

工艺与材料

基于 VERICUT 仿真的柴油机机体机 加工工艺研究与论证

邓斌斌, 苏 寒, 杨华兵

(安庆中船柴油机有限公司, 安徽 安庆 246003)

摘 要: 基于某型柴油机机体, 利用 VERICUT 软件对其机加工过程进行模拟仿真, 进而进行加工过程监控、质量检测、NC 程序验证及程序优化。改进后的机加工工艺经首制件应用验证, 达到了缩短机体工艺开发周期, 保证产品质量, 降低生产成本的目的。

关键词: 柴油机; 机体; 机加工工艺; 仿真

中图分类号: TK423.1; TK426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2018)03-0045-04

Research and Verification of Machining Process of Diesel Engine Body Based on VERICUT Simulation

Deng Binbin, Su Han, Yang Huabin

(Anqing CSSC Diesel Engine Co., Ltd., Anhui Anqing 246003)

Abstract: Aiming at the process of a certain type of diesel engine body, using VERICUT software to simulate the machining process, relative work such as machining process monitoring, quality detection, NC processing verification and optimization were carried out. The optimized machining process was applied on the firstly produced engine body and showed that it could reduce the development cycle of the engine body, guarantee the products quality and reduce production cost.

Key words: diesel engine; engine body; machining process; simulation

0 引 言

机体作为柴油机各系统及零部件的安装“骨架”, 其结构复杂, 机加工要素繁多, 加工周期长。用传统的验证件试制方法不仅效率低, 还存在干涉碰撞、过切、欠切等加工风险。提高柴油机机体加工质量和加工效率是柴油机工艺研究的重要课题。

VERICUT 是一款应用较为广泛的数控仿真软件, 通过该软件对加工过程的全三维模拟, 可进行加工过程分析及 NC 程序优化, 缩短加工时间, 改进加工质量。本文以某型中速柴油机机体为例, 基于 VERICUT 仿真软件进行机体加工工艺与论证方法研究。

1 工艺特性分析

该型中速柴油机机体结构简图如图 1 所示。通过分析该机体有如下工艺特性:

(1) 机体四周面是机体重要孔系的设计基准, 同时是柴油机各零部件的装配基准; 主轴承孔、气缸孔是机体的重要孔系, 有必要对以上加工工序进行过程监控。

(2) 机体四周面孔加工要素繁多, 易出现漏加工、错加工, 有必要对过切、欠切等风险问题进行加工质量检测。

(3) 该型机体凸轮轴孔为 7 档同轴孔, 凸轮轴窗口(图 2)尺寸过小, 为 188.5 mm, 且窗口为铸造非加工面。为保证凸轮轴孔镗通, 凸轮轴附

收稿日期: 2017-07-07; 修回日期: 2018-01-09

作者简介: 邓斌斌(1991-), 男, 助理工程师, 主要研究方向为柴油机零部件加工工艺, E-mail: 15555651971@163.com。

件头+刀具尺寸为181 mm。由于铸造的凸轮轴窗口定位尺寸公差较大,为保证附件头能不干涉地安全进出凸轮室,且保证凸轮轴孔镗通,须采用宏参数编程。先用探头检测凸轮轴窗口毛坯实际位置,再根据位置尺寸通过宏参数计算出附件头进刀点和镗刀止刀点位置坐标,并带入相关参数。

