本发明提供了一种堆垛机的水平双驱动控制方法及装置、计算设备、计算机可读介质。方法包括：获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。本发明可以实现合理的负载分配，保持堆垛机平稳运行，可以降低橡胶轮的更换频率，降低堆垛机的故障率。

1、一种堆垛机的水平双驱动控制方法，其特征在于，包括：

获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；

根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；

若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，包括：

将未落在所述预设范围内的扭矩差值转换为对应的转速差值；

根据所述转速差值，确定对应的转速补偿值；

将所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的给定转速值和所述转速补偿值进行叠加，得到补偿后的转速；

根据所述补偿后的转速对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行控制；

其中，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩大于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为负值，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩小于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为正值。

3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩之前，所述方法还包括：

对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速和位置进行调整，以实现速度闭环和位置闭环。

4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整，包括：

将两个水平驱动机构配置为电子齿轮同步；

获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速；

获取作为主驱动的水平驱动机构的电机实际转速；

计算所述电机实际转速和所述理论转速之间的转速偏差；

根据所述转速偏差对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整以实现速度闭环。

5、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，包括：

获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置；

获取作为主驱动的水平驱动机构的实际位置；

计算所述实际位置和所述理论位置之间的位置偏差；

根据所述位置偏差对作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，以实现位置闭环。

6、一种堆垛机的水平双驱动控制装置（10），其特征在于，包括：

一个扭矩获取模块（110），用于获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；

一个差值计算模块（120），用于根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；

一个转速补偿模块（130），用于若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。

7、根据权利要求6所述的装置，其特征在于，所述转速补偿模块（130），包括：

差值转换单元（131），用于将未落在所述预设范围内的扭矩差值转换为对应的转速差值；

补偿计算单元（132），用于根据所述转速差值，确定对应的转速补偿值；

转速叠加单元（133），用于将所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的给定转速值和所述转速补偿值进行叠加，得到补偿后的转速；

转速控制单元，用于根据所述补偿后的转速对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行控制；

其中，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩大于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为负值，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩小于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为正值。

8、根据权利要求6所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

闭环调整模块（100），用于在所述扭矩获取模块（110）获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩之前，对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速和位置进行调整，以实现速度闭环和位置闭环。

9、根据权利要求8所述的装置，其特征在于，所述闭环调整模块（100）包括：

第一调整单元，用于对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整；所述第一调整单元包括：

第一配置子单元（101），用于将两个水平驱动机构配置为电子齿轮同步；

第一获取子单元（102），用于获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速；

第二获取子单元（103），用于获取作为主驱动的水平驱动机构的电机实际转速；

第一计算子单元（104），用于计算所述电机实际转速和所述理论转速之间的转速偏差；

第一调整子单元（105），用于根据所述转速偏差对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整以实现速度闭环。

10、根据权利要求9所述的装置，其特征在于，所述闭环调整模块（100）还包括：

第二调整单元，用于对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，所述第二调整单元包括：

第三获取子单元（106），用于获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置；

第四获取子单元（107），用于获取作为主驱动的水平驱动机构的实际位置；

第二计算子单元（108），用于计算所述实际位置和所述理论位置之间的位置偏差；

第二调整子单元（109），用于根据所述位置偏差对作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，以实现位置闭环。

11、一种计算设备，其特征在于，包括：至少一个存储器和至少一个处理器；

所述至少一个存储器，用于存储机器可读程序；

所述至少一个处理器，用于调用所述机器可读程序，执行权利要求1至5中任一所述的方法。

12、一种计算机可读介质，其特征在于，所述计算机可读介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行权利要求1至5中任一所述的方法。

**堆垛机的水平双驱动控制方法及装置**

技术领域

本发明涉及堆垛机技术领域，特别涉及一种堆垛机的水平双驱动控制方法及装置、计算设备、计算机可读介质。

背景技术

目前，高速堆垛机的水平驱动部分一般采用双驱动方式，一侧的驱动机构为主驱动，另一侧的驱动机构为从驱动，主驱动和从驱动分别通过齿轮驱动对应的橡胶轮转动。这种方式对两个驱动机构的控制要求极高，在正常工作时，两个驱动机构的出力基本相同，这样两侧可以实现基本相同的负荷分配。然而，在某些情况下会出现两个驱动机构出力相差较多的问题，这样两侧不能实现合适的负荷分配，进而导致一侧橡胶轮的磨损加速。同时，由于两侧的驱动机构中的电机扭矩之间的差距变大，会导致堆垛机本体发生抖动，从而影响机械结构的稳定性和定位精度。

