

# 某电厂凝汽器组合安装技术研究

刘杰 张涛 郭晴

中国电建集团河北工程有限公司 河北石家庄 050031

**摘要:** 目前, 火力发电仍旧是我国电力市场能源供应的主要方式之一, 火力发电过程中, 凝汽器发挥着重要的作用。凝汽器进行安装时关键在于合理、正确选择凝汽器的安装方式。300MW及以上机组凝汽器因为其受到运输条件和大尺寸的限制, 厂家通常采取散装供货的方式, 正确的安装流程才能最大化节省安装成本、有效地缩短机组安装工期。

**关键词:** 凝汽器; 现场组合; 节省成本; 缩短工期

## 引言

本文以某电厂凝汽器组合安装为依托, 凝汽器采用单壳体、单背压、双流程、双进双出横向布置的结构。主要有凝汽器上、下部、支撑座、水室、配套设备及部件组成, 凝汽器及疏水扩容器为散件到货现场安装。安装焊接工程量大、作业面积小、施工区域狭隘, 无法开展大量的地面组合工作, 只能采取散件或部分组合件预存到安装指定位置再进行二次组合, 因此造成了高空作业多、交叉作业多、施工难度大、施工周期紧等特点。

## 一、凝汽器组合特点

凝汽器现场组装时因地限制, 只能采取散件或部分组合件预存到安装的指定位置再进行二次组装, 组合时严格按照制造厂提供的图纸和安装工艺要求进行。

### 作者简介:

刘杰, (1992), 男, 山西省运城市, 本科, 工程师, 现任中国电建集团河北工程有限公司火电公司工地主任, 研究方向为汽轮发电机本体安装及检修工作。邮箱: 756854467@qq.com。

张涛, (1994), 男, 山西省孝义市, 本科, 助理工程师, 现任中国电建集团河北工程有限公司火电公司廊坊项目工程部副部长, 研究方向为汽机专业安装工作。邮箱: 1342840174@qq.com。

郭晴, 1990年11月07日, 男, 山西省太原市, 专科, 助理工程师, 现任中国电建集团河北工程有限公司火电公司项目机务专工, 研究方向为汽轮发电机本体安装工作。邮箱: 490583931@qq.com

为了保证机组有良好的密封性, 组装时必须保证所有的焊缝的焊接质量, 并在真空系统中采用真空阀。安装各种不同用途的管道时, 应装设必要的缓冲板; 凝汽器的开孔应按制造厂详细设计图纸进行, 开孔时若与加强肋板和支撑杆相碰, 应保留原有的加强肋板和支撑杆。

装配冷却管时, 应确认冷却管为合格产品。如发现冷却管严重划伤、变形, 需更换新管。如果冷却管尺寸不够长时, 应更换足够尺寸的冷却管, 禁止用加热或其它强力方法伸长冷却管。

## 二、施工工艺流程

支座安装→底板组合→侧板组合→侧板与底板组合→隔板支撑管固定及安装→隔板安装→管板安装→校验尺寸→壳体整体焊接→喉部组合及低加穿装→接颈内件安装→接颈与低压外缸对口焊接→内部清理→不锈钢管穿装、胀切、焊接→水室及附件安装→凝汽器灌水试验。

## 三、施工方法和要求

### (一) 基础校验支座安装及临时平台搭建

凝汽器底部限位支座共5处, 中心死点座1处, 汽机侧前后限位支座2处, 发电机侧左右限位支座1处, 滑动支座共28处。使用50m卷尺(检验有效期内)校核凝汽器基础的中心线和汽轮机基础的中心线位置, 检查基础位置、大小、水平。使用水准仪校验基础承力面的标高, 将滑动支座、固定支座吊至安装位置, 严格按照图纸位置布置, 并找平、找正。

