(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102189348 B
(45)授权公告日 2013.06.05

(21)申请号 201110082982.X
(22)申请日 2011.04.02
(73)专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号
(72)发明人 李海超 巩杉 高洪明 张广军
(74)专利代理机构 北京科龙寰宇知识产权代理有限责任公司 11139
代理人 孙皓晨 许淑芳
(51)Int.Cl.
B23K 31/10(2006.01)
G06F 17/50(2006.01)
(56)对比文件
JP 特开 2009-172608 A,2009.08.06,
US 6441338 B1,2002.08.27,
JP 特开 2002-230059 A,2002.08.16,
JP 特开 2006-88160 A,2006.04.06,
严浩．船用型钢机器人切割的规划与离线编程．《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技Ⅱ辑》．2010,(第10期),第I140-180页．
审查员 于群

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

用于型钢的机器人切割方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于型钢的机器人切割方法，该方法基于机器人离线编程，其包括以下步骤：读取CAD图形文件获得型钢切割的几何特征；将几何特征进行路径规划和切割参数设计，生成切割单元；将切割单元在指定长度的型钢上进行放置规划，确定切割枪的动作参数和切割参数，生成套料文件；将套料文件按照机器人程序格式转化为机器人可执行的程序，实现对型钢的切割。本发明基于机器人离线编程技术，直接利用CAD图形的设计信息，能够提高机器人切割精度和效率，适用于V型、Y型等坡口类型以及变坡口的型钢切割要求，解决了角钢等过棱处切割质量差的问题，具有通用性、灵活性、高效率和高精度的特点。

CN 102189348 B

1. 一种用于型钢的机器人切割方法，其特征在于，包括以下步骤：

根据 CAD 图形文件得到型钢的几何特征，将所述几何特征进行路径规划和切割参数设计，生成型钢切割单元；

将所述型钢切割单元在指定长度的型钢上进行放置规划，确定放置面、参考面和放置顺序，并给出切割枪的动作参数和切割参数，生成套料文件；

将所述套料文件按照机器人程序格式转化为机器人可执行的程序，实现对型钢的切割；

根据 CAD 图形文件得到型钢的几何特征，将所述几何特征进行路径规划和切割参数设计，生成型钢切割单元步骤包括：

将 CAD 图形特征按照基本图元进行分解，并按照特定格式生成中间数据；及根据所述 CAD 图形特征的信息，设置所述基本图元的切割顺序、引入角、引出角、放置面和坡口类型，构建切割单元；

将所述型钢切割单元在指定长度的型钢上进行放置规划，确定放置面、参考面和放置顺序，并给出切割枪的动作参数和切割参数，生成套料文件步骤包括：

对所述切割单元指定放置面和单元排列顺序，设置割枪离开工件和接近工件的动作方式，编译生成中间数据文件；

根据所述中间数据文件，将所述切割特征的三维图形进行多角度显示，以动画仿真机器人切割枪的运动过程来检查运动的合理性，如果合理，则将所述中间数据文件以型钢套料文件的形式存储。

2. 根据权利要求 1 所述的机器人切割方法，其特征在于，还包括以下步骤：

如需对所述切割特征进行部分更改，根据需要对切割特征进行参数驱动，包括位置驱动、图形尺寸驱动和坡口驱动，以满足实际切割要求。

3. 根据权利要求 1 所述的机器人切割方法，其特征在于，将所述型钢切割套料文件转化为机器人程序，对型钢进行切割步骤包括：

调用所述切割单元，并按照工艺要求通过人机界面进行参数设置，或通过查表方式确定最优化的参数；

根据型钢的长度以及设定的所述切割单元间的距离，确定所述切割单元排列方式，形成型钢切割套料文件；

对型钢切割套料文件进行编译，生成机器人的可执行程序，通过机器人执行所述输出程序实现型钢的切割。

4. 根据权利要求 3 所述的机器人切割方法，其特征在于，还包括以下步骤：

根据切割工艺要求，输出切割设备的控制信息，如果所述输出切割特征长度超过预先设定的阈值，将所述输出程序进行分解，分别在机器人和外部轴之间进行动作分配和协调控制，实现切割。

