

岱海发电亚临界机组“跨代”升级暨节能减排改造经验交流会



周昭伟

上海发电设备成套设计研究院有限责任公司检评部性能试验所副所长，高级工程师，长期从事国内外煤电、燃机和核电机组性能考核鉴定试验，大型电站综合升级改造可行性研究、深度调峰、节能诊断和优化运行，火电机组在线性能计算和优化运行，电站管道设计和空冷管道应力分析等工作，累计完成50多个改造、试验及设计相关项目，取得多项技术成果。

内蒙古岱海发电有限责任公司一期机组节能减排改造工程 可行性研究介绍

主办单位：中国电力科技网

承办单位：内蒙古岱海发电有限责任公司

2019年12月9-10日 中国·乌兰察布





上海发电设备成套设计研究院有限责任公司
SHANGHAI POWER EQUIPMENT RESEARCH INSTITUTE CO.,LTD

内蒙古岱海发电有限责任公司

一期机组节能减排改造工程

可行性研究介绍

检评部 性能试验所

发言人：周昭伟

www.speri.com.cn

知识产权声明

本文件的知识产权属国家电力投资集团公司及其相关产权人所有，并含有其保密信息。对本文件的使用及处置应严格遵循获取本文件的合同及约定的条件和要求。未经国家电力投资集团公司事先书面同意，不得对外披露、复制。

Intellectual Property Rights Statement

This document is the property of and contains proprietary information owned by SPIC and/or its related proprietor. You agree to treat this document in strict accordance with the terms and conditions of the agreement under which it was provided to you. No disclosure or copy of this document is permitted without the prior written permission of SPIC.

目录

一、改造的背景与必要性

二、改造目标

三、可行性研究主要节点

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

五、改造主要技术路线

六、改造方案介绍及分析

七、改造后能耗指标和经济指标

八、主要结论

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

一、改造的背景与必要性

(1) 国家能源局下发《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020）》

- **节能改造**：深入淘汰落后产能，实施综合节能改造；
- **指标要求**：到2020年，现役燃煤发电机组改造后平均供电煤耗低于 $310\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，其中现役60万千瓦及以上机组（除空冷机组外）改造后平均供电煤耗低于 $310\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

(2) 环保要求

- **保护岱海湖**：2016年7月，中央环保第一督查组到凉城县开展明察工作，环保部、水利部、国家发改委也先后到凉城县调研岱海湖萎缩原因，并提出反馈意见。自治区政府随后提出《贯彻落实中央环境保护督察反馈意见整改方案》提，将岱海电厂一期机组湿冷改空冷，二期机组综合升级改造列为整改措施之一。
- **排放要求**：京能集团为响应国家能源局[2014]2093号关于《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020）》文件中要求，对岱海电厂提出实施综合性、系统性节能改造，改造后供电煤耗力争达到同类型机组先进水平，同时要求烟尘、二氧化硫、氮氧化物等要达到燃机排放的“**近零**”水平。

(3) 机组运行能耗高

汽轮机受当时设计技术、制造加工能力等因素的影响，效率较低，热耗偏高。机组原设计热耗率为 $7731.5\text{kJ}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，经诊断试验分析可知，当前机组实际运行热耗为 $8082.0\text{kJ}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，较设计值偏高4.53%。

目录

一、改造的背景与必要性

二、改造目标

三、可行性研究主要节点

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

五、改造主要技术路线

六、改造方案介绍及分析

七、改造后能耗指标和经济指标

八、主要结论

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

二、改造目标

(1) 供电煤耗指标

改造后THA工况供电煤耗低于310.0g/ (kW·h) 。

(2) 排放指标

$\text{SO}_2 < 17.5 \text{ mg/Nm}^3$; 粉尘 $< 2.5 \text{ mg/Nm}^3$; $\text{NO}_x < 25 \text{ mg/Nm}^3$ 。

(3) 冷端由湿冷改为直接空冷

改造后THA工况背压为10.5kPa , TRL工况背压为25kPa。



目录

一、改造的背景与必要性

二、改造目标

三、可行性研究主要节点

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

五、改造主要技术路线

六、改造方案介绍及分析

七、改造后能耗指标和经济指标

八、主要结论

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

三、可行性研究主要节点

◆ 2016年1月-2月（岱海电厂）-诊断试验

岱电和上海成套院完成整套机组诊断试验。

◆ 2016年2月26日（上海）-启动会

岱电、上海电气、上海成套院、各设备厂家在上海成套院召开综改启动会。

◆ 2016年3月23日（北京）-技术讨论

京能集团、岱电、上海电气、上海成套院在京能集团本部召开技术讨论会。

◆ 2016年6月2日（北京）-内审会

京能集团、岱电、上海电气、上海成套院、各设备厂家在京能集团召开内部审查会。

◆ 2016年11月14日~ 2016年11月16日（岱海电厂）-外审会

京能集团、中咨公司、京能电力、岱电；内蒙古自治区环保厅、水利厅、特检所；乌兰察布市发改委、质量技术监督局、特检所、水利局、环保局；凉城县政府、发改委、水务局、环保局、质量技术监督局；上海成套院在岱海电厂召开外部审查会。

