



安川焊接机器人在输电线路铁塔塔脚上的应用

王朋 吴先德 石云龙

【摘要】随着焊接过程的自动化、智能化、柔性化,焊接机器人因其优异的性能而广泛应用于工业生产中。本文针对焊接机器人工作原理与其特点,提出了在输电线路铁塔塔脚的焊接使用焊接机器人的必要性,并对焊接机器人在铁塔塔脚上的应用中存在的问题及经验进行了总结与归纳。

输电线路铁塔的塔脚为整个输电线路铁塔结构的支撑部件,其结构的稳定性直接决定了输电线路铁塔的结构稳定性和使用寿命。输电线路铁塔塔脚为焊接组合件,现有技术中对于塔脚的生产大多采用手工电弧焊和 CO_2 气体保护焊的方式,由于焊接人员的焊接水平、焊接经验的影响导致塔脚的产量无法保证。因此,如何保证输电线路铁塔的塔脚焊接质量,并提高输电线路铁塔的塔脚的生产效率,是目前本领域技术人员亟待解决的问题。在铁塔塔脚焊接中使用焊接机器人不仅能有效解决上述问题,而且可以提高行业的自动化焊接水平。

一、焊接机器人简介

1. 焊接机器人系统

焊接机器人系统就其硬件来说一般包括机器人机械手、控制系统、焊接装置、变位机、焊件

夹持装置以及其他保护装备等几部分组成(见附图)。

2. 焊接机器人的特点

铁塔塔脚基本是由钢板焊接而成的结构件,工件在上下料、组对的时候难免会存在一定的误差,导致焊缝的位置和宽窄的一致性程度不高;且由于在焊接的过程中会产生一定的变形,使得

先焊接的焊缝产生变形作用在所焊接的工件上,导致后焊的焊缝偏离了原来组对时的位置。为了保证焊接的质量,要求机器人能够在焊接时能够自动找正焊缝的起始位置与正确方向,焊接塔脚的机器人系统一般都带有焊接起始点的寻位以及焊缝的跟踪等焊接功能。

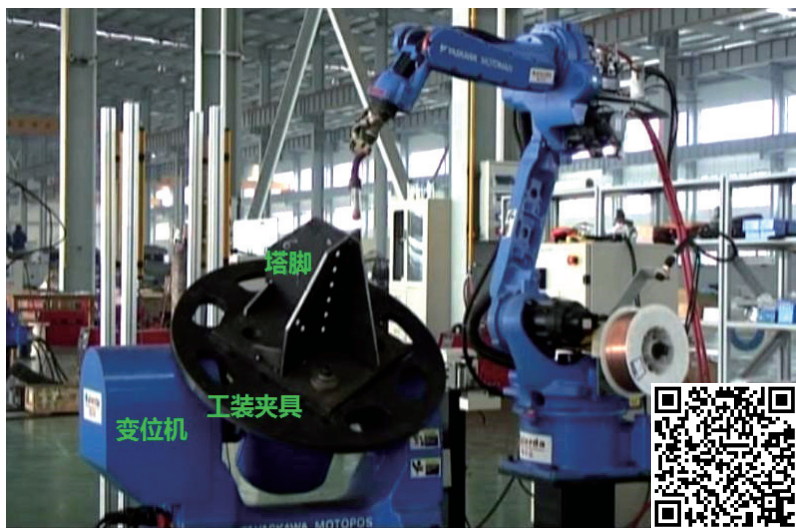


图1 输电线路铁塔塔脚焊接机器人

扫描二维码
观看焊接视频

(1) 焊接起始点的寻位 焊缝起始点寻位方式主要是接触传感器寻位，它利用加了低电压的焊丝接触工件表面进行三方向的传感。该方法是感知实际的工件位置，通过程序计算出实际位置与示教编程时工件表面位置的偏差，而后将偏差加入到示教时的焊接位置，来找到并修正正确焊接位置，以纠正装夹、组对以及焊接时所产生的焊接位置的偏差，从而来保证焊接的质量。起始点的位置确定了之后，还需要使用电弧跟踪功能来保证焊接方向的正确性。

(2) 电弧跟踪 在焊接的过程中，焊接机器人系统通过应用的软件对焊接电压、电流变化来实时的进行监控，分析并计算出电弧长度变化，再通过软件来调整机器人的姿态以实现纠正焊缝的偏移。

(3) 坡口宽度跟踪 焊接机器人在焊接前检测整条焊缝上多个点，通过软件计算出焊缝坡口的宽度，来得到整条焊缝坡口宽度的变化情况。通过在焊接的过程中调整机器人的焊接摆动幅度与焊接速度进行轨迹的修正，即在焊缝较宽位置增大焊接摆幅，同时降低焊接速度，在焊缝较窄地方适当的减少摆幅，且相应地提高焊接速度，来得到焊高一致的焊缝，保证焊接轨迹始终位于坡口或焊缝的中心，从而达到提高焊接质量目的。

3. 塔脚焊接引入焊接机器人的必要性

(1) 提高和稳定焊接质量，提高产品质量的一致性。电

弧电压、焊接电流以及焊接速度等对焊接结果有很大的影响，而采用焊接机器人焊接可以实现上述参数的恒定，受人为因素的影响较小，可降低对操作工人技术水平的要求，因此可以保证焊接质量的稳定。

(2) 可实现24h连续生产，提高生产率。

(3) 为柔性生产提供了可能，可实现多品种小批量的连续生产。当需更换产品类型时，可以通过更换夹具和调出相应的编程来满足生产的需要，减少了设备再投资，节约了成本。

(4) 改善工人的劳动强度和条件。采用机器人焊接时在焊接结束后只需进行工件的装卸，省去了由于翻转工件所占用的时间，消除了安全隐患，且避免了焊接弧光、烟雾以及飞溅等对工人造成的伤害，解放了工人的劳动力。

除此之外，通过对焊接产品进行统计与分析，根据焊接机器人的焊接工艺特性，得出那些形状规则、批量大的焊接件较适合机器人焊接。对于铁塔产品而言，主要在塔脚、十字焊件、挂线板等结构需要进行焊接，结合铁塔焊接产品的分类统计（见附表），得到铁塔塔脚的焊接约占铁塔焊接比重的60%，且其批量较大、形状规则，容易实现批量化焊接作业及装夹定位相对容易，对焊接机器人周边设备要求较低，投资较少。由于上述的分析，可知在铁塔塔脚的焊接上使用焊接机器人是一个必然趋势。

二、焊接机器人在输电线路铁塔塔脚焊接中的应用

1. 输电线路铁塔塔脚的结构特点

在输电线路铁塔的焊接中，焊接机器人主要焊接产品为铁塔塔脚，其主要由底板、筋板和连接板等通过焊接的形式连接而成，它是铁塔的基础，同时又是整个铁塔的支撑部件，承受着来自塔身的重力。塔身由于风、雪、地震等载荷对塔脚所产生的拉（压）力等，其结构加工质量决定着整基铁塔质量的一个关键点，连接板上有几组平行度要求的孔，主要用于与连接角钢的连接，因此塔脚焊接具有焊接量大、焊接难度高、易产生焊接变形等诸多特点。

2. 铁塔塔脚焊接的工作模式

焊接机器人工作系统，根据实际需要可采用单机器人+单/多工位的焊接模式，下面以单机器人+两工位来进行说明其具体的工作模式。操作人员在A工位的装卸位置将待焊的塔脚装在该工位的夹具上后，操作人员退出并按下启动按钮；当焊接机器人在A工位进行焊接时，操作人员可在B工位装卸位置同样可将待焊的塔脚装于该工位的夹具上，安装完毕后，操作人员退出并按下启动按钮进行预约。当机器人完成了A工位上的焊接后，将按照预约自动转到B工位焊接位置进行焊接。此时，操作人员又可以回到A工位进行工件的卸装，并

铁塔焊接结构分析

焊接件名称	焊接件重量/kg	所占比重 (%)	形状规则与否	批量大小
单肢塔脚	50~300	60	规则	大
双肢塔脚	200~500	10	规则	小
十字焊件	10~500	20	规则	大
挂线板	10~50	5	规则	大
其他焊接件	10~1000	5	不规则	小

重复上面的操作，多工位的流程与此类似，这样可以保证机器人连续不断地进行工作，从而达到高效自动化焊接生产的目的。

三、焊接机器人应用中存在的问题及解决方案

1. 焊接中存在的缺陷及分析

机器人焊接采用的是富氩混合气体保护焊，在铁塔塔脚的焊接过程中易出现的焊接缺陷一般有咬边、焊偏、气孔等几种，具体的产生原因及解决的措施如下。

(1) 咬边 出现咬边的情况，可能是因焊接参数选择不正确，或者角度、位置不适当的原因而造成的。针对此现象，可以通过改变功率的大小来调整焊接参数，调整一下焊接时工件的相对位置。

(2) 焊偏 如果发现焊偏，可能是由于焊接位置的不准确或者焊枪寻找的时候出现了问题，通过检查焊枪中心点的位置是否正确，加以调整即可。若经常出现该情况则要检查机器人各个轴的零始位置，重新进行校零并加以修正。

(3) 气孔 如果发现有气

孔，可能是因气体保护差，工件的底漆太过厚，或是保护气不够干燥等原因而引起的，只要进行相应的调整即可。

(4) 飞溅 飞溅太多可能是因为焊接参数选择不正确、气体的组成成分的原因，可以适当的调整功率大小来改变焊接参数，调节气体配比来调整混合气体的构成比例。

(5) 弧坑 焊缝结尾的地方，冷却之后出现了弧坑，针对这一问题，在编程的时候，使用填弧坑的功能就可以将所产生的弧坑填满。

2. 焊接中存在的故障问题

(1) 发生撞枪 可能是由于工件在拼装时存在一定的偏差或焊枪的中心位置不准确，可以检查工件的装配情况或者修正焊枪的中心位置来避免该情况的出现。

(2) 出现电弧故障，造成不能引弧 这可能是由于焊枪的焊丝没有接触到工件表面或者焊接的工艺参数太小，可以通过手动送丝、调整焊枪与焊缝的距离或适当调节工艺参数来解决。

(3) 保护气监控报警 由于焊接机器人设备是靠循环水来进行冷却，保护气的压力驱使气缸的开关动作，而在实际使用中，冷却水中存在杂质或保护气中存在颗粒造成管路的堵塞或腐蚀而发

生报警。出现这种情况，可以通过检查冷却水、保护气管路或增加过滤装备来进行预防。

四、结语

焊接机器人在输电线路铁塔塔脚中的应用，大大提高了塔脚结构件焊接质量的稳定性与生产效率，有效地降低了工人的劳动强度，实现了柔性化生产管理。通过在铁塔塔脚焊接上焊接机器人的大量使用，遇到了很多问题，也对问题进行了解决，正是如此，在不断暴露问题、改进和解决问题过程中，积极地寻求更加有效的方法，使焊接机器人能够顺利完成对铁塔塔脚的焊装工作，为铁塔制造行业的焊接自动化积累一定的经验。

参考文献：

- [1] 侯建伟，武亚鹏. 中厚板焊接机器人在推土机后桥箱上的应用[J]. 金属加工(热加工)，2011 (11) 37-39.
- [2] 宋立杰，等. 激光焊接机器人离线编程分析与实现[J]. 制造技术与机床，2008 (12) 113-116.
- [3] 林尚扬. 焊接机器人及其应用[M]. 北京：机械工业出版社，2000.

作者简介：王朋等，中国电力建设集团有限公司湖北省电力装备有限公司武汉铁塔厂。

MW 20160523