双料 3D 打印机打印路径规划与应用研究

羊炳光
（海南工商职业学院　海南　海口　570203）

摘要：在智能技术发展的背景下，加强机械加工研究工作是提高机械加工水平的重要措施，而 3D 打印技术的发展可以满足机械零件加工复杂性及多样性要求。在 3D 打印技术应用过程中，熔融沉积（FDM）技术是其中的重要技术类型，与其他打印技术相比，其应用成本比较低，易成型，在行业发展过程中具有突出优势。本文对双料 3D 打印机打印路径规划及应用进行研究，同时对 FDM 技术在国内的发展进行深入研究，以期可以为解决双喷头双向打印机在应用过程中存在的问题提供借鉴和参考。

关键词：双料 3D 打印机；路径规划；应用仿真

0　引言

与传统减材制造工艺相比，3D 打印技术在应用过程中主要是以增材制造加工方式为主的个性化零件生产工艺，这种工艺可以保证零件加工的精度。在 3D 打印技术的应用中，需要通过建模、分层路径规划、打印堆积以及快速制造等不同流程，在短时间内完成个性化零件制作。路径规划是 3D 打印过程中的重要环节，通过对打印头的运动轨迹进行规划，可以对整个打印过程进行控制。目前，在 3D 打印过程中比较常用的路径规划算法包括 Z 字形和偏置轮廓路径规划算法，但是这两种算法对大型构件的打印表现比较差。随着人工智能技术的不断发展，需要对双料 3D 打印机打印路径规划进行深入研究，利用有效的规划方法提高路径规划的可靠度。

1　3D 打印技术特点

我国社会经济发展速度越来越快，工业生产需求量也在不断提高，这意味着产品生产加工的周期需要不断缩短。而对零件加工精度要求的不断提高，设计人员既要设计出产品，又要加强产品性能测试工作，这样才能保证产品与客户的需求相适应。这是制造业在发展过程中面临的重要挑战，除了要解决客户的具体需求，还要推动制造工业完成多性能、多品种、大批量、高精度的零件加工。

3D 打印技术作为快速成型技术，在技术应用过程中涉及的学科理论比较多，包含材料、精密机械、计算机、激光能量束等不同学科内容。与传统加工方式相比，3D 打印技术可以提高零件加工的精度与加工速度，其特点主要表现在以下四个方面。

（1）数字化的特点。在 3D 打印技术应用中，可以利用三维软件对产品进行数字化处理，提取模型中的内外轮廓数据信息，并对机器进行控制，完成工件加工。除此之外，数字化文件还可以利用数据网完成数据传输，实现异地分散化制造。

（2）降维制造的特点。这种制造特点表现出分层制造思维，从三维模型转化成二维制造、分层制造逐渐累积而成。以传统工艺为基础，3D 打印技术可以对复杂实体进行有效加工。

（3）直接制造的特点。对一些结构比较复杂，工序比较多的工件进行加工时可以先进行切割，然后通过组合工序进行设计，达到工件加工需求。因此，3D 打印技术可以直接进行制造，一次成型。

2　双料 3D 打印机路径规划模型扫描

2.1　复合扫描方式

在双料 3D 打印机路径规划模型扫描过程中，需要对复合扫描方式进行全面掌握。在复杂结构工件的生产过程中复合扫描方式主要是对偏置扫描和分区域扫描进行有效结合。模型层面的复杂结构在加工过程中受热胀冷缩的影响会导致应力方向发散，从而使模型边界出现卷曲变形问题。打印装置的持续运行可以减少装置的启 / 停次数，在偏置时对整个轮廓环完全偏置。在实体偏置时，可能会导致轮廓界面的轮廓线出现自相交、线相交等各种问题，在后续处理过程中难度比较大，并且使用的算法复杂度也比较高，可能会出现系统错误。在复杂扫描时需要对轮廓线进行偏置扫描，在产生环干扰时需要立即停止扫描。对一些未被偏置的区间，可以利用分析扫描方式完成扫描填充。

在复合扫描过程中，具体的步骤如下：

（1）需要先完成切片后的实体模型层面内外轮廓识别作业，并且要完成层面内外轮廓曲线的偏置填充，对一些偏置后的轮廓线进行准确记录；

（2）在填充扫描的过程中，如果出现自相交或者其

他相交问题需要停止偏置操作；

（3）在偏置后的轮廓线形成区域后，需要进行填充扫描。

（4）完成所有扫描作业后，需要对整体区域进行分析，因为有一些区域不能完全填充完成，需要对这些未被填充的区域进行填充，利用平行扫描填充方式完成整个切片截面填充作业。

偏置算法是复合扫描过程中的重要组成部分，在进行偏置算法分析时，需要根据偏置方式实现的形式进行研究。偏置方式在 UG/Open GRIP 中很容易实现，在二次开发时偏置的呈现主要包括以下内容：