◆ 2017年6月28日（京能集团）-收口会

京能集团、中咨公司、岱电、上海成套院在京能集团召开收口审查会。

◆ 2017年9月12日-发文

中咨公司出具收口文件，文件号咨能源[2017]1343号。

目录

一、改造的背景与必要性

二、改造的原则和目标

三、可行性研究主要改造节点

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

五、改造主要技术路线

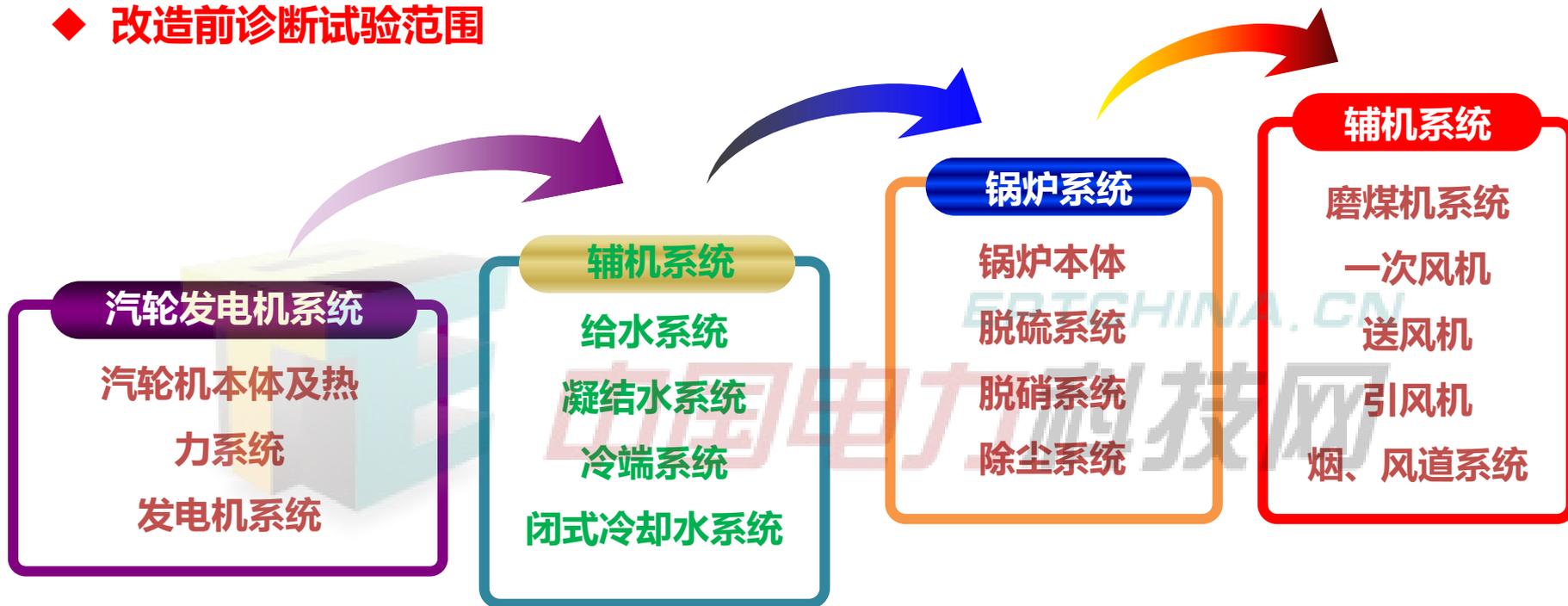
六、改造方案介绍及分析

七、改造后能耗指标和经济指标

八、主要结论

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

◆ 改造前诊断试验范围



四、改造前诊断试验与辅机系统核算

◆ 辅机系统核算

依据上述数据，如果BMCR工况主汽流量至**2070t/h(原设计值2028t/h)**，汽机侧主、再热温度提升至596℃，本机组辅机系统核算情况如下：

➤ 高加及除氧器适应性核算分析

经核算，#3高加需要改造，#1和#2高加无需改造，除氧器无需改造。

➤ 低加适应性核算分析

经核算，#5低加无需改造，#6号低加需要改造，#7和#8低加需要改造。

➤ 凝结水泵适应性核算分析

经核算，凝泵不需要改造。

➤ 给泵和小汽机适应性核算分析

经核算，给泵需要改造，小汽机无需改造。

➤ 前置泵适应性核算分析

经核算，前置泵需改造。

➤ 循环水泵适应性核算分析

经测试和核算，循泵效率达到设计值，如果保持水冷，无需改造。

➤ 凝汽器适应性核算分析

经核算，如果保持水冷，凝汽器无需改造。

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

◆ 辅机系统核算

依据上述数据，如果BMCR工况主汽流量至2070t/h(原设计值2028t/h)，汽机侧主、再热温度提升至596℃，本机组辅机系统核算情况如下：

➤ 磨煤机系统适应性核算分析

经核算，磨煤机无需改造。

➤ 给煤机适应性校核分析

经核算，给煤机无需改造。

➤ 一次风机适应性核算分析

经核算，一次风机无需改造。

➤ 送风机适应性核算分析

经核算，送风机无需改造。

➤ 引风机适应性校核分析

经核算，引风机无需改造。

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

目录

一、改造的背景与必要性

二、改造的原则和目标

三、可行性研究主要改造节点

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

五、改造主要技术路线

六、改造方案介绍及分析

七、改造后能耗指标和经济指标

八、主要结论

五、改造主要技术路线

1 影响改造边界条件的主要影响因素

影响本次改造边界条件的主要因素有：

- ◆ 汽机侧主、再热温度提升至566°C或581 °C或596 °C，哪种更为经济；
- ◆ 考虑高压负荷中心对发电厂电率和供电煤耗影响；
- ◆ 冷端由湿冷改空冷，并进行冷端优化；
- ◆ 主汽压力提升。

