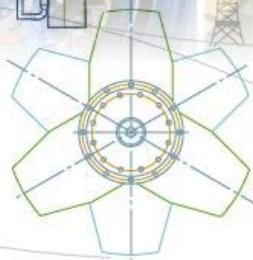
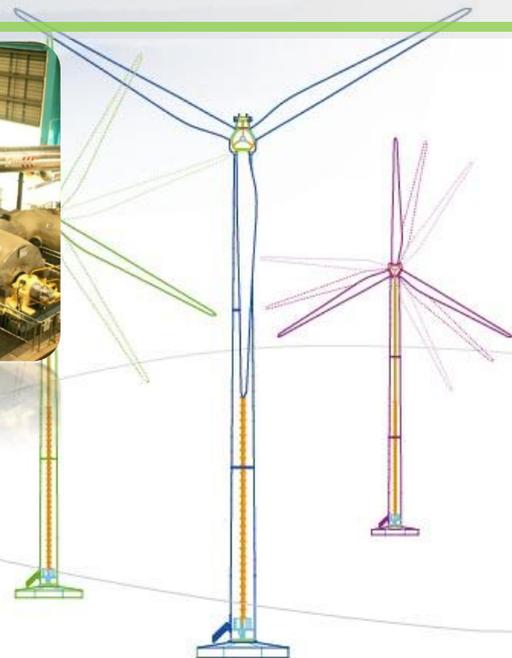
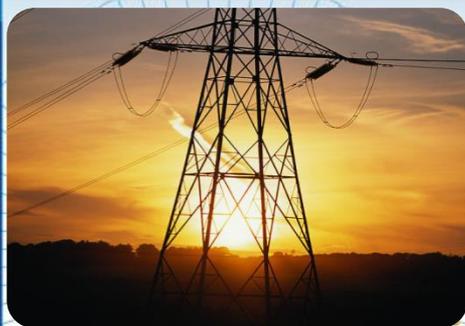


超超临界二次再热汽轮机介绍



目录

1

二次再热技术开发背景

2

先进的开发平台

3

优秀的产品业绩

4

关键技术

5

总结

二次再热技术
开发背景

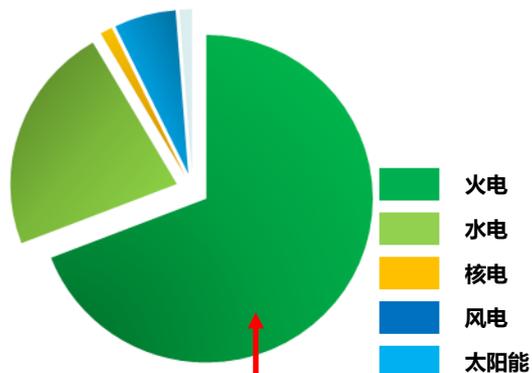
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

2013年全国电力装机容量图



总12.47亿kW
69.1%火电



更高蒸汽参数

高温材料，冷却技术

优化热力循环

回热再热级数增加

优化结构设计

提高效率，运行灵活性

冷端背压优化

排气面积增大

.....



**二次再热技术
开发背景**

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

二次再热经济性优势

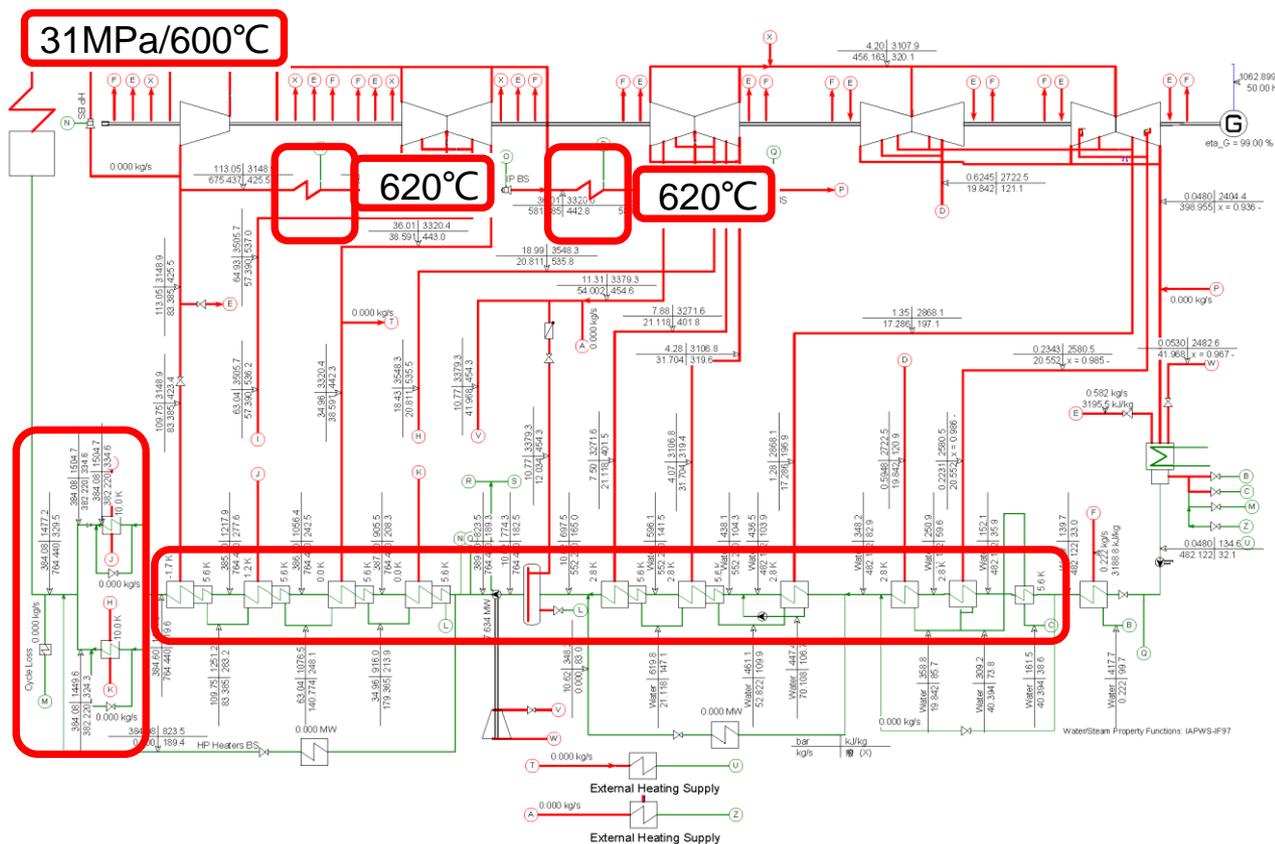
● **更高蒸汽参数**

主蒸汽参数：31MPa/600°C
再热温度：620°C

● **优化热力循环**

● **优化结构设计**

二次再热循环
十级回热循环
两级外置式蒸汽冷却器



二次再热技术
开发背景

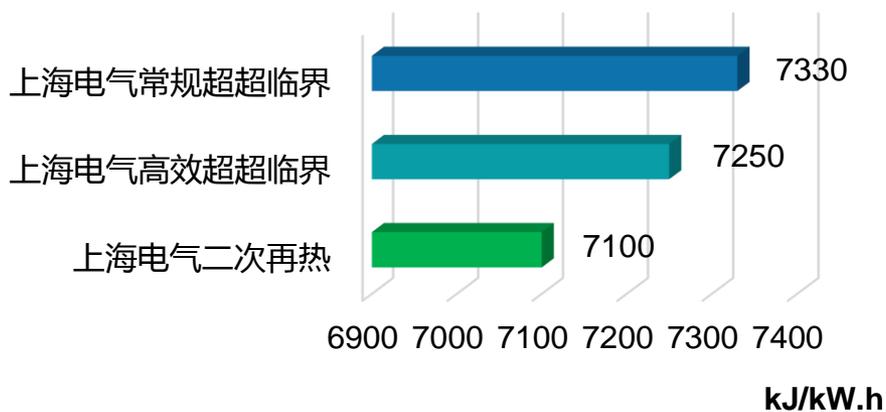
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

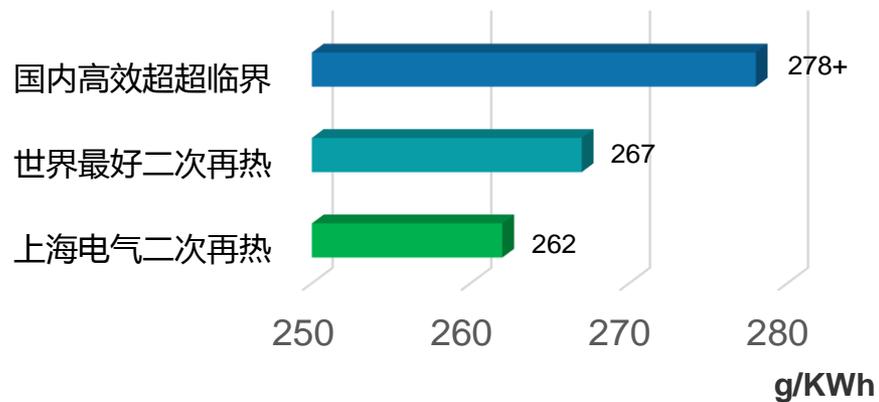
总结

机组热耗水平



7100KJ/KWh !

