



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115097300 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 23

(21) 申请号 202210629618.9

G01D 5/24 (2006.01)

(22) 申请日 2022.06.02

H02K 15/00 (2006.01)

(71) 申请人 核电运行研究(上海)有限公司

H02K 15/02 (2006.01)

地址 200000 上海市浦东新区自由贸易试  
验区世博馆路50号6楼

B25J 11/00 (2006.01)

(72) 发明人 詹阳烈 王军 马文博 张福海  
昌正科 房静 曹锋 李东  
马红星 谢永庆 田昆鹏 黄旭  
张新民 陈永斌

(74) 专利代理机构 核工业专利中心 11007  
专利代理师 孙成林

(51) Int. Cl.

G01R 31/34 (2006.01)

G01R 31/12 (2006.01)

G01M 13/00 (2019.01)

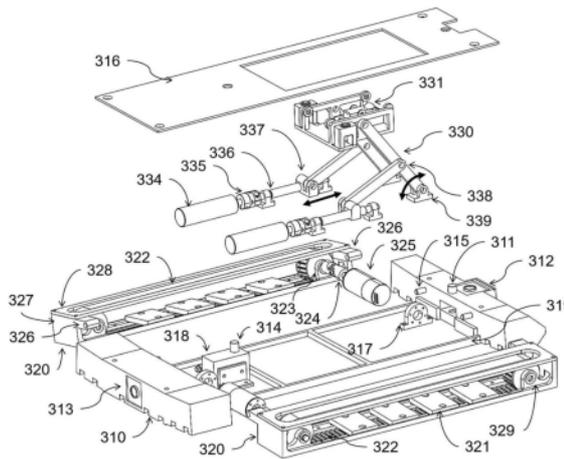
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人及方法

(57) 摘要

本发明属于检测机器人领域,具体涉及一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测的机器人及方法。包括机器人本体,驱动模块和传感器升降模块,所述的机器人本体两侧各设有一个驱动模块,机器人本体上搭载传感器升降模块。本发明的有益效果在于:实现了大型发电机组大修时,无需抽转子操作即可对定子、转子进行全面检测,避免了频繁抽穿转子带来的经济损失和事故风险。使用一种机器人即能够覆盖现有主流发电机类型,即定子带隔风环和不带隔风环两种类型。驱动模块具有旋转自适应结构,与机器人本体的平面夹角范围可为0~20°,使得机器人能够爬行在不同外径尺寸的转子上。



1.通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:包括机器人本体,驱动模块和传感器升降模块,所述的机器人本体两侧各设有一个驱动模块,机器人本体上搭载传感器升降模块。

2.如权利要求1所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的基座包括前梁和后梁、上盖板,以及分别与前梁和后梁连接的底板,上盖板覆盖在前梁和后梁上,所述的前梁上设有摄像头组,所述的后梁上设有摄像头模块。

3.如权利要求1所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的驱动模块共两个,每个驱动模块均包括支撑结构,所述的支撑结构包括框架和盖板,盖板设在框架上,框架的两个端部的外侧上分别加工有旋转孔,框架的两个端部的内侧设置有带轮支撑座,两端的带轮支撑座上分别固定有带轮,两个带轮之间通过带动齿型履带啮合运转。

4.如权利要求3所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的框架的底部和上盖板上分别开有长槽,履带穿过框架的底部的长槽并从框架底部突出。

5.如权利要求3所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的框架底部的上侧设有永磁吸附体。

6.如权利要求3所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的两个带轮,其中一个连接驱动减速电机起到驱动作用,驱动减速电机通过电机安装座固定在机器人本体的基座上。

7.如权利要求1所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的传感器升降模块包括两套支架驱动机构和连杆支架,所述的支架驱动机构连接连杆支架。

8.如权利要求7所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的连杆支架包括连杆与摇杆,连杆与摇杆的中间铰接。

9.如权利要求7所述的支架驱动机构,其特征在于:所述的支架驱动机构包括驱动螺母、驱动螺杆和用于支架驱动的减速电机,所述的驱动电机通过联轴器与驱动螺杆相连,驱动螺杆上啮合有驱动螺母,连杆的一端与驱动螺母连接,驱动电机带动螺杆转动时,驱动螺母沿螺杆进行直线运动,带动连杆转动,连杆与摇杆的中间铰接并构成连杆支架,连杆带动摇杆转动,摇杆的一端通过支架安装座固定在机器人本体的基座上,螺杆的两端也通过支架安装座固定在机器人本体的基座上。

10.如权利要求7所述的支架驱动机构另一实现形式,其特征在于:所述的支架驱动机构包括伸缩气缸,直线导轨和导轨滑块,伸缩气缸连接直线导轨,直线导轨上安装导轨滑块,导轨滑块与连杆连接。

11.如权利要求8所述的通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,其特征在于:所述的摇杆上安装有传感器基座,传感器基座中间位置装有槽楔松紧度传感器,传感器基座为板状结构,其上部的两侧分别为倒“山”字型结构,两个倒“山”字型结构上分别安装有两个间距保持滚轮,其上的两侧传感器基座的左侧装有第一ELCID感应器支架,右侧装有第二ELCID感应器支架,第一ELCID感应器支架和第二ELCID感应器支架上分别安装有ELCID感应器。

12.通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,其特征在于:包括通过模式和检

测模式。

13. 如权利要求12所述的通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,其特征在于:所述的检测模式为控制器输出“上升高电压”值给支架驱动减速电机,并接受电机反馈的实际驱动电流值,传感器升降模块在上升过程中,电机输出恒定的大转矩,其反馈电流值近似平稳,当传感器基座上的间距保持滚轮接触并压紧发电机定子内环面时,外部阻力变大,驱动电机上的反馈电流会迅速增大,控制器检测到反馈电流陡升后立即将输出的控制电压切换为“保持低电压”值,减小支架驱动电机的输出转矩,维持传感器基座和滚轮贴紧定子内环面,机器人结构进入“检测模式”。

14. 如权利要求12所述的通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,其特征在于:所述的通过模式为控制器输出“反向控制电压”值给支架驱动减速电机,并接受电机反馈的实际驱动电流值,在传感器升降模块下降过程中,驱动电机反向转动,驱动螺母和传感器基座都反向运动,到最低点的机械阻挡位置后,外部阻力变大,驱动电机上的反馈电流同样会迅速增大,控制器检测到反馈电流陡升后立即将输出的控制电压降为0,机器人结构转换为“通过模式”。

