



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”



柳 峰

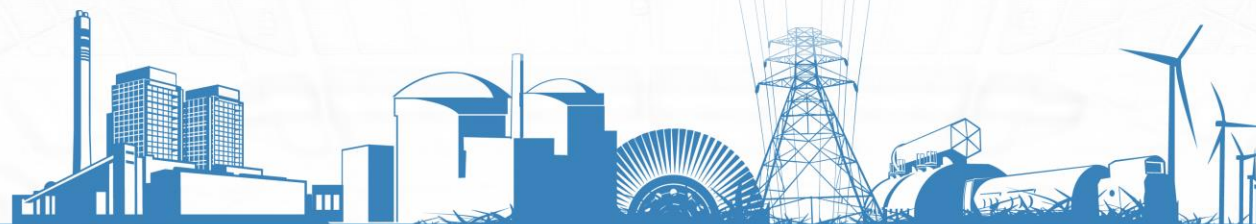
上海电气电站集团服务公司总工程师，教授级高级工程师，国家一级注册建造师，英国皇家特许建造师，上海市高级职称评审委员会委员，上海交通大学机动学院全日制研究生企业导师。2002-2017年，负责上海电气电站海内外EPC工程技术与建设管理工作，现在从事电站售后服务、技术改造工作。

上海电气大机组抽汽供热改造技术

2018年10月10-12日 中国·常熟

上海电气

大机组抽汽供热改造技术介绍



上海电气电站服务公司

About us: 上海电气电站服务公司

- 上海电气电站服务公司于2011年10月1日成立并独立运作，是上海电气从事电站设备**售后服务的唯一窗口**，与设备制造、电站工程并列电站集团的三大主营业务。
- 公司主要从事电厂**节能提效成套改造**、环保减排成套改造、备件联储及长约、运行维护、机组检修、机组搬迁、技术培训、融资租赁等现代多元化服务业务。服务产品覆盖机组全生命周期所需的服务内容。
- 立足于发电用户“十三五”服务需求，公司致力于向用户提供**高效亚临界机组改造**、燃料耦合发电、脱硫废水零排放、智慧电厂等前沿的服务技术与产品。

About us: 上海电气电站服务公司



About us: 上海电气电站服务公司

服务公司核心业务介绍

节能成套改造	环保成套改造	备件服务	机组检修	运行维护	其他服务
高效亚临界 机组改造	低氮燃烧器改造	备件直销	各级别计划检修	运行服务	技术服务
汽轮机通流改造	空气预热器改造	备件联储	检修备件	维护服务	机组搬迁
汽轮机抽汽 供热改造	烟气脱硝改造	备件长约	设备修理	运行维护(指导)	配套设备
汽轮机高背压 供热改造	烟气脱硫改造	备件成套	应急抢修	一个运行周期内的 长期服务协议	融资租赁
冷端优化改造	超低排放配套除 尘改造	备件分销	特殊技改		远程诊断
宽负荷加热器 改造	宽负荷脱硝改造		机组检修总承包		技术培训
前置蒸汽冷却器 改造	引风机改造				安装调试
热力系统优化 改造	脱硫废水零排放				性能试验
空冷系统改造	环保成套改造 总承包				

Intro 前言

政策背景

《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020年）》

2014.09.12

现役燃煤机组改后平均供电煤耗低于310克/千瓦时；600MW及以上机组（空冷除外）改后平均供电煤耗≤300克/千瓦时

采用技术成熟的节能改造技术，对亚临界机组实施**综合性改造**

2015.09.06

《亚临界煤电机组改造延寿与退役暂行规

《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》

2015.12.15

到2020年，现役燃煤发电机组改造后平均供电煤耗低于310克/千瓦时

供热改造要因厂制宜采用打孔抽汽、低真空供热、循环水余热利用等成熟适用技术

2016.03.22

《热电联产管理办法》

《火电厂污染防治技术政策》

2017. 01.10

新建600MW以上平均供电煤耗低于300克/千瓦时；提高小火电机组淘汰标准；**坚持以热定电**

Intro 前言

政策背景

随着经济及社会的不断发展，企业工业用汽及用户采暖用汽需求大幅增加，加上城市建设和环保要求，有必要根据机组的具体情况，采用先进和成熟改造技术对汽轮机进行抽汽改造。以节能减排、降低发电成本、提高企业经济效益为目标，响应国务院和电力行业“十三五”期间节能减排计划，切实履行建设“资源节约型、环境友好型”社会责任，从而提高电力企业乃至全社会的综合效益。



Content 目录

01 / 微增汽压供热改造技术路线

02 / 中低压连通管供热改造

03 / 高背压供热改造

04 / 其他供热改造技术

05 / 其他节能改造技术

微增汽压供热改造技术路线

➤ 蒸汽参数需求

需要蒸汽量

蒸汽压力及温度

沿程损失

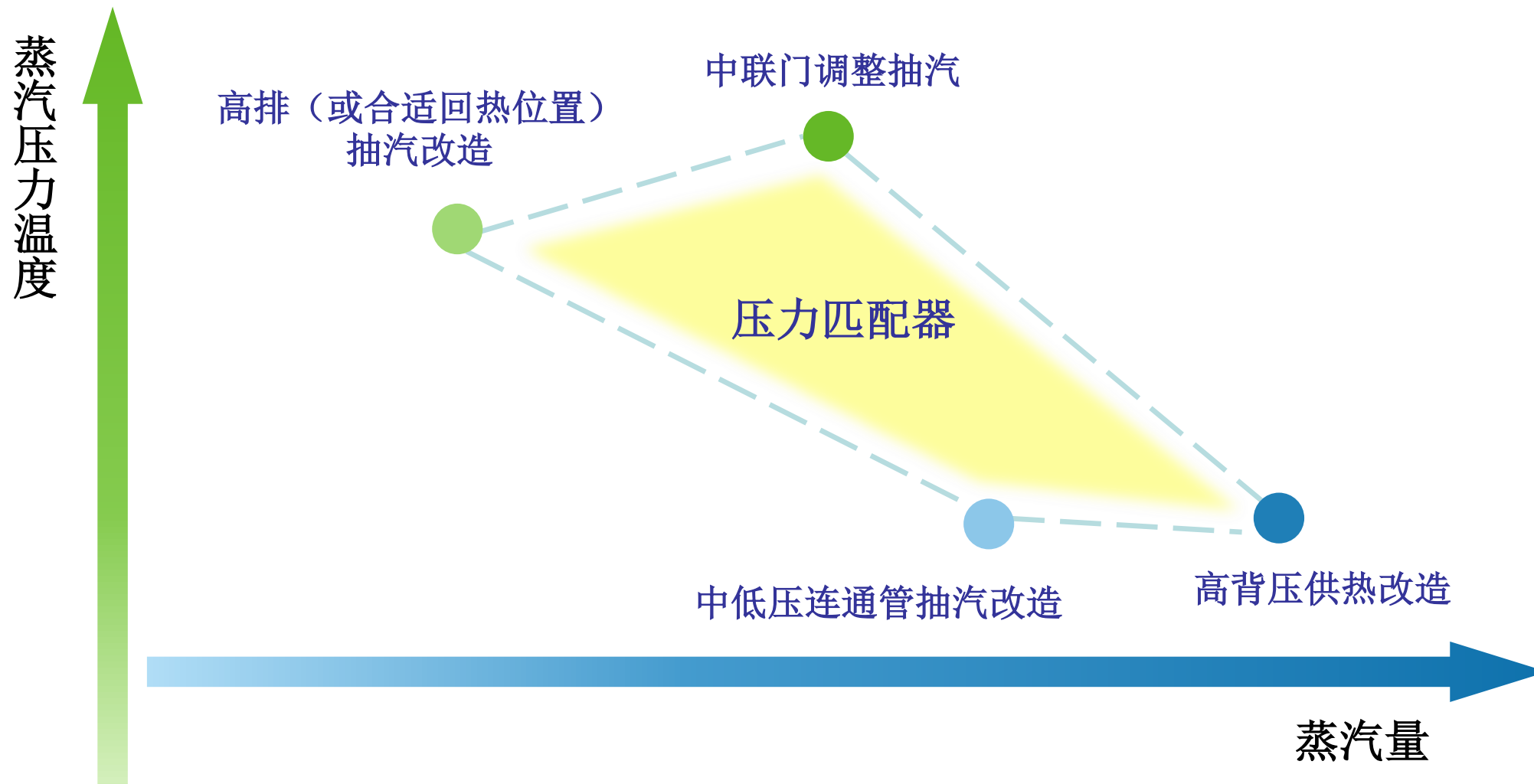
➤ 机组抽汽能力

合适的抽汽位置

最大抽汽量



微增汽压供热改造技术路线



Content 目录

01 / 供热改造技术路线

02 / 中低压连通管供热改造

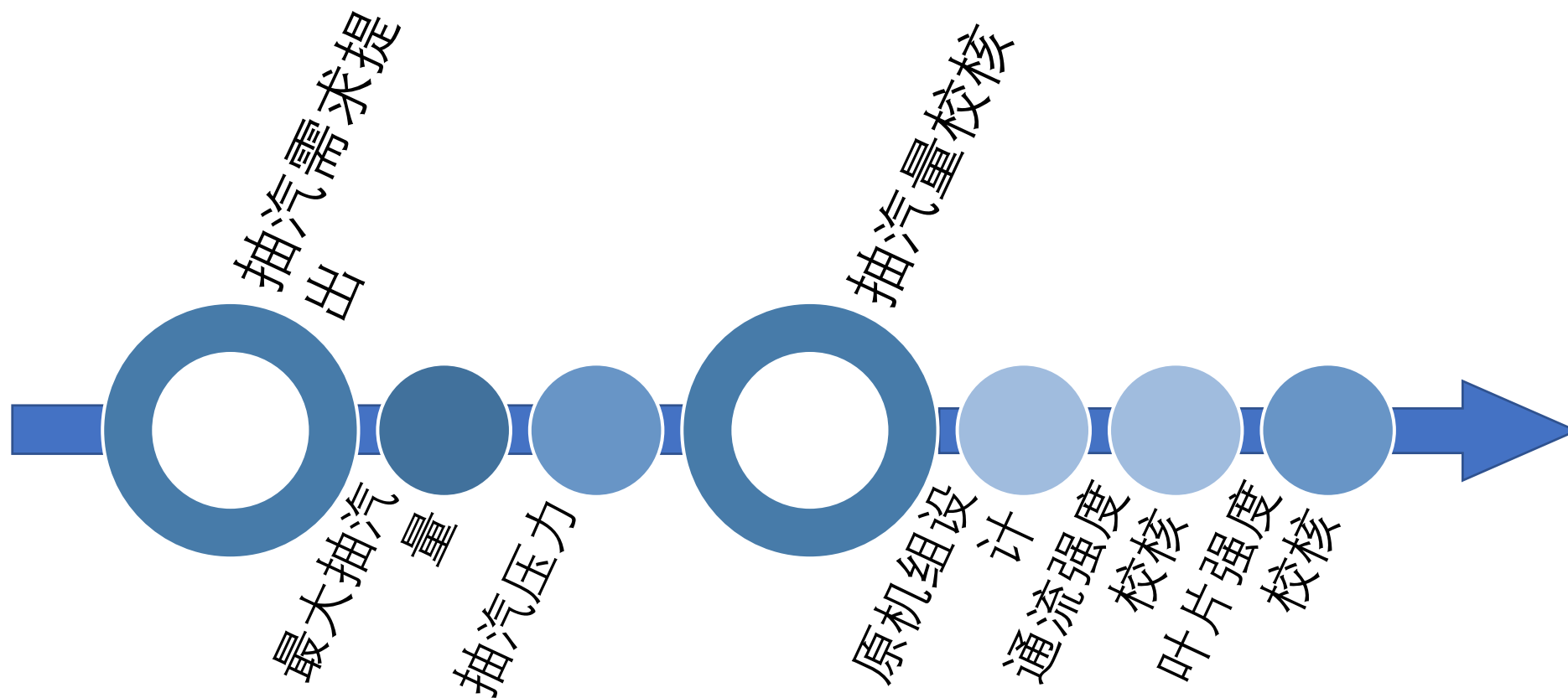
03 / 高背压供热改造

04 / 其他供热改造技术

05 / 其他节能改造技术

中低压连通管供热改造

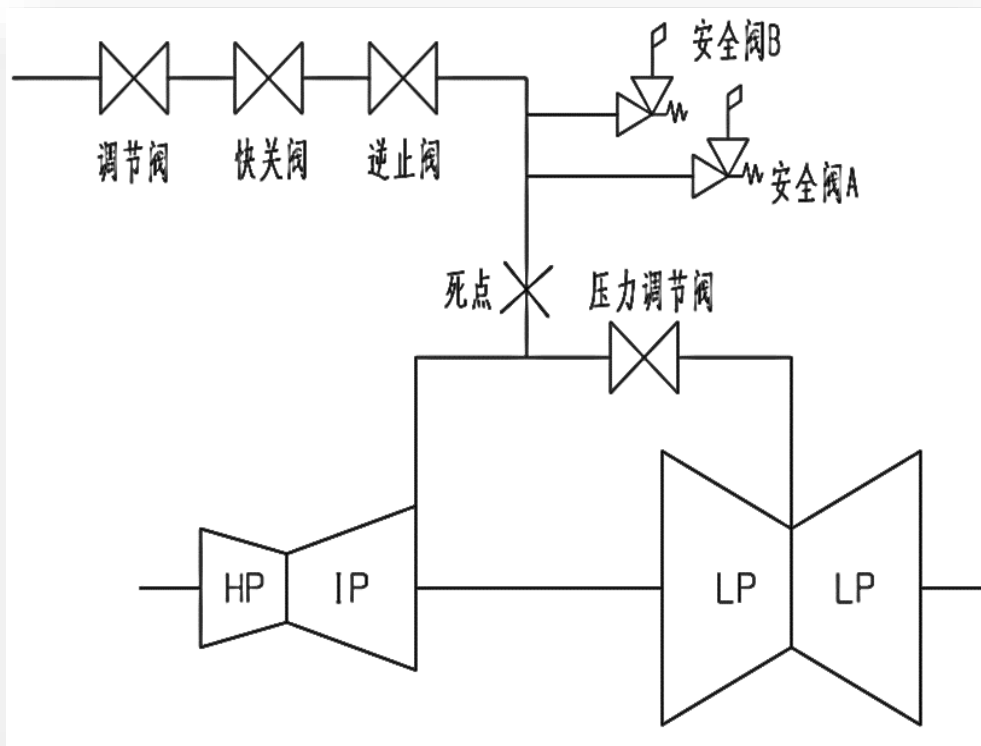
方案总览



确定阀门及供热管道口径

中低压连通管供热改造

方案总览



根据机组的设计特点，在保证安全运行的前提下，汽轮机中低压连通管对外调整抽汽改造需在对**中低压连通管进行更换**的前提下在中低压连通管加装调整**抽汽压力蝶阀**及供热管道。

