

航空材料金属切削数据 实用手册

AERONAUTICAL MATERIALS
METAL CUTTING DATA
PRACTICAL HANDBOOK

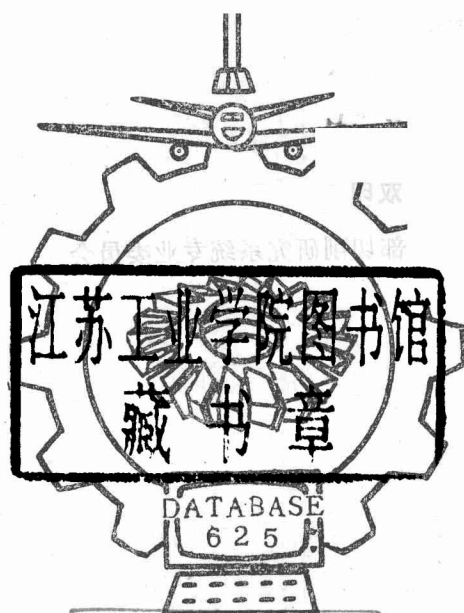
范茂祥 主编



航空航天工业部切削研究系统
北京航空工艺研究所

TG5-62

航空材料金属切削数据 实用手册



航空航天工业部切削研究系统
北京航空工艺研究所

内 容 简 介

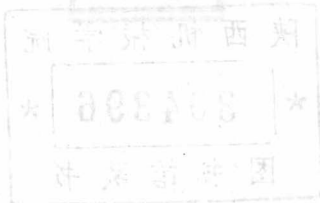
本书为航空材料金属切削数据实用手册。内容有：美国可加工数据中心和西德切削数据情报中心介绍；航空材料金属切削数据库文献数据库概述；国内发动机及飞机典型零件生产切削数据图表；国内外常用切削刀具材料及常用标准刀具几何参数；航空常用材料标准切削数据等。

本手册可供各工业部门、研究机构从事机械制造、CNC、CAD/CAM、FMS 切削数据库等工程技术人员、高等及中等院校师生阅读参考。

主编：范茂祥

付编：王尚志 田双印

审定：航空航天工业部切削研究系统专业委员会



航空工业部图书馆
北京

编 者 序

在机械制造中,金属切削加工占有很重要的地位。据1979年统计,美国约有230万台机床,每年为切削加工支付的费用高达1150亿美元。目前我国约拥有250万台金属切削机床,其中国防系统占有相当数量的精密机床和数控机床。因此建立以计算机为核心的优化切削数据及条件的金属切削数据库,以提高加工生产率、缩短生产周期、增强产品竞争能力、降低生产成本。这是当今国内外专业人员不断探索和研究的新课题。

随着计算机技术的不断发展,世界各国先后发展了各种形式的金属切削数据库。据不完全统计,在12个国家里已有30多个切削数据库正在运行和组建。不少切削数据库已投入使用服务,并已获得较好的经济效益。金属切削数据库已与CNC机床、CAD、CAM和FMS等联机,成为生产和科研中不可缺少的重要组成部份。

航空航天工业部从1984年开始,就组建我部航空材料金属切削数据库。在部切削研究系统的直接领导下,在我部各厂、所、院校的通力协作下,由北京航空工艺研究所、南京航空学院及西北工业大学三单位进行切削数据库的组建工作。几年来大家做了大量的工作,建成了多种小型实用切削数据库,部份已投入了使用,取得了良好的经济效果。

航空制造技术自五十年代至今已有近40年的历史,各工厂积累有丰富的生产经验但长期来各工厂的生产切削数据,没有被系统采集、而不少先进国家都有本国的金属切削数据手册。为此在航空航天部科研院。部切削研究系统、厂、所、院校的各级领导支持下,组织我部多方力量,采集了各厂的生产切削数据。参加采集的单位和人员主要有:沈阳黎明发动机制造公司(沈阳黎明机械公司)的曹祖安、吴树花、梁对巧等;成都发动机制造公司(成都新都机械厂)的何企青、吴健英、洪友瑞等;西安发动机制造公司(西安红旗发动机公司)的马丽、马秀清等;株洲南方动力机械公司的唐荣洁等;沈阳松陵飞机制造公司的佟素芬、魏翠燕、焦威东;成都飞机制造公司(成都峨眉机械公司)的胡经检、张治安等;南昌飞机制造公司的余勇民、李兰英等。最后北京航空工艺研究所把各单位采集来的生产切削数据,汇编成“航空材料金属切削数据削实用手册”。作为我部建库的组成部份,供有关工程技术人员和师生参阅。

陈芝光

参加本手册工作的还有:施福康、李书良、朱瑞芝、何光皓、陈雄、张秀荣、李一波、栗霄翠、陈亚文、徐立鑫。由部切削研究系统专业委员会对手册进行审定,参加人员有:部科技院姜淑芳;南京航空学院浦学锋;西北工业大学任敬心、张明贤;成都发动机制造公司宋志伟;沈阳松陵飞机制造公司公张福根;成都峨眉飞机制造公司徐斐然;航空工业部陕西硬质合金厂梅炯华;北京航空工艺研究所卢文玉。

在手册编写过程中,得到了部切削研究系统的厂、所、院、校的有关技术人员和老师的大力支持和帮助,借此表示衷心感谢。由于编辑水平有限,书中难免有缺点和错误,切望读者批评指正。

