

ChatGPT在数控编程加工中的应用探析

汪志能

衢州学院工程实训中心, 浙江 衢州

收稿日期: 2023年6月19日; 录用日期: 2023年8月1日; 发布日期: 2023年8月8日

摘要

随着人工智能技术的发展, 深度学习技术的进步, 人工智能可以为数控加工领域带来更高效的生产流程管理, 更精准运营成本控制。以ChatGPT为例, 它可以根据用户自然语言输入, 快速生成相应的数控加工程序, 为未来的数字化智能制造注入新技术和新动力。本文通过现阶段ChatGPT生成数控程序, 并在Vericut软件内仿真加工的案例, 探析ChatGPT在机械加工领域中数控编程方面的应用、问题和未来发展。

关键词

ChatGPT, 数控编程, 智能制造, Vericut, 仿真加工

Exploration of the Application of ChatGPT in CNC Programming Machining

Zhineng Wang

Engineering Training Center of Quzhou University, Quzhou Zhejiang

Received: Jun. 19th, 2023; accepted: Aug. 1st, 2023; published: Aug. 8th, 2023

Abstract

With the development of artificial intelligence technology and the advancement of deep learning technology, artificial intelligence can bring more efficient production process management and more accurate operation cost control to the CNC machining field. Taking ChatGPT as an example, it can quickly generate corresponding CNC machining programs based on the user's natural language input, injecting new technology and new momentum into the future of digital smart manufacturing. This paper explores the application, issues and future development of ChatGPT in CNC programming in the field of machining through the current stage of ChatGPT generating CNC programs and simulating machining within Vericut software.

Keywords

ChatGPT, CNC Programming, Smart Manufacturing, Vericut, Simulation Machining

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人工智能(Artificial Intelligence, AI)理论和技术的日益成熟,深度学习、机器视觉、语音识别、自然语言处理等人工智能技术加快向智能制造各环节渗透应用,推进人工智能与制造业融合应用[1] [2]。作为新一代专注于对话生成的语言模型[3], ChatGPT 能够根据用户的输入文本进行预测,利用自身强大的自然语言理解和生成能力产生自然流畅的回答,可以在多轮实时互动过程中给出问题的合理答案[4]。在工业智能化发展的时代背景下,本文旨在探讨 ChatGPT 在数控编程加工中的应用,剖析其在优化加工策略、提高加工精度、降低运维成本等方面的优势和局限性,以期 ChatGPT 技术与数控编程加工的深度融合提供参考。

2. ChatGPT 与数控编程加工领域的结合发展

数控编程是把零件加工的工艺过程、工艺参数、机床运动以及刀具位移量等信息用数控语言记录在程序单上[5]。数控编程分为手工编程和自动编程两种。手工编程适用于节点计算简单或有一定规律的轮廓加工,对于曲面或较复杂轮廓编程一般采用计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)软件自动编程方式。手工编程的程序简短,通用性好,可拓展性强,而自动编程的程序一般较长,可读性差,参数不易修改,若零件尺寸形状稍有改变,需要重新绘图编程。而自动编程的优势在于加工结构复杂精度要求高的产品,方便加工前的轨迹模拟,缩短辅助时间。ChatGPT 与数控编程加工领域的结合发展,体现在以下三方面:

2.1. 交互方式

作为一个自然语言处理 AI, ChatGPT 在数控编程方面的应用主要是在解决人机交互、自然语言输入的问题。还可以与 CAM 软件的连接,在输入数控程序时,使用 ChatGPT 输入指令,可以实现更加普及化的编程方式。

ChatGPT 根据用户输入的工件属性、尺寸形状、刀具参数等信息,生成加工路径和数控程序,并进行加工预测分析。同时, ChatGPT 接入机床,还可以对工件质量进行评估和检测,提供优化和改进建议,引导操作人员进行自然语言查询,让程序中的指令更加具备易懂性和可操作性。

