



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102866638 A

(43) 申请公布日 2013.01.09

(21) 申请号 201210405371.9

(22) 申请日 2012.10.22

(71) 申请人 天津商业大学

地址 300134 天津市北辰区津霸公路东口

(72) 发明人 王勇 邵文全 寇金宝 田建伟

(74) 专利代理机构 天津市三利专利商标代理有限公司 12107

代理人 肖莉丽

(51) Int. Cl.

G05B 17/02 (2006.01)

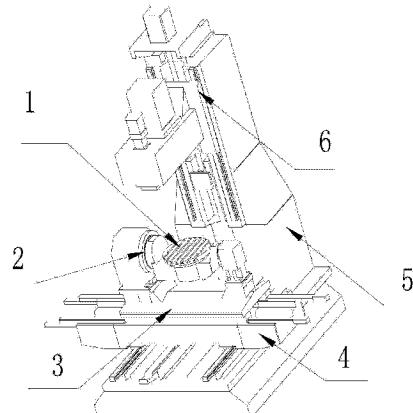
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法，而提供一种能够在保证仿真正确性前提下提高仿真效率的仿真方法。建模：对机床各运动部件、机床床身、数控加工中所需毛坯和夹具进行三维建模；利用 Pro/E 三维平台根据运动关系连接机床各运动部件、机床床身进行虚拟装配；虚拟仿真机床运行；基于同一坐标系输出 STL 格式的各个组件模型；创建双转台五轴数控机床虚拟模型：在 VERICUT 中建立模型树，模型组件顺序为：机床床身 Base—Y 轴—X 轴—A 轴—C 轴—夹具—毛坯和机床床身 Base—Z 轴—主轴—刀具两条分支；利用 Pro/E 所输出的 STL 组件模型直接导入到 VERICUT 中相应部件下，即创建了双转台五轴数控机床虚拟模型；运行数控加工仿真。



1. 一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,包括下述步骤:

(1) 建模:对机床各运动部件、机床床身、数控加工中所需毛坯和夹具进行三维建模;

(2) 利用 Pro/E 三维平台根据运动关系连接机床各运动部件、机床床身进行虚拟装配:先进行局部小组件的装配,最后对机床总体进行装配;

对于局部小组件的装配:把相互间无相对运动的部件组成一个小装配体,在装配图的环境下,分别调入需要装配的零部件和小装配体,通过约束条件对各零部件和小装配体进行位置和方向的约束,三个线性轴采用滑动杆连接方式,两个旋转轴采用销钉连接方式;

对机床床身部分采用完全约束方式;

(3) 虚拟仿真机床运行:装配完成后,制作虚拟装配得到的装配体的爆炸图;同时在 Pro/E 机构运动环境下,添加驱动条件,模拟机床运行,通过三维可视化方式确认机床各轴的行程允许范围;

(4) 基于同一坐标系输出 STL 格式的各个组件模型:在 Pro/E 中完成装配后,将相互间无相对运动的部件输出为一个组件,组件的格式为 STL 格式,有相对运动的部件则分开进行输出;在 Pro/E 输出部件时,各部件都采用同一坐标系统进行输出,以 A 轴和 C 轴的交点作为输出坐标系的原点;

(5) 创建双转台五轴数控机床虚拟模型:根据双转台五轴数控机床结构特点,在 VERICUT 中建立模型树,模型组件顺序为:机床床身 Base—Y 轴—X 轴—A 轴—C 轴—夹具—毛坯和机床床身 Base—Z 轴—主轴—刀具两条分支;利用 Pro/E 所输出的 STL 组件模型直接导入到 VERICUT 中相应部件下,即创建了双转台五轴数控机床虚拟模型;

(6) 运行数控加工仿真:对加工零件建模和数控编程,根据双转台五轴机床结构,利用 UG/Post Builder 建立机床后处理文件,生成数控程序,进行数控加工仿真。

