



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104144845 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201280068086. 0

代理人 董巍 谢枸

(22) 申请日 2012. 11. 30

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

B62D 57/024 (2006. 01)

61/566, 104 2011. 12. 02 US

61/703, 656 2012. 09. 20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/067350 2012. 11. 30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/082460 EN 2013. 06. 06

(71) 申请人 螺旋机器人有限责任公司

地址 美国威斯康星州

(72) 发明人 基思·L·施莱 布鲁斯·A·施莱

(74) 专利代理机构 北京市磐华律师事务所
11336

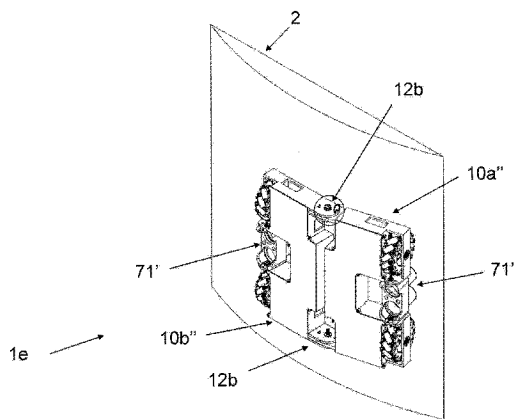
权利要求书4页 说明书13页 附图18页

(54) 发明名称

移动机器人

(57) 摘要

一种移动机器人 (1) 配置成在其使用方面广泛通用。例如, 移动机器人可配置成用于在各式各样的表面 (2) 上使用, 而不管表面的取向和 / 或形状。可选地或组合地, 移动机器人可配置成用于在其行经的表面上有效和高效地移动。在某些情况下, 移动机器人配置有两个或多个组件单元 (10a, 10b)。在某些情况下, 组件单元配置有磁体 (50) 和用于使得磁体取向的控制系统。在某些情况下, 一个或多个组件联接件 (12a) 连接组件单元。在某些情况下, 移动单元配置有麦克纳姆轮 (20a-20d)。



1. 一种移动机器人,配置成在铁磁性表面上使用,而不管该表面相对于地面或地板的取向,移动机器人包括:

框架;以及

多个磁体,磁体可操作性地联接到框架并保持处于铁磁性表面上方的一定距离,还具有足以保持机器人及其有效载荷抵靠表面的场强度,多个磁体包括可操作性地联接到框架的外端部的至少第一组磁体,从而至少保持下述的一个或多个:(i) 框架与铁磁性表面相距的间隙;(ii) 机器人的重心;以及(iii) 机器人的整体轮廓。

2. 根据权利要求1所述的移动机器人,其中铁磁性表面是具有相对于地面或地板成一定角度的一个或多个部分的物体的表面。

3. 根据权利要求2所述的移动机器人,其中物体是风力涡轮机塔架。

4. 根据权利要求1所述的移动机器人,其中磁体相对于铁磁性表面能够在两个或多个维度上有选择地被调节。

5. 根据权利要求4所述的移动机器人,其中所述磁体相对于铁磁性表面能够在角度和间隙方面有选择地被调节。

6. 根据权利要求1所述的移动机器人,其中所述第一组磁体的一些磁体可操作性地联接到所述框架的一端部,所述第一组磁体的剩余部分可操作性地联接到框架的相对端部。

7. 根据权利要求6所述的移动机器人,其中磁体经由取向控制结构可操作性地联接到框架,取向控制结构包括多个枢转构件。

8. 根据权利要求7所述的移动机器人,其中每个枢转构件形成为“L”型托架,其中每个“L”型托架具有相对于铁磁性表面可枢转地调节的腿部段,并且每个“L”型托架具有基部构件,其可操作性地支撑所述磁体之一,同时允许这个磁体相对于铁磁性表面垂直地调节。

9. 根据权利要求7所述的移动机器人,其中每个枢转构件形成为相对于铁磁性表面可枢转地调节的块,并限定有通过其的一个或多个垂直开口以及位于其上的板,用于可操作性地支撑所述一个或多个磁体同时允许相对于铁磁性表面垂直地调节磁体。

10. 根据权利要求1所述的移动机器人,其中框架包括一对或多对组件单元,其中每个组件单元是整体的组件并具有环绕组件的框架,其中每对组件单元可操作性地以并排方式连接。

11. 根据权利要求10所述的移动机器人,其中多个磁体包括第二组磁体,其中所述第二组磁体可操作性地联接在至少一对组件单元之间。

12. 根据权利要求10所述的移动机器人,其中框架包括一对组件单元。

13. 根据权利要求12所述的移动机器人,其中一些磁体可操作性地联接到一对组件单元的第一组件单元,而磁体的剩余部分可操作性地联接到一对组件单元的第二组件单元,磁体位于所述第一组件单元和第二组件单元的相对的侧面上。

14. 根据权利要求10所述的移动机器人,其中所述一对组件单元的框架经由一个或多个组件联接件可操作性地连接。

15. 根据权利要求14所述的移动机器人,其中所连接的组件单元经由组件联接件相对于彼此锁定。

16. 根据权利要求14所述的移动机器人,其中组件联接件的一个或多个包括联动装置,其中所述联动装置配置成允许所连接的组件单元相对于彼此移动,由此维持机器人与

铁磁性表面之间的接触。

17. 根据权利要求 16 所述的移动机器人,其中所连接的组件单元能够以多于一个的自由度相对于彼此移动。

18. 根据权利要求 17 所述的移动机器人,其中自由度中的一个涉及所连接的组件单元能够相对于彼此枢转。

19. 一种移动机器人,其配置成在表面上使用,而不管表面的形状,所述移动机器人包括:

一对组件单元,其中每个组件单元是整体的组件并具有环绕组件的框架;以及

一个或多个联动装置,其以并排的方式可操作性地连接组件单元,所述联动装置配置成允许所连接的组件单元相对于彼此移动,由此维持机器人与表面之间的接触。

20. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所述表面是具有一个或多个弯曲部的物体的表面。

21. 根据权利要求 20 所述的移动机器人,其中所述物体是风力涡轮机塔架。

22. 根据权利要求 20 所述的移动机器人,其中每一个所述组件单元自适应于在相应单元下面的表面的曲度。

23. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所述一个或多个联动装置位于组件单元的外部。

24. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所述一个或多个联动装置可操作性地联接到组件单元的外侧面。

25. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所述一个或多个联动装置沿着机器人的中线定位,但远离机器人的轮轴定位。

26. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所述一个或多个联动装置配置成使得组件单元相对于彼此至少枢转。

27. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所述表面由铁磁性材料形成,其中所述机器人和其有效载荷配置成保持抵靠表面,而不管表面相对于地面或地板的取向。

28. 根据权利要求 27 所述的移动机器人,还包括多个磁体,其中所述磁体可操作性地联接到所述组件单元并保持处于铁磁性表面上方的一定距离,还具有足以保持机器人及其有效载荷抵靠表面的场强度。

29. 根据权利要求 28 所述的移动机器人,其中所述多个磁体包括至少第一组磁体,其中所述第一组磁体的一些磁体可操作性地联接到所连接的组件单元之一的端部,而所述第一组磁体的剩余部分可操作性地联接到所连接的组件单元的另一个的相对端部。

30. 根据权利要求 29 所述的移动机器人,其中磁体相对于铁磁性表面能够在两个或多个维度上有选择地被调节。

31. 根据权利要求 30 所述的移动机器人,其中所述磁体相对于铁磁性表面能够在角度和间隙方面有选择地被调节。

32. 根据权利要求 28 所述的移动机器人,其中磁体经由取向控制结构可操作性地联接到机器人,取向控制结构包括多个枢转构件。

33. 根据权利要求 19 所述的移动机器人,其中所连接的组件单元能够以多于一个的自由度相对于彼此移动。

34. 根据权利要求 33 所述的移动机器人,其中所述自由度中的一个涉及所连接的组件单元能够相对于彼此枢转。

35. 一种移动机器人,其配置在表面上使用,同时具有以直接和便利的方式移动到该表面上所有区域的能力,所述移动机器人包括:

框架,其配置成被保持抵靠表面,而不管表面相对于地面或地板的取向;以及

至少四个全向轮,其可操作性地连接到所述框架,所述轮大致定位成接近机器人的四个单独的角落,轮的旋转受到独立地控制,从而所有的轮向前或向后旋转,以适应所述机器人在向前、向后、向左、向右、顺时针以及逆时针方向上的运动。

36. 根据权利要求 35 所述的移动机器人,其中所述表面是具有相对于地面或地板成一定角度的一个或多个部分的物体的表面。

37. 根据权利要求 36 所述的移动机器人,其中所述物体是风力涡轮机塔架。

38. 根据权利要求 35 所述的移动机器人,其中全向轮是麦克纳姆轮。

39. 根据权利要求 38 所述的移动机器人,其中每个麦克纳姆轮的旋转由主控制器导致。

40. 根据权利要求 39 所述的移动机器人,其中主控制器控制单个控制器,每个单个控制器控制麦克纳姆轮的相应之一的旋转。

41. 根据权利要求 35 所述的移动机器人,其中框架包括一对或多对组件单元,其中每个组件单元是整体的组件并具有环绕组件的框架,其中每对组件单元可操作性地以并排方式连接。

42. 根据权利要求 41 所述的移动机器人,其中所述表面由铁磁性材料形成。

43. 根据权利要求 42 所述的移动机器人,还包括多个磁体,其中所述磁体可操作性地联接到所述组件单元中的一些组件单元的外端部并保持处于铁磁性表面上方的一定距离,还具有足以保持机器人及其有效载荷抵靠表面的场强度。

44. 根据权利要求 43 所述的移动机器人,其中所述多个磁体包括至少第一组磁体,其中所述第一组磁体中的一些磁体可操作性地联接到框架的一个端部,而所述第一组磁体的剩余部分可操作性地联接到框架的相对的端部。

45. 根据权利要求 44 所述的移动机器人,其中磁体相对于铁磁性表面能够在两个或多个维度上有选择地被调节。

46. 根据权利要求 45 所述的移动机器人,其中所述磁体相对于铁磁性表面能够在角度和间隙方面有选择地被调节。

47. 根据权利要求 43 所述的移动机器人,其中磁体经由取向控制结构可操作性地联接到组件单元,取向控制结构包括多个枢转构件。

48. 根据权利要求 41 所述的移动机器人,其中每对组件单元的框架经由一个或多个组件联接件可操作性地连接。

49. 根据权利要求 48 所述的移动机器人,其中所连接的组件单元经由组件联接件相对于彼此锁定。

50. 根据权利要求 48 所述的移动机器人,其中组件联接件的一个或多个包括联动装置,其中所述联动装置配置成允许所连接的组件单元相对于彼此移动,由此维持机器人与铁磁性表面之间的接触。

51. 根据权利要求 50 所述的移动机器人,其中所连接的组件单元能够以多于一个的自由度相对于彼此移动。

52. 根据权利要求 51 所述的移动机器人,其中所述自由度中的一个涉及所连接的组件单元能够相对于彼此枢转。

移动机器人

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求于 2011 年 12 月 2 日提交的美国临时申请第 61/566, 104 号以及于 2012 年 9 月 20 日提交的美国临时申请第 61/703, 656 号两者的权益, 其内容通过以其相应的全文引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及移动机器人。

发明内容

[0004] 本发明的实施例涉及配置成在其使用方面广泛通用的移动机器人。例如, 移动机器人可配置成在各式各样的表面上使用, 而不管表面的取向和 / 或形状。可替代地或组合地, 移动机器人可配置成在其行经的表面上有效和高效地移动。

[0005] 在某些实施例中, 移动机器人配置成在表面上使用, 而不管表面相对于地面或地板的取向。例如, 当设计成在铁磁性表面上使用时, 机器人可包括磁体以及针对其的取向控制结构。在这种情况下, 磁体可操作性地联接到机器人以便被保持在铁磁性表面的上方, 即, 不与铁磁性表面直接接触, 但磁体的场强度足以保持机器人及其有效载荷抵靠表面而不存在从其掉落下来的风险。在一些情况下, 磁体可操作性地联接到所述机器人的外端部, 以便至少保持从其行经的表面相距的机器人框架的间隙、机器人重心以及机器人整体轮廓的一个或多个。在某些情况下, 磁体相对于铁磁性表面在两个或多个维度上有选择地进行调节。在一些情况下, 磁体可操作性地联接到所述机器人的相对端部。在某些情况下, 磁体在外部从机器人的组件单元偏移。在某些情况下, 移动机器人可配置成具有与使用磁体和它们的取向控制结构相结合的成组配置。

[0006] 在某些实施例中, 移动机器人配置成在表面上使用, 而不管表面的形状。例如, 当用在弯曲表面上时, 机器人可包括经由一个或多个联动装置可操作性地连接到一起的两个或多个组件单元。在这种情况下, 联动装置配置成连接两个组件单元, 但允许单元相对于彼此移动, 以便适应于机器人在其上使用的表面的形状。因此, 移动机器人可自行适应于任何种类的表面形状, 这样在使用机器人的过程中足以保持机器人和表面之间的接触。在一些情况下, 一个或多个联动装置位于组件单元的外部。在一些情况下, 一个或多个联动装置可操作性地联接到组件单元中的两个的外侧面。在一些情况下, 一个或多个联动装置沿着机器人的中线定位, 中线远离机器人的轮轴定位。在一些情况下, 一个或多个联动装置配置成为至少组件单元之一相对于另一个组件单元枢转。

[0007] 在某些实施例中, 移动机器人配置成具有在表面上的既有效又高效的运动。例如, 机器人可包括全向轮以便于机器人在任何方向上运动。在这种情况下, 机器人将不支配转向组合件, 转向组合件通常限于仅仅移动用于导航的某些轮。与此相反, 每个轮可独立控制, 从而使得机器人的驱动类型是通用的以及使得机器人方向能力的改变相对于使用具有转向机构的传统轮更精确和更迅速。在一种情况下, 机器人可配置有麦克纳姆 (Mecanum)

轮。

[0008] 参照附图和优选实施例的描述将会更充分地理解和认识到本发明的这些和其它方面和特征。

附图说明

[0009] 图 1 是根据本发明的某些实施例的具有锁定的组件单元的移动机器人的透视图；

[0010] 图 2 是图 1 的机器人一侧的正视图,其中示出机器人位于具有弯曲表面的物体上；

[0011] 图 3 是示出对于钕材料的磁体相对于含铁表面的力与距离的关系的曲线图；

[0012] 图 4 是根据本发明某些实施例的从图 1 的机器人所产生的移动机器人的透视图,其包括不同的磁体安装件且示出在具有弯曲表面的物体上；

[0013] 图 5 是图 4 的机器人的磁体安装件的透视图；

[0014] 图 6 是根据本发明某些实施例的从图 1 的机器人所产生的另一种移动机器人的透视图,其中组件单元以允许单元相对于彼此进行调节的方式而连接；

[0015] 图 7 是根据本发明某些实施例的从图 4 和图 6 的机器人所产生的移动机器人的透视图；

[0016] 图 8 是根据本发明某些实施例的从图 5 的安装件所产生的磁体安装件的透视图；

[0017] 图 9 是根据本发明某些实施例的从图 5 和图 8 的安装件所产生的磁体安装件的透视图；

[0018] 图 10 是根据本发明某些实施例的从图 4 的机器人所产生的移动机器人的透视图,示出在具有弯曲表面的物体上；

[0019] 图 11 是根据本发明某些实施例的从图 4 的机器人所产生的另一种移动机器人的透视图,示出在具有弯曲表面的物体上的示例性成组布置；

[0020] 图 12 是根据本发明某些实施例的从图 1 的机器人所产生的另一种移动机器人的透视图,示出在具有弯曲表面的物体上并且其中组件单元以允许单元相对于彼此进行调节的方式而连接；

