

空调用加湿器的介绍及选用分析

孙莹¹, 孙艳秀²

(1.辽宁省食品制冷研究设计院, 辽宁 沈阳 110031; 2.承德民族师范高等专科学校物理系, 河北 承德 067000)

摘要: 对各类空调用加湿器的加湿原理和性能特点进行分析, 通过对各种加湿器的性能比较, 得出不同类型加湿器的应用场合, 为加湿器的选用提供参考。

关键词: 加湿器; 加湿原理; 性能特点; 选用

中图分类号: TU831.4

文献标识码: B

文章编号: 1006-8449(2010)03-0069-05

0 引言

空气湿度和空气温度一样, 都是空气环境的重要因素, 它对生活环境、工作环境以及工业生产都具有重要意义。湿度对许多生产部门的产品质量起着决定作用。机械加工、装配、包装以及材料处理都对湿度环境有一定的要求。另外, 我国北方地区冬春之交是一年中最为干燥的季节, 再加上空调、暖气等设备的使用, 导致室内空气更加干燥, 干燥的环境容易使人患病, 影响人体健康。随着人们对湿度环境重要性认识的增强, 许多国家都在着手研制开发各种新型的加湿器。近年来, 加湿器产品产销量急剧增长, 品种迅速增多。如今在国内外有湿膜加湿器、超声波加湿器、干蒸汽加湿器、离心式加湿器、电极加湿器、电热加湿器、高压喷雾式加湿器和汽水混合加湿器等。

近来发现, 虽然在一些人居环境和工业生产车间安装了加湿器, 但加湿效果不尽如人意。造成这种情况的主要原因是使用者对各种加湿器及其特性了解不够, 不能正确地选择和安装, 且用户不能定期地进行维护管理, 导致加湿器不能正常工作, 加湿器效果不理想。为此, 本文着重对各类加湿器原理、性能特点、使用场合进行综合介绍, 以利更好地在不同应用场合选用合适的加湿技术^[1]。

1 加湿器的类型及工作原理

空气加湿的方法, 总的说可分两类: 1) 向空气中蒸发水; 2) 直接向空气中喷入水蒸气。为增大加湿速度,

可采取增加接触面积和提高温度的方法。增大加湿面积, 一般采用亲水性的浸湿面, 也可以采用水滴细分化的措施。在水滴细分化方法中, 有离心雾化、加压喷雾、二流体喷雾、超声波雾化、静电雾化等。按照加湿场合, 加湿器分为装入空调装置内加湿和室内直接加湿的单元方式。现按加湿器的种类, 将经常使用的几种加湿器的工作原理和性能进行介绍^[3-10]。

1.1 湿膜加湿器

湿膜加湿器的工作原理如图 1 所示。经过过滤的水通过管路送到加湿器顶部的淋水器中, 水在重力的作用下沿湿膜材料向下渗透, 水被湿膜材料吸收形成均匀的水膜。干燥的空气通过湿膜材料时, 水分子充分吸收空气中的热量而汽化、蒸发, 使空气的湿度增加, 形成湿润的空气。这一过程中空气的湿度增加, 温度下降, 空气的焓值保持不变。

湿膜加湿器具有对空气加湿和降温双重作用, 降温过程是在湿膜内完成的, 加湿器工作时, 在波纹状的纤维纸表面有

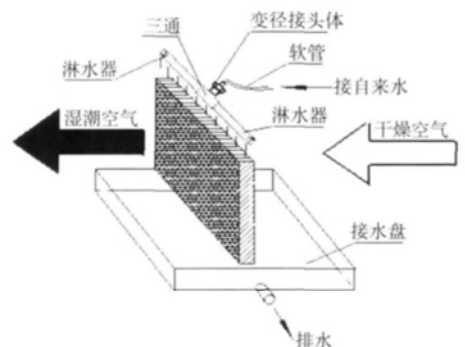


图 1 湿膜加湿器的工作原理图

层薄薄的水膜,干热空气被风机抽吸穿过湿膜时,水膜上的水会吸收空气中的热量蒸发成水蒸气,导致通过湿膜的空气降温,降温的幅度取决于被处理空气的干湿球温度差和湿膜的加湿效率。

