

文章编号:1005-0523(2016)05-0087-06

冷凝蒸发器焊接生产线工艺改进研究

于影霞, 盛敬峰

(华东交通大学机电与车辆工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:针对Z企业冷凝蒸发器焊接线存在的问题,提出优化改进方案。在原有焊接工艺和流动线的基础上增加一条静态焊接线,并增加一条等待线,并且对流动线的辅助设备也实施改进;实践表明,改进后的静态流水线不仅解决了焊接泄漏问题,降低了劳动强度。说明工艺优化改进获得的实践经验对其他焊线或行业同类产线具有一定的参考和借鉴价值。

关键词:冷凝蒸发器;焊接;工艺改进;焊接生产线

中图分类号:TN805;TG179

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.05.014

冷凝蒸发器(冷凝器、蒸发器简称两器)是压缩式空调机组中的重要部件设备,其焊接质量直接影响机组的效率和成本,是评估焊接生产线工艺优劣的重要指标;Z企业是专门从事车载空调系统冷凝蒸发器研发和生产的专业厂家,有12条焊接流动线,在整个生产流程中,焊接流动线产生的焊接泄漏、外观不良故障、焊缝未溶合一直居高不下,给企业造成很大的收益损失和供货负面影响,为了解决两器焊漏率超标问题,降低成本,保证焊接质量,因此对动态线的改造就显得尤为重要^[2]。

目前国内外学者对空调冷凝蒸发器的研究主要集中在工艺设计改进和焊接方面,如学者张松等对盘管式冷凝器的工艺分析改进,解决盘管成形和钢丝焊接等两大难点^[3];郭艳等采用ANSYS软件,提出通过对温度场的模拟试验,进行钎焊工艺改进^[4];陶鑫等提出对冷凝器换热管和管板进行焊接工艺进行优化设计并且取得了较好的成果^[5];吴良辉提出针对对冷凝器工艺设计工艺要点问题进行分析并实施改进^[6];谷莉等针对焊接过程中壳体纵环缝出现裂纹,提出通过插销试验法进行分析改进^[7];王胜针对对冷凝器的生产工艺存在的问题进行分析和研究,提出工艺改进方案^[8]。针对焊接生产线存在的工艺瓶颈和设计弊端,易造成员工焊接操作疲劳、焊接泄露、焊缝、外观不良等质量特性多方面产生的原因深入分析,提出焊接生产线工艺改进优化方案。

1 冷凝蒸发器焊接线工艺布局现状

目前Z公司冷凝蒸发器生产车间主要是氮检式流动焊接线,它由焊接工装、传输装置、直线焊接设备(如焊枪、排焊机、充氮装置)及辅助设备(如工装车)构成,其工艺布局特点如图1所示。焊工在焊接两器时是随着流水线移动;由于装两器的工装车一直随着流水线流动,焊工就需要跟随着两器流动而移动;而两器焊接尺寸精度和焊点位置精度等重要质量特性直接取决于焊接线工艺布局。综上,流动焊接线现状如下。

1) 由于焊接线的流动致使焊工工作方式是追着流动的两器才能焊接,增加了焊工的移动动作且增加了劳动强度,容易出现焊接质量问题。

收稿日期:2016-03-07

基金项目:国家自然科学基金项目(51265013);江西省自然科学基金项目(20151BAB206007)

作者简介:于影霞(1964—),女,副教授,主要研究方向为材料焊接质量控制。

- 2) 在焊接过程中,由于装两器的工装车一直是跟着流水线而流动,在流动的过程中,存在振动,容易导致出现振动裂纹。
- 3) 当流水线由于其他原因停线后,焊工不能继续焊接,流水线长时间的停顿会影响生产效率的提高。
- 4) 由于管径非常小,管径手工焊接对焊工的技能要求更高,而在焊线流动焊接时,焊工很难管控焊料添加的节奏,容易导致焊堵。

