



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101850552 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 06

(21) 申请号 201010191352. 1

(22) 申请日 2010. 05. 28

(71) 申请人 广东工业大学

地址 510006 广东省广州市番禺区广州大学  
城外环西路 100 号

(72) 发明人 刘治 蒋海仙 张凯歌 章云

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 林丽明

(51) Int. Cl.

B25J 13/00 (2006. 01)

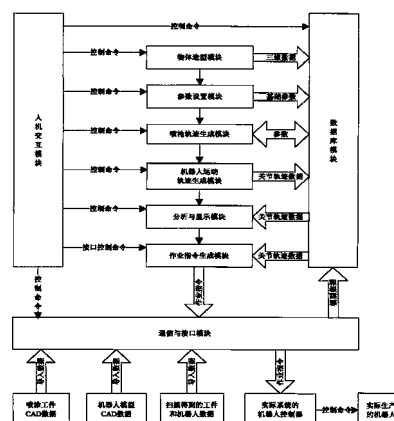
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 3 页

### (54) 发明名称

一种工业机器人综合控制平台及其控制方法

### (57) 摘要

本发明为一种工业机器人综合控制平台及其控制方法,包括:物体造型模块、参数设置模块、数据库模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、人机交互模块、分析与显示模块、作业指令生成模块、通信与接口模块;本发明平台具有功能完善、通用性强的特点,不但缩短了机器人程序开发周期,而且提高了系统的喷涂精度,降低生产成本,提高生产率,还可以降低对操作者技术水平的要求,经济效益高,易被用户接受。



1. 一种工业机器人综合控制平台,其特征在于:

包括依次连接的物体造型模块、参数设置模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、分析与显示模块、作业指令生成模块和通信与接口模块;

所述平台还包括人机交互模块和数据库模块;

所述人机交互模块用于对整个平台进行人机操作,实现所需各种参数的输入和对其它各个模块的控制;所述人机交互模块分别与物体造型模块、参数设置模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、分析与显示模块、作业指令生成模块和通信与接口模块连接;所述人机交互模块还与数据库模块连接;

所述数据库模块用于对平台运行过程模型数据和喷涂信息数据的存储与管理;所述数据库模块分别与物体造型模块、参数设置模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、分析与显示模块、作业指令生成模块和通信与接口模块连接。

2. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述物体造型模块采用计算机图形学原理对物体进行三维造型,获得喷涂工件的三维数据模型,或者通过通信与接口模块读取其他系统的数据,或者通过扫描实物来获得喷涂工件的模型数据。

3. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述参数设置模块用于设定机器人模型参数、机器人运动轨迹规划插值方法,喷涂参数、喷枪的开口角、喷射距离、要求的涂层厚度、喷涂时间等参数,在系统运行和轨迹规划的过程中,用户可以通过该模块设置机器人模型数据和插值的方法,然后将这些参数存入数据库。

4. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述人机交互模块实现对整个平台的操作,在喷涂机器人可视化仿真过程中,实现所需各种参数的输入和对其它各个模块的控制。

5. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述数据库模块实现模型数据和喷涂信息数据的存储与管理,系统在获得喷涂工件数据和机器人模型数据后,自动将这些数据存入到相应数据库中;系统运行过程中生成的数据也会自动存入相应数据库中;通过人机交互界面实现对数据库中不同子模块的管理。

6. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述喷枪轨迹生成模块实现最佳机器人喷枪轨迹的自动生成,在对喷枪轨迹完成建模后,调取喷涂工件造型数据,建立喷涂过程中油漆厚度生长模型和评价喷涂效果好坏的目标泛函,并设计算法求取目标泛函的极小值,进而得到喷枪运动轨迹,并将生成的喷枪轨迹予以修正,以保证所有轨迹点都满足约束条件,最终生成一条使喷涂效果最佳的喷枪轨迹,轨迹数据存入数据库。

7. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述机器人运动轨迹生成模块针对喷枪轨迹生成模块生成的最优喷枪轨迹,系统根据机器人逆运动学原理求解机器人的关节轨迹和关节力矩,得到机器人运动轨迹;再根据用户对喷涂参数的设置,经分析和仿真后,对该轨迹进行优化,最终得到满足喷涂要求的机器运动轨迹,然后把关节轨迹数据存入数据库,从而为分析显示模块提供机器人运动轨迹数据。

8. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述分析与显示模块包括喷涂空间的三维模型显示、喷涂机器人三维动态显示及喷涂过程中机器人运动情况和喷涂效果的显示、关节变量的曲线的显示、喷涂时间的显示,系统根据其它各模块传来的三维数据,图形化显示喷枪沿规划路径喷涂时工件表面的涂覆情况,并以列表形式给出工件

表面上漆膜的平均厚度及其偏差数据,系统还可以实时显示喷涂过程中喷涂机器人运动状态,在此过程中用户可以检查机器人各关节的运动是否满足其约束条件,是否发生机器人碰撞工件等情况,用户通过仿真,不断调整参数,最终得到使喷涂效果最优的喷枪轨迹。

9. 根据权利要求1所述的工业机器人综合控制平台,其特征在于所述作业指令生成模块主要完成机器人作业指令文件的生成,通过从数据库中读取机器人关节轨迹数据,生成关节脉冲,再根据人机交互模块选取的机器人类型,自动找到与该型号机器人相匹配的代码生成模块,生成机器人工作文件并保存;如果是用户新添加的机器人型号,该模块还可以自动调取新添加的与该机器人型号对应的程序转化模块,完成代码文件的自动生成;

所述通信与接口模块,主要用于喷涂任务数据的导入和作业文件的上传下载,从而实现平台内部与外部之间信息的传输和交换。

10. 根据权利要求1所述工业机器人综合控制平台的控制方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤1:确定喷涂对象,即喷涂机器人在开始喷涂作业前,用户先给定喷涂的工件类型;