2. 根据权利要求 1 所述的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,步骤(6)的后处理设置时机床零点到 A 轴中心的偏移距离都为 0, A 轴中心到 C 轴中心偏移距离也都为 0。

3. 根据权利要求 1 所述的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,在建模过程中,对于在机床实际运行时,机床运动部分不会最先接触到的部件,在不减少该部件几何空间大小的前提下,做相应简化,以加快仿真速度。

4. 根据权利要求 1 所述的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,步骤(4)输出 STL 格式的各个组件模型时,对于不运动组件,输出时弦高控制在 0.8mm—1.5mm,角度控制值控制在 0.1 度—0.5 度,使生成的三角片面精度低,提高仿真速度;对于运动部件和刀具最容易接触到的部件,输出时弦高控制在 0.5mm—0.8mm,角度控制值控制在 0.01 度—0.1 度,提高仿真的精度。

5. 根据权利要求 1 所述的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,实际装夹工件中,如果工件坐标系中心与 C 轴旋转中心不重合,在数控编程时,根据所测的工件坐标系中心相对于 C 轴旋转中心的偏移量,在 UG 数控编程时,相应调整零件模型在编程坐标系的位置,动态补偿装夹偏差。

6. 根据权利要求 1 所述的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,对于圆形毛坯料,在加工余量足够的情况下,在精加工前对圆形毛坯周边精加工,以

消除装夹误差。

7. 根据权利要求 1 所述的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法，其特征在于，步骤(1)中的建模步骤中，对于复杂的夹具和毛坯体在 Pro/E 中建模，简单的夹具和毛坯体在 VERICUT 中建模。

## 一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及数控加工技术领域,特别是涉及一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法。

### 背景技术

[0002] 在制造业中,自由曲面通常都是通过五轴数控机床进行加工的。五轴机床是在通常使用的三轴机床的基础上增加另外两个旋转轴。其最简单的五轴机床构成方式为:在通用的立式三轴机床上,安装一个双转台,即构成双转台五轴数控机床。这两个旋转轴提供了更大的灵活性,使得先前不能加工的高质量复杂自由曲面的加工成为可能。从切削的效果讲,五轴加工有很多优点,一是切削效率高,二是加工后工件表面精度高,三是可以减少手工打磨量。然而由于增加了两个旋转轴,五轴数控加工时很容易发生干涉。干涉可能发生在运动的刀具(刀具和夹具)和机床之间,如工件和工具夹具。有时候甚至出现在刀具和机床本身之间。这严重影响了五轴数控机床的广泛应用。

[0003] 虚拟制造技术的发展使得对数控加工过程进行计算机仿真成为可能。数控加工仿真就是利用三维图形技术对数控加工过程进行模拟仿真,它已成为 CAD / CAM 技术的重要组成部分。数控仿真技术不需要原材料,校验过程具有敏捷性、直观性和柔性等特点,尤其是解决了一些大型复杂零件加工无法采用实物验证的问题。因此,数控加工仿真方法的研制与应用对于节约原材料、提高制造业的技术水平都具有重要的意义。同时,它亦是提高刀具轨迹验证效率的有效途径,具有十分可观的经济价值。

[0004] 五轴数控机床的加工仿真在一些 CAM 软件中已经集成,如 UG、Cimatron 等软件,这些集成软件适合于生成数控代码,尽管可进行一些加工仿真,但对于数控代码中的连接部分代码无法进行仿真,另外无法定制特有的宏程序仿真,不能对实际机床行程、单位时间体积切削量等参数进行设置,使数控仿真的正确性不能得到完全保证。如果采用 VC++ 和 OpenGL 技术,开发数控仿真软件,其工作量非常大,难度也比较高,对于机床结构发生局部修改、机床数控系统发生变化等,需要重新修改软件代码,使仿真效率比较低。

[0005] 如何快速建立双转台五轴数控机床加工仿真以及在保证仿真正确性前提下提高仿真效率是目前亟待解决的问题。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是针对现有技术中存在的技术缺陷,而提供一种能够在保证仿真正确性前提下提高仿真效率的双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法。

[0007] 为实现本发明的目的所采用的技术方案是:

[0008] 一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法,其特征在于,包括下述步骤:

[0009] (1) 建模:对机床各运动部件、机床床身、数控加工中所需毛坯和夹具进行三维建模;

[0010] (2) 利用 Pro/E 三维平台根据运动关系连接机床各运动部件、机床床身进行虚拟装配：先进行局部小组件的装配，最后对机床总体进行装配；

[0011] 对于局部小组件的装配：把相互间无相对运动的部件组成一个小装配体，在装配图的环境下，分别调入需要装配的零部件和小装配体，通过约束条件对各零部件和小装配体进行位置和方向的约束，三个线性轴采用滑动杆连接方式，两个旋转轴采用销钉连接方式；

[0012] 对机床床身部分采用完全约束方式；

[0013] (3) 虚拟仿真机床运行：装配完成后，制作虚拟装配得到的装配体的爆炸图；同时在 Pro/E 机构运动环境下，添加驱动条件，模拟机床运行，通过三维可视化方式确认机床各轴的行程允许范围；

[0014] (4) 基于同一坐标系输出 STL 格式的各个组件模型：在 Pro/E 中完成装配后，将相互间无相对运动的部件输出为一个组件，组件的格式为 STL 格式，有相对运动的部件则分开进行输出；在 Pro/E 输出部件时，各部件都采用同一坐标系统进行输出，以 A 轴和 C 轴的交点作为输出坐标系的原点；

[0015] (5) 创建双转台五轴数控机床虚拟模型：根据双转台五轴数控机床结构特点，在 VERICUT 中建立模型树，模型组件顺序为：机床床身 Base—Y 轴—X 轴—A 轴—C 轴—夹具—毛坯和机床床身 Base—Z 轴—主轴—刀具两条分支；利用 Pro/E 所输出的 STL 组件模型直接导入到 VERICUT 中相应部件下，即创建了双转台五轴数控机床虚拟模型；

[0016] (6) 运行数控加工仿真：对加工零件建模和数控编程，根据双转台五轴机床结构，利用 UG/Post Builder 建立机床后处理文件，生成数控程序，进行数控加工仿真。

[0017] 步骤(6)的后处理设置时机床零点到 A 轴中心的偏移距离都为 0，A 轴中心到 C 轴中心偏移距离也都为 0。

[0018] 在建模过程中，对于在机床实际运行时，机床运动部分不会最先接触到的部件，在不减少该部件几何空间大小的前提下，做相应简化，以加快仿真速度。

[0019] 步骤(4)输出 STL 格式的各个组件模型时，对于不运动组件，输出时弦高控制在 0.8mm—1.5mm，角度控制值控制在 0.1 度—0.5 度，使生成的三角片面精度低，提高仿真速度；对于运动部件和刀具最容易接触到的部件，输出时弦高控制在 0.5mm—0.8mm，角度控制值控制在 0.01 度—0.1 度，提高仿真的精度。

[0020] 实际装夹工件中，如果工件坐标系中心与 C 轴旋转中心不重合，在数控编程时，根据所测的工件坐标系中心相对于 C 轴旋转中心的偏移量，在 UG 数控编程时，相应调整零件模型在编程坐标系的位置，动态补偿装夹偏差。

[0021] 对于圆形毛坯料，在加工余量足够的情况下，在精加工前对圆形毛坯周边精加工，以消除装夹误差。

[0022] 步骤(1)中的建模步骤中，对于复杂的夹具和毛坯体在 Pro/E 中建模，简单的夹具和毛坯体在 VERICUT 中建模。

[0023] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0024] 1、本发明的方法在装配过程中，把相互间无相对运动的部件组成一个小的装配体，然后调入需要装配的零部件，在保证仿真正确性的前提下提高了仿真效率。能够早发现可能存在的问题，降低制造成本，提高制造精度。

[0025] 2、本发明的方法通过“三个线性轴采用滑动杆连接方式，两个旋转轴采用销钉连接方式”的约束条件，在Pro/E的机构仿真中模拟机床运动，便于发现机床设计问题，满足实际机床运动部件运行空间要求。

[0026] 3、本发明的方法对于一些复杂的机床部件，当机床实际运行时，刀具和主轴等运动部件不会最先接触该部件时，在不减少该部件几何空间大小的前提下，做相应特征简化，在保证仿真正确性的前提下提高了数控加工仿真速度。

[0027] 4、本发明的方法在整体装配完后，制作虚拟装配体的爆炸图，在Pro/E环境下的通过自动爆炸视图或者手动爆炸视图的方式，把部件里的零件放到合适位置，让人一目了然的明白零件在部件里的位置关系。

[0028] 5、本发明的方法在输出STL格式的各个组件模型时，对于不运动组件，输出时弦高控制在0.8mm-1.5mm，角度控制值可设置0.1度-0.5度，使生成的三角片面精度低，提高仿真速度。对于运动部件和刀具最容易接触到的部件，输出时弦高控制在0.5mm-0.8mm和角度控制值在0.01度-0.1度，提高仿真的精度。

## 附图说明

[0029] 图1所示为双转台五轴数控机床三维模型。

[0030] 图中：1.C轴，2.A轴，3.X轴，4.Y轴，5.机床床身，6.Z轴。

## 具体实施方式

[0031] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0032] 本发明一种双转台五轴数控机床虚拟装配和数控加工仿真方法包括下述步骤：

[0033] (1)建模：在Pro/E环境下，对机床各运动部件、机床床身、数控加工中所需毛坯和夹具进行三维建模。对于复杂的夹具和毛坯体可以在Pro/E中建模，对于简单的夹具和毛坯体可以在VERICUT中建模。

[0034] 对机床各运动部件进行三维建模：首先分析每个部件内各零件的特征和层次关系，即对组成部件的零件进行分析，明确零件所需特性、特性的次序、特性的内在联系以及进行驱动的参数，以对零件进行尺寸约束和几何约束。之后，建立零件模型，即在分析零件特征的基础上，根据零件的各自特点，创建三维参数化模型所需的各种特征，建立零件模型。再对各零件模型利用完全约束关系建立部件模型。

[0035] 对于机床床身建模：基于Pro/E平台，通过参数化建模方法建立机床床身三维模型，为提供在设计过程中更多的灵活性，建立全相关、参数化的模型。

[0036] 在建模过程中，对于在机床实际运行时，运动部分不会最先接触的部件，在不减少该部件几何空间大小的前提下，可以做相应简化，这样可加快仿真速度。例如，工作台面的T型槽、导轨安装孔等可以不画出来。

[0037] 图1所示为双转台五轴数控机床三维模型，包括C轴1、A轴2、X轴3、Y轴4、机床床身5、Z轴6。

[0038] (2)利用Pro/E三维平台根据运动关系连接装配机床组件进行虚拟装配：先进行局部小组件的装配，最后对机床总体进行装配；

[0039] 对于局部小组件的装配：把相互间无相对运动的部件组成一个小的装配体，例如

床身和附加于床身的导轨可以组成一个小装配体。在装配图的环境下，分别调入需要装配的部件和小装配体，通过约束条件对各部件和小装配体进行位置和方向的约束。约束条件为固定安装和连接等其它安装方式。固定安装包括对齐、匹配等，适合于无相对运动部件的装配，对于存在相对运动的部件可以采用滑动杆或销钉等连接方式。具体为：三个线性轴采用滑动杆连接方式，两个旋转轴采用销钉连接方式。这种装配方式，满足实际机床运动部件结构要求，便于在 Pro/E 的机构仿真中模拟机床运动，可发现机床设计问题。

[0040] 对机床床身部分采用完全约束方式，即机床床身相对地面保持静止。

[0041] (3)虚拟仿真机床运行：装配完成后，通过自动爆炸视图或者手动爆炸视图的方式制作虚拟装配得到的装配体的爆炸图；同时在 Pro/E 机构运动环境下，添加相应驱动条件，模拟机床运行，通过三维可视化方式确认机床各轴的行程允许范围，此部分仿真，不包括数控代码运行仿真，仅模仿机床各轴运行。同时可在 Pro/E 环境下，通过自动爆炸视图或者手动爆炸视图的方式，把部件里的零件放到合适位置，让人一目了然的明白零件在部件里的位置关系。

[0042] (4)基于同一坐标系输出 STL 格式的各个组件模型：在 Pro/E 中完成装配后，将相互间无相对运动的部件输出为一个组件，组件的格式为 STL 格式，有相对运动的部件则分开进行输出；在 Pro/E 输出部件时，各部件都采用同一坐标系统进行输出，以 A 轴和 C 轴的交点作为输出坐标系的原点。

[0043] 输出 STL 格式的各个组件模型时，对于不运动组件，输出时弦高控制在 0.8mm-1.5mm，角度控制值可设置 0.1 度 -0.5 度，使生成的三角片面精度低，提高仿真速度。对于运动部件和刀具最容易接触到的部件，输出时弦高控制在 0.5mm-0.8mm，角度控制值在 0.01 度 -0.1 度，提高仿真精度。

[0044] (5)创建双转台五轴数控机床虚拟模型：根据双转台五轴数控机床结构特点，在 VERICUT 中建立模型树，模型组件顺序为：机床床身 Base—Y 轴—X 轴—A 轴—C 轴—夹具—毛坯和机床床身 Base—Z 轴—主轴—刀具两条分支。因在利用 Pro/E 输出 STL 组件时，都是采用同一坐标系输出的，可直接把此 STL 格式组件导入到 VERICUT 中相应部件下，即创建了双转台五轴数控机床虚拟模型。导入模型后无需进行坐标位置修改，这样提高了仿真环境设置的快速性。

[0045] (6)运行数控加工仿真：利用编程软件对加工零件建模和数控编程，根据双转台五轴机床结构，利用 UG/Post Builder 建立机床后处理机床文件，进行仿真加工。因为加工坐标系设置在 A、C 轴的交点，后处理设置时机床零点到第四轴中心（即 A 轴中心）的偏移距离都为 0，第四轴中心到第五轴中心（即 A 轴中心到 C 轴中心）的偏移距离也都为 0，这样可简化数控仿真环境设置。实际装夹工件中，如果工件坐标系中心与 C 轴旋转中心不重合，在数控编程时，根据所测的工件坐标系中心相对于 C 轴旋转中心的偏移量，在 UG 数控编程时，相应调整零件模型在编程坐标系的位置，动态补偿装夹偏差。对于圆形毛坯料，在加工余量足够的情况下，在精加工前对圆形毛坯周边精加工，以消除装夹误差。运行仿真后，可观察刀具、夹具、转台之间是否存在运动干涉，是否有过切。

[0046] 本发明的方法是基于 Pro/E 的双转台五轴数控机床建模与虚拟装配的方法，它能够对五轴数控机床进行运动模拟仿真，同时将机床虚拟模型导入到 VERICUT 中，输入五轴数控加工代码，模拟数控加工过程，可以使机床设计人员和数控编程工艺人员通过虚拟加

工仿真及早发现可能存在的问题，降低制造成本，提高制造精度，在保证仿真正确性前提下提高仿真效率。

[0047] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出的是，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