编 者 一九八九年于北京

目 录

一、前 言	(1)
二、国外金属切削数据库概况	(2)
1. 美国可加工性数据中心 (MDC)	(2)
2. 西德切削数据情报中心 (INFOS)	(5)
三、航空材料金属切削数据库	(8)
1. 航空材料金属切削数据库文献切削数据的采集	(9)
1.1 文献数据的整理、分析与评估	(9)
1.2 金属切削及切削数据库文摘的出版和发行	(9)
1.3 IBM-PC-XT微机选型和文献检索软件系统的建立	(10)
2. 航空材料金属切削数据库发动机和飞机生产切削数据	(10)
2.1 航空发动机典型零件生产切削数据	(11)
2.1.1 涡轮叶片典型工序生产切削数据	(11)
2.1.2 整流叶片典型工序生产切削数据	(24)
2.1.3 导向叶片典型工序生产切削数据	(30)
2.1.4 压气机叶片典型工序生产切削数据	(35)
2.1.5 涡轮盘典型工序生产切削数据	(43)
2.1.6 压气机盘典型工序生产切削数据	(59)
2.1.7 内外轴典型工序生产切削数据	(69)
2.1.8 轴颈典型工序生产切削数据	(80)
2.1.9 涡轮轴典型工序生产切削数据	(87)
2.2 飞机典型零件生产切削数据	(92)
2.2.1 飞机梁典型工序生产切削数据	(92)
2.2.2 飞机支臂典型工序生产切削数据	(102)
2.2.3 飞机大梁框架典型工序生产切削数据	(111)
2.2.4 飞机接头典型工序生产切削数据	(115)
四、切削刀具材料	(124)
五、常用切削刀具几何参数 (适用于标准刀具)	(138)
1. 车刀和镗刀的刀具几何参数	(141)
2. 端面铣刀的几何参数	(143)
3. 槽铣刀的几何参数	(144)
4. 棒铣刀的几何参数	(145)
5. 钻头的几何参数	(146)
6. 高速钢铰刀的几何参数	(148)
7. 硬质合金铰刀的几何参数	(148)
8. 拉刀的几何参数	(149)
六、航空航天材料机械加工常用材料切削数据	(150)
1. 车削加工	(151)

1.1 高速钢、硬质合金刀具单刃车削	(151)
1.2 切料和成形车削	(164)
2. 铣削加工	(173)
2.1 平面铣削	(173)
2.2 平面铣削——金刚石刀具	(184)
2.3 端铣——外形	(186)
2.4 端铣——外形——金刚石刀具	(199)
2.5 端铣——槽形	(200)
3. 钻削和铰削	(213)
3.1 钻削	(213)
3.2 枪钻	(223)
3.3 铰削	(231)
3.4 镗削	(246)
3.5 镗削——金刚石刀具	(262)
4. 拉削	(264)
5. 磨削	(271)
5.1 平面磨削——卧轴, 往复工作台	(278)
5.2 平面磨削——卧轴, 往复工作台——立方氮化硼砂轮	(281)
5.3 平面磨削——卧轴, 往复工作台——金刚石砂轮	(282)
5.4 外圆磨削	(289)
5.5 外圆磨削——立方氮化硼砂轮	(290)
5.6 外圆磨削——金刚石砂轮	(291)
七、附表	(291)
1. 航空航天金属材料牌号对照表	(291)
1.1 黑色金属材料牌号对照表	(294)
1.2 有色金属及合金牌号对照表	(297)
1.3 高温合金牌号对照表	(299)
1.4 铸造合金牌号对照表	(300)
1.5 国内外铸造镁合金标准、牌号对照表	(301)
2. 常用其它附表	(301)
2.1 统一公制计量单位中文名称	(302)
2.2 长度单位换算系数表	(303)
2.3 英寸和毫米换算表	(304)
2.4 硬度对照表	(304)
2.5 开、摄、蓝和氏温度换算表	(306)
2.6 三角函数表	(307)
八、参考文献	(308)

一、前言

金属切削加工是机械制造工业中应用最为广泛的加工方法,它占有极其重要的地位。据美国在1979年统计,全国拥有金属切削机床230万台,其中数控机床约占5万台,每年约有19.25亿美元花费在刀具上,16亿美元花费在机械加工的切削液上,在劳务和杂费上每年要支付约1150亿美元。在英国每年单是操作切削机床所支付的工资和总开销约花费20亿英镑。据估计我国目前已拥有250万台机床,其中大部优质机床集中在国防系统,如航空航天及兵器等工业部门,如以质量较好的机床为90万台,若以每小时台1.8元计算,则每年消耗在切削加工上的费用约达60亿元。因此,国内外金属切削专家对如何提高金属切削加工的经济效益,降低加工费用,给予极大重视。

随着计算机技术的发展,促使数控机床、加工中心及柔性制造系统日益发展,鉴于这些设备能适应多品种和小批量大中型零件的生产,它将越来越广泛地被应用。如目前国内外展出的各种形式的金属切削机床产品,大部分都带有以计算机为核心的先进控制系统,使生产向着自动化和无人管理方向发展。因此,计算机优化切削数据也已引起了人们的重视,研究如何按优化原则来选择合理的刀具材料、刀具几何参数、机床、切削液等最佳切削条件,以达到提高生产效率和降低生产成本,这就导致金属切削数据库的诞生。

切削数据库是随着计算机技术的迅速发展而兴起的一门新技术。简单地说,它是由计算机控制的可存取各种优化工艺切削数据的信息中心。其功能除能优选各种切削数据外,还可优选切削机床、工艺条件、刀具材料、冷却液、刀具寿命、加工时间等以达到提高生产率、降低成本和保证产品质量的目的。

工艺切削数据库系统有更广泛的信息流程。它包括文献数据、生产数据和实验数据的采集;数据准备如工艺模块、刀具使用标准、泰勒(Taylor)方程、切屑形状标准、切削方程等;信息优化如切削手册、软件、卡片集、标准值表以及刀具的寿命与磨损、加工表面粗糙度资料等;信息输出如邮电、终端、软件、打字等。

数据库系统的主要工作是充分应用先进的计算机技术,从数据采集开始,通过数据准备、数据分析、切削值模块等,将优化的切削数据存入计算机内。以便检索、修改、更新和提高,以保持数据库的切削数据的先进性。切削数据库还设有计算机终端,可随时为科研和生产提供信息输出。

众所周知,优化数据是科学试验和生产实践的结晶,是指导科研生产活动,提高产品质量,提高劳动生产率,节约能源和降低成本的依据。切削数据是机械加工数据最重要的组成部分,优化的最佳切削数据则是提高切削效率和降低切削成本的科学依据。因此,从六十年代开始,世界上不少国家先后建立了金属切削数据库或金属切削数据中心,从事优化切削数据的研究,并为科研和生产服务,取得了很好的经济效益。

随着工业技术的不断发展,金属切削数据库也在不断完善与提高,同生产工艺过程、生产管理计划,NC机床、计算机辅助设计和制造以及柔性制造系统等相联机,成为生产中不可缺少的重要组成部分。

二、国外金属切削数据库概况

1964年10月,美国金属切削联合研究公司与美国空军材料实验所签订合同,建立了世界上第一个金属切削数据库,现称美国可加工性数据中心(MDC),由美国金属切削联合研究公司经营。据称该库自投入服务到1973年11月底,已为各工业部门节约了1.5亿美元。近20多年来,世界各国先后建立了各种形式的金属切削数据库,据不完全统计,在12个国家里共有30个切削数据库正在运行或筹建中。其中主要的单位见表1.1,有的数据库已比较成熟并投入使用。

美国各公司、大学、研究机构建立的切削数据库多达13个,如美国通用电气公司的Carboloy,阿贝克斯公司的Abcx,通用汽车公司的GM,华纳-斯华赛公司的COMAD,H·B梅纳德公司的MACHDA,瑞士-斯特朗公司的AML,普渡大学的APPAS,宾夕法尼亚州立大学的ACAPS,联合工业研究所的CMPP,金属切削研究公司的AUTOPLAN,IBM公司的IBM等。其中有些库是独立的,有些已联机。美国的MDC及西德的Infos切削数据库在各国数据库中具有较完善和较强的信息服务能力。下面概述这二个数据库的情况。

表1.1

各国切削数据库一览表

筹 建 单 位	国 别	数据库简称	数据库使用情况	数 据 种 类
比利时金属加工工业研究中心	比利时	C.R.I.F.	筹 建 中	车
机械工业技术中心	法 国	CETIM	投 入 使 用	车、钻、铣
切削数据情报中心	西 德	INFOS	投 入 使 用	车、钻、铣、磨
工业研究所加工情报中心	日 本	TRI	筹 建 中	车、钻、铣
生产工程实验所	挪 威	SINTEF	筹 建 中	
瑞典生产工程研究所	瑞 典		筹 建 中	
生产工程研究协会	英 国	PERA MACBANK	投 入 使 用	车、钻、铣
金属切削联合研究公司	美 国	MDC	投 入 使 用	车、钻、铣、磨
马格德堡切削数据库	东 德	SWS	投 入 使 用	车、钻、铣、磨
技术研究协会	以色列	TECHNION	投 入 使 用	车、钻、铣
中央机床研究所	印 度	DATAMAC	投 入 使 用	车、钻、铣
瑞典 Coromant 数据服务	瑞 典	CRUFT COROCUT	筹 建 中	车、钻、铣

1. 美国可加工性数据中心 (MDC)

MDC二十多年来已存储数据量约35000条。MDC数据资料的来源主要是文献数据、生产数据及实验数据。MDC尤其重视各种新材料切削数据的采集,包括切削速度、进给量、切削深度、刀具材料及其几何参数、切削液等。MDC采集了60多种主要材料,以及30多种工序的加

工数据,加工工序有车削、铣削、钻铰和攻丝等。

当用户向MDC查询时,应提供以下数据:a.待加工材料的规范或商业牌号,毛坯条件(铸、热轧、冷拉、退火、淬火和回火等)、显微组织和硬度。b.材料加工工序(车、铣、钻、铰、平磨、电火花加工、电化学加工)。c.需要数据的特殊理由。d.对数据提交的特殊要求。e.用户的特殊要求。f.若用户要求提供有关改进效果方面的数据时,还应对现行切削条件详加说明。

MDC在收到用户上述查询请求后,即用一個由计算机(型号为IBM1130)支持的自动检索系统检索数据文件,待检索到后打印输出并递交给用户。

美国MDC在切削数据服务中心取得最大成效的是汇编了一本近2000页的可加工性切削数据手册,发行全国及其它国家,并于1966、1972、1980年出版了三版,取得了很好的社会效益。MDC的功能是采集、评价、存储和传递有关机械加工方面的信息,技术咨询是传播信息的一个重要组成部份。MDC包括以下系统。

1.1 切削数据(Cut Date)系统

切削数据系统的计算机选用IBM系列计算机。

1.1.1 硬件有二种规格

- a. IBM—PC 系列: 2个320 K 双面软盘、操作系统为DOS 1.1, 内存512 K。
- b. IBM—PC—XT 计算机: 一个320 K 的双面软盘, 一个硬盘, 操作系统DOS 2.0, 内存推荐256 K 或更大, 彩色CRT, DOT 矩阵打印机。

1.1.2 软件有下列几种

- a. 切削数据起动调整软盘一个, 内容为数据库管理软件, 系统运行的批文件, 材料信息和调整程序数据库。
- b. 切削数据库检索软盘一个, 内容有数据检索和显示软件模块, 以及切削速度和走刀量表格程序。
- c. 刀具和切削液软盘一个, 内容有刀具和切削液二个数据模块: 刀具模块有为车削、铣削、钻削、铰和攻丝的推荐刀具几何参数, 有硬质合金的、商标牌号以及与工业标准的相互对照。切削液模块有推荐切削液以及商标牌号。
- d. 切削数据维护软盘一个, 内容有数据的增加或删除软件模块。
- e. 切削速度和走刀量数据软盘24个, 切削速度和走刀量数据(也称可加工性数据)模块, 刀具材料, 切削速度和走刀量的推荐, 用于碳钢、合金钢、综合钢、高温合金和轻合金六大类材料, 61种材料组, 以及车削、铣削、孔加工和磨削等40种加工方式, 这些数据分成24个模块。

1.2 切削技术(Cut tech)系统

切削技术系统包括: 刀具目录、加工经验、加工数据、机床目录、加工分析、切削刀具、加工方法、切削条件, 机床, 计算时间及成本。也就是说包括机床选择、刀具选择、切削速度、切削深度和走刀量的选择, 加工时间和成本计算。

1.2.1 机床选择。根据零件要求合理选择机床, 如机床功率、机床工作台大小、主轴数、机床移动坐标范围、主轴速度和工件重量等。

1.2.2 刀具选择。根据加工零件要求, 选用合适的切削刀具。如铣削时, 根据工件及刀具材料选择刀具类型, 然后选择刀具尺寸及几何参数。如车削时, 根据刀具类型和零件材料选择刀具形状、尺寸和刀体。

1.2.3 切削深度选择。根据总的切削去除量, 合理选择切削深度, 根据MDC及生产经

验合理选择切削深度，再编成计算程序供加工生产使用。

1.2.4 切削速度和走刀量选择。在切削技术系统中，选择切削速度和走刀量有二种方式：一种方式是切削速度和走刀量的选择是切削技术系统中的组成部份之一，即切削推荐模块；另一种方式是切削速度和走刀量是由单独的表格来推荐，这些数据的选择是基于一般工序、工件材料和刀具材料，数据详见 MDC 切削加工手册。

1.2.5 加工时间及成本计算。工序的加工时间，可以直接根据切削技术系统所推荐的切削速度和走刀量求得。根据机床和刀具成本以及加工时间等正确的计算出加工成本。

以上切削技术软件模块的合理计算和选择对提高加工工艺水平及降低产品成本有重要意义。

1.3 切削计划 (Cut plan) 系统

切削计划模块是零件从设计到产品的制造全过程所需要的计划程序，在一个典型的制造厂里的计划程序涉及设计、生产控制、NC 编程、购置件、刀具和其它与制造有关的功能。

计算机化的计划系统，由于采用更多的典型方法和工具可以降低生产成本，缩短新厂的投产周期，提高工厂生产率。MDC 切削计划模块包括有 8 个功能模块，以满足各工厂的生产需要：

1.3.1 成组工艺的编码和分类。MDC 的成组工艺编码和分类有标准模块，可以满足用户对零件、材料、加工站、工序和工具等的成组工艺编码和分类需要。可提供用于各种计划系统程序的标准材料和工序编码。

1.3.2 操作程序开发。有两种先进的操作程序，用户可以对计划进行检索，具有各种功能，另外用户可以运用成组工艺编码建立新的计划信息。

1.3.3 选择加工站。根据工件对机床的要求，合理选用机床。这个模块可以根据给定的加工要求，选用一种或几种机床。

1.3.4 刀具选择。根据切削工艺参数和刀具选择逻辑选用合理的刀具。

1.3.5 切削吃刀深度的选择。这模块是根据切除余量，以及切削参数、刀具型号和加工逻辑来合理选择粗加工及精加工的吃刀深和走刀次数。

1.3.6 走刀量及切削速度的选择。根据 MDC 的切削数据手册，选择合适的走刀量及切削速度，但允许用户选用更合适的经验数据。

1.3.7 计算时间和成本。从 MDC 切削数据手册的参考值计算出工件的加工时间和成本。

1.3.8 计算机制图。这模块有一个问答式文件工具，可以进行制图，命令菜单可以显示在 CRT 上。

一体化的切削计划系统有 8 个模块，可以满足各公司的计算机辅助设计和计算机辅助制造的需要，如选择刀具，切削深度、切削速度和走刀量的选择，成本计算等 8 种功能。这些模块可从 MDC 切削手册中获得。

1.4 可编程序计算器

MDC 已编写了用于可编程计算器的程序。可编程手动计算器的优点是成本低和可携带性。美国金属切削研究联合公司已编制了 HP 公司的 HP—67 和 Texas Instruments 公司的 II—59 计算器程序。根据不同功能的磁带来选用，通过输入数据可获得各种输出数据，如进给速度、刀具寿命、加工成本等。还有磨削工序的成本计算和生产技术分析。

从以上四个方面：MDC 切削数据采集与咨询、切削数据系统、切削技术系统、切削计划系统和可编程计算器程序，对 MDC 的工作情况作了介绍，说明美国金属切削联合公司在切削数据库的建立，采集数据，咨询服务等应用方面，长期来投入了相当的人力物力，做了大量的工作，

在科研生产上取得了显著成就，为国家和各有关部门节约了大量资财，取得了显著的经济效益。现在 MDC 已成为可加工性数据的采集、评述和传播的信息分析中心。

2. 西德切削数据情报中心 (INFOS)

西德阿亨工业大学的机床与生产工程研究所吸取各国切削数据库的优点，在1971年建立了切削数据情报中心，简称 INFOS，它受西德情报和文件协会 (GID) 的赞助和支持，并由 54 个公司为其提供数据。据报导，Infos 库存的切削数据有：粗精外圆车削、端面车削、切料及内孔车削；钻削、扩孔、铰孔及深孔钻削；端铣、棒铣、滚铣；外圆切入磨削、内外圆表面磨削；还有部份电加工数据。据 1979 年报导，Infos 存有 100 多种车削材料，其中有铸铁材料 17 种、轻合金 9 种、高合金钢 20 种、低合金钢 31 种、碳钢 14 种、非结构合金钢 10 种，其中有些材料的切削数据放在生产工厂的数据库中。迄今 INFOS 存储的材料可加工性方面的信息总量已达二百万个单数据，成为当今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。

Infos 切削数据信息的咨询服务面向全国各生产科研单位，咨询量逐年增加，如以 1978 年作为 100%，则 1979 年为 260%，1980 年为 350%。为了使用户能很好的使用 Infos 切削数据库，他们经常举办技术短训班为用户培训人员。Infos 还不定期发行切削工艺简报，出版切削手册，出售切削数据有关软件等。目前 Infos 切削数据库内的切削数据存储量比其它国家多，所以它具有较全面的信息服务能力。

下面就 INFOS 的数据服务能力，工作方式和软件发展情况简介如下；

2.1 INFOS 的数据服务能力

2.1.1 标准服务

每年提供新的推荐值表；回答简短的询问；参加 EXAPT—INFOS 工作组会议；提供车削、钻削、铣削和磨削加工过程的信息。

2.1.2 补充服务

根据试验数据文件和用户手册接受 INFOS 应用软件；就 INFOS 软件、数据文件拟订、工艺、操作、成果评价等给用户讲课；参加 INFOS 切削技术研讨会；标准切削数据手册；袖珍式计算器程序；数据计算；INFOS 材料数据文件；INFOS 确定切削数据的程序，如 ‘TURN’ 等；解决用户提出的特殊课题；与生产设施有关的推荐值表。

当然上述 INFOS 的各种服务都是收费的，例如 INFOS 软件每件收费 5000 马克，参加 INFOS 切削技术研讨会每人收费 180 马克，标准切削数据手册 5000 马克，袖珍计算器程序 6000 马克。

2.2 INFOS 的工作方式和同公司（数据用户）间的关系。

INFOS 的工作方式，首先由各工作组成员以自动和人工两种数据采集方式向 INFOS 系统地提供有关车削、钻削、铣削和磨削等工序的数据，这些数据经专家检验分析、比较和评估，并按一定的数学模型进行浓缩以后再存储到相应的硬盘文件里，以供检索。INFOS 主要以程序包和切削数据文件为各公司（用户）服务，用户在使用这些数据以后，又将信息反馈给 INFOS，使其数据不断更新。INFOS 把自己称做“中立于公司的信息中心”，而把用户（公司）这一级称做“公司专用信息中心”，表明 INFOS 提供的数据并非为某一公司所专用，而是通用的所谓中立数据。因此，用户使用这些数据时必须结合本厂的实际情况修正使用，具体改动的信息首先反馈给公司级的信息中心，然后再将数据的适用性反馈给 INFOS。

2.3 INFOS 软件发展情况

为了用计算机辅助处理数据和开展数据服务, INFOS 发展了一系列的应用软件和系统管理软件, 它基本上是由5个程序模块组成, 即4个应用程序 AUSWER, RICHTW, TURN(DRILL, MILL), TURNLST (DRILLST, MILLST) 和一个系统管理软件 INFOMS, 兹就各程序模块的主要功能简介如下:

2.3.1 AUSWER 程序模块的功能是将采集到的数据按一定数学模型进行处理, 从而得出各特性参数, 生成材料文件。AUSWER 程序对刀具寿命试验的数据作评估时, 采用了扩大的泰勒方程式作数学模型, 即

$$V = C \cdot f^E \cdot aP^F \cdot T^G \cdot VB^H$$

式中: V 切削速度 (米/分) f 进给量 (毫米/转)
 aP 切削深度 (毫米) T 刀具寿命 (分钟)
 VB 刀具后面磨损带宽度 (E, F, G, H 指数)

INFOS 对 $f \cdot aP \cdot VB$ 的指数不是取经验常数, 而且针对各种工件材料/刀具材料组合得出不同的数值, 因而大大提高了数据的可靠性。

所有经过 AUSWER 评估的数据, 例如材料牌号、抗拉强度等都存入材料文件中。

2.3.2 RICHTW 程序模块, 其功能是将材料文件中各特性数据调出来, 按一定的格式打印成推荐值表。使表中具有下列数据:

每种工件材料和刀具材料的特性参数

切削数据, 如切削深度 aP , 进给量 f , 切削速度 V , 切削力 F_c , 功率 K_w 及切除率 $CM^3/分$ 等。

将每个推荐值表汇编成册就是切削数据手册。它不是针对某个公司或零件拟订的切削数据, 而是前面提到过的通用数据表, 是数据库的基础数据, 没有一定数量的推荐值表, 就不可能开展数据服务。

2.3.3 确定优化数据的程序模块 TURN (DRIUMILL), 这个程序模块的功能是根据零件图纸上的要求, 结合具体使用的机床刀具和装夹方式等输出, 考虑了工艺限制条件的优化切削数据, 或仅输出公司级的通用数据表, 供工艺员查用。

INFOS 自 1971 年建库后, 计算机辅助优化切削数据的程序共有三个, 即 TURN, DRILL 和 MILL 程序, 由于“TURN”程序最成熟且已投入使用, 故本文只举“TURN”程序为例。

TURN 程序的功能主要是检验输入, 从机床文件, 刀具文件和材料文件上读数据, 然后确定优化切削数据和决定加工时间和成本。INFOS 优化切削数据的判别有最低成本的切削速度、最低生产时间的切削速度和给定的刀具寿命等三种。

“TURN”程序采用分段结构, 源程序有 8600 张卡, 占内存 $\approx 22 K$, 计算时间 10.4 秒, 迄今曾在 Cyber 175, CD 6400, IBM 370/168, Siemens 4004/151 C, VAX, Siemens R30 和 PRIME 450 等计算机上运行过。

2.3.4 TURNLST 程序模块的功能是将 TURN 程序确定的各切削数据以表格的形式输出。

由“TURNLST”生成的某一零件在 NC 机床上加工时的切削数据, 它包含的数据有: 按工件选择的机床和刀具材料的数据; 零件的数据, 如夹紧方法和加工截面数据; 加工工序 (纵车、端车、粗车和精车); 设定的优化数据, 优化的切削数据, 必须考虑的工艺限制因素; 总成本加

2.3.5 数据库管理系统 INFDMMS 模块,该系统的功能是读和检验文件,对文件进行插入、修改、删除和安全操作,打印文件和再生输入数据,INFDMMS 是数据库能顺利运行的关键。软件系统通过它来管理 TURN—AUSWER, RICHTW—TURN, TURN 和 TURNLST 等程序。

2.3.6 数据文件。大量的需反复调用的数据都以一定的格式分别存储在计算机里,按数据来源分成机床、刀具和材料三个文件,由 INFDMIS 调用进入内存,INFOS 存储了大量数据。例如每台机床有 24 个特性参数,每个刀具具有 14 个特性参数,每个材料/刀具材料附有 19 个特性参数,此外还有 4 个标准数值和 13 个修正系数分别存在机床、刀具和材料文件里。若有一个数据库含有 10 台机床、30 种刀具、30 种材料(而每种材料用 3 种刀具切削),至少有 30000 个单数据需存储在文件里。

7

三、航空航天材料金属切削数据库

航空航天部现拥有金切机床数万台。为开动这些机床,每年在动力、原材料、工具和切削液、设备和劳务等方面的开支约为6~7亿元。如以节约1%计算,则每年约可节约数千万元。我部生产的产品以高温耐热合金、钛合金等难加工材料为主,航空材料切削数据库有它的特殊性和专业性。

为适应航空航天工业的迅速发展,需要研制许多抗高温、抗高应力、抗腐蚀等在特殊环境中使用的新材料。如几年前还是在实验室里研制的许多新金属及合金,以及其它特种材料,现已用于航空航天产品上了。亚音速和超音速的推进装置要求材料要轻及承受越来越高的温度及使用寿命,促使研制新的超热合金和高温合金,如耐热合金、耐熔合金、钛合金和复合材料等。加工这些难加工材料,不但要保证产品零件具有高的尺寸精度和表面粗糙度,如加工航空辅机的球形零件的不球度为0.2微米、而且对机械加工和其它非传统加工的产品零件的表面完整性有很高的要求,如零件表面层的金相组织、塑性变形、残余应力、过回火、微观和宏观裂纹等对实际使用性能的影响,其中疲劳性能是航空航天零件使用可靠性及寿命的决定因素。航空零件断裂故障的金相分析或断口分析表明,无论是动载疲劳断裂,还是静载延滞断裂,其主要原因都是零件加工表面层质量不良所造成。零件表面层质量的好坏直接影响飞机发动机、飞行器推进器的安全、可靠性和使用寿命,也就是说事关人身安全的大事。

随着高性能飞机、发动机、飞行器的发展,要求飞机和飞行器的燃油消耗量低、推力大,重量轻、性能好、速度快等,零件的工作条件愈来愈恶劣,如先进的高推比发动机的涡轮前温度达1600℃,势必采用各种新型耐热材料,给切削加工带来新的困难并对零件表面完整性提出了更严格的要求。因此宇航难加工材料的优化切削数据及表面完整性的研究具有重要的技术经济意义。

国外航空航天等工业对难加工材料的切削及表面完整性研究非常重视,如美国金属切削研究联合公司(Metcut)早在六十年代就从事航空材料切削及表面完整性的研究,进行了大量试验研究工作,已编制出版了一整套切削加工用量及表面完整性的指导资料,这对美国宇航生产起了重要作用。国内宇航难加工材料的切削研究,在六十年代就开始,尤其通过飞机和发动机发生的故障、事故或寿命等试验分析,使我们对难加工材料切削和表面完整性的重要性有了进一步的认识,加速了航空科研单位和生产工厂对这一工作的开展。

航空航天材料的切削及表面完整性的研究指导资料为制订合理工艺规范和工艺方法等提供了依据,减少了产品的废品率和返工率,提高了产品质量、生产率并降低了成本,确保了产品的使用可靠性。

例如,某发动机厂磨削镍基铸造涡轮叶片榫齿,经检查发现有显微裂纹,报废率达60%,经台架试车5小时后再检查,又有2/3叶片发现裂纹,再次报废率共达90%。后经金相检查,查明是因磨削工艺不合理所致。后经研究制订了合理工艺规范,排除了裂纹故障,使磨削榫齿的报废率由90%提高到2%。