步骤2:获取喷涂工件数据,系统通过物体造型模块,应用计算机图形学原理对喷涂工件进行三维造型,并将造型后的三维模型数据存入数据库中;系统还可以通过通信与接口模块直接把外部数据库存储的工件数据转换过来或通过扫描直接获得喷涂工件数据,存入喷涂任务数据库,为喷枪轨迹生成模块提供工件数据信息,如果喷涂任务数据库中已经存在该喷涂工件的数据信息,则直接执行步骤3;

步骤3:设置喷枪参数,用户可以通过人机交互界面设置喷枪参数,包括喷枪的开口角、气流速率通量、喷射距离、要求的涂层厚度、允许偏差、喷枪走向、喷涂时间等参数,如果用户没有设置这些参数,系统会采用默认值进行动态仿真;

步骤4:完成以上步骤后,用户可以通过更改工件的位置坐标,将的喷涂工件移动到喷枪运动路径范围内,以便机器人能正常完成喷涂任务;

步骤5:选择机器人模型和插值的方法,确定喷涂任务以后,用户可以通过人机交互界面直接调用与实际操作相符的机器人模型,或者通过控制菜单修改机器人相关的物理参数,用户还可以根据实际需要,重新输入机器人模型数据;

步骤6:添加语言转换程序,如果用户在步骤5中因实际系统需要导入了新的机器人模型,用户就可以输入新的与该模型对应的语言转化程序,可以将系统生成的作业指令文件转化成机器人可识别的作业指令;

步骤7:给定喷涂任务,初始化工作完成以后,用户通过人机交互模块的控制菜单,选择单关节喷涂,并进一步选择哪一个关节进行喷涂,或选择多关节喷涂,选定喷涂任务以后,机器人开始喷涂;

步骤8:首先生成喷枪轨迹,系统根据以上步骤确定的机器人模型和喷涂参数,建立喷涂过程中的漆膜厚度生长模型,再以漆膜厚度的方差作为目标建立目标泛函,由具体的算法求取目标泛函的极值,从而生成一条喷枪轨迹;

步骤9:生成机器人运动轨迹,系统利用步骤7生成的喷枪轨迹,根据逆运动学原理,求解机器人各关节变量,再利用不同的插值方法对机器人各关节变量进行插值运算,确定机器人各个关节的运动轨迹,并保证其速度和加速度的连续性,从而为分析与仿真模块提供

机器人运动数据；

步骤 10 :喷涂过程的可视化仿真,系统根据以上各步骤生成的喷枪轨迹数据和机器人运动轨迹数据,进行可视化仿真,用户通过三维仿真平台可以实时观察喷涂过程,查看喷涂结果,如果运行过程中,喷涂效果满足要求,则将生成的机器人运动轨迹相关数据存入数据库,否则,返回步骤 3,重新设置喷枪参数,选择插值方法;用户还可以通过关节轨迹显示模块查看仿真过程中机器人的各关节位置,速度,加速度的实时曲线和喷涂时间,漆膜厚度方差等测评喷涂效果好坏的参数,用户也可以通过人机交互界面观察喷涂过程中是否发生机器人碰撞工件;

步骤 11 :机器人运动轨迹的存储,用户通过反复调整喷涂参数,路径,进行仿真,通过分析判断,最终生成使喷涂效果最佳的机器人运动轨迹,系统将机器人运动轨迹数据存入相关数据库;

步骤 12 :生成机器人作业指令,为实际操作方便,系统需要将保存在机器人运动轨迹数据库中的数据转换成机器人可识别的文件代码;

步骤 13 :机器人作业指令文件传输,用户通过控制菜单,选择要传输的作业文件,系统会通过自动调用接口驱动程序驱动,将生成的机器人作业指令文件传输到实际操作系统机器人的控制器。

## 一种工业机器人综合控制平台及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明是一种工业机器人的综合控制平台及其控制方法,特别是一种喷涂机器人综合控制的平台及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 自 20 世纪 60 年代初人类创造第一台工业机器人以来,在短短 40 多年的时间中,机器人技术得到迅速发展,在我国,工业机器人的最初应用是在汽车和工程机械行业,主要用于汽车及工程机械的喷涂及焊接;对于喷涂产品,其表面的喷涂效果的好坏对质量有非常大的影响,喷涂作业中采用喷涂机器人,可以明显提高喷涂质量和材料使用率,仿形喷涂轨迹精确,提高涂膜的均匀性,降低喷涂量和清洗溶剂的用量,提高材料利用率,并提高劳动生产效率,避免了过去人工喷涂时人接触有毒性的涂料而造成急性或慢性中毒,因此,喷涂机器人在制造业中的应用越来越得到人们的重视。

[0003] 早期的喷涂机器人是“示教再现”型的,即由操作人员“手把手”地直接握住安装在机器人腕部的喷枪,操作一次喷涂全过程,机器人控制器记忆示教操作顺序,在作业中重复再现操作动作,这种编程不但繁琐,而且需要先有样品才能示教;现有的工业机器人控制系统一般功能单一,不具备综合化的控制系统,尤其是在喷涂机器人应用领域,更是缺少专门的系统平台,因此,开发一种基于计算机图形学,使得喷涂效果最优的喷涂机器人综合控制平台已迫在眉睫。

[0004] 随着计算机图形学的发展,建立实际物体及周围环境的模型变得非常方便,喷涂作业中的工件一般都是自由面,对这种表面的造型有多种方法:Bezier 法,Coon/Ferguson 法,B 样条法,NUB(非均匀 B 样条)法,NURB(非均匀有理 B 样条)法及它们之间的任意组合,获得实际物体模型的方法有多种,除了通过计算机图形学直接造型外,还可以通过接口读取其他 CAD 系统的数据,或者通过扫描实物来获得模型数据。

