

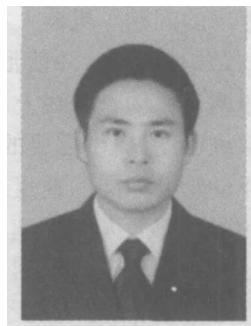
旋转电弧传感弯曲焊缝移动焊接机器人结构设计

毛志伟, 张 华, 郑国云
(南昌大学 机器人与焊接实验室, 南昌 330029)

摘 要: 设计了一种基于旋转电弧传感的弯曲焊缝轮式移动焊接机器人机构, 采用中间两轮差速驱动, 前后对称布置一万向轮的结构, 增加了机构的灵活性并降低了控制的难度; 用两个直流伺服电机控制十字滑块实现左右与上下运动, 采用旋转电弧传感器使焊枪与传感器一体, 不仅结构紧凑, 而且具有实时性。支撑焊枪的支板采用组合装配方式, 对于折角变化频繁或折角较大的焊缝使用增加一转动关节的支板。该机器人结构紧凑、灵活, 可实现对平面弯曲船形焊缝及各种平面弯曲角焊缝的自动焊接。

关键词: 旋转电弧传感器; 移动焊接机器人; 角焊缝焊接

中图分类号: TG 404 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2005)11-51-04



毛志伟

0 序 言

轮式移动机器人 (wheeled mobile robot WMR) 是一种能够自动跟踪规划路径并具有一定智能的行走机构。其研究目标涉及机器人系统的实时控制、任务规划、运动规划与导航、目标识别与定位、机器视觉、多种传感器信息处理与融合以及系统集成等技术, 但机器人本体机构是实现上述功能的基础。目前的移动焊接机器人通常是一种类型的焊缝对应一种焊接机器人, 使得焊接成本较高。作者针对造船工业中各种平面弯曲船形焊缝及各种平面弯折线角为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的角焊缝焊接, 设计了一种新型轮式移动机器人机构, 采用高速旋转电弧传感器的弧焊焊接, 焊枪的精确位置由置于机构上的十字滑块确定, 支撑焊枪的支板采用组合装配方式。机构小巧灵活, 转弯时焊枪伸长量小, 实现了上述各种焊缝的焊接, 减少了焊接机器人数量, 降低了焊接成本。

1 轮式移动焊接机器人机构

1.1 轮式移动焊接机器人结构

该移动焊接机器人机构 (图 1) 由机器人本体、十字滑块、与焊枪一体的旋转电弧扫描传感器及支撑焊枪的支板组成。因该焊接移动机器人主要实现对平面弯曲船形焊缝及各种折线角平面弯曲角焊缝的自动焊接, 并要求转弯时焊枪的最大伸长量尽可

能地小, 以减小十字滑块的尺寸, 同时还应转向灵活。因此, 不宜采用过多的驱动轮, 机构复杂时, 制造过程中容易造成误差积累, 在控制过程中易造成动作滞后。综上所述, 该移动焊接机器人采用了中间两轮差速驱动, 前后对称布置一万向轮的结构, 增加了机构的灵活性并降低了控制的难度; 用两个直流伺服电机控制十字滑块实现左右与上下运动, 采用旋转电弧传感器使焊枪与传感器一体, 不仅结构紧凑, 而且实时性、可达性及灵活性都非常好。同时通过对电弧传感器结构的改进, 不仅降低了旋转电弧传感器的振动, 提高了焊接速度, 而且结构更紧凑。

