

一种空中运输车的升降机构控制方法及系统

本申请基于申请号为“202210096683.X”、申请日为 2022 年 01 月 26 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的升降机构控制方法及系统。

背景技术

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设定位置，由于空中运输车是在生产设备的上方运行，因而空中运输车包含相对固定的升降机构和可升降的夹持机构，进而由升降机构对夹持机构进行升降控制，使得夹持机构到达预定位置进行目标物品（如晶圆盒）的夹取、搬运及释放等动作。

在相关技术涉及的空中运输车中，处于生产需要，夹持机构和升降机构之间往往使用皮带实现柔性连接，而皮带的柔性特性使得升降机构在下放夹持机构的过程中，造成夹持机构相对于升降机构出现一定幅度的晃动、摆动等情况，因而夹持机构并不能精准地到达目标物品对应的预定位置进行夹持或释放目标物品，同时为了精准到达预定位置，需要多次调整夹持机构的位置，延长了目标物品的夹持或释放时间，造成整个夹持或释放动作周期加长而影响生产效率。

因此，亟需一种新的升降机构控制方案，使得升降机构能够精准地将夹持机构下放到目标物品对应预定位置。

发明内容

本申请提供一种空中运输车的升降机构控制方法，应用于空中运输车的升

降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制方法包括：

在所述夹持机构的升降运动中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度；

根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，以控制所述夹持机构在不同分段控制中按预设的目标升降速度进行升降运动；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

本申请还提供一种空中运输车的升降机构控制方法，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制方法包括：

当空中运输车在轨道中运行到预定位置时，启动升降机构对夹持机构的驱动，以使夹持机构进行升降运动；

获取所述升降运动的速度值，并根据所述升降运动的速度值进行分段控制；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的

速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

本申请还提供一种空中运输车的升降机构控制系统，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制系统包括：

第一控制模块，用于在所述夹持机构的升降运动中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度；

第一调整模块，用于根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，以控制所述夹持机构在不同分段控制中按预设的目标升降速度进行升降运动；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

本申请还提供一种空中运输车的升降机构控制系统，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制系统包括：

控制机构，用于启动升降机构中的伺服电机，以驱动所述夹持机构进行升降运动；

检测机构，用于获取所述升降运动的速度值；

其中，所述控制机构和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当所述检测机构检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，所述控制机构控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，所述控制机构对所述升降运动进行加速控制，并当所述检测机构检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，所述控制机构控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，所述控制机构对所述升降运动进行减速控制，并当所述检测机构检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，所述控制机构控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，所述控制机构按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

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 是空中运输车的升降机构与夹持机构之间的结构示意图；

图 2 是空中运输车中进行匀速升降运动的示意图；

图 3 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方案中进行分段控制的示意图；

图 4 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方案中分段控制的示意图；

图 5 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方案中分段控制的示意图；

图 6 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法的流程图；

图 7 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法中加速下降的示意图；

图 8 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法中匀速下降的示意图；

图 9 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法中减速下降的示意图；

图 10 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法中平稳下降的示意图；

图 11 是本申请提供的编码器反馈检测的示意图；

图 12 是本申请提供的编码器对各分段控制进行反馈检测的示意图；

图 13 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法的流程图；

图 14 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制方法中速度补偿的示意图；

图 15 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制系统的示意图；

图 16 是本申请提供的空中运输车的升降机构控制系统的示意图。

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个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。

目前，如图 1 所示，当空中运输车 1 沿着空中轨道运行到设定位置时，运输车中的升降机构 2，通过控制夹持机构 4 进行升降运动，使得夹持机构 4 升降到指定高度，方便抓取或释放目标物（如晶圆盒），其中升降机构 2 与夹持机构 4 之间通过柔性皮带 3 连接。

如图 2 所示，升降机构 2 对夹持机构 4 的控制包括：比如从开始下放皮带到夹持机构下降到指定高度，均是采用电机转速不变的控制方式，即夹持机构 4 进行匀速下降。因此，如果为了使皮带平稳、不晃动地下降，只能采用低转速的控制方法，因而升降时间较长；而如果为了在短时间内完成此下放动作，只能采用高转速的控制方法，造成皮带在下放过程中明显晃动或摆动，不利于精准地夹取目标物品，而且为了精准抓取目标物品，还需要多次调整夹持机构，同样造成整个动作周期时间加长。

例如，针对应用于半导体制造工厂中的 AMHS 系统，一个完整的半导体工艺大约需要 400 个步骤来完成整个处理过程，而在这 400 个步骤，需要搬运晶圆盒的次数累计约 1200 次。一般而言，未优化过的 AMHS 系统，每次平均搬运时间可能需要 5-6 分钟，而假如 AMHS 系统经优化后，使得该指标能达到 2.5-3 分钟，这时即使取差值为 2 分钟，1200 次将可节省约 2400 分钟，即优化后可为晶圆周期时间（wafer cycle time）多争取到大约 40 小时，该时间对于瞬息万变的半导体市场而言，是非常宝贵的。

