

积极推进优化运行、节能降耗活动，提高企业盈利能力

周宝柱

(江苏大唐吕四港发电有限公司, 江苏 南通 226246)

摘 要: 通过对吕四港电厂机组主要运行经济指标现状的分析, 以及现场设备和系统运行状况的实地研究, 提出了影响机组运行经济性的主要因素。在此基础上进一步定量计算了这些因素对机组经济性指标的影响量, 得出了机组能耗的损失分布及主要原因, 明确了下一步节能降耗工作的方向和重点, 并有针对性地提出了电厂节能降耗的技术途径与实施方案, 通过强化运行参数管控使机组运行参数严格维持在经济区间; 通过不断优化运行方式、优化热力系统, 使得机组在正常运行和启动停机等情况下不断降低机组能耗水平, 提高机组可靠性和经济性, 推动电厂节能降耗目标的实现。

关键词: 节能; 运行优化; 降低费用

0 引言

随着我国国民经济的发展和改革开放的深入, 我国电力工业发展的速度和新技术的应用都得到了长足的发展, 与此同时, 我国也面临严峻的能源危机。2004 年, 国家提出树立和落实科学发展观转变经济增长方式, 充分发挥科技进步和创新的巨大作用, 这一基本方针, 对火电建设具有十分重要的指导意义。全面贯彻节能、清洁、节水和节地等政策, 已成为各电力建设部门的自觉行动。对于发电厂来说, 要转变经济发展方式, 实现节能减排, 就需要发电企业努力降低能耗水平和污染物排放量。我国从 2004 年开始进入电力行业高速发展的阶段, 2011 年年底, 我国发电装机总容量达到 10.5 亿千瓦^[1], 预计 2015 年底全国仅仅火电装机容量将达到 9.33 亿千瓦。电力工业的快速增长, 为我国国民经济提供了有力保证, 但也付出了巨大的资源和环境代价, 而在现有低碳和节能的社会大背景下, 我们不仅要求电力工业发展规模和速度, 还要加快解决电源结构不合理、电网建设滞后、可再生能源发电比例过低等结构失调问题, 以及环境保护、降低成本和能源消耗、提高服务质量等许多深层次的问题^[2]。节能减排已经上升为国家战略, 作为以煤为燃料的火力发电厂来说, 其能源消耗和污染物排放均达到了全国总量的 49%^[3]。针对国家的宏观政策, 各级政府积极行功, 对排放和能源消耗指标进行了层层分解, 对所属各级企业的节能量进行了划分, 确保“十二五”节能减排目标的实现, 因此企业面临的压力也

空前巨大, 按照国家发改办《关于印发万家企业节能低碳行动实施方案的通知》(发改环资(2011)2873 号)要求, 以吕四港电厂为例, 2012 年, 吕四港电厂拟与启东市人民政府签订节能目标责任书, 要求到 2015 年底, 吕四港电厂实现节能 10 万吨标准煤, 其他企业也签订了类似的责任书。由此可见, 加快发展现代能源经济, 坚持节约资源已经成为了我国的一项基本国策。

发电企业降低发电成本也是自身生存和发展的需要。随着发电装机容量的增加以及电力体制改革的不断深入, 各发电企业之间的竞争日趋激烈, 企业盈利空间被多重挤压:一方面, 燃料价格长期总体上涨趋势未变, 挤占了很大一部分发电企业的利润空间;另一方面, 脱硫、脱销等环保设备的强制投入增加了发电企业的运营成本;还有是发电厂利用小时数总体下降, 虽然发电机组的建设速度稍高于国民经济的增长速度, 但是因为国家对于水电和风电、核电等再生环保资源的政策倾斜, 使得火力发电厂的机组利用小时数不断下滑, 而随着机组利用小时数的减少, 机组负荷率下降, 机组厂用电率和供电煤耗等指标会随之升高, 这将会导致发电企业运营成本增加、企业利润减少甚至会出现亏损。这使得发电企业的生存压力空前增大, 需要发电企业不断提高机组的发电效率, 降低发电成本, 以实现企业盈利和正常运转。

