

空冷凝汽器系统冬季防冻措施及优化调整

姚多贵 (国能新疆化工有限公司, 新疆 乌鲁木齐 831404)

摘要: 分析了空冷凝汽器系统冬季发生冻凝的原因, 采取了调整进入空冷凝汽器系统的蒸汽量, 风机频率, 汽轮机排汽压力及现场操作等措施进行防冻; 对系统进行技改, 在空冷凝汽器外围增加百叶窗; 对翅片管束进行编号, 优化防冻操作, 保证了空冷凝汽器系统在冬季安全平稳运行; 提出了在空冷凝汽器翅片管束上建立温度场的方案, 进一步优化空冷凝汽器系统的防冻操作。

关键词: 空冷凝汽器系统; 翅片管束; 防冻措施; 百叶窗; 温度场

0 引言

空冷凝汽器系统是将汽轮机排出的乏汽通过主蒸汽排汽管道引入直接空冷装置, 利用空气冷凝汽轮机的乏汽。该系统具有节约水资源, 建设周期短, 减少常规二次交换所需要的中间冷却介质^[1], 传热温差大等优点, 在富煤缺水的北方地区应用较为广泛。某厂地处新疆, 汽轮机乏汽冷却采用空冷凝汽器系统, 但该地区冬季平均气温基本维持在 -25°C 以下, 同时昼夜温差可达 20°C 左右, 另外该地区冬季经常刮风且风向随时会发生变化, 空冷凝汽器翅片管束直接裸露在空气中, 随着风机的抽引, 使翅片管束与冷空气换热的过程中造成翅片管束内蒸汽换热不均匀, 尤其逆流管束, 不凝汽在其中的通量少且流速慢, 最终导致翅片管束发生膨胀变形, 甚至出现根部撕裂的现象, 造成不凝汽大量泄漏, 极大的影响了装置的安全平稳运行; 在遇到装置突然降负荷的情况时, 由于汽轮机动力蒸汽的用量减少, 翅片管束内不凝汽量降低, 更容易造成翅片管束的冻凝, 变形和破裂的现象出现, 为此经过研究空冷凝汽器翅片管束发生冻凝的原因, 经过多次尝试的调整风机频率, 汽轮机运行的真空度, 防冻蒸汽量及现场帆布覆盖的位置, 总结出了空冷凝汽器翅片管束有效的防冻措施, 并在翅片管束外增加百叶窗, 对其进行了优化改造, 很大程度改善了空冷凝汽器翅片管束的冻凝现象; 提出了进一步的防冻优化方案, 即在翅片管束上增加温度监测系统, 监测每个翅片管束的温度, 希望在提高装置运行的平稳性和安全性的前提下, 达到节省人员劳动力的目的, 使空冷凝汽器系统防冻更加智能化。

1 空冷凝汽器系统简介

空冷凝汽器系统(ACC)由1列组成, 此列有2个风机单元2330KN921, 2330KN922(每个风机单元1台风机)。

汽轮机低压缸排出的蒸汽经大蒸汽管道, 进入蒸汽分配管, 在蒸汽分配管中将蒸汽分配给各个顺流管束, 通过平台顶部大型轴流风机吸引空气流过顺流管束, 大部分蒸汽在顺流管束翅片管内表面冷凝成水流入下联箱, 部分未凝结的蒸汽和不凝性气体经下联箱进入逆流管束, 蒸汽在逆流管束翅片管内表面冷凝成水流入下联箱, 不凝性气体经逆流管束上部的抽气口、抽真空管道, 进入射汽抽气器, 在射汽抽气器内被压缩后排入大气。同时, 下联箱中的凝结水由于重力作用经凝结水管道进入凝结水箱。

抽真空系统由2台二级射气抽气器和启动抽气器完成。在启动阶段, 抽气器全部运行, 正常运行时由一台二级射气抽气器维持真空。

2 空冷凝汽器系统优化前的防冻措施

本装置空冷凝汽器系统在运行过程中主要通过风机将空气由外界吸入经过翅片及翅片管, 冷空气与翅片管中的乏汽进行热交换从而使蒸汽冷凝。当管内的蒸汽量过小或者吸入的冷空气量过大时, 大部分蒸汽在管束中会提前冷凝, 并沿管壁向下流动, 且在流动过程中会再次冷却降温; 凝结水在翅片管中流动时, 中心区为紊流区, 管壁附近为层流区^[2]。流体在翅片管内层流区的厚度与流体的流速有关, 流速越低, 层流区越厚^[3], 当流速减小到一定程度时, 翅片管内流体完全转变为层流, 翅片管内开始出现堵塞现象; 由于凝结水不断与冷空气进行热交换, 凝结水的温度不断降低, 当温度降低为 0°C 时, 凝结水开始结冰; 随着凝结水的冻凝, 及不断与空气进行热交换, 翅片管内的凝结水冻凝程度会进一步增加, 直至翅片管内凝结水全部结冰, 翅片管冻裂, 造成翅片管束损坏。根据空冷凝汽器冻凝的原理, 装置主要采取了以下防冻措施。

