



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112090619 A

(43) 申请公布日 2020. 12. 18

(21) 申请号 202010929284.8

(22) 申请日 2020.09.07

(71) 申请人 华中科技大学无锡研究院

地址 214174 江苏省无锡市惠山区堰新路
329号

(72) 发明人 严思杰 叶松涛 黄兆晶 张海洋
张小俭

(74) 专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所
(普通合伙) 32104

代理人 曹祖良

(51) Int. Cl.

B05B 12/00 (2018.01)

B05B 13/04 (2006.01)

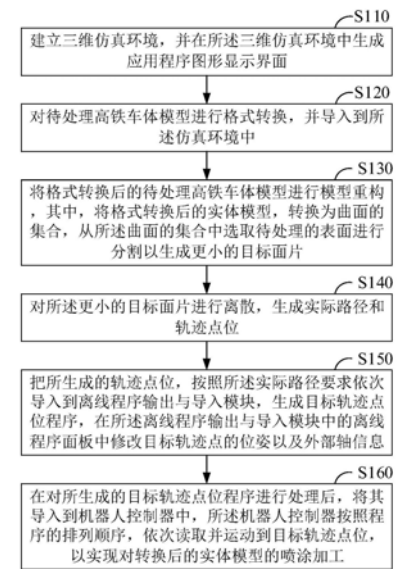
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工
方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及喷涂机器人喷涂加工技术领域，具体公开了一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法，包括：三维仿真环境建立及应用程序界面显示、模型的转换及导入导出、对模型进行重构划分成一系列的曲面集、对曲面进行分割以及合并、曲面路径与轨迹点位生成、离线程序生成、机器人运动仿真控制以及喷涂过程中油漆涂层的动态显示等。本发明还公开了一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统。本发明能够快速生成实际加工中所需要的路径轨迹信息，并能够方便的进行点位的处理，之后再将生成的离线程序输出到机器人控制器，机器人根据所生成的离线程序进行相应的仿真动作，对于实际的喷涂作业过程具有一定的指导意义。



1. 一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,其特征在于,包括:

步骤S110:建立三维仿真环境,并在所述三维仿真环境中生成应用程序图形显示界面;

步骤S120:对待处理高铁车体模型进行格式转换,并导入到所述仿真环境中;

步骤S130:将格式转换后的待处理高铁车体模型进行模型重构,其中,将格式转换后的实体模型,转换为曲面的集合,从所述曲面的集合中选取待处理的表面进行分割以生成更小的目标面片;

步骤S140:对所述更小的目标面片进行离散,生成实际路径和轨迹点位;

步骤S150:把所生成的轨迹点位,按照所述实际路径要求依次导入到离线程序输出与导入模块,生成目标轨迹点位程序,在所述离线程序输出与导入模块中的离线程序面板中修改目标轨迹点的位姿以及外部轴信息;

步骤S160:在对所生成的目标轨迹点位程序进行处理后,将其导入到机器人控制器中,所述机器人控制器按照程序的排列顺序,依次读取并运动到目标轨迹点位,以实现转换后的实体模型的喷涂加工。

2. 根据权利要求1所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,其特征在于,在步骤S110中还包括:所述三维仿真环境的建立包括视图管理器、创建视图、创建交互式上下文对象、设置环境属性以及实现模型显示操作。

3. 根据权利要求1所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,其特征在于,在步骤S130中还包括:根据实际加工需求对所分割的更小的目标面片进行连接以生成新的面片。

4. 根据权利要求1所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,其特征在于,在步骤S140中还包括:基于三维模型包围盒信息和曲面分割的方法实现喷涂的实际路径规划,并根据实际路径的切矢和曲面的法矢生成具有详细位姿信息的目标轨迹点。

5. 根据权利要求1所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,其特征在于,在步骤S160中还包括:机器人在运动过程中根据需要显示或隐藏已喷涂的实体模型的油漆涂层,其中,使用锥形投影法将喷锥模型投影到待喷涂平面,再根据投影轮廓生成闭合曲面以模拟实际喷涂过程中的膜厚效果,以实现所述油漆涂层的动态显示。

6. 一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统,其特征在于,包括:

仿真环境与视图显示模块,用于建立三维仿真环境,并在所述三维仿真环境中生成应用程序图形显示界面;

三维模型转换模块,用于对待处理高铁车体模型进行格式转换,并导入到所述仿真环境中;

