

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.01.026

# 孟加拉某燃气轮机电站重油处理及供应系统研究

彭娜

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 以孟加拉某 209E 双燃料燃气-蒸汽联合循环电站为例, 研究了重油处理及供应系统的工艺流程设计及控制逻辑设计方案。研究表明: 整套系统达到预期效果, 且很好地满足了燃气轮机对重油燃料的理化性质要求, 有效地保证燃烧效果, 为机组安全稳定运行提供了有力保障, 为同类型的海外燃气轮机电站提供一些借鉴和指导。

**关键词:** 燃气轮机; 重油; 静电处理; 供应

中图分类号: TM61

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)01-0123-04

## Study on the Heavy Oil Treatment and Supply System of Gas Turbine Power Plant in Bangladesh

PENG Na

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** Taking a Bangladeshi 209E Dual Fuel gas turbine combined cycle power plant as an example, studied on the process design and control logic design of heavy oil treatment and supply system. The research shows that the entire system achieves the desired effect, and well positioned to meet the gas turbine fuel for heavy oil physical and chemical nature of the request, effectively ensure the burning effect, safe and stable operation of the power plant to provide a strong guarantee to provide some reference and guidance for the same type of gas turbine power plants overseas.

**Key words:** gas turbine; heavy oil; electrostatic separator treatment; supply

近年来,我国火力发电对外总承包项目及出口项目逐渐增多,在许多发展中国家新建不少燃机电站,随着这些国家经济的发展,电力需求不断上升,电网供电可靠性要求不断提高。单一的燃料来源受价格和供给影响,难以很好地保障机组持续的稳定供电,故提供多样的燃机电站原料供应,对保障供电,平衡经济和环境具有重要意义。

本文以孟加拉某 209 E 双燃料燃气-蒸汽联合循环电站为例,详细介绍了多燃料供应系统的重要组成部分——重油处理及供应系统的设计方案。

## 1 系统工艺设计

### 1.1 作用

不同的燃机厂商对不同品质的油类有不同的处

理需求。GE 公司主要根据灰分含量分为 True Distillate Fuels 和 Ash-Bearing Fuels 两大类<sup>[1]</sup>(大致相当于 GB 12692.3 的馏分燃料 DST 和残渣燃料 RST),针对不同类燃料的大致配套处理求。此外,出于保证燃烧效果、防止腐蚀和结垢、维持输送及处理设备正常工作、符合环保标准等方面的考虑,燃气轮机对燃料各项理化性质的要求,其中最重要的两方面指标是黏度和微量金属含量。

### 1.2 整体工艺流程

本 209 E 双燃料燃气-蒸汽联合循环电站重油处理及供应系统流程示意图见图 1。

鉴于孟加拉业主方与孟加拉电网公司签订的供电协议(POWER PURCHASE AGREEMENT,简称“PPA”)中要求未处理的重油储量应满足 15 天机组 80% 负荷连续运行的消耗量。根据相关热平衡计算,两台燃机 80% 负荷时,15 天连续运行的计算耗量约为 20 000 m<sup>3</sup>,考虑设置 3 座重油罐,即每座重油罐 7 000 m<sup>3</sup>,这么容量的重油罐在国

