

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910089261.4

[51] Int. Cl.

B05B 13/00 (2006.01)
B05B 13/06 (2006.01)
B05B 15/00 (2006.01)
B05C 7/02 (2006.01)
B05C 5/00 (2006.01)
B05C 21/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009年12月16日

[11] 公开号 CN 101602034A

[51] Int. Cl. (续)

B25J 5/04 (2006.01)

F16L 55/30 (2006.01)

F16L 101/16 (2006.01)

[22] 申请日 2009.7.13

[21] 申请号 200910089261.4

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园北京
100084-82 信箱

[72] 发明人 陈 悬 李金泉 付成龙 杨向东
曹文敦 付 铁 张传清 陈 雁
邵君奕 陈明启 路敦民 吴 丹
杨东超 刘 莉 刘宗政 徐家球
郑林斌 王力强 颜 华

[74] 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司
代理人 张国良

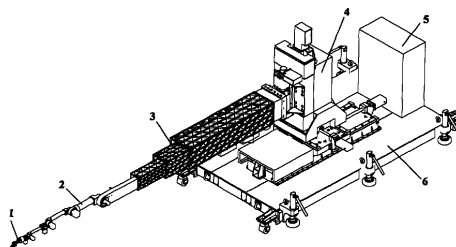
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

[54] 发明名称

内壁喷涂机器人系统及内壁喷涂方法

[57] 摘要

本发明公开了一种内壁喷涂机器人系统及内壁喷涂方法。该系统包括机器人，用于完成喷涂作业，所述机器人包括依次连接的喷枪、曲臂、伸缩臂及基座，喷枪、曲臂、伸缩臂及基座的自由度之和不少于6个；气垫运输车，在其上安装所述机器人，所述气垫运输车包括位于其底部的气囊，所述气囊用于使所述气垫运输车浮起，以便在所述系统进入作业区域前对所述系统进行粗定位。本发明的技术方案通过对机器人进行多冗余自由度设计，实现了对异形狭长管道内壁进行喷涂作业，并提高了喷涂作业前进行准备工作的效率。



1、一种内壁喷涂机器人系统，其包括：

机器人，用于完成喷涂作业，所述机器人包括依次连接的喷枪、曲臂、伸缩臂及基座，所述喷枪、曲臂、伸缩臂及基座的自由度之和不少于6个；

气垫运输车，在其上安装所述机器人，所述气垫运输车包括位于其底部的气囊，所述气囊用于使所述气垫运输车浮起，以便在所述系统进入作业区域前对所述系统进行粗定位。

2、如权利要求1所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述喷枪、曲臂、伸缩臂中的至少一个具有自由度。

3、如权利要求2所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述喷枪具有回转自由度。

4、如权利要求2所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述基座具有4个自由度，包括一个旋转自由度和3个直线自由度，用于在所述系统进入所述作业区域后对所述系统进行初始定位。

5、如权利要求4所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述机器人系统还包括控制柜，用于作为所述机器人的配重。

6、如权利要求1至5之任一项所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述基座为直角坐标式基座。

7、如权利要求1所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述气囊的个数为4个，分别位于所述气垫运输车底部的四个顶角。

8、如权利要求1至5之任一项所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述气垫运输车包括千斤顶，用于对所述气垫运输车进行支撑和调平。

9、如权利要求1至5之任一项所述的内壁喷涂机器人系统，其特征在于，所述气垫运输车上还安装喷涂系统、安全保障系统、无线图像验看系统和控制系统。

10、一种使用权利要求 1~5、7 之任一项所述的内壁喷涂机器人系统进行内壁喷涂的方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1: 利用所述气垫运输车中的气囊在所述系统进入作业区域前对所述系统进行粗定位；

