



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116867615 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 10

(21) 申请号 202280015780.X

(22) 申请日 2022.02.24

(30) 优先权数据

2021-029889 2021.02.26 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.08.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/007600 2022.02.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/181688 JA 2022.09.01

(71) 申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨县

(72) 发明人 原田邦彦

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

专利代理师 宋融冰

(51) Int.Cl.

B25J 9/10 (2006.01)

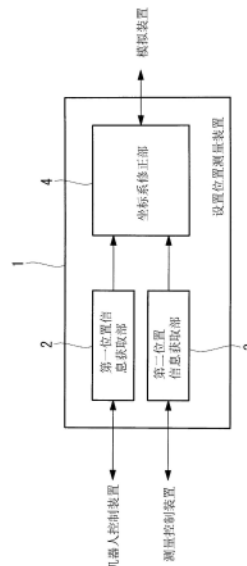
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

## (54) 发明名称

机器人的设置位置测量装置、设置位置测量方法、机器人控制装置、示教系统以及模拟装置

## (57) 摘要

一种机器人的设置位置测量装置(1),具备:第一位置信息获取部(2),其在将机器人定位为任意姿态的状态下,获取第一位置信息,第一位置信息是固定于机器人的前端的凸缘的工具前端的三维的指令位置;第二位置信息获取部(3),其在上述姿态下,利用设置于预定的测量坐标系的三维测量器,获取第二位置信息,第二位置信息是工具前端的三维的现实位置;以及坐标系修正部(4),其修正作为机器人进行动作的基准的机器人坐标系,以使在将机器人定位为多个不同姿态的状态下分别获取到的第一位置信息与第二位置信息的差变小。



1. 一种机器人的设置位置测量装置,其特征在于,具备:

第一位置信息获取部,其在将机器人定位为任意姿态的状态下,获取第一位置信息,所述第一位置信息是固定于所述机器人的前端的凸缘的工具前端的三维的指令位置;

第二位置信息获取部,其在所述姿态下,利用设置于预定的测量坐标系的三维测量器,获取第二位置信息,所述第二位置信息是所述工具前端的三维的现实位置;以及

坐标系修正部,其修正作为所述机器人进行动作的基准的机器人坐标系,以使在将所述机器人定位为多个不同姿态的状态下分别获取到的所述第一位置信息与所述第二位置信息的差变小。

2. 根据权利要求1所述的机器人的设置位置测量装置,其特征在于,

所述坐标系修正部鉴定工具坐标系、以及从所述机器人坐标系的原点观察到的所述测量坐标系中的至少一个,以使所述第一位置信息与所述第二位置信息的所述差变小,并根据所鉴定的所述工具坐标系以及/或者所述测量坐标系修正所述机器人坐标系,所述工具坐标系规定从固定于所述凸缘的凸缘坐标系的原点至所述工具前点为止的位置和朝向。

3. 根据权利要求2所述的机器人的设置位置测量装置,其特征在于,

所述坐标系修正部同时鉴定所述工具坐标系以及所述测量坐标系这二者,以使所述第一位置信息与所述第二位置信息的所述差变小。

4. 根据权利要求3所述的机器人的设置位置测量装置,其特征在于,

所述坐标系修正部判定用于规定所述工具坐标系以及所述测量坐标系的朝向的向量的从属度,并且不进行被判定为从属度高的向量的鉴定。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的机器人的设置位置测量装置,其特征在于,

所述机器人的设置位置测量装置具备工具坐标系输出部,所述工具坐标系输出部在将所述机器人定位为任意姿态的状态下,根据从由所述坐标系修正部修正的所述机器人坐标系观察到的所述凸缘坐标系的原点的指令位置、以及由所述三维测量器获取到的所述工具前端的现实位置,计算并输出所述工具坐标系。

6. 一种机器人控制装置,其特征在于,具备:

权利要求1至5中任一项所述的机器人的设置位置测量装置;

参数存储部,其存储用于根据针对所述机器人的指令值计算所述工具前端的准确位置的多个误差参数;以及

机械误差修正部,其利用该参数存储部中存储的所述误差参数,修正所述机器人的机械误差。

7. 一种机器人的设置位置测量方法,其特征在于,包括:

将机器人定位为两个以上的姿态;

在各所述姿态下,获取第一位置信息,所述第一位置信息是固定于所述机器人的前端的凸缘的工具前端的三维的指令位置;

在各所述姿态下,利用设置于预定的测量坐标系的三维测量器,获取第二位置信息,所述第二位置信息是所述工具前端的三维的现实位置;以及

修正作为所述机器人进行动作的基准的机器人坐标系,以使获取到的所述第一位置信息与所述第二位置信息的差变小。

8. 根据权利要求7所述的机器人的设置位置测量方法,其特征在于,

修正所述机器人坐标系,包括:

鉴定工具坐标系、以及从所述机器人坐标系的原点观察到的所述测量坐标系中的至少一个,以使所述差变小,并根据所鉴定的所述工具坐标系以及/或者所述测量坐标系,修正所述机器人坐标系,所述工具坐标系规定从固定于所述凸缘的凸缘坐标系的原点至所述工具前端点为止的位置和朝向。

9. 根据权利要求8所述的机器人的设置位置测量方法,其特征在于,

修正所述机器人坐标系,包括:

同时鉴定所述工具坐标系以及所述测量坐标系这二者,以使所述差变小。

10. 根据权利要求9所述的机器人的设置位置测量方法,其特征在于,

修正述机器人坐标系,包括:

判定用于规定所述工具坐标系以及所述测量坐标系的朝向的向量的从属度,并且不进行被判定为该从属度高的向量的鉴定。

11. 一种示教系统,其特征在于,具备:

权利要求1至5中任一项所述的机器人的设置位置测量装置;

模拟装置,其能够根据所述机器人的三维模型离线创建动作程序;

模型显示部,其能够显示所述机器人的三维模型;

误差显示部,其显示误差信息,所述误差信息表示设定于所述模拟装置的修正前的机器人坐标系、与在所述设置位置测量装置中修正的机器人坐标系之间的误差;以及

更新部,其通过将显示于该误差显示部的所述误差信息应用于所述模型显示部中显示的所述三维模型,从而根据所述误差信息,更新所述模型显示部中的所述三维模型的显示以及所述模拟装置中存储的所述动作程序中的至少一个。

12. 一种模拟装置,能够根据机器人的三维模型离线创建动作程序,其特征在于,具备:

模型显示部,其能够显示所述机器人的三维模型;

接收部,其能够接收表示机器人坐标系的误差的误差信息;以及

更新部,其通过将所述误差信息应用于所述模型显示部中显示的所述三维模型,从而根据所述误差信息,更新所述模型显示部的所述三维模型的显示以及所述动作程序中的至少一个。

## 机器人的设置位置测量装置、设置位置测量方法、机器人控制装置、示教系统以及模拟装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人的设置位置测量装置、设置位置测量方法、机器人控制装置、示教系统以及模拟装置。

### 背景技术

[0002] 已知一种机器人系统,其利用像雷达跟踪系统那样的三维测量器,设定机器人的坐标系(例如,参照专利文献1.)。该机器人系统根据设置机器人的基准平面上的三个以上的测量点的至少垂直方向的位置坐标的测量结果、以及设置于机器人的基部的多个基准反射部的位置信息的测量结果,设定设置于基准平面上的机器人的坐标系。

[0003] 根据该机器人系统,能够通过测量求出实际设置的机器人的坐标系,例如,能够将在离线模拟中理想地设定的机器人的坐标系修正为现实的坐标系。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2019-77016号公报

### 发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 然而,在生产单元复杂等情况下,外围装置等成为障碍,有时利用三维测量器测量设置机器人的基准平面上的测量点以及设置于机器人的基部的基准反射部的位置信息变得困难。因此,希望即使在难以利用三维测量器测量基准平面状的测量点或者设置于机器人的基部的基准反射部的情况下,也能够高精度地设定机器人的坐标系。

[0009] 用于解决问题的方案

[0010] 本发明的一个方案是一种机器人的设置位置测量装置,具备:第一位置信息获取部,其在将机器人定位为任意姿态的状态下,获取第一位置信息,所述第一位置信息是固定于所述机器人的前端的凸缘的工具前端的三维的指令位置;第二位置信息获取部,其在所述姿态下,利用设置于预定的测量坐标系的三维测量器,获取第二位置信息,所述第二位置信息是所述工具前端的三维的现实位置;以及坐标系修正部,其修正作为所述机器人进行动作的基准的机器人坐标系,以使在将所述机器人定位为多个不同姿态的状态下分别获取到的所述第一位置信息与所述第二位置信息的差变小。

