

一种空中运输车转向控制方法及系统

本申请基于申请号为“202210188919.2”、申请日为 2022 年 03 月 01 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此以引入方式并入本申请。

技术领域

本申请涉及半导体晶圆制造设备技术领域，具体涉及一种自动物料搬运系统中空中运输车转向控制方法及系统。

背景技术

在半导体自动化工厂应用中，自动物料搬运系统（AMHS，Automatic Material Handling System，也称天车系统）中的空中运输车需要将目标夹取物按要求从一个地方搬运到指定位置，当所夹取物（如晶圆盒）的位置和目标搬运位置不在同一条轨道上，则运输车需要变换轨道行走，此时运输车上的转向驱动机构中的旋转电磁铁拨动滑轨上的导向轮移动到指定位置并在上方导轨的干涉下改变运输车行步轨迹。

鉴于电磁铁通电时间越长，温升越大，功率越小，力量会变小，因而现有方案中通常是给旋转电磁铁一段固定不变的电压，并在旋转电磁铁转到所需位置后断电，避免电磁铁通电时间长而温升过高。但是，旋转电磁铁在到达指定角度位置后，由于断电失去动力而受到惯性的反作用力出现回弹现象，导致运输车的导向轮与空中导轨相撞、甚至卡死的情况，严重影响了空中运输车的正常运行，降低了半导体工厂的生产效率。

因此，亟需一种新的转向控制方案。

发明内容

本申请提供一种空中运输车转向控制方法，包括：

当接收到转向控制信号时，向电磁铁施加第一驱动电压，其中所述第一驱动电压用于驱动所述电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动，所述第一驱动电压与目标电压之间的差值满足第一阈值，所述目标电压为用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动时克服最大静摩擦力的驱动电压；

确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第二驱动电压，其中所述第二驱动电压为用于驱动所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上移动的驱动电压，所述第二驱动电压与所述第一驱动电压不相等；

确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第三驱动电压，其中所述第二指定位置为所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上预设的停留位置，所述第三驱动电压大于所述目标电压；

确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，若是，则切断控制所述电磁铁的电源。

本申请还提供一种空中运输车转向控制系统，包括：启动模块和切换模块；

其中，所述启动模块被配置为：当接收到转向控制信号时，向电磁铁施加第一驱动电压，其中所述第一驱动电压用于驱动所述电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动，所述第一驱动电压与目标电压之间的差值满足第一阈值，所述目标电压为用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动时克服最大静摩擦力的驱动电压；

所述切换模块被配置为：

确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第二驱动电压，其中所述第二驱动电压为用于驱动所述电磁铁拨动所述导向轮按第一预设速度在所述滑轨上移动的驱动电压，所述第二驱动电压与所述第一驱动电压不相等；

确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第三驱动电压，其中所述第二指定位置为所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上预设的停留位置，

所述第三驱动电压大于所述目标电压；

确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，若是，则控制切断控制所述电磁铁的电源。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，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，还可以根据这些附图获得其它的附图。

图 1 是空中运输车转向引导的结构示意图；

图 2 是空中运输车转向引导中驱动电压施加的示意图；

图 3 是空中运输车转向引导中引导轮移动位置的示意图；

图 4 是本申请提供的空中运输车转向控制方法中驱动电压施加的示意图；

图 5 是本申请提供的空中运输车转向控制方法中驱动电压施加后导向轮位置的示意图；

图 6 是本申请提供的空中运输车转向控制方法的流程图；

图 7 是本申请提供的空中运输车转向控制方法中生产驱动电压的结构示意图；

图 8 是本申请提供的空中运输车转向控制系统的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本申请实施例进行详细描述。

以下通过特定的具体实例说明本申请的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本申请的其他优点与功效。显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。本申请还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本申请的精神下进行各种修饰或改变。需说明的是，在不冲突的情况下，以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。基于本申请

中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

要说明的是，下文描述在所附权利要求书的范围内的实施例的各种方面。应显而易见，本文中所描述的方面可体现于广泛多种形式中，且本文中所描述的任何特定结构及/或功能仅为说明性的。基于本申请，所属领域的技术人员应了解，本文中所描述的一个方面可与任何其它方面独立地实施，且可以各种方式组合这些方面中的两者或两者以上。举例来说，可使用本文中所阐述的任何数目和方面来实施设备及/或实践方法。另外，可使用除了本文中所阐述的方面中的一或多者之外的其它结构及/或功能性实施此设备及/或实践此方法。

还需要说明的是，以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本申请的基本构想，图式中仅显示与本申请中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制，其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变，且其组件布局型态也可能更为复杂。

另外，在以下描述中，提供具体细节是为了便于透彻理解实例。然而，所属领域的技术人员将理解，可在没有这些特定细节的情况下实践所述方面。术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”等描述的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

如图1所示，空中运输车1在空中轨道2的转向引导下，即通过空中运输车1中的导向轮11与空中轨道2配合实现转向引导。其中在需要转向引导时，空中运输车1中的旋转电磁铁13带动拨动杆14，由拨动杆14拨动导向轮11在滑轨17上滑动，以使导向轮11配合空中轨道2实现转向引导。

需要说明的是，旋转电磁铁是在通电电压驱动下，可在输出到固定角度（比如 90° ）后不再转动，以及可在断电后依靠自身恢复装置复位的机构。因此，可利用旋转电磁铁的自身特征，实现空中运输车的过弯转向控制。

需要说明的是，旋转电磁铁的旋转范围可通过传感器15和传感器16进行

检测，避免旋转电磁铁旋转角度超出设计范围。

如图 2 所示，在控制旋转电磁铁中，为避免电磁铁通电时间过长而温升过高，通常在旋转电磁铁从起始位置 A 到停留位置 B 之间，对其施加一个固定驱动电压 U_0 ，并在旋转电磁铁转到停留位置 B 时，立即将切断驱动电压 U_0 。

但在实际应用中发现，旋转电磁铁的动作结果如图 3 所示，即若在旋转电磁铁到达指定位置（即停留位置 B）后立即断电，此时旋转电磁铁因断电失去动力，而惯性的反作用力使得旋转电磁铁发生回弹现象，即旋转电磁铁因发生回弹现象并不能停止在停留位置 B 上，而是从停留位置 B 回弹后停留在最终位置 B' 处。

因此，当旋转电磁铁发生回弹而停留在最终位置 B' 处时，即旋转电磁铁带动导向轮回移，导致运输车的导向轮与空中导轨相撞甚至出现卡死情况，严重影响了空中运输车的正常运行，降低了半导体工厂空中运输车搬运效率。

另外，若在旋转电磁铁到达停留位置 B 处后仍继续施加驱动电压 U_0 ，以使旋转电磁铁停留在停留位置 B 处，但在实际中改进探索中发现，此时旋转电磁铁因长时间施加驱动电压 U_0 而导致温升过高，影响了旋转电磁铁工作稳定性、安全性、可靠性等。

有鉴于此，通过对旋转电磁铁和转向控制过程进行深入研究及改进探索后，提出了一种新的转向控制方案：如图 4 所示，在旋转电磁铁从起始位置至预定的停留位置之间进行工作中，施加不同的驱动电压，以及在旋转电磁铁达到预定的停留位置时，并不马上断电，而是继续施加一个驻停驱动电压后再断电，以避免长时间施加电压导致温升过高，同时可通过继续施加的驻停驱动电压来克服断电后惯性的反作用力，避免旋转电磁铁发生回弹而不能准确停留在设定位置上。

例如，如图 4 和图 5 所示，在起始位置 A 至途径位置 C 之间，对旋转电磁铁施加第一驱动电压 U_1 ，在途径位置 C 至预定的停留位置 B 之间，施加第二驱动电压 U_2 ，以及在到达停留位置 B 后，继续施加第三驱动电压 U_3 后再断电，以使旋转电磁铁在第三驱动电压 U_3 作用下，克服因在停留位置 B 断电而出现的惯

性反作用力，即旋转电磁铁在第三驱动电压 U_3 的作用下，虚拟出一个防回弹位置 D（如图 5 所示，图中 B 至 D 之间的虚线阴影为旋转电磁铁在施加 U_3 后虚拟产生的动作距离），以通过第三驱动电压 U_3 克服因断电的惯性反作用出现的回弹，使得旋转电磁铁在断电后仍能够停留在停留位置 B 上。

需要说明的是，第一驱动电压 U_1 、第二驱动电压 U_2 和第三驱动电压 U_3 ，三者中两两关系可根据实际进行设置，比如 U_1 小于 U_2 ，比如 U_2 大于 U_3 ，比如 U_1 大于 U_2 ，比如 U_2 等于 U_3 等等。

需要说明的是，前述说明是以移动位置来示意说明电磁铁旋转角度，下面说明中不加以区分。

以下结合附图，说明本说明书中各实施例提供的技术方案。

如图 6 所示，本说明书提供了一种空中运输车转向控制方法的实施例，可包括：

步骤 S202 在空中运输车沿着轨道行进中，实时接收转向控制信号。

实施中，转向控制系统实时接收转向控制信号。其中，转向控制信号可为空中运输车在沿着空中轨道行进中，实时对行进位置进行检测中当检测到需要进行转向操作时，向转向控制系统下发的转向控制指令。比如空中运输车通过设置于轨道处的检测标识，实时触发并生产转向控制指令，使得转向控制系统在该指令的触发下进行转向控制。

例如，当空中运输车因所夹取物的位置和目标搬送位置不在同一条轨道上时，运输车则需要变换行走轨道，因而在轨道变换处时，转向控制系统可获知转向控制指令，进而可根据转向控制指令执行转向操作。

实施中，为了不因驱动电压过小导致导向轮在滑轨上移动较慢，也是为了不因驱动电压过大影响电磁铁的力量，可通过计算获取一个能使导向轮按设定速度在滑轨上移动所需力，并据此确定出所需的驱动电压。

例如，鉴于推力大于最大静摩擦力时才能推动物体移动，简单分析可知，在旋转电磁铁启动工作中，导向轮移动中所需的力是变化的，物体移动后匀速运动时所需的力可设为 $F = \mu mg$ （ m 代表导向轮组件的质量， μ 为摩擦系数， g

为重力加速度)，进而可得出电磁铁输出的力要大于 F ，导向轮才能移动。又因

$P = \frac{W}{t} = UI$ 且 $P = FV$ ，所以 $FV = UI = \mu mgV$ ，从而得出 $U = \frac{\mu mgV}{I}$ ，其中 V 代表导向轮组件移动的速度， I 为旋转电磁铁的电流， U 为驱动电压。

因此，可根据移动速度的需要，通过设定驱动电压，可使得电磁铁工作在相应的电流状态下，即通过让电磁铁工作在相应电流状态下，获得相应的力矩，再通过力矩对拨动杆的拨动下，使得导向轮在拨动杆的拨动下，按预设的移动速度在滑轨上进行滑动，进而导向轮可以与空中导向轨道进行配合抵接后进行过弯导向。

步骤 S204 确定是否需要转向控制，若是则执行步骤 S206。

在接收到转向控制指令的触发后，转向控制系统可实时检测是否需要转向控制，并对转向控制导向轮进行实时控制。

步骤 S206 向电磁铁施加第一驱动电压，其中，所述第一驱动电压用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动，所述第一驱动电压与目标电压之间的差值满足第一阈值，目标电压为用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动时克服最大静摩擦力的驱动电压。

实施中，通过向旋转电磁铁施加第一驱动电压，旋转电磁铁在通电后，通过拨动杆使导向轮在滑轨上移动，使得导向轮配合空中导向轨道进行过弯引导，其中在导向轨道和导向轮的配合引导下，空中运输车跟随轨道进行过弯行进。以及，在过弯行进中，空中运输车（或者转向控制系统）仍对行进过程进行实时检测，比如对过弯行进的位置进行实时检测，以确定下一个驱动电压的施加节点。

步骤 S208 确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，若是则执行步骤 S210，若否则继续执行步骤 S206（即持续保持第一驱动电压）。

步骤 S210 向所述电磁铁施加第二驱动电压，其中所述第二驱动电压为用于驱动所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上移动的驱动电压，所述第二驱动

电压与所述第一驱动电压不相等。

实施中，采用不同于第一驱动电压的第二驱动电压驱动旋转电磁铁，可调整旋转电磁铁的工作电压，降低长时间施加同一个驱动电压而温升过快的可能。

相应地，在施加第二驱动电压的过程中，即在过弯行进中，空中运输车（或者转向控制系统）仍对行进过程进行实时检测，比如对过弯行进的位置进行实时检测，继续确定下一个驱动电压的施加节点。

步骤 S212 确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，若是则执行步骤 S214，若否则继续执行步骤 S210（即持续保持第二驱动电压）。

实施中，所述第二指定位置可为电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上到达的预设停留位置。需要说明的是，停留位置可为短暂停留的位置，比如在轨道换向中，换向点可作为短暂停留处，又比如半圆形的弯道中，弯道中点可作为停留位置等等，具体可根据实际应用进行指定，这里不作限定。

步骤 S214 向所述电磁铁施加第三驱动电压，其中所述第三驱动电压大于所述目标电压。

实施中，通过施加第三驱动电压，克服旋转电磁铁因断电后的惯性反作用力，使得旋转电磁铁可以在第三驱动电压的驱动下，仍能够较准确地在指定的停留位置处。相应地，在施加第三驱动电压中，仍可实时地检测断电时机，即执行步骤 S216。

步骤 S216 确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，若是，则执行步骤 S218。需要说明的是，预设条件可为施加第三驱动电压的时长，也可为空中运输车在过弯行进中的实时位置条件等。

步骤 S218 切断控制所述电磁铁的电源控制。通过在导向轮与导向轨道配合导向到指定位置后进行断电，仍可以依靠电磁铁内的恢复机构对拨动杆的牵引下，导向轮与导向轨道之间配合过弯导向引导。

通过上述步骤 S202 至步骤 S218，在过弯控制中对旋转电磁铁施加不同驱动电压，使得旋转电磁铁在工作中处于不同驱动电压，以及在旋转电磁铁到达指

定转动角度后继续施加一段驱动电压，既可以避免长时间处于较高驱动电压而温升过快，又可以避免旋转电磁铁因断电后惯性的反作用力导致不能准确达到指定位置，因而可提高电磁铁的工作稳定性、安全性和可靠性，提高空中运输车转向稳定性、可靠性，提高过弯效率，有利于提高半导体工厂中晶圆盒的搬运效率，进而提高半导体工厂的生产效率。

在一些实施方式中，第二驱动电压和第三驱动电压可设置为相同或不同的电压。

在一种实施方式中，可将第二驱动电压设置为小于第一驱动电压，可降低旋转电磁铁长时间处于较高功率状态，可减小温升和降低温升速度。

在一种实施方式中，可将第三驱动电压设置为与第二驱动电压相等，可简化驱动电压的整体设计方案。

在一些实施方式中，可通过电压变换电路、输出控制电路等将相应的驱动电压向旋转电磁铁提供。

在一种实施中，可采用调压稳压器对系统电压进行调压稳压，以得到以下至少一种驱动电压：所述第一驱动电压、所述第二驱动电压、所述第三驱动电压。

在一种实施中，可通过继电器先旋转电磁铁施加驱动电压。例如，向电磁铁施加第一驱动电压，包括：通过第一固态继电器向电磁铁施加第一驱动电压；和/或，向所述电磁铁施加第二驱动电压，包括：通过第二固态继电器向所述电磁铁施加第二驱动电压；和/或，向所述电磁铁施加第三驱动电压，包括：通过第三固态继电器向所述电磁铁施加第三驱动电压。

需要说明的是，继电器可为单组触点的继电器，也可为多组触点的继电器。

如图 7 所示，采用设定的电源电压，经过电压调压器分别稳压后输出相应的第一驱动电压、第二驱动电压和第三驱动电压。

实施中，驱动电压可通过继电器后再施加于旋转电磁铁，此时可通过控制驱动电压对应的继电器进行通断，可将驱动电压施加于旋转电磁铁。例如，第一驱动电压通过固态继电器 1 后再向旋转电磁铁施加，比如第二驱动电压通过

固态继电器 2 后再向旋转电磁铁施加。

例如，前述示例中，从 A 到 C 采用第一驱动电压使导向轮克服静摩擦力大滑轨上移动，即当空中运输车到达变换路径位置时，由 PLC（可编程控制器）发出指令，使固态继电器 1 打开，这时电磁铁在第一驱动电压下旋转；然后到达 C 处时，PLC 发出指令，使固态继电器 1 关闭，且固态继电器 2 打开，采用第二驱动电压让导向轮在滑轨上匀速移动到指定位置 B 后，继续保持一段时间后再断电（比如保持到 D 处），防止电磁铁受反作用力出现回弹导致运输车运行不稳甚至出现故障而影响搬运作业。

在一些实施方式中，在确定是否移动到指定位置中，可通过定时器计算时长来快速、准确地确定。

例如，在确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，可包括：获取所述第一驱动电压对应的第一施加时长，并确定所述第一施加时长是否达到第一预设时长，以确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置。

需要说明的是，第一施加时长可根据实际应用中的现场调试数据加以确定，以及后续可根据实际运行经验数据进行调整等。

例如，在确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，可包括：获取所述第二驱动电压对应的第二施加时长，以及确定所述第二施加时长是否达到第二预设时长，以确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置。

例如，确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，可包括：获取所述第三驱动电压对应的第三施加时长，并确定所述第三施加时长是否达到第三预设时长，以确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件。

需要说明的是，第一施加时长和/或第二施加时长和/或第三施加时长，具体可根据预设值确定，也可根据实际应用中调试总结的经验数据进行设置。

例如，第一施加时长可为占总时间的 20%，即第一驱动电压的持续时间可约占总时间的 20%。

例如，第二施加时长可为占总时间的 70%，即第二驱动电压的持续时间可约占总时间的 70%。

例如，第三施加时长可为占总时间的 10%，即第三驱动电压的持续时间可约占总时间的 10%。

实施中，可根据转向控制需要，通过设置不同驱动电压对应的持续时长，使得不同驱动电压的持续时长分布更合理，可很好地改善了旋转电磁铁温升，提高旋转电磁铁在转向控制中的工作稳定性、安全性和可靠性。

在一些实施方式中，在确定是否移动到指定位置中，可通过传感器进行检测确定。

在一种实施方式中，在确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，可包括：获取第一传感器的第一传感信号，以及根据所述第一传感信号确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置。其中，所述第一传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置。

实施中，第一传感器可根据实际应用需要安装在不同位置进行检测，这里不对安装位置进行限定。

例如，第一传感器安装于滑轨侧面，当导向轮经传感器所在位置时，便触发第一传感器输出检测结果。

例如，第一传感器安装于拨动杆周围，用于检测拨动杆移动位置，进而可通过检测拨动杆移动位置来触发第一传感器输出检测结果。

实施中，第一传感器可根据实际应用需要进行选型，这里不对传感器的选型进行限定。

例如，第一传感器可为光电传感器，比如红外光收发一体的传感器，当被检测对象（如导向轮、拨动杆等）遮挡光电传感器的检测信号时，传感器输出检测结果。

例如，第一传感器可为标识读取的读取器，比如条码读取器，当被检测对象（如导向轮、拨动杆等）经过读取器所在位置时，读取器读取到相应的条码标识，这时读取器输出检测结果。

在一种实施方式中，在确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，可包括：获取第二传感器的第二传感信号，以及根据所述第二传感信号确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置。其中，所述第二传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置。

相应地，与前述第一传感器的示例说明相似，第二传感器的安装方式、选型等可根据实际应用需要进行设置，这里不展开说明。

基于相同发明构思，本申请还提供一种空中运输车转向控制系统，应用于半导体自动生产工厂中的空中运输车中，通过转向控制系统执行如前述任意一个实施例所述的转向控制方法，使得空中运输车在需要转向控制时，高效有序地完成转向。

如图 8 所示，空中运输车转向控制系统 2000 可包括：启动模块 2020 和切换模块 2040。

实施中，启动模块 2020 被配置为：当接收到转向控制信号时，向电磁铁施加第一驱动电压，其中所述第一驱动电压用于驱动所述电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动，所述第一驱动电压与目标电压之间的差值满足第一阈值，所述目标电压为用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动时克服最大静摩擦力的驱动电压；

以及，切换模块 2040 被配置为：

确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第二驱动电压，其中所述第二驱动电压为用于驱动所述电磁铁拨动所述导向轮按第一预设速度在所述滑轨上移动的驱动电压，所述第二驱动电压与所述第一驱动电压不相等；

确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨

上是否移动到第二指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第三驱动电压，其中所述第二指定位置为所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上预设的停留位置，所述第三驱动电压大于所述目标电压；

确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，若是，则切断控制所述电磁铁的电源。

通过在控制系统中设置启动模块和切换模块，可以在需要进行转向控制时，快速、准确地通过控制旋转电磁铁的工作，进而电磁铁带动拨动杆运动，而拨动杆带动导向轮在滑轨上移动，使得导向轮配合空中转向轨道对空中运输车进行过弯中的转向引导，而且通过向电磁铁分段施加不同驱动电压，即可避免电磁铁施加电压过长而温升过快、过高，又可以避免电磁铁断电后发生回弹而导致导向轮与转向导轨碰撞甚至卡死现象，提高了空中运输车过弯换向的工作稳定性、安全性和可靠性，提高晶圆盒的搬运效率，提高半导体自动化生产效率。

在一种实施方式中，所述空中运输车转向控制系统还可包括：调压稳压器（图中未示出），所述调压稳压器用于对系统电压进行调压稳压，以得到以下至少一种驱动电压：所述第一驱动电压、所述第二驱动电压、所述第三驱动电压。

在一种实施方式中，所述空中运输车转向控制系统还可包括：固态继电器（图中未示出），所述固态继电器用于将所述调压稳压器对系统电压进行调压稳压的驱动电压切换施加到所述电磁铁。

在一种实施方式中，所述空中运输车转向控制系统还包括：定时器（图中未示出），所述定时器用于获取以下至少一种时长：第一预设时长，第二预设时长，第三预设时长；其中，第一预设时长为施加第一驱动电压的时长；第二预设时长为施加第二驱动电压的时长；第三预设时长为施加第三驱动电压的时长。

在一种实施方式中，所述空中运输车转向控制系统还包括：第一传感器和/或第二传感器；其中所述第一传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置；所述第二传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置。

在一种实施方式中，所述切换模块包括 PLC 控制器（图中未示出）。实施中，PLC 可为空中运输车中的 PLC 控制器，可简化整体系统结构。

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，每个实施例侧重说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于后面说明的实施例而言，由于其与前面的实施例是对应的，描述比较简单，相关之处参见在前实施例的部分说明即可。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1.一种空中运输车转向控制方法，其特征在于，包括：

当接收到转向控制信号时，向电磁铁施加第一驱动电压，其中所述第一驱动电压用于驱动所述电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动，所述第一驱动电压与目标电压之间的差值满足第一阈值，所述目标电压为用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动时克服最大静摩擦力的驱动电压；

确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第二驱动电压，其中所述第二驱动电压为用于驱动所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上移动的驱动电压，所述第二驱动电压与所述第一驱动电压不相等；

确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第三驱动电压，其中所述第二指定位置为所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上预设的停留位置，所述第三驱动电压大于所述目标电压；

确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，若是，则切断控制所述电磁铁的电源。

2.根据权利要求1所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，所述第二驱动电压小于所述第一驱动电压；

和/或，所述第三驱动电压与所述第二驱动电压相等。

3.根据权利要求1所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，包括：

获取所述第一驱动电压对应的第一施加时长；

确定所述第一施加时长是否达到第一预设时长，进一步确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置。

4.根据权利要求1所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，确定所述

电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，包括：

获取所述第二驱动电压对应的第二施加时长；

确定所述第二施加时长是否达到第二预设时长，进一步确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置。

5.根据权利要求1所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，包括：

获取所述第三驱动电压对应的第三施加时长；

确定所述第三施加时长是否达到第三预设时长，进一步确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件。

6.根据权利要求1所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，所述空中运输车转向控制方法还包括：

采用调压稳压器对系统电压进行调压稳压，以得到所述第一驱动电压、所述第二驱动电压及所述第三驱动电压中的至少一种驱动电压。

7.根据权利要求1所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，包括：

获取第一传感器的第一传感信号；

根据所述第一传感信号确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置；

其中，所述第一传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置；

和/或，确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，包括：

获取第二传感器的第二传感信号；

根据所述第二传感信号确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置；

其中，所述第二传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置。

8.根据权利要求 1-7 中任意一项所述的空中运输车转向控制方法，其特征在于，向电磁铁施加第一驱动电压，包括：通过第一固态继电器向电磁铁施加第一驱动电压；

和/或，向所述电磁铁施加第二驱动电压，包括：通过第二固态继电器向所述电磁铁施加第二驱动电压；

和/或，向所述电磁铁施加第三驱动电压，包括：通过第三固态继电器向所述电磁铁施加第三驱动电压。

9.一种空中运输车转向控制系统，其特征在于，包括：启动模块和切换模块；

其中，所述启动模块被配置为：当接收到转向控制信号时，向电磁铁施加第一驱动电压，其中所述第一驱动电压用于驱动所述电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动，所述第一驱动电压与目标电压之间的差值满足第一阈值，所述目标电压为用于驱动电磁铁拨动导向轮在滑轨上移动时克服最大静摩擦力的驱动电压；

所述切换模块被配置为：

确定所述电磁铁在所述第一驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第一指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第二驱动电压，其中所述第二驱动电压为用于驱动所述电磁铁拨动所述导向轮按第一预设速度在所述滑轨上移动的驱动电压，所述第二驱动电压与所述第一驱动电压不相等；

确定所述电磁铁在所述第二驱动电压的驱动下拨动所述导向轮在所述滑轨上是否移动到第二指定位置，若是，则向所述电磁铁施加第三驱动电压，其中所述第二指定位置为所述电磁铁拨动所述导向轮在所述滑轨上预设的停留位置，所述第三驱动电压大于所述目标电压；

确定施加所述第三驱动电压是否达到预设条件，若是，则切断控制所述电磁铁的电源。

10.根据权利要求 9 所述的空中运输车转向控制系统，其特征在于，所述空中运输车转向控制系统还包括：调压稳压器，所述调压稳压器用于对系统电压进行调压稳压，以得到以下至少一种驱动电压：所述第一驱动电压、所述第二

驱动电压、所述第三驱动电压。

11.根据权利要求 10 所述的空中运输车转向控制系统，其特征在于，所述空中运输车转向控制系统还包括：固态继电器，所述固态继电器用于将所述调压稳压器对系统电压进行调压稳压的驱动电压切换施加到所述电磁铁。

12.根据权利要求 9 所述的空中运输车转向控制系统，其特征在于，所述空中运输车转向控制系统还包括：定时器，所述定时器用于获取以下至少一种时长：第一预设时长，第二预设时长，第三预设时长；

其中，第一预设时长为施加第一驱动电压的时长；第二预设时长为施加第二驱动电压的时长；第三预设时长为施加第三驱动电压的时长。

13.根据权利要求 9 所述的空中运输车转向控制系统，其特征在于，所述空中运输车转向控制系统还包括：第一传感器和/或第二传感器；

其中，所述第一传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置；所述第二传感器用于检测所述导向轮在所述滑轨上的移动位置。

14.根据权利要求 9-13 中任意一项所述的空中运输车转向控制系统，其特征在于，所述切换模块包括 PLC 控制器。