



焊接机器人 在风力发电机后底座的应用

曹晓民 豆飞飞 郑海维

【摘要】通过对2.0MW风力发电机后底座产品的分析，自主开发设计了焊接机器人系统以及焊接变位机，实现了后底座零部件及总体焊缝的全自动焊接。通过在2.0MW风力发电机后底座产品中应用，满足了用户要求，取得了良好的效果。

关键词：焊接机器人；柔性制造；焊接；风电底座

1. 概述

我公司是一家制造焊接式风力发电机底座的专业公司，先后为国内外十余家风力发电设备整机制造商生产过不同型号、不同规格的焊接式风力发电机底座，尤其为维斯塔斯公司生产后底座已经形成批量。该后底座焊接质量要求高，焊接生产过程要求严格按照ISO5817标准进行，焊接尺寸要求严格。下面就该型后底座实现焊接机器人自动焊过程做

一介绍。

2. 产品简介

2.0MW风力发电机后底座作为风力发电机部件的支撑结构，结构复杂，钢板规格多，厚度大，焊接工作量大，质量要求高，大部分尺寸公差为 $\pm 1\text{mm}$ ，箱型梁表面平面度 2mm/m ，横向直线度 1mm 。其结构如图1所示，尺寸范围 $3600\text{mm} \times 2300\text{mm} \times 668\text{mm}$ 。该后底座由横梁、端板、箱型梁

组成，箱型梁由焊接工字梁和侧板组成。工字梁的焊接、整体六道外焊缝的焊接量大，效率低，机器人系统的设计以此为依据进行。

3. 机器人系统设计

(1) 垂直升降系统的设计 因为需要焊接的后底座高度 2300mm ，机器人升降范围必须达到此要求，因此垂直升降系统按照 3000mm 设计，加上底座及机器人可升降高度，完全可以满

足。机器人焊接质量控制过程中需要攻克的难题可归纳为三点：一是焊前坡口制备的严格要求，二是焊接过程中工艺参数临时性可调节困难，三是焊缝缺陷返修过程的繁琐。

另外，根据“人、机、料、法、环”的管理理念，在整个机器人焊接质量管理过程中，还需要做好对机器人的设备保养与定期维护，最重要的是对焊接操作

工、机器人调试及焊接检验人员不断地进行质量要求、方式方法的培训教育，将出现的问题不断总结、防控与改进，只有这样，机器人单面焊双面成形的焊接质量控制水平才能够达到一个新的高度。

[M]. 北京：化学工业出版社.2008，4：1-2.

[2]吴九澎.焊接机器人实用手册 [M].北京：机械工业出版社. 2014，6：1-3.

作者简介：黄鹿，江阴赛福咨询服务有限公司。

参考文献：

[1]李亚江.焊接质量控制与检验

MW 20170824

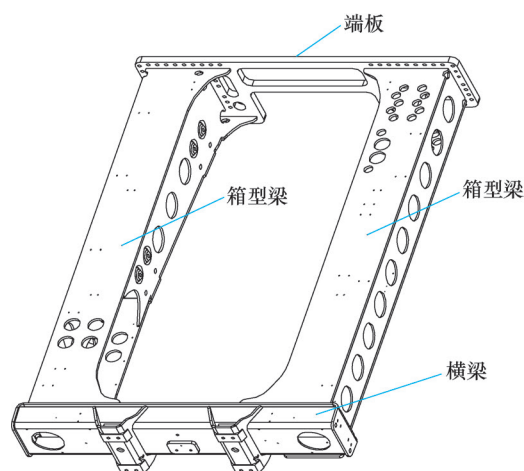


图 1

足焊接此产品的需要。该系统由方形立柱、滑道、丝杠丝母、轴承座、减速机、伺服电动机及机器人安装底座等组成。为了确保立柱、机器人安装底座的强度及刚性，我们分别进行了有限元受力分析，其结果如图2所示。

立柱由Q235B，8mm钢板焊接成方箱梁，长度3000mm。机器人安装座由Q235B，25mm钢板底下加焊三角筋板焊成整体，长度1500mm。

(2) 水平移动系统设计 考虑到工件长度3700mm左右，要焊的焊缝长度3220mm，所以机器人移动范围必须超过这个尺寸，另外考虑到移动底座尺寸并预留一定范围，底座尺寸按照5000mm长度设计，全部利用现

有钢板零件焊接而成。其结构如图3所示。

(3) 焊接变位机设计 为了快速装卡工件，变换工件焊接位置，我们设计了5t焊接变位机，如图4所示。由于该工件的焊接位置全部处于平焊位置，所以变

位机控制未采用联动，为独立控制，控制部分自主设计。变位机通过更换中间工装部分后，可以焊接不同结构的零部件，适应范围广。

(4) 系统集成 在自主设计的基础上，我们生产制造了水平移动、垂直升降机构，整体安装后的结构如图5所示。配套库卡5arc R1400机器人，麦格米特500A数字式焊机，加上自主开发的焊接变位机，形成了一套完整的机器人焊接系统，其焊接范围4000mm×3000mm×1500mm，满足了后底座的焊接需要。其结构如图6~图7所示。

4. 焊接工艺评定

在产品焊接之前，严格按照ISO15614-1的要求进行了以下三

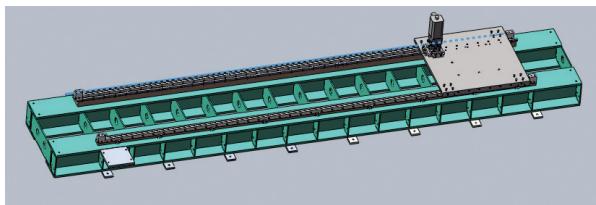


图3 水平底座结构示意图

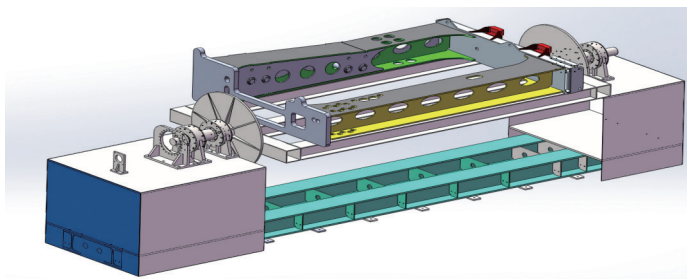


图4 变位机结构示意图

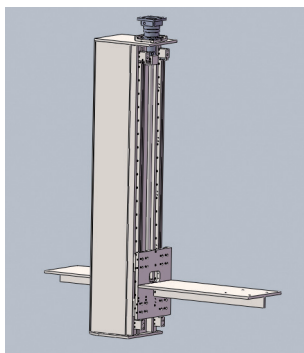


图2 垂直底座立体示意图

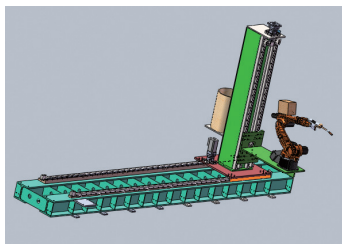


图 5

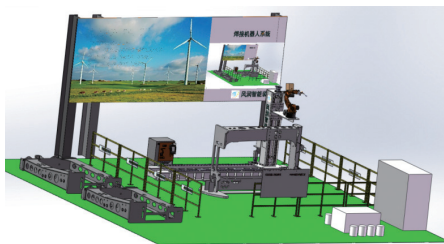


图6 机器人系统效果图



图7 机器人系统现场实拍照片

项焊接工艺评定,焊接后经按照相关检测标准进行外观、金相、超声波探伤、磁粉探伤检测,全部满足要求,效果很好,目前已经按此规范进行批量生产。

5. 机器人效率分析

公司自主开发设计了焊接机器人系统,系统验收后已经运行了一年时间,经过实际焊接,焊接质量高,焊缝尺寸一致性好。

机械效率分析对比如下:

(1) 焊接效率分析 以风电发电机后底座焊接工字梁为例进行分析,其结构如图8所示,需要焊接其上4道角焊缝,焊缝尺寸为 $a_9\text{mm}$,焊脚尺寸大小为 $K+3\text{mm}$,按照以上工艺评定的

规范严格焊接,对机器人系统焊接用时和人工焊接用时进行了对比,结果如附表所示。由表可知,焊接一根工字梁可节约时间159min,效率提高56.7%。

(2) 焊接操作人员要求对比 人工焊接时每天焊接4根工字梁,需要熟练焊工5人。对工人的要求:人工焊接时,焊工必须是经过多年焊接操作的具有一定技术水平的工人才可以施焊;机器人焊接时只需要1人,且对该操作人员的技术水平要求很低,新进厂工人培训几天就可操作焊接机器人,目前操作人员基本是新招进场的普工。

(3) 焊接材料消耗对比 人

工焊接时,由于操作人员技术水平不一,对焊缝尺寸的掌握全靠自身经验的积累,加上人工焊接速度的不稳定、变化大,造成焊脚大小偏差较大,所以为了保证质量,一般焊缝尺寸都是按照 $K+3\text{mm}$ 来保证的。而采用焊接机器人焊接,速度平稳一致,不受心理生理变化,焊脚尺寸基本一样,表面质量高,焊缝尺寸都是 $K+1$ 的结果,这样相对人工焊接可以节约一定的焊接材料。

(4) 需要完善之处 本次焊接机器人应用是公司首台机器人系统,属自主开发设计,除了以上优点外,还存在一些问题:如焊接电源负载持续率达不到100%,焊枪系统因发热尤其室温达到 40°C 以上时不能连续工作,容易烧枪等需要克服。但就整体而言生产效率高,工人劳动强度小,对工人技术水平要求低。起到了智能装备应起的作用。

6. 结语

焊接机器人系统集成并在风力发电机底座上应用,具有效率高,对焊工的操作水平要求低,焊缝成形美观,尺寸偏差小等特点,取得了成功,值得在焊接结构件的焊接领域大力推广和应用。

相信随着工业4.0和制造业2025的不断推进,机器人在其他各行各业的应用也会越来越多,越来越广泛。

作者简介:曹晓民,等.风润智能装备股份有限公司。

MW 20170825

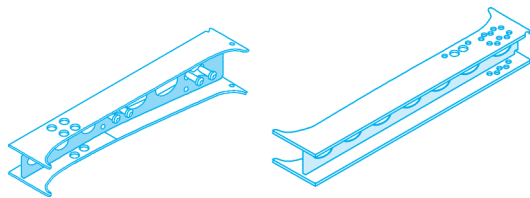


图8 工字梁立体图

一件工字梁(长度3220mm)焊接时间对比表 (min)

序号	内容	人工焊接	机器人焊接	对比
1	准备时间	10	5	-5
2	固定工件时间	30	10	-20
3	焊接时间	120	80	-40
4	翻转时间	80	6	-74
5	卸件时间	30	10	-20
6	清理修磨时间	10	10	0
合计时间		280	121	-159