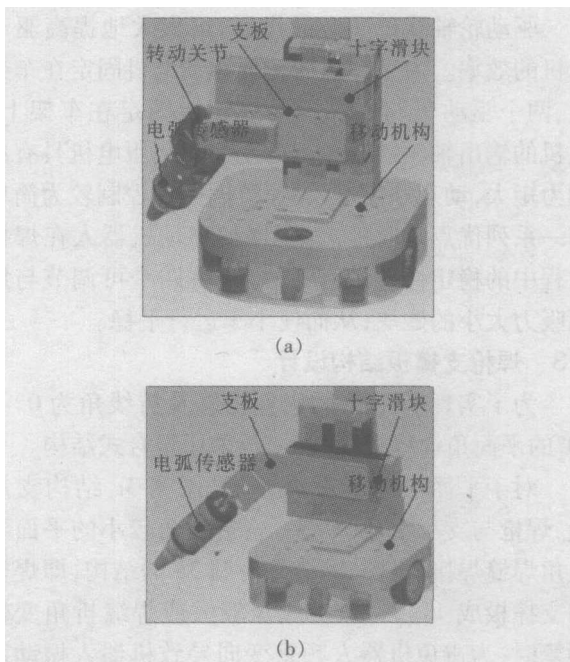


图 1 轮式移动机器人结构

Fig 1 Wheeled mobile robot structure

支撑焊枪的支板采用组合装配方式,对于折角频繁或折角较大的焊缝,为避免移动机器人车体频繁变向而采用增加一转动关节副的支板(图 1a),其它情况则采用不带转动关节的支板(图 1b)。

1.2 旋转电弧传感轮式移动焊接机器人移动机构

在焊缝跟踪的执行机构中,灵活性和稳定性是首要考虑的问题。机器人本体的结构采用两轮独立驱动的结构(图 2),并使形心和质心对地平面的投影落于两个驱动轮轴线上。驱动轮分别由两套直流伺服系统驱动,提供需要的转速或者力矩;分别控制两个驱动轮的不同的速度或者力矩,就可以使机器人按照所要求的方向和速度移动,从而实现运动规划、稳定以及跟踪等控制任务。驱动轮轴线经过底盘的形心的投影,可实现零转弯半径,同时也使轨迹规划及控制相对简单。

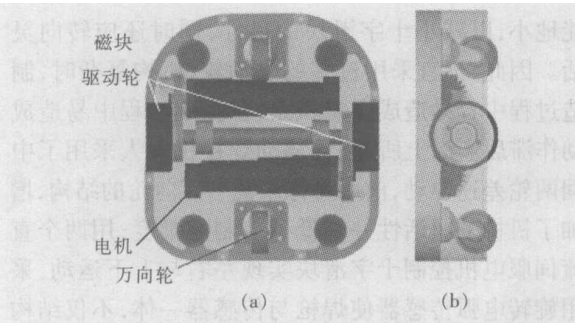


图 2 焊接机器人移动机构

Fig. 2 Mobile mechanism of welding robot

驱动轮轴线过质心的投影,可大大地提高驱动电机的效率。内带减速齿轮的驱动电机固定在车架上,两个驱动车轮也分别通过轴架固定在车架上。电机的输出轴驱动车轮。由于直流伺服电机具有启动力矩大,动态性能好,调速范围宽和控制较为简单等一系列优点。此外,为了增加移动机器人在焊接过程中的稳定性,在小车上分布有四个可调节与地面吸力大小的磁块,从而使小车运行平稳。

1.3 焊枪支撑板结构设计

为了实现平面弯曲 V 形焊缝及折线角为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的平面角焊缝焊接,支撑板采用组合式结构。

对于平面弯曲船形焊缝,采用图 3c 结构支承板,焊枪与支承板成 90° 夹角;折线角较小的平面弯曲角焊缝焊接,将图 3c 调整为图 3a 的结构,即焊枪与支撑板成 45° 夹角;折线角较大或焊缝折角变化频繁时,为避免机器人频繁变向导致机器人振动甚至无法跟踪,采用图 3b 所示结构,由附加的转动关节快速精确跟踪,而机器人本体只需粗略跟踪。

