

建筑环境与能源

Building Environment & Energy

2022
6

月刊
总第 55 期

主办：中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

本期导读

06 | 新闻直通车 | News Express |

周国平率国资委第七督导组督促指导中国建研院工作

中欧暖通空调技术第八次交流会召开

我国选手参加第五届世界暖通空调学生科技竞赛 HWSC 2022

江亿院士当 2022 年北京“最美科技工作者”

第三十届 MDV 中央空调设计应用大赛启动

CECS《高效空调制冷机房智能控制系统技术规程》编制组成立暨第一次工作会议召开

CECS《冷梁空调系统工程技术规程》编制组成立暨第一次工作会议召开

27 | 热点聚焦 | Spotlight |

暖通大讲堂第 28 期专题讲座

《公共建筑及社区尺度实现零碳运行路径的几点思考》

46 | 案例赏析 | Cases |

某大型商场室内 TVOC 现状调查研究

住宅建筑开窗行为影响因素研究



建筑环境与能源微信公众号

Haier

海尔智家

海尔物联网高效机房解决方案 引领机房能效进入6.5⁺时代


E+物联云平台



+水泵



+冷却塔



+控制柜



+传感器



+阀门



智家

Haier

下载海尔智家APP
定制您的智慧生活



全生命周期
—更节能—



智能高效管理
—更省心—



远程云诊断
—更可靠—

为建筑赋能⁺
为世界节能

双碳战略下 推动绿色高效制冷行业高质量发展

为认真贯彻落实党中央、国务院决策部署，坚持节约优先，实施全面节约，大力倡导绿色低碳生产生活方式，加快促进经济社会发展全面绿色转型，实现高质量发展。当前，我国经济发展已进入一个新常态、碳减排总量控制的阶段。城乡建设领域碳排放是我国碳排放四大领域之一，建筑节能是实现“碳达峰”和“碳中和”的重要举措。住建部按照党中央国务院决策部署制定和发布了“城乡建设领域碳达峰实施方案”和《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》中，提出到2025年提升建筑能源利用效率，优化建筑用能结构，有效控制建筑能耗和碳排放增长趋势的任务。

在中国建筑节能协会发布的《中国建筑能耗研究报告（2021）》中指出2019年建筑运行阶段碳排放达21.3亿tCO₂，占全国碳排放比重的21.6%。由此，推动整个建筑领域节能和降碳对我国实现“双碳”战略具有重大意义。在美国《2020年年度能源展望》的EIA数据分析中，提到美国住宅和公共建筑用于空调制冷的用电量约占美国总用电量的10%，其中公共建筑空调制冷耗电量大约占公共建筑总耗电量的11%，占美国总耗电量的4%。在我国，根据不完全统计，公共建筑能耗占建筑总能耗（不含北方采暖）近31%，占比巨大。其中，公共建筑的能耗以用电为主，主要用能设备包括中央空调、给排水、照明、办公设备、电梯等系统，而中央空调系统的能耗又占整个建筑能耗的比例约为40%~60%。可见高效空调制冷机房是建筑能效提升和高效制冷行动的关键环节，在国家“双碳”战略决策指引下越来越受各级政府和行业所重视，国家相继颁布的《2030年前碳达峰行动方案》、《绿色高效制冷行动方案》等多份政策文件，为空调制冷行业的能效升级提出了明确的时间表和路线图，各地纷纷出台措施鼓励高效机房应用与发展，建立高效机房的技术引导体系，推动公共建筑空调系统能效的有序提升。

因此，构建“绿色、高效、低碳、环保”的空调机房已成为我国建筑领域节能降碳未来十年发展的重要任务之一，是实现绿色高效制冷行业由中国制造向中国创造转变、由中国速度向中国质量转变、由中国产品向中国品牌转变的必由之路，我们要汇集全体高效制冷行业同仁力量，发挥个人所长，携手共进、砥砺前行，为早日实现“双碳”目标，推动高效制冷行业技术进步和稳步发展做出每个人应有的贡献。

本刊编辑部





建筑环境与能源

(月刊)

主办单位

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

支持单位

暖通空调产业技术创新联盟
中国建筑学会暖通空调分会
中国制冷学会空调热泵专业委员会
中国建筑节能协会暖通空调专业委员会
中国建筑节能协会地源热泵专业委员会

编辑出版

《建筑环境与能源》编辑部
2022年第6期(总第55期)
(每月10日出版)

顾问委员会

主任 郎四维
委员 江 亿 | 吴德绳 | 龙惟定
马最良 | 徐华东 | 罗 英

编辑委员会

主任委员 徐 伟
副主任委员 路 宾
委员 (按姓氏笔画排序)
于晓明 | 方国昌 | 龙恩深 | 田 琦 | 由世俊
伍小亭 | 刘 鸣 | 刘燕敏 | 寿炜炜 | 李先庭
李永安 | 肖 武 | 邹 瑜 | 张子平 | 张建忠
金丽娜 | 徐宏庆 | 黄世山 | 董重成 | 端木琳
潘云钢

编辑部

主 编 徐 伟
副 主 编 路 宾
执行主编 王东青
责任编辑 李 炜 | 崔艳梅
校 对 何远嘉
美 编 才 隽
地址: 北京市北三环东路30号
邮编: 100013
电话: 010-6469 3285
传真: 010-6469 3286
邮箱: beaebjb@163.com



建筑环境与能源公众号



CAHVAC 公众号

版权声明: 凡在本刊发表的原创作品版权属于编辑部所有, 其他报刊、网站或个人如需转载, 须经本刊同意, 并注明出处。



目录 CONTENTS

06 | 新闻直通车 | News Express |

周国平率国资委第七督导组督促指导中国建研院工作
中欧暖通空调技术第八次交流会召开
我国选手参加第五届世界暖通空调学生科技竞赛 HWSC 2022
江亿院士当 2022 年北京“最美科技工作者”
第二十届 MDV 中央空调设计应用大赛启动
CECS《高效空调制冷机房智能控制系统技术规程》编制组成立暨第一次工作会议召开
CECS《冷梁空调系统工程技术规程》编制组成立暨第一次工作会议召开

09 | 行业新闻 | Industry News |

《电力可靠性管理办法(暂行)》公布
“十四五”建立碳计量基准, 构建碳足迹数据库
提高北方地区县城集中供暖比例
在这几个地区规划建设 4.5 亿千瓦大型风电光伏基地
党的十八大以来我国生态环境状况实现历史性转折
金砖国家应对气候变化高级别会议召开
北京海淀绿色建筑新地标全面开建
浙江建设职业技术学院开设《被动式超低能耗建筑施工技术》课程
黑龙江发布《关于支持超低能耗建筑产业发展的若干措施》
江苏最大跨度弧形光伏建筑一体化项目建成并网
多部委推动落实 2022 年家电生产企业回收目标责任制
成都诞生首个“近零碳建筑”
支持煤炭清洁高效利用专项再贷款额度增加 1000 亿元
重庆市推动绿色建筑、低碳建筑规模化发展, 加快可再生能源应用
新疆加强绿色金融对节能降碳项目建设支持力度
美的数字科技产业园正式签约
海尔中央空调与科宇环境达成战略合作
格力中央空调助建的忻州方舱医院演练圆满结束
天加能源旗下品牌 SEBIGAS 阔步迈向可持续发展新未来

悬浮二级减震全直流风机 大风轮 低噪音 无极调速



美国戴斯全热交换芯
可水洗免更换



日本芝浦全直流风机
低噪音超大风量



英国ARM处理器
性能稳定



美国HV多重过滤
高效过滤PM2.5

Karls Energy Recovery Ventilator E280卡尔斯系列全热新风机

热湿膜交换芯

给房子戴上“N95”

根据广微测报告编号：2018FM04500R01

无孔膜 | 零漏风 | 零级防霉 | 防止交叉感染



滤芯可水洗



抗潮湿



抗冻



0级防霉



抗雾霾



热湿交换芯



CONTENTS



周国平率国资委第七督导组督促指导中国建研院工作



中欧暖通空调技术第八次交流会召开



第二十届 MDV 中央空调设计应用大赛启动



暖通大讲堂第 28 期专题讲座
《公共建筑及社区尺度实现零碳运行路径的几点思考》

24 | 国际新闻 | International News |

美国能源部征询现代建筑能源法规公共意见

美国预计到 2023 年底超过 60% 的电池容量将与太阳能发电厂配套使用

英国可再生能源发电排队并网最长需 10 年

IEA：化石能源价格的上涨将进一步提高可再生能源的竞争力

澳洲最大 CCS 项目技术面临困难和挑战

美国中央空调和空气源热泵 2022 年 3-4 月份出货量

越南资源与环境部就绿色能源可持续发展提出 7 项建议

翻一番！2022 年电池储能投资将达到 200 亿美元

法国实现 2050 年碳中和每年需要多少资金投入？

27 | 热点聚焦 | Spotlight |

暖通大讲堂第 28 期专题讲座

《公共建筑及社区尺度实现零碳运行路径的几点思考》

30 | 聚焦政策 | Policy |

中共中央 国务院关于推进以县城为重要载体的城镇化建设的意见

住建部“十四五”工程勘察设计行业发展规划

银保监会银行业保险业支持城市建设和治理的指导意见

教育部加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案

海南省建筑业“十四五”发展规划

2022 年三亚市建筑节能、绿色建筑、装配式建筑工作要点

武汉市 2022 年建筑节能、绿色建筑和装配式建筑发展目标任务及工作要点

广西完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的实施意见

45 | 案例赏析 | Cases |

某大型商场室内 TVOC 现状调查研究

住宅建筑开窗行为影响因素研究

52 | 技术交流 | Technical communication |

季节变换对隧道施工通风中颗粒物浓度控制的影响

自然风作用下城市竖井型公路隧道活塞风特性

排烟系统计算过程参数设置探讨

居住建筑通风换气状况的动态特性研究

第三十三届国际制冷、空调、供暖、通风 及食品冷冻加工展览会

THE 33RD INTERNATIONAL EXHIBITION FOR REFRIGERATION,
AIR-CONDITIONING, HEATING AND VENTILATION, FROZEN
FOOD PROCESSING, PACKAGING AND STORAGE

专注创新品质 致力低碳健康

2022年8月1-3日

AUG 1-3, 2022

重庆国际博览中心

CHONGQING INTERNATIONAL EXPO CENTER

主办:  中国国际贸易促进委员会北京市分会



中国制冷学会



中国制冷空调工业协会

承办:  北京国际展览中心有限公司

协办:  重庆市制冷学会

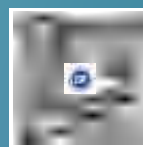
电话: 010-64934668-617/611/610

传真: 010-64938558

网址: www.cr-expo.com

邮箱: xuelongyun@biec.com.cn

kanglu@biec.com.cn



公众号



视频号



抖音

咨询热线: 400-666-3703

周国平率国资委第七督导组督促指导中国建研院工作

5月11日，国资委党委委员、副部长级干部周国平率国资委“稳增长、防风险、促改革、保安全、强党建”综合集中督促指导组到中国建研院调研并组织召开座谈会。中国建研院党委书记、董事长王俊作工作汇报，党委副书记、总经理许杰峰，党委其他领导班子成员徐震、李军、胡振金参加调研。

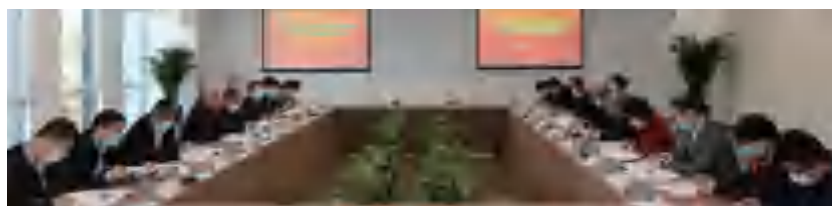
周国平先后来到中国建研院展厅、近零能耗示范建筑和光电示范建筑，通过企业运行监控平台等，详细了解中国建研院总体情况，以及参与国家碳达峰碳中和“1+N”政策体系制定、建筑节能研究、BIMBase关键核心技术攻关等工作情况，关切询问企业在参与疫情防控、经营发展、助力乡村振兴中的工作进展。

周国平主持召开座谈会，认真听取中国建研院生产经营、综合治理、改革发展、科技创新、安全生产、党建工作等情况汇报，对中国建研院近年来特别是今年以来稳增长、防风险、促改革、保安全、强党建等方面工作取得的成果和进展给予充分肯定。他强调，中国建研院在服务国家区域发展战略、自主BIMBase关键核心技术攻

关、落实国家双碳战略目标，以及科技创新引领行业科技进步等方面，充分证明了作为建筑行业最大的科技研发机构、实力最强的标准规范研制基地、国家最权威的建筑工程质检中心、行业覆盖最广的全产业链成套技术供应商“四个最”的行业定位，展现了“国之大者”的央企担当。

周国平强调，要坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，坚决贯彻落实党中央、国务院决策部署，认真落实国资委党委工作要求，统筹抓好四个方面重点工作，以实际行动迎接党的二十大胜利召开。一是要切实抓好高质量的稳增长。要以科技成果转化作为高质量发展的抓手，紧盯

目标，压实责任，推动稳增长措施落实落地，确保完成全年经营目标任务。二是要切实抓好综合治理和安全生产工作。要紧盯重大问题和风险处置，严格落实安全生产责任制，扎实做好疫情防控工作，建立风险防控与合规经营长效机制，坚决守住不发生重大风险的底线。三是要切实抓好国企改革三年行动收官工作。要聚焦“三个明显成效”抓落实，聚焦取得重大改革成果抓收官，确保各项改革任务如期高质量完成。四是要切实加强党的领导和党的建设。要在关键时刻充分发挥基层党组织作用，推动党史学习教育常态化长效化，纵深推进全面从严治党，为高质量发展提供坚强政治保证。



中欧暖通空调技术第八次交流会召开

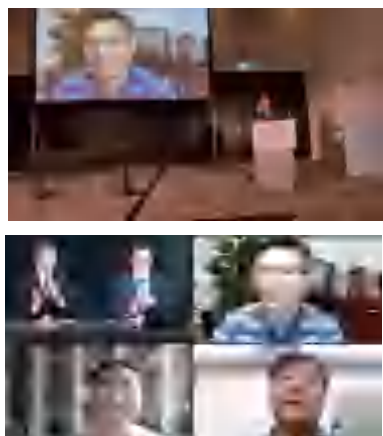
2022年5月23日下午,由CAHVAC和REHVA共同主办的“中欧暖通空调技术第八次交流会”在CLIMA 2022大会荷兰鹿特丹现场和线上同步举行。本次论坛主题为“未来通风解决方案与室内环境”,约350余位国内外行业人士参加了会议。本次交流会由CAHVAC理事长徐伟和REHVA新任主席Catalin Lungu教授联合主持,会议延续中欧技术论坛的设置传统,由中欧双方共四名专家结合当前热点关注问题进行主题分享。

首先,布加勒斯特工程技术大学Ilinca Nastase教授介绍了《未来建筑的通风系统——改变能效和居住者健康的模式》。清华大学张寅平教授分享了《健康低碳建筑的基础问题研究》。挪威科技大学曹广宇教授分享了《手术室通风、

室内空气质量与热舒适研究》。天津大学刘俊杰教授分享了《居住建筑热回收通风系统可行性的物理环境和行为驱动因素》。

报告结束后,五位专家还与现场和线上的观众进行了热烈的互动交流研讨。

此次中欧暖通空调技术交流会的召开,对中国欧洲同行间技术交流合作起到了进一步的积极推动作用。



江亿院士当2022年北京“最美科技工作者”

5月13日,2022年北京“最美科技工作者”名单揭晓。中国工程院院士、清华大学教授、CAHVAC副理事长江亿等10位科技工作者当选。

江亿院士是我国人工环境工程学科倡导者之一,他奋斗在教育、科研一线已有40余年,培养出50余名博士、30余名硕士。任教清华大学期间,他组建了建筑节能研究中心,创建并主讲建筑自动化、城市能源系统等课程。他还出版专著20余部,拥有发明专利70项,发表科研论文150余篇。

据介绍,作为我国建筑节能、暖通空调制冷、人工环境等领域发展的重要引领者之一,40余年来,江亿院士负责主持多项核心技术研发,完成了百余项国家重点工程项目。

我国选手参加第五届世界暖通空调学生科技竞赛 HWSC 2022

2022年5月24日,第五届世界暖通空调学生科技竞赛(HVAC World Student Competition 2022)在荷兰鹿特丹举行。由CAHVAC推荐的第四届“天加杯”全国暖通空调学生科技竞赛冠军清华大学桂晨曦,以其硕士课题《暖通空调设计及能耗模拟用垂直方向气象参数的规律及修正方法研究》通过远程视频连线方式参赛,湖南大学土木工程学院彭晋卿教授代表中方评委参加了本届大赛。

本届竞赛由中国、美国、日本、韩国、欧洲五大赛区的

学生代表参与,采用全英文答辩形式,通过现场/线上演讲、回答、论文和海报展示等环节,中国选手桂晨曦受疫情影响只能通过线上的方式参赛,最终取得了第四名的成绩,欧洲、美国和日本选派的学生代表分获前三名。

HWSC竞赛自2018年起,每年举办一届,旨在为世界暖通空调专业优秀的学生在国际学术舞台上提供同台竞技、展现风采、促进国际间大学生学术交流以提升国际才俊青年的学术水平和专业能力。

“天加杯”全国暖通空调

学生科技竞赛于2016年设立,由暖通空调产业技术创新联盟与南京天加环境科技有限公司联合主办,是行业唯一一项全过程采用英语演讲和答辩的竞赛,是我们制冷空调行业最有影响力的科技竞赛之一,每年举办一次,大赛吸引了国内众多本专业优秀大学生的积极参与,旨在鼓励和提升我国HVAC专业学生参与国际赛事的水平和能力。在前四届HWSC竞赛中,通过“天加杯”全国暖通空调学生科技竞赛选送的中国选手分别获得世界冠军2次、亚军各1次的优异成绩。

CECS《高效空调制冷机房智能控制系统技术规程》编制组成立暨第一次工作会议召开

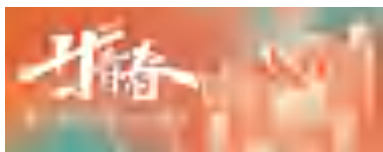
5月11日,由建科环能科技有限公司负责主编的中国工程建设标准化协会标准《高效空调制冷机房智能控制系统技术规程》编制组成立暨第一次工作会议通过网络视频形式召开。

中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会秘书长宋波、建科环能科技有限公司副总经理路宾以及来自科研、高校、设计院、设备厂商、机电公司、能源公司等30家编制单位的代表50余人出席了会议。

编制组成立会议由张圣楠工程师主持。路宾副总经理代表主编单位致辞时对各位编委对标准编制工作的支持表示感谢,他同时强调了该标准是高效空调的系列标准之一,有助于推动高效制冷机房智能智慧化发展。宋波秘书长对本标准制定过程中的工作提出了要求。编制组第一次工作会议由曹勇研究员主持。刘益民高级工程师详细介绍标准编制背景、基础、构架、标准特点难点及关键点、任务分工以及进度安排。

本标准将提出高效制冷机房智能控制系统在设计、施工、调试、验收、运行维护等方面的具体要求,指导高效制冷机房智能控制系统的开发与建设,同时在数据采集、控制功能、智能决策、智慧运维方面的应用,为高效空调制冷机房智能智慧化的评价打下基础。接着与会代表对标准制定的重点和难点、专题研究、关键指标等内容进行了深入讨论。

第二十届 MDV 中央空调设计应用大赛启动



2022年5月20日,由暖通空调产业技术创新联盟和美的楼宇科技联合主办的“第20届MDV中央空调设计应用大赛”在线正式启动。

在启动仪式上,全国工程勘察设计大师、中国建筑科学研究院建筑环境与能源研究院院长、CAHVAC理事长徐伟在致辞中表示,MDV大赛已经走过二十个春秋,如果用人生来比喻,今天的MDV已成长为一个朝气蓬勃的青年,他热情洋溢,充满斗志,未来充满无限可能!踏入20岁的MDV不仅拥有无限可能,也意味着今后将担负起更多的责任。MDV大赛今后将会继续传承“工匠精神”和“创新精神”,秉持“设计生命建筑”的理念,为暖通行业输送优秀的设计人才和作品,为行业技

术进步提供不竭的动力。

北京市建筑设计研究院顾问总工吴德绳表示,在新基建和双碳目标推动下,建筑节能、低碳生活成为目前社会发展的趋势,能够将建筑与生命相结合,不仅是MDV设计大赛的主题内涵,也是建筑设计一个重大课题。

清华大学建筑学院建筑技术科学系所长李先庭表示,建筑节能是二氧化碳减排的关键,发展建筑节能,空调系统节能是关键的一环,节能减排是暖通行业的责任与义务;而创新科技,一直都是我们的拼搏进取的有力支撑。

伴随着第二十届MDV中央空调设计应用大赛的启动,大赛将按照专业组、经销商组、学生组共三个小组设置投稿,与往届大赛不同对获奖名额进行了增加,共计292个奖项,奖金总额增至90余万元,且特别增设20周年限定“里程意义奖”。

CECS《冷梁空调系统工程技术规程》编制组成立暨第一次工作会议召开

5月11日,由建科环能科技有限公司主编的中国工程建设标准化协会标准《冷梁空调系统工程技术规程》编制组成立暨第一次工作会议以线上会议形式成功召开。

中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会秘书长宋波、主编单位建科环能科技有限公司智慧能源云数据研究中心主任曹勇,以及来自科研、高校、企业20余人共同出席了会议。

标准主编武根峰高级工程师详细介绍了标准编制背景、

主要内容、标准特点难点及关键点、任务分工以及进度安排。与会代表对标准制定的重点和难点、专题研究、关键指标等内容进行了深入讨论。

最后,曹勇主任向参会代表再次表示感谢,并进一步强调了标准制定工作的重要性,本标准作为国内第一部关于冷梁空调系统的专项标准,必将助力推动我国冷梁空调系统的技术规程与世界水平并跑,同时也对编制组提出了要求。编制组专家均表示将全力支持配合标准编制工作,助力标准工作顺利开展。

美的数字科技产业园正式签约

5月27日,佛山市顺德区人民政府与美的集团举行美的数字科技产业园项目签约仪式,项目计划投资100亿元,聚焦楼宇科技、智能家居、新能源汽车、云计算等美的最具有潜力的业务板块,打造全国工业4.0智能制造示范基地和低碳绿色园区样板工程。

佛山市委书记郑轲,佛山市委副书记、市长白涛,佛山市委常委、常务副市长郑海涛,佛山市委常委、秘书长葛承书,佛山市委常委、顺德区委书记刘智勇,顺德区副书记、区长区柱明,顺德区常委、北滘镇党委书记唐磊晶,美的集团董事长兼总裁方洪波,美的集团副总裁王金亮,美的集团副总裁兼楼宇科技事业部总裁管金伟等出席签约仪式。

美的数字科技产业园占地539亩,打造国家级创新科技园总投资100亿元,将推动建成国家重点实验室,聚焦核心技术、高新技术、基础技术,包括物联网、云计算、大数据、数字孪生

等技术。通过智能硬件和算力升级,打造国家级创新科技园,助力美的成为物联网时代领先的数字化集团,集智慧楼宇整体解决方案的研发、制造、销售于一体的综合性基地,项目建成后具备产能400万台/年,产值超220亿元/年的高端工厂。该基地围绕智能物流、机器人应用、数字孪生等进行规划投入,打造生产智能化、运营数字化的行业标杆工厂,兼具美的楼宇科技核心产品,包括多联机、风管机、空气源热泵、屋顶机、模块机等设备的生产,对比传统制造方式效率将有超过30%的提升,为可持续、高质量发展奠定坚实基础。