### 附图说明

[0011] 图1是表示具备本发明的一个实施方式的设置位置测量装置的机器人系统的整体结构图。

[0012] 图2是表示在图1的机器人系统中控制机器人的机器人控制装置的框图。

[0013] 图3是表示图1的机器人系统所具备的位置测量装置的侧视图。

- [0014] 图4是表示控制图3的位置测量装置的测量控制装置的框图。
- [0015] 图5是表示图1的设置位置测量装置的框图。
- [0016] 图6是说明本发明的一个实施方式的设置位置测量方法的坐标系以及齐次变换矩阵的说明图。
- [0017] 图7是说明图6的设置位置测量方法的流程图。
- [0018] 图8是表示本发明的一个实施方式的机器人控制装置的框图。
- [0019] 图9是表示图5的设置位置测量装置的变形例的框图。
- [0020] 图10是说明本发明的一个实施方式的示教系统的显示画面的一个例子。

### 具体实施方式

[0021] 以下,参照附图对本发明的一个实施方式的机器人的设置位置测量装置1以及设置位置测量方法进行说明。

[0022] 如图1所示,本实施方式的机器人的设置位置测量装置1具备于机器人系统(示教系统)100,所述机器人系统(示教系统)100具备:机器人20、控制机器人20的机器人控制装置30、模拟装置40、以及位置测量装置(三维测量器)50。

[0023] 机器人20用于对未图示的工件进行点焊等预定的作业,具备多个驱动轴,并且具备分别驱动各驱动轴的多个伺服马达11。作为各伺服马达11,能够利用旋转马达、直动马达等各种伺服马达。各伺服马达11内置有检测其工作位置的编码器等工作位置检测装置,并且工作位置检测装置的检测值发送到机器人控制装置30。

[0024] 在配置于机器人20的前端的凸缘21,安装有加工工具(工具)22。

[0025] 如图2所示,机器人控制装置30例如具备:机器人控制部31,其具有CPU、RAM等;显示装置32;以及存储装置33,其具有非易失性存储器、ROM等。另外,机器人控制装置30具备:多个伺服控制器34,其以分别对应于伺服马达11的方式设置;以及示教操作盘35,其与机器人控制装置30连接,并且能够由操作人员携带。

[0026] 另外,示教操作盘35也可以是与机器人控制装置30分开设置,并且与机器人控制装置30进行无线通信的构成。

[0027] 在存储装置33中存储有系统程序33a,系统程序33a承担机器人控制装置30的基本功能。另外,在存储装置33中存储有利用模拟装置40创建的至少一个动作程序33b。具体而言,在模拟装置40上创建机器人20的三维模型以及工件的模型,例如,创建在避免机器人20与工件的干扰的同时焊接多个焊接点的动作程序33b。

[0028] 机器人控制部31根据系统程序33a进行工作,读出存储装置33中存储的动作程序33b并将其临时存储到RAM。并且,按照所读出的动作程序33b,将控制信号发送到伺服控制器34,并控制机器人20的各伺服马达11的伺服放大器。机器人控制部31以预先设定的机器人坐标系为基准生成指令值,以达成动作程序33b中要求的凸缘中心或者工具前端点的指令位置。

[0029] 如图3所示,位置测量装置50具备激光头51、以及头驱动部52。激光头51朝向固定于工具前端点的反射部件射出激光,并接收来自反射部件的反射光。反射部件是在机器人20的设置位置测量时固定于工具前端点的球体状的反射体。

[0030] 头驱动部52具备用于改变激光头51的朝向的垂直轴马达53以及水平轴马达54。竖

直轴马达53使激光头51以及水平轴马达54围绕竖直轴线旋转。水平轴马达54使激光头51围绕水平轴线旋转。

[0031] 竖直轴马达53以及水平轴马达54与测量控制装置60连接,并由测量控制装置60控制。在竖直轴马达53以及水平轴马达54内置有检测其工作位置的编码器等工作位置检测装置,并且工作位置检测装置的检测值发送到测量控制装置60。

[0032] 在激光头51设置有激光射出部51a,从激光射出部51a射来自激光振子(未图示)的激光。另外,在激光头51的激光射出部51a内设置有接收由反射部件等反射的反射光的受光传感器51b。激光头51与测量控制装置60连接,利用测量控制装置60控制来自激光头51的激光射出部51a的激光的射出,由受光传感器51b检测出的检测结果发送到测量控制装置60。

[0033] 如图4所示,测量控制装置60例如具备:控制部61,其具有CPU、RAM等;显示装置62;存储装置63,其具有非易失性存储器、ROM等;以及输入装置64。另外,输入装置64也可以构成为与测量控制装置60进行无线通信。

[0034] 在存储装置63中存储有系统程序63a,系统程序63a承担测量控制装置60的基本功能。

[0035] 另外,测量控制装置60可以内置于位置测量装置50,也可以设置于位置测量装置50外的其他位置。

[0036] 模拟装置40由计算机构成,存储一个以上的机器人20、加工工具22、工件以及外围装置等的三维模型。模拟装置40通过在使机器人20以及加工工具22的三维模型相对于工件的三维模型移动的同时,示教多个示教点的位置以及动作速度等,从而能够创建动作程序。另外,模拟装置40通过执行所创建的动作程序,从而能够使机器人20以及加工工具22的三维模型按照动作程序进行动作,模拟干扰检验、生产节拍(Takt time)的测量等。

[0037] 在模拟装置40中,作为创建动作程序的前提,机器人坐标系 $R_0$ 的x方向与机器人20的正面方向高精度地对齐,从而机器人20设置在所设计的设计上的机器人坐标系 $R_0$ 的原点。另外,位置测量装置50也设置于相对于上述的设计上的机器人坐标系 $R_0$ 的原点设定的设计上的测量坐标系 $L_0$ 的原点。而且,根据设计值设定安装于机器人20的凸缘21的加工工具22的大小以及形状,并且设定有从凸缘坐标系 $F_0$ 观察到的设计上的工具坐标系 $T_0$ 。

[0038] 本实施方式的设置位置测量装置1是具备CPU、RAM等的装置,如图1所示,其与机器人控制装置30、模拟装置40以及位置测量装置50连接。

[0039] 如图5所示,设置位置测量装置1具备第一位置信息获取部2、第二位置信息获取部3、以及坐标系修正部4。

[0040] 第一位置信息获取部2向机器人控制装置30发出指令,使机器人20动作并定位至多个姿态,并且获取在机器人控制装置30中所指令的各姿态的工具前端点的指令位置的位置信息(第一位置信息)。在该时刻,机器人20进行动作的机器人坐标系(机器人坐标系、通用坐标系)是在模拟装置40中设定的设计上的坐标系,指令位置也是根据设计值计算出的设计上的位置信息。

[0041] 第二位置信息获取部3向测量控制装置60发出指令,使位置测量装置50工作,使位置测量装置50测量配置于实际的机器人20的工具前端点的反射部件的三维位置,并从位置测量装置50获取所测量的位置信息(第二位置信息)。在该时刻获取到的位置信息是从设定

有现实的位置测量装置50的测量坐标系(未知)观察到的工具前端点的现实的位置信息。

[0042] 坐标系修正部4根据由第一位置信息获取部2获取到的工具前端点的指令位置的位置信息、以及由第二位置信息获取部3获取到的工具前端点的现实的位置信息,通过以下方法修正机器人坐标系。

[0043] 即,如图6所示,如上所述,在模拟装置40中预先设定有从设计上的机器人坐标系 $R_0$ 观察到的设计上的测量坐标系 $L_0$ 的位置以及姿态。利用齐次变换矩阵 $A_{UF}$ 表示这些。

[0044] 另外,从设计上的机器人坐标系 $R_0$ 观察到的凸缘坐标系 $F_0$ 以及设置于工具前端点的设计上的工具坐标系 $T_0$ ,也能够分别利用齐次变换矩阵 $A_R$ 、 $A_{UT}$ 表示。

[0045] 另外,现实的测量坐标系 $L_1$ 的位置以及姿态是未知的,在设计上的测量坐标系 $L_0$ 与现实的测量坐标系 $L_1$ 之间通常存在误差,能够利用齐次变换矩阵 $A_{\Delta UF}$ 表示从设计上的测量坐标系 $L_0$ 观察到的现实的测量坐标系 $L_1$ 。

