文章编号:1001-2060(2015)03-0447-06

600 MW 机组汽动引风机系统控制策略优化与仿真

郭俊山¹,司风琪¹,邵 壮¹,祝康平²

(1.东南大学能源与环境学院,江苏南京210096;2.中电神头发电有限责任公司,山西朔州036800)

摘 要: 针对600 MW 火电机组汽动引风机低负荷运行时的 安全问题,对其控制策略进行了分析,提出了静叶和转速协 调控制炉膛负压以及静叶开度随负荷梯级变化的优化控制 策略; 建立了基于 APROS(核电厂和普通电厂仿真)软件的 汽动引风机仿真平台,能够准确模拟实际运行过程中引风机 各项参数的变化;利用 APROS 仿真平台对改进后的控制策 略进行仿真模拟,结果表明:优化后的控制策略能有效避免 引风机的喘振问题,提升机组运行的安全性。

关键 词: 汽动引风机; 控制策略; 仿真; 优化
 中图分类号: TP391.9 文献标识码: A
 DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.03.035
 引言

引风机是大型电站燃煤锅炉中的重要辅机,同 时也是厂用电的消耗大户。汽动引风机采用小汽轮 机代替大功率电动机作为引风机驱动机构,可大大 降低厂用电率,减小引风机起动过程中对厂用电系 统的冲击,提高厂用电系统运行的安全性和稳定 性[1]。通过小汽轮机的变速调节,可以保证风机在 不同工况下均能处于高效区,从而进一步降低能耗, 因此汽动引风机已经得到电厂的广泛重视。但是由 于汽动引风机运行时需要兼顾风机静叶调节与小汽 轮机转速调节两个调节回路,因此需要确定合适的 控制策略,以保证汽动引风机的安全高效运行^[2-4]。 文献[3]论述了汽动引风机系统启动、停止、正常运 行、以及机组 RB(辅机故障减负荷) 等各种情况下 的控制策略,解决了运行策略的基础问题。文献 [2] 对汽动引风机系统的炉膛负压控制策略进行了 优化,使引风机静叶开度在各个负荷段相对增加,从 而使小汽轮机耗汽量下降,机组节能降耗效果更加 显著。

本研究以山西某电厂 600 MW 空冷机组汽动引 风机系统为研究对象,根据机组实际运行状况分析 了现有控制策略的不足,并提出了优化措施,进而基 于 APROS 仿真软件建立了汽动引风机仿真平台,完

作者简介:郭俊山(1989-),男,山东潍坊人,东南大学硕士研究生..

成了所提控制策略的验证。

1 汽动引风机系统及其控制策略

1.1 系统简介

山西某电厂 600 MW 空冷机组引风机采用纯凝 汽反动式小汽轮机驱动。小汽轮机设计正常工作汽 源采用汽轮机四段抽汽,启动和调试用辅助蒸汽。 小汽轮机设置独立的轴封系统,轴封末端回汽至汽 封加热器。每台小汽轮机配置1台凝汽器与2台凝 结水泵,如图1所示。小汽轮机排汽的凝结水经凝 结水泵升压后送入主凝汽器热井回收利用。





引风机汽轮机采用东方汽轮机厂 NJK7 - 1.0, 单缸、单流、单轴、冲动式、纯凝汽式、备用蒸汽外切 换式汽轮机,具体技术参数如表1 所示,引风机采用 成都电力机械厂 AN 系列静叶可调轴流式风机。

1.2 控制策略

汽动引风机控制炉膛负压时,同时存在静叶调 节和转速调节两个回路。按照定转速调静叶开度或 者定静叶开度调转速的原则维持炉膛负压在-60--100 Pa。具体过程:

收稿日期: 2014-08-13; 修订日期: 2014-09-09

(1)暖机阶段。关闭引风机静叶,小汽轮机投 "MEH(小汽轮机电液控制系统)自动",采用辅助蒸 汽开始冲转;小汽轮机转速增至1000 r/min,引风 机静叶开至10%开度,暖机。

