



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110421559 A

(43)申请公布日 2019. 11. 08

(21)申请号 201910544244.9

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2019.06.21

B25J 9/16(2006.01)

B25J 9/00(2006.01)

(71)申请人 国网安徽省电力有限公司淮南供电公司

B25J 17/02(2006.01)

B25J 19/02(2006.01)

地址 232007 安徽省淮南市田家庵区淮舜南路139号

申请人 中国科学技术大学
国家电网有限公司

(72)发明人 章昊 单晓峰 韩先国 唐旭明
刘强 施淮生 董二宝 陈宇涛
祝晶 王亚豪 顾永刚

(74)专利代理机构 合肥市上嘉专利代理事务所
(普通合伙) 34125

代理人 叶洋军

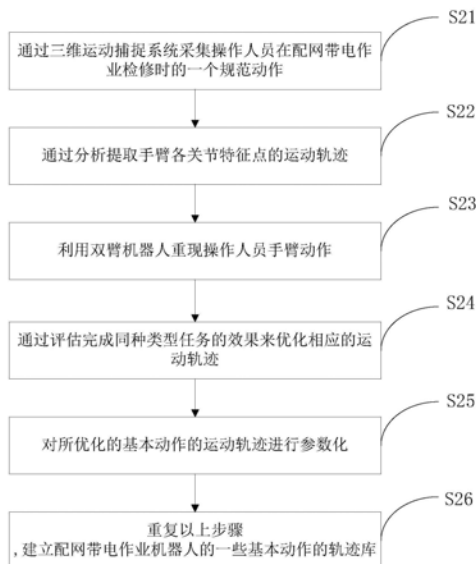
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

配网带电作业机器人的遥操作方法和动作轨迹库构建方法

(57)摘要

本发明公开了一种配网带电作业机器人的遥操作方法和动作轨迹库构建方法,该动作轨迹库构建方法包括以下步骤:S21、通过三维运动捕捉系统采集操作员在配网带电作业检修时的一个规范动作;S22、通过分析提取手臂各关节特征点的运动轨迹,解算肩关节电机、肘关节电机、腕关节电机的关节角度;S23、利用双臂机器人重现操作员手臂动作,并且通过三维运动捕捉系统采集机械手臂的运动轨迹;S24、根据同种类型任务的完成效果来优化机械手臂的运动轨迹;S25、对优化后的机械手臂的运动轨迹进行参数化,形成基本动作轨迹;以及S26、重复执行S21至S25,建立配网带电作业机器人的基本动作轨迹库。本发明旨在缓解遥操作中操作员过度劳累造成的效率低,事故多发的问题,并进而实现一定程度的自主化作业。



1. 一种用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,其特征在于,包括以下步骤:

S21、通过三维运动捕捉系统采集操作员在配网带电作业检修时的一个规范动作;

S22、通过分析提取手臂标记点的运动轨迹,解算肩关节电机、肘关节电机、腕关节电机的关节角度;

S23、利用双臂机器人重现操作员手臂动作,并且通过三维运动捕捉系统采集机械手臂的运动轨迹;

S24、根据同种类型任务的完成效果来优化机械手臂的运动轨迹;

S25、对优化后的机械手臂的运动轨迹进行参数化,形成基本动作轨迹;以及

S26、重复执行S21至S25,建立配网带电作业机器人的基本动作轨迹库。

2. 根据权利要求1所述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,其特征在于,所述配网带电作业机器人的机械手臂包括肩关节、大臂、肘关节、以及腕关节,其中,所述肩关节由两个关节电机组成,肘关节由一个关节电机组成,腕关节由三个关节电机组成。

3. 根据权利要求2所述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,其特征在于,所述操作员的手臂标记点由肩关节标记点、肘关节标记点、腕关节标记点、以及位于手背左右两侧的两个标记点组成。

4. 根据权利要求1所述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,其特征在于,在步骤S24中,若运行某项任务轨迹未达到理想状态,则微调轨迹点云,对原有运动轨迹进行优化。

5. 根据权利要求1所述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,其特征在于,所述基本动作轨迹库包括剥线动作、穿丝动作、换工具动作、避让动作、拧螺钉动作、更换保险丝动作、以及拆装绝缘纸动作。

6. 根据权利要求1所述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,其特征在于,所述双臂机器人的第一机械手臂和第二机械手臂机器人在横杆两端关于立柱对称设置,二者呈八字形排列。

7. 一种基于基本动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法,其特征在于,包括以下步骤:

S11、操作员将作业任务进行流程分解,得到多个动作单元;

S12、按照顺序执行动作单元,当某一动作单元对应基本动作轨迹库中的基本动作轨迹时,调用动作轨迹库执行该动作单元,否则采用遥操作执行该动作单元;

S13、执行后利用双目相机或多目相机进行位置校准;以及

S14、在校准后重复执行S12,直至完成作业任务,

其中,所述基本动作轨迹库根据权利要求1至7中任一项所述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法获得。

8. 根据权利要求7所述的基于基本动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法,其特征在于,在S13中,若该动作单元没有执行到位,则向操作员发出提醒。

配网带电作业机器人的遥操作方法和动作轨迹库构建方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力机器人领域,尤其涉及一种用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法和基于基本动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法。

背景技术

[0002] 配电网带电作业机器人面对配电网带电作业场景,可替代人工进行部分带电作业操作,减轻工作人员劳动强度,保障人员安全。

[0003] 目前主要是通过工作人员遥操作控制两个机械臂携带特定工具来完成带电作业。一种是操作员站立于升起的绝缘斗内,通过直接观察来操控机械臂;一种是操作员位于地面,通过摄像头回传的图像来操控机械臂。对于前一种方式,由于人员仍靠近高压电场,安全性不高。

[0004] 对于操作员在地面进行遥操作,机器臂随高空云台升入作业现场进行带电作业,目前主要存在的问题是提供给操作员的现场信息不充分,通过摄像头获取的现场信息通过监控屏幕显示,会丢失大量三维信息,操作员很难通过屏幕准确知晓操作现场所有电缆之间的位置关系,给遥控操作带来很大挑战。

[0005] 此外,目前配网带电作业机器人的智能化水平仍较低,每一步都通过遥操作来完成,造成操控任务繁重,作业效率较低。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,以提高作业效率。

[0007] 本发明的目的还在于提供一种基于基本动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法,其使用上述基本动作轨迹库。

[0008] 为此,本发明一方面提供了一种用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法,包括以下步骤:S21、通过三维运动捕捉系统采集操作员在配网带电作业检修时的一个规范动作;S22、通过分析提取手臂标记点的运动轨迹,解算肩关节电机、肘关节电机、腕关节电机的关节角度;S23、利用双臂机器人重现操作员手臂动作,并且通过三维运动捕捉系统采集机械手臂的运动轨迹;S24、根据同种类型任务的完成效果来优化机械手臂的运动轨迹;S25、对优化后的机械手臂的运动轨迹进行参数化,形成基本动作轨迹;以及S26、重复执行S21至S25,建立配网带电作业机器人的基本动作轨迹库。

[0009] 进一步地,上述配网带电作业机器人的机械手臂包括肩关节、大臂、肘关节、以及腕关节,其中,所述肩关节由两个关节电机组成,肘关节由一个关节电机组成,腕关节由三个关节电机组成。

[0010] 进一步地,上述操作员的手臂标记点由肩关节标记点、肘关节标记点、腕关节标记点、以及位于手背左右两侧的两个标记点组成。

[0011] 进一步地,在步骤S24中,若运行某项任务轨迹未达到理想状态,则微调轨迹点云,

对原有运动轨迹进行优化。

[0012] 进一步地,上述基本动作轨迹库包括剥线动作、穿丝动作、换工具动作、避让动作、拧螺钉动作、更换保险丝动作、以及拆装绝缘纸动作。

[0013] 进一步地,上述双臂机器人的第一机械手臂和第二机械手臂机器人在横杆两端关于立柱对称设置,二者呈八字形排列。

[0014] 根据本发明的另一方面,提供了一种基于基本动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法,包括以下步骤:S11、操作员将作业任务进行流程分解,得到多个动作单元;S12、按照顺序执行动作单元,当某一动作单元对应基本动作轨迹库中的基本动作轨迹时,调用动作轨迹库执行该动作单元,否则采用遥操作执行该动作单元;S13、执行后利用双目相机或多目相机进行位置校准;以及S14、在校准后重复执行S12,直至完成作业任务,其中,所述基本动作轨迹库根据上面所描述的用于配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法获得。

[0015] 进一步地,若该动作单元没有执行到位,则向操作员发出提醒。

[0016] 本发明通过对技术人员规范作业动作的三维运动捕捉分析,建立配网带电作业机器人的基本动作轨迹库,其显著提升了配网带电作业机器人的智能化水平和作业效率。

[0017] 除了上面所描述的目的、特征和优点之外,本发明还有其它的目的、特征和优点。下面将参照图,对本发明作进一步详细的说明。

附图说明

[0018] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0019] 图1是根据本发明的配电网带电作业机器人的结构示意图;

[0020] 图2是根据本发明的基于动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法的流程图;

[0021] 图3是根据本发明的配电网带电作业机器人的基本动作轨迹库的构建方法的流程图;

[0022] 图4是根据本发明的基本动作轨迹库的构建方法中,三维捕捉系统捕捉操作员的示教动作的示意图;

[0023] 图5是根据本发明的操作员手臂标记点的布置模型图;

[0024] 图6是根据本发明的基本动作轨迹库构建方法中,双臂机器人对生成动作库进行训练优化的示意图;

[0025] 图7是根据动作轨迹库的构建模型图;以及

[0026] 图8是根据本发明的配网带电作业机器人在实验室内进行带电作业实验的示意图。

具体实施方式

[0027] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0028] 图1至图8示出了根据本发明的一些实施例。

[0029] 带电作业包括带电断线、带电接线、带电更换避雷器、带电更换隔离开关、装拆线路故障指示器或验电接地线夹、带电更换跌落式熔断器、带电更换警示牌或绝缘护管、清洗清障等。机器人在执行某项带电作业任务时,往往需要多种作业工具,这就需要在作业过程中更换工具。另外,机器人也可能要同时执行多项任务,实现机器人更换工具的自动化。

[0030] 为满足多项任务的带电作业要求,我们设计了专用于配网带电作业的机器人。

[0031] 如图1所示,该配网带电作业机器人包括工作台1、置于工作台1上的立柱2、位于立柱2顶部的横杆3、在横杆3的两端对称设置的第一机械手臂和第二机械手臂、伸缩杆9、以及双目视觉摄像头10。

[0032] 上述伸缩杆9位于立柱2的后方,其顶部设有双目视觉摄像头10,用于对视野范围内的第一机械手臂和第二机械手臂的位置进行监视。

[0033] 上述工作台内置放电池模块、控制模块、通讯模块等电气模块,工作时工作台置于斗臂车的斗臂上,可由地面人员遥控操作。

[0034] 上述第一机械手臂包括肩关节4、大臂5、肘关节6、腕关节7、以及多个快换作业工具11。

[0035] 其中,肩关节4由第一关节电机41和第二关节电机42构成,其中,第一关节电机的中心定子连接至横杆3上,第一关节电机的转子外壳与第二关节电机的中心定子连接,大臂竖直安装在第二关节电机的转子外壳的壳壁上。

[0036] 其中,第一机械手臂和第二机械手臂二者的第一关节电机的转动中心轴线(即中心转子的中心轴线)呈八字型布置并且各中心转子呈倾斜朝下的姿态布置。

[0037] 肘关节6由第三关节电机构成,实现小臂7和大臂4二者之间的夹角调整。其中,大臂4的下端竖直安装在第三关节电机的转子外壳的壳壁上,小臂7的上端与第三关节电机的中心转子连接。

[0038] 腕关节8由第四关节电机81、第五关节电机82和第六关节电机83构成。其中,小臂7与第四关节电机的转子外壳连接,该第四关节电机81的中心定子与第五关节电机82的转子外壳连接、第五关节电机82的中心定子与第六关节电机83的转子外壳连接,第六关节电机的中心定子上安装有机臂端快换接头。

[0039] 在本配网带电作业的机器人中,第一和第二机械手臂采用手臂仿生设计,第一机械手臂和第二机械手臂呈八字形配合,实现对操作员双臂的动作模拟,经过实验验证,可满足大多数的带电作业场合的工作要求。

[0040] 本发明提出一种基于动作轨迹库的配电网带电作业机器人的遥操作方法,旨在缓解遥操作中操作员过度劳累造成的效率低,事故多发的的问题,并进而实现一定程度的自主化作业。如图2所示,该遥操作方法包括以下步骤:

[0041] S11、操作员将作业任务进行流程分解,得到多个动作单元;

[0042] S12、按照顺序执行动作单元,当某一动作单元对应基本动作轨迹库中的基本动作轨迹时,调用动作轨迹库执行该动作单元,否则采用遥操作执行该动作单元;

[0043] S13、执行后利用双目相机或多目相机进行位置校准;以及

[0044] S14、在校准后重复执行S12,直至完成作业任务。

[0045] 本配电带电作业机器人的遥操作方法具有如下特点:

[0046] 1、遥操作作为下一代电网维修的潜在技术,目的在于完成半自主化作业。建立运

动轨迹库可以实现遥操作中技术含量低,重复度高的作业任务自主化,一方面缓解操作员的作业繁重,另一方面提高作业效率。

[0047] 2、动作轨迹库可定期更新,形成类似专家系统。保证动作规范,易形成标准化。

[0048] 下面对动作轨迹库的构建方法进行描述。如图3所示,本发明的动作轨迹库(或者称为基本动作轨迹库)的构建方法,包括以下步骤:

[0049] S21、通过三维运动捕捉系统采集操作员在配网带电作业检修时的一个规范动作;

[0050] S22、通过分析提取手臂各关节特征点的运动轨迹,解算肩关节电机、肘关节电机、腕关节电机的关节角度;

[0051] S23、利用双臂机器人重现操作员手臂动作,并且通过三维运动捕捉系统采集机械手臂各关节特征点的运动轨迹;

[0052] S24、通过评估完成同种类型任务的效果来优化相应的运动轨迹;

[0053] S25、对所优化的基本动作的运动轨迹进行参数化;

[0054] S26、重复S21至S25,建立配网带电作业机器人的一些基本动作的轨迹库。

[0055] 在步骤S21和S22中,在机器人模仿对象(即操作员)的肩部、上臂、小臂、手等处做多个标记,使用三维运动捕捉系统的多个摄像头来记录标记点的位置随时间的变化。通过三维运动捕捉分析系统软件程序获得所有标记点的空间轨迹。

[0056] 在步骤S23中,将上述人手臂的空间轨迹导入机械臂控制程序,控制机械手臂的六个关节电机转动,让两个机械手臂复现人手臂的作业过程。

[0057] 在步骤S24中,由于机械臂和人手臂在结构上存在一定差别,因此,通过评估完成同类型作业任务的效果,对相应的轨迹进行优化调整,以获得配网带电作业机器人的基本动作的理想轨迹。

[0058] 在步骤S25中,对所建立的基本动作轨迹进行参数化,即通过参数化样条曲线拟合相应的动作轨迹。这样,当已知机械臂的起始位姿和作业目标的位姿,操作员通过遥操作系统设定作业类型后,即可自动完成相应的一系列基本作业动作。

[0059] 在步骤S26中,针对不同检修作业动作,例如剥线动作、穿丝动作、换工具动作、避让动作、拧螺钉动作、更换保险丝动作、拆装绝缘纸动作等,重复以上步骤S1至S5,得到该检修作业类型对应的动作轨迹集合,即动作轨迹库。

[0060] 本发明中,通过动作轨迹库能够实现用人的动作对机械臂控制程序进行编程,而工厂的流水线机器人一般需要用程序先进行编程,然后根据该编程完成重复动作,与此相比,大幅简化了配网带电机器人的编程工作。

[0061] 实施例

[0062] 如图4所示,动作轨迹库建立的第一步,寻找操作规范的操作员22在线下模拟作业动作,例如剥线,换保险丝和拧螺钉等动作。三维捕捉相机21会捕捉并记录已提前在操作员22肩部、上臂、小臂、手等部位放置的标记24的动作,其中,作业工具库23与操作员22配合使用。

[0063] 如图5所示,使用五个标记点即可实现操作人员的手臂动作的标记。具体地,在操作员的肩部设置标记点P1,在肘部设置标记点P2,在腕部设置标记点P3,在手背的左右两侧设置标记点P4和标记点P5。

[0064] 其中,通过P1、P2、P3、P4、P5这五个标记点来解算肩关节、肘关节、腕关节的关节电

机的关节角度的可选方法如下:通过P1、P2、P3的相对位置可以计算得到肘关节的夹角 θ_3 ,利用该夹角可解算得到肘关节电机的关节角度;通过P2至P1点得出相对坐标系的向量,利用该向量可解算得到肩关节的两个关节电机的关节角度;P3、P4和P5这三点共面,利用该面相对P2-P3连线的位置可解算得到腕关节三个关节电机的关节角度。以上各关节电机的关节角度的增量可转换成各关节电机的控制代码。

[0065] 在三维捕捉系统后台会自动处理分析该标记点的运动并形成固定动作轨迹,单项动作重复记录数次,避免单次操作带来的误差。

[0066] 由于标记点放置的位置在关节处,记录的信息主要是关节转动角度,避免不同操作员臂长不一致造成的影响。

[0067] 在示教不同作业任务后,将各自的轨迹点云转换成控制机械臂关节角度的控制代码,建立一套完整的针对带电作业机器人的动作轨迹库。

[0068] 如图6所示,作业工具库3与带电作业机器人5配合使用,在动作轨迹库建成后,可能与机器人实际操作还存在一些误差。

[0069] 这时需要带电作业机器人5在线下模拟运行轨迹库中作业任务,用三维捕捉系统的三维捕捉相机1捕捉机器人5的标记点的动作轨迹,若运行某项任务轨迹未达到理想状态,则可微调轨迹点云,从而更新优化原有轨迹。

[0070] 如图7所示,整个基本动作轨迹库建立的流程示意图。标准动作库中可以不断加入新的动作轨迹,机器人线下模拟为动作轨迹库建立反馈机制。保证最终轨迹的准确性和可靠性。

[0071] 如图8所示,带电作业机器人在实际室内进行带电作业实验时,立柱直接安装在实验室的桌面上,在机器人的背侧有双遥操作装置,在一旁设置有监视器,在机器人的前侧设有模拟带电检修作业的横杆,在机器人的机器手臂的下方设有工具库,在横杆的外侧外围置放多个监视相机,监视画面呈现在监视器上。通过该实验装置可模拟机器人在带电检修作业时的遥操作。

[0072] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

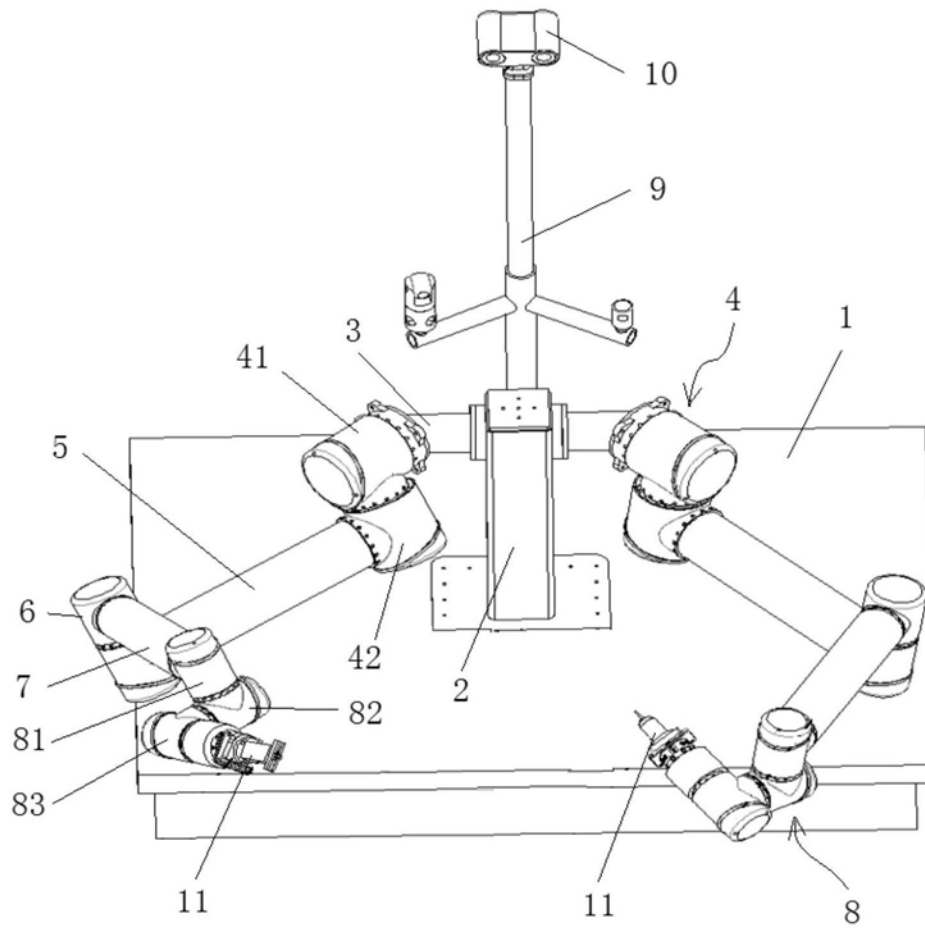


图1

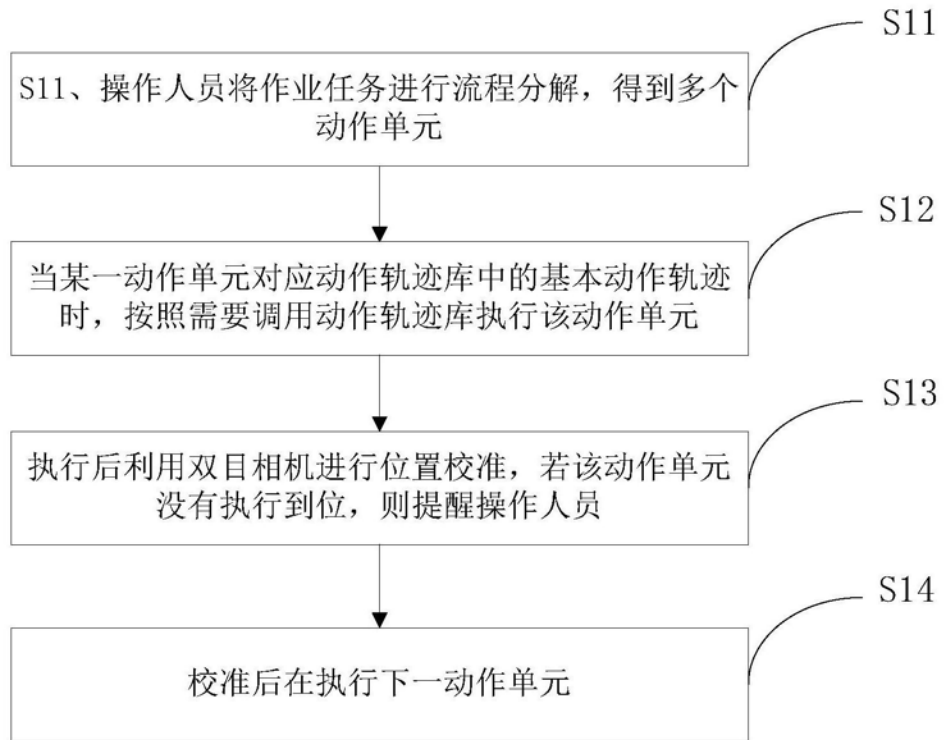


图2

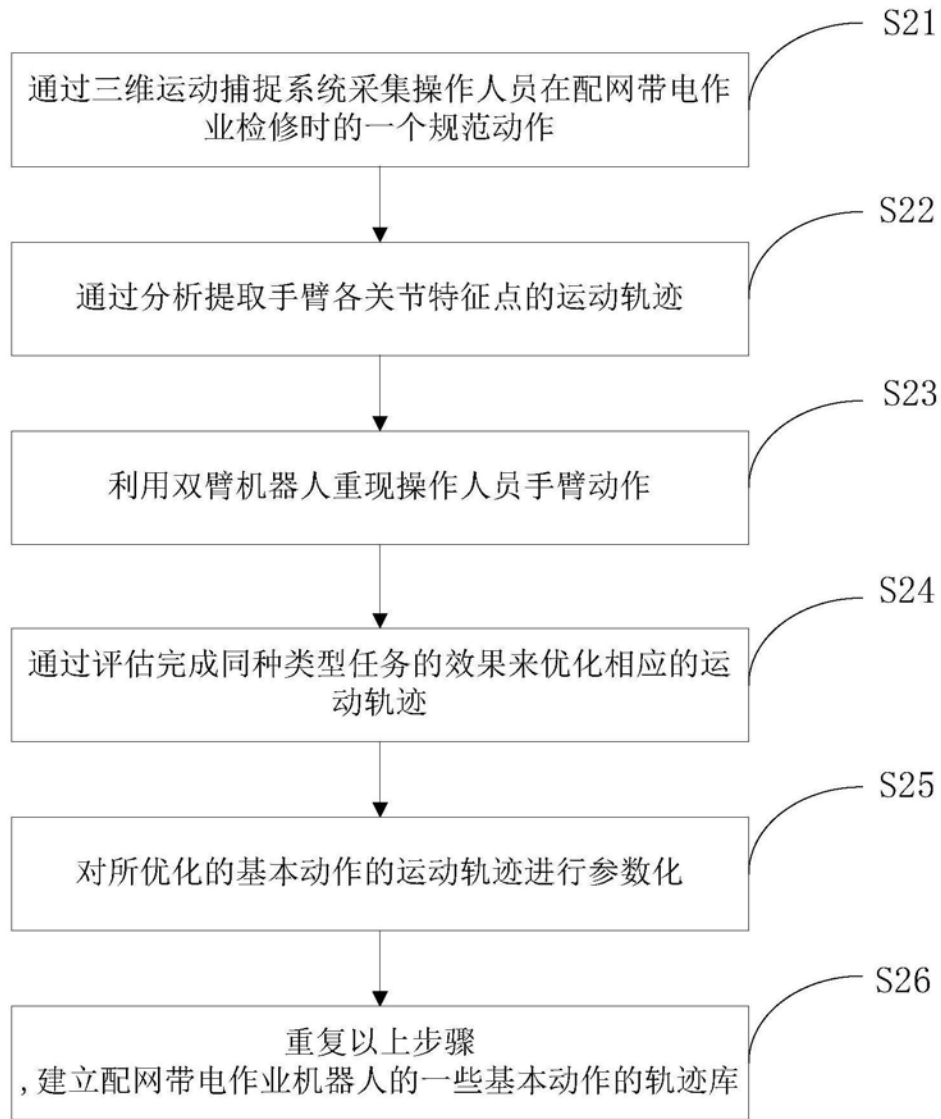


图3

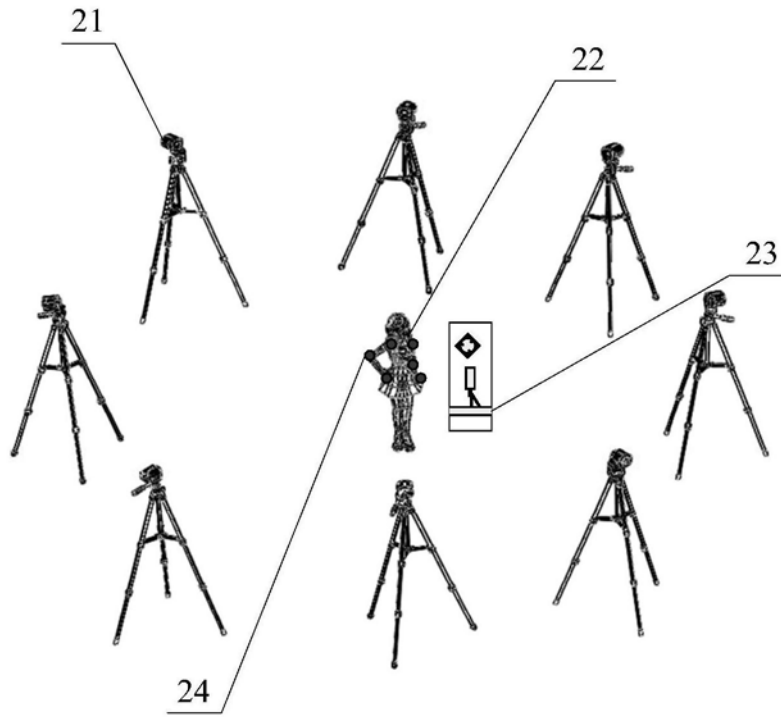


图4

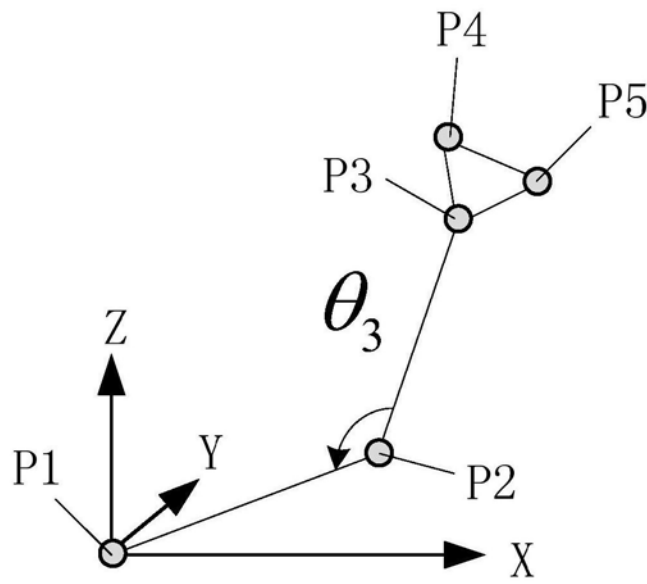