湿膜材料是湿膜加湿器的核心,它以植物纤维为基材,经过特殊成分的树脂处理烧结成波纹板状交叉重叠的高分子复合材料,具有极强的吸水性、很好的自我清洗能力、无毒、耐酸碱、耐霉菌、阻燃及提供水分与空间最大的接触表面积。湿膜材料具有如下特点:1)加湿能力自我调节,饱和效率高,不产生过饱和、结露现象;2)洁净、等焓加湿,不产生“白粉”现象;3)加湿距离短,节约空调机组的体积;4)强度高,耐腐蚀,寿命长;5)降低噪声,维护、保养方便,运行费用低等;6)良好的降温效果。

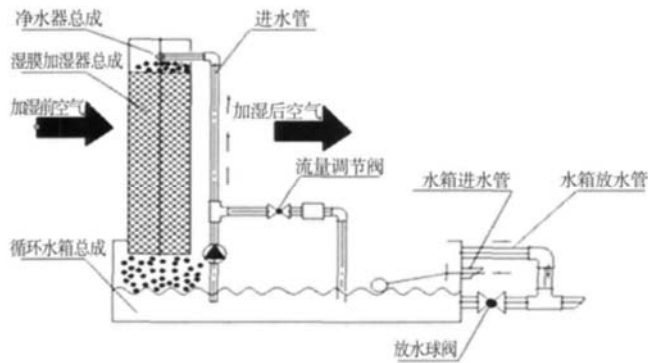


图2 循环水式湿膜加湿器

湿膜加湿器根据排水方式的不同可分为直排水式和循环水式两种结构形式。直排水式的结构如图1所示;循环水式如图2所示,自来水通过进水管路进入循环水箱中,通过进水开关控制其高水位;当加湿器工作时循环水泵将水箱中的水输送到加湿器顶部的淋水器,淋水器确保水均匀分配到湿膜材料上,水从湿膜材料顶部向下渗透,同时被湿膜材料吸收,形成均匀循环水的水膜;当干燥的空气通过加湿器时一部分水与空气接触,汽化、蒸发,使空气湿润(即湿度增加);另一部分没有蒸发的水从加湿器底部流回循环水箱,水箱中的水通过循环水泵反复循环使用,从而使通过湿膜的空气得到加湿。当循环水箱中的水位有所下降时,进水开关开启,给水箱补水,确保水箱的水位维持在设定的高度范围;当循环水箱中的水位下降到一定高度时,水箱内的低水位开关工作,确保循环水泵在缺水的情况下停止运转。当循环水箱内的水循环一定时期后,通过水箱的排水口将水排出,清洗水箱置换干净的水,保证了循环水和被加湿的空气不被二次污染^[1]。

1.2 超声波加湿器

通常情况下,人耳最高只能感觉到大约 20 000Hz 的声波,频率更高的声波就是超声波。超声波有两个特点:1) 能量大;2) 沿直线传播。在振幅相同的情况下,一个物体振动的能量跟振动频率的二次方成正比。超声波在介质中传播时,介质质点振动的频率很高,因而能量很大。如果把超声波通入水罐中,剧烈的振动能使罐中的水破碎成许多小雾滴,再用小风扇把雾滴吹入室内,就可以增加室内空气的湿度,上述就是超声波加湿器的基本原理。实际装置是利用水槽底部换能器(超声波振子)将电能转换成机械能,向水中发射 1.7MHz 超声波。水表面在空化效应作用下产生直径为 1~10 μ m 的超微水雾粒子。水雾粒子与流动空气进行热湿交换,达到等焓加湿空气的目的。

超声波加湿是国内外应用较广的一种加湿方式。超声波加湿器,在工作时无机械驱动、无噪音干扰、无污染,故障率低、能耗低、雾化效率高、维护简便。超声波加湿器是高效、可靠、实用的空气加湿设备。它既可对较大空间进行均匀加湿,也可对特殊空间进行局部湿度补偿,具有较高的使用灵活性。

1.3 干蒸汽加湿器

干蒸汽加湿器分为:外置式干蒸汽加湿器、内置式干蒸汽加湿器和蒸汽快速扩散管三个种类。干蒸汽加湿器工作原理如图3所示,接通经减压和过滤的饱和蒸汽,饱和蒸汽在蒸汽套管内轴向流动,利用蒸汽的潜热对喷管的中心管预热,确保中心喷管喷出的是纯的干蒸汽,然后经弯管进入汽水分离器;带有凝结水的饱和蒸汽经内部挡板后,迫使蒸汽产生旋转,且竖直上升流动,此时蒸汽流动速度大大降低,促使凝结水与蒸汽彻底分离,凝结水经蒸发室底部的冷凝水出口排出。分离出凝结水的蒸汽经调节阀口进入已被预热的干燥室,干燥室内充满不锈钢介质,吸收流动蒸汽的噪声,并对蒸汽中残留水分进行二次过滤、分离,凝结水经蒸发室底部的冷凝水出口排出;当需要加湿时,打开调节

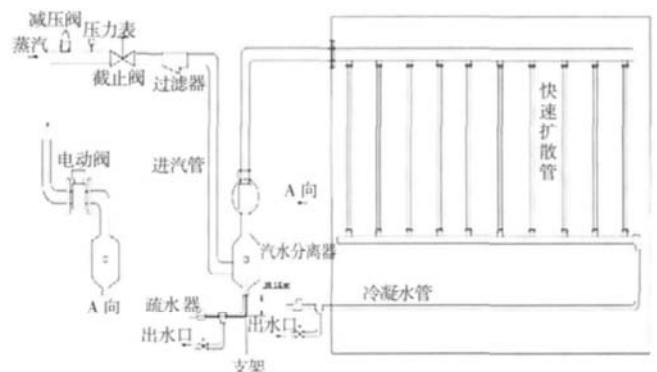


图3 干蒸汽加湿器的工作原理图

阀,最后干燥的蒸汽进入喷管的中心管,从带有不锈钢的消声网孔中喷出,实现对空气的加湿。蒸汽快速扩散管式干蒸汽加湿器的工作原理如图4所示,它与普通干蒸汽加湿器的原理基本一致。用一个汽水分离器提供汽水分离,一个特殊设计的快速扩散管进行蒸汽的均匀喷射,从而达到蒸汽快速吸收的目的。该种加湿器适用于加湿量大且吸收距离短或低温(全新风)高湿的场合。

干蒸汽加湿器具有蒸汽分布均匀,无局部过饱和现象;安装简单、维护费用低,能够对湿度进行精确远程控制;加湿快速、洁净等优点,得到了较广泛的应用。

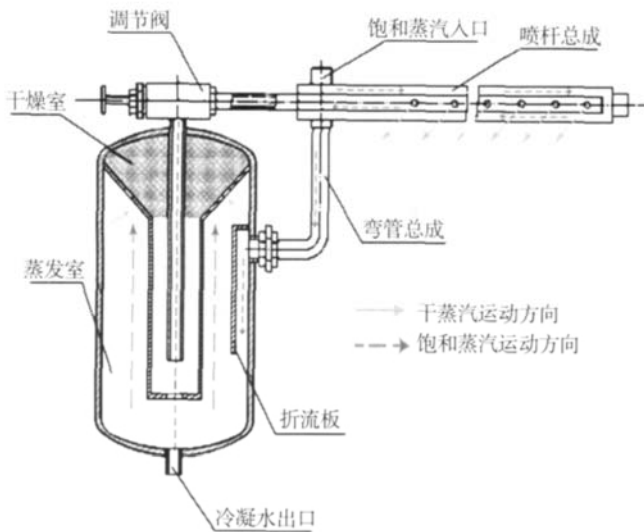


图4 蒸汽快速扩散管式干蒸汽加湿器的工作原理

1.4 离心式加湿器

离心式加湿器是利用高速电机带动复合叶轮旋转产生真空,贮水箱内的水在大气压力作用下通过吸水器压至复合雾化叶轮,经雾化成 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的细雾,经过下进风道的微风,送至出雾口,在出雾口与上进风道的高速风流相汇合,形成高速气雾喷到空气中,气雾与空气中的余热相接触,完全汽化,达到加湿的目的,离心式加湿器的结构和原理如图5所示。离心式加湿器有以下特点:1)加湿速度快;2)喷射的是超微粒子($5\sim 10\mu\text{m}$),不会产生水滴湿地的现象;3)尤其适合湿度标准要求高($\geq 60\%RH$)或有发热源难以加湿的工况环境的直接加湿;4)加湿量范

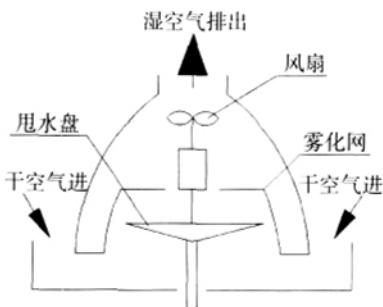


图5 离心式加湿器结构和原理

围大,在 $3\sim 48\text{kg/h}$ 之间;5)等焓加湿,对水质无特别要求。

1.5 电极加湿器

一般自来水的电导率介于 $125\sim 1250\mu\text{ s/cm}$ 之间,其中含有微量导电离子(如钙、镁离子等),水就是一种导电液体。当自来水进入电极加湿罐时,水位逐渐上升,直到水位漫过加湿罐内的电极时,电极将通过水构成电流回路,并把水加热至沸腾,产生洁净蒸汽。电极加湿器是通过控制加湿罐中水位的高低和电导率的大小来控制蒸汽的输出量。电极加湿器开机后,电脑控制器先开启进水阀,使水通过进水盒(此时电脑可以测出进水的电导率)进入到加湿罐的底部,然后逐渐上升并接触到电极,水接触到电极后,电极就通过水构成电流回路,加热水并使之沸腾,水位越往上升,电极所流过的电流就越大,当水位升到最高点时,电脑控制器就会通过水位检测电极,检测出此信号,并关闭进水阀。随着蒸汽量的不断输出,电极罐中的水位逐渐下降,这时电脑控制器将再次开启进水阀,给电极罐补新水,满足所需要的加湿量要求。当加湿罐中的矿物质不断增多和水的电导率过高时,电脑控制器适时打开排污阀,排掉部分水及污物,加湿器再次自动补水,从而确保加湿器工作在最佳状态和达到延长加湿罐寿命的目的。其工作原理如图6所示。

电极加湿器有一种可直接安装于小型空调设备上的小型电极加湿器,这种设备具有如下特点:1)体积

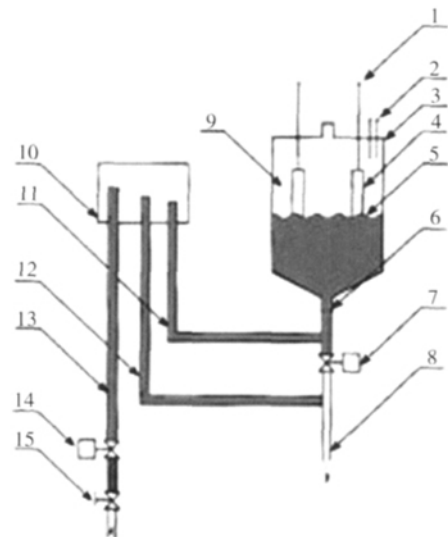


图6 电极加湿器的工作原理

- 1- 加热电源 2- 水位电极 3- 加湿桶 4- 加湿电极 5- 水位
- 6- 进排水口 7- 排水电磁阀 8- 排水管 9- 蒸汽出口
- 10- 进水盒 11- 进水管 12- 溢水管 13- 注水管
- 14- 进水电磁阀 15- 供水阀门

小,可以直接安装于空调的末端、新风换气机和户式空调末端中;2)可使用一般的自来水,对水质无特殊要求,运行噪音很低;3)加湿洁净,无“白粉”污染;4)雾化效率接近100%,不需要设置加湿段,不消耗风压;5)不会发生干烧现象。

1.6 电热加湿器

如图7所示,电热式加湿器是依据电阻加热的原理,电加热管浸没在水中,电热管通电后,依据焦耳定律,电热管产生热量,从而使水变成水蒸汽。一般电热加湿器都是需要三个过程对空气进行加湿:首先通过电加热使水沸腾产生蒸汽;其次通过加湿器配有的微机控制蒸汽的产生与供应;之后通过蒸汽扩散装置把水蒸汽送入空气处理机或风管内的气流。

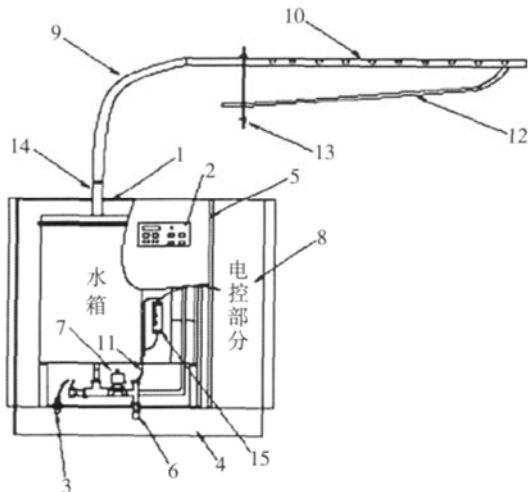


图7 电热加湿器结构与原理图

- 1-主体 2-控制面板 3-进水电磁阀 4-底座 5-隔板
6-格林接头 7-排水电磁阀 8-电控部分 9-蒸汽输送管
10-蒸汽喷管 11-溢流软管 12-冷凝管 13-固定法兰
14-蒸汽出口 15-连通式水位计

1.7 高压喷雾加湿器

高压喷雾加湿器的原理如图8所示,将自来水经加湿器主机增压后,通过特制的喷头雾化高速喷出,形成细小的水雾粒子,与流动的空气进行热湿交换,吸收空气中的热量(或显热)汽化、蒸发,使空气的湿度增加,实现对空气的加湿。高压喷雾加湿器的一种改良产品称为高压微雾加湿器,主机内设有高压柱塞泵将软化水提高至压力7MPa,高压水经高压管道输送至专用喷嘴而雾化,微雾颗粒直径3~15 μm 可迅速从空气中吸收热量汽化和扩散,空气被加湿并降温。高压微雾加湿器的主要特点有:

(1)产生的水雾颗粒细小,汽化过程完成快,汽化效率可达到90%以上,加湿降温效果较好;

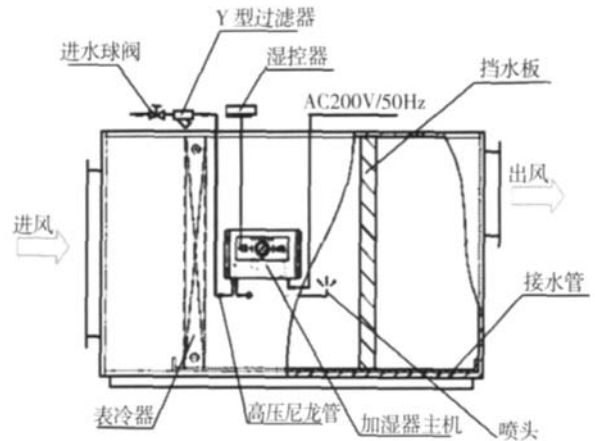


图8 高压喷雾加湿器原理

(2)单机最大输出流量在100~1600kg/h,可在流量范围内任意设置喷头数量并通过对压力和流量的精确控制进行加湿量的精确调节。

1.8 汽水混合加湿器

汽水混合加湿器是利用压缩空气和特制的喷头将水雾化成 $\phi 5-8\mu\text{m}$ 的细小粒子,喷射到空气中达到加湿效果。汽水混合加湿器特点:

- (1)加湿量大,不同规格喷头的雾化量为2.7~10kg/h;
(2)加湿效率高,雾粒细小,雾粒平均直径5~8 μm ,扩散均匀;
(3)喷头可以任意组合。可以按照加湿量的需求组合加湿器主机或喷头数量。

2 加湿器的性能比较及选用

2.1 加湿器的性能比较

通过介绍各种典型加湿器的特点,根据主要技术参数、使用条件等,各种加湿器的性能比较见表1。

2.2 加湿器选用

综上所述,对各类加湿器作了简要介绍,根据加湿器在各场合的使用经验及不同场合对加湿器的要求,总结以下几项选用原则以供参考。

(1)首先应考虑对环境湿度的控制精度。随着电子、纤维、造纸、印刷等行业的技术发展,对湿度精度要求越来越高,在这些场合喷雾加湿、湿膜加湿已不能适应,需选用可控制且精度高的产品,如独立空间加湿可选用电极式或红外加湿器,集中空调系统则应选用干蒸汽加湿器。

(2)加湿器的可靠性。要求在大型计算机机房、程控电话交换机房等要求连续使用的场合,水喷雾加湿

表1 各种加湿器性能比较

参数	湿膜式	超声波	离心式	干蒸汽式	电极式	电热式	高压喷雾	汽水混合
加湿量, kg/h	20~72(1m ² 标准加湿量)	1.8~12	3~50	1.5~760	4~135	2~100	36~612	6~18
加湿效率	可饱和	95%以上	50%左右	95%以上	95%以上	95%以上	30%左右	50%左右
能量输入状况	电能(水泵)	电能(超声波发生器)	电能(风机和水泵)	饱和蒸汽(不直接使用电能)	电能(电极对水加热)	电能(电加热器)	电能(水泵)	电能(空气压缩机和水泵)
雾滴直径, μm	水蒸气	1~10	5~10	水蒸气	水蒸气	水蒸气	20~35	5~8
水质	自来水及以上水质	洁净软化水、去离子水、纯水	洁净自来水及以上水质	饱和蒸汽	洁净的自来水或软化水	自来水及以上水质	自来水及以上水质	自来水及以上水质
单位加湿量的能耗, W/(kg/h)	约20	约100	约50(自来水压力能满足供水要求时)	耗汽量等于加湿量	760	760	平均约60	平均约12(不含气源)
空气状态变化过程	等焓加湿	等焓加湿	等焓加湿	等温加湿	等温加湿	等温加湿	等焓加湿	等焓加湿
噪音	小	很小	大	较大	很小	很小	较大	较大
滴水现象	无	无	有	无	无	无	有	有
主要缺点	单设湿膜、淋水器、水泵等, 占用空间较大	单加湿量小, 对水质要求高	噪音大, 加湿效率不高, 有滴水现象	需要饱和蒸汽、蒸汽源	耗能大	耗能大	需高压水泵, 成本高	需压缩空气源

有水分析出, 会引起电器故障, 应避免使用。应选用运行可靠的干蒸汽加湿或红外加湿器。对各种精品或价值贵重的展品保存场所, 选用的加湿器工作过程中不能有杂质析出, 此时应对加湿器的用水、用汽的纯净度提出更高要求, 如使用纯水或蒸馏水等。

(3) 性能价格比。在养殖、纺织、烟草行业对加湿精度要求不高, 且要求加湿量大的场所, 使用喷雾式加湿是比较合适的。一些场合冬季加湿采用直接喷蒸汽加湿, 具有升温、加湿的双重效果。所以选择加湿器应根据使用环境及使用要求综合考虑。

(4) 维护保养及运行成本。喷雾加湿器的喷淋水泵或空压机需要定期保养, 喷嘴因为磨损需要更换, 红外加湿器的灯管需要定期更换, 电极式需要定期清洗, 根据维护保养的难易, 结合使用场所选用合适的加湿设备可以节省运行费用。

(5) 还应考虑特殊场合需求, 如要求无菌场所或有洁净要求的场所, 则只能使用红外加湿, 对运行噪声要求严格的场所则选用喷雾加湿时应考虑其噪声影响。总之, 随着现代工业需求的发展, 加湿技术仍然处在不断发展之中, 其应用范围也将越来越广。正确选择和使用加湿器, 对于保证各种使用要求和延长加湿器使用寿命十分重要。

3 结语

介绍不同类型加湿器的工作原理, 对不同加湿器进行分析比较, 得出以下两点结论:

(1) 了解加湿器的加湿原理对于正确地使用加湿器具有重要意义, 在实际应用中应使工作人员深入了解, 以便使加湿器的加湿效果达到最佳;

(2) 在不同的应用场合, 应综合分析控制精度、可靠性要求、性价比、洁净度以及运行维护等因素, 选用合适的加湿器, 以达到预期加湿目标。

参考文献:

[1] 张永铨, 巨永平, 郭凤侠. 透湿膜加湿器的性能研究[J]. 暖通空调, 1997, (4): 42~44.
 [2] 薛梅, 董华. 湿度调节及加湿模式的探讨[J]. 制冷与空调, 2004, (8).
 [3] 王补宣. 工程传热传质学(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
 [4] 中国加湿器网 www.jiashiqi.com [EB/OL].
 [5] 许为全. 热质交换过程与设备[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
 [6] 黄秋菊, 刘乃玲. 湿膜加湿器热质交换过程分析[J]. 制冷空调与电力机械, 2006, (2): 30~33.
 [7] 赵荣义, 范存养, 薛殿华, 等. 空气调节[M]. 第3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
 [8] 蒙特空气处理设备(北京)有限公司产品样本[Z].
 [9] 由世俊, 邢永杰, 张欢, 等. 直接蒸发冷却与加湿[A]. 全国暖通空调制冷1998年学术文集[C]. 1988.
 [10] 赵荣义. 简明空调设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 157~213.

收稿日期: 2010-01-27

修回日期: 2010-03-05

(下转第81页)

控运营方案改变前后一年的实际用电量,作了实测对比,具体数据比较见表7。

由表7可知,南京地铁一号线环控方案优化后,8个地下站节电177.93万kWh,节能效率达22.5%。按0.8元/kWh电,南京地铁一号线运用本报告制定的节能方案后一年,节约的通风空调系统电费为142.3万元,具有很高的经济效益,为其它地铁线的环控节能运营提供了一定的理论依据和实际运用的示范。

参考文献:

[1] 朱培根, 朱颖心. 地铁车厢内人员新风量的研究 [J]. 暖通空调, 2006, 36(3): 75~77.
 [2] 朱培根, 朱颖心, 李晓峰. 地铁通风与热模拟方案及其分析[J]. 流体机

械, 2004, 32(11): 39~42.
 [3] 北京城建设计研究总院. 地铁设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 2003-08.
 [4] MING- TSUN KE, TSUNG- CHE CHENG, WEN- POR WANG. Numerical simulation for optimizing the design of subway environmental control system[J]. *Building and Environment*, 2002, 37: 1139~1152.
 [5] Zhu YX, Qin OY. Airflow fluctuations and thermal environment: A literature review [A]. 4th International Symposium on Heating, Ventilating and Air Conditioning[C]. 2003. 78~86.
 [6] 朱培根, 朱颖心, 李晓峰. 地铁环控系统模拟与能耗分析[J]. 地下空间, 2004, 24(2): 161~165.
 [7] 朱培根, 等. 浅埋地下建筑风冷热泵空调系统传热模型与试验研究[J]. 制冷与空调, 2003, (3): 19~23.

收稿日期: 2010-01-06

修回日期: 2010-03-01

Experiment Study of Energy Saving for the Environment Control System in Nanjing Metro Line 1

HE Zhi-kang¹, ZHU Pei-gen²

(1. Nanjing Metro Company, Affiliated Company of Operation, Nanjing 210012, China

2. PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: Taking the environmental control system of Nanjing Metro NO.1 Line as the study object, through analysis of the energy consumption effect factors of the metro ventilation and air conditioning in some years, theoretical studies and computer simulation, the reasonable and energy saving optimal form of ventilation and air conditioning has been determined. Through analysis of the temperature distribution and energy consumption of the metro in different years, the operation mode of metro environmental control system has been improved and optimized under meeting the premise of the metro environmental requirements. The operating mode of environmental control system in the actual operation of Nanjing Metro NO.1 Line can be referenced for other metro lines' energy saving operation.

Key words: metro; environmental; energy saving; simulation

作者简介: 何志康(1960-),男,浙江绍兴人,高级工程师,主要从事地铁管理与节能研究;
 朱培根(1964-),男,江苏昆山人,博士后,主要从事地下建筑除湿与节能模拟技术研究。

(上接第73页)

Introduction and Selection Analysis of Humidifier for Air Conditioning

SUN Ying¹, SUN Yan-xiu²

(1. Food Refrigeration Research & Design Institute of Liaoning Province, Shenyang 110031, China;

2. Department of Physics, Chengde Teachers College for Nationalities, Chengde 067000, China)

Abstract: The paper analysed the humidification principle and performance characteristics of some humidifiers. By comparing the performance characteristics of humidifiers, it concluded the using circumstances of different types of humidifier and provided the reference for the selection of humidifier.

Key words: humidifier; humidification principle; performance characteristics; selection

作者简介: 孙莹(1962-),女,辽宁沈阳人,学士,研究方向:制冷系统节能及优化。