因此，在对 AMHS 系统进行优化中，可能对每个机械结构、每一步的动作

控制实现了很小的优化，但可能对整个搬运系统的周期可以带来巨大影响。

有鉴于此，通过对升降机构的升降控制过程进行深入研究及改进探索后，提出了一种新的升降控制方案：如图 3 所示，以下放夹持机构去释放目标物体（比如晶圆盒）为例进行示意说明，当空中运输车 1 在空中轨道行驶到预定位置时，其中预定位置为抓取或释放晶圆盒时空车在轨道中停留位置，空中运输车 1 可以通过内部的升降机构 2 对夹持机构 4 进行下降控制，其中对夹持机构 4 的下降运动进行速度分段控制，可通过优化各个分段控制，实现整个下降运动的优化。

例如，如图 4 所示，可将下降运动分为启动阶段、加速阶段、减速阶段和平稳阶段，其中启动阶段可以为升降机构驱动夹持机构开启运动的时段，使得夹持机构获取到一个启动速度，然后进入到加速阶段，使得夹持机构 4 在短时间内加快运行速度，以较快运行速度在短时间内减少下降高度，接着进入减速阶段，从较高速度开始减速，可以在短时间内进一步减少下降高度，最后通过平稳阶段使得夹持机构 4 可以稳定、精准地停靠在晶圆盒安放位置，有利于将晶圆盒释放在准确的安放位置上。

例如，如图 5 所示，可将下降运动分为启动阶段、加速阶段、匀速阶段、减速阶段和平稳阶段，其中启动阶段可以为升降机构驱动夹持机构开启运动的时段，使得夹持机构获取到一个启动速度，然后进入到加速阶段，使得夹持机构 4 在短时间内加快运行速度，以较快运行速度在短时间内减少下降高度，接着进入匀速阶段，以较高的速度进行匀速下降，可以在短时间内进一步减少下降高度，再接着从较高速度开始减速，进一步在短时间内减少下降高度，最后通过平稳阶段使得夹持机构 4 可以稳定、精准地停靠在晶圆盒安放位置，有利于夹持机构 4 在短时间内快速、平稳、精确地到达晶圆盒安放位置。

需要说明的是，升降机构 2 对夹持机构 4 进行上升控制时，也可采用如下下降控制类似的分段控制，即仍可以分为启动阶段、加速阶段、减速阶段和平稳阶段，或者分为启动阶段、加速阶段、匀速阶段、减速阶段和平稳阶段。因此，这里将上升运动、下降运动统称为升降运动，其中下降运动可为夹持机构需要

下降到晶圆盒所在位置以进行抓取晶圆盒的下降过程，下降运动也可作为夹持机构在夹持并搬运晶圆盒到设定位置时需要下降到晶圆盒的安放位置的下降过程，上升运动可作为夹持机构在抓取到晶圆盒后，需要上升恢复到预设位置后使得晶圆盒由空中运输车进行搬运的上升过程，上升运动也可作为夹持机构在将所夹持的晶圆盒释放到安放位置后，夹持机构需要上升恢复到设定位置的上升过程。

另外，为便于说明，这里示意图示中以加速阶段、减速阶段为线性关系作示例性说明，实际应用中可根据实际控制需要进去其他曲线关系的控制，这里不做限定。

以下结合附图，说明本说明书中各实施例提供的技术方案。

本申请提供一种空中运输车的升降机构控制方法，可应用于半导体自动化工厂中的 AMHS 系统，用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，其中所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接。

如图 6 所示，所述空中运输车的升降机构控制方法包括：

步骤 S102、确定空中运输车沿着轨道行驶是否已到达预定位置，并在确定出到达预定位置时，则执行步骤 S104。

实施中，空中运输车沿着空中轨道进行行驶过程中，可通过 AMHS 系统实时获取空中运输车沿着轨道的行驶位置，进而根据实时行驶位置确定出空中运输车是否到达预定位置，以便于空中运输车在到达预定位置时，触发内部的升降机构进行夹持机构的升降控制。其中，预定位置可为需要抓取或释放目标物体（如晶圆盒）时，空中运输车在轨道中的停留位置。

实施中，可以在轨道中的预定位置设置检测标识，比如传感器、条码等，便于通过检测标识，快速获取到该预定位置，便于空中运输车在该预定位置进行停留，以及方便触发升降机构对夹持机构进行升降控制。因此，可在空中运输车沿着轨道行驶中，运输车中的控制机构可以通过实时确定空中运输车是否已到达预定位置，以此作为升降控制的触发条件，使得空中运输车一旦到达预定位置进行停留时，升降机构可以快速开启夹持机构进行升降运动。

步骤 S104、启动升降机构对夹持机构的升降控制，以使夹持机构进行升降

运动。

实施中，可将空中运输车沿着轨道行驶到达预定位置设置为触发条件，并将该触发条件作为控制机构进行升降控制的触发条件设置于控制机构内部，比如在运输车中的 PLC (Programmable Logic Controller, 可编程逻辑控制器) 设置该触发条件，使得 PLC 一旦检测到触发条件成立，可以快速地启动对夹持机构的升降控制过程。