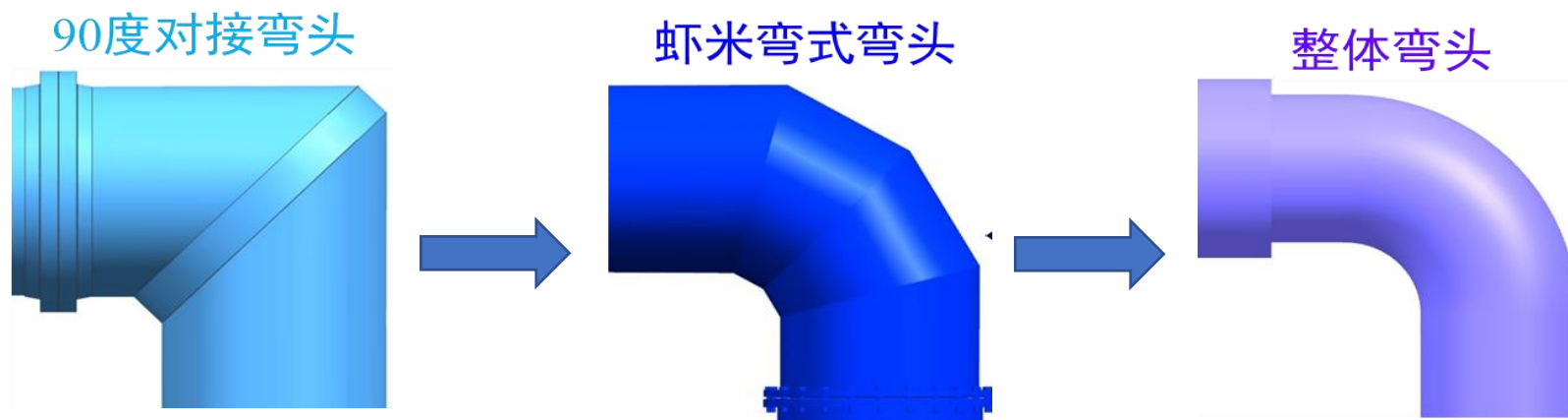
供热管道上需加装**安全阀**、**抽汽逆止阀**、**抽汽快关阀**和**抽汽压力调节阀**，并在供热母管下方增设支架。支架需考虑连通管调整抽汽压力蝶阀的荷载。抽汽管道的布置需考虑对连通管力和力矩及热位移方面的影响。

中低压连通管供热改造

本体改造方案

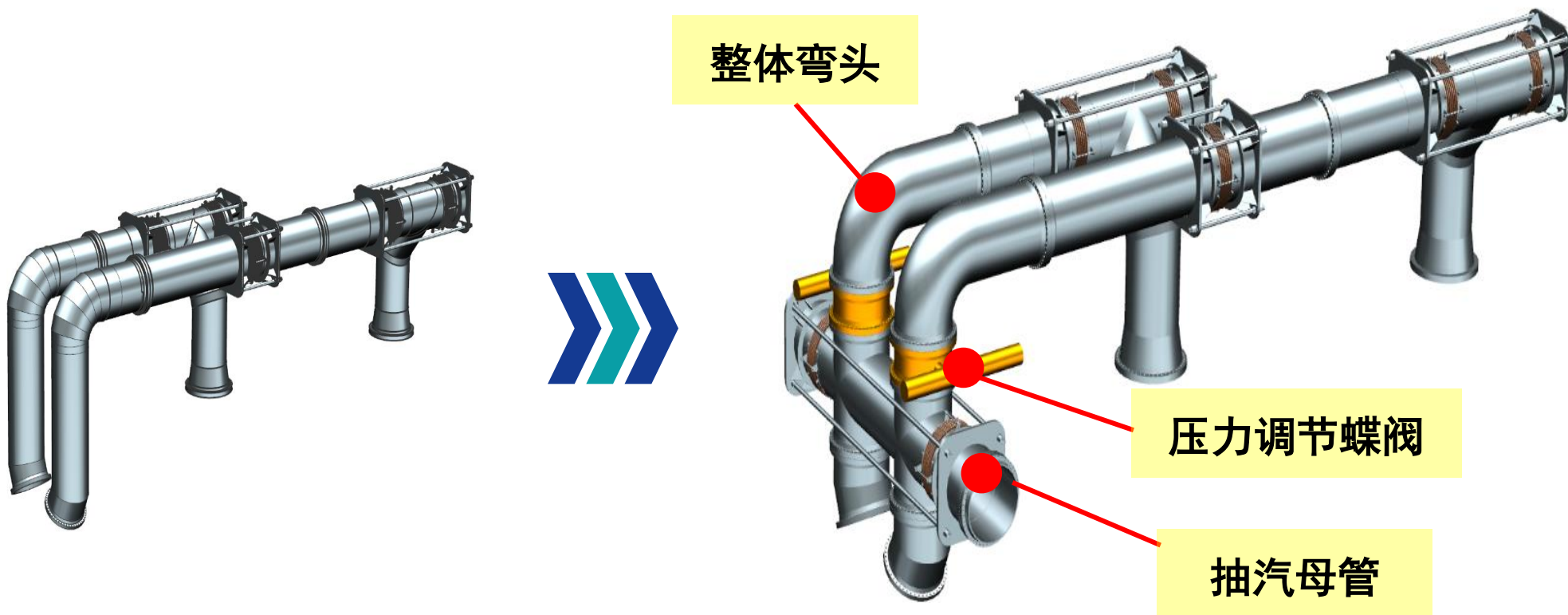
在中低压连通管抽汽改造中需将原中低压连通管整体更换，更换后的中低压连通管整体高度略有增高。新中低压连通管将采用最新的加工制造技术，采用压力自平衡式不锈钢波形膨胀节来解决高中压外缸及低压外缸由于差胀产生的巨大的推力问题，同时可以吸收由于差胀产生的各方向位移。

