



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117651632 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 05

(21) 申请号 202180100747.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2021.07.28

B25J 19/06 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.01.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/027965 2021.07.28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/007634 JA 2023.02.02

(71) 申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨县

(72) 发明人 藤岡直幹 若林一贵 巢山庆太

(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

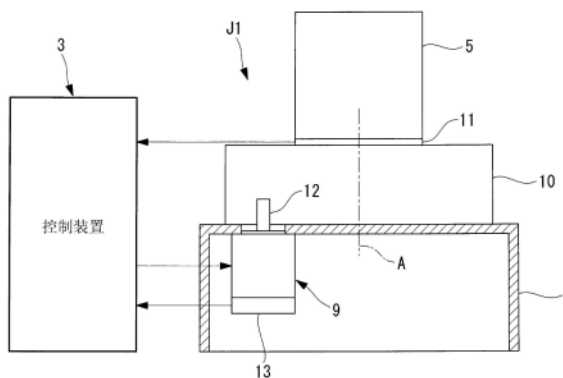
权利要求书2页 说明书10页 附图16页

(54) 发明名称

机器人系统

(57) 摘要

一种机器人系统,具备:机器人,其具备一个以上的关节部(J1);以及判定部,其与机器人连接,关节部(J1)具备:马达(9);减速机构(10),其对马达(9)的旋转进行减速;以及转矩传感器(11),其能够测量减速机构(10)的输出转矩,减速机构(10)具备多个减速元件,多个减速元件以预定的减速比对马达(9)的旋转进行减速,判定部计算向减速机构(10)的输入转矩的时序数据,并基于马达(9)的转速的时序数据、计算出的输入转矩的时序数据、由转矩传感器(11)测量到的输出转矩的时序数据、以及各减速元件的减速比,判定发生不良情况的减速元件。



1. 一种机器人系统,其特征在于,具备:
机器人,其具备一个以上的关节部;以及
判定部,其与该机器人连接,
所述关节部具备:马达;减速机构,其对该马达的旋转进行减速;以及转矩传感器,其能够测量该减速机构的输出转矩,
所述减速机构具备多个减速元件,所述多个减速元件以预定的减速比对所述马达的旋转进行减速,
所述判定部计算向所述减速机构的输入转矩的时序数据,并且基于所述马达的转速的时序数据、计算出的所述输入转矩的时序数据、由所述转矩传感器测量到的所述输出转矩的时序数据、以及各所述减速元件的减速比,判定发生不良情况的所述减速元件。
2. 根据权利要求1所述的机器人系统,其特征在于,
所述判定部基于所述输入转矩、以及所述减速机构整体的减速比,计算所述减速机构的理想的输出转矩即理想转矩,并计算由所述转矩传感器测量到的所述输出转矩即实测转矩与所述理想转矩的差分、即第一差分转矩,并且基于该第一差分转矩以及各所述减速元件的所述减速比,判定发生不良情况的所述减速元件。
3. 根据权利要求2所述的机器人系统,其特征在于,
所述判定部判定在具有近似于如下值的减速比的所述减速元件发生不良情况:所述值是利用所述第一差分转矩中包含的周期性分量的频率除以所述马达的所述转速而得到的。
4. 根据权利要求2或3所述的机器人系统,其特征在于,
所述判定部存储所述减速机构正常时的差分转矩的时序数据即基准数据,并计算所述第一差分转矩的时序数据与所述基准数据的差分、即第二差分转矩,并且基于该第二差分转矩,判定发生不良情况的所述减速元件。
5. 根据权利要求4所述的机器人系统,其特征在于,
所述机器人系统具备温度传感器,所述温度传感器检测所述减速机构的温度,
所述判定部具备修正部,所述修正部基于由所述温度传感器检测到的温度修正所述基准数据。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的机器人系统,其特征在于,
所述机器人系统具备通知部,所述通知部对发生不良情况的所述减速元件进行通知。
7. 根据权利要求2或3所述的机器人系统,其特征在于,
在所述第一差分转矩中包含的非周期性分量的大小超过预定阈值的情况下,所述判定部判定在润滑剂、或者任一个所述减速元件所具备的轴承发生不良情况。
8. 根据权利要求3所述的机器人系统,其特征在于,
所述机器人系统具备编码器,所述编码器检测各所述关节部中的移动量,
各所述减速元件具备一个以上的机构部件,
所述判定部根据由该编码器检测到的所述移动量的时序数据、以及由所述转矩传感器测量到的所述输出转矩的时序数据,计算施加于各所述机构部件的负载的时序数据,并判定在计算出的所述负载中包含的周期性分量的频率与所述第一差分转矩中包含的周期性分量的频率一致的任一个所述机构部件发生不良情况。
9. 根据权利要求8所述的机器人系统,其特征在于,

所述机器人系统具备通知部,所述通知部对由所述判定部判定发生不良情况的所述减速元件以及所述机构部件进行通知。

10. 根据权利要求8或9所述的机器人系统,其特征在于,

所述机器人系统具备寿命估计部,所述寿命估计部基于施加于各所述机构部件的所述负载的时序数据,累计预定阈值以上的负载所作用的时间,并且基于所累计的所述时间,估计各所述机构部件的寿命。

11. 根据权利要求3所述的机器人系统,其特征在于,

所述机器人系统具备编码器,所述编码器检测各所述关节部中的移动量,

各所述减速元件具备一个以上的机构部件,

所述判定部具备学习完成模型,所述学习完成模型使用基准负载的时序数据进行学习而得到,所述基准负载是在所述减速机构为正常的状态下计算出的施加于各所述机构部件的负载,

所述判定部用于,

根据由所述编码器检测到的所述移动量的时序数据、以及由所述转矩传感器测量到的所述输出转矩的时序数据,计算施加于各所述机构部件的所述负载的时序数据,

通过将计算出的所述负载的时序数据输入到所述学习完成模型,从而基于与所述基准负载的偏离率,判定发生不良情况的所述机构部件。

机器人系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人系统。

背景技术

[0002] 已知如下方法：根据由马达的驱动电流产生的转矩，检测马达以及减速器的异常（例如，参照专利文献1。）。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1：日本专利第5927440号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 在减速机构的故障诊断中，能否确定故障部位很重要。这是因为，在诊断为故障的情况下，需要对减速机构进行更精密的调查，或者在没有时间进行调查的情况下，需要更换整个减速机构。由于精密的调查需要花费时间，更换整个减速机构需要花费成本，因此希望能够简单地确定减速机构内部的故障主要原因。

[0008] 用于解决问题的方案

[0009] 本发明的一个方案是一种机器人系统，所述机器人系统具备：机器人，其具备一个以上的关节部；以及判定部，其与该机器人连接，所述关节部具备：马达；减速机构，其对该马达的旋转进行减速；以及转矩传感器，其能够测量该减速机构的输出转矩，所述减速机构具备多个减速元件，所述多个减速元件以预定的减速比对所述马达的旋转进行减速，所述判定部计算向所述减速机构的输入转矩的时序数据，并且基于所述马达的转速的时序数据、计算出的所述输入转矩的时序数据、由所述转矩传感器测量到的所述输出转矩的时序数据、以及各所述减速元件的减速比，判定发生不良情况的所述减速元件。

附图说明

[0010] 图1是表示本发明的第一实施方式的机器人系统的整体结构图。

[0011] 图2是表示图1的机器人系统中的机器人的第一旋转关节部以及控制装置的图。

[0012] 图3是表示图2的第一旋转关节部中的减速机构的一个例子的示意图。

[0013] 图4是说明图1的机器人系统的控制装置的框图。

[0014] 图5是说明图4的判定部中存储的减速比的图。

[0015] 图6是说明图1的机器人系统的诊断方法的流程图。

[0016] 图7是继图6的流程图之后的流程图。

[0017] 图8是说明在图6的诊断方法中所使用的马达转速以及转矩的时序数据的时间图。

[0018] 图9是说明本发明的第二实施方式的机器人系统的控制装置的框图。

[0019] 图10是说明图9的机器人系统的诊断方法的流程图。

- [0020] 图11是说明在图10的诊断方法中所使用的转矩的时序数据的时间图。
- [0021] 图12是说明本发明的第三实施方式的机器人系统的诊断方法的流程图。
- [0022] 图13是说明图12的机器人系统的机器人的构成的示意图。
- [0023] 图14是图12的机器人系统中的减速机构的一个例子,是表示要求负载的机构部件和负载的位置的一个例子的图。
- [0024] 图15是说明图1的机器人系统中的转矩传感器的位置的变形例的示意图。
- [0025] 图16是说明图1的机器人系统中的转矩传感器的位置的另一变形例的示意图。

具体实施方式

- [0026] 以下,参照附图对本发明的第一实施方式的机器人系统1进行说明。
- [0027] 如图1所示,本实施方式的机器人系统1具备:机器人2;以及控制装置(判定部)3,其与机器人2连接。
- [0028] 机器人2例如是具备六个旋转关节部(关节部)J1、J2、J3、J4、J5、J6的垂直六轴多关节型的机器人。机器人2具备:基座4,其设置于地面;以及回转体5,其以能够围绕竖直的第一轴线A旋转的方式支撑于基座4。另外,机器人2具备:第一臂6,其以能够围绕水平的第二轴线B旋转的方式支撑于回转体5;以及第二臂7,其以能够围绕与第二轴线B平行的第三轴线C旋转的方式支撑于第一臂6。另外,机器人2具备安装于第二臂7的前端的三轴的手腕单元8。
- [0029] 手腕单元8具备:第一手腕元件30,其以能够围绕与第三轴线C正交的第四轴线D旋转的方式支撑于第二臂7;第二手腕元件31,其以能够围绕与第四轴线D正交的第五轴线E旋转的方式支撑于第一手腕元件30;以及第三手腕元件32,其以能够围绕与第四轴线D以及第五轴线E正交的第六轴线F旋转的方式支撑于第二手腕元件31。
- [0030] 如图2所示,第一旋转关节部J1具备一对关节部件,该一对关节部件由以能够围绕第一轴线A旋转的方式被支撑的基座4以及回转体5构成。另外,第一旋转关节部J1具备:伺服马达(马达)9,其固定于一个关节部件即基座4;以及减速机构10,其配置于一对关节部件之间。另外,第一旋转关节部J1具备转矩传感器11,转矩传感器11配置于减速机构10与另一个关节部件即回转体5之间,并且能够检测施加于二者之间的转矩。
- [0031] 伺服马达9具备被旋转驱动的马达轴12,并且具备检测马达轴12的旋转角度的编码器13。
- [0032] 减速机构10是对马达轴12的旋转进行减速并将其传递至另一个关节部件的机构,具备串联或并联的多个减速元件14、15、16。减速机构10可以是任意的构成,例如,如图3所示,以具备串联的三个减速元件14、15、16的减速机构进行说明。
- [0033] 第一减速元件(减速元件)14具备:第一齿轮17,其固定于伺服马达9的马达轴12;第二齿轮18,其与第一齿轮17啮合;以及第一轴承(轴承)20,其将固定有第二齿轮18的第一轴19以能够围绕其长轴旋转的方式支撑。
- [0034] 第二减速元件(减速元件)15具备:第三齿轮21,其固定于第一轴19;第四齿轮22,其与第三齿轮21啮合;以及第二轴承(轴承)24,其将固定有第四齿轮22的第二轴23以能够围绕其长轴旋转的方式支撑。
- [0035] 第三减速元件(减速元件)16具备:第五齿轮25,其固定于第二轴23;第六齿轮26,

