



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112666890 B

(45) 授权公告日 2022.09.16

(21) 申请号 202011629690.9

B23K 26/362 (2014.01)

(22) 申请日 2020.12.30

B23K 26/70 (2014.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112666890 A

(56) 对比文件

CN 110370276 A, 2019.10.25

CN 111496786 A, 2020.08.07

(43) 申请公布日 2021.04.16

审查员 张琦

(73) 专利权人 西安中科微精光子科技股份有限公司

地址 710000 陕西省西安市高新区纬二十六路3300号

(72) 发明人 张增佳 林明明 种少卿

(74) 专利代理机构 西安嘉思特知识产权代理事务所(普通合伙) 61230

专利代理师 闫家伟

(51) Int. Cl.

G05B 19/19 (2006.01)

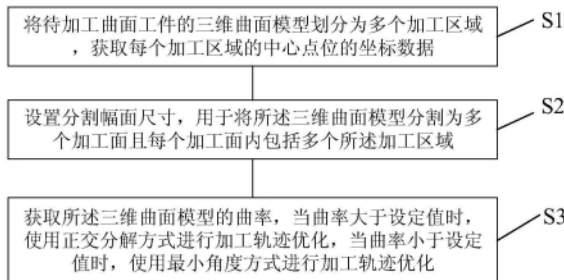
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种曲面工件加工轨迹规划方法

(57) 摘要

本发明公开了一种曲面工件加工轨迹规划方法,包括:将待加工曲面工件的三维曲面模型划分为多个加工区域,获取每个加工区域的中心点位的坐标数据;设置分割幅面尺寸,用于将所述三维曲面模型分割为多个加工面且每个加工面内包括多个所述加工区域;获取所述三维曲面模型的曲率,当曲率小于设定值时,使用正交分解方式进行加工轨迹优化,当曲率大于设定值时,使用最小角度方式进行加工轨迹优化。该方法能够将加工移动点位进行合理连线,避免在激光加工过程中工件与加工头发生碰撞,并且针对大数据量的模型,该方法路径规划效率大幅度提升。



1. 一种曲面工件加工轨迹规划方法,其特征在于,包括:

将待加工曲面工件的三维曲面模型划分为多个加工区域,获取每个加工区域的中心点位的坐标数据;

设置分割幅面尺寸,用于将所述三维曲面模型分割为多个加工面且每个加工面内包括多个所述加工区域;

获取所述三维曲面模型的曲率,当曲率小于设定值时,使用正交分解方式进行加工轨迹优化,当曲率大于设定值时,使用最小角度方式进行加工轨迹优化;

所述点位的坐标数据包括点位在加工装置的X轴、Y轴、Z轴、A轴、C轴方向的坐标值,其中,X轴和Y轴为相互垂直的水平直线坐标轴,Z轴为垂直直线坐标轴,A轴为绕X轴的旋转轴,C轴为绕Z轴的旋转轴;

使用正交分解方式进行加工轨迹优化,包括:

(a) 根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组;

(b) 根据所述初始组内点位个数对所述初始组进行拆分和更新,获得多个更新组;

(c) 将每个更新组内所有点位沿不同于步骤(a)中的直线坐标轴由小到大的顺序进行连线以完成组内连线;

(d) 将每个更新组中最后一个点位与相邻下一个更新组中第一个点位或最后一个点位中距离较小的点位进行连线以完成组间连线;

(e) 更换步骤(a)中的所述任意直线坐标轴以及步骤(c)中的所述不同于步骤(a)中的直线坐标轴,重复步骤(a)至(d),获得六种连线路径;

(f) 选取所述六种连线路径中总距离最小的路径为最终加工轨迹路径。

2. 根据权利要求1所述的曲面工件加工轨迹规划方法,其特征在于,根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组,包括:

将所述三维曲面模型中所有点位沿X轴的坐标值进行排序,并获得最小值 X_{\min} 和最大值 X_{\max} ;

根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴的坐标值,对所有点位进行分组,获得多个初始组: $[X_{\min}, X_{\min}+L)$ 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+2*L)$ 、 \dots 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+n*L)$,其中,n表示初始组的分组个数,满足 $X_{\min}+(n-1)*L < X_{\max} < X_{\min}+n*L$ 。

3. 根据权利要求2所述的曲面工件加工轨迹规划方法,其特征在于,根据所述初始组内点位个数对所述初始组进行拆分和更新,获得多个更新组,包括:

判断当前初始组内的点位数量q是否满足 $q < 1/5*Q/n$,若是,则将当前初始组进行拆分,将与相邻上一个初始组内点位距离较小的点位合并至上一个初始组,将与相邻下一个初始组内点位距离较小的点位合并至下一个初始组,若否,则保持当前初始组,其中,Q表示三维曲面模型中所有点位的个数,n表示初始组的个数;

依次对每个初始组进行判别和拆分,获得多个更新组。

4. 根据权利要求1所述的曲面工件加工轨迹规划方法,其特征在于,使用最小角度方式进行加工轨迹优化,包括:

(a') 根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,

对所有点位进行分组以获得多个初始组；

(b') 根据所述初始组内点位的旋转坐标对所述初始组进行拆分和更新, 获得多个第一更新组；

(c') 根据所述第一更新组内点位个数对所述第一更新组进行拆分, 获得多个第二更新组；

(d') 根据所述第二更新组内点位之间的距离进行组内连线；

(e') 将每个第二更新组的最后一个点位与下一个第二更新组中距离最小的点位连线以完成组间连线；

(f') 更换步骤(a')中的所述任意直线坐标轴, 重复步骤(a')至(e'), 获得三种连线路径；

(g') 选取所述三种连线路径中总距离最小的路径为最终加工轨迹路径。

5. 根据权利要求4所述的曲面工件加工轨迹规划方法, 其特征在于, 根据所述初始组内点位的旋转坐标对所述初始组进行拆分和更新, 获得多个第一更新组, 包括:

判断当前初始组内所有点位沿C轴的坐标最大值 C_{\max} 和最小值 C_{\min} 是否满足 $C_{\max} - C_{\min} > 180^\circ$, 若是, 将C轴坐标值大于平均值 C_{avg} 的点位划分为一组, 剩余点位划分为另一组, 若否, 则保持当前分组, 其中, $C_{\text{avg}} = (C_{\max} + C_{\min}) / 2$;

依次对每个初始组进行判别和拆分, 以获得多个第一更新组。

6. 根据权利要求4所述的曲面工件加工轨迹规划方法, 其特征在于, 根据所述第一更新组内点位个数对所述第一更新组进行拆分, 获得多个第二更新组, 包括:

将每个第一更新组中所有点位沿旋转坐标轴的坐标值由小到大的进行排序;

判断当前第一更新组内点位个数是否满足 $N * K_1 < \sum_{i=0}^M N_i / M$, 若是, 则将当前第一更新组内与相邻上一个第一更新组内点位距离较小的点位合并至上一个第一更新组, 将与相邻下一个第一更新组内点位距离较小的点位合并至下一个第一更新组, 若否, 则保持当前分组, 其中, K_1 为第一调试系数, M 表示第一更新组的分组个数, N 表示当前第一更新组内点位个数, N_i 表示第*i*个第一更新组内点位个数;

依次对每个第一更新组进行判别和拆分, 以获得多个第二更新组。

7. 根据权利要求4所述的曲面工件加工轨迹规划方法, 其特征在于, 根据所述第二更新组内点位之间的距离进行组内连线, 包括:

(d1') 按照排列顺序对所述第二更新组内进行连线以获得原始连线;

(d2') 获得所有相邻点位之间距离中的最大距离 D_{ij} , 判断是否满足公式:

$$D_{ij} * K_2 < \sum_{i=0}^{N-1} \sum_j^N D_{ij} / (N - 1),$$

若是, 则以当前连线为最终路径, 若否, 则将 P_j 点插入离 P_j 点最近的点之后并获得新连线距离, 若新连线距离小于原始连线距离, 则重新执行(d2'), 若否, 则取消 P_j 点位置更换并执行(d3'), 其中, K_2 为第二调试系数;

(d3') 获得所有相邻点位之间距离的第二大距离 D_{min} 进行迭代处理, 直至满足所述公式。

8. 一种存储介质, 所述存储介质中存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序用于执行权利要求1至7中任一项所述的曲面工件加工轨迹规划方法的步骤。

一种曲面工件加工轨迹规划方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工技术领域,具体涉及一种曲面工件加工轨迹规划方法。

背景技术

[0002] 目前,机械加工无法加工曲率较大的工件且加工精度较低,电火花加工在加工带有涂层的材料时很容易损伤到涂层。因此,大部分曲面材料的切割刻蚀是无法依靠传统的机械和电火花等方式加工的。随着加工技术的进步,在曲面材料的刻蚀加工领域中,对加工质量、精度及效率的要求越来越高,由于激光加工具有精度高、无接触、无热影响及加工质量高等优点,采用激光加工进行曲面材料的刻蚀加工成为更好的选择。

[0003] 在曲面激光刻蚀加工过程中,为了保证加工效率和加工安全性,需要对加工轨迹进行合理的优化,使得激光加工装置的机械轴从当前加工位置移动到下一个加工位置时不会出现大幅度的跳跃现象或跨越零件的移动,这是因为大幅度的跳跃现象或跨越零件的移动可能会导致运动过程中激光加工头撞到工件。目前对于此类问题的加工轨迹规划算法常用的有遗传算法、模拟退火算法、蚁群算法等,但是这些算法只能在一定程度上近似逼近最优结果,在数据量较大时规划效率极低,且在三维空间内也没有考虑路径限制问题。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的上述问题,本发明提供了一种曲面工件加工轨迹规划方法。本发明要解决的技术问题通过以下技术方案实现:

[0005] 本发明提供了一种曲面工件加工轨迹规划方法,包括:

[0006] 将待加工曲面工件的三维曲面模型划分为多个加工区域,获取每个加工区域的中心点位的坐标数据;

[0007] 设置分割幅面尺寸,用于将所述三维曲面模型分割为多个加工面且每个加工面内包括多个所述加工区域;

[0008] 获取所述三维曲面模型的曲率,当曲率小于设定值时,使用正交分解方式进行加工轨迹优化,当曲率大于设定值时,使用最小角度方式进行加工轨迹优化。

[0009] 在本发明的一个实施例中,所述点位的坐标数据包括点位在加工装置的X轴、Y轴、Z轴、A轴、C轴方向的坐标值,其中,X轴和Y轴为相互垂直的水平直线坐标轴,Z轴为垂直直线坐标轴,A轴为绕X轴的旋转轴,C轴为绕Z轴的旋转轴。

[0010] 在本发明的一个实施例中,使用正交分解方式进行加工轨迹优化,包括:

[0011] (a) 根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组;

[0012] (b) 根据所述初始组内点位个数对所述初始组进行拆分和更新,获得多个更新组;

[0013] (c) 将每个更新组内所有点位沿不同于步骤(a)中的直线坐标轴由小到大的顺序进行连线以完成组内连线;

[0014] (d) 将每个更新组中最后一个点位与相邻下一个更新组中第一个点位或最后一个

点位中距离较小的点位进行连线以完成组间连线；

[0015] (e) 更换步骤(a)中的所述任意直线坐标轴以及步骤(c)中的所述不同于步骤(a)中的直线坐标轴,重复步骤(a)至(d),获得六种连线路径；

[0016] (f) 选取所述六种连线路径中总距离最小的路径为最终加工轨迹路径。

[0017] 在本发明的一个实施例中,根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组,包括：

[0018] 将所述三维曲面模型中所有点位沿X轴的坐标值进行排序,并获得最小值 X_{\min} 和最大值 X_{\max} ；

[0019] 根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴的坐标值,对所有点位进行分组,获得多个初始组： $[X_{\min}, X_{\min}+L)$ 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+2*L)$ 、 \dots 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+n*L)$,其中,n表示初始组的分组个数,满足 $X_{\min}+(n-1)*L < X_{\max} < X_{\min}+n*L$ 。

[0020] 在本发明的一个实施例中,根据所述初始组内点位个数对所述初始组进行拆分和更新,获得多个更新组,包括：

[0021] 判断当前初始组内的点位数量q是否满足 $q < 1/5*Q/n$,若是,则将当前初始组进行拆分,将与相邻上一个初始组内点位距离较小的点位合并至上一个初始组,将与相邻下一个初始组内点位距离较小的点位合并至下一个初始组,若否,则保持当前初始组,其中,Q表示三维曲面模型中所有点位的个数,n表示初始组的个数；

