

浅谈 E 级燃机与 H100 型燃机主机配置

李洪福

北京华电北燃能源有限公司 北京 101117

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12269

[摘要] 燃气-蒸汽联合循环机组是目前高效、环保的发电设备之一, 机组启动灵活、占用空间小, 特别适合分布式能源站建设, 用于城市供电和供热, 对当前主流 E 级燃机主机配置进行介绍, 分析了不同配置的优缺点, 为燃机项目建设提供了一定的借鉴。

[关键词] E 级燃机; 燃气; 联合循环; 配置

1 背景

燃气-蒸汽联合循环结合了燃气轮机和蒸汽轮机的优点, 具有高效低耗、启动快、调节灵活、可用率高等特点, 是一种先进的发电技术, 在我国电力生产行业中的地位日益提高。燃气-蒸汽联合循环设备在国内和国外的市场很大, 并随着能源结构的调整和清洁煤利用技术的完善, 需求量将进一步扩大。国内燃气轮机市场也被日本三菱公司、美国通用公司、德国西门子公司等主流燃机公司占领, 并每年向燃机公司支付大量资金。面对国内外庞大的市场需求, 发展我国燃气轮机及联合循环设备产业, 掌握先进的燃气轮机设计技术和制造工艺, 提高燃气轮机及联合循环设备成套能力, 将有利于扩大国内燃机市场占有率, 增加参与国外燃机市场的竞争能力, 进一步带来经济效益和社会效益。

2 E级联合循环主机介绍

2.1 燃气轮机

当前国内生产较多的 E 级燃气轮机有三种, 分别是上海电气集团引进西门子技术生产的 SGT5-2000E 型燃机、南京汽轮电机有限公司引进 GE 技术生产的 GEPG9171E 型、东方电气集团引进三菱技术生产的 M701DA 型燃机。除该三种较成熟机型外, 东方电气集团引进三菱技术的 H100 型燃机被列入国家能源局综司发布的第一批燃气轮机创新发展示范项目, 也在积极筹备、研发中。

SGT5-2000E 为西门子公司产品, 原型号为 V94.2。北

京某燃气电厂、江苏某燃机热电联产工程其燃机采用该机型, 在国际上已有数百台投运业绩。SGT5-2000E 是重型单缸设计的燃气轮机, 适合驱动发电机在基本负荷和尖峰负荷下运行。

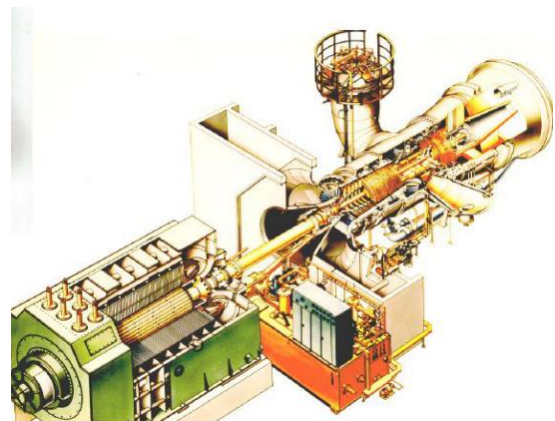


图1 SGT5-2000E 燃气轮机剖面图

其主要设计特点如下:

压气机和透平为同一根轴, 转子由两个位于压力区外的轴承支撑;

压气机为 16 级轴流式水平中分面设计;

转子由单个叶轮组成, 4 级带有中心拉杆的独立轮盘透平转子; 发电机在冷端布置, 轴向排气;

燃机配有两个垂直筒型 DLN 燃烧室用于外部燃烧, 垂直布置在燃气轮机两侧, 连接在中间缸的侧向法兰上;

设有可进入燃烧室的人孔, 可检查所有的热通道部件;

人可进入燃烧室, 单个拆换遮热瓦块, 无需拆除燃烧室;