吕四港电厂四台机组自 2010 年投产稳定后, 一直比较重视节能工作, 从节能管理、设备改造治理、

运行方式优化和运行调整等方面入手，虽然经过多年的艰苦努力，供电煤耗逐年下降，但是随着一些大容量高参数机组的不断投产，各发电公司的发电成本也在逐步降低，我们与国内优秀企业的差距还非常大。

1 吕四港发电厂设备介绍

汽轮机为哈尔滨汽轮机厂有限责任公司制造的超超临界、一次中间再热、单轴、三缸、四排汽、高中压合缸、反动凝汽式汽轮机，回热系统设计有三台高压加器、一台内置式除氧器和四台低压加热器。汽机设计热耗 7352.7kJ/kWh。机组能在冷态、温态、热态和极热态等不同工况下启动，采用定—滑—定运行方式，滑压运行的范围是 27-80%BMCR，负荷性质：带基本负荷并调峰运行。每台机组选用 2×50%BMCR 容量汽泵组和 1×30%BMCR 容量电泵组的给水系统，电动给水泵采用液力偶合器调节变速给水泵，作为启动用，不考虑备用。

锅炉由哈尔滨锅炉厂有限责任公司生产制造，由三菱重工业株式会社提供技术支持的超超临界参数变压运行直流锅炉。型式为Π型布置、一次中间再热、单炉膛、平衡通风、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构，燃用烟煤。锅炉为四墙切圆燃烧方式，采用改进型低 NO_x PM 主燃烧器和 MACT 型低 NO_x 分级送风燃烧系统。制粉系统采用中速磨正压直吹式系统，每炉配 6 台 HP1003 磨煤机，设计 B-MCR 工况 5 运 1 备。机组额定负荷下锅炉热效率设计值为 93.8%，保证值为 93.4%。

发电机为哈尔滨电机厂制造的 QFSN-660-2 型三相交流隐极式同步汽轮发电机，采用水、氢、氢冷却方式，定子绕组为直接水冷，定、转子铁芯及转子绕组为氢气冷却。采用双流环式油密封，定子绕组的冷却水由内冷水泵强制循环，进出水汇流管分别装在机座内的励端和汽端，并通过定子冷却水冷却器进行冷却。发电机励磁系统为美国通用电气公司制造的 EX2100 型自并励静止可控硅整流励磁系统。

2 吕四港能耗指标基本情况

吕四港电厂四台 660MW 超超临界机自投运以来，通过持续的设备消缺和技术改进，锅炉效率、

系统内漏等重要能耗指标已达到了该型机组的较好水平，显示出吕四港电厂扎实的节能降耗工作和一流的生产技术管理水平。然而，吕四港电厂能耗指标仍然高于目前同参数同容量机组的先进水平。2012 年吕四港发电公司累计完成供电煤耗 302.1g/kWh，高于大唐国际年度目标线累计计划值（299.6g/kWh）2.5g/kWh。发电厂用电率累计完成 4.43%，高出大唐国际下达目标值（4.35%）0.08%。见表 1。

表 1 吕四港电厂最近三年能耗状况

能耗指标	2010 年	2011 年	2012 年
机组负荷率/%	66.53	77.4	74.89
机组热耗/(kJ/kWh)	7942	7840	7766
供电煤耗/(g/kWh)	309.99	306.8	302.1
厂用电率/%	4.66	4.58	4.43
过热汽温/℃	595	586.9	594.3
再热汽温/℃	593	586.3	592.2
引风机单耗/(kWh/t)	3.44	3.49	3.51
送风机单耗/(kWh/t)	0.66	0.65	0.66
一次风机单耗/(kWh/t)	11.1	10.35	9.96
磨煤机单耗/(kWh/t)	9.39	9.26	9.49
排烟温度/℃	130.7	125.6	120
真空度/%	94.3	95.6	95.4

3 影响电厂能耗的原因分析

3.1 汽轮机热耗率高

吕四港电厂机组投产验收性能试验结果（见表 2）表明，四台机组各 THA 工况的热耗率均远高于设计值。后期进行的 1、2、3 号机修后热耗试验结果表明，各工况下热耗率均远超设计值。

表 2 吕四港电厂四台机组热耗试验结果表

热耗	试验时间	工况	设计值 (kJ/kWh)	修正后试验 数据/(kJ/kWh)	修正后热耗与 设计值对比
1 号机	2010.6	100%THA	7352.7	7554.06	↑201.36
2 号机	2010.6	100%THA	7352.7	7470.26	↑117.56
3 号机	2010.7	100%THA	7352.7	7626.15	↑273.45
4 号机	2010.10	100%THA	7352.7	7510.38	↑157.68

3.2 汽轮机缸效率低

表 3 吕四港电厂四台机组性能试验汽轮机缸效率与设计值偏差表。

表 3 吕四港电厂四台机组性能试验汽轮机缸效率与设计值偏差表

缸效	高压缸效率			中压缸效率		
	设计值/%	试验值/%	偏差	设计值/%	试验值/%	偏差
1 号机	88.86	82.77	-6.09	94.31	92.3	-2.01
2 号机	88.86	85.02	-3.84	94.31	92.26	-2.05
3 号机	88.86	82.49	-6.37	94.31	92.95	-1.36
4 号机	88.86	83.69	-5.17	94.31	91.08	-3.23

如表 3 所示，最近一次性能试验结果表明，四台机组高压缸效率平均低于设计值 5.99%；中压缸效率平均低于设计值 1.97%。四台机组高、中压缸效率均未达到设计值。机组低压缸运行效率低这是影响汽机整体效率的主要因素。由于吕四港的四台 660MW 机组是 600MW 机组与 1000MW 机组的过渡机型，哈汽一共就生产 8 台机组，在技术上未完全吃透日本的三菱技术，同时制造工艺差距也较大。而目前电厂和制造厂联系还没有较好的解决办法。唯一的改善手段就是进行汽轮机汽缸改造，如果利用机组检修机会进行类似设备改造，可以大幅度降低机组能耗。

3.3 主、再热汽温偏低

四台锅炉受热面由于基建安装方面的缺陷较多（焊口、联箱异物、节流孔等），机组投产后受热面问题逐渐暴露出来，另外锅炉后屏过热器、末级过热器、末级再热器管材由于厂家设计原因，金属抗氧化性低，4 号机临修中发现高过、高再受热面管材内壁产生大量氧化皮，2011 年 7 月份 1、2 号炉分别由于氧化皮的原因发生爆管。锅炉受热面氧化皮问题短期内还不能从根本上予以解决，锅炉安全经济运行存在隐患。通过多次召开氧化皮问题的专题会议，汇总各方专家的综合意见，为控制受热面壁温不超限，控制氧化皮生成的速率以及防止氧化皮大面积脱落，机组启动后被迫采用降低汽温运行的措施。2011 年 6 月份 4 号机主再热汽温完成值 573℃，影响单机煤耗升高 4.8g；2011 年 7 月份全厂主再热汽温完成 579℃，影响全厂煤耗升高 3.8g。2011 年 8-11 月主再热汽温略有升高，但仍低于额定值 12℃，影响煤耗升高 2.3g。另外，机组多次启停过程也对汽温有不利影响。见表 4。

表 4 主、再热汽温数值

2011 年累计值	1 号机	2 号机	3 号机	4 号机	全厂
主汽温度	586.6	587.3	587.4	586.7	586.9
再热汽温	582.8	587.9	588.1	586.1	586.3

受氧化皮问题的影响，吕四港电厂 2011 年累计完成主汽温度 586.9℃，再热汽温 586.2℃，与额定值相比分别降低 13.1℃、13.8℃，影响供电煤耗升高约 2.5g。

3.4 循环水系统的不利因素

吕四港电厂基建时考虑掘进安全因素，循环水盾构长度较设计缩短 400m，南京水利科学研究院

对我厂循环水取水口位置的变化进行试验研究，得出敞开放式排水方案下取水口的温度比原定取水口要高约 0.6℃，且目前吕四港电厂相邻单位填海面积大，填海后抛石护堤等原因造成循环水排水区域海域水流扩散性差，影响取水口水温升高。目前我们已经请设计院对此造成的影响进行评估，约影响循环水温度升高 2℃，综合影响煤耗升高 1.6g。另外电厂地处长江入海口，海水含沙量大，4 月份后海域为伏季休渔，海水中突然出现大量浒苔，而吕四港电厂循泵入口旋转滤网的钢丝网板由于设计强度不够，频繁发生浒苔聚集而堵塞、网板变形、链条断裂等故障，造成旋转滤网损坏检修，循泵被迫停运。且凝汽器入口二次滤网也经常堵塞，造成机组循环水量不足真空降低，影响供电煤耗升高。

