(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 101559574 B
(45)授权公告日 2011.03.23

(21)申请号 200910133363.1

(22)申请日 2009.04.07

(66)本国优先权数据
200810104374.2 2008.04.18 CN

(73)专利权人 北京胜为弘技数控装备有限公司
地址 100176 北京市北京经济技术开发区隆庆街甲10号2号楼200室

(72)发明人 刘树生 肖业喜

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006
代理人 梁挥 祁建国

(51)Int.Cl.
B24B 21/16(2006.01)
B24B 41/02(2006.01)
B24B 41/04(2006.01)

(56)对比文件
US 5193314 A,1993.03.16, 全文.
US 20050086783 A1,2005.04.28, 全文.
EP 2025464 A1,2009.02.18, 全文.
CN 101234480 A,2008.08.06, 权利要求书.
CN 201086222 Y,2008.07.16,
CN 201077018 Y,2008.06.25, 全文.

审查员 侯炳萍

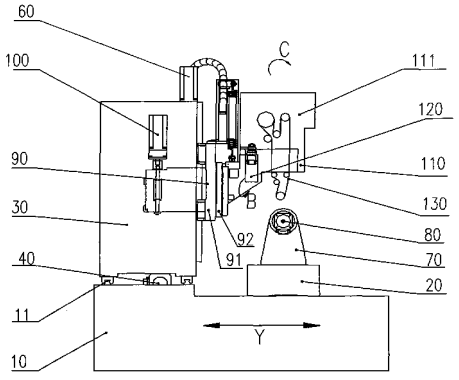
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 18 页

(54)发明名称

六轴联动数控砂带磨床及加工汽轮机叶片的方法

(57)摘要

一种六轴联动数控砂带磨床及加工汽轮机叶片的方法，六轴联动数控砂带磨床的床身上滑动设置有立柱部件和工作台，立柱部件、工作台与床身之间的相对滑动分别形成X轴方向和Y轴方向的直线运动；工作台上方设置A轴部件，用以夹持工件绕其轴线旋转，以形成A轴的旋转运动；立柱部件上悬臂设置磨削座，磨削座通过一箱体与立柱部件滑动连接，以形成Z轴方向的直线运动；箱体上旋转设置一转盘，转盘与箱体之间的相对旋转形成B轴方向的旋转运动；磨削座内设置有砂带机，砂带机与磨削座之间的相对转动形成C轴方向的回转运动；该磨床通过数控系统来控制各轴线方向上的运动。本发明可以大幅度提高磨削效率，并能有效提高工件的打磨精度和表面质量。



CN 101559574 B

1. 一种六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，包括：

床身，其上滑动设置有立柱部件和工作台，所述立柱部件、工作台与所述床身之间的相对滑动分别形成 X 轴方向和 Y 轴方向的直线运动；

设置在所述工作台上方的 A 轴部件，用以夹持待加工的工件绕其轴线旋转，以形成 A 轴的旋转运动；

悬臂设置于所述立柱部件上的磨削座，所述磨削座通过一箱体与所述立柱部件滑动连接，以形成 Z 轴方向的直线运动；所述箱体上还旋转设置一转盘，所述磨削座固定于所述转盘上随其转动，所述转盘与所述箱体之间的相对旋转形成 B 轴方向的旋转运动；

设置在磨削座内与所述磨削座转动连接的砂带机，所述磨削座为中空结构，所述砂带机沿所述磨削座的中空轴线回转形成 C 轴方向的回转运动；

数控系统，所述数控系统里配置有程序存储器和执行电路，以控制各轴线方向上的运动。

2. 根据权利要求 1 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述砂带机包括底板、驱动电机、砂带和接触轮，所述驱动电机设置在一电机安装座上，所述电机安装座和底板与一 C 轴驱动系统连接，所述接触轮通过砂带与所述驱动电机输出轴上的主动轮连接。

3. 根据权利要求 2 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述砂带机还包括一浮动装置，所述浮动装置包括与所述底板滑动连接的随动板和与所述随动板连接的浮动驱动件，所述随动板上安装有过轮、挤压轮和所述接触轮，所述驱动电机的输出动力通过砂带经由所述主动轮、过轮和挤压轮传递至所述接触轮。

4. 根据权利要求 3 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述浮动驱动件为自动调节气缸。

5. 根据权利要求 4 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述随动板通过一随动导轨与所述底板滑动连接，所述随动导轨上还滑动设置有一胀紧轮，所述砂带从所述胀紧轮上绕过，所述胀紧轮与一胀紧用气缸连接。

6. 根据权利要求 1 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述床 身具有第一床身部和第二床身部，所述第一床身部高于第二床身部，其中，所述第一床身部上设置至少两条 X 轴导轨，所述立柱部件通过所述 X 轴导轨与所述第一床身部滑动连接，所述第二床身部上设置有至少两条 Y 轴导轨，所述工作台通过所述 Y 轴导轨与所述第二床身部滑动连接。

7. 根据权利要求 6 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述第二床身部垂直于 Y 轴的截面成 W 形，其中，

在左、右两个 V 形槽底设置有左、右螺旋排屑器；

在倒 V 形的下方设置有所述至少两条 Y 轴导轨的其中之一部分和与所述 A 轴部件连接的拖链；

在 W 形的左、右两侧设置有 Y 轴驱动系统和另一部分 Y 轴导轨。

8. 根据权利要求 7 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述第一床身部平行于 X 轴的截面的中部具有人字形洞，在所述人字形洞的两侧具有与所述左、右两个 V 形槽对应地倒八字形洞。

9. 根据权利要求 7 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述左、右螺旋排屑器的其中之一包括安装于第二床身部上的螺旋驱动装置和螺旋器，所述螺旋驱动装置包括与

所述螺旋器平行设置的螺旋器驱动电机，所述螺旋器驱动电机通过一传动系统带动所述螺旋器。

10. 根据权利要求 1 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述工作台上设置有平行于 X 轴的 A 轴部件导轨，所述 A 轴部件与所述 A 轴部件导轨滑动连接。

11. 根据权利要求 10 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述工作台的两端耳上方分别设置 U 形槽。

12. 根据权利要求 11 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述工作台的中部设置有纵向贯穿所述工作台的贯孔，以供与所述 A 轴部件连接的拖链的管线穿过。

13. 根据权利要求 1 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述 A 轴部件的驱动系统为两个，其分别设置在所述 A 轴部件的两侧。

14. 根据权利要求 1 所述的六轴联动数控砂带磨床，其特征在于，所述转盘的驱动系统包括安装在所述立柱部件上的 B 轴驱动电机和与所述 B 轴驱动电机连接的涡轮蜗杆副，所述涡轮蜗杆副的输出端与所述转盘连接。

15. 一种采用上述权利要求 1 ～ 14 中任一项所述的六轴联动数控砂带磨床加工汽轮机叶片的方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

(1) 在待加工的控制截面处测量并取得数据，将所得数据导入造型软件以生成模型从而形成轨迹文件，然后对轨迹文件进行后处理以形成数控程序；

(2) 将数控程序存入所述六轴联动数控砂带磨床的数控系统，并利用所述六轴联动数控砂带磨床进行汽轮机叶片加工。

六轴联动数控砂带磨床及加工汽轮机叶片的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种磨削装置，特别涉及一种六轴联动数控砂带磨床，以适用于诸如汽轮机叶片类的曲面形状较复杂的工件的打磨抛光。

[0002] 背景技术

[0003] 目前，常用的动力装置（如燃汽轮机、汽轮机、涡轮发动机）的叶片的结构形式很多，而叶片的型面是决定动力装置效率的一个重要因素，型面质量的高低影响其能耗水平。因此大量的开发研究工作被花在型面型线设计上，以期从流体动力学上提高动力装置的效率，用更小的体积来获得更大的输出功率。这导致叶片型面由直面发展到弧面进而发展到扭曲弧面。另一方面，由于型面曲线越来越复杂，叶片加工的工艺要求也就越来越高，对设备的要求也越来越高。

[0004] 早期的叶片加工全部是由手工完成的，工人用锉刀、砂轮、砂纸等磨料在铸造成锻造成型的毛坯上一点点修出叶片的型面。后来发展到用车、铣的方法去除大部分余量，再经手工修型完成。数控机床的出现改变了这一状况，使叶片型面加工走到了铣削的路上。但无论机加工型面余量再小，最终都要经过打磨抛光的工序才能完成一只成品叶片，否则叶片表面的刀纹会增大蒸汽流或燃汽流的流道阻力，降低动力装置的效率。时至今日，提高叶片表面光洁度的工序仍是整个叶片型面加工工艺过程中的关键环节，虽然有电解抛光、精密铸造、高速铣削无余量加工抛丸处理等工艺出现，但绝大多数叶片的最后加工工序仍是由手式打磨抛光来完成的。

[0005] 但是手工打磨、抛光还存在如下问题：

[0006] 1、手工难以控制去除量，所以只能每次去降少量余量，需反复与样板作透光检查、比对，过程繁琐，效率低；

[0007] 2、手工抛磨容易造成叶片余量不均余、叶片尺寸一致性差，有时甚至造成废品；

[0008] 3、手式抛磨力量全靠人工掌握，叶片表面质量一致性差；

[0009] 4、大型叶片不易搬动、翻转，不借助工装难以进行抛磨；

[0010] 5、劳动强度大；

[0011] 6、工作环境恶劣，粉尘对工人健康损伤极大。

[0012] 总之手工打磨、抛光尺寸精度低、表面质量低、劳动强度大、效率低，满足不了动力能源发展的要求。

[0013] 20 世纪中期以后，随着多轴控制技术的发展，六轴砂带磨床也应运而生，如专利号为“ZL200720188043.2”，名称为“六轴砂带磨床”的中国实用新型专利，其公布的砂带磨床结合空间的六个自由度，可以实现复杂的叶片型面的磨削处理，且能有效提高工件的打磨精度和表面质量，但是其对于满足高效高精度叶片加工要求还有相当的差距，主要表现在：

[0014] 1、单纯的强力磨削，其加工效率较低，并且不能从根本上解决叶片抛磨的尺寸精度、型面精度问题；

[0015] 2、机床床身前高后低，立柱部件高度高，其对立柱部件的要求较高；

[0016] 3、为了沿 C 轴布置砂带机，C 轴结构采用悬臂式结构，即砂带机一端以铰接形式连接 C 轴，另一端悬伸。不仅结构刚性差，而且由于砂带机的宽度限制了 C 轴角度，在扭曲较大的曲面磨削抛光时容易产生干涉；

[0017] 4、虽然接触轮采用悬浮结构，但是砂带机上的惰轮并非随接触轮的上下移动而同时移动，也就是说，当接触轮与工件的接触压力随工件曲面的变化而变化时，砂带不能迅速、准确地将变化回馈给接触轮，从而导致磨削误差，影像工件的加工品质。

[0018] 从上可以看出，现有的磨削方式及磨削设备仍然普遍存在加工效率低、加工精度低，型面质量难以保证的不足，从而导致加工出来的汽轮机叶片型面质量不能很好地满足精度的要求。

发明内容

[0019] 本发明的目的在于克服现有叶片类的曲面形状较复杂的工件的打磨抛光设备存在的不足，提供一种六轴联动数控砂带磨床，以有效提高工件的表面质量和精度。

[0020] 为达到上述目的，本发明提供的六轴联动数控砂带磨床，包括：

[0021] 床身，其上滑动设置有立柱部件和工作台，所述立柱部件、工作台与所述床身之间的相对滑动分别形成 X 轴方向和 Y 轴方向的直线运动；

[0022] 设置在所述工作台上方的 A 轴部件，用以夹持待加工的工件绕其轴线旋转，以形成 A 轴的旋转运动；

[0023] 悬臂设置于所述立柱部件上的磨削座，所述磨削座通过一箱体与所述立柱部件滑动连接，以形成 Z 轴方向的直线运动；所述箱体上还旋转设置一转盘，所述磨削座固定于所述转盘上随其转动，所述转盘与所述箱体之间的相对旋转形成 B 轴方向的旋转运动；

