



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510085581.4

[43] 公开日 2006年1月25日

[11] 公开号 CN 1724205A

[22] 申请日 2005.7.25
 [21] 申请号 200510085581.4
 [30] 优先权
 [32] 2004.7.23 [33] JP [31] 2004-216467
 [71] 申请人 发那科株式会社
 地址 日本山梨
 [72] 发明人 渡边淳 长塚嘉治 武田俊也

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司
 代理人 张敬强

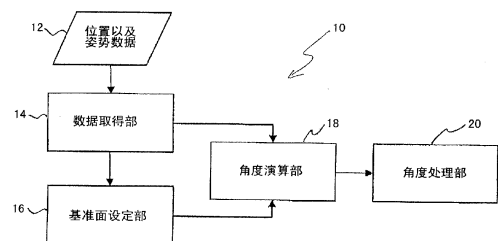
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 12 页

[54] 发明名称

电弧焊接用数据处理装置

[57] 摘要

一种处理记述在电弧焊接机器人系统的焊接动作程序中数据的数据处理装置。该数据处理装置具有：取得包含在焊接动作程序中的预先示教的不同示教点的多个位置以及姿势数据的数据取得部；根据数据取得部取得的多个的位置以及姿势数据，设定成为焊接动作中的电弧焊炬相对工件的几何学配置的基准的假想基准面的基准面设定部；使用数据取得部取得的多个位置以及姿势数据以及基准面设定部设定的假想基准面，对多个示教点的每一个计算表示电弧焊炬的几何学配置的多个角度数据的角度演算部；以及执行上述角度演算部算出的多个角度数据的显示处理以及修正处理的至少一方的角度处理部。



1. 一种数据处理装置，处理电弧焊机器人系统的焊接动作程序所记述的数据，具备：

数据取得部（14），其取得被包含在上述焊接动作程序内预先示教的多个不同示教点的多个位置以及姿势数据（12）；

基准面设定部（16），其根据上述数据取得部取得的上述多个位置以及姿势数据，设定作为对焊接动作中的电弧焊炬（38）相对工件（W）的几何学配置予以规定的基准的假想基准面；

角度演算部（18），其使用上述数据取得部取得的上述多个位置以及姿势数据、以及上述基准面设定部设定的上述假想基准面，在上述多个示教点的每一个算出表示上述电弧焊炬的上述几何学配置的多个角度数据；以及

角度处理部（20），其执行上述角度演算部算出的上述多个角度数据的显示处理以及修正处理中的至少一个处理。

2. 根据权利要求1所述的数据处理装置，其特征在于：上述角度处理部具备在上述多个示教点的每一个显示上述多个角度数据的数据显示部（22）。

3. 根据权利要求1所述的数据处理装置，其特征在于：上述角度处理部具备修正指示部（24）和数据修正部（26），其中：修正指示部（24）指示修正上述多个角度数据中所期望的角度数据；数据修正部（26）根据该修正指示部的指示，修正上述数据取得部取得的上述多个位置以及姿势数据中，与由该修正指示部指示的该所期望的角度数据对应的位置以及姿势数据。

4. 根据权利要求1所述的数据处理装置，其特征在于：还具备模拟上述焊接动作程序（28）的模拟部（30），上述数据取得部在该模拟部模拟该焊接动作程序期间，以规定周期取得上述多个位置以及姿势数据，上述角度演算部，使用该数据取得部以该规定周期取得的该多个位置以及姿势数据、和上述假想基准面，算出该规定周期的上述多个角度数据。

5. 根据权利要求4所述的数据处理装置，其特征在于：上述角度处理部具备数据显示部（32），其沿时间轴以图表显示上述角度演算部算出的上述规定周期的上述多个角度数据。

6. 根据权利要求5所述的数据处理装置,其特征在于:上述数据显示部接受时间指示,该指示时间指示图表显示的上述多个角度数据沿时间轴的所期望部位,同时,显示与接受了该时间指示的该所期望部位对应的上述焊接动作程序的记述内容。

7. 根据权利要求4所述的数据处理装置,其特征在于:还具备速度演算部(34)和速度显示部(36),其中:速度演算部(34)根据上述数据取得部以上述规定周期取得的上述多个位置以及姿势数据和表示该规定周期的时间数据,算出焊接动作中的上述电弧焊炬相对工件的移动速度;速度显示部(36)沿时间轴以图表显示该速度演算部算出的该移动速度。

8. 根据权利要求1所述的数据处理装置,其特征在于:上述电弧焊机器人系统具备安装了上述电弧焊炬的机器人(42)和支撑上述工件的工件支撑装置(50、64),上述焊接动作程序是控制该机器人以及该工件支撑装置中至少一方的动作的程序。

9. 根据权利要求1~8任何一项所述的数据处理装置,其特征在于:上述多个角度数据的每一个都包含上述电弧焊炬的目标角。

10. 根据权利要求1~8任何一项所述的数据处理装置,其特征在于:上述多个角度数据的每一个都包含上述电弧焊炬的前进角。

电弧焊接用数据处理装置

技术领域

本发明涉及电弧焊接用数据处理装置。

背景技术

在机器人的手臂前端部搭载电弧焊炬，在机器人的动作下实施电弧焊接的机器人系统为众所周知。这种电弧焊接机器人系统中，对机器人示教焊接动作的一种典型手法是所谓的示教再现式的示教法。示教再现式的示教法通常用手动模式点动进给操作实际机器的机器人，沿工件上的焊接线使焊炬移动，在预先设定的多个示教点上使机器人记忆手臂的位置及姿势。设定手臂的姿势使得在各示教点焊炬相对焊接线呈适当的目标角(a working angle)以及前进角(a travel angle)。并且，通过机器人执行记述这些示教点的位置以及姿势数据的焊接动作程序实施焊接作业。另外“目标角”以及“前进角”中都是表示相对工件(焊接线)焊接动作的焊接动作中的电弧焊炬的几何学上配置的角度数据，有关这些将在后面详述。

作为其他典型示教法有使用离线程序设计系统的方法。离线程序设计系统中，有关机器人、焊炬、工件、周边物体等等的形状、尺寸、布置等等信息利用离线方式(即离开实际的作业环境)给予处理装置，据此在处理装置内定义作业单元。作业单元是指在假想空间中再构成的作业现场。记述在焊接动作程序中示教点的机器人的位置以及姿势数据根据在作业单元内动作的假想的机器人取得的位置以及姿势而设定。也要设定机器人的姿势，使得在作业单元中定义的假想的焊炬相对于假想的工件呈适当的目标角及前进角。并且，把记录这些示教点的位置以及姿势数据的焊接动作程序传送给控制实际机器的机器人控制装置，实施焊接作业。

上述示教再现式的示教法点动进给操作实际机器人的同时目测调整手臂的位置以及姿势，因此短时间内进行恰当的示教通常很困难，需要操作人员非常熟练。特别地，为了正确设定左右焊接质量的重要条件的目标角以及

前进角，必须尝试地反复进行点动进给、示教以及程序执行作业，从而会产生工时显著增多的问题。

另外，上述离线程序设计系统式的示教法中，在现场实际执行使用离线方式做成的焊接动作程序时，在处理装置内的作业单元中规定的机器布置和现场的机器布置之间通常会存在误差，因此焊接动作程序不能按原样使用的情况很多。因此，对示教点的位置以及姿势数据要进行必要的修正，伴随着数据的修正，目标角以及前进角发生改变，因此还是必需要反复进行尝试的程序设计作业。从而，即使是离线程序设计系统式示教法，也与示教再现式的示教法一样，不能解决工时增多的问题。