发明内容

本发明提供了一种堆垛机的水平双驱动控制方法及装置、计算设备、计算机可读介质，使得两个水平驱动机构出力相当。

一方面，本发明一个实施例提供一种堆垛机的水平双驱动控制方法，包括：

获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；

根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；

若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。

可选的，所述对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，包括：

将未落在所述预设范围内的扭矩差值转换为对应的转速差值；

根据所述转速差值，确定对应的转速补偿值；

将所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的给定转速值和所述转速补偿值进行叠加，得到补偿后的转速；

根据所述补偿后的转速对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行控制；

其中，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩大于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为负值，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩小于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为正值。

可选的，所述获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩之前，所述方法还包括：对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速和位置进行调整，以实现速度闭环和位置闭环。

进一步的，所述对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整，包括：

将两个水平驱动机构配置为电子齿轮同步；

获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速；

获取作为主驱动的水平驱动机构的电机实际转速；

计算所述电机实际转速和所述理论转速之间的转速偏差；

根据所述转速偏差对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整以实现速度闭环。

进一步的，所述对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，包括：

获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置；

获取作为主驱动的水平驱动机构的实际位置；

计算所述实际位置和所述理论位置之间的位置偏差；

根据所述位置偏差对作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，以实现位置闭环。

另一方面，本发明实施例提供一种堆垛机的水平双驱动控制装置，包括：

一个扭矩获取模块，用于获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；

一个差值计算模块，用于根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；

一个转速补偿模块，用于若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。

可选的，所述转速补偿模块，包括：

差值转换单元，用于将未落在所述预设范围内的扭矩差值转换为对应的转速差值；

补偿计算单元，用于根据所述转速差值，确定对应的转速补偿值；

转速叠加单元，用于将所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的给定转速值和所述转速补偿值进行叠加，得到补偿后的转速；

转速控制单元，用于根据所述补偿后的转速对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行控制；

其中，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩大于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为负值，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩小于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为正值。

可选的，所述装置还包括：

闭环调整模块，用于在所述扭矩获取模块获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩之前，对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速和位置进行调整，以实现速度闭环和位置闭环。

进一步的，所述闭环调整模块包括：

第一调整单元，用于对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整；所述第一调整单元包括：

第一配置子单元，用于将两个水平驱动机构配置为电子齿轮同步；

第一获取子单元，用于获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速；

第二获取子单元，用于获取作为主驱动的水平驱动机构的电机实际转速；

第一计算子单元，用于计算所述电机实际转速和所述理论转速之间的转速偏差；

第一调整子单元，用于根据所述转速偏差对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整以实现速度闭环。

进一步的，所述闭环调整模块还包括：

第二调整单元，用于对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，所述第二调整单元包括：

第三获取子单元，用于获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置；

第四获取子单元，用于获取作为主驱动的水平驱动机构的实际位置；

第二计算子单元，用于计算所述实际位置和所述理论位置之间的位置偏差；

第二调整子单元，用于根据所述位置偏差对作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，以实现位置闭环。

又一方面，本发明实施例提供一种计算设备，包括：至少一个存储器和至少一个处理器；

所述至少一个存储器，用于存储机器可读程序；

所述至少一个处理器，用于调用所述机器可读程序，执行上述的水平双驱动控制方法。

又一方面，本发明实施例提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行上述的水平双驱动控制方法。

本发明实施例提供的堆垛机的水平双驱动控制方法及装置、计算设备、计算机可读介质，针对弹性连接的两个水平驱动机构，首先获取两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个当前扭矩和当前平均扭矩之间的扭矩差值。然后如果扭矩差值未落在预设范围内时，则对对应的水平驱动机构进行转速补偿，从而使得水平驱动机构的扭矩偏差回归到预设范围内。这样可以使得两个水平驱动机构的出力基本相同，这样两个水平驱动机构可以实现基本相同的负荷分配。合理的负载分配不会导致堆垛机发生抖动，进而保持堆垛机平稳运行，避免了因机械晃动导致的机械疲劳。而且，合理的负载分配，大大减少了橡胶轮不合理的过度摩擦损耗，可以降低橡胶轮的更换频率。从而降低堆垛机的故障率，提高堆垛机的平稳运行和定位精度，实现高效的工作状态。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以基于这些附图获得其他的附图。