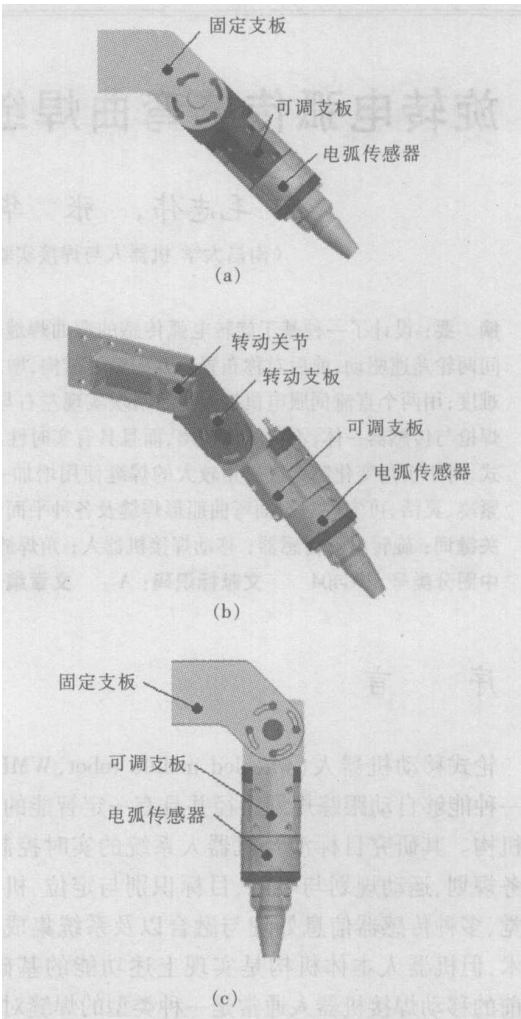


图 3 焊枪支撑板结构

Fig 3 Connection structure of welding torch

1.4 传感器的选择与设计

常用的传感器有机械式传感器、电磁式传感器、光电传感器、激光传感器和电弧传感器等。由于电弧传感器焊接电弧与传感器为一体,不仅结构紧凑,而且实时性很好。对于折线角变化频繁或变化较大时,有前置量的其它传感器都无法准确跟踪。因此,选用高速旋转扫描电弧传感器作为其传感器,图 4a 为其结构示意图^[1]。该传感器应用了空心轴电机直接驱动。偏心量由滑块来调节。当电机转动时,下调心轴承将拨动导电杆作为圆锥母线绕电机轴线作公转,即圆锥摆动。电弧扫描测位传感器为递进式光电码盘,并利用分度脉冲进行电机转速闭环控制^[2]。为使焊枪结构紧凑,气、水管线直接从焊枪上方接入。这一设计结构轻巧,省去了传动齿轮,摩擦力矩减小,由于传动件安装不良引起的阻力和负载不均被消除,运转可靠性大大提高。根据该要求设计实际电弧传感器结构见图 4b。

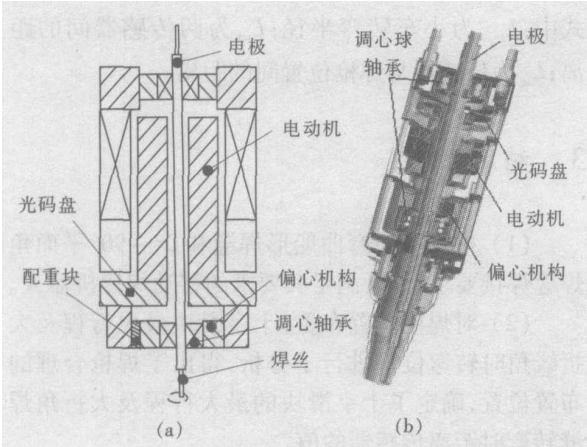


图 4 高速旋转电弧传感器结构

Fig 4 High speed rotating arc sensor structure

2 轮式移动焊接机器人转弯分析

2.1 焊枪位置

焊枪在轮式移动机器人上位置布置有 3 种情况:置于驱动轮同一轴线上、前面和后面,见图 5a、图 5b、图 5c。图示为移动机器人由直线焊缝到转弯起始点,图中 O 为所在焊缝点的曲率中心; v_3 为转弯前的速度; v'_3 为转弯后焊枪的速度; O_c 为小车转弯时瞬心。由图可知,焊枪相对于驱动轮轴线前置或后置时,移动机器人的转动瞬心与对应焊缝曲线点的曲率中心不可能重合。后置时转弯速度 v'_3 方向与焊缝曲线的走向不一致,因此跟踪效果不好^[1];前置时,转弯后的速度 v'_3 方向与焊缝曲线走向一致,能较好地跟踪焊缝;焊枪与驱动轮轴经置于同一轴线上时,移动机器人的转动瞬心能够与对应焊缝曲线点的曲率中心重合,能跟踪焊缝,但对焊缝弯曲响应不如前置。根据上述分析可知,焊枪不宜采用后置布置。

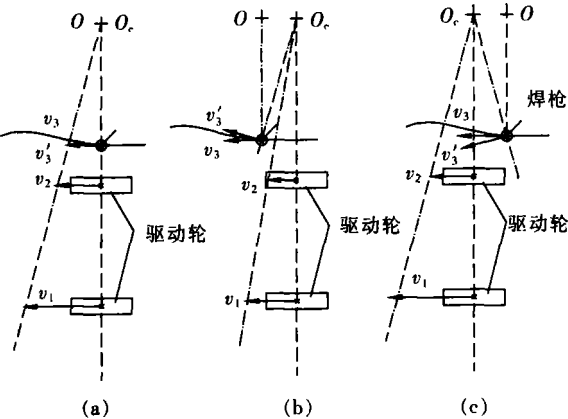


图 5 焊枪位置分析

Fig 5 Position analysis of welding torch

2.2 十字滑块行程分析

采用两驱动轮双向万轮结构时,移动机器人的回转中心只能在两驱动轮轴线上;为使设计的机器人机构结构紧凑,需对其转弯时焊枪的位置变化进行分析,并使其位置变化量尽可能小,以减少十字滑块的行程。因焊缝折线角在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间变化,折线角越大,焊枪的位置变化就越大,故只需分析 90° 弯角焊缝时焊枪位置变化即可。焊枪前置量为 a 时,跟踪 90° 折线焊缝焊枪位置变化见图 6。图 6 中 1、2、3、4 分别为移动机器人转弯时焊枪的几个对应的极限位置, R 为转弯半径。

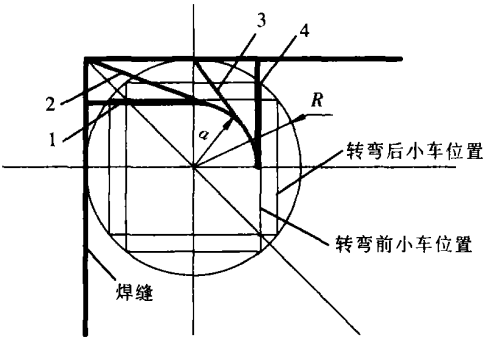


图 6 十字滑块行程分析

Fig 6 Stroke length analysis of cross slider

(1) 焊枪前置时,焊枪在位置 2 最远处,位置 3 处于最近处,十字滑块的最小行程为

$$\Delta L_1 = \sqrt{2R^2 - a^2} - \sqrt{R^2 - a^2}.$$

(2) 焊枪位置与两驱动轮轴线重合时 ($a = 0$),十字滑块的最小行程为

$$\Delta L = (\sqrt{2} - 1)R.$$

(3) 设 $\Delta L_1^2 - \Delta L^2 > 0$ 即

$$\begin{aligned} &2\sqrt{2R^2 - 2a^2} - 2\sqrt{2R^4 + a^4 - 3R^2a^2} > 0 \\ \Rightarrow &2\sqrt{2R^2 - 2a^2} > 2\sqrt{2R^4 + a^4 - 3R^2a^2} \\ \Rightarrow &(12 - 8\sqrt{2})R^2a^2 > 0. \end{aligned}$$

