

燃机应用于商船的现状和展望

张 慧

(哈尔滨七〇三研究所)

〔摘要〕 本文综述了船舶燃气轮机应用于商船的发展情况和现状,对比柴油机,分析了船舶燃气轮机的优点。文章还对燃气轮机用于商船的情况作了展望。

关键词 燃气轮机 动力装置 商船应用

分类号 TK477

1 前言

燃气轮机在商船上的应用开始于 60 年代初,如原苏联 1962 年下水装用 2 台 ГТУ—10 型燃气轮机的“叶塞图金”号油轮,1964 年美国建造的燃气轮机运输船“卡拉汉”号,1974 年西德建造的燃气轮机箱装船“欧洲班轮”号,1977 年就航载客 1500 人航行于芬兰和西德之间的汽车和旅游渡船“芬杰特”号等。但过去由于与柴油机相比,其耗油率偏高,所以燃气轮机商船所占百分比极小。如今,船舶燃气轮机技术取得了长足的进步,特别在商船上得到了应用。本文就此对燃机在商船中应用进行探讨。

2 应用现状

2.1 技术进展

过去几年船舶燃气轮机技术取得了引人注目瞩目的进展,燃气轮机的性能不断地得到改进,一方面通过先进航空技术的移植,不懈地

完善燃气轮机零部件设计来改善简单循环燃气轮机的性能;另一方面在燃气轮机热力循环方面进行开发研究,其中重要的一个方向是利用燃气轮机排气的余热、回收其部分能量产生蒸汽,供给汽轮机,构成燃蒸联合循环动力装置。另一个开发方向是减少压缩功和利用排气余热的中间冷却回热式燃气轮机。

2.2 燃气轮机的优点

燃气轮机发动机在商船上应用的增加,主要原因是发动机低的重量/单位输出功率、小的体积、高的可利用率、低的初投资费用、低的有害气体排放和可接受的运行费用。

2.2.1 低的重量/单位输出功率

燃气轮机的低的重量/单位输出功率的优越性,早已被人们所承认。较低的重量允许较大的有效负荷,或运载额外的燃料。为了能达到高速运行,燃气轮机成为可以选择的推进装置。

2.2.2 小的体积

燃气轮机的小的体积也有利于高性能船舶的设计。大多数载客及有时间要求的货船都对体积有限制。在有效负荷密度低的情况

收稿日期 1995—03—07

本文联系人 张慧 女 1969 年生 助理翻译 150030 哈尔滨 77—7 信箱

下,对体积的要求是设计首先要解决的关键。近来,有许多高速船舶应用了双体船船体结构,正是由于双体船上使用了燃气轮机,而燃气轮机具有结构紧凑这一特点。

2.2.3 高的可利用率

军事上使用的燃气轮机对其系统的可用性具有很高的要求。在军用舰船的使用中,超出五百万运行小时的积累经验表明超过 99.9%利用率是可以达到的。1982 年英阿马岛海战中,燃气轮机的战时故障 1 000 运行小时仅发生 0.55 次就充分证明了这一点。前苏联的 ГТД15 000 型燃机规定的总寿命高达 40 000 小时,也有力地说明了燃机的高度可靠性。推进系统的高利用率在商用船舶上也同样重要。年收入的产值取决于连续的运行,在运送旅客或货物时,可靠、及时的服务也是很关键的。

2.2.4 低的初投资费用

推进装置的初投资费用包括主发动机和辅助系统,再加上包括底座在内的安装费用。在保持功率相同的情况下,对于功率要求范围在 10~20 MW 的柴油机和燃气轮机来说,其推进系统的投资费用差不多。在 20 MW 以上时,燃气轮机的初投资费用较柴油机则低,其原因为:(a)燃气轮机的单位功率的投资费用低;(b)燃气轮机的体积小,重量轻,辅助系统少,安装费用低。

2.2.5 低的有害气体排放

许多沿海地区正在限制排气的排放量,这一问题正被越来越多的国家所认识。由于燃气轮机具有较多的控制燃烧的程序,其 NO_x 的排放量仅为柴油机的 1/3 到 1/4。尽管在柴油机排放处使用了催化转化器,降低了 NO_x 排放量,但却影响了其性能,在重量、体积、运行复杂性及费用上都产生了一些弊端。而一贯以 NO_x 排放量低而著称的燃气轮机则将继续受益于不断进行的研究和改进,进一步减少排放量。

