

供热首站前置发电机非供热季运行的经济性分析

薛晓勇

华电潍坊发电有限公司 山东 潍坊 261000

【摘要】随着国家环保要求的提升和城镇集中过热的发展，国内 600MW 等级汽轮发电机组热电联产将成为主流。600MW 机组因中压缸抽汽参数较高，采用在热网首站设置前置发电机实现能源梯级利用，前置发电机的发电量用来供给厂用电 6KV，同时达到降低厂用电率的效果。本文对前置发电机在非供热季投运方案及成本展开分析，提出可行的系统改造方案及运行成本。

【关键词】集中供热；前置机；厂用电率；成本；灵活

1 引言

在国家深化供给侧结构改革的背景下，为满足北方清洁取暖要求，国家鼓励对现有纯凝机组进行供热改造，实现用电需求与供热需求之间协调发展。目前，600MW 等级汽轮发电机组已逐渐进入热电联产市场，并将成为城市集中供热的重要组成部分。在中低压连通管上打孔抽汽供热因改造简单被广泛采用，600MW 机组中压排汽的蒸汽参数均高于供热需求，直接通过减温减压供热会造成能量浪费，违反了“温度对口，梯级利用”的用能原则 [1]。为了更合理利用抽汽供热，常采用背压机代替直接减温减压的方式，回收蒸汽部分做功能力，实现能量的梯级利用 [2]。但前置机相比减温减压装置投资更大，其只在供热季运行无法实现设备利用率最大化，本文以某 670MW 机组抽汽供热系统前置机为例，分析其在非供热季运行的方式及成本，为同类型机组提供参考。

2 系统概况及方案

某厂 2 台 670MW 超临界纯凝汽轮发电机组采用打孔抽汽方式进行供热，即在中低压连通管上开孔，顺汽流方向在开孔后的管道上加装液动蝶阀，通过蝶阀调整抽汽压力，实现调整抽汽的目的，调整抽汽压力为 1.036MPa.a，温度为 388℃，单台机组最大抽汽量 600t/h。由于抽汽参数较高，为实现能源的梯级节能利用，每台机组设计有 5 台 6MW 背压式前置发电机组，其排汽用于加热热网循环水。改造后单台机组抽汽使用量和参数见表 1。

表 1 抽汽使用量和参数

使用设备	使用量, t/h	进 汽 参 数, Mpa/℃	排汽参数 Mpa/℃
前置发电机组	105*5=525	1.036/388	0.3/245
循环水泵汽轮机	32*2=64	0.4/252.16	0.15/190
除氧器	11	1.036/388	/

在部分电网调度模式下，其调度电量为发电机有功功率，而结算是以上网电量进行的，该模式下降低的厂用电得以并网发电，在合适的发电成本下可以为企业

创造利润。前置发电机组并入厂用电 6kV 系统供给对应电动设备使用，达到降低厂用电目的。其热力流程决定在非供热季加热器无法投运，无法建立设计背压，若在其排汽端建立一台配套凝汽器，采用原机组循环水作为冷却介质，实现前置发电机组在非供热季的运行。其热力流程见图 1。将前置机排汽接至各自配套凝汽器，凝汽器循环水系统接自主机循环水供水回水管，疏水经热网首站疏水罐汇集后由疏水泵回收至主厂房低压给水系统。

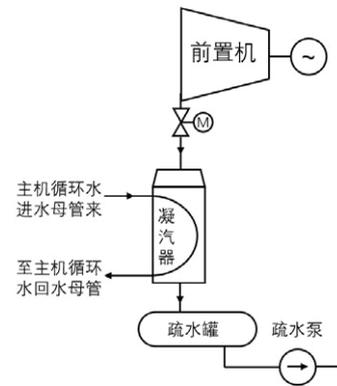


图 1 前置机非供热季的运行流程

3 经济性分析

3.1 经济性分析

前置发电机非供热季投运，其主要目的就是降低厂用电率。假定前置机并入厂用电系统的电量全部被消纳，单位时间可降低厂用电量的计算公式为：

$$P_0 = P_O - P_S P_0 = P_Q - P_S \quad (1)$$

式中， P_0 为降低的厂用电量； $P_Q = 6MW$ ， $P_O = 6MW$ ，为前置机额定发电量； $P_S P_S = 0.8MW$ 为疏水泵消耗电量。

分析在同样锅炉蒸发量下，通过对纯凝工况与抽汽工况（代表前置机投运工况）时的收益变化，来研究其是否具有经济性。

机组在纯凝工况运行时，其经济效益计算公式为：

$$Y_0 = Y_E - C_F Y_0 = Y_E - C_F \quad (2)$$

式中， Y_0 为单位时间机组的运行效益； Y_E 为

单位时间机组对外供电收入： $C_F C_F$ 为单位时间机组燃料成本。

机组在抽汽工况运行时，其经济效益计算公式为：

$$Y_{0C} = Y_E - C_F - C_0 \quad (3)$$

式中 $C_0 C_0$ 为因额外抽汽需多消耗的燃料成本，其计算公式为：

$$C_0 = \frac{Q(\dot{k}_1 - \dot{k}_2)\eta_1\eta_2 - P_0 \cdot H \times 3.6}{29308\eta_3\eta_4} \times R \quad (4)$$

式中 Q 为抽汽流量； $\dot{k}_1 \dot{k}_1$ 为低压缸入口蒸汽焓； $\dot{k}_2 \dot{k}_2$ 为低压缸排汽焓； H 为纯凝工况下发电热耗率； $\eta_1 = 91.5\% \eta_1 = 91.5\%$ ，为低压缸效率； $\eta_2 = 98.9\% \eta_2 = 98.9\%$ ，为发电机效率； $\eta_3 = 92.5\% \eta_3 = 92.5\%$ ，为锅炉效率； $\eta_4 = 99\% \eta_4 = 99\%$ ，为管道效率； R 为标煤单价，取 870 元/吨。

假设两种工况下发电负荷相同，则抽汽工况相对的额外运行成本为：

$$\Delta Y_0 = (Y_E - C_F) - (Y_E - C_F - C_0) = C_0 \quad (5)$$

3.2 案例分析

本文选取的 670MW 超临界纯凝机组的相关参数如表 2 所示，假定机组在负荷相同时，纯凝工况与抽汽工况各部分效率一致，以纯凝工况为基准进行成本分析。受锅炉最大蒸发量限制，额外抽汽量将影响机组额定发电能力，但近几年除迎峰度夏期间外，机组负荷通常在 40%~80% 负荷的运行范围。由此，本文选取 50%THA、75%THA 两种运行工况，对运行成本进行对比分析。由公式 4 可以看出，额外运行成本 $\Delta Y_0 \Delta Y_0$ 与抽汽量 $Q Q$ 成正比，所以取 1 台前置机运行为例进行分析得出表 3 经过计算抽汽用于前置机发电可减少低压缸做功能力约 15MW 左右，所以投运前置机虽然会降低厂用电率的指标，但也会造成煤耗大幅增加，成本上升。从表 3 可以看出，随着发电负荷上升煤耗增加呈上升趋势。

表 2 机组纯凝工况相关参数

已知量	75%THA	50%THA
机组纯凝出力 MW	502.5	335
设计纯凝发电热耗 g/(kW·h)	7685	7996
低压缸入口蒸汽焓 kJ/kg	3206.5	3221.3
低压缸排汽蒸汽焓 kJ/kg	2382.7	2451.2
厂用电率 %	4.6	6.3

表 3 两种工况下单台前置机投运情况计算

工况	抽汽量	降低厂用电率	煤耗增加	成本
75% THA	105 t/h	1.19%	12.39 g/(kW·h)	4121.19 元/h
50% THA	105 t/h	1.79%	8.97 g/(kW·h)	3920.59 元/h

当调度电量为发电电量时，可通过降低厂用电来实现上网电量的增加，这种情况下，其经济效益计算公式由公式 (3) 变为：

$$Y_{1C} = Y_E + P_0 \cdot J - C_F - C_0 \quad (6)$$

式中 $J = 0.39 J = 0.39$ 元/kW·h，为上网电价。那么这种情况下，抽汽工况与纯凝工况对比，其盈利为：

$$\Delta Y_1 = (6) - (2) = P_0 \cdot J - C_0 \quad (7)$$

那么，在 75% 负荷下单台前置机单位小时内的盈利为：

$$\Delta Y_1 = 2028 - 4.737R \quad (8)$$

从公式 (8) 可以看出，当煤价低于 428 元/吨时，前置机非供热季投运存在盈利可能性，随着煤价的升高，其亏损也随着增多。

4 结束语

本文主要以 600MW 等级机组抽汽供热改造及其供热首站前置机系统为例，提出在非供热季运行的方案，并对其运行成本进行计算，得出以下结论：

- (1) 供热首站前置机非供热季在额外安装配套凝

汽器后具备投运的能力；但非供热季无热网循环水作为冷源，前置机单独运行的冷端损失更大、效率更低，所以该种运行方式是不节能的。

(2) 在不考虑额外设备安装投资的情况下，当煤价低于某一价格时，前置机非供热季投运可通过降低厂用电来增加部分效益。但近几年来煤价趋势都远高于这一盈利价格。

(3) 总的来说，在当前市场环境下，不建议通过改造让前置机在非供热季投入运行。对于已完成同类型改造的机组，可作为机组灵活性运行和减少厂用电率指标的一种选择方式。

【参考文献】

- [1] 孙士恩, 高新勇, 庞建锋. 工业抽汽机组供热改造的变工况热经济性分析 [J]. 汽轮机技术, 2016, 58 (4): 301-304.
- [2] 朱晓群. 凝汽式发电机组热电联产改造方案的选择 [J]. 宁夏电力, 2014, (4): 54-57.
- [3] 刘东勇, 刘慧. 背压机在纯凝机组供热改造中的应用 [J]. 华电技术, 2015, 37 (10): 35-37.