[0022] 依次对每个初始组进行判别和拆分,获得多个更新组。

[0023] 在本发明的一个实施例中,使用最小角度方式进行加工轨迹优化,包括：

[0024] (a') 根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组；

[0025] (b') 根据所述初始组内点位的旋转坐标对所述初始组进行拆分和更新,获得多个第一更新组；

[0026] (c') 根据所述第一更新组内点位个数对所述第一更新组进行拆分,获得多个第二更新组；

[0027] (d') 根据所述第二更新组内点位之间的距离进行组内连线；

[0028] (e') 将每个第二更新组的最后一个点位与下一个第二更新组中距离最小的点位连线以完成组间连线；

[0029] (f') 更换步骤(a')中的所述任意直线坐标轴,重复步骤(a')至(e'),获得三种连线路径；

[0030] (g') 选取所述三种连线路径中总距离最小的路径为最终加工轨迹路径。

[0031] 在本发明的一个实施例中,根据所述初始组内点位的旋转坐标对所述初始组进行拆分和更新,获得多个第一更新组,包括：

[0032] 判断当前初始组内所有点位沿C轴的坐标最大值 C_{\max} 和最小值 C_{\min} 是否满足 $C_{\max} - C_{\min} > 180^\circ$,若是,将C轴坐标值大于平均值 C_{avg} 的点位划分为一组,剩余点位划分为另一组,若否,则保持当前分组,其中, $C_{\text{avg}} = (C_{\max} + C_{\min}) / 2$ ；

[0033] 依次对每个初始组进行判别和拆分,以获得多个第一更新组。

[0034] 在本发明的一个实施例中,根据所述第一更新组内点位个数对所述第一更新组进行拆分,获得多个第二更新组,包括：

[0035] 将每个第一更新组中所有点位沿旋转坐标轴的坐标值由小到大的进行排序；

[0036] 判断当前第一更新组内点位个数是否满足 $N * K_1 < \sum_{i=0}^M N_i / M$ ，若是，则将当前第一更新组内与相邻上一个第一更新组内点位距离较小的点位合并至上一个第一更新组，将与相邻下一个第一更新组内点位距离较小的点位合并至下一个第一更新组，若否，则保持当前分组，其中， K_1 为第一调试系数， M 表示第一更新组的分组个数， N 表示当前第一更新组内点位个数， N_i 表示第*i*个第一更新组内点位个数；

[0037] 依次对每个第一更新组进行判别和拆分，以获得多个第二更新组。

[0038] 在本发明的一个实施例中，根据所述第二更新组内点位之间的距离进行组内连线，包括：

[0039] (d1') 按照排列顺序对所述第二更新组内进行连线以获得原始连线；

[0040] (d2') 获得所有相邻点位之间距离中的最大距离 D_{ij} ，判断是否满足公式：

$$[0041] \quad D_{ij} * K_2 < \sum_{i=0}^{N-1} \sum_j^N D_{ij} / (N - 1),$$

[0042] 若是，则以当前连线为最终路径，若否，则将 P_j 点插入离 P_j 点最近的点之后并获得新连线距离，若新连线距离小于原始连线距离，则重新执行 (d2')，若否，则取消 P_j 点位置更换并执行 (d3')；

[0043] (d3') 获得所有相邻点位之间距离的第二大距离 D_{mn} 进行迭代处理，直至满足所述公式。

[0044] 本发明的另一方面提供了一种存储介质，所述存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序用于执行上述实施例中任意项所述的曲面工件加工轨迹规划方法的步骤。

[0045] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0046] 1、本发明的曲面工件加工轨迹规划方法能够将加工移动点位进行合理连线，避免在激光加工过程中工件与加工头发生碰撞，并且针对大数据量的模型，本发明的路径规划效率大幅度提升。

[0047] 以下将结合附图及实施例对本发明做进一步详细说明。

附图说明

[0048] 图1是本发明实施例提供的一种曲面工件加工轨迹规划方法的流程图；

[0049] 图2是本发明实施例提供的一种曲率小于0.5的三维曲面模型的结构示意图；

[0050] 图3是图2中的三维曲面模型经加工区域划分后的示意图；

[0051] 图4是根据分割幅面尺寸将所有点位沿X轴进行区域划分的结果示意图；

[0052] 图5是本发明实施例提供的一种曲率大于0.5的三维曲面模型的结构示意图；

[0053] 图6是利用正交分解方式对图5的三维曲面模型进行加工轨迹优化的结果示意图；

[0054] 图7是图5中的三维曲面模型经加工区域划分后的示意图；

[0055] 图8是利用最小角度方式对图5的三维曲面模型进行加工轨迹优化的结果示意图。

具体实施方式

[0056] 为了进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效，以下结合附图及具体实施方式，对依据本发明提出的一种曲面工件加工轨迹规划方法进行详细说

明。

[0057] 有关本发明的前述及其他技术内容、特点及功效,在以下配合附图的具体实施方式详细说明中即可清楚地呈现。通过具体实施方式的说明,可对本发明为达成预定目的所采取的技术手段及功效进行更加深入且具体地了解,然而所附附图仅是提供参考与说明之用,并非用来对本发明的技术方案加以限制。

[0058] 应当说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0059] 请参见图1,图1是本发明实施例提供的一种曲面工件加工轨迹规划方法的流程图。该曲面工件加工轨迹规划方法包括:

[0060] S1:将待加工曲面工件的三维曲面模型划分为多个加工区域,获取每个加工区域的中心点位的坐标数据;

[0061] 首先,获取待加工曲面工件的三维曲面模型,请参见图2,图2是本发明实施例提供的一种三维曲面模型的结构示意图,其中,黑色圆圈即为待进行刻蚀加工的区域。

[0062] 具体地,在实际加工过程中,通常将待加工曲面工件的三维曲面模型划分为多个加工区域,通过机床的机械轴将加工头移动到一个加工区域的中心位置(每个加工区域的中心称为一个“点位”),然后通过振镜加工此区域,移动完成所有区域即完成工件刻蚀加工。具体地,本步骤的加工区域划分方法为一种现有方法,即对所述三维曲面模型进行解析,分解归类生成拓扑数据结构,对解析生成的三角面片数据进行迭代分析,然后根据分割参数(焦深、加工幅面及法向矢量)分类,根据分类结果对所有三角面片进行整合,分割生成不同的加工区域。

[0063] 在本实施例中,所述点位的坐标数据包括点位在加工装置的X轴、Y轴、Z轴、A轴、C轴方向的坐标值,其中,X轴和Y轴为相互垂直的水平直线坐标轴,Z轴为垂直直线坐标轴,A轴为绕X轴的旋转轴,C轴为绕Z轴的旋转轴。