机组设计供电煤耗



262g/kWh !

机组设计效率 : 47.94%

二次再热技术 开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

1957

1973

1989

1997 2012

538/552/566

25台

11台

2012年中国
上海电气1000MW
35/600/620/620

丹麦Skaerbaek 3

日本川越2台700MW, 东芝31/621/566/566

第一台二次再热西屋125MW/31/621/566/566

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

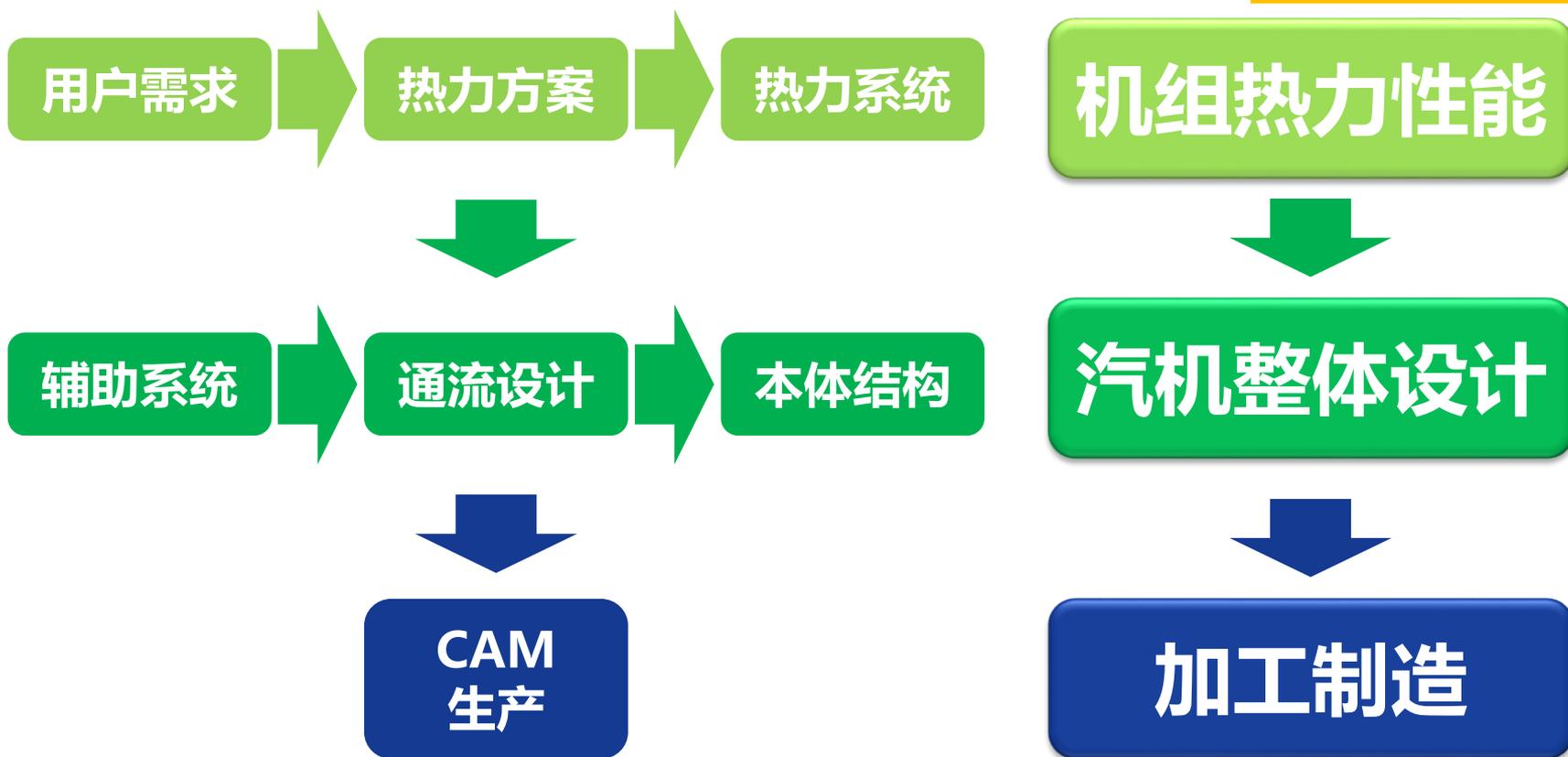
优秀的产品业绩

关键技术

总结

根据客户要求定制汽轮机

AIBT-整体通流设计



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

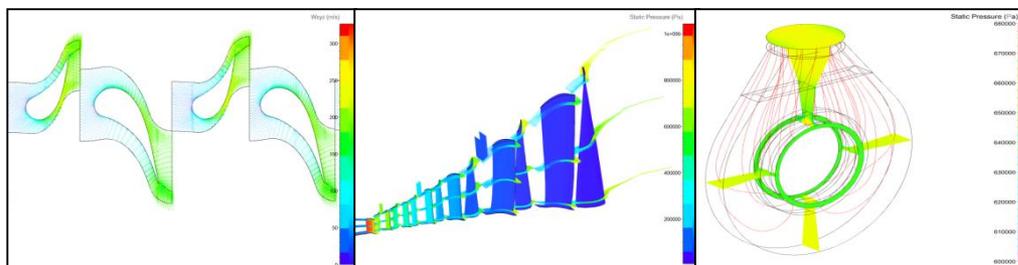
优秀的产品业绩

关键技术

总结

根据客户要求定制汽轮机

AIBT-整体通流设计



Optimized 3D-Profile



One Dimension

Quasi-3D

Full 3D

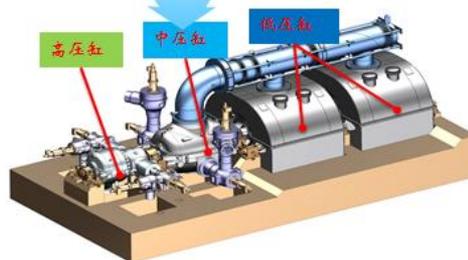
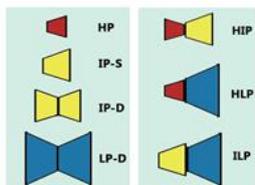
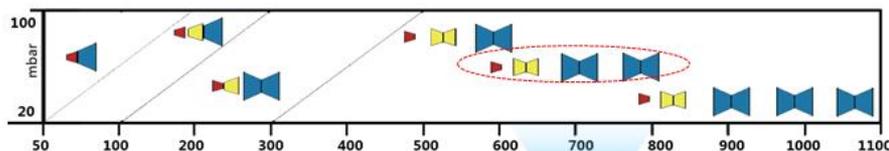
二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

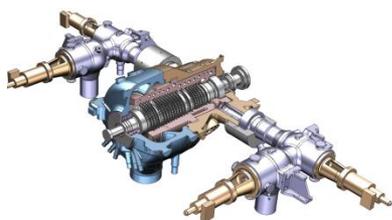
关键技术

总结



根据客户要求定制汽轮机

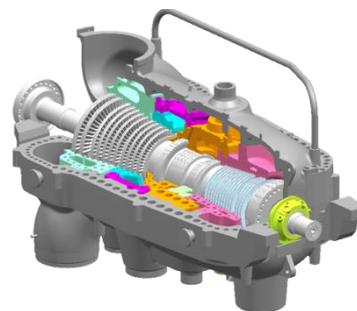
积木块设计体系



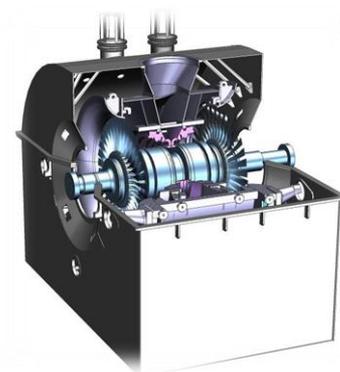
超高压、高压模块



中压模块



高中压模块



低压模块

根据不同的机型，选用相应的模块来满足机组要求

二次再热技术
 开发背景

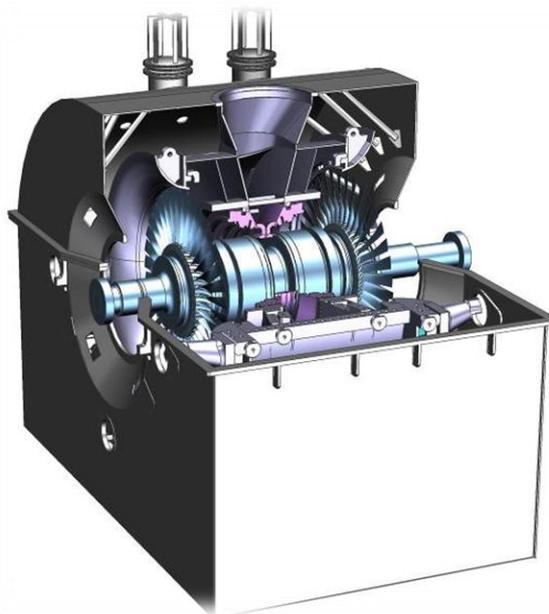
先进的开发平台

优秀的产品业绩

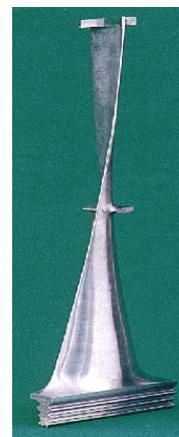
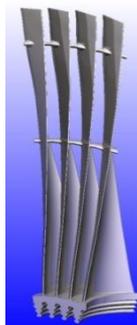
关键技术

