EPTCHINA.CN 中国电力科技网 SXEC苏夏

第十届“大机组供热改造与优化运行技术2018年会”

黄 果

东方电气集团东方汽轮机有限公司产品研发中心副主任，高级工程师。哈尔滨工程大学学士，西安交通大学能动学院工程硕士，长期从事大型透平机械发电设备研发工作，是大型电站汽轮机设计专家，在汽轮机总体设计、汽轮机本体结构开发、汽轮机通流改造技术研究等方面都有丰富的经验，主持完成了多项大型电站汽轮机组研发、攻关项目，机组涵盖了100MW到1000MW等级汽轮机，曾多次荣获省部级科技进步奖和多项发明专利。

东方汽轮机供热改造技术

2018年10月10-12日 中国·常熟

东方电气集团东方汽轮机有限公司

东方汽轮机供热改造技术介绍

黄果　　2018年9月

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

目 录
CONTENTS

一、东方汽轮机有限公司简介
二、常规供热改造技术
三、高背压供热改造技术
四、低压缸切除供热技术
五、结束语

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

2018 创新发展

- 转型升级，向高质量发展

2010 灾后重建

- 东汽八角基地重建于四川德阳国家级高新技术产业园区

2008 特大地震

- 东汽汉旺基地损毁直接经济损失27亿元

2006 企业改制

- 完成公司制改革，成立东方汽轮机有限公司

1966 开工建设

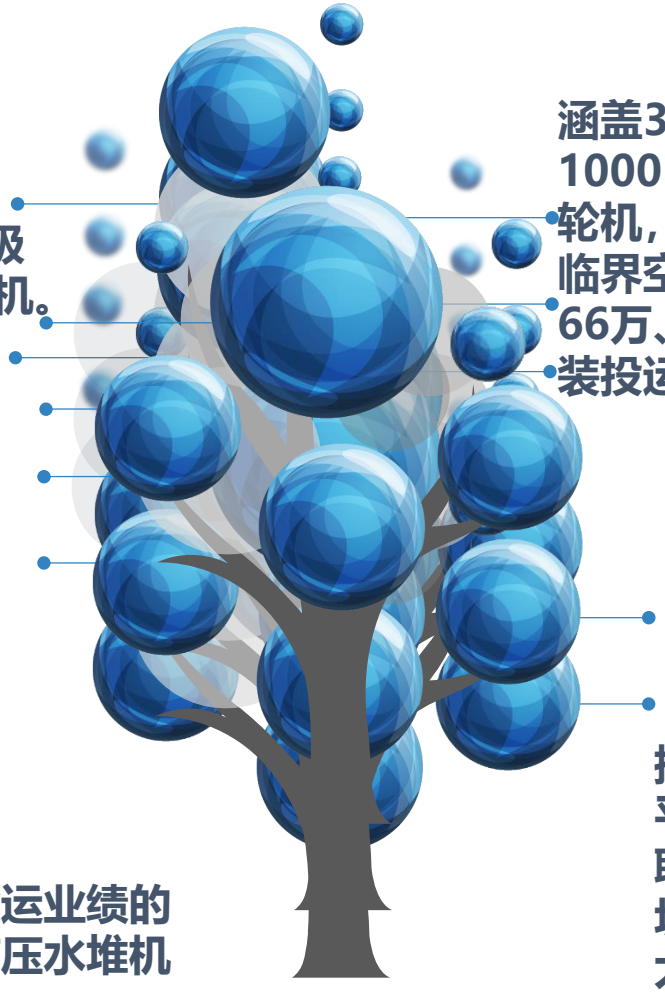
- 始建于绵竹市汉旺镇

东方汽轮机有限公司隶属于中国东方电气集团有限公司，是我国研究、设计、制造大型电站设备和国防装备的国有大型高科技骨干企业，国内汽轮机制造基地之一。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

燃机

燃气轮机方面产品包括E级、F级燃机，自主研制50MW重型燃机。



火电

涵盖300MW、600MW、1000MW及以上等级大功率电站汽轮机，研制世界首台1000MW超超临界空冷汽轮机已成功投运，新一代66万、100万超超临界机组陆续安装投运。

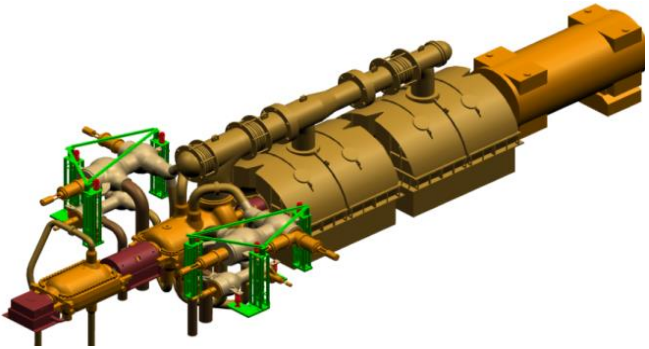
核电

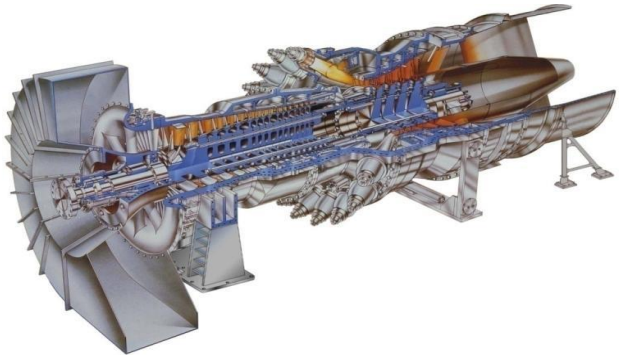
国内最先拥有百万千万级核电投运业绩的企业，配套汽轮机产品覆盖所有压水堆机型，单机最大功率达175万千瓦。

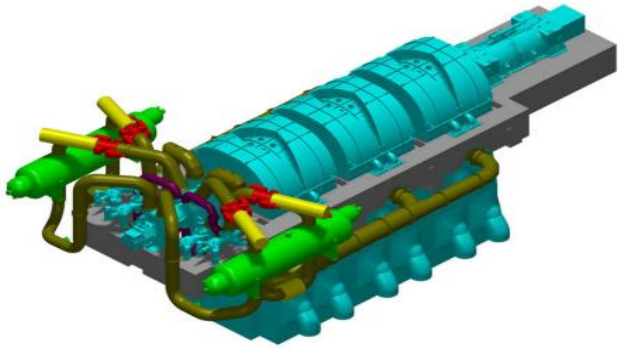
工业透平

拥有135MW及以下各类工业透平产品。广泛应用于发电、热电联供、余热利用、差压利用、垃圾发电、生物质发电、工业驱动、太阳能光热等领域。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。



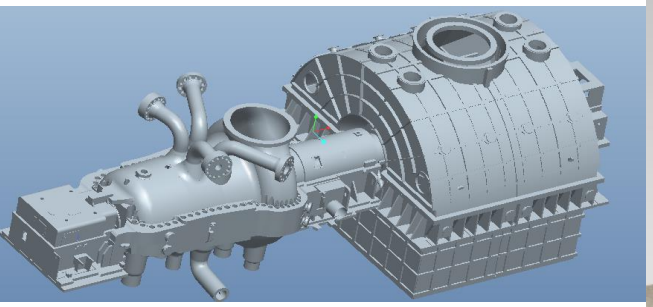


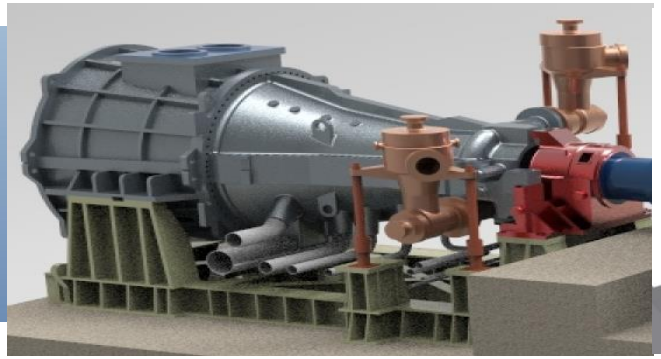


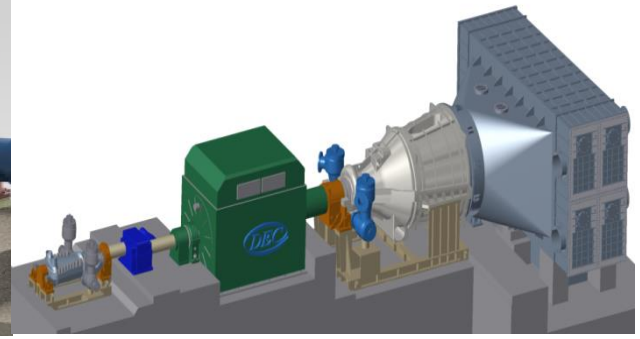
火力发电

重型燃机

核电







联合循环汽轮机

新能源装备

工业汽轮机

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

东方供热机组的分布情况

功 率	参数					机型分类			
	超超临界	超临界	亚临界	超高压	高压	纯凝	空冷	供热	双抽供热
1000MW等级	●					●	●	●	
600MW等级	●	●	●			●	●	●	●
300MW等级	●	●	●			●	●	●	●
200MW等级			●	●	●	●	●	●	●
100~135MW等级			●	●	●	●	●	●	●
100MW 等级以下			●	●	●	●	●	●	●

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

目 录
CONTENTS

一、东方汽轮机有限公司简介

二、常规供热改造技术

三、高背压供热改造技术

四、低压缸切除供热技术

五、结束语

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

东汽常规供热改造技术特点

- 起步早

1984年起步于山西太原一电厂300MW（D19）供热机组。

- 研发能力强

300MW级机组首次成功应用旋转隔板调整抽汽。

600MW级首次成功应用中压调节阀调整抽汽。

- 压力覆盖面广

可满足0.2\0.4\1.0\1.3\1.5\2.5\4.0MPa各档抽汽。

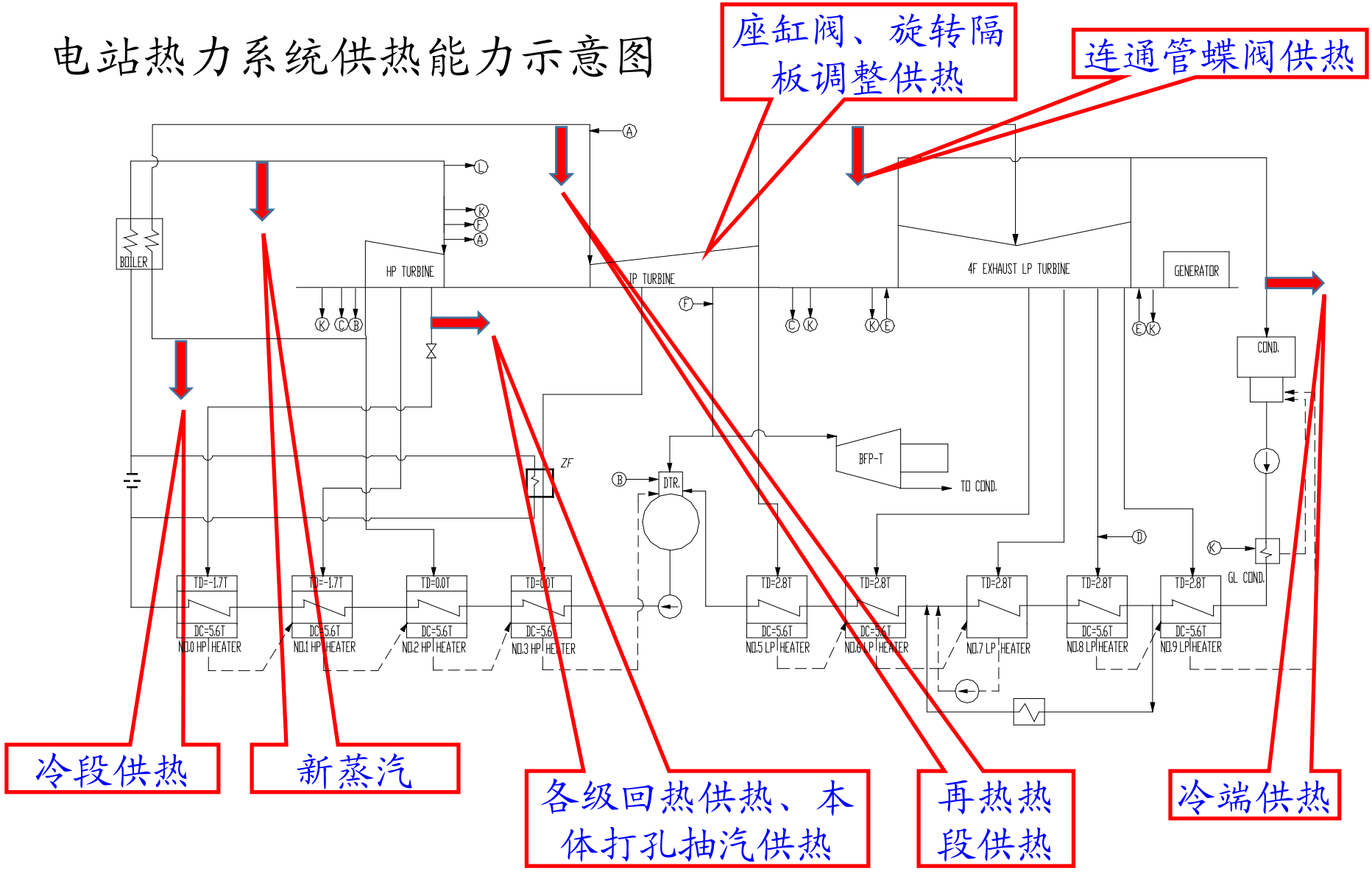
- 品种多

形成从135MW\200MW\300MW\600MW\1000MW系列空冷到湿冷、亚临界到（超）超临界的系列机型。

- 控制方式最成熟

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

电站热力系统供热能力示意图



东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

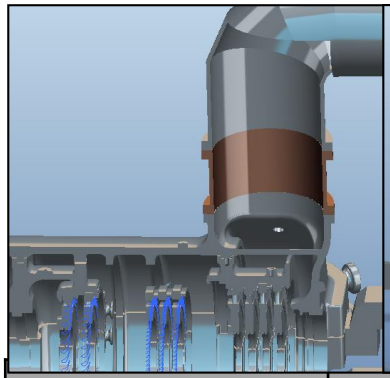
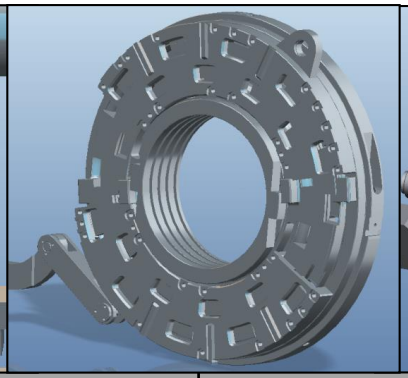
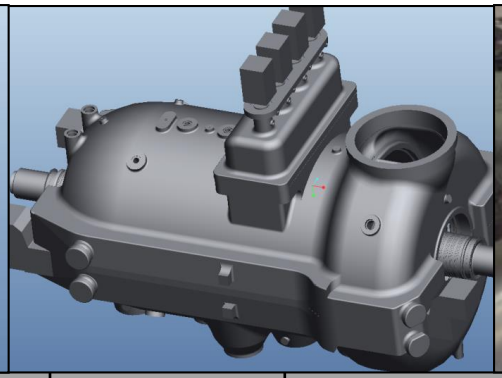
➢非调整抽汽

非调整抽汽指在汽轮机本体相应的位置打孔抽汽或主汽、再热冷段、各段回热抽汽，其供热蒸汽参数随机组电负荷变化，汽轮机本身没有调节能力，需在外部减温减压后满足热用户的要求。为满足机组调峰要求，打孔抽汽口的参数应高于供热参数，通常选取原则为70%额定负荷，打孔抽汽口参数仍能满足热用户的要求。

供热参数	抽汽位置
4.0MPa等级	过热器出口
1.5-2.5MPa	再热热段或冷段
1.0MPa	再热冷段或各段回热抽汽

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

➢可调整抽汽

方　案	蝶阀	旋转隔板	座缸阀	压力匹配器	高背压供热改造		
					光转子	双转子	单转子
适用压力范围(MPa)	0.25～1.0	1.0 ～2.0	2.0 ～4.0	1.0 ～2.0	采暖供热用		
实施位置	连通管	中压缸	中压缸	无限制	低压缸		
典型案例	菏泽改造	西固改造	惠州改造	恒运改造	包一改造	金桥改造	古交改造

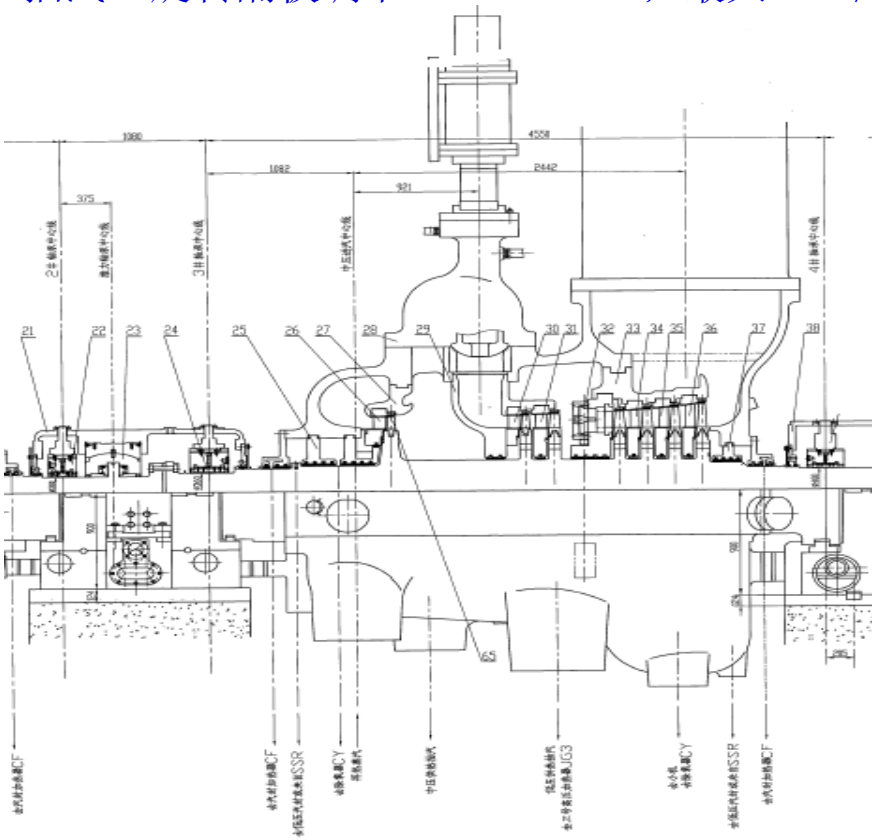
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

典型案例

亚临界、分缸、可调抽汽

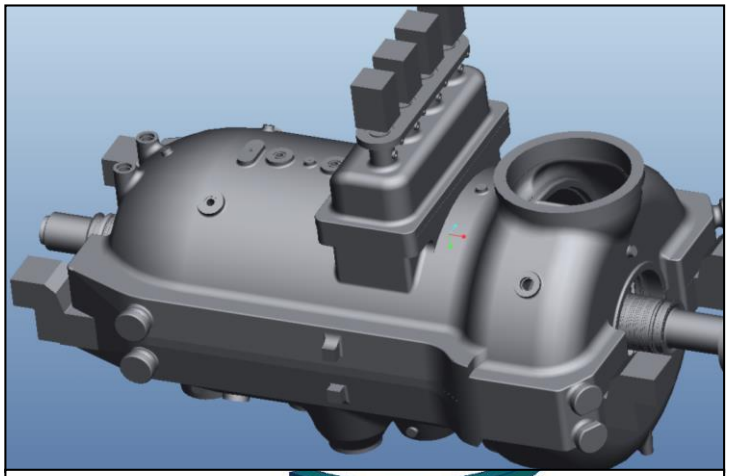
中压抽汽（座缸阀调节）：2.5MPa、最大150t/h

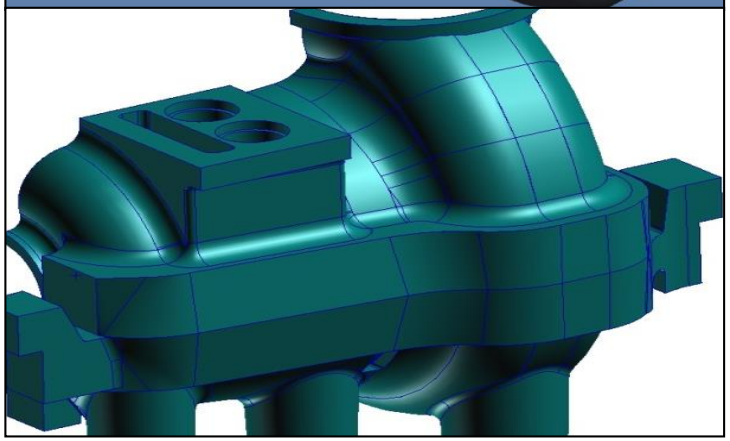
低压抽汽（旋转隔板调节）：1.15MPa；最大300t/h



➢座缸阀供热

特点：中压座缸供热调节阀门设计无预启阀结构；调节性能好，节流损失小。





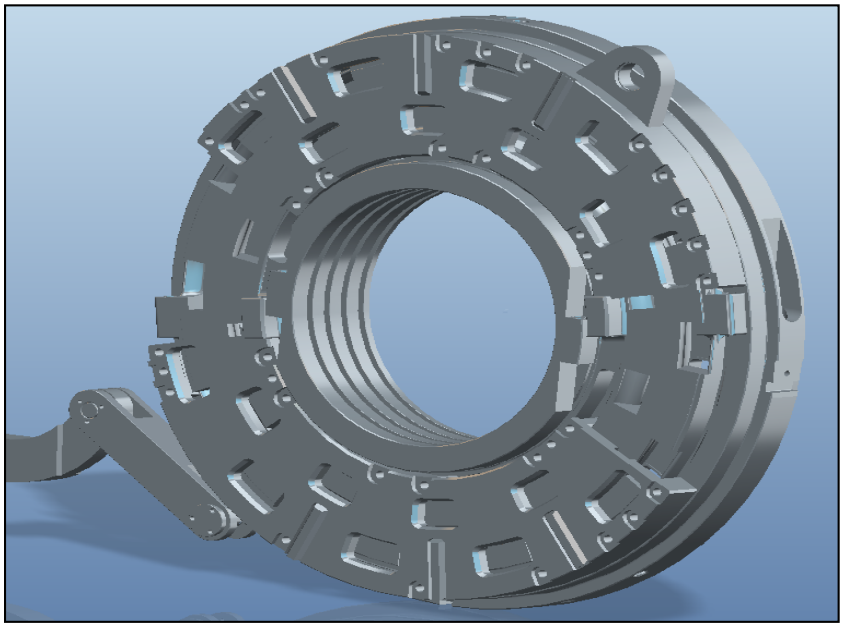
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

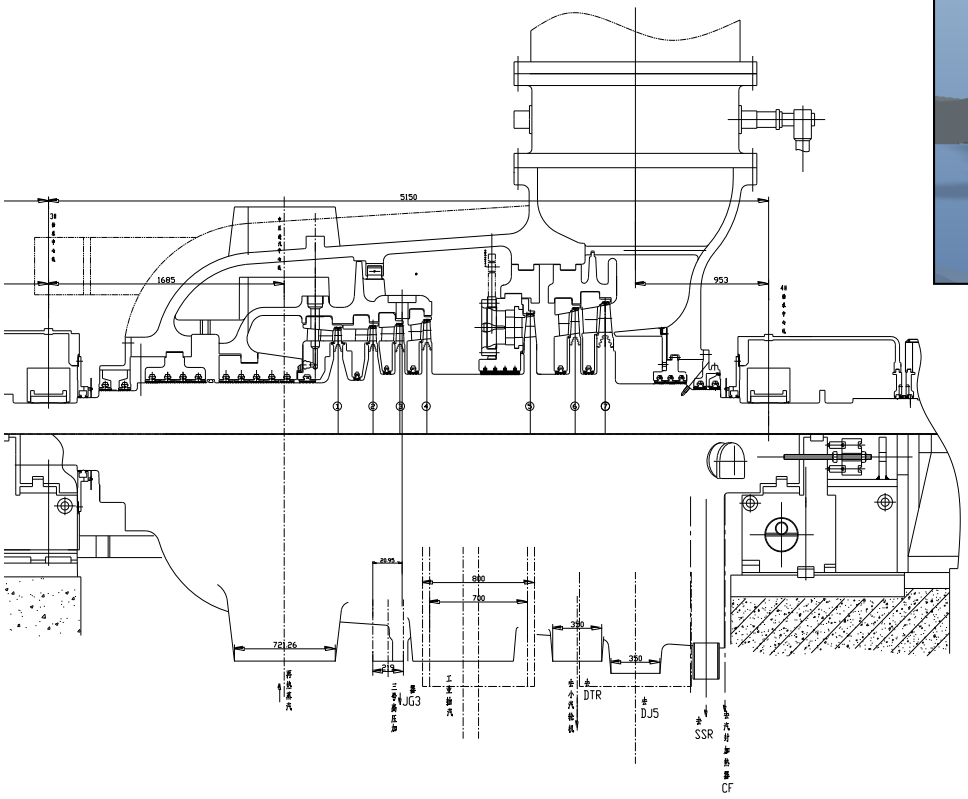
典型案例

超临界、分缸、可调整双抽

工业供热抽汽压力（旋转隔板调节）：1.35MPa

工业供热抽汽额定量：300t/h；最大抽汽量：510t/h



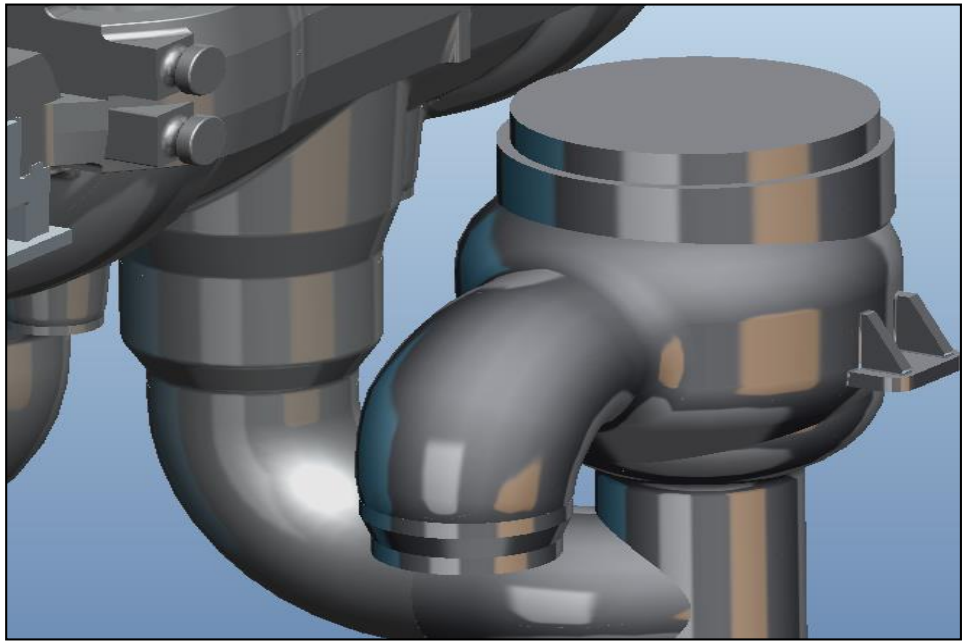


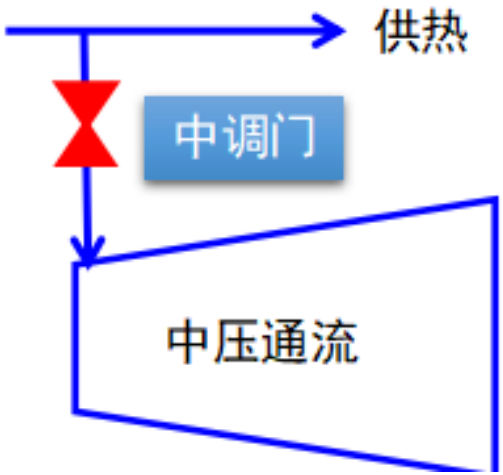
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

典型案例

中压调节阀参调供热

- 用于供热压力3.0～4.5MPa再热热段、冷段可调抽汽方案





机组中压缸启动设计
中调门优良调节特性

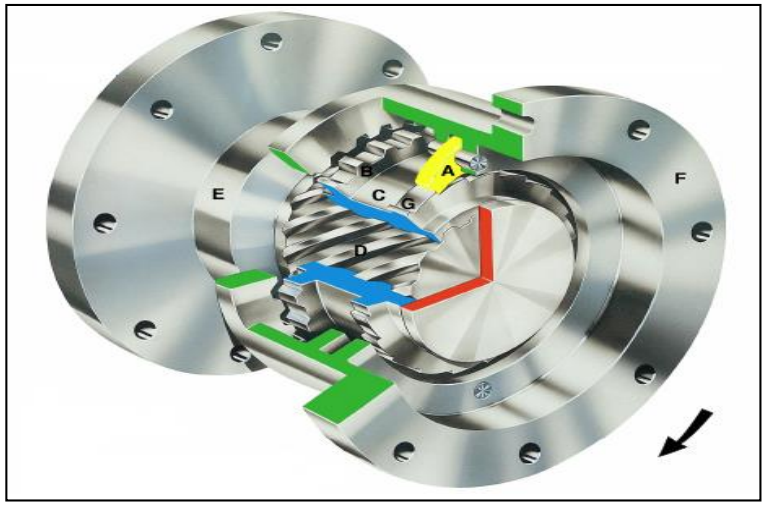
南热	D600N	4.2MPa/100～150t/h
青山	D350C	4.2MPa/190±30 t/h
旺隆	D330AH	3.2MPa/120～150t/h
中山	D330AH	3.6MPa/90～180t/h

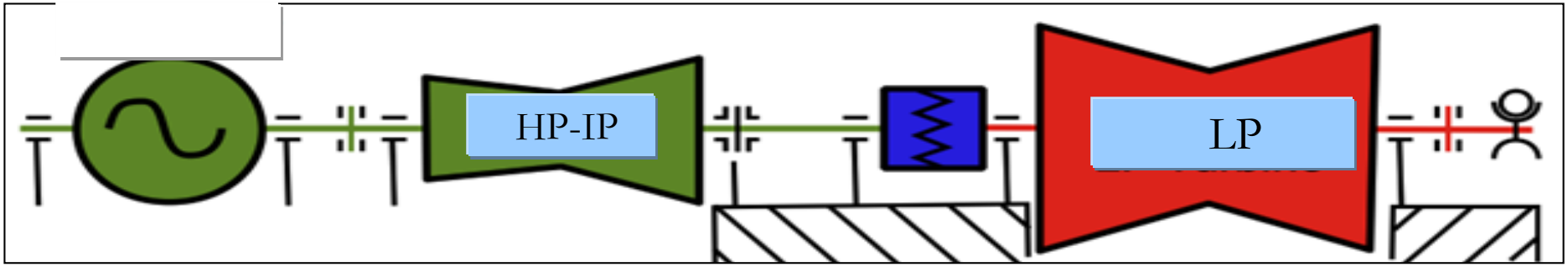
...

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

CNB抽凝背式——供热

➢可以实现中压缸转子与低压缸转子自动脱开，转为背压机运行，使机组供热流量达到最大。已应用于高碑店联合循环机组。

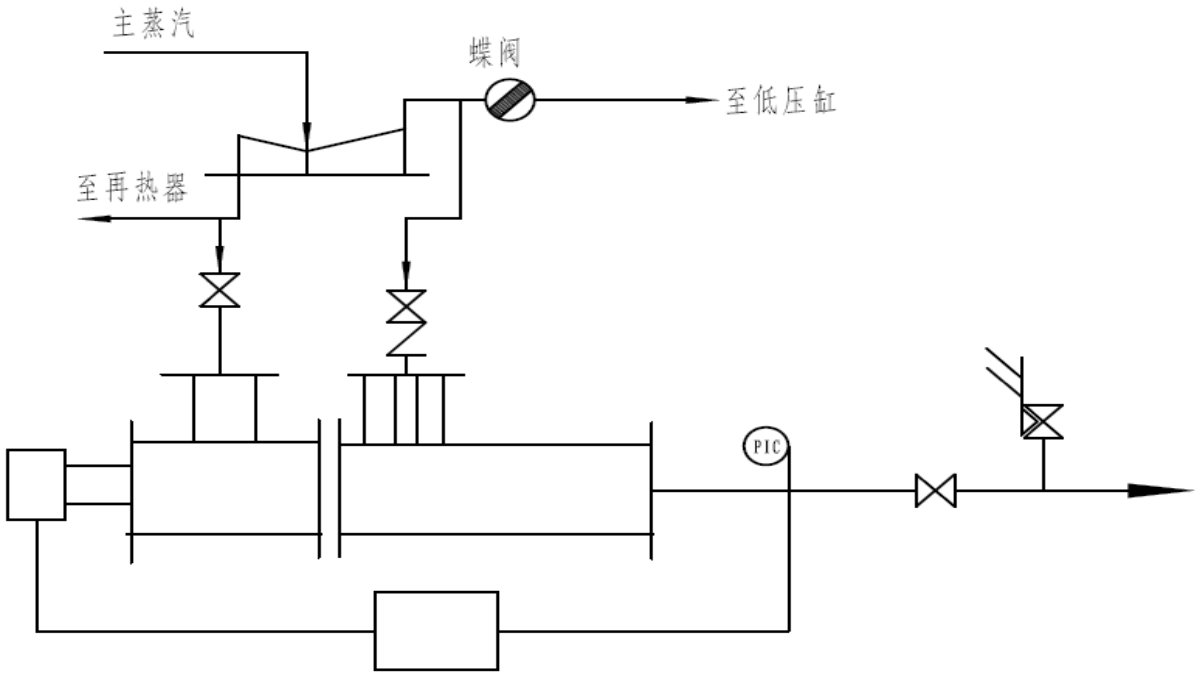




东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

压力匹配器

- 将高于供汽压力（一般从再热冷段或热段非可调抽汽）和低于供汽压力（一般从中低压连通管加调整碟阀可调抽汽）的两种蒸汽混合，满足供汽压力要求。供热参数可满足1.0-2.0MPa



东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

以东汽某纯凝超临界600MW机组为例，计算额定进汽流量下各供热改造方案经济性如下表：（供热参数标：压力1.0MPa；温度 300°C；流量150t/h）

		THA	再热冷段非调整抽汽	中低压连通管调整抽汽	压力匹配器
主汽流量	t/h	1703.2	1703.2	1703.2	1703.2
抽汽压力	MPa	---	3.9	1.0	1.0
抽汽温度		---	301	358.7	300
抽汽流量	t/h	---	150	150	150
热用户压力	MPa	---	1.0	1.0	1.0
热用户温度		---	300	300	300
电功率	MW	600	556.57	563.61	558.40
热功率	MW	---	121.92	121.92	121.92
总功率	MW	600	678.49	685.53	680.32
净热耗	kJ/kw.h	7537	6627.25	6605.98	6627.87
毛(电)热耗	kJ/kw.h	7537	8079	8035	8075

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

目 录
CONTENTS

一、东方汽轮机有限公司简介

二、常规供热改造技术

三、高背压供热改造技术

四、低压缸切除供热技术

五、结束语

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

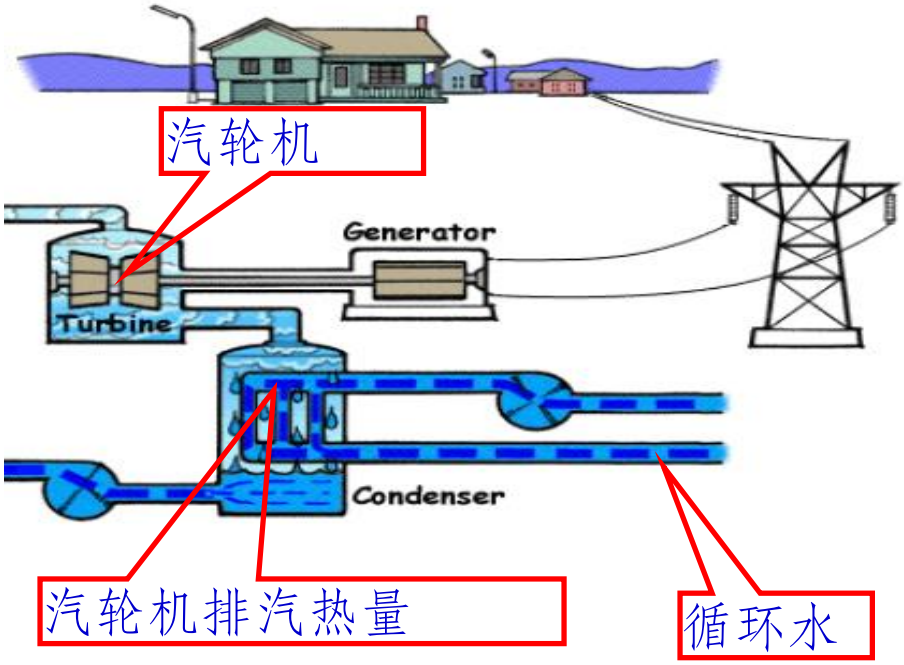
☆ 高背压改造的背景

随着城市建设和经济的发展，现有热电联产机组所承担的热负荷逐年增加，所承担热负荷已接近机组的最大供热能力，难以满足因城市发展而新增热负荷需求。

对汽轮机进行高背压供热改造，可以大幅提高热电联产机组的供热能力。同时，响应国家煤电节能减排号召，进一步降低发供电煤耗，减少二氧化碳、及氮氧化物等废气的排放量。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