[0064] 请参见图3,图3是图2中的三维曲面模型经加工区域划分后的示意图,其中,右侧为加工区域的局部示意图,每个白色线条组成的闭合区域为一个加工区域,每个加工区域的中心点信息即为所需要的点位数据。

[0065] S2:设置分割幅面尺寸,用于将所述三维曲面模型分割为多个加工面且每个加工面内包括多个所述加工区域,即包括多个点位;

[0066] 可以理解的是,若是加工面内点位数量超过一定范围,在寻找最优路径时会影响效率,一般路径规划效率是根据点位分布情况及点位数量决定的。在本实施例中,如图2和图3所示,点位在X轴方向分布较均匀,统计得知,总的点位数量为724,根据点位中X轴向坐标的最大值与最小值之间的差值(258mm),并且根据实验获知每组点位数量在100内时,路径优化过程中迭代效率较高,因此优选地分割幅面尺寸为25mm,如图4所示。

[0067] S3:获取所述三维曲面模型的曲率,当曲率小于设定值时,使用正交分解方式进行加工轨迹优化,当曲率大于设定值时,使用最小角度方式进行加工轨迹优化。

[0068] 需要说明的是,本实施例以0.5作为优化判定标准的原因在于,对于曲率大于0.5的曲面,在分割加工面时容易出现两处点位分布密集处,此时若使用正交分解法,容易出现跳跃点。即,当所述三维曲面模型的曲率小于0.5时,使用正交分解方式进行加工轨迹优化;当所述三维曲面模型的曲率大于0.5时,使用最小角度方式进行加工轨迹优化。

[0069] 进一步地,使用正交分解方式进行加工轨迹优化,包括:

[0070] (a) 根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组;

[0071] 在本步骤中,可以沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值进行区域划分,因此可以获得3种不同的划分结果。

[0072] 在本实施例中,将所述三维曲面模型中所有点位沿X轴的坐标值进行排序,并获得最小值 X_{\min} 和最大值 X_{\max} ;随后根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴的坐标值,对所有点位进行分组,获得多个初始组: $[X_{\min}, X_{\min}+L)$ 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+2*L)$ 、 \dots 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+n*L)$,其中, n 表示初始组的个数,满足 $X_{\min}+(n-1)*L < X_{\max} < X_{\min}+n*L$ 。

[0073] 需要说明的是,当所有点位沿X轴的坐标值进行排序时,则对所述三维曲面模型沿X轴每隔一个分割幅面尺寸分割依次,从而获得多个加工面,且每个加工面内包括多个所述加工区域,即包括多个点位。当所有点位沿Y轴的坐标值进行排序时,则对所述三维曲面模型沿Y轴每隔一个分割幅面尺寸分割依次,从而获得多个对应的加工面。类似地,当所有点位沿Z轴的坐标值进行排序时,则对所述三维曲面模型沿Z轴每隔一个分割幅面尺寸分割依次,从而获得多个对应的加工面。请参见图4,图4是根据分割幅面尺寸将所有点位沿X轴进行区域划分的结果示意图,可以看出,每个加工面内包括多个所述加工区域,即包括多个点位,每个加工面内的所有点位组成一个组,图4中共划分为10个初始组,即,当前加工面的所有点位在X轴向上占据了10个高为25mm的横格区域。

[0074] (b) 根据所述初始组内点位个数对所述初始组进行拆分和更新,获得多个更新组;

[0075] 若是组内点位数量太少,会影响路径优化过程中的路径优化效率及结果,因此本步骤根据所述初始组内点位个数对所述初始组进行拆分和更新。

[0076] 具体地,判断当前初始组内的点位数量 q 是否满足 $q < 1/5*Q/n$,若是,则将当前初始组进行拆分,将与相邻上一个初始组内点位距离较小的点位合并至上一个初始组,将与相邻下一个初始组内点位距离较小的点位合并至下一个初始组,若否,则保持当前初始组,其中, Q 表示三维曲面模型中所有点位的个数, n 表示初始组的个数;依次对每个初始组进行判别和拆分,获得多个更新组。

[0077] 继续参见图4,已知该三维曲面模型中所有点位的个数为724,初始组的分组个数为10,统计得知最后一组(图4中最上侧)的点位个数为14,则由于最后一组满足上述公式 $q < 1/5*Q/n$,依次将该组合并至倒数第二组,即图中下方的组;其余的9组均不满足上述公式保持不变,因此,最终更新形成了9个更新组。

[0078] (c) 将每个更新组内所有点位沿不同于步骤(a)中的直线坐标轴由小到大的顺序进行连线以完成组内连线;

[0079] 由于步骤(a)中选择将所述三维曲面模型中所有点位沿X轴的坐标值进行排序,因此本步骤将每个更新组内所有点位沿Y轴或Z轴由小到大的顺序进行连线,可以产生两种不同的连线放置。

[0080] 需要说明的是,当步骤(a)中选择将所述三维曲面模型中所有点位沿Y轴的坐标值进行排序,则本步骤可以将每个更新组内所有点位沿X轴或Z轴由小到大的顺序进行连线;当步骤(a)中选择将所述三维曲面模型中所有点位沿Z轴的坐标值进行排序,则本步骤可以将每个更新组内所有点位沿X轴或Y轴由小到大的顺序进行连线。

[0081] (d)将每个更新组中最后一个点位与相邻下一个更新组中第一个点位或最后一个点位中距离较小的点位进行连线以完成组间连线;

[0082] 具体地,获取当前更新组中的最后一个点位与下一更新组中的第一个点位的距离 D_1 以及当前更新组中的最后一个点位与下一更新组中的最后一个点位的距离 D_2 ,若 $D_1 > D_2$,则将当前更新组中的最后一个点位与下一更新组中最后一个点位连接,若 $D_1 < D_2$,则将当前更新组中的最后一个点位与下一更新组中第一个点位连接,以实现组间连线。

[0083] 也就是说,将当前更新组内的最后一个点位与下一更新组中的第一个点位和最后一个点位两者中更近的一个进行连线,以这种方式完成所有更新组之间的连接。通过上述组内连线和组间连线,完成所述三维曲面模型中所有点位的连线。

[0084] (e)更换步骤(a)中的所述任意直线坐标轴以及步骤(c)中的所述不同于步骤(a)中的直线坐标轴,重复步骤(a)至(d),获得六种连线路径;

[0085] 如上所述,在步骤(a)中,可以沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值进行区域划分,因此可以获得3种不同的划分结果,在步骤(c)中可以沿与步骤(a)中不同的两个坐标轴中的任一坐标轴进行排序,因此可以获得两种不同的排序结果,总共获得六种不同的规划结果,即获得六种连线路径。

