焊接机器人在随车起重机转台制造中的应用

于伯　杨兰兰　周鹏翔

【摘要】介绍了焊接机器人在随车起重机转台制造中的应用，分析了机器人焊接转台的焊接工艺流程及焊接工位的优化布置两个方面，并在此基础上阐述了机器人焊接在提高转台焊接生产效率、保证焊接质量、优化生产工艺流程等方面存在的优势。

1. 概述

焊接机器人在小批量、多品种工程机械生产中的应用是制造技术发展的趋势。随车起重机及各种专用车辆的臂架、转台结构作为普遍存在的设计形式，能够将结构件生产过程中引入机器人焊接不仅有利于优化生产流程，缩短生产周期，而且降低了人为不确定因素对产品质量的影响。

焊接机器人与自动化配套设备是自动化焊接的主要组成部分，两者之间合理的协同工作会很大程度上提高机器人的焊接效率。本文结合随车起重机转台设计的结构形式，从焊接机器人的工艺适用性及焊接参数的合理安排等几方面，对焊接机器人生产过程中的常出现的问题进行了分析研究，最终形成了可靠的生产工艺流程，实现了转台结构件焊接的自动化生产。

2. 焊接机器人的工艺适应性分析

（1）配套系统的合理化　针对随车起重机焊接结构件制造的工艺性、产品质量和大批量生产的要求，机器人焊接需要有适用于随车起重机产品小批量、多品种生产的特性，这就对设备的使用柔性化提出了更高要求。为了适应箱体类零件的焊接，对焊接机器人配套变位机进行统筹安排，采用一套机器人系统和两台L型翻转变位机的组合焊接工位如图1所示。采用图1焊接工位时，当一个变位机处在焊接工作状态时，另一个变位机处于装夹状态，这就使得整个系统处在有效运转过程中，不存在焊接机器人停工待件的情况，提高了机器人的焊接效率。

（2）焊接工艺性的确定　根据结构件生产工艺性分析，为减小焊接变形对结构件整体尺寸偏差的影响，确定了采用机器人完成对接焊缝和角焊缝两种主要形式的焊接，优先焊接关键焊缝、长直焊缝的工艺方案。焊接过程中，通过L型变位机的调整使焊缝处于水平位置或船型位置再进行焊接，如图2所示。此外，机器人焊接要求结构件的定位焊精度较高，同一型号的结构件的重复定位精度要求≤0.5mm，否则容易出现焊缝焊偏或焊缝直线度超差等现象；而且不同型号结构件内部空间均不相同，箱体类结构件内部空间狭小，焊接机器人

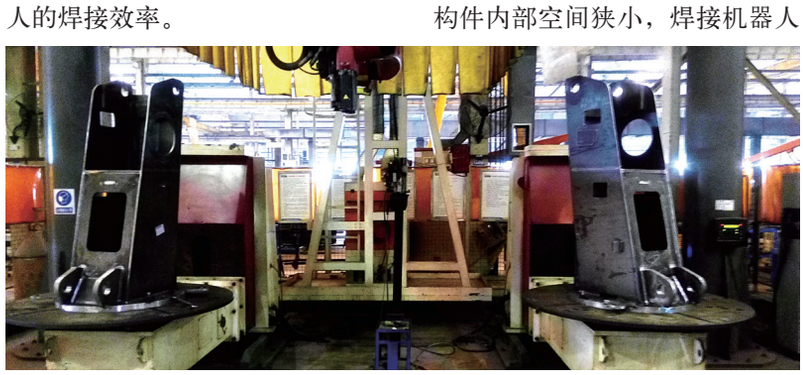

图1　机器人焊接工位布置

扫描二维码
了解焊接视频

图2 机器人焊接过程

手臂容易碰工件，使得焊接内部焊缝的焊接可达性较低。

针对以上问题采取了以下解决措施：①焊接机器人采用离线编程技术，为每种尺寸规格的结构件各编制一套使用程序，以提高机器人满足不同产品的适用性。②在机器人焊接工序的上一道工序铆焊工序，增加组合工装，提高铆焊后的结构件尺寸精度一致性。

通过以上从配套系统的优化、焊接工艺性的确定两方面的调整，完成了焊接机器人在生产现场的布置及形成了具体的工艺生产，确定了随车起重机结构件采用机器人焊接的可行性和适用性。

3. 焊接机器人在转台制造中的应用

通过对转台组成结构的分析确定了结构件上的关键焊缝，制定了合理的焊接顺序，并在此基础上确定了符合焊接工艺评定要求的焊接参数，明确了符合焊接机器人焊接的工件尺寸要求，形成了成套的随车起重机转台机器人焊接工艺流程。

（1）转台结构构成　转台是随车起重机的关键受力部件，通过销轴、变幅油缸与吊臂、基座体连接，实现吊臂的回转变幅。转台结构主要由左立板、横板、竖板、支耳板、底板和右立板组成（见图3）。

（2）转台结构焊接工艺性确定　根据焊接工艺流程，转台的关键焊缝采用机器人焊接如图3所示。

机器人和变位装置的联合应

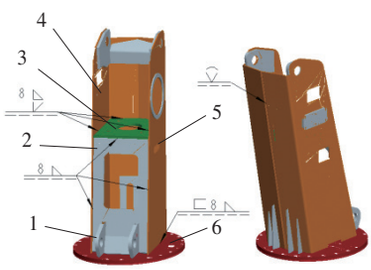

图3 转台结构及关键焊缝

1.支耳板 2.竖板 3.横板 4.左立板
5.右立板 6.底板

用使整个系统有更多的自由度和更好的可达性，为了提高焊接生产效率，每一焊接工步完成后采用变位机进行变位进入下一工步的焊接，在焊接过程中尽量减少不必要的变位。不同焊接顺序会对结构件焊接变形产生不同的影响。焊接顺序的选择原则是在保证质量和生产效率的基础上尽量减少转台结构的变形、降低焊接收缩应力数值及其分布的不均匀性。通过生产的试验不断优化工艺流程，最终确定的焊接顺序如图4所示

（3）焊接参数确定及焊缝成形对比　在产品焊接前应对不同尺寸的焊缝应进行焊接工艺评定试验，通过不断的对焊接电流、电弧电压和焊接速度进行优化，使焊接参数得到最优匹配，达到焊缝的设计强度和外观质量要求。转台结构焊接前应对坡口及其两侧50mm范围内的氧化皮、水锈、油污及灰尘清除后方可焊接，对于打底焊的焊缝应进行检查合格后进行盖面焊接。具体的焊接参数如附表所示。

机器人利用设定的焊接参数按照编程预定的轨迹进行运动，在整个焊接过程中运行非常稳定，受人为因素和外界因素影响小，因此焊缝质量稳定、一致性强。而人工焊接时，不仅焊接参数变化较大，而且很容易受外界

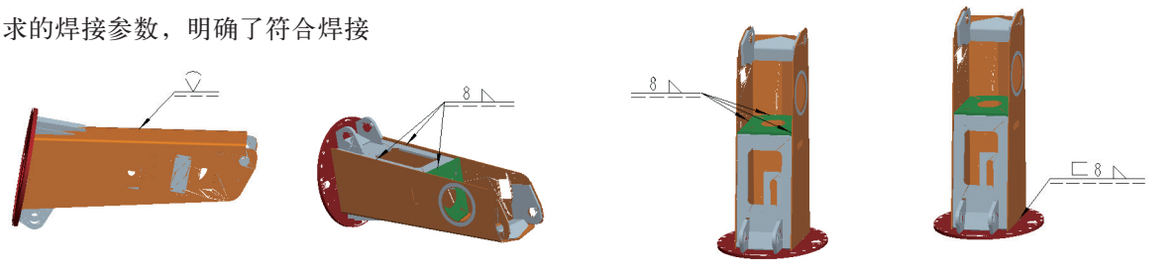

图4 转台空间位置及焊接顺序

（下转第21页）

际组对情况增加必要的定位和夹紧机构，通常运用柔性工装通用夹具和定位机构就可完成，如图9所示。

（4）在油箱体和管道类结构件组对中的应用　油箱和管道类结构件相对产品结构比较简单，形状较规则，在尺寸精度要求上不是很高。在产品组对过程中根据现场组对情况可进行夹具和定位机构的任意组合，实现起来比较容易，而且现场操作者也非常容易操作，定位点和夹紧点的选取可以根据产品结构进行调整，如图10、图11所示。由于对夹具和定位机构的强度要求也不高，所以这类零部件越来越多的采用柔性工装完成组对，不再设计专用工装，可以大大节省了工装投入成本，缩短了制造周期。

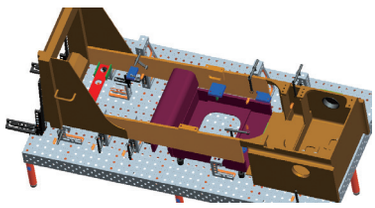

图9　规则框架式结构件组对

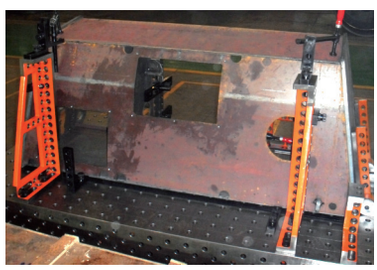

图10　油箱的组对

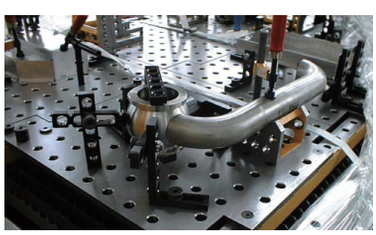

图11　管道类零件的组对

5. 维柔性组合工装的一些改善建议

三维柔性组合工装在实践运用中充分体现出了其组对精度高、多用性、成本低、操作简便等的特点，因此被广泛地运用于焊接结构件组对，尤其在薄板结构件和轻便的结构件组对上。但对外形尺寸大、质量较重的结构件就显得强度不足。其主要原因是目前的三维柔性组合工装平台、定位和夹紧机构的强度不足。如果三维柔性组合工装的强度能够得到提高以及标准模块的品种能够进一步完善，那么其在焊接结构件的使用将会更为广泛。

作者简介：吴月等，山推工程机械股份有限公司。

MW 20160528

（上接第18页）

因素影响，如操作技能、工作情绪和疲劳程度等，使焊缝质量参差不齐。图5是手工半自动焊缝和机器人焊缝对比，手工焊缝外观成形较差，高低不一致，焊缝直线度不均匀；而机器人焊接焊缝外观成形美观，焊缝的直线度均匀一致，完全符合质量要求。

4. 焊接机器人的效率提升和经济效益

用机器人焊接替代人工焊接，实现了生产效率、产品质量的稳定性和劳动条件等多方面大幅度改善。因采用同一焊接机器人的工作站，两台变位机的双工位安排，使焊接机器人一直在工作，大大缩短停工待件时间；特别是对同一型号的焊接件大幅度提升了生产效率。经过现场工时

焊接参数

焊缝形式	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	摆长/摆幅/mm	摆型
角焊缝	200～220	22～24	0.30～0.38	3.5/2	三角形
对接焊缝	210～230	23.5～25.5	0.35～0.40	3.5/1.8	三角形

（a）人工焊接焊缝

（b）机器人焊接焊缝

图5　人工和机器人焊接焊缝外观对比

实际测算，对于8t转台分别采用人工焊接和机器人焊接，人工焊接时间每台工时为2.5h，采用机器人焊接为1.1h，效率提升为127%。自从焊接机器人使用以来，为公司取得了良好的经济效益。

5. 结语

焊接机器人在随车起重机结构件制造中的应用，在提升生产效率和焊缝质量方面有非常明显的优势。随着焊接机器人应用经验的不断积累，通过不断完善工艺流程和工艺装备，为结构件生产向优质、高效、低成本的方向不断迈进。

参考文献：

[1] 林尚扬，等. 焊接机器人及其应用[M]. 北京：机械工业出版社，2000.

作者简介：于伯等，徐工随车起重机有限公司。

MW 20160528