（1）在同一平面中原始曲线与偏置曲线出现偏置；

（2）原始曲线以及偏置曲线并不处于同一平面，但是有一定的高度和角度。

在此次设计过程中偏置曲线主要是被切片后的轮廓曲线进行偏置，是在同一平面内的偏置。偏置内外轮廓环、偏置方向存在一定差异，对内环向外或者外环向内开展偏置。对内外环偏移的对象取代偏置，下一个偏置曲线可以对已经偏移后的曲线进行再次偏移。从而取代原有的曲线，依次进行循环。需要注意的是在整个偏置过程中，一旦发生异常情况，需要对当前环和对应环偏置。按照扫描顺序对该环组中的所有环进行扫描后，可以对相邻环组进行偏置扫描。一直到切片后，所有环组扫描完成后，代表扫描过程完成。循环偏置中可能会存在一些异常情况，例如不相同的环之间在偏置时出现自相交或者本身环完成偏置后，因为计算偏置距离比较大，会出现相交问题。环方向改变后，内环方向由逆时针转变为顺时针等。

对偏置 UG/Open GRIP 中的偏置 OFFCRV 命令进行应用时，需要采用的语句原始曲线为 cur（1.…….num），需要科学选择偏置参考点，并生成偏置曲线，图 1 为偏置曲线的部分程序。

图 1　偏执曲线部分程序

在这一程序执行过程中需要注意使用副词，因此，在程序应用过程中偏置曲线类型并不单纯为直线、曲线，而是环组。环组相交判定方式在开展偏置扫描时，对先前的偏置环不断向一定方向进行偏置。因为轮廓环在循环变化，轮廓环的动态变化可能会出现环与环相交问题。环相交的主要表现形式包括环与环之间的相交、线段前后之间的相交。因此，需要对直线或者曲线的相交问题进行计算求解。

2.2　扫描线与轮廓线相交点排序分析

在对扫描线和轮廓线相交点排序进行研究分析时，需要对切片完成的每一寸轮廓环交点坐标进行拾取，在 UG/Open 开发过程中可以利用 cspot 保存无序点坐标，每一层所有点保存在一层文件内，在文件中还要将保存的信息点作为基础构建 X、Y、Z 坐标位置。在打印中路径轨迹时，按照一定方向进行打印，这样形成的 X、Y 坐标值为有序状态。为了保证打印精度，需要对保存的点进行顺序规划，这样可以确定正确的打印路径。对当前层扫描线进行扫描后，不需要改变方向。在 X 方向多行进行反向交点排序，利用来回方式直到扫描完整个填充路径。

在扫描线和轮廓相交的同一条线上形成的交点 Y 坐标相同，只需要完成 X 坐标从小到大、从左到右排序作业即可。具体的操作流程如图 2 所示。

2.3　生成双料 3D 打印机代码

在双料加打印机代码生成过程中，打印路径生成需要对每一片层中打印轨迹信息进行有效的提取，主要包

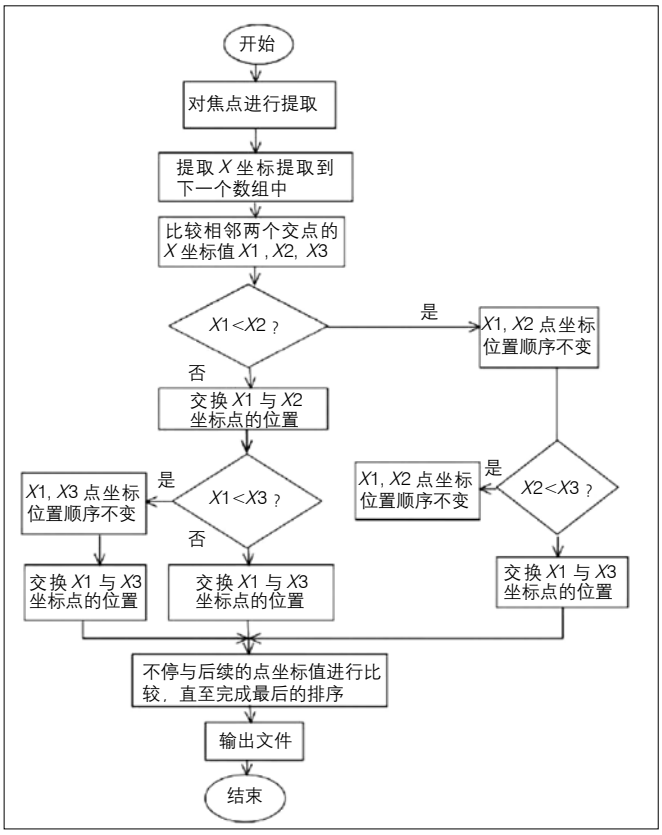

图 2　坐标大小排序流程图

含外轮廓、打印轨迹内容、填充轨迹等不同的打印轨迹。根据规划完成的路径顺序可以生成 G 代码。在 G 代码文件中包含路径规划形成的点坐标、进给速度、挤出速度、挤出长度等各项信息。打印喷头在移动过程中，喷头挤出后可以从一个点移动到下一个点，并且在这一过程中挤出长度到达设计的长度后，进入下一程序段中下移位置进行打印。在其中一部分耗材挤出长度设计时，其定义难度比较大，挤出长度受层厚、喷头支架、进给速度等因素影响比较大。

3 双料 3D 打印机路径规划应用分析

3.1 实验准备

在双料 3D 打印机喷头设计过程中，喷头的主要作用是挤出打印材料，同时要对设计的模型进行叠加，才能够形成实体模型。这是对打印效果产生影响的决定性因素。因此，需要对双料 3D 打印机中的基础装置进行科学选择。双材料打印机在基础装置选择与使用时，其应用效果与打印耗材存在密切联系，在设计时需要对喷头结构进行全面分析并确定打印耗材。目前，比较常见的打印材料包括 PLA、ABS、TPU 等。此外，PVA 材料作为 3D 打印材料的主要支撑材料，其很容易溶于水；ABS 材料在应用过程中的打印难度比较小，但是在打印过程中可能会产生有毒气体；TPU 耗材不适合在过高的模型打印中应用，否则会对顶部的稳定性产生影响。

3.2 实验分析

在开展实体模型 UG 软件三维建模设计时，根据需要的模型文件，利用 UG/Open GRIP 程序模块完成后续切片和轮廓线提取，然后对建模文件中每一层的层厚按照 0.2mm 进行切片分层，之后对分层完成的内外轮廓进行识别，并按照 0.2mm 的间距完成扫描线填充。规划后需要提取交点完成排序作业，对排序完成后的焦点进行整体规划，可以形成 G 代码文件。

在开展三维模型直接切片时，主要是利用 UG 软件实现的，可以根据 UG 中二次开发完成程序切片操作。对切片完成的三维模型进行内外轮廓模型路径规划时，需要对内外轮廓通过不同的扫描算法进行分析，对一些对称结构的轮廓界面，可以利用轮廓偏置算法；对复杂轮廓层面要先完成偏置扫描，然后进行分区域扫描。将两种方式结合，才能够保证整个轮廓扫描的有效性。路径规划完成后可以获取其中一层轮廓截面路径，对切片完成后的路径进行离散成点集处理，对点集进行拾取，形成一系列打印路径文件，确保路径规划后的路径点符合产品加工需求。获取打印层路径规划后，可以形成离散点集，从而获取坐标图。可以将点集转化成数控加工能够识别的程序，然后利用轮廓信息以及路径规划，通过 VC+ 编程设计，可以提取整合规划完成后的路径，获取完整的 G 代码文件。将 G 代码文件输入到打印机中，可以确保打印路径文件的完整性，主要包含固定开头文件设定以及完成打印后的结束代码。将 G 代码文件输入 3D 打印机，打印材料主要为 PLA 和 PVA 材料。设置第 1 层打印时，打印速度为 40mm/s，喷头温度为 220℃，热床温度为 60℃，喷头直径为 4mm。完成整体规划后，需要对整合的代码文件进行处理，并将结束的打印机完成后期测试。

4 结语

总而言之，在双料打印机设计过程中完成路径规划研究可以提高 3D 打印精度，在打印机文件中完成切片和路径规划后形成的路径文件是通用的数控机床代码，可以在很多切片软件和打印机中进行识别，可以为后续打印机保存信息提供一定基础。但是在此次研究中，使用的算法仍然存在一些问题，模型复杂算法仍然处于初步探索阶段。因此，需要进行深入探究，才能够保证双料 3D 打印机的精准度和产品加工符合工件需求。

参考文献：

[1] 蒋世齐 . 面向熔融沉积成型 3D 打印的高效路径规划研究与实现 [D]. 武汉 : 武汉理工大学 ,2018.
[2] 韩兴国 , 李天明 , 崔立秀 , 等 . 一种悬臂式 3D 打印机器人的路径规划研究 [J]. 组合机床与自动化加工技术 ,2018(3):135-139.
[3] 杨永强 , 白玉超 . 一种基于液固化学反应沉积的 3D 打印机及其运行方法 , CN201810042919.5[P].2018-01-17.
[4] 李佳奕 . 基于强化学习的 3D 打印路径规划算法研究 [D]. 大连 : 大连理工大学 ,2019.
[5] 徐富强 .3D 打印技术的应用与发展探究 [J]. 环球市场 ,2019(11):349.
[6] 牛燃恒 . 电弧 3D 打印机控制系统设计与切片算法研究 [D]. 重庆 : 重庆大学 ,2018.