

# 世界上首座 Kalina 循环电厂的初步试验结果

王震华(南京燃气轮机研究所)

〔摘要〕 简要介绍了美国加州凯诺盖园首座 Kalina 循环示范电厂的构成和初步试验结果。

关键词 Kalina 循环 发电 试验

Kalina 循环一旦全面推开,进入商业化状态,将带给高效发电设备以全新的意义。当今世界上最高效率的联合循环效率为(52—53)%,而基于 Kalina 循环的联合循环效率可提高到 57%。

目前已有 13 座处于不同发展阶段的体现 Kalina 循环的发电装置。前不久,在美国加州凯诺盖园(Canoga Park)的 3.2 MW 中试装置上,Kalina 循环获得完全成功,其发电效率比朗肯循环提高 20—30%。试验期间,关键部件蒸馏/冷凝子系统表现出优越的性能,证实了 Kalina 循环的原理及可操作性。直属美国能源部的凯诺盖能源技术中心已给出了详细的试验报告。现简介如下。

## 凯诺盖园系统

示范装置使用附近试验设备的排气作为热源。试验时用一个透平模拟器再现透平排气的条件,设计是 ABB 公司的标准设计,凯诺盖园示范电厂规格见表 1。

## Kalina 循环

理论与实际效率之间差别的热力学损失是一种不可逆损失。锅炉中当热从高温传递

给较低温度时,就产生这种损失,从而焓也就损失了。为了减小温度差,朗肯循环的结构常常改变,使用两个有时甚至是三个压力级。这就使工质有 2—3 个沸点。高温气体和工质之间有限温度的形成,无论热交换器的容量大小,总不能消除(图 1)。由于不可逆性,使用单一工质的朗肯循环存在一个约为 65% 的第二定律效率上限。

表 1 凯诺盖园示范电厂规格

总输出	3.2 MW
热源初温	543℃
热源终温	93℃
工质浓度(锅炉)	70% 氨
工质流量(锅炉)	14 265 kg/h
透平进口压力	11.03 MPa
透平进口温度	515℃
透平排气压力	0.137 MPa

Kalina 循环使用不同沸点的流体混合物作工质,循环中流体组分在循环中不同的位置经常变化。这就减小了锅炉中工质与高温气体的温差。在底部循环应用中,理论上允许第二定律效率至少上升至 80%。

收稿日期 1992-07-14

本文联系人 王震华 男 47 工程师 210037 南京中央门外东门街 140 对门

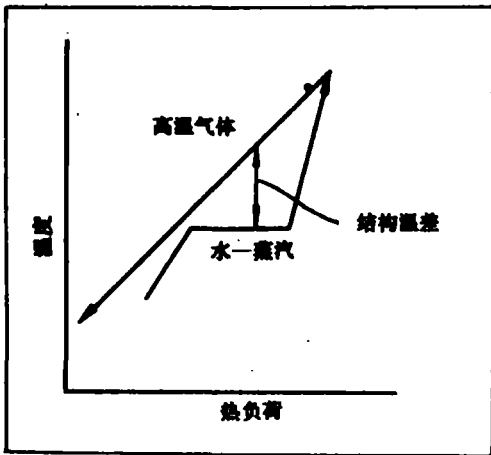


图1 单压朗肯循环中的预热器、锅炉和过热器的温度分布

但是,锅炉中使用混合物工质带来的问题是在整个温度范围内也要发生冷凝。在正常的冷却温度下,混合物仅部分冷凝,而且透平背压必须上升,直至混合物完全冷凝。结果,锅炉中节省下来的不可逆性为冷凝器中的焓损所抵消。