[0024] 设置在磨削座内与所述磨削座转动连接的砂带机，所述磨削座为中空结构，所述砂带机沿所述磨削座的中空轴线回转形成 C 轴方向的回转运动；

[0025] 数控系统，所述数控系统里配置有程序存储器和执行电路，以控制各轴线方向上的运动。

[0026] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述砂带机包括底板、驱动电机、砂带和接触轮，所述驱动电机设置在一电机安装座上，所述电机安装座和底板与一 C 轴驱动系统连接，所述接触轮通过砂带与所述驱动电机输出轴上的主动轮连接。

[0027] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述砂带机还包括一浮动装置，所述浮动装置包括与所述底板滑动连接的随动板和与所述随动板连接的浮动驱动件，所述随动板上安装有过轮、挤压轮和所述接触轮，所述驱动电机的输出动力通过砂带经由所述主动轮、过轮和挤压轮传递至所述接触轮。

[0028] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述浮动驱动件为自动调节气缸。

[0029] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述随动板通过一随动导轨与所述底板滑动连接，所述随动导轨上还滑动设置有一胀紧轮，所述砂带从所述胀紧轮上绕过，所述胀紧轮与一胀紧用气缸连接。

[0030] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述床身具有第一床身部和第二床身部，所述第一床身部高于第二床身部，其中，所述第一床身部上设置至少两条 X 轴导轨，所述立柱部件通过所述 X 轴导轨与所述第一床身部滑动连接，所述第二床身部上设置有至少两条 Y

轴导轨，所述工作台通过所述 Y 轴导轨与所述第二床身部滑动连接。

[0031] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述第二床身部垂直于 Y 轴的截 面成 W 形，其中，

[0032] 在左、右两个 V 形槽底设置有左、右螺旋排屑器；

[0033] 在倒 V 形的下方设置有所述至少两条 Y 轴导轨的其中之一部分和与所述 A 轴部件连接的拖链；

[0034] 在 W 形的左、右两侧设置有 Y 轴驱动系统和另一部分 Y 轴导轨。

[0035] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述第一床身部平行于 X 轴的截面的中部具有人字形洞，在所述人字形洞的两侧具有与所述左、右两个 V 形槽对应地倒八字形洞。

[0036] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述左、右螺旋排屑器的其中之一包括安装于第二床身部上的螺旋驱动装置和螺旋器，所述螺旋驱动装置包括与所述螺旋器平行设置的螺旋器驱动电机，所述螺旋器驱动电机通过一传动系统带动所述螺旋器。

[0037] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述工作台上设置有平行于 X 轴的 A 轴部件导轨，所述 A 轴部件与所述 A 轴部件导轨滑动连接。

[0038] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述工作台的两端耳上方分别设置 U 形槽。

[0039] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述工作台的中部设置有纵向贯穿所述工作台的贯孔，以供与所述 A 轴部件连接的拖链的管线穿过。

[0040] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述 A 轴部件的驱动系统为两个，其分别设置在所述 A 轴部件的两侧。

[0041] 上述的六轴联动数控砂带磨床，其中，所述转盘的驱动系统包括安装在所述立柱部件上的 B 轴驱动电机和与所述 B 轴驱动电机连接的涡轮蜗杆副，所述涡轮蜗杆副的输出端与所述转盘连接。

[0042] 为了更好地实现上述目的，本发明还提供一种汽轮机叶片的加工方法，该加工方法是采用上述的六轴联动数控砂带磨床进行汽轮机叶片的加工，该方法包括如下步骤：

[0043] (1) 在待加工的控制截面处测量并取得数据，将所得数据导入造型软件以生成模型从而形成轨迹文件，然后对轨迹文件进行后处理以形成数控程序；

[0044] (2) 将数控程序存入所述六轴联动数控砂带磨床的数控系统，并利用所述六轴联动数控砂带磨床进行汽轮机叶片加工。

[0045] 进一步地，本发明还提供一种汽轮机叶片，该汽轮机叶片通过上述的六轴联动数控砂带磨床加工所得。

[0046] 与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

[0047] (1) 各轴线方向上的运动由数控系统控制，不仅提高了零件加工效率，而且由于数控系统能准确测量工件实际状态，从而叶片尺寸精度、表面质量一致性好，进一步地，加工中无需人为调整，使叶片自动化生产成为可能，一人多机甚至全自动生产线成为可能，改变了叶片加工的生产组织方式，大幅度提高了劳动生产率；

[0048] (2) 磨削座为中空结构，能把整个砂带机放置其中并绕其中空轴线旋转，克服了在扭曲较大的曲面磨削抛光时容易产生干涉的问题；

[0049] (3) 设置浮动装置，将强力磨削与浮动磨削结合，使一条不停运转的砂带中竟有一部分伴随着移动，磨削加工时，接触轮通过砂带与被加工件接触，当接触压力随加工件曲面

的变化而变化时，数控系统自动根据这种变化状态，自动调节浮动驱动件的进出气状态，带动随动板及其上面安装各种带轮、砂带的上下随动，并能迅速、准确的回馈到接触轮；

[0050] (4) 机床床身的第一床身部高于第二床身部，减小了立柱部件的高度；

[0051] (5) 第二床身垂直于 Y 轴的截面成 W 形，方便左、右螺旋排屑器的设置；

[0052] (6) 螺旋排屑器的螺旋器平行于其驱动电机，减少了机床的占地空间。

[0053] 综上可以看出，采用本发明的六轴联动数控砂带磨床进行汽轮机叶片加工，不仅效率高、工人劳动强度低，还能保证叶片尺寸精度和表面质量，并且加工出来的汽轮机叶片能满足动力能源发展的要求。

[0054] 以下结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述，但不作为对本发明的限定。

[0055] 附图说明

[0056] 图 1 为本发明的六轴联动数控砂带磨床的主视图；

[0057] 图 2 为图 1 的左视图；

[0058] 图 3 为 X 轴驱动系统的结构图；

[0059] 图 4A 为本发明的床身主视图；

[0060] 图 4B 为图 4A 的俯视图；

[0061] 图 4C 为图 4A 的侧视图；

[0062] 图 4D 为图 4B 中的 A-A 剖视图；

[0063] 图 4E 为图 4B 中的 B-B 剖视图；

[0064] 图 5 为本发明的螺旋排屑器结构图；

[0065] 图 6A 为本发明的工作台主视图；

[0066] 图 6B 为图 6A 的俯视图；

[0067] 图 6C 为图 6A 的侧视图；

[0068] 图 7A 为本发明的 A 轴部件结构图；

[0069] 图 7B 为图 7A 的侧视图；

[0070] 图 8A 为本发明的立柱部件结构图；

[0071] 图 8B 为图 8A 的侧视图；

[0072] 图 9A 为本发明的 B 轴部件结构图；

[0073] 图 9B 为图 9A 的 C-C 剖视图；

[0074] 图 10 为本发明的 C 轴部件结构图；

[0075] 图 11A 为本发明的砂带机结构图；

[0076] 图 11B 为图 11A 的侧视图；

[0077] 图 11C 为图 11A 的后视图。

[0078] 其中，附图标记

[0079] 10 床身

[0080] 11X 轴导轨 12Y 轴导轨

[0081] 13 第一床身部

[0082] 1301 人字形洞 1302 倒八字形洞

[0083] 1303 倒八字形洞

[0084] 14 第二床身部

[0085] 15 左螺旋排屑器

[0086] 151 电机 152 联接板

[0087] 153 轴承座 154 电机座

[0088] 155 小轴 156 链轮

[0089] 157 链条 158 链轮

[0090] 159 轴承座 1510 安装板

[0091] 1511 传动轴 1512 螺旋器

[0092] 16 右螺旋排屑器 17 拖链

[0093] 180 防护系统

[0094] 181 人字形伸缩防护罩 182V 形固定防护罩

[0095] 183V 形固定防护罩 184 左斜形伸缩防护罩

[0096] 185 左固定防护罩 186 左防护大罩

[0097] 187 右斜形伸缩防护罩 188 右固定防护罩

[0098] 189 右防护大罩 1810 左防护端板

[0099] 1811 右防护端板

[0100] 191 左防护导轨 192 右防护导轨

[0101] 20 工作台

[0102] 21A 轴部件导轨 211 倾斜固定件

[0103] 22 端耳 23 端耳

[0104] 24U 形槽 25U 形槽

[0105] 26 贯孔 27 贯孔

[0106] 28 左皮腔 29 右皮腔

[0107] 30 立柱部件

[0108] 31 立柱 32Z 轴导轨

[0109] 33X 向拖链 34Z 向拖链

[0110] 40X 轴驱动系统

[0111] 41 电机 42 联轴器

[0112] 43 滚珠丝杠 44 滚珠螺母

[0113] 45 螺钉 46 轴承座

[0114] 47 电机座 48 轴承

[0115] 49 蝶形弹簧 410 管接头

[0116] 50Y 轴驱动系统

[0117] 51 第一驱动系统 52 第二驱动系统

[0118] 60Z 轴驱动系统

[0119] 61 第一驱动系统 62 第二驱动系统

[0120] 70A 轴部件

[0121] 71A 坐标体 72 电机防护罩

[0122] 73 伺服电机 74 电机座

[0123] 75 联轴器 76 轴承减速机

[0124] 77 端盖 78 转动盘

[0125] 79 螺钉 710 螺母

[0126] 80A 轴驱动系统

[0127] 81 第一电机 82 第二电机

[0128] 90B 轴部件

[0129] 91 箱体 92 转盘

[0130] 93 支架 94 弹簧

[0131] 100B 轴驱动系统

[0132] 101B 轴驱动电机

[0133] 102 涡轮蜗杆副 1021 主轴

[0134] 103 交叉滚子轴承 104 角接触轴承

[0135] 105 角接触轴承 106 角接触轴承

[0136] 110C 轴部件

[0137] 111 磨削座

[0138] 1111 第一中空部 1112 第二中空部

[0139] 120C 轴驱动系统

[0140] 121 电机 122 传动齿轮

[0141] 123 传动齿轮 124 传动齿轮

[0142] 125 轴承 126 轴承

[0143] 127 上轴承内圈端盖 128 下轴承内圈端盖

[0144] 130 砂带机

[0145] 131 接触轮 132 上连接件

[0146] 133 下连接件 134 挤压轮

[0147] 135 挤压轮 136 挤压轮

[0148] 137 过轮 138 过轮

[0149] 139 主动轮 1310 电机

[0150] 1312 底板 1313 砂带

[0151] 1314 浮动装置

[0152] 13141 随动板 13142 浮动驱动件

[0153] 1315 电机安装座

[0154] 1316 随动导轨

[0155] 13161 滑块 13162 滑块

[0156] 13163 滑块 13164 滑块

[0157] 1317 胀紧轮 1318 胀紧用气缸

[0158] 1319 盖体

[0159] 具体实施方式

[0160] 下面结合附图和具体实施例对本发明技术方案进行详细的描述，以更进一步了解本发明的目的、方案及功效，但并非作为对本发明所附权利要求保护范围的限制。

[0161] 请参阅图 1 及图 2，如图所示，本发明的六轴联动数控砂带磨床，包括床身 10、工作

台 20、立柱部件 30、X 轴驱动系统 40、Y 轴驱动系统 50、Z 轴驱动系统 60、A 轴部件 70、A 轴驱动系统 80、B 轴部件 90、B 轴驱动系统 100、C 轴部件 110、C 轴驱动系统 120、砂带机 130 和数控系统，数控系统在图中未示出。

