

# 船用汽轮循环泵的改进设计

(哈尔滨·第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036) 裘祖发 高雷 秦晓程

**摘要:** 针对原船用汽轮循环泵存在的诸多问题进行了设计和生产工艺的改进, 改进后的船用汽轮循环泵, 经陆试及远航的考核检验, 性能完全实现改进设计的预定指标。

**关键词:** 船用汽轮循环泵; 改进; 设计

中图分类号: TK264.1

文献标识码: A

## 1 前言

船用汽轮循环泵主要由汽轮机、减速器和循环泵三大部件组成。汽轮机联带减速器驱动循环水泵工作, 将船外的海水吸入主冷凝器和主机滑油冷却器使工质冷却。另外, 当机炉舱破损漏水时, 该泵作为应急排水泵, 将船舱内的积水排出船外。

汽轮机由转子和壳体组成, 转子安装有叶片、减速器小齿轮及向各轴承提供润滑油的齿轮油泵等部件。壳体上装有喷嘴箱、速关阀、第一辅助阀、第二辅助阀、隔板、汽轮机密封装置、支持轴承和止推轴承等。

减速器亦由转子和壳体组成, 转子安装有减速器大齿轮、测速装置、支持轴承和止推轴承等部件。壳体还安装有滑油冷却器等部件。

循环泵仍由转子和壳体组成, 转子上安装有泵轮(即工作轮)、橡胶支持轴承等部件。为了检修方便, 壳体由两半组成, 垂直中分面用螺栓固定, 壳体包括泵壳、第一半导向器、第二半导向器、泵盖、进水部分等部件。

## 2 改进设计的提出

### 2.1 原汽轮循环泵的汽轮机调速由速关阀控制一

个喷嘴, 第一辅助阀控制两个喷嘴, 通过这两阀可以完成泵的各运行工况。第二辅助阀控制三个喷嘴, 用于超负荷或当汽轮机蒸汽参数降低时打开使用, 也可将它作为备用阀。由于上述三阀都是手动阀, 因而不仅工作量大, 而且还难以实现自动控制。为了解决该问题, 将速关阀改为自控阀, 增加调节阀的作用, 另两阀不改。经过运行发现该项措施仍存在两个问题: 一是速关阀口径较大, 在小开度状态下, 很容易自动关死; 二是对阀门的控制较分散, 当船在倒车时, 要手动开启一个辅助阀进行控制, 这样就不能完全实现正、倒车的自动控制, 所以还需要再进一步改进。

2.2 原泵上的冷油器换热管容易破损, 在接头处易脱开。

2.3 原循环泵的两个滑动轴承为橡胶轴承。由于加工工艺落后, 橡胶与铜铸件粘接性能差, 制造中成品率极低, 这需要改进设计。

2.4 原汽轮机上端支持轴承存在供油量不足的情况, 供油性能有待在改进设计中得到改善。

2.5 根据设备研制任务书所述: 该泵在轴系转速为 260 r/min 时, 发现一横向振动共振峰值, 而在其转速下, 同时发现泵轴振动较强烈, 使该泵难以正常工作, 这需要在改进设计中找出原因, 予以解决。

2.6 为提高运行性能, 增加了电动油泵, 在机组启动时和停机后使用。

2.7 另外, 对某些部件的加工工艺需要改进, 以进一步提高汽轮循环泵的运行性能。

## 3 改进设计

### 3.1 电动调节阀的改进设计

收稿日期: 1999-10-25

作者简介: 裘祖发(1942-), 男, 上海人, 高级工程师, 毕业于上海交通大学涡轮机专业, 从事汽轮机调节和辅机设计工作。

首先改进设计了喷嘴箱,使原速关阀不再直接控制喷嘴,只起主汽阀和速关阀的作用,它能手动开关和自动、手动速关,取消了其调速功能;原速关阀控制的一个喷嘴和第一辅助阀控制的两个喷嘴由新设计的电动调节阀控制。原第二辅助阀仍然保留,称为辅助阀,作用不变。