随着美的楼宇科技数智融合战略的深入推进,该项目将持续研发,颠覆楼宇科技产业既有的产品形态,单一模块的建筑设备也逐步下沉到设备端的底层,设备的进化路径也逐步从智能化、智能互联化朝着集成系统化的方向发展。

日立中央空调助力青岛眼科医院焕新升级

日前,日立中央空调青岛分公司传来捷讯,成功中标山东第一医科大学附属青岛眼科医院的暖通空调设备更新改造项目,将为其提供更新机产品,中标金额为192万元。

山东第一医科大学附属青岛眼科医院成立于1991年1月,是经山东省卫生厅批准成立的集医疗、科研、教学和防盲为一体的三级甲等眼科医院。医院现建筑面积1.6万m²,开放床位137张。考虑到医院项目整体面积较大,因此对中央空调的稳定性要求极高,既要满足大空间的稳定制冷效果,又能实现空气系统的节能降耗。经过详细的对比和了解,日立中央空调凭借着在市场上的优质品牌口碑,以及在存量市场中所做出的诸多样板工程,成功获得了医院的青睐,最终决定选用日立中央空调对医院进行焕新改造。

海尔中央空调与科宇环境达成战略合作

近日,获悉在科宇环境公司举行海尔中央空调与科宇环境战略“助力碳中和、共筑绿色中国梦”合作签约仪式。河南省工程勘察设计行业协会机电专业委员会主任委员、郑州市暖通空调节能学会理事长、郑州市建筑设计院暖通总工王华强,海尔智慧楼宇TOG业务总经理丛涌滋,海尔中央空调战略用户技术总监段永祥,海尔中央空调战略用户郑州中心总监刘欣,科宇环境总裁朱海红,科宇环境常务副总裁赵汇涛,科宇环境系统技术与智慧能源研发运营中心副总监李文超等出席了签约仪式。

海尔中央空调与科宇环境的战略合作,不仅仅是产品的应用,更是建筑场景方案的融合,双方将在协同合作下共同创造应用于各大行业的建筑综合解决方案。如在工业及大数据、医疗卫生、商业及公建等行业领域形成智慧建筑服务体系,联合双方优势为各行业用户提供一站式全程、全空间系统服务方案,做到建筑整体的舒适、高效、节能和智慧,实现互利共赢的生态发展。

科宇环境作为高新技术企业在智慧能源、智能环境与节能、智能家居和BIM+FM等行业领域持续进行技术创新。海尔中央

空调作为全空间、全场景、全周期的智慧健康空气专家,同样致力于为不同行业、场景提供综合解决方案。实力赋能轨道交通、医药、商业综合体、大型场馆、工业、教育、酒店等多个领域,并针对用户个性化需求,定制以海尔磁悬浮中央空调、海尔物联多联机、海尔热泵采暖机等为主的、高品质的智慧节能空气解决方案。

此次,海尔中央空调与科宇环境将以战略合作为基点,以建筑绿色智慧可持续发展为方向,从方案到服务等全面提高各自领域内的实力,发挥1+1>2的优势,共助“双碳”战略。

格力中央空调助建的忻州方舱医院演练圆满结束

日前，忻州市方舱医院新冠疫情防控应急综合演练圆满结束。通过此次演练，查漏补缺，完善各项应急管理措施，健全应急联动机制，为确保方舱医院的顺利运行打下了坚实基础，达到预期效果。

忻州市方舱医院为山西重点防疫抗疫项目，可容纳 1000 张床位，采用 37 套组合式空调机组和空气源热泵。为了满足疫情防控需求，供货安装时间紧且任务重。格力电器克服了采购周期紧、生产周期不足等重重困难，首批机组供货期仅 8 天、第二批供货期仅 5 天，比正常交期缩减 85%，实现组合式空调交期历史性突破。

组合式空调机组在除尘杀菌方面 $PM_{2.5}$ 过滤效率 > 99%，灭菌效率 > 98%；在智能控制方面空气质量监测，过滤器压差监测，快速稀释气态污染物；在安全可靠方面运行稳定，控制精度高，保证各区域压差梯度控制。空气源热泵空调机组在高效节能方面机组采用专利的喷焓技术，优化换热设计，制热综合能效比 IPLV(H) 达到 2.2，达到国家一级能效水平；在清洁环保方面使用 R410A 冷媒，并使用电能驱动，且能源利用率高；在稳定可靠方面低环境温度下能力衰减减小，能效高，比普通机组能力能效提升 15%~20%；在适应性强方面实现 -35℃ 正常制热且运行范围更广，进出水控制可选，出水温度最高达 60℃；在多能级调节上可根据用户需求可单台或多台机组调节供热量，按需满足用户舒适性要求。

天加能源旗下品牌 SEBIGAS 阔步迈向可持续发展新未来

近日，天加能源生物质品牌 SEBIGAS 推出全新的品牌形象和定位。SEBIGAS 焕新标识采用更加现代的简约设计风格，同时保留了具有影响力的品牌价值。它沿用了标志性的“火焰”图案，并为其赋予了全新的色彩和更加流畅和谐的线性图形，象征着能量不断汇聚形成一簇火焰。此次品牌焕新，SEBIGAS 融合品牌积累沉淀和市场需求，既是对品牌历史发展的致敬，也是对未来愿景的全新规划。

SEBIGAS 品牌标识焕新，体现了品牌与市场需求的与时俱进，同时秉承了天加能源始终坚持一个环保路径的传统精髓，一如既往地打造全球领先的生物质能利用解决方案。

SEBIGAS 总经理 Roberto Salmaso 表示：我们的新标语是“Lean and Green”，它体现了两个基本的理念，用以指导我们的工作，激励我们坚持职业操守、履行公民承诺。第一个

是“Lean”，它代表了我们的承诺，也就是这个承诺，驱动着 SEBIGAS 每个员工、每道环节、每座工厂，都在持续不断地优化技术、流程、工艺乃至每一道环节。并且这个词与“Clean”的英文发音相似，它也提醒我们需要改变各级人员的思维方式，并采用顺应市场规律的方法，来实现品牌的可持续发展。只有这样 SEBIGAS 的厌氧消化技术才能真正发挥作用，生产出不仅“Green”而且“Lean”的绿色能源。第二个是“Green”，意在强调 SEBIGAS 要以客户为本，要基于客户需求提供可持续发展解决方案的重要性。



奥克斯服务山西晋城市一市政项目

近日，获悉奥克斯中央空调服务晋城市中小企业创新创业产业园一期工程，该项目选用奥克斯全直流变频 ARV—X7 系列多联机组。

晋城市中小企业创新创业产业园项目，总占地面积约 220 亩，建筑面积约 22.5 万 m^2 ，总投资约 5 亿元，其中一期投资 2.5 亿元。该产业园是晋城市首个成规模、全配套，实现中小企业拎包入住，快速生产的产业园区，为晋城高质量转型发展发挥作用。

通过产品功能的讲解、工厂的考察，凭借优质的产品解决方案以及与甲方的积极沟通，经过多轮筛选，奥克斯最终在众多竞标品牌中脱颖而出，成功获取客户信任，顺利斩获该项目。

据了解，该园区的二期工程也由奥克斯中央空调提供服务。未来，奥克斯中央空调将继续强化和落实在市政领域的发展规划和布局，将良好的产品和服务向市场输出，实现更为长远的发展和突破。

海尔中央空调服务烟台东方威思顿电气

近日，东方电子集团旗下的烟台东方威思顿电气有限公司完成了园区中央空调的安装工作并投入使用，项目采用的是以海尔磁悬浮中央空调为核心的高效机房解决方案。



项目在空调方案的选择上极为严谨，想完成焕新改造的同时，将项目打造为一个成功的节能样板。经过对各方产品和方案进行了解和对比后，项目方最终选择了以海尔磁悬浮中央空调为主的高效机房解决方案进行节能改造。

目前，东方电子集团总部的海尔磁悬浮中央空调运行3年以来，做到了零停机、零故障，始终保持稳定运行。项目方实践验证，改造后节能性达到51.6%，实现省电一半。

格力中标四川内江市委党校高效机房项目

近日，格力中央空调突破重围成功中标四川省内江市委党校新校区项目，是格力中央空调在公共建筑行业的又一佳作。格力中央空调与四川省内江市委党校为双碳目标实现共助力，将制冷机房打造为机房系统能效 $EER \geq 5.0(w/w)$ 的高效机房。

内江市委党校新校区项目位于四川省内江市高新区城北片区，占地167亩，建筑面积约6.1万 m^2 。项目建设内容包括：教学楼、行政办公室、图书馆及信息中心、学员宿舍、学员食堂、文体楼、学术报告厅、地下停车场等。项目建成后，将同时满足1000余人培训、800余人就餐、600余人住宿需求，打造集“干部教育培训、锻造红色基因、洗涤思想灵魂、凝神聚魂固本强基”为一体的“红色殿堂”。

格力空调为四川省内江市委党校项目量身打造了一套高

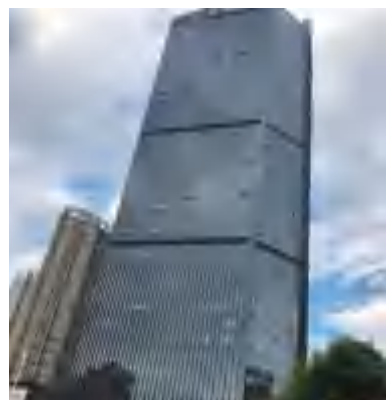
效机房解决方案，承诺该高效机房目标能效 $EER \geq 5.0(w/w)$ ，相比常规机房，该机房节能率高达40%，预计年节省运行费用40万元以上。该高效制冷机房，主机设备经过优化，采用2台500RT磁悬浮变频离心式冷水机组和1台200RT磁悬浮变频离心式冷水机组进行供冷，方案搭配高效机房智能控制系统，可根据项目负荷需求自动调节运行策略，确保制冷机房在不同负载率均运行在高效区间。此外，该项目结合学校建筑规模大且功能区域多样的建筑物使用特性及负荷变化情况，格力为部分功能区域单独配置了GMV多联机设备；与此同时，为满足党校的热水需求，部分区域还安装了格力空气源热泵热水器进行热水供应。根据各区域使用场景以及负荷需求，整个校区采用多种系统、多种机型搭配方案，实际节能效果更优。

大金空调倾力打造 LEED 铂金级项目武汉正堂时代中心

近日获悉，武汉正堂时代中心按照绿色建筑 LEED 铂金级进行建设，值得一提的是，作为该项目空调系统解决方案的提供方，大金空调也为此项目贡献了一份力量。武汉正堂时代中心是5A甲级标准写字楼，该项目总层高168m，总建筑面积7万 m^2 ，标准层面积约1734 m^2 ，建成后成为武汉当地的标杆建筑之一。

绿色建筑对于建筑能耗有着严格的要求，而作为建筑中的耗能大户，空调系统为建筑能耗带来的影响同样深远，对此项目方在空调产品的招标过程中，则特别提出了产品能效的明确要求。最终在层层竞标过程中，大金空调成功入围其中，并在最终的实际运行以及评级的测试中，能效水平达到了预期，受到了高度的认可。

实际上，在全国范围内诸多绿色建筑的地标中，常常能发现大金空调的身影，高频亮相的背后，也印证着在低碳节能事业上，大金空调积极向上的发展步调。对于大金空调来说，未来也希望能够借由自身的成熟经验，为更多绿色建筑助力，为实现双碳目标贡献一份担当。



三菱重工海尔低温空气源热泵服务郑州金水区中心敬老院

近日，郑州市金水区中心敬老院在一众品牌中，选择了三菱重工海尔中央空调超低温空气源热泵为其服务，保证老人不受冷暖舒适问题的困扰。三菱重工海尔低温空气源热泵服务郑州金水区中心敬老院。

据悉，三菱重工海尔空气源热泵搭载三菱重工特有的热源核技术，超低温强热，省钱一半，温暖翻番。同时，三菱重工海尔空气源热泵产品以电能驱动，安全可靠，不会造成气体泄漏、火灾爆炸等危险，在给用户带去温暖舒适的同时，更带去多一分的安心。

作为紧贴民生的建筑，因敬老院场合的特殊性，敬老院在采购中央空调设备时，有严格的考量标准和质量监管标准。而舒适性、稳定性、节能性无疑是对中央空调机组最基本的需求。为此，三菱重工海尔为郑州市金水区中心敬老院提供了超低温空气源热泵解决方案，希望可以帮助更多老人安享晚年生活。未来，三菱重工海尔将继续以技术创新为引擎，为中央空调行业的可持续发展提供高效、绿色的冷暖解决方案。

天加进驻陕西盘龙药业

近日，天加进驻陕西盘龙药业，作为陕西省百强企业的盘龙药业对于净化车间工艺环境要求极高，因此在其新建厂房的招标的过程中，项目方更是提出了严苛的要求。最终，天加中央空调最终在竞标中脱颖而出，目前设备已经全面进驻并通过验收。

在该项目中，天加根据项目方的安装环境及工艺要求，定制了由7台满液式水冷一体化冷水机组和组合式空气处理

机组构成的整体解决方案，在满足制药生产的工艺的同时，又为项目整体的节能性提出了积极的助力。

实际上，这已经是天加在陕西市场的医药领域的又一优质样板。近年来，天加在陕西乃至整个西北市场的经营和市场布局，都得到了持续的深入和落地，并凭借着自身出色的产品性能以及完善的服务，得到了市场的广泛青睐。

解锁四季沐歌空气能

近日，四季沐歌线上直播间走进象牙山，携手《乡村爱情》电视剧。对于四季沐歌来说，乡镇市场一直是四季沐歌发展的优势市场，此前从太阳能热水出发，到现在融入了空气能产品，直接命中了目前消费者对于美好居家生活的想象。

四季沐歌产品通过本次直播着重介绍了四季沐歌新品爱家II系列6P空气能冷暖一体机，该设备制冷、制热效果达到双一级能效，具备全直流110V变频技术，压缩机变频、控制板变频、电机变频的三位一体全变频机器；采用的是国际一流厂家的双转子变频压缩

机，机组运行起来自然就更强劲也更稳定。机组采用了EVI喷气增焐技术，可以在-30℃有效运行。此外，产品还融入了智能自动除霜技术，它可以通过检测自身运行时间、环境温度、外盘管温度三项参数，智能判断自身结霜情况，搭配三分钟除霜技术，降低耗能并且保证了机组在严寒环境下的综合制热效果。

随着“30·60”双碳目标日益迫近，广大城乡消费者呼唤更加节能环保且高效的新能源解决方案，空气能行业目前仍存在着巨大的增量空间，当下入市可谓正得其时。

格力全球单台最大冷吨磁悬浮离心机组服务北京丰台站样板项目

近期，格力中央空调服务离心机组成功中标北京丰台站，中标的磁悬浮离心机组单台冷量达到1600RT，是目前全球最大的单台磁悬浮机组，该机组的制造和使用也表明中国在磁悬浮离心式冷水机组技术上已

领跑世界，而北京新建的东、西两个大站，全部采用格力磁悬浮离心机组。

丰台站位于中国北京市丰台区，是京沪铁路、京广铁路、丰沙铁路、京原铁路、丰广联络线、京港高速铁路的交汇车

站，并通过联络线引入京广高速铁路，为亚洲最大的铁路交通枢纽。格力凭借多年的技术积累，自主研发大功率磁悬浮技术、超高能效的制冷设备赢得用户的肯定，每年可为客户大幅降低运行费用。

捷丰空调服务浙江省之江文化中心项目

近日，捷丰空调凭借过硬的产品质量、优越的产品性能及完善的售后服务保障体系，在众多国内外知名品牌中脱颖而出，服务浙江省之江文化中心项目，为捷丰空调在制造业企业领域增加一个极具代表性的样板工程。

据悉，之江文化中心项目，总用地面积 258 亩，总建筑面积约 32 万 m²，其中地上约 16.5 万 m²，地下约 15.5 万 m²，总投资估算约 32.3665 亿元。该项目集结了浙江省博物馆新馆、浙江图书馆新馆、浙江省非物质文化遗产馆、浙江文学馆四大公共场馆和配套公共服务中心。建成后，它将以省内体量最大，集自然、人文、艺术、生态于一体的现代复合文化综合体的姿态，成为又一全新的浙江文

化地标。

本次项目选用的空气处理机组，为用户提供洁净的空气解决方案。机组具有体积小、噪音低、振动小、性能可靠、易损件少、维护方便等特点。专利的结构使得所有型号的机组内表面均光滑平整，不易积灰，无二次污染，有利于提高空气质量。此外，机组所使用的风机均经专业软件选出，确保最佳工况点，在满足客户风量、风压要求的前提下将风量、风压损失做到最小，保证管路中良好的空气流动状态，减少风管噪音。根据用户提出的温湿度控制，降噪方面的要求，捷丰提供了风机盘管，机组能通过多向气流送风，使应用场所的温度更加均匀。



积微 GCHV 服务惠州市中心人民医院仲恺院区

近日，积微 GCHV 中央空调成功入驻惠州市中心人民医院仲恺院区，为其提供高效节能、舒适环保的暖通系统解决方案，在医疗领域再树标杆工程。

惠州市中心人民医院仲恺院区占地 5.6 万 m²，是一所集医疗、教学、科研、预防、管理、康复等于一体的广东省高水平重点建设医院专业科室的现代化医院。

作为一项重点民生工程，惠州市中心人民医院仲恺院区坚持以患者为中心，从多个领域提升整体医疗水平和医院综合服务能力，暖通空调系统就是其中的重

要一环。由于医院建筑功能复杂多样，人流量大，对暖通空调系统的温度、湿度以及噪声等都有严格的要求。在经过对多方产品的了解对比后，院方最终选用了积微 GCHV-Turbo 系列全直流变频多联机组 + 嵌入式风管机的系统解决方案，满足建筑不同需求，为医患人员提供舒适的室内空气质量。与此同时，机组还具备集中监控、分户计费、楼宇控制、远程监控等功能，管理更加方便，满足医院多个功能区的使用需求，为医院舒适环境保驾护航。

EK 智能居家中央空调 深化终端辐射

日前，EK 智能居家中央空调重庆江津专卖店盛大开业。此次与重庆松牧暖通设备有限公司共同携手打造的专卖店。

据悉，此次该门店的开设，将起到产品展示、业务咨询、服务对接、售后服务跟进等重要作用。专卖店除了陈列了 EK 智能居家中央空调 Air Smart 系列全直流变频智能多联中央空调、Water Plus Z 系列全直流变频空调地暖机组等在内的拳头产品，同时在店内还专设了设备体验厅，供进店的每一位消费者现场感受设备带来的冷暖舒适体验，为消费者对 EK 智能居家中央空调产品的全面了解提供了便利，力求为进店用户提供一站式的解决方案。

长虹中央空调服务洛阳市高新技术产业基地

近日，长虹中央空调成功中标洛阳市高新技术产业基地建设项目，为产业基地中的医药仓库、办公楼提供高效节能、舒适环保的暖通系统解决方案。

结合洛阳的资源优势和产业特色，洛阳高新区确定了重点发展生物医药产业，其中医药厂房及办公楼对环境要求极高，因此在其项目的招标的过程中，项目方更是提出了严苛的要求。经过多轮筛选，长虹中央空调凭借优质的产品解决方案最终在众多竞标品牌中脱颖而出，成功获取客户信任，顺利斩获该项目。随着项目的落地，长虹中央空调也将为高新技术产业基地的建设添砖加瓦，助力打造新时期洛阳经济发展的重要名片和平台。

奥利凯空调服务哈尔滨职业技术学院

近日，奥利凯空调再获哈尔滨职业技术学院青睐，为该校食堂和体育训练楼提供奥利凯低环温空气源热泵热水机组。哈尔滨职业技术学院是哈尔滨市政府主办的一所全日制综合性高等职业院校，学校现有总院、学府、新阳、道外四个校区，总占地面积 111 万 m^2 ，建筑面积 30.46 万 m^2 。

作为重要的生活场所和训练场所，学校食堂和训练楼使用人数较多，热水消耗量大，用水时间比较集中，因此，要求热水设备必须满足高效、节能、稳定、舒适等条件。

奥利凯低环温空气源热泵热水机组采用宽气候带独特设计，经过严格的超长时间测试，无论是在 48℃ 的炎热天气制冷，还是在 -26℃ 的严寒天气制热，均可正常运行，一年四季每天 24 小时源源不断的提供热水。

奥利凯低环温空气源热泵热水机组采用获得发明专利的温湿度智能除霜技术，通过检测多变量，精确判断结霜情况，智能选择进入或退出除霜工况的最佳时机，避免化霜不尽或频繁化霜等问题，达到理想的节能目标。机组换热器为真正实现“多霜多除，少霜少除，无霜不除”的精准控制，最大限度延长正常制热的运行时间，把由除霜引起的制热水温波动降到限度水平，结合精细匹配的专用换热器高效除霜，避免翅片出现结冰霜、冰挂现象。机组采用整机隔振设计，多重降噪处理。采用了全调速配置的风机、创新的 3D 低噪声扇叶，使机组噪声大大降低。

海悟源热泵服务辽宁鞍山某小区采暖项目获好评

获悉，海悟源热泵服务辽宁鞍山某小区采暖，为项目提供空气源热泵解决方案，该项目共 8 栋居民楼，采暖面积为 4.3 万 m^2 。

为确保小区居民的采暖效

果，海悟为该项目设计应用了 20 台 60HP 超低温采暖机组，采用智慧化的控制系统实时调配机组的运行，经过一个采暖季的使用，用户对海悟的机组性能和服务态度都很满意。



申菱低碳风液冷却方案助力“东数西算”绿色算力

5 月，由广东省人民政府主办，中国信息通信研究院、中国通信工业协会数据中心委员会等协办的“算联全球·数聚韶关”——首届“东数西算”粤港澳大湾区（广东）算力产业大会在韶关召开。此次会议重点围绕国家“东数西算”重大工程中的发展目标、思路及措施，加快通信基础设施的建设，促进加强各集群实现区域间协调联动，共同推动东数西算的可持续发展。

申菱天枢系列液冷温控系统为机房 IT 设备发热提供大温差、无压缩的自然冷却散热架构。适用于冷板式液冷服务

器、浸没式液冷池/柜、喷淋式液冷服务器等散热场景，项目选址弱相关，整体机房实现 $\text{PUE} \leq 1.15$ 。天玑系列 SKY-IEC 间接蒸发冷却机组是极智利用自然冷源的中大型数据机房冷却设备，利用湿球温度冷却，提高换热效率，扩大自然冷却时间，节约数据中心配电容量，降低机房 CLF 值。

随着“东数西算”工程的深入推进，数据中心网络化趋势将不断增强，申菱利用自身优势，持续推进技术创新，提高产品的质量，助力数字经济高质量发展，积极促进数据中心集约化、绿色化发展。



欧博空调湖北中健医疗项目进入全面调试阶段

5月，欧博空调服务的湖北中健医疗用品有限公司项目进入设备调试阶段，为工厂的全面投产做最后的检测工作。欧博空调经过实地勘察，在充分了解项目的功能区用能和净化需求的基础上，为该项目设计使用了32台大型模块机组，60余台组合柜及其他末端设备，全面满足项目的高效、节能需求。