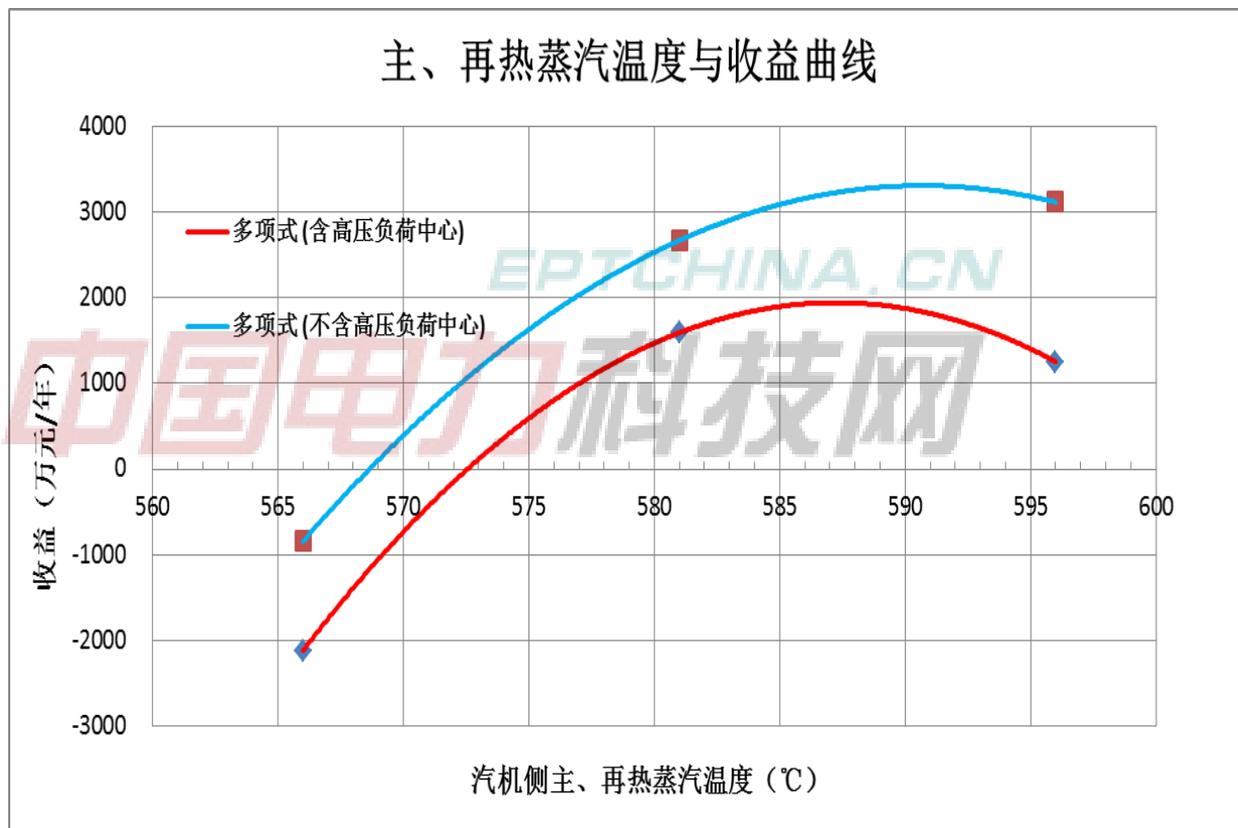
针对上述要求，对各种可能方案进行组合分析，具体相关结论如下：

五、改造主要技术路线

1.1 汽机侧主、再热温度与高压负荷中心

由右图曲线可知：

- ◆ **不考虑高压负荷中心**条件下，随着机组主、再热蒸汽温度提升，考虑增容条件下，THA工况机组收益逐渐增加；
- ◆ **考虑高压负荷中心**条件下，主、再热温度增加到一定程度后，考虑增容条件下，THA工况机组收益会有所下降。

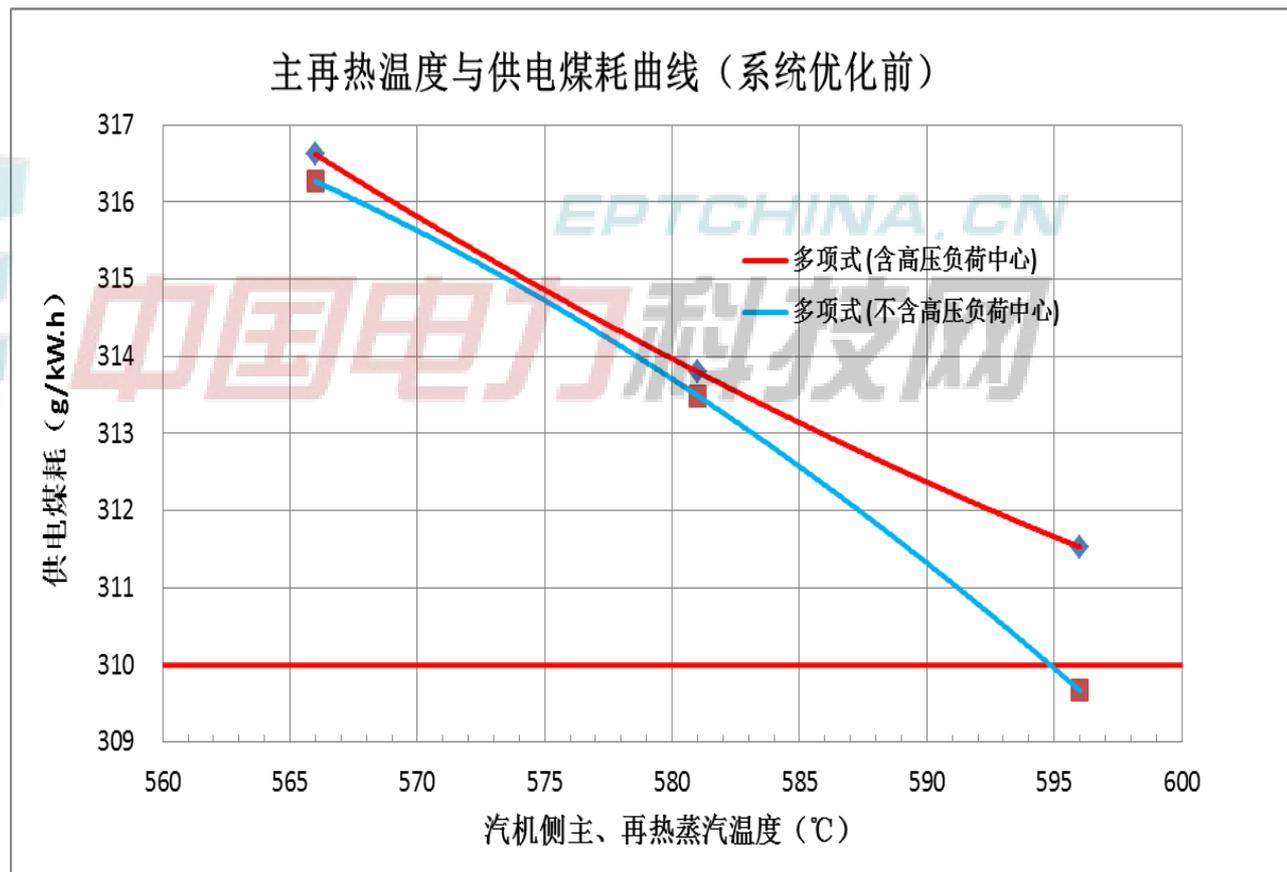


五、改造主要技术路线

1.2 汽机侧主、再热温度与高压负荷中心

由右图曲线可知：

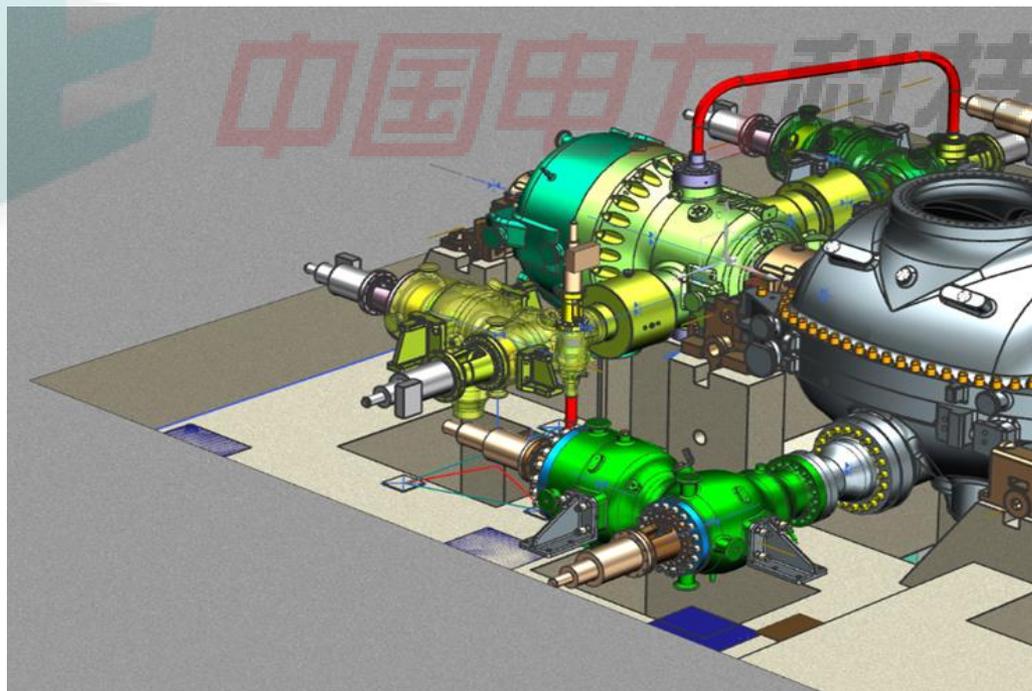
- ◆ **不考虑高压负荷中心**条件下，主、再热蒸汽温度提升至 595°C 后，THA工况下机组供电煤耗低于 $310\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；
- ◆ **考虑高压负荷中心**条件下，机组主、再热蒸汽温度提升至 596°C ，THA工况下机组供电煤耗高于 $310\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；



五、改造主要技术路线

1.3 主汽压力提升至超临界水平

- ◆ **经济性分析**-与仅汽机侧主、再热温度提升至596°C相比，主汽压力由16.7MPa提升至24MPa，可降低汽轮机热耗率约1%，但需要给水系统、高加、锅炉所有受压元件、锅炉钢结构均需更换，汽轮机高中压缸基础局部进行改造，即提升主汽压力后**施工周期长、静态投资费用高和经济性差等缺点。**



五、改造主要技术路线

2、改造边界条件主要结论

综上所述可知，本机组改造边界条件主要结论如下：

- ◆ THA工况下机组供电煤耗低于310g/(kW.h)，汽机侧主、再热蒸汽温度应提升至596℃；
- ◆ 考虑高压负荷中心后，虽然降低发电厂用率，但受限于锅炉和汽机热力系统现有状态，即使汽机侧主、再热温度提升至596℃，THA工况下机组供电煤耗仍高于310g/(kW.h)；
- ◆ 在考虑BMCR工况边界条件、煤价、电价和静态投资各种因素下，本机组综合扩容、高压负荷中心和机组热耗率因素下，增加高压负荷中心在THA工况下并未得到最佳收益；
- ◆ 经冷端优化分析后：TRL工况背压采用25kPa，THA工况的背压采用10.5kPa；
- ◆ 主汽压力提升至超临界水平，收益低，静态投资大，不可行。

注：本结论仅适用于本机组，每台机组因边界条件、机组负荷率、煤价和电价等各种因素不同而不同。

五、改造主要技术路线

3、主要技术路线

节能改造技术路线如下：

(1) 采用先进的通流设计技术

汽轮机通流效率提升，主汽压力基本维持不变，主、再热温度分别提高至596℃/596℃。

(2) 冷端系统改造

冷端由湿冷改直接空冷，THA工况背压为10.5kPa，TRL工况背压为25kPa。

(3) 烟水复合回热系统改造

增加一级省煤器，安装烟气-凝结水加热系统和烟气-空气加热系统，提升锅炉效率，取代原有蒸汽加热暖风器，从而达到降低煤耗目的。

(4) 其余优化改造

增加外置蒸汽冷却器，优化轴封溢流系统等。

环保改造技术路线如下：

(1) 取消原回转式GGH加装热媒水管式烟气加热器；

(2) 脱硝装置加装催化剂；

(3) 更换高效屋脊式除雾器。

目录

一、改造的背景与必要性

二、改造的原则和目标

三、可行性研究主要改造节点

四、改造前诊断试验与辅机系统核算

五、改造主要技术路线

六、改造方案介绍及分析

七、改造后能耗指标和经济指标

八、主要结论

六、改造方案介绍与分析 —— 汽轮机系统改造

汽轮机通流改造

- 主、再热温度提升至596℃，湿冷机组改空冷机组

加热器改造

- 增加外置蒸冷器，8级加热系统

凝结水精处理系统改造

- 适应空冷机组凝水温度，需要进行部分改造

冷端系统改造

- 水冷开式循环改为直接空冷。

高低压旁路阀系统改造

- 适应提温改造，更换相关部件。

轴封溢流系统改造

- 轴封溢流至凝汽器改为溢流至末级低加。

六、改造方案介绍与分析 — —汽轮机系统改造

1、汽轮机通流改造

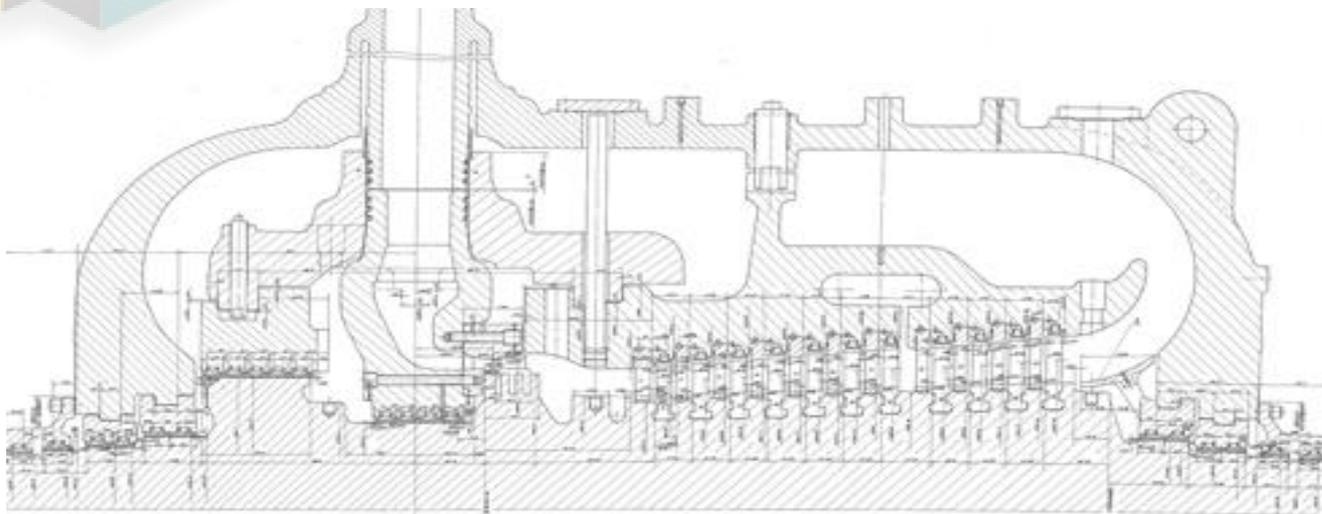
1.1 存在的问题

(1) 原设计问题

- ① 调节级影响高压缸效率；
- ② 通流设计技术不先进；
- ③ 汽缸进汽方式、排汽流道设计不合理；
- ④ 加工工艺不先进；
- ⑤ 汽封和轴封设计不合理。

(2) 当前问题

- ① 运行经济性差。机组在100%THA~50%THA工况范围，汽轮机热耗率比设计值至少高4.5%；
- ② 存在安全性问题。高压调门在特定负荷阶段会出现阀芯高频振动和油动机晃动大的缺陷。



六、改造方案介绍与分析 —— 汽轮机系统改造

1、汽轮机通流改造

1 改造范围（高、中、低全造）

高压缸级数：由I+9级改为17级

中压缸级数：2×9级改为2×11级

低压缸级数：2×2×7级改为2×2×8级

通流特点：采用上汽AIBT技术，新型叶片，小直径，多级数，变反动度，新型汽、轴封等

2 汽机侧参数

原：16.7MPa/538°C/538°C

现：16.7MPa/596°C/596°C

3 高压缸

原：带调节级+部分进汽，非圆筒型缸设计

现：全周进汽+补汽阀，1000MW超超临界机组圆筒型缸设计

4 低压缸

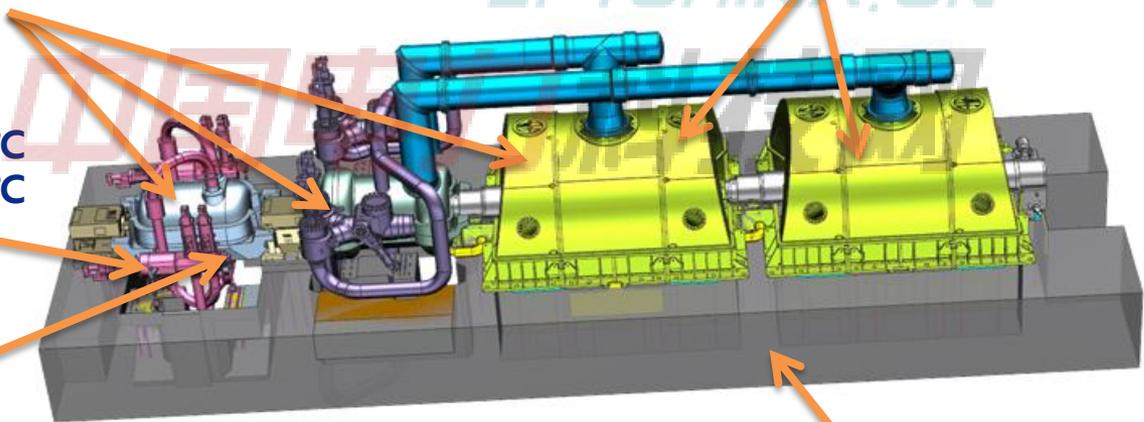
原：水冷机组低压缸，座缸式轴承

现：空冷机组低压缸，落地式轴承

5 汽机岛基础

原：湿冷机组配置

现：直接空冷机组配置



六、改造方案介绍与分析 —— 汽轮机系统改造

1、汽轮机通流改造

序号	名称	单位	100%THA工况主要性能指标		
			改造前-湿冷 (设计值)	改造后-空冷 (设计值)	改造后-空冷 (试验值)
1	机组出力	MW	630	630	630
2	主汽压力	MPa	16.70	16.15	16.15
3	主、再热温度	°C	538/538	596/596	596/596
4	背压	kPa	4.5	10.5	10.5
5	高压缸效率	%	88.11	90.02	91.92
6	中压缸效率	%	92.19	92.40	93.11
7	低压缸效率	%	88.69	90.25	90.27
9	汽轮机热耗率	kJ/(kW·h)	7731.5	7899.6	7851.1

2、加热器系统改造

加热器系统改造后保持3高加、1除氧器和4低加的8级回热系统，同时还在末级高加出口增加外置蒸冷器。

2.1 增加外置蒸冷器：

① **改造原理。** 机组三级抽汽温度较高，达到450℃，过热度较大，能级利用效率低，因此可在三级抽汽进入加热器前增设外置蒸冷器以提高给水温度，进一步降低机组煤耗。

② **改造后对原加热系统影响。** 由于增加外置蒸冷器，#3高加蒸冷段出口处干壁温度低于设计值，存在的一定安全性问题，需要进行现场局部处理。

③ **经济指标。** 折算至全年机组发电煤耗可下降约0.48 g/(kW h)。

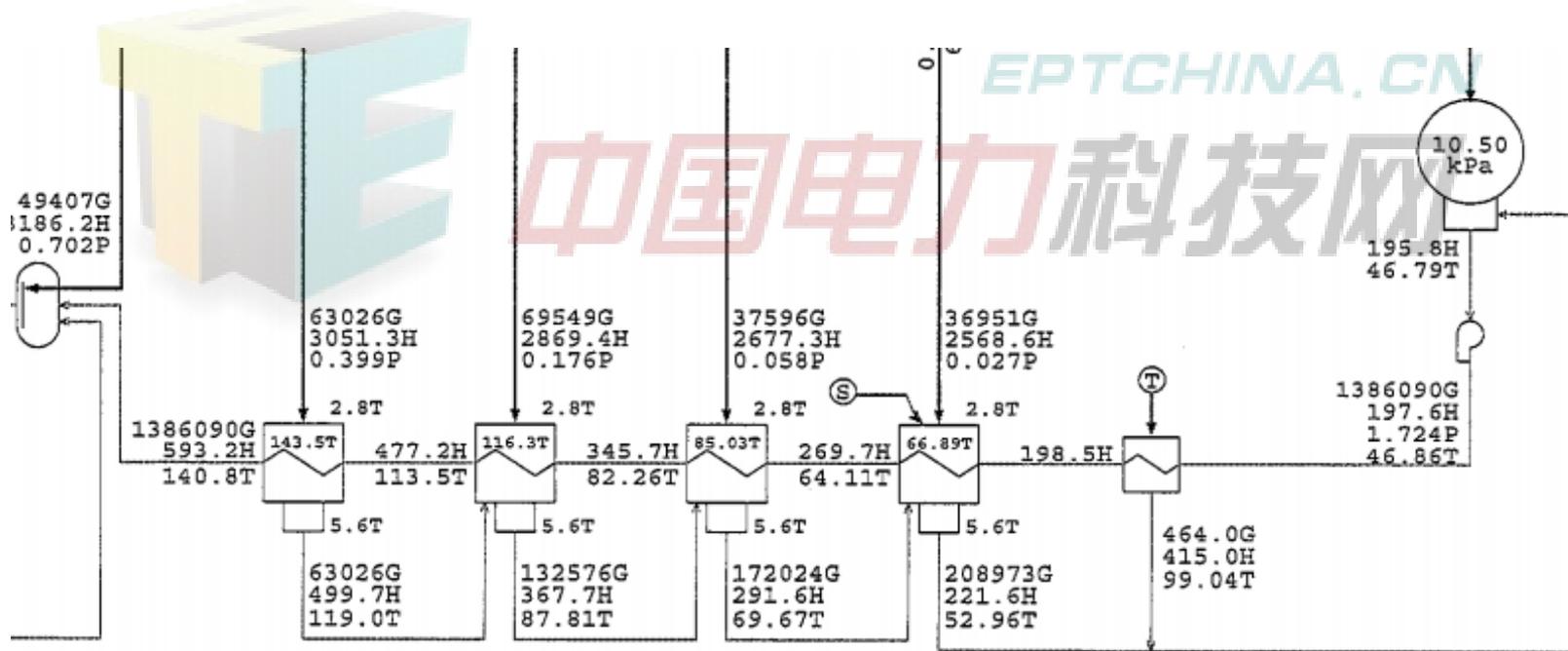
名称	单位	壳侧	管侧	名称	单位	壳侧	管侧
设计压力	Mpa	2	32	焊接接头系数	—	1	1
工作压力	Mpa	1.826	~22	有效容积	m ³	7.2	2.2
设计温度	℃	501	330	传热面积	m ²	450	
工作温度	℃	486/291	279.6/289.0	设备净质量	kg	27000	
介质/特性	—	汽	水	运行质量	kg	29200	
流量	t/h	100	2009.465	充水后质量	kg	36400	
程数	—	1	2	焊后热处理	—	整体热处理	
下端差	℃	10					
外形尺寸	m	6.2×2.0×2.7					

六、改造方案介绍与分析 —— 加热器系统改造

2、加热器改造

2.2 6号、7号和8号低加改造：

改造原因：湿冷改空冷后#6号低加出现换热面积不足，影响加热器上下端差，需要进行改造；湿冷改空冷后#7低加和#8号低加由于结构和设计原理都发生变化，需要重新进行设计。



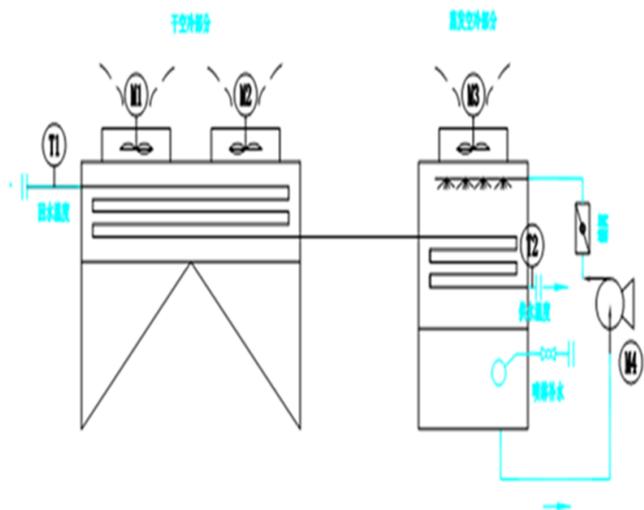
六、改造方案介绍与分析

——冷端系统改造

3、冷端系统改造

改造背景：2016年7月，中央环保第一督查组到凉城县开展明察工作，环保部、水利部、国家发改委也先后到凉城县调研岱海湖萎缩原因和水资源保护措施，提出要把岱海电厂一期机组空冷改造，作为保护岱海湖水资源的措施之一。

改造方案：湿冷改为直接空冷，直接空冷形式为8×7，面积为211.7万m²；原有凝汽器改造为直接空冷机组需要的排汽装置；辅机冷却水系统采用干湿联合冷却塔形式，干湿联合冷却塔单台机组循环水量3880t/h，夏季进塔水温46℃，出塔水温36℃，起喷温度25℃。干式冷却塔换热面积为18万m²，湿式冷却塔换热面积0.8万m²



六、改造方案介绍与分析

4、其余配套改造



高低压旁路阀系统改造

机组改造后，主、再热温度从538℃提高到596℃，经核算，有如下结论：1) 现有高低压旁路阀的强度不满足机组改造后的要求；2) 现有高低压旁路减温水需要增加，导致原喷水系统阀门不满足要求。

轴封溢流系统改造

在轴封溢流母管调节阀后的管路加一个异径三通，在保留原轴封溢流至凝汽器的管路同时，从三通引出一路管路接至末级低加。

凝结水精处理系统改造

经现场试验，现混床单台最大出力为750 m³/h，机组满负荷时每台机组需三台混床同时运行，使在此期间精处理混床失去备用，同时考虑到改造后相关凝水温度提升等边界条件有所变化。

六、改造方案介绍与分析 —— 锅炉系统改造



1 锅炉本体系统改造

● 改造背景

锅炉提温后，结合试验边界条件，假定受热面不进行改造，通过模拟分析可知：

- (1) 过热器减温水量较大，再热减温水量依然存在；
- (2) 空预器入口烟温偏高，使得锅炉效率偏低；
- (3) 锅炉二级过热器以及高温再热器管组超温，部分集箱、高温再热器和二级过热器出口延伸段管道强度不足。

综上所述，需对现有锅炉受热面、集箱及管道等进行改造，提高锅炉经济性及安全性。

● 改造方案

- (1) 保持亚临界汽包锅炉型式不变；
- (2) 过热器、再热器受热面重新优化布置，升级材质；
- (3) 过热器采用四级布置，三级减温，两次交叉；再热器采用二级布置，二级减温，一次交叉，并由原来单侧进中间出改为双进双出；优化相关部件结构，有效控制壁温，同时便于氧化皮等异物排出等。

名称	单位	改造后结果
计算工况	——	THA
主蒸汽流量	t/h	1817.4
再热蒸汽流量	t/h	1544.9
主蒸汽温度	°C	601
再热蒸汽出口温度	°C	599
再热蒸汽入口温度	°C	359.1
给水温度	°C	277.2
主蒸汽压力	MPa.g	17.5
再热蒸汽出口压力	MPa.g	3.34
再热蒸汽入口压力	MPa.g	3.53
省煤器出口过量空气系数	——	1.21
省煤器出口水温	°C	319
空预器入口烟温	°C	366
估算排烟温度(未修正)	°C	137
空预器入口风温	°C	29
环境温度	°C	25
锅炉计算效率(低位发热量)	%	93.38

六、改造方案介绍与分析 —— 锅炉系统改造

2 燃烧器系统改造

● 改造背景

实现锅炉低负荷稳燃，控制炉膛出口NO_x浓度,实现机组深度调峰能力。

● 改造方案

(1) 低氮燃烧系统优化改造

低氮燃烧系统优化改造主要包括：燃烧器部分改造，增加新型燃尽风系统，增加LYCTWA型贴壁风系统，优化炉膛出口过量空气系数，优化调节同层各燃烧器二次风量，提高二次风风速等。

(2) 新增C层等离子体系统

(3) 新增风道小油枪

在炉侧热一次风母管管路布置一套油枪加热系统。

● 改造预期目标（煤粉细度（R90）不超过18%）

(1) 省煤器出口的NO_x排放浓度不超过250mg/Nm³（折算到O₂=6%）；

(2) 锅炉最低不投油稳燃负荷不大于20%THA；

(3) 飞灰含碳量、大渣含碳量均不高于改造前的测试值；锅炉过热器喷水量不增加，再热器无喷水；燃烧器无烧损、无结渣掉焦等安全性问题；锅炉效率不降低。

六、改造方案介绍与分析 — — 锅炉系统改造

3 四大管道改造

● 改造背景

锅炉提温改造后，流经四大管道的流体的温度和压力发生变化，故需要对四大管道进行强度校核，同时降低改造管道系统压降，提升运行经济性。

● 改造方案

序号	系统名称	管道材质		原管道内径 (mm)	原管道壁厚 (mm)	设计压力 (MPa)		设计温度 (°C)		改造后计算壁厚 (mm)	校核结果		钢管类型	直管长度 (m)	备注
		改造前	改造后			596°C方案	596°C方案	596°C方案	596°C方案						
											596°C方案	596°C方案			
1	主蒸汽管道系统	A335 P91	A335 P91	489	55	17.6	606	81.8	需要更换	无缝钢管	351	内径管			
2		A335 P91	A335 P91	343	36	17.6	606	54.7	需要更换	无缝钢管	93	内径管			
3	再热热段管道系统	A335 P22	A335 P91	953	42	4.720	604	37.1	需要更换	无缝钢管	372	内径管			
4		A335 P22	A335 P91	679	31	4.720	604	26.4	需要更换	无缝钢管	120	内径管			
5	冷再管道系统	A672B70 CL32	A672B70 CL32	1022.4	22.2	4.72	397	23.88	需要更换	电熔焊钢管	336	外径管			
6		A672B70 CL32	A672B70 CL32	828.6	17.5	4.72	397	19.33	需要更换	电熔焊钢管	98.4	外径管			
7		A672B70 CL32	A672B70 CL32	621	19.5	4.72	397	14.89	无需更换	电熔焊钢管	57.0	外径管			
8	高旁系统	A335 P91	A335 P91	273	28	17.60	606	43.54	需要更换	无缝钢管	57	内径管			
9		A335 P22	A335 P91	610	31	4.72	397	14.11	无需更换	无缝钢管	22.0	内径管			
10	低旁系统	A335 P22	A335 P91	495	23	4.72	604	19.3	需要更换	无缝钢管	69	内径管			
11		A691CL42-2 _{1/4} Cr	A691CL42-2 _{1/4} Cr	844.6	9.5	0.80	185	2.82	无需更换	电熔焊钢管	54	外径管			
12	给水管系统	WB36	WB36	436	36	28	300	33.20	无需更换	无缝钢管	690	外径管			
13		WB36	WB36	267.9	28	28	300	21.17	无需更换	无缝钢管	108	外径管			
14		WB36	WB36	228.6	22.2	28	300	17.84	无需更换	无缝钢管	12	外径管			
15		WB36	WB36	223	25	28	300	17.84	无需更换	无缝钢管	60	外径管			

六、改造方案介绍与分析 — — 锅炉系统改造

4 锅炉受热面壁温监测改造

● 改造背景

锅炉提参数后，热负荷升高，受热面布置更加复杂。由于工质侧和烟气侧产生的热负荷不均匀性，极易引起管壁壁温偏差。这就要求有足够多的壁温测点，记录和反映壁温偏差情况，同时为调整壁温偏差试验提供数据支撑。

● 改造方案

受热面名称	出口管×管排数量	原设计测点数量	改造后测点数量
一级出口过热器	8根×89排	32点	32点
屏式过热器	17根×2片×13排	26点	94点
后屏过热器	18根×33	24点	60点
末级过热器	10根×66排	39点	59点
高温再热器	12根×89排	32点	56点
低温再热器	12根×89排	0点	80点
合计		153	381

5 锅炉本体保温改造

● 改造背景

锅炉外保温层表面温度要由设计值低于 50°C （环境温度 25°C ）下降到 45°C ，同时降低锅炉散热损失。

● 改造方案

（1）在机组停运前，正确、详细测量各部位保温层表面温度，该温度用于决定后继工序内容和热态验收。

（2）拆除保温外护和铁丝网，对于测量温度小于 55°C 的区域，焊接延长自锁保温钉，直接增加1层50mm硅酸铝后，恢复铁丝网和外护板；对于测量温度大于 55°C 的区域，拆除原有保温层，按照保温敷设工艺安装5层50mm硅酸铝后，恢复铁丝网和外护板，可重复使用的材料必须利旧。

六、改造方案介绍与分析 — —电气系统改造



六、改造方案介绍与分析 —— 环保系统改造



六、改造方案介绍与分析

—— 其余优化改造

1 烟水复合回热系统改造

● 改造背景

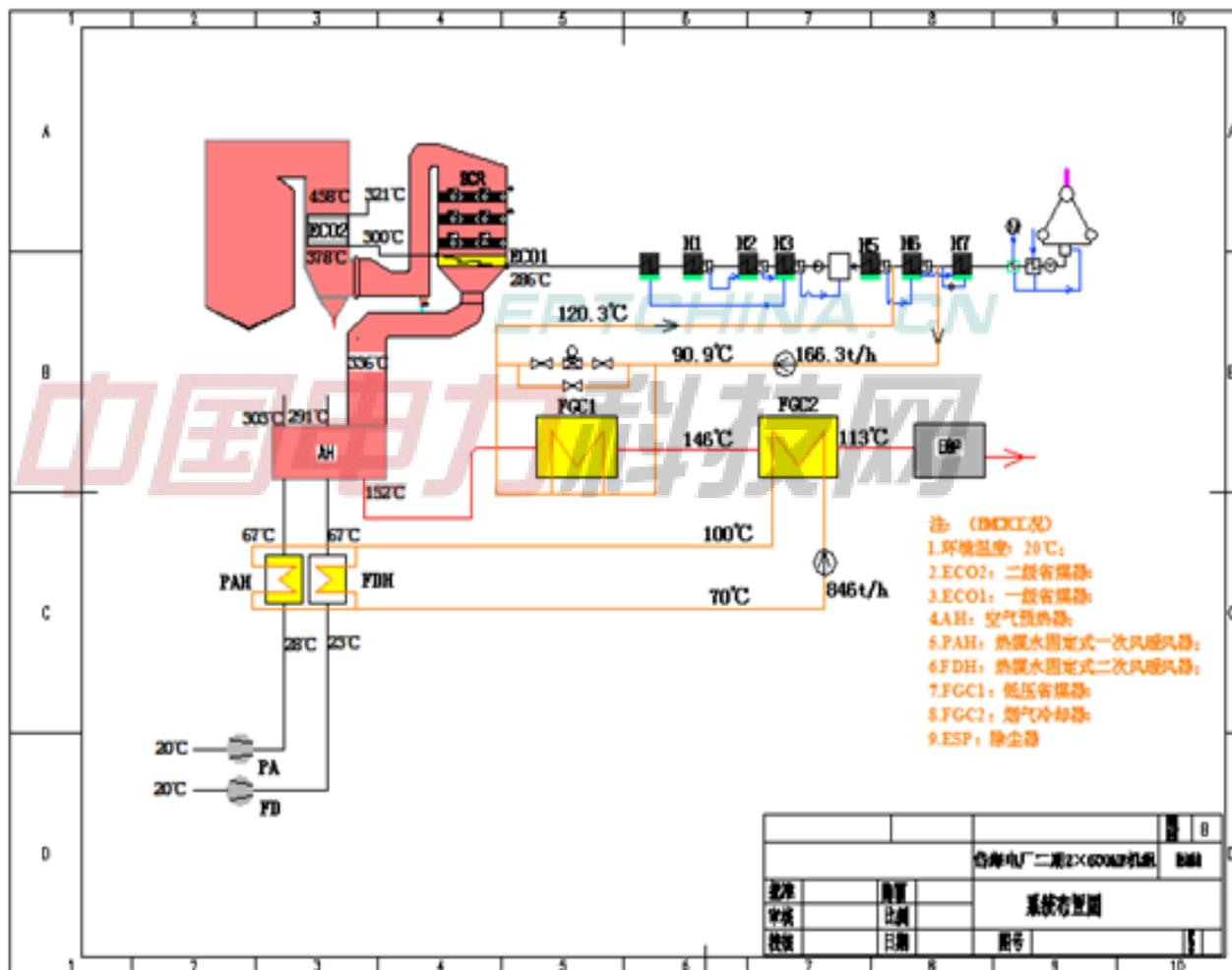
充分利用锅炉排烟损失，提升机组运行经济性。

● 改造方案

本次烟水复合回热系统改造范围包含四个方面：1) 分段式省煤器（一级省煤器）系统；2) 烟气-凝结水加热系统（FGC1）；3) 烟气-空气加热系统（FGC2及热媒水暖风器）；4) 蒸汽吹灰器系统。

● 改造后经济性

则算至全年可降低供电煤耗约2.4g/(kW.h)



目录

- 一、改造的背景与必要性
- 二、改造的原则和目标
- 三、改造前诊断试验与辅机系统核算
- 四、改造主要技术路线
- 五、主机和辅机系统主要情况
- 六、改造方案介绍及分析
- 七、改造后能耗指标和经济指标
- 八、主要结论

七、改造后能耗指标和经济指标

1、改造能耗指标

改造后100%THA能耗指标如下

序号	名称	单位	改造前100%THA 工况(湿冷)	改造后100%THA 工况(空冷)
1	高压缸效率	%	85.56	90.10
2	中压缸效率	%	90.50	92.50
3	低压缸效率 (UEEP)	%	79.28	90.60
4	汽轮机热耗率	kJ/(kW·h)	8082.0	7899.60
5	发电厂用电率	%	5.746	6.025
6	管道效率	%	99.0	99.0
7	锅炉效率	%	93.20	93.38
8	最终供电煤耗 (系统优化后)	g/(kW·h)	320.215	307.772

七、改造后能耗指标和经济指标

2、改造后经济指标

改造后全厂经济指标如下表所示：

序号	名称	单位	全厂经济指标
1	工程静态总投资 (含原有资产)	万元	412948
2	年利用小时数	小时	5500
3	所得税后投资回收期-融资前	年	7.11
4	所得税后内部收益率-融资前	%	15.32
5	所得税后投资回收期-融资后	年	6.07
6	所得税后内部收益率-融资后	%	19.13
7	BEP (盈亏平衡点)	%	51.53

目录

- 一、改造的背景与必要性
- 二、改造的原则和目标
- 三、改造前诊断试验与辅机系统核算
- 四、改造主要技术路线
- 五、主机和辅机系统主要情况
- 六、改造方案介绍及分析
- 七、改造后能耗指标和经济指标
- 八、主要结论

八、主要结论

通过以上论述，可获得如下结论：

- (1) 汽机侧主、再热温度需要提升至 596°C ，高压缸改为超超临界1000MW筒型缸结构在技术、安全和可执行性上是可行的；
- (2) 湿冷机组改为直接空冷机组，低压缸模块缩小，低压缸基础部分需要进行改造，且低压缸座缸轴承需要改为落地轴承，另外直接空冷排汽管道与主变位置有相交，需要进行主变移位改造；
- (3) 改造后亚临界空冷机组THA工况供电煤耗要低于 $310.0\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，通常需要将主、再热温度提升至 595°C 以上，且需配套进行其余优化改造；
- (4) 本次改造为保护岱海湖，相对于机组停机，改造后从全厂经济指标看，收益率较好。

综上所述，从安全性、技术和经济角度而言，本次综合节能改造是可行的。



上海发电设备成套设计研究院有限责任公司
SHANGHAI POWER EQUIPMENT RESEARCH INSTITUTE CO.,LTD

谢谢！

THANK YOU !

EPTCHINA.CN

中国电力科技网

www.speri.com.cn