



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109641705 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201780051413.4

(22)申请日 2017.08.17

(30)优先权数据

15/243,790 2016.08.22 US

15/620,684 2017.06.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/047371 2017.08.17

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/039036 EN 2018.03.01

(71)申请人 亚马逊技术股份有限公司

地址 美国华盛顿州

(72)发明人 P·S·威尔曼

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 汪骏飞 侯颖嫫

(51)Int.Cl.

B65G 47/90(2006.01)

B25J 15/00(2006.01)

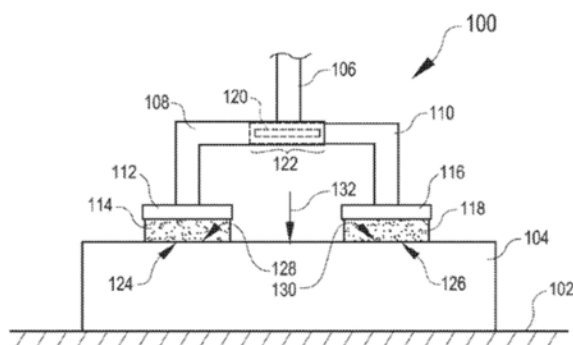
权利要求书3页 说明书17页 附图13页

(54)发明名称

通过各向异性粘合抓持的库存搬运

(57)摘要

机器人库存搬运机(100)可以包括与提升组件(106)连接的两个或更多个抓持元件(114、118)。所述抓持元件在与库存物品接触时可以经受向外横向力,使得各向异性粘合表面(124、126)用粘合力来接合库存物品。库存系统可以采用如所述的机器人库存搬运机以使用所述粘合力来提升库存物品和使库存物品移位。



1. 一种用于操纵设施中的库存的库存管理系统,所述库存管理系统包括:
机器人库存搬运机,所述机器人库存搬运机包括:
第一抓持元件,所述第一抓持元件被配置成响应于被施加剪切载荷而抓持库存物品;
第二抓持元件,所述第二抓持元件被配置成响应于被施加剪切载荷而抓持所述库存物品;以及
提升组件,所述第一抓持元件和所述第二抓持元件安装到所述提升组件,所述提升组件被配置成:
产生第一剪切力以由所述第一抓持元件施加到所述库存物品,所述第一剪切力取向为向所述第一抓持元件施加剪切载荷;
产生第二剪切力以由所述第二抓持元件施加到所述库存物品,所述第二剪切力取向为向所述第二抓持元件施加剪切载荷,所述第一剪切力和所述第二剪切力经定向以便在所述库存物品中引发表面张力;以及
经由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品来移动所述库存物品。
2. 如权利要求1所述的库存管理系统,所述库存管理系统还包括库存管理部件,所述库存管理部件包括至少一个处理器和存储指令的有形非暂时性存储器,所述指令可由所述至少一个处理器执行以致使所述机器人库存搬运机:
使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述库存物品接触;
产生所述第一剪切力和所述第二剪切力以致使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品;以及
经由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品来移动所述库存物品。
3. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中:
所述第一抓持元件包括第一各向异性粘合表面,所述第一各向异性粘合表面被配置成响应于被施加剪切载荷而产生第一粘合力;
所述第二抓持元件包括第二各向异性粘合表面,所述第二各向异性粘合表面被配置成响应于被施加剪切载荷而产生第二粘合力;并且
所述第一抓持元件和所述第二抓持元件被配置成通过由所述第一剪切力和所述第二剪切力致使所述第一各向异性粘合表面和所述第二各向异性粘合表面粘附到所述库存物品来抓持所述库存物品。
4. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中:
使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述库存物品接触包括使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与库存物品的单个基本上平坦或凹形的侧面接触。
5. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中:
产生所述第一剪切力和所述第二剪切力还包括提供被动弹性稳定件,所述被动弹性稳定件被配置用于通过响应于所述第一抓持元件与所述第二抓持元件之间的分隔距离的变化而防止所述第一剪切力和所述第二剪切力降至低于预定阈值来适应所述分隔距离的所述变化。
6. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中所述库存搬运机还包括与所述提升组件连接的水平位移组件,并且其中所述库存管理部件还被配置成:
接收指令以使所述库存物品移位;

致使所述机器人库存搬运机从第一位置提升所述库存物品；

基于所述接收的指令而致使所述水平位移组件将所述库存搬运机水平地移位到第二位置；以及

致使所述库存搬运机通过释放所述第一剪切力和所述第二剪切力而在所述第二位置处释放所述库存物品。

7. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中所述提升组件还被配置成产生虚拟弹簧力,所述虚拟弹簧力被配置用于防止所述第一剪切力和所述第二剪切力降至低于预定阈值。

8. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中所述机器人库存搬运机还包括阻抗控制器,所述阻抗控制器可操作以产生所述虚拟弹簧力。

9. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,所述库存管理系统还包括:

一个或多个传感器,所述一个或多个传感器可操作以获得关于所述库存物品的视觉数据,并且其中所述库存管理部件还被配置成:

经由所述一个或多个传感器来获得关于所述库存物品的所述视觉数据;

部分地基于所述视觉数据而识别所述库存物品的适合于接纳所述第一抓持元件和所述第二抓持元件的一个或多个接触表面;以及

致使所述机器人库存搬运机使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述一个或多个接触表面接触。

10. 如任一前述权利要求所述的库存管理系统,其中:

致使所述机器人库存搬运机使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述库存物品接触包括将所述抓持元件竖直地降到所述库存物品的顶表面上;并且

致使所述机器人库存搬运机移动所述库存物品包括竖直地提升所述库存物品。

11. 如任一前述权利要求所述的机器人库存搬运机,其中所述提升组件包括:

第一机械连杆机构,所述第一机械连杆机构与所述第一抓持元件连接;

第二机械连杆机构,所述第二机械连杆机构与所述第二抓持元件连接;以及

至少一个致动器,所述至少一个致动器被配置成使所述第一机械连杆机构和所述第二机械连杆机构移位远离彼此,以产生所述第一剪切力和所述第二剪切力。

12. 一种计算机实施的方法,所述计算机实施的方法包括:

在库存管理部件处接收移动库存物品的请求;

致使机器人库存搬运机利用第一抓持元件和第二抓持元件来接合所述库存物品,所述第一抓持元件和所述第二抓持元件中的每一者被配置成在被施加剪切载荷时抓持所述库存物品;

致使所述机器人库存搬运机与所述库存物品相互作用来向所述第一抓持元件和所述第二抓持元件施加剪切载荷,以致使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品;以及

致使所述机器人库存保持器移动所述库存物品,而同时维持对所述第一抓持元件和所述第二抓持元件施加剪切载荷。

13. 如权利要求12所述的计算机实施的方法,所述计算机实施的方法还包括:

确定关于所述第一抓持元件和所述第二抓持元件的过去使用信息;以及

部分地基于所述过去使用信息而生成用于呈现给用户的警告。

14. 如任一前述权利要求所述的计算机实施的方法,所述计算机实施的方法还包括:
监测与向所述第一抓持元件和所述第二抓持元件施加剪切载荷相关联的横向力;
检测到所述横向力小于与成功抓持操作相关联的预定阈值;以及

部分地基于检测到所述横向力小于所述预定阈值而生成用于呈现给用户的警告。

15. 如任一前述权利要求所述的计算机实施的方法,所述计算机实施的方法还包括:
由传感器扫描所述库存物品;

部分地基于所述扫描而定位所述库存物品上的适合于由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持的一个或多个接触表面;以及

部分地基于所述定位而致使所述机器人库存搬运机在所述一个或多个接触表面处接触所述库存物品。

通过各向异性粘合抓持的库存搬运

背景技术

[0001] 诸如邮购仓库、供应链配送中心、机场行李系统和定制订单制造设施等中的那些现代库存系统在响应针对库存物品的请求时面临重大挑战。随着库存系统的增长,同时完成大量包装、储存和其他库存相关任务的挑战变得不可忽略。在负责响应大量不同库存请求的库存系统中,对系统资源(包括空间、设备和人力)的低效利用可能会导致较低吞吐量、不可接受的长响应时间、积压的未完成任务不断增加以及总体上系统性能差。另外,扩大或减小许多库存系统的大小或能力需要对现有基础设施和设备进行显著改变。因此,对容量或功能进行增加的改变的成本可能会非常昂贵,从而限制系统适应系统吞吐量波动的能力。

[0002] 库存系统可以通过有效地使用空间并且通过采用自动化(包括机器人装置)提升和放置库存来提高吞吐量。这种自动化迄今为止的一个严重缺点在于,机器人库存搬运机难以操纵形状不规则、定位不规则或可折叠的物体。例如,诸如叉车等已知机器人搬运机可以提升和移动在货盘上的物体,但无法操纵直接置于库存地板上或直接堆叠在其他物体上的物体。通过另一示例,从侧面抓持物体的已知机器人夹头无法操纵在被抓持时会变形的物体或者与其他物体并排紧密地包装的物体。

附图说明

[0003] 将参考附图描述根据本公开的各种实施方案,在附图中:

[0004] 图1是根据实施方案的的库存搬运机的第一示例的简化示意图,所述库存搬运机包括具有各向异性粘合抓持元件的抓持组件;

[0005] 图2是图1的库存搬运机执行提升操作的简化示意图;

[0006] 图3是根据实施方案的库存搬运机的第二示例的简化示意图,所述库存搬运机包括具有各向异性粘合抓持元件的抓持组件、与铰接式机器人臂接合;

[0007] 图4是根据实施方案的库存搬运机的第三示例的简化示意图,所述库存搬运机包括具有布置在可旋转基板上的各向异性粘合抓持元件的抓持组件;

[0008] 图5是根据实施方案的库存搬运机的第四示例的简化示意图,所述库存搬运机包括具有各向异性粘合抓持元件的抓持组件、采用弹性稳定;

[0009] 图6是根据实施方案的库存搬运机的第五示例的简化示意图,所述库存搬运机包括具有与机械支撑件接合的各向异性粘合抓持元件的抓持组件;

[0010] 图7是图6的库存搬运机执行提升操作的简化示意图;

[0011] 图8示出图1的库存搬运机提升无定形包装;

[0012] 图9示出图1的库存搬运机提升松散库存制品;

[0013] 图10示出图1的库存搬运机接合库存保持器;

[0014] 图11示出图1的库存搬运机提升图10的库存保持器;

[0015] 图12是根据实施方案的用于控制库存系统中的库存搬运机的系统的简化示意图;

[0016] 图13是根据实施方案的利用库存搬运机来操纵库存的库存系统的简化示意图;

- [0017] 图14示出根据实施方案的用于搬运库存物品或集装箱的示例过程；
- [0018] 图15示出根据实施方案的用于搬运库存物品或集装箱的另一示例过程；以及
- [0019] 图16示出根据至少一个实施方案的可以实施库存系统的各种特征的环境。

具体实施方式

[0020] 在以下描述中,将描述各种实施方案。出于解释的目的,阐述了具体配置和细节以便提供对实施方案的透彻理解。然而,本领域的技术人员也将明白,可以在没有所述具体细节的情况下实践实施方案。此外,可以省略或简化众所周知的特征,以避免使所描述的实施方案不清楚。

[0021] 现代库存系统处理广泛多种库存物品,因此期望能够处理很多不同类型的集装箱和松散物品的自动化处理系统。传统抓持装置通常要求集装箱或松散物品间隔开或者放置在货盘上或在专用集装箱中,以便抓取装置或提升装置可以放置在集装箱或物品周围或下方。然而,为了在中间储存期间实现库存物品的高包装密度,有用的是能够在不需要接近不止一侧的情况下拾取集装箱或物品,因为集装箱或物品随后可以在它们之间有很小空间或没有空间的情况下存放起来。对这个问题一个传统解决方案是使用真空抓持器。然而,真空抓持器不能适用于各种情况,诸如具有多孔材料、缺少用来施加吸盘的足够大的平坦点的几何体,或者容易变形或压碎的材料。

[0022] 已经开发出在应变下可以呈现粘合性质的被认为是纤丝薄膜的某些表面微观结构。粘合性质是各向异性地呈现的,即,在膜与物体之间施加切向力或剪切力可以导致膜粘合到物体,而释放剪切力会释放粘合力。以下参考文献中描述了纤丝薄膜的示例:标题为“Adhesive Microstructure and Method of fabricating Same”的美国专利号6,872,439;Estrada等人,Free-Flyer Acquisition of Spinning Objects with Gecko-Inspired Adhesives,Proceedings of IEEE ICRA 2016;以及Hawkes等人,Grasping without Squeezing:Shear Adhesion Gripper with Fibrillar Thin Film,Proceedings of IEEE ICRA 2015。上述参考文献以引用方式并入本文中。在以上参考的公布所描述的实验中,已经描述了由部分地包裹在凸形形状周围的粘合膜来抓取和捕获轻质凸形形状。

[0023] 本文中的实施方案涉及一种采用使用各向异性粘合抓持元件的库存搬运机的库存系统。所述库存系统可以包括库存设施,所述库存设施具有设置在库存保持器和库存集装箱中或者作为袋装库存和松散库存的库存。机器人搬运机可操作以提升以上参考的库存类型中的一些或全部和使它们移位。与机器人搬运机附接的抓持器组件包括各向异性粘合元件,所述各向异性粘合元件在粘合元件经历横向应变时施加粘合力,并且在粘合元件不经历横向应变时不施加粘合力。库存管理系统可以采用一个或多个机器人搬运机来自主地或半自主地实施库存管理任务,诸如将指定的库存从一个位置移位到另一位置。

[0024] 图1是根据实施方案的包括各向异性粘合抓持元件114、118的库存搬运机100的第一示例的简化示意图。示出库存搬运机100与库存设施的地板102上的库存物品104接合。库存搬运机100包括提升组件106,所述提升组件106可以与顶置单元、机器人臂、起重机或者用于提升库存搬运机和使库存搬运机移位的其他合适构件连接。致动器120(其可以包括线性致动器或其他合适的机械致动器)与连杆机构108、110连接,所述连杆机构108、110将提升组件106与抓持元件114、118连接。抓持元件114、118通过结构零件112、116与连杆机构

