

# 舰船锅炉总体方案的经济性和重量尺寸指标分析

陈起铎 刘长和 郑心伟 季双奎 吴 滨

(哈尔滨七〇三研究所)

**摘要** ] 对三种舰船锅炉总体方案的经济性和重量尺寸指标进行分析,提出提高主锅炉经济性及减小重量尺寸的途径。

**关键词** 舰船锅炉 经济性 重量尺寸

**分类号** TK229.7

## 0 前言

蒸汽动力是我国舰船的主要动力之一。在各型动力中,蒸汽动力以功率大、造价低、技术成熟、研制周期短、使用寿命长、运行使用经验丰富,而具有强大的竞争力和生命力。

舰船主锅炉是蒸汽动力的主要设备,在蒸汽动力装置中占有举足轻重的地位。如何提高舰船锅炉经济性及减少锅炉重量尺寸,始终是锅炉设计者重要的研究课题。为此,本文对当代典型的三种舰船锅炉的总体方案进行分析,以供主锅炉总体结构选型和设计参考。

## 1 总体方案

国外大型舰船锅炉的结构型式基本上可分为两大类。一类是俄罗斯的圆形炉膛锅炉;另一类是美、日、西欧的 D 形炉膛锅炉。由于俄罗斯圆形炉膛锅炉又有常压锅炉与增压锅炉之分,故当代典型的舰船锅炉实际上有如下三种较为先进可行的总体方案:(1)美国改进型 D 形炉膛锅炉,它由 D 形炉膛锅炉改进发展而成,如图 1;(2)具内置式过热器的圆形炉膛锅炉,它是在俄罗斯圆形炉膛锅炉基础上,由我国自行研制的新型锅炉,如图 2;(3)俄罗斯舰用增压锅炉,它也属俄罗斯圆形炉膛锅炉一类,见图 3

## 2 各总体方案的分析比较

经济性对锅炉而言,指的是蒸汽参数和锅炉效率。经济性指标和重量尺寸指标是衡量锅炉先进水平最主要的两项技术指标。

根据三种总体方案,锅炉型式各异,结构特点不同,其经济性指标和重量尺寸指标分析比较如下:

2.1 改进型 D 形炉膛锅炉:额定工况锅炉效率 85%,巡航工况锅炉效率 89%;重量指标为每吨蒸汽金属重量 0.7 吨。锅炉尺寸较大。

2.2 具内置式过热器的圆形炉膛锅炉:额定工况锅炉效率 83%,巡航工况锅炉效率 87%;重量指标为每吨蒸汽金属重量 0.6 吨。锅炉尺寸较小。

2.3 俄罗斯舰用增压锅炉:额定工况锅炉效率 84%,巡航工况锅炉效率 88%;重量指标为每吨蒸汽金属重量 0.4 吨。锅炉尺寸在三方案中最小。

由上述分析,改进型 D 形炉膛锅炉经济性指标较好,而重量尺寸指标较差;圆形炉膛锅炉经济性指标略差,而重量尺寸指标较好。增压锅炉锅炉效率与常压锅炉差别不大,但因不必采用耗汽量占锅炉蒸汽产量 8%~14% 的大型高压鼓风机,从而使动力装置经济性大幅度提高。

## 3 各总体方案提高经济性的途径分析

提高锅炉经济性,主要是提高锅炉效率。其途径

有:

3.1 发展尾部受热面,采用螺旋翅片管经济器。此途径对各总体方案均可适用。其特点是不但提高锅炉效率,而且可以抑制因增设受热面而导致重量尺寸的增加,是极为可取的结构措施。

3.2 采用先进的大容量燃烧器,降低过剩空气系数,特别是降低低工况的过剩空气系数,提高锅炉效率。此途径对各方案也同样适用。

3.3 增加蒸发受热面。改进型 D 形炉膛锅炉具有发达的蒸发受热面,故其锅炉效率较高。圆形炉膛锅炉因其下部集箱较小,有必要加大下部集箱直径,增加蒸发受热面的布置,以利提高锅炉效率。