(2)暖机结束。小汽轮机继续冲转待转速升至2900 r/min 且满足锅炉自动条件后,切"锅炉自动"控制。通过调节引风机转速控制炉膛负压。

(3) 正常运行。引风机正常运行后,配合送风机,维持炉膛负压在-60--100 Pa 情况下,缓慢打开入口静叶;引风机入口静叶开至73%后,引风机转速调节投"自动"。

表1 小汽轮机技术参数表

Tab. 1 Table of technical parameter of a small-sized steam turbine

参 数	数值
额定工况进汽参数	0.975 MPa/361.1 ℃
额定工况排汽压力/kPa	13.7
额定工况内效率/%	80.58
额定工况转速/r・min ⁻¹	5 365
额定工况进汽量/t・h ⁻¹	21.62
转速变化范围/r•min ⁻¹	2 900 - 5 808
配汽方式/5 组喷嘴	喷嘴配汽
额定功率/kW	3821.1
最大工况进汽量/t•h ⁻¹	40.1
备用汽源	辅助蒸汽
辅助蒸汽参数	0.5 – 1.3 MPa/300 – 380 °C

1.3 汽动引风机系统运行情况

该汽动引风机系统运行近一年来节能效果显 著,表2给出了该600 MW 机组与同规格电动引风 机机组主要相关经济指标的对比情况。

表	2	不同	驱动	方う	式的	经济	性指	标对	比

Tab. 2 Comparison of economic index of different driving modes

2 #	发电炉	某耗率	厂用电	率	供电煤耗率			
页向 /MW	/g•(kV	W•h) ^{−1}	1%		/g $\boldsymbol{\cdot}$ (kW $\boldsymbol{\cdot}$ h) $^{-1}$			
/ 1/1 // -	汽动	电动	汽动	电动	汽动	电动		
600	307.3	303.9	3.35	4.44	317.9	318.0		
450	313.6	310.8	4.03	5.31	326.8	328.2		
300	329.1	326.5	4.19	5.58	343.5	345.8		
240	340.6	338.0	4.8	6.2	357.8	360.3		

然而,汽动引风机系统按照上述控制策略在运

行过程中出现过数次抢风现象给机组正常运行带来 严重威胁。图2所示为该机组控制系统记录的某个 抢风时段的运行情况。



图 2 SIS 系统记录机组运行情况 Fig. 2 Operating conditions of the unit in SIS

由图 2 可以看出在 2:22 - 2:35 之间,2 台引风 机进出口压力频繁波动,炉膛压力发生大幅度波动 并严重偏离正常值,导致机组停机。经研究分析,抢 风出现的原因在于烟道阻力过大使得引风机工作在 喘振区附近^[5],而风机系统的控制策略的不完善是 导致风机工作点落入喘振区主要原因。

2 控制策略优化

2.1 现有控制策略分析

根据现有控制策略,2 台风机正常运行后将静 叶固定在73%(0°)开度,投转速自动控制。如此设 计是为了减小减开静叶开度导致的节流损失,提高 系统运行效率^[6]。然而始终保持较大的静叶开度 风机喘振流量相应较大,在机组低负荷运行时会存 在引风机运行的安全性问题.另外较大静叶开度会 使得风机变转速调节时流量波动变大,不利于风机 调节的稳定^[7]。基于以上分析,本研究定义式(1) 所示的喘振相对裕量 $n_{\rm M}$ 与式(2)所示的相对流量 变化量 $q_{\rm n}$,以定量评价风机安全性。

$$n_{\rm M} = \frac{q_{\rm v} - q_{\rm v,s}}{q_{\rm v,s}} \tag{1}$$

式中: $q_v \, \cdot \, q_{v,s}$ 一风机的体积流量和喘振流量, m^3/s_o

$$q_{\rm n} = \frac{\Delta q_{\rm v}}{\Delta n} \tag{2}$$

式中: Δn 一转速变化量, r/min; Δq_v 一与 Δn 对应的风量变化量, m³/s。

图 3 为风机厂家给出的风机额定转速(995 r/ min)下的特性曲线,该曲线给出了不同静叶开度下 引风机比功 Y 与风量 Q 的关系,其中虚线部分为风 机理论失速线。利用多项式拟合可得到额定转速下 风机喘振流量 q_{v.s} 与静叶开度 β 的关系如式(3) 所 示。当风机变转速运行时,风机特性变化可根据相 似定律计算得到。