用户采用语音或键盘输入方式,以对话的方式向 ChatGPT 提供设计图纸的信息, ChatGPT 分析信息并将输入指令转化为机器可识别的格式,进而生成相应的程序或控制指令。传统的输入方式需要用户具备一定计算机操作技能,而这种自然语言交互方式可以减少操作人员的工作负担,缩短编程时间,提高用户编程便捷性和效率。用户还能向 ChatGPT 询问有关数控编程加工操作技巧及工量用具问题,提供加工工艺和解决方案。这种交互方式为用户提供便利,降低学习成本,用户在学习过程中不断完善加工方案,更好地实现技能提高。

2.2. 深度学习

ChatGPT 技术具有深度学习能力，可以根据用户的操作习惯不断优化其输出结果，提高编程效率，降低错误率。通过不断分析数控加工过程中的参数设置，优化刀具加工轨迹和加工过程，提高加工效率和工件品质。通过分析大量的加工数据和图像信息，可以训练出卷积神经网络模型，实现工件质量检测、缺陷识别等任务，并可以对单台机床的切削性能优化，定制化的参数使加工更加柔性。

AI 结合 CAM，不只是文字形式，还可以是图像可视化，只需给出图纸或样品，通过图像识别、视觉扫描完成三维建模，确定所需刀具夹具，即可在有限的条件下，自动生成对应的多轴曲面加工策略。

2.3. 智能优化

ChatGPT 可以为数控编程加工领域带来智能优化，实时进行机器运行状态判定，及时调整生产参数，提高机床加工效率、质量和稳定性。根据输入的机床运行状态进行监控，实时预测机床的运行状况，并根据预测结果进行调整和优化。当机床出现故障时，ChatGPT 可以帮助技术人员快速定位和解决问题，缩短故障处理时间，增强机床稳定性和耐久性，提高机器自动化维护水平。

3. ChatGPT 在数控编程加工应用案例

3.1. 案例分析

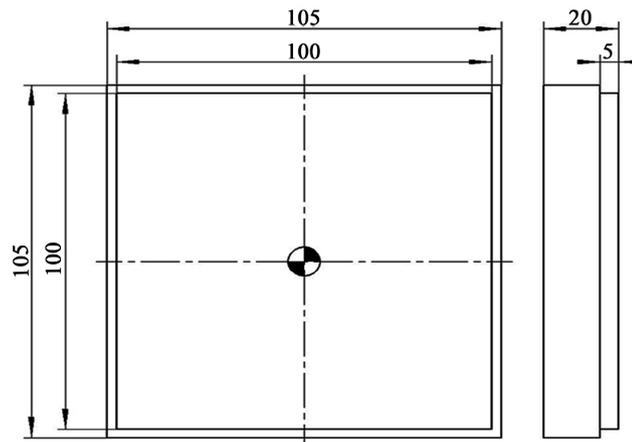


Figure 1. Machining parts drawing

图 1. 加工零件图

本案例零件如图 1 所示，加工要求为在尺寸为 105 mm × 105 mm × 20 mm 的毛坯上进行铣削，制作出 100 mm × 100 mm × 5 mm 的凸台零件，所使用的材料为 6160 铝合金。其加工参数如表 1 所示[6]。

Table 1. Processing parameters

表 1. 加工参数

类别	参数
机床型号	VMC850 加工中心
数控系统	FANUC 0i-MF
刀具类型	Φ10 mm 立铣刀
主轴转速	2500 r/min
进给速度	100 mm/min
切削深度	5 mm

3.2. 发起对话

根据上述案例分析, 编辑提问内容, 并与 ChatGPT 开始对话。在对话过程中, 不断根据 ChatGPT 给出的提示逐步完善问题, 直到给出的程序内容结果没有发生变化为止, 从而提高程序准确性。