作为现有的示教法中的上述问题的一个原因可列举出的是：在现有的程序设计作业中，包含目标角以及前进角的焊接条件不能直接记述在焊接动作程序中。另外，操作人员从焊接动作程序中能够直接把握机器人的示教点的位置和姿势，但是，从位置以及姿势数据不另外计算就无法把握对应于示教点的位置以及姿势的焊炬的目标角以及前进角。因此例如，即使在预先明确包含目标角以及前进角的最佳焊接条件的场合，操作人员也必需根据最佳的焊接条件计算机器人的位置以及姿势数据，并使用得到的位置以及姿势数据做成和修正焊接动作程序。因而，现有的电弧焊机器人系统产生在动作程序的做成和修正中需要大量时间这一问题。

发明内容

本发明目的是解决现有的电弧焊机器人系统中存在的上述问题。

本发明的其他目的是提供一种处理记述在电弧焊机器人系统的焊接动作程序中数据的数据处理装置，该数据处理装置使得操作人员能够容易并直接地把握作为电弧焊炬的焊接条件的一个的角度数据。

本发明其他的目的是提供一种处理记述在电弧焊机器人系统的焊接动作程序中的数据的数据处理装置，该数据处理装置使得操作人员能够容易并直接修正作为电弧焊炬的焊接条件的一个的角度数据。

为达到上述目的，本发明提供一种数据处理装置，处理电弧焊机器人系统的焊接动作程序所记述的数据，具备：数据取得部，其取得被包含在焊接动作程序内预先示教的多个不同示教点中的多个位置以及姿势数据；基准面

设定部，其根据数据取得部取得的多个位置以及姿势数据，设定作为焊接动作中的电弧焊炬相对工件的几何学配置予以规定的基准的假想基准面；角度演算部，其使用数据取得部取得的多个位置以及姿势数据、以及基准面设定部设定的假想基准面，在多个示教点的每一个算出表示电弧焊炬的几何学配置的多个角度数据；以及角度处理部，其执行角度演算部算出的多个角度数据的显示处理以及修正处理中的至少一个处理。

上述数据处理装置中，角度处理部可以具有在多个的示教点的每一个显示多个的角度数据的数据表示部。

或者，角度处理部可以具有和修正指示部和数据修正部，其中，修正指示部指示修正多个角度数据中所期望的角度数据；数据修正部根据修正指示部的指示，修正数据取得部取得的多个位置以及姿势数据中，与由修正指示部指示的所期望的角度数据对应的位置以及姿势数据。

附图说明

通过参照附图的以下的最佳实施方式的说明，能够更进一步明确本发明的上述以及其他目的、特征以及长处。图中：

图 1 是表示本发明的数据处理装置的基本构成的功能方框图；

图 2A~图 2E 是表示图 1 的数据处理装置的种种实施方式的功能方框图；

图 3 是表示设定在电弧焊接机器人系统中的工具坐标系和电弧焊炬的位置相关性的图；

图 4 是表示作为电弧焊炬的焊接条件的目标角以及前进角的一般定义的图；

图 5 是概要表示具备本发明的一实施方式的数据处理装置的电弧焊接机器人系统的构成的图；

图 6 是表示在图 5 的数据处理装置的一系列数据处理顺序的流程图；

图 7A 是表示根据图 6 的数据处理顺序所选择的焊接动作程序的动作命令行以及在对应的示教点的目标角以及前进角的表示形态的一个例的图；

图 7B 是沿工件的外形概要表示记述在图 7A 的焊接动作程序中的动作命令行的多个示教点的图，

图 8 是说明在图 6 的数据处理顺序中电弧焊炬前端点相对工件的相对位

置数据的取得法的图；

图 9 是说明在图 6 的数据处理顺序中目标角以及前进角的取得法的图；

图 10 是表示图示目标角、前进角以及速度的推移的一个例的图；

图 11 是概要表示具备本发明的其他实施方式的数据处理装置的电弧焊接机器人系统的构成的图，是表示工件支撑装置由机器人构成的构成的图。

具体实施方式

以下，参照附图详细说明本发明的实施方式。图中，相同或者类似的构成要素标以相同的参照符号。

参照附图，图 1 是表示本发明的数据处理装置 10 的基本构成的功能方框图。数据处理装置 10 是处理记述在电弧焊接机器人系统的焊接动作程序中的数据的装置，具备：取得被包含在焊接动作程序中预先示教的多个不同的示教点的多个的位置以及姿势数据 12 的数据取得部 14；根据数据取得部 14 取得的多个的位置以及姿势数据 12，设定成为规定焊接动作中的电弧焊炬对于工件的几何学配置的基准的假想基准面的基准面设定部 16；使用数据取得部 14 取得的多个的位置以及姿势数据 12，以及基准面设定部 16 设定的假想基准面，对多个教示点的每一个算出表示电弧焊炬的几何学配置的多个的角度数据的角度演算部 18；和执行角度演算部 18 算出的多个角度数据的角度数据的显示处理以及修正处理的至少一方的角度处理部 20。

根据具有上述构成的数据处理装置 10，操作人员通过角度处理部 20 的数据显示处理功能能够容易并直接地把握作为对应于焊接动作程序中的各个示教点的示教内容的焊接条件的角度数据。另外，操作人员通过角度处理部 20 的数据修正功能能够容易并直接地修正这种角度数据。其结果是，缩短了电弧焊接机器人系统的焊接动作程序的做成、妥当性检查、现场的修正等等所需的时间，同时通过工时的削减，操作人员的负担显著地减轻。

图 2A~图 2E 分别用功能方框图表示图 1 的数据处理装置 10 的种种实施方式。各实施方式中，对应图 1 的数据处理装置 10 的构成要素标以相同的参照符号并省略其说明。

如图 2A 所示，角度处理部 20 可以具有对被包含在焊接动作程序中的多个示教点的每一个显示角度演算部 18 算出的多个角度数据的数据显示部 22。

或者是如图 2B 所示，角度处理部 20 可以具有：对在角度演算部 18 算出的多个的角度数据中、所期望的角度数据的修正进行指示的修正指示部 24；和根据修正指示部 24 的指示，对在数据取得部 14 取得的多个的位置以及姿势数据 12 中、对应由修正指示部 24 指示的所期望的角度数据的位置以及姿势数据进行修正的数据修正部 26。

另外，如图 2C 所示，数据处理装置 10 还可以具备模拟焊接动作程序 28 的模拟部 30。在该构成中，数据取得部 14 构成如下：在模拟部 30 模拟焊接动作程序 28 期间，从焊接动作程序 28 中以规定周期取得多个的位置以及姿势数据。另外角度演算部 18 构成如下：使用数据取得部 14 以规定周期取得的多个位置以及姿势数据和基准面设定部 16 设定的假想基准面，算出规定周期的多个的角度数据。

上述构成中，角度处理部 20 可以具有沿时间轴图表显示角度演算部 18 算出的规定周期的多个的角度数据的数据显示部 32（参照图 2D）。

在该场合下，数据表示部 32 可以构成如下：接受时间指示，该时间指示指示图表显示的多个角度数据沿时间轴的所期望部位，同时，显示对应接受了时间指示的所期望部位的焊接动作程序 28 的命令行的记述内容。

或者，如图 2E 所示，数据处理装置 10 还可以具备：根据数据取得部 14 以规定周期取得的多个的位置以及姿势数据和表示规定周期的时间数据，算出焊接动作中的电弧焊炬相对工件的移动速度的速度演算部 34；和沿时间轴图表显示速度演算部 34 算出的移动速度的速度显示部 36。

图 3 是表示一般的电弧焊接机器人系统中设定的工具坐标和电弧焊炬的位置的相关性的图。一般地如图 3 所示，电弧焊接机器人系统中设定以安装在机器人的手臂前端部的电弧焊炬 38 的前端 38a 为原点、以焊炬的延长方向为 Z 轴、以焊炬的前面方向为 X 轴的工具坐标系。这里“焊炬的前面”是指在焊炬 38 的外周面中朝向焊接进行方向 40 的表面部分。后述的具有本发明的实施方式的数据处理装置的电弧焊接机器人系统中也是以如此定义工具坐标系为前提。

