



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112105256 B

(45) 授权公告日 2023.04.14

(21) 申请号 201980017206.6

(22) 申请日 2019.03.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112105256 A

(43) 申请公布日 2020.12.18

(30) 优先权数据
62/761,366 2018.03.21 US
62/752,974 2018.10.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.09.04

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/023201 2019.03.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/183244 EN 2019.09.26

(73) 专利权人 MJNN有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 G·G·科芬 M·P·弗兰
B·L·克莱因 A·勒鲁
T·M·默科 N·R·斯托里

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

专利代理师 沈锦华

(51) Int.Cl.
A01G 31/04 (2006.01)

审查员 张浩

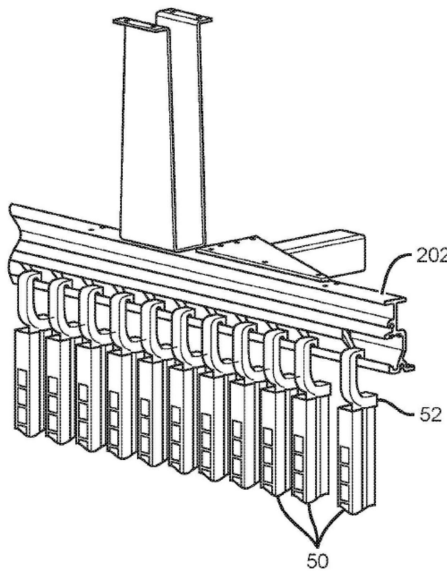
权利要求书1页 说明书10页 附图13页

(54) 发明名称

用于受控环境农业的垂直种植塔输送系统

(57) 摘要

本发明描述一种垂直耕种结构,其具有垂直种植塔及用于使所述垂直种植塔移动通过受控环境,同时暴露于受控照明、气流、湿度及营养支持的相关联输送机构。本发明描述一种往复式凸轮机构,其提供用于在所述受控环境中输送垂直种植塔的具成本效益的机构。所述往复式凸轮机构可经配置以随着输送所述种植塔通过所述受控环境而增加所述种植塔的间距以将在所述塔上种植的作物转位。本发明还描述一种灌溉系统,其将水性营养液提供到所述种植塔。



1. 一种用于受控环境农业的作物生产系统,其包括:
 - 一或多个种植线,所述一或多个种植线中的每一者包括种植输送机构;及
 - 多个种植塔,所述多个种植塔中的每一者垂直地附接到所述一或多个种植线中的相应者且可沿着所述相应者移动;
 - 其中所述一或多个种植线中的每一者的所述种植输送机构包括:
 - 共同梁,其经安置在轨道中,所述轨道在平行于所述种植线的方向上延伸;
 - 致动器,其经附接到所述共同梁,其中所述致动器可操作以在前进冲程及后退冲程中沿着所述轨道移动所述共同梁;及
 - 多个凸轮,其可枢转地附接在沿着所述共同梁的选定位置处,其中每一凸轮经安装以在所述前进冲程期间限制所述凸轮的旋转,从而致使所述凸轮在所述前进冲程期间接合第一种植塔并在第一方向上向前推动所述第一种植塔,且在所述后退冲程期间允许所述凸轮在第二种植塔上方滑动;
 - 其中所述多个凸轮的所述选定位置各自经配置使得:在前进冲程中相应凸轮在所述前进冲程期间接合第一种植塔,且在所述后退冲程期间逐渐升高到与所述第一种植塔相邻的第二种植塔上方。
2. 根据权利要求1所述的作物生产系统,其中所述选定位置的间距在所述第一方向上增加,使得所述种植塔的间距随着伴随所述致动器的连续周期沿着所述一或多个种植线推动此类种植塔而增加。
3. 根据权利要求1所述的作物生产系统,其中所述共同梁具有u形轮廓,所述u形轮廓具有从基部延伸的第一壁及第二壁,且其中所述多个凸轮各自沿着所述第一壁及所述第二壁安装在所述选定位置处。
4. 根据权利要求1所述的作物生产系统,其中所述多个种植塔中的每一者包括附接到所述种植塔的顶部的钩,其中所述钩经配置以接合所述种植线。
5. 根据权利要求4所述的作物生产系统,其中所述一或多个种植线中的每一者包含种植塔的所述钩可滑动地附接到的凹槽区。
6. 根据权利要求1所述的作物生产系统,其中所述多个种植塔中的每一者包括沿着所述种植塔的第一面布置的第一多个穴盘容器。
7. 根据权利要求6所述的作物生产系统,其中所述多个种植塔中的每一者包括沿着所述种植塔的第二面布置的第二多个穴盘容器,其中所述第二面与所述第一面相对。
8. 根据权利要求1所述的作物生产系统,其进一步包括装载机构,所述装载机构包括积放式输送机及一或多个滑架;其中所述一或多个滑架经配置以可释放地接合种植塔;且其中所述积放式输送机经配置以在所述一或多个种植线中的选定种植线上插入种植塔。
9. 根据权利要求2所述的作物生产系统,其中所述共同梁包括第一梁区段、第二梁区段以及附接到所述第一梁区段及所述第二梁区段的相对末端的膨胀接头,其中所述膨胀接头可从收缩位置移动到敞开位置且经配置使得在所述前进冲程期间,所述膨胀接头从所述收缩位置移动到所述敞开位置,由此致使所述第一梁区段向前移动而所述第二梁区段保持静止直到所述膨胀接头在所述敞开位置中为止且在所述后退冲程期间,所述膨胀接头从所述敞开位置移动到所述收缩位置。

用于受控环境农业的垂直种植塔输送系统

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张2018年3月21日申请的第62/761,366号美国临时申请案及2018年10月30日申请的第62/752,974号美国临时申请案的优先权,所述两个临时申请案出于所有目的而以引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明大体上涉及受控环境农业且更特定来说,涉及用于垂直植物生产系统的输送及灌溉系统。

背景技术

[0004] 背景技术部分中所论述的主题不应仅仅由于其在背景技术部分中被提及而被假设是现有技术。类似地,背景技术部分中所提及或与背景技术部分的主题相关联的问题不应被假设为先前已在现有技术中认识到。背景技术部分中的主题仅仅表示不同方法,其本身也可对应于所主张技术的实施方案。

[0005] 在二十世纪,农业逐渐开始从保守产业演变为快速发展的高科技产业。全球粮食短缺、气候变化及社会变革推动从手动实施的农业技术向计算机实施的技术的转变。在过去,且在直到今天的许多情况下,农民只有一个种植季节来生产作物,这将决定他们全年的收入及粮食产量。然而,这种情况正在改变。随着室内种植成为一个选项及更好地获得数据处理技术,农业科学变得更加灵活。其正随着新数据的收集及深刻理解的产生而适应及学习。

[0006] 随着“受控环境农业”的出现,技术的进步使控制自然的影响成为可能。空间利用率、照明的改进效率,及对水栽法、气栽法、作物周期的更好理解,及环境控制系统的进步允许人类更好地重建有利于农业作物种植的环境,其目标是更高的每平方英尺产量、更好的营养及更低的成本。

[0007] 均转让给本发明的受让人且其全文以引用方式并入本文中的第2018/0014485号及第2018/0014486号美国专利公开案描述环境受控的垂直耕种系统。垂直耕种结构(例如,垂直柱)可以开环或闭环方式绕自动输送系统移动,暴露于精确受控的照明、气流及湿度,具有理想的营养支持。

[0008] 第US 2017/0055460号美国专利公开案(“Brusatore”)描述一种用于连续自动地种植植物的系统。植物支撑臂的垂直阵列从中心轴径向地延伸。每一臂包含接纳植物幼苗及液体营养物及水的盆形容器。盆栽臂在种植灯及授粉臂下方旋转。然而,植物之间的间距似乎是固定的。

发明内容

[0009] 本发明涉及一种垂直耕种结构,其具有垂直种植塔及用于使所述垂直种植塔移动通过受控环境,同时暴露于受控条件(例如照明、气流、湿度及营养支持)的相关联输送机

构。本发明描述一种往复式凸轮机构,其提供用于在所述受控环境中输送垂直种植塔的具成本效益的机构。所述往复式凸轮机构可经配置以随着输送所述种植塔通过所述受控环境而增加所述种植塔的间距以将在所述塔上种植的作物转位。本发明还描述一种灌溉系统,其将水性营养液提供到所述垂直种植塔。

附图说明

- [0010] 图1是说明实例受控环境农业系统的功能框图。
- [0011] 图2是实例受控环境农业系统的透视图。
- [0012] 图3A及3B是实例种植塔的透视图。
- [0013] 图4A是实例种植塔的俯视图;图4B是实例种植塔的透视俯视图;图4C是实例种植塔的正视图;且图4D是实例种植塔的一部分的截面正视图。
- [0014] 图5A是实例种植线的一部分的透视图。
- [0015] 图5B是实例塔钩的透视图。
- [0016] 图6是实例种植线及往复式凸轮机构的一部分的分解透视图。
- [0017] 图7A是说明实例往复式凸轮机构的操作的序列图。
- [0018] 图7B说明包含膨胀接头的替代凸轮通道。
- [0019] 图8是实例种植线及灌溉供应线的剖面图。
- [0020] 图9是实例塔钩及集成漏斗结构的侧视图。
- [0021] 图10是实例种植线的剖面图。
- [0022] 图11A是实例塔钩及集成漏斗结构的透视图;图11B是实例塔钩及集成漏斗结构的截面图;且图11C是实例塔钩及集成漏斗结构的俯视图。
- [0023] 图12是实例滑架组合件的正视图。

具体实施方式

[0024] 参考附图进行本描述,在附图中展示各种实例实施例。然而,可使用许多不同的实例实施例,且因此所述描述不应被解释为限于本文中所阐述的实例实施例。相反,提供这些实例实施例使得本发明将是透彻且完整的。对实例性实施例的各种修改对于所属领域技术人员来说将容易显而易见,且在不脱离本发明的精神及范围的情况下,本文中所定义的一般原理可应用于其它实施例及应用。因此,本发明并非意在限于所展示实施例,而是与符合本文中所揭示的原理及特征的最宽范围相一致。

[0025] 下文描述经配置用于高密度种植及作物产量的垂直农业生产系统。图1及2说明根据本发明的一个可能实施例的受控环境农业系统10。在高层面上,系统10可包含环境受控的种植室20、安置在种植室20内且经配置以输送种植塔50与安置在其中的作物的垂直塔输送系统200及中央处理设施30。可种植的作物或植物物种可为向重力性/向地性及/或向光性的,或其某个组合。作物或植物物种可显著不同且包含各种叶类蔬菜、果类蔬菜、开花作物、水果等。受控环境农业系统10可经配置以一次种植单种作物类型或同时种植多种作物类型。