Table 2. Conversation content

表 2. 对话内容

提问	编写一个 100 mm × 100 mm 的正方形铣削程序	编写一个 100 mm × 100 mm 的正方形铣削程序, 切削深度为 5 mm, 有刀具长度补偿。	编写一个 100 mm × 100 mm 的正方形铣削程序, 首先, 我们需要设置刀具和加工参数。我们假设使用立铣刀, 直径为 10 mm, 长度为 75 mm, 转速为 2500 r/min, 进给速度为 100 mm/min, 切削深度为 5 mm。然后, 建立工件坐标系和编程原点。我们可以将工件中心作为编程原点, 并且建立以编程原点为中心的工件坐标系。接下来, 我们可以编写程序。此处假设以 G 代码为基础, 采用 FANUC 编程指令。
回复	<pre>O0001 T1 M6 S2500 F100 G54 G90 G00 X0 Y0 Z5 G00 X-45 Y-45 Z5 G01 Z-5 G01 X-45 Y55 G01 X55 Y55 G01 X55 Y-45 G01 X-45 Y-45 G01 Z-10 ; G03 X-35 Y-35 I0 J-10 G03 X35 Y-35 I10 J0 G03 X35 Y35 I0 J10 G03 X-35 Y35 I-10 J0 G00 X0 Y0 Z10 M30</pre>	<pre>O0002 N001 G90 G54 G17 N002 S2500 M3 N003 T1 M6 N004 G43 H1 Z50 N005 G1 Z5 F100 N006 X-100 Y-100 N007 G1 Z-5 F100 N008 X100 N009 Y100 N010 X-100 N011 G1 Z10 F100 N012 M30</pre>	<pre>O0003 N001 G90 G54 G17 N002 S2500 M3 N003 T1 M6 N004 G43 H1 Z50 N005 G1 Z5 F100 N006 X-50 Y-50 N007 G1 Z-5 F100 N008 X50 N009 Y50 N010 X-50 N011 G1 Z10 F100 N012 M30</pre>

如表 2 所示, 经过三次问答, 可以得到 100 mm × 100 mm 正方形凸台铣削程序的步骤和代码。过程中, ChatGPT 会提醒用户: 实际使用时请务必根据具体工件要求进行相应的修改和优化, 确保程序的正确性和稳定性。

3.3. 虚拟仿真

利用 Vericut 数控加工仿真软件中 NC 程序验证模块、机床运动仿真模块仿真、验证和分析表 2 三个程序铣削刀路, 并检验机床干涉与碰撞。其步骤如下:

- 1) 打开 Vericut 软件并加载项目 optipath_aero_fadal_vmc4020_fan15m_mm.vcproject。该项目表示选择了 VMC4020 型号的加工中心, 使用的是 FANUC 数控系统, 单位为毫米[7]。
- 2) 在设计树中选择 Stock (毛坯), 并设置毛坯的尺寸为长(X) 105 mm、宽(Y) 105 mm、高(Z) 20 mm。
- 3) 将工件坐标系设置为工件顶面中心。
- 4) 选择 $\Phi 10$ mm 立铣刀作为当前使用刀具。
- 5) 分别导入相应的程序, 并点击仿真按钮, 开始进行数控加工的仿真过程。仿真结果如图 2 所示。

