



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116652920 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 23

(21) 申请号 202310953810.8

B25J 9/10 (2006.01)

(22) 申请日 2023.08.01

B25J 9/12 (2006.01)

B25J 13/08 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116652920 A

(43) 申请公布日 2023.08.29

(73) 专利权人 埃斯顿(南京)医疗科技有限公司

地址 211100 江苏省南京市江宁区江宁经

济技术开发区燕湖路178号

(72) 发明人 李子健 付杰 周玉康

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任

公司 32112

专利代理师 钱新园

## (56) 对比文件

CN 108247622 A, 2018.07.06

CN 113386124 A, 2021.09.14

CN 113650035 A, 2021.11.16

CN 113749903 A, 2021.12.07

CN 205889243 U, 2017.01.18

CN 212924224 U, 2021.04.09

CN 216859785 U, 2022.07.01

US 5207114 A, 1993.05.04

审查员 杨茂彪

(51) Int. Cl.

B25J 9/04 (2006.01)

B25J 9/06 (2006.01)

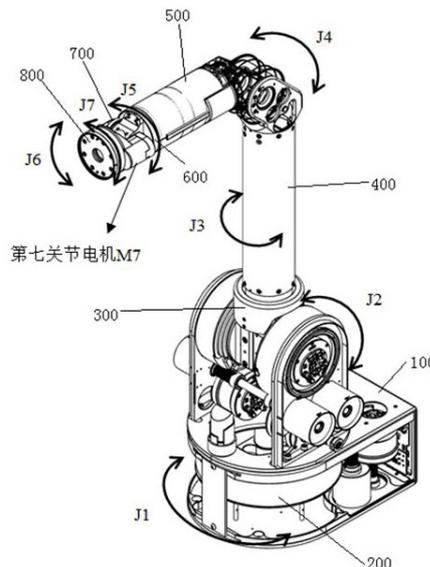
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

## (54) 发明名称

绳驱机器人、绳索差速器及绳驱机器人钢绳张紧检测方法

## (57) 摘要

本发明公开了绳驱机器人、绳索差速器及绳驱机器人钢绳张紧检测方法,所述机器人具有多个自由度,所述机器人包括:基座、第一部段、第二部段、第三部段、第四部段、第五部段、第六部段以及第七部段;且具有七个关节、七个自由度,所述机器人第一至第六关节处采用绳驱机构驱动,第七关节处采用绳驱机构或齿轮机构传动;所述绳驱机构中包括钢绳以及受钢绳驱动的滑轮,所述滑轮上设有抱闸以及编码器。本发明各关节处的位置更加稳定,并且能够检测各个关节处的实际位移,有利于提高机器人控制的精确性。



1. 一种绳驱机器人,其特征在于,所述机器人具有多个关节以提供多个自由度,所述机器人的至少一个关节处采用绳驱机构驱动,所述绳驱机构包括电机、钢绳以及滑轮,所述电机通过钢绳驱动滑轮转动,所述滑轮驱动机器人的关节运动;所述电机上设有电机侧编码器,所述滑轮上设有关节侧编码器;

所述绳驱机构包括第二绳索差速器,所述第二绳索差速器包括上输入电机、上输入滑轮、第三输出滑轮、下输入滑轮以及下输入电机,所述上输入电机与上输入滑轮之间通过第一传动机构连接,所述下输入滑轮和下输入电机之间通过第二传动机构连接,所述第三输出滑轮通过钢绳分别与上输入滑轮和下输入滑轮藕接,所述第三输出滑轮上设有连接板用于连接机器人的某一关节处,所述连接板上设有与所述第三输出滑轮轴线垂直的第四输出轴;

所述上输入滑轮和下输入滑轮并列设置,所述下输入滑轮上设有一穿过上输入滑轮的中心轴,所述中心轴的末端设有多级台阶并通过钢绳和第三输出滑轮上台阶藕接;

所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧编码器。

2. 根据权利要求1所述的绳驱机器人,其特征在于,所述绳驱机构中,电机上设有电机侧抱闸,或,滑轮上设有关节侧抱闸。

3. 根据权利要求2所述的绳驱机器人,其特征在于,所述机器人具有七个关节提供七个自由度,所述机器人包括:

基座;

第一部段,设置于基座上,并可受控绕第一轴线转动形成第一关节,以提供第一自由度;

第二部段,设置于第一部段上,并可受控绕第二轴线转动形成第二关节,以提供第二自由度;

第三部段,设置于第二部段上,并可受控绕第三轴线转动形成第三关节,以提供第三自由度;

第四部段,设置于第三部段上,并可受控绕第四轴线转动形成第四关节,以提供第四自由度;

第五部段,设置于第四部段上,并可受控绕第五轴线转动形成第五关节,以提供第五自由度;

第六部段,设置于第五部段上,并可受控绕第六轴线转动形成第六关节,以提供第六自由度;

以及第七部段,设置于第六部段上,并可受控绕第七轴线转动形成第七关节,以提供第七自由度;

所述机器人第一至第六关节处采用绳驱机构驱动,第七关节处采用绳驱机构或齿轮机构传动。

4. 根据权利要求3所述的绳驱机器人,其特征在于,所述绳驱机构包括第一绳驱机构,所述第一绳驱机构包括第一电机以及第一输出滑轮,所述第一电机和第一输出滑轮通过钢绳传动,所述第一输出滑轮上设有关节输出轴用于连接机器人的某一关节处;

所述机器人的第一关节、第四关节以及第七关节分别采用一组第一绳驱机构驱动。

5. 根据权利要求4所述的绳驱机器人,其特征在于,所述第一电机上设有电机侧编码

器,所述第一输出滑轮上设有关节侧编码器;

所述第一电机上设有电机侧抱闸,或,所述第一输出滑轮上设有关节侧抱闸。

6. 根据权利要求3所述的绳驱机器人,其特征在于,所述绳驱机构包括第一绳索差速器,所述第一绳索差速器包括左输入电机、左输入滑轮、第二输出滑轮、右输入滑轮以及右输入电机,所述左输入电机与左输入滑轮之间通过钢绳传动连接,所述右输入滑轮和右输入电机之间通过钢绳传动连接,所述第二输出滑轮通过钢绳分别与左输入滑轮和右输入滑轮藕接,所述第二输出滑轮上设有关节输出轴用于连接机器人的某一关节处;

所述机器人的第二关节和第三关节采用一组第一绳索差速器驱动,第一绳索差速器安装在第一部段内,第二输出滑轮安装在第二部段内,第二输出滑轮上的关节输出轴与第三部段连接。

7. 根据权利要求6所述的绳驱机器人,其特征在于,所述左输入滑轮、第二输出滑轮以及右输入滑轮上设有多个台阶用于连接钢绳。

8. 根据权利要求7所述的绳驱机器人,其特征在于,所述左输入电机和右输入电机上设有电机侧编码器,所述第二输出滑轮、左输入滑轮和右输入滑轮上设有关节侧编码器;

所述左输入电机和右输入电机上设有电机侧抱闸,或,所述第二输出滑轮、左输入滑轮和右输入滑轮上设有关节侧抱闸。

9. 根据权利要求3所述的绳驱机器人,其特征在于,

所述机器人的第五关节和第六关节采用一组第二绳索差速器驱动,第二绳索差速器安装在第四部段上,所述第五部段包括所述连接板,所述第四输出轴与第六部段连接。

10. 根据权利要求9所述的绳驱机器人,其特征在于,所述第一传动机构和第二传动机构为三级钢绳传动机构,包括第一传动轴段以及第二传动轴段;

第一传动机构中,上输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及上输入滑轮依次通过钢绳传动连接;

第二传动机构中,下输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及下输入滑轮依次通过钢绳传动连接。

11. 根据权利要求10所述的绳驱机器人,其特征在于,所述上输入滑轮和第三输出滑轮上设有多个台阶用于连接钢绳。

12. 根据权利要求11所述的绳驱机器人,其特征在于,所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧编码器;

所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧抱闸,或,所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧抱闸。

13. 一种绳索差速器,其特征在于,包括上输入电机、上输入滑轮、第三输出滑轮、下输入滑轮以及下输入电机,所述上输入电机与上输入滑轮之间通过第一传动机构连接,所述下输入滑轮和下输入电机之间通过第二传动机构连接,所述第三输出滑轮通过钢绳分别与上输入滑轮和下输入滑轮藕接,所述第三输出滑轮上设有输出轴或连接板,所述连接板上设有与所述第三输出滑轮轴线垂直的第四输出轴;

