

提高6FA联合循环机组夜间停运期间经济性的措施分析

周屹民, 吴敏杰

(杭州华电下沙热电有限公司, 杭州 310018)

摘要:为降低6FA燃气轮机联合循环机组夜间停运期间的辅机电耗率,提高燃气轮机机组日开夜停运行模式的经济性,通过增加停机冷却水泵,在机组夜间停运期间代替闭式冷却水泵的措施,实现机组运营成本的降低。优化后,机组夜间停运期间的辅机电耗率从之前的35.0%降低到22.8%,每月可节约成本8562元。

关键词:6FA燃机;联合循环;日开夜停;电耗率;经济性

中图分类号:TK 477 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2018)08-0028-03

0 引言

燃气蒸汽联合循环机组以其效率高、污染少、启动快等优点已在世界上广泛使用,且往往在电网中担负调峰任务,因此,日开夜停已经成为目前燃气轮机(以下简称燃机)运行的常态^[1]。

某2×100 MW级多轴燃气蒸汽联合循环供热调峰机组采用“2+2+1”方式,即由2台燃机发电机组、2台余热锅炉、1台抽凝式汽轮机发电机组组成。^{#11},^{#12}燃机发电机组分别由1台燃机与1台发电机单轴串联运行,2台燃机排气经2台余热锅炉后,再带动1台^{#10}汽轮机发电机组。燃气轮机是GE公司生产的PG6111FA型燃气轮机,采用18级轴流式压气机,DLN2.6燃烧器和三级透平^[2]。汽轮机为LCZ75-7.1/1.27/0.59型蒸汽轮机,为双压、冲动、单排汽、单轴、可调整抽汽凝汽式汽轮机。在机组夜间停运期间,各类辅机仍然在运行,厂用电消耗量巨大。为提高燃气轮机机组日开夜停运行模式的经济性,实现机组运营成本的降低,本文经过一系列调查、试验、分析、总结出了降低机组夜间停运期间辅机电耗率^[3]的措施。

1 现状调查

对机组夜停期间辅机、辅机电耗率进行调查统计,结果见表1、表2;对机组夜停期间辅机电耗率进行分层调查统计,结果见表3。调查结论:闭式冷却水泵占机组夜停期间辅机电耗率的59.4%,是要解决的主要问题。

表1 机组夜停期间辅机调查统计

| 主要辅机 | 运行方式 | 作用 ^[4] |
|--------|------|---------------------------------------|
| 凝结水泵 | 连续运行 | 在机组夜停期间为汽轮机后缸提供减温水,防止凝汽器形成正压 |
| 闭式冷却水泵 | 连续运行 | 在机组夜停期间为其他重要辅机(主要是凝结水泵)提供冷却水,保证辅机正常运行 |
| 交流润滑油泵 | 连续运行 | 在燃机、汽轮机夜停期间为轴承提供润滑油,保证大轴转动正常 |

注:只列出功率较大的辅机,盘车马达等小功率辅机不在此列。

表2 机组夜停期间辅机电耗率调查统计

| 时间 | 厂用电量/(MW·h) | 辅机耗电量/(MW·h) | 辅机电耗率/% |
|---------|-------------|--------------|---------|
| 2017-05 | 140.90 | 49.12 | 34.9 |
| 2017-06 | 134.02 | 46.58 | 34.8 |
| 2017-08 | 165.42 | 58.35 | 35.3 |
| 合计 | 440.34 | 154.05 | — |
| 平均值 | 146.78 | 51.35 | 35.0 |

2 原因分析

闭式冷却水泵电耗率高的原因分析如图1所示,排除人为因素后,从其他方面着手确认要因。

2.1 换热器进出口压差大

由于没有能够测量换热器进出口压差的表计,决定查阅换热器进出水温度的变化资料,来观察其换热效率。查找了2016年与2017年气温相近时间点下的进出水温度,具体见表4。

结果表明:虽然无法查到闭式水进口温度,但比较同等气温条件下开式冷却水的进出口温升及开式冷却水与闭式冷却水的换热端差,发现两者差异不明显,间接说明换热器进出口压差不大,因此,不是

表 3 机组夜停期间辅机耗电量及电耗率分层调查统计

| 项目 | 2017 年不同月份机组夜停期间辅机耗电量/(MW·h) | | | | | 总量累计 | 累计占比/% |
|--------|------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | 5 月 | 6 月 | 8 月 | 合计 | 平均值 | | |
| 闭式冷却水泵 | 29.17 | 27.55 | 34.78 | 91.50 | 30.50 | 91.50 | 59.4 |
| 凝结水泵 | 16.58 | 15.83 | 19.6 | 52.01 | 17.34 | 143.51 | 93.2 |
| 交流润滑油泵 | 3.17 | 3.02 | 3.75 | 9.94 | 3.31 | 153.45 | 99.6 |
| 其他 | 0.19 | 0.18 | 0.23 | 0.60 | 0.20 | 154.05 | 100.0 |
| 总耗电量 | 49.11 | 46.58 | 58.36 | 154.05 | 51.35 | 154.05 | — |

注:其他项内包括了一些小功率辅机的耗电量。

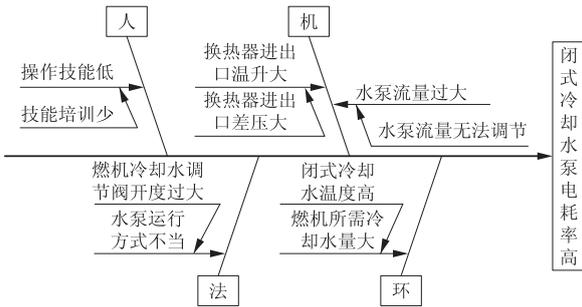


图 1 闭式冷却水泵电耗率高的原因分析

闭式冷却水泵电耗率高的要因。

2.2 燃机冷却水阀开度过大

查阅燃机闭式冷却水调节阀开度及闭式冷却水母管压力等参数见表 5。结果表明:调节阀已关至所能达到的最小开度,不然闭式水母管就要超压(小于 0.63 MPa),因此,燃机闭式冷却水调节阀开度过大不是闭式泵电耗率高的要因。

2.3 水泵流量过大

既然调节阀已调整至所能达到的最小开度,下面就来研究闭式冷却水泵的问题。

2017 年燃机停运后的润滑油温度变化如图 2 所示。由图 2 可知:2017 年 8 月燃机解列后,其油温波动不大,但当停运闭式冷却水泵后,其油温随之上升,最高达到 60.56℃;2017 年 12 月燃机解列后,

其油温开始逐渐下降,但当停运闭式冷却水泵后,其油温仍有小幅上升,最高达到 48.89℃,但仍不超过燃机自身设定的油温值 54.44℃。所以,燃机停运后,闭式冷却水的运行有其必要性。但在气温较低的 12 月,出现了闭式冷却水冷却量过大的问题,且由对燃机闭式冷却水调节阀开度过大的分析可知,燃机闭式冷却水调节阀已达到最小开度,因此,水泵流量大是闭式泵电耗率高的要因。

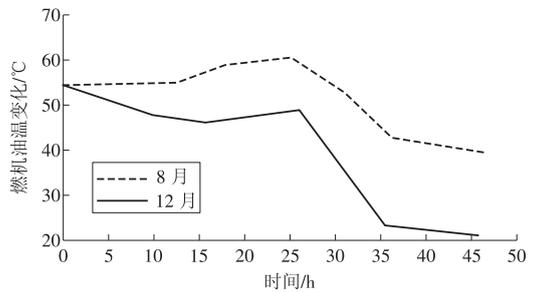


图 2 燃机停运后润滑油温度变化(2017 年)

2.4 闭式水温度高

查阅 2017 年 8 月、12 月闭式冷却水运行参数见表 6。12 月闭式冷却水温度反而比 8 月的高,主要原因是 8 月需要辅助循环水泵的运行来冷却闭式冷却水,而 12 月不需要。

结果表明:闭式冷却水温度虽然有偏差,但对于闭式冷却水泵电耗率基本无影响,因此不是要因。

表 4 2016 年与 2017 年气温相近时间点下的进出水温度比较

| 时间 | 开式冷却水/℃ | | | 闭式冷却水出口温度/℃ | 下端差/℃ |
|---------|---------|------|-----|-------------|-------|
| | 进口温度 | 出口温度 | 温升 | | |
| 2016-08 | 19.4 | 28.8 | 9.4 | 28.1 | 8.7 |
| 2017-08 | 20.2 | 28.3 | 8.1 | 28.9 | 8.7 |
| 2017-01 | 27.2 | 36.1 | 8.9 | 35.5 | 8.3 |
| 2017-12 | 30.3 | 39.5 | 9.2 | 38.9 | 8.6 |

表 5 燃机闭式冷却水调节阀、冷油器旁路开度及闭式冷却水母管压力

| 时间 | 闭式冷却水调节阀开度/% | | 燃机冷油器旁路开度/% | 闭式水母管压力/MPa |
|---------|--------------|-----|-------------|-------------|
| | 润滑油 | 发电机 | | |
| 2017-08 | 25 | 50 | 100 | 0.59 |
| 2017-12 | 25 | 50 | 100 | 0.61 |

表 6 闭式冷却水的运行参数

| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| 时间 | 2017 - 08 | 2017 - 12 |
| 闭式冷却水温度/℃ | 30.0 | 36.2 |

3 制定对策

闭式冷却水泵基本参数见表 7。由功率 = 流量 × 扬程 × 系数可知, 额定功率 = 额定流量 × 额定扬程 × 系数 = 1 480 × 45 × 系数 = 66 600 × 系数 (W), 实际流量 = 额定功率 ÷ 实际扬程 ÷ 系数 = 66 600 × 系数 ÷ 60 ÷ 系数 = 1 110 (m³/h)。

表 7 闭式冷却水泵基本参数

| 项目 | 闭式冷却水泵 | 项目 | 闭式冷却水泵 |
|---------------------------------------|--------|------------|--------|
| 流量/(m ³ ·h ⁻¹) | 1 480 | 扬程/m | 45 |
| 转速/(r·min ⁻¹) | 1 450 | 实际出口压力/MPa | 0.60 |
| 管径/m | 0.426 | | |

根据运行经验, 停机后闭式冷却水量最多只需 277.5 m³/h 左右。假设工况: 流量 300 m³/h, 泵出口压力 0.45 MPa, 即扬程 45 m。通过查阅资料得到, 流量 300 m³/h, 扬程 45 m 的耐腐蚀泵, 其电机功率为 55 kW, 泵的进口口径为 200 mm, 出口口径为 150 mm。

添加 2 个停机冷却水泵, 1 台泵对应 1 台燃机, 两者并联, 满足单、双拖 2 种停机工况要求。

4 效果检查

进行技术改造后, 就能够停运闭式冷却水泵, 添加停机冷却水泵, 则机组夜停期间辅机电耗率 = (原机组辅机平均每月总耗电量 - 闭式冷却水泵平均每月耗电量 + 停机冷却水泵平均每月耗电量) ÷

(上接第 13 页)

[3] 张锐, 杨善让, 刘俊. 组合式粗粉分离器气固两相流的研究[J]. 吉林大学学报, 2004, 34(2): 217 - 211.

[4] 余战英, 魏铜生, 将红利, 等. 轴向粗粉分离器分离特征的研究[J]. 电力建设, 2001, 22(7): 60 - 62.

[5] 吕太, 仇林庆, 陈福, 等. 轴向型粗粉分离器改进与完善[J]. 热能动力工程, 2001, 16(6): 661 - 663.

[6] 边青, 谭厚章, 余战英, 等. 火电厂粗粉分离器的改型设计与应用[J]. 电现代电力, 2003, 20(4): 13 - 16.

[7] 李永华, 王治博, 杨小海. 动态粗粉分离器结构优化与数值模拟[J]. 锅炉技术, 2014, 45(3): 11 - 14.

[8] 尹元明. 新型静动叶组合型旋转式粗粉分离器的研究[J]. 江苏电机工程, 2005, 24(1): 63 - 65.

[9] 肖杰, 邹锡南. 旋转式粗粉分离器细度调节特性的试验研究[J]. 中国机电工程学报, 2002, 22(9): 123 - 127.

[10] 范洪林, 车明义, 刘长城, 等. 粗粉分离器的改进[J]. 热能动力工程, 1996, 11(1): 56 - 57.

(夜停期间平均每月厂用电量 - 闭式冷却水泵平均每月耗电量 + 停机冷却水泵平均每月耗电量) × 100% = (51.35 - 30.50 + 7.26) ÷ (146.78 - 30.50 + 7.26) × 100% = 22.8%; 闭式冷却水泵每月可节约成本 = (闭式冷却水泵平均每月耗电量 - 停机冷却水泵平均每月耗电量) × 工业用电价格 = (30.50 - 7.26) × 1 000 × 0.3684 = 8 562 (元)。

5 结论

燃气蒸汽联合循环机组往往在电网中担任调峰任务, 日开夜停已经成为目前燃机运行的常态。因此, 增加停机冷却水泵, 在机组夜间停运期间代替闭式冷却水泵, 有利于节能降耗, 可提高 6FA 燃机联合循环机组日开夜停运行模式的经济性。

参考文献:

[1] 曾荣鹏, 郑淑芳, 谢李兵. 大型燃气 - 蒸汽联合循环供热电站选型分析[J]. 华电技术, 2013, 35(4): 10 - 13, 17.

[2] 周屹民. F 级燃气轮机系统配置对比[J]. 华电技术, 2014, 36(11): 52 - 54.

[3] 刘战礼. 影响天然气发电经济性的因素分析[J]. 华电技术, 2015, 37(3): 14 - 17, 21.

[4] 李博. 6FA 燃机联合循环热态启停操作优化及节能分析[J]. 三角洲, 2014(6): 150, 152.

(本文责编: 白银雷)

作者简介:

周屹民(1976—), 男, 浙江杭州人, 助理工程师, 从事发电厂运行方面的工作(E-mail: 690219999@qq.com)。

吴敏杰(1990—), 男, 浙江绍兴人, 助理工程师, 从事发电厂运行方面的工作(E-mail: zjsxwmj470@126.com)。

[11] 康达, 武勇, 李永星, 等. 粗粉分离器在电厂制粉系统中的选配和改进[J]. 电站系统工程, 2006, 22(5): 45 - 46.

[12] 闫顺利, 董标, 陈华刚, 等. 粗粉分离器性能评价指标分析[J]. 应用能源技术, 2014, (4): 24 - 27.

[13] Afolabi, J Lanre. The performance of a static coal classifier and its controlling parameters[D]. University of Leicester, 2012, 2012.

[14] 张乃亮, 崔凯鹏, 朱玉吾, 等. 双进双出直吹式制粉系堵塞的分析和防治[J]. 电力安全技术, 2012, 14(4): 46 - 48.

[15] 石战胜, 李宗慧, 段翠佳, 等. 多级旋风粗粉分离器: 201720176274.5[P]. 2017 - 09 - 22[2018 - 02 - 27].

(本文责编: 陆华)

作者简介:

石战胜(1983—), 男, 河南周口人, 高级工程师, 博士后, 从事制粉系统、流态化和介尺度科学研究等工作(E-mail: zssshi@hotmail.com)。