图1是本发明一个实施例提供的堆垛机的水平双驱动控制方法的流程示意图；

图2是本发明一个实施例中S130中对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿的具体过程的流程示意图；

图3是本发明一个实施例提供的堆垛机的水平双驱动控制方法的流程示意图；

图4是本发明一个实施例中S100中对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整的具体过程的流程示意图；

图5是本发明一个实施例中在S100中对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整的具体过程的流程示意图；

图6是本发明一个实施例中堆垛机的水平双驱动控制的结构框图；

图7是本发明一个实施例中转速补偿模块的结构框图；

图8是本发明一个实施例中堆垛机的水平双驱动控制的结构框图；

图9是本发明一个实施例中第一调整单元的结构框图；

图10是本发明一个实施例中第二调整单元的结构框图。

|  |  |
| --- | --- |
| S100~S130 | 步骤 |
| S131~S133 | 步骤 |
| S101~S105 | 步骤 |
| S106~S109 | 步骤 |
| 10 | 水平双驱动控制装置 |
| 110 | 扭矩获取模块 |
| 120 | 差值计算模块 |
| 130 | 转速补偿模块 |
| 131 | 差值转换单元 |
| 132 | 补偿计算单元 |
| 133 | 转速叠加单元 |
| 100 | 闭环调整模块 |
| 101 | 第一配置子单元 |
| 102 | 第一获取子单元 |
| 103 | 第二获取子单元 |
| 104 | 第一计算子单元 |
| 105 | 第一调整子单元 |
| 106 | 第三获取子单元 |
| 107 | 第四获取子单元 |
| 108 | 第二计算子单元 |
| 109 | 第二调整子单元 |

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

一方面，在本发明一个实施例中提供一种堆垛机的水平双驱动控制方法。该方法应用于堆垛机的水平驱动机构的控制场景中。

可理解的是，堆垛机是一种自动化立体仓库中的存取货设备，通过水平行走、竖直提升等机构完成整体的使用要求，可以与条码测距或者激光测距的配合，实现高精准度的运行。

其中，堆垛机的驱动系统至少包括水平驱动部分和竖直驱动部分，本发明实施例提供的方法仅针对水平驱动部分，水平驱动部分包括两个水平驱动机构。

可见，在正常情况下，两个水平驱动机构的出力情况是大致相同的，两侧可以实现基本相同的负荷分配，这样堆垛机可以平稳的移动，但是在某些特殊工况下，例如，经过长时间的工作，两个水平驱动机构的张紧度不同，或者其它的原因，导致两个水平驱动机构的出力情况存在较大差异，此时两侧不能实现合适的负荷分配，进而导致一侧橡胶轮的磨损加速。而且，两个水平驱动机构的扭矩差异变大，导致堆垛机发生抖动，不利于整机的稳定性和定位精度，甚至会损坏堆垛机。

为此，本发明一个实施例提供了水平双驱动控制方法，参见图1，本发明实施例中所提供的水平双驱动控制方法包括如下步骤S110~S130：

S110、获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；

其中，在堆垛机的水平驱动部分是由两个水平驱动机构实现的，而两个水平驱动机构之间的连接方式可以是刚性连接、柔性连接和弹性连接。其中的弹性连接方式会带来轴扭振，从而影响堆垛机的平稳性，发生抖动，甚至会损坏机械，所以弹性连接方式所带来的弹性影响是不能忽略的。所以本发明实施例提供的方法针对在两个水平驱动机构为弹性连接方式时的控制过程。

其中，具体可以从两个水平驱动机构各自的驱动器中获取当前扭矩。

在具体实施时，可以首先添加750附加报文，通过750附加报文读取当前扭矩，周期性的对扭矩数据实现快速读取。

S120、根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；

可理解的是，在获取得到两个水平驱动机构各自的当前扭矩之后，计算两个当前扭矩的平均值，得到当前平均扭矩，然后计算每一个当前扭矩和该当前平均扭矩之间的差值，得到两个扭矩差值。