5. 根据权利要求 3 所述的机器人切割方法，其特征在于，所述通过人机界面进行设置的工艺参数包括：

坡口角、切割厚度、切口宽度、切割速度、切割电流和气体流量。

用于型钢的机器人切割方法

技术领域

[0001] 本发明涉及船舶制造领域，具体而言，涉及一种用于型钢的机器人切割方法。

背景技术

[0002] 造船行业的材料切割数量巨大，质量要求高，船用型钢在焊接之前要切割各种形状的端头、中间孔和焊接坡口。传统的手工划线切割或者专机划线切割方式切割效率低、质量差，严重制约着造船行业的发展。这使得船用型钢切割对自动化生产的要求大幅增加，而采用机器人柔性切割技术能够很好的适应切割生产需要。但若采用示教方式进行，需要的工时长，切割作业效率低，并且大大降低切割精度，影响系统的整体性能，而采用 CAD/CAM/ROBOT 一体化的机器人离线编程型钢切割技术可以提高生产效率和切割精度。

[0003] 机器人离线编程是利用计算机图形学的成果，建立起机器人及其工作环境的几何模型，再利用规划算法，通过对图形的控制和操作，在离线的情况下进行轨迹规划。通过对编程结果进行三维图形仿真，以检验切割动作的正确性，最后将生成的代码传到机器人控制器，控制机器人运动，完成切割任务。在国外，已经开发了型钢机器人切割系统，如荷兰 HGG 相贯线及型钢切割生产线、德国 ISU 公司机器人型钢切割生产线、挪威的 TTS 机器人切割全自动生产线等。国内尚无相关的机器人型钢自动化切割生产线产品，尚处于实验室研究阶段。

[0004] 现阶段用于型钢切割的机器人离线编程技术大多存在以下缺点：1) 型钢切割特征建模复杂，不适合工人操作；2) 切割坡口角度在一侧型钢表面上只能设定固定的坡口值，不能进行变坡口切割；3) 在角钢、球扁钢等的切割中两个型面相交棱角处切割质量较差，需要进行人工二次加工等。

发明内容

[0005] 本发明提供一种用于型钢的机器人切割方法，该方法基于机器人离线编程技术，提高型钢切割的精度和效率，实现机器人示教不能实现的坡口特征切割。

[0006] 为达到上述目的，本发明提供了一种用于型钢的机器人切割方法，其包括以下步骤：根据 CAD 图形文件得到型钢的几何特征，将几何特征进行路径规划和切割参数设计，生成型钢切割单元；将所述型钢切割单元在指定长度的型钢上进行放置规划，确定放置面、参考面和放置顺序，并给出切割枪的动作参数和切割参数，生成套料文件；将套料文件按照机器人程序格式转化为机器人可执行的程序，实现对型钢的切割。

[0007] 较佳的，在上述机器人切割方法中，根据 CAD 图形文件得到型钢的切割单元步骤包括：将 CAD 图形特征按照基本图元进行分解，并按照特定格式生成中间数据；根据图形特征的分解信息，设置基本图元的切割放置面和坡口类型，构建切割特征，将切割特征进行路径规划和切割参数设计，形成型钢切割单元。

[0008] 较佳的，在上述机器人切割方法中，根据所属切割单元，构建套料文件，步骤包括：切割单元在指定长度的型钢上进行放置规划，确定放置面、参考面和放置顺序，并给出切割

枪的动作参数和切割参数；将放置了多个切割单元的型钢进行多角度三维图形显示，并以动画仿真切割枪的运动过程以检查运动的合理性，如果合理，则将中间数据以型钢切割套料文件的形式存储。

[0009] 较佳的，上述机器人切割方法还包括以下步骤：如需对切割特征进行部分更改，根据需要对切割特征进行参数驱动，包括位置驱动、图形尺寸驱动和坡口驱动，以满足实际切割要求。

[0010] 较佳的，在上述机器人切割方法中，将型钢切割特征文件转化为机器人程序对型钢进行切割步骤包括：调用切割单元特征文件，并按照工艺要求通过参数设置界面对工艺参数进行设置或通过查表方式确定最优化的参数；根据型钢的整体长度以及设定的切割单元间的相邻距离，确定切割单元排列数目，形成型钢切割套料文件；对型钢切割套料文件进行编译，生成机器人程序，通过机器人执行此程序实现对型钢的切割。

[0011] 较佳的，上述机器人切割方法还包括以下步骤：根据切割工艺要求，输出切割设备的控制信息，如果所述输出切割特征长度超过预先设定的阈值，将所述输出程序进行分解，分别在机器人和外部轴之间进行动作分配和协调控制，实现切割。

