



(10) 授权公告号 CN 110868964 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 16

(21) 申请号 201880045904.2

(22) 申请日 2018.05.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110868964 A

(43) 申请公布日 2020.03.06

(30) 优先权数据
62/505,392 2017.05.12 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.09

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CA2018/050570 2018.05.14

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/218336 EN 2018.12.06

(73) 专利权人 埃索欧耐迪克超动力
地址 加拿大魁北克

(72) 发明人 帕斯卡尔·拉罗斯 马克·登宁格
吉恩-塞巴斯蒂安·普朗特
吉恩-菲利普·勒金·比格
卡特琳·韦罗诺

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

专利代理师 瞿艺

(51) Int.Cl.
A61F 2/68 (2006.01)
A61F 2/50 (2006.01)
A61F 2/54 (2006.01)
A61F 2/60 (2006.01)
A61F 5/01 (2006.01)
A61H 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件
WO 2017031585 A1, 2017.03.02
US 2008097269 A1, 2008.04.24
WO 2017031585 A1, 2017.03.02
CN 105179515 A, 2015.12.23
CN 101716102 A, 2010.06.02
EP 3067018 A1, 2016.09.14
KR 20150127396 A, 2015.11.17
US 2008097269 A1, 2008.04.24

审查员 肖文丽

权利要求书3页 说明书20页 附图21页

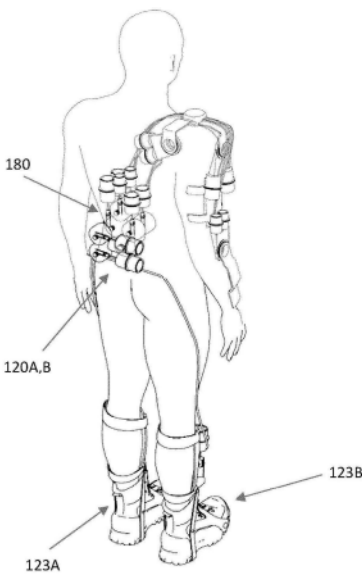
(54) 发明名称

外骨骼、矫形器、可穿戴设备或使用磁流变流体离合器装置的移动机器人

(57) 摘要

一种系统包括一个或多个可穿戴设备,该可穿戴设备包括适于固定至第一身体部位的第一身体连接部。第二身体连接部适于固定至通过生理关节与第一身体部位分离的第二身体部位。一个或多个关节在第一身体连接部和第二身体连接部之间提供一个或多个自由度。磁流变(MR)流体致动器单元包括一个或多个动力源。一种MR流体离合器装置从至少一个动力源接收扭矩,该至少一个MR流体离合器装置可操作成在受到磁场时生成可变量的扭矩传递。传动装置将MR流体致动器单元耦接至可穿戴设备,以用于将来自MR流体致动器单元的扭矩转换成身体连接部相对于

彼此的相对运动。



1. 一种具有磁流变流体致动器单元的系统,包括:
至少一个可穿戴设备,包括
第一身体连接部,适于固定至第一身体部位,
至少第二身体连接部,适于固定至通过生理关节与所述第一身体部位分离的第二身体部位,
至少一个接头,在所述第一身体连接部和所述第二身体连接部之间提供至少一个自由度,所述第二身体连接部构造成接收人类的力;
磁流变流体致动器单元,包括
至少一个辅助动力源,
至少一个磁流变流体离合器装置,从所述至少一个辅助动力源接收扭矩,所述至少一个磁流变流体离合器装置能操作成在受到磁场时生成变化量的扭矩传递,所述至少一个辅助动力源操作地连接至所述磁流变流体离合器装置,以用于经由所述磁流变流体离合器装置向所述可穿戴设备的构件提供辅助动力;
传动装置,将所述磁流变流体致动器单元耦接至所述可穿戴设备,以用于将来自所述磁流变流体致动器单元的扭矩转换成所述身体连接部相对于彼此的相对运动,
从而所述系统在所述第二身体连接部处输出所述人类的力和来自所述辅助动力源的动力的组合。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述传动装置包括由液压回路连接的多组主缸和从动缸,所述主缸由所述磁流变流体致动器单元驱动并驱动所述从动缸。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中所述主缸通过滚珠丝杠、齿条和齿轮以及缆索系统中的一者连接至所述至少一个磁流变流体离合器装置。
4. 根据权利要求2或3所述的系统,其中所述从动缸安装至所述第一身体连接部。
5. 根据权利要求4所述的系统,其中所述从动缸通过联接装置连接至第二身体连接部。
6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述联接装置包括联接件,所述联接件通过至少一个旋转接头连接至所述身体连接部中的一者并通过至少一个平移接头连接至所述身体连接部中的另一者。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中所述从动缸通过与它的刚性连接而推动所述联接件。
8. 根据权利要求2或3所述的系统,其中所述主缸和所述从动缸中的至少一者是滚动隔膜缸。
9. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述磁流变流体致动器单元具有至少一对所述磁流变流体离合器装置,至少一对所述磁流变流体离合器装置相反地操作,以用于所述第一身体连接部相对于所述第二身体连接部的相反运动。
10. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述磁流变流体致动器单元具有至少一个所述磁流变流体离合器装置,至少一个所述磁流变流体离合器装置对抗所述可穿戴设备的偏置构件相反地操作,以用于所述第一身体连接部相对于所述第二身体连接部的相反运动。
11. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述第一身体连接部是适于固定至用户的小腿的小腿身体连接部。

12. 根据权利要求11所述的系统,其中所述第二身体连接部是适于固定至所述用户的脚或鞋类的脚身体连接部。

13. 根据权利要求12所述的系统,还包括通过一个所述接头连接至所述第一身体连接部的第三身体连接部,所述第三身体连接部是适于固定至所述用户的大腿的大腿身体连接部。

14. 根据权利要求11所述的系统,其中所述第二身体连接部是适于固定至所述用户的大腿的大腿身体连接部。

15. 根据权利要求11所述的系统,包括两个所述可穿戴设备,其中一个所述可穿戴设备是右腿外骨骼,并且另一个所述可穿戴设备是左腿外骨骼。

16. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述第一身体连接部是适于固定至用户的上臂的上臂身体连接部。

17. 根据权利要求16所述的系统,其中所述第二身体连接部是适于固定至所述用户的下臂的下臂连接部。

18. 根据权利要求17所述的系统,还包括通过一个所述接头连接至所述第一身体连接部的第三身体连接部,所述第三身体连接部是适于固定至所述用户的肩部的肩部身体连接部。

19. 根据权利要求16所述的系统,其中所述第二身体连接部是适于固定至所述用户的肩部的肩部身体连接部。

20. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述至少一个可穿戴设备包括至少一个臂外骨骼和至少一个腿外骨骼。

21. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述至少一个动力源是电动机。

22. 根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中所述磁流变流体致动器单元远离所述可穿戴设备定位。

23. 根据权利要求22所述的系统,其中所述磁流变流体致动器单元安装在适于由用户穿戴的背部支撑件上。

24. 一种具有磁流变流体致动器单元的系统,包括:

至少一个机械臂,包括

底盘,适于由用户、身体伸展器或人为控制的机器人支撑,

臂部,具有通过第一接头连接至所述底盘的第一构件、通过第二接头连接至所述第一构件的至少第二构件、以及位于所述臂部的自由端处的末端执行器,所述臂部构造成接收人类的力;

磁流变流体致动器单元,包括

至少一个辅助动力源,

至少一个磁流变流体离合器装置,从所述至少一个辅助动力源接收扭矩,所述至少一个磁流变流体离合器装置能操作成在受到磁场时生成变化量的扭矩传递,所述至少一个辅助动力源操作地连接至所述磁流变流体离合器装置,以用于经由所述磁流变流体离合器装置向所述至少一个机械臂的构件提供辅助动力;

传动装置,将所述磁流变流体致动器单元耦接至所述机械臂,以用于将来自所述磁流变流体致动器单元的扭矩转换成所述机械臂的所述构件相对于彼此和相对于所述底盘的

相对运动，

从而所述系统在所述末端执行器处输出所述人类的力和来自所述辅助动力源的动力的组合。

25. 根据权利要求24所述的系统，其中所述传动装置包括由液压回路连接的多组主缸和从动缸，所述主缸由所述磁流变流体致动器单元驱动并驱动所述从动缸。

26. 根据权利要求25所述的系统，其中所述主缸通过滚珠丝杠、齿条和齿轮以及缆索系统中的一者连接至所述至少一个磁流变流体离合器装置。

27. 根据权利要求25或26所述的系统，其中所述从动缸安装至所述第一构件。

28. 根据权利要求27所述的系统，其中所述从动缸通过缆索和滑轮组件连接至第二构件。

29. 根据权利要求25或26所述的系统，其中所述主缸和所述从动缸中的至少一者是滚动隔膜缸。

30. 根据权利要求24至26中任一项所述的系统，其中所述磁流变流体致动器单元具有至少一对所述磁流变流体离合器装置，至少一对所述流体离合器装置相反地操作，以用于所述机械臂的所述构件相对于彼此和相对于所述底盘的相反运动。

31. 根据权利要求24至26中任一项所述的系统，其中所述磁流变流体致动器单元具有至少一个所述磁流变流体离合器装置，至少一个所述磁流变流体离合器装置对抗所述臂部的偏置构件相反地操作，以用于所述机械臂的所述构件相对于彼此和相对于所述底盘的相反运动。

32. 根据权利要求24至26中任一项所述的系统，其中所述至少一个动力源是电动机。

33. 根据权利要求24至26中任一项所述的系统，其中所述磁流变流体致动器单元远离所述底盘定位。

34. 根据权利要求24至26中任一项所述的系统，其中所述底盘安装在适于由用户穿戴的背部支撑件上。

35. 根据权利要求34所述的系统，其中所述磁流变流体致动器单元安装在所述底盘上。

36. 根据权利要求24所述的系统，其中所述传动装置包括缆索传动系统，缆索的一端由所述磁流变流体致动器单元驱动，并且所述缆索的另一端附接至所述机械臂。

外骨骼、矫形器、可穿戴设备或使用磁流变流体离合器装置的 移动机器人

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年5月12日提交的美国临时专利申请第62/505,392号的优先权,将其内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本申请总体上涉及外骨骼或矫正器/矫形器领域,更具体地,涉及使用磁流变(MR)流体离合器装置的外骨骼或矫形器系统。

背景技术

[0004] 在人身上使用外骨骼、矫形器或假体对于增强人类能力或恢复人类能力可为理想的。在某些情况下,目标是减少执行任务或功能所需的人力,而在其他情况下,目标可能是扩大人类能力。在某些情况下,目标是恢复人体功能。在另一些情况下,外骨骼可具有生成能量供以后使用的功能。在许多情况下,人体与外骨骼之间存在交换或能量,并且这种能量交换通过用户的四肢和外骨骼界面之间的机械接触而发生。

[0005] 多年来已引入了许多外骨骼。在某些情况下,例如,外骨骼通过消耗来自燃料或电池的能量来辅助人类。典型地,外骨骼使用电动机来致动关节,尽管也可发现液压或气动致动。此类致动器类型可具有相对较低的机械带宽,并且可引起用户不适。这种不适通常会破坏设备功能,限制其他人类功能(例如:跑步),并降低人们对穿戴此类设备的兴趣。

[0006] 由于人体和外骨骼之间的相互作用暗指在关节和肢体区段周围的软组织上的机械力分布,因此外骨骼可能需要柔软或弹性的接触贴片来将负载传递给人体,这可能致使无效的动力传递。

[0007] 外骨骼通常采用与人力协同工作的电动机/发电机单元,以向关节致动器提供动力。内燃发动机、涡轮机、电池、气压涡轮机或任何其他动力源可用于生成致动器所需的能量。一些外骨骼使用机械(例如:齿轮、联接装置)、液压或气动传动装置将动力运送至需要增加或替换人力的地方。这种类型的可穿戴设备通常例如用于与非辅助范围或距离相比增加人力的范围或距离。外骨骼也可由一个以上的辅助动力源结合人力组成。为简单起见,除人类以外的任何动力源在下文中将被称为辅助动力源。

[0008] 通常,外骨骼或人类混合动力总成包括齿轮或离合器系统,其被设计成有效地将辅助动力源与人类动力源组合,以提供集成系统。在简单的外骨骼中,辅助动力源由人类动作控制,而在更进化的外骨骼中,辅助动力源由控制器使用从传感器(包括惯性测量单元)收集的数据而控制。在某些进化的外骨骼中,控制器可根据用户的需求或期望控制辅助动力源的功率输出。

[0009] 电动机易于控制,因为它们可能具有比其他类型的致动器更高的带宽。在寻求高动态响应的电动机中,在直接驱动电机中发现了最常见的机电致动形式,这对于外骨骼而言可能过于繁重。通过在电机和与人的机械连接部之间提供减速比,可大大减少设备重量。

实际上,当联接至减速器(例如:变速箱)时,对于给定的扭矩输出,机电致动器比直接驱动解决方案更轻且成本更低,但它们的较高输出惯性、摩擦和反冲可能会降低它们的动态性能。可能无法用相同的带宽控制它们。一个很好的示例是膝盖外骨骼,其中单个电动机和减速器(诸如谐波驱动器)相结合以提供高扭矩密度致动器。然而,此类致动器的带宽相对较低于电动机或等效扭矩的电动机的带宽。由于齿轮系统的摩擦和电机的反射惯性,反向驱动外骨骼所需的扭矩也可能更高。

[0010] 在膝盖外骨骼的前述示例中,如果用户移动得比致动器的最大速度快,则用户将用力对抗外骨骼。这种情况可由于低反向驱动性致使人受伤或而感到不适。此类外骨骼由于其低带宽而可能不容易被控制,并且用户会感到辅助动力源的接合和脱离。动力总成的低带宽可由与系统中速度变化相对的零件的高惯性引起。当用户输入速度变化时,系统的高惯性可被用户感知或感觉到,并可成为麻烦或危险。具有低带宽的系统可能无法足够迅速地适应人的肌肉动力学,使得用户可感觉到连接至可致使适应延迟的机械设备。造成干扰的原因可能是,机械系统速度无法跟随用户的输入速度,从而产生粘滞点或不自然的运动。更高的带宽将使系统对用户更加透明。例如,如果有人希望设备向用户的施加力施加成比例的辅助,以便产生容易移动负载的错觉,但系统具有低带宽,则辅助将无法足够迅速地适应,并且将产生用户可感觉到的施加力的延迟。通常,致动器的带宽可通过惯性效应而减小。因此,随着惯性的增加,致动器可失去其适应人类变化的能力。

[0011] 出于可控制性的原因,外骨骼中需要新技术以使辅助动力源的阻抗与人的阻抗匹配。在此类设备中,在辅助动力源与人类协同工作并且寻求平稳运动的情况下,所使用的技术应具有甚至可比被辅助的人体部位/关节的带宽高的带宽。系统与人接触的带宽越高,系统对人就越透明,并且感觉就越自然。当有不可预测的人类动力源与外骨骼接触时,辅助动力总成的带宽需要匹配或超过人类的带宽,否则系统的可控制性可能不是最佳的。而且,辅助人类的致动器需要顺应且易于反向驱动,以便不被损坏或工作良好。与人体接触的系统需要顺应,以便不使人体暴露于可伤害人类或损坏致动器的不希望力或加速度。

[0012] 其他类型的设备或器材被识别为类似于外骨骼提供人类辅助,因为它们将人的力量与辅助人类的附加源的力量结合。假肢就是一个很好的示例。在假肢中,人连接至替换丢失的人肢体的设备。为了达到更平稳的运动控制,需要新技术,即允许系统的导纳匹配或超过人体的导纳的新技术。借助此类新技术,设备也可与传感器配对,这有助于识别期望的人的力量或运动,并调整假体或外骨骼的动作以与人体和谐地移动。

发明内容

[0013] 本公开的一个目的是提供一种可穿戴设备,诸如假体、矫形器或外骨骼,其采用MR流体致动器以将辅助动力源的动力与人类动力源连接。

[0014] 本公开的又一个目的是提供一种具有多个MR流体致动器的可穿戴设备,该多个MR流体致动器选择性地连接人类动力源或辅助动力源。

[0015] 本公开的又一个目的是提出一种具有对抗性MR流体致动器的可穿戴设备,以减小由动力总成生成的对人的感应扭矩。

[0016] 本公开的另一个目的是提出一种具有多个MR流体致动器的可穿戴设备,该多个MR流体致动器由不同的MR流体离合器装置选择性地致动,以产生多自由度致动的可穿戴设

备。

[0017] 本公开的另一个目的是提出一种具有MR流体致动器的可穿戴设备,该MR流体致动器有助于将低带宽动力源的输出转变成高带宽响应。

[0018] 因此,根据本公开的第一实施例,提供了一种系统,该系统包括:至少一个可穿戴设备,包括适于固定至第一身体部位的第一身体连接部、适于固定至通过生理关节与第一身体部位分离的第二身体部位的至少第二身体连接部、在第一身体连接部和第二身体连接部之间提供至少一个自由度的至少一个关节;磁流变(MR)流体致动器单元,包括至少一个动力源、从至少一个动力源接收扭矩的至少一个MR流体离合器装置,该至少一个MR流体离合器装置可操作成在受到磁场时生成可变量的扭矩传递;传动装置,将MR流体致动器单元耦接至可穿戴设备,以用于将来自MR流体致动器单元的扭矩转换成身体连接部相对于彼此的相对运动。

[0019] 此外,根据第一实施例,传动装置包括例如由液压回路连接的多组主缸和从动缸,主缸由MR流体致动器单元驱动并驱动从动缸。

[0020] 仍进一步根据第一实施例,主缸例如通过滚珠丝杠、齿条与齿轮和缆索系统中的一者连接于至少一个MR流体离合器装置。

[0021] 仍进一步根据第一实施例,从动缸例如安装至第一身体连接部。

[0022] 仍进一步根据第一实施例,从动缸例如通过联接装置(linkage)连接至第二身体连接部。

[0023] 仍进一步根据第一实施例,联接装置包括例如联接件(link),该联接件通过至少一个旋转接头连接至身体连接部中的一者并且通过至少一个平移关节连接至身体连接部中的另一者。

[0024] 仍进一步根据第一实施例,从动缸例如通过与它的刚性连接而推动联接件。

[0025] 仍进一步根据第一实施例,主缸和从动缸中的至少一者是例如滚动隔膜缸。

[0026] 仍进一步根据第一实施例,MR流体致动器单元具有例如至少一对MR流体离合器装置,该至少一对MR流体离合器装置相反地操作,以用于第一身体连接部相对于第二身体连接部的相反运动。

[0027] 仍进一步根据第一实施例,MR流体致动器单元具有例如至少一个所述MR流体离合器装置,该至少一个所述MR流体离合器装置对抗可穿戴设备的偏置构件相反地操作,以用于第一身体连接部相对于第二身体连接部的相反运动。

[0028] 仍进一步根据第一实施例,第一身体连接部例如是适于固定至用户的小腿的小腿身体连接部。

[0029] 仍进一步根据第一实施例,第二身体连接部例如是适于固定至用户的脚或鞋类的脚身体连接部。

[0030] 仍进一步根据第一实施例,第三身体连接部例如通过一个所述关节连接至第一身体连接部,第三身体连接部是适于固定至用户的大腿的大腿身体连接部。

[0031] 仍进一步根据第一实施例,第二身体连接部例如是适于固定至用户的大腿的大腿身体连接部。

[0032] 仍进一步根据第一实施例,例如,提供了两个可穿戴设备,其中一个所述可穿戴设备是右腿外骨骼,并且另一个所述可穿戴设备是左腿外骨骼。

[0033] 仍进一步根据第一实施例,第一身体连接部例如是适于固定至用户的上臂的上臂身体连接部。

[0034] 仍进一步根据第一实施例,第二身体连接部例如是适于固定至用户的下臂的下臂连接部。

[0035] 仍进一步根据第一实施例,第三身体连接部例如通过一个所述关节连接至第一身体连接部,第三身体连接部是适于固定至用户的肩部的肩部身体连接部。

[0036] 仍进一步根据第一实施例,第二身体连接部例如是适于固定至用户的肩部的肩部身体连接部。

[0037] 仍进一步根据第一实施例,至少一个可穿戴设备包括例如至少一个臂外骨骼和至少一个腿外骨骼。

[0038] 仍进一步根据第一实施例,至少一个动力源例如是电动机。

[0039] 仍进一步根据第一实施例,MR流体致动器单元例如远离可穿戴设备定位。

[0040] 仍进一步根据第一实施例,MR流体致动器单元例如安装在适于由用户穿戴的背部支撑件上。

[0041] 根据本公开的第二实施例,提供了一种系统,该系统包括:至少一个机械臂,包括适于由用户支撑的底盘;臂部,具有通过第一关节连接至底盘的第一构件、通过第二关节连接至第一构件的至少第二构件、以及位于臂部的自由端处的末端执行器;磁流变(MR)流体致动器单元,包括至少一个动力源、从至少一个动力源接收扭矩的至少一个MR流体离合器装置,该至少一个MR流体离合器装置可操作成在受到磁场时生成可变量的扭矩传递;传动装置,将MR流体致动器单元耦接至机械臂,以用于将来自MR流体致动器单元的扭矩转换成机械臂的构件相对于彼此和相对于底盘的相对运动。