新设计的电动调节阀由电动执行机构驱动,通过变速齿轮减速,由大小阀组合的阀门的阀杆作水平方向移动,使阀门开闭,起到调节汽轮机的进汽量的作用。在小开度进汽时,小阀优越的调控能力得以充分发挥。电动执行机构设有就地手轮,可以就地手动控制电动调节阀,还设有电控箱,可以远距离电控电动调节阀,也可以通过集控室的微机对电动调节阀进行自动控制。该电动调节阀的调控功能可完全满足主汽轮机组正、倒车各工况的要求,因此汽轮循环泵实现了启动、运行和停机的自动化。

### 3.2 冷油器换热管问题的解决

首先对冷油器换热管容易破损的原因进行了分析,认为主要原因是由于 B30 管在生产加工、安装过程及运输过程中与其它零部件磨擦、撞击、碰伤,在安装后运行中与海水长期接触,海水的污染物会滞留在被损伤的凹痕里,在海水的作用下形成电化学腐蚀,使 B30 管的损伤处越来越薄,以至最后破裂。因此制订了具体要求,即要求制造厂按技术要求进行生产、安装和运输,尽量避免此类事情发生。

冷油器换热管的接头易脱开,经分析是胀管的质量问题。经大量严格的试验及计算将胀管力控制在一定的范围内,使胀管既能做到密封,又不使接头处脱开,使管子保持在原强度范围内,不致胀裂。

### 3.3 橡胶轴承问题的解决

原泵橡胶轴瓦的铜铸件采用普通浇铸,容易产生缺陷,合格率低;橡胶与铜铸件的粘接技术不过关,容易产生橡胶在铜铸件上的剥离,在产品检查时,合格率低于 50%。改进后铜铸件采用离心浇铸,铸件的晶粒细,排列紧密,所有铸件均一次铸浇合格,因此,提高了铸件质量。橡胶与铜铸件的粘接也采用现代工艺配方及科学有效的生产管理,生产橡胶轴瓦的合格率提高到 90%以上。

原下端橡胶轴瓦水室的半径为  $R3$ ,现改为

$R8$ ,冷却水通流面积增加 1.4167 倍;原上端橡胶轴瓦水室半径为  $R5$ ,现改为  $R10$ ,冷却水通流面积增加 1.28 倍,这样使橡胶轴瓦有更多的冷却水进行冷却、润滑,避免被轴粘牢。

### 3.4 润滑油供应不足问题的解决

对齿轮油泵的供油量及各轴承和齿轮传动的耗油量逐项进行了计算,计算结果表明齿轮油泵的供油量正常。汽轮机上端轴承由于供油量不足而使轴承油温偏高,是因轴承离油泵较远,油管的通流面积偏小,导致管路损失增加所造成的,因此将上端轴承供油管的直径由  $\Phi 16$  改为  $\Phi 19$ 。在试航中,上端轴承油温始终处于正常范围内。

### 3.5 振动问题的解决

经计算,汽轮机转子的一阶临界转速是 13 553 r/min,临界转速的裕度是 78.3%;循环泵转子的一阶临界转速是 3 029 r/min,一阶临界转速与最高工作转速之比是 3.833。通过计算表明:汽轮循环泵转子的临界转速远高于其最高工作转速。由此说明:原泵轴系在转速为 260 r/min 时有一横向振动共振峰值不是机组本身固有的共振频率,而是由于机组的基础不牢固或基础刚性不够所造成的。试车台试车时实测,当循环泵转速在 250 ~ 300 r/min 时,机组振动值是 0.03 mm。在试车台试车期间,2 台汽轮循环泵在各工况点均未出现共振现象。在试航时,左舷汽轮循环泵在工作区没出现共振点,而右舷汽轮循环泵,转速约为 320 ~ 330 r/min 时,机组出现共振点,原因就是此台机组基础的刚性较差。解决的方法是:加强右舷汽轮循环泵基础的刚性,或工作时尽量避开在该转速下运行。

对循环泵转子、减速器转子、汽轮机转子提高或增加了动平衡试验要求。原泵设计要求只对循环泵转子上的工作轮做静平衡试验,转子不做动、静平衡试验,改进设计后不仅要求工作轮做静平衡试验而且要求整个循环泵转子(包括工作轮及其它附件)做静平衡试验和动平衡试验。试验结果显示循环泵转子的不平衡量较大,这会造成机组较大的,不必要的振动。原泵对减速器转子只要求做静平衡试验,新的改进设计要求增加动平衡试验,结果证明此试验非常必要。对汽轮机转子动平衡试验允许不平衡量

按现行标准进行计算, 要求比原设计有很大提高, 从  $34 \text{ g/cm}$  改为  $18.23 \text{ g/cm}$ 。

通过对三个转子进行动平衡试验, 使汽轮循环泵整个机组的振动、噪音明显降低。

### 3.6 增设电动油泵

过去汽轮循环泵在启动时和停机时, 都用人力手摇油泵给各需要润滑的部件供油, 此操作劳动强度较大。现设计了一套电动油泵代替原手摇油泵, 而原手摇油泵依然保留, 作为电动油泵的备用油泵, 这就大幅度降低了船员的体力劳动强度, 深受工人和船员的欢迎。

### 3.7 改进工艺提高产品质量

#### 3.7.1 对减速器的齿轮提出加工精度要求

原减速器齿轮没有加工精度等级要求, 改进设计时, 根据国家标准和哈汽厂现有的加工水平和能力, 提出了减速器齿轮的加工精度要求。

原泵为了达到减速器齿轮啮合接触斑点的要求是通过特制的对研台的对研来实现的, 在改进设计中发现对研台上的接触斑点与机组实际的接触斑点不一定重合, 是不真实的, 因此将一对啮合齿轮在机组上啮合, 根据啮合情况对齿轮进行配滚配磨, 几次配滚配磨, 啮合后的接触斑点才是真正的, 是真正在机组上的接触斑点, 这样加工就保证了齿轮的加工精度。

通过以上措施, 陆试和航试中运行是平稳的, 噪音和振动显著下降, 因此说明该项设计 requirements 是正确可行的。

#### 3.7.2 提高循环泵二橡胶轴瓦瓦窝的加工精度

循环泵上部橡胶轴瓦是安装在循环泵泵壳上部, 下部橡胶轴瓦安装在第一、第二半导向器上, 第一、第二半导向器安装在循环泵壳的下部。改进前泵壳和第一、第二半导向器是分别加工的, 因此循环泵二橡胶轴瓦瓦窝中心线容易产生误差, 精度难以保证, 循环泵轴与二橡胶轴瓦的间隙不均匀, 容易产生泵轴径向不对称偏移, 增加橡胶轴瓦和轴的磨损或产生粘牢现象。

改进设计中, 重新设计了泵壳膛孔图, 要求先膛泵壳下部各孔及倒角和端面, 然后不下机床, 把加工完外圆的第一、第二半导向器和轴承盖装上, 继续镗其余各孔和端面, 包括上、下橡胶轴瓦的瓦窝, 这样就保证了上、下二橡胶轴瓦的中心线在同一轴线上, 确保了实现图纸的设计要求。

在安装循环泵时, 二橡胶轴瓦对中一次成功, 不必再多次刮瓦窝找中, 既节约了安装时间, 又减轻了工人的劳动强度。

汽轮循环泵的减速器轴和循环泵轴是用螺栓刚性连接, 在连接时用千分表在各点测量, 靠刮轴的端面来达到对中的要求, 非常费时而且麻烦。改进设计时, 在循环泵轴一端车出一个  $3 \text{ mm}$  的凸台, 在减速器轴一端车出一个  $3 \text{ mm}$  的凹台阶, 二连接端面相对中心线都有垂直度要求, 在两轴连接时, 以二凹凸台为基准, 对中非常容易, 可以做到对中一次成功。