[0012] 较佳的，在上述机器人切割方法中，工艺参数包括：

[0013] 坡口角、切割厚度、切口宽度、切割速度、切割电流和气体流量。

[0014] 在上述实施例中，通过对 CAD 图形文件进行分析和设计得到型钢的切割特征，通过路径规划和参数设计得到切割单元，切割单元进行放置规划、动作设置和运动仿真生成型钢切割套料文件，最后利用后置处理将型钢切割套料文件转化为机器人程序，完成机器人连续性的型钢切割。本发明基于机器人离线编程，直接读取 CAD 图形几何信息，提高型钢切割精度和效率。这种机器人切割方法能够适应 V 型、Y 型等坡口类型以及变坡口的型钢切割要求，并解决了角钢等过棱处切割质量差的问题，具有通用性、灵活性、高效率和高精度的特点。

附图说明

[0015] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0016] 图 1 为本发明一个实施例的用于型钢的机器人切割方法流程图；

[0017] 图 2 为本发明一个优选实施例的用于型钢的机器人切割方法示意图。

具体实施方式

[0018] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0019] 根据本发明一个实施例的用于型钢的机器人切割系统，其包括：特征建模模块、单元编程模块和套料编程模块，其中：

[0020] 特征建模模块，实现由图形文件（CAD 生成的 DXF 文件和 TRIBON 生成的 GEN 文件）到型钢切割特征的转换，通过对图形文件进行语法分析，提取型钢切割的图形特征要求，根据实际切割需要设置型钢切割路径的放置面、坡口类型特征等切割信息，按照特征规则完整地记录型钢切割要求，建立格式化的型钢切割特征文件，构建型钢切割特征库；

[0021] 单元编程模块，实现切割特征的有序化组合，构建型钢切割单元，并以三维模型和动画仿真的形式实现对机器人执行动作的观测，通过语法分析对型钢切割特征文件进行编译，结合切割单元的规划需要，生成中间数据，依据中间数据在三维模型和动画结合的方式展示了切割姿态变化过程，形成型钢切割单元特征文件；

[0022] 套料编程模块，实现切割单元在型钢上的系列化编排，完成机器人连续性的型钢切割，通过导入型钢切割单元特征文件，将切割单元在一定长度的型钢上进行有序放置，并进行切割工艺参数的设置和切割单元之间过渡过程的安排，以型钢切割套料特征文件记录，利用后置处理将型钢切割特征文件转化为机器人程序。

[0023] 图 1 为本发明一个实施例的用于型钢的机器人切割方法流程图。如图 1 所示，其包括以下步骤：

[0024] S102，根据 CAD 图形文件得到型钢的几何特征，将几何特征进行路径规划和切割参数设计，得到型钢切割单元文件；

[0025] S104，将型钢切割特征单元文件在指定长度的型钢上进行放置规划，确定放置面、参考面和放置顺序，并给出切割枪的动作参数和切割参数，生成套料文件；

[0026] S106，将所述套料文件按照机器人程序格式转化为机器人可执行的程序，实现对型钢的切割。

[0027] 在本实施例中，通过对 CAD 图形文件进行分析和设计得到型钢的切割特征，通过路径规划和参数设计得到切割单元，切割单元进行放置规划、动作设置和运动仿真生成型钢切割套料文件，最后利用后置处理将型钢切割套料文件转化为机器人程序，完成机器人连续性的型钢切割。本发明基于机器人离线编程，直接读取 CAD 图形几何信息，提高型钢切割精度和效率。这种机器人切割方法能够适应 V 型、Y 型等坡口类型以及变坡口的型钢切割要求，并解决了角钢等过棱处切割质量差的问题，具有通用性、灵活性、高效率和高精度的特点。

[0028] 图 2 为本发明一个优选实施例的用于型钢的机器人切割方法示意图。

[0029] 例如在本发明的实施例中，使用第三方 CAD 产品如 AutoCAD、TRIBON 等，绘制型钢切割所要求的切割图形，并以指定格式文件存储。然后利用特征建模模块将图形文件打开，对文件进行编译，提取文件的图形特征，并进行基本图元分解。通过参数设置界面，将依次对基本图元进行放置面、坡口类型、坡口参数等信息的设置，构建切割特征，并以切割特征文件形式保存。此切割特征文件将放入型钢切割特征库中。若型钢切割特征库存在所需的切割图形或相似图形（图元组成相同，但尺寸不同），则可以免去上述步骤，直接进入单元编程模块。

