

燃气轮机在油气田开发中的应用

吉 桂 明

〔提要〕本文介绍了燃气轮机在油气田开发中的应用及其特点，特别强调了带有余热利用的供热动力联合装置。报道了燃气轮机在我国油气田的应用及其前景，指出这一领域是燃气轮机重要的潜在市场。

主题词：燃气轮机

一、前 言

自本世纪初燃气轮机问世以来，作为一种重要的动力装置，它已在工业、船用、航空和航天的各个领域得到了日益广泛的应用，并在一些应用领域中占了主宰的地位。

由于其众多的优点，诸如装置简单紧凑、重量尺寸小、箱装体结构、循环工质是燃气、操纵使用方便等，目前燃气轮机在石油和天然气的开发中得到了越来越多的应用。仅以美国GE式司的LM2500燃气轮机箱装体在海上平台中的应用为例。到1983年仲夏为止，世界上已有31台LM2500箱装体被安装或订货用于海上钻井平台。其中7台用来驱动发电机、4台用于天然气增压、4台用于注气、11台用于天然气输送、5台用于注水。它们用于位于北

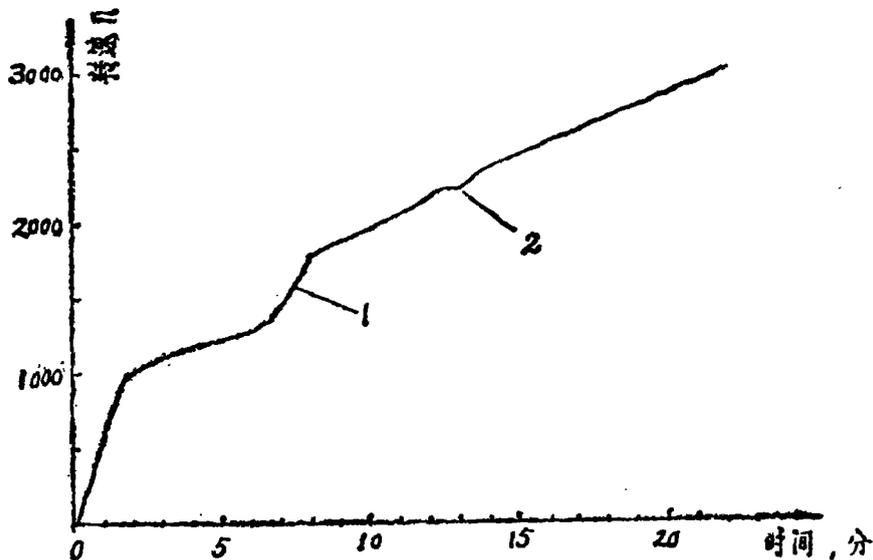


图 12 本装置在 5 万千瓦汽轮机上的升速过程记录曲线

海、墨西哥湾和阿拉伯湾的8个不同的平台。

二、在油气田开发中的应用

在陆上油田和海上平台的油气田开发中，燃气轮机作为驱动发电机、增压、注水和注气设备的动力源得到了日益广泛的应用，下面仅对其主要的应用作一简单的介绍：

1. 油田和平台发电机传动设备

在陆上油田，特别是中东缺水地区，和海上钻井平台，广泛采用燃气轮机作为传动发电机的动力源。图1表示出安装成组合件的 Mobil StatfjordB 平台的发电机传动设备和机械布置。该平台位于北海的挪威部分。



图1 涡轮——发电机设备

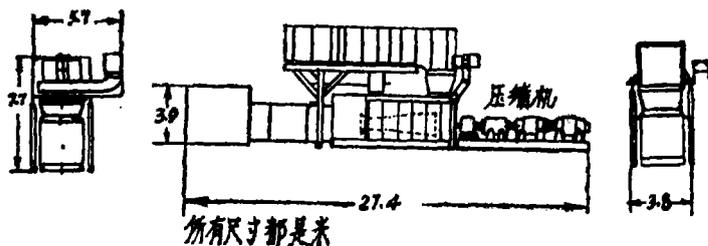


图2 涡轮——再压缩设备

每台燃气轮机——发电机组的额定容量是19000千瓦、13.8千伏、60赫兹。水冷发电机和励磁机安装在一块公用的底板上。发电机包含的滑油系统位于其励磁机一端。

在安装以前，要对发电机转子和励磁机进行各项电力试验。发电机成套设备要在工厂用直流电动机进行传动试验，以便检查其机械系统、滑油系统、冷却系统和整个转子的振动特性。在装配好的发电机上完成的其它电力试验包括空载热运转和游隙损失试验、空载开路试验和励磁温升试验、全励磁开路饱和特性、电话影响系数试验、兆欧表试验和其它各种短路试验。