15. 通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:机器人处于“通过模式”状态,送入发电机气隙,然后上电;

步骤2:当前方隔风环感应器无信号时,机器人自动转换结构到“检测模式”;

步骤3:控制器输出控制电压给带轮驱动电机,机器人向行驶,同时收集传感器信号,对发电机状态进行检测,并将检测数据传送到上位机系统中;

机器人行进过程中,控制器始终在接受带轮驱动电机的编码器位置信号,以确定自身行走距离和在发电机环腔中的具体位置,在机器人行程小于发电机定子-转子环腔的全长度时,继续执行步骤4;

在机器人行程等于发电机定子-转子环腔的全长度时,即该条槽楔检查结束,跳转到步骤7;

步骤4:机器人行驶到接近定子隔风环时,前方隔风环感应器信号激活,带轮电机控制电压为0,机器人停止前进,自动转换结构到“通过模式”;

步骤5:控制器输出控制电压给带轮驱动电机,机器人继续向行驶。到前方隔风环感应器信号消失,后方隔风环感应器信号激活时,代表机器人已经通过定子隔风环,机器人停止前进,自动转换结构到“检测模式”;

步骤6:机器人回到步骤3,循环执行;

步骤7:一条槽楔检查结束后,机器人转换到“通过模式”,将机器人移动到下一条槽楔,开始下一条槽楔的检查工作,直至发电机所有槽楔检查完毕。

## 通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于检测机器人领域,具体涉及一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测的机器人及方法。

### 背景技术

[0002] 对大型汽轮发电机组,运行中的发电机承受着严酷的工作条件,不可避免的对发电机结构造成劣化和损伤;尤其是作为主要发电部件的定子、转子部分。为了防止发电机主体结构损伤带来的严重后果,必须定期对其内部关键部件进行全面检查。常规做法是将转子从发电机定子膛内抽出来,进行定子槽楔松紧度检查、定子绝缘测试和定子/转子表面状态检查。但抽、穿发电机转子需较长的发电机停机检修时间,影响汽轮发电机组的经济性。而且大型发电机的转子重达数十吨,抽、穿转子操作具有极大的安全风险,可能在抽出和回穿过程中造成设备和人员损伤。发电机免抽转子气隙内状态检测自动装置,能够在不抽转子情况下,进入定/转子间的气隙(环形腔室)内,完成发电机定子和转子的状态检测工作,减小发电机停机检修时间和抽、穿穿转子风险。由于冷却方式的不同,汽轮发电机一般分为定子带隔风环、定子不带隔风环两类。常规的发电机腔内检测装置,只能爬行在不带隔风环的定子内表面上工作,无法对带定子隔风环的发电机进行检测(如图1所示)。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人,能够在不抽转子的状态下进入发电机转子/定子构成的定转子气隙(环形腔室)内,进行定子槽楔松紧度检查、定子绝缘测试和定子/转子表面缺陷检查,有效缩短发电机停机检修时间,降低发电机抽转子检修风险。

[0004] 本发明的技术方案如下:通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,包括机器人本体,驱动模块和传感器升降模块,所述的机器人本体两侧各设有一个驱动模块,机器人本体上搭载传感器升降模块。

[0005] 所述的基座包括前梁和后梁、上盖板,以及分别与前梁和后梁连接的底板,上盖板覆盖在前梁和后梁上,所述的前梁上设有摄像头组,所述的后梁上设有摄像头模块。

[0006] 所述的驱动模块共两个,每个驱动模块均包括支撑结构,所述的支撑结构包括框架和盖板,盖板设在框架上,框架的两个端部的外侧上分别加工有旋转孔,框架的两个端部的内侧设置有带轮支撑座,两端的带轮支撑座上分别固定有带轮,两个带轮之间通过带动齿型履带啮合运转。

[0007] 所述的框架的底部和上盖板上分别开有长槽,履带穿过框架的底部的长槽并从框架底部突出。

[0008] 所述的框架底部的上侧设有永磁吸附体。

[0009] 所述的两个带轮,其中一个连接驱动减速电机起到驱动作用,驱动减速电机通过电机安装座固定在机器人本体的基座上。

[0010] 所述的传感器升降模块包括两套支架驱动机构和连杆支架,所述的支架驱动机构连接连杆支架。

[0011] 所述的连杆支架包括连杆与摇杆,连杆与摇杆的中间铰接。

[0012] 所述的支架驱动机构包括驱动螺母、驱动螺杆和用于支架驱动的减速电机,所述的驱动电机通过联轴器与驱动螺杆相连,驱动螺杆上啮合有驱动螺母,连杆的一端与驱动螺母连接,驱动电机带动螺杆转动时,驱动螺母沿螺杆进行直线运动,带动连杆转动,连杆与摇杆的中间铰接并构成连杆支架,连杆带动摇杆转动,摇杆的一端通过支架安装座固定在机器人本体的基座上,螺杆的两端也通过支架安装座固定在机器人本体的基座上。

[0013] 所述的支架驱动机构包括伸缩气缸,直线导轨和导轨滑块,伸缩气缸连接直线导轨,直线导轨上安装导轨滑块,导轨滑块与连杆连接。

[0014] 所述的摇杆上安装有传感器基座,传感器基座中间位置装有槽楔松紧度传感器,传感器基座为板状结构,其上部的两侧分别为倒“山”字型结构,两个倒“山”字型结构上分别安装有两个间距保持滚轮,其上的两侧传感器基座的左侧装有第一ELCID感应器支架,右侧装有第二ELCID感应器支架,第一ELCID感应器支架和第二ELCID感应器支架上分别安装有ELCID感应器。

[0015] 通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,包括通过模式和检测模式。

[0016] 所述的检测模式为控制器输出“上升高电压”值给支架驱动减速电机,并接受电机反馈的实际驱动电流值,传感器升降模块在上升过程中,电机输出恒定的大转矩,其反馈电流值近似平稳,当传感器基座上的间距保持滚轮接触并压紧发电机定子内环面时,外部阻力变大,驱动电机上的反馈电流会迅速增大,控制器检测到反馈电流陡升后立即将输出的控制电压切换为“保持低电压”值,减小支架驱动电机的输出转矩,维持传感器基座和滚轮贴紧定子内环面,机器人结构进入“检测模式”。