[0046] 而且,在设计上的工具坐标系 $T_0$ 与现实的工具坐标系 $T_1$ 之间通常也存在误差,能够利用齐次变换矩阵 $A_{\Delta UT}$ 表示从设计上的工具坐标系 $T_0$ 观察到的现实的工具坐标系 $T_1$ 。

[0047] 并且,若利用这些齐次变换矩阵,则以下公式(1)成立。

$$P = A_{\Delta UF}^{-1} (A_{UF}^{-1} A_R) A_{UT} A_{\Delta UT} \quad (1)$$

[0049] 在此,P是根据从设计上的测量坐标系 $L_0$ 观察到的设计上的工具前端点的指令位置计算出的齐次变换矩阵, $A_{\Delta UF}^{-1}$ 、 $A_{UF}^{-1}$ 分别是 $A_{\Delta UF}$ 、 $A_{UF}$ 的逆矩阵。

[0050] 并且,利用位置测量装置50获取从现实的测量坐标系 $L_1$ 观察到的工具前端点的现实的位置信息。

[0051] 坐标系修正部4通过使机器人20以多个姿态运动,从而分别计算出在各姿态下根据公式(1)获取的工具前端点的指令位置的位置信息、与由位置测量装置50获取到的现实的位置信息之间的差,并且鉴定差变小(例如,差为最小)的齐次变换矩阵 $A_{\Delta UF}$ 、 $A_{\Delta UT}$ 。

[0052] 并且,通过利用这样得到的齐次变换矩阵 $A_{\Delta UF}$ ,从而根据在以下公式(2)中所示的齐次变换矩阵 $A_{new\_UF}$ ,得到从现实的机器人坐标系观察到的现实的测量坐标系 $L_1$ 。

$$A_{new\_UF} = A_{UF} A_{\Delta UF} \quad (2)$$

[0054] 因此,通过计算齐次变换矩阵 $A_{new\_UF}$ 的逆矩阵,能够得到从现实的测量坐标系 $L_1$ 观察到的现实的机器人坐标系。

[0055] 坐标系修正部4通过将这样得到的所修正的机器人坐标系发送到模拟装置40,并将设定于模拟装置40的设计上的机器人坐标系 $R_0$ 替换为所修正的机器人坐标系,从而进行修正。

[0056] 并且,在模拟装置40中,通过利用所修正的现实的机器人坐标系进行动作程序的离线模拟,从而能够修正动作程序,以使得机器人20以及加工工具22不与工件或者外围装置干扰。

[0057] 以下,对使用了这样构成的本实施方式的设置位置测量装置1的设置位置测量方法进行说明。

[0058] 如图7所示,在本实施方式的设置位置测量方法中,初始化测量次数k(步骤S1),机器人控制装置30根据来自第一位置信息获取部2的指令控制机器人20,从而将其定位为任意姿态(步骤S2)。将由此时的工具前端点的指令位置构成的第一位置信息从机器人控制装置30发送到第一位置信息获取部2并存储(步骤S3)。

[0059] 接着,在步骤S2中所定位的姿态下,测量控制装置60根据来自第二位置信息获取部3的指令控制位置测量装置50以测量工具前端点的位置(步骤S4)。将由所测量的工具前端点的位置信息构成的第二位置信息发送到第二位置信息获取部3并存储(步骤S5)。

[0060] 接着,判定测量次数k是否达到指定次数 $N_0$ (步骤S6),在未达到指定次数 $N_0$ 的情况下,递增测量次数k(步骤S7),重复从步骤S2开始的工序。指定次数 $N_0$ 是例如 $N_0=3$ 。

[0061] 在测量次数k达到指定次数 $N_0$ 的情况下,将所存储的所有第一位置信息以及第二位置信息发送到坐标系修正部4,在坐标系修正部4中修正机器人坐标系(步骤S8)。

[0062] 如此根据本实施方式的设置位置测量装置1以及设置位置测量方法,通过将机器人20定位为多个姿态,并且测量固定于工具前端点的反射部件的位置,从而能够修正机器人坐标系。因此,与使用设置机器人20的基准平面上的测量点以及设置于机器人20的基部的反射部的以往的方法不同,具有如下优点:即使在生产单元复杂的情况下,也不妨碍外围装置,能够简单地修正机器人坐标系。

[0063] 此外,在本实施方式中,在坐标系修正部4中,同时鉴定了第一位置信息与第二位置信息的差变小的齐次变换矩阵 $A_{\Delta UF}$ 、 $A_{\Delta UT}$ ,但也可以只鉴定任意一个。例如,在现实的测量坐标系 $L_1$ 与设计上的测量坐标系 $L_0$ 高精度地一致,或者现实的工具坐标系 $T_1$ 与设计上的工具坐标系 $T_0$ 高精度地一致的情况下,只鉴定任意一个就足够。

[0064] 另外,在本实施方式中,作为由第一位置信息获取部2从机器人控制装置30接收的第一信息,举例说明了工具前端点的指令位置。取而代之,也可以通过第一位置信息获取部2从机器人控制装置30接收凸缘坐标系 $F_0$ 的原点位置并计算工具前端点的位置,从而获取第一位置信息。

[0065] 另外,在本实施方式中,示出了设置位置测量装置1与机器人控制装置30分开设置的例子,但取而代之,如图8所示,也可以是机器人控制装置30中具备设置位置测量装置1。

[0066] 另外,在该情况下,机器人控制装置30还可以具备:参数存储部36,其存储用于根据针对机器人20的指令值计算工具前端点的准确位置的多个误差参数;以及机械误差修正部37,其使用参数存储部36中存储的误差参数,通过公知的方法修正机械误差。作为机械误差,例如是Denavit-Hartenberg参数(D-H参数)或者重力弹簧等。

[0067] 机器人控制部31利用机械误差修正部37使用误差参数修正机械误差,并且生成使计算出的指令位置成为动作程序中要求的指令位置的指令值。由此,在修正机器人坐标系时,能够提高从机器人控制部31获取的指令值的精度,并且得到更准确的机器人坐标系。

[0068] 机械误差的修正可以事先通过校准进行,也可以利用机器人控制装置30所具备的机械误差修正部37,与工具坐标系以及机器人坐标系的校正同时进行。

[0069] 另外,在本实施方式中,还可以在坐标系修正部4中判定误差参数之间的从属度,在判定从属度高的情况下,不进行工具坐标系的对应向量的鉴定。

[0070] 与机器人20的设置位置的测量有关的误差参数是测量坐标系的修正值( $x_a$ 、 $y_a$ 、 $z_a$ 、 $w_a$ 、 $p_a$ 、 $r_a$ )和工具向量的修正值( $x_b$ 、 $y_b$ 、 $z_b$ )这九个。

[0071] 若将以这些误差参数作为要素的向量设为 $q$ ,则表示工具前端点的三维位置的向量 $p$ ,能够使用考虑了误差模型的函数 $f$ 如下表示。

[0072]  $p=f(q)$

[0073] 表示工具前端点的指令位置的位置信息与测量出的现实的位置信息的偏差量的

向量  $\Delta p$ , 能够用各误差参数的微小变动的线性组合的和近似。此外, JA 是雅可比矩阵 (Jacobian matrix)。

$$[0074] \quad \Delta p = (\partial p / \partial q) \cdot \Delta q = JA \cdot \Delta q$$

[0075] 由于雷达跟踪系统是三维的测量, 因此根据一个测量姿态成立三个方程式。若将这些扩展为多个测量姿态, 则能够得到表示与这些对应的偏差量的向量  $\Delta r$  和雅可比矩阵 D, 以如下方式表示。

$$[0076] \quad \Delta r = D \cdot \Delta q$$

[0077] 一般而言, 通过解答使  $\Delta r$  最小的反复推定问题, 从而鉴定误差参数。

[0078] 若将方程式的数量设为 N 个, 并将误差参数的数量设为 M 个, 则上述雅可比矩阵 D 以如下方式提供。

[0079] [数1]

$$[0080] \quad [D] = \begin{bmatrix} D11 & D12 & \cdots & D1m \\ D21 & D22 & \cdots & D2m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Dn1 & Dn2 & \cdots & Dnm \end{bmatrix}$$

[0081] 在方程式的数量多于未知数的数量的情况下, 能够通过将  $[D] \{p\} = \{q\}$  转换为  $[D]^T [D] \{p\} = [D]^T \{q\}$ , 得到以下公式来解答一般的最小二乘问题。

