

660MW 汽轮机大修中持环挂耳调整检修

王良瑞

国家电投集团贵州金元股份有限公司纳雍发电总厂, 贵州 毕节 553303

DOI:10.61369/EPTSM.2025050012

摘 要 : 随着我国经济的发展, 社会对电力资源的需求量与日俱增, 660MW 超临界汽轮机在我国电力生产中起着不可或缺的作用。国内 660MW 超临界汽轮机中, 缸内持环多为采用悬吊式支承, 这种支承方式均采用两侧挂耳结构。在机组检修过程中, 持环两侧挂耳调整尤为重要, 机组挂耳数量多, 检修调整工作量大, 对检修人员技术水平要求较高。本文主要结合现场检修工作经验, 以中压第一级持环为例, 对挂耳膨胀间隙与防跳间隙的测量以及在调整相关间隙过程中要注意的细节加以叙述。规范的检修工艺才能为设备安全、稳定、高效的运行提供有力保障。

关 键 词 : 660MW 超临界机组; 悬吊式支承; 挂耳; 膨胀间隙; 防跳间隙; 检修工艺; 安全运行

Adjustment and Maintenance of the Retaining Ring and Hanging Ear During the Overhaul of a 660Mw Steam Turbine

Wang Liangrui

Nayong Power Plant of Guizhou Jinyuan Co., Ltd. of State Power Investment Corporation, Bijie, Guizhou 553303

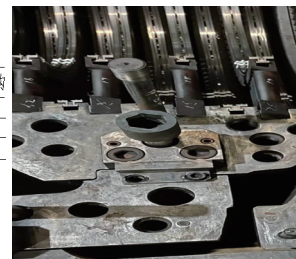
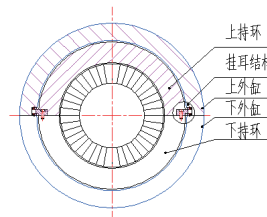
Abstract : With the development of China's economy, the demand for electric power resources in society is increasing day by day. The 660MW supercritical steam turbine unit plays an indispensable role in China's electric power production. In domestic 660MW supercritical steam turbine units, the suspension-type support is commonly used for the carrier ring inside the cylinder, and this support method adopts a double-side hanging ear structure. During the maintenance process of the unit, the adjustment of the hanging ears on both sides of the carrier ring is particularly important. There are many hanging ears on the unit, and the maintenance and adjustment workload is heavy, which requires high technical skills from maintenance personnel. This article mainly combines on-site maintenance work experience, taking the first-stage intermediate pressure carrier ring as an example, to describe the measurement of the expansion gap and anti-bounce gap of the hanging ears, as well as the details to be noted during the adjustment of relevant gaps. Standard maintenance processes can provide strong guarantees for the safe, stable, and efficient operation of equipment.

Keywords : 660MW supercritical unit; suspended support; hanging ear; expansion gap; anti-bouncing gap; maintenance process; safe operation

一、挂耳结构支承介绍

国内 660MW 超临界汽轮机中, 汽缸内部持环、平衡股、内轴封、内缸等部件多采用悬吊式支承, 这种支承主要靠两侧挂耳对称悬吊在外部汽缸中分面上, 使两侧挂耳承受持环全部重量, 不让持环与下内缸槽道直接接触, 给持环留出弧背间隙, 底销顶部间隙, 便于机组正常运行时, 持环受热膨胀, 同时也遵循了汽轮机中分面原则。挂耳结构主要有挂耳、上下调整块、调整垫片及其固定螺栓几部份组成, 挂耳通过螺栓固定在下部持环中分面的边缘上, 下调整块通过螺栓固定在下部内缸或下部外缸中分面上, 上调整块通过螺栓固定在上部内缸或上部外缸凹槽内, 调整垫片介于调整块与汽缸之间, 挂耳压在下调整块上, 通过调整挂耳下方调整块和调整垫片的厚度可实现持环洼窝中心垂直与水平两个方向的调整。挂耳与上调整块之间留有一定间隙, 便于挂耳

受热膨胀的同时也能限制持环在复杂工况下可能产生的剧烈震动, 该间隙称为防跳间隙。挂耳与上持环之间留有一定间隙, 便于机组正常运行时挂耳受热向上膨胀, 称为挂耳的膨胀间隙。^[1]



二、挂耳的间隙测量与调整

当持环经过中心调整及机组长时间运行过程中挂耳松动重新

作者简介: 王良瑞 (1996.10-), 男, 汉族, 贵州人, 学历: 本科, 职称: 助理工程师从事的研究方向: 火电厂汽轮机及附属设备运行维护及检修。

固定后，挂耳的水平高度会发生一定变化，这将改变挂耳的膨胀间隙与防跳间隙，需要进行一定处理以达到规定要求，保障机组检修质量。^[2]

（一）解体工作注意事项

1. 在首次揭开外缸、内缸、持环时，需要检查各挂耳以及上调整块是否固定牢固，是否有固定螺栓断裂等因素而引起的挂耳松动情况，检查挂耳及调整块表面是否有磨损情况，如有磨痕需修锉处理。

2. 拆卸各上下调整块固定螺栓，取出调整块及调整垫片，测量各调整块及对应调整垫片厚度并做好记录，再使用白布包裹进行妥善保管，并标注名称便于区别。在调整块固定螺栓拆卸过程中，经常遇见螺栓难拆卸或螺栓断裂情况，在拆卸前可使用煤油或松动剂浸泡螺栓4h左右，再进行拆除，如无法拆卸，可使用烤具对螺栓进行快速加热，使螺栓伸长，释放预紧力后拆卸螺栓。如在拆卸过程中致使螺栓断裂，可在断螺栓中心钻一比螺栓小径小0.5~1.5mm的孔，用小窄凿小心地凿出螺纹第一牙，再用钢丝钳将残余螺纹拉出即可。

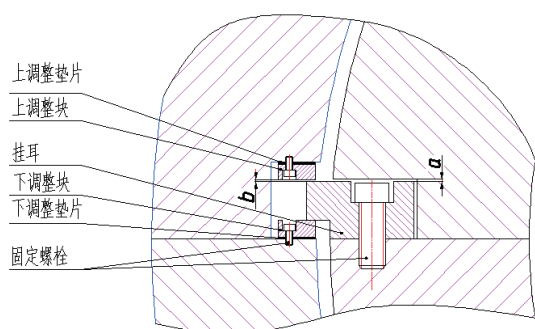
3. 使用丝锥对各螺栓孔进行理芽，用砂布将各接触面打磨干净，检查各调整垫片或调整块是否有毛刺，如有则需进行处理，使各部件达到装复条件。

（二）挂耳膨胀间隙与防跳间隙测量。

1. 该工艺检修可在持环中心调整后与汽封调整工艺同步开展进行。

2. 擦拭干净上下持环中分面后，装复上持环并锁紧1/3螺栓，使用塞尺检查持环接合面间隙，要求做到0.05mm不入，否则应检查是否有局部顶死的情况，或者中分面存在间隙没处理合格。

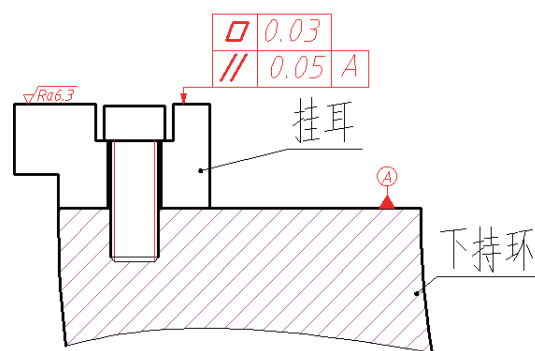
3. 使用塞尺测量挂耳与上持环凹槽之间的间隙，并详细记录各个点的间隙大小，测量出的最小值即为该挂耳的膨胀间隙a。在膨胀间隙调整完成后，在挂耳露出的地方沿着前后方向并排放置两颗铅丝，选用厚度为间隙设计值*(1.25~1.5)的铅丝，装复内缸并锁紧内缸1/3螺栓，使用塞尺检查内缸接合面间隙，要求做到0.05mm不入，拆卸内缸之后使用外径千分尺测量铅丝各个点厚度，并详细记录各个点的数据，测量出的最小值即为挂耳的防跳间隙b。（注：膨胀间隙a与防跳间隙b如下图所示。）



（三）挂耳膨胀间隙调整

1. 根据测量数据，需将膨胀间隙a调整到0.13mm~0.25mm范围内，具体每个位置所对应间隙还需按照文件包或图纸要求执

行。若间隙过大，可通过增加挂耳厚度的方法以达到调整目的。先测量挂耳与持环中分面原始高度，再通过对母材进行焊接性分析，从焊接材料，焊接方法，工艺参数等方面分析后实施对挂耳表面进行堆焊，待自然冷却后对挂耳进行打磨，打磨掉堆焊出的多余部份，在打磨时要求做到挂耳表面粗糙度小于等于6.3，平面度要求小于等于0.03mm，相对于下持环中分面平行度达0.05mm以下。可使用研磨平板的方法以达到相关技术要求，可先在挂耳平面的四个角上将挂耳厚度打磨到目标值，打磨时时刻注意厚度变化，使用深度尺测量与持环中分面的距离变化，直到到达目标值后停止打磨，涂抹上红丹，标记好四个参照点，再使用磨光机整遍打磨挂耳，要交叉打磨挂耳，以四个点为参考，直至厚度接近四个点停止整遍打磨，开始吃点子研磨平面，在挂耳上涂抹红丹，用小平板对着挂耳表面来回磨，再用磨光机打磨掉局部凸起，最终整个表面所有位置均有点接触（包括四个参考点也存在点接触），接触点均匀分布在整个表面上，接触点密实且无硬点，接触面积在75%以上，最后使用锉刀和砂纸去除表面及边角毛刺。如间隙过小，则在以上调整方法中省去堆焊，即可实现调整目的。在膨胀间隙调整结束后，复测膨胀间隙是否合格，若仍不合格，需按照以上步骤再次调整，直至合格为止。



2. 挂耳的膨胀间隙调整结束后，进行挂耳的防跳间隙b调整，根据测量数据，需将防跳间隙b调整到0.15mm~0.20mm范围内，具体每个位置所对应间隙还需按照文件包或图纸要求执行。若间隙过大，可增加上调整块与上内缸之间的垫片厚度，要求垫片总数不超过3张，且垫片平整无毛刺。若间隙过小，可通过减少垫片数量，如垫片减完也无法满足垫片间隙要求，可以通过打磨调整块厚度以满足间隙要求，打磨调整块厚度与打磨挂耳为同样方法。在膨胀间隙调整结束后，复测防跳间隙是否合格，若仍不合格，需按照以上步骤再次调整，直至合格为止。全部调整合格后，更换所有调整块固定螺栓，装复所有上调整块及调整垫片，注意垫片不得有漏出调整块部份，调整块的固定螺栓不得有凸出调整块部份，否则螺栓将与挂耳顶死，导致外缸无法正常装复。

三、挂耳承力分配及接触检查

（一）两点悬挂及多点悬挂式挂耳检修

持环或内缸均采用挂耳结构支承其自身重量，同时满足其配

合要求，但持环和内缸存在一组（左右侧共两个）挂耳与两组挂耳（左右侧共四个）的区别，其对应检修也存在不同要求。^[3]

（二）在持环或平衡轭类单组挂耳设备上

重量均匀分布在两个点上，自然不存在重量分配不均情况，在设备放入就位后还应该使用0.02mm 塞尺检验挂耳下部是否还存在间隙，以防止因为设备其余部分摩擦或其他原因致使部件未放入到位情况发生。同时还要保障挂耳下部与调整块之间、下部调整块与下缸之间两个受力平面接触均匀。对应在检修中，应该让挂耳下方的调整块表面平整，在满足两个平面的平行度形位公差小于等于0.03mm 前提下，还应该研磨两个接触平面。研磨分为粗磨与精磨两个步骤进行，首先粗磨应该在调整垫片配合的另一个面上涂抹红丹，对研检查调整垫片接触情况，然后使用角磨机修刮平面上的凸起部位，反复对研检查，直致整个面接触均匀为止，达到粗磨要求，再进行精磨。精磨可将红丹涂抹到调整垫片平面上，反复对研，再使用角磨机修刮加工面上的痕迹，反复多次研磨，直致整个平面上的接触点占整块平面的75% 以上。这样才能使设备重量均匀的分布在整个挂耳平面上，避免接触点过少导致尺寸精度改变或震动因素的产生。

（三）高压内缸、中压内缸和低压内缸

因为缸体在机组中纵向尺寸较长，单组挂耳难以保证设备安装的平稳性，均采用的是两组挂耳，四个位置受力的结构方式。因为转子轴系存在一定趋势扬度的原因，缸的前后洼窝中心自然需要分开调整，而两组挂耳刚好能够满足这一条件可实现前后分别调整。在调整时尽量做到两侧调整垫片厚度一致，当洼窝左右不一致时，差值较少情况下可通过增减调整垫片厚度，如果差值过大，则需要调整缸底部的底销。当所有调整工作结束，还需要使用0.02mm 塞尺，检测四个挂耳底部的接触面是否存在间隙，需要消除翘脚的情况，使四个承力点均能分担设备的重量。

四、结语

汽轮机中分面原则中，持环的挂耳结构有着重要作用，对挂耳的检修要求做到“精”与“细”，从检修的工艺优化，流程管理，质量验收三方面着手，严格执行三级验收把关，提高挂耳结构检修质量，是降低设备故障发生几率的有效办法，故障的减少能大大降低企业的经济损失。

参考文献

[1] 张磊，《汽轮机设备检修》[M]. 中国电力出版社，2012.
[2] 汪玉林，《汽轮机设备检修实用技术》[M]. 中国电力出版社，2012.
[3] 尹鲁，李明涛，浅谈汽轮机的常见故障及检修方法[J]. 中国新技术新产品，2011.