

# Delta 3D 打印机研究现状与关键技术研究

黎世华

宿迁豹子头科技股份有限公司 江苏 宿迁 223700

**【摘要】**Delta 机构作为目前机构学的研究热点,属于并联机构的典型代表,其具有精度高、速度快以及结构紧凑等诸多优点。Delta 型 3D 打印机作为一种依据 Delta 机构而研制的新型打印机,已经被大范围的应用于工业生产、日常生活以及科学研究等各个领域。因此,本文首先将概述目前成熟的 3D 打印技术,然后分析 Delta 型 3D 打印机的研究现状,最后详细阐述 Delta 型 3D 打印机的关键技术,希望可以为相关研究人员提供有用的参考。

**【关键词】**Delta 型 3D 打印机; 3D 打印技术; 研究现状; 关键技术; 动力学

3D 打印技术诞生于上世纪 80 年代,这种技术使利用计算机将需要打印的产品通过三维数字模型进行切片处理之后,再利用相关的设备将可粘合材料逐层堆积成三维实体。通过利用 3D 打印技术能够简化对各种复杂结构产品的制造,还可以降低指导成本。操作人员不需要具有相关技能,利用计算机设备就能够完成制造。同时,成型速度以及材料利用率也要远远高于传统的加工方法。现如今,3D 打印技术在航空航天、教育、汽车制造以及生物医学等多个领域都得到了广泛的应用,并发挥了十分显著的作用。

## 1 目前成熟的 3D 打印技术

3D 打印技术经过 30 多年的发展,使得该技术获得了极大的进步,目前比较成熟的 3D 打印技术共有 4 种,分别是光固化立体成型技术、选择性激光烧结成型技术、熔融沉积成型技术以及分层实体制造技术,上述技术在各个方面存在着较大差异,使用效果也有着极大的不同,具体内容如下:第一,光固化立体成型技术。该技术的尺寸精度高、生产效率高、表面质量高,对打印材料的利用率接近 100%,使用的材料价格较高,常用的材料为热固性光敏树脂,其制作成本以及设备费用都比较高;第二,选择性激光烧结成型技术。该技术的尺寸精度一般、生产效率一般、表面质量一般,对打印材料的利用率接近 100%,使用的材料价格一般,常用的材料为石蜡、塑料、金属、陶瓷粉末,其制作成本以及设备费用都比较高;第三,熔融沉积成型技术。该技术的尺寸精度较差、生产效率较低、表面质量较差,对打印材料的利用率接近 100%,使用的材料价格较高,常用的材料为石蜡、塑料、低熔点金属,其制作成本以及设备费用都比较低;第四,分层实体制造技术。该技术的尺寸精度较高、生产效率高、表面质量较高,对打印材料的利用率较低,使用的材料价格低廉,常用的材料为纸、金属箔、塑料,其制作成本以及设备费用都比较高<sup>[1]</sup>。

## 2 Delta 型 3D 打印机的研究现状

并联机构由运动平台与固定平台之间的两个或多个相互关联的两个或多个分支机构组成,拥有一定程度的自由。每一个分支都可以同时收到驱动器输入,共同输出。目前,常见的 3D 打印机主要有并联式以及串联式两种结构形式。前者的优点在于精度高、强度好、承载能力强以及动态性能佳等,缺点在于成本较高、动力学模型复杂、路径规划难度大以及工作空间小等;后者的优点在于容易控制、运动空间大以及成本低廉等,缺点则在于存在误差累积、悬臂式结构刚度差以及精度低等。

上世纪 80 年末期,瑞士洛桑联邦理工大学的 Clavel 博士提出了经典的空间三自由度 Delta 并联机构,这种机构被大范围的应用在了工业生产之中,随着对该机构研究的不断深入,还衍生出了大量的低自由度并联机构。2012 年德国罗斯托克市的一名研究人员约翰罗霍尔先生根据 HelinumFrog 技术,验证并研发了一台被命名为“罗斯托克”的并联 3D 打印机,由于“罗斯托克”存在着皮带抖动的问题,该研究人员进行深入研究后,在同年又发布了一台名为“科塞尔”的并联 3D 打印机。“科塞尔”很好的解决了皮带抖动的问题,其性能显著提升,精度也更加理想。我国的研究人员在进行并联 3D 打印机的研究时,多数也是根据“罗斯托克”以及“科塞尔”的 Delta 构型进行研究。2013 年末我国重庆研究院研制出了国内第一台 3D 打印并联机构,这种机构能够很好的被应用于艺术品加工以及模型打印制造之中,相比其他同类 3D 打印机,具有成本低廉的优点<sup>[2]</sup>。

目前,3D 打印技术主要发展目标有以下几点:第一,拓展 3D 打印机的应用领域;第二,增强 3D 打印机效率;第三,提高 3D 打印机的表面质量;第四,减少 3D 打印机的成本;第五,开发更好的印刷材料。第六,缩小 3D 打印机的体积。

而且,将现代数控技术与 3D 打印技术也是目前的研究重点,将能够大幅提高 3D 打印机的打印能力,并可以形成复合加工方法。

### 3 Delta 型 3D 打印机的关键技术

#### 3.1 Delta 机构的运动学分析

目前,对 Delta 机构很早就有研究人员进行运动学分析,并已经获取了比较完善的分析手段。开展对 Delta 机构的运动学分析工作时,主要是进行速度加速度分析以及位置关系分析。Delta 机构的位置关系可以分为位置逆解以及位置正解。同时,矢量法与数值法也是研究 Delta 机构位置关系的常用方法,前者具有求解简单的优点,能够根据闭环运动链,获取正映射关系。后者则相对较为复杂,可用方法也比较多,主要包括旋量和影响系数法、牛顿迭代法以及格朗日法等。在开展 Delta 机构的速度与加速度的分析工作时,主要使用的方法有网络法、矢量法以及影响系数法等。

#### 3.2 Delta 机构的动力学分析

首先,在 Delta 机构中,应用最为广泛的就是刚体动力学。常用的刚体动力学分析以及建模方法有很多,主要包括虚功原理法(优点在于方程式简单,运算效率高,可以直接反映速度与加速度的映射关系;缺点在于结构相对复杂)、拉格朗日法(优点在于系统越复杂,方程就会越简单,有利于机构动力学的控制;缺点在于建模过程复杂,推导运算量大)、凯恩方程法(优点在于运算效率高,可以在完整或者是非完整的力学系统中应用;缺点在于广义惯性力、广义主动力以及计算速度偏量)以及牛顿-欧拉法(优点在于可以很好的分析并联机构的逆动力以及正动力学,物理意义明确;缺点在于计算量大、要求各支链内力)<sup>[3]</sup>。

其次,随着现代柔体动力学发展,有很多研究人员也在积极的分析将柔体动力学应用到 Delta 并联机构之中。而研究方法也有很多,主要包括弹性动力学方法、子结构方法以及多柔体系统动力学方法等。弹性动力学方法则能够将构件弹性变形现象忽略,使计算模型得到简化;子结构方法则能够将复杂弹性动力学问题进行分解,然后在分解后的子结构进行分别计算,获取子结构的动力学特性后,在将其进

行组合;多柔体系统动力学方法具有动态模型准确的优点,但是需要求解过程比较复杂。

#### 3.3 Delta 机构的控制策略

Delta 机构属于多参数耦合、结构复杂的非线性系统,这就导致对其控制难度较大。所以,就需要使用合适的控制策略,才能够保证 Delta 机构的动态性能。目前,常用的控制策略包括滑模变结构控制、PID 控制以及计算力矩控制等。这些控制方法需要由稳定的工作以及操作环境,还需要控制对象有精确的模型,这就极大的影响了 Delta 机构的控制性能。所以,就有研究人员提出智能控制策略,例如在 Delta 并联机构中应用模糊控制以及神经网络控制<sup>[4]</sup>。

### 4 结束语

总而言之,3D 打印技术作为一种高精尖技术,在目前的各个领域得到了广泛的应用。但是,由于传统的 3D 打印机主要是用串联机构,这种机构具有悬臂式结构刚度差、精度低以及误差累积等诸多缺点,为了能够增强 3D 打印机打印效率以及质量,很多研究人员对其进行深入的改进。尤其是将 Delta 机构融入其中,能够大幅提高 3D 打印机精度、强度、承载能力以及动态性能。相信随着对 Delta 机构研究的不断深入,必然会彻底取代传统的串联机构。

#### 【参考文献】

- [1] 唐天福,高应瑞,岳旭,等. Delta 3D 打印机研究现状与关键技术 [J]. 装备制造技术, 2019, No.299(11):18-21.
- [2] 郭菲,王磊磊,黄凯,张发贵. 旋量键合图在 Delta 型 3D 打印机动力学建模中的应用 [J]. 制造技术与机床, 2020, No.699(9):86-90.
- [3] 覃捷音. 3D 打印技术研究现状和关键技术 [J]. 发明与创新:职业教育, 2019, (2):72-73.
- [4] 刘秘卿. 3D 打印技术的现状和关键技术分析 [J]. 数字技术与应用, 2019(6):221-221.