[0042] 进一步根据第二实施例,传动装置包括例如由液压回路连接的多组主缸和从动缸,主缸由MR流体致动器单元驱动并驱动从动缸。

[0043] 仍进一步根据第二实施例,主缸例如通过滚珠丝杠、齿条与齿轮和缆索系统中的一者连接于至少一个MR流体离合器装置。

[0044] 仍进一步根据第二实施例,从动缸例如安装至第一构件。

[0045] 仍进一步根据第二实施例,从动缸例如通过缆索和滑轮组件连接至第二构件。

[0046] 仍进一步根据第二实施例,主缸和从动缸中的至少一者是例如滚动隔膜缸。

[0047] 仍进一步根据第二实施例,MR流体致动器单元具有例如至少一对MR流体离合器装置,该至少一对MR流体离合器装置相反地操作,以用于机械臂的构件相对于彼此和相对于底盘的相反运动。

[0048] 仍进一步根据第二实施例,MR流体致动器单元具有例如至少一个所述MR流体离合器装置,该至少一个所述MR流体离合器装置对抗臂部的偏置构件相反地操作,以用于机械臂的构件相对于彼此和相对于底盘的相反运动。

[0049] 仍进一步根据第二实施例,至少一个动力源例如是电动机。

[0050] 仍进一步根据第二实施例,MR流体致动器单元例如远离底盘定位。

[0051] 仍进一步根据第二实施例,底盘例如安装在适于由用户穿戴的背部支撑件上。

[0052] 仍进一步根据第二实施例,MR流体致动器单元例如安装在底盘上。

[0053] 仍进一步根据第二实施例,传动装置包括例如缆索传动系统,缆索的一端由MR流

体致动器单元驱动,并且缆索的另一端附接至机械臂。

[0054] 在一个实施例中,可穿戴设备包括例如人类动力源和辅助动力源;连接至主减速器(final drive)的缆索或液压滚动隔膜活塞传动装置;以及可选择性地接合的磁流变流体离合器(MRF),驱动地连接在附加源和传动设备之间。辅助动力源可操作地连接至磁流变流体离合器,以用于经由磁流变流体离合器选择性地向可穿戴设备提供动力,并且在一些配置中,用于在运动的制动或再生制动中从磁流变流体离合器装置接收能量。

[0055] 可穿戴设备还可包括可操作地连接至辅助动力源的控制器/驱动单元和能量存储设备。辅助动力源可操作地直接连接至人类动力源和磁流变流体离合器装置。替代地,辅助动力源直接连接至磁流变流体离合器装置,并且通过与磁流变流体离合器装置的接合而可操作地连接至人类动力源。

[0056] 传动装置可为缆索系统或液压传动装置或两者的组合。

[0057] 辅助动力源可连接至磁流变流体离合器装置的输入侧或输出侧。

[0058] 根据本发明,这些和其他目的、特征和优点由可穿戴系统提供,该可穿戴系统包括框架或骨架;用户致动装置,连接至框架或骨架,以用于由用户接合和移动以便向可穿戴设备提供人力;附加动力源以及MR流体致动装置或MR流体致动器,可操作地并联连接至动力总成的人力输入,以用于向其系统施加可控的附加动力。在假体的情况下,MR流体致动器单元也可与人力输入串联连接。MR流体致动器优选地包括MR流体,其具有可控的表观粘度;壳体,连接至装置框架或骨架并容纳MR流体;以及旋转轴,从壳体向外延伸并且可操作地连接在MR流体和动力总成之间。

[0059] 诸如在程序控制下操作的微处理器的控制装置优选地可操作地连接至MR流体力调节装置,以用于基于可考虑来自传感器的信息的选定力调节程序使得预定的磁场强度施加至MR流体。因此,可将来自辅助动力源的期望量的力或动力提供给动力总成,以便在可穿戴使用期间增加或减少动力总成的输出。该系统还可包括传感器,以测量对系统的人力或动力的输入,以便控制辅助动力源所需的输出。

[0060] 可穿戴系统还可包括可操作地连接至控制装置的显示器。控制装置还可包括用于允许输入程序或操作参数的装置。另外,一个或多个传感器可与MR流体力调节装置相关联并且连接至控制装置,以用于生成并在显示器上显示由附加动力源提供的附加力或动力。

[0061] MR流体致动器可在各种可穿戴系统上使用,使用诸如臂、手、脚、腿或任何其他身体部位的各种人类输入。同样,动力总成可在各种类型的可穿戴系统上使用,诸如外骨骼、矫形器、身体伸展器、人为控制的机器人,仅举几例。

[0062] 在复杂的外骨骼或人为控制的机器人中,可穿戴动力总成可用于移动将人类动力源与一个或多个辅助动力源相结合的物体。好处和原理与可穿戴系统相同。目标可能仍是增加加速度,改善对设备的控制或为人工操作的设备提供更大的力或动力。这方面的一个示例是可用于支撑器具的工作外骨骼。对工作外骨骼添加连接至一个或多个身体构件的MR流体致动器将带来益处。可将一个或多个传感器安装在部件上,并且与用户生成的努力成比例地向构件发送动力,使得用户保持对该设备的控制。

[0063] 在其他可穿戴设备中,机械臂可直接安装在人体上。体力劳动广泛用于处理大型组件(诸如飞机、船舶、火车、重钢工业和建筑业)的工业部门中。组装工人的日常任务通常需要举起沉重的工件并在非人体工学的位置上工作,例如长时间举起手臂。此类情况会致

使员工疲劳,增加受伤风险,并降低生产效率。一种有希望的方法是通过利用机器人技术来增强人类工人的能力,而不是试图完全取代他们,从而利用人类工人的机动性和灵活性。利用可穿戴机器人,通过使用人类工人的机动性解决进入制造场所的问题。此外,无需复杂的编程,工人就可现场指导机器人的工作,因此与传统机器人相比增加了通用性。可使用可穿戴的协作机器人工具(WCRT)以辅助组装工人。利用MR流体驱动的高带宽,该工具可过滤人为引起的扰动。作为示例,可实现重力补偿、在表面上施加力或稳定空间中末端致动器的位置的辅助。这些只是WCRT可辅助执行的功能中的一小部分。

[0064] 虽然后备机械臂是一种有前途的新型可穿戴机器人,但它们也有自己的挑战。由于机器人附接至人,因此尽管由于人的运动而受到干扰,机器人必须能够完成其任务。因此,需要能够非常快速运动的致动器,同时保持对输出力的控制,例如将面板保持在位。机器人必须轻,以免妨碍人类工人。更具体地,系统的质量也必须非常接近人体,以避免使人筋疲力尽和产生反作用。

[0065] 传统的电动机致动导致速度和扭矩密度之间的权衡。使用直接驱动电动机的机械臂可具有控制其输出力的能力,尽管人体基础部分快速运动,但由于力密度较差,机械臂可能很重。另一方面,使用高速齿轮电机的机器人可能太慢而无法补偿人的运动。虽然与力传感器或弹性元件结合使用的齿轮电机在准静态情况下可用于控制输出力,但它们仍是速度受限的折衷解决方案,并且当相对运动过快时可能无法最佳地保持力控制。磁流变流体致动器可为轻质的可穿戴致动系统提供良好的力保真度。

附图说明

[0066] 图1是由本公开的各种实施例使用的通用磁流变(MR)流体离合器装置的示意图;

[0067] 图2是组装好的本公开的MR流体离合器装置的透视图;

[0068] 图3是图2的MR流体离合器装置的局部剖视图;

[0069] 图4是图2的MR流体离合器装置的分解图;

[0070] 图5是图2的MR流体离合器装置的放大图,示出了由线圈感应的磁场;

[0071] 图6是根据本公开的具有永磁体的MR流体离合器装置的局部剖视图,该永磁体具有处于未通电状态的线圈;

[0072] 图7是图6的MR流体离合器装置的局部剖视图,其中线圈处于通电状态;

[0073] 图8是含有用于动力传递的轴向流体间隙的通用MR流体离合器装置的示意图;

[0074] 图9是含有用于动力传递的径向流体间隙的MR流体离合器装置的示意图;

[0075] 图10是使用图1的MR流体离合器装置中的一个或多个的MR流体致动器单元的示意图,两个MR流体离合器装置均连接至减速器并在相反方向上旋转;

[0076] 图10' 是使用图1的MR流体离合器装置中的一个的MR流体致动器单元的示意图,该MR流体致动器用于将电机和减速器与旋转到旋转或旋转线性转换器分离。

[0077] 图10'' 是使用图1的MR流体离合器装置中的一个或多个的MR流体致动器单元的示意图,所有MR流体致动器均连接至同一减速器并致动不同的旋转到旋转或旋转线性转换器;

[0078] 图11是使用图1的MR流体离合器装置中的一个或多个的MR流体致动器单元的示意图,MR流体离合器中的一个连接至固定部位,并且另一个MR流体离合器连接至减速器。

[0079] 图12是与MR流体致动器单元共享动力单元(power pack)的一对可穿戴设备的透视图,以调节从电机和减速器发送至人脚踝外骨骼的动力;

[0080] 图13是对图12的可穿戴设备提供动力的动力单元的主单元的透视图,包括致动两个不同的输出端的两个MR流体离合器装置;

[0081] 图14A是处于其向上位置的图12的可穿戴设备中的一个上的从动单元的透视图,包括致动一个输出端的一个液压滚动隔膜活塞;

[0082] 图14B是处于其向下位置的图12的可穿戴设备的从动单元的透视图,包括致动一个输出端的一个液压滚动隔膜活塞;

[0083] 图15A是在图12的主单元和从动单元之间使用的一种可能的传动系统的透视图;

[0084] 图15B是与图15A类似的传动系统的透视图,但具有致动一个输出端的双液压滚动隔膜活塞。

[0085] 图16是使用MR流体致动器以调节从高阻抗电机和减速器发送至上身肢体外骨骼的动力的可穿戴设备的透视图;

[0086] 图17A是在图16的主单元和从动单元之间使用的一种可能的传动系统的透视图,其中由两个液压滚动隔膜活塞系统执行对抗力致动;

[0087] 图17B是图17A的传动系统的剖视图;

[0088] 图18是包括用于上肢和下肢的多个自由度的可穿戴设备的另一实施例的示意图;

[0089] 图19是使用MR流体致动器以调节来自中央电机和减速器的动力以驱动人类下肢外骨骼以及上身肢体外骨骼的可穿戴设备的透视图;

[0090] 图20A是使用MR流体致动器以驱动用缆索系统致动的可穿戴机械臂的可穿戴设备的透视图;

[0091] 图20B是图20A的机械臂的正视图;

[0092] 图21是用由MR流体致动器提供动力的混合液压/缆索系统致动的具有两自由度(DOF)接头的可穿戴机械臂的透视图;

[0093] 图22是图21的可穿戴设备的两DOF接头的放大图,示出了混合/缆索系统;

[0094] 图23是可用于致动图21的可穿戴机械臂并使用缆索系统致动液压活塞的动力单元的示意图;

[0095] 图24是可用于致动图21的可穿戴机械臂并使用滚珠丝杠致动液压活塞的动力单元的示意图;以及

[0096] 图25示出了根据本公开的穿戴由MR流体致动器致动时执行任务的可穿戴机械臂的用户。

具体实施方式

[0097] 参考图1,示出了通用磁流变(MR)流体离合器装置10,其被配置成基于由控制MR流体离合器装置10的处理器单元1提供的接收的输入电流来提供机械输出力。处理器单元1是具有控制发送至MR流体离合器装置10的输入电流的控制能力的任何类型的电子或电气设备。在一个实施例中,处理器单元1可从传感器接收信号,并且例如通过固件计算数据,以基于设置、基于所请求的辅助等控制MR流体离合器装置10的操作,如下文将说明的。MR流体离合器装置10具有带圆盘22的驱动构件20,滚筒21在轴向方向上从圆盘突出,该组件也称为

输入转子20。MR流体离合器装置10还具有带圆盘42的从动构件40,与滚筒21缠绕的滚筒41从圆盘42突出,以限定充满MR流体F的环形室(一个或多个)。从动构件40和滚筒41的组件也称为输出转子40。环形室由与从动构件40成一体的壳体40'界定,并且因此壳体40'的与滚筒21相对的一些表面被称为剪切表面,因为它们将在扭矩传递期间与滚筒21协作,如下所述。驱动构件20可为与动力输入机械连通的输入轴,并且从动构件40可与动力输出(即,力输出、扭矩输出)机械连通。MR流体F是一种智能流体,其由布置在载体流体(通常是一种油)中的可磁化颗粒组成。当受到磁场时,流体可能会增加其表观粘度,可能达到变成粘塑性固体的点。表观粘度由包含在相对剪切表面(即驱动侧上的滚筒21的剪切表面,以及滚筒41的剪切表面和环形室中壳体40'的剪切表面)之间MR流体F的操作剪切应力和操作剪切速率之比限定。磁场强度主要影响MR流体的屈服剪切应力。当流体处于活动(“接通”)状态时,其屈服剪切应力可通过经由使用诸如处理器单元1的控制器改变由集成在壳体40'中的电磁体35产生的磁场强度(即输入电流)来控制。因此,MR流体传递力的能力可用电磁体35来控制,从而充当构件20和构件40之间的离合器。电磁体35被配置成改变磁场的强度,使得构件20和构件40之间的摩擦可能足够低,以允许驱动构件20随从动构件40自由旋转,反之亦然,即,以受控的滑动。

[0098] 驱动构件20由诸如旋转齿轮电动机的动力源以期望的速度驱动,并且输出转子连接至待控制的机械设备。由MR流体离合器装置10传递的扭矩与穿过MR流体的磁场强度有关。磁场强度由电磁体35的线圈调节,如由处理器单元1所控制的。

[0099] 参考图2、图3和图4,MR流体离合器装置通常总体上以10示出。MR流体离合器装置10具有与图1的通用示例性MR流体离合器装置10类似的部件,由此相同的附图标记将指代相同的部件。MR流体离合器装置10具有输入转子20(也称为驱动构件)、定子30(包括线圈)和输出转子40(也称为从动构件),并且MR流体位于MR流体室中,该MR流体腔限定在包括转子20和转子40的滚筒之间的空间的自由空间中。

[0100] 输入转子20可像旋转内燃发动机或电动机那样以由旋转动力源(未示出)规定的恒定或可变速度驱动。输出转子40连接至待控制的机械输出端(未示出)。当电流在定子30的线圈35中循环时,在定子30中感应磁场并穿过滚筒和MR流体F。然后,取决于磁场强度的扭矩通过剪切滚筒之间的MR流体F从输入转子20传递至输出转子40。尽管下面的描述指示转子20是输入转子,并且转子40是输出转子,但应指出,转子20可为输出转子,并且转子40可为输入转子。然而,为了清楚和简单起见并且避免不必要的冗余,将以“输入转子20”和“输出转子40”继续进行描述。

[0101] 如图3和图4最佳所示,输入转子20具有彼此间隔开的内磁芯20A和外磁芯20B。内磁芯20A和外磁芯20B由可具有高磁导率、高磁化饱和度、高电阻率和低磁滞的铁磁材料(诸如硅铁)制成。具有高电阻率的材料允许磁场通过最小化涡流而更快地建立,从而实现增强的动态性能。

[0102] 圆柱形输入滚筒21固定至滚筒支架22(也称为圆盘、板、环等),滚筒支架22跨越内磁芯20A和外磁芯20B之间的径向空间。在一个实施例中,滚筒21在滚筒支架22的通道中处于紧密配合组装中,并且定位销23穿过所有滚筒21。定位销23还可穿透内磁芯20A,如图3和图4所示。滚筒支架22可由非铁磁材料组成,以最小化通过它的磁场,并且还可具有高电阻率,以在MR离合器装置10的瞬态操作期间最小化电阻损耗。

[0103] 在许多其他示例之一中,输入转子20可由动力源通过同步皮带轮或任何其他驱动构件(如链轮、齿轮、平皮带轮或V型皮带轮)驱动。为了说明的目的,提供了滑轮部分24,以用于与皮带(未示出)互连,滑轮部分24是用于与同步皮带(也称为齿形皮带、齿形皮带、同步皮带)协作的齿形滑轮。滑轮部分24可使用机械紧固件等紧密配合或胶合或牢固锁定至外磁芯20B。

[0104] 盖25固定至外磁芯20B,并且在一个实施例中,为了冷却目的,盖由铝制成。散热片25A可存在于盖25上,使得当输入转子20旋转时,MR流体离合器装置10通过强制对流而冷却。散热片25A有助于降低MR流体在工作温度,并因此可提高MR流体离合器装置10的寿命。盖25可将面静态密封件25B压在外磁芯20B上,以防止MR流体泄漏。可通过盖25限定填充端口25C,以用MR流体填充MR流体离合器装置10。如图所示,在其他解决方案中,填充端口25C可使用密封固定螺钉25D来攻丝和堵塞。

[0105] 盖25中的中心孔25E由配备有柔性膜26B的膨胀室盖26A封闭,以允许在温度升高或老化时的MR流体相变期间的MR流体膨胀。为了抵抗由于MR流体引起的膜26B的膨胀,可在膨胀室盖26A和柔性膜26B之间的空膨胀容积中放置一些顺应性材料,诸如聚氨酯泡沫。因此,顺应性材料在膜26B上施加偏置力。另外,在膨胀室盖26A中可存在排气孔,以避免在空膨胀空间中建立过多的压力。膨胀室26也可由可压缩材料(例如,闭孔氯丁橡胶)形成,随着MR流体F中压力的增加,该可压缩材料可占据较小的体积。如果存在可压缩材料,则膨胀室可不需要排气孔,并且可不需要膜26B。

[0106] 仍参考图3和图4,定子30由铁磁材料制成以引导磁场。定子30可具有环形主体,该环形主体具有形成在其U形区段中的环形腔30A。内磁芯20A被接收在环形腔30A中,该环形腔可由内环形壁31A、外环形壁31B和径向壁31C限定,它们中的所有可为单个整体件。内磁芯20A由一个或多个轴承32可旋转地支撑,一对轴承在图3和图4中示出。虽然示出了轴承32位于内磁芯20A和定子30之间,在内磁芯20A的内部,但考虑将轴承32定位在别处,例如定位在下面描述的径向流体间隙中。定子30例如经由其外表面33上的孔(即径向壁31C的一部分)连接至结构,并且因此是MR流体离合器装置10相对于该结构的不可移动的部件。

[0107] 如图5最佳所示,定子30的尺寸形成为使得径向流体间隙34A和径向流体间隙34B可分别限定在定子30与内磁芯20A和外磁芯20B之间。径向流体间隙34A和径向流体间隙34B在使用期间填充有流体,诸如空气和其他气体,或润滑和/或冷却液体,例如油、油脂等。因此,径向流体间隙34A和径向流体间隙34B在使用期间不含固体。线圈35例如使用粘合剂固定至定子30的环形主体。设想提供穿过定子30的狭槽,以用于穿过连接至线圈35的导线,用于为MR流体离合器装置10供电。定子30还包括一个或多个轴承36,以用于可旋转地支撑输出转子40,如下文所述。

