



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103934571 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201410146344. 3

B23K 37/00(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 04. 11

审查员 涂兵伟

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

专利权人 上海发那科机器人有限公司

(72) 发明人 张洵 孔萌 陈华斌 林涛

何银水 陈玉喜 陈善本 金玉嵌

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务

所(普通合伙) 31237

代理人 郑玮

(51) Int. Cl.

B23K 26/21(2014. 01)

B23K 26/24(2014. 01)

B23K 26/064(2014. 01)

B23K 26/02(2014. 01)

B23K 26/044(2014. 01)

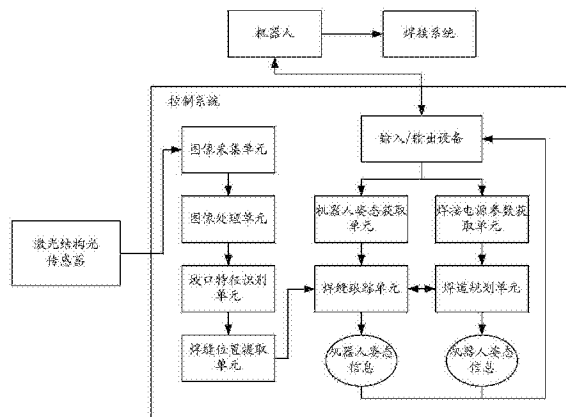
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法

(57) 摘要

本发明揭示了一种厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法。厚板机器人焊接系统包括：机器人，激光结构光传感器，焊接系统及控制系统；所述激光结构光传感器包括主体系统、光学系统、夹持系统和冷却系统，在焊接时能够实时获取包含焊缝坡口特征信息的图像，并传递至所述控制系统；而所述控制系统由所述图像获取单元、图像处理单元、坡口特征识别单元、焊缝位置提取单元、机器人姿态获取单元、焊接电源参数获取单元、焊接跟踪单元、焊道规划单元、机器人姿态信息和焊道规划信息。



1. 一种厚板机器人焊接系统,包括:

机器人,激光结构光传感器,焊接系统及控制系统;所述激光结构光传感器包括主体系统、光学系统、夹持系统和冷却系统,能够实时获取包含焊缝坡口特征信息的图像,并传递至所述控制系统,所述控制系统由所述图像获取坡口信息,控制所述机器人不断纠正焊接系统中焊枪的位置;同时所述控制系统调整焊道轨迹和焊接参数,实现多层多道的实时规划;

其中,所述主体系统包括 CCD 传感器、半导体激光发射器及可旋转的激光反光镜,半导体激光发射器产生的结构光通过所述激光反光镜后投射在工件上;所述光学系统包括可调节的光学反光镜,投射在工件上的结构光的条纹和工件坡口经过光学反光镜被 CCD 传感器接收;所述夹持系统包括水平方向的第一部分和垂直方向的第二部分,所述主体系统可移动的设置于所述第一部分上,所述机器人包括焊枪,所述焊枪可移动的设置于所述第二部分上。

2. 如权利要求 1 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述主体系统上设置有用与夹持系统、光学系统相连接的接口,所述冷却系统通过一燕尾槽与所述主体系统相连接。

3. 如权利要求 1 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述主体系统与第一部分的相对移动范围是 0-100mm,所述焊枪与第二部分的相对移动范围是 0-80mm。

4. 如权利要求 1 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述主体系统还包括镜头。

5. 如权利要求 4 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述主体系统还包括一控制电路,通过控制供电进行开启和关闭主体的各个器件,并调节激光器的功率和冷却系统的制冷能力。

6. 如权利要求 4 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述 CCD 传感器与焊枪平行放置,所述 CCD 传感器通过夹具高度可调节的固定于主体系统中,所述 CCD 传感器通过信号线连接至控制系统的一图像采集单元。

7. 如权利要求 6 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述半导体激光发生器与所述 CCD 传感器平行放置,产生的激光的光束经过一柱状镜变成一字线结构光,通过所述激光反光镜后投射在工件上,投射角度在 15° - 45° 。

8. 如权利要求 7 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述半导体激光器的中心波长为 600-700nm,半峰宽为 0.5-3nm,功率为 150-200MW。

9. 如权利要求 7 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述光学系统还包括主减光滤光系统和附加减光滤光系统;投射在工件上的结构光的条纹和工件坡口依次经过光学反光镜、附加减光滤光系统和主减光滤光系统被 CCD 传感器接收。

10. 如权利要求 9 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述主减光滤光系统和附加减光滤光系统皆包括减光片和滤光片,所述主减光滤光系统用以提取激光结构光,所述附加减光滤光系统用于去除超出设定规格的弧光。

11. 如权利要求 10 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述主减光滤光系统的滤光片为中心波长 670nm,带宽 20nm 的窄带干涉滤光片,所述主减光滤光系统的减光片的通过率为 40%;所述附加减光滤光系统的减光片的通过率为 60%。

12. 如权利要求 9 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述光学反光镜与水平方

向的夹角为 10° - 25° ,其中心位置相对于镜头的高度为 5-20mm。

13. 如权利要求 1 所述的厚板机器人焊接系统,其特征在于,所述冷却系统为水冷系统。

14. 利用如权利要求 1-13 中任意一项所述的厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时跟踪的方法,包括:

步骤一,选定工件的坡口类型,通过控制系统的进行参数设置;

