

# 300 MW 机组发电煤耗影响因素分析

薛 恺<sup>1</sup> 李 强<sup>2</sup>

(1. 中国煤炭综合利用集团 山西公司, 山西 太原 030002;

2. 国电太原第一热电厂, 山西 太原 030021)

**摘要:**结合国电太原第一热电厂有限责任公司 300 MW 抽气凝汽式机组相关运行参数进行耗差分析,明确发电煤耗的主要影响因子,并提出合理化降耗建议。其方法是:第一步,假定管道效率在定值条件下,用图表直观描述汽机效率、锅炉效率对该机组发电煤耗的影响程度;第二步,与设计值相比,将汽机效率、锅炉效率的影响因子进行定量化分析,测算出该机组可控损失造成发电煤耗的增量,明确其发电煤耗主要影响因子为:主蒸汽压力、凝汽器真空度、最终给水温度、排烟含氧量、排烟温度,并有针对性地提出合理化降耗措施。

**关键词:**发电煤耗;含氧量;耗差分析;影响因子

中图分类号:TD849;TK11

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2012)01-0098-04

## Analysis on influencing factors of 300 MW generator coal consumption

XUE Kai<sup>1</sup>, LI Qiang<sup>2</sup>

(1. Shanxi Branch, China Coal Comprehensive Utilization Group, Taiyuan 030002, China;

2. China Guodian Taiyuan NO. 1 Thermal Power Plant, Taiyuan 030021, China)

**Abstract:** Based on the 300 MW extraction condensing steam turbine operation parameters which belongs to China Electric Taiyuan NO. 1 Thermal Power Plant Limited Liability Company, analyzed the main influencing factors of coal consumption and provided reasonable energy reducing measures. The method includes two steps. At first, assumed pipeline efficiency in constant conditions, with charts intuitive description of steam turbine efficiency and boiler efficiency influence on coal consumption for power generation. Secondly, compared with the designed value, analyze the influencing factors of steam turbine efficiency and boiler efficiency quantitatively and calculate the increment of power generation coal consumption caused by controllable loss. Find that the main influencing factors are main steam pressure, vacuum degree of condenser, final feed water temperature, oxygen content and exhaust gas temperature. Then put forward the reasonable measures for reducing energy consumption.

**Key words:** electric power generation coal consumption; oxygen content; energy loss analysis; influencing factor

工业和信息化部针对节能工作提出 2015 年工业增加值能耗较“十一五”末下降 16% 的目标。火电厂作为高耗能行业之一,需进一步加大节能力度,积极从发电机组经济技术指标入手,实施“开源节流”的措施,其一,为地方政府顺利完成节能指标做出贡献,其二,降低企业自身生产成本。现以国电太一发电有限责任公司(简称国电太一电厂)13 号发电机组为例,借助图表对该机组发电煤耗影响因素

做出分析。

## 1 公司现状

### 1.1 设备工艺介绍

国电太一电厂 13 号抽气凝汽式机组装机容量为 300 MW,主要设备包括: DG1025/18.2-Ⅱ4 型煤粉炉、NC300/225/16.7/537/537(D300J)型汽轮机、QFSN-300-2-20 型发电机。燃煤相关指标:

挥发分 14.21% ,灰分 35.15% ,全硫 1.48% ,发热量 19790 kJ/kg。

### 1.2 机组运行情况

2008 年 12 月 ,国电太一电厂 13 号机组运行情况见表 1。

表 1 机组运行参数

项目	13 号机组
标煤耗量 /tce	42466.60
发电量 /万 kWh	13766.40
发电煤耗 / (gce · kWh <sup>-1</sup> )	308.48

注: 13 号机组锅炉效率、管道效率分别为 90.67%、98.69% (数据来自 2008 年 12 月国电太一电厂运行指标台账)。

## 2 发电煤耗影响因素分析

为准确评价该机组经济运行状况 ,着重将影响发电煤耗的“三率”(汽机效率、锅炉效率、管道效率)进行计算分析<sup>[1]</sup> ,并在假定管道效率一定的条件下 ,借用图表直观描述汽机效率、锅炉效率对机组发电煤耗的影响。此外 ,对汽机热耗率进行计算便于分析热耗率对发电煤耗的影响程度。

### 2.1 相关参数计算

$$\text{由公式}^{[2]} b_{fd} = \frac{HR}{29.27\eta_{gl}\eta_{gd}} \quad (1)$$

计算得: 13 号抽气凝汽式机组热耗率为 8078.19 kJ/kWh。

$$\text{由公式}^{[2]} \eta_{qj} = \frac{3600}{HR} \times 100\% \quad (2)$$

计算得: 13 号机组汽机效率为 44.56%。

式中:  $b_{fd}$  为发电煤耗;  $HR$  为热耗率;  $\eta_{qj}$  为汽机效率;  $\eta_{gl}$  为锅炉效率;  $\eta_{gd}$  为管道效率。计算结果见表 2。

表 2 机组运行指标参数对比

项目	设计值	实际值	差值
汽机效率 /%	45.94	44.56	1.38
锅炉效率 /%	92.00	90.67	1.33
管道效率 /%	99.30	98.69	0.61
发电煤耗 / (gce · kWh <sup>-1</sup> )	293.07	308.48	15.41
热耗率 / (kJ · kWh <sup>-1</sup> )	7836.00	8078.19	242.19

### 2.2 汽机效率变化对发电煤耗的影响

汽机效率变化对发电煤耗的影响是指: 在锅炉效率、管道效率一定的条件下 ,汽机效率变化 1% 后对发电煤耗的影响值<sup>[3]</sup>。分别以锅炉效率实际值 90.67% 和设计值 92.00% ,汽机效率范围

为:  $43.56\% \leq \eta_{qj} \leq 45.56\%$  进行比较分析 ,见表 3 和图 1。

表 3 管道效率为定值 ,不同锅炉效率时 ,汽机效率变化 1% 对发电煤耗的影响程度

锅炉效率 /%	汽机效率 /%				
	43.56	44.06	44.56	45.06	45.56
90.67	7.34	7.16	7.00	6.84	6.70
92.00	7.22	7.06	6.90	6.76	6.60

注: 假定管道效率为恒定值 98.69%

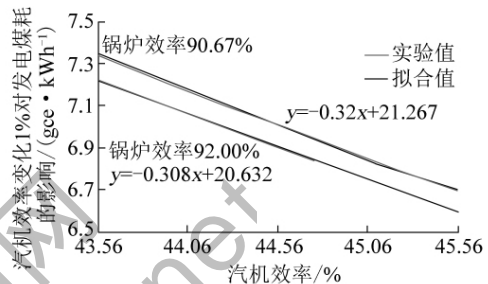


图 1 管道效率定值 ,不同锅炉效率时 ,汽机效率变化 1% 对发电煤耗的影响

### 2.3 锅炉效率变化对发电煤耗的影响

锅炉效率变化对发电煤耗的影响是指: 在汽机效率、管道效率一定的条件下 ,锅炉效率变化 1% 后对发电煤耗的影响值<sup>[4]</sup>。下面分别以汽机效率实际值 44.56% 和设计值 45.94% ,锅炉效率范围为  $89.676\% \leq \eta_{gl} \leq 91.67\%$  进行对比分析 ,见表 4 和图 2。

表 4 管道效率为定值 ,不同汽机效率时 ,锅炉效率变化 1% 对发电煤耗的影响程度

汽轮机效率 /%	锅炉效率 /%				
	89.67	90.17	90.67	91.17	91.67
44.56	3.50	3.46	3.42	3.38	3.36
45.94	3.40	3.34	3.32	3.30	3.24

注: 假定管道效率为恒定值 98.69%

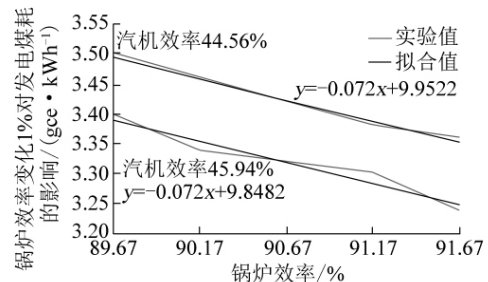


图 2 管道效率定值 ,不同汽机效率时 ,锅炉效率变化 1% 对发电煤耗的影响

由此可知: 电厂 13 号机组“三率”(汽机效率、

锅炉效率、管道效率)对发电煤耗的影响程度分别为:9.66、4.55、1.22 gce/kWh。计算公式如下:

汽机效率对发电煤耗影响程度:  $1.38 \times 7.00 = 9.66$ (gce/kWh)

锅炉效率对发电煤耗影响程度:  $1.33 \times 3.42 = 4.55$ (gce/kWh)

管道效率对发电煤耗影响程度:  $15.41 - 9.66 - 4.55 = 1.20$ (gce/kWh)

同时,可知该电厂13号机组热耗率每增加

25.07 kJ/kWh,则影响发电煤耗1 gce/kWh(计算公式:  $242.19 \div 9.66 = 25.07$  kJ/kWh)。

### 3 发电煤耗影响因子分析

经上述分析,明确“三率”(汽机效率、锅炉效率、管道效率)及热耗率对13号机组发电煤耗的影响程度。现结合2008年12月国电太一电厂汽机、锅炉部分运行参数进行定量分析,找出发电煤耗的主要影响因子,见表5。

表5 发电煤耗的影响因子定量分析<sup>[3,5]</sup>

项目	指标变化	影响煤耗/(gce·kWh <sup>-1</sup> )	13号机组设计值	13号机组运行值	影响发电煤耗/(gce·kWh <sup>-1</sup> )		
汽机影响煤耗	主汽压力	-1 MPa	+1.40	16.70 MPa	13.42 MPa	4.59	
	主汽温度	-1 °C	+0.085	537.00 °C	534.34 °C	0.23	
	再热汽压力	-1 MPa	+0.35	3.47 MPa	2.65 MPa	0.29	
	再热汽温度	-1 °C	+0.08	537.00 °C	530.23 °C	0.54	
	凝汽器真空度	-1 kPa	+3.00	95.00 kPa	94.33 kPa	2.01	
	高加投入率	+1%	-0.15	100.00%	100.00%	0	
	最终给水温度	-1 °C	+0.10	270.60 °C	255.65 °C	1.5	
	循环水入口温度	+1 °C	+1.00	—	11.64 °C	—	
	排气温度	+1 °C	+3.50	—	33.38 °C	—	
	凝汽器端差	+1 °C	+1.00	12.00 °C	11.59 °C	-0.41	
	凝汽器压力	-1 kPa	+2.84	—	—	—	
	过冷度	+1 °C	+0.05	—	—	—	
	锅炉影响煤耗	排烟温度	+1 °C	+0.15	140.00 °C	130.60 °C	-1.41
		含氧量	+1%	+1.60	1.40%	3.79%	3.82
炉渣含碳量		+1%	+0.14	—	3.53%	—	
飞灰可燃物		+1%	+0.60	—	1.56%	—	
入风温度		+1 °C	-0.15	—	—	—	
漏风系数		+1%	+0.10	—	—	—	
合计					11.16		

注:—表示无相关数据。

由表5可以看出,汽机、锅炉部分可控损失造成13号机组发电煤耗增加11.16 gce/kWh,若该机组按年发电量 $2.10 \times 10^8$  kWh计算,年多耗标煤2343.60 t。其中制约汽机效率、锅炉效率的主要因素包括:①主汽阀组前后压损偏大;②凝汽器真空度偏低;③最终给水温度偏低;④排烟含氧量偏高;⑤排烟温度偏高。

## 4 节能措施

### 4.1 优化配汽及输气方式,减少主汽压损

(1) 滑压运行置换定压运行;

(2) 提高气阀(主汽阀、调节阀、止回阀、疏水阀)控制可靠性;

(3) 保证输气系统密封性良好。

### 4.2 提高凝汽器真空,降低热耗率

(1) 降低循环水入口温度;

(2) 增加循环水量;

(3) 保持冷凝器自动清洁,提高冷却效果;

(4) 维持真空系统严密。

### 4.3 提高最终给水温度

(1) 加强高加水室、受热面的箱体、管路密封性<sup>[6]</sup>;

(2) 确保抽气阀门的开度、疏水、放水阀门运行合理;

(3) 强化汽侧安全门、水侧进出口自动阀、给水旁路电动门的可靠性。

#### 4.4 降低锅炉排烟含氧量

(1) 强化锅炉本体、空气预热器、尾部严密性,降低漏风率<sup>[7]</sup>;

(2) 合理调节一、二次送风量,提高燃料完全燃烧程度。

#### 4.5 降低排烟温度

(1) 在保证炉膛不结焦的情况下,应尽量采用低氧燃烧<sup>[8]</sup>;

(2) 保持合理的磨煤机运行及磨煤机出口温度;

(3) 减少制粉系统及炉膛本体的漏风;

(4) 加强锅炉受热面的吹灰工作。

## 5 结 语

以国电太一电厂 13 号机组为例进行耗差分析,假定管道效率为定值条件,计算锅炉效率、汽机效率对该机组发电煤耗的影响程度分别为 9.66 gce/kWh、4.55 gce/kWh,同时结合该机组相关运行参数,将锅炉、汽机的影响因子进行定量化分析,测

(上接第 85 页)

为 103 m<sup>3</sup>/h 的盐卤浓缩器相比,总投资上并不占明显优势。而直接采用浓缩器处理后的出水水质中 TDS 小于 10 mg/L,水质很好,可以直接去循环水场或水处理站作补充水,而且可稳定运行 30 a 左右,这些指标都是反渗透系统无法达到的。因此先期工程直接采用蒸发器处理工艺,不仅可以省去复杂的反渗透预处理流程,而且蒸发器能将有机物与盐同时去除,处理后的出水水质仍可以满足回用作水处理站或循环水场补水的水质要求。

#### 2.4.4 催化剂废水出口监测

催化剂制备废水处理装置出口最大日均 pH 值 7.6~7.9、COD 7 mg/L、硫化物 0.131 mg/L、氨氮 0.261 mg/L、石油类 0.25 mg/L,均满足 GB 8978—1996《污水综合排放标准》表 4 一级 pH 值 6~9、COD 60 mg/L、硫化物 1.0 mg/L、氨氮 15 mg/L、石油类 5 mg/L 的限值要求<sup>[1]</sup>。

算出该机组可控损失造成发电煤耗的增量,明确其发电煤耗主要影响因子为:主蒸汽压力、凝汽器真空度、最终给水温度、排烟含氧量、排烟温度,并有针对性地提出合理化降耗措施。

参考文献:

- [1] 邢希东,李学斌.600MW 机组影响供电煤耗的因素分析及控制[J].华中电力,2007,20(5):71-75.
- [2] 薛润.影响供电煤耗的因素分析[J].电力设备,2007,8(3):71-74.
- [3] 蒋明昌.火电厂能耗指标分析手册[M].北京:中国电力出版社,2011:44-46.
- [4] 常晨,陈英涛.锅炉热效率变化对供电煤耗影响的定量分析[J].华北电力技术,2004(9):10-11.
- [5] 方永平,胡念芬,汪静,等.600MW 超临界汽轮机发电机组耗差分析[J].汽轮机技术,2007,49(1):8-11.
- [6] 梁满仓,李文艳.高加给水温度低的原因分析及解决对策[J].内蒙古电力技术,2006,23(6):21-22.
- [7] 范从振.锅炉原理[M].北京:中国电力出版社,1986:20-43.
- [8] 史培甫,赖光楷.工业锅炉节能减排应用技术[M].北京:化学工业出版社,2009:15-19.

## 3 结 语

对神华煤直接液化示范工程废水处理系统的工艺流程及特点进行比较全面的分析介绍。因其节水及污水回用工作起点高,采用了世界领先的节水技术,工艺水重复利用率高。通过对各类废水出口的监测结果表明,煤直接液化产生的废水实现了达标排放,对类似的工程设计提供一些参考。

参考文献:

- [1] 雷少成,张继明.煤制油产业环境影响分析[J].神华科技,2009,7(3):84-88.
- [2] 神华集团有限责任公司神华煤直接液化项目一期先期工程竣工环境保护验收监测报告[R].北京:中国环境监测总站,2010.
- [3] 郝志明,郑伟,余关龙.煤制油高浓度废水处理工程设计[J].工业用水与废水,2010,41(3):76-79.