假设成立,焊枪前置量越小,十字滑块的行程就越小。

由上述分析可知,焊枪前置量 a 越大,转弯时焊枪位置变化越大,十字滑块行程就要求越大。因此,折线角大时要减小焊枪的前置量。

2.3 转弯位置

对于折线角较小时,依靠电弧传感器就可以识别折角大小。但当两焊缝折线角较大时(图 7),为避免移动机器人可能与焊接工件相碰触,焊枪处于位置 A 时机器人就需开始转弯,此时依靠旋转电弧

传感器无法测定何时转弯, 必须借助于距离传感器。设焊缝折线角为 α , D、E 为两距离传感器, 机器人处于开始转弯位置 A 时, 两距离传感器的值 $L_{sw\,dl}$ 、 $L_{sw\,d2}$ 为

$$L_{cw\,f}=\frac{L_{cw\,s}}{\sin\alpha}, \tag{1}$$

$$L_{sw\,dl}=L_{ow\,f}-L_{sg}=\frac{L_{ow\,s}}{\sin\alpha}-L_{sg}, \tag{2}$$

$$L_{sw\,d2}=L_{sw\,d1}+\frac{L_{sd}}{\tan\alpha}, \tag{3}$$

$$\tan\alpha=\frac{L_{sw\,d2}-L_{sw\,d1}}{L_{sd}}, \tag{4}$$

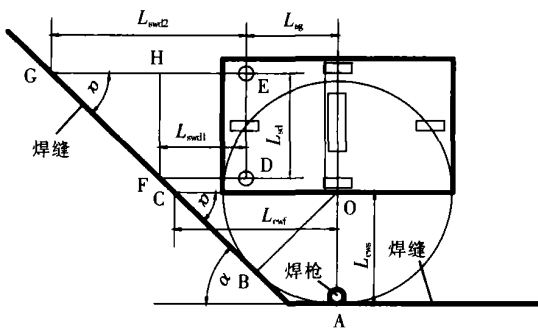


图 7 转弯位置分析

Fog 7 Tum position analysis

式中: L_{cws} 为小车转弯半径; L_{sd} 为两传感器间的距离; L_{sg} 为传感器与焊枪位置间的距离。

3 结 论

- (1) 根据平面弯曲船形焊缝和 $0^{\circ}\sim90^{\circ}$ 平面角焊缝焊接要求, 设计满足其要求的移动焊接机器人。
- (2) 对焊枪位置布置, 十字滑块最大行程及大折线角时转弯位置进行了分析, 得出了焊枪合理的布置位置, 确定了十字滑块的最大行程及大折角焊缝转弯时距离传感器的值。
- (3) 该机器人结构紧凑、运动灵活、控制简单, 能够实现各种平面弯曲船形焊缝及平面角焊缝自动焊接, 减少了焊接机器人数目, 降低了焊接成本。

参考文献:

[1] 潘际銮. 现代弧焊控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000
[2] 熊震宇. 旋转电弧传感弧焊机器人焊缝纠偏智能控制系统 [D]. 南昌: 南昌大学, 2002

作者简介: 毛志伟, 男, 1969 年 2 月出生, 博士研究生。主要研究方向为移动机器人技术及焊接过程自动化, 发表论文 4 篇。

Email ndmao@163.com

Structure design of mobile welding robot based on rotating arc sensor for bending weld

MAO Zhi-wei, ZHANG Hua, ZHENG Guo-yun (Robot and welding automation laboratory Nanchang University, Nanchang 330029, China). p51 – 54

Abstract: A mobile welding robot based on rotating arc sensor for bending weld was introduced in this paper. Two middle wheels drove the robot, and two universal wheels were placed in front and the rear of the robot to balance the robot body. It not only enhances the quickness of the robot, but also decreases the difficulty of control. Two DC servomotors controlled the cross-slider. A rotating arc sensor was integrated into welding torch. The structure of sensor was compact and real-time. The connection block of the welding torch and cross-slider was the combination structure. A connection block with rotational joint was used when the angle of welding seam changed frequently or greatly. The robot's structure was compact and agile, which can realize automatic welding of the planar bending weld and the planar fillet weld seam.