例如:第一档凸轮轴室进刀点X轴坐标为

$$\#571 = \#561 + 4;$$

第一档凸轮轴孔镗刀止刀点X轴坐标为

$$\#581 = \#561 - 64。$$

该工序涉及探头检测及宏程序,有必要进行NC仿真,验证宏程序的正确性。

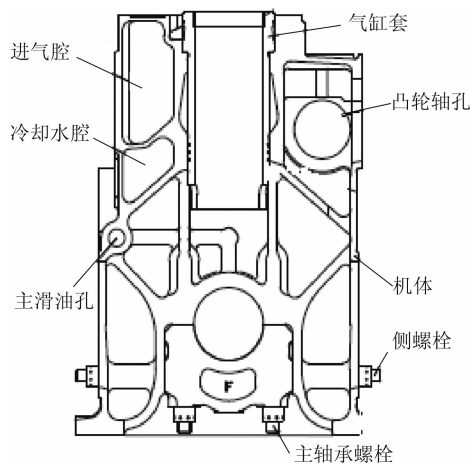


图1 某型号柴油机机体结构简图

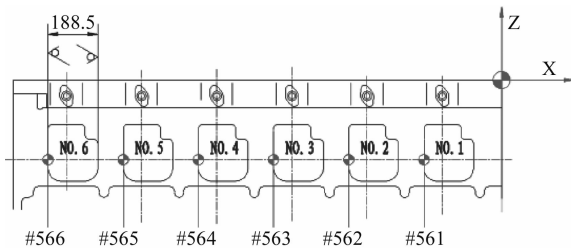


图2 凸轮轴窗口示意图

2 仿真环境创建

为进行机体加工的过程监控、加工质量检测及NC程序验证,依次建立机体所有工位的数控加工仿真要素,即机床模型、工件及设计模型、数控程序、加工刀具库、工件坐标系及工作偏置设置。某工位的仿真环境构建流程如表1所示,图3为该工位创建的加工设备机床模型及对应的数控刀具库。

3 机体加工仿真分析

3.1 加工过程监控分析

仿真前准备工作完成后,可进行数控加工的模

拟和检查。在模拟数控加工的过程中,可逐条验证NC程序。当发生碰撞、干涉、超行程等问题时,仿真过程会停止并报错,对应工件毛坯显示错误区域并记录在信息日志中,由此可根据报错信息、状态图表来不断修改、完善NC程序,进而保证加工过程的正确与安全。

表1 某工位仿真环境创建流程

序号	流程步骤	详细说明
1	建立机床运动轴组件的拓扑结构和运动关系	①床身→X轴→夹具②床身→W轴→Z轴→C轴→主轴
2	建立机床组件模型	以Pro/E构建三维模型,以组件为单位导入各轴模型树下
3	设定机床参数	碰撞检查、各运动轴行程极限、机床初始位置等参数设定
4	加载数控系统	在控制系统库内选择并调用机床所需的控制系统
5	加载工件毛坯模型和设计模型	以Pro/E构建设计模型、毛坯模型,导入模型树下
6	创建刀具库	依据加工方案,汇总加工刀具清单并设置几何参数及优化方法
7	导入加工程序	自动或手动编程,将NC程序导入"数控程序"项目树下
8	建立工件坐标系及工作偏置	在毛坯模型上创建工件坐标系并设置与机床主轴联系的工作偏置

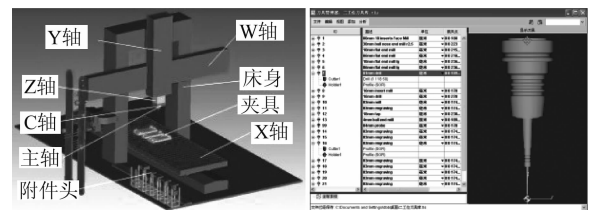


图3 某工位机床模型及刀具库的创建

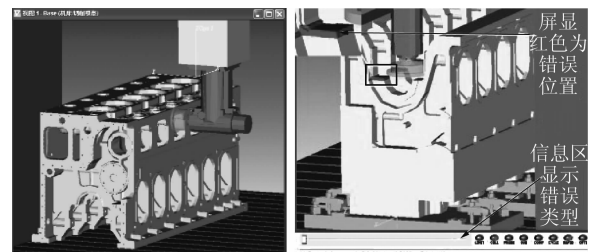


图4 机体面加工及主轴承孔哈夫面加工过程监控

3.2 加工结果质量检测

由于柴油机机体四周孔加工要素繁多,用传统的试制方法,在首件加工时,机体四周面上孔可能出现漏加工,且往往在后续装配过程中才能发现。在机体仿真加工结束后,可将加工后的工件与设计模型进行比较分析,以不同颜色在工件中分别显示

