



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118134908 B

(45) 授权公告日 2024.07.12

(21) 申请号 202410532711.7

G06T 7/11 (2017.01)

(22) 申请日 2024.04.30

G06T 7/187 (2017.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G06V 10/26 (2022.01)

申请公布号 CN 118134908 A

G06V 10/75 (2022.01)

(43) 申请公布日 2024.06.04

G06V 10/764 (2022.01)

(73) 专利权人 陕西博越腾达科技有限责任公司

B29C 64/386 (2017.01)

地址 710075 陕西省西安市西咸新区空港

B33Y 50/00 (2015.01)

新城北杜街道管委会片区空港国际商

(56) 对比文件

务中心BDEF栋F区3层10301号G-24

US 10265911 B1, 2019.04.23

(72) 发明人 刘文博

CN 113506297 A, 2021.10.15

(74) 专利代理机构 北京朱樱望河知识产权代理

审查员 杨斐斐

事务所(普通合伙) 16301

专利代理师 李俊芝

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

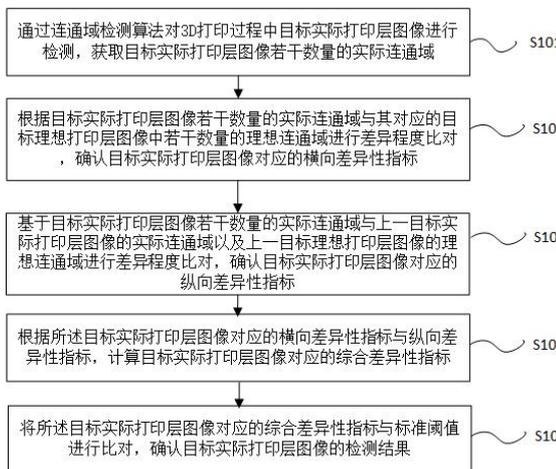
权利要求书3页 说明书13页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于3D打印的打印监控图像分析方法

(57) 摘要

本申请涉及图像数据处理领域,具体涉及一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,包括:获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域,根据实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,基于实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,以计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标,最后将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果,提高了图像分析的准确性,进而提高了3D打印质量监控的准确性。



1. 一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,应用于3D打印图像检测领域,其特征在于,所述方法包括:

通过连通域检测算法对3D打印过程中目标实际打印层图像进行检测,获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域;

根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标;

基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标;

根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标;

将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果;

所述根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,具体包括:

将目标实际打印层图像中目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,确认与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域;

将所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第一子差异程度;

根据所述目标实际连通域对应的第一子差异程度,计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标;

所述将目标实际打印层图像中目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,确认与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域,具体包括:

将目标实际打印层图像中目标实际连通域与所述对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行图像叠加匹配,确认所述目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域的重复像素点;

将所述重复像素点数量最多的理想连通域,确认为所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域;

所述目标实际连通域对应的第一子差异程度的获取方法,具体包括:

根据所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域中边缘对应的相邻链码夹角,确认所述目标实际连通域对应的平均波动差异程度;

基于所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域的面积,计算所述目标实际连通域相对应的面积参数;

统计所述目标实际连通域的形心与对应的目标理想连通域的形心的欧式距离,确认所述目标实际连通域相对应的距离参数;

将所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度、面积参数以及距离参数作为计算

参数,计算目标实际连通域对应的第一子差异程度;

所述将所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度、面积参数以及距离参数作为计算参数,计算目标实际连通域对应的第一子差异程度,具体包括:

$$P_i = \left| \frac{1}{D_i} \sum_{r=1}^{D_i} \sum_{k=1}^{m_r^i-1} \left(\frac{\cos\theta_{r,k}^i + 1}{m_r^i - 1} \right) - \frac{1}{D_j} \sum_{t=1}^{D_j} \sum_{s=1}^{m_t^j-1} \left(\frac{\cos\theta_{t,s}^j + 1}{m_t^j - 1} \right) \right| \times \left| \frac{S_i}{S_j} - 1 \right| \times L(o_i, o_j)$$

其中, P_i 为目标实际连通域*i*对应的第一子差异程度, D_i 为目标实际连通域*i*的边缘数量, m_r^i 为目标实际连通域*i*中第*r*个边缘的链码数量, $\theta_{r,k}^i$ 为目标实际连通域*i*中第*r*个边缘的第*k*组相邻链码夹角, D_j 为目标实际连通域*i*对应的目标理想连通域*j*的边缘数量, m_t^j 为目标理想连通域*j*中第*t*个边缘的链码数量, $\theta_{t,s}^j$ 为目标理想连通域中第*t*个边缘的第*s*组相邻链码夹角, S_i 为目标实际连通域*i*对应的面积, S_j 为目标理想连通域*j*对应的面积, $L(o_i, o_j)$ 为目标实际连通域*i*的形心与目标理想连通域*j*的形心的欧氏距离;

所述根据所述目标实际连通域对应的第一子差异程度,计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,具体包括:

$$P_c^E = \text{norm} \left(\frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i \right)$$

其中, P_c^E 为目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*对应的横向差异性指标, N_E 为目标实际打印层图像*E*中所有实际连通域的数量, P_i 为目标实际连通域*i*对应的第一子差异程度, norm 为归一化函数;

所述基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,具体包括:

将目标实际打印层图像中的目标实际连通域,与上一目标实际打印层图像的上一目标实际连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第二子差异程度;

将目标实际打印层图像中的目标实际连通域,与上一目标理想打印层图像的上一目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第三子差异程度;

将所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度作为计算参数,计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标。

2.根据权利要求1所述的用于3D打印的打印监控图像分析方法,其特征在于,所述将所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度作为计算参数,计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,具体包括:

$$P_1^E = \text{norm} \left(\left| \frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^* - \frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^{**} \right| \right)$$

其中, P_1^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的纵向差异性指标, P_i^* 为目标实际连通域 i 对应的第二子差异程度, P_i^{**} 为目标实际连通域 i 对应的第三子差异程度, N_E 为目标实际打印层图像 E 中所有实际连通域的数量, norm 为归一化函数。

3. 根据权利要求1所述的用于3D打印的打印监控图像分析方法, 其特征在于, 所述根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标, 计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标, 具体包括:

$$T_E = \text{sigmoid}(P_c^E \times P_1^E)$$

其中, T_E 为目标实际打印层图像 E 对应的综合差异性指标, P_c^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的横向差异性指标, P_1^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的纵向差异性指标, sigmoid 为归一化逻辑函数。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的用于3D打印的打印监控图像分析方法, 其特征在于, 所述将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对, 确认目标实际打印层图像的检测结果, 具体包括:

当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标大于或等于标准阈值时, 标记所述目标实际打印层图像为异常打印层图像;

当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标小于标准阈值时, 标记所述目标实际打印层图像为正常打印层图像。

一种用于3D打印的打印监控图像分析方法

技术领域

[0001] 本申请涉及图像数据处理领域,具体涉及一种用于3D打印的打印监控图像分析方法。

背景技术

[0002] 3D打印,是一种制造技术,通过逐层堆积材料来创建三维物体。它利用计算机辅助设计(CAD)软件,将数字模型转换为具体的物理实体。3D打印技术可以在各种领域应用,包括航空航天、汽车制造、建筑、医疗、娱乐等。3D打印的基本原理是,先将材料放入打印机中,然后利用打印机的喷嘴或激光束,按照预先设定的路径和高度,将材料一层层地堆积起来,形成所需的三维物体。根据不同的打印材料和技术,3D打印可分为多种类型,如熔融沉积成型、光固化成型、粉末熔融成型等。

[0003] 传统针对3D打印的质量监控,是对3D打印所得到的产品进行图像获取,针对获取到的产品整体与标准模型整体进行图像分析比对,而传统采用整体图像的分析比对方法,因某些微小缺陷或者细节处不易检测而容易导致误判,使得图像分析比对方法的准确性较差。

发明内容

[0004] 鉴于以上内容,有必要提供一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,相对于传统的3D打印的打印监控图像分析方法,提高了图像分析的准确性,进而提高了3D打印质量监控的准确性。

[0005] 本申请第一方面提供一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,应用于3D打印图像检测领域,所述方法包括:通过连通域检测算法对3D打印过程中目标实际打印层图像进行检测,获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域;根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标;基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标;根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标;将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果。

[0006] 在其中一种实施例中,所述根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,具体包括:将目标实际打印层图像中目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,确认与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域;将所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第一子差异程度;根据所述目标实际连通

域对应的第一子差异程度,计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标。

[0007] 在其中一种实施例中,所述将目标实际打印层图像中目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,确认与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域,具体包括:将目标实际打印层图像中目标实际连通域与所述对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行图像叠加匹配,确认所述目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域的重复像素点;将所述重复像素点数量最多的理想连通域,确认为所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域。

[0008] 在其中一种实施例中,所述将所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第一子差异程度,具体包括:根据所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域中边缘对应的相邻链码夹角,确认所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度;基于所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域的面积,计算所述目标实际连通域相对应的面积参数;统计所述目标实际连通域的形心与对应的目标理想连通域的形心的欧式距离,确认所述目标实际连通域相对应的距离参数;将所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度、面积参数以及距离参数作为计算参数,计算目标实际连通域对应的第一子差异程度。

[0009] 在其中一种实施例中,所述将所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度、面积参数以及距离参数作为计算参数,计算目标实际连通域对应的第一子差异程度,具体包括:

$$[0010] \quad P_i = \left| \frac{1}{D_i} \sum_{r=1}^{D_i} \sum_{k=1}^{m_r^i-1} \left(\frac{\cos \theta_{r,k}^i + 1}{m_r^i - 1} \right) - \frac{1}{D_j} \sum_{t=1}^{D_j} \sum_{s=1}^{m_t^j-1} \left(\frac{\cos \theta_{t,s}^j + 1}{m_t^j - 1} \right) \right| \times \left| \frac{S_i}{S_j} - 1 \right| \times L(o_i, o_j)$$

[0011] 其中, P_i 为目标实际连通域 i 对应的第一子差异程度, D_i 为目标实际连通域 i 的边缘数量, m_r^i 为目标实际连通域 i 中第 r 个边缘的链码数量, $\theta_{r,k}^i$ 为目标实际连通域 i 中第 r 个边缘的第 k 组相邻链码夹角, D_j 为目标实际连通域 i 对应的目标理想连通域 j 的边缘数量, m_t^j 为目标理想连通域 j 中第 t 个边缘的链码数量, $\theta_{t,s}^j$ 为目标理想连通域中第 t 个边缘的第 s 组相邻链码夹角, S_i 为目标实际连通域 i 对应的面积, S_j 为目标理想连通域 j 对应的面积, $L(o_i, o_j)$ 为目标实际连通域 i 的形心与目标理想连通域 j 的形心的欧氏距离。

[0012] 在其中一种实施例中,所述根据所述目标实际连通域对应的第一子差异程度,计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,具体包括:

$$[0013] \quad P_c^E = \text{norm} \left(\frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i \right)$$

[0014] 其中, P_c^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的横向差异性指

标, N_E 为目标实际打印层图像 E 中所有实际连通域的数量, P_i 为目标实际连通域 i 对应的第一子差异程度。

[0015] 在其中一种实施例中, 所述基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对, 确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标, 具体包括: 将目标实际打印层图像中的目标实际连通域, 与上一目标实际打印层图像的上一目标实际连通域进行形状参数的匹配计算, 计算所述目标实际连通域对应的第二子差异程度; 将目标实际打印层图像中的目标实际连通域, 与上一目标理想打印层图像的上一目标理想连通域进行形状参数的匹配计算, 计算所述目标实际连通域对应的第三子差异程度; 将所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度作为计算参数, 计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标。

[0016] 在其中一种实施例中, 所述将所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度作为计算参数, 计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标, 具体包括:

$$[0017] \quad P_1^E = \text{norm} \left(\left| \frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^* - \frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^{**} \right| \right)$$

[0018] 其中, P_1^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的纵向差异性指标, P_i^* 为目标实际连通域 i 对应的第二子差异程度, P_i^{**} 为目标实际连通域 i 对应的第三子差异程度, N_E 为目标实际打印层图像 E 中所有实际连通域的数量, norm 为归一化函数。

[0019] 在其中一种实施例中, 所述根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标, 计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标, 具体包括:

$$[0020] \quad T_E = \text{sigmoid}(P_c^E \times P_1^E)$$

[0021] 其中, T_E 为目标实际打印层图像 E 对应的综合差异性指标, P_c^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的横向差异性指标, P_1^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的纵向差异性指标, sigmoid 为归一化逻辑函数。

[0022] 在其中一种实施例中, 所述将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对, 确认目标实际打印层图像的检测结果, 具体包括: 当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标大于或等于标准阈值时, 标记所述目标实际打印层图像为异常打印层图像; 当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标小于标准阈值时, 标记所述目标实际打印层图像为正常打印层图像。

[0023] 本申请实施例提供一种用于3D打印的打印监控图像分析方法, 应用于3D打印图像检测领域, 所述方法包括: 通过连通域检测算法对3D打印过程中目标实际打印层图像进行检测, 获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域; 根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对, 确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标; 基于目标实际打印层图像若干数