 $q_{\rm v,s} = -3.4 \times 10^{-8} \beta^5 + 2.0 \times 10^{-5} \beta^4 + 1.8 \times 10^{-3} \beta^3 - 0.05 \beta^2 + 0.63 \beta + 388.3$ (3)

图 2 所示异常工况所对应的机组负荷在 320 MW 左右,此时不同静叶开度下引风机特性如表 3 所示,其中β =0°时的数据为机组控制系统记录的 实际数据,其它开度数据通过风机特性曲线求解 得到。

表 3 不同静叶开度下引风机安全性分析 Tab. 3 Analysis of the safety of IDF in different blade angles

风量/	静叶开	喘振流量/	' 转速/	喘振相	相对流量	效率
$m^3 \cdot s^{-1}$	度/(°)	$m^3 \cdot s^{-1}$	$r \cdot min^{-1}$	对裕量	变化量	1%
255.5	0	268.8	680.50	-0.042	0.378	-
256.4	- 5	265.8	689.37	-0.035	0.372	-
256.8	- 15	261.9	719.72	-0.017	0.358	-
257.3	- 25	243.1	755.81	0.059	0.341	74.6
257.8	- 30	225	769.43	0.144	0.335	72.2
258.1	- 35	206.4	798.19	0.248	0.323	68.3

由表3可知,机组按照现有控制策略运行时,引 风机已明显进入喘振区。引风机喘振导致引风机风 量和压力的波动。由于引风机烟道联络门未关闭导 致并列运行的风机发生抢风,从而出现图 2 所示现 象。表 3 同时显示出随着静叶开度的关小风机运行 的安全裕量明显提升,说明可以通过关小静叶开度 来避免风机喘振的发生。一般风机安全运行要求 $q_v > 1.05q_{v,s}$ ^[8],因此在 320 MW 负荷下,为避免风 机喘振其静叶开度应小于 – 25°。

2.2 控制策略优化

根据引风机特性曲线和式(1)可知,风机喘振 流量随静叶开度的减小而增大,而且当减小静叶开 度后,烟气在风机进口处发生节流,压力下降,密度 下降^[9],在烟气质量流量不发生变化时,体积流量 会有所增加,从而进一步增加了风机运行的安全性。 另一方面,q_n随静叶开度减小而减小,引风机进行 变转速调节时,可以避免因调节系统超调而使风机 工作点落入喘振区^[6]。可见,汽动引风机控制时, 需要考虑转速调节与静叶调节的协调动作,因此对 汽动引风机系统控制逻辑作出以下修改:

(1)引风机正常运行后,改转速闭环自动控制 为静叶开环、转速闭环协调控制。低负荷段静叶采 用梯级开度,采用如表4所示的对应关系。静叶开 度指令可由负荷指令函数给出,通过转速闭环调节 维持炉膛负压在规定水平。

表4 负荷与静叶开度对应关系

Tab. 4 Corresponding relations between

the load and the blade angles

负荷/MW	静叶开度/(°)
600 - 450	0
450 - 350	- 25
350 - 300	- 30
300 - 240	- 35

(2) 机组负荷低于 240 MW 时,2 台风机并列 运行经济性较低,应停运 1 台风机。

(3) 高负荷运行时,喘振裕量较大可以适当开大静叶开度提高效率。当机组运行在 600 - 660MW 负荷段时可将静叶开至 10°。

3 仿真验证

3.1 APROS 仿真平台

APROS 是目前国际上先进的应用于电站分析 的仿真支撑软件,它由 VTT(芬兰国家科学院)和 FORTUM(芬兰富腾公)联合开发,同时具有电厂过 程与自动控制系统设计、安全分析和培训仿真机开 发等功能的仿真软件。它在完全依据能量、质量和 动量守衡原理基础上,提供了丰富的面向火电机组 主要设备与部件的全物理过程工程模块,此外还提 供了通用逻辑算法和基本算法模块,可实现自动控 制系统建模^[10]。本研究以该软件平台为基础,搭建 了汽动引风机系统,对所提控制策略进行了仿真 验证。