2. 油气再压缩的传动设备

Mobil StatfjordB的二套再压缩设备示于图2。每套增压压缩机设备包括一套Maag增速齿轮和三个筒形机匣的增压压缩机，它们均安装在一块公用的底板上，齿轮和压缩机用膜片式联轴节连接在一起。增压压缩机把天然气压力从0.44巴增压到171.36巴。压缩机的工作转速是10000转/分并吸收14920千瓦功率。在装船以前，对增压压缩机的每一级都进行了气动力试验。然后，增压压缩机连同增速齿轮和联轴节由工厂的传动设备带动进行联合的机械运转试验。试验包括在30%和115%之间各种速度下的运行试验和4小时的耐久性试验。也进行了静止的密封试验。

3. 注水和注气的传动设备

为了提高油井和气井的生产能力，采用了向井中注水和注气的方法。Mobil StatfjordB的注气压缩机设备示于图3。注气压缩机是安装在底板上的机匣为单筒的设备，带有增速齿轮箱和联轴节等设备。进口压力和出口压力分别是170.67和393.02巴。压缩机工作转速是10300转/分、耗功8850千瓦。压缩机装船前，就在制造厂进行了全负荷试验。试验时，回路中的天然气类似于StatfjordB现场的天然气。

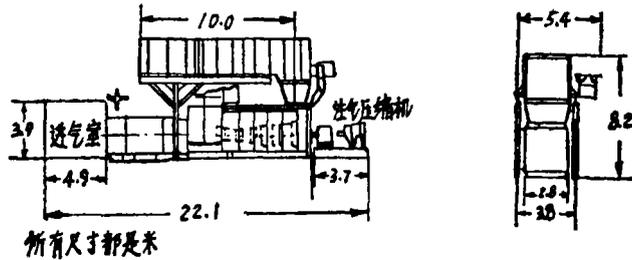


图 3 涡轮——注气压缩机设备

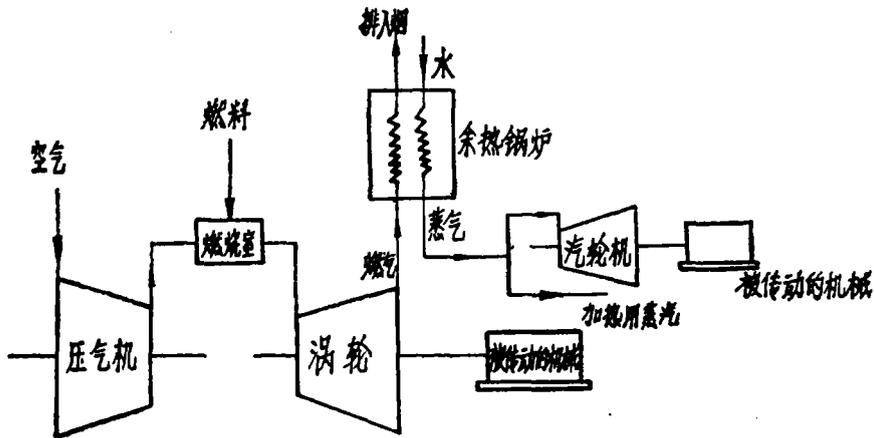


图 4 余热利用燃蒸联合循环示意图

我国大庆油田购进的美国 GE 公司的 50000 千瓦燃气轮机联合循环装置，就是用来带动水泵作为向井中注水的动力源。

4. 油气输送管线的增压设备

从油田到输出港口漫长的油气输送管线上，通常采用燃气轮机作为动力源，驱动增压泵给油气增压，便于输送。

5. 余热利用的联合循环

(1) 余热利用的燃蒸联合循环

这种联合循环的示意图表示在图 4 上。以我国大庆油田的 STAG106 型 50000 千瓦联合循环装置为例。该装置以 MS6001 型燃气轮机为基础，燃气在 MS6001 型燃气轮机中膨胀做功，发出 37000 千瓦功率，燃气排气进入余热锅炉，在余热锅炉中无需燃烧，而是燃气轮机排气把热量转交给水产生蒸汽，蒸汽在汽轮机中做功，产生 13000 千瓦功率，并在过程中引出蒸汽供加热原油用，以便于泵唧。

