几何仿真在数控车削加工过程中的应用

芮执元，郭俊锋，胡世军，冯瑞成
(兰州理工大学机电工程学院，甘肃兰州 730050)

摘要：叙述了数控加工中 NC代码的传统验证方法及几何仿真的目的和意义，着重讨论了数控车床几何仿真的系统结构以及 NC代码验证程序的流程，最后分析了几何仿真中欠切与过切的布尔差算法。通过几何仿真，可以预见机械加工中的许多问题，从而降低设计与制造的成本，提高加工效率。

关键词：数控车削加工；几何仿真；欠切；过切
中图分类号：TP273 **文献标识码**：A **文章编号**：1001 - 3881（2006）1 - 151 - 2

Application of the Emulation of Geometry in Numerical Control Turning

RUI Zhiyuan, GUO Junfeng, HU Shijun, FENG Ruicheng
(College of Mechano - electronic Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu 730050, China)

Abstract: Numerical control (NC) traditional verification method, purpose and meaning of geometry simulation in processing were described, the systematic structure of geometry simulation of numerical control lathe and the procedure of NC code verification procedure were discussed, the bool difference algorithm of lack turning and excessive turning in geometry simulation was analyzed. Through geometry simulation, a lot of questions in machining were predicted, the cost of design and manufacture was reduced, the efficiency of processing was improved.

Keywords: Numerical control turning machining; Geometry simulation; Lack turning; Excessive turning

0 概述

CAD/CAPP/CAM技术是机械加工中的关键技术，当零件的三维实体造型被确定后将由软件系统自动生成零件的数控加工代码，如典型的三维造型软件 Pro/E、UG，但是随着社会和机电工业的发展，零件也变得越来越复杂，装配形式也越来越多样化，这样由软件自动生成的数控代码将可能出现更多的错误，如碰撞和干涉、欠切与过切等。对于普通的小型制造，需要人工编制数控代码，这样就需要工艺人员事先确定加工过程的工艺流程。在制订流程的过程中，工艺人员不仅需要考虑各种加工工艺因素，同时还要考虑到各种可能出现的问题。由于零件形状是空间三维形状，机床是几轴联动，在加工过程中，加工参数的选择是否合理、零件与机床干涉否、是否存在过切等现象既相互关联又各自遵循自己的变化规律。因此工艺人员难以以现有的分析计算手段优化工艺流程。所以必须给技术人员提供一套能分析、计算的可视化环境，能制定、优化工艺流程的辅助手段，以达到提高产品质量，缩短制造周期的目的。为此对于上述问题就迫切需要应用相对成熟的仿真技术对产品的数控加工过程进行真实加工前的观察，以便及时发现和尽快解决问题，避免造成不必要的损失。为确保数控程序的正确性，在生产中，常采用易切削的材料代替工件进行试切，检验加工指令。也可以采用轨迹显示法，即以划针或笔代替刀具，以着色板或纸代替工件来仿真刀具运动轨迹的二维图形。但这些方法费工费料，使生产成本上升，增加了生产周期。

1 虚拟数控车床几何仿真的目的

车削加工是目前应用最广泛的加工方法之一，在制造业中起着很重要的作用，因此对数控车削加工过程进行几何仿真具有重要的理论研究与实际应用价值。

(1) 使设计者能够在设计阶段了解其所设计的产品的加工工艺过程和通过所形成的数控指令的模拟加工过程显示，了解该产品的可加工性，并以此为依据，改进所进行的产品的设计，使设计在满足性能要求的前提下，减少制造成本。

(2) 检验加工过程可能发生的碰撞和干涉，主要有以下情况：①刀具在非加工状态 (如快进、快退、换刀等)，此时碰撞主要是刀具与工件、夹具及运动部件间的碰撞；②刀具在工进状态 (如直线插补、圆弧插补等)，此时主要发生过切和欠切情况；③运动超程等。

(3) 几何仿真可以用来培训从事数控加工的人员，使用虚拟数控系统的培训功能可以使接受培训的学员放心大胆地操作机床，不会损坏机床。这种系统还具有成本低的优点。虚拟数控系统还可以通过网络构成分布式的培训环境和虚拟培训系统，学员可以不受时间地域的限制参加学习。由于虚拟数控系统提供了虚拟的操作加工环境，可以使接受培训者能够获得像操作真实机床一样的感觉。

2 数控车削中几何仿真系统的结构

在虚拟制造中主要由 5 个阶段组成，即概念设计阶段、详细设计阶段、加工制造阶段、测试阶段和培训与维护阶段。其中产品的详细设计阶段就是对产品的机械加工过程进行仿真，即对机

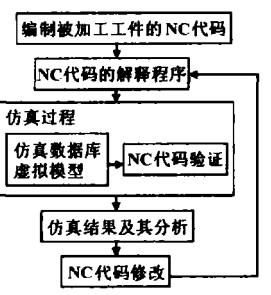

图 1 几何仿真系统结构

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

床 - 工件 - 刀具 - 夹具构成的工艺系统中的各种信息进行分析与预测。主要是进行几何仿真和物理仿真，对于数控车床，其几何仿真的系统结构如图 1所示。

在仿真过程中用 Pro/E软件设计数控车床的各个部分，包括床身、主轴、工作台、控制面板、换刀装置、刀具、夹具、工件。对于一些与仿真无关的部件，如液压系统、电气系统等，在仿真模型中可以不予考虑，以简化仿真模型。最后用 VC ++进行二次开发完成各个模块的连接工作。用 VC ++编制数控代码的翻译程序。其流程如图 2所示。

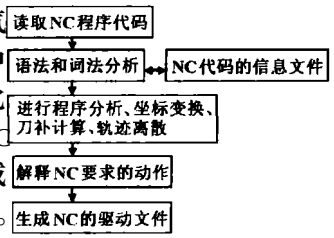

图 2　程序校验流程图

3　加工过程中欠切与过切检验的算法

在虚拟加工研究中对零件进行网格化，网格越密则虚拟得越准确，但是越密则数据存储量越大，这样就对计算机的运行速度带来影响，所以网格不宜过密，但是也不能过疏，否则影响仿真的效果。欠切和过切检验是检查 NC代码正确性的重要步骤，这最终归结为如何判别两个实体是否相交的问题。目前的一些算法，如向量法、Z - map 法等，大多限于 3轴铣削或工件不动而刀具绕其运动的场合，通常工件随加工中心上的托盘一起运动，因此采用象素空间的算法就不适用了，这里采用布尔差的运算方法。在数控加工过程中，刀具在空间做插补运动，在两点之间进行扫掠，工件被扫掠过的位置与刀具进行求交运算来形成工件的加工外貌，求交以后工件的数据被及时地进行更新。假设刀位轨迹为平面曲线插补组成，所以只要研究切削加工时某一点的情况即可。图 3所示为车削加工中单步运动的情况。在加工系统中建立极坐标系，通过加工时的 r坐标来判断欠切与过切。在切削加工时，刀具沿刀位轨迹运动形成的包络体与某些离散点的 r方向矢量相交得到一些交点，用这些交点的 r值，与原来离散点处记录的 r值进行比较，如果低于原来的值就进行替换否则保留原来的值。同时如果新值低于旧值的量大于用户设定的刀具最大切削量，则表明该点处刀具切削量过大。根据更新后的工件数据比较各个 Z值之间的大小关系就可实现对过切、欠切、未切区域等情况的判断。

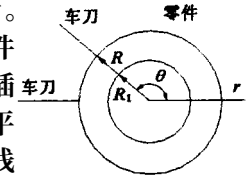

图 3　加工过程中的二维平面简图

车削加工中我们假设零件不动而刀具沿到位轨迹线作插补运动，加工过程中的二维平面简图如图 3所示：其中直线表示车刀，小圆表示其中的一个离散网格，大圆代表待加工的零件，R代表车刀的刀心的半径，（R_1，θ）代表某一个离散网格点的坐标，图中采用极坐标。

下面说明刀具求交算法。

求交算法如下：

定义变量 X，如果 $X=0$，说明欠切，如果 $X=1$，说明过切。

```
{
    for(刀具包络体每个网格点)
    { if(R > R1)
        X = 0;
      If(R < R1)
        X = 1;
    }
```

4　结论

（1）给出了数控车床几何仿真的系统结构，列出了进行几何仿真的步骤。

（2）系统给出了进行几何仿真的一种求交算法，即布尔法，采用此算法可以模拟材料的切除过程。

参考文献

【1】杨合明，舒昌启，周济 . 一种运动物体碰撞的连续性检测方法 [J]. 武汉工业大学学报 .

【2】姬舒平 .NC Verification的研究现状及展望 [J]. 组合机床与自动化加工技术，1997（5）.

【3】胡宾，李鹤九，段正澄，等 .NC程序检验仿真系统中虚形体的几何建模 [J]. 华中理工大学学报，1995（2）.

【4】胡晓华，尤祖成 .NC加工过程的计算机模拟仿真 [J]. 航空工艺技术，1996（5）.

【5】Donald R S. NC Verification: Machining it Right the First Time [J]. Tooling and Production, 1992（5）: 31 - 37.

作者简介：芮执元（1962—），男，甘肃景泰人，现任兰州理工大学机电工程学院教授，主要从事裂纹技术装备、计算机仿真及先进制造技术的研究。

收稿时间：2004 - 09 - 06

（上接第 123页）

【3】候捷 .MFC深入浅出 [M]. 华中理工大学出版社，2001. 1.

【4】周雪琴，安锦文，卢京潮，等 . 计算机控制系统 [M]. 西北工业大学出版社，1998. 1.

作者简介：商卫波，男，陕西西安人，1980年 10月生，硕士生，研究方向为计算机控制。电话：13571881524，E - mail: shangweibo1111@hotmail. com。

收稿时间：2004 - 08 - 06

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net