



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107577832 B

(45) 授权公告日 2023.07.04

(21) 申请号 201710484900.1  
(22) 申请日 2017.06.23  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107577832 A

G05B 19/404 (2006.01)  
G01C 15/00 (2006.01)  
G01S 17/66 (2006.01)  
G01S 17/88 (2006.01)

(43) 申请公布日 2018.01.12  
(30) 优先权数据  
15/202,301 2016.07.05 US

(56) 对比文件  
CN 101203353 A, 2008.06.18  
CN 101356304 A, 2009.01.28  
US 6392222 B1, 2002.05.21

(73) 专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

陈英姝. 高速数控车削加工复杂工况集成监控方法及系统.《中国博士学位论文全文数据库(工程科技I辑)》.2015,(第7期),

(72) 发明人 J·L·柏林 P·L·弗里曼  
S·J·伊斯利

E. L. Landry等.Integrated photonic retroreflectors for lateral cross-connects and interconnects.《CCECE 2010》.2010,

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245  
专利代理师 徐东升 赵蓉民

审查员 刘晓丹

(51) Int.Cl.  
G05B 19/401 (2006.01)

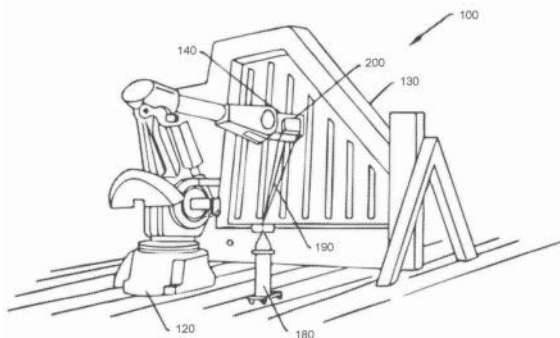
权利要求书2页 说明书19页 附图10页

(54) 发明名称

用于光学终点控制优化的机器系统以及相关方法

(57) 摘要

本发明提供具有光学终点控制的机器系统以及用于保持恒定光学接触的相关方法。具体而言,所述机器系统包括能够在至少一个方向上移动的机器。配置所述机器,使得在校准阶段期间,将可操纵回射系统安装在机器上以与其移动。控制器被配置成控制机器在至少一个方向上的移动。机器系统可以被配置成在确定定位器将回射器移动到期望位置要求的速度超过某一段进给率阈值之后自动调整机器的进给率,使得入射光束可以在机器从第一位置到第二位置的整个移动过程中与回射器保持恒定接触。



1. 一种用于调整机器进给率以便光学终点控制优化的机器系统,其包括:  
能够在至少一个方向上移动的机器,其中配置所述机器,使得在校准阶段期间,可操纵回射系统安装在所述机器上以与其一起移动,所述可操纵回射系统包括:  
回射器,用于反射入射到其上的至少一些光;以及  
定位器,用于移动所述回射器;  
控制器,其被配置成控制所述机器在所述至少一个方向上的移动;以及  
其中所述机器系统被配置成在确定所述定位器将所述回射器移动到期望位置要求的速度超过某一段进给率阈值之后调整所述机器的所述进给率,使得入射光束能够在所述机器从第一位置到第二位置的整个移动过程中与所述回射器保持恒定接触。
2. 根据权利要求1所述的机器系统,其中所述机器包括一个或多个可旋转接头。
3. 根据权利要求2所述的机器系统,其进一步被配置成基于确定所述机器的一个或多个轴线的位置而确定所述回射器的位置,其中每个轴线对应于所述机器的可旋转接头。
4. 根据权利要求1所述的机器系统,其中所述定位器包含以下马达中的一个或多个:  
方位马达,以及  
俯仰马达,  
其中所述方位马达的旋转轴线垂直于所述俯仰马达的旋转轴线。
5. 根据权利要求4所述的机器系统,其中调整所述机器的所述进给率包含针对段( $F_{j,k}$ )将所述机器的所述进给率限制到通过以下等式确定的值:

$$F_{j,k} = \min \left( \frac{\text{mag} * \text{velMax}}{dC2}, \frac{\text{mag} * \text{velMax}}{dB2}, \text{normFeed} \right)$$

- 其中j描述机器位置的索引;  
其中k是每个机器位置之间的段的索引;  
其中mag是所述机器从所述段的起始点到终点行进的距离;  
其中velMax是所述定位器的所述一个或多个马达的最大旋转速度;  
其中dC2是针对所述段调整所述回射器所需的所述方位马达的旋转度;  
其中dB2是针对所述段调整所述回射器所需的所述俯仰马达的旋转度;以及  
其中normFeed是所述机器的最大进给率。
6. 根据权利要求1所述的机器系统,其中所述机器系统进一步被配置成在所述校准阶段发生之前通过预先确定所述机器的进给率路径而调整所述机器的所述进给率。
  7. 根据权利要求1至6中任一项所述的机器系统,其中所述机器系统进一步被配置成自动地实时调整所述机器的所述进给率。
  8. 根据权利要求7所述的机器系统,其中所述机器系统进一步被配置成检测所述光束从所述回射器的反射;以及  
基于反射的所述光束而确定所述机器的一部分的位置。
  9. 一种调整机器进给率的方法,所述方法包括:  
确定机器的第一位置和第二位置,其中所述第一位置和所述第二位置限定所述机器在三维空间中的移动;  
将所述机器的所述移动分割成一个或多个段,其中每段在三维空间内的起始点与终点

之间限定所述机器的增量运动；

基于所述机器的所述位置而在每段的所述起始点和所述终点处确定安装在所述机器上的回射器的位置；

在确定定位器将所述回射器移动到期望位置要求的速度超过某一段进给率阈值之后调整所述机器的所述进给率,使得入射光束能够在所述机器从所述第一位置到所述第二位置的整个移动过程中与所述回射器保持恒定接触。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述机器包括一个或多个可旋转接头。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中确定所述回射器的所述位置包含确定所述机器的一个或多个轴线的位置,其中每个轴线对应于所述机器的可旋转接头。

12. 根据权利要求9所述的方法,其中所述定位器包含以下马达中的一个或多个:

方位马达,以及

俯仰马达,

其中所述方位马达的旋转轴线垂直于所述俯仰马达的旋转轴线。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中调整所述机器的所述进给率包含针对段( $F_{j,k}$ )将所述机器的所述进给率限制到通过以下等式确定的值:

$$F_{j,k} = \min \left( \frac{\text{mag} * \text{velMax}}{dC2}, \frac{\text{mag} * \text{velMax}}{dB2}, \text{normFeed} \right)$$

其中j描述机器位置的索引;

其中k是每个机器位置之间的段的索引;

其中mag是所述机器从段的起始点到终点行进的距离;

其中velMax是所述定位器的所述一个或多个马达的最大旋转速度;

其中dC2是针对所述段调整所述回射器所需的所述方位马达的旋转度;

其中dB2是针对所述段调整所述回射器所需的所述俯仰马达的旋转度;以及

其中normFeed是所述机器的最大进给率。

14. 根据权利要求9所述的方法,其中调整所述机器的所述进给率包括在校准阶段发生之前预先确定所述机器的进给率路径。

15. 根据权利要求9所述的方法,其中调整所述机器的所述进给率自动地实时发生。

16. 根据权利要求15所述的方法,其进一步包括:

检测所述光束从所述回射器的反射;以及

基于反射的所述光束而确定所述机器的一部分的位置。

17. 一种非临时性计算机可读介质,其包括配置用于由计算机系统执行的一个或多个程序,所述一个或多个程序包含用于执行根据权利要求9至16中任一项所述的方法的指令。

## 用于光学终点控制优化的机器系统以及相关方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于光学终点控制优化的机器系统以及相关方法。

### 背景技术

[0002] 当前机器加工系统可以结合回射器 (retroreflector) 使用激光追踪系统来在包含校准的制造或加工过程期间精确地确定可移动机器或组件的位置。为了避免在机械工具的移动期间失去与激光追踪系统所发出的激光束的接触,改进的回射器和可操纵回射系统可以用于增加回射器的接收角,使得回射器与激光束保持恒定接触。然而,在机械工具的移动使可操纵回射系统和/或激光追踪系统超过相应系统的轴速度的某些情况下,回射器仍可能失去与激光束的接触。现有解决方案需要机械工具操作者人工地观察回射器的位置和速度,并且在机械工具控制器上使用进给修调来避免激光束中断,由于人机互动会产生误差,增加劳动力需求并且延长机械工具测量时间。因此,需要一种改进的系统和方法以在制造或加工过程期间保持回射系统与光源之间的光学接触。

### 发明内容

[0003] 下面提供本发明的简要概述以便提供对本发明的特定实施例的基本理解。本概述并不是本发明的详尽概述,且不标识本发明的关键和重要元素或描绘本发明的范围。其唯一目的在于以简要形式呈现本文所揭示的一些概念作为稍后呈现的更详细描述的前言。

[0004] 提供用于调整机器进给率以便光学终点控制优化的所配置机器系统和方法。可以实施所描述系统和方法以在包含校准的制造或加工过程期间保持光源与安装的可操纵回射系统之间的恒定光学接触。在各个实施例中,具有光学终点控制的机器系统包括能够在至少一个方向上移动的机器。可以配置所述机器,使得在校准阶段期间,可操纵回射系统安装在机器上以与其一起移动。可操纵回射系统可以包括用于反射入射到其上的至少一些光的回射器以及用于移动所述回射器的定位器。定位器可以包含以下马达中的一个或多个:方位马达和俯仰(elevation)马达。方位马达的旋转轴线垂直于俯仰马达的旋转轴线。

[0005] 机器系统可以进一步包括控制器,所述控制器被配置成控制机器在至少一个方向上的移动。机器可以包括一个或多个可旋转接头。机器系统可以被配置成基于机器的一个或多个轴线的位置确定而确定回射器的位置,其中每个轴线对应于机器的可旋转接头。

[0006] 机器系统可以被配置成在确定定位器将回射器移动到期望位置所需要的速度超过某一段进给率阈值之后调整机器的进给率,使得入射光束可以在机器从第一位置移动到第二位置的整个过程中与回射器保持恒定接触。在各个实施例中,调整机器的进给率包含将用于段(segment)  $(F_{j,k})$  中的机器的进给率限制到通过以下等式确定的值:

$$[0007] \quad F_{j,k} = \min \left( \frac{mag * velMax}{dC2}, \frac{mag * velMax}{dB2}, normFeed \right)$$

[0008] 其中mag是机器从所述段的起始点到终点行进的距离,其中velMax是定位器的一个或多个马达的最大旋转速度,其中dC2是针对所述段调整回射器所需的方位马达的旋转

度,其中dB2是针对所述段调整回射器所需的俯仰马达的旋转度,并且其中normFeed是机器的最大进给率。机器系统可以进一步被配置成在校准阶段发生之前通过预先确定机器的进给率路径来调整机器的进给率。替换地,和/或另外,机器系统可以进一步被配置成自动地实时调整机器的进给率。在此类实施例中,机器系统可以进一步被配置成检测光束从回射器的反射,并且基于反射光确定机器的一部分的位置。

[0009] 还提供一种用于调整机器进给率的方法。根据各个实施例,方法包括确定机器的第一位置和第二位置。第一位置和第二位置可以限定机器在三维空间中的移动。机器可以包括一个或多个可旋转接头。所述方法进一步包括将机器的移动分割成一个或多个段。每段限定机器在三维空间中的起始点与终点之间的增量运动。

[0010] 所述方法进一步包括基于机器的位置而在每段的起始点和终点处确定安装在机器上的回射器的位置。确定回射器的位置可以包含检测机器的一个或多个轴线的位置,其中每个轴线对应于机器的可旋转接头。

[0011] 所述方法进一步包括在确定定位器将回射器移动到期望位置要求的速度超过某一段进给率阈值之后调整机器的进给率,使得入射光束可以在机器从第一位置移动到第二位置的整个过程中与回射器保持恒定接触。在一些实施例中,定位器包含以下马达中的一个或多个:方位马达和俯仰马达。方位马达的旋转轴线垂直于俯仰马达的旋转轴线。在各个实施例中,调整机器的进给率包含将用于段( $F_{j,k}$ )中的机器的进给率限制到通过以下等式确定的值:

$$[0012] \quad F_{j,k} = \min \left( \frac{\text{mag} * \text{velMax}}{dC2}, \frac{\text{mag} * \text{velMax}}{dB2}, \text{normFeed} \right)$$

[0013] 其中mag是机器从所述段的起始点到终点行进的距离,其中velMax是定位器的一个或多个马达的最大旋转速度,其中dC2是针对所述段调整回射器所需的方位马达的旋转度,其中dB2是针对所述段调整回射器所需的俯仰马达的旋转度,并且其中normFeed是机器的最大进给率。在一些实施例中,调整机器的进给率包括在校准过程发生之前预先确定机器的进给率路径。替换地,和/或另外,调整机器的进给率自动地实时发生。在此类实施例中,所述方法可以进一步包括检测光束从回射器的反射,并且基于反射光确定机器的一部分的位置。

[0014] 本发明的其它实施方案包含被配置成执行本文所描述方法的动作的对应装置、系统和计算机程序。例如,提供一种非暂时性计算机可读介质,其包括配置用于由计算机系统执行的一个或多个程序。在一些实施例中,一个或多个程序包含用于执行所描述方法和系统的动作的指令。这些其它实施方式可以各自任选地包含以下特征中的一个或多个。下文参考附图进一步描述这些和其它实施例。

## 附图说明

[0015] 图1是根据一些实施例的包含多个可操纵回射系统的机器系统的示意表示。

[0016] 图2是根据一些实施例的可操纵回射系统的示意说明。

[0017] 图3A是根据一些实施例的包含安装到机器的可操纵回射系统的机器系统的示意说明。

[0018] 图3B是根据一些实施例的包含通过光源照射的安装在可操纵回射系统的机器系

统的示意说明。

[0019] 图4是指示各个组件与穿过其的信号之间的相互关系的本发明的一个实施例的机器系统的示意表示。

[0020] 图5A至5B说明根据一些实施例的对应于用于调整机器进给率的方法的过程流程图。

[0021] 图6是说明能够实施本发明中描述的各个过程的计算机系统的示例的框图。

[0022] 图7是根据一些实施例的飞机的示意说明。

[0023] 图8是可以利用本文描述的方法和组合件的飞机制造和维护方法的框图。

## 具体实施方式

[0024] 在以下描述中,阐述许多特定细节以便提供对所呈现概念的全面理解。所呈现概念可以在没有这些特定细节的一些或全部的情况下实践。在其它例子中,不详细描述众所周知的过程操作,以免不必要地混淆所描述概念。尽管将结合具体实施例描述一些概念,但是应理解,这些实施例并不意图为限制性的。相反,本发明旨在涵盖如所附权利要求书限定的在本发明的精神和范围内可以包含的替代、修改和等效物。

[0025] 例如,将在特定机器系统(例如,用于飞机制造或工装的系统)的上下文中描述本发明的技术。然而,应注意,本发明的技术和机构可应用到各种其它位置追踪系统。如本文使用的术语“回射系统”可以与“主动追踪器”同义地使用。在以下描述中,阐述许多特定细节以便提供对本发明的全面理解。本发明的具体示例实施例可以在没有这些特定细节中的一些或全部的情况下实施。在其它例子中,不详细描述众所周知的过程操作,以免不必要地混淆本发明。为了清楚起见,有时以单数形式描述本发明的各种技术和机构。然而,应注意,除非另外指出,否则一些实施例包含技术的多次重复或机构的多个实例。

[0026] 为了清楚起见,有时以单数形式描述本发明的各种技术和机构。然而,应注意,除非另外指出,否则一些实施例包含技术的多次重复或机构的多个实例。例如,系统在各种环境下使用处理器。然而,将了解,除非另外指出,否则系统可以使用多个处理器,而同时保持在本发明的范围内。此外,本发明的技术和机构有时描述两个实体之间的连接。应注意,两个实体之间的连接未必表示直接的未受阻连接,因为多个其它实体可以驻留在两个实体之间。例如,处理器可以连接到存储器,但应了解,各种桥和控制器可以驻留在处理器与存储器之间。因此,除非另外指出,否则连接未必表示直接的未受阻连接。

[0027] 概述

[0028] 本发明描述一种具有改进的回射系统和激光追踪技术的新颖机器系统。具体来说,机器系统可以包含能够在至少一个方向上移动的机器和安装在机器上以便在校准阶段期间与其一起移动的可操纵回射系统。机器系统能够基于编程的机器指令确定机器和回射系统的位置。机器系统可以实施预处理以确定最佳进给率,从而调整机器移动以便确保回射系统能够在校准阶段期间进行合适的调整,以便与从光源产生的光束中的至少一个光线保持恒定接触。可以在各个机械加工过程之前实施此预处理,以在校准阶段期间改进性能和准确性。在一些实施例中,校准阶段发生在机器在任何机械加工和/或工装工艺中实施之前。替换地,和/或另外,机器系统可以在机械加工和/或工装工艺期间通过照射回射系统并且接收来自其的反射来自动地实时监测和调整机器移动的速度。过程控制器可以实施各种

算法函数和计算,包含回射器和激光追踪器轴线位置的反向运动学和机械工具运动学,以计算精确的机械工具进给率,从而最大化测量生产率并且防止失去与光源的接触。

[0029] 与常规的激光追踪系统相比,改进的系统具有许多优点。例如,所揭示的机器系统可以分割编程的机器移动并且预测回射系统的移动要求,以便与光源保持光学接触,并且因此减小或增加机器臂终点的速度,其中回射系统耦合到机器臂终点。这消除了需要使机械工具操作者人工观察回射系统的位置和速度,并且通过机械工具控制器上的进给修调人工调整进给率。本领域技术人员将认识到,在校准机器和/或机械加工复杂结构时,视线中断将需要大量时间进行重新校准并且降低机械加工过程的生产率。此外,消除对机械工具操作者的需求会减少由于人机交互而产生的误差、减少劳动力需求并且缩短机械工具测量时间。最后,机械工具进给率的调整结合改进的回射结构和回射系统的移动性用作额外机构,以确保回射系统与光源之间光学接触。总的来说,改进的系统和方法可以引起更快的机械加工时间和更准确的机械工具测量。

[0030] 示例实施例

[0031] 为了更好地理解安装的回射器系统的各个方面,现呈现具有安装的回射器的机器系统的简要描述。图1是根据一些实施例的包含多个可操纵回射系统200的机器系统的示意表示。如在图1中稍微一般地所示,机器系统100包含机器120,例如,机器人臂、机械工具或其它机械定位装置。例如,机器可以是计算机数值控制(CNC)装置,例如,机器人钻孔机等。然而,出于说明的目的,机器被相对一般地描绘并且能够在多个方向上并且围绕多个轴线移动,即,机器具有多个自由度。尽管不是实践本发明所必需的,但是机器包含用于固持(hold)工具的末端执行器140,例如,钻头等。尽管本发明的可操纵回射系统200可以结合各种机器而被使用,但是可以与可操纵回射系统一起使用的机器系统100的一个实施例是通过第5,903,459号美国专利描述的SOMaC系统,所述专利的内容已并入本文中。

[0032] 在各个实施例中,如下文进一步描述以及参考图2所描述,回射系统200可以包含用于反射来自光源的光的回射器。在其它实施例中,机器系统100可以包含安装在机器120的相应部分上的一个或多个可操纵回射系统200。例如,可操纵回射系统200可以安装在机器120的末端执行器140的相对侧上,以确保至少一个回射器一直在视野内。在其它实施例中,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可操纵回射系统200可以安装在机器120的其它部分上或工件或部件130上。

[0033] 在一些实施例中,机器系统100还可以包含激光测量系统(LAS)180,即,激光追踪器,其操作为用于照射可操纵回射系统200的光源。在一些实施例中,机器系统100可以包含两个或两个以上激光追踪器。实时三维激光测量系统180是本领域测量系统的现状,其可用快速方式获得大量准确的三维数据。此激光测量系统180通常可以包含绝对测距能力以及用于操纵激光束的带马达的角操纵头。激光测量系统180还可以包含反馈系统,所述反馈系统通过不断地驱动激光束跟随或追踪回射器来控制操纵。如图1中所示,激光测量系统180发射的激光束190被从激光追踪器头引导向安装在机器120的末端执行器140上的可操纵回射系统200。在一些实施例中,通过测量返回束,激光测量系统180的激光追踪器头可以在包含校准阶段的各种机械加工过程期间确定到回射器的距离和方向(即,水平角和竖直角以及范围)。这三个测量值,即,范围、水平角和竖直角可以建立球形坐标系,所述球形坐标系可以容易地转换成笛卡尔坐标系。在一些实施例中,可以采用各种可商购的或定制的激光

追踪器。

[0034] 在包含校准阶段的机械加工操作期间,在一些实施例中,部件130通常固持在固定位置,如图1中所示。机器120随后可以靠近部件130定位,使得由末端执行器140携带的工具可以根据需要接触和机械加工部件130。为了精确地确定末端执行器140的位置,激光测量系统180可以照射末端执行器,并且具体而言,照射末端执行器140携带的可操纵回射系统200。将明白,机器将在包含校准的机械加工期间频繁地重新定位末端执行器。在包含安装在末端执行器140上的回射器的常规机器系统100中,末端执行器140被经常移动,使得激光束190将不再处于由回射器限定的接受角内。在一些实施例中,在校准阶段期间不包含部件130。在校准阶段期间,可以使用激光测量系统180和可操纵回射系统200测量通过机器120实施机器指令而进行的机器移动的精确度和/或一致性。

[0035] 根据本发明,可操纵回射系统200可以包含一个或多个马达,以便操纵回射器经过大范围的角度,由此提供比常规回射器大得多的有效接受角。例如,可操纵回射系统200可以具有超过 $320^\circ$ 的接受角。因此,接受角外部的区域是朝着(subtend)小于 $40^\circ$ 的角度的圆锥。

[0036] 因此,即使在末端执行器140移动到各个位置时,可操纵回射系统可以连续接收由激光测量系统180发射的激光束190。因此,图1的机器系统100可以确定和/或确认回射器的位置,并且进而确定和/或确认在末端执行器140将假设的几乎所有位置中的末端执行器140的位置。然而,如先前所描述,将机器120移动到不同轴线位置仍可能使激光束190超出具有操纵能力的回射系统200的接受角,其中机器120的进给率超过回射系统200和/或激光测量系统180的旋转轴线的轴线速度。

[0037] 图2是根据一些实施例的例如图1中先前描述的可操纵回射系统200的示意说明。在各个实施例中,可操纵回射系统200包含用于反射入射到其上的一些光的回射器202。例如,参考发明名称为“MACHINE SYSTEM HAVING OPTICAL ENDPOINT CONTROL AND ASSOCIATED METHOD(具有光学终点控制的机器系统以及相关方法)”的美国专利6,392,222中描述的可操纵回射系统,所述专利的内容也并入本文中。在一些实施例中,回射器202包含三角棱镜,所述三角棱镜具有通过其接收入射光的输入表面以及用于反射入射光的多个反射表面。本领域技术人员已知,反射表面通常被镜像化以促进入射光的反射。然而,回射器202可以被设计成允许一部分入射光离开回射器202,而不会由此反射。例如,三角棱镜可以限定与输入表面相对的窗口,使得多个反射表面汇聚在窗口处。窗口是至少部分透射的,使得入射在窗口上的光穿过所述窗口并且离开三角棱镜。为了允许光通过窗口漏出,窗口优选地不具有任何镜像化涂层。

[0038] 对于具有给定透射率的窗口,允许通过窗口漏出的入射光的百分数由窗口相对于三角棱镜的输入表面的大小限定。例如,窗口可以设定大小,使得通过三角棱镜的输入表面接收的光的在约0.5%和5%之间的光穿过窗口。在一些实施例中,窗口设定大小,使得通过三角棱镜的输入表面接收的光的约1%的光穿过窗口。在各种实施例中,可以构造回射器202,以便允许预先确定百分数的入射光通过各种方式泄露穿过所述窗口。例如,可以截断或移除三角棱镜的顶点。例如,参考在美国专利6,392,222中描述的三角棱镜结构。

[0039] 各种其它类型的回射器可以用于回射系统200的其它实施例中。另一类型的回射器是由三个相互正交的镜子构成的中空角锥回射器。尽管入射光束与反射光束之间的横向

位移不会随着入射角而改变,但是中空角锥回射器通常相对难以制造并且因此与可比较的三角棱镜反射器相比更贵。另外,中空角锥回射器通常具有 $\pm 25^\circ$ 的接受角。第三类型的回射器是猫眼,其中若干半球形透镜结合以形成单个光学元件。尽管猫眼具有较大接受角,例如,约 $\pm 60^\circ$ ,但是猫眼比三角棱镜回射器或中空角锥回射器贵得多。尽管猫眼比三角棱镜回射器或中空角锥回射器具有大得多的接受角,但是猫眼的接受角在许多情况下仍不够,具体来说在许多高精度制造操作过程中,其中回射器将被安装在机器人或其它机械工具的末端执行器上,所述末端执行器将在制造过程期间采用许多不同位置。

[0040] 在一些实施例中,可操纵回射系统200还可以包含光学检测器,例如,光电管,用于检测穿过回射器202的漏光。在一些实施例中,此光学检测器检测漏光的相对位置,使得可以确定入射角 $\alpha$ 。可操纵回射系统200还包含控制器,例如,过程控制器402(下文结合图4进一步描述),例如,微处理器等,用于从光学检测器接收信号并且用于确定入射角。在这方面,控制器402可以通过以下等式: $\alpha = \tan^{-1}(d/D)$  确定入射角 $\alpha$ ,其中D是光学检测器与回射器的虚拟顶点211之间的预先确定间隔距离,并且d是穿过回射器202的漏光与由光学检测器限定的中心或其它参考位置的偏移。在一些实施例中,回射系统200和相关定位器和/或马达可以通过与控制器402分离的回射系统控制器控制。在一些实施例中,控制器402可以将命令发给此回射系统控制器,并且从此回射系统控制器接收回射系统的状态信息。

[0041] 在一些实施例中,回射器202和光学检测器通常安装在例如回射器外壳202'的外壳内。外壳202'进而安装到待监测的物体,例如,机器(例如,机器120或工件130)的末端执行器140,以便与其一起移动。然而,在其它实施例中,回射器202还可以相对于待监测的物体可控制地定位。在这方面,可操纵回射系统200包含用于响应于由光学检测器检测到的漏光而可控制地操纵回射器202的构件。在一些实施例中,用于可控制地操纵回射器的构件包含用于移动回射器的至少一个定位器以及回射系统控制器,例如,上述微处理器,所述回射系统控制器引导至少一个定位器以响应于由光学检测器检测到的漏光而可控制地操纵回射器202。

[0042] 在各个实施例中,定位器可以包含用于围绕相应轴线移动回射器202的一个或多个马达。例如,用于可控制地操纵回射器202的构件可以包含俯仰马达204。在一些实施例中,俯仰马达204可以是步进马达,所述步进马达具有连接到回射器外壳202'的轴,回射器202和光学检测器安置在所述回射器外壳中。因此,回射系统控制器可以致动俯仰马达204,以便使轴旋转并且进而使回射器202围绕俯仰轴线204'旋转。另外,用于可控制地操纵回射器202的构件可以包含方位马达206。类似地,方位马达可以是具有连接到外壳202'的轴的步进马达。因此,回射系统控制器可以致动方位马达206,以便使轴旋转并且进而使包含回射器202和光学检测器的反射器外壳202'旋转。具体来说,方位马达206使回射器202围绕由方位马达206的轴限定的方位轴线206'旋转。在其它实施例中,俯仰马达204和/或方位马达206可以包括各种其它马达类型,例如,DC马达、伺服马达等。

[0043] 在一些实施例中,分别由俯仰马达和方位马达的轴限定的轴线204'和206'在回射器202的顶点211处相交,使得回射器202的顶点211保持在相同位置,并且在致动俯仰马达204和/或方位马达206之后回射器的剩余部分围绕其枢转。如图2中进一步描绘,方位马达可以安装到马达底座210,所述马达底座进而固定到待监测的物体,例如,在图1和图3A至3B中示意性地示出的机器120、120a和120b的末端执行器140。因此,俯仰马达和方位马达的受

控致动可以相对于安装有可操纵回射系统200的物体可控制地操纵回射器。在一些实施例中,回射系统控制器优选地与俯仰马达204和方位步进马达206中的每一个电通信,以便可控制地致动马达。在其它实施例中,可操纵回射系统200可以包含用于可控制地操纵回射器202的其它构件而不脱离本发明的精神和范围。

[0044] 回射器202可以被机器系统100的操作者以任何期望的方式操纵,如下文描述。例如,回射器可以以开环方式被操纵通过一系列位置,所述位置中的每一个位置提前进行限定。替换地,回射器可以通过回射系统控制器以闭环方式操纵,以便跟随或追踪入射光。在这方面,可操纵回射系统200可以通过各种方式追踪入射光。在一些实施例中,例如,光学检测器可以限定目标区域,并且回射系统控制器操纵回射器202以将漏光保持在目标区域内。通过将漏光保持在目标区域内,回射系统控制器还可以操纵回射器202以跟随入射光。

[0045] 机器系统的示例

[0046] 下图提供机器系统的额外示例,例如,先前结合图1描述的机器系统100。图3A是根据一些实施例的包含安装到机器的可操纵回射系统的机器系统300的示意说明。在各个实施例中,机器系统300包含安装到机器120a的末端执行器140a的可操纵回射系统200。在一些实施例中,末端执行器140a可以是末端执行器140并且机器120a可以是机器120。如图3A中所描绘,机器120a被配置为安装到固定马达底座310a的机器人臂,并且包括一个或多个可旋转接头,包含接头308a、308b和308c,所述接头允许机器人臂120a(例如,机器120)在多个方向上并且围绕多个轴线移动。图3B是根据一些实施例的包含通过光源照射的安装在可操纵回射系统的机器系统301的示意说明。在各个实施例中,系统301包含安装到机器120b的末端执行器140b的可操纵回射系统200。在一些实施例中,末端执行器140b可以是末端执行器140并且机器120b可以是机器120。如图3B中所描绘,机器120b配置有一个或多个可旋转接头,包含接头308d和308e,所述接头允许机器120b(例如,机器120)在多个方向上并且围绕多个轴线移动。另外,机器系统301可以包含用激光束190b照射可操纵回射系统200的回射器的激光测量系统180b。激光测量系统180b可以是先前结合图1描述的激光测量系统180。在一些实施例中,激光测量系统180b可以包含用于在多个方向上并且围绕多个轴线进行移动的俯仰马达182和方位马达184。

[0047] 图4是指示各个组件间的相互关系和经过组件的信号的本发明的一个实施例的机器系统400的示意表示。图4内的虚线指示对系统400可选的操作和/或组件。在一些实施例中,机器系统400可以实施为先前结合图1描述的机器系统100,和/或先前结合图3A至3B描述的机器系统300和/或301。在一些实施例中,在机械加工和/或工装工艺的校准阶段期间实施机器系统400。在一些实施例中,图4中所示的组件可以通过无线和/或有线网络连接。在一些实施例中,机器系统400还可以包含一个或多个激光测量系统,例如,激光追踪器180,除了其它组件之外,所述激光测量系统中的每一个包含通过驱动马达182和184或其它带马达的角操纵头操纵激光束190的激光测量系统控制器180'。因此,过程控制器402可以将命令提供到激光测量系统控制器180',以便指定操纵激光束所沿的方向。基于从相应回射器202反射的信号,激光测量系统控制器180'可以确定回射器202的实际位置,并且进而确定安装有回射器202的机器120的部分或部件130的实际位置。

[0048] 如图4所示,激光测量系统控制器随后可以将指示回射器202的实际位置的信号传输到过程控制器402。基于指示回射器202的实际位置并且进而指示安装有回射器202的机

器120的部分或部件130的实际位置的信号,过程控制器402可以修改引导相应机器移动的传输到机器控制器404的命令,以便在包含校准阶段的机械加工工艺期间补偿CNC程序所考虑的机器120的实际位置与机器120的预测位置之间的差。通过补偿机器120的实际位置与机器120(机器系统,例如,系统100、300和/或301)的预期位置之间的差,本发明可以比常规机器系统更准确地机械加工部件。在这方面,部件130和/或机器120出现的变化(例如,由于温度波动出现的变化)例如,可以通过修改引导相应机器(例如,机器120、120a和/或120b)移动的从过程控制器402传输到机器控制器404的命令而调节。

[0049] 在一些实施例中,单个过程控制器402可以与可操纵回射系统200、机器120和激光测量系统180或其任何组合直接通信。然而,如图4中所示,系统400可以不包含各个实施例中的可操纵回射系统200和/或激光测量系统控制器180'。如先前所描述,可操纵回射系统200可以由单独的回射系统控制器(未示出)控制,所述单独的回射系统控制器可以或可以不与过程控制器402通信。类似地,激光测量系统180和激光测量系统控制器180'可以包括可以或可以不与过程控制器402通信的单独系统。例如,过程控制器402和机器控制器404包括不与激光测量系统控制器180'和/或可操纵回射系统200,以及对应的回射系统控制器通信的单独系统。实际上,可以离线分析和应用从每个系统产生的数据以建立CNC最终路径命令。

[0050] 本发明的机器系统100可以用于各个应用中。例如,机器系统可以与安装到机器120上的单个可操纵回射系统200和单个激光测量系统180一起使用,以便根据静态模式或动态模式测量回射器(例如,回射器202)的XYZ位置。在静态模式中,本发明的机器系统可以测量回射器202的位置,并且进而测量安装有回射器202的机器120的部分的位置。在动态模式中,机器系统400重复地测量回射器202的位置,并且进而测量安装有回射器202的机器120的部分的位置,以便有效地监测机器移动所沿的路径。在机器系统400包含单个可操纵回射系统200和单个激光测量系统180的该实施例中,可操纵回射目标通常将在闭环模式下操作,以便追踪由激光测量系统180发射的激光束。因此,机器120可以在更大距离内移动并且可以采用更多定向,同时继续在由回射器202限定的接受角内接收由激光测量系统180发射的激光束。

[0051] 在其它实施例中,机器系统100可以包含单个激光测量系统180和安装在机器120的不同部分上的多个可操纵回射目标200。为了照射这些可操纵回射系统中的每一个,激光测量系统优选地由过程控制器402驱动以按序照射相应回射器202,所述回射器中的每一个以上述方式朝向激光测量系统操纵。通过测量多个回射器的相对位置,此实施例的机器系统可以有利地确定机器的XYZ位置以及在静态模式中(即在具体位置中)或在机器沿着行进路径移动时的动态模式中机器的俯仰、横摆和滚转。

[0052] 相反,机器系统100可以包含多个激光测量系统180和安装在机器120上的单个可操纵回射系统200。在这方面,过程控制器402优选地命令可操纵回射系统200依序指向多个激光测量系统180中的至少一个并且追踪多个激光测量系统180中的不同者。因此,可操纵回射系统200可以闭环方式操作以追踪特定激光测量系统,直到由过程控制器402命令指向另一激光测量系统180为止,此时,可操纵回射系统200开始以开环方式操作,以便朝向另一激光测量系统移动。在可操纵回射系统200指向另一激光测量系统180之后,可操纵回射系统200可以再次以闭环模式操作,以便追踪另一激光测量系统180。因此,此实施例的机器系



$$[0065] \quad R_z(\theta_c) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0066] 机器坐标 $T_z(X, Y, Z)$ 的平移矩阵可以是：

$$[0067] \quad T_z(X, Y, Z) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X \\ 0 & 1 & 0 & Y \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0068] 可以通过A轴线枢轴长度pivotLength和回射系统200的长度targetLength进一步确定回射器202的位置,其中 $L = \text{pivotLength} + \text{targetLength}$ 。因此,用于A轴线枢轴长度和回射系统200的长度 $T_L(L)$ 的平移矩阵可以是：

$$[0069] \quad T_L(L) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0070] 通过定义此类变量,可以通过以下等式确定前向运动转换矩阵FK:

$$[0071] \quad FK = T_z(x, y, z) * R_z(\theta_c) * R_x(\theta_A) * T_L(x, y, z)$$

[0072] 利用前向运动矩阵FK,工具尖端坐标p被确定为:

$$[0073] \quad \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} = FK * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$[0074] \quad p = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}$$

[0075] 工具轴线向量(i, j, k)可以被确定为:

$$[0076] \quad \begin{bmatrix} i \\ j \\ k \\ 1 \end{bmatrix} = FK * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$[0077] \quad \text{toolVector} = \begin{bmatrix} i \\ j \\ k \end{bmatrix}$$

[0078] 随后,通过使用逆向运动学,确定回射系统200的轴线在3维空间中的定向。例如,从回射器到激光测量系统180的位置的向量可以通过以下得到:

$$[0079] \quad \begin{bmatrix} i_T \\ j_T \\ k_T \\ 1 \end{bmatrix} = FK^{-1} * P_T$$

$$[0080] \quad v = \begin{bmatrix} i_T \\ j_T \\ k_T \end{bmatrix}$$

[0081] 随后缩放v的量值以获得具有反号的单位向量:

$$[0082] \quad v = -v/|v|$$

[0083] 随后可以通过以下等式计算出回射系统200的旋转坐标(以度为单位):

$$[0084] \quad C2 = \text{atan2}(j_T, i_T) * 180/\pi$$

$$[0085] \quad B2 = \text{atan2}\left(\sqrt{i_T^2 + j_T^2}, k\right) * 180/\pi$$

$$[0086] \quad P_{AT} = \begin{bmatrix} C2 \\ B2 \end{bmatrix}$$

[0087] 对于每个机器位置 $P_j$ ,

$$[0088] \quad \|P_j - P_{j-1}\| = \begin{bmatrix} dX_j \\ dY_j \\ dZ_j \end{bmatrix}$$

$$[0089] \quad mag_j = \sqrt{dX_j^2 + dY_j^2 + dZ_j^2}$$

$$[0090] \quad S = \text{ceil}(mag_j/D) - 1$$

[0091] 给定N作为机器位置的数目,j描述机器位置的索引 $j=1 \dots N$ 。其中D作为每段在位置j与j+1之间的期望距离,并且给定S作为位置j与j+1之间的段数,k是每个位置j与j+1之间的段的索引,其中 $k=1 \dots S$ ,并且 $mag_j$ 是机器120从第一位置到第二位置行进的线性距离。

[0092] 随后,对于每段 $P_{j,k}$ ,

$$[0093] \quad \|P_{j,k+1} - P_{j,k}\| = \begin{bmatrix} dX_{j,k} \\ dY_{j,k} \\ dZ_{j,k} \end{bmatrix}$$

$$[0094] \quad \|P_{ATj,k+1} - P_{ATj,k}\| = \begin{bmatrix} dC2 \\ dB2 \end{bmatrix}$$

$$[0095] \quad mag_{j,k} = \sqrt{dX_{j,k}^2 + dY_{j,k}^2 + dZ_{j,k}^2}$$

[0096] 此处, $mag_{j,k}$ 是机器120从给定段的起始点到终点行进的线性距离。给定回射系统200的马达的最大旋转速度 $velMax$ 和机器120的进给率阈值 $normFeed$ ,可以用以下等式确定值( $F_{j,k}$ )以限制机器120的进给率或末端执行器的速度,以便优化机器进给率,从而保持回射器202与激光管理系统180之间的光学接触。

$$[0097] \quad F_{j,k} = \min\left(\frac{mag_{j,k} * velMax}{dC2}, \frac{mag_{j,k} * velMax}{dB2}, normFeed\right)$$

[0098] 其中 $dC2$ 是针对所述段调整回射器所需的方位马达的旋转度,并且其中 $dB2$ 是针对所述段调整回射器所需的俯仰马达的旋转度。因此, $(mag_{j,k} * velMax)/dC2$ 表示机器120的移动的最大速率,方位马达206可以用所述最大速率从所述段的起始点最佳地移动回射器以在所述段的终点处实现期望位置。类似地, $(mag_{j,k} * velMax)/dB2$ 表示机器120的移动的最大速率,俯仰马达204可以用所述最大速率从所述段的起始点最佳地移动回射器以在所述段

的终点处实现期望位置。在一些实施例中， $\text{mag}_{j,k}$ 的单位是距离，例如，英寸。在一些实施例中， $\text{velMax}$ 的单位是随时间的度数，例如，度/分钟。在一些实施例中， $\text{dC2}$ 和 $\text{dB2}$ 的单位是度。在一些实施例中， $\text{normFeed}$ 的单位是距离/时间，例如，英寸/分钟。

[0099] 使用此算法以及相关计算，过程控制器402可以将段( $F_{j,k}$ )中的机器120的进给率限制到 $(\text{mag}_{j,k} * \text{velMax}) / \text{dC2}$ 、 $(\text{mag}_{j,k} * \text{velMax}) / \text{dB2}$ 和 $\text{normFeed}$ 之间的最小值，这基于回射系统200的旋转速度约束而确定机器120的最大进给率。例如，机器(例如，机器120)的进给率阈值 $\text{normFeed}$ 的通常数量可以约为300英寸/分钟。方位马达206可以从第一段的起始点最佳地移动回射器202以在第一段的终点处实现期望位置的最大速率可以是400英寸/分钟，并且俯仰马达204可以从第一段的起始点最佳地移动回射器202以在第一段的终点处实现期望位置的最大速率是450英寸/分钟。此处，过程控制器402不需要将机器120的进给率限制到低于进给率阈值 $\text{normFeed}$ ，所述进给率阈值是300英寸/分钟。

[0100] 然而，如果方位马达206和/或俯仰马达204可以从段的起始点最佳地移动回射器202以在所述段的终点处实现期望位置的最大速率小于300英寸/分钟，则过程控制器402可以针对所述具体段相应地调整机器120的进给率。例如，方位马达206可以从第二段的起始点最佳地移动回射器202以在第二段的终点处实现期望位置的最大速率可以是250英寸/分钟。此处，过程控制器402可以将定位命令发给机器控制器404(如图4中描述)，以将机器120的进给率减慢到250英寸/分钟，以便确保回射器202与从激光管理系统180发射的激光束190之间的恒定接触。如果通过方位马达206和/或俯仰马达204最佳移动回射器202的最大速率在后续段处增加至超过 $\text{normFeed}$ 值，则过程控制器402随后可以针对后续段将机器120的进给率增加到进给率阈值 $\text{normFeed}$ 。

[0101] 用于分割机器移动以及调整机器进给率的此过程对现有解决方案更有利，现有解决方案需要机械工具操作者人工地观察回射系统200的位置和速度并且在机械工具控制器404上使用进给修调来避免激光束中断。现有系统由于人机交互而产生误差，增加劳动力需求并且延长机械工具测量时间。在一些实施例中，在测量期间，可以将测量时间减少约50%而不需要机械工具操作者。

[0102] 在其它实施例中，过程控制器402可以使用类似逆向运动学和机械工具运动学来计算激光测量系统180b的方位马达184和/或俯仰马达182可以从段的起始点最佳地调整激光束190b以在所述段的终点处实现期望位置的最低最大速率。因此，过程控制器402可以针对段( $j,k$ )中将机器120的进给率限制到在机器120b的进给率阈值 $\text{normFeed}$ 与方位马达184和/或俯仰马达182可以从所述段的起始点最佳地移动激光测量系统180b以在所述段的终点处实现期望位置的最大速率之间的最小值。在其它实施例中，过程控制器402可以针对段产生来自回射系统200和激光管理系统180b两者的马达的最大速率以便确定用于所述段中的最佳机器进给率。

[0103] 图5A至5B说明根据一些实施例的与用于调整机器进给率的方法500对应的过程流程图。方法500可以通过上述机器系统100、300、301和/或400的各个实施例实施。在一些实施例中，方法500可以被实施为包含校准阶段的机械加工和/或工装工艺之前的预处理。替换地，和/或另外，可以在机器系统的操作期间实时地实施方法500。在一些实施例中，方法500可以实施为下文参考图8描述的过程800的具体部分，例如，至少操作804、808和810。图5A至5B内的虚线指示方法500的任选操作和/或组件。

[0104] 在操作501处,确定机器517的第一位置和第二位置。可以基于用于具体机械加工和/或工装操作的机器指令而确定机器517的第一位置和第二位置。在一些实施例中,第一位置和第二位置限定机器517在三维空间中的移动503。机器517可以包括一个或多个可旋转接头520。例如,机器517可以是机器人臂,例如,机器120a,或其它机构,例如,机器120和/或120b。如先前所描述,机器指令可以包含用于将机器(例如,机器517)移动到各个机器位置中的多个指令行。如先前还描述,机器指令可以进一步包含用于分割机器517从一个机器位置到另一机器位置的移动的指令。在操作505处,将机器517的移动503分割成一个或多个段507。每段507可以限定机器517在三维空间中的起始点与终点之间的增量运动。在一些实施例中,可以基于计算,例如,在以上段落中描述的那些计算来分割机器517的移动503。

[0105] 在操作509处,基于机器517的位置而在每段507的起始点和终点处确定安装在机器517上的回射器的位置。在一些实施例中,回射器是容纳在回射系统200中的回射器202。在一些实施例中,确定回射器的位置可以包含确定机器517的一个或多个轴线519的位置。每个轴线519对应于机器517的可旋转接头520。在一些实施例中,可旋转接头520可以是例如接头308a、308b、308c、308d和/或308e的接头。在一些实施例中,确定机器517的一个或多个轴线519的位置可以基于用于具体操作的机器指令。

[0106] 如先前所描述,回射器可以包括三角棱镜,所述三角棱镜具有通过其接收入射光的输入表面以及用于反射入射光的多个反射表面。三角棱镜还可以限定与输入表面相对的至少部分透射的窗口,使得漏光穿过所述窗口并且离开三角棱镜。在一些实施例中,各种其它类型的回射器可以在方法500中实施,如先前参考图2所描述。

[0107] 在操作515处,在检测到定位器移动回射器要求的速度超过某一段进给率阈值之后调整机器517的进给率,使得入射光束可以在机器517从第一位置移动503到第二位置的整个过程中与回射器保持恒定接触。在一些实施例中,定位器525可以包含被配置成移动回射器521的一个或多个马达。例如,定位器525包含以下马达中的一个或多个:方位马达和俯仰马达。在一些实施例中,方位马达可以是方位马达206并且俯仰马达可以是俯仰马达204。方位马达的旋转轴线,例如方位轴线206'可以垂直于(527)俯仰马达的旋转轴线,例如俯仰轴线204'。

[0108] 在具体实施例中,调整机器517的进给率包含将机器517的进给率限制为通过以下等式(529)确定的值( $F_{j,k}$ ):

$$[0109] \quad F_{j,k} = \min \left( \frac{mag * velMax}{dC2}, \frac{mag * velMax}{dB2}, normFeed \right)$$

[0110] 如上文先前所描述,mag是机器从段507的起始点到终点行进的距离,例如,先前在段落0064和0065中描述的 $mag_{i,k}$ ,velMax是定位器525的一个或多个马达的最大旋转速度,dC2是针对段507调整回射器所需的方位马达的旋转度,dB2是针对段507调整回射器所需的俯仰马达的旋转度,并且normFeed是机器517的最大进给率。如先前还结合图4所描述,可以调整机器控制器404以将具体段507处的机器120的进给率限制为通过等式529确定的最低值,以便确保回射器521和/或202可以被调整以保持与从激光管理系统180发射的激光束190恒定接触。在一些实施例中,过程控制器402可以发信号通知机器控制器404以因此限制具体段507处的机器120的进给率。

[0111] 在一些实施例中,调整机器的进给率包括在校准阶段531发生之前预先确定机器

的进给率路径。如先前所描述,方法500可以实施为包含校准阶段的机械加工和/或工装工艺之前的预处理。可以实施方法500以调整机器进给率,以便确保回射器521可以在校准阶段期间与光源(例如激光测量系统180)保持最佳光学接触。在校准之后,机器517可以用于机械加工和/或工装操作,其中回射器521和/或激光测量系统180停用和/或从机器系统移除。替换地,和/或另外,调整机器517的进给率可以自动地实时533发生。这可以在机械加工过程和/或校准过程期间发生。在此类实施例中,可以通过激光测量系统,例如激光测量系统180进一步确定机器517和/或安装的回射器的位置。例如,可以在操作511处检测光束从回射器的反射。随后,可以在操作513处基于反射光而确定机器的一部分的位置。

[0112] 图6是说明能够实施本发明中描述的各个过程的计算机系统600的示例的框图。系统600通常包含电源624;一个或多个处理单元(CPU)602,用于执行被存储于存储器612中的模块、程序和/或指令并且由此执行处理操作;一个或多个网络或其它通信电路或接口620,用于与网络622通信;控制器618;以及一个或多个通信总线614,用于将这些组件互连。在一些实施例中,网络622可以是无线和/或有线的网络,如先前在图4中所描述。在一些实施例中,处理单元602可以用作过程控制器,例如,过程控制器402。在一些实施例中,处理单元602可以用作机器控制器404。在一些实施例中,处理单元602可以用作激光测量系统控制器180'。在一些实施例中,网络622可以是另一通信总线、因特网、以太网、内联网、其它广域网、局域网和城域网。通信总线614任选地包含互连和控制系统组件之间的通信的电路(有时称为芯片组)。系统600任选地包含用户接口604,所述用户接口包括显示装置606、键盘608和鼠标610。

[0113] 存储器612包含高速随机存取存储器,例如,DRAM、SRAM、DDR RAM或其它随机存取固态存储器装置;并且可以包含非易失性存储器,例如,一个或多个磁盘存储装置、光盘存储装置、闪存装置,或其它非易失性固态存储装置。存储器612可以任选地包含远离CPU 602定位的一个或多个存储装置616。

[0114] 存储器612,或替代地存储器612内的一个或多个非易失性存储器装置包括非暂时性计算机可读存储介质。在一些实施例中,存储器612或存储器612的计算机可读存储介质存储以下程序、模块和数据结构,或其子集:

[0115] 操作系统640,其包含用于处理各种基本系统服务以及用于执行硬件相关的任务的过程;

[0116] 文件系统644,用于存储各种程序文件;

[0117] 机器控制模块646,用于例如在操作501中确定机器位置,和/或例如在操作515中调节机器移动503;

[0118] 移动分割模块648,用于例如在操作505中将机器的移动分割成限定机器的增量移动的段507;

[0119] 激光追踪器控制模块650,用于控制激光测量系统(例如,激光测量系统180)的操作,以照射回射器并且通过接收和测量从回射器反射的光来确定实时机器位置,例如在操作511和513中所述的;

[0120] 回射器定位模块652,用于例如在操作509中确定一个或多个定位器在段507的各个点处操纵回射器,以便保持与由激光测量系统180发射的激光束190光学接触所需的移动;

[0121] 进给率计算模块654,用于基于从可操纵回射系统200、机器控制器404和/或激光测量系统控制器180'接收的定位信息,通过利用各种算法(例如等式529)确定最大可允许机器进给率;以及

[0122] 本地数据库信息656,其包括操作参数、测量值、机器属性、回射器属性、激光测量系统属性和/或其它网络消息。

[0123] 本发明的各种实施方案可以排除上文所识别的元件中的一个或多个的组合。例如,在机器进给率的自动调整在操作期间不会实时发生的实施例中,可以不存在激光追踪控制模块650。上文所识别元件中的每一个可以存储在先前提及的存储器装置中的一个或多个中,并且对应于用于执行上述功能的指令集。上文所识别模块中的一个或多个可以通过从可以通过网络622连接的一个或多个激光测量系统180和/或180b、可操纵回射系统200、机器控制器404和/或激光测量系统控制器180'检索输入来操作。上文所识别的模块或程序(即,指令集)不需要实施为单独的软件程序、过程或模块,并且因此这些模块的各个子集可以在各个实施例中组合或否则重新布置。在一些实施例中,存储器612可以存储上文所识别的模块和数据结构的子集。此外,存储器612可以存储上文未描述的额外的模块以及数据结构。

[0124] 尽管图6示出“用于光学终点控制优化的系统”,但是图6更多地旨在从功能上描述可以存在于一组服务器中的各个特征,而不是用作本文所述实施例的结构示意。实际上并且如本领域普通技术人员认识到,单独示出的项可以组合并且一些项可以分离。例如,在图6中单独示出的一些项可以在单个服务器上实施并且单个项可以由一个或多个服务器实施。用于实施光学终点控制优化系统的服务器的实际数目以及特征如何在服务器之间分配将在实施方案之间变化,并且可以部分取决于在高峰使用周期期间以及在平均使用周期期间系统必须处理的数据通信的量。

[0125] 飞机的示例以及制造和操作飞机的方法

[0126] 为了更好地理解所描述系统和技术的实施方式的各个方面,现呈现飞机和机翼的简单描述。图7是根据一些实施例的飞机700的示意说明。如图7所描绘,飞机700由纵轴(X轴)、横轴(Y轴)和竖轴(Z轴)限定。在各个实施例中,飞机700包括具有内部770的机身750。飞机700包含耦合到机身750的机翼720。飞机700还可以包含通过机翼720支撑的发动机730。在一些实施例中,飞机700进一步包含多个高级检查系统,例如,电气检查系统740和环境检查系统760。在其它实施例中,可以包含任何数目的其它检查系统。

[0127] 图7中所示的飞机700是交通工具的一个示例,所述交通工具的组件可以根据说明性实施例通过实施方法500由机器系统100、300、301和/或400制造、修改或机械加工。尽管示出航空航天示例,但是本文所揭示的原理可以应用于其它工业,例如,汽车工业。因此,除了飞机700之外,本文所揭示的原理可以应用于其它交通工具,例如,地面交通工具、海上交通工具、宇宙交通工具等。

[0128] 本发明的示例可以描述于如图8所示的飞机制造和维护方法800以及如图7所示的飞机700的上下文中。在预生产期间,说明性方法800可以包含飞机700的规格和设计(块804)和材料采购(块806)。在生产期间,可以进行飞机700的组件和子组合件制造(块808)以及检查系统集成(块810)。所描述方法以及通过这些方法形成的组合件可以用于飞机700的规格和设计(块804)、材料采购(块806)、组件和子组合件制造(块808)和/或飞机700的检查

系统集成(块810)中的任一个中。

[0129] 此后,飞机700可以通过认证和交付(块812)以投入使用(块814)。在使用时,飞机700可以安排日常维修和维护(块816)。日常维修和维护可以包含飞机700的一个或多个检查系统的修改、重新配置、翻新等。所描述方法以及通过这些方法形成的组合件可以用于认证和交付(块812)、使用中(块814)和/或日常维修和维护(块816)中的任一个中。

[0130] 说明性方法800的过程中的每一个可以通过检查系统集成商、第三方和/或运营商(例如,消费者)执行或实施。出于此描述的目的,检查系统集成商可以包含,但不限于,任何数目的飞机制造商和主要检查系统承包商;第三方可以包含,但不限于,任何数目的供应商、承包商和供货商;并且运营商可以是航空公司、租赁公司、军方机构、服务组织等。

[0131] 在制造和维护方法(说明性方法800)的阶段中的任一个或多个期间可以采用本文所示出或所描述的一个或多个设备和一种或多种方法。例如,对应于组件和子组合件制造(块808)的组件或子组合件可以通过与飞机700在使用时(块814)生产的组件或子组合件类似的方式制造或生产。此外,可以在生产阶段(块808)和(块810)期间利用一个或多个设备、一种或多种方法或其组合的一个或多个示例以显著加快飞机700的组装或减少飞机700的成本。类似地,在飞机700使用时(块814)和/或在维修和维护期间(块816),例如但不限于,可以利用设备或方法实现或其组合的一个或多个示例。

[0132] 结论

[0133] 本文所揭示的设备和方法的不同示例包含各个组件、特征和功能。应理解,本文所揭示的设备和方法的各个示例可以包含本文所揭示的设备和方法的任何其它示例中的组件、特征和功能中的任一个的任何组合,并且所有这些可能预期处于本发明的精神和范围内。本文提出的示例的许多修改对于已经受益于前述描述和相关附图中提出的教导的本公开所属领域的技术人员来说是容易想到的。

[0134] 此外,应理解,本发明不限于所说明的具体示例,并且修改和其它示例预期包含在所附权利要求书的范围内。此外,尽管之前描述和相关附图在元件和/或功能的某些说明性组合的上下文中描述本发明的示例,但是应了解,在不脱离所附权利要求书的范围的情况下,可以通过替代实施方案提供元件和/或功能的不同组合。因此,所附权利要求书中的在括号内的参考数字仅用于说明目的,并且并非意图将所主张主题的范围限于本发明中提供的具体示例。

[0135] 此外,本发明包括根据以下条款的实施例:

[0136] 1. 一种机器系统光学终点控制优化,其包括:

[0137] 能够在至少一个方向上移动的机器,其中配置所述机器,使得在校准阶段期间,将可操纵回射系统安装在所述机器上以与其一起移动,所述可操纵回射系统包括:

[0138] 回射器,用于反射入射到其上的至少一些光;以及

[0139] 定位器,用于移动所述回射器;

[0140] 控制器,其被配置成控制所述机器在所述至少一个方向上的移动;以及

[0141] 其中所述机器系统被配置成在确定所述定位器将所述回射器移动到期望位置所要求的速度超过某一段进给率阈值之后调整所述机器的进给率,使得入射光束能够在所述机器从第一位置到第二位置的整个移动过程中与所述回射器保持恒定接触。

[0142] 2. 根据条款1所述的机器系统,其中所述机器包括一个或多个可旋转接头。

[0143] 3. 根据条款2所述的机器系统,其进一步被配置成基于确定所述机器的一个或多个轴线的位置而确定所述回射器的位置,其中每个轴线对应于所述机器的可旋转接头。

[0144] 4. 根据条款1所述的机器系统,其中所述定位器包含以下马达中的一个或多个:

[0145] 方位马达,以及

[0146] 俯仰马达,

[0147] 其中所述方位马达的旋转轴线垂直于所述俯仰马达的旋转轴线。

[0148] 5. 根据条款4所述的机器系统,其中调整所述机器的所述进给率包含针对段( $F_{j,k}$ )将所述机器的所述进给率限制到通过以下等式确定的值:

$$[0149] \quad F_{j,k} = \min\left(\frac{mag * velMax}{dC2}, \frac{mag * velMax}{dB2}, normFeed\right)$$

[0150] 其中mag是所述机器从所述段的起始点到终点行进的距离;

[0151] 其中velMax是所述定位器的所述一个或多个马达的最大旋转速度;

[0152] 其中dC2是针对所述段调整所述回射器所需的所述方位马达的旋转度;

[0153] 其中dB2是针对所述段调整所述回射器所需的所述俯仰马达的旋转度;以及

[0154] 其中normFeed是所述机器的最大进给率。

[0155] 6. 根据条款1所述的机器系统,其中所述机器系统进一步被配置成在所述校准阶段发生之前通过预先确定所述机器的进给率路径而调整所述机器的所述进给率。

[0156] 7. 根据条款1所述的机器系统,其中所述机器系统进一步被配置成自动地实时调整所述机器的所述进给率。

[0157] 8. 根据条款7所述的机器系统,其中所述机器系统进一步被配置成

[0158] 检测所述光束从所述回射器的反射;以及

[0159] 基于所述反射光而确定所述机器的一部分的位置。

[0160] 9. 一种调整机器进给率的方法,所述方法包括:

[0161] 确定机器的第一位置和第二位置,其中所述第一位置和所述第二位置限定所述机器在三维空间中的移动;

[0162] 将所述机器的所述移动分割成一个或多个段,其中每段在三维空间内的起始点与终点之间限定所述机器的增量运动;

[0163] 基于所述机器的所述位置而在每段的所述起始点和所述终点处确定安装在所述机器上的回射器的位置;

[0164] 在确定定位器将所述回射器移动到期望位置所要求的速度超过某一段进给率阈值之后调整所述机器的所述进给率,使得入射光束能够在所述机器从所述第一位置到所述第二位置的整个移动过程中与所述回射器保持恒定接触。

[0165] 10. 根据条款9所述的方法,其中所述机器包括一个或多个可旋转接头。

[0166] 11. 根据条款10所述的方法,其中确定所述回射器的所述位置包含确定所述机器的一个或多个轴线的位置,其中每个轴线对应于所述机器的可旋转接头。

[0167] 12. 根据条款9所述的方法,其中所述定位器包含以下马达中的一个或多个:

[0168] 方位马达,以及

[0169] 俯仰马达,

[0170] 其中所述方位马达的旋转轴线垂直于所述俯仰马达的旋转轴线。

[0171] 13. 根据条款12所述的方法,其中调整所述机器的所述进给率包含针对段( $F_{j,k}$ )将所述机器的所述进给率限制到通过以下等式确定的值:

$$[0172] \quad F_{j,k} = \min\left(\frac{mag * velMax}{dC2}, \frac{mag * velMax}{dB2}, normFeed\right)$$

[0173] 其中mag是所述机器从段的起始点到终点行进的距离;

[0174] 其中velMax是所述定位器的所述一个或多个马达的最大旋转速度;

[0175] 其中dC2是针对所述段调整所述回射器所需的所述方位马达的旋转度;

[0176] 其中dB2是针对所述段调整所述回射器所需的所述俯仰马达的旋转度;以及

[0177] 其中normFeed是所述机器的最大进给率。

[0178] 14. 根据条款9所述的方法,其中调整所述机器的所述进给率包括在校准阶段发生之前预先确定所述机器的进给率路径。

[0179] 15. 根据条款9所述的方法,其中调整所述机器的所述进给率自动地实时发生。

[0180] 16. 根据条款15所述的方法,其进一步包括:

[0181] 检测所述光束从所述回射器的反射;以及

[0182] 基于所述反射光而确定所述机器的一部分的位置。

[0183] 17. 一种非临时性计算机可读介质,其包括配置用于由计算机系统执行的一个或多个程序,所述一个或多个程序包含用于以下操作的指令:

[0184] 确定机器的第一位置和第二位置,其中所述第一位置和所述第二位置限定所述机器在三维空间中的移动;

[0185] 将所述机器的所述移动分割成一个或多个段,其中每段在三维空间内的起始点与终点之间限定所述机器的增量运动;

[0186] 基于所述机器的所述位置而在每段的所述起始点和所述终点处确定安装在所述机器上的回射器的位置;

[0187] 在确定定位器将所述回射器移动到期望位置所要求的速度超过某一段进给率阈值之后自动地调整所述机器的所述进给率,使得入射光束能够在所述机器从所述第一位置到所述第二位置的整个移动过程中与所述回射器保持恒定接触。

[0188] 18. 根据条款17所述的非临时性计算机可读介质,其中所述机器包括一个或多个可旋转接头。

[0189] 19. 根据条款18所述的非临时性计算机可读介质,其中确定所述回射器的所述位置包含确定所述机器的一个或多个轴线的位置,其中每个轴线对应于所述机器的可旋转接头。

[0190] 20. 根据条款17所述的非临时性计算机可读介质,其中所述定位器包含以下马达中的一个或多个:

[0191] 方位马达,以及

[0192] 俯仰马达,

[0193] 其中所述方位马达的旋转轴线垂直于所述俯仰马达的旋转轴线。

[0194] 21. 根据条款20所述的非临时性计算机可读介质,其中调整所述机器的所述进给率包含针对段( $F_{j,k}$ )将所述机器的所述进给率限制到通过以下等式确定的值:

[0195] 
$$F_{j,k} = \min\left(\frac{mag * velMax}{dC2}, \frac{mag * velMax}{dB2}, normFeed\right)$$

[0196] 其中mag是所述机器从段的起始点到终点行进的距离；

[0197] 其中velMax是所述定位器的所述一个或多个马达的最大旋转速度；

[0198] 其中dC2是针对所述段调整所述回射器所需的所述方位马达的旋转度；

[0199] 其中dB2是针对所述段调整所述回射器所需的所述俯仰马达的旋转度；以及

[0200] 其中normFeed是所述机器的最大进给率。

[0201] 22. 根据条款17所述的非临时性计算机可读介质，其中调整所述机器的所述进给率包括在校准阶段发生之前预先确定所述机器的进给率路径。

[0202] 23. 根据条款17所述的非临时性计算机可读介质，其中调整所述机器的所述进给率自动地实时发生。

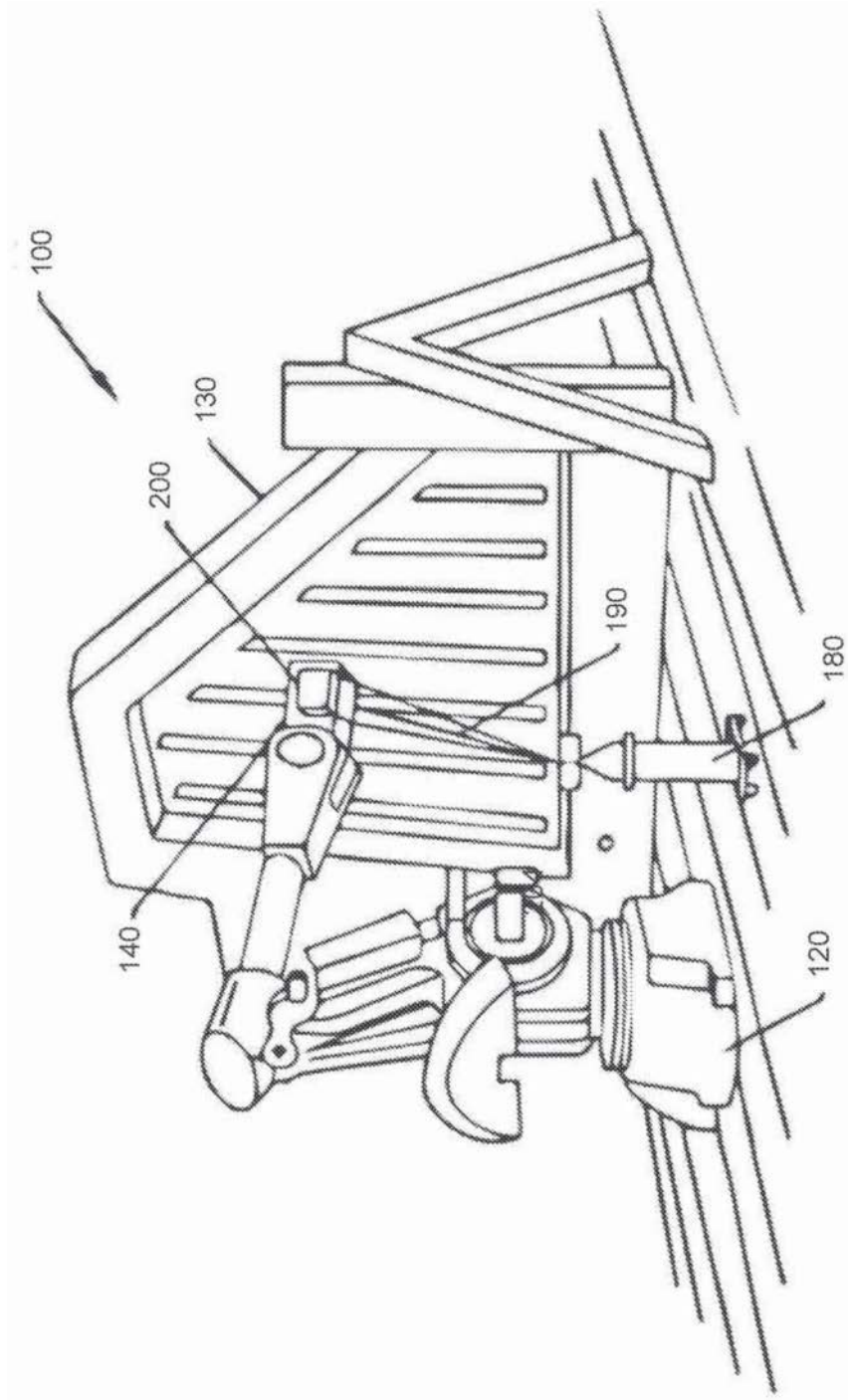


图1

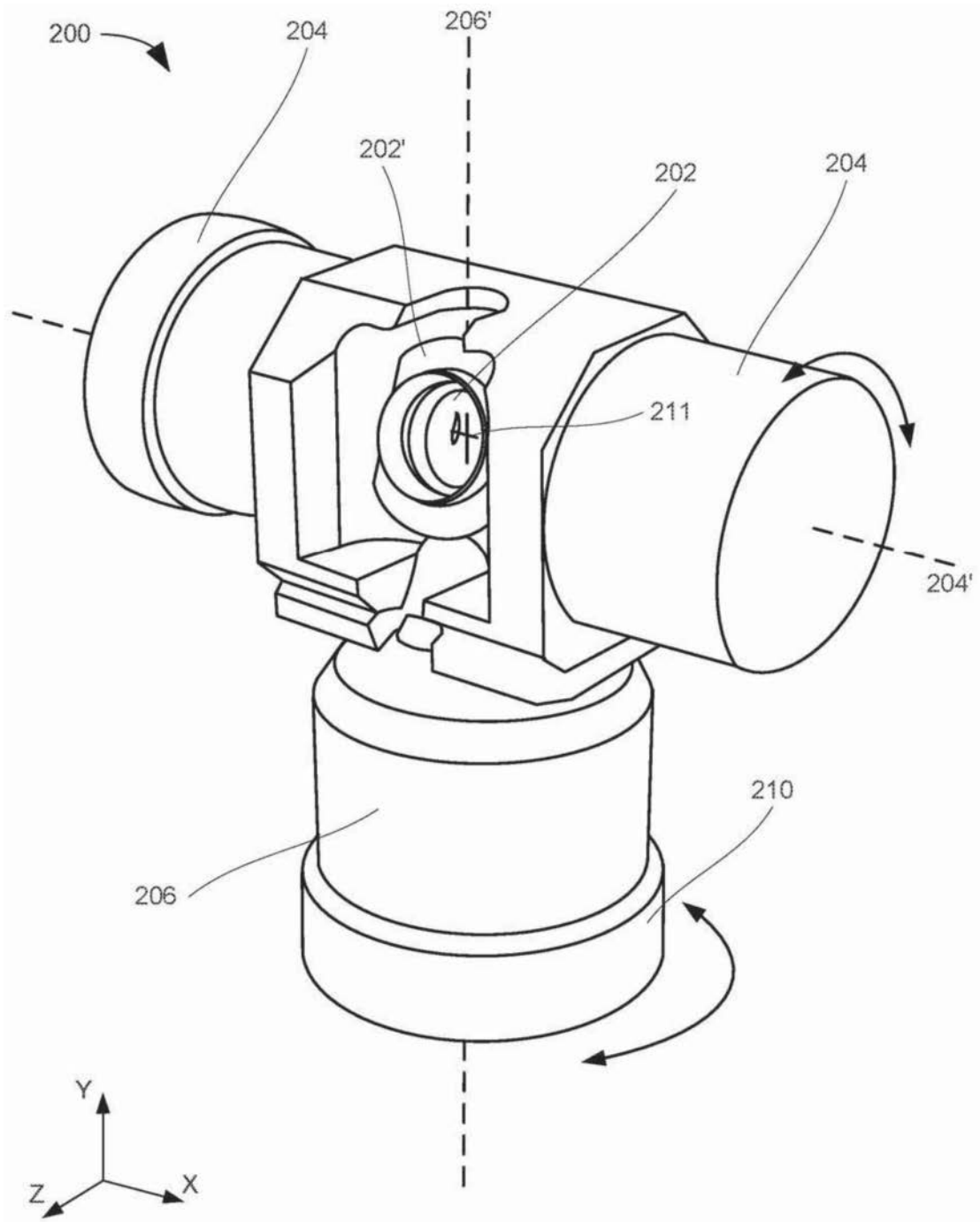


图2

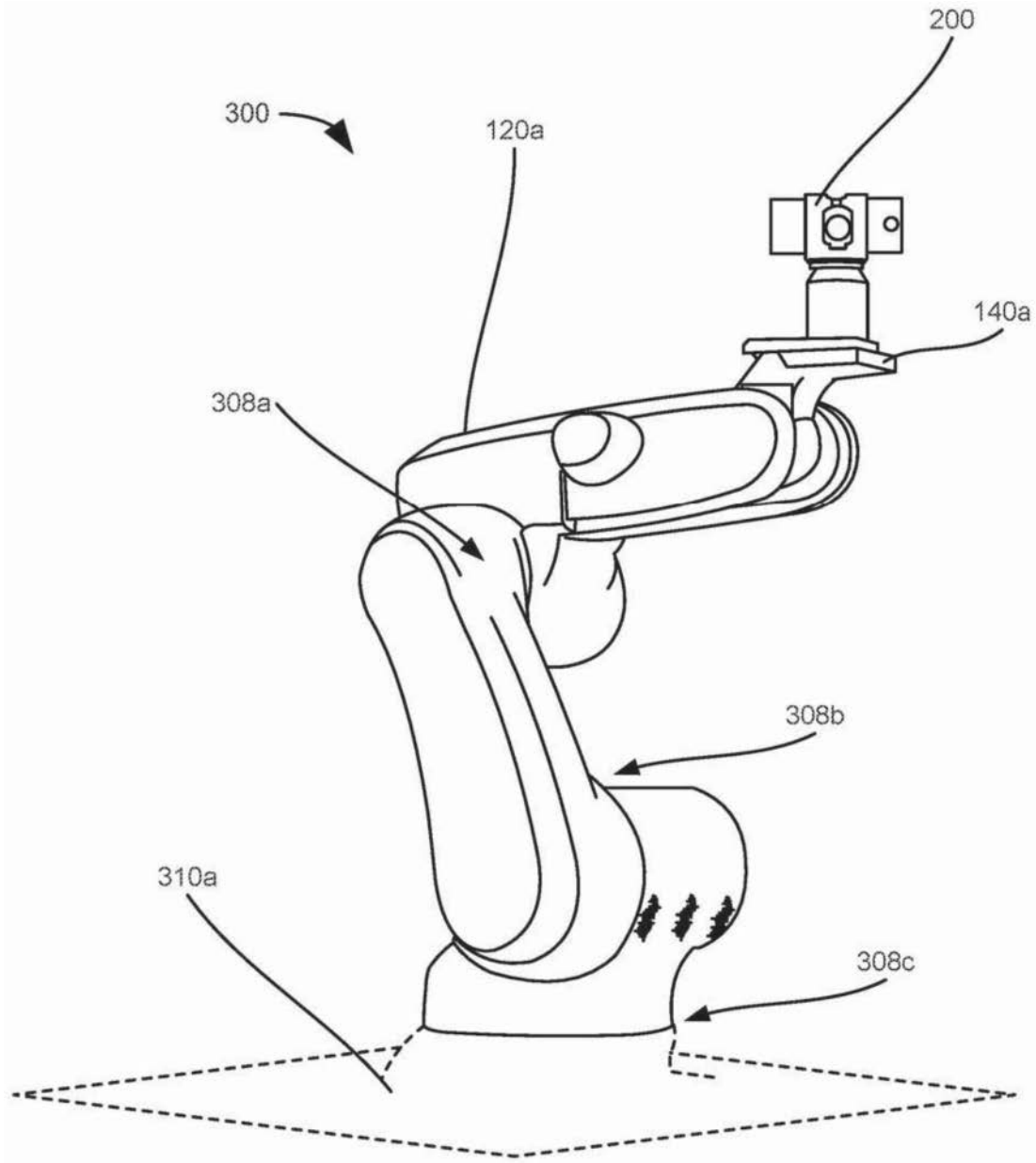