3.2 汽动引风机系统仿真

汽动引风机系统主要作用在于维持炉膛负压稳定,而其物理位置处于脱硫塔前,其工作管路为整个风烟系统,所以需要对整个风烟系统进行仿真建模^[11-12],建模时考虑到引风机仿真主要针对风烟系统压力 - 流量通道,因此对焓 - 温通道的建模可以简化;引风机特性是建模的核心,建立了基于风机特性曲线的准确模型;小汽轮机的作用可以看做是可以输出变化转速的动力源,予以简化处理^[13]。

基于以上分析,建立汽动引风机系统的仿真 模型。

(1) 燃烧模块。利用 APROS 软件附带的燃烧 器模块模拟炉膛燃烧过程。由于对象机组为坑口机 组,电厂煤质稳定,根据电厂煤质分析报告计算出机 组负荷与燃料量对应关系,写入 APROS 计算模块作 为输入量。经验证能够准确模拟机组实际运行过程 中的负荷与给煤量、风量的关系。

(2)换热模块。引风机建模侧重于风烟系统的 压力 - 流量通道,对工质的换热工程并不关注。因此对换热模块加以简化,将实际过程中所有换热设 备集中于一个换热器。仿真证明此方法可以准确得 出引风机前烟气温度。

(3)烟道结构。烟道是引风机工作的管路环境,对引风机准确的仿真要求烟道的管路特性与机 组实际管路特性相符。仿真过程中,采用 APROS 附 带的管道和阀门模拟机组烟道和各换热设备,经过 调试仿真烟道已具有与实际烟道管路相符的特性。

(4)风机模块。风机模块是仿真的核心,要求 具有与实际风机高度吻合的特性,包括额定转速下 变静叶开度特性、变转速特性、理论失速线等。仿真 过程中,将机组引风机特性曲线导入 APROS 风机模 块,并拟合了引风机的失速线。验证结果表明,仿真 风机具有较高的准确性。

(5) 控制系统。仿真过程中首先复现了机组实 际运行过程中炉膛负压的控制策略。然后针对研究 内容作了修改。将静叶自动控制改为手动控制,手 动确定静叶开度后,通过自动调节引风机转速维持 炉膛负压稳定。

图 4 展示了汽动引风机仿真平台的主要部分结构; 表 5 综合了不同负荷下引风机系统仿真重要参数与实际运行数据的对比。

表 5 不同负荷下仿真结果与试验数据比较

Tε	ıb. 5	C	omparison	between	the simu	lation	results	and	the	experimental	data	ı in	different	load	condition
----	-------	---	-----------	---------	----------	--------	---------	-----	-----	--------------	------	------	-----------	------	-----------

<i>会</i> 粉	600 MW 负荷			450 MW 负荷			300 MW 负荷			
◎	实验数据	仿真数据	相对误差/%	实验数据	仿真数据	相对误差/%	实验数据	仿真数据	相对误差/%	
总燃料量/t・h ⁻¹	323.5	324.3	0.247	219.2	219.7	0.228	176.5	175.7	0.453	
1号引风机静叶反馈/%	88.2	88.2	_	72	72	_	72	72	—	
2 号引风机静叶反馈/%	88.3	88.3		72.7	72.7		72.7	72.7	—	
总风量/kg•s ⁻¹	579.36	587.3	1.37	475.94	480.07	0.867	397.64	407.13	2.387	
过量空气系数	1.15	1.15	0.001	1.248	1.248	0.018	1.39	1.39	0.08	
除尘器出口烟气温度/℃	98.95	99	0.051	80.8	80	0.99	72.45	72.5	0.069	
1 号引风机转速/rpm	955.74	964.13	0.878	824.07	824.44	0.044	694.3	700.05	0.828	
2 号引风机转速/rpm	955.81	965.13	0.975	824.19	824.44	0.031	694.37	701.22	0.987	
1号引风机入口风压/kPa	81.07	81.69	0.765	83.25	83.19	0.072	84.16	84.23	0.083	
2号引风机入口风压/kPa	81.24	81.91	0.825	83.26	83.29	0.036	84.15	84.3	0.178	
1号引风机出口风压/kPa	87.15	87.1	0.057	87.72	87.11	0.695	87.49	87.63	0.16	
2 号引风机出口风压/kPa	87.26	87.46	0.229	87.79	87.13	0.752	87.56	87.66	0.114	



