



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105564530 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201610026013. 5

(22) 申请日 2016. 01. 15

(71) 申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学南湖校区

(72) 发明人 陈宁 刘爽 彭伟 马云龙 谭亚敏 王琨 何磊 徐东旭

(74) 专利代理机构 徐州市三联专利事务所 32220

代理人 朱海东

(51) Int. Cl.

B62D 57/032(2006. 01)

B60K 6/36(2007. 01)

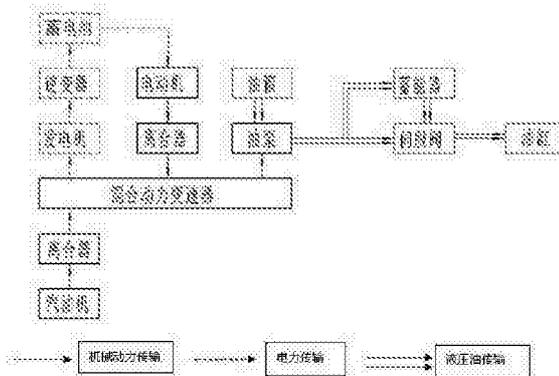
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种应用于机械外骨骼的混合动力系统及最优控制方法

(57) 摘要

一种应用于机械外骨骼的混合动力系统及最优控制方法, 该系统为并联式动力系统, 包括机械动力传输系统, 电力传输系统和液压油传输系统; 机械动力传输系统包括汽油机和电动机, 汽油机和电动机分别与混合动力变速器相连, 汽油机和电动机既能单独向混合动力变速器提供动力又能共同向混合动力变速器提供动力; 电力传输系统包括发电机和转换系统, 发电机与混合动力变速器相连, 发电机通过转换系统向电动机提供电源; 液压油传输系统包括油泵和传动系统, 油泵与混合动力变速器相连, 油泵通过传动系统向机械外骨骼提供动力。本发明能够根据工况实时进行动力补偿模式和动力储能模式切换, 实现能量在汽油机、电动机之间能合理地分配, 使整体效率达到最高。



1. 一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:该系统为并联式动力系统,所述并联式动力系统包括机械动力传输系统,电力传输系统和液压油传输系统;

所述机械动力传输系统包括汽油机和电动机,所述汽油机和电动机分别与混合动力变速器相连,汽油机和电动机既能单独向混合动力变速器提供动力又能共同向混合动力变速器提供动力;

所述电力传输系统包括发电机和转换系统,所述发电机与混合动力变速器相连,发电机通过转换系统向电动机提供电源;

所述液压油传输系统包括油泵和传动系统,所述油泵与混合动力变速器相连,油泵通过传动系统向机械外骨骼提供动力。

2. 根据权利要求1所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:所述转换系统包括逆变器和蓄电池,所述逆变器与发电机相连后又与蓄电池相连,所述蓄电池与电动机相连。

3. 根据权利要求1所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:所述蓄电池采用锂电池。

4. 根据权利要求1所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:所述传动系统包括伺服阀和油缸,所述伺服阀与油泵连接后又与油缸相连,所述油缸与机械外骨骼相连。

5. 根据权利要求4所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:还包括油箱和蓄能器,所述油箱与油泵相连,所述蓄能器与油泵相连后又与伺服阀相连。

6. 根据权利要求1所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:所述汽油机通过离合器II与混合动力变速器相连;所述电动机通过离合器I与混合动力变速器相连。

7. 根据权利要求1至6任一项所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:所述混合动力变速器包括两块侧板(1),所述两块侧板(1)之间通过套筒(12)间隔安装有轴承I(2),轴承II(3)和轴承III(4),所述轴承I(2)上安装有齿轮I(5),所述轴承II(3)上安装有同轴的齿轮II(6)和齿轮III(7),所述轴承III(4)上安装有齿轮IV(8),所述齿轮I(5)通过皮带I(9)与齿轮II(6)相连接传输构成一级减速,所述齿轮III(7)通过皮带II(10)与齿轮IV(8)相连接传输构成二级减速。

