

# 以煤为燃料燃气轮机的发展

张春霖

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

关键词 燃气轮机 燃煤 加压流化床燃烧

燃气轮机以其体积小、重量轻、起动加速性好等突出优越性,得到越来越广泛的应用。近年来,燃蒸联合循环和热电联产更显示了广阔的发展前景。然而,长期以来,由于它只能燃用液体或气体燃料,也受到了很大的限制。

早在50年代,就有人开始探索燃气轮机用煤做燃料的途径。经过多年的努力,燃气轮机烧煤的问题已有很大进展。值得注意的是,由于燃煤燃气轮机的几个方案,对改善生态环境有很大好处,使这方面的研究工作有了双重的动力。

## 1 两个重要的发展途径

### 1.1 一体化煤气化联合循环(IGCC)

这种方法是首先把煤气化,再用于燃气轮机。严格地说,这还不能算是燃煤的燃气轮机。由于煤气化技术的发展和人类对改善生态环境的需求,用这种方法取代现有蒸汽轮机发电,已变成实现。1989年 Demkolec B. W 公司就完成了一项250 MW的这种煤气化工程。虽然装置的效率比原来的蒸汽轮机略有降低,但是燃烧产生的二氧化硫却除掉了

99%。使得荷兰的生态环境得到了显著的改善。

### 1.2 加压流化床燃烧技术(PFBC)

这种方法是用PFBC中产生的高温高压燃气经旋风除尘之后,直接驱动燃气轮机。流化床燃烧技术(FBC)发展到高压下工作的循环床,使锅炉燃烧器的尺寸显著减小。燃烧的产物,就其参数和组成与石化工业中的催化裂化装置的工质以及高炉的顶气极为相似。于是把近20年来发展起来的烟气轮机技术和经验移植过来,便产生了加压流化床燃烧蒸燃联合循环(图1)。美国中央动力站试验用增压流化床燃烧(PFBC)燃—蒸联合循环系统就直接选用E-256 85000马力的烟气轮机。

近几年来,加压流化床燃烧技术发展得很快,在1990年就出现了三个这种装置。它们是:美国电力公司在俄亥俄州泰得(Tidd)的装置;西班牙艾斯卡特伦(Escatron)的一个相似的装置;瑞典斯托克霍姆瓦尔丹(Vartan)电站的装置。这个装置中的燃气轮机都是ABB. Carbon公司的GT35改型的GT35P。GT35自1960年开始生产,功率为16 900 kW。三台装置中瑞典瓦尔丹的最早,

