

某电厂空冷排汽乏汽余热利用改造项目的研究

姚国杰 付晓磊 张天宝 卢景林 姚金成 王海峰 丛梦利 张明超 赵文斌 吴东华

内蒙古锦联铝材电厂 内蒙古 霍林郭勒 029200

摘要: 内蒙古通辽市某电厂二期 660MW 机组化学制水生水加热采用辅汽进行加热, 高品质蒸汽浪费。空冷排汽乏汽余热利用, 在锦联电厂 3 号机组排汽装置北侧加装一台表面式生水加热器, 利用汽轮机排汽乏汽代替辅汽加热二期化学制水生水, 既减少辅汽用量, 又减少空冷热负荷, 提高能源利用率, 降低能源消耗, 提高机组经济性。利用汽轮机排汽代替辅汽加热二期化学制水生水, 降低能源利用终参数, 其节能创新构思新颖、别具创新, 实现行业内能源利用新路径, 具有广泛推广的深远意义。

关键词: 空冷排汽乏汽余热利用; 660MW 汽轮机; 生水加热器

二期 660MW 机组, 化学中水来水经机加池、变孔隙滤池处理后生水温度约 5-8 , 需经生水加热器升温 25 - 30 后方可满足化学制水要求。

二期 660MW 机组, 汽轮机型号: NZK660-24.2/566/566, 汽轮机型号为超临界、一次中间再热、两缸两排汽、直接空凝汽式汽轮机, 阻塞背压 8kPa。现有生水加热器为山东鲁润热能科技有限公司生产, 为混合式生水加热器, 加热的化学生水最大进水流量 250t/h, 最低供水温度 5 (夏季 7-8 , 冬季 5-6), 加热介质辅汽。

二期空冷岛设计参数为: 排汽量 381kg/s, 排汽压力 30kPa, 环境空气温 29 。冬季空冷岛运行排汽压力在 8kPa 以上 (饱和温度 41.5)。

在锦联电厂 3 号机排汽装置北侧加装一个表面式生水加热器, 利用汽轮机排汽乏汽代替辅汽加热二期化学制水生水, 减少辅汽用量、除盐水消耗量及空冷热负荷, 提高机组经济性和空冷机组能源利用率。

先进性: 提高汽轮发电机组效率最有效的途径, 一是提高初参数, 二是降低终参数。提高初参数, 受设备材质、型号、空间等条件限制, 提升空间小、技术难度大; 降低终参数, 有效合理利用终参数, 是行业内节能降耗的主流。空冷排汽乏汽余热利用, 利用汽轮机排汽代替辅汽加热二期化学制水生水, 该应用为锦联电厂首创技术工艺, 其节能创新构思新颖、别具创新, 实现行业内能源利用新路径, 具有广泛推广的深远意义。

一、空冷排汽乏汽余热利用可行性

1. 参数分析

(1) 我厂 NZK660-24.2/566/566 型汽轮机空冷排汽参数, 排汽量 381kg/s, 排汽压力 30kPa, 环境空气温 29 。冬季空冷岛运行排汽压力在 8kPa 以上 (饱和温度 41.5)。

(2) 原生水加热器为混合式生水加热器, 容积 4.18m³, 设计压力 1.5MPa; 蒸汽参数为压力 0.8-1.5MPa, 温度 300-400 。生水加热器加热的化学生水最大进水流量 250t/h,

工作压力约 0.15MPa, 最低供水温度 5 (夏季 7-8 , 冬季 5-6); 化学制水所需生加出水温度最低 25 、最高 30 ; 生加两种运行方式: 单套制水流量 130t/h、双套制水 250t/h; 原辅汽消耗量: 年均约 7.5t/h; 辅汽参数: 压力 0.8MPa、温度 300 。

(3) 将 250t/h、5 水加热至 30 所需空冷排汽量计算, 能量守恒: $25 \times 250t/h \times 4.2kJ/(kg \cdot) = \text{空冷排汽质量}(m) \times \text{空冷排汽汽化潜热}(8kPa \text{ 水蒸汽汽化潜热} = 2402.3kJ/kg)$, 得出所需空冷排汽乏汽量为 10.9t/h。

综上, 对化学生水加热参数和方式、二期 3 号机组空冷排汽参数、现场新增设备的安装空间等进行了解, 增加一台加热器, 利用汽轮机排汽乏汽代替辅汽加热二期化学制水生水, 减少辅汽用量、除盐水消耗量及空冷热负荷, 提高机组经济性和空冷机组能源利用率, 可达到节能降耗的目的。

2. 方案论证

(1) 电厂二期 660MW 3 号空冷机组, 采用新增生水加热器吸收排汽装置的部分热量加热生水, 其技术方案可行。

(2) 电厂二期 3 号机组排汽装置北侧外部空间安装一台表面式生水加热器, 外部空间足够, 不需额外增加新的水泵及其它设备, 其技术可行。

(3) 新增表面式生水加热器生水进回水管道从原生水加热器附近的生水进回水管道上引出, 架空布置到排汽装置附近, 其技术可行。

(4) 新增表面式加热器运行时最大可加热生水量为 250t/h, 最小可加热生水量为 130t/h, 加装旁路电动门 (可实现中停功能) 进行温度调节, 其技术可行。

(5) 保留原生水加热系统不变, 仍能维持原方式运行, 其技术可行。

二、实施路径

1. 工艺描述

(1) 在 3 号机排汽装置北侧加装一个表面式生水加热器, 汽侧连接排汽装置, 水侧安装连接化学生水进、回水管

道。在二期生水换热器进、回水管道上加装三通，在新增表面式换热器进、回水管道上加装手动截上阀。将二期化学生水引至新增表面式换热器内，实现冷凝二期空冷岛排汽，加热二期化学生水，提高二期化学生水温度，降低 3 号机组空冷背压的目的，温度升高后的二期化学生水回至二期化学车间制水。

(2) 新增生水加热器安装于排汽装置北侧背部。新增生水加热器按双流程设计，运行时最小生水流量 130t/h、最大生水流量 250t/h。3 号汽轮机排汽压力最低可降至 8kPa，为确保新增生水加热器满足最低背压工况运行，同时确保温度调节裕量，综合考虑新增生水加热器按空冷排汽压力 8kPa、最大生水流量 250t/h 设计。

(3) 抽气管道从生水加热器顶部引出，通过阀门后接到机组抽气母管。由于不凝结气体的产生是从排汽装置引出的乏汽中产生，因此未对系统总的不凝结气体量产生影响，不会对原有抽气设备产生新的负荷。

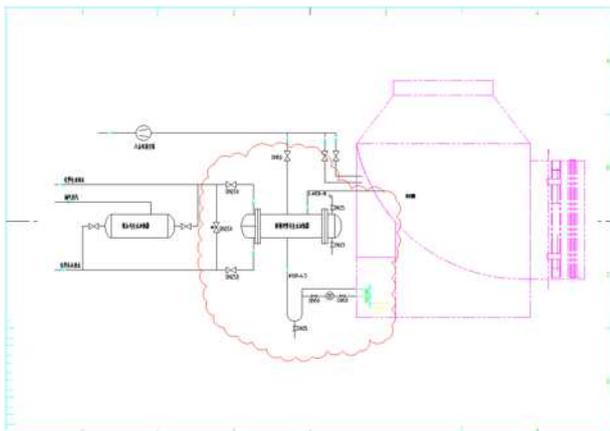
(4) 疏水管道从新增生水加热器底部引出，通过 U 型弯后接入排汽装置底部的正常凝结水水位以上。疏水管路上安装远传电导表检测凝结水水质，电导表与疏水管道连接方式为旁路方式，安装 2 个隔离阀门，在高位布置的主疏水管道下接入电导表，可以保证疏水流量。新增加 U 型弯，其设计高度需要考虑能够起到水封的作用，可以有效避免排汽装置的凝结水回流进入生水加热器，避免汽阻导致生水加热器效率下降。

(5) 供汽管道从排汽装置的上部引出，引出位置需要布置必要的导流板，引导排汽装置的蒸汽进入生水加热器。

(6) 生水进回水管道的管径选用与原生水加热器规格相同，在生水进出水安装旁路电动调温门，该旁路调温门是为调节新增生水加热器出水温度而设置，满足流量流速需求。

(7) 新增生水加热器汽侧零部件不需要进行防腐。加热器前后水室内部涂刷环氧煤沥青进行防腐，并增加铝阳极防锈蚀装置。

(8) 系统简图



2. 注意事项

(1) 新增生水加热器水室侧顶部安装放气门、底部安

装排水门。

(2) 新增生水加热器水室外侧设置检查手孔，便于设备的检查、检修。

(3) 新增生水加热器本体包含带远传功能的五个温度测点（1 个进水母管、1 个回水母管、1 个新增园区加热器回水管、1 个抽汽管、1 个凝结水疏水管），分别测量生水进水温度、生水回水温度、新增园区加热器回水温度、新增园区加热器的抽气温度、新增生水加热器的凝结水温度。进水、回水温度测点安装在生水进水、回水母管处。

(4) 生水换热站改造，可能会出现现场管架位置与已有管道发生碰撞等问题，需进行让管。

3. 运行方式

(1) 新增生水加热器后，与原有生水加热器并联布置，运行方式：原有生水加热器单独运行；新增生水加热器单独运行；两台生水加热器并列运行。

(2) 新增生水加热器通过旁路电动门实现温度控制，逻辑要求：旁路电动门可实现中停、DCS 数显功能。

(3) 疏水管道 U 型弯管路上安装远传电导表检测凝结水水质，电导率信号引至 DCS 生水加热器画面，实现生加疏水水质在线监视。逻辑要求：疏水电导度 0.5us/cm 报警，1.5us/cm 手动退出新增生加运行。

三、实施方案

1. 现场布置

(1) 新增生水加热器和乏汽管道布置，新增生水加热器布置在 3 号机排汽装置的北侧，从 3 号机排汽装置的北侧引出管道将蒸汽倾斜进入新增生水加热器，管道倾斜角度约 45°、引出标高约 5.6m，进汽管道应设置导流和均流装置，保证乏汽的导流和均流效果。

(2) 生水供回水管道路布置：生水进水管从原有生水加热器入口附近的生水管道上引出，生水回水管道，返回原有生水加热器出口附近的生水管。

(3) 生加改造工程，受场地条件限制，根据现场踏勘并结合二期工程的施工图设计，生水管在汽机房内采用架高敷设的方式布置。

2. 施工要求

(1) 本工程中的工作介质主要为生水、蒸汽、冷凝水等，它们的共同特点为工作压力低（一般不大于 1MPa），工作温度也不高（不大于 200℃）。

(2) 本工程的管道材质主要为：20# 优质碳素钢管（水、汽系统），304 不锈钢管（凝结水电导表安装前后的部分管道含 2 个阀门）。

(3) 对于管道安装中必须保证必要的安装坡度，若设计无要求时其坡度生水系统管道不小于 3‰为宜，以保证料液的流动。

四、经济效益分析

改造前，采用园区加热器，需要抽汽量为年平均 7.5t/h。

改造后，采用新增列管式生水加热器，不需要再通过辅汽抽汽加热生水，仅需要将排入排汽装置的乏汽抽取约 11t/h。

项目实施后全年节省高品质辅汽 60000t，折算全年节省标煤 6000 吨；空冷岛运行背压降低 0.26kPa，折算年节省标煤 2000 吨；同时年节省除盐水 6000t，还达到降低机组空冷耗电率的目的。

结论

电厂二期 NZK660-24.2/566/566 型空冷机组，采用新增生水加热器吸收排汽装置的部分热量加热生水，利用汽轮机

排汽代替辅汽加热二期化学制水生水，减少辅汽用量、除盐水消耗量及空冷热负荷，提高机组经济性，其技术方案可行。

社会效益：能源消耗降低，年节省标煤 8000 吨。

应用情况：同类型机组均可实施。

参考文献：

- [1] 哈尔滨汽轮机厂有限公司 NZK660-24.2/566/566 型汽轮机《汽轮热力特性》说明书 12.20
- [2] 二期 NZK660-24.2/566/56 型空冷机组空冷岛设计资料 2019.26-27
- [3] GB151-2014 《钢制管壳式加热器》2016.10-18