8. 根据权利要求7所述一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,其特征在于:所述一级减速的减速比为3,所述二级减速的减速比为4,所述轴承I(2)上还安装有飞轮(11)。

9. 一种利用权利要求1至6任一项所述机械外骨骼的混合动力系统的最优控制方法,其特征在于:

将汽油机作为混合动力系统的主驱动源,电力驱动系统作为混合动力系统的辅助驱动源,根据电动机电流的变化,通过电动机电流的反馈作用,即将反馈电流值作为开启与关闭汽油机的开关信号,这样电动机对汽油机的输出转矩能够起到削峰填谷的作用;然后利用最小二乘法拟合实验数据,通过多组实验数据得到拟合公式,最后利用拟合的函数多项式求极值得到混合度。

10. 根据权利要求9所述一种机械外骨骼的混合动力系统的最优控制方法,其特征在于:混合度为0.33时,电动机的峰值功率与汽油机的峰值功率比为1:3,混合动力系统效率最高,节油率最大。

一种应用于机械外骨骼的混合动力系统及最优控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种混合动力系统,尤其涉及一种应用于机械外骨骼的混合动力系统及最优控制方法,属于动力系统领域。

背景技术

[0002] 基于煤矿工作环境的恶劣条件,个体环境控制系统的核心难点是人体承重能力与环控系统重量之间的矛盾,而机械外骨骼是突破这一矛盾的有效途径。

[0003] 利用机械外骨骼的功用,解决煤矿深部开采的热害防护,粉尘和瓦斯防护,同时外骨骼具有救生氧气呼吸系统,很大程度上可以减轻人员劳动负荷,对于建设安全、高效的煤矿开采环境具有十分重要意义,同时也为我国能源产业的稳步推进提供有力支持。

[0004] 机械外骨骼的研究难点又在于其动力系统的研究。目前国内外机械外骨骼的动力系统主要以蓄电池供电,在同样的质量和尺寸下,与液体燃料汽油相比,蓄电池的能量密度较低,动力性明显不足,使得外骨骼移动范围和负重重量受到蓄电池的容量和效率的限制。然而,如果单纯用液体燃料替换蓄电池供电,由于煤矿井下作业环境的较为复杂性,易使得发动机常在低速或是怠速情况下运转,难以满足煤矿井下作业多种工况下的能量需求,并且发动机的燃油经济性较差,尾气排放量大。因此,如何配备持久高效且能满足煤矿井下作业多种工况下的能量需求的机械外骨骼动力系统是急需解决的问题。

发明内容

[0005] 根据现有技术的不足,提供一种应用于机械外骨骼的混合动力系统及最优控制方法,该系统实现了能源的长期高效供给,同时也满足了机械外骨骼应对各种作业工况的供能需求。

[0006] 本发明按以下技术方案实现:

一种应用于机械外骨骼的混合动力系统,该系统为并联式动力系统,所述并联式动力系统包括机械动力传输系统,电力传输系统和液压油传输系统;所述机械动力传输系统包括汽油机和电动机,所述汽油机和电动机分别与混合动力变速器相连,汽油机和电动机既能单独向混合动力变速器提供动力又能共同向混合动力变速器提供动力;所述电力传输系统包括发电机和转换系统,所述发电机与混合动力变速器相连,发电机通过转换系统向电动机提供电源;所述液压油传输系统包括油泵和传动系统,所述油泵与混合动力变速器相连,油泵通过传动系统向机械外骨骼提供动力。