连通管的弯管处采用圆弧弯管形式，可降低蒸汽流动的压力损失，提高效率。



中低压连通管供热改造

本体改造方案

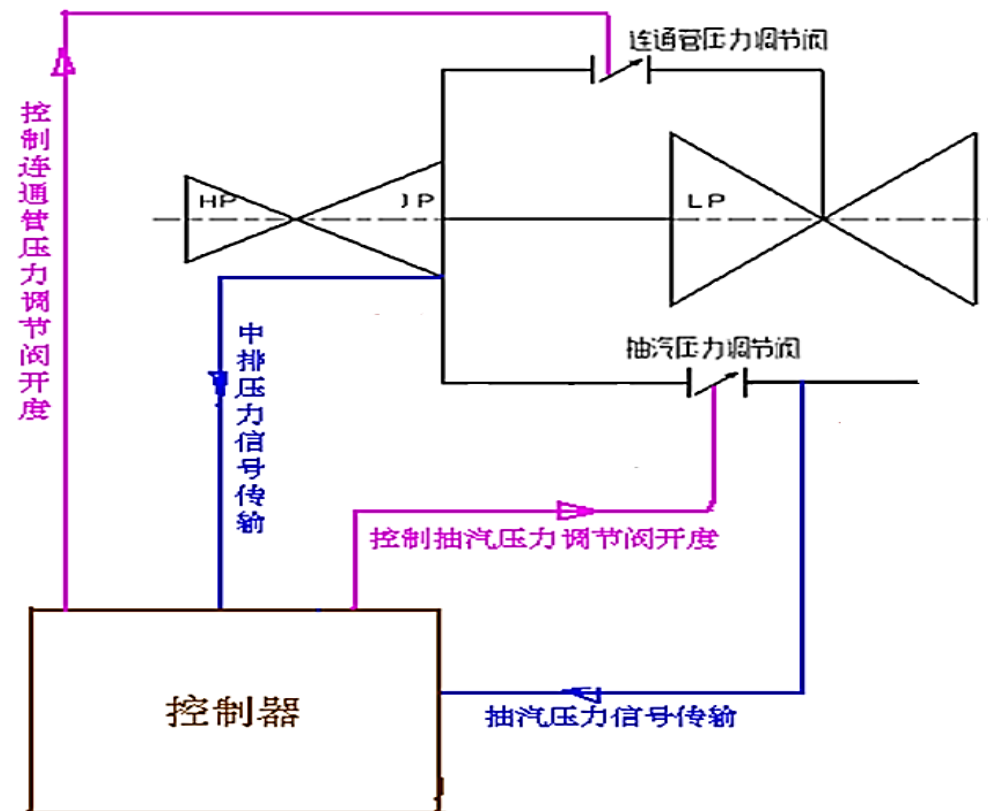


典型600MW等级机组中低压连通管抽汽改造前后示意图

中低压连通管供热改造

控制系统方案

- 中低压连通管调整抽汽压力碟阀、供热管道抽汽压力调节阀进DEH控制系统，增加控制卡件及附件、EH油的接口工作等，通常采用“双阀调节”调整抽汽压力；
- 修改和增加抽汽改造控制策略和相关组态、调试工作；
- 安全阀及抽汽逆止阀控制进DCS控制系统



典型“双阀调节”原理示意图

中低压连通管供热改造



供货范围

序号		名称	备注	
阀门	1	连通管抽汽压力调节蝶阀	推荐电动，含执行机构及配件	
	2	抽汽逆止阀	气动，含执行机构及配件	
	3	安全阀	含配件	
	4	抽汽快关阀	液动，含执行机构及配件	可选用抽汽快关调节阀（一体式）
	5	抽汽压力调节阀	推荐电动，含执行机构配件	
管道及附件	1	中低压连通管	含波纹管及其法兰、支吊架、缠绕垫片、连接螺栓螺帽及配件等	
	2	抽汽母管	含波纹管及其法兰、支架、配件等 供热母管与设计院分界距机组中心线约5m	
DEH改造	1	EH改造管路	管道、弯头、三通、密封件等附件（根据需要）	
	2	新增供热控制系统相关设备	与原DEH合用控制柜	
其他	1	铭牌		

中低压连共管供热改造



改造业绩

(2008年-至今)

序号	项目名称	原机型	调整抽汽压力 MPa.a	抽汽量 t/h	机组等级
1	菏泽#1、#2机组	B151	0.35	150	超高压135MW
2	神火#1、#2机组	D151	0.3	120	
3	里彦#3、#4机组	180	1.0	190	
4	秦皇岛#3、#4机组	F156	0.8	300	亚临界300MW 逾50台
5	运河#1、#2机组	H156	0.8	300	
6	石横#5、#6机组	K156	0.9	320	
7	华鑫#1、#2机组	K156	1.0	300	
8	章丘#3、#4机组	155	0.5	500	
9	渭河#3、#4机组	C152	0.245	300	
10	兆光#1、#2机组	A153	0.8	350	
11	日照#1、#2机组	西门子	0.45	420	
12	灵武#1、#2机组	C157	1.0	600	亚临界600MW 近10台
13	定州#1、#2机组	157	0.8	500	
14	黄岛#5、#6机组	192	0.88	800	超临界600MW 逾15台
15	费县#1、#2机组	191	1.0	750	
16	潍坊#3、#4机组	192	1.0	600	
17	寿光#1、#2机组	196	0.5	400	超超1000MW

Content 目录

01 / 供热改造技术路线

02 / 中低压连通管供热改造

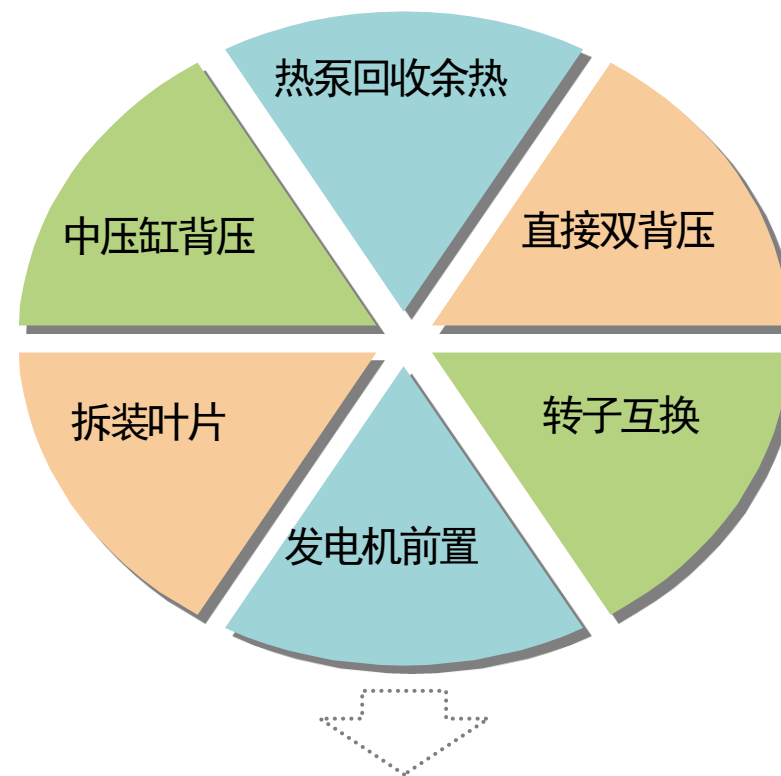
03 / 高背压供热改造

04 / 其他供热改造技术

05 / 其他节能改造技术

高背压供热改造—双转子高背压改造

随着国家节能减排要求的进一步提高，为了加快节能步伐，热电联产成为节能的重要途径之一。而在热电联产中，双转子高背压供热的节能效果最为显著、安全性最高。此种改造方式可以实现冷源损失为零，经济效益最大化。

