

# 某热电厂抽汽凝汽式汽轮机组 热力系统改造经济性分析

王 敏,菅从光,陈志荣,程永伟  
中国矿业大学机电工程学院,江苏 徐州 221008

**[摘 要]** 某热电厂有中温中压背压式和抽汽凝汽式机组,由于背压式机组的排汽压力较低,不能满足热用户需求,因此长期停运。冬季高负荷期间,外供抽汽流量及厂自用汽流量均较大,将抽凝式机组回热系统中高压加热器、除氧器用汽及厂自用汽改由背压式机组提供。对改造前后的机组热力系统进行热力计算,结果表明这种改造是可行的,可为热电厂技术改造提供依据。

**[关 键 词]** 背压式汽轮机;抽汽凝汽式汽轮机;回热系统;热力系统简捷计算

**[中图分类号]** TM621.4

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1002-3364(2009)05-0066-03

**[DOI 编号]** 10.3969/j.issn.1002-3364.2009.05.066

## ECONOMIC ANALYSIS OF THERMAL SYSTEM RETROFIT OF A THERMAL POWER PLANT

WANG Min, JIAN Cong - guang, CHEN Zhi - rong, CHENG Yong - wei

College of Electromechanical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China

**Abstract:** A thermal power plant has some back pressure steam turbines and extracting and condensing steam turbines of medium temperature and medium pressure. Because of low back pressure, back pressure steam turbines can not satisfy the need of heat consumer and have shut down for a long time. In the winter, external and house - service steam supply is very large at high load. To realize normal operation, back pressure steam turbines can provide high pressure heater and deaerator in regenerative system of extracting and condensing steam turbines and house - service steam supply with steam. This paper presents a thermodynamic calculation for thermodynamic system retrofit and analysis of both economy and feasibility. It supplies the basis for thermal power plant technological improvement.

**Key words:** back pressure steam turbine, extracting and condensing steam turbine, regenerative system, simple method for thermal system

徐州某热电厂有5台中温中压链条锅炉,配套1号、2号背压式汽轮机(背压机)、3号、4号抽汽凝汽式汽轮机(抽凝机),5台大气式热力除氧器。随着供热

管网不断扩容,1号背压机(B3-35/5型)的排汽压力不能满足热用户的需求,被迫长期停运;2号背压机(B3-35/10型)常年满发满供;3号、4号抽凝机冬季

**收稿日期:** 2008-07-03

**作者简介:** 王敏(1972-),男,江苏徐州人,中国矿业大学(徐州)机电工程学院2006级在读硕士研究生,研读方向为流体机械及工程。

**E-mail:** wangmin2008a@163.com

高负荷期间满发满供。针对上述情况,拟对该发电厂机组热力系统进行改造,以适应供热要求。

## 1 抽凝机组热力系统

图1为3号、4号C6-35/10型抽凝机组热力系统。根据机组的设计参数和热力试验结果,按照热力系统简捷计算和等效焓降理论对运行数据进行整理,得到机组热力系统改造经济性分析的基础数据(表1~表3)。

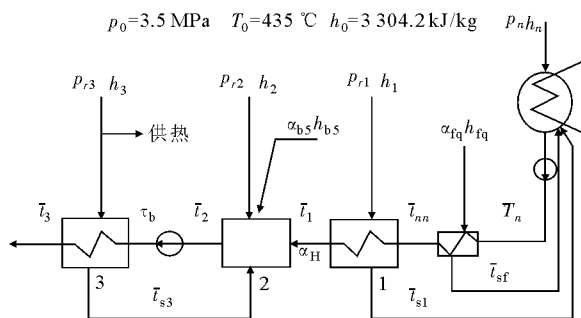


图1 C6-35/10型抽凝机组热力系统

表1 机组设计参数和热力试验结果

$p_{r1}$	$p_{r2}$	$p_{r3}$	$p_n$	$\bar{t}_{s1}$	$\bar{t}_{s3}$	$\tau_b$	$\alpha_{h1}$	$\alpha_{bs}$			
0.050 7	1.0	1.0	0.005 5	338.5	552.6	7.74	0.002 9	0.728 9			
$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_n$	$h_{fq}$	$h_{bs}$	$\bar{t}_1$	$\bar{t}_2$	$\bar{t}_3$	$\bar{t}_n$	$\bar{t}_m$	$\bar{t}_{sf}$
2 671.2	3 060.6	3 060.6	2 399.9	2 970.3	334.9	320.2	441.7	638.3	140.2	176.3	167.5

注: $p$ 单位为MPa; $h$ 、 $\tau$ 、 $\bar{t}$ 单位为kJ/kg; $\alpha$ 为抽汽系数。

表2 热力系统基础数据

加热器编号	给水比焓升 $\tau_i/\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	抽汽放热量 $q_j/\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	疏水放热量 $\gamma_i/\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	抽汽系数 $\alpha_i$
1	143.9	2 332.7		0.009 96
2	121.5	2 740.4		0.034 30
3	196.6	2 508.0	232.4	0.075 30

注: $\alpha_H=0.161 5$   $\alpha_n=0.149 0$

表3 改造前机组热力系统的热经济指标

项目	汽耗量 $D$ /kg·s <sup>-1</sup>	膨胀功 $N_{ip}$ /kJ·kg <sup>-1</sup>	循环内功 $N_i$ /kJ·kg <sup>-1</sup>	循环吸热量 $Q$ /kJ·kg <sup>-1</sup>
公式	$\frac{N_d}{N_i \eta_{ix} \eta_d}$	$\sum_{r=1}^3 \alpha_r h_r + \sum \alpha_i h_i$	$N_{ip} - \tau_b$	$h_0 - \bar{t}_{gs}$
计算值	17.8	346.2	338.46	2 665.9

## 2 抽凝机组热力系统改造后热经济

抽凝机组改由背压机提供2号、3号加热器汽源,改造后热力系统如图2所示。

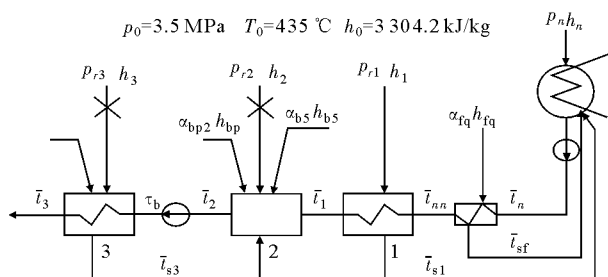


图2 改造后的抽凝机组热力系统

$(\alpha_{bp1} + \alpha_{bp2})h_{bp}$  热量进入热力系统,可以将该热量

视为余热利用处理,提高装置的热经济性。2号、3号加热器获得背压机提供的热量,原作为供热抽汽的份额为 $(\alpha_2 + \alpha_3)$ ,比焓值为 $h_2$  ( $h_3$ )的蒸汽将继续在抽凝机中膨胀做功后排放到冷凝器,由于主凝结水增加 $(\alpha_2 + \alpha_3)$ ,1号加热器的抽汽系数将增加:

$$\alpha''_1 = \frac{(\alpha_2 + \alpha_3)\tau_1}{q_1} = 0.006 76$$

改造后机组的抽汽系数为:

$$\alpha'_1 = 0.016 72 \quad \alpha'_2 = \alpha'_3 = 0 \quad \alpha'_n = 0.251 48$$

按照热力系统简捷计算和等效焓降法对改造后的热力系统进行计算,得出抽凝机组效率的相对变化量(表4)及标煤消耗的变化值(表5)。

表4 抽凝机组热力系统改造后装置效率相对变化值

项目	膨胀功 $N'_{ip}$ /kJ·kg <sup>-1</sup>	循环内功 $N'_i$ /kJ·kg <sup>-1</sup>	装置效率的相对 变化值 $\delta\eta_i/\%$
公式	$\sum_{r=1}^3 \alpha'_r h_r + \sum \alpha_i h_i$	$N'_{ip} - \tau_b$	$\frac{N'_i - N_i}{N_i} \times 100$
计算结果	424.24	416.5	23.06

表5 改造后机组标煤消耗变化值 kg/h

项目	公式	计算结果
机组标煤消耗量 $B_b$	$\frac{3 600 D (h_0 - \bar{t}_{gs})}{\eta_{gd} \eta_g \times 29 308}$	7 573.9
机组供热标煤消耗量 $B_{b(g)}$	$\frac{Q_g}{29 308 \times \eta_{gd} \eta_g}$	5 910.1
发电标煤消耗量 $B_{b(d)}$	$B_b - B_{b(g)}$	1 663.8
机组标煤少消耗量 $\Delta B'_{b1}$	$B_{b(d)} \delta b_b$	383.7

注:在经济性变化不大时,有 $|\delta\eta_i| = |\delta b_b| = |\delta\alpha_i| = |\delta\eta'_i|$ ;  $\eta_g$ 为锅炉效率,75%;  $\eta_{gd}$ 为管道效率,98%。

### 3 1号背压机组运行后热经济性

1号背压机组运行后提供抽凝机组回热系统用汽和冬季高负荷期间3台40 t/h除氧器及厂区取暖用汽。在冬季高负荷期间,2号背压机组及2台抽凝机组满发满供,供给热用户。3台40 t/h除氧器及厂区取暖用汽由减温减压器提供,若由1号背压机组提供,可把新蒸汽的部分热量转换为功,从而提高能源的利用率。

回热系统改由背压机供用汽量为:

$$D_B = \frac{2D(\alpha_2 + \alpha_3)h_3}{h_{bp}} = 4.03 \text{ kg/s} \quad (1)$$

式中: $h_{bp}$ 为背压机排汽比焓值(0.5 MPa、250 °C)2961.1 kJ/kg。

背压机供热标煤消耗量:

$$B_b = \frac{(h_{bp} - \bar{t}_{s3}) \times D_B \times 3600}{\eta_g \eta_{gd} \times 29308} = 1622.1 \text{ kg/h} \quad (2)$$

由式(2)及表5可知:

2台抽凝机组回热系统消耗的标煤量: $\Delta B_{b2} = B_b - 2\Delta B'_{b1} = 854.7 \text{ kg/h}$ ;2台抽凝机组改造前回热系统标煤消耗量: $\Delta B_{b1} = 2\Delta B'_{b1} = 767.4 \text{ kg/h}$ ;2台抽凝机组改造后标煤多消耗量: $\Delta B_b = \Delta B_{b2} - \Delta B_{b1} = 87.3 \text{ kg/h}$ 。

除氧器用汽流量:

$$d = \frac{120 \times 1000 \times (\bar{t}_c - \bar{t}_0)}{3600 \times (h_{bp} - \bar{t}_0)} = 3.7 \text{ kg/s} \quad (3)$$

厂区取暖用汽流量:

$$d_{\text{muan}} = 1.1 \text{ kg/s} \quad (4)$$

式中: $\bar{t}_c$ 为大气式热力除氧器的除氧水比焓值439.6 kJ/kg; $\bar{t}_0$ 为除氧器补给水比焓值125.6 kJ/kg。

由式(3)和(4)可计算<sup>[1]</sup>:

背压机组标煤消耗量:

$$B'_b = \frac{3600 \times (d + d_{\text{muan}}) \times (h_0 - \bar{t}_{gs})}{29308 \times \eta_{gd} \eta_g} = 2153.4$$

kg/h;

背压机组供热标煤消耗量:

$$B''_b = \frac{3600 \times (h_{bp} - \bar{t}_c) \times (d + d_{\text{muan}})}{29308 \times \eta_{gd} \eta_g} = 236.7 \text{ kg/h}$$

背压机组发电标煤消耗量:

$$B'''_b = B'_b - B''_b = 116.7 \text{ kg/h}.$$

### 4 结 论

从抽凝机组热力系统技术改造后取得经济效益(表6)看出,这种改造是可行的,但1号背压机组(B3-35/5)只可以在冬季高负荷期间运行,其它时间段只为抽凝机组提供回热抽汽是没有经济性的。

表6 改造后的经济效益

	公式	结果
由背压机组供除氧器、取暖用汽所发电量折算成标煤量 $B'''_b/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$		116.7
回热系统改由背压机供汽多消耗标煤量 $\Delta B_b/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$		87.3
机组热力系统改造后节约标煤量 $\Delta B/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	$B'''_b - \Delta B_b$	29.4
改造后的季度收益 $w/\text{万元}$	$\frac{0.24n\Delta B}{10000}$	10.58

注: $\epsilon$ 为标煤单价1000元/t; $n$ 为冬季高负荷期间,按150天计。

### [参 考 文 献]

- [1] 郑体宽. 热力发电厂[M]. 北京:中国电力出版社,2001.  
[2] 林万超. 火电厂热系统节能理论[M]. 西安:西安交通大学出版社,1994.

(上接第61页)

### [参 考 文 献]

- [1] 李希武. 直接能量平衡法(DEB)协调控制系统分析[J]. 中国电力,2006,33(6):65-69.  
[2] 张建华,史运涛,侯国莲,等. 燃煤电厂协调控制系统故障诊断与容错控制应用研究[J]. 中国电机工程学报,2004,24(8):175-179.

- [3] 王力国. 300 MW 机组 EH 油系统故障分析及防范措施[J]. 电力安全技术,2003,5(1):7-9.  
[4] 王杭州. 300 MW 汽轮机液压调节系统故障分析与对策[J]. 发电设备,2003,17(1):19-22.  
[5] 王海燕. 电调系统常见故障分析[J]. 华北电力技术,2007,37(2):32-34.