[0007] 所述转换系统包括逆变器和蓄电池,所述逆变器与发电机相连后又与蓄电池相连,所述蓄电池与电动机相连。

[0008] 所述蓄电池采用锂电池。

[0009] 所述传动系统包括伺服阀和油缸,所述伺服阀与油泵连接后又与油缸相连,所述油缸与机械外骨骼相连。

[0010] 还包括油箱和蓄能器,所述油箱与油泵相连,所述蓄能器与油泵相连后又与伺服

阀相连。

[0011] 所述汽油机通过离合器Ⅱ与混合动力变速器相连；所述电动机通过离合器Ⅰ与混合动力变速器相连。

[0012] 所述混合动力变速器包括两块侧板，所述两块侧板之间通过套筒间隔安装有轴承Ⅰ，轴承Ⅱ和轴承Ⅲ，所述轴承Ⅰ上安装有齿轮Ⅰ，所述轴承Ⅱ上安装有同轴的齿轮Ⅱ和齿轮Ⅲ，所述轴承Ⅲ上安装有齿轮Ⅳ，所述齿轮Ⅰ通过皮带Ⅰ与齿轮Ⅱ相连接传输构成一级减速，所述齿轮Ⅲ通过皮带Ⅱ与齿轮Ⅳ相连接传输构成二级减速。

[0013] 所述一级减速的减速比为3，所述二级减速的减速比为4，所述轴承Ⅰ上还安装有飞轮，起到储存部分能量，稳定转速的作用。

[0014] 一种机械外骨骼的混合动力系统的最优控制方法，将汽油机作为混合动力系统的主驱动源，电力驱动系统作为混合动力系统的辅助驱动源，根据电动机电流的变化，通过电动机电流的反馈作用，即将反馈电流值作为开启与关闭汽油机的开关信号，这样电动机对汽油机的输出转矩能够起到削峰填谷的作用；然后利用最小二乘法拟合实验数据，通过多组实验数据得到拟合公式，最后利用拟合的函数多项式求极值得到混合度，通过多组实验数据得到的拟合公式为：

$$F = -4.776X^4 + 7.6644X^3 - 4.5692X^2 + 1.1944X - 0.1149。$$

[0015] 当混合度为0.33时，电动机的峰值功率与汽油机的峰值功率比为1:3，混合动力系统效率最高，节油率最大。

[0016] 本发明原理：

该混合动力系统需背负在人的背部，并随人体一起移动，动力系统整体采用并联式，这使得汽油机与电动机这两个动力源的功率可以叠加，从而可以采用小功率的汽油机和电动机，使得整个动力系统质量，尺寸都较小，以满足人体背部空间的要求。由于煤矿井下等作业环境的复杂性，易使得汽油机常在低速或是怠速情况下运转，汽油机的燃油经济性较差，且排放大，而在并联系统中，一方面，汽油机此时可以关闭掉并且只用电动机来驱动系统，另一方面，也可以增加汽油机的负荷，带动发电机发电，给蓄电池充电以备后用。为了达到每个工况下的能量需求，起到节能减排的效果，整个动力系统根据设计的混合动力变速器可满足三种工作模式，根据能量需求选用。

[0017] 若外骨骼作业需求的驱动功率小于汽油机工作的最小功率，则由蓄电池供电，在电动机单独工作模式下启动，该模式下，控制系统发出信号至电动机的离合器Ⅰ使其关闭，通过电动机的齿轮将功率传递给输出轴，从而带动油泵工作。此时其他的齿轮组均为空转，随着节流阀阀门开度的逐渐关小，输出的压力随之不断升高，以满足机械外骨骼启动和行走的能量需求，运动过程中阀门开度变大，则输出压力随之降低。系统的流量也随着阀门开度的减小而减小，多余的流量经溢流阀后流回油箱。

[0018] 若外骨骼需求的驱动功率超过该限值，此时汽油机的离合器闭合，由汽油机取代电动机驱动系统运行。电动机轴空转，随着汽油机转速的升高，两级减速齿轮均投入工作，将汽油机的扭矩传递到输出轴，汽油机的扭矩、泵出口压力、系统流量都随之升高，可满足机械外骨骼负重及快速行走运动的能量需求。系统输出压力增大到最高值后保持一段时间后再降低，溢流阀的流量先变大后变小。这是因为经阀门节流后，泵出口多余的流量经溢流