[0017] 所述的通过模式为控制器输出“反向控制电压”值给支架驱动减速电机,并接受电机反馈的实际驱动电流值,在传感器升降模块下降过程中,驱动电机反向转动,驱动螺母和传感器基座都反向运动,到最低点的机械阻挡位置后,外部阻力变大,驱动电机上的反馈电流同样会迅速增大,控制器检测到反馈电流陡升后立即将输出的控制电压降为0,机器人结构转换为“通过模式”。

[0018] 通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,包括如下步骤:

[0019] 步骤1:机器人处于“通过模式”状态,送入发电机气隙,然后上电;

[0020] 步骤2:当前方隔风环感应器无信号时,机器人自动转换结构到“检测模式”;

[0021] 步骤3:控制器输出控制电压给带轮驱动电机,机器人向前行驶,同时收集传感器信号,对发电机状态进行检测,并将检测数据传送到上位机系统中;

[0022] 机器人行进过程中,控制器始终在接受带轮驱动电机的编码器位置信号,以确定自身行走距离和在发电机环腔中的具体位置,在机器人行程小于发电机定子-转子环腔的全长度时,继续执行步骤4;

[0023] 在机器人行程等于发电机定子-转子环腔的全长度时,即该条槽楔检查结束,跳转到步骤7;

[0024] 步骤4:机器人行驶到接近定子隔风环时,前方隔风环感应器信号激活,带轮电机控制电压为0,机器人停止前进,自动转换结构到“通过模式”;

[0025] 步骤5:控制器输出控制电压给带轮驱动电机,机器人继续向前行驶。到前方隔风环感应器信号消失,后方隔风环感应器信号激活时,代表机器人已经通过定子隔风环,机器人停止前进,自动转换结构到“检测模式”;

[0026] 步骤6:机器人回到步骤3,循环执行;

[0027] 步骤7:一条槽楔检查结束后,机器人转换到“通过模式”,将机器人移动到下一条槽楔,开始下一条槽楔的检查工作,直至发电机所有槽楔检查完毕。

[0028] 本发明的有益效果在于:

[0029] 1) 本发明实现了大型发电机组大修时,无需抽转子操作即可对定子、转子进行全面检测,避免了频繁抽穿转子带来的经济损失和事故风险。

[0030] 2) 本发明使用一种机器人即能够覆盖现有主流发电机类型,即定子带隔风环和不带隔风环两种类型。

[0031] 3) 本发明的驱动模块具有旋转自适应结构,与机器人本体的平面夹角范围可为 $0\sim 20^{\circ}$ ,使得机器人能够爬行在不同外径尺寸的转子上。

[0032] 4) 本发明能够适应不同高度的发电机定子-转子环腔间隙,最小35mm,最大可达110mm。

[0033] 5) 本发明能够调整左、右两个ELCID感应器的间距,适应不同定子槽楔宽度的定子绝缘性能测试需求,可调间距范围为 $80\sim 120\text{mm}$ 。

## 附图说明

[0034] 图1为常规的仅爬行在平坦定子膛内的发电机腔内检测装置示意图;

[0035] 图2为“检测模式”下的通用型发电机不抽转子检测机器人示意图;

[0036] 图3为“通过模式”下的通用型发电机不抽转子检测机器人示意图;

[0037] 图4为发电机环腔内的机器人后视图;

[0038] 图5为本发明所提供的一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人主体结构图;

[0039] 图6为本发明所提供的一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人爆炸图;

[0040] 图7为传感器升降模块结构图;

[0041] 图8为本发明所提供的一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人控制和检测系统架构图;

[0042] 图9为本发明所提供的一种通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测机器人控制程序流程图。

[0043] 图中:111不带隔风环的发电机定子,112定子-转子环腔间隙,113发电机转子,114常规定子爬行检测装置,211带隔风环的发电机定子,212定子-转子环腔最小间隙,213发电机转子,214检测机器人,215定子上的隔风环,216定子-转子环腔最大间隙,217定子槽楔,218定子硅钢片,219转子铁芯,310机器人本体结构,311前方隔风环感应器,312摄像头组,313后方摄像头,314后方隔风环感应器,315摆动转轴,316上盖板,317驱动模块电机安装座,318嵌入式控制器,319侧面支撑挡板,320机器人驱动模块,321永磁吸附体,322履带,323驱动轮组件,324万向节,325带轮驱动减速电机,326驱动模块旋转孔,327框架,328上盖

板,329带轮支撑座,330传感器升降模块,331槽楔松紧度传感器,332第一ELCID感应器支架,333第二ELCID感应器支架,334减速电机,335联轴器,336驱动螺杆,337驱动螺母,338连杆支架,339支架安装座,412间距保持滚轮,413ELCID感应器,414基板腰型孔,415摇杆,416连杆。

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0045] 本发明公开了一种通用型发电机免抽转子气隙内状态检测机器人,适用于现有的两类发电机,特别是常规装置无法检测的带定子隔风环的发电机(如图2所示)。

[0046] 如图5和6所示,一种通用型发电机免抽转子腔内状态检测机器人,包括机器人本体310,驱动模块320和传感器升降模块330。所述的机器人本体310两侧各有一个驱动模块320,机器人本体310上搭载用于定子检测的传感器升降模块330。

[0047] 如图5所示,机器人本体310的主体为一体加工成型基座,所述的基座包括前梁和后梁、上盖板316,以及分别与前梁和后梁连接的底板,上盖板316覆盖在前梁和后梁上。基座的前梁安装有摄像头组312,所述的摄像头组312包含位于前方、上方、下方3个摄像头模块;基座的后梁上安装有摄像头模块313;基座上共有4个摄像头模块,其中每个摄像头模块均含可变焦镜头和照明LED灯,为一体式结构模块,其中摄像头模块和照明也可以分离为两个元件。机器人本体310前梁上的摄像头组312具有3个摄像头,分别可以实现机器人前方发电机内腔大范围状态观察、下方转子槽楔的通风孔检查、上方定子槽楔检查;机器人本体310后梁上的摄像头模块313能够实现机器人后方发电机内腔大范围状态观察。