下面参照图 4，说明作为电弧焊炬的焊接条件的一个的角度数据的“目标角”以及“前进角”的一般定义。图 4 中，直线 A-P-B 示例沿直线状的

焊接线的焊炬前端的焊接路径,圆弧 $Q1-P-Q2$ 示例沿圆弧状的焊接线的焊炬前端的焊接路径。这里,为了设定表示焊接动作中的电弧焊炬相对工件的几何学配置的目标角以及前进角,必须首先定义成为其基准的假想基准面。图 4 中,假想基准面用符号 $\Gamma 0$ 表示。假想基准面 $\Gamma 0$ 通常规定如下。

(1)在圆弧状焊接路径 $Q1-P-Q2$ 的场合,包含路径 $Q1-P-Q2$ 的一个平面作为假想基准面 $\Gamma 0$ 。

(2)在直线状焊接路径 $A-P-B$ 的场合,包含路径 $A-P-B$ 的平面中、相当工件上的代表性的表面部分的平面作为假想基准面 $\Gamma 0$ 。

图 4 中,符号 $\langle n \rangle$ 表示如此规定的假想基准面 $\Gamma 0$ 的法线向量,符号 $\Gamma 1$ 表示在点 P 的焊接路径的切线上与假想基准面 $\Gamma 0$ 垂直的垂面。

这里,考察包含沿焊炬 38 的延长方向(工具坐标系的 Z 轴方向)延伸的直线和在焊炬的前端点 38a 的焊接线的切线的双方的假想平面 $\Gamma 2$ 时,将相对假想基准面 $\Gamma 0$ 假想平面 $\Gamma 2$ 形成的角 θ 称为“目标角”。

另外,假想平面 $\Gamma 2$ 上,从焊炬前端点 38a 相对焊接线的切线引垂线 g 时,将沿焊炬 38 的延长方向(工具坐标系的 Z 轴方向)延伸的直线相对该垂线 g 形成的角 ϕ 称为“前进角”。另外,在图示的角度 ϕ 低于 0 度时,有时不用“前进角”而使用“后退角”的名称,但本说明书中,统一用“前进角(附 ± 符号)”的名称。

如此,目标角 θ 是表示焊炬 38 相对以焊接线为中心的假想基准面 $\Gamma 0$ 的倾斜角度,前进角 ϕ 是表示焊炬 38 相对与焊接线垂直相交的垂线 g 的倾斜角度。另外,以下说明的具体例子中,由于假想对于沿大致呈原筒状的管的外周面的大致圆弧状的焊接线的焊接作业,因而根据上述(1)设定假想基准面 $\Gamma 0$ 。

接着,参照图 5~图 9,说明本发明的一实施方式的数据处理装置的角度数据处理顺序。一实施方式的数据处理装置具有上述图 2A~图 2E 所示的实施方式的全部构成要素。

图 5 概要表示具备本发明的一实施方式的数据处理装置的电弧焊接机器人系统的构成。图示电弧焊接机器人系统中,在机器人(机构部)42 的手臂前端部安装电弧焊炬 38。机器人 42 通过电缆与机器人控制装置 44 相连。机

机器人控制装置 44 上还连接有示教操作盘 46 以及计算机 48。另外，图中省略了在机械人控制装置 44 的控制下向焊炬 38 供给焊接电压/焊接电流的焊接电源以及向焊炬 38 供给焊丝的焊丝供给机构。

图示实施方式中，用焊炬 38 实施电弧焊接的工件是具有大致圆形的外周剖面的管状工件 W，被定位固定在转动换位器(ポジションナ)50 的工件台上。转动换位器 50 具有转动构件 54 和驱动转动构件 54 绕转动轴线 56 转动的伺服电动机(图中省略)。转动换位器 50 连接在机器人控制装置 44 上，其动作与机器人 42 相同由机器人控制装置 44 控制。图示实施方式中，由转动换位器 50 使管状工件 W 转动，并沿着绕工件 W 的外周一周的大致圆形的焊接线实施电弧焊接。

图示的电弧焊接机器人系统中，能够作为本发明的实施方式的数据处理装置构成机器人控制装置 44 以及计算机(或是机器人模拟装置)中的任何一方。不论是那一方的场合，都要准备包含表示在示教点的机器人的位置以及姿势数据的位置/姿势数据、表示指示速度的速度指示数据等等的焊接动作程序。

作为本发明的数据处理装置使用机器人控制装置 44 时，在机器人控制装置 44 内准备焊接动作程序。该焊接动作程序能够利用例如上述的点动进给操作的示教再现示教方式做成。

另一方面，作为本发明的数据处理装置使用计算机 48 时，计算机 48 内预先定义以对应的配置具有机器人 42、焊炬 38、转动换位器 50、工件 W 等等的作业单元。此外，用于模拟焊接动作程序执行时的机器人 42 以及转动换位器 50(任一方都是在作业单元中定义的假想的装置)动作的软件被准备在计算机 48 内。这样，计算机 48 能够作为机器人模拟装置使用。

图 6 表示图示实施方式的数据处理装置中一系列的数据处理顺序。图示的数据处理顺序中，从给予机器人焊接动作的程序中求出并表示目标角、前进角以及焊接速度，接着，根据期望的目标角以及前进角的指示进行焊接动作程序的修正处理。在机器人控制装置 44 用于数据处理装置时，在机器人控制装置 44 内进行该数据处理；在计算机 48 用于数据处理装置时，在计算机 48 内进行该数据处理。另外，作为显示器，在前者的场合下，利用附设于示

教操作盘 46 上的 LCD；在后者的场合下，利用附设于计算机 48 上的 LCD。

以下，按每一步骤说明图示的流程图。

步骤 S1：为了确认及修正，从设定于机器人 42 中的多个机器人程序中选择表示焊接条件（角度数据）的焊接动作程序。程序的选择能够通过例如操作人员从显示器上选出机器人程序的一览表而在画面上指定。

步骤 S2：在选择的焊接动作程序中，选择焊接动作的命令行。图 7A 示例了在步骤 S1 选择的焊接动作程序中的焊接动作的命令行以及其前后的指示行。用反显文字表示的第 13~15 行是焊接动作的命令行。这些命令行的指示内容是：“用各轴移动模式在位置[2] 定位（第 13 行），接着，经位置[3] 至位置[4] 沿着位置[2]~位置[4]所确定的圆弧路径移动（第 14 行），进一步，经位置[5]至位置[6]使其沿着位置[4]~位置[6]所确定的圆弧路径移动（第 15 行）”。另外在实际中，焊炬的接通（オン）命令记录在比如就在第 13 行之前，这里省略了图示。

这里，如图 7B 所示，作为共计 5 个示教点的位置[2]~位置[6] 是对应于沿着管状的工件 W 外周的一个圆弧 W1（中心 W0）上 5 个点的位置，各自的位置以及姿势数据（机器人 42 以及转动换位器 50 的数据）被存储于存储器中。这里，位置[2]和位置[6]的各自的位置通常很接近，但各自的姿势是任意的。

如图 7A 所示，在显示器上能够近似于焊接动作程序的显示来显示包含在选择命令行中的个个示教点的目标角以及前进角的数值。该角度数据显示是在后述步骤 S6 完成时刻进行的，在上述步骤 S2 的阶段中，数值显示栏是空白（或是零显示）。实际上，从步骤 S2 的完成到步骤 S6 的完成的时间非常短，例如不足 1 秒。

步骤 S3：对各示教点（位置[2]~位置[6]）取得机器人 42 以及转动换位器 50 的位置以及姿势数据。

步骤 S4：对各指示点如下取得焊炬前 endpoint 38a 相对工件 W 的相对位置以及姿势数据。

如图 8 所示，将从以机器人 42 的基准点（比如基座坐标系的原点）58 为基准的位置/姿势数据向以焊炬 38 的前 endpoint 38a 为基准的位置/姿势数据的