108、110连接。

[0025] 抓持元件114和118可以包括各向异性粘合表面124、126,所述各向异性粘合表面124、126包括形成毛状物的精细微观结构,所述毛状物在表面处于剪切下时与所述表面相互作用。各向异性粘合表面可以采用与美国专利号6,872,439中描述的粘合膜类似的方式构建。精细微观结构可以模制在硅橡胶或其他可模制聚合物中,或者可以形成在包括金属和碳的其他合适材料中。一般来说,各向异性粘合表面在承受少至约 $1\text{N}/\text{cm}^2$ 的标称剪切应力时可以产生高达 50N 粘合力每平方厘米。优选地,本文中描述的各向异性抓持器元件的实施方式响应于 1 与 $50\text{N}/\text{cm}^2$ 之间的剪切载荷而产生 $5\text{N}/\text{cm}^2$ 与 $50\text{N}/\text{cm}^2$ 之间的粘合力。

[0026] 抓持元件114、118可以在粘合表面124、126与结构零件112、116之间变形,使得粘合表面124、126可以更容易呈现接触表面的形状。抓持元件114、118也可以与结构零件112、116可移除地附接,以便如果粘合表面124、126变得磨损、损坏或被污损,则可以容易更换抓持元件114、118。抓持元件114、118可以通过任何合适的可释放连接件(包括诸如螺栓或销的机械连接件)与结构零件112附接;或者可以更永久地连接,例如通过铆钉、粘合剂或类似物。

[0027] 在操作中,降低库存搬运机100以在接触表面128、130处接触库存物品104。接触表面128、130可以在物品的同一侧上,并且可以大致平行于彼此取向,或者可以朝向彼此倾斜,如在凹形表面中。在物品搬运机100提升库存物品104之前,连杆机构108、110之间可以存在重叠122,以便连杆机构可以相对于彼此移动。库存搬运机100可以用标称法向力132压到库存物品104中,所述标称法向力只需要足够使粘合表面124、126与库存物品接触即可。

[0028] 图2是更详细地示出图1的库存搬运机100如何接合库存物品104的简化示意图。例如,在操作中,库存搬运机100使抓持元件114、118承受横向分离力134。可以通过例如由致动器120产生向外力136以分开连杆机构108、110来实现分离力134来。出于说明力的方向性的目的,以放大形式示出连杆机构重叠122的变化和抓持元件114的变形。

[0029] 分离力135致使粘合表面124、126粘附到库存物品104的接触表面128、130。库存物品的任何表面都可以用作接触片,只要它足够平坦能接触粘合表面124、126即可。分离力135与粘合力140、142结合会导致抓持元件114、118将表面张力138转移到库存物品中。通过引起张力而不是压缩,库存搬运机100能够提升在其他方面可能不适合机器人搬运的物品。具体地,通过保持物品的表面张紧而不是压缩或夹紧,库存保持器100可以容易保持松散物品或封闭在松弛包装中的物品。通过压缩或夹紧进行操作的抓持器也许不能可靠地抓取松散物品或容纳在松弛包装中的物品,因为当此类抓持器接合物品或包装时,物品或包装的松散材料简单地随抓持器向内移动。当在张力下操作时,抓持器反而可以在松散物品中产生横向拉力,所述横向拉力足够接合各向异性粘合剂。

[0030] 通过横向张力来抓持松弛物品或包装的模式与抓持此类物品的传统方法相比是违反直觉的。例如,就人类而言,可以通过用手指抓持并且夹紧物品或包装的一部分来抓取松散物品或包装。这样夹紧可能偶尔会导致物品或包装损坏,并且可能不安全。机器人抓取器可能特别容易损坏或不适当地释放所抓取的物品,因为机器人抓取器在它们动态地感测和调整压力的能力方面受限。相反,通过横向张力进行抓持的模式类似于将一个人的指尖放置在物品或包装的表面上,并且随后张开指尖以展开物品或包装的表面,直到它在张力下绷紧为止。这种通过横向张力进行抓持的模式倾向于始终在松弛物品或包装表面上提供

合适的接触表面,以便抓持元件的各向异性粘合表面进行粘附。

[0031] 此外,粘合力140的大小可以基本上从横向分离力134的量中分离,使得相对较小的横向分离力足够产生粘合力。当横向分离力134从零增加至预定阈值时,可以由抓持元件114施加的粘合力140的量从零增加至标称值。假如横向分离力134维持在阈值或高于阈值,粘合力140的大小基本上恒定。相反,粘合力140的大小在很大程度上取决于粘合表面124、126与接触表面128、130之间的接触表面面积。通过增加粘合表面124、126与库存物品104之间的接触面积可以增加能够由库存搬运机100产生的提升力144。

[0032] 示出两个抓持元件114、118,然而将理解,可以提供任何合适数量的抓持元件。一般来说,抓持元件将包括相对或对称的抓持元件对或组,以便以平衡的方式从多个区域提升库存物品。尽管抓持元件将被配置成彼此分开并远离彼此移动,但它们不一定必须直接地远离彼此移动。例如,可以采用三个抓持元件,其中每个抓持元件被布置成远离中心区域移动并且与这三个抓持元件成一定角度。在使用三个抓持元件或任何其他奇数个抓持元件的情况下,抓持元件可以以旋转对称的方式安置。

[0033] 图3是根据实施方案的库存搬运机200的第二示例的简化示意图,所述库存搬运机200包括各向异性粘合抓持元件226、230、与铰接式机器人臂238接合。示出库存搬运机200与设施地板202上的另一库存物品204接合。库存搬运机200包括提升组件206,所述提升组件206与机器人臂238连接以便提升库存物品和使库存物品移位。铰接式机器人臂238可以与支撑铰接式机器人臂的基座单元250连接,并且可以连接到自动化或半自动化库存管理系统(见图12至图13)。

[0034] 如关于图1的库存搬运机100所述,库存搬运机200可以在抓持元件226、230上施加横向分离力244。示出抓持元件226、230经由各向异性粘合表面234、236与库存物品204的接触表面134、236接触。当受到剪切时,粘合表面234、236在抓持元件226、230与库存物品204之间提供强粘合力246、248。

[0035] 横向分离力244可以通过连杆机构210、212例如被施加在所述连杆机构与提升组件206之间的旋转连接部214、216处的旋转力240、242分开而产生。例如,旋转连接部214、216可以包括旋转致动器。合适的旋转致动器可以包括用于配合恒定程度的力的任何合适的致动器,并且可以包括阻抗控制器或类似装置。

[0036] 连杆机构210、212可以通过与抓持元件226、230附接的结构零件218、222而与所述抓持元件连接。在一些情况下,结构零件218、222可以包括辅助旋转连接部220、224,所述辅助旋转连接部220、224可以平衡连杆机构210、212相对于库存物品204的旋转,以便防止粘合表面324、326从接触表面234、236剥离。在一些情况下,抓持元件226、230可以被准许远离彼此旋转以便保持与库存物品的非刚性表面完全接触,例如,当库存物品是诸如包的柔软或柔韧库存物品时。

[0037] 图4是根据实施方案的库存搬运机300的第三示例的简化示意图,所述库存搬运机300包括具有布置在可旋转基板310、312上的各向异性粘合抓持元件318、332的抓持组件。库存搬运机300包括提升组件306,所述提升组件306可以与用于提升和/或平移库存搬运机的任何合适构件连接。连杆机构308与提升组件306和抓持元件318、332连接。在一些情况下,连杆机构308可以是刚性的。在一些其他情况下,连杆机构308可以是柔性的。

[0038] 连杆机构308在两个间隔开的可旋转基板310、312处终止,所述可旋转基板310、

312可以通过两个或更多个旋转致动器314、316而与连杆机构连接,所述旋转致动器314、316被配置成使所述基板旋转并且伴随地使抓持元件318、322旋转。抓持元件318、322上拥有各向异性粘合表面320、324,所述粘合表面320、324从可旋转基板310、312面向外布置以便接触库存物品304。抓持元件318、322可以包括可变形材料,使得抓持元件可以在与库存物品304接触时变形以增大粘合表面320、324与库存物品304的接触表面326、328之间的接触面积量。

[0039] 在操作中,库存搬运机300可以降低到与库存元件304接触,使得粘合表面320、324接触库存物品304的接触表面326、328。只需要标称法向力便能接触,所述标称法向力足够使粘合表面320、324与接触表面326、328接触。旋转致动器314、316可以致使抓持元件318、322旋转远离彼此,即,在接触表面326、328处产生横向分离力330。当以这种方式施加剪切时,粘合表面320、324产生能够支撑库存物品304的重量的粘合力332、334。

[0040] 图5是库存搬运机400的第四示例的简化示意图,所述库存搬运机包括具有各向异性粘合抓持元件416、422的抓持组件并且采用弹性稳定。示出库存搬运机400与设施地板402上的另一库存物品404接合。库存搬运机400包括提升组件406,所述提升组件406可以与用于提升和/或平移库存搬运机的任何合适构件连接。连杆机构410、412在枢轴点408处与彼此并与提升组件406可旋转地连接。所述枢轴点可以包括旋转致动器,所述旋转致动器可操作以使连杆机构410、412旋转远离彼此。

[0041] 连杆机构410、412可以各自与弹性稳定件430、432连接,以用于响应于外力而向所述连杆机构提供一些被动柔性。例如,当在操作中时,连杆机构410、412可以在弹性稳定件430、432处被横向分离力434分开。弹性稳定件430、432处的横向分离力434在抓持元件416、422处转换成分离力436、438。弹性稳定件430、432在横向分离力434下能够压缩,从而致使附接点426、428分开比抓持元件416、422更大的距离。弹性稳定件430、432可以吸收抓持元件416、422之间的小位移变化,而不允许抓持元件处的分离力436、438响应于所述小位移变化而突然下降。

[0042] 在操作中,伸展力436、438用于在抓持元件416、422的粘合表面418、424与库存物品404的接触表面448、450之间引起剪切440、442。剪切440、442致使粘合表面418、424以足够提升库存物品404的粘合力444、416来接合库存物品404的接触表面448、450。

[0043] 图6和图7示出库存搬运机500的第五示例,所述库存搬运机包括具有与机械支撑件510接合的各向异性粘合抓持元件514的抓持组件。在上述实施方案中,库存搬运机可操作以从上方通过利用拥有各向异性粘合表面的两个或更多个抓持元件从顶表面接触库存物品来接合库存物品。在图6和图7所示的库存搬运机500中,抓持元件514被配置成接合库存物品504的侧面518。库存搬运机500可以特别适用于抓取或放置库存系统中存放的无法从上方畅通地接近(例如,在集装箱、装运卡车等中)的制品。

[0044] 库存搬运机500包括提升组件506和竖直元件508,所述竖直元件508与抓持元件514连接并且将所述抓持元件与机械支撑件510分开。机械支撑件510可以通过滑动或弹性连接件512与竖直元件508连接,使得机械支撑件510在处于载荷下时可以至少稍微地移位。

[0045] 在操作中,库存搬运机500可以压靠库存物品504的侧面518,使得机械支撑件510在库存物品与地板502之间支撑地接合库存物品。当抓持元件514接触库存物品504时,各向异性粘合表面516接触库存物品的侧面518。如图7所示,当库存搬运机500被提升时,机械支

撑件510可以移位小距离520,从而允许抓持元件514承受剪切,致使粘合表面518在库存物品504上产生粘合力522。机械支撑件510可以提供足够提升库存物品504的提升力526,而同时抓持元件514提供牢固地保持库存物品的粘合力522。

[0046] 上文已经关于图1至图7描述了库存搬运机的各种实施方案。在不脱离本发明的精神的情况下,每个示例的特征可以在替代库存搬运机中组合或省略。因此,如上文所述的采用各向异性粘合表面的抓持元件可以使用上述示例性配置中的任一者或者示例性配置的任何组合。不论在粘合表面上产生的剪切力的量如何,各向异性粘合抓持元件在承受足够的剪切时一般都产生恒定的粘合力。因此,利用标称剪切可以产生极强的粘合力,并且没有损坏由粘合力所保持的库存物品的风险。各向异性粘合抓持元件在剪切减至低于预定水平时完全释放,使得可以抓取松散库存物品和在柔性集装箱或袋中的库存物品而没有损坏物品或集装箱的风险。此外,由于抓持元件可以通过在库存物品中施加张力而不是压缩来产生剪切,因此库存搬运机可以抓取松散或无定形物品和包装而不夹紧或折叠所述物品或包装。

[0047] 例如,图8示出根据实施方案的库存系统600中的图1的库存搬运机100提升无定形包装604。无定形包装604可以代表任何无定形或可压碎袋装物品,诸如枕头、一袋种子或土壤,或者类似制品。当库存搬运机100在抓持元件114、118之间产生分离力134时,粘合表面124、126在库存物品604的接触表面606、608上横向地拉动。作为响应,在库存物品604中产生张力,所述张力在库存物品的接触表面606、608处引起剪切力610、612。剪切力610、612足够在抓持元件114、118与接触表面606、608之间引起粘附,所述粘附足够保持库存物品604并且引起足够提升库存物品的提升力644。

[0048] 图9示出根据实施方案的库存系统700中的图1的库存搬运机100提升松散库存制品704。松散库存制品704可以代表任何松散的刚性或非刚性物体,诸如服装(例如,如图所示的围巾)。当库存搬运机100在抓持元件114、118之间产生分离力134时,粘合表面124、126在库存物品704的接触表面708、710上横向地拉动。作为响应,在接触表面708、710之间的区域706中在库存物品704中产生张力。

[0049] 图10至图11示出根据实施方案的库存系统800中的图1的库存搬运机100接合库存保持器804。库存保持器804可以位于设施地板802上,并且优选地拥有足够支撑所述库存保持器的重量的接触表面828、830。在操作中,库存搬运机100可以降低到与接触区域828、830接触,使得抓持元件114、118的粘合表面124、126完全地接触所述接触区域。如图11所示,使抓持元件114、118分离的分离力134在抓持元件的各向异性粘合表面124、126与库存保持器804的接触表面828、830之间产生剪切。所述剪切致使粘合表面124、126以粘合力140、142粘附到接触表面828、830,所述粘合力140、142与所述表面之间的接触表面积相关,并且基本上与分离力134的程度分离。粘合力140、142足够提升库存保持器804,并且是完全可逆的。

[0050] 图12是根据实施方案的用于控制库存系统中的库存搬运机的系统1200的简化示意图。例如,系统1200可以包括用于存储库存信息和控制库存的设置库存管理器1202、用于控制库存搬运机来取回库存并使库存移位的库存搬运机控制器1204,以及促进系统的部件之间的通信的网络1206。

[0051] 库存管理器1202可以包括处理器1210和存储器1212,所述存储器1212用于维持库存数据并响应于取回库存物品或使库存物品移位的请求,并且用于维持各种模块。例如,用

户输入/输出(I/O)模块可以促进从用户接收指令,以用于取回、存放或移动库存设施中的库存物品,并且用于向用户提供指示。通信模块1216可以促进将指令传送到传感器、外部网络、输入/输出装置和一个或多个库存搬运机控制器并且从中接收信息。库存路线模块1218可以操作以致使一个或多个库存搬运机控制器(诸如,库存搬运机控制器1204)取回库存物品并使库存物品移位。

[0052] 库存搬运机控制器1204还可以包括控制器处理器1220和用于维持以下模块中的一些或全部的控制器存储器1222。接触检测模块1224可以结合感测数据和/或存储数据来确定库存物品的适合于由库存搬运机的抓持元件接合的接触表面的位置。剪切控制模块1226可以结合库存搬运机的致动器中的力传感器和/或阻抗控制器来控制用于在抓持元件中产生足够剪切力的所述致动器产生粘合力。位移控制模块1228可以操作以控制库存搬运机的机器人位移,例如,以用于将库存搬运机移动就位来抓取库存物品,或者以将具有所抓取的物品的库存搬运机从第一位置移动到第二位置。传感器模块1230可操作以控制向库存搬运机控制器和/或库存管理器提供数据的一个或多个传感器,诸如,关于库存物品相对于库存搬运机的位置的视觉数据、用于评估库存物品上的接触表面的适合性的关于库存物品的接触表面的视觉数据、关于在库存搬运机的抓持元件之间产生的分离力的力数据、关于由库存搬运机施加在库存物品上或由粘附到库存搬运机的悬挂库存物品施加的法向力的力数据,或者其他感测数据。接触检测模块1224和/或库存管理器1202可以被配置成使用由传感器模块1228获得的视觉数据来生成库存物品的三维模型,并且用于使用所述三维模型来识别库存物品的两个或更多个足够平坦的区域以用作抓持元件的接触表面。用于处理视觉数据来收集此类三维模型的合适方法和系统在例如Rico Jonschkowski等人的“Probabilistic Multi-Class Segmentation for the Amazon Picking Challenge”, Technical Report RB0-2016-01, Department of Computer Engineering and Microelectronics, Technische *Universität* Berlin, 2016中公开,其以引用方式并入在此。

[0053] 图13是根据实施方案的利用库存搬运机1304、1308来操纵库存的库存系统1300的简化示意图。系统1300可操作以在设施1302中的位置之间移动库存物品,例如物品1316、1318、1322。例如,在库存管理器1328的控制下,第一库存搬运机1304可以被控制来取回库存物品1316。与第一库存搬运机1304相关联的传感器模块1324可以结合库存控制器1328来检测库存物品1316的位置并定位库存物品1316的接触表面。第一库存搬运机1304可以粘附到库存物品,并且可以被任何合适的竖直致动组件1306提升,诸如机器人臂、拉绳和起重机、无人机,或者类似的构件。所述竖直致动组件1306还可以与例如水平移位组件1314可移动地连接,诸如机器人臂、起重机、履带式机器人单元、无人机,或者类似的构件。因此,第一库存搬运机1303可以操作以直接向上提升库存物品1316直到它离开相邻库存物品1318,并且随后使库存物品1316水平地移位。

[0054] 示出第二库存搬运机1308,所述第二库存搬运机1308也可以通过竖直移位组件1310与水平移位组件1314连接。在库存管理器1328的控制下,第二库存搬运机1308可操作以使库存物品1322水平地和竖直地移位到目的地1312。第二库存搬运机1308可以将库存物品1322降低到目的地1312并且随后在返回到备用位置或被库存管理器1328派遣来取回另一库存物品之前完全地释放所述库存物品。第二传感器模块1324可以操作以收集视觉和/

或力数据,诸如在库存物品1322与第二库存搬运机1308之间施加的法向力以及第二库存搬运机1308附近的环境。关于法向力的数据可以用于例如确定库存物品1322何时已经完全置于目的地1312处,使得能安全地从第二库存搬运机1308释放库存物品。

[0055] 图14示出根据实施方案的用于搬运库存物品或集装箱的第一示例过程1400。过程1400中示出的步骤可以根据用于控制库存系统中的一个或多个库存搬运机的系统来实施,例如,如图12和图13中示出的系统1200和1300所示。在一些实施方案中,可以接收指令以使库存物品或容纳库存物品的集装箱移位(动作1402)。响应于所述指令,可以在集装箱上定位包括至少两个接触表面的接触区域,例如,通过视觉感测或经由指示相对于集装箱的接触表面位置的存储数据来实现(动作1404)。可以将具有抓持元件的库存搬运机部署到关于库存物品或集装箱的抓持位置(动作1406),并且可以使抓持元件与库存物品或集装箱的接触区域接触(动作1408)。接下来,库存搬运机可以在与库存物品接触的抓持元件之间施加横向分离力,从而在抓持元件的接触库存物品的各向异性粘合表面处产生剪切,使得在粘合表面与库存物品之间产生粘合作用,所述粘合作用产生粘合力(动作1410)。库存搬运机随后可以使用粘合力来提升库存物品或集装箱,而同时例如通过在保持库存物品或集装箱时维持抓持元件之间的基本上恒定的横向分离力来在接口处维持剪切(动作1412)。根据接收的指令,所保持的库存物品或集装箱可以在被保持时被提升并移动到目的地,例如,从存放位置移动到处理位置、从进入位置移动到存放位置,或者在库存设施中的任何其他处理位置之间移动(动作1414)。所保持的库存物品或集装箱可以由库存搬运机在目的地处通过释放抓持元件之间的横向分离力而被完全释放(动作1416)。

[0056] 图15示出根据实施方案的用于搬运库存物品或集装箱的第二示例过程1500。过程1500中示出的步骤可以根据用于控制库存系统中的一个或多个库存搬运机的系统来实施,例如,如图12和图13中示出的系统1200和1300所示。在一些实施方案中,可以接收指令以使库存物品或容纳库存物品的集装箱移位(动作1502)。响应于所述指令,可以检索关于库存搬运机的抓持元件的过去使用信息,诸如,自先前维修或更换时间或日期起由抓持元件执行的提升操作的数量,或者关于抓持元件的性能的任何记录的异常或警告(动作1504)。如果过去使用信息含有超过预定阈值的任何参数(动作1506),那么所述系统可以生成指示应更换或维修抓持元件的警告(动作1508)。此类参数的示例可以包括,但不限于:前一提升失败、过多提升事件数量、自更换起的过多时间,或者超过预定重量的过多提升事件数量。如果没有超过阈值,那么库存搬运机可以行进到通过由库存搬运机的抓持元件接触库存物品或集装箱来抓取库存物品(动作1510)。库存搬运机可以通过利用抓持元件的各向异性粘合表面在所接触的库存物品或集装箱的表面上施加横向分离力来接合并保持库存物品,如上所述(动作1512)。所述系统随后可以监测横向施加的力(动作1514)。当抓持元件粘附到物品或集装箱时,所述横向施加的力将在抓持元件的给定位移上保持基本上恒定,从而提供因载荷沉降或变形而引起的微小变化。如果横向施加的力降至低于预定阈值(动作1516),那么系统可以生成指示抓持操作已经失败的警告(动作1518)。当物品或集装箱被提升时,将由物品或集装箱在库存搬运机上施加法向力。在库存搬运机接合并提升库存物品或集装箱时,可以监测在库存搬运机与库存物品或集装箱之间施加的这个法向力(动作1520)。所述系统可以确定在任何时候法向力是否降至低于预定阈值,降至低于预定阈值可以指示库存搬运机保持库存物品或集装箱的失败,或者库存物品可能与物体相撞的指示(动作

1522)。所述预定阈值可以是基于特定库存物品或集装箱的重量,其可以是存储值或者可以在初始提升时间处确定。如果法向力降至低于所述预定阈值,那么所述系统可以生成指示失败的提升操作或提升操作中的异常的警告(动作1524)。否则,所述系统可以继续根据接收的指令来使库存物品或集装箱移位(动作1526)。

[0057] 图16示出根据各种实施方案的用于实施各方面的示例环境1600的方面。如将了解,尽管出于说明的目的使用基于Web的环境,但是可以酌情使用不同的环境来实施各种实施方案。所述环境包括电子客户端装置1602,所述电子客户端装置1602可以包括可操作来在适当网络1604上发送和接收请求、消息或信息并且将信息传送给装置的用户用户的任何适当装置。此类客户端装置的示例包括个人计算机、手机、手持式消息传送装置、膝上型计算机、机顶盒、个人数据助理、电子书阅读器等。网络可以包括任何适当网络,包括内部网、互联网、蜂窝网络、局域网或者任何其他此类网络或其组合。用于这种系统的部件可以至少部分地取决于所选择的网络和/或环境的类型。用于通过这样的网络进行通信的协议和部件是众所周知的,并且将不在此详细地讨论。经由网络的通信可以通过有线或无线连接以及其组合来实现。在这个示例中,网络包括互联网,因为所述环境包括用于接收请求并且响应于所述请求而服务内容的Web服务器1606,但是对于其他网络来说,可以使用服务类似目的的替代装置,如本领域的技术人员将清楚。

[0058] 说明性环境包括至少一个应用服务器1608和数据存储区1610。应理解,可以存在可以链接起来或以其他方式配置的若干应用服务器、层或者其他元件、进程或部件,它们可以交互来执行任务,诸如从适当数据存储区获得数据。如本文中使用的术语“数据存储区”是指能够存储、访问和检索数据的任何装置或装置的组合,所述装置或装置的组合可以包括在任何标准、分布式或集群环境中的任何组合和数量的数据服务器、数据库、数据存储装置和数据存储介质。应用服务器可以包括任何适当的硬件和软件,所述硬件和软件根据执行客户端装置的一个或多个应用的方面的需要而与数据存储区集成,从而处理应用的大部分数据访问和业务逻辑。应用服务器提供与数据存储区协作的访问控制服务,并且能够生成诸如将要传送给用户的文本、图形、音频和/或视频等内容,所述内容在这个示例中可以由Web服务器以超文本标记语言(“HTML”)、可扩展标记语言(“XML”)或另一适当结构化语言的形式服务给用户。所有请求和响应的处理以及客户端装置1602与应用服务器1608之间的内容递送可以由Web服务器处理。应理解,Web和应用服务器不是必要的,并且仅仅是示例性部件,因为本文中讨论的结构化代码可以在如本文其他地方所讨论的任何适当装置或主机上执行。

[0059] 数据存储区1610可以包括若干个单独的数据表、数据库或用于存储与特定方面相关的数据的其他数据存储机构和介质。例如,所示出的数据存储区包括用于存储可以由本文所描述的模块使用的信息(诸如,资源调度信息1612、路线规划信息1614、区段保留信息1616和/或库存信息1618)的机构。应理解,可以存在可能需要存储在数据存储区中的许多其他方面,诸如页面图像信息和访问权限信息,所述其他方面可以酌情存储在上文列出的机构中的任何机构中或存储在数据存储区1610中的另外机构中。数据存储区1610可通过与其相关联的逻辑来操作,以便从应用服务器1608接收指令并且响应于所述指令而获得数据、更新数据或以其他方式处理数据。

[0060] 每个服务器通常将包括提供用于所述服务器的一般管理和操作的可执行程序指

令的操作系统,并且通常将包括存储指令的计算机可读存储介质(例如,硬盘、随机存取存储器、只读存储器等),所述指令在由服务器的处理器执行时允许所述服务器执行其预期的功能。服务器的操作系统和一般功能的合适实施方式是已知或可商购的,并且容易由本领域的一般技术人员实施,特别是鉴于本文中的公开内容来实施。

[0061] 在一个实施方案中,所述环境是利用经由通信链接、使用一个或多个计算机网络或直接连接来互连的若干计算机系统和部件的分布式计算环境。然而,本领域的一般技术人员应理解,这种系统可以在具有比图16所示的部件更少或更多数量的部件的系统中同样顺利地操作。因此,图16中的系统1600的描绘本质上应视为说明性的,并且不限于本公开的范围。

[0062] 各种实施方案还可以在各種各样的操作环境中实施,所述操作环境在一些情况下可以包括可以用于操作多个应用中的任一个的一个或多个用户计算机、计算装置或处理装置。用户或客户端装置可以包括多个通用个人计算机中的任一个,诸如运行标准操作系统的台式计算机或膝上型计算机,以及运行移动软件并且能够支持多个联网和消息传递协议的蜂窝装置、无线装置和手持装置。这种系统还可以包括多个工作站,所述工作站运行多种可商购的操作系统中的任一个和用于诸如开发和数据库管理的用途的其他已知应用。这些装置还可以包括其他电子装置,诸如虚拟终端、瘦客户端、游戏系统以及能够经由网络进行通信的其他装置。

[0063] 大多数实施方案利用本领域技术人员熟悉的至少一种网络来支持使用多种可商购的协议中的任一种的通信,诸如传输控制协议/互联网协议(“TCP/IP”)、开放系统互连(“OSI”)、文件传送协议(“FTP”)、通用即插即用(“UpnP”)、网络文件系统(“NFS”)、公用互联网文件系统(“CIFS”)和AppleTalk。网络可以是例如局域网、广域网、虚拟专用网、互联网、内联网、外联网、公用交换电话网、红外网络、无线网和/或上述网络的任何组合。

[0064] 在利用Web服务器的实施方案中,Web服务器可以运行各种服务器或中间层应用中的任一个,包括超文本传输协议(“HTTP”)服务器、FTP服务器、公共网关接口(“CGI”)服务器、数据服务器、Java服务器以及业务应用服务器。(多个)服务器还可以能够响应于来自用户装置请求而执行程序或脚本,诸如通过执行可以实施为用任何编程语言(诸如,Java®、C、C#或C++)或任何脚本语言(诸如,Perl、Python或TCL)以及上述语言的组合编写的一个或多个脚本或程序的一个或多个Web应用。(多个)服务器还可以包括数据库服务器,包括但不限于,可从Oracle®、Microsoft®、Sybase®和IBM®商购的那些服务器。

[0065] 环境可以包括各种数据存储区以及其他存储器和存储介质,如上文所论述。这些可以驻留在各种位置,诸如在计算机中的一个或多个的本地(和/或驻留在一个或多个计算机中)或者远离网络上的计算机中的任何或全部的存储介质上。在一组特定的实施方案中,信息可以驻留在本领域技术人员熟悉的存储区域网络(“SAN”)中。类似地,用于执行归因于计算机、服务器或其他网络装置的功能的任何必要文件可以酌情本地地和/或远程地存储。在系统包括计算机化装置的情况下,每个这种装置可以包括可以经由总线电耦合的硬件元件,所述元件包括例如至少一个中央处理单元(“CPU”)、至少一个输入装置(例如,鼠标、键盘、控制器、触摸屏或小键盘)和至少一个输出装置(例如,显示装置、打印机或扬声器)。这种系统还可以包括一个或多个存储装置,诸如磁盘驱动器、光存储装置和固态存储装置,诸如随机存取存储器(“RAM”)或只读存储器(“ROM”),以及可移动媒体装置、存储卡、闪存卡

等。

[0066] 此类装置还可以包括计算机可读存储介质读取器、通信装置(例如,调制解调器、网卡(无线或有线)、红外通信装置等)以及如上文所描述的工作存储器。计算机可读存储介质读取器可以与计算机可读存储介质连接或被配置成接收计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质表示远程、本地、固定和/或可移动的存储装置,以及用于临时和/或更永久地含有、存储、传输和检索计算机可读信息的存储介质。系统和各种装置通常还将包括位于至少一个工作存储器装置内的多个软件应用、模块、服务或其他元件,包括操作系统和应用程序,诸如客户端应用或Web浏览器。应理解,替代实施方案可以具有与上述实施方案不同的许多变化。例如,还可以使用定制硬件和/或特定元件可以在硬件、软件(包括便携式软件,例如小应用程序)或这两者中实施。此外,可以采用到诸如网络输入/输出装置的其他计算装置的连接。

[0067] 用于含有代码或代码部分的存储介质和计算机可读介质可以包括本领域中已知或使用的任何适当的介质,包括存储介质和通信介质,诸如但不限于,用于存储和/或传输信息(诸如,计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据)的任何方法或技术中实施的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质,包括RAM、ROM、电可擦除可编程只读存储器(“EEPROM”)、闪存或其他存储器技术、光盘只读存储器(“CD-ROM”)、数字通用盘(DVD)或其他光存储设备、磁带盒、磁带、磁盘存储设备或其他磁存储装置,或者可以用于存储所需信息且可以由系统装置访问的任何其他介质。至少部分地基于本文所提供的公开内容和教导,本领域一般技术人员将了解用于实施各种实施方案的其他方式和/或方法。

[0068] 因此,说明书和附图应被认为是说明性的而不是限制性的。然而,显而易见的是,在不脱离如权利要求中阐述的本公开的更广泛精神和范围的情况下,可以进行各种修改和改变。

[0069] 其他变化在本公开的精神内。因此,虽然所公开的技术易受各种修改和替代构造,但在附图中示出了其某些示出的实施方案,并且在上文已经详细地描述。然而,应理解,并不意图将本发明限于所公开的一种或多种具体形式,相反,本发明旨在覆盖落入本发明的精神和范围内的所有修改、替代构造和等效物,如所附权利要求中所限定。

[0070] 除非本文另有说明或明确地与上下文矛盾,否则在描述所公开的实施方案的上下文中(特别是在所附权利要求的上下文中)对术语“一个”和“一种”和“所述”以及类似指称对象的使用应被解释为涵盖单数和复数两者。除非另有说明,否则术语“包括”、“具有”、“包括”和“含有”将被解释为开放式术语(即,意指“包括但不限于”)。术语“连接”将被解释为部分或全部地包括在内、附接到或接合在一起,即使在存在一些干预的情况下也是如此。除非本文另有说明,否则本文中值的范围的列举仅意图用作单独地提及落在所述范围内的每个单独值的速记方法,并且每个单独值并入本说明书中,如同在本文中单独列举一样。除非本文另有说明或在其他方面明确地与上下文矛盾,否则可以按任何合适的顺序来执行本文所描述的所有方法。除非另有说明,否则对本文所提供的任何和所有示例或示例性语言(例如,“诸如”)的使用仅意图更好地说明本发明的实施方案,并且不对本发明的范围构成限制。本说明书中的语言不应被解释为指示任何未要求保护的元素是实践本发明所必需的。

[0071] 本文中描述了本公开的优选实施方案,包括发明人已知的用于执行本发明的最佳模式。在阅读前面的描述之后,那些优选实施方案的变化对于本领域一般技术人员来说可

能变得显而易见。本发明人期望技术人员酌情采用此类变化,并且本发明人打算以不同于本文具体描述的方式实践本发明。因此,本发明包括如适用法律所容许的对所附权利要求中叙述的主题的所有修改和等效物。此外,除非本文中另有说明或在其他方面明确地与上下文矛盾,否则本发明涵盖上述元素的所有可能变化的任何组合。

[0072] 本文中引用的所有参考文献(包括公开案、专利申请和专利)在此在相同程度上通过引用方式并入,如同每个参考文献被单独地且具体地指示为通过引用并入并且以其全文在本文中阐述。

[0073] 可以鉴于以下条款来描述本公开的实施方案的示例:

[0074] 条款1.一种用于操纵设施中的库存的库存管理系统,所述库存管理系统包括:机器人库存搬运机,所述机器人库存搬运机包括:第一抓持元件,所述第一抓持元件被配置成响应于被施加剪切载荷而抓持库存物品;第二抓持元件,所述第二抓持元件被配置成响应于被施加剪切载荷而抓持所述库存物品;以及提升组件,所述第一抓持元件和所述第二抓持元件安装到所述提升组件,所述提升组件被配置成:产生第一剪切力以由所述第一抓持元件施加到所述库存物品,所述第一剪切力取向为向所述第一抓持元件施加剪切载荷;产生第二剪切力以由所述第二抓持元件施加到所述库存物品,所述第二剪切力取向为向所述第二抓持元件施加剪切载荷,所述第一剪切力和所述第二剪切力经定向以便在所述库存物品中引发表面张力;以及经由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品来移动所述库存物品。

[0075] 条款2.如条款1所述的库存管理系统,所述库存管理系统还包括库存管理部件,所述库存管理部件包括至少一个处理器和存储指令的有形非暂时性存储器,所述指令可由所述至少一个处理器执行以致使所述机器人库存搬运机:使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述库存物品接触;产生所述第一剪切力和所述第二剪切力以致使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品;以及经由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品来移动所述库存物品。

[0076] 条款3.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中:所述第一抓持元件包括第一各向异性粘合表面,所述第一各向异性粘合表面被配置成响应于被施加剪切载荷而产生第一粘合力;所述第二抓持元件包括第二各向异性粘合表面,所述第二各向异性粘合表面被配置成响应于被施加剪切载荷而产生第二粘合力;并且所述第一抓持元件和所述第二抓持元件被配置成通过由所述第一剪切力和所述第二剪切力致使所述第一各向异性粘合表面和所述第二各向异性粘合表面粘附到所述库存物品来抓持所述库存物品。

[0077] 条款4.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中:使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述库存物品接触包括使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与库存物品的单个基本上平坦或凹形的侧面接触。

[0078] 条款5.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中:产生所述第一剪切力和所述第二剪切力还包括提供被动弹性稳定件,所述被动弹性稳定件被配置用于通过响应于所述第一抓持元件与所述第二抓持元件之间的分隔距离的变化而防止所述第一剪切力和所述第二剪切力降至低于预定阈值来适应所述分隔距离的所述变化。

[0079] 条款6.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中所述库存搬运机还包括与所述提升组件连接的水平位移组件,并且其中所述库存管理部件还被配置成:接收指令以使所

述库存物品移位;致使所述机器人库存搬运机从第一位置提升所述库存物品;基于所述接收的指令而致使所述水平位移组件将所述库存搬运机水平地移位到第二位置;以及致使所述库存搬运机通过释放所述第一剪切力和所述第二剪切力而在所述第二位置处释放所述库存物品。

[0080] 条款7.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中所述提升组件还被配置成产生虚拟弹簧力,所述虚拟弹簧力被配置用于防止所述第一剪切力和所述第二剪切力降至低于预定阈值。

[0081] 条款8.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中所述机器人库存搬运机还包括阻抗控制器,所述阻抗控制器可操作以产生所述虚拟弹簧力。

[0082] 条款9.如任一前述条款所述的库存管理系统,所述库存管理系统还包括:

[0083] 一个或多个传感器,所述一个或多个传感器可操作以获得关于所述库存物品的视觉数据,并且其中所述库存管理部件还被配置成:经由所述一个或多个传感器来获得关于所述库存物品的所述视觉数据;部分地基于所述视觉数据而识别所述库存物品的适合于接纳所述第一抓持元件和所述第二抓持元件的一个或多个接触表面;以及致使所述机器人库存搬运机使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述一个或多个接触表面接触。

[0084] 条款10.如任一前述条款所述的库存管理系统,其中:致使所述机器人库存搬运机使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件与所述库存物品接触包括将所述抓持元件竖直地降到所述库存物品的顶表面上;并且致使所述机器人库存搬运机移动所述库存物品包括竖直地提升所述库存物品。

[0085] 条款11.一种机器人库存搬运机,所述机器人库存搬运机包括:第一抓持元件,所述第一抓持元件被配置成响应于被施加剪切载荷而抓持库存物品;第二抓持元件,所述第二抓持元件被配置成响应于被施加剪切载荷而抓持所述库存物品;以及提升组件,所述第一抓持元件和所述第二抓持元件安装到所述提升组件,所述提升组件被配置成:产生第一剪切力以由所述第一抓持元件施加到所述库存物品,所述第一剪切力取向为向所述第一抓持元件施加剪切载荷;产生第二剪切力以由所述第二抓持元件施加到所述库存物品,所述第二剪切力取向为向所述第二抓持元件施加剪切载荷,所述第一剪切力和所述第二剪切力取向为远离所述库存物品的中心;以及经由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品来移动所述库存物品。

[0086] 条款12.如条款11所述的机器人库存搬运机,其中:所述第一抓持元件包括第一各向异性粘合表面;所述第二抓持元件包括第二各向异性粘合表面;并且所述第一各向异性粘合表面和所述第二各向异性粘合表面中的每一个可操作以在经受 $1\text{N}/\text{cm}^2$ 的剪切时产生至少 $5\text{N}/\text{cm}^2$ 的粘合力。

[0087] 条款13.如任一前述条款所述的机器人库存搬运机,其中所述提升组件包括:第一机械连杆机构,所述第一机械连杆机构与所述第一抓持元件连接;第二机械连杆机构,所述第二机械连杆机构与所述第二抓持元件连接;以及至少一个致动器,所述至少一个致动器被配置成使所述第一机械连杆机构和所述第二机械连杆机构移位远离彼此,以产生所述第一剪切力和所述第二剪切力。

[0088] 条款14.如任一前述条款所述的机器人库存搬运机,其中所述至少一个致动器被配置成使所述第一机械连杆机构和所述第二机械连杆机构相对于彼此旋转。

[0089] 条款15.如任一前述条款所述的机器人库存搬运机,所述机器人库存搬运机还包括:与所述第一抓持元件连接的第一可旋转元件,所述第一抓持元件设置在所述第一可旋转元件的第一凸表面周围;与所述第二抓持元件连接的第二可旋转元件,所述第二抓持元件设置在所述第二可旋转构件的第二凸表面周围;以及至少一个致动器,所述至少一个致动器被配置成使所述第一可旋转元件和所述第二可旋转元件在彼此相反的方向上旋转,以产生所述第一剪切力和所述第二剪切力。

[0090] 条款16.如任一前述条款所述的机器人库存搬运机,其中:所述第一抓持元件包括第一基板和与所述第一基板连接的第一各向异性粘合表面;所述第二抓持元件包括第二基板和与所述第二基板连接的第二各向异性粘合表面;并且所述第一基板和所述第二基板可变形,使得所述第一抓持元件和所述第二抓持元件能够通过使所述第一基板和所述第二基板变形来符合不规则表面。

[0091] 条款17.如任一前述条款所述的机器人库存搬运机,其中:所述第一抓持元件包括第一结构部分和与所述第一结构部分可移除地连接的第一可移除部分,所述第一可移除部分包括第一各向异性粘合表面和第一基板;并且所述第二抓持元件包括第二结构部分和与所述第二结构部分可移除地连接的第二可移除部分,所述第二可移除部分包括第二各向异性粘合剂和第二基板。

[0092] 条款18.一种计算机实施的方法,所述计算机实施的方法包括:在库存管理部件处接收移动库存物品的请求;致使机器人库存搬运机利用第一抓持元件和第二抓持元件来接合所述库存物品,所述第一抓持元件和所述第二抓持元件中的每一者被配置成在被施加剪切载荷时抓持所述库存物品;致使所述机器人库存搬运机与所述库存物品相互作用来向所述第一抓持元件和所述第二抓持元件施加剪切载荷,以致使所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持所述库存物品;以及致使所述机器人库存保持器移动所述库存物品,而同时维持对所述第一抓持元件和所述第二抓持元件施加剪切载荷。

[0093] 条款19.如条款18所述的计算机实施的方法,所述计算机实施的方法还包括:确定关于所述第一抓持元件和所述第二抓持元件的过去使用信息;以及部分地基于所述过去使用信息而生成用于呈现给用户的警告。