[0086] (f)选取所述六种连线路径中总距离最小的路径为最终加工轨迹路径。

[0087] 具体地,获得所述连线路径中每一种的总连线距离,并选取总连线距离最小的一种连线路径为这种方式的最终路径。

[0088] 经测试,对于图3中的点位数据,利用该正交分解方式排序共用时0.46s,排序结果满足加工顺序要求,加工过程中无碰撞安全隐患,而按照传统遗传算法去优化路线,共用时1.23s,该正交分解方式有效提供了线路规划效率。

[0089] 进一步地,请参见图5和图6,图5是本发明实施例提供的一种曲率大于0.5的三维曲面模型的结构示意图,图6是利用正交分解方式对图5的三维曲面模型进行加工轨迹优化的结果示意图,其中,黑色部分即为待进行刻蚀加工的区域。可以看出,当曲率较大时,若采用上述正交分解方式进行加工轨迹规划,会出现很多跳跃点位,出现跳跃点位即存在碰撞安全隐患。

[0090] 因此,在本实施例中,当三维曲面模型的曲率大于0.5时,使用最小角度方式进行加工轨迹优化,首先请参见图7,图7是图5中的三维曲面模型经加工区域划分后的示意图,其中,每个白色线条组成的闭合区域为一个加工区域,每个加工区域的中心点信息即为所需要的点位数据。在图8的划分结果的基础上,该最小角度方式具体包括:

[0091] (a')根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值,对所有点位进行分组以获得多个初始组;

[0092] 在本步骤中,可以沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值进行区域划分,因此可以获得3种不同的划分结果。

[0093] 在本实施例中,将所述三维曲面模型中所有点位沿X轴的坐标值进行排序,并获得

最小值 X_{\min} 和最大值 X_{\max} ;随后根据所述分割幅面尺寸及所有点位沿X轴的坐标值,对所有点位进行分组,获得多个初始组: $[X_{\min}, X_{\min}+L)$ 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+2*L)$ 、 \dots 、 $[X_{\min}+L, X_{\min}+n*L)$,其中, n 表示初始组的个数,满足 $X_{\min}+(n-1)*L < X_{\max} < X_{\min}+n*L$ 。

[0094] 需要说明的是,当所有点位沿X轴的坐标值进行排序时,则对所述三维曲面模型沿X轴每隔一个分割幅面尺寸分割依次,从而获得多个加工面,且每个加工面内包括多个所述加工区域,即包括多个点位。当所有点位沿Y轴的坐标值进行排序时,则对所述三维曲面模型沿Y轴每隔一个分割幅面尺寸分割依次,从而获得多个对应的加工面。类似地,当所有点位沿Z轴的坐标值进行排序时,则对所述三维曲面模型沿Z轴每隔一个分割幅面尺寸分割依次,从而获得多个对应的加工面。

[0095] 这一步骤与上述正交分解方式中的步骤(a)相同。

[0096] (b')根据所述初始组内点位的旋转坐标对所述初始组进行拆分和更新,获得多个第一更新组;

[0097] 具体地,判断当前初始组内所有点位沿C轴(绕Z轴的旋转轴)的坐标最大值 C_{\max} 和最小值 C_{\min} 是否满足 $C_{\max}-C_{\min} > 180^\circ$,若是,将C轴坐标值大于平均值 C_{avg} 的点位划分为一组,剩余点位划分为另一组,若否,则保持当前分组,其中, $C_{\text{avg}} = (C_{\max}+C_{\min})/2$;依次对每个初始组进行判别和拆分,以获得多个第一更新组。

[0098] 也就是说,将所述初始组中满足组内 $C_{\max}-C_{\min} > 180^\circ$ 的分为两个组。

[0099] (c')根据所述第一更新组内点位个数对所述第一更新组进行拆分,获得多个第二更新组;

[0100] 具体地,将每个第一更新组中所有点位沿旋转坐标轴A轴的坐标值由小到大的进行排序;判断当前第一更新组内点位个数是否满足 $N*K_1 < \sum_{i=0}^M N_i/M$,若是,则将当前第一更新组内与相邻上一个第一更新组内点位距离较小的点位合并至上一个第一更新组,将与相邻下一个第一更新组内点位距离较小的点位合并至下一个第一更新组,若否,则保持当前分组,其中, K_1 为第一调试系数,优选地为3-5, M 表示第一更新组的分组个数, N 表示当前第一更新组内点位个数, N_i 表示第*i*个第一更新组内点位个数;依次对每个第一更新组进行判别和拆分,以获得多个第二更新组。

[0101] (d')根据所述第二更新组内点位之间的距离进行组内连线;

[0102] 进一步地,所述步骤(d')包括:

[0103] (d1')按照排列顺序对所述第二更新组内进行连线以获得原始连线;

[0104] (d2')获得所有相邻点位之间距离中的最大距离 D_{ij} ,判断是否满足公式:

$$[0105] \quad D_{ij} * K_2 < \sum_{i=0}^{N-1} \sum_j^N D_{ij} / (N-1),$$

[0106] 若是,则以当前连线为最终路径,若否,则将 P_j 点插入离 P_j 点最近的点之后并获得新连线距离,若新连线距离小于原始连线距离,则重新执行(d2'),若否,则取消 P_j 点位置更换并执行(d3');

[0107] 具体地,获取所述原始连线中所有相邻点位之间的距离,选取其中的最大距离 D_{ij} ,若这个最大距离满足上述公式,则以此时的连线路径作为该最小角度方式获得的最终路径。若这个最大距离不满足上述公式,则将该最大距离 D_{ij} 的两个位点中的 P_j 点从连线中取出, P_i 点和 P_j 后面的一个点连接,将 P_j 点插入离 P_j 点最近的点的后面,计算新连线距离,若新

连线距离小于原始连线距离,则重新获取新连线中所有相邻点位之间距离中的最大距离并重复执行(d2'),若新连线距离大于原始连线距离,则保持原来的点位连接顺序(即,不对 P_j 点位置进行更换),并开始执行步骤(d3')。

[0108] (d3')获得所有相邻点位之间距离的第二大距离 D_{mn} 进行迭代处理,直至满足所述公式。

[0109] 具体地,找出组内仅次于 D_{ij} 的第二大距离,记为 D_{mn} ,判断 D_{mn} 是否满足条件:

$$[0110] \quad D_{mn} * K_2 < \sum_{i=0}^{N-1} \sum_j^N D_{ij} / (N - 1)$$

[0111] 若满足,以此时的连线路径作为该最小角度方式获得的最终路径。若这个最大距离不满足上述公式,则将该最大距离 D_{mn} 的两个位点中的 P_n 点从连线中取出, P_n 点和 P_n 后面的一个点连接,将 P_n 点插入离 P_n 点最近的点的后面,计算新连线距离,若新连线距离大于原始连线距离,保持原来的点位连接顺序(即,不对 P_j 点位置进行更换)并选择第三大距离迭代执行(d3'),若新连线距离小于原始连线距离,则重新获取新连线中所有相邻点位之间距离中的最大距离并重复执行(d2'),如此进行迭代处理,直至当前距离满足上述公式为止。

[0112] 获取新连线中所有相邻点位之间距离中的最大距离并重复执行(d2'),若新连线距离大于原始连线距离,则并开始执行步骤(d3')。

[0113] K_2 为第二调试系数,优选地取值范围是1.2-1.6。

[0114] (e')将每个第二更新组的最后一个点位与下一个第二更新组中距离最小的点位连线以完成组间连线;

[0115] (f')更换步骤(a')中的所述任意直线坐标轴,重复步骤(a')至(e'),获得三种连线路径;

[0116] 如上所述,在步骤(a')中,可以沿X轴、Y轴、Z轴中任意直线坐标轴的坐标值进行区域划分,因此可以获得3种不同的划分结果,即获得三种连线路径。

[0117] (g')选取所述三种连线路径中总距离最小的路径为最终加工轨迹路径。

[0118] 具体地,获得所述连线路径中每一种的总连线距离,并选取总连线距离最小的一种连线路径为这种方式的最终路径。

[0119] 请参见图8,图8是利用最小角度方式对图5的三维曲面模型进行加工轨迹优化的结果示意图。

[0120] 本实施例的曲面工件加工轨迹规划方法能够将加工移动点位进行合理连线,避免在激光加工过程中工件与加工头发生碰撞,并且针对大数据量的模型,本发明的路径规划效率大幅度提升。

[0121] 传统的算法如最小生成树(kruskal算法)、Dijkstra算法等都能够找到局部最优路径,但是存在很大的概率出现跳跃点,本发明实施例的方法是将数据进行了前期的处理,如排序、区域划分等,并且对于不同曲率的曲面工件选择不同的处理过程,可以有效减少路径规划过程中的迭代次数,减少路径规划时间。

[0122] 在本发明所提供的几个实施例中,应该理解到,本发明所揭露的装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个模块或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。

[0123] 另外,在本发明各个实施例中的各功能模块可以集成在一个处理模块中,也可以是各个模块单独物理存在,也可以两个或两个以上模块集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能模块的形式实现。

[0124] 本发明的另一实施例提供了一种存储介质,所述存储介质中存储有计算机程序,所述计算机程序用于执行上述实施例中所述的曲面工件加工轨迹规划方法的步骤。本发明的又一方面提供了一种电子设备,包括存储器和处理器,所述存储器中存储有计算机程序,所述处理器调用所述存储器中的计算机程序时实现如上述实施例所述曲面工件加工轨迹规划方法的步骤。具体地,上述以软件功能模块的形式实现的集成的模块,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。上述软件功能模块存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台电子设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)或处理器(processor)执行本发明各个实施例所述方法的部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0125] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