变换矩阵作为 M1。另一方面，在转动换位器 50 中，在驱动机构上定义任意的坐标系（称作转动换位器基座坐标系），同时定义代表转动换位器 50 的动作位置的任意的坐标系（称作转动换位器动作代表坐标系）。于是，将从以转动换位器 50 的基准点（例如转动换位器基座坐标系的原点）60 为基准的位置/姿势数据向以转动换位器动作代表坐标系的原点 62 为基准的位置/姿势数据的变换矩阵作为 M2。另外，将从以机器人 42 的基准点 58 为基准的位置/姿势数据向以转动换位器 50 的基准点 60 为基准的位置/姿势数据的变换矩阵作为 M3。进一步，将从以转动换位器动作代表坐标系的原点 62 为基准的位置/姿势数据向以焊炬 38 的前端点 38a 为基准的位置/姿势数据的变换矩阵作为 M21。M21 用下式表示。

$$M21 = \text{Inv}(M2) * \text{Inv}(M3) * M1 \quad (*\text{是积的算子})$$

对选择命令行的全部的示教点，同样地取得 M21。

此时，个个 M21 表示在对应的示教点，焊炬 38 的前端点 38a 相对转动换位器 50 的转动换位器动作代表坐标系（即工件 W 的配置）的相对位置以及相对姿势。

步骤 S5：根据在步骤 S4 中取得的相对位置以及姿势数据，用以下的椭圆近似的手法取得焊接中心位置（包含姿势）。

一般地，不同的两个位置以及姿势数据之间的变换矩阵能够用(x, y, z, w, p, r)的形式表示。这里，x、y、z 表示相对位置，w、p、r 表示相对姿势。为取得焊接动作的中心位置，首先，求出包含 3 维空间的各示教点的 M21 的 x、y、z 的平均平面。3 维空间上的平面能够用以下的一般算式表示。

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

用上述系数记述的向量(A, B, C)表示该平面的法线向量。

因此，从各示教点的 M21 的 x、y、z 利用 Newell 的方法(Martin Newell, ACM Computing Surveys, Vol.6, No.1, March 1974)求出平面的法线向量，以此取得 A、B、C。于是，通过将取得的 A、B、C 和各示教点的 M21 的 x、y、z 代入上述平面算式中，取得多个的 D（定数项）值。

根据这些多个的 D 的平均值和上述 A、B、C 决定平均的平面算式。

用最小二乘法取得通过在如上取得的平面上个个示教点的 M21 投影所

得到的多个点（即，从 x 、 y 、 z 表示的点向取得的平面做垂线时的与该平面的交点）的椭圆的近似式。

以如上取得的椭圆的中心点作为焊接中心位置。该焊接中心位置对应于图 7B 所示的焊接线（圆弧 W1 的中心 W0），并在包含多个示教点的平面内。该实施方式中，包含焊接中心以及各示教点的图示的平面成为计算目标角以及前进角时的假想基准面 $\Gamma 0$ （图 4）。

另外，从上述中心位置和上述平面的法线向量定义以中心位置为原点的中心坐标系。有关该中心坐标系在以下步骤 S6 的说明中叙述。该实施方式的工件 W 是管状时，例如能够使中心坐标系的 Z 轴方向对应于管的长轴。

步骤 S6：对各指示点，如下计算并存储目标角以及前进角。另外，步骤 S6 完成后，则在如图 7A 所示的目标角以及前进角的数值栏能够立刻显示具体的数值。

如图 9 所示，从以转动换位器 50 的任意点（图中为转动换位器动作代表坐标系的原点 62）为基准的位置/姿势数据向以上述中心坐标系的位置/姿势数据的变换矩阵作为 M_c 。并且，从中心坐标系向 M21 的变换矩阵作为 M_p ，于是 M_p 用以下的算式表示。

$$M_p = \text{Inv}(M_c) * M_{21} \quad (*\text{是积的算子})$$

这里， M_p 的 x 、 y 、 z 表示从焊接动作中心看到的焊炬前 endpoint 38a 的位置， M_p 的 w 、 p 、 r 表示从焊接动作中心看到的焊炬前 endpoint 38a 的姿势。使用该 M_p 能够计算并求出目标角以及前进角。

步骤 S7：执行焊接动作程序的动作模拟。模拟在机器人控制装置 44 内或计算机 48 内进行，但即使是在机器人控制装置 44 内进行时，也不必使实际机器的机器人 42 以及转动换位器 50 动作。模拟的执行中，以规定的周期（比如内插周期）机器人 42 以及转动换位器 50 的各控制轴的位置的值（即位置以及姿势数据）与经过时间的数据（即表示周期的数据）一同存储在存储器中。

步骤 S8：取得焊炬 38 相对工件 W 的前 endpoint 38a 的相对位置以及姿势的推移数据。步骤 S7 中，每个内插周期的机器人 42 以及转动换位器 50 的各控制轴的值与经过时间数据一同存储，因此使用这些数据，利用与步骤 S4

同样的方法，能够取得焊炬前端点 38a 的相对位置以及姿势的推移数据。

步骤 S9：从步骤 S8 中取得的相对位置以及姿势的推移数据中，如下取得速度的推移数据。

利用步骤 S7 的模拟、或是另外进行的机器人 42 的动作状态的监控，取得焊接动作中的机器人 42 以及转动换位器 50 的位置以及姿势的推移数据。用步骤 S4 中叙述的方法，从该推移数据中取得焊炬 38 的前端点 38a 相对机器人 42 的基准位置 58 的相对位置以及姿势的推移数据。通过用经过时间分割该焊炬前端点 38a 的位置的移动量，能够取得焊接速度的推移数据。

步骤 S10：从步骤 S8 中取得的相对位置以及姿势的推移数据中取得目标角以及前进角的推移数据。取得方法与步骤 S6 相同。

步骤 S11：将目标角以及前进角的推移以及速度的推移显示在显示器。图 10 表示目标角、前进角以及速度的推移的图示的一个例子（线形图）。图中，横轴是将动作模拟开始时设为 $t=0$ 的经过时间轴， $t=T$ 表示动作模拟结束时。这里，在显示图的显示器画面上，若操作人员指示所期望的点（例如 \times 记号），则表示在对应该点时间 t 所执行（所模拟）的命令行（例如图 7A 所示的第 13~15 行中的任何一行）。

步骤 S12：指定操作人员希望的目标角以及前进角。该指定例如使用示教操作盘 46 或计算机 46 的键盘，操作人员通过输入各示教点的目标角以及前进角的数值进行指定。这时，调出如图 7A 所示的目标角以及前进角的数值表示栏，还能够改写各数值的所需要部分。。

步骤 S13：对各指示点，如下取得对应指定的目标角以及前进角的位置以及姿势数据。

用与步骤 S4~S6 同样的方法取得 M_c 以及各示教点的 M_p 。按照指定的目标角以及前进角，计算并求出改变 M_p 的姿势数据 w 、 p 、 r 形成的新的 M_p' 。改变机器人 42 的示教点的姿势数据，从而满足 M_p' 时，示教点的修正后的姿势数据 M_1' 能够用以下的算式表示。

$$M_1' = M_3 * M_2 * M_c * M_p' \quad (*\text{是积的算子})$$

对各个指示点，计算各个 M_1' 的姿势数据，通过更新或修正焊接动作程序中记述的多个的位置以及姿势数据中的姿势部分，能够使指定内容反映

在焊接动作程序中。

步骤 S14: 使用步骤 S13 中取得的位置以及姿势数据 (特别是姿势数据) 更新 (修正) 各示教点的位置以及姿势数据, 结束一系列的处理。

上述实施方式的电弧焊接机器人系统采用用转动换位器 50 支撑工件 W 的构成, 但如图 11 所示, 也可以是不用转动换位器 50 而是准备与安装有焊炬 38 的机器人 42 不同的另外的第 2 机器人 64, 用机器人 64 的手 66 支撑工件 W 的构成。两台机器人 42、64 都能够用机器人控制装置 44 控制。