Key words: rotating arc sensor; mobile welding robot; fillet weld seam

Experimental characteristic analyses of pulsed AC double-sided arc welding process on aluminum alloy

DONG Hong-gang¹, WU Lin² and GAO Hong-ming² (1. Laboratory of Special Processing of Raw Materials, Department of Materials Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 2. State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p55 – 58

Abstract: The experimental characteristics of pulsed alternating current plasma arc (PA)-gas tungsten arc (GTA) double-sided arc welding process on LY12CZ aluminum alloy were analyzed in detail. Experimental results showed that, compared with regular GTAW and PAW process, the pulse AC PA-GTA double-sided arc welding process can remarkably increase the weld penetration, diminish heat distortion and improve the weld efficiency. Plentiful experiments with multi-nozzle and single nozzle showed that double arc on the plasma arc torch can be prevented effectively with multi-nozzle, and deeper penetration can be reached with single nozzle. Arc cleaning action effect falls after the keyhole was established during keyhole pulsed AC PA-GTA double-sided arc welding process on aluminum alloy, which influences, the shape and quality of the weld.

Key words: aluminum alloy; plasma arc (PA); double-sided arc welding; keyhole

Porosity formation mechanism in laser welding 1420 Al-Li alloy

WANG Wei¹, XU Guang-ying¹, DUAN Ai-qin², WANG Xu-you¹, BA Rui-zhang² (1. Harbin Welding Institute, Harbin 150080, China; 2. Beijing Aeronautical Manufacturing Technology Research Institute, Beijing 100024, China). p59 – 62

Abstract: Compared with the traditional 2000 and 7000 series aluminum alloys, 1420 Al-Li alloy decreases density by 12% and increases Young's modulus (E) by 8%, and has excellent corrosion resistance and high temperature properties. Laser welding, as a fast and efficient welding method, has a serious porosity formation tendency in welding 1420 Al-Li alloy. The possible mechanism of porosity formation in laser welding 1420 Al-Li alloy were systematically analyzed. It indicated that the surface impurity is main hydrogen source and must be cleaned up thoroughly. Moreover, alloy elements such as Mg and Li, not only increase the hydrogen solution capacity in weld pool, but also increase the instability of keyhole tip. In order to minimize this instability and improve fluidflow in weld pool appropriate penetration mode should be employed.

Key words: Al-Li alloy; laser welding; porosity

Arc sensor tracking monitoring control system based on LabVIEW

BAI Shao-jun, BAI Li-jun, LI Xi-gong, YIN Shu-yan (College of Mechanical Engineering & Applied Electronic Technology Beijing University of Technology, Beijing 100022, China). p63 – 66

Abstract: The welding parameter monitoring and tracking control system of arc sensor was developed with LabVIEW. Arc sensor tracking monitoring system based on the virtual instrument was discussed. This instrument possessed the ability to analyze on-line and display of electrical parameter wave of the arc sensor. It could control the rotating torch scanning velocity and welding speed as well as implement logical control. Design method and the control flowchart of the arc sensor tracking and monitoring software were realized using LabVIEW.

Key words: arc sensor; parameters monitoring; virtual instrument

Influences of FSW parameters on mechanical properties of LF6/LD10 aluminum alloy

YU Yong-zheng (China FSW Center, Beijing 100024, China). p67 – 70

Abstract: Mechanical properties of welded joint of LF6/LD10 aluminum alloy by FSW were studied. The results showed that welding process parameters have an essential effect on mechanical properties of LF6/LD10 aluminum alloy joint. With low rotation speed, raising welding speed can improve tensile strength of the joint; when rotation speed got higher, changing welding speed was for nothing. When welding speed