阀流回油箱。

[0019] 当系统遇到需要奔跑急行、跳跃等大工况运行时,此时,汽油机与电动机的离合器均闭合,共同作为动力源驱动液压油泵。电动机启动较快,首先带动负载工作,汽油机需要启动一段时间后再投入工作。故混合动力系统可以缩短单独汽油机系统的启动时间,同时提高系统的加速性能。此时以混合度来数量化汽油机和电动机的功率比例,随着混合度的提高,汽油机逐渐减小和电机逐渐增大,原则上能更充分发挥整体的节能效果。但由于电机重量的增加会导致整个系统重量的大幅度增加,因此系统的混合度取值在0到0.5之间,测量驱动负载时所耗得液压油油量来设计总功率的动力性,以此为约束条件确立了电机功率与发动机功率的最佳混合度为1:3。此时系统的节油率最大,效率最高。

[0020] 本发明有益效果:

本发明在满足系统的动力性和其他基本技术性能以及成本等要求的前提下,能够根据工况实时进行动力补偿模式和动力储能模式切换,同时通过采用离合控制方式能够顺利实现各种模式间的无缝切换并能消除切换过程中带来的动力冲击;控制策略能实现能量在汽油机、电动机之间能有效而合理地分配,使整体效率达到最高,获得整体最大的燃油经济性、最低的排放以及平稳的运行特性。

附图说明

[0021] 图1为混合动力系统并联布置示意图;

图2为动力系统示意图;

图3为混合动力变速器结构示意图;

图4为为机械外骨骼主视图(加入了人体设计);

图5为机械外骨骼左视图;

1-侧板,2-轴承I,3-轴承II,4-轴承III,5-齿轮I,6-齿轮II,7-齿轮III,8-齿轮IV,9-皮带I,10-皮带II,11-飞轮,12-套筒,100-踝关节部件,101-小腿支杆,102-踝关节压力传感器,103-踝关节液压驱动器,104-牵引绳I,200-膝关节部件,201-大腿支杆,202-位移传感器,203-膝关节液压驱动器,204-牵引绳II,300-髌关节部件,301-多功能支架,302-髌关节压力传感器,303-髌关节后液压驱动器,304-髌关节前液压驱动器,305-刚性腰带,306-牵引绳III,400-控制部件,401-AD模数转换器组,402-模拟比较器组,403-DA数模转换器组,404-信号放大器组,500-混合动力系统。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图,通过具体实施例对本发明作进一步的说明。

[0023] 如图1至图5所示,一种机械外骨骼,该机械外骨骼包括踝关节部件100、膝关节部件200、髌关节部件300和控制部件400,踝关节部件100通过小腿支杆101连接膝关节部件200,膝关节部件200通过大腿支杆201连接髌关节部件300,踝关节部件100、膝关节部件200、髌关节部件300通过控制部件400实现机械外骨骼完成与人体相似的动作;还包括一个为机械外骨骼提供动力的混合动力系统500。

[0024] 该混合动力系统500为并联式动力系统,并联式动力系统包括混合动力变速器,混合动力变速器包括两块侧板1,两块侧板1之间通过套筒12间隔安装有轴承I2,轴承II3和轴

承Ⅲ4,轴承I2上安装有齿轮I5,轴承Ⅱ3上安装有同轴的齿轮Ⅱ6和齿轮Ⅲ7,轴承Ⅲ4上安装有齿轮IV8,齿轮I5通过皮带I9与齿轮Ⅱ6相连接传输构成一级减速,齿轮Ⅲ7通过皮带Ⅱ10与齿轮IV8相连接传输构成二级减速,一级减速的减速比为3,二级减速的减速比为4,轴承I2上还安装有飞轮11。轴承I2的一端连接离合器Ⅱ,离合器Ⅱ又连接汽油机,汽油机选取的是功率为2.83KW的DLA32型,另一端连接发电机,发电机与逆变器相连后又与蓄电池相连,蓄电池又与电动机相连,电动机通过离合器I与轴承Ⅱ3相连接,轴承Ⅲ4通过联轴器与油泵相连,油泵与伺服阀连接后又与油缸相连,油缸与机械外骨骼中的各个关节的驱动器相连。还包括油箱和蓄能器,油箱与油泵相连,蓄能器与油泵相连后又与伺服阀相连。