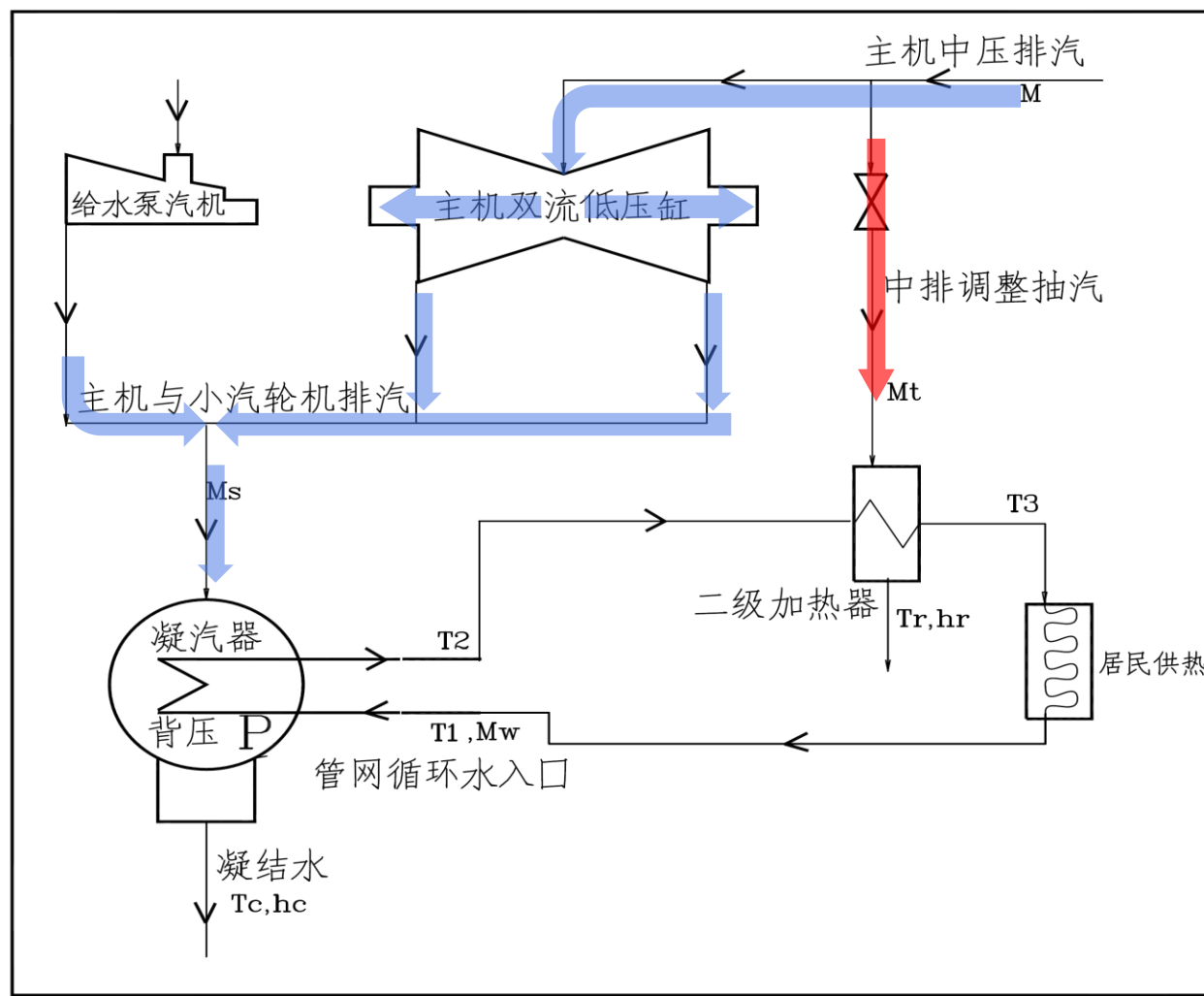


冷源损失为零的常用改造方式

高背压供热改造—双转子高背压改造

方案总览

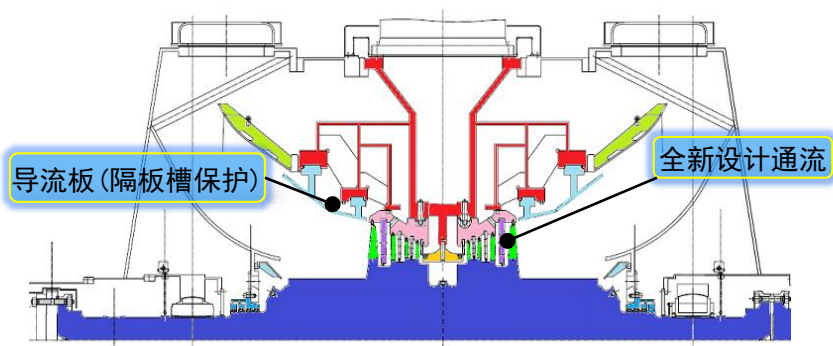
- 低压排汽进入凝汽器直接加热供热循环水
- 供热循环水温度要求为 $75-80^{\circ}\text{C}$ ，工作背压范围 $45-55\text{kPa.a}$
- 对于极冷天气，由中排抽汽进行补充
- 经济效益高



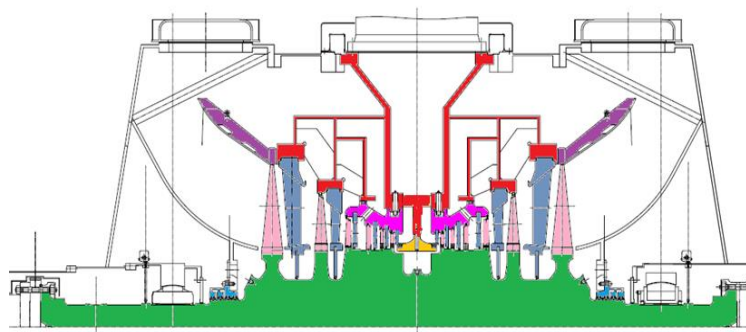
高背压供热改造—双转子高背压改造

供热工况与纯凝工况反复切换运行

供暖季节



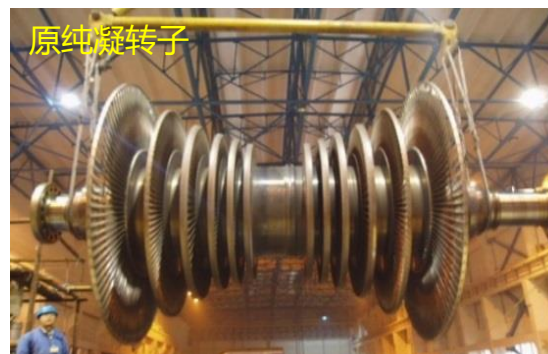
非供暖季节



供热转子



原纯凝转子



供热期使用级数相对减少的动静叶片及效率较高的低压转子，机组高背压运行。

非供热期恢复原纯凝转子，满足纯凝工况需要。

高背压供热改造—双转子高背压改造



本体改造方案

供热工况

供热工况时，新设计的供热用隔板安装在现场可装配在新设计整体内缸上的低压持环中，仅将低压持环更换，将低压末两级隔板拆下，换为带有隔板槽保护功能的导流板，同时换成新设计的高背压供热转子运行。

