

第二届煤电超低排放和节能改造技术交流研讨会



陈超虎

徐州/铜山华润电力有限公司助理总经理，工程硕士，注册安全工程师。掌握火电厂的生产管理；熟悉精益管理工作。历任徐州/铜山华润电力有限公司发电部副部长、技术支持部副部长、发电部部长。

创新节能减排思路,坚持绿色高效发展

创新节能减排思路 坚持绿色高效发展

徐州/铜山华润电力有限公司助理总经理 陈超虎

近年来，我国出台并实施了多项对电力行业节能减排与温室气体控制有重要影响的政策文件，从发展规划、行政手段、市场机制、监管要求等方面做出了规定。作为发电行业主力的火电机组，面临越来越大的生存压力。

华润电力致力于环境友好型企业建设，大力推进清洁能源项目和循环经济模式发展，注重应用先进的节能减排技术，推动实施脱硫、脱硝、超低排放等技术改造，提高能源利用效率，减少污染物排放，保护生态环境。

作为华润电力附属企业，徐州/铜山华润电力有限公司积极贯彻落实国家节能减排政策，坚持绿色高效发展之路，通过转变思维、创新思路、主动出击，不断提升企业节能减排水平，打造资源节约型、环境友好型企业。



徐州/铜山华润电力有限公司概况



徐州/铜山华润电力有限公司位于江苏省徐州市北郊，总装机容量328万千瓦，是目前全国特大型火力发电公司之一，年发电量约200亿千瓦时、年销售收入约69亿元。

一期工程（#1、#2机组）2×320兆瓦机组，分别于1996年9月和1997年5月建成投产；二期工程（#3、#4机组）2×320兆瓦机组，分别于2004年6月和9月建成投产。均按照环保“三同时”制度，完成各项环保手续。

三期工程（#5、#6机组）2×1000兆瓦机组，是江苏省“十一五”规划中的“上大压小”建设项目、苏北地区首个百万机组项目。两台机组分别于2010年6月和7月建成投产，同步建设了烟气脱硫、脱硝、高效除尘装置等环保设施，2011年6月通过环保部组织的环保竣工验收。

目录



Part 1

超前规划
坚持绿色发展理念



Part 2

守正出新
实施精品工程项目



Part 3

敢于实践
引领行业技术进步



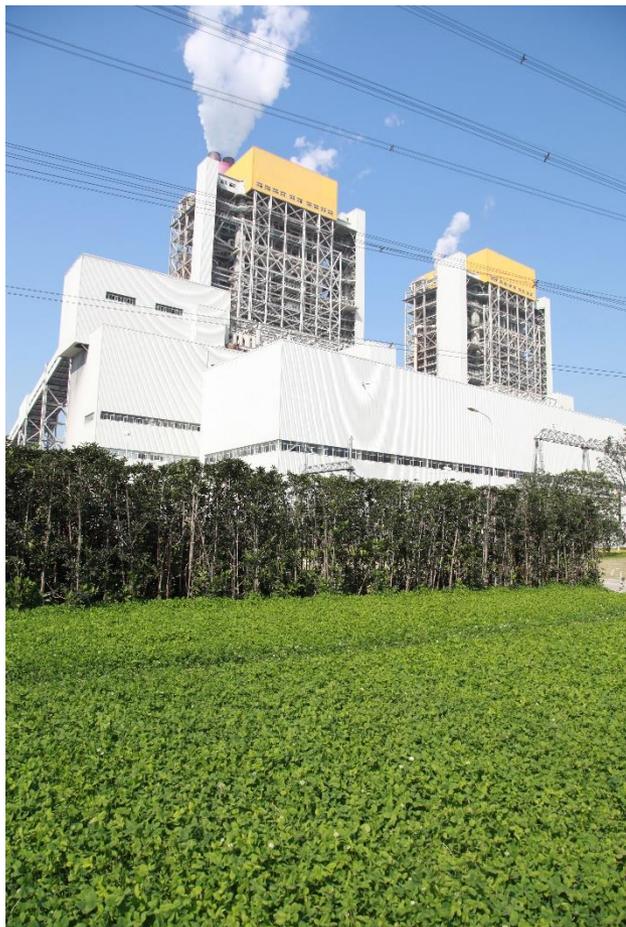
徐州/铜山华润电力有限公司
自成立以来便高度重视减排工作，
追求环境与效益的共同发展。

1994年，公司一期两台32万千瓦机组筹备之初，对环保设施的设计要求已经按照当时国内先进的原则进行。采用高效静电除尘器，除尘效率达到99.5%以上；工业废水实现循环利用；粉煤灰转为建筑材料原料，综合利用率达到100%。

2003年，二期两台32万机组在环评仅要求预留脱硫设施场地的情况下，公司同步建设了脱硫设施，脱硫工艺采用干法脱硫技术（RCFB）。**2012年**主动完成干法脱硫改为湿法脱硫的升级改造，大幅度减少二氧化硫、烟尘的排放。



超前规划，坚持绿色发展理念



2007年，在国家没有强制要求脱硝的情况下，三期两台百万机组同步设计建设高效脱硝设施（SCR），采用日本日立板式催化剂，在没有脱硝电价补助的情况下，公司不计成本，保持环保设施高效运行。

煤场四周建设15米高防风抑尘网，并建设一座148m×110m加大型抑尘干燥棚（常规干燥棚尺寸一般为110m×100m）。明显降低局部风速，起到抑尘和储存干燥的目的。

百万机组首次取消脱硫旁路挡板门；并首次实现引风机、增压风机直接串联启动与安全运行。

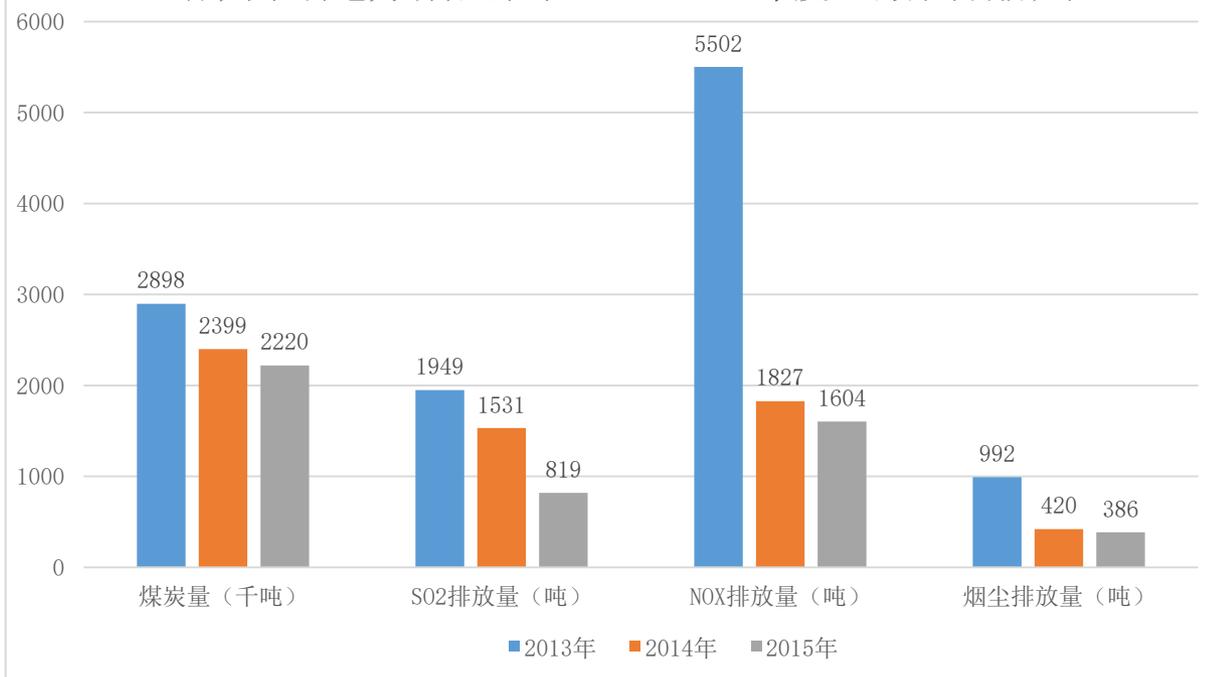
百万机组塔式锅炉首次成功应用微油点火技术。

#5机组于2010年6月6日进入整套启动，6月22日通过168小时满负荷试运；#6机组于2010年6月22日进入整套启动，7月6日通过168小时满负荷试运。29天内实现两台百万机组双投的任务，开创了百万机组调试工期的新纪元。

2012年-2013年，公司先后投入资金3.7亿元对投产较早的32万机组进行了脱硝、除尘、脱硫设施的改造。

公司六台机组烟气排放指标提前7个月满足《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），六台机组均无脱硫旁路系统。

徐州华润电力有限公司（2013-2015年度）污染物排放表



超前规划，坚持绿色发展理念



2014年，公司32万机组投产时间相对偏长，机组效率下降明显，在激烈的市场竞争中处于十分被动的地位。公司主动改变思维，在32万机组能耗增加的情况下通过供热改造，实现机组的“新生”。



公司先后完成1、2、4号机组供热改造，最大供热能力320吨/小时，取代小锅炉、小热电向市区供热，实现降低发电煤耗7克/千瓦时，充分发挥了大机组高效、环保的优势，有效提升了地方节能减排水平。

目录



Part 1

超前规划，
坚持绿色高效发展



Part 2

守正出新
实施精品工程项目



Part 3

敢于实践
引领行业技术进步



徐州/铜山华润电力有限公司深入推行对标管理，通过对标找差，以精益管理工具为抓手，成立降低发电煤耗、降低管理煤耗、降低综合厂用电率、降低锅炉四管泄漏、降低辅机故障等SDA技术攻关小组，扎实推进节能减排工作，持续改进。

2011年，将一期2×320MW机组凝汽器铜管更换为高效强化换热不锈钢管，有效降低了换热管泄漏风险，保障了机组的安全。该专项技术革新方案也荣获第四届全国电力行业设备管理创新成果(技术类)一等奖。



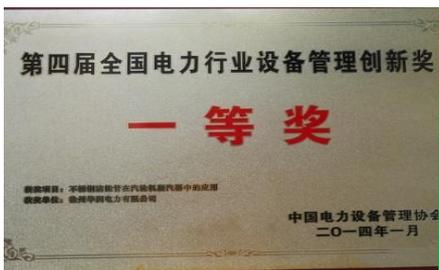
2013年，#1-#2锅炉空预器改造，配合脱硝改造的同时对空预器24仓改为48仓，适当增加换热面积，空预器漏风率从12%降至6%，排烟温度相同工况下降低了14度。#1、#2炉引、增压风机合一及烟道优化，烟道阻力降低了450Pa。

提前超额完成“十二五”8万吨节能目标。

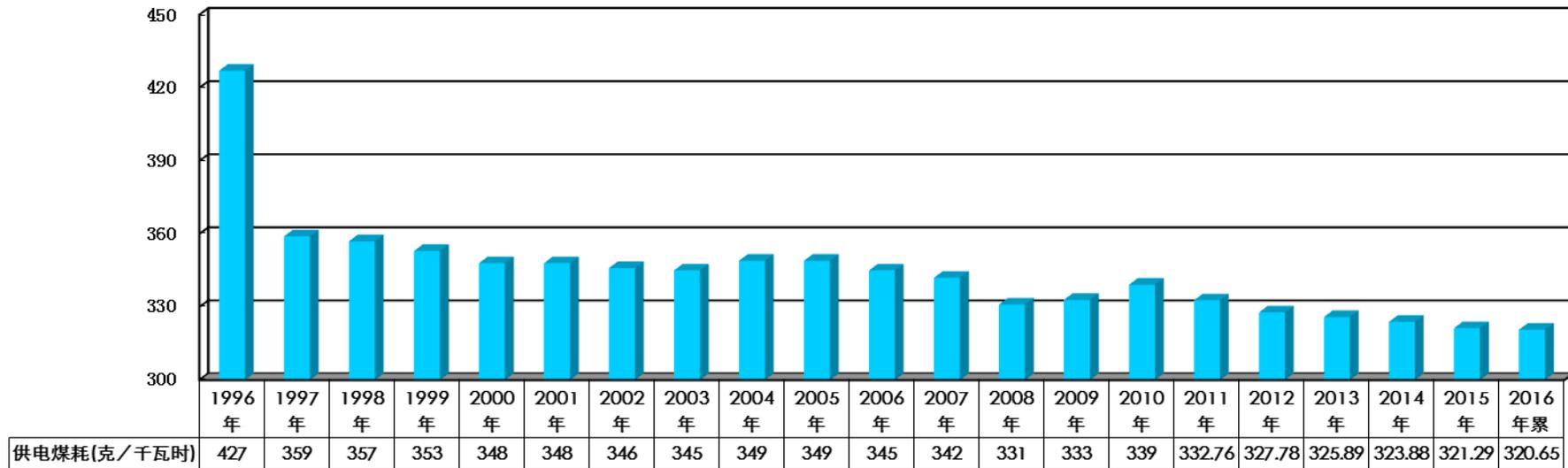
2012年，INFIT协调及汽温优化控制系统投用，减小机组变负荷工况时汽温波动，提高机组安全性和经济性；完成#3、#4机汽机本体通流部分改造，#3、#4机组供电煤耗下降13克/千瓦时。