其与第五齿轮25啮合;以及第三轴承(轴承)28,其将固定有第六齿轮26的第三轴27以能够围绕其长轴旋转的方式支撑。第三轴27固定于减速机构10的输出凸缘29,在输出凸缘29的凸缘面29a固定有转矩传感器11。

[0036] 第一齿轮17与第二齿轮18之间的减速比是减速比 R_1 ,第三齿轮21与第四齿轮22之间的减速比是减速比 R_2 ,第五齿轮25与第六齿轮26之间的减速比是减速比 R_3 。

[0037] 伺服马达9的马达轴12的转速 N 被第一减速元件14减速至 N/R_1 ,被第二减速元件15减速至 $N/(R_1 \cdot R_2)$,被第三减速元件16减速至 $N/(R_1 \cdot R_2 \cdot R_3)$ 。即,从第一减速元件14的伺服马达9侧观察到的减速比为 R_1 ,从第二减速元件15的伺服马达9侧观察到的减速比为 $R_1 \cdot R_2$,从第三减速元件16的伺服马达9侧观察到的减速比为 $R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$ 。

[0038] 第二旋转关节部J2除了一对关节部件为回转体5以及第一臂6这一点之外,具有与第一旋转关节部J1相同的结构。

[0039] 第三旋转关节部J3也除了一对关节部件为第一臂6以及第二臂7这一点之外,具有与第一旋转关节部J1相同的结构。

[0040] 第四旋转关节部J4也除了一对关节部件为第二臂7以及第一手腕元件30这一点之外,具有与第一旋转关节部J1相同的结构。

[0041] 第五旋转关节部J5也除了一对关节部件为第一手腕元件30以及第二手腕元件31这一点之外,具有与第一旋转关节部J1相同的结构。

[0042] 第六旋转关节部J6也除了一对关节部件为第二手腕元件31以及第三手腕元件32这一点之外,具有与第一旋转关节部J1相同的结构。

[0043] 控制装置3具备至少一个处理器、以及至少一个存储器。如图4所示,控制装置3具备:机器人控制部33,其通过反馈来自各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的伺服马达9所具备的编码器13的旋转角度值,从而向伺服马达9供给指令电流;判定部34;以及通知部35。

[0044] 在判定部34输入:从机器人控制部33输出的指令电流值、从伺服马达9的编码器13输出的旋转角度值、以及由转矩传感器11检测到的输出转矩即实测转矩 T_s 。如图5所示,判定部34存储各减速元件14、15、16的减速比 R_1 、 R_2 、 R_3 。判定部34基于从机器人控制部33输入的指令电流值,计算从伺服马达9输入到减速机构10的输入转矩,并且根据输入转矩和减速比 R_1 、 R_2 、 R_3 ,计算减速机构10的理想的输出转矩即理想转矩 T_i 。

[0045] 另外,判定部34通过从计算出的理想转矩 T_i 中减去实测转矩 T_s ,从而计算出差分转矩 TD_1 。而且,判定部34通过利用例如像FFT那样的公知的方法对差分转矩 TD_1 进行频率分析,从而计算出差分转矩 TD_1 中包含的周期性分量的频率 f 。

[0046] 判定部34将值 N/f 与减速比1、 R_1 、 $R_1 \cdot R_2$ 、 $R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$ 进行比较,值 N/f 通过利用计算出的频率 f 除以基于由编码器13检测到的旋转角度值的变化量的马达轴12的转速 N 而得到。然后,在比较的结果为值 N/f 与任意一个减速比1、 R_1 、 $R_1 \cdot R_2$ 、 $R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$ 的差分为预定的阈值以内的情况下,判定部34判定对应的减速元件14、15、16可能发生不良情况。

[0047] 在值 N/f 近似于减速比1的情况下,伺服马达9或者固定于马达轴12的第一减速元件14的第一齿轮17可能存在不良情况。

[0048] 在值 N/f 近似于减速比 R_1 的情况下,固定于第一减速元件14的第一轴19的第二齿轮18或者第三齿轮21可能存在不良情况。

[0049] 在值 N/f 近似于减速比 $R_1 \cdot R_2$ 的情况下,固定于第二减速元件15的第二轴23的第

四齿轮22或者第五齿轮25可能存在不良情况。

[0050] 在值 N/f 近似于减速比 $R1 \cdot R2 \cdot R3$ 的情况下,固定于第三减速元件16的第三轴27的第六齿轮26可能存在不良情况。

[0051] 然后,通知部35将由判定部34判定的判定结果通知给外部。通知部35进行通知的方法可以是任意的,能够通过显示于控制装置3的监视器、利用灯进行显示或者利用蜂鸣器进行显示,从而将可能存在不良情况的部位通知给外部。

[0052] 接着,对在本实施方式的机器人系统1中,诊断减速机构10是否发生不良情况的方法进行说明。

[0053] 作业人员操作控制装置3,从而使机器人2进行动作。机器人2的动作可以是像使六个旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6同时或者多个进行动作那样的任意的动作,但优选地,执行使六个旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6一个一个地进行动作的诊断程序。由于各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的诊断方法相同,因此在此,将第一旋转关节部J1的诊断方法作为例子进行说明。

[0054] 如图6所示,作业人员通过执行诊断程序,只使机器人2的第一旋转关节部J1的定速动作开始(步骤S1)。由此,利用从机器人控制部33输出的指令电流值使伺服马达9进行动作,并使回转体5相对于基座4围绕第一轴线A旋转驱动。在该状态下,由伺服马达9的编码器13检测到的旋转角度值输入到判定部34,在判定部34中,根据旋转角度值的时间变化获取到伺服马达9的转速 N (步骤S2)。

[0055] 另外,从机器人控制部33输出的指令电流值输入到判定部34,在判定部34中,计算出基于伺服马达9的输入转矩的理想转矩 T_i (步骤S3)。理想转矩 T_i 通过将输入转矩与减速机构10整体的减速比 $R1 \cdot R2 \cdot R3$ 和传递效率相乘而计算出。

[0056] 同时,由转矩传感器11检测到的实测转矩 T_s 输入到判定部34(步骤S4)。获取到的转速 N 、计算出的理想转矩 T_i 、以及检测到的实测转矩 T_s ,与旋转角度值、指令电流值、以及实测转矩 T_s 输入到判定部34的时刻相对应地存储(步骤S5)。

[0057] 然后,判定机器人2的动作是否结束(步骤S6),在未结束的情况下,重复从步骤S2开始的工序。在步骤S6中,在判定用于诊断的机器人2的动作结束了的状态下,如图8所示,获取预定时间范围内的伺服马达9的转速 N 、理想转矩 T_i 、以及实测转矩 T_s 的时序数据。另外,如图7所示,通过从理想转矩 T_i 的时序数据中减去实测转矩 T_s 的时序数据,从而获取图8所示的差分转矩(第一差分转矩)TD1的时序数据(步骤S7)。

[0058] 判定在所获取的差分转矩TD1的时序数据中是否产生超过预定阈值 $Th1$ 的差分转矩TD1(步骤S8)。在存在产生超过阈值 $Th1$ 的差分转矩TD1的时刻的情况下,如图7所示,提取差分转矩TD1的时序数据中包含的周期性分量的频率 f (步骤S9)。

[0059] 然后,在判定部34中,计算用所提取的频率 f 除以伺服马达9的转速 N 而得到的值 N/f (步骤S10)。将计算出的值 N/f 与减速比 1 、 $R1$ 、 $R1 \cdot R2$ 、 $R1 \cdot R2 \cdot R3$ 依次进行比较(步骤S11~S14)。

[0060] 在步骤S11中,在判定为值 N/f 与 1 相等(值 N/f 与 1 的差分小于预定的阈值 $Th2$)的情况下,以转速 N 进行旋转的伺服马达9以及第一齿轮17可能存在不良情况(步骤S15)。在伺服马达9的转子发生某些不良情况,或者第一齿轮17的齿缺失的情况下,输出转矩以与转速 N 相同的频率发生变动。在判定为可能存在不良情况的情况下,利用通知部35将该情况通知

给外部(步骤S19)。

[0061] 在步骤S11中,在判定为值 N/f 与1不同的情况下,判定值 N/f 是否与 $R1$ 相等(值 N/f 与 $R1$ 的差分小于预定的阈值 $Th2$) (步骤S12)。在步骤S12中,在判定为值 N/f 与 $R1$ 相等的情况下,固定于以转速 $N/R1$ 进行旋转的第一轴19的第二齿轮18以及第三齿轮21可能存在不良情况(步骤S16)。在该情况下,也利用通知部35将该情况通知给外部(步骤S19)。

[0062] 另外,在步骤S12中,在判定为值 N/f 与 $R1$ 不同的情况下,判定值 N/f 是否与 $R1 \cdot R2$ 相等(值 N/f 与 $R1 \cdot R2$ 的差分小于预定的阈值 $Th2$) (步骤S13)。在步骤S13中,在判定为值 N/f 与 $R1 \cdot R2$ 相等的情况下,固定于以转速 $N/(R1 \cdot R2)$ 进行旋转的第二轴23的第四齿轮22以及第五齿轮25可能存在不良情况(步骤S17)。在该情况下,也利用通知部35将该情况通知给外部(步骤S19)。

[0063] 而且,在步骤S13中,在判定为值 N/f 与 $R1 \cdot R2$ 不同的情况下,判定值 N/f 是否与 $R1 \cdot R2 \cdot R3$ 相等(值 N/f 与 $R1 \cdot R2 \cdot R3$ 的差分小于预定的阈值 $Th2$) (步骤S14)。在步骤S14中,在判定为值 N/f 与 $R1 \cdot R2 \cdot R3$ 相等的情况下,固定于以转速 $N/(R1 \cdot R2 \cdot R3)$ 进行旋转的第三轴27的第六齿轮26可能存在不良情况(步骤S18)。在该情况下,也利用通知部35将该情况通知给外部(步骤S19)。

[0064] 步骤S11~S14中的阈值 $Th2$ 可以相同,也可以不同。

[0065] 在第一旋转关节部J1的诊断结束之后,依次进行第二旋转关节部J2至第六旋转关节部J6的诊断即可。

[0066] 如此,根据本实施方式的机器人系统1,具有如下优点:不是确定整个减速机构10的不良情况,而是能够确定减速机构10内部的故障主要因素、即减速机构10内部所具备的各减速元件14、15、16的不良情况。由此,无需拆卸整个减速机构10重新调查或者更换整个减速机构10,能够更换已确定不良情况的减速元件14、15、16等,能够将更换部件抑制在最小限度,大幅度减少维护所需的工时以及成本。

[0067] 此外,在本实施方式中,设置为判定在伺服马达9或者各减速元件14、15、16所具备的第一至第六齿轮17、18、21、22、25、26是否存在不良情况,但在除此以外的机械元件存在不良情况的情况下也能够以相同的方式进行判定。例如,考虑到在支撑第一轴19的第一轴承20存在不良情况的情况下,输出转矩以与转速 $N/R1$ 相同或者近似的频率进行振动,因此也可以以相同的方式判定不良情况。

[0068] 另外,考虑到在支撑第二轴23的第二轴承24存在不良情况的情况下,输出转矩以与转速 $N/R1 \cdot R2$ 相同或者近似的频率进行振动,因此也可以以相同的方式判定不良情况。

[0069] 另外,考虑到在支撑第三轴27的第三轴承28存在不良情况的情况下,输出转矩以与转速 $N/R1 \cdot R2 \cdot R3$ 相同或者近似的频率进行振动,因此也可以以相同的方式判定不良情况。

[0070] 接着,以下参照附图对本发明的第二实施方式的机器人系统进行说明。

[0071] 在本实施方式的说明中,对与上述的第一实施方式的机器人系统1通用结构的部位标注同一附图标记,并省略说明。

[0072] 如图9所示,在本实施方式的机器人系统中,控制装置3具备存储基准转矩 TR 的时序数据的存储部36。基准转矩 TR 是在机器人2出厂时等所获取的、机器人2为正常状态下的理想转矩 Ti 与实测转矩 Ts 的差分转矩。例如,在机器人2出厂时等,将通过执行至图6的步骤

S7为止而获取到的差分转矩TD1的时序数据,预先存储于存储部36即可。

[0073] 在本实施方式的机器人系统中,判定部34从计算出的差分转矩TD1的时序数据中减去从存储部36读出的基准转矩TR的时序数据。由此,如图10所示,计算出差分值(第二差分转矩)TD2的时序数据(步骤S21)。差分转矩TD1、基准转矩TR以及差分值TD2的关系例如如图11所示。

[0074] 然后,判定部34例如判定差分值TD2的平均值的绝对值是否超过预定的阈值Th3(步骤S22)。在差分值TD2的平均值的绝对值超过阈值Th3的情况下,判定为在减速机构10内部的任一个轴承20、24、28或者润滑剂存在不良情况,在通知部35中通知该情况(步骤S23)。

[0075] 差分转矩TD1是从理想转矩 T_i 减去实测转矩 T_s 而得到的减速机构10内部的阻力分量,根据轴承20、24、28的预压量以及润滑剂的状态而发生变动。

[0076] 通过从差分转矩TD1减去基准转矩TR,从而差分值TD2表示:当前的差分转矩TD1相对于机器人2的正常的状态变化了何种程度。

[0077] 通过从差分转矩TD1减去基准转矩TR,从而即使在差分转矩TD1中包含有各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6所固有的偏移、振动,也能够在其正常的情况下去除。从而,具有如下优点:能够高精度地提取从正常状态的变化量,并且能够高精度地判定有无不良情况的可能性。

[0078] 在差分值TD2的平均值为负的情况下,可能发生如下不良情况:由磨损引起的轴承20、24、28的预压量的减少、由作为润滑剂的润滑脂的劣化引起的软化、或者在减速机构10包含带的情况下带的张力的下降等。

[0079] 另一方面,在差分值TD2的平均值为正的情况下,可以考虑以下可能性。即,可能发生如下不良情况:由作为润滑剂的润滑脂的劣化引起的轴承20、24、28等机构部件的磨损粉末堵塞轴承20、24、28,齿轮17、18、21、22、25、26等机构部件的碎片堵塞轴承20、24、28,或者由磨损粉末引起的润滑脂的硬化等。

[0080] 根据本实施方式,具有如下优点:除了第一实施方式的各减速元件14、15、16的各齿轮17、18、21、22、25、26的不良情况,还能够通知在减速机构10内部的任一个轴承20、24、28或者润滑剂发生不良情况。具有如下优点:通过轴承20、24、28的预压调整,能够提高旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的刚性以及旋转精度。另外,在疑似润滑剂存在不良情况的情况下,通过更换润滑剂,能够不更换其他机构部件就修复不良情况,能够大幅度减少维护作业所需的工时以及成本。

[0081] 此外,在本实施方式中,根据差分值TD2的平均值的绝对值是否大于预定阈值Th3,来通知在轴承20、24、28或者润滑剂可能存在不良情况。取而代之,也可以利用差分值TD2的平均值的附图标记,更细地分类不良情况的内容并通知。

[0082] 另外,在本实施方式中,判定部34根据差分值TD2的平均值的绝对值判定不良情况的可能性。取而代之,也可以基于在步骤S21中计算出的差分值TD2的时序数据、以及所存储的旋转角度值的时序数据,提取旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6开始动作的时间段以及旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段的差分值TD2的时序数据。

[0083] 并且,也可以根据所提取的时间段中的差分值TD2判定不良情况的可能性。具体而言,旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6开始动作的时间段中的差分值TD2的最大值为非周期性分量,并且对应于由于机构部件的静止摩擦而产生的阻力分量。可知在旋转关节部J1、J2、

J3、J4、J5、J6开始动作的时间段中的差分值TD2的最大值的绝对值超过预定阈值Th3的情况下,轴承20、24、28的预压量过大。

[0084] 另外,旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段中的差分值TD2的平均值也是非周期性分量,并且对应于由于机构部件的动摩擦而产生的阻力分量。可知在旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段中的差分值TD2的平均值的绝对值超过预定阈值Th3的情况下,由于润滑剂的劣化而发生软化或者硬化等。

[0085] 另外,也可以将旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段中的差分值TD2的时序数据,用于步骤S9中的频率的提取。由此,相比利用旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的动作中的整个时间段中的差分转矩TD1的时序数据的情况,能够更高精度地求出差分转矩TD1中包含的周期性分量的频率。

[0086] 另外,在本实施方式中,通过从差分转矩TD1的时序数据中减去基准转矩TR的时序数据,从而计算出差分值TD2。由于基准转矩TR是例如通过在机器人2出厂时等在预定的条件下执行诊断程序而测量得到的差分转矩TD1,因此,优选地,现场的诊断也在与出厂时相同的条件下进行。

[0087] 然而,例如,难以使实施诊断时的减速机构10的温度与出厂时的减速机构10的温度一致。因此,优选地,具备能够检测减速机构10的温度的温度传感器,并且判定部34具备根据由温度传感器检测到的温度修正基准转矩TR的时序数据的修正部。另外,代替直接检测减速机构10的温度的温度传感器,也可以使用例如由转矩传感器11所具备的温度传感器检测到的温度。

[0088] 另外,作为在现场实施诊断时的机器人2的动作,使其进行与在出厂时进行的诊断动作相同的动作是不现实的。因此,还可以将基准转矩TR的时序数据以及测量基准转矩TR时的旋转角度值的时序数据预先存储在存储部36中。并且,也可以在诊断时,在各瞬间利用根据由各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6所具备的编码器13检测到的旋转角度值求出的各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的速度以及加速度,修正基准转矩TR,并生成针对诊断时的动作的基准转矩TR的时序数据。

[0089] 另外,在本实施方式中,通过提取旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6开始动作的时间段以及旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段的差分值TD2的时序数据,从而将由于静摩擦以及动摩擦而产生的阻力分量用于不良情况的判定。取而代之,也可以用于测量减速机构10的旋转的平滑度。由于可知减速机构10的内部阻力的变化,因此也能够估计润滑状态、以及由于齿轮17、18、21、22、25、26、轴承20、24、28的磨损而产生的轴心的振动等的状态。另外,在减速机构10具有带的情况下,还能够估计带的张力。

[0090] 另外,在本实施方式中,从利用基于转矩传感器11的实测转矩Ts计算出的差分值TD2的时序数据中,提取旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6开始动作的时间段以及旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段的差分值TD2的时序数据。取而代之,也可以在各减速机构10的输出位置安装其他编码器,并且求出旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6开始动作的时间段以及旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6以定速进行动作的时间段。

[0091] 另外,代替安装于各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的减速机构10的输出位置的转矩传感器11,也可以采用力觉传感器。

[0092] 接着,以下参照附图对本发明的第三实施方式的机器人系统进行说明。

[0093] 在本实施方式的说明中,对与上述的第一实施方式以及第二实施方式的机器人系统1通用结构的部位标注同一附图标记,并省略说明。

[0094] 在本实施方式的机器人系统中,除了实施与第一实施方式或者第二实施方式的机器人2相同的诊断,还对各减速机构10的各减速元件14、15、16所具备的任一机构部件有无不良情况进行通知。

[0095] 在图12中,举例说明在由第一实施方式的机器人系统1进行诊断的途中,进行由本实施方式的机器人系统进行的诊断的情况,但既可以并列进行,也可以交替进行。

[0096] 在本实施方式的机器人系统中,与图9所示的第二实施方式同样地,控制装置3具备与判定部34连接的存储部36。在存储部36中存储有构成机器人2的各连杆部件(回转体5、第一臂6、第二臂7以及手腕单元8)的主要尺寸以及各减速机构10的输出位置(输出凸缘29的中心位置的坐标)。另外,在存储部36中,针对各减速机构10内的每个机构部件,存储有用于根据下述的第二负载计算第三负载的系数、开始对机构部件产生影响的力以及力矩的阈值、以及允许超过阈值的限制时间。

[0097] 系数、阈值以及限制时间被存储为与互相正交的三轴x、y、z方向的力 F_x 、 F_y 、 F_z 以及围绕各轴的力矩 M_x 、 M_y 、 M_z 分别对应的值。上述合计六个轴方向的全部或者多个力以及力矩在之后统称为负载。针对每个减速机构10设定三轴x、y、z的方向。

[0098] 如图12所示,在计算出差分转矩TD1(步骤S7)之后,判定部34估计施加于机器人2的手腕单元8前端(手腕凸缘的凸缘面的中心位置)的第一负载(步骤S31)。此时,根据机器人2的多个轴部分的差分转矩TD1进行第一负载的估计。

[0099] 接着,判定部34根据第一负载,估计施加于各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的减速机构10的输出位置(输出凸缘29的凸缘面29a的中心位置)的第二负载(步骤S32)。

[0100] 接着,判定部34针对每个旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6,根据第二负载估计施加于构成各减速机构10的机构部件的第三负载(步骤S33)。

[0101] 第一负载至第三负载被估计为时序数据。

[0102] 判定部34根据各机构部件的第三负载即时序数据、以及在第一实施方式或者第二实施方式中计算出的差分转矩TD1的时序数据,判定哪个机构部件可能存在不良情况(步骤S34)。然后,在在任一机构部件被判定为存在不良情况的情况下,利用通知部35通过该情况(步骤S35)。

[0103] 以下,以机器人2的结构为图13所示的结构、并且外力X作用于图13中以箭头所示的方向的情况为例子,对本实施方式的机器人系统的诊断方法进行说明。

[0104] 在该情况下,基于由第二旋转关节部J2、第三旋转关节部J3以及第五旋转关节部J5中的三个转矩传感器11检测到的实测转矩 T_s ,估计第一负载(步骤S31)。

[0105] 判定部34利用来自编码器13的旋转角度值、以及各连杆部件(回转体5、第一臂6、第二臂7以及手腕单元8)的主要尺寸,计算出手腕单元8的前端位置,并且基于计算出的手腕前端位置、各减速机构10的输出位置以及实测转矩 T_s ,估计第一负载。

