(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103302538 A
(43)申请公布日 2013.09.18

(21)申请号 201310236205.5

(22)申请日 2013.06.13

(71)申请人 嘉兴华嶺机电设备有限公司
地址 314006 浙江省嘉兴市凌公塘路 3339 号 6 号楼 1 楼

(72)发明人 伍鹏

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203
代理人 魏聿珠

(51)Int.Cl.
B23Q 5/027(2006.01)

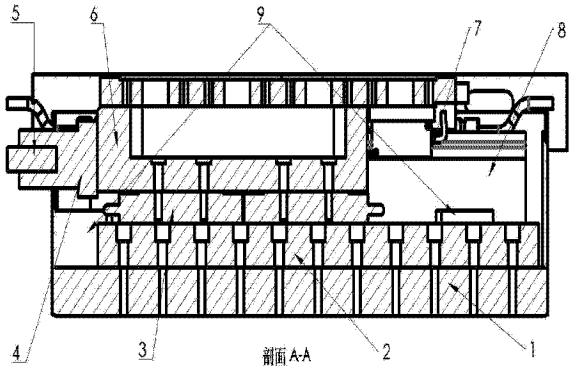
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构

(57)摘要

本发明公开一种直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构。其采用单个静音型导轨精密导向，运动部件包括滑块、直线电机动子、工作台、刀架和刀具对称布置于导轨两侧，多台无铁芯直线电机并行重心驱动刀具。控制器、PWM 驱动器、直线电机组和位置信号检测元件组成闭环伺服反馈系统，该闭环系统采用数字电流直接 PWM 控制刀具往复运行，使刀具的定位精度和线性分辨率达到微纳米级别，实现刀具高精度高分辨率地往复微切削动作。本发明采用两级飞车保护技术，软极限和硬极限共同工作防止运动部件飞车。该运动控制机构工作稳定，定位精度和重复定位高，超高减速性和高频响应性强，适用于超精密高加减速高分辨率微切削加工技术领域。



CN 103302538 A

1. 直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，主要由控制器、PWM 驱动器、直线电机组(8)、工作台(6)、刀架(4)、刀具(5)、飞车保护装置(9)和位置信号检测元件(7)组成，其特征在于：控制器、PWM 驱动器、位置信号检测元件(7)和直线电机组(8)组成伺服闭环反馈系统；底座(1)上固定有导轨(2)，导轨(2)上设有滑块(3)，滑块(3)与工作台(6)连接，飞车保护装置(9)位于滑块(3)在滑轨(3)上的两个极限位置并设置在底座(1)上，刀具(5)通过夹持刀具的刀架(4)连接在工作台(6)前端，工作台(6)上设有 U 型防护板筋(10)，工作台(6)与直线电机组(8)的动子连接，直线电机组(8)的定子固定在底座(1)上，直线电机组(8)的动子通过滑块(3)沿着导轨(2)往复运动，并驱动工作台(6)和刀具(5)高频往复运动；位置信号检测元件(7)位于工作台(6)的尾端，实时监测刀具(5)的位移，实现刀具(5)高精度地往复微切削动作。

2. 根据权利要求 1 所述的直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，其特征在于：所述闭环伺服反馈系统包括位置反馈环、速度反馈环和电流反馈环，其采用数字电流直接 PWM 控制，并且三个反馈控制环在同一系统时钟下，由同一个高速数字信号处理器进行运算控制。

3. 根据权利要求 1 所述的直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，其特征在于：直线电机组(8)包括多台无铁芯直线电机，对称布置于工作台(6)的两侧；运动部件包括滑块(3)、直线电机组(8)的动子、刀架(4)、刀具(5)与工作台(6)均精确装配于导轨两侧，使运动部件的重心运行轨迹与导轨(2)的导向方向一致，滑块(3)与导轨(2)之间刚性线或面接触，导轨(2)采用单个静音型实现精密导向，多台无铁芯直线电机沿着导轨(2)的导向方向并行驱动刀具(5)，实现直线电机组(8)重心驱动刀具(5)高频超高加减速地切削运动。

4. 根据权利要求 1 所述的直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，其特征在于：所述位置信号检测元件(7)采用光学反馈技术，通过光栅尺位移传感器或者激光干涉仪实时监测刀具(5)的位移信号，使刀具(5)的定位精度和线性分辨率达到微纳米级别，实现刀具(5)高精度地往复微切削动作。