[0082] [数2]

$$[0083] \quad [D]^T [D] = \begin{bmatrix} D11 & D12 & \cdots & D1m \\ D21 & D22 & \cdots & D2m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Dm1 & Dm2 & \cdots & Dmm \end{bmatrix}$$

[0084]  $[D]^T [D]$  为  $M \times M$  的行列。

[0085] 在从属度的判定中, 计算出该  $[D]^T [D]$  的各列向量的单位向量的内积 Q, 例如, 在  $0.9 < Q \leq 1$  的情况下, 能够判定为从属度高。

[0086] 例如, 在测量坐标系与工具坐标系的 z 轴方向的朝向一致, 且各测量姿态为只围绕工具坐标系的 Z 轴旋转的姿态的情况下, 测量坐标系与工具坐标系的 z 分量处于从属关系。例如, 在测量坐标系的 z 分量的修正量为第一个误差参数, 并且工具坐标系的 z 分量的修正量为第二个误差参数的情况下, 上述的  $[D]^T [D]$  的第一列的向量与第二列的单位向量的内积 Q 满足上述条件。在从属度高的情况下, 坐标系修正部 4 不进行工具坐标系的对应向量的鉴定, 即, 不计算工具坐标系的 z 分量的修正量。

[0087] 在固定于机器人 20 的凸缘 21 的加工工具 22 为例如具有均衡机构的伺服枪的情况下, 若使工具的姿态沿加压方向即工具坐标系的 z 轴方向变化, 则成为工具前端点的位置因自重而发生变化的结构。若工具前端点的位置发生变化, 则误差变大且计算精度恶化, 因此在进行机器人坐标系的修正时的机器人 20 的动作中, 定位为如下多个姿态: 伺服枪保持为工具前端点的位置不会因自重而发生变化的姿态。

[0088] 在这种情况下, 可以说工具坐标系的 z 分量与测量坐标系的 z 分量几乎朝向相同的方向, 从属度高。在从属度高的情况下, 无法区分应该修正工具坐标系的 z 分量与测量坐标系的 z 分量中的哪一个, 因此无法准确地鉴定两个齐次变换矩阵  $A_{\Delta UF}$ 、 $A_{\Delta UT}$ 。因此, 在判定从

属度高的情况下,不进行工具坐标系的z轴方向的计算,而是通过利用图面值、事先测量值,从而能够高精度地设定机器人坐标系。

[0089] 或者,也可以将固有值小的误差参数从误差参数组中除去,直至 $[D]^T[D]$ 的最大固有值与最小固有值的比成为某固定值为止。由此,例如,能够检测出并事先通知各测量姿态明显邻接而无法高精度地计算测量坐标系的修正量的情况。

[0090] 雅可比矩阵D能够在通过测量得到位置信息之前计算出,通过使用雅可比矩阵D,能够在开始测量之前事先知道计算哪个误差参数。通过事先知道不计算想要计算的坐标系的分量的情况或者无法高精度进行计算的情况,从而能够事先研究进行测量的姿态。

[0091] 另外,在本实施方式中,如图9所示,设置位置测量装置1还可以具备工具坐标系输出部5。

[0092] 工具坐标系输出部5在坐标系修正部4中修正机器人坐标系之后,将机器人20定位为任意一个姿态,并通过以下方法计算并输出工具坐标系。

[0093] 即,工具坐标系输出部5接收在坐标系修正部4中修正的机器人坐标系。然后,工具坐标系输出部5根据从机器人控制装置30获取到的凸缘坐标系的原点的指令位置(第一位置信息)、以及从位置测量装置50获取到的工具前端的实际位置(第二位置信息),计算工具坐标系的位置。

[0094] 在机器人坐标系被修正后,由于机器人坐标系以及测量坐标系被高精度地修正,因此从机器人坐标系观察到的测量坐标系的齐次变换矩阵 $A_{UF}$ 变为已知。

[0095] 另外,从机器人坐标系观察到的凸缘坐标系的齐次变换矩阵 $A_R$ ,也能够根据从机器人控制装置30获取到的指令位置高精度地计算出。

[0096] 并且,通过根据从位置测量装置50获取到的测量坐标系观察到的现实的工具前端点获取齐次变换矩阵P,从而能够根据公式(3),计算从凸缘坐标系的原点观察到的工具坐标系的齐次变换矩阵 $A_{UT}$ 。

[0097] 
$$A_{UT} = A^{-1}_R A_{UF} P \quad (3)$$

[0098] 并且,工具坐标系输出部5只取出并输出齐次变换矩阵 $A_{UT}$ 的位置分量。由此,能够在将机器人20定位为一个姿态的状态下输出工具坐标系,并且能够缩短所需时间。另外,在工具坐标系根据加工工具22的姿态变化而发生变化的情况下,有时想要创建与工具姿态相应的工具坐标系的图表。在这种情况下,具有如下优点:能够按照每个所需的姿态得到工具坐标系。

[0099] 在利用工具坐标系输出部5计算工具坐标系的情况下,也是只要机器人控制装置30利用误差参数修正机械误差,就能够获取更准确的指令值,并且能够得到更准确的工具坐标系。

[0100] 下面,以下参照附图对本发明的一个实施方式的示教系统100进行说明。

[0101] 本实施方式的示教系统100由机器人系统构成,该机器人系统具备:上述的机器人20、控制机器人20的机器人控制装置30、模拟装置40、位置测量装置(三维测量器)50、以及设置位置测量装置1。模拟装置40具备显示器等显示装置(更新部)41、以及鼠标或者键盘等未图示的输入装置(更新部)。

[0102] 在图10中表示模拟装置40的显示装置41的显示画面的显示例。

[0103] 在图10所示的例子中,在显示画面的左侧显示有设定三维测量器即位置测量装置

50的测量坐标系的设定按钮。操作人员能够按下测量坐标系设定按钮来输入测量坐标系的信息。

[0104] 在图10所示的显示画面的中央显示有表示针对机器人控制装置30或者示教操作盘35的操作的按钮。

[0105] 通过按下“打开设置位置测量画面”的按钮,在机器人控制装置30的显示装置32中显示设置位置测量画面。

[0106] 通过按下“设定坐标系等”的按钮,能够进行工具坐标系的计算的有效无效的切换、机器人坐标系的计算的有效无效的切换、设计上的机器人坐标系以及工具坐标系的输入以及负载设定等。

[0107] 通过按下“选择程序”的按钮,能够在测量设置位置时指定使机器人20动作的程序。若指定程序,则所指定的程序在各动作行之后转换为追加了由三维测量器进行的测量命令的测量程序。

[0108] 通过按下“执行”的按钮,机器人控制装置30根据所设定的测量程序使机器人20进行动作,并利用设置位置测量装置1计算出所修正的机器人坐标系。

[0109] 在图10所示的显示画面的右侧上部,配置有显示由设置位置测量装置1修正的机器人坐标系与修正前的机器人坐标系的误差信息的“误差显示部42”。显示于误差显示部42的误差信息可以用数值显示,也可以将修正前后的机器人坐标系的图形重叠来进行显示。

[0110] 在图10所示的显示画面的右侧下部,设置有显示从模拟装置40获取到的机器人20等的三维模型的模型显示部43。

[0111] 在该显示画面上,例如利用鼠标拖动显示于误差显示部42的误差信息,从而将其移动(应用)到模型显示部43。由此,能够将显示于模型显示部43的设定有修正前的机器人坐标系的机器人20的三维模型的显示,更新为设定有修正后的机器人坐标系的机器人20的三维模型的显示。

[0112] 另外,代替更新模型显示部43中的显示,或者,在此基础上,还可以利用误差信息,更新在模拟装置40中离线创建的动作程序。即,模拟装置40具备接收修正前后的机器人坐标系的误差信息的接收部,在模拟装置40中,通过将接收到的误差信息应用于根据设计上的机器人坐标系 $R_0$ 创建的动作程序,从而更新为基于修正后的机器人坐标系的动作程序。

[0113] 具体而言,根据机器人坐标系的误差信息,偏移根据修正前的机器人坐标系创建的动作程序的各示教点的位置。在模拟装置中离线执行如此更新的动作程序,能够进行干扰检验等动作确认。

[0114] 并且,通过按下在图10所示的显示画面的中央下部的“载入”的按钮,从而将在模拟装置40中更新的动作程序载入机器人控制装置30。由此,能够使用利用三维模型离线进行动作确认而得到的动作程序使机器人20进行动作。