[0162] 其中，床身 10 上设置有相互垂直的 X 轴导轨 11 和 Y 轴导轨 12，X 轴导轨 11 支撑立柱部件 30，X 轴驱动系统 40 驱动立柱部件 30 沿 X 轴导轨 11 滑动，以形成 X 轴方向的直线运动，Y 轴导轨 12 支撑工作台 20，Y 轴驱动系统 50 驱动工作台 20 沿 Y 轴导轨 12 滑动，以形成 Y 轴方向的直线运动；A 轴部件 70 设置在工作台 20 上方，用以夹持待加工的工件 1，A 轴驱动系统 80 驱动工件绕平行于 X 轴的 A 轴旋转，以形成 A 轴的旋转运动；立柱部件 30 上设置有 Z 轴导轨 32，B 轴部件 90 通过 Z 轴导轨 32 与立柱部件 30 滑动连接，B 轴部件 90 包括由 Z 轴导轨 32 支撑的箱体 91，箱体 91 上安装有转盘 92，B 轴驱动系统 100 与转盘 92 连接，以使转盘 92 绕平行于 Y 轴的 B 轴旋转，以形成 B 轴方向的旋转运动；C 轴部件 110 安装在转盘 92 上，砂带机 130 设置在 C 轴部件 110 上，且与 C 轴驱动系统 120 连接；在 B 轴驱动系统 100 的作 用下，B 轴部件 90 及与其连接的 C 轴部件 110 沿 Z 轴导轨 32 上下滑动，以形成 Z 轴方向的直线运动；C 轴部件 110 主要包括磨削座 111，砂带机 130 设置在磨削座 111 内，且在 C 轴驱动系统 120 作用下，砂带机 130 在磨削座 111 内相对磨削座转动，以形成 C 轴方向的回转运动。

[0163] 上述的各驱动系统 40、50、60、80、110、120 通过各自的驱动器接口与数控系统连接，数控系统里配置有程序存储器和执行电路，以使各驱动系统动作以实现各轴线方向的运动。

[0164] 下面对本发明的六轴联动数控砂带磨床的主要部件进行详细介绍：

[0165] 请继续参阅 3 本发明的 X 轴驱动系统的结构图，X 轴驱动系统 40 包括电机 41、联轴器 42、滚珠丝杠 43、滚珠螺母 44、螺钉 45、轴承座 46、电机座 47、轴承 48、碟形弹簧 49 和管接头 410，电机座 47 安装在床身 10 上，电机 41 通过联轴器 42 与滚珠丝杆 43 连接，滚珠丝杆 43 通过轴承 48 支撑在对应的轴承座 46 上，滚珠丝杆 43 上套装有滚珠螺母 44，滚珠螺母 44 通过螺钉 45 固定在立柱部件 30 的底部，这样，当电机 41 运转时，将带动滚珠丝杆 43 一起转动，套装在滚珠丝杆 43 上的滚珠螺母 44 带动立柱部件 30 在 X 轴导轨 11 上滑动，以便于对工件长度方向的不同部位进行磨削及抛光处理。进一步地，轴承座 46 上设置有管接头 410，当轴承采用稀油自动润滑时，润滑油经管接头进入轴承内；另一方面，轴承座 46 内设置有碟形弹簧 49，由于碟形弹簧 49 适应引起垫变形的温升范围较广，所以便于滚珠丝杆 43 的预拉伸。

[0166] 由于 X 轴驱动系统、Y 轴驱动系统和 Z 轴驱动系统都为直线驱动，所以它们具有相同的结构，所不同的是：此处的 Y 轴驱动系统和 Z 轴驱动系统为双驱动，X 轴驱动系统为单驱动。参见图 1 及图 2，Y 轴驱动系统 50 具有第一驱动系统 51 和第二驱动系统 52，该第一驱动系统 51 和第二驱动系统 52 的结构与 X 轴驱动系统 40 完全一致，只是在安装时，滚珠螺母 44 通过螺钉 45 固定在工作台 20 的底部，这样，当电机 41 运转时，将带动滚珠丝杆 43 一起转动，套装在滚珠丝杆 43 上的滚珠螺母 44 带动工作台 20 在 Y 轴导轨 12 上滑动。Z 轴驱动系统 60 具有第一驱动系统 61 和第二驱动系统 62，该第一驱动系统 61 和第二驱动系统 62 的结构与 X 轴驱动系统 40 完全一致，只是在安装时，滚珠螺母 44 通过螺钉 45 固定在箱体 91 上，这样，当电机 41 运转时，将带动滚珠丝杆 43 一起转动，套装在滚珠丝杆 43 上的滚

珠螺母 44 带动箱体 91 及其上安 装的 B 轴部件 90 及与 B 轴部件 90 连接的 C 轴部件 110 在 Z 轴导轨 32 上滑动。

[0167] 请继续参阅图 4A 至图 4E，本发明的床身结构图，如图所示，床身 10 具有第一床身部 13 和第二床身部 14，第一床身部 13 高于第二床身部 14，其中，X 轴导轨 11 和 X 轴驱动系统 40 设置在第一床身部 13 上，Y 轴导轨 12 和 Y 轴驱动系统 50 设置在第二床身部 14 上，此处的 X 轴导轨较佳地为两根，Y 轴导轨较佳地为 4 根。

[0168] 从图 4A 中可以看出，第二床身部 14 垂直于 Y 轴的截面成 W 形，在左、右两个 V 形槽底分别设置左螺旋排屑器 15 和右螺旋排屑器 16 ；在倒 V 形的下方设置有两根 Y 轴导轨 12 和与 A 轴部件 70 连接的拖链 17 ；Y 轴驱动系统 50 的第一驱动系统 51、第二驱动系统 52 和另外两根 Y 轴导轨 12 设置在 W 形的左、右两侧。

[0169] 从图 4D 可以看出，第一床身 13 部平行于 X 轴的截面的中部具有人字形洞 1301，在人字形洞 1301 的两侧具有与左、右两个 V 形槽对应地倒八字形洞 1302、1303。

[0170] 为了很好的保护床身 10 内的左螺旋排屑器 15、右螺旋排屑器 16 及其它零件（诸如导轨 12、拖链 17 及第一驱动系统 51 和第二驱动系统 52 等），对应地还设置有动静结合的防护系统 180，参见图 4A，该防护系统 180 主要包括对应于人字形洞 1301 设置的人字形伸缩防护罩 181，对应于左、右两个 V 形槽设置的 V 形固定防护罩 182、183，对应于 W 形的左侧设置的左斜形伸缩防护罩 184、左固定防护板 185 和左防护大罩 186，对应于 W 形的右侧设置的右斜形伸缩防护罩 187、右固定防护板 188 和右防护大罩 189 和对应床身 10 两侧设置的左防护端板 1810、右防护端板 1811。其中，人字形伸缩防护罩 181、左斜形伸缩防护罩 184、右斜形伸缩防护罩 187 与工作台 20 固连，为可动防护罩，其随工作台 20 运动，较佳地，在左斜形伸缩防护罩 184、右斜形伸缩防护罩 187 下方分别滑动连接设置在床身 10 上的左防护导轨 191、右防护导轨 192 ；左防护端板 1810、右防护端板 1811 分别与左防护大罩 186 和右防护大罩 189 插接，以方便手工搬出，从而利于 Y 轴的第一驱动系统 51 和第二驱动系统 52 的维修。

[0171] 参阅图 5 本发明的螺旋排屑器结构图，左螺旋排屑器 15 与右螺旋排屑器 16 具有相同的结构，以下就以左螺旋排屑器 15 为例进行介绍，轴承座 153 和 装有电机 151 的电机座 154 安装在联接板 152 上，联接板 152 的另一端装有螺杆轴承座 159 和安装板 1510，安装板 1510 和联接板 152 固定在第二床身部 14 上。装在小轴 155 上的链轮 156 通过链条 157 带动装在传动轴 1511 上的链轮 158，使螺旋器 1512 旋转排屑。调整电机座 154 和轴承座 153 在联接板 152 上的安装位置来调节两链轮 156、158 的间距，使链条 157 胀紧适当。较佳地，电机 151 与螺旋器 1512 平行设置，这样，比电机与螺旋器直联具有缩小尺寸链最后实现机床占地面积小的优点。

[0172] 参阅图 6A 至图 6C，工作台 20 上设置有平行于 X 轴的 A 轴部件导轨 21，以使 A 轴部件 70 与工作台 20 滑动连接，在该 A 轴部件导轨 21 的内侧设置有倾斜固定件 211，以定位 A 轴部件 70，较佳地，此处的 A 轴部件导轨 21 设置为两根，并且，为了便于 A 轴部件 70 的沿 A 轴运动，在工作台两端分别设置有左皮腔 28 和右皮腔 29，在工作台的中间设置有双向伸缩导轨防护罩 210，该双向伸缩导轨防护罩 210 中间固定在工作台 20 上，两端固定在 A 轴部件 70 上，这样，当 A 轴部件 70 移动时，双向伸缩导轨防护罩 210 随动。工作台 20 具有两个端耳 22、23，Y 轴驱动系统 50 的第一驱动系统 51 和第二驱动系统 52 分别设置于其下方，在

工作台的两个端耳 22、23 上方分别设置 U 形槽 24、25，以供左斜形伸缩防护罩 184 和右斜形伸缩防护罩 187 通过。在工作台 20 的中部设置有纵向贯穿工作台的贯孔 26、27，以供与 A 轴部件 70 连接的拖链的管线穿过。

[0173] 参阅图 7A 至图 7B，A 轴部件 70 由左右两个结构完全相同，零件大小完全一样的独立单元组成，现以其中的一个独立单元为例进行介绍。A 坐标体 71 与 A 轴部件导轨 21 滑动连接，伺服电机 73 安装在电机座 74 上，电机座 74 上还设置一电机防护罩 72，以遮罩伺服电机 73，电机座 74 与轴承减速机 76 的非旋转部分相联，轴承减速机 76 固定在 A 坐标体 71 上的内孔端壁上。伺服电机 73 的输出轴通过联轴器 75 与轴承减速机 76 的输入轴相联，轴承减速机 76 的输出端被转动盘 78 所固定，转动盘 78 与一端盖 77 连接。待加工的工件 1 两端通过专用夹具（图中未示）与转动盘 78 相联，并由转动盘 78 带着夹具和待加工的工件 1 一起实现 A 轴运动（结合参阅图 1）。左、右 A 坐标体 71 可在 A 轴部件导轨 21 上任意移动，以满足不同规格工件的加工，并通过装入工作台两侧 T 型槽内的 T 型槽螺钉 79 与螺母 710 固定。从上可以看出，该 A 轴部件 70 采用的是双驱动结构，左边的伺服电机 73 即图 1 中的 A 轴驱动系统 80 的第一电机 81，右边的伺服电机 73 即图 1 中的 A 轴驱动系统 80 的第一电机 82。

[0174] 参阅图 8A 至图 8B，立柱部件 30 整体为框形结构，其包括立柱 31，立柱 31 由两根 X 轴导轨 11 支撑，以实现立柱部件 30 与床身 10 之间的相对滑动形成 X 轴方向的直线运动，立柱 31 上设置 Z 轴导轨 32 和 Z 轴驱动系统 60 的第一驱动系统 61 和第二驱动系统 62，Z 轴导轨 32 连接 B 轴部件 90，立柱 31 上设置 X 向拖链 33 和 Z 向拖链 34，较佳地，X 向拖链装于立柱 31 的顶后部，Z 向拖链 34 装于立柱 31 的顶前部，以便于空中走线。

[0175] 参阅图 9A 至图 9B，B 轴部件 90 包括由 Z 轴导轨 32 支撑的箱体 91，箱体 91 上安装有转盘 92，B 轴驱动系统 100 与转盘 92 连接，以使转盘 92 绕平行于 Y 轴的 B 轴旋转。B 轴驱动系统包括安装在立柱部件 30 上的 B 轴驱动电机 101 和与 B 轴驱动电机 101 连接的涡轮蜗杆副 102，涡轮蜗杆副 102 的主轴 1021 的输出端与转盘 92 连接，其中主轴 1021 从输出端至输入端分别安装了交叉滚子轴承 103、成组角接触轴承 104、105、106。箱体 91 上连接有支架 93，支架 93 上端连接从 Z 向拖链 34 出来的管线，并连接有弹簧 94，转盘 92 与 C 轴部件 110 的磨削座 111 固连，较佳地，磨削座 111 还同时与弹簧 94 连接。

[0176] 参阅图 10，C 轴部件 110 的磨削座 111 固定于转盘 92 上，随转盘 92 转动，该磨削座 111 为中空结构，其具有第一中空部 1111 和第二中空部 1112，C 轴驱动系统 120 包括电机 121 和传动齿轮 122、123、124，电机 121 倒装于第一中空部 1111 内，电机 121 输出的动力经由传动齿轮 122、123、124 传至砂带机 130。第二中空部 1112 的上、下部分别设置轴承 125、126，其中，轴承 125 较佳地为滚子轴承，轴承 126 较佳地为深沟球轴承，滚子轴承 125 的内圈与传动齿轮 124 通过上轴承内圈端盖 127 连接在一起，深沟球轴承 126 与下轴承内圈端盖 128 相连，砂带机 130 的下部容置于第二中空部 1112 内，并将传动齿轮 124 和下轴承内圈端盖 128 相连，这样，在电机 121 的作用下，砂带机 130 能沿第二中空部 1112 的中空轴线（即 C 轴）回转。

[0177] 参阅图 11A 至图 11C，砂带机 130 包括接触轮 131、上连接件 132、下连接件 133，挤压轮 134、135、136，过轮 137、138、主动轮 139、电机 1310、底板 1312、砂带 1313 和浮动装置 1314，结合参阅图 10，上连接件 132 固定在传动齿轮 124 的上端面上，下连接件 133 固定在

下轴承内圈端盖 128 上，上连接件 132、下连接件 133 与底板 1312 相连，电机 1310 设置在电机安装座 1315 上，电机安装座 1315 也安装在传动齿轮 124 的上端面上，电机 1310 的输出轴上安装着主动轮 139，过轮 138 安装在电机安装座 1315 上，电机 1310 的输出动力通过砂带 1313 经由主动轮 139、过轮 137、138 和挤压轮 134、135、136 传递至接触轮 131。由于砂带机通过上连接件 132 与传动齿轮 124 相连，所以整个砂带机 130 可在电机 121 的作用下，沿磨削座 111 的第二中空部 1112 的中空轴线（即 C 轴）回转。较佳地，在砂带机 130 的上方还设置有一盖体 1319。

[0178] 浮动装置 1314 包括与底板 1312 滑动连接的随动板 13141 和与随动板 13141 连接的浮动驱动件 13142，过轮 137、挤压轮 134、135、136 和接触轮 131 安装在随动板 13141 上，随动板 13141 通过一随动导轨 1316 与底板 1312 连接，该随动导轨 1316 上设置有滑块 13161、13162、13163 和滑块 13164，随动板 13141 通过滑块 13161、13163、13164 与随动导轨 1316 滑动连接，较佳地，浮动驱动件 13142 为两个自动调节气缸，两个自动调节气缸设置在电机安装座 1315 上。

[0179] 随动导轨 1316 上的滑块 13162 连接有胀紧轮 1317，砂带 1313 从胀紧轮 1317 上绕过，胀紧轮 1317 与胀紧用气缸 1318 连接，胀紧用气缸 1318 设置在电机安装座 1315 上。这样，砂带 1313 安装、拆卸时，只需要通过调节胀紧用气缸 1318 的进出气状态，就能带动胀紧轮 1317 上下移动，从而实现砂带的松开与胀紧。

[0180] 这样，在两个自动调节气缸动作的情况下，一条不停运转的砂带中竟有一部分伴随着随动板移动。对回转运动的砂带轮而言有移动和不移动之分，只要固定在随动板 13141 上的挤压轮 136 与固定在电机安装座 1315 的过轮 138 之间、过轮 137 与胀紧轮 1317 之间、过轮 137 与挤压轮 135 之间的砂带运动轨迹两两平行，不论随动移动多少，整个砂带的长度不变。在磨削加工时，接触轮 131 通过砂带 1313 与被加工件接触，当接触压力随加工件曲面的变化而变化时，数控系统根据这种变化状态，自动调节气缸 13142 的进出气状态，带动随动板 13141 及其上面安装的各种带轮、砂带的上下随动，并能迅速、准确的回馈到接触轮 131 处，进行随动磨削。

[0181] 在利用本发明的六轴联动数控砂带磨床进行汽轮机叶片加工时，包括如下步骤：

[0182] (1) 在待加工的控制截面处测量并取得数据，将所得数据导入造型软件以生成模型从而形成轨迹文件，然后对轨迹文件进行后处理以形成数控程序；

[0183] (2) 将数控程序存入所述六轴联动数控砂带磨床的数控系统，并利用所述六轴联动数控砂带磨床进行汽轮机叶片加工。

[0184] 加工时，对汽轮机叶片曲面上的任何一个离散的待加工点，通过 X、Y、Z 直线运动，使砂带接触线中点准确到达该点，在直线运动同时，A 轴、B 轴旋转，使 C 轴轴线方向与该点法矢量方向重合，在上述五个轴运动同时，C 轴转动至使砂带接触线与该点周边型面特征确定的不发生干涉的方向。上述六个轴的运动过程中，各轴的位置环和速度环都得到实时控制，六轴联动控制完成砂带接触轮对曲面待加工位置的准确加工。

[0185] 当然，本发明还可有其它多种实施例，在不背离本发明精神及其实质的情况下，熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形，但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