3.4 采用增压锅炉。如前所述,这是提高锅炉经济性的最佳总体方案。

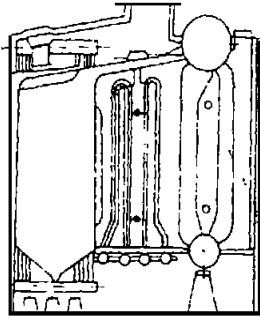


图 1 美国改进型 D 形炉膛锅炉

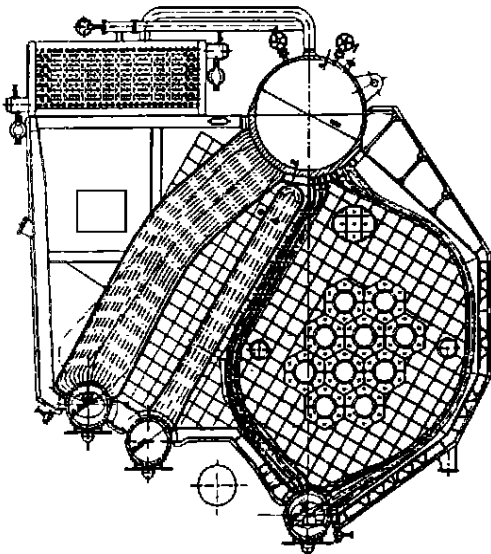


图 2 我国具内置式过热器圆形炉膛锅炉

#### 4 各总体方案减小重量尺寸的途径分析

减小重量尺寸是设计舰船锅炉应予优先考虑的问题。其途径是:

4.1 提高炉膛容积热负荷,减小炉膛容积。对舰用常压锅炉而言,目前的炉膛容积热负荷已属较高,很难继续提高。但对舰用增压锅炉而言,则可大幅度提高。

4.2 提高炉膛水冷度,增加辐射受热面。改进型 D 形炉膛锅炉已有较大辐射受热面,可不考虑。但圆形炉膛锅炉水冷度小,炉膛出口温度过高,应尽量增加辐射受热面。此途径对改善锅炉炉墙和过热器的可靠性均为有利。

4.3 采用新型膜式水冷壁。应抓紧研究设计区别陆用锅炉炉膛膜式水冷壁的轻型膜式水冷壁,以能降低水冷壁重量,同时也可降低炉墙温度,减小保温层的重量尺寸。此途径对各方案同样可取。

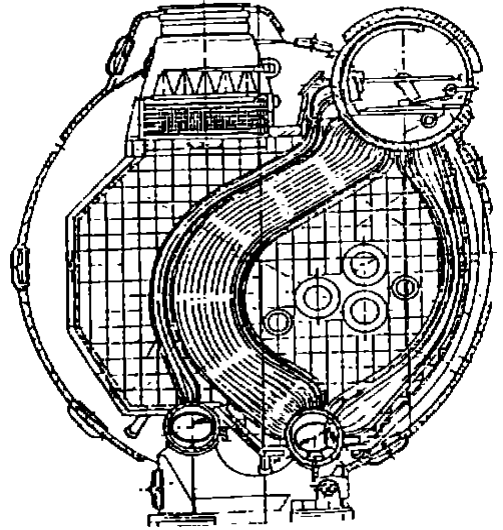


图 3 俄罗斯舰用增压锅炉

4.4 采用增压锅炉。这是减小重量尺寸的最有效途径,又是解决重量尺寸指标和经济性指标相互矛盾的最好办法。

#### 5 结论

以上就三种舰船锅炉的总体方案,分析提高经

济性及减小重量尺寸的途径。结论为:

(1)三种总体方案均可采取各种有效措施,进一步改善提高锅炉经济性及减小重量尺寸。

(2)改进型 D形炉膛锅炉经济性较好而重量尺寸较差,圆形炉膛锅炉则反之。此两种总体方案均无重大技术难关,短期内可以研制成功。但两种方案的经济性指标和重量尺寸指标均不甚理想。

(3)增压锅炉总体方案经济指标和重量尺寸指标优异,借助国外成功经验,当可加速研制成功。建议将研制工作及早日列入议事日程,以使我国舰船锅炉尽快达到国际先进水平。

作者简介:陈起铨 男 1939年生,研究员级高工,主要从事锅炉设计技术工作。(通讯处 150036 哈尔滨 77-11信箱)

## 参 考 文 献

1. ИНДИКИН. А. И. К проектированию корабельных высоконапорных паровых котлов Ленин фад. 1957年
2. 中国舰船研究院. 舰船概论. 北京: 1983
3. 哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所. 蒸燃动力参考资料汇编. 哈尔滨: 1987年
4. 中国船舶工业总公司舰船动力技术专业组. 舰船动力技术现状与发展. 北京: 1989年

## 研究开发

### 空气冷却的陶瓷静叶

据“ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power”1996年10月号报道,考虑到今后的能源情况,当前对于高效生产电力的联合循环电站给予很大期望。它正成为热电生产的主流。为了改进装置的效率,需要研制能以更高温度运行并利用比当前更少的冷却空气的高效燃机。通过采用陶瓷就可以做到这一点,陶瓷主要的吸引力是它有潜力以高温并在腐蚀环境下运行,远远超过任何常用超耐热合金的能力。

