

低压汽缸排汽道改进设计的试验研究

(哈尔滨·第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036) 秦晓程 高 雷 王长生¹⁾

摘 要: 为了提高舰用汽轮机组的运行效率与安全可靠性, 试验研究了具有倒车装置的舰用低压汽轮机复杂排汽道的各种改进设计。试验结果表明: 合理布置扩压段与增设导流装置可降低排汽损失及流场不均匀度。

关 键 词: 舰用汽轮机; 低压汽缸; 排汽道; 改进设计; 试验研究

中图分类号: TK262 文献标识码: A

1 前言

由于舰用低压汽轮机具有倒车透平, 在排汽道内又存在复杂的双相流动, 目前还没有理论方法来设计排汽道的结构尺寸, 大多数情况下仍然采用经验和试验相结合的方法来设计排汽道, 以保证其在安全可靠的条件下获得较高的效率和均匀的出口流场。

电站汽轮机随着单机功率的增大, 低压排汽道的研究取得了一定成果, 试验结果表明, 排汽道损失系数已经降到 0.6 左右。但是, 舰用蒸汽轮机的排汽道, 由于有倒车级的特殊性, 在结构尺寸上受到较大限制, 一般损失系数仍在 1.8~4.3 范围内。排汽道的结构特点是双向对流双层机壳, 无扩压和导向器, 气流从未级叶片排出, 由于惯性力的作用, 一部分气流撞击在倒车挡汽板, 另一部分气流则撞击在倒车汽缸外缘, 所以造成很大的压力损失。撞击以后, 气流产生旋涡, 由于无合理的导向结构, 只能使一小部分气流进入涡壳, 大部分气流旋转着向下排出。这样就影响了末级下半部分的排汽, 又使排汽出口的速度场极不均匀。

降低损失系数、提高机组可靠性和经济性是研制新机组迫切需要解决的问题。本试验将把某机组作为原型, 在保证轴、径向尺寸不变的条件下, 探讨如何降低排汽道损失系数及流场的不均匀度。

2 试验模型及方法

试验采用物理模拟的方法, 按比例设计试验模

型, 模型采用铁木结构, 模型与实物比例为 1:2。

排汽缸的实际进口马赫数: $M_G = 0.49$; 雷诺数 $Re = 12.5 \times 10^5$ 。

在试验装置中, 试验模型进口马赫数 $M_1 = 0.20$, 雷诺数 $Re = 5 \times 10^5$ 。通常认为雷诺数大于临界雷诺数时, 流动进入自动模化区, 雷诺数对流动损失没有影响。排汽缸临界雷诺数 $Re_{kp} = (1.5 \sim 3.5) \times 10^5$, 试验件和实物的雷诺数值均大于临界雷诺数, 可以忽略粘性影响。试验件和实物的马赫数均小于 0.5, 可以忽略压缩性影响。因此, 实验装置与实物流动参数的差别不影响对流动损失的研究。

在风洞出口截面周向布置四个测量位置。用 Γ 型速度探针测量气流的全压和静压, 以确定气流的流量。

在排汽缸的进口截面, 即扩压器的出口截面半周向布置六个测量位置。每个位置沿径向按等环面布置四个测量点, 用 Γ 型速度探针测量各点的全压和静压。

在排汽缸的出口截面的一半上布置八十个测量点, 每个测点上用套管全压探针测量气流的全压。

在排汽缸后装上喉部及上平直段后, 在喉部出口截面上均匀布置八十个测量点。

开始试验时, 不加冷凝器喉部, 单对排汽缸设计原型进行试验, 然后在汽缸内先增加然后去除一些导流元件, 合理组织气流, 达到减少气流流动损失和使出口流场均匀化的目的, 再把喉部接上, 进行一些调整。