(2) 余热利用提供加热用蒸汽

这种联合循环的示意图表示在图 5 上。以我国大庆油田的斯贝 SK15HE 联合循环装置为例。该装置以英国罗尔斯——罗伊斯公司的 Spey 燃气轮机为基础。燃气在燃气轮机中膨胀做功，发出 12000 千瓦功率，燃气排气进入余热锅炉，产生蒸汽供加热原油等应用。

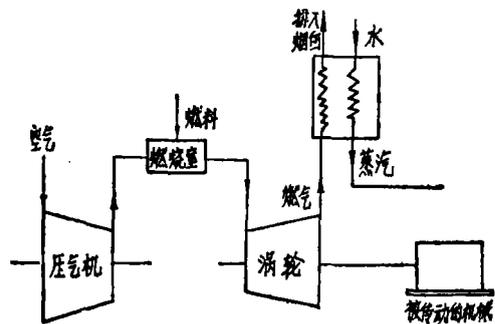


图 5 余热利用供热联合循环示意图

三、特点和 要求

陆上油田和海上平台的环境和具体情况，给燃气轮机设计和应用方面都带来了一些特点和 要求

1. 由于就地取材，油气田和钻井平台用燃气轮机几乎都是采用就地开采的天然气做燃料。由于要燃用低发热值的天然气，就对燃气轮机的燃烧系统、燃烧室的设计及结构提出了独特的要求。

2. 进排气口的布置

考虑到油气田，尤其是海上平台的应用情况，要如同图 6、7 所示那样，把燃气轮机进排气口的方向设计成具有最大的灵活性，并使燃气轮机排出的热燃气远离平台直升飞机的停机坪。具体的应用表明，用于实际的钻井平台时，上述各种取向方案都是很重要的。

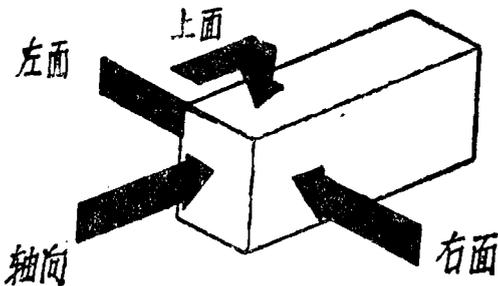


图 6 进气的各种方案

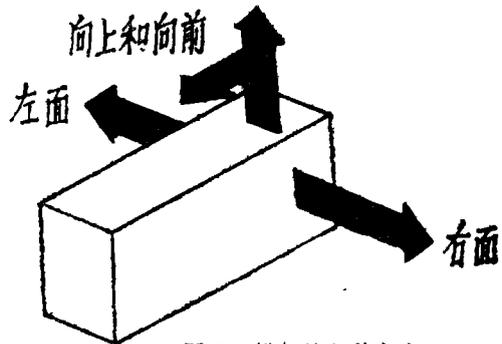


图 7 排气的各种方案

3. 防腐(磨)蚀和防冰对进气系统的要求

燃气轮机在海上平台使用时要考虑到海上环境，考虑到含有盐分的空气进入燃气轮机带来高温部件的硫化腐蚀和磨蚀。当在寒冷地区使用时，还要考虑防冰问题。因此，要重视进气系统的设计。

一种典型的用于北海油田海上平台的燃气轮机进气系统示于图 8。进口空气首先经过百叶窗，在该处大的含盐水滴被抛除出去，然后通过用来防冰的进口加热管道，再通过一个预过滤器，在该处清除大颗粒的污渣，接着通过一个用来进一步清除水分的三级气水分离器，最后通过一个高效率的过滤器。

由于海上平台的应用更接近于船用的情况，故对燃气轮机过滤系统和部件材料的要求都十分接近船用燃气轮机的相应要求。

4. 模块化设计概念

用于油气田和海上平台的燃气轮机一般都做成箱装体的结构。在设计方面，特别强调了模块化的设计概

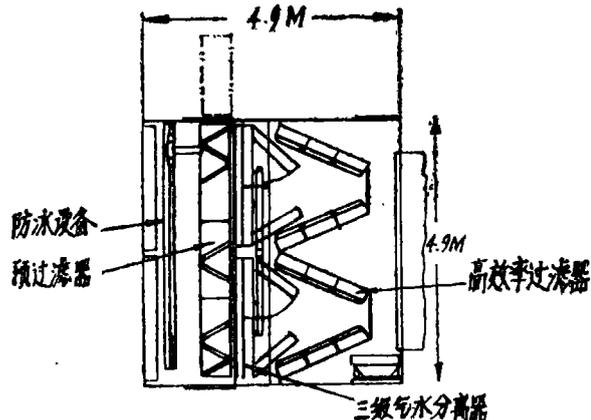


图 8 进口过滤器的舱室布置

念, 以便于安装并增加布置的灵活性。燃气轮机所有重要的附属设备, 诸如滑油和燃油过滤器、测量仪表等均包含在附件的组合件中, 它们可以安装在进气集流腔室的任何一侧。

5. 多档功率的通用性设计

在燃气轮机应用于油气田和海上平台时, 由一型航空燃气轮机改型成输出功率不同的几型传动用的燃气轮机是富有吸引力且很实用的。如用于海上平台的 LM2500 燃气轮机, 事实上就有三种不同的型号: 即 LM2500PC、LM2500PD、LM2500PE。三型机组的一些参数示于表 1。LM2500PE 实际上是 LM2500PC 的功率加大型。为改进其性能采用了三项措施。至于 LM2500PD, 当工作在功率值显著低于其它二型机组时, 它的性能是最佳的。这是通过减少高压涡轮动叶和静叶的冷却空气流量达到的。此外, 为了与燃气发生器减少了的运行特性相匹配, 动力涡轮的速度减少到 3000 转/分。上述二个变化使得 LM2500PD 的热效率在减少功率条件运行时比更高额定功率的二型机组约高 3.5%。

表 1 用于机械传动的 LM2500 三型发动机

参 数	LM2500PC	LM2500PD	LM2500PE
输出功率(千瓦)	20500	13130	22000
发动机平均热率(大卡/千瓦·小时)	2.329	2.479	2.322
空气流量(公斤/秒)	65.4	56.77	66.9
排气温度(°C)	495	412	513
动力涡轮进口温度(°C)	764	620	793
动力涡轮转速(转分)	3600	3000	3600

说明: 基本的额定功率, 燃用天然气, 未计入进气和排气系统的损失。

6. 带余热锅炉的联合循环

利用燃气轮机排气, 通过余热锅炉产生蒸汽用来供热, 或在汽轮机中做功能显著提高循环的热效率。

联合循环给设计带来了一些特点, 诸如循环设计、余热锅炉的设计等。如在大庆油田的 Spey SK15HE 联合装置中, 就为燃气轮机排气设置了侧装旁路。正常工作时, 排气通过侧装排气口进入余热锅炉。必要时可切断侧装排气, 燃气直接经由垂直的排气道进入烟囱。

四、在我国的应用及其前景

1. 目前的应用

随着我国向石油生产的广度和深度进军, 为挖掘油田生产潜力, 正在日益增多地采用注气、注水等新技术。燃气轮机正在进入我国的油、气田生产并起着重要的作用。

(1) 大庆沙中的 Speysk15HE 工业的供热动力联合装置。

1984 年大庆油田为沙中油气加工厂从英国罗尔斯——罗伊斯公司购进二套斯贝 SK15HE 燃气轮机装置。燃气轮机用来带动发电机, 生产供油田用的电力, 燃气排气进入余热锅炉, 生产供加工处理用的蒸汽。这二套装置将于 1986 年中投入运行。