量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标;根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标;将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果。通过将3D打印在实际打印的每一层实际打印层图像与标准模型中每一层理想打印层图像进行横向与纵向的图像比对,得到综合差异性指标,进而确认3D打印在实际打印的每一层实际打印层图像是否存在异常,相对于传统采用整体图像的分析比对方法,提高了图像分析的准确性,进而提高了3D打印质量监控的准确性。

附图说明

- [0024] 图1是本申请实施例的一种用于3D打印的打印监控图像分析方法的流程示意图。
- [0025] 图2是本申请实施例的一种用于3D打印的打印监控图像分析方法的第一子流程示意图。
- [0026] 图3是本申请实施例的一种用于3D打印的打印监控图像分析方法的第二子流程示意图。
- [0027] 图4是本申请实施例的一种用于3D打印的打印监控图像分析方法的第三子流程示意图。
- [0028] 图5是本申请实施例的一种用于3D打印的打印监控图像分析方法的第四子流程示意图。
- [0029] 图6是本申请实施例的一种用于3D打印的打印监控图像分析方法的第五子流程示意图。

具体实施方式

[0030] 在本申请实施例的描述中,“示例性”、“或者”、“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请实施例中被描述为“示例性”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言,使用“示例性”、“或者”、“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念。

[0031] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请中的技术领域的人员通常理解的含义相同。本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本申请。应理解,本申请中除非另有说明,“/”表示或的意思。例如,A/B可以表示A或B。本申请中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系。例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B三种情况。“至少一个”是指一个或者多个。“多个”是指两个或多于两个。例如,a、b或c中的至少一个,可以表示:a,b,c,a和b,a和c,b和c,a、b和c七种情况。

[0032] 另外需要说明的是,本申请的说明书和权利要求书及附图中的术语“第一”、“第二”是用于部别类似的对象,而不是用于描述特定的顺序或先后次序。本申请实施例中公开的方法或流程图所示出的方法,包括用于实现方法的一个或多个步骤,在不脱离权利要求的范围的情况下,多个步骤的执行顺序可以彼此互换,其中某些步骤也可以被删除。

[0033] 本申请实施例首先提出一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,应用于3D打印图像检测领域,参考附图1,所述方法包括以下步骤:

[0034] S101、通过连通域检测算法对3D打印过程中目标实际打印层图像进行检测,获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域。

[0035] 需要说明的是,3D打印,也称为增材制造,是一种将数字模型转换为物理产品的技术。它的基本原理是通过逐层堆积材料来构建一个实体模型。这个过程可以用以下步骤概括:1)准备数字模型:首先需要有一个数字模型,可以是CAD软件创建的,也可以是3D扫描仪扫描得到的。这个模型描述了要打印的产品的三维结构和特征。2)选择材料:根据数字模型所使用的材料类型,选择适当的材料。这些材料可以是塑料、金属、陶瓷或其他材料。3)设置3D打印机:将选择的材料放入3D打印机的输入口,并设置打印机的参数和材料。4)开始打印:打印机会根据数字模型逐层堆积材料,以创建一个实体的产品。每个打印头都会按照数字模型中定义的路径移动,将材料堆积在每一个位置。5)完成打印:当所有层都打印完毕时,打印机将完成整个打印过程。在申请实施例中,是对3D打印过程每一层进行图像获取,并对每一层图像与数字模型中每层图像进行横向比对与纵向比对,以对3D打印过程每一层图像进行质量检测。

[0036] 具体的,所述目标实际打印层图像,是指3D打印过程中针对标准模型进行逐层堆积材料时拍摄的图像,需要说明的是,每个目标实际打印层图像在标准模型中均存在一个理想打印层图像与其对应,也即每个目标实际打印层图像是基于与其对应的理想打印层图像进行复刻的。连通域,是指图像中像素点组成的区域,这些像素点之间存在连通性,即它们彼此相邻或者在同一连通块内。连通域检测是图像分割中的重要任务之一,其目的是识别图像中的连通区域并将其分割出来。连通域检测算法可以是现有中常见的连通域检测算法,本案不作进一步限定。然后,将所有被标记为连通域一部分的像素点合并成一个连通块,直到所有像素点都被标记为止。所述目标实际打印层图像若干数量的实际连通域,是指将目标实际打印层图像进行连通域检测算法进行检测所得到的若干数量的连通域。

[0037] S102、根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标。

[0038] 其中,在获取到所述目标实际打印层图像若干数量的实际连通域之后,将所述目标实际打印层图像在标准模型中筛选得到对应的目标理想打印层图像,并将目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与在标准模型中对应的目标理想打印层图像的理想连通域进行一一比对,获得两者连通域的差异程度,进而计算得到目标实际打印层图像对应的横向差异性指标。所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,是指目标实际打印层图像与目标理想打印层图像在连通域上的差异程度。

[0039] 需要说明的是,在理想状态下,所述目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域是完全一致的,因3D打印过程中机具、操作等各种因素而存在各种误差,导致目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域是存在一定差异的,因此,根据目标实际打印层图像与目标理想打印层图像在连通域上的差异程度,也即目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,能够一定程度的将3D打印的质量进行监控。例如,当所述目标

实际打印层图像对应的横向差异性指标较大时,证明目标实际打印层图像与目标理想打印层图像在连通域上的差异程度较大,则证明3D打印的质量较差,需要做对应检查与调整。

[0040] S103、基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标。

[0041] 其中,所述上一目标实际打印层图像,是指目标实际打印层图像的前一层实际打印层图像。上一目标理想打印层图像,是指目标实际打印层图像的前一层实际打印层图像对应的理想打印层图像。需要解析的是,因3D打印过程中每一层的衔接比较紧密,则前一层与后一层在图像上的表征区别并不大,因此,将前一层与后一层对应的目标实际打印层图像进行连通域的差异程度比对,以及将目标实际打印层图像与上一目标理想打印层图像进行连通域的差异程度比对,均能够一定程度表征3D打印过程的质量。所述上一目标实际打印层图像的实际连通域,是指目标实际打印层图像的前一层实际打印层图像的实际连通域。所述上一目标理想打印层图像的理想连通域,是指目标实际打印层图像的前一层实际打印层图像对应的理想打印层图像的理想连通域。所述目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,是指目标实际打印层图像与前一层的实际打印层图像以及前一层的理想打印层图像在连通域上的差异程度。

