挖掘机动臂机器人焊接柔性生产线的设计

徐州徐工挖掘机械有限公司 张峰 魏守盼 李学思

动臂作为挖掘机工作过程中的主要承力部件，因长期承受着复杂的瞬间冲击载荷，故经常出现焊缝开裂现象。为提高动臂焊接质量和使用寿命，因此在动臂的生产制造过程中尽量采用先进可靠的制造工艺装备。动臂焊接柔性生产线是在焊接机器人单工作站基础上发展起来的一项高新技术，集自动化、信息化、高效化为一体的前沿制造工艺装备。在动臂整个焊接过程中，实现了自动装夹、自动焊接、自动卸件、自动转运的无人化操作；同时，对整个生产过程进行实时动态监控，不仅保证了焊接质量，还提高了生产效率。

动臂机器人焊接柔性生产线作为提升挖掘机结构件制造工艺水平及生产效率的一个重要工艺手段，本文针对挖掘机动臂焊接机器人柔性生产线的设计及应用进行了介绍。

一、动臂机器人焊接柔性生产线的总述

根据总体工艺规划布局设计要求，动臂机器人焊接柔性生产线采用单边布置，即工件转运小车位于焊接机器人工作站与待焊存放架和卸料架之间。本条柔性生产线全长120m，可实现13～47t动臂混线智能化生产，年产能可达5 000件。动臂机器人焊接柔性生产线流程如图1所示。

动臂机器人焊接柔性生产线是一条以多个焊接机器人工作站为主体，自动转运小车为载体，实现工件的自动上料、焊接、转运、下料以及生产数据的实时自动传输等功能的“无人化、自动化”的焊接生产线，它实现了

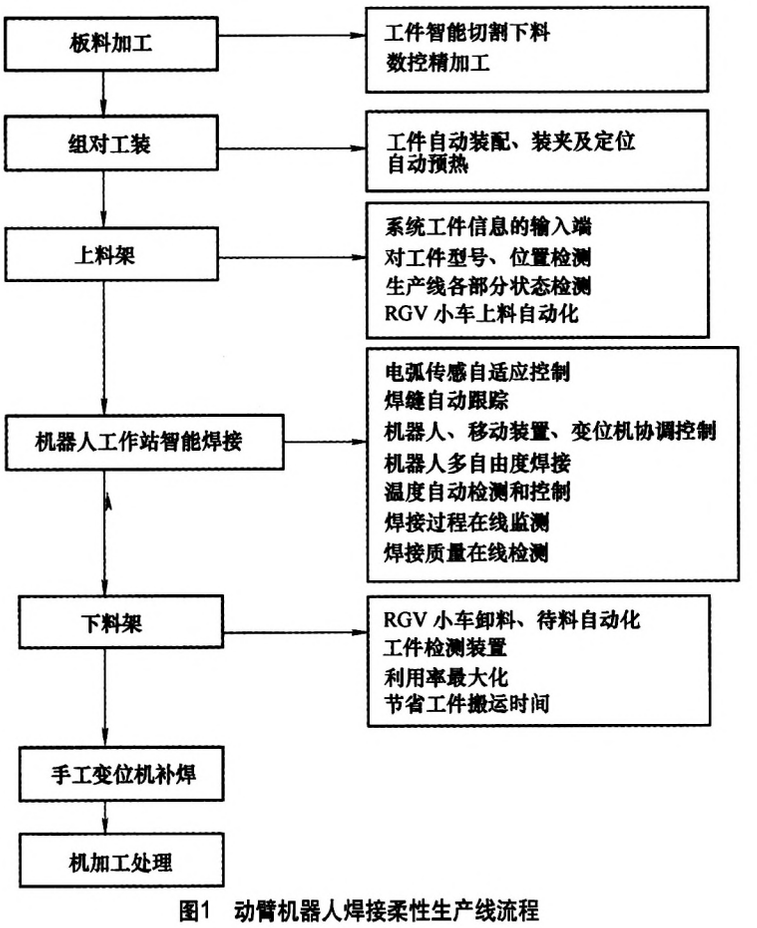


图1 动臂机器人焊接柔性生产线流程

工厂制造管理的数字化，并实现了生产制造过程中的智能化，它同时是无人化与高效化的完美结合，能够自动适应多种规格工件的柔性化焊接。动臂机器人焊接柔性生产线设计方案如图2所示。

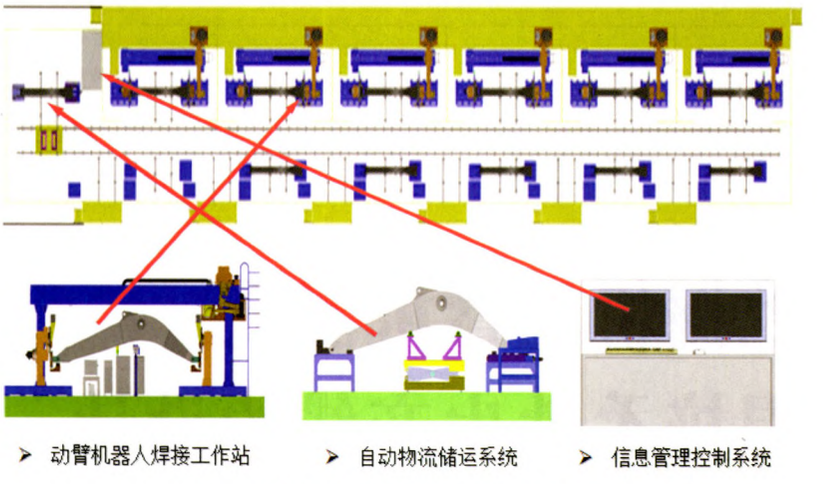


图2　动臂机器人焊接柔性生产线设计方案

二、动臂焊接机器人工作站

动臂焊接机器人工作站作为挖掘机动臂机器人柔性生产线的核心制造单元，主要由动臂焊接机器人本体、焊接电源、移动装置、变位机、液压夹具和工件承载台等组成，如图3所示。

焊接机器人工作站设有安全栏，所有人员均有安全警示及安全锁，人员一旦进入，工作站自动停止工作。另外，设备移动部均设有2至3级安全设置，最大限度地保障设备安全运行。



图3　动臂焊接机器人工作站

1.动臂焊接机器人　2.移动装置　3.变位机　4.液压夹具　5.工件承载台

三、智能化物流储运系统

智能化物流储运系统由智能化搬运RGV小车、上料架、待料架和下料架四个子系统组成，并与机器人焊接工作站有机结合，实现了工件物流的智能化（见图4）。

（1）智能化搬运RGV小车由小车控制系统、升降平台、子车、母车和滑线构成。母车背负着子车可在纵向导轨上往复运动，子车可单独进出焊接机器人工作站。母车和子车均安装有定位检测装置和安全距离检测装置。母车上还安装了液压站和相关控制箱等。子车上安装了升降平台，工件支撑架及相关检测装



图4　智能化物流储运系统

1.待料架　2.下料架　3.智能搬运RGV小车　4.上料架

置等。

（2）上料架　上料架是挖掘机动臂机器人焊接柔性生产线工件信息的输入端，操作人员将工件吊装至上料架上，上料架自动进行工件判别，并将信息传输至控制系统。

（3）待料架　待料架为整条机器人焊接柔性生产线的第一备料架，当焊接机器人工作站提出上件请求时，待料架上的工件可以迅速地被搬运至焊接机器人工作站，从而节省工件的搬运时间，使得焊接机器人工作站的利用率最大化。

（4）下料架　下料架用于存放焊接机器人工作站完成的成品焊接件，下料架上安装的工件检测装置用于检测工件的放置情况，为控制系统提供可靠的工件流转情报，并且呼叫操作人员将工件吊离。

四、信息管理控制系统

信息管理控制系统主要包括生产监控系统、生产管理系统和控制系统等。

1. 生产监控系统

生产监控系统具有以下特点：

第一，输出该系统内线或工作站某年、某月、某日生产数据，包括开工时间、完工时间、故障次数等生产该工件时，所发生的详细数据。

第二，对系统内各部分工作时间、故障次数及可能造成故障的原因、停止时间等均可详细显示并输出。有利于统计设备利用率、焊接工艺程序及系统控制程序优化、设备管理、日常维护及备品备件准备等工作的开展。

第三，有效地统计出生产某型号工件时，所需焊丝、保护气体等焊接辅料的消耗量，利于计算成本以及合理地安排采购。

2. 电弧监控系统

对系统内各焊接机器人工作站的焊接电流、焊接电压进行实时监控，当出现异常时，系统自动记录，并报警。

3. 控制系统

控制系统采用PLC组建MELSECNET/H网络，将各焊接机器人工作站和智能化物流储运系统进行连接。系统控制箱控制物流储运系统的小车、上料架、待料架及下料架，焊接机器人工作站控制箱控制变位机、夹具和机器人。依靠PLC之间的通信，搬运RGV小车和机器人工作站相互配合，实现工件自动上件、焊接、卸件等全过程无人化操作。所有PLC采用串行连接，便于进行扩展，可随意增减焊接机器人工作站数量。

五、焊接柔性生产线的特点

在焊接柔性生产线设计过程中，柔性化和安全性是生产线的两个最重要的设计原则。

1.柔性化

生产线可实现长度为4.8～7.3m，宽度为0.6～900mm及高度为1.3～1.8m范围内的所有工件混线生产。

2.安全性

生产线的安全性主要体现在以下几个方面：

（1）安全急停　生产线主控制箱设置急停按钮，可控制整条生产线内所有设备急停；各机器人工作站和智能化物流储运系统均配备独立的急停按钮，实现任何一台设备的紧急停止，而不影响其他设备的正常运行。

（2）声光警示　生产线的监控室、焊接机器人工作站及智能化搬运RGV小车均配置声光警示装置。

（3）系统安全措施　整个生产线由一个整体平台贯穿，单系统的部分维护可以通过平台进行，包括更换焊丝和送丝管，以及维修送丝机等。当操作人员进入某单系统内进行维护时则该系统将自动停止运转。

（4）摄像监控系统　生产线当前运行状态均可通过摄像监控系统进行监控。

六、结语

挖掘机动臂机器人焊接柔性生产线各子系统间无缝结合，各节点信息实时传递，备料系统、物流系统、机器人系统的控制和整条柔性生产线的控制有机结合，不仅有力保障了整条柔性生产系统高效、安全、可靠地运行，而且保证了动臂焊接质量，提高了使用寿命。同时，满足了挖掘机焊接工艺装备智能化，生产过程数字化、生产管理数字化、决策支持数字化、分析应用数字化等“数字化工厂”建设的要求；也体现出降低工人的劳动强度、减少人员配置（仅需2名员工即可实现整条柔性生产线的正常运行）、提高设备运行的安全性和利用率等优势，具有良好的社会和经济效益。

MW 20140423