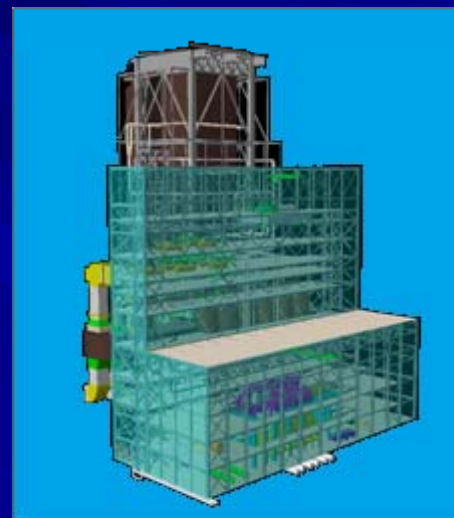




精于设计 不断超越

国电泰州电厂二期百万千瓦二次再热超超临界机组 总体设计及技术研发



华东电力设计院有限公司
工程设计综合类甲级A131000025 工程勘察综合类甲级090001-kj
2015年12月 上海

主要内容



1、技术研发



2、1000MW二次再热技术



3、1350MW二次再热技术



4、1260MW一次再热技术



华东电力设计院

EPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

1、华东院技术研发

课题名称	发电集团	依托项目	备注
超超临界燃煤发电技术	华能	玉环1000MW	国家863项目
大容量高效超超临界发电技术	华能	山阴1260MW	国家科技支撑计划
二次再热超超临界燃煤发电技术	国电	泰州二期1000MW	国家科技支撑计划
1350MW双轴汽轮机高低位布置技术	申能	外高桥/平山	国家能源局示范项目
50%发电效率	国华	高资	
发电煤耗低于250克	国电投	滨海	
700℃发电技术	\	\	国家能源局

主机技术联合研发单位：上海电气电站集团

我国已投产引进型1000MW超超临界机组84台，设计、制造、运行趋于成熟，并有了一定的创新能力

电厂名称	主机容量	主汽压力 MPa	主/再热汽温 °C	主机厂	投产 时间
华能玉环	1000MW	26.25	600/600	哈上上	2006
申能外高桥三期	1000MW	27	600/600	上上上	2008
田集电厂	660MW	27	600/620	上上上	2013
泰州电厂二期	1000MW	31	600/610/610	上上上	2015

截至目前华东院共设计1000MW超超临界机组31台，约占38%。

2.1 国外最“新”的两次再热机组

机组	出力 MW	燃料	主汽压力 Mpa	蒸汽温度℃	投运 时间
日本川越电厂 #1	700	天然气	31.0	566/566/566	1989
日本川越电厂 #2	700	天然气	31.0	566/566/566	1990
丹麦Skærbæk电厂 #3	415	天然气	29.0	582/582/582	1997
丹麦诺加兰德电厂 #3	385	油/煤	29.0	582/582/582	1998



华东电力设计院

cpecc ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

国外二次再热技术应用情况

项目	日本川越电厂1, 2#炉	诺加兰德电厂3号炉
燃料	液化天然气	油/煤
布置方式	π 型布置	塔式布置
过热器受热面布置	三级布置方式	三级布置方式
再热器受热面布置	二级布置	二级布置
过热器调节汽温手段	煤水比+喷水	煤水比+喷水
一次再热器调温	烟气再循环+尾部挡板	燃烧器摆动+微量喷水
二次再热器调温	烟气再循环+尾部挡板	烟气再循环
机组效率	46.3%	47%



华东电力设计院

CPEDC ECPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

2.2 国内二次再热发展

我国在建二次超超临界机组

电厂名称	主机容量	主汽压力 MPa	主/再热汽温 °C	主机厂	投产 时间
泰州二期	1000MW	31	600/610/610	上上上	2015
北海	1000MW	31	600/620/620	上上上	2017
蚌埠、宿迁	660MW	31	600/620/620	东/上上上	2017
莱芜、安源...	600/1000	31	600/620/620		2015

2.3 二次再热 主机关键技术

(1) 泰州二期，自主知识产权

2011年7月通过电规总院装机方案审查

2012年3月23日，国家能源局确定示范项目

2012年5月31日，国家能源局发“路条”