收稿日期: 2015-12-21

作者简介: 彭娜(1983),女,江西萍乡人,工程师,硕士,主要从事发电厂热机专业设计工作(e-mail)pengna@gedi.com.cn。

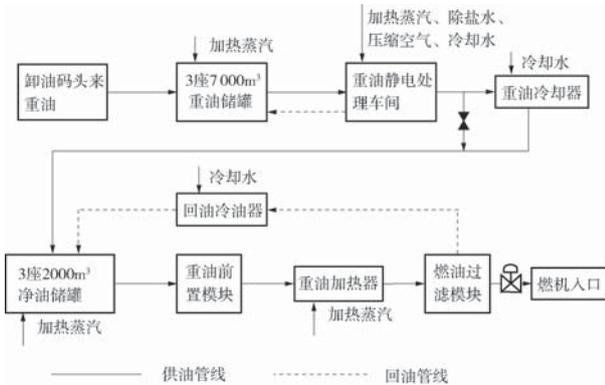


图1 重油处理及供应系统流程示意图

Fig. 1 Processing Flow of Heavy Oil Treatment and Supply System

内的燃机电站是比较罕见的。此外，考虑到重油处理车间对重油温度的需求，在重油储罐底部设置了加热蒸汽盘管，油和蒸汽进行表面式换热，将油罐重油加热到 $50^{\circ}\text{C}$ ，以保证重油顺利供应至重油处理车间。重油经过静电处理车间，降低了重油中钠、钾、钒等金属离子、沉淀物、水等杂质的含量，经过处理后的净油油温约 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。GE公司不建议经静电处理后的 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的净油直接进入并储存在净油罐内，其原因是重油储存温度过高，会加速油品变质并易形成沥青，从而堵塞过滤器，造成流速不稳，卡泵甚至是离合器损坏。鉴于此，系统在静电处理后设置 $2\times 50\%$ 的管壳式重油冷却器，将净油从 $80^{\circ}\text{C}$ 降温至 $50^{\circ}\text{C}$ 后再进入净油储罐内。

净油经过供油管管进入GE供应的重油前置模块(包含过滤器和重油容积泵)，再经重油加热器将油温从 $50^{\circ}\text{C}$ 加热到 $110^{\circ}\text{C}$ ，再进入燃油过滤模块的重油过滤器，再次过滤后，满足燃机入口的流量、温度、压力、黏度要求后，通过重油/轻油切换三通阀选择后进入燃机。

根据整个重油处理及供应系统工艺流程的参数要求，项目对系统中主要设备进行了选型，重油处理及供应系统主要设备规范见表1。

### 1.3 重油处理流程

重油处理是重油供应系统中必不可少的重要环节，重油中的钒、钾、钠、铅是造成燃机腐蚀的主要元素，而钙、镁、铁是造成难以清除的积垢的主要元素<sup>[2-3]</sup>。因此，重油处理系统主要是降低重油中钠、钾、钒等金属离子、沉淀物、水等杂质的含量，以达到燃机对入口燃料的要求。本电站经静电处理后的重油杂质含量见表2。

表1 重油处理及供应系统主要设备规范

Table 1 Main Equipment Specification of Heavy Oil Treatment and Supply System

设备名称	技术规范	数量	单位	备注
重油储罐	固定顶式；有效容积 $V_n = 7\ 000\ \text{m}^3$	3	座	
重油储罐 加热器	换热面积： $S = 233\ \text{m}^2$ ； 油温加热至 $50^{\circ}\text{C}$	3	套	
重油静电 处理系统	处理能力： $V = 125\ \text{m}^3/\text{h}$	1	套	
重油冷 却器	换热面积： $S = 320 \times 2\ \text{m}^2$ ； 油温从 $80^{\circ}\text{C}$ 降至 $50^{\circ}\text{C}$	2	台	$2 \times 50\%$
净油储罐	内浮顶式；有效容积 $V_n = 2\ 000\ \text{m}^3$	3	座	
净油储罐 加热器	换热面积： $S = 135\ \text{m}^2$ ； 油温加热至 $50^{\circ}\text{C}$	3	套	
重油前 置模块	双联过滤器： $380\ \mu\text{m}$ ； 容积泵：最大流量 $= 45\ \text{m}^3/\text{h}$ ， 扬程 $= 8.5\ \text{bar}$ (黏度 $380\ \text{cSt}@50^{\circ}\text{C}$ )	2	套	容积 泵 $2 \times 100\%$
重油加热器	换热面积： $S = 108\ \text{m}^2$ ； 油温从 $50^{\circ}\text{C}$ 升至 $110^{\circ}\text{C}$	3	台	$3 \times 100\%$
燃油过滤模块	过滤器： $40\ \mu\text{m}$ ； 涡轮流量计： 精度 $\pm 0.3\%$ ；三项切换阀 及抑钒剂混合器	2	套	过滤器 $2 \times 100\%$
回油冷却器	换热面积： $S = 450 \times 2\ \text{m}^2$ ； 油温从 $110^{\circ}\text{C}$ 降至 $50^{\circ}\text{C}$	2	台	$2 \times 50\%$

表2 静电处理后的重油杂质含量

Table 2 Impurity Content in Heavy Oil after Electrostatic Separator Treatment

杂质含量	含量
(钾+钠)/ppm	$< 0.7$
水占体积百分比/%	$< 0.5$
沉淀物占质量百分比/%	$\leq 0.5$
钒/ppm	$\leq 10$
钙/ppm	$\leq 10$

常见的处理方法分为离心式处理和静电式处理。离心机主要是通过高速旋转产生的离心力来分离不同密度的油、水和杂质，适应范围广，杂质去除效果好<sup>[4-12]</sup>，但单线处理量较小。静电处理主要是通过高压电机产生的电场力使溶解盐分的水和杂质沉降，单线处理量大，运行噪音小，但启动时间较长。国内早期的燃油燃气轮机电站，多数都采用离心式处理重油。

由于本项目孟方对重油处理能力的要求很高，处理能力要求为燃机性能保证工况下燃料消耗量的2倍约 $125\ \text{m}^3/\text{h}$ 。单线离心式最大处理重油能力约

表 3 重油处理及供应系统重要阀门控制联锁

Table 3 Main Valves Control Interlock of Heavy Oil Treatment and Supply System

阀门名称	类型	介质	位置	运行模式	开启条件	关闭条件
电动截止阀	供油管路	重油	1 号或 2 号或 3 号重油储罐供油管至重油静电处理车间	3 个重油储罐不同时出油	远方控制	远方控制
电动截止阀	供油管路	净重油	重油静电处理系统后冷却器至 1 号或 2 号或 3 号净化油罐	3 个净油储罐分别注满	远方控制	远方控制
电动截止阀	供油管路	净重油	1 号或 2 号或 3 号净油储罐至前置模块	3 个净油储罐分别使用	远方控制	远方控制
电动截止阀	供油管路	净重油	1 号或 2 号前置模块至 1 号或 2 号重油加热器	3 台加热器 1 个公共备用	远方控制	1 号或 2 号重油加热器事故状态
电动截止阀	供油管路	净重油	1 号或 2 号前置模块至备用重油加热器	远方控制	远方控制	—
电动截止阀	供油管路	净重油	1 号或 2 号及备用重油加热器进口联络管	备用加热器启动时使用	1 号或 2 号重油加热器事故状态	远方控制
电动截止阀	供油管路	净重油	1 号或 2 号重油加热器至 1 号或 2 号燃机过滤模块	3 台加热器其中 1 个公共备用	与加热器进口电动门开启条件一致	与加热器进口电动门关闭条件一致
电动截止阀	供油管路	净重油	备用重油加热器至 1 号或 2 号燃机过滤模块			
电动截止阀	回油管路	处理后不合格的重油; 重油	重油静电处理系统至 1 号或 2 号或 3 号重油储罐回油管路	间断式回油; 不同时回油至 3 个油罐	远方控制	远方控制
电动截止阀	回油管路	处理后的重油	水工废液处理来油至 1 号或 2 号或 3 号重油储罐	间断式回油; 不同时回油至 3 个油罐	远方控制	远方控制
电动截止阀	回油管路	油循环时的净重油	前置模块至 1 号或 2 号或 3 号净油储罐回油管路	间断式回油; 不同时回油至 3 个油罐	远方控制	远方控制
电动截止阀	回油管路	过滤后不合格的重油; 净重油	燃机过滤模块回油冷却器至 1 号或 2 号或 3 号重油储罐	间断式回油; 不同时回油至 3 个油罐	远方控制	远方控制
气动调节阀	辅汽管路	过热蒸汽	辅助蒸汽至 1 号或 2 号或备用重油加热器	与加热器同步运行	加热器进口电动阀开启时	加热器进口电动阀关闭时
气动调节阀	辅汽管路	过热蒸汽	辅助蒸汽至 1 号或 2 号或 3 号重油油罐加热蒸汽盘管	提前 48 小时将油加热至 50℃	远方控制	远方控制
气动调节阀	辅汽管路	过热蒸汽	辅助蒸汽至 1 号或 2 号或 3 号重油净油储罐加热蒸汽盘管	提前 4 小时将油加热至 50℃	远方控制	远方控制

