

机器人智能 TIG 磁摆管板自动焊接系统及应用

宋友民¹ 程艳花¹ 杨成刚^{1,2} 任泽良^{1,2} 方正明¹ 刘云望¹

(1.江苏省昆山华恒焊接股份有限公司, 昆山 215300;

2.南昌航空大学航空制造工程学院, 南昌 330063)

摘要: 本文主要介绍了管板自动焊接系统的高效、高精度的视觉原理, 电弧跟踪技术, 接触传感技术, 在线监测、故障自动诊断技术, 磁摆技术等, 并把这些技术成功运用到管板焊接设备上去, 从而形成了智能 TIG 磁摆管板焊接系统, 在管板焊接领域实现智能制造、完成了从手工焊到智能焊的转变, 降低了工人的劳动强度, 调高了生产效率和质量。

关键词: 管板全位置; 视觉; 电弧跟踪技术; 接触传感技术; 在线监测、故障自动诊断技术; 磁摆技术。

0 前言

管壳式换热器是一种广泛使用的工业设备, 在炼油、化工行业中是主要的工业设备之一, 其完好与否对化工生产的影响很大, 一旦泄漏, 对化工产品的质量、工厂安全、环境和设备等将造成很大的损失。换热器中管板与换热管之间的接头焊缝质量是整台设备制造质量的关键, 以往都采用传统的手工电弧焊或手工氩弧焊工艺焊接, 由于劳动条件差, 对焊工技术水平要求高, 焊缝外观质量不美观, 焊接速度慢, 效率低, 焊接量大, 工人劳动强度大, 合格率低, 设备的制造质量和工期都无法得到保证。管板自动焊接系统可以解决上述问题, 通过软件和硬件技术模仿人体功能, 实现了智能化焊接, 本文将对该焊接系统的技术条件、设备配置、系统图、系统工作流程简述和整套系统工作原理进行简单介绍^[1-5]。

1 技术条件

本系统适用于换热器管子-管板的平头焊或角焊, 主要目的是解决管板的无人化操作、高效 TIG 焊、一人多机控制, 提高生产效率, 降低劳动强度。本套系统由 KUKA 机器人、视觉系统、磁摆装置、程控焊接电源、专用焊接机头、数据采集系统等组成, 全套系统采用 KUKA 和华恒公司成熟的 TIG 焊接设备和工艺, 保证高效、稳定、可靠的焊接质量, 适合工件技术条件如下。

- ❖ 管子直径: $\Phi 6-\Phi 90$,
- ❖ 壁厚: 0.5~5mm;

- ❖ 材质: 碳钢、不锈钢、钛合金;
- ❖ 接头型式: 角接, 平头;
- ❖ 伸出长度: 管外伸型式换热管为 3~6mm; 管平齐型式换热管为 0~1mm;
- ❖ 配合间隙: 管板孔和换热管之间的配合间隙 0~0.6mm;
- ❖ 焊接工艺: TIG 自熔或加丝;
- ❖ 焊接位置: 全位置 (钨极旋转, 工件固定);
- ❖ 坡口: 平焊缝还是角焊缝, 管板孔均有坡口;
- ❖ 焊丝直径: $\phi 0.8\text{mm}$ 或 $\phi 1.0\text{mm}$;
- ❖ 钨极直径: $\phi 2.4\text{mm}$ 或 $\phi 3.2\text{mm}$;
- ❖ 焊缝焊接层数: 1~3 层;
- ❖ 管孔分布及坡口示意图, 如图 1 所示。

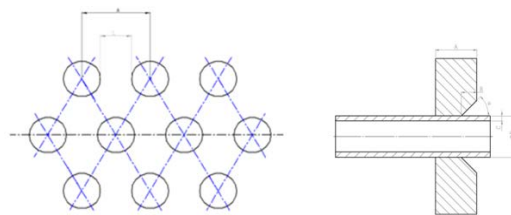


图 1 管孔分布及坡口示意图

2 设备配置

本设备包括: KUKA KR30 机器人、机器人控制系统 KRC4、示教盒 KCP、中央控制软件、视觉定位系统、机器人管线包、iOrbital5000 程控焊接电源、数据采集软件、T80 管子管板焊头、196 系列气表、采样地线总成和进气管。

3 系统图

图 2 为管板自动焊接系统图。

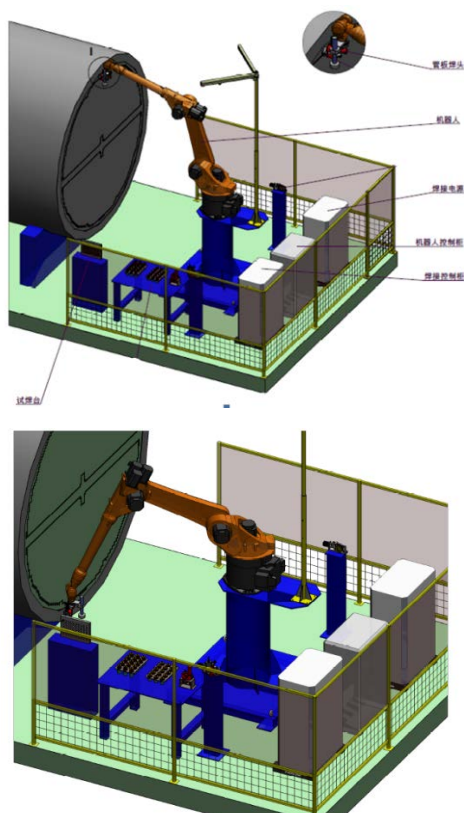
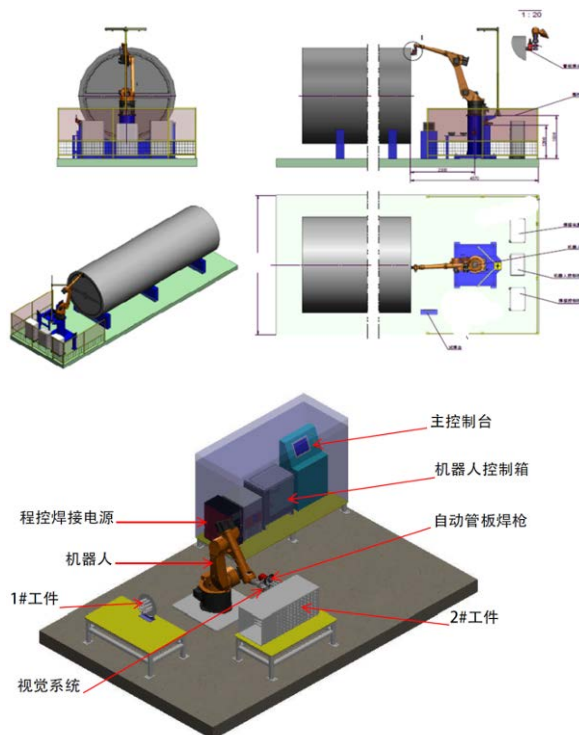


图 2 管板自动焊接系统图

4 系统工作流程简述

图 3 为管板自动焊接系统工作流程简述图。

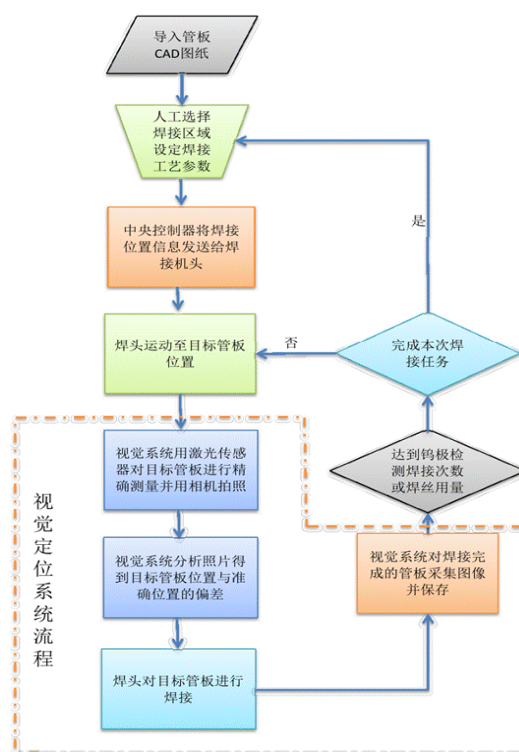


图 3 管板自动焊接系统工作流程简述图

5 整套系统工作原理

- ❖ 机器人首先通过激光测定枪头距离管板的距离；
- ❖ 机器人通过照相测得 100*100mm 范围内的每个管径内径及外径，如此多次照相可测得所有管子的具体位置，并进行后台运算；
- ❖ 机器人持管板焊枪准确、快速到达每个管子所需位置
- ❖ 焊接程序启动，进行自动管板焊接，在焊接过程中，自动跟踪开启，确保全位置的顺利焊接；
- ❖ 机器人自动计算焊口数量，每焊接 80 个左右的焊口时，报警人工更换钨极；
- ❖ 机器人自动计算焊丝用量，每到 1 盘焊丝用完，报警人工更换焊丝；
- ❖ 整个焊接过程，无需人工干预（除换焊丝和钨极外）
- ❖ 1 个人可管理 4-5 台机器人的焊接；

6 高效、高精度的视觉系统

- 1、视觉定位是智能制造装备中重要的关键

技术，在全位置焊接中引入了激光器与视觉系统，保证视觉传感器采集图像时传感器与工件表面的相对位置来精准的定位焊接位置；

2、视觉系统引导焊枪到达指定位置实施焊接工作，精确识别焊缝位置，定位速度快，1秒内完成定位，误差达到0.1mm以内。

3 针对加工较差焊缝宽窄不一的管板工件，率先使用二次视觉定位跟踪技术，即利用视觉识别一圈焊缝的宽窄，将超出允许范围部分的位置信息记录并发送给控制器，在焊接过程中由控制器控制焊接系统进行跟踪和补偿，提高焊缝质量和美观的效果。

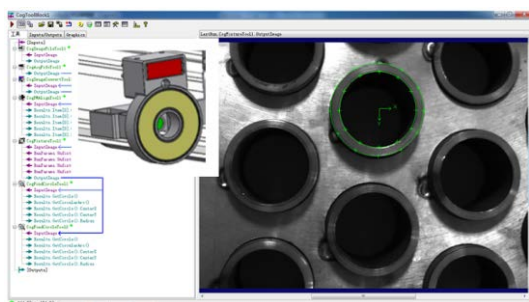


图4 高效、高精度的视觉系统图

7 精确的实时焊缝跟踪技术

利用高精度激光器对焊缝进行扫描并将扫描到的各个点的信息传送给中央控制器，扫描点之间的间隔可设置，并且可按度数或者时间进行扫描，一般情况下最少为0.1，即每隔0.1秒或者0.1°进行扫描取点（针对特殊要求或者直径较大的工件可进一步细分），中央控制器通过软件算法对扫描到的信息进行计算处理并且控制运动机构在焊接过程中进行实时跟踪和补偿。

8 在线监测、故障自动诊断技术

通过在线监测系统，实时采集监测焊接速度、焊接电流、焊接电压、送丝速度等参数，并将数据保存作为参照。同时在焊接过程中监测到异常情况时系统报警提示相应的故障信息。

9 在线监测、故障自动诊断技术

特别是TIG焊接时，钨极与工件的距离是非常重要的，怎样确保每次焊接都在相同的高度靠人眼是无法实现，必须依靠接触传感技术来实现，在工件和枪头钨极之间建立一个电压，通过硬件电路的设计，判断工件与钨极是否接触。

10 磁摆技术

常规自动管板焊接在焊接角焊缝时无摆动功能，这样易造成管板或管口熔合不好，特别对于开有坡口的管板，一道无摆动焊接很难覆盖整个坡口，即使采用机械结构摆动，对于管板小摆幅，快频率也是不适用的，采用了磁控技术，就非常方便的实现了管板的摆动焊接。

基本原理

- ❖ 采用可控的交变磁场原理控制自动焊电弧的方向和摆动频率；
- ❖ 在不影响焊枪整体尺寸及可达性的条件下，在焊具头上设计安装一个微型弧摆装置，实现了对焊枪电弧的摆动控制；
- ❖ 根据全位置焊接特点，通过调节交流电流的大小，可以改变磁场的强弱，实现摆幅的宽窄；
- ❖ 根据全位置焊接特点，通过改变交流电流的频率，可以改变磁场的变化频率，从而改变电弧的方向；
- ❖ 通过调节交流电流的大小，形成磁场的强弱，来抵消材料本身对电弧的影响。
- ❖ 弧摆装置很好的实现与电流脉冲同步，边缘锁定同步

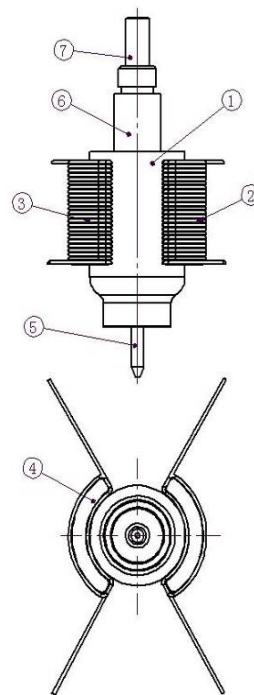


图5 磁摆装置图

11 应用图片



12 结论

基于视觉、激光、电弧、接触传感的高效（1秒内）、高精度（误差 $\leq 0.1\text{mm}$ ）的定位、二次视觉定位、精确实时（扫描取点 $< 0.1\text{秒}/0.1^\circ$ ）的焊缝跟踪，在线监测、故障自动诊断，磁摆技术，实现了智能工件快速精确定位、焊接工艺智能优化；焊接过程自适应控制和一键式操作，从而形成了智能 TIG 磁摆管板焊接系统，在管板焊接领域实现智能制造、完成了从手工焊到智能焊的转变，降低了工人的劳动强度，调高了生产效率和质量。

参考文献

- [1] 唐照国, 王贤军, 陈坚,等. 换热器管板与换热管的焊接[J]. 金属加工(热加工), 2015(2):46-48.
- [2] 马鸣, 王帅, 张亚奇,等. 不锈钢换热管与管板自动 TIG 焊接工艺[J]. 压力容器, 2014(2):69-73.
- [3] 毛国东, 徐庆寨, MaoGuodong,等. 管壳式换热器碳钢管板、换热管(16Mn 锻件/20)焊接常见的质量问题与对策[J]. 化工设备与管道, 2005, 42(5):44-47.
- [4] 朱日良. 换热器管板与换热管焊接常见质量问题的防止[J]. 化工装备技术, 2004, 25(2):62-63.
- [5] 黄旭升,段滋华.全位置自动管板焊系统在换热器制造中的应用[J]. 科学情报开发与经济,2006(2):277-279.

作者简介: 宋友民, 男, 1974 年出生, 本科, 主要从事自动化焊接设备及工艺的研究工作; Email: songyoumin@126.com

通讯作者: 杨成刚, 男, 1976 年出生, 副教授; 主要从事金属材料焊接材料研发及焊接性研究工作, 发表论文 60 余篇, Email: chgyang1977@163.com

仅供交流



江苏船舶微信公众号



江苏船舶网上投稿系统