[0026] 系统10还可包含用于在整个作物的种植周期内在回路中移动种植塔的输送系统,所述回路包括经配置以将种植塔装载入及装载出垂直塔输送机构200的分级区域。中央处

理系统30可包含用于将种植塔引导到中央处理系统30中的站——例如,用于将植物装载到种植塔中及从种植塔收割作物的站的一或多个输送机构。种植室20内的垂直塔输送系统200经配置以沿着种植线202支撑及平移一或多个种植塔50。每一种种植塔50经配置以容纳支撑种植在其中的至少一种作物植物的根结构的植物种植介质。每一种种植塔50还经配置以在垂直定向上可释放地附接到种植线202且在种植阶段期间沿着种植线202移动。垂直塔输送机构200及中央处理系统30(包含相关联输送机构)一起可在一或多个计算系统的控制下布置在生产回路中。

[0027] 种植环境20可包含定位在垂直塔输送系统200的种植线202之间且沿着所述种植线202的各个位置处的发光源。发光源可相对于种植线202中的种植塔50侧向地定位且经配置以朝向包含作物自其生长的开口的种植塔50的侧面发射光。发光源可被并入到如第2017/0146226A1号美国公开案中所描述的水冷式LED照明系统中,所述公开案的揭示内容以引用方式并入本文中。在此实施例中,LED灯可经布置成条状结构。条状结构可经放置成垂直定向以侧向于相邻种植塔50的基本上整个长度发射光。多个光条结构可在种植环境20中沿着种植线202布置且布置在种植线202之间。可采用其它照明系统及配置。例如,灯条可水平地布置在种植线202之间。

[0028] 种植环境20还可包含营养物供应系统,所述营养物供应系统经配置以随着作物平移通过种植室20而将水性作物营养液供应给所述作物。如下文更详细地论述,营养物供应系统可将水性作物营养液施加到种植塔50的顶部。重力可致使所述溶液沿着垂直定向的种植塔50向下行进且通过其长度以将溶液供应给沿着种植塔50的长度安置的作物。种植环境20还包含气流源,所述气流源经配置以当将塔安装到种植线202时,将在种植的侧向生长方向上引导气流且引导气流通过种植植物的下冠,以便扰乱种植植物的下冠的边界层。在其它实施方案中,气流可来自冠的顶部或正交于植物生长的方向。种植环境20还可包含用于调节至少一个种植条件(例如空气温度、气流速度、相对空气湿度及环境二氧化碳气体含量)的控制系统及相关联传感器。控制系统可例如包含例如HVAC单元、冷却器、风扇以及相关管道及空气处置设备的子系统。种植塔50可具有识别属性(例如条形码或RFID标签)。受控环境农业系统10可包含用于在农业生产周期的各个阶段期间跟踪种植塔50及/或用于控制种植环境的一或多个条件的对应传感器及编程逻辑。控制系统的操作及塔在种植环境中的保持时间长度可取决于多种因素而显著不同,例如作物类型及其它因素。

[0029] 如上文所论述,将具有新移栽作物或幼苗的种植塔50从中央处理系统30转移到垂直塔输送系统200中。垂直塔输送系统200在种植环境20中以受控方式沿着相应种植线202移动种植塔50,如下文更详细地论述。安置在种植塔50中的作物暴露于种植环境的受控条件(例如,光、温度、湿度、气流、水性营养物供应等)。控制系统能够进行自动调整以优化种植室20内的种植条件以对各种属性(例如作物产量、视觉吸引力及营养成分)进行持续改进。另外,第2018/0014485号及第2018/0014486号美国专利公开案描述应用机器学习及其它操作以优化垂直耕种系统中的种植条件。在一些实施方案中,环境条件传感器可经安置在种植塔50上或在种植环境20中的各个位置处。当作物准备好被收割时,将具有待收割作物的种植塔50从垂直塔输送系统200转移到中央处理系统30以进行收割及其它处理操作。

[0030] 如下文更详细地论述,中央处理系统30可包含处理站,所述处理站涉及将幼苗注入到塔50中,从塔50收割作物及清洁已经收割的塔50。中央处理系统30还可包含在此类处

理站之间移动塔50的输送机构。例如,如图1说明,中央处理系统30可包含收割站32、清洗站34及移栽站36。收割站32可将经收割作物存放到食品安全容器中且可包含用于将所述容器输送到超出本发明的范围的收割后设施(例如,制备、清洗、包装及储存)的输送机构。

[0031] 受控环境农业系统10还可包含用于在种植环境20与中央处理系统30之间转移种植塔50的一或多个输送机构。在所展示实施方案中,中央处理系统30的站在水平定向上对种植塔50进行操作。在一个实施方案中,自动拾取站43及相关联控制逻辑可为可操作的以从装载位置可释放地抓握水平塔,将所述塔旋转到垂直定向且将所述塔附接到转移站用于插入到种植环境20的选定植物线202中。在种植环境20的另一末端,自动搁置站41及相关联控制逻辑可为可操作的以可释放地抓握垂直定向的种植塔50且从缓冲位置移动垂直定向的种植塔50,将种植塔50旋转到水平定向且将其放置在输送系统上用于装载到收割站32中。在一些实施方案中,如果由于质量控制问题而拒绝种植塔50,那么输送系统可绕过收割站32且将所述种植塔运送到清洗站34(或某个其它站)。自动搁置站41及拾取站43可各自包括六自由度机器人臂,例如FANUC机器人。站41及43还可包含用于在相对末端处可释放地抓握种植塔50的末端执行器。

[0032] 种植环境20还可包含用于将种植塔50插入到选定种植线202中及从种植线202卸载种植塔50的自动装载及卸载机构。在一个实施方案中,装载转移输送机构47可包含积放式输送机系统,所述积放式输送机系统将各自装载有种植塔50的滑架从自动拾取站43输送到选定种植线202。垂直种植塔输送系统200可包含传感器(例如RFID或条形码传感器)以识别给定种植塔50且在控制逻辑下,选择用于种植塔50的种植线202。用于种植线选择的特定算法可取决于数个因素而显著不同且超出本发明的范围。装载转移输送机构47还可包含将种植塔50推动到种植线202上的一或多个线性致动器。类似地,卸载转移输送机构45可包含将种植塔从种植线202推动或拉动到另一积放式输送机机构上的一或多个线性致动器,所述另一积放式输送机机构将滑架1202从种植线202输送到自动搁置站41。图12说明可用于积放式输送机机构中的滑架1202。在所展示实施方案中,滑架1202包含钩1204,所述钩1204接合附接到种植塔50的钩52。闩锁组合件1206可在种植塔50正被输送到系统中的各个位置及正从系统中的各个位置被输送时固定种植塔50。在一个实施方案中,装载转移输送机构47及卸载转移输送机构45中的一或两者可配置有足够的轨道距离以建立可在其中缓冲种植塔50的区带。例如,可控制卸载转移输送机构45,使得其将待收割的一组塔50卸载到滑架1202为止,所述滑架1202被移动到轨道的缓冲区。在另一末端上,自动拾取站43可将待插入到种植环境20中的一组塔装载到滑架1202上,所述滑架1202经安置在与装载转移输送机构47相关联的轨道的缓冲区中。

[0033] 种植塔

[0034] 种植塔50为个别作物在系统中生长提供位点。如图3A及3B说明,钩52附接到种植塔50的顶部。钩52允许当将种植塔50插入到垂直塔输送系统200中时由种植线202支撑种植塔50。在一个实施方案中,种植塔50测量为5.172米长,其中所述塔的挤制长度是5.0米,且钩是0.172米长。在一个实施方案中,种植塔50的挤制矩形轮廓测量为57mm×93mm(2.25"×3.67")。钩52可经设计使得其外部总尺寸不大于种植塔50的挤制轮廓。

[0035] 种植塔50可包含沿着种植塔50的至少一个面排列的一组种植位点53。在图4A中所展示的实施方案中,种植塔50在相对面上包含种植位点53,使得植物从种植塔50的相对侧

突出。移栽站36可将幼苗移栽到种植塔50的空种植位点53中,其中所述幼苗保持在适当位置直到其完全成熟并准备好被收割为止。在一个实施方案中,种植位点53的定向垂直于种植塔50沿着种植线202的行进方向。换句话说,当将种植塔50插入到种植线202中时,植物从种植塔50的相对面延伸,其中相对面平行于行进方向。尽管优选双面配置,但是本发明也可用于其中植物沿着种植塔50的单个面生长的单面配置中。

[0036] 2018年5月1日申请的出于所有目的而以引用方式并入本文中的第15/968,425号美国申请案揭示可结合本发明的各种实施例使用的实例塔结构配置。种植塔50可各自由卡扣在一起以形成一个结构的三个挤制件组成。如所展示,种植塔50可为双面水栽塔,其中塔体103包含界定第一塔腔54a及第二塔腔54b的中心壁56。图4B提供实例性双面、多件式水栽种植塔50的透视图,其中每一前面板101以铰链方式耦接到塔体103。在图4B中,每一前面板101处于闭合位置中。塔腔54a、54b的横截面可在1.5英寸×1.5英寸到3英寸×3英寸的范围内,其中术语“塔腔”是指在塔体内且在塔面板后面的区。种植塔50的壁厚可在0.065英寸到0.075英寸的范围内。双面水栽塔(例如图4A及4B中所展示)具有两个背对背腔54a及54b,每一背对背腔优选地在所注大小范围内。在所展示配置中,种植塔50可包含:(i)第一V形凹槽58a,其沿着塔体103的第一侧的长度延长,其中所述第一V形凹槽居于第一塔腔与第二塔腔之间;及(ii)第二V形凹槽58b,其沿着塔体103的第二侧的长度延长,其中所述第二V形凹槽居于第一塔腔与第二塔腔之间。V形凹槽58a、58b可促进中央处理系统30中的站中的一或多者对塔50的对位、对准及/或馈送。第15/968,425号美国申请案揭示有关可用于本发明的实施例中的塔的构造及使用的额外细节。V形凹槽58a、58b的另一属性是其有效地使中心壁56变窄以促成水性营养液在植物的根所在位置的流动。