中健医疗项目项目为湖北省2020年省级重点建设项目“湖北崇阳卫材应急物资生产储备基地”的主体建设项目，位于崇阳经济开发区内，总用地面

积约200亩，总投资56241万元。而湖北中健医疗用品有限公司是具有三十多年的医用敷料生产历史，是湖北省大型医用敷料生产企业之一，目前可年产医用脱脂纱布2亿m。该项目是为了满足公司快速发展的基础上进行新厂房建设，建成后将大大增加中健医疗的整体实力。

此次服务湖北中健医疗项目，是对欧博空调在标准化产品和非标化产品，共同服务大型项目一次很好的展示机会，让更多客户通过该项目对欧博空调的实力有更全面的了解。

近些年，欧博空调从专注于净化行业非标定制企业，逐渐走向多元化发展的企业发展之路，在冷水机组的研发生产方面不遗余力，产品也覆盖了大部分主流机型，能够满足用户常规化和定制化的冷暖与洁净解决方案需求。



TCL 商用空调智能制造产业园投产庆典

5月17日，TCL商用空调智能制造产业园投产庆典在广东省中山举办。对于TCL商用空调事业，新落成的智能制造产业园的意义更是一个起点，具体到产品层面，TCL商用空调拥有九大产品系列：单元式轻型商用、小多联家庭中央空调、大多联中央空调、风冷模块机系列、户式两联供系列、空气源热泵热风机系列、超低温模块机系列、家用空气能热水器系列、商用空气能热水器系列。

目前TCL商用空调解决方案已成功服务于广州亚运会场馆、宁波国际机场、昆山南站、南昌西站、国防科技大学、华南理工大学、北京平谷青年中心、福田汽车等项目。

在此次的投产庆典上，TCL商用空调对于过去的发展也有清晰的认识，2013年到2016年是TCL商用空调的探索阶段，补充产品架构，拓宽团

队组织，搭建渠道体系；2017年到2021年是积累阶段，大力煤改电以及海外市场，建立相关标准和规范；2022年以及之后的时间，则将聚焦热泵和轻商事业，顺应市场智慧化、健康化、节能化需求，汇集科研力量，不断推出适应‘新时代’需求的产品。做大多联机、做强煤改电、做精海外热泵（三联供）及轻商将作TCL商用空调的三大核心战略，在大多联、煤改电及海外热泵市场，TCL商用空调的整体规模的发展值得大家期待。



日立中央空调囊获南京金陵海关更新机改造项目 1.38 万 m²

近日，日立中央空调囊获南京金陵海关更新机改造项目，改造面积达1.38万m²。南京金陵海关选择日立中央空调，为其政府办公建筑绿色节能改造工作提供冷暖舒适的空气保障，为我国践行绿色发展理念、落实节能减排目标尤为重要。

据悉，此次中标与日立从基本要求、基础设施、管理体系、能源资源投入、产品、环境排放、绩效等方面与中国质量认证中心依据国家标准《绿色工厂评价通则》的评价指标体系一致，成功斩获“绿色工厂评价证书”就足以为此佐证。

未来，日立将继续践行创新、协调、绿色、开放的发展理念，全面深修内功推进绿色高质发展，以成熟的系统解决方案为更多不同建筑提供绿色节能的设备，助力国家建设绿色低碳新未来。

荣事达中标万兴集团年度集采项目

5月，是一年中第一个收获的季节，经过冬天的蛰伏和春夏的成长，日趋火热的农忙让这个季节充满希望。5月，合肥荣事达太阳能有限公司在楼盘配套方面也有了新收获，成功中标安徽十强房企万兴置业2022-2023年空气能热水器集采项目，双方将在相关的楼盘配套方面展开深度合作，共同为用户营造健康舒适的居住环境。

此次成为万兴置业战略合作单位，是荣事达长期坚持品质为先，在诸多房企的合作中有着上佳的表现，从前期的设计到后期的安装，以使用过程的售后都让用户非常满意。荣事达作为安徽区域的本土企业，近些年在楼盘配套方面立足安徽市场，在多年的市场布局中，已经陆续围绕合肥及其周边城市树立示范项目，并不断向浙江、江苏、江西等地拓展，成为该领域的佼佼者。

值得关注的是，近两年，国家对于清洁能源使用政策的加码，给了空气源热泵更多机会，而从近些年在浙江市场的推广来看，热泵热水器在节能方面确实得到不少用户的青睐。而安徽作为全国第十大经济体，合肥的经济体量也已经迈过万亿大关，种种迹象都表明安徽的楼盘配套将会有着非常好的发展前景。荣事达也期待能够有牵手更多房企，不仅在空气能热水方面，还有更多清洁能源的应用领域展开合作，推动安徽绿色建筑的发展进程。



三菱重工海尔携手山东金顿置业共筑健康“云著”

近日，三菱重工海尔与山东金顿置业正式签署战略合作协议，双强联袂，共筑“金顿云著”精品项目，用先进科技为用户定制6舒健康空气方案，打造高品质健康舒居。此次招标的“金顿云著”项目，是城市发展的核心项目。无可比拟的区位优势、高标准品质需求、绿色可持续发展的目标使得项目方对配套设施



的选择尤为严格。

后疫情时代，人们和住宅长期“亲密相处”，室内环境的舒适对身心健康影响逐步加大，更需要配套设施的健康舒适。同时，在“碳中和、碳达峰”战略发展的当下，核心设备的高效稳定、绿色节能也是项目方关注的重点。

关注健康人居，立足舒适环境，金顿置业组织了高规格招标，并进行厂家和产品、技术的实地调研。基于双方的健康舒适理念和绿色节能的目标，最终选择与三菱重工海尔达成战略合作，双方携手，共同建设舒适人居典范。

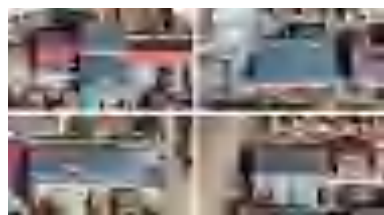
日出东方中标江苏赣榆区整区屋顶分布式光伏发电项目一期工程

近日，日出东方成功中标华电江苏公司赣榆区整区屋顶分布式光伏发电项目（一期工程120MW）EPC工程，总金额1.96亿元。

赣榆区是2021年9月国家能源局公布的整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点县区之一。该项目将完全按照国家能源局“5432”比例要求进行建设，总装机容量565MW，总投资约22.6亿元。其中，一期工程覆盖赣榆区辖区内10个乡镇街道的部分可利用住宅屋顶资源，由日出东方统一规划、统一设计、统一建设，未来将有6323座阳光家庭光伏电站落地，成为赣榆区的美丽乡村工程。一期工程建成后，平均每年可为电网提供电力13583.019万kW·h，与相同发电量的火电相比，相当于每年可节约标煤41428.208吨，减少二氧化碳约110565.775吨，减少二氧化硫

排放量约842.147吨，减少氮氧化物285.243吨，还可节约大量淡水资源，成为赣榆区实现能源结构优化转型的主力军之一，还将打造具有标杆示范性的“中国零碳村镇”。

该项目的建成落地，将成为日出东方在整县光伏市场快速反应、多点布局的又一典型范例，更将对赣榆区加快产业结构调整，打造绿色能源应用示范区，实现全面振兴注入强劲动力。在“政策+市场”双轮驱动下，日出东方将依托在品牌、渠道、技术等方面的综合优势，创新融合ToG+ToB+ToC商业模式，全力领跑整县光伏市场。



公共建筑及社区尺度 实现零碳运行路径的几点思考

2022 年 5 月 19 日下午，CAHVAC 暖通大讲堂第 28 期特别邀请到了清华大学建筑节能研究中心公共建筑节能研究团队负责人魏庆芃副教授，围绕《公共建筑及社区尺度实现零碳运行路径的几点思考》进行了精彩分享，现将本次讲堂内容做一回顾，以飨读者。

我国仍处于工业化和城镇化进程中，经济发展和民生改善的任务还很重，能源结构偏煤，在实现碳达峰碳中和目标方面，我国都面临着时间紧任务重的挑战。其中建筑部门减碳也是实现我国双碳战略目标的关键领域，具有广阔的发展前景。魏教授从能量终端使用及需求角度进行分析，通过机场案例的研究与工程实践，给出自下而上推动公共建筑、社区尺度可实施的减碳路径和行动方案。魏教授报告中提出了社区尺度自下而上的脱碳行动模型，包含服务广延量、能耗强度和能源碳排放因子三项主要变量。该模型对公共建筑和社区园区脱碳行动提供指导与支撑，有助于推进效果可预测、行动可落实、效益可评估的减碳行动落实落地。

城乡建设领域如何实现减碳

在研究如何实现减碳前，首先来看日本学者 Kaya Yoichi 提出的 KAYA 模型，是用于研究二氧化碳排放及其驱动因素将二氧化碳排放量与人口、经济、能源等因素联系起来，实际是个黑

箱模式，也是一个宏观模型，是把一个国家的二氧化碳或者一个部门的二氧化碳分解成为以下的四个部分：人口、单位人口的 GDP、单位 GDP 能耗及相应能耗 CO₂ 排放的排放因子，可直接理解为人口、经济、能源利用效率、能源结构关系。

对于这样一个黑箱模型，如果应用到我国的建筑领域，建筑部门对 KAYA 模型将进行简单变形，简化模型的对于建筑部门二氧化碳排放及其降碳路径更直接，三个任务控制规模，降低单位面积能耗强度，降低单位能耗碳排放因子。

从这个角度看，这里的碳排放任务非常清晰，从这个思考出发，结合 2021 年 10 月 24 日中央发布的关于完整、准确、全面贯彻新发展理念，做好碳达峰碳中和工作的意见，在“1+N”政策体系当中很重要的指出：提升城乡建设绿色低碳发展质量这样一个主题，其中提了推进城乡建设和管理模式低碳转型、大力发展节能低碳建筑、持续提高新建建筑节能标准、加快优化建筑用能结构这三件事。第一件事可以理解为高质量的建筑乃至高质量的城市发展；第二件事可以理解为降低单位面积的建筑能耗；第三件事可以理解为深化可再生能源的利用效率、屋顶光伏、因地制宜推清洁供暖。所以这一文件的三点内容正是我们城乡建设领域 $CO_2 = A \times (E/A) \times (C/E)$ 公式分析的三部分内容：A 为建筑面积

(m²)，E 为能源消耗量 (kWh)，C/E 为单位能源消耗产生的 CO₂ 排放量 (kgCO₂/kWh)，可更深层次的理解为：一是要“合理规划城镇建筑面积发展目标，加快推进绿色社区建设”，以合理增长、高质量发展的增长作为目标，杜绝大拆大建；二是要“大力发展节能低碳建筑，大力推进城镇既有建筑和市政基础设施节能改造，提升建筑节能低碳水平”，降低运行过程冷量、热量、电量的消耗，实现“节能优先”；三是要“加快优化建筑用能结构。深化可再生能源建筑应用，加快推动建筑用能电气化和低碳化，在北方城镇加快推进热电联产集中供暖，因地制宜推进热泵、燃气、生物质能、地热能等清洁低碳供暖”，构建以新能源为主体、“光储直柔”为路径、能源“生产者和消费者”协同的零碳能源利用系统。

实现“双碳”目标与经济社会高质量发展

2020 年 4 月，习近平总书记在疫情之后到浙江考察，在新闻联播的报道中，习近平主席提到“准确识变，科学应变，主动求变，善于从眼前的危机、眼前的困难中捕捉和创造机遇”，习主席在这段讲话中提到的“三个变”在 2020 年陆续出台的政策文件中也提到相同内容的“百年未遇之大变局”，确实这样一个变化，不是一时半刻就能过去的，会有一段时间的变化，但永

远不变的就是变化本身，要准确理解“识变、科学应变和主动求变”的这样的一个举措。

在这里面我们也在思考这样一个问题，就是实现“双碳”目标和党的十九大提出的“经济社会高质量发展”之间是矛盾还是协同？在2021年12月初，习近平总书记在中央经济工作会议上，提出了很重要的几个关键问题就是很好的答案，在这里重点可关注的几个关键问题：第一，经济发展和民生改善的任务还很重，让我们能够实现共同富裕为目标，实现双碳的目标应该是服务于我们社会经济高质量发展。第二，能源结构偏煤，产业结构偏重，换句话说就是解决粮食和能源安全等等一系列初级产品的保障问题；第三，实现“碳达峰、碳中和”的时间问题，对于我国实现“双碳”目标的时间要比发达国家要短很多。

首先，可以通过中美欧三个主要经济体的碳排放总量数据对比来分析，从1965年开始的60年代至70年代期间，欧美一年的二氧化碳排放量基本在40亿吨CO₂排放量，当时中国还不到10亿吨CO₂排放量。随着中国的改革开放，经济发展，相应的能源消耗和碳排放也大幅度增加，在这期间，美国、欧洲经历了小幅的波动之后，美国上涨，欧洲基本持平，特别是1996年京都议定书签署后，在2000年后，欧美都开始重视降碳工作，到了2006年美国CO₂排放量开始下降，欧洲到了2008年CO₂排放量开始下降。

其次，在看中国在同一时期，特别是在2000年加入了世界贸易组织，经济融入一个大的全球化发展过程，经济取得了高速发展。但另一方面，我国的CO₂碳排放和能源消耗也大幅增加。至

2015年，我国高度重视蓝天保卫战、三年攻坚战等等。实际上我们充分认识到粗放型的增长和社会经济快速使CO₂碳排放不是解耦，而是一直在耦合的状态。早在2014年的国家财经委的第六次会议上，习近平总书记当时就提出了关于能源生产与消费革命的“四个革命、一个加强”的重要指示，实际上从2014年开始，国家已经重视CO₂碳排放这个非常重要的问题，但当时中国的经济发展和国际形势，我国没有明确“碳达峰、碳中和”的目标。到了2020年，在国际形势变化的情况下，中央经过深思熟虑，做出了重大的战略决策，并且颁布了一系列文件当中指出，这是一场广泛而深刻的社会经济、社会系统性变革。

综上可见，达峰是过程，中和是目标，从某种意义上来说，中国将用全球历史上最短的时间实现“双碳”目标，完成全球最大的碳排放强度降幅。归根结底，到本世纪中叶，能否通过社会经济高质量发展，圆满完成两个百年奋斗目标，特别是实现社会经济的高质量发展，目标结合，从这一个过程发现既然“变是永恒的，是普遍存在的”，那我们就“主动求变”。仔细查阅，深入解读，在2019年，在国家机构出席深化党和国家机构改革总结会议上，习主席发表讲话提到了“三个变”，其中谈到“形势在变，任务在变，工作要求也在变，必须准确识变、科学应变、主动求变，把解决实际问题作为解决制定方案的出发点”。所以怎么做的关键问题就是解决实际问题，从“节多少能”变为“排多少碳”，研究从生产、运行到拆除全过程的碳排。深入理解“把解决实际问题作为制定改革方案的出发点”，就是我们建筑领域

“怎么做”去解决的实际问题。

碳排放量核查的边界与温室气体核算方法

碳排放量核查是边界与温室气体核算方法。在核查上我们急不得，要尊重客观规律，不做“数字游戏”。要算准温室气体排放量，确定核查边界是基础，是要在实践中不断完善。一个是“法人边界”，又称“企业边界”；另一个是“履约边界”，又称“补充数据表边界”，这里特别聚焦更有针对性的CO₂排放设施和CO₂重点排放源。

2001年世界资源研究所（WRI）和可持续发展工商理事会（WBCSD），GHG Protocol，《温室气体核算体系》主要是为了引导企业去核算自身的碳排放（后被ISO14064采用），这里明确三个范围：范围1，自身拥有和控制的资源所产生的直接排放，主要来自碳基燃料燃烧，包括车辆排放、燃煤燃油燃气锅炉，以及由于制冷剂泄漏造成的逃逸排放等。范围2，相关能源消耗对应于能源生产环节产生的间接排放，例如来自于向外购买的电、热、蒸汽等。范围3，所有其他的排放，即范围2以外的产业链所有上下游间接排放，如：来自于购买的商品和服务，包括给车辆、航空器加油导致的碳排放，也包括建造新建筑使用的材料和建造过程排放、商务旅行、员工上下班、废物处置、临时展览等导致的碳排放等等。

对于零碳运行，就是“范围1降为零+逐步减少范围2直至0+再引导范围3相关责任主体主动降碳”。

对标国际经验按3个范围公布实际碳排放量；但计算和对标机场碳排放时，只计1+2。

运行过程减碳路径分部门、分步骤出发

运行过程减碳路径出发要分部门、分步骤。零碳运行是可能的，但要分阶段来实现，如：公共建筑或社区园区（其中包括：商业综合体、机场、公共机构如校园、医院、场馆等，现代制造业园区，现代农业园区，物流园区等）生命期碳排放可划分为4+1个部分：部分1，与建筑、机电系统、暖通空调、能源系统密切相关，是减少运行碳排放潜力最大的部分，也是节能减碳最主要的对象。部分2，与使用功能相关用电量，在这里特别解释如果有部分非常重要、与安全相关需保障的功能用电可暂缓计入。部分3，社区园区内和货运、客运等上下游产业地面交通工具电气化后，“车电协同”作为重要的储能装置与园区用能协同。部分4，运行过程非CO₂的其他温室气体排放（CH₄/N₂O/HFCs等）。1至4部分的运行过程碳排放，部分4比较小，未来不应忽略。部分5，新建园区时应关注，基础设施的材料及建筑垃圾处理等以及各种设备设施（例如玻璃、钢材、光伏板等）的“含碳”。

把上述五个部分的温室气体排放能马上都降到零，当然好，但“急不得”、不容易，不是“花钱”买碳、买绿电就行的；如果都等着电网的电源全部是风电、光电、水电、核电、核聚变、增强地热EGS发电就“能源零碳”了，难，也“等不得”。要明确目标，做到“各部分边界明确，措施针对，结果可信，零碳可查”。

建设“可零碳运行的社区园区”

建设“可零碳运行的社区园区”首先要建立形成零碳电源、零碳热量、储蓄柔韧和节能优先

四个阶段。

一是“零碳电源”。“应装尽装”、“应发尽发”、“应用尽用”为原则，最大程度利用园区社区广阔的空间，在屋面、地面、水面、立面上安装光伏板，这样就可以实现本场光伏发电量满足社区园区、商业综合体内建筑及内部电动车辆的用电需求。

二是“零碳热量”。找到可利用的低品位可再生热量，包括建筑排热、余热、地热能、生物质能、跨季节储热量等，减少热量输配和传递过程损失，以热泵方式“自下而上”提升热量品位，从“梯级利用”到“扁平化”利用、分散集中结合实现“零碳供热”。

三是“储蓄柔韧”。通过多维度、多介质（电能、显热潜热、化学能、机械功等）能量储蓄解决运行中不同时间周期内可再生电力供应与需求之间的剪刀差；使得光伏发电的“电量”能满足使用需求，且“电力”也能满足使用需求；构建“光储直柔”用电系统，自发自用全吸纳的同时，增强主动吸纳电网中可再生电量的“柔性”和保障安全供能的“韧性”。

四是“节能优先”。通过建筑和暖通空调系统等进行节能设计、高效设备选用、能源管理与智能调控技术采用等，大幅度降低园区社区运行过程冷量、热量、电量的需求（设计阶段）和消耗（运行阶段），终端用能和转换“节能优先”保障零碳运行能源系统的经济性。

在城乡建设和管理模式上，上述四步在设计阶段形成“零碳运行能力”；通过施工安装调试等，“能力落实落地”，运行阶段通过智慧运维调控实现“零碳迭代更新”，即：运行零碳目标全过程管理，除关键核心安全部门设施用电外，自力更生实

现园区建筑、车辆等全年“运行碳排放为零”，实现“创新高质量发展”。

针对《报告》答疑解惑

最后，魏教授还就大家关心的两个问题进行了解答。

问题一：公共建筑/社区园区在运行过程的碳路径，范围1和范围3的直接排放，可以用光伏发电抵消吗？

范围1是指直接碳排放，范围3是上下游碳排放，如果还有直接碳排放，那肯定是不能被抵消的；需要首先用能电气化，将化石燃料的实物消耗量通过转化为电量消耗，将直接碳排放降到零，转化为间接碳排放，然后光伏发电量就可以抵消对应的间接碳排放了。

问题二：零碳园区电蓄热布置怎么考虑，采用集中式蓄热还是分布式蓄热好？

如果是通过全面电气化，将园区的供热也改为电驱动热泵、或者直接电加热，此时建议采用蓄能方式，一方面可以吸纳光伏发电，风力发电等可再生电力，另一方面也可以在现有的电价结构下，利用夜间低谷电。至于蓄热的布置是集中还是分散，这与蓄热体的形式、媒介有关，例如，如果是水蓄热，就是大水罐，可以考虑集中设置，便于找到放置的空间；如果是小型的相变材料蓄能，则应该尽量接近热用户设置，即分散设置。其中还有一个因素要考虑，就是热泵的形式，像中深层地热能配置的热泵，现在基本上也是集中配置，未来可以考虑一个换热孔配置一套热泵，把热泵给分散布置，热泵就近用户使用，此时蓄热体也应该就近热泵，这是比较推荐的系统配置方式。

本刊编辑部

某大型商场室内 TVOC 现状调查研究

山东省城建设计院 尉尧方 霍雨薇 山东省建筑设计研究院有限公司 朱琳琳

〔摘要〕随着我国经济的不断增长,商业建筑如雨后春笋般在各地涌现,商场不同于一般的公共建筑,流动人员多,商品陈列灯光布置也较多。人体产生的二氧化碳、体臭,人员进入商场时带入的粉尘、细菌,再加上商场内建筑装饰和商品散发的挥发性有机物等,使得室内空气品质降低,从而影响了人员的正常活动。其中,各种被测量的有机物含量被称为 TVOC(总挥发性有机物)。本文选取济南市某五层商场建筑为研究对象进行实验,应用 TVOC 便携式快速测定仪对商场内的 TVOC 浓度进行了测试,得出了商场内 TVOC 分布的规律,对防治有机污染物 TVOC 提出了相关建议。

〔关键词〕大型商场;TVOC;室内空气品质

1 研究背景

以大型商场(面积大于等于 15000m²)为代表的商业建筑为了满足人们的购物需求而迅速发展。商场一般位于市中心地段,人员流量较大,建筑面积均在 30000m² 以上,大部分商场中部有中庭,商场内如若通风不良,会使新鲜空气过少,氧气逐渐消耗,细菌加速繁殖。加之建筑装饰及各式商品散发的具有挥发性的有机物过多,会使得商场内空气品质难以满足人员健康要求,严重时会引起“空调病”^[1]。这对经常购物的顾客及商场工作人员的身体健康造成了很大影响。



图 1 病态建筑综合征症状表现

商场内自然通风条件有限,只能采用机械通风的方法进行换气,致使长期工作在商场内的人员出现了越来越多的不适反应。当前,不少商场内空气质量差,常常有异味,主要原因是空气中的含尘量、含菌量及各种有害气体的浓度过高^[2]。因此,研究商场室内空气品质状况,对于改善商场空间室内空气质量,保护人们身体健康具有重要意义。

2 大型商场室内空气污染物种类及影响因素

2.1 大型商场室内空气污染物种类

影响室内空气质量的主要污染因子为温度、相对湿度、空气流速、CO、CO₂、SO₂、NO₂、O₃、甲

醛等^[3]。根据研究对象的自身特点以及各污染物质的实际危害,确定大型商场室内空气污染氨、苯、甲苯、二甲苯、苯并[a]芘、总挥发性有机物(TVOC)、可吸入颗粒物、空气菌落总数、氡等 18 项。其中,温度、相对湿度、空气流速可以通过空气调节来满足要求。后 15 项空气污染物大部分是由室内环境本身原因造成的,主要来源于燃烧、抽烟、清扫、人的呼吸、装饰材料、家具、人体等。大型商场室内空气 VOCs(挥发性有机化合物)浓度指导限值如表 1 所示^[4]。

