雷达大型构件自动化焊接生产线的研制

安徽省博微长安电子有限公司 （六安 030024） 曹国光 王 斌 席广辉

1. 概述

雷达大型构件是雷达中的主要部件，主要存在于雷达的天线以及转台部位，它的生产复杂，主要由钢管、钛管和支架等焊接而成。国内生产雷达大型构件多采用焊条电弧焊、气焊以及氩弧焊等传统的焊接手段，而自动焊接机器人也只在汽车制造、空间探索等方面获得了应用。在我国走向国际市场大舞台，世界各国都进行焊接自动化技术改造的时候，我国雷达行业改造过去的生产方式和管理模式已迫在眉睫。

由于采用手工加工方式，存在着工艺落后、生产效率低、劳动强度大、能耗高、焊接质量不稳定等问题，在已不能够满足现代企业的生产需要。针对以上问题，本单位采用了一条实现机、电、气一体化的综合控制功能的雷达大型构件自动化焊接生产线，以最终达到提高生产效率、降低劳动强度的目的。

本文重点讨论了雷达大型构件自动化焊接生产线的结构原理、特点，以及控制、管理系统。

2. 生产工艺流程分析

为了保证雷达焊接生产线既能加工现有的产品，又能满足公司以后长期发展的需要，对雷达大型结构件的焊接工艺过程进行分析。

根据雷达大型结构件的生产工艺要求设计的焊接工艺流程如下：下料工作台→制件工作台（机加工）→准备区（工装、夹具、组装）→焊接机械手操作台→焊接机器人工作台→焊缝检测台→修整台→装配台→表面处理→天线座转盘装配台→天线组装检测台→雷达天线系统集成。

具体说明如下：

（1）原材料通过下料工作台，制件工作台进行原始加工，采用机加工手段（钣金、冲压、复合、折弯等）制成所需要的工件。

（2）将加工后的工件运送到焊接准备区，利用工装、夹具进行定位，而后通过焊接机械手、焊接机器人按照存储的焊接参数在控制系统的控制下完成对工件的焊接，并进行修整。

（3）焊接完毕后，由焊接机械手将工件输送到焊接检测台，对焊缝进行检测，进行检测补焊工作。

（4）焊接工作完毕后，对工件的焊接变形进行矫正，表面处理，最后将焊后的工件运送到装配台，进行天线组装、检测，最终完成雷达天线系统的集成。

其中焊接机器人的操作如下：

首先，工件装夹。操作工使用行车将骨架工件装夹到整体夹具上定位焊固定好，再吊运到变位机上，根据预先设定布置的多个手动夹钳完成对骨架的夹紧，操作工离开机器人工作区域，按下操作台“启动”按钮。

其次，焊接过程。机器人在龙门架上行走至焊接位置，机器人使用焊缝自动寻位功能对焊缝进行起始点的寻找，自动进行单层单道（或多层多道）焊接。在焊接过程中，机器人使用电弧跟踪或激光跟踪实现对接焊缝（带坡口）、角焊缝及无坡口焊缝的跟踪，保证焊枪对中，纠正由于工件装配或焊接变形产生的偏差，同时机器人按预设程序移动，保证焊接质量。完成正面焊缝后，机器人退回到安全位置，将骨架松开后翻转180°再夹紧，重复上述过程直至完成该侧焊缝；变位机再旋转90°，重复上述过程直至完成骨架侧面焊缝；变位机再旋转

180°，重复上述过程直至完成该侧焊缝；机器人退回到安全位置，变位机复位。

最后，工件卸装。焊接结束后，机器人退回到安全位置，操作工再次进入机器人工作区域松开手动夹具。

3. 设备构成

雷达大型结构件的焊接，尤其是雷达天线及转台的焊接，焊接设备的选择非常重要。为保证焊接质量，提高焊接效率，采用先进的自动化焊接设备，以获得良好的焊接静（动）态特性，满足雷达大型结构件的焊接要求。雷达大型结构件焊接生产线主要由自动化焊接设备及焊缝质量检测设备两大部分组成。