2013年1月6日，科技部“十二五”节能减排科技支撑项目

2015年9月25日通过168



华东电力设计院

cpecc ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

2.3 二次再热 主机关键技术

(2) 锅炉

1. 过热器系统与再热器系统的吸热比例
2. 再热蒸汽温度的调节
3. 第二级再热系统的设计
4. 再热蒸汽出口汽温的保证
5. 提高给水温度后，水冷壁材料的合理选择



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

2.3 二次再热 主机关键技术

(3) 汽轮机

1. 承受更高压力等级的高压缸模块设计。
2. 大通流的二次再热中压汽缸模块设计。
3. 再热温度提升到 610°C 后，先进铁素体9%Cr 材料FB2和CB2的应用。
4. 五缸四排汽单轴汽轮发电机组的轴系稳定性。



华东电力设计院

CPECC ECPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

2.4 经济指标

项 目	超超临界 2×1000MW	泰州二期再热 2×1000MW二次	差值
蒸汽参数	25MPa 600/600℃	31.0MPa 600/610/610℃	
汽机热耗率 (kJ/kW-h)	7350(平均)	7070	280
锅炉效率(%)	94.65	94.65	0
管道效率(%)	99	99	0
发电效率(%)	45.9	47.92	2.02
发电煤耗 (g/kW-h)	267.56	256.28	11.28
给水温度℃	305	315	10

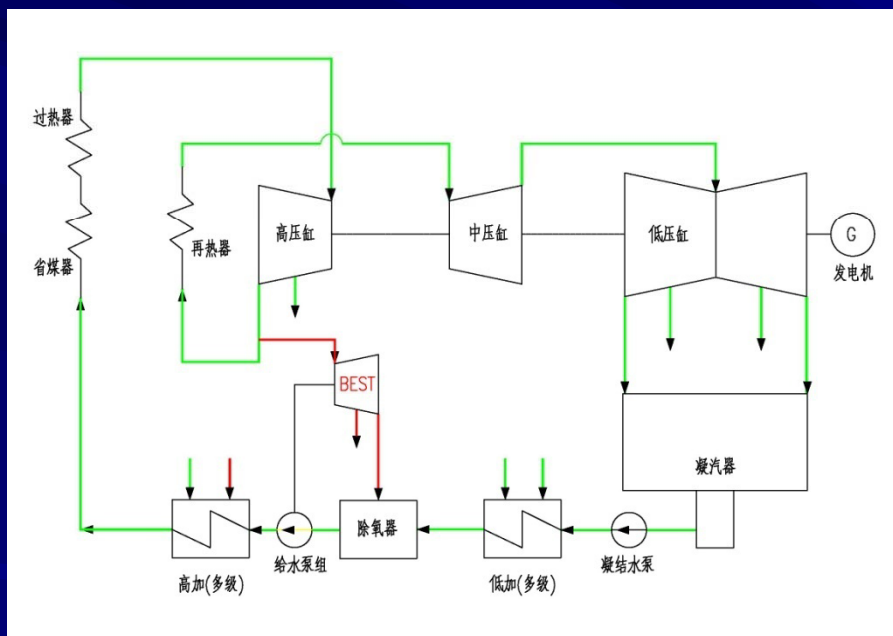


华东电力设计院

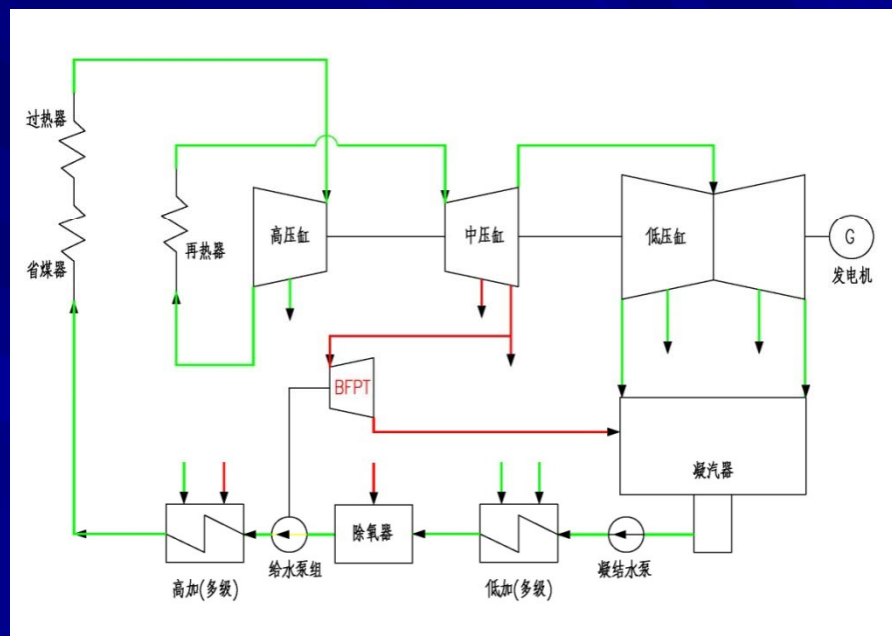
CPECC ECPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