Kalina 循环在冷凝器和锅炉中特地使用不同工质,从而避免了这个问题。

Kalina 循环系统由两个相互作用的子系统组成:第一是吸热工艺和发电装置;第二是蒸馏/冷凝子系统(DCSS)。在凯诺盖园运行的就是这种 DCSS 装置

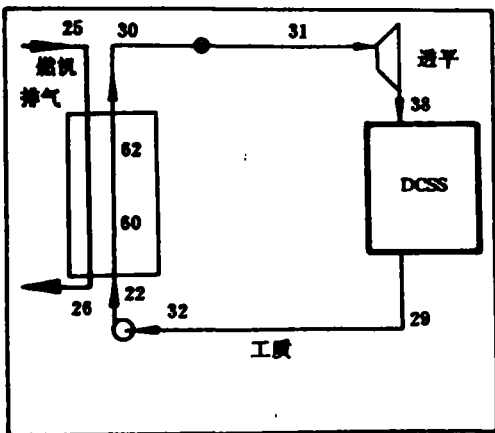


图2 吸热和发电子系统

吸热与发电子系统的工艺流程见图2。系统的吸热部分类似于朗肯循环,但是吸热过程中的热效应是不同的,因为使用了氨/水工质,其中氨按水重量比占 70%。

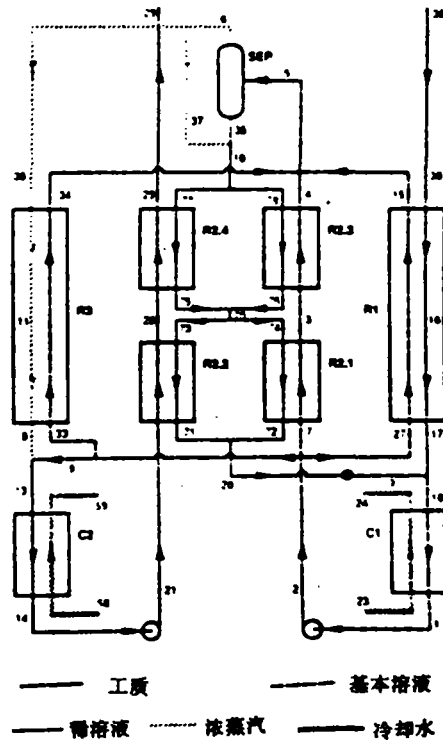


图3 蒸馏/冷凝子系统

凯诺盖园系统与单压朗肯循环在结构上的主要区别在于图3中的DCSS。继透平膨胀之后,蒸汽在38位置处于低压状态(0.128 MPa, 70%氨),将要在冷却剂的温度作用下完全冷凝。

而结果,工质仅在回热热交换器R1中部分冷凝。在此热交换器出口,一股稀溶液(来自R2的42%氨)与R1的两相流混合成50%氨的溶液。此压力为0.128 MPa的溶液接着能在所用的冷却剂温度下冷凝。

来自C1的冷凝液泵至高压,并分成4部分。其中3部分分别在3个热交换器中被回热加热,而第4部分则用来调节工质组分。被加热的3部分在位置5的设定温度下形成两

相混合物,接着在分离器分成一个浓蒸汽相(97.5%氨)和一个稀液体(38%氨)。稀液体再引入氨加浓,在位置 10 形成 42%的氨。

位置 6 的大部分氨蒸汽用于回热加热液流 33,并接着在位置 8 与第 4 股再循环流体力工质混合,重新构成 70%氨组分的原始工质,在 C2 冷凝器放热。

该子系统的一个重要特性是一小部分液流 5 以蒸汽形态分出,并在 R3 中用于再生液流 33。液流 33 与稀液 8 混合产生工质流 13,与液流 38 有相同的组分。

## 结果

凯诺盖园示范电厂的运行已进一步证实了 Kalina 循环技术的原理和可操作性,证实

了 Kalina 循环装置能快速启动,该循环能迅速改变组分以适应环境或负荷条件的变化,未发现氨有明显的分解。当用于底部循环发电时,在余热锅炉和 DCSS 中采集的热交换器性能数据,给出了(75—80)%的第二定律净效率。在相同边界条件下,明显高于 65%的蒸汽底部循环最大第二定律净效率。

直流锅炉的温度分布见图 4(a),其对应的卡诺坐标见图 4(b)。显而易见,在吸热过程中,Kalina 循环比朗肯循环烟损有实质性的减小。

## 参 考 文 献

- 1 Kalina cycle tested at Canoga park. Modern power systems, 1992(3).

(渠源汤 编辑)

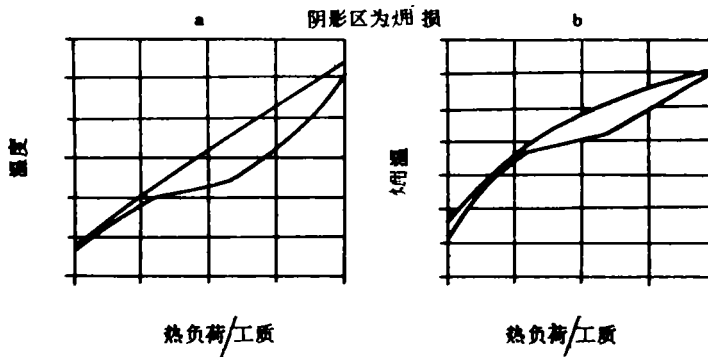


图 4 (a)吸热期间的温度分布;  
(b)卡诺效率分布。阴影区为烟损,阴影面积正比于烟损。

## 更 正

1993 年第 3 期第 134 页作者罗新春应为:罗春新;第 165 页 JGT-I 系列矩形管通风机应为:JGT-I 系列矩形管道通风机。

在此向作者、读者表示歉意。

—编辑部—

- (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*