

数字化技术在壳体类航天产品制造过程中的应用

肖兰芳 杨 江 生凯章

(中国航天科技集团公司烽火机械厂, 成都 611130)



摘要: 通过对壳体类航天产品制造过程中数控加工技术的研究, 从优化数控程序、改进刀具结构、改变切削方式等三个方面, 详细阐述了如何利用先进的 CAM 软件、VERICUT 仿真软件、轻载高效的深孔钻削方式来突破壳体类零件的加工瓶颈, 达到壳体类零件在数控加工过程中的高质量、高效率、低成本目标。

关键词: UGNX 编程; VERICUT 仿真; 复合刀具; 轻载高效铣削

The Application of the Digital Technology in the Shell of Space Product Manufacturing Process

Xiao Lanfang Yang Jiang Sheng Kaizhang

(China Aerospace Science and Technology Corporation fenghuo machinery factory, chengdu 611130)

Abstract: From the study of the shell of space product manufacturing process of NC processing technology, and from optimize NC program, improvement toll sturcture, changing cutting way and so on three aspects. Elaborated how to use the advanced CAM software, the simulation software, the simulation software of VERICUT, light load efficiency of the deep hole drilling methods to break through the bottleneck of shell parts processing, to achieve the high quality, high efficiency, low cost target process of shell ports in NC mochining process.

Key words: UGNX programming; VERICUT simulation; compound cutting tool; light load efficiency milling

1 引言

随着我国航天产品轻载高效制造技术的蓬勃发展, 数字化制造技术的基础——数控加工技术已广泛地应用于航天企业的各个领域, 数控加工已经成为了航天产品制造的重要手段和关键技术。随着载人航天和国防航天的发展, 航天产品的设计理念发生了翻天覆地的变化, 零件设计向整体化、复杂化方向发展, 这就使得航天产品具备了结构复杂、质量要求高、质量风险大、工艺难度大等特点。

经过多年的研究和实践, 我国航天零件的数控加工技术取得了很大的进步, 但是仍存在许多问题: 专业化、集成化低, 极大地制约了产品加工效率; 刀具准备和零件检测时间较长、辅助时间多、加工效率低;

切削效率低, 轻载高效切削应用比例低; 生产成本低, 大型的航天产品材料特殊、价格昂贵, 传统的以数量保质量的生产模式, 给企业带来了巨大的财产损失。

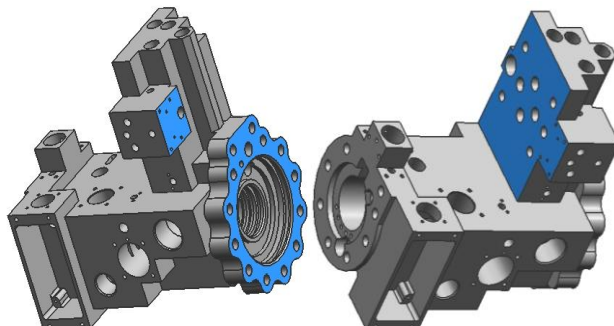


图1 二级壳体

作者简介: 肖兰芳 (1982-), 工程师, 机械电子工程专业; 研究方向: CAD/CAM。
收稿日期: 2012-11-19

如何高质量、高效率、低成本地完成复杂航天产品的数控加工已成为所有航天企业需要攻克的难题。以航天产品壳体类零件——二级壳体（图1）为对象，主要从数控程序编制、刀具选择、切削方式三个方面进行了研究，可达到壳体类零件在加工过程中高质量、高效率、低成本的目标。

2 壳体类零件数控程序的编制

数控程序的正确性和安全性是保证数控加工高质量、高效率的前提条件。为了保证该零件数控加工的安全性、可靠性，首先利用先进的CAM软件UGNX进行数控编程，建立准确、直观的三维模型，从源头上确保零件加工模型的正确性；其次在数控程序编制的过程中，将设计基准、工艺基准和加工基准进行统一，根据不同的需要设置不同的坐标系，对于存在多个基准的大型复杂零件，根据需要，设定多个坐标系，以减小累计误差；最后将先进的数控加工仿真软件VERICUT引入程序编制的过程中，来弥补UGNX在数控加工仿真过程中的不足（图2、图3），VERICUT数控加工仿真软件采用人机交互方式模拟、检验和显示NC加工程序，在虚拟环境完成了零件数控加工的全过程，避免了数控加工过程中的撞刀、过切、干涉等安全隐患，从而保证了数控加工程序的高可靠性，排除了质量隐患，节省了机床调试时间，省去了试切样件，从根本上改变了航天产品以数量保质量的“粗放式”生产方式，达到了降低生产成本、提高效率的目的。