高背压机组的优势

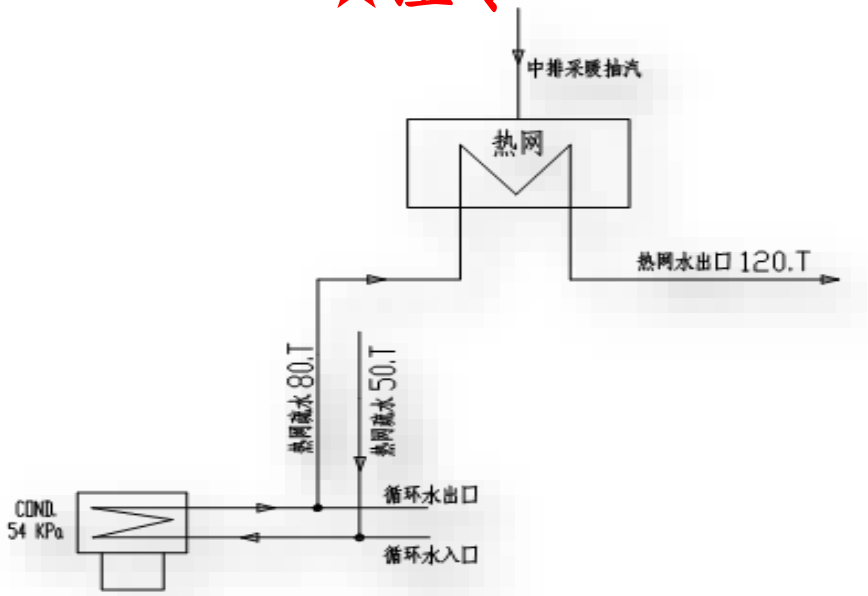


- 和常规供热机组相比，供热流量最大；
- 和低压光轴方案相比，发电机功率最大；
- 高背压改造可实现0冷源损失。

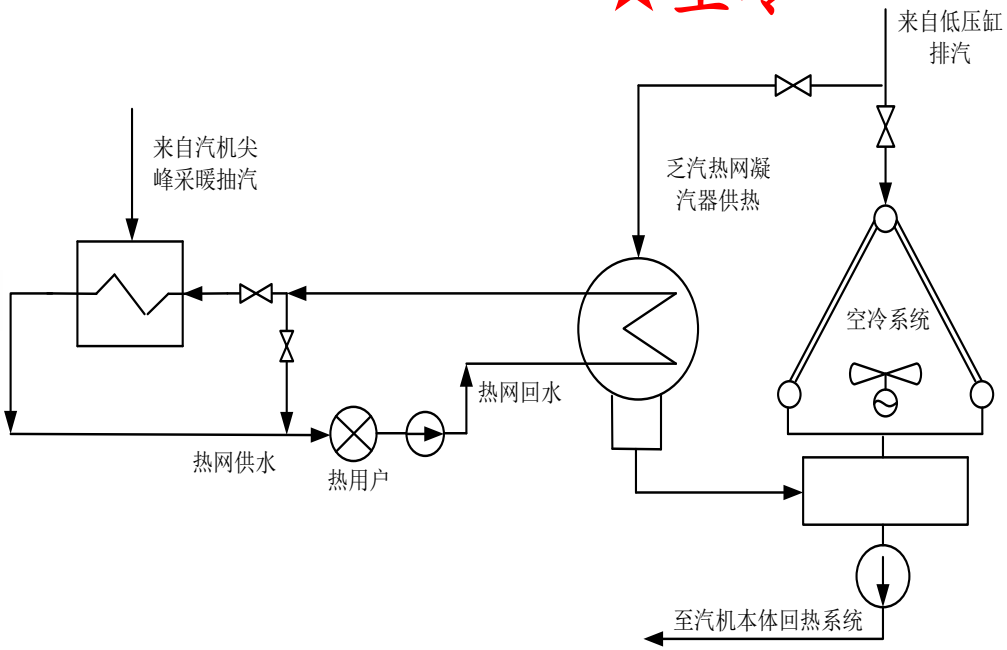
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

☆高背压改造的基本思路

☆湿冷



☆空冷



利用汽轮机排汽加热热网回水至一定温度对外供热。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

☆ 高背压改造的优势

- 与常规供热机组相比，供热面积大

	机型	改造前 供热面积	改造后 供热面积	增加面积
金桥	30万	355万m2	1100万m2	745万m2
黄台	30万	500万m2	1100万m2	600万m2
济宁	13.5万	0	400万m2	400万m2
濮阳	20万	260万m2	950万m2	690万m2
包二	30万	480万m2	1900万m2	1420万m2

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

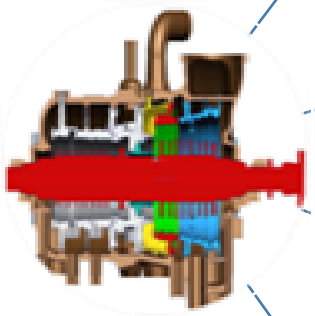
某典型电厂供热机组高背压改造前后煤耗对比

改造	时间	1号机（高背压）			2号机（常规供热）			全厂		
		机效	炉效	发电煤耗	机效	炉效	发电煤耗	热电比	发电煤耗	发电煤耗（剔除热电比影响）
		%	%	g/kWh	%	%	g/kWh	GJ/万kWh	g/kWh	g/kWh
前	2012.12.01－2012.12.12	49.5	92.6	270.9	50.8	91.7	266.6	19.2	268.7	
后	2012.12.15－2012.12.30	68.5	92.6	195.9	44.5	91.7	303.7	21.7	250.9	-15.3
煤耗差值		-75.0			37.1			2.5	-17.8	

- 零冷源损失，节能效果显著

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

高背压改造关键技术



热力设计技术

☆ 热力方案，背压选择，采暖期机组负荷

本体改造技术

- 双转子方案，可提高机组低压缸效率；
- 单转子方案，匹配新型末叶长度，兼顾非采暖工况经济性；
- 轴系静动特性分析技术

小容积流量设计技术

- 通流设计时，增加动叶的压力梯度，延缓脱流的发生。
- 为了降低末级和排汽缸的温度，优化喷水冷却装置 。
- 采用叶片颤振设计法
  - A 增加机械阻尼
  - B 增加气动阻尼

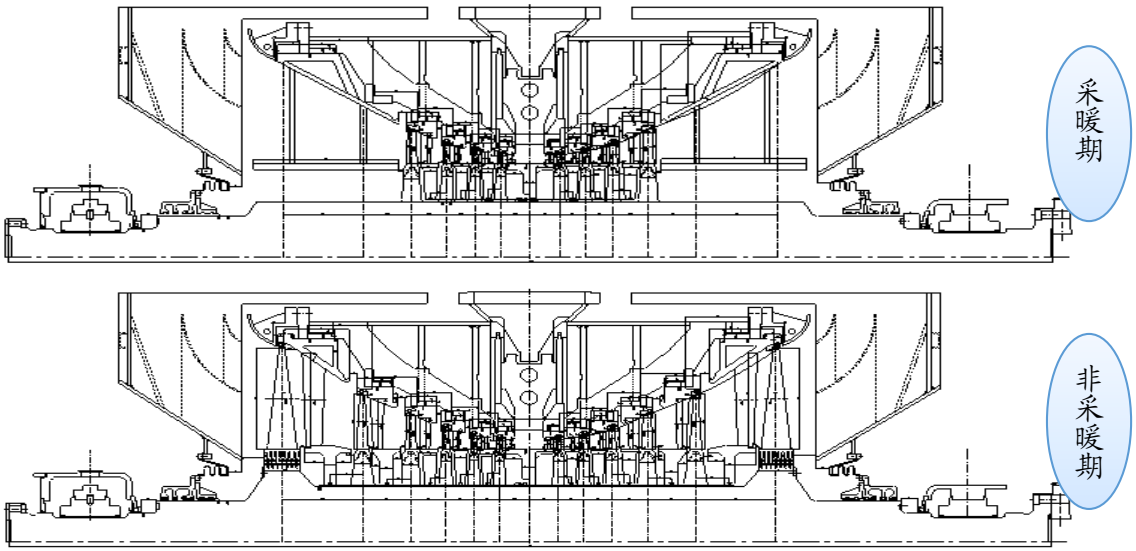
辅机改造技术

- 凝汽器喉部除氧补水，凝结水含氧量不超过20μg/L
- 采用平面膜式喷嘴

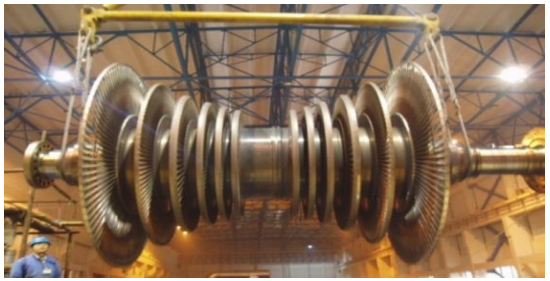
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

★ 典型案例（低压双转子互换）—金桥改造（湿冷）

★主机改造方案



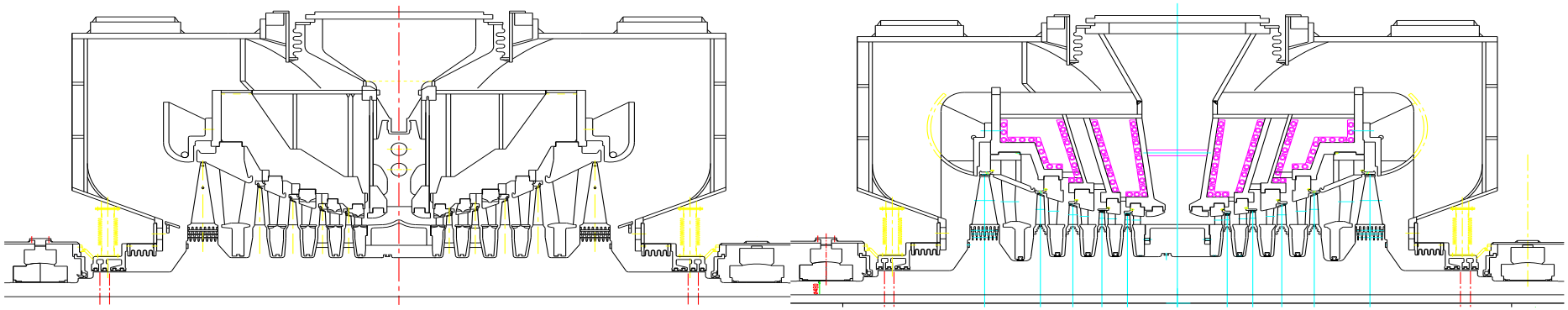
高背压：54kPa



- 同常规供热机组相比，供热流量最大；
- 高背压改造可实现无冷源损失；
- 采暖期与非采暖期共用低压内缸、导流环、喷水系统、端汽封、联轴器螺栓；
- 非采暖期采用高效纯凝转子，可提高机组低压缸效率；
- 采暖期采用原转子补充加工。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

★ 典型案例（低压单转子）—古交改造（空冷）



改造前

改造后

高背压：54kPa
纯凝：20kPa

- 东汽针对古交空冷机组特点，自主开发出即可以适用于高背压采暖期又可以适用于非采暖期纯凝工况的低压末级叶片；古交采用单转子改造方案，该方案新设计末级叶片，整个低压通流全新设计，该通流适用于采暖期及非采暖期。
- 主机改造范围主要包括：低压转子、动叶片、隔板、内缸、进汽室、进汽短管、排汽导流环以及减温水管和喷嘴、对轮螺栓等。
- 相对于湿冷机组高背压双转子方案，该方案改造周期短，也不需要每年两次揭缸更换低压转子，检修也更方便。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

★高背压供热改造业绩

序号	项目名称	改造说明	竣工时间	备注
1	濮阳	200MW背压机改造	2011.10	座缸凝汽式
2	黄台	300MW高背压改造	2014.11	落地凝汽式
3	金桥	300MW高背压改造	2014.10	座缸凝汽式
4	包二	300MW高背压改造	2014.11	落地凝汽式
5	古交电厂	300MW高背压改造	2015.10	落地凝汽式
6	…			
	目前已经完成15台高背压改造			

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

目 录
CONTENTS

一、东方汽轮机有限公司简介

二、常规供热改造技术

三、高背压供热改造技术

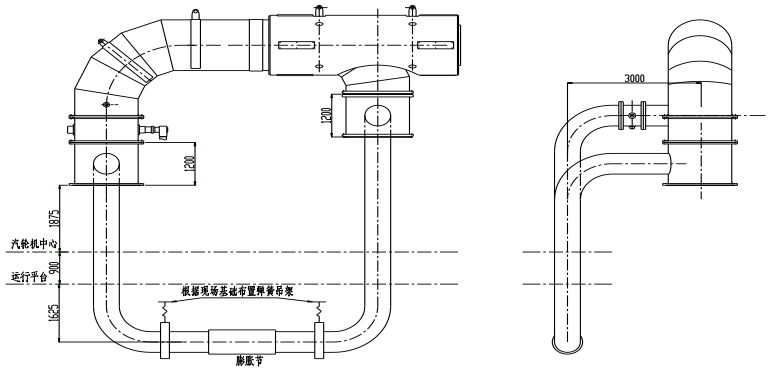
四、低压缸切除供热技术

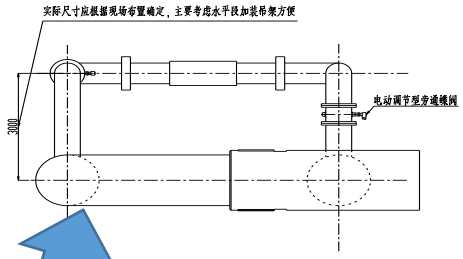
五、结束语

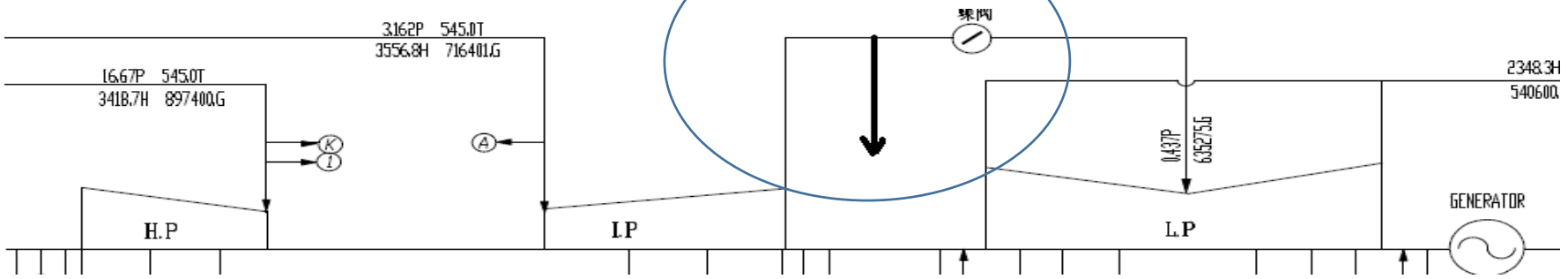
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

1　切缸的目的及优势

目的：最大程度增加中排供热量

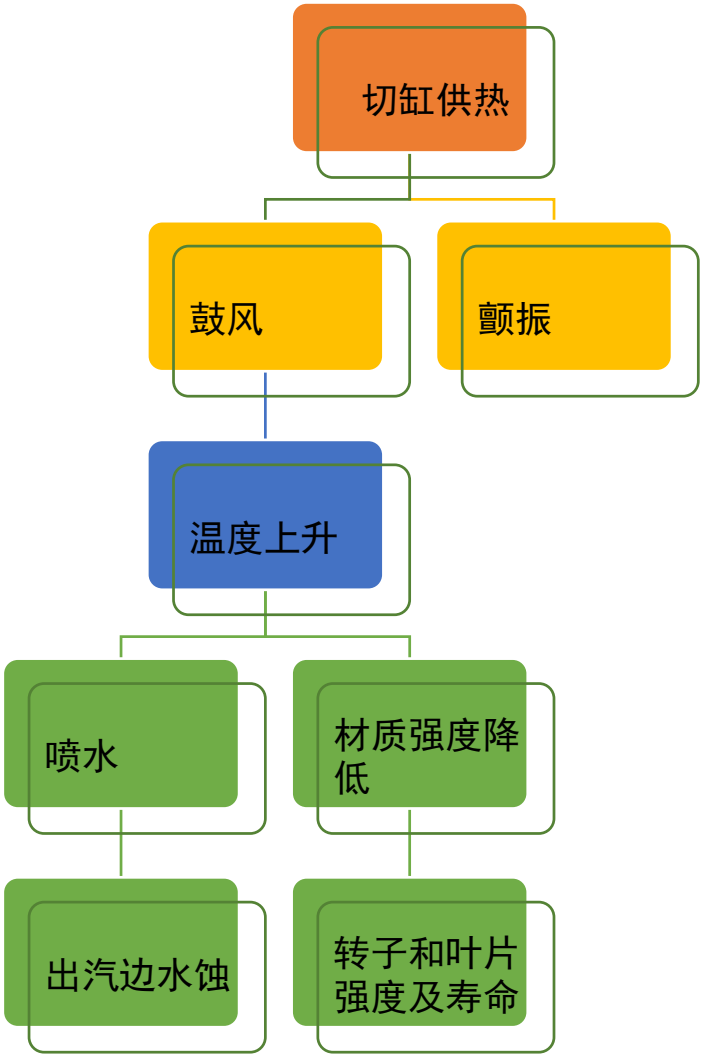






东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

2、切缸引发的问题



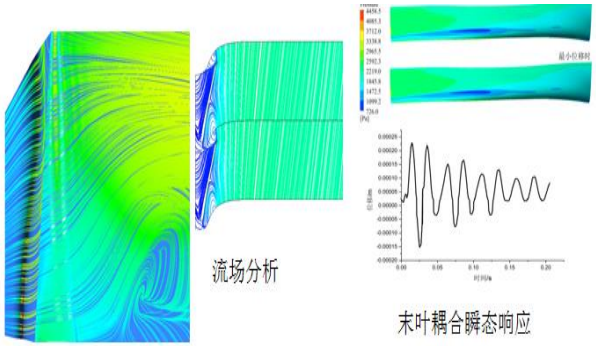
切缸引发的主要问题是：

1. 水蚀
2. 颤振及叶片强度（动应力）
3. 转子轮缘强度

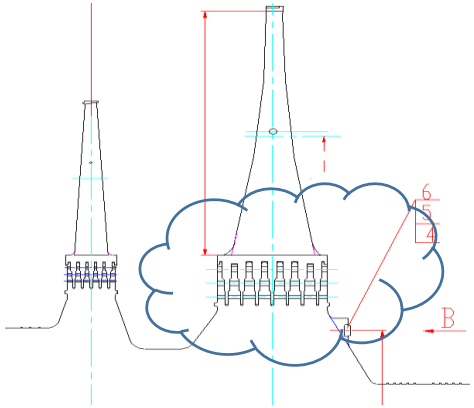
东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

3、应对主要措施

叶片水蚀

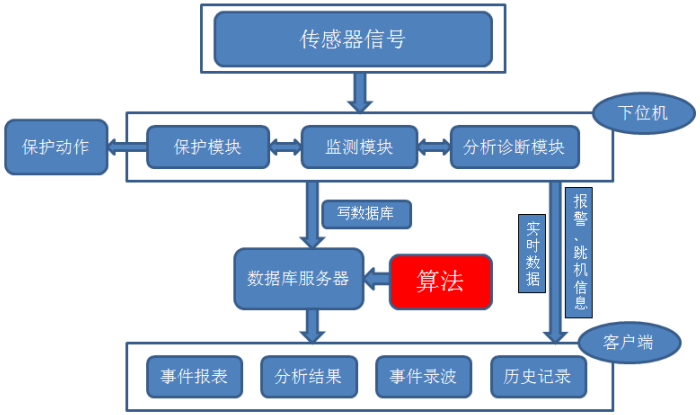


长叶片颤振评估

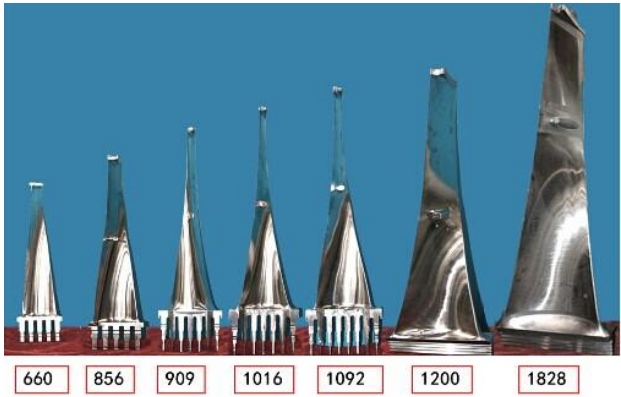


转子强度评估

WC防水蚀涂层



叶片监测系统



系列化末叶片

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

4、机组切除低压缸运行的建议改造范围

改造部件	改造范围	备注
低压叶片防水蚀涂层处理	●	建议处理
联通管及其旁路	●	建议改造
低压缸喷水系统	●	改造更换
叶片安全运行监测系统	●	建议增加
辅助系统运行优化	●	建议处理
末叶叶片动应力测量	◐	具备条件且有必要的情况下进行
中压末级叶片	◐	据实际情况评估后确定是否处理
低压内缸	◐	据实际情况评估后确定是否处理
低压转子	◐	据实际情况评估后确定是否处理
低压叶片更换	◐	据实际情况评估后确定是否处理
低压隔板	◐	据实际情况评估后确定是否处理
低压汽封圈	◐	据实际情况评估后确定是否处理
供热系统	◐	据实际情况评估后确定是否处理
凝汽器真空系统	◐	据实际情况评估后确定是否处理

注：●表示改造必须更换的部件；◐表示根据实际情况评估后或根据具体实施方案确定是否更换；

机组要切除低压缸运行，须根据机组实际情况评估其改造的范围。同时，切缸运行需要长期监控及定期维护检查以验证其可靠性。

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。

结束语

- 东汽立足自主研发和经验反馈，技术方案通过完善的试验验证（如通流技术、长叶片、高温材料等），确保机组的性能。
- 东汽掌握当代汽轮机设计的核心技术、供热改造优势明显，根据具体工程的条件创造最大价值，减少能源浪费。
- 东汽有实力、有能力、有信心为用户提供高效安全可靠的定制产品。

请勿传播或复制使用。

感谢各位领导与专家！

东方汽轮机有限公司对此文件保留所有权利，未经书面许可，请勿传播或复制使用。