

西安工程大学学报
Journal of Xi'an Polytechnic University
ISSN 1674-649X, CN 61-1471/N

《西安工程大学学报》网络首发论文

题目： 生产车间空调应对“新型冠状病毒”的运行管理措施
作者： 黄翔，寇凡，常健佩，吴磊，金洋帆
收稿日期： 2020-02-19
网络首发日期： 2020-02-25
引用格式： 黄翔，寇凡，常健佩，吴磊，金洋帆. 生产车间空调应对“新型冠状病毒”的运行管理措施[J/OL]. 西安工程大学学报.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1471.N.20200224.1205.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

生产车间空调应对“新型冠状病毒”的运行管理措施

黄翔,寇凡,常健佩,吴磊,金洋帆

(西安工程大学 城市规划与市政工程学院,陕西 西安 710048)

摘要:探讨生产车间应对新型冠状病毒的运行管理措施,分析各类消毒净化方法的利弊,指出加强室内通风换气的必要性。同时,提出疫情期间生产车间内空调系统的正确使用方式,认为蒸发冷却空调对新型冠状病毒具有较好的过滤阻隔作用。

关键词:新型冠状病毒;生产车间;净化处理;通风空调;新风;蒸发冷却

中图分类号:TU 831.5

文献标志码:A

Operation management measures of air conditioning system's prevention of 2019-nCoV in production workshop

HUANG Xiang, KOU Fan, CHANG Jianpei, WU Lei, JIN Yangfan

(School of Urban Planning and Municipal Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Operation and management measures of production workshop's control and prevention of 2019-nCoV are explored, the advantages and disadvantages of various disinfection and purification methods are analyzed and the necessity of strengthening indoor ventilation is pointed out. Meanwhile, the correct use of air conditioning system during epidemic is introduced, and it is believed that the evaporative cooling air conditioning system has better filtration and barrier effects on the new coronavirus.

Key words: 2019-nCoV; production workshop; purification treatment; ventilation and air conditioning; fresh air; evaporative cooling

0 引言

2020年初,新型冠状病毒肺炎(novel coronavirus pneumonia, NCP)疫情于湖北省武汉市爆发,

恰逢春运,人员迁徙,疫情在全国范围内迅速蔓延^[1]。一时间口罩、防护服、护目镜等用品极度紧

收稿日期:2020-02-19

基金项目:国家自然科学基金(51676145);“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0700404)

通信作者:黄翔(1962—),男,西安工程大学教授,研究方向为蒸发冷却技术与建筑可再生能源理论与应用。

E-mail: :huangx@xpu.edu.cn

引文格式:黄翔,寇凡,常健佩,等.生产车间空调应对“新型冠状病毒”的运行管理措施[J].西安工程大学学报,2020,34(2):-.

HUANG Xiang, KOU Fan, CHANG Jianpei, et al. Operation management measures of air conditioning in production workshop to 2019-nCoV[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2020, 34(2):-.

缺。为对抗新型冠状病毒感染的肺炎疫情,部分纺织企业、医疗器械、食品生产等企业提前复工复产,全力以赴为疫情防控建立保障。而这些抗击疫情的先锋企业,在此特殊时期,如何进行有效的生产与运行管理,保障员工的身体健康,确保生产的正常秩序引发高度重视。

1 车间空气净化方式

新型冠状病毒传播方式包括:飞沫传播、接触传播以及气溶胶传播^[2]。员工在生产过程中应采取佩戴口罩、保持安全距离等防护措施,同时还应对车间环境进行定期消毒净化,防止接触感染。目前常用的空气净化方法包括物理法和化学法 2 大类。

1.1 物理净化法

1.1.1 紫外线法 紫外线消毒法主要是通过对微生物的辐射损伤和破坏核酸的功能使微生物致死,具有高效、不残留毒性、不污染环境等优点,但仍具有局限性,不能在有人员活动的条件下进行。只能在员工就餐期间关闭车间门窗进行消毒,但当紫外线灯停止照射时,空气中细菌总数随着人员活动迅速上升^[3],消毒环境逐渐被破坏。因此不推荐使用该方法对大量员工作业的生产车间进行消杀防护。

1.1.2 过滤吸附法 室内空气过滤技术是目前应用较广泛的空气净化手段,采用逐级过滤的方法拦截大于滤料孔径的固态颗粒。但在众多场所如纺织厂等,由于其生产特点致使车间空气中携带大量的棉絮、棉纱,配置中、高效过滤系统不现实,容易造成高效过滤器脏堵,阻力增大。而且附着于滤网上的微生物粒子会使滤网本身成为一个细菌滋生源,增加了原系统运行的不可靠性^[4-6]。因此除纺织类场所外,其他车间采用过滤吸附法时,需安排人员定期对滤网进行清洗维护,防止二次污染。

1.2 化学净化法

与物理净化法相比,化学净化法更加快速、高效,特别适用于大规模预防性消毒或终末消毒(传染源离开疫区或终止传染后)^[7]。化学净化法主要包括臭氧法、中和法和催化法。

1.2.1 臭氧法 臭氧具有强氧化性,能够与细菌细胞壁反应,作用于蛋白质和脂多糖,改变细胞通透性使其死亡,还可作用于病毒多肽链,损伤其 RNA,广泛用于水处理、医疗等领域。但按照国际标准,臭氧浓度超过 $0.5 \times 10^{-6} \text{ mL/m}^3$ 时对人体呼吸道粘膜有刺激,且研究^[8-9]发现臭氧的强氧化性,对有机体、橡胶、塑料制品、电气元件有一定氧化作用,对设备和人体有一定的危害。曾经在一年半的时间里损坏

16 件电子设备。因此不推荐在生产车间采用该方式进行空气净化。

1.2.2 中和法和催化法 中和法利用吸附剂与空气中的有害气体发生中和反应,催化法是利用含催化物的净化材料催化空气中的有害物质,破坏其分子结构。

化学净化法虽效果明显且反应迅速,但计量控制不好会产生大量残余药剂,对工作人员和设备造成不良影响,对人体危害尤其严重^[5],因此不能在有人员作业的空调环境中采用,只能在设备检修停机时使用。这些都限制了化学净化法在疫情流行期在生产车间中的应用。

2 新风空调系统

由于生产车间情况复杂,各类消毒方法均存在一定的局限性,因此更加提倡采用通风换气的方式来控制室内空气品质。尤其在新型冠状病毒高发时期,良好的通风能够起到稀释室内空气中污染物的作用,保障员工生产安全。

目前很多生产厂区使用的是中央空调系统,尤其需要加强通风、消毒,降低交叉感染的风险,防止疫情的传播。根据 GB 50365—2019《空调通风系统运行管理标准》,疫情期间应优先采取加大新风量的方式。对于全空气系统,在疫情期间应关闭回风阀,采取全新风运行。若回风无法关闭,新回风混合后,仅通过 G4+F7 的初效和中效过滤无法消除病毒的影响,应停止使用空调,每天定时开启门窗自然进风,并辅助排风系统对厂区进行自然通风。

对于风机盘管+新风系统,主要通过盘管内的冷媒对室内循环空气进行冷却,若室内空气消毒不及时,则会加速病毒的传播,因此新风系统宜全天运行,同时保证排风系统正常工作。

为进一步提高新风质量,还应充分考虑新风的输入环境,最大限度地确保新风的新鲜度,新风应当直接来自于室外,严禁从机房、楼道及天棚吊顶等处间接采风,需注意采风口周围环境的清洁,远离建筑排风口、垃圾收集点及其他污染源^[10]。

3 生产车间用直接蒸发冷却空调

蒸发冷却空调技术是一种环保高效且经济的冷却方式,广泛应用于居住建筑和公共建筑,并可在传统的工业领域如纺织、印刷、铸造等生产车间中使用,提高工人的舒适性^[11-13]。图 1 为直接蒸发冷却空调在生产车间的应用。直接蒸发冷却通风空调属于直流式空调系统,全新风运行,空气龄较短。在确

保室内空气品质的同时,直接蒸发冷却空调具有通风、降温、加湿、净化过滤功能^[14-15]。直接蒸发冷却空调在车间应用时不必紧闭门窗,与良好的排风系统相配合,可很好地改善室内空气品质,满足工作人员的通风卫生需求。

在新型冠状病毒流行期间,直接蒸发冷却空调对空气中携带的病毒具有很好的阻隔作用。



图 1 蒸发冷却空调在生产车间的应用
Fig.1 Application of evaporative cooling air conditioning in production workshop

3.1 工作原理

直接蒸发冷却是一项利用水蒸发吸热制冷的技术,其工作原理如图 2 所示。当被处理空气流经两侧布满水膜的填料表面时,自身的显热不断传递给水而得以降温,同时水不断吸收空气中的显热作为自身蒸发所需的汽化潜热,变成水蒸气进入空气,使得空气中水蒸气分压力增加。在空气与水接触的热质传递过程中,空气的温度降低,含湿量增加,该过程近似于一个绝热降温加湿过程^[16-17]。

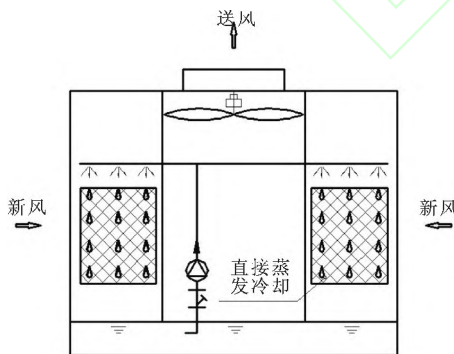


图 2 直接蒸发冷却空调工作原理图
Fig.2 Working principle of direct evaporative cooling air conditioning

3.2 对新型冠状病毒的阻隔作用

新型冠状病毒的传播途径之一是气溶胶传播,气溶胶是指悬浮在气体中的所有固态和液态颗粒组成的集合,其粒径范围在 $0.000\ 1 \sim 100\ \mu\text{m}$ 。新型冠状病毒依附在这些气溶胶颗粒上,可进行长距离传播。而大量实验数据表明,直接蒸发冷却空调对

该粒径范围内的颗粒物具有良好的过滤作用。

直接蒸发冷却空调的核心部件是填料,如图 3 所示。相邻两层填料交错布置,形成特定的空气流道,水被循环水泵从水池中抽出,经布水器均匀散布在填料上,靠重力作用向下流润湿填料表面并形成水膜^[18-19]。空气在填料流道中流动,主要通过惯性碰撞、扩散效应、接触阻留和沉降作用捕获随气流而来的尘粒、气溶胶,形成液滴或液膜后被淋下来的水带入水池,有效地将液态或固态粉尘粒子从气流中除去,起到湿式过滤器的作用^[13]。

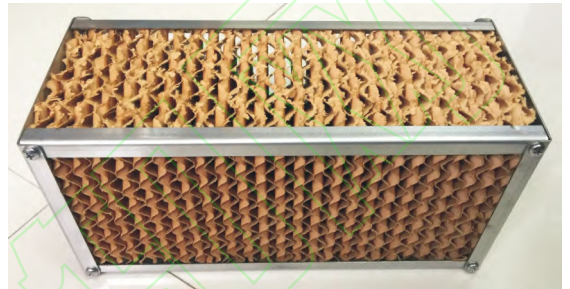


图 3 填料实物图
Fig.3 Physical packing diagram

西安工程大学申永波等^[19]也证明了蒸发冷却空调对气溶胶颗粒具有很好的过滤作用。将一台额定风量为 $1\ 800\ \text{m}^3/\text{h}$,额定功率为 $176\ \text{W}$ 的直接蒸发冷却空调安装在西安某高校 $16\ \text{m}^2$ 的学生宿舍,通过气溶胶粒谱仪检测设备开启前后室内颗粒物浓度,结果如图 4 所示。

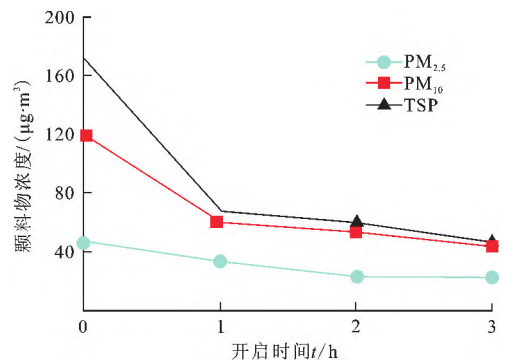


图 4 蒸发冷却空调开启前后颗粒物浓度变化

Fig.4 Particles concentration changes before and after opening evaporative cooling air conditioning

从图 4 可看出,直接蒸发冷却空调对 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 及 TSP(粒径小于 $100\ \mu\text{m}$ 的总悬浮颗粒物,包括气溶胶颗粒)均有良好的过滤效果,其中对 TSP 的过滤效率高达 72% 。因此,在疫情期间使用直接蒸发冷却空调可以有效过滤新型冠状病毒的依附宿主——气溶胶颗粒,切断其传播途径。

同时耶鲁大学 2019 年 5 月在美国科学院院刊上发表的文章中指出,低湿度会促进流感病毒的传播。对经过基因改造可像人类一样抵抗病毒感染的小鼠进行试验,提出低湿度干扰了气道中的纤毛对病毒颗粒的去除效果,降低了气道细胞修复损伤的能力,并且在低湿度下病毒感染后的先天免疫防御系统会失效^[20]。而蒸发冷却空调对空气的处理是等焓加湿过程^[19],有的加湿作用在干燥季节为生产车间环境中增加适量的水蒸气,保护电子设备免受静电的破坏,同时也确保室内环境舒适度,一定程度上提高了车间员工对病毒的抵抗能力。

3.3 清洁维护

由于直接蒸发冷却空调采用循环水进行喷淋,随着时间的延长,由于悬浮物、溶解盐的浓缩等原因,易发生结垢、腐蚀、微生物粘泥等水质问题,造成循环水水质恶化,降低设备换热效率。针对以上因

素所造成的水质问题,可采用直排法、化学加药法、臭氧法以及高压静电法等常用的水质处理方法,使水质达到蒸发冷却循环水系统中循环水及补充水水质标准^[21]。表 1 为几种水质处理方法的性能特点,可结合需求进行选择。其中直排法可根据循环水硬度进行排水,图 5 为给水中 CaCO_3 的硬度与流失水速率与蒸发速率比值(B/E)的关系。若已知补充水中 CaCO_3 的硬度,可得对应的 B/E ,再计算补水和流失水的速率^[22],即

$$E/B = H/X - 1 \quad (1)$$

$$A/B = H/X \quad (2)$$

式中: A 为补水速率; B 为流失水速率; E 为蒸发水速率; X 为补充水的硬度(mg/L),一般以 CaCO_3 计算; H 为循环水箱水的硬度(mg/L),可以通过实验测得。

表 1 几种常用水质处理方法比较

Tab.1 Comparison of several common water treatment methods

处理方法	直排法	化学加药法	臭氧法	高压静电场法
机理	直接排放污水,更换新水	化学缓蚀、阻垢反应	产生的单元子氧具强氧化能力	水中离子在静电场作用下定向移动并产生活性氧
结构	无	缓蚀、阻垢、杀生药剂	臭氧发生器及气水混合器	高压发生器阳极电棒和阴极外壳
功能效果	减少污染组分浓度一般	缓蚀、阻垢、杀菌较好,稳定	杀菌、阻垢、防腐一般	阻垢、防垢、杀菌较好,较稳定
初投资	无	较低	较低	较高
运行费用	较高,费水	较高	较低	较低

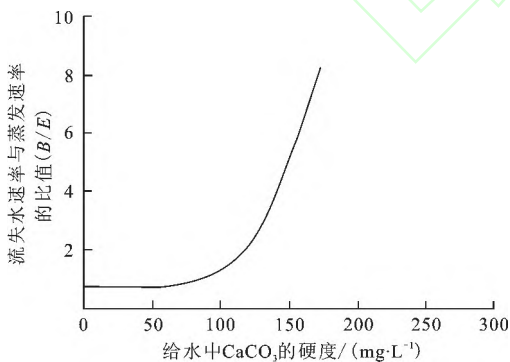


图 5 给水 CaCO_3 的硬度与 B/E 的关系

Fig.5 Relationship between hardness of feed water CaCO_3 and B/E

4 结 语

在新型冠状病毒疫情期间,各生产企业复工复产需全力做好运行管理及防控工作,将人员的身体健康放在首位,消毒净化工作需遵照标准剂量进行,同时要保持通风换气,正确使用空调系统,保证新风

量。蒸发冷却空调的降温、加湿、过滤作用也在疫情期间发挥出巨大的作用。相信全国人民万众一心、团结奋战,这场疫情防控战一定会取得胜利,我们的国家也会在苦难中成长,在风雨中屹立。

参考文献(References):

- [1] 王凌航. 新型冠状病毒感染的特征及应对[J/OL]. 中华实验和临床感染病杂志(电子版): 1-5[2020-02-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.9284.r.20200212.1113.002.html>.
- [2] WANG L H. Characteristics and countermeasures of 2019-nCoV infection[J/OL]. China Journal of Experimental and Clinical Infectious Diseases (Electronic Edition): 1-5[2020-02-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.9284.r.20200212.1113.002.html>. (in Chinese)
- [2] 欧阳芬, 吴荷玉, 杨英, 等. 新型冠状病毒肺炎快速传播的应对措施[J/OL]. 全科护理: 1-2[2020-02-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/14.1349.r.20200131.1319.002>.

- html.
- OUYANG F, WU H Y, YANG Y, et al. Countermeasures for novel coronavirus pneumonia rapid spread[J]. Chinese General Practice Nursing: 1-2 [2020-02-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/14.1349.r.20200131.1319.002.html>. (in Chinese)
- [3] 钟秀玲,刘君卓,李小瑛,等.空气消毒净化方法研究[J].中华护理杂志,1999,34(9):526.
- ZHONG X L, LIU J Z, LI X Y, et al. Research on air disinfection and purification [J]. Chinese Journal of Nursing, 1999, 34(9): 526. (in Chinese)
- [4] 李耀东,勾昱君,刘江涛.空气净化技术探究[J].洁净与空调技术,2019(3):64-69.
- LI Y D, GOU Y J, LIU J T. Research on air purification technology [J]. Contamination Control & Air-Conditioning Technology, 2019(3): 64-69. (in Chinese)
- [5] 温玉杰,唐中华,陈东升.简述空调环境微生物传播及防治[J].制冷与空调(四川),2006,20(1):90-93.
- WEN Y J, TANG Z H, CHEN D S. Microorganism spreads and prevention in air condition environment [J]. Refrigeration & Air-Condition, 2006, 20(1): 90-93. (in Chinese)
- [6] 许海波,李久成,苏芳,等.空气净化器结构改进与流动性分析[J].西安工程大学学报,2018,32(2):216-221.
- XU H B, LI J C, SU F, et al. Structure improvement of air purifier and analysis of its fluid flow [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2018, 32(2): 216-221. (in Chinese)
- [7] 张博,王明连,耿彦生,等.我国空气净化消毒方法研究进展[J].环境与健康杂志,2007,24(9):745-747.
- ZHANG B, WANG M L, GENG Y S, et al. Progress on air purification and disinfection in China [J]. Journal of Environment and Health, 2007, 24(9): 745-747. (in Chinese)
- [8] 李吉顺,赵嘉训.空气消毒机消毒效果与副作用的探讨[J].中华医院感染学杂志,2003,13(7):647-648.
- LI J S, ZHAO J X. Aerosterilizer: Discussion on the effects and side-effects [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2003, 13(7): 647-648. (in Chinese)
- [9] 郭丽岩.公共建筑空气净化应用分析[J].中国建材科技,2019,28(4):157-158.
- GUO L Y. Analysis of air purification application in public buildings [J]. China Building Materials Science & Technology, 2019, 28(4): 157-158. (in Chinese)
- [10] 雷梦娜,黄翔,武以闯,等.蒸发式冷气机在西安某大空间汽车厂房的应用[J].西安工程大学学报,2018,32(1):72-76.
- LEI M N, HUANG X, WU Y C, et al. Application of evaporative air cooler in an industrial building of Xi'an [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2018, 32(1): 72-76. (in Chinese)
- [11] 张珂,吴志湘,黄翔.基于 EnergyPlus 的某车间蒸发冷却通风降温系统仿真模拟及能耗分析[J].西安工程大学学报,2012,26(2):228-231.
- ZHANG K, WU Z X, HUANG X. Simulation and energy consumption analysis of the evaporation cooling ventilation system for the workshop based on Energy-Plus [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2012, 26(2): 228-231. (in Chinese)
- [12] 张鑫,黄翔,孙哲,等.蒸发冷却室外设计计算参数的确定方法[J].西安工程大学学报,2014,28(4):469-473.
- ZHANG X, HUANG X, SUN Z, et al. Determination of outdoor meteorological parameter for evaporative cooling [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2014, 28(4): 469-473. (in Chinese)
- [13] 汪天尖,辛军哲.蒸发冷却填料的空气净化性能研究进展与前景分析[J].制冷,2014,33(3):84-88.
- WANG T J, XIN J Z. Progress and prospects analysis in research of air purgative performance of evaporative cooling pad [J]. Refrigeration, 2014, 33(3): 84-88. (in Chinese)
- [14] 申永波.直接蒸发冷却对室内空气质量影响的实验研究[D].西安:西安工程大学,2019.
- SHEN Y B. Experimental study on the effect of direct evaporative cooling on indoor air quality [D]. Xi'an: Xi'an Polytechnic University, 2019. (in Chinese)
- [15] 黄翔.国内外蒸发冷却空调技术研究进展(1)[J].暖通空调,2007,37(2):24-30.
- HUANG X. Progress in research of evaporative cooling air conditioning technology at home and abroad (part 1) [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2007, 37(2): 24-30. (in Chinese)
- [16] 霍海红,黄翔,殷清海,等.直接蒸发冷却器填料性能测试分析[J].西安工程大学学报,2012,26(2):232-235.
- HUO H H, HUANG X, YIN Q H, et al. The test analysis on the filler performance of direct evaporative cooler [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2012, 26(2): 232-235. (in Chinese)
- [17] 宋祥龙,张思龙,强浩,等.直接蒸发冷却在降尘治霾中的应用分析[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2017(9):181-182.
- SONG X L, ZHANG S L, QIANG H, et al. Analysis

- on the application of direct evaporative cooling in dust and haze governance[J]. *Management & Technology of SME*, 2017(9):181-182. (in Chinese)
- [18] 宋祥龙, 薛少辉, 陈达明, 等. 蒸发冷却式节能净化空调机组的降温过滤性能研究[J]. *纺织报告*, 2017(9): 57-60.
SONG X L, XUE S H, CHEN D M, et al. The cooling and filtering performance study of a novel energy-saving and purificateur evaporative air-conditioner [J]. *Textile Reports*, 2017(9): 57-60. (in Chinese)
- [19] 申永波, 黄翔, 严锦程, 等. 蒸发冷却填料过滤性能的实验研究[J]. *西安工程大学学报*, 2018, 32(3): 291-295.
SHEN Y B, HUANG X, YAN J C, et al. Study on air filtration performance of evaporative cooling filler[J]. *Journal of Xi'an Polytechnic University*, 2018, 32(3): 291-295. (in Chinese)
- [20] KUDO E, SONG E, YOCKEY L J, et al. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, 116(22): 10905-10910.
- [21] 安苗苗, 黄翔, 宣静雯, 等. 蒸发冷却空调用水水质与耗水量分析[J]. *洁净与空调技术*, 2018(3): 25-28.
AN M M, HUANG X, XUAN J W, et al. Analysis of water quality and water consumption in evaporative cooling air conditioner [J]. *Contamination Control & Air-Conditioning Technology*, 2018(3): 25-28. (in Chinese)
- [22] 黄翔. 蒸发冷却通风空调系统设计指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
HUANG X. Design guide for evaporative ventilation and air conditioning system [M]. Beijing: China Architecture Publishing House, 2016. (in Chinese)

责任编辑: 武 晖