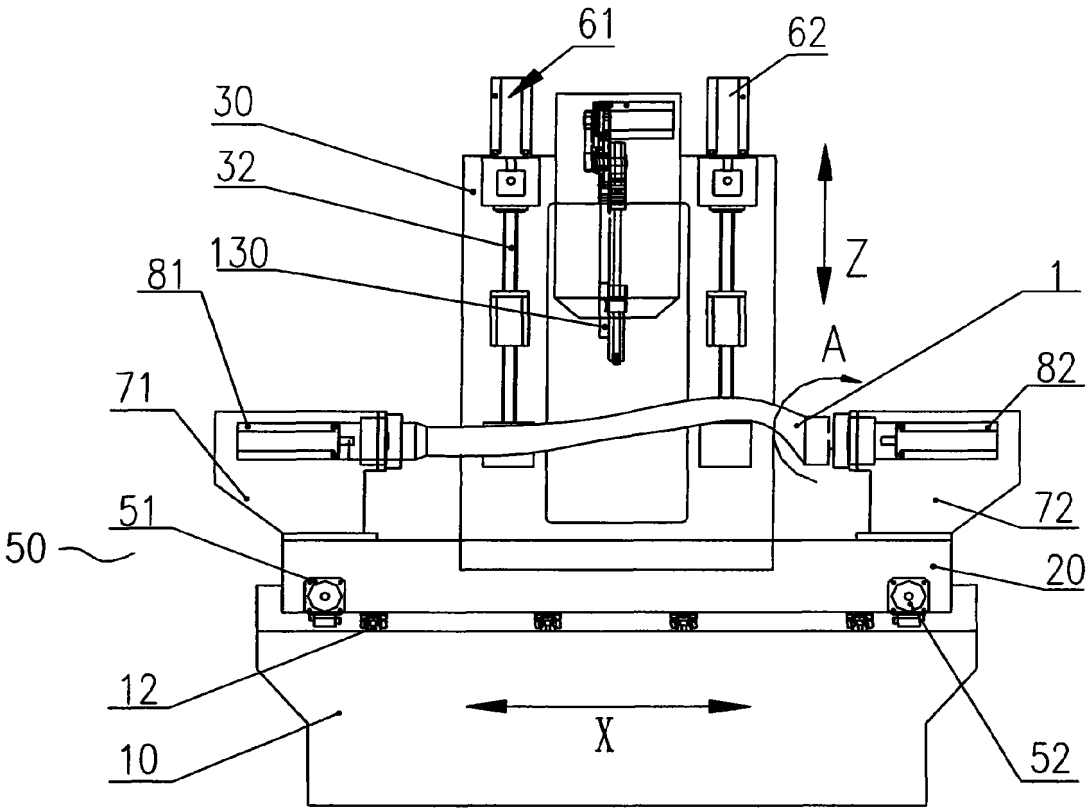


图 1

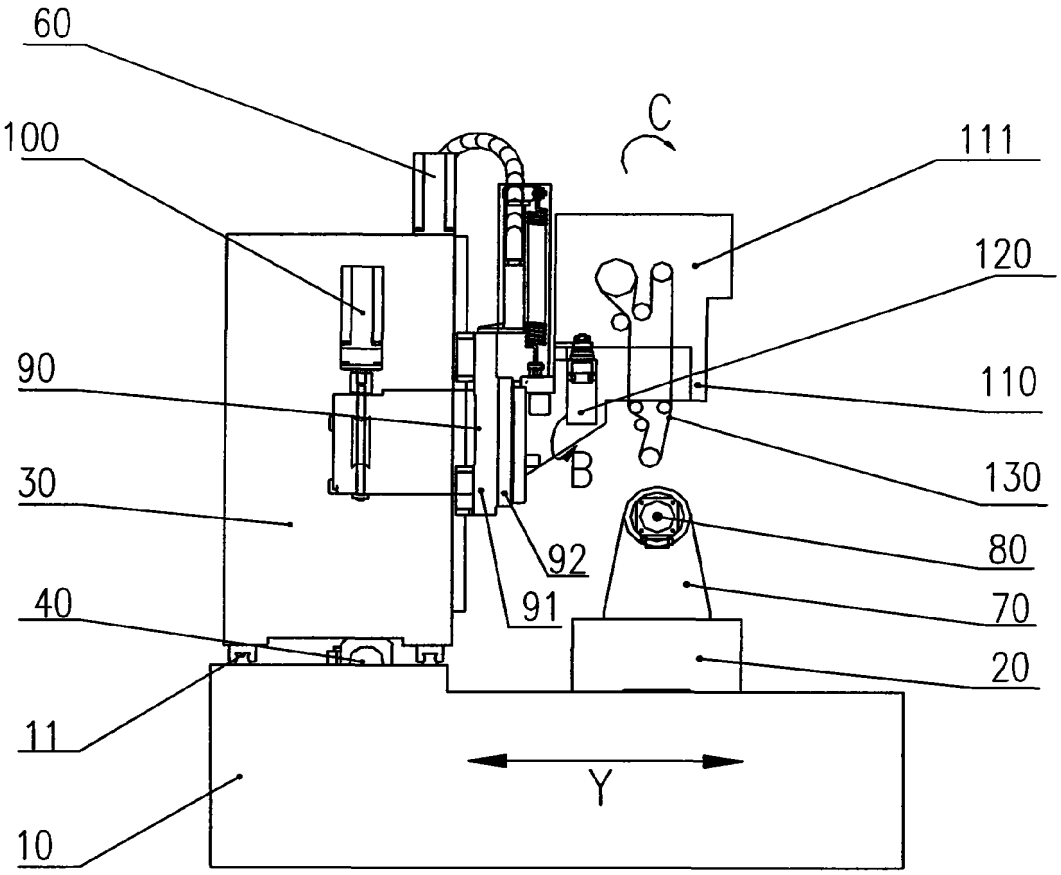


图 2

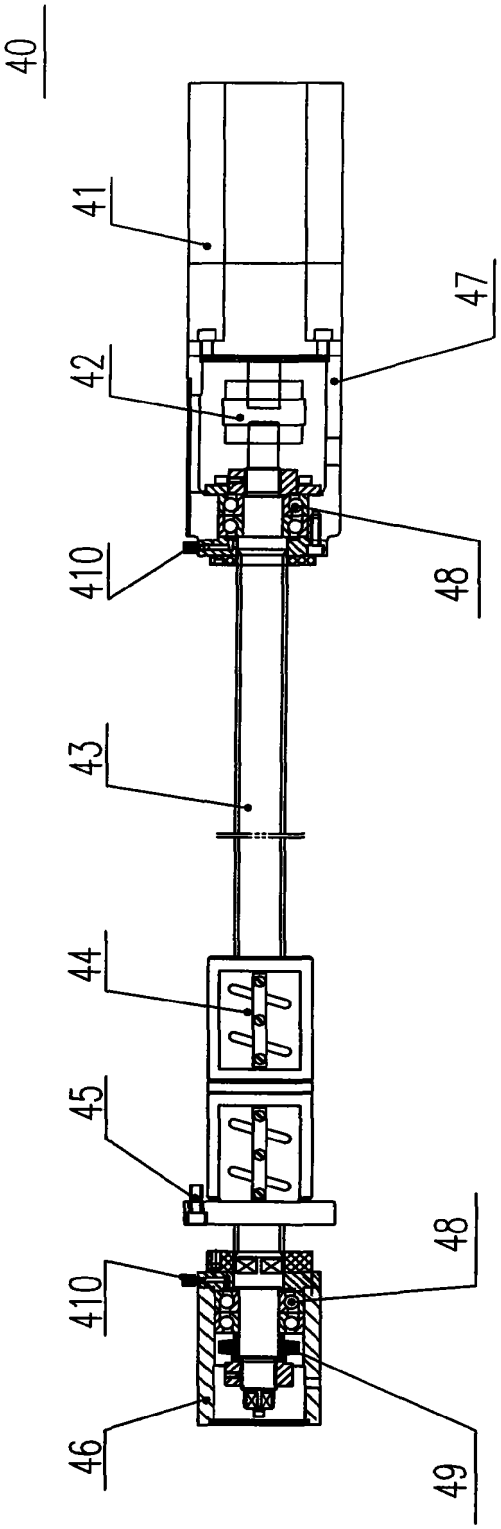


图 3

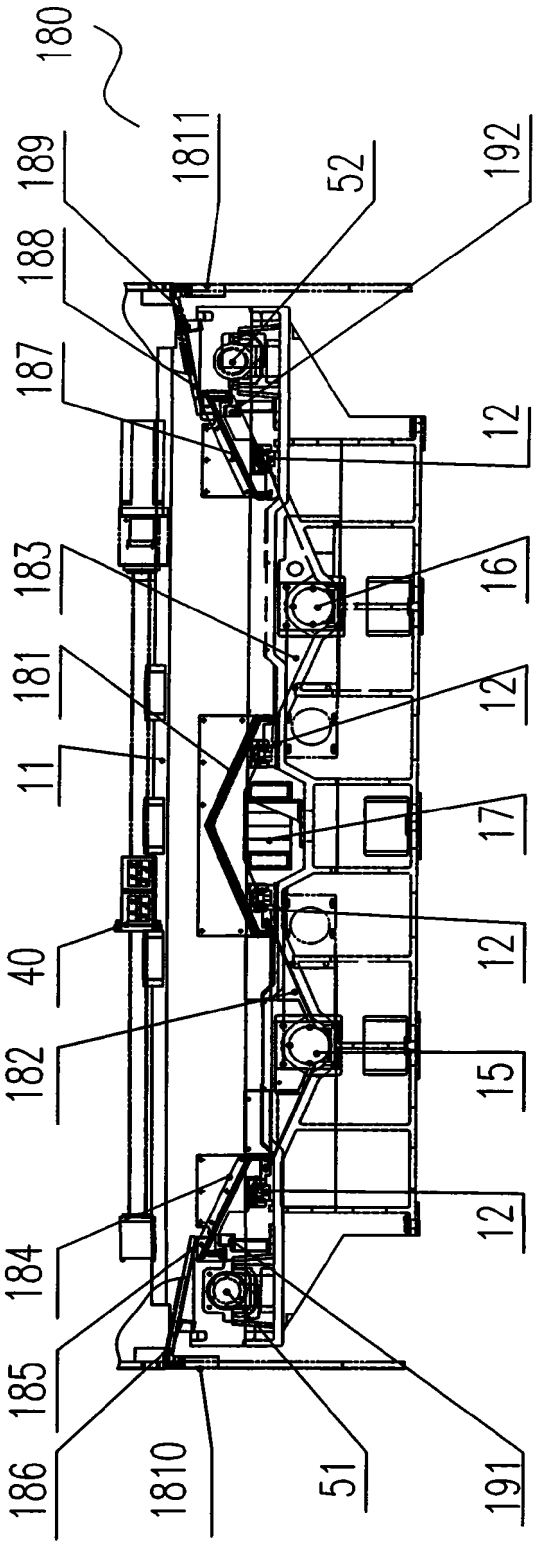

180
1811
189
52
192
188
187
12
183
16
181
12
11
17
40
12
182
15
12
184
185
186
1810
51
191