收稿日期 1992-04-01

修改定稿 1993-01-25

本文联系人 张春霖 男 58 高级工程师 150036

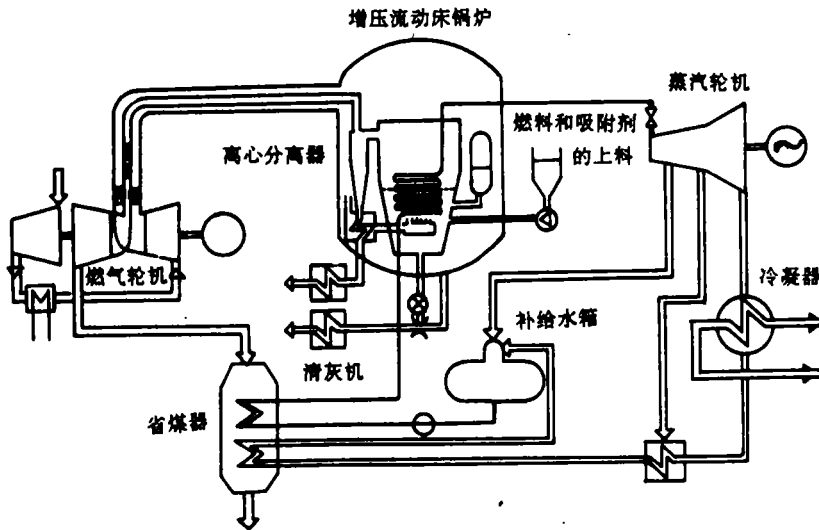


图 1 加压流化床蒸燃联合循环

1989 年 10 月燃气轮机开始运行。美国电力公司泰得装置于 1990 年 11 月联合循环第一次运行。

瑞典宣布他们的 PFBC 燃气轮机已经进入商业化阶段。

## 2 瓦尔丹商业化装置

### 2.1 装置概况

全部 PFBC 装置在一个直径 13.5 米、高 20 米的大罐中。里面有蒸汽发生器，二级旋风除尘器，冷灰器及立式燃烧器等。其中没有一个是运动部件。床的工作温度为 860℃，压力为 1.2 MPa。

燃料是波兰煤，含 1% 的硫，15% 灰份。燃料储存在地下库中。通过处理装置将煤处理成含 25% 水份的膏状体，送入燃烧器。有害气体的排放指标是： $S \leq 39 \text{ mg/MJ}$ ， $\text{NO}_x \leq 50 \text{ mg/MJ}$ 。

装置的电功率设计值为 145 MW，其中 111 MW 是蒸汽轮机发电，35 MW 是燃气轮

机发电，总功率为 224 MW。蒸汽参数是 13.7 MPa, 530℃。

### 2.2 装置的运行情况

该装置于 1991 年 3 月达到满负荷。4 月 11 日最后完成了 6000 小时包括各种可能工况的试验周期。试验中曾发生煤质硬度超过设计值，使碎煤机堵塞；烟道过滤器堵塞；误操作所致的密封的疏导系统进水而使蒸汽轮机停机 50 小时，但此时继续产热，燃气轮机继续产电。

试验表明，装置的运行情况是相当好的。生命力很强。

### 2.3 有害物质的排放

验收试验时，在 100% 负荷下，测定有害物质的排放量，三个主要指标全部达到瑞典城市区域燃煤电站的控制标准。其中  $\text{SO}_2$  排放量接近控制指标 (60 mg/MJ)，氮的氧化物 (20 mg/MJ) 和尘埃 ( $< 1 \text{ mg/MJ}$ ) 的排放量都远远低于排放标准。瑞典城市区域燃煤电站的排放标准分别是 50 mg/MJ 和 5 mg/MJ。

### 3 国内的研究概况

我国也有很多从事这方面的研究工作。早期的沸腾床燃烧研究水平也是比较高的。就 IGCC 及 PFBC 技术而言,清华大学和中国科学院等单位也开展了很多工作。其中理论探讨方面工作较多。清华大学焦树建教授等对 IGCC 及 PFBC 两种联合循环的循环参数做了较详尽的分析,从中得出重要的结论:“PFBC 方案中,燃气轮机的初温很难超过 1173℃,使循环效率限制在(42~43)%范围之内。在此基础上推荐 PFBC+炭化炉+顶置燃气轮机燃烧室的新方案,可使循环效率达到 46%以上。这已是一个很有竞争力的效率了。再加上在保护生态环境方面的优越性,对现在普遍采用汽轮发电机组以及普遍的联合循环装置将是最强有力的挑战。

我国是产煤大国,电力工业还在大规模的建设之中,保护生态环境也早已提到日程

上来了。因此,加快这方面工作的研究与发展燃煤燃气轮机实用技术已势在必行。

### 参 考 文 献

- 1 Irwin Stambler. First commercial PFBC powering 135 MW CHP plant in Sweden. Gas Turbine World, 1991, 21(3)
- 2 Robert Farmer. World's first direct coal-fired PFBC plant goes commercial. Gas Turbine World, 1991, 21(5)
- 3 Robert Smock. Coalgas-fired combined cycle projects multiply. Power Engineering, 1991, 95(2)
- 4 陈晓平, 焦树建. 燃煤的 PFBC 燃气-蒸汽联合循环热力参数的选择与特性. 燃气轮机技术, 1991, 4(2).
- 5 焦树建. 燃煤的 IGCC 燃气-蒸汽联合循环热效率的计算关系式. 燃气轮机技术, 1991, 4(2).
- 6 卢鹏飞编译. 燃气轮机用于增压流化床燃烧(PFBC)技术. 燃气轮机技术, 1991, 4(4)