图4 仿真平台主要结构图

Fig. 4 The main structure graph of the simulation platform

由仿真结果可知,除了总风量外,其它参数在 50%、75%和100%负荷工况下静态的仿真结果与 试验值的误差保持在1%以内,能够满足汽动引风 机系统仿真的精度要求。

3.3 优化控制策略仿真验证

APROS 平台搭建完成后,首先对原有控制策略 进行仿真。本研究模拟了负荷设定值从 600 MW 逐 步阶跃至 300 MW,引风机静叶开度维持 0°不变的 过程中,引风机体积流量、喘振裕量(q_v - q_{v,s})变化 趋势,具体结果如图 5 所示。





由图 5 可知,若保持静叶开度为 0°不变,当机 组负荷低于 450 MW 时,其喘振裕量已小于 0,即风 机工作点落入喘振区内。此时风机已无法正常运 行,此结果与实际运行情况一致。 进一步对优化后的控制策略进行验证,首先对 机组实际运行过程中发生安全问题的负荷段(320 MW)进行仿真,仿真过程中静叶开度首先维持在 0°,仿真结果显示风机发生喘振。为使引风机工作 点离开喘振区,仿真过程中逐步减小静叶开度,具体 过程如图6所示。



开度仿真运行结果

Fig. 6 The simulation operating results of the IDF in 320 MW load condition with different blade angles

由图 6 可知引风机最初始终工作于喘振区,在参照表 4 所示组合将静叶调至 - 30°后,引风机开始 正常工作。此过程中风机效率有一定程度的下降。

图 6 结果显示在静叶开度由 0°减小至 - 10°过 程中,引风机喘振裕量出现了减小的趋势,出现此现 象的主要原因在于:(1) 根据引风机的失速特性,在 静叶 0 - - 20°开度范围内,临界流量变化很小,关 小静叶对缓解喘振现象的作用有限。此外,静叶开 小使得管路阻力增加,引风机工作点往喘振区偏移。 (2)风机静叶偏离设计开度,烟气入口冲角变化,烟 气在叶片上更容易出现流动分离现象,从而使风机 失速危险性增加。在表4给出的开度对应关系中, 0°对应的负荷段较大,并且低于450 MW 时静叶开 度关小幅度较大。

机组其他负荷下引风机运行安全性的仿真验证 结果如表 6 所示,可见优化后的控制策略可以保证 机组在各个负荷段都能避免喘振的危险。

表 6 优化控制策略 APROS 仿真验证结果

Tab. 6 The APROS simulation results in optimal control strategy

负荷	静叶开	体积流量	喘振裕量	引风机
/MW	度/(°)	$/m^3 \cdot s^{-1}$	$/m^{3} \cdot s^{-1}$	效率/%
450	0	417.83	9.03	0.85
350	- 25	340.44	14.14	0.78
300	- 30	297.29	24.01	0.77
240	- 35	253.33	23.02	0.73

4 结 论

(1) 针对某 600 MW 机组汽动引风机系统控制 策略的安全性问题进行了分析,并从理论上提出了 避免风机喘振的方法,对汽动引风机控制逻辑进行 了优化。

(2) 基于 APROS 仿真软件建立了汽动引风机 仿真模型,经验证该仿真模型具有较高的仿真精度。

(3)利用所建立的仿真平台对优化前后的控制 策略进行仿真,结果显示优化后的控制策略能很好 地避免风机的喘振问题。

参考文献:

- 马晓珑,刘 超. 超超临界 1 000 MW 机组采用汽轮机驱动引风机的可行性[J]. 热力发电,2010,39(8):57-60.
 MA Xiao-long, LIU Chao. The feasibility of driving induced draft fan using steam turbine for 1000 MW ultra-supercritical unit [J]. Thermal Power Generation,2010,39(8):57-60.
- [2] 孙叶柱,孙伟鹏,江 永.1036 MW 机组汽动引风机控制策略 优化及其深度节能研究[J].中国电机工程学报,2011,31(1): 217-221.

SUN Ye-zhu, SUN Wei-peng, JIANG Yong. Research on optimizing the control strategy and deepening the energy conservation ofsteam-

driven draft fans in 1 036 MW unit [J]. Proceedings of the CSEE, 2011,31:217 – 221.

- [3] 赵志丹,高 奎,闫旭彦.百万千瓦机组汽动引风机的控制策略[J].电力建设,2011,32(7):43-45.
 ZHAO Zhi-dan, GAO Kui, YAN Xu-yan. Control strategy of induced draft fan drived by steam turbines in 1000 MW unit [J]. E-lectric Power Construction,2011,32(7):43-45.
- [4] Jianling Deng, Feifei Liang, Yang Ding, et al. Performance analysis of induced draft fan driven by steam turbine for 1 000 MW power units [J]. Energy Procedia, 2013, 5(04): 1387-1392.
- [5] 袁 斌. 600 MW 锅炉烟道阻力增加的原因分析及处理[J]. 锅 炉制造,2009(05): 20-23.
 YUAN bin. Analysisand treatment of increased flueresistance in 600 MW boiler [J]. Boiler Manufacturing,2009,05: 20-23.
- [6] 谭灿燊,吴阿峰.电站锅炉引风机驱动方式的分析比较[J].热 力发电,2012,41(8):12-14.

TAN Can-shen, WU A-feng. Analysis and comparison of driven mode for induced draft fan in thermal power plant [J]. Thermal Power Generation, 2012, 41(8): 12 – 14.

- [7] 张克危. 流体机械原理 [M]. 北京: 机械工业出版社,2010. ZHANG Ke-wei. Principles of fluid machinery [M]. BeiJing: China Machine Press,2010.
- [8] 黄儒斌,梁耿.600 MW 锅炉引风机抢风分析及处理[J].广西 电力,2012,35(4):54-58.

HUANG Ru-bin, LIANG Geng. Analysisand treatment of overwindguidingof draft fanin 600 MW boiler [J]. Guangxi Electric Power, 2012,35(4):54-58.

- [9] 郭立君. 泵与风机 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.GUO Li-jun. Pumps and fans [M]. China WaterPower Press, 1986
- [10] 张学超,胥建群. 基于 APROS 的锅炉给水泵汽轮机 MEH 仿 真控制研究 [J]. 电力建设,2005,34(4):258-262.
 ZHANG Xue-chao, XU Jian-qun. Simulation research of meh of boiler feedwater pump turbine based on APROS [J]. Thermal Turbine,2005,34(4):258-262.
- [11] 张绍波. 基于 DCS 一体化的电站风烟系统仿真建模 [J]. 河北 电力技术,2006,25(4):16-19.
 ZHANG Shao-bo. Simulated modeling of air andfluesystembasedon integration of DCS [J]. Hebei Electric Power,2006,25(4):16 -19.
- [12] 王炜哲. 基于图形组态的电站风烟系统动态仿真模型研究
 [D]. 上海: 上海交通大学,2003.
 WANG Wei-zhe. The research on dynamic simulation model of power plant air flue system based on the graphic configuration
 [D]. Shanghai Jiao Tong University,2003.
- [13] JamesH, Bradley. Principles of simulation in simulators [J], SIM– ULATORS X, PP: 253 – 254, 1993.

(姜雪梅 编辑)

叶片厚度对低比转速离心泵性能的影响研究 = Study of the Influence of the Thickness of Blades on the Performance of a Low Specific Rotating Speed Centrifugal Pump [刊,汉]SONG Wen-wu, JIN Yong-xin, FU Jie, XU Yao-gang (College of Energy Source and Environment, West China University, Chengdu, China, Post Code: 610039) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2015, 30(3). - 441 - 445