图 4A

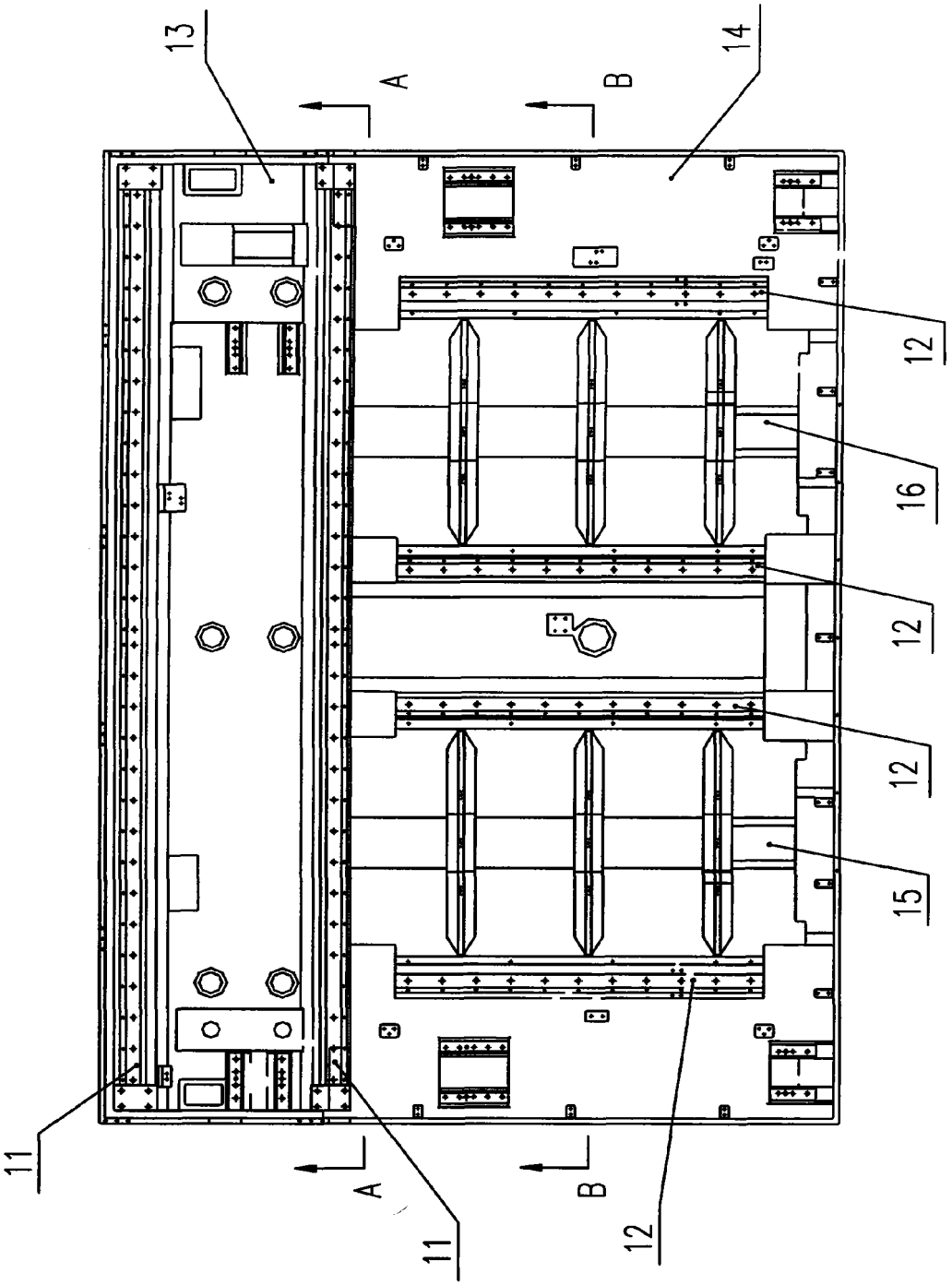


图 4B

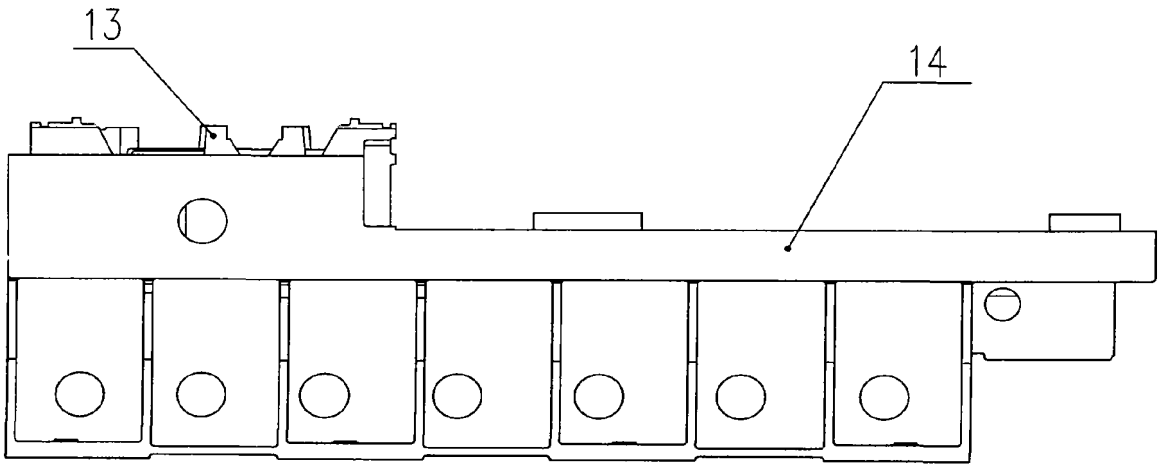


图 4C

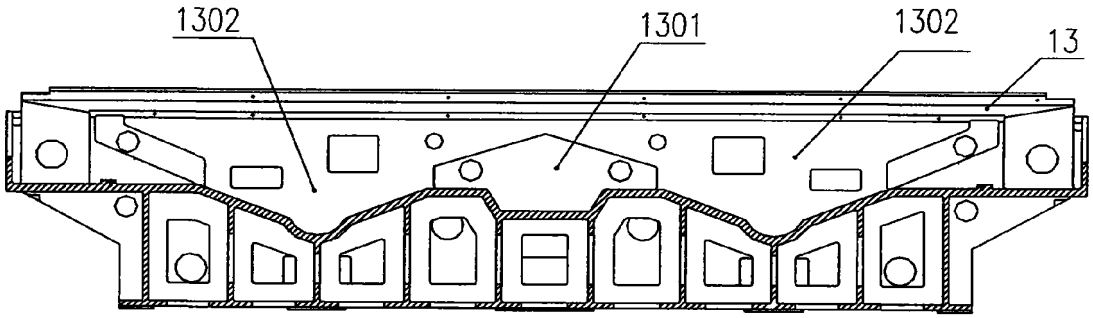


图 4D

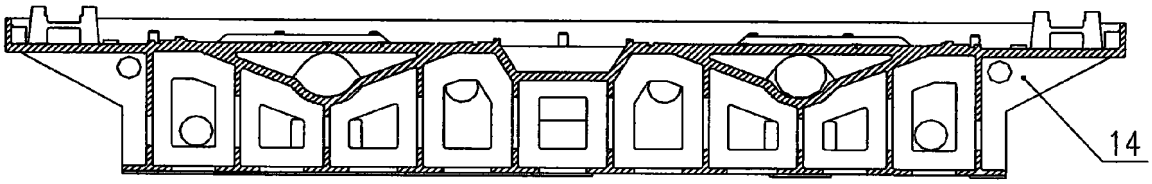


图 4E

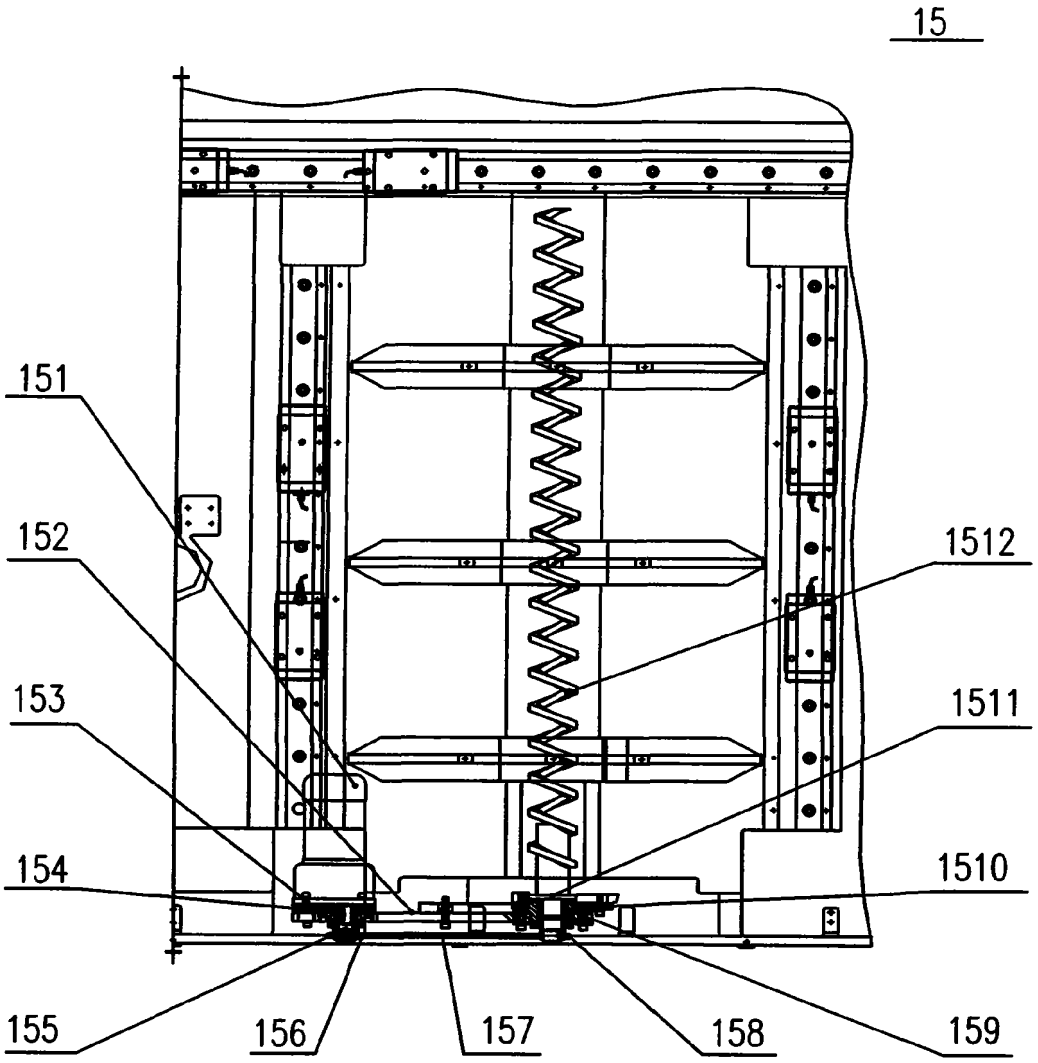


图 5

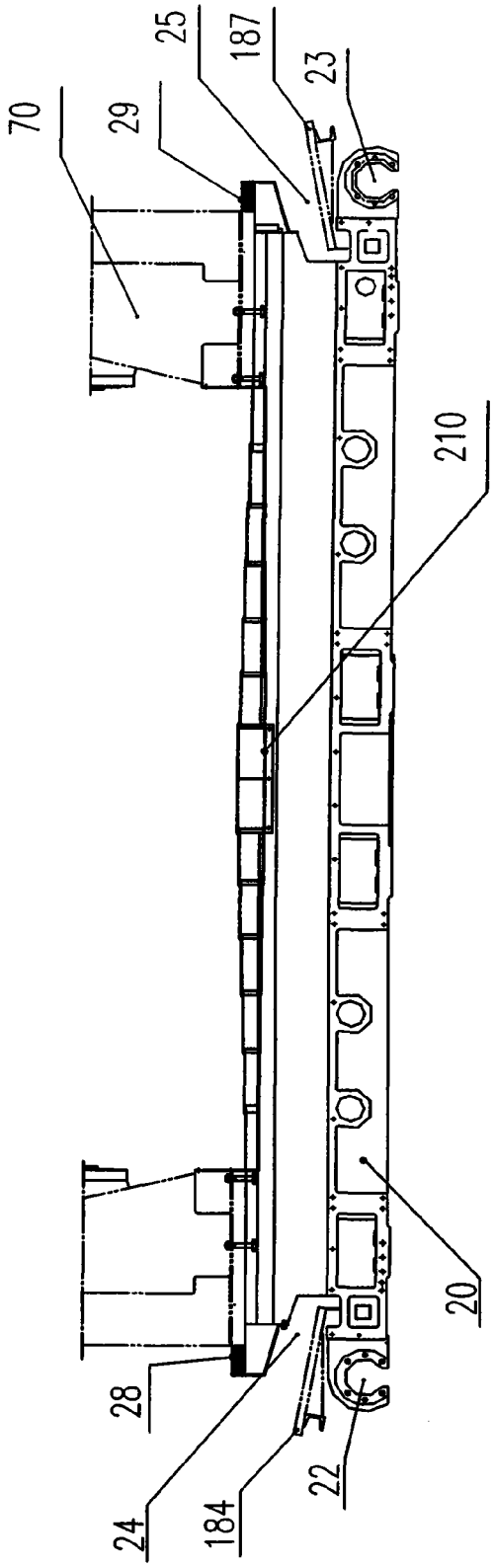


图 6A

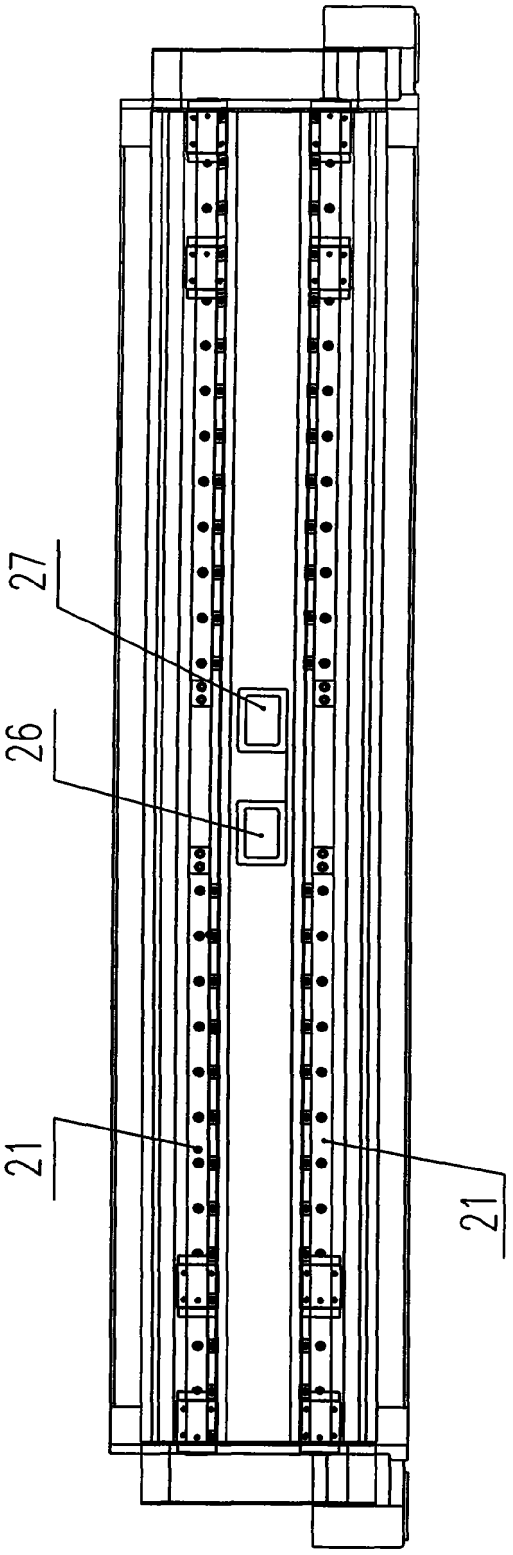


图 6B