[0094] 条款20.如任一前述条款所述的计算机实施的方法,所述计算机实施的方法还包括:监测与向所述第一抓持元件和所述第二抓持元件施加剪切载荷相关联的横向力;检测到所述横向力小于与成功抓持操作相关联的预定阈值;以及部分地基于检测到所述横向力小于所述预定阈值而生成用于呈现给用户的警告。

[0095] 条款21.如任一前述条款所述的计算机实施的方法,所述计算机实施的方法还包括:由传感器扫描所述库存物品;部分地基于所述扫描而定位所述库存物品上的适合于由所述第一抓持元件和所述第二抓持元件抓持的一个或多个接触表面;以及部分地基于所述定位而致使所述机器人库存搬运机在所述一个或多个接触表面处接触所述库存物品。条款22一种库存搬运机,所述库存搬运机包括:

[0096] 各向异性粘合元件,所述各向异性粘合元件被配置成响应于被施加经由所述各向异性粘合元件与库存物品之间的相互作用产生的剪切载荷而抓持所述库存物品;以及

[0097] 机械支撑件,所述机械支撑件与所述各向异性粘合元件间隔开并且被配置成与所述库存物品接合,所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件中的至少一者可在抓持配置与

非抓持配置之间调整,所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件在所述抓持配置下分隔第一距离并且在所述非抓持配置下分隔第二距离,所述第二距离不同于所述第一距离,其中

[0098] 当所述机械支撑件和所述各向异性粘合元件在所述抓持配置下与所述库存物品接触时,所述各向异性粘合元件被配置成响应于从所述抓持配置重新配置成所述非抓持配置而释放所述库存物品;并且

[0099] 当所述机械支撑件和所述各向异性粘合元件在所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件与所述库存物品接触时从所述非抓持配置重新配置成所述抓持配置时,所述机械支撑件引发所述库存物品与所述各向异性粘合元件之间的相对移动,以向所述各向异性粘合元件施加剪切载荷,以便致使所述各向异性粘合元件抓持所述库存物品。

[0100] 条款22.如权利要求1所述的库存搬运机,所述库存搬运机还包括与所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件连接的提升组件,所述提升组件被配置成经由所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件来移动所述库存物品。

[0101] 条款23.如权利要求1所述的库存搬运机,所述库存搬运机还包括框架构件,其中所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件安装在所述框架构件上,所述各向异性粘合元件置于所述机械支撑件上方。

[0102] 条款24.如权利要求1所述的库存搬运机,其中所述机械支撑件相对于所述各向异性粘合元件可滑动地安装,使得当所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件与所述库存物品接合时,所述机械支撑件能够移动远离所述各向异性粘合元件有限距离,以向所述各向异性粘合元件施加剪切载荷。

[0103] 条款25.如权利要求4所述的库存搬运机,其中所述机械支撑件通过弹性连接件与重力方向相反地作用而朝向所述各向异性粘合元件偏置,使得当所述机械支撑件与所述库存物品接合时,所述机械支撑件和所述各向异性粘合元件能够响应于所述库存物品的重量而从所述非抓持配置重新配置成所述抓持配置。

[0104] 条款26.如权利要求1所述的库存搬运机,其中所述各向异性粘合元件可操作以在经受 $1\text{N}/\text{cm}^2$ 的剪切时产生至少 $5\text{N}/\text{cm}^2$ 的粘合力。

[0105] 条款27.如权利要求1所述的库存搬运机,所述库存搬运机还包括连接到所述各向异性粘合元件的基板。

[0106] 条款28.如权利要求1所述的库存搬运机,其中所述机械支撑件被配置成在竖直方向上在所述库存物品的边缘处支撑所述库存物品,而所述各向异性粘合元件被配置成在水平方向上支撑所述库存物品以将所述库存物品保持在所述机械支撑件上。

[0107] 条款29.一种移动库存物品的方法,所述方法包括:

[0108] 利用各向异性粘合元件和支撑元件来接触设置在第一位置处的库存物品;

[0109] 致使所述库存物品向所述各向异性粘合元件施加剪切力,以便通过移动所述各向异性粘合元件或所述支撑元件中的一者以引起所述库存物品与所述各向异性粘合元件之间的相对移动来致使所述各向异性粘合元件抓持所述库存物品;

[0110] 在所述各向异性粘合元件被施加剪切载荷以便抓持所述库存物品时将所述库存物品从所述第一位置移动到第二位置;以及

[0111] 在所述第二位置处通过移动所述支撑元件以致使所述库存物品停止向所述各向异性粘合元件施加所述剪切力来释放所述库存物品。

- [0112] 条款30.如权利要求9所述的方法,所述方法还包括:
- [0113] 经由所述各向异性粘合元件和所述支撑元件来提升所述库存物品。
- [0114] 条款31.如权利要求9所述的方法,所述方法还包括:
- [0115] 使所述各向异性粘合元件与所述库存物品的竖直侧面接触;以及
- [0116] 在所述各向异性粘合元件抓持所述库存物品时,由所述支撑元件在所述库存物品的所述竖直侧面的边缘处在所述各向异性粘合元件的下方支撑所述库存物品。
- [0117] 条款32.如权利要求9所述的方法,所述方法还包括:
- [0118] 将所述支撑元件移动远离所述各向异性粘合元件有限距离以产生所述剪切力。
- [0119] 条款33.如权利要求9所述的方法,所述方法还包括:
- [0120] 接收指令以移动所述库存物品;
- [0121] 致使与所述支撑元件和所述各向异性粘合元件连接的提升组件从所述第一位置提升所述库存物品;
- [0122] 致使与所述支撑元件和所述各向异性粘合元件连接的水平位移组件使所述库存物品水平地移位;以及
- [0123] 在所述第二位置处通过释放所述各向异性粘合元件上的所述剪切力来致使所述各向异性粘合元件释放所述库存物品。
- [0124] 条款34.如权利要求9所述的方法,所述方法还包括:
- [0125] 由传感器扫描所述库存物品;
- [0126] 部分地基于所述扫描而定位所述库存物品上的适合于由所述各向异性粘合元件抓持的接触表面;以及
- [0127] 致使所述各向异性粘合元件在所述接触表面处接触所述库存物品。
- [0128] 条款35.如权利要求9所述的方法,所述方法还包括:
- [0129] 监测与所述剪切力相关联的横向力;
- [0130] 检测到所述横向力小于与成功抓持操作相关联的预定阈值;以及
- [0131] 部分地基于检测到所述横向力小于所述预定阈值而生成用于呈现给用户的警告。
- [0132] 条款36.一种库存管理系统,所述库存管理系统包括:
- [0133] 库存搬运机,所述库存搬运机包括:
- [0134] 各向异性粘合元件,所述各向异性粘合元件被配置成响应于所述各向异性粘合元件的各向异性粘合表面被施加经由所述各向异性粘合表面与物品之间的相互作用产生的剪切载荷而抓持所述物品;以及
- [0135] 机械支撑件,所述机械支撑件与所述各向异性粘合元件间隔开并且被配置成接触所述物品,所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件中的至少一者可在抓持配置与非抓持配置之间调整,所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件在所述抓持配置下分隔第一距离并且在所述非抓持配置下分隔第二距离,所述第二距离不同于所述第一距离;
- [0136] 库存管理部件,所述库存管理部件包括至少一个处理器和存储指令的有形非暂时性存储器,所述指令可由所述至少一个处理器执行以致使所述库存搬运机:
- [0137] 致使所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件在所述非抓持配置下接触所述物品;
- [0138] 通过将所述各向异性粘合元件和所述机械支撑件从所述非抓持配置重新配置成

所述抓持配置来产生剪切力以由所述各向异性粘合元件施加到所述物品,所述剪切力取向为向所述各向异性粘合表面施加剪切载荷;以及

[0139] 经由在所述抓持配置下所述各向异性粘合元件抓持所述物品并且所述机械支撑件支撑所述物品而保持所述物品。

[0140] 条款37.如权利要求16所述的系统,其中:

[0141] 所述支撑元件包括与所述库存搬运机连接并置于所述各向异性粘合元件下方的机械支撑件,所述支撑元件被配置成在平行于所述各向异性粘合表面的至少一部分的方向上支撑所述物品。

[0142] 条款38.如权利要求17所述的系统,其中:

[0143] 所述支撑元件与所述库存搬运机可滑动地连接并且被配置成相对于所述各向异性粘合元件在平行于所述各向异性粘合表面的至少一部分的方向上滑动有限距离,使得当所述各向异性粘合元件与所述物品接触并且所述各向异性粘合元件相对于所述物品移动时,所述支撑元件限制由所述各向异性粘合元件向所述物品施加的所述剪切力。

[0144] 条款39.如权利要求17所述的系统,其中:

[0145] 所述支撑元件与所述库存搬运机可滑动地连接并且被配置成相对于所述各向异性粘合元件在平行于所述各向异性粘合表面的至少一部分的方向上滑动有限距离,所述有限距离足够长以防止所述剪切力降至低于预定阈值。

[0146] 条款40.如权利要求16所述的系统,其中:

[0147] 所述库存管理部件还被配置成致使所述库存搬运机经由所述各向异性粘合元件抓持所述物品并且所述支撑元件支撑所述物品而将所述各向异性粘合元件从第一位置移动到第二位置。