总结

先进的长叶片开发体系



低压模块	LP-D8			LP-D10		LP-D12.5	...
末级叶片高度mm	820	905	914.4	910	1050	1146	
排汽面积m ²	6.3	7.25	7.31	7.568	9.19	10.96	
冷却方式	空冷	湿冷	湿冷	空冷	湿冷	湿冷	
末级叶片高度mm	905	914	1050	1146	1430	820	910
类型	LSWB	FSB	ILB	FSB	ILB	ILB	ILB
冷却方式	湿冷	湿冷	湿冷	湿冷	湿冷	空冷	空冷



二次再热技术
开发背景

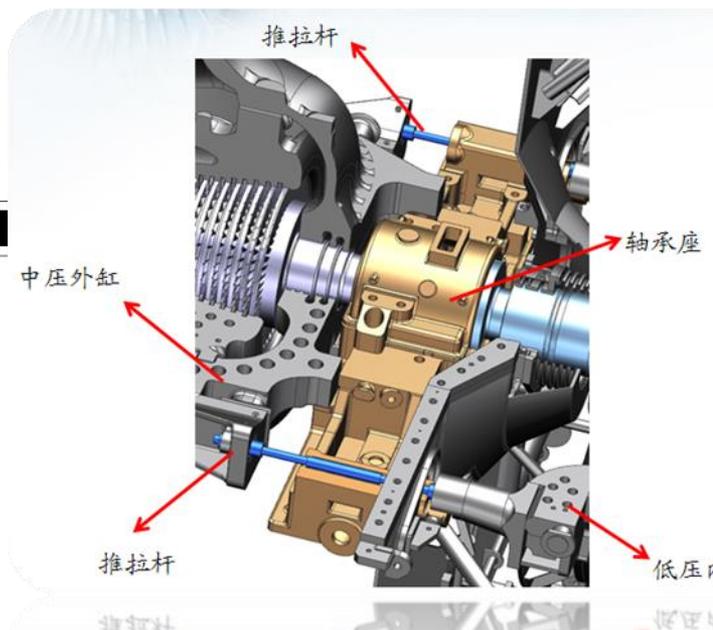
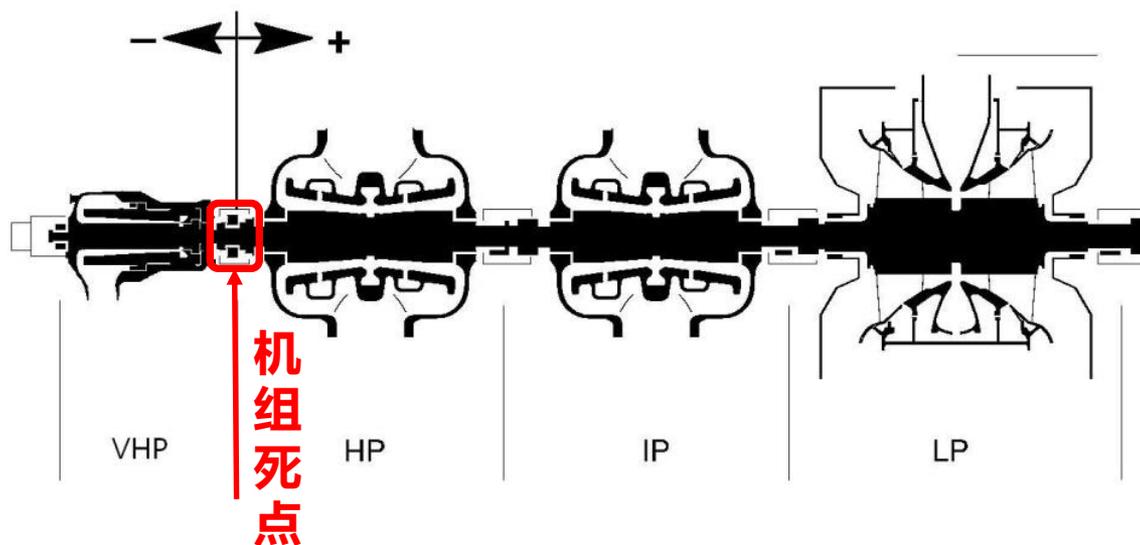
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

先进的轴系设计体系



- 单轴承支撑，轴承数量 $N+1$ 个，**轴系短**；
- 轴系总长约36米/31米，比其他厂家常规一次再热机组还要短；
- 转子支撑落地，不受背压变化及汽缸变形影响，机组的**轴系稳定**；
- 单轴承比压大，采用高粘度油，**抗干扰稳定性好**；
- 超高压转子刚性大，**抗汽隙激振**的稳定性好。

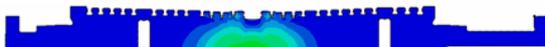
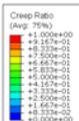
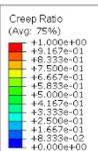
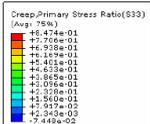
二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

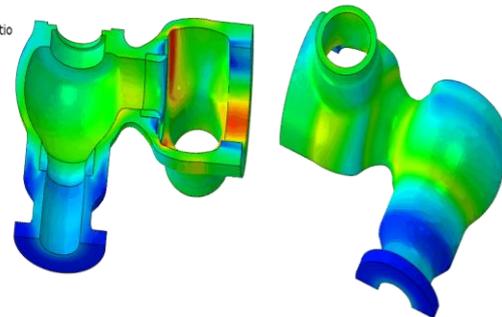
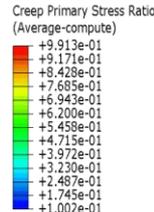
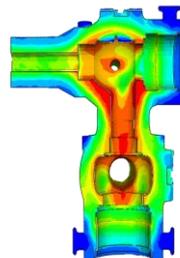
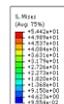


- ▶ 涵盖整锻、焊接、红套
- ▶ 支撑方式
- ▶ 计算分析准则

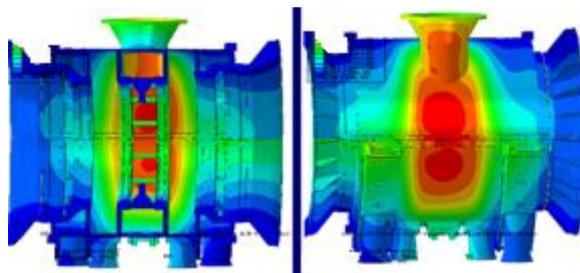
- 强度分析准则
- 高温蠕变分析
- 高周疲劳分析
- 低周疲劳及寿命分析
- 转子动力学分析

- 机组启停的温度场分析
- 结构强度分析
- 高温蠕变强度及寿命分析
- 疲劳寿命分析
- 汽缸刚度分析
- 密封性能分析

先进的强度设计体系



阀门强度分析计算



汽缸强度分析计算

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

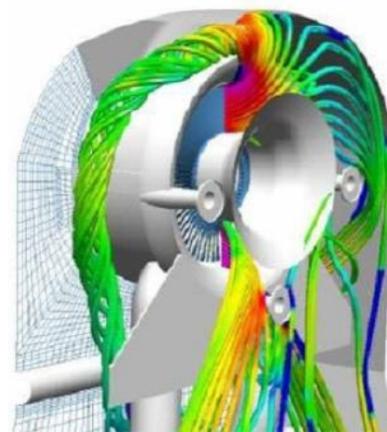
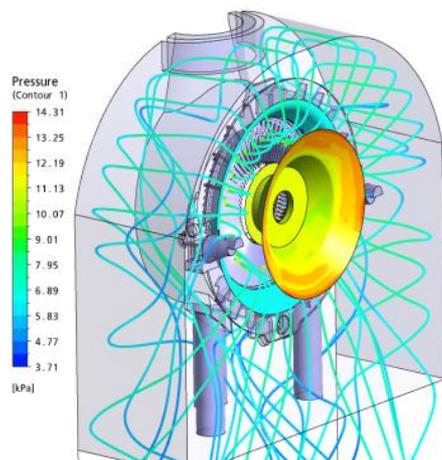
总结

通过流场计算分析——完善结构型线——降低损失、提高效率

先进的流场计算分析体系

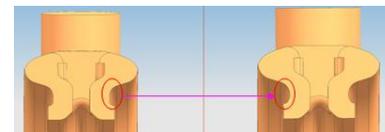
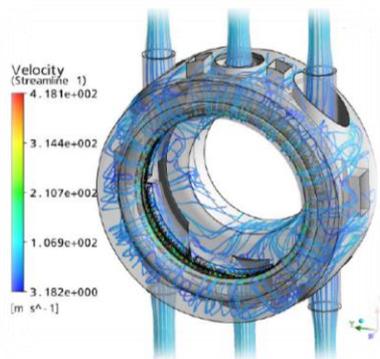
► 排汽腔室

