

浅析背压式涡轮机组顶峰式运行经济性提升

黄振华 钱海飞 刘嗣进
杭州华电江东热电有限公司
DOI:10.12238/pe.v3i1.11391

[摘要] 锅炉供热或是汽轮机抽气供热均存在供需参数不匹配的问题,传统减温减压实现参数匹配存在高品质能量浪费的现象,通过匹配进出口蒸汽参数的背压式涡轮机组实现能量的梯级利用对整体经济性的提升较为显著,但以调峰燃机为气源的背压式涡轮机组经济性受投用时长和气源压力波动影响较大。以某燃气热电厂背压式涡轮机组供热运行为例,通过运行优化实现顶峰式运行经济性较大提升。

[关键词] 背压式涡轮机; 供热; 顶峰运行; 经济性
中图分类号: TU833 **文献标识码:** A

Analysis on the improvement of the economic efficiency of peak-load operation of back-pressure turbine units

Zhenhua Huang Haifei Qian Sijin Liu
Hangzhou Huadian Jiangdong Thermal Co.,Ltd.

[Abstract] There is a problem of mismatch in supply and demand parameters in both boiler heating and steam extraction heating by steam turbines. The traditional method of achieving parameter matching through desuperheating and pressure reduction leads to the waste of high-quality energy. The realization of cascade utilization of energy through back-pressure turbine units that match the inlet and outlet steam parameters has a significant impact on the improvement of overall economic efficiency. However, the economic performance of back-pressure turbine units with peak-shaving gas turbines as the gas source is greatly affected by the operation duration and fluctuations in gas source pressure. Taking the heating operation of the back-pressure turbine units in a gas-fired thermal power plant as an example, significant improvement in the economic efficiency of peak-load operation has been achieved through operation optimization.

[Key words] back-pressure turbine; heating; peak-load operation; economic efficiency

引言

背压式涡轮机组通过利用蒸汽压差做功发电,在降压供热的热电厂应用较为广泛,本次研究重点针对蒸汽来源为调峰燃机的情况下背压式涡轮机组经济性提升的研究。

近年来燃机行业面对上游气源不确定性,国内政策退坡影响,生存压力不断增加,随着电力现货市场开展,运行方式进一步恶化,通过背压式涡轮机组回收供热截流损失进行发电以降低厂用电率被越来越多的联合循环供热企业所接纳,本次研究通过实际研究分析,厘清症结,提出建议,为同类型机组供热经济运行提供参考。

1 背景

随着以新能源为主的新型电力系统加速构建,燃气机组作为优质的调峰资源成为调用频繁的调峰工具,受制于天然气价格与供应量等诸多关系,燃气机组的运行方式多为日开夜停顶

峰发电,同时其单次启停的运行时长近几年逐年下降,负荷波动更加频繁,近年以来,随着容量电价退坡,设备老化,燃机盈利能力持续恶化,经济运行压力凸显,为降低厂用电率,增加背压式涡轮机组,利用供热压差发电,需要跟随燃机启停,因此也存在启停频繁,单次启停运行时长短的问题,背压式涡轮机组顶峰式运行经济性很难保证。^[1]

2 背压式涡轮机组简介

背压式涡轮机组主要由主机、减速箱、发电机组、润滑油系统、公用底座兼油箱及调节控制系统组成。通过联合循环机组冷再抽汽的蒸汽经过喷嘴膨胀带动叶轮高速旋转做功,由减速箱通过联轴器连接涡轮发电机组,经齿轮减速到3010r/min,以达到发电的目的。径向涡轮机进汽流量额定流量40t/h,进汽压力随联合循环机组功率变化而在2.05~4.14MPa范围内波动,额定抽汽压力3.7MPa,额定抽汽温度390℃,额定排汽压力1.2MPa。

2.1 径向涡轮机组运行条件

①联合循环机组运行, 机组满足最小技术出力。②联合循环机组主汽压力大于2MPa。③外网供热流量大于20t/h。④径向涡轮机组各油系统、辅机设备状态正常。⑤厂用6kV系统有充足负载运行。

2.2 径向涡轮机组运行参数

如表1所示, 系统图如图1所示。

表1 涡轮机组运行参数

	联合循环机组出力(MW)	联合循环机组冷再压力(MPa)	外网供热流量(t/h)	径向涡轮机组调节阀开度	径向涡轮机组功率(kW)
1	225	2.02	41	18.2/68.0	144
2	250	2.23	46	18.5/69.3	232
3	280	2.34	52	16.2/66.3	358
4	340	2.51	55	17.3/67.4	519
5	360	3.19	35	16.4/66.0	800
6	390	3.14	32	21.0/71.0	1090
7	410	3.2	50	22.3/73.9	1150
8	420	3.35	60	100/100	1460

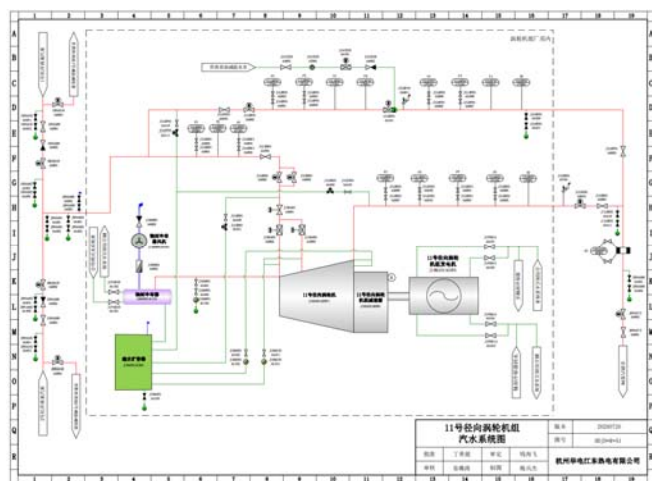


图1 背压式涡轮机组汽水系统图

3 现状

目前背压式涡轮机组暖机等燃气机组正常运行后开展疏水及开机, 温态约为2小时, 冷态约为3小时。如遇机组出清仅4小时, 涡轮机组开后就得准备停机, 几乎没有效益可言。运行过程中, 由于涡轮机

组是滑压运行, 燃气机组负荷波动导致抽气压力波动会导致排气压力波动, 此时作为备用供热的减温减压器动作, 热网压力提升, 由于减温减压器和涡轮机组用的是同一气源, 将导致涡轮

机组利用率进一步下降。

3.1 影响涡轮机组经济运行因素分析

由于燃气顶峰运行, 单次运行时长短, 负荷波动大的特性, 对涡轮机组经济运行带来挑战。理想的涡轮机组运行方式为, 燃气机组启动完成即开始涡轮机组冲转并网, 燃气机组停运后涡轮机组开始停运, 运行过程中作为备用供热的减温减压器调压过程要尽可能短, 对涡轮机组影响要尽可能小。通过实践分析, 影响涡轮机组经济运行的问题主要有以下3个方面:

3.2 项目试运行暴露出背压式涡轮机组设备自动化程度低, 遗留设计缺陷等, 导致操作任务繁杂, 启动时间长

背压式涡轮机组存在5路手动疏水, 且轴封疏水和本体疏水因母管制原因无法同时疏水, 背压式涡轮机组为提升式主汽阀, 若阀后压力大于阀前压力会导致主汽阀被顶开, 存在倒转风险, 在燃气机组抽气未到达背压式涡轮机组主汽阀前无法提前开展倒暖操作。^[2]

3.3 现代化集控运行电厂自动化程度高人员配置少, 背压式涡轮机组启动工作受制于运行人员数量

该燃气发电厂两台燃气机组, 运行班组除值长外平均仅5人, 燃气机组开机过程需要主值一人操作TCS和指挥协调开机事宜, 副值一人负责开机准备就地工作及开机过程DCS操作调整工作, 一名人员负责燃气锅炉运行操作, 一名人员负责取压板、燃气机组供热疏水暖管操作及启动阶段现场检查工作, 满配时也仅有一人可以作涡轮机组启动准备, 不满足双人操作的要求。

3.4 作为备用供热的减温减压器调节缓慢、滞后

通过现有运行经验, 涡轮机组负荷主要由其进气调节阀开度和进出口压差决定, 由于出口热网压力基本稳定, 压差也就是进气调节阀前压力决定。因此热网小流量时, 通过调整进气调节阀开度调整蒸汽流量, 随着热网流量逐渐增加, 调节阀全开, 涡轮机组开始滑压运行, 涡轮机组蒸汽流量仅与调节阀入口压力有关, 也就是和机组负荷相关。当热网流量继续增加(机组负荷36万时, 小机调节阀入口压力约为3.2MPa, 供热流量约为35t/h左右), 通过涡轮机组的流量小于热网流量, 热网压力开始下降, 压力下降至减温减压器设定值以下时, 调节阀开启稳定热网压力至其设定值以上, 与此同时涡轮机组调节阀前压力下降, 流量会有所下降, 经济性下降。^[3]