[0048] 机器人本体310上位于传感器升降模块330的前后位置上还分别设置有前方隔风环感应器311和后方隔风环感应器314,隔风环感应器用于机器人在发电机定/转子气隙环腔中行走时探测定子隔风环的位置,所述的前方隔风环感应器311和后方隔风环感应器314均为电容式接近开关,一旦感应到垂直于机器人上表面的近距离金属结构即发出开关量信号;该感应器也可以采用电感式、磁式、光电式接近开关或测距仪。机器人本体310左右两侧各有2根摆动转轴315,与左右两侧的驱动模块320上的旋转孔326配合,使得驱动模块320可以相对于本体310自由偏转一个角度;由于本体侧面挡板319的支撑作用,驱动模块320的最大偏转角度为 $20^{\circ}$ 。当机器人爬行在不同直径尺寸的发电机转子上时,驱动模块320在吸附力的作用下自适应偏转一个较小角度,以保证模块底面与转子相切接触。

[0049] 基座四角上对称安装四个联结转轴,左右两侧各2个联结转轴分别将左/右驱动模块安装到机器人本体310上,驱动模块可以绕转轴在 $0\sim 20^{\circ}$ 范围内调整与本体的平面夹角,以自适应不同尺寸的发电机转子。

[0050] 如图6所示,所述的驱动模块320共两个,每个驱动模块320均包括支撑结构,所述的支撑结构包括开放式的方形框架327和盖板328,盖板328固定在框架327上,框架327的两个端部的外侧上分别加工有旋转孔326,框架327的两个端部的内侧设置有带轮支撑座329。两端的带轮支撑座329上分别固定有带轮323,两个带轮323之间通过带动齿型履带322啮合运转,框架327的底部和上盖板328上分别开有长槽,履带322穿过框架327的底部的长槽并从框架327底部突出,与发电机转子直接接触(如图4所示)。永磁吸附体321通过螺钉固定在框架327底部的上侧,本实施例中的永磁吸附体321为四个,磁力透过履带将机器人整体吸

附在发电机转子上,磁吸附力大小保证整个机器人倒悬在转子底面,仍不会脱落,可通过永磁吸附体321的数量来调整磁力。每个驱动模块上的两个带轮323,只有一个连接驱动减速电机325起到驱动作用,另一个带轮为从动惰轮,本实施例中的驱动轮为设置在后梁附近的带轮,带轮驱动减速电机325通过电机安装座固定在机器人本体310的基座上。驱动电机325的输出轴和带轮323的输入轴通过万向节324连接,以适应驱动模块320和机器人本体310之间的偏转角。

[0051] 如图6和7所示,用于定子检测的传感器升降模块330包括两套支架驱动机构和连杆支架338。所述的支架驱动机构连接连杆支架338。所述的支架驱动机构包括驱动螺母337、驱动螺杆336和用于支架驱动的减速电机334。所述的驱动电机334通过联轴器335与驱动螺杆336相连,驱动螺杆336上啮合有驱动螺母337,连杆416的一端与驱动螺母337连接,驱动电机334带动螺杆336转动时,驱动螺母337沿螺杆336进行直线运动,带动连杆416转动,连杆416与摇杆415的中间铰接并构成连杆支架338,连杆416带动摇杆415转动,摇杆415的一端通过支架安装座339固定在机器人本体310的基座上,螺杆336的两端也通过支架安装座339固定在机器人本体310的基座上,所述的支架驱动机构也可以采用伸缩气缸来代替电机334,直线导轨代替螺杆336,导轨滑块来代替驱动螺母337,伸缩气缸连接直线导轨,直线导轨上安装导轨滑块,导轨滑块与连杆416连接。

[0052] 摇杆415上安装有传感器基座411,随摇杆415的转动而上升或下降。传感器基座411中间位置装有槽楔松紧度传感器331,对发电机定子槽楔进行敲击并探测和分析敲击声音,判断定子槽楔的松紧程度。传感器基座411为板状结构,其上部的两侧分别为倒“山”字型结构,两个倒“山”字型结构上分别安装有两个间距保持滚轮412,其上的两侧传感器基座411的左侧装有第一ELCID感应器支架332,右侧装有第二ELCID感应器支架333。第一ELCID感应器支架332和第二ELCID感应器支架333上分别安装有ELCID感应器413,ELCID感应器413的端面必须尽可能接近定子槽楔两侧的硅钢片,为了避免磨损又不能紧贴,感应器端面和定子硅钢片表面的距离必须严格控制在1mm左右;槽楔松紧度传感器331的敲击力度,也与传感器和定子槽楔表面的距离相关。机器人送入发电机环腔工作前,分别调节好槽楔松紧度传感器331、ELCID感应器413的顶端面与传感器基座上的间距保持滚轮412顶点的高度差。当传感器基座411上升到顶部时,间距保持滚轮412与发电机定子内环面接触。此时槽楔松紧度传感器和ELCID感应器端面与定子内环面的距离,正好处于最佳工作间距,并在整个检测过程中保持不变。在机器人处于“检测模式”时,间距保持滚轮412顶点与定子内表面紧密接触,从而控制住了槽楔松紧度传感器331、ELCID感应器413的顶端面和定子内环面的距离(如图4所示)。在传感器基座411的左右两侧还开有基板腰型孔414,可以通过在基板腰型孔414上的安装位来调整左右两侧的第一ELCID感应器支架332和第二ELCID感应器支架333的间距(如图7所示),以此来适应不同的定子槽楔宽度,并保证ELCID感应器正对定子槽楔两边的硅钢片中心(如图4所示)。

[0053] 减速电机带动螺杆旋转,驱使螺母直线运动和连杆机构旋转,使传感器基座上升或下降;升降高度范围为基座顶面到机器人底面35~110mm,以适应不同定转子气隙(环腔)尺寸的发电机组。

[0054] 如图6所示,机器人的嵌入式控制器318安装在机器人本体310的基座上,整个机器人的控制和检测系统架构见图8。控制器318向支架驱动减速电机334、带轮驱动减速电机

325、槽楔松紧度传感器331上的锤击机构出发指令信号,并接受前方隔风环感应器311、后方隔风环感应器314、支架电机334的驱动电流反馈信号、带轮电机325的编码器位置反馈信号。同时本机器人系统,还有一个上位机,用于接受并存储机器人上各状态检测传感器的实时数据,包括所有摄像头312、313的图像数据、槽楔松紧度传感器331返回的声音信号、ELCID感应器413的电流信号,及机器人控制器的运行数据。工作时,上位机位于发电机环腔外部,通过以太网线与机器人控制器相连。