5. 根据权利要求 1 所述的直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，其特征在于：采用两级飞车防护技术，控制器上设置软极限，利用直线电机的高加减速性能使运动部件到达极限位置前减速运行，位于滑块(3)两极限位置的飞车保护装置(9)作为硬极限，软极限和硬极限共同工作防止运动部件飞车。

6. 根据权利要求 1 所述的直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，其特征在于：所述工作台采用陶瓷材料或者同等刚性及性能的材料。

直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超精密微切削加工设备，特别涉及一种直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，属于超精密高加减速高分辨率微切削加工技术领域。

背景技术

[0002] 随着超精密切削加工、精密光学、微电子技术等学科的迅猛发展，人们对小批量、高精、高质量、高效率的超精密加工技术及装备有着越来越高的要求。传统的数控加工技术领域，采用电机带动滚珠丝杠来实现刀具的定位和驱动，由于传动反向间隙无法消除，定位精度及分辨率低。其次其传动效率低，高加减速性能差，加减速度只能达到 0.1 ～ 0.5g，因此动态响应能力差，无法满足微细切削加工的要求。

[0003] 面向机械精密加工技术领域，CN102139458A 公开了一种微纳米切削加工的刀具伺服补偿驱动装置。该装置采用压电叠堆作为驱动元件实现刀架的精密驱动，存在刀具行程小、持续推力小的缺点。并且采用电容接触式位移传感器作为信号检测元件，接触式传感器不可避免的存在摩擦磨损的问题，影响测量精度及测量稳定性。

[0004] CN102601391A 公开了一种双直线电机驱动高频响微进给伺服刀架。该伺服刀架结构庞大，采用双直线导轨结构，导轨两侧还设有导轨压块。双直线导轨不可避免存在平行度和直线度误差，降低了伺服刀架的高频高加速度性能。导轨挡块设置在导轨端部，滑板对挡块的冲击影响了导轨的导向精度，进而降低了刀具的加工精度。滑板上设置的防护罩与固定体接触，存在线或面摩擦，产生的轻微扰动也影响了定位和加工精度。受限于该结构布置，直线电机输出的有效推力较小，因此该伺服刀架持续推力较小，不适用于超高加减速加工领域。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足，本发明公开一种直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构。该运动控制机构工作稳定，持续推力大，定位精度和重复定位精度高，既适用于超高加减速微切削加工领域，如曲柄轴承、手机显示屏和发动机活塞等快刀伺服加工场合；还适用于分辨率高、低加速微切削领域，如导光板模具的加工。

[0006] 本发明采用以下技术方案：

[0007] 所述直线电机重心驱动高频超高加减速微切削运动控制机构，主要由控制器、PWM 驱动器、直线电机组 8、工作台 6、刀架 4、刀具 5、飞车保护装置 9 和位置信号检测元件 7 组成，其特征在于：控制器、PWM 驱动器、位置信号检测元件 7 和直线电机组 8 组成闭环伺服反馈系统；底座 1 上固定有导轨 2，导轨 2 上设有滑块 3，滑块 3 与工作台 6 连接，飞车保护装置 9 位于滑块 3 的两个极限位置并设置在底座 1 上，刀具 5 通过夹持刀具的刀架 4 连接在工作台 6 前端，工作台 6 上设有 U 型防护板筋 10，工作台 6 与直线电机组 8 的动子连接，直线电机 8 的定子固定在底座 1 上，直线电机组 8 的动子通过滑块 3 沿着导轨 2 往复运动，并驱动工作台 6 和刀具 5 高频往复运动；位置信号检测元件 7 设置在工作台 6 的尾端，实时监

测刀具 5 的位移，实现刀具 5 高精度地往复微切削动作。

[0008] 所述闭环伺服反馈系统包括位置反馈环、速度反馈环和电流反馈环，其采用数字电流直接 PWM 控制，三个反馈环在同一系统时钟下，由同一个高速数字信号处理器进行运算控制。

[0009] 所述直线电机 8 包括多台水冷型无铁芯直线电机，对称布置于工作台 6 的两侧；运动部件包括滑块 3、直线电机组 8 的动子、刀架 4、刀具 5 与工作台 6 均精确装配于导轨两侧，使运动部件的重心运行轨迹与导轨 2 的导向方向一致，滑块 3 与导轨 2 之间刚性线或面接触，导轨 2 采用单个静音型实现精密导向，多台无铁芯直线电机沿着导轨 2 的导向方向并行驱动刀具 5，实现直线电机组 8 重心驱动刀具 5 高频超高加减速地切削运动。

[0010] 所述位置信号检测元件 7 采用光学反馈技术，通过光栅尺位移传感器或激光干涉仪实时监测刀具 5 的位移信号，使刀具 5 的定位精度和线性分辨率达到微纳米级别，实现刀具 5 高精度地往复微切削动作。

[0011] 本发明采用两级飞车防护技术，控制器上设置软极限，利用直线电机的高加减速性能使运动部件到达极限位置前减速运行，位于滑块 3 两极限位置的飞车保护装置 9 作为硬极限，软极限和硬极限共同工作防止运动部件飞车。

[0012] 所述工作台 6 采用陶瓷材料或者同等刚性及机械性能的材料。

[0013] 本发明可以获得如下有益效果：

[0014] 传统控制方案中采用电流环为模拟量、位置环和速度环为数字量的 PWM 控制方式，并且三个反馈控制环由两个或更多模块交互控制。不同模块之间不可避免的存在时钟误差，导致系统响应较低，影响控制精度和效率。本发明的闭环伺服反馈系统采用数字电流直接 PWM 控制，三个反馈控制环由同一个高速数字信号处理器在同一时钟控制下运行，提高了系统响应特性，抗干扰性强，有利于满足高频响超高加减速的加工需求。

[0015] 本发明采用单个静音型直线导轨精密导向，无须压块，零件少，成本低，并且克服了专利 CN102601391A 双直线导轨结构存在平行度和直线度误差影响定位精度和加工精度的问题。

[0016] 传统机构往复切削运动时，传统机构去程与回程的重心点以空间曲线 CD 和 DE 为运行轨迹，去程左极限位置重心点 C 与回程左极限位置重心点 E 不重合，即刀具重心在往复切削过程中不可避免存在扰动，降低了刀具的定位和重复定位精度，进而影响切削加工质量。本发明采用多台无铁芯直线电机对称布置在单直线导轨两侧，通过滑块 3、直线电机组 8、刀架 4、刀具 5 与工作台 6 的精确装配，使所有运动部件的重心运行轨迹与导轨导向方向一致。所述运动部件的重心点沿着直线 AB 往复运动，A、B 点为极限位置重心点，即直线电机重心驱动刀具 5 往复切削运动。直线电机重心驱动，重复定位精度高，减少了刀具 5 重心跳动带来的扰动，有益于提高微切削质量。

[0017] 本发明结构紧凑，运动部件消耗惯性力小，多台无铁芯直线电机组合驱动，输出的有效推力大，加速度可以达到 15g，有利于实现超高加减速切削加工。

[0018] 所述位置信号检测元件 7 采用光学反馈技术，实时监测刀具的位移。该闭环伺服反馈系统控制刀具往复运行，保证了刀具 5 的超高定位精度、重复定位精度和分辨率，易于实现该运动控制机构的微纳米级精度的微切削动作。

[0019] 本发明采用两级飞车保护技术，包括控制器上设置的软极限和作为硬极限的飞车

保护装置 9，两者共同作用防止飞车。软极限，利用直线电机的高加减速性能，使运动部件到达极限位置前减速运行，降低了运动部件惯性力对整机的冲击。其次飞车保护装置设置在底座上，而非 CN102601391A 所述的直线导轨端部，避免了运动部件惯性力对于导轨的冲击。

附图说明：

[0020] 图 1 该运动控制机构 A-A 方向剖视图

[0021] 图 2 该运动控制机构俯视图

[0022] 图 3 该运动控制机构左侧视图

[0023] 图 4 该运动控制机构 B-B 方向剖视图

[0024] 图 5 全数字电流直接 PWM 控制闭环伺服反馈系统简图

[0025] 图 6 本发明重心驱动原理图

[0026] 图中：1. 底座，2. 导轨，3. 滑块，4. 刀架，5. 刀具，6. 工作台，7. 位置信号检测元件，8. 直线电机组，9. 飞车保护装置，10. U 型防护板筋。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图来说明本发明的具体实施例。

[0028] 在附图中 A. 本发明运动部件左极限位置重心点，B. 本发明运动部件右极限位置重心点；C. 传统机构去程左极限位置重心点，D. 传统机构右极限位置重心点，E. 传统机构回程左极限位置重心点。面 1 和面 2 为不重合的空间平面，A、B 在面 1 上共线，C 在面 1 上，D 在面 2 上，E 与 C 为不重合的空间点。

[0029] 如图所示，控制器、PWM 驱动器、位置信号检测元件和直线电机组组成闭环伺服反馈系统，位置信号检测元件 7 采用光学反馈技术，通过光栅尺位移传感器或者激光干涉仪实时监测刀具 5 的位移信号，并反馈到控制器，所述闭环伺服反馈系统采用数字电流直接 PWM 控制直线电机组 8 往复运行。

[0030] 所述运动部件包括直线电机动子、滑块、工作台、刀架和刀具，运动部件的重心运行轨迹与导轨 2 的导向方向一致，单个静音型导轨 2 精密导向，因此刀具切削运动时，运动部件的重心点沿着直线 AB 往复运动，A、B 点为运动部件极限位置重心点，实现直线电机重心驱动刀具 5 往复切削运动。多台无铁芯直线电机并行驱动刀具 5，输出有效推力大，实现刀具高频超高加减速往复切削运动。

[0031] 本发明采用两级飞车防护技术。控制器上设置软极限，利用直线电机的高加减速性能使运动部件到达极限位置前减速运行，降低运动部件的惯性力冲击；位于滑块 3 两极限位置的飞车保护装置 9 作为硬极限，软极限和硬极限共同工作防止运动部件飞车。

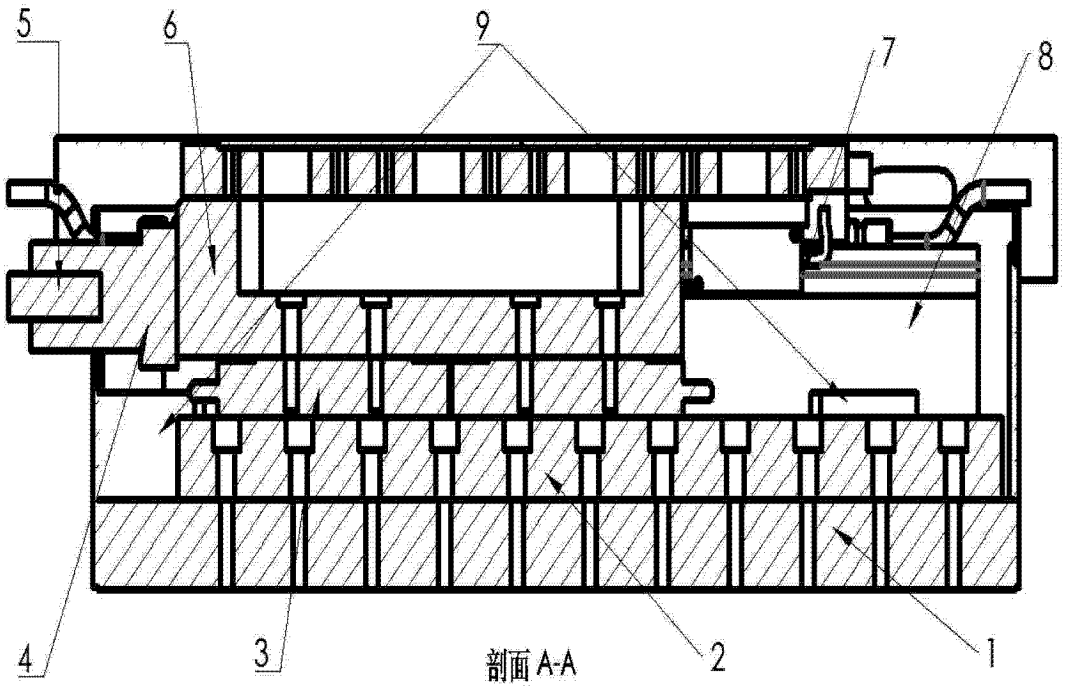


图 1

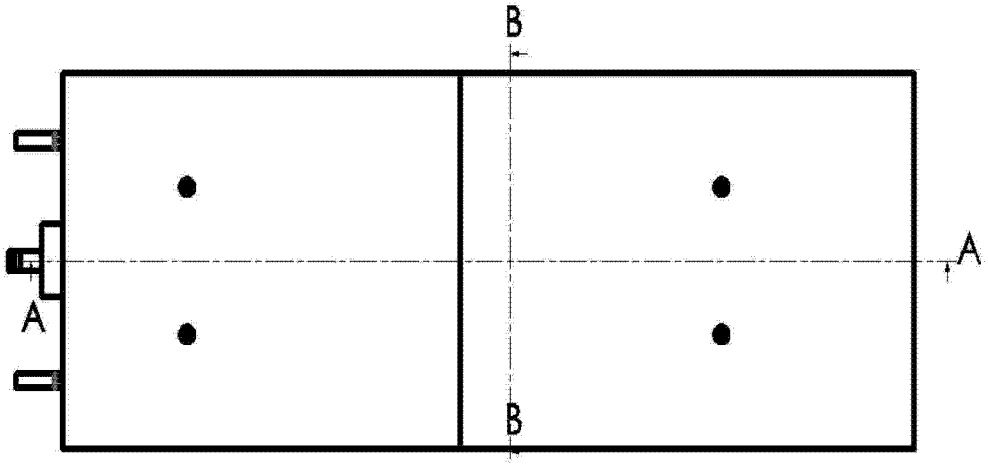


图 2

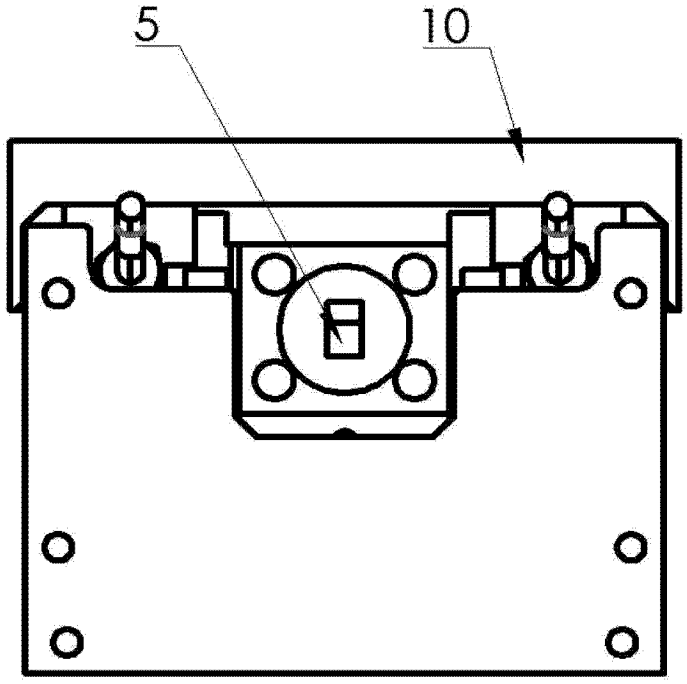


图 3

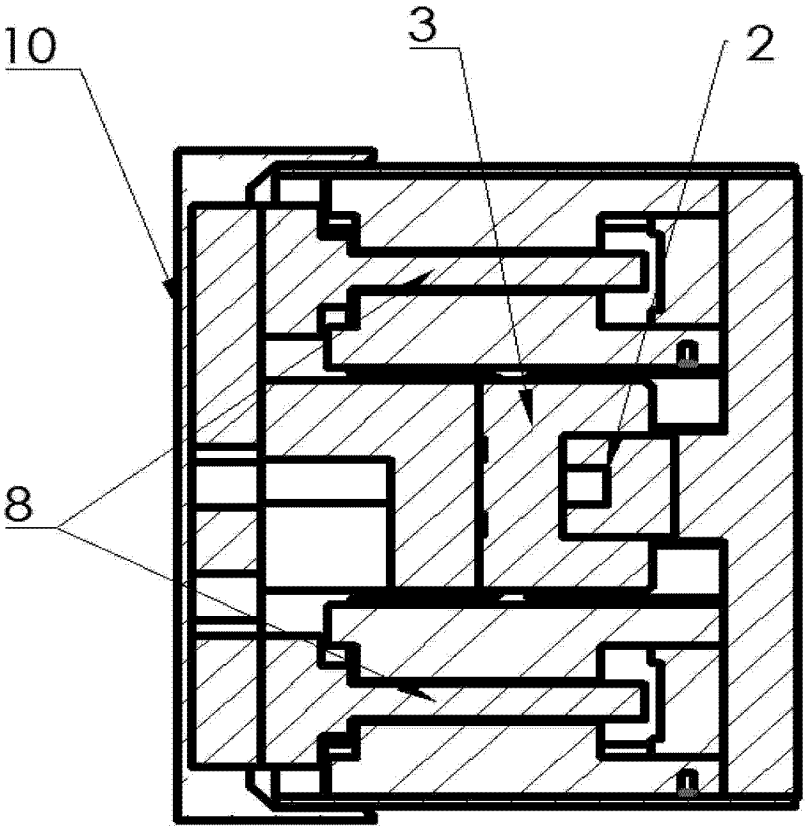


图 4

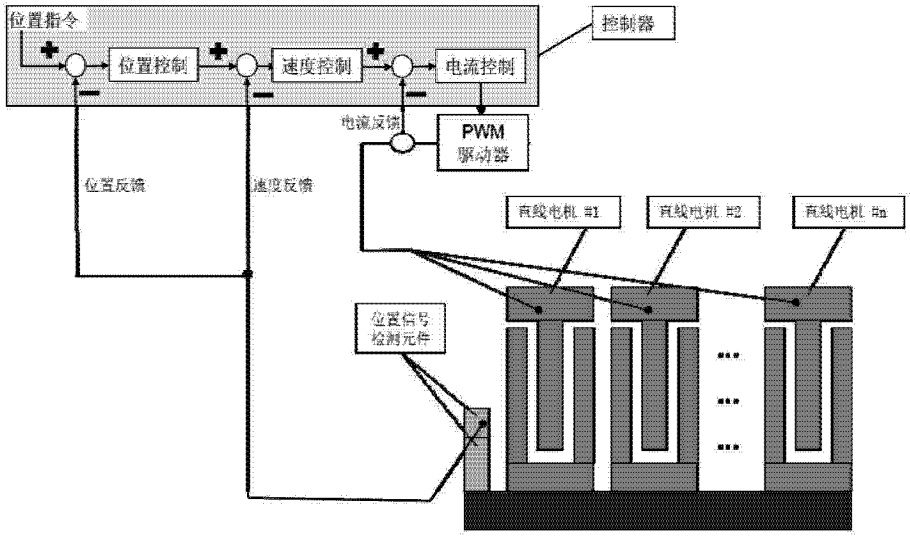

位置指令
位置控制
速度控制
电流控制
控制器
电流反馈
PWM
驱动器
位置反馈
速度反馈
直线电机 #1
直线电机 #2
直线电机 #n
位置信号
检测元件

图 5

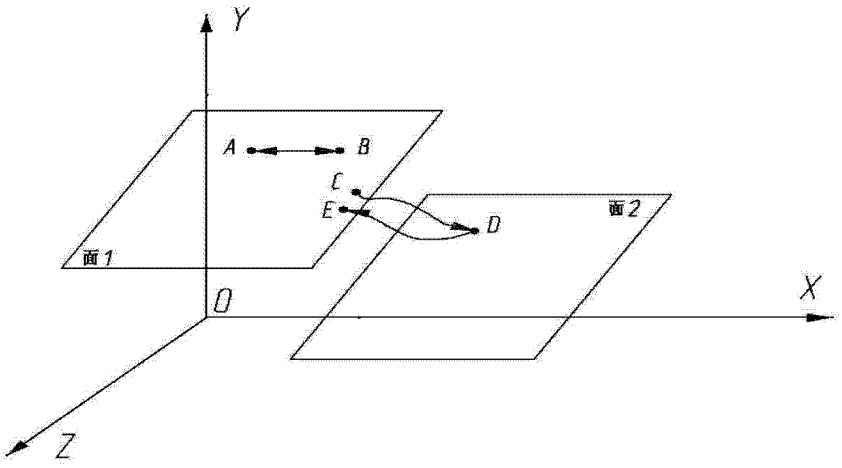

Y
A
B
C
E
D
面 2
面 1
O
X
Z

图 6