过切、欠切区域。通过该过程的数控仿真，可高效、精确地检查程序中是否有漏加工、错加工现象，保证产品质量，提高首制件成功率。

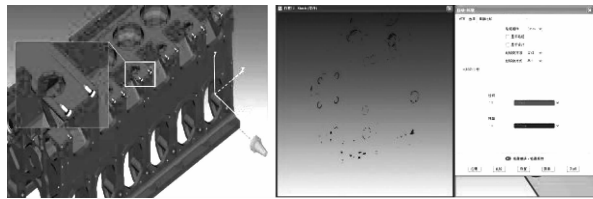


图5 机体四周面孔加工过切、欠切分析

3.3 凸轮轴孔加工参数化编程验证

加工凸轮轴孔的工艺方法为：

- (1) 利用2#直角附件头调出探头，探6档凸轮窗口左侧毛坯面的实际位置坐标，并分别记录在#561~#566中，如图6所示；
- (2) 在步骤一的基础上刀检每个窗口，实际刀检路径以步骤一实测的X值和窗口理论宽度定，此步骤是为保证附件头能够进出每一个凸轮室而不发生干涉；
- (3) 用步骤一确定的X值参数化计算确定附件头进刀点和镗刀止刀点，利用6#凸轮轴孔附件头依次镗NO.1~NO.6档凸轮轴孔；
- (4) 2#直角附件头粗镗NO.7档凸轮轴孔，探头检测NO.7档凸轮轴孔与NO.1~NO.6档凸轮轴孔同轴度，确定Y、Z偏移量，带入参数#710、#711；
- (5) 修正2#直角附件头镗孔坐标值（ΔY_SHIFT = -#710，ΔZ_SHIFT = -#711），精镗NO.7档凸轮轴孔，保证凸轮轴孔同轴度要求。凸轮轴加工主要如图7。

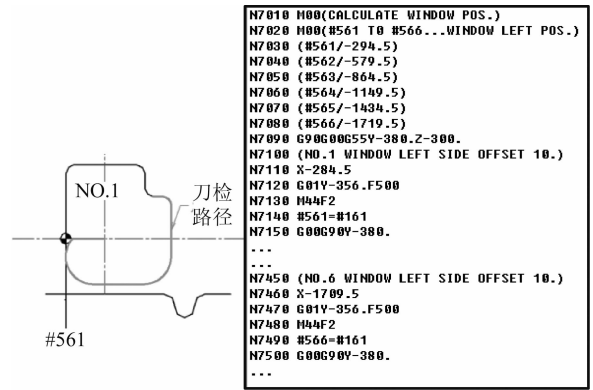


图6 探头找准窗口毛坯位置并带入参数

该工序较为复杂，宏程序的计算参数较多，为验证 NC 程序的正确性，可利用 VERICUT 对该工艺过程进行模拟，再检测加工后的模型各档凸轮轴孔尺寸公差及形位公差是否达到要求，提前发现问

题，提高机体加工质量，如图8所示。

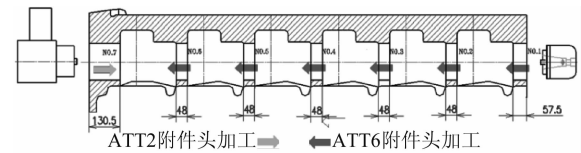


图7 凸轮轴孔加工示意图

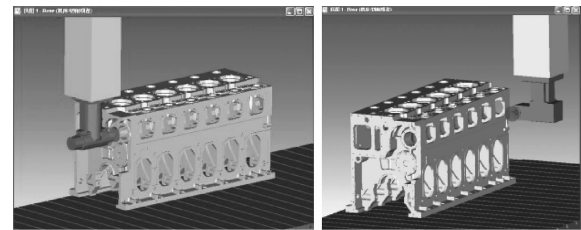


图8 ATT6、ATT2 附件头接镗孔参数化编程验证

3.4 程序优化

机体加工 NC 程序的编制，一般给定一定的下刀、抬刀速度，但由于箱体类零件的特性，往往刀具在一次走刀时切削量并不唯一。设切削深度为 A_p (mm)、切削宽度为 A_e (mm)、进给速度为 F ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)、材料去除率为 Vol ($\text{mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)，可得：

$$Vol = A_p A_e F / 60 \tag{1}$$

由式(1)可以看出：单位时间内的材料去除体积与进给速度正相关。为了提高机体加工效率，当单位时间内刀具去除体积较大时，进给速度降低；去除材料体积较小时，进给速度提高。可利用 VERICUT 按照这个原则优化刀具切削参数，将原来单一进给量的一次走刀优化为不同进给量的多次走刀(图9)，从而在避免刀具过度磨损和保证零件加工质量的前提下，提高加工效率。

由表2可以看出：经过仿真软件优化后，该工序工时缩短21.02%，机体加工效率得到了较大提高。

表2 机体精铣面工序优化前后工时比较

刀号	优化前工时/min	优化后工时/min	省时
T1	85.3	68.0	20.28%
T2	22.8	17.4	23.68%
T3	55.5	43.7	21.26%
T4	16.2	12.9	20.37%
总时间	179.8	142.0	21.02%