3.5 厂用电率偏高

厂用电率偏高也是吕四港电厂运行效率偏低的一个重要影响因素，由于电厂主要辅机设计裕度过大，脱硫效率低，输煤栈桥过长，使得厂用电率偏高，影响机组经济性。2011 年全年发电厂用电率累计完成 4.58%，较年度目标值 4.35%高 0.23%；综合厂用电率累计完成 5.19%，较年目标计划 5.26 %低 0.07%。厂用电率每增加 1%，将使得供电煤耗升高 3.2 g/kWh。

3.6 受机组临修和锅炉氧化皮的影响机组启停多

由于受锅炉氧化皮的影响，2011 年机组临修、非停、备用启停二十多台次，机组多次启停过程对热耗的影响较大，由于机组启动全厂的油耗，水耗，辅机耗电率均增加，全年因启停次数多约影响煤耗升高 1-2 g/kWh。

3.7 机组阀门内漏，热力损失较大

吕四港电厂的旁路系统为高压一级大旁路，四台机高旁减压阀均不同程度存在内漏，由于，阀门前后压差很大，高旁减压阀为水平布置安装，容易造成蒸汽杂质在阀门腔室内沉积，西门子公司阀门密封面很软，开关过程中较硬的杂质会对密封面造成损伤，这几方面原因造成了高旁减压阀的内漏。正常运行在不喷减温水的情况下阀后温度可达到 150℃以上，影响机组热耗升高。另外，各机组的高温、高压疏水阀门不同程度存在内漏，2、3 号机主蒸汽系统的疏水阀门存在内漏，对热耗的影响较大，主汽管路疏水门后温度达 450℃，阀门内漏全年约影响煤耗升高 2g 左右。

3.8 综合水耗, 油耗偏高

由于精处理系统用水、生活水、还有绿化用水均取自生活水, 消防水系统设计压力高, 油罐喷淋降温 and 码头冲洗用水造成浪费造成电动消防泵启动 39 次, 每日正常多消耗约 261 m^3 , 全年造成浪费约 47580 m^3 。化水膜设备老化, 出水水质差, 膜设备脱盐率下降 50%, 造成再生次数多和回收率下降。为防止氧化皮的生成, 在机组启动阶段严格控制过程的温升率, 在投等离子磨之前用大流量油枪燃烧提高炉膛温度水平, 导致启动过程的燃油消耗较以前明显增大。

4 吕四港电厂节能管理的方案

如何确定节能方案, 关系到发电机组是否能够达到预定的节能目标, 而这种方案的确定又受到机组检修工期、运行优化、设计工艺、检修费用、安全系数等多种因素的影响, 吕四港电厂是一个投产三年的发电厂, 也经过了许多的节能改进, 如果若想在原有基础上实现突破, 必须多管齐下, 深入进行分析研究。我们知道节能工作的核心目标就是要降低机组的供电煤耗, 节能的主要手段一般包括节水、节电、优化运行方式、运用新技术新工艺等手段; 而能够不断实施运行方式优化的前提是知道自身的劣势在哪里, 优在何处, 通过日常信息的积累和学习, 通过与同行业、同类型、同管理机制的机组的对标, 发现差距, 查找不足, 才能知道自身如何进行优化。吕四港电厂针对上述发电部节能工作面临的困难以及各项能耗指标分析结果, 项目组确定从三个方面进行发电部节能的深度实施, 机组启停机优化方案、运行方式优化方案和设备深度治理方案。机组启、停机是能源大量消耗的工作, 工作量大而且挖掘空间大, 运行方式优化是基于运行人员对机组深入熟悉的基础上, 改变原有运行方式, 实现节能运行, 机组设备治理和改造, 也是基于生产人员对设备深入了解掌握的基础上, 对照与其他机组的差距而提出的设备改造计划, 从源头上改善设备性能, 可以较为安全和彻底地提高设备的经济运行水平。

