

# Economic Analysis and Consumption Reduction Measures of 1000MW Unit

Liqiang Wang Changming Du Yutian Gu

Xuzhou China Resources Power Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221242, China

## Abstract

This study analyzes and discusses the economic feasibility of deep peak shaving of 1000MW units and measures to reduce coal consumption, aiming to improve the energy consumption level during deep peak shaving. It analyzes the operating characteristics of 1000MW units and the impact of load rate on coal consumption for power supply, with a focus on the optimization of the operation and benefits of two million unit units in a certain plant during deep peak shaving. The research content of the paper includes the analysis of the impact of load rate on heat consumption, boiler efficiency, and power plant electricity consumption, as well as the optimization of the water supply system, induced draft fan operation, low energy consumption operation, and condensate pump operation under deep adjustment conditions, and the analysis of the energy-saving benefits after optimization. It provides a reference for the energy-saving and consumption reducing operation of millions of units during deep peak shaving.

## Keywords

1000MW unit; deep peak regulation; power supply and coal consumption; operation optimization

## 1000MW 机组深度调峰经济性分析及降耗措施探讨

王立强 杜长明 顾玉田

徐州华润电力有限公司, 中国·江苏 徐州 221242

## 摘要

本研究针对1000MW机组深度调峰经济性以及降低煤耗的措施进行了分析探讨,旨在提高深度调峰期间的能耗水平,分析了1000MW机组的运行特点、负荷率对供电煤耗的影响,重点探讨了某厂两台百万机组在深度调峰期间的运行优化以及带来的收益。论文的研究内容包括负荷率对热耗、锅炉效率、发电厂用电率的影响分析,以及深调工况下的给水系统优化、引风机运行优化、低省运行优化、凝泵运行优化并分析优化后的节能效益,为百万机组深度调峰期间节能降耗运行提供了参考。

## 关键词

1000MW机组; 深度调峰; 供电煤耗; 运行优化

## 1 引言

近年来,新能源发电迅猛发展,煤电机组发电利用小时数逐年下降,煤电在新型电力系统中的定位已由提供电力、电量的主体性电源,向提供可靠性容量、调峰调频等辅助服务的基础保障性和系统调节性电源转变。由于风电、光伏发电的随机性、间歇性较强,其大规模入网对电力系统安全稳定运行和电力可靠供应的挑战日益严峻,“双碳”目标下的电力系统调峰压力与日俱增。

在深度调峰过程中,煤电机组负荷率由50%降低至40%、30%,甚至更低,导致供电煤耗率等经济性指标显著恶化。2023年,某公司#5、#6机组平均负荷率67%,深度调峰时长累计2000h,显著影响了机组供电煤耗。此外,峰

谷差和频繁调峰也增加了机组能耗。

提升深度调峰工况下的机组能效是十分必要的。不仅能实现经济和环境效益,还能提升电网稳定性,从而推动技术进步,符合国家政策和企业社会责任。

## 2 深度调峰负荷对供电煤耗的影响

供电煤耗直接反映了火力发电厂在发电过程中的能源利用效率,是衡量电厂经济性和能耗的重要指标。

供电煤耗主要与汽轮机热耗率、锅炉效率、发电厂用电率有关。

锅炉效率、汽轮机热耗以及辅机电耗随负荷变化表现出不同的运行特性,它们共同决定了供电煤耗的变化趋势。

### 2.1 负荷率对热耗率的影响

汽轮机热耗率是汽轮机每发1kWh电量所消耗的蒸汽热量,是评价汽轮机运行经济性的关键指标。负荷率降低时,汽轮机热耗呈现明显上升趋势。

【作者简介】王立强(1985-),男,中国江苏徐州人,本科,工程师,从事电厂节能研究。

从图1中可看出,汽轮机热耗率在50%负荷率以上变化平缓,而在50%负荷率以下上升明显。

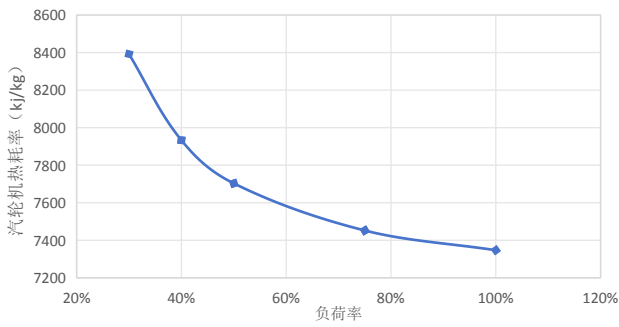


图1 某厂1000MW机组负荷率与汽轮机设计热耗率关系图

燃煤机组实际运行中,随着机组负荷率的下降,特别是50%负荷率以下,主、再热汽温通常达不到设计值,特别是再热汽温距离设计值偏差较大,进一步增加了汽轮机热耗率。

在深度调峰第三档(30%负荷率),为了提高水动力循环安全性,给水压力控制偏高,汽轮机高压调门开度小,最小开度接近20%,导致高压调门截流损失大,高压缸效率下降,这是增加30%负荷率深度调峰热耗率的一个重要因素<sup>[1]</sup>。

