

机器人焊接工作站 在纺丝箱箱体焊接中的应用

辛军伟

【摘要】通过对纺丝箱箱体焊接工艺性的分析，设计并建立了适用于纺丝箱箱体焊接的机器人焊接工作站，实现了箱体结构的自动化焊接。通过对箱体的组对精度、焊接参数的控制，取得了良好的焊接效果。

关键词：机器人焊接工作站；纺丝箱；箱体焊接

1. 概述

纺丝箱是化纤成套设备的关键部件，属于D2类压力容器，在熔融纺丝过程中，纺丝箱的作用是通过联苯蒸汽对由螺杆挤压机输送过来的熔体物料进行保温，并通过计量泵将熔体物料均匀分配到熔体管路中直至熔体物料通过纺丝组件进行纺丝。由于纺丝箱箱体结构复杂，制造过程不仅需要大量焊接，而且对焊缝质量要求高，所以纺丝箱箱体的焊接成为纺丝箱制造质量优劣的关键因素。

目前，纺丝箱箱体焊接多采用焊条电弧焊或CO₂气体保护焊，这两种焊接方法均存在劳动强度大、焊接质量稳定性差、焊接效率低等问题。本文通过对纺丝箱箱体的焊接工艺性进行分析，对纺丝箱箱体的机器人焊接工作站及配套设备进行设计，并通过提高零件加工精度和箱体组对精度保证箱体一致性，实现纺

丝箱箱体的机器人自动焊接。

2. 纺丝箱的结构及焊接分析

以熔融纺丝用SBE型纺丝箱为例，其结构如图1所示。其结构分为两部分：一部分为纺丝箱箱体，是由Q245R钢板焊接成的矩形截面箱体，板料厚度为10mm、12mm、16mm不等，配有联苯进出口管路、熔体进出口、冷冻阀管等；另一部分是纺丝系统，由熔体管路、熔体支管、计量泵座及纺丝座构成，位于纺丝箱箱体内部。纺丝系统加

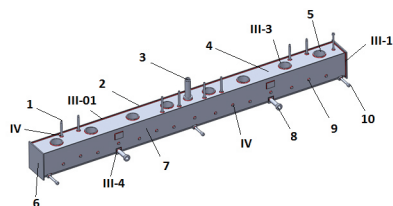


图1 SBE型纺丝箱（4纺位）结构

- 1.冷冻阀管 2.前箱体 3.熔体进口管路
- 4.上箱体 5.计量泵座 6.端板 7.后箱体
- 8.联苯进口 9.支撑杆 10.联苯出口

工完成后，将其安装在纺丝箱箱体内部，并根据强度设计，焊接支撑杆。纺丝座（见图2）、计量泵座都需要与纺丝箱箱体进行焊接。箱体外部焊缝Ⅲ-01、Ⅲ-1、Ⅲ-2为Q245R钢板的T形接头对接焊缝，采用CO₂气体保护焊，焊接3层。焊缝Ⅲ-3、Ⅲ-4、Ⅳ为20号钢与Q245R钢板的T形接头对接焊缝，采用CO₂气体保护焊，除Ⅳ焊缝焊接两层外，其余焊接3层。

箱体外部焊缝具有以下机器人自动化焊接的有利条件：①批量生产，且形式固定，无需频繁更换工艺。箱体的尺寸变化时，外表面焊缝的类型基本不发生变化。②焊缝位置均与箱体表面平

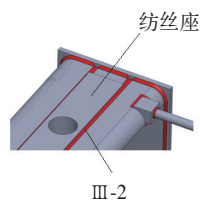


图2 纺丝箱箱体底面焊缝示意

行,即旋转至表面上时,所有焊接位置均实现平角焊。焊缝形式为长直焊缝和环形焊缝,装配精度较高。③焊接量大,翻箱次数多,适合一次装卡后完成焊接。因此,应用机器人自动化焊接设备及配套设施,将实现在同一表面的所有焊缝的顺序焊接。根据工艺要求,在箱体组对完成后,即可进行施焊。其他工艺过程不变。

3. 纺丝箱体机器人焊接工作站的设计

根据纺丝箱型号和特点,兼顾机器人焊接工作站的通用性,根据纺丝箱的最大长度 $\leq 6500\text{mm}$,回转最大半径 $\leq 750\text{mm}$,来设计机器人的工作半径和动作范围、翻转变位机高度以及导轨尺寸。

依照纺丝箱箱体焊接工艺及系统设计制造原则要求,系统布置双焊接工位(见图3),每个工位均可完成装夹、焊接、卸夹的交替互换工作,以此保证系统应用的高效率。每个焊接工位均配置一套首尾座式翻转变位机构,采用机器人外部轴电动机协

调同步控制,以保证焊接空间复杂焊缝的焊接,提高焊接质量。每个焊接工位配置液压夹紧定位装置及液压举升托架,控制箱体装夹的一致性并控制焊接变形。机器人布置于地面直线行走机构上,采用机器人外部轴电动机协调同步运动控制,以此完成箱体长直焊缝的连续焊接,同时也可方便快捷的完成工位切换。

系统具体组成如下:

(1) 机器人系统 包括机器人本体、AX21机器人控制器、示教盒三部分及连接电缆。机器人本体为OTC公司A II-V6型垂直关节普通6轴工业机器人,第六轴(安装焊枪和水冷系统)最大负载为6kg,位置重复精度 $\pm 0.08\text{mm}$ 。

(2) 变位及工装系统 主要由底座床身、箱形首尾座、液压举升托架、动力翻转装置、从动翻转支承装置、集流回转接地装置及液压定位夹紧装置等部分组成。

翻转变位机首尾座通过直线导轨安装在底部床身上,首座采用机器人伺服协同翻转,作为外

部轴的第7轴接入控制系统,与机器人配合,实现两端板及联接块圆弧段协同焊接,首座采用气动轴向卡紧方式,用于补偿焊接过程中的箱体轴向伸长。尾座从动回转,采用电动丝杠调节轴向位置并卡紧。

两部液压举升托架支承箱体中部,实现箱体约束状态下焊接,以控制箱体焊接变形。焊接空间曲线的复杂焊缝位置时,两液压举升托架降下,实现箱体自由回转焊接。液压举升托架采用导杆导向、液压升降方式,直线位移传感器控制升降位置,实现箱体上料、装夹、箱体约束焊接、卸夹的需要。

(3) 直线导轨系统 设备主要由底座床身、滑台、拖链、保护罩、焊接电源托架及机器人底座等部分组成。

直线行走的驱动装置为机器人外部轴电动机完成,作为外部轴的第8轴接入控制系统,与机器人及变位机协调运动,确保定位、同步运动精确可靠。滑台采用精密减速器和高精度的齿轮齿条装置传动,传动齿轮弹性的压紧在齿条上实现无间隙啮合,实现精密传动。滑台导向采用直线导轨。导轨及齿条定位面机械加工而成。床身前后两端安装有行程限位和机械限位缓冲装置。

除机器人本体外,焊接电源、水箱、焊丝桶、清枪剪丝装置等设备均安装在滑台上。

(4) 焊接系统 采用OTC公司DP-500全数字逆变 CO_2/MAG 焊接电源,在焊机内部装有数字信号处理器DSP和芯片,实现焊接参数、控制程序、送丝速度的

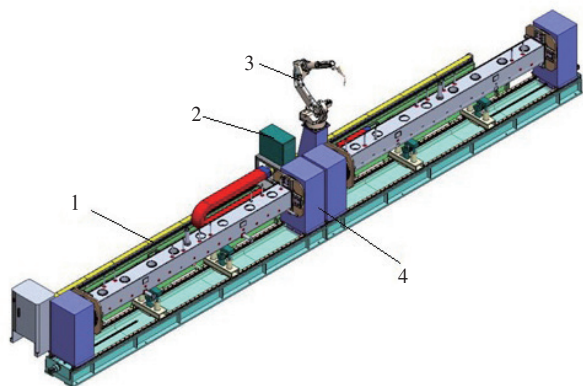


图3 纺丝箱体机器人焊接工作站

1. 直线行走系统 2. 焊接系统 3. 机器人系统 4. 变位及工装系统



全数字化控制，并带有焊接参数的专家系统。焊机的体积小，并采用一体化设计，焊接参数精确稳定。

焊机具有先进的控制方式，使熔滴过渡更加准确。MAG焊接时飞溅小，焊缝成形美观，焊接质量好。通过焊接电流电压的数字化反馈，可以对弧长进行精确的控制，即使焊丝伸出长度发生变化，也可以保证弧长不变。焊机还具有收弧回烧功能，减小焊丝端头小球，保证100%引弧成功率。

焊接电源内部存储了30余套经过优化的标准焊接参数，操作人员可以根据焊丝直径、材料、保护气体、焊接位置来调用焊接参数，使焊接参数的选择更方便可靠。机器人控制系统通过焊机内置的CAN-BUS接口与其相连，在示教盒上可完成各种焊接参数的输入，实时显示焊接参数，并且在焊接过程可实现不停弧变化参数。

系统配有自动清枪剪丝、硅油润滑装置。通过内置清洗程序，用铣刀定期去除喷嘴内壁的附着物，压缩空气吹净，通过喷硅油装置和剪丝装置，保证喷嘴内壁清洁及一致的干伸长。

(5) 在线控制系统 自动焊接系统配置有接触传感(AII-WD)功能包和电弧传感在线跟踪(AII-AR)功能包。接触传感用于检测焊缝位置在焊丝上施加空载电压，当焊丝与箱体接触时，检测焊丝尖端位置(TCP工具尖端点)变化，根据位置变化值修改焊接轨迹，确保焊接位置的一致性。电弧传感在线跟踪功

能包用于焊接过程中的在线跟踪，焊枪在坡口内摆动焊接，焊丝尖端点(TCP)与箱体间的距离发生变化，焊接电流同时发生变化，电弧传感通过检测焊接电流的变化，修正焊枪与箱体的位置轨迹关系，实现在线跟踪功能。

4. 焊接工艺

(1) 纺丝箱箱体的人工组对控制 纺丝箱箱体的组对一致性，是实现一次编程，同种型号箱体自动焊接成形的必要保证。因此，在能够保证焊接的前提下，确定组对偏差要求为 $\leq 2\text{ mm}$ 。控制纺丝箱箱体的一致性，从以下三个方面进行：①提高零件尺寸精度、坡口加工精度，减小零件本身的误差。②装配要保证焊缝间隙的公差，避免错边，避免间隙过小或过大。③定位焊要均匀，减小应力和变形。

(2) 焊接条件准备 焊接工艺根据NB/T 47014—2011《承压设备焊接工艺评定》进行评定合格，制定的主要焊接参数如附表所示。

(3) 焊接位置及焊枪姿态设计 手工焊接时焊接位置和焊枪姿态由操作者来具体实施，

因此不同的焊工技术水平差异较大。使用焊接机器人进行操作，焊接位置的调整一方面要保证焊缝的可达性，另一方面要保证焊接接头成形。应保证焊枪处于最佳焊接位置和最佳焊接姿态。根据焊接工艺要求，变位机翻转变位后与机器人配合，实现船形焊位置，采用焊枪 45° 左焊法。

(4) 纺丝箱的定位及装夹 纺丝箱的定位是实现机器人焊接的必要条件，定位基准要统一，且纺丝箱的装夹要相对容易。因此，选择端板(见图1中零件6)作为定位和装夹的基准。翻转变位机的夹紧机构为液压同步卡盘，卡盘上有定位刻度，方便实现精确定位。

(5) 示教编程 对于不同形状的焊缝，示教编程有不同的要点。首先要调整好焊枪的姿态，以保证焊接成形质量。对于长直焊缝，要多设定点，保证焊缝位置的准确性，两点间直线焊缝不超过200mm；焊枪行走尽量使用直线导轨(外部轴的第7轴)，可以最大限度的保证尺寸精度。对于环形焊缝，要注意接头的覆盖性，定点数量设置要合理；相同的环焊缝，如支撑杆的焊接，可以编制程序模块，定点复制编

焊接参数

焊接层次	焊接方法	焊材型号/mm	电流种类和极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min ⁻¹	气体及流量/L·min ⁻¹	层间温度/℃
打底	CO ₂ 气保焊	SQJ501 φ1.2	直流反接	200~220	24~26	180~190	CO ₂ 22	—
填充	CO ₂ 气保焊	SQJ501 φ1.2	直流反接	240~260	26~28	190~210	CO ₂ 22	50~80
盖面	CO ₂ 气保焊	SQJ501 φ1.2	直流反接	240~260	26~30	200~230	CO ₂ 22	50~80



图4 焊接机器人工作站焊接纺丝箱箱体

程模块,以减少示教编程时间。

焊枪在焊接一段时间后，要接入内置清洗程序，进行清枪剪丝。焊接参数设置调用内置焊接参数专家系统，然后根据焊接的实际需要进行设置。

(6) 焊接变形控制 箱体焊接采用分段对称焊接, 采用液压支撑装置以减小变形量。焊接顺

序采用先焊接圆孔及管座,然后焊接直焊缝的方式来控制变形。采用小电流的焊接参数,以控制热输入量,减少变形量。

5. 结语

箱体 通过设计符合纺丝箱箱体焊接要求的焊接机器人工作站，实现了纺丝箱箱体的机器人自动化焊接（见图4），提高了焊接质量的稳定性和生产效率，累计完成400余台纺丝箱的箱体焊接。然而，自动化焊接对于纺丝箱组对精度和零件精度要求较高，对我们的零件加工提出了更高的要求。机器人焊接工作在纺丝箱

制造中的应用，将大大提高产品质量，对于提高化纤设备制造企业竞争力有重要意义。

参考文献:

- [1]余若伟. 熔融纺用纺丝箱的强度设计及计算方法的探讨[J]. 纺织机械, 2011 (3): 14-17.
- [2]王亮忠, 樊哲亮. 焊接机器人工作站在液压支架结构件焊接中的应用研究[J]. 煤矿机械, 2013, 34(7): 119-121.

作者简介：辛军伟，北京中
丽制机工程技术有限公司。

MW 20160923

(上接第16页)



图8 履带梁机器人焊接

5. 应用展望

近年来随着国家投资的快速拉动，各企业工厂加大了高水平工艺设备的投入力度，焊接机器人就是其中一类。但目前随着经济进入新常态，常规产品的需求

急剧减少，产能过剩突出显现，企业在加大符合市场需求产品的研发力度的同时，工艺技术人员应通过工艺创新充分盘活前期投入的智能化设备，提升现场工艺设备的利用率。

新产品SMB16关键结构件实施机器人焊接就是一种成功尝试，随着产品的升级换代和新产品的批量生产，原来越多的关键结构件相继调整为机器人自动化焊接，提高产品质量的同时也提升了焊接效率。另外，配合专业分析测算出人员和设备的负荷率，合理匹配相关资源，为下一步逐渐实现焊接信息化管理和生产模式柔性的精益化管理打下坚实的基础。

作者简介：李秀芳，山东彩桥驾驶室有限公司。

MW 20160923