[0037] 如图4C及4D说明,种植塔50可各自包含与兼容的穴盘支架158一起使用的多个切口105,例如各自在2018年3月2日申请的第15/910,308号、第15/910,445号及第15/910,796号共同转让及共同待决的美国专利申请案中的任一者中所揭示的穴盘支架,所述专利申请案的揭示内容出于任何及所有目的而并入本文中。如所展示,穴盘支架158可相对于前面板101及种植塔50的垂直轴定向成45度角。然而,应理解,本申请案中所揭示的塔设计不限于与这个特定穴盘支架或定向一起使用,相反,本文中所揭示的塔可与任何适当大小及/或定向的穴盘支架一起使用。因而,切口105仅意味着说明而不限制本塔设计且应理解,本发明同样适用于具有其它切口设计的塔。穴盘支架158可经超声焊接、结合或以其它方式附接到塔面101。

[0038] 铰链式前面板的使用简化种植塔的制造,以及一般来说简化塔维护及特定来说简化塔清洁。例如,为了清洁种植塔50,面板101从主体103接触铰接(即,敞开)以允许容易地接达主体腔54a或54b。在清洁之后,闭合面板101。由于所述面板在整个清洁过程中保持附接到塔体103,因此更容易维持零件对准且确保每一面板与适当塔体恰当地相关联,且假设是双面塔体,那么每一面板101与特定塔体103的适当侧恰当地相关联。另外,如果在面板101处于开启位置中的情况下执行栽培及/或收割操作,那么对于双面配置,两个面板可为敞开的且同时被栽培及/或被收割,因此消除栽培及/或收割一侧且接着旋转塔并栽培及/或收割另一侧的步骤。在其它实施例中,在面板101处于闭合位置中的情况下执行栽培及/或收割操作。

[0039] 其它实施方案是可能的。例如,种植塔50可包括任何塔体,所述塔体包含从塔面

(塔的一部分或个别部分或者整个塔长度)延伸到塔内部中的一些体积的介质或芯吸介质。例如,以引用方式并入本文中的第8,327,582号美国专利揭示一种种植管,所述种植管具有从所述管的面延伸的槽及容纳在所述管中的种植介质。其中所说明的管可被修改为在其顶部处包含钩52且在相对面上具有槽,或在单个面上具有一个槽。

[0040] 垂直塔输送系统

[0041] 图5A说明垂直塔输送系统200中的种植线202的一部分。在一个实施方案中,垂直塔输送系统200包含平行布置的多个种植线202。如上文所论述,自动装载及卸载机构45、47可在自动控制系统下从种植线202选择性地装载及卸载种植塔50。如图5A展示,每一种种植线202支撑多个种植塔50。在一个实施方案中,出于支撑目的,可通过托架将种植线202安装到种植结构的顶板(或其它支撑件)。钩52钩入种植塔50且将种植塔50附接到种植线202,由此随着所述塔平移通过垂直塔输送系统200而在垂直定向中支撑所述塔。输送机构移动附接到相应种植线202的塔50。

[0042] 图10说明根据本发明的一个可能实施方案的种植线202的横截面或挤制轮廓。种植线202可为铝挤制件。种植线202的挤制轮廓的底部区段包含面向上凹槽1002。如图9展示,种植塔50的钩52包含主体53及接合凹槽1002的对应部件58,如图5A及8中所展示。这些钩允许种植塔50钩入凹槽1002且沿着种植线202滑动,如下文所论述。相反,可从种植线202手动地从种植塔50脱钩且移出生产。如果种植塔50中的作物患病,那么这种能力可能是必需的,使得其不会感染其它塔。在一个可能实施方案中,凹槽1002的宽度(例如,13mm)是两个不同因素之间的优化。首先,凹槽越窄,结合速率越有利且种植塔钩52越不可能结合。相反,凹槽越宽,由于具有更大接触面,种植塔钩的磨损越慢。类似地,凹槽的深度(例如10mm)可能是空间节省与塔钩意外掉落之间的优化。

[0043] 钩52可为射出成型的塑料零件。在一个实施方案中,塑料可为聚氯乙烯(PVC)、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或乙酰均聚物(例如,杜邦公司出售的Delrin®)。钩52可经溶剂结合到种植塔50的顶部及/或使用铆钉或其它机械紧固件来附接。座落在种植线202的矩形凹槽1002中的凹槽接合部件58可为单独零件或与钩52一体地形成。如果是单独的,那么这个零件可由具有比所述钩的其余部分更低的摩擦及更好的耐磨性的不同材料制成,例如超高分子量聚乙烯或乙缩醛。为了保持低组装成本,这个单独零件可卡扣到钩52的主体上。替代地,所述单独零件也可包覆成型到钩52的主体上。

[0044] 如图6及10说明,种植线202的挤制轮廓的顶部区段含有面向下的t形槽1004。线性导向滑架610(下文所描述)座落在t形槽1004内。t形槽1004的中心部分可凹入以提供与可从滑架610突出的螺钉或包覆成型插入件的间隙。每一种种植线202可由数个单独制造的区段组装而成。在一个实施方案中,种植线202的区段当前成型为6米长度。较长区段减少结合部的数目,但更容易受热膨胀问题影响且可能显著地增加装运成本。未由附图捕获的额外特征包含不连续的安装孔以将种植线202附接到顶板结构且附接灌溉线。t形槽1004的中断也可被加工到输送机主体中。这些中断允许移除线性导向滑架610而不必将其一路滑出种植线202的末端。

[0045] 在种植线202的两个区段之间的结合部处,块612可位于两个输送机主体的t形槽1004中。这个块用于对准两个种植线区段,使得种植塔50可在其之间平滑地滑动。用于对准种植线202的区段的替代方法包含使用装配到所述区段的挤制轮廓中的定位销孔中的定位

销。块612可经由固定螺钉夹紧到种植线区段中的一者,使得种植线区段仍可聚到一起且由于热膨胀而分开。基于相对严格的公差及所需的少量材料,可加工这些块。青铜由于其强度、耐腐蚀性及耐磨性而可用作此类块的材料。

[0046] 在一个实施方案中,垂直塔输送系统200利用往复式凸轮结构以沿着种植线202移动种植塔50。图5A、6及7说明可用于跨种植线202移动种植塔50的一个可能的往复式凸轮机构。凸轮602沿着种植线202物理地推动种植塔50。凸轮602经附接到凸轮通道604(参见下文)且绕一个轴旋转。在前进冲程上,所述旋转受凸轮通道604的顶部限制,从而致使凸轮602向前推动种植塔50。在储备或后退冲程上,所述旋转不受限,由此允许凸轮逐渐升高到种植塔50的顶部上方。以这种方式,凸轮机构可来回行进相对短距离,但种植塔50始终沿着种植线202的整个长度向前前进。在一个实施方案中,控制系统控制每一种种植线202的往复式凸轮机构的操作以根据经编程的种植序列来移动种植塔50。在移动周期之间,致动器及往复式凸轮机构保持闲置。

[0047] 凸轮602的枢轴点及附接到凸轮通道604的构件由结合柱606及六角头螺栓608组成;替代地,可使用止动U形夹销。六角头螺栓608经定位在凸轮通道604的内侧上,其中不存在轴向方向上的工具接达。作为六角头,其可用扳手径向地接达以便移除。鉴于全规模农场所需的大量凸轮,例如射出成型的大批量制造工艺是适合的。ABS鉴于其刚度及相对低成本是适合材料。对应种植线202的所有凸轮602经附接到凸轮通道604。当连接到致动器时,这个共同梁结构允许所有凸轮602一致地来回行进。在一个实施方案中,凸轮通道604的结构是由金属片构成的面向下的u形通道。凸轮通道604的面向下壁中的孔使用结合柱606为凸轮602提供安装点。

[0048] 在一个实施方案中,凸轮通道604的孔以12.7mm间隔隔开。因此,凸轮602可以12.7mm的任意整数倍相对于彼此隔开,从而仅用一个凸轮通道允许可变种植塔间距。凸轮通道604的基部在前进冲程期间限制凸轮的旋转。凸轮通道604的所有自由度(除在轴向方向上的平移之外)受安装到凸轮通道604的基部且座落在种植线202的t形槽1004中的线性导向滑架610(下文所描述)约束。凸轮通道604可由单独地形成的区段(例如6米长的区段)组装而成。较长区段减少结合部的数目,但可能显著地增加装运成本。热膨胀通常不是问题,因为凸轮通道仅在连接到致动器的末端处固定。鉴于所需的简单轮廓、薄壁厚及长的长度,金属片轧制是用于凸轮通道的适合制造工艺。镀锌钢是用于这个应用的适合材料。

[0049] 线性导向滑架610经螺接到凸轮通道604的基部且座落在种植线202的t形槽1004内。在一些实施方案中,凸轮通道的每6米区段使用一个滑架610。滑架610可为射出成型塑料以获得低摩擦及耐磨性。螺栓通过拧入包覆成型的螺纹插入件而将滑架610附接到凸轮通道604。如果移除选定凸轮602,那么这些螺栓是可接达的,使得可将凸轮通道604的区段从滑架卸下并移除。

[0050] 凸轮通道604的区段在每一接头处用成对连接器616接合在一起;替代地,可使用止动U形夹销。连接器616可为具有以20mm间距(与凸轮通道604相同的孔间距)加工的孔的镀锌钢条。肩螺栓618穿过外部连接器中的孔,穿过凸轮通道604,且拧入内部连接器中的孔中。如果肩螺栓落在与凸轮602相同的位置中,那么其可取代结合柱而被使用。肩螺栓618的头是可接达的,使得可移除连接器及凸轮通道的区段。

[0051] 在一个实施方案中,凸轮通道604附接到线性致动器,所述线性致动器在前进及后

退冲程中进行操作。适合线性致动器可为由弗吉尼亚州雷德福的汤姆森公司提供的T13-B4010MS053-62致动器；然而，本文中所描述的往复式凸轮机构可用多种不同致动器来操作。线性致动器可在种植线202的卸载端而非装载端处附接到凸轮通道604。在此配置中，当在致动器的前进冲程（其拉动凸轮通道604）期间由塔50装载时，凸轮通道604处于张力下，这降低屈曲的风险。图7A说明根据本发明的一个实施方案的往复式凸轮机构的操作。在步骤A中，线性致动器已完成整个后退冲程；如图7A说明，一或多个凸轮602可逐渐升高到种植塔50的钩52上方。图7A的步骤B说明在前进冲程结束时凸轮通道604及凸轮602的位置。在前进冲程期间，凸轮602接合对应种植塔50且如所展示般沿着种植线202在前进方向上移动对应种植塔50。图7A的步骤C说明如何将新种植塔50（塔0）插入到种植线202上及可如何移除最后一个塔（塔9）。步骤D说明凸轮602如何在后退冲程期间以与步骤A相同的方式逐渐升高到种植塔50上方。这个往复式凸轮机构的基本原理是来自所述致动器的相对短冲程的往复运动在一个方向上沿着种植线202的整个长度运输塔50。更具体来说，在前进冲程上，种植线202上的所有种植塔50被向前推动一个位置。在后退冲程上，凸轮602逐渐升高到后一个位置的相邻塔上方；种植塔保持在同一位置中。如所展示，当种植线202为满时，可在线性致动器的每一前进冲程之后装载新种植塔且卸载最后一个塔。在一些实施方案中，钩52的顶部部分（在凸轮推动的部分）稍窄于种植塔50的宽度。因此，当种植塔50彼此紧邻间隔时，凸轮602仍可与钩52接合。图7A展示用于教学目的的9个种植塔。种植线202可经配置为相当长（例如，40米），从而允许种植线202上的更大数目的（例如400到450个）塔50。其它实施方案是可能的。例如，最小塔间距可被设置为等于或稍大于种植塔50的横向距离的两倍以允许在每一周期中将一个以上种植塔50装载到种植线202上。