2.2.6 可接受的运行费用

燃料、润滑油的消耗、设备维修及配备的人员更换都不断重复的进行。燃机的维修费用主要是由高温部分部件的维修和通常的大修所决定。由于能够通过多种途径进行维修,这些费用是具有竞争能力的。结果是,燃气轮机的每千瓦小时运行的平均维修费用低于柴油机。此外,燃气轮机所需的船上维修最少,人员配备也相应减少。

2.3 中间冷却回热式(ICR)燃气轮机与燃蒸联合循环(COGAS)

由 Rolls - Royce 公司和 Westinghouse 公司针对海军应用联合开发的 WR21 型中冷回热(ICR)船用燃气轮机,其设计工况下的耗油率低至 0.202 kg/(kW·h),且变工况经济性能极为良好,在负荷为 50% 时,耗油率仅为 0.205 kg/(kW·h);负荷下达 30% 时,仅为 0.229 kg/(kW·h)。ICR 船舶燃气轮机的热力线示于图 1。

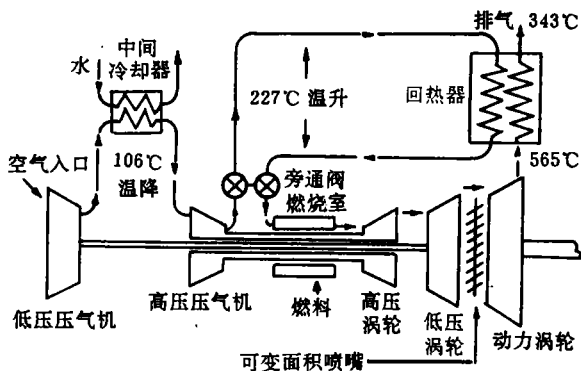


图 1 ICR 船用燃气轮机的线图

利用燃气轮机排气的余热,装设余热锅炉,产生蒸汽进入汽轮机做功,构成燃蒸联合循环动力装置,可以使装置的热效率得到明显的提高,并显著增加其输出功率(见图 2)。早在 70 年代,原苏联就已研制成功利用燃气轮机排气余热的 M25 型船舶 COGAS 装置,使功率从简单循环的 14 MW 增加到燃蒸联合

循环的 18.4 MW, 即增加了 24% (相对值), 在当时还是取得了 41.5% 值的较高效率。原苏联还基于 M37 型燃气轮机 (最大功率为 5.88 MW), 研制利用其排气余热组成小尺寸, 高效率的 COGAS 装置。据称, 这些装置可以成功地与具有同等功率、性能优良的船用柴油机装置相竞争。

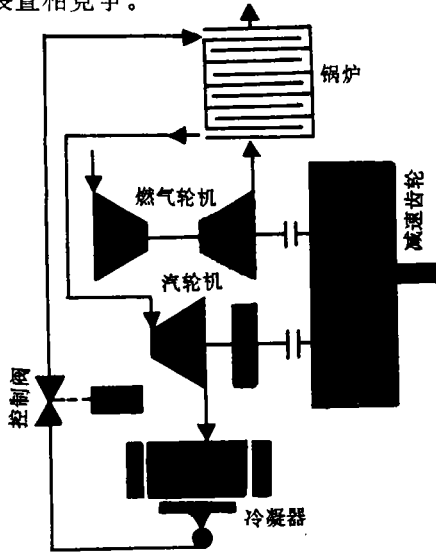


图 2 COGAS 动力装置示意图

2.4 应用

目前, 由于燃气轮机技术日臻完善, 燃气轮机性能有了很大的提高, 使得它在民用船舶中的应用正日渐显露其锋芒。

据报道, 原苏联的 ГТДДЖ59 型燃气轮机 (功率为 16.3 MW, 效率约为 34.5%) 已安装在 4 艘滚装式货船上, 这些货轮航行于新加坡和黑海边的敖德萨、意大利的热那亚、越南和日本的横滨之间。