[0106] 利用正交的三轴方向的力以及围绕各轴的力矩将第一负载估计为(F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z)。其他力以及力矩作用于机器人2的情况也同理。

[0107] 接着,判定部34计算用于从手腕单元8前端的坐标系向各减速机构10的输出位置的坐标系转换的坐标转换矩阵,并利用计算出的坐标转换矩阵以及第一负载,计算施加于

各减速机构10的输出位置的第二负载(步骤S32)。

[0108] 之后,判定部34通过将第二负载与存储部36中存储的系数相乘,从而计算出施加于各机构部件的第三负载作为时序数据(步骤S33)。例如,如图14中由附图标记P1~P10所示,计算施加于第一齿轮17~第六齿轮26的中心位置P1~P6、第一轴承20~第三轴承28的中心位置P7~P10的第三负载的时序数据。

[0109] 在步骤S34中,判定部34将施加于各机构部件的第三负载的时序数据、与在步骤S7中计算出的差分转矩TD1的时序数据对准时间轴进行比较。由此,判定部34能够判定在以与差分转矩TD1相同的频率 f 发生变动的机构部件可能发生不良情况。

[0110] 另外,在步骤S34中,判定部(寿命估计部)34累计所估计的第三负载超过存储部36中存储的阈值的的时间。并且,判定部34基于累计时间、以及存储部36中存储的限制时间,估计该机构部件的剩余寿命。然后,利用通知部35通知所估计的机构部件的剩余寿命。由此,能够在发生不良情况之前,向外部通知发生不良情况的可能性高的机构部件。

[0111] 此外,在本实施方式中,将第三负载的时序数据与差分转矩TD1的时序数据进行比较,从而判定发生不良情况的可能性。取而代之,也可以通过针对所有机构部件利用FFT等对所获取的作为第三负载的时序数据进行频率分析,从而提取周期性分量的频率,并判定在具有与差分转矩TD1的周期性分量的频率一致的频率的机构部件存在不良情况。

[0112] 另外,对于通过第三实施方式通知可能存在不良情况的意思的机构部件,还可以作为附加于第一实施方式或者第二实施方式中的不良情况的通知的附加信息进行通知。另外,也可以在判定为机构部件可能存在不良情况的情况下,判定部34以使该机构部件用该机构部件的不良情况易引人注目的速度进行动作的方式通知用户,或者利用判定部34调节机器人2的动作速度。

[0113] 另外,在本实施方式中,设置为判定部34将差分转矩TD1的时序数据与各机构部件中的第三负载的时序数据进行比较,从而确定发生不良情况的机构部件。取而代之,判定部34还可以具备学习完成模型,该学习完成模型学习了在出厂时等减速机构10为正常的状态下计算出的第三负载的时序数据。并且,还可以在机器人2进行动作时,将计算出的各机构部件的第三负载的时序数据输入到学习完成模型,针对每个机构部件计算出与在正常状态下的第三负载的偏离率,从而利用阈值等确定发生不良情况的机构部件。

[0114] 另外,在上述各实施方式中,举例说明了在各旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6具备转矩传感器11的情况,但如图15所示,也可以在基座4与被设置面之间配置六轴的力觉传感器37。另外,如图16所示,还可以在手腕单元8前端配置力觉传感器37。

[0115] 另外,在上述各实施方式中,举例说明了具备六个旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6的垂直六轴多关节型的机器人,但取而代之,也可以采用具备水平四轴多关节的机器人、旋转关节部的数量为7的不同的数量等的机器人、以及其他任意形式的机器人2的机器人系统。另外,作为关节部,还可以代替旋转关节部J1、J2、J3、J4、J5、J6而具备直动关节部。

[0116] 附图标记说明:

[0117] 1:机器人系统

[0118] 2:机器人

[0119] 3:控制装置(判定部)

[0120] 9:伺服马达(马达)

- [0121] 10:减速机构
- [0122] 11:转矩传感器
- [0123] 13:编码器
- [0124] 14:第一减速元件(减速元件)
- [0125] 15:第二减速元件(减速元件)
- [0126] 16:第三减速元件(减速元件)
- [0127] 17:第一齿轮(齿轮、机构部件)
- [0128] 18:第二齿轮(齿轮、机构部件)
- [0129] 20:第一轴承(轴承、机构部件)
- [0130] 21:第三齿轮(齿轮、机构部件)
- [0131] 22:第四齿轮(齿轮、机构部件)
- [0132] 24:第二轴承(轴承、机构部件)
- [0133] 25:第五齿轮(齿轮、机构部件)
- [0134] 26:第六齿轮(齿轮、机构部件)
- [0135] 28:第三轴承(轴承、机构部件)
- [0136] 34:判定部(寿命估计部)
- [0137] 35:通知部
- [0138] J1:第一旋转关节部(关节部)
- [0139] J2:第二旋转关节部(关节部)
- [0140] J3:第三旋转关节部(关节部)
- [0141] J4:第四旋转关节部(关节部)
- [0142] J5:第五旋转关节部(关节部)
- [0143] J6:第六旋转关节部(关节部)
- [0144] f:频率
- [0145] N:转速
- [0146] T_i :理想转矩
- [0147] T_s :实测转矩
- [0148] TD1:差分转矩(第一差分转矩)
- [0149] TD2:差分转矩(第二差分转矩)
- [0150] Th_1 、 Th_2 、 Th_3 、 Th_4 :阈值
- [0151] R1、R2、R3:减速比

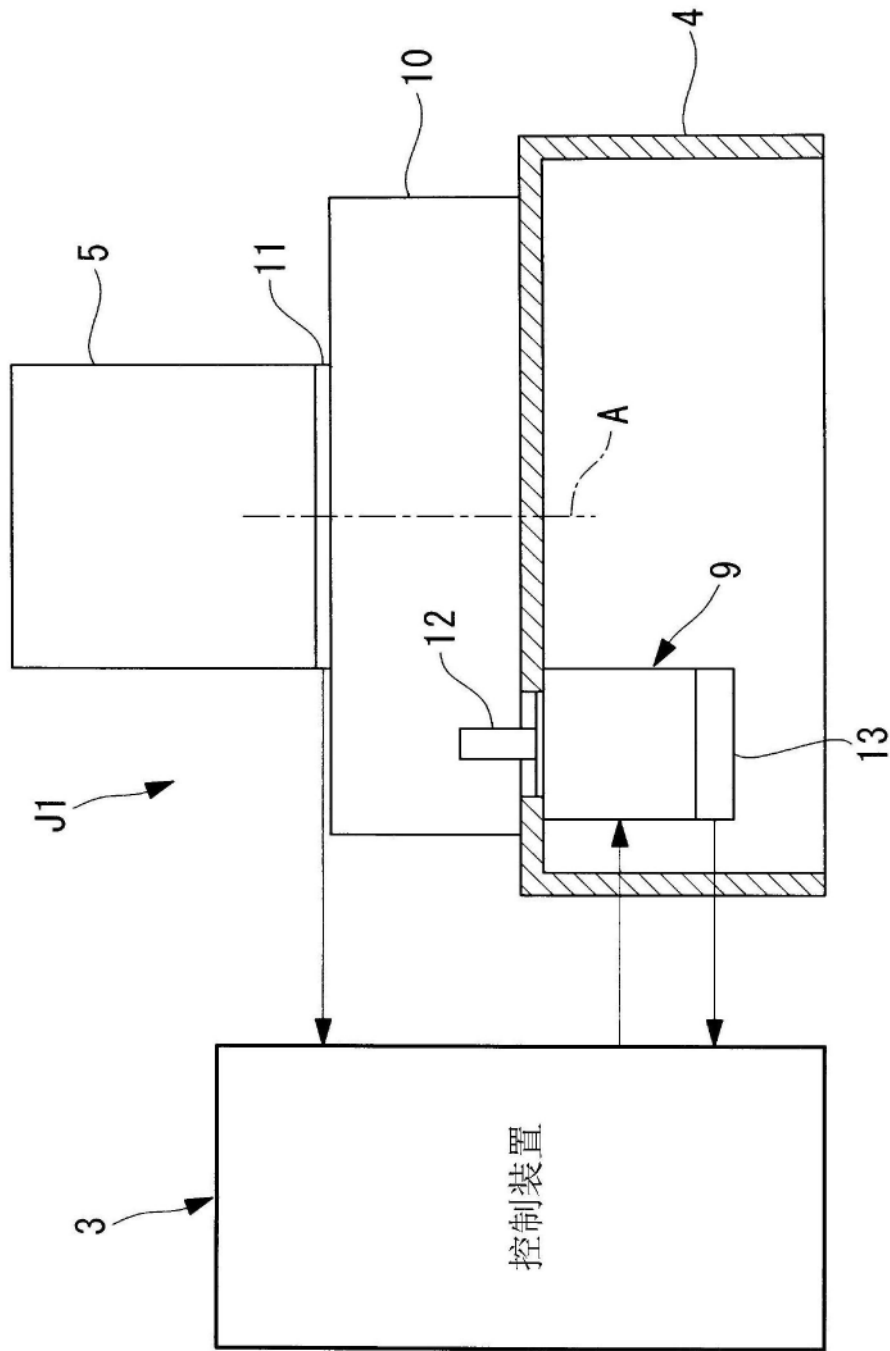


图2

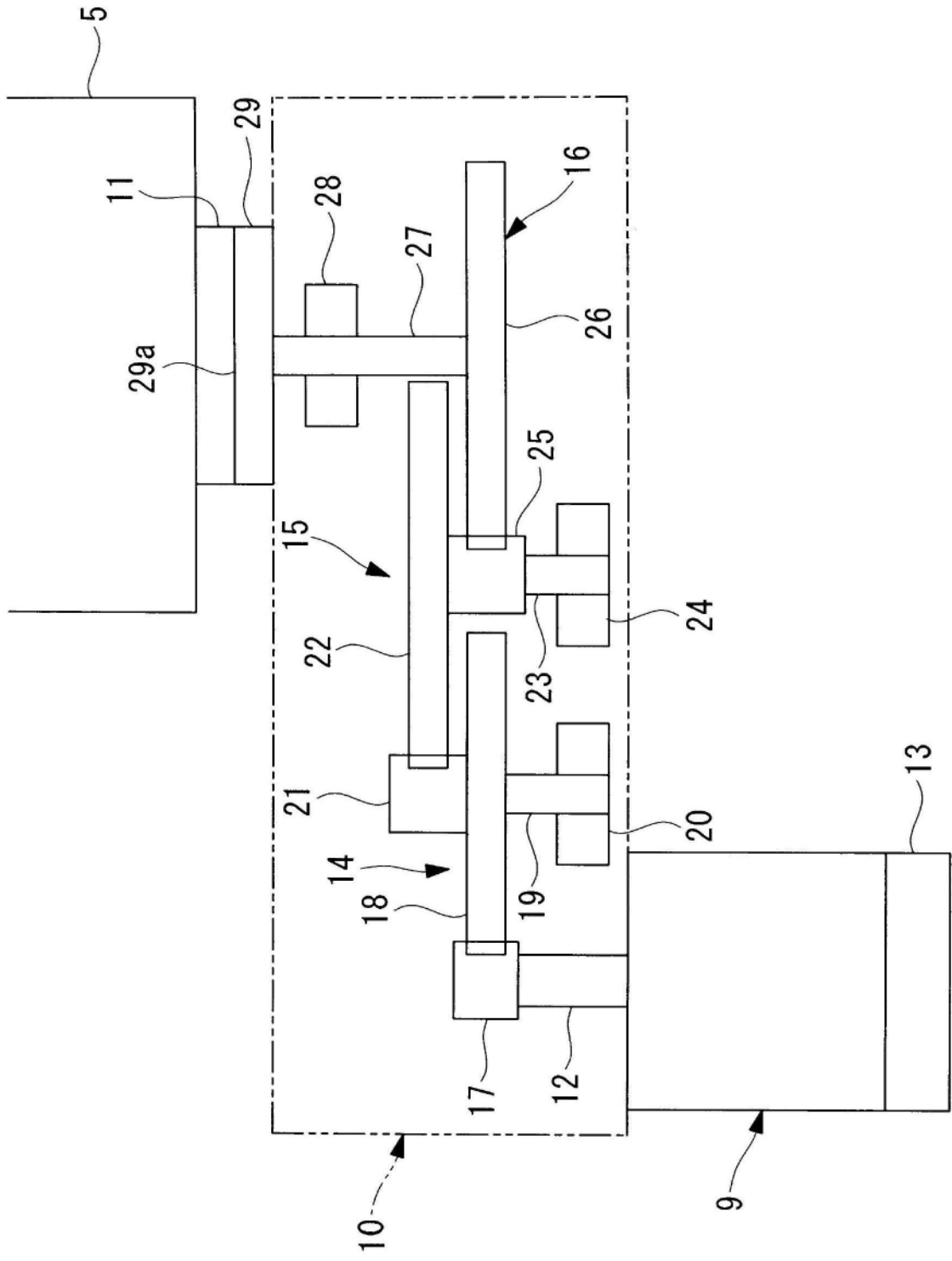
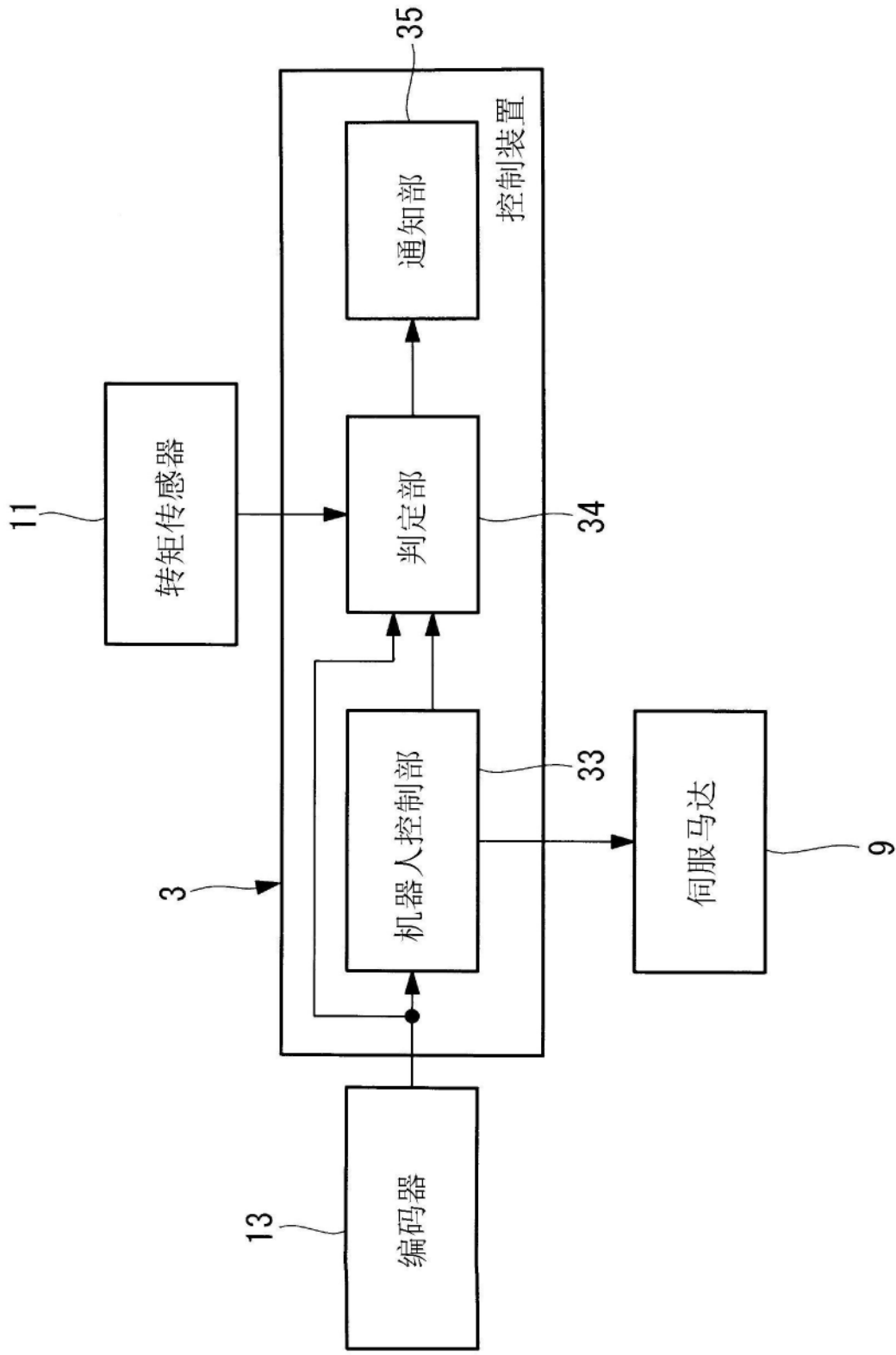


图3



	第一 减速元件	第二 减速元件	第三 减速元件
减速比	R1	R2	R3

图5

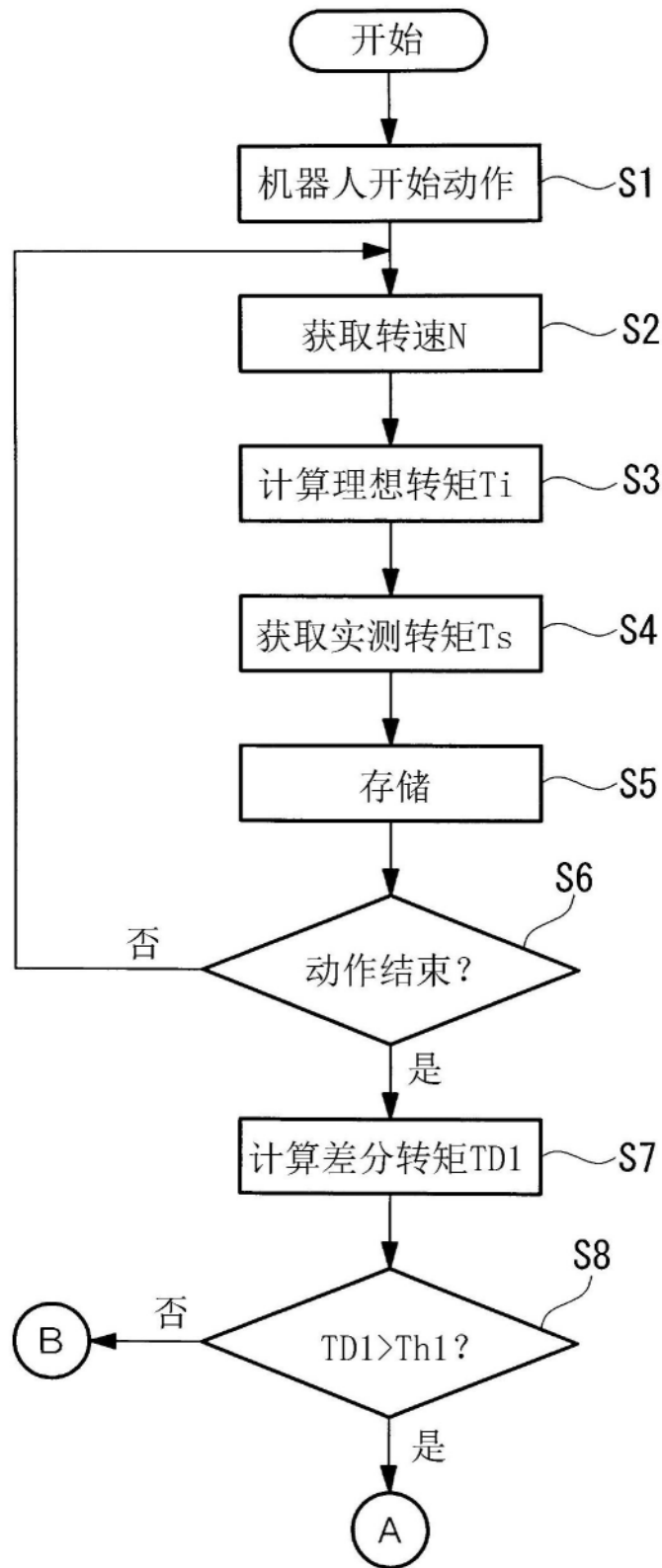


图6

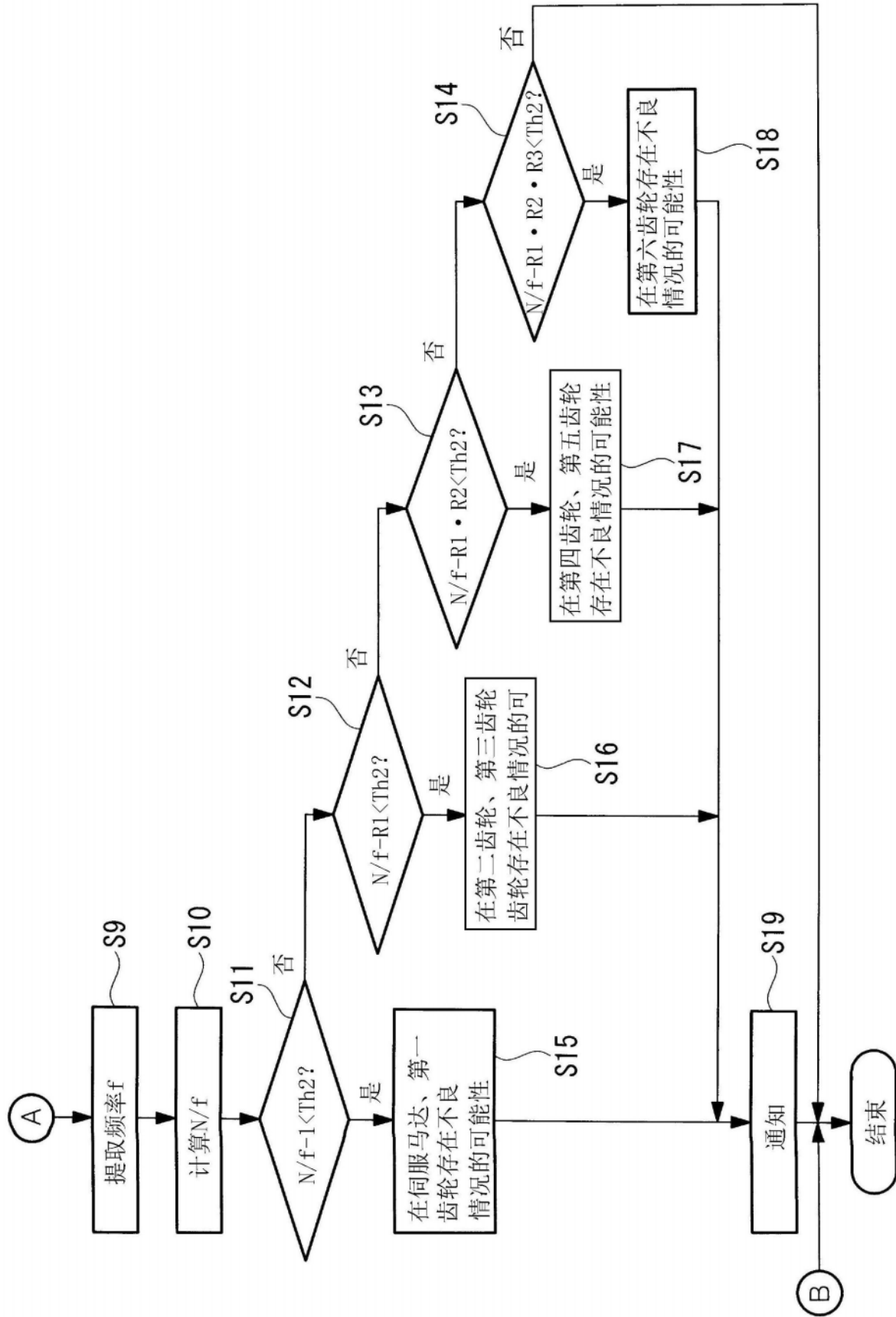


图7

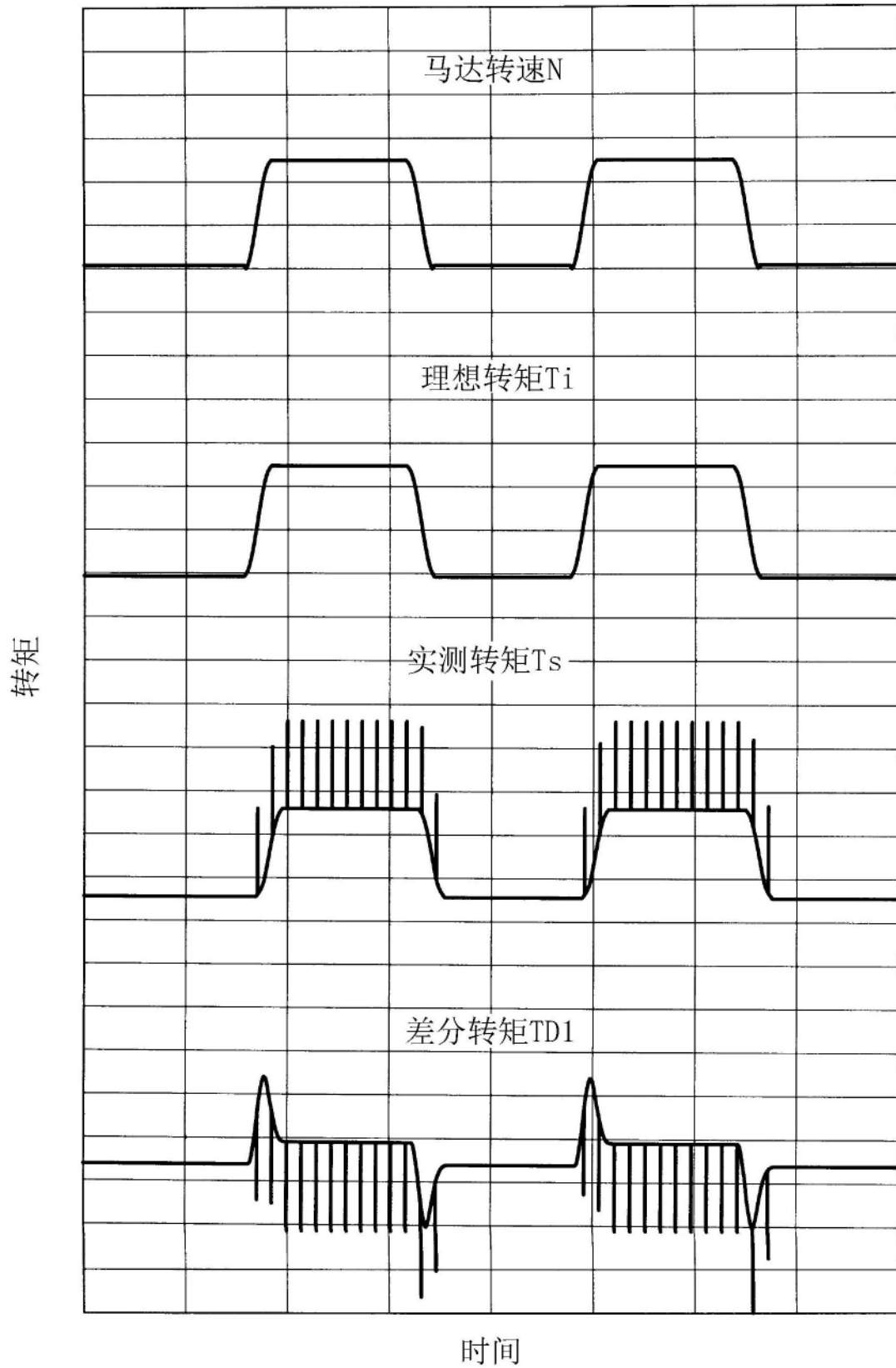


图8

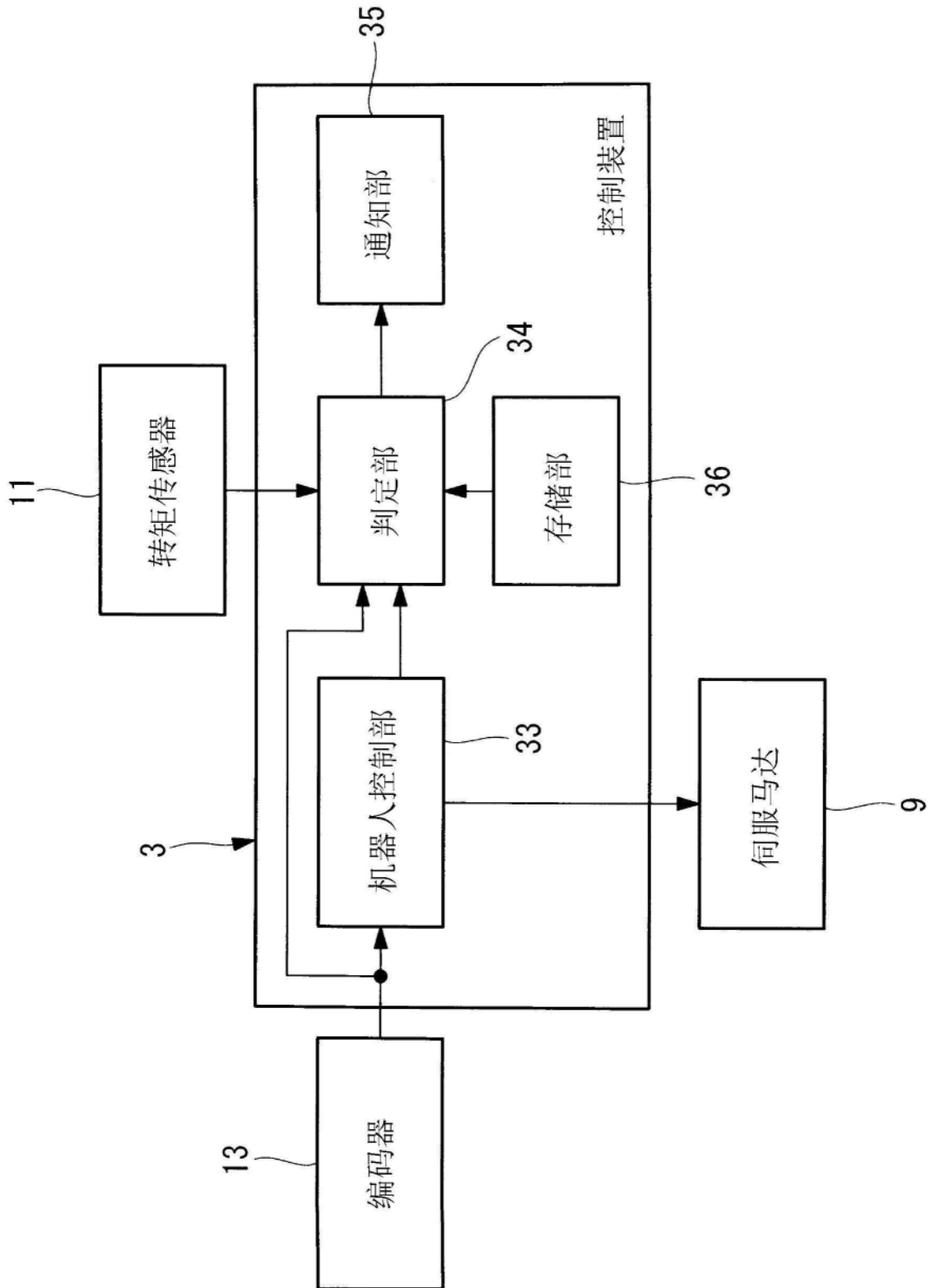


图9

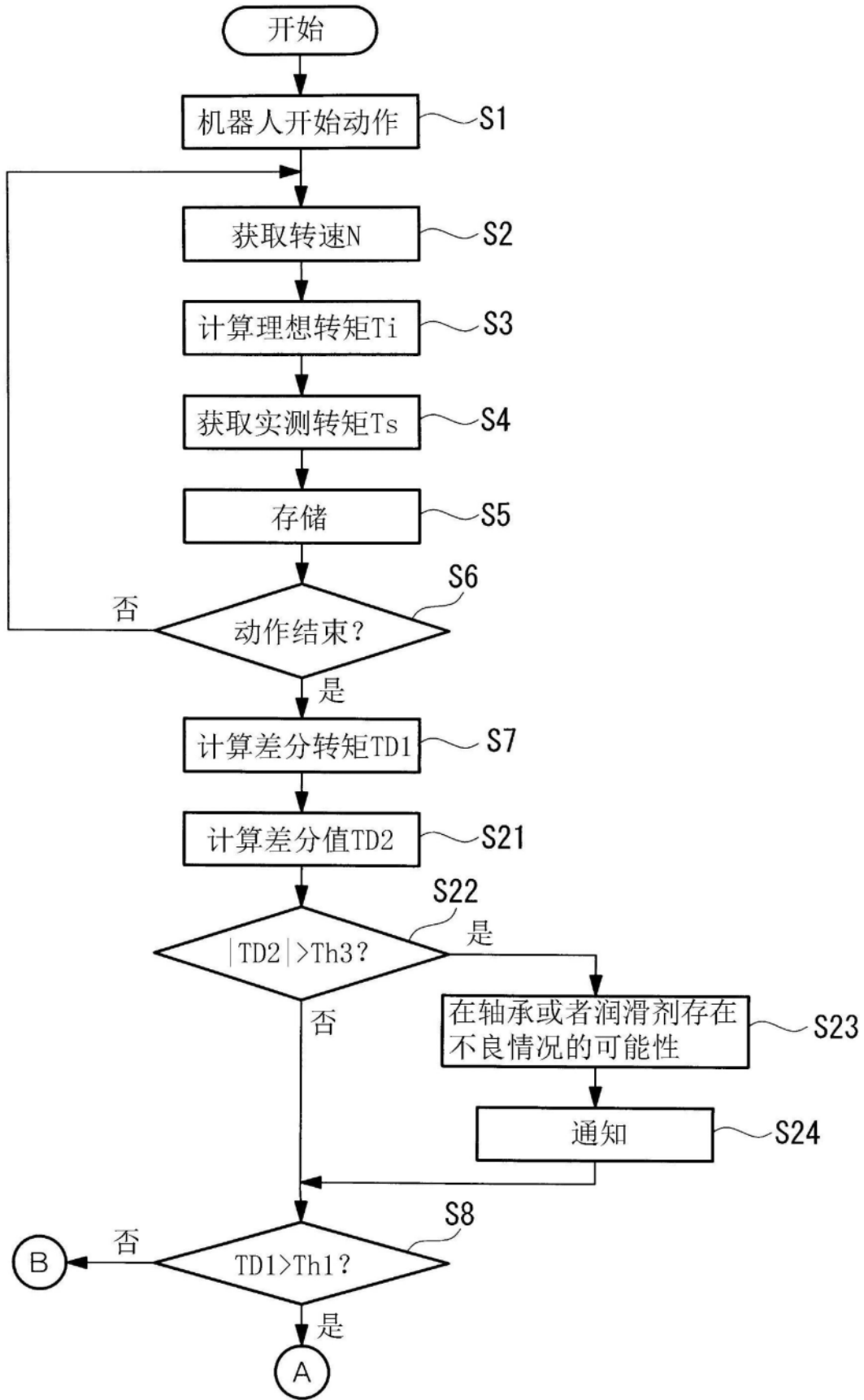


图10

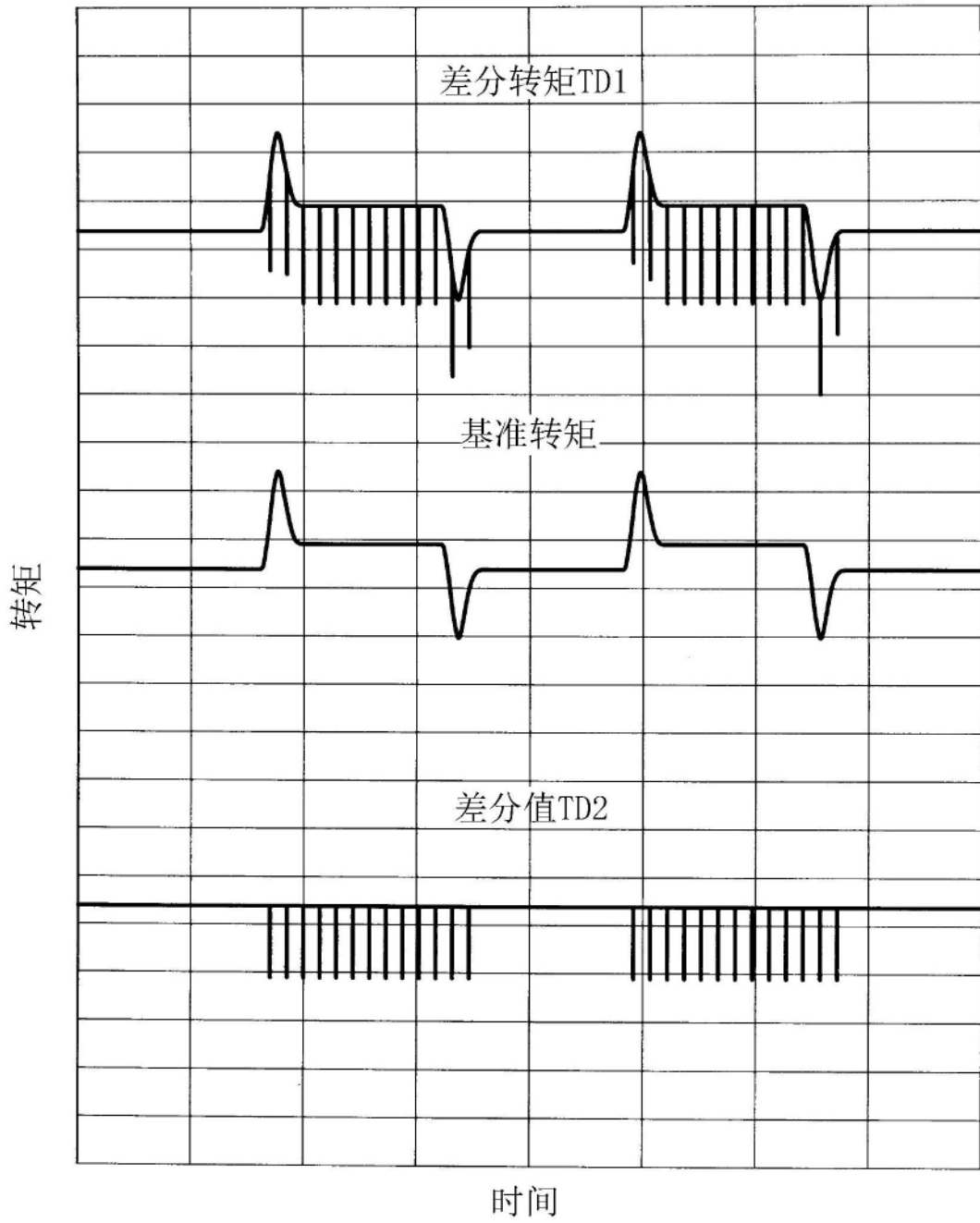


图11

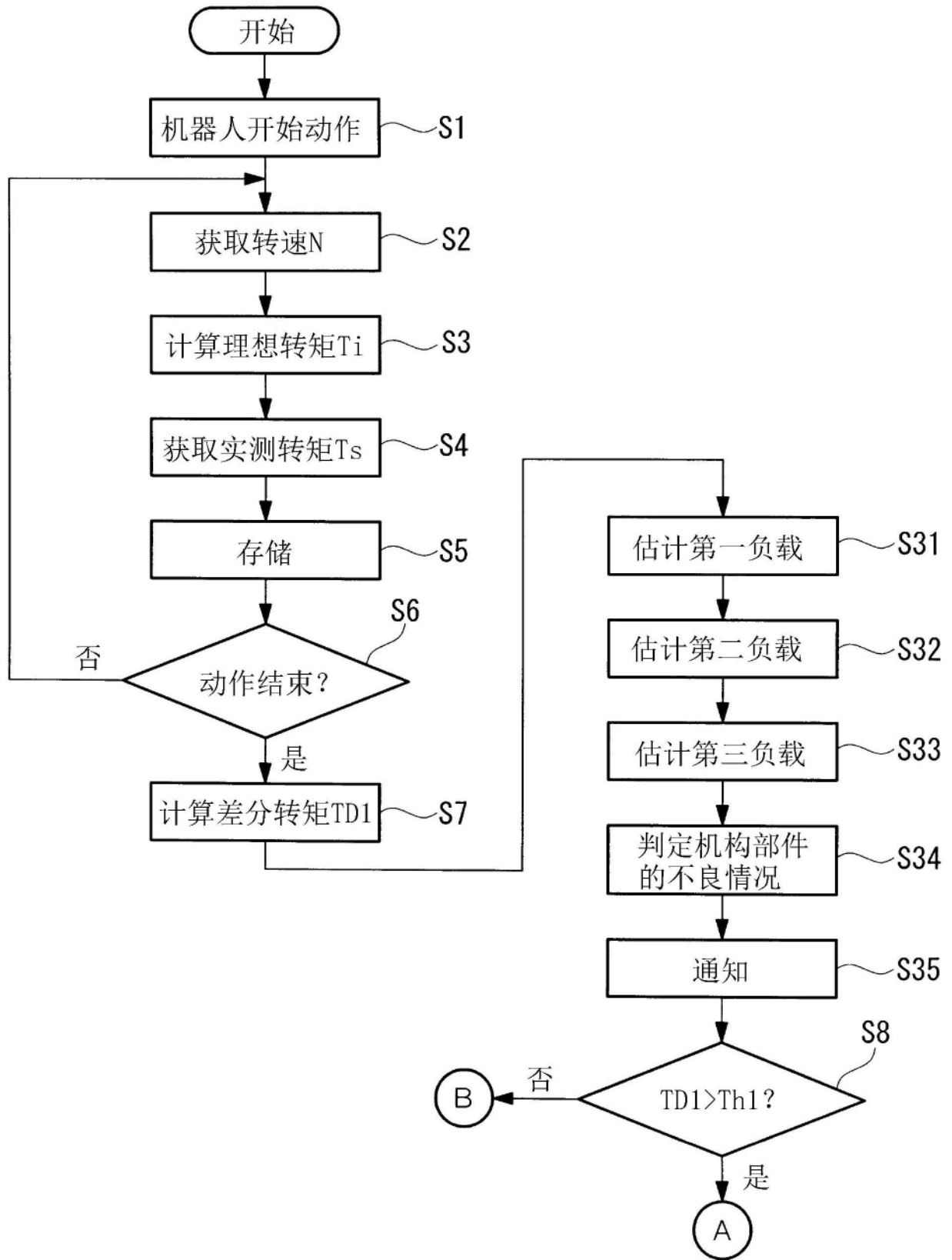


图12

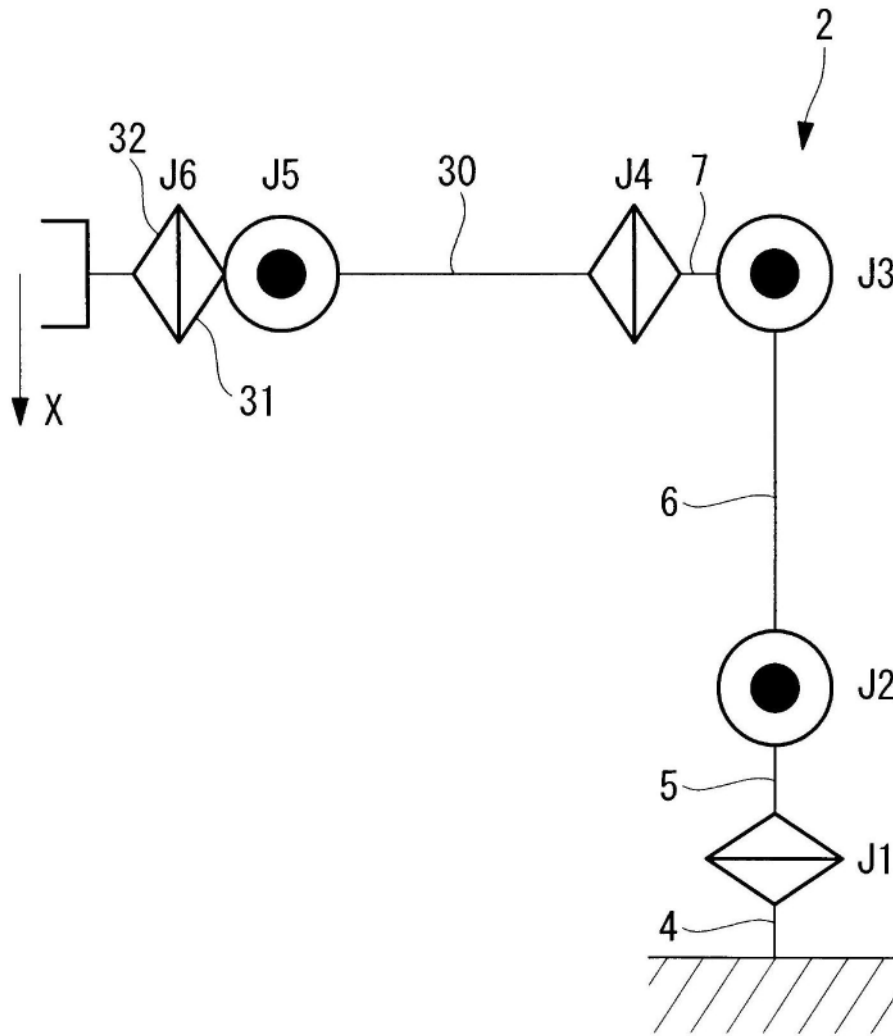


图13

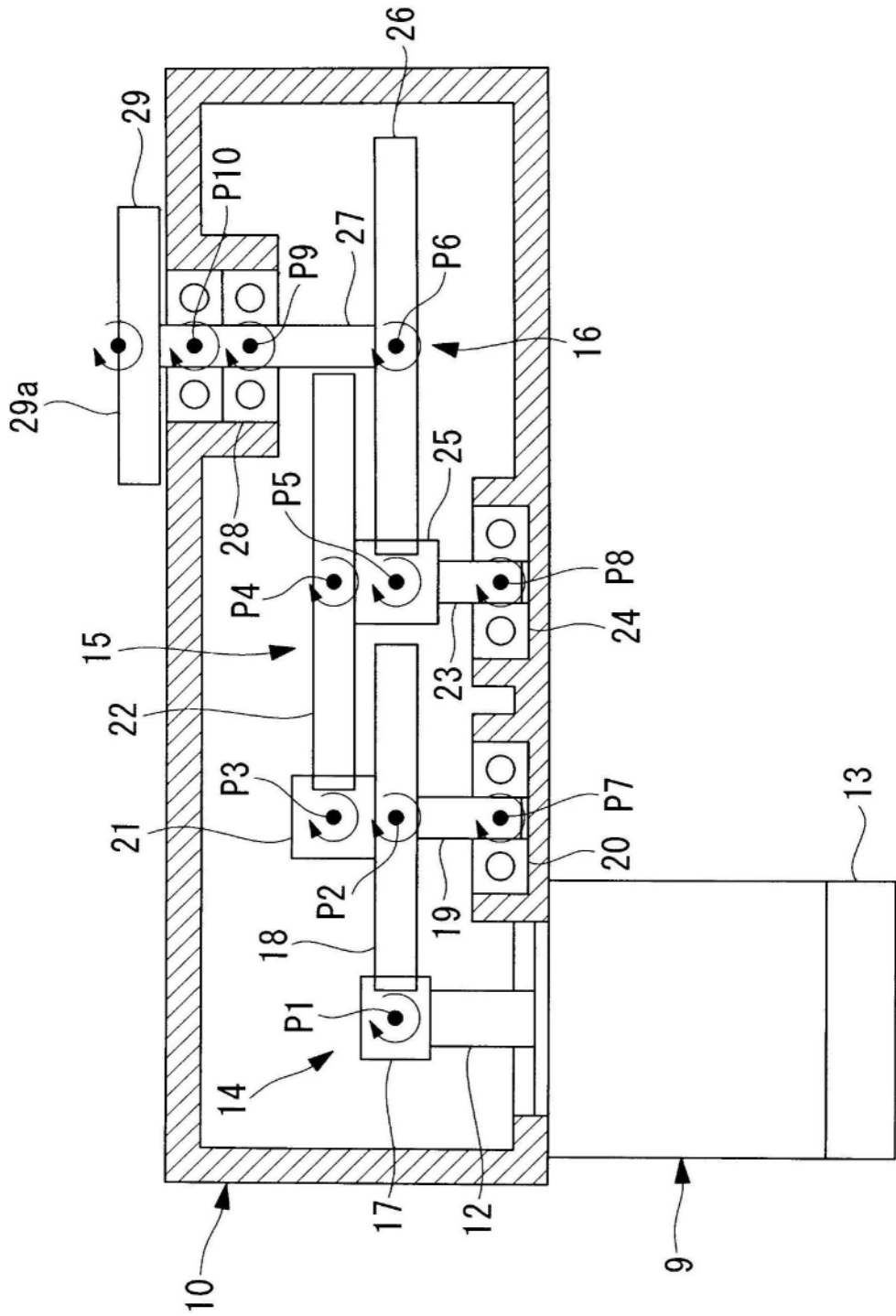


图14

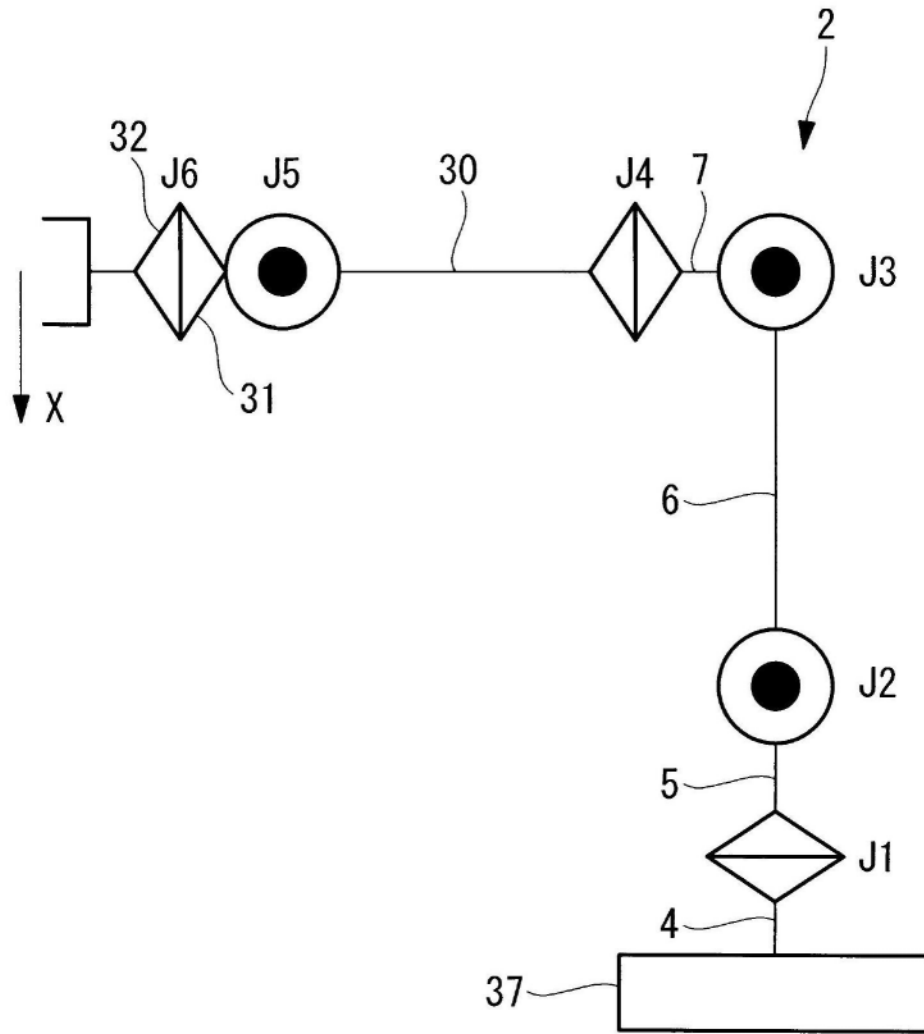


图15

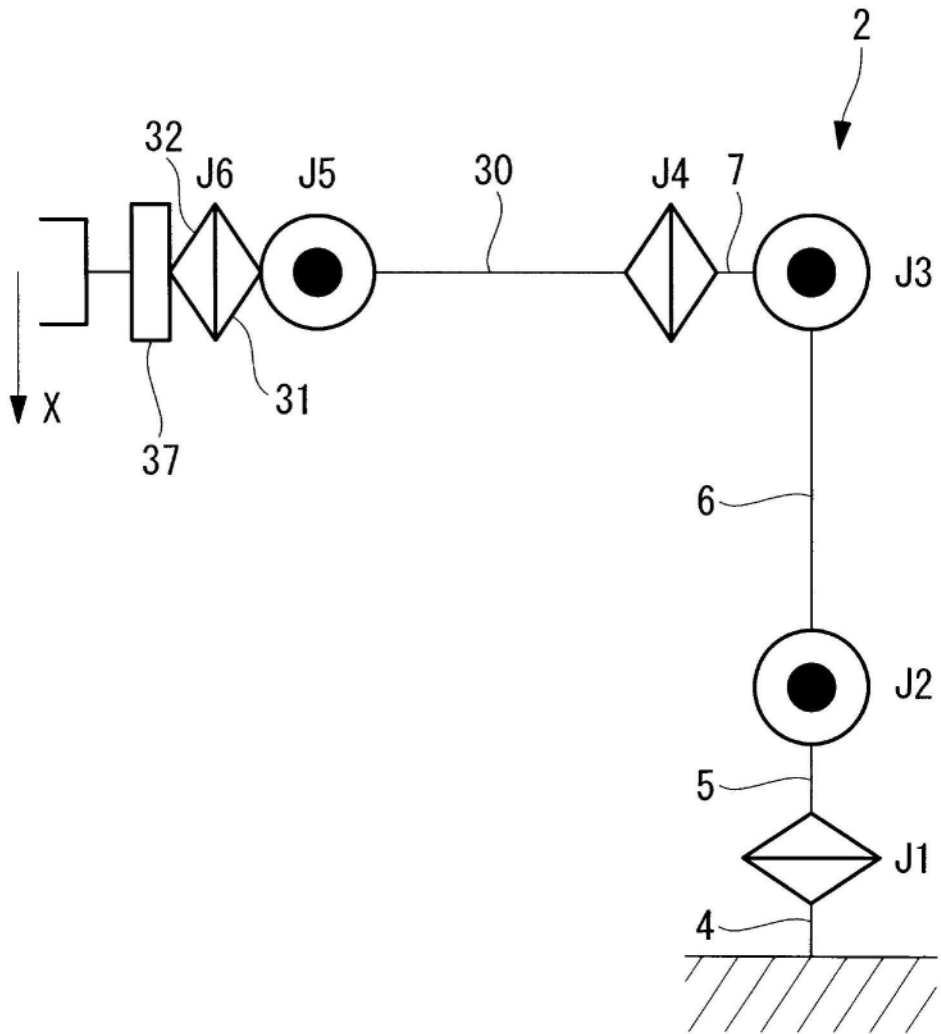


图16