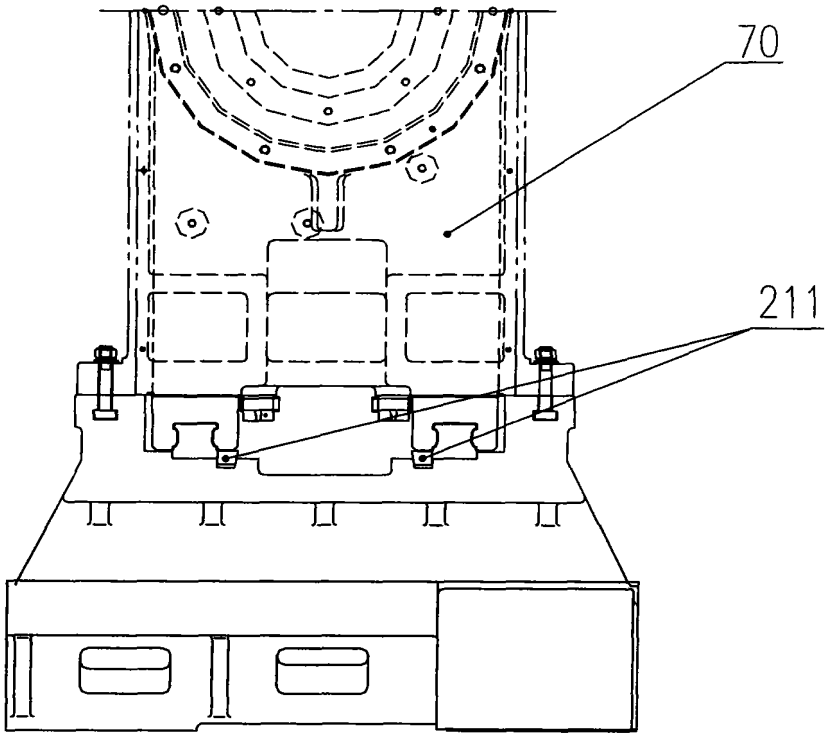


图 6C

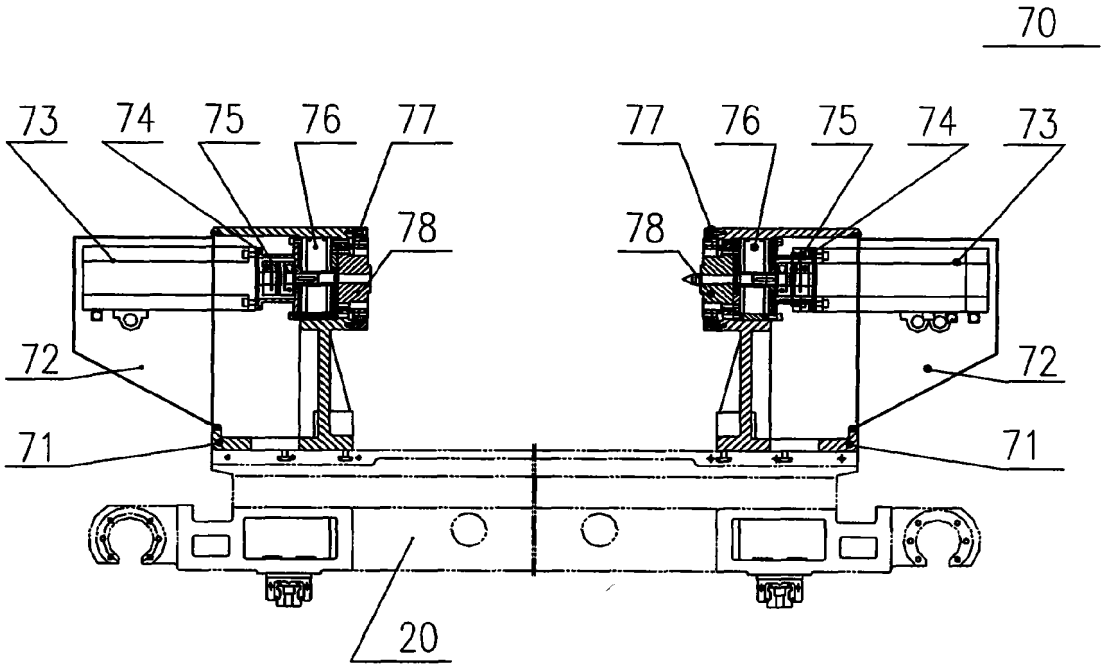


图 7A

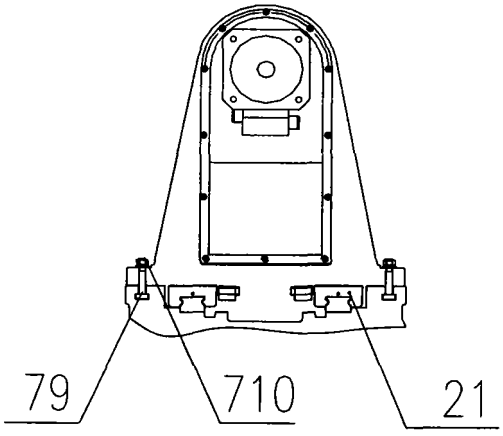


图 7B

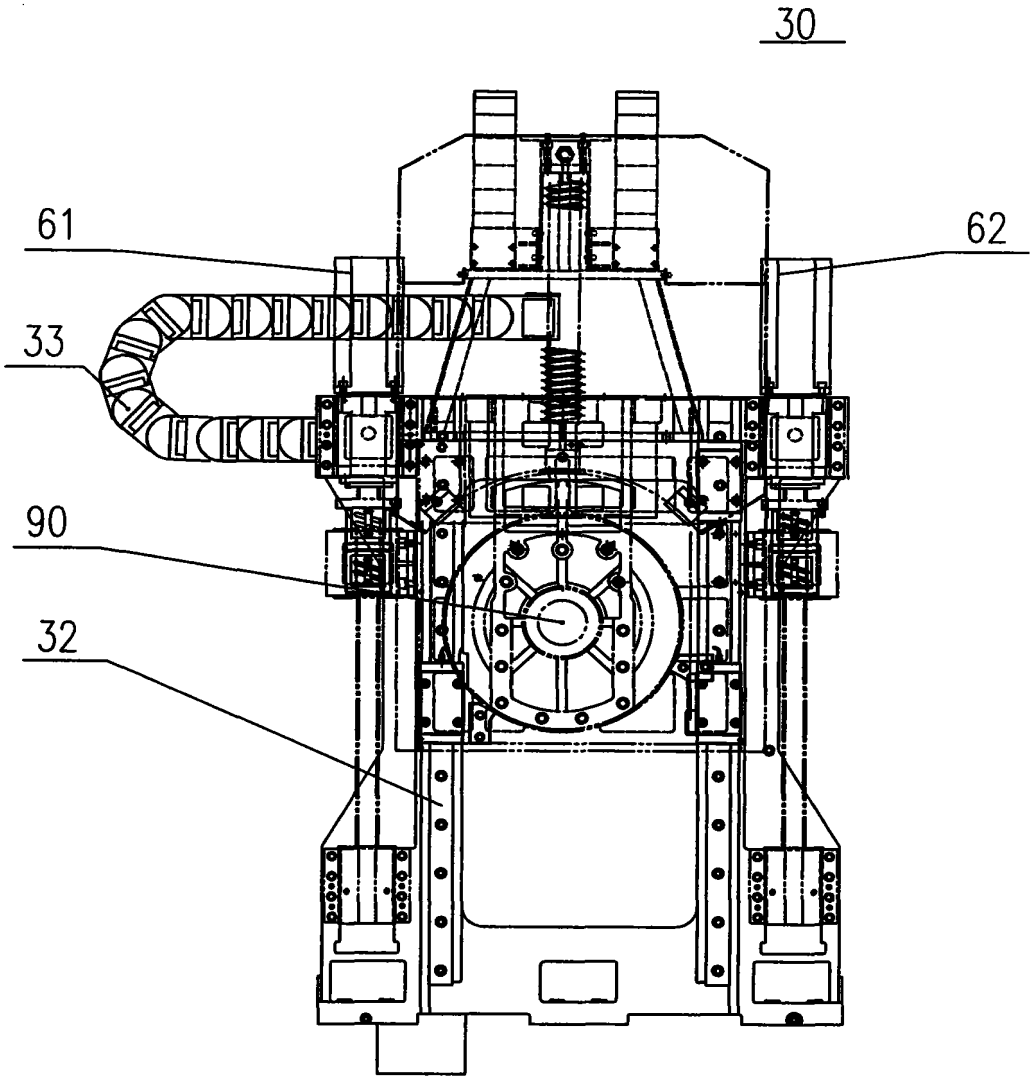


图 8A

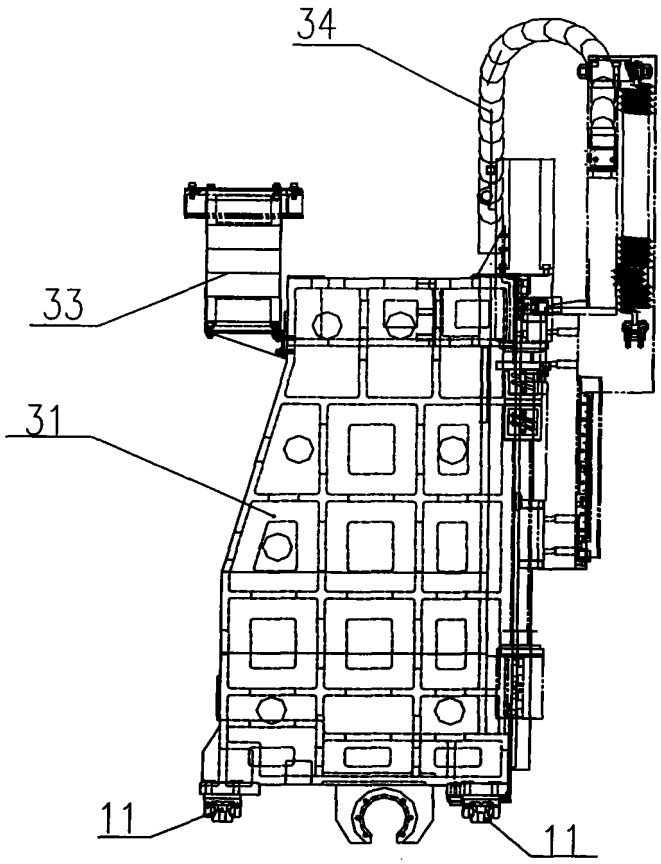


图 8B

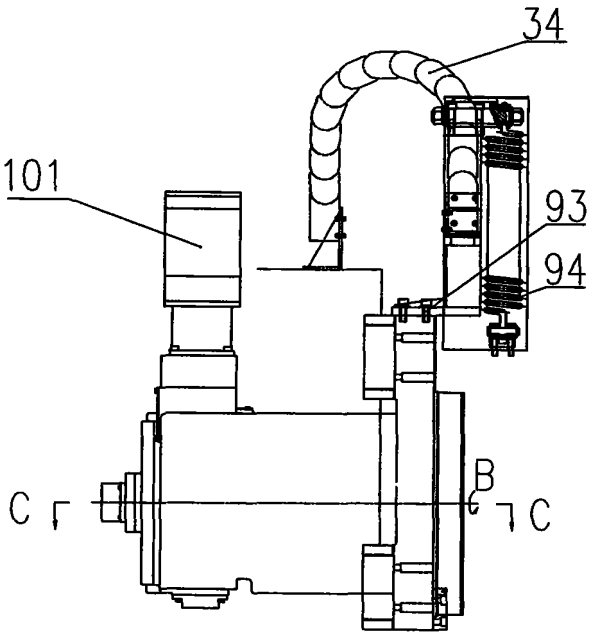


图 9A

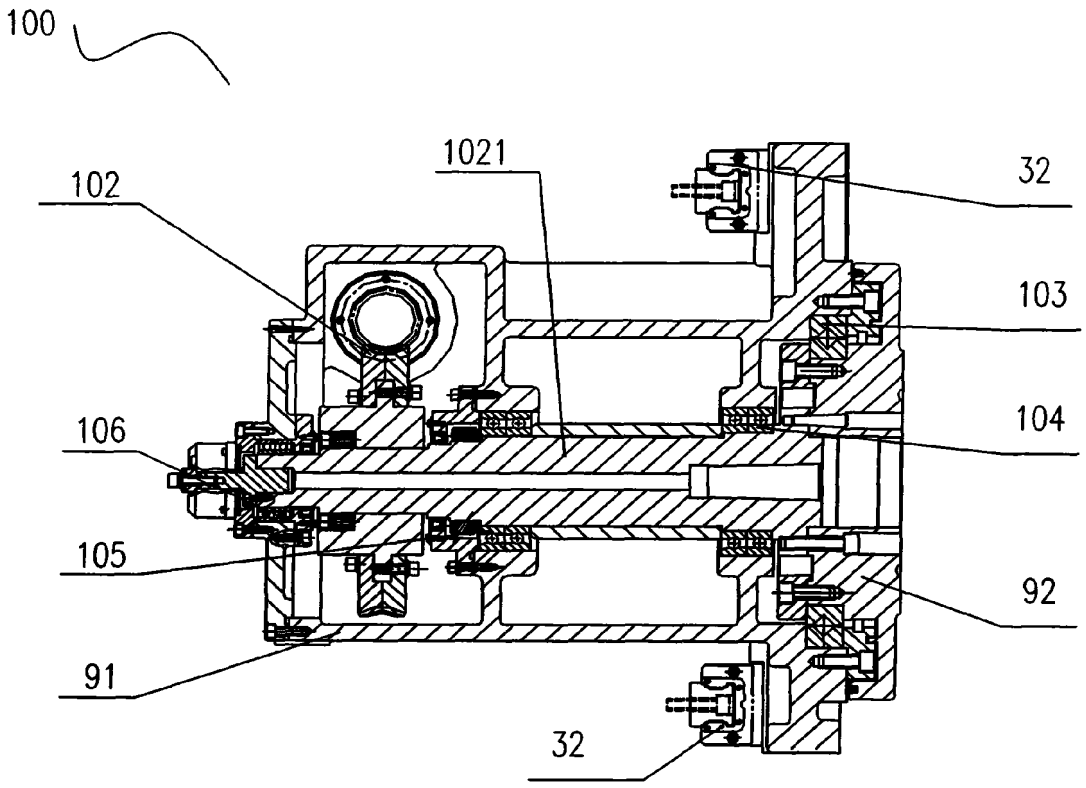

100
1021
32
102
103
106