机器人焊接工作站主要由机器人系统、焊接电源、激光跟踪系统、防碰撞传感器、清枪剪丝机构、强制水冷装置、机器人移动机构、焊接变位机（含焊接夹具）、电气控制系统、安全围栏组成，系统具有技术先进、功能完善、适应性强、可靠性高的特点，能有效地提高焊接质量和一致性，减轻操作者的劳动强度，提高生产率。

本机器人焊接工作站具有极大的柔性，通用性强，通过更换相关夹具可进行各种骨架及其他类似工作（在机器人工作范围内，重量在变位机可承受范围）的焊接。下面就其中重要的自动化焊接设备加以说明。

（1）机器人系统　机器人本体采用铝合金铸造结构，通过计算机辅助设计和有限元结构分析获得总体优异的坚固刚性结构，从而获得最佳的固定负载能力。

所有轴都采用免维护交流伺服电动机驱动，使用无间隙的传动组件和绝对编码器。所有的机器人轴全部配有刹车装置和温度检测安全装置。

优化的驱动能力，高精度位置监测系统，大功率伺服系统，保证了机器人具有高度的动态特性和良好的精度。

焊接机器人采用德国的KR16型机器人，配有弧焊软件包，包括基本弧焊软件、接触传感功能包、电弧焊缝跟踪功能包等。

（2）新型示教器　设计符合人机工程学。左右手均操作自如。ABB标准的3向操作杆可实现机器人精确的微动控制，可控制焊接机械手系统各轴的移动方向和速度。而不需要操作示教器上的各轴移动按钮；8个快速访问按钮，固定式和可分配式各4个。

示教编程器具有Windows平台，采用最高级的微软编程工具，实现快速、强大的定制功能。兼容现有RAPID解决方案。从同一示教器的一个接入点便可访问多台机器人和其他机械设备，具有热插拔功能。操作中连接和断开不妨碍系统运行。

在示教器上，通过按键控制机械手到达焊接位置，在相应的界面下选择所需要功能并输入相关参数（如焊接电流、焊接速度等）即可完成焊接程序的编制。各种“宏功能”如多层焊接、焊接顺序、弧坑填充、摆动方式等，在菜单下选择即可。

菜单引导式编程通过快速键、固定功能菜单和各个便捷功能键进行输入，对已经编好的各程序可以进行便捷（如删除、修改和插入等）提取。此外，还可以在焊接过程中边观察焊接边修改有关焊接参数（在线参数修改）。

（3）电弧跟踪系统　在焊接过程中，通过采集电弧电流波形或电弧电压波形变化来获得电弧中心是否偏离焊缝作为传感信息。

跟踪系统分为：中心跟踪、单边跟踪、自适应跟踪和高度跟踪。

（4）离线编程软件　KUKA的离线编程软件系统有三维仿真软件：KUKA SIM PRO和离线编程软件（模拟示教盒）、KUKA OFFICELITE组成。其中KUKA SIM PRO功能类似实际生产中的机器人和变位机实体，KUKA OFFICELITE功能类似于机器人示教盒。

离线编程计算机与现场控制系统具有通信功能，通信距离>500m；可实现机器人控制程序的下载和上传。

软件具有接口能够引入Pro/E绘制的工件和夹具的三维模型；能够添加两台以上的机器人；能够完成对夹具设计的验证；完成机器人焊接路径的规划；并在软件环境中能够完成对机器人焊接的过程仿真。

（5）焊接机器人移动机构　机器人在龙门架上的运动，扩大了机器人的活动范围。伺服电动机（德国Siemens）通过独有的齿轮齿条无间隙传动技术，齿轮在转动过程中始终与齿条啮合，驱动溜

板/横梁在两组直线导轨上滑行。龙门架和机器人之间由KRC2机器人控制系统控制实现联动。

（6）单轴机器人头尾架变位机　机器人外部轴，可自由编程，可与机器人系统联合进行轨迹插补。尾架无驱动，与头架同轴旋转。变位机台面配L形工装，焊接工装及工件整体吊装到L形工装台面，人工快速定位装夹。焊接工装为实体台面布满交叉T形槽式工装，一次装夹完成工件单面焊缝焊接。