[0005] 在国内,有大学开发了机器人离线编程系统,并在此基础上研制了 HOLPS 系统,该系统包括机器人语言处理模块、运动学规划模块、机器人运动学仿真模块、通信模块和主模块;清华大学研制的 ROBSM1 仿真系统可对 PUMA560 及类似结构的机器人进行运动学、动力学规划,并在此基础上开发了 ROBSM2 系统,它使用 SVAL 语言作为输入,增加了三维图形输出和碰撞检查及传感器仿真、典型动作和典型任务的仿真;虽然目前对喷涂机器人离线编程系统的研究已经取得了很大的进展,但由于喷涂效果受多种因素的影响,如工件表面形状的复杂程度、喷枪的位置、方向及其离工件表面的距离、油漆的粘滞性、挥发性、环境温度、大气压、空气湿度等等,因而如何找出更加精确的油漆空间分布数学模型,以及提出更好的轨迹优化方法,仍然是今后有待进一步探讨的领域。

### 发明内容

[0006] 本发明平台的目的在于考虑上述问题而提供了一种功能完善,通用性强的工业机器人综合控制平台,本发明还包括工业机器人综合控制平台的控制方法;

[0007] 本发明包括如下技术特征：一种工业机器人综合控制平台，包括依次连接的物体造型模块、参数设置模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、分析与显示模块、作业指令生成模块和通信与接口模块；

[0008] 所述平台还包括人机交互模块和数据库模块；

[0009] 所述人机交互模块用于对整个平台进行人机操作，实现所需各种参数的输入和对其它各个模块的控制；所述人机交互模块分别与物体造型模块、参数设置模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、分析与显示模块、作业指令生成模块和通信与接口模块连接；所述人机交互模块还与数据库模块连接。

[0010] 所述数据库模块用于对平台运行过程模型数据和喷涂信息数据的存储与管理；所述数据库模块分别与物体造型模块、参数设置模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、分析与显示模块、作业指令生成模块和通信与接口模块连接；

[0011] 所述物体造型模块采用计算机图形学原理对物体进行三维造型，获得喷涂工件的三维数据模型，或者通过通信与接口模块读取其他系统的数据，或者通过扫描实物来获得喷涂工件的模型数据；

[0012] 所述参数设置模块用于设定机器人模型参数、机器人运动轨迹规划插值方法，喷涂参数、喷枪的开口角、喷射距离、要求的涂层厚度、喷涂时间等参数，在系统运行和轨迹规划的过程中，用户可以通过该模块设置机器人模型数据和插值的方法，然后将这些参数存入数据库；

[0013] 所述人机交互模块实现对整个平台的操作，在喷涂机器人可视化仿真过程中，实现所需各种参数的输入和对其它各个模块的控制；

[0014] 所述数据库模块实现模型数据和喷涂信息数据的存储与管理，系统在获得喷涂工件数据和机器人模型数据后，自动将这些数据存入到相应数据库中；系统运行过程中生成的数据也会自动存入相应数据库中；通过人机交互界面实现对数据库中不同子模块的管理；

[0015] 所述喷枪轨迹生成模块实现最佳机器人喷枪轨迹的自动生成，在对喷枪轨迹完成建模后，调取喷涂工件造型数据，建立喷涂过程中油漆厚度生长模型和评价喷涂效果好坏的目标泛函，并设计算法求取目标泛函的极小值，进而得到喷枪运动轨迹，并将生成的喷枪轨迹予以修正，以保证所有轨迹点都满足约束条件，最终生成一条使喷涂效果最佳的喷枪轨迹，轨迹数据存入数据库；

[0016] 所述机器人运动轨迹生成模块针对喷枪轨迹生成模块生成的最优喷枪轨迹，系统根据机器人逆运动学原理求解机器人的关节轨迹和关节力矩，得到机器人运动轨迹；再根据用户对喷涂参数的设置，经分析和仿真后，对该轨迹进行优化，最终得到满足喷涂要求的机器人运动轨迹，然后把关节轨迹数据存入数据库，从而为分析显示模块提供机器人运动轨迹数据；

[0017] 所述分析与显示模块包括喷涂空间的三维模型显示、喷涂机器人三维动态显示及喷涂过程中机器人运动情况和喷涂效果的显示、关节变量的曲线的显示、喷涂时间的显示，系统根据其它各模块传来的三维数据，图形化显示喷枪沿规划路径喷涂时工件表面的涂覆情况，并以列表形式给出工件表面上漆膜的平均厚度及其偏差数据，系统还可以实时显示喷涂过程中喷涂机器人运动状态，在此过程中用户可以检查机器人各关节的运动是否满足

其约束条件,是否发生机器人碰撞工件等情况,用户通过仿真,不断调整参数,最终得到使喷涂效果最优的喷枪轨迹;

[0018] 所述作业指令生成模块主要完成机器人作业指令文件的生成,通过从数据库中读取机器人关节轨迹数据,生成关节脉冲,再根据人机交互模块选取的机器人类型,自动找到与该型号机器人相匹配的代码生成模块,生成机器人工作文件并保存;如果是用户新添加的机器人型号,该模块还可以自动调取新添加的与该机器人型号对应的程序转化模块,完成代码文件的自动生成;

[0019] 所述通信与接口模块,主要用于喷涂任务数据的导入和作业文件的上传下载,从而实现平台内部与外部之间信息的传输和交换;

[0020] 本发明还涉及一种工业机器人综合控制平台的控制方法,包括如下步骤:

[0021] 步骤1:确定喷涂对象,即喷涂机器人在开始喷涂作业前,用户先给定喷涂的工件类型;

[0022] 步骤2:获取喷涂工件数据,系统通过物体造型模块,应用计算机图形学原理对喷涂工件进行三维造型,并将造型后的三维模型数据存入数据库中;系统还可以通过通信与接口模块直接把外部数据库存储的工件数据转换过来或通过扫描直接获得喷涂工件数据,存入喷涂任务数据库,为喷枪轨迹生成模块提供工件数据信息,如果喷涂任务数据库中已经存在该喷涂工件的数据信息,则直接执行步骤3;

[0023] 步骤3:设置喷枪参数,用户可以通过人机交互界面设置喷枪参数,包括喷枪的开口角、气流速率通量、喷射距离、要求的涂层厚度、允许偏差、喷枪走向、喷涂时间等参数,如果用户没有设置这些参数,系统会采用默认值进行动态仿真;

[0024] 步骤4:完成以上步骤后,用户可以通过更改工件的位置坐标,将的喷涂工件移动到喷枪运动路径范围内,以便机器人能正常完成喷涂任务;

[0025] 步骤5:选择机器人模型和插值的方法,确定喷涂任务以后,用户可以通过人机交互界面直接调用与实际操作相符的机器人模型,或者通过控制菜单修改机器人相关的物理参数,用户还可以根据实际需要,重新输入机器人模型数据;

[0026] 步骤6:添加语言转换程序,如果用户在步骤5中因实际系统需要导入了新的机器人模型,用户就可以输入新的与该模型对应的语言转化程序,可以将系统生成的作业指令文件转化成机器人可识别的作业指令;

[0027] 步骤7:给定喷涂任务,初始化工作完成以后,用户通过人机交互模块的控制菜单,选择单关节喷涂,并进一步选择哪一个关节进行喷涂,或选择多关节喷涂,选定喷涂任务以后,机器人开始喷涂;

[0028] 步骤8:首先生成喷枪轨迹,系统根据以上步骤确定的机器人模型和喷涂参数,建立喷涂过程中的漆膜厚度生长模型,再以漆膜厚度的方差作为目标建立目标泛函,由具体的算法求取目标泛函的极值,从而生成一条喷枪轨迹;

[0029] 步骤9:生成机器人运动轨迹,系统利用步骤7生成的喷枪轨迹,根据逆运动学原理,求解机器人各关节变量,再利用不同的插值方法对机器人各关节变量进行插值运算,确定机器人各个关节的运动轨迹,并保证其速度和加速度的连续性,从而为分析与仿真模块提供机器人运动数据;

[0030] 步骤10:喷涂过程的可视化仿真,系统根据以上各步骤生成的喷枪轨迹数据和机

机器人运动轨迹数据,进行可视化仿真,用户通过三维仿真平台可以实时观察喷涂过程,查看喷涂结果,如果运行过程中,喷涂效果满足要求,则将生成的机器人运动轨迹相关数据存入数据库,否则,返回步骤 3,重新设置喷枪参数,选择插值方法;用户还可以通过关节轨迹显示模块查看仿真过程中机器人的各关节位置,速度,加速度的实时曲线和喷涂时间,漆膜厚度方差等测评喷涂效果好坏的参数,用户也可以通过人机交互界面观察喷涂过程中是否发生机器人碰撞工件;

[0031] 步骤 11:机器人运动轨迹的存储,用户通过反复调整喷涂参数,路径,进行仿真,通过分析判断,最终生成使喷涂效果最佳的机器人运动轨迹,系统将机器人运动轨迹数据存入相关数据库;

[0032] 步骤 12:生成机器人作业指令,为实际操作方便,系统需要将保存在机器人运动轨迹数据库中的数据转换成机器人可识别的文件代码;

[0033] 步骤 13:机器人作业指令文件传输,用户通过控制菜单,选择要传输的作业文件,系统会通过自动调用接口驱动程序驱动,将生成的机器人作业指令文件传输到实际操作系统机器人的控制器;

[0034] 与现有技术相比:本发明的突出特点是精确、快速,由于该平台可以通过仿真环境对实际的喷涂机器人喷涂过程进行三维可视化仿真,用户通过虚拟仿真,可以直接分析喷涂效果,从而选择满足技术指标的参数,选择最优喷涂轨迹,最大限度的减少了机器人的在线调试时间,不但缩短了机器人程序开发周期,而且提高了系统的喷涂精度,同时系统编程是离线进行的,不占用机器人的工作时间,可以明显提高材料的利用率,降低生产成本,提高生产率;相对于现有的喷涂机器人离线编程系统,本发明系统的突出特点是功能完善,由于该平台可以对多种型号的机器人进行离线编程,生成不同语言的作业文件,对同一种型号的机器人又提供了不同的轨迹规划方法和插值方法,并可以通过综合化的性能评估系统对各种插值方法所产生的喷涂效果,能量消耗,喷涂时间进行比较;本发明的另一个重要优点是简单易用,通用性强,由于该系统提供了多种机器人模型,用户可以直接通过控制菜单对仿真环境进行选择、修改和控制,即使一个没有经验的操作者也能很快学会操作机器人去完成任务,这就降低了对编程者技术水平的要求;另外,用户不但可以对系统提供的机器人模型进行离线编程,还可以根据自己的需要不断添加新的需要的机器人类型和与之对应的语言转化模块。综上所述,本发明平台提供了一种崭新的人机交互环境,用户通过在平台上的虚拟操作,可以实时观察喷涂作业的整个过程,分析喷涂效果,从而选择满足技术指标的机器人型号及参数,更缩短了机器人程序的开发周期、缩短编程时间,提高系统的喷涂精度,是一种经济效益高,易被用户接受的平台。

#### 附图说明

[0035] 图 1 为本发明的系统结构图

[0036] 图 2 为本发明的系统流程图

[0037] 图 3 为本发明的系统模块关系图

#### 具体实施方式

[0038] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前



提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例;

[0039] 如图 1 所示,本实施例所涉及到的组成部分有:莫托曼机器人(以下称为 MOTOMAN 机器人)及其控制器,本发明工业机器人综合控制平台,通信电缆等;

[0040] 本实施例中的工业机器人综合控制平台包括九个功能模块:物体造型模块、参数设置模块、数据库模块、喷枪轨迹生成模块、机器人运动轨迹生成模块、人机交互模块、分析与显示模块、作业指令生成模块、通信与接口模块;

[0041] 其中物体造型模块完成半球形喷涂工件的三维造型,并将造型后的数据存入数据库;参数设置模块用于完成 MOTOMAN 机器人相关参数设置;数据库模块用于存储 MOTOMAN 机器人模型数据,喷涂任务数据、最优喷枪轨迹数据, MOTOMAN 机器人关节轨迹数据和关节力矩数据等;喷枪轨迹生成模块完成满足约束条件的最优喷枪轨迹生成;机器人运动轨迹生成模块,利用运动学动力学原理,计算 MOTOMAN 机器人各个关节变量并利用插值的方法完成机器人关节轨迹的生成;人机交互模块, MOTOMAN 机器人运行过程中,实现所需各种参数的输入和对其它各个模块的控制;分析与显示模块,实现 MOTOMAN 机器人喷涂仿真过程显示及图形化显示各个关节运动轨迹和速度加速度曲线,完成喷涂效果分析;作业指令生成模块,实现 MOTOMAN 机器人可识别作业指令文件的生成;通信与接口模块,实现喷涂任务数据的导入和 MOTOMAN 机器人作业指令文件的传输,为实际的 MOTOMAN 机器人操作提供便捷;

[0042] 本实例所述的物体造型模块,主要采用计算机图形学原理,对喷涂工件的半球形表面进行物理造型,并将造型后的三维数据存储在数据库中,为其他各模块提供喷涂工件数据;

[0043] 所述的参数设置模块,主要用于设定机器人相关参数、喷涂参数、喷枪的开口角、喷射距离、要求的涂层厚度、喷涂时间等参数,然后将这些参数传送到喷枪轨迹生成模块;本实例中选用的是 MOTOMAN 机器人,则其相关的各关节参数已经确定,用户要做的就是设定 MOTOMAN 机器人喷涂时间、喷枪的开口角、喷涂距离以及要求的涂层厚度等参数的设置;

[0044] 所述的数据库模块,主要用于存储 MOTOMAN 机器人模型数据、半球形喷涂工件模型数据、参数设置模块的喷枪设置参数、喷涂任务设置参数以及喷枪轨迹生成模块生成的喷枪轨迹数据、MOTOMAN 机器人运动轨迹生成模块生成的机器人各个关节变量和关节轨迹数据;

[0045] 所述喷枪轨迹生成模块,主要实现喷枪轨迹的自动生成,系统在对喷枪轨迹完成建模后,调取喷涂工件的 CAD 造型数据,建立喷涂过程中油漆厚度生长模型和评价喷涂效果好坏的目标泛函,并设计算法求取目标泛函的极小值,进而得到喷枪运动轨迹,并将生成的喷枪轨迹予以修正,以保证所有轨迹点都满足约束条件,最终生成一条使喷涂效果最佳的喷枪轨迹,然后把轨迹数据存入数据库;

[0046] 所述的机器人运动轨迹生成模块,利用喷枪轨迹生成模块生成的喷枪轨迹,抽取定量特征点的喷枪轨迹数据,运用逆运动学和动力学原理,求解特征点对应的 MOTOMAN 机器人各关节变量,通过人机交互模块的控制菜单选择插值方法,从而求得机器人各关节轨迹,本实施例选择的插值方法是三次多项式插值,通过插值计算,得到 MOTOMAN 机器人的各个关节轨迹,从而为喷涂机器人的动态仿真提供了机器人关节运动轨迹数据;

[0047] 所述的人机交互模块,是用户管理整个系统的控制面板,包括机器人模型的选择、插值方法的确定、喷涂工件数据及喷涂参数的设置和修改等,在本实施例中,用户通过该模块选择的机器人模型是 MOTOMAN 机器人,插值的方法是三次样条插值;对用户没有修改的参数采用系统默认值;用户还可以通过该模块控制其它各个模块的运行,通过该模块,用户还可以随时查看关节变量曲线;

[0048] 所述的分析与显示模块,主要实现喷涂过程的动态仿真,系统利用机器人运动轨迹生成模块生成的 MOTOMAN 机器人关节运动轨迹,实现机器人喷涂过程的实时仿真,通过仿真,用户可以实时查看喷涂机器人的运动状态是否平稳,关节变量曲线是否平滑、连续以及喷涂效果、喷涂时间是否满意等,如果机器人运动不平稳或喷涂效果不理想,用户可以通过人机交互界面的控制菜单,调整喷涂参数,修改插值方法或通过增加满足约束的特征点,对喷涂机器人重新进行分析、仿真,最终获得满足喷涂效果的机器人运动轨迹,并将运动轨迹数据,喷枪轨迹数据及相关参数数据存入数据库中,为作业指令生成模块提供数据;

[0049] 所述的作业指令生成模块,主要实现 MOTOMAN 机器人可识别作业指令的生成,用户首先从数据库中调取机器人运动轨迹数据,通过关节脉冲模块生成相应的关节脉冲,再利用系统的程序转化模块,将关节脉冲转换成 MOTOMAN 机器人可识别的作业指令文件;

[0050] 所述的通信与接口模块,实现系统软件和硬件的连接,完成喷涂工件数据的导入和作业指令文件的传输,在本实施例中,用户可以通过人机交互模块的控制菜单管理文件的上传下载,接到命令,系统自动调用接口驱动程序,读取外部数据库中的喷涂任务数据库或系统通过通信接口驱动程序,按照 MOTOMAN 机器人通信协议,将系统生成的作业指令文件从下载到机器人实际操作系统中,为实际喷涂操作提供便捷;

[0051] 上述结构在本发明实施例中使用时,按照以下步骤进行:

[0052] 步骤 1:确定喷涂对象,即喷涂机器人在开始喷涂作业前,用户先给定喷涂的工件类型,本实施例中的喷涂工件是一个半球形物体;

[0053] 步骤 2:获取喷涂工件数据,系统通过物体造型模块,应用计算机图形学原理对喷涂工件进行三维造型,并将造型后的三维模型数据存入数据库中;系统还可以通过通信与接口模块直接把外部数据库存储的工件数据转换过来或通过扫描直接获得喷涂工件数据,存入喷涂任务数据库,为喷枪轨迹生成模块提供工件数据信息,如果喷涂任务数据库中已经存在该喷涂工件的数据信息,则直接执行步骤 3,在本实施例中,系统要对半球形的喷涂工件进行物体造型,用户通过人机交互模块的控制菜单,选择“获取喷涂任务”菜单,选择造型方法,系统通过物体造型模块将半球形的喷涂工件造型,并将造型后的三维数据模型存入数据库;

[0054] 步骤 3:设置喷枪参数,用户可以通过人机交互界面设置喷枪参数,包括喷枪的开口角、气流速率通量、喷射距离、要求的涂层厚度、允许偏差、喷枪走向、喷涂时间等参数,如果用户没有设置这些参数,系统会采用默认值进行动态仿真;

[0055] 步骤 4:完成以上步骤后,用户可以通过更改半球形工件的位置坐标,将半球形的喷涂工件移动到喷枪运动路径范围内,以便机器人能正常完成喷涂任务;

[0056] 步骤 5:选择机器人模型和插值的方法,确定喷涂任务以后,用户可以通过人机交互界面直接调用与实际操作相符的机器人模型,或者通过控制菜单修改机器人相关的物理参数,用户还可以根据实际需要,重新输入机器人模型数据,该系统预先给定的几种常用机

机器人模型有:PUMA560 机器人、MOTOMAN 机器人、斯坦福机器人等,系统还提供了多种不同的插值方法,如三次多项式插值、五次多项式、三阶 B 样条插值、用抛物线过渡的线性插值,本实施例选用的是 MOTOMAN 机器人,用户通过控制菜单点击“获取机器人模型”按钮,再由弹出的子菜单选择 MOTOMAN 机器人模型,用户通过点击“选择插值方法”按钮,选择三次多项式插值,系统对用户没有修改的参数,选用默认值;

[0057] 步骤 6:添加语言转换程序,如果用户在步骤 5 中因实际系统需要导入了新的机器人模型,用户就可以输入新的与该模型对应的语言转化程序,可以将系统生成的作业指令文件转化成机器人可识别的作业指令,在本实施例中,不需要添加语言转换程序;

[0058] 步骤 7:给定喷涂任务,初始化工作完成以后,用户通过人机交互模块的控制菜单,单击“喷涂任务”按钮,弹出可选择子菜单,“单关节”或“多关节”,用户可以选择单关节喷涂,并进一步选择哪一个关节进行喷涂,也可选择多关节喷涂,选定喷涂任务以后,点击“确定”按钮,机器人开始喷涂;在本实施例中,为方便操作,系统默认的是多关节喷涂,用户也可以选择人机界面中喷涂任务的单关节喷涂,并从下拉菜单中选择喷涂关节,点击“确定”按钮,机器人开始喷涂;

[0059] 步骤 8:首先生成喷枪轨迹,系统根据以上步骤确定的机器人模型和喷涂参数,建立喷涂过程中的漆膜厚度生长模型,再以漆膜厚度的方差作为目标建立目标泛函,由具体的算法求取目标泛函的极值,从而生成一条喷枪轨迹;

[0060] 步骤 9:生成机器人运动轨迹,系统利用步骤 7 生成的喷枪轨迹,根据逆运动学原理,求解机器人各关节变量,再利用不同的插值方法对机器人各关节变量进行插值运算,确定机器人各个关节的运动轨迹,并保证其速度和加速度的连续性,从而为分析与仿真模块提供机器人运动数据;

[0061] 步骤 10:喷涂过程的可视化仿真,系统根据以上各步骤生成的喷枪轨迹数据和机器人运动轨迹数据,进行可视化仿真,用户通过三维仿真平台可以实时观察喷涂过程,查看喷涂结果,如果运行过程中,MOTOMAN 机器人运行平稳,喷涂效果满足要求,则将生成的机器人运动轨迹相关数据存入数据库,否则,返回步骤 3,重新设置喷枪参数,选择插值方法;用户还可以通过关节轨迹显示模块查看仿真过程中机器人的各关节位置,速度,加速度的实时曲线和喷涂时间,漆膜厚度方差等测评喷涂效果好坏的参数,用户也可以通过人机交互界面观察喷涂过程中是否发生机器人碰撞工件;

[0062] 步骤 11:机器人运动轨迹的存储,用户通过反复调整喷涂参数,路径,进行仿真,通过分析判断,最终生成使喷涂效果最佳的机器人运动轨迹,用户点击喷涂控制菜单里的“保存关节运动轨迹”按钮,系统将机器人运动轨迹数据存入相关数据库;