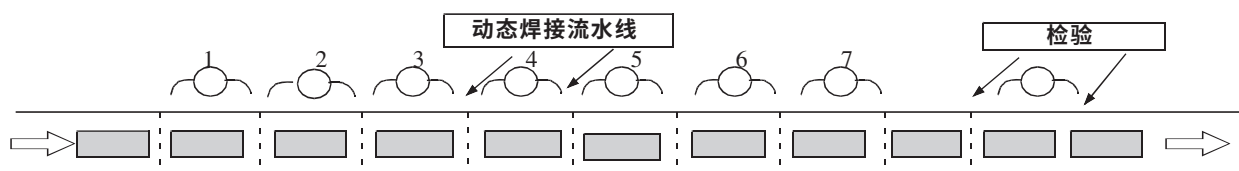


图1 流动焊接线布局图
Fig.1 Flow welding line layout

2 冷凝蒸发器焊接线改进思路

为了从根本上解决焊接操作疲劳强度以及焊接泄漏、外观不良、焊缝等质量问题,需要进一步优化焊接工艺,设计一条满足质量要求的产线,通过分析存在的问题,制定优化方案,从以下几方面探讨改进思路。

1) 目前流动线采用的是配管预充氮及焊接预充氮二种充氮方式;当焊接预充氮时,焊工焊接第一件冷凝蒸发器前必须先为第二件冷凝蒸发器预充氮,使焊工有效焊接时间减少,影响焊接效率。

改善方案:对目前预充氮进行充分验证调整,增加智能预充氮装置,全部改为配管工预充氮,减少焊工充氮动作。

2) 流动焊接线整体被分成若干小段,在每个小段与关键岗位处都安装数量较多的有阻挡块,每台小车从上线到下线经过都要被挡下来,由于惯性带来较大的震动,小车上的工件容易造成倒片,同时也会造成个别管路因此掉落和配管的深度受影响。

改善方案:对小车顶起、进出速度进行调整,解决惯性较大带来的震动问题。

3) 动态线两头圆弧设计,给配管岗位摆放弯头工装造成困难,配管员可正常配管区域的减少,增加了劳动强度。

改善方案:制作圆弧形配管弯头摆放工装,解决员工配管拿取弯头的困难问题。

4) 动态线上的急停开关和阻挡块很多,某处停线,管理员需要太多时间去排查,影响生产效率。

改善方案:在各急停开关处加装报警红灯,目视化管理,以便及时处理。

通过上述分析,制定生产线改进方案,在流动焊接线设计基础上,增加一条等待线(当流水线因为其他原因停线后,焊工可继续焊接,流水线短时间的停顿不会影响到焊工的焊接工作)和一条静态焊接线(焊接方式由流水线焊接变成静止焊接)如图2静态线布局图。其特点是焊接岗位与流水线分离开来,焊工在焊接时两器是静止的,而装两器的工装车是从流水线上被送入到焊接岗位后静止,焊工焊接完,两器工装车被送入流水线上进入下道工序。