2014年：#4机供热改造，#3、#4机组汽封间隙优化调整，一次风机变频改造。

2015年，先后实施#2机组通流改造，空预器柔性密封改造，循环水互联改造。其中#2机组通流改造实现供电煤耗降低17克/千瓦时。



徐州华润历年供电煤耗



通过创新技术改造和机组运行方式优化，机组供电煤耗呈逐年下降趋势。2016年1-5月份为320.65g/kwh,较2015年进一步下降。

守正出新，实施精品工程项目



2012年，公司推进了两台1000MW机组凝泵电机变频改造（每台电机电流下降了40A），轴封抽汽溢流改造（降低煤耗约为0.15克/千瓦时），闭式泵电机高低速改造，汽水系统内漏治理，设备和管道保温治理等一系列节能技改，发电煤耗逐年下降。



2014年，完成#5机组引、增风机合一烟道优化改造，实现生产厂用电率下降0.32%。

同时成立减少主要辅机故障次数、降低发电煤耗、降低厂用电率SDA技术公关小组，针对设备、管道保温、阀门内漏、凝汽器真空等关键指标进行排查治理，2014年供电煤耗较2013年在机组负荷率降低4.14%情况下，降低1.22克/千瓦时。

截止2014年底，两台1000MW级火电机组在“十二五”期间共完成节约标准煤量15.236万吨，超额完成“十二五”期间12万吨标准煤节能量的目标。

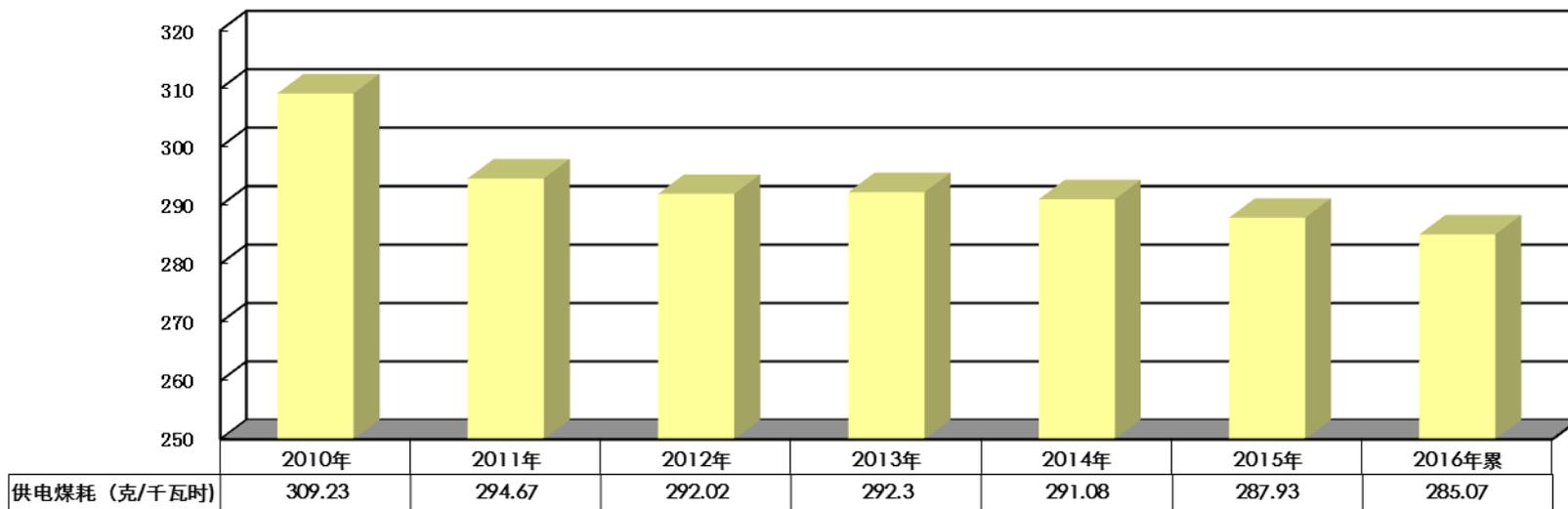
2013年，邀请西安热工院专家对铜山项目进行节能诊断，优化冷端运行方式，优化氧量控制和锅炉配风方式，低加疏水泵减少一级叶轮，真空系统漏点排查等。

2015年，投入运行操作寻优（OOS）系统。通过标杆数据库的建立，规范运行人员的操作，减少各运行班组之间的调整偏差，确保机组在经济运行状态。

#5机组中间变量和可控因子一览

可控因子				实时负荷	入炉煤热值
中间变量/可控因子	实时	标杆	偏差	耗差	
主汽温度	600.53	600.00	0.53	-0.07	
主汽压力	18.44	18.58	-0.14	0.14	
再热汽温度	590.93	600.00	-9.07	0.44	
排渣温度	88.82	96.21	-7.39	-1.09	
发电厂用电率	4.16	4.08	0.09	0.27	
A磨煤机出口温度	41.36	95.00	-53.64	0.00	
B磨煤机出口温度	28.89	95.00	-66.11	0.00	
C磨煤机出口温度	91.78	95.00	-3.22	0.08	
D磨煤机出口温度	81.33	95.00	-13.65	0.34	
E磨煤机出口温度	86.04	95.00	-8.96	0.22	
F磨煤机出口温度	87.33	95.00	-7.65	0.19	
磨煤机组合(总负荷)	CDEF	CDEF			
磨煤机组合(总煤量)	CDEF	CDEF			
一次风压	10.07	9.90	0.17	0.03	
空预器出口二次风压	0.77	0.45	0.32	0.13	
再热减温水流量	0.00	0.00	0.00	0.00	
凝水亚冷一次风加热流量	276.39	260.00	16.39	0.03	
凝水亚冷二次风加热流量	820.85	880.00	-59.15	0.12	
氧量	3.24	3.36	-0.14	0.41	
低温省煤器差压	0.43	0.57	-0.15	0.01	
除氧器上水主门开度	100.00	100.00	0.00	0.00	
除氧器上水辅门开度	99.76	100.00	-0.24	0.00	

铜山华润历年供电煤耗



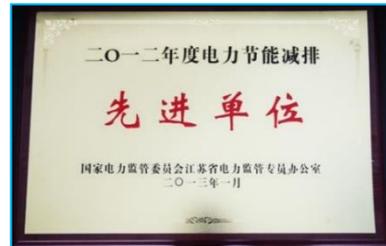
2016年1-5月份为285.07g/kwh,较2015年下降明显。

下一步工作规划



根据国家发改委、国家环保部、国家能源局联合下发《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020年）的通知》（发改能源[2014]2093号）及《江苏省煤电节能减排升级与改造行动计划》（2014—2020年）的相关规定，从2015年开始到2017年，公司将分三年总投入6亿元进行机组超低排放改造。每年改造2台机组，确保2017年底完成6台机组改造工作，达到燃气机组排放标准（烟尘 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，二氧化硫 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氮氧化物 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ）。截至目前，公司已完成3台机组超低排放改造任务。

