

第九届大机组供热改造与优化运行技术2017年会



赵忠正

京能赤峰电厂高背压供热改造 实施与总结

京能（赤峰）能源发展有限公司设备管理部汽机专工，华北电力大学热能与动力工程专业。负责汽轮机节能相关工作。参与公司机组高背压改造工程、机组深度调峰改造工程、两次机组A级检修等重要项目，获公司优秀学员、技术能手、月度先进个人。



EPTCHINA.CN
中国电力科技网

SXEC 苏夏

2017年12月12-13日 中国·徐州



京能（赤峰）能源发展有限公司

赤峰能源高背压供热改造 实施与总结



2017年12月 江苏徐州



目 录

一

电厂概况

二

项目背景

三

实施过程

四

优化运行

五

项目总结



京能（赤峰）能源发展有限公司（以下简称“赤峰能源”）一期工程 $2\times 150\text{MW}$ 超高压双抽中间再热循环流化床冷凝式热电联产汽轮发电机组，赤峰能源是京能集团系统内第一座循环流化床锅炉电站。

2008年，两台机组相继投产，供热范围为赤峰市松山老城区、桥北区；2012-2013采暖期供热面积560万平米；2013-2014采暖期新增加供热区域为360团和红庙子镇，供热面积达到716万平米。



二

项目背景

2.1 赤峰地区热量需求

随着城市基础设施建设及公共设施建设的迅速发展，对城镇的集中供热要求越来越迫切。根据《赤峰市中心城区供热规划（2012~2030 年）》：赤峰市中心城区2015年供热缺口501.73万 m²，2020年供热缺口723.11万 m²。

年限 项		2012 年~2015 年 (近期规划)		2016 年~2020 年 (中期规划)		2021 年~2030 年 (远期规划)	
综合热指标 (W/m ²)		53		51		48	
环 型 网 供 热 区	供热面积(万 m ²)	3567.5		4214.5		5861.5	
	热负荷需求 (MW)	1890.78	不足	2149.4	不足	2813.5	略余
	供热能力合计 (MW)	1665	225.78	1824	325.4	2936	
	热源及供热能力	制药电厂：(44MW) 华源电厂：(29MW) 京能热电厂(一期)： 2×135MW (285MW) 赤峰热电厂： 四期(B厂) 2×135MW (285MW) 新建松山热电厂： 新建 2×300MW (626MW) 新建小新地热电厂： 新建 100MW 容量机组 (280MW) 接收富龙 1×116MW (116MW) 合计：(1665MW)		京能热电厂(一期)： 2×135MW (285MW) 赤峰热电厂： 四期(B厂) 2×135MW (285MW) 松山热电厂： 2×300MW (626MW) 小新地热电厂： 100MW 容量机组 (280MW) 3×116MW (348MW) 合计：(1824MW)		京能热电厂： 一期 2×135MW (285MW) 二期 2×350MW (600MW) 赤峰热电厂： 四期(B厂) 2×135MW (285MW) 老厂区(A厂) 100MW 容量 机组(280MW) 松山热电厂： 2×300MW (626MW) 小新地热电厂： 100MW 容量机组 (280MW) 3×116MW (348MW) 西南热源厂并入环网： 现有 4×58MW (232MW) 合计：(2936MW)	



二

项目背景

2.2 改造前机组状况

- 汽轮机低压缸进汽量过小，造成一定隐患不利于机组供热期长周期运行。由于供热量大，低压缸进汽电动门冬季工况下最小关至5%左右，如果操作不当，很容易造成阀门全关，或阀门误动作造成低压缸进汽量过少，进汽量过少将会造成机组真空下降，末级叶片鼓风摩擦加剧，严重者将影响机组安全稳定运行。
- 凝汽式机组存在冷源损失，降低机组经济性。

纯凝机组的蒸汽在低压缸做完功之后，剩余的乏汽凝结成水继续参与热力循环。而乏汽凝结成凝结水所放出的热量由循环水带走，在循环水塔处放热，保证循环水温下降从而能够循环冷却低压缸排气，维持机组真空保持稳定。这样的运行方式中，由水塔带走的热量白白浪费，造成了一定的经济损失。



二

项目背景

2.3 高背压可行性探索

1、前期调研：背压式供热机组是近年为适应北方采暖供热而出现的改造型机组，大都是由纯凝或抽凝式机组改造而成。该供热方式于上世纪80年代最早出现在我国东北地区，而后逐步发展到华北地区。从20世纪80年代起，东北地区如沈阳发电厂、长春发电厂等供热企业就开始进行高背压循环水供热技术的尝试，机组容量等级涵盖6MW~50MW，机型涉及纯凝、抽凝式。2012年在华电国际十里泉发电厂、华电章丘发电厂在超高压135~150MW等级机组进行高背压循环水供热改造，均取得成功。

2、在集团公司的大力支持和指导下，多次去哈尔滨汽轮机厂研究和论证改造方案，和中国船舶重工集团公司第七〇三研究所一起进行可行性研究分析，经过将近两年的前期调研、论证和工程前期准备，最后决定对#1机组进行高背压供热改造。

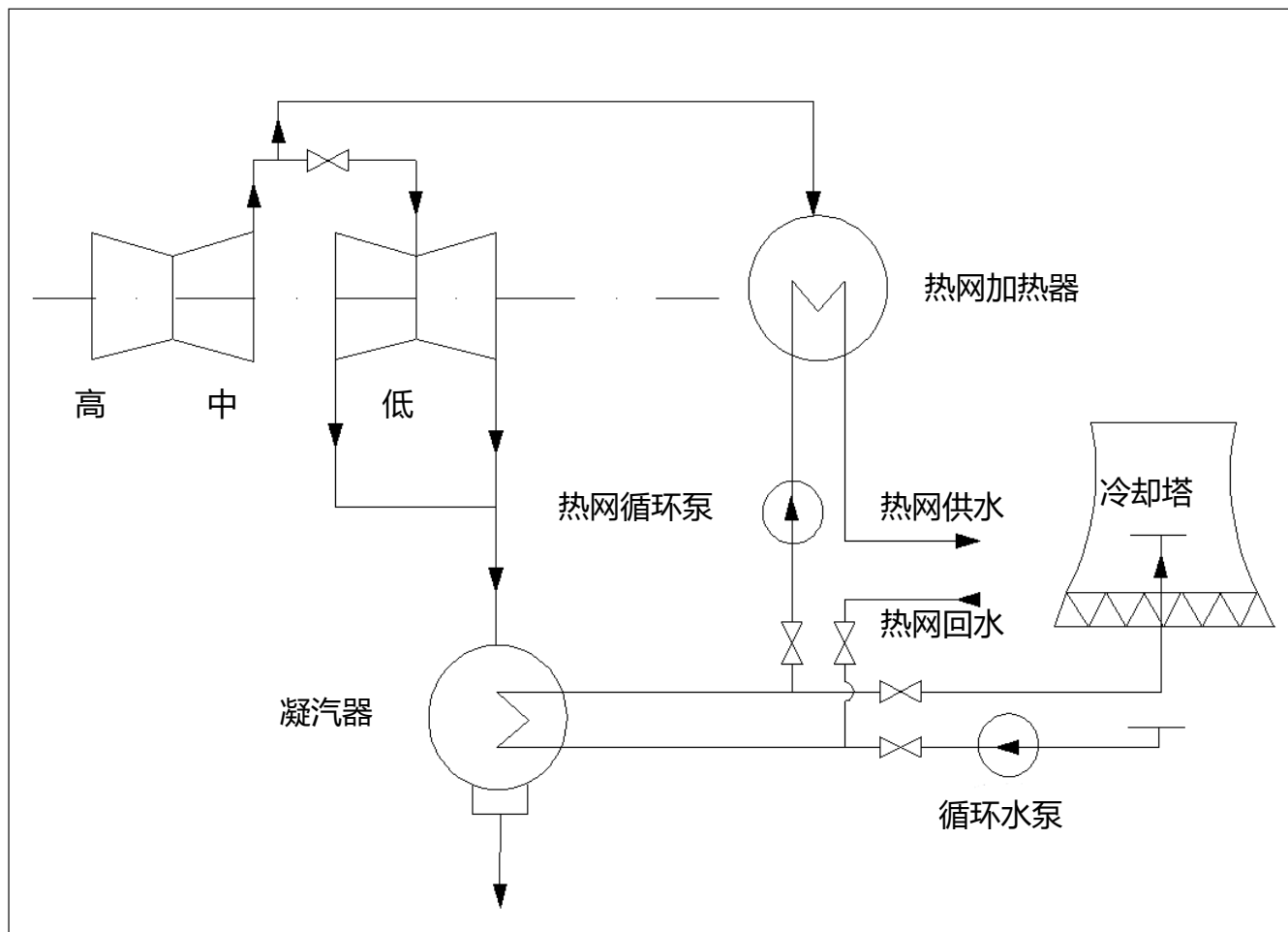


二

项目背景

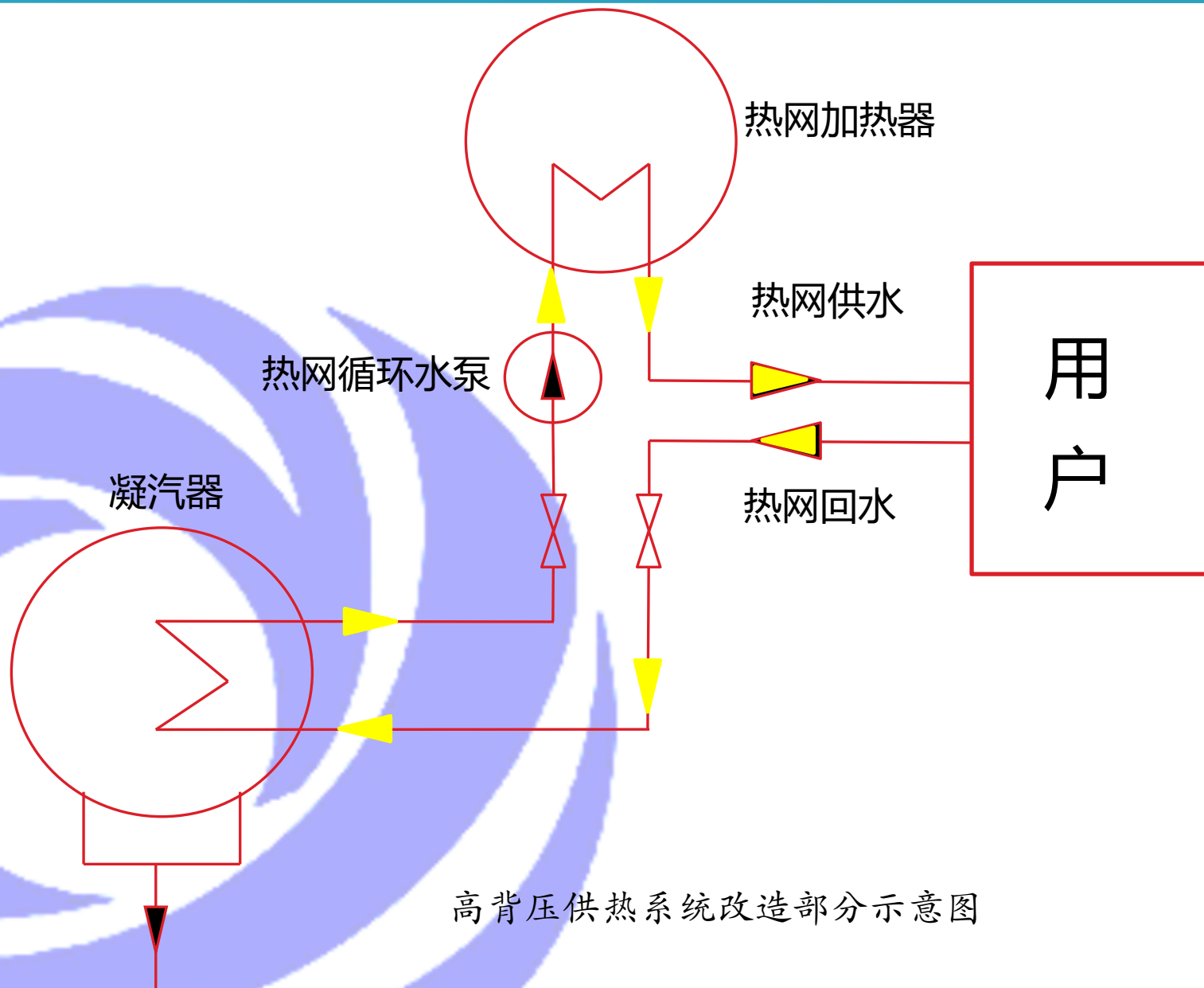
2.4 高背压原理

高背压供热改造工程是将低压缸排汽压力提高，降低凝汽器的真空（故也称作“低真空改造”），提高排汽温度，用热网循环水回水作为凝汽器的冷却水，相当于将凝汽器变成供热系统中的一个加热器，充分利用凝汽式机组排汽的汽化潜热加热热网循环水，无冷源损失，从而提高机组的循环热效率。采用该方法供热是在不增加机组规模的前提下，利用低压缸排汽的汽化潜热增加了供热量、增大了供热面积，利用废热去供热，另外还具有相对热泵技术等供热改造方式投资小、易施工、经济效益显著等特点。



高背压供热工艺简图



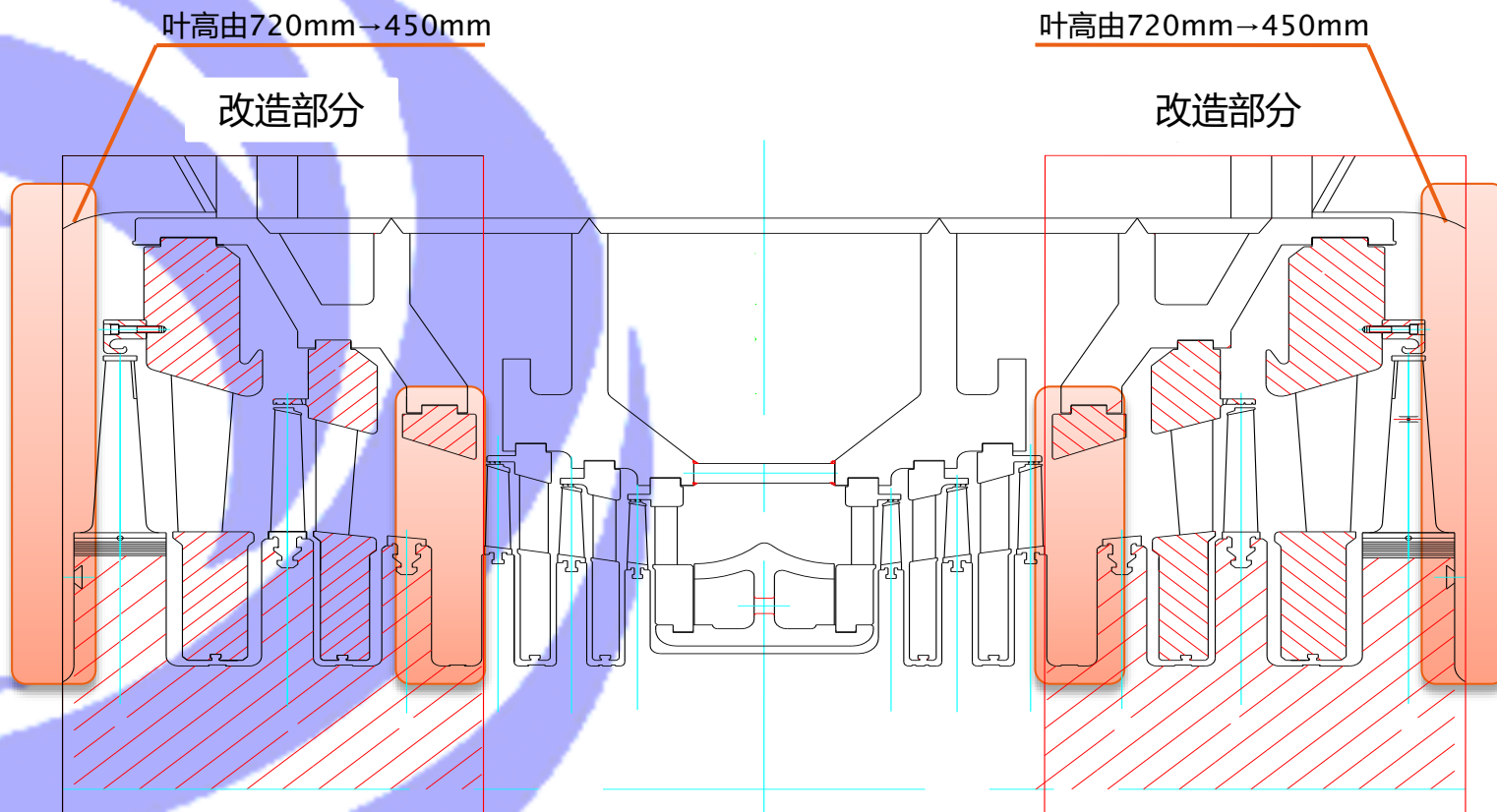


高背压供热系统改造部分示意图

3.1 本体通流部分改造

在原#1机组低压转子基础上进行相应改造，以满足提高低压排汽压力的需要，实现循环水供热工况运行。

1. 去掉低压正反向第四级动叶，安装假叶根；
2. 新设计低压正反向末级、次末级叶片及隔板。





三

实施过程

3.2 辅机部分改造

3.2.1 凝汽器改造

3.2.1.1 更换凝汽器管板及管束

3.2.1.2 更换凝汽器前后水室及其防腐衬胶

3.2.1.3 更换凝汽器喉部补偿节和凝汽器管束与壳体间连接的补偿节

3.2.1.4 改变凝汽器冬季夏季水侧运行策略

改造前凝汽器循环水流量21150t/h，换热管内水速约为2.1m/s。如按照热网水为6000t/h考虑，凝汽器管侧水速则为0.57m/s，远小于换热管内最低水速为1.3m/s的要求。如果采用凝汽器半侧运行，凝汽器面积不能满足低真空运行工况的要求。所以将凝汽器水侧改为单进单出、四流程运行。



三

实施过程

3.2 辅机部分改造

3.2.2 厂内热网系统改造

热网首站原有3台热网循环水泵，单台循环水泵流量为2640t/h，扬程为1.16MPa，目前热网供水压力为1.15MPa，回水压力为0.3—0.35MPa，由于改造后热网循环水量由4800t/h增加到6000t/h，水泵容量不能满足改造后要求，因此本项目中需增加一台热网循环水泵。

改造后由于一级热网水系统需要与循环水系统连接，考虑到运行方式以及快速切换的要求，需要在循环水供水母管上增设1个DN1800的电动蝶阀，并在阀后增设堵板；在循环水回水支管上各增设1个DN1400的电动蝶阀，并在阀后增设堵板，以防止大管径蝶阀密封不严。机组低真空运行时，这三个电动蝶阀关闭，进入凝汽器的循环水切换为热网水。



四

优化运行

4.1 高背压改造后的运行方式

采暖供热工况，#1机组所对应的冷水塔及循环水泵退出运行，#1机组的辅机冷却水取自#2机组循环水供水母管，回水至#1机组循环水回水母管。将凝汽器的循环水系统切换至热网循环水泵建立起来的热水管网循环水回路，循环水回路切换完成后，凝汽器背压由5~7kPa左右升至30~38kPa，低压缸排汽温度由30~40℃升至69~75℃。经过凝汽器的第一次加热，热网循环水回水温度由44℃提升至66~71℃，然后经热网循环泵升压后送入首站热网加热器，将热网供水温度进一步加热后供向一次热网。

非采暖期纯凝工况，热网循环水泵及热网加热器退出运行，冷却水系统切换，恢复#1机组对应的循环水泵及冷却塔运行。



四

优化运行

4.2 高背压改造后的运行经验

1) 为了最大限度地吸收低压缸排汽热量，同时考虑外网热负荷突然变化对凝汽器真空的影响，在确保安全的基础上，#1机高背压运行时，凝汽器出水温度最高定为 73°C ，相应地凝汽器背压为 35.5kPa 。

2) #1机组采暖抽汽量越少越经济，当#1机凝汽器背压升高时，为控制背压在正常范围内，适当增加#1机采暖抽汽，可以降低背压，提高机组负荷。

3) 由于#1汽轮机低压转子改造，机组夏季运行时发电标准煤耗率增高。夏季单机运行时，#2机组投运。



五

项目总结

5.1 项目效益

赤峰能源2015年完成的#1机组高背压供热改造工程，是京能集团高背压改造工程的首次探索 and 成功实践，是一项重大节能改造工程。本次高背压供热改造工程投资2598万元，改造后增加供热量80多万GJ，年节约标煤3.2万t，供热期平均发电标准煤耗率下降90.8g/(kW·h)，节水47.52万t，节电180万kW·h，取得了良好的经济效益和社会效益。



5.2 机组改造前、后的技术经济指标

序号	项 目	单 位	改造前	改造后
1	1#机组进汽量	t/h	458	419
2	1#机组平均采暖抽汽量	t/h	225	15
3	1#机组排汽量	t/h	123	297
4	1#机组低真空供热量	GJ/h	—	678
5	1#机组小时供热量	GJ/h	527	712
6	发电功率	kW	116764	116262
7	热耗	kJ/(kW·h)	6015.4	3659.2
8	采暖期小时数	H	4320	4320
9	采暖期对外供热量	10 ⁴ GJ	227.8	307.5
10	采暖期标准煤耗量	10 ⁴ t	20.39	18.66
11	采暖期供热标准煤耗量	10 ⁴ t	8.68	11.57
12	采暖期发电标准煤耗量	10 ⁴ t	11.71	7.09
13	采暖期发电量	10 ⁸ kW·h	5.044	5.023
14	采暖期平均发电标准煤耗率	g/(kW·h)	232	141.2

从上表中可以看出，改造后1#机组在采暖期的供热量增加80多万GJ，采暖期平均发电标准煤耗率下降90.8g/(kW·h)，效益显著。



五

项目总结

5.3 机组改造后的节能效果

➤ 节煤效果

改造前采暖期平均发电标准煤耗率为 $232\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，改造后降为 $141.2\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。#1机组进行高背压供热改造后年节标煤量：3.2万t

➤ 节水效果

改造前，每座冷却塔风吹损失为 $10\text{t}/\text{h}$ ，蒸发损失为 $100\text{t}/\text{h}$ ，总损失为 $110\text{t}/\text{h}$ 。改造后，电厂冬季停用一座冷却塔，其损失降为零，采暖期180天，则节水 $110\text{t}/\text{h} \times 180\text{天} \times 24\text{h} = 47.52\text{万t}$

➤ 节电效果

改造前，冬季运行两台冷却塔循环水泵，其参数为：流量 $8955\text{t}/\text{h}$ ，扬程 12m ，电机功率 465kW ，轴功率 416kW 。采暖期180天，则每台泵年耗电： $416\text{kW} \times 180\text{天} \times 24\text{h} = 180\text{万kW} \cdot \text{h}$ 。

改造后，冬季停运一台冷却塔循环水泵，每年节约厂用电 $180\text{万kW} \cdot \text{h}$ 。



五

项目总结

5.4 研究与探讨

1、改造后，由于凝汽器在冬季运行时进、出水管道温度升高，原膨胀节不满足要求，所以需要将凝汽器进、出水管道膨胀节材质更换为不锈钢。

2、#1汽轮机高背压改造后，高背压运行时，机组变成纯以热定电的运行方式，在供热初、末期，由于热网热量需求少，机组电负荷低，影响发电量，所以需要有足够的供热面积和热量需求。



京能（赤峰）能源发展有限公司

谢谢

京能（赤峰）能源发展有限公司

2017年12月