

焊接装置的控制方法、控制器以及焊接系统

相关申请的交叉引用

本公开要求于 2023 年 01 月 13 日提交中国专利局，申请号为 2023100657262，申请名称为“焊接装置的控制方法、控制器以及焊接系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本公开涉及焊接领域，具体而言，涉及一种焊接装置的控制方法、控制器以及焊接系统。

背景技术

目前，随着焊接技术的不断发展，待焊接板的厚度也逐渐增加。对于中厚板的焊接，坡口宽且深，需要进行多层多道的焊接。

然而，在进行每层每道焊接后，需要人为调整焊枪位置至下一层道的合适的位置，导致焊接的自适应能力差，无法确定准确的对枪位置。

因此，亟需一种的应用于中厚板焊接的焊枪寻位方案。

在背景技术部分中公开的以上信息只是用来加强对本文所描述技术的背景技术的理解，因此，背景技术中可能包含某些信息，这些信息对于本领域技术人员来说并未形成在本国已知的现有技术。

发明内容

本公开的主要目的在于提供一种焊接装置的控制方法、控制器以及焊接系统，以缓解现有技术中的中厚板焊接时焊枪寻位不准确的问题。

根据本公开实施例的一个方面，提供了一种焊接装置的控制方法，包括：获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；第一确定步骤，根据坡口图像，提取激光线，所述激光线为线结构光投射在所述焊缝上形成的线条；处理步骤，至少对激光线进行拟合，得到第一函数；第二确定步骤，根据第一函数和第二函数，确定第三函数，第二函数为理论位置与焊枪的预测位置的距离衡量函数，第三函数为焊枪的预测位置与理论位置的损失函数，所述理论位置为所述焊枪在焊接所述坡口的当前焊道的理论位置；第三确定步骤，确定第三函数收敛时的焊枪的预测位置为焊枪的对枪位置，并根据焊枪的对枪位置进行焊接；重复执行第一确定步骤、处理步骤、第二确定步骤以及第三确定步骤，直至完成焊缝的所有焊道的焊接。

可选地，根据所述坡口图像，提取激光线，包括：根据所述坡口图像以及布道信息，确定所述理论位置，所述布道信息为预设的焊接层道信息；确定包括所述激光线和所述理论位置的区域为 ROI。

可选地，所述处理步骤包括：在图像采集设备的光轴垂直于焊缝时，对激光线进行拟合，得到第一函数，图像采集设备用于获取坡口图像；在图像采集设备的光轴不垂直于焊缝时，对激光线进行拟合得到第一预备函数，再对第一预备函数进行仿射变换，得到第一函数。

可选地，根据第一函数和第二函数，确定第三函数，包括：根据公式 $L(x) = |f'(x)| + \alpha D(x - \hat{x})$ ，确定第三函数，其中， $L(x)$ 为第三函数， $f(x)$ 为第一函数， α 为权重系数， $D(x - \hat{x})$ 为第二函数， x 为焊枪的预测位置， $\hat{x}$ 为焊枪的理论位置。

可选地，方法还包括：在理论位置与焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下，对第三函数赋值；在理论位置与焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下，根据第一

函数的导数最小值，确定是否对焊枪的对枪位置进行更新。

可选地，在理论位置与焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下，对第三函数赋值，包括：在 $x > \hat{x} + d$ 或 $x < \hat{x} - d$ 的情况下，根据公式 $L(x) = L_{\max}$ ，对第三函数赋值，其中， x 为焊枪的对枪位置， $\hat{x}$ 为焊枪的理论位置， d 为相邻的焊道的间距， $L(x)$ 为第三函数， $L_{\max}$ 为任意大于第三函数最小值的数值。

可选地，在理论位置与焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下，根据第一函数的导数最小值，确定是否对焊枪的对枪位置进行更新，包括：在第一函数的导数最小值小于阈值的情况下，根据公式 $\hat{x}' = \arg \min f'(x)$ ，对焊枪的对枪位置进行更新，其中， $\hat{x}'$ 为更新后的焊枪的对枪位置， $f(x)$ 为第一函数；在第一函数的导数最小值大于等于阈值的情况下，不对焊枪的对枪位置进行更新。

可选地，根据焊枪的对枪位置进行焊接，包括：将第一坐标转换为第二坐标，其中，第一坐标为焊枪的对枪位置在图像坐标系中坐标，第二坐标为焊枪的对枪位置在焊枪坐标系中的坐标；控制焊枪移动到第二坐标进行焊接。

根据本公开实施例的另一方面，还提供了一种焊接装置控制器，包括：获取单元，被配置为获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；第一确定单元，被配置为第一确定步骤，根据坡口图像，确定理论位置的 ROI，理论位置为焊枪在焊接坡口的当前焊道的理论位置，ROI 至少包括激光线，激光线为焊接装置的激光传感器发射出的且被配置为对准坡口激光形成的；处理单元，被配置为处理步骤，至少对激光线进行拟合，得到第一函数；第二确定单元，被配置为第二确定步骤，根据第一函数和第二函数，确定第三函数，第二函数为理论位置与焊枪的预测位置的距离衡量函数，第三函数为焊枪的预测位置与理论位置的损失函数；第三确定单元，被配置为第三确定步骤，确定第三函数收敛时的焊枪的预测位置为焊枪的对枪位置，并根据焊枪的对枪位置进行焊接；执行单元，被配置为重复执行第一确定步骤、处理步骤、第二确定步骤以及第三确定步骤，直至完成焊缝的所有焊道的焊接。