该构成中, 上述的流程图中的步骤 S4 中, 从以机器人 64 的基准点 (例如机器人 64 的基座坐标系的原点) 为基准的位置/姿势数据向以机器人 64 的工具坐标系的位置/姿势数据的变换矩阵作为 M_2 , 从以机器人 42 的基准点 (例如机器人 42 的基座坐标系的原点) 为基准的位置/姿势数据向以机器人 64 的基准点为基准的位置/姿势数据的变换矩阵作为 M_3 , 以此能够与使用机器人 42 以及转动换位器 50 的上述实施方式等同地进行处理。

但是, 有关步骤 S12~S14, 为满足修正后新的相对位置以及姿势数据 M_p' , 也能够通过不改变机器人 42 的示教点而改变移动工件 W 的机器人 64 的示教点来实现。此时, 机器人 64 的新的示教点 M_2' 能够用以下的算式表示。

$$M_2' = \text{Inv}(M_3) * M_1 * \text{Inv}(M_c * M_p')$$

以上, 结合最佳实施方式说明了本发明, 但本领域的技术人员在不脱离权利要求的范围的精神及公开范围的情况下可以进行种种修正以及变更。

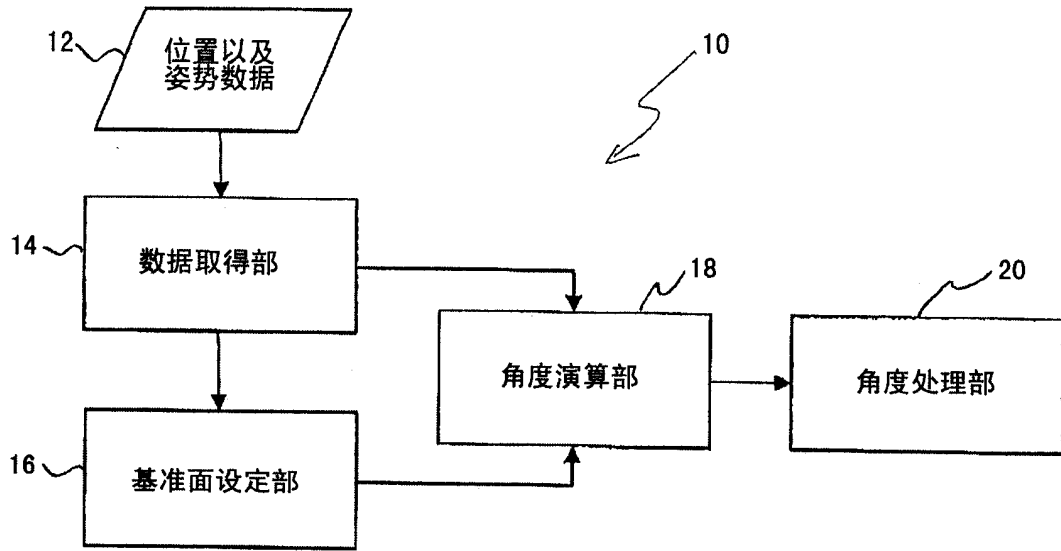


图1

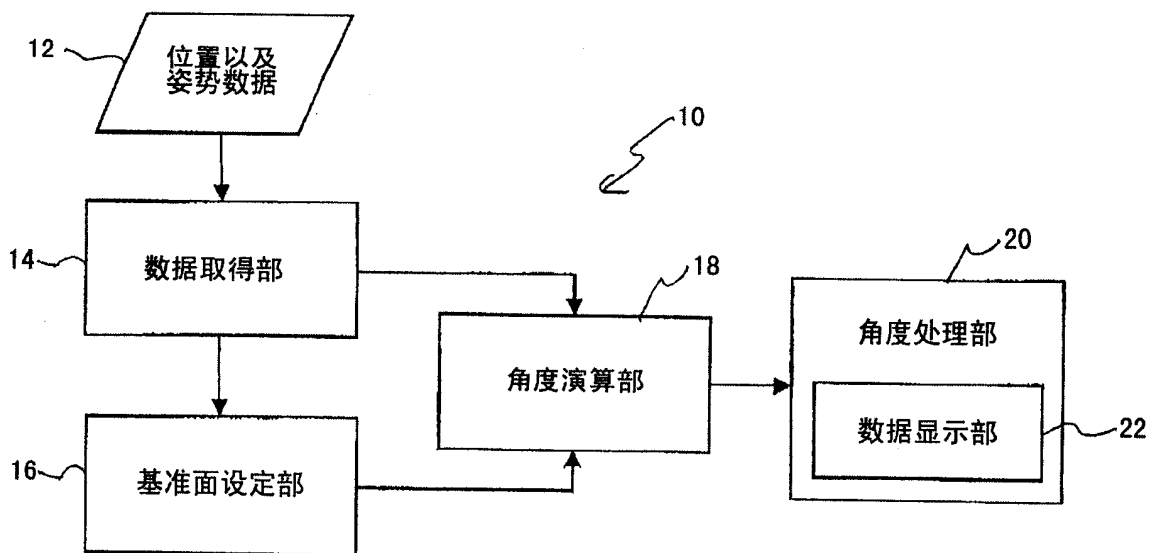


图2A

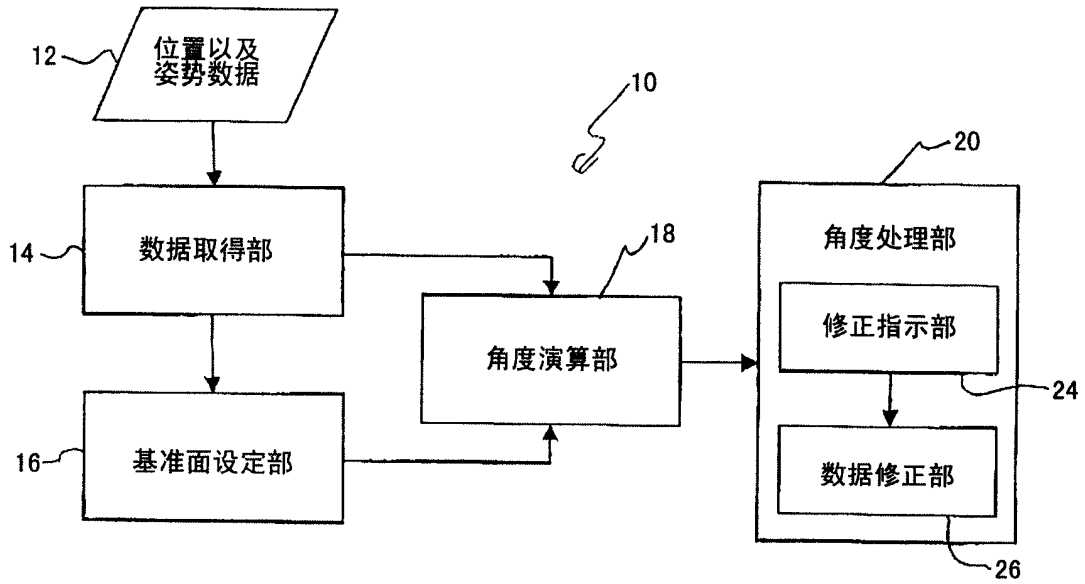


图2B

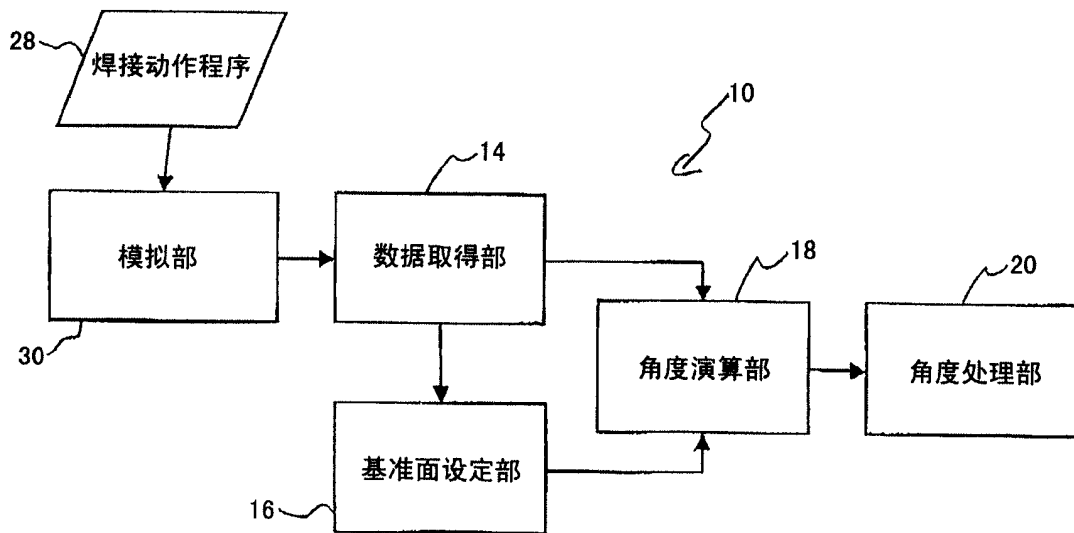


图2C

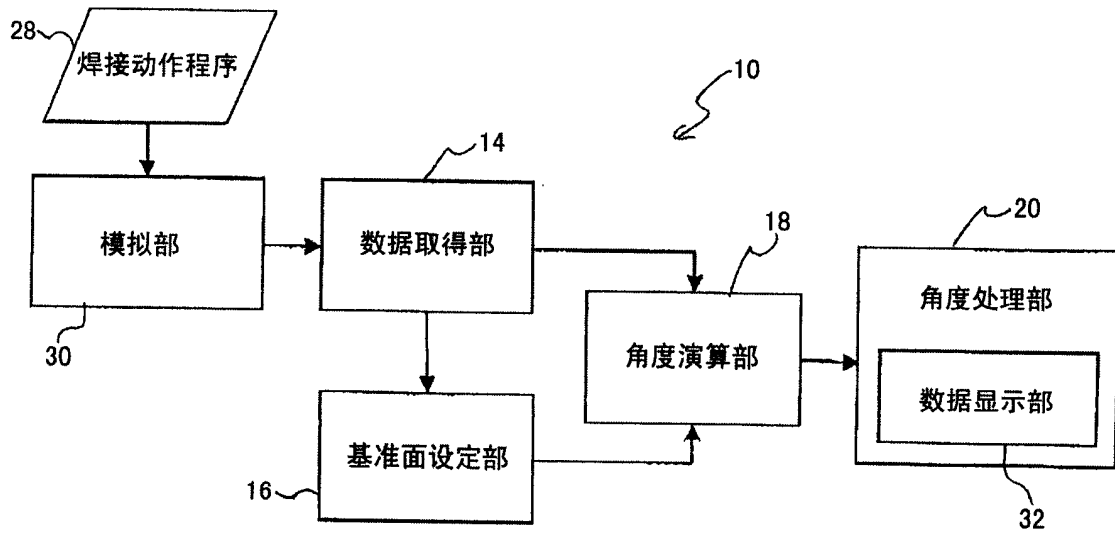


图2D

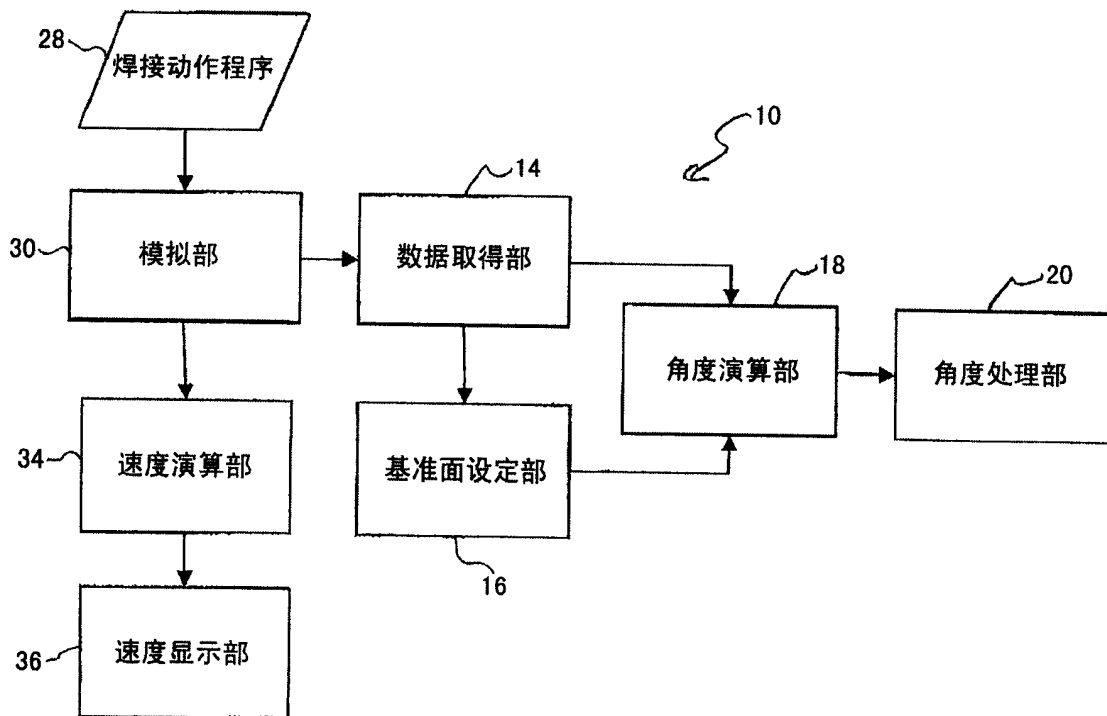


图2E

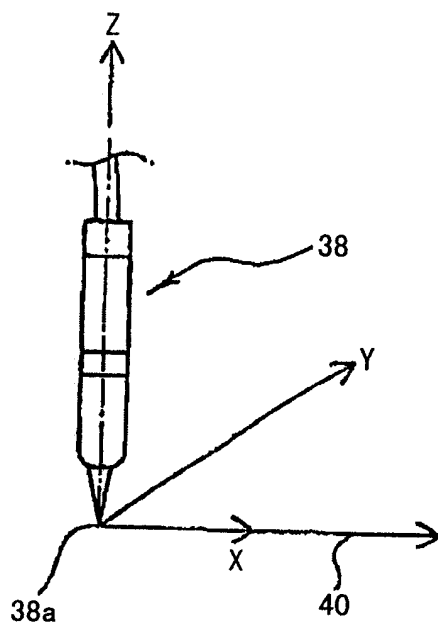