#### 3.7.4 循环泵工作轮采用数控机床加工

循环泵工作轮是螺旋桨式的泵轮, 叶片型线较复杂, 原泵轮靠手工一点点用砂轮来磨, 劳动强度大, 工作环境差, 费时费力, 加工精度不易保证。这次采用数控机床进行工作轮粗加工和精加工, 最后使用人工用砂轮、砂纸磨削达到最后尺寸和光洁度, 这样既省时又省力, 精度完全满足要求。

## 4 结束语

汽轮循环泵通过试车台全负荷试车, 全船的试航和近一年的航行运行, 运行情况良好, 完全符合规格书的要求, 某些指标甚至高于规格书的要求。此改进设计达到了预期的效果。

### 参考文献

- [1] 吴达人. 泵与风机. 西安: 西安交通大学出版社, 1989.

(何静芳 编辑)

粉煤流化床燃烧(PC—FBC)炉膛烟温试验研究= **Experimental Study of the Flue-gas Temperature Distribution in a Pulverized Coal-fired Fluidized Bed Furnace** [刊, 汉] / Chen Hongwei, Ding Changfu, Yan Shunling, et al (North China Electric Power University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —128 ~ 130

Pulverized-coal fluidized-bed (PC—FB) combustion pertains to a new type of efficient clean-coal combustion method. Presented in this paper are the results of a study concerning the flue-gas temperature distribution characteristics in a PC—FB furnace. The main contents of the study include: the stability and uniformity of flue-gas flow in the PC—FB furnace, the bed temperature, fluidized speed, the particle average diameter of the bed material, secondary air flow rate, the effect of the secondary-air feed location on the flue-gas temperature distribution in the furnace. In addition, a rational furnace flue-gas temperature distribution is also given on the basis of the above study. **Key words:** pulverized-coal, fluidized bed, combustion, temperature distribution.

铜冶炼厂余热锅炉的设计特点= **Design Features of a Copper Smeltery Heat-recovery Boiler** [刊, 汉] / Xiao Pinhua (Nanchang Non-ferrous Metallurgical Design Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —131 ~ 133

On the basis of proven engineering practice summed up are the general principles and specific features of a steel smeltery heat-recovery boiler. With the aim of changing the present situation of having to use imported heat-recovery boilers for copper smeltries there exists a real urgency to develop heat-recovery boilers based on domestic design for use in such smeltries. **Key words:** copper smeltery, heat recovery boiler, design features

火力发电厂细粉分离器改进= **An Improvement on Thermal Power Plant Fine Pulverized-coal Separators** [刊, 汉] / Lu Tai (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —134 ~ 136

The general situation of the use and evolution of fine pulverized-coal separators for thermal power plants since the founding of the People's Republic of China was reviewed and the test data and use-effectiveness of a novel dual-stage finely-pulverized coal separator described in detail. **Key words:** thermal power plant, pulverized-coal preparation system, separation efficiency, separator

船用汽轮循环泵的改进设计= **Improved Design of a Marine Steam Turbine Circulating Pump** [刊, 汉] / Qiu Zufa, Gao Lei, Qin Xiaocheng (Harbin No. 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —137 ~ 139

The design and production technology of a marine steam turbine circulating pump has been improved on to resolve a whole range of problems. The circulating pump following such an improvement has undergone a land-based test and seafaring verification inspection and been found to have fully met the preset target concerning its performance. **Key words:** turbine circulating pump, improvement, design

火电厂空气干燥器 PLC 控制系统的设计与实现= **Design and Implementation of the PLC Control System of a Thermal Power Plant Air Dryer** [刊, 汉] / Li Dazhong, et al (North China Electric Power University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —140 ~ 141

A modification design was conducted of the control system of a thermal power plant boiler air-dryer through the addition of a OMRON PLC controller. The on-site commissioning tests show that the PLC-based control system has promoted a safe and reliable operation with powerful functions and a high flexibility in conducting operation changes. As a result, all design targets have been attained. **Key words:** PLC controller, air dryer, operating time-sequence, control logic