2.5 创新技术

(1) BEST: Backpressure Extraction Steam Turbine (背压抽汽小机)



(BEST热力系统图)



(常规热力系统图)

BEST系统特点

技术来源：700℃火力发电技术

常规主机抽汽的回热系统

100%TH A	单位	亚临界 三抽	超临界 三抽	超超临界 三抽	二次再热 四抽	700℃ 二抽
抽汽温度	℃	453	472	484.7	544	660
抽汽压力	MPa(a)	1.74	2.15	2.26	2.17	5.27
饱和温度	℃	206	216	219	217	267
过热度	℃	247	256	266	327	393
管道材料	/	P11	P11	P11	P91	Ni基合金

问题：高参数机组的抽汽过热度高。



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

BEST系统特点

BEST抽汽的回热系统

100%THA	单位	一次再热超 超临界 三抽	二次再热 超超临界 四抽	700℃ 二抽
抽汽温度	℃	271.7	221.6	393.7
抽汽压力	MPa(a)	3.01	2.09	5.27
饱和温度	℃	234	215	267
过热度	℃	38	7	126
管道材料	/	20钢	20钢	20钢

目的：降低抽汽过热度，提高回热系统经济性。



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

BEST技术特点

1. 锅炉主汽材料增加，再热材料大幅减少，总体材料减少
2. 汽机再热汽缸变小，抽汽接口减少
3. BEST：国产100%容量、高效90%

国产纯凝BFPT：2x50%容量，效率82%

进口纯凝BFPT：100%容量，效率85%

4. BEST正常排汽不接凝汽器，可远离主汽机布置
5. BEST相关加热器可远离主汽机布置
6. 无外置蒸冷器



华东电力设计院

cpecc ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

BEST 技术初投资减少

项目	单位	一次再热 初投资	二次再热 初投资
主厂房总容积	万	-2289	-3350
四大(六大)管道 用量	万	-1693.7	-3596
回热系统投资	万	-500	-800
增加小发电机及配 套调速器	万	+2000	+2000
总计	万	-2483	-5746

BEST 技术每年增加收益

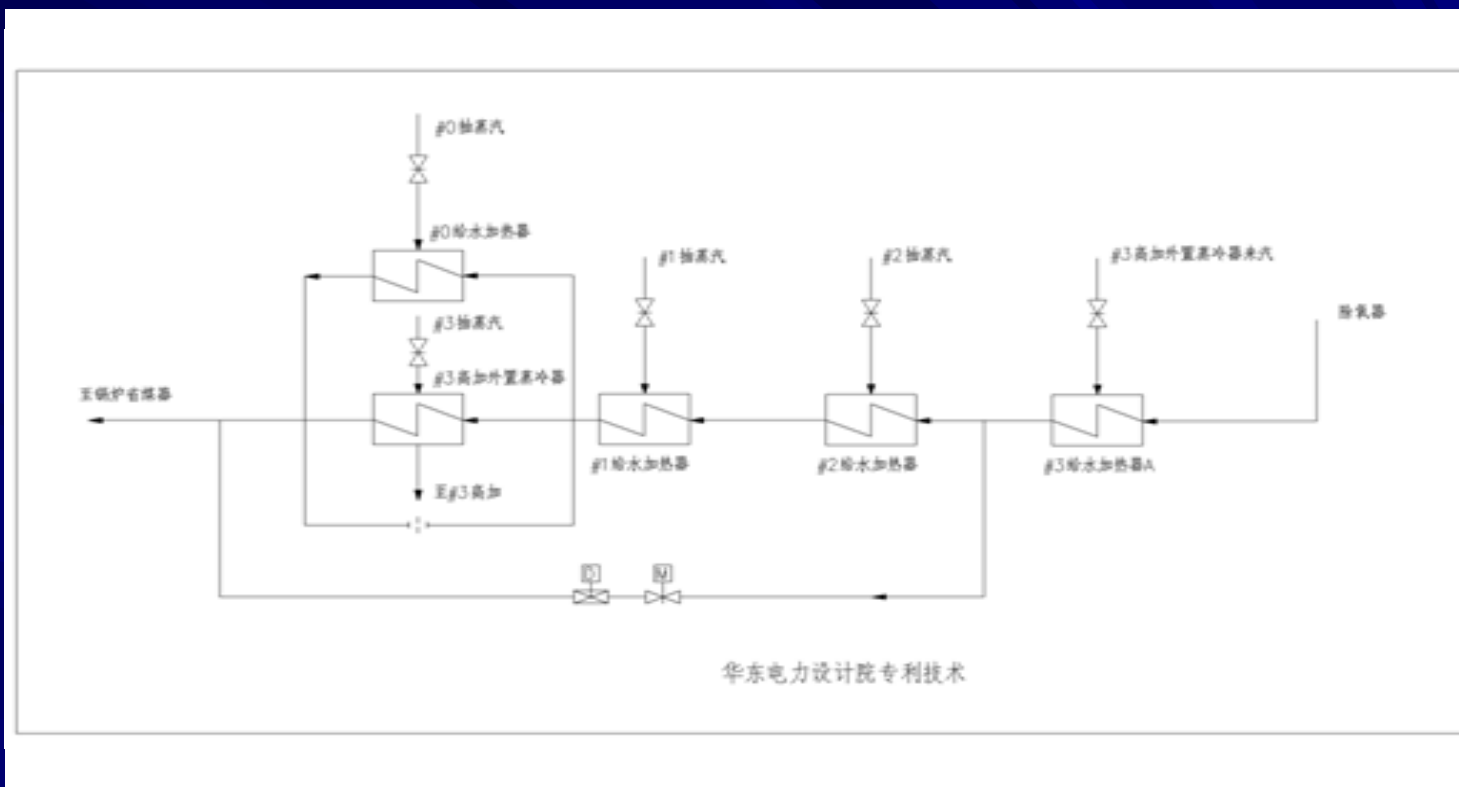
项目	单位	一次再热收益	二次再热收益
热耗降低 (~40kJ/kW.h)	万	+494	+594
多发电收益	万	+2803	+1961.5
总计	万	+3297	+2556



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

(2) 宽负荷高效回热系统技术（华东院专利）



- (1) 增加#0高加，提高低负荷时的给水温度，提高机组效率；
低负荷时,减少烟温下降,确保全负荷脱硝;
- (2) 增加高加调节旁路，提供节能调频方式。



华东电力设计院

CPECC ECPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

宽负荷高效热力系统的需求

根据近期大型火电机组实际运行情况，平均负荷率约为70%，部分负荷运行的时间较多。

机组采用滑压方式运行，随着机组负荷的降低，机组效率随之下降。

工况 项目	单位	THA	90%THA	75%THA	50%THA
功率	MW	1050	945	787.5	525
热耗率	kJ/kWh	7283	7313	7382	7636
最终给水温度	℃	297.3	290	277.9	253.9
机组发电效率	%	46.17	45.98	45.55	44.04
效率下降	百分点	基数	0.19	0.62	2.07
	比例	基数	0.4%	1.34%	4.48%



华东电力设计院

CPEDC ECPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

宽负荷高效---主机效率分析

		单位	90%THA	75%THA	50%THA
汽机热耗		kJ/kW.h	7308	7369	7592
锅炉效率		%	94.3	94.2	94.1
供电 煤耗	优化前	g/ kW.h	279.67	282.31	292.02
	优化后		279.16	281.82	290.62
运行时间		h	1000	4000	2000
功率		MW	945	788	525
节约标煤		吨/年	41	152	955
节约成本		万元/年	2.84	10.66	66.87
合计		万元/年	80.37 （标煤价按700元/t计）		



