



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”



呼 浩

神华国神集团技术研究院汽机室主任，高级工程师，国家注册安全工程师，高级节能评估师。长期从事火力发电厂汽机技术工作，在基本建设、生产运行、节能降耗、故障诊断等方面积累了丰富的实践经验。先后参与多台机组的基本建设和主持完成多项重大技术改造工作，发表论文十余篇。

直接空冷机组供热改造分析探讨

2018年10月10-12日

中国·常熟



神华国能(神东电力)集团

SHENHUA GUONENG (SHENDONG POWER) GROUP

创建一流技术研究院

助推公司快速健康发展



直接空冷机组供热改造分析探讨

神华国神集团技术研究院

呼 浩

2018.10



专业服务 智能支撑 协同合作 技术一流

本文结合直接空冷电厂向城市进行供热改造的实例，对空冷机组供热改造在技术方面和经济性方面进行分析探讨，并提出改造过程中注意的事项。供北方大型直接空冷机组进行供热改造时借鉴。

内 容:

- 一、前言
- 二、实施供热改造基本原则
- 三、供热改造方案对比分析
- 四、空冷机组供热改造影响因素



1 前言

由于水资源的缺乏，我国北方地区新建机组多以空冷机组为主。在北方地区由于冬季漫长，年供热期多为4-5个月。近些年由于空气质量、雾霾等环境因素的影响，各地环保压力逐年增大，城市内各种供热小锅炉都面临着大面积淘汰关停的问题。而一些地方的火电机组普遍存在负荷率低，机组利用小时数低的局面，特别是每到供热期到来时，很多纯凝机组要被迫停运。纯凝机组结合城市供热走热电联产的路子已迫在眉睫。

2 实施供热改造基本原则

(1) 供热区域有足够的热负荷

在改造前对供热区域内热负荷和经济收益进行合理的测算，对改造的可行性进行充分分析论证。包括供热区域内热用户、供热现状、供热面积、供热区域内的近、远期热负荷规划进行分析核算，确保一次投资到位。

2 实施供热改造基本原则

(2) 确保机组安全可靠运行

根据改造方案确定改造内容，一般情况下无论那种改造方案均需与汽轮机厂家签订技术协议，通过设计院以及生产厂家的设计及校核计算，确保汽轮机部件在改造后运行安全可靠。

2.实施供热改造基本原则

(3) 确保供热的可靠性

供热关系到民生，热源系统设备的可靠性，调节的灵活性对保证供热至关重要。因此在改造的各个环节设计、设备选型、安装、调试等各个环节必须高度重视，不留隐患。

3 供热改造方案对比分析

3.1 实施供热改造基本情况

3.1.1 主设备情况

汽轮机为哈尔滨汽轮机有限公司CLNZK660-24.2/566/566超临界、一次中间再热、三缸四排汽、直接空冷凝汽式汽轮机。锅炉为东方锅炉集团公司型号为DG2025/25.4-II 6型超临界参数变压运行直流炉。热力系统：旁路蒸汽系统采用高、低压二级串联电动简易旁路系统。给水系统采用单元制，每台机组配置 $3 \times 35\%$ 电动调速给水泵。凝结水系统设两台100%容量立式变频凝结水泵。回热系统由三台高压加热器，一台除氧器，三台低压加热器组成。

3.1 改造基本情况

3.1.2 供热工程采暖热负荷

采暖小时：4032（168天）；

采暖面积：1200万平方米；

综合热指标：60W/m²；

最大采暖热负荷：720MW（单台机360MW）；

平均采暖热负荷：484MW（单台机242MW）；

最小采暖热负荷：307MW；

一次热网供回水温度：130℃/70℃。

3.2 供热改造方案比较

供热改造的方案目前主要有三类：

一是对汽轮机通流部分进行改造，按供热机组结构重新设计。该方案优点是电厂能够实现根据热负荷确定合理地抽汽方式和参数，缺点是投资大、工期长。

二是保持汽轮机通流结构不变，利用富余回热蒸汽供热。优点是改造量小，投资少，工期短，缺点是蒸汽参数随负荷变化，供热不稳定。

三是在连通管上开孔抽汽。

该方案改造量小，供热参数在一定负荷范围内也可以保持稳定，是目前供热改造应用较多的技术方案。

本工程热网加热器循环水出水温度 $t=130^{\circ}\text{C}$ 时所需的最小抽汽压力为 $P=0.27\text{MPa}$ ，该参数的蒸汽本工程汽轮机无法直接提供。而 $P=0.27\text{MPa}$ 的蒸汽取得有两种方案：一是从低压缸抽取，要满足蒸汽量，必须在低压缸上加装旋转隔板， 320t/h 的抽汽量太大，低压缸上开孔无法实现；二是降低中、低压缸分缸压力，则必须增加中压缸级数，减少低压缸级数，对本工程汽轮机来说，这种方案从技术上讲目前难度比较大。

抽汽参数为 $P=0.64\text{MPa}$ $t=360^{\circ}\text{C}$ 的蒸汽用于采暖，其参数偏高，供热的热经济性相对较差，但采用这种供热参数只需更换汽轮机中低压缸联通管道，不需要对汽轮机结构进行改造，技术上简单可行；

3.3 改造方案确定

3.3.1 汽源的确定

本工程根据汽轮机厂的核算，供热抽汽汽源可从中低压缸联通管道上加装调节蝶阀向外抽汽，平均热负荷条件下，机组发电量为330MW时，采暖抽汽参数为：
 $P=0.64\text{MPa}$ **$t=360^{\circ}\text{C}$** 。机组最大抽汽量为600t/h，供热能力**479MW**，满足单机故障时大于**65%**供热能力。供热抽汽后机组原有各辅机及回热系统维持不变。

3.3.2 汽源确定后的方案选取：

方案一：从中低压缸联通管抽汽，联通管抽汽接至热网加热器。

方案二：从中低压缸联通管抽汽，每台机组设置一台**7000KW**背压汽轮发电机，部分联通管抽汽接至背压汽轮机发电，部分联通管抽汽经减温减压器，背压汽轮机排汽和减温减压后的联通管抽汽合并后接至热网加热器，提高能源利用效率，背压发电机发的电接入厂用电系统，降低厂用电率。

方案三：从中低压缸联通管抽汽，联通管抽汽经减压器后接至热网加热器。部分联通管抽汽接至驱动热网循环水泵的驱动汽轮机，驱动汽轮机排汽接至热网加热器，提高能源利用效率，降低厂用电率。

3.4 改造方案经济性对比分析

非采暖期机组负荷按75%THA，采暖期机组出力按50%THA考虑。

本工程采暖抽汽品质较高，对于方案二在保证供热安全的前提下，将高品质蒸汽一部分通过减温减压器，另一部分拖动背压汽轮发电机发电，背压机排汽和减温减压器后的蒸汽汇合后接至热网加热器，背压发电机发出的电为厂用系统提供电源，从而降低厂用电率。但本方案初投资相对较高，系统复杂，建设周期长，运行维护工作量相对较大。

3 供热改造方案对比分析

方案三在保证供热安全的前提下，将高品质蒸汽一部分通过减温减压器，另一部分进驱动汽轮机带动热网循环泵，驱动汽轮机排汽接至热网加热器，从而降低厂用电率。但本方案初投资高，系统复杂，建设周期长，运行维护工作量较大

3 供热改造方案对比分析

发电煤耗比较：

发电煤耗经计算：

方案一改造后发电标煤耗由296.3g/kWh降低至282g/kWh（全年采暖期与非采暖期平均），节煤效果显著。按4000利用小时，2台机组改造后节煤7.55万吨/年。

方案二改造后发电标煤耗降低到283.15g/kWh，按4000利用小时，2台机组改造后节煤6.94万吨/年。

方案三改造后发电标煤耗降低到282.5g/kWh，按4000利用小时，2台机组改造后节煤7.28万吨/年。

在煤耗方面方案一最低、方案二最高、方案三居中。

4 空冷机组供热改造影响因素

4.1 供热改造后的空冷岛防冻

本工程电厂每台机组空冷凝汽器装设有4只真空隔离阀（每台机组8根配汽支管），关断全部4个隔离阀后隔离的冷却单元列占原有冷却单元的50%。本次供热改造后冬季采暖在50%THA进汽量，抽汽量350t/h条件下排至直接空冷系统的最小排热量为314.0MW，为TMCR工况下排至直接空冷系统的排热量的41.1%，小于50%；虽大于空冷真空隔离阀门关闭后直接空冷系统冬季启动时防冻需要的最小热负荷，但该数据是仅允许运行4h对应的最小防冻热负荷，因此如果新增2只真空隔离阀（每台机组），冬季运行更为灵活。

4 空冷机组供热改造影响因素

4.1 供热改造后的空冷岛防冻

对隔离的冷却单元的凝结水管道和抽真空管道加装隔离阀，确保在需要隔离时系统彻底断开。

在供热期到来之前对空冷隔离阀严密性进行检查，检查方法可采用压线法和塞尺测量的方法确定阀门的严密性。

4 空冷机组供热改造影响因素

4.2 供热改造后运行控制

(1) 机组冬季启动时，旁路打开使蒸汽直接进入空气冷凝器，同时应避免长期在最小防冻流量以下的排汽量工况下运行。

(2) 在运行时加强对空冷岛凝结水温度、抽真空温度以及翅片管温度的监视，发现异常及时采取措施。

4 空冷机组供热改造影响因素

4.2 供热改造后运行控制

(3) 运行过程中为保证中压缸末级叶片的安全，如果需要在低于中压排汽压力下抽汽时，需要调节供热抽汽管道上安装的压力调节阀来保证中压缸排气压力不低于与主蒸汽流量相对应的中排压力。

(4) 严格控制进入低压缸的蒸汽量，使其不能低于设计工况下的最小值，可将进入低压缸的温度和压力下限与连通管的控制阀进行连锁。

5 结语

随着城市化进程与节能环保工作的深入，火电厂供热改造势在必行。改造工程采用系统相对简单，建设周期短，初投资较低，维护量少，节煤收益最大的技术方案获得众多改造单位的认同。大型空冷机组的供热改造随着技术与经验的不断进步和成熟必将获得更好的经济效益。

谢谢！