

### 田湾核电站循环水泵安装

#### Erection of Circulation Water Pumps in Tianwan Nuclear Power Station

陈明辉

(江苏省电力建设第三工程公司, 江苏镇江, 212003)

**摘要** 循环水泵主要是向汽轮机的凝汽器供给冷却水, 因此循环水泵安装质量的好坏将影响凝汽器出力, 严重时, 会引起汽轮机停机事故。田湾核电站四台循环水泵中无备用泵, 因此水泵安装质量对机组运行的重要性大大提高。从保证安装质量出发, 针对循环水泵安装技术进行探索、总结, 并在工程中加入应用和推广。

**关键词** 循环水泵 中心 间隙

**Abstract** The circulating water pumps supply the cooling water to condenser of turbine. So the erection quality of circulating water pumps will affect the efficiency of condenser, and it will cause the shutdown of steam turbine at bad circumstances. There is no standby pump to four circulating water pumps at Tianwan Nuclear Power Plant, therefore the erection quality for circulating water pump is vital for unit operation. For ensuring the erection quality, the erecting technology have been exploited, summarized and applied in the project.

**Key words** Circulating water pumps Center Clearance

田湾核电站循环水配套的循环水泵为轴流式水泵, 立式布置, 俄罗斯生产, 型号为0B2-185E,  $Q=12.3/9.7\text{m}^3/\text{S}$ ,  $H=12.5/9.7\text{mH}_2\text{O}$ 。水泵电机为双速马达, 可调整流量, 以满足凝汽器的冷却需求。电机重量为31 t, 为散件供货, 至现场后组装。水泵重量37 t, 均为散件供货, 现场最大起吊重量为11 t, 运至现场后组装。

由于我公司安装该类型水泵经验较少, 经专业人员查看图纸及设备到货后发现与常规混流式水泵安装比较有以下几点不同:

- (1) 散件供货, 拼装工作量大;
- (2) 转动部分分段到货, 轴线长;
- (3) 动静部分间隙小;
- (4) 安装精度要求高;
- (5) 俄罗斯提供的设备存在部分缺陷(1号常规岛发现并确认的共有17项不符合项)。

根据此工程特点, 并结合我公司以前安装循环水泵的经验和教训, 我们从前期技术准备、中间过程质量控制等多方面加大投入, 加强管理, 并取得显著的收效。

#### 1 施工准备

综 述  
核 电 设 计  
核 电 管 理  
工 程 建 造  
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  
核 电 质 量 保 证  
核 电 信 息

(1) 建筑准备：对循环水泵基础进行表面检查，并对基础及结构部分标高、中心等项目进行复核；

(2) 垫铁准备：现场配制的平垫铁及俄供垫铁均进行研磨，以确保设备就位后，垫铁之间及设备与垫铁间用0.05 mm塞尺塞不进。垫铁装好后应在接缝处点焊牢固。

(3) 设备安装前物项准备：包括文件、外形尺寸、各接触面、泵轴、轴承等检查项目。

## 2 设备安装

设备安装主要工作流程：基础准备→设备领用及安装前检查→泵体固定部分安装→泵轴与转动部件安装→电动机定子安装→电动机转子吊装→联轴器连接，测定机组摆度→检查验收

### (1) 泵体固定部分安装

1) 冷却水泵固定部分安装主要包括出水弯头、扩散器、导流体、吸水管及叶轮室。

2) 根据安装标高就位扩散器，调整中心标高及水平。

3) 将导流体就位，制作临时框架，将泵叶轮吊入放置在临时框架上。将出水弯头就位，用挂钢丝绳法检查主轴密封端、导轴端及底座法兰之间的同心度，用内径千分尺测量三者之间的同心度。

4) 在导流体与扩散器正式连接后，复查其水平、标高与垂直同心情况，确认合格后对底座及底板垫铁点焊进行二次灌浆；在灌浆前检查出口管标高，确保与电机标高相符。

(2) 根据装配图进行循环水泵工作平台和爬梯的装配

### (3) 泵轴与转动部分部件安装

1) 在上部法兰上安装轴提升装置，将泵轴吊装到主轴孔内，安装在用来悬吊泵转子的安装位置上，该装置安装在排出管道的支管上。将提升装置从轴上移走，连接泵轴与转子，按紧固力要求紧固螺母，使用一个0.03 mm的塞尺检查轴与转子套的贴合情况。紧固好螺母以免在焊接垫片时螺母脱落。

2) 用螺栓千斤顶调整泵轴高度，使叶轮与叶轮室之间的间隙均匀，间隙控制在1.5~2 mm，同时主轴联轴器法兰平面的水平斜度在0.05 mm/m内。

3) 为便于电机转子安装，在电机转子安装前用螺栓千斤顶将泵轴从设计高度标记上向下降15~20 mm。

### (4) 电动机定子安装

根据安装好的水泵联轴器端面标高（泵轴未下降前）定出电动机定子基础标高，这一标高必须严格掌握好，否则当水泵轴和电动机轴连接时会使得叶轮中心标高偏离设计值。为此下机架的安装应使定子标高符合上述要求，其偏差小于1 mm，与水泵底座中心偏差小于1.5 mm，机架水平偏差在0.10 mm/m以内。定子就位后，用挂线锤方法以泵轴联轴器为中心找正定子的中心位置，此时定子与下机架的结合面严密，用0.05 mm塞尺检查塞不进。定子吊装前应对冷油器做严密性试验。