[0052] 又进一步，如图7A中所展示，沿着凸轮通道604的凸轮602的间距可经布置以实现沿着种植线202的一维植物转位。换句话说，往复式凸轮机构的凸轮602可经配置使得塔50之间的间距随着其沿着种植线202行进而增加。例如，凸轮602之间的间距可从种植线202的开端处的最小间距逐渐增加到种植线202的末端处的最大间距。这对于在植物生长时将植物隔开以增加光截获并提供间距，且通过可变间距或转位来增加种植室20及相关联组件（例如照明）的有效使用可能是有用的。在一个实施方案中，线性致动器的前进及后退冲程距离等于（或稍大于）最大塔间距。在线性致动器的后退冲程期间，种植线202的开端处的凸轮602可逐渐升高到且越过种植塔50。在前进冲程上，此类凸轮602可在接合塔之前行进相应距离，而沿着种植线202定位成更远的凸轮可在接合塔之前行进较短距离或基本上立即接合。在此布置中，最大塔间距无法大于最小塔间距的两倍；否则，凸轮602可逐渐升高到两个或更多个种植塔50上方及接合两个或更多个种植塔50。如果期望更大的最大塔间距，那么可使用膨胀接头，如图7B中所说明。膨胀接头允许凸轮通道604的前区段在凸轮通道604的后端之前开始行进，由此实现长冲程。特定来说，如图7B展示，膨胀接头710可附接到凸轮通道604的区段604a及604b。在初始位置（702）中，膨胀接头710是收缩的。在前进冲程（704）开始时，凸轮通道604的前区段604a向前移动（随着致动器拉动凸轮通道604），而后区段604b保持静止。一旦螺栓在膨胀接头710上降至最低点到敞开位置（706），凸轮通道604的后区段604b便也开始向前移动。在后退冲程（708）上，膨胀接头710收缩到其初始位置。在后退冲程期间，前区段604a向后移动，而后区段保持静止，直到膨胀接头到达初始收缩位置为止。

[0053] 可采用用于移动垂直种植塔50的其它实施方案。例如,可采用导螺杆机构。在此实施方案中,导螺杆的螺纹接合安置在种植线202上的钩52且随着轴件旋转而移动种植塔50。螺纹的螺距可变动以实现一维植物转位。在另一实施方案中,带式输送机包含沿着所述带的桨叶,可用于沿着种植线202移动种植塔50。在此实施方案中,沿着种植线202布置一系列带式输送机,其中每一带式输送机在桨叶当中包含不同间距距离以实现一维植物转位。在又其它实施方案中,积放式输送机可用于沿着种植线202移动种植塔50。又进一步,尽管各个图中所说明的种植线202与地面水平,但是种植线202可相对于塔行进方向向下或向上倾斜成小角度。又进一步,虽然上文所描述的种植线202进行操作以在单个方向上输送种植塔,但是种植线202可经配置为包含多个区段,其中每一区段经定向在不同方向上。例如,两个区段可彼此垂直。在其它实施方案中,两个区段可彼此平行地延长,但是具有相反的行进方向。

[0054] 灌溉与水性营养物供应

[0055] 图8说明可如何将灌溉线802附接到种植线202以随着种植塔50平移通过垂直塔输送系统200而将水性营养液供应给安置在种植塔50中的作物。在一个实施方案中,灌溉线802是加压线,其中随着塔50每一移动周期沿着种植线202前进,隔开的开口或孔经安置在塔50的预期位置处。例如,灌溉线802可为具有1.5英寸内径的PVC管及具有0.125英寸直径的孔。灌溉线802跨种植线202的整个长度的长度可为近似40米。为了确保跨整个线的足够压力,灌溉线802可分成更短区段,每一区段经连接到歧管,使得压降降低。

[0056] 如图8展示,漏斗结构902从灌溉线802收集水性营养液且将水性营养液分配到种植塔50的(若干)腔54a、54b,如下文更详细地论述。图9及11A说明漏斗结构902可经集成到钩52中。例如,漏斗结构902可包含收集器910、第一及第二通道912以及第一及第二槽920。如图9说明,所述钩的凹槽接合部件58可经安置在总体钩结构的中心线处。漏斗结构902可包含与收集器910相对地向下且在中心线的相对侧上延伸的凸缘区段906。第一及第二通道的出口基本上定向成与凸缘区段906的相对侧相邻且在所述相对侧处,如所展示。凸缘区段906与种植塔50的中心壁56对位以使钩52居中且提供额外位点来将钩52附着或以其它方式附接到种植塔50。换句话说,当将钩52插入到种植塔50的顶部中时,中心壁56经安置在凸缘区段906之间。在所展示实施方案中,收集器910从钩52的主体53侧向地延伸。

[0057] 如图11B展示,漏斗结构902包含收集器910,所述收集器910收集营养液且通过通道912将所述营养液均匀地分配到塔的内腔54a及54b。通道912经配置以在中心壁56附近分配水性营养液且在穴盘支架158的末端上方及预期栽培作物的根的位置处分配到每一腔54a、54b的中心后部。如图11C说明,在一个实施方案中,漏斗结构902包含促成营养液均匀地分配到两个通道912的槽920。为了使营养液到达通道912,营养液必须流过槽920中的一者。每一槽920可具有V状配置,其中槽开口的宽度随着其从收集器910的基本上平坦的底表面922延伸而增加。例如,每一槽920可在底表面922处具有1毫米的宽度。槽920的高度可在25毫米的高度上增加到5毫米。槽920的配置致使通过灌溉线802以足够流速供应的营养液累积在收集器910中,这与直接流到特定通道912相反,且流过槽920以促成营养液均匀地分配到两个通道912。

[0058] 在操作中,灌溉线802将水性营养液提供到漏斗结构902,所述漏斗结构902将水均匀地分配到种植塔50的相应腔54a、54b。从漏斗结构902供应的水性营养液随着其向下滴流

而灌溉容纳在相应穴盘容器158中的作物。在一个实施方案中,安置在每一种植线202下方的排水槽从种植塔50收集过量水以进行再循环。

[0059] 其它实施方案是可能的。例如,漏斗结构可配置有单独地操作以将水性营养液分配到种植塔50的对应腔54a、54b的两个单独收集器。在此配置中,灌溉供应线可经配置具有用于每一收集器的一个孔或孔隙。在一些实施方案中,发射器结构或喷嘴可经附接到每一孔或孔隙。在其它实施方案中,塔可仅包含单个腔且仅在塔的单个面101上包含穴盘容器。此配置仍要求使用将水性营养液引导到塔腔的所要部分的漏斗结构,但是消除对单独收集器或促进均匀分配的其它结构的需要。

[0060] 尽管本发明可能未明确地揭示本文中所描述的一些实施例或特征可与本文中所描述的其它实施例或特征组合,但是本发明应被解读为描述所属领域一般技术人员将可实践的任何此类组合。除非本文中另有指示,否则术语“包含”应意指“包含但不限于”,且术语“或”应以“及/或”的方式意指非排他性“或”。

[0061] 所属领域技术人员将认识到,在一些实施例中,本文中所描述的一些操作可通过人工实施方案或通过自动及手动方式的组合来执行。当操作不是完全自动时,本发明的实施例的适当组件可例如接收操作的人工执行的结果,而非通过其自身的操作能力来产生结果。

[0062] 本文中所引用的所有参考文献、文章、公开案、专利、专利公开案及专利申请案的全文在其与本文中明确地描述的本发明的实施例不矛盾的程度出上出于所有目的而以引用方式并入。然而,本文中所引用的任何参考文献、文章、公开案、专利、专利公开案及专利申请案均未提及,且不应被视为对其构成有效现有技术或形成世界上任何国家的公共常识的部分或其揭示关键事项的承认或任何形式的暗示。

[0063] 已仅以实例的方式且非限制的方式参考特定实施例详细地说明及描述本发明的若干特征及方面。所属领域技术人员将明白,所揭示实施例的替代实施方案及各种修改均在本发明的范围及构思内。因此,本发明意在被视为仅受所附权利要求书的范围限制。

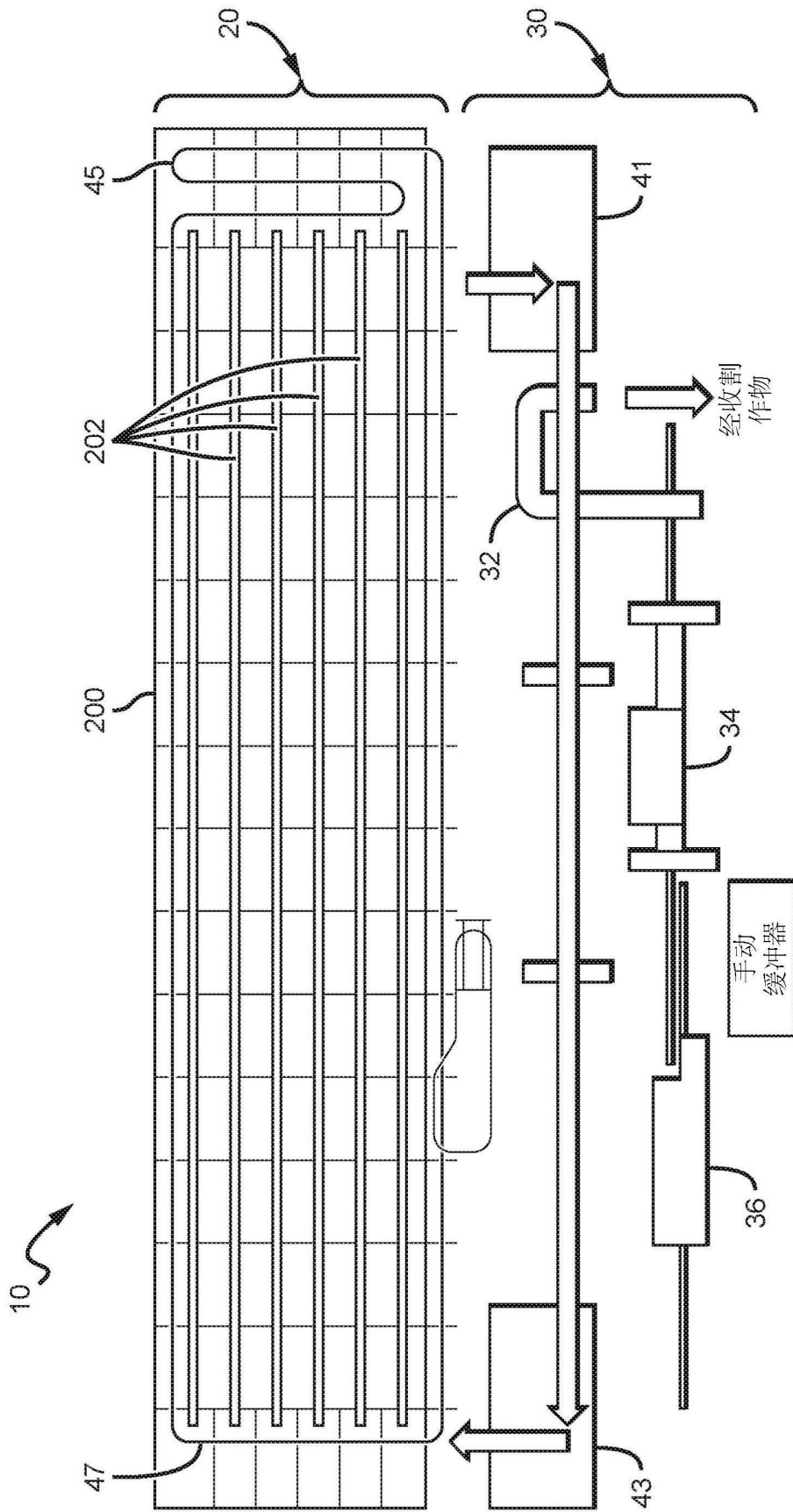


图1

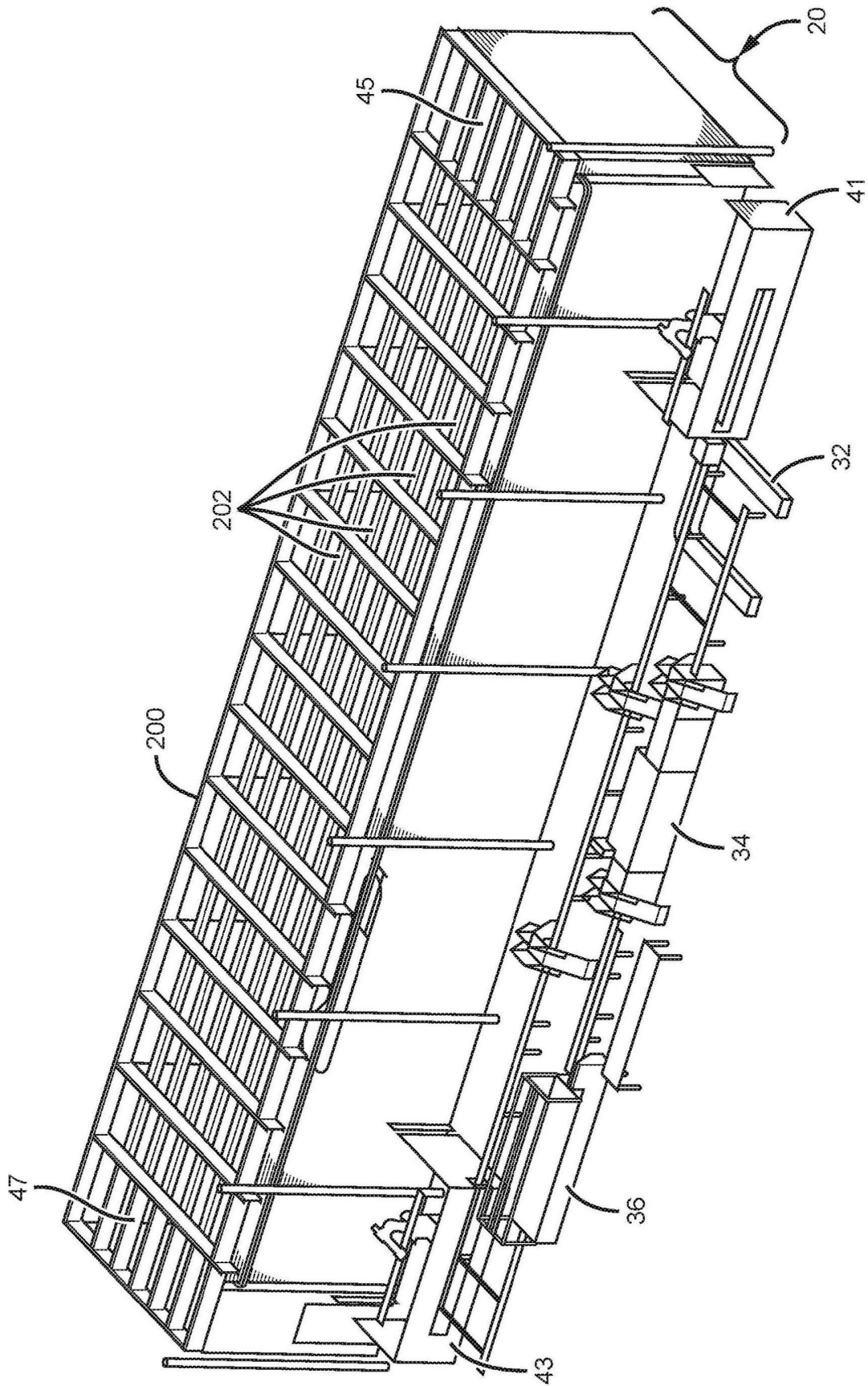


图2

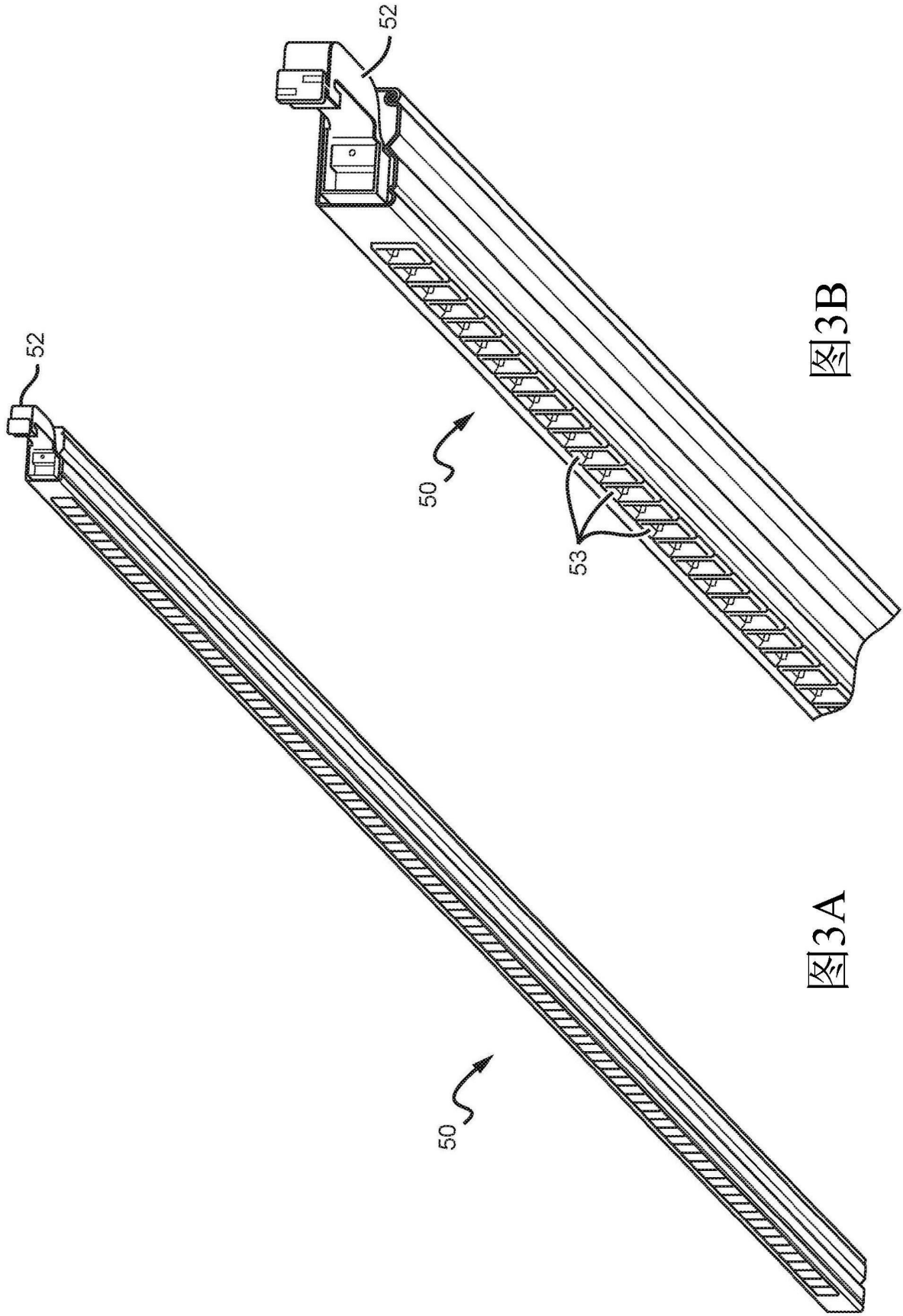


图3B

图3A

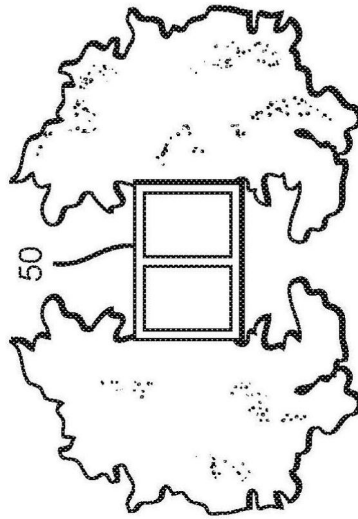


图4A

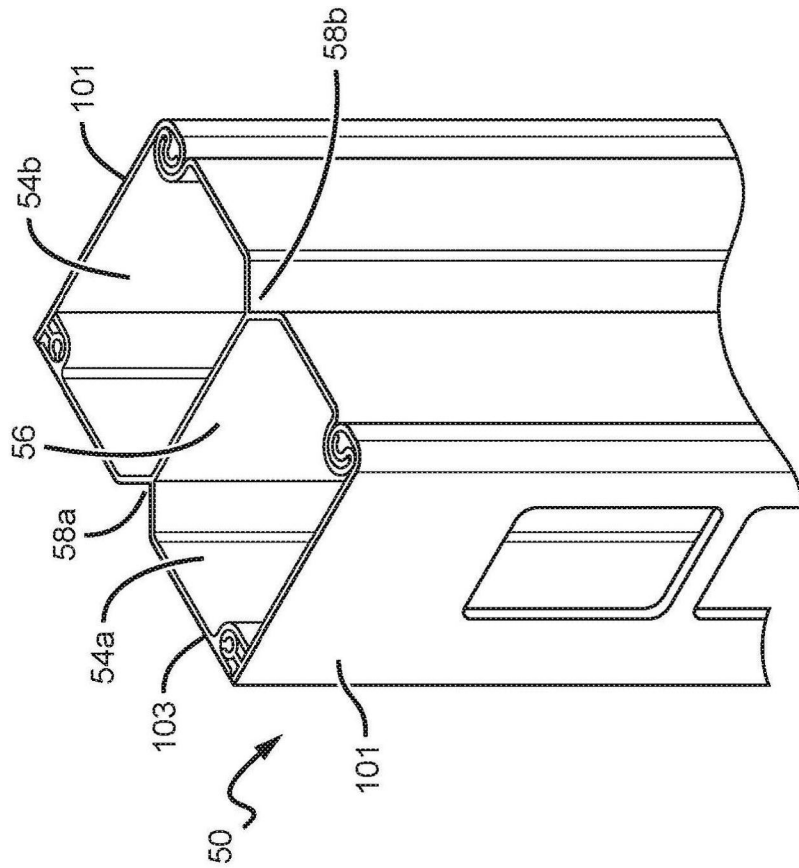


