

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.11.005

装甲车辆战损零件维修参数化数控编程方法

张少华¹, 张之敬¹, 金鑫¹, 叶鑫¹, 张建成²

(1. 北京理工大学机械与车辆学院, 北京 100081;

2. 北京联合大学机电工程学院, 北京 100020)

摘要: 为了在战场环境下实现对装甲车辆战损零件进行快速维修加工, 提出一种快速参数化数控编程技术。通过基于典型加工工艺分析设计各功能模块, 确定了参数化数控编程模块各子功能模块以及结构关系, 利用 Microsoft VC++编写参数化数控编程模块的动态链接库文件, 并嵌入到华中数控的 HNC-21 系统中, 进而快速生成 NC 代码。验证加工实验表明: 通过该方法可快速生成准确的 NC 代码, 进而获得尺寸合格的零件。该方法可满足对战损零件再制造后的尺寸余量进行加工直到合格尺寸的目的, 从而实现战损零件的快速维修加工。

关键词: 参数化数控编程; 战地快速维修; HNC-21 数控系统; VC++; 动态链接库

中图分类号: TJ811 **文献标志码:** A

Parametric NC Programming Method for Damaged Parts of Armor Vehicles in Battle

Zhang Shaohua¹, Zhang Zhijing¹, Jin Xin¹, Ye Xin¹, Zhang Jiancheng²

(1. School of Mechanical & Vehicle, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Mechanical & Electrical Engineering, Beijing Union University, Beijing 100020, China)

Abstract: This paper proposed a parametric NC programming method for the battlefield manufacturing to make the NC codes programming easier and quicker. The typical processing is analyzed to get the structure of the module and all the sub-module, to implement the method the dynamic link library (DLL) has been programmed in Microsoft Visual C++ as a functional module, which is embed in HNC-21. The experiments have been made to validate the method can generate the correct NC codes easily and quickly, and the codes can run exactly and well in HNC-21 to actuate the machine tool mounted HNC-21 to manufacture the remanufactured parts to qualified ones. The test shows that the method is proved to give the powerful supporting to the military maintenance in the battlefield, which needs better method to accomplish the manufacturing and maintenance quickly and accurately.

Key words: parametric NC programming; rapid battlefield manufacturing and maintenance; HNC-21 CNC; VC++; dynamic link library

0 引言

战损零部件的战地快速维修方法对于保障武器装备有效持续工作、获得战斗的胜利具有重要的意义。传统的方法采用备用成品件进行战损零件的替换式维修, 既增加了后勤维护保障的强度, 又浪费了大量的资源。为降低后勤保障强度, 节约资源, 相关机构进行了大量的研究和开发。其中最著名的是美军在伊拉克战争中部署使用的可移动式零件维修医院 (mobile parts hospital, MPH)^[1], 该设备装备一台 7 t 重的 Mazak 车床, 可以在很短时间内加工制造出所有类型零件。该装备自 2003 年在科威特首次部署以来, 共加工制造了大约 100 000 件战损零部件的替换件以及特殊工具, 节约了大约

\$393 000^[2]。

MPH 进行加工时, 通过远程传输技术从战场后方数据库中获得用于加工制造的 NC 代码, 移动平台上搭载的快速成型设备及其他设备进行毛坯件的快速现场制备。MPH 在快速加工技术上表现出巨大优势, 但由于其加工方式仍以传统毛坯为对象, 会产生巨大的资源浪费, 同时其加工代码的获得必须依靠通信系统的有效工作。而对于战时战损装甲车辆的维修, 有时并不需要进行完全修复, 只需替换件能保证维持相应设备开赴高一战地维修站即可。鉴于此种情况, 在再制造技术^[3-4]基础上, 如电刷镀技术^[5]将战损零部件进行修补, 然后对修补所产生的余量进行机械加工, 最终获得能满足一定功

收稿日期: 2012-07-21; 修回日期: 2012-08-09

基金项目: 国防基础科研项目 (B22200×××××); 国家自然科学基金科学仪器基础研究专项 (51127004); 高档数控机床与基础制造装备科技重大专项支持 (2012ZX04010-061)

作者简介: 张少华 (1982—), 男, 山东人, 博士, 从事数控加工与微创穿刺技术研究。

能要求的替代品。为此开发一种能快速生成数控加工代码, 同时可被战场上不具专业制造技术的普通战士所掌握的数控编程模块具有重要和现实意义。

笔者利用现代先进的数控技术和设备, 在分析坦克装甲车辆战损零件种类的基础上, 提出在数控系统中添加基于典型零件加工工艺的参数化数控编程^[6-7]功能模块, 从而实现“傻瓜”式的编程, 降低对操作者数控技能的要求, 以适合战场上恶劣的减员环境, 提高战损零件的修复效率。

1 维修加工对象参数化编程模块功能设计

参数化数控编程的基本思想是: 将机械加工过程分解成一系列基本的标准化工艺过程, 如车外圆, 铣键槽等, 在分析加工对象异同点的基础上, 对各加工过程进行数控加工代码模块的预制, 内嵌到加工设备的数控系统中, 操作者通过人机交互界面选择不同的子功能模块进行加工。对快速维修加工的对象——坦克装甲车辆战损零件进行分析和分类, 在此基础上进行参数化数控编程模块结构和功能的设计与开发。

1.1 基于典型零件分析

与工厂化数控加工的数控程序编制方法不同, 参数化数控编程方法主要针对战损坦克装甲车辆零件的修复; 因此其加工对象已不是传统意义的毛坯, 而是经过相应再制造修复手段修补过但还有一定加工余量的零件。同时, 由于各战损零件的战损部位具有随机性, 利用传统数控编程技术编制的庞大、冗长的数控加工代码, 已经不适合战损坦克装甲车辆零件的修复加工。据相关资料研究表明, 在众多战损坦克装甲车辆零件中, 盘轴类零件占 85%, 在基于典型零件工艺分析方法的基础上对战损零件进行分类: 1) 轴类零件; 2) 盘类零件; 3) 套类零件; 4) 固定部位损坏件; 5) 现场制备零件。相应的参数化数控编程模块的功能设计和分析结构如图 1。

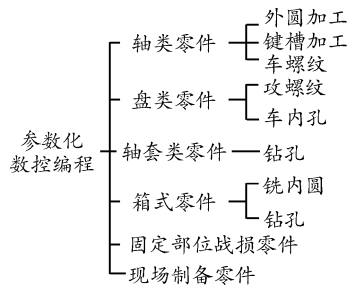
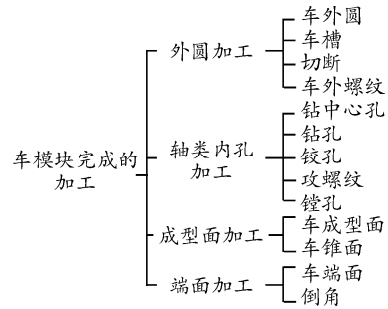


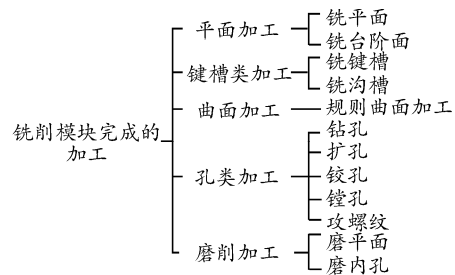
图 1 基于典型零件的参数化编程功能模块划分

1.2 基于典型加工工艺分析

在功能设计上, 参数化数控编程模块的分析和设计需与战地快速复合维修设备的功能相结合。战地快速复合维修设备主要完成车削加工、铣削加工和车铣复合加工, 在基于典型加工工艺分析的基础上, 对参数化数控编程模块进行相应的功能设计和分析, 如图 2。



(a) 车削模块完成的加工分类



(b) 铣削模块完成的加工分类

图 2 基于典型加工工艺的参数化编程功能模块分类

根据上述分析可见, 采用基于典型加工工艺进行模块功能设计, 充分考虑了快速维修设备所具有的功能。这样在综合分析了加工维修对象的加工工艺需求以及加工维修设备的加工功能之后, 可确定参数化数控编程模块各子功能模块以及结构关系, 如图 3。

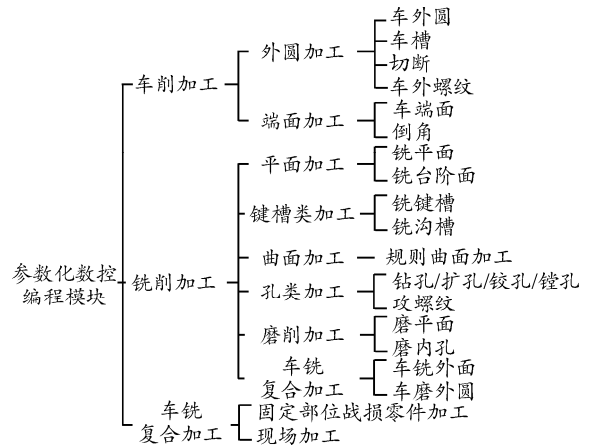


图 3 参数化数控编程各子模块

2 功能实现

快速维修设备数控系统采用华中数控的 HNC-21 系统，参数化数控编程模块作为 HNC-21 系统中的一个子功能模块嵌入其中，其动态链接库文件被数控系统相应的功能按钮(如图 4)调用。其结构关系如图 5。



(a) 数控系统 MDI 按钮



(b) 参数化编程模块调用按钮

图 4 数控系统面板

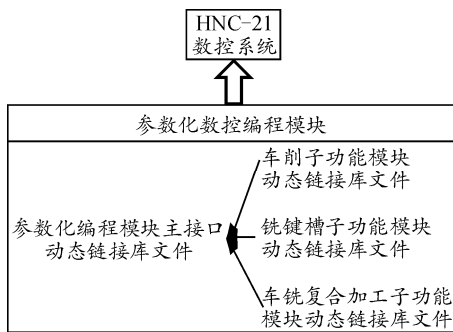


图 5 参数化数控编程各模块与数控系统关系

图 5 中各模块动态链接库文件在 Visual C++ 环境中开发编译，根据功能分析，在结构上分为 2 层，参数化数控编程主接口是模块的主体，同时也是联系数控系统与各子功能模块的纽带。

2.1 主界面实现

图 5 中各动态链接库文件的建立基于 MFC AppWizard(dll)的 Regular Dll using shared MFC DLL 的 VC++ 程序^[8]，可根据在开发环境中各模块的对话框资源及各子功能按钮的需要进行添加和编辑，同时可进行相应的预处理。

2.1.1 主界面动态链接库文件导入导出预处理

在进行相关的界面设计后，需要进行主界面动态链接库文件向 HNC-21 系统导出以及对各子功能模块动态链接库文件导入的预处理。

在已建立的*.def 文件中进行显式导出声明，添加“ShowMixMachiningDllDlg(调用参数化数控编程模块主界面函数名)@1;”同时在调用该主界面的功

能按钮的实现函数.cpp 文件中，添加导入主界面动态链接库文件的函数声明，如

```
void ShowMixMachiningDllDlg ();
#pragma comment(lib, "ShowMixMachiningDllDlg.lib")
```

然后在该 .cpp 文件中工具栏菜单 Project—>Setting—>Link—>Object/Library modes 中添加 ShowMixMachiningDllDlg.lib(主界面 VC++ 程序编译生成文件)。从而完成参数化数控编程模块主界面动态链接库文件导出，以及子功能模块动态链接库文件导入的预处理。

2.1.2 主界面功能实现

操作者通过选择主界面上各子功能模块的按钮进入各功能模块，因此主界面的功能就是通过按钮来调用第 2 层的子功能模块动态链接库文件。以车削加工子功能模块被调用功能实现为例进行介绍，C++ 函数“void ShowMixMachiningDllDlg()”是主界面对话框生成的标准函数。

车削加工子功能模块调用代码：

```
void CMixMachiningDllDlg::OnButtonTurn()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    ShowTurnModuledlg();
}
```

其中 ShowTurnModuledlg()为车削加工子功能模块对话框的实现函数，实现方式采用 VC++ 中对对话框生成的标准模态代码，其代码在子功能模块实现中介绍。

除此之外，主界面还应对数控系统的操作面板键盘操作响应，操作界面大小及位置设置等进行编程，功能函数如：BOOL CMixMachiningDllDlg::PreTranslateMessage(MSG* pMsg)、HBRUSH CMixMachiningDllDlg::OnCtlColor(CDC* pDC, CWnd* pWnd, UINT nCtlColor)等。

2.2 各子功能模块实现

2.2.1 动态链接库文件导出导入预处理

子功能模块由主界面的功能按钮调用，其实现同样依靠对子功能模块的动态链接库文件调用来实现，同样也需要对子功能模块的动态链接库程序进行导入和导出的预处理，即在子功能模块的*.def 文件中添加导出声明，以及在主界面 ShowMixMachiningDllDlg.cpp 文件中添加导入函数