根据本公开实施例的再一方面，还提供了一种焊接系统，包括：任一种焊接装置；控制器，与焊接装置通信连接，用于执行任一种控制方法。

在本公开实施例中，通过实时获取焊缝的坡口图像，可以确定包含焊点理论位置和激光线的 ROI，并根据激光线的函数即第一函数和理论位置和预测位置的距离衡量函数即第二函数确定理论位置和预测位置的损失函数，再根据损失函数收敛时的预测位置，确定焊枪的对枪位置，达到了实时寻找到当前焊道的最优对枪位置并可以对焊枪进行动态调整的目的，实现了提升中厚板的多层多道焊接的焊接质量的技术效果，进而解决了由于中厚板焊接坡口宽且深造成的焊接时焊枪寻位不准确的技术问题。

附图说明

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

图 1 示出了根据本公开的实施例 1 的焊接装置的控制方法的流程图；

图 2 示出了根据本公开的实施例 1 的焊接时采集到的坡口图像；

图 3 示出了根据本公开的实施例 1 的 ROI 激光线拟合与对枪位置的示意图；

图 4 示出了根据本公开的实施例 1 的理论位置的 ROI 示意图；

图 5 示出了根据本公开的实施例 8 的焊接装置的控制方法的流程示意图

图 6 示出了根据本公开的实施例 9 的焊接装置的控制器的结构示意图。

具体实施方式

需要说明的是，在不冲突的情况下，本公开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公开。

为了使本技术领域的人员更好地理解本公开方案，下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本公开一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本公开保护的范围。

需要说明的是，本公开的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本公开的实施例。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

正如背景技术中所说的，现有技术中中厚板焊接时焊枪寻位不准确，为了解决上述问题，本公开的一种典型的实施方式中，提供了一种焊接装置的控制方法、控制器以及焊接系统。

实施例 1

根据本公开的实施例 1，提供了一种焊接装置的控制方法。

图 1 是根据本公开实施例 1 的焊接装置的控制方法的流程图。如图 1 所示，该方法包括以下步骤：

步骤 S101，获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；

上述步骤中，坡口是指在焊接过程中，焊件的待焊部位加工并装配成的一定几何形状的沟槽，坡口可以提高焊接工件焊接度。在实际应用中，可以采用图像采集设备获取上述坡口的图像，例如相机、摄像机、具有拍照功能的设备等。也可以采用三维线结构光成像系统，在焊接的过程中实时获取坡口图像，扫描坡口的三维样貌，图 2 为焊接时采集到的坡口图像。

步骤 S102，第一确定步骤，根据上述坡口图像，提取激光线，上述激光线为线结构光投射在上述焊缝上形成的线条；

上述步骤中，根据坡口图像可以快速获取激光线。

步骤 S103，处理步骤，至少对上述激光线进行拟合，得到第一函数；

上述步骤中，由于 ROI 内的激光线存在误差或其他干扰，可以对激光线进行去噪以及中心线提取，进一步提高拟合的准确性。之后采用高阶多项式最小二乘法对上述激光线进行拟合。本领域技术人员也可以采用其他方式对激光线进行处理以消除误差以及对激光线进行拟合。

步骤 S104，第二确定步骤，根据上述第一函数和第二函数，确定第三函数，上述第二函数为上述理论位置与上述焊枪的预测位置的距离衡量函数，上述第三函数为上述焊枪的预测位置与上述理论位置的损失函数，上述理论位置为上述焊枪在焊接上述坡口的当前焊道的理论位置；

上述步骤中，根据上述距离衡量函数和激光线拟合函数确定损失函数，减少了复杂的运算步骤，方式简便；此外距离衡量函数是一种很好的相似性度量标准。

步骤 S105, 第三确定步骤, 确定上述第三函数收敛时的上述焊枪的预测位置为上述焊枪的对枪位置, 并根据上述焊枪的对枪位置进行焊接;

上述步骤中, 损失函数用于估量模型预测值和真实值的不一致程度, 损失函数越小, 模型的鲁棒性就越好。因此, 当上述第三函数收敛时, 对应的焊枪的预测位置即为最优对枪位置。在焊接当前焊道的焊接过程中, 实时获取坡口图像, 根据实时获取的坡口图像提取激光线并确定焊枪的对枪位置。焊枪可以根据该最优对枪位置, 对当前焊道进行准确的焊接。所计算最优对枪位置可能受到各种干扰, 存在高频跳动, 但在实际中扫描过程实际最优对枪位置应是平缓变化的。因此, 在实时计算最优对枪位置后, 可以通过平滑滤波来消除高频噪声, 得到更准确的对枪位置。如图 3 所示, ROI 区域激光线拟合与最优对枪位置, 其中黑色曲线为上述第一函数曲线, 圆圈为理论位置, 十字为计算得到的对枪位置, 其中最优对枪位置为第一函数曲线最平缓的位置。

步骤 S106, 重复执行上述第一确定步骤、上述处理步骤、上述第二确定步骤以及上述第三确定步骤, 直至完成上述焊缝的所有焊道的焊接。

上述步骤中, 在完成当前焊道的焊接后, 循环执行上述步骤, 通过对坡口图像不断进行采集、分析, 动态调整焊枪位置, 可以保障焊接过程中焊枪始终处于最佳的对枪位置。当前焊道焊接完成, 机器人退回初始位置进行下一焊道焊接时, 层道累加器可以进行累加, 使算法更新当前焊道设定, 选择新的预设布道信息。

在本公开实施例中, 通过实时获取焊缝的坡口图像, 可以确定包含焊点理论位置和激光线的 ROI, 并根据激光线的函数即第一函数和理论位置和预测位置的距离衡量函数即第二函数确定理论位置和预测位置的损失函数, 再根据损失函数收敛时的预测位置, 确定焊枪的对枪位置, 达到了实时寻找到当前焊道的最优对枪位置并可以对焊枪进行动态调整的目的, 实现了提升中厚板的多层多道焊接的焊接质量的技术效果, 进而解决了由于中厚板焊接坡口宽且深造成的焊接时焊枪寻位不准确的技术问题。