In the design process of a low specific rotating speed centrifugal pump, the influence of the blade thickness on the performance of an impeller is scarcely taken into account. When the velocity coefficient method is used to design an impeller, the influence of the blade thickness will be only placed in the factors of the extrusion coefficient to take part in the lift calculation, thus having not radically studied the relationship between the blade thickness and the performance of the impeller in a low specific rotating speed centrifugal pump. A numerical calculation method was used to conduct a numerical analysis of three versions: the thicknesses at the trailing edge of the blade are $\delta_2 = 5$ mm, $\delta_2 = 10$ mm and $\delta_2 = 15$ mm respectively and the operating conditions calculated ranged from 0.2 Q_d to 1.4 Q_d . It has been found that to increase the thickness at the trailing edge of the blade may change the operating conditions at the throat at the outlet of the impeller, thus influencing the flow conditions in the flow passages. The external characteristic curves show that to increase the blade thickness can force the lift and efficiency to somewhat increase and in the meantime, the shaft power will increase accordingly. Through an analysis of the three versions, the authors learned more about the law governing the influence of the blade thickness on the external characteristics of the low specific rotating speed centrifugal pump, blade thickness, centrifugal impeller, performance prediction

600 MW 机组汽动引风机系统控制策略优化与仿真 = Optimization and Simulation of the Control Strategies for a 600 MW Unit Steam-turbine-driven Forced Draft Fan System[刊,汉]GUO Jun-shan, SI Feng-qi, SHAO Zhuang (College of Energy Source and Environment, Southeast University, Nanjing, China, Post Code: 210096), ZHU Kang-ping (Sehtou Power Generation Co., Ltd., China Electric Power Investment Group Corporation, Shuozhou, China, Post Code: 036800) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. – 2015, 30(3). -446-451

In the light of the safety problems encountered when a 600 MW thermal power plant unit steam-turbine-driven forced draft fan was operating at a low load, the authors analyzed its control strategies and proposed optimized control strategies for coordinating and controlling the negative pressure in the furnace by changing the rotating speed of the stator blades and making the installation angle of the stator blades to change step by step with the load. On this basis, a simulation platform for steam-turbine-driven forced draft fans was set up based on the APROS software, being capable of accurately simulating changes of various parameters of a forced draft fan in its practical operation process and a simulation was performed of the control strategies optimized by using the APROS simulation platform. It has been found that the optimized control strategies can effectively avoid the surge problem of the forced draft fan and enhance the operation safety of the unit. **Key Words**: steam-turbine-driven forced draft fan, control strategy, APROS

燃煤电厂烟囱内烟气温度分布计算 = Calculation of the Temperature Distribution of Flue Gases in a Smoke Stack in a Power Plant [刊,汉] FANG Li-jun, YIN Rong-rong, GAO Jian-qiang (College of Energy Source, Power and Mechanical Engineering, North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code: 071003) //Jour-nal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(3). -452 - 454

Smoke stacks are regarded as one of important equipment items in thermal power plants. When the temperature on the inner wall surface of the smoke stacks is lower than the dew point temperature of sulfuric acid, the sulfuric acid steam in the flue gases will dew on the wall surface to corrode it and shorten service life of the smoke stacks. Through calculating the temperature distribution of the flue gases inside a smoke stack, one can determine the dewing locations of flue gases inside the smoke stack and also finalize an on-the-spot corrosion and erosion version. By adopting the heat balance method, the authors established a general-purposed theoretical mathematical model for calculating the temperature of flue gases and the temperature on the wall surface inside the smoke stack. For a sleeve type smoke stack in a CFB power plant, the mathematical model in question was used to calculate the distribution of the temperature in the air interlayer of a sleeve type smoke stack at various loads and analyze their variation regularities. The calculation results are in relatively good agreement with those calculated by using the semi-empirical calculation formulae and tested on the spot. **Key Words**: smoke stack, temperature distribution, mathematical model, sleeve type smoke stack, interlayer temperature

小型增压锅炉过热器性能评估方法研究 = Study of the Method for Evaluating the Performance of a Smallsized Supercharged Boiler Superheater [刊,汉] CHI Miao (International Exchange and Cooperation Division, Harbin Engineering University, Harbin, China, Post Code: 150001), ZHANG Hong-yan, XIE Hai-tao, LI Yan-jun, ZHANG Guo-lei (College of Power and Energy Source Engineering, Harbin Engineering University, Harbin, China,