为 22 m<sup>3</sup>/h, 若采用离心式处理则需要上 6 条处理线(4 运行 2 备用), 系统投资高, 运行维护量大, 占地较大。而采用静电处理方式, 只需一条处理线即可, 并在每台静电分离器, 配备 2 台变压器, 2 台变压器互为备用。

重油静电处理的流程详见图 2。简述为 50℃ 重油自重油储罐区来, 经重油泵加压后, 进入净油/重油换热器换热至 100℃, 与一级注破乳剂及一级注脱金属剂泵来的破乳剂、脱金属剂汇合, 然后经蒸汽加热器加热至 135℃ 左右后, 与一级注水泵来的热水混合, 经静态混合器, 混合阀充分混合后进入一级静电分离器。在一级重质燃料油静电处理器内进行脱水后的重油从重油出口集合管出一级静电分离器。一级静电分离器出来的重油与二级注水泵

来的除盐水、二级注破乳剂泵和二级注脱金属剂泵来的破乳剂及脱金属剂汇合, 经静态混合器及混合阀充分混合后进入二级静电分离器。在二级静电分离器内进行脱水后的重油经重油出口集合管出二级静电分离器, 二级静电分离器出来的重油经与未处理重油换热, 至 80℃ 后, 化验合格后出油经冷油器至净油罐, 若不合格则出油至未处理油罐。

## 2 系统控制逻辑设计

重油系统需要测量的热工信号有: 压力、温度、液位、流量。

### 2.1 主要测点

- 1) 供油母管道上有压力测点。
- 2) 经过重油处理车间处理后的重油温度较高,

需要通过油冷却器进行冷却。在重油冷却器进出口各设有一个温度测点。其中出口的温度测点与冷却水管路上的调节阀进行连锁控制。

3) 油罐设有两个液位测点, 一个为雷达液位计, 一个为翻板液位计。

4) 油罐由于体积较大, 设有多个温度测点, 其中部分温度测点通过取平均值后送入 PLC 控制系统, 同时与油罐加热器的蒸汽进口调节阀进行连锁控制。

5) 进入燃气轮机的重油具有一定的温度、压力要求, 管路上设置了加热器。在加热器进出口各设有一个温度测点, 其中出口的温度测点与加热器蒸汽进口的调节阀进行连锁控制。在燃气轮机入口设有一个压力测点。

6) 燃气轮机过滤模块的回油进入油罐, 由于回油温度不能过高否则会发生油品变质, 在回油管路上设置了冷油器。冷油器进出口管路上设置有温度测点, 其中出口的温度测点与冷油器冷却水进口的调节阀进行连锁控制。

7) 重油污油池设有一个温度测点, 一个超声液位计。

## 2.2 控制逻辑

整个重油处理及供应系统采用 PLC 控制, 在就地进行集中控制。为很好地实现整个重油系统的控制要求, 重油处理及供应系统重要阀门控制连锁见表 3。

## 3 结论

本文以孟加拉某 209 E 双燃料系统中重油处理及供应系统为例, 针对 GE 公司燃机对重油燃料的理化性质的要求, 研究了重油系统工艺流程及重要参数的确定, 重点介绍了重油静电处理系统, 并详细介绍了系统主要设备参数。重油处理及供应系统整体采用了 PLC 控制, 通过对系统中重要控制阀门的连锁逻辑设定, 使整套系统达到预期效果, 很好地满足了燃气轮机对重油燃料品质的要求, 并有效地保证燃烧效果, 为机组安全稳定运行提供了有力保障。