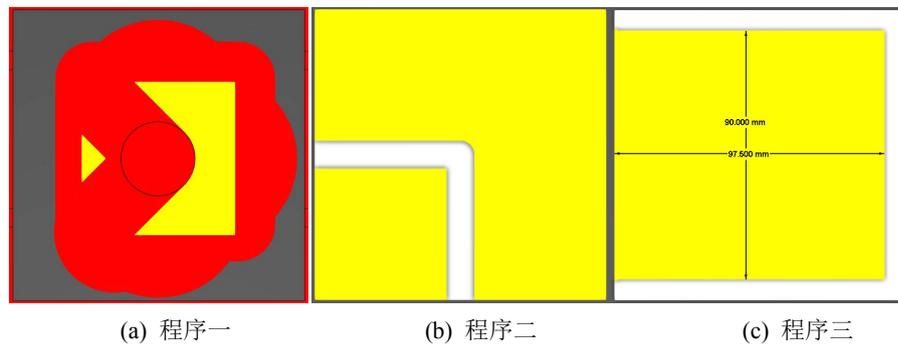


Figure 2. Simulation results
图 2. 仿真结果

从图 2(a)的仿真结果中,发现程序一缺少刀具长度补偿指令,在加工过程中刀柄直接与工件碰撞,出现过切现象。此外,程序一的编程内容不是正方形编程,其中有多处圆弧轨迹,因此程序一无法满足加工要求。

通过图 2(b)的仿真结果可以发现,程序二的刀路轨迹是一个正方形,但程序生成时没有明确以工件中心为编程原点,而是以工件右上角为编程原点,导致刀具加工整体向左下方偏移。在仿真结果上,只有毛坯的左下角被切削,因此程序二也无法满足加工要求。

通过图 2(c)的仿真结果可以发现,程序三的刀路轨迹不是封闭的正方形,缺少一个加工节点,不能满足加工要求。最终得到的是尺寸为 97.5 mm × 90 mm 且中心偏置的矩形,在该矩形的左上和左下两个角落处有未加工到位的圆弧,因此程序三也无法满足加工要求。

3.4. 程序优化

通过以上的仿真结果分析,发现程序三的刀路轨迹与图纸吻合度最高。因此,对程序三进行改写和优化,以满足加工的要求,相应的改写结果列在表 3 中。

Table 3. Program and notes
表 3. 程序及注释

程序段号	程序内容	注释
N001	G90 G54 G17	选择绝对编程、G54 工件坐标系和 XY 平面
N002	S2500 M3	设定主轴正转,转速为 2500 r/min
N003	T1 M6	选择 1 号刀具,并换刀
N004	G43 H1 Z50	刀具长度正补偿,定义 Z 坐标为 50 mm
N005	Z5	移至工件上方 5 mm 处
N006	X-60 Y-55	移至起刀点
N007	G1 Z-5 F100	以 100 mm/min 的速度向下切削至工件深度 5 mm 处
N008	X55	移至第一个点 P1
N009	Y55	移至第二个点 P2
N010	X-55	移至第三个点 P3
N011	Y-55	移至第四个点 P4
N012	G00 Z100	快速抬刀至 100 mm
N013	M30	程序结束并返回程序头

将程序导入 Vericut 软件进行仿真加工，得到如图 3 所示的 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 正方形加工效果图。经过观察和分析，发现其满足加工要求。

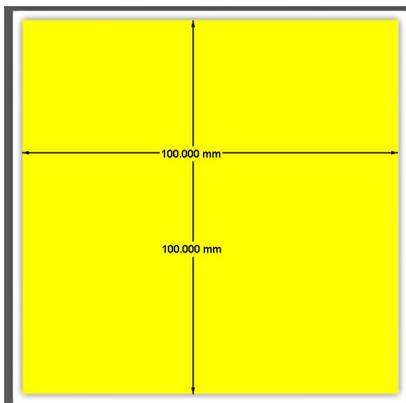


Figure 3. Correct simulation results
图 3. 正确仿真结果

为了验证继续程序的正确性，在 VMC850 加工中心上采用平口钳装夹毛坯，并确保其伸出长度大于 5 mm 。随后进行对刀分中建立工件坐标系，在输入经过优化后的正确程序后，启动程序进行切削加工。结果表明，成品工件的位置及尺寸符合图纸要求，如图 4 所示。



Figure 4. Processed objects
图 4. 加工实物

3.5. 模型训练

模型训练的背后离不开大数据的支持[8]，ChatGPT 类大模型覆盖了海量的知识资源，并基于互联网可用数据训练的文本生成深度学习模型[9]，主要表现为 ChatGPT 使用更大的语料库、更高的计算能力、通用的预训练，能够确保更高的准确性、适应性及自我学习能力[10]。