4 首制件应用及验证

最终更改优化后的工艺流程如表3所示。将 NC 程序导入机床中，正式进行机体的首件试制，如图10。

N1010 (MILLING FLYWHEEL FACE)	N1010 (MILLING FLYWHEEL FACE)
N1020 T70(D250 MILL)	N1020 T70(D250 MILL)
N1030 M06	N1030 M06
N1040 M56	N1040 M56
N1050 G00G90G54Z200.	N1050 G00G90G54Z200.
N1060 X100.	N1060 X100.
N1070 (0 FACE)	N1070 (0 FACE)
N1080 V-585.Z-120.	N1080 V-585.Z-120.
N1090 X20.	N1090 X20.
N1100 S250M03	N1100 S250M03
N1110 G01X0.F1000	N1110 G01X0.F1000
	N1115 V-420.536F400
	N1115 V-320.412F850
	N1115 V-102.4F2000
	N1115 V158.298F1200
	N1115 V250.426F1100
	N1115 V300.546F1420
	N1115 V426.543 F640
	N1115 V520.32F540
	N1120 V565.F530
	N1130 G00Z-320.
N1120 G01V565.F400	
N1130 G00Z-320.	
.	.

图 9 机体精铣面工序刀路路径优化前后对比

表 3 机体试制主要工序工艺流程及试制周期统计

工序	名称	工序内容	设备	试制周期/h
10	划	划四周面加工线	划线台	/
20	铣	粗铣四周面、粗镗缸孔、主轴承孔	数控铣镗加工中心	16
30	铣	精铣四周面	五面加工中心	24
40	镗	加工四周面各孔	数控铣镗加工中心	48
50	铣	精铣主轴承座安装面，半精镗主轴承孔	五面加工中心	20
60	钳	装配主轴承座	/	/
70	镗	精镗主轴承孔	五面加工中心	16
80	镗	精加工气缸孔、凸轮轴孔、惰齿轮孔	五面加工中心	36
90	钳	去锐边、毛刺	/	/
100	检	检验，油封	/	/

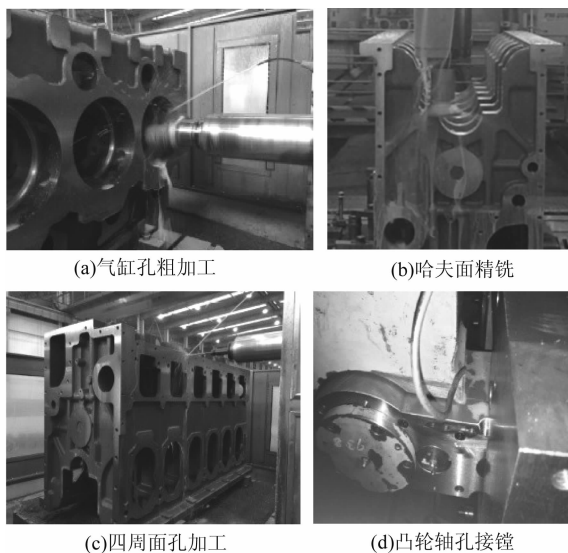


图 10 优化后的工艺在首制件中的应用

实践证明：相较于传统的试制方法，经 VERICUT 仿真后的柴油机机体加工工艺有较大优越性，主要体现在以下几个方面：

(1) 由于已经经过全工序的加工过程模拟、优化，改进后的加工方法更加完善、合理，避免了试制过程中的工艺流程变更。

(2) 试制前已经验证了数控程序的正确性，除去因铸造毛坯与设计模型不一致导致的少许刀路路径修改外，NC 程序在试制过程中几乎没有进行较大的二次修改；且试制过程无错、漏加工质量问题和干涉、碰撞等异常状况，首制件质量得到了有效控制。

(3) 该型中速柴油机机体与数控机床相关工序实际试制周期共计用了 160 h，按每天 8 h 的工作时间，该机体的机加工试制周期不到 3 周，与以往用传统方法试制近似规格机型长达 2~3 个月的试制时间相比较，极大地缩短了机体的机加工开发周期。

5 结 论

通过 VERICUT 软件对柴油机机体的加工进行模拟仿真，可监控数控加工过程，检测加工质量，提前验证参数化编程等较复杂程序的正确性，有效规避加工过程中易产生的干涉碰撞、超行程、过切欠切等问题，实现数控加工全过程、全工序的模拟仿真，并优化数控程序，提高加工效率，达到改善产品加工质量、缩短机体工艺开发周期、降低生产成本的目的。

参考文献

- [1] 杨胜群, 杨伟群. VERICUT 数控加工仿真技术. 2 版 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [2] 黄健求. 机械制造技术基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [3] 韩玉勇, 王士柱. 数控机床与编程. 2 版 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.