



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”



姚利平

大唐河北发电有限公司安全监督与生产部节能高级主管，高级工程师，河海大学工业管理专业。长期从事火力发电厂机组运行管理、节能管理工作。多次参与公司机组节能技改项目可研评审、运行优化及效果评价等工作。

300MW机组双转子高背压供热改造

2018年10月10-12日

中国·常熟



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

300MW机组高背压双转子 供热技术应用介绍



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

尊敬的各位领导、各位同仁：

大家好！

非常感谢中国电力科技网给我们这次发言的机会。今天我汇报题目是“高背压双转子供热技术改造在300MW机组上的应用”。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

大唐清苑热电有限公司现役机组2台，均为上汽C300-16.7/0.43/537/537型亚临界抽汽凝汽式供热机组，单台容量300MW，采暖额定抽汽压力0.43MPa、温度255.1℃，额定抽汽量500t/h，最大抽汽量560t/h；工业额定抽汽压力0.8MPa、温度260℃，额定抽汽量50t/h，最大抽汽量80t/h。
为保定市区冬季供暖主力机组，两台机组原设计供热能力656MW，供热面积1260万m²。





大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

汇报提纲

1

项目背景

2

高背压双转子机组改造介绍

网源合一深度设计，优选技术路线

改造范围及参数

改造效果

3

改造后机组运行发生的问题



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

一、项目背景

随着保定市供热市场发展，为了提高供热能力和供热安全，同时提高电厂的经济效益，清苑热电投资9600万元，2号机组改为高背压双转子供热机组，改造后全厂供热能力可以达到774MW，解决未来几年供热能力不足的问题。2号机组高背压双转子供热改造后，随着供热能力的提高，替代区域内分散供热的小型热源点，促进保定市清洁供热的发展。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

作为集团首台300MW级机组高背压双转子循环水供热改造项目，2016年11月16日2号机组一次成功启动并网发电，18日至25日完成供电255MW、供热440MW高负荷168h试运行，与改造前比较，在相同主蒸汽流量下，实现了改造后提高发电负荷30MW、提高供热负荷112MW的预期目标，最优单机发电煤耗148g/kwh，年节约标煤4.6万吨，节约燃煤成本支出3000万元。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

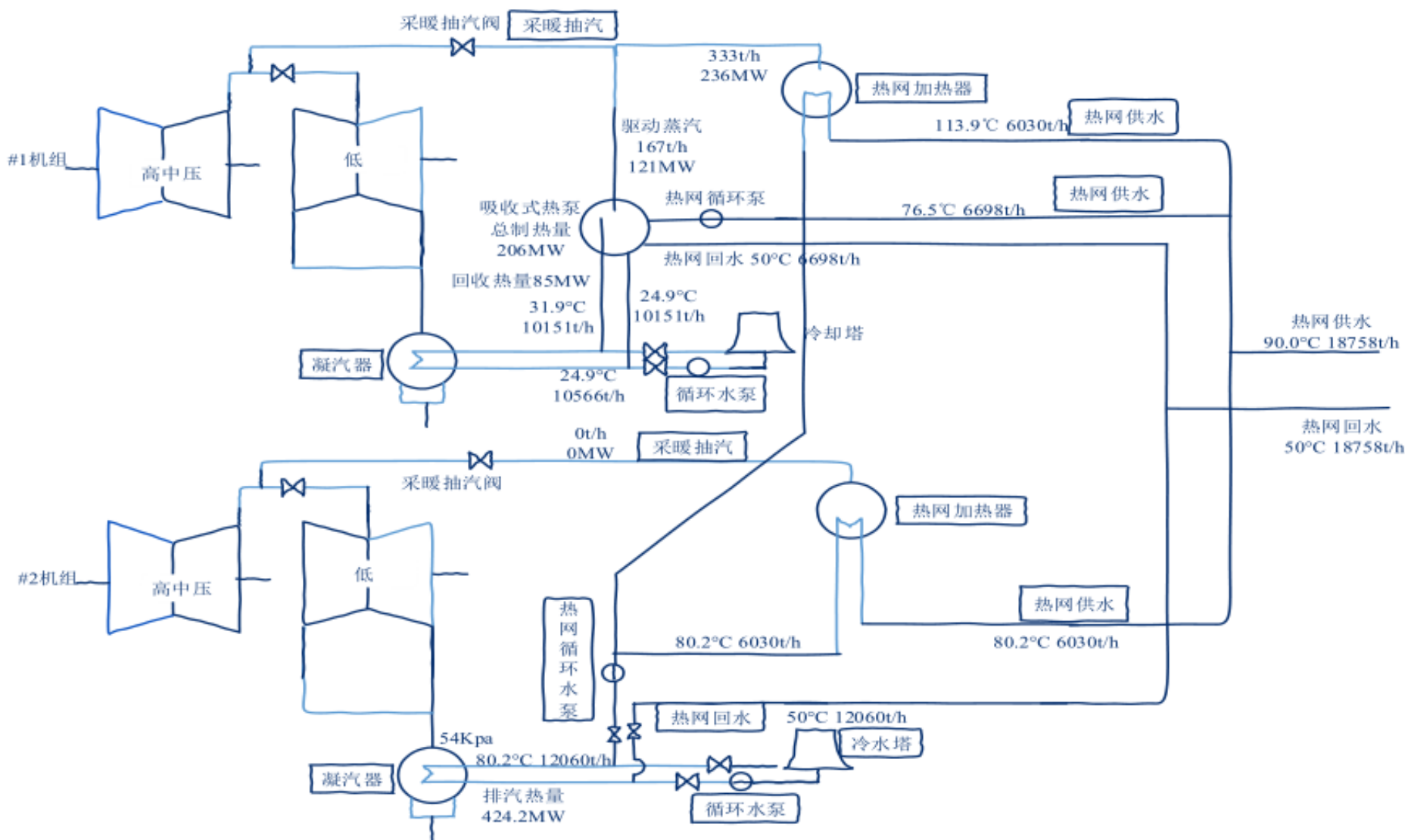
目前清苑热电厂区内热网循环水母管为 DN1600 管道，向厂区外供热的热网循环水管道分别为至保定市区的 DN1200（莲池大街线路）、至清苑区的 DN700 和至保定市区的 DN1200（朝阳大街线路）管道三路，热网循环水流量达到 18200t/h。

全厂热平衡系统图如图所示：



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.





大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

二、高背压双转子机组改造介绍

（一）网源合一深度设计，优选技术路线

清苑热电结合（热）网（热）源合一深度优化设计，综合考虑发电和供热能力、煤耗要求及技术成熟性，排除了影响发电负荷的光轴供热技术和影响纯凝期效率的单转子技术，确定54kpa高背压双转子循环水供热技术为最符合清苑热电生产特点的技改方案。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

首先将凝汽器的压力提高，充分利用机组的冷源热能，将循环水变成热网循环水，进入凝汽器的热网循环水流量为9000-13000t/h，凝汽器背压由5-7kPa升至54kPa，低压缸排汽温度由30-45℃升至83℃，热网循环水吸收低压缸排汽余热，进行一次加热将水温提高到80℃，然后再经过供热首站进行第二次加热，即把生成的高温热网循环水，送到首站利用本机或邻机的五段抽汽进一步加热，将热水温度提高到90℃以上，通过热网一次管网送至二级换热站与二次热网循环水进行换热，高温热水冷却后再回到机组凝汽器，构成一个完整的循环水路送往用户（见图1）。一方面满足热用户的需要，同时又最大限度的减少了机组的冷源损失，提高了机组的经济性。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

供热期结束后，热网循环泵及热网加热器退出运行，恢复纯凝工况运行，凝汽器背压恢复至5-7kPa。

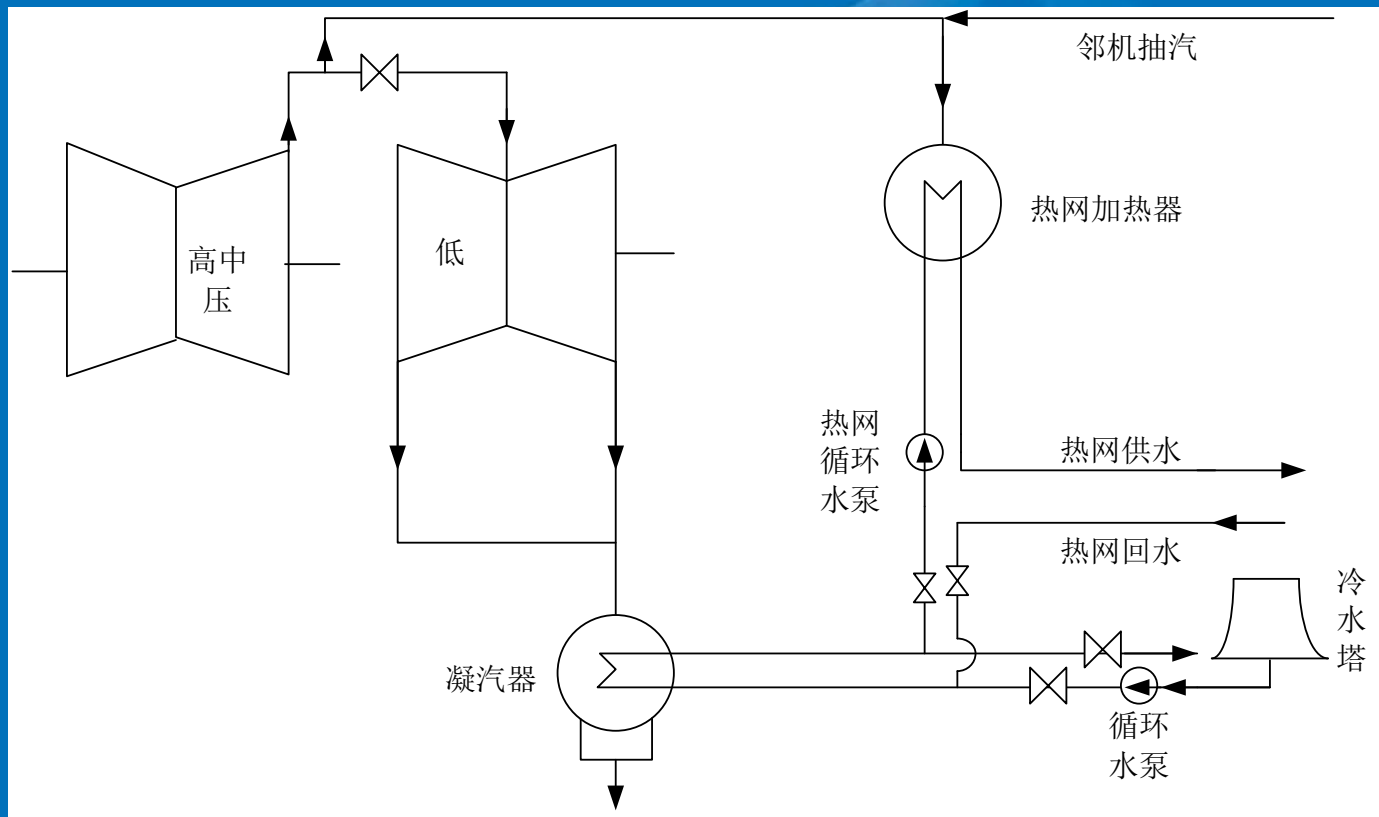


图1 改造技术路线示意图



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

(二) 改造范围及参数

300MW汽轮机高背压供热改造，是集团内同级别机组首次尝试。于**2015年5月**获得集团公司、河北公司立项批复；**2015年12月**完成转子订购；改造自**2016年9月12日**开工，**11月16日**并网；施工单位为河北电力建设第一工程公司。主要改造范围包括：



主机改造

A



凝汽器改造

B



附属系统改造

C



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

(1) 主机改造



图2 新更换 2×4 级转子

将低压双层内缸更换为单层整体内缸结构，供热季时，采用新设计的前四级供热用隔板和 2×4 级低压转子（见图2），原5、6级替换安装导流板，实现凝汽器供热。非供热季时，拆除导流板，更换原 2×6 级隔板和纯凝转子，恢复低背压运行。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

(2) 凝汽器改造

因供热期凝汽器内循环水压力和温度升高，配套对凝汽器设计压力、管板、水室进行强化改造。同期完成凝汽器22320根 $\Phi 25$ 芯管改造为29368根 $\Phi 22$ 芯管置换工作（见图3），换热面积由19000 m^2 增容至22000 m^2 ，实现夏季降背压增容运行效果。



图3 凝汽器更换内部结构



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

(3) 附属系统改造

高背压供热改造带来凝结水温升高、开冷水缺失、热网循环水需求量大等问题，故配套对涉及稳定运行的给水泵汽轮机、轴加冷却水、开冷水、热网管道（见图4）、凝结水精处理等系统进行配套改造，适应高背压运行工况，确保机组运行安全稳定。

图4 热网管道改造全景示意图



附表1：汽轮机改造前后主要参数对比



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

序号	规 范	单位	高背压供热工况参数	纯凝工况参数
1	型 号		CB300- 16.67/0.43/0.054/537 /537	C300-16.7/0.43/537/537
2	型 式		亚临界、单轴、一次中 间再热、双缸双排汽、 抽汽凝汽背压式、高中 压合缸	亚临界、单轴、一次中间 再热、双缸双排汽、抽汽 凝汽式、高中压合缸
3	额定功率	MW	255.624	300.113
4	最大连续功率	MW	267.955	316.37
5	主汽阀前额定蒸汽压力	MPa	16.7	16.7
6	主汽阀前额定蒸汽温度	℃	537	537
7	额定工况主蒸汽流量	t/h	980.004	919.375
8	最大功率蒸汽流量	t/h	1025.005	1025
9	中压主汽门前额定蒸汽 压力	MPa	3.260	3.191
10	中压主汽门前最大蒸汽 压力	MPa	3.402	3.527



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

11	中压主汽门前蒸汽温度	℃	537	537
12	再热蒸汽额定流量	t/h	798.966	758.155
13	再热蒸汽最大流量	t/h	833.309	839.497
14	中压缸额定排汽压力	MPa	0.604	0.5541
15	中压缸额定排汽温度	℃	297.9	289.9
16	中压缸最大排汽压力	MPa	0.632	0.6088
17	中压缸最大排汽温度	℃	298.1	288.9
18	额定背压	kPa	54	5.6
19	最大允许背压	kPa	58	11.8
20	回热抽汽级数	级	6（3高+2低+1除氧）	8（3高+4低+1除氧）
21	给水温度(额定/最大)	℃	277.9/280.9	274.9/281.9
22	低压转子末级叶片长度	mm	311.5	905
23	旋转方向		从机头向发电机端看为顺时针旋转	
24	额定转速	r/min	3000r/min	
25	机组保证热耗	kJ/kW _h	3685.7	7991.5
26	制造厂		上海汽轮机厂	



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

（三）改造效果

实现了汽机余热近零损失，供热期2号机组汽轮机热耗3676.5kj/kWh，供电煤耗、水耗、电耗均大幅降低，发电量供热量升高。

供电煤耗

发电量

水耗

供热量

电耗



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

(1) 发电量显著提高。改造后2号机组不再抽汽供热，蒸汽全部用于发电，供暖季负荷长期稳定在260MW左右，2016-2017和2017-2018供暖季分别较改造前2015-2016供暖季发电量增加6983万千瓦时、12822万千瓦时，经济效益显著；

(2) 供电煤耗大幅降低。改造前2号机组供暖季供电煤耗为263克/千瓦时，2016-2017供暖季降至161克/千瓦时，2017-2018供暖季降至157克/千瓦时，分别降低102克/千瓦时和106克/千瓦时，节能效果显著。

(3) 供热量增幅明显。改造后两年，随着供热市场需求的增加，供热量分别增加180.6万吉焦和289.3万吉焦，第二年供热量为改造前2.4倍，在发电量同比增加的情况下，供热能力实现本质提升。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

(4) 节水效果显著。改造前，2号冷却塔风吹损失为18t/h，蒸发损失为178t/h，总损失为196t/h。改造后，冬季停用2号冷却塔，其损失降为零，采暖期180天，则节水 $196\text{t/h} \times 180\text{天} \times 24\text{h} = 84.67\text{万t}$ 。

(5) 辅机电耗下降。改造前，冬季运行一台低速循环水泵，电机功率1140kW。采暖期180天，则该循环水泵耗电： $1140\text{kW} \times 180\text{天} \times 24\text{h} = 492.5\text{万千瓦时}$ 。改造后，冬季停运一台冷却塔循环水泵，每年节约厂用电492.5万千瓦时。

综上所述，2号机组高背压双转子循环水供热改造建设周期短，投资回报高，节能效果显著，现已成为保定市区最可靠、最高效的供热机组，是对《国家能源发展战略行动计划（2014-2020年）》的充分响应与体现。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

三、改造后机组运行发生的问题

(1) 加强热网循环水系统的水质控制。

高背压机组凝汽器、吸收式热泵和热网加热器系统均是换热设备，系统中的水质情况的好坏将会对换热设备性能产生重要影响，轻则影响换热效率，严重时可能使系统无法正常运行。热网循环水水质监测指标应包括电导率、碱度、硬度、pH、氯根等参数值，在热网系统注水、补水过程中，没有严格按照要求补充除盐水或软化水，尤其在管网泄漏后，供热公司为尽快恢复供热，可能发生使用自来水补充进入热网，因此水质监测应保证连续，在线仪表的安装和维护应高度重视。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

（2）重视凝汽器清洗工作。

热网系统停运后，高背压机组凝汽器清洗应得到重视。凝汽器中热网循环水温度高，结垢速度要远远大于低温水环境，另外，供热期四个月中，无法投入凝汽器胶球清洗系统，因此停机更换转子期间，必须加强凝汽器内部检查和化学监督，及时清洗，保证纯凝工况下机组经济运行。供暖期前也应清洗凝汽器，从运行情况看，2号机组在2016年改造初年运行中，凝汽器换热效果最好，端差接近 0°C ，在2017供热季，端差上升至 $1-1.5^{\circ}\text{C}$ ， 1°C 约影响15MW供热能力，同时影响供电煤耗升高，对经济性影响非常大。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

(3) 合理安排机组运行方式。

高背压机组运行期间，供电煤耗最低，当电负荷下降时，背压将升高，该机组凝汽器热网循环水出口温度下降，意味着余热回收量将下降，供电煤耗呈上升趋势，并且在总供热量和供热温度不变的前提下，需要增加邻机抽汽才能满足供热要求，全厂供热经济性下降，供电煤耗升高。因此，在机组间供热供电负荷的分配原则上，需保证高背压机组稳定到260MW、主汽流量960t/h的最大出力下，达到全厂煤耗最低的目的。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co., Ltd.

（4）改进与优化工作。

高背压机组凝汽器内冷却介质为高温热网循环水，容易在凝汽器水室四角产生气体，影响凝汽器换热，在该处原设计为排气手动门。需运行人员每班手动开启排气门放气，如放气不及时，将影响约 0.5°C 端差，折合约3.5克/千瓦时供电煤耗。因此，改进为凝汽器四角安装自动排气阀，随时排除不凝结气体，提高换热效果。



大唐清苑热电有限公司

Datang Qingyuan Co-generation Power Co.,Ltd.

各位领导，各位同仁，不断应用新技术，降四耗，推进各项指标的稳步提升，用科学细致的管理，来实现节能效益的最大化，是企业的生存之本，我们将一直努力探索。

以上是我的汇报，不妥之处，请各位领导和兄弟单位给予指正。