实施例 2

本公开的实施例 2 中, 在实施例 1 的基础上, 还对具体上述步骤 S102 进行细化, 该步骤具体包括: 步骤 S1021, 根据上述坡口图像以及布道信息, 确定上述理论位置, 上述布道信息为预设的焊接层道信息; 步骤 S1022, 确定包括上述激光线和上述理论位置的区域为 ROI。ROI(Region of Interest, 感兴趣区域)是指在机器视觉、图像处理等领域中, 从待处理区域中以矩形、圆、椭圆、不规则多边形等方式勾勒出的需要处理的特定区域。在实际应用中, 对于中厚板焊接, 由于坡口宽且深, 因此需要对坡口进行多层多道的焊接。焊接机器人可以根据焊缝的坡口形状自行规划出相应的预设布道信息, 焊枪根据该预设布道信息进行焊接, 并根据该布道信息确定焊点的理论位置, 但该理论位置的并不是非常准确。因此可以在该理论位置周围确定 ROI, 如图 4 所示, 矩形区域为 ROI, 圆点为上述焊枪在焊接坡口焊道时对应的理论位置, 矩形区域内的焊点是当前焊道对应的理论位置。ROI 区域的确定与当前焊道的理论位置和焊接特性有关, 其中, 焊接特性包括母材的焊接特性、焊接电源的电流和电压等。在实际应用中, 对于中厚板焊接, 由于坡口宽且深, 因此需要对坡口进行多层多道的焊接。焊接机器人可以根据焊缝的坡口形状自行规划出相应的预设布道信息, 焊枪根据该预设布道信息进行焊接, 并根据该布道信息确定焊点的理论位置。上述确定 ROI 的方法可以进一步获得准确的第一函数。

实施例 3

本公开的实施例 3 中, 在实施例 1 的基础上, 还对具体上述步骤 S103 进行细化,

该步骤具体包括：步骤 S1031，在图像采集设备的光轴垂直于上述焊缝时，对上述激光线进行拟合，得到上述第一函数，上述图像采集设备用于获取上述坡口图像；步骤 S1032，在上述图像采集设备的光轴不垂直于上述焊缝时，对上述激光线进行拟合得到第一预备函数，再对上述第一预备函数进行仿射变换，得到上述第一函数。上述步骤中，焊枪的最佳对枪位置除了与理论对枪位置有关以外，还与当前焊枪的对枪位置的水平程度有关。一般情况下，当前焊枪的对枪位置是上一道熔覆与更早熔覆的搭接位置，可以近似为一个水平面。在图像采集设备的光轴垂直于上述焊缝时，水平面在图像上的曲线也是水平的，对激光线拟合即可得到第一函数。在上述图像采集设备的光轴不垂直于上述焊缝时，则可以先通过相机标定结果对拟合函数进行仿射变换后，得到第一函数。其中，仿射变换是指在几何中，一个向量空间进行一次线性变换并接上一个平移，变换为另一个向量空间。可以采用平移、旋转、缩放、斜切等方式对拟合函数进行仿射变换。

实施例 4

本公开的实施例 4 中，在实施例 1 的基础上，还对具体上述步骤 S104 进行细化，该步骤具体包括：步骤 S1041，根据公式 $L(x) = |f'(x)| + \alpha D(x - \hat{x})$ ，确定上述第三函数，其中， $L(x)$ 为上述第三函数， $f(x)$ 为上述第一函数， α 为权重系数， $D(x - \hat{x})$ 为上述第二函数， x 为上述焊枪的预测位置， $\hat{x}$ 为上述焊枪的理论位置。上述步骤中，根据上述距离衡量函数和激光线拟合函数确定损失函数，减少了复杂的运算步骤，公式简便；此外距离衡量函数是一种很好的相似性度量标准。在实际应用过程中，本领域技术人员可以根据实际情况对权重系数自行调节。

实施例 5

本公开的实施例 5 中，在实施例 1 的基础上，还包括：步骤 S107，在上述理论位置与上述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下，对上述第三函数赋值；步骤 S108，在上述理论位置与上述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下，根据上述第一函数的导数最小值，确定是否对上述焊枪的对枪位置进行更新。上述步骤中，虽然在一般情况下焊枪的对枪位置与理论对枪位置越远其可能性越小，实际上理论位置与实际对枪位置通常不会超过一个焊道的间距，因此上述步骤可以进一步提高意外情况下最优对枪位置的搜索准确率。

实施例 6

本公开的实施例 6 中，在实施例 5 的基础上，还对具体上述步骤 S107 进行细化，该步骤具体包括：步骤 S1071，在 $x > \hat{x} + d$ 或 $x < \hat{x} - d$ 的情况下，根据公式 $L(x) = L_{\max}$ ，对上述第三函数赋值，其中， x 为上述焊枪的对枪位置， $\hat{x}$ 为上述焊枪的理论位置， d 为相邻的焊道的间距， $L(x)$ 为上述第三函数， $L_{\max}$ 为任意大于上述第三函数最小值的数值。上述步骤中，当计算得到的最优对枪位置与理论对枪位置距离大于理论上相邻道对枪位置的间距，则需要进一步修正。通过对损失函数赋一较大值，来使第三函数收敛时，不以该位置作为最优对枪位置，实现对情况的修正。上述步骤可以进一步提高理论位置与上述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下最优对枪位置的搜索准确率。

实施例 7

本公开的实施例 7 中，在实施例 5 的基础上，还对具体上述步骤 S108 进行细化，该步骤具体包括：步骤 S1081，在上述第一函数的导数最小值小于阈值的情况下，根