[0042] S104、根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标。

[0043] 其中,在获取到所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标之后,将两者作为计算参数,进一步综合计算得到目标实际打印层图像对应的综合差异性指标。所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标,是指综合了目标实际打印层图像在不同时间维度上与实际打印层图像以及理想打印层图像在连通域上的差异程度,进一步计算得到的综合性的差异程度。所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,即是指目标实际打印层图像与同一时间维度的理想打印层图像的连通域的差异程度,所述目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,即是指目标实际打印层图像与上一个时间维度的实际打印层图像与理想打印层图像的连通域的差异程度。

[0044] 需要说明的是,综合不同时间维度的横向差异性指标与纵向差异性指标计算得到的实际打印层图像对应的综合差异性指标,能够更全面与更精准地表示实际3D打印过程的质量,也即能够更精准的检测出3D打印过程中细节的区别,以实现更精准的质量检测。

[0045] S105、将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果。

[0046] 其中,在获取到所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标之后,将所述综合差异性指标与预先设置的标准阈值进行比对,根据比对结果确认所述目标实际打印层图像的检测结果。所述目标实际打印层图像的检测结果包括异常打印层图像以及正常打印层图像。

[0047] 本申请实施例提供一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,应用于3D打印图像检测领域,所述方法包括:通过连通域检测算法对3D打印过程中目标实际打印层图像进行检测,获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域;根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度

比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标;基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标;根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标;将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果。通过将3D打印在实际打印的每一层实际打印层图像与标准模型中每一层理想打印层图像进行横向与纵向的图像比对,得到综合差异性指标,进而确认3D打印在实际打印的每一层实际打印层图像是否存在异常,相对于传统采用整体图像的分析比对方法,提高了图像分析的准确性,进而提高了3D打印质量监控的准确性。

[0048] 在本申请的一种实施例中,并参阅图2,所述步骤S102:所述根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标,具体包括:

[0049] S201、将目标实际打印层图像中目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,确认与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域。

[0050] 其中,在确认了所述目标实际打印层图像中目标实际连通域之后,将所述目标实际连通域与目标理想打印层图像对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,所述一一匹配是指针对两两连通域之间形状的匹配,以将形状相同的理想连通域,确认为与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域。

[0051] 具体的,参照附图3,所述将目标实际打印层图像中目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行一一匹配,确认与所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域,具体包括:

[0052] S301、将目标实际打印层图像中目标实际连通域与所述对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域进行图像叠加匹配,确认所述目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域的重复像素点。

[0053] 需要说明的是,所述目标实际打印层图像与目标理想打印层图像的图像大小比例预先设置为完全一致,则理想状态下,目标实际打印层图像中目标实际连通域与所述对应的目标理想打印层图像中的目标理想连通域完全形状大小完全一致。将所述目标实际连通域与目标理想打印层图像中所有的理想连通域分别进行一一图像叠加匹配,统计目标实际连通域与目标理想打印层图像中所有的理想连通域的重复像素点。所述重复像素点是指目标实际连通域与目标理想打印层图像中的理想连通域在进行重叠匹配时,形状一致的部位所对应的像素点。

[0054] S302、将所述重复像素点数量最多的理想连通域,确认为所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域。

[0055] 其中,在获取到所述目标实际连通域与对应的目标理想打印层图像中所有的理想连通域的重复像素点之后,将其进行排序,以将重复像素点数量最多的理想连通域,确认为所述目标实际连通域相对应的目标理想连通域。

[0056] 在其他一些优选实施例中,将目标理想打印层图像所有的理想连通域进行标记,记为序列 $A : \{a_1, a_2 \dots a_N\}$, N 为理想连通域数量。将对应的实际打印层图像中所有实际连通

域进行标记,记为序列 $B : \{b_1, b_2 \dots b_N\}$ 。然后将两图像进行掩膜叠加,那么对于目标实际连通域 b_1 与任意的理想连通域 a_i 来说,匹配规则如下:

$$[0057] \quad T_{b_1, a_i} = P_{b_1} \cap P_{a_i} \quad b_1 \in B, a_i \in A$$

[0058] 式中 T_{b_1, a_i} 为目标实际连通域 b_1 与任意的理想实际连通域 a_i 的匹配度。 P_{b_1} 表示目标实际连通域 b_1 的所有像素点, P_{a_i} 表示理想实际连通域 a_i 的所有像素点。 $P_{b_1} \cap P_{a_i}$ 为两连通域像素点的交集,即对图像叠加后任意两连通域的交集像素越多,那么说明两连通域越匹配。然后针对目标实际连通域 b_1 得到最大的匹配度 $\max(T_{b_1, a_i})$,则最大的匹配度 $\max(T_{b_1, a_i})$ 对应的理想实际连通域 a_i 即为目标实际连通域 b_1 的对应目标理想连通域,需要说明的是,若目标实际连通域 b_1 对所有的理想实际连通域 a_i 的匹配度都为0,那么可直接定义此实际打印层图像为异常打印层图像。

[0059] S202、将所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第一子差异程度。

[0060] 其中,在获取到所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域之后,根据两者的形状参数,进一步进行匹配计算,以得到所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域在形状上的差异性,即所述目标实际连通域对应的第一子差异程度。

[0061] 具体的,参照附图4,所述将所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第一子差异程度,具体包括:

[0062] S401、根据所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域中边缘对应的相邻链码夹角,确认所述目标实际连通域对应的平均波动差异程度。

[0063] 其中,所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域中,均包括若干数量的边缘,也即目标实际连通域与对应的目标理想连通域均由若干数量的边缘组成一个闭合的区域。所述链码,是指组成目标实际连通域或者目标理想连通域中边缘的一个小局部段,也即若干数量个链码首尾相接组成所述边缘,所述相邻链码夹角,是指相邻两个链码之间的夹角。对应的,在获取到所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域之后,分别统计两者中所有边缘对应的相邻链码夹角,以根据所述相邻链码夹角确认所述目标实际连通域对应的平均波动差异程度。所述目标实际连通域对应的平均波动差异程度,是指目标实际连通域中所有边缘的平均波动程度与目标理想连通域中所有边缘的平均波动程度的差值。

[0064] 需要解析的是,所有边缘对应的相邻链码夹角,能够一定程度表征目标实际连通域或者对应的目标理想连通域的边缘波动程度。在理想状态下,所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域中所有边缘对应的相邻链码夹角是相同的。

[0065] S402、基于所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域的面积,计算所述目标实际连通域相对应的面积参数。

[0066] 其中,在获取到所述目标实际连通域与对应的目标理想连通域之后,分别统计两者的面积大小,并将两者作商计算,得到两者的面积比,将两者的面积定义为所述目标实际连通域相对应的面积参数。