[0063] 步骤 12:生成机器人作业指令,为实际操作方便,系统需要将保存在机器人运动轨迹数据库中的数据转换成机器人可识别的文件代码,用户通过控制菜单里的“机器人代码生成”项,系统通过脉冲转换程序,将机器人运动轨迹数据转换成关节脉冲,脉冲幅值的正负表示关节转动的方向,脉冲的密度表示转动速度的快慢,脉冲的个数表示转动角度的大小,接着,调用与机器人型号对应的作业指令转化模块,将关节脉冲转化成机器人作业文件,保存在工程默认的目录下;

[0064] 步骤 13:机器人作业指令文件传输,用户通过控制菜单,选择“机器人作业文件传输”按钮,用户选择要传输的作业文件,选择并点击“确定”后,系统会通过自动调用接口驱

动程序驱动,将生成的机器人作业指令文件传输到实际操作系统 MOTOMAN 机器人的控制器中,为实际机器人操作提供方便,从而缩短生产时间,提高生产率。

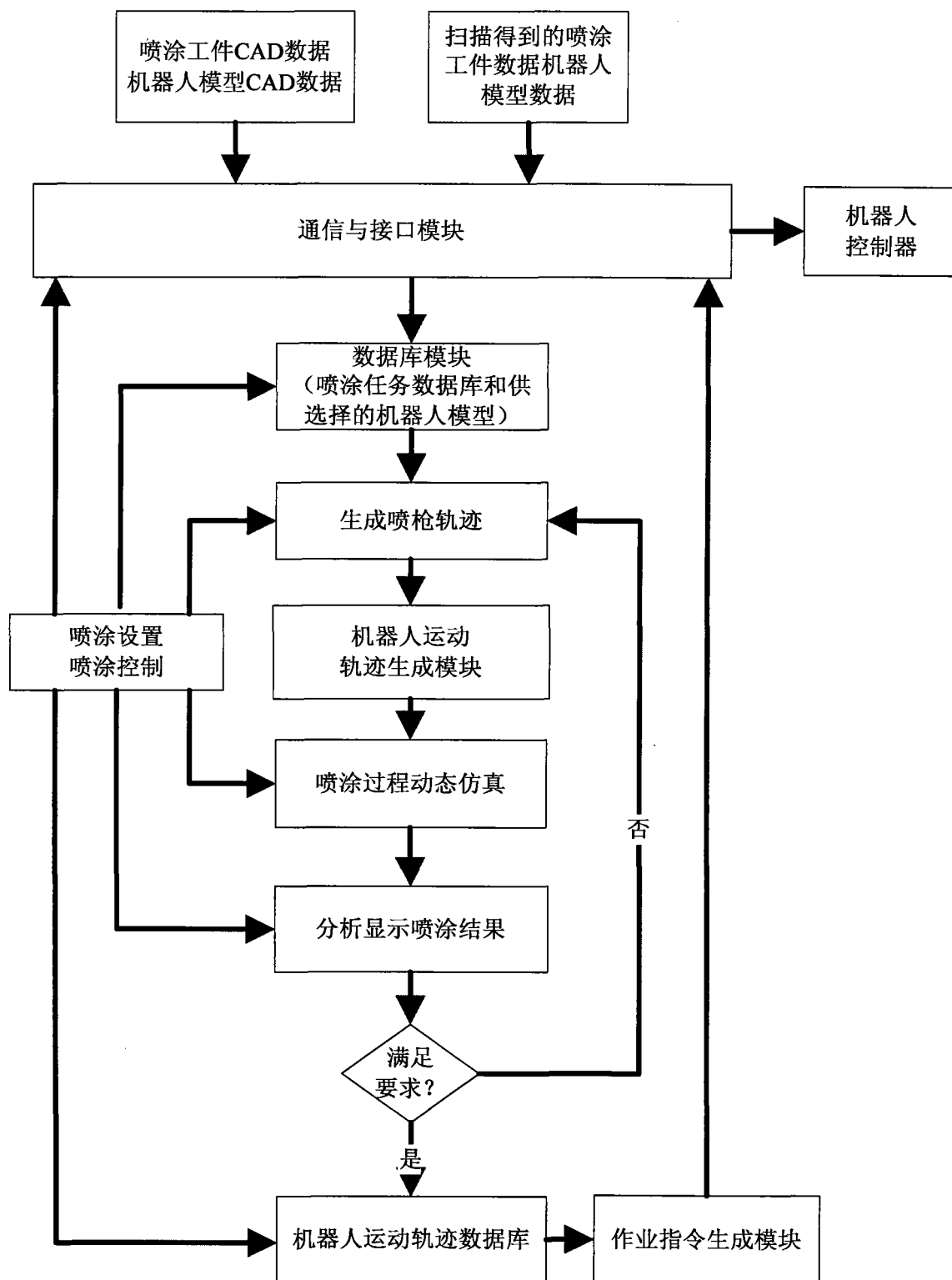


图 1

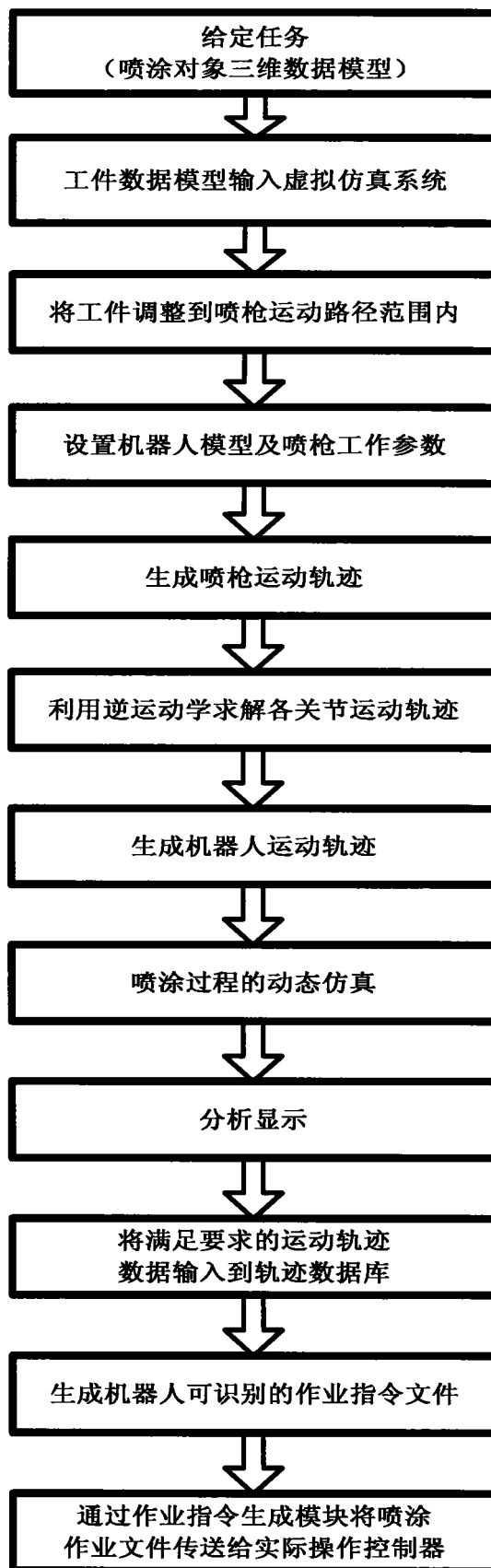


图 2

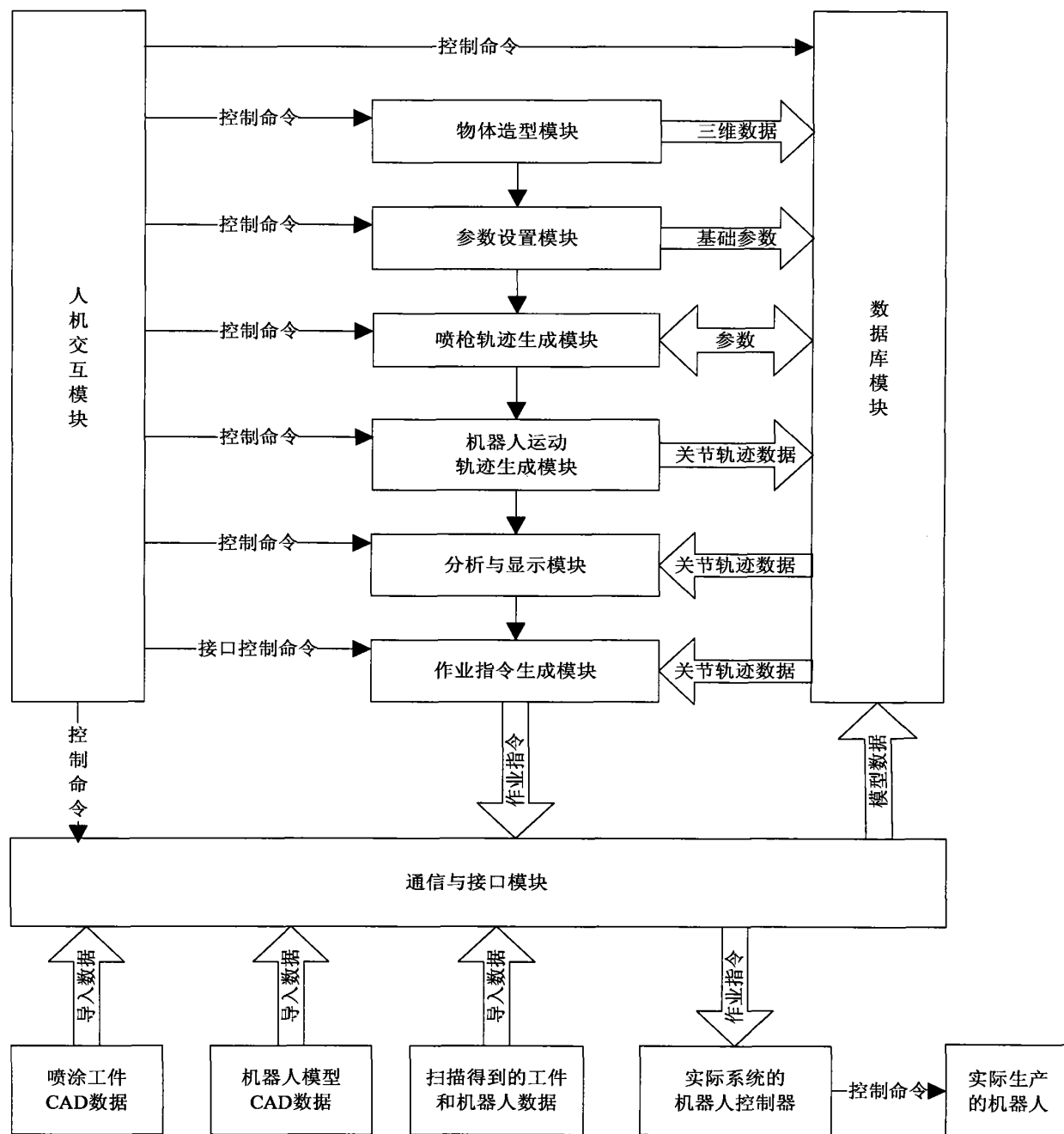


图 3