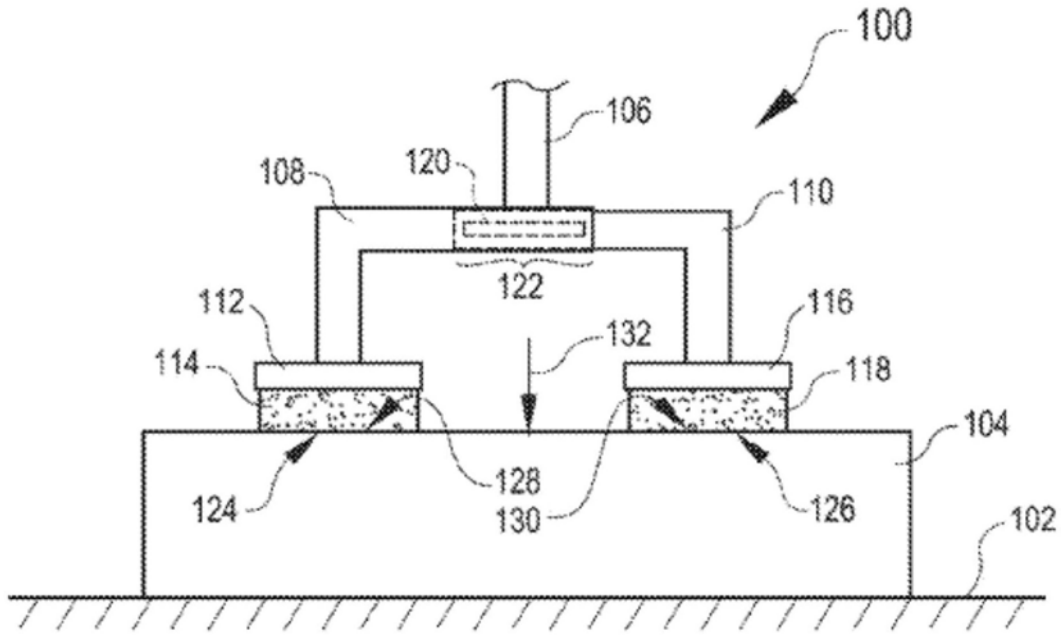


图1

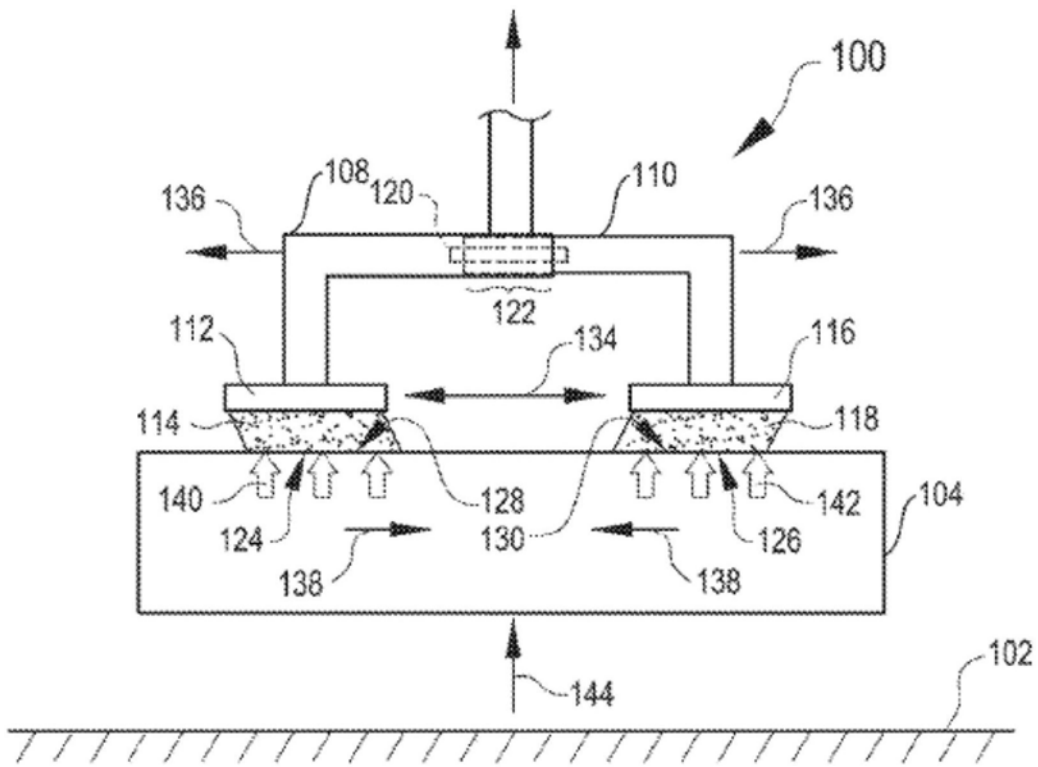


图2

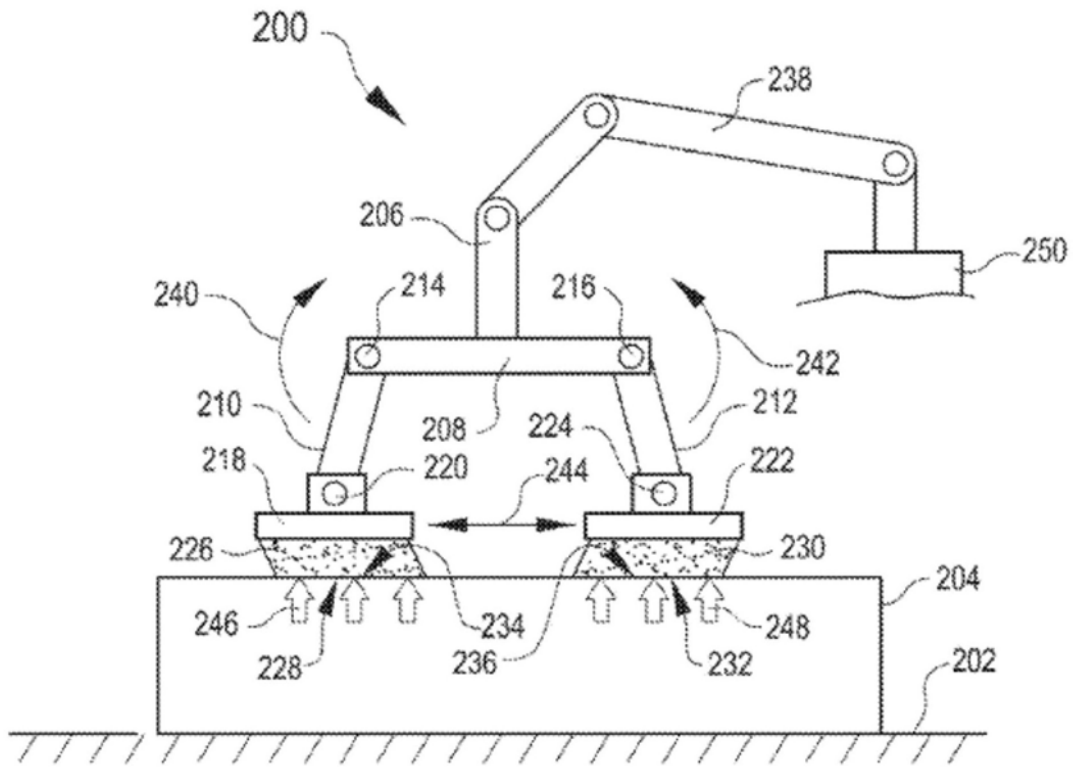


图3

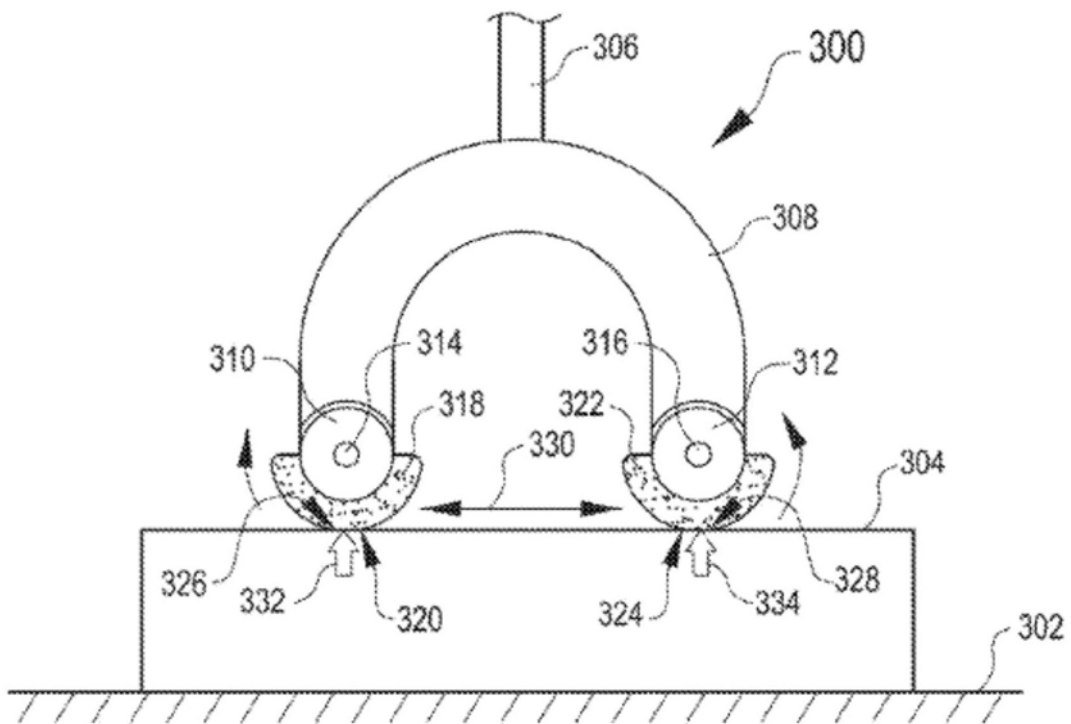


图4

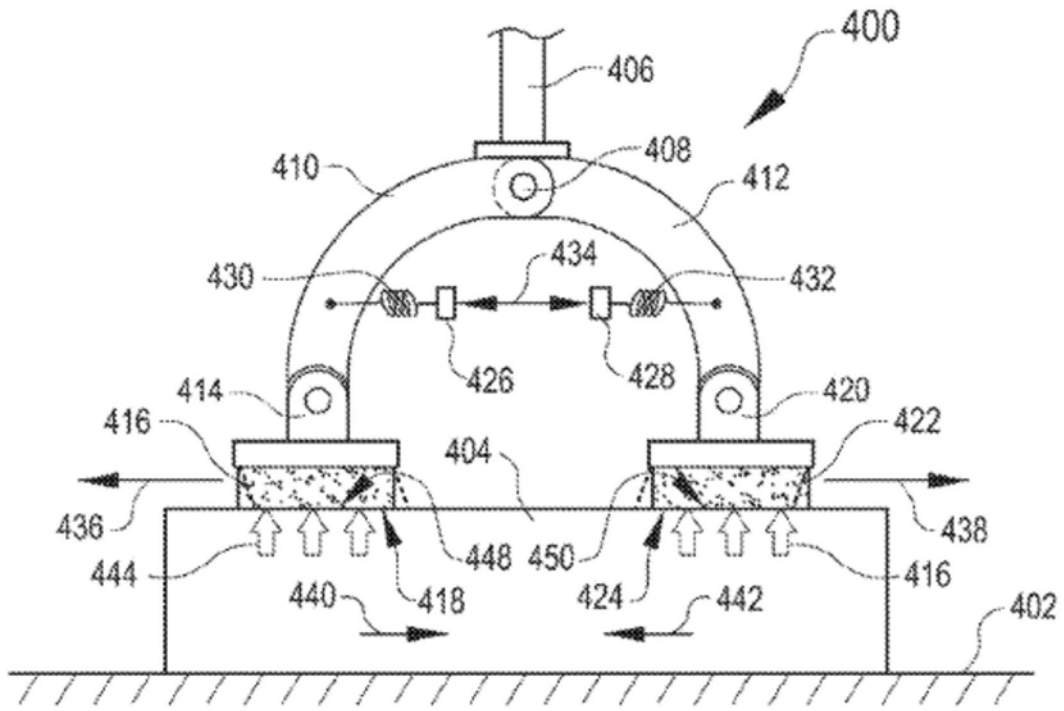


图5