[0025] 控制部件400包括位于各个关节处的接收传感器,接收传感器与AD数模转换组401相连,AD数模转换组401与模拟比较器组402相连,模拟比较器组402与DA数模转换组403相连,DA数模转换403与信号放大器组404相连,信号放大器组404与伺服阀组相连,伺服阀组通过油缸与各个关节处的驱动器相连。接收传感器包括位于踝关节处的踝关节压力传感器102,位于膝关节处的位移传感器202和位于髌关节处的髌关节压力传感器302。驱动器包括位于背部多功能支架301的踝关节液压驱动器103和膝关节液压驱动器203、位于刚性腰带305的髌关节后液压驱动器303和髌关节前液压驱动器304。

[0026] 整个工作过程:

当踝关节压力传感器102检测到人体脚踝动作时,踝关节压力传感器102信号经过AD模数转换器组401、模拟比较器组402、DA数模转换器组403、信号放大器组404处理,输送到伺服阀,通过油缸控制踝关节液压驱动器103动作,踝关节液压驱动器103拉动牵引绳I104,牵引绳I104拉动踝关节部件100,以完成提踝动作,直到机械外骨骼脚踝部位转动幅度与人脚踝转幅相同。

[0027] 人体膝关节动作时,膝关节上的两个位移传感器202得到的信号经过AD模数转换器组401、模拟比较器组402、DA数模转换器组403、信号放大器组404处理,输送到伺服阀,通过油缸控制膝关节液压驱动器203动作,膝关节液压驱动器203拉动牵引绳Ⅱ204,牵引绳Ⅱ204拉动膝关节部件200,以完成膝关节动作,直到机械外骨骼膝关节部位转动幅度与人膝关节转幅相同。

[0028] 当髌关节动作时,该部位的髌关节压力传感器302将信号经由AD模数转换器组401、模拟比较器组402、DA数模转换器组403、信号放大器404组处理,输送到伺服阀,通过油缸控制髌关节前液压驱动器303供油,髌关节后液压驱动器304回油,拉动牵引绳Ⅲ306,牵引绳Ⅲ306拉动髌关节部件300,以完成髌关节动作,直到转动角度和人体一致为止。