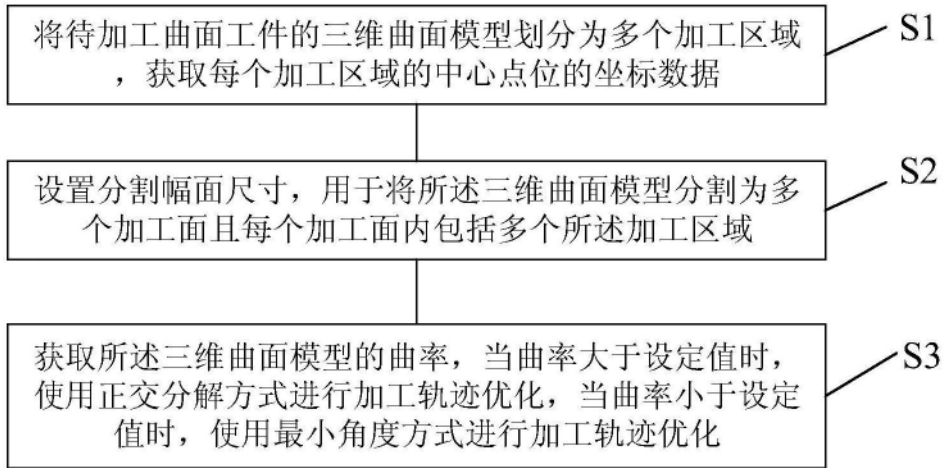


图1

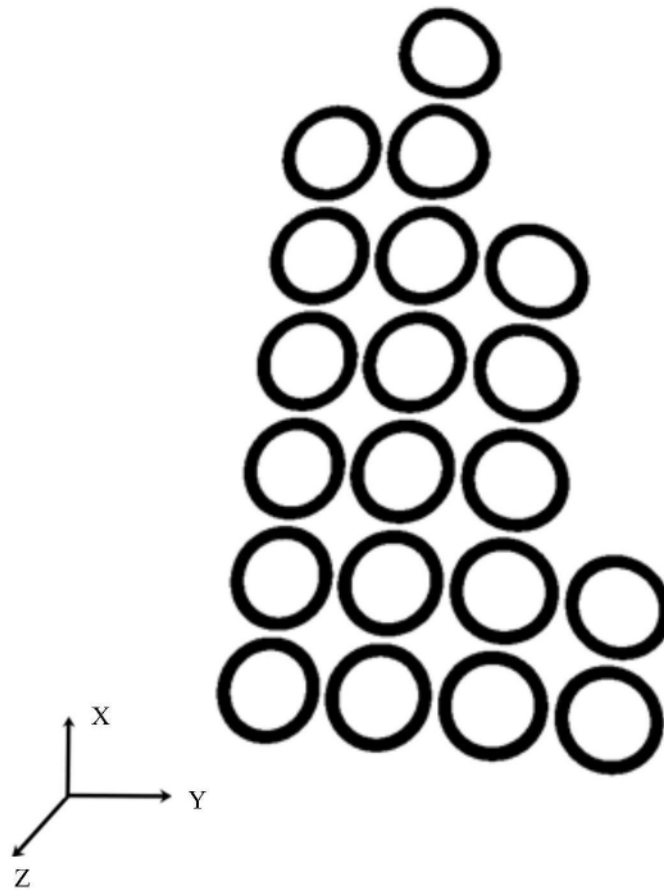


图2

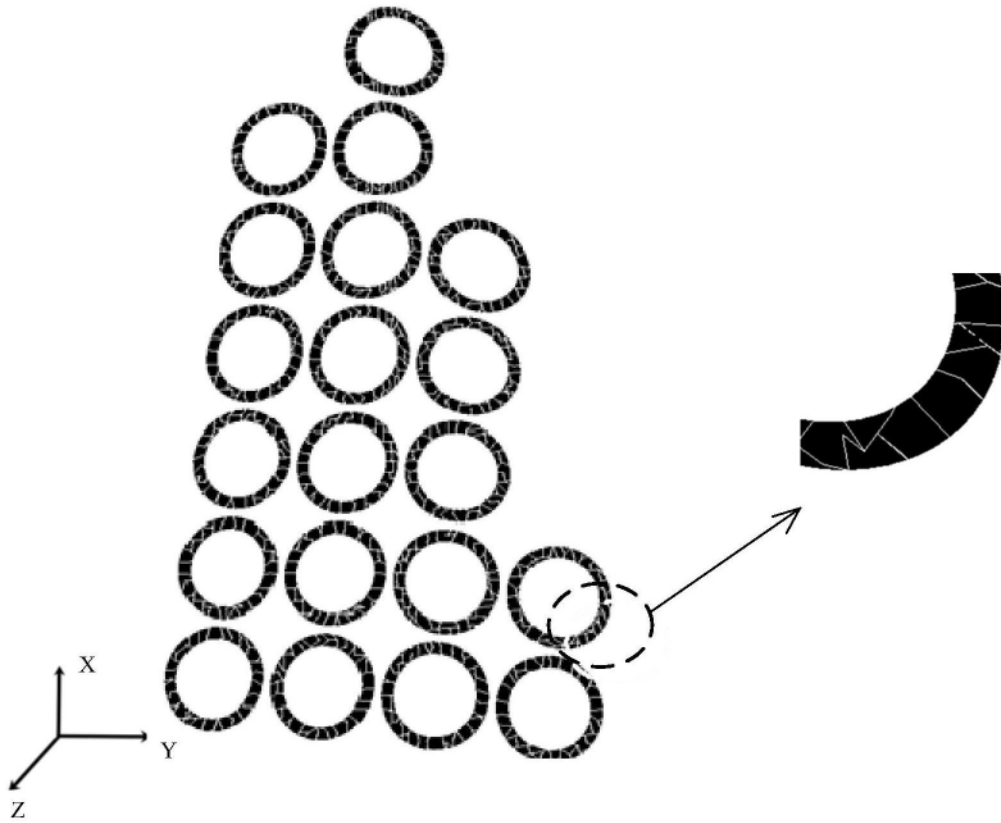


图3

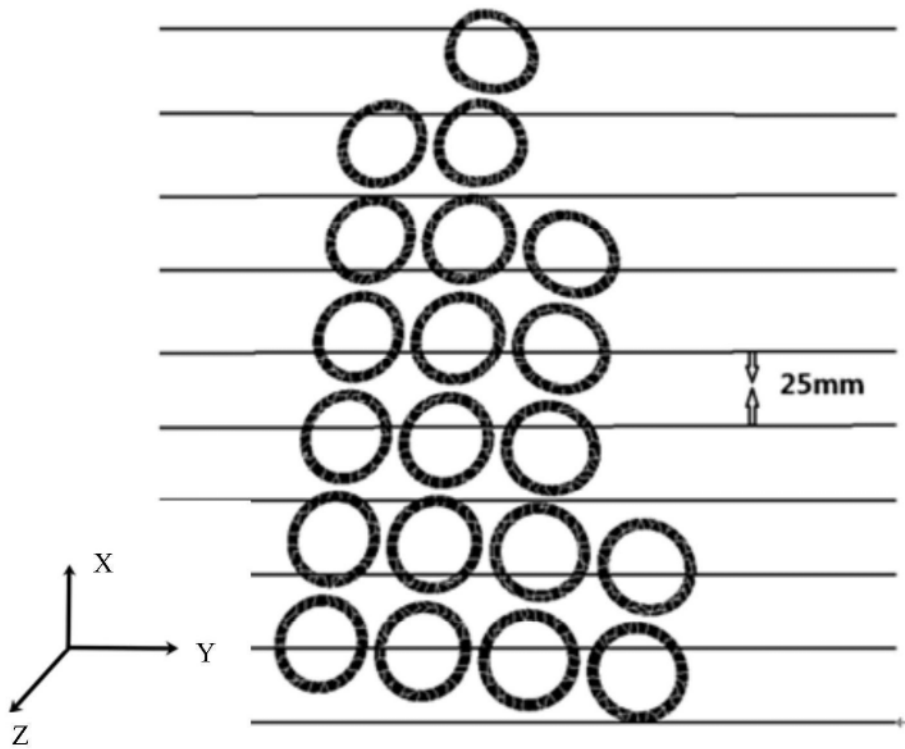


图4

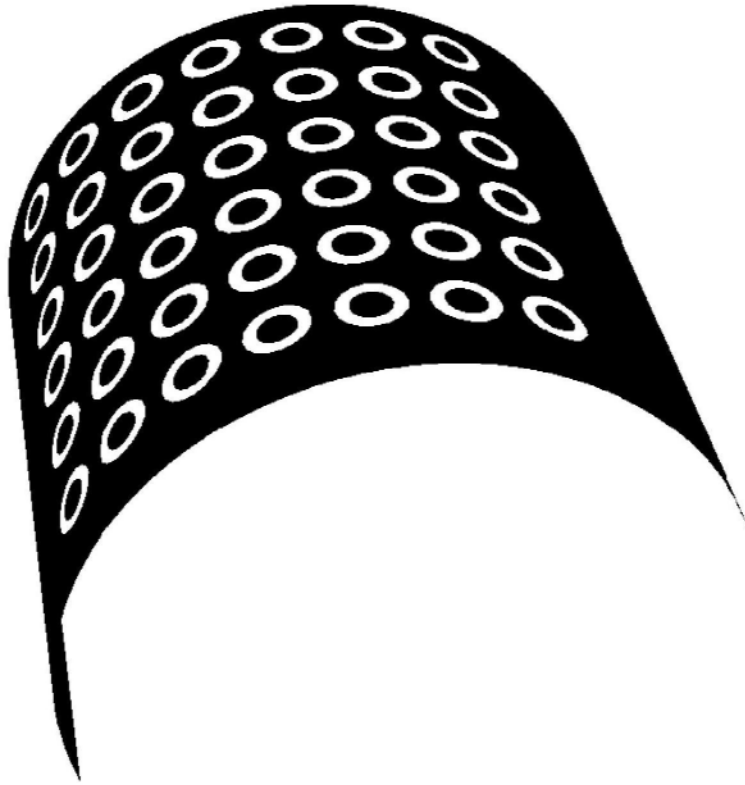


图5

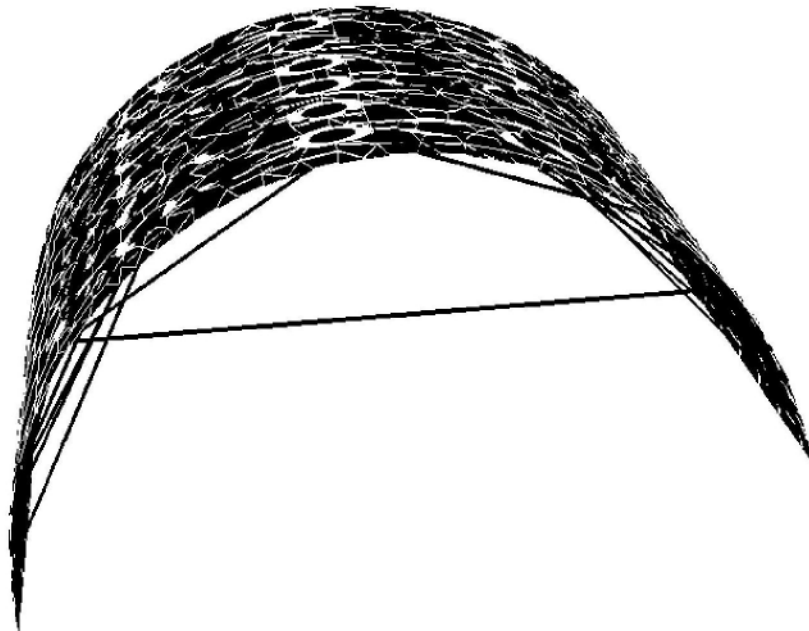


图6

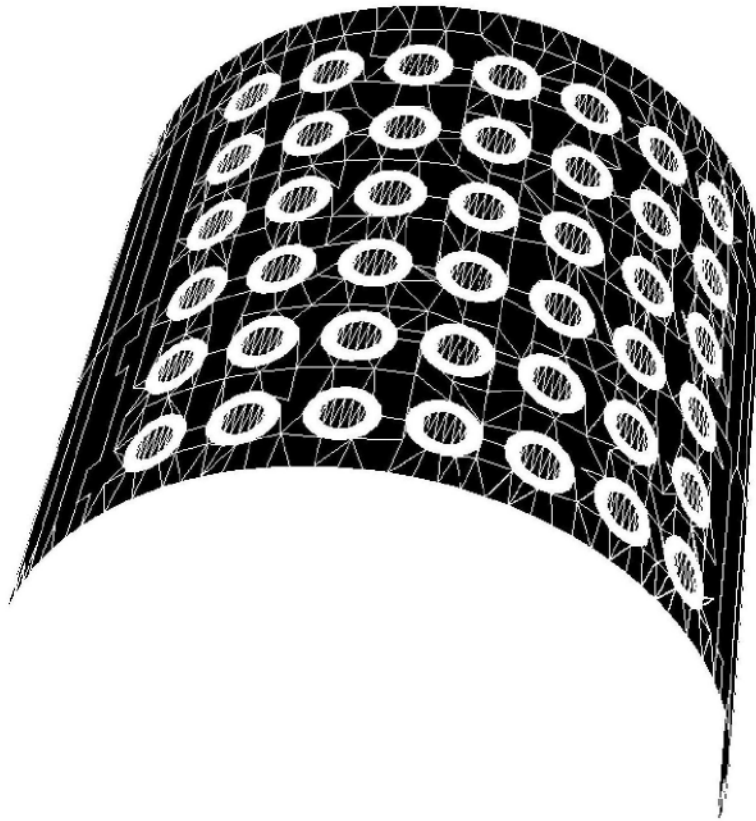


图7

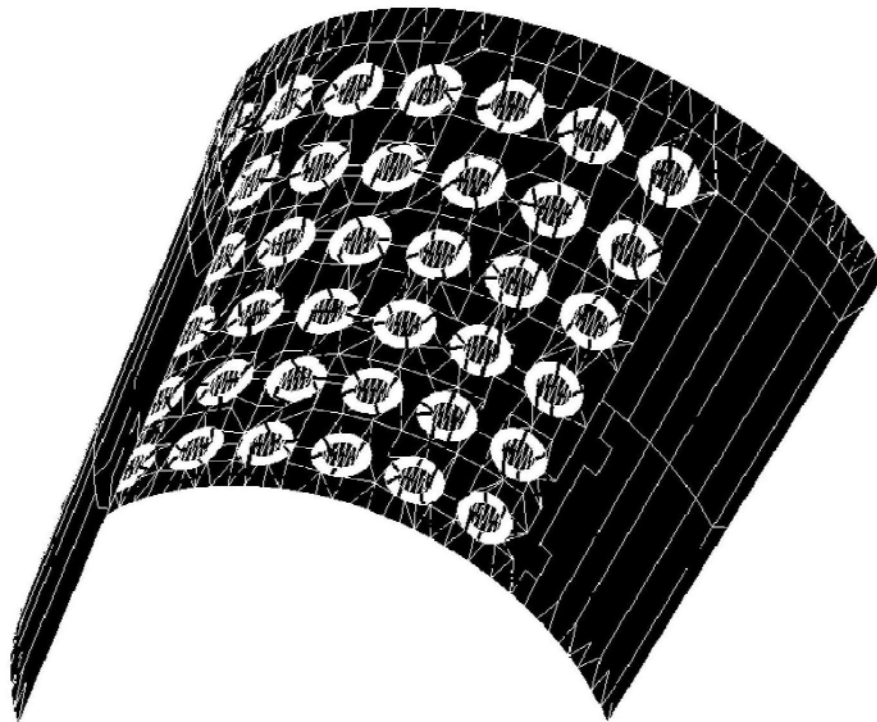


图8