表 1 大型商场室内空气 VOCs 浓度指导限值

VOCs 的化学分类	推荐浓度限值 (μg/m ³)
烷类	100
芳烃类	50
萜烯类	30
卤烃类	30
酯类	20
醛类和酮类	30
其他化合物	50
TVOC	300

2.2 大型商场室内空气污染物影响因素

影响商场室内空气品质的主要因素主要有以下几点:

(1) 商场内人员密集,人员进入商场时携带的细菌等物质,并会排放出大量 CO₂ 气体、乳酸等物质,降低室内空气品质。

(2) 商品、装饰材料持续释放挥发性有机物,且货架的摆放位置会直接影响气流分布情况,进而影响购物区域的室内空气质量。

(3) 密闭性好,基本无外窗。现代的大型商场内空间寸土寸金,为了更好的满足商品摆放需求,商场内很少设有外窗,导致了商场无法引入自然通风,只能通过机械通风来满足室内新风需求,当新风或排风不能被满足时,引起室内空气品质的恶化。

(4) 大型商场往往处于繁华地段,来往车辆较多,大气污染严重,引进的新风若不进行处理,容易降低室内空气质量。

(5) 空调系统长时间不进行清洗维护,影响送风卫生质量,恶化室内空气质量。室内空气质量等级及特点如表 2 所示^[5]。

表 2 室内空气质量等级及特点

综合指数	等级	等级评语	特点
≤ 0.49	I	清洁	适宜人类生活
0.50~0.99	II	未污染	各环境要素的污染物均不超标,人类生活正常
1.00~1.49	III	轻污染	至少有一个环境要素的污染物超标,除了敏感者外,一般不会发生急性中毒
1.50~1.99	IV	中污染	一般有 2~3 个环境要素的污染物超标,人群健康明显受害,敏感者受害更严重
≥ 2.00	V	重污染	一般有 3~4 个环境要素的污染物超标,人群健康受害严重,敏感者可能死亡。

3 济南商场室内 TVOC 现状调查及分析

3.1 济南商场室内 TVOC 现状调查

虽然装修是室内空气污染的主要来源已得到了人们的普遍认同,但是对于商场这样的高浓度 TVOC 的场所来说,装修对商场的 TVOC 浓度并不是决定性因素。商场陈列的大量商品也是 VOCs 的一个重要来源。济南市商场的 VOCs 主要有以下几种来源:①来自室外空气污染物。②来自商场的装修污染。③来自商场的商品。④来自商场的人类活动^[6]。

本论文使用 TVOC 便携式快速测定仪对济南商场的 TVOC 浓度进行实测,对实测数据进行处理,分析了济南商场的 TVOC 污染现状。同时,通过对商场空气中 TVOC 浓度随温度和空气流速的变化关系曲线的回归分析,了解 TVOC 浓度和室内空气流速及温度相关性;通过对各商场的 TVOC 污染源及背景值的测量分析,得出济南市商场各污染源对商场 TVOC 污染的浓度贡献;通过对商场的 TVOC 与人流量的连续监测和回归分析,得出了商场人流量和 TVOC 浓度的关系。

我们对济南市某商场 TVOC (所有室内有机气态物质) 污染现状调查研究,为了解商场的商品对

室内 TVOC 浓度的贡献,本论文选取 S1、S2、S3、S4、S5 共五个典型商场,根据商场的商品种类,将 5 个商场的商品归为服饰、皮具、电子产品、食品、日用品共五大类。对商场的各类商品售卖区域进行 TVOC 监测,因为选择在早晨人流量较少的时段进行监测,可以忽略人流量对室内 TVOC 的浓度贡献。将上节所测的已装修但未陈列商品的区域作为本底值,本底值与测点的差值就是商品对 TVOC 的浓度贡献。各类商品检测值和本底值测试数据如图 2 所示:

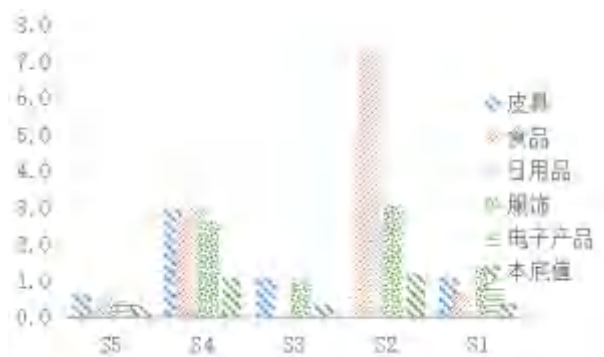


图 2 各类商品检测值和本底值

3.2 济南商场室内 TVOC 现状调查结果分析

由监测结果可以看出:各商场的商品售卖区域 TVOC 浓度均高于本底值。由此可见各类商品对商场 TVOC 的浓度贡献是明显的。其中 S2 商场的食品区域 TVOC 浓度最高,监测值达到 $7.31\text{mg}/\text{m}^3$,超过国家标准 11 倍多。

主观调查显示该商场的建筑物综合症状已普遍发生,疲乏,头痛头晕等症状占主导。TVOC 浓度监测值最低的是 S5 商场的电子产品区域,监测值为 $0.33\text{mg}/\text{m}^3$,未超过国家标准。

济南市商场室内 TVOC 浓度超标现象比较严重,在监测的商场中,室内 TVOC 浓度范围为 $0.21\text{--}3.94\text{mg}/\text{m}^3$,平均浓度为 $1.29\text{mg}/\text{m}^3$,超标倍数为 1.15。多个商场的 TVOC 浓度超过国家标准,超标率为 53%。其中 S2 商场的 TVOC 监测值最高,浓度值为 $3.94\text{mg}/\text{m}^3$,超标倍数为 5.57。其超标原因一方面是商场面积较大(超过 10000m^2),商品密度大,人流量多,空调通风量小,存在通风死角。另一方面是因为商场商品主要为皮具,化妆品,服装等 VOCs 含量较高的商品。TVOC 监测值最低的是 S3 商场,浓度值为 $0.21\text{mg}/\text{m}^3$,低于国家标准。和 S2 商场相比,其 TVOC 较低的原因为,其商场面积不如 S2 商场大,通风效果较好,商品量和人流量都较少。另外一个重要因素是其商品中电子类产品和饮食类产品占比重大,在源强上降低了 VOCs 的释放。

4 济南商场 TVOC 的防治对策

室内环境污染现象极其普遍,化学性指标污染较重超标项目范围较广且相对集中。根据本论文的研究结果,针对济南商场的污染状况,本文最后提出了一系列污染防治措施。商场的 VOCs 控制主要可以通过四种途径实现,即污染源控制、室内通风控制、室内空气净化和受污染群体保护^[7~10]。

(1) 污染源控制是指从源头着手避免或减少污染物的产生或利用屏障设施隔离污染物,不使其进入室内环境。

(2) 室内通风控制则是借助自然作用力或机械作用力将不符合卫生标准的污浊空气排至室外或排至空气净化系统,同时,将新鲜空气或经过净化的空气送入室内。

(3) 室内空气净化则是指借助特定的净化设备收集室内空气污染物,将其净化后循环回到室内或排至室外。

(4) 受污染人群的保护包括制定合理的劳动时间,保证从业人员处于受污染环境的时间降低,对商场人员进行个体保护等措施。

5 结论

目前室内空气品质已逐渐成为室内环境的主要矛盾,成了投诉的焦点,也是世界关注的热点之一,人们更加感到研究室内空气品质的重要性和迫切性。通过对济南某商场内室内环境污染物的调研,对采集的数据进行分析,总结了造成商场内空气质量下降的原因,进而提出了优化措施:(1)在商场设置屏障,减少污染物进入室内;(2)利用排风机等将污染物较多的空气排至室外;(3)利用新风机等净化空气,引入新风;(4)对商场内久待人员进行个

体保护,避免影响身体健康。优化措施出投资较大,但对于商场内空气质量具有显著的改善效果,对各大商场内控制室内污染物具有实际指导意义。

参考文献

- [1] 翟灿灿,孙春华.天津某高校办公建筑秋冬季室内 TVOC 检测分析[J].河北工业大学学报,2018,47(04):31-36.
- [2] Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings[J]. A. Norhidayah, Lee Chia-Kuang, M.K. Azhar, S. Nurulwahida. Procedia Engineering. 2013
- [3] Logue, Jennifer M, Price, Phillip N, Sherman, Max H, Singer, Brett C. A Method to Estimate the Chronic Health Impact of Air Pollutants in U.S. Residences[J]. Environmental Health Perspectives, 2012, 120(2).
- [4] 郑婉月.重庆地区商场建筑室内空气品质评价[D].重庆大学,2016.
- [5] 王涛,杨华,齐淑一,齐承英.北方地区大型商场冬季室内空气品质调查研究[J].河北工业大学学报,2013,42(05):55-60.
- [6] 舒爱霞,李孜军,邓艳星,郭宁.综合指数评价法在室内空气品质评价中的应用[J].化工装备技术,2010,31(02):60-62.
- [7] 潘文秋.海沃地下商城空气质量品质控制技术研究[D].安徽理工大学,2016.
- [8] 吴斌.室内环境甲醛、氨、氡、苯、TVOC 检测及质量控制[J].化工设计通讯,2018,44(11):214.
- [9] 翟灿灿,孙春华.天津某高校办公建筑秋冬季室内 TVOC 检测分析[J].河北工业大学学报,2018,47(04):31-36.
- [10] 吕庆奎,满杰,陆希峰,张红静.室内环境污染物氨、甲醛、氨、苯、TVOC 检测过程中的质量控制[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(03):46-47.

国务院办公厅印发《关于进一步盘活存量资产扩大有效投资的意见》

近日,国务院办公厅印发《关于进一步盘活存量资产扩大有效投资的意见》(以下简称《意见》)。《意见》指出,聚焦盘活存量资产重点方向,重点盘活存量规模较大、当前收益较好或增长潜力较大的交通、水利、清洁能源、保障性租赁住房、水电气热等市政设施、生态环保、产业园区、仓储物流、旅游、新型等基础设施项目资产。

《意见》强调,盘活存量资产要尽快形成有效投资,引导做好回收资金使用,精准有效支持

“十四五”规划 102 项重大工程等新项目建设,加快项目前期工作,加强地方政府专项债券等配套资金支持,促进项目落地实施、形成实物工作量。

《意见》明确,国家发展改革委要牵头会同有关部门,建立完善工作机制,协调解决共性问题,形成工作合力。各地区要因地制宜研究制定有效措施,拿出有吸引力的示范项目,对参与的各类市场主体一视同仁,调动民间投资参与积极性,确保将《意见》各项任务举措落到实处。

住宅建筑开窗行为影响因素研究

华北科技学院 林明彬 魏鋈 张维亚 吴金顺 北京工业大学 潘嵩

〔摘要〕室内人员的开窗行为对室内空气品质、人体热舒适以及建筑能耗有着重要影响。当今室内空气品质引发的人体健康问题越来越受到专家学者的关注，为了极大程度上改善室内人员的健康问题，研究学者开展了一系列的开窗行为的研究。本研究通过现场仪器监测的方法，对东南沿海地区某住宅建筑的室内环境参数及窗户状态进行监测。研究发现，影响住宅建筑居民开窗行为的主要因素为室内温度，其次是室内甲醛浓度、室内 CO_2 浓度和室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度。

〔关键词〕开窗行为；室内空气品质；住宅建筑

0 引言

随着经济全球化和城市化的推进，各城市面临空气质量问题越发严重，人民面临更为严重的环境污染问题，因此环境污染问题对于人民而言的极为重要。而大部分人将 85~90% 的时间是停留在室内，而室内空气品质对人的健康有直接影响，其中开窗行为对于改善室内空气品质有着至关重要的作用。室内污染物主要有悬浮颗粒物、气态物质和放射性污染源这三种污染源类型。因此提供一个高品质环境和舒适的室内环境，已成为人们日益关注的方面。在夏季，人们会在室内开启空调，但为了提高空气质量会通过开关窗户进行空气调节。研究发现，在“密闭”室内下的人们会经常出现疲劳，头昏，鼻塞、精神不集中和烦躁等建筑综合征。然而经常进行室内外空气调节的居民更为“健康”，这一问题已引起国内外的高度重视。

迄今为止，国外已经开展了许多开窗行为相关性研究^[1-3]，但是国内对此研究仍处于起步阶段。虽然我国已经建立较为完善的室外大气环境研究与监测，但缺乏对室内环境研究与监测。研究发现，影响室内居民进行空气质量调节因素为：温度、湿度、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度、 CO_2 浓度和甲醛浓度。其中悬浮颗粒物、 CO_2 浓度和甲醛浓度与室内空气品质密切相关，已被证实对人体有极大伤害，而室内居民的开窗行为，在极大程度上改善室内空气质量^[4-6]。因此研究居民开窗行为对改善室内空气质量 and 提供热舒适环境具有重要意义。

本研究针对住宅建筑内居民的开窗行为。住宅建筑中，调节室内空气品质最根本方式是开窗^[7]。开窗的意义在于室内空气与室外空气进行空气交换，提高室内空气质量，给居民带来舒适的环境。它极大满足住宅居民的身体健康以及心理健康。本研究通过，对住宅室内环境参数：温度、湿度、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度、

CO_2 浓度和甲醛浓度进行实地监测，针对住宅建筑的开窗行为开展研究。

1 研究方法

1.1 建筑信息

本研究，监测数据地点位于中国东南沿海地区，选取 5 户住宅居民，对其进行室内环境数据及窗户状态的监测。该小区建筑结构由钢筋混凝土和砖块搭建，楼宇之间没有高大建筑和树木进行遮挡，因此噪声和光照方面可以忽略不计，该住宅建筑外部情况如图 1。



图 1 小区建筑

1.2 数据采集

本研究，室内环境参数采集设备：空气质量检测仪（型号：A2-Y，中国汉威科技集团），采集参数：温度（记录间隔：5min；灵敏度：1℃）、湿度（记录间隔：5min；灵敏度：1%RH）、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度（记录间隔：5min；灵敏度：1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、 CO_2 浓度（记录间隔：5min；灵敏度：1ppm）和甲醛浓度（记录间隔：5min；灵敏度：0.01 mg/m^3 ）。窗户的状态（关闭/开启）由门窗传感器（型号：MCCGQ01LM，中国小米公司）进行监测。排除因电源故障与人为导致数据异常数据。仪器安装情况如图 2、图 3。

2 开窗行为结果分析

根据以往的研究发现对开窗行为的影响因素包

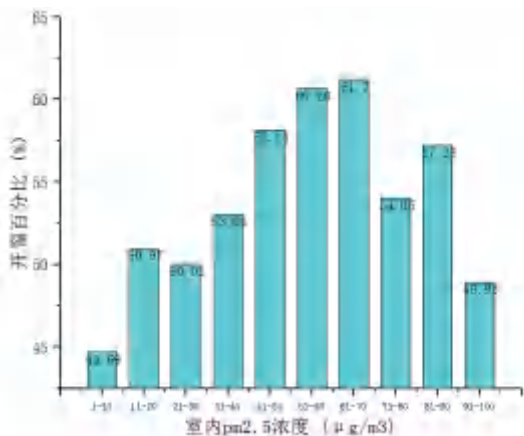


图2 空气电台图3 门窗传感器

括：室内 $\text{PM}_{2.5}$ 、室内 CO_2 、室内温度、室内相对湿度和每天不同时间段^{[8][10]}。

2.1 室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度

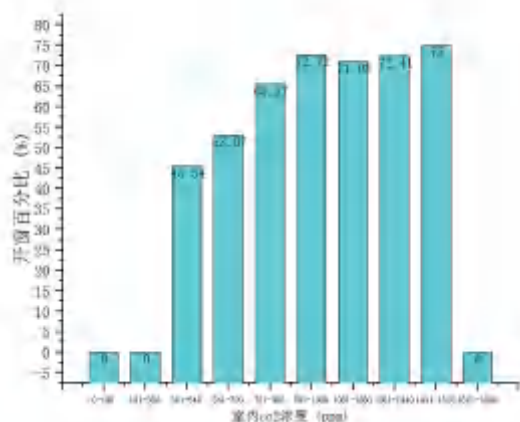
随着室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的升高，室内开窗比例也存在着变化。如图4所示，图形显示凸形，在总体上室内 $\text{PM}_{2.5}$ 无法与开窗比例呈现一个比例关系。室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 $41\text{--}70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围中开窗概率较高，其中室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 $61\text{--}70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 开窗概率为最大值，而在室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 $1\text{--}10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，开窗概率为最低只有 14.69% ， $\text{PM}_{2.5}$ 是指可入肺颗粒物的大气细颗粒物，其直径小于 $2.5\mu\text{m}$ ，可深入人的肺部，造成严重的健康问题^[12]。数据中室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度高可能原因。第一，可能受到建筑外部（例如交通、工业）的影响，尤其是福建炼油化工有限公司排放污染物；第二，可能由于建筑内部（例如烹饪、清洁、除尘等人为活动造成）的影响。因此无法判断是否判断室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与开窗概率存在何种关系，后面会通过单因素方法，来分析它们之间存在何种关系。

图4 室内 $\text{PM}_{2.5}$ 开窗比例图

2.2 室内 CO_2 浓度

由于室内 CO_2 浓度的不同，开窗概率也存在差异。如图5所示，从图形发现，总体上随着室内 CO_2 上升，开窗比例也随之上升。在室内 CO_2 浓度为 $1442\text{--}1620\text{ppm}$ 开窗概率达到了峰值 75% 。而当 CO_2 浓度超过 1000ppm 时，室内空气受到污染，人体会开始产生不适，会出现气喘、头痛、眩晕。所

以居民会主动将窗户打开来改善室内空气。可以得出，室内 CO_2 浓度与开窗行为存在相关性。

图5 室内 CO_2 开窗比例图

2.3 室内温度

开窗概率随着室内温度的变化而变化。如图6所示，图形出现凹行，在室内温度为 $18\text{--}26^\circ\text{C}$ 和 $29\text{--}35^\circ\text{C}$ 时，房间开窗比例是普遍较高的，开窗概率都处于 55% 以上，其中当室内温度为 $32\text{--}35^\circ\text{C}$ 时，开窗概率为最大值；而在室内温度为 $26\text{--}29^\circ\text{C}$ 时开窗概率只有 34.33% 。由于生活习惯不同和人流密度的不同造成其情况，因此无法判断室内温度与开窗概率是否存在相关性，因此，后面会通过单因素方法来分析它们之间存在何种关系。

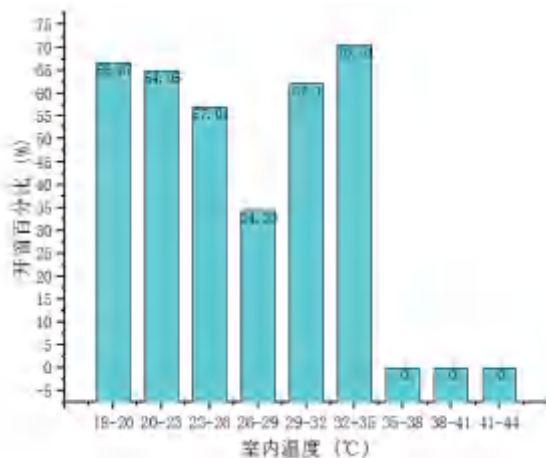


图6 室内温度开窗比例图

2.4 室内湿度

随着室内湿度的不断升高，室内开窗概率存在变化。如图7所示，图形呈现凹形，室内湿度在 $30\text{--}49\%$ 和 $60\text{--}79\%$ 范围内，开窗频率均处于 50% 以上，当室内湿度在 $70\text{--}74\%$ 范围内开窗频率到达了顶峰 74.56% ，而室内湿度 $55\text{--}59\%$ 时，开窗频率为最低 42.85% 。在低湿度和高湿度时开窗比例都普遍高。

当室内处于高湿度下,室内产生霉菌、潮湿对人体健康是有害的,人体会出现过敏性疾病和湿疹。于是推演,高湿度可能因为处于东南沿海地区降雨量高、植被覆盖率高湿度高造成湿度高并且夏季也叫台风季湿度高这属于正常现象。因此无法判断室内湿度与开窗行为存在某种关系,因此后面会通过单因素方法,来分析它们之间存在何种关系。

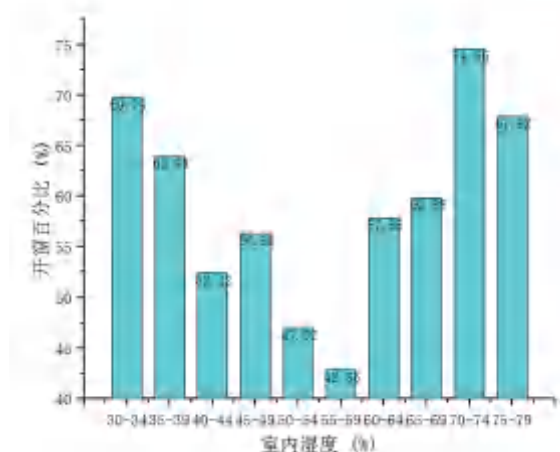


图7 室内湿度开窗比例图

2.5 室内甲醛浓度

随着室内甲醛浓度的升高,开窗的比例存在差异。如图8所示。由图形发现,甲醛浓度的上升与开窗比例是无法呈现任何比例关系。甲醛浓度在 $0-0.8\text{mg}/\text{m}^3$ 范围中开窗频率在45%左右,而浓度在 $0.9-1\text{mg}/\text{m}^3$ 达到峰值60.09%,但甲醛在 $0.8-0.9\text{mg}/\text{m}^3$ 中开窗频率最低为14.95%。当室内甲醛浓度在 $0.07-0.08\text{mg}/\text{m}^3$ 时,空气已处于临界点,成年人也开始产生不适感;当室内甲醛浓度在 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 时,空气出现异味;室内甲醛浓度在 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 时,可刺激眼睛,引起流泪;室内甲醛浓度在 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 时,可引起咽

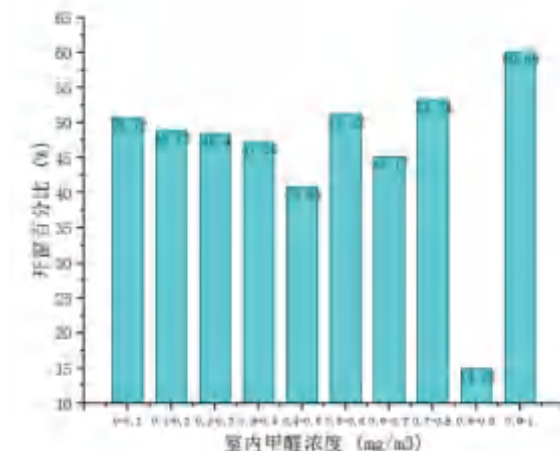


图8 室内甲醛浓度开窗比例图

喉不适或疼痛。当室内甲醛浓度更高时,可引起恶心呕吐,咳嗽胸闷,气喘甚至肺水肿。分析原因可能是:第一,可能建筑外部(例如交通、工业和大气化学反应)的影响;第二,可能因为监测数据点处于东南沿海地区,室外湿度高又处于夏季。在室内外温差大和高湿度暴露下,湿度和温度对甲醛浓度正相关,并且木质家具中的甲醛在 30°C 以上会被催化造成甲醛浓度较高^[11]。因此,无法直接得出室内甲醛浓度与开窗行为之间关系。

