

第一届煤电超低排放和节能改造技术交流研讨会



滕卫明

浙江省能源集团有限公司生产部副主任，高级工程师，长期从事火电厂生产过程自动化和生产管理工作。目前为全国火电厂监控信息系统标委会委员，中国自动化学会发电厂自动化专委会委员。

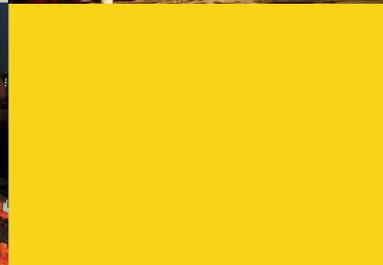
超低排放、通流改造 拓宽浙能绿色之路



ZHEJIANG ENERGY

超低排放、通流改造

——砥砺前行，浙能绿色之路





目录

一

浙能集团概况

二

超低排放篇

三

节能改造篇





浙能集团概况

浙能集团概况



浙江省能源集团有限公司成立于2001年，主要从事电源建设、电力生产、煤矿投资开发、煤炭流通经营、天然气开发利用和能源服务业等业务。

截至2015年底，浙能集团资产总额达到1791.5亿元，利润总额连续三年站上“百亿大关”，装机规模扩大到3067.3万千瓦。



浙能集团概况



浙能集团在浙江省委、省政府、省国资委的正确领导下，贯彻落实科学发展观，深入实施“大能源战略”，以保障浙江省能源安全为己任，形成了以电为主、多业发展的产业格局，成为在全国具有一定影响力的综合型能源企业。





超低排放篇

“十二五” 减排完成情况



率先全面完成脱硫脱硝改造



2009年完成脱硫改造



2014年完成脱硝改造

全国首创，超低排放



2011

提出“燃煤电厂超低排放”概念，并首创超低排放技术，走在全国前列。

2014

5月，国内首套超低排放装置在浙能嘉华8号机组投运。

2015

3月，“超低排放”写入十二届全国人大三次会议李克强总理的《政府工作报告》；

9月，“多种污染物高效协同脱除集成系统”获国家发明专利授权；

12月，“超低排放”百度百科词条正式上线。



国内首套超低排放装置在浙能嘉兴电厂投运

时间: 2014-05-30 15:52:37 星期五 来源: 新华网浙江频道 编辑: 王婧

超低排放

本词条缺少信息框，补充相关内容使词条更完整，还能快速升级，赶紧编辑吧！

超低排放，是指火电厂燃煤锅炉采用多种污染物高效协同脱除集成系统技术使其大气污染物排放浓度达到天然气燃气轮机标准的排放限值，即烟尘不超过5 mg/m³、二氧化硫不超过35 mg/m³、氮氧化物不超过50 mg/m³，比《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）中规定的燃煤锅炉重点地区特别排放限值分别下降75%、30%和50%，是燃煤发电机组清洁生产水平的新标杆。

“超低排放”理念，由浙江省能源集团有限公司首创。该集团旗下公司——浙江天地环保工程有限公司，联合浙江大学共同研发了“多种污染物高效协同脱除集成系统技术”，并以EPC总承包方式承建了全国首套超低排放项目“嘉华百万千瓦燃煤机组烟气超低排放改造工程”的建设。^[1]



超低排放改造成果



- ◆ 2014年7月，中国环境监测总站发布国内首台燃煤超低排放机组的监测结果：嘉兴电厂百万燃煤机组污染物排放浓度优于超低排放设计值。
- ◆ 本次发布会得到了新华社和中央电视台等权威新闻媒体关注。
- ◆ 会议共识：以超低排放为代表的能源技术发展将为解决我国能源问题提供重要途径。