S130、若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。

可理解的是，将两个扭矩差值分别和预设范围进行比较，判断是否存在未落在预设范围内的扭矩差值。

其中，预设范围可以根据具体情况设定，例如在±5以内，预设范围一般以正常情况下两个水平驱动机构的平均扭矩的基础上设置。对于预设范围的大小，本发明实施例不做限定。

可理解的是，如果预设范围的中值和当前平均扭矩相等，则出现的情况可能为两个扭矩差值均未在预设范围内，或者，两个扭矩差值均在预设范围内。如果预设范围的中值和当前平均扭矩不相等但相差不多时，还可能会出现其中一个扭矩差值在预设范围内，而另一个扭矩差值未在预设范围内的情况。

不论是哪种情况，针对每一个扭矩差值未落在预设范围内的水平驱动机构，都要进行转速补偿，从而使得该水平驱动机构的扭矩差值回归到预设范围内。当两个水平驱动机构的扭矩差值都回归到预设范围内时，两个水平驱动机构的出力水平相差不多，即为相当的出力水平。

在具体实施时，参见图2，S130中所述对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿的具体过程可以包括如下步骤S131~S133：

S131、将未落在所述预设范围内的扭矩差值转换为对应的转速差值；

可理解的是，这里将扭矩差值转换为转速差值，是因为对水平驱动机构的扭矩的调整最终要通过对转速的调整而实现。其中，扭矩越大，转速越大，因此扭矩差值越大，转速差值也越大。

在具体实施时，S131中可以将扭矩差值和一个预设的比例系数相乘，便可以得到对应的转速差值。具体预设比例系数的大小，可以根据扭矩和转速之间的转换关系而定，比例系数也可以理解为扭矩和转速之间的换算系数。对于一个水平驱动机构，其扭矩和转速之间的关系是已知的，所以比例系数也是已知的。

S132、根据所述转速差值，确定对应的转速补偿值；

在具体实施时，S132中可以将S131中确定的转速差值的大小直接作为转速补偿值的大小。当然也可以在转速差值的基础上进行一定的调整，例如，将转速差值乘以一个略大于1的系数，得到大于转速差值的转速补偿值，这样可以起到快速补偿的效果。再例如，将转速差值乘以一个略小于1的系数，得到一个小于转速差值的转速补偿值，这样可以起到平稳补偿的效果。因此，在S132中如何根据转速差值确定对应的转速补偿值的大小需要根据想要的补偿效果而定。

当然，除了确定转速补偿值的大小之外，还需要确定转速补偿值的正负。

在具体实施时，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩大于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为负值，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩小于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为正值。

也就是说，如果当前扭矩大于当前平均扭矩，则需要将当前扭矩降低，因此对应的转速补偿值为负值。如果当前扭矩小于当前平均扭矩，则需要将当前扭矩增大，因此对应的转速补偿值为正值。

S133、将所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的给定转速值和所述转速补偿值进行叠加，得到补偿后的转速；根据所述补偿后的转速对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行控制；

可理解的是，在正常情况下，水平驱动机构的电机按照给定转速值进行转速控制。但是在两个水平驱动机构的出力不均时，需要进行转速补偿，此时需要在给定转速值的基础上叠加一个转速补偿值，进而实现对水平驱动机构的转速的调整。因此，将给定转速值和对应的转速补偿值进行叠加，利用补偿后的转速对水平驱动机构进行转速控制，从而使得水平驱动机构的扭矩差值回归到预设范围内。

可见，通过以上S131~S133实现对每一个扭矩偏差过大的水平驱动机构进行转速调整，使得扭矩在正常的范围之内，保证两个水平驱动机构的出力相当。

在堆垛机中，两个水平驱动机构实际上可以通过转速换均衡系统实现一定的抑制扭振能力，但是转速换均衡系统的扭矩抑制能力取决于转速调节器的相关参数，例如，增益参数等。而转速调节器的相关参数是根据调速要求选取的，不一定适合抑制扭振的需要，所以本发明实施例提供了S110~S130提供的抑制扭矩的措施，即加入了补偿环节，从而将主从驱动的扭矩差值控制在一定的范围之内。