### 2.2 负荷率对锅炉效率的影响

锅炉效率主要受人炉煤种的影响较大,与负荷率没有明显的相关性。

以某厂#5、#6机组为例,设计煤种为烟煤,为控制燃料成本,掺烧无烟煤较多,飞灰含碳量和炉渣含碳量高,固体未完全燃烧损失大,锅炉效率下降。

在高负荷段,受制于引风机出力,锅炉氧量低,不完全燃烧加剧,飞灰和炉渣含碳量较低负荷高,锅炉效率低。在50%负荷率以下,受制于总风量以及风箱差压限制,氧量控制偏高,排烟损失大,锅炉效率降低。

### 2.3 负荷率对辅机电耗的影响

从图2某厂1000MW机组某次性能试验发电厂用电率为例,随着负荷率降低,发电厂用电率逐渐上升,特别在40%以下,上升趋势尤为明显。

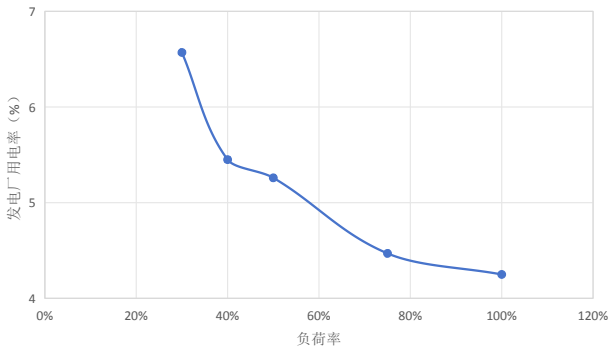


图2 某厂1000MW机组负荷率与性能试验发电厂用电率关系图

## 3 深度调峰工况下的节能降耗措施

以某厂#5、#6机组为例,随着深度调峰时长和深度的不断增加,对机组供电煤耗的影响越来越大,特对影响煤耗较大的系统或设备运行方式进行了优化。

### 3.1 给水系统优化运行

优化前,深度调峰负荷下,受制于给水泵投遥控时最低可调转速范围,给水泵转速通常维持在3000rpm或更高,导致给水泵再循环开度大、给水泵给水流量大、前置泵电流、小汽轮机进汽量偏高明显,同时主汽压力设置偏高,汽轮机高压调门开度小,节流损失大,高压缸效率低<sup>[2]</sup>。

优化后,深度调峰第一档(40%负荷)、第二档(35%)保持两台给水泵运行,规范给水泵再循环调门操作,将给水泵流量最低控制在750t/h左右,较优化前两台前置泵电流降低20A以上、小汽轮机进汽量降低10t/h以上。

深度调峰第三档(30%负荷率)给水系统分为两种运行方式,预计深度调峰时长在6h以内的,保持双泵运行,超过6h的,单台给水泵运行。

通过修改逻辑,将给水泵转速投遥控时最低可调转速由2850rpm降至2700rpm,将小汽轮机共振区自动加速定值由2800rpm降至2700rpm。在深度调峰时,进一步降低给水泵转速,进而降低前置泵电流及小汽轮机进汽量。

通过给水泵轴功率方法对比两台给水泵和单台给水泵运行的经济性。某厂1000MW机组相同工况下单台泵与两台泵参数对比(前置泵运行)如表1所示。

表1 某厂1000MW机组相同工况下单台泵与两台泵参数对比(前置泵运行)

汽泵运行台数	机组负荷(MWH)	A/B泵入口流量(t/h)	A/B泵进口压力(MPa)	A/B泵出口压力(MPa)	泵效率(%)
两台	290	970/956	2.25/2.28	11.85/11.84	70
单台	290	0/1542	2.36/2.07	0/14.66	80

给水泵轴功率计算公式:  $P(kW) = \text{每秒立方米流量} \times \text{扬程米数} \times 1000(\text{水的重度}) \div 102(\text{换算成千瓦数}) \div (\text{泵的效率})$ 。

单台给水泵轴功率:  $P_1 = 1542/3600 \times (14.66 - 2.36) \times 100 \times 1000/102/0.8 = 6456\text{kWh}$ 。

两台给水泵轴功率计算:  $P_2 = (970 + 956)/3600 \times (11.85 - 2.25) \times 100 \times 1000/102/0.7 = 7193\text{kWh}$ 。