步骤二,开启激光结构光传感器,控制系统的图像采集单元接收工件坡口包含结构光的原始图像;

步骤三,对所述原始图像进行处理,得到激光条纹上的特征点,并记录所述特征点在原始图像中的位置;

步骤四,控制系统的焊缝位置提取单元根据标定矩阵,通过坐标转换,获得实际位置的三维坐标,进而获得所述特征点的实际位置;

步骤五,控制系统的焊缝跟踪单元将一机器人姿态获取单元得到的焊枪位置信息与所述特征点的实际位置相比较,计算出下一步机器人运动的坐标;

步骤六,控制系统的输入输出单元将所述坐标传递给机器人,利用所述坐标引导机器人向正确的位置移动,完成焊接过程中的焊缝实时跟踪。

15. 如权利要求 14 所述的多层多道焊缝实时跟踪的方法,其特征在于,所述工件的坡口类型为 V 形。

16. 如权利要求 14 所述的多层多道焊缝实时跟踪的方法,其特征在于,所述特征点为包括代表焊缝位置、焊道中心位置、坡口底部位置的点。

17. 如权利要求 14 所述的多层多道焊缝实时跟踪的方法,其特征在于,在步骤四中,所述坐标转换包括:

将所述特征点在原始图像中的二维坐标转化为实际平面上的二维坐标;

通过参照物和三角测量法,将获得的实际平面上的二维坐标转化为实际位置的三维坐标信息。

18. 利用如权利要求 1-13 中任意一项所述的厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时规划的方法,包括:

步骤一,根据如权利要求 14 中步骤四得到的所述特征点的位置信息,以及控制系统中焊接电源参数获取单元得到的焊接电源参数信息,利用控制系统的焊道规划单元计算焊道规划信息;

步骤二,控制系统的焊缝跟踪单元接受焊道规划单元计算出的焊道规划信息,计算出焊接参数;

步骤三,控制系统的输入输出单元将所述焊接参数实时传递给机器人,机器人接受所述焊接参数进行焊接,完成多层多道焊缝实时规划。

19. 如权利要求 18 所述的多层多道焊缝实时规划的方法,其特征在于,所述焊道规划信息包括:

焊枪中心位置的偏移距离 γ 、焊枪的摆幅 W 及焊接速度 V_2 , 其中, $\gamma = \frac{\delta}{2}$,

$$W = \frac{d + \delta + 2h \cot\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right) - \theta}{2}, \quad v_2 = \frac{\pi D^2 v_1}{4 \left[d + \delta + h \cot\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right) \right] \cdot h},$$

其中 d 为焊道底端宽度, h 为焊道层高, β 为坡口角度, θ 为一固定的修正值, δ 为焊缝宽度的变化量, D 为焊丝直径, v_1 为送丝速度。

20. 如权利要求 18 所述的多层多道焊缝实时规划的方法, 其特征在于, 所述焊接参数包括: 机器人下一步运动的坐标和焊接工艺参数。

厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法

技术领域

[0001] 本发明涉及焊接机器人的智能控制技术领域,特别是涉及一种厚板机器人 MAG 焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法。

背景技术

[0002] 随着道路交通、海洋工程、特种船舶等重型工业领域的快速发展,我国对大厚板焊接的需求也越来越大。在大厚板的焊接中,多层多道焊是常用的焊接方法之一。目前,实际应用中多采用人工焊接,劳动强度大、工作环境恶劣,因此急需一种可以用机器人替代人力的自动化智能化焊接方法。但是目前将机器人用于厚板多层多道焊的主要问题有:随着焊接层数的增加,坡口实际情况与理想状态相差的越来越大,而目前的焊接机器人无法对这种变化及时做出反馈。因此,开发一种可以对多层多道焊的坡口特征进行实时反馈,调整焊道规划和焊缝跟踪的智能化、自动化机器人焊接系统及方法十分重要。

[0003] 近几年来,随着机器视觉、图像处理、模式识别、智能控制等技术的发展,已经提出多种应用于机器人焊接的传感器。其中激光结构光传感器以其结构简单,信息量大、精度高及稳定性较好的特点,成为应用于厚板焊接智能控制领域的理想选择。激光传感器的基本原理是将条状激光投射到工件上,利用 CCD 采集工件上反射的激光条纹图像,再通过一系列的信号处理,最后得到需要的坡口特征信息。但是由于多层多道焊缝表面形貌复杂,特征不明显,普通激光视觉传感器很难正确识别坡口形貌特征。

[0004] 中国专利“一种基于激光结构光的焊缝跟踪视觉传感器”(申请号为 200410009931.4),该传感器采用激光束通过柱状镜形成激光平面,投射到工件上产生激光条纹,视觉传感器采集焊缝激光图像,通过图像处理计算焊缝位置,并进行转换成模拟信号或无线通信输出,以达到控制焊接机器人的目的。该传感器针对不同的焊缝类型和工序开发了不同的焊缝图像处理模块,具有较高的适用性。但是该传感器不具有识别多层多道焊缝的能力,也无法进行厚板多层多道焊规划。

[0005] 中国专利“基于扫描式激光视觉传感器的厚板窄间隙深坡口激光自动化多层焊接方法”(申请号 201210213371.9),该方法利用激光视觉传感器实现了多层单道焊接的离线焊道规划。但是该方法不能实现多层多道焊缝的在线规划,也无法实现实时焊缝跟踪。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于,提供一种厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法,解决现有技术中不能够实现多层多道焊缝的跟踪和规划的问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供一种厚板机器人焊接系统,包括:

[0008] 机器人,激光结构光传感器,焊接系统及控制系统;所述激光结构光传感器包括主体系统、光学系统、夹持系统和冷却系统,能够实时获取包含焊缝坡口特征信息的图像,并传递至所述控制系统,所述控制系统由所述图像获取坡口信息,控制所述机器人不断纠正焊接系统中焊枪的位置;同时所述控制系统调整焊道轨迹和焊接参数,实现多层多道的实

时规划。

[0009] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述主体系统上设置有用于与夹持系统、光学系统相连接的接口,所述冷却系统通过一燕尾槽与所述主体系统相连接。

[0010] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述夹持系统包括水平方向的第一部分和垂直方向的第二部分,所述主体系统可移动的设置于所述第一部分上,所述机器人包括焊枪,所述焊枪可移动的设置于所述第二部分上。

[0011] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述主体系统与第一部分相对移动范围是 0-100mm,所述焊枪与第二部分的相对移动范围是 0-80mm。

[0012] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述主体系统包括:CCD 传感器、镜头,半导体激光发生器及激光反光镜。

[0013] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述半导体激光器的中心波长为 600-700nm,半峰宽为 0.5-3nm,功率为 150-200MW。

[0014] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述主体系统还包括一控制电路,通过控制供电进行开启和关闭主体的各个器件,并调节激光器的功率和冷却系统的制冷能力。

[0015] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述 CCD 传感器与焊枪平行放置,所述 CCD 传感器通过夹具高度可调节的固定于主体系统中,所述 CCD 传感器通过信号线连接至控制系统的一图像采集单元。

[0016] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述半导体激光发生器与所述 CCD 传感器平行放置,产生的激光的光束经过一柱状镜变成一字线结构光,通过所述激光反光镜后投射在工件上,投射角度在 15° - 45° 。

[0017] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述光学系统包括主减光滤光系统、附加减光滤光系统和光学反光镜;投射在工件上的结构光的条纹和工件坡口依次经过光学反光镜、附加减光滤光系统和主减光滤光系统被 CCD 传感器接收。

[0018] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述主减光滤光系统和附加减光滤光系统皆包括减光片和滤光片,所述主减光滤光系统用以提取激光结构光,所述附加减光滤光系统用于去除超出设定规格的弧光。

[0019] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述主减光滤光系统的滤光片为中心波长 670nm,带宽 20nm 的窄带干涉滤光片,所述主减光滤光系统的减光片的通过率为 40%;所述附加减光滤光系统的减光片的通过率为 60%。

[0020] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述光学反光镜与水平方向的夹角为 10° - 25° ,其中心位置相对于镜头的高度为 5-20mm。

[0021] 进一步的,对于所述的厚板机器人焊接系统,所述冷却系统为水冷系统。

[0022] 利用如上所述的厚板机器人焊接系统,本发明提供进行多层多道焊缝实时跟踪的方法,包括:

[0023] 步骤一,选定工件的坡口类型,通过控制系统的进行参数设置;

[0024] 步骤二,开启激光结构光传感器,控制系统的图像采集单元接收工件坡口包含结构光的原始图像;

[0025] 步骤三,对所述原始图像进行处理,得到激光条纹上的特征点,并记录所述特征点

在原始图像中的位置；

[0026] 步骤四,控制系统的焊缝位置提取单元根据标定矩阵,通过坐标转换,获得实际位置的三维坐标,进而获得所述特征点的实际位置；

[0027] 步骤五,控制系统的焊缝跟踪单元将一机器人姿态获取单元得到的焊枪位置信息与所述特征点的实际位置相比较,计算出下一步机器人运动的坐标；

[0028] 步骤六,控制系统的输入输出单元将所述坐标传递给机器人,利用所述坐标引导机器人向正确的位置移动,完成焊接过程中的焊缝实时跟踪。

[0029] 进一步的,对于所述的多层多道焊缝实时跟踪的方法,所述工件的坡口类型为 V 形。

[0030] 进一步的,对于所述的多层多道焊缝实时跟踪的方法,所述特征点为包括代表焊缝位置、焊道中心位置、坡口底部位置的点。

[0031] 进一步的,对于所述的多层多道焊缝实时跟踪的方法,在步骤四中,所述坐标转换包括：

[0032] 将所述特征点在原始图像中的二维坐标转化为实际平面上的二维坐标；

[0033] 通过参照物和三角测量法,将获得的实际平面上的二维坐标转化为实际位置的三维坐标信息。

[0034] 利用如上所述的厚板机器人焊接系统,本发明还提供进行多层多道焊缝实时规划的方法,包括：

[0035] 步骤一,根据多层多道焊缝实时跟踪的方法中步骤四得到的所述特征点的位置信息,以及控制系统中焊接电源参数获取单元得到的焊接电源参数信息,利用控制系统的焊道规划单元计算焊道规划信息；

[0036] 步骤二,控制系统的焊缝跟踪单元接受焊道规划单元计算出的焊道规划信息,计算出焊接参数；

[0037] 步骤三,控制系统的输入输出单元将所述焊接参数实时传递给机器人,机器人接受所述焊接参数进行焊接,完成多层多道焊缝实时规划。

[0038] 进一步的,对于所述的多层多道焊缝实时规划的方法,所述焊道规划信息包括：

[0039] 焊枪中心位置的偏移距离 γ 、焊枪的摆幅 W 及焊接速度 V_2 , 其中, $\gamma = \frac{\delta}{2}$,

$$W = \frac{d + \delta + 2h \cot\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right) - \theta}{2}, \quad v_2 = \frac{\pi D^2 v_1}{4 \left[d + \delta + h \cot\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right) \right] \cdot h}$$