实施中，可通过控制机构（如 PLC）驱动升降机构中的伺服电机，使得伺服电机带动柔性皮带的皮带轴进行转动，从而通过转动皮带轴释放皮带实现夹持机构下降运动或者卷绕皮带实现夹持机构上升运动。因此，通过控制升降机构的驱动，可实现夹持机构的升降运动控制。

步骤 S106、在升降运动中，实时获取所述升降运动的速度值，并根据所述升降运动的速度值进行分段控制。

其中，所述分段控制可包括启动阶段、加速阶段、减速阶段和平稳阶段。

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段。

具体实施中，可在启动阶段之初，先给一个能使皮带下降的低速，以便更平稳地启动夹持机构开始升降运动，然后当启动后的速度平稳地达到第一阈值时，可将升降运动快速切换到加速阶段。需要说明的是，鉴于启动阶段为低速且平稳升降，因而启动阶段也可称为第一平稳阶段，而将从减速阶段所后进入的平稳阶段称为第二平稳阶段。

由于加速阶段是从平稳启动中进行，因而加速阶段中夹持机构仍可较平稳地进行加速阶段的升降运动，即在平稳运动中有效压缩了加速阶段的运动时间。

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段。

具体实施中，加速阶段可以采用线性的加速控制，比如加加速度变化较小的加速控制，可在加速运动中缩短时间的同时，加速运动更平稳。以及，在加速到一定速度后，切换到减速阶段。

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段。

具体实施中，由加速阶段切换到减速阶段时，可在加速阶段结束和减速阶段开始之间进行短时间的平稳切换，然后可以采用线性关系进行减速控制，通过减速阶段逐步降低升降速度，使得在减速缩短时间的同时，运动更平稳。

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。其中，设定位置可为夹持机构在升降运动后应该停止的位置，比如去抓取晶圆盒时，设定位置可为晶圆盒所在位置，以便于夹持机构对晶圆盒进行抓取，比如抓取晶圆盒后，设定位置可为抓取晶圆盒后夹持机构恢复到运输车中进行搬运晶圆盒的位置。因此，设定位置可根据实际的升降运动确定，这里不作限定。

具体实施中，可按预设的平稳控制策略将升降运动的速度从较小的速度逐步过渡到零，进而停止在设定位置。其中，平稳控制策略可为使得夹持机构平稳稳定停止到设定位置的缓慢减速控制过程，比如使得夹持机构从低速状态并在短时间内停止到设定位置的控制过程。

需要说明的是，前述第一阈值、第二阈值、第三阈值以及预设的平稳控制策略等，可为在实际工厂应用中进行安装调试后预设的参数，也可为后续根据实际运行情况总结所得的经验数据，具体可根据实际应用确定，这里不作限定。

通过在升降运动中对升降速度进行实时检测，并根据检测结果实时对升降运动进行分段控制，而且分段控制中进行平稳切换，进而有效地进行平稳的升降运动中，还能优化运动时间。

在一些实施方式中，可通过控制加速阶段的时长和减速阶段的时长，使得加速阶段和减速阶段的时长较短，比如时长均可低于平稳阶段的时长，既可通过加速、减速实现高效的短时运动，又能通过较长时长的平稳阶段，更平稳、更准确地将夹持机构停止在设定位置。

在一些实施方式中，可根据整体升降阶段的需要，比如行程较长时，可在加速阶段和减速阶段之间增加一个匀速阶段。

如图 5 所示的分段控制示意，所述分段控制还可包括：匀速阶段，即当在加速阶段中检测到所述升降运动的速度值加速到所述第二阈值时，控制所述升降运动进入匀速阶段，以及在匀速阶段中，对所述升降运动进行匀速控制，并当所述匀速阶段的时长达到第四阈值时，控制所述升降运动进入所述减速阶段。

通过在加速阶段和匀速阶段之间增加匀速阶段，既可在加速和减速之间通过匀速阶段进行更平稳切换，还能通过高速运行的匀速阶段，极大地压缩运动时间。

在一些实施方式中，可通过 PLC 发出的脉冲来控制伺服电机运行，即通过 PLC 输出不同控制脉冲频率，进而利用这些控制脉冲驱动伺服电机，使得伺服电机的转速由脉冲数量控制，因而脉冲数对应电机转动角度，即脉冲频率可以确定皮带的转速，进而可通过控制脉冲频率实现升降运动的速度控制。需要说明的是，电机转速与脉冲频率之间的关系，可根据具体电机特性进行确定，这里不作限定。

例如，如图 7 所示，当升降机构 2 在启动阶段将柔性皮带 3 和夹持机构 4 下放达到一定速度时，比如 PLC 输出脉冲量得到预设值时，PLC 可按设定的脉冲频率变化方式改变控制伺服电机的脉冲频率，使得夹持机构 4 进入加速下降阶段，使柔性皮带 3 和夹持机构 4 平稳地进入加速下降。