[0055] 机器人用于定子带隔风环的发电机不抽转子状态检测方法,基于本发明的机器人具备工作模式转换能力。机器人工作模式,根据传感器升降模块处于最低高度、气隙环腔最大高度分为“通过模式”、“检测模式”两类,实现模式转换的过程见流程图9的两个子过程:

[0056] 一、控制器318输出“上升高电压”值给支架驱动减速电机334,并接受电机334反馈的实际驱动电流值。传感器升降模块330在上升过程中,电机334输出恒定的大转矩,其反馈电流值近似平稳。当传感器基座411上的间距保持滚轮412接触并压紧发电机定子内环面时,外部阻力变大,驱动电机334上的反馈电流会迅速增大,控制器318检测到反馈电流陡升后立即将输出的控制电压切换为“保持低电压”值,减小支架驱动电机334的输出转矩,维持传感器基座411和滚轮412贴紧定子内环面,机器人结构进入“检测模式”。

[0057] 二、控制器318输出“反向控制电压”值给支架驱动减速电机334,并接受电机334反馈的实际驱动电流值。在传感器升降模块330下降过程中,驱动电机334反向转动,驱动螺母337和传感器基座411都反向运动。到最低点的机械阻挡位置后,外部阻力变大,驱动电机334上的反馈电流同样会迅速增大,控制器318检测到反馈电流陡升后立即将输出的控制电压降为0,机器人结构转换为“通过模式”。

[0058] 通用型汽轮发电机免抽转子气隙内状态检测方法,使用本发明所提供的机器人进行发电机免抽转子气隙内状态检测,包括如下步骤:

[0059] 步骤1:机器人处于“通过模式”状态,被手动送入发电机气隙,然后上电;

[0060] 步骤2:当前方隔风环感应器311无信号时,机器人自动转换结构到“检测模式”;

[0061] 步骤3:控制器318输出控制电压给带轮驱动电机325,机器人向前行驶,同时收集各传感器信号,对发电机状态进行检测,并将检测数据传送到上位机系统中。

[0062] 机器人行进过程中,控制器318始终在接受带轮驱动电机325的编码器位置信号,以确定自身行走距离和在发电机环腔中的具体位置。在机器人行程小于发电机定子-转子环腔的全长度时,继续执行步骤4;

[0063] 在机器人行程等于发电机定子-转子环腔的全长度时,即该条槽楔检查结束,跳转到步骤7;

[0064] 步骤4:机器人行驶到接近定子隔风环时,前方隔风环感应器311信号激活,带轮电机控制电压为0,机器人停止前进,自动转换结构到“通过模式”;

[0065] 步骤5:控制器318输出控制电压给带轮驱动电机325,机器人继续向前行驶。到前方隔风环感应器311信号消失,后方隔风环感应器314信号激活时,代表机器人已经通过定子隔风环,机器人停止前进,自动转换结构到“检测模式”;

[0066] 步骤6:机器人回到步骤3,循环执行。

[0067] 步骤7:一条槽楔检查结束后,机器人转换到“通过模式”,由检测人员手动将机器人移动到下一条槽楔,开始下一条槽楔的检查工作,直至发电机所有槽楔检查完毕。