曲面划分和重构模块,用于将格式转换后的待处理高铁车体模型进行模型重构,其中,将格式转换后的实体模型,转换为曲面的集合,从所述曲面的集合中选取待处理的表面进行分割以生成更小的目标面片;

曲面路径与轨迹生成模块,用于对所述更小的目标面片进行离散,生成实际路径和轨迹点位;

离线程序输出与导入模块,用于把所生成的轨迹点位,按照所述实际路径要求依次导入到离线程序输出与导入模块,生成目标轨迹点位程序,在所述离线程序输出与导入模块中的离线程序面板中修改目标轨迹点的位姿以及外部轴信息;

机器人运动仿真控制模块,用于在对所生成的目标轨迹点位程序进行处理后,将其导入到机器人控制器中,所述机器人控制器按照程序的排列顺序,依次读取并运动到目标轨迹点位,以实现转换后的实体模型的喷涂加工。

7. 根据权利要求6所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统,其特征在于,所述三维仿真环境的建立包括视图管理器、创建视图、创建交互式上下文对象、设置环境属性以及实现模型显示操作。

8. 根据权利要求6所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统,其特征在于,所述曲面划分和重构模块还用于,根据实际加工需求对所分割的更小的目标面片进行连接以生成新的面片。

9. 根据权利要求6所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统,其特征在于,所述曲面路径与轨迹生成模块还用于,基于三维模型包围盒信息和曲面分割的方法实现喷涂的实际路径规划,并根据实际路径的切矢和曲面的法矢生成具有详细位姿信息的目标轨迹点。

10. 根据权利要求6所述的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统,其特征在于,还包括油漆涂层显示模块,所述油漆涂层显示模块用于,机器人在运动过程中根据需要显示或隐藏已喷涂的实体模型的油漆涂层,其中,使用锥形投影法将喷锥模型投影到待喷涂平面,再根据投影轮廓生成闭合曲面以模拟实际喷涂过程中的膜厚效果,以实现所述油漆涂层的动态显示。

一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及喷涂机器人喷涂加工技术领域,更具体地,涉及一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法及系统。

背景技术

[0002] 喷涂机器人作为智能化的装备,对于提高喷涂效率和喷涂质量有明显效果,并能够有效降低人工成本,因而被广泛应用于现代制造业中。

[0003] 然而,传统的喷涂机器人主要采取“示教-再现”的方式完成喷涂作业,喷枪喷涂轨迹的优劣严重依赖工人经验,难于保证最优的喷涂效果;在示教过程中机器人不能用于生产,且示教周期长,降低了机器人的生产效率。

[0004] 国内对于喷涂机器人离线编程与仿真系统尚处于研究阶段,市场上并没有成熟的产品,许多知名高校所提出的离线编程系统多是针对焊接、切割等领域,软件的通用性较弱,同时缺乏对喷涂机器人的自动编程等方面的研究;喷涂过程是一个较为复杂的系统,国内目前还没有一个比较完整的离线编程系统用于喷涂加工,喷涂离线编程系统距离实际应用还具有有着漫长的路要走。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的上述弊端,本发明提供了一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法及系统,基于OpenCASCADE完成了喷涂机器人离线编程与仿真软件的开发,实现了三维模型曲面划分和重构、喷涂机器人仿真、机器人目标点示教、高铁喷涂的离线路径轨迹规划、离线程序的自动生成、离线数据的管理和机器人离线程序的仿真等重要功能。

[0006] 作为本发明的第一个方面,提供一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,包括:

步骤S110:建立三维仿真环境,并在所述三维仿真环境中生成应用程序图形显示界面;

步骤S120:对待处理高铁车体模型进行格式转换,并导入到所述仿真环境中;

步骤S130:将格式转换后的待处理高铁车体模型进行模型重构,其中,将格式转换后的实体模型,转换为曲面的集合,从所述曲面的集合中选取待处理的表面进行分割以生成更小的目标面片;

步骤S140:对所述更小的目标面片进行离散,生成实际路径和轨迹点位;

步骤S150:把所生成的轨迹点位,按照所述实际路径要求依次导入到离线程序输出与导入模块,生成目标轨迹点位程序,在所述离线程序输出与导入模块中的离线程序面板中修改目标轨迹点的位姿以及外部轴信息;

步骤S160:在对所生成的目标轨迹点位程序进行处理后,将其导入到机器人控制器中,所述机器人控制器按照程序的排列顺序,依次读取并运动到目标轨迹点位,以实现转换后的实体模型的喷涂加工。

[0007] 进一步地,在步骤S110中还包括:所述三维仿真环境的建立包括视图管理器、创建

视图、创建交互式上下文对象、设置环境属性以及实现模型显示操作。

[0008] 进一步地,在步骤S130中还包括:根据实际加工需求对所分割的更小的目标面片进行连接以生成新的面片。

[0009] 进一步地,在步骤S140中还包括:基于三维模型包围盒信息和曲面分割的方法实现喷涂的实际路径规划,并根据实际路径的切矢和曲面的法矢生成具有详细位姿信息的目标轨迹点。

[0010] 进一步地,在步骤S160中还包括:机器人在运动过程中根据需要显示或隐藏已喷涂的实体模型的油漆涂层,其中,使用锥形投影法将喷锥模型投影到待喷涂平面,再根据投影轮廓生成闭合曲面以模拟实际喷涂过程中的膜厚效果,以实现所述油漆涂层的动态显示。

[0011] 作为本发明的第二个方面,提供一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统,包括:

仿真环境与视图显示模块,用于建立三维仿真环境,并在所述三维仿真环境中生成应用程序图形显示界面;

三维模型转换模块,用于对待处理高铁车体模型进行格式转换,并导入到所述仿真环境中;

曲面划分和重构模块,用于将格式转换后的待处理高铁车体模型进行模型重构,其中,将格式转换后的实体模型,转换为曲面的集合,从所述曲面的集合中选取待处理的表面进行分割以生成更小的目标面片;

曲面路径与轨迹生成模块,用于对所述更小的目标面片进行离散,生成实际路径和轨迹点位;

离线程序输出与导入模块,用于把所生成的轨迹点位,按照所述实际路径要求依次导入到离线程序输出与导入模块,生成目标轨迹点位程序,在所述离线程序输出与导入模块中的离线程序面板中修改目标轨迹点的位姿以及外部轴信息;

机器人运动仿真控制模块,用于在对所生成的目标轨迹点位程序进行处理后,将其导入到机器人控制器中,所述机器人控制器按照程序的排列顺序,依次读取并运动到目标轨迹点位,以实现转换后的实体模型的喷涂加工。

[0012] 进一步地,所述三维仿真环境的建立包括视图管理器、创建视图、创建交互式上下文对象、设置环境属性以及实现模型显示操作。

[0013] 进一步地,所述曲面划分和重构模块还用于,根据实际加工需求对所分割的更小的目标面片进行连接以生成新的面片。

[0014] 进一步地,所述曲面路径与轨迹生成模块还用于,基于三维模型包围盒信息和曲面分割的方法实现喷涂的实际路径规划,并根据实际路径的切矢和曲面的法矢生成具有详细位姿信息的目标轨迹点。

[0015] 进一步地,还包括油漆涂层显示模块,所述油漆涂层显示模块用于,机器人在运动过程中根据需要显示或隐藏已喷涂的实体模型的油漆涂层,其中,使用锥形投影法将喷锥模型投影到待喷涂平面,再根据投影轮廓生成闭合曲面以模拟实际喷涂过程中的膜厚效果,以实现所述油漆涂层的动态显示。

[0016] 本发明提供的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法及系统具有以下优点:可

以直接在所建立的三维仿真环境中对导入的实体模型进行路径和轨迹点规划,生成机器人仿真加工离线程序并进行虚拟仿真,对于实际的生产加工具有一定的指导意义。

附图说明

[0017] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。

[0018] 图1为本发明提供的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法的流程图。

[0019] 图2为本发明提供的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工系统的框架图。

具体实施方式

[0020] 为更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,以下结合附图及较佳实施例,对依据本发明提出的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法及系统其具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如后。显然,所描述的实施例为本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0021] 在本实施例中提供了一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,如图1所示,高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法包括:

步骤S110:建立三维仿真环境,并在所述三维仿真环境中生成应用程序图形显示界面;

步骤S120:对待处理高铁车体模型进行格式转换,并导入到所述仿真环境中;

步骤S130:将格式转换后的待处理高铁车体模型进行模型重构,其中,将格式转换后的实体模型,转换为曲面的集合,从所述曲面的集合中选取待处理的表面进行分割以生成更小的目标面片;

步骤S140:对所述更小的目标面片进行离散,生成实际路径和轨迹点位;

步骤S150:把所生成的轨迹点位,按照所述实际路径要求依次导入到离线程序输出与导入模块,生成目标轨迹点位程序,在所述离线程序输出与导入模块中的离线程序面板中修改目标轨迹点的位姿以及外部轴信息;

步骤S160:在对所生成的目标轨迹点位程序进行处理后,将其导入到机器人控制器中,所述机器人控制器按照程序的排列顺序,依次读取并运动到目标轨迹点位,以实现转换后的实体模型的喷涂加工。

[0022] 优选地,在步骤S110中还包括:所述三维仿真环境的建立包括视图管理器、创建视图、创建交互式上下文对象、设置环境属性以及实现模型显示操作。

[0023] 具体地,与窗口建立联系的视图对象可以调用相关的接口实现三维场景的属性设置,如环境灯光、背景颜色、添加具有方向指示功能的坐标系以及添加网络平面等;用户与三维仿真环境的人机交互功能由交互式上下文对象间接完成,如视图的缩放、平移、旋转或其它更复杂的交互动作;为了让用户能够使用鼠标键盘等标准输入设备来进行与三维仿真环境之间的交互,结合Qt的事件机制,在外部设备输入的同时,捕获输入设备的信号,将其转化为数据传递给特定接口,实现对三维视图操作流的输入与应用。

[0024] 优选地,在步骤S130中还包括:根据实际加工需求对所分割的更小的目标面片进行连接以生成新的面片。

[0025] 具体地,对格式转换后的待处理高铁车体模型重构仅是模型曲面划分的一部分,此外还可以根据实际加工需求对所获得的曲面集合进行进一步分割或者合并。

[0026] 应当理解的是,三维模型的曲面划分是喷涂机器人离线编程前期必须的工作,其目的是从完整的工件中选择需要加工的部分,并将其从原始模型中划分出来,再对待加工部分单独进行离线编程的一系列操作;对于高铁车体来说,由于尺寸较大,机器人难以一次性的覆盖曲面的全部区域,通过将曲面分区离散,可以大大简化后续曲面轨迹和路径的处理。

[0027] 优选地,在步骤S140中还包括:基于三维模型包围盒信息和曲面分割的方法实现喷涂的实际路径规划,并根据实际路径的切矢和曲面的法矢生成具有详细位姿信息的目标轨迹点,具体主要包括:

- a. 选择待喷涂表面的三维模型,生成对应的包围盒,并获取包容盒的几何边界参数;
- b. 根据预期的喷涂轨迹方向,选择包围盒上对应的平面作为参考面;
- c. 构造一个与参考面平行的切割平面,与参考面距离设为给定的起始路径到模型边界的距离;
- d. 切割面与待加工表面进行求交操作,在待加工表面形成交线,作为该位置处的喷涂路径;
- e. 根据预设的路径间距和步距,向下一条路径的方向平移切割平面,从而生成一系列的路径和轨迹点。

[0028] 具体地,在生成目标轨迹点位程序之前,首先通过软件的相关接口设置机器人的位置和姿态,确保机器人处于该工作位置,喷涂轨迹上的目标点都在机器人的可达范围之内;生成的离线程序中准确地提供了机器人运动指令、机器人的位置以及喷涂路径中每一个目标点的位姿信息;在仿真过程中,机器人会逐条处理指令,按照程序顺序依次到达每一个喷涂点位。

[0029] 具体地,在确保高铁模型、实物以及工件的标定结果均无误的情况下,利用本系统生成的离线程序信息,经过相应的矩阵变换后导入机器人控制器,增加工艺控制系统信号量对喷枪的控制后,用于高铁喷涂实验。

[0030] 优选地,在步骤S160中还包括:机器人在运动过程中根据需要显示或隐藏已喷涂的实体模型的油漆涂层,其中,使用锥形投影法将喷锥模型投影到待喷涂平面,再根据投影轮廓生成闭合曲面以模拟实际喷涂过程中的膜厚效果,以实现所述油漆涂层的动态显示。

[0031] 具体地,在实际使用中可以根据需要打开或者关闭喷枪工具末端的喷锥模型,以提高模型的解析速度。

[0032] 优选地,在步骤S130中还包括:将格式转换后的实体模型进行输出。

[0033] 具体地,在三维仿真环境中,支持多种格式的模型的转换和导入导出,如IGES、STEP203、STEP214、BREP等,模型的解析通过调用对应的函数接口来实现。

[0034] 本发明实例提供了一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法,包括:三维仿真环境建立及应用程序界面显示、模型的转换及导入导出、对模型进行重构划分成一系列的曲面集、对曲面进行分割以及合并、曲面路径与轨迹点位生成、离线程序生成、机器人运动仿真控制以及喷涂过程中油漆涂层的动态显示等。

[0035] 作为本发明的另一实施例,如图2所示,提供一种高铁车体的喷涂机器人离线仿真

加工系统,包括:

仿真环境与视图显示模块,用于建立三维仿真环境,并在所述三维仿真环境中生成应用程序图形显示界面;

三维模型转换模块,用于对待处理高铁车体模型进行格式转换,并导入到所述仿真环境中;

曲面划分和重构模块,用于将格式转换后的待处理高铁车体模型进行模型重构,其中,将格式转换后的实体模型,转换为曲面的集合,从所述曲面的集合中选取待处理的表面进行分割以生成更小的目标面片;

曲面路径与轨迹生成模块,用于对所述更小的目标面片进行离散,生成实际路径和轨迹点位;

离线程序输出与导入模块,用于把所生成的轨迹点位,按照所述实际路径要求依次导入到离线程序输出与导入模块,生成目标轨迹点位程序,在所述离线程序输出与导入模块中的离线程序面板中修改目标轨迹点的位姿以及外部轴信息;

机器人运动仿真控制模块,用于在对所生成的目标轨迹点位程序进行处理后,将其导入到机器人控制器中,所述机器人控制器按照程序的排列顺序,依次读取并运动到目标轨迹点位,以实现转换后的实体模型的喷涂加工。

[0036] 优选地,所述三维仿真环境的建立包括视图管理器、创建视图、创建交互式上下文对象、设置环境属性以及实现模型显示操作。

[0037] 优选地,所述曲面划分和重构模块还用于,根据实际加工需求对所分割的更小的目标面片进行连接以生成新的面片。

[0038] 优选地,所述曲面路径与轨迹生成模块还用于,基于三维模型包围盒信息和曲面分割的方法实现喷涂的实际路径规划,并根据实际路径的切矢和曲面的法矢生成具有详细位姿信息的目标轨迹点。

[0039] 优选地,还包括油漆涂层显示模块,所述油漆涂层显示模块用于,机器人在运动过程中根据需要显示或隐藏已喷涂的实体模型的油漆涂层,其中,使用锥形投影法将喷锥模型投影到待喷涂平面,再根据投影轮廓生成闭合曲面以模拟实际喷涂过程中的膜厚效果,以实现所述油漆涂层的动态显示。

[0040] 本发明提供的高铁车体的喷涂机器人离线仿真加工方法及系统,具有以下优点:使用OpenCASCADE开源几何建模内核,结合跨平台C++图形用户界面应用程序开发框架Qt,在VS2013环境下进行喷涂机器人离线编程与仿真系统的开发,在建立的仿真环境中导入虚拟机器人模型以及待加工工件,对模型进行重构和分割以生成所需要的曲面片,在曲面上进行路径和轨迹规划,然后将面离线成线、线离线成点,从而得到模型的点位信息,之后再对生成的点位处理后生成离线程序输出到机器人控制器,机器人根据所生成的离线程序进行相应的仿真动作以及油漆涂层动态显示;本发明能够快速生成实际加工中所需要的路径轨迹信息,并能够方便的进行点位的处理,对于实际的喷涂作业过程具有一定的指导意义。

[0041] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质

对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围内。

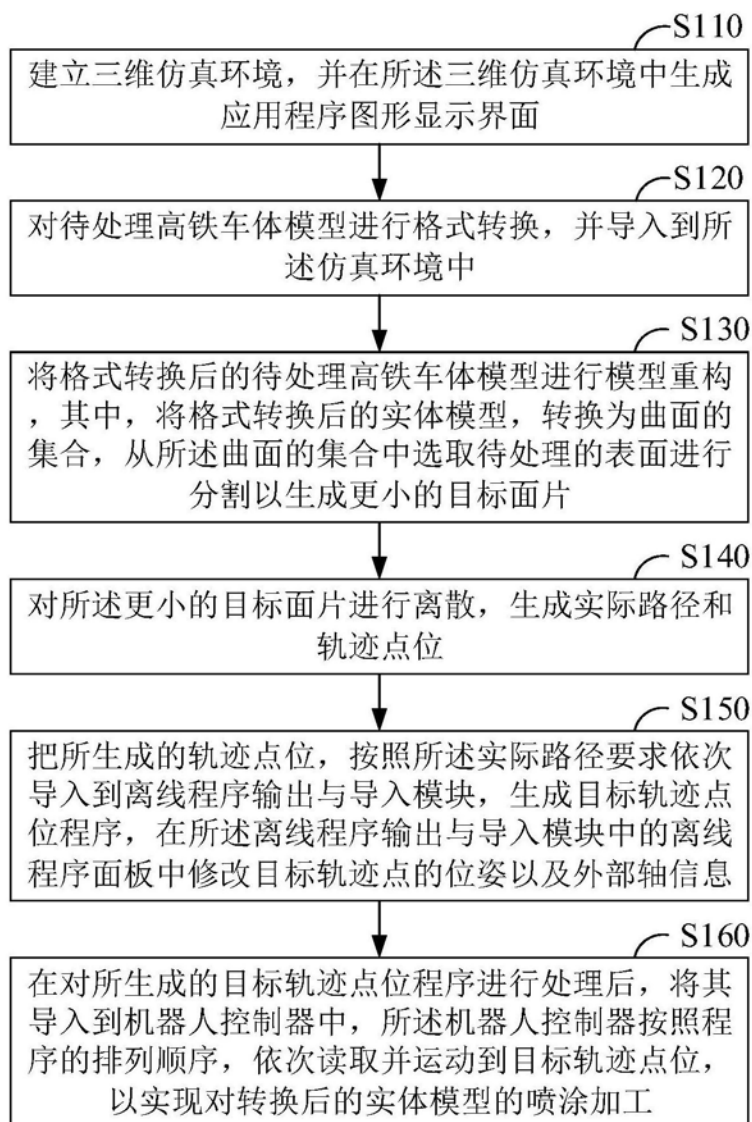


图1

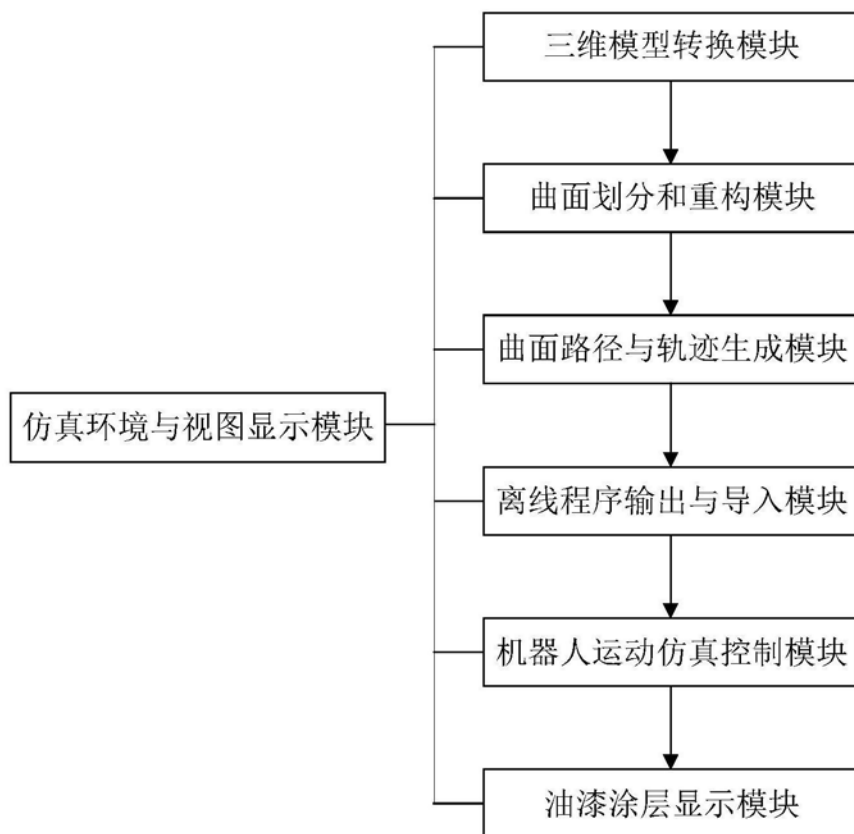


图2