2.1 蒸汽量的调整

当环境温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时, 投用防冻蒸汽, 温度控制在 $100^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$, 提高乏汽进入空冷凝汽器系统的温度。另外, 在正常运行过程中, 控制进入汽轮机的动力蒸汽量不小于 30t/h , 以此保证有足够的乏汽进入空冷凝汽器系统。当装置出现大幅度减负荷时, 为保证动力蒸汽的量 30t/h , 在维持压缩机转速不变的情况下, 通过防喘振阀进行压缩机流量的调节, 若现场翅片管束温度降低, 可增加防冻蒸汽的量, 以此满足进入空冷凝汽器系统的乏汽量, 另外注意低温甲醇洗的精洗甲醇温度在 $-54^{\circ}\text{C} \sim -57^{\circ}\text{C}$ 之间, 防止系统冷量过多, 影响压缩机稳定运行。

当系统加负荷时, 根据动力蒸汽的量, 适当的减少防冻蒸汽。

2.2 风机频率的调整

空冷凝汽器系统主要由逆流管束和顺流管束组成, 风机频率的调整主要根据现场翅片管束实际测量温度进行操作。为保证翅片管束不发生冻凝现象, 凝结水的温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$, 乏汽温度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$, 当现场测量数据小于要求的参数时, 风机要及时降低频率, 尤其在装置低负荷运行时, 风机频率要 $< 22\text{Hz}$ 。

2.3 汽轮机排汽压力(真空度)的调整

由于外界冷空气不受人为因素影响, 为保证翅片管束不发生冻凝, 通过对温度低的管束进行加盖帆布。

在机组运行参数不变的情况下, 排气压力的变化可以直接反应出现场翅片管束的冻凝情况, 因此中控人员

实时监控真空度的变化情况, 冬季机组的排气压力控制在 45kPa~55kPa, 若真空度上涨及时与现场人员联系, 在保证防冻蒸汽不变和风机频率不做调整的情况下, 通过现场调整帆布位置来控制真空度。当现场翅片及顺流和逆流管束温度在指标范围内, 真空度下降时, 可以通过增加防冻蒸汽量进行调整。

2.4 现场操作调整

现场操作人员每 1h 对翅片管束温度进行测量, 便于真空度出现变化时及时准确的做出调整。顺流管束从上而下进行测温, 当管束低于 10℃时, 调整帆布位置, 主要对下部管束进行覆盖, 温度控制在 40℃以上, 由于空冷凝汽器系统两侧翅片管束呈对称形式, 因此两侧要进行对应调整; 逆流管束由于乏汽量少, 受冷空气的影响较大, 为此对逆流管束全部覆盖帆布, 同时在逆流管束周围距离管束 50cm 处搭盖帆布, 形成密闭空间, 从而阻挡冷空气直接与逆流管束接触, 另外对逆流管束温度进行实时测量, 当管束低于 10℃时增加帆布, 不留死角, 防止出现段间管束温度低而冻结。在调整过程中现场操作人员及时与中控人员联系, 掌握真空度变化的情况。