4.1 启停机方式的优化

火力发电厂机组在启动和停运过程中, 需要消耗大量能源, 虽然启停机时间占机组运行时间的比例低, 在机组启停过程中适时地进行运行方式优化

仍有潜力可挖。使用机组经济启停技术, 节约启动阶段的能源, 机组启停机过程中辅机运行方式优化的主要目的是降低辅机电耗。

机组启停方式优化可以从锅炉、汽机两个方面来着手。锅炉侧的优化目前相对比较成熟的领域主要是点火升参数阶段, 以节约燃油为主要衡量指标。汽机侧的优化目前相对成熟的领域是上水阶段, 以节约厂用电为主要衡量指标。

在机组启动、停机阶段使用全程汽泵运行技术, 不使用电泵, 可以节约电动给水泵至少 16 小时的电量约 80000 kWh , 能大大降低启、停机的厂用电消耗。在点火阶段使用等离子的点火技术, 为机组实现无油或少油启动。

机组滑参数停机过程中合理安排、调整循环水泵、凝结水泵、真空泵和汽动给水泵等辅机的运行方式。锅炉熄火后, 通风吹扫完成即可停止送、引风机运行进行“闷炉”, 送、引、一次风机停运 1 小时, 停运风机的润滑、液压油泵。停炉后炉膛出口温度降至 60°C , 停止火检风机。机组打闸后即可停运所有真空泵。汽机盘车投入后对可能进入凝汽器的热源进行可靠隔绝, 停止循环水泵运行, 由于吕四港电厂循环水系统为“扩大单元制”的循环水系统, 机组间配置有循环水联络门, 可以通过机组间循环水联络门为本机供水。

4.2 机组运行方式的优化

4.2.1 汽轮机冷端优化

真空降低, 汽轮机总焓量减少, 汽轮机汽耗增加, 煤耗增加。经验公式, 凝汽器压力每升高 1 kPa , 一般会使煤耗升高 3 g/kWh 左右。加强真空系统以及抽真空设备的维护与检查工作, 保证汽轮机真空系统的严密性不大于 270 Pa/min , 根据真空严密性情况, 增开真空泵。

合理调整循环水系统运行方式, 在不同水温、负荷工况条件下, 尽可能使机组在最佳真空下运行, 确保机组经济运行, 由于吕四港电厂循环水泵四台机组两两之间均有联络阀门, 因此, 可以实现低负荷和冬季时四机五泵、四机七泵、甚至四机三泵的运行方式。在保证凝汽器正常上水, 冷却水出口蝶阀开度应开大, 控制凝汽器入口压力在 0.06 MPa 左右, 尽量开大冷却水出口蝶阀开度, 使循环水系统阻力减小。保证循环水系统滤网工作正常, 保持凝

汽器钛管内部的清洁程度，保证运行中凝汽器端差不要大于 6-8℃。

4.2.2 凝结水系统运行方式的优化

吕四港电厂四台机组目前已进行了两台机的凝结水泵变频改造。变频调节可对扬程、流量同时进行调节，根据泵的相似理论，泵的流量与转速成正比、扬程与转速的平方成正比，而功率与转速的立方成正比，因此采用改变转速的办法来改变水泵运行工况点，调节凝结水量无疑是节电的最佳方法。600MW 机组凝结水泵改为变频控制后，在 75% 负荷率时凝结水泵耗电率由 0.40% 最低可降至 0.15%，低负荷时节电效果更加明显。目前，吕四港电厂在对凝结水泵进行变频改造后存在低负荷凝泵电机振动大的现象，因此，还需对凝结水泵进行下一步的治理方案，消除凝结水泵的低频振动问题，在运行中全开凝结水供除氧器上水主、副调门，减小凝结水系统上水阻力，从而降低凝泵的耗电率。

经常检查保证凝结水系统的阀门严密，减少短路凝结水量。这些阀门主要包括凝结水再循环门、疏扩减温水门、三级减温水门、低旁减温水门、水幕喷水门等。满负荷情况下，夏季凝结水过冷度控制在 1℃ 以内。