[0115] 此外,在该示教系统100的说明中,设定为将图10的显示画面显示于设置在模拟装置40的显示装置41,但取而代之,也可以显示于附属于其他计算机的显示装置。

[0116] 另外,举例说明了设置位置测量装置1与机器人控制装置30分开配置的情况,但设置位置测量装置1也可以内置于机器人控制装置30。

[0117] 附图标记说明:

[0118] 1:设置位置测量装置

- [0119] 2: 第一位置信息获取部
- [0120] 3: 第二位置信息获取部
- [0121] 4: 坐标系修正部
- [0122] 5: 工具坐标系输出部
- [0123] 10: 机器人系统(示教系统)
- [0124] 20: 机器人
- [0125] 21: 凸缘
- [0126] 30: 机器人控制装置
- [0127] 36: 参数存储部
- [0128] 37: 机械误差修正部
- [0129] 40: 模拟装置
- [0130] 41: 显示装置(更新部)
- [0131] 42: 误差显示部
- [0132] 43: 模型显示部
- [0133] 50: 位置测量装置(三维测量器)
- [0134]  $F_0$ : 凸缘坐标系
- [0135]  $L_0$ 、 $L_1$ : 测量坐标系
- [0136]  $R_0$ : 机器人坐标系
- [0137]  $T_0$ 、 $T_1$ : 工具坐标系

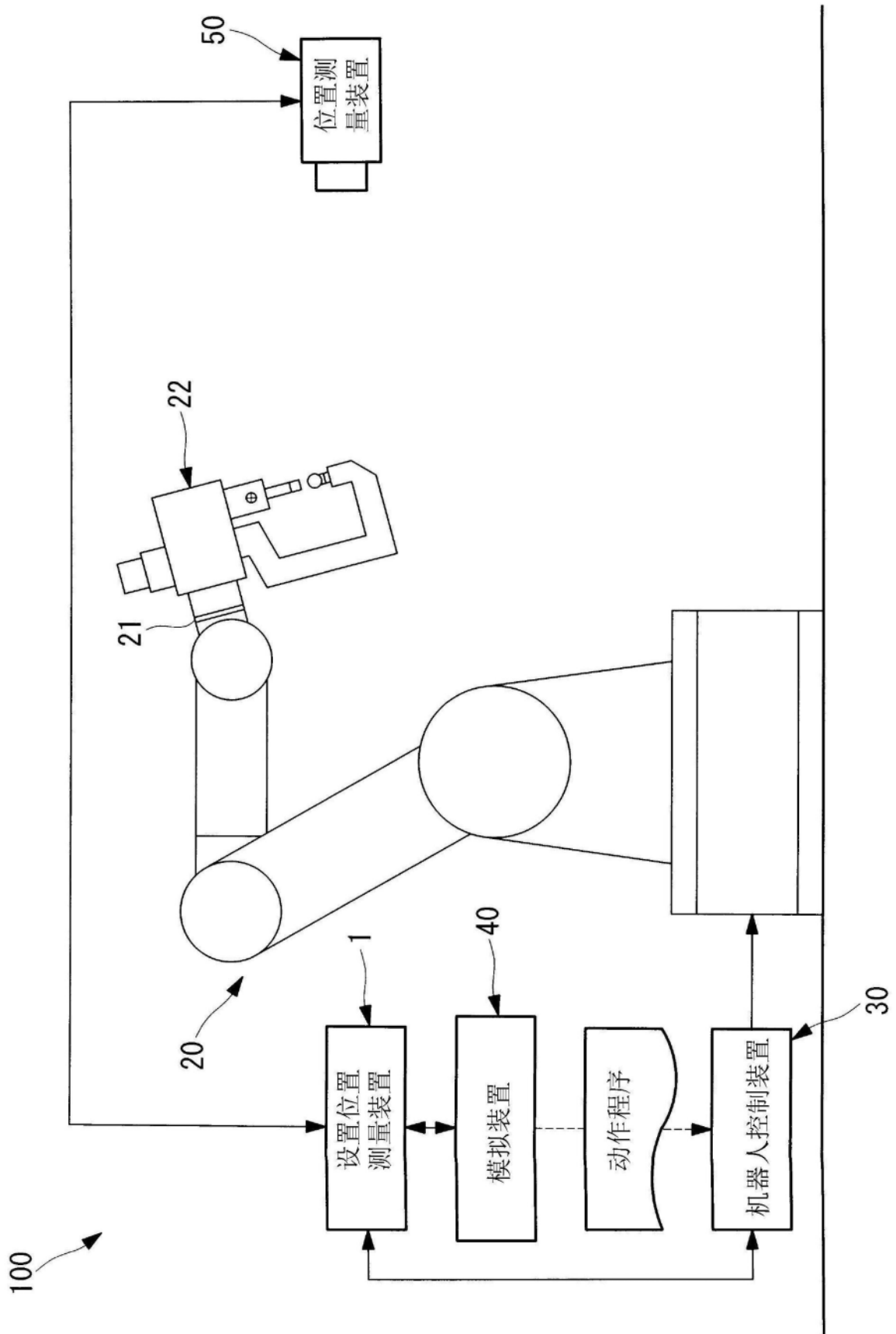


图1

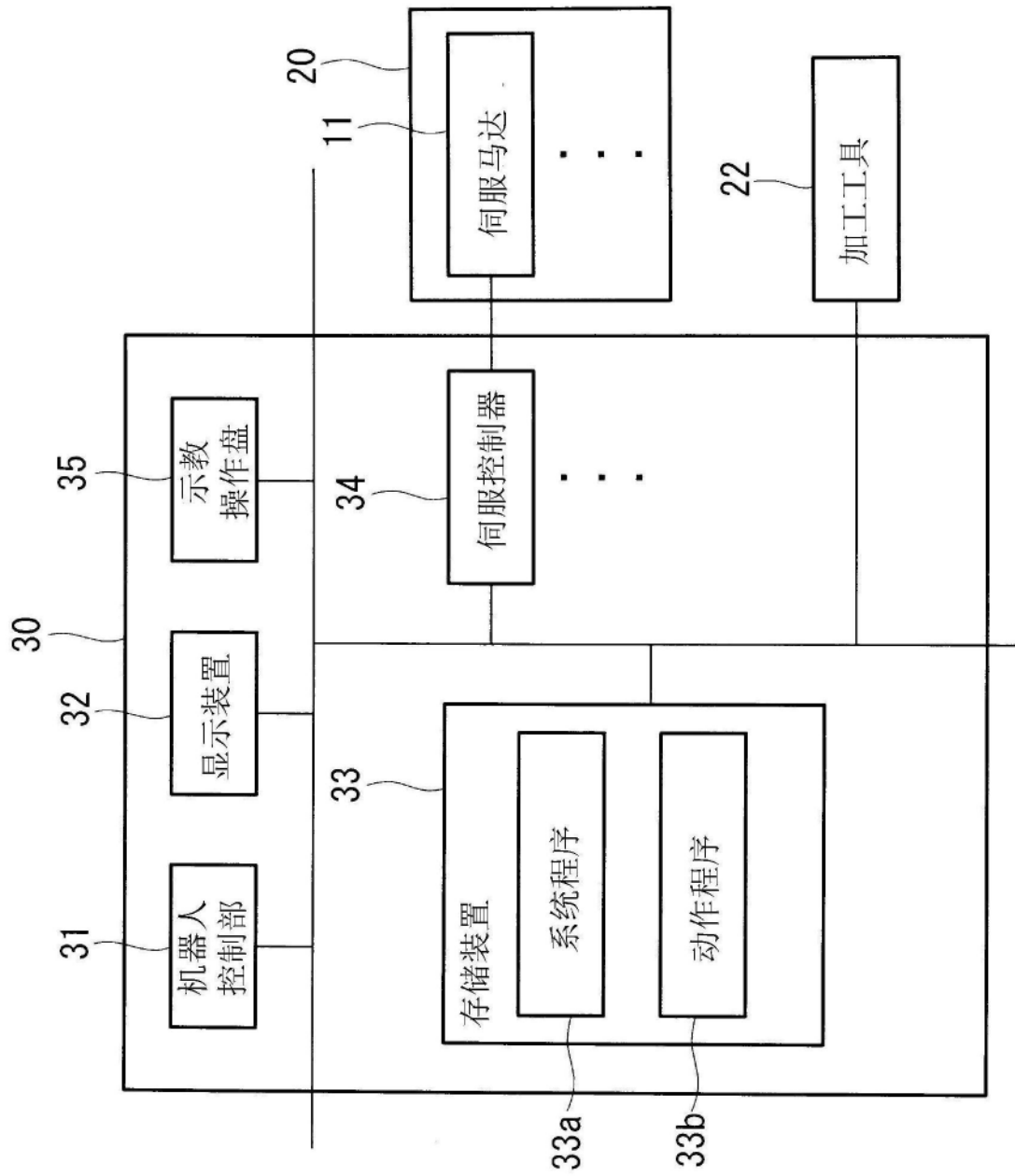


图2

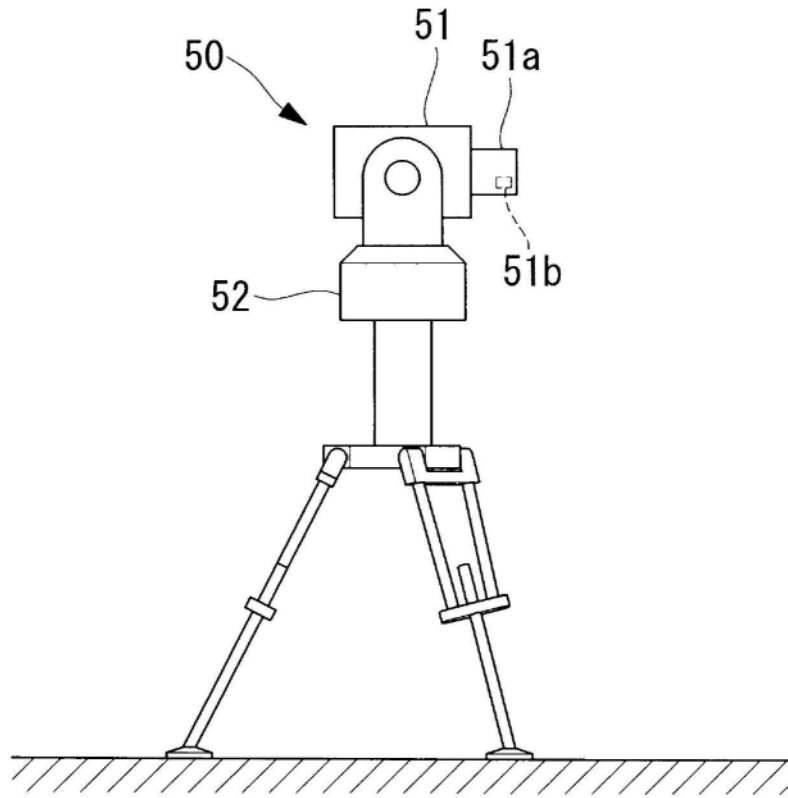


图3