图4B

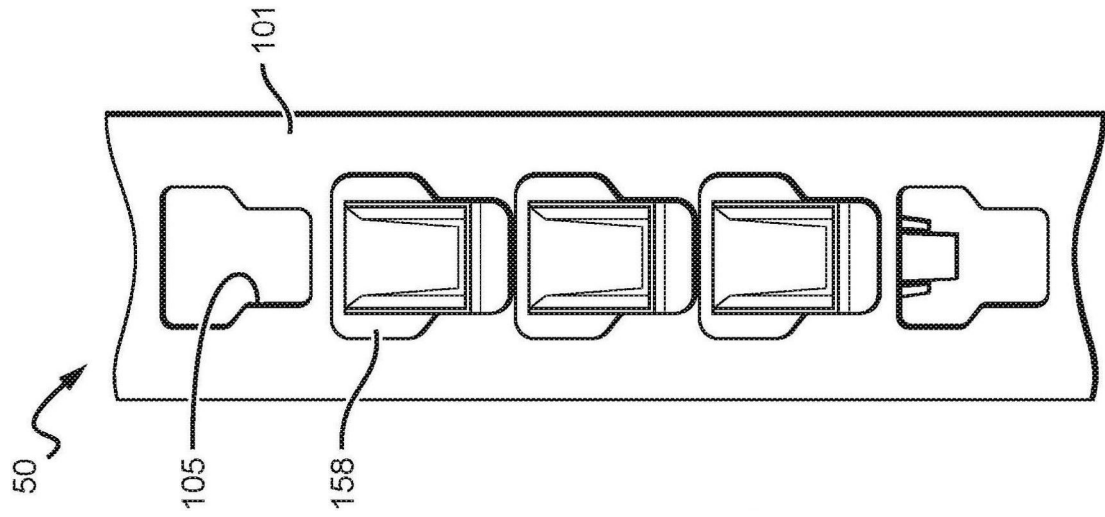


图4C

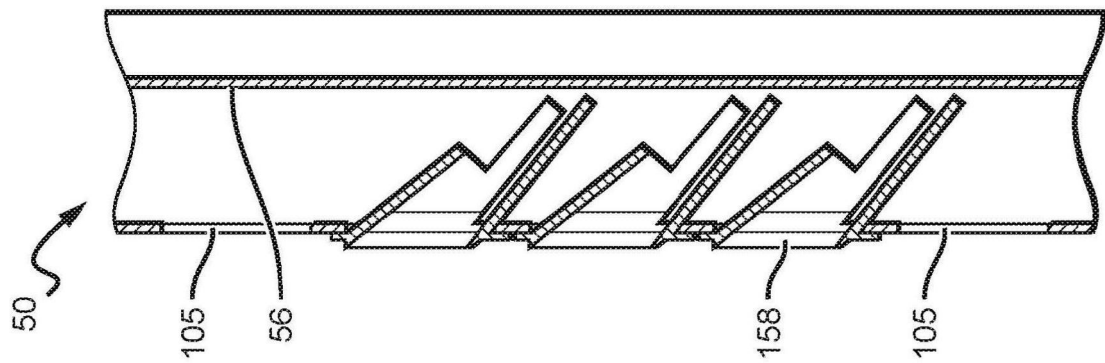


图4D

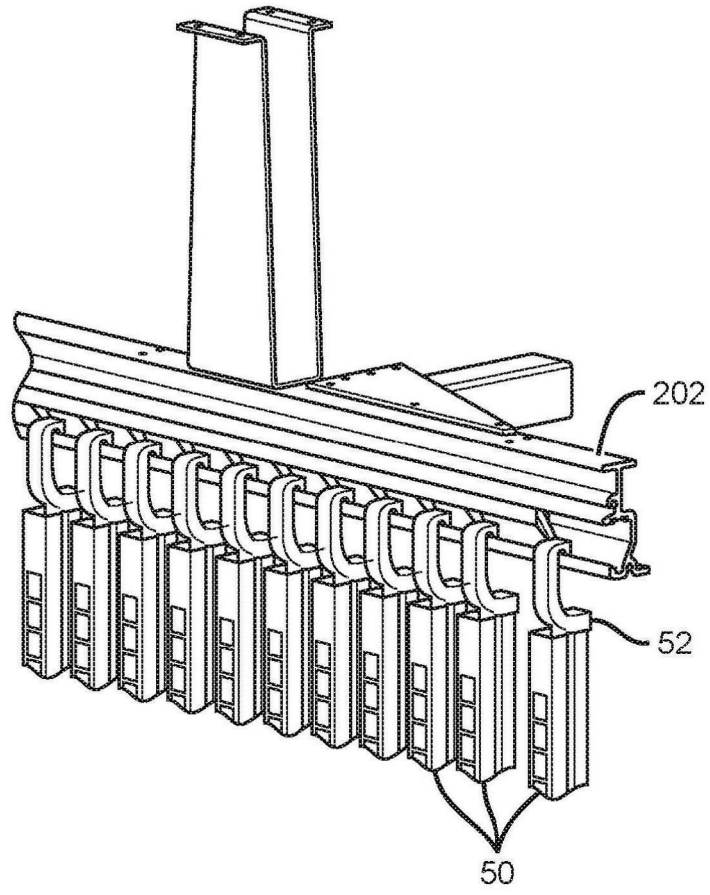


图5A

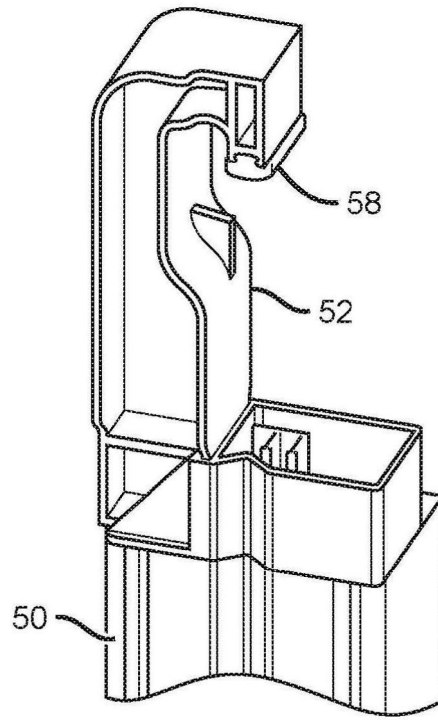


图5B

