

# 火力发电机组热经济性分析

项 军 杜忠丰 田宏野 战家慧

华能营口仙人岛热电有限责任公司 辽宁 营口 115009

**摘要:** 火电厂的经济性研究, 对于火电机组的经济运行、节能降耗, 有着重大价值。随着现代计算机技术的发展, 运用计算机进行火电机组的综合控制与处理为发电机组的安全生产和经济运行提供了强大的科技保证。

**关键词:** 火力; 发电机组; 热经济性

## 引言

以火电(热电联产)发电机组为重点的研究内容, 从设备、流程、系统甚至整个发电机组分阶段的开展了深入研究, 同时通过将理论方法与强大数据挖掘方法相结合, 来确定发电机组基本情况, 并建立了在不同情况下的主要特性评估方法和主要耗差方法, 同时对比了理论研究情况下和实际运行情况下的基础数据和关键技术性数据, 进行了火电机组节能资源分析与优化建模, 开发了火电机组全状态离线耗差分析软件, 开发了火电机组实时节电诊断系统, 并探索了基于大数据分析的火电机组运行优化系统, 从而有效进行了火电机组的节电运行。

### 1 火电机组全工况离线耗差分析系统

本体系根据火电机组的数据, 实现变工况模拟, 以获取全工况的热经济指标及系数, 并在此基础上测算主要参数和性能指标的对发电机组能耗影响的量, 并帮助电站节能专工和有关人员开展离线运行检测工作<sup>[1]</sup>。

### 2 火电机组在线耗差分析系统

本技术收集发电机组真实运转资料, 并实现电经济性指数的测算, 根据火电机组建设资料和现场运转资料, 采用机理研究和大数据技术相结合的变工况模型, 给出多变边界条件下基准状态的数据与指标, 可与实时网络数据比较得出实际工作的耗差分析结论, 可指导火电机组在线性能检测如图一。



图一

### 3 火电机组运行优化

该系统采用大数据分析技术, 对发电机组的运营资

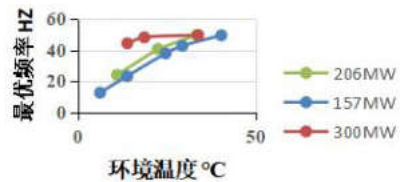
料进行成本分析建模, 并根据各区域内火电机组调峰的原则, 确定发电机组按不同负荷运行的成本和盈亏均衡负荷点, 并描绘不同报价的成本曲线, 以引导火电机组的价格行为, 见图四<sup>[3]</sup>。机组设备或子系统的性能, 决定设备或子系统最佳工作模式, 控制设备进行节电<sup>[2]</sup>。

1000MW机组循环水泵运行方式的优化(两机6泵), 如图二

循环水进口温度(°C)	THA	90% THA	80% THA	75% THA	70% THA	60% THA	50% THA	40% THA
5	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵
6	3泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵
7	3泵	3泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵
8	3泵	3泵	3泵	2泵	2泵	2泵	2泵	2泵
9	4泵	4泵	3泵	3泵	2泵	2泵	2泵	2泵
10	4泵	4泵	4泵	4泵	3泵	2泵	2泵	2泵
11	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	3泵	2泵	2泵
12	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	3泵
13	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵
14	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵
15	5泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵	4泵
16	5泵	5泵	5泵	5泵	4泵	4泵	4泵	4泵
17	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	4泵
18	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	4泵
19	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵
20	6泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵
21	6泵	6泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵	5泵
22	6泵	6泵	6泵	6泵	5泵	5泵	5泵	5泵
23	6泵	6泵	6泵	6泵	5泵	5泵	5泵	5泵
24	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	5泵
25	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	5泵
26	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	5泵
27	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	5泵
28	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵	6泵

图二

300MW直接空冷机组空冷风机优化曲线.如图三



图三

### 4 火电机组成本分析与辅助报价决策

该软件通过强大数据挖掘方式, 对机组的实际运营数据进行了成本分析建模, 并参照我国各地方的火电机组调峰补偿规则, 设定了机组按不同负荷执行的成本核算与盈亏平衡负荷点, 并描述了不同的报价与时效益曲

线,以指导火电机组科学合理的调节价格与决策<sup>[1]</sup>。

### 5 火电机组全工况离线耗差分析系统

本技术根据火电机组的数据,实现变工况模拟,以获取全工况的热经济指标及数据,并在此基础上测算主要参数和性能指标变化时对发电机组所消耗的热量,并帮助电站节能专工和有关人员开展离线运行检测。

该研究方法将机理研究和大数据分析技术相结合通过研究风力机组运行状态,建立了不同状态下的运行状态分析模型和耗差分析模型,并通过对比基本情况下和实际运行情况下的科学数据和技术性资料,进而实现了对火电机组节能的基础研究技术与设计研究模型,进行了火电机组节约的技术研究与优化设计模型,研究火电机组全状态离线耗差计算技术,并研究火电机组的节电考核系统等,研究基该项目可广泛应用于火力发电厂,通过节能分析与检测技术,并进行成本分析与运营优化。从而帮助火电机组节电,具体经济效益将基于机组的实际运行情况预计减少电力煤耗在 $1\text{g}/\text{kWh}$ 以下并体现在直接和间接的节能效益中。1台600MW的风力发电设备每年节省国际标准用煤量约三千万吨,按国际标准煤价格为六百元/吨。年收入提高一百八十多万元。

### 6 热经济性分析

某台中国国产亚临界第六百兆瓦风力发电设备的部分温度力试验资料。实际运行工况下,高压缸效率比设计值低零点四五个,根据我国火电最大机组三百MW级竞赛第三十七届年会论文集管理与节能报告六百六十八百分点,实际发电热耗率比设计有价值一百二十五点低 $2\text{kJ}/\text{kWh}$ <sup>[1]</sup>。

汽轮机系统的热能系统和工作方式不良是发电机组的工作热耗量偏大,经济效益低下的重要原因,如图五。

项目	3 阀全开工况	
	设计值	试验值
负荷/MW	599.1	591.8
主蒸汽压力/MPa	16.67	16.72
主蒸汽温度/°C	538	531
高压缸效率/%	86.45	85.30
中压缸进汽压力/MPa	3.23	3.19
中压缸进汽温度/°C	538	530
中压缸效率/%	92.16	91.71
凝汽器压力/kPa	4.9	5.4

图五

#### 6.1 汽轮机

##### 6.1.1 缸效率

汽轮机缸效率降低在相同的蒸汽条件下汽缸效率降低,导致汽轮机热耗率上升。高压缸效率的降低还可引起排汽焓增加,使再加压机的吸功率减少。用等效焓降

法分析表明,若高压缸效率每降低 $1\%$ ,则发电机做功减少约二点一MW,吸收能量减少了约一点八二MW,则发电热耗率就提高了十六点四 $\text{kJ}/\text{kWh}$ 。

高压缸的调节级经常工作在变工况状态下,比设定状态误差很大,造成空气流动效果的下降。另外,由于调整级叶片处于主蒸汽管进入汽轮机的第一级,很容易受到蒸气中所携带杂质的影响,从而引起喷嘴和动叶损伤,对调整级的通流效率和高压缸效率影响很大<sup>[2]</sup>。

##### 6.1.2 阀门节流损失

由于高压汽缸效率低涉及了主汽阀和调节阀之间的节流损失,在同等蒸汽流速下,阀的开度越小,则节流损失也越大,因此汽缸效率就越低。通常当阀门开度调节超过百分之四十的时候,水流量就可超过正常阀门同流能力的百分之九十五以上。但如果阀门开度调整低于百分之四十,则流量下降速度较快,节流损失也急剧增加。

##### 6.1.3 汽封及汽缸结合面漏气

因为气缸下沉,起、停车运动中机组内震动加剧,容易引起动、静碰磨的问题,还易引起汽封损坏,径向间隙也加大。另外,从汽轮机设计看,低压缸前二段的抽汽反应间法兰连接面比较脆弱,若松紧力不够强,易引起漏汽。

国产的六百MW汽轮机转子口径过大,由于汽封径向间距加大,漏气体积增加,使得漏气在当年度内不能再做功,同时也对下一主汽流产生了影响,从而造成汽轮机级的漏气损失。漏汽损失对级效率的影响很大,是很多机组中流通效率下降的主要因素之一。

#### 6.2 热力系统

##### 6.2.1 再热器减温水

从提高机组运行经济效益和安全的高度考虑,在机组运行时必须尽量减少热投入或尽可能地不投入再加压器减温水。再加压装置的减温水的热力学过程,是先沿其热压曲线定压吸蒸汽并投资过热,继而再进入汽轮机内,并通过低压膨胀做功的,因此它是一个中参数甚至比高参数还小的非再热力环流,但与超高参数甚至比超高参数还小的主再热力环流相比,其热经济性却要低得多。但很显然由于系统中参数并不高,热经济性比较低的非再供热设备的比例逐渐增多,必将造成整个再热力环流经济性下降。而一般的再热温器减温水,每提高锅炉额定值温度的百分之一,整个机组热经济效益就将下降约百分之零点二,即总火耗率将增加近十六 $\text{kJ}/\text{kWh}$ 。

##### 6.2.2 可调运行参数

设备的可调运行系数一般有主蒸汽压力和升温及再热蒸汽温度等,其对经济性所反映的范围主要和设备状况、运行管理人员的主观意识,还有运行操作技术因素有关。一般较大容量的再热机组,在最高状态下主蒸汽压力每降低大约零点,一MPa热耗量就将增加约3~5kJ/安沛若这些参数较少偏离设计数值时,则对经济性的影响不大,若偏离设计数值过多时,则不仅对发电机组经济效益的影响很大,而且还会对运行安全造成较大的隐患<sup>[3]</sup>。

### 6.2.3 低压缸排汽压力

低压缸的排气压力,直接关系到发动机的最大出力。在汽轮机进汽流量恒定的前提下,由于排出压力大,导致了汽轮机的公质膨胀的效率焓降减小,从而造成了设备经济性的出力降低。

影响机组内低压缸排气压力的参数众多,包括温度、系统冷却量、真空严密度、凝汽器对流换热面和换热面之间的空气湿润状况等。因为低压气缸排汽压力对发动机的处理能力和经济性作用非常敏感,所以在节能降耗项目中,应该把减少排汽压力提高内真空的工作放到更加关键的地位上。除平时做好对凝汽机进行保护的工作以外,也应该采取对机组内冷端系统的温度进行优化调节,以更好实现节能降耗的目的<sup>[4]</sup>。

### 6.2.4 加热器端差

热力控制系统中的高温加热器端差温度上升,加热器出口给水方式温度下降,从而造成给水方式在加热器内的啁吸上升,抽汽率上升,机组出力减小,热能经济性降低。如果在再热之前充满臭气的高压加热器上端差增大,除会影响发电机出力以外,还将影响锅炉的再加热器吸热量加热器斥水下上端差值则大,从而导致该加热器的抽汽流量增加,疏水性焓增加,尽管高温加热器

的抽汽流量也有所下降,但由于抽汽利用能级的减少,导致发电机组出力减小,热经济性也下降。

### 6.2.5 热力系统工质泄漏

在循环输送电路中也可以有加工质量虽然未外漏,但却未流经其正常的通道而内漏,而能源并未获得使用,这会降低了机组的热能经济性。在这种可能的情况内,由于外漏点分布范围极广,从而导致了大量的能源在热力系统中外泄,而未能获得使用。

利用良好的热力控制系统检漏和堵漏,就可以回收总能源损失的约百分之二十。处理热力系统泄露的有效措施是对热力控制系统进行检测,找出机组热力控制系统中存在的泄露情况,并针对情况进行维护管理<sup>[1]</sup>。

### 结语

该文还就影响火电机组热力经济性的有关因子作出了相应的研究,内容涉及汽轮机开缸效率、高压缸调节阀的节流影响、漏气损失、再温器减温水差、发电机组的可调整运行系数、低压缸排汽压力、加热器的端差、热能装置各元件泄漏情况等。通过对机组经济效益效果的定量分析,了解制约机组经济效益各种因素,制定具体的节能降耗方法。

### 参考文献

- [1]发电厂热力系统及设备严俊杰西安交大出版社
- [2]火电厂锅炉热经济性的分析模型研究孙伟华北电力大学
- [3]王昱.大型气轮机组全工况运行热经济性在线分析.华北电力大学硕士论文
- [4]李斌,任容,任浩仁等.火电厂在线能损分析优化系统.实用节能技术.