



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108515519 A

(43)申请公布日 2018.09.11

(21)申请号 201810332576.6

(22)申请日 2018.04.13

(71)申请人 珞石(山东)智能科技有限公司

地址 273500 山东省济宁市邹城市中心店
镇机电产业园恒丰路499号

(72)发明人 王皓 陈超 涂章杰 于文进
李振国

(51)Int.Cl.

B25J 9/16(2006.01)

B25J 11/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,包括:步骤a,初始路径选择,在保证基本的打磨工艺参数如打磨角度、打磨工具进退速度的基础上,选择较少的路径特征点,得到初始打磨轨迹;步骤b,根据压力曲线校正优化示教路径;步骤c,基于力控自适应跟踪补偿功能校正路径。本发明在通过机器人集成功力传感器实现力控制功能的基础上,充分利用力传感器测量的压力变化信息为编程示教提供依据,优化简略打磨轨迹,进而利用力控制功能对路径进行自适应补偿,得到进一步的优化路径。

1. 一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,其特征在于,包括:

步骤a,初始路径选择,在保证基本的打磨工艺参数如打磨角度、打磨工具进退速度的基础上,选择较少的路径特征点,得到初始打磨轨迹;

步骤b,根据压力曲线校正优化示教路径;

步骤c,基于力控自适应跟踪补偿功能校正路径。

2. 根据权利要求1所述的基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,其特征在于,在上述步骤b中,执行初始示教路径的打磨试验并记录压力值,实查看压力曲线变化是否平缓,若有剧烈的压力波动则记录好波动峰谷处对应的示教路径点,返回优化该处示教点,或者添加过渡点,重复执行该流程,直至得到变化较平缓的压力曲线。

3. 根据权利要求1所述的基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,其特征在于,在上述步骤b中,对同一受力点采用三个力传感器进行测量,三个力传感器分别对受力点受力进行测量,并传输至选定模块中,所述选定模块按照下述均值运算公式判定第一力传感器、第二力传感器的第一比较值 P_{21} :

$$P_{21} = \frac{\sum_{r_2, r_1} (T(r_2, r_1) * I(r_3 + r_1, r_3 + r_2))}{\sqrt{\sum_{r_2, r_1} T(r_2, r_1)^2 * \sum_{r_3, r_1} I(r_3 + r_1, r_3 + r_2)^2}} \quad (1)$$

式中, P_{21} 表示第一力传感器、第二力传感器的位置的第一比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算;

其中 I 表示基于二次函数的任意积分运算,上述公式为获取积分的比值信息,下述两公式相同,如基于函数 $y=ax^2$,在 x 取值为 (a,b) 内, $a < b$ 为任意数值。

4. 根据权利要求3所述的基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,其特征在于,在上述步骤b中,所述的选定模块按照下述公式判定第一力传感器、第三力传感器的第二比较值 P_{31} :

$$P_{31} = \frac{\sum_{r_3, r_1} (T(r_3, r_1) * I(r_2 + r_1, r_2 + r_3))}{\sqrt{\sum_{r_3, r_1} T(r_3, r_1)^2 * \sum_{r_3, r_1} I(r_2 + r_1, r_2 + r_3)^2}} \quad (2)$$

式中, P_{31} 表示第一力传感器、第二力传感器的位置的第二比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算。

5. 根据权利要求4所述的基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,其特征在于,在上述步骤b中,所述的选定模块按照下述公式判定第二力传感器、第三力传感器的第三比较值 P_{23} :

$$P_{23} = \frac{\sum_{r_2, r_3} (T(r_2, r_3) * I(r_1 + r_2, r_1 + r_3))}{\sqrt{\sum_{r_2, r_3} T(r_2, r_3)^2 * \sum_{r_2, r_3} I(r_1 + r_2, r_1 + r_3)^2}} \quad (3)$$

式中, P_{23} 表示第二力传感器、第二力传感器的第三比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方

差运算, I 表示积分运算;

经过上述方式获取的 P_{21} 、 P_{31} 、 P_{23} ,获取三个比较值的差值比较,判定是否超过存储在选定模块的阈值 P ,若有一个差值超过阈值 P ,则力的测量结果出现偏差,重新进行测量。

6.根据权利要求1所述的基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,其特征在于,在上述步骤c中,开启力控功能并设置力控制参数,降低运动过程力控制的阻尼参数,使机器人处于较柔顺状态,慢速执行初始示教路径;运行过程中,机器人力控制功能实时位置来自适应跟踪补偿压力误差,从而实现了打磨路径的校正,记录运行过程中的路径点及压力变化,若压力曲线满足工艺要求,则保存经自适应校正后的路径,作为最终的打磨示教路径,若不满足则需返回优化初始路径或调整力控参数。

一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业机器人技术领域,尤其涉及一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法。

背景技术

[0002] 现代制造业中有广泛的产品需要进行打磨工序,例如工件去毛刺、金属件抛光、刀具开刃等。然而,许多产品仍然依赖人工打磨,其加工效率低,产品质量一致性无法保证,且现场噪声和打磨粉尘对工人身体健康危害极大。打磨机床虽然可以克服上述缺点,但存在运动空间受限制、成本昂贵、通用性不足等问题。如今,灵活度更高的工业机器人开始涉及各个领域,机器人打磨技术逐渐成为一种高效的自动化打磨手段,可以有效地满足多种形式的打磨任务需求。

[0003] 与搬运、码垛等基于位置控制的任务不同,打磨属于典型的机器人力控制技术应用场景。执行力控制打磨的过程中仍需要在工具或工件移动方向上执行位置控制,因此良好的打磨轨迹不可或缺。若打磨轨迹质量较差,由于力控制系统动态跟踪能力是有限的,最终形成的工具和工件间的贴合将无法满足打磨工艺要求。

[0004] 确定打磨路径的传统方法主要是采用手动示教的在线编程方式,编程人员现场手持示教器移动机器人到达目标点,然后逐点记录示教点。为得到满足工艺要求的一条打磨路径甚至需要示教上百个点,并且路径点过渡处需要编程人员仔细调整机器人位置和姿态。因此,为完成一个工件的打磨应用,通常要数天的调校和测试,费时费力,且需要编程人员具有丰富的经验。

[0005] 另一种方法是采用离线编程软件,通过建立较精确的磨盘、工件和机器人等的模型,在虚拟环境中进行数字化编程和路径生成,并仿真加工过程,可方便地反复修改和优化加工轨迹。但目前的离线编程软件都是商用,价格昂贵,例如应用广泛的离线编程仿真软件 RobotMaster 价格可达30万,并且需要一定时间的技能培训才能上手。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,用以克服现有技术的技术缺陷。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供一种基于力传感器的打磨路径自适应校正方法,包括:

[0008] 步骤a,初始路径选择,在保证基本的打磨工艺参数如打磨角度、打磨工具进退速度的基础上,选择较少的路径特征点,得到初始打磨轨迹;

[0009] 步骤b,根据压力曲线校正优化示教路径;

[0010] 步骤c,基于力控自适应跟踪补偿功能校正路径。

[0011] 进一步地,在上述步骤b中,执行初始示教路径的打磨试验并记录压力值,实查看压力曲线变化是否平缓,若有剧烈的压力波动则记录好波动峰谷处对应的示教路径点,返

回优化该处示教点,或者添加过渡点,重复执行该流程,直至得到变化较平缓的压力曲线。

[0012] 进一步地,在上述步骤b中,对同一受力点采用三个力传感器进行测量,三个力传感器分别对受力点受力进行测量,并传输至选定模块中,所述选定模块按照下述均值运算公式判定第一力传感器、第二力传感器的第一比较值 P_{21} :

$$[0013] \quad P_{21} = \frac{\sum_{r_2, r_1} (T(r_2, r_1) * I(r_3 + r_1, r_3 + r_2))}{\sqrt{\sum_{r_2, r_1} T(r_2, r_1)^2 * \sum_{r_3, r_1} I(r_3 + r_1, r_3 + r_2)^2}} \quad (1)$$

[0014] 式中, P_{21} 表示第一力传感器、第二力传感器的位置的第一比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算;

[0015] 其中 I 表示基于二次函数的任意积分运算,上述公式为获取积分的比值信息,下述两公式相同,如基于函数 $y = ax^2$,在 x 取值为 (a, b) 内, $a < b$ 为任意数值。

[0016] 进一步地,在上述步骤b中,所述的选定模块按照下述公式判定第一力传感器、第三力传感器的第二比较值 P_{31} :

$$[0017] \quad P_{31} = \frac{\sum_{r_3, r_1} (T(r_3, r_1) * I(r_2 + r_1, r_2 + r_3))}{\sqrt{\sum_{r_3, r_1} T(r_3, r_1)^2 * \sum_{r_3, r_1} I(r_2 + r_1, r_2 + r_3)^2}} \quad (2)$$

[0018] 式中, P_{31} 表示第一力传感器、第二力传感器的位置的第二比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算。

[0019] 进一步地,在上述步骤b中,所述的选定模块按照下述公式判定第二力传感器、第三力传感器的第三比较值 P_{23} :

$$[0020] \quad P_{23} = \frac{\sum_{r_2, r_3} (T(r_2, r_3) * I(r_1 + r_2, r_1 + r_3))}{\sqrt{\sum_{r_2, r_3} T(r_2, r_3)^2 * \sum_{r_2, r_3} I(r_1 + r_2, r_1 + r_3)^2}} \quad (3)$$

[0021] 式中, P_{23} 表示第二力传感器、第三力传感器的第三比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算;

[0022] 经过上述方式获取的 P_{21} 、 P_{31} 、 P_{23} ,获取三个比较值的差值比较,判定是否超过存储在选定模块的阈值 P ,若有一个差值超过阈值 P ,则力的测量结果出现偏差,重新进行测量。

[0023] 进一步地,在上述步骤c中,开启力控功能并设置力控制参数,降低运动过程力控制的阻尼参数,使机器人处于较柔顺状态,慢速执行初始示教路径;运行过程中,机器人力控制功能实时位置来自适应跟踪补偿压力误差,从而实现了打磨路径的校正,记录运行过程中的路径点及压力变化,若压力曲线满足工艺要求,则保存经自适应校正后的路径,作为最终的打磨示教路径,若不满足则需返回优化初始路径或调整力控参数。

[0024] 与现有技术相比本发明的有益效果在于,本发明在通过机器人集聚力传感器实现力控制功能的基础上,充分利用力传感器测量的压力变化信息为编程示教提供依据,优化简略打磨轨迹,进而利用力控制功能对路径进行自适应补偿,得到进一步的优化路径。

[0025] 具体而言,本发明具有下述技术效果:

[0026] 1) 原理简单,对编程人员的技能和经验要求低,可快速上手;

[0027] 2) 可有效减少编程工作量,缩短示教时间,提高编程效率;

[0028] 3) 成本低廉,无需采购昂贵的离线编程软件;

[0029] 4) 稳定性好,可自适应补偿环境误差。

附图说明

[0030] 图1为本发明基于力传感器的打磨路径自适应校正方法的流程示意图。

具体实施方式

[0031] 以下结合附图,对本发明上述的和另外的技术特征和优点作更详细的说明。

[0032] 下面参照附图来描述本发明的优选实施方式。本领域技术座椅机构员应当理解的是,这些实施方式仅仅用于解释本发明的技术原理,并非旨在限制本发明的保护范围。

[0033] 参阅图1所示,其分别为本发明基于力传感器的打磨路径自适应校正方法的流程示意图,该过程包括:

[0034] 步骤a,初始路径选择,在保证基本的打磨工艺参数如打磨角度、打磨工具进退速度的基础上,选择较少的路径特征点,得到初始打磨轨迹。

[0035] 此时力传感器和力控制功能都不设定,机器人处于纯位置控制模式。

[0036] 步骤b,根据压力曲线校正优化示教路径;

[0037] 开启力传感器,但不设定力控制功能。执行初始示教路径的打磨试验并记录压力值。实验结束后查看压力曲线变化是否平缓,若有剧烈的压力波动则记录好波动峰谷处对应的示教路径点,返回优化该处示教点,或者添加过渡点。重复执行该流程,直至得到变化较平缓的压力曲线。

[0038] 本实施例为了对力的检测控制更佳精准,本实施例对同一受力点采用三个力传感器进行测量,三个力传感器分别对受力点受力进行测量,并传输至选定模块中,所述选定模块按照下述均值运算公式判定第一力传感器、第二力传感器的第一比较值 P_{21} :

$$[0039] \quad P_{21} = \frac{\sum_{r_2, r_1} (T(r_2, r_1) * I(r_3 + r_1, r_3 + r_2))}{\sqrt{\sum_{r_2, r_1} T(r_2, r_1)^2 * \sum_{r_3, r_1} I(r_3 + r_1, r_3 + r_2)^2}} \quad (1)$$

[0040] 式中, P_{21} 表示第一力传感器、第二力传感器的位置的第一比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算。

[0041] 其中 I 表示基于二次函数的任意积分运算,上述公式为获取积分的比值信息,下述两公式相同,如基于函数 $y = ax^2$,在 x 取值为 (a, b) 内, $a < b$ 为任意数值。

[0042] 上述均值运算的基本算法为:通过获取在某个时间段内的所有采样点的位置值,对某个时间段内的各个取值进行积分运算和均方差运算,然后取比值,得出相比较的平均值。

[0043] 所述的选定模块按照下述公式判定第一力传感器、第三力传感器的第二比较值 P_{31} :

$$[0044] \quad P_{31} = \frac{\sum_{r_3, r_1} (T(r_3, r_1) * I(r_2 + r_1, r_2 + r_3))}{\sqrt{\sum_{r_3, r_1} T(r_3, r_1)^2 * \sum_{r_3, r_1} I(r_2 + r_1, r_2 + r_3)^2}} \quad (2)$$

[0045] 式中, P_{31} 表示第一力传感器、第二力传感器的位置的第三比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算。

[0046] 所述的选定模块按照下述公式判定第二力传感器、第三力传感器的第三比较值 P_{23} :

$$[0047] \quad P_{23} = \frac{\sum_{r_2, r_3} (T(r_2, r_3) * I(r_1 + r_2, r_1 + r_3))}{\sqrt{\sum_{r_2, r_3} T(r_2, r_3)^2 * \sum_{r_2, r_3} I(r_1 + r_2, r_1 + r_3)^2}} \quad (3)$$

[0048] 式中, P_{23} 表示第二力传感器、第三力传感器的第三比较值, r_1 表示第一力传感器的实时采样值, r_2 表示第二力传感器的实时采样值; r_3 表示第三力传感器的实时采样值; T 表示均方差运算, I 表示积分运算。

[0049] 经过上述方式获取的 P_{21} 、 P_{31} 、 P_{23} , 获取三个比较值的差值比较, 判定是否超过存储在选定模块的阈值 P , 若有一个差值超过阈值 P , 则力的测量结果出现偏差, 重新进行测量。

[0050] 步骤c, 基于力控自适应跟踪补偿功能校正路径;

[0051] 开启力控功能并设置力控制参数, 降低运动过程力控制的阻尼参数, 使机器人处于较柔顺状态, 慢速执行初始示教路径。运行过程中, 机器人力控制功能实时位置来自自适应跟踪补偿压力误差, 从而实现了对打磨路径的校正。记录运行过程中的路径点及压力变化, 若压力曲线满足工艺要求, 则保存经自适应校正后的路径, 作为最终的打磨示教路径, 若不满足则需返回优化初始路径或调整力控参数。

[0052] 至此, 已经结合附图所示的优选实施方式描述了本发明的技术方案, 但是, 本领域技术座椅机构容易理解的是, 本发明的保护范围显然不局限于这些具体实施方式。在不偏离本发明的原理的前提下, 本领域技术座椅机构可以对相关技术特征作出等同的更改或替换, 这些更改或替换之后的技术方案都将落入本发明的保护范围之内。

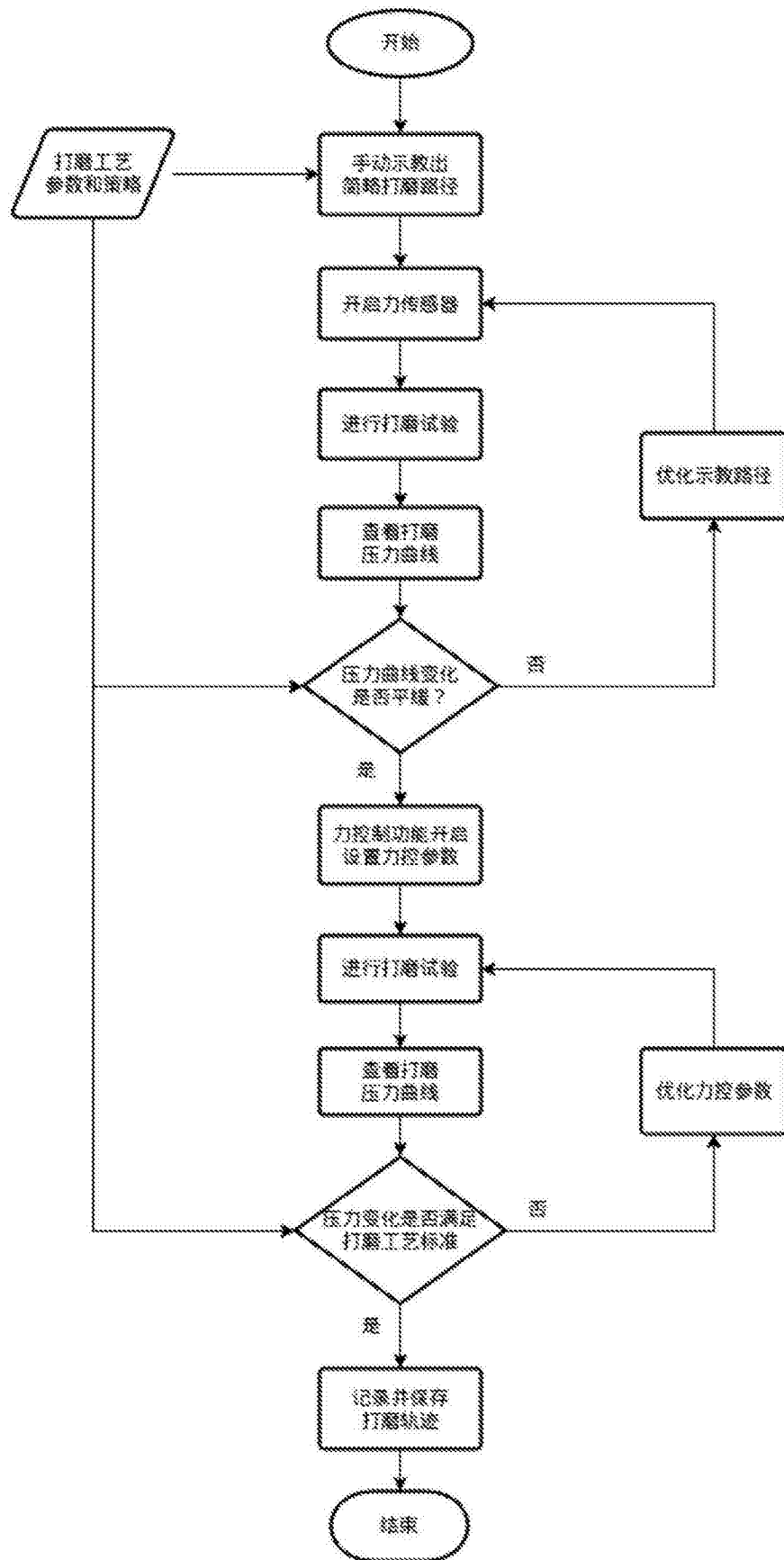


图1