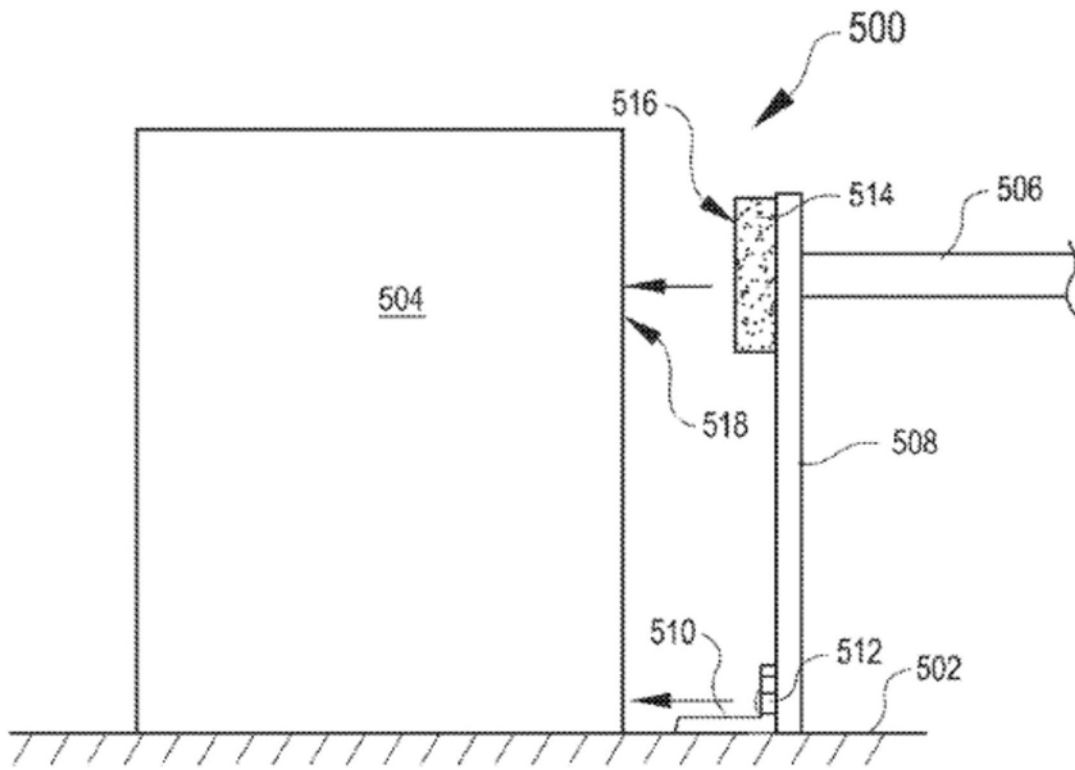


图6

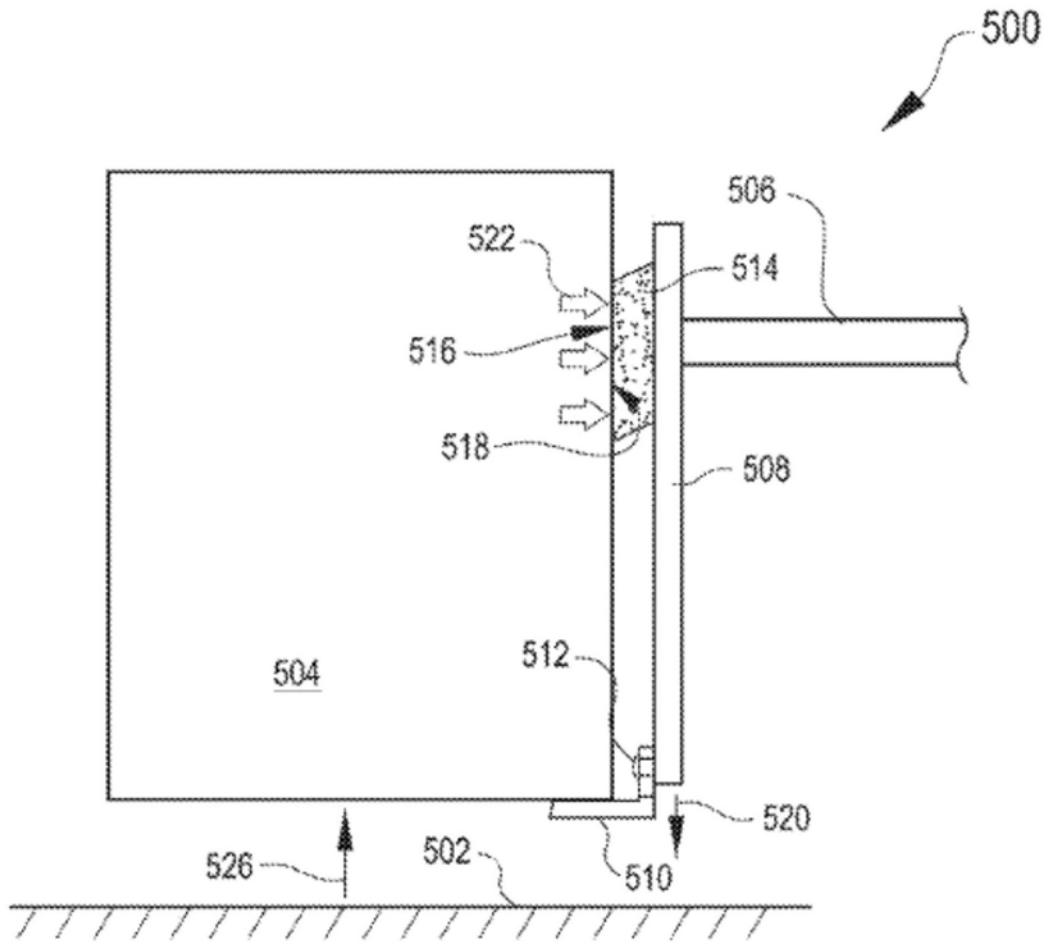


图7

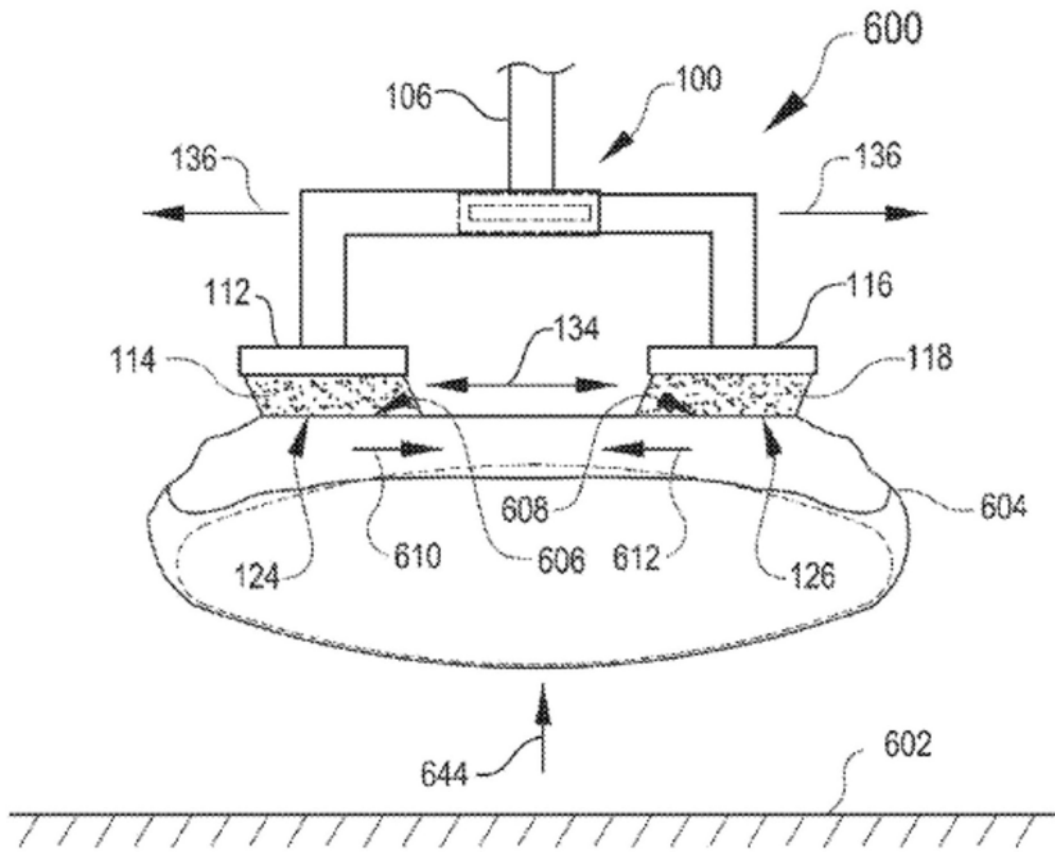


图8

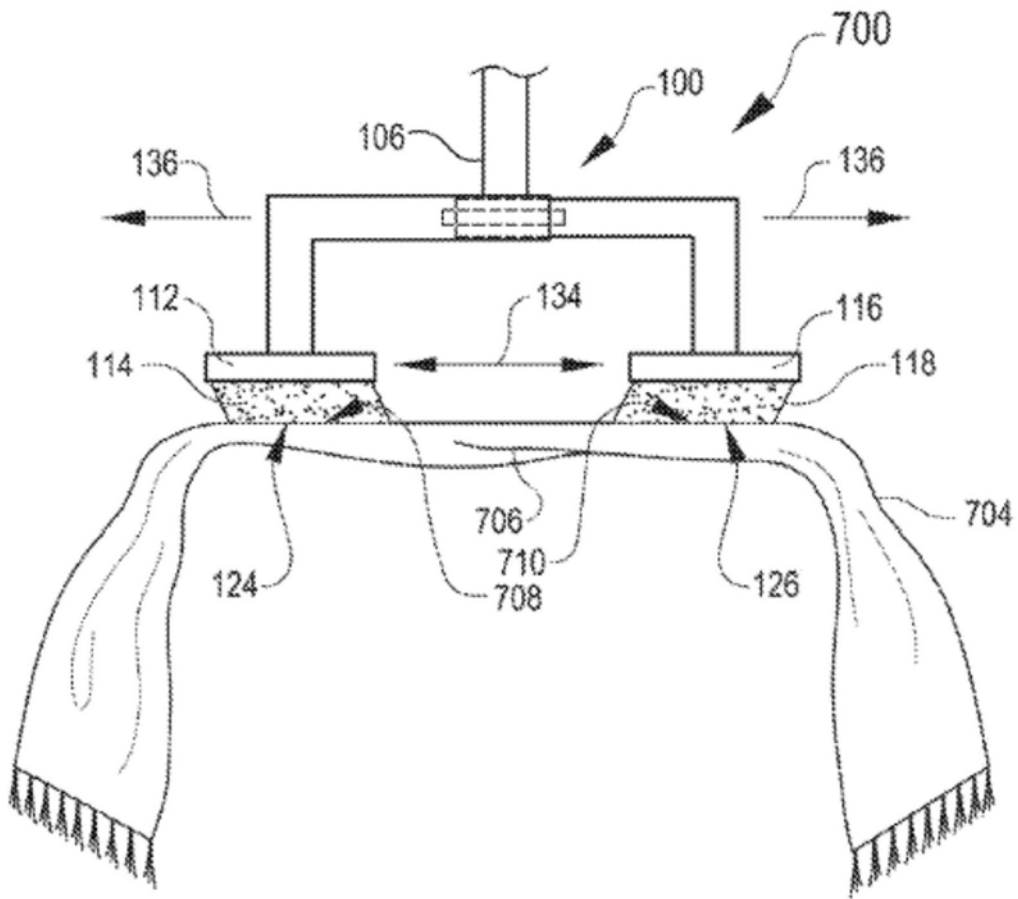


图9

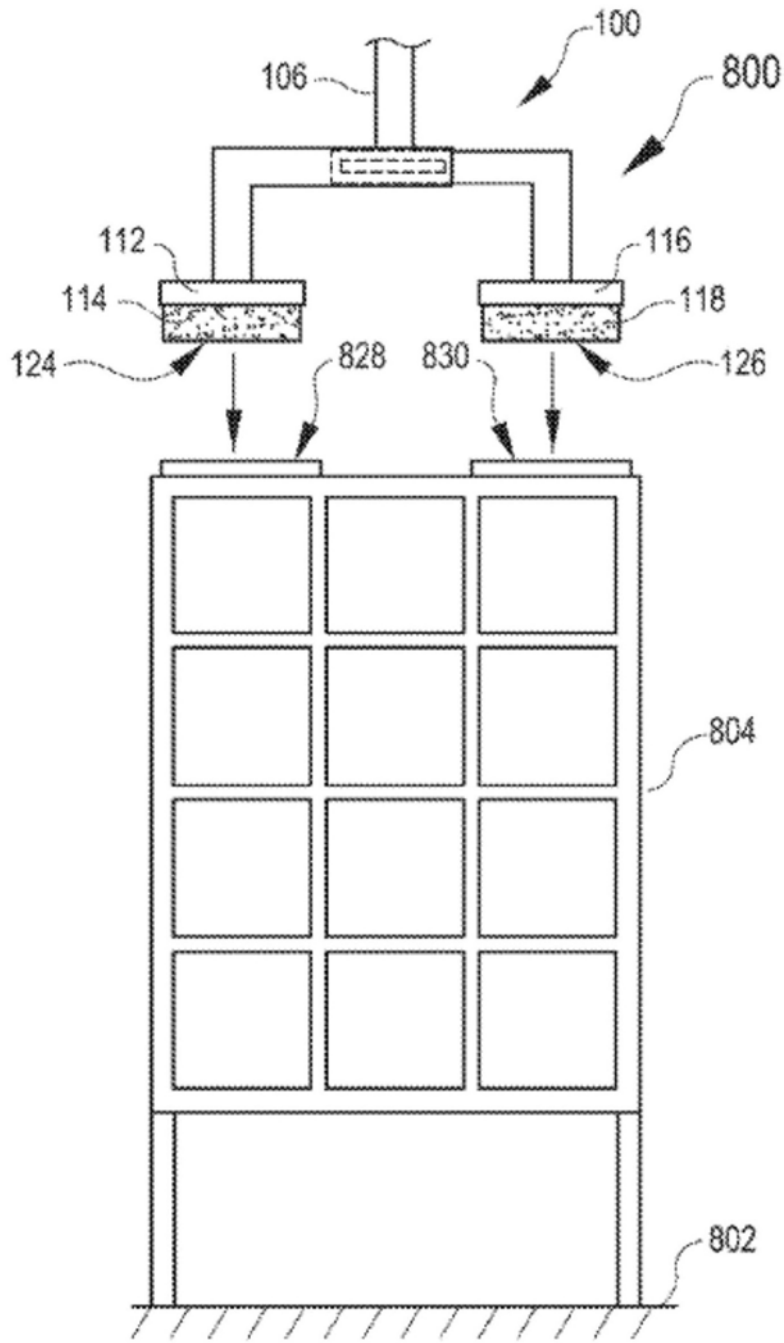


图10

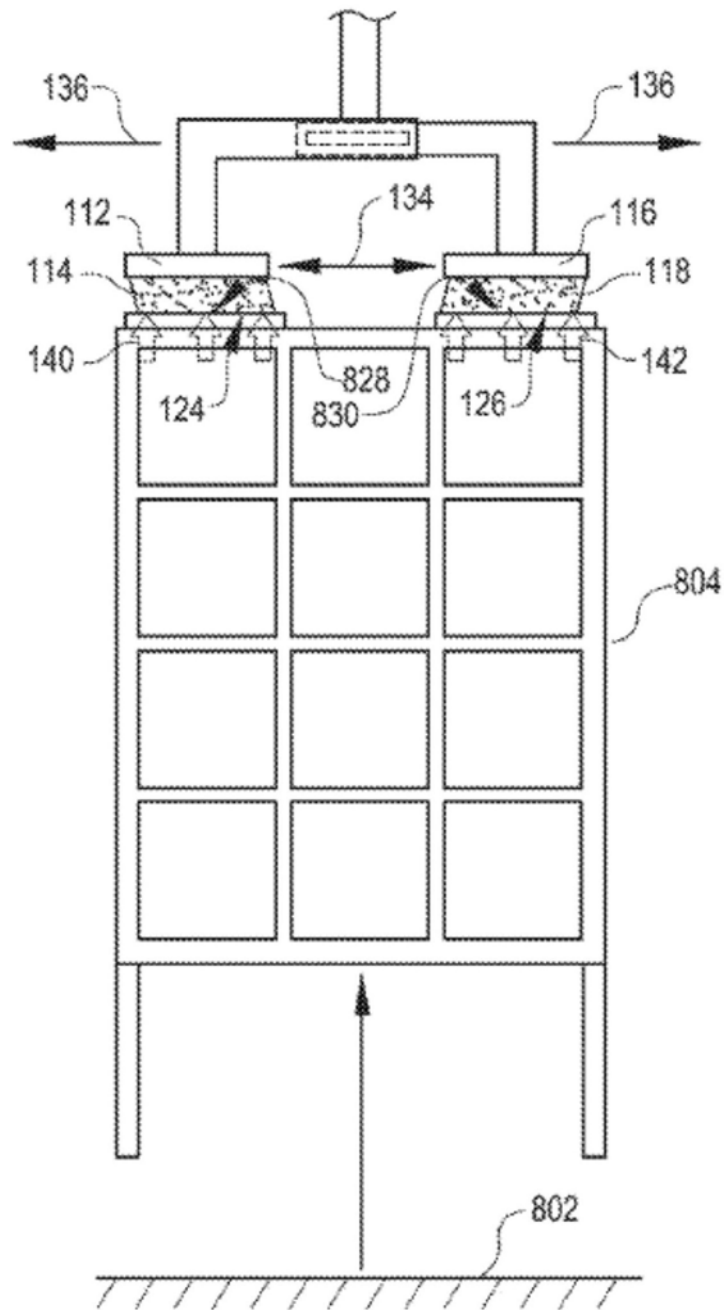


