

工艺厂房送风系统降温改造优化

王天杰

(中核四〇四有限公司第三分公司, 甘肃 嘉峪关 735199)

【摘要】 本论文结合目前公司送风系统在夏季运行时, 厂房环境温度过高的问题。经过现场实际勘察, 充分考虑经济实用、易维护、易操作等因素, 并结合现有设施条件和实际情况, 运用等焓加湿降温原理, 在送风系统前端增设滴下式湿膜加湿降温装置, 配合气水混合喷雾加湿降温系统, 最大程度降低工艺厂房环境温度, 通过温湿度自动控制, 确保厂房环境温度适宜, 员工体感舒适。

【关键词】 等焓; 加湿; 降温; 优化

前言

送风中心厂房承担三个工艺厂房送风任务。该工艺厂房在夏季运行时, 受室外温度的影响, 厂房内环境温度升高, 在此环境下, 部分员工出现轻微中暑的现象, 为现场人员安全生产作业带来诸多隐患。在此基础上, 对送风中心送风系统进行优化改造势在必行。目前国内在对存在这些热源的环境采取的降温有等湿冷却、等焓加湿降温等方式。

一、主要研究内容

结合送风中心厂房夏季运行周期, 对送风温度进行了统计分析, 影响送风温度升高的因素主要有以下几个方面:

(一) 大型旋转风机运转过程中造成的送风温度升高

送风中心共有 2 套送风系统, 分别为 S- I 系统和 S- II 系统, 其中, S- I 系统为 2 台送风风机, 1 用 1 备; S- II 系统为 4 台送风风机, 2 用 2 备。常用通风机温升公式如下:

$$\Delta t = \frac{3.6 \times \frac{L \times H}{3600 \times \eta_2} \times \eta}{1.013 \times 1.2 \times \eta_1 \times L} = \frac{0.0008 H \times \eta}{\eta_1 \times \eta_2} \dots \dots \dots (1)$$

Δt : 通风机温升 ($^{\circ}\text{C}$);

L: 风量 (m^3/h);

H: 风压 (Pa);

η : 电动机安装位置修正系数, 当电动机安装在气流内时, $\eta=1$; 当电动机安装在气流外时, $\eta=\eta_2$

η_1 : 通风机全压效率, 取实际效率

η_2 : 电动机效率 (0.8 ~ 0.9)

依据公式 1, 按照送风中心厂房 S- II 系统流量和风机全压, 计算出新风通过风机后温度上升为

4.3—8.7 $^{\circ}\text{C}$ 。

(二) 室外水泥风道长度对温度的影响。

送风中心厂房 S- II 系统户外送风水泥风道长度为 97.5 米, 风道四面总面积 1666.62 m^2 , 底面采取了冬季减少热风损失的保温层。但由于混凝土导热系数 (1.74W/ $\text{m} \cdot \text{k}$) 较高, 当环境温度为 35 $^{\circ}\text{C}$ 时, 水泥风道外表面测得温度为 58 $^{\circ}\text{C}$, 新风通过大面积、长通道后, 送风温度接近甚至高于室外环境温度。水泥风道内部表面温度可通过公式 2 进行计算。计算出在该条件下风道内部表面温度约为 52 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$t_2 = t_1 - \frac{(t_1 - t_{\text{环}})}{(\frac{\delta}{\lambda} + 0.05)} \times (\frac{\delta}{\lambda} - 1) \dots \dots \dots (2)$$

t_1 : 管内温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_2 : 管外温度 ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{环}}$: 室外环境温度 ($^{\circ}\text{C}$);

λ : 保温材料导热系数 (W/ $\text{m} \cdot \text{k}$);

δ : 材料厚度 (m)

除此之外, 水泥风道后端为各种不同规格的玻璃钢风筒, 总长度为 202m, 表面积 1652.8 m^2 。表面采用岩棉保温, 外覆镀锌钢铁皮, 使得送风温度仍保持与水泥风道相同或更高。

由于以上种种因素, 导致最终送入工艺厂房的温度偏高。员工在高温环境下工作, 造成员工中暑、大量出汗、加重心脏负担等问题, 极易导致工伤事故的发生。所以在现有条件下对主工艺厂房送风系统采取降温措施, 目标使工作区域环境温度不高于 29 $^{\circ}\text{C}$, 且湿度保持在 65%—75% 之间^[1]。

二、降温方法分析

降低工作区域环境温度的方法目前国内较为常

用、有效的方式为隔热保冷和降温技术改造。

（一）隔热保冷材料的选择

进行保冷隔热处理首先必须考虑保冷隔热材料的选型，首先根据风道和风筒的形状，选用导热系数低的保冷隔热材料，再结合现有施工条件确定。

1. 室外水泥风道的施工，选用水泥风道保冷隔热层选择材料为挤塑板，其导热系数为 $0.031\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ ，每年运行时间按照 6 个月 4320 小时^[2]，且冷风管绝热层防结露厚度为 80mm 为宜^[3]。挤塑板固定在风道表面后外覆丝网保护，并刷水泥层和涂白。