例如，如图 8 所示，当升降机构 2 下放柔性皮带 3 和夹持机构 4 的速度到达切换进入匀速阶段时，PLC 将按设定要求改变输出的脉冲频率，使柔性皮带 3 和夹持机构 4 进入高速运行的匀速下降。

例如，如图 9 所示，当升降机构 2 下放柔性皮带 3 和夹持机构 4 平稳地进入减速下降阶段时，PLC 将按设定要求改变减速阶段对应的脉冲频率，使柔性皮带 3 和夹持机构 4 进行平稳减速下降。

例如，如图 10 所示，当柔性皮带 3 和夹持机构 4 经过减速下降平稳地进入最后的平稳下降时，PLC 将按设定要求改变平稳阶段对应的脉冲频率，使柔性皮带 3 和夹持机构 4 平稳缓慢下降并停止到指定高度，即停留在方便抓取目标物体 5（如晶圆盒）的位置。

在一些实施方式中，通过获取 PLC 输出的脉冲数量，可获取到升降运动对应的速度值，进而可以及脉冲数量实现分段控制。

实施中，正如前述示意说明，可按预设的脉冲数量驱动升降机构中的伺服电机，通过所述伺服电机驱动所述柔性皮带，实现对所述柔性皮带进行释放或卷绕，进而实现对夹持机构的驱动。以及，通过获取所述脉冲数量，并根据所述脉冲数量确定所述升降运动的速度值。

在一些实施方式中，可采用反馈检测机制，对分段控制中升降运动的速度控制进行实时反馈控制。

如图 11 所示，在升降机构 2 中，可采用带编码器的伺服电机驱动皮带卷转动，其中编码器可将伺服电机的实际行程信息与 PLC 发出脉冲形成比较信息给驱动器。例如，编码器反馈的伺服电机行程和 PLC 发出脉冲的对比信息无误，PLC 将会按原要求持续地发脉冲给驱动器，而如编码反馈的对比信息有异常，编码器会将此信息发送给驱动器，再由驱动器将故障信息反馈给 PLC，当 PLC 接收到异常信息后表明上一程序的动作未完成不会发下一程序的指令给驱动器。

具体实施中，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：获取行程编码器反馈的伺服电机行程数据，并根据所述伺服电机行程数据和所述脉冲数量，确定所述升降运动是否正常。

通过编码器对行程信息和 PLC 下发的脉冲数量进行对比，形成对比信息，可依据这些对比信息进行实时监控。

在一些实施方式中，如图 12 所示，前述实时反馈控制可应用于分段控制的各个阶段中，并在编码器对比信息正常后，方可进行下一个阶段。例如，通过编码器判断对比信息是否正常，若正常，可继续速度控制，若异常，则向驱动器反馈编码器对比信息异常，由 PLC 对异常进行相关处理，比如控制蜂鸣器发出蜂鸣警报，将问题信息显示在运输车的车身显示器上，然后进行人工干预处理等等。

在一些实施方式中，当确定所述升降运动处于异常状态时，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：停止向所述升降机构发送驱动指令，和/或发出

语音警报，和/或展示警报信息。通过在实时反馈检测中发现异常时，及时对异常进行相应处理。

在一些实施方式中，可通过在夹持机构中设置两对传感器，通过两对传感器对夹持机构与目标物体之间的相对位置实时判断。

实施中，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：获取第一对射传感器输出的第一信号和第二对射传感器输出的第二信号，所述第一对射传感器用于检测所述夹持机构停止在异常位置，所述第二对射传感器用于检测所述夹持机构是否停止在所述设定位置；以及，根据所述第一信号和所述第二信号确定所述夹持机构与所述设定位置之间的关系。

具体实施中，夹持机构上设置第一对射传感器和第二对射传感器，其中所述第一对射传感器设置于所述第二对射传感器的上方，所述第二对射传感器用于检测所述夹持机构是否停止在所述设定位置，所述第一对射传感器用于检测所述夹持机构停止在异常位置。通过获取两组对射传感器的信号，并依靠这些信号在平稳阶段中进行调整控制，可提高平稳阶段的控制准确性，同时缩短平稳阶段所需时长，有效优化整个上升或下降的运动时长。

在一些实施方式中，可利用两组对射传感器的信号进行平稳阶段中信号的组合控制。

实施中，根据所述第一信号和所述第二信号确定所述夹持机构与所述设定位置之间的关系，包括：当确定所述第一信号和所述第二信号符合预设的判定条件时，确定所述夹持机构停止在所述设定位置。

例如，当触发到下面一组对射传感器时，表明柔性皮带 3 和夹持机构 4 已下降到位，此时 PLC 读取到来自对射传感器和编码器的信息一致后判断此下降过程结束。

例如，当触发到上面一组对射传感器时，表明夹持机构 4 下降异常，比如可能下降过度，如可能晶圆盒位置偏离导致夹持机构下降过量，比如晶圆盒上放置有其他物体，导致触发上方一组对射传感器等等。