[0067] S403、统计所述目标实际连通域的形心与对应的目标理想连通域的形心的欧式距离,确认所述目标实际连通域相对应的距离参数。

[0068] 其中,所述形心是指目标实际连通域或者目标理想连通域的几何形状的中心点,在理想状态下,所述目标实际连通域的形心与对应的目标理想连通域的形心是重叠的,则目标实际连通域的形心与对应的目标理想连通域的形心之间的距离差距,可作为计算参数,用于表征两者形状的差异性。对应的,计算所述目标实际连通域的形心与对应的目标理想连通域的形心的欧式距离,以作为目标实际连通域相对应的距离参数。

[0069] S404、将所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度、面积参数以及距离参数作为计算参数,计算目标实际连通域对应的第一子差异程度。

[0070] 具体的,所述将所述目标实际连通域相对应的平均波动差异程度、面积参数以及距离参数作为计算参数,计算目标实际连通域对应的第一子差异程度,具体包括:

$$[0071] \quad P_i = \left| \frac{1}{D_i} \sum_{r=1}^{D_i} \sum_{k=1}^{m_r^i-1} \left(\frac{\cos\theta_{r,k}^i + 1}{m_r^i - 1} \right) - \frac{1}{D_j} \sum_{t=1}^{D_j} \sum_{s=1}^{m_t^j-1} \left(\frac{\cos\theta_{t,s}^j + 1}{m_t^j - 1} \right) \right| \times \left| \frac{S_i}{S_j} - 1 \right| \times L(o_i, o_j)$$

[0072] 其中, P_i 为目标实际连通域*i*对应的第一子差异程度, D_i 为目标实际连通域*i*的边缘数量, m_r^i 为目标实际连通域*i*中第*r*个边缘的链码数量, $\theta_{r,k}^i$ 为目标实际连通域*i*中第*r*个边缘的第*k*组相邻链码夹角, D_j 为目标实际连通域*i*对应的目标理想连通域*j*的边缘数量, m_t^j 为目标理想连通域*j*中第*t*个边缘的链码数量, $\theta_{t,s}^j$ 为目标理想连通域中第*t*个边缘的第*s*组相邻链码夹角, S_i 为目标实际连通域*i*对应的面积, S_j 为目标理想连通域*j*对应的面积, $L(o_i, o_j)$ 为目标实际连通域*i*的形心与目标理想连通域*j*的形心的欧氏距离。

[0073] 进一步的, $\cos\theta_{r,k}^i$ 为目标实际连通域*i*中第*r*个边缘的第*k*组相邻链码夹角的余弦值,夹角越小,则对应余弦值越大,通过余弦值加一,避免出现 $\frac{\cos\theta_{r,k}^i+1}{m_r^i-1}$ 的分式中分子数值小于0的情况,则本发明实施例将余弦值加1作为对应的余弦系数。 $\sum_{k=1}^{m_r^i-1} \left(\frac{\cos\theta_{r,k}^i+1}{m_r^i-1} \right)$ 为目标实际

连通域*i*中第*r*个边缘的相邻链码夹角的余弦系数的平均值,将其作为余弦指标,

$\frac{1}{D_i} \sum_{r=1}^{D_i} \sum_{k=1}^{m_r^i-1} \left(\frac{\cos\theta_{r,k}^i+1}{m_r^i-1} \right)$ 即为目标实际连通域*i*中 D_i 个余弦指标的平均值,用于表征目标实际

连通域*i*中所有边缘的平均波动程度。同理, $\frac{1}{D_j} \sum_{t=1}^{D_j} \sum_{s=1}^{m_t^j-1} \left(\frac{\cos\theta_{t,s}^j+1}{m_t^j-1} \right)$ 也用于表征目标理想连通

域*j*中所有边缘的平均波动程度。则 $\left| \frac{1}{D_i} \sum_{r=1}^{D_i} \sum_{k=1}^{m_r^i-1} \left(\frac{\cos\theta_{r,k}^i+1}{m_r^i-1} \right) - \frac{1}{D_j} \sum_{t=1}^{D_j} \sum_{s=1}^{m_t^j-1} \left(\frac{\cos\theta_{t,s}^j+1}{m_t^j-1} \right) \right|$,代表

了目标实际连通域*i*与目标理想连通域*j*的平均波动程度差异值,能够进一步表征两者在形

状上的差异性。 $\frac{S_i}{S_j}$ 即为目标实际连通域*i*与目标理想连通域*j*的面积比, $\left| \frac{S_i}{S_j} - 1 \right|$ 则为目标实际连通域*i*对应的面积参数, 常数1为非0常数设置, $L(o_i, o_j)$ 为目标实际连通域*i*的形心与目标理想连通域*j*的形心的欧氏距离, 也即是目标实际连通域*i*的距离参数, 均能够进一步表征两者在形状上的差异性。综上所述, 目标实际连通域对应的平均波动差异程度、面积参数、距离参数均是能够表征两者在形状上的差异性的计算参数, 将三者作为计算参数进一步计算得到第一子差异程度, 即是综合三者而得到的用于表征两者在形状上的差异程度。

[0074] 在本申请的一种实施例中, 步骤S203、所述根据所述目标实际连通域对应的第一子差异程度, 计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标。

[0075] 其中, 遍历目标实际打印层图像中所有实际连通域, 并计算目标实际打印层图像中所有实际连通域对应的第一子差异程度, 基于目标实际打印层图像中所有实际连通域对应的第一子差异程度, 计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标。

[0076] 具体的, 所述根据所述目标实际连通域对应的第一子差异程度, 计算目标实际连通域所在的目标实际打印层图像对应的横向差异性指标, 具体包括:

$$[0077] \quad P_c^E = \text{norm} \left(\frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i \right)$$

[0078] 其中, P_c^E 为目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*对应的横向差异性指标, N_E 为目标实际打印层图像*E*中所有实际连通域的数量, P_i 为目标实际连通域*i*对应的第一子差异程度。

[0079] 进一步的, 当所述目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*对应的横向差异性指标越大时, 说明目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*与对应的理想打印层图像差异越大, 则越可能为异常打印层图像。当所述目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*对应的横向差异性指标越小时, 说明目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*与对应的理想打印层图像差异越小, 则越可能为正常打印层图像。

[0080] 在本申请的一种实施例中, 参照附图5, 步骤S103、所述基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对, 确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标, 具体包括:

[0081] S501、将目标实际打印层图像中的目标实际连通域, 与上一目标实际打印层图像的上一目标实际连通域进行形状参数的匹配计算, 计算所述目标实际连通域对应的第二子差异程度。

[0082] 需要说明的是, 因3D打印过程中每一层的衔接比较紧密, 则前一层与后一层在图像上的表征区别并不大, 因此, 将前一层与后一层对应的目标实际打印层图像进行连通域