[0030] 在单元编程模块中，通过调用型钢切割特征文件来导入切割特征，如要对切割特征进行部分更改，可根据需要对切割特征进行参数驱动，包括位置驱动（更改切割特征的放置位置）、图形尺寸驱动（更改切割特征中的图形尺寸）和坡口驱动（更该切割特征中坡口参数），以满足实际切割要求。将调整好的切割特征进行路径规划，完成整个切割单元

的建立。仿真子模块建立了型钢的三维仿真模型，并对切割单元特征进行编译，生成中间数据。依据此中间数据，一方面将型钢切割的套料进行多角度显示，另一方面以三维动画模拟机器人末端切割枪的运动过程，方便用户观察，检查运动的合理性。最终将完成的切割套料文件以型钢切割套料文件的形式存储。

[0031] 例如，在上述机器人切割方法中，将型钢切割特征文件转化为机器人程序对型钢进行切割步骤包括：调用切割单元特征文件，并按照工艺要求通过参数设置界面接收对切割的工艺参数进行设置或通过查表方式确定最优化的参数；根据型钢的整体长度以及设定的切割单元间的相邻距离，确定切割单元编排数目，形成型钢切割文件；对型钢切割文件进行编译，生成机器人运动的控制命令和位姿数据，并按照机器人的执行程序要求的输出程序，机器人执行输出程序对型钢进行切割。

[0032] 机器人在型钢上的连续性切割操作通过套料编程模块实现。套料子模块中，用户导入所需的切割单元特征文件，并按照工艺要求利用参数设置界面对切割的工艺参数（如切割速度、切割电流、气体流量）进行设置，也可以由程序利用查表方式进行参数最优化确定。根据型钢的整体长度以及切割单元的相邻距离（由用户确定），可确定切割单元编排数目。最终形成型钢切割文件。后置处理模块调用型钢切割文件，进行编译，生成机器人运动控制命令和位形数据，并按照机器人执行程序要求，输出程序。同时根据切割工艺信息，输出其余切割设备的控制信息。因为有时候切割特征单元较复杂，生成的机器人执行程序过大，超出了控制器的允许范围，此时后置处理模块可智能地在可停顿点除将超大程序进行分割，并自动添加用户坐标系等机器人执行程序附属信息，形成系列化的型钢机器人切割执行程序。

[0033] 从上述描述中可以看出，本发明的上述实施例实现了以下有益效果：

[0034] 提供了一种基于图形文件（CAD 生成的 DXF 文件和 TRIBON 生成的 GEN 文件）的型钢机器人切割离线编程技术，解决用于型钢切割的机器人离线编程问题。利用自主开发的路径偏置求交算法、路径规划算法、图形插补算法等，这种离线编程方法能够完成 I 型、V 型、Y 型等多种类型的单一坡口型钢切割，变坡口的型钢切割，并解决了角钢、球扁钢等型钢面相交棱处切割质量差的问题，具有通用性、灵活性、高效率和高精度的特点。

[0035] 本领域普通技术人员可以理解：附图只是一个实施例的示意图，附图中的模块或流程并不一定是实施本发明所必须的。

[0036] 本领域普通技术人员可以理解：实施例中的装置中的模块可以按照实施例描述分布于实施例的装置中，也可以进行相应变化位于不同于本实施例的一个或多个装置中。上述实施例的模块可以合并为一个模块，也可以进一步拆分成多个子模块。

[0037] 本领域普通技术人员可以理解：实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成，前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，执行包括上述方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0038] 最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围。

根据CAD图形文件得到型钢的几何特征，将几何特征进行路径规划和切割参数设计，得到型钢切割单元文件
S102
将型钢切割特征单元文件在指定长度的型钢上进行放置规划，确定放置面、参考面和放置顺序，并给出切割枪的动作参数和切割参数，生成套料文件
S104
将所述套料文件按照机器人程序格式转化为机器人可执行的程序，实现对型钢的切割
S106

图 1

切割图形
图形特征提取模块
中间数据
参数设置界面
型钢切割特征库
切割特征文件
切割特征构建子模块
特征建模模块
切割特征调用
切割特征单元子模块
中间数据
仿真子模块
切割单元特征文件
单元编程模块
切割单元调用
套料子模块
型钢切割文件
参数设置界面
后置处理子模块
程序分割
否
机器人程序
是
系列机器人程序
通信模块
机器人控制柜
套料编程模块

图 2