采用中心拉杆转子设计, 采用 Hirth 端面齿对中。

PG9171E 型是美国 GE 公司的产品, 上海闸北、上海奉贤、浙江龙湾、浙江镇海、深圳南山等 90 多台的业绩。

其主要设计特点如下:

17 级轴流压气机, 压气机的 1-7 级为高抗腐蚀性材料并有涂层保护;

14 个燃烧筒, 可以使用扩散燃烧系统或 DLN 燃烧系统, 可以在 60% 的负荷下保持低排放;

侧向排气、发电机布置在热端、三个轴承;

所有的缸体、外壳和框架都有水平中分面, 可以不吊出转子进行检查、更换压气机部分所有的静叶、透平部分所有的动叶、第一级喷嘴、第二、三级上半部分喷嘴、燃料喷嘴、火焰筒和导流衬套;

压气机缸、透平缸、内部的透平覆环设置内窥镜孔, 可以使用内窥镜对燃气轮机流道进行可视检查。



图2 PG9171E 燃气轮机剖面图

M701DA 是三菱公司的产品, 惠州、前湾、东部、莆田、威墅堰电厂等多台的业绩。

其主要设计特点如下:

17 级轴流式水平中分面压气机;

4 级拉杆式透平转子;

18 个环形布置 DLN 燃烧器、轴向排气、发电机布置在冷端、两个轴承;

压气机转子由叶轮组成, 叶轮套装在主轴上;

压气机静叶隔板可从转子原位上拆卸, 所有叶栅可无需拆掉转动元件进行检查。



图3 M701DA 燃气轮机剖面图

H100 燃气轮机三菱公司燃气轮机制造技术, 国内尚无投产业绩, 国家能源局综合司将该机型列为第一批燃气轮机创新发展示范项目在华电某项目投用, 目前该项目正在建设中。

其主要设计特点如下:

17 级轴流式压气机;

燃烧室配备有围绕燃机排列成圆形阵列的 10 个燃烧器;

与压气机连接的 2 级高压透平, 2 级低压动力透平;

燃气轮机在低压动力透平端与发电机连接。

采用了一些成熟并经验证的设计理念, 例如: 每根转子有两个轴承, 双转子结构, 热端驱动和侧向排气。

H100 有 4 级透平, 分为高压透平 (第 1 级和第 2 级) 和低压透平 (第 3 级和第 4 级) 高压透平负责驱动压气机运行。低压透平带动发电机。

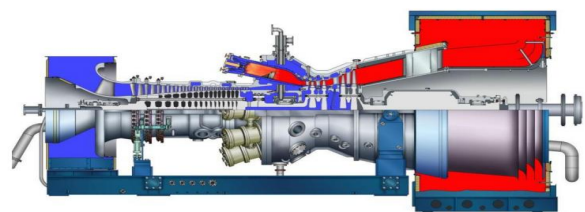


图4 H100 燃气轮机剖面图

2.2 蒸汽轮机

联合循环发电用的蒸汽轮机与一般的火力发电装置用的蒸汽轮机相比, 在原理上是相同的, 但联合循环中的蒸汽轮机又不同于常规火电厂的蒸汽轮机。燃气轮机是定型产品, 具有相对明确的排气参数。为使得联合循环产品的性能达标, 其中的蒸汽轮机一般由燃机制造厂配套供应

联合循环用蒸汽轮机: 一是全滑压透平, 最大限度有效

地利用燃气轮机的排气能量, 汽机为全周进汽, 蒸汽调节阀处于全开状态; 二是无回热抽汽: 联合循环用的汽轮机不设置给水加热器, 这是因为当给水温度升高时, 余热锅炉的排烟温度会随之升高, 余热回收效率下降, 燃气—蒸汽联合循环机组热效率下降; 三是为防止在快速启动时膨胀不均引起部件之间的摩擦, 动静部件间隙较大。

对于西门子 SGT5-2000E 型燃机, 其单台燃机机组所配的抽凝式汽轮机原型机采用西屋 100MW 机组的技术, 并经过了改进, 末级叶片长度采用 905mm, 最小冷却流量为 80t/h, 其最大抽汽能力达到 200t/h。

