

火电机组低压内缸降本方案推进与应用

朱小燕

东方汽轮机有限公司, 四川 德阳 618000

[摘要] 低压内缸采用上下半结构, 原铸件持环结构成本高。本项目基于精益成本理念, 对低压内缸进行价值分析, 研究铸改焊的降本方案。提出钢板拼焊式结构, 改变肋板支撑方式以提高机组性能, 具有短周期、低成本优势, 但需解决焊接变形技术。项目将针对成本、质量、焊接工艺及经济效益进行工艺试验攻关。

[关键词] 低压内缸; 价值分析; 工艺方法; 焊接变形

DOI: 10.33142/hst.v7i7.12853

中图分类号: TG314.4

文献标识码: A

Promotion and Application of Cost Reduction Scheme for Low Pressure Inner Cylinder of Thermal Power Units

ZHU Xiaoyan

Dongfang Turbine Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618000, China

Abstract: The low-pressure inner cylinder adopts an upper and lower half structure, and the cost of the original casting retaining ring structure is high. This project is based on the concept of lean cost and conducts value analysis on the low-pressure inner cylinder, studying the cost reduction plan of casting to welding. Propose a steel plate welded structure, changing the rib support method to improve the performance of the unit, which has the advantages of short cycle and low cost, but needs to solve welding deformation technology. The project will conduct process testing and research on cost, quality, welding process, and economic benefits.

Keywords: low pressure inner cylinder; value analysis; process methods; welding deformation

引言

为提高机组经济性, 火电低压内缸普遍采用了斜置式铸件持环结构。经价值分析, 发现此结构存在铸改焊的技术方案优化空间, 具备产品降本的研究价值。

表 1 铸改焊方案对比表

	铸件持环方案	钢板拼焊持环方案
优点	持环整体铸造成型 外形尺寸控制较好	成本低 整体配套周期短
缺点	成本高 铸件配套周期长	部套整体焊接量更大 焊接工艺需更加关注焊接变形控制

1 低压内缸结构分析

火电低压内缸采用铸件整体式持环结构, 具有以下特点:

(1) 壁厚设计: 由于低压内缸需要承受较高的内压和温度, 因此其壁厚设计至关重要, 过薄的壁厚可能导致强度不足, 而过厚的壁厚则会增加材料消耗和制造成本; 火电低压内缸铸件的壁厚设计需要综合考虑铸件的强度、成本、工艺、合金成分等因素。

(2) 缸体形状: 低压内缸的缸体形状通常为圆柱形或圆锥体, 其设计和布置直接影响到汽轮机的运行效率和安全性;

(3) 支撑结构: 低压内缸需要有足够的支撑以保证其稳定性和安全性, 故低压内缸的外部通常设有支撑筋或支撑板等结构, 以承受汽轮机的重量和运行时的振动。



图 1 低压内缸结构示意图

通过分析低压内缸结构, 其内部主要结构特点是隔板持环通过垂直分级的径向、轴向肋板与外部的筒型缸壁组焊相连, 成本太高, 存在优化空间, 技术优化的思路是调整焊接坡口型式和组焊顺序, 将斜撑肋板与持环本体先行焊接为子组件, 并增加焊后热处理工序, 形成与原铸件持环结构相同的装焊子件结构。通过对结构进行清洁高效的系统性改型, 改型后的产品在机组综合性能及节能降耗方面都达到了业内领先水平。

2 可行性分析

2.1 可行性分析-技术方面

钢板拼焊结构需保证产品外形尺寸及强度性能, 通过前期调研技术可行, 总结如下:

(1) 采用先进焊接技术和严格的质量控制流程, 能有效地控制了产品的焊接变形;

因子件数量多, 装焊工序如果安排各子件顺序组焊, 焊接累积变形导致加工余量不可控, 质量风险高, 工期无

优势,附加费用高,通过工艺技术优化,按照各级持环呈子组件模式进总装,整体焊接变形量更小更均匀,加工余量可控,质量风险低,附加费用也低。

- (2) 产品的强度和性能能得到保证;
- (3) 工艺水平成熟且高效;
- (4) 配套资源充足,可以支持生产需求;
- (5) 制造周期短,焊接式方案相对缩短持环子件配套周期3个月;

结合上述特点,低压内缸铸件组焊结构改为钢板拼焊结构,产品的强度及性能可满足使用功能。因此,该改进方案技术可行性良好。

2.2 可行性分析-经济方面

对比铸件组焊和钢板拼焊的成本数据如下:

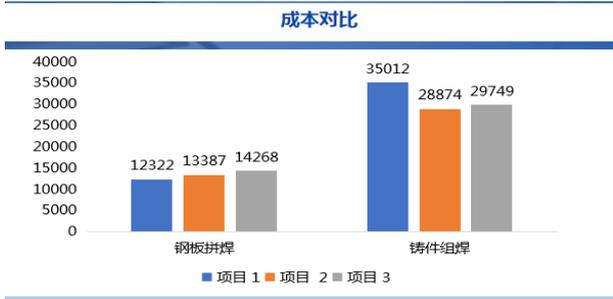


图2 铸改焊成本分析示意图

数据表明,低压内缸持环铸改焊方案成本优势明显;经评估,预期降本空间大于30%。因此,该改进方案经济可行性良好。

综合技术和经济可行性分析,钢板拼焊以保证产品质量和功能为前提,以降低低压内缸部套铸件结构占比为降本研究方向,设计、工艺联合拟定铸改焊具体结构方案;充分考虑项目质量及期量风险,以百万机组为试点,采用内缸装焊成品采购模式,及时跟踪项目执行情况,验证优化方案实际成效;跟踪生产进度,及时进行技术交底,规避风险并掌握生产实际情况。因此,低压内缸铸件组焊结构改为钢板拼焊结构此方案可行性良好。

3 低压内缸铸改焊改进方案

通过前期数据分析和拼焊市场的调研,低压内缸铸件组焊结构改为钢板拼焊结构,可大幅度降低材料成本和后续加工成本。

低压内缸铸件组焊结构改为钢板拼焊结构需要解决焊接变形问题,低压内缸汽缸内档支撑多为单面焊接,焊接应力单侧集中,需控制好焊接变形量,确保产品的安全性。

首先要选择合适的焊接材料,这些材料要具有良好的焊接性能和机械性能,以确保焊接接头的质量和可靠性。

其次是结构设计,焊接件和铸件在结构上可能存在差异,需要根据地域内缸的工作环境和受力特点,对焊接件的结构进行合理设计,避免应力集中和疲劳破坏。

对焊接工艺的选择对焊接质量也是至关重要,需要确

定合适的焊接方法、焊接参数以及焊接参数,以确保焊接接头的质量和可靠性。焊接完后,需要对焊接接头进行检测,包括外观、无损和力学性能测试等。

焊接过程可能会产生变形,影响低压内缸的尺寸精度和装配性能。需采用市场的措施来控制焊接变形。焊接过程中可能产生的残余应力需要通过热处理等方法进行消除,以避免应力集中和疲劳破坏。

4 方案实施及应用

4.1 变更图纸方案

以降低内缸子零件铸件占比为方向,结合钢板成型工艺框定图纸变更范围。确定以D1000X为试点项目,相应材质由ZG230-450改为Q235-B。围绕各子零件、总图装焊工艺性及焊接变形控制确定图纸变更结构细节。

4.2 策划试制项目

为控制焊接变形,选定了首台汽缸,跟踪制造情况,并现场考察百万内缸铸改焊试制情况,对制造周期长、焊接变形大、尺寸偏差大等多方面反复讨论、验证与改进,为类似结构汽缸铸改焊积累更多试制质量、周期、成本基础数据。

经多家供应商竞标,试点项目低压内缸装焊图采购价相对原方案降本37.4%,达到降本预期。

表2 试点项目成本对比数据

试点项目	物料	名称	数量	单重 (KG)	原总价 (单位:元)	现总价 (单位:元)
百万-1T	百万-XXX	低压内缸上半装焊图	4	43995.4	5352715.655	3350800
百万-2T	百万-XXX	低压内缸下半装焊图	4	43435.9	5493929.712	3439200

4.3 钢板拼焊结构工艺流程优化

(1) 撑板零件按图纸内圆、外圆留15mm加工量及两端留足成型余量展开下料,进行拼接→成型→去余量→加工内圆及坡口(单边坡口改为双面坡口)→加工 $\phi 10$ 疏水孔;

(2) 隔板套(持环)零件厚度两端及宽度均留余量展开下料,进行成型→去成型余量→按图铣削中分面尺寸到位;

(3) 法兰零件按图纸下料,零件状态下通过线切割等方式进行应力槽加工;

(4) 电机侧、汽机侧同一档的撑板、隔板套、法兰零件组合成整体,对称位置两两焊接,中间使用撑管拉筋进行固定,水平中分面位置使用槽钢加固;(如附图:工艺拉筋布局图一、二所示)

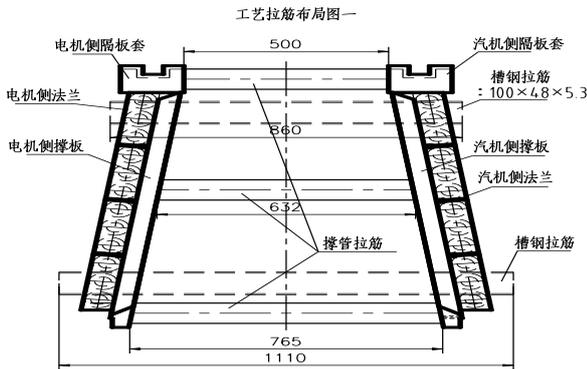
(5) 组合件焊接完成后进行热处理;

(6) 热处理后去除拉筋、尺寸检验、局部火焰校形,整体进行粗加工[隔板套(持环)内圆及凹槽;撑板外圆及外圆缺口];

(7) 粗加工完成后进行后续装配,后续装配流程按原工艺方案执行。

表3 铸改焊方案优化前后对比

试制方案	下料	装焊	热处理	加工	工装使用	质量	工期	成本
优化前	撑板、持环、法兰等零件均按图下料	内缸64个子零件逐个进入总装焊	汽缸装焊完后整体热处理	隔板套零件状态下车削内圆凹槽；	普通拉筋	变形及余量不可控；校形及补焊量大；	92天	校形补焊打磨费用增加12.2W
优化后	(1) 法兰零件状态下割出应力槽；(2) 持环零件内圆及宽度增加粗加工余量；(3) 斜撑板内外圆留余量，焊接坡口改为双面坡口	组合成8套组合件，每套组合件由汽机侧和电机侧撑板、持环、法兰组合而成，使用撑管拉筋固定	(1) 持环组件先单独热处理；(2) 汽缸装焊后再整体热处理；	组合件整体上车床加工内圆及凹槽；	(1) 径向撑管8件；(2) 横向撑管8件；(3) 中分面槽钢拉筋8件	整体变形量更小更均匀，加工余量可控	72天（减少了装配及焊接时间）	直接成本增加，返修成本降低，总体成本降低5.5W



附图:

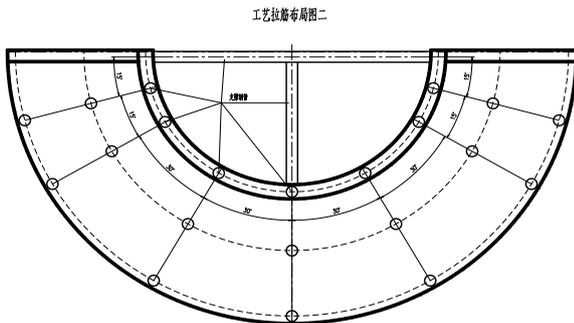


图3 工艺拉筋布局结构示意图

4.4 产品试制加工

通过前期数据调研，方案落地，图纸更改，策划试制项目，工艺优化，正式进入试制加工环节。在试点项目#1机内缸装焊过程中，出现了以下几个问题：

- (1) 整体装焊工作量大，周期长；
- (2) 斜撑板、持环、法兰等组件在装焊中出现变形问题，补焊、校形等工作难度大，给加工余量控制及后续校形补焊工作带来困扰；

(3) 部分子部件因变形问题产生的尺寸偏差较大，下料工艺余量有待优化；

针对首台试制中的质量问题与周期长等突出矛盾，再次制定新的铸改焊试制攻关方案。将撑板、隔板套、法兰先装焊成组件，单独热处理后、隔板套组件整体立车与镗削。再进行其余零件装配焊接，避免焊接应力过于集中，造成不可控制的变形及其他质量事故的发生。方案优化前后对比如下：

结论：方案优化后实现了提质增效，解决了试制难题。

5 结束语

通过深入的研究和实践，我们成功地实现了在确保产品功能不变的同时，显著地降低了成本，从而实现了利益的最大化。这一成果不仅体现了我们在成本控制和产品创新方面的卓越能力，更是对价值工程眼里实用性和有效性的有力验证，也为我们今后在产品开发、成本控制和价值创造方面提供了新的思路和方法。

这一改进方案，成功地将成本降至最低，同时保持了产品功能的稳定性和可靠性，这一实践不仅提高了企业的盈利能力，还增强了企业的市场竞争力。

[参考文献]

[1] 薛喜仁, 焦玉凤, 李晶. 低压铸造汽轮机内缸铸件的补焊工艺[J]. 热加工工艺, 2009, 38(10): 115-117.
 [2] 李健. 基于价值工程的成本控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
 [3] 陈玉勇, 蒋明华, 田竟, 等. 大型低压铸造汽轮机内缸铸件组织与性能的研究[J]. 铸造, 2006(5): 455-458.
 作者简介: 朱小燕(1987—), 女, 大学本科学历, 工程师, 工程技术类研究方向。