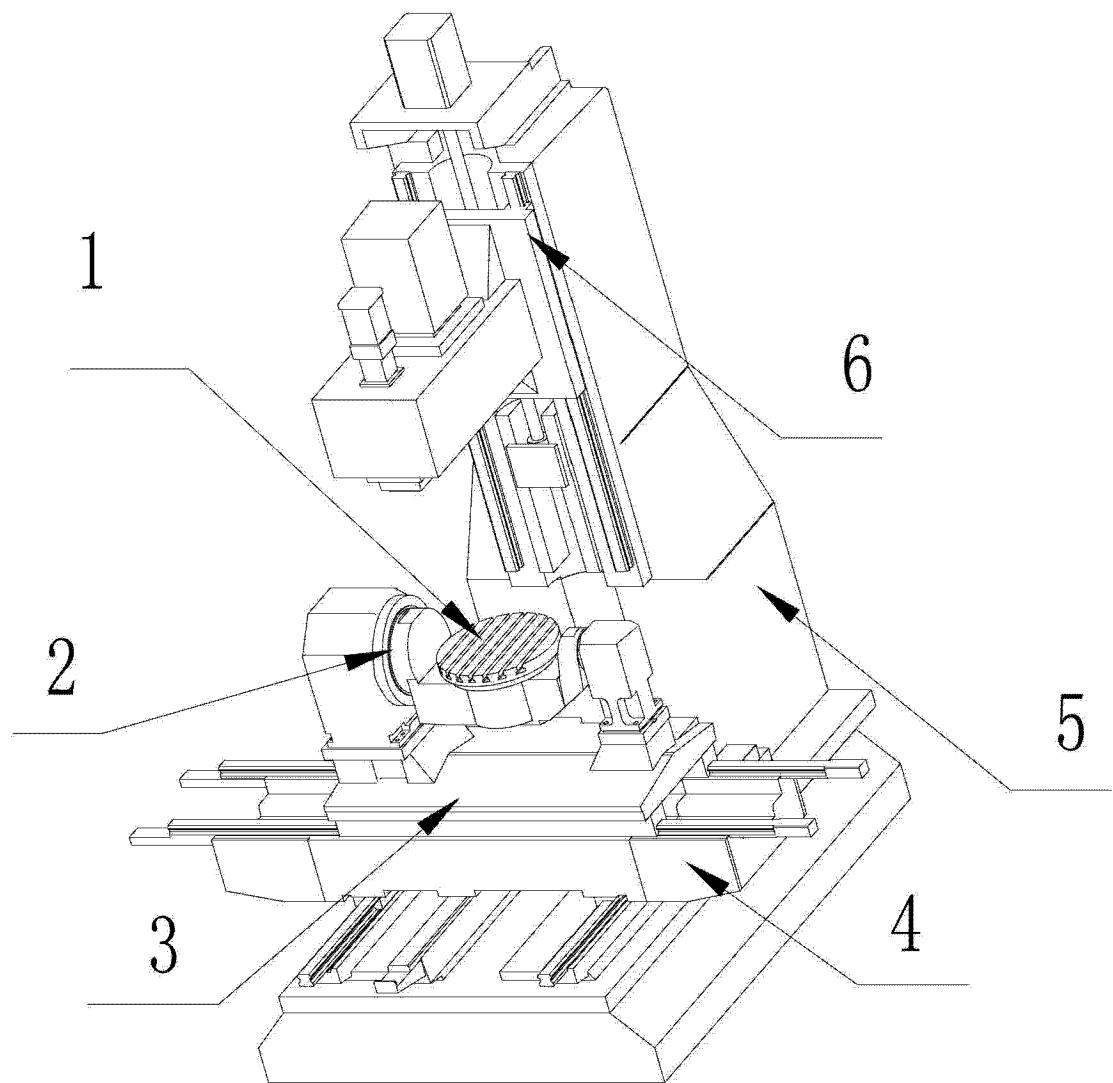


图 1