### (5) 电动机转子吊装

1) 电动机转子吊装时在各磁极部位加装临时保护垫片（青壳纸），防止碰伤转子或绝缘。利用千斤顶顶起电机转子，然后抽出所垫的青壳纸。

### 2) 推力轴承安装

· 检查推力盘光洁平整无损伤，推力瓦块乌金无夹渣、气孔、凹坑、裂纹及脱胎等缺陷。

· 推力瓦与推力盘接触检查，用涂色法进行，要求每平方厘米有2~3点接触。

· 检查推力轴承各绝缘部件光洁无翘曲及缺陷，其绝缘电阻小于0.5 MΩ。

· 推力头、卡环和轴的配合尺寸应经测量，确认与图纸符合，键槽尺寸正确。

· 检查推力座与挡油环与机架的同心度与推力盘的水平度，要求与机架同心，水平误差在0.02 mm/m

内。

3) 装设推力头，推力头套装后检查其落在推力盘上的水平情况，通过测量电动机转子联轴器摆度来确认推力头平面与轴线的垂直度，装设推力头上卡环，受力后用0.03 mm塞尺检查其间隙长度不超过周围的20%，且不集中在一起，随后松下调整螺栓，使转子重量移到推力瓦上。将电动机的上轴瓦适当抱紧，用专用工具测量电机空气间隙 ( $2.7 \pm 0.14$ ) mm，用深度尺测量转子与静子的高低差，分别在上下两个位置测量，磁场中心偏差为2.5-3 mm，转子比定子略低。电动机的下导轴承和联轴器沿圆周分为8等份，使相同的编号顺序处于同一方位，在电动机的联轴器处沿圆周等份安装4只百分表，上下两只百分表应在同一方位。盘动转子检查摆度，通过修刮绝缘垫片调整，直至电动机轴单独摆度不大于0.02 mm。

4) 当电机转子中心找好后，推力盘位于水平情况下调整推力瓦，使各支承螺栓受力均匀，注意在此情况下主轴不得有位移，每块瓦调好后马上锁紧。导瓦与轴间隙应在0.15-0.20 mm之间。

#### (6) 泵轴调整

1) 提升泵轴至设计标高，复核叶轮中心。

2) 用合像水平仪检查、调整泵轴垂直度，控制在0.02 mm/m之内。

3) 用拉钢丝找中心法检查、调整动静部分间隙至符合要求，各测量点数值偏差小于0.05 mm。

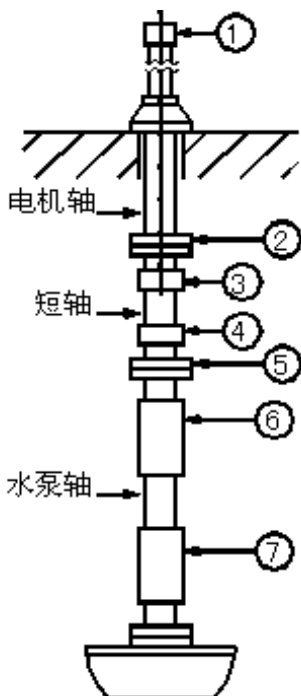
#### (7) 连接联轴器，测定泵组摆度

1) 在电机上架上按纵横中心放置两只合像水平仪，记录读数。通过整体移动、升降电机来调整泵组靠背轮同心度及靠背轮间隙。调整结束后合像水平仪读数应无变化。合格后，用临时螺栓连接靠背轮进行泵组整体摆度的测量与调整，紧固螺栓时应架设百分表进行监视。

2) 检查泵轴电动马达法兰接头中轴的弯曲度（见图1）：两个指示仪J1和J2靠近泵轴安装，且J1位于已安装的上部轴承的下方，J2则靠近电动马达轴法兰。J1用来确定在因为靠近上部轴承处出现缝隙而形成一枢轴情况下是否更换转子。J2用来控制在啮合后当转子枢轴上加负荷时电动马达轴偏移的稳定性三个指示仪J3、J4、J5靠近马达伸缩轴安装，其中J3、J4靠近控制颈，J5靠近伸缩轴法兰。J6、J7两个指示仪应安装在泵轴颈附近。为了精确确定轴颈和伸缩轴的偏移值，须用J3、J4、J5、J6、J7上的读数减去J1的读数。将设备转子旋转45°以后，记录指示仪上的读数，根据记录数据绘制函数表以确定轴承颈上的振动性质。根据曲线性质确定轴旋转360°径向振动不得超过0.05 mm。轴线的倾斜度，可以通过刮削该法兰表面矫正。

3) 当摆度调整后，联轴器正式连接，然后装上下导轴承。导瓦与轴的最终径向间隙在0.05-0.20 mm之间。

4) 复核轴系垂直度、叶轮间隙符合要求



## 8) 设备就位注意事项

- 1) 在钢丝绳跟设备接触处应用橡皮垫好。
- 2) 保证设备就位方向符合图纸设计要求。
- 3) 测量时联轴器两个法兰的相对位置按制造厂的记号对正。如无记号时，以各螺栓孔相互对准。
- 4) 每次测量时联轴器旋转方向应与转子工作时转向相一致。在进行测量时，两个转子之间不允许有刚性联接，各自处于自由状态。
- 5) 联轴器的找中心工具应有足够的刚度，安装必须牢固可靠。使用百分表进行找中心时，表架应装牢，避免碰动，以保证测量的正确。
- 6) 水泵安装完毕后，与管道不得强行对口。应采取小电流、对称、分段焊接方式进行，每焊弧长10 cm再隔90° 对称施焊10 cm，依此类推，伴随敲打消除应力。焊接时，在水泵轴颈处与出口管道同一方向架一只百分表，派专人监测水泵是否受力，水泵受力时需停止烧焊，待回复原位后，继续焊接。

## 3 发现问题及处理方案

(1) 由于循环水泵出口无膨胀节，且循环水管直径较大(φ2420×18)，现场施工时为减少焊接残余应力及变形，决定将循环水泵出口第一截循环水管暂不与循环水泵出口第二截循环水管连接，待循环水泵出口法兰先与第一截循环水管焊接后，对第一截循环水管穿墙部分进行灌浆。待灌浆达到强度后，再进行第二截循环水管与第一截循环水管的焊接以及循环水管的后续工作。

(2) 1号机组施工时发现俄方设计的循环水泵出口法兰坡口形式均为全深度坡口，焊接时很容易引起局部焊接变形。为防止进水后或运行时渗漏，决定在法兰内部加扁铁并进行密封焊。2号机组已对该处的法兰坡口进行设计变更，改为角焊。

(3) 1号机组循环水泵安装过程中，共发现设备不符合项19项，经确认的有17项，均为制造偏差引起。主要有以下几项：

- 1) 地脚螺栓供货长度比设计长度长300 mm。处理方案：切割去300 mm并加工螺纹。
- 2) 出口法兰内径比循环水管外径小20 mm。处理方案：对法兰内径进行加工。
- 3) 电机转子锈蚀。处理方案：用金相砂纸除锈。
- 4) 出口法兰密封面有较多的径向划痕。处理方案：对划痕部位补焊并打磨。

## 4 结束语

本工程俄罗斯所供的循环水泵结构的形式与我公司承建的国内某电站的循环水泵相同，具有转动部分分段供货、轴线长、动静部分间隙小、安装精度要求高等特点。在田湾核电站循环水泵施工过程中，我公司认真吸取以往工程的经验和教训，从设计原理、安装工艺、运行特点、维护事项等方面对两个工程的循环水泵房进行了对比，比较和分析了两个循环水泵的异同点，充分重视了对一些重要部件进行检查，特别对于一些关键施工项目、关键施工工序设立了关键控制点，作为现场施工的关键控制点，对这些关键工序均不同程度地设立了H点、W点和R点，如主轴弯曲度，轴颈处的径向晃度，联轴器的瓢偏、径向晃度，推力头的垂直度及镜板等，以使安装工作少走弯路，这样的控制也是核电施工程序化管理的需要，同样也是过程控制的需要，对工程的施工质量控制起到了有效的保证。

在田湾核电站循环水泵实际安装过程中，我们考虑到泵摆度的调整周期较长，根据经验，以往的循环水泵摆度的调整时间多达二十多天，从泵摆度测量示意图可看出，下表与推力头之间的距离远大于推力盘半径，摆度控制在0.05 mm以内，胶木垫板的铲磨量是微乎其微难于控制。在田湾核电站循环水泵施工时，我们认识到如何快速有效地调整摆度是缩短这类大型立式水泵安装工期最关键的问题。

因此，在田湾核电站循环水泵实际安装时我们严格过程控制，紧紧抓住轴系找中心、摆度调整、进行联轴器的连接等工序的重点把握和监督。

通过以上措施的严格实施，并进行循环水泵安装全过程的控制，在确保质量的前提下，循环水泵安装如期完成。其各项检测数据均符合制造厂图纸的要求，并且得到了业主、监理及厂家的一致认可。

## 参考文献

- [1] 《电力建设施工及验收技术规范》. 汽轮机机组篇. DL5011-92
- [2] 《火电施工质量检验及评定标准》. 汽机篇. 1998年版
- [3] 俄罗斯标准《工艺设备和工艺管道》. СНиП3.05.05-84
- [4] 俄罗斯0B2-185E型水泵安装手册. PЭ06-07-482-2001