单台给水泵与双给水泵运行功率变化量:  $\Delta P = P_2 - P_1 = 7193 - 6456 = 737\text{kWh}$ 。

换算为厂用电率降低:  $\Delta P/P = 737/29/10000 \times 100 = 0.2541\%$ 。

按发电厂用电率1%影响供电煤耗3g/kWh计算,发电厂用电率降低0.2541%,供电煤耗降低约0.76g/kWh。

如果停运汽泵对应前置泵停运,供电煤耗降低约1.18g/kWh。

用汽泵轴功率方法计算,单台汽泵较两台汽泵更节能,但考虑到两台泵运行时安全裕度高且深度调峰结束时升负

荷更快且操作少,综合考虑,制定深调时长大于6h,给水泵由双台改为单台运行。

### 3.2 引风机运行优化

深度调峰期间由运行两台引风机改为单台引风机。

从表2看,A引风机停运前后,送风量变化了14t/h,送风机电流未变化,一次风机电流共增加了3A,引风机电流共降低了142A,计算引风机电耗变化如下:

$$\text{引风机电耗变化} = 1.732 \times 6.1 \times 142 \times 0.8 = 1200 \text{ kWh}$$

$$\text{发电厂用电率变化} = 1200 / (290 \times 1000) = 0.004 = 0.4\%$$

按1%厂用电率影响煤耗3g/kWh计算,可降低煤耗约1.2g/kWh。

从以上比较,深度调峰工况下两台引风机改为单台引风机运行,节能效果显著。

表2 某厂1000MW机组相同工况下单台引风机与两台引风机参数对比

引风机运行台数	机组负荷 (MWH)	A\B引风机电流 (A)	A\B引风机动叶开度 (%)	送风量 (t/h)	A\B送风机电流 (A)	A\B一次风机电流 (A)
两台	290	237/238	20/22	1283	84/85	136/137
单台	290	0/333	60	1297	84/85	135/135

对于深度调峰第二档、第三档,后续将对低温省煤器改造,在低温省煤器系统中加装循环旁路,在低温省煤器入口凝水温度不满足时,通过开大循环旁路,提高低温省煤器入口凝水温度,满足投运条件。

### 3.4 凝泵的运行优化

某厂凝结水系统配置3×50%容量的凝结水泵,对应配有三台变频器,调速范围0~100%,正常运行两台变频泵运行,备用泵为工频方式。

优化前,深调期间保持两台凝泵运行,优化后,在降至40%负荷后,停运一台凝泵,保持一台凝泵运行。对比停运前后的凝泵参数,在40%负荷率,一台凝泵运行较两台凝泵运行,电流降低约20A。

$$\text{凝泵电耗变化} = 1.732 \times 6.1 \times 20 \times 0.8 = 169 \text{ kWh}$$

$$\text{发电厂用电率变化} = 169 / (400 \times 1000) = 0.0004 = 0.04\%$$

按1%厂用电率影响煤耗3g/kWh计算,可降低煤耗约0.12g/kWh。

## 4 结论

通过对百万机组深度调峰工况下给水系统、引风机、

### 3.3 低温省煤器的运行优化

某厂低温省煤器安装在引风机出口至脱硫入口烟道之间,低温省煤器水侧来源为#7低加出口凝水,凝水经烟气加热后回到#6低加进口凝水管路,烟气经凝水降温后进入吸收塔。因设计低温省煤器时未考虑在低负荷运行,为防止低温腐蚀,在50%负荷率以下时需退出低温省煤器运行,对于当前深度调峰越来越多的现状,低负荷无法充分利用烟气余热,对供电煤耗影响大<sup>[1]</sup>。

通过开大空预器前换热器,提高空预器入口温度,同时优化最上层磨组运行,提高炉膛火焰中心高度,提高空预器后排烟温度,深度调峰第一档(40%负荷率)时,基本能满足低温省煤器后烟气温度大于85℃,入口凝水温度大于65℃,不需退出低温省煤器运行。

低温省煤器、凝泵等优化调整,并通过计算分析,均达到了不同程度降低供电煤耗的效果。

①短时间的深度调峰,通过下调给水泵最低可调转速,降低前置泵电流和小汽轮机进汽量;长时间的深调,通过停运一台给水泵运行,进一步降低供电煤耗。

②深调工况下由两台引风机运行改为单台引风机运行,引风机总电流降低明显,降低供电煤耗效果显著。

③通过对低温省煤器的运行优化和技术改造,可实现深度调峰期间低温省煤器不退出运行,充分利用烟气余热。

④深度调峰期间由两台凝泵运行改为单台凝泵运行,厂用电率降低,因是变频凝泵,不同机组的节能效果需通过实验验证。

### 参考文献

- [1] 祁积满,张广才.1000MW超超临界机组低负荷节能试验分析[J].中国电业(技术版),2015(8):58-61.
- [2] 刘福国,蒋学霞,李志.燃煤发电机组负荷率影响供电煤耗的研究[J].电站系统工程,2008,24(4):3.
- [3] 华敏.660MW超临界燃煤机组低负荷单双汽泵运行试验研究[J].电站系统工程,2018,34(4):3.