

田湾核电站凝汽器拼装

Erection of Condenser in Tianwan Nuclear Power Station

彭腊连

(江苏省电力建设第三工程公司, 江苏 镇江 212003)

介绍了凝汽器拼装的施工特点、施工过程、发生的问题及解决方案。从保证质量、安全、进度出发, 对田湾核电站凝汽器拼装技术进行总结, 并在工程中加以应用和推广。

凝汽器; 拼装; 质量; 安全; 进度

Abstract: This paper introduces the characteristics, processes, problems and solving methods for erection of the condensers in Tianwan nuclear power station. For ensuring the quality, safety and schedule, the assembly technology has been exploited, summarized and applied in the project.

Key words: Condenser; Assembly; Quality; Safety; Schedule

江苏田湾核电站一期工程为2×1000MW压水堆核电机组, 每台机组配备4台俄罗斯生产的组合式凝汽器, 型号为1000KII-82000-1, 特点是双路平行进水、单流程、双背压。其冷却面积为8万m²、冷却水管为钛管。这4台凝汽器分成2组, 每组由高、低压冷凝器串联。凝汽器安装在弹簧支架上, 可以吸收汽缸及设备的热膨胀, 与低压排汽缸刚性连接; 凝汽器用碳素钢板作为牺牲阳极防腐蚀, 水室整体用不锈钢制造, 凝汽器的喉部分支管焊在汽轮机低压缸的排汽口上。

凝汽器在电站运行中起着重要作用。正常运行时, 凝结来自汽轮机的排汽, 并对冷凝低压缸排汽所产生的凝结水作为回热系统的介质, 提高了电站的经济效率。在汽机跳闸和紧急甩负荷时, 蒸汽排入其中, 把汽轮机旁路掉, 避免蒸汽进入汽机损坏汽机部件; 凝汽器拼装质量是保证汽轮机安全、经济运行的重要保障。

1 拼装施工特点

(1) 田湾核电站的凝汽器布置较以往火力发电厂不同, 火电厂的凝汽器底部一般与地面齐平, 而此电站凝汽器布置在厂房的-4.9 m层(厂房地面标高为+8 m), 除与低压缸连接的喉部外(喉部与上壳体的连接处在9.4 m), 其它部位布置在地平线下。

(2) 田湾核电站的凝汽器组件多, 单件重量大, 每台凝汽器壳体主要分19个组件供货。另外, 每块侧墙板组件均以8块钢板形式供货, 需现场组装。组件中最重的为带有内置式低加的组件, 其重量为29.3t。

(3) 凝汽器体积大, 拼装工作量大; 现场环境复杂, 与土建交叉作业多, 组件吊装工作半径大, 超过30m。凝汽器喉部分支管待汽轮发电机基础浇筑、养护、拆模后方可就位。履带吊吊装区域与1号常规岛土建承包商的2, 3号塔吊一直存在交叉作业。

(4) 凝汽器在进行拼装工作时, 汽机房已施工至+16m层, 凝汽器四周的混凝土结构已施工完, 上部的汽轮发电机基础尚未施工。

(5) 俄罗斯提供的设备缺陷多, 设备长途运输造成变形严重, 导致凝汽器施工的校形工作量有所增加。

2 施工准备

凝汽器体积大, 拼装工作量大, 占地广, 因此, 施工前的准备、场地规划工作尤其重要。凝汽器两两拼装, 先拼装2台, 过1个月后再开始拼装另外2台, 侧墙板的拼装错开进行。

由于凝汽器布置在汽机厂房的下部, 基础周围无凝汽器拼装空间, 且整台凝汽器重量大, 无法在其它地方进行拼装后用拖运或吊装的方法就位, 只能在基础上进行拼装组合。凝汽器基础为4只砼支墩, 在每台凝汽器基础上方架设一临时平台作凝汽器拼装用。

田湾核电站汽机房A排紧靠循环水泵房, 无拼装和吊装场地; 紧挨G排有一电缆隧道, 其外侧除有一排水泵站外, 均为空地, 故在G排外侧圈出凝汽器堆放场地, 并架设一简易操作平台进行凝汽器侧墙板的拼装。

综 述
核 电 设 计
工 程 管 理
工 程 建 造
运 行 维 护
核 安 全
核 电 前 期
核 电 论 坛
核 电 经 济
核 电 国 产 化
质 量 保 证
核 电 信 息

由于每台凝汽器壳体主要分19个组件供货，其拼装工作由下而上分截进行，为保证上下段顺利对口，每拼装完一段后检查其四周及对角线尺寸是否符合设计要求。凝汽器侧墙板分8块供货，如在凝汽器上进行拼装，板材对口工作、焊接难度均加大，且不易控制变形，故在凝汽器堆放场地搭设一简易平台进行侧墙板的拼装。

3 凝汽器拼装

3.1 主要工作流程

凝汽器拼装的主要工作流程见图1。

3.2 焊接变形控制

凝汽器拼装过程中，容易出现焊接变形。当焊接变形严重时，会引起上下错口很大，并导致返工。应采取的措施来控制焊接变形。

(1) 对底板和侧板的对接拼缝，由2名焊工从中心向两端采取对称分段逆向跳焊法施焊，每段长400mm，端部长不足150mm时与相邻段合并作为一段，超出150mm时作为单独一段。2名焊工的速度应基本保持一致。

(2) 4面侧板组装时的安装立缝，采取由4名焊工分别位于四角对称施焊，每名焊工均采取分段跳焊法施焊，分段方法与底板分段一致。4名焊工的速度应基本保持一致。

(3) 先焊接颈与上壳体连接缝、再焊接颈与低压缸连接缝。每条环缝均由4人分别位于4面、采用对称分段逆向跳焊法施焊，分段方法与底板分段一致。4名焊工的速度应基本保持一致。

(4) 焊接前，焊缝处用2m长槽钢（侧墙板用整根槽钢）加固。加固时，槽钢与焊缝成十字，每隔2~3m一根，并与壳体分段点焊。

(5) 局部焊接变形超标时，采用千斤顶并辅以火焰加热方法将变形纠正，然后再进行对口工作。

(6) 施工过程中需要进行检验或控制变形时，必须服从质检和技术人员的统一指挥。

3.3 吊装方案

(1) 凝汽器供货最重的组件是带有内置式低加的组件（重量为29.3t）；除此组件外，其余组件均可用250t履带吊直接吊装就位；此时，250t履带吊选用工况为：主臂式，扒杆长51m，工作半径34m时最大起重能力为25.9t。吊装带有内置式低加的组件时，采用150t履带吊及250t履带吊双机抬吊的方案就位；组件下车时，可先将其吊至汽机房内，其中心与凝汽器中心重合；抬吊时，150t履带吊工况为：扒杆长57.9m，压重62.3t，工作半径为33.7m，最大起重能力为15t；250t履带吊工况为：扒杆长51m，工作半径为34m，最大起重能力为25.9t。

(2) 吊装示意如图2所示。

(3) 吊车负荷计算

抬吊扁担两吊耳距离为8.3m，扁担及与组件相连的钢丝绳总重约0.8t，抬吊时负荷分配如下：

其中：

F：抬吊总重量，即带有内置式低加的组件与扁担钢丝绳总重量；

F1：抬吊时150t履带吊钩头受力；

F2：抬吊时250t履带吊钩头受力。

根据已知条件：

$$F = 29.3t + 0.8t = 30.1t,$$

$$8.3 \times F_2 = F \times 5.35,$$

$$F_1 = F - F_2$$

求得：

$$F_1 = 10.7t,$$

$$F_2 = 19.4t.$$

这时，150t履带吊钩头和吊装钢丝绳重量和为0.9t，负荷率为 $(10.7 + 0.9) / 15 = 77\% (< 80\%)$ 。250t履带吊钩头和吊装钢丝绳重量和为1.2t，负荷率为 $(19.4 + 1.2) / 25.9 = 79.5\% (< 80\%)$ 。

4 发现问题及处理方案

(1) 安装和土建图纸会审时，发现G排侧的水室大门、每组高低压凝汽器组的外侧循环水连通管在凝汽器隔板组件就位后无法引入，对此，在拼装平台搭设完成后就将其引入至-4.9m层地面；每组高低压凝汽器组的里侧循环水连通管，其供货状态是不锈钢钢板，因钢板面积大，在凝汽器拼装完成后无法吊入，考虑到成品保护，在2号低加水封装置就位前从其留孔处引入。

(2) 汽轮发电机弹簧减震基础在凝汽器拼装完成3个月后才开始施工，因凝汽器喉部影响汽轮发电机基础施工，故安排喉部分支管缓装，在基础浇筑、养护、拆模、场地清理后就位。

(3) 用螺杆固定管板时，俄方未在管板与钢质垫圈之间设计橡胶垫，考虑到设备防护，在管板与钢质垫圈之间垫以橡胶垫。

(4) 俄供设备、材料缺陷比较多，加上长途运输造成设备变形大，1号机组发生25项有记录的不符合项，针对这些情况作了如下处理：

① 许多组件的外形尺寸偏小，致使拼装时组装尺寸和对口间隙无法同时保证。对此组装时，先保证外形尺寸，再对组件对口处进行补焊、打磨，保证对口间隙及坡口角度符合要求；

② 组件坡口角度不符合焊接要求。对坡口角度小的重新打磨，使其符合要求；对坡口角度大的先进行补

焊，然后再进行打磨，使之符合要求；

③对口处不平直，对口时引起局部间隙过大。对此，修整间隙比较小的对口边，对间隙过大处补焊进行打磨，保证对口间隙符合要求；

④有2块侧墙板拼板有较大裂纹。对此重新购买钢板、进行更换；

⑤4号凝汽器热井在拼装时，两侧焊缝未按防变形措施用槽钢加固，结果在焊接时产生较大的焊接变形。对此，用氧乙炔焊烘枪在变形处加热，并用千斤顶顶压的方法将其矫正好。之后，其它类似焊缝焊接前均先用工字钢进行加强再进行焊接，焊接变形均得到了控制。

通过落实各项有效措施和严格进行过程控制，凝汽器拼装工作得以优质、经济并提前完成，其各项检测数据符合制造厂图纸的要求，现场施工及管理均得到了业主、监理部门的高度评价，为常规岛其它工作的开展打下良好的基础。这与超前规划、整体协调、变形预控措施的落实是分不开的。