的差异程度比对,以及将目标实际打印层图像与上一目标理想打印层图像进行连通域的差异程度比对结果,均能够一定程度表征3D打印过程的质量。

[0083] 进一步的,将目标实际打印层图像中的目标实际连通域与上一目标实际打印层图像的所有实际连通域进行一一匹配,确认目标实际连通域对应的上一目标实际连通域。具体匹配方式,与上述目标实际连通域匹配目标理想连通域一致,在此不再赘述。得到所述目标实际连通域对应的上一目标实际连通域之后,将两者进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第二子差异程度。所述第二子差异程度与第一子差异程度为相同的计算逻辑,具体计算过程参照上述第一子差异程度,在此不再赘述。

[0084] S502、将目标实际打印层图像中的目标实际连通域,与上一目标理想打印层图像的上一目标理想连通域进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第三子差异程度。

[0085] 具体的,将目标实际打印层图像中的目标实际连通域与上一目标理想打印层图像的所有理想连通域进行一一匹配,确认目标实际连通域对应的上一目标理想连通域。所述上一目标理想打印层图像是与上一目标实际打印层图像相对应。具体匹配方式,与上述目标实际连通域匹配目标理想连通域一致,在此不再赘述。得到所述目标实际连通域对应的上一目标实际连通域之后,将两者进行形状参数的匹配计算,计算所述目标实际连通域对应的第三子差异程度。所述第三子差异程度与第一子差异程度为相同的计算逻辑,具体计算过程参照上述第一子差异程度,在此不再赘述。

[0086] S503、将所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度作为计算参数,计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标。

[0087] 其中,在获取到所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度之后,将两者作为计算参数,进一步计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标。所述目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,是指目标实际打印层图像与上一个时间维度的实际打印层图像与理想打印层图像的连通域的差异程度。

[0088] 具体的,所述将所述目标实际连通域对应的第二子差异程度与第三子差异程度作为计算参数,计算目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标,具体包括:

$$[0089] \quad P_1^E = \text{norm} \left(\left| \frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^* - \frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^{**} \right| \right)$$

[0090] 其中, P_1^E 为目标实际连通域*i*所在的目标实际打印层图像*E*对应的纵向差异性指标, P_i^* 为目标实际连通域*i*对应的第二子差异程度, P_i^{**} 为目标实际连通域*i*对应的第三子差异程度, N_E 为目标实际打印层图像*E*中所有实际连通域的数量, norm 为归一化函数。

[0091] 进一步的, $\frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^*$ 为目标实际打印层图像*E*中所有实际连通域的第二子差异程度的平均值, $\frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} P_i^{**}$ 为目标实际打印层图像*E*中所有实际连通域的第三子差异程度的平均值,两者的差值能够表征目标实际打印层图像*E*是否为异常打印层图像的可能性。当所述

差值越大时,目标实际打印层图像 E 越可能为异常打印层图像,当所述差值越小时,目标实际打印层图像 E 越可能为正常打印层图像。

[0092] 在本申请的一种实施例中,步骤S104、所述根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标。

[0093] 其中,在获取到所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标之后,将两者作为计算参数,进一步计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标。所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标,是指综合了目标实际打印层图像在不同时间维度上与实际打印层图像以及理想打印层图像在连通域上的差异程度,进一步计算得到的综合性的差异程度。

[0094] 具体的,所述根据所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标,具体包括:

$$[0095] \quad T_E = \text{sigmoid}(P_c^E \times P_l^E)$$

[0096] 其中, T_E 为目标实际打印层图像 E 对应的综合差异性指标, P_c^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的横向差异性指标, P_l^E 为目标实际连通域 i 所在的目标实际打印层图像 E 对应的纵向差异性指标, sigmoid 为归一化逻辑函数。

[0097] 进一步的,当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标越大时,目标实际打印层图像越可能为异常打印层图像。当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标越小时,目标实际打印层图像越可能为正常打印层图像。

[0098] 具体的,参照附图6,所述步骤S105、所述将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果,具体包括:

[0099] S601、当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标大于或等于标准阈值时,标记所述目标实际打印层图像为异常打印层图像。

[0100] S602、当所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标小于标准阈值时,标记所述目标实际打印层图像为正常打印层图像。

[0101] 其中,所述 sigmoid 函数将结果归一化至 $[0, 1]$ 范围内,所述标准阈值优选值为0.2。在标记所述目标实际打印层图像为异常打印层图像之后,通知与提醒用户该目标实际打印层图像对应区域为产生打印缺陷的地方,那么遇到这种异常打印层时可以暂停或调整打印过程,以维修故障或调整参数并保证最终产品的质量。

[0102] 本申请实施例提供一种用于3D打印的打印监控图像分析方法,应用于3D打印图像检测领域,所述方法包括:通过连通域检测算法对3D打印过程中目标实际打印层图像进行检测,获取目标实际打印层图像若干数量的实际连通域;根据目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与其对应的目标理想打印层图像中若干数量的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的横向差异性指标;基于目标实际打印层图像若干数量的实际连通域与上一目标实际打印层图像的实际连通域以及上一目标理想打印层图像的理想连通域进行差异程度比对,确认目标实际打印层图像对应的纵向差异性指标;根据

所述目标实际打印层图像对应的横向差异性指标与纵向差异性指标,计算目标实际打印层图像对应的综合差异性指标;将所述目标实际打印层图像对应的综合差异性指标与标准阈值进行比对,确认目标实际打印层图像的检测结果。通过将3D打印在实际打印的每一层实际打印层图像与标准模型中每一层理想打印层图像进行横向与纵向的图像比对,得到综合差异性指标,进而确认3D打印在实际打印的每一层实际打印层图像是否存在异常,相对于传统采用整体图像的分析比对方法,提高了图像分析的准确性,进而提高了3D打印质量监控的准确性。

[0103] 附图中的流程图和框图显示了根据本公开实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分,所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。在有些作为替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这可以依所涉及的功能而定。在附图中的流程图和框图所对应的描述中,不同的方框所对应的操作或步骤也可以以不同于描述中所披露的顺序发生,有时不同的操作或步骤之间不存在特定的顺序。例如,两个连续的操作或步骤实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这可以依所涉及的功能而定。框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0104] 对于本领域技术人员而言,显然本申请不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本申请的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本申请。因此,无论从哪一点来看,均应将本申请上述的实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本申请的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化涵括在本申请内。