在具体实施时，参见图3，在执行S110~S130之前，可以执行如下步骤：

S100、对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速和位置进行调整，以实现速度闭环和位置闭环。

其中，两个水平驱动机构中包括一个作为主驱动的水平驱动电机和一个作为从驱动的水平驱动电机。两个水平驱动机构之间保持同步关系，例如，保持两个水平驱动机构之间为电子齿轮同步关系。每一个水平驱动电机的橡胶轮在其水平驱动机构的驱动下通过摩擦力实现水平移动。

可理解的是，所谓的速度闭环是指使水平驱动机构的理论转速和实际转速相等或者两者相差不多。在实际操作中，只需要对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整即可，由主驱动带动从驱动进行转速调整，保证主驱动和从驱动全部实现速度闭环。

可理解的是，所谓的位置闭环是指水平驱动机构的理论位置和实际位置相等或者两者相差不多。在实际操作中，只需要对作为主驱动的水平驱动机构进行位置调整即可，由主驱动带动从驱动进行位置调整，保证主驱动和从驱动全部实现位置闭环。

可理解的是，在实际场景中，保证水平驱动机构的速度闭环可以使得水平驱动机构能够达到预期的速度效果，保证一个很好的速度控制精度。在达到速度闭环的基础上，也有可能发生一些特殊情况，例如，橡胶轮打滑，出现空转，此时根据水平驱动机构的电机的转速、转了多少圈等信息得到的理论位置和水平驱动电机的实际位置是不相符的，因此在速度闭环的基础上，也要进行位置调整，实现位置闭环。

在具体实施时，可以通过工艺对象模型实现上述速度闭环和位置闭环。在工艺对象模型中，可以配置主驱动和从驱动之间的电子齿轮同步关系。工艺对象模型在堆垛机的工作过程中，可以计算出在各个时刻，根据水平驱动机构的运行参数计算出水平驱动电机的理论转速和理论位置，便于实现上述速度闭环和位置闭环。

在具体实施时，参见图4，在S100中所述对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整的具体过程可以包括如下步骤：

S101、将两个水平驱动机构配置为电子齿轮同步；

可理解的是，所谓的电子齿轮同步，是一种线性同步关系。也就是说，两个水平驱动机构通过该配置可以保持一种线性同步运动的关系。其中，电子齿轮可以大大地简化机械设计，而且可以实现许多机械齿轮难以实现的功能。电子齿轮可以实现多个运动轴按设定的齿轮比同步运动。电子齿轮功能还可以实现一个运动轴以设定的齿轮比跟随一个函数，而这个函数由其他的几个运动轴的运动决定。一个运动轴也可以以设定的比例跟随其他两个轴的合成速度。

在具体实施时，可以在工艺对象模型中配置两个水平驱动机构之间为电子齿轮同步关系。

S102、获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速；

在具体实施时，可以通过工艺对象模型计算作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速。例如，工艺对象模型根据加速度参数、时间参数等信息计算出理论上的转速值。

S103、获取作为主驱动的水平驱动机构的电机实际转速；

在实际场景中，电机编码器可以记录水平驱动机构的电机在工作过程中的实时转速值，因此可以从作为主驱动的水平驱动机构的电机编码器中获取实际转速。

S104、计算所述电机实际转速和所述理论转速之间的转速偏差；

S105、根据所述转速偏差对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整以实现速度闭环。

可理解的是，如果实际转速和理论转速是相等的，则此时不需要进行转速调整。而如果实际转速和理论转速之间有偏差，则需要进行转速调整，从而消除理论转速和实际转速之间的偏差。在转速调整时，只需要对作为主驱动的水平驱动机构进行调整即可。

例如，若实际转速大于理论转速，则将作为主驱动的水平驱动机构的转速调小。如果实际转速小于理论转速，则将作为主驱动的水平驱动机构的转速调大。

通过上述S101~S105，实现水平驱动机构的速度闭环，保证实际转速和理论转速处于相等的水平，可以实现对转速的控制准确度。

在具体实施时，参见图5，在S100中所述对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，包括：

S106、获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置；

在具体实施时，可以通过工艺对象模型计算作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置。具体可以根据电机的转速、转的圈数等信息确定水平驱动电机在理论上应该处于的位置，即理论位置。

S107、获取作为主驱动的水平驱动机构的实际位置；

在具体实施时，可以通过外部的激光测距设备测量水平驱动机构的实际位置。也可以通过外部的条码扫描设备确定水平驱动电机的实际位置。即可以通过外部的附加设备检测作为主驱动的水平驱动机构的实际位置。

S108、计算所述实际位置和所述理论位置之间的位置偏差；

S109、根据所述位置偏差对作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，以实现位置闭环。

可理解的是，如果实际位置和理论位置是相同的，则此时不需要进行位置调整。而如果实际位置和理论位置之间有偏差，则需要进行位置调整，从而消除理论位置和实际位置之间的偏差。在位置调整时，只需要对作为主驱动的水平驱动机构进行调整即可。

例如，若实际位置大于理论位置，则将作为主驱动的水平驱动机构的位置向后调整，使得作为主驱动的水平驱动机构向后退一些。如果实际位置小于理论位置，则将作为主驱动的水平驱动机构的位置向前调整，使得作为主驱动的水平驱动机构向前走一些。从而使得实际位置和理论位置相同，实现位置闭环。

若实现高速堆垛机的应用，堆垛机的水平驱动部分采用双驱动，而双驱动的控制要求很高。为了实现速度和位置的双重闭环，可以采用工艺对象模型实现主从的齿轮同步，工艺对象模型可以通过105报文获取相关数据，而105报文能够实现高速响应，因此通过工艺对象模型可以实现快速的速度闭环和位置闭环，提高响应速度。

可见，这里通过速度闭环和位置闭环，可以实现两个水平驱动机构的同步。在实际操作时，可以在逻辑控制模块S7-1500中组态上述工艺对象模型，利用工艺对象模型实现速度闭环和位置闭环，提高定位精度，保证最终定位的准确性。

可理解的是，上述S106~S109是在S101的基础上执行的，且上述S106~S109和上述步骤S102~S105之间没有先后顺序。

可理解的是，即便通过上述方法实现了速度闭环和位置闭环，在实际场景中也可能会由于一些因素的影响，也会出现两个水平驱动机构的出力不等的情况，此时则需要通过上述S110~130将扭矩差值控制在预设范围内，保证两个水平驱动机构能够实现合理的负荷分配。

在速度闭环和位置闭环的实现过程中，只需要对主驱动进行控制即可，由主驱动带动从驱动实现速度和位置的闭环。但是在根据上述S110~S130实现两个水平驱动机构的出力均衡的过程中，需要分别针对每一个水平驱动机构分别进行处理，对主驱动的补偿操作不会影响到对从驱动的补偿操作，对从驱动的补偿操作也不会影响到对主驱动的补偿操作。

本发明实施例提供的堆垛机的水平双驱动控制方法，针对弹性连接的两个水平驱动机构，首先获取两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个当前扭矩和当前平均扭矩之间的扭矩差值。然后如果扭矩差值未落在预设范围内时，则对对应的水平驱动机构进行转速补偿，从而使得水平驱动机构的扭矩偏差回归到预设范围内。这样可以使得两个水平驱动机构的出力基本相同，这样两个水平驱动机构可以实现基本相同的负荷分配。合理的负载分配不会导致堆垛机发生抖动，进而保持堆垛机平稳运行，避免了因机械晃动导致的机械疲劳。而且，合理的负载分配，大大减少了橡胶轮不合理的过度摩擦损耗，可以降低橡胶轮的更换频率。从而降低堆垛机的故障率，提高堆垛机的平稳运行和定位精度，实现高效的工作状态。

可见，本发明实施例提供的方法尤其适合高速堆垛机，所谓的高速堆垛机的速度一般是在3~6米每秒。

下面针对一个具体场景，对本发明实施例提供的上述方法进行说明：

首先，收集客户在使用堆垛机过程中的痛点，发现共有5大痛点：痛点1：目前堆垛机没有办法实现高速取货和堆货操作，工作效率较低；痛点2：橡胶轮的磨损大，因此橡胶轮的更换频率较大；痛点3：堆垛机的震动较大；痛点4：堆垛机不能及时的进行动态响应；痛点5：堆垛机的故障率高。