图3A

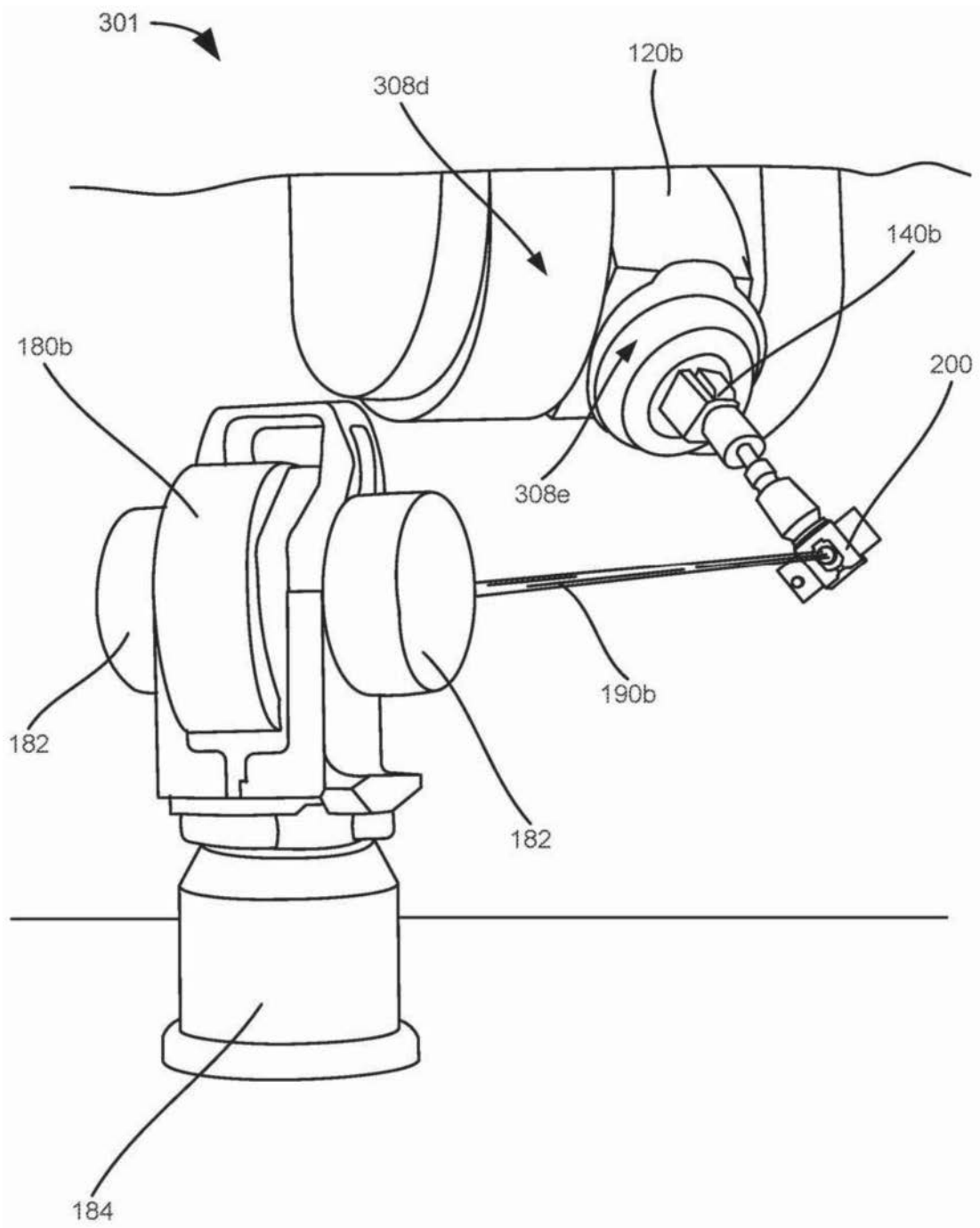


图3B

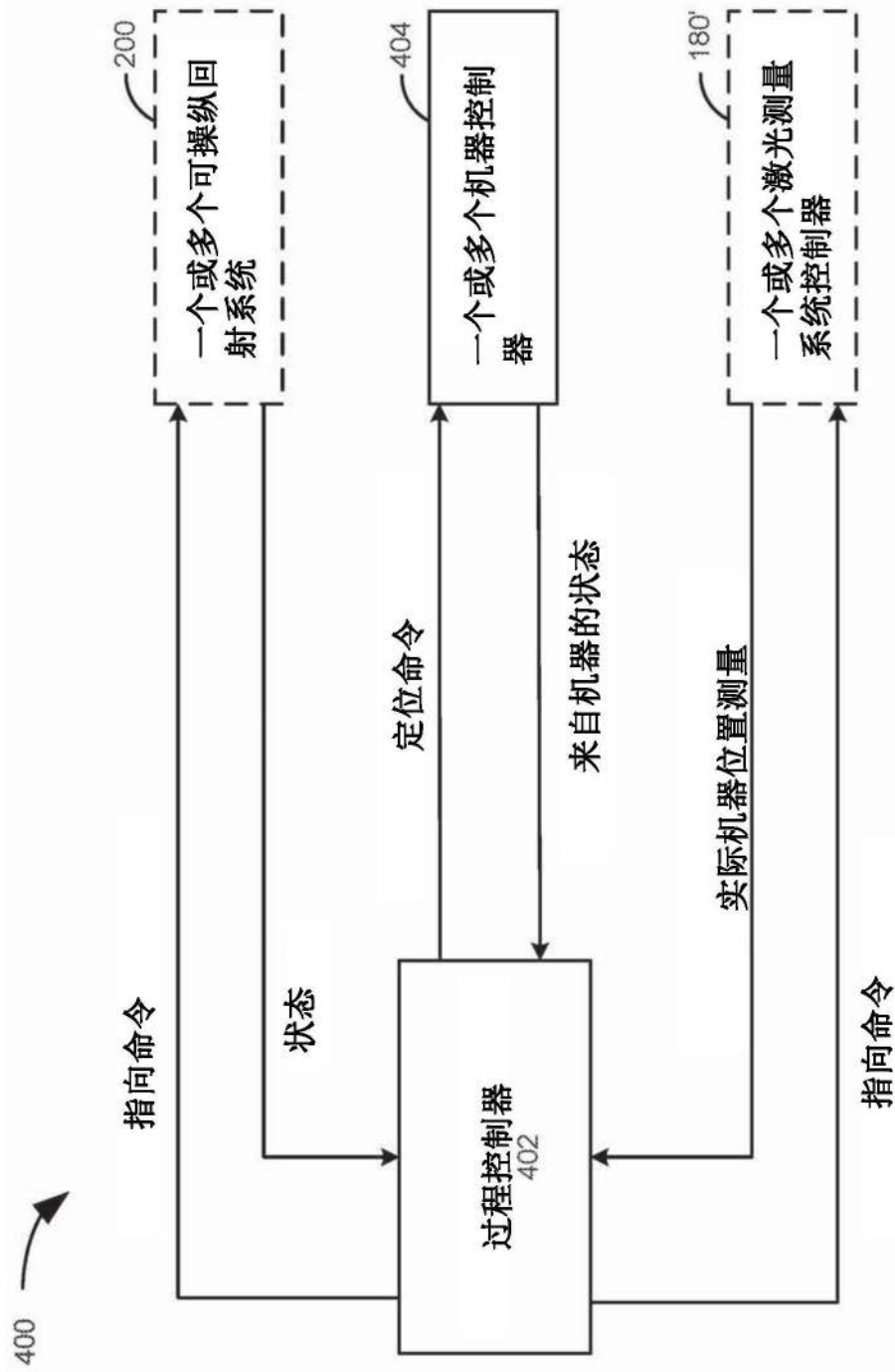


图4

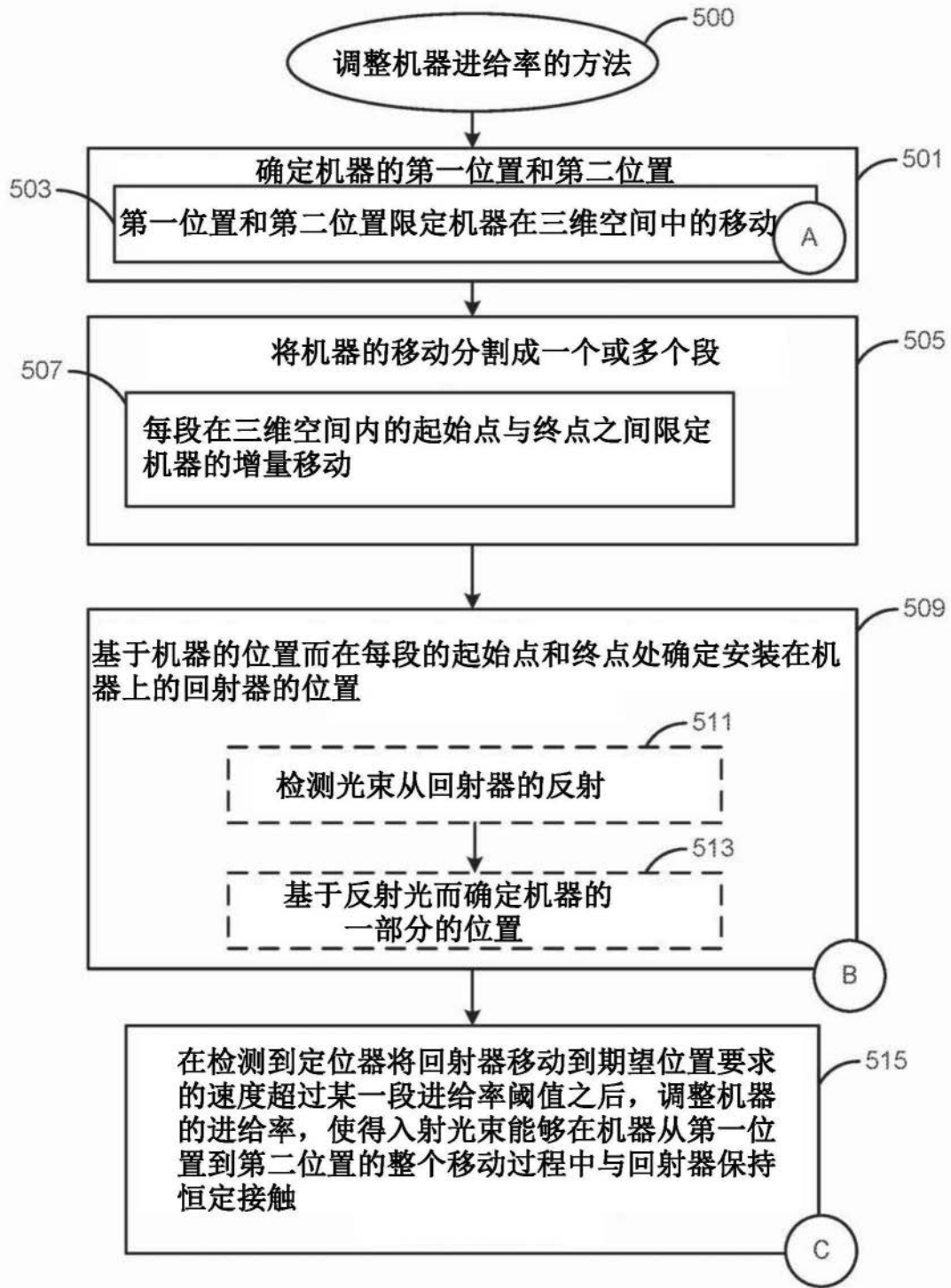


图5A

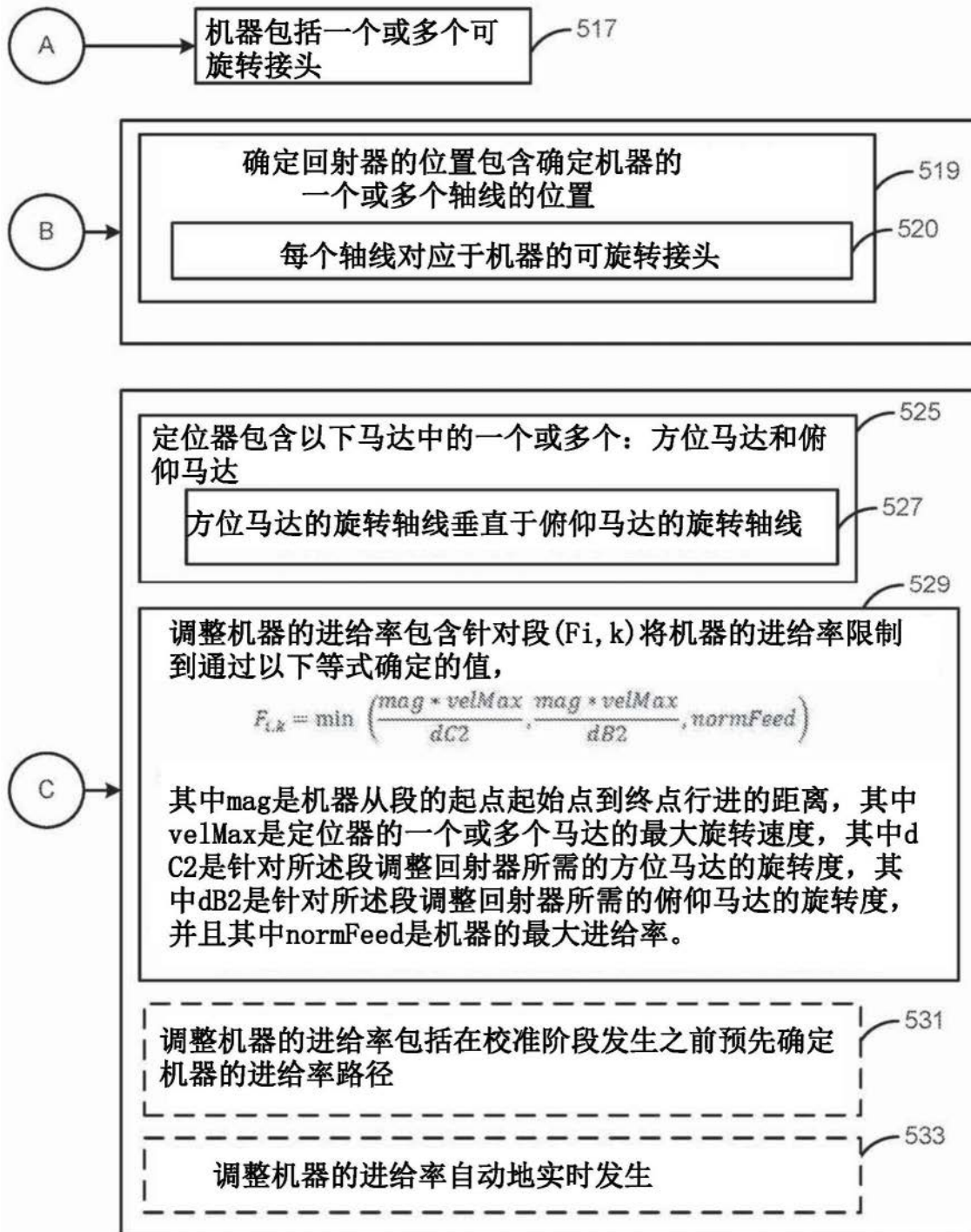


图5B

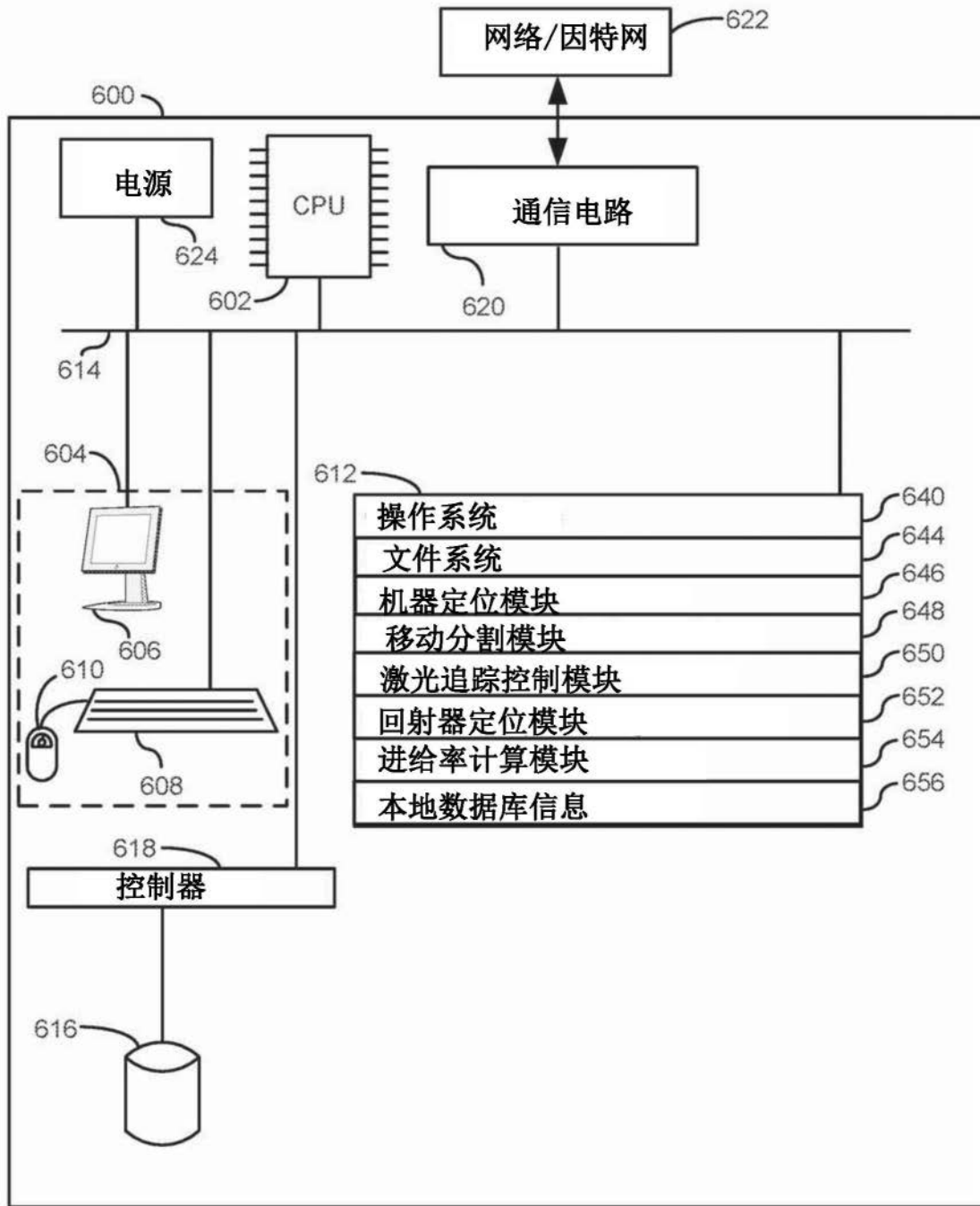


图6

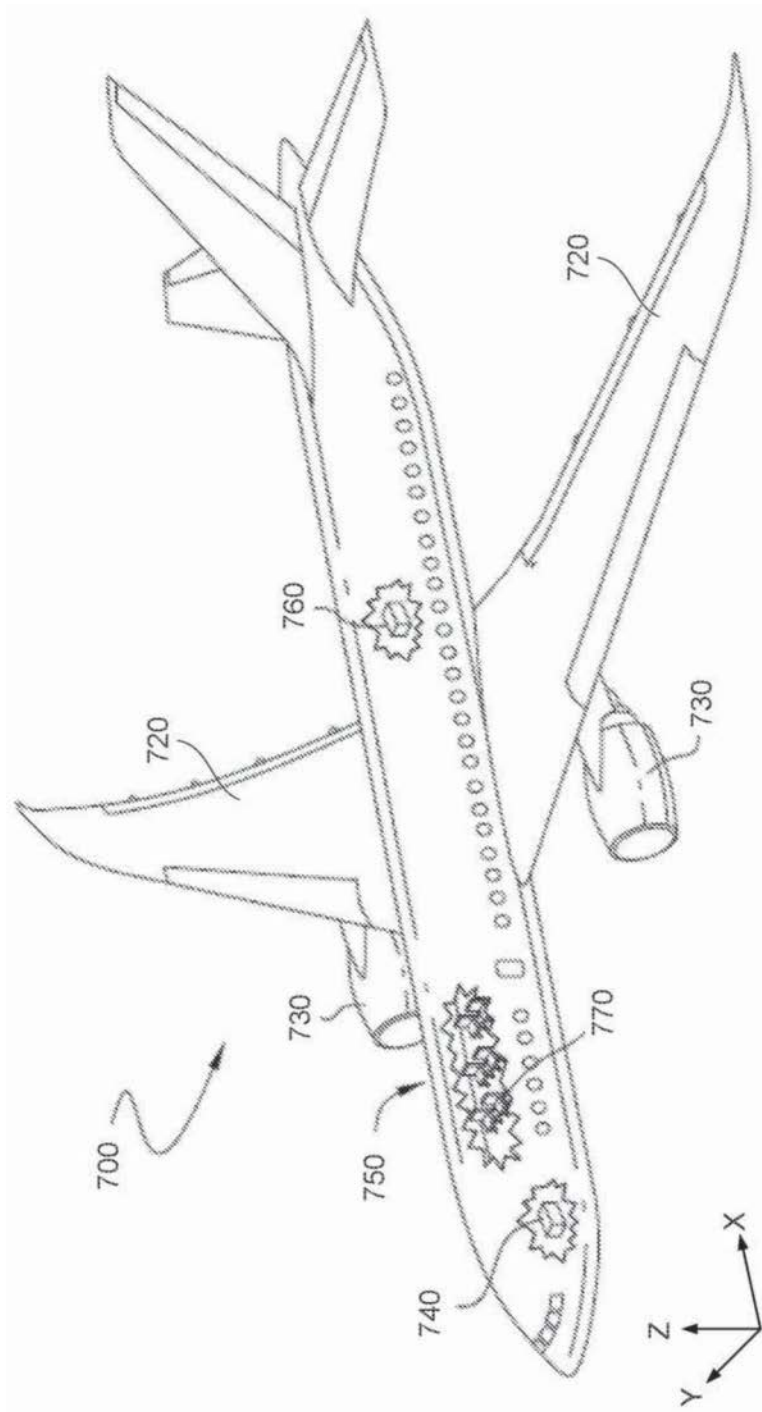


图7

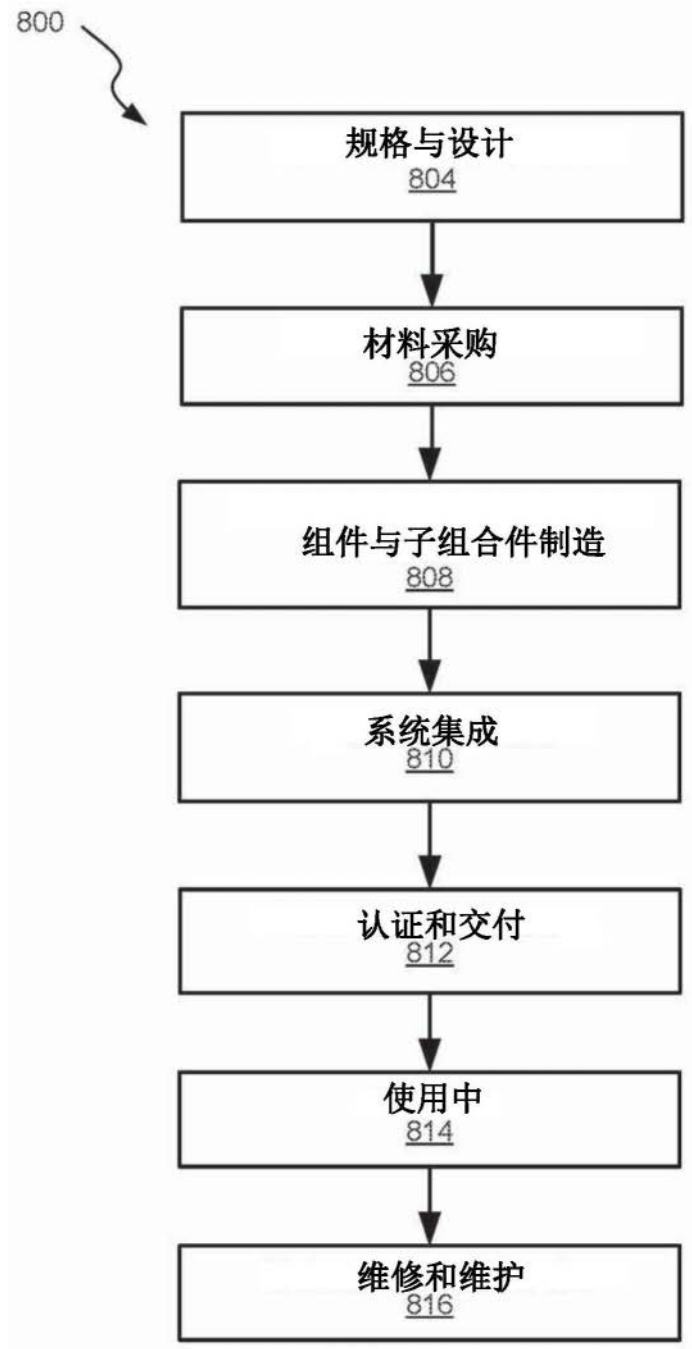


图8