原苏联研制了一系列供水翼艇用的轻型燃气轮机, 如装有功率为 5.88 MW 的 M37 型船舶燃气轮机的水翼客艇可载运旅客 250 人, 航速高达 42 节。这样的一些水翼客艇已航行在芬兰的赫尔辛基和爱沙尼亚的塔林之间。

第一艘由 CODAG 联合动力装置驱动的

意大利“*Aquastrada*”号高速旅客—汽车渡轮于 1992 年夏天进入商业服务。同年夏天, 瑞典 Stena AB 航运公司订购了一艘叫做 HSS (高速海上服务) 的迄今最大的高速渡轮, 按计划要求 HSS 应于 1995 年投入 Holyhead、威尔士和都柏林湾之间的商业运营。当时, 怀特岛上的英国 FBM 造船公司正计划为远东某买主建造五艘叫做 *Tricat* 的高速渡轮。命名为 *Tricat* 是因为它是一艘前端具有一个小型第三船体的双体船。该渡轮长 45 米, 宽 11.8 米, 能携带 332 名旅客, 航速超过 47 节, 航程为 125 海里。*Tricat* 的动力来自二台 5.2 MW 的 Taurus 型船舶燃气轮机, 每台燃气轮机将驱动一个 KaMeWa 喷水推进器。

3 展望

3.1 二类船舶

燃气轮机在商船上的进一步应用将集中在两个类别。第一类是其速度大于常规水面船舶的高速运输船, 在这些船舶中, 人员和货物的运输在时间上的要求是极为苛刻的; 第二类应用是更为常规的低速船舶, 其中燃机推进装置提供了与其性能和物理特性有关的另外一些优点。此外, 对于没有严格重量控制的大多数船舶, 有可能在燃机上安装排气能量回收系统, 如汽轮机循环。借助于这种排气能量回收系统, 现代燃机装置的耗油率完全可以与现代柴油机装置相竞争。

3.2 ICR 与 COGAS

船用 ICR 燃气轮机很快就要进入海军现役使用。这种具有价格竞争优势的燃气轮机已在进入商船领域, 其明显的应用是大型高速渡轮、高速集装箱船、旅游船。

采用 COGAS 装置的舰船, 通过燃蒸并车可增加 30% 推进功率, 并且还把蒸汽供给汽

轮发电机和舰船服务设施用。美国进行的研究亦已表明,对于具有 2 000 客位的大型旅游船,采用 LM2500 型燃气轮机加上余热回收系统,可使装置的燃油能量利用率高达 80%,其性能将明显优于柴油机。

3.3 燃机在大型游船和小型渡轮上的应用

在一个独立比较试验中,在一艘现代的载客 2 500 人的游船上,用 GE LM2500 燃气轮机 / 蒸汽轮机电力推进系统取代中速的柴油机电力推进系统,估计每年可节省 3.9 至 4.2 百万美元。

美国 Textron Lycoming 公司的研究亦已表明:在小型高速客艇上装用燃气轮机,其总体性能将优于与之相当的柴油机。对一型 450 客位高速客艇的方案论证表明,若采用二台 TF40 型燃气轮机可比采用柴油机一年多载客 94 000 人。

3.4 开发二型机

考虑我国商用船舶的情况,作者认为可以开发功率约为 16 MW 的燃气轮机,此型燃机可基于某型舰改机的基础上进行研制。在这一型发动机上加上排气余热回收系统,就可以成功地用于包括运输船和旅游船在内的大型客船。

由于燃气轮机所具有的特点,小型高性能燃气轮机十分适合装用表面效应船。为此,作者建议我国还应开发功率为 2.5 ~ 4 MW 的小型高性能燃气轮机,以满足装用高速水翼客艇和气垫船的需要。此型机可参照 Eurodyn 燃机技术进行研制。

3.5 我国情况

展望我国南方沿海,如珠海—香港,香

港—澳门;东海沿海,如镇海—普陀;北方沿海,如威海—大连,开发装用燃气轮机的水翼客艇(包括往返班轮和海上旅游艇)具有极为美好的前景。

4 结论

综上所述,本文的结论如下:

1. 由于燃机技术的进步,船用燃机正加速进入民船应用领域。水上高速运输、高速渡船和旅游船应用燃机日益增多。
2. 由于其耗油率低、性能好,ICR 船用燃机和 COGAS 装置是用于民船的颇有吸引力的方案。
3. 我国亦应大力开发燃机在民船中的应用。建议研制二档功率的高性能燃机,一档功率为 16 MW,另一档功率为 2.5 ~ 4 MW。

参 考 文 献

- 1 Brady C O & Luck D L. The Increased Use of Gas Turbines as Commercial Marine Engines. Transactions of ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, April, 1994
- 2 Ken Fulton, First Marine ICR Engine Enters 2-yr Test to Validate Design Performance. Gas Turbine World, September/October, 1994
- 3 Gas Turbines; A Growing Option for Fast Ferries. Diesel & Gas Turbine Worldwide, 1994, 26(3)
- 4 Ken Fulton. Mashproject showed up at Cologne to market ex-soviet navy engine. Gas Turbine World, July-August, 1992

纪念“广告法”实施一周年

(CWM) of High Concentration and Its Effect on Flow Characteristics in Pipes [刊,中]/Meng LingJie (Shandong Polytechnical University), Zhang Mingyao (Southeastern University)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):85~88

By combining theoretical analysis with experimental research discussed is the slip phenomenon of coal water mixture (CWM) of high concentration flowing in pipes. An analysis is given of the effect of "slip layer" on the flow characteristics of the CWM in pipes. The authors have also come up with a new method for correcting the wall slip of CWM. flowing in pipes and obtaining a true rheological model of the CWM. **Key words:** coal water mixture, slip phenomenon, flow properties

流化床煤燃烧中氮氧化物的生成机理=A study on the Generation Mechanism of Nitrogen-Oxygen Compound During the Process of Fluidized Bed Coal Combustion [刊,中]/Feng Bo, Lin Zhijie, Yuan Jianwei, Cai Xuejun, Liu Dechang (Middle China University of Technology)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):89~94

The generation mechanism of N_2O and NO_x during the process of fluidized bed coal combustion is studied in a fluidized bed reactor and a fixed bed reactor. N_2O and NO_x in the fluidized bed coal combustion are found to come mainly from the nitrogen in the coal, i. e. volatilization nitrogen and coke nitrogen, and NO_x is partly from the N_2 in the air. The volatilization nitrogen is mainly in the form of HCN and NH_3 to generate N_2O and NO_x by means of equal phase reaction, and the resultant of N_2O and NO_x from the coke nitrogen is by multi-phase reaction. The removing mechanism of N_2O is different from that of NO_x . The removal of N_2O is by means of the reduction reaction between the hydrogen atom and the oxygen atom, the catalysis-reduction of the solid state substance in the bed layer and self thermal decomposition, and the removal of NO_x is by means of the reaction with CO_2 H_2 NH_3 and coke under the catalysis of solid state substance. **Key words:** Fluidized Bed Reactor, Fluidized Bed Combustion, Nitrogen-Oxygen Compound

内循环流化床锅炉技术及发展前景=Internal Cycle Fluidized Bed Boiler Technology and Its Development Prospects [刊,中]/Wang Huaibin, Zhang Zidong, Dong Yong (Harbin Institute of Technology)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):95~100

A definition is given of the internal cycle fluidized bed boiler along with an overview of the major contributions made by experts at home and abroad involved in the development of the said boiler. The authors hold that the above mentioned boiler will eventually be listed as a predominant product among industrial boilers. **Key words:** boiler, internal cycle, fluidized bed, overview

燃机应用于商船的现状和展望=The Present Status and Future Prospects of the Application of Gas Turbines for Merchant Ships [刊,中]/Zhang Hui(Harbin 703 Research Institute)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):101~104

A general review is given of the developments and present status of marine gas turbines employed on board merchant ships. In this connection the merits of the gas turbines as against diesels are described. The prospects of the use of gas turbines for merchant vessels have also been briefly dealt with. **Key words:** gas turbine, power plant, merchant ship application

锅炉装置计算机监测优化控制系统=A Computer-based Monitoring and Optimized Control System for a Boiler Unit