[0068] 对定子不带隔风环的发电机,机器人工作过程中始终处于“检测模式”;仅在机器人进入和退出发电机定子-转子环腔时处于“通过模式”下。

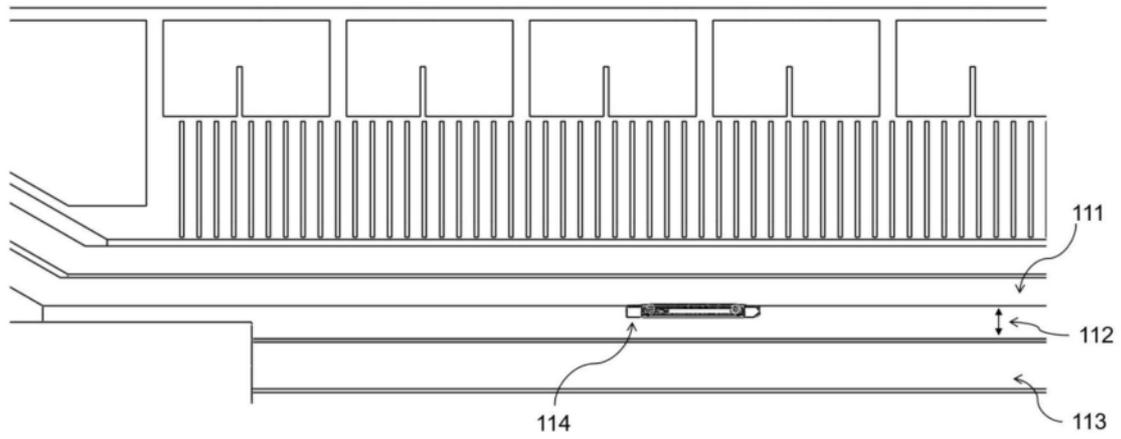


图1

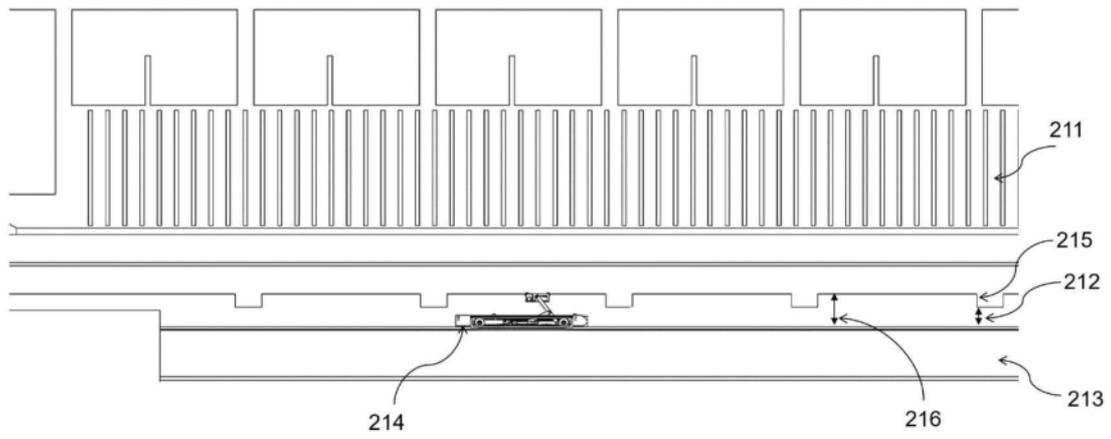


图2

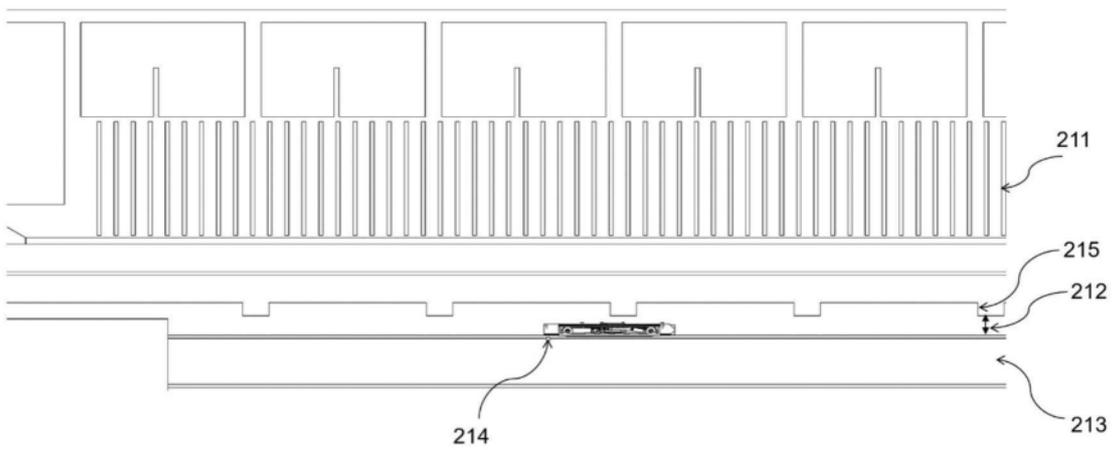


图3

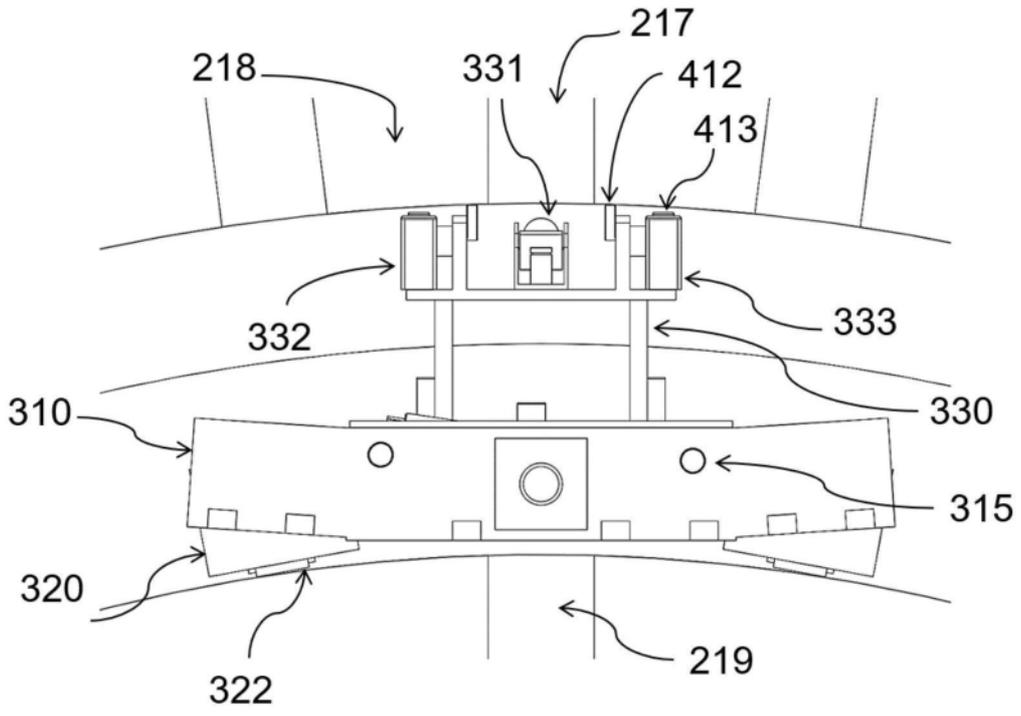


图4

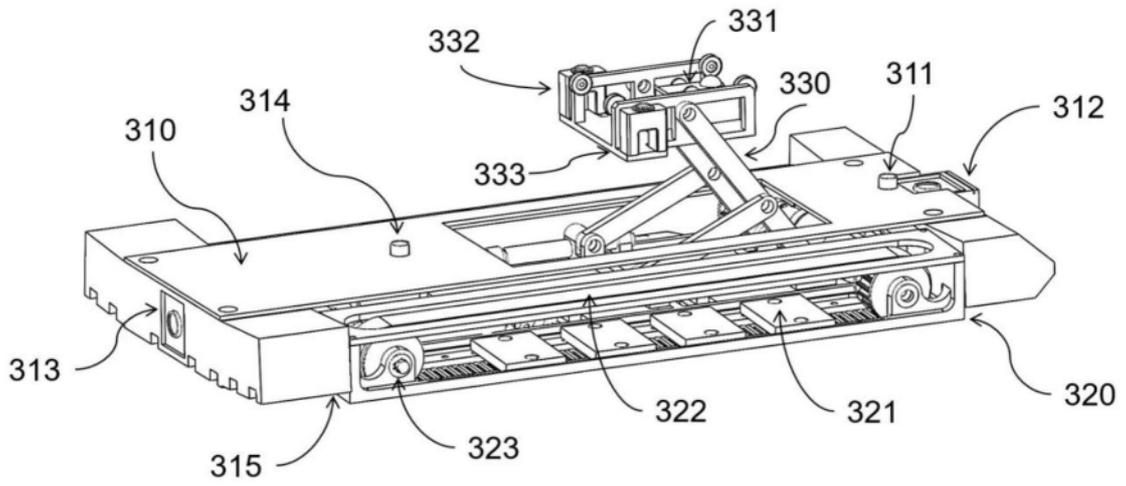


图5

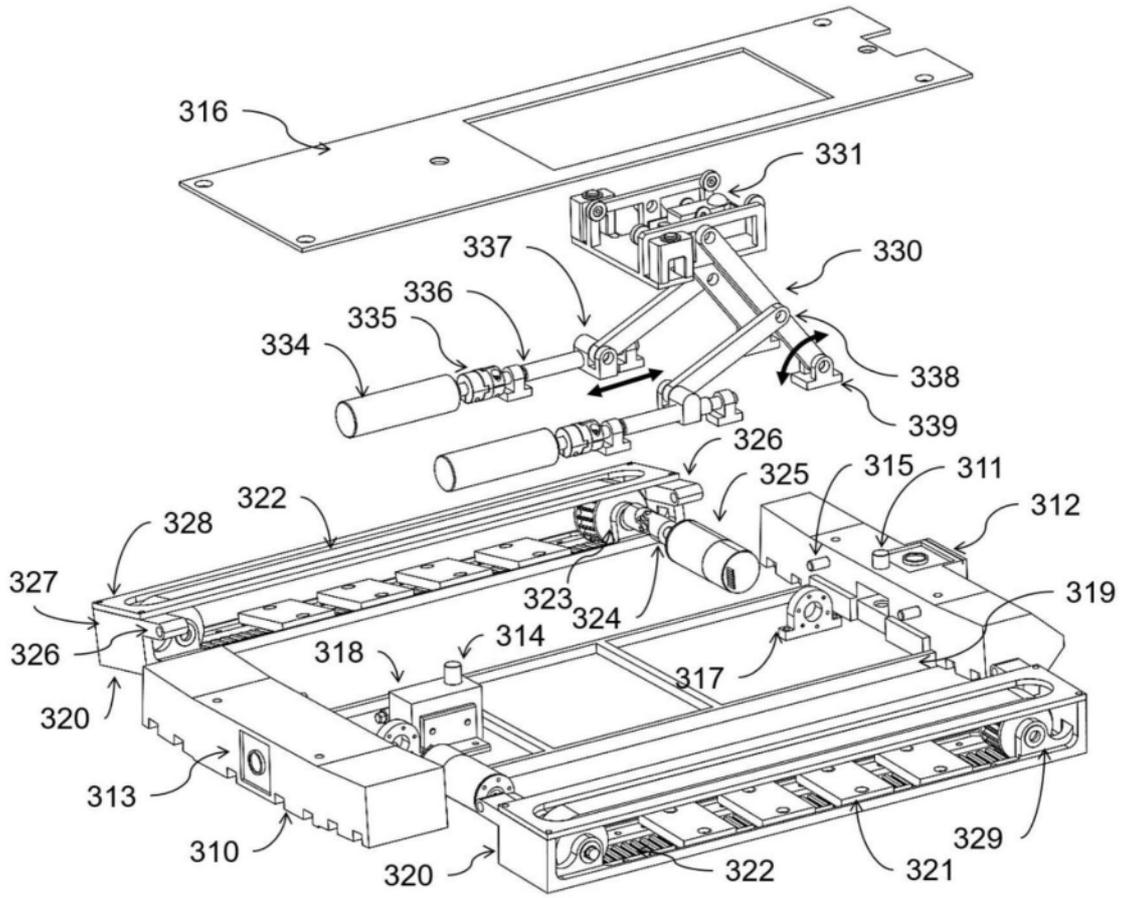


图6

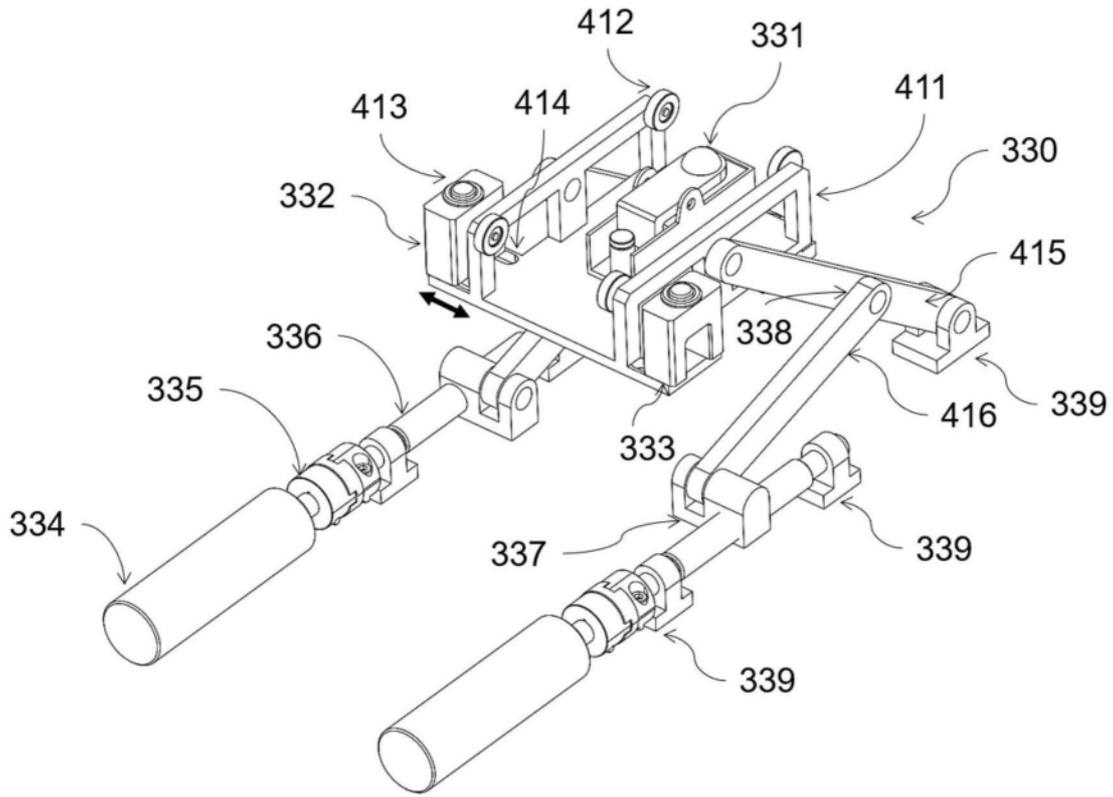


图7

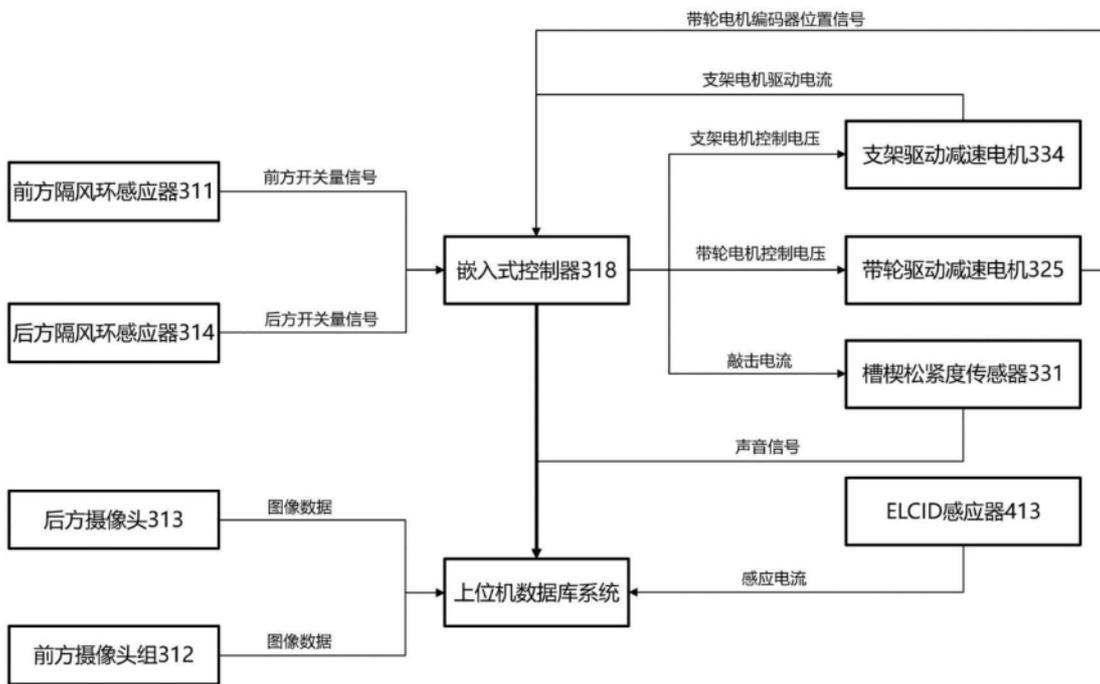
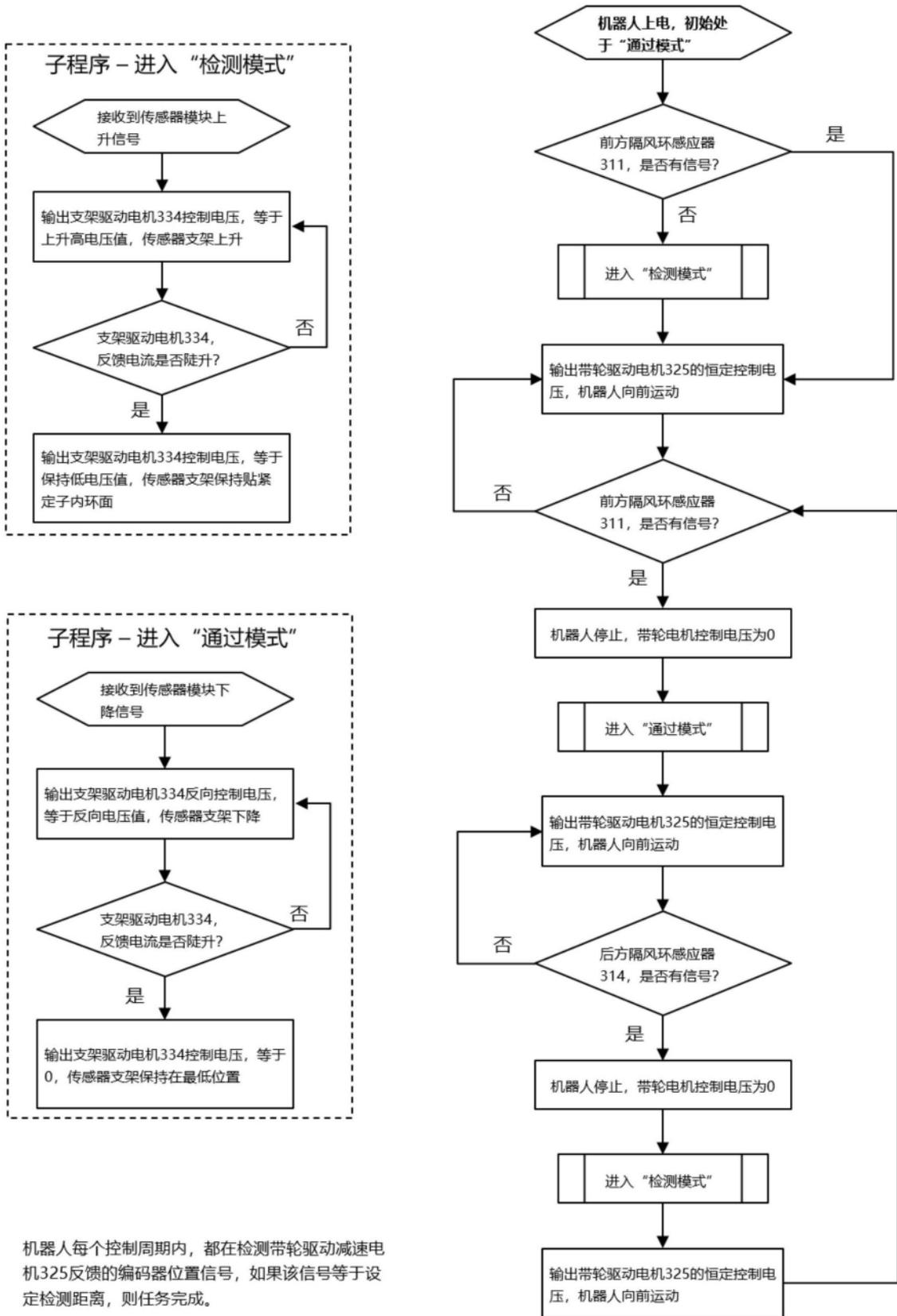


图8



机器人每个控制周期内, 都在检测带轮驱动减速电机325反馈的编码器位置信号, 如果该信号等于设定检测距离, 则任务完成。

图9