图3

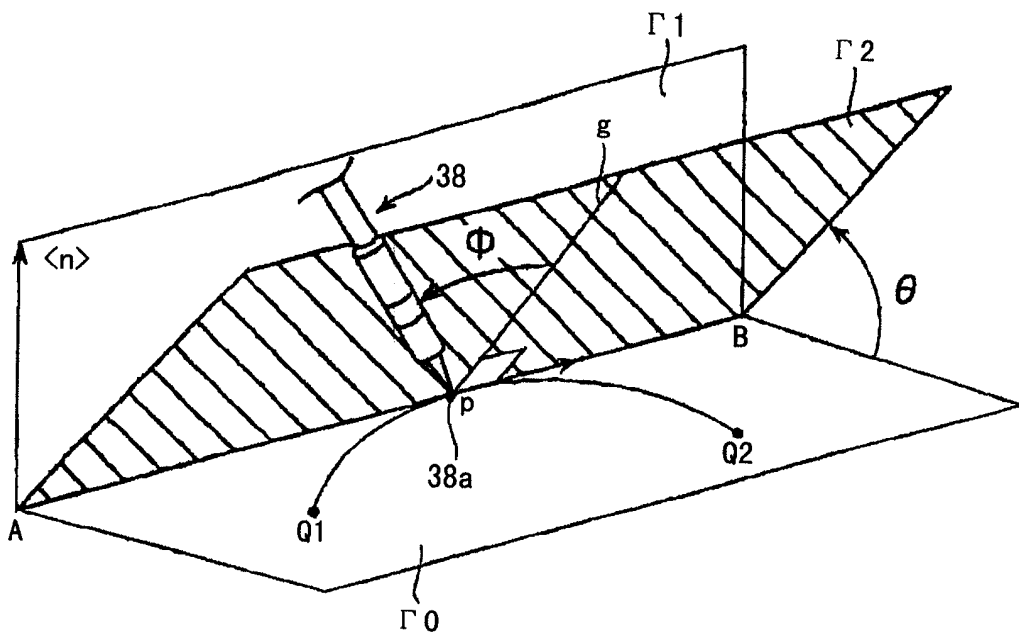


图4

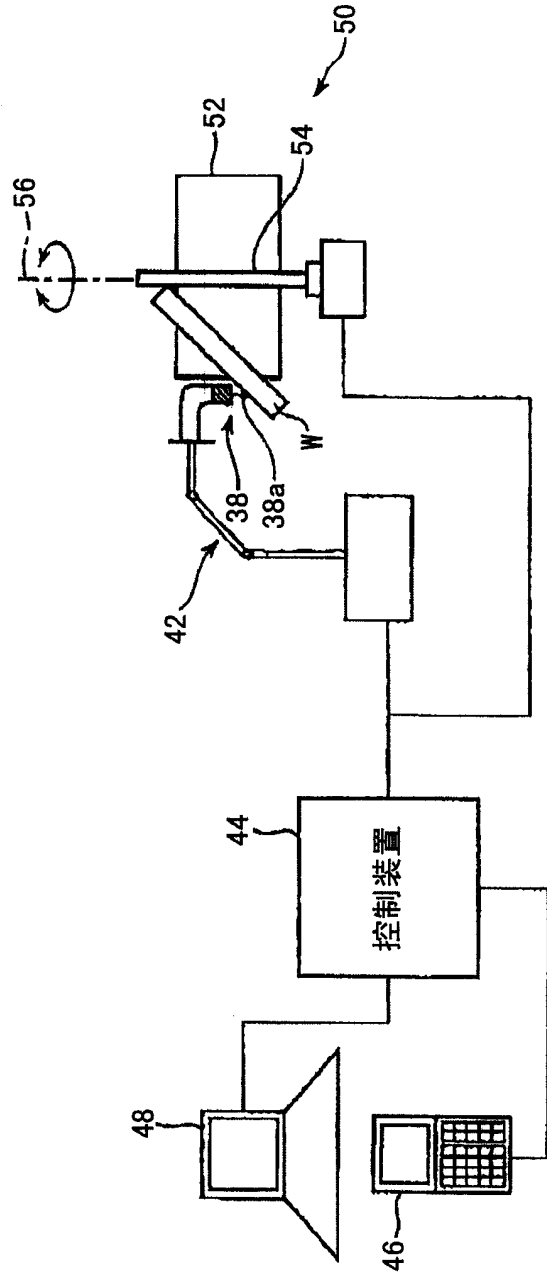


图5

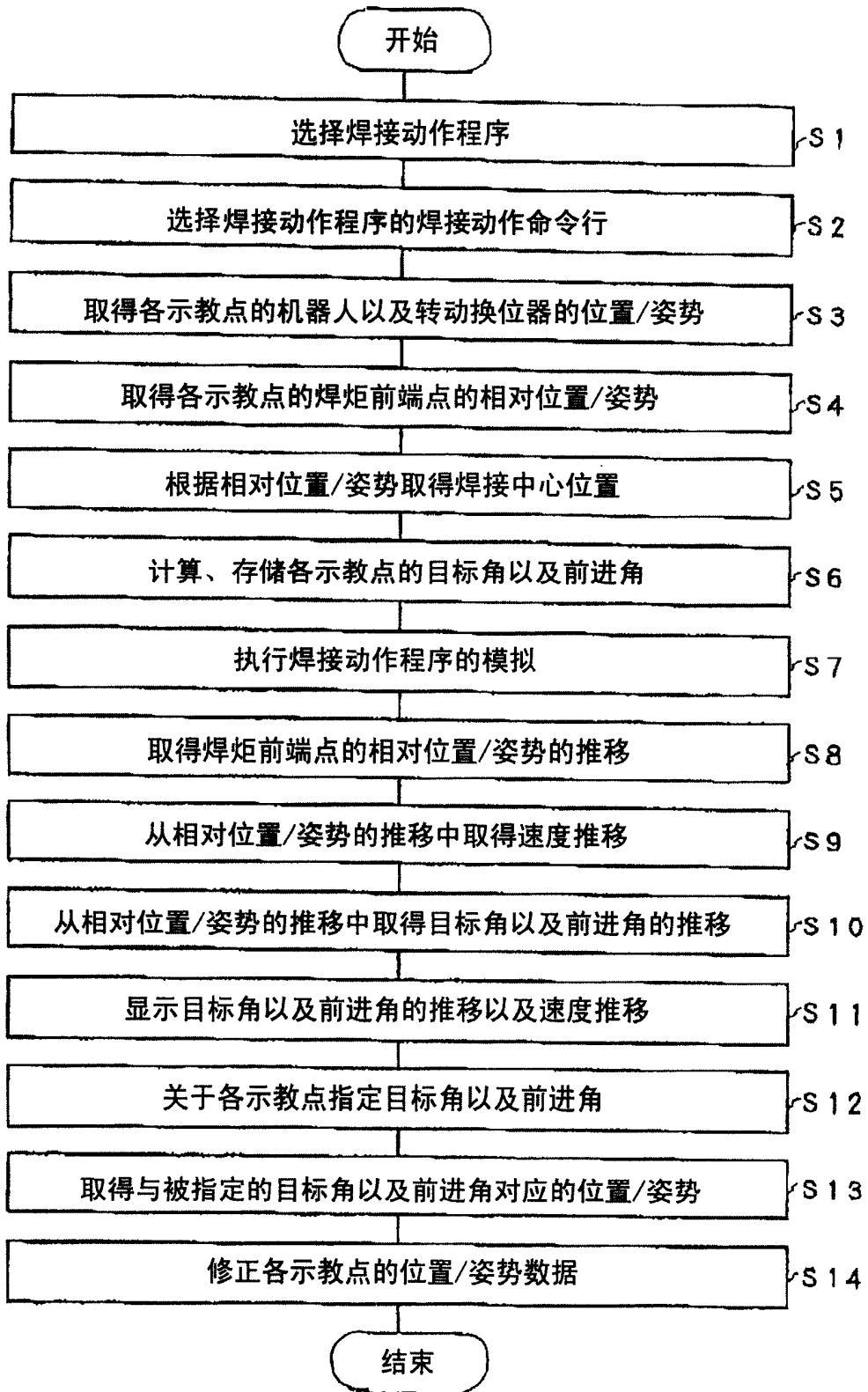


图6

图7A

12: 各轴 位置 [1] 100% 定位
 13: 各轴 位置 [2] 100% 定位
 14: 弧 位置 [3] : 位置 [4] 50mm/sec 光滑100
 15: 弧 位置 [5] : 位置 [6] 50mm/sec 定位
 16: 直线 位置 [7] 2000mm/sec 定位

	目标角	前进角
P[2]	44.562	9.859
P[3]	44.717	9.832
P[4]	44.558	9.851
P[5]	44.554	9.852
P[6]	21.549	43.514