(李乡复 编辑)

新产品

## 新型可倾瓦轴承

据“Turbomachinery International”1993年1—2月号报导,美国罗得岛州西格林威治市的 KMC 公司提出一种新型可倾瓦轴承,它取代传统的多部件支点结构,代之以一种整体的挠性支撑结构,以便消除磨损和高的接触应力。

KMC Flexure Pivot(挠曲支点)可倾瓦轴承的特色是中心支承的支撑结构,它挠曲形成收敛楔,而不是像传统支点可倾瓦的摆动件。消除了瓦块的颤动以及与传统支点可倾瓦轴承有关的制动,新设计在消除支点磨损和接触应力时,提供了低的横向联接和高的

稳定性。

以整体或拼合形式应用于推力轴承、径向轴承或推力和径向联合轴承,本产品能使轴在轴承中保持对中,从而可使径向晃动减到最小,这在某些高速、高性能涡轮机械中是至关重要的。

它们可用于内径从 1.6 mm(1/16 英寸)到 914.4 mm(36 英寸)的轴。

按照用户的设计要求, KMC 挠曲支点可倾瓦轴承的价格约比传统的可倾瓦轴承低 20%。

(学奥 供稿)

- (183) **Preliminary Test Results of the World' s First Kalina Cycle Electric Power Station** .....  
Wang Zhenhua (*Nanjing Gas Turbine Research Institute*)  
This paper gives a brief description of the configuration and preliminary test results of the first Kalina cycle demonstrational power plant sited in the state of California of USA. **Key words:** *Kalina cycle, power generation, testing*
- (186) **The Application of Gas Turbines in Offshore Oil Fields and Specific Requirements To Be Met by Such Turbines** ..... Zhang Xuchen (*Ocean Engineering Institute of South China Sea Eastern Petroleum Corporation*)  
Based on the developments of Chinese offshore oil fields in recent years and engineering experiences gained during his participation in the exploration of some oil fields in China, the author has made a preliminary study and analysis of the application considerations and technical requirements to be met by the offshore oil field-oriented gas turbines. Given in this paper are also some proposals aimed at the development of gas turbines intended for use in Chinese offshore oil fields. **Key words:** *application of gas turbines, technical requirements, proposals*
- (191) **The Development of Coal-fired Gas Turbines** ..... Zhang Chunlin (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*)  
**Key words:** *gas turbine, coal firing, pressurized fluidized bed combustion*
- (194) **Vibration Failure Diagnosis of a Turbogenerator set** ..... Li Luping (*Electrical Engineering Department of Changsha Teacher' s College of Hydroelectric Power*)  
This paper deals with a physical and mathematical model for the vibration failure diagnosis of rotary machines. The mathematical model can be used for the diagnosis of vibration failures of large-sized turbogenerator sets. **Key words:** *turbogenerator set, vibration, failure diagnosis, mathematical model*
- (200) **High-efficiency Low-pressure Steam Turbines** ..... Zhang Chunlin (*Technical Information Research Institute of Water Resources and Electric Power under the Ministry of Energy Sources*)  
**Key words:** *low-pressure steam turbine, efficiency*
- (202) **An Experimental study of Contact Fatigue Strength of Soft-Hard Tooth Face Gears** .....  
Huang Qingrui, Huang Wei (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*)  
This paper describes in detail the contact fatigue tests of gears made of 42CrMo steel which had been subjected to a heat treatment of quenching and tempering and gears of carburized/quenched 20CrMnMo steel. Covered in the paper are such a variety of items as test aims, test conditions and method, main parameters of CL-100 gear testing machine and gear test pieces, test results and data processing, the evaluation of test results, etc. **Key words:** *gear*