所述上输入滑轮和下输入滑轮并列设置,所述下输入滑轮上设有一穿过上输入滑轮的中心轴,所述中心轴的末端设有多个台阶并通过钢绳和第三输出滑轮上台阶藕接;

所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧编码器。

14. 根据权利要求13所述的绳索差速器,其特征在于,所述第一传动机构和第二传动机构为三级钢绳传动机构,包括第一传动轴段以及第二传动轴段;

第一传动机构中,上输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及上输入滑轮依次通过钢绳传动连接;

第二传动机构中,下输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及下输入滑轮依次通过钢绳传动连接。

15. 根据权利要求14所述的绳索差速器,其特征在于,所述上输入滑轮和第三输出滑轮上设有多个台阶用于连接钢绳。

16. 根据权利要求15所述的绳索差速器,其特征在于,所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧编码器;

所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧抱闸,或,所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧抱闸。

17. 一种如权利要求1-12任意一项所述的绳驱机器人钢绳张紧检测方法,其特征在于,所述机器人至少一个关节由绳驱机构驱动,所述绳驱机构包括电机、滑轮以及钢绳,所述电机上设有电机侧编码器,所述滑轮上设有关节侧编码器,所述电机上设有电机侧抱闸或所述滑轮上设有关节侧抱闸,所述方法包括:

获取关节侧编码器以及电机侧编码器的数据,并根据传动比换算至同一侧,计算关节侧编码器和电机侧编码器所测数据差值的绝对值;

拟合出钢绳张紧力与关节侧编码器和电机侧编码器差值之间的函数关系,根据关节侧编码器和电机侧编码器差值的绝对值计算钢绳张紧力;若钢绳张紧力大于等于一设定的阈值,判定钢绳未发生松脱,运行机器人控制程序;若钢绳张紧力小于一设定的阈值,判定钢绳发生松脱,控制机器人断电并启动电机侧抱闸或关节侧抱闸。

## 绳驱机器人、绳索差速器及绳驱机器人钢绳张紧检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,特别涉及绳驱机器人、绳索差速器以及绳驱机器人钢绳张紧检测方法。

### 背景技术

[0002] 与传统协作机器人相比,绳驱机器人没有齿轮间隙的问题,具有摩擦力小、手臂轻盈、使用安全等特点。通过绳驱,它将大部分驱动单元集中到底座,降低了末端的惯性,使机器人具备非凡的逆向可驱动能力。最早的4自由度绳驱机器人由MIT的J. Kenneth Salisbury, Jr.和William T. Townsend于1993年提出,记载在专利文献J. Kenneth Salisbury, Jr和William T. Townsend,《Compact cable transmission with cable differential》, US5207114中。其通过绳驱差速装置,将两台平行放置的电机的轴的旋转转化为俯仰和偏航运动。

[0003] 基于此模型,美国Barrett公司于2018年提出一种类似的绳驱结构的3自由度的非外骨骼康复机器人,记载在专利文献 William T. Townsend, David Wilkinson, Alexander Jenko, rvind Ananthanarayanan和James Patton,《MULTI - ACTIVE - AXIS , NON - EXOSKELETAL REHABILITATION DEVICE》, US10130546B2中。

[0004] 但以上两项现有技术存在以下几点问题:

[0005] 1) 由于电机端仅安装了一个单圈绝对值磁编码器。每次开机前,控制器无法知道关节端当前的实际位置。因此,要求用户须将机器人各关节手动摆放回预先定义的Home位置。这种仅靠人为观察摆放机械臂Home位置的方法不仅容易造成位置偏差,且增加了使用操作的复杂性。

[0006] 2) 由于钢绳传动会带来位置偏差(参考文献《[1988] The Efficiency Limit of Belt and Cable Drives》中记载),且机器人末端负载与关节位置误差之间的关系是非线性的,并存在滞回效应。因此,仅由电机端编码器读数和传动比来估算关节端位置导致位置控制产生较大偏差,使绳驱机器人无法适用于对位置精度要求较高的场合。

[0007] 3) 机器人意外掉电时,机械臂将缓慢掉落至机械限位,而不会自动锁定位置。这在某些应用场合如康复、医疗等,可能带来安全风险。

### 发明内容

[0008] 本发明提供了一种绳驱机器人,其优点是机器人各关节处的位置更加稳定,并且能够检测各个关节处的实际位移,有利于提高机器人控制的精确性。

[0009] 本发明的技术方案如下:

[0010] 一方面,本发明提供一种绳驱机器人,其特征在于,所述机器人具有多个关节以提供多个自由度,所述机器人的至少一个关节处采用绳驱机构驱动,所述绳驱机构包括电机、钢绳以及滑轮,所述电机通过钢绳驱动滑轮转动,所述滑轮驱动机器人的关节运动;所述电机上设有电机侧编码器,所述滑轮上设有关节侧编码器。

- [0011] 进一步的,所述绳驱机构中,电机上设有电机侧抱闸,或,滑轮上设有关节侧抱闸。
- [0012] 进一步的,所述机器人具有七个关节提供七个自由度,所述机器人包括:
- [0013] 基座;
- [0014] 第一部段,设置于基座上,并可受控绕第一轴线转动形成第一关节,以提供第一自由度;
- [0015] 第二部段,设置于第一部段上,并可受控绕第二轴线转动形成第二关节,以提供第二自由度;
- [0016] 第三部段,设置于第二部段上,并可受控绕第三轴线转动形成第三关节,以提供第三自由度;
- [0017] 第四部段,设置于第三部段上,并可受控绕第四轴线转动形成第四关节,以提供第四自由度;
- [0018] 第五部段,设置于第四部段上,并可受控绕第五轴线转动形成第五关节,以提供第五自由度;
- [0019] 第六部段,设置于第五部段上,并可受控绕第六轴线转动形成第六关节,以提供第六自由度;
- [0020] 以及第七部段,设置于第六部段上,并可受控绕第七轴线转动形成第七关节,以提供第七自由度;
- [0021] 所述机器人第一至第六关节处采用绳驱机构驱动,第七关节处采用绳驱机构或齿轮机构传动。
- [0022] 进一步的,所述第一轴线垂直于基座所在平面,所述第一轴线、第二轴线、第三轴线、第四轴线、第五轴线、第六轴线以及第七轴线依次垂直。
- [0023] 进一步的,所述绳驱机构包括第一绳驱机构,所述第一绳驱机构包括第一电机以及第一输出滑轮,所述第一电机和第一输出滑轮通过钢绳传动,所述第一输出滑轮上设有关节输出轴用于连接机器人的某一关节处;
- [0024] 所述机器人的第一关节、第四关节以及第七关节分别采用一组第一绳驱机构驱动。
- [0025] 进一步的,所述第一电机的输出轴线与所述第一输出滑轮的中心线平行。
- [0026] 进一步的,所述第一电机上设有电机侧编码器,所述第一输出滑轮上设有关节侧编码器;
- [0027] 所述第一电机上设有电机侧抱闸,或,所述第一输出滑轮上设有关节侧抱闸。
- [0028] 进一步的,所述绳驱机构包括第一绳索差速器,所述第一绳索差速器包括左输入电机、左输入滑轮、第二输出滑轮、右输入滑轮以及右输入电机,所述左输入电机与左输入滑轮之间通过钢绳传动连接,所述右输入滑轮和右输入电机之间通过钢绳传动连接,所述第二输出滑轮通过钢绳分别与左输入滑轮和右输入滑轮藕接,所述第二输出滑轮上设有关节输出轴用于连接机器人的某一关节处;
- [0029] 所述机器人的第二关节和第三关节采用一组第一绳索差速器驱动,第一绳索差速器安装在第一部段内,第二输出滑轮安装在第二部段内,第二输出滑轮上的关节输出轴与第三部段连接。
- [0030] 进一步的,所述左输入电机的输出轴线和左输入滑轮的中心线平行,所述右输入

电机的输出轴线和右输入滑轮的中心线平行,所述左输入滑轮和右输入滑轮的中心线共线,所述第二输出滑轮与所述左输入滑轮的中心线垂直;

[0031] 所述左输入滑轮、第二输出滑轮以及右输入滑轮上设有多级台阶用于连接钢绳。

[0032] 进一步的,所述左输入电机和右输入电机上设有电机侧编码器,所述第二输出滑轮、左输入滑轮和右输入滑轮上设有关节侧编码器;