为增加此次回答的正确性，直接将优化后的正确程序发送给 ChatGPT，并告之使用该模板进行编程。如图 5(a)所示，ChatGPT 能按照正确模板进行编程，格式与模板相同，但是不能识别所需尺寸，没有考虑刀具直径，所加工得到的尺寸会比目标尺寸小 10 mm 。如图 5(b)所示，再将刀具直径加在目标尺寸上，所得到的程序即正确程序，能满足加工需求。

而为能得到实际加工中能使用的程序，在问题模板中增加了刀具半径补偿代码，继续向 ChatGPT 提

问,其结果如图 5(c)所示,得到的程序在格式排版上与模板程序一致,但是在起刀点(70, 0)和进刀点(50, 0)两点处没有做出更改,从而该程序不满足加工需求,应修改成正确代码后上机切削使用。



Figure 5. Optimising questions
图 5. 优化问答

4. 结束语

基于上述对采用 ChatGPT 生成的多个计算机数字控制(Computer Numerical Control, CNC)加工程序通过 Vericut 软件进行仿真加工的对比分析,从代码正确性、智能交互协同和深度学习优化三个方面探析 ChatGPT 技术在数控编程加工领域应用的挑战,尽管 ChatGPT 技术在该领域有一定的应用潜力,但仍处于发展的初级阶段,并面临诸多技术挑战:

1) 代码正确性

有研究发现[11], ChatGPT 生成的文字内容整体看起来流畅,但是其中包含的参考文献可能实际并不存在,内容不具备可解释性与明确的依据,难以充分理解信息和分析信息内在的逻辑关系,因此很容易生成不合理的内容或者犯事实性的错误。现阶段 ChatGPT 在对话式场景下生成的 CNC 编程代码,不能直接应用在实际生产中,仍面临诸多局限。尽管在本文中使用了 ChatGPT 自然语言描述了节点计算简单的正方形加工案例,程序正确率并不高。实际加工应用中,往往会出现节点复杂并带圆弧的图形或尺寸条件不适于采用自然语言描述的情况, ChatGPT 技术目前不适用于解决此类问题。

因此 ChatGPT 生成的程序代码的正确性不能完全保证,但是通过使用优化的模型和加强的语法检查,可以增加生成正确代码的可能性,实际加工应用中,需要操作人员针对具体的加工工艺进行正确的程序检查调试后,再将其传输至机床进行切削加工,节省上机调试程序时间,保证加工安全[12]。

2) 智能交互协同

而 ChatGPT 作为预训练通用语言模型,对情感、暗示等人因信息仍然无法有效处理,暂时缺乏与语音、视觉、触觉、脑电等信息的交互能力。未来还需要探索多场景、多模态输入输出,以及人因信息兼容的新型模型,推动更高水平的人机协同、人智协同[9]。融合计算机语音视觉识别、深度学习、知识图

谱等多种人工智能技术,旨在增强其在人机交互过程中对人类情感和意图的感知能力,使人机交互更加自然,同时更加有效地帮助人类完成特定场景下的任务[13]。在智能制造领域,为了优化操作人员的操作体验并提高人机交互协同效率,需要在输入端引入末端拖拽示教和智能成像技术。这些技术使得操作人员能够通过拖拽方式进行示教,并通过智能成像技术实现对操作对象的智能感知。在输出端,需要具备监控仿真、在线控制和误差修正能力,以实现制造过程的实时监测和控制,并通过误差修正手段提升制造精度。通过这样的技术组合,可以有效优化操作流程,提高生产效率和质量,从而推动智能制造领域的发展。