[0021] 图 12a 是图 12 的机器人的组件单元之间的一个连接区域的放大透视图；

[0022] 图 13 是根据本发明某些实施例的从图 6 和图 12 的机器人所产生的移动机器人的透视图,示出在具有弯曲表面的物体上；

[0023] 图 14 是根据本发明某些实施例的从图 13 的机器人所产生的移动机器人的透视图,示出在具有弯曲表面的物体上；

[0024] 图 15 根据本发明某些实施例的从图 4 的机器人所产生的另一种移动机器人的正视图；

[0025] 图 16 是根据本发明某些实施例的用于实施移动机器人的主控制图；

[0026] 图 17 是根据本发明某些实施例的用于实施移动机器人的马达控制系统输入的控制图；以及

[0027] 图 18 是根据本发明某些实施例的从图 6 的机器人所产生的移动机器人的透视图。

具体实施方式

[0028] 图 1 示出根据本发明某些实施例的移动机器人 1 的一种示例性设计。本发明的移动机器人, 诸如图 1 的机器人 1, 具有框架, 其中所述框架包括一对或多对组件单元。例如, 如图所示, 移动机器人 1 包括单一一对组件单元, 单元 10a 和单元 10b。组件单元 10a 和 10b 通过组件联接件 12 连接到一起。如图所示, 联接件 12 可包括螺纹构件, 其被旋拧通过两个组件单元 10a 和 10b 的相邻框架 (或底盘) 11 的邻接面以便将单元 10a 和 10b 锁定到一起。然而, 如上所提及的那样, 本发明并不应被限制到用于将组件单元锁定到一起的联接件。例如, 在替代的实施例中 (如下文参照图 6, 图 7 和图 12-14 所述), 联接件可由联动装置取代。这种联动装置允许所连接的组件单元相对于彼此移动, 这样可以维持单元 (例如, 其轮) 和单元在其上行经的表面之间的接触, 而不管这种表面的形状或存在于这种表面上的不规则性。

[0029] 在某些实施例中, 如图所示, 每个组件单元 10a 和 10b 具有其自身的框架 (或底盘) 11。然而, 如果组件单元 10a, 10b 旨在经由组件联接件 12 锁定到一起, 那么移动机器人的实施例可替代性地使用适于单元 10a, 10b 的单个框架。在某些实施例中, 每个组件单元 10a 和 10b 分别带有一对麦克纳姆 (Mecanum) 轮 20a, 20c 以及 20b 和 20d。然而, 如上所述, 麦克纳姆轮只代表可与本发明的移动机器人一起使用的各种全向轮之一。在麦克纳姆轮 20a-20d 的情况下, 它们可经由轮轴 21 可旋转地安装到底盘 11 且可独立地驱动。例如, 在如图所示的某些实施例中, 每个轮经由齿轮箱 31 通过其自身的驱动马达 30 来驱动。此外, 每个马达 30 可独立地被控制, 诸如由控制器 32 独立地控制。除其它因素之外, 这种独立控制使得机器人 1 能够在表面上有效且高效地移动。如图所示, 具有足够容量的电源组 (例如电池) 40 可被安装到一个或多个所述框架 11 上以便给马达 30 和马达控制器 32 供电。

[0030] 在某些实施例中, 移动机器人 1 包括磁体 50。然而, 应当理解, 磁体仅代表一种机构, 本发明的移动机器人通过其可保持到机器人在其上使用的表面 (最值得注意的是, 铁磁性表面), 而不管这些表面相对于地面或地板的取向。为此目的, 用于将机器人朝向其工作表面拉动并保持机器人抵靠其工作表面 (从而抵消所适用的引力) 的任何机构将代表另外的机构。例如, 这种机构 (代替磁力或与磁力结合使用) 将包括真空力 (如图 15 中示例性示出的) 和夹紧压力 (如在美国序列号 13/247, 257 中所述的实施例中示例性示出的, 其公开内容以相关部分通过引用并入本文)。甚至进一步的, 另一种机构可涉及利用差动力 (例如, 经由泵, 如果机器人配置成水下应用)。

[0031] 在使用磁体来提供这种保持力的情况下, 使用磁体 50 和针对其的取向控制结构。在某些实施例中, 如图所示, 磁体 50 可操作性地联接到机器人 1 的外端部。在一些实施例中, 磁体 50 可操作性地联接到机器人 1 的外端部表面; 然而, 本发明并不应当限于上述。相反, 本发明实施例的一个目的是使得磁体 50 和它们的取向控制结构 (如下面所实施的) 位于组件单元 10a, 10b 的外部。如图所示, 磁体 50 和取向控制结构邻近单元 10a, 10b (或其侧面) 设置。这种配置具有许多益处。例如, 磁体 50 和取向控制结构可进行很小的变型到不进行变型, 上述变型是组件单元 10a, 10b 的设计所必需的。此外, 磁体 50 和取向控制结构的这种配置使得能够至少保持从其行经的表面相距的机器人框架的间隙、机器人重心以及机器人整体轮廓的一个或多个。

[0032] 在某些实施例中, 磁体 50 可操作性地联接到机器人 1 的相对端部。具体地, 如图所

示,每个磁体 50 可操作性地联接到其相应组件单元 10a, 10b 的所述底盘 11。虽然图 1 示出一对磁体 50 可操作性地联接到组件单元 10a, 10b 的每一个,但应当理解单一纵向形状的磁体可替代性地与各个单元 10a, 10b 一起使用,或者可选地,可以使用两个或以上的磁体量。

[0033] 本实施结构(取向控制结构)有利于选择性地调节所述磁体相对于其上使用机器人的表面的定位,磁体 50 通过所述实施结构可操作性地联接到本发明的移动机器人。取向控制结构包括多个组件。例如,如图 1 中所示,每个磁体 50 经由枢转构件 52 可操作性地联接到底盘 11。在某些实施例中,每个枢转构件 52 可枢转地安装到枢转轴 53,其可与轮轴 21 同心。因此,在如图所示的这种状况下,磁体 50 可在外部从机器人 1 的轮 20a-20d 偏移。如针对图 1 中机器人 1 所示的那样,在某些实施例中,每个枢转构件 52 通常示出为 L 形托架,其腿部可枢转地安装到枢转轴 53 上,而其基部经由紧固件可操作性地联接到磁体 50。例如,如图 1 和图 2 中所示,带螺纹的磁体调节螺钉 54 可固定到每个磁体 50,其中螺钉 54 可利用磁体调节螺母 55 联接到枢轴构件 52 的基部。如图所示,在某些实施例中,经由磁体安装托架 51 可防止枢转构件 52(因此,磁体 50)的向内轴向运动,磁体安装托架 51 紧靠枢转构件 52 的腿部的一部分。在这种情况下,托架 51 可整体地形成到底盘 11,或如图所示可操作性地联接到底盘 11。

[0034] 继续参照图 2,在某些实施例中,磁体 50 可相对于磁体 50 在其上所行经的表面 2 在至少两个维度上选择性地调节。例如,如图所示,可在相对于表面 2 的取向角度和间隙距离两者上对磁体 50 选择性地调节。因此,磁体 50 可适用于各种表面,包括从跨越其范围具有不规则性的那些表面到非平面的诸如曲面的那些表面。关于取向角度,可经由使得枢转构件 52 围绕枢转轴 53 枢转来调节每个磁体 50。关于间隙距离,可相对于磁体 50 的在机器人 1 在其上所行经的表面 2 的上方(即,不接触)的位置来调节磁体 50(例如,经由使用与调节螺钉 54 一起使用的垫圈)。该间隙距离限定在相应的磁体 50 和该表面 2 之间的间隔 61。磁体 50 和所行经表面之间的这种间隔 61(或间隙)防止其间的摩擦,同时最大化由磁体所提供的吸附力。这确保移动机器人 1 不会从表面掉落下来(并且防止在其上滑动),而不管表面的取向。磁体 50 可以是无源的,诸如钕,或可以是有源的,诸如电磁体。不管磁体的类型、无源的或有源的,磁体 50 可有效地与本发明的移动机器人一起使用,即支撑在从工作表面相距一定距离(大于零)之处,以便消除磁体 50 和表面 2 之间的摩擦,还提供用于将所述机器人保持到表面的足够力。

[0035] 图 3 示出针对通常钕磁体的磁力相对于距离的关系。用于使得本发明的移动机器人在它们所行经的表面(而不管取向)上操作所需要的磁力的量由公式(1)定义如下:

$$[0036] \quad (1) F_{\text{Mreq}} \geq M_p / \mu_{\text{mw}}$$

[0037] 其中:

[0038] F_{Mreq} 是用于粘着到含铁表面所需的磁力

[0039] M_p 是平台质量

[0040] μ_{mw} 是麦克纳姆轮的摩擦系数。

[0041] 磁力是累加的,意味着移动机器人的每个磁体 50 对于其整体的提升能力具有贡献。例如,参见图 3,如果每个磁体保持离开表面 0.2 英寸,则由每个磁体所产生的相应磁力(F_{Mreq})约为 90 磅(根据图 3 的曲线)。参照图 1 的移动机器人 1,鉴于有四个磁体,因此该力将乘以 4,共计 360 磅。关于该磁力,应该认识到在磁体 50 和机器人 1 所行经的表面之间

的间隔 61 (或间隙) 在机器人 1 的预期运作中起到多显著的作用。为此目的, 通过取向控制结构使得磁体 50 相对于所行经的表面的可调节性成为可能, 该可调节性使得能够维持该间隔 61。

[0042] 继续使用公式 (1) 以及上面提供的变量, 如果使用轮, 诸如麦克纳姆轮 20a-20d, 且轮具有 0.35 的摩擦系数 (μ_{mw}), 则移动机器人 1 的最大提升能力 (M_p) 将为 126 磅。结果, 这种机器人 1 可攀爬表面或沿着表面下降, 甚至当颠倒时 (例如, 当行经升高表面的底部), 只要满足公式 (1) 的提升条件就不会从其掉落下来。如上所述, 磁体 50 的可调节性使得能够维持它们相对于所行经表面的间隙 (即, 间隔 61), 甚至在如图 2 中所示的圆柱形表面 2 上。对于在任何其它非平面或不平坦表面上方的运动而言实际上保持相同的效果。

[0043] 本发明移动机器人的一个目的是使得它们承载有效载荷 (例如, 在如图 7 中所示的示例性的有效载荷托架 13 上)。因此, 在使用公式 (1) 的过程中, 有效载荷容量可在利用所示的公式 (2) 中近似如下:

$$[0044] \quad (2) M_{PL} = \Sigma F_M * \mu_{mw} - M_p$$

[0045] 其中:

$$[0046] \quad \Sigma F_M = F_{M1} + F_{M2} + F_{Mx} \dots = \text{磁力的总和}$$

$$[0047] \quad M_{PL} = \text{有效载荷质量}$$

[0048] 再次利用得自上述实例的值 (ΣF_{Mx} 为 360 磅以及 μ_{mw} 为 0.35), 且将移动机器人的质量 (M_p) 限定为 65 磅, 则有效负载容量 (M_{PL}) 将为 61 磅。

[0049] 进一步参照公式 (1), 存在可用于增大本发明所实施的磁性移动机器人 (诸如图 1 的机器人 1) 的提升能力 (M_p) 的各种技术, 下面提及其中的几种。然而, 应当认识到由于磁体 50 和它们的取向控制结构位于机器人 1 的组件单元 10a, 10b 的外部, 因此使得这些技术中的许多都可行。增大机器人 1 的提升能力 (M_p) 的一些技术会涉及增加磁力 (F_{Mreq})。这样做的一种方法可涉及降低磁体 50 到工作表面的距离以便减少间隔 61, 由此将图 3 的曲线向上移动并增大机器人 1 的总磁力。另一种方法可涉及增加磁体 50 的数量。附加的方法可涉及将多个机器人部段连接到一起, 每一个机器人部段带有相应组的磁体 50 (诸如在图 11 中所示, 如后面详述的那样)。另一种方法可涉及使用功能更强大的或更大的磁体 50。

[0050] 增大提升能力 (M_p) 的其它技术可涉及增大摩擦系数 (μ_{mw})。例如, 这样做的一种方法可涉及优化麦克纳姆轮 20a-20d 的辊 22 的材料, 以增大该摩擦系数。用于增大机器人 1 的提升能力 (M_p) 的另外技术可涉及将提升或浮力产生的装置并入到机器人以便有效地降低由机器人所提升的总质量。如上面提及的, 用于增强机器人的提升能力的每一种技术涉及调节上述公式 (1) 的三个参数 (F_{Mreq} , M_p , 和 μ_{mw}) 之一。但是, 应当理解的是上述以及其它技术的任意组合可用于增大有效载荷容量, 其中由于磁体 50 和它们的取向控制结构在机器人 1 的定位而将技术简化。

[0051] 尽管如此, 仍可影响有效载荷容量的一个变量是构成移动机器人所行经表面的材料。如前面所提及的, 虽然磁体 50 在将本发明的移动机器人支撑在铁磁性表面上的方面功能优异, 但是备选的支撑能力对于行经其它表面材料而言是必要的。例如, 在某些实施例中, 非磁性产生的力可施加到移动机器人以便与磁体 50 交替工作或与磁体 50 组合工作, 这取决于工作表面。如上所述, 这种非磁性产生的力可涉及真空 (例如, 在底盘 11 的下方, 参见图 15) 和 / 或涉及来自环绕工作表面 2 的多部段装置的压力 (例如, 参见在美国序列号

13/247, 257 中所述的实施例)。

[0052] 如上所述,利用用于运动的麦克纳姆轮的本发明的移动机器人(诸如图 1 的移动机器人 1)使得机器人能够具有在工作表面上在任何方向上移动的能力。为此目的,麦克纳姆轮代表可使用的全向轮的一种类型,以便使得机器人能够在工作表面上进行有效和高效的运动。这种运动通过独立驱动的轮而成为可能。例如,关于图 1 和图 2 的机器人 1 的麦克纳姆轮 20a-20d,每个轮包括附连到轮圆周上的一系列辊 22。辊 22 通常配置成具有旋转轴线,其从轮的垂直平面偏移约 45°。如上所述,在某些实施例中,每个轮 20a-20d 可以配置有其自身的驱动马达(或运动致动器)30,并且每个驱动马达 30 可连接到控制器 32。在这种情况下,每个控制器 32 可与主控制器 100(其示例性的功能在图 16 中示出)通信,这样可控制轮 20a-20d 以各种方式之一旋转,诸如以下述方式旋转:(i)以相同的速度在相同的方向上;(ii)在相同方向上以不同的速度,(iii)以相同的速度在相反方向上;或(iv)在相反方向以不同的速度。经由这种受控的旋转,可使得本发明的移动机器人(及其成对的组件单元)在各个方向上移动:侧向、对角线的方向、直线前进、或直线后退,导致机器人 1 方向上的相应改变是迅速的和精确的。