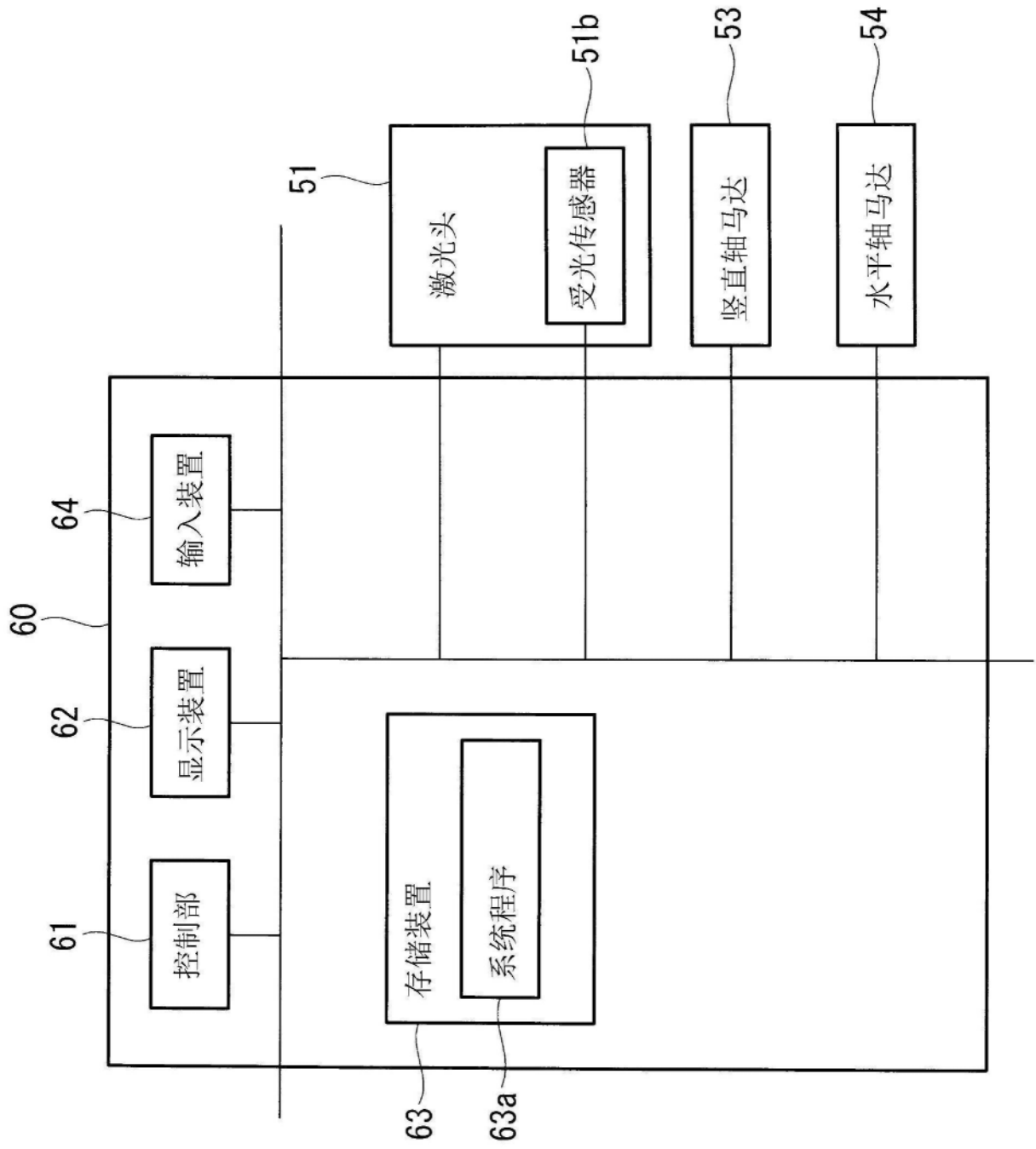


图4

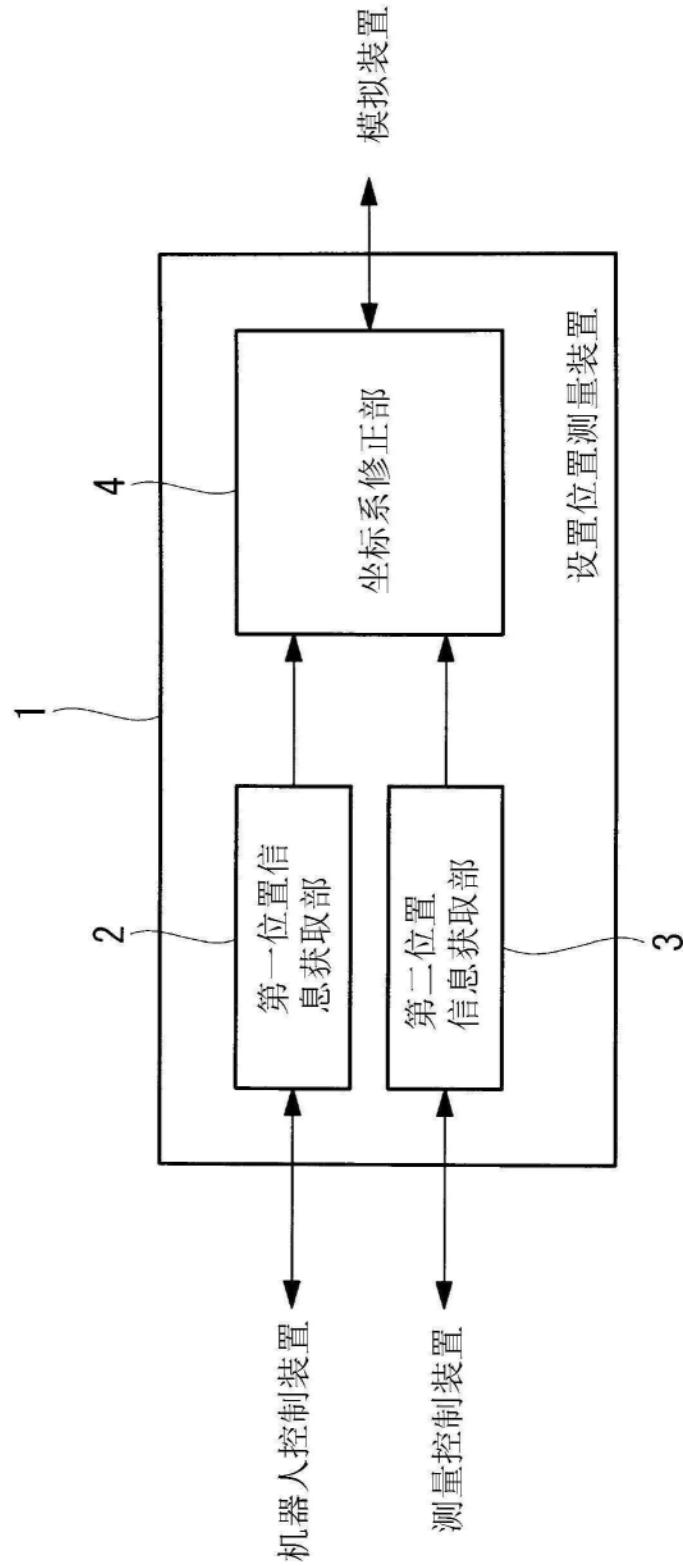


图5



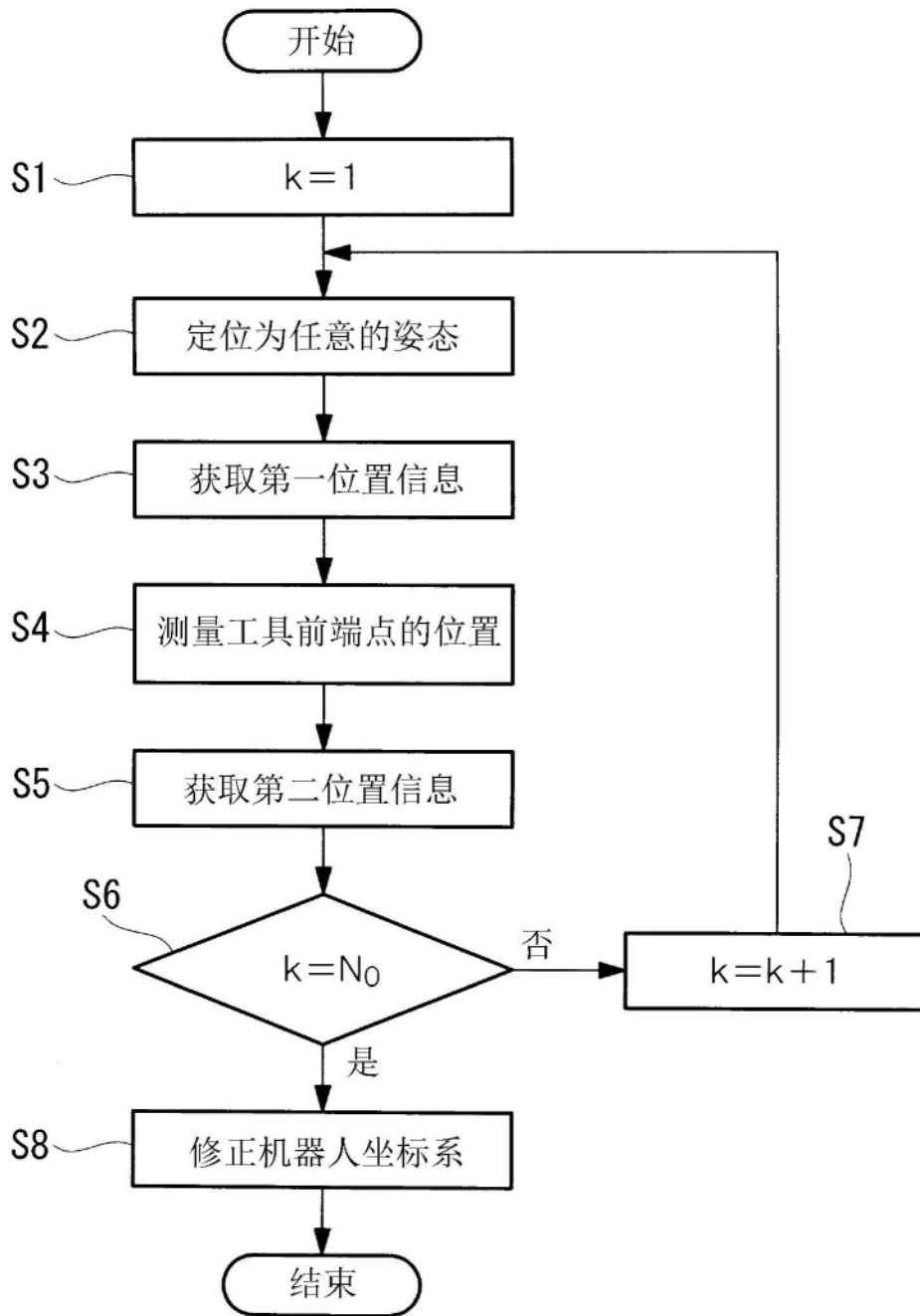


图7