又如,某发动机厂的GH37镍基锻造涡轮叶片榫齿,加工零件榫齿有波纹、表面冷作硬化层深,有大的拉残余应力,只有采用综合措施以使加工零件有较好的表面层质量,但生产率低,产品质量不稳定。后改拉削榫齿工艺规范,如精拉时的齿升量为5微米,拉削速度为1.5米/分等,获得了良好的榫齿表面层质量,提高了零件的使用可靠性和生产效率。

总之,多年来我们对难加工材料的切削加工进行了不少研究工作,确保了产品质量,使航空生产技术向前发展。

根据国外切削数据库建库的经验,要建成一个实用性的切削数据库,往往需要采集上百万条文献数据、生产切削数据和实验切削数据。国家要给以较大的资金和较多的人员,一般要花近10年的时间才能完成。采集数据的工作量很大,必须分期分批有步骤地进行,并应根据人力、资金等具体情况,从易到难稳步进行。鉴于目前我们的建库经费少及人员缺的具体情况,确定先从文献数据采集着手,以后再逐步扩大。并由航空工艺研究所、南京航空学院及西北工业大学为主进行组建。

几年来,我部各单位在组建切削数据库方面做了不少工作。如航空工艺研究所,建立了金属切削数据库文献数据管理系统、飞机和发动机生产数据工艺库以及孔和铣削加工工艺库。南京航空学院,建立了金属切削数据库NIMDC应用管理程序、以及计算机辅助切削数据采集与处理系统。北京航空航天大学,建立了切削力测试系统,以及沈阳航空学院建立了切削刀具计算机辅助设计程序等。为我部早日建成航空航天材料金属切削数据库打下了基础。

从以上可见组建我部金属切削数据库,基本采取分散建库的形式。并以IBM—PC—XT微机作为分散建库的通用性机型,以便软盘可以通用,此机兼容性好,容量也能满足要求,目前各单位基本上都用此微机,并为今后联网打下基础。分散建库可根据各单位的各自条件和优势,建立各种专业性的切削数据库。通过这几年的实践说明,分散式建立航空航天金属切削专业数据库是经济的、可行的。但有些可采用集中建库的形式,由主建单位组建。下面就组建二个库作一介绍。

1. 航空航天材料金属切削数据库文献切削数据的采集

1984年下半年就开始进行文献切削数据的采集工作,组织了航空材料切削研究系统有关厂、所、院校参加,参加的单位有西工大,南京航院、沈阳黎明机械公司、西安红旗发动机公司、成都新都机械厂、成都峨眉机械公司、贵阳新艺机械厂、北京中国精密机械研究所、上海铁岭机械厂等十多个单位。文献切削数据的采集主要采集国外近期的期刊和论文集二十多种,文种有英、德、日、俄、法五种。参加采集的人员都来自我部各厂、所、院校的教授、副教授、讲师、高级工程师、工程师、技术员和情报人员等。这些采集人员都有一定的外文基础和专业知识,组织这样较广泛的文献数据采集系统,在航空部来讲还是第一次。

1.1 文献数据的整理、分析与评估

由十几个单位采集来的文献资料数据,要进行整理、分析及评估,是一件十分繁重的工作。一方面资料整理量大,另一方面有些单位采集的资料质量较差,这给我们带来很多困难。另外文献资料涉及面广:有切削理论、各种刀具材料及涂层、新刀具结构的应用及制造、磨料及磨具、各种材料的切削加工性、加工精度与表面完整性、切削加工技术、切削液及冷却润滑液、测试技术,以及优化及切削数据库。我们把这些资料进行分类,以及计算机编码等。使整个文献资料比较有系统、为计算机检索作了准备。

1.2 金属切削及切削数据库文摘的出版和发行。

从国外运行的切削数据库的应用来看,出版切削数据小册子、卡片,出版文献资料、手册等。如美国的MDC及西德的Infos切削数据库,这些都是切削数据库的主要日常工作,因为它可以广泛的和较快的传递技术信息,使生产及科研获得良好的社会效益。为此本课题选择了文献资料采集中的部分切削资料文摘,经过筛选和评估汇编了“金属切削及切削数据库文摘”单行本,并印刷出版。文摘内容含切削理论、刀具材料及涂层、新刀具结构、车铣磨钻镗的机械加工、磨

料及磨具,钛合金和高温合金及其它材料的可加工性、加工精度及表面完整性;切削加工新技术、优化及切削数据库等。这本将近200页的切削文摘,主要介绍国外近几年来切削新工艺技术,还有部分国内的情况,是我国国内一本比较全面和系统的切削及切削数据库的专业书本,在我航空部切削研究系统还是第一次发行,现在发行到国内近百个厂、所、院校及机关。这将会对航空工业及国内有关单位的生产及科研起一定作用。将会产生较广泛和较好的社会效益。

1.3 IBM—PC—XT 微机选型和文献检索软件系统的建立

切削数据库是用现代计算机来实现文献资料数据、生产和实验切削数据的存取、检索、优化、咨询、管理、联机等工作。

为了使我国各单位逐步实现切削数据库联网,实现CAD、CAM等联机工作,计算机的选型进行了调研及分析。结合国内及我部的计算机应用情况,确定选用了IBM—PC—XT微机作为航空材料金属切削数据库的微机、这种微机价格合理、兼容性好、运行稳定、容量较大,一般可满足中小型切削数据库的需要。

文献资料数据及部分生产切削数据的存储与检索是本课题研究的主要任务之一。经过对IBM—PC—XT微机操作系统的消化,建立了文献资料及生产数据检索系统软件,并全部存入了采集的文献资料数据,这为建立航空切削数据库迈进了一步。

实践表明在IBM—PC—XT微机上,输入中文文字及数据是很费劲的,输入速度很慢。所以要建立中文切削数据库要分期分批的采集大量资料,和逐步存入计算机,要花相当的人力物力和较长的时间。文献资料数据我们存储了20多万字。已考贝了五个软盘。这可根据用户需要,随时检索或打印。

部分生产切削数据我们也编制了一部分软件,即耐热合金、钛合金及铝合金,这些数据也存入了IBM—PC—XT微机,并考贝了二个软盘,这些数据可随时检索、或打印。供我航空切削研究系统有关单位使用。

2. 航空航天材料金属切削数据库发动机和飞机生产切削数据

在组织各厂、所、院校进行文献切削数据采集、评估、以及出版发行金属切削及切削数据库文摘专业单行本的基础上,1986年又组织了有关厂、所、院校进行飞机、发动机典型零件生产数据采集与评估工作。参加生产切削数据采集的单位有飞机和发动机的主要工厂:黎明发动机公司、西安红旗发动机公司、成都新都机械厂、株洲南方动力公司、沈阳松陵机械厂、南昌洪都机械厂、成都峨眉机械厂以及有关院校、所等十几个单位。生产切削数据采集时,我们印发了统一的切削数据采集卡、分发各生产单位填写,最后由我所将这些采集卡汇总、整理、分析与评估。由于各生产工厂的设备、工装、刀具、冷却液等条件存在差距,故采集的生产切削数据也有些出入。另外由于目前各工厂军品生产任务不足,有些现场生产切削数据难以直接取得。只能通过查阅以往生产的工艺资料、采访原生产工人而获得,有些采集数据不全、有些采集的切削数据有较大出入。虽经我们整理、汇总、分析、比较取舍和评估,也难免有些数据有考虑不周之处。在汇编中,我们以工厂生产的实际切削数据作为基本依据,保持工厂生产的实情,以供有关单位参考选用。

2.1 航空发动机典型零件生产切削数据

2.1.1 涡轮叶片典型工序生产切削数据

2.1.1.1 涡轮叶片材料热处理、机械性能

涡轮叶片的常用材料有：镍基变形高温合金 GH 37、GH 49、GH 220；镍基铸造高温合金 DZ—4、K₃等。

GH 37 为模锻件。热处理规范：第一次淬火 $1180^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，2.5 小时空冷；第二次淬火 $1050^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，4~4.5 小时缓冷；时效 $800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，16~17 小时空冷。硬度在室温时 $d = 3.3 \sim 3.7$ 。机械性能：800℃时， $\sigma_b \geq 68 \text{ kgf/mm}^2$ ， $\delta_5 \geq 4.5\%$ ， $\psi \geq 8\%$ ；高温持久强度：应力为 20 kgf/mm^2 ，(850℃) 持续时间 ≥ 50 小时。

GH 49 为模锻件。热处理规范：第一次淬火 $1200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，2 小时空冷；第二次淬火 $1050^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，4 小时散开空冷；时效 $950^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，2 小时空冷。硬度在室温时 $d = 3.3 \sim 3.65$ 。机械性能：高温短时：900℃ $\sigma_b \geq 55 \text{ kgf/mm}^2$ ， $\delta_5 \geq 7\%$ ， $\psi \geq 8\%$ ；高温持久：900℃ 负荷 22 kgf/mm^2 ，持续时间 ≥ 50 小时。

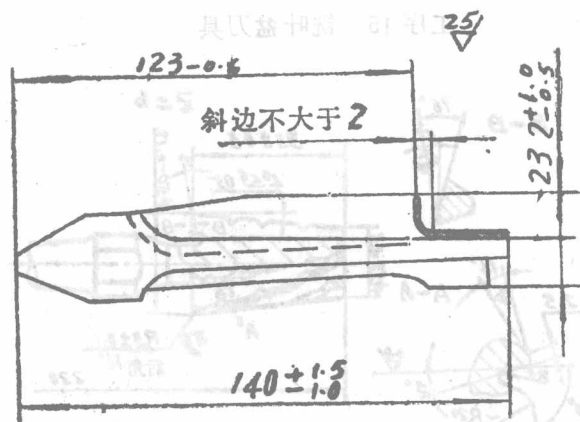
GH 220 为模锻件。热处理：第一次淬火 $1220^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 4 小时空冷；时效：950℃ $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 2 小时空冷。硬度在室温时 $d = 3.3 \sim 3.6$ 。机械性能：高温瞬时：950℃， $\sigma_b \geq 50 \text{ kgf/mm}^2$ ， $\delta_5 \geq 8\%$ ， $\psi \geq 11\%$ ；高温持久：940℃，负荷 22 kgf/mm^2 ，持续时间 ≥ 40 小时。

DZ—4 为精密铸件。热处理规范：固溶处理，真空 $1210^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 2 小时，氩气保护快速冷却；时效，真空 $870^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 32 小时，氩气保温快冷。机械性能：高温持久强度，950℃，负荷 24 kgf/mm^2 ，持续时间 ≥ 55 小时。

K₃ 为精密铸件。在铸态下主要组成是： γ 基体、 γ' 相、 $(\gamma-\gamma')$ 共晶、MC 碳化物和 M_3B_2 硼化物。机械性能：高温持久：975℃，负荷 20 kgf/mm^2 ，不小于 25 小时；高温拉伸：600℃， $\sigma_b \geq 90 \text{ kgf/mm}^2$ ， $\sigma_{0.2} \geq 80 \text{ kgf/mm}^2$ ， $\delta_5 \geq 5.5\%$ ， $\psi \geq 6.5\%$ 。

2.1.1.2 涡轮叶片典型工序、刀具图

工序 0 铣凸台



工序 0 铣凸台刀具