2.6 不同时间段

在不同时间段中开窗概率的不同。如图9所示。由图形发现,在6:00点开始直到20:00点开窗概率在50%以上,其中在10:00-12:00点时,开窗概率达到峰值53.73%,而在2:00-4:00点时,开窗概率为最低43.08%。

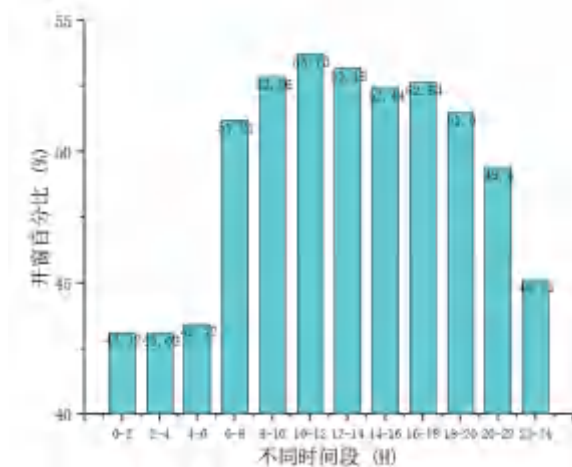


图9 不同时间段开窗比例图

3 Logistic 回归分析

3.1 单因素分析

方差单因素分析是用于分析单个自变量与因变量是否关系的分析方法^[9]。因此本研究,运用单因素分析方法,对住宅建筑开窗行为无影响因素进行排除。如表1。

由表1表格中得出,住宅建筑开窗行为影响因素单因素分析的结果,从表看出室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度、室内 CO_2 浓度、室内甲醛浓度和室内温度中主体间效应检验的显著性值Sig均小于0.05,说明以上因素在住宅建筑对开窗行为有显著影响。而室内湿度对应的Sig为0.0741,说明室内湿度对开窗行为无显著影响。

3.2 Logistic 回归分析

通过单因素分析得出室内湿度对开窗行为规律无显著影响,因此在Logistic回归分析只分析室内 $\text{PM}_{2.5}$ 、室内 CO_2 、室内甲醛和室内温度对开窗行为

表1 夏季住宅建筑开窗行为影响因素主体间效应检验

	Ⅲ型平方和	df	均方	F	显著性
修正的模型	1017.291a	1	1017.291	4188.436	0.000
截距	23452.362	1	23452.362	405.96	0.000
室内 PM _{2.5} 浓度	18.033	1	18.033	72.171	0.000
室内 CO ₂ 浓度	1017.291	1	1017.291	4188.436	0.000
室内甲醛浓度	3.603	1	3.603	14.414	0.000
室内温度	68.1	1	68.1	272.926	0.000
室内湿度	0.027	1	0.027	0.109	0.0741
误差	35534.997	143029	0.25		
统计	71970	143030			
校正后总数	35756.37	143030			

表2 Logistic 回归分析结果

变量	回归系数 B	S.E.	Wald χ^2	自由度 df	Sig. P 值	Exp(B)
截距	3.353	0.067	2501.144	1		
室内 PM _{2.5} 浓度	-0.002	0	4128.235	1	0.00	0.998
室内 CO ₂ 浓度	0.004	0	7032.004	1	0.00	1.004
室内甲醛浓度	-0.187	0.037	26.175	1	0.00	0.829
室内温度	-0.206	0.003	4644.734	1	0.00	0.814

的影响强度,如表2。

由表2回归系数及显著性检验分析得出的Sig值均为0.00,均小于0.05,符合显著性水平验证要求。所以住宅建筑开窗行为与室内PM_{2.5}、室内CO₂、室内甲醛和室内温度有着影响性,再根据回归系数B绝对值大小的不同,发现影响程度存在差异。由表2可看出,对住宅建筑夏季开窗行为最大的室内环境参数是室内温度,然后依次是室内甲醛浓度、室内CO₂浓度和室内PM_{2.5}浓度。

4 结论

本文研究东南沿海地区某住宅建筑中的室内PM_{2.5}浓度、室内CO₂浓度、室内甲醛浓度、室内温度、室内湿度和不同时间段对开窗行为的研究,分析环境因素是否对开窗行为产生影响。得出以下结论:

1)影响住宅建筑居民开窗行为的主要因素为室内温度,其次是室内甲醛浓度、室内CO₂浓度和室

内PM_{2.5}浓度。

2)在不同的时间段中,室内人员的开窗习惯存在差异,发现在10-12点和2-4点时,开窗概率较高。

3)室内温度上升,开窗比例会升高,可能由于室内温度过高,居民会选择打开窗户来调节室内气温。

参考文献

- [1]Warren PR and Parkins LM. Window-opening behavior in office buildings [J]. Building Services Engineering Research and Technology, 1984,5 :89-101.
- [2]Fritsch R, Kohler A, Nygard-Ferguson M and Scartezzini JL. A stochastic model of user behavior regarding ventilation [J]. Building and Environment, 1990, 25:173-81.
- [3]Raja IA,Nicol JF,Mccartney KJ,et al.Thermal Com-fort: Use of Controls in Naturally Ventilated Buildings[J].Energy & Buildings,2001,33(3):235-244
- [4]Xiu feng Tian,Shuqin Chen,Zhiyi Wei Hong Zhang Jun Guan Yingshuo Lin, Shi wen Guan Impact of Window-opening Random Behaviors on Indoor Ultrafine Particles: a Preliminary Simulation Study.
- [5]简毅文,刘建,李清瑞.住宅室内CO₂浓度与人为行为关系的实测研究[J].暖通空调,2012年第42卷第9期,114.
- [6]刘世珍.武汉城市住宅室内空气品质现状调查与评价[D].武汉:武汉理工大学,2004
- [7]沈晋明.同济大学.创造舒适的室内环境.
- [8]周岩,谭洪卫,赵雨.开窗行为规律及其对室内PM2.5浓度的影响研究[J].建筑热能通风空调,2018年2月第37卷第2期。
- [9]李昕,张明明.SPSS 22.0 统计分析从入门到精通[M].电子工业出版社.2015。
- [10]崔鸢,王忠祥.室内空气质量对人体健康的影响及改善空气质量的措施[J].技术探讨
- [11] <https://zhidao.baidu.com/question/1048116033961461619.html>
- [12] Hosmer D W,Lemesbow S. Applied Logistic Regression [M].2nd Edition.New Yort: John Wiley & Sons,Inc,2000.



季节变换对隧道施工通风中颗粒物浓度控制的影响

东华大学 杨清海 沈恒根 刘建麟 吴军

[摘要] 为研究分析季节变化对隧道施工通风的影响,本研究对云山隧道冬夏两季的施工通风进行了测量,测量参数包括洞口大气压、气温、风速、洞内风速、壁温及颗粒物浓度。测量结果表明,在相同的斜井射流通风模式中,夏季掌子工作面与运输通道中颗粒物浓度均高于冬季浓度,且增加射流风机后仍无法解决夏季通风动力不足问题。研究提出结合季节变化影响,使用局部干式除尘器对污染区分区控制,在通风过程中降低颗粒物浓度的控制方案。对比测量与CFD模拟值,并使用USEtox生命周期模型对比前后通风方案中PM10对施工人员健康的影响,表明控制方案可以有效的适应季节变换的影响,并可以充分利用自然通风达到节能的目的。研究结论可以为隧道施工通风系统提高通风效果及降低能耗提供设计建议和指导。

[关键词] 隧道施工;隧道通风;季节气候影响;颗粒物控制;生命周期评价;净化除尘

1 引言

随着中国经济的快速发展,交通等基础设施也在快速的扩大规模^[1]。2018年全国公路总里程484.65万公里,其中公路隧道17738处、总长1723.61千米,长度年增长率高达11.1%^[2]。目前中国国内建设的隧道,尤其是野外山地隧道,以钻爆法施工为主^[3-4]。钻爆法隧道施工中会产生大量的游离二氧化硅粉尘,其中爆破出渣与喷射混凝土产生了约80%的粉尘量^[5],而长期吸入粉尘易引起以肺组织弥漫性纤维性病变为主的尘肺病^[6]。在隧道的施工过程中,常使用机械送排风的方法去除通道内的颗粒物及气体污染物^[7]。根据施工进展所处的不同阶段,通风方式会选择集中风管压入式送风、轴流风机风道送风或风管风道结合式送风等模式^[8-9]。为了提高通风效率,如何合理的结合地形与气候条件,提高自然风力在机械通风系统中的助力作用,也是科研与设计人员关注的方向^[10-11]。

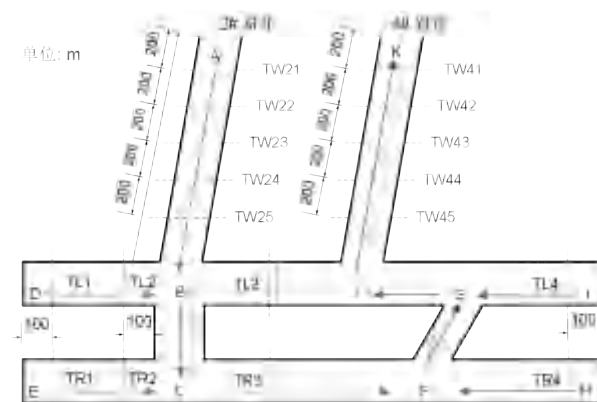
本研究基于云山隧道冬夏两季的施工通风数据与冬夏季气象条件变化,测试了冬季与夏季隧道施工过程中气象风速,壁面温度,隧道内风速与PM10颗粒物浓度分布。结合基金支撑的课题设备,提出了结合干式除尘器除尘方案,并对方案进行了数值计算。本研究结果有助于实现隧道施工过程中高效通风除尘,减小设备对施工空间的占用,提高工作人员舒适程度,加快隧道施工的进度。

2 材料与方法

2.1 测试对象

本研究中测试的云山隧道位于山西省左权县城东北5公里处太行山脉中,属暖温带季风气候区,

四季分明,年平均气温为7.9℃。隧道连接左权县与和顺县,左线全长11408 m,右线全长11387 m,间距30~35 m,车道路面的坡度为2.00%。隧道最大埋深742.67 m,共设附属工程竖井1处,斜井4处。其中测试的2#斜井长1246.67米,倾角7.32°,4#斜井长1232.18米,倾角8.63°,两井口标高相差12.3m,测试期间施工进度处于斜井参与正洞施工通风阶段,施工进度每天推进约1.5m。通风组织与测点分布如图1所示。



TW21表示2#斜井第1个测面,TL1表示左线第一个测面,TR1表示右线第一个测面

图1 测量横断面位置分布

冬季测量日期为2013.12.04-12.20,夏季测量日期为2014.08.01-08.14,期间每天于8:00,14:00,20:00进行三次测量。气象参数取样点位于距洞口20m左右平坦地面上,高度距地面1.5m,每次测量时长10分钟,每分钟计数1次,取10次平均值作为测量值,以排除误差影响。测试仪器为YGY-

QXY 手持式气象仪, 风速测量误差为 $\pm 0.3\text{m/s}$, 风向为 ± 1 方位, 气温为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$, 大气压为 $\pm 0.3\text{hPa}$ 。隧道内壁面温度使用 testo905T 表面式温度计测量, 误差为 $\pm(4\%U+1)^\circ\text{C}$ 。隧道内风速使用 QDF-6 热球式风速仪, 误差为 $\pm(4\%U+0.1)\text{m/s}$ 。使用测量便携式 CEM 激光颗粒物测试仪检测 PM_{10} 浓度, 误差为 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2.2 Control Scheme and simulation analysis

统计资料表明, 爆破岩石直接产生量统计结果为公式 (1) [12], :

$$Q_c = 0.149(a \cdot k_1)^2 k_2 v_e \quad (1)$$

式中, Q_c 为产生尘量, kg ; a 为单位炸药耗量, kg/m^3 ; k_1 为炸药能力利用系数, 这里取 1; k_2 为材料产生尘系数, 取 1; v_e 为被爆破结构的体积, m^3 。经计算单次爆破产生尘量约为 14.4kg 。

对隧道内污染空气进行样品采集, 通过 Grim 激光粒径仪测量施工过程中产生的粉尘浓度, 结合 Rosin-Rammler 分布 [14] 模型进行拟合, 得到隧道施工中产生的细颗粒物粒径分布函数, 见公式 (2), 其中。

$$F(x) = P(X \leq x) = 100 - 100e^{-0.47x^{3.08}} \quad (2)$$

为消除气象地质等不利因素对通风效果的影响, 本研究课题设计了新型塑烧板除尘器对隧道内进行强制除尘净化, 机型结构如图 2 所示。机体横向宽度 1.2m , 过滤表面积与空间体积比约为 19, 结构紧凑, 空间占用小, 运行压力平稳。设备额定处理风量为 $300\text{m}^3/\text{min}$, 测试除尘总效率 99.7% 。采用组合式设计, 可以依据空间进行组合拓展过滤面积, 不占用施工过程中车辆设备的运行空间。设备中出风口的角度可以调节, 以适应不同的通道空间。

2 结果与讨论

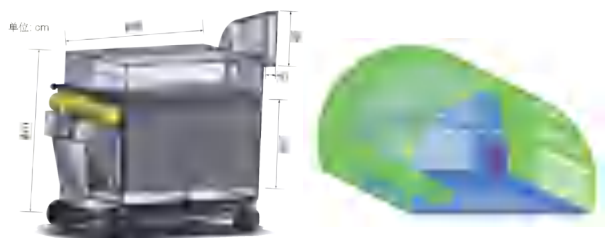
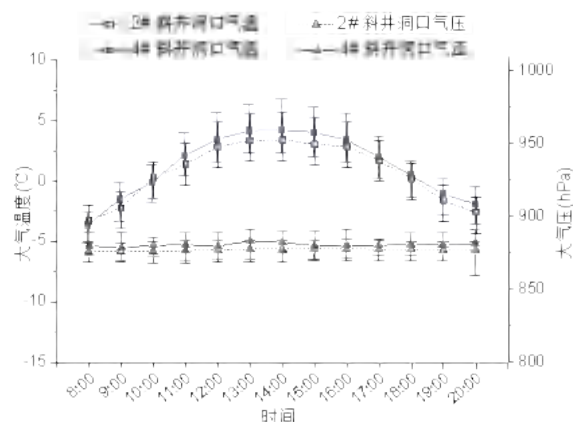


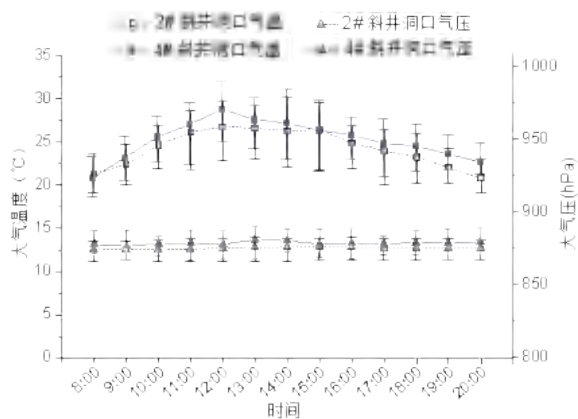
图 2 新型隧道用塑烧板除尘器及计算网格

2.1 气象参数

由于隧道地处季风气候区, 冬季测试期间, 大气温在 $-5\sim-7^\circ\text{C}$ 范围内浮动, 均值在 0°C 左右; 夏季测试期间, 大气温变化范围处于 $18\sim 32^\circ\text{C}$ 内, 均值在 25°C 上下。时均气压值在测试期间基本保持不变, 波动很小, 由于 2# 斜井入口比 4# 斜井入口高出 12.3m , 两者气压差值很小, 可以忽略影响, 温度与气压值分布如图 3 所示。



(a) 冬季期间



(b) 夏季期间

图 3 气象气温与气压值

2.2 隧道内温度浓度分布

随着深度的加深, 斜井壁面温度的日波动值逐渐减弱, 测量出的稳定状态的壁温是岩体蓄热与通风换热动态平衡的结果。由于通风流向为由 2# 斜井流向 4# 斜井, 因此出口附近壁温, 冬季 2# 斜井低于 4# 斜井, 夏季 2# 斜井高于 4# 斜井, 如图 4 所示。在距 2# 斜井 200m 左右的 TW21 位置, 气温日变化值仍然受外界气温波动的影响, 而在距 2# 斜井 400m 左右的 TW22 位置, 气温日变化值已相对稳定, 但冬季与夏季的均值仍有差异。壁温在距洞口 200m 处的日变化值已经保持相对稳定, 在 400m 左右冬夏季的温度差别已经不明显。通风气流温度在距入口 $700\sim 800\text{m}$ 深度左右才开始保持稳定。与进口气流温度相对应的是, 出口气流已经在隧道内的流动过程中与岩壁完成了充分换热, 因此夏季时出口附近气温与壁温皆低于进口附近相对位置的值, 而冬季均高于进口附近相对位置的值, 如图 4 所示。

分析隧道内气温与壁温的分布, 如图 4 所示, 冬季时通风系统进口段气温低于出口段, 夏季时进口段高于出口段。由于空气接近于理想气体, 相同

压力条件下温差会造成空气的密度差,因此冬季时烟囱效应(stack effect)产生的动力有助于通风流动,夏季则阻碍于通风流动,因此同样的通风系统,冬季斜井中平均风速约为夏季的3倍左右,其结果也造成斜井通道内冬季的颗粒物浓度远小于夏季的颗粒物浓度,如图5所示。

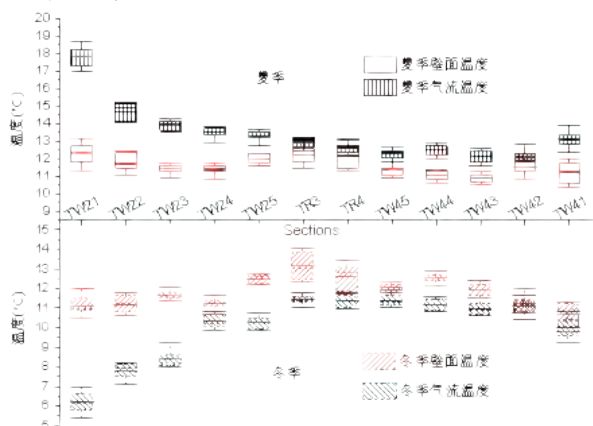


图4 隧道内各测点的壁温及气温分布

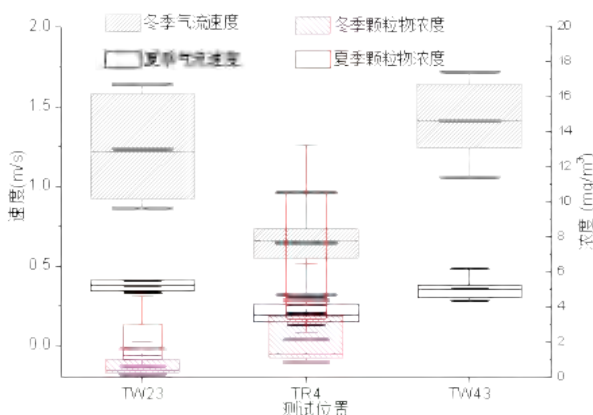


图5 测量平均风速及PM₁₀浓度分布

将空气作为理想气体,参考地质学的研究及本测试数据,深度超过10m的岩石壁温在一天内受外界风速及气温的变化已经很小^[22],2#斜井隧道内壁温气温与压强可以拟合如下所示:

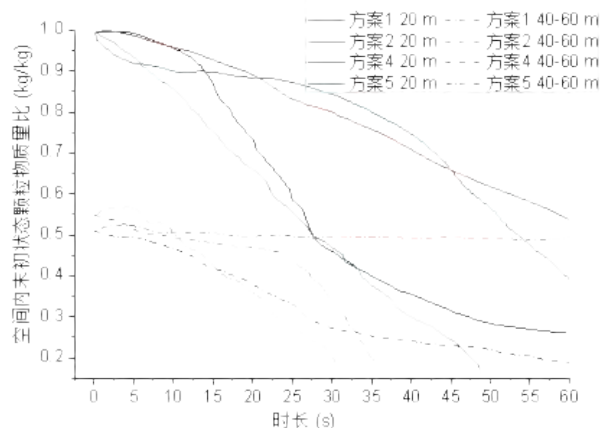
$$\begin{aligned} T_{air} &= 11.23 - 10.47 \times 0.98^x \\ T_{wall} &= 10.35 + 1.33 \times 10^{-3}x \\ P &= 4.76 \times 10^{-4}x \end{aligned} \quad (5)$$

因通风气流进入4#斜井前已与隧道壁面充分换热,因此4#斜井内的气体温度只受壁面温度的影响。经积分计算,2#与4#斜井入口与出口冬夏季烟囱效应产生的动力分别为50.74Pa与-101.60Pa,冬季产生正向效果,加强通风效果,夏季产生负向效果,阻碍通风除尘。

2.3 颗粒物优化控制结果分析

本课题设计利用塑烧板除尘器去除施工区域颗

颗粒物。数值计算结果表明,与项目中仅风管送风排风相比,施工掌子面附近区域颗粒物去除速率可以提高约1倍。在风管送风与除尘器共同作用下,一方面可以在保持相近的除尘效率情况下,将风管送风量由800m³/min降至200m³/min,降低送风所需的能耗;另一方面降低掌子面排向风道空间的颗粒物数量,有效降低施工过程中送排风的弥漫效应,提高整个风道的空气质量如图6所示。结果表明,除尘器的存在不仅不会大幅度提高工作面附近的空气龄,会适当降低除尘器后(距掌子面40-60m)空气龄值,提高风道内,即非施工区域的空气质量。



方案1中风管送风量为800m³/min,除尘器关闭;方案2中风管送风量为800m³/min,同时除尘器运行;方案3中风管送风量为200m³/min,除尘器关闭;方案4风管送风量为200m³/min,同时除尘器运行;方案5中仅有除尘器运行。方案1 20 m表示方案1中距掌子面20m的空间内,40-60 m表示距掌子面40-60m空间内。

图6 不同工况下掘进面附近空间的颗粒浓度变化

对比整前后通风系统中的颗粒物浓度分布,充风利用通风温差可以在冬季大幅度降低主隧道内的颗粒物浓度,但却不能降通风系统主流向之处区域的浓度,即图1中DB、EC、HF与IG通向施工掌子面部分。由于掌子面区域并不能有效的利用整个通风系统的动力,同时夏季还会受烟囱效应的阻力作用,导致夏季隧道施工环境的恶化。

通过在四个施工掌子面设置除尘器,可以显著的降低施工区域的颗粒物浓度,同时也减少了颗粒物在通风通道中的扩散,如图7所示,为施工区域及人员流动通道创造低污染的环境。计算隧道施工中的每天每班8小时工作的HHD值,使用除尘器可以保证颗粒物对工人身体健康的影响在危险值以下。同时为了降低JK段的颗粒物浓度,也可以在其中设置除尘器,以实现颗粒物向大气的低值排放。由于

除尘器降低了颗粒物处理对通风量的需求,施工掌子面区域可以在满足人员与设备需氧量的前提下减小通风量,减小通风管中的能量损耗,同时图1中BJ间的隔断也可以考虑不保留,更有利于施工流程进行。

3 结论

由测量数据及研究分析结果可得以下结论:

(1) 位于冬夏季分明地区的隧道施工过程中,隧道壁面温度会随季节的变换而波动,但随着深度的增加波动幅值减小,深入洞口300m左右后壁面温度基本保持不变,不再受外界因素的干扰。

(2) 不同的季节对施工通风产生影响的因素主要是气温,气压与风速的变化通风系统影响不明显。空气与壁面换热形成的烟囱效应会对通风系统产生明显的动力或阻力作用。长度1200m,倾角 7° 左右的斜井冬季可产生约50.74Pa动力作用,夏季可产生-101.60Pa的阻力作用。隧道施工通风系统设计时应以夏季工况为基准,冬季充分利用自然通风可以节约大量运行费用。

(3) 简单的增大风道风量并不能有效的提高颗粒物的通风排尘效果,使用占用空间小的除尘器可以有效的降低整个隧道空间的颗粒物含量,为施工人员创造安全施工环境的同时,也提高了整个通风系统的运行效率。

参考文献

- [1] 国务院新闻办公室.《中国交通运输发展白皮书》.北京:新华社.2016-12-9(2017-10-10) [2017-11-20]. http://news.xinhuanet.com/politics/2016-12/29/c_1120210887.htm.
- [2] 交通运输部.2018年交通运输行业发展统计公报.中国交通报.2019-4-12. <http://kns.cnki.net/kns/detail/detail.aspx?FileName=CJTB201904120020&DbName=CCND2019>.
- [3] 贺光会.超长巷道炮掘时粉尘分布规律研究[J].现代矿业,2016,32(9):21-27.
- [4] 孙忠强,方宝君.钻爆法隧道施工钻孔过程粉尘分布规律研究[J].煤炭技术,2016,35(10):155-157.
- [5] 林晓光.隧道施工通风数值模拟与自动控制技术研究[D].[长沙]:中南大学,2014.
- [6] Sauve JF,Beaudry C,Begin D, et al. Statistical Modeling of Crystalline Silica Exposure By Trade in the Construction Industry Using a Database Compiled From the Literature[J]. Environmental Science-processes & Impacts, 2014, 16(12): 2814-2815.
- [7] Chammem T,Vauquelin O,Mhiri H. Performance Evaluation of Alternative Tunnel Longitudinal Ventilation Systems Using Two Inclined Jets[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2014, 41(11): 53-61.
- [8] Zhang X,Zhou C,Fu Y, et al. Construction Ventilation of Tongluoshan Expressway Tunnel[C]//Civil, Structural and Environmental Engineering, pp: 1-4, 2014: 1234-1239.
- [9] Liu S,Wang D,Cui L, et al. Tunnel Construction Ventilation Monitoring System Based on Fieldbus Technology[C]//2016 2nd International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration, 2016: 61-64.
- [10] Liu M,Zhu C,Zhang H, et al. The Environment and Energy Consumption of a Subway Tunnel By the Influence of Piston Wind[J]. Applied Energy, 2019, 246(32): 11-23.
- [11] Zhou Y,Yang Y,Mao Z, et al. Analytical and Numerical Study on Natural Ventilation Performance in Single and Gable Slope City Tunnels[J]. Sustainable Cities and Society, 2019, 45(23): 258-270.
- [12] 陈志强.钻爆法隧道施工粉尘防治的研究[D].[济南]:山东大学,2008.
- [13] 罗有权,张黎红,周平,等.隧道施工洞口粉尘分布影响研究及防控措施[J].武汉大学学报(工学版),2017,50(4):583-590.
- [14] 刘毅,蒋仲安,蔡卫,等.综采工作面粉尘运动规律的数值模拟[J].北京科技大学学报,2007,29(4):351-353,362.
- [15] Rosenbaum RK,Meijer A,Demou E, et al. Indoor Air Pollutant Exposure for Life Cycle Assessment: Regional Health Impact Factors for Households[J]. Environmental Science & Technology, 2015, 49(21): 12823-12831.
- [16] Cao S,Kong X,Li L, et al. An Investigation of the Pm2.5 and No2 Concentrations and Their Human Health Impacts in the Metro Subway System of Suzhou, China[J]. Environmental Science-processes & Impacts, 2017, 19(5): 666-675.

自然风作用下城市竖井型公路隧道活塞风特性

南京工业大学 颜文 童艳 胡奇 徐成龙 王远直

〔摘要〕浅埋竖井型城市公路隧道普遍存在自然风,探究自然风对活塞风的作用机制,有利于提高隧道内空气质量以及降低通风系统能耗。以南京某竖井型公路隧道某段为研究对象,采用CFD流体仿真动网格技术,分析了车辆行驶速度、车辆型号、车辆数、竖井开口大小、自然风大小对于城市自然通风竖井型隧道的活塞效应的影响。结果表明:(1)在不考虑自然风条件下,活塞风速度随车辆移动的变化情况大致可以分为三个阶段。(2)随着车辆体型以及行驶速度的增加,主体出口与竖井出口的最大风速均不断增大。(3)随竖井开口尺寸的增大,竖井出口的最大风速减小,但隧道出口最大风速基本保持不变。(4)自然风对隧道活塞风影响较大。

〔关键词〕竖井型隧道;活塞效应;自然风;CFD模拟;动网格

0 引言

近年我国修建的城市公路隧道持续增加,公路隧道内部不断释放大量的热(来自车辆、火源)与污染物(汽车尾气、火灾烟气),为保证正常运营与安全,通风方式显得尤为重要。采用顶部自然通风的竖井型隧道,可以利用车辆运动产生的交通风力促使竖井处形成自然风压,达到通风换气稀释内部污染空气的目的。而浅埋竖井型城市公路隧道普遍存在自然风,主体内部与竖井上部开口附近的自然风流同时作用于交通活塞风,使活塞风特性明显不同于一般公路隧道。

竖井型自然通风公路隧道于2005年在国内首次提出^[1],目前主要的研究集中在影响活塞风大小的因素^[2-5],以及如何利用汽车“活塞风”来减少运营中的耗电量和风机用量^[6],通车前自然风实测^[7],隧道内气压脉动特性及分布规律^[8-9],交通量、车速、竖井尺寸、竖井间距、主体长度对隧道气流与污染物浓度的影响^[10]。

1 模型建立

1.1 隧道模型

本文以南京某竖井型公路隧道某段为基础建立数值模型,如图1所示,主隧道类型为单向三车道,隧道进口采用矩形截面,隧道尺寸为长100m,宽12m,高6m;竖井口采用矩形截面,与室外地面平齐,竖井尺寸为长12m,宽3m,高6m,位于车辆前进方向左侧;扩大竖井顶部出口外部计算域其尺寸为长32m,宽12m,高5m。小车尺寸:4.2m(L)×1.7m(W)×1.4m(H),大车尺寸:12m(L)×2.5m(W)×3.2m(H)。

1.2 动网格模型的建立

采用Fluent软件建立3D动网格模型,网格数为1288227。车辆所在位置的四周边界设置为wall,

无滑移边界条件。车辆行驶属于刚体运动,车辆运动速度及运动方向用UDF进行定义。模拟中对计算网格的数量进行了验证,进一步增加网格数量对模拟结果没有影响。采用标准 $k-\varepsilon$ 两方程湍流模型。

1.3 边界条件

隧道入口定义为压力入口边界条件(无自然风)或速度入口边界条件(有自然风),隧道出口定义为压力出口边界条件;隧道壁面定义为无滑移壁面边界条件;车辆表面为移动边界条件,对应于UDF赋予车辆的行驶速度和方向。

1.4 模拟工况

在保证其它条件不变的情形下,主要模拟工况有①车辆数(一辆车、两辆车、三辆车)。②车辆的行驶速度分别为40km/h、50km/h、60km/h。③竖井开口大小:1×12×6(m),2×12×6(m),3×12×6(m),4×12×6(m)。④车辆型号(大车、小车)。⑤自然风大小(0~2m/s,风向从左至右)。

2 数值模拟结果与分析

2.1 不同车辆数通过竖井时活塞风速度随时间的变化

图2给出了在车辆行驶速度为60Km/h,车辆型号为小车(4.2m(L)×1.7m(W)×1.4m(H)),车辆数分别为一辆车(位于隧道最左侧车道)、两辆车(位于隧道最左侧车道和中间车道)、三辆车(三车道并排放置)驶出隧道时各出口活塞风速度随时间的变化情况。从图中可以看出,竖井出口活塞风速度大小随时间的变化情况大致可以分为三个阶段:第一阶段为(t : 0-2.2s)车辆从隧道入口处至竖井底部,竖井表现为排风($v > 0$),且排风速度随时间逐渐增大;第二阶段为(t : 2.2-4.4s)车辆离开竖井底部后一段距离,竖井表现为排风,但排风速度先增后减;第三阶段为(t : 4.4-5.6s)车辆远离竖井之后接近隧道主体出口,竖井表现为进风倒

灌 ($v < 0$), 且倒灌风速持续增加。并且随着车辆数的增加, 隧道内最大活塞风速度也增加; 同时隧道主体出口活塞风速度大小随时间逐渐增大。

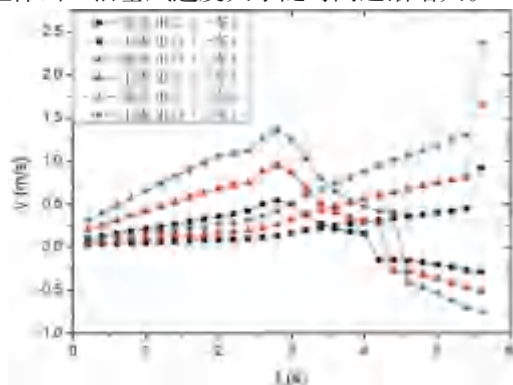


图2 隧道中不同车辆数行驶时出口活塞风速度随时间的变化

2.2 不同车辆型号通过竖井时活塞风随时间变化

图3给出了在车辆行驶速度为60km/h, 车辆数为小(位于隧道最左侧车道), 车辆型号分别为小车(4.2m(L)×1.7m(W)×1.4m(H))和大车(12m(L)×2.5m(W)×3.2m(H))通过隧道时各出口活塞风速度随时间的变化情况。从图中可以看出: 随着车辆体型增加, 主体出口与竖井出口的最大活塞风速度均增大; 大车出现灌风的时刻较小车要提前且大于小车最大灌风风速。

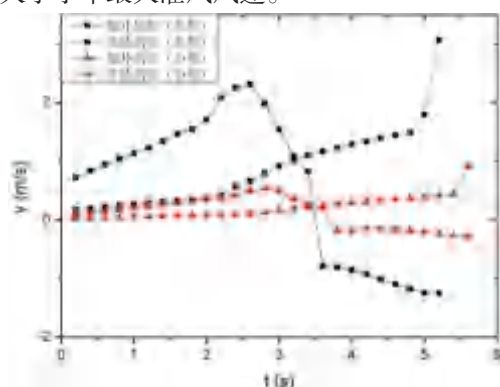


图3 隧道中不同车辆型号行驶时出口活塞风速度随时间的变化

2.3 隧道中活塞风压力场

图4给出了当车辆型号(小车)、车速(60km/h)、车辆数(三车)的情形下, 行驶时间为2.0s、2.8s和4.8s时隧道内在活塞效应下形成的压力场。从图中可以看出, 在车辆进入竖井之前, 隧道内负压区主要集中在车辆后方一段距离以及车辆上方, 车辆头部表现为正压; 在车辆到达竖井底部时, 隧道内负压主要集中在车辆尾部以及车辆上方, 车辆头部表现为正压; 在车辆离开竖井一段距离之后, 隧道内负压主要集中在车辆后方到竖井之间, 车辆头部表现为

正压。同时从图中可以看出车辆进入竖井前和车辆通过竖井后隧道内的负压力区明显大于车辆到达竖井底部时的负压区。



图4 隧道中车辆在不同位置时压力场分布

2.4 活塞风随车辆速度的变化

图5给出了车辆在不同行驶速度的情形下, 隧道出口活塞风速度的最大值随车辆行驶速度的变化情况。从图中可以看出随着车辆行驶速度的增大, 竖井出口和隧道主体出口的最大活塞风速度也不断增大; 并且在不同车辆行驶速度的情形下, 隧道主体出口活塞风速度最大值总是大于竖井出口活塞风速度最大值, 可见车辆行驶速度的变化对于隧道内的活塞风速度影响比较明显。

2.5 不同竖井大小

图6给出了车辆在不同竖井开口下, 隧道各出

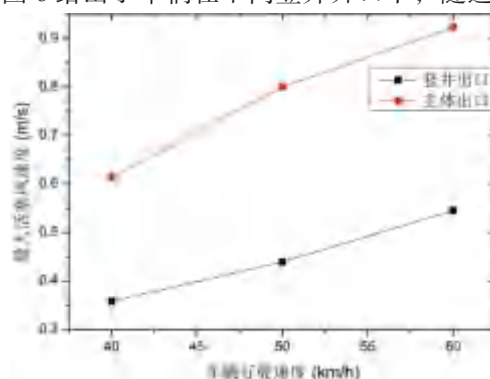


图5 不同行驶速度下的隧道出口最大活塞风速度

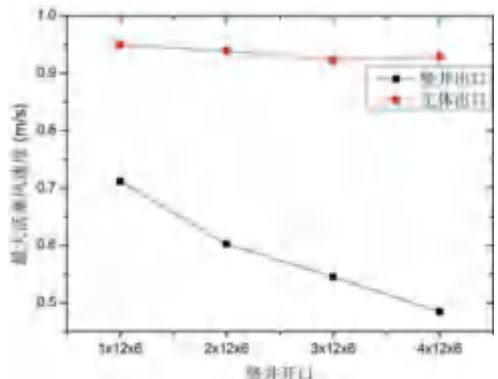


图6 不同开口大小下的隧道出口最大活塞风速度

口活塞风速度的最大值随开口大小的变化情况。从图中可以看出随着竖井开口的增大,竖井出口最大活塞风速度在不断减小,而隧道主体出口的活塞风速度最大值基本保持不变。

2.6 自然风

2.6.1 入口自然风

图7分别给出了当车辆型号(小车)、车速(60km/h)、车辆数(三车)保持一定,竖井外自然风V2(竖井外环境风速)为0.5m/s,入口风速V1(隧道进口风速)从0~2.0m/s变化时(V1、V2位置见图一),随着车辆行驶各出口风速变化情况。从图中可以看出:当车辆从竖井底部离开竖井时($t: 2.2\sim 4.4s$),入口风速较小时,竖井出口风速表现为先增后减,当入口风速较大时,竖井出口风速一直下降。随着入口自然风速增加,竖井从排风($v > 0$)演变为倒灌($v < 0$)的时刻推迟,当入口自然风速达到2m/s时,竖井始终排风。随着入口风速的增加,隧道各出口初始风速也随之增加;隧道主体风速不断增加。

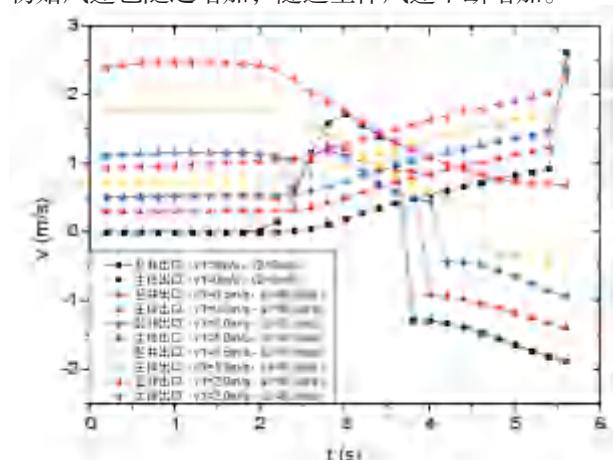


图7 隧道中不同入口风速下各出口风速随时间的变化

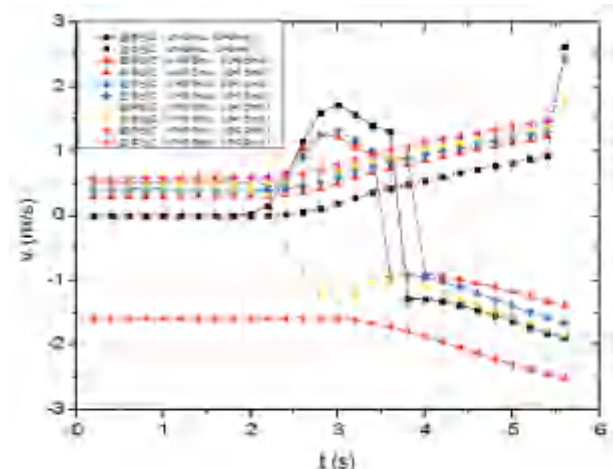


图8 隧道中不同竖井外自然风速下各出口风速随时间的变化

2.6.2 竖井外自然风

图8分别给出了当车辆型号(小车)、车速(60km/h)、车辆数(三车)保持一定,入口自然风V1(隧道进口风速)为0.5m/s,竖井外自然风V2(竖井外环境风速)从0~2.0m/s变化时(V1、V2位置见图一),随着车辆行驶各出口风速变化情况。从图中可以看出:随着竖井外自然风速的增加,隧道各出口初始风速也随之增加;竖井从排风($v > 0$)演变为倒灌($v < 0$)的时刻提前,当竖井外自然风速达到2m/s时,竖井始终倒灌进风;隧道主体风速不断增加。

3 结论

本文利用动网格技术对带有竖井的公路隧道进行数值模拟,通过改变车辆的行驶速度以及隧道外风速来研究隧道内的活塞风效应,得到以下结论:

(1)在不考虑自然风条件下,活塞风速度随车辆移动的变化情况大致可以分为三个阶段。在车辆速度不变的情形下,隧道中不同车辆数下活塞风速度变化趋势有明显区别。

(2)随着车辆体型以及行驶速度的增加,主体出口与竖井出口的最大风速均不断增大;随竖井开口尺寸的增大,竖井出口的最大风速减小,但隧道出口最大风速基本保持不变。

(3)当车辆型号(小车)、车速(60km/h)、车辆数(三车)保持一定时,随着主体自然风速增加,竖井从排风演变为倒灌的时刻推迟,当主体自然风速达到2m/s时,竖井始终排风;随着竖井顶部开口附近外部自然风速增加,竖井倒灌时刻提前,当外部自然风速增大到2m/s时,竖井只表现倒灌进风。

参考文献

- [1] 钟星灿,高慧翔,龚波. 交通风力自然通风作用原理探析[J]. 铁道工程学报, 2006, 95(5).
- [2] KATOLICK J, J CHA M. Eulerian-Lagrangian model for traffic dynamics and its impact on operational ventilation of road tunnels [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2005, 93(1): 61-77.
- [3] 王峰,王明年,邓园也. 曲线公路隧道交通风力非稳态模拟研究[J]. 计算力学学报, 2008, 05: 721-725.
- [4] 王峰,王明年,邓园也. 曲线公路隧道行车间距对活塞效应的影响研究[J]. 工程力学, 2011, 06: 195-199.
- [5] 郑国平,吴小云. 公路隧道中交通活塞风量的算法及敏感性研究[J]. 交通科技, 2017, 01: 100-103.
- [6] 李刚,张文胜,孔亮. 特长公路隧道通风新模式[J]. 公路, 2008(3): 201-207.

(下转 62 页)

排烟系统计算过程参数设置探讨

威海市建筑设计院有限公司 黄荣选

[摘要] 介绍《建筑防烟排烟系统技术标准》排烟系统的计算方法, 结合实际工程对阶梯地面的放映厅排烟系统采用自然排烟和机械排烟进行计算。在此基础上, 分析不同高度挡烟垂壁对排烟系统计算结果的影响, 并对排烟系统设计中的清晰高度、排烟量、排烟口的计算提出了一些设计建议, 希望能给设计师同行一定的参考价值。

[关键词] 排烟计算; 烟羽流质量流量; 排烟量; 排烟口

0 引言

《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 (以下简称规范^[1]) 在排烟系统设计中首次提出了“清晰高度”的概念, 并明确了原有排烟系统中储烟仓、烟羽流的计算, 提高了防烟分区划分的标准, 强调了不同功能空间热释放率的不同, 并给出了具体的烟羽流质量流量计算公式, 同时也对机械排烟中排烟口最大排烟量进行了限制。原有的排烟设计理念已不能满足规范对排烟系统的要求。

规范要求空间净高大于 6m 的场所, 如中庭、剧场、报告厅等, 应根据场所功能确定热释放速率, 并逐步计算排烟量。作者在审图过程中发现, 存在设计人不能正确计算排烟量以及单个排烟口最大允许排烟量, 以及对清晰高度的理解欠缺的情况。本文就具体工程的排烟系统设计进行讨论, 并对其中的概念进行明确。

1 计算理论

规范中对于排烟量计算, 根据建筑空间场所的不同形式, 提出了轴对称型烟羽流、阳台溢出型烟羽流、窗口型烟羽流三种不同形式, 并对不同形式的烟羽流质量流量计算给出了公式。阳台溢出型烟羽流、窗口型烟羽流的计算一般适用于中庭下侧的联通空间, 剧场或影院中多层挑台的下侧等, 情况较为复杂。本文旨在对规范中所提及的概念进行明确, 仅对通用性较大的单层空间所形成的轴对称型烟羽流进行探讨。

1) 轴对称型烟羽流的质量流量计算公式如下^[1]:

$$\text{当 } Z > Z_1 \text{ 时,} \\ M_t = 0.071 Q_c^{\frac{1}{3}} Z^{\frac{5}{3}} + 0.0018 Q_c \quad (1)$$

$$\text{当 } Z \geq Z_1 \text{ 时,} \\ M_t = 0.032 Q_c^{\frac{3}{5}} Z \quad (2)$$

$$Z_1 = 0.166 Q_c^{\frac{2}{5}} \quad (3)$$

式中:

Q_c —热释放速率的对流部分, 一般取值为 $Q_c = 0.7Q$ (kW);

Z —燃料面到烟层底部的高度 (m);

Z_1 —火焰极限高度 (m);

M_p —烟羽流质量流量 (kg/s)。

在烟羽流质量流量的计算公式中, 需要明确热释放速率 Q , 该值可通过规范中表 4.6.7 查取; 燃料面根据场所中燃烧物情况确定, 一般可取 0~1m; 烟层底部高度需根据排烟设计过程中根据清晰高度对储烟仓厚度的设置确定。

2) 根据上式计算的烟羽流质量, 通过下列公式可计算出防烟分区的排烟量^[1]:

$$V = M_p T / \rho_0 T_0 \quad (4)$$

$$T = T_0 + \Delta T \quad (5)$$

式中:

V —排烟量 (m^3/s);

ρ_0 —环境温度下的气体密度 (kg/m^3);

T —烟层的平均绝对温度 (K);

T_0 —环境的绝对温度 (K);

ΔT —烟层平均温度与环境温度的差。

通常情况下, 环境的绝对温度 T_0 取 20℃, 绝对温度 293.15K, 该温度下的气体密度可近似取值为 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。

烟层平均温度与环境温度的差 ΔT 通过下列公式计算:

$$\Delta T = K Q_c / M_p C_p \quad (6)$$

式中:

K —烟气中对流放热量因子。当采用机械排烟时, 取 $K=1.0$; 当采用自然排烟时, 取 $K=0.5$;

C_p —空气的定压比热, 一般取 $C_p = 1.01 [\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ 。

规范中强调了“当储烟仓的烟层与周围空气温差小于 15℃ 时, 应通过降低排烟口的为位置等措施

重新调整排烟设计。”^[1]实际过程中应关注该值,及时调整储烟仓高度。

3) 对单个排烟口的最大允许排烟量 V_{max} 提供计算公式如下^[1]:

$$V_{max} = 4.16 \zeta c \zeta d_b^{\frac{5}{2}} b \frac{T - T_0}{T_0} l^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

式中:

V_{max} —排烟口最大允许排烟量 (m³/s);

γ —排烟位置系数;当风口中心点到最近墙体的距离 ≥ 2 倍的排烟口当量直径时: γ 取 1.0;当风口中心点到最近墙体的距离 < 2 倍的排烟口当量直径时: γ 取 0.5;当吸入口位于墙体上时, γ 取 0.5。

d_b —排烟系统吸入口最低点之下的烟气层厚度(m);

T —烟层的平均绝对温度 (K);

T_0 —环境的绝对温度 (K)。

在对单个排烟口的最大允许排烟量计算中,要求明确排烟口的具体位置 γ 系数,可根据排烟口的情况确定;排烟系统吸入口最低点之下的烟气层厚度 d_b 可根据排烟口的具体位置与储烟仓底部高度计算确定;烟层的平均绝对温度 T 及环境的绝对温度见公式 (5) 及 (6)。

4) 大于 3m 的区域,其最小清晰高度按下式计算:

$$H_q = 1.6 + 0.1 \cdot H' \quad (8)$$

式中:

H_q —最小清晰高度 (m);

H' —对于单层空间,取排烟空间的建筑净高度 (m);对于多层空间,取最高疏散楼层的层高 (m)。

规范中要求“储烟仓底部距地面的高度应大于安全疏散所需的最小清晰高度。”^[1]

在上述排烟系统计算中,首先应确定场所功能类别,根据场所的净高、储烟仓的厚度,计算场所排烟的烟羽流质量流量,进而确定防烟分区的排烟量;当排烟口高度确定后,储烟仓的厚度设置直接决定了烟气层的厚度,进而影响了单个排烟口的最大允许排烟量;储烟仓厚度的设置又与排烟场所的净高、清晰高度有关。

2 项目案例

本文通过上述计算公式对阶梯地面的放映厅排烟进行计算研究探讨。

某总建筑面积 11375m² 多层综合楼,顶层设置小型放映厅一处,跨越两层空间,面积约 255 m²,净高 9.6m,整栋建筑设置喷淋。放映厅设置阶梯型座位,首排自地面布置,最后一排座位距离放映厅地面 2.8m。其剖面示意图 1。

该放映厅面积超 100m²,应考虑排烟设施,可

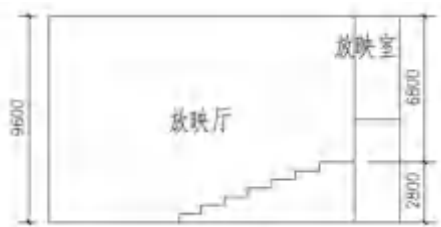


图 1 放映厅剖面示意图

考虑自然排烟或机械排烟。由于场所净高大于 6m,其排烟量应根据计算确定。

1) 最小清晰高度

根据公式 (8) 计算,

$$H_q = 1.6 + 0.1 \cdot H' = 1.6 + 0.96 = 2.56m$$

规范中仅提出了单层空间清晰高度与房间净高的关系以及多层空间最高疏散层的层高,对地面标高不一致的单层场所未提及。如按公式计算直接应用,其后排地面高度已在储烟仓之内,无法满足后排人员疏散安全,如图 2 所示。

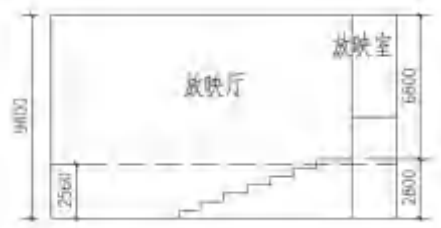


图 2 清晰高度示意图 1

根据规范的清晰高度概念,此类建筑最小清晰高度应保证最不利位置(最后一排)人员疏散的清晰高度,根据公式 (8) 计算:

$$H_q = 1.6 + 0.68 = 2.28m$$

该位置距离地面高度 2.8m,清晰高度必须满足 5.08m (2.28m+2.8m),如图 3 所示。

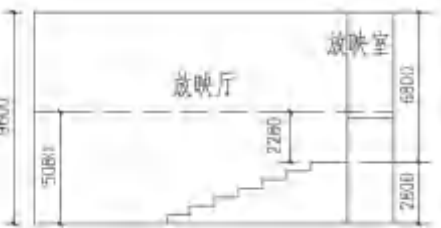


图 3 清晰高度示意图 2

2) 储烟仓厚度

根据规范要求,“当采用自然排烟方式时,储烟仓的厚度不应小于空间净高的 20%,且不应小于 500mm;当采用机械排烟方式时,不应小于空间净高的 10%,且不应小于 500mm。同时储烟仓底部距地面的高度应大于安全疏散所需的最小清晰高度。”^[1]

该场所储烟仓厚度可考虑 4.5m, 储烟仓底部高度 5.1m, 大于清晰高度 5.08m。满足空间净高自然排烟 20% 及机械排烟 10% 的标准。

3) 烟羽流计算

根据建筑实际功能, 放映厅建筑类别定义为“其他公共场所”, 其热释放速率 Q 为 2.5MW, 其对流部分为 1.75MW。根据公式 (3) 计算确定火焰极限高度:

$$Z_1 = 0.166 \sqrt[5]{1750} = 3.3m$$

取燃料面高度为 0.5m, 燃料面到烟层底部的高度 Z 为 4.6m, 进而根据公式 (1) 计算烟羽流质量:

$$M_t = 0.071 \sqrt[5]{1750} \sqrt[5]{4.6} + 0.0018 \sqrt[5]{1750} = 14.04kg/s$$

在烟羽流计算中, 实际选取的燃料面到烟层底部的高度 Z 为放映厅地面位置火灾所产生的烟羽流质量。如考虑最后排座位位置 0.5m 高燃料面, 其到烟层底部的高度 Z (1.8m) 将小于火焰极限高度 Z_1 (3.3m), 其烟羽流质量应按公式 (2) 计算, 得到烟羽流质量流量为 5.08kg/s。考虑房间排烟最不利工况, 应采用场所地面计算烟羽流质量流量。

4) 烟层平均温度与环境温度的差计算

如采用自然排烟, 对流放热量因子 $K=0.5$, 根据公式 (6) 计算温差:

$$\Delta T = 0.5 \cdot 1750 / 14.04 \cdot 1.01 = 61.7K$$

如采用机械排烟, 对流放热量因子 $K=1$, 根据公式 (6) 计算温差:

$$\Delta T = 1 \cdot 1750 / 14.04 \cdot 1.01 = 123.4K$$

采用自然排烟和机械排烟, 烟层平均温度与环境温度的差 ΔT 均大于 15°C, 满足规范要求。

5) 排烟量计算

如采用自然排烟, 根据公式 (4) 及公式 (5) 可得到:

$$V = 3600 \cdot 14.04 \cdot (293.15 + 61.7) / 1.2 \cdot 293.15 = 50985m^3/h$$

如采用机械排烟, 根据公式 (4) 及公式 (5) 可得到:

$$V = 3600 \cdot 14.04 \cdot (293.15 + 123.4) / 1.2 \cdot 293.15 = 59850m^3/h$$

比较规范表 4.6.3, 均小于表格要求的最低数值 111000 m³/h, 因此该场所排烟量确定为 111000 m³/h。

6) 排烟口的设置

根据规范中表 4.6.3, 如采用自然排烟, 侧窗口部风速, 应为 0.74m/s, 当采用顶开窗排烟时, 其风

速可按侧窗口部风速的 1.4 倍计。^[1]

由于该场所不允许顶部开窗, 根据排烟量计算自然排烟窗有效面积为 41.7m²。

如采用机械排烟, 单个风口最大排烟量根据公式 (7) 计算, 考虑风口靠边布置, 其中心距离最近墙体 < 2, γ 取 0.5:

$$V_{max} = 4.16 \sqrt[5]{0.5} \sqrt[5]{4.5} \sqrt[5]{\frac{123.4}{293.15}} l = 208702m^3/h$$

由于排烟系统吸入口最低点之下的烟气层厚度较大, 单个排烟口排烟量远大于场所排烟量, 其排烟口排烟量不受限制, 根据排烟口排烟风速小于 10m/s 确定排烟风口规格即可。

7) 固定窗的设置

该空间为放映场所, 但建筑面积小于 1000m², 无需设置固定窗。

3 结果分析

上述案例中, 为了简化计算过程, 储烟仓厚度接近最小清晰高度进行了设置, 但实际工程中, 如出现场所内需划分防烟分区的情况, 将造成挡烟垂壁伸出吊顶较高 (4.5m), 增加了挡烟垂壁设置的难度和工程造价。

储烟仓厚度在满足最小储烟仓厚度以及最小清晰高度之间即可。储烟仓厚度对具体的排烟实际是否有利, 通过分析排烟计算中的公式来进行研究。

代换公式 (4) 中的变量, 形成下列公式:

$$\begin{aligned} V &= M_p (T_0 + KQ_c / M_p C_p) / \rho_0 T_0 \\ &= (M_p T_0 + KQ_c / C_p) / \rho_0 T_0 \end{aligned} \quad (9)$$

该公式中, 烟气中对流放热量因子 K 仅与自然排烟或机械排烟的排烟形式有关, Q_c 、 T_0 、 C_p 、 ρ_0 在确定的建筑场所内均为定值, 排烟量主要取决于烟羽流质量流量 M_p 。

分析公式 (1) (2) 发现, 烟羽流质量流量 M_p 仅与燃料面到烟层底部的高度有关。

通过公式不难发现, 排烟计算量随着燃料面到烟层底部的高度增加而加大。

在建筑场所功能类别确定的情况下, 以“其他公共场所”为例, 计算不同燃料面到烟层底部的高度与烟羽流质量流量、自然排烟量、机械排烟量的关系。

“其他公共场所”热释放速率为 2.5MW, 火焰

表 1 不同燃料面到烟层底部的高度的烟羽流质量流量、自然排烟量、机械排烟量

燃料面到烟层底部高度 (m)	0.3	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3
烟羽流质量流量 (kg/s)	0.8	3.7	6.5	9.3	12.9	16.9	21.5	26.7	32.3	38.3
自然排烟量 (m ³ /s)	3.3	5.7	8.1	10.4	13.4	16.8	20.6	24.9	29.5	34.6
机械排烟量 (m ³ /s)	6.0	8.3	10.7	13.1	16.0	19.4	23.2	27.5	32.2	37.2

极限高度 Z_1 为 3.3m。表 1 列举了不同燃料面到烟层底部的高度与烟羽流质量流量、自然排烟量、机械排烟量计算结果。

根据表 1 计算结果可以发现,在同建筑功能的场所下,烟羽流质量流量、自然排烟量、机械排烟量确实随着不同燃料面到烟层底部的高度增加而加大。

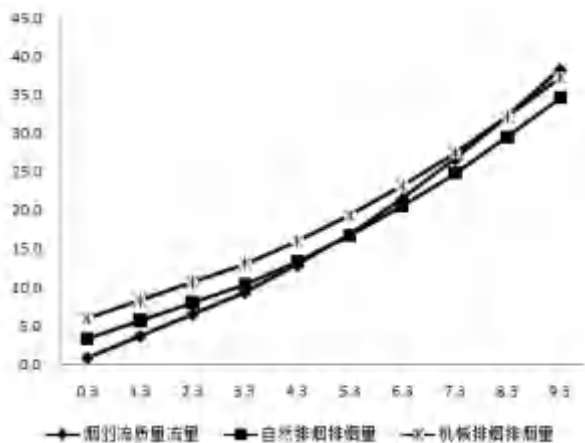


图 4 燃料面到烟层底部高度与烟量关系

从图 4 中不难看出,随着燃料面到烟层底部的高度数值的不断增大,烟量增加幅度越来越快。在高度较小时,高度每增加 1m,烟羽流质量增加 2.9,自然排烟量增加 2.4,较小排烟量增加 2.3。而在高度较大时,高度每增加 1m,烟羽流质量增加 6.0,自然排烟量增加 5.1,较小排烟量增加 5.0。

实际工程中,由于吊顶高度有限,排烟量的增加将引起排烟管道、排烟风口等排烟设施的增大,势必影响综合管线的排布和设计难度。在满足最小清晰高度的情况下,加大储烟仓厚度,减少燃料面到烟层底部高度,可以有效降低排烟计算量,从而减少排烟风管以及排烟风口的规格,便于吊顶内的管线设计。

另外分析公式(7)也可以看到,单个排烟口最大允许排烟量与排烟系统吸入口最低点之下的烟气

层厚度有直接关系。吊顶下储烟仓厚度越大,单个排烟口允许的最大排烟量越大,单个防烟分区所需设置的排烟口个数就越少。

4 结语

在实际的工程设计过程中,对不同建筑类别的场所,应根据场所室内净高进行准确的分析,调整挡烟垂壁高度以调整储烟仓厚度,进而调整合理的排烟计算量。在采取机械排烟时,同时应计算单个排烟最大允许排烟量,合理设置排烟口个数,满足规范要求及实际使用要求。在排烟系统设计中,有一些感触,与大家分享:

1) 房间净高对于排烟量没有直接关系,仅与最小清晰高度有关。对于地面不在同一标高的阶梯地面空间,不应直接利用房间净高确定最小清晰高度。应按标高较高人员区域的最小清晰高度确定整个房间的最小清晰高度。

2) 在不需要设置挡烟垂壁的空间内,应尽量加大储烟仓厚度,以减少排烟量;同时尽量提高排烟口高度,增加单个排烟口排烟量,减少实际空间排烟口数量。

3) 建筑层高较小,吊顶导致室内净高降低的场所,为了满足最小清晰高度,挡烟垂壁高度被限制的情况,应适当考虑开孔率大于 25% 的镂空吊顶,排烟口上接,提高单个排烟口最大允许排烟量。

4) 排烟口应尽量设置在开阔区域,以满足排烟风口中心点到最近墙体的距离不小于 2 倍排烟口的当量直径,提高单个排烟口排烟量。

5) 在中庭排烟计算过程,利用顶部天窗自然排烟时,应设定储烟仓厚度为 0 计算烟层与周围空气的温差,确定该值不小于 15°C ,以确保烟气在该天窗以下不出现“层化”现象,可以通过顶部天窗进行排烟。

参考文献

[1]《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017

(上接 58 页)

[7] Tong Yan, Shi MingHeng, Gong YanFeng, He JiaPeng. Full scale experimental study on smoke flow in nature ventilation road tunnel fires with shafts [J]. Tunnelling and underground space technology. 2009,24: 627-633.

[8] 金斯科,龚延风,张广丽.顶部开口的城市浅埋公路隧道内气压脉动特性及分布规律[J].南京工业

大学学报(自然科学版).2017,39(1):104-110

[9] Sike Jin, Jiali Jin, Yanfeng Gong. Natural ventilation of urban shallowly-buried road tunnels with roof openings[J]. Tunnelling and Underground Space Technology. 2017 (63): 217-227.

[10] 童艳,苏荣华,龚延风.竖井型隧道气流与污染物分布的影响因素研究[J].建筑科学,2011,27(6): 92-98.

居住建筑通风换气状况的动态特性研究

北京工业大学建筑工程学院 简毅文 孙荣 郭锐敏

[摘要] 本研究提出以人体释放 CO₂ 作为示踪气体的房间通风量动态计算方法, 选取北京市 2 户自然通风住宅开展为期一年的连续测量和记录, 计算确定全年逐时换气次数, 研究各房间换气次数在开关窗状态下的分布情况, 分析房间换气次数与季节、居住者作息以及室内外环境之间的相互关联。结果表明房间换气次数变化呈现出季节差异以及作息影响, 并表现出与室内外环境不同程度的相互关联。其中, 室内外温度对换气次数的影响最为突出, 其次是室外 PM_{2.5} 浓度, 室内外湿度及风速几乎不产生影响。分析表明本研究所提出的动态计算方法在房间自然通风量的分析确定上是可靠和有效的, 可以此为基础开展大规模的研究以全面反映居住建筑自然通风状况的变化规律。

[关键词] 自然通风; 换气次数; 居住建筑; 动态计算; 环境影响

0 引言

长久以来, 自然通风一直是调节居住建筑室内热环境和空气品质的重要手段, 合理的自然通风对营造良好室内空气环境和降低建筑供暖空调能耗有着重要影响。从对室内空气环境和能耗影响的角度, 通风换气状况是影响通风效果的重要因素。因此, 确定房间通风量的动态变化对合理认识和把握居住建筑的室内空气环境有着重要意义, 并可为今后制定国家和行业标准提供理论依据。

目前, 自然通风量的计算通常使用流量系数算法^[1]和示踪气体算法^[2]。流量系数法需对被测房间进行建模, 通过 CFD 模拟确定不同门窗开度下的流量系数, 从而计算被测房间的通风量, 在室外风压和热压逐时动态变化的情况下, 该方法应用于实际住宅通风量的测量存在较大难度, 不便于住宅内多个房间的测量。示踪气体法通常使用 CO₂、SF₆ 等无毒无害、物理化学性质稳定气体作为示踪气体, 以上升法和下降法方式释放示踪气体, 根据示踪气体浓度的变化状况, 分析推算得出房间通风量。该方法适合居住建筑的实测研究, 在居住建筑通风量的测量中已得到广泛应用。

相对于在被测住宅房间释放 CO₂ 等示踪气体的做法, 以室内人员活动产生的 CO₂ 作为示踪气体, 可简化入户测试的工作量, 降低测试成本, 同时将对室内居住者日常作息的影响降到最低, 具有较高的可实施和可操作性。齐美薇^[3]、侯静^[4]等人的研究证实了此方法的可操作性。基于此, 已有学者对各地居住建筑通风量进行相关研究, 涉及天津^[5]、东北^[6]、上海^{[7][9]}、北京^[8]等地区。在这些研究中, 开展测试分析的时间通常选取为夜间^{[5][6][8][9]}或无人时段^{[5][7]}, 由此获得的结果只能代表特定时间段内平

均的房间通风量, 而不是随时间动态变化的通风量。这对于北方地区居住建筑房间冬季通风量的分析确定基本适用, 但对于其他多数的实际情况, 由于居住者的开窗通风以及室外风压、热压随时间的变化, 房间通风量将会呈现出动态变化的特征。于是, 现有的研究结果尚缺乏对居住建筑通风换气状况的完整描述。

本研究以人员活动释放的 CO₂ 作为示踪气体, 建立一种房间通风量的动态分析计算方法, 对北京市两户住宅卧室、客厅的 4 个房间进行一年室内空气环境的连续测量, 并由此计算确定房间全年的逐时换气量, 分析房间通风量在不同季节的日变化特性, 进一步分析室内外环境因素与通风量的相互关系, 以期更全面地反映房间自然通风的变化特性。本研究对了解居住建筑实际的自然通风状况提供数据支持。

1 通风量动态计算方法

人体在一定活动状态下新陈代谢率基本稳定, CO₂ 散发量也相应保持稳定。若室内仅有人员活动释放 CO₂, 则根据质量守恒定律, 得到房间 CO₂ 浓度稀释方程:

$$V \frac{dC}{dx} \# 10^{-6} = QC_s \# 10^{-6} + V_{CO_2} - QC \# 10^{-6} \quad (1)$$

式中, V 为房间体积, m³; C 为房间 CO₂ 浓度, ppm; τ 为时间, h; Q 为房间通风量, m³/h; C_s 为室外 CO₂ 浓度, ppm; V_{CO_2} 为室内人员的 CO₂ 散发速率, m³/h。

人体 CO₂ 散发速率与人体表面积及其代谢情况有关, 不同活动强度下人体的 CO₂ 散发速率可按公式 (2) 计算^[10]:

$$V_{CO_2} = 0.04M \# AD \# a \quad (2)$$

式中, M 为成年男子在不同活动强度下的新陈代谢率, W/m^2 ; AD 为人体皮肤表面积, m^2 , 面积 AD 与人的体重和身高有关, 其中, m 为人的体重, kg , H 为身高; α 为人体新陈代谢率的性别和年龄修正系数, 成年男子取为 1, 对于女子和幼儿, 分别取为 0.75 和 0.5。

对公式 (1) 在 $\tau-\Delta\tau$ 到 τ 区间内积分并统一量纲, 得到的结果为:

$$C_2 = \frac{V_{CO_2}}{Q} \# 10^6 + C_s - C_1 \exp b - \frac{Q}{V} T_X l \quad (3)$$

其中, C_1 和 C_2 分别为某个任意的 $\tau-\Delta\tau$ 时刻及 τ 时刻的房间 CO_2 浓度, ppm; $\Delta\tau$ 为时间间隔, h。

理论上, 在已知房间体积、房间内人员的 CO_2 散发速率以及室外 CO_2 浓度的条件下, 通过房间 CO_2 浓度计算值 C_2 与实测值 C_c 的相互比较, 可以迭代求解出房间逐时的通风量 Q 。然而, 考虑到实际测量过程中存在诸多不可控因素, 如个体差异导致 CO_2 散发速率的变化、测试仪器的测量误差、测试环境中不利因素的干扰以及计算过程中当前时刻 CO_2 浓度的计算误差等, 即使在当前时刻房间通风量为真值的情况下, 由公式 (3) 得到当前时刻房间 CO_2 浓度的计算值与实际值势必存在误差。不考虑房间体积误差, 对公式 (3) 进行修正, 得到:

$$C_2 + TC_2 = C_1 - \exp b - \frac{Q}{V} T_X l m + \frac{V_{CO_2} + TV_{CO_2}}{Q} \# 10^6 + C_s + TC_s m + \exp b - \frac{Q}{V} T_X l [C_1 + TC_1 g] \quad (4)$$

式中, ΔV_{CO_2} 为室内人员 CO_2 散发速率估算误差, ppm; ΔC_s 为室外 CO_2 浓度的测量误差, ppm; ΔC_1 为上一时刻房间 CO_2 浓度计算误差, ppm; ΔC_2 为当前时刻房间 CO_2 浓度计算误差, ppm。

再对公式 (4) 进行变换, 得到:

$$TC_2 = \frac{TV_{CO_2}}{Q} \# 10^6 + TC_s - C_1 m \exp b - \frac{Q}{V} T_X l - \frac{C_1 m \exp b - \frac{Q}{V} T_X l}{Q} \# 10^6 + TC_s - TC_1 m \exp b - \frac{Q}{V} T_X l \quad (5)$$

在已知房间通风量的前提下, 公式 (5) 表示各误差的相互关系。基于此, 再根据当前时刻房间 CO_2 浓度计算值 C_2 , 确定在当前时刻房间 CO_2 浓度计算误差下的 CO_2 浓度估计值 C_2' 。

$$C_2' = C_2 \pm \Delta C_2 \quad (6)$$

由此, 将房间 CO_2 浓度估计值 C_2' 与实测值 C_c 以及房间 CO_2 浓度的最大测量误差 ΔC 相比较, ΔC 可根据仪器测量精度得出, 并要求三个参数之间满

足以下关系式:

$$|C_2' - C_c| \# TC \quad (7)$$

根据公式 (7), 在保证 CO_2 浓度估计值与实测值的差值低于最大测量误差的条件下, 可计算得到换气次数的两个极值, 求取两者的平均值, 由此确定当前时刻房间通风换气次数。

2 测试对象及方法

本研究对北京市 2 户住宅的卧室和客厅房间自 2017.3.15 至 2018.3.15 进行为期一年的现场测量。住宅 1 的建筑面积 $80m^2$, 居住有两个成年人和一个儿童; 住宅 2 的建筑面积为 $95m^2$, 居住有一位老人、三个成年人。两户住宅的平面布局如图 1 所示。

现场测量采集的数据包括室内温度、湿度和 CO_2 浓度、门窗开关状态。采用 CKJM-1 门磁感应仪实时记录门窗的开关状态, 采用 testo-174H 温湿度自记仪和 QD-W1 CO_2 浓度自记仪每十分钟连续读取和记录室内温度、湿度和 CO_2 浓度。室外温度、湿度、 $PM_{2.5}$ 浓度以及风速等气象参数通过室外气象站获得。

入户测量前对测试仪器进行校正以降低测试误差, 实测时 CO_2 浓度自记仪避免放置在风口及人员走动频繁的区域以提高测量的准确性。居住者提供了到达和离开测试房间的基本生活作息, 通过门磁感应仪进一步核实确定人员在室情况。



图 1 测量住宅平面布局

3 结果与讨论

3.1 换气次数与开关窗状况

基于本研究提出的房间通风量的动态计算方法, 计算得到两个测试住宅卧室和客厅房间每 10min 的换气次数, 如图 2 和图 3 所示。从换气次数的分布范围看, 开窗时段换气次数最大接近 $10h^{-1}$, 并在 75% 的时间内小于 $2.5h^{-1}$; 关窗时段换气次数不超过 $4h^{-1}$, 在 75% 的时间内小于 $1.5h^{-1}$ 。计算结果相比较文献 [5]、[6]、[8] 和 [9] 的结果略有偏大, 但基本处在相同的量级范围内。分析其原因在于本研究时间范围为一整年的全天, 而其他研究时间范围则集中在夜间。

通过图 2, 可以发现不同住宅、不同功能房间

开窗时段的通风换气状况存在差异。住宅1和住宅2客厅、卧室房间平均换气次数分别为 2.01h^{-1} 、 2.74h^{-1} 、 1.14h^{-1} 和 1.58h^{-1} ，开窗时段住宅1的通风强度高于住宅2，卧室的通风强度略高于客厅。通过图3，得到住宅1和住宅2客厅、卧室房间关窗时段的平均换气次数分别为 1.06h^{-1} 、 0.75h^{-1} 、 0.94h^{-1} 和 0.56h^{-1} ，该时段住宅1的通风强度仍高于住宅2，但差别已很微小，同时客厅的通风强度略高于卧室。图2和图3的结果对比还显现出住宅开窗时段的通风强度明显高于关窗时段，这说明相比较风压和热压的作用，居住者的开窗行为在更大程度上决定着房间的通风换气状况。

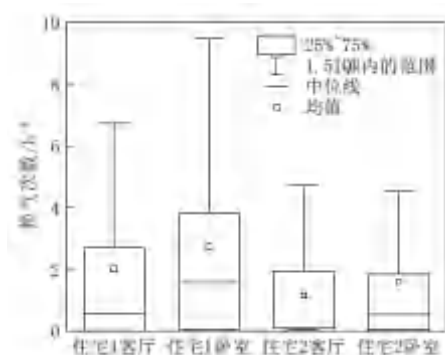


图2 开窗时段房间换气次数分布

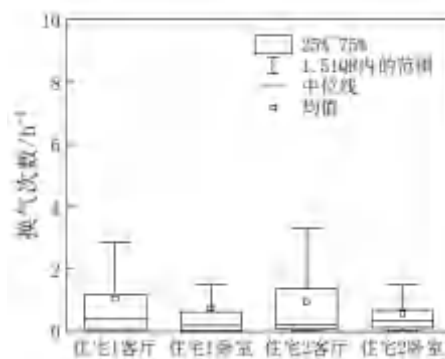


图3 关窗时段房间换气次数分布

3.2 换气次数与季节和作息

我国居住建筑的开窗通风状况多随季节和居住者的日生活作息变化。图4表示出卧室、客厅4个房间各季节换气次数平均值的日变化情况。对比发现，各个房间换气次数的变化均存在季节差异，且呈现出明显的作息影响特性。各个房间的换气次数基本是夏季最高，其次是春季和秋季，冬季的换气次数最低。体现在作息的影响上，客厅房间白天换气次数高于夜间，卧室全天的换气次数变化并不明显，但卧室夏季夜间的换气次数却明显高于白天。

4个房间换气次数在不同季节的分布情况如图5所示。两户住宅卧室换气次数的分布情况相似，夏

季 2.19h^{-1} 和 1.78h^{-1} 的平均换气次数明显高于其他三个季节 0.03h^{-1} 至 1.23h^{-1} 和 0.02h^{-1} 至 0.92h^{-1} 范围内的平均换气次数。客厅平均换气次数随季节的变化幅度小于卧室，住宅1客厅房间基本保持为 1.38h^{-1} ，住宅2客厅房间换气次数除在夏季较高为 1.82h^{-1} 外，在其他三个季节基本稳定在 1.02h^{-1} 的水平上。

由于居住者的开窗行为是决定房间通风换气状况的关键因素，因此，上述房间的通风换气状况反映出住宅1相比较住宅2的开窗频繁，以及两个住宅均在夏季相比较其他季节对卧室外窗开启频度的加大。

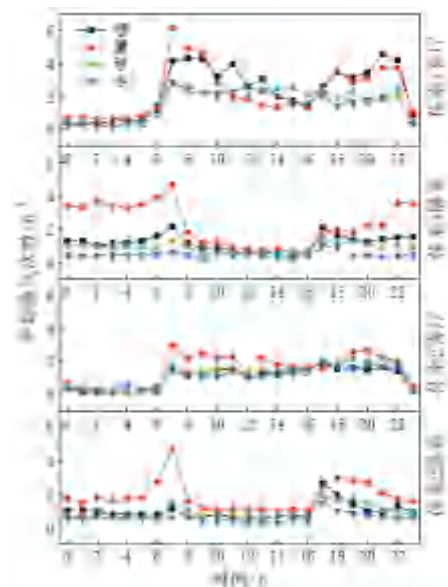


图4 各季节换气次数平均值的日变化

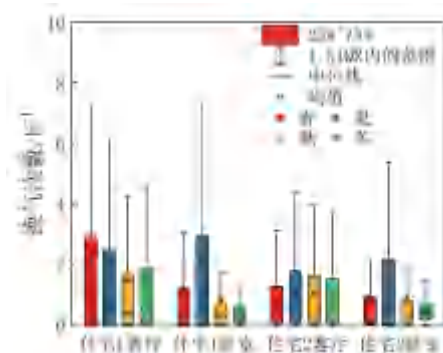


图5 各房间不同季节换气次数分布情况

3.3 换气次数与室外环境

如文献[11]所述，大量的现场研究反映出室外气象条件和室内环境参数如室外温度、湿度、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度、风速和室内温度、湿度等对居住建筑开窗行为以及房间通风换气状况的影响。

图6表示出各房间在不同室外温度下的平均换气次数。住宅2卧室和客厅房间的换气次数总体随

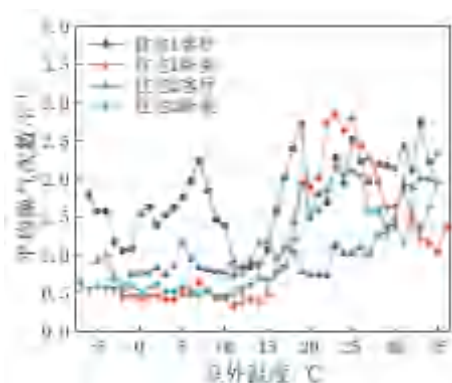


图6 不同室外温度下的平均换气次数

外温的升高而增加。但对于住宅1，换气次数与室外温度的关系则较为复杂，在外温介于7°C和11°C时，客厅房间的平均换气次数随外温的增加而明显降低，进而在11°C至15°C的外温下基本保持平稳，之后再随外温的上升而加大。卧室房间则是在外温超过25°C后，呈现总体下降的变化趋势。其原因在于外温低于7°C时基本属于供暖期，期间住宅2房间存在供热过热的现象，作为对室内热环境适应的体现，居住者通过开窗加大通风以缓解室温过高导致的热不舒适感。当外温升高，由供暖期进入到非供暖期后，同样为了适应环境，居住者在室温降低并且外温相对较低的情况下减少室内外通风。对于卧室房间，居住者在夏季开启空调并相应会关闭外窗，从而使得通风换气状况有所削弱，而空调运行时居住者对室外温度无明确感知，外窗关闭使得换气次数在外温较高时仍处在相对较低的水平。

客厅平均换气次数随室外湿度升高而降低，卧室平均换气次数则随室外湿度升高而升高，如图7所示。但换气次数随室外湿度变化的幅度明显低于随外温的变化幅度，体现出室外湿度较低的影响程度。客厅换气次数几乎不随室外PM_{2.5}等级变化；相比较，卧室换气次数随室外PM_{2.5}污染的加剧明显下

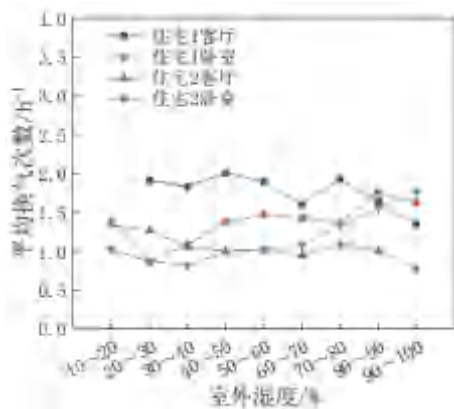


图7 不同室外湿度下的平均换气次数

降，如图8所示，由此反映出居住者在室外PM_{2.5}浓度增加时降低了对通风的需求。客厅换气次数随室外风速无规律性变化，卧室换气次数随室外风速增加而略有减少，如图9所示，这与居住者在大风天气关窗的习惯相符。

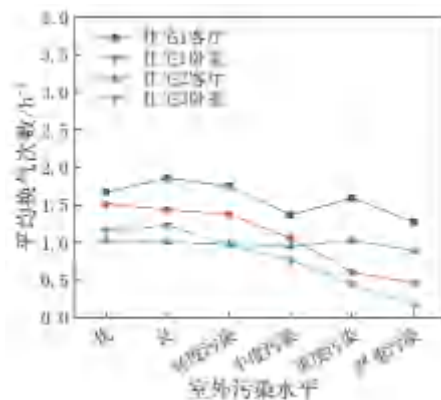
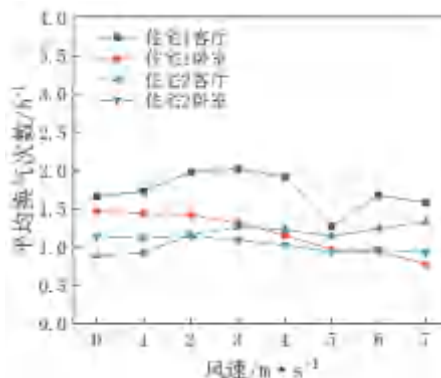
图8 不同室外PM_{2.5}等级下的平均换气次数

图9 不同室外风速下的平均换气次数

图6、图7、图8和图9对比发现，与随外温的变化相比，房间换气次数随室外PM_{2.5}等级、湿度以及室外风速的变化幅度总体上依次降低，且变化规律不够明显。由于房间通风换气状况主要通过居住者调节外窗开关所决定，于是可认为居住者的通风换气需求主要受到外温影响，其次是室外PM_{2.5}，湿度和风速几乎不产生影响。

3.4 换气次数与室内环境

相对于室外环境，室内环境与换气次数的关系更为复杂。与室外环境对换气次数影响的单向性不同，室内环境与换气次数存在双向性的关联，不仅包含室内环境变化所导致的开窗行为和对房间通风换气的影响，房间通风换气状况又在一定程度上反作用于室内环境，尤其对于室内CO₂和PM_{2.5}浓度。故不分析换气次数与室内CO₂和PM_{2.5}浓度的相互关系。

各个房间换气次数总体上呈现出随室内温度增

长的趋势,如图 10 所示,只是对于两个卧室房间,换气次数在室内温度大约超过 28°C 时降低。其原因在于居住者在高温情况下开启空调并同时关闭外窗,相应导致房间换气次数的降低,同时由于围护结构热惯性的作用,房间室温不会始终低于 28°C 。图 11 所示,住宅 1 卧室和客厅换气次数与室内湿度几乎不呈现规律性关系;住宅 2 卧室和客厅房间换气次数则随室内湿度增高而降低。反映出房间通风换气状况对室内湿度的反作用,房间通风量降低,使得室内人体、居家生活活动产生的水蒸气难以散发到室外,相应加大了室内的湿度。住宅 1 房间的通风量明显高于住宅 2,在换气次数足够大的情况下,换气次数的波动不足以对室内湿度的变化产生显著影响。因此,对于湿度和换气次数的相互关系,主要体现在换气次数对房间湿度的反作用上,湿度本身几乎不影响房间通风换气状况。

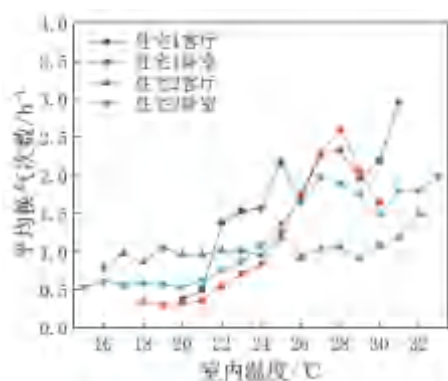


图 10 不同室内温度下的平均换气次数

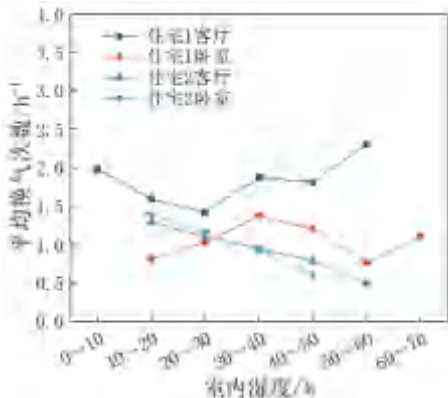


图 11 不同室内湿度下的平均换气次数

4 结论

对北京 2 户住宅的卧室、客厅共 4 个房间进行为期一年的现场测量,并应用本研究所提出的房间通风量动态计算方法获得各个房间全年换气次数的变化情况。得到如下结论:

1) 本研究中房间换气次数的计算结果在量级上与其他相关研究的结果基本一致,同时,换气次数

随季节、日作息的变化及其与室内外环境的相关特性与居住者开关窗调节通风量的行为特性相互一致。说明本研究所提出的动态计算方法在房间自然通风量的分析确定上是可靠和有效的。

2) 两户住宅房间在换气次数变化上呈现出季节差异以及作息影响,同时表现出与室内外环境不同程度的相互关联。其中,室外和室内温度对换气次数的影响最为突出,房间换气次数总体上同时随室外和室内温度的上升而加大,当由于供暖空调系统的作用使得室外和室内温度变化相反时,换气次数的变化趋势会出现反转。其次是室外 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度,部分房间换气次数随室外 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度增加而降低。室内外湿度及风速几乎不产生影响。

3) 不同住户、不同功能房间的通风换气状况各不相同,反映出居住者在决定房间通风换气状况的窗行为上的个体差异。因此,本文换气次数特性的描述仅适用于本研究的两户住宅。对此,有必要今后开展大规模的研究,以全面反映居住建筑自然通风状况的变化规律。

参考文献

- [1] 李楠,胡小倩,刘庆,等. 居住建筑门窗开启对自然通风特性影响的数值研究 [J]. 暖通空调, 2017, 47(10): 96-101.
- [2] 王立鑫,白郁华,刘兆荣,等. CO_2 示踪气体法测定室内新风计算方法研究 [J]. 建筑科学, 2007, No.121(8): 36-40, 82.
- [3] 齐美薇,李晓峰,黄河. 示踪气体法利用人体作为 CO_2 释放源测量宿舍换气次数的方法探究 [J]. 建筑科学, 2013, 29(06): 52-57+78.
- [4] 侯静. 住宅建筑通风量测量及其健康效应的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2015.
- [5] 孙越霞,侯静,张庆男,等. 天津市居住建筑新风量的测量与分析 [J]. 暖通空调, 2016, 46(06): 10-13.
- [6] Hou Jing, Zhang Yufeng, Sun Yuexia, et al. Air change rates at night in northeast Chinese homes [J]. Building & Environment, 2018, 132.
- [7] 卜震,辛晶晶,郑竺凌. 实际居住条件下的室内通风环境测试分析 [J]. 建筑科学, 2015, 31(10): 139-145.
- [8] 李严,李晓峰. 北京地区居住建筑夏季自然通风实测研究 [J]. 暖通空调, 2013, 43(12): 46-50.
- [9] 赵雨,谭洪卫. 上海地区不同通风方式住宅的室内环境实测分析 [J]. 建筑热能通风空调, 2019, 38(01): 32-37.
- [10] 朱颖心. 建筑环境学 [M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [11] Fabi V, Andersen R V, Corgnati S, et al. Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models [J]. Building and Environment, 2012, 58.

杂志免费索阅表

本刊由中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院主办，暖通空调产业技术创新联盟、中国建筑学会暖通空调分会、中国制冷学会空调热泵专业委员会、中国建筑节能协会暖通空调专业委员会、中国建筑节能协会地源热泵专业委员会支持。栏目范围：建筑环境、建筑能源、空调、热泵、通风、净化、供暖、计算机模拟。填此表格免费获取《建筑环境与能源》杂志一期。

请您完整填以下信息

姓 名		先生 / 女士	
部 门		职 务	
单位名称		邮 箱	
通讯地址			
联系电话		传 真	
手 机		电子邮箱	

您对本刊物有哪些建议或意见？

编辑部联系方式：

地址：北京市北三环东路 30 号
中国建筑科学研究院有限公司
建筑环境与能源研究院示范楼 208 室
邮编：100013
邮箱：beaebjb@163.com
电话：010-64693285

聚焦建筑环境与能源 推动行业科技进步与发展



杂志微信 beaebjb



公众号 CAHVAC

新疆华奕新能源科技有限公司

Xinjiang Huayi New Energy Technology Co., Ltd

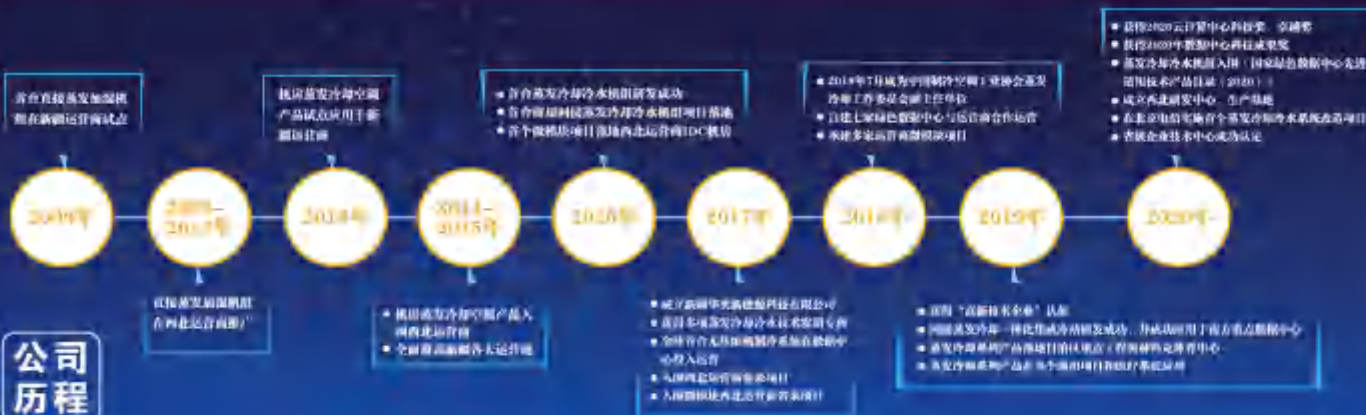
公司简介

新疆华奕新能源科技有限公司，是以绿色节能空调设备及数据中心建设为方向的专业制冷空调工程科技企业，是新疆制冷空调工程委员会副主任单位，专业从事制冷空调设备研发、设计、生产、销售、安装及售后服务，同时提供数据中心整体解决方案。

公司产品主要应用于数据中心、通信机房、大型场馆、商业楼宇、工业厂房等。自2008年第一个新疆项目落地，其所获市场反馈应用于新疆通信基站，直至2017年，全疆各地通信基站设备，几乎全部采用华奕产品，成为大型数据中心制冷解决方案的领跑者，实现了当年数据中心制冷国产化。此后数据中心机房和工业制冷空调系统通过了科技技术成果鉴定（总体技术达到国际先进水平，部分领域达到国内领先水平），该鉴定同时获得了中国制冷学会制冷空调专业委员会“国际首台（套）”证书并荣获金奖。公司又先后承接了中国西部第一座数据中心、乌鲁木齐南湖国际中心、新疆航空空管中心项目，2019年，同德楼及新疆一体化智慧城市智慧能源中心项目落地。

公司拥有一支高素质的制冷化专业团队及研发团队，目前公司有研发工程师1人，销售专业技术人才10余人，其中高级技术职称人员10人。公司通过了华奕专供制冷设备，拥有“数据中心制冷空调设备专用制冷系统”等发明专利10项，自主研发的蒸发冷却空调系统现在数据中心应用的案例已具规模。公司先后与多家行业伙伴、科技型企业建立战略合作，打造全方位的综合解决方案。

公司以环保科技为起点，以绿色节能技术为核心，以强大技术研发团队为支撑，致力于创新节能产品应用，提升产品质量，提供优质服务，创造低碳生活！



产品简介

产品图片



蒸发冷却冷水机组

产品介绍: 华奕新能源蒸发冷却冷水机组，是一款采用立管式间接蒸发冷却器为核心换热器的冷水机组。

1) DynamCool-I 间接蒸发冷却冷水机组

产品定义: 间接蒸发冷却冷水机组是整合高效立管式间接蒸发冷却器和微通道蒸发器换热器获取降水的产品。

技术特点:

额定容量范围: 15-1744kW

回水+冷凝整体能效系数高于100%以上

EER大于10，能效可达42

室外环境温度21℃时出水温度低于3℃

可安装于自然冷却机房，实现夏季全工况运行，部分区域温度高的区域可切换机械制冷，降低能耗和补充冷量。

应用场景: 适用于数据中心及IDC中小型数据中心、大型场馆、商业楼宇、工业厂房等。

产品图片



快速部署的蒸发冷却集成冷站

产品介绍: 蒸发冷却集成冷站（Vapocool-I系列产品）搭配交变水末端（HydroCool-I系列产品），可实现快速部署数据中心冷水系统，减少建设周期，减少投资，节省机房面积占比。

1) Vapocool-I 间接蒸发冷却一体化集成冷站

产品定义: 间接蒸发冷却一体化集成冷站是结合间接蒸发冷却冷水机组、泵控系统、蒸发板、软化水装置等组成的一体化机组，获取降水和微通道冷水系统。

技术特点:

额定容量范围: 15-1744kW

回水+冷凝整体能效系数高于100%以上

EER大于10，能效可达42

室外环境温度21℃时出水温度低于3℃

可安装于自然冷却机房，实现夏季全工况运行，部分区域温度高的区域可切换机械制冷，降低能耗和补充冷量。

应用场景: 适用于所有区域的大中小型数据中心、大型场馆、商业楼宇、工业厂房等。

LET THE BUILDING BREATHE FREELY / 让建筑自由呼吸



麦克维尔官方微信 麦克维尔官方网站

McQuay
International



我有，无限可能

MDX-C变频直膨式空气处理机组

麦克维尔变频直膨式空气处理机组MDX-C将组合式空气处理机组与变频直膨系统合二为一，软件多功能自由选型设计，不论是商业建筑、工业建筑等均能够轻松自如的应对，满足不同的功能需求！

2 × 3 × 8 × 24 × ∞
大形式外机 × 大结构箱体 × 大应用方式 × 种功能段 × 高度、宽度自由组合，更多无限可能！