图5

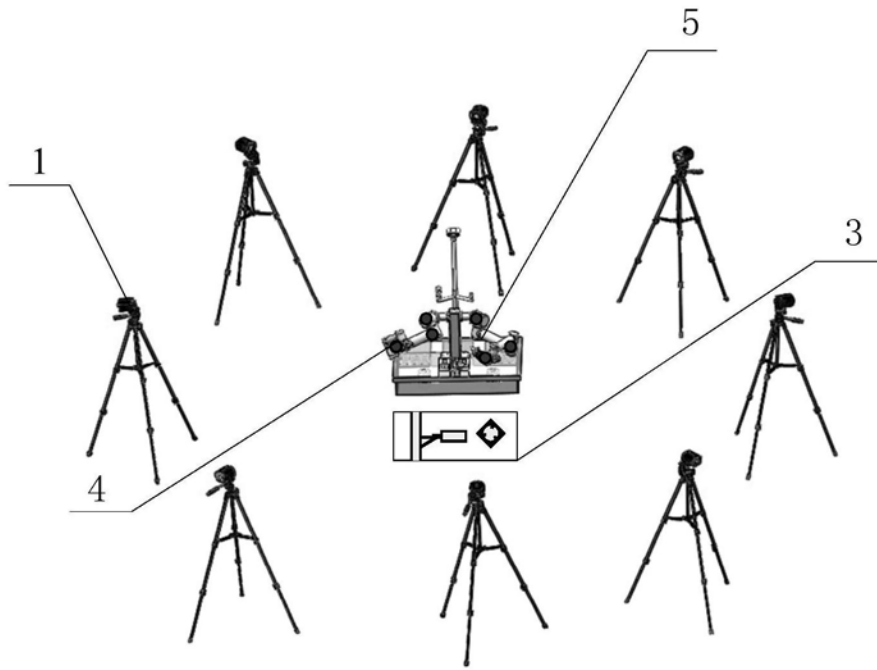


图6

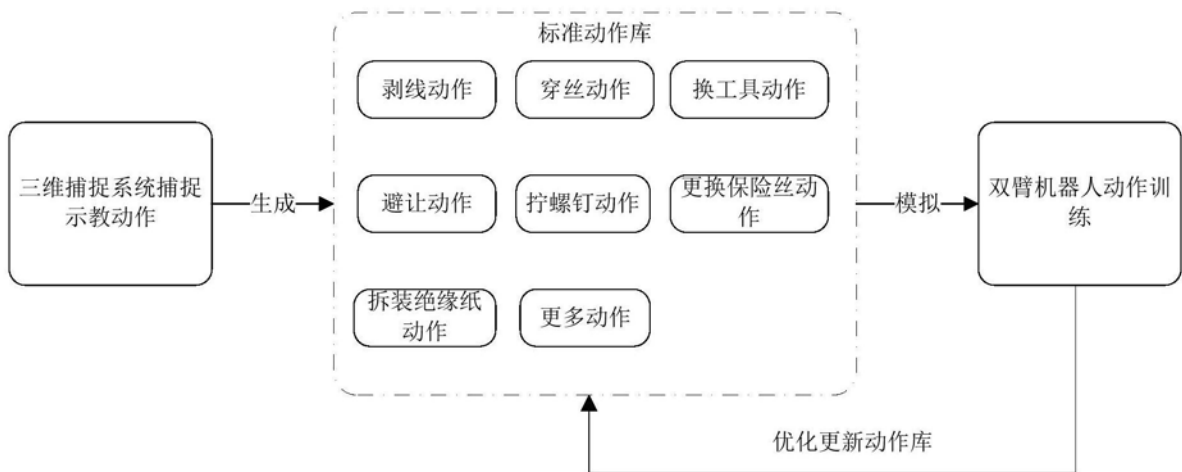


图7

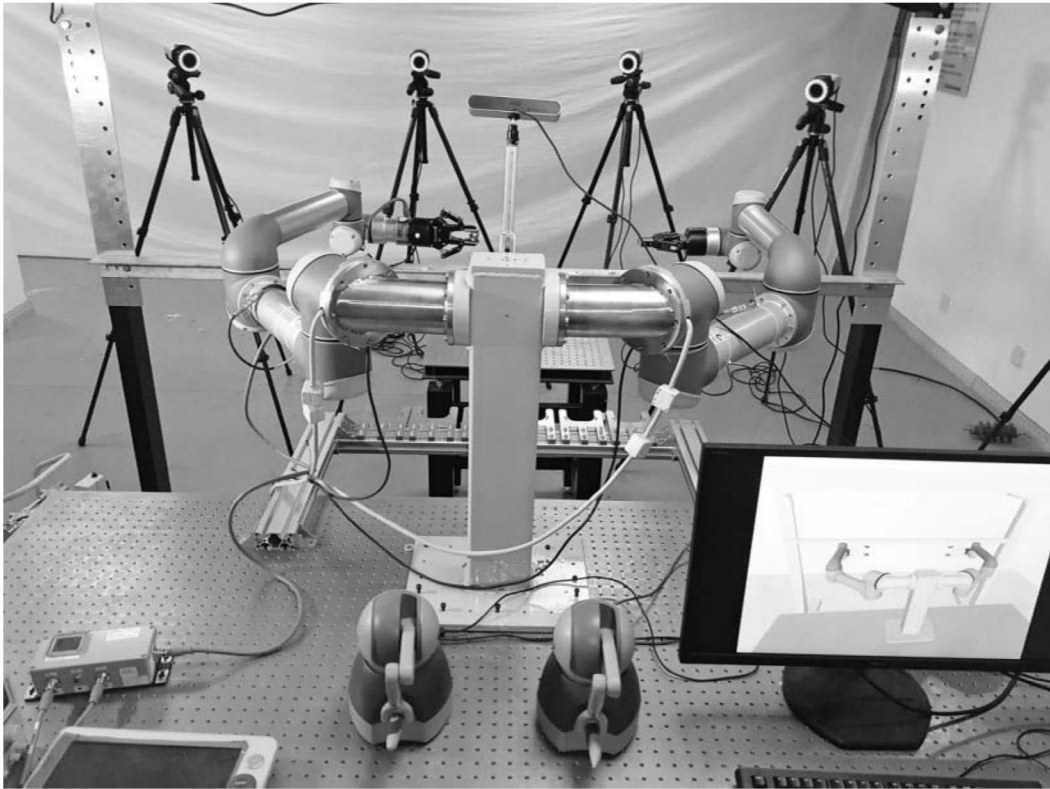


图8