### (二) 壳体组装及定位焊

#### 1. 壳体底板组装

单元壳体底板组装: 将单元壳体底板部件吊至安装位置, 在支座基础临时支撑平台上按图核对厂家编号,

拼接壳体底板部件，组合时通过调整底板下方相应位置的斜垫铁组来调整每一块的底板的水平度，使它们在同一水平面内；均匀调整各道拼接缝，焊缝间隙符合焊接规范要求，保证底板的整体长度和宽度与图纸相符，并使底板的两条对角线相等。作业时严格按照焊接工艺进行焊接，必要时利用夹具以控制变形。焊缝避开开孔区域且应相互错开。底板整体组合后，在全范围内弯曲度要求控制在20mm以内。长度、宽度和对角线数据误差在3mm以内。然后用样冲在四边中心作标记，以便侧板安装时中心找正。

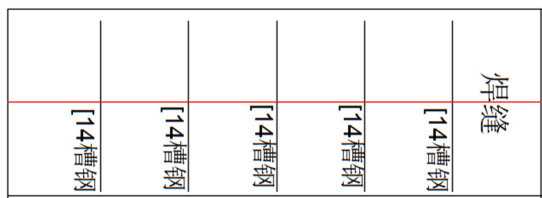
## 2. 底板组合（着重注意防变形措施）

将底板散件倒运至离安装位置最近的拼接场地，组合前依据清单清点数量，核对材质、规格，检查设备并确认无缺陷后，将底板底部朝下坡口对准后检查水平度、管板中心点、外形尺寸及对角线尺寸等后先施点焊。在表面焊临时加强筋（工字钢）防止变形。

壳体是凝汽器的主要组件，用钢板焊接而成。钢板在吊装、运输、倒运等情况易发生变形，对此采取相应的防变形措施：当设备存放时，壳体应垫平、垫实，起吊点应绑扎在壳体结构结实部位，起吊平稳，防止发生永久变形。

(1) 底板在组合前放到预先铺设的平台后调整好尺寸，将坡口清理打磨干净，进行对口。

(2) 检查每块底板的对角线公差及平面度情况，平面度大于6mm时必须校正，然后再拼接，过程中整体用水平仪找平点焊（每隔500mm焊50mm），然后沿焊缝垂直方向每隔1.5米点焊一根4米长[14槽钢进行加固，防止变形，方法见下图：



底板组合加固

(3) 在施焊时采用分段退步跳焊、交错施焊的方法进行焊接，打底焊缝要有一定的焊缝高度，在焊接过程中时刻敲击焊缝，以减少应力，分散热量；层间焊接要及时清除药皮、焊渣；并在焊接过程中观察板的变形情况，及时调整焊接顺序，减小焊接变形。当变形大于3mm时，停止焊接，查找原因，用大锤锤击焊缝消除应力，等恢复后继续焊接。对变形部件采用火焰加热后进

行热态处理，校平、校直后，焊上临时筋板加固。

## 3. 侧板组合

凝汽器左右两侧的侧板现场分块到货。使用汽机房行车将侧板运输到安装的具体位置并用倒链接钩，调整到最佳位置。组合步骤：首先将同一组的侧板组合在一起，几块侧板调整时要求与底板相同，准确无误后方可进行焊接，焊接时采用二保焊的方法逐步调整，确保侧板不变形。焊接后在侧板上下边缘用样冲作中心标记。左右侧板各分2块到场，底板就位后在底板上组合安装。

## 4. 疏水扩容组合安装

侧板安装之前需将凝汽器疏扩进行组合预存，受空间限制，侧板安装后对疏扩就位造成更大的施工难度，所以需注意设备到货顺序，疏扩需提前到货组合安装，否则造成安装工作量增大。合理的到货顺序有效缩短施工工期。

## 5. 侧板与底板组合

侧板组合结束后，使侧板就位，底板中心必须与侧板底边中心重合，偏差 $\leq 1\text{mm}$ 。调整垂直度，使侧板和底板的夹角成 $90^\circ$ ，采用吊线坠的测量方法确保垂直偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ ，准确无误后断焊加临时支撑，以保证侧板不发生位置变动。底板与侧板之间的角焊通过断焊固定，防止发生变形。左右两侧侧板与底板组合焊接完成后，用钢卷尺，拉力计校核几何尺寸，应符合图纸设计要求，长度误差在3mm以内，同时两侧侧板应平行，并且从侧板上下中心到侧板两侧上下边缘的距离全部相等，保证侧板横向垂直，以便于管板的安装。

## 6. 隔板安装

安装前每一道隔板都要设立检查孔，且检查孔应是一一对应的。每一块隔板上至少要有三个检查孔。以检查孔为基准，对检查孔的纵横中心进行画线，并在三个检查孔做明显标志，且每个孔的位置在隔板上是一一对应的。查看隔板编号，编号位于隔板上下端面，装配时按编号及正反面顺序进行，使用汽机房行车将隔板运输到安装的具体位置并用倒链接钩，调整到最佳位置进行组装，待隔板就位后，将相邻隔板穿入拉杆（双头螺栓拉杆），进行临时固定。按同样方法将另一侧隔板逐片就位，并穿拉杆。保证其垂直度偏差不大于 $1\text{mm/m}$ ，管孔平直度不大于 $2\text{mm}$ 。

## 7. 管板安装

安装前每一道管板都要设立检查孔，并与管板检查孔与隔板检查孔相对应。管板安装注意管板上的编号，

前后管板上的编号与前、后水室上的编号匹配，管板对底板应垂直，垂直偏差应不大于1mm/m，两端管板标高应与图纸一致，进出水侧管板平面应平行，板间距经分区多点检查，其偏差应在-20 ~ 0mm之内，以确保管子长度够用。

#### 8. 隔板调整

调整隔板，使其垂直于底板，垂直度每米不大于1mm，总量不大于8mm。隔板距离偏差应不大于2mm。用钢丝悬重锤找正隔板的管孔同心度，重锤重量为10Kg。找同心度测量时应应对钢丝垂弧数值进行修正，以保证端板、隔板的同心度。根据图纸要求的抬高值对隔板进行调整，保证隔板的均匀抬高。隔板全部找好后进行平直度调整。调整完毕后进行点焊固定。调平隔板采用拉杆调整法，加工稍大于1/2隔板之间距离的拉杆，两端挑扣。

隔板调整结束后，进行多点试穿，检验隔板的调整效果。隔板找中结束后钢丝不要马上拆除，在壳体加固过程中需要随时监测隔板的对中。

#### 9. 校验尺寸

凝汽器本体组装结束后，校验各部分尺寸，如有不符合厂家设计要求及验收规范标准的项目，进行二次校正，使其达到厂家设计要求。再及时通知相关负责人进行验收，待验收合格可进行下一道工序。

#### 10. 整体焊接

以上工序全部结束后，进行壳体的整体焊接，焊接时严格按照焊接工艺进行，确保壳体变形控制在要求范围之内。

### (三) 喉部组装及低加穿装

1. 在壳体顶部拼接、组合喉部侧板及喉部前、后端板下半并与壳体顶端板、侧端板点焊牢固，组合好后使用临时支撑加固（错开正式支撑位置）。检查喉部的内部支撑，确保焊接牢固、安装结束。

2. 喉部内部支撑管系安装时，按照厂家提供得图纸数据进行安装，焊接时注意图纸中对接焊的要求，考虑到低加穿装就位，阻碍低加穿装的支撑可先不安装，待低加就位后再安装。

3. 将低加穿装到位。再拼接前、后端板上半安装喉部管撑并预存七、八抽汽管道等。待喉部框架焊接牢固后放置、组合接颈，在起吊、存放过程中严禁损坏接颈的波形部分，必须保证接颈对接不错位并调整接颈与低压缸的间隙尺寸。

### (四) 凝汽器内部清理及壳体临时封闭

对凝汽器内部的焊接飞溅、残余药皮、临时焊件切除后的飞溅，进行打磨清除；从接颈最上面的一层支撑管开始，从上到下彻底清扫，并将底板上的杂物清除干净。在壳体上方喉部下方用木板、铁皮以及防火布做临时穿管封闭，全部清理完后，管板清洁无污后方可进行穿管工作。

### (五) 不锈钢管穿装、胀切、焊接

1. 不锈钢管穿管前，凝汽器壳体顶部临时封闭，进行内部清理。冷凝管在正式穿装前，抽取0.5 ~ 1/1000进行压扁试验，扩张实验，抽取5%进行涡流探伤试验。整箱倒运时必须采用多点吊挂的形式，防止冷凝管变形。管子表面应无裂纹、沙眼、腐蚀、凹陷、毛刺和油垢等缺陷，管子内应无杂物和堵塞现象。然后进行不锈钢冷却管试穿，应使不锈钢管能顺利的穿入，每只管束检查合格后方可穿管。穿管时，不锈钢管要用导向头，穿管顺序从上到下依次穿入。穿管用力均匀，不允许强行推拉、弯扭以免损伤冷却管表面。

2. 管子正式胀接前应先进行试胀、试切，合格后在管板四角及中央各胀一根标准管，以检查两端管板距离有无不一致和管板中央个别部位有无凸起，造成管子长度不足等情况，同时检查胀接质量是否符合技术要求，胀接程序应根据管束分组情况妥善安排，不得因胀接程序不合理而造成管板变形；正式胀管应先胀出水侧，同时在进水侧设专人监视，防止冷却管从该端旋出损伤；胀接好的管子应露出管板1 ~ 3mm，管端光平无毛刺；管子穿完后，在出水边预留0 ~ 0.5mm找平后，在另一侧用割管工具割去多余长度，留下0 ~ 0.5mm。胀管每结束一个分区，应立即将塑料薄膜恢复严密覆盖。胀管结束后测量管板平直度，同时在胀了数十根管子后要检查胀管器头部，如有毛刺要用锉刀修理，防止损坏管子内壁。

### (六) 凝汽器与低压缸连接

焊接时应在低压缸四角架12块百分表监视，每角应架表3块，纵、横、垂直方向各架块，在前后转子轴颈垂直、水平处也各架一块表。施焊时，并设专人监视，当任一表数值大于0.10mm，缸体对称位置的变化差值大于0.05mm，对轮上的变化大于0.05mm或台板间隙出现大于或等于0.05mm间隙时，应立即停止施焊，并用敲打焊缝的方式消除内应力，待各表计复原后再行施工。若出现不能恢复时应要求焊工调整施焊顺序，达到上述要求。

### （七）整体验收

凝汽器安装完毕先进行自检，发现问题及时整改，处理完毕后，通知相关负责人严格按照相关规范标准及厂家设计要求进行整机验收。

### （八）后续工序

上述过程完成后进行凝汽器附件安装，为保证凝汽器能够正常投入使用，还要进行水压试验。为确保机组的运行性能，凝汽器在投入运行前，水侧应做水压试验，汽侧进行灌水试验，真空系统进行密性试验。水压合格后，汽轮机凝汽器即可投入使用，使用过程中，密切监视冷凝器各法兰结合面密封情况，从而使该设备运行达到更好的效果。

### 结束语

本文以某电厂凝汽器组合安装为例，凝汽器组合安装要点、难点进行阐述，本文所述施工方法针对性强，工序紧凑，保证了凝汽器安装质量。通过本文施工工艺要点阐述，希望能为以后同种机组安装提供参考。

### 参考文献

- [1] 颜伟. 火力发电厂汽机凝汽器安装技术, 2023-06.
- [2] 朱春元. 火力发电厂汽轮机凝汽器安装技术研究. 建筑技术科学, 2025-03.
- [3] 吴义常<sup>1</sup>, 李冲<sup>2</sup>, 边海鹏<sup>2</sup>. 浅析火力发电厂汽机凝汽器安装技术. 工程地质学, 2020-11.