在一些实施方式中，可通过传感器对皮带的运动位置进行实时检测，即在

皮带卷的原点位置安装位置传感器，通过位置传感器检测柔性皮带的位置。

在一种实施方式中，在启动夹持机构的升降运动前，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：获取第一位置传感器的输出结果，以确定所述柔性皮带是否位于原点位置。

基于相同发明构思，本申请还提供一种空中运输车的升降机构控制方法，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间采用柔性皮带连接，以更准确地调整升降运动的速度，实现更精确的升降运动速度控制，使得夹持机构更平稳、准确地到达设定位置进行晶圆盒的抓取或释放。

实施中，鉴于皮带存在一定厚度，在皮带卷跟随伺服电机转动中，皮带卷半径的变化将引起夹持机构升降速度存在微小变化，因而在考虑到电机转速外，将柔性皮带在下放过程中皮带卷外径变化和速度变化予以考虑，进而将柔性皮带厚度对速度的影响计算在内，并加入到控制当中，使得在设定位置抓取时可以达到更加精准，具体参见以下的各实施方式。

如图 13 所示，所述空中运输车的升降机构控制方法包括：

步骤 S201、在所述夹持机构的升降运动中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度。

实施中，外径速度的获取可通过传感器等获取方式，也可结合传感器进行计算确定该外径速度。

实施中，可通过 PLC 输出驱动脉冲，由升降机构中的电机在驱动脉冲的控制下，带动皮带卷释放或卷绕柔性皮带，其中电机转动一圈对应于皮带卷转动一圈。因此，当 PLC 通过输出脉冲控制皮带卷释放或卷绕柔性皮带时，可通过读取 PLC 输出的脉冲数量，进而根据脉冲数量对应的电机转速，可确定该外径速度，而外径速度对应于夹持机构的升降速度。

S203、根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，以控制所述夹持机构在不同分段控制中按预设的目标升降速度进行升降运动。

实施中，在确定所述外径速度后，可将该外径速度与预计运行速度进行比

较，进而根据比较结果实时调整所述夹持机构的升降速度。

其中，分段控制包括：启动阶段、加速阶段、加速阶段和平稳阶段。其中这些阶段可参考前述说明，这里不再展开说明。

通过实时获取柔性皮带卷的外径速度，即柔性皮带释放或卷绕对应的外径速度，并根据该外径速度实时调整夹持机构的速度，使得夹持机构可以在不同阶段都能按预设的目标升降速度进行升降运动，提高夹持架构升降运动的平稳性、准确性。

在一些实施方式中，鉴于 PLC 通过发出的脉冲来控制伺服电机运行，脉冲数对应电机转动角度，而伺服电机驱动皮带卷，因而 PLC 输出的脉冲频率可用于确定皮带卷的转速，即可以通过获取皮带卷的转动速度，来获取所述柔性皮带在皮带卷带动下的运动速度，其中柔性皮带的运动速度对应于夹持机构的升降速度。

如图 14 所示，当柔性皮带 3 绕皮带轴 6 下降过程中，皮带卷外径与速度都在时刻变化，假如 PLC 发出的脉冲频率为一个定量，则虽然伺服电机的转速是匀速，但传送给柔性皮带 3 的线性速度是逐渐变慢。

实施中，可根据皮带卷 PLC 发出一定增量的脉冲来补偿电机匀速转动传递给柔性皮带逐渐变慢的直线下降现象，使柔性皮带的运动速度（即夹持机构的升降速度）按预定速度实现控制。

为便于理解，以匀速控制为例进行速度控制示意说明。

因皮带自身厚度的存在，虽然电机转一圈，皮带也会转一圈，但皮带每圈半径 r 并不相同，导致电机转速（即 PLC 输出的脉冲频率）虽然不变，但每转一圈皮带下降高度均不一样，即在相同的时间 t 内，夹持机构的路程 s 不一样，因为夹持机构的速度 V 将不同，因而夹持机构的匀速运动将不再是匀速控制的运动。

假设，柔性皮带 3 的厚度为 y ，皮带未下放前，皮带卷的总半径为 R ，圈数（即皮带在皮带轴上绕的圈数）为 n ，则速度 $V = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi[R-(n-1)*y]}{T_n}$ 。因此，

要实现均速下降,即速度 V 要保持不变,则需要把皮带卷的外径速度计算在内,若假设皮带下降速度 V 为一个定量,即均速下降,皮带下降第一圈的高度是 $2\pi R$,第二圈皮带下降的高度为: $2\pi [R-(n-1)*y]$,也就是说虽然速度 V 不变,但是路程 S 在变化,因而通过实时获取出每圈转动时间差 Δt ,可以通过计算出对应的脉冲增量来保持速度 V 不变,其中路程差 $\Delta S = 2\pi R - 2\pi [R - (n-1) * y] = 2\pi(n-1) * y$,则可根据路程差除以时间差等于速度,可确定出 $\Delta t = \frac{2\pi(n-1)*y}{V}$ 。其中, y 为柔性皮带的厚度, Δt 为皮带卷每圈转动时间差, V 为夹持机构的升降速度。