对于 GE 公司 PG9171E 型燃机, 其单台燃机机组所配的抽凝式汽轮机末级叶片 725mm, 最小冷却流量为 52t/h。由于其燃机额定出力较小, 余热锅炉产生的蒸汽量较小, 所配的抽凝式汽轮机的最大抽汽能力约为 120t/h。

对于三菱公司 M701DA 型燃机, 单台燃机机组所配的抽凝式汽轮机末级叶片 909mm, 最小冷却流量为 25t/h。其燃机额定出力介于西门子和 GE 之间, 所配的抽凝式汽轮机的最大抽汽能力约为 130t/h。

对于三菱公司 H-100 型燃机, 常规设置为整套 2 拖 1 联合循环机组, 通过 SSS 离合器实现最小冷却流量为 0t/h。所配的抽凝式汽轮机的最大抽汽能力约为 325t/h。

2.3 余热锅炉

余热锅炉处于燃气轮机和蒸汽轮机结合点, 既需要根据燃气轮机排气温度、流量、压力等参数设计, 也要兼顾蒸汽轮机出力、供热等要求, 还需要本身有较小的热惯性, 实现跟随燃气轮机快速启动的要求。

余热锅炉根据布置形式分为立式、卧式布置两种, 立式余热锅炉配有循环泵, 启动速度较快, 占地相对较少, 但耗钢量大; 卧式布置的余热锅炉启动速度相对较慢, 设备的布置和安装较为简易。

余热锅炉根据有无补燃分为无补燃余热锅炉和有补燃余热锅炉。无补燃余热锅炉单纯回收燃气轮机排气的热量, 产生一定压力和温度的蒸汽; 而有补燃余热锅炉则通过向锅炉

内加喷燃料, 提高蒸汽量和供热量。

对于 E 级燃气轮机排气温度 540–600℃, 且排气流量约 1000t/h, 为追求高效率, 优化的热力系统采用蒸汽多压化和利用再热技术, 相应地采用三压再热余热锅炉是合理和经济的。

3 对外供热机组的配置

供热量是通过汽轮机抽汽或排汽供应的, 因此在余热锅炉设计和炉型结构选择时必须与汽轮机组相匹配, 同时还受到汽轮机制造厂设计模块组合的制约, 这也是供热的燃机—蒸汽联合循环机组机型配置较为复杂之处。

根据供热参数和需求的差异, 供热抽汽位置不同。不同蒸汽轮机对机组最小冷却流量有不同的要求, 抽汽点和供热方案的选择需考虑燃气轮机排气焓值、蒸汽轮机出力、最小冷却流量和余热锅炉效率、排气温度等相关参数确定。

由于燃气—蒸汽联合循环机组其自身启动速度快、供电品质稳定等特性, 大多被电网列为深度调峰机组, 为保证供热的连续性和稳定性, 燃气—蒸汽联合循环机组一般配套一定容量燃气热水锅炉。

4 结束语

随着国内环保要求不断提高, 清洁能源和绿色能源的不断发展, 天然气作为清洁能源在燃气轮机项目不断增加, 大容量、技术先进、效率较高的燃气轮机发电技术和设备不断引进, 燃气轮机规模不断扩大, 国产化也被提上了重要日程, 也为燃气发电开辟重要赛道。

本文对 E 级燃气—蒸汽联合循环主机技术、设备选型及设备性能特点进行了简要的介绍, 为国内燃气轮机、余热锅炉及汽轮机主机设备的选择提供了参考。

[参考文献]

[1] 国家能源局关于将华能南通电厂燃气轮机发电项目等 24 个项目列入第一批燃气轮机创新发展示范项目的复函, 国能函科技【2019】81 号, [E].

作者简介: 李洪福 (1991.05–), 男, 汉族, 山东省菏泽市, 本科, 工程师, 研究方向: 燃气联合循环机组生产管理工作。