[0108] 可使用高铜系数缠绕方法缠绕线圈35。较高的铜比率可提高效率。还考虑了允许例如扁线缠绕、水平堆叠、圆柱形堆叠的缠绕方法。还考虑了多层PCBA缠绕(重铜PCBA),而不仅仅是铜。

[0109] 轴承32/36被润滑并且可使用非接触密封来限制摩擦损失。具有在输入转子20和定子30之间的轴承(一个或多个)以及在定子30和输出转子40之间的分离轴承(一个或多个)的轴承布置增强了MR流体离合器装置10的安全性。例如,如果输入转子20被定子30卡住,则输出转子40仍可自由旋转。相反,如果输出转子40被定子30卡住,则驱动输入转子20

的动力源仍可旋转。

[0110] 输出转子40具有圆柱形输出滚筒41,该输出滚筒通过在滚筒41的内径上的紧密配合组装而固定至滚筒支架42(例如,板、圆盘等)。在其他方式中,定位销43可穿过滚筒41,以将输出滚筒41连接至滚筒支架42。输出滚筒41是铁磁的,使得磁场容易穿过它们(例如,在每个滚筒中具有相等的磁通量)。滚筒支架42由非铁磁材料制成,以最小化穿过它的磁场,例如铝合金,以减小输出转子40的惯性。

[0111] 滚筒支架42具有轴连接部44,滚筒支架42通过轴连接部44连接至轴45。在一个实施例中,轴连接部44是可旋转地联接至轴45的套筒状部件,并且可具有耐磨套筒44A和耐磨套筒44B。输出转子40通过钥匙或任何其他锁定设备(花键、紧密配合等)旋转地锁定至输出轴45。密封轴盖46用于相对于输出轴45轴向地保持输出转子40,并防止MR流体泄漏。可在输出轴45上限定键的平坦部分,以易于拧紧轴盖46。这种布置是将滚筒支架42连接至轴45的一种布置,使得轴45可经由滚筒支架42从输入转子20接收驱动致动。滚筒支架22还包括通孔47,该通孔可沿周向分布在其中,以允许MR流体循环。如图3和图4所示,通孔47在滚筒41和轴连接部44之间。

[0112] MR流体离合器装置10可使用奇数个滚筒21和滚筒42,例如平均值为约7。根据应用,可使用更多或更少的滚筒。对于给定的期望扭矩和给定的直径,使用一个以上的滚筒有助于减小MR流体离合器装置10的整体体积和重量,因为使用多个滚筒有助于减小滚筒的长度以及内磁芯20A和外磁芯20B的横截面。同时,可改善磁路的时间响应,因为当磁芯的横截面较低时,涡流被最小化。

[0113] 参考图5,由线圈35感应的磁场F遵循闭合路径,该闭合路径穿过定子30的环形壁31B、径向流体间隙34B、外磁芯20B、MR流体、滚筒21和滚筒41、内磁芯20A和径向流体间隙34A。径向流体间隙34A和径向流体间隙34B允许线圈35在不使用滑环的情况下通电。实际上,典型的摩擦滑环被由两个径向流体间隙34A和径向流体间隙34B执行的电磁滑环代替。出于两个原因,径向流体间隙34A和径向流体间隙34B是径向的而不是轴向的。首先,容易达到径向公差,使得流体间隙可非常小($<0.2\text{mm}$),并且因此最小化磁化流体间隙34A和流体间隙34B所需的线圈中的附加匝数。其次,由于流体间隙34A和流体间隙34B的旋转对称性,定子30与两个磁芯20A和磁芯20B之间的流体间隙34A和流体间隙34B中的磁吸引力几乎被抵消。如果流体间隙是轴向的,则会出现更高的磁吸引力,并将轴向地加载轴承。

[0114] 参考图6和图7,在又一个实施例中示出了MR流体离合器装置10。图6和图7的MR流体离合器装置10具有许多与图3至图6的MR流体离合器装置10类似的部件,由此类似的元件将具有类似的附图标记,并且在此不再不必要地重复它们的描述。区别在于,除了线圈35之外,在外环形壁31B中还存在永磁体100。

[0115] 如图6所示,永磁体100用于在MR流体离合器装置10中生成磁场F1,使得装置10可传递恒定的输出扭矩,而无需通过线圈35施加电流。永磁体100被径向磁化,并且可为全实心环形零件或单个磁体(例如圆柱形磁体)的组件。其他径向流体间隙101A和径向流体间隙101B,即“重定向间隙”,将环形壁31B的在永磁体100的与线圈35相反的一侧上的零件与内磁芯20A和外磁芯20B分离。

[0116] 当没有电流施加至线圈35时,如图6所示,根据所示的磁通路径,磁场F1存在于MR流体中。一些磁通量循环通过其他径向流体间隙101A和径向流体间隙101B,从而使定子30

与内磁芯20A和外磁芯20B分离。这些间隙101A和间隙101B在径向方向上比间隙34A和间隙34B稍宽。重定向间隙101A和重定向间隙101B的宽度控制MR流体中所需的磁通量,也就是当没有电流施加至线圈35时所需的恒定扭矩。如果重定向间隙101A和重定向间隙101B足够宽,则由磁永磁体100感应的几乎所有磁通量均穿过MR流体,致使高DC扭矩。如果重定向间隙101A和重定向间隙101B径向地较窄,则在MR流体与重定向间隙101A和重定向间隙101B之间共享磁通量,从而致使较低的DC扭矩。

[0117] 当根据图7所示的方向和永磁体100的指示极性在线圈35中施加电流时,由永磁体100感应的磁通量在重定向间隙101A和重定向间隙101B中重定向,如F2所示,这致使MR流体离合器装置10的扭矩减小。在一定的线圈电流强度下,MR流体中的磁通F1几乎可抵消并通过该强度,它将再次增加。重定向径向流体间隙的宽度也控制线圈35的绕组的尺寸。如果宽度大,则需要更大的绕组来重定向磁通量。

[0118] 如果在相反方向上施加电流,则线圈35辅助永磁体100在MR流体中生成磁通量,从而致使MR离合器装置10的扭矩增加。

[0119] 相应地,由于永磁体100感应的磁场,MR流体离合器装置10对于MR流体具有常规的“接通状态”。然后,线圈35可被供电,以使得MR流体离合器装置10减少扭矩传递并最终处于断开状态。例如,当MR流体离合器装置10尽管断电而仍必须保持扭矩传递时,这种布置是有用的。永磁体100的磁场对于MR流体离合器装置10将具有足够的大小,以支撑负载而无需被供电。

[0120] 如图8所示,在离合器10的替代结构中,离合器的线圈35可安装在离合器的旋转构件中的一个上,在此是磁芯100。由线圈35感应的磁场F遵循闭合路径,该闭合路径穿过磁芯100、MR流体、滚筒21和滚筒41、磁芯100。线圈35可电联接至动力接收器101,该动力接收器101安装在旋转零件中的一个上,在此是磁芯100。轴向流体间隙102设置在动力接收器101和动力发射器103之间。一个或多个流体间隙102允许动力接收器101通电而无需使用滑环。实际上,典型的摩擦滑环由动力发射器103、流体间隙102和动力接收器101执行的一个或多个非接触式动力滑环代替,从而允许离合器进行多次转动。在图8中,流体间隙是轴向的(即,它位于与旋转轴线正交的平面中)。如图9所示,流体间隙可为周向的(它是环形的,也称为径向流体间隙)。在图9中,周向流体间隙104可将动力发射器103和动力接收器101分离。

[0121] 在图8和图9中,非接触式动力发射器103也可从动力接收器101接收一个或多个信号,并且动力接收器101可向动力发射器103发射一个或多个信号。电力接收器然后电联接至线圈35和一些传感器(未示出)。这种非接触式动力传递系统的优点在于,通过消除流体间隙的磁阻来减小磁芯的磁阻。因此,减小了在MR流体中生成等效磁通量所需的功率。然后可减小线圈35的尺寸。另一个优点在于,也减少了线圈35中的散热,因此降低了离合器10的冷却需求。另一个优点在于,提高了离合器的整体效率。

[0122] 参考图10,MR流体致动器单元11总体上被示出为由动力源A(例如,电机)、减速器B、MR流体离合器装置10和输出设备C或机构中的至少一者组成。输出设备C可为旋转到旋转设备或旋转到线性设备。在图10中,MR流体致动器单元11具有两个在相反方向上转动的MR流体离合器装置10。在这种布置中,当输入轴转动时处于断开状态模式时,由MR流体离合器装置10生成的粘性扭矩作用在相反方向上,因此它们基本上不传递至输出设备C。当处于断

开状态模式,同时输入轴通过施加在转换器的任一端上的力而转动时,可独立于在MR流体离合器装置10中生成的粘性扭矩来控制“旋转至旋转”设备或“旋转至线性”设备。

[0123] 参考图10',所示的MR流体致动器单元11类似于图10的MR流体致动器单元11,不同之处在于,它由单个MR流体离合器装置10组成。在该构造中,粘性扭矩可传递至旋转至旋转设备或旋转至线性设备,从而稍微降低了系统的可控制性,但减少了所需组件的数量。

[0124] 参考图10",所示的MR流体致动器单元11类似于图10'的MR流体致动器单元11,不同之处在于,两个或更多个MR流体离合器装置10连接至相同的减速器B,两个或更多个MR流体离合器装置10连接至单独的旋转至旋转设备或旋转至线性设备。这种布置对于单独控制具有一个以上输出的人-混合动力总成可能是有用的。该系统还可包括连接至一个或多个旋转至旋转或旋转至线性设备的附加MR流体离合器装置(未示出),以便提高相关联的旋转至旋转或旋转至线性设备的可控制性,如图10中所解释的。

[0125] 参考图11,示出了MR流体致动器11的替代结构,其中单个MR流体离合器装置10连接至减速器,而第二MR流体离合器装置10连接至另一部件。这种构造对于第二离合器装置可能是有用的,以减少对由连接至减速器的第一MR流体离合器装置10生成的粘性扭矩的输出影响,从而增加了系统的可控制性。

[0126] 同时参考图12和图13,MR流体致动器单元11被示出为可操作地连接至可穿戴设备。虽然表达“可穿戴设备”用于一致性,但其他表达也可用于描述可穿戴设备,诸如外骨骼、矫形器等。可穿戴设备具有包括MR流体致动器单元11的人-混合动力总成。MR流体致动器单元11可包括动力源A(例如,电机)、减速器B、MR流体离合器装置10以及输出设备CA、输出设备CB或机构中的至少一者。在所示的示例中,减速器连接至MR流体离合器装置10A和MR流体离合器装置10B(例如,连接至它们的盖25),并且输出轴45A和输出轴45B分别连接至输出设备CA和输出设备CB,例如旋转至线性设备。旋转至线性输出设备CA和旋转至线性输出设备CB可连接至主缸120A和主缸120B或用于传递力的类似传动部件(例如,标准主缸、缆索、鲍登缆索、链条等)。在所示的实施例中,主缸120A和主缸120B是分别用于向液压导管122A和液压导管122B中存在的液压流体传递压力并因此向其传递运动的滚动隔膜主缸。液压导管122A和液压导管122B被运送以到达附接至需要致动的身体肢体的相应的远程可穿戴设备123A和远程可穿戴设备123B。可穿戴设备123的示例在图14A和图14B中详细描述。在本实施例中,单个电机为两个单独控制的MR流体离合器装置10A和MR流体离合器装置10B提供动力。两个MR流体离合器10A和MR流体离合器10B之间的这种负载分担可呈现减少MR流体致动器单元11的部件数量和重量的优点。当要在偏移时间向远程可穿戴设备123A和远程可穿戴设备123B交替地发送动力时(例如,当用户走路时,一次可能只需要向一个脚踝发送动力),负载分担特别有利。

[0127] 图13更详细地示出了MR致动器单元11。所示的MR流体致动器单元11由动力源A(例如,电机)、减速器B(未示出)以及两个MR流体离合器装置(即10A和10B)组成。减速器可连接至MR流体离合器装置10A和MR流体离合器装置10B(例如,连接至它们的盖25),并且在该实施例中,输出轴45A和输出轴45B设置有缆索滑轮,尽管可使用传动部件(联接件和枢轴、齿条、滚珠丝杠、皮带、联接装置等)。输出轴45A和输出轴45B分别连接至分别拉动活塞杆131A和活塞杆131B的缆索130A和缆索130B。在本实施例中,通过分别拉动具有固定端(例如,连接至底盘或框架)的缆索130并且拉动分别附接至活塞杆131A和活塞杆131B的返回滑轮

132A和132B来提供缆索减速比(例如2:1)。直接拉动和不同的减速比也是可能的。液压导管122A和液压导管122B分别连接至主缸120A和主缸120B。当在活塞杆131A和活塞杆131B上施加力时,在主缸120A和主缸120B中的流体中分别建立压力,并且流体可分别被迫进入液压导管122A和液压导管122B中。

[0128] 图14A和图14B更详细地示出了可穿戴设备123B,并且可为可穿戴设备123A的镜像。为简单起见,仅示出了可穿戴设备123中的一个。可穿戴设备123B是在图14A中以弯曲位置表示并且在图14B中以伸展位置表示的踝外骨骼。可穿戴设备123B由使用带子141B和带子141B' 固定至身体的第一身体连接部140B(例如,小腿垫)组成。这是以身体连接部140B相对于穿戴者的肢体部分通常不可移动的方式将可穿戴设备非侵入性地固定至肢体的众多实施例中的一个。在所示的实施例中,身体连接部140B固定至胫骨(小腿)。表述“通常不可移动”用于说明当身体连接部140B以及连接器141B和连接器141B' 安装至软组织上时,可存在可忽略不计的游隙。然而,身体连接部140B的安装使得身体连接部140B与肢体部分(在这种情况下为小腿)一体移动。身体连接部140B可为条、定制的壳体或套筒、支架等。如果必要的话,带子、细绳、松紧带等也可用作连接器141B、连接器141B'。远程从动缸142B固定至身体连接部140B并连接至液压导管122B。当在主缸120B中建立压力时,压力经由液压导管122B传递至从动缸142B。从动缸142B中的压力在活塞杆143B上产生力,并且在附接至活塞杆143B的滑轮144B上生成拉力。活塞杆143B拉动缆索158B。缆索158B从连接至身体连接部140B的固定端157B运送到附接至活塞杆143B的滑轮144B、附接至身体连接部140B的惰轮145B以及可在轨道147B上滑动的滑架148B。因此,由从动活塞142B中的压力生成的对活塞杆143b的拉动作用传递至滑架148B。因此,滑架148B的力和运动与由活塞杆143B生成的力和运动成比例。在所示的实施例中,获得2:1的比率,并且滑架148B上的力是由活塞杆143B生成的力的一半,而滑架148B的运动是活塞杆143B的两倍。作为示例给出了2:1的比率,但可根据预期用途考虑其他比率。滑架148B使用旋转附件(例如,枢轴、球形接头)连接至推杆146B。滑架系统仅作为示例示出,因为在从动活塞142B和推杆146B之间可使用其他机构(皮带、链条、联接装置等)。此外,如果期望在第二身体连接部154B处进行拉动动作,则可将缆索158B运送至第二身体连接部154B处。另外,如果从动活塞142B是推动型,则从动活塞142B可直接串联地安装在附接至身体连接部140B上的接头和安装点153B之间。推杆146B使用旋转附件(例如,球形接头、枢轴等)通过安装点153B将力传递至第二身体连接部154B。在所示的实施例中,第二身体连接部154B可连接至靴子带子、靴子、脚架等。第二身体连接部154B相对较硬,以便执行在距生物关节一定距离处传递在安装点153B处生成的力的功能,以便经由身体连接部140B在第一身体部位(小腿)和经由身体连接部154B在第二身体部位(脚)之间生成扭矩。第二身体连接部154B可集成至靴子结构。当力在推杆146B中传递时,在联接第一身体连接部140B和第二身体连接部154B的柔性张紧构件150B和柔性张紧构件150B'(未示出,在生理关节的相对侧的相反侧)上生成张力。柔性张紧构件150B和柔性张紧构件150B'(也称为偏置构件)可为U形结构的形式,该U形结构在相对的端点处通过枢轴接头149B(以及在相对侧上的另一个类似接头)连接至身体连接部140B。据说张紧构件150B和张紧构件150B' 是柔性的,因为它们在脚的弯曲或伸展的正常使用期间可经历弹性变形——它是顺应性的——同时仍足够坚硬以传递力。柔性张紧构件150B和柔性张紧构件150B' 可包括由旋转接头151B和旋转接头151B'(未示出,在生理关节的相对侧的相反侧)形成的较

链枢轴,以允许第一身体连接部140B和第二身体连接部154B之间的角运动。在所描述的实施例中使用了柔性张紧构件150B和柔性张紧构件150B',但也可使用刚性构件。可考虑使铰接点151B和铰接点151B'与生理关节对准。铰接点151B和铰接点151B'可附接至或可不附接至靴子152B。当铰接点151B和铰接点151B'附接至靴子152B时,可能不需要使柔性张紧构件150B和柔性张紧构件150B'的部分156B位于脚跟下方,因为力可由靴子主体本身传递,充当部分156B。为了在两个身体连接部140B和身体连接部154B之间生成将致使在铰接点151B和铰接点151B'处生成扭矩的力,需要将身体连接部140B约束在用户的身体上。横向于近侧身体肢体的纵向轴线施加在近侧身体肢体上的反作用力可通过身体连接部140B和近侧身体肢体之间的垫分布。沿近侧身体肢体的纵向轴线施加在近侧身体肢体上的反作用力可由张紧构件150B和张紧构件150B'限制,该张紧构件将力重定向至脚跟下方,从而限制了身体连接部140B和近侧身体肢体之间的剪切应力和摩擦。该反作用力也可依靠用户的身体和身体连接部140B之间的摩擦和剪切力而重新分布在带子141B和带子141B'中,尽管这对于穿戴者而言可能是不舒服的。用户身体上的摩擦和剪切力可能会不舒服,并可能阻止用户使用可穿戴设备。在第二身体连接部154B上生成的力可直接传递至在生理关节的相对侧上的用户的远侧身体肢体(例如,在所示实施例中为脚),或者可传递至在远侧身体肢体上分布负荷的部位。在第二身体连接部上生成的力也可平行于远侧身体肢体施加。在本实施例中,为了限制用户的远侧身体肢体必须传递的力,第二身体连接部154B延伸以将力直接传递至地面或靴子152B的与地面接触的部件(例如,靴子152B的鞋底)。为了防止第二身体连接部154B相对于用户的不期望的运动,第二身体连接部154B可使用靴子152B的两侧上的安装点155B和安装点155B'(未示出)附接至靴子152B。该系统可包括传感器159B,其测量用户的脚和地面之间或用户的脚和靴子之间的压力、力或接触。也可使用其他传感器(例如位置、加速度、力)。所示的系统是其中力仅在一个方向上施加的系统。为了对此进行补偿,可在系统上添加弹簧(未示出)或其他偏置构件,以在MR流体致动器单元11不产生力时辅助脚弯曲。然后,MR流体致动器单元11可产生扭矩以消除由弹簧产生的力,并且然后可通过在可穿戴设备123A和可穿戴设备123B中的每者中使用单个从动缸而在脚踝处产生正扭矩和负扭矩。弹簧(未示出)或其他偏置构件也可添加至系统上,以迫使脚伸展或存储由脚与地面的碰撞引起的能量。

[0129] 图14B示出了处于其伸展位置的图14A的踝外骨骼。在图14A和图14B所示的示例中,推杆146B安装在脚的前部,但也考虑其他配置。例如,可在脚后部进行拉动动作。这可意指张紧构件150B和张紧构件150B'将传递压缩载荷。张紧构件150B和张紧构件150B'将需要在点149B和点151B之间以及在点149B'(未示出)和点151B'(未示出)之间是刚性的或至少是部分刚性的。可通过将刚性身体连接部154B延长至脚的后部并且通过在第一身体连接部140B和第二身体连接部154B之间具有拉动动作来实现对脚的拉动动作。可通过使用与先前实施例中所示的相同的滚动隔膜活塞系统实现拉动动作,或者通过使用缆索、滚珠轴承缆索或鲍登缆索实现拉动动作。滚动隔膜、缆索、滚珠轴承缆索或鲍登缆索的致动可在MR流体致动器单元11处远程实现,或者可通过直接位于身体部位140B或身体部位154B上的MR流体致动器单元11实现。如果MR流体致动器单元11远程定位,即位于腿部,则可将滚动隔膜片活塞系统的一个部件(例如,活塞体)或鲍登缆索的一个部件(例如,缆索衬里)锚定在一个身体连接部上,同时活塞杆或缆索连接至第二身体连接部。活塞杆和缆索的连接可通过使用