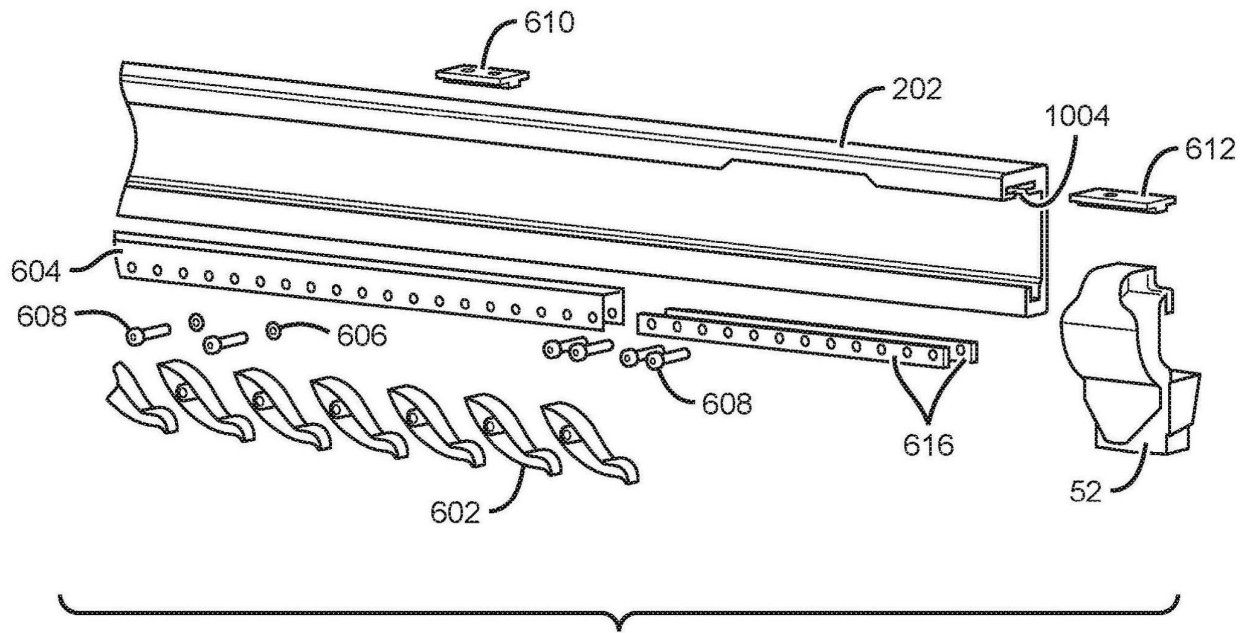
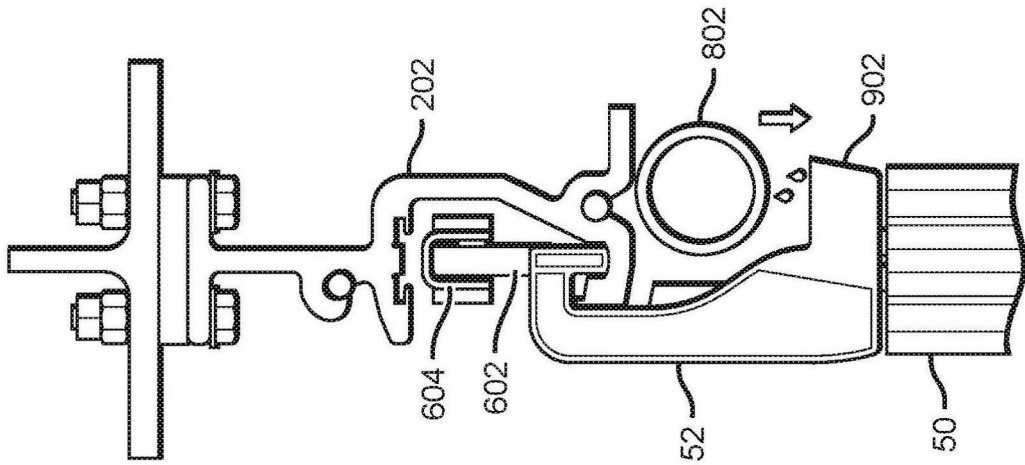
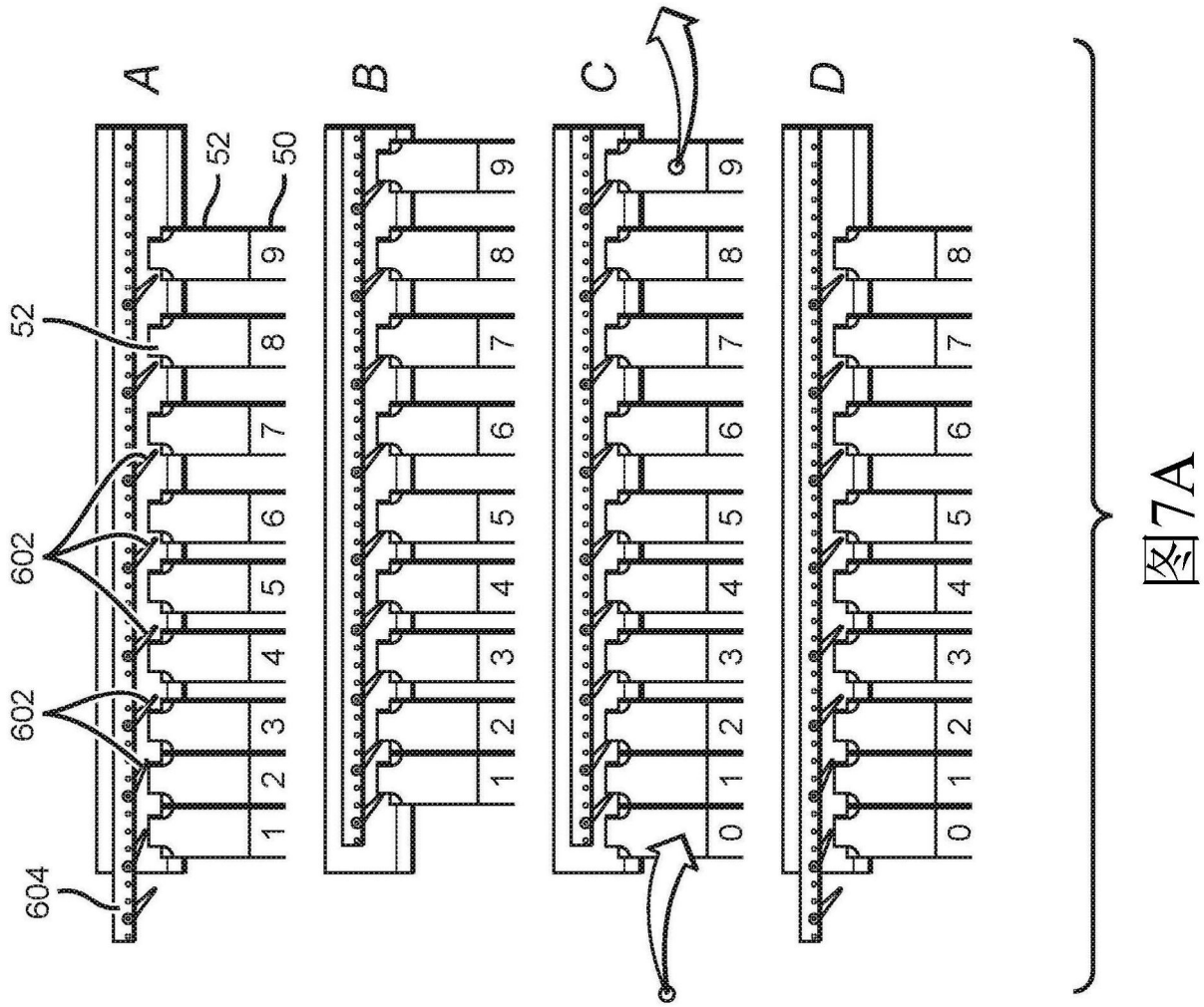


图6

图6



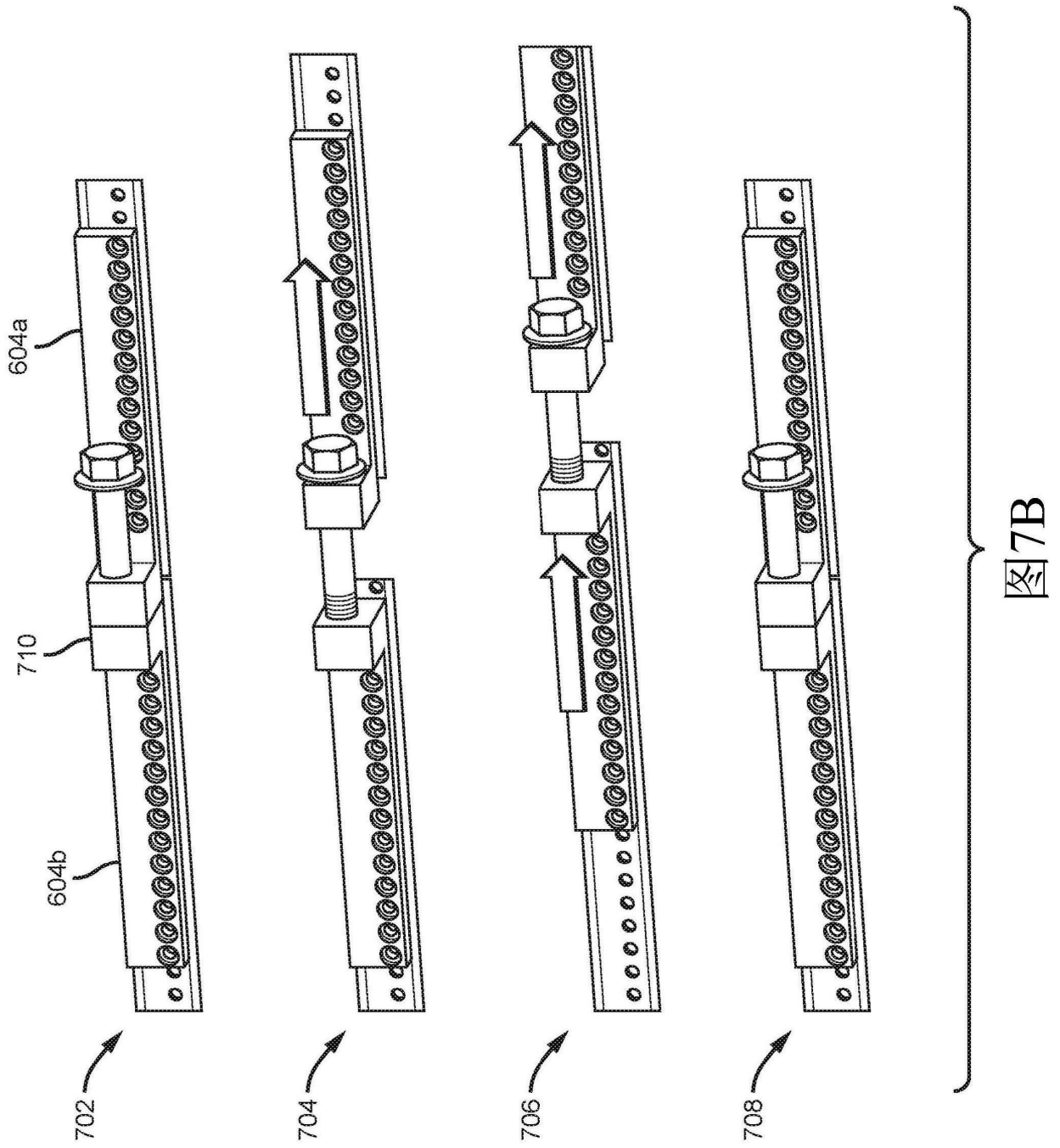
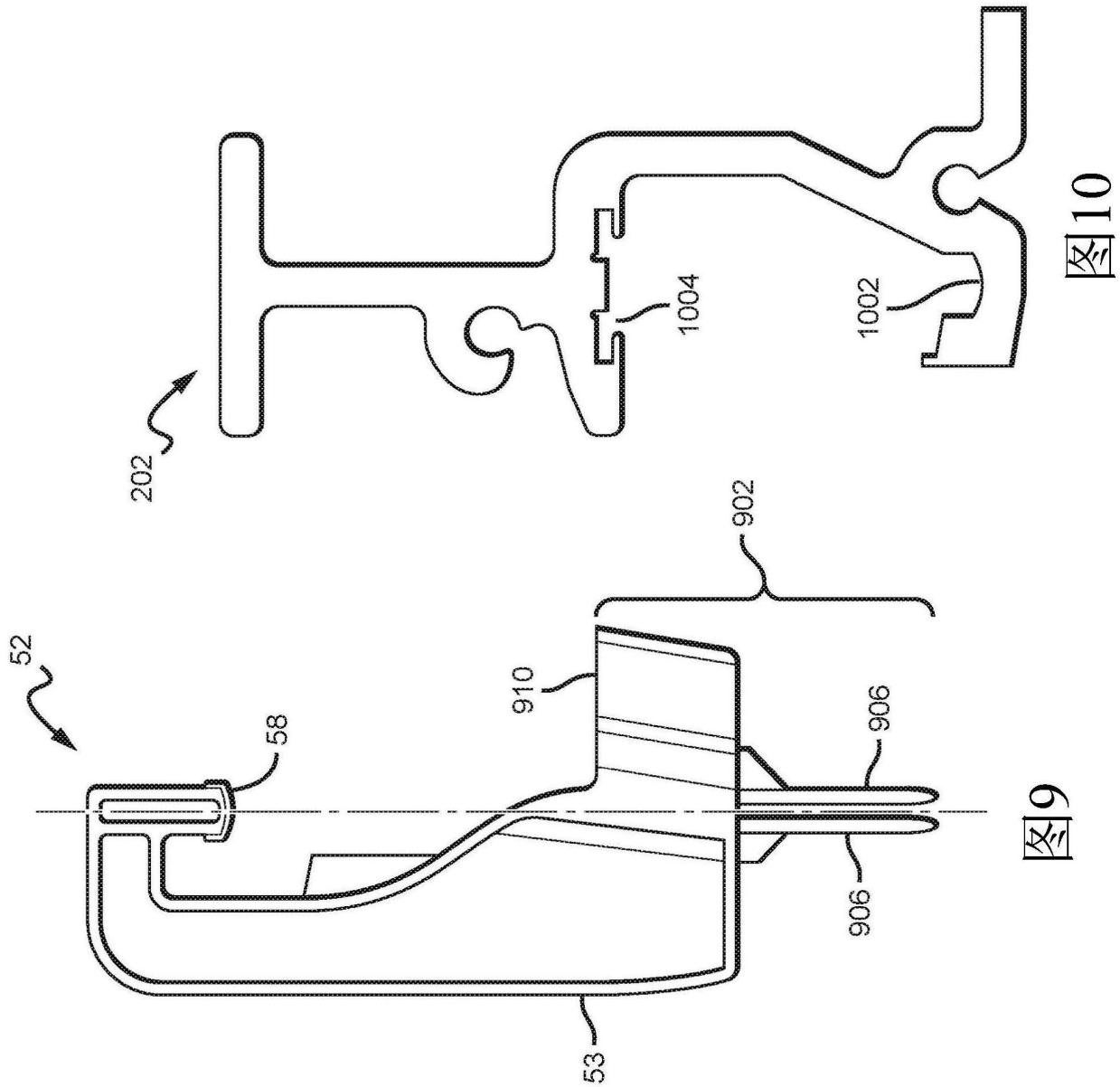