然后，针对客户的这五大痛点，逐个进行了分析，发现之所以出现以上痛点，原因大致是堆垛机在运行器件，电机出力不均造成抖动、震动大，降低了设备的机械稳定性，进而导致故障率较高，而且由于两侧橡胶轮的摩擦力不一致，导致一侧的橡胶轮的磨损程度较大，使得橡胶轮的更换频率较高；由于较高的故障率和较高的橡胶轮更换频率，导致工作效率较低。总之，根本原因是：两个电机出力不均衡，负载分配不合理。

再然后，对堆垛机中的负载类型进行分析。一般的负载类型包括刚性负载、柔性负载、弹性负载，不同的负载类型是指两个水平驱动机构之间的连接方式。针对刚性负载类型，一般采用对主驱动直接进行速度控制的方式。针对柔性负载，一般采用速度环的负载均衡的方式进行控制。针对弹性负载，本发明实施例提供一种带转速偏差补偿的速度环负载均衡的方式进行控制。这三种控制方式是互斥的，需要根据两个水平驱动机构之间的连接方式进行选择。

针对弹性连接，选择带转速偏差补偿的速度环负载均衡的方式进行控制。该控制方式的具体过程大致可以包括：

添加750附加报文，通过750附加报文读取两个水平驱动机构的电机的实际转矩值即当前扭矩；计算两个当前扭矩的平均值，作为当前平均扭矩；然后将每一个当前扭矩和当前平均扭矩进行差值计算，得到对应的扭矩偏差；将扭矩偏差乘以预设的比例系数，得到对应的转速偏差；将转速偏差作为转速补偿值；将转速补偿值叠加到对应的水平驱动机构的给定转速值上，其中，若当前扭矩大于当前平均扭矩，则将负的转速补偿值叠加到对应的水平驱动机构的给定转速值上，若当前扭矩小于当前平均扭矩，则将正的转速补偿值叠加到对应的水平驱动机构的给定转速值上。之后，再次获取当前扭矩，计算当前平均扭矩，计算当前扭矩和当前平均扭矩之间的扭矩偏差，如果发现扭矩偏差仍不在预设范围，则继续进行补偿处理，直到扭矩偏差保持在预设范围内。

其中，750附加报文是转矩控制报文，该报文可以非常方便的周期性的读取水平驱动机构的实时转矩，比非周期的获取方式方便很多，也可以通过该报文对水平驱动机构的转矩进行限幅，不需要再程序中调用获取转矩的指令。

可理解的是，在扭矩偏差保持在预设范围内时，两个水平驱动机构的扭矩相差不多，处于相当的水平，因此两个水平驱动机构的出力水平相当，可以保持堆垛机平稳运行，不会引起堆垛机抖动，保证堆垛机的机械平稳性。同时也不会导致一侧的橡胶轮严重磨损，降低了橡胶轮的更换频率。由于堆垛机的平稳运行和橡胶轮的更换频率降低，因此可以降低故障率，提高堆垛机的工作效率，保持高速工作状态，及时响应工作人员发出的控制指令。

经过实践证明，本发明提供的方法可以使得堆垛机的运行更加平稳，抖动更小，故障率低，维护成本可节约5%-8%，水平速度可由2.5m/s提高到4.5m/s，橡胶轮使用寿命可延长3-4个月。近几年随着物流业的快速发展，需求增长也更迅猛，智能仓储呈现爆发式增长的态势，本发明提供的方法的实施将对驱动产品在高速堆垛机的应用中产生极大积极的影响。

另一方面，本发明一个实施例提供一种堆垛机的水平双驱动控制装置，该控制装置和上述方法相对应，该控制装置的执行主体为水平驱动机构的控制器。

参见图6，本发明实施例提供的堆垛机的水平双驱动控制装置10包括如下多个模块：

一个扭矩获取模块110，用于获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩；所述两个水平驱动机构之间为弹性连接方式；

一个差值计算模块120，用于根据所述两个水平驱动机构各自的当前扭矩，计算所述两个水平驱动机构的当前平均扭矩，并计算每一个所述当前扭矩与所述当前平均扭矩之间的扭矩差值；

一个转速补偿模块130，用于若任一个所述水平驱动机构对应的所述扭矩差值未在预设范围内，则对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行转速补偿，以使对应的所述扭矩差值落在所述预设范围内。