4.2.3 保证最佳主蒸汽压力

邀请当地电科院对机组的滑压曲线进行节能诊断，进一步优化滑压曲线。主汽压力严格按照优化后的滑压曲线运行调整，高负荷下阀门节流损失较大，保证汽轮机效率。制定技术措施，优化 AGC 压力设定值，提高控制精度。结合绩效考核软件，保证主汽压力按曲线运行。研究低负荷是四台调整门开启顺序，减小低负荷时阀门的节流损失，达到节能效果。

4.2.4 治理阀门内漏，减小热力损失

运行专工和点检员建立阀门内漏台账，运行人员定期对阀门进行测温，对于阀后温度高的阀门，应进行加关；规范运行人员热机阀门操作方法，防止操作不当造成阀门内漏；为运行人员创造良好的操作环境，对现场不方便操作的阀门加装操作平台；优化不合理的热力系统，从根本上防止阀门的内漏。

4.2.5 提高锅炉效率

(1) 针对磨煤机风粉比偏大的现状，积极摸索降低一次风率。对吹灰压力进行优化，并针对高温受热面左、右侧壁温偏差情况，对吹灰方式进行积

极优化，在保证受热面清洁的同时有效降低左右侧壁温偏差，为机组提高汽温运行创造有利条件。

(2) 积极推进飞灰可燃物在线测量装置的安装，改变原先飞灰化验的滞后性，提高运行实时指导性，进一步降低飞灰含碳量。

(3) 在检修期间，跟踪监督空气预热器间隙调整，保证间隙调整在规定范围内，确保空气预热器漏风率小于 6%。

(4) 控制好锅炉总风量。锅炉风量不仅会影响锅炉效率的高低，过量的空气量还会增加风机单耗，影响供电煤耗升高。按照氧量曲线进行调整氧量。保证氧量计测量准确，发现偏差大，及时通知热控人员校核。

(5) 降低排烟温度，根据西安热工院节能诊断的建议对各台机组排烟温度测点位置进行规范，对各机组排烟温度进行校核，保证排烟温度的准确性。保证锅炉吹灰器的正常运行，保证吹灰器投入率 100%，保证受热面的清洁程度，加强空预器的吹灰，防止空预器堵灰；控制好锅炉的火焰中心位置；尽量提高进入空预器的空气温度，冬季及时投入热风再循环，以利于强化燃烧。

(6) 降低飞灰含碳量。积极做好配煤掺烧，继续降低塔优煤的掺配比例，降低塔优煤的炉内燃烧高度。根据不同的燃用煤种，调整确定不同的旋转分离器转速，确定合适的经济煤粉细度；合理配风，根据煤种特性调整合理的一次风量，满足燃煤中挥发分着火的需要；合理配备二次风，保证煤粉在炉膛内完全燃烧。经常关注指标的数值，在风机单耗和飞灰含碳量之间找一个最佳的调节工况，保证风机单耗不超标的前提下降低飞灰含碳量。

(7) 提高锅炉的给水温度。定期监督高、低加的温升，降低上下端差，对异常情况进行专题分析，特别注意加强对检修前后的指标分析与质量验收。

(8) 加强煤场的混、配煤管理，保证来煤的煤质稳定。保证锅炉的安全运行。

4.2.6 提高发电量

加强与电网调度的联系。及时了解电网负荷情况，保证日计划电量的完成。提高全体生产人员的竞争意识、忧患意识和抢发电量的意识。值长在接班后，及时了解、掌握公司生产情况并向电网调度汇报机组的运行状况，加强与电网调度的沟通，争取机组最大的负荷率。开展值间上网电量竞赛活动，

保证月度电量计划的完成, 每月发电部组织一次上网电量竞赛评比活动, 把每月计划电量平均分配到每个值, 对月底计划完成的值进行奖励, 并对超发部分继续奖励。

保证升降负荷率: 各台机组在 AGC 升、降负荷指令发出后, 运行人员应积极进行调整, 及时启、停制粉系统, 保证机组升、降负荷速率。值长对机组升、降负荷速率要加强监督、管理, 发电部对升、降负荷速率没达到要求的要进行严格考核。合理安排消缺时间: 对影响机组负荷的消缺工作, 一般都安排在电网负荷低谷时段进行, 控制消缺时间最少化。