S2: 利用所述基座的自由度在所述系统进入所述作业区域后对所述系统进行初始定位；

S3: 利用所述机器人的喷枪、曲臂、伸缩臂的自由度完成喷涂作业。

内壁喷涂机器人系统及内壁喷涂方法

技术领域

本发明涉及机器人技术领域，具体设计一种用于在异形狭长管内壁进行喷涂作业的多冗余气浮移动式机器人系统及内壁喷涂方法。

背景技术

在特种工业领域（尤其是航空航天领域），许多复杂工件的狭长管内壁需要喷涂作业，由于这些狭长管的内表面较为复杂，内部空间极为狭小，喷涂技师难以进入，因此必须采用机器人自动喷涂。

目前世界上主要机器人公司所设计的喷涂机器人均只是对管道外壁进行作业，如果采用该喷涂机器人进行喷涂复杂工件内壁的作业则具有以下一些缺点：1）该喷涂机器人在喷涂内壁曲面时，由于工件形状的限制，机械臂难以进入复杂工件的内部，且其喷嘴和曲壁的距离、角度很难调节到合适的参数，因此涂层均匀度受到影响。2）容易发生碰撞。由于复杂工件的内壁空间比较狭窄，采用直臂机器人很难躲避任务空间的约束障碍，因此容易与被喷涂对象发生磕碰现象。上述缺陷是由于现有技术的喷涂机器人均采用非冗余自由度设计，这种设计使得该机器人不能躲避任务空间中的障碍，具有较差的灵活性。

公开号为 CN101337352A 的中国专利申请“内面喷涂机器人”仅限于箱体类零件的内壁喷涂，不涉及狭长异形管道喷涂；公告号为 CN2268831Y 的中国专利“地下管道喷涂防腐装置”虽涉及管道内壁喷涂，但仅局限于标准的圆柱形短管道，也不涉及异形狭长管道。

发明内容

本发明的目的是针对现有技术的不足，提供一种适用于对异形狭

长管道内壁进行喷涂作业的多冗余气浮移动式机器人系统及内壁喷涂方法。

为达到上述目的，本发明提供了一种内壁喷涂机器人系统，其包括：

机器人，用于完成喷涂作业，所述机器人包括依次连接的喷枪、曲臂、伸缩臂及基座，喷枪、曲臂、伸缩臂及基座的自由度之和可以不少于6个；

气垫运输车，在其上安装所述机器人，气垫运输车包括位于其底部的气囊，气囊用于使气垫运输车浮起，在所述机器人系统进入作业区域前对所述机器人系统进行粗定位。

其中，喷枪可以具有回转自由度。

其中，曲臂可以具有自由度。

其中，伸缩臂可以具有自由度。

其中，基座可以具有4个自由度，包括一个旋转自由度和3个直线自由度，用于在所述系统进入作业区域后对所述系统进行初始定位。

其中，机器人系统还包括控制柜，用于作为机器人的配重。

其中，基座可以为直角坐标式基座。

其中，气囊的个数可以为4个，可以分别位于气垫运输车底部的四个顶角。

其中，气垫运输车可以包括千斤顶，用于对气垫运输车进行支撑和调平。

其中，气垫运输车上还可以安装喷涂系统、安全保障系统、无线图像验看系统和控制系统。

本发明还提供了一种使用上述系统进行内壁喷涂的方法，包括以下步骤：

S1: 利用所述气垫运输车中的气囊在所述系统进入作业区域前对

所述系统进行粗定位；

S2: 利用所述基座的自由度在所述系统进入所述作业区域后对所述系统进行初始定位；

S3: 利用所述机器人的喷枪、曲臂、伸缩臂的自由度完成喷涂作业。

上述技术方案具有如下优点：通过对机器人进行多冗余自由度设计，使得机器人的机械臂可以进入复杂的工件内部、躲避异形空间中的障碍，防止了干涉的发生，从而实现了异形狭长管道内壁进行喷涂作业；通过对气垫运输车设置气囊结构实现了机器人系统的气浮式移动，使得机器人移动方便，定位准确，提高了喷涂作业前进行准备工作的效率。

附图说明

图1是本发明实施例的机器人进行喷涂作业的异形狭长管道的示意图；

图2是本发明实施例的系统的立体图；

图3a是本发明实施例的系统的俯视图；

图3b是本发明实施例的系统的侧视图；

图4是本发明实施例的系统中基座和气动运输车总成的立体图；

图5是本发明实施例的系统中气动运输车的底部结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例，对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

图1为本发明实施例的机器人进行喷涂作业的异形狭长管道的示意图。如图1所示，其为一种典型的变截面S型狭长管道，它的内壁喷涂作业很难使用现有的机器人完成。

图2是本发明实施例的系统的立体图；图3a、3b分别是本发明实施例的系统的俯视图、侧视图；图4是本发明实施例的系统中基座和

气动运输车总成的立体图；图5是本发明实施例的系统中气动运输车的底部结构示意图。如图2~图5所示，本实施例的内壁喷涂机器人系统包括机器人、控制柜5、气垫运输车6等。机器人用于完成喷涂作业，包括依次连接的喷枪1、曲臂2、伸缩臂3及基座4；控制柜5，用于作为机器人的配重，以防止机器人在展开时发生倾覆现象；气垫运输车6，其上安装有机器人和控制柜5，可以包括位于其底部（例如位于底部的四个顶角）的气囊11、12、13、14，用于使气垫运输车6浮起，以便机器人在喷涂作业前进行粗定位，还可以包括千斤顶，例如6个固定的机械千斤顶和2个活动的液压千斤顶（图中未示出），用于对气垫运输车6进行支撑和调平。

其中，喷枪可以具有1个回转自由度；曲臂可以具有6个自由度；伸缩臂可以具有3个自由度；基座用于对系统进行初始定位，其可以是直角坐标式基座，具有4个自由度，包括1个旋转自由度7和3个直线自由度，即直角坐标式基座Z向自由度8、直角坐标式基座Y向自由度9和直角坐标式基座X向自由度10。喷枪、曲臂、伸缩臂及基座的自由度之和可以不少于6个，例如，在本实施例中为14个。

其中，气垫运输车上还可以安装喷涂系统、安全保障系统、无线图像验看系统和控制系统（图中未示出）。喷涂系统包括涂料系统和气路系统；安全保障系统包括传感器系统和正压防爆系统，传感器系统可以进行信息反馈，以保证机器人距离管道内壁的距离保持在合适的范围之内、并保持电机防护罩内为正压，因此传感器系统一方面可以保证喷涂的精确性，另一方面可以通过轨迹规划保证喷涂时的安全性，防止机器人碰撞管道内壁等情况的发生；通过无线图像验看系统可以验看喷涂后的效果，并可将喷涂效果显示在计算机屏幕上；控制系统用于对系统的作业过程进行控制。

本实施例的系统中机器人喷涂的动作次序如下：

1) 打开气垫运输车的气源开关，使气囊充气浮起，气囊上的圆

形支撑垫将气垫运输车撑起，使运输车离地面具有一定的高度，以便由工作人员将气垫运输车轻轻推动，对系统进行粗定位。系统进入喷涂区域后的位置距离管道有一定距离，保证机器人全部伸开后不会碰到管道，此时车身和管道后端轴线应该平行。上述气囊充气浮起后，由于气浮移动方式的摩擦力很小，工作人员只需用几公斤的推力，就可以将几吨重的系统移动到工作区域内，从而完成对喷涂作业的粗定位。

2) 启动机器人，进行回零操作，使机器人运动到初始零位（初始零位的状态根据作业要求确定）。

3) 给曲臂套上防护衣。

4) 工作人员轻轻推动气垫运输车，使其沿直线缓慢前行，机器人进入管道，到达指定位置，整个过程需要使机器人不碰到管道内壁。然后由千斤顶将系统支撑起来，进行初步调平，一方面扩大支撑面，起稳定支撑作用，另一方面对整个系统进行的水平调平。

5) 适当调整机器人的各个自由度，对作业对象位置标定。

6) 机器人运动到工作零位位置，该位置可以与初始零位相同也可以不同，关闭机器人基座的四个自由度的电机，同时进行相应的抱闸制动。

7) 机器人低速试运行，根据情况补充若干个测量点，并回到工作零位位置。

8) 根据试运行情况 and 补充测量点的测量数据，校正工作零位位置（校正时调整基座的四个自由度，校正后再次关闭该四个自由度的电机，并进行相应的抱闸制动）或校正运动轨迹。

9) 机器人开始喷涂作业，在作业的过程中可以调整机器人的喷枪、曲臂、伸缩臂的自由度；

10) 检测作业质量；

11) 作业对象离开作业现场；

12) 收起千斤顶, 轻推气垫运输车, 将系统撤离现场。气动运输车的移动范围由作业对象的长度决定, 一般为 20 米之内, 如果距离较长可以中途转接, 转接时可以利用气动运输车底部的 4 个车轮进行移动。

由以上实施例可以看出, 本发明的实施例通过对机器人进行多冗余自由度设计, 使得机器人的机械臂可以进入复杂的工件内部、躲避异形空间中的障碍, 防止了干涉的发生, 从而实现了异形狭长管道内壁进行喷涂作业; 通过对气垫运输车设置气囊结构实现了机器人系统的气浮式移动, 使得机器人移动方便, 定位准确, 提高了喷涂作业前进行准备工作的效率。需要说明的是, 本发明的实施例也适用于对具有复杂形状的外壁进行喷涂的情况。

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

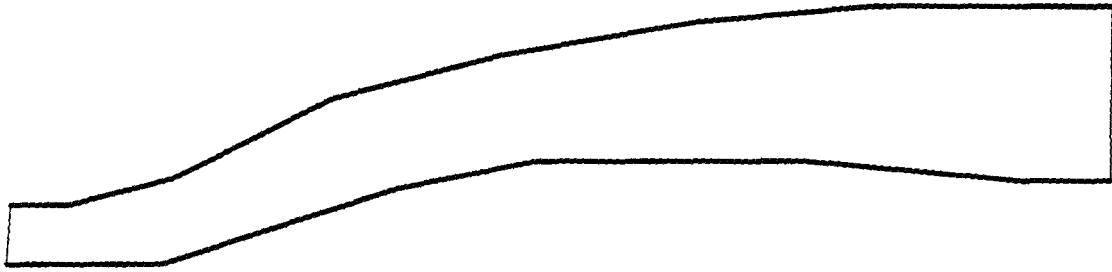


图 1

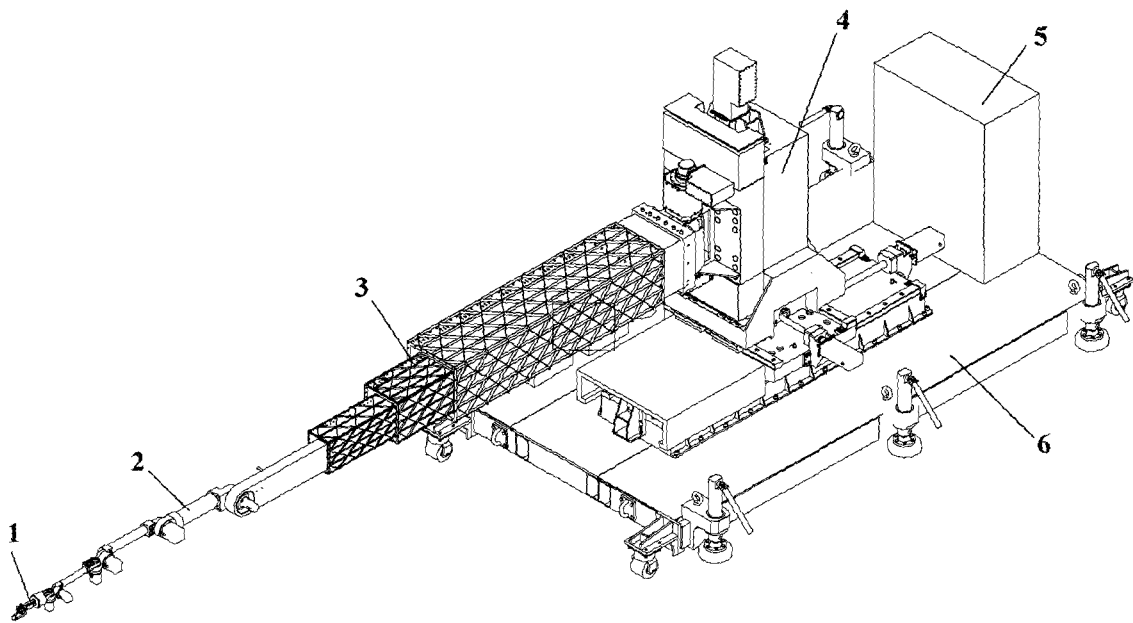


图 2

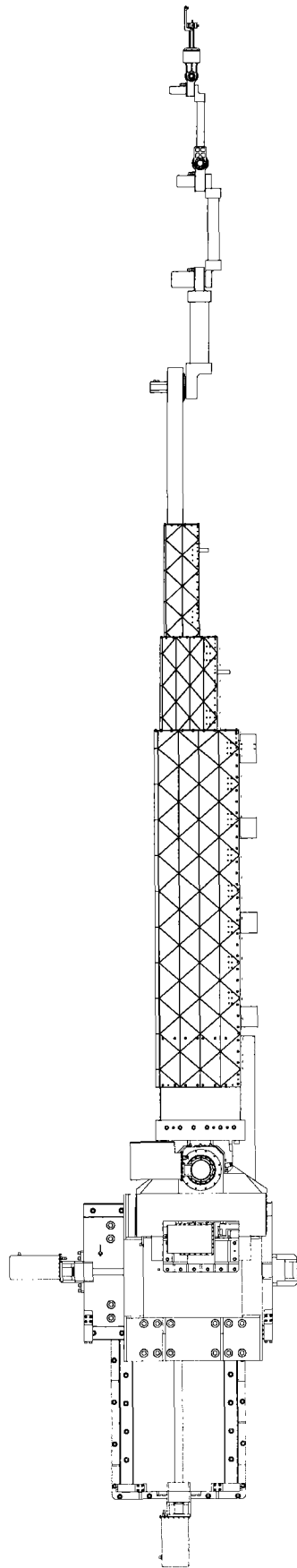


图 3a

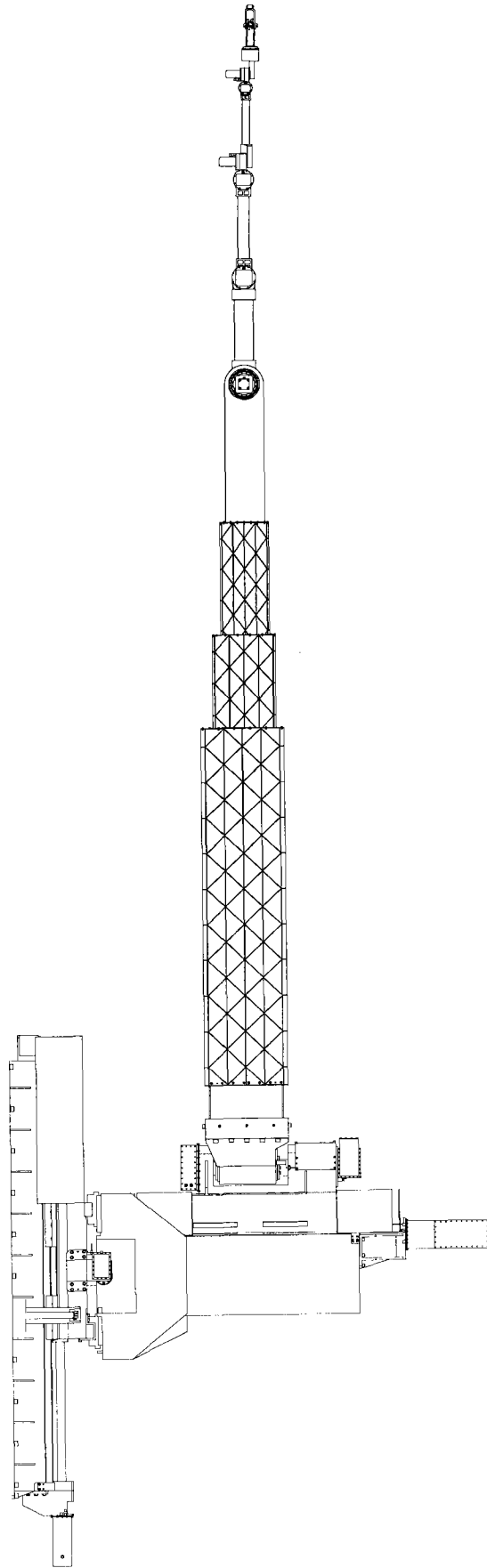


图 3b

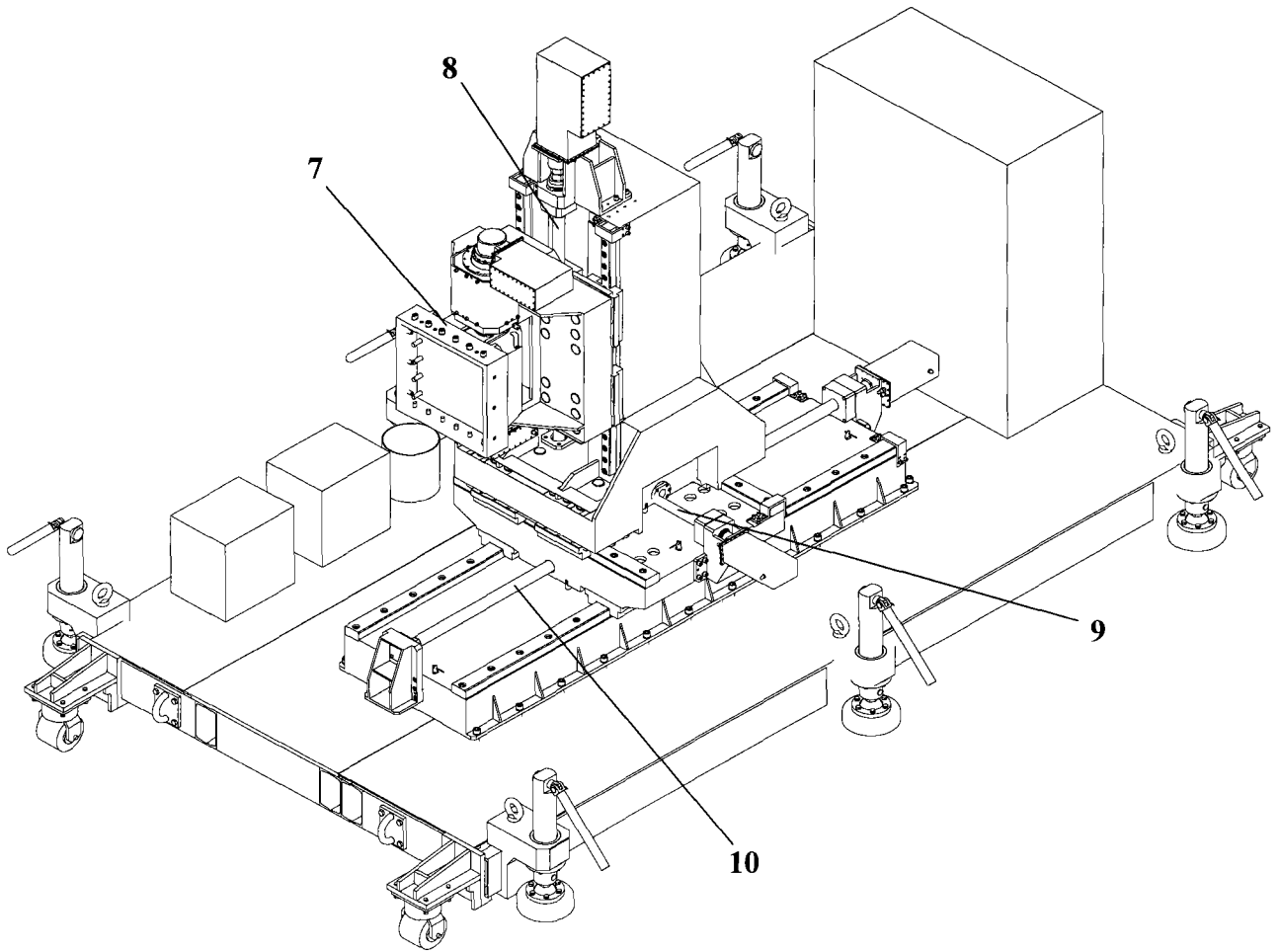


图 4

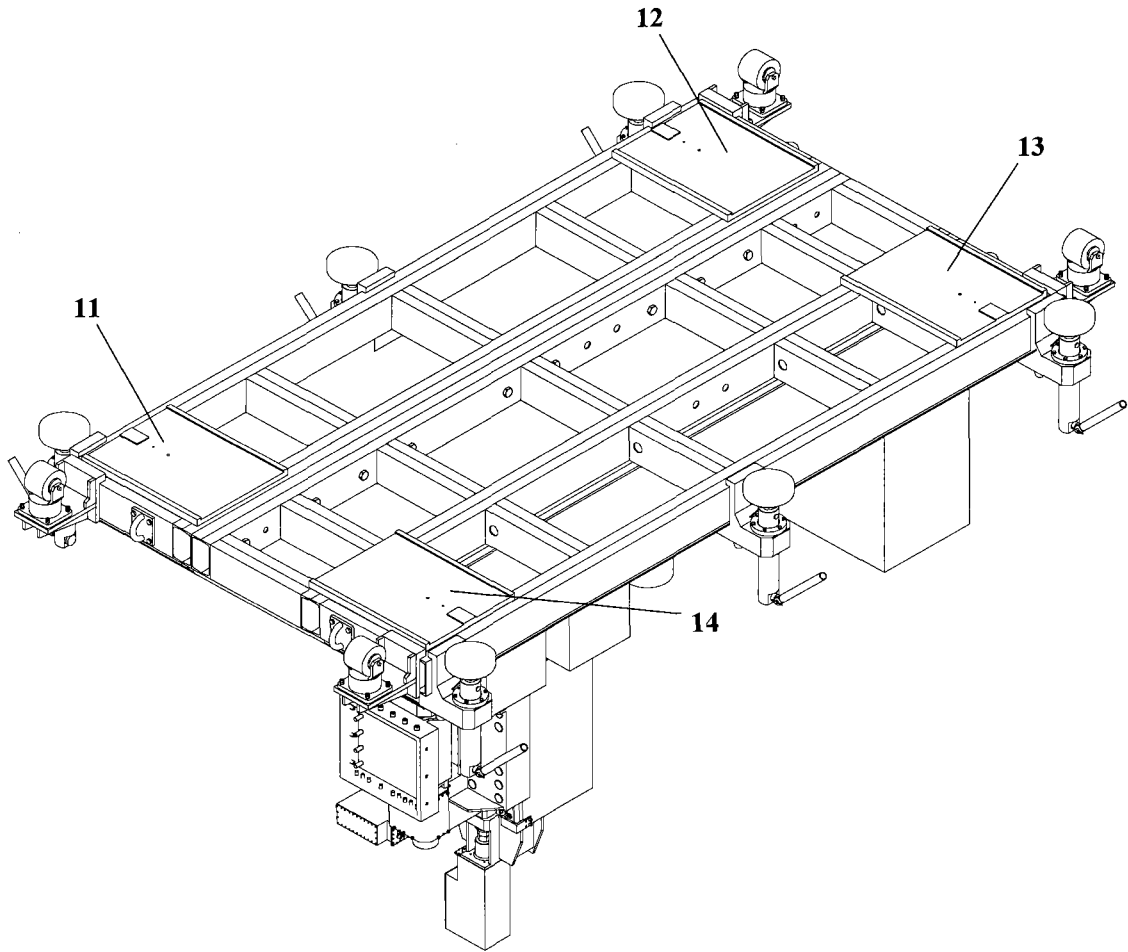


图 5