华东电力设计院

cpecc ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

宽负荷高效---投资分析

增加投资：约1020万元/机组

预计收益：320万/每年机组

静态投资回收期：约为3.5年。

注：适用于超超临界一次再热机组。二次再热机组已增加高加，给水温度达到锅炉最大允许值，再增加高加收益率低，可采用其中的给水旁路调频技术。



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

宽负荷高效---工程实践

1、外三2x1000MW

技改 (1) 增加50%给水容量#9高加

(2) 给水旁路不参与调频

(3) 补汽口抽汽先到炉侧加热热二次风，再到#9号

高加。

2、台州二期2x1050MW

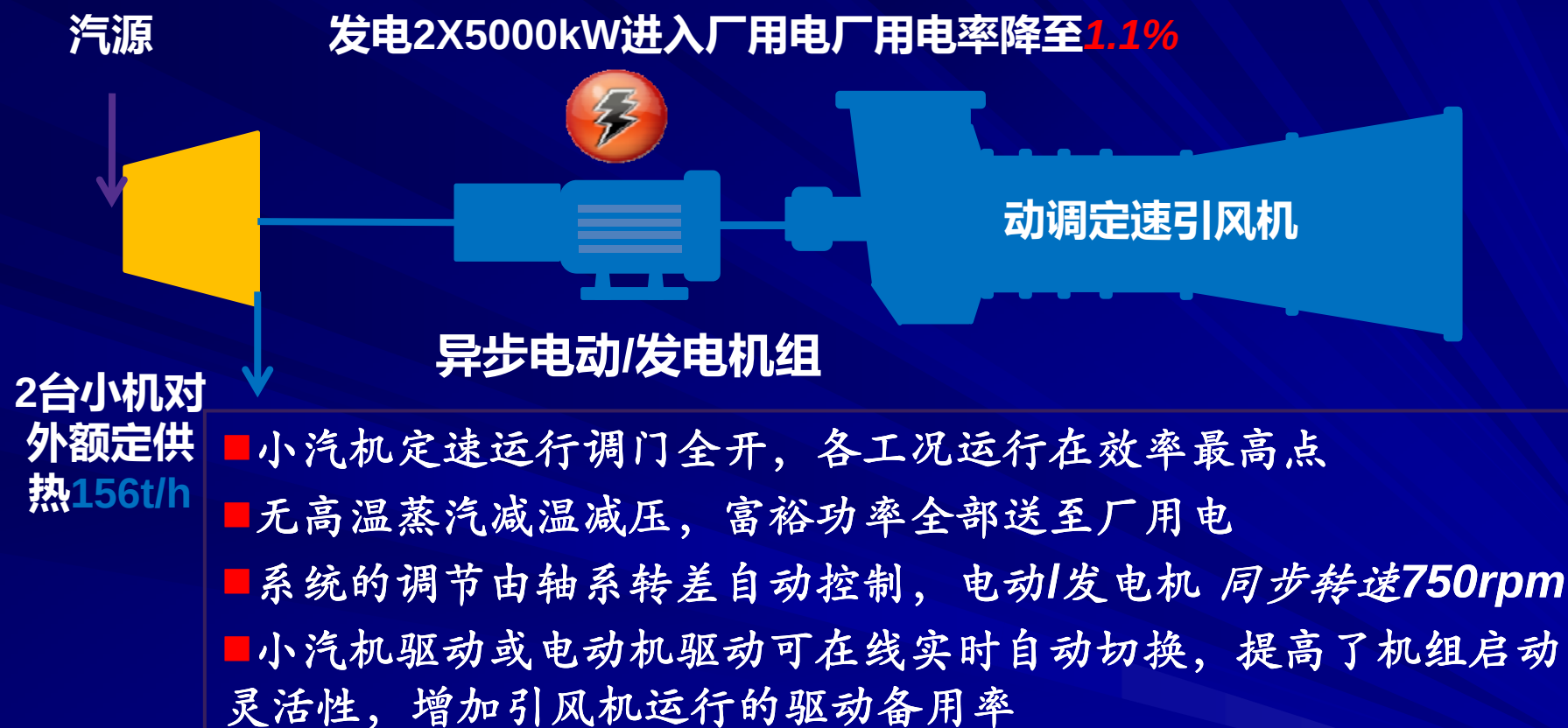
新建机组，2015年投运。



华东电力设计院

EPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

(3) 汽电双驱引风机供热方案



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

汽电双驱引风机供热方案

上海交大中试试验出具的报告结论为：

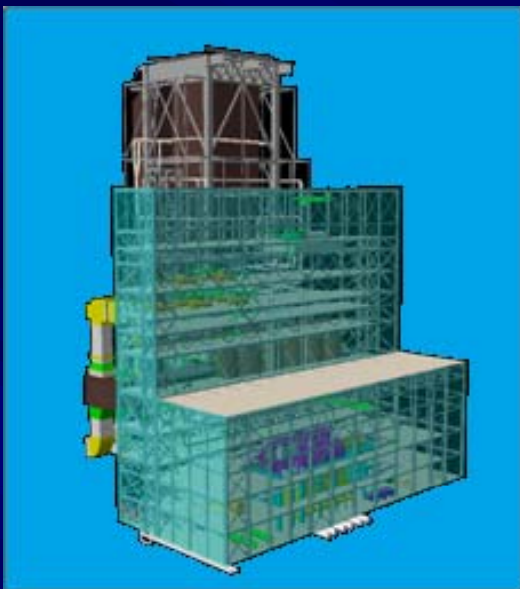
1. 小汽轮机驱动定速动叶风机与异步电机实现功率互补的方案是完全可行的；
2. 异步电机实现由电动机、空转、发电机等工作状态的切换，自然平滑，不会引起任何机械和电气冲击；
3. 异步电机并入电网后，其定子绕组上的三相电压和频率由电网决定，与系统的转速无关，所以系统运行稳定可靠，不会对厂用电网形成任何不稳定因素；
4. 异步电机并网投入，不需任何辅助装置，简单可靠，无任何冲击；
5. 需要时，可以脱开小汽轮机，异步电机作为异步电动机运行，单独驱动风机工作。进一步提高了引风机运行可靠性。



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

3、1350MW二次再热技术



- 主厂房采用整体三列式结构，从汽轮机至锅炉分别是：
 - 汽机房：布置低位机（IP+LP）
 - 汽机锅炉综合框架：顶层布置高位机（VHP+HP）