2. 室外玻璃钢风筒的施工，保冷隔热材料选用聚氨酯板，其导热系数为 $0.0275\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ ，同样依照设计图集要求，选用厚度为 80mm。保冷隔热材料使用钢条固定在风筒表面后，外覆表面反光的镀锌铁皮包裹，可反射部分日晒热度。

在选用保冷隔热材料对风道和风筒改造后，经过公式 2 计算，在外部环境温湿度同等条件下，风道和风筒内部表面温度可由 52°C 降为 32°C 。

（二）送风系统降温技术改造

虽然对风道和风筒所采取的保冷隔热措施在一般气候条件下能起到一定的降温作用。但夏季环境温度高达 38°C 的情况下，仅仅采取保冷隔热措施已不能满足要求。这就要考虑在送风端进一步优化降温措施降低送风温度。

通过分析造成人体冷热体感与组成热环境的各种因素，可概括为室内温度、室内的相对湿度以及设备运行中表面温度。目前国内在对存在这些热源的环境采取的降温有等湿冷却、等焓加湿降温等方式。

通过制冷机组产生低温冷空气，然后将冷空气经送风系统送入厂房是一种等湿冷却方式。具有冷却效果好、易于调节等优点，但现场条件制约和投资较大，且后期设施运行费用高、维护保养工作压力较大而放弃。

等焓加湿降温在国内的实际应用已经长达 22 年之久，其原理简单叙述就是通过利用水与空气大面积直接接触蒸发，吸收空气中的热量这一自然现象来达到降温的目的。

三、等焓加湿降温改造

等焓加湿降温是一种常用的空气处理过程，即通过水与空气的大面积直接接触，由于水的蒸发吸收了空气中的热量，变成水蒸气，于是空气中的显热转化为潜热，根据热力学中能量守恒定律，系统中的总焓值保持不变。显热减少温度降低，人们所处的环

境中的体感温度就会降低。这就是水在空气中蒸发，显热减少，温度降低，湿度增大。具体在焓湿图中的体现形式见图 2。

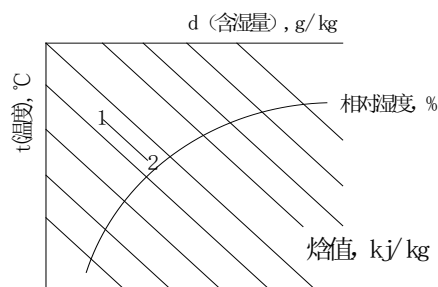


图 2 空气处理过程中等焓加湿降温在焓湿图中的体现

从图中可以看出，在等焓加湿降温过程中，从状态 1 到状态 2，焓值保持不变，由于空气中含湿量增大，相对湿度也增大，而温度降低了，这就是等焓加湿降温的原理。

目前国内针对于等焓加湿降温所采取的措施有高压喷雾、喷淋和湿膜等方式。这些降温方式受空气湿度影响较大，往往湿度越高效果越差，尤其是在通风较差的环境内使用，效果存在局限。这对于我地区干燥、炎热的气候条件下，十分适宜在强制通风的工艺厂房环境中运用等焓加湿降温措施。

在送风中心送风系统中原有的水洗涤系统在实际运用中属于一种等焓加湿降温措施，也可以起到一定的加湿降温作用，其主要作用还是去除室外空气中的沙尘来净化空气。水洗涤系统对于水的蒸发能力是有限的，必须通过其他的方式来加大水与空气的接触面积，增加水与气流的热交换，才能在大流量风力作用下加速水的蒸发，所以在送风系统前端选用滴下式湿膜加湿器就是很好的选择。加湿器中的湿膜需要选用高分子亲水材料，能大量吸附水分，并且要求对送风流量的损失尽量小。

结合送风中心送风系统实际情况，把滴下式加湿器安装在原有的水洗涤间，由加湿模块、淋水管和水流量控制器组成，接入的供水经流量控制后，从淋水管流出，把加湿模块淋湿，风通过加湿模块后，蒸发其中的水分，起到加湿降温的作用。

湿膜加湿器的特点就是吸水率高，可达到 260% 以上，而送风压力损失低于 84Pa。常见的湿膜加湿器高分子材料还具备防腐抗菌功效，并且抗冻、耐高温的特点。为防止长时间使用，水垢堵塞压力损失增大，将加湿模块拆除后进行清洗，维护得当使用寿命

可在十年左右。

在送风系统进风端安装滴下式湿膜加湿器后,将室外空气进行一次降温,在厂房内经过初高效过滤器和大功率离心式风机进入室外水泥风道,虽然水泥风道和玻璃钢风筒加装了隔热保冷措施,但仍会有一定的升高。当夏季室外环境温度曾高达 38℃ 时,还应当考虑在送风风道进入厂房末端增设二次加湿降温装置。由于液态水的蒸发能力是有限的,将液态的水经过雾化,使水颗粒尽可能的最佳细化后进行扩散,增加水与空气接触的面积,使水与空气充分进行热交换,使雾化水颗粒气化蒸发。所以考虑到在末端考虑采用气水高压喷雾加湿降温系统更为适用。

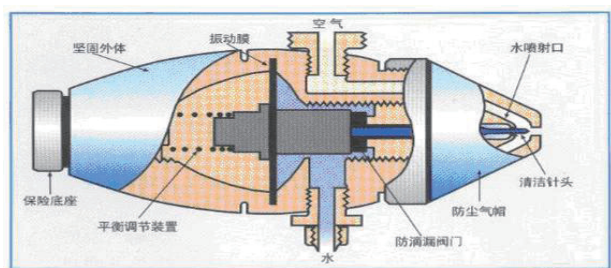


图3 气水混合高压喷雾喷头结构图

如图3所示,气水混合高压喷雾加湿降温的核心部件就是高压喷雾喷头,该喷头利用压缩空气与水混合喷雾,喷雾颗粒大小为 $7.5\mu\text{m}$,可以实现 100% 全部雾化。微雾喷头所使用的动力能源,由空压机、冷干机、缓冲罐以及管道过滤器等设备组成。这些设备安装在送风中心厂房内,将水管和压空管线引至高压微雾喷头,管线在室外部分进行保温处理。要求空压机工作压力要求不小于 0.45MPa,波动范围不大于 0.05MPa,且不含油。见图4。

由于喷头特殊结构,每运行 90 分钟清洁针头会自动清洗喷口一次,避免喷嘴结垢。其特殊材质还可避免腐蚀等情况的发生。结合水泥风道的截面积和加湿量,选用高压微雾喷头 58 只,安装在室外水泥风

道末端。

四、加湿降温效果理论估算

估算按照夏天环境温度在 38℃、相对湿度为 30%RH 情况下,使用专用软件进行估算,结果如下:

在水洗涤系统、滴下式湿膜加湿器与气水高压喷雾加湿降温系统同时运行时,即使在夏季酷热天气情况下,最大给水量为 2186kg/h,最终能够把厂房温度降至要求的温度。

由于考虑到滴下式湿膜加湿器使用的是生产上水,水中金属离子和杂质较多,为延长加湿模块的使用寿命,实际的给水量按照 2 倍的加湿量设定。在送风系统流量为 $3 \times 105\text{m}^3/\text{h}$ 、室外环境温度为 38℃、湿度为 30%RH 时,达到使室内环境要求时最大给水量大约为 $987+882 \times 2+282=3033\text{kg}/\text{h}$ 。通过在风道内安装的温湿度测量仪表,与水流量控制器连锁,就可以实现根据温湿度调整给水量,以起到节能降耗的目的。

五、结论

通过对送风系统加湿降温改造优化过程理论分析,配合专业软件和公式计算,经加湿降温改造优化后的送风系统,在室外环境温度 38℃ 等极端天气环境下可将送风温度降低至 27.8℃ 以下,并可实现湿度自动调节,保持在 70%RH 范围之内。改造优化后可大大改善工艺厂房现场环境状况,确保员工安全,消除事故隐患。

参考文献:

- [1] 《平壁设备保冷结构图》。
- [2] 国家建筑标准设计图集 08K507-2, 08R418-2《管道与设备绝热——保冷》。
- [3] 《防结露绝热层厚度选用表》。

作者简介:王天杰(1982年2月-),男,甘肃省武威市人,本科学历,工程师。

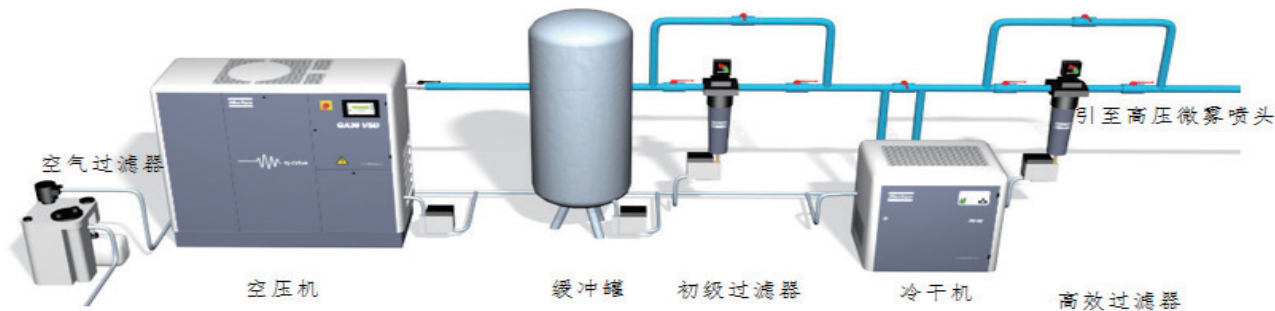


图4 空压系统设备组成