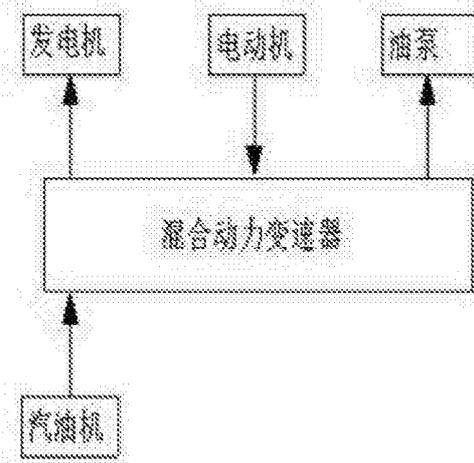


图1

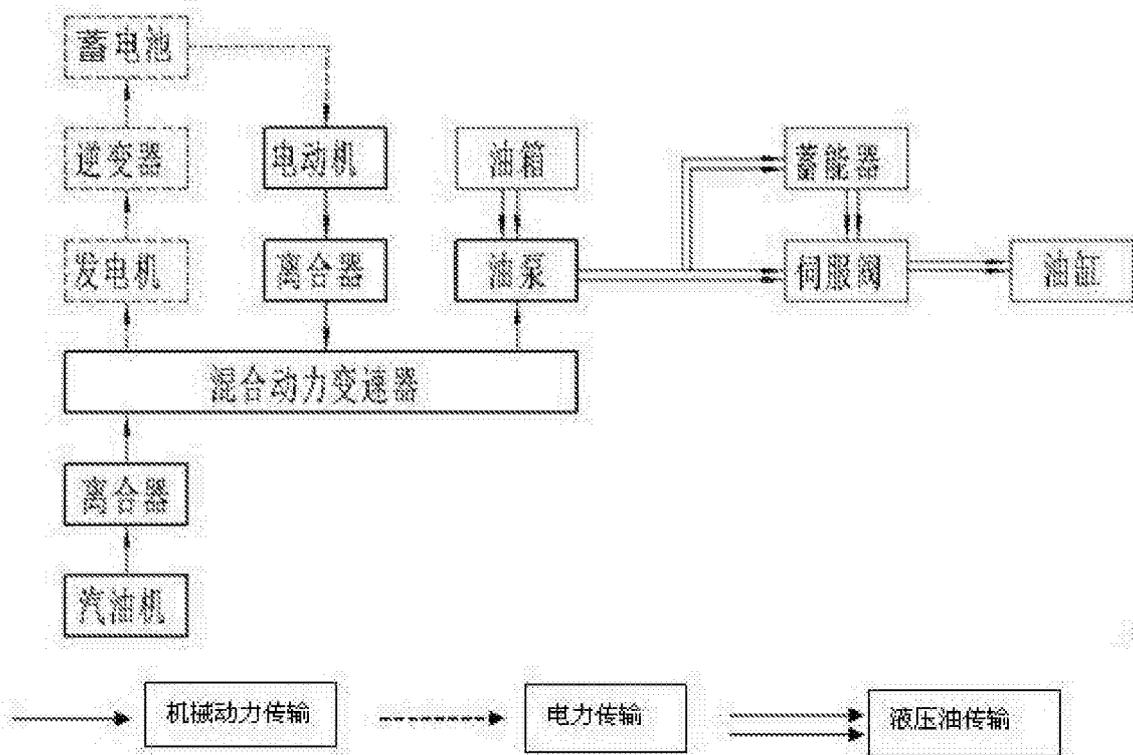