- 减少二次损失
- 调整压力分布
- 优化结构设计
- 提高效率



► 进汽腔室

- 优化进汽流道
- 减小进汽压损
- 提高效率



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

先进的焊接转子设计体系

具有50多年的焊接转子设计、制造运行经验

已经成功焊接制造各类转子**460余根**

432根已经投入商业运行

没有出现因焊接质量造成停机返修的事故

火电

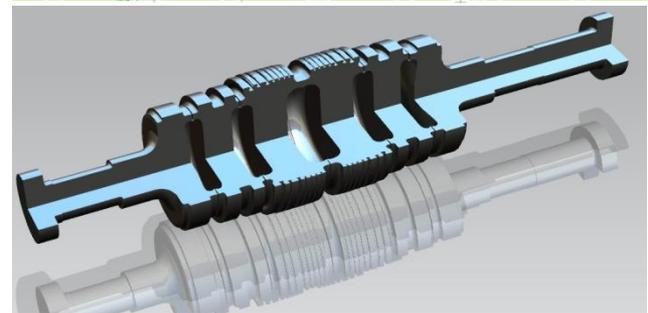
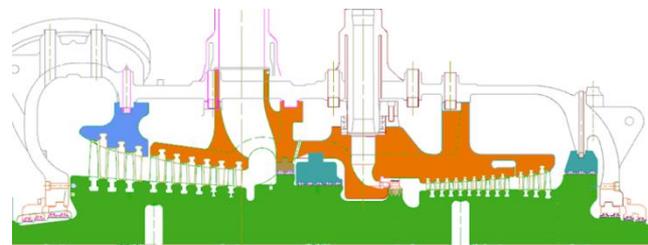
- 超临界**600MW**高中压转子—奉节
- 超超临界**660MW**中压转子—朱家坪
- 再热温度**620°C**超超临界系列中压转子—**FB2**

联合
循环

- **E级**一拖一、三压再热、单缸汽轮机
- **F级**一拖一，中低压转子

核电

- 巴基斯坦**K2K3**项目，百万等级核电低
压转子



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

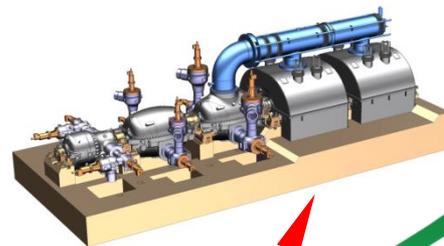
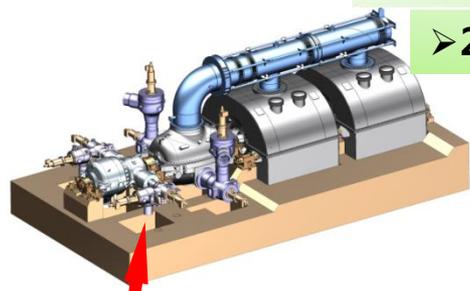
上海电气超超临界技术的发展

➢ 2003:全面引进西门子百万超超技术

➢ 2006:玉环26.25/600/600双投

➢ 2008:外高桥27/600/600双投

➢ 2009:北疆**百万抽汽**双投



196
玉环

B196
北疆

195
望亭

C195
布连

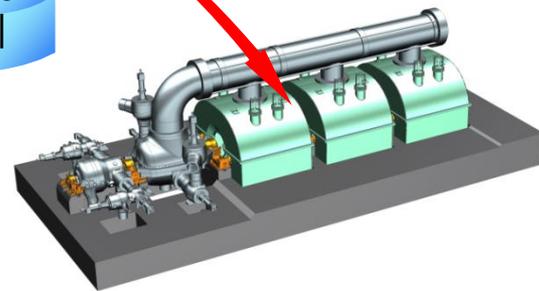
E195
田集

F195
长兴

DR96
泰州

1240

35MPa
>700°C



➢ 2009:**自主设计超超66万望亭**双投

➢ 2012:自主设计布连**超超空冷**投运

➢ 2013:27/600/620**高效超超**投运

➢ 2014:28/600/620**高效超超**投运

➢ 2013:**二次再热**泰州项目开发/1240MW**大容量**机组开发

➢ 开发**>35MPa/>700°C**高超超临界机型



二次再热技术
开发背景

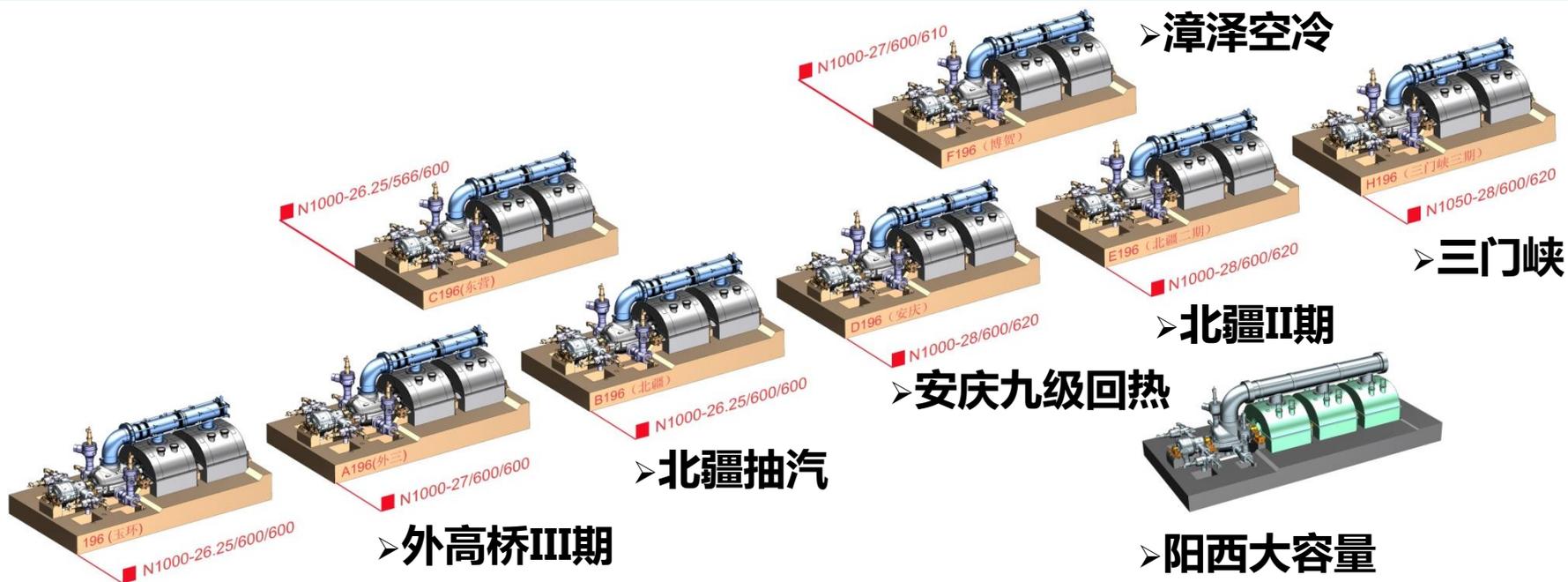
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

1000MW等级超超临界系列



➤ 玉环

- 功率等级: 1000MW ~ 1240MW
- 最高蒸汽参数: 28MPa/600°C/620°C
- 冷却方式: 湿冷、空冷

二次再热技术
开发背景

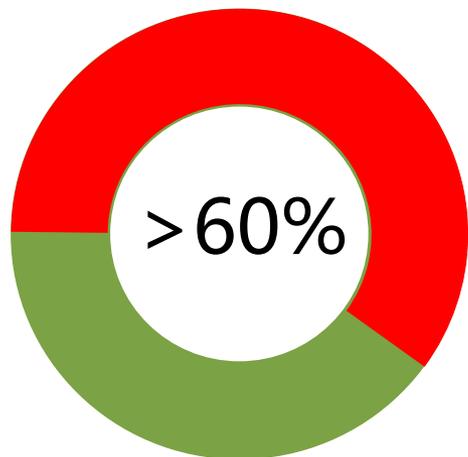
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