据公式 $\hat{x}' = \arg \min f'(x)$ ，对上述焊枪的对枪位置进行更新，其中， $\hat{x}'$ 为更新后的上述焊枪的对枪位置， $f(x)$ 为上述第一函数；步骤 S1082，在上述第一函数的导数最小值大于等于阈值的情况下，不对上述焊枪的对枪位置进行更新。上述步骤中，可以设定一导数阈值，当导数最小值小于阈值的情况下，则对最优对枪位置进行更新，反之，不更新。上述步骤可以进一步提高理论位置与上述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下最优对枪位置的搜索准确率。

实施例 8

本公开的实施例 8 中，在实施例 1 的基础上，还对具体上述步骤 S105 进行细化，该步骤具体包括：步骤 S1051，将第一坐标转换为第二坐标，其中，上述第一坐标为上述焊枪的对枪位置在图像坐标系中坐标，上述第二坐标为上述焊枪的对枪位置在焊枪坐标系中的坐标；步骤 S1052，控制上述焊枪移动到上述第二坐标进行焊接。上述步骤中，焊枪的坐标系与图像采集设备的坐标系隶属于两套不同的坐标系。焊枪类比于“手”，图像采集设备类比于“眼”，通过机器人手眼系统标定结果，将最优对枪位置转换为三维坐标，并转换至机器人本体坐标系下。控制机器人将焊枪移动至最优对枪位置。再根据机器人本体坐标系与焊枪坐标系之间的关系，通过机器人控制系统，控制焊枪移动至上述计算的最优对枪三维坐标，完成坐标系的转换并完成一次寻位操作。上述焊接装置的控制方法整体流程图如图 5 所示，首先扫描当前坡口成像，根据预设布道信息，创建 ROI，再拟合 ROI 内的激光线函数，搜索到最优对枪位置，如果出现不在同一焊道的情况下，对该位置进行修正。此外，还可以对最优对枪位置进行滤波，并通过机器人手眼系统标定，转换最优对枪位置的坐标系，通过控制机器人将焊枪移动到最优对枪位置工作，回退到初始位置。重复上述步骤，直到完成所有的焊道的焊接工作。

实施例 9

本公开实施例 9 还提供了一种焊接装置控制器，需要说明的是，本公开实施例的焊接装置可以用于执行本公开实施例所提供的用于焊接装置的控制方法。以下对本公开实施例提供的焊接装置进行介绍。

图 6 是根据本公开实施例 9 的焊接装置的控制器的示意图。如图 6 所示，该控制器包括：

获取单元 10，用于获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；

上述获取单元中，坡口是指在焊接过程中，焊件的待焊部位加工并装配成的一定几何形状的沟槽，坡口可以提高焊接工件焊接度。在实际应用中，可以采用图像采集设备获取上述坡口的图像，例如相机、摄像机、具有拍照功能的设备等。也可以采用三维线结构光成像系统，在焊接的过程中实时获取坡口图像，扫描坡口的三维样貌，图 2 为焊接时采集到的坡口图像。

第一确定单元 20，用于第一确定步骤，根据上述坡口图像，提取激光线，上述激光线为线结构光投射在上述焊缝上形成的线条；

上述获取单元中，根据坡口图像可以快速获取激光线。

处理单元 30，用于处理步骤，至少对上述激光线进行拟合，得到第一函数；

上述获取单元中，由于 ROI 内的激光线存在误差或其他干扰，可以对激光线进行去噪以及中心线提取，进一步提高拟合的准确性。之后采用高阶多项式最小二乘法对上述激光线进行拟合。本领域技术人员也可以采用其他方式对激光线进行处理以消除误差以及对激光线进行拟合。

第二确定单元 40，用于第二确定步骤，根据上述第一函数和第二函数，确定第三函数，上述第二函数为上述理论位置与上述焊枪的预测位置的距离衡量函数，上述第三函数为上述焊枪的预测位置与上述理论位置的损失函数，上述理论位置为上述焊枪在焊接上述坡口的当前焊道的理论位置；

上述获取单元中，根据上述距离衡量函数和激光线拟合函数确定损失函数，减少了复杂的运算步骤，方式简便；此外距离衡量函数是一种很好的相似性度量标准。

第三确定单元 50，用于第三确定步骤，确定上述第三函数收敛时的上述焊枪的预测位置为上述焊枪的对枪位置，并根据上述焊枪的对枪位置进行焊接；

上述获取单元中，损失函数用于估量模型预测值和真实值的不一致程度，损失函数越小，模型的鲁棒性就越好。因此，当上述第三函数收敛时，对应的焊枪的预测位置即为最优对枪位置。在焊接当前焊道的焊接过程中，实时获取坡口图像，根据实时获取的坡口图像提取激光线并确定焊枪的对枪位置。焊枪可以根据该最优对枪位置，对当前焊道进行准确的焊接。所计算最优对枪位置可能受到各种干扰，存在高频跳动，但在实际中扫描过程实际最优对枪位置应是平缓变化的。因此，在实时计算最优对枪位置后，可以通过平滑滤波来消除高频噪声，得到更准确的对枪位置。如图 3 所示，ROI 区域激光线拟合与最优对枪位置，其中黑色曲线为上述第一函数曲线，圆点为理论位置，十字为计算得到的对枪位置，其中最优对枪位置为第一函数曲线最平缓的位置。

执行单元 60，用于重复执行上述第一确定步骤、上述处理步骤、上述第二确定步骤以及上述第三确定步骤，直至完成上述焊缝的所有焊道的焊接。

上述获取单元中，在完成当前焊道的焊接后，循环执行上述步骤，通过对坡口图像不断进行采集、分析，动态调整焊枪位置，可以保障焊接过程中焊枪始终处于最佳的对枪位置。当前焊道焊接完成，机器人退回初始位置进行下一焊道焊接时，层道累加器可以进行累加，使算法更新当前焊道设定，选择新的预设布道信息。