声明和包含子功能模块*.lib 文件。

2.2.2 功能实现

各子功能模块是参数化数控编程模块功能实现的最基本单元, 通过对子功能模块进行参数设置等交互操作, 进而生成基于典型加工工艺的可在数控系统中执行的用于战损零部件维修加工的 NC 代码, 其功能实现主要由子功能交互界面以及 NC 代码自动生成 2 部分完成。

2.2.3 界面生成

子功能模块动态链接库文件提供子功能模块交互界面对话框生成函数, 为用户提供进行交互的界面, 操作者在交互界面中输入战损零部件的基本尺寸以及相关加工工艺参数。其实现方式与主界面对话框生成方式相同。

2.2.4 NC 代码的生成与编辑

在完成子功能模块交互界面的设计和调用生成后, 子功能模块根据操作者输入的加工参数生成可执行的合格 NC 代码。根据典型加工工艺中车外圆工艺的特点, 车外圆加工中的变量设置为原始直径、切削量、转速等, 如图 6 所示。为车外圆加工添加生成程序、清除程序、保存程序和返回等按钮, 并编写相应实现函数:

```
void CTurnModuleDllDlg::OnButtonShownc();
void CTurnModuleDllDlg::OnButtonClearnc();
void CTurnModuleDllDlg::OnButtonSavenc();
OnOK();
```

与主界面实现相同, 在子功能模块 VC++源程序中也应添加对操作面板键盘响应、操作界面大小及位置等的源代码。

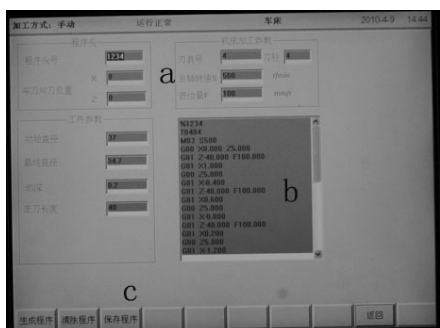


图 6 车削子功能模块交互界面

采用相似的过程可实现其余子功能模块 NC 代码生成功能, 最终可实现参数化数控编程模块 NC 代码生成功能。经过程序调试以及与 HNC-21 数控系统的调试之后进行相应的零部件的维修加工实

验, 以检验参数化数控编程模块的有效性。

3 维修加工实验

为了验证面向装甲车辆战损零件快速维修设备开发的参数化数控编程模块的有效性, 针对装甲车辆战损典型零部件进行维修加工实验, 主要包括战损轴车外圆加工、战损轴键槽铣削加工, 以及战损轴车铣外圆复合加工实验以验证参数化数控编程模块操作的简易方便性、快速性, 参数化数控编程模块生成 NC 代码在 HNC-21 数控系统可执行性以及利用生成代码加工零件尺寸的正确性。

实验中, 经过简单的参数化数控编程模块使用培训后, 主要对操作员进行一些基本操作和加工知识的讲解, 包括如何从数控系统进入参数化编程模块, 主界面和各自功能模块界面中各变量的含义, 如何生成 NC 代码以及数控系统操作面板的操作。由于该培训不需要进行复杂的数控知识培训, 故培训和讲解时间很短, 可在 20~30 min 完成, 如操作者有数控系统操作经验, 可在几分钟内完成培训。

在 HNC-21 操作面板上依次按选 MDI→参数化编程→车外圆, 进入车外圆加工子功能模块, 在子功能模块交互界面依次填入相应加工工艺参数, 包括原始直径, 最终直径以及转速等参数, 如图 6 (a) 所示。最后按选“生成程序”按钮自动生成 NC 加工代码, 如图 6 (b) 所示。数控系统中调用生成的 NC 代码进行车外圆加工, 经过车削加工零件尺寸从初始的 37 mm 被加工到 34.7 mm, 切削过程中每次切削用量为 0.2 mm。未完成预定尺寸加工车刀需走刀 12 次, 其中 11 次切削量为 0.2 mm, 最后一次切削 0.1 mm。通过检查该模块生成的 NC 代码, 其与理论值相同, 加工前后零件尺寸如图 7。

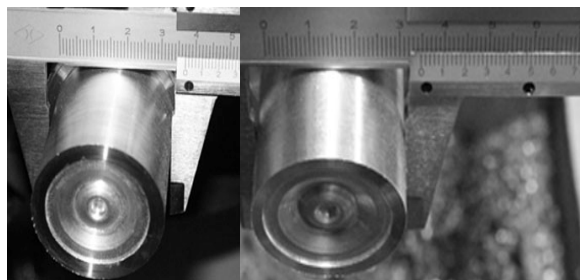


图 7 车削子功能模块加工零件

4 结论

通过对试验样件进行实际加工实验可知:

- 1) 参数化数控编程模块操作简单方便, 普通战士在看完操作手册后也可进行操作和加工。
- 2) 各子功能模块自动生成的 NC 代码具有通用

性, 不需要进行二次编辑, 可直接在 HNC-21 数控系统中执行和加工。

3) 对比测量实验加工后的零件和理论计算结果可知, 参数数控编程模块可以快速准确地完成战损零件的维修加工。

由于受 HNC-21 数控系统开放程度的限制, 生成的 NC 代码不能直接在参数化数控编程模块中执行, 需要退出该模块进入 HNC-21 数控系统, 再次调用后方可执行。此外, 相对于 Siemens 828D 数控系统中的基于工艺参数的数控编程技术以及 Rexroth 的图形编程技术, 该模块在加工过程的图形化显示方面也有很多不足, 需要进一步开发和改进。

5 致谢

感谢总装预研项目基金提供的资助, 同时感谢华中数控公司开发部吴焯辉、胡清锐两位工程师, 以及鲁南数控机床集团公司的胡师傅的帮助。

(上接第 9 页)

通过 Matlab 仿真, 得到各枚反舰导弹的航迹线路, 如图 4 所示。

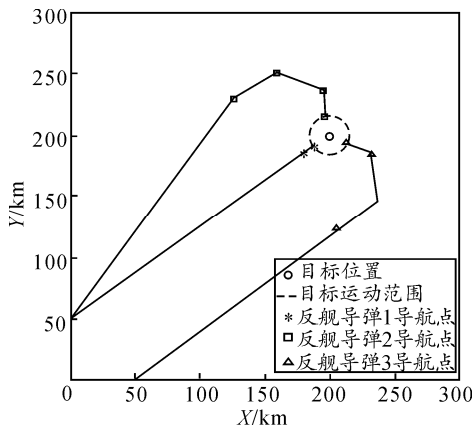


图 4 各枚反舰导弹航路规划

5 结束语

简化的航路规划求解方法能快速构造多枚反舰

参考文献:

[1] http://www.cleggind.com/specialstructures/mobile_parts_machine_shop.htm.

[2] <http://www.defenseindustrydaily.com/Alion-to-Supply-Army-with-Mobile-Parts-Hospital-05489>.

[3] 徐滨士. 发展装备再制造, 提升军用装备战斗力和保障力[J]. 装甲兵工程学院学报, 2006, 20(3): 1-5.

[4] 徐滨士. 创新中国特色的装备再制造工程, 构建我军装备维修保障新型学科[J]. 装甲兵工程学院学报, 2009, 23(3): 1-4.

[5] 胡振峰, 董世运, 汪笑鹤, 等. 面向装备再制造的纳米复合电刷镀技术的新发展[J]. 中国表面工程, 2010, 23(1): 87-91.

[6] 殷保祖. 参数化数控编程技术及应用[J]. 电子机械工程, 2005, 21(3): 60-64.

[7] 罗忠诚, 黄良沛. 图形化数控车床自动编程系统的研究与开发[J]. 机床与液压, 2006(2): 79-81.

[8] 高守传, 聂云铭, 郑静. Visual C++ 6.0 开发指南[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007: 495-540.

导弹全方位饱和和攻击时的简单航路, 相比其他搜索方法而言更加易于实现。但这仅限于理想情况下的求解, 并没有考虑威胁规避、航路是否最优等问题, 将是下一步研究的重点。

参考文献:

[1] 颜仲新, 王刚, 杨祖快. 伯克级驱逐舰抗反舰导弹饱和和攻击能力分析[J]. 飞航导弹, 2002, 32(7): 28-31.

[2] 刘钢, 周智超. 基于舰艇编队的反舰导弹航路规划区域划分[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(3): 22-27.

[3] 叶文, 朱爱红, 范洪达. 低空突防航路规划算法综述[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(10): 2357-2361.

[4] 潘哲. 常值风作用下的反舰导弹多弹协同航路规划[J]. 海军航空工程学院学报, 2011, 26(2): 219-222.

[5] 范作娥, 张友安, 施建洪, 等. 反舰导弹航路规划的递推算法[J]. 海军航空工程学院学报, 2007, 22(2): 207-210.

[6] 黄岳, 崔奇伟, 马暄, 等. 横浪对潜射导弹出水姿态的影响[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(8): 39.