

# 数控加工程序的检验与仿真系统的研制<sup>\*</sup>

谢明红 林 碧

(华侨大学机电工程系, 泉州, 362011)

**摘要** 无论是自动编程还是手工编程, 都不可避免存在错误. 而人工检验工作量大, 可靠性也难以保证. 数控加工程序的检验与仿真软件系统, 是数控机床加工出合格零件前重要工具, 可用以减少编程错误, 缩短编程时间, 减少废品率. 该软件系统包括编辑、检验、编译、仿真4个模块, 文中通过对数控加工程序进行解释和程序常规出错分析, 主要提出了数控加工程序正确性检验方法和刀具轨迹动态仿真设计过程. 所开发的系统为开放式、模型块化软件系统, 全屏幕显示, 中文菜单, 简单、直观、易用, 具有良好的实用性.

**关键词** 数控加工程序, 检验, 仿真, 编译

**分类号** TG 659

## 1 系统软件总体结构和功能

随着数控系统硬件由Z80发展到8031, 8051<sup>[1]</sup>, 一直到工业PC, 软件设计思想<sup>[2]</sup>发生了根本性变化, 数控系统也由封闭式向开放式转变<sup>[3]</sup>. 因此在开发软件之前对各功能部分采取模块化设计, 各自独立. 同时各模块都有入口参数和出口参数, 使各模块之间可以互相调用, 具有一定的耦合度, 以便以后系统扩展时增加和删除.

该系统主要包括4个模块——编辑模块、检验模块、编译模块和仿真模块. (1) 编辑模块. 由于本系统基于DOS环境用C语言在图形状态下开发, 因此全屏幕编辑器全部需要自己开发. 其功能与EDIT编辑器类似, 操作完全相同, 具有数控加工程序的输入、输出、编辑、修改、存盘和删除等功能. (2) 检验模块. 对数控加工程序进行词法、语法、语义等错误检查, 以保证后面的编译、仿真和加工的顺利进行, 以加工出合格的零件. (3) 编译模块<sup>[4]</sup>. NC加工程序中有绝对编程和相对编程. 此外, 还有相对坐标系的设定, 如G54, G55等, 而各插补模块的入口参数均为相对值且为脉冲数. 因此, 编译模块要进行坐标换算和脉冲当量换算等运算处理; 一些循环语句, 如G71, G72, G80, G81等需要展开为基本G指令(即G00, G01, G04等); 加工程序中有G41(左刀补)或G42(右刀补)语句, 编译模块还具有刀具半径补偿计算功能. (4) 仿真模块. 在计算机屏幕上直观地再现刀具运动轨迹, 同时动态显示当前坐标点值、速度、刀号等参数, 以及当前程序段, 可以及时发现刀具干涉、过切等错误.

NC加工程序标准格式为

N 001G ΔΔXΔΔYΔΔZΔΔIΔΔJΔΔK ΔΔSΔΔT ΔΔF ΔΔM ΔΔ

作者开发的数控软件检验模块对加工程序 TEST9.TXT 进行检验后, 显示出错菜单如图 1 所示. (1) 词法检查. 将一行标准语句分解为单个字段 GΔΔ, XΔΔ, YΔΔ 等. 词法检查主要判断 NC 程序中是否使用了非法指令, 以及单个字段是否有明显错误. 可以将 NC 程序中的所有指令建立 1 个指令集(形式) 为

set= {A, B, C, D, F, G, H, I, J, K, M, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z} .

检验时, 对程序每一行中单个指令分别在指令集中进行查询, 如不存在, 则转出错处理. 在 G, S, M, T 等指令中, 如后面数值中间出现负号、小数点或非数字, 则转出错处理, 见图1中错误

编程	作者·谢明红	程序名·TET9.TXT
N0	G92 X70 Z100 T09	
N1	G0 X- 100 Z104 T2 M44	
N2	G30 U20 W- 10. 3. 4 I30 K10	
N3	G73. H	
N4	G01 X	错误0 N0段 .. 没有此刀号!
N5	G01 X3	错误1 N1段 .. M范围应为(0, 12]!
N6		错误2 N1段 .. 此时X!超过软限位!
N7		错误3 N1段 .. 此时Z!超过软限位!
N8		错误4 N2段 .. W数值中出现两个以上小数点!
N9		错误5 N2段 .. G30功能无效!
N10		错误6 N3段 .. G数值应为正整数!
N11		错误7 N3段 .. H数值中有非数字!
N12		错误8 N4段 .. X字母后无数值!
N13		错误9 N5段 .. 速度超过范围!
N14		错误10 .. 文件结尾没有M02标志!
N15		
N16		
N17		
调入程序	编辑程序	存盘
编译	仿真	删除文件
		主菜单

图1 检验出错菜单

4. (2) 语法检查. 和词法检查相比, 语法检查要复杂得多, 下面以各个指令分别进行描述. (a) G 指令: G 指令集根据数控系统要求设定为

{G01, G02, G03, ..., G92}.

如果输入的G 指令值不在指令集中, 则转出错处理. 即显示G 功能无效, 见图 1 中错误 5. (b) T, M 指令: T, M 指令的语法检查类似 G 指令, 见图 1 中错误 0 和错误 1. 此外, 如果 NC 程序结尾没有 M02 指令, 则转出错处理, 见图 1 中错误 10. (c) X, Y, Z, U, V, W, I, J, K 等指令: 这些指令后面跟坐标值, 为浮点数. 为了机床移动安全起见, 在数控系统软件中设置了一个软限位. 因此在每条指令中都要判断当前点坐标是否超过设定限位范围, 如超过则转出错处理, 见图 1 中错误 2 和错误 3. 此外, 对每个指令, 还要根据它的特殊要求, 进行进一步判断. 例如 G02, G03 圆弧输入时, 如在 XZ 平面, 需判断 I, K 与 X, Z 值是否匹配; 如在 XY 平面, 需判断 I, J 与 X, Y 值是否匹配; 如在 YZ 平面, 需判断 J, K 与 Y, Z 值是否匹配. 在同一条语句中基本 G 指令(如 G01, G00, G02 等有插补模块的指令) 只能有一个, 否则也是有错.

总之, 语法检查需要考虑到各种可能性的错误, 要允许操作者输入有错, 软件要有很强的容错性, 从而提高系统软件的可靠性.

## 2 仿真模块

图2为作者所开发的数控车床系统软件的加工过程图形动态仿真屏幕, NC 程序名为 TEST.TXT, 屏幕左边一组垂直数据为状态参数.  $F_0$  为 G00 进给速度, 即最高进给速度;  $F$  为当前程序段的进给速度;  $T$  为刀号;  $X, Z$  为刀具在机床上当前位置的绝对坐标值;  $U, W$  为当前程序段机床运动剩下要走的距离; 所有坐标值单位为 mm; 最下面一行为各菜单功能项. 图2为加工到程序段 N35 G01 X100 时屏幕仿真情况. 此零件为数控系统测试的标准样件, 具有直线、圆弧、螺纹等插补, 同时具有刀具半径补偿等功能, 可以综合测试数控系统软件的好坏, 图2为系统运行过程中的硬拷贝.

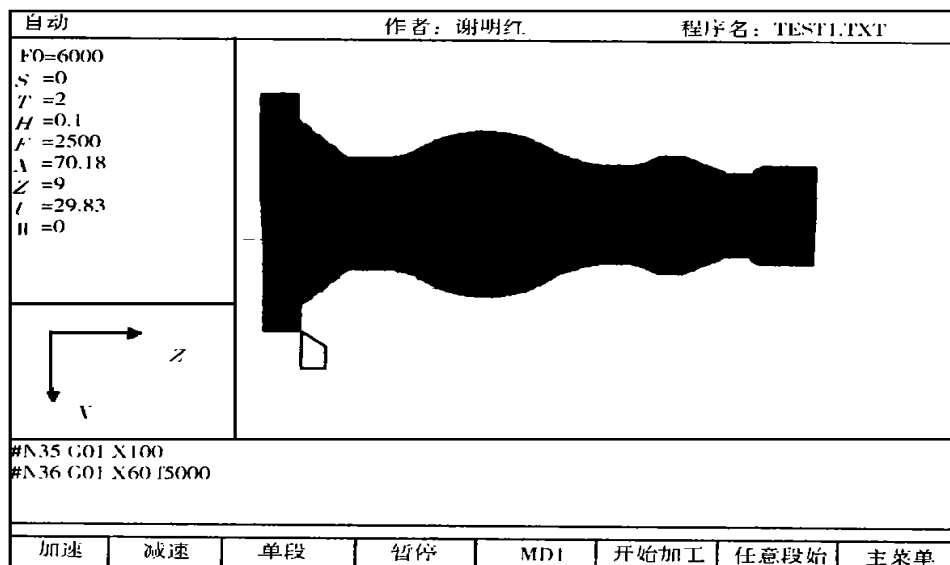


图2 数控车床系统软件加工过程图形仿真屏幕

仿真过程实际是图形处理过程. 由于车床加工主要是回转体零件, 所以在屏幕上采用前视图, 开始加工前零件为长方体, 内部用白色填充, 如图3所示. 假设刀具由  $A$  点切削移到  $C$  点, 由于插补过程中当前点坐标( $XI, ZI$ )不断变化, 每次显示时都要保存上一次刀具移动时所处坐标点值, 分别保存到  $XI\_OLD$  和  $ZI\_OLD$  中. 即  $A$  点坐标值为( $XI, ZI$ ),  $C$  点坐标值为( $XI\_OLD, ZI\_OLD$ ). 由  $A$  点、 $C$  点作为对角构成一矩形

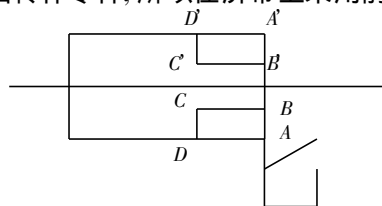


图1 刀具运动图

$ABCD$ , 用背景色即黑色将  $ABCD$  区域擦除. 由于零件为回转体, 上下对称, 同时还要将对称的上方矩形区域  $A'B'C'D'$  也要用背景色擦除. 这两个矩形区域的擦除过程相当于零件的去除过程. 刀具是由 4 个直线段组成, 刀具移动过程实际是擦除原位置即  $A$  点的刀具形状, 在新的位置即  $C$  点重新画 4 条直线段即刀具形状. 实际每次移动距离很小, 图3所示是将图形放大来介绍的.

示当前程序段、当前坐标点值、速度和刀具运行轨迹, 由前台定时中断后台程序, 进行插补运算和控制。整个任务连续执行, 形成了图2所示的动态图形仿真。NC 程序仿真不仅可以清楚看到刀具加工整个过程, 而且可以及时发现错误, 是程序检验最后一道工序。

### 3 结束语

该检验和仿真模块是我们所开发的数控车床系统软件中的一部分。程序检验后的错误状况采用全屏幕中文显示, 不仅指出出错的段号, 而且指出出错的位置和原因, 避免了其它数控检验系统只给错误号, 然后再查表的麻烦。本系统简单、直观、易用, 即使对于初学者也便于使用。整个系统软件集设置、编辑、检验、编译、仿真、加工等于一体。采用开放式、模块化设计, 稍加修改, 即可用于 CAD/CAPP/CAM 集成系统中。

本文为校科研基金资助项目。

### 参 考 文 献

- 1 尤芳怡, 张弈鑫. 自动丝网印花机控制系统的硬件. 华侨大学学报(自然科学版), 1997, 18(2): 177 ~ 180
- 2 谢明红. 开放式模块化通用数控系统软件设计. 华侨大学学报(自然科学版), 1998, 19(2): 180 ~ 184
- 3 李爱平, 张 曙. 开放式 CNC 的概念和应用. 制造技术与机床, 1997, (3): 10 ~ 12
- 4 肖田元, 朝向利, 王新龙. 通用 NC 代码翻译技术. 系统仿真学报, 1998, 10(5): 1 ~ 7
- 5 曾小慧, 吴明华, 潘铁虹. 在数控加工仿真教学系统的实现, 组合机床与自动化加工技术. 1998, (9): 31 ~ 34

## Inspection of Numeric Control Processing Program and Development of Simulation System

Xie Minghong Lin Bi

(Dept. of Electromech. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** It is unavoidable for automatic or manual programming to have error and it is difficult to ensure reliability of manual inspection with large workload. Prior to the elaboration of acceptable parts from NC machine tool, inspection of NC processing program and simulation software system are important tools by which error in programming can be reduced, time of programming can be shortened, and reject rate can also be reduced. The software system includes 4 modules of edit, inspection, compile, and simulation. By explaining NC processing program and analysing conventional program error, the authors present here a method for inspecting the correctness of NC processing program and a design procedure for dynamically simulating the path of tool. The system so developed is an open, modular software system with a full-screen display. The Chinese menu is fairly practical; it is simple, directly perceived and easy of operation.

**Keywords** NC processing program, inspection, simulation, compile