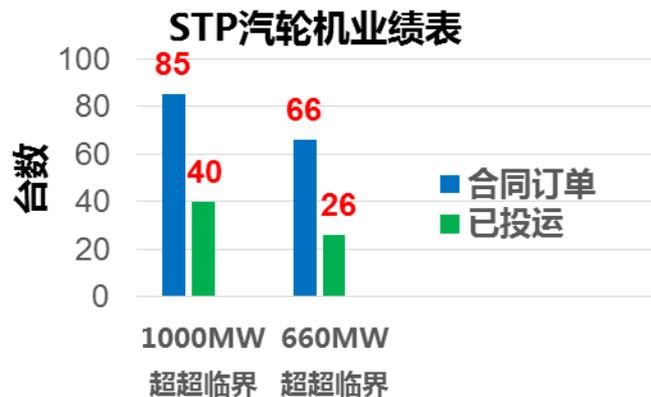
总结

上海电气超超临界机组业绩

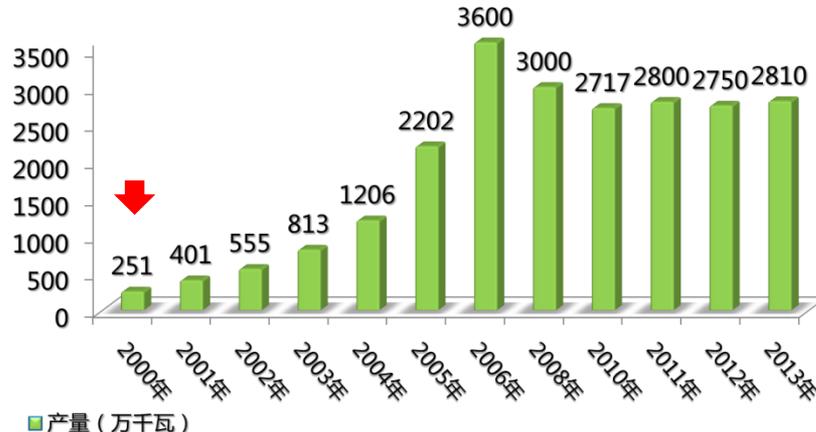


市场占有率 > 60%

国内唯一有高参数超超临界机组投运业绩。
优秀的性能和服务带来了卓越的机组业绩。工厂稳健运营，产量饱和。



上海汽轮机厂年装机量



二次再热技术
 开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

上海汽轮机厂超超临界机组业绩

项目名称	机型	设计热耗 kJ/kW.h	实测热耗 kJ/kW.h
华能玉环电厂#1~#4	N1000-26.25/600/600	7316	7296/7315/7291/7314
国电北仑电厂#6、#7	N1000-26.25/600/600	7328	7327/7310
外高桥电厂#7、#8	N1000-26.25/600/600	7320	7305/7296
华电望亭电厂#3	N660-25/600/600	7315	7308
国电布连电厂#1、#2	NZK660-27/600/600	7652	7651/7645
田集电厂#3、#4	N660-27/600/620	7292	7273/7272

上海汽轮机厂超超临界系列汽轮机性能试验结果均能达到设计保证热耗

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

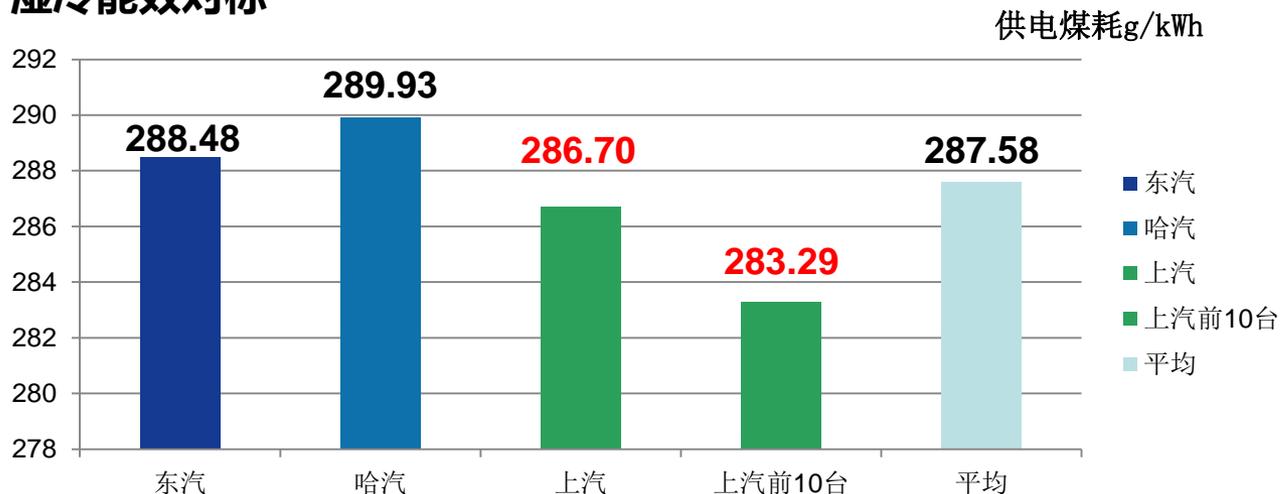
关键技术

总结

2013年度超超临界1000MW等级湿冷能效对标

2013年度全国超临界1000MW等级湿冷机组
平均供电煤耗295g/kw.h

2013年度1000MW等级 湿冷能效对标



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

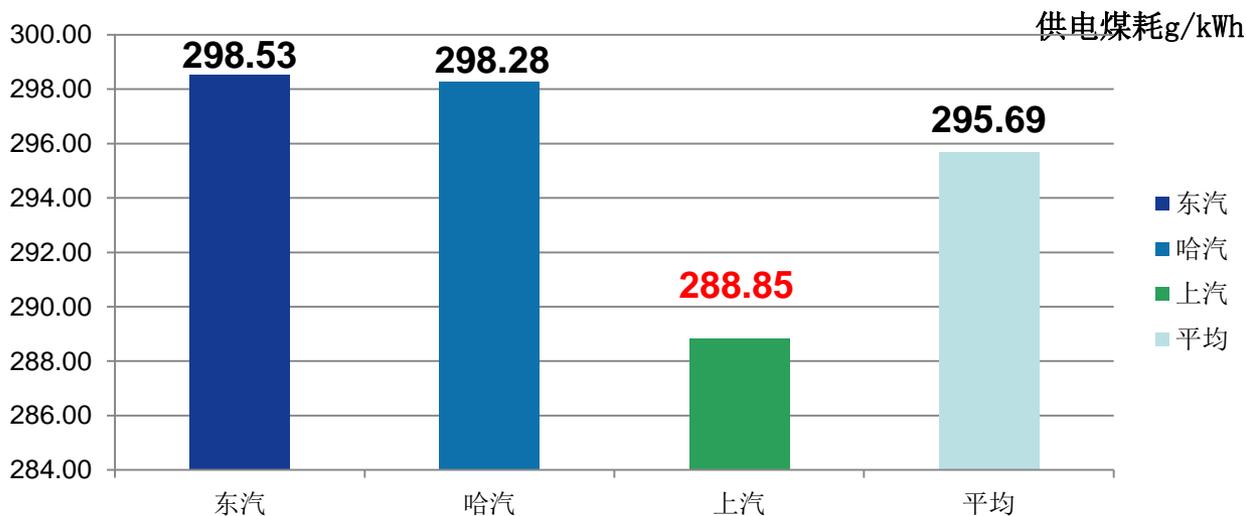
关键技术

总结

2013年度超超临界600MW等级湿冷能效对标

2013年度全国超临界600MW等级湿冷机组
平均供电煤耗304g/kw.h

2013年度超超临界600MW等级 湿冷能效对标



二次再热技术
开发背景

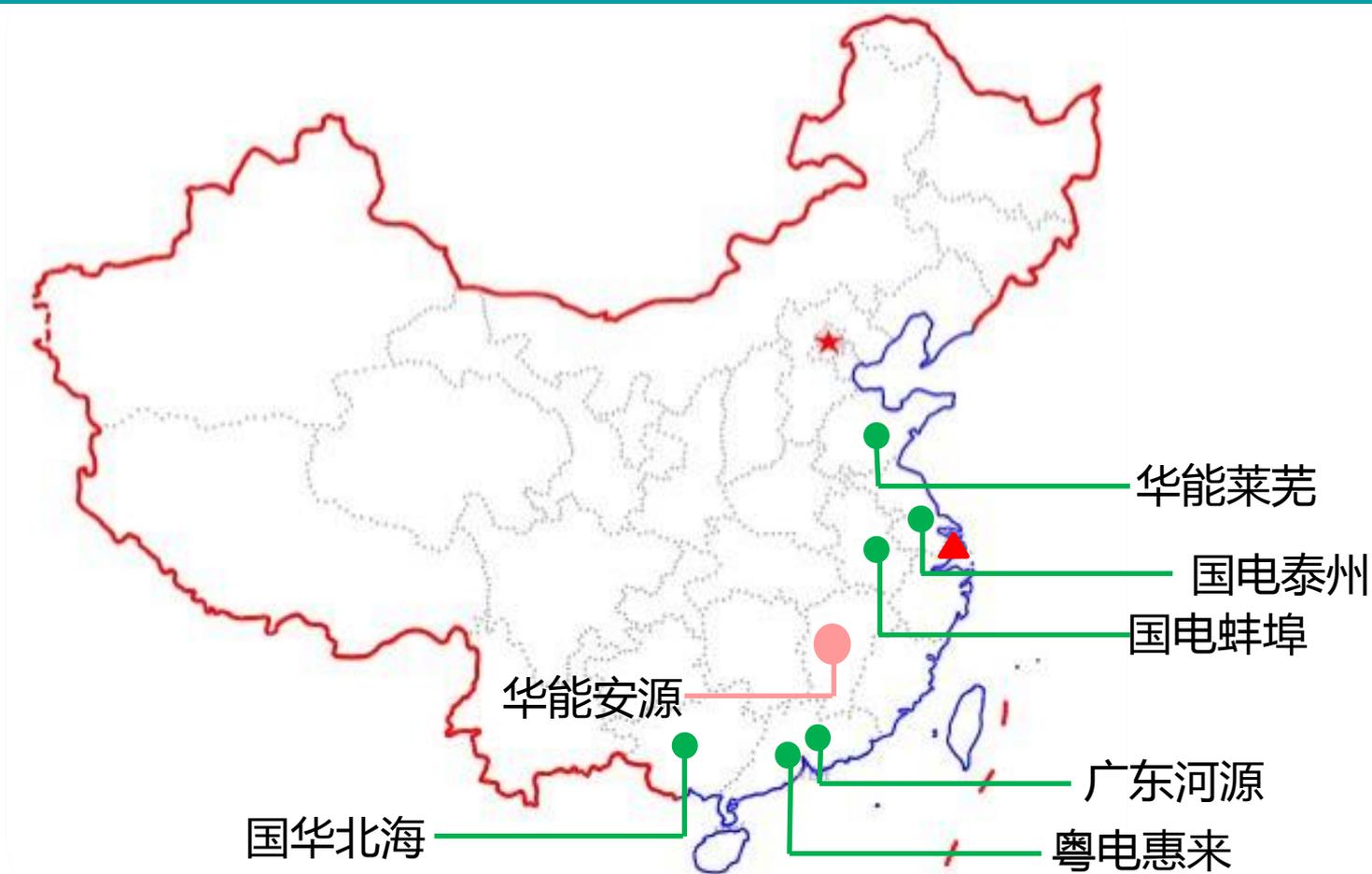
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

目前二次再热机组订单情况



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

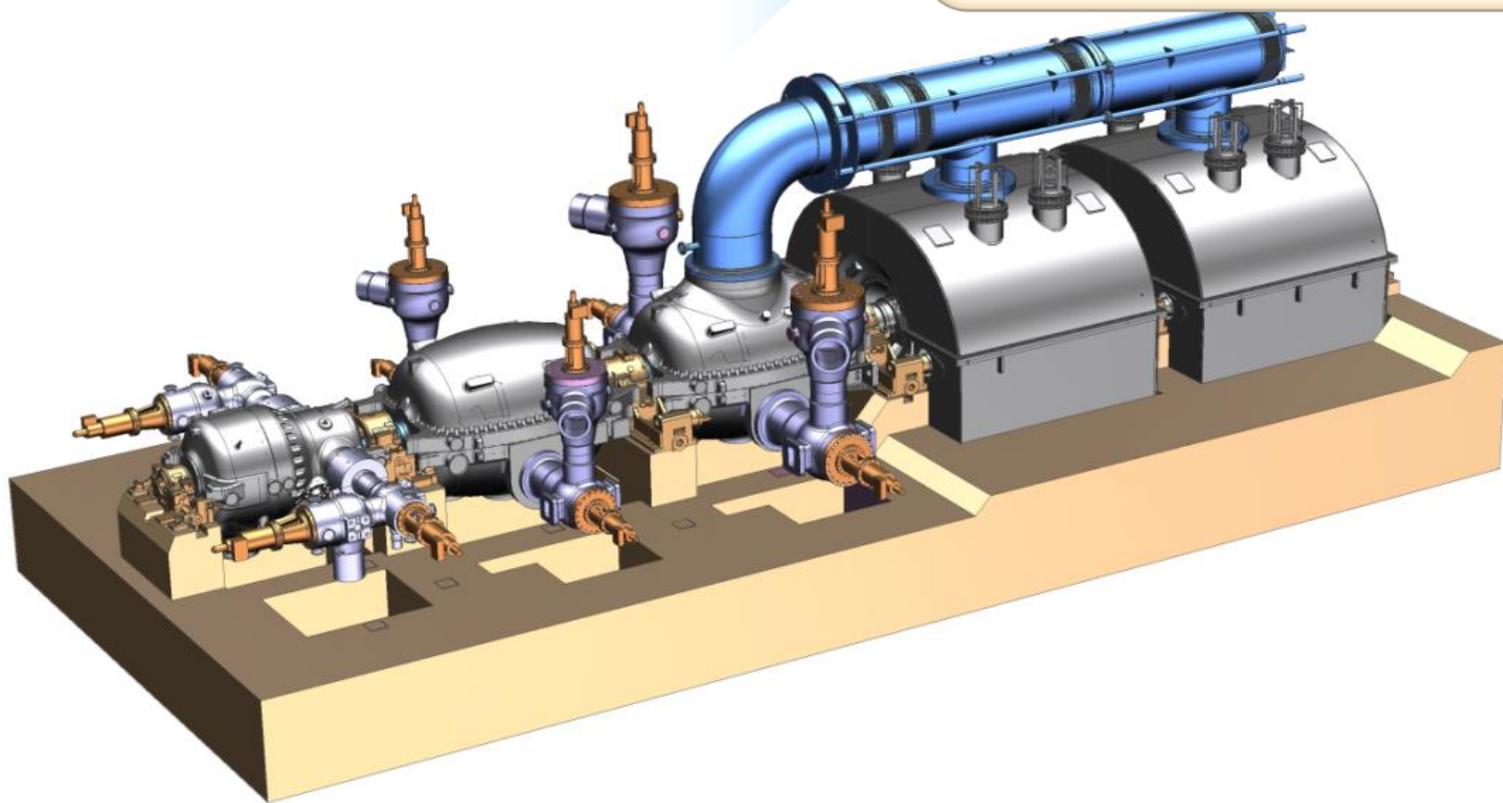
优秀的产品业绩

关键技术

总结

- 国内首台、世界最大的二次再热机组
- 国内进汽参数最高、设计煤耗最低
- 国内首台五缸四排汽火电汽轮机

引领了高效洁净燃煤
电厂的发展方向，为我国
700°C计划做技术储备！



二次再热技术
 开发背景

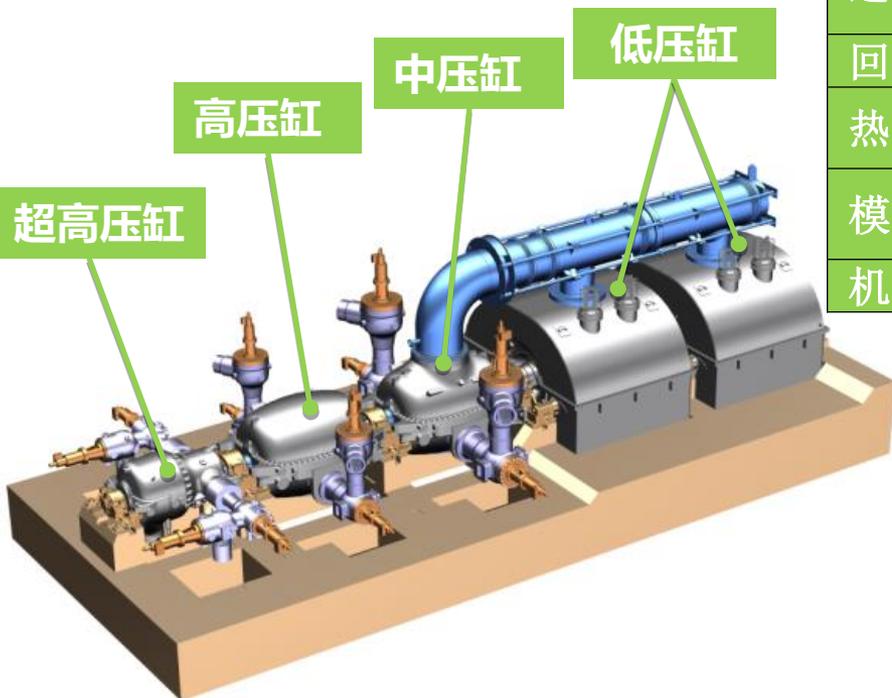
先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

	二次再热超超临界机组	
结构型式	单轴、五缸四排汽、二次再热凝汽式	
额定出力	1000MW	660MW
进汽参数	31MPa-600°C/610°C/610°C 31MPa-600°C/620°C/620°C	
回热系统	4高+1除氧+5低	
热耗收益	~3.3%~3.6%	
模块组合	VHP(超高压)+HP(高压)+IP(中压)+2LP(低压)	
机组总长	~36m	~31m



- ✓ 无台板、轴承座整体灌浆
- ✓ 低压外缸与凝汽器刚性连接
- ✓ 无导汽管、单联通管
- ✓ 超高、高、中压缸整体发运
- ✓ 可靠性高、12年一次大修

上海电气超超汽轮机基本技术特点

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结

**关键
技术**



模块开发



高温材料应用



启动方式

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

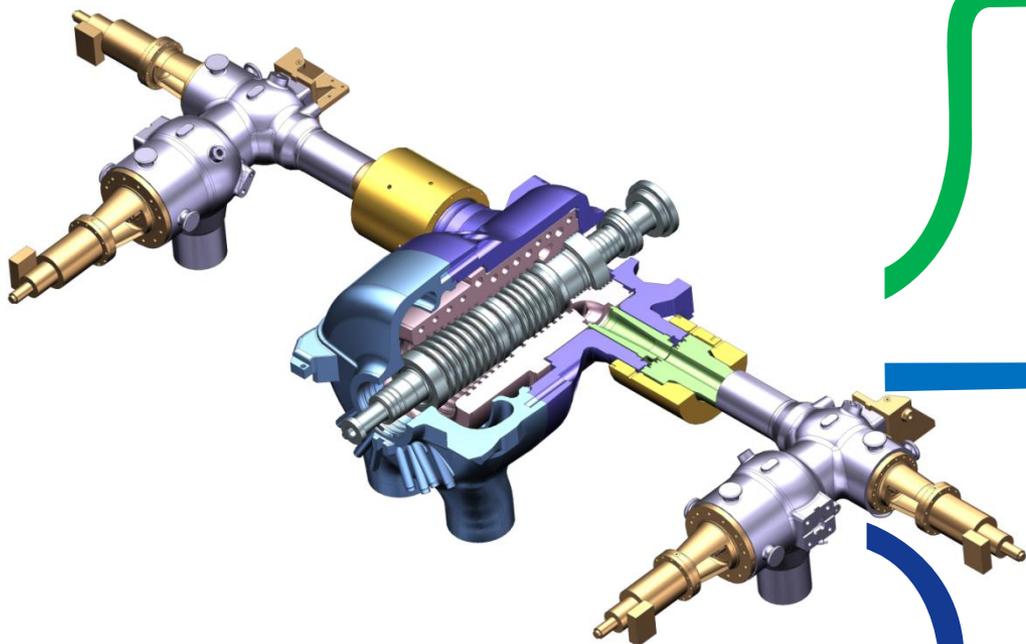
优秀的产品业绩

关键技术

总结



模块开发 VHP



•T不变，P从27MPa→35MPa
•对现有超超临界高压缸模块进行优化设计，材料不变

调整内外缸壁厚、结构尺寸、夹层压力分配以满足压力升高要求。

取消原1抽抽汽口、补汽腔室及接口，缸体旋转对称性更好。

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

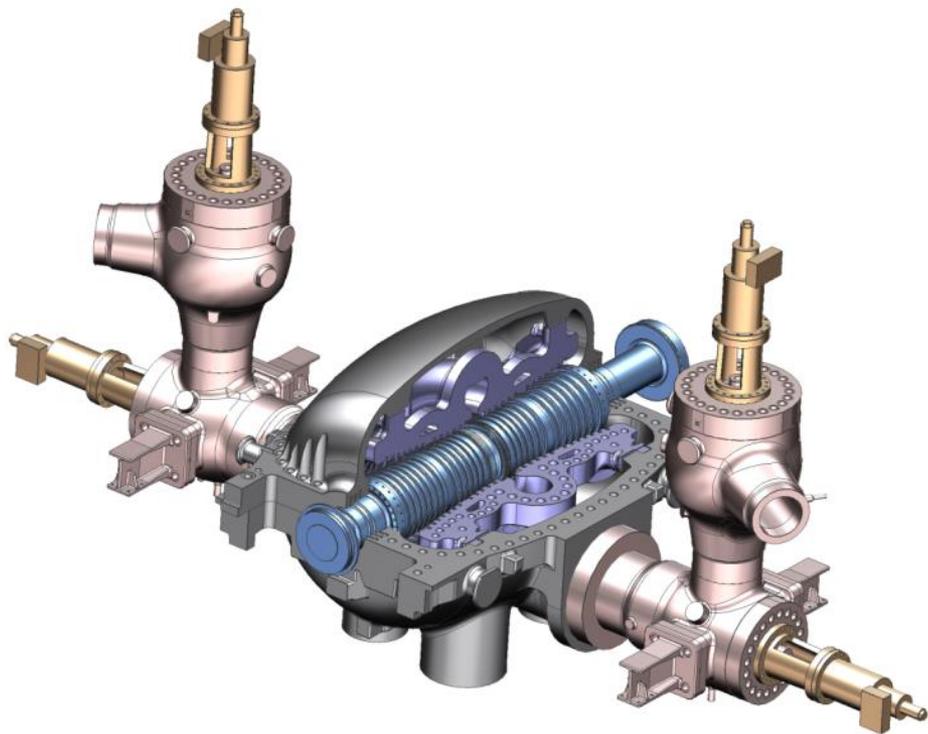
关键技术

总结



模块开发 **HP**

- 再热温度和再热压力提高，在现有较小中压模块IP-1上进行改型设计
- 增加阀门、汽缸的壁厚
- 内缸、阀壳、转子采用新材料，外缸由球墨铸铁改为铸钢件



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

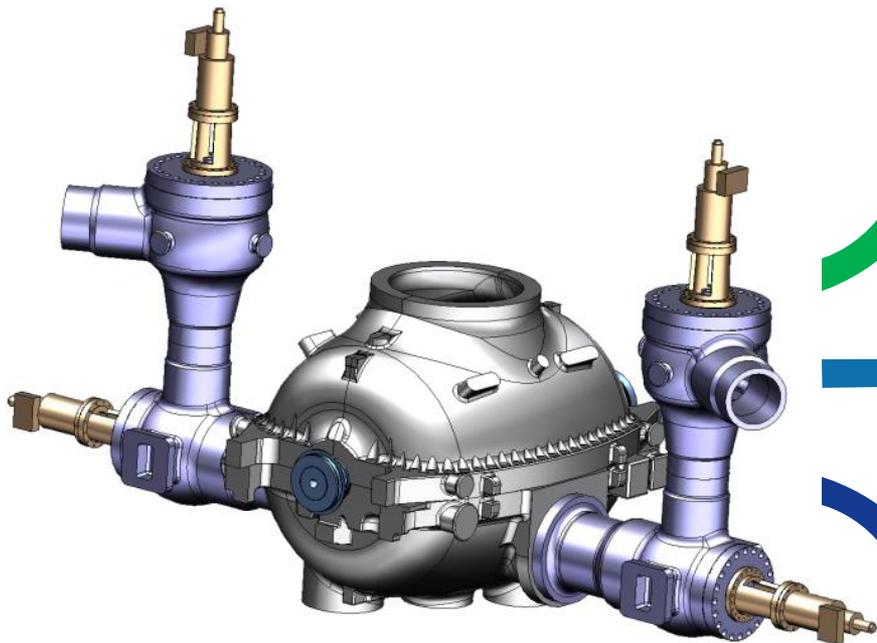
优秀的产品业绩

关键技术

总结



模块开发 IP



二次再热中压缸进、出口压力仅为原来一次再热中压缸的1/2，蒸汽比容增加了~50%，必须采用更大的中压缸。

在IP-3模块基础上改型设计，设有四级回热抽汽口，满足二次再热十级回热抽汽要求；采用双层内缸结构满足中分面密封要求。

内缸、阀壳、转子采用新材料，外缸采用新型球墨铸铁

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

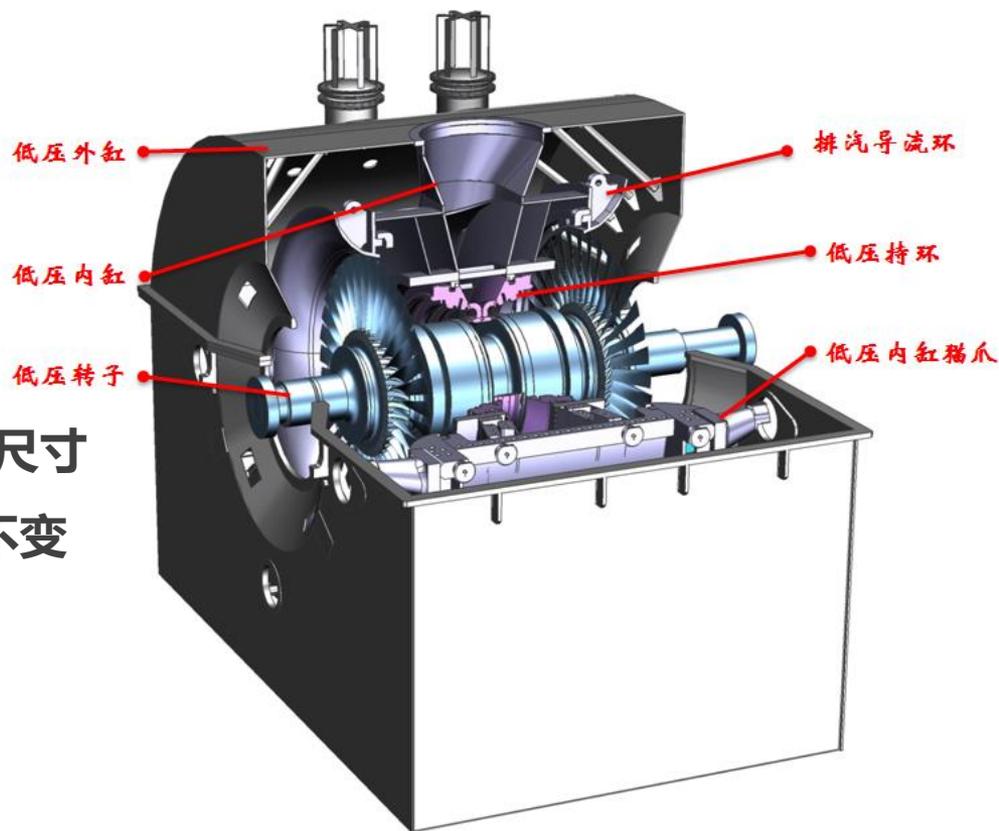
关键技术

总结



模块开发 LP

- 通用现有模块
- 根据容积流量选择相应的排汽面积
- 以泰州项目为例，模块结构和总体尺寸与一次再热1000MW比较均保持不变



二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结



高温材料的应用

COST501
(1986-1997)

COST522
(1998-2003)

COST536
(2004-2009)