(2) 南疆油田的 Spey SK15HE 工业的供热动力联合装置

1985年新的南疆油田又从罗——罗公司购进了三套Spey SK15HE工业的供热动力联合装置。其装置情况和用途与大庆油田的二套相同，即生产电力和供热的蒸汽。

(3) 大庆的STAG106型50000千瓦燃气轮机联合循环动力装置

大庆油田已向美国GE公司购买一套50000千瓦单轴STAG106型联合循环动力装置，以便为向油井注水提供动力。

该装置计划分二个阶段投入运行，即1986年10月以简单循环方式使燃气轮机投入运行，1987年8月以联合循环投入运行。

2. 应用的前景

随着工业化的进程，我国对能源的需求正在与日俱增。大力开采石油和天然气资源是我国的一项重要任务。

在开发海上油田的同时，我国正继续在大陆进行钻探。据报道，大约将对10个省的70万平方英里进行石油钻探。另据报道，我国最近又发现了几个新的规模可观的天然气田，计划将使1985年天然气产量达到125亿立方米。

开发新油田再加上应用新技术从现有的油田开采更多的油和气，预期要不了几年，工业燃气轮机在我国油气田开发中将得到广泛的应用，石油工业将是燃气轮机重要的潜在市场。

五、结 论

回顾燃气轮机在油气田开发中的实际应用，通过分析，我们可以得到下述结论：

1. 燃气轮机在油气田开发中，作为发电机、油气增压压缩、注水、注气和油气管线输送的动力源有其广阔的应用，尤其是带有余热利用的供热动力联合装置(Combined heat and Power installation)更受到人们的重视。

2. 燃气轮机应用于油气田时，在使用和设计方面，诸如模块化设计、燃气余热的利用、进排气口的布置等，均有其自己的特点和要求，它们应该受到燃气轮机设计者和使用者的重视。

3. 我国的油气田开发是燃气轮机重要的潜在市场，燃气轮机必将在其中得到广泛的应用。

参 考 资 料

- [1] J.G.Kiernan,R.B.Spector.
LM2500 Packages for Platform applications.
ASME Paper 84-GT-94.
- [2] Gas turbine World. 1984.5—6.
- [3] Gas Turbine World 1985.3—4.
- [4] Gas Turbine World 1985.9—10.

POWER TRANSMISSION

1. Reliability analysis of an aero-type epicyclic reduction gearing for marine useQiu Dacheng, Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute(1)
Synopsis

An epicyclic reduction gear with reasonable reliability and compact configuration is described in this paper. A detailed analysis of its gear parts, transmission system and bearings is given in this paper.

2. Multiple convoluted couplings.....Wang Zhaofu(8)
Synopsis

This paper describes a new type of high performance multiple convoluted flexible couplings developed by Zurn Industries Inc. in the early 80's. This type of couplings not only retains all the features of the original all-metal diaphragm flexible couplings, but additionally provides such features as linear axial rigidity and large axial displacement characteristics, which are conducive to better solving the axial vibration problem.

STEAM TURBINES

3. Microcomputer program controlled automatic speed increasing system for steam turbines
.....Su Rongpei, Gao Jinshen, Ye Daoyi, Xu Jiyu] Harbin polytechnical
Institute

Yang Huanyi, Lu Zongqi, Zhao Hong, Fu Chuenxiang Harbin Steam
Turbine Plant(16)

Synopsis

A microcomputer program controlled automatic speed increasing system for steam turbines, developed through the joint research efforts of Harbin Polytechnical Institute and Harbin Steam Turbine Plant, has been successfully tested on a 50,000 kw steam turbine. The intended objective has been attained, resulting in an enhanced automatic operation for steam turbines.

GAS TURBINES

4. Gas turbines in miscellaneous oil and gas field applicationsJi Guimin(23)
Synopsis

This paper gives a brief description of gas turbine applications and their related characteristics in oil and gas field, with special emphasis on combined heat and power installations featuring waste heat recovery. The possible uses of gas turbines in domestic oil and gas fields were reported, and the existence of important potential market for such gas turbines predicted.

5. An intercooled regenerative Rolls-Royce Spey gas turbine.....(29)
6. FFG 7 class frigate and DD 963 class destroyer marine gas turbine propulsion systems maintenance and operational training facility.....(34)
7. Daihatsu TS-01(A) gas turbine.....(38)

BOILERS