

具有切削参数计算评估功能的切削参数数据库软件的设计与开发

Design and Development Technology of Cutting Parameter Database With Calculation and Evaluating Function

北京航空制造工程研究所
复杂构件数控加工工艺及装备北京市重点实验室 王文理 梁岱春
数字化制造技术航空科技重点实验室

[摘要] 分析了切削参数数据库技术的现状,介绍了一种不但具有切削参数数据库功能,而且具有切削参数计算评估功能的软件的设计与开发,着重介绍了其切削参数优化计算评估功能模块的设计思路、工作原理及计算方法,可加工系数及进给速度修正系数的应用使计算结果更可信。还介绍了使用 VC++6.0 编制基于文档视图的应用程序处理后台 Access 数据库的软件实现。

关键词: 切削参数数据库 切削参数计算与评估软件开发

[ABSTRACT] The status of cutting parameter database technology is analyzed. One of the software design and exploitation is presented, which not only has cutting parameter database function but has cutting parameter calculation and evaluating function. More important, the design idea, the operational principle and the method of calculation are presented. The cutting coefficient and the correction coefficient of feedrate of cutting parameter calculation and evaluation module is also introduced, all this makes the calculation result more dependable. And the realization of software to dispose background access database by application of VC++6.0 based on document views.

Keywords: Cutting parameter database Calculation and evaluating of cutting parameter Software exploitation

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S1.039

近年,随着德国“工业 4.0”概念的提出以及“中国制造 2025”规划的出台,我国制造业基于物理信息融合技术将大幅度推进,工业化和信息化将深度融合,数字化制造技术、智能制造技术将得到大力发展。在“十三五”期间,中航工业将大力推进智能制造生产线的建设,切削参数数据库作为数字化、智能化制造的底

层支撑基础数据库,也愈发显现出其重要性。现在,我国很多制造业企业都购置或开发了切削参数数据库系统,各有特点及侧重,但普遍的情况是应用状态不佳,对智能制造未能提供有效、科学的支撑。有些是数据结构过于复杂,各类参数过于专业,或者对使用者的角色定位不清,数据的录入与操作复杂而导致不便使用;有些是数据结构设计不尽合理,与生产实际脱节,导致使用意义不大。本软件的设计思路是满足数控加工过程的实际需求,根据工艺技术人员与生产管理人员的工作需求,数据结构尽量简洁、操作方便简单,但力求实用,不但具有有效管理各类加工过程中的数据及切削参数的数据库功能,而且能够对每组切削参数进行计算,用于对切削参数的优化或评估,为技术人员进行切削参数与刀具的选择提供数据支持,使数据库具有一定的专家决策功能,为未来支持自动化智能制造打好基础。

1 软件结构的设计

该软件包括 3 个模块:基础数据库、切削参数库及切削参数计算与评估。基础数据库顾名思义是基础数据,每条数据有唯一一个主键,为切削参数库提供支持。切削参数计算与评估要从切削参数库选取符合条件的切削参数,然后进行评估计算。所以,这 3 个模块密切相关,但又能独立运行。本系统采用 VC++6.0 工具开发,后台数据库采用 Access 数据库,采用资源管理器形式的树形结构进行管理,使层次结构关系明晰,操作方便。软件结构如图 1 所示。

1.1 基础数据库设计

基础数据库包括如图 1 所示的 9 个库,这些基础库的设计原则是从实际工作所涉及到的数控加工的几个主要领域分别建库,分析提取关键要素构成数据结构,能够对刀具、设备、材料等有关数控加工的各方面进行有效管理,对于生产管理人员的工作很有帮助。这 9 个

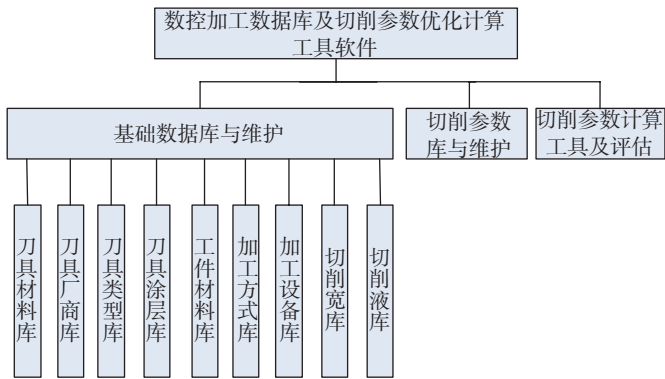


图1 软件结构
Fig.1 Frame of software

基础数据库都是单独的库,可以编辑维护。各个基础库又为切削参数库提供数据来源,在切削参数库录入时,各基础数据的主键直接出现在下拉列表中,直接点选即可。例如,在切削参数库中录入一条切削参数信息时,可从基础数据库中选取刀具、加工方式、工件材料、设备等加工条件和基础信息,然后录入此条件下的切削参数。切削参数中仅涉及到一些关键信息,例如设备型号,有关此设备的详细信息在基础库中的设备库有详细的记录,记录了各设备的坐标轴、行程、主轴功率等详细信息。图2所示为基础数据库与切削参数库的数据结构及关系。

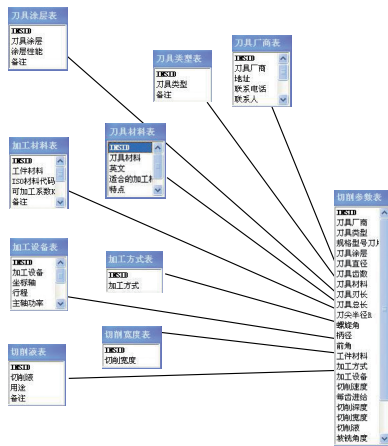


图2 基础数据库与切削参数库的数据结构及关系
Fig.2 Data items of basic database and cutting parameter database, and relationship between 2 databases

1.2 切削参数库的结构设计

切削参数库是本软件的核心数据库,其数据项及操作界面如图3所示,切削参数库也是切削参数的计算评估模块的基础。“*”号项是切削参数的关键项,为必填项,因为关键项不但是该组切削参数的必备数据,而且还要用于切削参数的评估计算。每组切削参数涉及到刀具厂商及型号规格、工件材料、加工方式、设备、切削

速度、每齿进给、切削深度、切削宽度、评价及寿命指标,较为全面、科学地反映了某种型号的刀具对某种材料的某类切削方式下的切削参数。在平时的工作中,对经过实践经验验证过的切削参数及时积累进入数据库,尤其是与刀具使用寿命极其相关的切削长度的数据的录入积累,并可填写该组数据的评估及建议,实现加工经验的积累及传递,将对以后的工作或对他人有极大的帮助,将该数据库的后台数据库文件拷给其他人即可实现共享。

1.3 切削参数优化计算评估

切削参数优化计算评估是该软件的显著特点及功能模块。该模块能够对选择的某组切削参数进行评估计算,工艺技术人员通过结算结果进行优化,可以调整某项切削参数,重新计算,进行对计算结果的评估后,应用于实际加工。通常刀具厂商提供的某种刀具的切削参数只包括刀具直径、齿数、切削速度、每齿进给、切削深度、切削宽度、切削方式、工件材料这些基础切削参数,而工艺技术人员真正关心的主轴转速、进给速度、切除率、切削力、切削扭矩、切削功率、刀具耐用度、切削功率与加工设备的主轴功率之比等信息是没有的。本软件的切削参数优化计算评估模块正是根据切削参数的基础数据,在内部计算得出上述工艺技术人员真正关心的数据,提供给工艺技术人员参考、决策、评估及工艺优化。工艺技术人员根据该模块计算得到的主轴转速、切削功率、切削扭矩、切削功率与加工设备的主轴功率之比等参数,判断所选择的设备功率、设备刚性是否合适;根据切削力、切除率等参数判断所选的刀具刀柄的刚性是否合适;根据主轴转速、进给速度、切除率等参数判断此组参数是否适合当前的精加工或粗加工状态,是否适合当前的表面粗糙度要求;根据切除率、切削功率与加工设备的主轴功率之比判断加工效率是否合适;根据刀具耐用度判断此条数控程控的加工时间是否合适等。



图3 切削参数库的数据项及操作界面
Fig.3 Data items and operation interface of cutting parameter database

同时,工艺技术人员还可以看到数据库中录入的对此条切削参数的评估及建议。工艺技术人员可以根据这些计算得到的数据进行综合对比评估,然后做出自己的选择与判断,是否选用此种刀具,是否选用该组切削参数,或者是否优化微调某参数。

使用方法:首先要填写全部或部分切削条件,点击“查询”按钮,就可在数据库中查询到适合条件的切削参数,并将查询结果全部列表显示,如图4所示。



图4 切削参数优化计算及评估工具

Fig.4 Function of optimizing and evaluating cutting parameter

在查询列表中选择某组参数,点击“计算及评估”按钮,软件根据切削参数库中的信息通过内置的计算方法,计算出的相关结果如图4下半部分所示。工艺技术人员即可得知该组切削参数对应的主轴转速、进给速度、切削率、切削力、切削扭矩、切削功率、刀具耐用度、切削功率与加工设备的主轴功率之比等信息,据此信息做出自己的选择与判断。

本软件对某难切削材料的切削参数进行计算评估的计算方法如下:

(1) 主轴转速 S , 单位: r/min :

$$S=1000V_c / (3.14D),$$

其中, V_c 为切削速度, 单位: m/min ; D 为刀具直径, 单位: mm 。

(2) 进给速度 F , 单位: mm/min :

$$F=SZf_z C,$$

其中, Z 为刀具齿数; f_z 为每齿进给, 单位: mm ; C 为修正系数。

(3) 切削率 Q , 单位: cm^3/min :

$$Q=a_e a_p F/1000,$$

其中, a_e 为切削宽度, 单位: mm ; a_p 为切削深度, 单位: mm 。

(4) 切削力 $F(N)$ 经验公式:

$$F=637a_p^{1.0} f_z^{0.72} a_e^{0.86} ZD^{-0.86}/k,$$

其中, k 为可加工系数。

(5) 切削扭矩 T_q , 单位: $N \cdot m$:

$$T_q=FD/2000。$$

(6) 切削功率 P , 单位: kw :

$$P=FV_c \cdot 10^{-3}。$$

(7) 刀具耐用度 T , 单位: min 经验公式:

$$T=35102V_c^{-1.3174} f_z^{-0.2191} a_e^{-0.0399} k。$$

(8) 切削功率与加工设备的主轴功率之比 R , 单位: %:

$$R= \text{切削功率} / \text{设备的主轴功率}。$$

本软件在工件材料库中设置“加工系数 k ”字段, 用于计算切削力、刀具耐用度的计算与评估。加工系数是业界通用的用于评估材料可加工性的参数, 即将中碳钢的可加工系数定为 1 (布氏硬度 150HBN, 拉伸强度 510N/mm²), 其他材料主要根据硬度与强度指标及可加工性, 与中碳钢相比, 得到此材料的可加工系数。例如, 镍基高温合金 (布氏硬度 330HBN, 拉伸强度 1120N/mm²) 的可加工系数 k 仅为 0.13。本软件对进给速度的计算方法中增加了进给速度修正系数 C , 不同的切削宽度 / 刀具直径比值具有不同的修正系数 C , 如图 5 所示。例如, 当切削宽度是刀具直径的 10% 时, 此时切削宽度较小, 进给速度应提高到 1.6 倍为最适宜, 所以, 此时修正系数为 1.6 倍。采用修正系数 C 修正后的进给速度, 可优化进给速度, 在切宽小时可以增大进给速度, 提高加工效率, 也更接近符合实际切削状况。由于实际的工况条件是十分复杂的, 精确的计算是几乎不可能的, 所以本软件的切削力、切削功率、刀具耐用度计算通过可加工系数 k 和进给修正系数 C 的应用, 较真实地反映了某难切削材料的可加工性, 反映了切削宽度与切削深度, 使计算结果更加可信与实用。

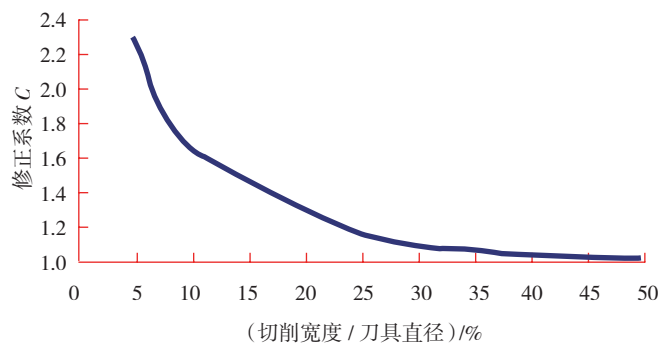


图5 切削宽度与刀具直径的比值与修正系数的关系

Fig.5 Relationship between cutting width and correction coefficient

2 软件开发

软件使用中, 软件界面是用户和系统之间最直接的交互部分, 本文采用 VC++6.0 工具来编制基于文档视图的应用程序。VC++6.0 工具提供了 2 种文档视图结构, 一种是单文档视图结构, 另一种是多文档多视图结构, 该软件采用单文档视图结构。

(下转第 44 页)

的保护胶,最后在化学铣切槽中进行腐蚀加工。多个化铣台阶的,需要多次化铣,整个化铣工艺周期长,需要大量的人力配合,化铣槽液昂贵,用过的化铣槽液环境处理成本极大。

化铣加工质量制约因素多,如零件材料、化铣样板、刷胶质量、槽液状态、工人技术水平等,化铣质量不易控制,表面缺陷多,加工尺寸精度不高,尺寸公差、厚度公差根据蒙皮铣切量的增加而增加。

随着数控加工技术的飞速发展,铝合金蒙皮零件的表面铣切技术日益成熟。数控程序的好坏决定了表面铣加工质量的高低和制约因素的多少,且机床采用柔性化设计,可靠性、精度指标和动态性能都远远超过现在数控机床的要求,采用超声波厚度在线控制装置确保零件的加工精度。加工精度可达到化铣尺寸精度的 5 ~ 10 倍,且加工表面质量优越^[3]。

蒙皮机械铣切的加工难点不在于机床本身,而在于蒙皮零件装夹和加工支撑。蒙皮是薄板零件,在刀具对蒙皮夹持点之间的悬空区域,特别是较薄蒙皮施加切削力时,该部位蒙皮会不可避免地发生振颤,使铣切的深度和粗糙度无法控制,达不到下陷区厚度的要求。

在镜像铣系统(Mirror Milling System, MMS)中,数控刀具和无划痕支承头分别位于蒙皮左右两侧,沿蒙皮曲面镜像对称移动,始终进行点对点法向支承和铣切,保证加工部位有足够刚性,无振颤,从而实现加工深度的精准控制。一次装夹完成成形后蒙皮的全部加工(铣不同形状及深度的凹腔和内外轮廓)。图 4 所示为蒙皮镜像铣原理。

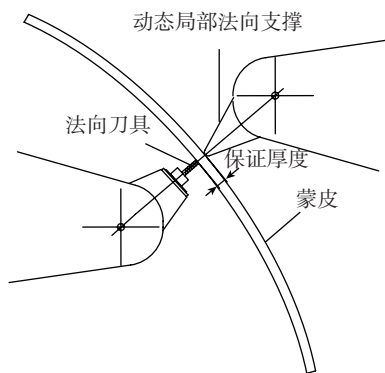


图4 蒙皮镜像铣原理
Fig.4 Skin panel mirror milling principle

目前,世界上生产镜像铣设备的厂家主要有 2 家,分别是西班牙 M.TORRES 公司和法国杜菲工业公司(Dufieux Industrie)。这两家公司的蒙皮镜像铣设备的优越性都已被空客使用验证。蒙皮镜像铣加工工艺具有逐步取代化铣加工的趋势。

4 结束语

飞机蒙皮零件的柔性装夹及数控铣切、镜像铣切代替传统的化铣加工工艺、手工切割工艺,可以简化蒙皮加工的工艺流程,可显著提高蒙皮的生产效率和加工质量。飞机蒙皮零件的柔性装夹及数控铣切、镜像铣切是当今飞机大型蒙皮零件数字化制造的关键技术,也是蒙皮零件数字化制造发展的主流方向。

参考文献

- [1] 郑联语,汪叔淳.薄壁零件数控加工工艺质量改进方法.航空学报,2001,22(5):424-428.
- [2] 甄瑞,周亮,高栋.飞机蒙皮加工柔性夹具系统的研制.机械制造,2009(11):80-82.
- [3] 张彤.飞机蒙皮厚度精确加工的最新技术——以数铣替代化铣的绿色加工工艺.教练机,2011(4):26-30.

(责编 深蓝 亿霖)

(上接第 41 页)

用 VC++6.0 工具建立一个基于单文档的工程之后,它会自动创建 5 个类:一个主框架窗口类(CMainFrame);一个名字以“App”结尾的类,是主要应用程序类;一个名字以“Doc”结尾的类,是文档类;一个名字以“View”结尾的类,是视图类;还有一个类是帮助对话框类(CAboutDlg)。单文档界面只有一个文档类,但可以有多个视图类,在默认建立的工程中只有一个视图类,要实现多视图,需要在工程中添加新的基于不同基类的视图类。CSplitterWnd 类提供了一些切分窗口的函数,使窗口具有多个窗格,每个窗格中可以使用一个 CView 类或者 CView 类的派生类,从而在一个文档中实现多个视图。软件界面中左半部分主要用到 CTreeView 派生出的类,右半部分主要用到 CFormView 派生出的类。软件处理的数据为后台 Access 数据库的数据,Access 数据库中基础数据与切削参数的数据结构及关系如图 2 所示。

3 结束语

该切削参数数据库及切削参数优化计算软件安装简单,使用方便,已经在某起落架厂及中航工业制造所进行试应用,不但具有切削参数数据库的功能,而且能对切削参数进行较为科学的分析评估及优化,使数据库具有专家功能,对工艺技术人员选择刀具、设备,评估切削力及切削功率很有帮助,在生产实践中可以对工艺技术人员平时的工作经验进行有效的积累,进给速度优化功能还能提高加工效率。本软件还能满足生产管理人员的工作需求,对设备、刀具、切削液等进行管理。

(责编 玲犀)