在本公开实施例中，通过实时获取焊缝的坡口图像，可以确定包含焊点理论位置和激光线的 ROI，并根据激光线的函数即第一函数和理论位置和预测位置的距离衡量函数即第二函数确定理论位置和预测位置的损失函数，再根据损失函数收敛时的预测位置，确定焊枪的对枪位置，达到了实时寻找到当前焊道的最优对枪位置并可以对焊枪进行动态调整的目的，实现了提升中厚板的多层多道焊接的焊接质量的技术效果，进而解决了由于中厚板焊接坡口宽且深造成的焊接时焊枪寻位不准确的技术问题。

实施例 10

本公开的实施例 10 中，在实施例 9 的基础上，还对具体上述第一确定单元进行细化，该第一确定单元具体包括：第一确定模块，用于根据上述坡口图像以及布道信息，确定上述理论位置，上述布道信息为预设的焊接层道信息；第二确定模块，用于确定包括上述激光线和上述理论位置的矩形区域为 ROI。上述装置中，ROI(Region of Interest，感兴趣区域)是指在机器视觉、图像处理等领域中，从待处理区域中以矩形、圆、椭圆、不规则多边形等方式勾勒出的需要处理的特定区域。在实际应用中，对于中厚板焊接，由于坡口宽且深，因此需要对坡口进行多层多道的焊接。焊接机器人可以根据焊缝的坡口形状自行规划出相应的预设布道信息，焊枪根据该预设布道信息进行焊接，并根据该布道信息确定焊点的理论位置，但该理论位置的并不是非常准确。因此可以在该理论位置周围确定 ROI，如图 4 所示，矩形区域为 ROI，圆点为上述焊枪在焊接坡口焊道时对应的理论位置，矩形区域内的焊点是当前焊道对应的理论位置。

ROI 区域的确定与当前焊道的理论位置和焊接特性有关, 其中, 焊接特性包括母材的焊接特性、焊接电源的电流和电压等。在实际应用中, 对于中厚板焊接, 由于坡口宽且深, 因此需要对坡口进行多层多道的焊接。焊接机器人可以根据焊缝的坡口形状自行规划出相应的预设布道信息, 焊枪根据该预设布道信息进行焊接, 并根据该布道信息确定焊点的理论位置。上述确定 ROI 的方法可以进一步获得准确的第一函数。

实施例 11

本公开的实施例 11 中, 在实施例的基础上, 还对具体上述处理单元进行细化, 该处理单元包括: 第一处理模块, 用于在图像采集设备的光轴垂直于上述焊缝时, 对上述激光线进行拟合, 得到上述第一函数, 上述图像采集设备用于获取上述坡口图像; 第二处理模块, 用于在上述图像采集设备的光轴不垂直于上述焊缝时, 对上述激光线进行拟合得到第一预备函数, 再对上述第一预备函数进行仿射变换, 得到上述第一函数。上述装置中, 焊枪的最佳对枪位置除了与理论对枪位置有关以外, 还与当前焊枪的对枪位置的水平程度有关。一般情况下, 当前焊枪的对枪位置是上一道熔覆与更早熔覆的搭接位置, 可以近似为一个水平面。在图像采集设备的光轴垂直于上述焊缝时, 水平面在图像上的曲线也是水平的, 对激光线拟合即可得到第一函数。在上述图像采集设备的光轴不垂直于上述焊缝时, 则可以先通过相机标定结果对拟合函数进行仿射变换后, 得到第一函数。其中, 仿射变换是指在几何中, 一个向量空间进行一次线性变换并接上一个平移, 变换为另一个向量空间。可以采用平移、旋转、缩放、斜切等方式对拟合函数进行仿射变换。

实施例 12

本公开的实施例 12 中, 在实施例 9 的基础上, 还对具体上述第二确定单元进行细化, 该第二确定单元具体包括: 第四确定模块, 用于根据公式 $L(x) = |f'(x)| + \alpha D(x - \hat{x})$, 确定上述第三函数, 其中, $L(x)$ 为上述第三函数, $f(x)$ 为上述第一函数, α 为权重系数, $D(x - \hat{x})$ 为上述第二函数, x 为上述焊枪的预测位置, $\hat{x}$ 为上述焊枪的理论位置。上述装置中, 根据上述距离衡量函数和激光线拟合函数确定损失函数, 减少了复杂的运算步骤, 公式简便; 此外距离衡量函数是一种很好的相似性度量标准。在实际应用过程中, 本领域技术人员可以根据实际情况对权重系数自行调节。

实施例 13

本公开的实施例 13 中, 在实施例 9 的基础上, 还包括: 赋值单元, 用于在上述理论位置与上述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下, 对上述第三函数赋值; 第四确定单元, 用于在上述理论位置与上述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下, 根据上述第一函数的导数最小值, 确定是否对上述焊枪的对枪位置进行更新。上述装置中, 虽然在一般情况下焊枪的对枪位置与理论对枪位置越远其可能性越小, 实际上理论位置与实际对枪位置通常不会超过一个焊道的间距, 因此上述步骤可以进一步提高意外情况下最优对枪位置的搜索准确率。

实施例 14

本公开的实施例 14 中, 在实施例 13 的基础上, 还对具体上述赋值单元进行细化, 该赋值单元具体包括: 赋值模块, 用于在 $x > \hat{x} + d$ 或 $x < \hat{x} - d$ 的情况下, 根据公式 $L(x) = L_{\max}$, 对上述第三函数赋值, 其中, x 为上述焊枪的对枪位置, $\hat{x}$ 为上述焊枪的理论位置, d 为相邻的焊道的间距, $L(x)$ 为上述第三函数, $L_{\max}$ 为任意大于上述第三函数最小值的数值。上述装置中, 当计算得到的最优对枪位置与理论对枪位置距离大

于理论上相邻道对枪位置的间距，则需要进一步修正。通过对损失函数赋一较大值，来使第三函数收敛时，不以该位置作为最优对枪位置，实现对情况的修正。上述步骤可以进一步提高理论位置与上述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下最优对枪位置的搜索准确率。

实施例 15

本公开的实施例 15 中，在实施例 13 的基础上，还对具体上述第四确定单元进行细化，该第四确定单元具体包括：更新模块，用于在上述第一函数的导数最小值小于阈值的情况下，根据公式 $\hat{x}' = \arg \min f'(x)$ ，对上述焊枪的对枪位置进行更新，其中， $\hat{x}'$ 为更新后的上述焊枪的对枪位置， $f(x)$ 为上述第一函数；第三处理模块，用于在上述第一函数的导数最小值大于等于阈值的情况下，不对上述焊枪的对枪位置进行更新。上述装置中，可以设定一导数阈值，当导数最小值小于阈值的情况下，则对最优对枪位置进行更新，反之，不更新。上述步骤可以进一步提高理论位置与上述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下最优对枪位置的搜索准确率。

实施例 16

本公开的实施例 16 中，在实施例 9 的基础上，还对具体上述第三确定单元进行细化，该第三确定单元具体包括：转换模块，用于将第一坐标转换为第二坐标，其中，上述第一坐标为上述焊枪的对枪位置在图像坐标系中坐标，上述第二坐标为上述焊枪的对枪位置在焊枪坐标系中的坐标；控制模块，用于控制上述焊枪移动到上述第二坐标进行焊接。上述装置中，焊枪的坐标系与图像采集设备的坐标系隶属于两套不同的坐标系。焊枪类比于“手”，图像采集设备类比于“眼”，通过机器人手眼系统标定结果，将最优对枪位置转换为三维坐标，并转换至机器人本体坐标系下。控制机器人将焊枪移动至最优对枪位置。再根据机器人本体坐标系与焊枪坐标系之间的关系，通过机器人控制系统，控制焊枪移动至上述计算的最优对枪三维坐标，完成坐标系的转换并完成一次寻位操作。上述焊接装置的控制方法整体流程图如图 5 所示，首先扫描当前坡口成像，根据预设布道信息，创建 ROI，再拟合 ROI 内的激光线函数，搜索到最优对枪位置，如果出现不在同一焊道的情况下，对该位置进行修正。此外，还可以对最优对枪位置进行滤波，并通过机器人手眼系统标定，转换最优对枪位置的坐标系，通过控制机器人将焊枪移动到最优对枪位置，完成当前焊道的焊接工作，回退到初始位置。重复上述步骤，直到完成所有的焊道的焊接工作。

需要说明的是，在附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行，并且，虽然在流程图中示出了逻辑顺序，但是在某些情况下，可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

上述焊接装置的控制器包括处理器和存储器，上述获取单元、第一确定单元、处理单元、第二确定单元、第三确定单元以及执行单元等均作为程序单元存储在存储器中，由处理器执行存储在存储器中的上述程序单元来实现相应的功能。

处理器中包含内核，由内核去存储器中调取相应的程序单元。内核可以设置一个或以上，通过调整内核参数来确定最优对枪位置。

存储器可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式，如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)，存储器包括至少一个存储芯片。

实施例 17

本公开实施例提供了一种焊接系统，焊接系统包括焊接装置、控制器、处理器、

存储器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序，处理器执行程序时实现至少以下步骤：

步骤 S101，获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；

步骤 S102，第一确定步骤，根据上述坡口图像，确定理论位置的 ROI，上述理论位置为焊枪在焊接上述坡口的当前焊道的理论位置，上述 ROI 至少包括激光线，上述激光线为焊接装置的激光传感器发射出的且用于对准上述坡口激光形成的；

步骤 S103，处理步骤，至少对上述激光线进行拟合，得到第一函数；

步骤 S104，第二确定步骤，根据上述第一函数和第二函数，确定第三函数，上述第二函数为上述理论位置与上述焊枪的预测位置的距离衡量函数，上述第三函数为上述焊枪的预测位置与上述理论位置的损失函数；

步骤 S105，第三确定步骤，确定上述第三函数收敛时的上述焊枪的预测位置为上述焊枪的对枪位置，并根据上述焊枪的对枪位置进行焊接；

步骤 S106，重复执行上述第一确定步骤、上述处理步骤、上述第二确定步骤以及上述第三确定步骤，直至完成上述焊缝的所有焊道的焊接。

本文中的设备可以是服务器、PC、PAD、手机等。

实施例 18

本公开还提供了一种计算机程序产品，当在数据处理设备上执行时，适于执行初始化有至少如下方法步骤的程序：

步骤 S101，获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；

步骤 S102，第一确定步骤，根据上述坡口图像，确定理论位置的 ROI，上述理论位置为焊枪在焊接上述坡口的当前焊道的理论位置，上述 ROI 至少包括激光线，上述激光线为焊接装置的激光传感器发射出的且用于对准上述坡口激光形成的；

步骤 S103，处理步骤，至少对上述激光线进行拟合，得到第一函数；

步骤 S104，第二确定步骤，根据上述第一函数和第二函数，确定第三函数，上述第二函数为上述理论位置与上述焊枪的预测位置的距离衡量函数，上述第三函数为上述焊枪的预测位置与上述理论位置的损失函数；

步骤 S105，第三确定步骤，确定上述第三函数收敛时的上述焊枪的预测位置为上述焊枪的对枪位置，并根据上述焊枪的对枪位置进行焊接；

步骤 S106，重复执行上述第一确定步骤、上述处理步骤、上述第二确定步骤以及上述第三确定步骤，直至完成上述焊缝的所有焊道的焊接。

在本公开的上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中沒有详述的部分，可以参见其他实施例的相关描述。

在本公开所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的技术内容，可通过其它的方式实现。其中，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如上述单元的划分，可以为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，单元或模块的间接耦合或通信连接，可以是电性或其它的形式。

上述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本公开各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