[0053] 如图 1 中所示,轮 20a 和 20c 可操作性地联接到组件单元 10a,而轮 20b 和 20d 可操作性地联接到组件单元 10b。通过使得所有的轮以相同的速度在相同方向上旋转,机器人 1 以相同的速度在该方向上移动。交替地,通过使得轮 20c 和 20d 向后旋转(即机器人后部),使得轮 20b 和 20a 向前旋转(即,机器人前部),机器人 1 将侧向移动到如图 1 中所观察到的纸张右边缘。此外,通过使得这些方向颠倒,机器人 1 将移动到如图 1 中所观察到的纸张左边缘。最后,通过使得轮 20b 和 20c 向后旋转,以及使得轮 20a 和 20d 向前旋转,机器人 1 将在顺时针方向上旋转。颠倒这些方向将导致机器人 1 在逆时针方向上旋转。下面的表 1 总结了机器人 1 相对于这种轮致动的运动。

[0054] 表 1

[0055]

运动方向	麦克纳姆轮致动
向后 (Aft)	所有的轮以相同的速度向右
向前	所有的轮以相同的速度向左
向右	轮 20c 和 20d 向后,轮 20a 和 20b 向前
向左	轮 20a 和 20b 向后,轮 20c 和 20d 向前
CW 旋转	轮 20c 和 20b 向后,轮 20a 和 20d 向前
CCW 旋转	轮 20a 和 20d 向后,轮 20c 和 20b 向前

[0056] 从而,通过单独独立地控制马达 30 的速度和方向,可以使得整个多个单元的机器人装置 1 以精确和迅速的方式以任何方向行经可工作表面(向前,向后,侧向向左,侧向向右以及其间的任何方向)。顺时针方向和逆时针方向的旋转将通常只用于在机器人 1 的取向上进行轻微的调节。在某些实施例中,所用的麦克纳姆轮 20 的总数被 4 除尽,以便使得

能够进行无偏置的运动。

[0057] 应当认识到在不脱离本发明精神的情况下可以使用可选的磁体安装设计,如由图 4 的机器人 1a 所示例性示出的那样。机器人 1a(在图 5 中部分地示出)的磁体 50 可以类似于图 1 的机器人 1 那些的方式使用。例如,类似于用于图 1 的机器人 1 的磁体 50,磁体 50 可操作性地联接到所述机器人 1a 以便保持在其所行经的铁磁性表面的上方,即,不与铁磁性表面直接接触。然而,磁体 50 的场强度足以(同样使用以上引用的公式(1)以及由其导出的公式(2))保持机器人 1a 及其有效载荷抵靠表面而不存在从其掉落下来的风险。

[0058] 类似于图 1 的机器人 1,在某些实施例中,磁体 50 可操作性地联接到机器人 1a 的外端部。因此,磁体 50 和它们的取向控制结构(如下面所实施的)位于组件单元 10a,10b 的外部。如上所述,这种配置具有许多益处。例如,磁体 50 和取向控制结构可以对组件单元 10a,10b 的设计进行很小的变型到不进行变型的方式并入。此外,磁体 50 和取向控制结构的这种并入使得最低程度地保持从其行经的表面相距的机器人框架的间隙、机器人的重心以及机器人的整体轮廓的一个或多个。

[0059] 类似于图 1 的机器人 1,在某些实施例中,磁体 50 可操作性地联接到机器人 1a 的相对端部。具体地,如图所示,每个磁体 50 可操作性地联接到其相应组件单元 10a,10b 的所述底盘 11。虽然图 5 示出三个磁体 50 可操作性地联接到组件单元 10a,10b 的每一个,但应当理解,一个、两个或多于三个的磁体可替代性地与各个单元 10a,10b 一起使用。在某些实施例中,如下文所述,磁体 50 在外部从机器人 1a 的轮 20a 到 20d 偏移。

[0060] 所实施的结构(取向控制结构)配置成与弯曲表面工作优异,磁体 50 通过所述结构可操作性地联接到所述机器人 1a。为此目的,取向控制结构有利于对磁体相对于这种表面的弯曲的定位的选择性调节。类似于图 1 的机器人 1,图 4 的机器人 1a 的取向控制结构包括多个组件。例如,如图 4 中所示,每个磁体 50 经由枢转构件可操作性地联接到底盘 11。为此目的,图 1 的机器人 1 的磁体枢转构件 52 已经由机器人 1a 中的水平延伸的磁体枢转构件 70 所代替。在某些实施例中,类似于机器人 1 的枢转构件 52,机器人 1a 的每个枢转构件 70 可枢转地安装到枢转轴 53,其可与机器人的轮的轴 21 同心并由安装托架 60 支撑。托架 60 可整体地形成到底盘 11,或如图所示可操作性地联接到底盘 11。虽然安装托架 60 具有基部构件 61,其类似于图 1 的机器人 1 的安装托架 51,托架 60 还包括附加的支撑结构。如图所示,托架 60 可包括远离基部构件 61 和底盘 11 突出的安装凸缘 62,其终止于向下翻转的凸缘 63。为此目的,在某些实施例中,枢转构件 70 可枢转地安装于基部构件 61 和凸缘 63 之间。

[0061] 图 5 示出图 4 的机器人 1a 的一个磁体枢转构件 70 的透视放大图。如图所示,通常形成块 71 的每一个枢转构件 70 由非铁材料制成。在某些实施例中,所述枢转构件 70 具有从其相对的端部伸出的一对支耳 72。为此目的,每个支耳 72 包括开口 73,其用于接纳通常从安装托架基部构件 61 延伸至托架凸缘 63 的枢转轴 53。

[0062] 应当意识到磁体 50 可以各种方式可操作性地联接到枢转构件。例如,进一步参照图 5,枢转构件 70 可配备有限多个开口 75 的顶板 74,紧固件通过所述开口 75 以便可操作性地同样的多个磁体 50 联接到构件 70。在某些实施例中,如图所示,适用于每一个磁体 50 的紧固件包括调节螺钉 54 和调节螺母 55,上述调节螺钉 54 和调节螺母 55 相对于顶

板 74 安装。在这种情况下,每个调节螺钉 54 在一端部处旋拧到磁体 50 之一内而在另一端部处通过调节螺母 55 之一,其被示为安装到磁悬板 76 上,进一步穿过开口 75 之一安装到顶板 74。

[0063] 继续参照图 5,在某些实施例中,磁体 50 相对于磁体 50 在其上所行经的表面 2 在至少两个维度上有选择地调节。例如,如图所示,可在相对于表面 2 的取向角度和间隙距离两者上对磁体 50 进行调节。因此,磁体 50 可适用于各种表面,从跨越其范围具有不规则性的那些表面到非平面的诸如曲面的那些表面。关于取向角度,经由构件 70 围绕枢转轴 53 的枢转可调节每个枢转构件 70 的磁体 50。关于间隙距离(类似于上面参照图 1 的机器人 1 所述的间隔 61),通过使得调节螺钉 54 相对于调节螺母 55 旋转,关于磁体 50 在表面 2 上方的位置可调节磁体 50。在某些实施例中,如图所示,每一个枢转构件 70 可包括枢转手柄 77,其以不仅使得相对于表面 2 容易调节磁体 50 的方式并且使得机器人 1a 容易以其整体移动的方式固定到支耳 72 外端部。

[0064] 图 6 和图 7 分别示出根据本发明某些实施例的另外可选的移动机器人 1b 和 1c。机器人 1b 和 1c 分别包括组件单元 10a 和 10b 以及 10a' 和 10b',但所述单元没有用联接连接器(诸如图 1 的机器人 1 的螺纹联接件 12)锁定。取而代之的是,单元 10a,10b 和 10a',10b' 由一个或多个联动装置连接,以允许所连接的单元相对于彼此移动。在某些实施例中,如可能在图 6 中更清楚地示出的那样,一个或多个联动装置包括单个枢轴或旋转接头联接件 12a;然而,本发明并不应该限于这些,因为各种其它类似功能的联动装置也可刚好以替代性的方式使用。

[0065] 然而,在将接头联接件 12a 用作限定一个或多个联动装置中,在其与机器人 1b 和 1c 一起使用中应该注意至少一些初始特征。例如,在某些实施例中,所述一个或多个联动装置可位于组件单元(机器人 1b 的单元 10a 和 10b 以及机器人 1c 的单元 10a' 和 10b')的外部。另外,在某些实施例中,一个或多个联动装置可操作性地联接到组件单元的两个的外侧面。此外,在某些实施例中,所述一个或多个联动装置沿着机器人 10b 和 10c 的中线定位,但远离机器人的轮轴 21。

[0066] 在将接头联接件 12a 用作一个或多个联动装置中,所连接的组件单元(机器人 1b 的单元 10a 和 10b 以及机器人 1c 的单元 10a' 和 10b')配置成使得组件单元之一相对于另一个组件单元至少枢转。从而使得所连接的组件单元 10a 和 10b、10a' 和 10b' 能够以单一的自由度移动。如前所述,在连接组件单元中使用一个或多个这种联动装置允许单元移动(相对于彼此),以便更好地适应可在其之上使用本发明的移动机器人的不规则表面。然而,如上所提及的那样,可以使用其它联动装置使得能够针对单元 10a' 和 10b' 获得一个以上的自由度。在某些实施例中,如果存在任何偏航组件的话,这种联动装置也可以与麦克纳姆轮一起使用,以便维持它们与圆柱形表面 2 的接触。

[0067] 继续参照图 7 所示的机器人 1c,示出其它的几个示例性特征。例如,用于每一个单元 10a' 和 10b' 的框架(或底盘)11 可被覆盖,以便保护内部组件免受室外环境的影响。此外,无论是单独使用或组合使用,单元 10a' 和 10b' 可包括通常的有效载荷安装件 13 以便将物体承载于框架 11 上。在某些实施例中,可将附加的麦克纳姆轮 20a',20b',20c' 和 20d' 添加到该单元以便使得由磁体 50 所产生的力进行更好地分布。最后,在某些实施例中,机器人 1c 还包括附连到安装凸缘 62' 的另外的轮 14 和手柄 15,以允许机器人 1c 以类

似手推车的方式转移。在这种情况下,如图所示,轮 14 可安装成不延伸到麦克纳姆轮的下方(朝向由机器人 1c 所行经的表面)。因此,当使用机器人 1c 时,不存在由接触工作表面的轮 14 所产生的干涉或摩擦。如进一步示出的那样,磁体托架 62' (例如,由可移除的销 16 锁定到单元 10a', 10b') 配置成可从机器人 1c 移除。通过移除销 16, 托架 62' 可从机器人 1c 移除以便存储和运输。

[0068] 图 8 示出根据本发明某些实施例的另一种可选的枢转构件 70a。类似于图 4 和图 5 的枢转构件 70, 枢转构件 70a 包括相同的螺纹调节螺钉 54; 然而, 螺钉 54 固定到调节马达 56 并由调节马达 56 可旋转地驱动。在某些实施例中, 马达 56 可固定到倒 U- 形结构的基部构件 77, 其腿部 76 固定到枢转构件 70a 的顶板 74。在这种情况下, 马达 56 可为调节螺钉马达(相对于传统的步进马达), 以便允许精确地控制磁体 50 在由相应的移动机器人所行经的表面上方的高度。

[0069] 类似于图 8, 图 9 示出根据本发明某些实施例的另一个可选的枢转构件 70b。如图所示, 不同于图 8 的枢转构件 70a, U 形结构的腿部 76a 可由横向构件 77a 而非顶板 77 连接。此外, 调节杆 54 可由在横向构件 77a 之间悬置(例如经由在其间延伸的挂环螺栓 78)的气动或液压缸 57 来代替。在使用气动或液压缸 57 的这种情况下, 它们的活塞杆 58 直接固定到磁体 50。因此, 磁体 50 的高度可气动或液压地调节。可发现这是有利的, 尤其是当活塞 78 向下弹性偏置时。例如, 在这种情况下, 如果移动机器人的控制系统(未示出)检测到机器人处于从其所行经的铁磁性表面掉落下来的危险中, 控制系统可将信号发送到触发器缸 57 以便使得缸杆 58 尽可能远地向下延伸, 使得磁体 50 直接接合铁磁性表面, 从而最大化保持力。

[0070] 图 10 和图 11 示出根据本发明某些实施例的另外可选的移动机器人 1d 和 1e。类似于图 4 的移动机器人 1a 的机器人 1d 包括间置于机器人组件单元 10a 和 10b 之间的另一对磁体枢转构件 70。这种结构使得提供给移动机器人 1d 的磁体保持力被增强。应该意识到这种形式的成组技术可通过继续添加更多的交替单元 10a 和 10b 而被进一步采用, 所述单元 10a 和 10b 由枢转安装构件 70 彼此分开。关于成组的实施例, 图 11 示出非常类似于图 4 的移动机器人 1a 的配置。为此目的, 图 11 示出相邻的机器人 1a, 所述相邻的机器人 1a 共用设置于它们之间的枢转构件 70。只以一个轴线示出成组的机器人, 但例如, 通过由枢轴或其它接头联接件连接侧部段 10a 和 10b, 也可以沿着表面 2 以大致垂直的轴线执行成组连接, 诸如由下文所述以及图 12 中所示那样。

[0071] 本发明实施例的每个移动机器人或者其每个组件单元(图 1 的单元 10a, 10b) 可用于许多应用。例如, 一组示例性的应用可包括承载期望的有效载荷。有效载荷可能是喷漆设备、清洁设备、切割设备、焊接设备、检查设备、或其它维修设备, 因此移动机器人可使用这种设备来在表面上进行清洁、喷漆、检查或其它维护。当机器人配置成行经铁磁性表面时, 具有这些类型表面的物体可包括管道、塔、船体、现场安装的罐、梁和其它基础设施。对于塔应用, 有效载荷可以是起重机设备, 机器人将所述起重机设备运送到塔上的所需位置, 以便用于升高、降低和操作其它设备。在某些实施例中, 更复杂的有效载荷会需要围绕移动机器人 1 远程操作物体。在这种情况下, 机器人可配置有用于执行这种任务的一个或多个处理设备, 诸如机械手。

[0072] 图 12 示出根据本发明某些实施例的另一个可选的移动机器人 1e。类似于图 6 的

机器人 1b 和图 7 的机器人 1c, 图 12 的机器人 1e 具有围绕接头联接件 12b 的一个自由度 (例如, 枢转), 其允许组件单元 10a”和 10b”相对于彼此移动。然而, 通过在两点 (单元的相对表面的顶部和底部角落) 处联接单元 10a”和 10b”, 在保持麦克纳姆轮 20 垂直于表面 2 以及与表面 2 齐平接触方面, 接头联接件 12b 更为有效。因此, 通过使得所有的麦克纳姆轮在相同的方向上以平滑方式转动, 机器人 1e 可攀爬弯曲表面 (诸如表面 2)。在某些实施例中, 如可能在图 12a 中最清楚地示出的, 接头联接件 12b 可由通过角度设定孔 18 的销 17 保持。可选地, 例如, 通过增加步进马达和类似于图 8 中所示的螺纹杆布置, 枢轴 12b 可自动地进行调节, 这样销 17 的移除精确地提供成控制枢转角度。如图所示, 在某些实施例中, 机器人 1e 包括磁体保持托架 71’。如图所示, 当这些托架 71’ 可操作性地联接到机器人 1e 的端部时, 如果不需要磁体的可调节性, 则这些托架 71’ 允许固定的磁体定位。然而, 应当意识到可由机器人 1e 采用枢转构件 (诸如图 1 的机器人 1 的构件 52 或图 4 的构件 70)。

[0073] 如上所述, 在某些实施例中, 本发明的移动机器人使用麦克纳姆轮来获得纯粹的全向运动。然而, 在有损纯粹的全向运动下, 只要满足等式 (1) 的要求, 则可替代性地使用其它类型的轮或履带。例如, 这种其它类型的轮可包括常规轴轮 23a-d (如图 13 中示例性示出的) 或可枢转的脚轮以便允许一定程度的全向运动。另一方面, 如果指定增强的牵引力, 则麦克纳姆轮 20a-d 或常规轴轮 23a-d 可由履带 24a-d 来代替 (如图 14 中示例性示出的)。

[0074] 进一步参照图 13, 其示出根据本发明某些实施例的另一种可选的移动机器人 1f。就这一点而言, 与移动机器人一起使用的接头联接件已被描述为在组件单元相对于彼此移动中提供单一的自由度。然而, 关于机器人 1f, 多个联动装置 (例如, 接头联接件 12a 和 12b) 是示例性的, 所述机器人 1f 经由它们的组合使用使得能够双自由度, 每一个联动装置源自于组件单元 10a”、10b”的框架的相对侧面 78。在组合这些接头联接件的一个目的是提供机器人 1f, 其具有用于在轻微和严重不规则表面上顺利操作所需的自由度。如上所述, 图 13 示例性地示出由常规轴轮 23a-d 代替麦克纳姆轮的机器人 1f。然而, 对于给定双自由度的机器人 1f 而言可使得一定程度的顺时针和逆时针方向的操作成为可能。例如, 通过使得所有轮以相同速度在相同方向上旋转, 机器人单元 10a”、10b”以相同的速度在该方向上移动。此外, 通过使得轮 20d 和 20b 向后旋转, 以及使得轮 20a 和 20c 向前旋转, 单元 10a”、10b”将在顺时针方向上旋转。可选地, 颠倒这些方向将导致单元 10a”、10b”在逆时针方向上旋转。下面的表 2 总结了机器人 1f 相对于这种轮致动的运动。

[0075] 表 2

[0076]

运动方向	标准的轮致动
向后 (Aft)	所有的轮以相同的速度向后
向前	所有的轮以相同的速度向前
CW 旋转	轮 20d 和 20b 向后, 轮 20a 和 20c 向前
CCW 旋转	轮 20a 和 20c 向后, 轮 20d 和 20b 向前

[0077] 图 14 示出了根据本发明某些实施例的另一可选的移动机器人 1g。机器人 1g 包括与图 13 的机器人 1f 的相同配置；然而，如上所述，示例性地示出已经由履带 24a-d 代替常规轴轮 23a-d（在图 13 的机器人 1f 中示出）的机器人 1g。类似于传统的轮，从组件单元 10a”和 10b”的多个联动装置给定的双枢轴自由度，使得在顺时针和逆时针方向上进行受限的操作成为可能。通过以相同的速度在相同方向上致动所有的履带，机器人单元 10a”，10b”以相同的速度在该方向上移动。通过使得履带 24d 和 24b 向后旋转，以及使得履带 24a 和 24c 向前旋转，单元 10a”，10b”将在顺时针方向上旋转。颠倒这些方向将导致单元 10a”，10b”在逆时针方向上旋转。下面的表 3 总结了机器人 1g 相对于这种轮致动的运动。

[0078] 表 3

[0079]

运动方向	履带致动
向后 (Aft)	所有的履带以相同的速度向后
向前	所有的履带以相同的速度向前
CW 旋转	履带 20d 和 20b 向后，履带 20a 和 20c 向前

[0080]

CCW 旋转	履带 20a 和 20c 向后，履带 20d 和 20b 向前
--------	---------------------------------

[0081] 图 15 示出根据本发明某些实施例的另一个可选的移动机器人 1h。机器人 1h 包括与图 4 的机器人 1a 的相同配置；然而，来自其的磁力被示出为通过使用真空装置 45 增大。如图所示，在某些实施例中，由其中内部压力低于外部环境压力的裙部 46 维持由这种设备 45 所产生的真空。因此，真空装置提供类似于由磁体 50 所产生的净力（其经由轮诸如麦克纳姆轮 20a- 的作用横过由机器人所行经的表面是可移动的）。应该理解虽然真空装置可以是整体有效载荷的一部分，在需要其来清除杂物的情况下，诸如喷砂应用，但真空装置除了清除杂物的主要作用之外可用于增大施加到机器人的轮上的保持力。如果真空装置 45 足够强以确保满足公式 (1) 的要求，对于本发明的移动机器人而言不需要磁体 50。但是应当意识到在这种方案中，工作表面无需是含铁的，但取而代之是只需足够光滑来使得裙部 46 维持足够的真空。

[0082] 在某些实施例中，本文所实施的每个移动机器人 1-1h 或其每个组件单元可包括快速连接 / 断开接口，例如如果需要的话用于由有效载荷和机器人所使用的电力、通信控制、气动 / 液压管路，以及如果需要的话用于由有效载荷所使用的可应用液体管路。此外，在某些实施例中，可将所实施机器人的每个组件单元制成一定的尺寸，所述尺寸给安装所需的所有设备提供空间，使得其与有效载荷成为自包含的（例如电池，罐，无线通信等）。如果机器人需要围绕使得电源 / 控制线不切实际的大障碍物（例如管道支撑件）或支撑结构行驶的话，这将是可取的。

[0083] 本发明的移动机器人在它们的任何各种实施例中可受到“主控制器”计算机 100

的控制,在图 16 中提供根据本发明某些实施例的用于计算机 100 的示例性主控制图。不管是使用麦克纳姆轮 20a-20d、常规轴轮 23a-23d 或者履带 24a-24d,上述都独立地受到控制以便在机器人在其上所行经的物体上获得所期望的运动。在某些实施例中,也可给由机器人所承载的可操作性有效载荷设备提供这种控制。从而,主控制器计算机 100 可配置成独立地指令多个单独的致动器的控制件 A1, A2, A3, ..., AN(例如马达控制器 32),这取决于用于控制安装在所述机器人或如果它们成组在一起的多个机器人(诸如图 11 中示例性示出的)上的所有轮(或履带和可操作的有效载荷的构件)所需要的数量。在某些实施例中,控制器计算机 100 独立地通过导线连接到每个机器人中的每个致动器控制件;然而,本发明并不应当受限于此,因为控制器计算机 100 可选地通过无线通信来控制每个致动器控制件。

[0084] 图 17 是根据本发明某些实施例的用于所实施的移动机器人的马达控制系统输入的控制图。首先,来自主控制器计算机 100 的致动器输入如由控制线路 101 指示的那样独立地指令到位于所述机械人或多个机器人上的每个致动器控制件 A1, A2, A3, ..., AN, 诸如马达控制器 32。如图所示,致动器控制件处理该信息并指令致动器(例如马达 30)来执行所期望的功能。然后,所指令的致动器提供反馈信息到致动器控制件,致动器控制件依次将反馈信息反馈到主控制器计算机 100,如由一个或多个反馈线路 102 所指示的那样。应当认识到线路 101 和 102 可包括无线通信线路以及有线线路。

[0085] 具体地,图 17 是致动器控制系统 A1 的示例性示意图,其控制轮或履带驱动马达 30。如图所示,主控制器 100 将角速度指令发送到马达控制器 32,如由线路 101 所指示的那样。信号通过求和点 121 并传递到马达控制器 32 上,马达控制器 32 依次经由线路 104 将这些指令传递到马达 30 上。马达 30 提供反馈到主控制器 100 的输出信号,并且可经由通信线路 105 馈送到电位器/编码器 123。在这种情况下,电位器/编码器 123 测量马达 30 的旋转速度,并经由通信线路 107 将所得信号发送到求和点 121。所得反馈信号经由通信线路 108 通信到马达控制器 32。马达控制器 32 依次比较这两个输入,并且可经由线路 104 将混合的所得信号发送到轮或履带驱动马达 30。

[0086] 例如参照涉及用于待清洁、喷漆或以其它方式处理的表面的指令的过程,指令可被加载到类似于计算机数控(CNC)加工程序的程序中的计算机/控制器 100 内。然后,控制器 100 通过各种致动器控制系统 A1-AN 指令移动机器人如何移动到特定位置或完全覆盖表面。计算机可通过机器人的配置来确定机器人的出发点在机器人从其开始位于工作表面上的哪一点处。可选地,如果不需要自动化控制,移动机器人可由操作人员手动控制。

[0087] 可选地或组合地,位置控制可基于外部参考源。例如,参考源可将在机器人或成组的多个机器人上的特定参考点的全球位置中继到主控制器 100。通过将外部参考位置与机器人位置进行比较,控制器 100 将能够处理用于机器人或每一成组的机器人、或机器人单元组件的精确位置参考。存在可能的几种外部控制方法,其中一种常见的方法涉及定位在已知位置内的 GPS 或地面发射器。

[0088] 在某些实施例中,机器人的位置和/或取向可由来自广泛阵列源(例如,俯仰角和偏航角传感器, GPS, 加速度计, 滑行编码器轮, 已知位置发射器, 马达驱动速度, 惯性制导控制等)的反馈来确定。如应当认识到的,精确的位置和取向控制允许最小的用户输入,从而便于特定任务的自动化。根据需要,机器人可将相关的位置数据中继到有效载荷。图 18 示

出根据本发明某些实施例的具有使得这些功能的某些可能的特征的示例性移动机器人 1i。在许多方面类似于图 4 的机器人 1b, 机器人 1i 具有另外的特征, 包括全向轮 25, 全向轮编码器 123a, 以及接头联接件编码器 123b。在某些实施例中, 如图所示, 全向轮 25 可枢转地联接到磁体安装托架 51, 以便自由地接触机器人 1i 所行经的工作表面并在其上旋转。如进一步示出的, 在某些实施例中, 轮编码器 123a 联接到轮 25 的轴, 而接头联接件编码器 123b 联接到在组件单元 10a, 10b 之间的接头联接件 12a 的一端部。

[0089] 继续参照图 18, 通过监测轮 25 的速度和位置, 轮编码器 123a 将这种信息发送到主控制器 100 (未以可见的方式示出, 但位于组件单元 10a, 10b 之一上)。通过该信息, 除其它之外, 控制器 100 能够跟踪机器人 1i 在工作表面上的实际位置。类似地, 接头联接件编码器 123b 可监测组件单元 10a, 10b 之间的角度差异, 并将这种信息传送到主控制器 100。应当认识到角度差异越大, 机器人 1i 的轴线相对于工作表面的偏移越大。这与曲面工作表面特别相关。在某些实施例中, 因为一定量的轮滑移是在麦克纳姆驱动系统中固有的, 除了提供给主控制器 100 的麦克纳姆轮速度之外的反馈可允许对机器人 1i 取向进行精确的控制和精确的导航。为此目的, 控制器 100 通过控制各个致动器控制系统 A1-AN 可校正机器人 1i 沿着表面移动时的任何滑动。滑动对于常规轴轮或履带驱动系统问题不大, 但为了进行精确的控制, 主控制器 100 仍会需要反馈。

[0090] 机器人的优选实施例具有很多用途, 其一是维修圆柱形塔、诸如风力涡轮机塔架或垂直管道。塔的配置, 诸如突出障碍物和其它常规“禁止入内”的区域的位置, 可被加载到类似于计算机数控加工程序的程序中的计算机 / 控制器 100 内。然后, 计算机 / 控制器 100 将移动机器人的配置与塔的配置进行比较以便确定机器人的起始位置。在使用中, 移动机器人可被放置到提供给控制器 100 的任何含铁表面和表面几何形状上。在某些实施例中, 如上面所提及的那样, 车载 GPS 或其它导航装置可用于将位置和取向信息通信发送给计算机 / 控制器 100。计算机 / 控制器 100 然后通过各个致动器控制系统 A1-AN 来指令移动机器人如何移动以便行进到表面并位于表面上, 从而完全覆盖表面或直接移动到表面上的特定位置。如上所述, 移动机器人可承载清洗, 喷漆, 切割, 焊接, 和 / 或其它维修设备, 其中计算机 / 控制器 100 可指令机器人准备以及然后维修工作表面。