[0033] 所述左输入电机和右输入电机上设有电机侧抱闸,或,所述第二输出滑轮、左输入滑轮和右输入滑轮上设有关节侧抱闸。

[0034] 进一步的,所述绳驱机构包括第二绳索差速器,所述第二绳索差速器包括上输入电机、上输入滑轮、第三输出滑轮、下输入滑轮以及下输入电机,所述上输入电机与上输入滑轮之间通过第一传动机构连接,所述下输入滑轮和下输入电机之间通过第二传动机构连接,所述第三输出滑轮通过钢绳分别与上输入滑轮和下输入滑轮藕接,所述第三输出滑轮上设有连接板用于连接机器人的某一关节处,所述连接板上设有与所述第三输出滑轮轴线垂直的第四输出轴;

[0035] 所述机器人的第五关节和第六关节采用一组第二绳索差速器驱动,第二绳索差速器安装在第四部段上,所述第五部段包括所述连接板,所述第四输出轴与第六部段连接。

[0036] 进一步的,所述第一传动机构和第二传动机构为三级钢绳传动机构,包括第一传动轴段以及第二传动轴段;

[0037] 第一传动机构中,上输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及上输入滑轮依次通过钢绳传动连接;

[0038] 第二传动机构中,下输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及下输入滑轮依次通过钢绳传动连接。

[0039] 进一步的,所述上输入滑轮和下输入滑轮的中心线共线,所述第三输出滑轮与所述上输入滑轮的中心线垂直;

[0040] 所述上输入滑轮和第三输出滑轮上设有多级台阶用于连接钢绳;

[0041] 所述上输入滑轮和下输入滑轮并列设置,所述下输入滑轮上设有一穿过上输入滑轮的中心轴,所述中心轴的末端设有多级台阶并通过钢绳和第三输出滑轮上台阶藕接。

[0042] 进一步的,所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧编码器,所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧编码器;

[0043] 所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧抱闸,或,所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧抱闸。

[0044] 本发明中机器人部分关节采用绳索差速器驱动,绳索差速器可改变传动方向,从而有利于在机器人上应用,适应机器人的结构空间;如果机器人采用关节串联的方案,始终需要一个关节电机的输出力矩承担下一个关节电机定子部分的重量,绳索差速器使两个电机的出力全部应用在输出轴上,更有效的利用了电机的输出能力。在惯量方面,绳索差速器有两个平行放置的输入电机,而如果只使用一个电机输出相同的转矩,则电机的转子外径必然较大,其惯量大于绳索差速器两个电机的等效惯量。较小的电机惯量意味着机器人有更好的逆向可驱能力,机器人末端自由拖动的时候会更加柔顺。

[0045] 另一方面,本发明提供一种绳索差速器,包括上输入电机、上输入滑轮、第三输出滑轮、下输入滑轮以及下输入电机,所述上输入电机与上输入滑轮之间通过第一传动机构

连接,所述下输入滑轮和下输入电机之间通过第二传动机构连接,所述第三输出滑轮通过钢绳分别与上输入滑轮和下输入滑轮藕接,所述第三输出滑轮上设有输出轴或连接板,所述连接板上设有与所述第三输出滑轮轴线垂直的第四输出轴。

[0046] 进一步的,所述第一传动机构和第二传动机构为三级钢绳传动机构,包括第一传动轴段以及第二传动轴段;

[0047] 第一传动机构中,上输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及上输入滑轮依次通过钢绳传动连接;

[0048] 第二传动机构中,下输入电机、第一传动轴段、第二传动轴段以及下输入滑轮依次通过钢绳传动连接。

[0049] 进一步的,所述上输入滑轮和下输入滑轮的中心线共线,所述第三输出滑轮与所述上输入滑轮的中心线垂直;

[0050] 所述上输入滑轮和第三输出滑轮上设有多级台阶用于连接钢绳;

[0051] 所述上输入滑轮和下输入滑轮并列设置,所述下输入滑轮上设有一穿过上输入滑轮的中心轴,所述中心轴的末端设有多级台阶并通过钢绳和第三输出滑轮上台阶藕接。

[0052] 进一步的,所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧编码器,所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧编码器;

[0053] 所述上输入电机和下输入电机上设有电机侧抱闸,或,所述第三输出滑轮、上输入滑轮和下输入滑轮上设有关节侧抱闸。

[0054] 另一方面,本发明提供一种绳驱机器人钢绳张紧检测方法,所述机器人至少一个关节由绳驱机构驱动,所述绳驱机构包括电机、滑轮以及钢绳,所述电机上设有电机侧编码器,所述滑轮上设有关节侧编码器,所述电机上设有电机侧抱闸或所述滑轮上设有关节侧抱闸,所述方法包括:

[0055] 获取关节侧编码器以及电机侧编码器的数据,并根据传动比换算至同一侧,计算关节侧编码器和电机侧编码器所测数据差值的绝对值;

[0056] 拟合出钢绳张紧力与关节侧编码器和电机侧编码器差值之间的函数关系,根据关节侧编码器和电机侧编码器差值的绝对值计算钢绳张紧力;若钢绳张紧力大于等于一设定的阈值,判定钢绳未发生松脱,运行机器人控制程序;若钢绳张紧力小于一设定的阈值,判定钢绳发生松脱,控制机器人断电并启动电机侧抱闸或关节侧抱闸。

[0057] 综上所述,本发明的有益效果有:

[0058] 1. 本发明中,在绳驱机构中,在滑轮上设置抱闸以及编码器,准确获知机器人各关节的姿态位置,从而便于机器人的精确控制,设置的抱闸可以在机器人停机或者掉电时对机器人关节的姿态进行锁定,提高机器人工作的安全性;

[0059] 2. 本发明中机器人提供第七自由度作为冗余自由度,从而机器人对目标位置存在多解,有利于机器人避障;

[0060] 3. 本发明提供一种绳索差速器,实现在较小空间内提供两个移动自由度的实现方式,实现机器人的腕关节设计;

[0061] 4. 通过实时计算钢绳张紧力,在张紧力偏低时提示用户启动钢绳张紧程序,在钢绳发生松脱或断裂时及时启动抱闸防止机械臂坠落。

## 附图说明

- [0062] 图1是本发明的整体结构示意图；
- [0063] 图2是本发明中第一绳驱机构的原理示意图；
- [0064] 图3是本发明中第一绳索减速器的原理示意图；
- [0065] 图4是本发明中第二绳索减速器的原理示意图；
- [0066] 图5是本发明中机器人腕关节的动力输出原理图；
- [0067] 图6是本发明中机器人第七关节的示意图；
- [0068] 图7是本发明中机器人第七关节采用齿轮传动的示意图；
- [0069] 图8是本发明中绳驱机器人钢绳张紧力检测方法原理示意图；
- [0070] 图9是本发明中机器人的控制原理图。
- [0071] 图中,100、基座;200、第一部段;300、第二部段;400、第三部段;500、第四部段;600、第五部段;700、第六部段;800、第七部段;900、第一绳驱机构;901、第一电机;902、第一输出滑轮;1000、钢绳;1100、电机侧抱闸;1200、电机侧编码器;1300、关节侧抱闸;1400、关节侧编码器;1500、第一绳索减速器;1501、左输入电机;1502、右输入电机;1503、左输入滑轮;1504、右输入滑轮;1505、第二输出滑轮;1600、第二绳索减速器;1601、上输入电机;1602、下输入电机;1603、上输入滑轮;1604、下输入滑轮;1605、中心轴;1606、第三输出滑轮;1607、连接板;1608、第四输出轴;1700、输入齿轮;1800、中间齿轮;1900、输出齿轮。

## 实施方式

- [0072] 下面结合附图详细说明本发明的具体实施方式。
- [0073] 需要说明的是,本发明中,“第一”、“第二”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量,也不表明其具体顺序。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于描述目的,不限定其具体方位。可以理解的是,本发明中“水平”、“竖直”、“垂直”、“平行”等描述不代表绝对的位置关系,而是包含了一定工艺误差和控制误差的位置关系。
- [0074] 实施例:参考图1,本发明实施例提供一种绳驱机器人,所述机器人具有多个关节以提供多个自由度,所述机器人的至少一个关节处采用绳驱机构驱动,所述绳驱机构包括电机、钢绳1000以及滑轮,所述电机通过钢绳1000驱动滑轮转动,所述滑轮驱动机器人的关节运动;所述电机上设有电机侧编码器1200,所述滑轮上设有关节侧编码器1400。所述绳驱机构中,电机上设有电机侧抱闸1100,或者,滑轮上设有关节侧抱闸1300。
- [0075] 所述机器人具有七个关节提供七个自由度,所述机器人包括:
- [0076] 基座100,基座100作为机器人的底座水平设置,其内部具有设置控制器以及线束的空间;
- [0077] 第一部段200,设置于基座100上,并可受控绕第一轴线转动形成第一关节,以提供第一自由度J1,第一轴线为竖直状态,垂直于基座100所在平面;
- [0078] 第二部段300,设置于第一部段200上,并可受控绕第二轴线转动形成第二关节,以提供第二自由度J2;
- [0079] 第三部段400,设置于第二部段300上,并可受控绕第三轴线转动形成第三关节,以提供第三自由度J3;

