

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2019.04.013

基于间接蒸发冷却技术新风换气机的实验

何华明

(澳蓝(福建)实业有限公司,福建 福州 350000)

摘要: 针对室内排风的热回收效率不高的问题,设计了一种基于间接蒸发冷却技术的新回风换气机,采取微雾喷淋方式的水蒸发冷却技术和亲水高分子纤维的芯体,可实现高效热回收。通过建立实验平台,对该新风换气机的换热过程进行了测试分析,结果表明热回收效率高达141%,节能效果显著。
关键词: 蒸发冷却;间接蒸发;新风换气机
中图分类号: TU831.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-4348(2019)04-0382-04

Experiment on fresh air equipment based on indirect water-evaporating cooling

HE Huaming

(AOLAN(Fujian) Industry Co., Ltd, Fuzhou 350000, China)

Abstract: In order to solve the problem of low heat recovery efficiency of indoor exhaust air, a new return air ventilator based on indirect evaporative cooling technology was designed. The water evaporative cooling technology with micro-mist spraying and the core of hydrophilic polymer fiber can realize high efficiency heat recovery. The heat transfer process of the new heat exchanger was tested and analyzed by establishing an experimental platform. Results show that the heat recovery efficiency is up to 141%, and the energy-saving effect is remarkable.
Keywords: evaporative cooling; indirect evaporative; fresh air exchanger

引言

目前市场上有很多生产新风换气机的厂家,传统的热回收式新风换气机一侧送风一侧排风,将送入室内的新风与排出的室内污浊空气进行热交换,其核心部件即换热芯体在热交换过程中发挥着很重要的作用。机组夏季运行时,新风从排风中获得冷量,温度降低;冬季运行时,新风从排风中获得热量,温度升高^[1]。当房间内部仅采用新风换气机进行通风换气时,由于换热芯体的换热效率达不到100%,导致换热后的空气温度与室内设计参数仍有一定偏差^[2],尤其是在夏季,换热后的新风温度仍较高,不能有效去除室内的热量,该偏差需要由

空调负担,造成了能耗的浪费。
西安工程大学的黄翔教授等人长期研究蒸发冷却技术在各个领域的应用,取得了丰硕的成果,然而对于民用建筑热回收采用蒸发冷却技术的研究不多。其中结合蒸发冷却的转轮热回收效率为66.9%^[3];用于民用建筑直接蒸发冷却的新风降温湿球效率为84%~95%^[4];用于游泳馆的新风降温的间接蒸发冷却平均效率为61.4%^[5]。
为解决该问题,开发了基于间接蒸发冷却技术的新风换气机(简称水蒸发式新风换气机),采用新材料和新工艺技术,将水蒸发冷却和间接显热换热技术相结合,进一步降低了新风的送风温度,提高了机组效率,有效吸收室内余热。

1 新型新风机组的工作原理及芯体材料

结构和材料均将影响基于间接蒸发冷却技术新风机组的工作效率。水蒸发式新风换气机核心技术包含高效水蒸发芯体换热技术和间歇水喷淋控制技术。新芯体选用了成本低、效率高的换热芯体零部件,芯体换热间壁为复合了具有超吸水能力的长纤维的高分子材料,其中,有纤维材料的一面为毛面,高分子材料的一面为光面。长纤维超强的吸水保水能力,有效减少水的喷淋量,节约水资源;高分子材料制成的换热膜,保证了芯体具有足够的传热能力的同时,有效隔绝有害物质的渗透。

水蒸发过程是在具有超强吸水 and 保水能力的毛面进行的,所以水喷淋过程是采用间歇模式,需要注意的是,连续喷淋不但蒸发效果不行,还会造成水的浪费。

1.1 机组工作原理

水蒸发式新风换气机是利用水的蒸发吸热作用来吸收换热芯体中湿通道空气(室内排风)的热量,温度降低,从而增加干、湿通道的换热温差,提高机组的换热效率。其芯体工作原理如图 1 所示。

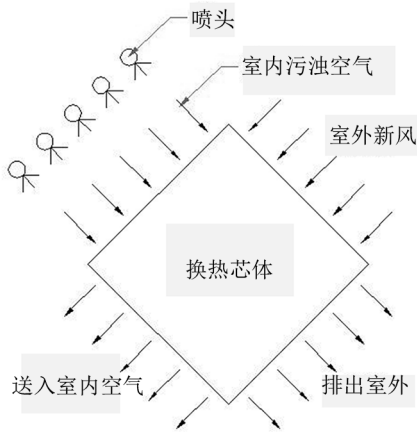


图 1 机组换热芯体工作原理图

Fig.1 Working principle of heat exchange core

水蒸发式新风换气机中设置喷淋进水管路,水在压力作用下,通过侧上方的喷头(如图 1 所示,斜下方向喷淋)喷入到芯体湿通道中,室内排风进入湿通道和毛面上的水膜充分接触,在干湿球温度温差的驱动下,进行加热加湿,使湿通道中空气干球温度始终保持趋近于该状态点下的湿球

温度,增加了干、湿通道的温度差,提高了换热动力;芯体干通道中新风经过换热芯体传热膜和传热纸与湿通道中的排出空气进行热量传递,温度降低,完成等湿冷却降温,然后送入房间,提高了室内舒适度,并在最小的耗水量条件下达到了最大的换热效率。其空气温度变化过程在焓湿图上的表示如图 2。

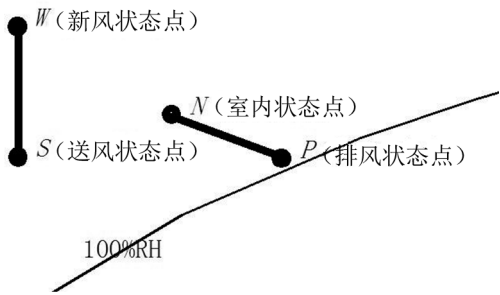
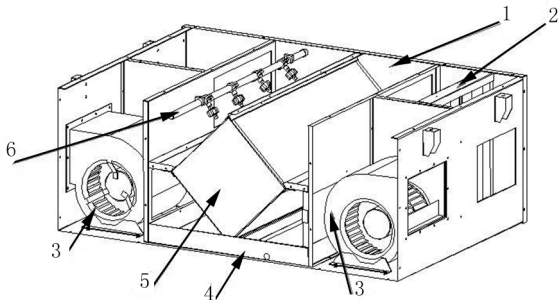


图 2 空气变化理论过程

Fig.2 Theoretical process of air change

1.2 基本结构和芯体

间接蒸发式新风换气机主要由外壳、过滤网、风机、接水盘、喷淋系统及其配件构成。工作过程中,启动送风风机和排风风机,室外新鲜空气在送风机负压作用下经室外新风口首先经过过滤网,过滤掉室外空气中的杂质粉尘,使进入室内的空气清新、洁净,过滤网可根据环境空气状态的不同更换不同等级的过滤装置,新风过滤后进入换热芯体的干通道,与湿通道排出空气进行等湿冷却降温后经室内送风口送入室内;同时室内空气在排风机负压作用下经室内排风口进入换热芯体的湿通道中,在湿通道中被干通道新风空气加热的同时带走水分,经室外排风口排出室外。基本结构如图 3 所示。



1—外壳; 2—过滤网; 3—风机; 4—接水盘;
5—换热芯体; 6—喷淋系统

图 3 机组基本结构图

Fig.3 Basic structure of the unit

换热芯体是间接蒸发式新风换气机中的重要部件,分为干通道和湿通道,室外新风经过滤后进入干通道,室内污浊空气进入湿通道,喷淋水在湿通道一侧与湿通道中排风充分接触,在干湿球温度温差的驱动下,进行加热加湿,利用水的蒸发吸热原理,使湿通道中的空气干球温度始终保持接近该位置点的湿球温度值。

间接蒸发换热芯体采用了耐腐蚀的优质传热横向骨架、纵向骨架和能量回收纸作为传热导体,经过特殊工艺加工而成,横、竖方向的强度差很小,拥有高机械性抗张强度和抗撕裂强度,有着传热快、换热效率高、成本低、易于维护、使用寿命长等特点,没有运动部件,结构紧凑,占用空间小,此外,在高湿条件中也不会变形,抗菌性很好,安全卫生。

2 实验与结果分析

设备组装好后进行测试,室内送风口和室内排风口处于室内环境模拟间内,室外新风进风口

和室外排风口处于室外环境模拟间内,室内、外环境模拟间隔热效果良好,对机组性能分析无影响。

本次试验分别模拟了新疆、西安、兰州、西宁等地区的夏季空调室外计算参数以及冬、夏两季的空调室内设计参数,机组在工作状态下风量最大可达到 650 m³/h,低速运行状态下送风量为 560 m³/h,试验时分别进行低、中、高三种工况的测试,对测试结果进行对比分析。根据我国国家标准《民用建筑采暖通风与空气调节设计规范》,夏季空调室内设计参数 $t_g = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60\%$,冬季空调室内设计参数 $t_g = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 50\%$ 。

2.1 夏季工况下热回收效率测试

以新疆地区夏季工况为例(室外空调计算参数干球温度 33.5 °C,湿球温度 18.2 °C),在风机三档(低、中、高)运行状态下,对室外新风进风口、室外排风口、室内送风口和室内排风口的空气干球温度和相对湿度分别做了 7 次的测试记录,其测试的平均值详见表 1。

表 1 夏季工况测试计算数据
Tab.1 Calculation data of test under summer working condition

运行 状态	风量/ (m ³ · h ⁻¹)	室外新风进风口		室外排风口		室内送风口		室内排风口		显热热
		干球温度/ 相对湿度/		干球温度/ 相对湿度/		干球温度/ 相对湿度/		干球温度/ 相对湿度/		回收率/
		℃	%	℃	%	℃	%	℃	%	%
低速	560	33.1	25.1	25.3	83	22.4	53.5	25.5	58.8	141
中速	600	33.2	27.5	25	79.7	22.9	56	25.9	59.4	141
高速	650	33.3	27	25.1	78.9	23.1	55.4	25.9	59.3	138

机组喷淋水采用市政自来水供应,间歇喷淋的方式,喷水时间 8 s,停 60 s,而后继续喷水 8 s,如此循环,平均喷淋流量为 3.84 kg/h,因此,有效避免了水资源的浪费,又不会影响机组效果。

根据测试数据按公式(1)进行热回收效率 η_x 计算,计算结果如表 1 所示。

显热热回收计算公式:

$$\eta_x = L_x \times (T_x - T_s) / (L_p \times (T_x - T_n)) \quad (1)$$

其中 L_x 、 L_p 分别代表新风和排风的风量; T_x 、 T_s 、 T_n 分别代表新风进风口、室内送风口和室内排风口空气的干球温度。

(1)从表 1 可以看出以下几点。

第一、风量越小,机组换热效率越高。当风机中低档运行时,风量小,机组热回收效率可达 141%;当风机高档运行时,风量最大,机组热回收

效率为 138%。在换热面积不变的情况下,风量越小,其热交换越充分,效率也就越高了。目前市场上生产的新风换气机未增设喷淋系统,芯体材料不同,换热温差较小,显热最高热回收效率能够达到 75%左右,相比市场上传统的新风换气机,水蒸发式新风换气机增加了喷淋装置,结合了蒸发冷却技术,并改进了换热芯体使用的材料,使得机组经过换热芯体的换热温差增大,加大了驱动力,进而提高了机组的热回收效率,节约了能源。

第二、送风温度低于室内设定温度。当室外环境温度达到 33.1 °C,相对湿度为25.1%,室内状态点为 $t_g = 25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 58.8\%$ 时,室外空气经过间接蒸发式新风换气机后温度可降低到 22.4 °C,低于室内参数,不仅能够满足室内参数的要求,而且能够吸收房间内部的余热,有效提高了室内空

气品质和舒适性。

(2)非等湿冷却降温。利用表 1 高速运行状态下新风的进出风的状态参数,通过焓湿图查出其对应的绝对含湿量分别为 8.6 g/kg 和 9.8 g/kg,为不等湿降温。说明新风的降温过程和图 2 的理论过程不一致,偏离了等湿线,这是由于样机积水盘结构设计不够合理,导致在换热芯的新风送风侧有集水引起的二次加湿。

(3)间歇喷淋对效率的影响。在测试过程中发现,水蒸发过程降温效果最好是在两次喷淋之

间的非喷淋时间,而在喷淋过程中,热回收效果反而变差。经过分析认为,喷淋时加厚的水膜不但提升了水膜的温度,也增加传热热阻所致。

2.2 冬季工况下热回收效率测试

以新疆地区冬季工况为例,取室外干球温度 $t_g = 5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\varphi = 70.0\%$,湿球温度 $t_s = 2.85\text{ }^{\circ}\text{C}$,测试方法同夏季工况,但机组喷淋水不开。其测试的平均值详见表 2。

根据测试数据也按公式(1)进行热回收效率计算,计算结果如表 2 所示。

表 2 冬季工况测试计算数据
Tab.2 Calculation data of test under winter working condition

运行 状态	风量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	室外新风进风口		室外排风口		室内送风口		室内排风口		显热热
		干球温度/ 相对湿度/		干球温度/ 相对湿度/		干球温度/ 相对湿度/		干球温度/ 相对湿度/		回收率/
		℃	%	℃	%	℃	%	℃	%	%
低速	560	6.6	78.2	13.4	79.9	18.3	46.2	24.6	49.3	65
中速	600	8	77.3	14.2	76.9	18.7	47.3	24.7	47.5	64
高速	650	8.7	75.3	14.8	75.2	19.1	46.8	24.7	47.5	65

从表 2 可见冬季的热回收效果一般,这是由于换热面增加了吸水性的纤维材料,使得换热芯体间壁厚度增加,减小了传热系数,影响了机组的冬季热回收效率。

3 结论

水蒸发式新风换气机充分利用了干空气能,在夏季工况下运行时,由于芯体湿通道中受到喷淋水的蒸发作用,温度降低,使得送风温度低于室内空气温度,比传统的新风换气机送风温度更低,热回收效率也有较大提升。

(1)水蒸发新风换气机由于在材料上采用高吸水性纤维材料和高分子塑料聚合物通过特殊工艺加工而成,夏季工况下,采用水蒸发喷淋技术进行热回收,相较目前市场同类产品 75%左右的热回收效率,有很大提升,效率高达 141%。

(2)由于换热面增加了吸水性的纤维材料,使得换热芯体间壁厚度增加,减小了传热系数,影响了机组的冬季热回收效率。因此冬季工况下,其冬季热回收效果一般。

显然在新风换气机中应用水蒸发技术,其节能效果显著,市场前景非常广阔。由于冬季的节能效果一般,在以采暖季节偏长的西北方地区,其综合节能效果不够理想,但在广大的沿海和中部地区,这种高效节能的新风换气机是值得广泛推荐应用。

由于某些客观的原因,目前研究尚未涉及室外温度低于 0 $^{\circ}\text{C}$ 工况的实验研究。由于室外环境温度低于室内空气为 0 $^{\circ}\text{C}$ 时,芯体热交换时会导致结露,甚至结霜,会影响换热效率,随着进一步研究,将会在材料上重点考虑疏水材料的问题,进一步提高机组热回收效率,使能量的回收得到最大化。

参考文献：

[1] 张庆岭. 热回收新风换气机换热性能研究及适应性分析[D]. 厦门：集美大学, 2013.
[2] 朱泓. 板式翅式全热交换器的节能分析及工程应用[D]. 上海：上海交通大学, 2005.
[3] 罗绒, 黄翔, 靳贵铭. 转轮式两级蒸发冷却空调节能效果分析[J]. 西安工程大学学报, 2012, 26(6)：783-787.
[4] 王兴兴, 黄翔, 申长军, 等. 西安地区蒸发式冷气机室内外降温实验分析[J]. 发电与空调, 2015, 36(5)：59-64.
[5] 黄翔, 吕伟华, 刘佳莉, 等. 宝鸡游泳馆蒸发冷却-机械制冷空调系统应用探讨[J]. 暖通空调, 2017, 47(6)：58-61, 67.

(责任编辑：方素华)