其中 d 为焊道底端宽度, h 为焊道层高, β 为坡口角度, θ 为一固定的修正值, δ 为焊缝宽度的变化量, D 为焊丝直径, v_1 为送丝速度。

[0040] 进一步的,对于所述的多层多道焊缝实时规划的方法,所述焊接参数包括：机器人下一步运动的坐标和焊接工艺参数。

[0041] 与现有技术相比,本发明提供的厚板机器人焊接系统中,包括机器人,激光结构光传感器,焊接系统及控制系统；所述激光结构光传感器包括主体系统、光学系统、夹持系统和冷却系统,能够实时获取包含焊缝坡口特征信息的图像,并传递至所述控制系统,所述控

制系统由所述图像获取坡口信息,控制所述机器人不断纠正焊接系统中焊枪的位置;同时所述控制系统调整焊道轨迹和焊接参数,实现多层多道的实时规划。

[0042] 相比现有技术,所述激光结构光传感器包括主体系统、光学系统、夹持系统和冷却系统,这四个系统有机的组成了整个传感器,使得激光结构光传感器具有较高的柔性和适用性。

[0043] 在本发明中,将 CCD 与激光发生器平行放置,减小了体积减轻了重量,提高了激光结构光传感器的紧凑程度,避免与其他物体发生干涉。

[0044] 在本发明中,激光结构光传感器采用了两套光路系统,一套通过光学反光镜来改变 CCD 的观察角度,另一套通过激光反光镜改变激光结构光的出射角度。同时本传感器还在夹持部分安装了两套直线导轨,可以在一定范围内调整激光结构光传感器的安装位置。从而提高了激光结构光传感器的柔性,适应不同工作条件下激光结构光传感器视场位置及角度的变化。

[0045] 在本发明中,激光结构光传感器设计了两套减光滤光系统,主减光滤光系统包括减光片和窄带滤光片,可以过滤弧光,去除不必要的背景信息,附加减光系统同样包含一套单独的减光片和滤光片,可以去除熔池附近多余的弧光,减少其对图像信号的不良影响,提高了图像的质量。

[0046] 在本发明中,采用了冷却系统防止过热,并采用控制电路合理调控制冷能力,保障了激光结构光传感器长时间稳定的工作。

附图说明

[0047] 图 1 为本发明实施例中厚板机器人焊接系统的示意图;

[0048] 图 2 为本发明实施例中激光结构光传感器的示意图;

[0049] 图 3 为本发明实施例中厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时跟踪的流程图;

[0050] 图 4 为本发明实施例中厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时规划的流程图。

具体实施方式

[0051] 下面将结合示意图对本发明的厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法进行更详细的描述,其中表示了本发明的优选实施例,应该理解本领域技术人员可以修改在此描述的本发明,而仍然实现本发明的有利效果。因此,下列描述应当被理解为对于本领域技术人员的广泛知道,而并不作为对本发明的限制。

[0052] 为了清楚,不描述实际实施例的全部特征。在下列描述中,不详细描述公知的功能和结构,因为它们会使本发明由于不必要的细节而混乱。应当认为在任何实际实施例的开发中,必须做出大量实施细节以实现开发者的特定目标,例如按照有关系统或有关商业的限制,由一个实施例改变为另一个实施例。另外,应当认为这种开发工作可能是复杂和耗时间的,但是对于本领域技术人员来说仅仅是常规工作。

[0053] 在下列段落中参照附图以举例方式更具体地描述本发明。根据下面说明和权利要求书,本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是,附图均采用非常简化的形式且均使用非

精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0054] 本发明的核心思想在于,提供一种厚板机器人焊接系统,包括:机器人,激光结构光传感器,焊接系统及控制系统;所述激光结构光传感器包括主体系统、光学系统、夹持系统和冷却系统,能够实时获取包含焊缝坡口特征信息的图像,并传递至所述控制系统,所述控制系统由所述图像获取坡口信息,控制所述机器人不断纠正焊接系统中焊枪的位置;同时所述控制系统调整焊道轨迹和焊接参数,实现多层多道的实时规划。

[0055] 以下列举所述厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法的较优实施例,以清楚说明本发明的内容,应当明确的是,本发明的内容并不限于以下实施例,其他通过本领域普通技术人员的常规技术手段的改进亦在本发明的思想范围之内。

[0056] 基于上述思想,下面提供厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法的较优实施例,请参考图 1-图 4,图 1 为本发明实施例中厚板机器人焊接系统的示意图;图 2 为本发明实施例中激光结构光传感器的示意图;图 3 为本发明实施例中厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时跟踪的流程图;图 4 为本发明实施例中厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时规划的流程图。如图 1 所示,本实施例的厚板机器人焊接系统包括:

[0057] 机器人,激光结构光传感器,焊接系统及控制系统;所述机器人为工业机器人,以便能够进行焊接操作。所述激光结构光传感器实时获取工件坡口信息,传递至控制系统,经过控制系统内部各个单元的一系列计算分析,将指令传递至机器人,由机器人控制焊接系统不断纠正焊接系统中焊枪的位置,同时所述控制系统调整焊道轨迹和焊接参数,实现多层多道的实时规划对工件进行焊接。

[0058] 请参考图 2,所述激光结构光传感器包括主体系统 1、光学系统 2、夹持系统 3 和冷却系统 4。所述主体系统 1 上设置有用与夹持系统 3、光学系统 2 相连接的接口(未图示),所述冷却系统 4 通过一燕尾槽与所述主体系统 1 相连接。具体的,所述夹持系统 3 包括水平方向的第一部分 31 和垂直方向的第二部分 32。所述主体系统 1 可移动的设置于所述第一部分 31 上,所述主体系统 1 与第一部分 31 的相对移动范围是 0-100mm,在本实施例中,设置该尺寸为 40mm,即主体系统 1 距离第二部分 31 的距离是 40mm。所述机器人包括焊枪 13,所述焊枪 13 可移动的设置于第二部分 32 上,所述焊枪 13 与第二部分 32 的相对移动范围是 0-80mm,例如可以在焊枪 13 上设置刻度,从而对焊枪 13 与第二部分 32 之间的间距进行定位,在本实施例中,设置二者之间的间距为 55mm。当然,在本发明的激光结构光传感器中,由于设置了包括第一部分 31 和第二部分 32 的这一夹持系统 3,能够使得主体部分 1 与焊枪 13 之间的相对位置进行灵活的调整,因此上述间距的设定仅是一较佳选择,在面临不同的加工工件时,自然能够灵活应对,获取最佳位置设定。

[0059] 请继续参考图 2,所述主体系统 1 包括:CCD 传感器 5、镜头(未图示),半导体激光发生器 6 及激光反光镜 7。CCD 传感器 5 可以与不同的镜头配套,从而获得不同的视场和景深。所述 CCD 传感器 5 与焊枪 13 平行放置,所述 CCD 传感器 5 通过夹具高度可调节的固定于主体系统 1 中,CCD 传感器 5 通过信号线(Cameralink)与控制系统中的图像采集单元相连,其分辨率可以为 768×576 ,亦可是其他规格。为了减小体积减轻重量,提高激光结构光传感器的紧凑程度,避免与其他物体发生干涉,所述半导体激光发生器 6 与所述 CCD 传感器 5 平行放置,产生的激光的光束经过一柱状镜变成一字线结构光,通过所述激光反光镜 7 后

投射在工件 14 上, 投射角度在 15° - 45° , 在本实例中采用 30° 的投射角度。其中透射角度可以通过对激光反光镜 7 进行适当的旋转来获得。在本实施例中, 所述半导体激光器 6 的中心波长为 600-700nm, 半峰宽为 0.5-3nm, 功率为 150-200MW。

[0060] 此外, 所述主体系统 1 还包括一控制电路, 通过控制供电进行开启和关闭主体系统的各个器件, 并调节激光器的功率和冷却系统 4 的制冷能力。例如以冷却系统 4 为水冷系统为例, 控制电路能够控制冷却水的流量和流速。当然, 这一控制电路可以做其他改变, 例如将部分功能设置在控制系统中, 此变动对于本领域技术人员并不难。

[0061] 所述光学系统 2 包括主减光滤光系统 8、附加减光滤光系统 9 和光学反光镜 10; 投射在工件 14 上的结构光的条纹 11 和工件坡口 15 依次经过光学反光镜 10、附加减光滤光系统 9 和主减光滤光系统 8 被 CCD 传感器 5 接收, 这一过程展现了 CCD 传感器 5 的视场 12, 也是本发明中激光结构光传感器的视场。

[0062] 所述主减光滤光系统 8 和附加减光滤光系统 9 皆包括减光片和滤光片, 在本实施例中, 所述主减光滤光系统 8 的滤光片为中心波长 670nm, 带宽 20nm 的窄带干涉滤光片, 所述主减光滤光系统 8 的减光片的通过率为 40%, 用以提取激光结构光, 去除不必要的背景信息等; 所述附加减光滤光系统 9 的减光片的通过率为 60%, 用于去除超出设定规格的弧光, 例如将熔池部分较强的弧光过滤出去, 减少其对图像信号的不良影响。光学反光镜 10 的作用是将包含结构光的条纹 11 和工件坡口 15 的视场 12 经过一次反射后传递至 CCD 传感器 5, 为了达到较好的观察效果, 所述光学反光镜 10 可调节, 具体可以是所述光学反光镜 10 与水平方向的夹角为 10° - 25° , 其中心位置相对于镜头的高度为 5-20mm。在一个实施例中, 设置夹角为 25° , 高度为 10mm。

[0063] 由此可见, 主体系统 1、光学系统 2、夹持系统 3 和冷却系统 4 这四个系统有机的组成了激光结构光传感器, 能够适应不同工作条件下视场位置及角度的变化, 提高了本发明中激光结构光传感器的柔性和适应性。

[0064] 请结合图 1 和图 3, 对本发明的厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时跟踪的方法进行介绍:

[0065] 步骤一(S101), 选定工件的坡口类型, 通过控制系统的进行参数设置。例如在本发明实施例中, 坡口类型为 V 型, 可参考图 2 中示出的坡口 15。

[0066] 步骤二(S102), 开启激光结构光传感器, 控制系统的图像采集单元接收工件坡口包含结构光的原始图像。

[0067] 步骤三(S103), 利用控制系统中的图像处理单元对所述原始图像进行处理, 得到激光条纹上的特征点, 并记录所述特征点在原始图像中的位置。所述特征点为包括代表焊缝位置、焊道中心位置、坡口底部位置的点, 通过控制系统中的坡口特征识别单元加以确认。

[0068] 步骤四(S104), 控制系统的焊缝位置提取单元根据标定矩阵, 通过坐标转换, 获得实际位置的三维坐标, 进而获得所述特征点的实际位置。所述坐标转换包括: 将所述特征点在原始图像中的二维坐标转化为实际平面上的二维坐标; 通过参照物和三角测量法, 将获得的实际平面上的二维坐标转化为实际位置的三维坐标信息。

[0069] 步骤五(S105), 控制系统的焊缝跟踪单元将一机器人姿态获取单元通过输入/输出(I/O) 单元得到的焊枪位置信息与所述特征点的实际位置相比较, 计算出下一步机器人

运动的坐标；

[0070] 步骤六(S106),控制系统的输入/输出单元将所述坐标传递给机器人,利用所述坐标引导机器人向正确的位置移动,完成焊接过程中的焊缝实时跟踪。

[0071] 请继续参考图 1 和图 4,下面对本发明的厚板机器人焊接系统进行多层多道焊缝实时规划的方法进行介绍,包括:

[0072] 步骤一(S201),根据多层多道焊缝实时跟踪方法中的步骤四得到的所述特征点的位置信息,以及控制系统中焊接电源参数获取单元得到的焊接电源参数信息,利用控制系统的焊道规划单元通过简化模型,计算焊道规划信息。焊道规划信息包括:焊枪中心位置的偏移距离 γ 、焊枪的摆幅 W 及焊接速度 V_2 ,其中,

$$\gamma = \frac{\delta}{2}, \quad W = \frac{d + \delta + 2h \cot\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right) - \theta}{2}, \quad v_2 = \frac{\pi D^2 v_1}{4 \left[d + \delta + h \cot\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right) \right] \cdot h},$$

其中 d 为焊道底端宽度, h 为焊道层高, β 为坡口角度, θ 为一固定的修正值, δ 为焊缝宽度的变化量, D 为焊丝直径, v_1 为送丝速度。

[0073] 步骤二(S202),控制系统的焊缝跟踪单元接受焊道规划单元计算出的焊道规划信息,计算出焊接参数,所述焊接参数包括:机器人下一步运动的坐标和焊接工艺参数。

[0074] 步骤三(S203),控制系统的输入/输出单元将所述焊接参数实时传递给机器人,机器人接受所述焊接参数控制焊接系统进行焊接,完成多层多道焊缝实时规划。

[0075] 综上所述,本发明所述厚板机器人焊接系统及多层多道焊缝实时跟踪、规划方法可以采集包含激光结构光条纹的焊缝坡口图像,通过图像处理获取坡口的特征信息,提取出多层多道焊的例如焊道中心位置等坡口特征,并通过控制系统计算出焊枪偏移的位置信息进行纠偏;同时通过焊道规划单元实时规划焊接机器人的焊接轨迹及焊接参数。可以极大的提高厚板机器人 MAG 焊的自动化水平,提高劳动效率及生产质量。

[0076] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

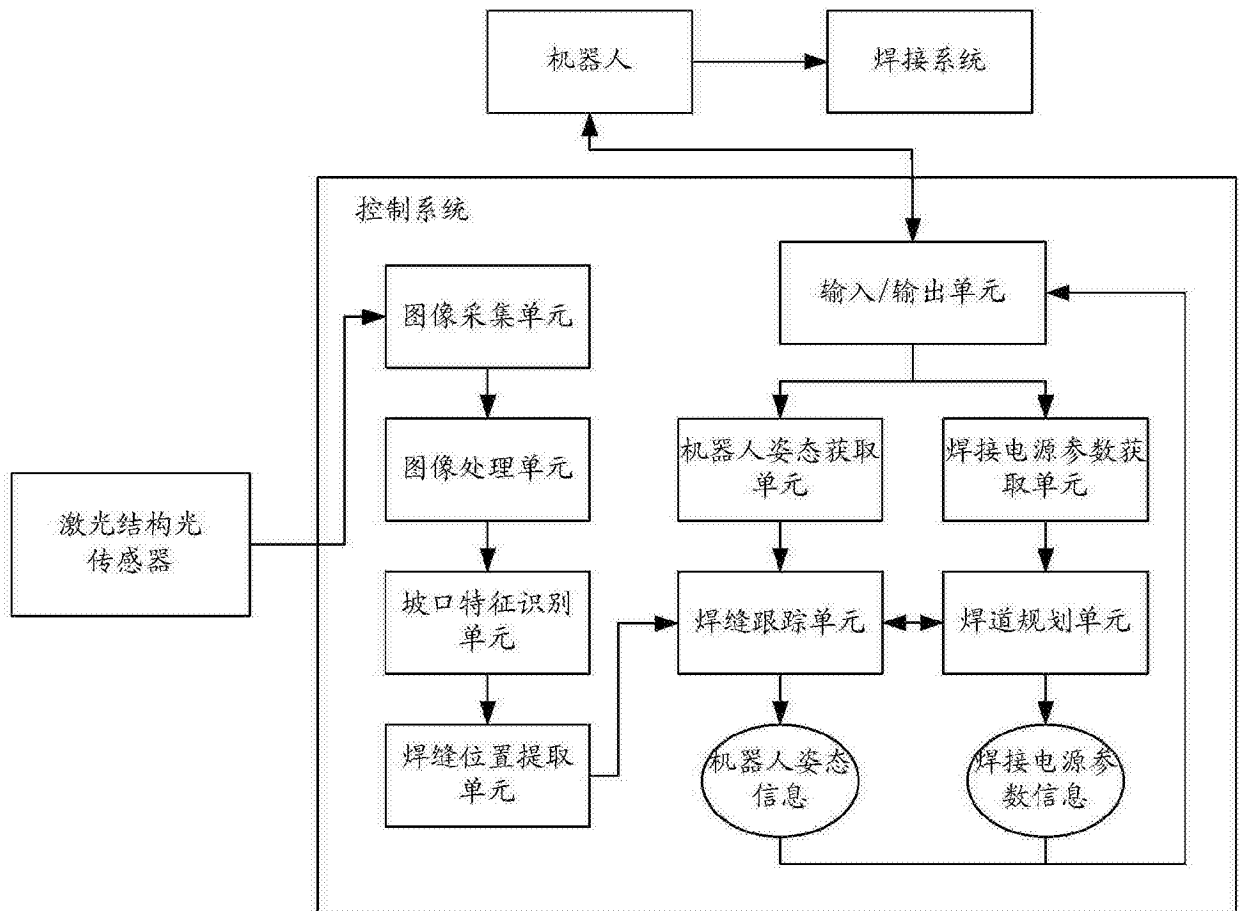


图 1

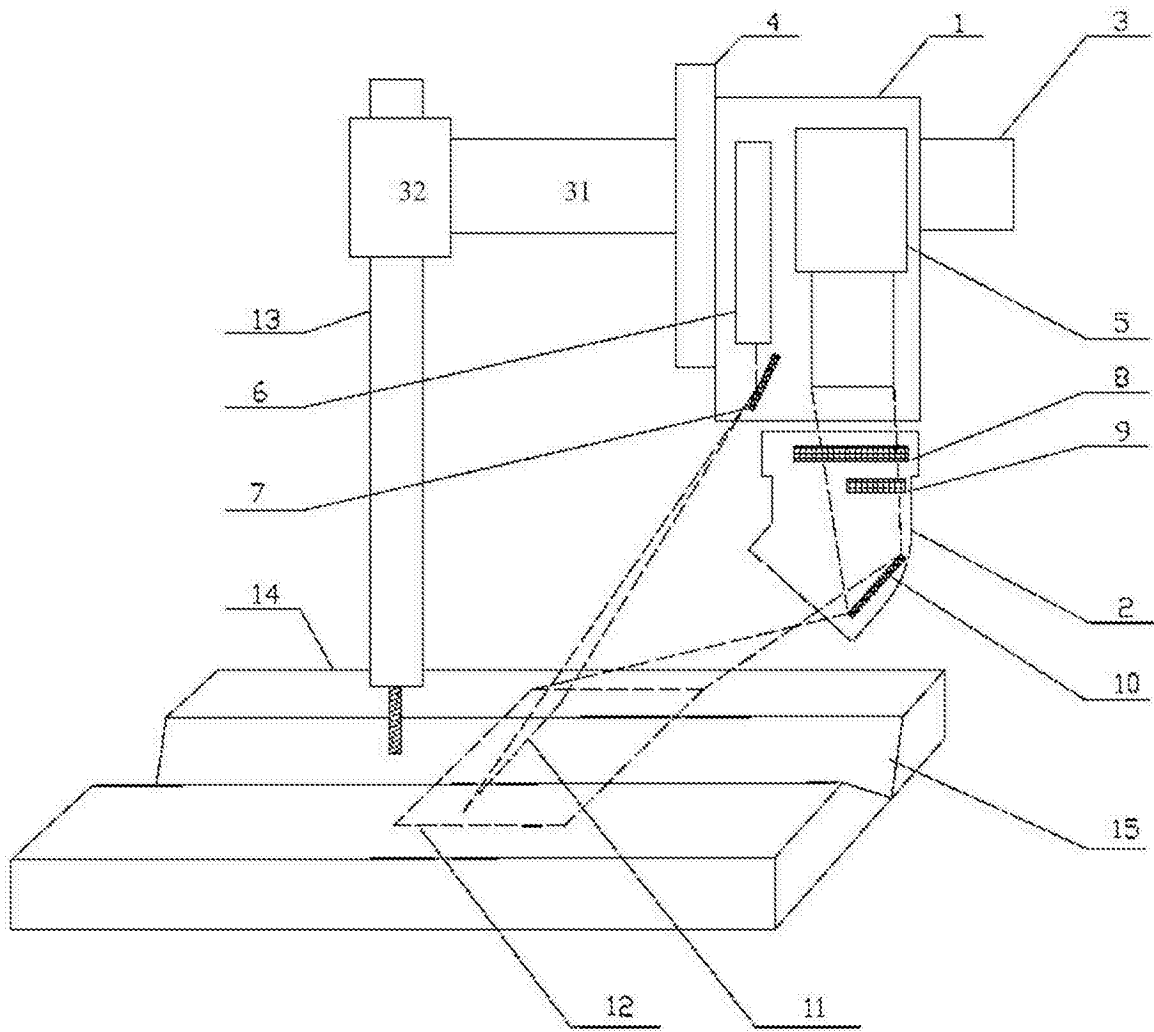


图 2

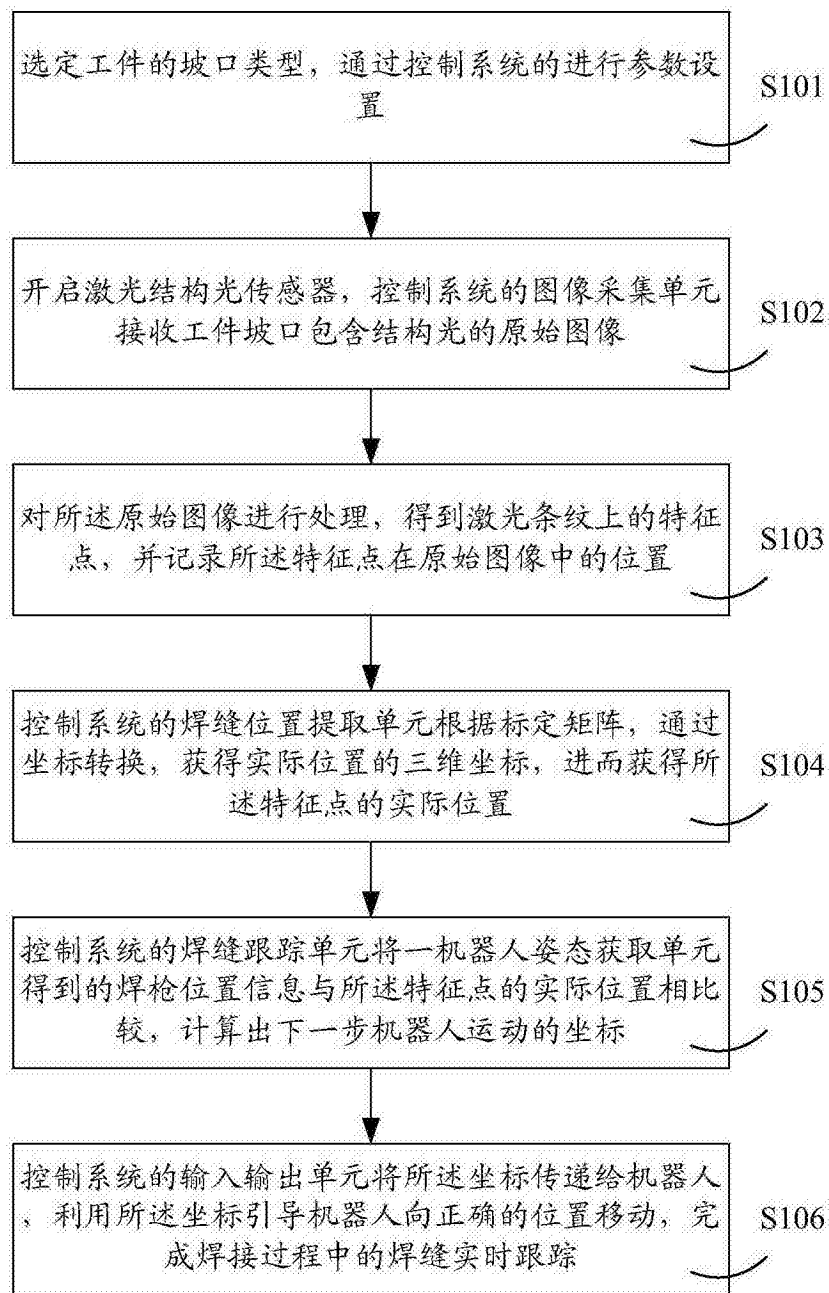


图 3

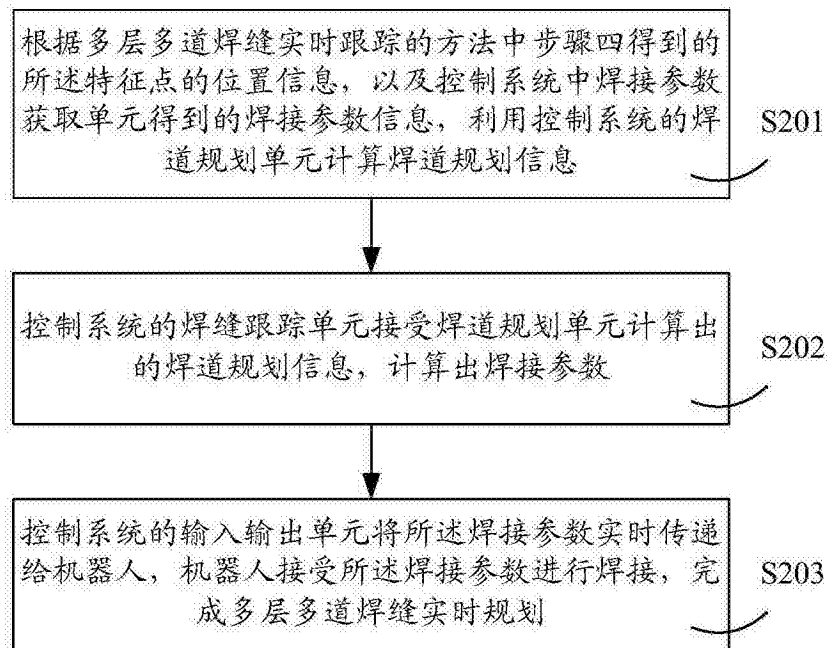


图 4