Temperature / °C	max 565	max 600/(625)	625 - 650	650 - 720
	1-2Cr / 0,5 -1Mo/V, 12Cr / 1Mo / V			
	9-10Cr / 1Mo / (W) / V / Nb / N			
	10-11Cr / 1Mo / (W) / V / Nb / N / B / Co			
	Ni-base alloys			

欧洲的先进铁素体钢研究集中在:

COST 框架内 (CO-operation in Science and Technology)

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结



高温材料的应用

我厂620°C材料技术准备情况:

时间	节点指标
2011.8	已订购全尺寸FB2中压转子毛坯
2012.3	配套铸件厂宏钢公司试制CB2再热主门阀壳毛坯浇注成功
2012.4.27	新型球墨铸铁中压外缸毛坯浇注成功
2012.5.31	CB2再热调阀毛坯成功
2013.2	FB2中压转子到厂
2013.4	CB2中压内缸到厂

国内首台高参数超超临界机组-田集电厂于2013年底顺利投运

国内最高参数超超临界机组-长兴电厂于2014年底投运

二次再热技术
 开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

总结



启动方式

西安热工院朱宝田《三种超超临界1000MW汽轮机简介》的数据比较

项目		东汽	哈汽	上汽
启动方式		高压缸启动	高中压缸联合启动	高中压缸联合启动
冲转至额定 负荷时间 (min)	极冷态/冷态	302	360	325/125
	稳态	182	195	55
	热态	90	110	29
	极热态	90	110	10

- 采用**超高压/高压/中压联合启动方式**
- DEH/ETS系统一体化，**自动控制，一键启动**
- 除大修后初次启动外，**5分钟达到3000r/min**
- 独特的膨胀系统及高轴系稳定性，快速升转速；
- 超高压缸结构独特、无热应力约束，可承受更高排汽鼓风发热。

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

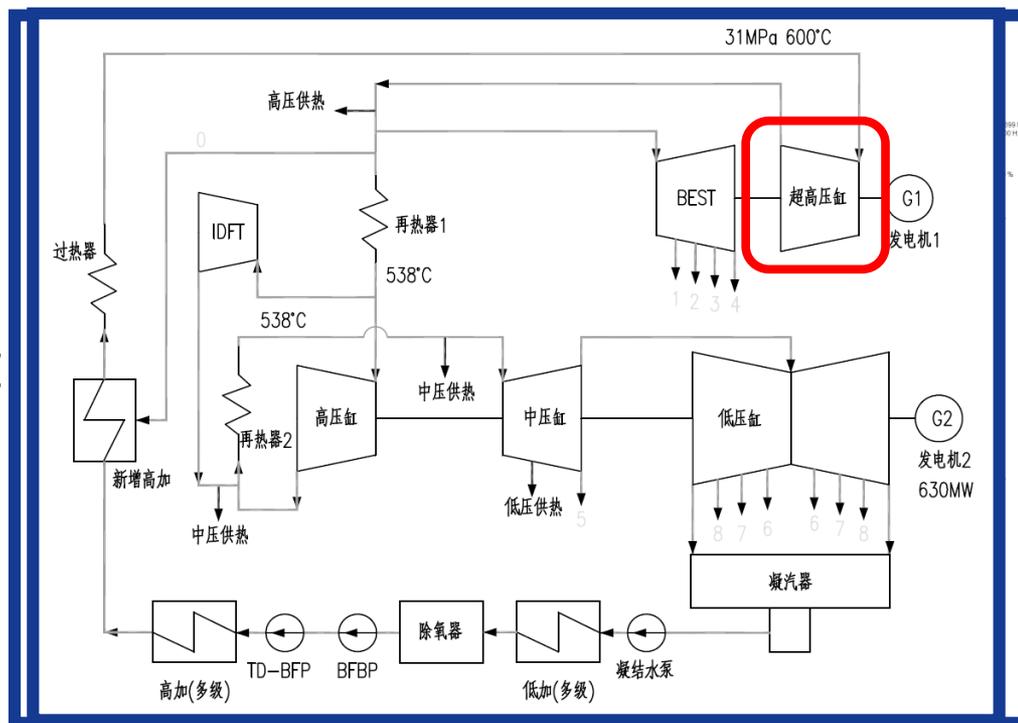
关键技术

总结



二次再热技术拓展方向

- BEST透平方案
- 主参数进一步提升至到
35MPa/610°C/630°C/630°C
- 跨代升级改造中
二次再热技术的应用



上海电气二次再热机组拥有巨大的潜力！

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

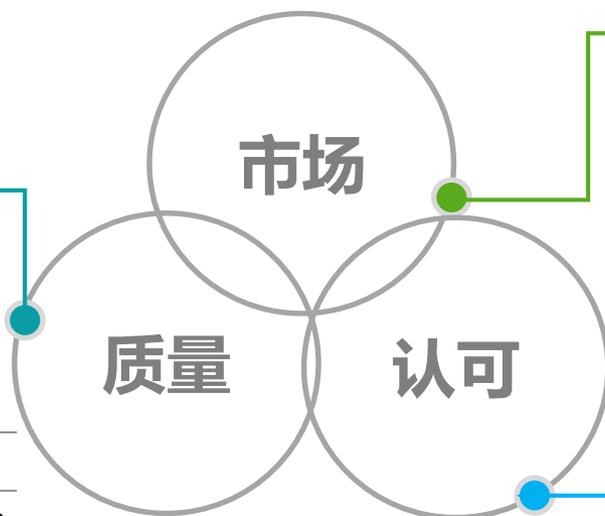
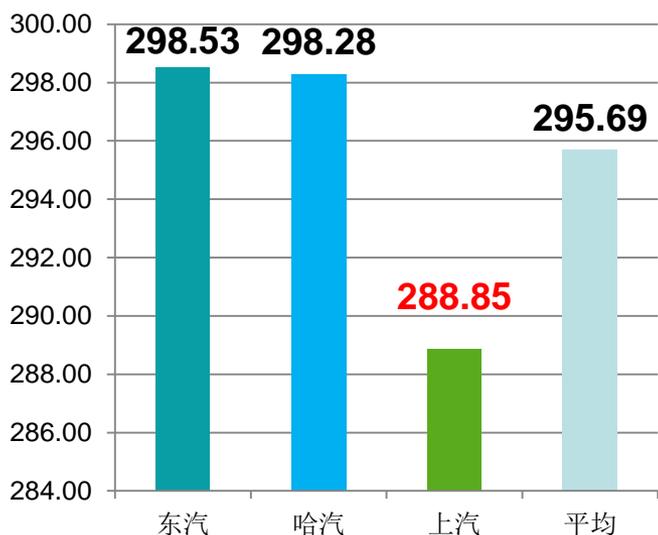
关键技术

总结

供电煤耗水平

市场占有率

2013年度超超临界
600MW~700MW等级
湿冷能效对标




- 超超临界66万、100万市场占有率超过**60%**
- 国内首台620°C
- 国际首台超超二次再热
-

- 100万机组获工博会金奖
- 100万机组获节能环保金奖
- 66万获机械工业科学技术奖
-



行业认可度

上海电气超超临界产品拥有卓越的表现

二次再热技术
开发背景

先进的开发平台

优秀的产品业绩

关键技术

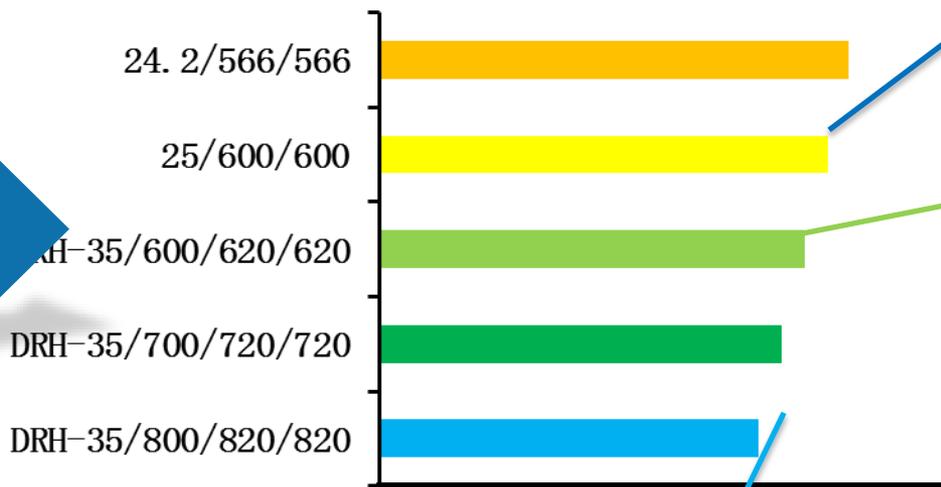
总结

600°C超超临界

一次再热-28/600/620
二次-31/600/620/620

700°C超超临界

设计机型热耗对比图



1

参数收益**1.7%**
结构收益**2.6%**

2

- 620°C-**0.54%**
- 35MPa-**1.5%**
- 二次再热-**1.6%**
- 系统优化-**1.5%**;

应用铁素体材料：最大有**5.14%**收益

3

应用镍基材料：提高100°C收益**5%**

高参数二次再热是介于目前已投运的超超临界机组和将来700°C计划之间的新一代超超临界机组。其性能指标达到世界一流水平，极具市场竞争力。

上海电气超超临界产品拥有完备的系列开发计划

与创造者共创未来！



谢谢！