非供热工况

非供热工况时，拆除导流板，安装低压末两级隔板及带有纯凝用隔板的低压持环，新设计的低压内缸配合电厂原有低压转子运行。

高背压供热改造—双转子高背压改造

配套系统方案

（根据需要）

给水泵汽轮机改造

背压提升造成给水泵汽轮机出力降低。

对给水泵汽轮机进行通流改造，保证在大变工况范围内具有较高的效率。核算排汽膨胀节等，同时满足纯凝和高背压两种工况下安全运行。

凝汽器改造

汽轮机高背压改造后，在供热期间，需解决凝汽器水室承压、温度升高造成管束与壳体膨胀不均匀以及与低压缸之间的应力过大三个问题。

可以选用整体改造或提高强度简约改造模式。

轴加改造

原有的轴封加热器凝结水在供热期温度提高，不能满足轴封漏气回收的要求。

将原轴封冷却器面积加大，轴封加热器建议选用一用一备形式，冷却介质采用冷油器用水或其他35℃左右水源。

高背压供热改造—双转子高背压改造



供货范围

序号	名称	备注
1	低压转子及动叶	供热期
2	低压隔板	供热期，可与内缸分离的形式
3	低压内缸	供热期与非供热期共用
4	导流板	隔板槽保护
5	低压缸进汽导流环	与新内缸配合
6	低压缸排汽导流环	与新内缸配合
7	低压径向汽封及隔板汽封	提高效率
8	低压缸端部汽封	提高效率
9	轴承	按需
10	低压缸喷水系统	增加减温水量
11	轴加系统改造	按需
12	铭牌	
13	检修专用工具	

高背压供热改造—双转子高背压改造



改造效果

华电青岛电厂#2机组经双转子高背压改造后，于2013年11月底投运，各项指标良好，连通管最大抽汽量300t/h，供热循环水量最大可达9700t/h，采暖供热面积大于1000万平方米。改造后机组热耗降至3706.6kJ/kW.h，发电煤耗由改造前的约320g/kW.h降到了改造后140g/kW.h以下，大大提高了机组的循环效率。且机组改造后振动、低压缸温度均满足设计要求，机组安全稳定运行。

经济效益

树立全国机组
煤耗的标杆

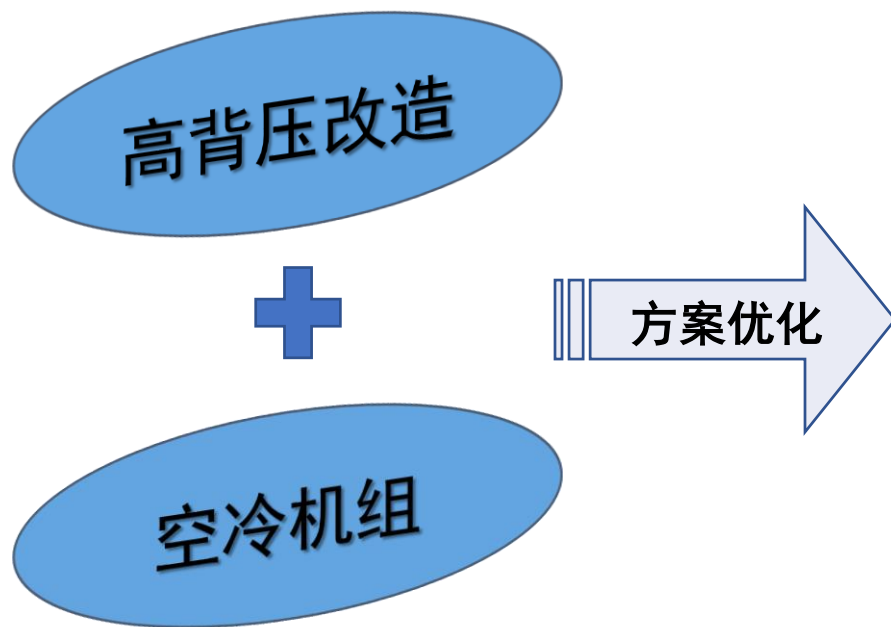
社会效益

满足大规模区域
供热需求

环境效益

热电联产
节能减排

高背压供热改造—通用转子高背压



对于原机型冷却方式为空冷的机组而言，原设计背压较高。若直接提升背压运行，容易引发末级叶片颤振，不利于机组的安全运行。

采用**通用转子高背压**的改造方案，对低压通流部分进行重新设计，兼顾采暖季与非采暖季两种工况，且无需每年开缸两次进行转子更换，改造后机组经济性及安全性更高！

高背压供热改造—通用转子高背压



供货范围

序号	名称	备注
1	低压转子及动叶	采暖季与非采暖季共用
2	低压隔板	供热期，可与内缸分离的形式
3	低压内缸	采暖季与非采暖季共用
4	低压缸进汽导流环	与新内缸配合
5	低压缸排汽导流环	与新内缸配合
6	导流板	隔板槽保护
7	低压径向汽封及隔板汽封	提高效率
8	低压缸端部汽封	提高效率
9	轴承	根据需要进行优化
10	轴加系统	根据需要进行改造
11	低压缸喷水系统	根据需要进行改造
13	顶轴油系统	根据需要进行改造
14	铭牌	
15	检修专用工具	

高背压供热改造—双转子光轴改造

高背压改造

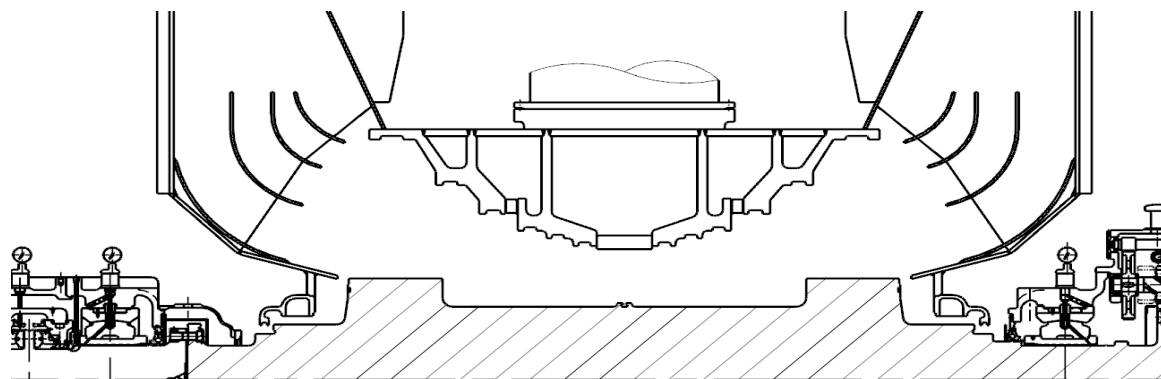


高参数蒸汽

方案优化

采暖工况下蒸汽不进入低压缸，故需更换原机组中低压连通管，新设连通管将中排上部排汽汇入供汽管道。低压转子起连接高中压转子与发电机的作用。为避免鼓风效应，将低压转子加工成光轴转子。新低压转子设计中需保持轴系特性与改造前基本一致。低压内缸保留。

如用汽端有更高蒸汽参数需求，可在双转子高背压供热改造的基础上，采用**双转子光轴**改造方案。



高背压供热改造—双转子光轴改造



供货范围

序号	名称	备注
1	低压光轴转子	含附件
2	中排引出弯管及管道附件	含波纹节、法兰及支吊架 引出弯管与设计院分界距机组中心线约5m
3	安全阀	含配件
4	抽汽快关阀	液动，含执行机构及配件
5	抽汽逆止阀	气动，含执行机构及配件
6	轴加系统	根据需要进行改造
7	低压缸冷却系统	根据需要进行改造
8	低压缸闷板	
9	铭牌	

高背压供热改造



改造业绩

	项目名称	机组等级	改造方案	投运日期
1	青岛#2机组	亚临界300MW	双转子高背压改造	2013. 11
2	裕华#1机组	亚临界300MW	双转子高背压改造	2014. 11
3	清苑#2机组	亚临界300MW	双转子高背压改造	2016. 11
4	晋城#2机组	亚临界300MW	通用转子高背压改造	设计
5	焦作#3机组	超高压135MW	双转子光轴改造	设计



其中，青岛#2机组高背压改造是**国内首个**300MW等级采用双转子改造技术的机组，攻克了该等级机组直接供热面临的一系列技术难题，取得了多项原创性技术成果，开创了大容量机组双转子高背压供热改造先河！

Content 目录

01 / 供热改造技术路线

02 / 中低压连通管供热改造

03 / 高背压供热改造

04 / 其他供热改造技术

05 / 其他节能改造技术

其他供热改造技术—高排及合适回热抽汽位置打孔抽汽



从再热器冷段、再热器热段或合适的回热抽汽管道上打孔进行非调整抽汽抽汽，并在抽汽管路上设置逆止阀、隔离阀、快关阀及安全阀，以保证汽轮机组安全运行。

最大抽汽量

考虑原机型设计

机组轴向推力校核

叶片强度校核

冷再抽汽考虑锅炉超温问题

考虑机组负荷限制

其他供热改造技术—中联门调整抽汽

采用中联门调整抽汽方式，提高再热蒸汽压力来保证供热流量。

对中联门调节性能进行试验，了解机组在不同工况条件下，中调门阀位对高排压力的影响及机组运行安全指标的影响。

- ✓ 抽汽阀管理
- ✓ 控制策略修改

需求

工业抽汽蒸汽参数需求高，高排处抽汽量已无法满足，其它抽气口蒸汽参数过低。

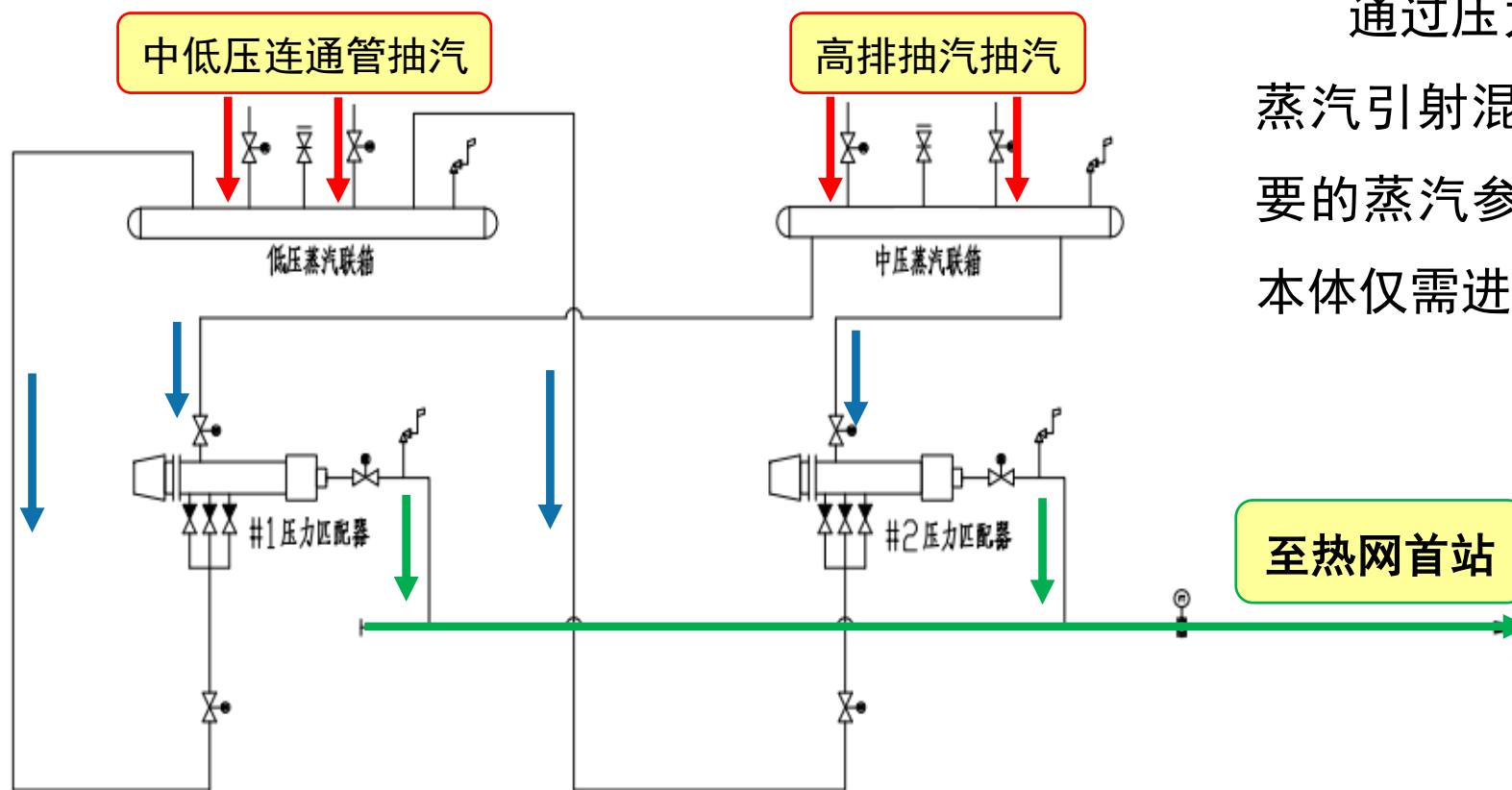
试验

校核

- 高压末三级安全性考核
- 机组轴向推力校核
- 机组老化
综合考虑，提出运行建议。

实施

其他供热改造技术—压力匹配器



通过压力匹配器，将多股不同参数蒸汽引射混合，以提供满足用汽端需要的蒸汽参数。结构简单，对汽轮机本体仅需进行连通管供热改造。

需考虑问题：

- 匹配器效率较低
- 变工况时压力匹配器性能较差

其他供热改造技术—抽背机改造

抽凝

抽汽压力高
原分缸压力已
不适应要求抽
汽参数

抽汽量大
原连通管抽
汽无法满足
需求

高中压模块

- 整体通流改造，根据新分缸压力合理设计通流级数
- 根据背压温度对中压排汽缸材质进行升级
- 中排引出管根据排汽量重新设计

低压模块

- 光轴改造，保证机组安全稳定运行

抽背

Content 目录

01 / 供热改造技术路线

02 / 中低压连通管供热改造

03 / 高背压供热改造

04 / 其他供热改造技术

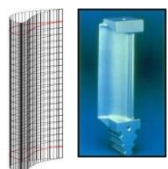
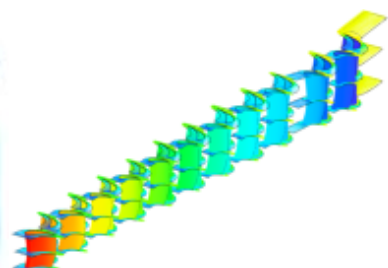
05 / 其他节能改造技术