[0080] 第四部段500,设置于第三部段400上,并可受控绕第四轴线转动形成第四关节,以提供第四自由度J4;

[0081] 第五部段600,设置于第四部段500上,并可受控绕第五轴线转动形成第五关节,以提供第五自由度J5;

[0082] 第六部段700,设置于第五部段600上,并可受控绕第六轴线转动形成第六关节,以提供第六自由度J6;第五关节和第六关节的组合为机器人的腕关节;

[0083] 以及第七部段800,设置于第六部段700上,并可受控绕第七轴线转动形成第七关节,以提供第七自由度J7。

[0084] 第七部段800同时作为机器人的末端,用于搭载设备。

[0085] 所述机器人第一至第六关节处采用绳驱机构驱动,第七关节处采用绳驱机构传动。所述绳驱机构中包括钢绳1000以及受钢绳1000驱动的滑轮,所述滑轮上设有抱闸以及编码器。

[0086] 所述第一轴线垂直于基座100所在平面,所述第一轴线、第二轴线、第三轴线、第四轴线、第五轴线、第六轴线以及第七轴线依次垂直,即,J1轴、J2轴、J3轴、J4轴、J5轴、J6轴以及J7轴依次垂直。

[0087] 参考图2,所述绳驱机构包括第一绳驱机构900,所述第一绳驱机构900包括第一电机901以及第一输出滑轮902,所述第一电机901和第一输出滑轮902通过钢绳1000传动,所述第一输出滑轮902上设有关节输出轴用于连接机器人的某一关节处;所述机器人的第一关节、第四关节以及第七关节分别采用一组第一绳驱机构900驱动,即J1轴、J4轴以及J7轴由第一绳驱机构900驱动,对应的,机器人上具有电机M1、M4和M7。所述第一电机901的输出轴线与所述第一输出滑轮902的中心线平行。所述第一电机901上设有电机侧编码器1200,所述第一输出滑轮902上设有关节侧编码器1400。所述第一电机901上设有电机侧抱闸1100,或,所述第一输出滑轮902上设有关节侧抱闸1300。

[0088] 参考图3,所述绳驱机构包括第一绳索差速器1500,所述第一绳索差速器1500包括左输入电机M2、左输入滑轮1503、第二输出滑轮1505、右输入滑轮1504以及右输入电机M3,所述左输入电机1501与左输入滑轮1503之间通过钢绳1000传动连接,所述右输入滑轮1504和右输入电机1502之间通过钢绳1000传动连接,所述第二输出滑轮1505通过钢绳1000分别与左输入滑轮1503和右输入滑轮1504藕接,所述第二输出滑轮1505上设有关节输出轴用于连接机器人的某一关节处。所述机器人的第二关节和第三关节采用一组第一绳索差速器1500驱动,即J2轴和J3轴由第一绳索差速器1500驱动,第一绳索差速器1500安装在第一部段200内,第二输出滑轮1505安装在第二部段300内,第二输出滑轮1505上的关节输出轴与第三部段400连接。

[0089] 所述左输入电机1501的输出轴线和左输入滑轮1503的中心线平行,所述右输入电机1502的输出轴线和右输入滑轮1504的中心线平行,所述左输入滑轮1503和右输入滑轮1504的中心线共线,所述第二输出滑轮1505与所述左输入滑轮1503的中心线垂直;所述左输入滑轮1503、第二输出滑轮1505以及右输入滑轮1504上设有多级台阶用于连接钢绳1000。本实施例中,左输入滑轮1503、右输入滑轮1504和第二输出滑轮1505上设有四级台阶,其中,第二输出滑轮1505上两个台阶与左输入滑轮1503藕接,另外两个台阶与右输入滑轮1504藕接。

[0090] 当左输入滑轮1503和右输入滑轮1504同方向转动时,第二输出滑轮1505上安装的关节输出轴实现俯仰运动(即上下摆动);当左输入滑轮1503和右输入滑轮1504反方向转动时,输出滑轮上安装的关节输出轴实现偏航运动(即左右转动)。

[0091] 所述左输入电机1501和右输入电机1502上设有电机侧抱闸1100以及电机侧编码器1200,进行紧急制动和位置检测;所述第二输出滑轮1505上设有关节侧抱闸1300以及关节侧编码器1400,进行紧急制动和位置检测。在其他一些实施例中,左输入滑轮1503和右输入滑轮1504上同样可设置抱闸以及编码器。

[0092] 左输入滑轮1503和右输入滑轮1504上安装的编码器和抱闸实现机器人关节输出轴俯仰方向的位置检测和紧急制动,第二输出滑轮1505上安装的编码器和抱闸实现机器人关节输出轴偏航方向的位置检测和紧急制动。

[0093] 本发明中机器人的J2和J3轴采用此传动方式。

[0094] 参考图4-5,所述绳驱机构包括第二绳索差速器1600,所述第二绳索差速器1600包括上输入电机M5、上输入滑轮1603、第三输出滑轮1606、下输入滑轮1604以及下输入电机M6,所述上输入电机1601与上输入滑轮1603之间通过第一传动机构连接,所述下输入滑轮1604和下输入电机1602之间通过第二传动机构连接,所述第三输出滑轮1606通过钢绳1000分别与上输入滑轮1603和下输入滑轮1604藕接,所述第三输出滑轮1606上设有连接板1607用于连接机器人的某一关节处,所述连接板1607上设有与所述第三输出滑轮1606轴线垂直的第四输出轴1608。所述机器人的第五关节和第六关节采用一组第二绳索差速器1600驱动,即,机器人的腕关节(J4轴和J5轴)通过第二绳索差速器1600(由M5、M6驱动)驱动。第二绳索差速器1600安装在第四部段500上,所述第五部段600包括所述连接板1607,所述第四输出轴1608与第六部段700连接。

[0095] 所述第一传动机构和第二传动机构为三级钢绳1000传动机构,包括第一传动轴段以及第二传动轴段;第一传动轴段以及第二传动轴段均为阶梯轴,实现传动的减速。

[0096] 第一传动机构中,上输入电机1601、第一传动轴段、第二传动轴段以及上输入滑轮1603依次通过钢绳1000传动连接。

[0097] 第二传动机构中,下输入电机1602、第一传动轴段、第二传动轴段以及下输入滑轮1604依次通过钢绳1000传动连接。

[0098] 所述上输入滑轮1603和下输入滑轮1604的中心线共线,所述第三输出滑轮1606与所述上输入滑轮1603的中心线垂直;所述上输入滑轮1603和第三输出滑轮1606上设有多个台阶用于连接钢绳1000。所述上输入滑轮1603和下输入滑轮1604并列并且堆叠设置,二者之间可相对转动,所述下输入滑轮1604上设有一穿过上输入滑轮1603的中心轴1605,所述中心轴1605的末端设有多个台阶并通过钢绳1000和第三输出滑轮1606上台阶藕接。在本实施例中,中心轴1605末端的台阶为三级,上输入滑轮1603上的台阶为三级,第三输出滑轮1606上的台阶为三级。第三输出滑轮1606上的三级台阶中,其中一个仅与上输入滑轮1603上台阶藕接,另外一个台阶仅与中心轴1605末端的台阶藕接,剩余中间台阶与上输入滑轮1603上以及中心轴1605末端的台阶都藕接。

[0099] 所述连接板1607为L型,用于转换传动方向,当上输入滑轮1603和下输入滑轮1604同方向转动时,第三输出滑轮1606上安装的L型连接板1607实现水平左右摆动,因此机器人关节输出轴的运动也是左右摆动;当上输入滑轮1603和下输入滑轮1604反方向转动时,第

三输出滑轮1606上安装的L型连接板1607实现上下转动,因此机器人关节输出轴的运动也是上下转动。

[0100] 所述上输入电机1601和下输入电机1602上设有电机侧抱闸1100以及电机侧编码器1200;所述第三输出滑轮1606和第四输出轴1608上设有关节侧抱闸1300以及关节侧编码器1400。实现机器人关节输出轴上下和水平转动的位置检测和紧急制动。

[0101] 本实施例中,滑轮之间的钢绳1000藕接方式采用专利文献US5207114公开的藕接方式,其中具体公开了钢绳1000的绕线方式,使得钢绳1000传动可以改变动力输出的方向。

[0102] 需要说明的是,本实施例绳驱机构中,关节侧抱闸1300和电机侧抱闸1100择一选用,即在电机侧安装抱闸或者在滑轮侧安装抱闸。

[0103] 可以理解的是,本发明中,机器人各部段内具有安装绳驱机构的空间,且具有支撑各滑轮的支撑结构,在关节位置,设置有轴承等装置,这些均为本领域的现有手段。

[0104] 参考图6-7,第七关节整体设置与第六部段700上,并且与第四输出轴1608连接。第七关节为机器人末端增加了一个旋转自由度,其与第5关节产生的旋转同轴,提供冗余自由度,提高机器人的避障能力。

[0105] 在其他一些实施例中,第七关节不采用绳驱机构驱动,而采用齿轮机构传动,具体的,齿轮机构包括输入齿轮1700、中间齿轮1800以及输出齿轮1900,输入齿轮1700连接一输入电机的输出轴上,输出齿轮1900设置于第七部段800上。

[0106] 本发明还提供一种绳驱机器人钢绳1000张紧检测方法,所述机器人至少一个关节由绳驱机构驱动,所述绳驱机构包括电机、滑轮以及钢绳1000,所述电机上设有电机侧编码器1200,所述滑轮上设有关节侧编码器1400,所述电机上设有电机侧抱闸1100或所述滑轮上设有关节侧抱闸1300,所述方法包括:

[0107] 获取关节编码器读数 $\theta_j$ 和电机编码器读数 $\theta_m$ ,根据减速比 $\eta$ 将两个编码器读数换算到关节侧或电机侧,得到得到 $\theta'_j$ 和 $\theta'_m$ ;计算关节侧编码器1400和电机侧编码器1200所测数据差值的绝对值;

[0108] 根据钢绳1000张紧力标定数据拟合出钢绳1000张紧力与关节侧编码器1400和电机侧编码器1200差值之间的函数关系,钢绳1000张紧力标定数据为实验数据,表明钢绳1000张紧力与关节侧编码器1400和电机侧编码器1200所测数据差值的绝对值之间的对应关系。

[0109] 根据关节侧编码器1400和电机侧编码器1200差值的绝对值计算钢绳1000张紧力 $T = f(|\theta'_j - \theta'_m|)$ 。

[0110] 若钢绳1000张紧力大于等于一设定的阈值 $\varepsilon$ ,判定钢绳1000未发生松脱,运行机器人控制程序;若钢绳1000张紧力小于一设定的阈值 $\varepsilon$ ,判定钢绳1000发生松脱,控制机器人断电并启动电机侧抱闸1100或关节侧抱闸1300。

[0111] 现有技术中,机器人各输出轴没有编码器,掉电重启时需要手动把机器人恢复至初始位置。本发明中,参考图8,机器人控制器根据各轴减速比将轴编码器读数转换将两个编码器的读数实时比对,可检测钢绳1000是否发生松脱或断裂。电机抱闸和转动关节抱闸装置也增加了机器人运行的安全性,当发生钢绳1000脱落或其他严重故障时,电机端或关

节端的抱闸启动,可以锁住机械臂在当前位置。具体步骤是:在机器人上电并启动程序后,判断机器人是否存在故障未清除,若是,机器人提示错误、断电并启动抱闸;若否,获取关节编码器读数 $\theta_j$ 和电机编码器读数 $\theta_m$ ,根据减速比 $\eta$ 将两个编码器读数换算到关节侧或电机侧,得到 $\theta'_j$ 和 $\theta'_m$ ,根据拟合的钢绳张紧力标定数据和两个角度差的绝对值,可获得钢绳当前的张紧力 $T = f(|\theta'_j - \theta'_m|)$ ,判断张紧力是否小于某一阈值,即判断是否 $T < \varepsilon$ ,若是,机器人提示错误、断电并启动抱闸;若否,运行机器人控制程序。

[0112] 参考图9,机器人(WAM,Whole Arm Manipulator,全臂可拖动机械臂,绳驱机械臂)的关节驱动单元为电机驱动器集成一体,减少机器人内部线束占用的空间。控制器集成在底座,无需外部电柜。控制器与驱动单元的通讯方式为总线通讯(CAN、EtherCAT或其他)。用户可以通过局域网远程SSH登陆到机器人内部控制器,也可以通过搭载有机器人控制操作系统(ROS,Robot Operating System)的终端控制机器人控制器,也可以通过设置绕过内部控制器,完全使用自主控制器来控制机器人。

[0113] 本发明提供一种绳索差速器,包括上输入电机1601、上输入滑轮1603、第三输出滑轮1606、下输入滑轮1604以及下输入电机1602,所述上输入电机1601与上输入滑轮1603之间通过第一传动机构连接,所述下输入滑轮1604和下输入电机1602之间通过第二传动机构连接,所述第三输出滑轮1606通过钢绳1000分别与上输入滑轮1603和下输入滑轮1604藕接,所述第三输出滑轮1606上设有输出轴或连接板1607,所述连接板1607上设有与所述第三输出滑轮1606轴线垂直的第四输出轴1608。

[0114] 所述第一传动机构和第二传动机构为三级钢绳1000传动机构,包括第一传动轴段以及第二传动轴段;

[0115] 第一传动机构中,上输入电机1601、第一传动轴段、第二传动轴段以及上输入滑轮1603依次通过钢绳1000传动连接;

[0116] 第二传动机构中,下输入电机1602、第一传动轴段、第二传动轴段以及下输入滑轮1604依次通过钢绳1000传动连接。

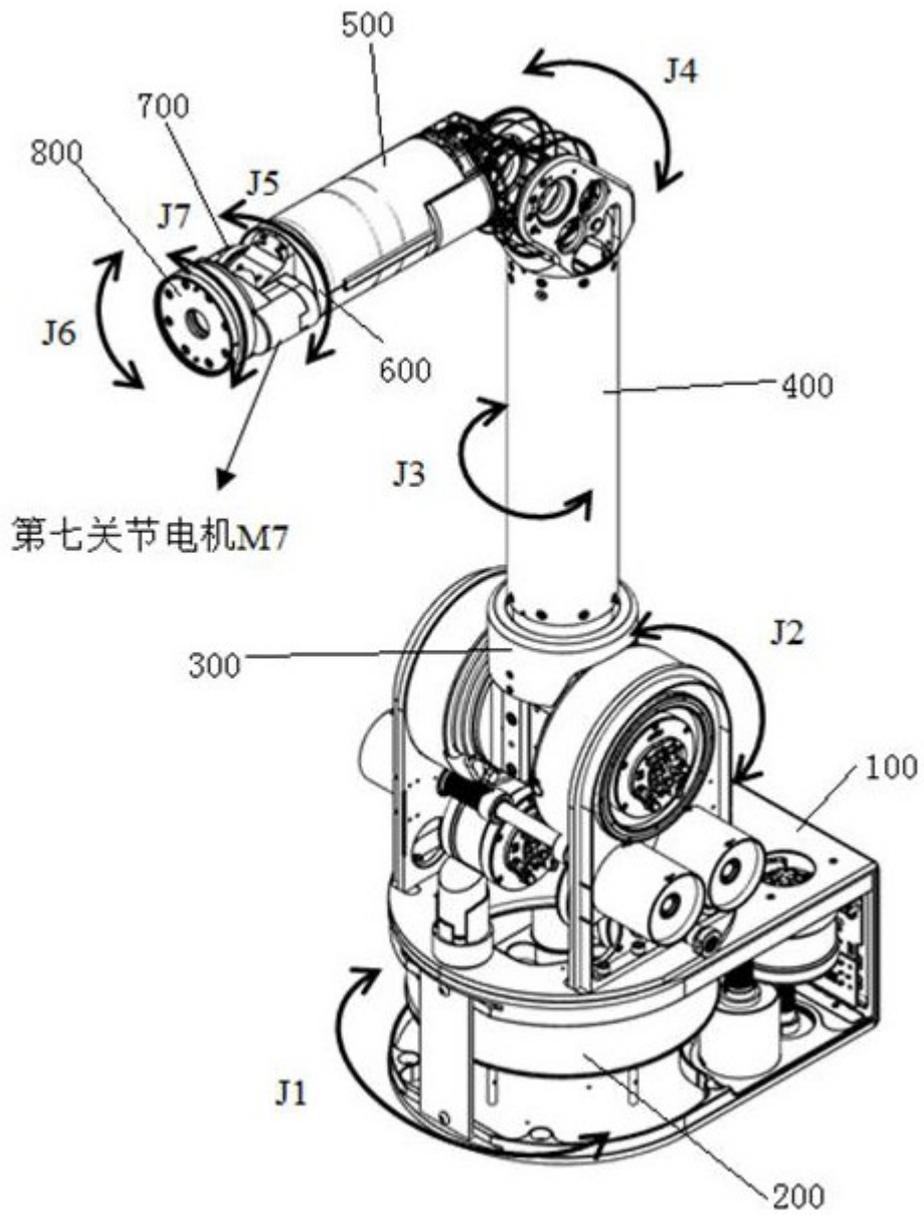
[0117] 所述上输入滑轮1603和下输入滑轮1604的中心线共线,所述第三输出滑轮1606与所述上输入滑轮1603的中心线垂直;