图2

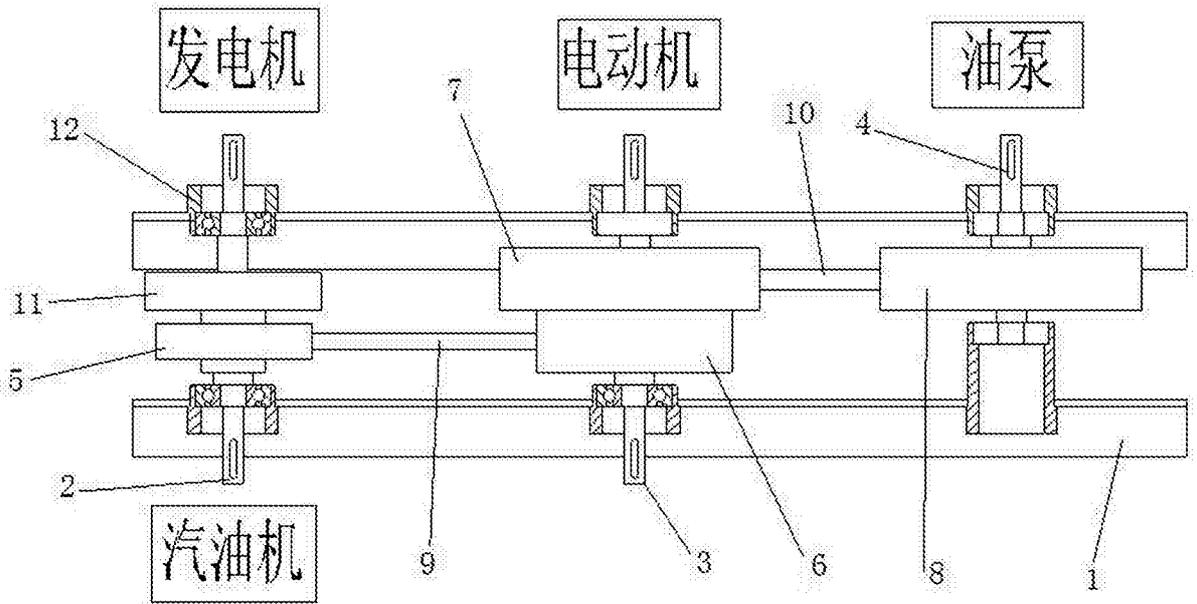


图3

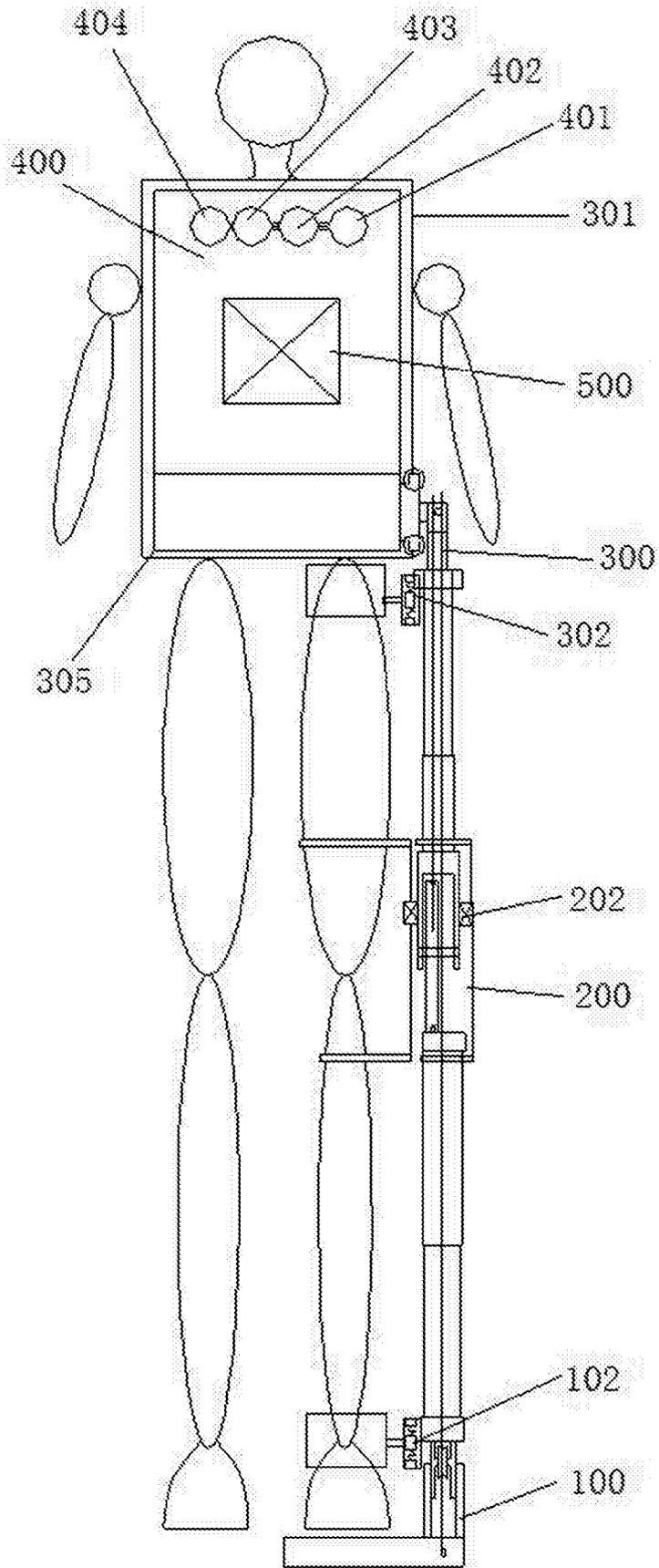


图4

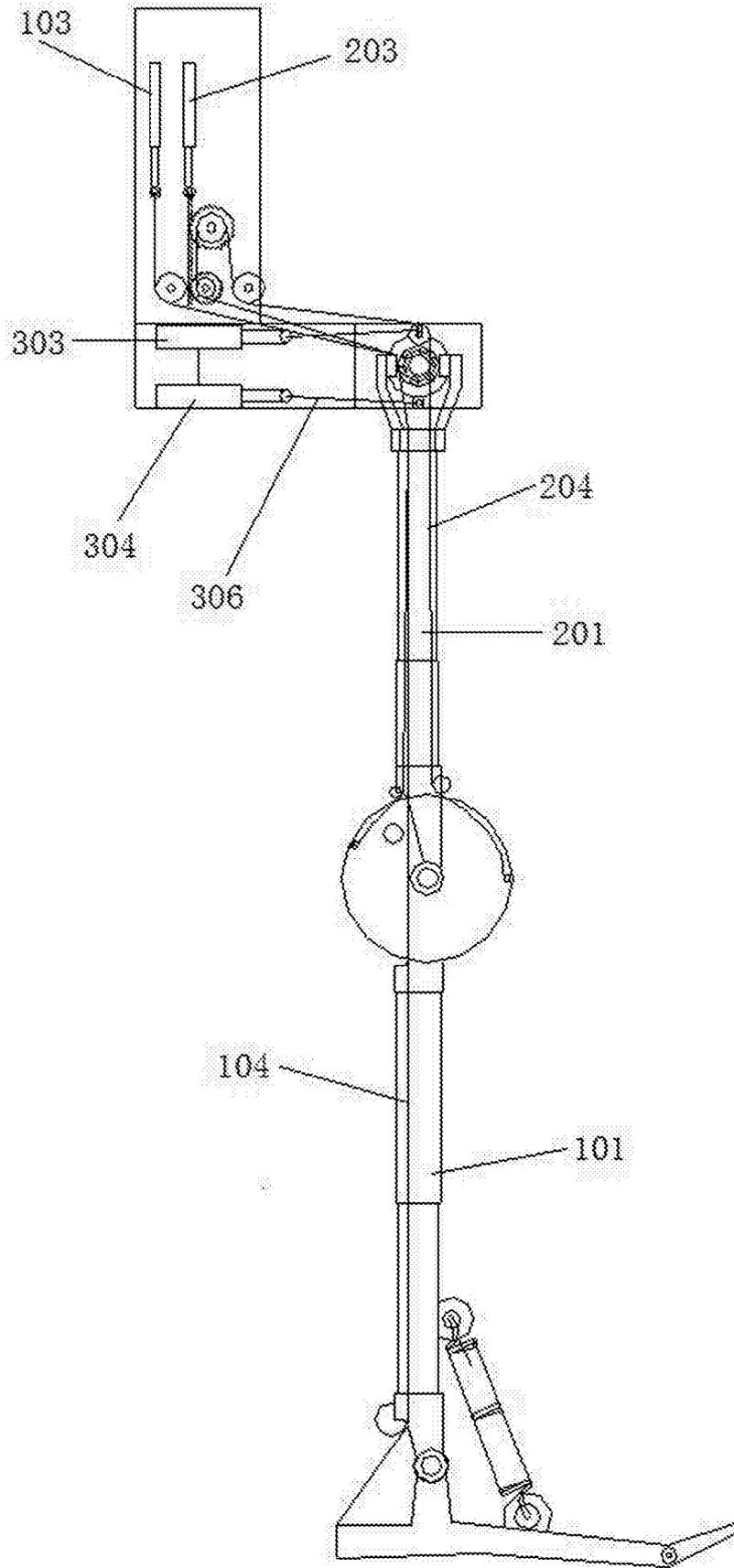


图5