中间部件或机构实现。应注意,身体连接部140B在图12至图14B中是独立的,但可设想将其联接至附加身体构件(例如大腿身体构件)。同样,附加身体构件可支撑所提出系统的部件。其他身体构件也可以图18所示的方式相对于彼此致动。

[0130] 换言之,可穿戴设备123(即123B和123B')被示出为安装在小腿上,以辅助脚围绕踝关节的伸展运动。可使用类似的配置以辅助其他肢体部分相对于生理关节相对运动,诸如大腿(大腿/股骨)相对于小腿(小腿/胫骨),围绕膝关节,或者诸如骨盆相对于大腿/股骨,经由髋关节。上面为手臂提供了上身示例,但甚至可伸展至微小的身体部位,诸如手指。可穿戴设备123共享一个MR流体致动器11,该MR流体致动器是身体安装的动力单元的一部分。在图12至图14B的示例中,这是方便的定位,因为动力单元为右腿和左腿交替提供辅助,由此集中式定位为系统创建了一些对称性(例如,零件管理、库存等的简化)。例如,尽管未示出,但动力单元可在背包或类似的背部支撑件上,或者在腰包上。还可设想将动力单元放在地板上或相邻的结构上,例如当用户站着不动时。此外,如上所述,动力单元可直接安装至可穿戴设备123。所示的大多数实施例使用旋转到线性转换器C,然而,在一些其他人-混合动力总成中,可使用旋转到旋转转换器。旋转到旋转转换器可用于动力总成的输出力可具有旋转运动的情况。

[0131] 图15A是可在本公开的实施例中使用以在MR流体致动器单元11和可穿戴设备123A和可穿戴设备123B之间传递扭矩的流体活塞系统的示意图。尽管提出的滚动隔膜活塞非常适合于外骨骼中的扭矩传递,例如可穿戴设备123A和可穿戴设备123B,但也可使用其他类型的活塞。在此类系统中,具有滑动密封件的标准流体活塞可呈现高静摩擦,这可能会降低可穿戴设备的控制容易性。为了减小静摩擦力,可使用滚动隔膜活塞。在此类滚动隔膜活塞中,活塞杆可以压缩(推动作用)工作。可使用机构(未示出)推动滚动隔膜活塞,但在某些配置中,其中缆索可用作旋转到平移转换器(例如,图13的CA和CB),使滚动隔膜活塞120B在张力(拉动作用)中使用可为实际的。图15A所示的实施例可具有滚动隔膜活塞120B和滚动隔膜活塞142B,每个滚动隔膜活塞分别在相对较小直径的拉杆131B和拉杆143B上分别含有密封件172和密封件172'。可存在轴承或衬套,以促进滚动隔膜活塞120B和滚动隔膜活塞142B或拉杆131B和拉杆143B的运动。拉杆131B和拉杆143B相对于活塞本身的有效直径相对较小的区段可减小活塞的静摩擦力的大小。减小这种静摩擦力可为控制活塞带来好处。由活塞生成的拉力可比在活塞杆的密封件处生成的静摩擦力高一个数量级,并且在某些情况下,静摩擦力可忽略不计,从而降低了所提出的外骨骼系统的控制复杂性。施加至拉杆131B的力可以最小的力损失传递至拉杆143B,因为由液压导管122B联接的滚动隔膜活塞120B和滚动隔膜活塞142B的两个活塞室的液压回路中的流体171的压力大致相等,滚动隔膜活塞120B和滚动隔膜活塞142B的摩擦和静摩擦的影响可忽略不计。为了确保最佳功能,可通过使室173和室173'之间的排气口(未示出)连接至外部而将室173和室173'中的空气维持在大气压下。室173和室173'也可通过空气导管连接。安装在拉杆和滚动隔膜活塞框架之间的附加弹簧(未示出)可用于始终保持最小的活塞室中压力,从而避免滚动隔膜的屈曲。所提出的滚动隔膜活塞系统的优点在于,压力传感器(未示出)可安装在任何活塞室中或液压导管122B中,以监测流体压力。流体压力可与在滚动隔膜从动缸处生成的力成比例。压力传感器可比其他类型的力传感器便宜。位置传感器也可安装在主缸120或从动缸142上(无论它们是否是滚动隔膜),因为主缸120的位移可能与从动缸142的位移成比例。可使用其他类型

的传感器。利用MR流体离合器装置10的高带宽,可以高带宽来实现施加至用户身体上的力。通过将位置传感器安装在位于MR流体致动器单元11附近的活塞杆131B中的一个上,也可能将相同的原理应用于关节的位置。通过测量位于MR流体致动器单元11附近的杆131B或其他运动部件的位置变化,可获得从动杆143B的位置变化。该位置也可直接在MR流体离合器装置10的输出滑轮45上测量。通过将远程力检测和远程位置检测相结合,实现了非共置传感,其中传感位于远离致动关节的位置,并且这可呈现优点(即,导线管理)和容易防止冲击或元件。从动滚动隔膜142B可由麦吉本肌肉或其他流体肌肉代替。滚动隔膜活塞120B和滚动隔膜活塞142B也可由其他流体线性或旋转设备代替,以在MR流体致动器单元11之间向可穿戴设备123传递力。

[0132] 图15B示出了类似于图15A的系统,不同之处在于,通过推动而不是拉动的双滚动隔膜活塞250B来实现致动。双滚动隔膜活塞250B可被安装以推动联接装置。双滚动隔膜活塞250B的主体由两个壳体253B和壳体254B组成,这两个壳体通过使用在附接至壳体253B的引导表面251B上滑动的线性衬套255B而相对于彼此线性地引导。换言之,形成滑动接头。可使用其他引导机构以代替所提出的机构中的一种。浮动活塞252B设置在两个壳体253B和壳体254B之间。在壳体253B和浮动活塞252B之间生成的运动和力以及在壳体254B和浮动活塞252B之间生成的运动和力传递至机构。由于所示构造是串联布置,因此每个主体中的力相等,并且是传递至机构的合力。由于它们的性质,滚动隔膜活塞的行程可受到限制,因此,这种串联安装的滚动隔膜活塞的优点可在于,与使用单个滚动隔膜活塞的情况相比,整个组件的行程可更大。在顺序布置中,系统可由平行布置的活塞系统组成,并且然后由多个活塞生成的力可相加并传递至机构。液压流体171通过入口进入双滚动隔膜系统,并且占据壳体253B和壳体254B的内腔以及联接壳体253B和壳体254B的流体区域的流体通道257B。壳体253B和壳体254B中的每者均含有滚动隔膜170。联接壳体253B和壳体254B以及浮动活塞252B的滚动隔膜170允许两个壳体253B和壳体254B通过每个壳体253B和壳体254B相对于浮动活塞257B的累积位移而彼此隔开。在壳体253B和壳体254B的室以及流体通道257B中的每者中,流体171的压力大致相等。双滚动隔膜活塞250B还可含有附加弹簧以维持流体171中的最小压力。这些弹簧可将浮动活塞152B分别联接至壳体253B和壳体254B,或者它们可将壳体253B直接联接至壳体253B。

[0133] 图16在180处示出了可穿戴设备的另一实施例。可穿戴设备180是上肢外骨骼。可穿戴设备180由MR流体致动器单元11供电,该MR流体致动器单元可为如图16所示的用户支持的动力单元的一部分。可穿戴设备180在肩部可具有远程致动的接头181和接头182且在肘部可具有远程致动的接头183。MR流体致动器单元11由动力源A(例如,单个电机或一个以上电机)、减速器B和六个MR流体离合器装置10A、MR流体离合器装置10B、MR流体离合器装置10C(未示出)、MR流体离合器装置10D、MR流体离合器装置10E(未示出)和MR流体离合器装置10F(同时,MR流体离合器装置10)组成。每个MR流体离合器装置10连接至主缸120,诸如滚动隔膜缸。为了便于描述,主缸统称为120,尽管它们被示出为120A、120B、120C、120D、120E和120F,并且分别联接至MR流体离合器装置10A、MR流体离合器装置10B、MR流体离合器装置10C、MR流体离合器装置10D、MR流体离合器装置10E和MR流体离合器装置10F(即,相应的所附字母),其中相同的术语适用于其他部件,诸如从动缸142。主缸120中的每者使用液压导管122A、液压导管122B、液压导管122C、液压导管122D、液压导管122E和液压导管122F(即,

统称为122)连接至相应的从动缸142,诸如滚动隔膜缸。为简单起见,此处将仅描述接头183,但接头181和接头182可以类似的方式操作。身体连接部184可附接在身体关节一侧上的一个身体肢体(例如,上臂)上,并且身体连接部185可附接在身体关节另一侧上的身体肢体(例如,下臂)上。为了在接头183中生成可与用户的生理关节对准的扭矩,MR流体致动器单元11可以与图13类似的方式在主缸120E或主缸120F中生成力。然后,主缸120E或主缸120F中生成的力传递至从动缸142E或从动缸142F,该从动缸可在身体连接部183和身体连接部184之间生成扭矩,以辅助用户执行一些任务。尽管未示出,但身体连接部183和身体连接部184可具有任何适当的形状以固定至肢体,以用于同时运动。这可包括条、支架、套筒、带子、松紧带、带条、背带。处理器单元1可使用来自惯性测量单元的读数操作臂外骨骼180。

[0134] 参考图17A和图17B提供接头183的详细描述。图17A示出了连接至位于MR流体致动器单元11中的主缸120E和主缸120F的接头183的细节。从动缸142E和从动缸142F连接至由缆索200和滑轮201组成的线性到旋转转换器。可存在轴承或衬套,以促进一个身体连接部185相对于另一身体连接部184的旋转运动。在所示的示例中,活塞杆143E和活塞杆143F中的一者的往复运动可拉动缆索200并控制身体连接部184的旋转。在所示的实施例中,由于概念中使用的缆索的不可压缩性,因此进行了对抗运动控制。然而,如果连接至硬杆线性到旋转转换器并且如果以双向方式使用活塞,则仅一根活塞杆143可用于压缩力和张力。对于双向活塞,可能需要两个液压导管。双向活塞也可用于MR流体致动器单元11中,只要主缸活塞杆连接至两个MR流体离合器装置10,以便维持良好的带宽和可控制性。

[0135] 图17B示出了图17A的详细纵向截面。位于MR流体致动器单元11处的滚动隔膜主缸120E和滚动隔膜主缸120F被示出为在极端位置,并且匹配的滚动隔膜从动缸142E和滚动隔膜主缸142F被示出为在相应位置。连接部184的对抗运动被示出为在其相应位置。为了在CCW方向上致动身体连接部184,MR流体致动器单元11可致动MR流体离合器装置10E,该MR流体离合器装置可将缆索130E卷绕在滑轮45E上。因此,在增加滚动隔膜主缸120E中的压力的同时,将拉动活塞杆131E,并引起流体171的流动。压力和流体的运动将通过液压导管122E传递至滚动隔膜从动缸142E,并且活塞杆143E将施加力并拉动附接至滑轮201的缆索200。滑轮200的力和运动将以扭矩传递至身体连接部184。在身体连接部184和身体连接部185之间生成的扭矩可生成身体连接部184相对于身体连接部185的运动。利用MR流体离合器装置10的高带宽,可以高带宽实现施加至身体连接部184上的力。

[0136] 图18是包括用于上肢和下肢的多个自由度的可穿戴设备的另一实施例的示意图。应注意,只要可在两个连接部之间施加力,就可相对于身体连接部140致动身体连接部154的运动,也可相对于身体构件210进行致动。同样,身体连接部140可相对于身体连接部210被致动。身体连接部210可相对于身体连接部154被致动。相同的原理适用于所有其他身体部位。MR流体致动器单元11可附接至任何身体连接部或远程定位(例如,在手推车或车辆上)。

[0137] 图19是包括来自上肢和下肢的自由度的可穿戴设备的另一实施例的示意图。根据本公开的实施例可包括结合在一起的独立或模块化外骨骼。根据本公开的实施例可依靠公共动力源而减轻重量。出于可靠性目的,根据本公开的实施例可依赖冗余或独立的动力源。

[0138] 总体而言,本文中提出的可穿戴设备可用于限制移动物体所需的人力,或者限制人体自身位移(即,行走或奔跑)所需的力。由于MR流体离合器装置10的高带宽,可穿戴设备

的可控制性比具有低带宽的机械系统感觉更自然。应注意,可使用单个传感器或其他类型的传感器。而且,电机A(未示出)可从靠近MR流体致动器单元11定位的电池282接收电力。对于含有更多个待致动的接头的设备,有可能仅具有一个电机A,以将动力和扭矩分配给一个或多个减速器C,将动力和扭矩分配给每个旋转到旋转或旋转到线性转换器。

[0139] 在此描述了外骨骼,但其他类型的可穿戴设备(例如,矫形器或假体)可使用如上所述的类似布置。

[0140] 尽管图16至图17B示出了每个接头具有两个MR流体离合器装置10的对抗运动,但可设想具有单个MR流体离合器装置10,其中偏置构件或类似的施力构件提供对抗力,以使得MR流体离合器致动器单元11能够双向输出,诸如在图12至图14B中。在某些情况下,重力可用作偏置构件。人的肌肉力也可用作偏置构件。为了提高在用户身上施加力的设备的安全性,可使用提供关于环境或用户信息的附加传感器。例如,接近传感器、视觉传感器、接触传感器可用于减少受伤的机会。在MR流体致动器单元11中,可使用其他类型的旋转到线性布置(即丝杠)并且可使用其他类型的张紧设备(即链条、皮带、液压活塞等)。在一个实施例中,可穿戴设备通过缆索和壳体系统而不是通过液压系统连接至MR流体致动器11(一个或多个),以用于力传递。

[0141] 在图14A至图17B的配置中,通过在第一部位或第二部位上施加力的同时将MR流体致动器单元11安装至可穿戴设备上,或者通过将MR流体致动器单元11直接安装在身体连接部中的一个上而不是将其远程定位,可颠倒组件。

[0142] 在图12至图19中,连接至身体部位的MR流体致动器单元11可用于创建由MR流体致动器单元11生成的虚拟机械功能,诸如阻尼、弹簧、振动等。由MR流体致动器单元11生成的虚拟机械功能可为可编程的并且可适用于各种条件。关于条件的信息可由传感器提供。

[0143] 在图1至图19中,磁流变流体离合器装置10可经由提出的传动系统(例如,绞盘)选择性地传递旋转力 F_{MR} 以辅助移动负载。这种类型的致动器在一些当通电时可致动的设备中可呈现优势,因为当MR流体离合器装置不生成扭矩时(例如,处于断开状态时),会生成非常低的惯性和粘性力。同样,可在致动器上增加缆索卷绕机构,因此,如果将致动系统11用作可穿戴设备的一部分,并且在系统断电时致动器被外力(即人)强迫移动,则该机构可“卷绕”缆索,以防止位于MR致动器11中的缆索出现缆索松动情况。上述示例是其中一个示例,其中张紧机构可集成在可穿戴张紧机构中,并且考虑了防止缆索松动的其他张紧机构。例如,当仅存在缆索末端时,张紧设备(即,扭转弹簧,仅举一例)可直接作用于滑轮45上,以防止缆索末端松动。此外,作为滑轮45的替代,也可使用齿条和齿轮、链条和链轮、液压系统、气动系统等。

[0144] 使用人-混合动力总成的许多其他类型的设备也可适于使用如本文所述的MR流体致动器单元11。专门用于康复或性能增强(例如在军事环境或处理中)的外骨骼也可使用此类可穿戴设备。连接至驱动MR离合器装置的单个/多个减速器的单个/多个动力源可根据预定自由度来辅助人类操作。所提出的致动的高带宽可使人的动作感觉自然,同时实现位移,该位移可比仅使用人类能量需要更少的力。

[0145] 在所有描述中,示出了一种机械布置或MR流体致动器配置,但考虑了其他MR流体致动器。至少一个MR流体离合器装置连接至电机A或减速器B。附加MR流体离合器装置可连接至电机A、减速器B、旋转到旋转或旋转到线性转换器,或者可连接至任何其他零件或框

架。

[0146] 图20A示出了附接至人的可穿戴机械臂220的透视图。机械臂220可具有多个致动的DOF,并且动力单元221也可由人或相邻结构、车辆或地面支撑。所示的机械臂220由缆索系统致动,尽管可使用其他类型的传动装置。缆索222在臂结构中运送,并由惰轮223或缆索壳体引导。动力单元221可具有动力源(即,电机)、减速机构(即,变速箱)和滑轮,该滑轮作用于连接至机械臂220的接头的缆索的一端,以高带宽从MR离合器装置10致动它。所示的臂是三DOF臂,其臂部具有构件和末端执行器,该臂部连接至底盘227。第一构件226通过单DOF接头连接至机械臂220的底盘227,第一构件226还使用另一单DOF接头连接至第二构件225,并且然后连接至末端执行器224。在图20A和图20B的实施例中,使用由可包含在动力单元221中的MR流体离合器装置10(未示出)致动的缆索系统来执行DOF的所有致动。处理器单元1可使用来自惯性测量单元的读数操作机械臂220。

[0147] 在图20B中,为简单起见,仅针对第一DOF示出了缆索致动系统,其中类似的组件用于其他DOF。电机A连接至MR流体离合器10,以便提供一个联接至底盘227(即,框架)中的第一构件226的DOF的对抗致动。缆索200A的一端可使用滑轮系统附接至MR流体离合器装置10A。然后,使用重定向滑轮将缆索200A运送并附接至第一构件226,以便于缆索200A中的张力在第一构件226上生成杠杆臂。类似的系统使用MR流体离合器装置10B、缆索200B和另一重定向滑轮223连接在接头的另一侧。通过在缆索200A和缆索200B上生成张力,可在第一构件226上生成力,并且第一构件226可相应地移动。在底盘227和第一构件226之间可使用标准轴承和万向节型接头。这产生作用于第一构件226上的对抗系统。由于致动器不位于接头处,因此它们不会增加运动中零件的惯性,并且因为MR流体致动器单元可提供高带宽力控制,所以结果可为具有减小的惯性和高带宽的高度可控的机械臂220。在所示的实施例中,示出了缆索系统,但可考虑其他传动机构(链条、皮带、液压系统等)。在一些其他情况下,可使用偏置构件或重力来代替第二MR流体离合器装置,并且仍向机械臂220提供对抗力控制。在附加重定向滑轮中运送的类似缆索系统可在第二构件225和末端执行器224上提供对抗力。另外,示出了三DOF缆索系统,但也可提供附加DOF。DOF可为旋转的和/或平移的。

[0148] 图21是使用类似于在图12至图19的可穿戴设备上使用的混合缆索-液压系统致动的机械臂220的示意图,其中类似的附图标记可示出类似的部件,其中所附字母A至F将部件与给定组联系起来,如先前实施例的描述中那样。机械臂220可具有多个接头230和接头231。在所示的实施例中,接头230具有单DOF,并且接头231具有两DOF。

[0149] 图22描绘了两DOF接头231的放大图。两DOF接头231被示出为万向节型,但可设想其他接头布置(例如,通用的、球形的)。所示的液压传动装置使用滚动隔膜活塞142,但也可使用其他类型的活塞(即双作用推拉活塞、常规活塞等)。在所示的实施例中,液压流体压力可来自管122,从而在活塞142中生成压力。压力可生成活塞位移,并因此生成活塞杆143位移。活塞杆143可联接至活塞横向构件143',该活塞横向构件通过作用于将力矩传递至相邻构件的滑轮245上而在接头处生成力矩而连接至缆索200。活塞142可位于接头的任一侧上,只要在两个相邻构件或远程定位的构件之间生成力矩,使用与图20A和图20B的缆索系统上所示的重定向滑轮缆索类似的重定向滑轮。同样,两个活塞可在接头上产生对抗力,或者可使用其他偏置力。也可使用具有联接至联接装置的推动作用且没有缆索的活塞。