4.2.7 降低厂用电率

(1) 控制输煤电耗。规范正常上煤运行方式, 提高上煤出力, 缩短皮带运行时间, 尽量减少双路皮带运行情况, 加强卸船机的管理, 根据煤质情况, 合理配烧, 在保证煤场正常库存的情况下, 尽量减少存取作业操作。码头项目部卸煤时与辅控输煤人员做好沟通, 避免皮带长时间空转。合理调配斗轮机的运行方式, 避免输煤系统不必要的耗电量增加。

(2) 降低凝结水泵电耗。积极开展凝结泵变频改造工作, 变频改造后可大幅降低凝泵电耗; 机组启动时, 掌握好凝结泵的启动时间, 避免长时间无谓运行; 机组停机后, 低压缸排汽温度低于 60°C 、且无用户时停止凝结泵; 机组正常运行时, 监视再循环门的严密性, 发现泄漏时及时组织消除。

(3) 降低制粉系统电耗。保证磨煤机较高负荷运行, 煤量低时, 及时停运磨煤机。磨煤机停运时及时停运该磨油泵及电加热。根据煤质变化及时调整煤粉细度在经济范围内运行, 从而降低磨煤机电耗。通过试验修改风压定值和风煤比曲线, 合理确定一次风机的出力调整曲线, 降低一次风机电耗。认真执行降低制粉单耗措施并动态考核, 有效降低制粉耗电率

(4) 降低引送风机电耗。减少锅炉烟风道漏风, 保持炉底水封, 及时调整空气预热器漏风, 发现漏风检修及时处理。热控加强预热器自动跟踪调整系统的维护, 提高自动投入率。检修期间提高对预热器密封系统的检修和测量工作。运行人员加强对运行参数的监视, 氧量测点失准要及时通知设备部更换, 避免因氧量不准, 造成送、引风机用电量增加。

针对节能诊断报告中提出的送风机、引风机效率低的问题做进一步的技改方案可行性论证。

(5) 降低电除尘电耗。电除尘应根据机组负荷的变化情况和烟气的浊度采用不同的方式运行, 在确保环保指标的情况下, 优化控制参数和运行方式。

(6) 降低脱硫系统电耗。脱硫系统设备的运行方式应积极根据烟气中含硫量进行调整, 根据负荷、煤质和脱硫效率合理启停浆液循环泵, 最大限度的节约厂用电。根据经评专家组的建议, 通过认真分析影响脱硫效率的燃煤硫份、废水排放量、石灰石质量等各方面因素, 逐步摸清影响脱硫效率低的症结, 并从各个环节进行把控, 在保证脱硫效率的同时及时优化脱硫系统设备运行方式, 保证脱硫电率逐步降低。

(7) 降低给水泵电耗。机组启动过程中, 积极探索无电泵启机经验, 强化对汽动给水泵的维护和设备管理, 保证汽泵设备健康投入率 100%, 实现启动过程全程汽泵投入。正常运行时要监视再循环门的严密性, 发现泄漏时及时组织消除。

(8) 降低除灰电耗。采用每天间断运行冲洗水泵和间断运行碎渣机、捞渣机等设备。

(9) 降低非生产用电。进行节能宣传, 形成全员节能的良好态势, 办公室、运行值班室及休息室的照明灯、电风扇、空调、饮水机、电脑、显示器、打印机等设施做到没人时停止运行。夏天开空调时应将室内温度控制在 26°C 以上。严禁开空调时开窗户。电厂严格对非生产用电情况进行统计, 分析可以压缩用电量的部分, 进一步减少非生产用电量。

4.3 优化热力系统设计, 对系统进行改进, 做到本质经济和安全

4.3.1 抽真空系统改进

吕四港电厂机组设计抽真空系统见图 1。目前运行中常出现凝汽器高压侧排挤低压侧抽气, 使部分非凝结气体积聚在低压侧凝汽器冷却管周围, 增大了冷却管的空气热阻, 降低了冷却管的换热系数, 造成低压侧凝汽器压力偏高。

为了发挥双背压机组的经济性, 建议吕四港电厂机组抽真空系统改为图 1 改造后形式, 改后可实现两台真空泵单独对高、低压侧凝汽器进行抽真空。吕四港电厂 3 号机组已经进行抽真空系统改造, 改造后两台真空泵可以单独对高低压侧进行抽真空, 真空可提高约 0.5kPa 左右。