上述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本公开的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可为个人计算机、服务器或者网络设备等）执行本公开各个实施例上述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

从以上的描述中，可以看出，本公开上述的实施例实现了如下技术效果：

1）、本公开的焊接装置的控制方法，包括获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；第一确定步骤，根据坡口图像，提取激光线，上述激光线为线结构光投射在上述焊缝上形成的线条；处理步骤，至少对激光线进行拟合，得到第一函数；第二确定步骤，根据第一函数和第二函数，确定第三函数，第二函数为理论位置与焊枪的预测位置的距离衡量函数，第三函数为焊枪的预测位置与理论位置的损失函数；第三确定步骤，确定第三函数收敛时的焊枪的预测位置为焊枪的对枪位置，并根据焊枪的对枪位置进行焊接；重复执行第一确定步骤、处理步骤、第二确定步骤以及第三确定步骤，直至完成焊缝的所有焊道的焊接。通过实时获取焊缝的坡口图像，可以确定包含焊点理论位置和激光线的 ROI，并根据激光线的函数即第一函数和理论位置和预测位置的距离衡量函数即第二函数确定理论位置和预测位置的损失函数，再根据损失函数收敛时的预测位置，确定焊枪的对枪位置，达到了实时寻找到当前焊道的最优对枪位置并可以对焊枪进行动态调整的目的，实现了提升中厚板的多层多道焊接的焊接质量的技术效果，进而解决了由于中厚板焊接坡口宽且深造成的焊接时焊枪寻位不准确的技术问题。

2）、本公开的焊接装置控制器，包括获取单元，用于获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；第一确定单元，用于第一确定步骤，根据坡口图像，提取激光线，上述激光线为线结构光投射在上述焊缝上形成的线条；处理单元，用于处理步骤，至少对激光线进行拟合，得到第一函数；第二确定单元，用于第二确定步骤，根据第一函数和第二函数，确定第三函数，第二函数为理论位置与焊枪的预测位置的距离衡量函数，第三函数为焊枪的预测位置与理论位置的损失函数；第三确定单元，用于第三确定步骤，确定第三函数收敛时的焊枪的预测位置为焊枪的对枪位置，并根据焊枪的对枪位置进行焊接；执行单元，用于重复执行第一确定步骤、处理步骤、第二确定步骤以及第三确定步骤，直至完成焊缝的所有焊道的焊接。通过实时获取焊缝的坡口图像，可以确定包含焊点理论位置和激光线的 ROI，并根据激光线的函数即第一函数和理论位置和预测位置的距离衡量函数即第二函数确定理论位置和预测位置的损失函数，再根据损失函数收敛时的预测位置，确定焊枪的对枪位置，达到了实时寻找到当前焊道的最优对枪位置并可以对焊枪进行动态调整的目的，实现了提升中厚板的多层多道焊接的焊接质量的技术效果，进而解决了由于中厚板焊接坡口宽且深造成的焊接时焊枪寻位不准确的技术问题。

以上仅为本公开的优选实施例而已，并不用于限制本公开，对于本领域的技术人

员来说，本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种焊接装置的控制方法，其特征在于，包括：
获取步骤，获取焊缝的坡口的图像，得到坡口图像；
第一确定步骤，根据所述坡口图像，提取激光线，所述激光线为线结构光投射在所述焊缝上形成的线条；
处理步骤，至少对所述激光线进行拟合，得到第一函数；
第二确定步骤，根据所述第一函数和第二函数，确定第三函数，所述第二函数为理论位置与焊枪的预测位置的距离衡量函数，所述第三函数为所述焊枪的预测位置与所述理论位置的损失函数，所述理论位置为所述焊枪在焊接所述坡口的当前焊道的理论位置；
第三确定步骤，确定所述第三函数收敛时的所述焊枪的预测位置为所述焊枪的对枪位置，并根据所述焊枪的对枪位置进行焊接；
重复执行所述第一确定步骤、所述处理步骤、所述第二确定步骤以及所述第三确定步骤，直至完成所述焊缝的所有焊道的焊接。
2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，根据所述坡口图像，提取激光线，包括：
根据所述坡口图像以及布道信息，确定所述理论位置，所述布道信息为预设的焊接层道信息；
确定包括所述激光线和所述理论位置的区域为ROI。
3. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述处理步骤包括：
在图像采集设备的光轴垂直于所述焊缝时，对所述激光线进行拟合，得到所述第一函数，所述图像采集设备用于获取所述坡口图像；
在所述图像采集设备的光轴不垂直于所述焊缝时，对所述激光线进行拟合得到第一预备函数，再对所述第一预备函数进行仿射变换，得到所述第一函数。
4. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，根据所述第一函数和第二函数，确定第三函数，包括：
根据公式 $L(x) = |f'(x)| + \alpha D(x - \hat{x})$ ，确定所述第三函数，其中， $L(x)$ 为所述第三函数， $f(x)$ 为所述第一函数， α 为权重系数， $D(x - \hat{x})$ 为所述第二函数， x 为所述焊枪的预测位置， $\hat{x}$ 为所述焊枪的理论位置。
5. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
在所述理论位置与所述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下，对所述第三函数赋值；
在所述理论位置与所述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下，根据所述第一函数的导数最小值，确定是否对所述焊枪的对枪位置进行更新。
6. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，在所述理论位置与所述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下，对所述第三函数赋值，包括：
在 $x > \hat{x} + d$ 或 $x < \hat{x} - d$ 的情况下，根据公式 $L(x) = L_{\max}$ ，对所述第三函数赋值，其中， x 为所述焊枪的对枪位置， $\hat{x}$ 为所述焊枪的理论位置， d 为相邻的焊道的间距， $L(x)$ 为所述第三函数， $L_{\max}$ 为任意大于所述第三函数最小值的数值。
7. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，在所述理论位置与所述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下，根据所述第一函数的导数最小值，确定是否对所述焊枪的对枪位置进行更新，包括：

在所述第一函数的导数最小值小于阈值的情况下, 根据公式 $\hat{x}' = \arg \min f'(x)$, 对所述焊枪的对枪位置进行更新, 其中, $\hat{x}'$ 为更新后的所述焊枪的对枪位置, $f(x)$ 为所述第一函数;

在所述第一函数的导数最小值大于等于阈值的情况下, 不对所述焊枪的对枪位置进行更新。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 根据所述焊枪的对枪位置进行焊接, 包括:
将第一坐标转换为第二坐标, 其中, 所述第一坐标为所述焊枪的对枪位置在图像坐标系中坐标, 所述第二坐标为所述焊枪的对枪位置在焊枪坐标系中的坐标; 控制所述焊枪移动到所述第二坐标进行焊接。
9. 一种焊接装置的控制器, 其特征在于, 所述控制器包括:
获取单元, 被配置为获取步骤, 获取焊缝的坡口的图像, 得到坡口图像;
第一确定单元, 被配置为第一确定步骤, 根据所述坡口图像, 提取激光线, 所述激光线为线结构光投射在所述焊缝上形成的线条;
处理单元, 被配置为处理步骤, 至少对所述激光线进行拟合, 得到第一函数;
第二确定单元, 被配置为第二确定步骤, 根据所述第一函数和第二函数, 确定第三函数, 所述第二函数为理论位置与焊枪的预测位置的距离衡量函数, 所述第三函数为所述焊枪的预测位置与所述理论位置的损失函数, 所述理论位置为所述焊枪在焊接所述坡口的当前焊道的理论位置;
第三确定单元, 被配置为第三确定步骤, 确定所述第三函数收敛时的所述焊枪的预测位置为所述焊枪的对枪位置, 并根据所述焊枪的对枪位置进行焊接;
执行单元, 被配置为重复执行所述第一确定步骤、所述处理步骤、所述第二确定步骤以及所述第三确定步骤, 直至完成所述焊缝的所有焊道的焊接。
10. 一种焊接系统, 其特征在于, 所述系统包括:
焊接装置;
控制器, 与所述焊接装置通信连接, 用于执行权利要求 1 至 8 任意一项所述的控制方法。
11. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 对所述第一预备函数进行仿射变换, 包括:
采用平移、旋转、缩放和斜切中之一对所述第一预备函数进行仿射变换。
12. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在根据所述焊枪的对枪位置进行焊接之前, 所述方法还包括:
对所述对枪位置进行滤波。
13. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述获取步骤包括:
采用图像采集设备获取所述坡口的图像,
或者,
采用三维线结构光成像系统, 在焊接的过程中实时获取所述坡口图像。
14. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述处理步骤包括:
对所述激光线进行去噪以及中心线提取;
采用高阶多项式最小二乘法对中心线提取后的所述激光线进行拟合。
15. 根据权利要求 9 所述的控制器, 其特征在于, 所述第一确定单元包括:
第一确定模块, 被配置为根据所述坡口图像以及布道信息, 确定所述理论位

置, 所述布道信息为预设的焊接层道信息;

第二确定模块, 被配置为确定包括所述激光线和所述理论位置的区域为 ROI。

16. 根据权利要求 9 所述的控制器, 其特征在于, 所述处理单元包括:

第一处理模块, 被配置为在图像采集设备的光轴垂直于所述焊缝时, 对所述激光线进行拟合, 得到所述第一函数, 所述图像采集设备用于获取所述坡口图像;

第二处理模块, 被配置为在所述图像采集设备的光轴不垂直于所述焊缝时, 对所述激光线进行拟合得到第一预备函数, 再对所述第一预备函数进行仿射变换, 得到所述第一函数。

17. 根据权利要求 9 所述的控制器, 其特征在于, 所述第二确定单元包括:

第四确定模块, 被配置为根据公式 $L(x) = |f'(x)| + \alpha D(x - \hat{x})$, 确定所述第三函数, 其中, $L(x)$ 为所述第三函数, $f(x)$ 为所述第一函数, α 为权重系数, $D(x - \hat{x})$ 为所述第二函数, x 为所述焊枪的预测位置, $\hat{x}$ 为所述焊枪的理论位置。

18. 根据权利要求 9 所述的控制器, 其特征在于, 所述控制器还包括:

赋值单元, 被配置为在所述理论位置与所述焊枪的对枪位置位于不同的焊道的情况下, 对所述第三函数赋值;

第四确定单元, 被配置为在所述理论位置与所述焊枪的对枪位置位于相同的焊道的情况下, 根据所述第一函数的导数最小值, 确定是否对所述焊枪的对枪位置进行更新。

19. 根据权利要求 18 所述的控制器, 其特征在于, 所述赋值单元包括:

赋值模块, 被配置为在 $x > \hat{x} + d$ 或 $x < \hat{x} - d$ 的情况下, 根据公式 $L(x) = L_{\max}$, 对所述第三函数赋值, 其中, x 为所述焊枪的对枪位置, $\hat{x}$ 为所述焊枪的理论位置, d 为相邻的焊道的间距, $L(x)$ 为所述第三函数, $L_{\max}$ 为任意大于所述第三函数最小值的数值。

20. 根据权利要求 18 所述的控制器, 其特征在于, 所述第四确定单元包括:

更新模块, 被配置为在所述第一函数的导数最小值小于阈值的情况下, 根据公式 $\hat{x}' = \arg \min f'(x)$, 对所述焊枪的对枪位置进行更新, 其中, $\hat{x}'$ 为更新后的所述焊枪的对枪位置, $f(x)$ 为所述第一函数;

第三处理模块, 被配置为在所述第一函数的导数最小值大于等于阈值的情况下, 不对所述焊枪的对枪位置进行更新。