[0150] 图23示出了可用于控制图21的机械臂220的动力单元。该动力单元可直接安装在

人身上(如图20A所示的背包布置),或者安装在穿戴机械臂的用户附近(例如,结构、站、地面、车辆、手推车)。使用类似于图13的动力单元中所使用的缆索系统实现气缸的致动。在图23中,缆索系统可具有直接作用或减速比,如图13的实施例中那样。在所示的实施例中,存在六个MR流体离合器装置10,其可控制多达6DOF。六个MR流体离合器装置10也可用于控制三对抗DOF。在所示的实施例中,尽管也可存在多个动力源,但MR流体离合器装置10可由单个动力源A提供动力。液压流体运送至管122中。通过选择性地致动每个MR流体离合器装置10,可在每个管122中分别控制压力和因此的流体排量。可同时致动一个或多个MR流体离合器装置10,以提供对图21的机械臂220的所有DOF的高带宽控制。

[0151] 图24示出了类似于图23的动力单元,但在活塞和MR旋转流体离合器装置10之间安装有滚珠丝杠机构。示出了滚珠丝杠机构,但也可使用其他类型的减速机构(即齿条和齿轮、齿轮系统等)。MR流体离合器装置10各自驱动螺杆240,该螺杆可操作地支撑滚珠丝杠减速机构的螺母241,以便推动或拉动附接至螺母241的活塞杆(未示出)。活塞杆的运动在活塞120中生成压力,该压力将经由导管122传递至位于图21的可穿戴机械臂220上的活塞142。在所示的实施例中,MR流体离合器装置10分别连接至相应的螺杆240,但还可设想反向系统,其中MR流体离合器装置10直接作用于螺纹螺母上,并且其中螺纹杆连接至活塞杆。

[0152] 图25示出了安装在人身上的图21的机械臂220,并且其中动力单元221以背包布置直接安装在人身上。动力单元221还可远程定位(不在人体上),以减轻人体必须支撑的重量。由于MR流体离合器装置10的高带宽与如所展示的液压传动系统的能力组合,可穿戴机械臂可为高带宽的,并且当直接安装在人身上时工作良好。