[0091] 应当理解前述是本发明优选实施例的描述, 在不脱离本发明精神的情况下可进行各种改变和变更。

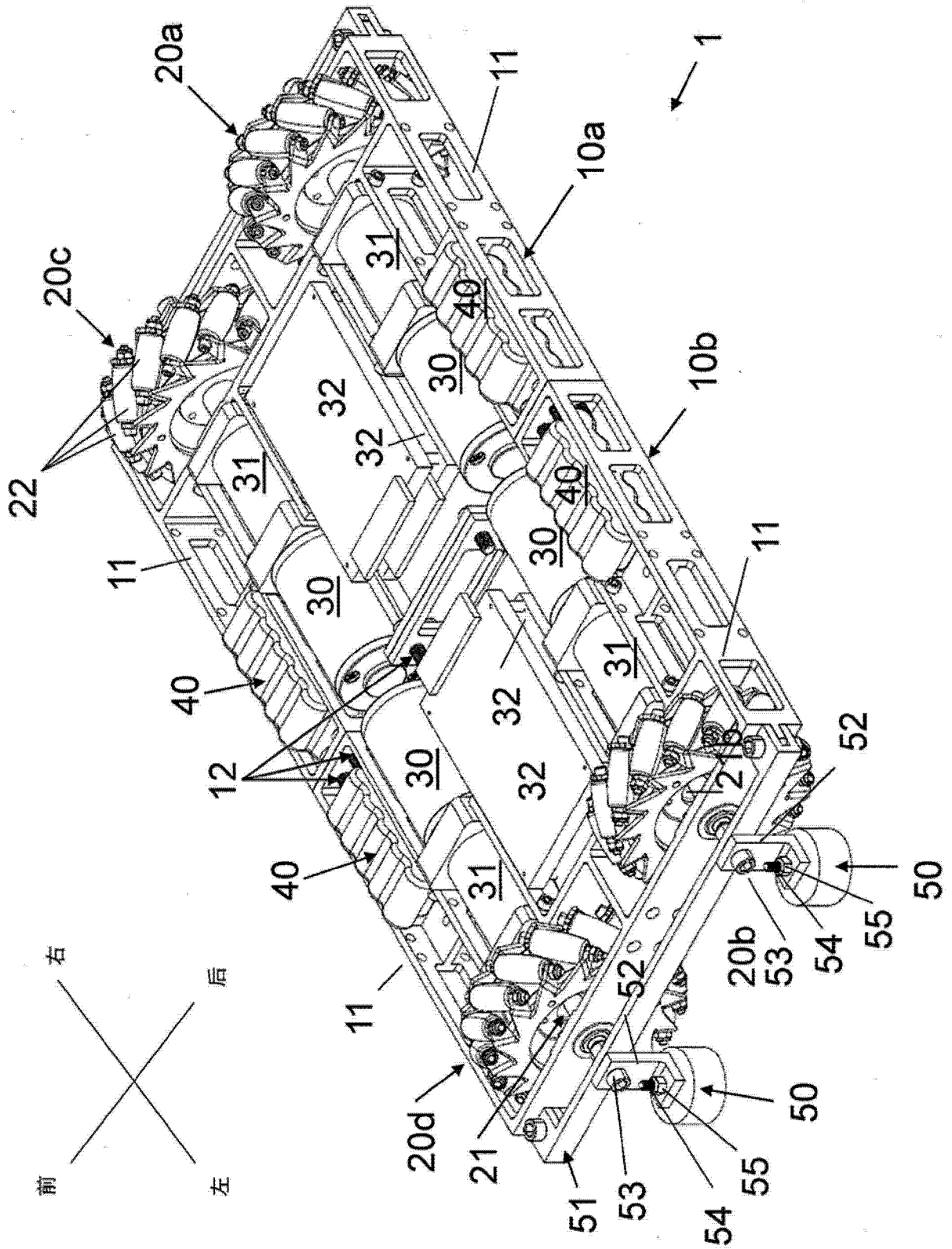


图 1

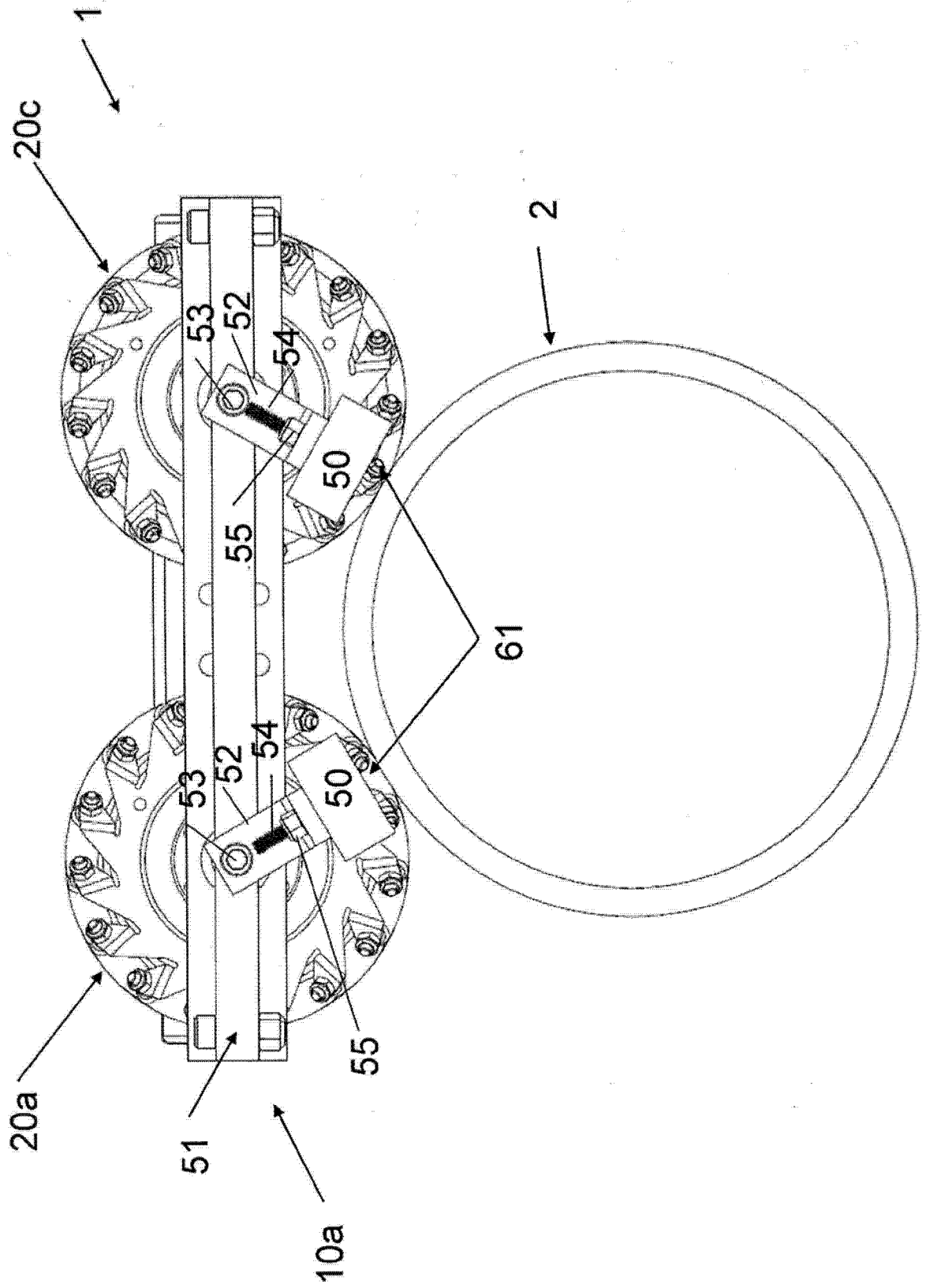


图 2

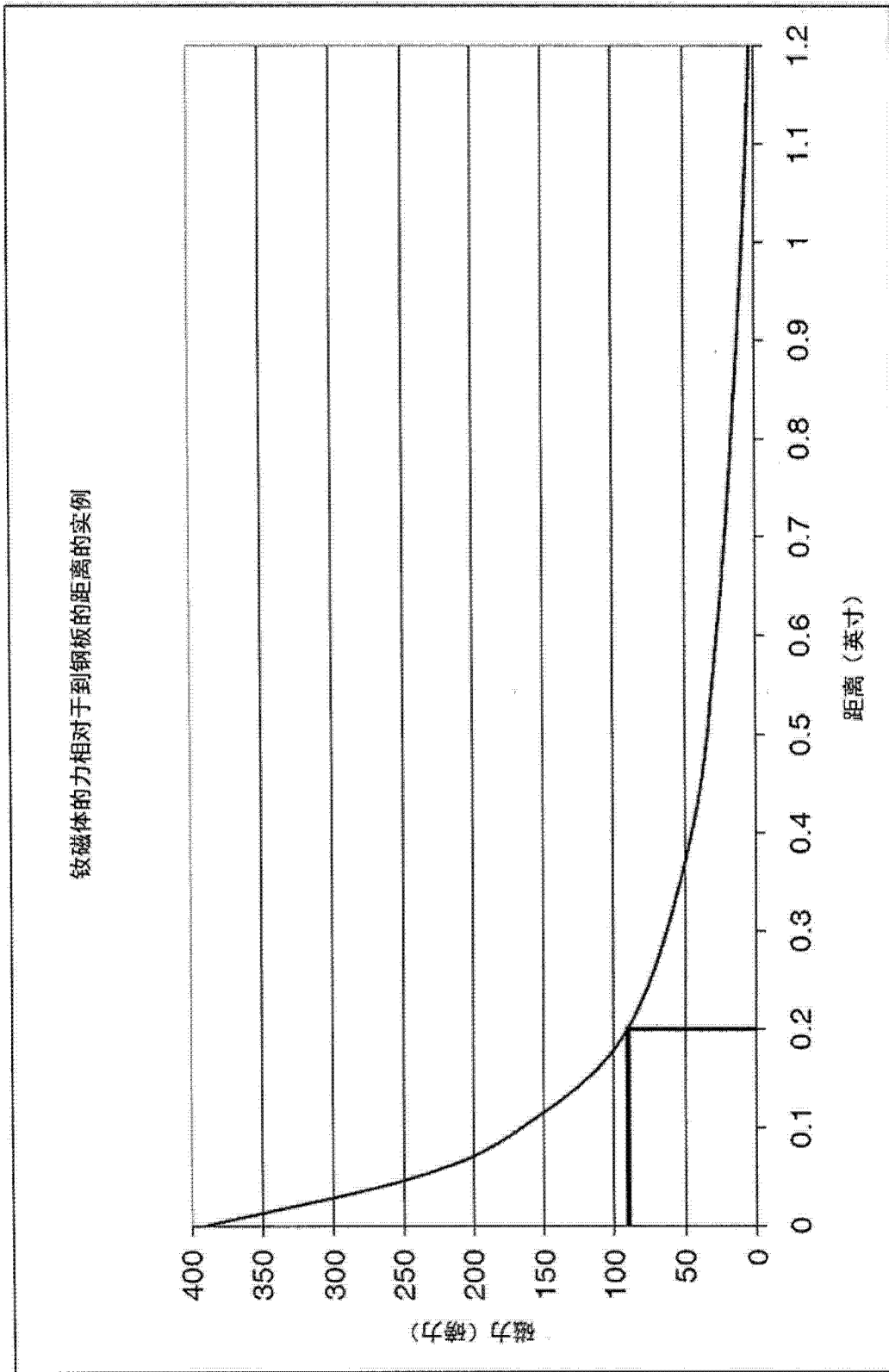


图 3

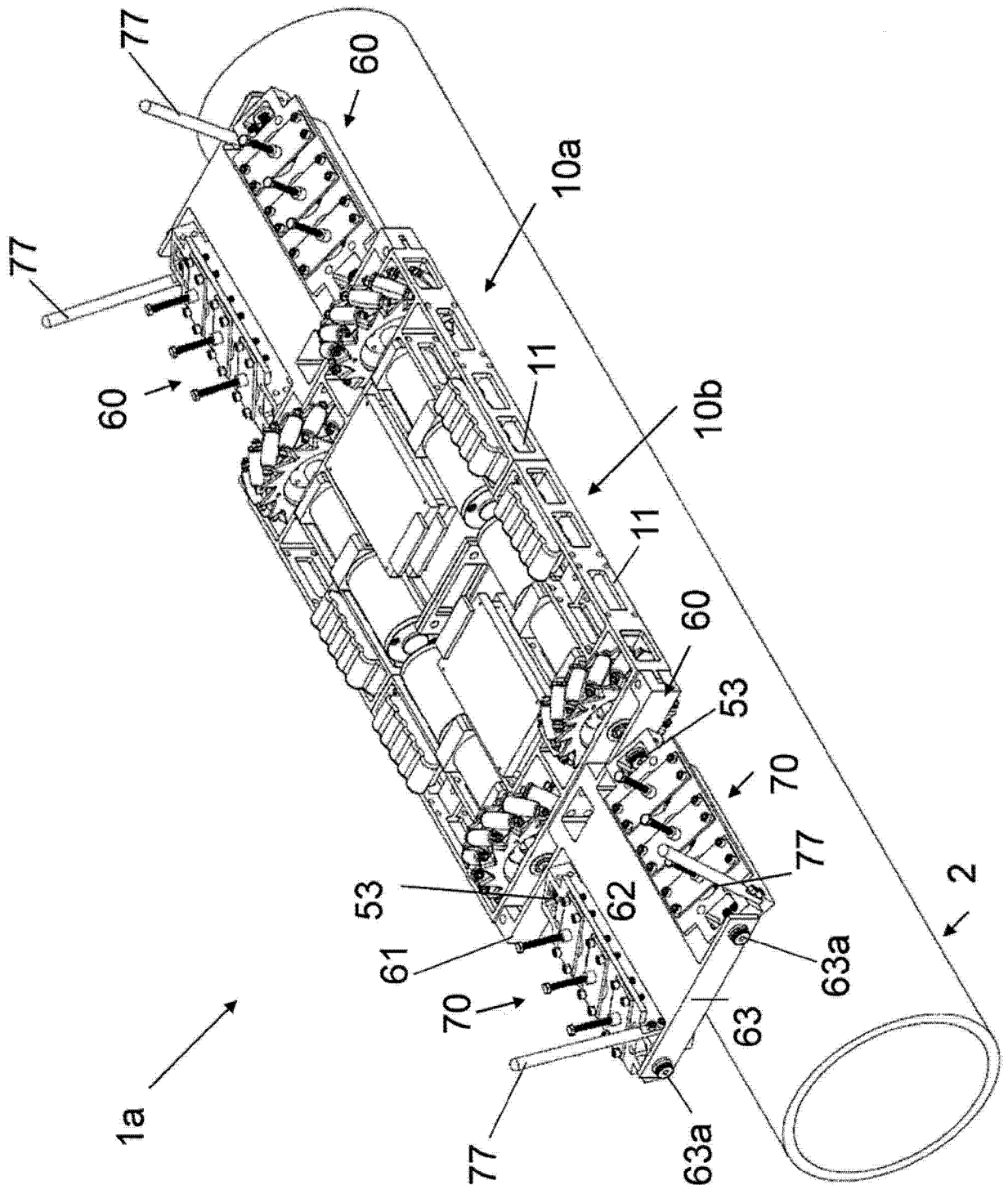


图 4

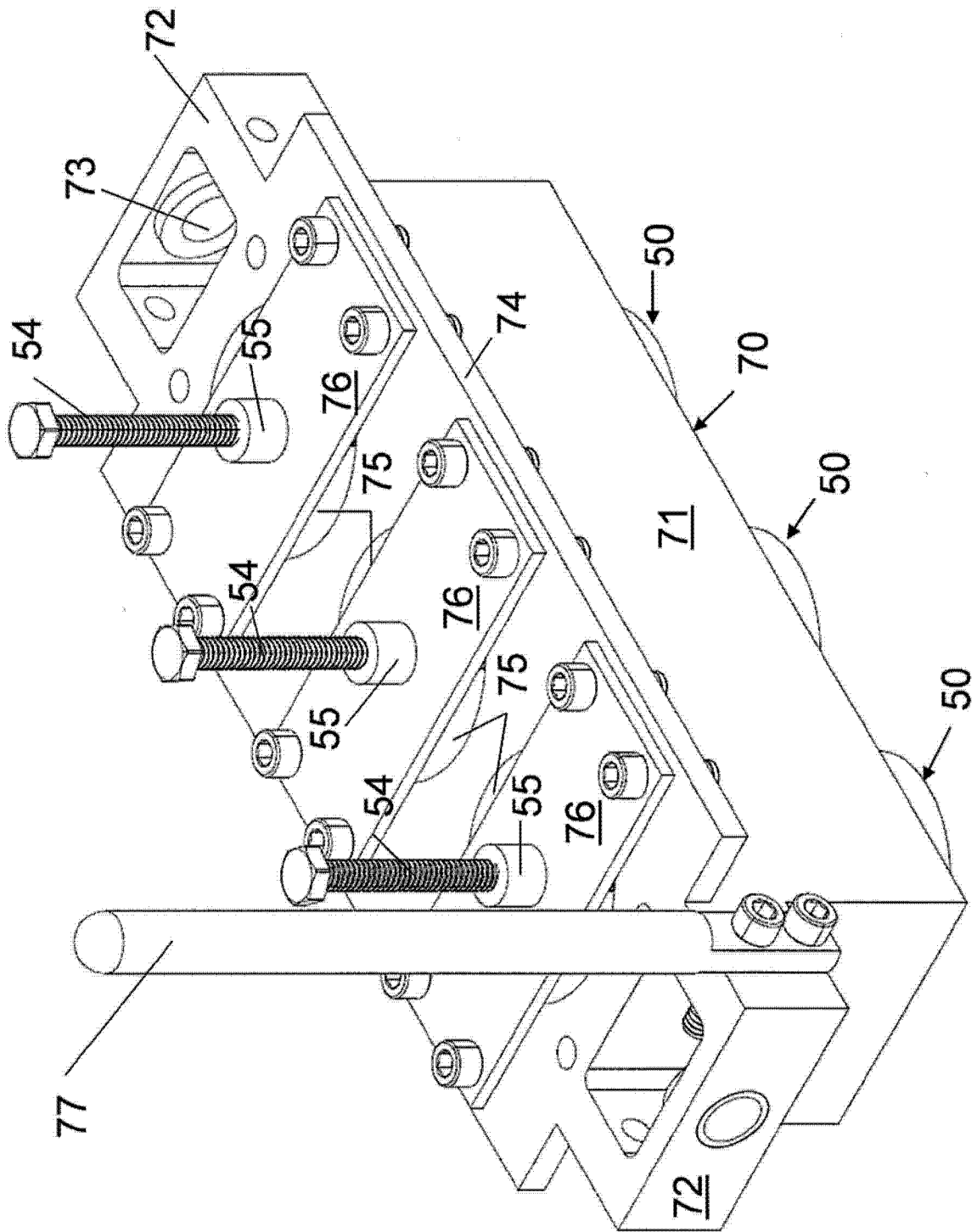


图 5

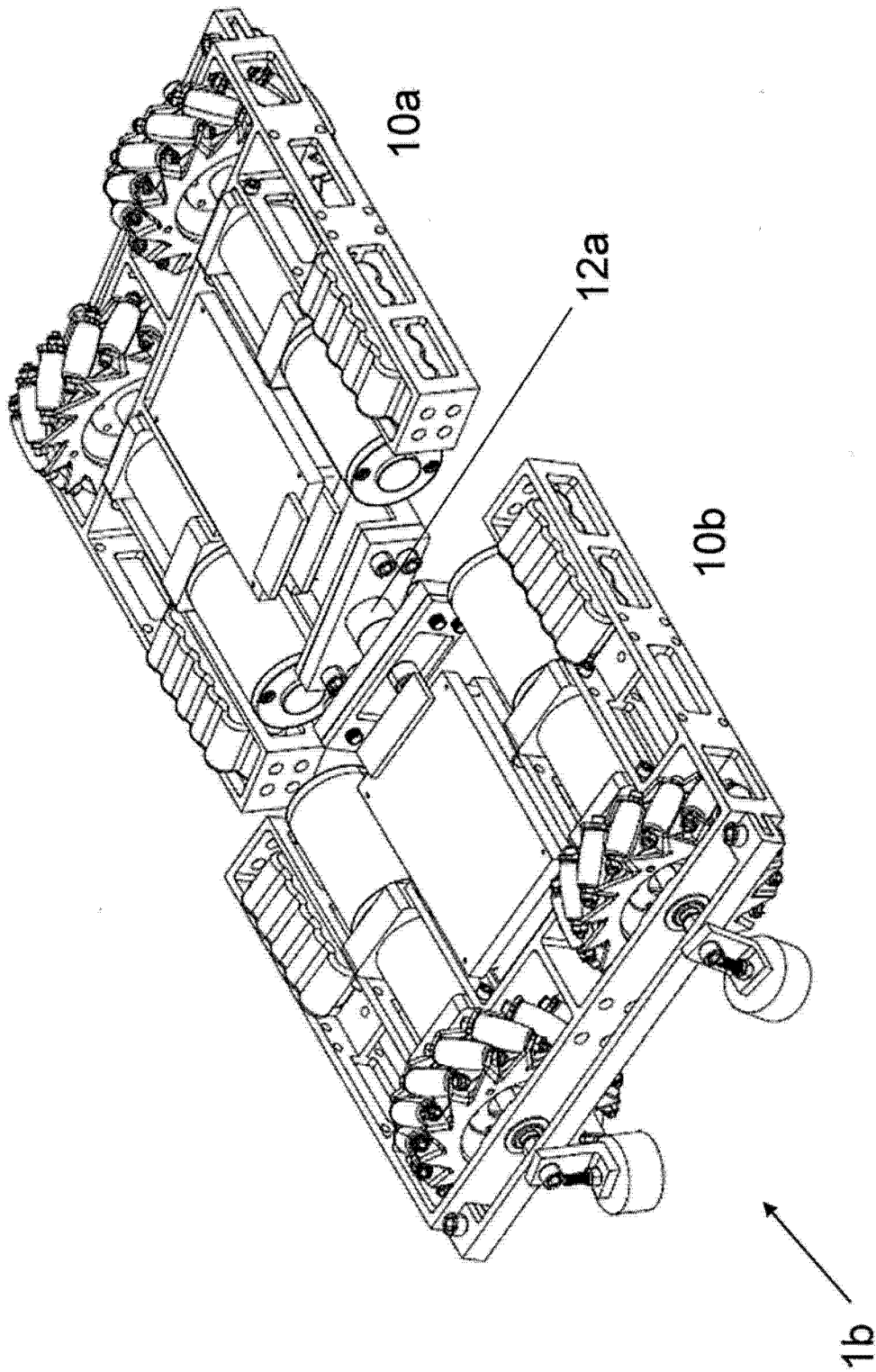


图 6

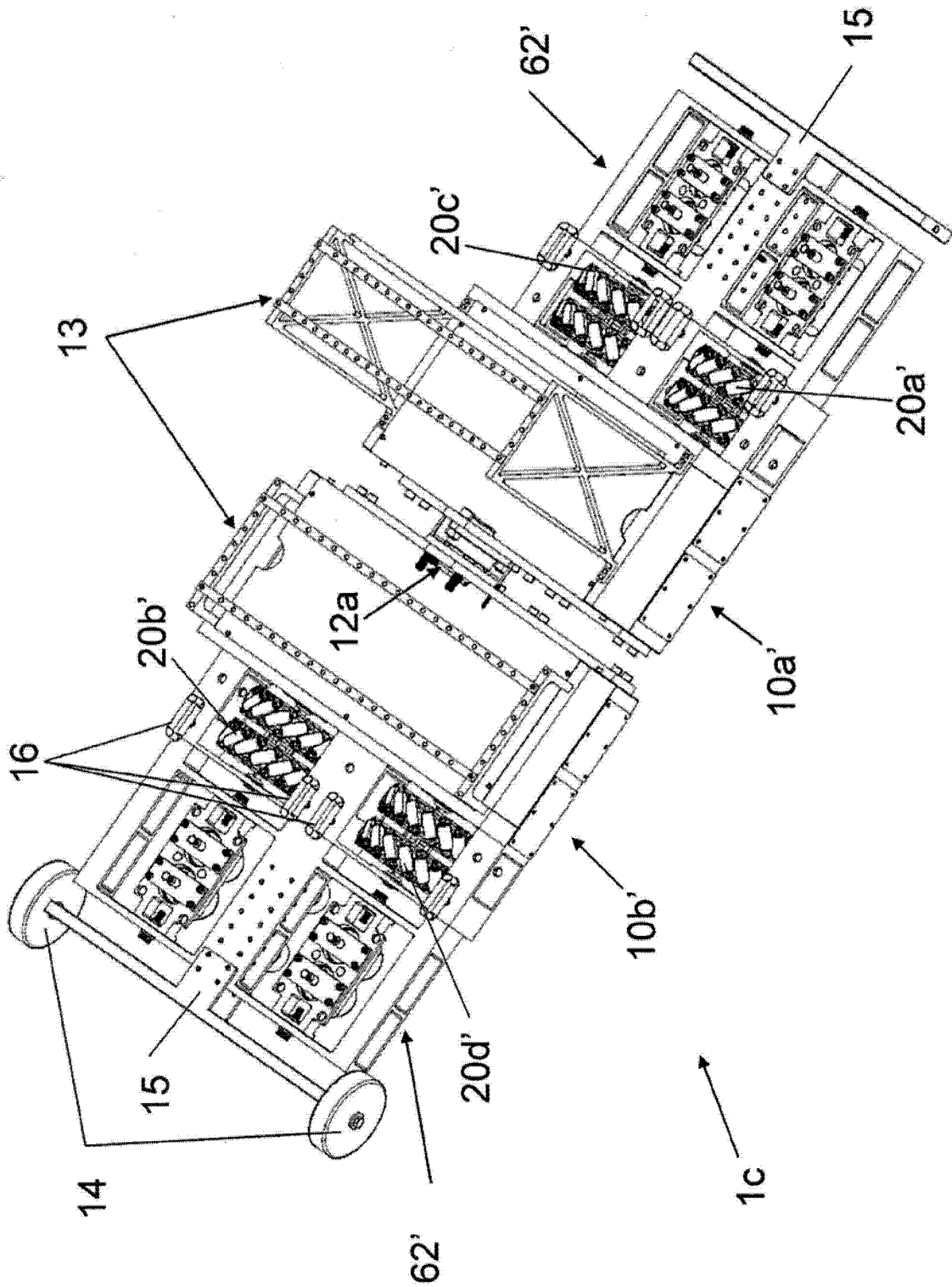


图 7

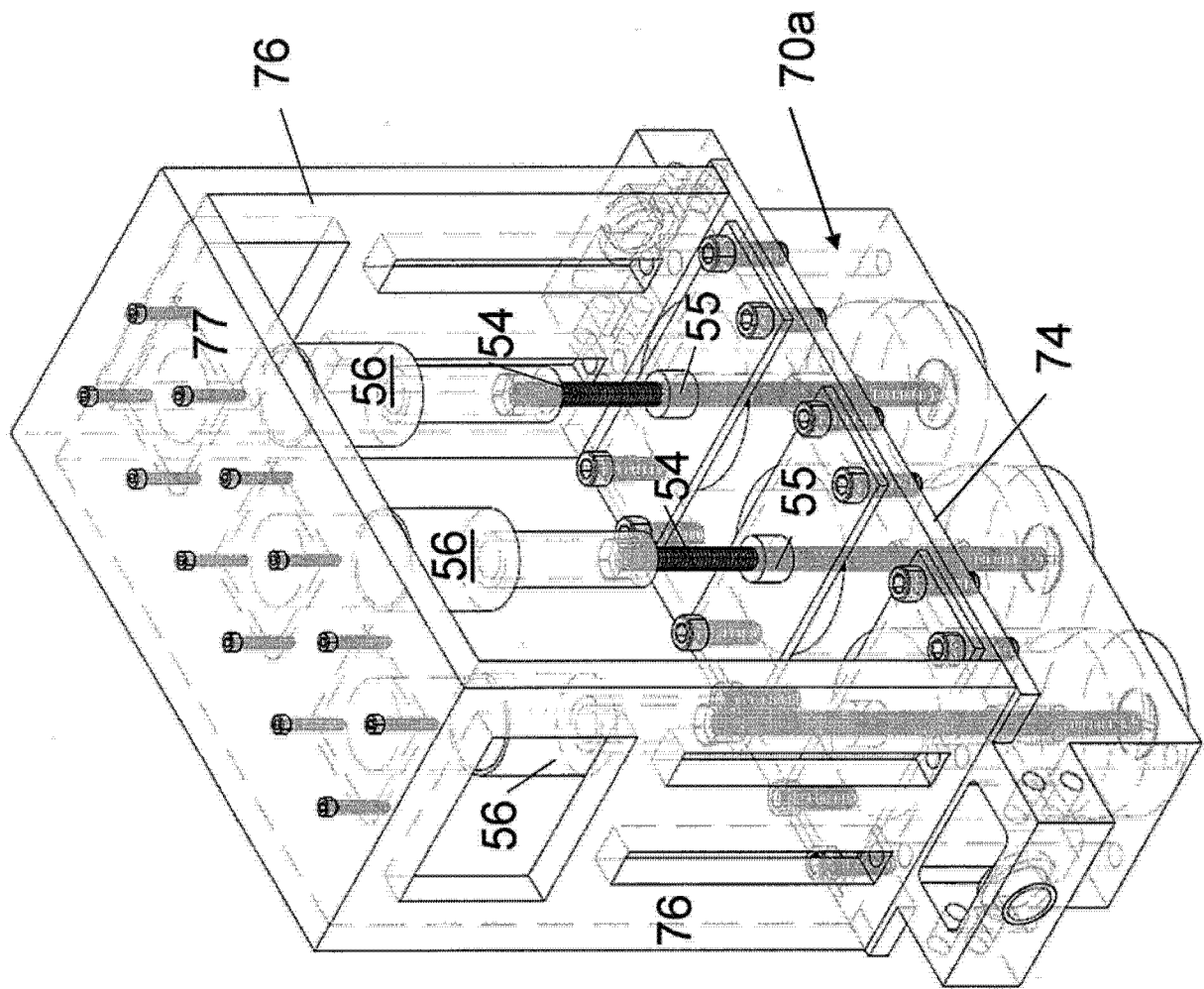


图 8

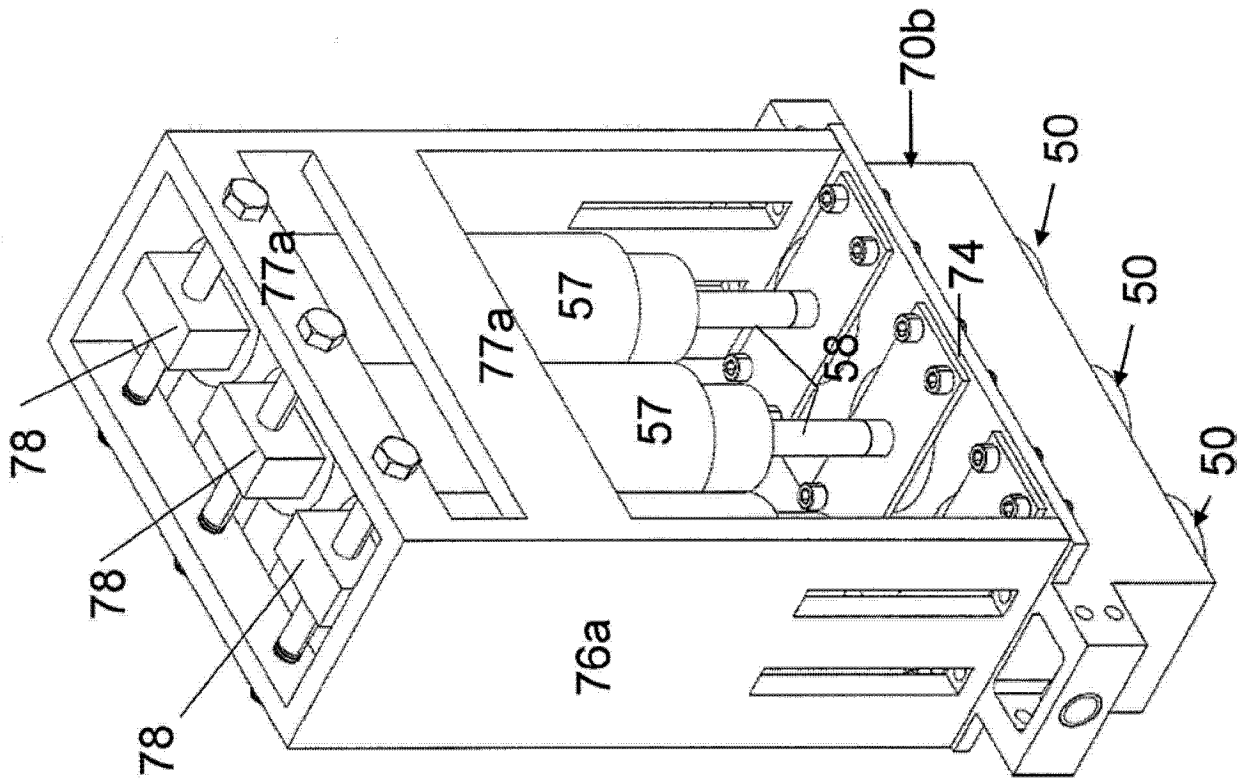


图 9

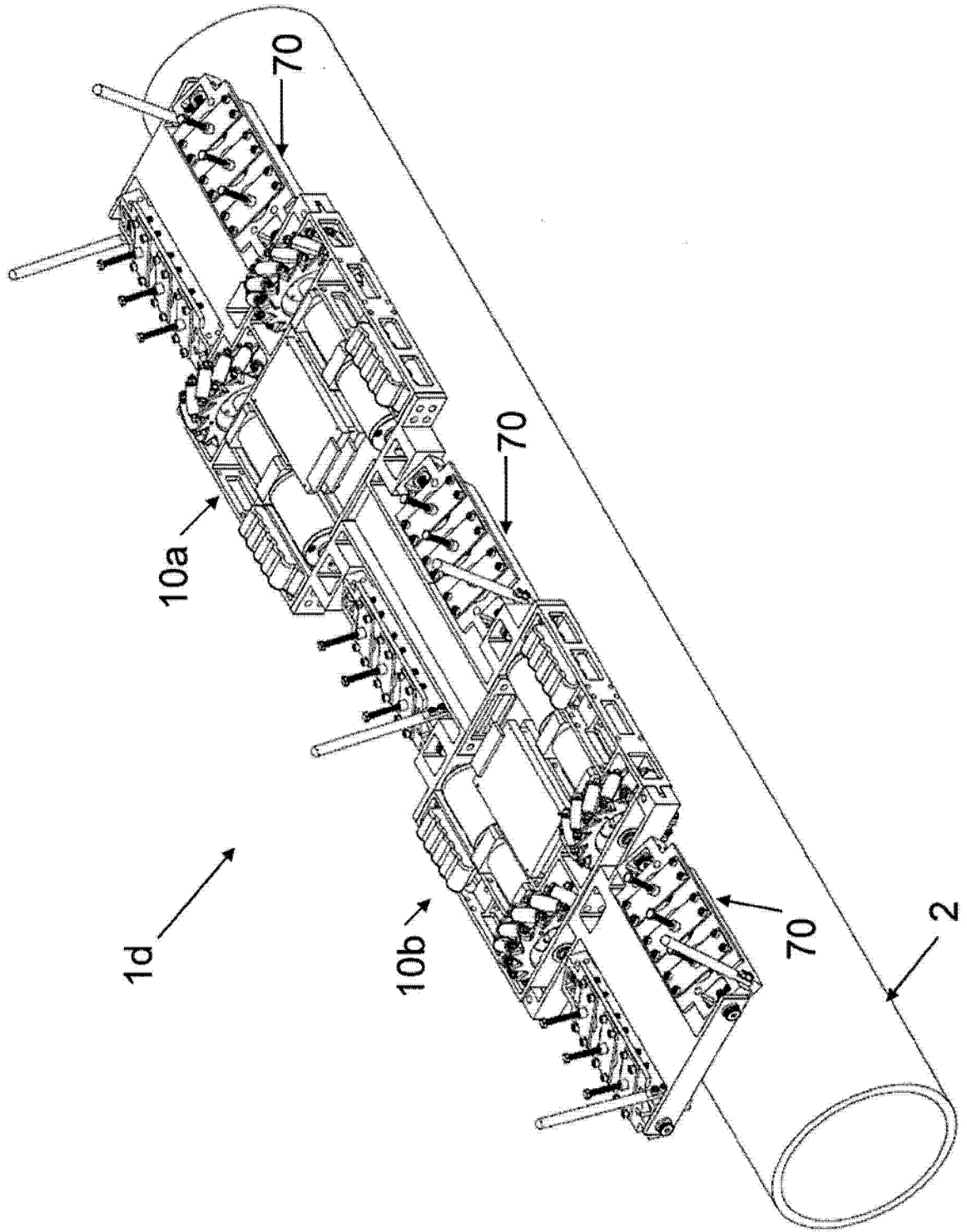


图 10

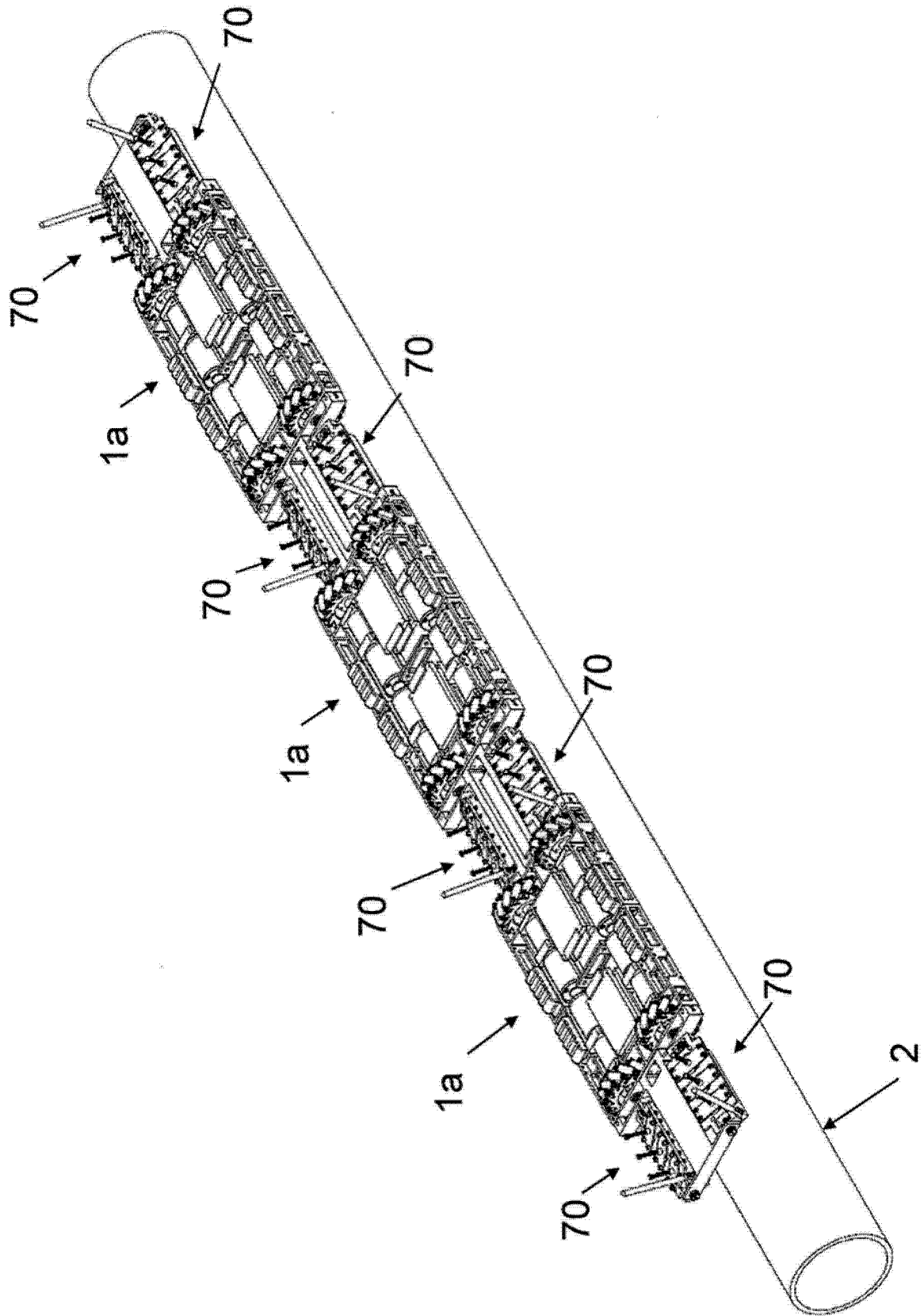


图 11

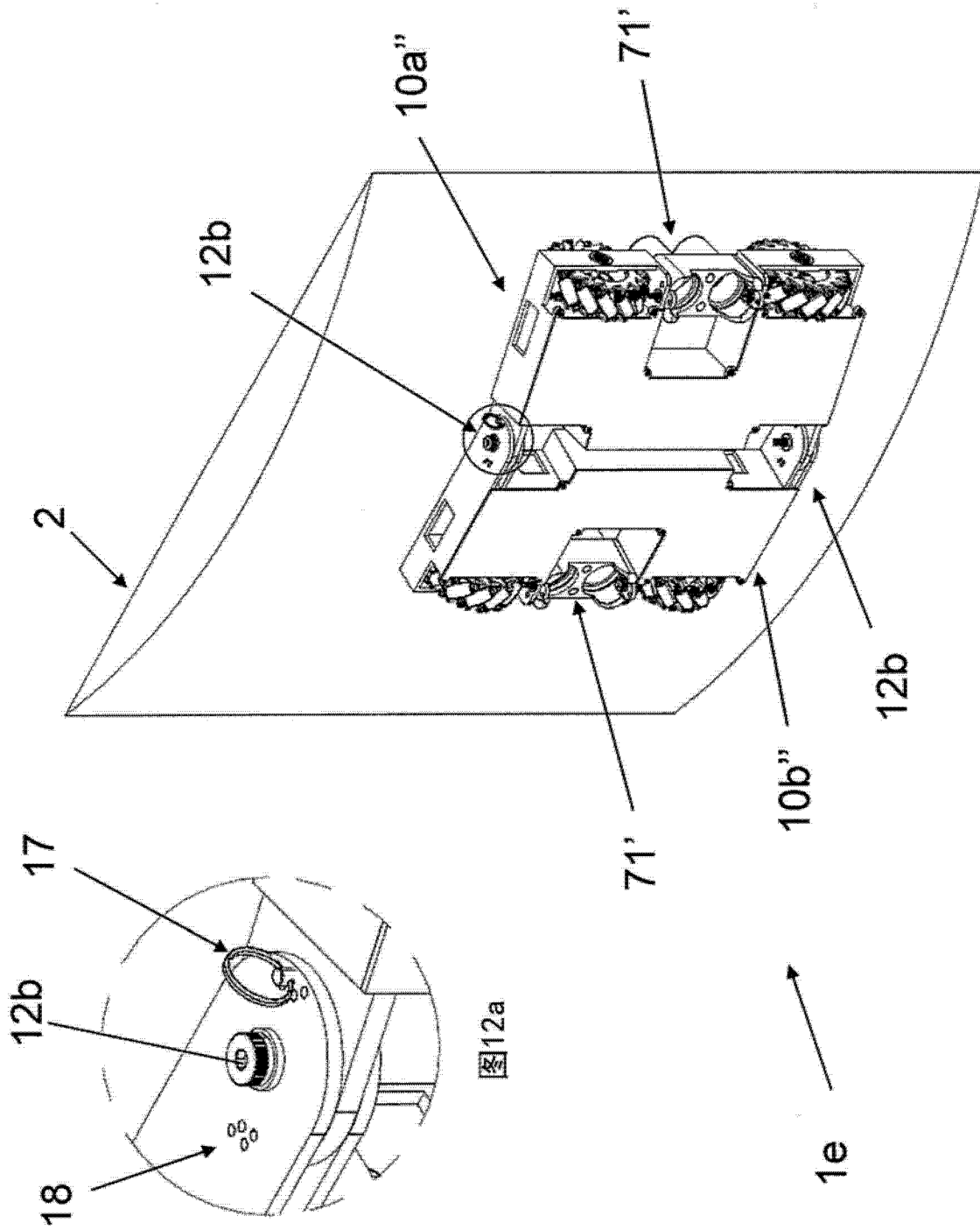


图12

图12a

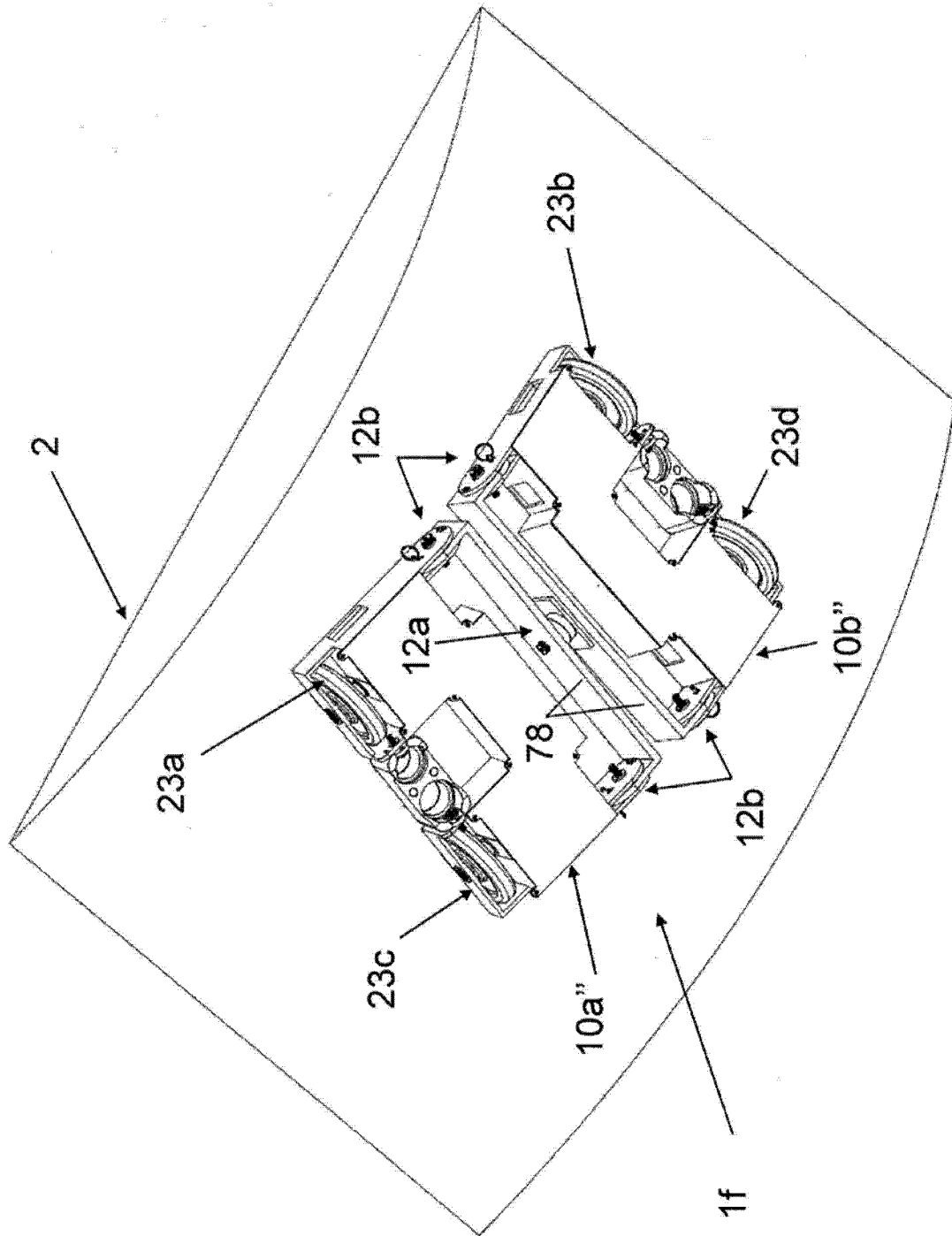


图 13

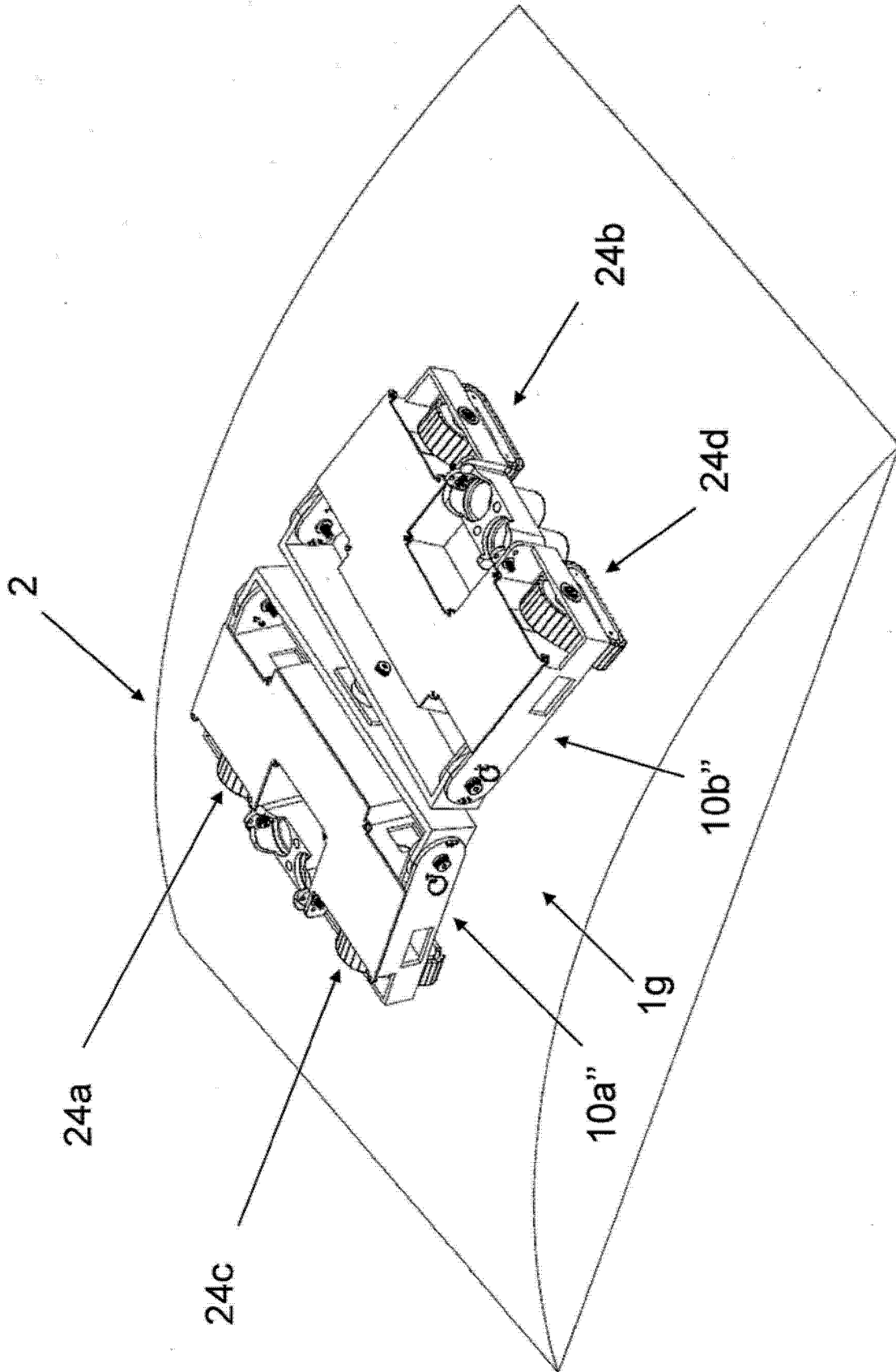


图 14

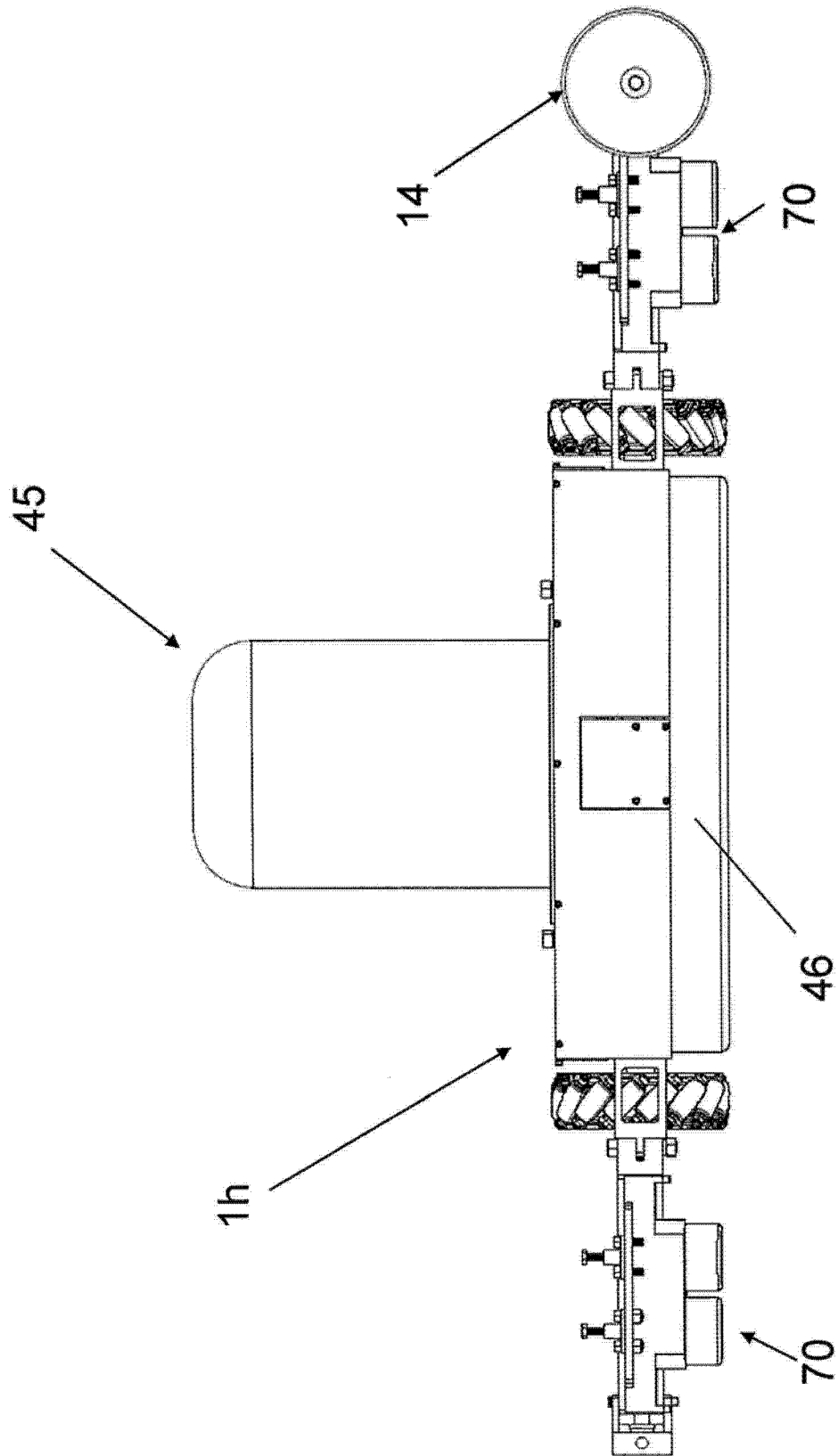


图 15

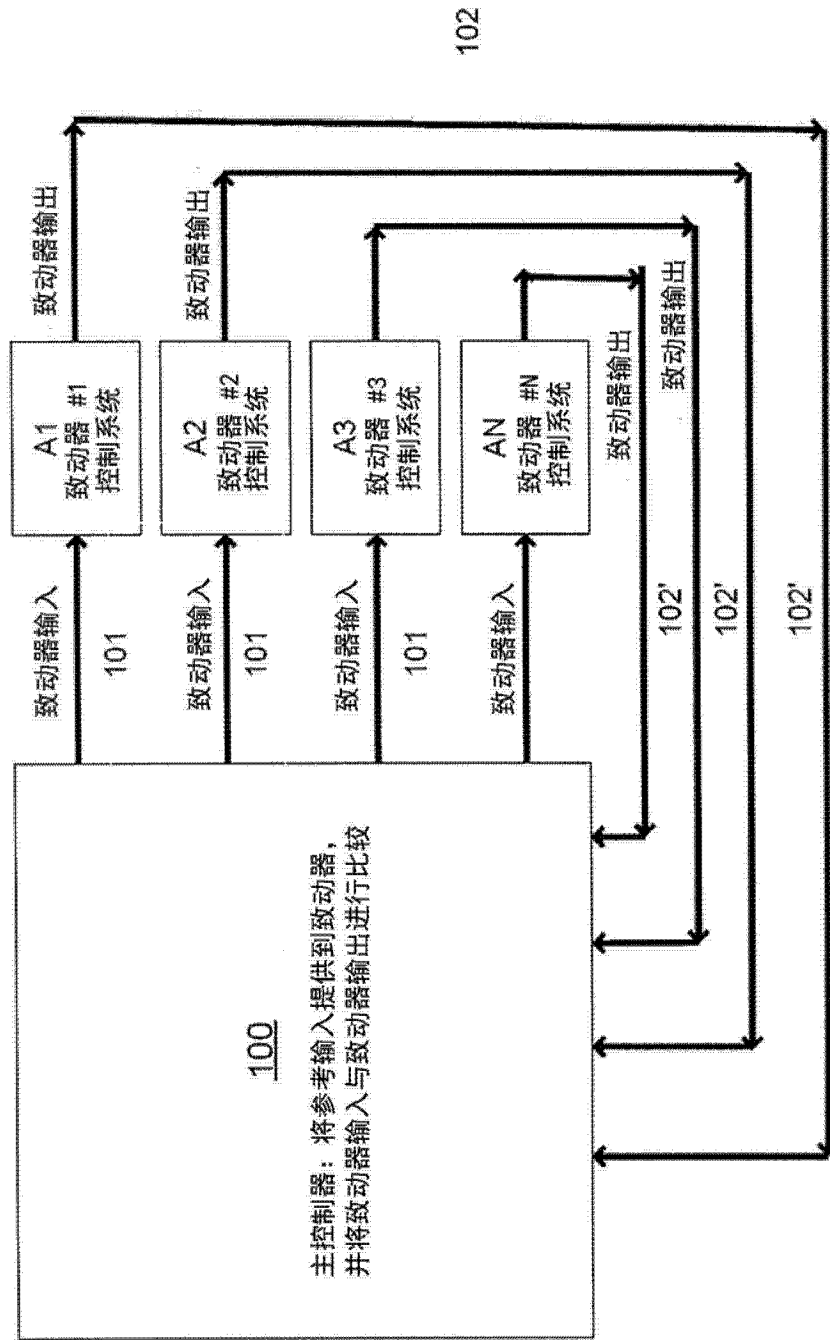


图 16

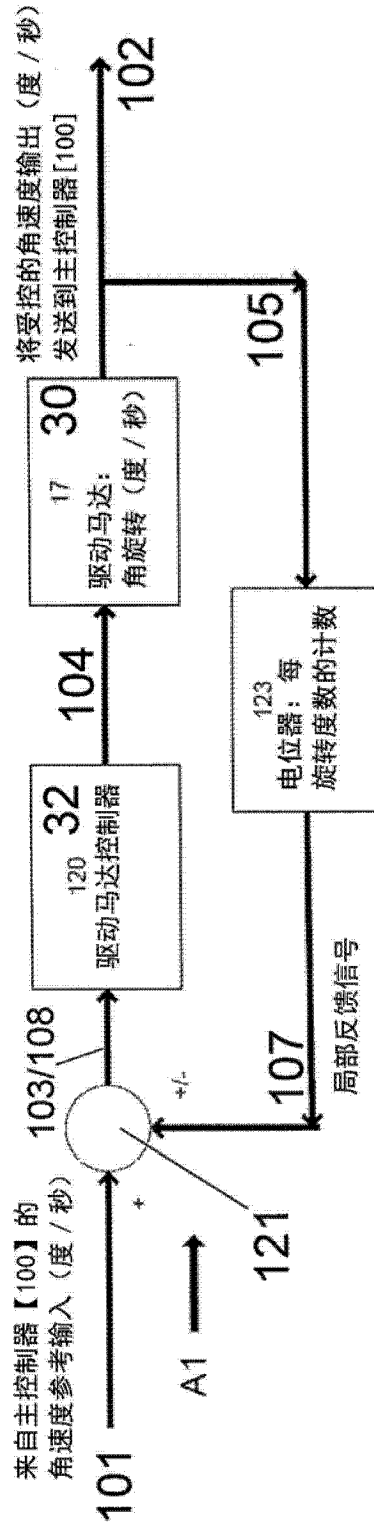


图 17

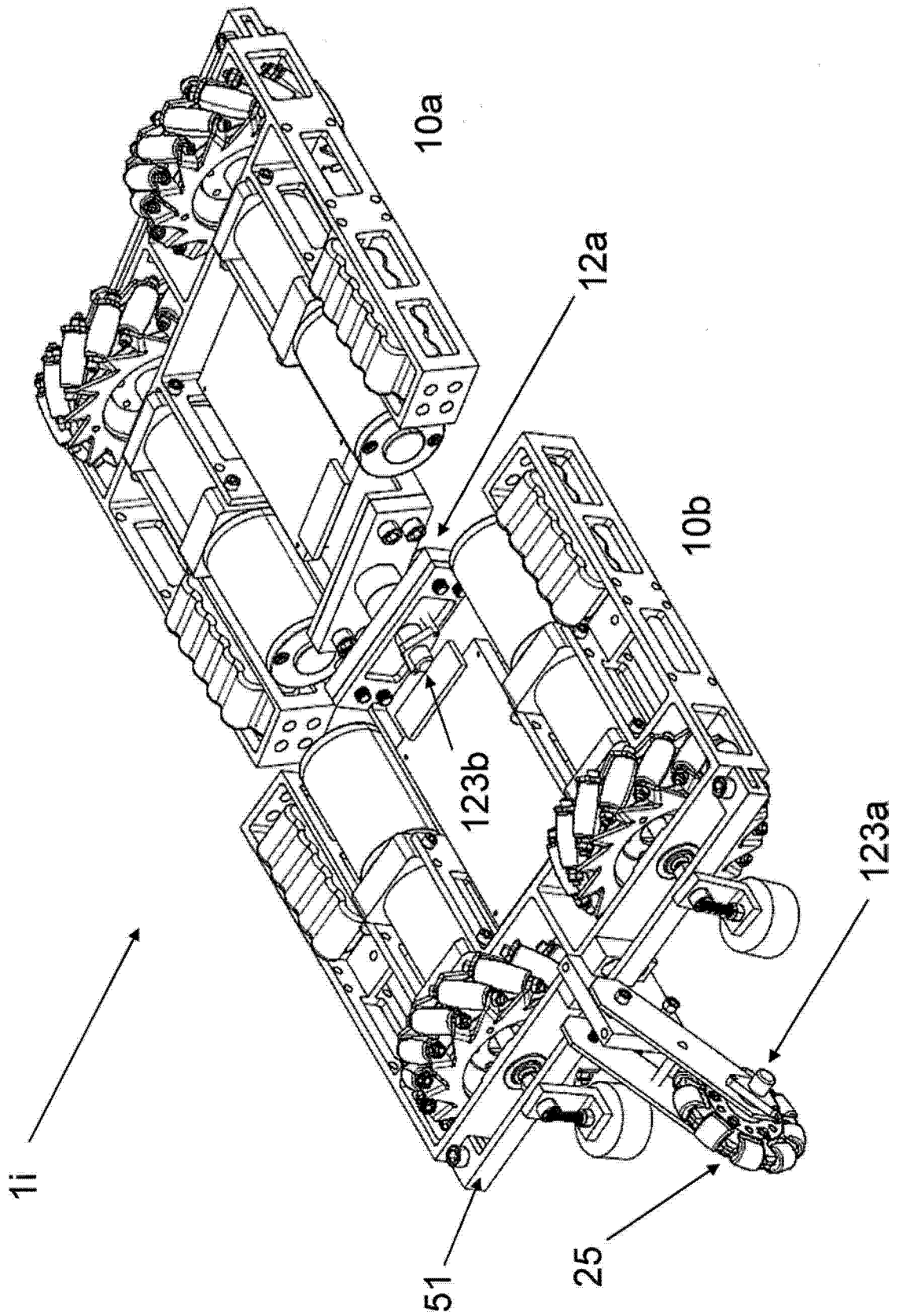


图 18