在一些实施方式中,可通过获取 PLC 输出的脉冲数量来确定皮带卷的驱动转速。

实施中,获取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速,可包括:获取当前所述升降速度对应的第一脉冲数量,所述第一脉冲数量为用于所述升降机构控制所述皮带卷的驱动转速对应的脉冲数量;

以及,根据所述驱动转速和所述目标半径,调整所述夹持机构的升降速度,包括:根据所述驱动转速,输出第二脉冲数量,以使所述升降机构在所述第二脉冲数量的作用下驱动所述皮带卷转动,调整所述夹持机构的升降速度,其中所述第二脉冲数量为当假设所述升降速度不变时,所述第一脉冲数据与 Δt 对应的脉冲数量的增量之和。需要说明的是,这里的增量是指 Δt 对应的脉冲数量的变化值,因而增量可为正的变化值,也可为负的变化值。

通过获取夹持机构从第一位置下降(或上升)到第二位置中 PLC 输出的脉冲数,并根据脉冲数通过增量补偿方式,对速度进行补偿,可平稳、准确地将升降运动的速度调整到目标升降速度。

在一些实施方式中,可通过编码器反馈伺服电机的行程,使得速度调整更平稳、可控和准确。

实施中,所述空中运输车的升降机构控制方法还包括:获取所述升降机构中伺服电机的行程,并根据所述行程与所述第二脉冲数量,确定所述升降运动

是否正常，若为正常则继续下发下一程序指令，若为异常则停止下发下一程序指令。

其中，在对速度进行补偿的控制调整中，编码器的反馈过程与前述说明相同/相似，可参照前述示意说明，这里不展开。

基于相同发明构思，本说明书实施例还提供一种空中运输车的升降机构控制系统，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接。

如图 15 所示，所述空中运输车的升降机构控制系统 1000 包括：

控制机构 1010，用于启动升降机构中的伺服电机，以驱动所述夹持机构进行升降运动；

检测机构 1030，用于获取所述升降运动的速度值；

其中，所述控制机构和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测机构 1030 检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制机构 1010 控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，控制机构 1010 对所述升降运动进行加速控制，并当检测机构 1030 检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，控制机构 1010 对所述升降运动进行减速控制，并当检测机构 1030 检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制机构 1010 控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，控制机构 1010 按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

通过在控制系统中，基于检测机构实时获取的速度信息，对夹持机构进行实时分段控制，可保障升降平稳性，同时优化升降时长，可在相对较短的时间内有效的平稳下放夹持机构，有效缩短晶圆生产中搬运周期，提高半导体工厂

的生产效率。

在一些实施方式中，所述控制机构包括 PLC 控制器，所述检测机构与所述 PLC 控制器电连接；

所述控制机构和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制，包括：所述 PLC 控制器和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制。

通过采用 PLC 作为控制机构的控制核心，PLC 更简便、易操作，可更改性强。

在一些实施方式中，所述夹持机构上设置第一对射传感器和第二对射传感器，所述第一对射传感器设置于所述第二对射传感器的上方，所述第二对射传感器用于检测所述夹持机构是否停止在所述设定位置，所述第一对射传感器用于检测所述夹持机构停止在异常位置，所述第一对射传感器和所述第二对射传感器与所述 PLC 控制器点连接；

所述 PLC 控制器还用于：获取所述第一对射传感器输出的第一信号和所述第二对射传感器输出的第二信号，以及根据所述第一信号和所述第二信号确定所述夹持机构与所述设定位置之间的关系。

通过夹持机构上的两组传感器对平稳阶段进行控制，可提高平稳阶段控制的平稳性和缩短平稳阶段的时长，优化整个上升或下降的时长。

在一些实施方式中，所述伺服电机与所述 PLC 控制器电连接，所述 PLC 控制器还用于按预设的脉冲数量驱动升降机构中的伺服电机，以及根据所述脉冲数量确定所述升降运动的速度值。

在一些实施方式中，所述伺服电机为包含有行程编码器的伺服电机，所述行程编码器与所述 PLC 控制器电连接：

所述 PLC 控制器还用于：获取所述行程编码器反馈的伺服电机行程数据，以及根据所述伺服电机行程数据和所述脉冲数量，确定所述升降运动是否正常。

在一些实施方式中，本说明书提供的任意一个实施例中，所述 PLC 控制器与报警电路电连接；

当确定所述升降运动属于非正常时，所述 PLC 控制器还用于：停止向所述伺服电机的驱动器发送驱动指令，和/或发出语音警报，和/或展示警报信息。

在一些实施方式中，本说明书提供的任意一个实施例中，所述柔性皮带的原点位置处设置有第一位置传感器，所述第一位置传感器与所述 PLC 控制器电连接；

所述 PLC 控制器还用于：在按预设的脉冲数量驱动升降机构中的伺服电机前，获取所述第一位置传感器的输出结果，以确定所述柔性皮带是否位于所述原点位置。

基于相同发明构思，本说明书实施例还提供一种空中运输车的升降机构控制系统，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，优选地，用于升降运动的速度补偿，其中所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接。

如图 16 所示，所述空中运输车的升降机构控制系统 2000 包括：

第一控制模块 2020，用于在所述夹持机构的升降运动中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度；

第一调整模块 2040，用于根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，以控制所述夹持机构在不同分段控制中按预设的目标升降速度进行升降运动；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

在一些实施方式中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度，包括：

获取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速；

根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，包括：

获取所述驱动转速对应的所述皮带卷的目标半径；

根据所述驱动转速和所述目标半径，调整所述夹持机构的升降速度，其中所述目标半径与所述升降速度满足以下关系： $\Delta t = \frac{2\pi(n-1)*y}{V}$ ；

其中，n为圈数，y为柔性皮带的厚度， Δt 为皮带卷每圈转动时间差，V为夹持机构的升降速度。

在一些实施方式中，获取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速，包括：获取当前所述升降速度对应的第一脉冲数量，所述第一脉冲数量为用于所述升降机构控制所述皮带卷的驱动转速对应的脉冲数量；

调整所述夹持机构的升降速度，包括：

根据所述驱动转速，输出第二脉冲数量，以使所述升降机构在所述第二脉冲数量的作用下驱动所述皮带卷转动，调整所述夹持机构的升降速度，其中所述第二脉冲数量为当假设所述升降速度不变时，所述第一脉冲数据与 Δt 对应的脉冲数量的增量之和。

在一些实施方式中，所述空中运输车的升降机构控制系统还包括：编码器，所述编码器用于获取所述升降机构中伺服电机的行程；

所述第一控制模块还用于根据所述行程与所述第二脉冲数量，确定所述升降运动是否正常，若为正常则继续下发下一程序指令，若为异常则停止下发下一程序指令。

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

的变化或替换，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

1.一种空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制方法包括：

在所述夹持机构的升降运动中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度；

根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，以控制所述夹持机构在不同分段控制中按预设的目标升降速度进行升降运动；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

2.根据权利要求1所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度，包括：获取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速；

根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，包括：

获取所述驱动转速对应的所述皮带卷的目标半径；

根据所述驱动转速和所述目标半径，调整所述夹持机构的升降速度，其中所述目标半径与所述升降速度满足以下关系：
$$\Delta t = \frac{2\pi(n-1)*y}{V}$$

其中，n为圈数，y为柔性皮带的厚度， Δt 为皮带卷转动一圈的时间差，V为夹持机构的升降速度。

3.根据权利要求2所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，获

取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速，包括：获取当前所述升降速度对应的第一脉冲数量，所述第一脉冲数量为用于所述升降机构控制所述皮带卷的驱动转速对应的脉冲数量；

调整所述夹持机构的升降速度，包括：

根据所述驱动转速，输出第二脉冲数量，以使所述升降机构在所述第二脉冲数量的作用下驱动所述皮带卷转动，调整所述夹持机构的升降速度，其中所述第二脉冲数量为当假设所述升降速度不变时，所述第一脉冲数据与 Δt 对应的脉冲数量的增量之和。

4.根据权利要求3所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：

获取所述升降机构中伺服电机的行程；

根据所述行程与所述第二脉冲数量，确定所述升降运动是否正常，若为正常则继续下发下一程序指令，若为异常则停止下发下一程序指令。

5.一种空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间采用柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制方法包括：

当空中运输车在轨道中运行到预定位置时，启动升降机构对夹持机构的驱动，以使夹持机构进行升降运动；

获取所述升降运动的速度值，并根据所述升降运动的速度值进行分段控制；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述

夹持机构停止在设定位置。

6.根据权利要求5所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，启动升降机构对夹持机构的驱动，包括：按预设的脉冲数量驱动升降机构中的伺服电机，其中所述伺服电机用于驱动所述柔性皮带，以通过控制所述柔性皮带进行释放或卷绕对夹持机构的驱动；

获取所述升降运动的速度值，包括：获取所述脉冲数量，并根据所述脉冲数量确定所述升降运动的速度值。

7.根据权利要求6所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：

获取行程编码器反馈的伺服电机行程数据；

根据所述伺服电机行程数据和所述脉冲数量，确定所述夹持机构的升降运动是否正常。

8.根据权利要求5所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，所述分段控制还包括：匀速阶段中，对所述升降运动进行匀速控制，当所述匀速阶段的时长达到第四阈值时，控制所述升降运动进入所述减速阶段；

其中，当在加速阶段中检测到所述升降运动的速度值加速到所述第二阈值时，控制所述升降运动进入匀速阶段。

9.根据权利要求5所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，所述空中运输车的升降机构控制方法还包括：

获取第一对射传感器输出的第一信号和第二对射传感器输出的第二信号，所述第一对射传感器用于检测所述夹持机构停止在异常位置，所述第二对射传感器用于检测所述夹持机构是否停止在所述设定位置；

根据所述第一信号和所述第二信号确定所述夹持机构与所述设定位置之间的关系。

10.根据权利要求9所述的空中运输车的升降机构控制方法，其特征在于，根据所述第一信号和所述第二信号确定所述夹持机构与所述设定位置之间的关系，包括：

当确定所述第一信号和所述第二信号符合预设的判定条件时，确定所述夹持机构停止在所述设定位置。

11.一种空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制系统包括：

第一控制模块，用于在所述夹持机构的升降运动中，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度；

第一调整模块，用于根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，以控制所述夹持机构在不同分段控制中按预设的目标升降速度进行升降运动；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，对所述升降运动进行加速控制，并当检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，对所述升降运动进行减速控制，并当检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

12.根据权利要求 11 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，获取所述柔性皮带的皮带卷对应的外径速度，包括：获取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速；

根据所述外径速度调整所述夹持机构的升降速度，包括：

获取所述驱动转速对应的所述皮带卷的目标半径；

根据所述驱动转速和所述目标半径，调整所述夹持机构的升降速度，其中所述目标半径与所述升降速度满足以下关系：
$$\Delta t = \frac{2\pi(n-1)*y}{V}$$

其中，n 为圈数，y 为柔性皮带的厚度， Δt 为皮带卷转动一圈的时间差，V

为夹持机构的升降速度。

13.根据权利要求 12 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，获取所述升降机构对所述皮带卷的驱动转速，包括：获取当前所述升降速度对应的第一脉冲数量，所述第一脉冲数量为用于所述升降机构控制所述皮带卷的驱动转速对应的脉冲数量；

调整所述夹持机构的升降速度，包括：

根据所述驱动转速，输出第二脉冲数量，以使所述升降机构在所述第二脉冲数量的作用下驱动所述皮带卷转动，调整所述夹持机构的升降速度，其中所述第二脉冲数量为当假设所述升降速度不变时，所述第一脉冲数据与 Δt 对应的脉冲数量的增量之和。

14.根据权利要求 13 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，所述空中运输车的升降机构控制系统还包括：编码器，所述编码器用于获取所述升降机构中伺服电机的行程；

所述第一控制模块还用于根据所述行程与所述第二脉冲数量，确定所述升降运动是否正常，若为正常则继续下发下一程序指令，若为异常则停止下发下一程序指令。

15.一种空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，应用于空中运输车的升降机构控制夹持机构进行升降运动，所述夹持机构与所述升降机构之间柔性皮带连接，所述空中运输车的升降机构控制系统包括：

控制机构，用于启动升降机构中的伺服电机，以驱动所述夹持机构进行升降运动；

检测机构，用于检测所述升降运动的速度值；

其中，所述控制机构和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制；

其中，所述分段控制包括：

启动阶段中，当所述检测机构检测到所述升降运动的速度值达到第一阈值时，所述控制机构控制所述升降运动进入加速阶段；

加速阶段中，所述控制机构对所述升降运动进行加速控制，并当所述检测机构检测到所述升降运动的速度值加速到第二阈值时，所述控制机构控制所述升降运动进入减速阶段；

减速阶段中，所述控制机构对所述升降运动进行减速控制，并当所述检测机构检测到所述升降运动的速度值减速到第三阈值时，所述控制机构控制所述升降运动进入平稳阶段；

平稳阶段中，所述控制机构按预设的平稳控制策略对所述升降运动进行控制，以使所述夹持机构停止在设定位置。

16.根据权利要求 15 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，所述控制机构包括 PLC 控制器，所述检测机构与所述 PLC 控制器电连接；

所述控制机构和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制，包括：所述 PLC 控制器和所述检测机构还用于根据所述升降运动的速度值进行协同的分段控制。

17.根据权利要求 16 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，所述伺服电机与所述 PLC 控制器电连接，所述 PLC 控制器还用于按预设的脉冲数量驱动升降机构中的伺服电机，以及根据所述脉冲数量确定所述升降运动的速度值。

18.根据权利要求 17 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，所述伺服电机为包含有行程编码器的伺服电机，所述行程编码器与所述 PLC 控制器电连接；

所述 PLC 控制器还用于：获取所述行程编码器反馈的伺服电机行程数据，以及根据所述伺服电机行程数据和所述脉冲数量，确定所述升降运动是否正常。

19.根据权利要求 18 所述的空中运输车的升降机构控制系统，其特征在于，所述 PLC 控制器与报警电路电连接；

当确定所述升降运动属于非正常时，所述 PLC 控制器还用于：停止向所述伺服电机的驱动器发送驱动指令，和/或发出语音警报，和/或展示警报信息。

20.根据权利要求 16-19 中任意一项所述的空中运输车的升降机构控制系统，

其特征在于，所述柔性皮带的原点位置处设置有第一位置传感器，所述第一位置传感器与所述 PLC 控制器电连接；

所述 PLC 控制器还用于：在按预设的脉冲数量驱动升降机构中的伺服电机前，获取所述第一位置传感器的输出结果，以确定所述柔性皮带是否位于所述原点位置。