[0153] 在所有可穿戴机械臂中,一个或多个MR流体离合器装置10可为图6和图7的闭合或部分闭合类型,以便在未通电时阻止或限制机械臂的接头移动。

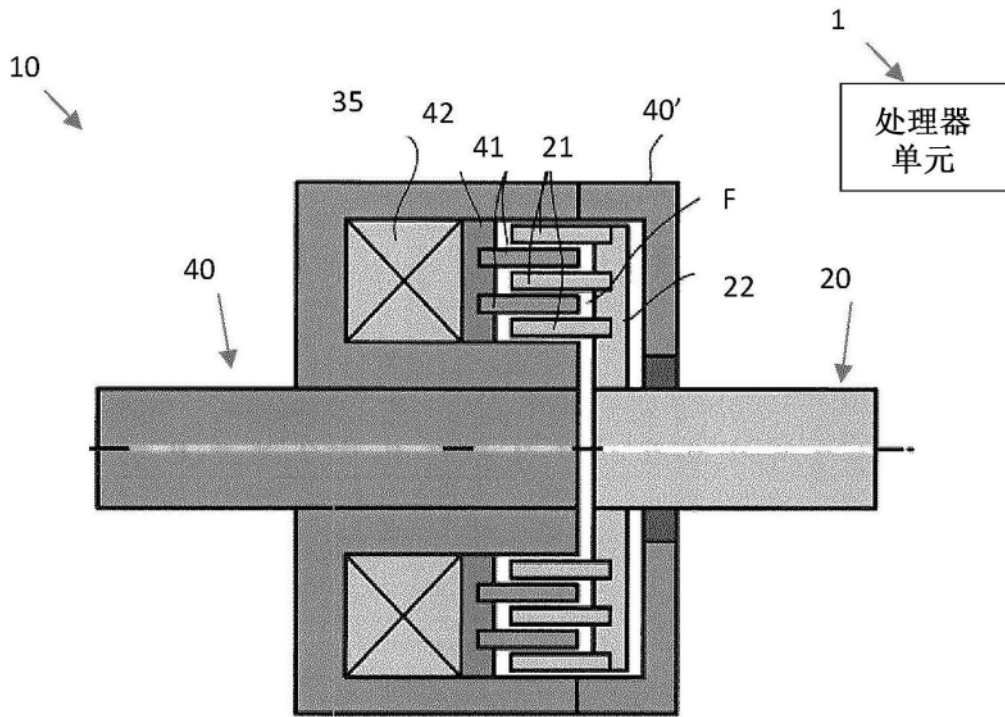


图1

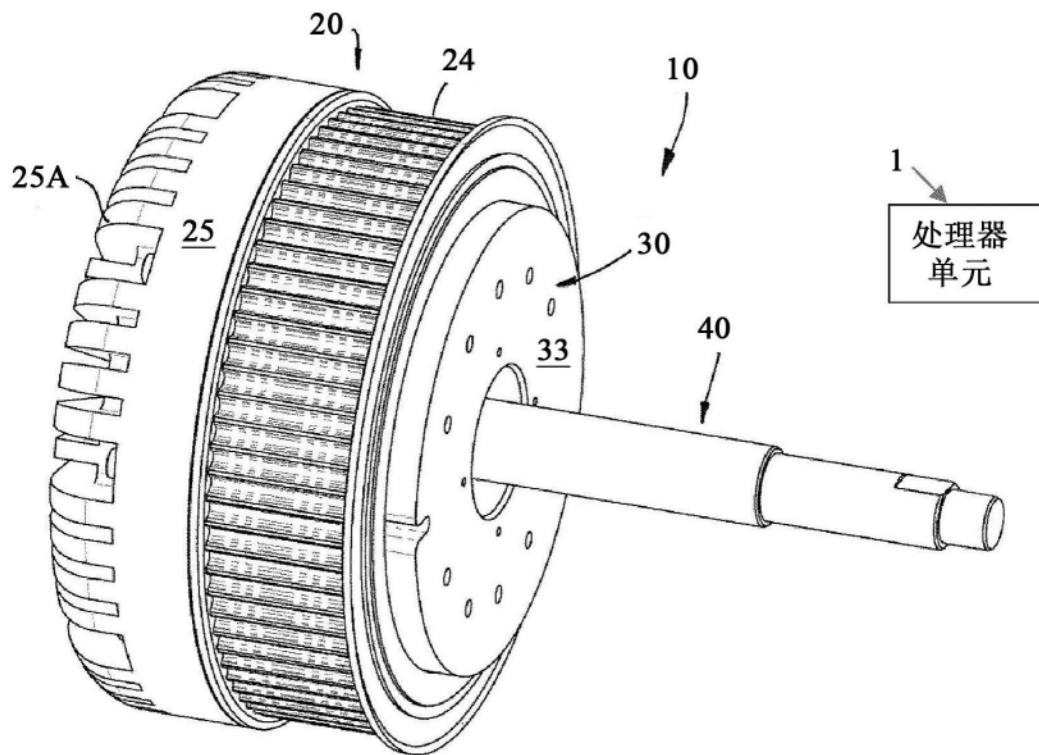


图2

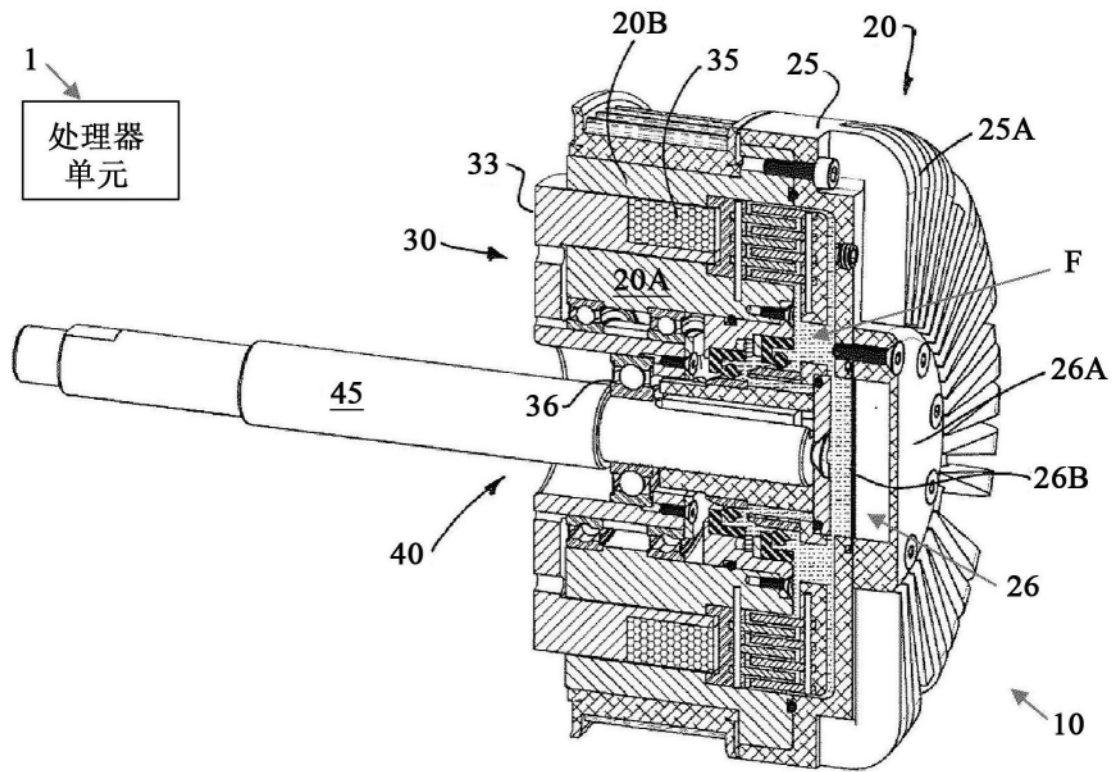


图3

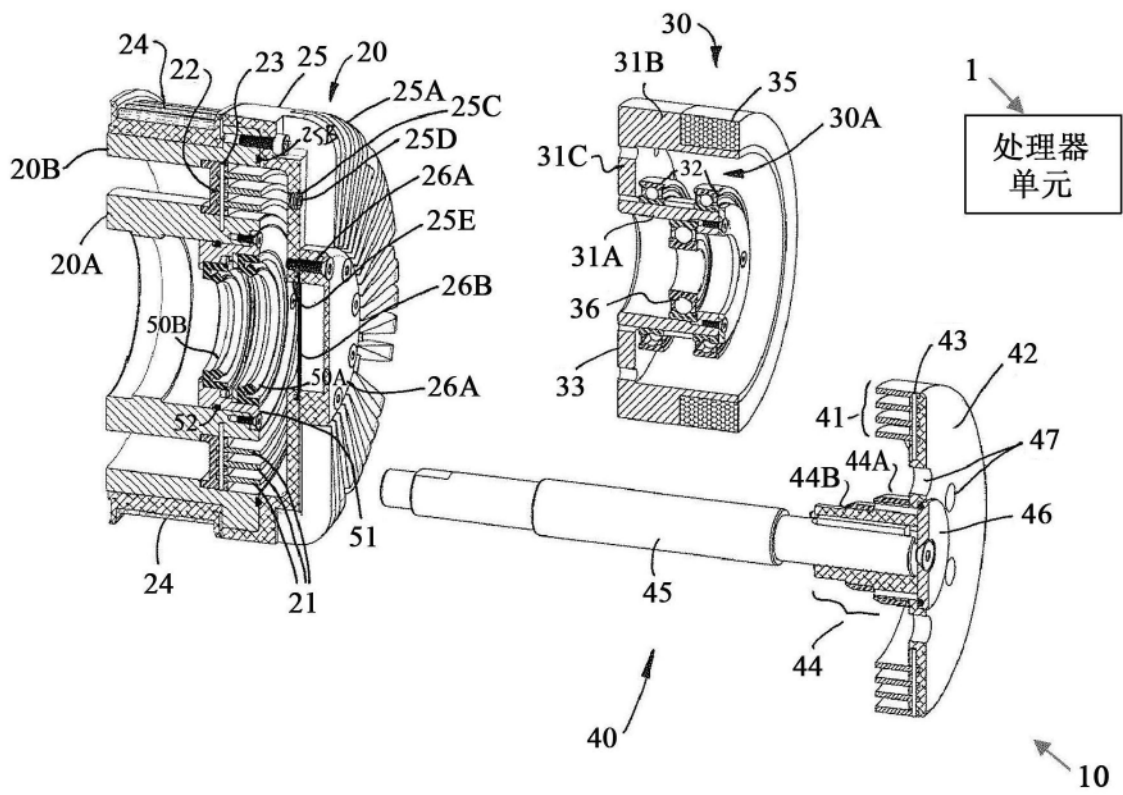


图4

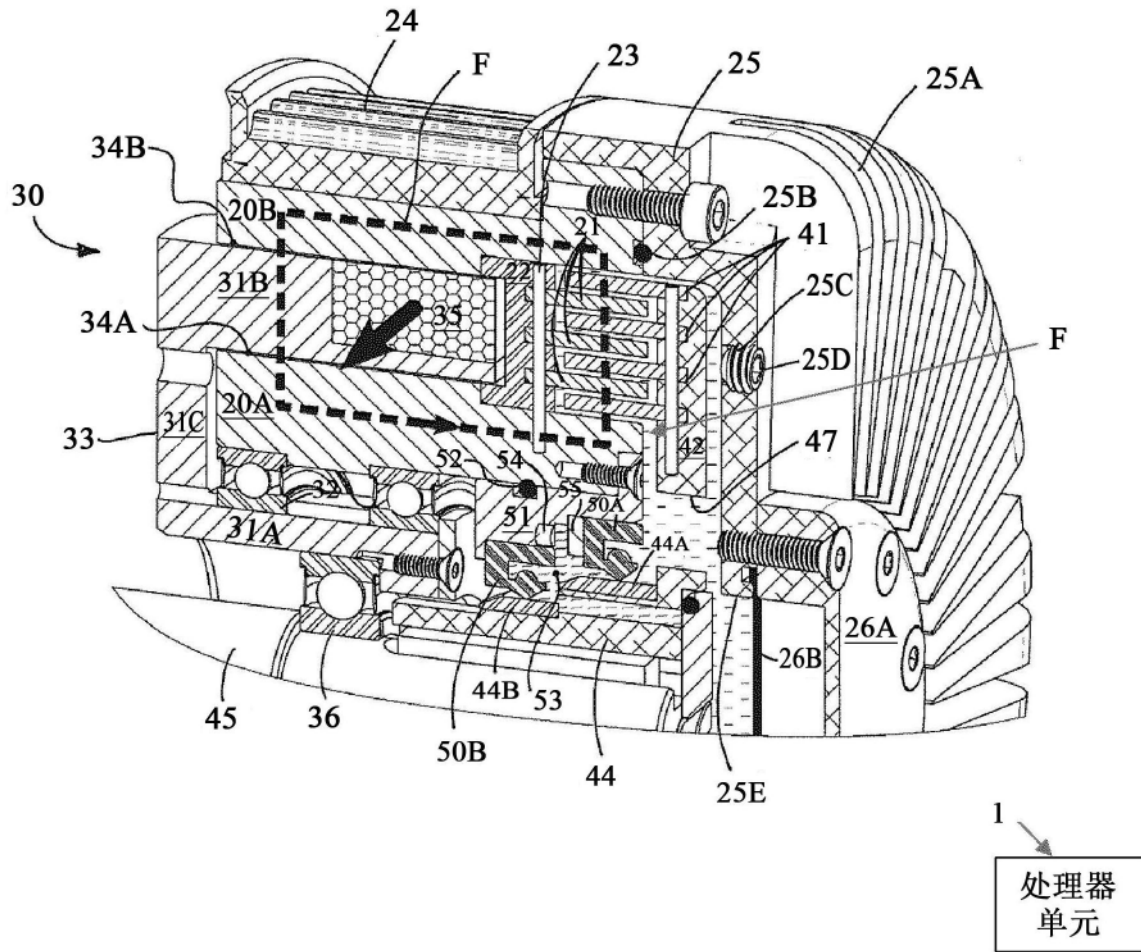


图5

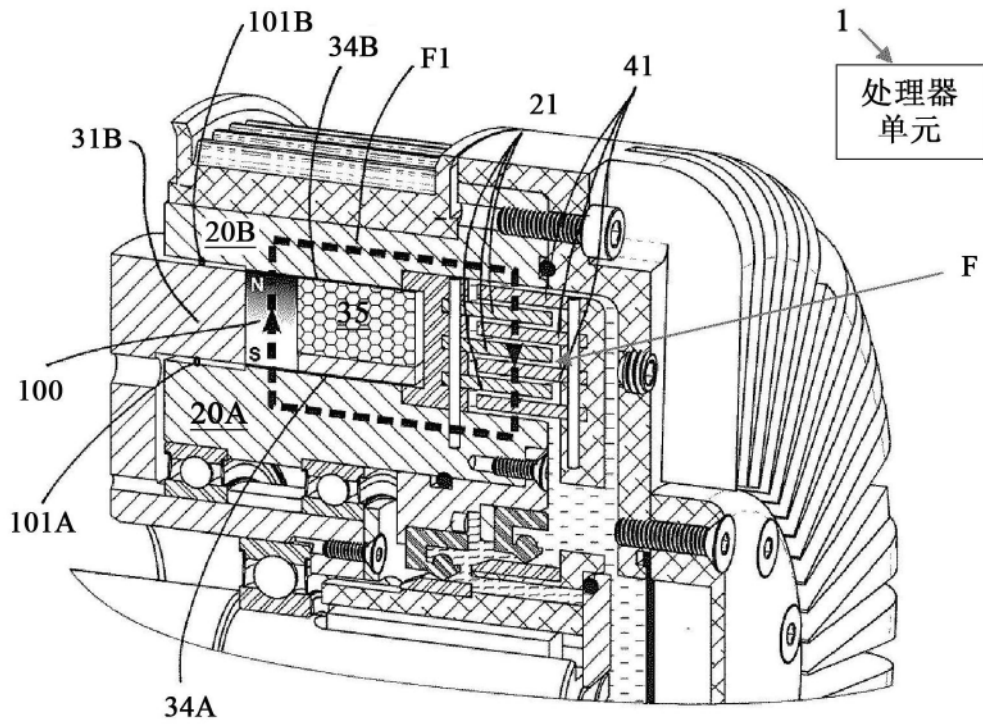


图6

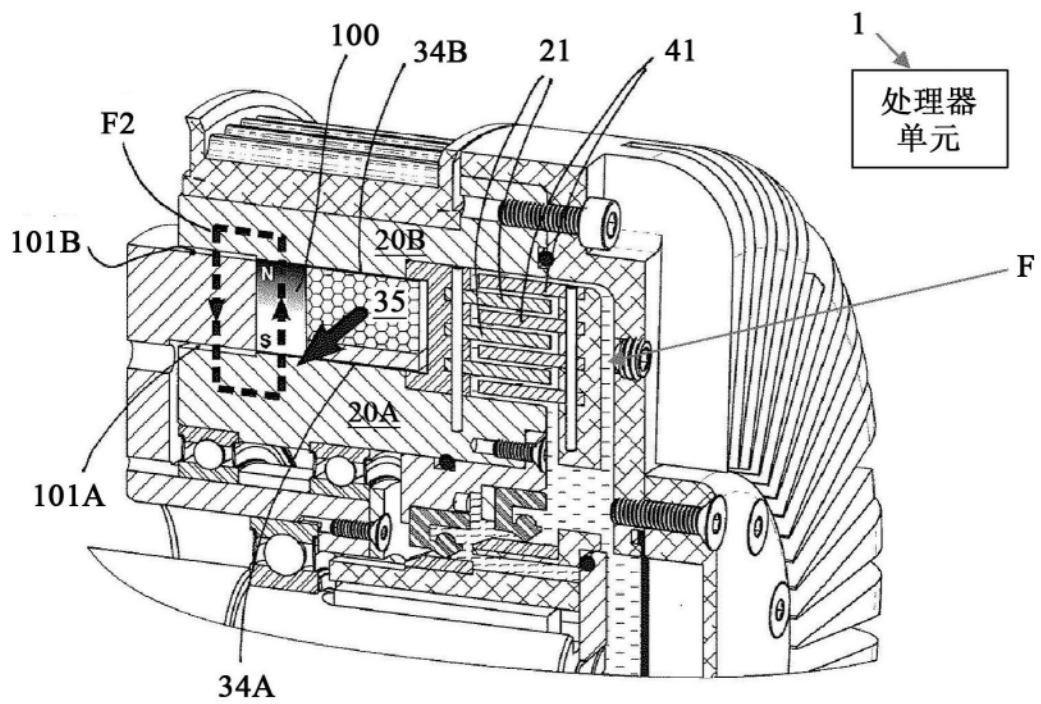


图7

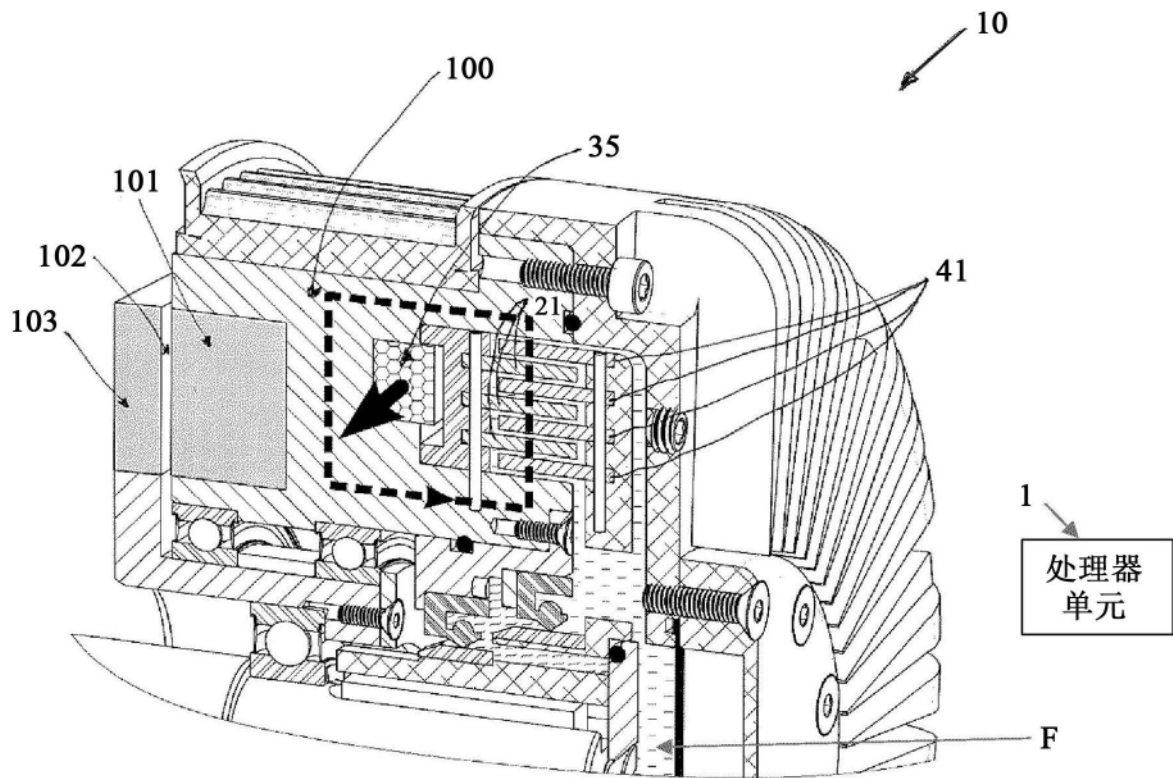


图8

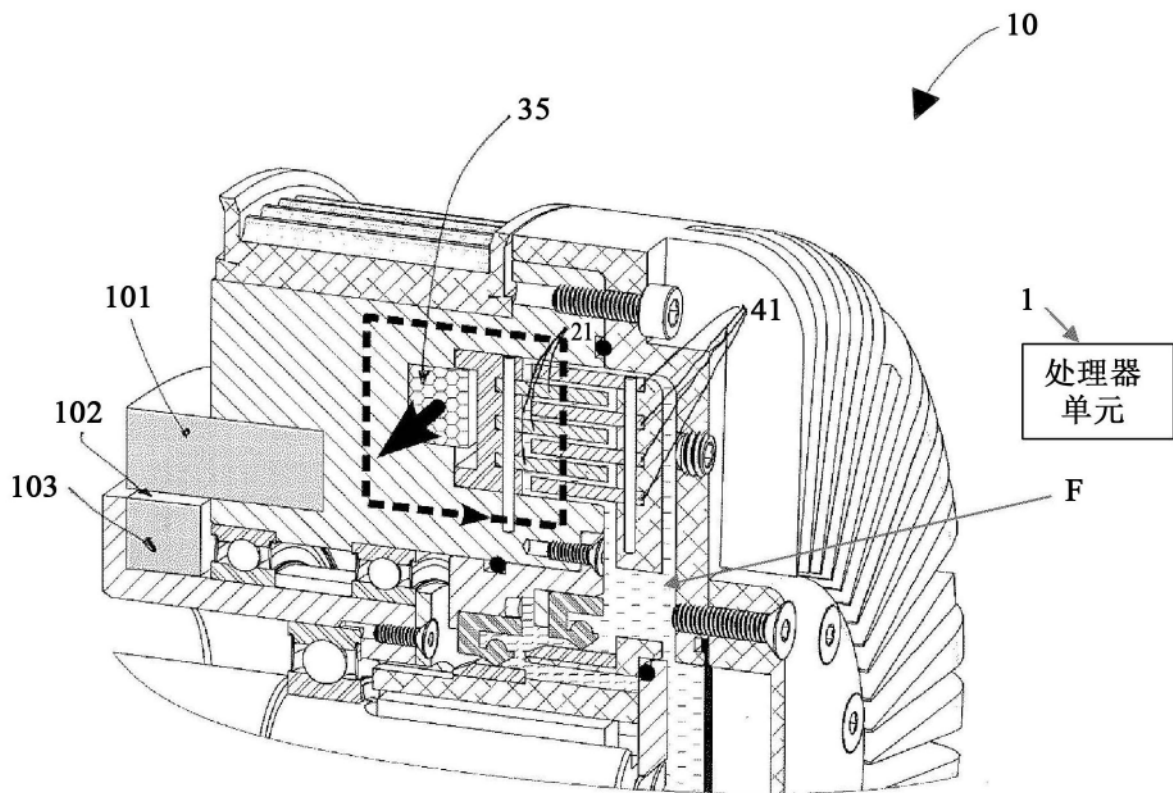
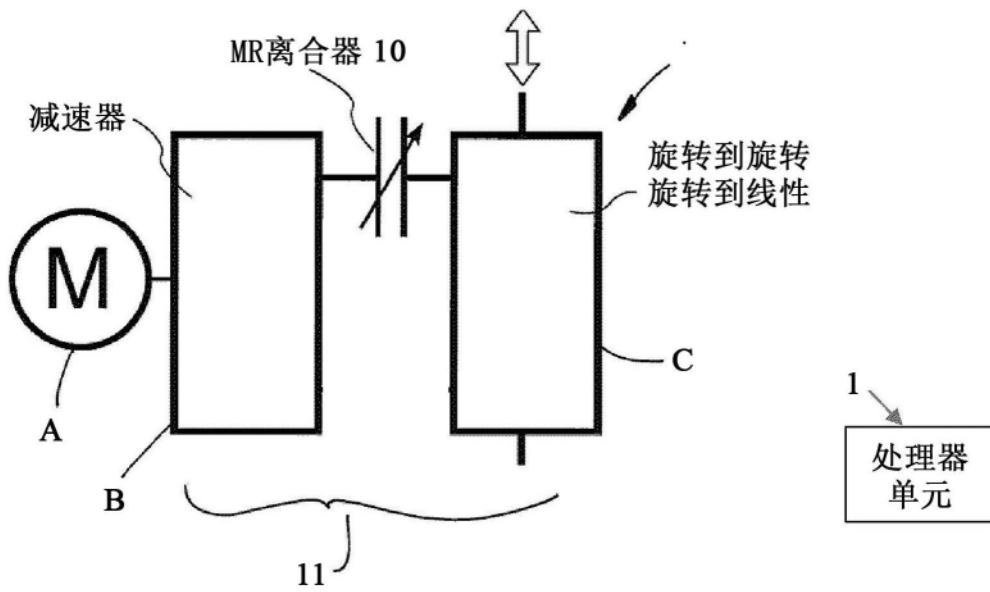
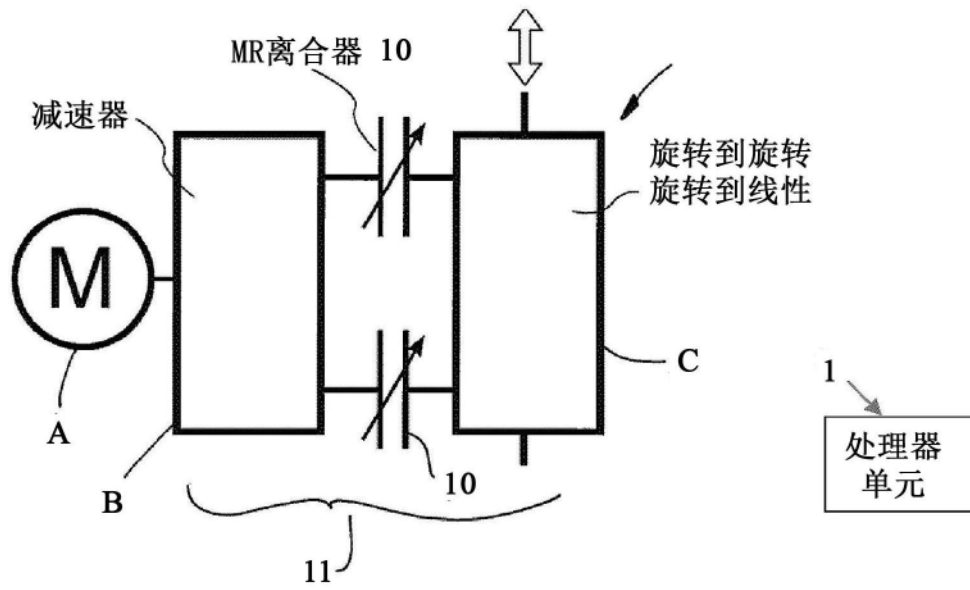
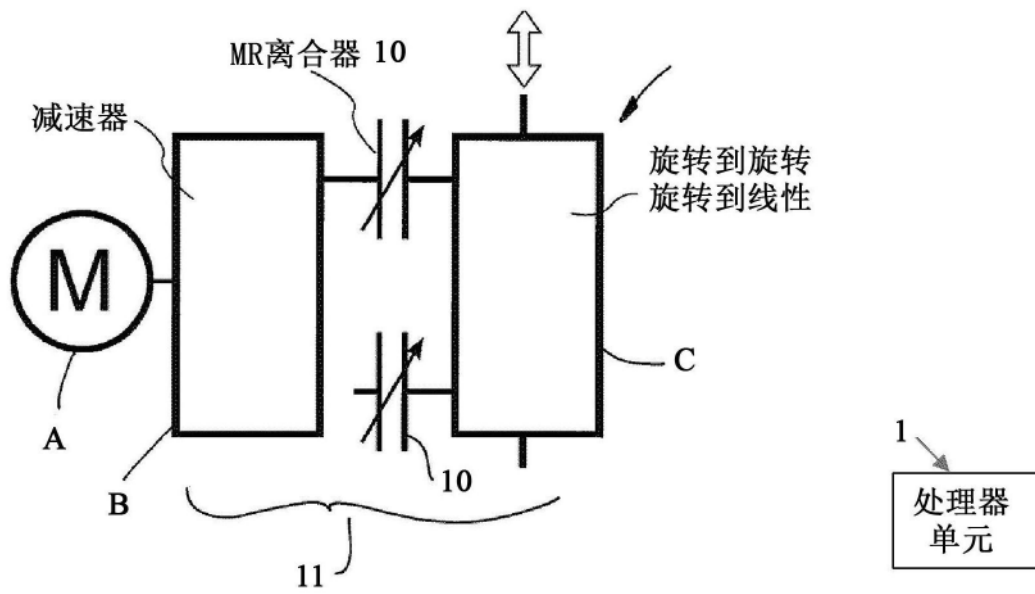
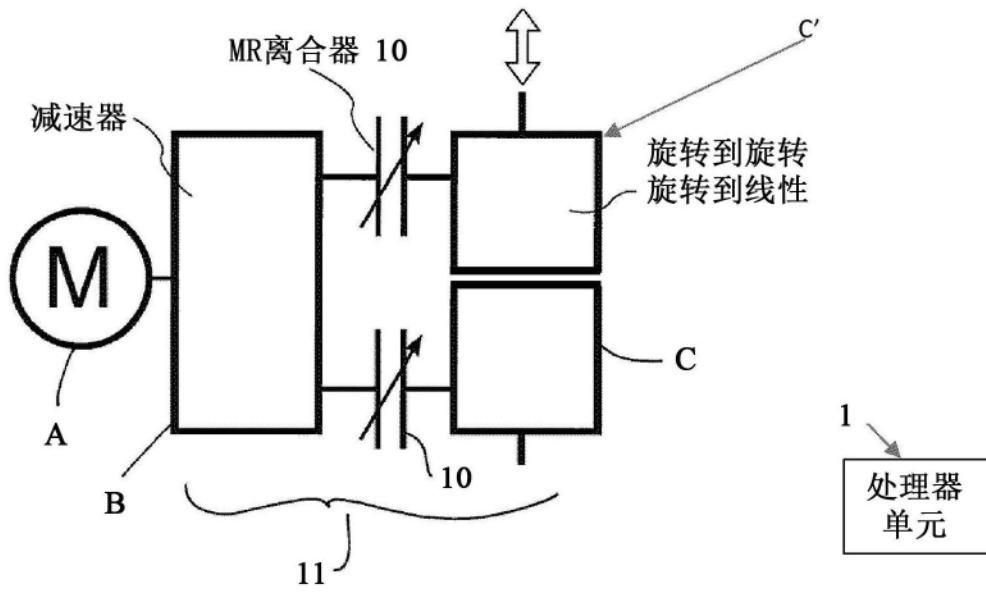


图9





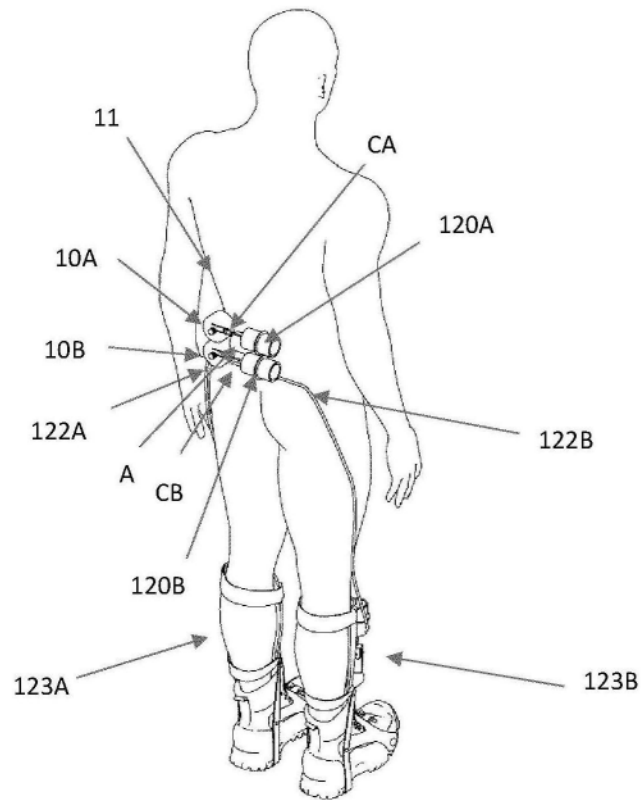


图12

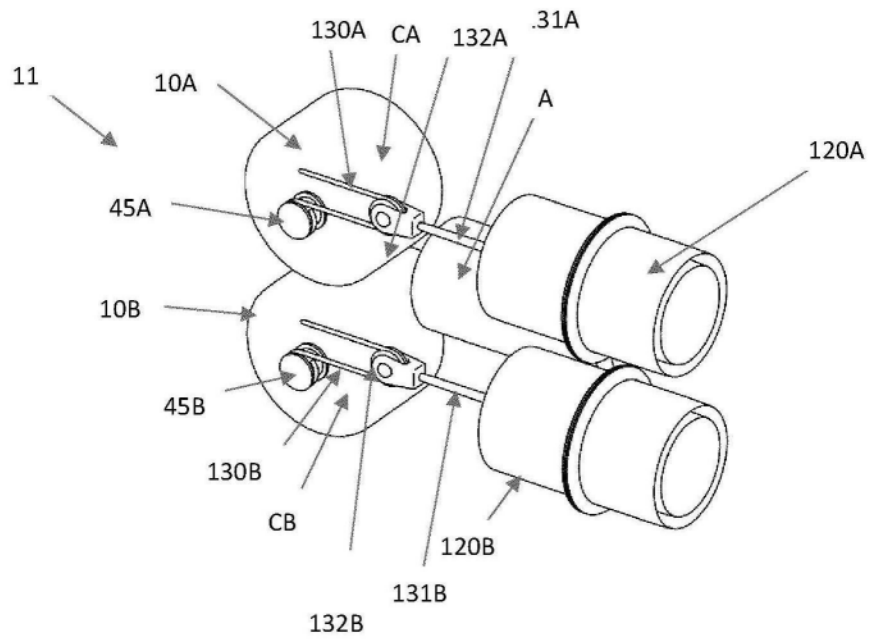


图13

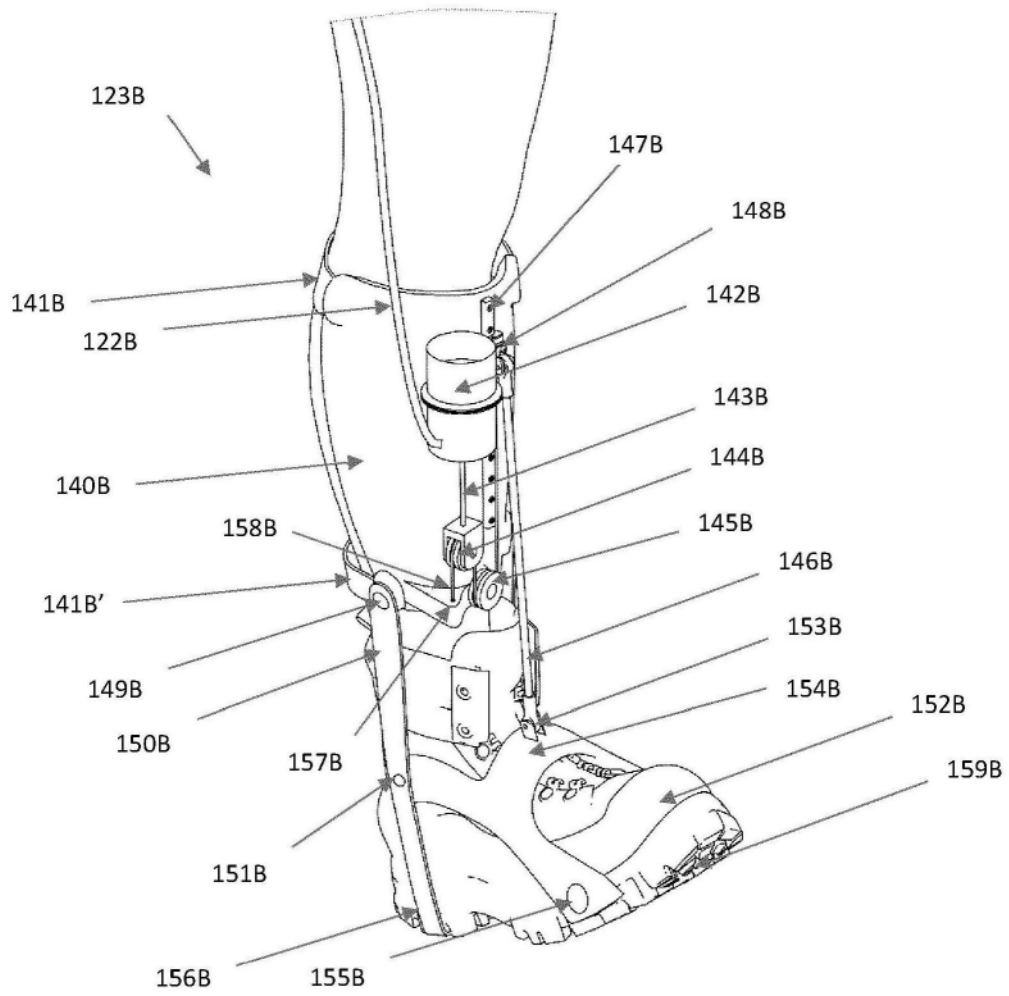


图14A

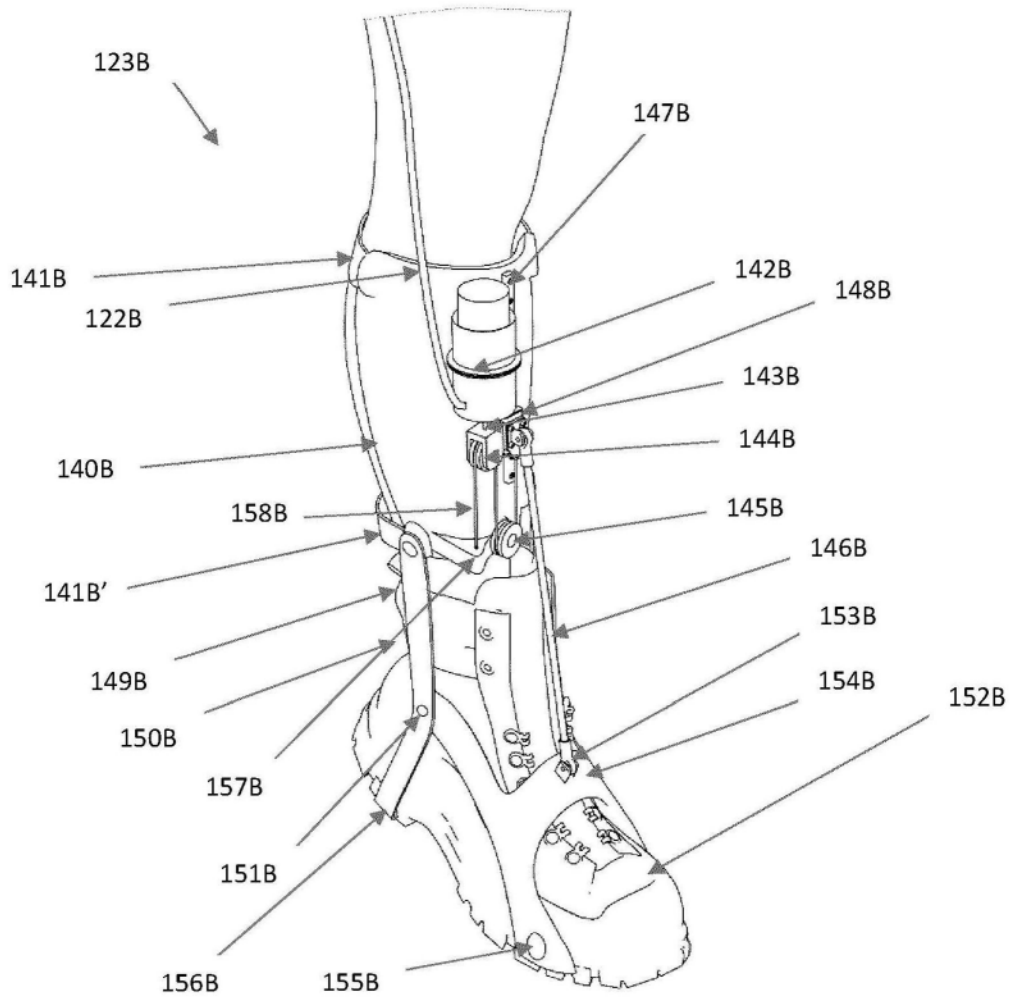


图14B

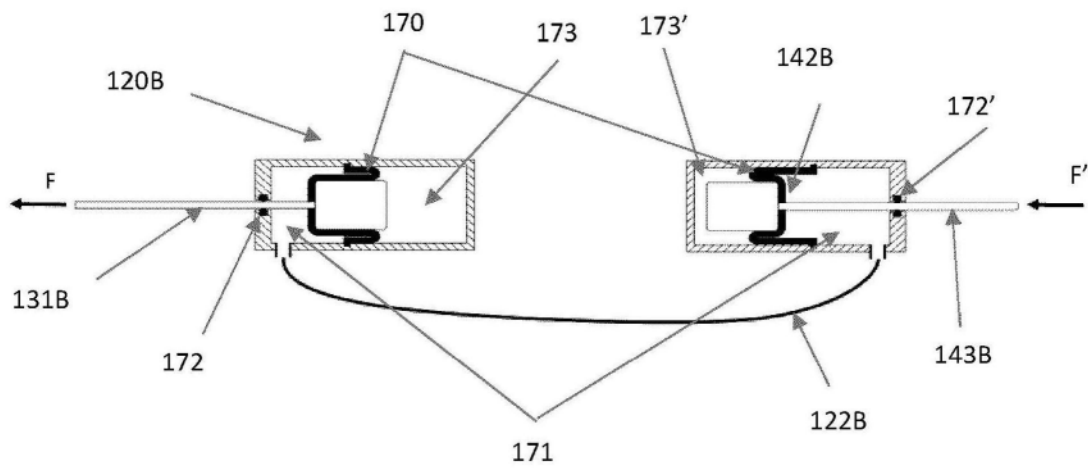


图15A

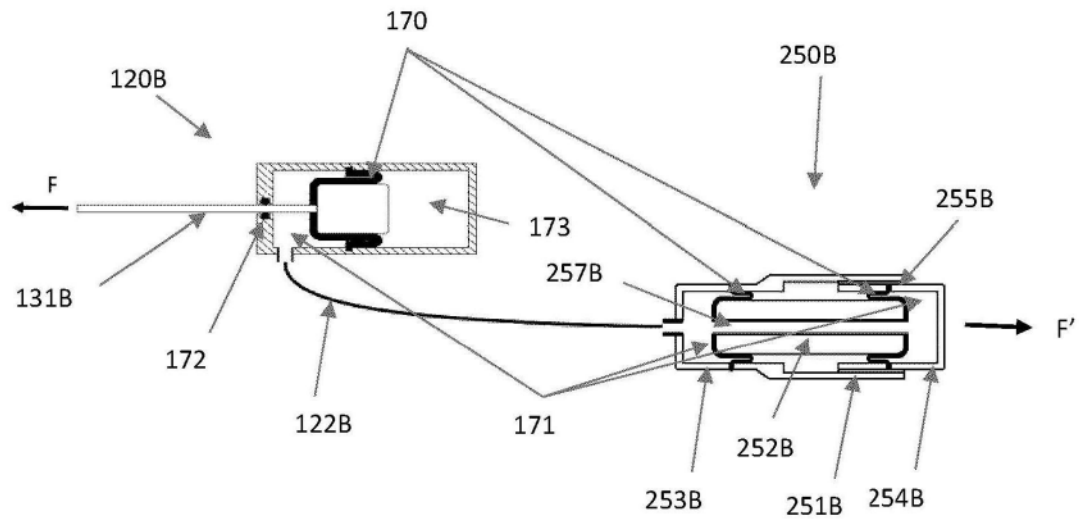


图15B

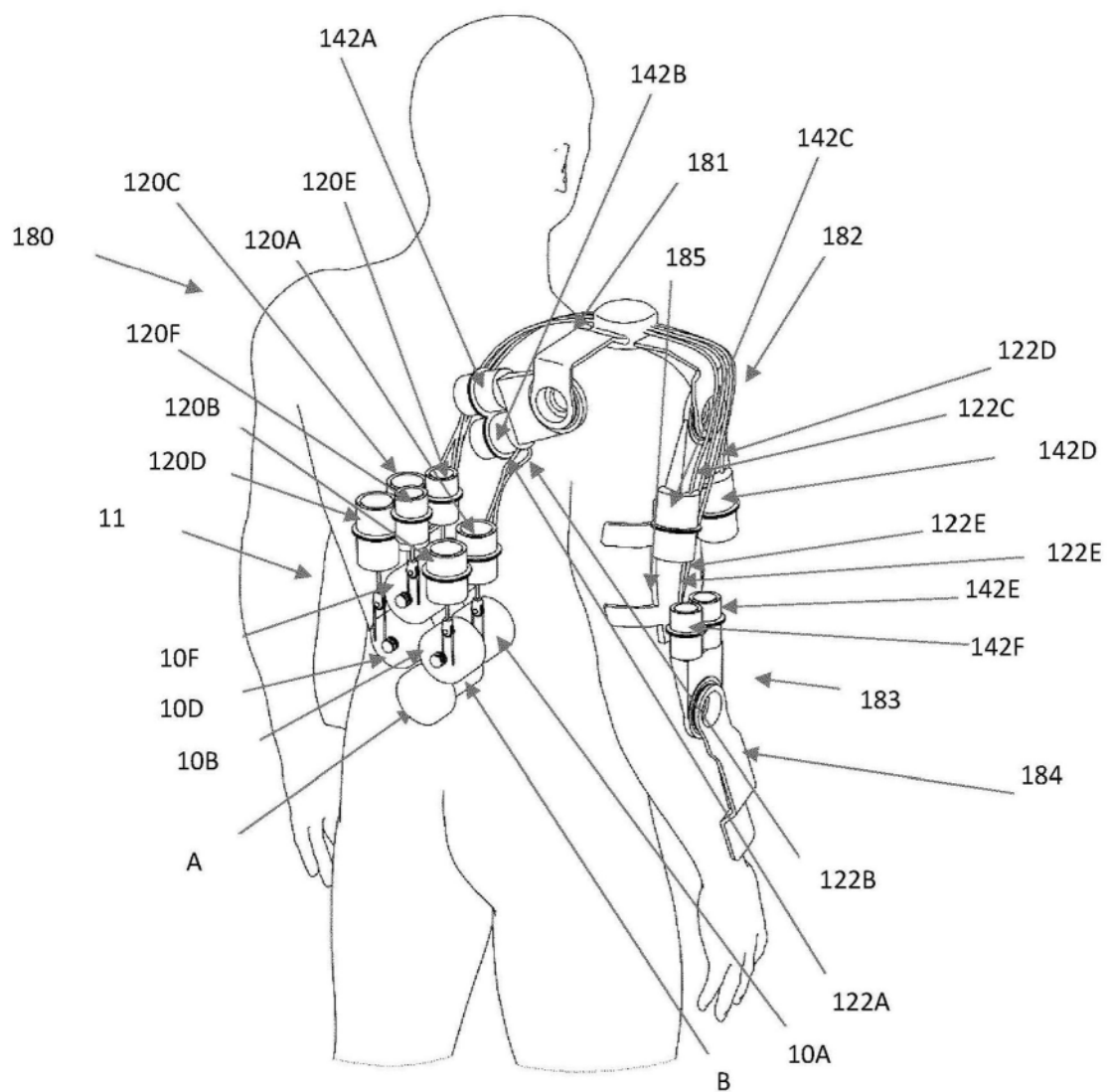


图16

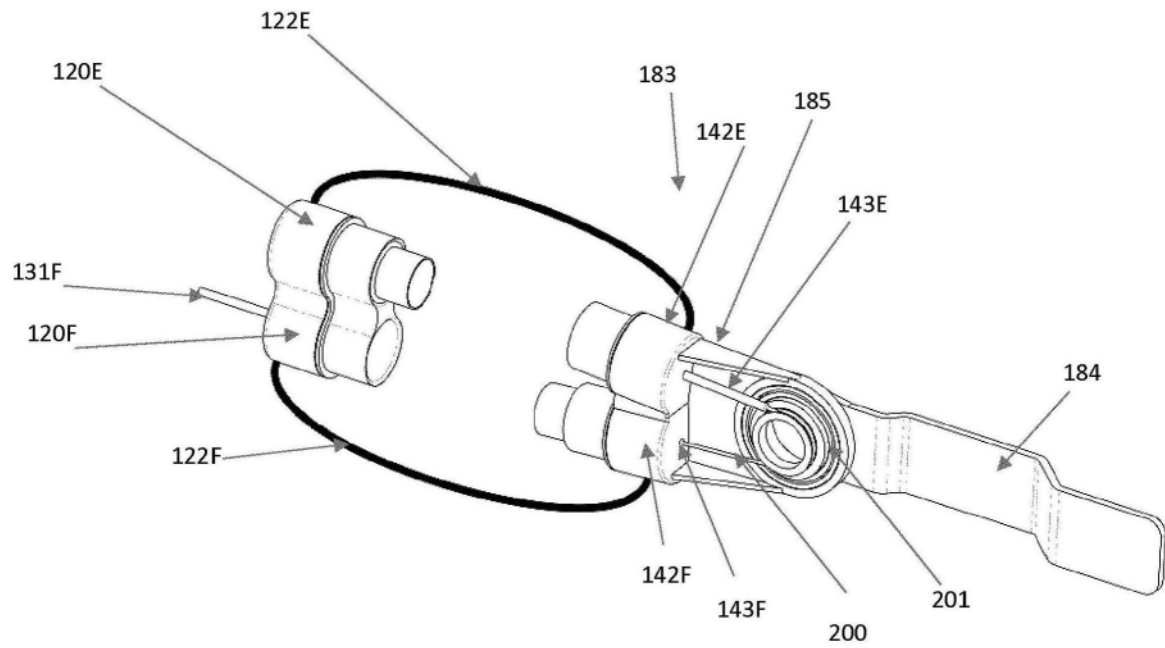


图17A

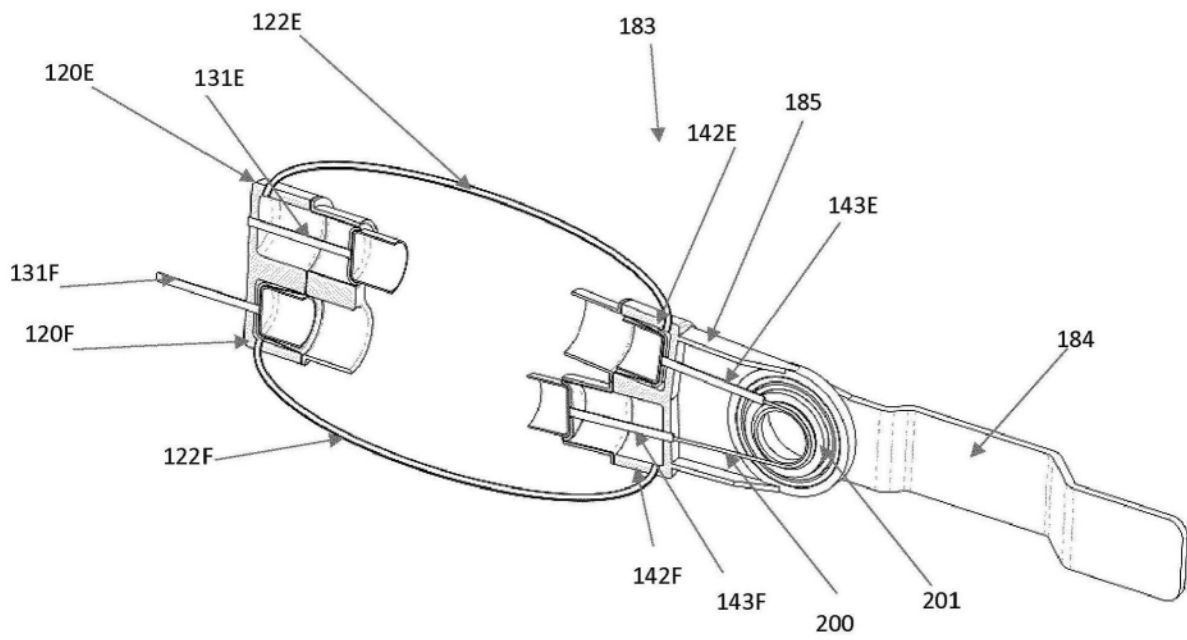