[0118] 所述上输入滑轮1603和第三输出滑轮1606上设有多级台阶用于连接钢绳1000;

[0119] 所述上输入滑轮1603和下输入滑轮1604并列设置,所述下输入滑轮1604上设有一穿过上输入滑轮1603的中心轴1605,所述中心轴1605的末端设有多级台阶并通过钢绳1000和第三输出滑轮1606上台阶藕接。

[0120] 所述上输入电机1601和下输入电机1602上设有电机侧抱闸1100以及电机侧编码器1200;所述第三输出滑轮1606和第四输出轴1608上设有关节侧抱闸1300以及关节侧编码器1400。

[0121] 以上所述的仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明创造构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。



第七关节电机M7

图 1

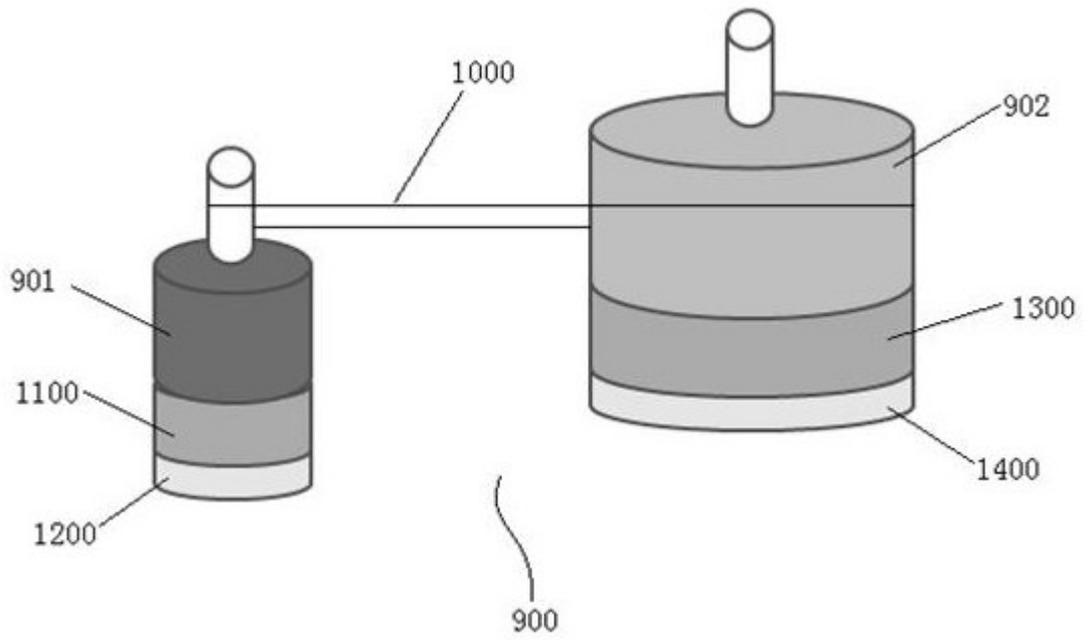


图 2

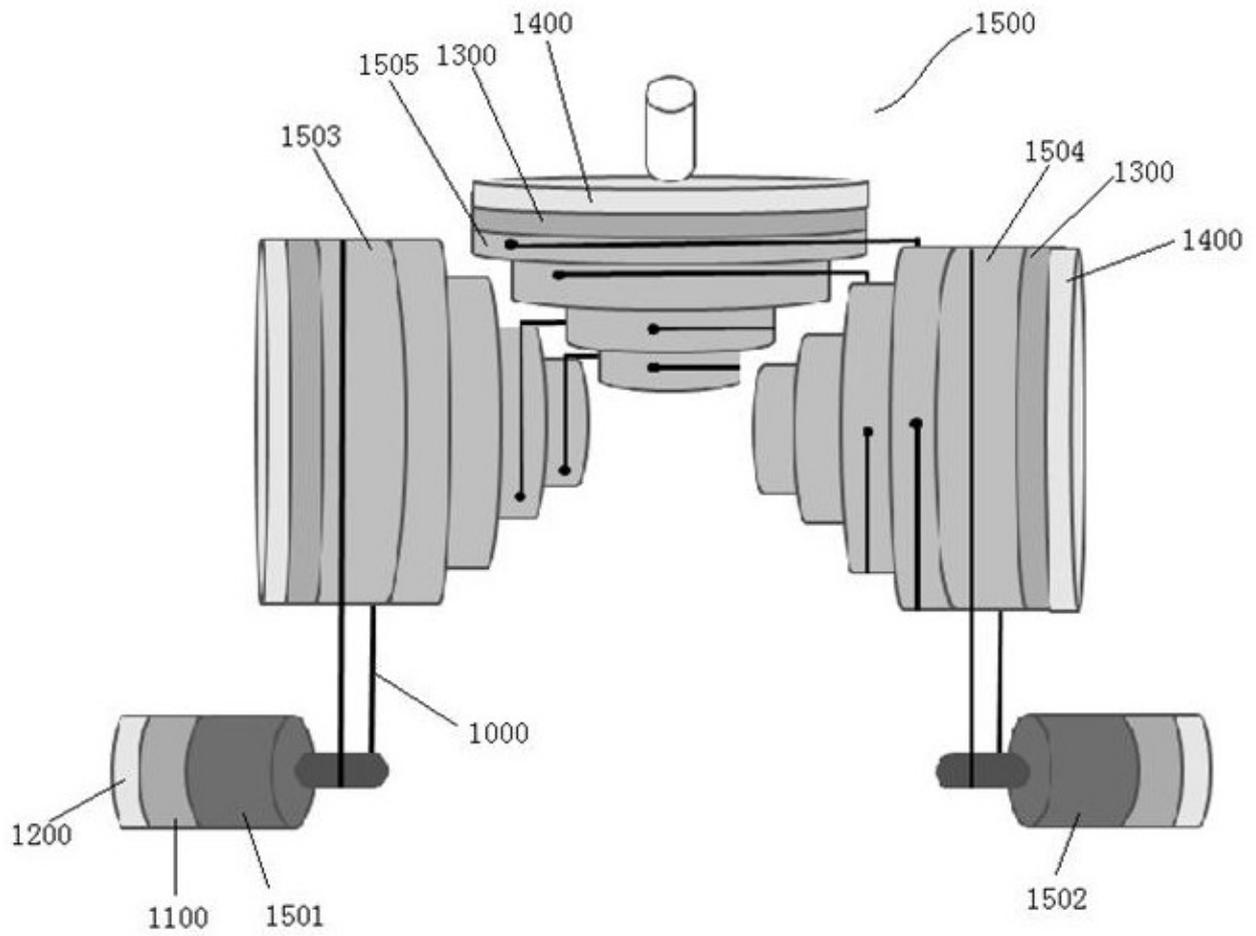


图 3

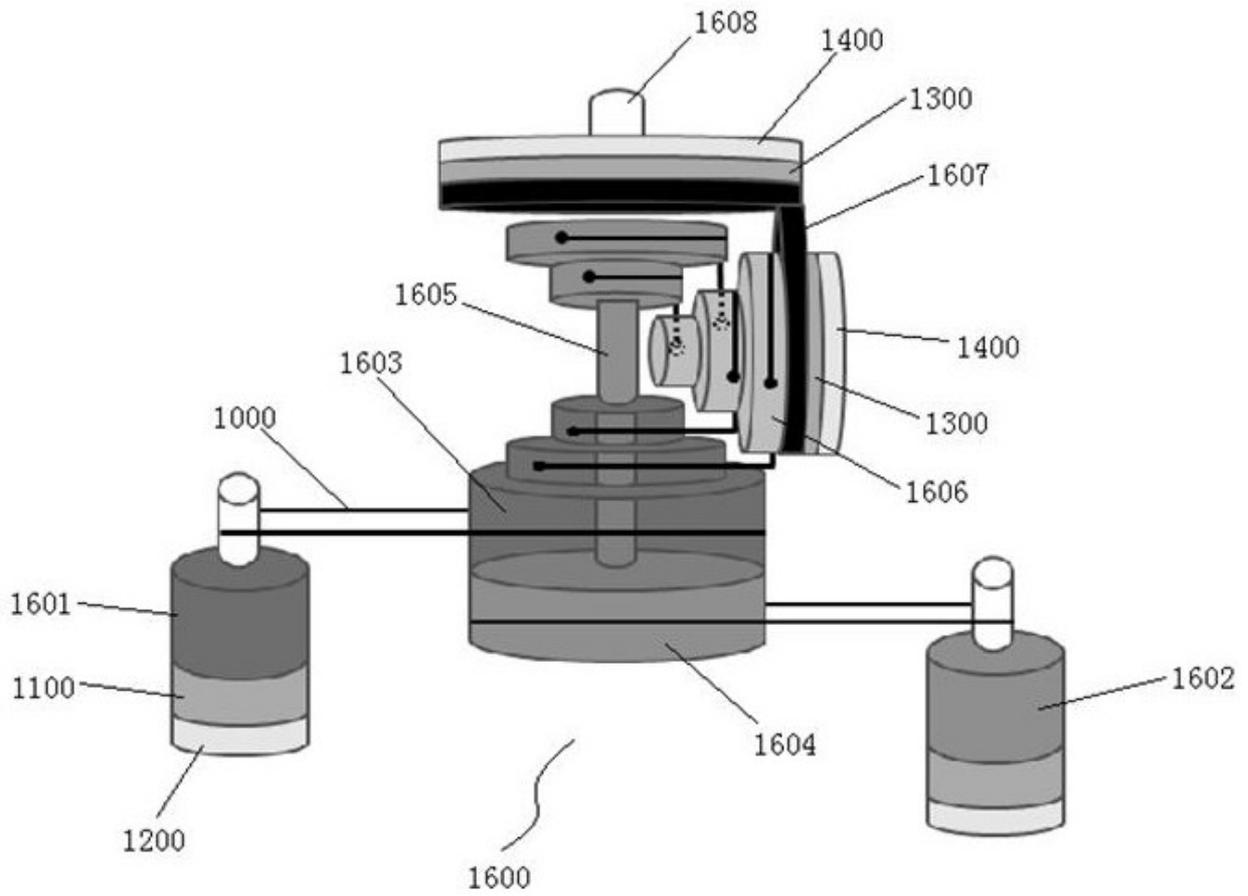


图 4

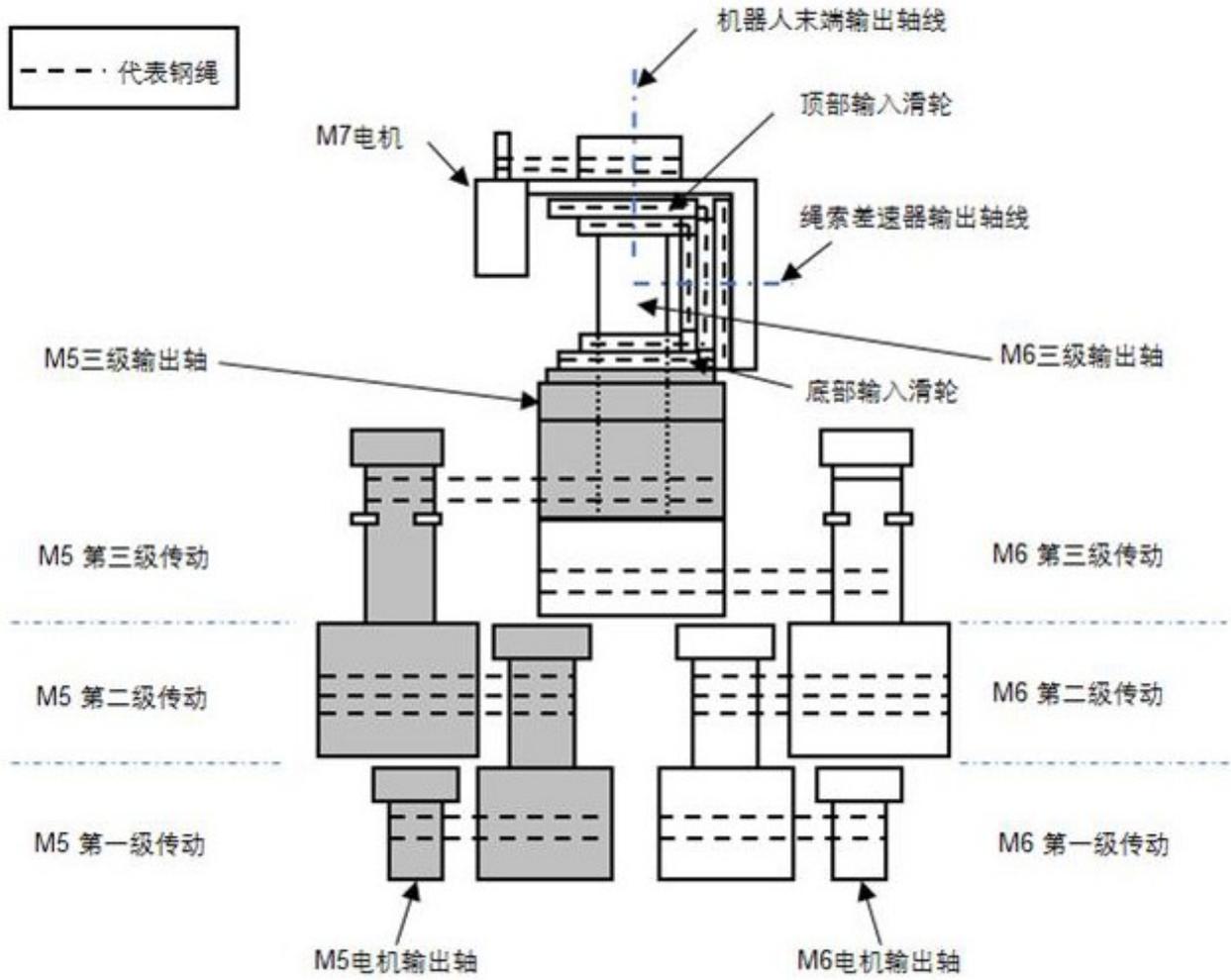


图 5

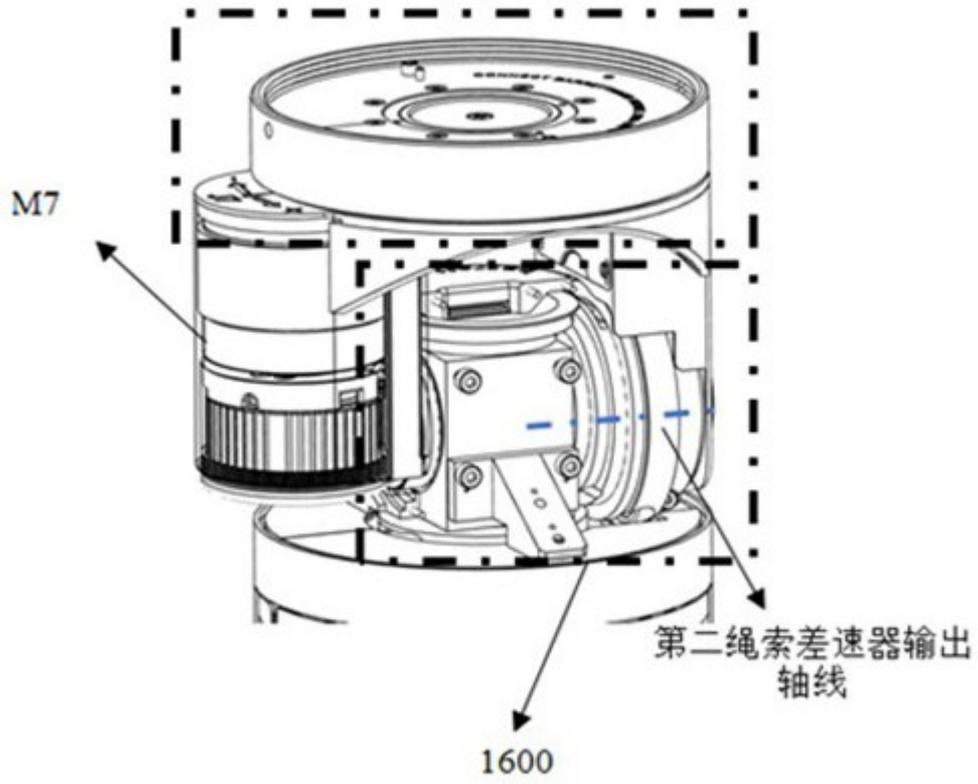


图 6

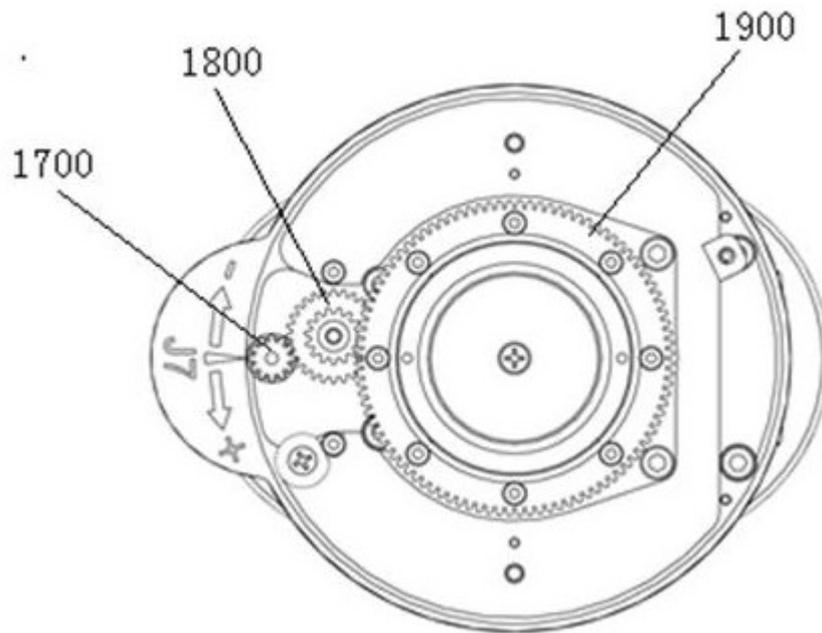


图 7

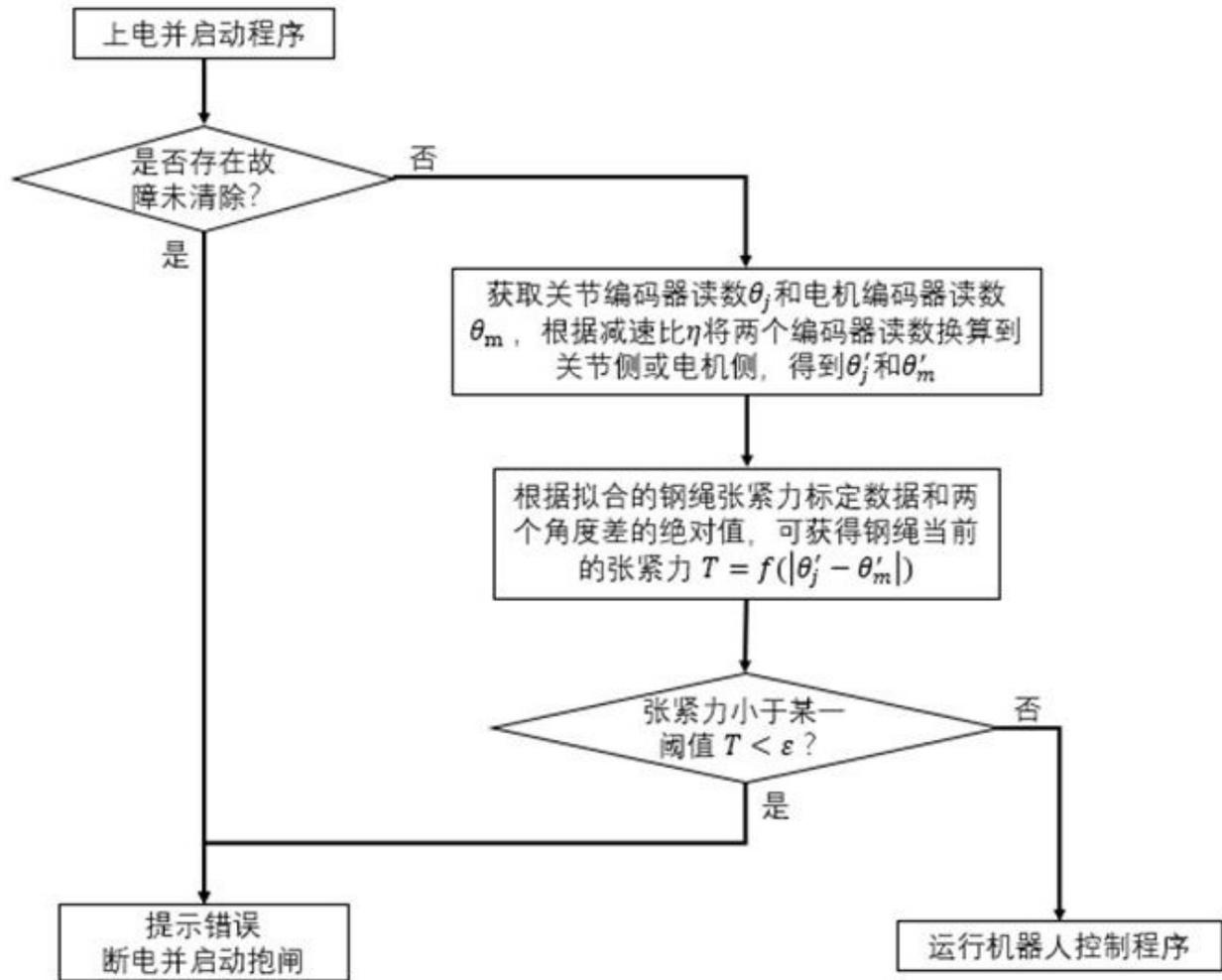


图 8

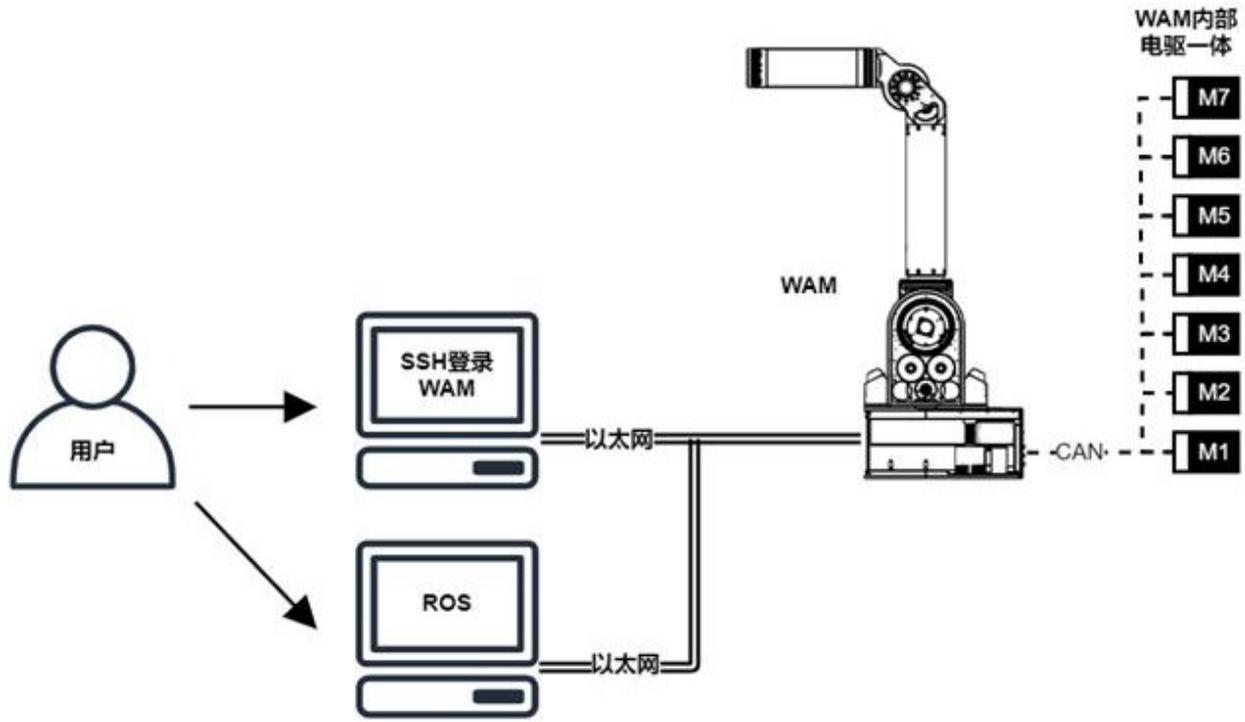


图 9