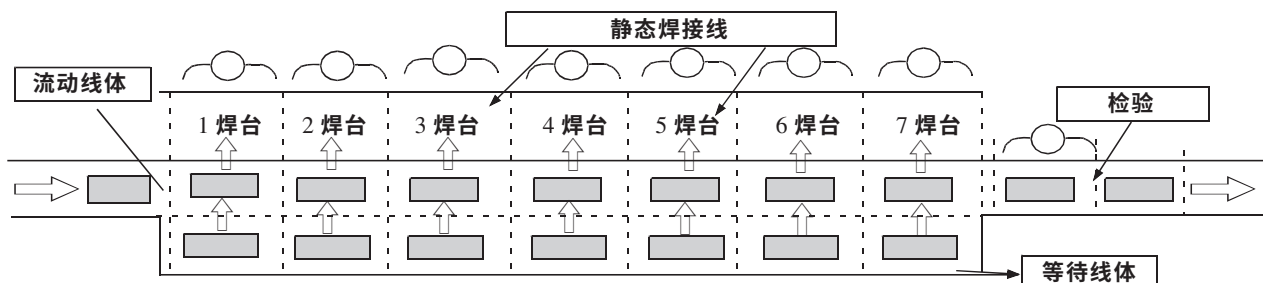


图2 静态线布局图
Fig.2 Static welding line layout

3 静态线改进效果分析

为了保证静态焊接工艺顺利推广应用,对静态线的焊接质量一致性、生产效率、劳动强度等方面进行以下的总结分析。

3.1 焊接质量一致性分析

焊接质量一致性分析主要针对冷凝器焊接泄露、外观不良、焊缝等关键质量特性围绕改善前后对比分析。

表 1 改善前、后泄漏率统计数据
Tab.1 PPM statistical data before and after improvement of leakage rate PPM

改善前(4—6月)				改善后(7—9月)			
统计日期	4月	5月	6月	统计日期	7月	8月	9月
1—7日	2 180	1 787	2 429	1—7日	1 246	1 167	763
8—14日	2 035	2 084	1 926	8—14日	975	969	1 412
15—21日	2 118	2 035	1 766	15—21日	1 089	895	1 269
22—30日	2 262	1 920	2 220	22—30日	1 293	1 044	1 095

备注:改善前总产量 179 464 台,总缺陷数 373 台,平均 2 078PPM;改善后总产量 19 2911 台,总缺陷数 211 台,平均 1 094PPM。

3.1.1 焊接泄漏改善分析

根据流水线改造前后的生产情况,对焊接泄漏进行统计,见表 1。从表 1 中得知:改善前焊接泄漏 PPM 平均值 2 078,改善后 PPM 平均值 1 094,泄漏率下降 984 PPM(下降了 47.35%)。

改善前后对比总结:运用 MINITAB,输入表 1 数据,进行统计分析,输出结果见图 3,从图中得知,改善后焊接泄漏 PPM 明显下降,表示焊接缺陷数大幅度减少,焊接质量显著改善。

根据表 1 数据,绘制曲线图 4,对改善后泄漏率分析:图中数据显示,静态焊接线投产三个月内,其焊接泄漏情况除了 7 月 8 日~7 月 14 日和 9 月 1 日~9 月 7 日的泄漏率异常外,其他月份泄漏率稳定维持在 1 200 PPM 之内,较为稳定,最小达到了 763 PPM,静态线在这三个月的平均泄漏率为 1 094 PPM。

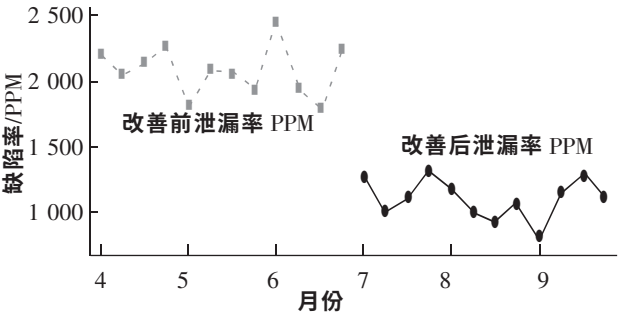


图 3 改善前、后泄漏率 PPM 对比图
Fig.3 PPM comparison rate before and after improvement of leakage rate

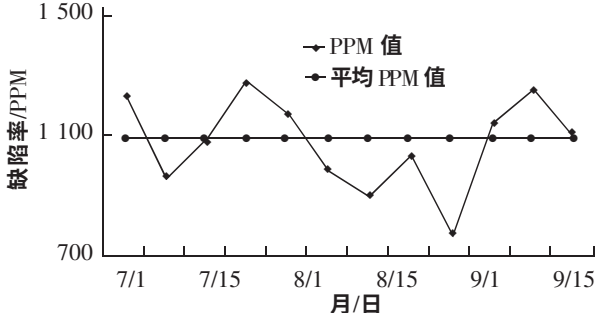


图 4 静态线泄露率趋势图
Fig.4 Static welding line leakage rate curve

3.1.2 外观不良改善分析

焊接外观不良包括:焊瘤、咬边、过烧等。对流水线改造后的焊接外观质量的统计数据见表 2。从表 2 中得知:改善前外观不良故障率平均 PPM 值 1 488,改善后平均 PPM 值 140,外观故障率下降了 1 348 PPM(下降了 90.59%)。

改善前后对比结论:采用静态线,焊接外观质量有较为明显的改善,见图 5。

根据表 2 数据,绘制曲线图 6,对改善后外观不良故障率进行分析:图 6 显示,焊接外观故障率总体来说

都比较低。焊接外观故障率在静态焊流水线刚开始投产的第一周(7月1日~7月7日)出现的比较多之外,第三周(7月15日~7月21日)焊接外观质量率稍微有点波动,后面9周的外观故障率均低于平均 PPM 值;静态焊接流水线投产的3个月的焊接外观不良率平均为 140 PPM。

表 2 改善前、后外观不良统计数据

Tab.2 Statistical data of appearance defect Before and after improvement

PPM

改善前(4—6月)				改善后(7—9月)			
统计日期	4月	5月	6月	统计日期	7月	8月	9月
1—7日	1942	1712	1598	1—7日	445	65	64
8—14日	1336	1683	1238	8—14日	70	75	56
15—21日	1573	1772	1030	15—21日	172	81	60
22—30日	1723	1571	1077	22—30日	54	69	64

备注:改善前总产量 179 464 台,总缺陷数 267 台,平均 1 488PPM;改善后总产量 192 911 台,总缺陷数 25 台,平均 140PPM。

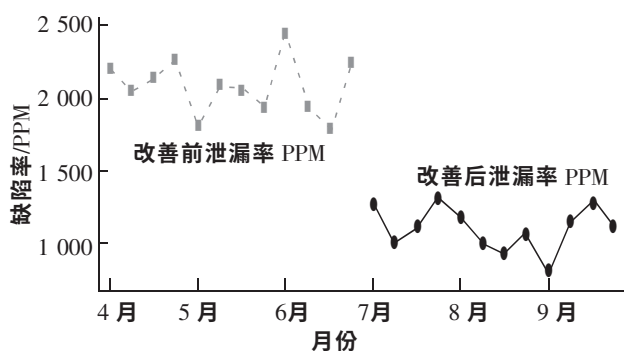


图 5 改善前、后外观不良故障率 PPM 对比图

Fig.5 comparison chart of appearance defect rate before and after improvement

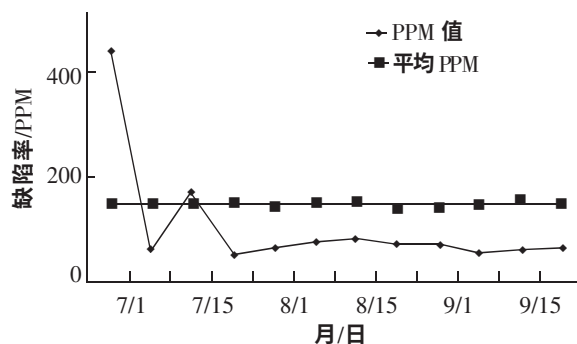


图 6 静态线泄露率趋势图

Fig.6 Static welding line leakage rate curve

3.1.3 焊缝改善分析

改善前:流动线从4—6月按照4 500件送一件的比。手工焊接熔深标准^[10]:管熔深要求3~5 mm,实测平均熔深4.92 mm,最小熔深为;经测量48条焊缝,43条焊缝合格,5条焊缝不符合要求,见图7。

