库的应用管理程序应能满足切削数据的输入、更新、删除、检索和输出等基本要求。目前,多采用窗口菜单显示技术,同时在程序编制中采用循环嵌套,使系统具有相当的容错和改错功能。为防止切削数据库系统被其他人员随便检索和修改,保证数据库的安全性,可对其访问进行控制及用户认证,只有输入正确的用户名及密码才可拥有数据库的使用权。

1.4 高速切削加工技术及其工艺特点

与常规切削加工相比,高速切削具有以下优越性:①单位时间内的材料切除率可增加3倍~6倍或更高,缩短零件的切削加工工时,提高生产效率;②切削力降低,径向切削力小,有利于加工薄壁、细长等刚性差的零件;③大量的切削热被切屑带走,工件保持冷态,适合于加工易热变形的工件;④激振频率高,工作平稳,振动小,可加工非常精密、光洁的零件,表面残余应力小,可省去铣削后的精加工工序。因此,高速切削加工不仅可获得极高的生产效率,而且可以显著提高工件的加工精度和表面质量。

高速切削加工技术主要用于加工钢、铸铁及其合金,铝、镁合金,超级合金(镍基、铬基、铁基和钛基合金)及碳纤维增强塑料等复合材料,其中加工铸铁和铝合金最为普遍。①高速切削有色金属,如铝、铝合金,特别是铝的薄壁加工。目前已经可以加工出厚度为0.1mm、高