公司先后获得安全生产优秀单位、江苏省电力行业优秀企业、十一五全省污染减排先进企业、中国美丽电厂等诸多荣誉，顺利通过安全生产标准化达标一级企业和NOSA四星评审。



目录



Part 1

超前规划，
坚持绿色高效发展



Part 2

守正出新
实施精品工程项目



Part 3

敢于实践
引领行业技术进步



作为华润电力的第一个百万机组项目，铜山华润电力2台百万机组投产后运行稳定。2014年全年累计发电量112.577亿千瓦时，负荷率79%，供电煤耗291.08克/千瓦时；2015年全年累计发电量119.42亿千瓦时，负荷率80.97%，供电煤耗285.07克/千瓦时。

外三电厂与铜山华润的交流源于我们大力开展的对标管理。众所周知，上海外三电厂一直是业内的行业标杆，铜山华润的对标学习企业也确定为外三电厂。2012年5月30日，公司总经理王毅带队首次赴外三调研，这一关键性的突破，打开了铜山华润和上海外三互通往来的通道。



敢于实践，引领行业技术进步



2012

在华润电力和江苏大区的大力支持下，2012年6月12日，上海外高桥第三发电有限责任公司一行9人来我司对两台百万机组开展了节能诊断工作。在随后一年多的时间里，双方进行了多次来往交流，了解到外三电厂节能减排技术比较领先，而且铜山电厂主要设备型号和外三电厂一致，设计院也是同一家，具备天然的改造优势。但由于没有先例可循，电厂改造的风险高、投资大，华润电力管理层也是下了很大的决心。考虑到与外三的合作是符合国家能源环保战略和电厂自身提高机组效能和竞争力需求，最终确定了合作意向。该项目总投入约3亿元。

2012.5.30 -



2013.9.8 -

2013.10.9 -



2014.9.18 -

2015.1.4 -



2015

敢于实践，引领行业技术进步



2014年9月18日，节能减排综合改造项目正式开工，外三的冯伟忠总经理非常重视，亲自推动铜山电厂的技术改造项目。因为外三的技术已经应用很长时间了，但仅限于外三内部，还未在外部的其他电厂系统推行、应用过，铜山电厂是第一家接受外三技术改造的电厂。经过双方通力合作、攻坚克难，顺利完成蒸汽加热启动项目、烟气余热利用项目、广义回热项目、弹性回热项目、空预器综合优化项目、节能型调频项目等改造工作。

改造后，机组供电煤耗显著降低，汽机热耗、锅炉效率、厂用电率等指标均**优于**技改前，环保排放指标达到**超低排放**要求。供电煤耗降低了约7.5克/千瓦时，效果比较突出。

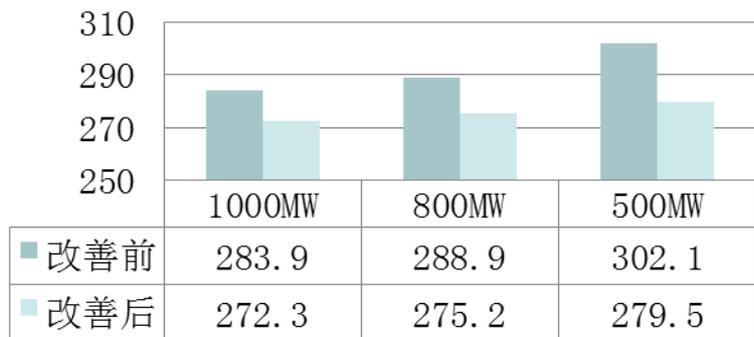
按照铜山华润电力有限公司全年发电量120亿千瓦时计算，改造后每年可节约9万吨标煤，按照目前标煤单价450元/吨计算，全年节能收益约4000万元。在环保指标方面，粉尘、二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放均可大幅减少，为全社会带来的节能减排效益显著。