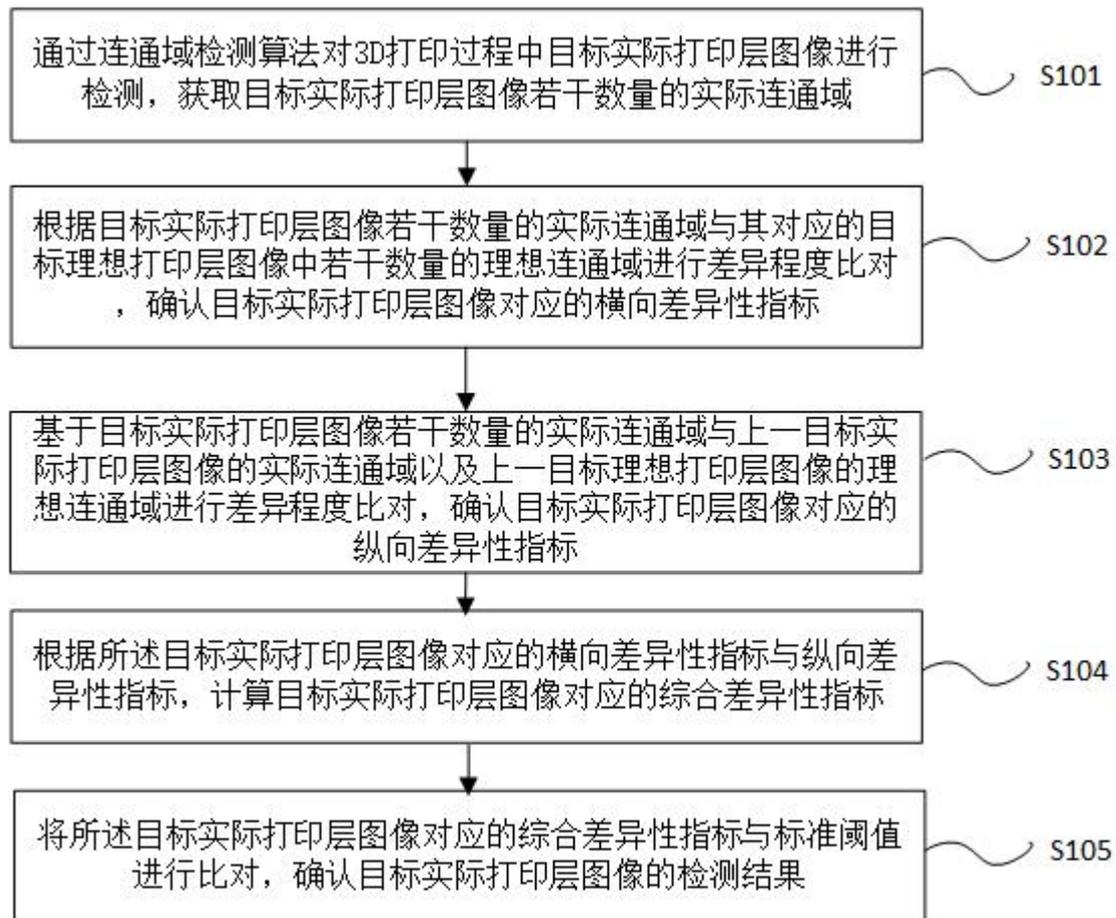


图 1

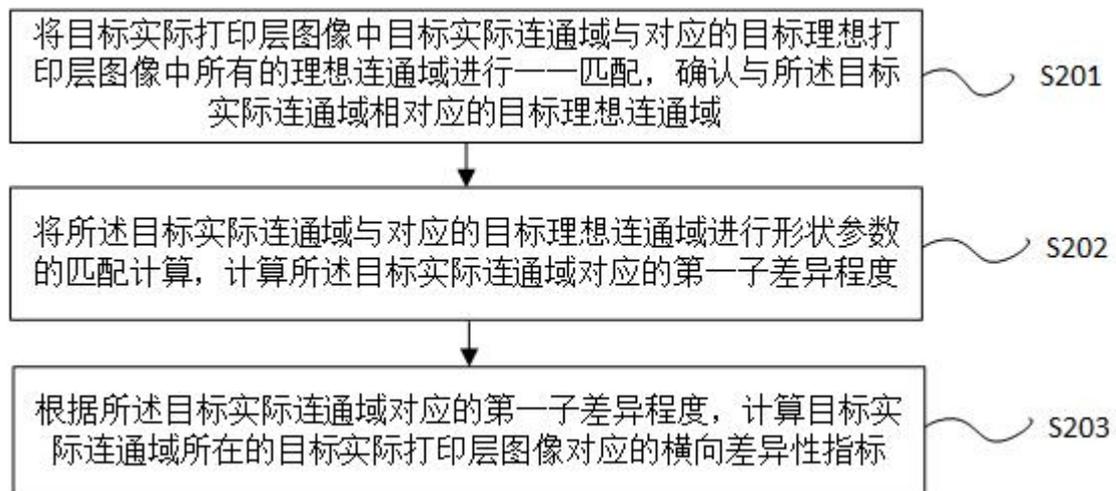


图 2

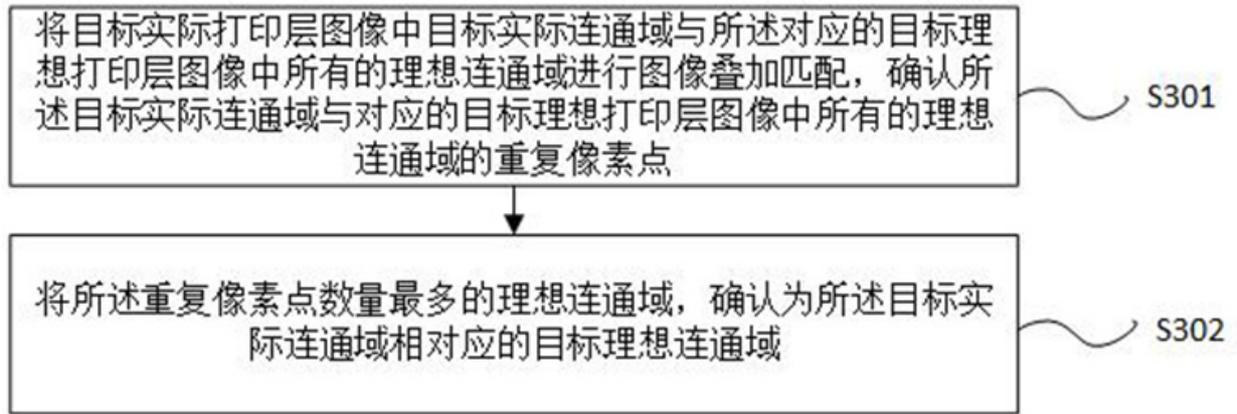


图 3

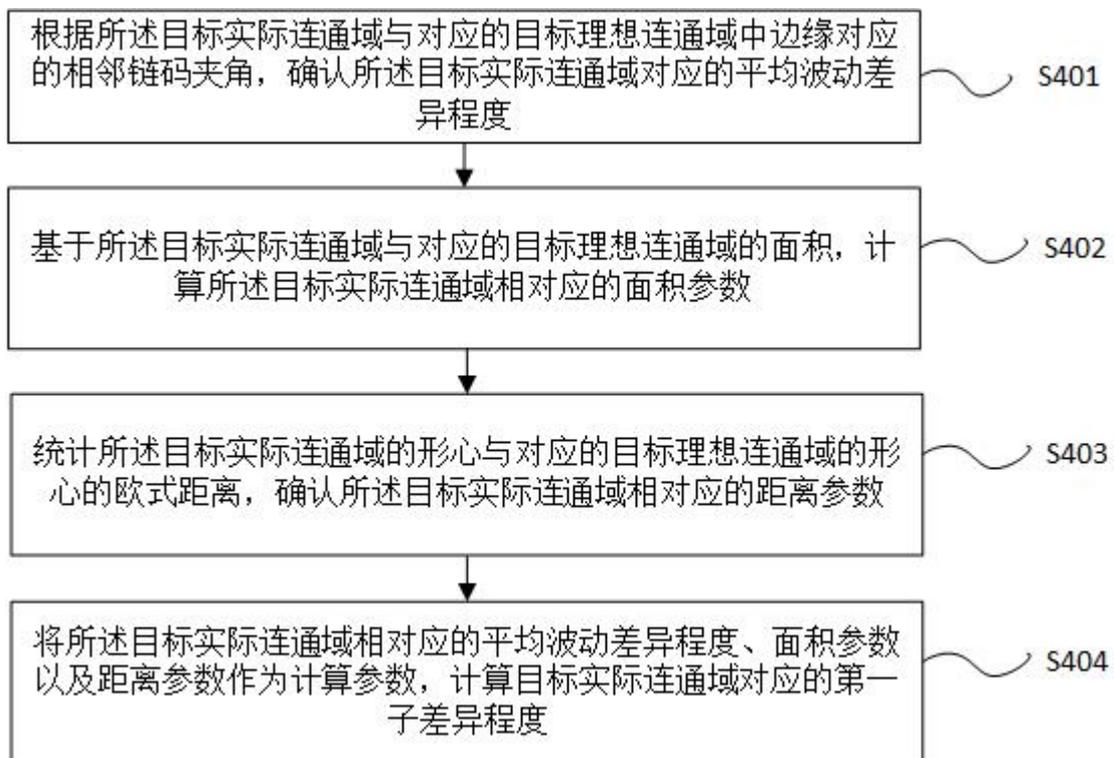


图 4

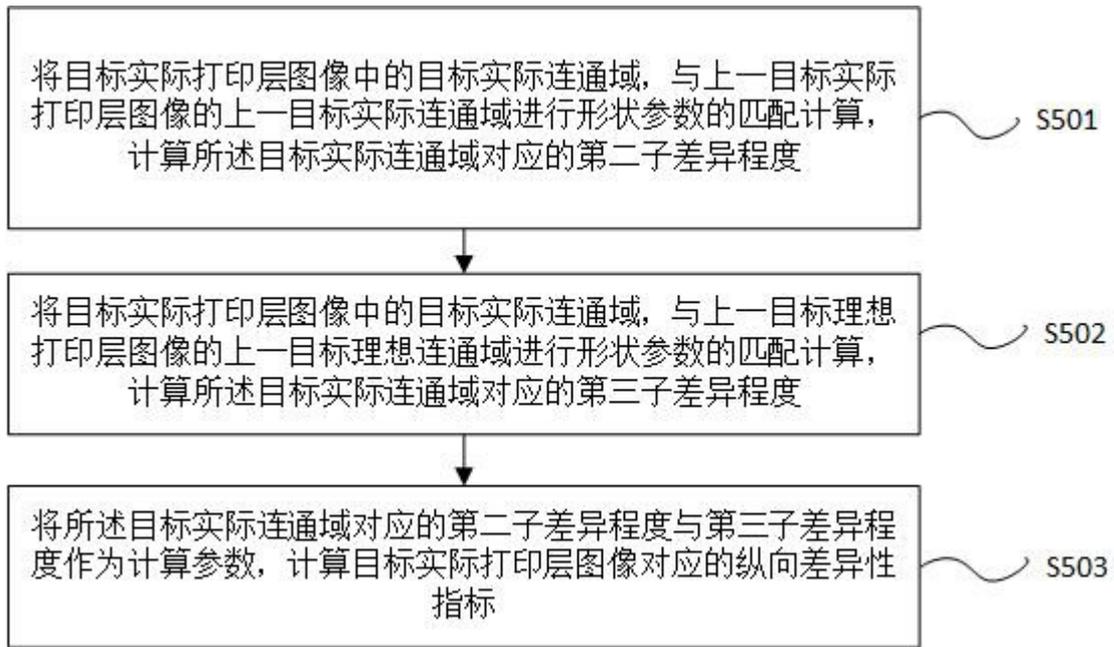


图 5

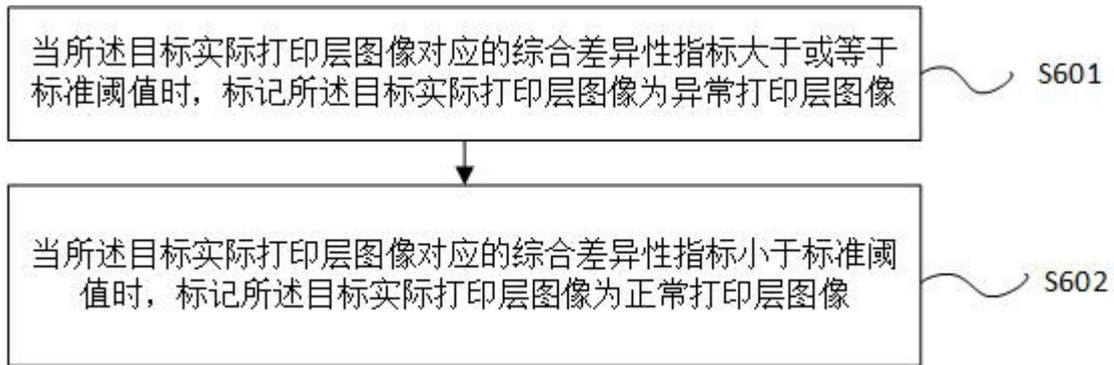


图 6