其他节能改造技术—汽轮机改造

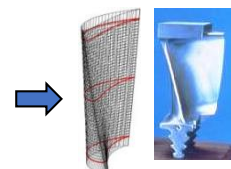
通流部分改造：先进的AIBT技术
保证机组的高效性与安全性，提高通流效率



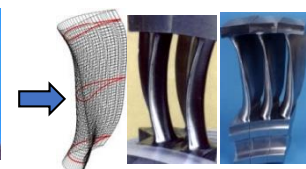
小直径、多级数 变反动度



直叶片

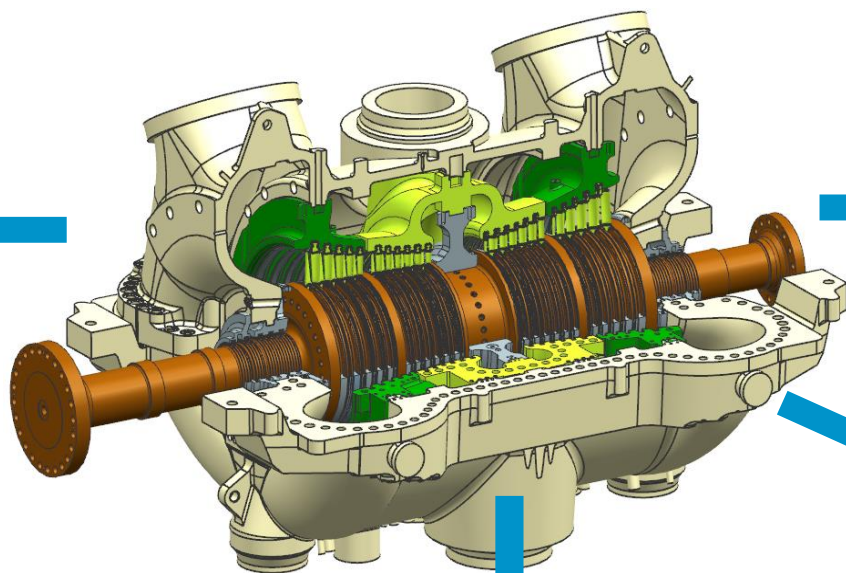


扭叶片

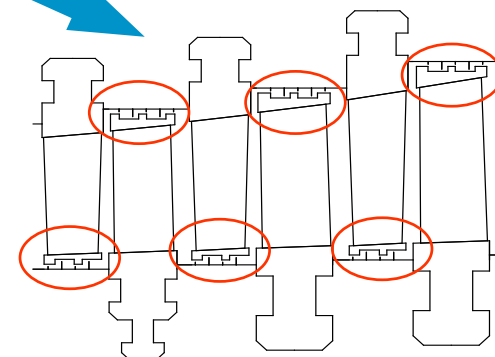


3D弯扭叶片

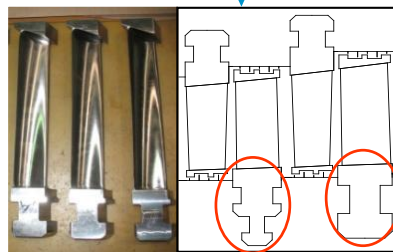
弯扭马刀型动、静叶



整体围带叶片



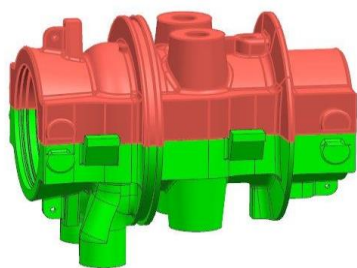
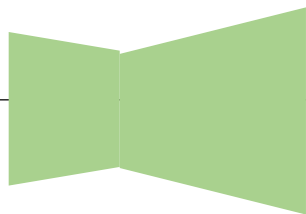
镶片式迷宫汽封



T型（单、双）叶根

其他节能改造技术—汽轮机改造

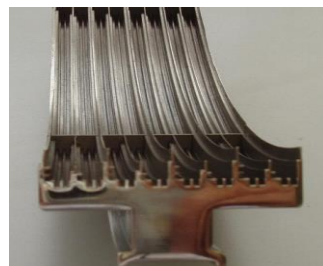
本体结构改造：优化高温高压部件
提高原机组的运行稳定性和可靠性



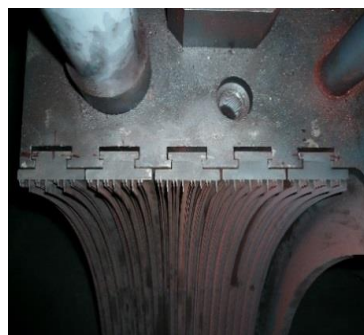
整体高中压内缸
提高机组效率
方便检修



蜂窝汽封

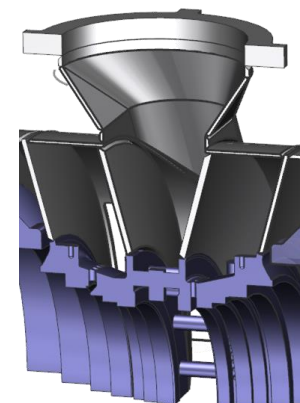
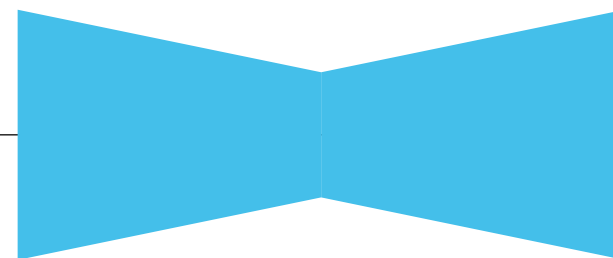


侧齿汽封



梳齿汽封

新型高效汽封
减少漏汽损失



低压斜撑内缸
运行状态自密封结构修

低压末级长叶片优化选型
兼顾机组部分负荷经济性



其他节能改造技术—系统优化改造



Conclusion 总结与展望



- 1、上海电气在不断推出新产品的同时，也十分重视老机组的综合升级改造，并且不断开发出新改造方案以适应不同用户的需求，有效保证机组的**经济性**和**安全性**。
- 2、经过多年对各等级机组的供热改造，上海电气已积累了丰富的改造技术与改造经验，得到了用户的广泛认可。
- 3、上海电气将依托先进的**设备设计**、**制造**以及**现场安装管控**能力，在保证机组安全稳定运行的前提下，根据业主的具体需求和实际情况，挖掘机组潜力，积极为电厂提供优质、高效的EPC改造方案，实现个性化定制服务。



THANK YOU

www.shanghai-electric.com