从1984年起,东京电力公司(TEPCO)与日本三家燃机制造公司(东芝、三菱重工和日立公司)实施了把陶瓷应用于电力生产燃机的联合研究计划。该计划旨在把陶瓷用于电力生产燃机的高温零部件,以便改进联合循环发电装置的热效率。

在把陶瓷应用到1500℃级燃机时,材料应该经受由于燃气温度分布而产生的超过1600℃的高温燃气流。为了弥补当前陶瓷材料受限的耐高温性,已研究了把少量冷却空气(占核心流量的1.2%~1.4%)应用于涡轮静叶。静叶的内表面由空气冲击冷却,然后空气通过位于静叶尾缘的缝隙流出并混合进入主燃气流。设计了空气冷却陶瓷静叶,利用少量冷却空气使表面最大温度保持低于1300℃。完成了空气冷却的Si3N4静叶的叶栅试验,以便评估设计的效果。具有少量冷却空气的氮化硅静叶可用于1500℃涡轮进口温度的第一级陶瓷静叶。

Si3N4陶瓷在温度低于1300℃下具有优异的强度、韧性和耐热冲击性,虽然在超过1300℃下这些性能趋于恶化。而且现在已开发了高性能的Si3N4陶瓷,表明它在高达1400℃温度下强度几乎没有降低并具有优异的抗氧化性。所以,认为Si3N4陶瓷是应用于燃机的主要候选材料。

试验证实,利用少量冷却空气可使陶瓷最大温度保持低于1300℃。虽然由于局部冷却增加了热应力,但全部Si3N4静叶都经受住了包括稳态和瞬态紧急停机的叶栅试验,并证明了空气冷却陶瓷静叶用于1500℃级燃机的可能性。

(思娟 供稿)

船用大功率自动同步离合器试验 = **Experimental Design of High-power Automatic Synchronizing Clutches for Ships** [刊, 中] / Wei Junbo ( Harbin No. 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 351~ 353

On a high-power automatic synchronizing clutch test rig developed by the No. 703 Institute and by the use of a computer-based data acquisition system a series of tests involving the engagement /disengagement of a clutch under no-load conditions were completed, thereby providing test facilities and methods for carrying out an in-depth study of dynamic characteristics of marine high-power automatic synchronizing clutches. **Key words** automatic synchronization, clutch, test rig, test and measurement

焦炭热部分气化燃煤联合循环系统性能分析 = **Performance Analysis of a Coke Carried Heat Partial Gasification Coal-fired Combined Cycle** [刊, 中] / Xu Xiangdong, Zhao Li (Tsinghua University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 354~ 357

Heat carried partial gasification combined cycle pertains to a novel coal-fired combined cycle-based electrical power generation technology developed by the Thermal Energy Department of Tsinghua University. As a result of continuous study over the years and the operating experience accumulated therein the said technology has seen significant improvement. Recently, as an improved version of the system, coke carried heat partial gasification combined cycle has been proposed and the coke carried heat boiler and gasification boiler have already been built at the Tsinghua Power Station with a cold-state commissioning test performed. On the basis of the heat carried cycle and by changing gas components and other parameters an analysis is conducted of the coke carried heat system, which enables the authors to make the conclusion that the gas quality and flow rate play a key role in ensuring the high performance of the combined cycle system as a whole. **Key words** heat carried gasification, coke carried heat partial gasification, performance calculation

舰船锅炉总体方案的经济性和重量尺寸指标分析 = **An Analysis of the Economic Aspect and Weight-dimension Index for a Naval Boiler Comprehensive Scheme** [刊, 中] / Chen Qiduo, Liu Changhe, et al ( Harbin No. 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 358~ 360

**Key words** naval boiler, economic aspect, weight and dimensions

谐振子系统量子卡诺热泵的最佳特性参数 = **Optimal Performance Parameters of a Harmonic Oscillation Quantum Carnot Heat Pump** [刊, 中] / Wu Feng, Sun Fengrui, Chen Lingen (Naval Engineering Academy) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 361~ 364

The optimum performance of a quantum heat pump is studied. Derived is the relationship between the quantum heat pump optimum pump heat rate  $\pi_0$  and pyrogenicity  $\psi$ . Also obtained are the optimum performance parameters with  $\pi_m$  and  $E$  serving as objectives. **Key words** harmonic oscillation, quantum heat pump, optimum performance

高炉煤气集输系统计算机仿真 = **Computer Simulation of Blast-furnace Gas Gathering and Transportation System** [刊, 中] / Lin Feng, Han Hongjia (Harbin No. 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 365~ 368

With respect to the blast-furnace gas gathering and transportation system of an iron and steel works a computer-based mathematical simulation technology is used based on the selection of schemes to forecast the system operating conditions after its commissioning and the specific features of pressure and flow rate employed by various end-users. Through a theoretical justification of the feasibility and reliability of the selected