图17B

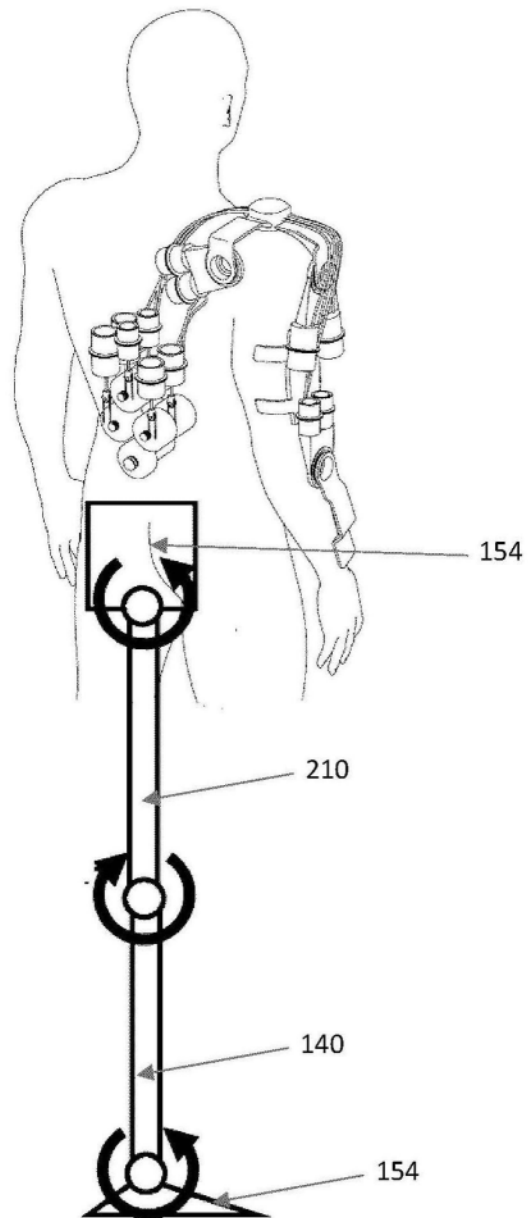


图18

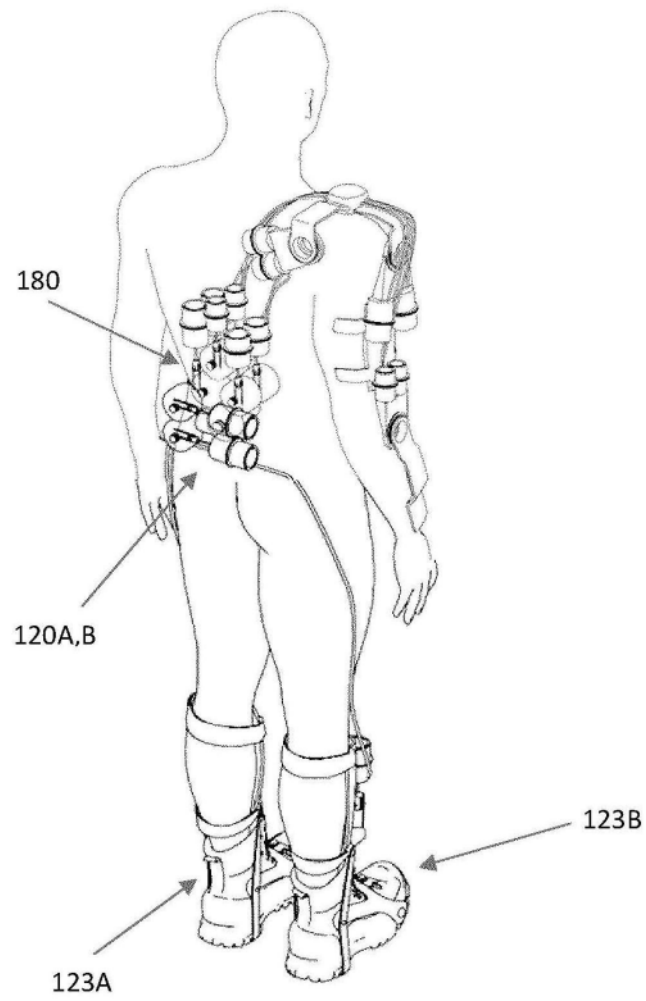


图19

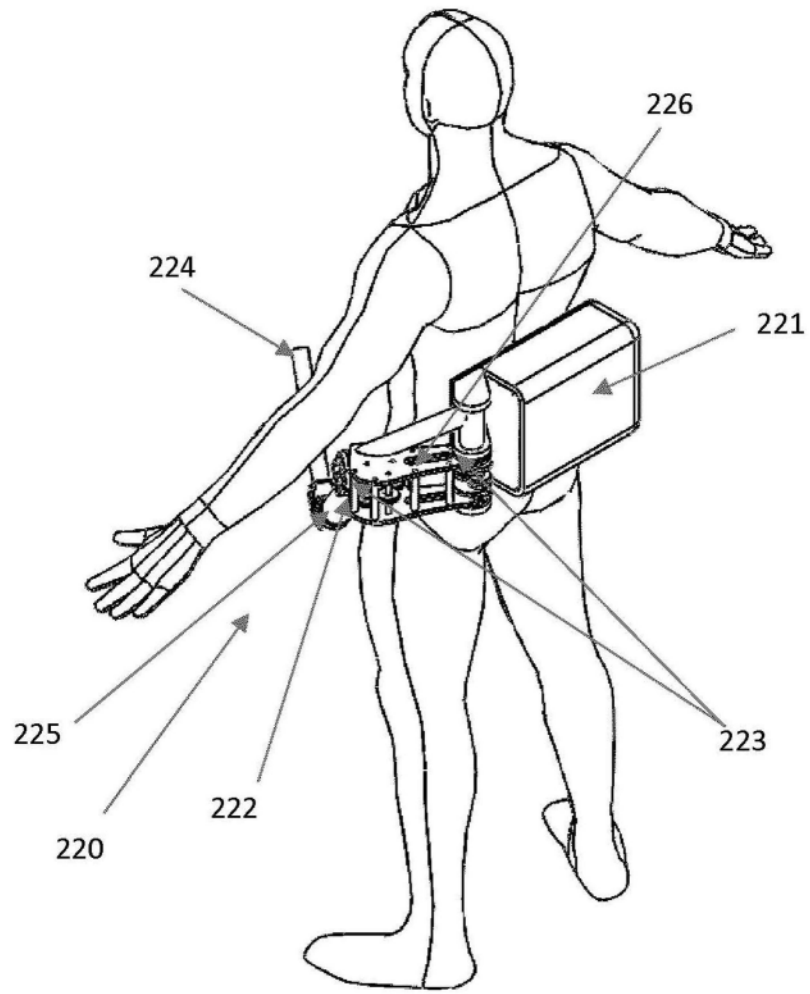
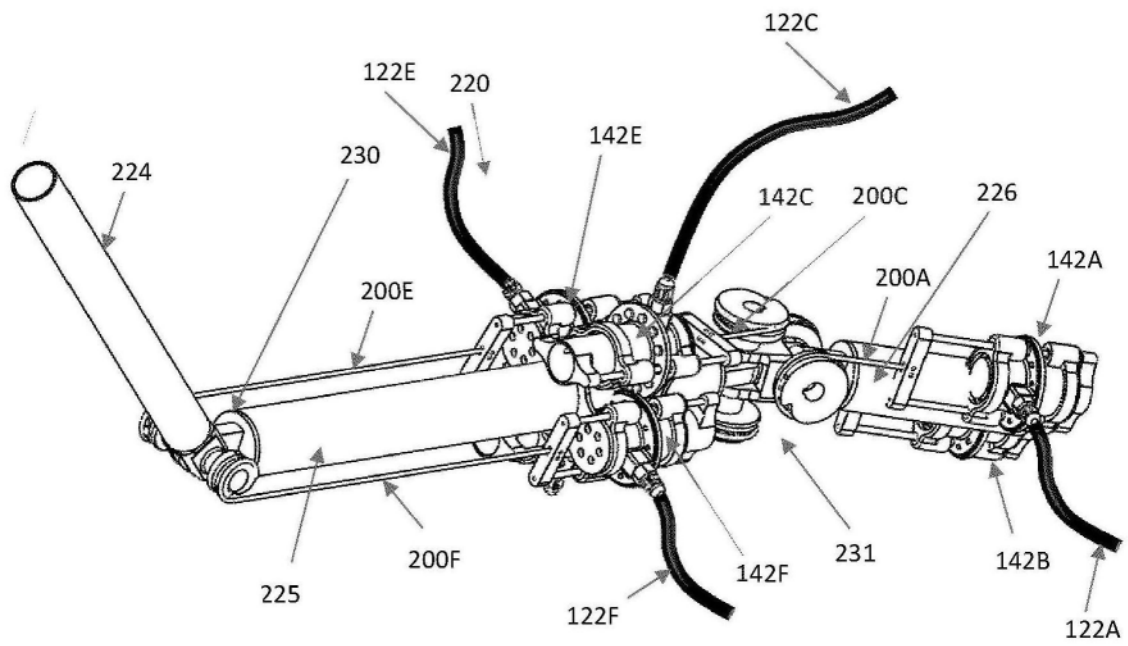
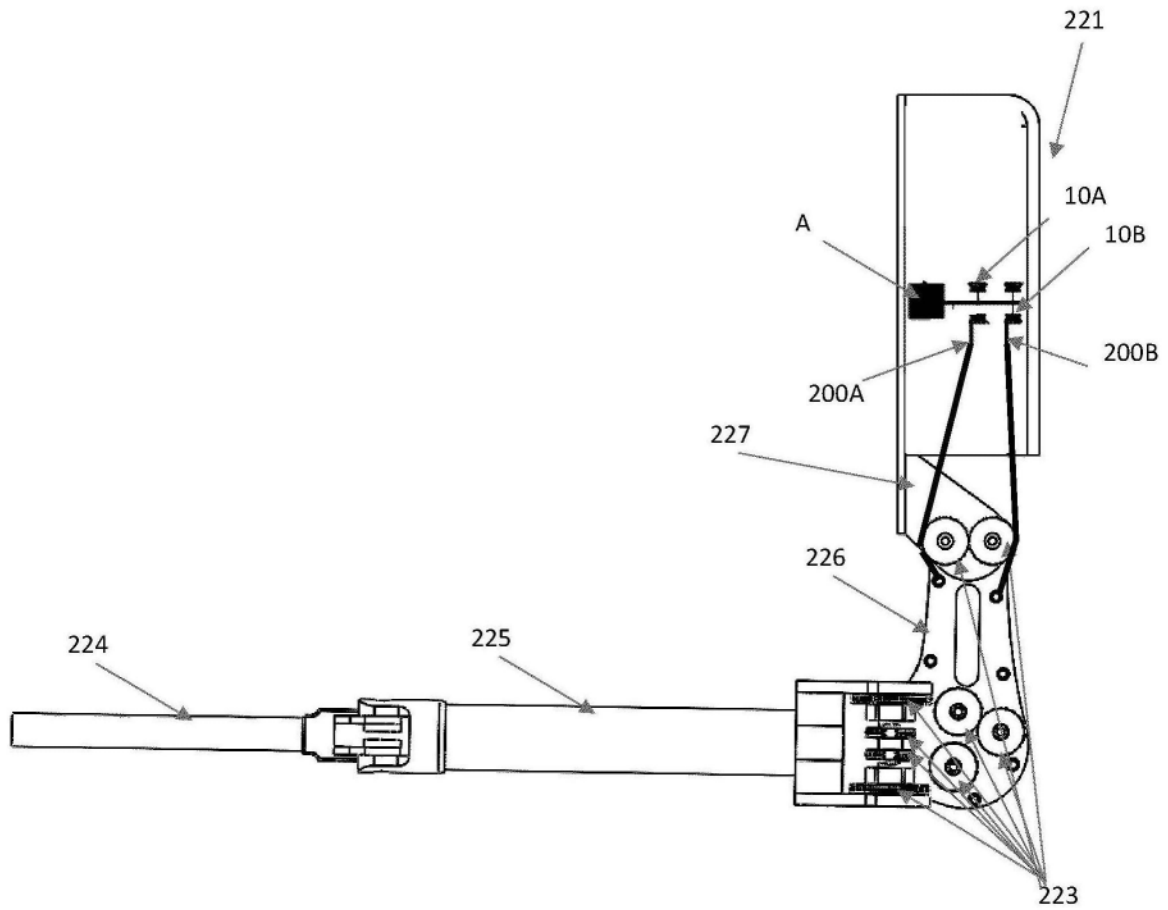


图20A



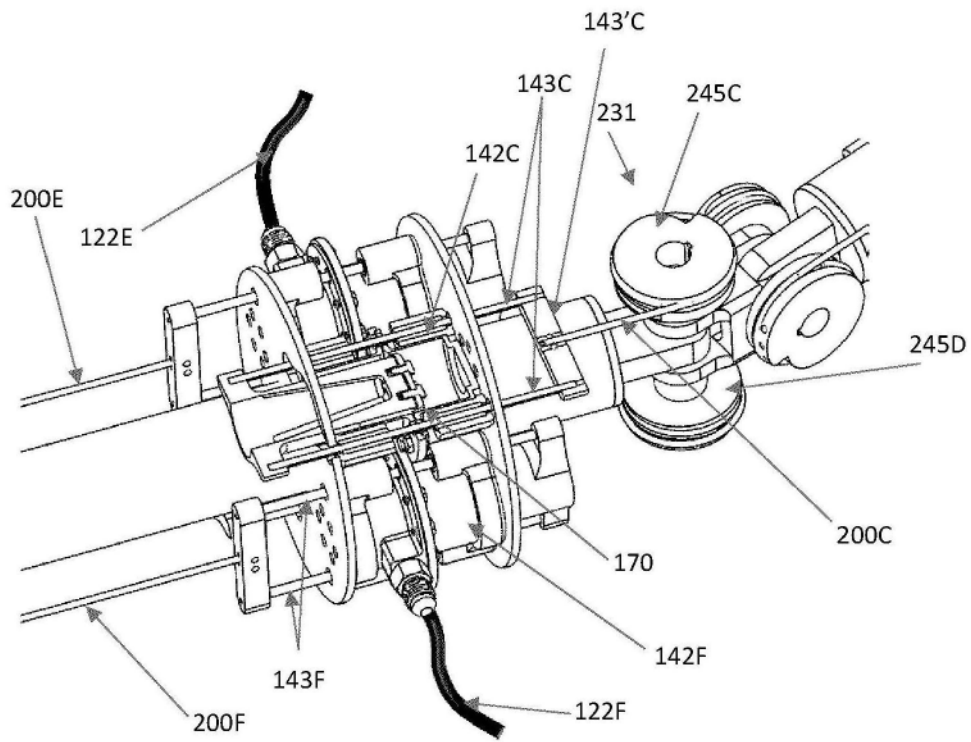


图22

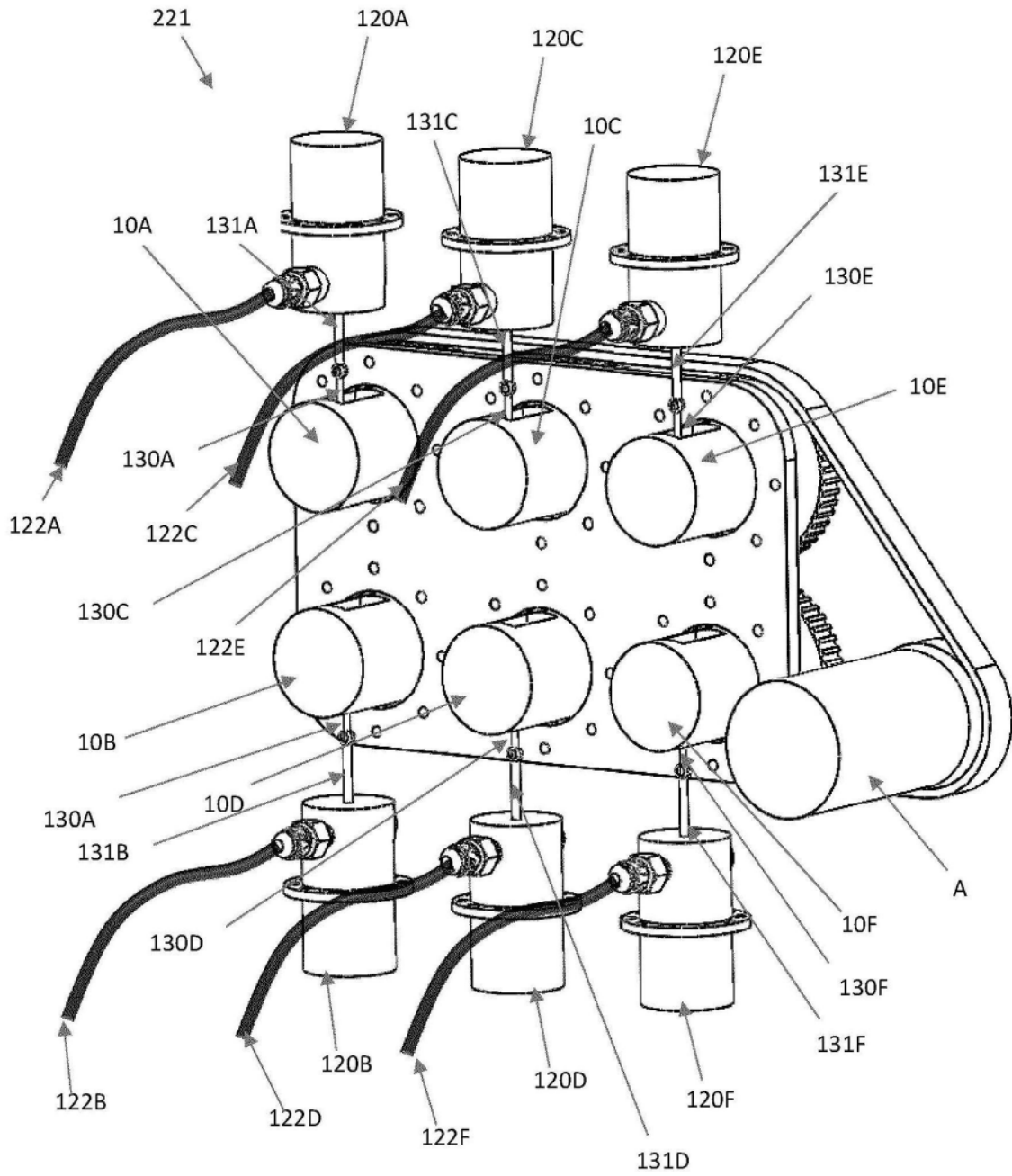


图23

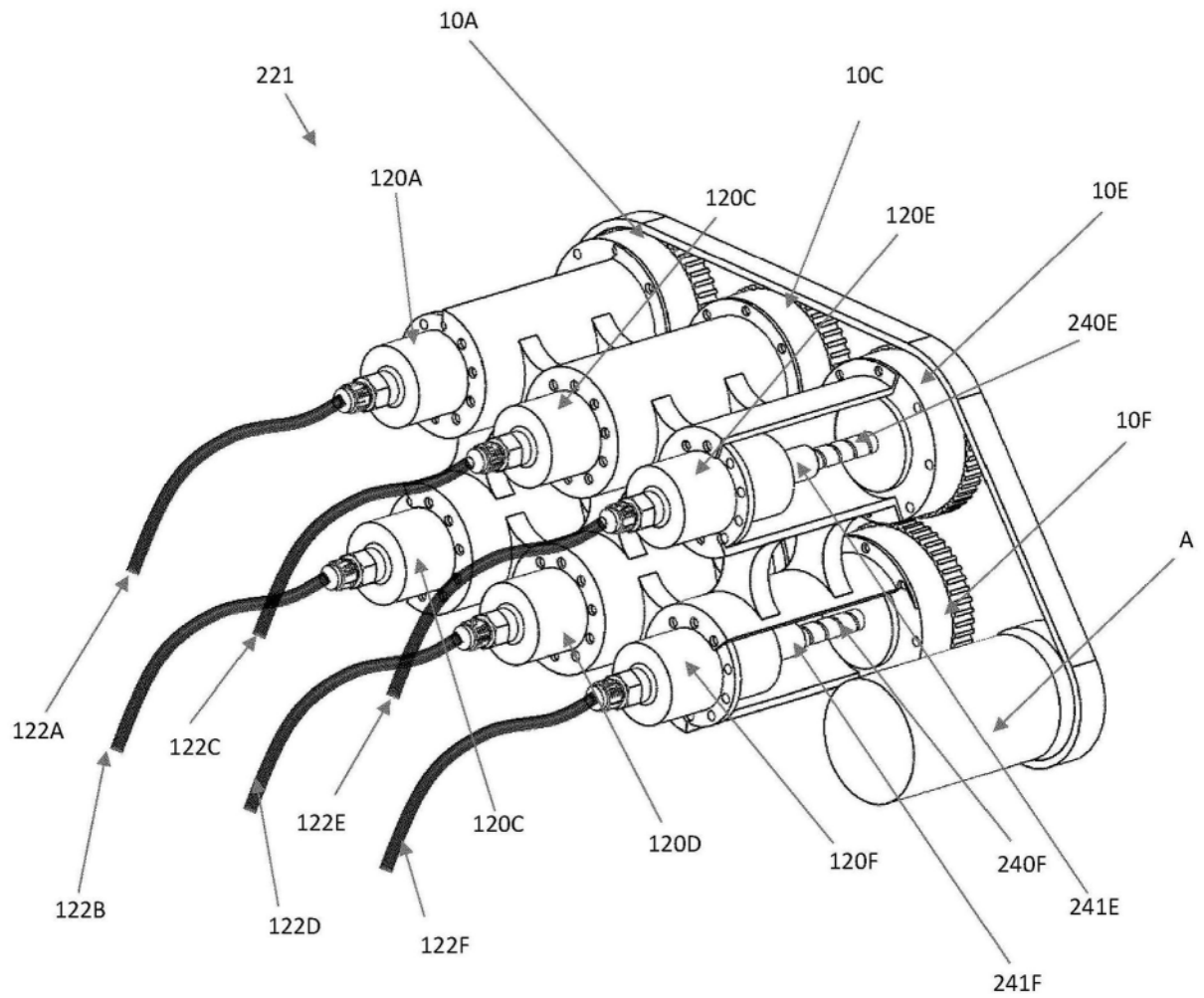


图24

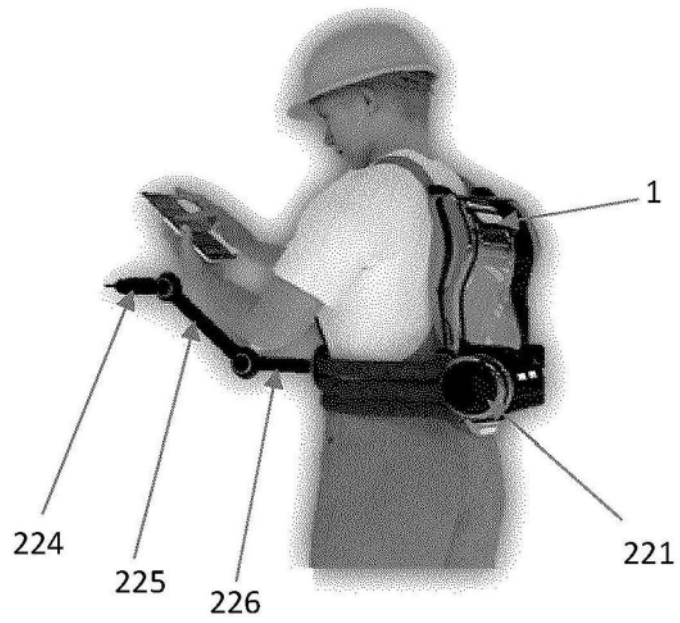


图25