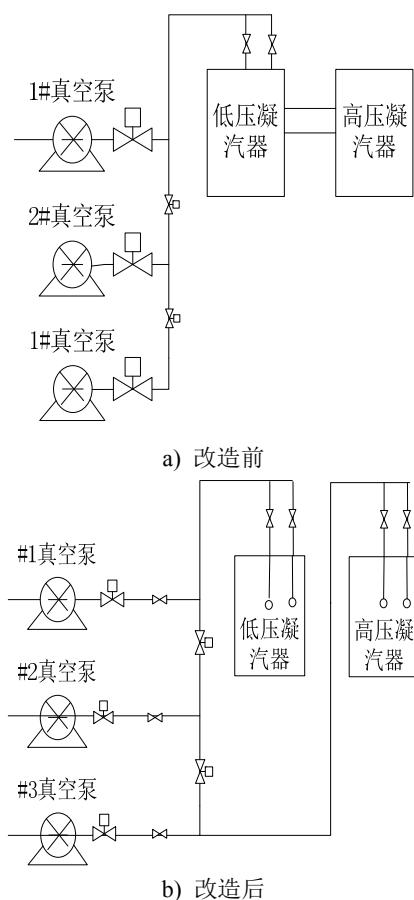


图1 真空系统改进优化

4.3.2 定冷水泵优化

吕四港电厂定子冷却水泵额定功率 55kW，设计流量 130m³/h，设计扬程 80m，运行功率约为 44kW，定冷水爬升高度约 20m，发电机进水压力约为 0.49 MPa，仍有 30m 的压头裕量，目前通过开启再循环，降低系统压力。定子冷却水泵出力较大，除了耗电大，也造成轴承温度较高，泵振动大等问题。建议对定子冷却水泵进行叶轮车削改造，将扬程降低到 60m，降低耗电量，并使其运行更安全。车削公式为：

$$\frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{H_1 + 10}{H_2 + 10} \right)^2$$

其中：D1 为原叶轮直径；D2 为车后叶轮直径；H1 为原叶轮扬程；H2 为车后叶轮扬程；10 为一个大气压的水柱高度。

4.3.3 电除尘系统优化

吕四港电厂机组电除尘系统是双室五电场电除

尘，保证除尘效率 99.75%。除尘器目前运行二次电流普遍较低，基本在最节能方式运行。其耗电率约为 0.08%，目前除尘系统进一步降低耗电的手段基本没有了，唯一值得考虑的是每一列灰斗加热器是统一开关，将改为单独控制开关，减少四、五电场的加热时间，或者若考虑五电场流道后有弯头易堵，可否考虑减少三、四电场的加热时间降低耗电率。

5 结束语

节能降耗是提高企业效益、促进企业发展的需要，在目前全国电力供应形势趋缓，机组利用小时数普遍下降的前提下，只有通过加强内部管理，优化运行操作，优化热力系统的不合理性，挖掘经济运行潜力，降低各项生产成本，做到本质经济、本质安全、本质环保，才能提高市场竞争能力。因此电力系统各单位必须进一步提高对节能降耗工作的认识，高度重视供电煤耗指标管理，要像抓防人身事故、抓降“非停”、抓工程投产那样抓供电煤耗管理，确保各项生产经济指标的完成。

参考文献：

- [1] 孙耀唯. 低碳电力战略的路径选择[J]. 中国电力企业管理, 2010, (5): 21-23.
- [2] 龚人杰. 浅析火力发电厂的节能与减排[J]. 科技资讯, 2009, (27): 92.
- [3] 米建华. “十一五”电力能效影响因素分析[J]. 中国电力企业管理, 2006, 2(8): 31-33.
- [4] 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, (05): 71-74.
- [5] 马传利, 张树成, 崔巨擘, 等. 大型火电机组优化运行技术的研究[J]. 动力工程, 2002, 22(4): 1875-1878.
- [6] 中国大唐集团公司. 中国大唐集团公司火电机组能耗指标分析指导意见[Z].
- [7] 西安热工院. 吕四港发电公司 2×660MW 机组节能诊断[Z].

作者简介：

周宝柱（1980-），男，大学本科，工程师，从事发电厂汽机运行管理工作。