由于备用供热的减温减压器自动控制为PI调节, 原供热运行仅通过减温减压器输出蒸汽, 对压力控制的偏差要求较高, 因此配置的比例调节参数P较小, 且未配置微分调节D, 对供热压力波动反映缓慢, 调压过程长, 对涡轮机组经济性影响较大。

4 实现途径

4.1 机组正常运行前完成涡轮机组倒暖工作, 燃气机组启动完成后即可以冲转, 在半小时内完成并网

需要解决两个问题: 一是将涡轮机组轴封疏水和缸体疏水由母管制改成分管制, 相互疏水独立, 可以同时进行。二是将五路手动疏水一次阀改成电动阀, 二次阀为手动阀的形式, 手动阀根据运行经验调整为适合疏水的小开度, 将疏水操作简化为一

名运行人员至就地状态检查完毕后,开启五路疏水的电动阀全开,排尽存水后,手动开启涡轮机组排气阀进行倒暖,见疏水阀有水流出便维持开度,同时开展燃气机组抽汽管道疏水,当机组启动即将完成后先关闭燃气机组抽汽管道疏水,再关闭涡轮机组疏水阀,待燃气机组抽汽管道和涡轮机组排气段升压完毕后全开燃气机组抽汽阀和涡轮机组排气阀,此时燃气机组正好启动完成,涡轮机组也已满足冲转条件。

4.2 燃气机组停运完成后停运涡轮机组

涡轮机组的气源为燃气机组抽汽,该抽汽为锅炉的冷再热蒸汽,余热锅炉高压蒸汽通过汽轮机旁路减压后亦可成为冷再热蒸汽,且经过长期经验,余热锅炉的蓄热可提供约40吨的涡轮机组可用蒸汽,而涡轮机组耗气量约为30吨/小时,因此燃气机组停运后亦可维持涡轮机组运行1小时以上。

运行操作优化为燃气机组解列后5分钟的吹扫时间,控制好余热锅炉蓄热,通过汽轮机高压旁路控制冷再热蒸汽压力,中压旁路阀自动确保系统不超压,机组打闸停机后,由运行主值负责稳定涡轮机组气源压力,同时协调副值停运燃气轮机辅机,同时启动燃气锅炉,此过程约半个小时即可完成,当冷再热蒸汽压力无法维持即投入燃气锅炉供热,停运涡轮机组。如此操作相比于先停运涡轮机组再停运燃气机组可提升涡轮机组运行时长约1.5小时。^[4]

4.3 运行过程中作为备用供热的减温减压器调压过程要尽可能短,对涡轮机组影响要尽可能小

通过优化自动控制逻辑,增加微分参数D,以(售热量/管损经验值-供热量)作为前馈信号,适当增大比例条件系数P,通过不断调试优化,使调压过程快而短。此过程要注意避免减温减压器调阀动作频繁,应合理设置控制死区。^[5]

5 总结

通过实践证明,背压式涡轮机组在调峰燃机带至最小技术出力时并网,在调峰燃机解列后开始停机是从运行时长角度看最优的运行方式,且存在可行性,在操作上要进一步优化,提前暖机,把握燃机并网,带最小技术出力,燃机解列等几个关键结点,最大限度提升运行时长。

从成本角度分析,增加操作人员的成本远大于设备改造成本,因此在设计之初应考虑提高自动化技术以减少人工支出和安全风险,已投运设备要从设备上优化提升暖机操作便利性以提升背压式涡轮机组运行时长,以此带来更大经济效益和安全效益。

[参考文献]

[1]张波,李峰,余志文.基于向心涡轮机发电的工业供热蒸汽能量梯级利用系统性能分析[J].热力发电,2023,52(8):87-95.

[2]张宽.背压汽轮机运行中的问题分析及解决[M].北京:水利电力出版社,2019.

[3]吴芳.背压式汽动给水泵在热电厂的应用[J].热力发电,2019(3):65-66.

[4]王朝.背压式汽轮机在中型糖厂技术改造应用的经济性[J].能源与环境,2019(3):31-33.

[5]赵华辰,高旭,吴宏伟,等.蒸汽减温减压发电优化方案选择分析[C]//中国机电一体化技术应用协会.第四届全国石油和化工电气设计与应用论文大赛论文集.中国石油兰州石化公司电仪事业部,2020:6.

作者简介:

黄振华(1990--),男,汉族,浙江省杭州市富阳区人,本科,主要从事燃机集控运行研究。