3) 深度学习优化

随着以 GPT 技术为代表的多模态通用模型的成熟,加以在垂直行业数据支撑,进行深度学习,融入数控编程加工领域,通过“行业 + AI”效应,推动行业数字化创新升级,为用户提供更加智能化、个性化、定制化的解决方案[14]。未来,要使 ChatGPT 在数控编程加工领域发挥更大作用,需要将其与图像识别或图纸分析能力集成。通过采用非常精细的算法,将输入的二维图像转换为数学模型,进而生成对应的加工程序,以解决更为复杂的工艺难题。还能通过深度学习算法,对历史数据、实时数据和环境信息进行分析学习,从中提取出隐藏在数据中的规律和特征。这使得智能制造系统能够具备自我学习能力,自动化地识别和适应不同的生产条件和环境变化,优化生产过程和决策,实现智能制造中的质量控制和故障预测。

总之,类 ChatGPT 技术的 AI 工具发展,会取代人类的部分工作机会,而不会完全取代[15]。在技术更新迭代,在科学技术飞速发展,给社会带来变革的同时,给智能制造从业人员带来机遇和挑战,主动适应科学发展的新时代,积极学习和审视 AI 的优势和局限,学习使用 AI 工具,应对数字化、智能化等职业新需求。

基金项目

衢州市汪志能技能大师工作室(011223003); 2021 年浙江工匠培育工程之第四层次“浙江青年工匠”培育项目(011223014)。

参考文献

- [1] 工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/01/content_5655208.htm, 2021-11-17.
- [2] 成都市发展改革委重大课题组. 人工智能与制造业融合: 基本内涵、发展态势与内在逻辑——兼论成都人工智能与制造业融合的探索与实践[J]. 成都大学学报(社会科学版), 2021(1): 42-53.
- [3] openAI. ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue. <https://openai.com/blog/chatgpt>
- [4] Hu, K. (2023) ChatGPT Sets Record for Fastest-Growing User Base—Analyst Note. <https://www.reuters.com/technology/chatgptsets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01>
- [5] 段春辉. 五轴联动数控机床通用后置处理系统研制[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- [6] 林胜. 铝合金高速切削技术[J]. 航空制造技术, 2004(6): 61-66.
- [7] 陈文涛, 夏芳臣, 涂海宁. 基于 UG & VERICUT 整体式叶轮五轴数控加工与仿真[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2012(2): 102-104.
- [8] 朱光辉, 王喜文. ChatGPT 的运行模式、关键技术及未来图景[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 44(4): 113-122.
- [9] 陆伟, 刘家伟, 马永强, 程齐凯. ChatGPT 为代表的大模型对信息资源管理的影响[J]. 图书情报知识, 2023, 40(2): 6-9+70. <https://doi.org/10.13366/j.dik.2023.02.006>
- [10] 于文轩, 马亮, 王佃利, 等. “新一代人工智能技术 ChatGPT 的应用与规制”笔谈[J]. 广西师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 59(2): 28-53. <https://doi.org/10.16088/j.issn.1001-6597.2023.02.003>

-
- [11] Ma, Y.Q., Liu, J.W., Yi, F., *et al.* (2023) AI vs. Human-Differentiation Analysis of Scientific Content Generation. <https://arxiv.org/abs/2301.10416>
- [12] 辛道银, 石超燕. 基于 UG 和 VERICUT 的螺纹铣削自动编程与仿真研究[J]. 机械工程师, 2023(3): 150-153.
- [13] 程洪, 黄瑞, 邱静, 马文昊, 施柯丞, 李骏. 人机智能技术及系统研究进展综述[J]. 智能系统学报, 2020, 15(2): 386-398.
- [14] 卢宇, 余京蕾, 陈鹏鹤, 等. 生成式人工智能的教育应用与展望——以 ChatGPT 系统为例[J]. 中国远程教育, 2023, 43(4): 24-31+51. <https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.20230301.001>
- [15] 王德祥, 王建波. 新一代人工智能对数字经济的影响——以 ChatGPT 为例[J]. 特区实践与理论, 2023(2): 34-39. <https://doi.org/10.19861/j.cnki.tqsjyl.20230508.004>