改善后:对静态线焊接件产生的焊缝进行持续解剖分析,从7—9月共解剖50次(每次解剖一件两器上的所有手工焊点)。解剖的所有手工焊点、焊缝均符合工艺对于手工焊接熔深标准^[10],管熔深需达到3~5 mm。

3.1.4 焊点震动裂纹改善分析

改善前:流动线一直是动态作业,焊接完成后,焊点还未冷却如台车抖动易造成焊点震动裂纹。

改善后:在静态线蒸发冷凝器被焊完之后,焊工踩脚踏开关出站,流水线根据程序设定要求工装板延时6秒后才会自动出站,保证焊点冷却后才移动,此方法可以有效的杜绝焊点震动裂纹的产生。

综上分析,改善前后对比总结:采用静态线,焊接的焊缝质量改善明显,焊接熔深均能达到要求;在震动裂纹上改善更为明显,因为焊接时是静止的,而且在生产线上能保证两器的手工焊点冷却后两器才移动,能够杜绝震动裂纹的产生,因此焊缝质量有了非常明显的改善。

3.2 生产效率的分析

采用静态线,流水线的其他工作岗位与改善前操作方式有所改变,生产效率极大提高,分析如下:



图 7 焊缝缺陷分析图

Fig.7 Analysis chart of weld defect

1) 焊接岗位由于与流水线相脱离,其生产效率在一定程度上受到焊工的工作积极性影响,这方面在一定程度上稍微会影响生产线的生产效率,但从另一方面分析,由于焊工的操作岗位脱离流水线,每个焊工的岗位上均有等待岗位,当流水线由于其他原因停线后,焊工可继续焊接,这与动态线完全不同,流水线短时间的停顿却不会影响焊工的焊接工作,因此这方面在一定程度上又有利于生产效率的提高。

2) 由于静态焊接质量提高,焊漏率降低,氮检箱检出漏件减少,降低了报警次数,减少了氮检箱重复检漏时间,提高了静态线的生产效率。

3) 对静态焊接线改造前后对产量进行跟踪调查,改造前动态线单班产量为2 500~3 000件,改造后静态线产量以达到3 500~4 000件/单班。

改善前后对比结论:静态焊流水线单班产能有所提高,对生产效率有显著影响。

3.3 劳动强度分析

1) 生产线改造后,流水线的其他工作岗位与改善前的操作方式有所改变,从工业工程合理化改善角度分析和心理角度分析,优化了操作动作,放缓了流水线快节奏的工作压力,从而降低了焊工身体和心理上的劳动强度。

2) 改善前,流水线焊接时焊工随线流动焊接,边移动边焊接,焊接一件两器后,然后再返回原地继续下一件,此种方式焊工的劳动强度大;流水线改造后,焊工焊接时是静止的,不需要跟随着流水线移动,可减少焊工移动的动作,降低了焊工的焊接劳动强度,同时对焊工的操作技能要求也可适当放宽。

改善前后对比结论:静态流水线降低了焊工的焊接劳动强度^[10]。

3.4 成本分析

1) 尽管静态流水线改造需要增加一次性的线体改造费用,但是从生产效率、产品质量保证、劳动强度方面分析,改善后的流水线极大提高了焊工工作舒适度,优化了工序流程,由于焊接线的焊接质量得到了有效改善,焊检合格率得以提高,因此会降低返修成本、报废成本以及售后投诉等质量风险,并且在保证产品焊接质量的同时,又提高了生产效率。

2) 由于静态流水线上的电机较多等特点,当流水线出现问题后,维修费用比直形流水线要高些,需要增加少量维修成本。

改善前后对比总结:静态焊流水线一次性的线体改造费用较大,但对焊接质量有较大的提高,降低了售后维修成本,提高了质量品牌,不仅如此由于改善后降低了劳动强度,改善了员工的工作环境,激发了工作热情,最终提高了生产效率。

改善前后对比结论,改善之后收益大于改造支出。

4 静态生产线经验推广

1) 对产量小的线体改造方案思路。目前静态焊流水线线体太长,占用的空间大,对于小生产基地一条焊接线对一条总装线的一体化设计,可以对静态焊接线方案进行改进,可取消现有线体两端的弧形线段,在线体两端增加移栽机,来缩短线体,减小静态焊占地空间。

2) 静态焊接可增加助焊剂方案。由于原流动生产线增加助焊剂时火焰较亮,焊工流动焊接容易看不清焊点,影响焊接质量。现静态焊接对焊工影响较小,可增加助焊剂对管路件外观进行有效保护,减少冷凝蒸发器表面氧化,有效提高产品外观质量^[11-12]。

5 结论

通过对冷凝蒸发器焊接动态线工艺优化与改进,不仅从根源上解决了焊漏、外观不良、焊缝等质量问题,实现了预期目标,而且还改善了工艺流程质量,变革了作业方式,降低了劳动强度,提高了生产效率;为后期蒸发冷凝器组装提供了可靠的质量保证;同时,解决了生产线平衡和设备布局问题,提高设备利用率、确保生产线系统的长期高效运作;此外,对其工艺技术研究和改进提高了生产能力,积累了技术和实践经

验,对同类焊接线的经验推广奠定了技术基础。

参考文献:

- [1] 傅积和,孙玉林. 焊接数据资料手册[M]. 北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 任佩瑜,聂芳. PLC 厂 Cell 生产线改善案例[J]. 工业工程,2009(3):24-28.
- [3] 张松,刘静,赵永刚,等. 盘管式冷凝器成形工艺及工装设计[J]. 金属加工(热加工),2011(4):27-30.
- [4] 郭艳,凌泽民,李金阁. 多元平行流式冷凝器炉中钎焊工艺研究[J]. 热加工工艺,2011(21):45-48.
- [5] 陶鑫,谢国良,陆全岗,等. 冷凝器 0Cr18Ni9 换热管与 Q345R 管板的焊接工艺[J]. 金属加工(热加工),2012(20):78-81.
- [6] 吴良辉,黄煜. 管壳式冷凝器工艺设计要点分析[J]. 中国高新技术企业,2013(6):121-125.
- [7] 谷莉,李国芳,岳桂杰,等. 16MnR 浮头式冷凝器壳体的焊接工艺[J]. 现代焊接技术,2014(2):65-69.
- [8] 王胜. 平行流冷凝器制造工艺研究[J]. 装备制造技术,2014(7):123-127.
- [9] 白津生,白钰. 调整焊缝组织改进焊接工艺提高焊接质量[J]. 焊接技术,2009(11):37-42.
- [10] 全国焊接标准化技术委员会. GB/T49867.4-2008 家用空调焊接工艺标准[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [11] 何伯林. 超声冲击对镁合金焊接接头疲劳性能的研究现状[J]. 华东交通大学学报,2011,28(3):73-77.
- [12] 程建平,陶佳元,许玉德,等. 重载铁路 75 kg·m⁻¹ 钢轨铝热焊接头力学性能试验分析[J]. 华东交通大学学报,2014,31(6):24-28.

Research on Welding Production Line Improvement of Condenser-Evaporator

Yu Yingxia, Sheng Jingfeng

(School of Mechatronics and Vehicle Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013 China)

Abstract: Aiming at the existing problem of Z Enterprise condenser-evaporator welding line, the improvement scheme was put forward, which, on the basis of the original welding procedure and flow line increased a static welding line and waiting line, and the auxiliary equipment of the production line was also improved. Practice shows that the improved static line not only would solve the problem of welding leakage, and also reduces the labor intensity. It shows that the process optimization obtained from the practical experience for other welding lines has a certain reference value.

Key words: condenser-evaporator; welding; technology improvement; welding production line

(责任编辑 姜红贵)