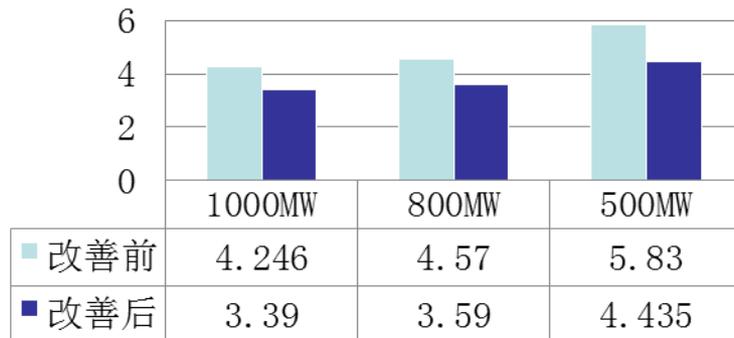
机组性能考核试验



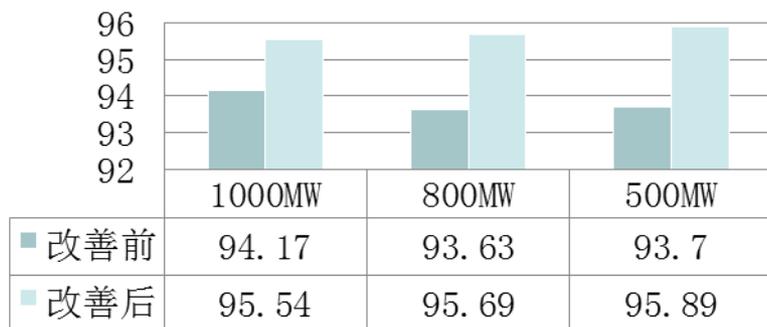
供电煤耗 (g/kwh)



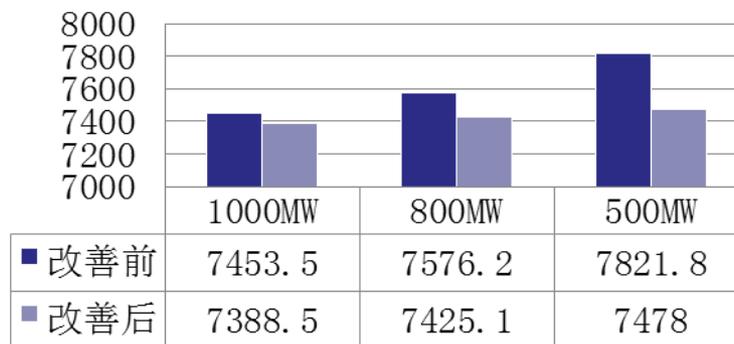
生产厂用电率 (%)



锅炉效率 (%)



汽机热耗率 (KJ/kwh)



1、运行操作寻优 (OOS) 系统

通过标杆数据库的建立，规范运行人员的操作，减少各运行班组之间的调整偏差，确保机组在经济运行状态。

2、锅炉燃烧及吹灰方式优化

节能技改后因炉膛燃烧工况变好（二次风温提高），将底层磨组运行改为上层磨组运行，根据炉膛烟温及过再热蒸汽温度情况，由定期吹灰改为按需吹灰，80%负荷工况时再热汽温度提高约10°C。



中间变量/可控因子	实时	标杆	偏差	耗标	可控因子	实时	标杆	偏差	耗标
主汽温度	600.83	600.00	0.83	-0.07	磨煤机组合 (负荷)	C3EF	C2EF		
主汽压力	18.44	18.38	-0.14	0.14	磨煤机组合 (总重量)	C3EF	C2EF		
再热汽温度	598.93	600.00	-9.07	0.44	一次风压	18.07	9.90	0.17	0.03
排烟温度	88.82	96.21	-7.39	-1.09	空预器出口二次风压	0.77	0.45	0.32	0.13
发电厂用电率	4.16	4.00	0.09	0.27	再热减温水流量	0.00	0.00	0.00	0.00
A磨煤机出口温度	42.38	95.00	-52.64	0.00	减温水冷一次汽加热流量	276.39	268.00	8.39	0.03
B磨煤机出口温度	28.29	85.00	-66.71	0.00	减温水冷二次汽加热流量	829.85	888.00	-58.15	0.12
C磨煤机出口温度	96.78	95.00	-1.22	0.00	氧量	3.24	3.35	-0.14	0.41
D磨煤机出口温度	81.35	95.00	-13.65	0.34	炉膛省煤器压力	0.43	0.57	-0.15	0.01
E磨煤机出口温度	86.94	95.00	-8.06	0.22	除氧器上水主门开度	100.00	100.00	0.00	0.00
F磨煤机出口温度	87.33	95.00	-7.67	0.19	除氧器上水辅门开度	99.76	100.00	-0.24	0.00

3、空预器间隙调整，厂用电率显著下降

通过两次空预器间隙调整，空预器冷端间隙共下降约8mm，热端间隙共下降约7mm。调整之后，空预器漏风率大幅下降，通过数据比对，在1000MW负荷下，调整前后六大风机电流下降约65A。

4、辅助风挡板调整，沿程阻力明显改善

节能技改后机组运行中辅助风挡板开度较小，二次风箱压力约比外三大1Kpa左右。加大了系统中的沿程阻力，针对这种情况，进行了辅助风挡板调整试验，通过释放二次风箱压力，送风机电流得到明显下降。1000MW工况下，二次风箱压力由1Kpa下降至0.3Kpa左右，送电机电流共下降约20A。



施工过程中，铜山电厂、申能科技、安徽电建二公司的技术人员始终紧密联系，通力协作，积极谋划，科学合理地分阶段实施整个项目，大家共同付出，耕耘收获，“宝剑锋自磨砺出，梅花香自苦寒来”，在机组改造工程的实施过程中，未发生一起人身伤害、设备损坏的安全事故，未发生一次因设计、设备及施工质量问题引起的系统停运事件，未影响机组启动的各项节点，可谓是圆满成功。我们总结有以下方面：

安全管理方面，为保证施工对运行机组的风险降到最低，双方商定，现场施工思路由厂房外施工逐步转向厂房内施工，锅炉房内施工逐步转向汽机房内施工，最大程度的保护好运行机组的安全性。建设方、监理方、总包方、施工方成立四级安全网络机构，以高压态势严格管理，共同完成了改造工程的各项安全目标。



敢于实践，引领行业技术进步



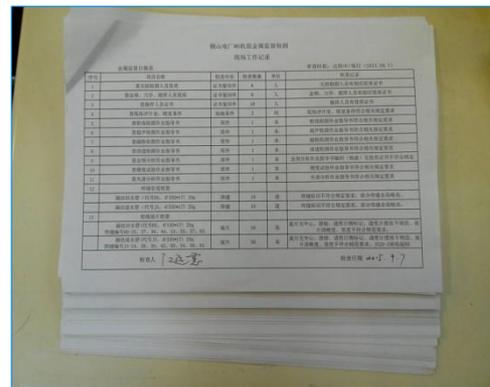
质量管理方面，外三在系统初设、设备采购、施工安装开始，就把高标准、高质量放在首位。双方精诚协作，目标统一，不含糊、不妥协、实事求是，共同完成图纸的会审及意见整改。对采购的到厂物资，使用方、监理方、采购方、供货方共同开展物资验收工作，保证了物资的高质量验收，充分体现出了建设方、参建方一盘棋的思想。

改造过程中，成功完成了0号高加的一次起吊、一次拖运、一次就位的各项节点，保证了这一重大单体施工项目的顺利实施。高温省煤器管道焊接中，短短26天内3204只承压焊口一次合格率达到99%。

在#1换热器P91管道安装过程中，严格执行工艺规范标准，焊口一次合格率达到100%，参建各方统一思想、同心协力，严格监管施工工艺，履行施工中的实施、监督、验收职责，使得工程质量满足各项标准。



进度管理方面，依照建设方的检修网络计划，外三精心组织编制三级施工网络计划，建设方审核跟踪，参建单位按照项目网络计划严格执行。施工方坚持做好施工日志，安全、工艺、时间都清晰地展现在大家面前。作为总包方的外三毫无保留的做好各项管理工作，问题及时公开，不避讳、高标准、严要求，加班加点，保证了各项节点按时完成。大家同舟共济、共度难关，按照机组检修计划，圆满完成了各项改造项目。



敢于实践，引领行业技术进步



“节能减排”不是贴在墙上的口号，也不是一场轰轰烈烈的运动，而是自上而下自觉形成的一种习惯，从思维到行动，一以贯之。规划设计时，我们不以牺牲环境为代价谋求企业发展；运营管理中，我们持续完善节能减排管理体系并有效执行；开发建设时，我们借来青山，必定还以绿水，致力于成长为环境友好型企业。走好“绿色发展之道”，我们每个人都是不可或缺的参与者。



最后，祝本次会议圆满成功，祝愿各位领导和专家工作顺利、身体健康、事业有成！

谢谢！