 - 锅炉房

采用高低位布置方案，可大大减少高压管道的用量，降低蒸汽流阻！



华东电力设计院

CPECC ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

3、1350MW二次再热技术

机组型式和参数

- 型式：双轴高低位布置
- 总出力：1350MW
- 参数：31~35 MPa、600℃、620℃、620℃
- 供电煤耗目标：251g/kW.h
- 示范工程目的：700℃技术的先验



华东电力设计院

cpecc ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE

4、1260MW一次再热技术

(1) 提高蒸汽参数：主汽->28MPa，再热温度->620℃

华能示范项目：1260MW、28MPa/600/620℃

台二1000MW、27MPa/600/620℃

滨海一期1000MW、27MPa/600/610℃

田集二期660MW、27MPa/600/620℃

(2) 热力系统优化

低温省煤器、9级回热、外置蒸冷器、流阻优化、变频、冷端优化等

汇总： 各技术路线的效率对比

路线名称	入口蒸汽参数		主汽 管材	热耗~ kJ/kW.h	热耗 下降 kJ/kW.h	发电 效率(%)	发电煤耗 g/kW.h
	压力 MPa(a)	温度℃					
超超临界 一次再热	25~27.0	600/600	P92	7350	基准	~45.6 (锅炉 94%)	270
高效超超临 界一次再热	27~28.0	600/610~620	P92	7200	150	~46.8 (锅炉 94.5%)	263
二次再热 (1000MW)	31	600/610~620/6 10~620	P92	7070	280	~47.6 (锅炉 94.5%)	258
双轴二次再 热(1350MW)	31	600/620/620	P92	6947	403	~49 (锅炉 95%)	251
50%发电效 率二次再热	35	610/630/630	新材 料	6785	565	~50 (锅炉 95.2%)	246

感谢您

对华东电力设计院的长期支持！



华东电力设计院

cpecc ECEPDI EAST CHINA ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE