

XX 集团公司热电厂

脱硫浆液余热利用

技

术

方

案

山东舜业压力容器有限公司

2020 年 11 月

脱硫浆液余热利用换热供暖技术方案

1 项目背景情况

对于常规燃煤热电厂，锅炉的排烟损失是锅炉热损失的主要部分。排烟损失的高低主要体现在锅炉空气预热器出口排烟温度的高低，国内常规燃煤锅炉的排烟温度一般设计值为 $120^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ ，排烟损失约占锅炉热损失的 70%。因此，综合利用锅炉排烟余热对提高整体机组经济性具有重要的意义。目前，锅炉烟气余热利用改造方案较多，常用方案有：一是利用凝结水回收烟气余热，回收装置可以设置在电除尘器前、电除尘器后、或电除尘器前后都布置；二是利用锅炉烟气余热加热热网回水，减少热网加热器蒸汽量；三是利用锅炉烟气余热加热一次风或二次风，减少锅炉暖风器蒸汽量；四是锅炉烟气设置空预器烟气旁路系统，加热给水或凝结水。

常规烟气余热加热热网回水，一般在烟道设置烟气换热装置的方式，存在的问题：一是系统复杂投资大；二是造成烟气阻力增加使引风机的耗电量增加。针对以上问题，根据脱硫浆液降温冷却烟气消白技术路线及相关专利技术，一种脱硫浆液余热利用及浆液换热供暖装置，提出在采暖季利用脱硫浆液通过抗腐蚀性换热装置加热热网回水及补水方案，浆液换热装置与循环水供暖的凝汽器并联运行，根据锅炉排烟温度，回收浆液热量可按锅炉运行负荷的 5~10%设计。利用液-液换热的高换热系数及效率，充分利用烟气余热供暖，降低供暖成本。

1.1 项目名称

脱硫浆液余热利用加热热网回水及补充水项目

1.2 热源情况

热电公司利用机组循环水向周边居民供暖，供暖期 4 个月。其主要供热参数：锅炉额定蒸发量 240t/h，一套脱硫系统，原烟气量按 40 万 m³/h 计算，对应的机组循环水供暖供水温度 46~52℃，回水温度 36~42℃，平均温差 10℃，供水流量 7200t/h，供热负荷约 84MW。

供暖补水 240t/h，补水平均温度 15℃，脱硫浆液温度 53~55℃，按 52℃ 计算，排烟温度由 52℃ 降至 45℃ 设计。

1.3 实施方案及效果

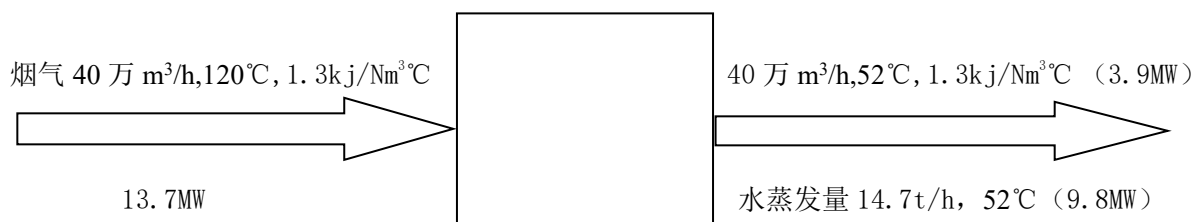
本项目拟采取如下方案：在脱硫最上层浆液循环泵的进口或出口并联抗腐蚀浆液换热装置，最上层浆液温度降至 45℃ 以下，冷却后的浆液与烟气逆流接触换热使排烟温度降低。由于排烟温度降低、烟气蒸发的水量减少，节约脱硫系统用水。

部分热网回水~1000t/h 通过浆液换热装置加热，与凝汽器并联运行，设计温度由 39℃ 升高至 46℃，对应的热负荷 8.1MW，即 29.2GJ/h。对数换热端差 7℃，换热装置计算换热面积 1000 平方米。加热 15℃ 补水时，换热装置计算换热面积 500 平方米。

在脱硫最上层循环泵管道并联安装换热装置，降低排烟温度，脱硫塔内浆液温度降低约 1℃，对于石膏的结晶没有影响，不影响脱硫系统正常运行。换热装置立式安装，流速小于 1.0 米/秒，换热装置下部设计管箱，减轻冲刷腐蚀、堵塞及结垢倾向。

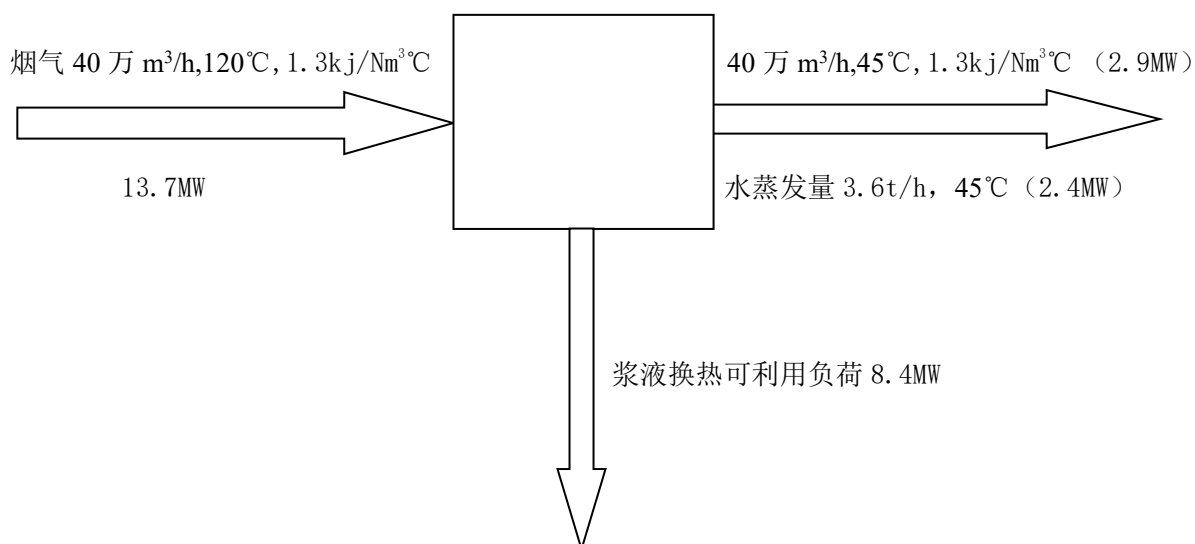
1.4 热平衡原理

脱硫系统正常运行工况：



进入脱硫塔的烟气热负荷 13.7MW（相对 25°C 为基准），排出脱硫塔净烟气 52°C 时排放热负荷 3.9MW 及脱硫塔蒸发水量热负荷 9.8MW。

脱硫浆液余热利用运行工况：



进入脱硫塔的烟气热负荷 13.7MW（相对 25°C 为基准），排出脱硫塔净烟气 45°C 时排放热负荷 2.9MW、脱硫塔蒸发水量热负荷 2.4MW、浆液可利用热负荷 8.4MW。

因原煤中的氢元素约 3%，原烟气中的水蒸气在烟气温度降至 43°C 时开始凝结，当脱硫浆液加热 15°C 热网补水或水处理原水时，烟气温度可以降低至 40°C，此时利用了煤的部分高位发热量，锅炉效率接近 100%。

2 项目建设的必要性

本项目利用脱硫浆液的废热加热供暖热网回水、补水或水处理原水，不影响系统的现有运行方式，实现了减小烟气白烟、节约用水及能量的梯级高效和清洁利用。

2.1 符合国家政策导向

开展余热资源综合利用，是我国的一项长期的重大技术经济政策，也是我国一项长远的战略方针。烟囱排放废热通过脱硫浆液换热供暖推广应用，对于节约资源、减少可凝结颗粒物排放改善环境状况、提高经济效益、实现资源的循环优化配置和可持续发展具有重要的意义。

2.2 优化企业技术指标

利用脱硫浆液的废热加热供暖热网回水或补水，可以明显改善发电生产技术指标，相同供热负荷情况下可以提高发电量，降低供电煤耗，使机组符合国家节能减排指标要求。本项目投入少，可以降低供热总成本 5% 以上，采用合同能源管理模式，公司只投入管道连接成本，直接受益。

2.3 项目经济性好

本项目一期投产后，每个采暖季利用热量 8.1 万 GJ，每年为企业降低供热成本约 162 万元，经济效益可观。

3 工程建设内容

本项目一期工程建设主要包括：换热面积 600 平方米抗腐蚀不锈钢浆液专利换热装置两台（加热供暖补水或水处理原水时只需要一台）、与换热装置的连接的浆液管道、热水管道、热网补充水管道、流量表等。浆液

换热装置设计寿命大于 10 年，保证 3 年内无泄漏。运行水侧压力大于浆液侧压力，确保脱硫浆液不进入水侧，保证系统安全运行。

3.1 工程布置

3.1.1 平面布置：利用现有场地在脱硫塔一侧空地布置两台 600 平方米浆液换热装置位置。

3.1.2 基础底座：换热装置基础底座直径 2.0 米，占地面积及载荷量应进行安全校核。

3.1.3 在脱硫最上层循环泵进口或出口管道设阀门，在阀门前后管道设三通连接换热装置，浆液换热装置器设置为旁路运行。

3.2 公用工程条件

3.2.1 场地：

浆液换热装置尺寸：直径（m）×高（m）2.0×4.5；

4.工艺方案

4.1 工艺流程

在脱硫最上层浆液循环泵的进口或出口并联抗腐蚀不锈钢浆液换热装置，最上层浆液温度降至 45℃ 以下，冷却后的浆液与烟气逆流接触换热使排烟温度降低。

部在最上层循环泵管道安装换热装置，降低排烟温度，脱硫塔内浆液温度降低约 1℃，对于石膏的结晶没有影响，不影响脱硫系统正常运行。

4.2 主要设备选型

(1) 浆液换热装置技术规范

型 号：F600

数 量：2 台

额定压力：0.6 MPa(a)

额定温度：60℃

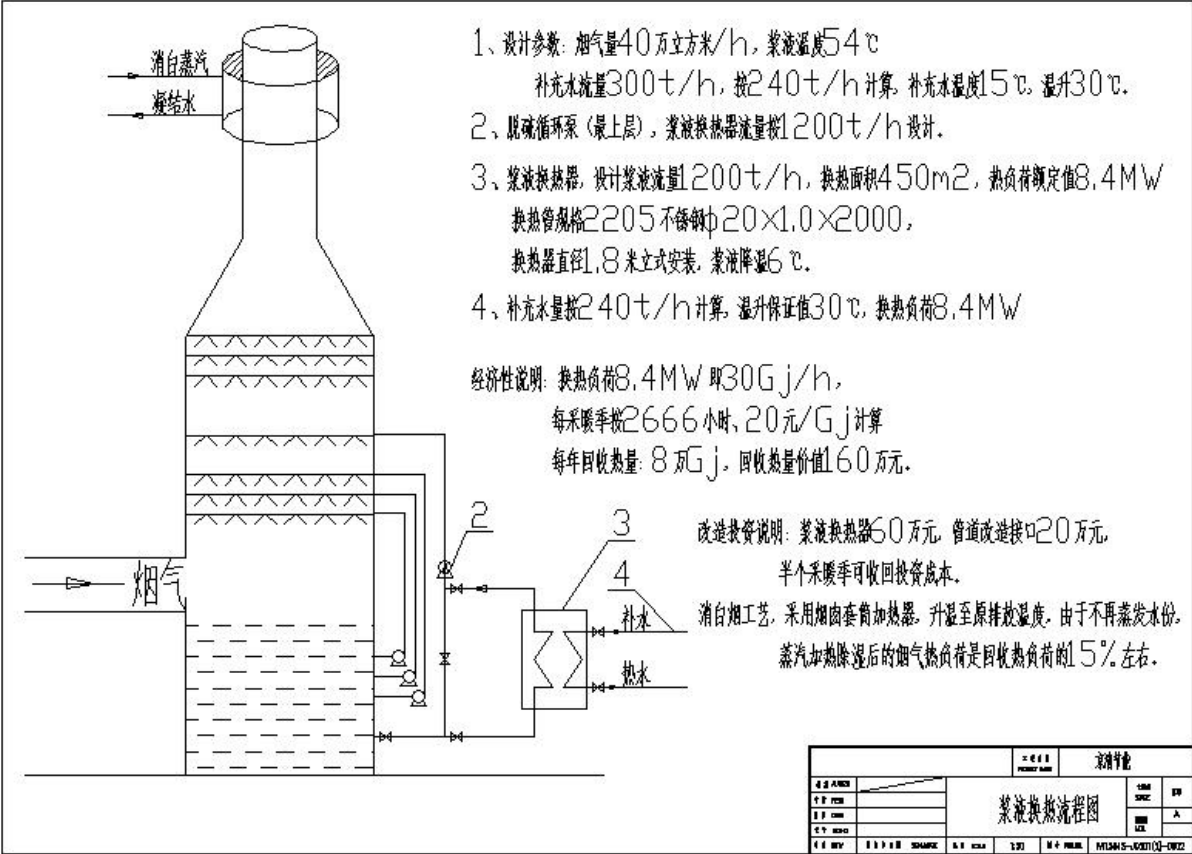
额定浆液流量：~1200t/h

(2) 管道技术规范

浆液接口法兰：DN700、PN1.0

水侧接口法兰：DN450、PN1.0

4.2.1 工艺流程图



4.2.2 热力计算

加热供暖回水量 1000t/h，回水温度 39℃，浆液流量按 1200t/h 计算，，
浆液温度 52℃，总传热系数 1.2kw/m²℃，换热装置出口水温度按 46℃ 设计，
换热装置出口浆液温度 46.2℃，换热负荷 8.1MW。

换热装置对数温差： $[(52-46) - (46.2-39)]/\ln(6/7.2)$
 $=-1.2/-0.1823=6.6^{\circ}\text{C}$

根据传热系数及对数温差换热装置器面积： $8100 \div 1.2 \div 6.6=1022\text{m}^2$ ，
按 2 台 600 平方米换热面积选型。

4.2.3 辅助系统及主要设备

本工程采用并联浆液换热装置的方式，换热装置温度压力表接口出厂前按标准预留。阀门阀板采用 2507 不锈钢材质，阀体铸钢衬胶，脱硫浆液管道采用玻璃钢材质。

5 经济效益分析

脱硫浆液换热加热热网回水及补充水技术项目，一期安装 2 台抗腐蚀不锈钢换热装置器，每台换热面积 600 平方米，年利用小时数 2800 小时，换热装置加热负荷保证值 8MW，每个采暖季利用浆液热量 8.1 万 GJ，按 20 元/GJ 计算，热量价值约 162 万元，项目投资约 160 万元，投资回收期 1 个采暖季。当加热 15°C 的热网补给水时，只需要一台换热装置器，投资回收期不到一个采暖季。

年采暖热量收益 162 万元

热量单价按 20 元/GJ 计算

项目设备总投资 160 万元

项目静态投资收回周期：1 年（采暖季）

6 结论及建议

利用脱硫浆液通过换热装置加热热网回水或补水，降低排烟温度减小白烟，对于石膏的结晶没有影响，不影响脱硫系统正常运行，且实现废热

的高效利用，同时占地少，投资省，回收热量收益 162 万元，投资回收期 1 年（采暖季），经济效益显著。建议尽早本项节能技改、尽早受益。

通过本次改造，利用烟气废热加热热网回水或补水，变废热为供暖热量，实现热能转换的梯级利用，提高能源利用率。改造后一方面可增加总供暖面积约 10%，大幅降低供热成本，另一方面节约脱硫系统水耗 40%以上，减小烟气白烟减少可凝结颗粒物排放，经济环保社会效益显著。

创新的脱硫烟气降温除湿及脱硫浆液换热供暖技术方案的应用，不仅具有显著的经济效益，而且具有重大的环保节能示范效应，可有效减少可凝结颗粒物的排放，减轻烟气白烟，可最大限度的实现热能分级和高效利用。目前我公司与京清节能公司合作已取得多项本项目相关专利证书：

1、一种脱硫浆液余热利用及浆液换热供暖装置，专利号：

CN201922295752.6

2、一种脱硫浆液余热利用装置，专利号：CN202020021474.5

3、一种脱硫烟气降温除湿及脱硫浆液换热供暖的装置，专利号：

CN201920258398.7

4、一种浆液换热器，专利号：ZL201921396347.7

我公司在德州、潍坊、临沂等地已有多个工程投入运行，所有项目投资回收期不超过一个采暖季，完全达到设计参数。本技术路线简单粗暴，采用抗腐蚀不锈钢换热元件，设计水侧压力大于浆液侧压力，完全保证安全运行。欢迎各界朋友共同交流合作！

山东舜业压力容器有限公司

张锋 18325411666