### 参考文献:

- [1] GEI 41047J, Gas Turbine Liquid Fuel Specifications [S].  
 [2] 周明钢. 浅谈镇海 300 MW 联合循环电站的重油处理 [J]. 燃气轮机处理技术, 2002, 15(2): 58-59.

ZHOU Gangming. Discussion on the Heavy Oil Treatment of Zhenhai 300 MW Gas Turbine Combined Cycle Power Plant [J]. Gas Turbine Technology, 2002, 15(2): 58-59.

- [3] 张文善. 燃气轮机重油处理系统方案研究 [J]. 燃气轮机技术, 2004, 17(3): 49-52.  
 ZHANG Wenpu. Study on the Heavy Oil Treatment System of Gas Turbine [J]. Gas Turbine Technology, 2004, 17(3): 49-52.  
 [4] 胡衍利. 燃气轮机电厂中燃料重油处理的实践 [J]. 发电设备, 2011, 25(4): 268-270.  
 HU Yanli. Practice on Fuel Heavy Oil Treatment of Gas Turbine Power Plant [J]. Power Equipment, 2011, 25(4): 268-270.  
 [5] 孙守林. 燃气轮机燃用重油运行经验 [J]. 热能动力工程, 1999, 14(79): 68-71.  
 SUN Shoulin. The Operation Experience of Gas Turbine Burning Heavy Fuel Oil [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 1999, 14(79): 68-71.  
 [6] 杨顺虎. 燃气-蒸汽联合循环发电设备及运行 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.  
 YANG Shunhu. Gas and Steam Combined Cycle Power Generation Equipment and Operation [M]. China Electric Power Press, 2003.  
 [7] 李朝晖, 封兵权, 徐振贺. 9E 燃气轮机火焰筒烧损原因浅析及对策 [J]. 燃气轮机技术, 2007, 20(4): 68-70.  
 LI Chaohui, FENG Bingquan, XU Zhenghe. Analysis of Reasons and Countermeasures on Burning Loss of Flame Tube in 9E Gas Turbine [J]. Gas Turbine Technology, 2007, 20(4): 68-70.  
 [8] 辛正超. 9E 燃气轮机燃用重油的体会 [J]. 燃气轮机发电技术, 2006, 8(3/4): 246-248.  
 XIN Zhengchao. The Experiences of 9E Gas Turbine Burning Heavy Oil [J]. Gas Turbine Power Generation Technology, 2006, 8(3/4): 246-248.  
 [9] 马坚, 朱向群, 杨天海. 燃气轮机电厂改烧国产油应用分析 [J]. 燃气轮机发电技术, 2004, 6(3/4): 107-112.  
 MA Jian, ZHU Xiangqun, YANG Tianhai. Analysis of Gas Turbine Power Plants to Burn Domestic Oil [J]. Gas Turbine Power Generation Technology, 2004, 6(3/4): 107-112.  
 [10] AUDEH C A, YAN T Y. Supercritical Selective Extraction of Hydrocarbons from asphaltic Petroleum Oils [P]. US4354928, 1980.  
 [11] Japan Society of Mechanical Engineers. JSME Data Book; Heat Transfer 4<sup>th</sup> Edition (in Japanese) [Z]. 1994.  
 [12] Thermal and Nuclear Power Engineering Society. Engineering Society Handbook for Thermal and Nuclear Power Engineering 5<sup>th</sup> Edition (in Japanese) [Z]. 1997.

(责任编辑 高春萌)