在一些实施例中，参见图7，所述转速补偿模块130，可以包括：

差值转换单元131，用于将未落在所述预设范围内的扭矩差值转换为对应的转速差值；

补偿计算单元132，用于根据所述转速差值，确定对应的转速补偿值；

转速叠加单元133，用于将所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的给定转速值和所述转速补偿值进行叠加，得到补偿后的转速；根据所述补偿后的转速对所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构进行控制；

其中，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩大于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为负值，若所述扭矩差值未落在所述预设范围内的所述水平驱动机构的当前扭矩小于所述当前平均扭矩，则对应的所述转速补偿值为正值。

在一些实施例中，参见图8，所述装置10还可以包括：

闭环调整模块100，用于在所述扭矩获取模块获取堆垛机的两个水平驱动机构各自的当前扭矩之前，对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速和位置进行调整，以实现速度闭环和位置闭环。

进一步的，所述闭环调整模块100包括：

第一调整单元，用于对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的转速进行调整；参见图9，所述第一调整单元包括：

第一配置子单元101，用于将两个水平驱动机构配置为电子齿轮同步；

第一获取子单元102，用于获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论转速；

第二获取子单元103，用于获取作为主驱动的水平驱动机构的电机实际转速；

第一计算子单元104，用于计算所述电机实际转速和所述理论转速之间的转速偏差；

第一调整子单元105，用于根据所述转速偏差对作为主驱动的水平驱动机构进行转速调整以实现速度闭环。

进一步的，所述闭环调整模块100还包括：

第二调整单元，用于对所述两个水平驱动机构中作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，参见图10，所述第二调整单元包括：

第三获取子单元106，用于获取作为主驱动的水平驱动机构对应的理论位置；

第四获取子单元107，用于获取作为主驱动的水平驱动机构的实际位置；

第二计算子单元108，用于计算所述实际位置和所述理论位置之间的位置偏差；

第二调整子单元109，用于根据所述位置偏差对作为主驱动的水平驱动机构的位置进行调整，以实现位置闭环。

又一方面，本发明实施例提供一种计算设备，包括：至少一个存储器和至少一个处理器；

所述至少一个存储器，用于存储机器可读程序；

所述至少一个处理器，用于调用所述机器可读程序，执行上述堆垛机的水平双驱动控制方法。

又一方面，本发明实施例提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行上述堆垛机的水平双驱动控制方法。

具体地，可以提供配有存储介质的系统或者装置，在该存储介质上存储着实现上述实施例中任一实施例的功能的软件程序代码，且使该系统或者装置的计算机（或CPU或MPU）读出并执行存储在存储介质中的程序代码。

在这种情况下，从存储介质读取的程序代码本身可实现上述实施例中任何一项实施例的功能，因此程序代码和存储程序代码的存储介质构成了本发明的一部分。

用于提供程序代码的存储介质实施例包括软盘、硬盘、磁光盘、光盘（如CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW）、磁带、非易失性存储卡和ROM。可选择地，可以由通信网络从服务器计算机上下载程序代码。

此外，应该清楚的是，不仅可以通过执行计算机所读出的程序代码，而且可以通过基于程序代码的指令使计算机上操作的操作系统等来完成部分或者全部的实际操作，从而实现上述实施例中任意一项实施例的功能。

此外，可以理解的是，将由存储介质读出的程序代码写到插入计算机内的扩展板中所设置的存储器中或者写到与计算机相连接的扩展模块中设置的存储器中，随后基于程序代码的指令使安装在扩展板或者扩展模块上的CPU等来执行部分和全部实际操作，从而实现上述实施例中任一实施例的功能。

可理解的是，本发明实施例提供的装置、计算设备、计算机可读介质中有关内容的解释、具体实施方式、有益效果、举例等内容可以参见上述方法中的相应部分，此处不再赘述。

本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于装置实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

本领域技术人员应该可以意识到，在上述一个或多个示例中，本发明所描述的功能可以用硬件、软件、挂件或它们的任意组合来实现。当使用软件实现时，可以将这些功能存储在计算机可读介质中或者作为计算机可读介质上的一个或多个指令或代码进行传输。

以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的技术方案的基础之上，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包括在本发明的保护范围之内。