104
105
92
91
32

图 9B

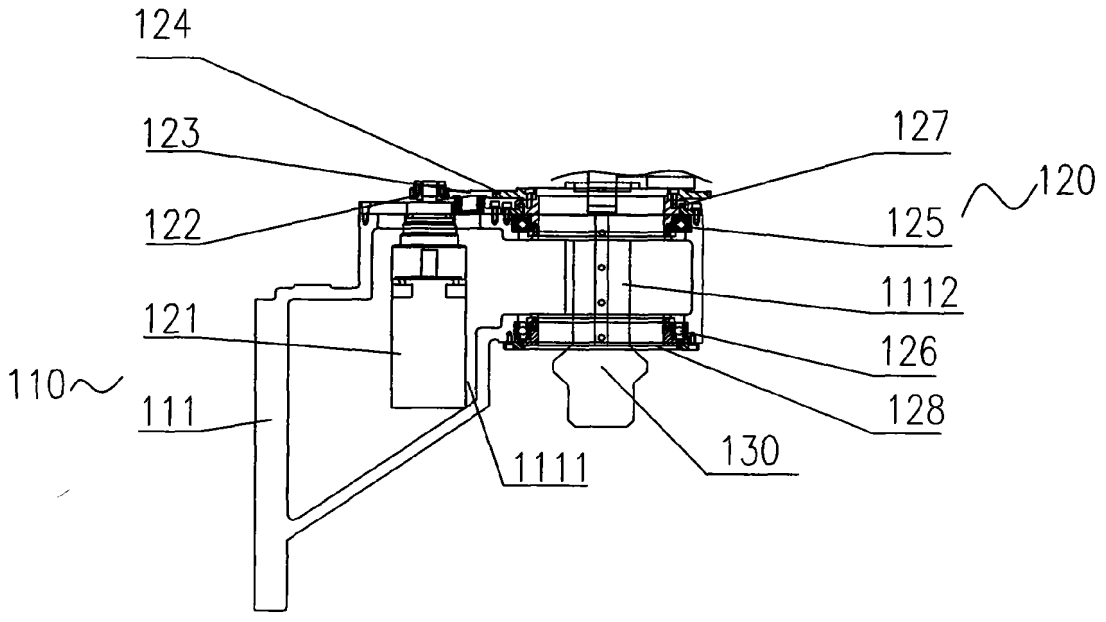

124
123
127
120
122
125
1112
121
126
110
111
128
130
1111

图 10

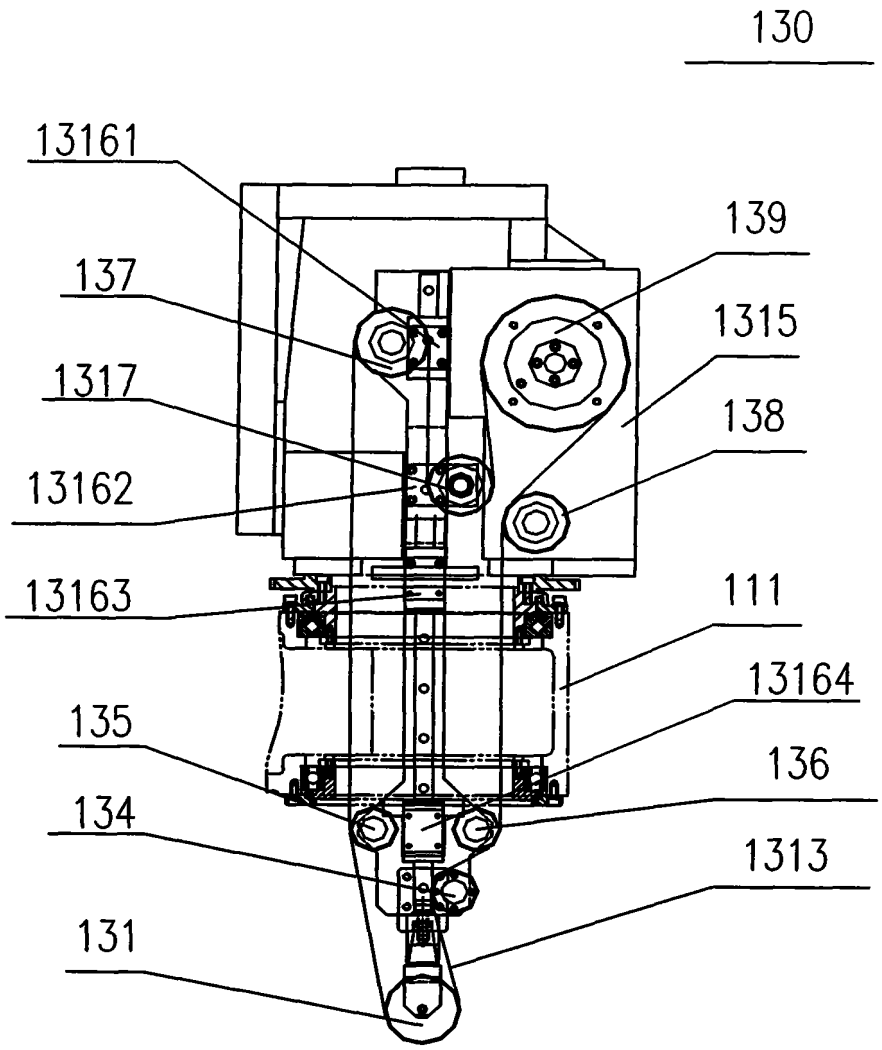

130
13161
139
137
1315
1317
138
13162
13163
111
13164
135
136
134
1313
131

图 11A

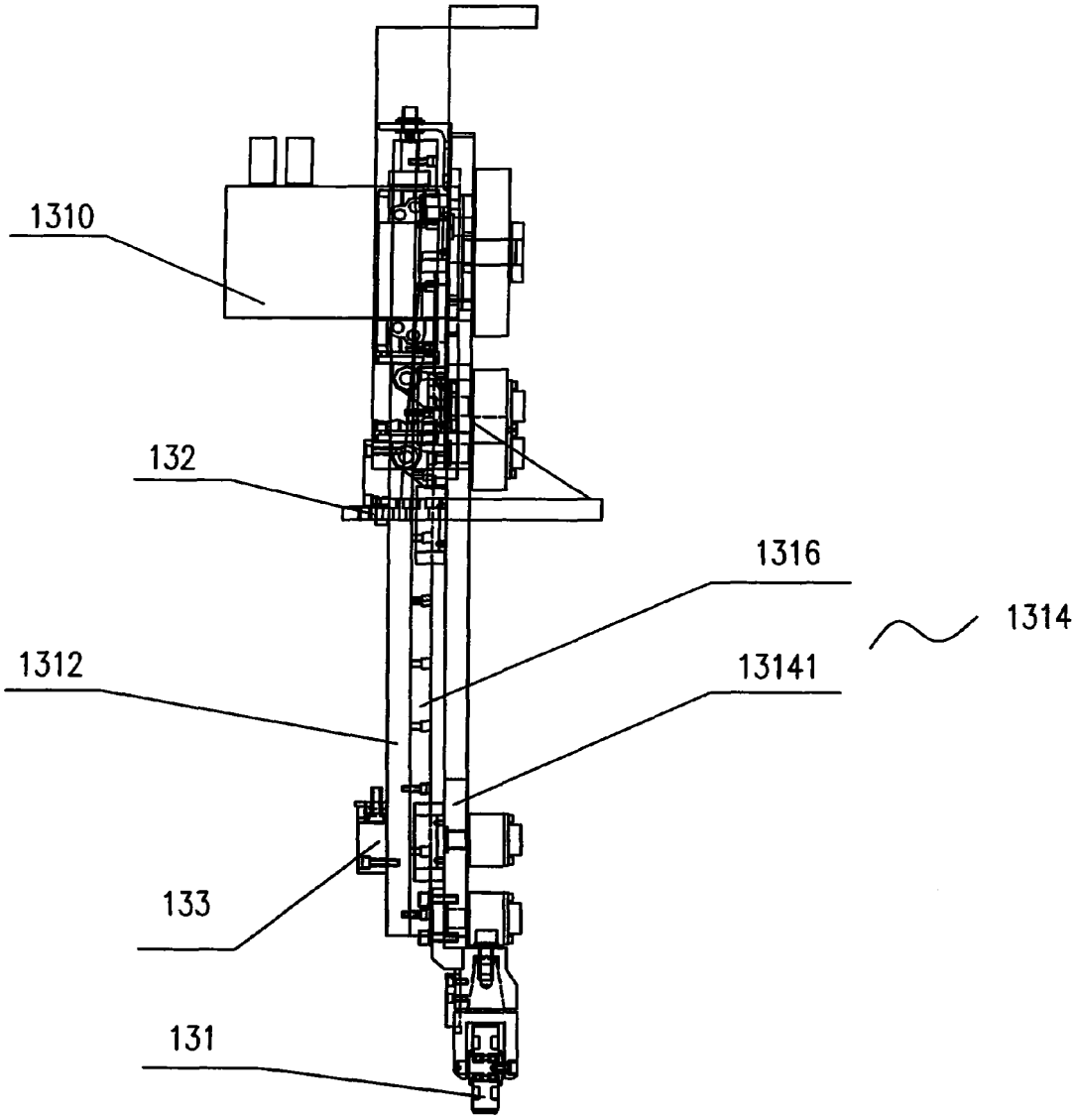


图 11B

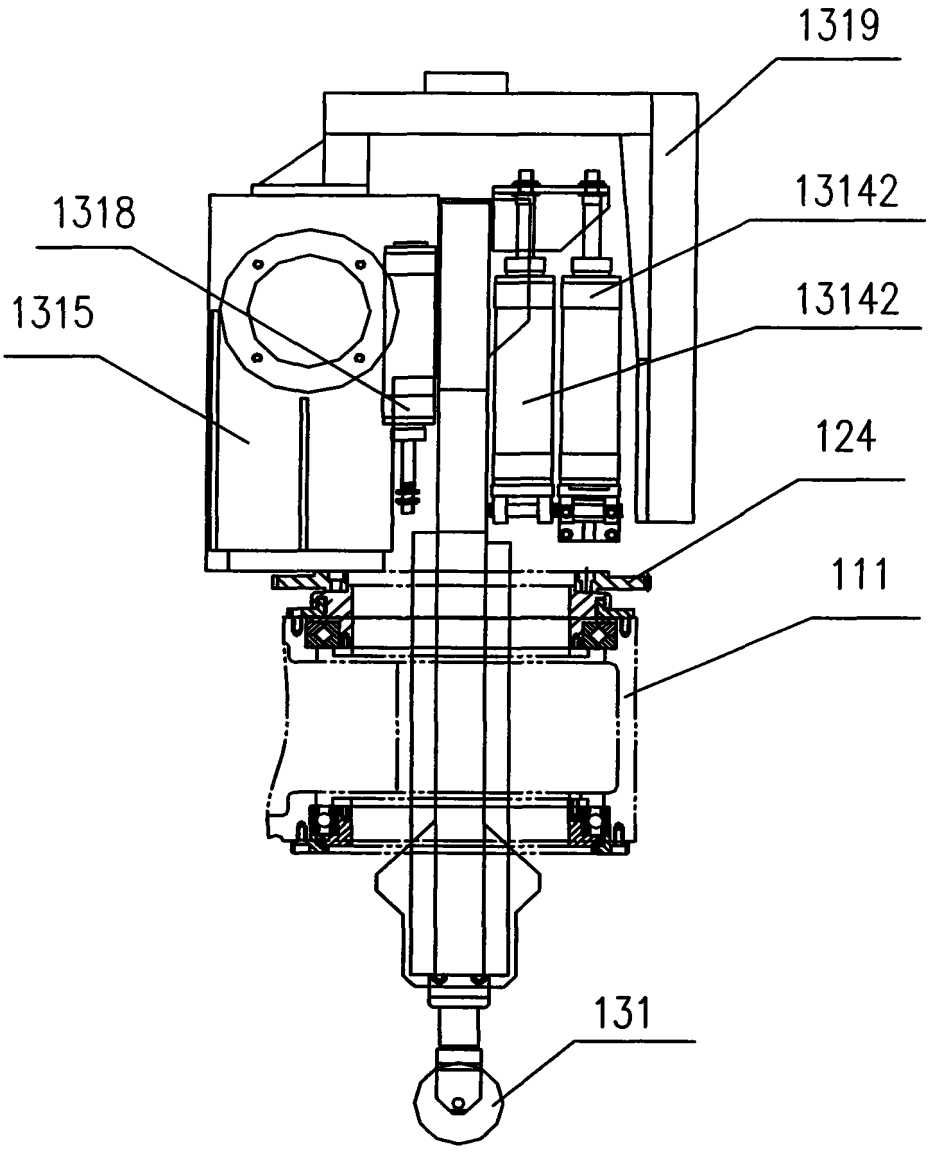


图 11C