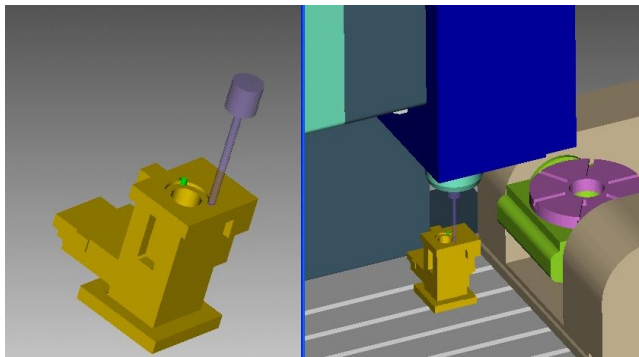


图3 VERICUT仿真

3 壳体类零件刀具的选择

从图1可以得出，该类零件的主要特征为：外形复杂、体积大、复合孔多，故加工该零件的时间周期长、效率低。针对该类零件的这些特点，在刀具选择时，在传统刀具的基础上做了以下改变：一是粗加工大面用面铣刀（其加工轨迹如图4所示）替代传统的整体式立铣刀，加工一件该零件可节约22.64min；二是针对该类零件复合孔多的特点（该壳体加工时间有三分之二是用于孔加工），选择复合刀具替代传统的标准刀具进行数控加工。以该壳体上一个典型复合孔为例加以说明，其粗、精加工尺寸如图5所示。该孔如采用标准刀具加工，由于数控加工中心刀位数量和标准刀具尺寸规格的限制，通常采用钻、扩、镗的组合方式完成；而采用复合刀具（图6）只需一步复合钻孔和一步复合铰孔即可完成。因为加工方式的改变，该孔的单个加工时间可缩短5~10min，一件该壳体上有6个这样的复合孔，一件壳体孔的加工即可节约时间30~60min。由此可见，合理的刀具选择可以极大地提高生产效率，降低生产成本。

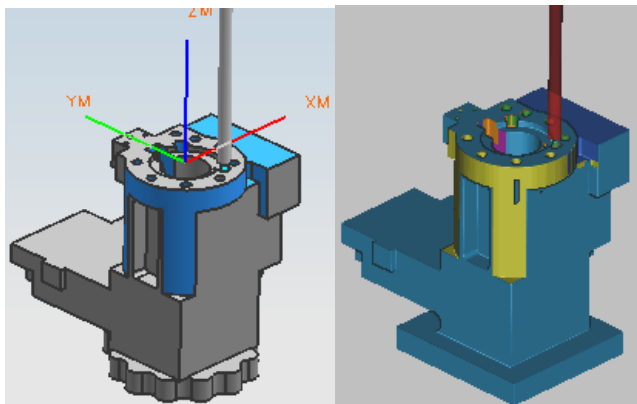


图2 UGNX仿真

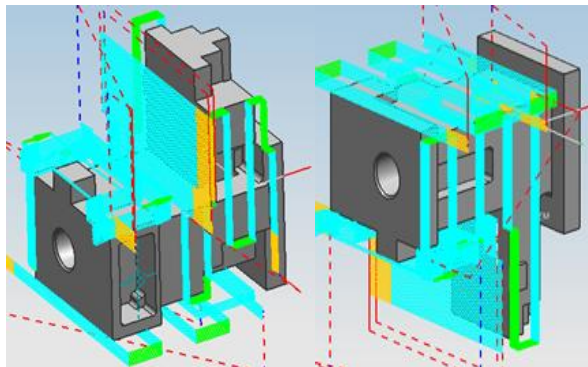


图4 面铣刀加工轨迹

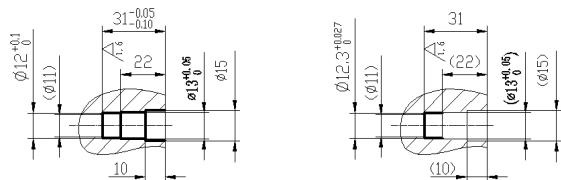


图 5 二级壳体阶梯孔尺寸图



图 6 复合刀具

4 壳体类零件切削方式的选择

轻载高效铣削是目前最先进的高效机械加工方法，但因轻载高效铣削只是加工结构简单的零件比较优势，加工较复杂的工件难度较大，甚至无法加工。故轻载高效铣削在复杂航天产品的数控加工中应用比例极低。为了将这种先进的切削方法应用到航天产品的数控加工过程中，采用传统铣削和轻载高效铣削相结合的方式来完成壳体的数控加工。通过对该零件的工艺分析可以得知：该零件上很多深孔、超深孔为工艺性流道，并无形位公差要求。但这些孔的长径比太大（最大的达到 43.3 倍），传统的切削方式效率很低、刀具磨损严重、加工成本太高。如果采用轻载高效铣削的方式进行加工就比较容易，不仅能保证加工精度要求，还能极大地提高生产效率、降低生产成本。例如：该壳体上一个直径 $\Phi 11\text{mm}$ 深度为 160mm 的典型深孔，用传统的切削方式需要三种刀具：一件中心钻，一件普通钻头，一件 $\Phi 11\text{mm}$ 的加长钻头，不算刀具准备等辅助时间加工该孔需要 3min；采用轻载高效铣削专用中心出水钻头，只需一件中心出水内冷刀具，且加工该孔仅需 18s，速度提高了 10 倍（传统铣削和轻载高效铣削切削参数对比如图 7、图 8 所示）。

经实践，一件该零件采用传统铣削和轻载高效铣削相结合的方式加工，可以节约时间 20~30min，极大地提高了生产效率；同时传统加长钻头加工该孔刀

具磨损严重，一件传统加长钻头只能加工几百件铝合金壳体，而轻载高效铣削专用中心出水的合金钻头可以加工上万件铝合金壳体。由此可以得出：合理的采用轻载高效铣削可以极大地提高生产效率、降低生产成本。



图 7 普通切削参数



图 8 轻载高效切削参数

5 结束语

通过对影响数控加工质量、效率和成本的三个主要要素：数控程序编制、刀具选择、切削方式的研究，基本达到了高质量、高效率、低成本完成壳体类航天产品数控加工的目标。但是要推进科研、生产、试验、经营和管理的数字化，使中国航天从粗放式管理为特征的“机械航天”向集成化、数字化、网络化为特征的“数字航天”转变，必然会遇见各种难题，这需要不断探索、实践，找到一条安全可靠、高效率、高质量、低成本的“新型数字化模式”，提升中国航天的国际竞争实力。

参考文献

- 1 谈凤奎, 航天数字化集成制造技术实践. 航空制造技术, 2005, 11: 26~30
- 2 UG 多轴铣制造过程培训教程. 清华大学出版社, 2002