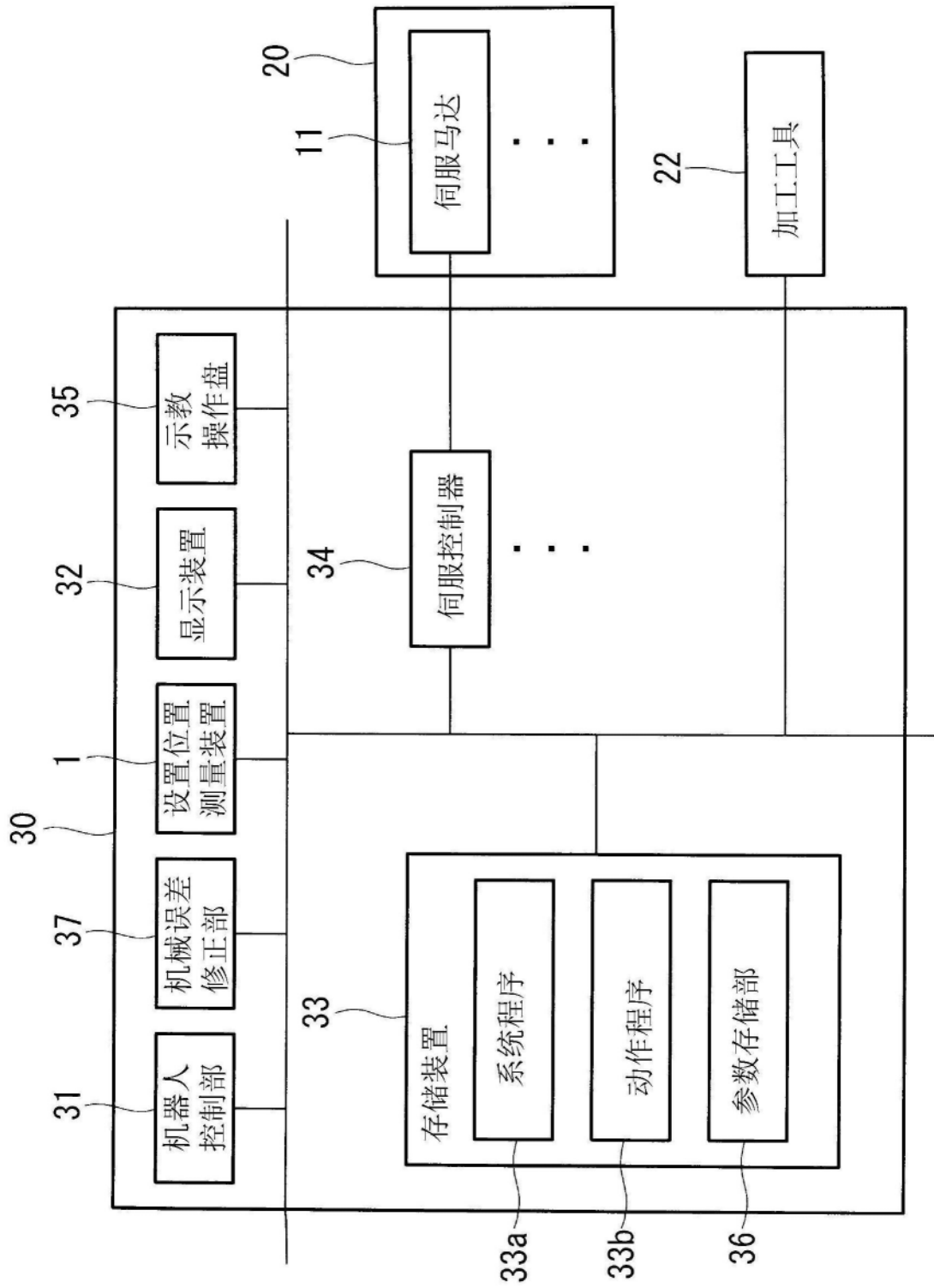


图8

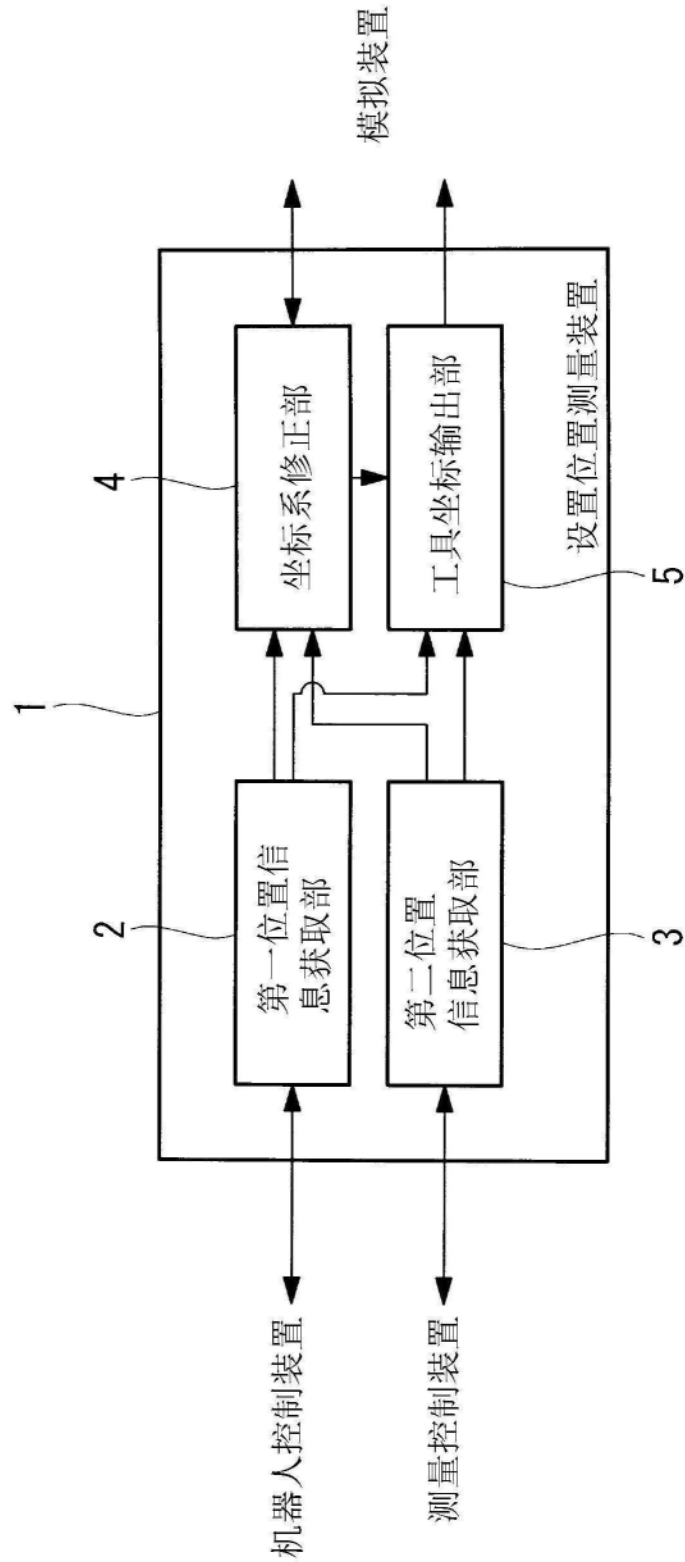


图9

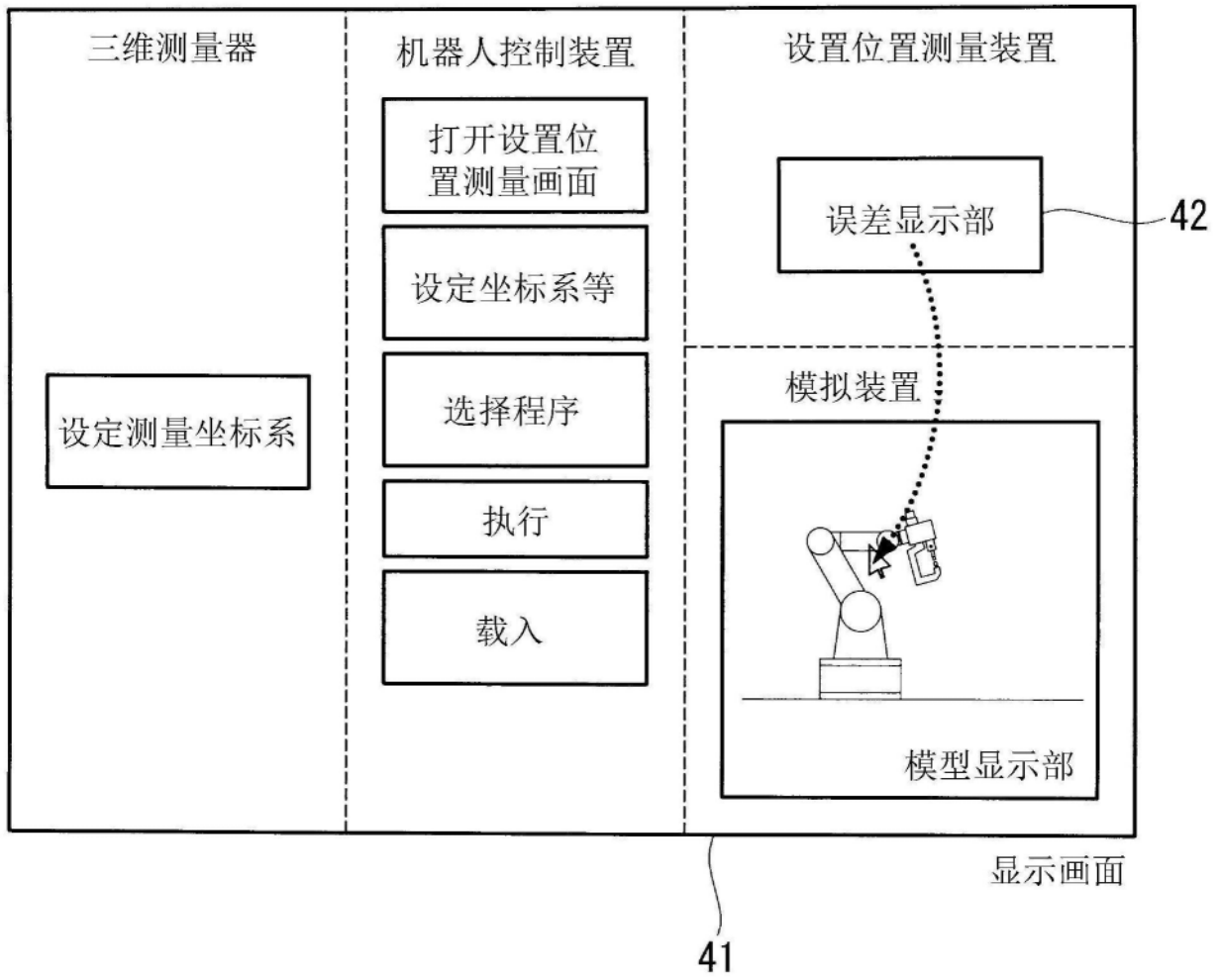


图10