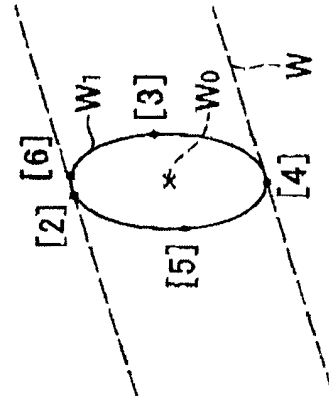


图7B

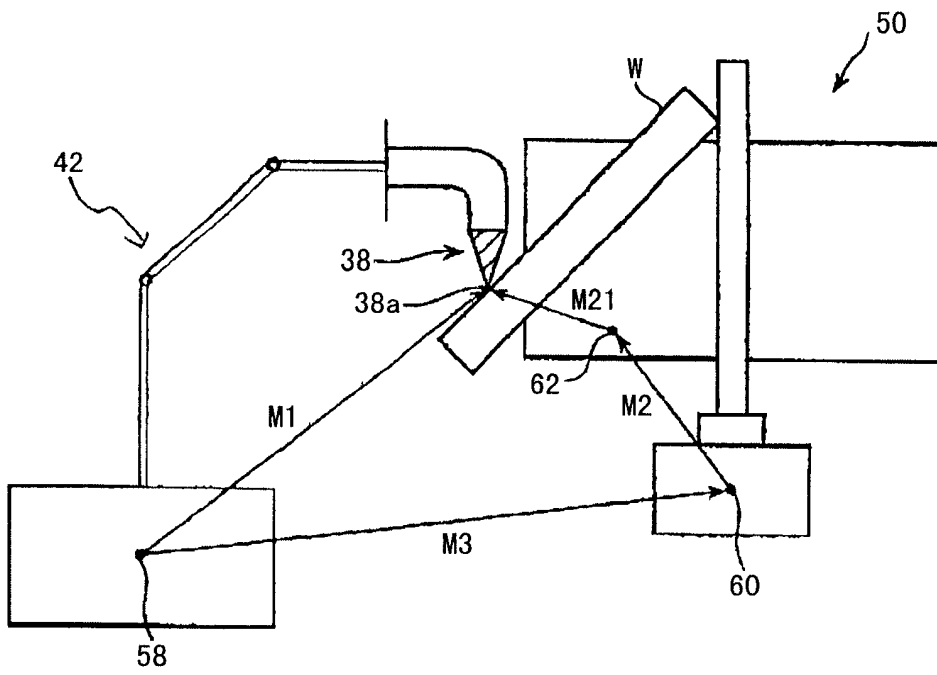


图8

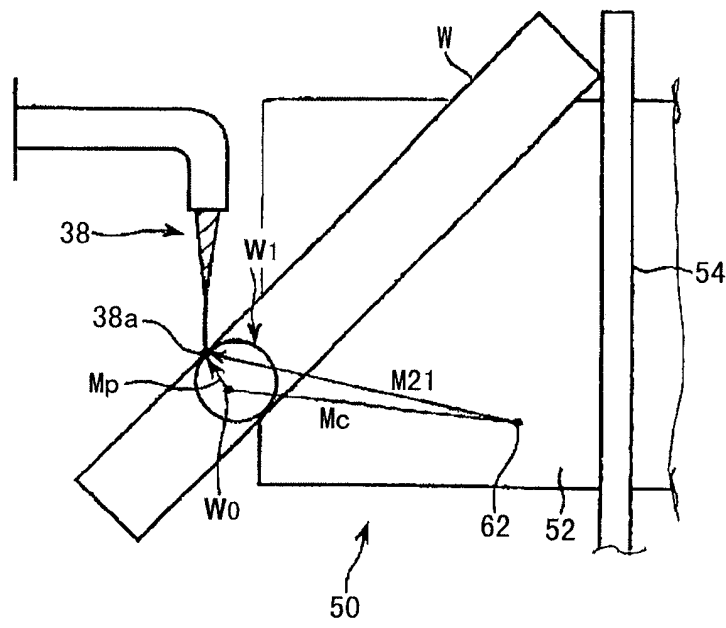


图9

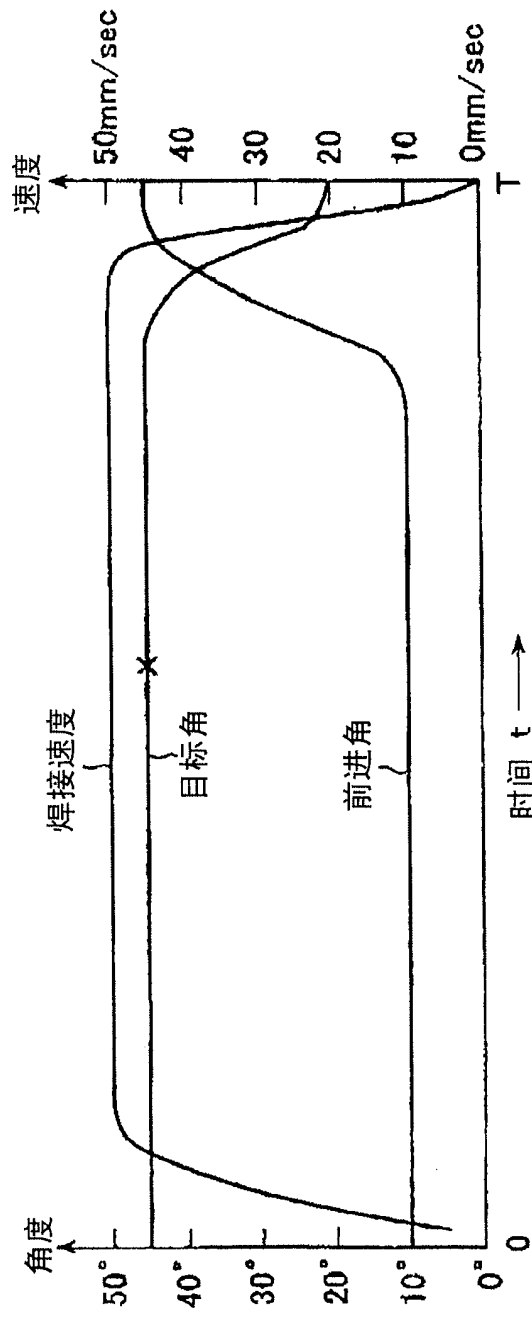


图10

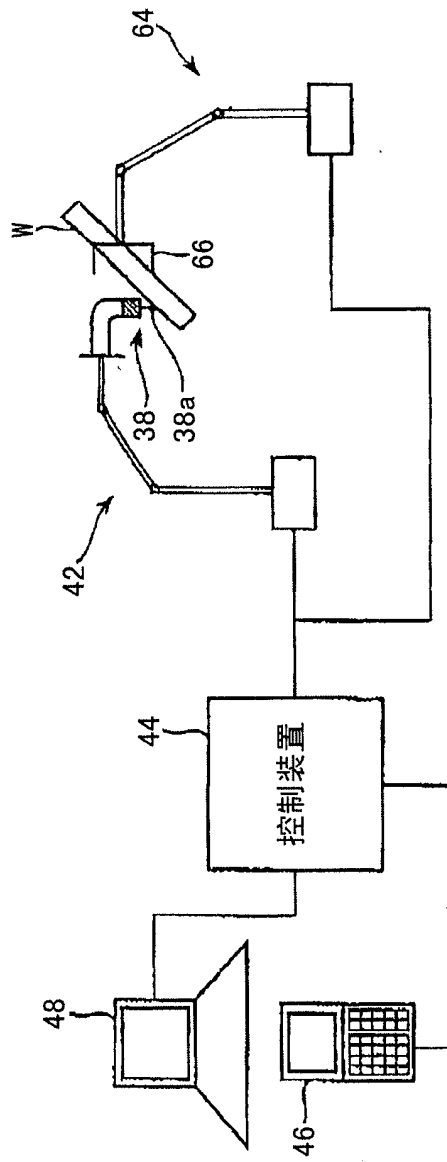


图11