超低排放改造成果



1000MW等级

国内首套超低排放工程



嘉兴电厂

600MW等级

能源局煤电机组改造示范项目



乐清电厂

300MW等级



温州电厂

国内首套新建百万机组超低排放工程



六横电厂



兰溪电厂



长兴电厂



超低排放改造成果



浙能集团已实现超低排放指标机组（截至2015年底 16080MW）

序号	机组	机组容量 (MW)	投产时间	序号	机组	机组容量 (MW)	投产时间
1	浙能嘉兴电厂#8	1000	2014.05	13	淮浙煤电凤台发电厂#3	660	2015.09
2	浙能嘉兴电厂#7	1000	2014.06	14	台州第二电厂#1	1000	2015.09
3	浙能六横电厂#1	1000	2014.07	15	浙能兰溪电厂#1	660	2015.11
4	浙能六横电厂#2	1000	2014.09	16	浙能滨海电厂#2	300	2015.11
5	浙能嘉兴电厂#4	660	2014.12	17	浙能温州电厂#8	660	2015.11
6	浙能乐清电厂#1	660	2014.12	18	台州第二电厂#2	1000	2015.12
7	浙能嘉华电厂#5	660	2015.06	19	浙能温州电厂#7	660	2015.12
8	浙能嘉华电厂#3	660	2015.07	20	浙能长兴电厂#3	330	2015.12
9	浙能温州特鲁莱#4	330	2015.07	21	浙能温州电厂#5	330	2015.12
10	浙能乐清电厂#2	660	2015.07	22	浙能嘉华电厂#6	660	2015.12
11	浙能北仑电厂#3	660	2015.08	23	浙能台州电厂#7	350	2015.12
12	浙能兰溪电厂#4	660	2015.08	24	淮浙煤电凤台发电厂#4	660	2015.12

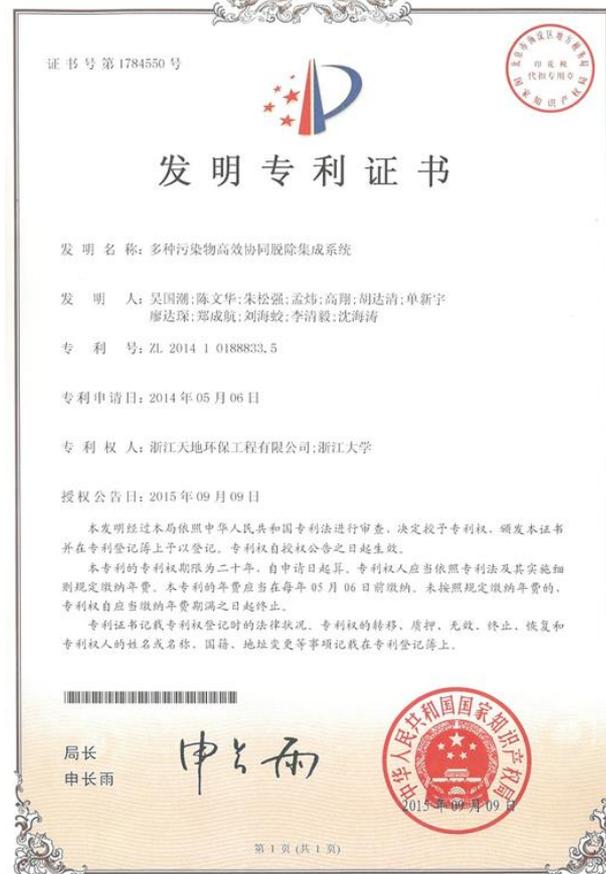
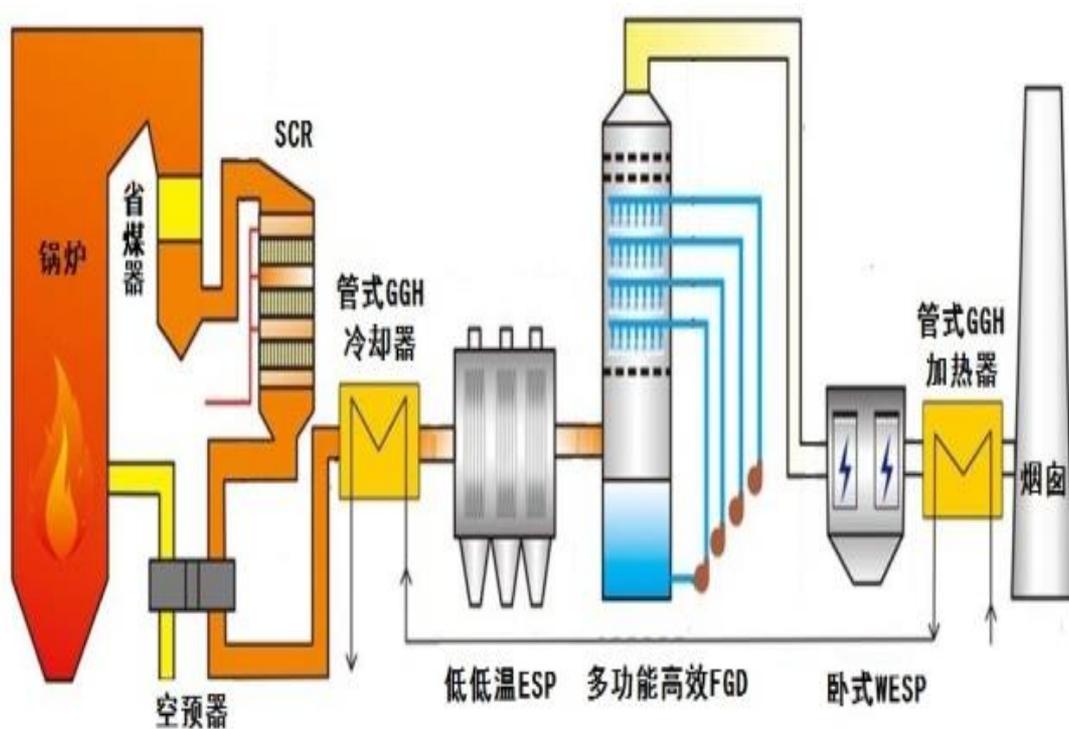
计划2016年底前完成集团系统内60万千瓦及以上燃煤电厂超低排放改造；

2017年底前完成集团系统内30万千瓦及以上燃煤电厂超低排放改造。

超低排放典型技术路线



多种污染物高效协同脱除-国家授权发明专利



技术特色一：协同高效，稳定可靠



投运超低排放机组2015年全年主要污染物排放情况年均统

投运机组	烟尘排放浓度 (mg/Nm ³)	烟尘超低达标率(%)	二氧化硫排放浓度 (mg/Nm ³)	二氧化硫超低达标率(%)	氮氧化物排放浓度 (mg/Nm ³)	氮氧化物超低达标率(%)	经信委考核超低达标率(%)
六横1号机组	2.40	99.94	22.35	99.94	41.17	96.73	98.00
六横2号机组	2.26	99.95	21.56	99.94	33.08	99.39	98.70
嘉华4号机组	2.93	99.92	14.00	100.00	35.62	99.81	99.30
嘉华7号机组	2.97	99.67	10.90	99.92	33.93	99.00	97.90
嘉华8号机组	1.45	99.81	11.84	99.84	32.41	99.71	99.10
乐清1号机组	1.20	98.81	10.48	98.95	34.51	96.95	97.60

注：浙江省经信委考核方法，采集2014.12.2至2015.12.1一整年数据，某一项指标连续5分钟不达标，即记录为超低排放超标。

技术特色二：干烟气排放

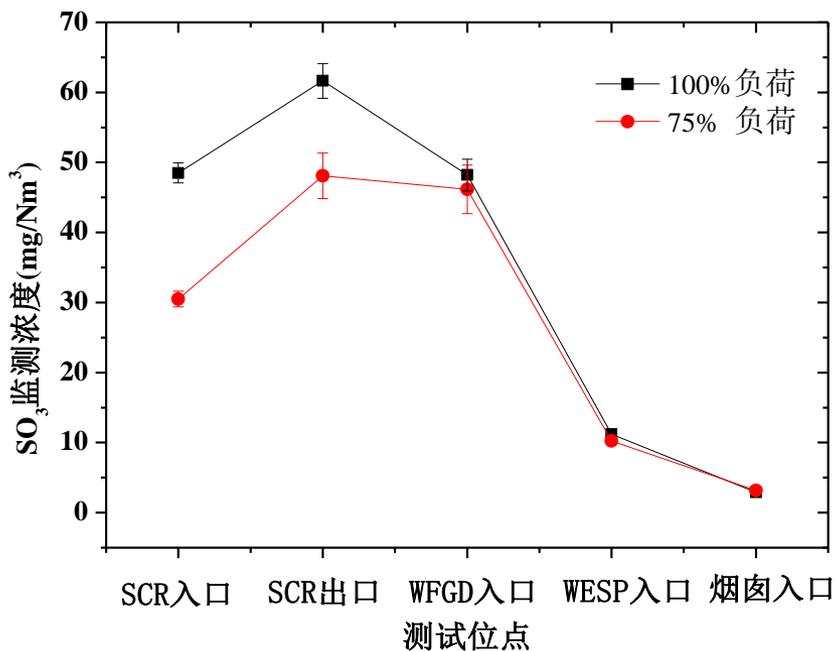


增加投资约30元/kW、运行成本0.005元/kWh，在烟囱入口处加装烟气加热器，抬升烟温35°C以上。

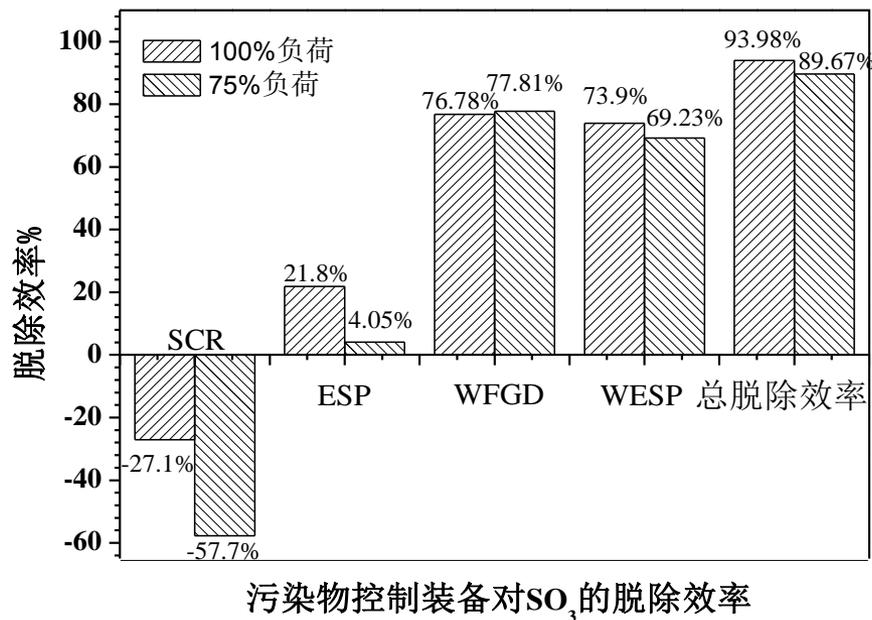
- 解决湿烟气排放的“白烟”和“飘雨”问题，消除视觉污染；
- 抬升烟气排放高度和扩散能力；
- 提高在线表计的准确性，减少测量误差；
- 减少厂区钢结构和烟囱的腐蚀。



技术特色三：协同脱除SO₃



不同测点SO₃测试浓度变化趋势



不同污染物控制装备对SO₃的脱除效率

加装湿式电除尘可以实现SO₃出口排放浓度稳定低于5mg/m³。

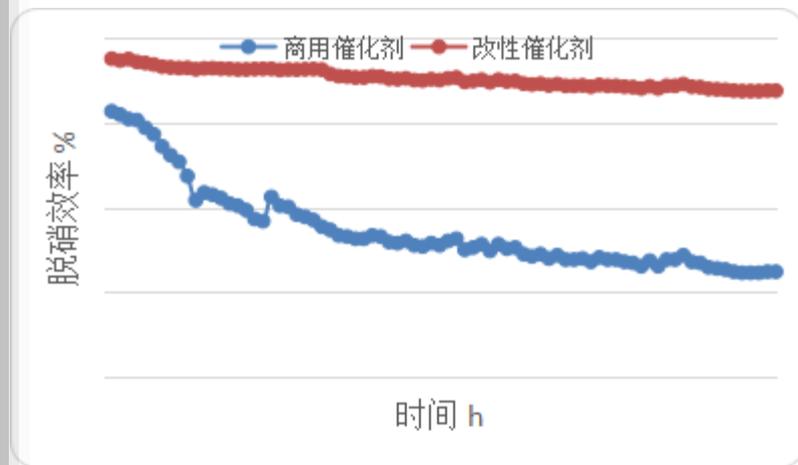
技术特色四：宽温催化剂



活性液制备

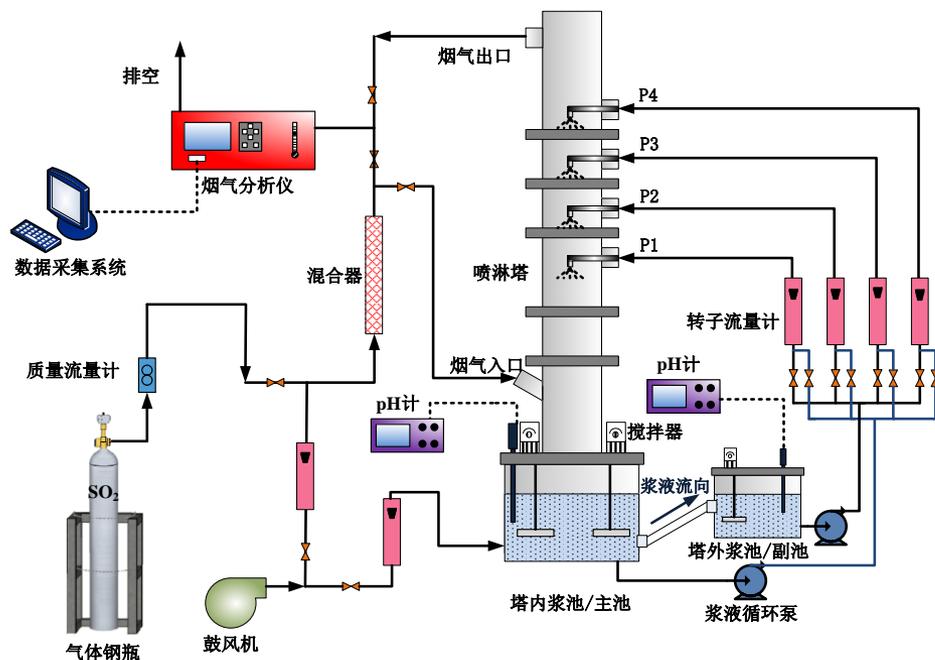


催化剂再负载



275°C下的催化剂活性

技术特色五：塔外浆池pH分区控制



pH分区控制湿法脱硫系统图

滨海热电厂脱硫吸收塔测试结果

项目	机组负荷	
	100%	75%
入口SO ₂ 浓度 (mg/Nm ³)	1299.9	1399.3
脱硫效率 (%)	98.86	98.96
出口SO ₂ 浓度 (mg/Nm ³)	14.87	14.6

项目管理特色一：环保岛EPC总承包



➤ 超低排放是脱硫、脱硝、除尘等多种技术的有机集成系统，各项技术在提高自身脱除效率的同时，也在协同脱除其它污染物，通过高效协同脱除，才能达到超低排放。

➤ 采用超低排放环保岛EPC总承包建设模式，可以避免分段承包造成的管理界面多、责任分解不清等问题，有利于改造项目的安全管理责任落实、项目建设质量（尤其是性能保证责任）落实、以及建设进度和和造价管理的提升，也有利于改造项目建设经验的总结和传承。



浙能集团的超低排放改造由**浙江天地环保工程有限公司**总承包建设，积累了丰富的超低排放改造项目技术及建设经验。

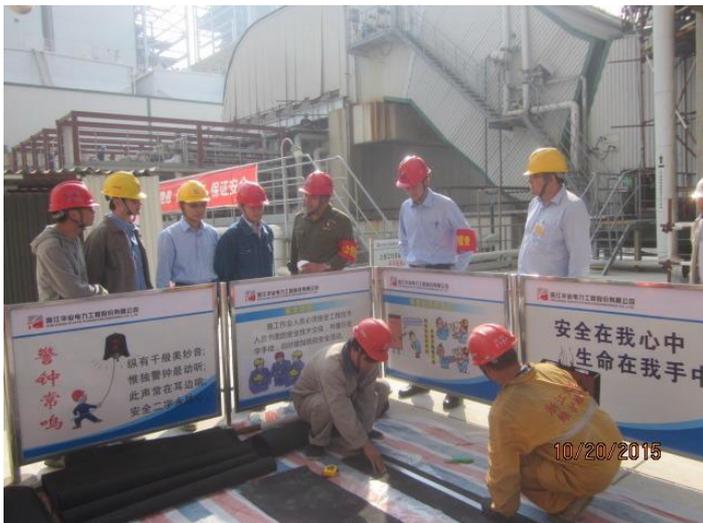


项目管理特色二：安全管理



安全稽查机制化

集团公司安全生产稽查组重点稽查安全生产风险较大的电厂烟气超低排放改造项目，对所有在建超低排放改造、基建现场进行了检查，对纠正违章、违规作业行为，提高现场安全管理水平发挥了积极的促进作用。



项目管理特色二：安全管理



施工作业标准化



开展安全生产标准化建设



现场区域封闭管理，落实出入登记监督



塔内各作业层隔离



优先安装消防炮

项目管理特色二：安全管理



施工作业标准化



吸收塔至湿电及湿电区域安全通道、永久平台优先落实



烟气挡板门



吸收塔改造期间安全监控

项目管理特色三：质量监督管埋



抓策划

项目开工前对建设管理策划（施工组织设计）进行审批，明确每个项目质量管理的组织机构、质量目标与要求、质检计划。



项目管理特色三：质量监督管埋



重过程

根据超低排放改造特点，结合相关标准规范，编制专项质检文件，分质量行为、技术文件、生产准备、相关专业等7个小组，从对每台超低排放改造的停机改造和整套启动的两个关键节点进行质量监督检查，保障工程建设质量。





节能改造篇



- 国家发展改革委、国家能源局、财政部《关于开展燃煤电厂综合升级改造工作的通知》（发改厅[2012]1662号）
- 国家发展改革委 环境保护部 国家能源局关于印发《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)
- 国家能源局关于印发亚临界煤电机组改造、延寿与退役暂行规定的通知（国能电力[2015]332号）
- 环境保护部、国家发展和改革委员会、国家能源局文件三部委联合下发关于印发《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》的通知（环发[2015]164号）

浙能集团“十二五”行动



- 浙能集团一直重视节能工作，连续多年获得“浙江省节能工作先进集体”、“浙江省节能减排十大标杆企业”、“浙江省减排工作先进集体”、“浙江省最具社会责任感企业”等荣誉称号。
- 从2009年开始就确定了以汽轮机通流改造为重点的节能改造技术路线，实施全面通流改造，取得卓越的成绩，十二五期间火电机组供电煤耗下降了17.96克/千瓦时，在电力行业中始终保持领先。

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
全国煤耗	333	329	325	321	318	315
集团煤耗	317.3	313.2	310.8	306.7	302.63	299.34

通流改造四个第一



- 国内第一台600MW亚临界机组引进国外技术成功实施高中压缸改造（2012年9月北仑#3机组）改造厂商为阿尔斯通
- 国内第一台600MW超临界机组引进国外技术成功实施高中低三缸改造（2014年3月兰溪#3机组）改造厂商为阿尔斯通
- 国内第一台600MW超临界机组采用国内技术成功实施高中低三缸改造（2014年9月乐清#1机组）改造厂商为上海汽轮机厂
- 国内第一台600MW亚临界机组采用国内技术成功实施高中低三缸改造（2015年4月嘉华#5机组）改造厂商为上海汽轮机厂



全面完成第一轮通流改造



- 浙能集团在推进汽轮机通流改造上采取了先行先试、持续改进、整体规划、全面推进的实施原则，将所有300MW、600MW亚临界、超临界共计29台机组列入改造计划。
- 截止2015年底，已完成14台300MW、7台600MW亚临界和6台600MW超临界机组改造。
- 2016年将完成最后2台600MW超临界机组改造，如此浙能集团将成为国内首个全面完成第一轮通流改造的发电集团。

29台机组改造表



类型	机组	投产时间	改造时间	改造厂家	类型	机组	投产时间	改造时间	改造厂家
亚临界 300MW 等级 (14台)	嘉兴#1	1995.07	2011.10~2011.11 2013.10~2013.12	全四维 全四维	亚临界 600MW 等级 (7台)	北仑#3	2000.09	2012.09~2012.11	阿尔斯通
	嘉兴#2	1995.12	2012.09~2012.11	全四维		北仑#4	2000.07	2013.12~2014.02	阿尔斯通
	温州#3	2001.04	2011.10~2011.12 2014.04~2014.06	全四维 全四维		北仑#5	2000.07	2014.01~2014.03	阿尔斯通
	温州#4	2001.09	2012.10~2012.12 2014.04~2014.07	全四维 全四维		嘉华#3	2004.07	2015.05~2015.07	阿尔斯通
	温州#5	2005.03	2012.05~2012.06 2015.09~2015.12	上汽 全四维		嘉华#4	2004.12	2014.09~2014.12	阿尔斯通
	温州#6	2005.07	2013.10~2013.12	上汽		嘉华#5	2005.05	2015.04~2015.07	上汽
	长兴#1	2002.12	2014.02~2014.04	上汽		嘉华#6	2005.1	2015.10~2015.12	上汽
	长兴#2	2003.05	2013.02~2013.04	上汽	兰溪#1	2006.04	2015.09~2015.11	阿尔斯通	
	长兴#3	2005.11	2012.10~2012.11 2015.09~2015.12	上汽 上汽	兰溪#2	2006.08	2016.03~2016.07	阿尔斯通	
	长兴#4	2006.04	2013.10~2013.12	上汽	兰溪#3	2006.12	2014.03~2014.06	阿尔斯通	
	台州#7	1997.02	2015.09~2015.12	北重	兰溪#4	2007.05	2015.03~2015.07	阿尔斯通	
	台州#8	1997.12	2014.05~2014.06	北重	乐清#1	2008.09	2014.09~2014.12	上汽	
	台州#9	2007.12	2013.09~2013.11	东汽	乐清#2	2008.11	2015.04~2015.07	上汽	
	台州#10	2008.04	2014.01~2014.03	东汽	凤台#1	2008.08	2016.09~2016.11	阿尔斯通	
					超临界 600MW 等级 (8台)	凤台#2	2008.09	2015.09~2015.11	阿尔斯通



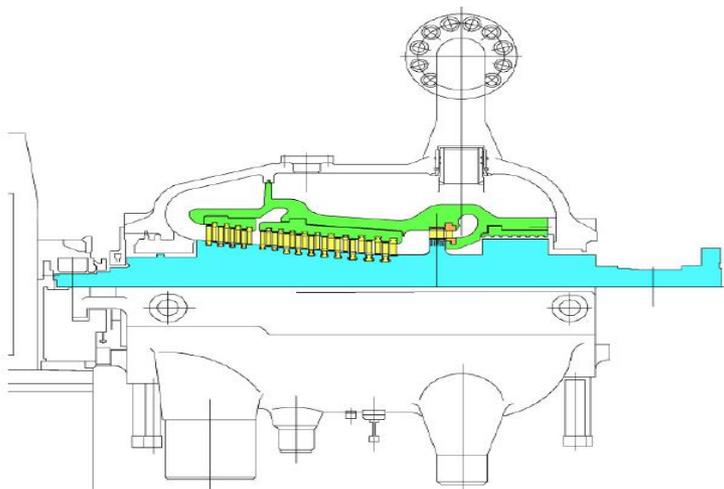
通流改造典型技术路线



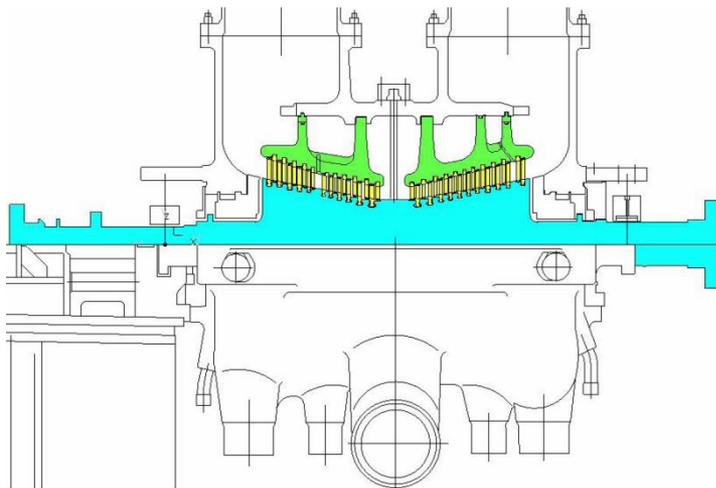
整合全省专业人员、国内汽轮机厂技术力量，结合改造机型现状，对国内外最先进技术进行比选，特别是低压缸模块的优化选型、考核方式的改进等方面开展了大量细致而严谨的工作，最终确定改造方案。



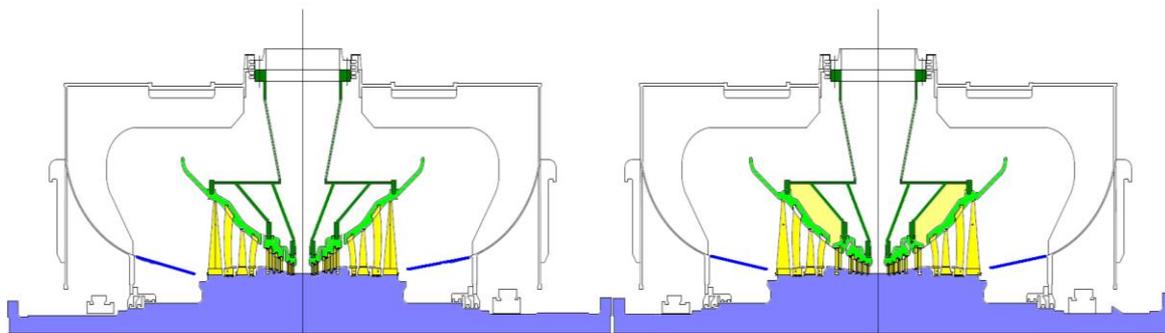
通流改造典型技术路线



北仑阿尔斯通高压缸改造



北仑阿尔斯通中压缸改造



北仑阿尔斯通低压缸改造

通流改造典型技术路线



北仑二期汽轮机高中压缸通流改造前后供电煤耗率变化表

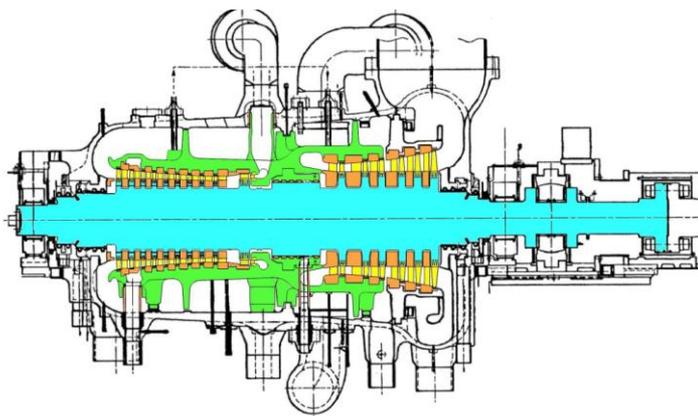
机组	比对工况	高压缸效率(含阀组压损)			中压缸效率(含阀组压损)			供电煤耗率下降(包含进汽阀改造效果)/kWh
		改造前	改造后	提高	改造前	改造后	提高	
北仑#3	VWO	82.18%	89.63%	7.45%	88.16%	92.01%	3.85%	7.16
北仑#4	VWO	82.28%	89.06%	6.78%	88.11%	92.31%	4.20%	7.13
北仑#5	VWO	82.09%	89.46%	7.37%	87.68%	92.48%	4.80%	7.96



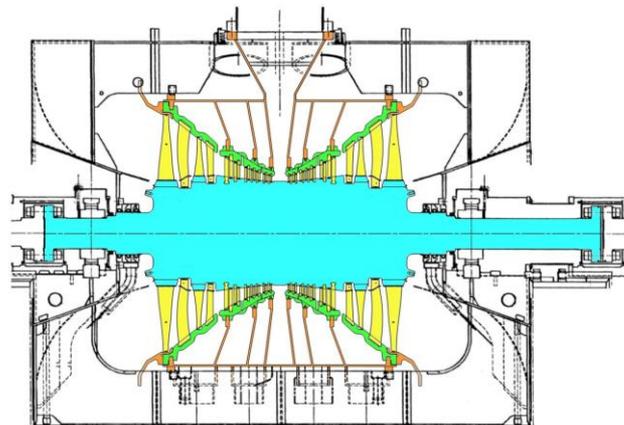
通流改造典型技术路线



兰溪阿尔斯通高压缸改造



兰溪阿尔斯通低压缸改造



兰溪#3/#4汽轮机通流改造前后热耗率及供电煤耗率变化表

机组	热耗率下降kJ/kWh			供电煤耗率下降g/kWh		
	100%负荷率	70%负荷率	50%负荷率	100%负荷率	70%负荷率	50%负荷率
兰溪#3	193.7	212.7	217.8	7.42	8.18	8.44
兰溪#4	193.4	215.0	234.8	7.41	8.31	9.16

通流改造亮点



为国内同行业树立标杆，助推国内制造行业技术进步



2015年9月17日，嘉华5号机组取得成功，上海汽轮机厂在嘉兴召开了大型现场会，开启了汽轮机通流改造的新时代。



超前谋划低负荷性能

- 未来燃煤机组调峰压力将越来越大，机组低负荷性能尤为重要；
- 明确提出低负荷性能考核要求，优化了各指标之间的权重关系，确定性能考核指标在75%额定负荷与100%额定负荷的权重比例为2: 1；
- 鉴于大型汽轮机低压缸做功份额大，与制造厂家反复磋商，要求改造厂家针对末级叶片高度及对应的低压缸模块进行选型优化，显著改善低负荷的运行效率。



乐清1号机低压缸改造前后对比

- 乐清#1机低压缸从原来的7级增加到9级，末级叶片高度由1050mm更换为915mm，排汽面积减少20%。
- 改造前后试验结果表明，在机组负荷从600MW降低至300MW过程中，低压缸改造的节能贡献量由4.20g/kWh上升至8.73 g/kWh，夏季600MW负荷时供电煤耗率降低幅度也相当可观，适合目前浙江省内火电机组全年平均负荷率较低的客观现实。

通流改造亮点



- 安全方面：通过改造消除了原先存在的隐患，部分机组存在的高压内缸变形问题得到了解决；
- 运行方面：优化了启动模式，启动速度加快，冷态启动时间缩短了1.5小时；
- 能效方面：机组的性能上了一个台阶，北仑、嘉华亚临界机组的热耗达到了国内第一批超临界机组的水平；





浙能集团通过对600MW超临界及以下全部在役机组的汽轮机通流改造，年节约标煤达到50万吨，助推浙能集团的绿色发展。



谢谢！