图7B



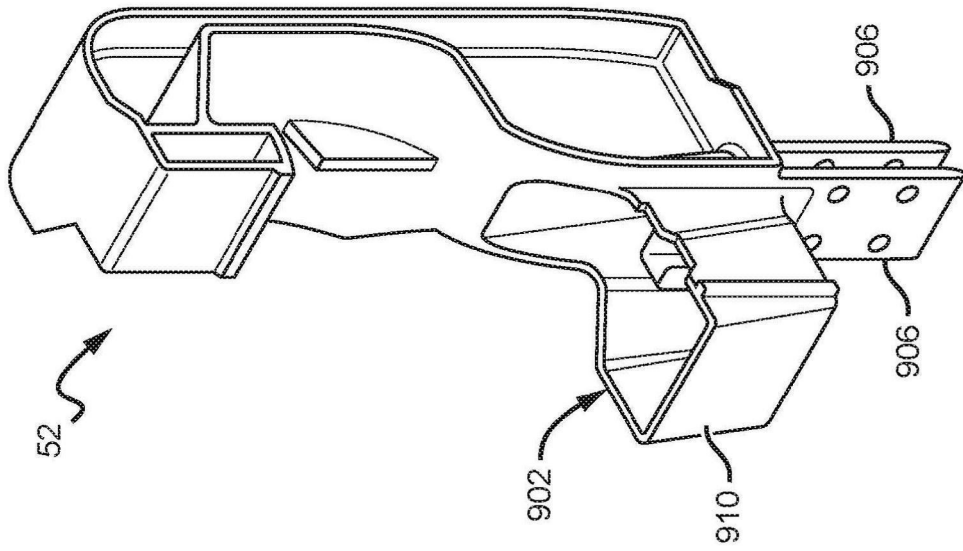


图11A

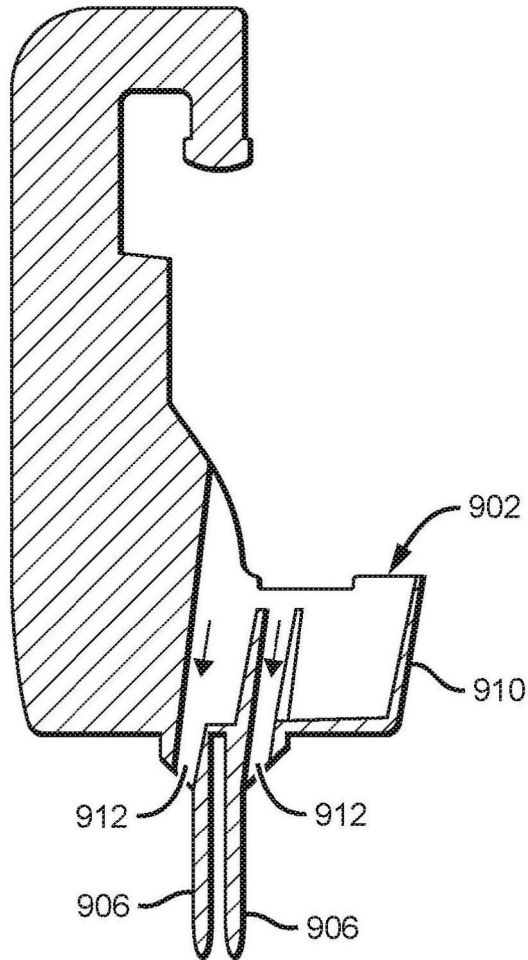


图11B

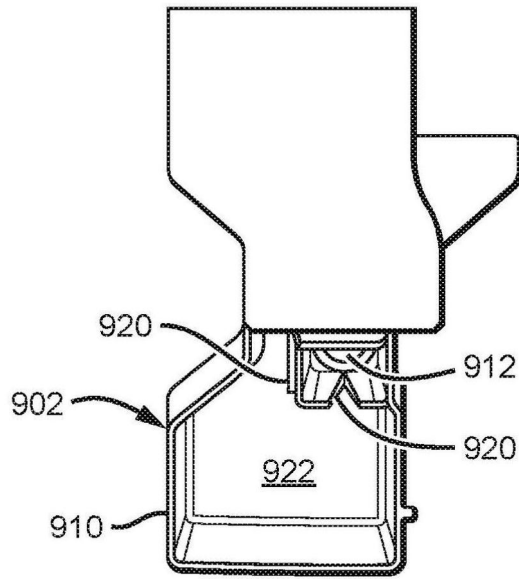


图11C

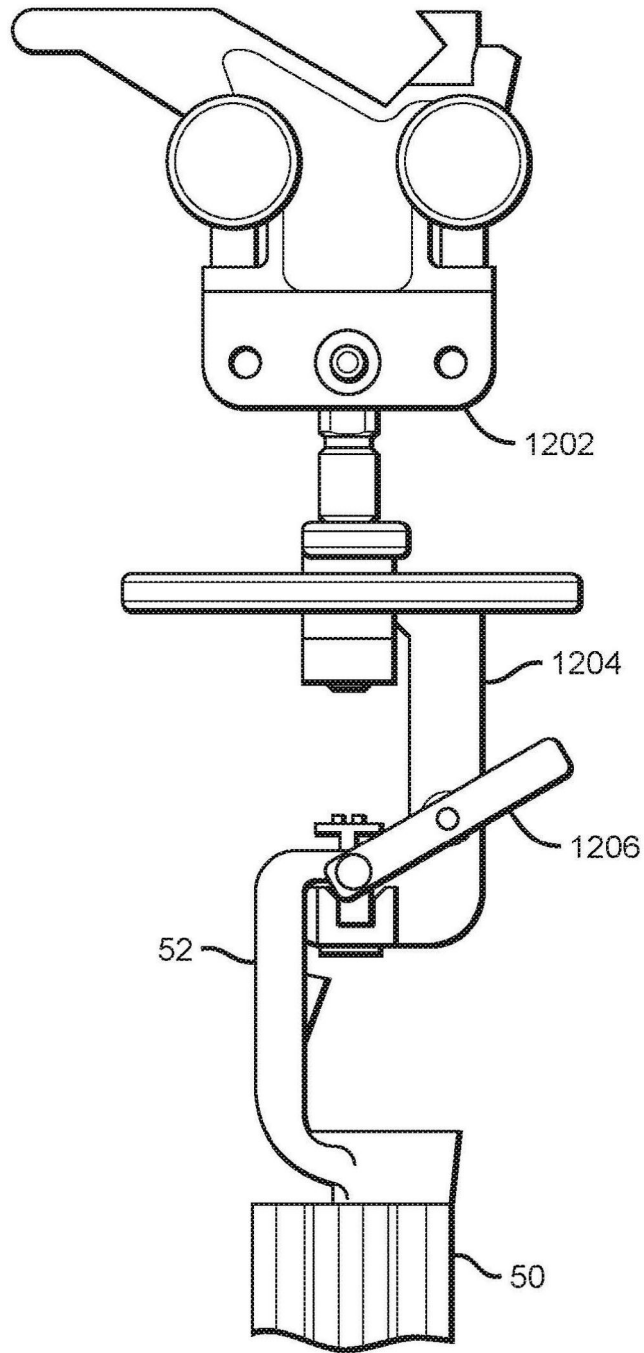


图12