（7）清枪剪丝机构　剪丝清嘴装置对于机器人上长时间进行焊接的焊枪来说，是非常必要的。进行剪丝清嘴的时候，一般编制一个专门的程序。当焊枪达到剪丝位置后，自动控制送丝及剪丝动作。当焊枪到达清嘴位置时，开关检测焊枪是否到位，锁定焊枪后，由气缸推动旋转刀片对喷嘴内部粘附的飞溅进行清理，并向喷嘴内部喷射硅油，避免焊接时飞溅的牢固粘附。

4. 控制系统

程序控制系统主要用于控制机器人、变位机等其他相关部分有序运动。工作站程序控制系统采用编程程序控制系统，编程系统主控部分采用西门子系列PLC可编程控制器作为主控单元。具有“手动”、“自动”选择功能，在“手动”模式下可以人工参与，在“自动”模式下各区域自动完成相应工作，并且设有电源开/关及指示按钮，急停按钮，当发生意外时可紧急停止。控制系统的其他电气元件如继电器、开关和按钮等器件，均采用中外合资生产或国内知名产品。

机器人是整个系统的核心，以此系统可以对每种工件都可方便地设定焊接参数（焊接程序），20套焊接程序可以进行存储并被随时调用；工作时按操作者选用的焊接程序完成工件的自动焊接。电气控制柜用整体方式仿威图PS系列，防护等级IP54；机器人电源、焊接电源和控制电源独立分开设计；现场信号采集控制盒封闭性能良好，内部采用弹簧卡式接线端子；控制柜内温度采用专用机柜空调控制；柜子顶部设有故障报警指示灯；外露电缆均铺设电缆桥架，工作站内的电缆有防护作用。

保护功能：焊枪机械防碰撞传感器、伺服防碰、控制箱内温度监视、电源监视、干涉领域检查。

异常诊断停止功能：控制系统元器件、机器人、焊接电源等设备出现异常时，进行自动诊断，提供故障信息，保障系统安全；焊接异常、用户操作异常等情况下能诊断并采取停机保护措施

在焊接中，可认为干预焊接，在焊接中途因故停止后，智能处理继续焊接方式。

5. 结语

该雷达大型构件自动化焊接生产线采用成熟先进的焊接工艺以及设备制造工艺，外观造型美观。所有运动部件具有精度高、可靠性好、响应速度快等特点。设置各种异常情况安全保护措施，具有安全可靠、自动化程度高、操作简单、维修方便等特点。

该雷达大型构件自动化焊接生产线显著提高了生产效率以及加工质量，其焊接的质量不受人为因素影响。此外，焊接生产线对操作工技能要求较低，避免了因手工加工对大量熟练工的集中投入，有利于生产的组织和工程质量的全面提高，具有较好的应用和市场价值。

该雷达大型构件自动化焊接生产线是目前我国唯一的雷达大型构件焊接生产线，其设计较完善、自动化程度高。同时，该生产线集成了生产加工、自动控制和生产管理。该生产线已成功地应用于本公司多种雷达的焊接生产。MW　（20120115）

柯马首次亮相SIAF 2012

2012年3月7~9日，广州国际工业自动化技术及装备展览会（SIAF）在广州进出口商品交易会展馆内隆重召开。此次展会云集了全国各地近500家自动化行业的企业，展览面积达30 000m^2。柯马作为自动化系统集成领域的佼佼者，首次携自家工业机器人SMART5 NJ110参加了此次盛会，并以啤酒瓶分装和搬运的应用单元向大家展示了柯马机器人的精准性和灵活性。

在华南地区颇具影响的广州国际工业自动化技术及装备展览会为柯马提供了绝佳的展示平台，使柯马有机会向华南市场展示其先进的自动化制造技术。此次柯马所展出的SMART5 NJ110机器人不仅配备了最新一代控制柜C5G，而且创新的本体结构设计，轻巧、敏捷可广泛应用于各种一般工业制造的工艺流程，如点焊，弧焊，装配，分装，铸造，搬运，切割及测量测试等。　（柯马中国）