3 优化调整

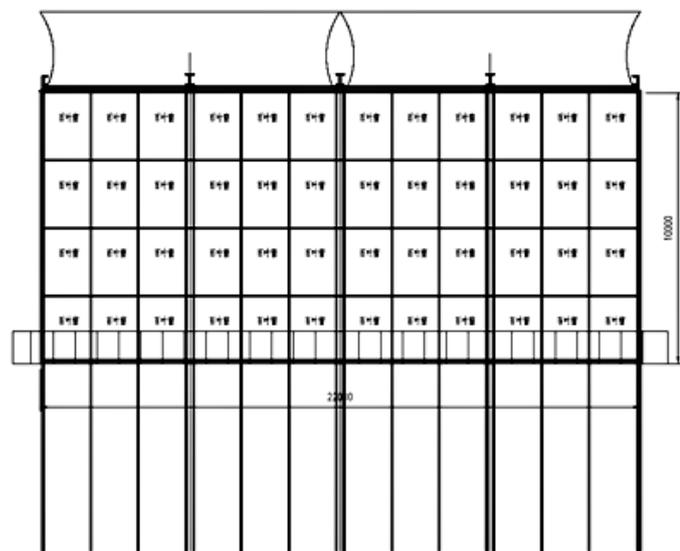


图 1 改造后空冷凝汽器正面布置图

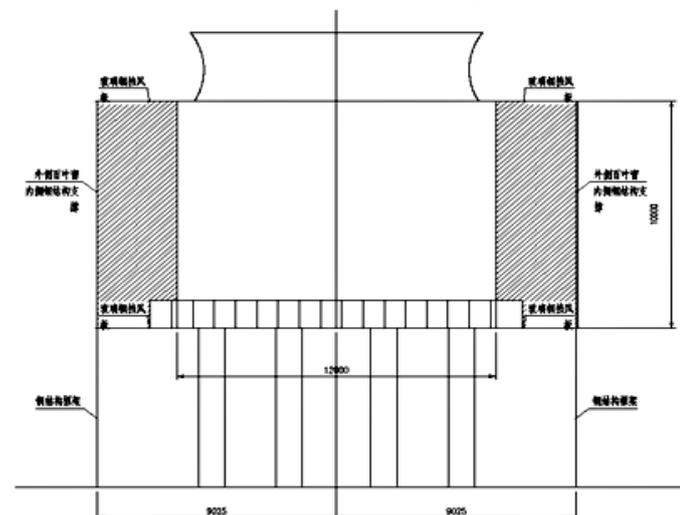


图 2 改造后空冷凝汽器侧面布置图

经过上述调整基本可以解决空冷凝汽器系统的冻凝问

题, 但当遇到气温突然降低、装置负荷大幅度降低等情况时, 空冷凝汽器系统翅片管束仍有冻凝和冻裂破损的现象发生, 同时现场操作人员的劳动强度高, 为此对空冷凝汽器系统进行了改造, 即在空冷凝汽器系统外围增加了百叶窗, 将百叶窗区域以 2.62m × 1.83m 进行划分, 每个区域可以进行单独操作, 具体如图 1 和图 2。

在增加百叶窗后, 逆流翅片管束由于其乏汽量少, 在冬季装置运行过程中, 对持续低温区域仍要遮盖帆布, 同时对顺流翅片管束和逆流翅片管束进行编号, 现场操作人员 1h 对翅片管束进行一次测温, 当温度偏离要求参数时, 可通过调整对应区域的百叶窗角度来控制进入空冷凝汽器系统的风量, 从而减小与翅片管束的换热量, 进而达到防冻的目的, 由图可知百叶窗在翅片管束两侧, 呈对称形式, 因此在调整一侧百叶窗时, 另外一侧百叶窗也要相应调整。由于对翅片管束进行了编号, 当发现翅片管束温度有异常时, 现场人员可以根据编号准确的记录对应的管束, 并进行重点关注。经过对空冷凝汽器系统的改造, 在冬季装置运行过程中, 翅片管束温度可以稳定的维持在 80℃以上, 凝液的温度可以维持在 65℃以上, 风机频率可以控制在 25Hz 以上, 使操作有了很大的裕度, 同时大大减轻了操作人员劳动强度, 实现了安全平稳运行的目的。

4 进一步优化方案

在每个翅片管束上间隔 30cm 设置一个测温点, 建立空冷凝汽器翅片管束温度场, 并通过温度监测系统将每个点的温度变化实时反馈至中控室, 同时每个测温点设置有高温报警和低温报警, 便于操作人员及时发现翅片管束温度的异常情况, 并及时采取相应的防冻措施, 避免现场人员频繁的测温, 节省劳动力, 并且可以精确的定位至低温区, 有效降低空冷翅片管束的冻裂风险。

5 小结

通过分析空冷凝汽器系统冻凝的原因, 分别从进入空冷凝汽器系统的蒸汽量, 风机频率, 汽轮机排气压力及现场人员操作等方面进行了调整, 为保证在环境温度急剧下降或者装置负荷突然大幅度降低的情况下, 空冷凝汽器系统不发生冻凝, 对空冷凝汽器系统进行了改造, 在其外围增加了百叶窗, 同时对顺流管束和逆流管束进行编号, 优化了空冷凝汽器系统防冻操作, 使空冷凝汽器翅片管束温度在冬季温差较大的情况下可以稳定的维持在 80℃以上, 凝液温度可以维持在 65℃以上, 降低了人员的劳动强度, 有效保证了空冷凝汽器系统在冬季的安全平稳运行, 同时提出了在翅片管束上增加测温点建立温度场的方案, 在翅片管束温度发生异常变化时可以及时准确定位至低温区, 及时调整相关参数及百叶窗的通风量, 使空冷凝汽器系统防冻操作更加智能可靠。

参考文献:

- [1] 张海丰, 李天鹏, 于军. 空冷岛的熟态冲洗及防冻措施 [J]. 电站辅机, 2017, 38(3): 29-31.
- [2] 朱斌. 直接空冷机组防冻控制策略分析 [J]. 东北电力技术, 2013(12): 37-39.
- [3] 许轶. 空冷岛温度场的构建及防冻优化调整 [D]. 保定: 华北电力大学, 2013.