图11

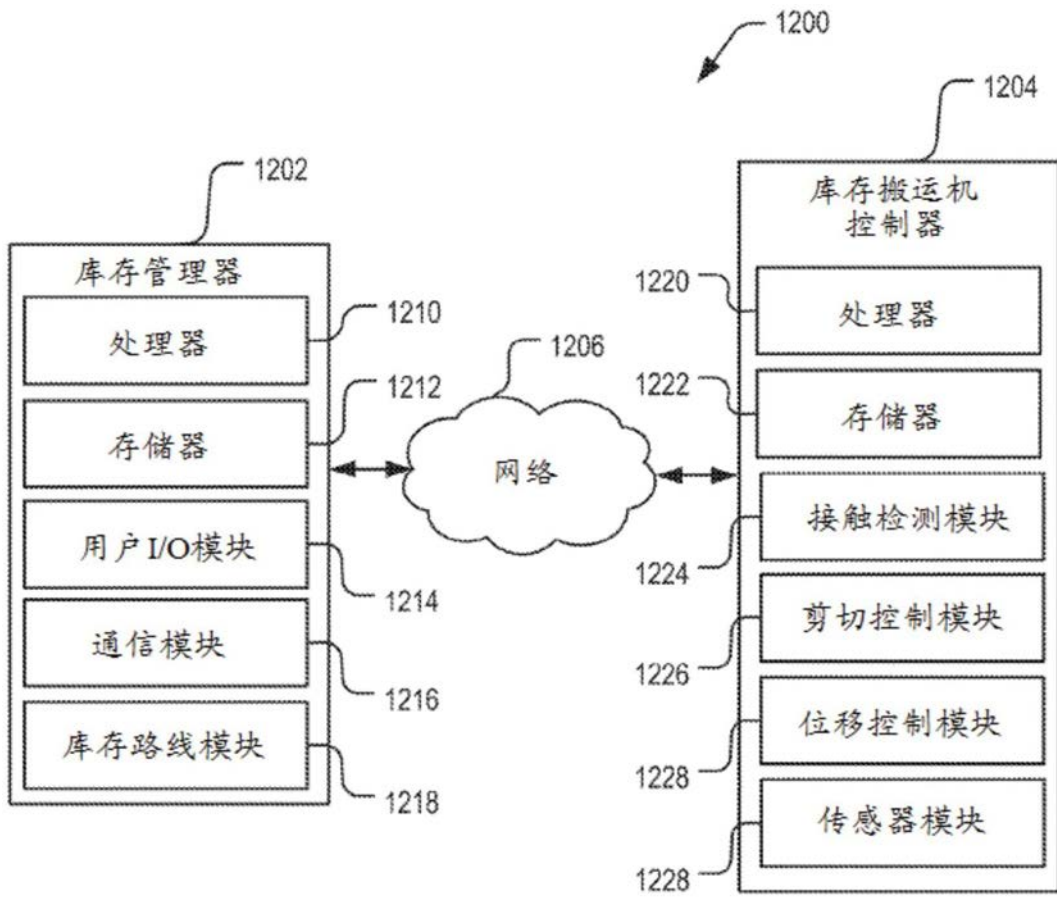


图12

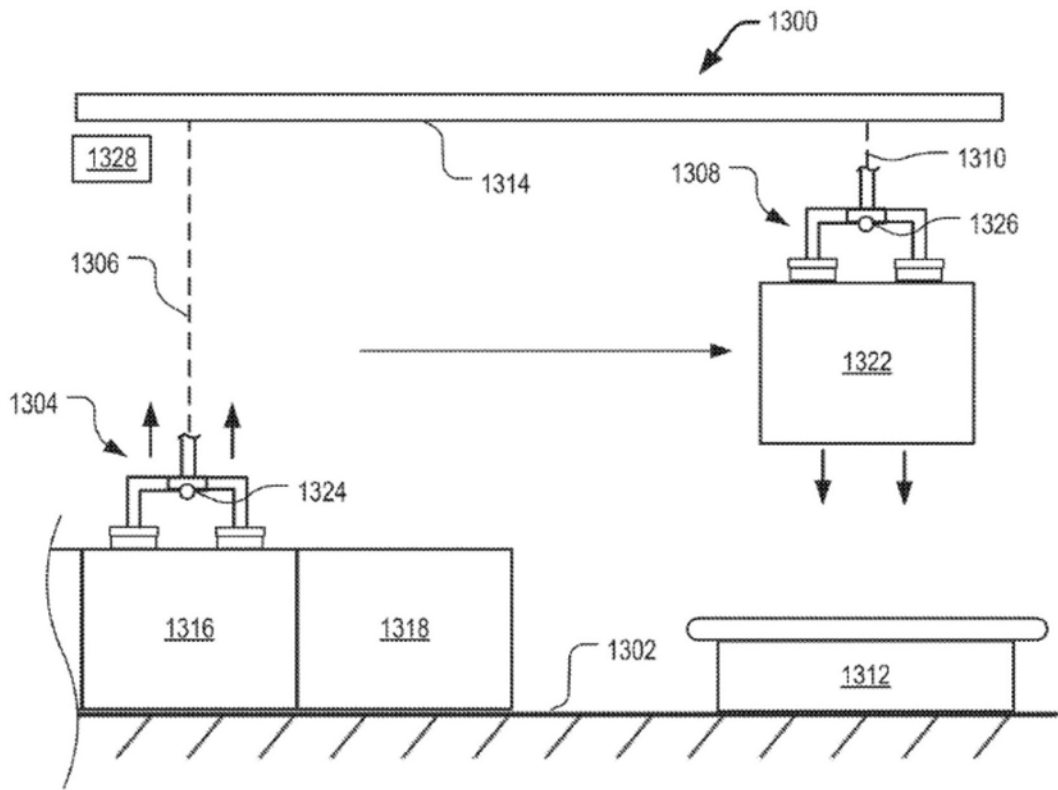


图13

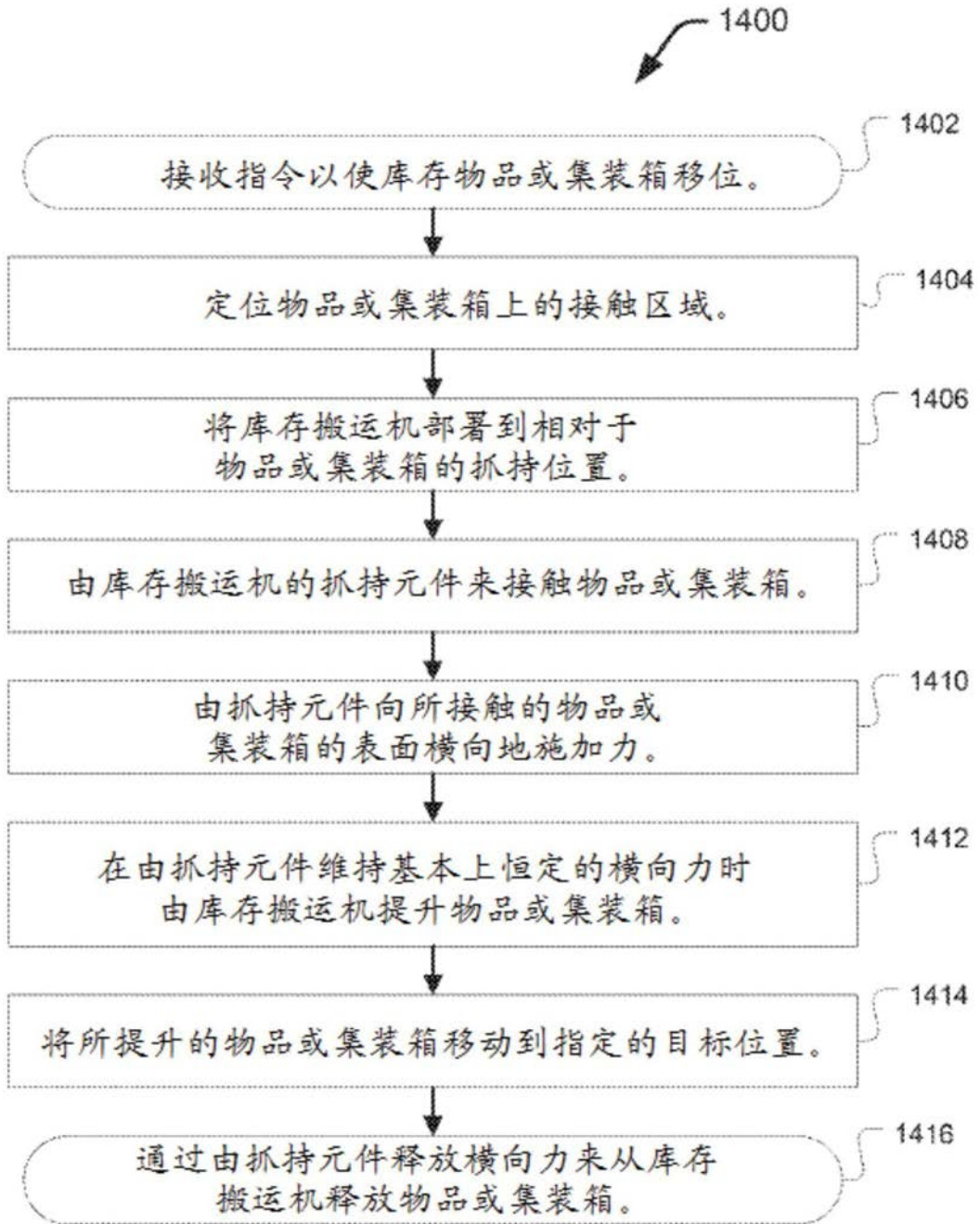


图14

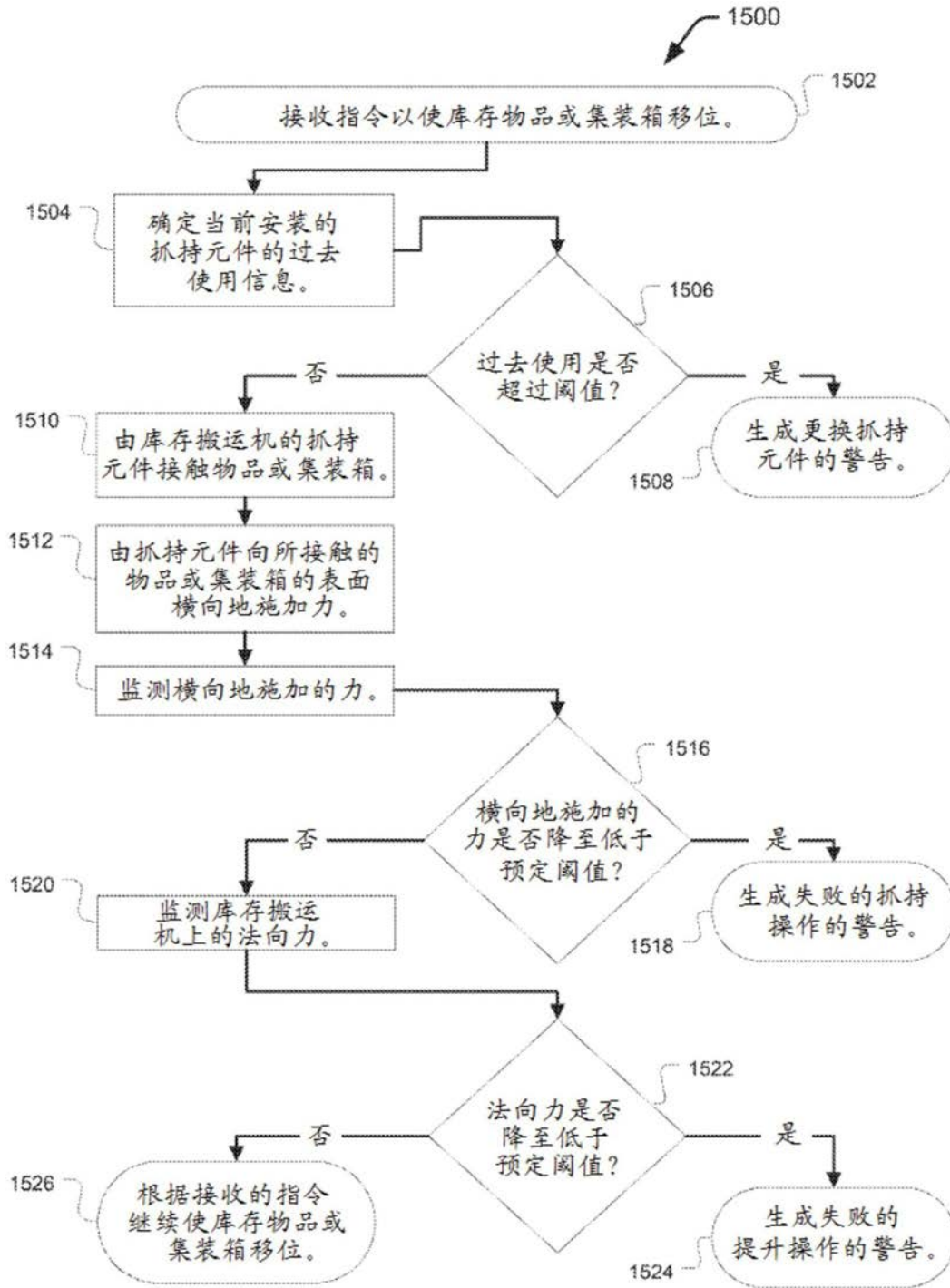


图15

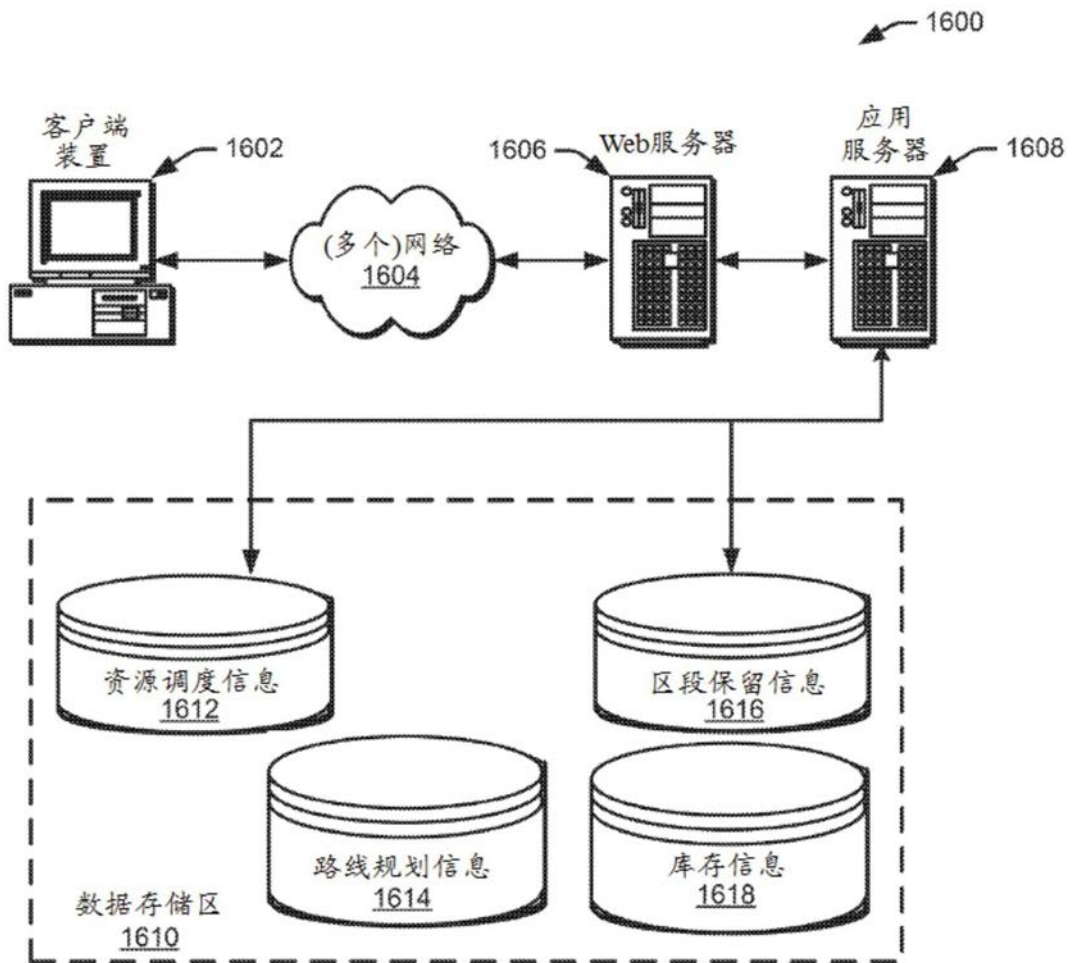


图16