3 试验结果讨论

试验结果见表 1。

气流由排汽缸进口流动到出口压力损失较大的原因主要取决于该结构的特点。第一个原因是排汽缸的轴向、径向尺寸较小, 从扩压器出口到倒车的距离极短, 尽管排汽缸的出口面积很大, 但实际上有很

大一部分面积起不到排汽作用,而且在导引过程中 形成许多严重的旋涡区,消耗很多能量。

表1 试验结果对比

序号	试验条件	$\zeta = \frac{P_{0出} - P_{0出}}{q_{排}}$	$\delta = \frac{A_f}{A_{出}} \times 100\%$	$X = \frac{V_{max}}{V}$
1	原设计方案	2.56	14.7	4.09
2	去A板 其余同1	1.48	14.7	3.31
3	去 _C ^B 其余同2	1.15	9.8	2.98
4	加D板,宽60 其余同3		12.9	2.96
5	E板中间开孔 其余同4		8.7	2.76
6	D板由60→30 其余同5	1.16	8.2	2.70
7	加喉部 其余同6	1.43	20.7	2.74
8	去喉部格栅 其余同7	1.34	28.1	2.30
9	加喉部后直段 其余同8	1.55	29.2	2.26
10	加喉部后格栅 其余同9	1.70	24.2	2.36
11	倒航	8.54		2.78

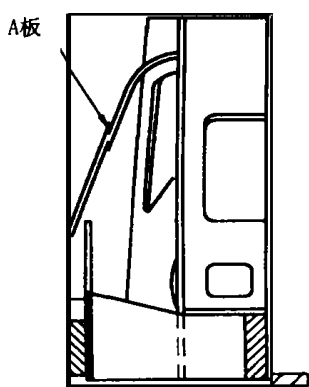


图1 汽缸试验件局部视图

第二个原因是在试验中发现中缸部分的轴向导流板(图1中的A板)在试验件组装时安装不当,严重阻塞了从扩压器排出的气流。当把此板下部在扩压器与导流环间的部分去掉后,压力损失系数由2.72降到1.48, E, F区流量增加(见图2),扩压器下半部分的气量约占75%左右。

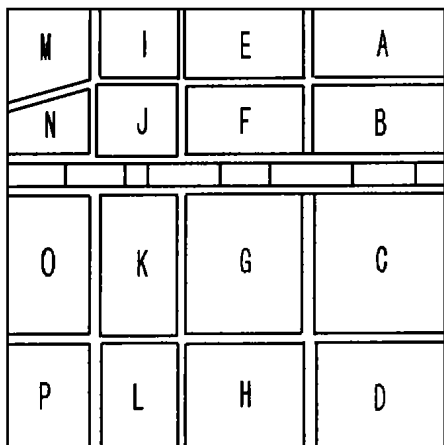


图2 排汽缸出口截面测点布置

试验中发现正车汽缸的中间导流板(图3中的B板)和中缸的导流板(图3中的C板)实际上并不能起作用,反而增加摩擦面积,把它们去掉后,损失系数 ζ 又下降到1.15。且使出口负

压区面积由14.71%减少至9.82%。

从以上采取的两项措施可以发现,在排汽缸设计时,在缸内加一些导流元件意在合理地组织气流,改善气流流动情况,然而如果加的导流元件位置或形状不合理就会起到相反的作用。

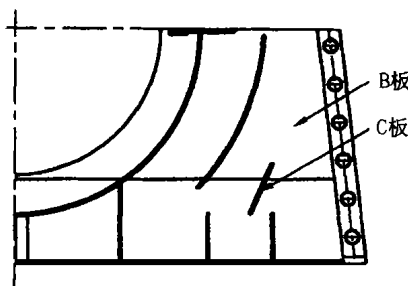


图3 汽缸试验件(剖视)局部视图

另外,在试验中将轴向导流板(A)拿掉以后带来的副作用是气流直冲向筋板(E)。为了消除这一副作用,在(E)板上开了如图4阴影部分的口,这样将一部分气流由新开的孔引向板后A区,就使出口流场的均匀性得改善,同时也减少了对该板的冲击。

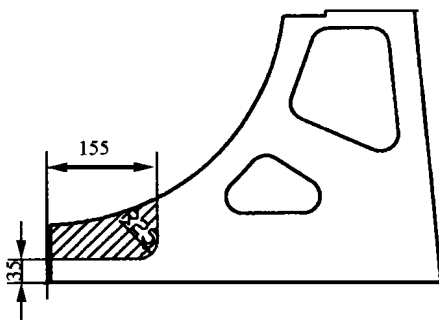


图4 肋板(E)开口位置图

击。

试验中发现,在出口截面I、M区速度偏大,因

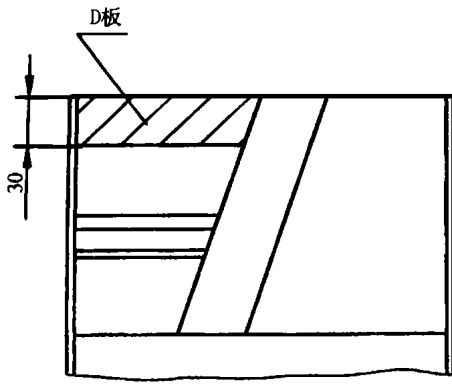


图5 挡板 D 位置

此在中缸中
分面处, 侧
板与后板水
平布置一块
60 mm 宽的
挡板 D, 以
后又把它减
到 30 mm
宽。(如图
5)

采取以
上一些措

施, 排汽缸的压力损失系数由 2.72 降到 1.16。出口截面负压区由 14.71% 下降到 8.2%。

装上冷凝器喉部后, 气流流动损失由 1.17 增加到 1.43, 出口负压区面积由 8.27% 增加到 21%。其主要原因是在很短的喉部中安装了二层密集格栅。而这些格栅的阻塞面积达到 27.8%, 而且气流冲击到格栅上还造成一定的冲击损失。当把喉部后格栅去除时, 压损系数 ξ 下降到 1.34。

4 结论

(1) 试验结果表明, 对低压排汽缸原型经过结构上的改进后, 能量损失系数在 1.15 ~ 1.16 之间, 比原型有较大的降低。

(2) 排汽缸上部汽流及倒车汽缸汽流的引导是成功的。

(3) 排汽口出口法兰面处的速度分布不均匀度改善较小。

参考文献:

- [1] 周渭镐, 包传福等. 舰船汽轮机结构强度[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985年.
- [2] 沈鸿. 机械工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982年.
- [3] 蔡颐年. 蒸汽轮机[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1988年.
- [4] 北京空气压力研究所编. 空气动力学发展论文集[C]. 北京: 国防工业出版社, 1995年.
- [5] 李根深. 船用燃气轮机轴流式叶轮机械气动热力学(原理、设计与试验研究)[M]. 北京: 国防工业出版社, 1980年.

(渠源 编辑)

(上接第 378 页)

(5) 催化燃烧与预混燃烧相结合的主要优点是催化剂可运行在比燃烧室出口温度低得多的温度下, 延长了催化剂的使用寿命, 改善了燃烧室工作的可靠性。

参考文献:

- [1] Fujii T. High pressure test results of a catalytic combustor for gas tur-

bine[J]. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 1998, 120, 509-513.

- [2] Ozawa Y, Saiga M. Test result of low NO_x catalytic combustor for gas turbine[J], *ASME Paper No 93-GT-334*.
- [3] Lefebvre A H. Gas turbine combustion[M]. Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1983.

(复 编辑)

致 作 者

敬爱的作者:

承蒙各位作者的关爱, 本刊来稿较多, 为提高出版质量请在来稿时特别注意:

(1) 文章精炼, 一定突出“新”意, 一定避免重复别人的东西, 引用时不能超过本文的 15%, 引用他人的内容一定在“参考文献”中注明, 以免抄袭之嫌!

(2) “参考文献”的著录一定要项目齐全, 以便读者, 审编查阅。非公开出版物, 不宜做为参考文献。请在每条参考文献的文题后标出“文献”类型: 专著[M]; 论文集[C]; 论文集中析出的文献[A]; 期刊文章[J]; 学位论文[D]; 报告[R]; 标准[S]; 专利[P]。

多谢合作!

《热能动力工程》编辑部

mechanism

燃气轮机催化燃烧室的实验研究= **Experimental Study of a Gas Turbine Catalytic Combustor** [刊, 汉] / LIU Min, CHEN Yan-fen, HAN Li-zhong, *et al* (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*. — 2000, 15(4). — 376 ~ 378, 381

Described in this paper is the working principle of a combustor featuring the integration of catalysis with premixing along with an experimental study of such combustors. An analysis was conducted of the major factors believed to have an influence on catalytic combustion. The integration of premixing with catalytic combustion can lead to an enhancement of the catalyst service life, an improvement of the combustor reliability and a reduction of NO_x emissions by the gas turbine through a highly cost-effective method. **Key words:** gas turbine, combustor, catalytic combustion

低压汽缸排汽道改进设计的试验研究= **Experimental Study of an Improved Design for the Exhaust Steam Passage of a Low-pressure Turbine Cylinder** [刊, 汉] / QIN Xiao-cheng, GAO Lei (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*. — 2000, 15(4). — 379 ~ 381

To enhance the work efficiency as well as the operation reliability and safety of a steam turbine unit, an experimental study was conducted of the various improved design schemes of a complicated exhaust-steam passage for a low-pressure naval steam turbine fitted with an astern unit. The results of the experimental study indicate that the rational layout of a diffusion section and the addition of a flow guide device can be conducive to a reduction of exhaust steam loss and a lessening in flow field non-uniformity. **Key words:** naval steam turbine, low-pressure turbine cylinder, exhaust steam passage, improved design, experimental study

200 MW 汽轮机真空对功率影响特性的试验研究= **Experimental Research of the Effect of 200 MW Steam Turbine Vacuum on Its Power Output** [刊, 汉] / WEI Hao, TIAN Zhi-zhuang (Jilin Provincial Scientific Research Institute of Electrical Power, Changchun, Jilin, China, Post Code: 130021) // *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*. — 2000, 15(4). — 382 ~ 383, 386

Through a series of tests on the variation of vacuum values in a Chinese-made 200 MW steam turbine determined were the turbine vacuum limit values and the general characteristic curves of vacuum variation. With the help of the vacuum correction curves obtained through tests it is possible to reflect in a fairly accurate way the actual performance of the turbine unit. This can serve as a helpful guide for assessing the performance of other similar turbine units. **Key words:** steam turbine, vacuum, test

循环流化床锅炉膜式壁炉衬抗热震性试验研究= **Experimental Study of the Thermal Shock Resistance of Membrane Wall Linings Installed in a Circulating Fluidized Bed Boiler** [刊, 汉] / CHEN Yong-guo, GUO Sen-kui, HE Xiang-yi, *et al* (Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China, Post Code: 650093) // *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*. — 2000, 15(4). — 384 ~ 386

Thermal shock resistance tests have been conducted for various structural types of membrane wall linings along with a heat transfer analysis of the linings. On this basis the authors have come up with an optimized structural design of the membrane wall lining fit for use in circulating fluidized bed boilers. **Key words:** circulating fluidized bed boiler, membrane wall, furnace lining, heat transfer analysis

模拟工业炉温度特性下的型煤固硫特性的试验研究= **Experimental Study of Coal Briquette Desulfurization Characteristics under the Condition of the Elevated Temperatures of an Industrial Boiler** [刊, 汉] / WU Shu-zhi, ZHAO Chang-sui (Thermal Energy Institute under the Southeastern University, Nanjing, Jiangsu, China, Post Code: