

主办：中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院

### 本期导读

#### 06 | 新闻直通车 | News Express |

中国建筑科学研究院有限公司举办首届中国建筑科学大会

《近零能耗建筑技术标准》审查会召开

《可再生能源应用标准关键指标技术发展报告》通过评审

“北方地区热泵供暖关键技术研究及规模化应用”第一次工作会议召开

#### 22 | 热点聚焦 | Focus character |

第21届暖通空调制冷学术年会在河南省三门峡市成功举办

第五届“吴元炜暖通空调奖”颁奖仪式顺利召开

#### 38 | 案例赏析 | Cases |

南京地铁3号线工程环控系统的设计

深圳北站综合交通枢纽工程空调设计



# 格力永磁同步变频离心机 超级工程的选择 省电超过40%



北京  
“中国尊”  
大厦



湖北武汉  
天河机场

人民大会堂

港珠澳大桥

广州地铁8号线

“ 格力挑战技术壁垒，  
自主研发永磁同步变频离心机，  
国际领先，让大型冷水机组省电超过40%，  
成为超级工程的选择！ ”

董明珠  
珠海格力电器董事长

备注：省电超过40%是与格力普通离心机相比

专利名称：直联离心压缩机用悬臂式电机转子及直联式离心压缩机  
专利号：ZL201210104925.1 该专利荣获2016年中国专利优秀奖

台湾核电站

京沪高铁南京南站

珠海歌剧院

## 技术创新

# 是实现可持续发展的唯一通途

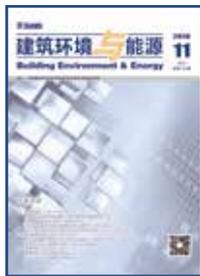


面对当下全球愈演愈烈的环境问题，世界各国都在不停探索如何以多样方式来限制资源的过度使用。实际上，改善环境问题并不适合简单地一味限制，最有效且长久可行的办法应该是：以技术升级来合理控制资源、分配资源，保持资源供给的可持续性。

目前，全社会已经普遍树立了节能环保意识，而想要实现可持续发展还应该具备这几个要素：在发展方式上，应该从“向资源要动能”的劳动密集型，转向“向技术要动能”的知识密集型；在发展方向上，应该从一味追求高数量、不顾低质量的产品结构，转向着力要求高质量、高技术含量与高附加值的产品；在发展效益上，应该从大规模、高成本、低效益的粗放型，转向精规模、低成本、高效益的集约型；在最重要的发展环境上，应该从高排放、高污染的一次性生产模式，转向绿色生态、能源节约的循环性生产模式。这些可持续性发展的要素，归根结底必须依靠不断持续的技术创新来实现，最终体现在帮助企业实现经济效益与社会效益双丰收的高质量发展上。

在目前国内经济已经由高速发展阶段转向高质量发展阶段的背景下，如何通过技术创新来践行并实现可持续发展，是企业适应新时代要求、参与世界市场竞争必须面对的问题。

以格力、美的、海尔、海信等一批国内知名空调制造企业，通过不断的技术创新时刻践行节能环保，为整个行业的可持续发展提供了成功经验：必须以技术升级来向新能源要效益，向合理的资源配置要效益，保持可持续的资源利用，从而真正实现可持续发展，为世界人民不断创造美好生活。



## 建筑环境与能源

(月刊)

### 主办单位

中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院

### 支持单位

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  
中国建筑节能协会热泵专业委员会

### 编辑出版

《建筑环境与能源》编辑部  
2018 年第 11 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 | 李月华  
校 对 才 隽 | 汤 溧  
美 编 周 林

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



建筑环境与能源官方微信



全国暖通空调学会官方微信

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 |

中国建筑科学研究院建筑设计院举办建筑设计论坛庆祝公司成立 65 周年  
中国建筑科学研究院有限公司举办首届中国建筑科学大会  
第 16 届 MDV 大赛颁奖典礼圆满成功  
第三届海尔磁悬浮杯设计大赛成功举办  
“北方地区热泵供暖关键技术研究与规模化应用”第一次工作会召开  
《交通枢纽建筑节能运行管理与检测技术工程》标准启动会举行  
《夏热冬冷地区供暖空调系统性能检测标准》编制工作启动  
国家标准《近零能耗建筑技术标准》审查会召开  
《可再生能源应用标准关键指标技术发展报告》通过评审  
国际能源署供热制冷委员会太阳能学院现场培训会召开

### 12 | 行业新闻 | Industry News |

今冬北京供应天然气增加 7 亿立方米  
天津中塘镇实现无煤化清洁能源供暖  
石家庄 8.03 万户居民实现“煤改电”供暖  
《中央企业节能减排发展报告 2018》正式发布  
今冬供暖季民生用气全额保障 河南落实超 42 亿立方米  
日立空调助力港珠澳大桥  
格力斩获中国质量领域最高荣誉  
中国尊样板区段供冷联动调试取得阶段性成果  
经受极寒考验, 同益空气能新疆煤矿热水工程获赞 等

### 20 | 国际新闻 | International News |

欧洲热泵市场增长 9%  
日本家用 CO<sub>2</sub> 热泵热水器突破 600 万台  
日本环境部提出申请天然制冷剂补贴费用  
美国中央空调和空气源热泵 2018 年 7、8 月份出货量发布  
第十三届欧洲暖通空调学术会议将在 2019 年 5 月在罗马尼亚召开  
中欧论坛 - 节能建筑中的暖通自控系统和室内环境监测在三门峡召开

## 海尔磁悬浮中央空调

# 不止节能50%

**无油**

海尔磁悬浮中央空调运转无需润滑油

- 无需更换润滑油，免维护更省心
- 压缩机无油运行，无复杂油路系统，可靠性高
- 换热系统避免油膜覆盖，换热效率无损耗，运行更节能

VS

**有油**

传统中央空调运转需润滑油

- 需要定期维护保养，更换润滑油
- 润滑油污染换热系统，需定期清洗
- 换热效率因油膜覆盖降低，使用越久，能耗越高



0

0摩擦  
稳定运行

50%

50%节能  
IPLV高达13.18

3

3年保修  
领跑行业

2

2安培启动  
电网无冲击

70

70dB静音  
结构振动趋于0

30

30年寿命  
放心可靠



海粉友 海尔互联网用户服务平台

你的生活智慧  
我的智慧生活

# CONTENTS



中国建筑科学研究院建筑设计院举办建筑设计论坛庆祝公司成立 65 周年



中国建筑科学研究院有限公司举办首届中国建筑科学大会



第 16 届 MDV 大赛颁奖典礼圆满成功



第三届海尔磁悬浮杯设计大赛成功举办



深圳北站综合交通枢纽工程空调设计

## 22 | 热点聚焦 | Focus character |



第 21 届暖通空调制冷学术年会在河南省三门峡市成功举办



第五届“吴元炜暖通空调奖”颁奖仪式召开

## 28 | 聚焦政策 | Policy |

关于印发《北京市建设系统空气重污染应急预案（2018 年修订）》的通知

关于印发《河北省采暖季洁净煤保供方案》的通知

《关于禁止生产以一氟二氯乙烷（HCFC-141b）为发泡剂的冰箱冷柜产品、冷藏集装箱产品、电热水器产品的公告》

重庆市关于发布《空气源热泵应用技术标准》的通知

陕西省关于印发铁腕治霾打赢蓝天保卫战三年行动方案（修订版）的通知

内蒙古关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案的通知

关于印发安徽省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案的通知

## 38 | 案例赏析 | Cases |

南京地铁 3 号线工程环控系统设计

深圳北站综合交通枢纽工程空调设计

## 45 | 技术交流 | Technical communication |

湿式与干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的比较研究

强电场介质装置对办公环境  $PM_{2.5}$  的净化效果

冷却水强化管表面混合污垢实验平台的搭建与初步测试

双源热泵太阳能热水系统最佳切换温度

对《绿色建筑评价标准》及技术细则暖通专业部分条文的理解

毛细管网空调系统在实际建筑中的应用情况调研

# MDVS全直流变频智能多联机组

-25℃超低温强劲制热，开启舒适节能新境界



## 全直流变频技术

IPLV(C)达9.7, APF达5.3 高效  
节能引领行业新高度

## 喷气增焐技术

-25℃ ~ 54℃超宽范围运行  
无惧极端气候

## 匠心设计 节省空间

128匹行业最大容量，占地面积减少55%有效提升建筑利用率

广东美的暖通设备有限公司

地址：广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道6号美的总部大楼B座24楼 邮编：528311

服务热线：400-8899-315 传真：0757-26338511 网址：www.midea.com





# 新闻直通车

## NewsExpress

### 中国建筑科学研究院有限公司建筑设计院 举办建筑设计论坛庆祝公司成立 65 周年

10月26日，由中国建筑科学研究院有限公司建筑设计院举办的建筑设计论坛在北京成功召开。相关政府部门、房地产开发企业、业内合作伙伴等100余名领导和专家受邀出席本次论坛，与全院职工一同庆祝中国建研院成立65周年，共同探讨建筑设计技术要点和行业发展前景。论坛由公司建筑设计院副院长孙建超主持。

公司董事长、党委书记王俊出席论坛并致辞，对建筑设计院近年来取得的成绩表示肯定，希望设计院继续发挥好公司窗口的作用，为贯彻落实国家新发展理念，推进建筑行业高质



量发展做出积极贡献。建筑设计院院长肖从真与嘉宾们分享了设计院的发展历程和企业文化，并阐述了追求创新、合作共赢的发展理念。建筑设计院党委书记马立东、总建筑师薛明等9位专家分别就文化建筑、原创设计、绿色建筑、装配式

建筑等领域发表了精彩演讲。

本次论坛进一步弘扬了公司“智者创物”的主题理念，展现了公司在建筑设计领域的综合实力，进一步提升了公司的影响力。与会嘉宾反响热烈，会后很多企业代表与演讲专家深入交流咨询，探讨合作途径。

## 中国建筑科学研究院有限公司举办首届中国建筑科学大会

10月22日,由中国建筑科学研究院有限公司(以下简称“公司”)举办的首届中国建筑科学大会在京盛大召开。来自政府部门的有关领导,院士、大师、国内外知名专家和企业家等500余名嘉宾出席大会。

此次会议以“智者创物”为主题,聚焦建筑行业科技创新,探索行业发展方向及趋势。大会伊始,公司总经理许杰峰代表大会举办方致开幕辞,值此中国建筑科学研究院建院65周年之际,向一贯关心、支持公司建设、发展的行业主管部门、业界兄弟单位、国内外同仁表示感谢。在习近平新时代中国特色社会主义思想指导下,公司将秉承引领行业技术进步的使命和愿景,继续为建筑行业科学技术发展、建筑行业转型升级做出自己的贡献。

公司党委书记、董事长王俊做了题为《落实“新发展理念”,推进建筑行业高质量发展》的主题报告。报告指出,党的十九大对传统的建筑行业发展提出了更高的要求,而新能源、新材料、信息化等科技的快速应用和发展,会为建筑行业带来新一轮技术变革,绿色化、工业化、信息化和标准化已成为行业可持续发展的重要方向,为保障建筑行业高质量发展提供了重要途径。

本次大会邀请到了4位中国工程院院士、10位全国工程勘察设计大师共同出席。范维澄院士、缪昌文院士、刘加平院士、丁烈云院士分别就建筑安全、建筑材料、建筑能耗、数字建造方向发表了精彩演讲。

安全是城市建设的第一要素。范维澄院士以火灾安全为切入点,揭示城市建筑在发生火灾



时的灾害链演化与致灾机理,进而引出社会公共安全发展问题。公共安全科技已由过去的“技术与管理双轮驱动”,发展到现在的“技术、管理与文化”三足鼎立,并在建立智慧社会过程中发挥越来越重要的作用。

建筑行业的高速发展对建筑材料提出了更高要求。缪昌文院士针对混凝土如何应对严酷环境下提升耐久性的技术报告中指出,作为建设工程用量最大的基础材料,须重视基于混凝土耐久性的新理论与新技术研究,混凝土需要满足不同工程、环境下提出的更多、更高、更新的要求,才能实现混凝土在全寿命周期内从施工期到服役期的优良性能。

针对我国建筑能耗现状,刘加平院士在大会上表示,我国建筑节能伴随建筑质量的提升已达到了一个上升瓶颈,要想全方位实现提升建筑能耗水平,还需要大家共同去克服、去探索。建筑采暖、通风与空调能耗的节约潜力很大,会一定程度上促进我国建筑节能水平的发展。

数字建造是建筑行业升级的关键,丁烈云院士认为,新一轮科技革命已经到来,我们应该抓住这一历史机遇,高度重视数字技术对工程建造的变革性影响,在国家层面,制定以数字建造为

核心的“中国建造2035”发展战略,实现建设行业的转型升级,为“一带一路”提供技术支撑,从建造大国走向建造强国。

下午的专题报告由公司副总经理王清勤主持。全国工程勘察设计大师肖从真研究员从大跨及高层建筑的发展现状、主要创新成果与工程实践、标准规范和未来发展趋势四个方面对大跨及高层发展、创新与实践进行了详细解读;建筑环境与节能研究院徐伟院长做了题为《可持续建筑环境与能源技术》的报告,分析了建筑环境与建筑能源的国际以及国内发展趋势,并分享了建筑环境与建筑能源未来发展的看法;建筑设计院孙建超副院长就建筑工业化存在的问题、建筑工业化的实践、建筑工业化的展望展开了具体介绍;建研科技股份有限公司马恩成副总裁介绍了建筑行业信息化发展趋势、PKPM-BIM平台及创新应用以及建立PKPM-BIM生态环境;标准处王晓锋处长分享了对工程建设标准化工作的体会与思考,并介绍了公司标准化工作概况以及标准化工作取得的成绩;建筑工程质量监督检验中心王霓主任在报告中指出,应通过推进质量制度改革、加强技术前瞻研究、培育大型检测机构、建立健全法规体系来提升建筑工程质量水平。

专家一致认为,面对日益增长的建筑需求及科学技术大变革的发展趋势,建筑产业唯有顺势而为,主动拥抱变革,形成以绿色化为发展理念,以工业化为发展方式,以信息化为发展手段,以标准化为发展保障的核心发展路径,才能实现建筑业的顺利转型升级与高质量发展。

## 住建部科学计划项目“北方地区热泵供暖关键技术与规模化应用”第一次工作会议召开

9月27日，住建部科学计划项目“北方地区热泵供暖关键技术与规模化应用”第一次工作会议在北京召开。住房和城乡建设部建筑节能与科技司孟光主任以及项目组成员共计19人出席会议。



会议由环能院邹瑜副院长主持。孟光在讲话中，突出强调建筑能效提升和可再生能源应用对于清洁取暖的重要意义，充分肯定了项目在高效空气源热泵开发和农宅靶向保温方面的研究价值。环能院徐伟院长代表项目牵

头单位致辞，并对项目的研究背景、主要内容、整体规划进行系统介绍。项目组成员针对项目研究内容、当前技术发展、项目创新点、进度安排等展开深入讨论交流。

项目针对北方地区高效应用热泵系统进行全工况取暖的关键技术问题，从基础理论研究、产品开发、标准制定、工程设计、施工验收、效果检测、保障措施等方面系统开展热泵关键技术的研发与推广，对推动清洁取暖工作又好又快发展，具有十分重要的意义。

## 第16届MDV大赛颁奖典礼圆满成功

2018年10月25日，第16届MDV中央空调设计应用大赛在三门峡天鹅湖酒店举行了盛大的颁奖典礼。来自全国各地的400多位行业专家、设计师、经销商、高校师生以及主流媒体齐聚一堂，共同见证了这场享誉行业的颁奖盛会。

第16届MDV大赛以“设计生命建筑”为主题，分为专业组、经销商组、M-Home家装组以及学生组四个小组，共设置了210个奖项，奖金总额高达58万元，单项最高奖金8万元，奖项、奖金均为行业之最。

大赛自今年4月份启动征稿活动以来，历时7个月，共收到四个组别的参赛作品1962份，经过评审专家层层筛选、小组内讨论、举荐评议等严格的评审程序，最终评选出专业组节能创新设计奖、金铅笔设计奖、银铅笔设计奖、铜铅笔设计奖、优胜奖、

学生组设计达人奖、杰出设计奖、优秀设计奖、卓越指导教师奖、优秀指导教师奖等若干奖项。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、美的中央空调作为大赛的主办方，至始至终关切暖通行业的发展变化，也始终关注每一个设计师在大赛作品中所传递的产品解决方案。评委们也充份肯定了，大赛经过16年发展，影响力不断提高，参赛稿件的质量也越来越高。

值得关注的是，已经3年空缺的行业最高荣誉奖项“节能创新设计奖”今年终有归属。这份业界设计大赛中奖金金额最高的奖项，自设立以来就备受关注。该项目自设立之初，凭借其严苛的审定标准而在业内著称。该奖项不仅需要优秀的设计思路，同时还需要拥有充分运营时间的考验，以及在实际运行中是否具备



高效节能的效果。也正是这样严苛的标准，也反映出了MDV大赛在“公平、公正、公开”原则上的追求。北京建筑设计研究院顾问总工吴德绳表示，大赛最高奖“节能创新设计奖”更加注重“工匠精神”和“创新精神”。

本届大赛共面向全国1000多家设计院，同时针对全国69所暖通空调专业院校开展了49场“走进校园”系列宣讲活动，使MDV大赛“节能、低碳、创新”的精神得到广泛传扬。

## 第三届海尔磁悬浮杯设计大赛成功举办

10月24日，第三届“海尔磁悬浮杯”绿色设计与节能运营大赛颁奖盛典在三门峡成功举办，来自全国的1700余名暖通行业专家、设计师、核心设计研究院、主流媒体等共同见证。大赛评委们通过对申报项目的技术创新性、行业代表性、节能性和运行使用情况四个方面进行评估，最终评出37份获奖作品，包括绿色设计组金奖2名、银奖4名、铜奖6名，先锋奖22名；节能运营组，先锋奖1名、优良奖2名。

海尔磁悬浮杯设计大赛由中国建筑学会暖通空调分会、中国制冷学会空调热泵专委会、海尔中央空调联合主办，是行

业首个关注暖通设计与后期运营的大赛。

本届大赛于今年3月启动，历时8个月，覆盖32个省市自治区，开展征稿活动210场，传播800多家主流设计院，交流4800多名专家设计师，累计收到2000余份作品，在业内形成节能赛事规模并产生积极反响。

现场，中国建筑学会暖通空调分会理事长徐伟致辞：“加快绿色发展，推进建筑节能是国家政策导向，本次大赛将绿色生态理念与建筑节能有机结合，把主流趋势落地为应用实践，将直接推动整个暖通行业节能升级。”与其他传统设计大赛不同的是，本届磁悬浮杯设计大赛在绿色设

计之外，更加注重对项目后期节能运营的效果评估。设计师将节能设计与节能产品相结合，针对其建筑特点，量身定制全方位节能解决方案。

海尔中央空调负责人表示：

“节能作为用户需求、社会痛点，海尔有责任推广更具节能效果的磁悬浮技术。”作为磁悬浮杯设计大赛的主办单位，海尔于2006年首创中国第一台磁悬浮中央空调，12年来，不断对磁悬浮技术进行创新推广，目前，以80%市场份额稳居第一。在“人单合一”模式下，海尔积极响应国家节能减排战略，为行业提供一个公平公正的交互平台，持续推进解决方案节能升级。

现场，中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院院长徐伟，北京建筑设计研究院顾问总工吴德绳，中国工程院院士、清华大学建筑节能研究中心主任江亿等14位行业顶级专家及海尔家电产业集团副总裁王利作为暖通人代表，共同对建筑节能许下承诺，促进行业发展。



## 《交通枢纽建筑节能运行管理与检测技术工程》工程建设协会标准启动会在成都圆满举行

2018年11月1日上午，中国工程建设协会标准《交通枢纽建筑节能运行管理与检测技术规程》编制组成立暨第一次工作会议在中国建筑西南设计研究院有限公司顺利召开。本标准由中国建筑科学研究院有限公司和中国建筑西南设计研究院有限公司主编，其他参编单位共计25家。

会议由标准主编人曲凯阳博

士主持。中国建筑西南设计研究院有限公司王金雪院总监出席会议并致欢迎辞。与会专家就标准编制思路、内容、分工以及进度计划等进行了深入研讨。西南建筑设计院的戎向阳副总工、中国建筑设计院的潘云钢总工、北京建筑设计院的张杰副总工、国家空调质检中心的曹阳副主任、清华大学的刘晓

华教授等国内知名专家发表了意见，首都机场的高晓辉经理、虹桥机场的周振峰经理、北京西客站的陈纪民高工等专家从交通枢纽建筑节能运行管理实践出发提出了建议。会议统一了标准编制思路，确定了标准草案、编制分工和进度计划。

本次启动会为标准后续研究制订工作奠定了坚实的基础。

## 工程建设协会标准《夏热冬冷地区供暖空调系统性能检测标准》编制工作启动

近期，由中国建筑科学研究院有限公司（以下简称中建研院）主编的工程建设协会标准《夏热冬冷地区供暖空调系统性能检测标准》编制组成立暨第一次工作会议在北京召开。

中建研院标准处高迪、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、国家空调设备质量监督检验中心空调设备检测部副主任徐昭炜、副研究员杨强、清华大学教授石文星等专家、领导及10余家企业代表共40余人出席会议。标准编制组成立会议由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会高工朱晓姣主持。

杨强作为标准主编人主持第

一次工作会，他介绍了标准编制前期准备工作、编制背景、主要内容、需调查研究问题等内容，并表示编制该标准主要为了解决非稳态运行模式下热湿环境的测试、全年系统能耗与系统能效的测试等问题。

经过对标准编制大纲的热烈讨论，编制组明确了该标准的编制原则和适用范围。此次会议基本确定了标准的框架和技术内容，以及标准的分工、工作计划及工作要求，为提高标准的编制质量和效率奠定了良好的基础。



## 国家标准《近零能耗建筑技术标准》审查会召开

2018年10月17日，由中国建筑科学研究院和河北省建筑科学研究院主编，会同国内有关设计、科研和高等院校等49家单位共同编制的国家标准《近零能耗建筑技术标准》（送审稿）审查会议在北京召开。《近零能耗建筑技术标准》为我国第一部建筑节能引导性国家标准。

来自科研院所、设计院、大专院校及生产厂家的专家和编制组成员共70人参加了审查会议。中国建筑科学研究院李军副院长致辞，住建部环能标委会邹瑜秘书长主持会议。审查会成立了以刘加平院士为主任委员、王崇杰教授和仲继寿研究员为副主任委员的专家审查委员会。

环能院徐伟院长代表编制组就标准制订开展的研究和工作情

况以及标准的主要内容做了介绍。审查委员对标准送审稿逐章、逐条进行了认真细致的审查和热烈的讨论，并最终形成了审查意见。

审查委员会认为：《近零能耗建筑技术标准》紧密结合我国气候特点、建筑类型、用能特性和发展趋势，广泛借鉴和吸收了发达国家先进经验，对我国已经完成的近零能耗建筑示范项目进行了深入研究，为我国实现更高室内环境舒适性和节能目标提供了技术依据，为我国近零能耗建筑的设计、施工、检测、评价、调适和运维提供了技术支持，《标准》对我国未来中长期（2025-2035-2050）强制性建筑节能标准逐步提升具有重要的指导意义。《标准》首次界定了我国超低能耗建筑、近零能耗建筑、



零能耗建筑等相关概念，明确了室内环境参数和建筑能耗指标的约束性控制指标，提出了相应的技术性能指标、技术措施和评价方法，开发了近零能耗建筑计算和评价工具。

《近零能耗建筑技术标准》将对规范超低能耗、近零能耗建筑市场，提高设计水平，促进节能减排，改善工作和生活环境，以及引导相关工程标准和产品标准逐步提升具有重要作用。

## 住建部标准研究课题《可再生能源应用标准关键指标技术发展报告》通过评审

近期，由中国建筑科学研究院有限公司牵头承担的住建部标准研究课题《可再生能源应用标准关键指标技术发展报告》评审会在京召开。

住房和城乡建设部标准定额司博士马骥、北京建筑设计研究院总工徐宏庆、中国可再生能源学会研究员郑瑞澄、光伏专委会秘书长吕芳、中国标准化研究院博士刘猛、北京建筑大学教授高岩等课题组负责人及主要研究人员出席了会议，会议由公司环能

院科技与经营管理部副主任李正主持。

公司专业总工徐伟致欢迎辞。教授级高工何涛汇报了研究工作及可再生能源建筑应用关键指标提升建议。住房和城乡建设部标准定额司马骥充分肯定了课题研究工作，相关成果将对未来可再生能源建筑应用标准制修订工作提供新思路。

与会专家认为，本课题分析了可再生能源的技术发展趋势、应用技术和标准体系以及贡

献率等内容与关键性能指标，提出了我国可再生能源应用标准提升建议，为我国未来可再生能源建筑应用标准编制工作提供了重要参考，一致同意课题通过评审。



## 由中国建筑科学研究院有限公司承办的国际能源署供热制冷委员会太阳能学院现场培训会圆满结束

2018年10月31日至11月1日，由国际能源署太阳能供热制冷委员会（IEA SHC）主办，中国建筑科学研究院有限公司、日出东方太阳能股份有限公司承办，中国可再生能源学会、建筑安全与环境国家重点实验室支持的国际能源署供热制冷委员会太阳能学院（IEA SHC Solar Academy）现场培训会在连云港顺利召开。国内外150余名学员参加了本次培训。

本次培训邀请丹麦、中国、奥地利的4名国际知名专家Jan Erik Nielsen、Jianhua Fan、郑瑞澄研究员、Christian Holter以“太阳能区域供热系统”为主题现场授课。中国建筑科学研究院有限公司教授级高工、国际能源署太阳能供热制冷委员会副主席何涛出席会议致欢迎辞并向学员颁发结业证书，培训由日出东方太阳能股份有限

公司副总裁焦青太主持。

太阳能学院是国际能源署太阳能供热制冷委员会的重要机构，致力于打造太阳能热利用技术的国际化全方位交流平台，通常采用网络授课方式培训。本次培训是国际能源署太阳能供热制冷委员会首次在中

国组织现场培训，面对面的授课方式为每一名学员提供了与国际顶级专家直接沟通学习的机会，为中国企业、科研单位提供了与国际先进单位间的交流合作机会。同时，也展示了中国企业良好的国际风范和国际形象。



# 行业新闻

## IndustryNews

### 今冬北京供应天然气增加 7 亿立方米

北京市燃气集团表示，今冬供暖季，天然气供应总量为 125 亿立方米，较之去年增加了 7 亿立方米。

据了解，在 2018 年初起，北京燃气集团就与中石油北方公司签订了《2018 年天然气购销合同》。北京市成为全国第一个与上游供气企业完成年度及采暖季供气合同签订的城市。今冬采暖季天然体供应总量为 125 亿立方米，较去年的 118 亿立方米增加 7 亿立方米，主要用于新的煤改气用户以及新的燃煤锅炉的改造，主要集中在平谷和延庆。

今年，燃气集团配合开展了 5 座约 1615 蒸吨燃煤供热厂和 57 个村庄约 2.46 万户农村散煤的“煤改气”工作。截至日前，燃煤锅炉“煤改气”配套燃气项目已完成通气，这标志着北京市燃煤锅炉全面清零，完成了蓝天保卫战的工作任务。

据介绍，今年北京市清洁能源供热比例达到 97% 以上，其中居民集中供热锅炉和城市热网热源已基本全部使用天然气。中石油支持北京天然气供应保障工作，天然气供应量基本满足北京市需求，但仍属于“紧平衡”，一旦遇极寒天气、上游输气管线故障等情况，天然气高峰日仍存在供应紧缺的风险。

### 《中央企业节能减排发展报告 2018》正式发布

日前，《中央企业节能减排发展报告 2018》正式对中央企业发布，由国资委综合局委托中国节能环保集团有限公司承担具体编制工作。为了做好新形势下的资源节约、生态环境保护工作，国资委启动“中央企业节能减排发展报告”研究工作，“十三五”期间按年发布，这是第二次发布的年度报告。

国资委副主任徐福顺在报告序言中表示，中央企业全面深入学习贯彻习近平总书记的新时代中国特色社会主义思想和党的十九大精神，把党中央擘画的生态文明建设和生态环境保护决策部署蓝图，转化为企业发展的路线图和施工图，奋力开创新时代资源节约生态环保新局面。作为生态文明建设的主力军和排头兵，中央企业下大气力，持之以恒、久久为功，把生态文明建设、节能环保作为推进供给侧结构性改革的重要抓手和切入点，综合统筹结构调整、循环经济、产业发展等任务，加大转型升级力度、

推进绿色发展，全面打响打好污染防治攻坚战，为实现企业高质量发展创造条件，争创无愧于党、无愧于人民、无愧于历史的业绩。

《中央企业节能减排发展报告 2018》聚焦总目标，从综述篇、节能篇、环保篇、资源循环利用篇、非化石能源篇、京津冀大气污染防治篇等六个维度，从新举措、新成效、新成绩、新贡献等四个方面，梳理总结 2017 年中央企业新成就，系统展示中央企业对推进美丽中国建设的贡献和担当。一是能源消费总量有效控制。“十三五”以来，中央企业能源消费总量增幅持续低于全国平均水平。二是单位产值综合能耗明显下降。万元产值综合能耗较“十二五”末下降幅度，超过国家“十三五”目标进度要求。三是主要污染物减排成效显著。化学需氧量、二氧化硫、氨氮、氮氧化物排放总量远超国家“十三五”减排进度目标，为高标准完成国家目标任务作出突出贡献。

### 石家庄 8.03 万户居民实现“煤改电”供暖

10 月 25 日，随着赵县迎恩铺村“煤改电”项目新增变压器的接引工作完毕，国网石家庄供电公司 2018 年“煤改电”配套电网建设工程全部竣工。

“煤改电”是大气污染防治的重要措施。市供电公司对此高度重视，按照“政府主导、政策支持、企业实施”的原则，主动向各级政府汇报沟通，努力争取电网投资补助政策，促请政府出台了《2018 年冬季清洁取暖工作方案》《关于认真做好双代工程施工存在问题整改工作的通知》等政策文件，精细化指导“煤

改电”电网工程和政府投资用户工程建设，联合市散煤压减办公室召开工作调度会议，积极与各区县政府对接，超前完成确村确户工作。

据悉，2018 年石家庄“煤改电”工程涉及 16 个县，共计改造居民用户 8.03 万户、企事业单位 2836 家，采暖面积 304 万平方米，项目数量 135 个，分解单体工程 1285 项，新建、改造线路 3534.01 公里、配变 2380 台，新增容量 916 兆伏安，平均日施工现场达到 100 余个，施工人数 900 余人次。

## 张家口市冬季清洁取暖实施方案出台

推进清洁供暖是改善城市环境的一项基础性公益事业，关乎百姓冷暖。近日，张家口市出台《2018年度冬季清洁取暖实施方案》，全面贯彻国家和省关于大气污染防治的一系列决策部署，持续提高全市居民冬季取暖清洁化水平，减少大气污染排放物，进一步保障和改善民生。

因地制宜，统筹推进清洁能源供暖。2018年是张家口市实施冬季清洁取暖试点工作的第一年，《方案》指出，张家口市将立足电网、气源等本地资源禀赋，统筹利用各类清洁能源，充分考虑大气质量改善的现实需求，科学统筹清洁取暖整体优化布局，按照“宜电则电、宜气则气、宜光则光、宜油则油、宜煤则煤”的原则，力推电代煤、稳推气代煤，积极开展“光热+”、“光伏+”、石墨烯、生物质等多种清洁能源互补利用方式试点示范，全面助力张家口市低碳奥运专区建设，切实提升环境空气质量。

强力推进，全面实施城乡清洁供暖。按照《方案》要求，张家口市将全面发展城区集中供热、强力推进农村地区清洁替代，推进以电代煤为主、气代煤

等其它形式为辅的城乡清洁供暖。今年全市将完成509.91万平方米以上清洁能源替代工程，城镇地区完成187.56万平方米以上，农村地区完成322.35万平方米以上。其中，电供暖项目完成462.63万平方米、气供暖完成45.81万平方米、其它清洁能源供暖1.47万平方米。进一步优化热源布局，强化集中供热基础热源，今年张家口市预计新增燃煤热电联产供热面积426.41万平方米，生物质热电联产供热面积11.21万平方米。

强化配套，确保群众温暖过冬。张家口市将全力推动天然气、电力、供热管网等基础设施建设，全面提高供应保障和应急调峰能力，进一步完善四方协作机制，扩大可再生能源电力交易范围，依托应张线和“陕京四线”，大力实施天然气管道“县县通”工程，促进本地清洁能源的就地消纳。此外，对已实施的清洁取暖工程，将重点抓好安全隐患整治和气源电力保障，紧密结合空心村治理、乡村撤并、易地扶贫搬迁、新型城镇化和绿色城镇体系建设，提前安排部署前期工作，全面做好能源供应保障工作，确保广大群众温暖过冬。

## 今冬供暖季民生用气全额保障 河南落实超42亿立方米

据了解，按照省委、省政府决策部署，省发展改革委同各有关部门、地方和企业，全力以赴推进天然气产供储销体系建设各项重点工作，取得积极进展。

今年供暖季已落实天然气资源超过42亿立方米，完全可以满足民生用气需要。目前，全省各地已全面完成全年供用气合

同以及供暖季合同签订，资源全部分解至各地。总体来看，虽然今年河南省天然气供需处于紧平衡状态，但民生用气可以全额保障。上述相关负责人同时表示，下一步，省发展改革委将会同有关部门及各地方，着重做好严格以供定需、坚持以气定改、完善应急预案和压实各方责任四方面工作，保障民生用气需求。

## 河北省今年170多万户将实现“双代”供暖

10月31日，记者从河北省环保厅召开的全省“双代”（即气代煤、电代煤）督查工作电视电话会议上获悉，今年全省计划完成“双代”工程177.4万户，为督促“双代”工作、保障群众温暖过冬，从11月1日起至11月10日，我省将对各地“双代”工作和清洁替代未覆盖区域洁净煤供应保障情况开展集中督查。

“双代”工程是该省冬季清洁取暖的主要工程任务。2017年该省“双代”工程共完成253.7万户（累计完成353.9万户），2018年，全省计划完成“双代”工程177.4万户，其中，气代煤145.2万户，电代煤32.2万户。据省“双代办”统计数据，截至10月28日，全省气代煤工程完成户内安装工程136.5万户，完成率94%；已验收并置换通气121.8万户，完成率83.9%；电代煤工程完成采暖设备安装（含户内线路改造工程）30万户，完成率90.2%。气代煤工程验收并置换通气率全省仍有张家口市（53.3%）、保定市（65%）、雄安新区（70.4%）、沧州市（72.4%）、唐山市（72.6%）、定州市（77.1%）等6个市（区）没有达到80%以上。

此次督查的重点区域是传输通道城市（含定州、辛集市）、雄安新区，并实现涉“双代”工作的县（市、区）、乡（镇、街道）、村（社区）督查全覆盖。

5项督查重点分别是：“双代”工程任务落实及进展情况；气源、电源保供情况；洁净型煤保供及配送情况；清洁取暖“一刀切”情况；极端不利气象条件下应急预案制定情况。

## 天津中塘镇实现无煤化 清洁能源供暖

现在各村空气源热泵设备和壁挂炉基本都安装完了，全镇村民们马上就能彻底告别煤炉取暖了。”近日，在中塘镇冬季采暖“煤改气”及“煤改电”工程一线，该镇相关负责人介绍。据了解，根据天津市政府对冬季清洁取暖工作的最新要求，滨海新区城市及农村地区的散烧煤均改用清洁能源替代，目前，中塘镇11个村已完成了“煤改气”工程、7个村“煤改电”工程正在收尾。

随着供暖日临近，全镇即将彻底告别煤炉子，实现无煤化清洁能源供暖。

## 西宁市区实现清洁取暖

青海省西宁市近年来持续推进燃煤锅炉“清零”行动，累计完成近3000余蒸吨“煤改气”治理任务。近5年，西宁年减排二氧化硫、氮氧化物、烟尘分别达33%、39%、84.1%。

为推动清洁能源工程实施，西宁市在城区划定166平方公里的禁煤区，并在天然气管网范围内推行“煤改气”，实现区域内燃煤锅炉“清零”。同时，建成投运5个煤炭一级交易市场和49个煤炭二级经营网点，规范煤炭经营市场，大量减少劣质煤炭消费。

“西宁市还严控机动车尾气污染，扩大黄标车限行区域，严查违规驶入禁行区的无环保合格标志车辆、高污染车辆。”西宁市环保局监察支队副支队长胡新峰介绍，大气颗粒物PM<sub>2.5</sub>主要污染源中的机动车尾气、工业排放和餐饮油烟等均得到有效控制，西宁大气环境改善效果“看得见”。

## 廊坊近百万户农村居民用上清洁能源

现在的廊坊农村居民，绝大多数使用天然气做饭取暖。来自廊坊市相关部门的数据显示，全市农村已完成“煤替代”近百万户，基本实现市域散煤“清零”，为打赢大气污染防治攻坚战夯实了基础。

作为大气污染防治“1+2”核心城市、“2+26”传输通道城市，过去廊坊市的空气污染物中燃煤产生的污染物占比达40%左右。强力推进农村清洁能源替代、城镇燃煤锅炉治理等，大力优化能源结构，是廊坊破解大气污染困局、打赢蓝天保卫战的关键。“廊坊毗邻北京、接壤雄安，打赢大气污染防治攻坚战、维护首都生态环境安全，是重中之重政治任务。”廊坊冯韶慧介绍，2017年至今，他们投入冬季清洁取暖财政资金87.86亿元，累计完成“气代煤”91万户、“电代煤”8万户，基本实现农村地区无煤化。同时，城镇淘汰35蒸吨及以下燃煤供热锅炉199台、1336蒸吨，10蒸吨及以下燃煤锅炉实现“清零”，

全域压减燃煤效果显著。

压减散煤，使廊坊大气质量显著改善，已连续两年退出全国74个重点城市空气质量后十。在2017-2018秋冬季大气污染综合治理攻坚战中，廊坊市PM<sub>2.5</sub>平均浓度为58微克，同比下降39.6%。其中，农村“煤替代”对大气污染治理的贡献率达37%以上。为推进农村“煤替代”，廊坊出台了《“气代煤”工程安全运营二十条强化措施》《农村“气代煤”（“电代煤”）竣工验收指导意见》等12项管理标准，为构建安全运营长效机制打牢了基础。同时在全市配备农村“气代煤”企业安全巡查员1391名、村街协管员3978名。进入取暖季后，廊坊市近两万公里的燃气管线满负荷运转，保障了村民清洁用能。

目前，廊坊市正在加快建设市级燃气供热数字化监管平台，对各燃气企业用气量进行实时监测，规范燃气企业行为。同时，实行网格化监管，全力预防和减少安全事故。

## 广东省惠州绿色建筑嘉奖机制正式落地 首批绿色建筑示范项目共奖励150万元

10月下旬，惠州市住建局发布2018年第二批绿色建筑示范项目，4个高品质绿色建筑纳入进嘉奖名单。跨入11月，该项嘉奖机制正式落地。在1日召开的全市绿色建筑工作推进会上，惠州博罗县社会服务中心等首批列入嘉奖名单的7个绿色建筑示范项目获得总计150万元的扶持资金奖励。

随着示范项目的甄选，惠州近年来绿色建筑工作稳步推进。据该局发布数据，截至当前，全市已有268个项目通过国家、省、

市级评审获得标识，建筑面积规模达到2694万平方米。其中二星级以上项目18个、面积131.6万平方米，占比4.9%。

可以看到，一方面绿色建筑不断扩面发展，另一方面则是高星级项目数量较少，“落地”运行的项目更少。对此，惠州市住建局党组成员、总建筑师游京樊介绍，面对存在的高星项目少，质量有待提高的问题，通过资金嘉奖，树立行业典型，不仅能够给予扶持帮助，也将切实激发企业的建设热情。

## 青岛 2020 年 70% 将实现太阳能等清洁供暖

近日，青岛市环保局发布《青岛市加强污染源防治推进“四减四增”三年行动方案（2018-2020年）》。到2020年，中心城区供热面积达到1亿平方米，全市70%以上的村庄实现冬季清洁供暖。通知提到，要大力发展节能环保产业。壮大绿色产业规模，发展节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业。围绕“创新驱动、品牌战略、集群效应、跨越发展”的发展方向，突破一批关键技术、发展一批自主品牌、壮大一批龙头企业、集聚一批产业基地，以巩固现有产业特色为支撑，抢占高端、高效节能环保技术装备和产品制高点。以产业集群和专业化配套为导向，推动发展节能环保服务业，提升产业水平，优化产业布局，构建具有竞争优势的产业链。

到2020年，全市节能环保产业产值力争达到2000亿元。引导企业自愿清洁生产，实现“节能、降耗、减污、增效”，推动企业向绿色制造方向发展。

抓好年度国家绿色制造系统集成项目申报工作，做好绿色制造体系建设示范单位评选，创建一批绿色制造企业、绿色工厂，打造一批绿色设计产品。按照控增量、减存量、提效率的系统治理思路，进一步加大煤炭消费减量替代工作力度，增加清洁能源使用。到2020年，全市煤炭消费总量完成省下达的目标任务；全市单位地区生产总值能耗较2015年下降16%，能源消费总量控制在3381万吨标准煤以内，清洁能源在能源消费结构中的比重较2015年增加4个百分点。

到2020年，中心城区供热面积达到1亿平方米。以小城镇建设为重点，率先在小城镇驻地和集聚型农村新型社区建设集中供暖设施。结合农村土暖气供暖方式，倡导、推广环保锅炉、太阳能、天然气、地热、秸秆气化等环保能源，加快农村地区供暖设施建设。到2020年，全市70%以上的村庄实现冬季清洁供暖。

## 陵城：3600 户居民实现清洁取暖

为推进冬季清洁取暖，改善群众居住环境，陵城区多措并举，在向农村发放清洁煤、对城边村进行“气代煤”改造的基础上，加大推进城区“电代煤”改造工程，最大限度减少散烧煤使用量。今年，全区“电代煤”项目分布于临齐街道东关、东街、南街等8个城中村，涉及3600户居民，目前已全部改造完成。

8月初，“电代煤”工程全面启动。前期，陵城区成立了专项工作领导小组，制定《陵城区2018年度清洁取暖工作方案》，先后多次开会征求工作意见，安

排任务落实，调度进展情况。在实施过程中，坚持必须整建制推进、必须公开透明、必须惠及群众、必须逐户承诺、必须确保质量“五必须”原则，对“电代煤”用户，全部发放了《安全告知书》，同时加快设备通电、试暖工作进度，针对施工质量、资金使用等关键环节进行检查。

截至目前，已经累计投资3198万元，铺设架空线路、电缆线路32.1公里，安装变压器47台，安装碳晶板3.6万片，力争通过“电代煤”实现散煤清零、清洁取暖，确保大气质量持续改善。

## 菏泽巨野加快推进农村冬季清洁取暖

10月6日，巨野县供电公司施工人员正加班加点对龙堍镇尹庄村进行电改。据了解，在这次煤改电工程中，尹庄村将新建设10千伏线路，增加1台S13-400变压器。提到煤改电工程，村民张方田告诉记者，以前只能使用煤炭做饭，烟熏火燎、污染空气不说，每天还要砸煤，半夜还需添火，十分不便。

为最大限度减少煤炭燃烧造成的环境污染，巨野县以实现燃煤“清零”为重点，加快推进冬季清洁取暖“双替代”工作，打造更为清洁宜居的生活环境，让群众在寒冷冬日里“无煤”也温暖。

据了解，今年巨野县冬季清洁取暖改造任务目标7032户，其中电代煤工程5280户，气代煤工程1752户，今冬7032户农民取暖将开启“无烟模式”。

根据省、市冬季清洁取暖部署要求，巨野县坚持抢先抓早，提前准备，结合今年气源保障和供电能力，确立了“宜气则气、宜电则电、慎重改气、以电为主”的工作思路。先后多次赴部分电代煤设备生产厂家和清洁取暖工程先行地区进行了考察学习，详细了解设备的技术参数和电力配套要求；组织城管、供电、供气等有关部门对2018年实施村庄进行了逐村实地勘察，科学制定了改造方式；提前谋划燃气管网施工布局 and 办理工程前期审批手续，坚持早开工、早建设，切实为后期项目进展打下了坚实基础。



## 河南省商丘市大力推进 冬季清洁取暖工作

为保障群众温暖过冬，改善空气质量，商丘市大力推进冬季清洁取暖工作。近日，据市发改委能源局介绍，今年，商丘市实施了清洁取暖集中供热能力提升行动，全年累计新增清洁集中供热能力180万平方米以上，天然气供气量1.6亿立方米以上，“双替代”（电代气、气代煤）用户有2.6万户左右，供暖保障水平进一步提高。

今年，全市计划完成“双替代”供暖2.6万户（学校、医院、福利设施等公共建筑按照100平方米折1标准户计算）。其中，睢县的“双替代”供暖任务是3000户。今年“双替代”工作开展以来，该县高度重视，严格按照国家、省、市工作要求，全面摸底，认真排查，及早部署，目前已实际完成3082户，招标工作于9月13日完成，设备于9月20日全部发放到户。虞城县今年的“双替代”目标任务是3000户，该县本着环境攻坚与脱贫攻坚两项重点工作相结合的创新模式，采取入村核查，对象精准的要求，选择在该县城郊乡实施，目前“双替代”供暖产品已全部发放到位，超出市定任务981户。宁陵县积极争取“双替代”财政专项资金，采取政府集中采购、统一发放的形式，采购碳纤维取暖器等清洁取暖设备，提前并超额完成了今年省、市下达的“双替代”任务。

“双替代”项目的实施，不仅促进了群众从使用传统能源到清洁能源的思想转变，而且保障了群众温暖过冬，有效推动了大气污染防治工作，让民心更暖天更蓝。

## 秦皇岛开展秋冬季大气污染综合治理攻坚

日前，秦皇岛市2018至2019年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动全面展开，立足于产业结构、能源结构、运输结构和园区结构调整优化，科学制订应急减排和错峰生产措施，推进秋冬季大气环境持续改善。

实施散煤整治专项行动。建立洁净煤保供体系，对清洁取暖不能覆盖的区域及边远山区，确保洁净煤供应全覆盖。同时，加大燃煤锅炉淘汰力度，制定并落实供热衔接方案，在确保供热安全可靠的前提下，加快集中供热管网建设，优先利用热电联产等清洁取暖方式，淘汰管网覆盖范围内燃煤锅炉。10月底前，完成10蒸吨以上燃气锅炉改造任务，改造后氮氧化物排放浓度不高于30毫克/立方米。

实施“散乱污”企业清理整治专项行动。建立动态管理机制，进一步完善“散乱污”企业认定标准和整改要求，坚决杜绝“散乱污”项目建设和已取缔的

“散乱污”企业异地转移、死灰复燃。10月底前，完成新一轮“散乱污”企业排查工作，对新发现的“散乱污”企业建立清单，实施分类处置。对“散乱污”企业集群制定总体整改方案并向社会公开，实行整体整治，并同步推进区域环境综合治理工作。

实施工业企业污染深度治理专项行动。该市从重点行业深度治理、工业企业无组织排放治理、园区污染综合治理、排污许可管理入手，加快推进重点行业超低排放改造工程，对工业企业物料实施封闭储存、密闭输送、系统收集，实施生产环节无组织排放治理。禁止新增化工园区，加大对各类园区的整合提升和集中整治力度，减少工业聚集区污染。年底前完成陶瓷、耐火材料、再生金属工业排污许可证核发，将差异化错峰生产方案载入排污许可证，严厉依法打击无证排污违法行为。

## 河南省洛阳市今年已新增集中供热面积 620.5 万平方米

距离今冬供热期越来越近，截至目前，洛阳市今年已新增集中供热面积620.5万平方米；2018年至2019年供热期，市区集中供热面积预计达6160万平方米，该市将有更多百姓温暖过冬。

从10月24日召开的今冬全市供热保障工作会议上了解到，今年我市集中供热硬件建设力度大，供热准备工作着手较早，冬季供热呈现相对有利态势。今年我市计划新增集中供热面积600万平方米，目前已新增集中供热面积620.5万平方米。如今，各项供热相关工作仍在加紧推进，预计11月15日前，新增集中供

热面积可达630万平方米。

会议指出供热期间每个供热小区将设置一名供热义务监督员，义务监督员将定期监督、检查小区换热站的安全运行情况及用户用热质量是否达标等，同时在用户及供热企业之间起到沟通协调等作用。此外，相关供热企业将针对今冬初寒期、严寒期、末寒期不同时段的特点，采取应对措施，防范和杜绝大面积停热故障的发生。同时根据天气变化情况适时调整机组，当出现极端低温天气时，采取“压工业保民用”等措施，确保全市集中供热安全稳定运行，保证居民用热质量。

## 三门峡“煤改电”工程全部竣工

10月23日零点,陕州区李村社区二期“煤改电”项目新增变压器的“接火”工作现场灯火通明。为助力打赢蓝天保卫战,今年9月10日起,三门峡供电公司积极实施保卫蓝天“煤改电”工程。

从三门峡供电公司了解到,为确保三门峡“煤改电”工程的顺利实施,该公司成立了以党政一把手为组长的农网工程领导小组,并组建了农配网工程业主项目部。同时,实地调查“煤改电”

工程的分布情况、负荷需求、制定科学合理的改造计划,确保“煤改电”工程如期推进。据了解,三门峡配电网“煤改电”工程涉及146个行政村,共计改造居民用户28612户,项目数量132个,新建、改造线路95.07千米、新建、改造电缆3.55千米,新建、改造配电台区262台,配电容量78120千伏安。10月25日,三门峡供电公司“煤改电”配电网改造工程已全部竣工。

## 新疆全面推进清洁能源供暖

新疆正在全面推进清洁能源供暖工作,力争到2020年全疆电采暖面积占供热总面积的10%。

10月11日至13日,新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅举行2018年《自治区农村居住建筑煤改电工程技术指南》等6种标准指南宣贯培训会。来自乌鲁木齐、哈密、吐鲁番、阿勒泰、昌吉的住建部门、建筑设计部门、政府采购部门、供暖等企事业单位的相关负责人进行了集中学习。自治区住房和城乡建设厅建筑节能与科技教育处负责人马继明说,

通过培训,提高各地、各建筑企业和供暖企业对电采暖应用技术、设备性能等方面的认识,为稳步推进电采暖提供技术支持。

据了解,为加快电气化新疆建设,扎实推进乡村振兴战略的实施,自治区住房和城乡建设厅日前发布了《自治区农村居住建筑煤改电工程技术指南》,并设立电供暖技术服务中心。该《指南》对规范全疆尤其是南疆四地州电供暖的实施提供了有效指导,也为改善农村居民供暖条件、提高农村电气化程度起到推动作用。

## 南京首个人才共有产权房绿色建筑三星认证

南京康居·长桥郡项目为《南京市人才安居办法(试行)》出台后浦口区首个先行先试项目。

项目秉承“工业化、绿色化、智能化”施工理念,近日已成功获得南京市首个人才共有产权房绿色建筑三星认证。该项目用地面积13万 $m^2$ (约199亩),建筑面积约32.24万 $m^2$ ,主力户型为115 $m^2$ 、125 $m^2$ 两种,推行PC装配式技术,单体预制装配率不低于60%,采用节能环保的地源热泵、新风系统,配置智能化家居,全装修交付。预计可提供1612套高端住房房源,目前项目主体施工中。

作为浦口区人才安居先行先试项目,该项目以“工业化、绿色化、智能化”为设计目标。在建筑技术上,推行PC装配式技术,单体预制装配率不低于60%、公建预制装配率不低于50%;在设计标准上,按照绿色建筑三星、健康二星标准设计,采用节能环保的地源热泵、新风系统和智能化家居,精装修成品房交付。

## 乌鲁木齐1.9万台燃煤供热设施拆改完成

目前,乌市已按计划如期完成了拆改1.9万余台散烧燃煤供热设施的“煤变气”任务,预计可减少冬季燃煤耗量11.7万吨,减少排放二氧化硫0.19万吨,减少排放烟尘0.47万吨。

据悉,今年的改造涉及河西村、东戈壁村、广东庄子村、振兴村、红雁池东、大浦沟、立井南等片区。改造采取了因地制宜、一村一策的方式为村

民提供清洁能源供热。乌市供热行办工程项目科负责人郑绍逢说:“针对本年度燃煤供热设施分布位置偏远、零散、配套燃气电力等基础设施薄弱、拆改难度极大等情况,我们对分户清洁能源改造项目的室内采暖系统设计、采暖设备选型、设备质量把关、售后服务保障、安全宣传培训等方面明确了详细工作要求,确保改造的住户取

暖系统更合理、更优化、更节能。”虽然2013年乌市主城区早已实现了清洁能源供热,但城边村、农村地区的燃煤供热设施仍然对环境有不少影响。2018年乌市继续进行燃煤小锅炉等供热设施的拆改工作,推进清洁能源供热。目前首府供热主要使用的就是天然气,并配合“气电互补”、“电采暖”等多种清洁能源供热方式。

## 哈尔滨全面开栓供热 清洁取暖成为亮点

我国最北省会城市哈尔滨10月20日全面开栓供热。今冬哈尔滨继续扩大新能源供热试点面积，加快清洁取暖进度。

记者从哈尔滨市住建委获悉，今年哈尔滨推进实施华尔、金山堡、威立雅3个重大热源建设项目，新增集中供热能力1250万平方米，并对全市79台10吨以上供热锅炉并网改造或改用清洁能源。至此，全市集中供热普及率达95%。在此基础上，今年哈尔滨首次把新能源纳入供热规划。继2017年推进工企单位应用新能源供热和开启居民新能源供热后，再次扩大新能源供热面积，增加电、燃气、污水源热泵等新能源形式。

## 格力斩获中国质量领域 最高荣誉

11月2日，中国质量领域最高荣誉“中国质量奖”颁奖仪式在北京举行，格力电器凭借“让世界爱上中国造”格力完美质量管理模式荣膺中国质量奖。

中国质量奖是由我国政府部门组织评选的最高质量类奖项，具有权威性和公正性，由原国家质检总局提出、国务院批准设立，经自愿申报、形式审查、材料评审、专家审议、陈述答辩、现场评审、评选表彰委员会全体会议投票、总局局长办公会审核等环节产生。

该奖设中国质量奖和中国质量奖提名奖，每两年评选一次，旨在表彰在质量管理模式、管理方法和管理制度领域取得重大创新成就的组织和个人，对我国各行业的质量管理具有标杆作用。

## 京津冀首个地热梯级综合利用科研基地初步建成， 有望复制全国

近日，由陆特能源参建的京津冀地区首个地热资源梯级综合利用科研基地在河北省沧州市献县初步建成。该基地实现了中低温地热经济高效发电与尾水供暖两级梯级利用，有望为雄安新区、京津冀地区乃至全国地热资源规模化开发利用提供可推广可复制的新模式，并对京津冀地区优化能源结构、改善大气环境、发展循环经济具有重要示范意义。《河北卫视》、《沧州日报》、《献

县新闻》等权威媒体均先后进行了报道。

10月9日，由自然资源部中国地质调查局、中国地质科学院水文地质环境地质研究所、河北省煤田地质局、沧州市政府主办，献县人民政府、河北省煤田地质局水文地质队、浙江陆特能源科技股份有限公司承办的京津冀地热资源梯级综合开发利用（献县）科研基地阶段成果发布暨学术研讨会在献县成功召开。

## 经受极寒考验，同益空气能新疆煤矿热水工程获赞

受北方强冷空气入侵影响，近日新疆多地将迎来降雪降温天气，而同益空气能超低温空气能热泵在千里之外传来喜讯，据了解，同益中标的新疆玛纳斯天欣煤矿热水项目日前正式投入使用，同益空气能热泵机组在低温环境下运行稳定，项目方对工程效果表示满意。

据相关负责人介绍，由于新疆纬度地形气候等条件的限制，一般的热水机组冬季无法正常运行，而选择同益主要是因为同益空气能的产品质量和专业品牌的影响力，同时在新疆地区建立的一系列样板工程让人印象深刻，高效节能、超低温环境下稳定运行的机组能够满足生活热水需求的同时节省费用。

此次同益空气能在新疆玛纳斯天欣煤矿热水项目的成功应用意义重大：一方面，证明了空气能热泵确实能够在超低温环境下高效制取热水，并且效果显著，对于未来空气能热泵往更大的市场发展具有重要的意义；其次，高寒区域的空气能热泵应用对于空气能探索更多的应用具有“探



路者”式的意义，在高寒地区的成功运行犹如一个楔子，未来空气能热泵探索诸如热水、采暖、烘干以及更多的应用领域将会更加的顺利。

据了解，除了新疆伊犁州党校的热水工程项目，同益空气能热泵机组在新疆地区的酒店、工厂、医院等地方的热水和采暖项目都成绩亮眼。这得益于同益早年间在西北地区做了一系列的培育推广工作，积累了丰富的经验。同益空气能产品在新疆地区的广泛应用也推动了“电化新疆”的进程，入围了“电化新疆”电供暖新技术企业。目前，“电化新疆”建设已在工业、建筑、交通运输等多个领域发挥作用，对改善新疆能源消费结构、实现节能减排以及生态环境保护有积极意义。

## 中国尊样板区段供冷联动调试取得阶段性成果

中国尊样板区段（Z4区、M3、M4、冷源）供冷联动通过日本顾问方测试和业主的验收，取得暖通调试阶段性成果。

中国尊暖通空调系统自2015年开始安装，预计2018年11月完成。因工期紧迫、人员紧张等原因，样板区段主体完工，但还存在尾项待消缺、暖通调试为消防让路、常用电未接入、临时电供给不足的情况。暖通系统调试是以供冷采暖季为单位，时间紧迫，如果能在冬季之前完成供冷样板测试，整个大厦就可以提前半年投用，同时也可以节约大量分包 & 总包人工成本、时间成本及现场管理成本，意义重大。

2018年，由源牌牵头梳理出样板区段调试的前置条件，编制出详细的进度计划，并向中国

尊机电总包方汇报。

8月起开始策划样板区段供冷联动调试。源牌项目经理林拥军、调试负责人陈曦、暖通总工陈明锋等与机电总包以及各专业分包项目负责人，经充分沟通后，向业主汇报调试计划，得到了业主的大力支持。

10月12日，专业分包开始手动联动调试。12日自动控制联动调试；16日调试完成具备测试条件；17至18日业主组织日本顾问对样板区段联动控制逻辑逐条测试，测定结果为源牌控制逻辑达到预定要求；19日业主中信和业投资管理有限公司总经理王伍仁带领业主管理团队和专业工程师，亲临现场验收，对源牌取得的暖通调试阶段性成果表示祝贺。

## 日立空调助力港珠澳大桥

港珠澳大桥拥有世界最长的跨海大桥之称，总长约55公里，仅钢筋用量就可造出60座埃菲尔铁塔。它拥有世界最长的沉管海底隧道，大桥主体由6.7公里的海底隧道和长达22.9公里的桥梁组成。它拥有世界最过硬的使用寿命，预计能使用120年！且还被设计成能抵抗8级强震，抵御16级台风。

港珠澳大桥是中国第一例集桥、双人工岛、隧道为一体的跨海通道。如此庞然大物在中国建设史上，也是里程最长、投资最多、施工难度最大的跨海桥梁项目。

港珠澳大桥管理局以及澳门口岸用房均采用了日立变频中央空调FLEX MULTI系列，它配备了抗老化、防腐蚀、高

强度防风雨等功能，并有日立精工安装作保障，即使在常年台风肆虐的极端环境下，也能充分应对。面对海盐腐蚀的严峻问题，日立变频中央空调FLEX MULTI系列早已做出了应对措施。从主机外壳到螺丝、电器件、铜管、护网等内部细小元件均采用防腐材料，并经过高精尖的特殊防腐技术处理，这就有效对抗高盐雾的天气侵蚀，从而延长中央空调的使用寿命。

在港珠澳大桥项目中，日立精工从安装到调试，再到加固空调机组，40个步骤上百个细节，无一不是面面俱到。只有以高标准、高质量的安装技术来保障空调安装品质，才能在极端天气下保证机组的安全稳定运行。

## 大金空调公益行

10月11日、12日，大金空调售后服务部前往上海市瑞金街道综合养老服务中心、莘庄工业区敬老院进行“关注空气质量，关爱老人健康”空调维修保养公益活动。随着重阳节这一中国传统节日逐渐临近，大金空调希望通过本次公益活动，帮助敬老院在下一个空调冬季取暖使用高峰来临前做好空调的清洗维护工作，为倡导树立尊老、敬老、爱老、助老的社会风气，贡献来自大金空调的一份力量。

经过夏季长时间运转，空调滤网以及热交换器翅片上积累的污垢不仅会导致气流运转不畅通，使得空气置换效果变差。同时，积尘会导致大量细菌滋生，从而影响室内温度的洁净度。老人作为一个受到社会高度关注的弱势群体，空气质量的优劣也直接影响着他们的身体健康。大金空调作为一家专注于空调领域的企业，始终坚持“以人为轴心”，坚持采用专业的方法，用高效、洁净、安全、环保的清洗手段来保养空调，为用户打造更好的室内空气环境。

大金空调十分重视公益活动这一社会责任，本次公益行活动售后服务部为瑞金街道综合养老服务中心、莘庄工业区敬老院清洗保养中央空调及挂壁空调共计130余台。在养老院作业期间，大金领导也前去慰问，与老人们进行了面对面的交流，并对养老院一年四季空调使用情况进行了解。



## 国际资讯 International News

### 美国中央空调和空气源热泵 2018 年 7、8 月份出货量发布

2018 年 9 月 7 日，美国空调供热制冷协会 AHRI 发布美国 2018 年 7 月份中央空调和空气源热泵共出货 891,190 台，同比增长 7.3%，去年同期出货数据为 830,175 台。中央空调出货为 597,786 台，同比增长 1.5%，去年同期出货数据为 588,703 台。空气源热泵出货为 293,404 台，同比增长 21.5%，去年同期出货数据为 241,472 台。

2018 年 10 月 17 日，美国空调供热制冷协会 AHRI 发布美国 2018 年 8 月份中央空调和空气源热泵共出货 742,171 台，同比增长 13.4%，去年同期出货数据为 654,312 台。中央空调出货为 494,177 台，同比增长 14.3%，去年同期出货数据为 432,446 台。空气源热泵出货为 247,994 台，同比增长 11.8%，去年同期出货数据为 221,866 台。

2018 年前 8 月中央空调和空气能热泵累计出货 6,294,977 台，同比增长 7.3%，去年出货数据为 5,869,248 台。中央空调出货为 4,141,428 台，同比增长 4.8%，去年同期出货数据为 3,952,065 台。空气能热泵累计出货为 2,153,549 台，同比增长 12.3%，去年同期出货数据为 1,917,183 台。



### 第十三届欧洲暖通空调学术会议 (CLIMA 2019) 将在 2019 年 5 月在罗马尼亚召开

由欧洲暖通空调学会 (REHVA) 组织的“第十三届欧洲暖通空调学术会议 (CLIMA 2019)”将于 2019 年 5 月 26 至 29 日在罗马尼亚首都布加勒斯特召开。会议主题为“建筑环境面对气候变化”，将对新建或既有改造建筑技术系统，特别是暖通空调制冷进行交流讨论，以高能效方式满足舒适、安全的居住环境来应对气候变化。

内容包括：暖通空调制冷技

术和室内空气品质；高能效和可持续建筑；智能建筑管理的信息通信技术；可持续城市化和能源系统整合。

CLIMA2019 将有 100 个会议大使和 50 个合作伙伴在全球推广此次会议。预计将有从事研究、工程、建筑等专家学者超 1000 人参会。超过 750 篇论文。超过 20 个科技论坛。本次会议也是近 20 年来首次在东欧国家举办。

### 欧洲热泵市场增长 9%

通过连续 4 年的研究和统计，欧洲热泵协会 (EHPA) 向行业展示了热泵行业蒸蒸日上的发展态势。得益于建筑行业的发展，以及对可再生能源和能效的青睐，2017 年欧洲热泵市场增长了 9%，销量达到近 110 万台。尽管并不是所有欧洲国家都上报了相关数据，但排名前 10 位的市场均呈增长态势，积极的发展趋势是强劲的。

EHPA 报告显示，仅 2017 年的 1,087,423 台热泵可以存储能源：37GW；产生有用热量：16.9TW·h；使用辅助电力：6.3TW·h；CO<sub>2</sub> 减排：2.7Mt；最终节能：13.6TW·h。

至今为止，欧洲市场热泵总量达到 1,050 万台，这对实现欧洲节能和气候目标做出了巨大贡献；存储能源：368GW；产生有用热量：181TW·h；使用辅助电力：65TW·h；CO<sub>2</sub> 减排：29.8Mt；最终节能：147TW·h。

专家预计未来热泵市场的年增幅将达到 10% 左右。未来 6~7 年，热泵市场总量将翻倍，到 2030 年，将再次翻倍。由此，

到 2030 年成本将下降 36%。如果有新技术的加入和市场框架条件的调整，将更快实现成本下降。

由此，这就需要扩大制造能力和增加研发基础设施的投入。想象一下，每年的市场增长量等同于德国、奥地利和瑞士的销售总量，这些增长需要更多的有经验的规划师、建筑师和安装人员，这些是行业和协会会员国必须通过公共和企业投资来应对的挑战。

然而，即使是当前热泵市场的高水平也不足以降低供暖和空调行业的碳排放。由此，EHPA 希望通过该报告引导政策制定者和行业设定更高和更雄心勃勃的目标。

为进一步推动发展，政策制定者继续支持热泵行业，将其作为能源转型的关键技术。热泵行业的发展需要长期的、稳定的条件，鼓励行业增加研发和产能的投资，也包括培训。这些行动将推动更好的、更高效和具成本竞争力的热泵系统应用，最终有助于整个欧洲的减排。

## 中欧论坛 – 节能建筑中的暖通自控系统和室内环境监测在三门峡召开

2018年10月25日上午，中国欧盟暖通空调第六次技术交流会《节能建筑中的暖通自控系统和室内环境监测》专题交流会在河南三门峡国际会展中心三层鸿庆厅顺利召开。此次交流会一共有六位代表发言，中欧双方各三名。现场气氛热烈，座无虚席。

中欧论坛目前已是第六届，此次延续中欧论坛的一贯风格，由中欧双方专家结合当前热点问题、关注问题进行交流。交流会上第一位发言的代表是欧洲暖通空调学会副主席 Manuel Gameiro，发言题目为《Application of CO<sub>2</sub> based tracer method in evaluating building air exchange rate》，他介绍了多种使用二氧化碳气体用于确定建筑换气次数的测试方法，以及不同使用场景下的测试准确性，并提出了使用周期性气体发生的新方法。第二位发言的是西安建筑科技大学李安桂教授，发言题目为《Attachment Ventilations for Large Space》，李教授介绍了多种附着通风方式，包括利用垂直墙面、柱形体和导流板的新型通风设计装置，这为设计师在工作中提供了更多的选择。第三位是罗马尼亚建筑服务工程师协会能源顾问 Ioan Dobosiv 发言主题为《City Hospital “SFANTUL SPIRIDON” Mioveni, Dacia Boulevard NR 131, Arges County》，即罗马尼亚安格斯郡市立医院暖通设计，发言中除了介绍医院的设计特点，还介绍了如何进行高效节能的暖通空调设计及BIM系统的应用。随后华中科技大学徐新华教授作了题为《A case study of the control upgrading of the

air conditioning system of a typical standard subway station in Wuhan\_ Experience sharing》（武汉地区典型地铁站空调自控系统改造案例研究）的精彩发言，徐教授的报告介绍了通过对系统和末端的改造，以及对运行方式的调整，从而获得高达35%的节能率。他同时也认为智能管理平台不仅可以提高系统能效，还可以提高运行管理水平。紧接着来自芬兰 Granlund 公司的顾问 Kristian Martin 以《Smart HVAC Systems and Indoor Environment Monitoring》（暖通空调系统的自动控制和室内环境监测研究）为主题进行了发言，通过在既有建筑中进行相关的感应器分布及架构等实验，分析认为集成不同的系统可大幅提高能源效率，并能实现按需供给。最后同济大学高军教授进行了题为《Smart Industrial Ventilation: Synergistic Design with Production Process》（和工艺过程结合的智能通风系统）的主题报告，高教授介绍了工业不同的通风方式及特点，认为工业通风具有很大的发展潜力，也需要智能控制，但还需要在设计过程中和工艺过程中进行更好的集成，这样才能实现更好地监测与控制。



## 日本环境部提出申请天然制冷剂补贴费用

日本环境部(MOE)提出，2019财年申请6100万欧元的天然制冷剂补贴费用。相关预算已经提交日本财政部审核。

日本政府预计将在2019年初确定预算的具体数额。在2018财年，MOE申请了7200万欧元的预算，最终审批下来4700万欧元。天然制冷剂补贴将继续用于如下领域：冷库、食品生产和食品零售。

自2014年起，补贴已经成为推动日本CO<sub>2</sub>店铺数量增长的重要源动力，当然也包括NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>冷库设施。

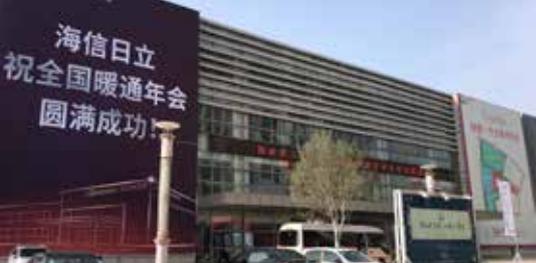
据介绍，补贴的目标是鼓励行业向天然制冷剂转换，并大范围推动高效设备的使用。

日本环境署表示，补贴的目的有助于降低天然制冷剂设备的成本，以达到与普通F-气体设备成本基本持平，并加快此类技术的普及。

## 日本家用CO<sub>2</sub>热泵热水器突破600万台

日本冷冻空调工业协会和热泵蓄热中心，一直致力于家用二氧化碳热泵热水机推广和普及。在日本，热水消耗的能源占家庭能源消耗的约1/3，因此推动热泵技术能够大幅减少能源消耗。

2001年首次推出该技术以后，根据客户的需求，机组的功能越来越强大，热水，地暖等。2009年10月累计达到200万台，2011年8月300万台，2013年10月突破400万台，2016年3月突破500万台，稳步推广，这次到达2018年6月末，累计发运数量突破了600万台。



# 第21届

# 暖通空调制冷学术年会 在河南省三门峡市成功举办



本刊编辑部

2018年10月24日~26日，第21届暖通空调制冷学术年会在天鹅之城河南省三门峡市隆重召开。本届年会主题为“清洁低碳 美好生活”，凝聚了包括行业领导与专家、设计院校技术科研工作者、主流暖通空调厂商代表、行业媒体等在内共近2000人的暖通同仁出席。

本届年会由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、中国建筑科学研究院有限公司主办，河南省土木建筑学会暖通空调专业委员会、河南省制冷学会空调热泵专业委员会协办。

会议伊始，中国建筑科学研究院专业总工、暖通空调学会两委会理事长徐伟致欢迎词，他寄希望暖通空调科技工作者如古代大禹一般，一具有“公而忘私，忧国忧民”的奉献精神；二具有“艰苦奋斗，坚忍不拔”的创业精神；三具有“尊重自然，因势利导”的科学精神；四具有“以身为度，以声为律”的律己精神；五具有“民族融合，九州一家”的团结精神。



中国建筑科学研究院专业总工、暖通空调学会两委会理事长 徐伟

在接下来的颁奖环节，北京建筑设计研究院有限公司顾问总工吴德绳为行业年轻人讲述“吴元炜暖通空调奖”的来历与故事，他强调行业人要传承吴元炜的奉献精神、贡献思想，不断创新，“匠心”前行。因此，为表彰和鼓励我国暖通空调领域作出突出贡献的优秀科技工作者，本届《吴元炜暖通空调奖》特授予同济大学张旭教授及西北建筑设计研究院有限公司季伟总工程师此项荣誉。同期，为感谢一直以来积极支持参与年会活动的新、老企业朋友，年会特颁发“特别贡献奖”和“学会活动贡献奖”。



北京建筑设计研究院有限公司顾问总工 吴德绳

本届以“清洁低碳 美好生活”的大会主论坛邀请到了清华低碳发展研究院常务副院长李政介绍了《中国未来的能源革命》，青岛海尔空调电子有限公司方案研究院院长朱连富介绍了《磁悬浮中央空调的设计与应用》，广东美的暖通设备有限公司技术副总经理夏伦熹介绍了《数据中心空调设计及解决方案》，欧洲暖通空调学会副主席 Manuel Gameiro 介绍了《可持续建筑室内环境品质作用和价值：如何影响智能传感器》，珠海格力电器股份有限公司技术顾问刘煜介绍了《空气源热泵采暖关键技术》，

青岛江森自控空调有限公司营业部部长陈启介绍了《水氟联动-楼宇空调系统解决方案》，清华大学建筑学院副院长朱颖心介绍了《如何营造健康舒适的室内环境》，北京海林节能科技股份有限公司董事长李海清介绍了《科技缔造舒适环境》，北京建筑设计研究院有限公司总工程师徐宏庆介绍了《超高层建筑暖通空调设计与实践》，新疆华奕新能源科技有限公司总经理周理介绍了《蒸发冷却技术创新实践》，安徽安泽电工有限公司总经理张俊业介绍了《煤改电在公共建筑领域的应用》，中国建筑科学研究院专业总工徐伟介绍了《清洁供暖带来暖通行业的机遇与挑战》，中国建筑科学研究院研究员许钟麟介绍了《空调净化为“健康中国”做贡献》，恒有源科技发展集团有限公司总裁徐生恒介绍了《首选浅层地热能作为北方供暖的替代能源》，中国铁路设计集团有限公司专业总工朱建章介绍了《轨道交通建筑暖通空调设计》，上海翱途流体科技有限公司总经理陈雷昕介绍了《楼宇级换热系统应用分析》，上海建筑设计研究院有限公司资深总工寿炜伟介绍了《建筑防烟系统技术标准》，昆山台佳机电有限公

司市场总监刘一民介绍了《智慧型集成冷冻站》，中讯邮电咨询设计院有限公司总工程师李红霞介绍了《数据中心空调系统设计发展趋势》，北京鸿业同行科技有限公司产品总监刘保宾介绍了《基于BIM及云计算的建筑性能分析》，赛莱默（中国）有限公司市场经理刘建强介绍了《创新节能 助力绿色建筑》，长江学者、西安建筑科技大学教授王怡介绍了《工业建筑高效通风研究与实践》，北京绿建斯维尔有限公司总经理张金乾介绍了《建筑模拟研究与应用》，中国工程院院士、清华大学建筑节能研究中心主任江亿介绍了《再论冷和热》等24个特邀报告。报告主题明确，内容丰富，涵盖行业热点问题，引起参会代表热烈讨论。

10月24日晚，第三届“海尔磁悬浮杯”绿色设计与节能运营大赛颁奖晚宴同期举行。

从10月25日开始，以“清洁低碳 美好生活”为主题的第21届暖通空调制冷学术年会进入专题论坛主场。技术成果、案例实践、先进产品的分享与展示，热点争鸣，围绕着暖通空调行业的学术探讨在行业同仁间形成浓郁的氛围。千余名参会者或驻足一个论坛或辗转几个会场汲取本

身所需，30场专题论坛场场爆满，足以见行业蓬勃势头。

25日晚上，第16届MDV中央空调设计应用大赛在三门峡天鹅湖酒店举行了盛大的颁奖典礼。值得关注的是，已经3年空缺的行业最高荣誉奖项“节能创新设计奖”今年终有归属。

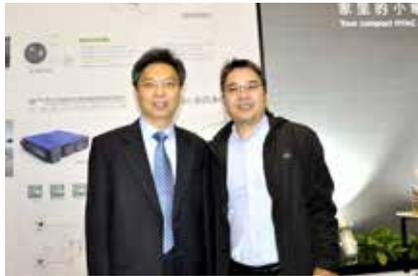
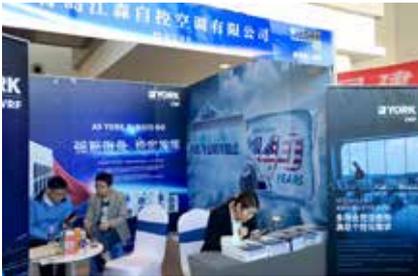
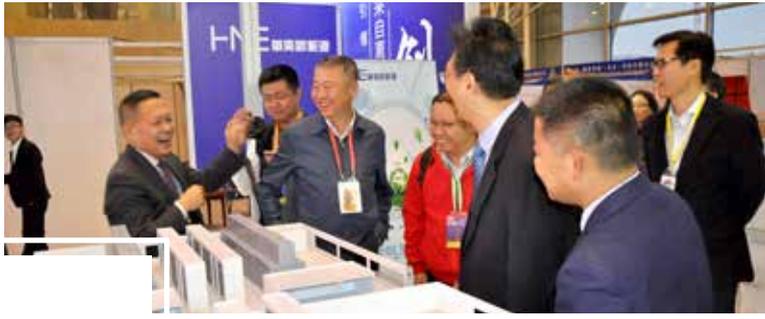
为增进友谊，校友会已成为每届年会不可或缺的一道亮丽风景。本届年会期间，清华大学、同济大学、哈尔滨工业大学、天津大学、重庆大学、西安建筑科技大学、湖南大学、华中科技大学8家高校举办校友联谊会。

2018世界暖通空调学生科技竞赛（HWSC）颁奖仪式和第21届暖通空调制冷学术年会优秀论文颁奖仪式在本届年会闭幕式上如期召开。在2018世界暖通空调学生科技竞赛中，清华大学刘星如同学获得一等奖。Kristian Martin, Rana Veer Pratap, Hyeim Lee, Juyoung Yun 分别获得二、三、四等奖。在第21届暖通空调制冷学术年会优秀论文中，获奖论文共25篇。其中优秀论文8篇，青年优秀论文17篇。

在10月25日召开的2018年学会两委会换届会议暨第九届第一次工作会议上，经两委会投票表决确定2020年第22届年会举办地：第一候选山西省；第二候选江苏省。

本届年会议程安排，在体现“清洁低碳 美好生活”的大会主题同时，也体现了行业同仁团结、敬业的精神。继续坚持年会学术性；继续坚持简约办公，注重会议时效性；继续做好筹备服务工作，为搭建高水平技术交流平台而努力。年会的顺利召开离不开各界人士的支持与配合，在此，特向各界表示衷心的感谢！也期盼2020年第22届暖通空调制冷学术年会再相约！







# 第五届“吴元炜暖通空调奖” 颁奖仪式顺利召开



**吴德绳**

中国建筑学会暖通空调分会顾问、资深专家

2018年10月24日，第五届“吴元炜暖通空调奖”颁奖仪式在河南省三门峡市顺利召开。同济大学张旭教授和中国西北建筑设计研究院有限公司季伟总工程师获此殊荣。

## “吴元炜暖通空调奖”的由来

中国建筑学会暖通空调分会顾问、北京市建筑设计研究院顾问总工程师吴德绳：

时代在变化，智慧在变化，“吴元炜暖通空调奖”的进行也在变化。今天我来介绍一下“吴元炜暖通空调奖”。吴元炜是咱们的行业领袖，徐伟院长就是他的接班人。吴元炜在中国暖通空调行业工作了40年，期间的贡献无人不知无人不晓，他是大家公认的行业领袖。但他除了低调工作、廉洁贡献，从没写过著作，没有上过杂志，没有申请院士，什么都没有。这种精神是非常值得大家尊敬的。

当时，由我建议，在行业内设立一个带名字的奖项。抱着试试的心态，走了个手续。首先，活着的人挂名奖项，是有这个先例的；其次，作为行业领袖，值得人尊敬，为什么只能故去才可以挂名奖项呢？吴元炜就在我们身边，他的所作所为影响着咱们，我们应该学习。有人说怕吴元炜被爆出负面消息，影响不好。但是我就说，绝对不会！他最伟大的地方就是不为自己，全为别人。手续都不是问题，在这件事上，最重要的是无法说服吴元炜。有

人跟他说，挂吴元炜名字的奖项在行业中是最有用的，但他本人依旧很难接受。最后经大家一致劝说，吴元炜说了一句话“我再为这个行业贡献一次吧”！所以才有了今天的“吴元炜暖通空调奖”。

吴元炜的贡献在哪儿？他把咱们行业的产学研宣都结合起来，吴元炜的精神值得我们学习。我觉得在这个行业应该给他一点儿荣誉和回报。回报是什么？设这个奖的目的就是希望他的思想多传承，这种贡献无私的精神，踏踏实实，不顾个人名利。“吴元炜暖通空调奖”的标准就是是否具有无私奉献的精神，这种精神是否得以传承。

“吴元炜暖通空调奖”是没有奖金的，是给行业内有突出贡献的人的一种荣誉。这种荣誉是公认的。时代变了，但精神永不变。

为弘扬吴元炜教授刻苦进取、努力奉献的精神，暖通空调学会两委会2010年设立《吴元炜暖通空调奖》，旨在表彰为我国暖通空调领域做出贡献的科技工作者，梳理行业榜样，传递前行的力量。《吴元炜暖通空调奖》每两年评选一次。



### “吴元炜暖通空调奖”获得者简介



**张旭**

博士生导师，同济大学教授。

现任中国建筑学会暖通空调分会空调学组主任，还担任全国建筑环境与能源应用工程专业教学指导委员会副主任、评估委员会副主任等职务。张旭教授长期从事暖通空调领域的教学科研工作。是空气调节及建筑节能方向的学科代表。长期在复杂通风系统及其相关理论、空调热湿交换

过程及其应用、新型暖通空调系统及末端，能源环境综合评价等方面做了大量的研究工作。主持及承担了多项国家级重大课题，获得了多项奖励。

鉴于张旭教授在专业活动中和学术领域做出的突出贡献，特授予“吴元炜暖通空调奖”荣誉称号。



**季伟**

中国建筑西北设计研究院专业总工程师，教授级高工。

担任陕西省土木建筑学会暖通空调专业委员会主任委员，曾担任中国建筑学会暖通空调分会副理事长等职务。

季伟同志从事暖通空调专业30余年。30年来，主持设计和主持定案了40余项特大型和大型公建项目，多次获得建设部和中建总公司优秀工程奖项。参编了多项国家标准、国标图和专业手册。主持编写和参编了10余项陕西省地方的建筑节能

等专业文件。2000年以来担任陕西暖通空调制冷学会主任委员以来，一直花费大量的时间精力主持学会工作，搭建了大专院校和设计院的桥梁，为陕西省和西北地区的暖通空调行业的发展和进步做出了积极贡献。

鉴于季伟教授级高工在专业活动中和学术领域做出的突出贡献，特授予“吴元炜暖通空调奖”荣誉称号。

# 关于印发《北京市建设系统空气重污染应急预案（2018年修订）》的通知

京建发〔2018〕493号

各区住房城乡建设委（房管局），东城、西城区住房城乡建设委，经济技术开发区建设局（房地局），各有关单位：  
现将《北京市建设系统空气重污染应急预案（2018年修订）》印发给你们，请各单位按照预案要求，进一步完善工作机制和措施，抓好落实。

北京市住房和城乡建设委员会  
2018年10月29日

## 北京市建设系统空气重污染应急预案（2018年修订）

为做好空气重污染天气应对工作，落实全市房屋建筑及市政基础设施在建工程（以下简称在建工程，不含铁路、水利、交通、园林绿化等专业工程）施工现场扬尘治理措施，有效减少施工扬尘造成的空气污染，按照《北京市空气重污染应急预案（2018年修订）》要求，制定本预案（以下简称《应急预案》）。

### 一、应急措施

根据空气重污染预警级别，采取相应的应急措施。对因沙尘暴形成的空气重污染，按照《北京市沙尘暴灾害应急预案》执行。

#### （一）黄色预警

全市在建工程施工单位加大对施工工地、裸露地面、物料堆放等场所扬尘控制措施力度；停止室外建筑工地喷涂粉刷、护坡喷浆、建筑拆除、切割、土石方等施工作业（密闭式施工除外）。

#### （二）橙色预警

全市在建工程施工单位加大对施工工地、裸露地面、物料堆放等场所扬尘控制措施力度；停止室外建筑工地喷涂粉刷、护坡喷浆、建筑拆除、切割、土石方等施工作业（密闭式施工除外）；建筑垃圾、

渣土、砂石运输车辆禁止上路行驶（清洁能源汽车除外）。

#### （三）红色预警

全市在建工程施工单位加大对施工工地、裸露地面、物料堆放等场所扬尘控制措施力度；停止室外建筑工地喷涂粉刷、护坡喷浆、建筑拆除、切割、土石方等施工作业（密闭式

施工除外）；建筑垃圾、渣土、砂石运输车辆禁止上路行驶（清洁能源汽车除外）。

### 二、应急响应

#### （一）预警信息传达和预案启动

当市级空气重污染预警发布部门发布空气重污染预警信息后，市住房城乡建设委应急管理处第一时间传达到领导小组各成员单位。各区建设行政主管部门、各区房管局接到预警信息后，应立即启动预案，并在第一时间将预警信息传达到本辖区各在建工程施工单位，要求各施工单位按预警级别严格落实应急措施，并组织开展督促检查。

#### （二）预警响应

市、区两级建设行政主管部门要加强预警期间的执法检查，加大对施工工地扬尘管控的执法检查力度，发现违法违规行为依法从严处罚。

各区建设行政主管部门、各区房管局应按要求将预警期间工作信息数据报市住房城乡建设委施工安全管理处；全市住建系统在应对空气重污染预警期间工作信息数据由市住房城乡建设委施工安全管理处汇总后按时报市空气重污染应急指挥部办公室。

#### （三）预警解除

当市级空气重污染预警发布部门发布预警解除信息后，市住房城乡建设委应急管理处及时向各区建设行政主管部门、各区房管局转发预警解除信息。各区建设行政主管部门、各区房管局在接到有关部门预警解除信息后，应立即向本辖区各在建工程施工单位传达预警解除信息。

### 三、组织保障（略）

本预案自发布之日起实施，《北京市建设系统空气重污染应急预案》（京建发〔2017〕405号）同时废止。



# 关于印发《河北省采暖季洁净煤保供方案》的通知

冀发改运行〔2018〕1394号

各市（含定州、辛集市）人民政府、雄安新区管委会，省直有关部门：

根据《河北省冬季清洁取暖实施方案》安排，为切实做好清洁取暖不能覆盖区域或“双代”工程未完成，不具备通气、通电条件地区采暖季洁净煤保供推广工作，实施洁净煤托底政策。我委起草了《河北省采暖季洁净煤保供方案（2018—2020年度）》，已报经省政府同意，现印发给你们。请各市结合本地实际，进一步细化分解任务，明确各级责任，强化协调督导，高质量抓好落实，确保完成年度目标任务。工作进展情况及存在问题及时上报省发展改革委经济运行局。

河北省发展改革委  
2018年10月19日

## 河北省采暖季洁净煤保供方案

（2018—2020年度）

按照省委、省政府关于大气污染防治的部署要求，根据《河北省冬季清洁取暖实施方案》安排，为切实做好全省2018—2020年度采暖季洁净煤保供推广工作，制定本方案。

### 一、总体要求

坚决贯彻落实省委、省政府部署要求，结合本地实际，全面领会和准确把握相关政策文件精神，坚持因地制宜、统筹兼顾、精准施策保障民生的原则。对清洁取暖不能覆盖的区域或“双代”工程未完成，不具备通气、通电条件的地区切实抓好洁净煤托底政策的落实，协调落实好优质煤源，稳定和提升洁净煤保供能力，确保群众取暖用煤供应。

### 二、目标任务

#### （一）全省总体目标

2018—2020年，各市（含雄安新区、定州市、辛集市）在清洁取暖不能覆盖的区域或工程未完成，不具备通气、通电条件的地区通过推广使用洁净型煤、兰炭和无烟煤，实施洁净煤托底政策。对清洁取暖暂不能覆盖的地区，继续健全完善洁净型煤供应保障体系，对张承保边远山区及坝上地区不具备“双代”条件的，以推广洁净型煤为主，采取型煤与型煤专用炉具配套销售方式，确保型煤烧和排放达到最佳效果；对2020年底前拟实施清洁取暖工程的通道地区，以推广洁净煤为主，对于已经使用洁净型的，要继续保障洁净型煤供应；对使用其他洁净煤的，要保障洁净煤供应。

#### （二）阶段目标任务

（1）2018年，全省燃煤户数为910万户，每户取暖季按2吨煤计算，洁净煤（含洁净型煤无烟



煤兰煤）保供量总计1820万吨。

（2）2019年，全省燃煤户数为640万户，洁净煤（含洁净型煤无烟煤兰煤）保供量总计1280万吨。

（3）2020年，主要是“双代工程”不能覆盖的张承保边远山区和坝上地区燃煤户约370万户，洁净煤保供量总计740万吨。

### 三、保障措施

（一）加强组织领导。根据省委、省政府部署要求，省发展改革委

委负责制定全省洁净煤保供方案，各级政府负主体责任，与双代工作统筹安排，同力推进。把保障群众冬季清洁取暖作为一项政治任务来抓，强化组织协调，完善督导机制，加强跟踪调度，确保洁净煤保供任务落实到位。

（二）压实工作责任。各市要按照省下达的年度目标任务要求

制定切实可行的洁净煤保供推广实施方案，细化实化责任目标，将目标任务分解到县、乡、村、街道，纳入年度考核，建立问责机制。

(三) 完善配送网络。各市要认真落实洁净争煤托底政策要求, 组织型煤企业开足马力生产, 进一步完善覆盖全区域的乡镇村、街道配送网络, 按照“县不漏乡、乡不漏村、村不漏户”的原则, 逐户登记注册, 实行清单式管理。做到应保尽保应供尽供。

(四) 确保优质煤源供应。各市要做好年度优质需求量摸底统

计工作, 省发展改革委负责与神华、晋煤陕和榆林市政府签署年度无烟煤和兰炭推广应用战略合作协议, 各市负责组织型煤企业与无烟煤兰炭生产企业沟通, 签订购货合同, 确保洁净煤源供应。

(五) 落实补贴政策。对洁净煤给予适当补贴, 是做好保供推广

工作的前提保障。2018 年采暖季补贴标准暂定为 500 元左右 / 吨, 按照省市县分担原则, 省级补

贴 100 元 / 吨, 每户不超过 200 元市县补贴标准和分担办法根据当地煤炭价格、地方财力和群众承受能力等自主确定。各级财政对洁净争煤推广补贴资金实行计划单列, 确保按时足额拨付到位, 为洁净煤推广使用创造条件。

(六) 抓好督导落实。

10 月底前, 省发展改革委同省有关部门组成联合督导组, 开展对各市洁净争煤保供方案落实情况、补贴资金落实情况、企业开工情况和洁净争煤配送情况督导检查, 及时协调解决存在的问题, 对落实不到位的予以批评通报、约谈, 确保采暖季群众取暖用煤需求。



## 《关于禁止生产以一氟二氯乙烷 (HCFC-141b) 为发泡剂的冰箱冷柜产品、冷藏集装箱产品、电热水器产品的公告》

000014672/2018-03159

为履行《保护臭氧层维也纳公约》和《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》(以下简称议定书), 生态环境部近日印发《关于禁止生产以一氟二氯乙烷 (HCFC-141b) 为发泡剂的冰箱冷柜产品、冷藏集装箱产品、电热水器产品的公告》(以下简称《公告》)。

自 2011 年我国执行聚氨酯泡沫行业含氢氯氟烃 (HCFCs) 淘汰计划以来, 在冰箱冷柜、冷藏集装箱、电热水器三个行业, 开展了 30 个使用碳氢等低碳环保替代技术的改造项目, 并通过政策管理、宣传培训和行业倡议等方式引导企业进行替代转换, 促进了我国相关产业结构调整优化和转型升级, 引导行业向更绿色低碳的技术方向发展, 提高了有关产品的国际竞争力。

目前三个行业的替代改造项目均已完成, 行业内的企业也掌握了相应的替代技术。为履行议定书的目标, 生态环境部根据《消耗臭氧层物质管理条例》的有关规定, 按照中国聚氨酯泡沫行业 HCFCs 淘汰计划要求, 制定并出台了《公告》。

《公告》明确, 自 2019 年 1 月 1 日起, 任何企业不得使用一氟二氯乙烷 (HCFC-141b) 为发泡剂生产冰箱冷柜产品、冷藏集装箱产品、电热水器产品。

《公告》指出, 公告所适用的冰箱冷柜产品是指《家用和类似用途制冷器具》(GB/T 8059) 标准所规定的家用电冰箱 (家用冷藏箱、家用冷冻箱、家用冷藏冷冻箱)、冷柜等产品以及《冷藏陈列柜》(GB/T 21001.1) 标准所规定的冷藏陈列柜产品。所适用的冷藏集装箱产品是指 ISO1496-1 中规定的冷藏集装箱和保温式集装箱等产品。所适用的电热水器产品是指《储水式电热水器》(GB/T 20289-2006) 标准所规定的储水式电热水器。

《公告》强调, 公告的产品适用范围以现行最新的标准中涵盖的同类内容为准。

《公告》要求, 各有关部门应积极督促企业认真执行公告规定, 切实做好一氟二氯乙烷 (HCFC-141b) 的淘汰工作。对违反上述规定使用一氟二氯乙烷 (HCFC-141b) 的企业, 由地方生态环境主管部门会同有关部门依法予以处罚。《公告》自 2019 年 1 月 1 日起实施。

生态环境部  
2018 年 10 月 24 日

## 重庆市关于发布《空气源热泵应用技术标准》的通知

渝建发〔2018〕42号

各区县（自治县）城乡建委，两江新区、经开区、高新区、万盛经开区、双桥经开区建设局，有关单位：

现批准《空气源热泵应用技术标准》为我市工程建设推荐性标准，编号为DBJ50/T-301-2018，自2019年1月1日起施行。

本标准由重庆市城乡建设委员会负责管理，重庆大学负责具体技术内容解释。

重庆市城乡建设委员会

2018年9月29日

## 陕西省人民政府关于印发铁腕治霾打赢蓝天保卫战三年行动方案（2018-2020年）（修订版）的通知

陕政发〔2018〕29号

各设区市人民政府，省人民政府各工作部门、各直属机构：

现将《陕西省铁腕治霾打赢蓝天保卫战三年行动方案（2018-2020年）（修订版）》印发给你们，请认真贯彻执行。原《陕西省铁腕治霾打赢蓝天保卫战三年行动方案（2018-2020年）》（陕政发〔2018〕16号）从即日起废止。《陕西省铁腕治霾打赢蓝天保卫战2018年工作要点》（陕政办发〔2018〕22号）中目标、任务和要求与本方案不一致的以本方案为准，不再另行下发通知。

陕西省人民政府

2018年9月22日

### 陕西省铁腕治霾打赢蓝天保卫战三年行动方案（2018-2020年）（修订版）

为认真贯彻落实党的十九大精神，坚持全民共治、源头防治、标本兼治，持续实施大气污染防治行动，改善全省空气质量，坚决打赢蓝天保卫战，根据国务院《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，制定本方案。

#### 一、总体要求

（一）指导思想。以习近平生态文明思想为指导，全面贯彻落实党的十九大精神，牢固树立和切实践行“绿水青山就是金山银山”的理念。以关中地区为重点，深入推进铁腕治霾、科学治霾、协同治霾；以增强区域联防联控为主线，大力调整产业结构、能源结构、运输结构和用地结构，狠抓重污染天气应对，使大气污染物排放总量大幅减少，颗粒物浓度明显降低，重污染天数明显减少，空气质量明显改善，人民群众蓝天幸福感明显增强。

（二）工作目标。以可吸入颗粒物（ $PM_{10}$ ）、细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）防治为重点，协同推进氮氧化物、挥发性有机物等臭氧前体污染物控制。到2020年，全省设区市优良天数比率和 $PM_{2.5}$ 浓度完成国家下达目

标，重度及以上污染天数比率较2015年下降25%以上， $PM_{10}$ 浓度明显下降，二氧化氮浓度上升和臭氧污染加重的趋势得到遏制，二氧化硫、一氧化碳年均浓度基本达到国家环境空气质量二级标准。

#### 二、调整优化产业结构，推进产业绿色发展（略）

#### 三、加快调整能源结构，构建清洁低碳高效能源体系

（十二）建设高污染燃料禁燃区。完成已划定的高污染燃料禁燃区建设，禁燃区内禁止销售、燃用高污染燃料，禁止新建、扩建燃用高污染燃料的设施，已建成的应当在市（区）政府规定的期限内改用天然气、页岩气、液化石油气、电或者其他清洁能源。根据大气环境质量改善要求，逐步扩大高污染燃料禁燃区范围。

（十三）关中地区实施煤炭消费总量控制。落实《关中地区重点企业煤炭消费预算管理暂行办法》《关中地区热电联产（自备电厂）机组“以热定电”暂行办法》，加强节煤改造，严控新增燃煤项目。关中地区煤炭消费实现负增长，新建耗煤项目实行煤炭减量

替代。按照煤炭集中使用、清洁利用的原则，重点削减非电力用煤，提高电力用煤比例，2020年全省电力用煤占煤炭消费总量比重明显提高。继续推进电能替代燃煤和燃油，替代规模达到150亿千瓦时以上。

(十四) 深入推进散煤治理。在关中地区整村推进农村居民、农业生产、商业活动燃煤(薪)的清洁能源替代，采取以电代煤、以气代煤，以及地热能、生物质能、风能和太阳能等清洁能源替代。关中地区完成农村散煤治理定村确户清单，扎实做好中央财政支持北方地区清洁取暖试点工作；坚持从实际出发，宜电则电、宜气则气、宜热则热，制订2018至2019年我省散煤治理方案。关中平原地区以外和各市高污染燃料禁燃区以外的地区暂不具备清洁能源改造的，应使用“洁净煤+民用高效洁净煤炉具或兰炭+兰炭专用炉具”过渡。

组织开展燃煤散烧治理专项检查行动，确保生产、流通、使用的洁净煤符合标准。质监、工商部门要以洁净煤生产、销售环节为重点，每月组织开展洁净煤煤质专项检查，依法严厉打击销售劣质煤行为。

(十五) 对关中地区火电企业进行改造。在保障电力系统安全稳定运行的前提下，关中地区新增用电量主要依靠区域内非化石能源发电和外送电满足。加快建成陕北至关中第二条750千伏线路通道，到2020年，关中地区接受外送电量比例比2017年显著提高。

加大对纯凝机组和热电联产机组技术改造力度，加快供热管网建设，充分释放和提高供热能力，淘汰管网覆盖范围内的燃煤锅炉和散煤。2019年底前，关中地区现有10万千瓦及以上火电机组全部实行热电联产改造，释放全部供热能力，对热电联产项目发电计划按照以热定电原则确定。采暖季，供热机组严格按照以热定电原则落实发电计划，确保民生用电、用热需求不受影响；非采暖季，在保障电网安全稳定运行的前提下，减少或停止发电；其中，西安周边的大唐灞桥热电厂、大唐渭河热电厂、陕西渭河发电有限公司、西安西郊热电厂、大唐户县第二热电厂于2018年底前率先完成改造。开展非供热燃煤自备机组清洁替代，30万千瓦以下(不含)非供热燃煤自备机组的企业参加电力直接交易，将非供热燃煤自备机组电量转让给公用高效清洁机组代发。制订专项方案，大力淘汰关停环保、能耗、安全等不达标的30万千瓦以下燃煤机组，对于关停机组的装机容量、煤炭消费量和污染物排放量指标，允许进行交易或置换，可统筹安排陕北、陕南建设等容量超低排放燃煤机组。

(十六) 禁止新建燃煤集中供热站。新增供暖全部使用天然气、电、可再生能源供暖(包括地热供暖、生物质能清洁供暖、太阳能供暖、工业余热供暖等)，

优先采取分布式清洁能源集中供暖，居住建筑不具备条件的，可接入市政集中供暖。优化热源点规划布局，对关中地区现有燃煤集中供热站实施清洁化改造，推动热电联产富余热能向合理半径延伸，覆盖范围内的燃煤集中供热站全部予以拆除，覆盖范围外的统筹布局天然气、电、地热、生物质等清洁能源取暖措施，暂不具备清洁能源供暖的执行超低排放标准并限期完成清洁能源改造。现有燃煤集中供热站2019年底前改造完毕，其中，2018年不少于60%。

(十七) 开展燃煤锅炉综合整治。全省不再新建每小时35蒸吨以下的燃煤锅炉，每小时65蒸吨及以上燃煤锅炉全部完成节能和超低排放改造。加大燃煤小锅炉及茶水炉、经营性炉灶、储粮烘干设备等燃煤设施淘汰力度，陕南、陕北淘汰每小时10蒸吨及以下燃煤锅炉。2019年底前，关中地区所有每小时35蒸吨以下燃煤锅炉(每小时20蒸吨及以上已完成超低排放改造的除外)全部拆除或实行清洁能源改造，其中，2018年不少于60%。开展燃气锅炉低氮燃烧改造。2019年底前，完成关中地区现有燃气锅炉低氮燃烧改造，其中生产经营类天然气锅炉2018年全部完成。改造后的氮氧化物排放不高于80毫克立方米。城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造。

(十八) 加强秸秆等生物质禁烧。切实加强秸秆禁烧管控，强化地方各级政府秸秆禁烧主体责任。重点区域建立网格化监管制度，在夏收和秋收阶段开展秸秆禁烧专项巡查。严防因秸秆露天焚烧造成区域性重污染天气。

全面加强秸秆综合利用。推广固化成型、生物气化、热解气化、炭化等能源化利用技术，培育龙头企业，示范带动秸秆原料利用专业化、规模化、产业化发展。2018年底前，力争秸秆原料产业化利用实现一县一品，不断提高秸秆高值化利用水平。到2020年，全省秸秆综合利用率达到85%，关中地区力争达到95%。

开展秸秆还田、青贮饲料、堆肥等综合利用，从源头禁止秸秆焚烧。杜绝使用秸秆、玉米芯、枯枝落叶等生物质燃料。

(十九) 抓好天然气产供储销体系建设。新增天然气量优先用于城镇居民和关中地区的生活和冬季取暖散煤替代，重点支持关中地区实现“增气减煤”。“煤改气”坚持“以气定改”，确保安全施工、安全使用、安全管理。有序发展天然气调峰电站等可中断用户，原则上不再新建天然气热电联产和天然气化工项目。加快储气设施建设步伐，2020年采暖季前，地方各级政府、城镇燃气企业和上游供气企业的储备能力达到量化指标要求。建立完善调峰用户清单，采暖季实行“压非保民”。

(二十) 加快农村“煤改电”电网升级改造。各市县要制订实施工作方案。电网企业要统筹推进输变电工程建设, 满足居民采暖用电需求。鼓励推进蓄热式等电供暖。地方各级政府对“煤改电”配套电网工程建设应给予支持, 统筹协调“煤改电”“煤改气”建设用地。(略)

(二十一) 提高能源利用效率。继续实施能源消耗总量和强度双控行动。健全节能标准体系, 大力开发、推广节能高效技术和产品, 实现重点用能行业、设备节能标准全覆盖。重点区域新建高耗能项目单位产品(产值)能耗要达到国际先进水平。因地制宜提高建筑节能标准, 加大绿色建筑推广力度, 引导有条件地区和城市新建建筑全面执行绿色建筑标准。进一步健全能源计量体系, 持续推进供热计量改革, 推进既有居住建筑节能改造, 重点推动北方采暖地区有改

造价值的城镇居住建筑节能改造。鼓励开展农村住房节能改造。

(二十二) 加快发展清洁能源和新能源。有序发展水电, 优化风能、太阳能开发布局, 因地制宜发展生物质能、地热能等。在具备资源条件的地方, 鼓励发展县域生物质热电联产、生物质成型燃料锅炉及生物天然气。加大可再生能源消纳力度, 基本解决弃水、弃风、弃光问题。

四、积极调整运输结构, 发展绿色交通体系(略)  
五、优化调整用地结构, 推进面源污染治理(略)  
六、实施重大专项行动, 大幅降低污染物排放(略)  
七、强化区域联防联控, 有效应对重污染天气(略)  
八、健全法规制度体系, 完善环境经济政策(略)  
九、加强基础能力建设, 严格环境执法督察(略)  
十、明确落实各方责任, 动员全社会广泛参与(略)

## 内蒙古自治区人民政府关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案的通知

内政发〔2018〕37号

各盟行政公署、市人民政府, 自治区各委、办、厅、局, 各大企业、事业单位:

现将《内蒙古自治区打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》印发给你们, 请结合实际, 认真组织实施。

内蒙古自治区办公厅

2018年9月29日

### 内蒙古自治区打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案

打赢蓝天保卫战, 是全面建成小康社会和实现“两个一百年”奋斗目标的一项重要举措。为加快推进全区大气环境污染综合整治, 全面改善环境质量, 制定本方案。

#### 一、总体要求

(一) 指导思想。深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神, 统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局, 大力践行创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念。以保障人民群众健康为根本出发点, 以呼包鄂、乌海市及周边地区为主阵地, 统筹运用结构优化、联防联控、重污染应急等多种手段, 对不同地区、不同污染源、不同污染物制定差异化管理措施, 建立大气污染防治长效机制, 坚决打赢蓝天保卫战。

(二) 主要目标。经过三年努力, 主要大气污染物排放总量大幅减少,  $PM_{2.5}$  浓度明显降低, 重污

染天数明显减少, 大气环境质量明显改善, 人民的蓝天幸福感明显增强。到2020年, 地级及以上城市[1]空气质量优良天数比率达到83.8%, 细颗粒物( $PM_{2.5}$ )未达标地级及以上城市[2]浓度较2015年下降12%; 二氧化硫、氮氧化物排放总量较2015年分别减少15%、11%; 提前完成“十三五”环保约

打赢蓝天保卫战三年行动计划目标指标表

指标		2018年	2019年	2020年	属性
1	地级及以上城市空气质量全年达标天数比例(%)	83.0	83.5	> 83.8	约束性
2	细颗粒物未达标地级及以上城市 $PM_{2.5}$ 年均浓度下降(%)	11.4	11.8	12	约束性
3	地级及以上城市重度及以上污染天数比例下降(%)	40	43	46	预期性
4	主要污染物排放总量减少(%)	13.2	14.4	15	约束性
5	氮氧化物	6.3	7.6	11	约束性

注: 各项目指标基准年均为2015年。

束性目标任务的城市，要保持和巩固改善成果；尚未完成的，要确保全面实现“十三五”环保约束性目标。

## 二、调整优化产业结构，推进产业绿色发展

(三) 优化产业布局。(略) 加大区域产业布局调整力度。(略)

(四) 严控“两高”行业产能。(略)

(五) 强化“散乱污”企业综合整治。全面开展“散乱污”企业及集群综合整治行动。各盟行政公署、市人民政府根据产业政策、产业布局规划，以及土地、环保、质量、安全、能耗等要求，制定“散乱污”企业及集群整治标准。对“散乱污”企业进行全面排查，实行动态更新和台账管理。按照“先停后治”的原则，实施分类处置。列入关停取缔类的，基本做到“两断三清”（切断工业用水、用电，清除原料、产品、生产设备），坚决杜绝已取缔的“散乱污”企业异地转移、死灰复燃；列入整合搬迁类的，要按照产业发展规模化、现代化的原则，搬迁至工业园区并实施升级改造；列入升级改造类的，树立行业标杆，实施清洁生产技术改造，全面提升污染治理水平。到2020年底，基本完成“散乱污”企业综合整治工作。

(六) 深化工业污染治理。持续推进工业污染源全面达标排放，将烟气在线监测数据作为执法依据，加大超标处罚和联合惩戒力度。建立覆盖所有固定污染源的企业排放许可制度，到2020年底，完成排污许可管理名录规定的行业许可证核发，未依法取得排污许可证、未按证排污的，依法依规处罚。

严格大气污染物排放标准。呼和浩特市、包头市、乌海市及周边地区、鄂尔多斯市准格尔旗和达拉特旗等地区，对有色（不含氧化铝）、水泥、平板玻璃、焦化、石化及化工等重点行业及65蒸吨/小时及以上燃煤锅炉的现役企业从2020年1月1日起，开始执行大气污染物特别排放限值，其新建项目从2018年10月1日起开始执行大气污染物特别排放限值。

加强重点行业提标改造。全区大力推进燃煤机组（不含循环流化床及“W”火焰锅炉）超低排放改造，到2018年底，乌海市及周边地区所有在役火电燃煤机组基本完成改造，到2020年底，其他地区具备改造条件的燃煤电厂全部完成改造。推动实施钢铁等行业超低排放改造。

强化工业企业无组织排放管理。企业应制定无组织排放改造方案，强化火电、钢铁、有色、建材、焦化、热力生产及供应等重点行业无组织排放管理，建立管理清单。对物料（含废渣）运输、装卸、储

存、转移和工艺过程等无组织排放实施深度治理。到2019年底，重点行业粉状物料堆场必须进行全封闭，块状物料必须安装抑尘设施，到2020年底，基本完成治理任务。

推进园区循环化改造示范试点建设。到2020年底，全区75%的国家级园区和50%的自治区级园区实施循环化改造。继续推进重点行业能源审计、清洁生产审核和清洁生产技术改造。全面推进企业清洁生产。

(七) 大力培育绿色环保产业。推动环保产业集聚发展，以“环保管家”、环境绩效合同服务等创新服务方式推进重点示范工程建设，发展壮大“互联网+环保”、环境大数据及分析应用、第三方环保综合服务、新型环保服务等领域的环保服务业，培育一批高水平、专业化节能环保服务公司。

## 三、加快调整能源结构，构建高效能源体系

(八) 实施能源消费双控。(略)

(九) 推进冬季清洁取暖。各盟行政公署、市人民政府加快制定清洁取暖实施方案。以增加集中供热面积为重点，大力推进“城中村”和“棚户区”改造力度。对近期不能实施拆迁的地区，按照“宜气则气、宜电则电”的原则，加大气源电源保障力度，积极推动“煤改气”“煤改电”双替代工作。对暂时不能通过清洁供暖替代散烧煤供暖的，要因地制宜利用“洁净型煤+环保炉具”“生物质成型燃料+专用炉具”等模式进行替代。加强煤质监管，严厉打击销售使用劣质煤行为。

抓好天然气产供储销体系建设。到2020年底，全区天然气消费比重增加到4%，消费量达到80亿立方米左右。新增天然气消费优先用于居民生活、天然气汽车和替代燃煤。加快储气设施建设步伐，2020年采暖季前，地方政府、城镇燃气企业和上游供气企业的储备能力达到量化指标要求。建立完善调峰用户清单，采暖季实行“压非保民”。

加快农村地区电网升级改造。创新电力交易模式，鼓励电蓄热、储能企业与风电、光伏发电企业开展直接交易，健全输配电价体系等方式，进一步降低清洁供暖用电成本，通过完善峰谷分时制度和阶梯价格制度，释放富余风电低价优势，推动电采暖发展。

(十) 开展燃煤综合整治。进一步加大燃煤小锅炉淘汰力度，全区旗县（市、区）及以上城市建成区基本淘汰每小时10蒸吨及以下燃煤锅炉及茶水炉、经营性炉灶、储粮烘干设备等燃煤设施，原则上不再新建每小时35蒸吨以下的燃煤锅炉，其他地

区原则上不再新建每小时 10 蒸吨以下的燃煤锅炉。环境空气质量未达标城市应进一步加大淘汰力度，到 2020 年底，呼和浩特市、包头市、乌海市城市建成区基本完成每小时 35 蒸吨及以下燃煤锅炉淘汰工作。

各地方人民政府依法划定高污染燃料禁燃区范围。未划定的盟市应尽快完成划定工作，细颗粒物连续两年未稳定达标的盟市，应于 2018 年底前完成划定工作；已完成划定工作的盟市，应切实加强高污染燃料禁燃区的管理，并根据大气环境质量改善要求，逐步扩大高污染燃料禁燃区范围。

加大对纯凝机组和热电联产机组技术改造力度，加快供热管网建设，推进老旧管网改造，降低系统能耗，充分释放和提高供热能力，淘汰管网覆盖范围内的燃煤锅炉和散煤。在不具备热电联产集中供热条件的地区，现有多台燃煤小锅炉的，可按照等容量替代原则建设大容量燃煤锅炉。

(十一) 提高能源利用效率。健全节能标准体

系，大力开发、推广节能高效技术和产品，实现重点用能行业、设备节能标准全覆盖。规模化推广绿色建筑，到 2020 年底，绿色建筑占新建建筑的比例达到 50%，新建建筑能效提升 20%。深入推动供热计量改革，制定推进方案，加强新建建筑工程监管，加快推进既有居住建筑节能改造。

(十二) 发展清洁能源和新能源。到 2020 年底，非化石能源消费量达到 2500 万吨左右。有序推进风电和光伏发电项目建设，优化风能、太阳能开发布局。加大可再生能源消纳力度，基本解决弃风、弃光问题。到 2020 年底，区内消纳风电装机容量达到 4500 万千瓦，光伏发电达到 1500 万千瓦。

四、积极调整运输结构，发展绿色交通体系（略）

五、优化调整用地结构，推进面源污染治理（略）

六、实施重大专项行动，严格环境执法督察（略）

七、强化区域联防联控，有效应对重污染天气（略）

八、加强基础能力建设，强化经济政策支撑（略）

九、明确落实各方责任，动员全社会广泛参与（略）

## 关于印发安徽省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案的通知

皖政〔2018〕83号

各市、县人民政府，省政府各部门、各直属机构：

现将《安徽省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》印发给你们，请认真贯彻执行。

安徽省人民政府

2018年9月27日

### 安徽省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案

我省是全国打赢蓝天保卫战的重点地区。加快改善全省环境空气质量，打赢蓝天保卫战，是深入贯彻习近平生态文明思想的重要体现，对于满足人民日益增长的美好生活需要，建设现代化五大发展美好安徽具有重要意义。为坚决打赢蓝天保卫战，根据国务院《关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）精神，结合我省实际，制定本实施方案。

#### 一、总体要求

(一) 指导思想。（略）

(二) 目标指标。大幅减少主要大气污染物排放总量，协同减少温室气体排放，进一步明显降低细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）浓度，明显减少重污染天数，明显改善环境空气质量，明显增强人民的蓝天幸福感。

到 2020 年，二氧化硫、氮氧化物排放总量分别比 2015 年下降 16%；PM<sub>2.5</sub> 未达标设区市浓度比

2015 年下降 18% 以上，设区市空气质量优良天数比率达到国家考核要求，重度及以上污染天数比率比 2015 年下降 25% 以上；全面实现“十三五”约束性目标。

#### 二、调整优化产业结构，推进产业绿色发展（略）

(三) 优化产业布局。完成生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线、环境准入清单编制工作，明确禁止和限制发展的行业、生产工艺和产业目录。严格执行国家高耗能、高污染和资源型行业准入条件，环境空气质量未达标城市应制定更严格的产业准入门槛。积极推行区域、规划环境影响评价，新、改、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色等项目的环境影响评价，应满足区域、规划环评要求。

加快区域产业调整。加快城市建成区重污染企业搬迁改造或关闭退出，推动实施一批水泥、平板玻璃、焦化、化工等重污染企业搬迁工程；城市钢铁企

业要切实采取彻底关停、转型发展、就地改造、域外搬迁等方式，推动转型升级。禁止新增化工园区，加大现有化工园区整治力度。各地已明确的退城企业，要明确时间表，逾期不退城的予以停产。

(四) 严控“两高”行业产能。(略)

(五) 强化“散乱污”企业综合整治。全面开展“散乱污”企业及集群综合整治行动。根据国家规定，细化“散乱污”企业及集群整治标准。实行拉网式排查，建立管理台账。按照“先停后治”的原则，实施分类处置。列入关停取缔类的，基本做到“两断三清”(切断工业用水、用电，清除原料、产品、生产设备)；列入整合搬迁类的，要按照产业发展规模化、现代化的原则，搬迁至合规工业园区并实施升级改造；列入升级改造类的，树立行业标杆，实施清洁生产技术改造，全面提升污染治理水平。建立“散乱污”企业动态管理机制，坚决杜绝“散乱污”企业项目建设和已取缔的“散乱污”企业异地转移、死灰复燃。以上工作任务 2019 年底前全面完成。

(六) 深化工业污染治理。持续推进工业污染源全面达标排放，将烟气在线监测数据作为执法依据，加大超标处罚和联合惩戒力度，未达标排放的企业一律依法停产整治。建立覆盖所有固定污染源的企业排放许可制度，2020 年底前，完成排污许可管理名录规定的行业许可证核发。

推进重点行业污染治理升级改造。二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物(VOCs)全面执行大气污染物特别排放限值。推动实施钢铁等行业超低排放改造，城市建成区内焦炉实施炉体加罩封闭，并对废气进行收集处理。强化工业企业无组织排放管控。开展钢铁、建材、有色、火电、焦化、铸造等重点行业及燃煤锅炉无组织排放排查，建立管理台账，对物料(含废渣)运输、装卸、储存、转移和工艺过程等无组织排放实施深度治理，2019 年底前完成治理任务。

推进各类园区循环化改造、规范发展和提质增效。大力推进企业清洁生产。对各类开发区、工业园区、高新区等进行集中整治，限期进行达标改造，减少工业集聚区污染。完善园区集中供热设施，积极推广集中供热，2020 年底前基本完成。有条件的工业集聚区建设集中喷涂工程中心，配备高效治污设施，替代企业独立喷涂工序。

(七) 大力培育绿色环保产业。加快发展新动能，壮大绿色产业规模，发展节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业。积极支持培育一批核心竞争力强、在全国有重要影响力的大型节能环保龙头企业，支持企业技术创新能力建设，加快掌握重大关键核心技

术，促进大气治理重点技术装备等产业化发展和推广应用。积极推行节能环保整体解决方案，加快发展合同能源管理、环境污染第三方治理和社会化监测等新业态，培育一批高水平、专业化节能环保服务公司。

### 三、加快调整能源结构，构建清洁低碳高效能源体系

(八) 继续实施煤炭消费总量控制。到 2020 年，全省煤炭占能源消费总量比重进一步下降；全省煤炭消费总量完成国家下达的任务；新建耗煤项目实行煤炭减量替代。对煤炭开采与洗选业、石油加工业、炼焦和核燃料加工业、化学原料和化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、电力热力生产和供应业等行业新增耗煤(电力行业除外)，实施煤炭消费量 1.5 倍减量替代。上一年度没有完成空气质量考核目标且排序后 5 位的市，实行 2 倍减量替代。非电行业新建项目，禁止配套建设自备纯凝、抽凝燃煤电站。继续推进电能替代燃煤和燃油工作，到 2020 年，替代规模达到 50 亿千瓦时以上。

制定专项方案，大力淘汰关停环保、能耗、安全等不达标的 30 万千瓦以下燃煤机组。对于关停机组的装机容量、煤炭消费量和污染物排放量指标，允许进行交易或置换，可在国家依据总量控制制定的建设规划范围内，统筹安排建设等容量超低排放燃煤机组。严格控制燃煤机组新增装机规模，新增用电量主要依靠区域内非化石能源发电和外送电满足。加强区域能源合作，优化能源资源配置，统筹考虑西南水电、福建核电等外来电力，加快推进淮东—华东(皖南)±1100 千伏特高压直流输电工程建设，提高区外来电比例。

(九) 实施“煤改气”和“以电代煤”。在落实气源、保障民生的前提下，在陶瓷、玻璃、铸造等行业积极推进天然气替代煤气化工程，有序实施燃煤设施煤改气。结合区域和行业用能特点，积极推进工业生产、建筑供暖供冷、交通运输、农业生产、居民生活五大领域实施“以电代煤”，着力提高电能占终端能源消费比重。

(十) 开展燃煤锅炉综合整治。加大燃煤小锅炉淘汰力度。巩固燃煤锅炉淘汰成果，全省基本淘汰每小时 35 蒸吨以下燃煤锅炉及茶水炉、经营性炉灶、储粮烘干设备等燃煤设施，不再新建每小时 35 蒸吨以下的燃煤锅炉；每小时 35 蒸吨及以上燃煤锅炉(燃煤电厂锅炉除外)全部达到特别排放限值要求；每小时 65 蒸吨及以上燃煤锅炉全部完成节能和超低排放改造。燃气锅炉基本完成低氮改造；城市建成区生物

质锅炉实施超低排放改造。

加大对纯凝机组和热电联产机组技术改造力度，加快供热管网建设，充分释放和提高供热能力，淘汰管网覆盖范围内的燃煤锅炉和散煤。在不具备热电联产集中供热条件的地区，现有多台燃煤小锅炉的，可按照等容量替代原则建设大容量燃煤锅炉。2020 年底前，30 万千瓦及以上热电联产电厂供热半径 15 公里范围内的燃煤锅炉和落后燃煤小热电全部关停整合。

(十一) 加强散煤治理。全面落实《商品煤质量管理暂行办法》和锅炉燃煤技术标准，做好散煤使用现状调查，制定散煤治理实施方案。扩大城市高污染燃料禁燃区范围，逐步由城市建成区扩展到近郊。禁燃区内禁止使用散煤等高污染燃料，逐步实现无煤化。进一步加大洗选煤和配煤技术推广力度，逐步削减分散用煤和劣质煤使用比例。鼓励煤炭企业开展井下选煤厂建设和运营示范，提高和优化煤炭质量。建设煤炭储配基地，开展集中配煤、物流供应试点示范，实现煤炭精细化加工配送。大力推广优质型煤和新型炉具，提高燃烧效率。

(十二) 提高能源利用效率。继续实施能源消耗总量和强度双控行动。健全节能标准体系，大力开发、推广节能高效技术和产品，实现重点用能行业、设备节能标准全覆盖。新建高耗能项目单位产品（产值）能耗要达到国际先进水平。因地制宜提高建筑节能标准，加大绿色建筑推广力度，引导有条件地区和城市新建建筑全面执行绿色建筑标准。进一步健全能源计量体系，持续推进供热计量改革，推进既有居住建筑节能改造。鼓励开展农村住房节能改造。

(十三) 加快发展清洁能源和新能源。有序发展水电，优化风能、太阳能开发布局，因地制宜发展生物质能、地热能等。在具备资源条件的地方，鼓励发展县域生物质热电联产、生物质成型燃料锅炉及生物天然气。加大可再生能源消纳力度，基本解决弃水、弃风、弃光问题。加快建设秸秆电厂，鼓励发展固体成型燃料、纤维素燃料乙醇等生物质燃料，探索开展高效清洁煤电耦合生物质发电技术研究和试点示范。适应新型城镇化发展需要，科学规划生活垃圾焚烧发电厂建设布局。推广热泵系统、冷热联供等技术应用，扩大地热能 and 空气能利用。到 2020 年，全省可再生能源发电装机规模和非化石能源占能源消费总量比重达到省能源发展“十三五”规划目标。

四、积极调整运输结构，发展绿色交通体系（略）

五、优化调整用地结构，推进面源污染治理（略）

## 六、实施重大专项行动，大幅降低污染物排放

(二十二) 开展秋冬季攻坚行动。制定并实施秋

冬季大气污染综合治理攻坚行动方案，以减少重污染天气为着力点，狠抓秋冬季大气污染防治，聚焦重点领域，将攻坚目标、任务措施分解落实到城市。各设区市要制定具体实施方案，督促企业制定落实措施。按照国家统一部署，实行异地交叉执法、驻地督办，确保各项措施落实到位。

(二十三) 打好柴油货车污染治理攻坚战。（略）

(二十四) 开展工业炉窑治理专项行动。（略）

(二十五) 实施 VOCs 专项整治行动。（略）

## 七、强化区域联防联控，有效应对重污染天气

(二十六) 强化长三角区域大气污染联防联控工作。实施《长三角区域空气质量改善深化治理方案（2017-2020 年）》，全面完成各项大气污染治理任务。完善区域协作工作机制，落实长三角区域大气环境监测预报、应急联动、标准统一、信息共享、联合执法、科研合作、重大活动保障等方面协作重点工作。积极参与区域重污染天气联合应对工作。

(二十七) 加强重污染天气应急联动。强化环境空气质量预测预报中心能力建设，2018 年底前，省级预报中心实现以城市为单位的 7 天预报能力。开展环境空气质量中长期趋势预测工作。完善预警分级标准体系，区分不同区域不同季节应急响应标准。根据重污染天气预警信息，各相关城市按级别启动应急响应措施，实施应急联动，并协作开展人工增雨改善空气质量作业，力争实现大气污染物浓度“削峰”。

(二十八) 夯实应急减排措施。制定完善重污染天气应急预案。提高应急预案中污染物减排比例，黄色、橙色、红色级别减排比例原则上分别不低于 10%、20%、30%。细化应急减排措施，落实到企业各工艺环节，实施“一厂一策”清单化管理。在黄色及以上重污染天气预警期间，对钢铁、建材、焦化、有色、化工、矿山等涉及大宗物料运输的重点用车企业，实施应急运输响应。冬季实施“封土行动”应急管控。

实施秋冬季重点行业错峰生产。加大秋冬季工业企业生产调控力度，针对钢铁、建材、焦化、铸造、有色、化工等高排放行业，制定错峰生产方案，实施差别化管理。要将错峰生产方案细化到企业生产线、工序和设备，载入排污许可证。企业未按期完成治理改造任务的，一并纳入当地错峰生产方案，实施停产。属于《产业结构调整指导目录》限制类的，要提高错峰限产比例或实施停产。

八、完善政策法规体系，落实环境经济政策（略）

九、加强基础能力建设，严格环境执法督察（略）

十、落实和强化各方责任，发动全民广泛参与（略）

# 南京地铁 3 号线工程环控系统设计

北京城建设计发展集团股份有限公司 许巍 周良奎

## 1 工程概况

南京地铁 3 号线是南京轨道交通线网中一条南北走向的骨干线路，线路自北向南依次贯穿南京市“一城三区”重点规划发展地区。北段服务跨江客流，南段为沟通南京南高铁站、东山新市区与主城区间的客流走廊。线路全长为 44.9km，全线设地下站 28 座、高架站 1 座、车辆段停车场各 1 座、主变电站 2 座、南京南控制中心 1 座以及 5 座区间事故风机房。

南京地铁 3 号线通风空调系统设计范围为各地下车站、地下区间隧道、折返线、出入段线、联络线等车站配线隧道通风空调系统设计及总体技术管理。

南京地铁 3 号线通风空调系统由以下四部分组成：车站站厅和站台公共区空调、通风兼防排烟系统；区间隧道正常通风及事故通风系统；车站设备管理用房空调、通风兼防排烟系统；空调水系统。全线工程总投资为 297.68 亿元，其中通风空调系统投资约为 3.33 亿元。

南京地铁 3 号线工程于 2015 年 4 月 1 日开通试运营。

## 2 工程设计特点

在总结国内外轨道交通建设经验基础上，结合当时技术发展方向，贯彻南京地铁“公众地铁、绿色地铁、安全地铁、经营地铁”设计理念。南京地铁 3 号线工程暖通空调系统设计，在满足系统功能



要求、降低系统运行能耗及设备、土建初投资、方便系统运行管理方面做了大量创新工作。

(1) 本工程经过专题比选研究，确定采用集成闭式空调系统。集成闭式系统采用集成理念，将车站公共区通风空调系统与区间隧道通风系统设备利用变频技

术集成设置，并且将通风空调设备设置于土建风道内，大大简化了系统，降低系统的机房占用空间，节省土建造价。集成闭式系统的车站送、排风机均采用变频控制。一方面，满足不同通风工况的不同通风参数要求；另一方面，根据季节、时段进行对通风空调系统进行全过程、精细化、智能化控制。集成闭式系统的车站送、排风机在事故工况下——包括车站排烟工况、区间隧道火灾及阻塞工况，兼作事故风机。

(2) 南京地铁 3 号线穿越南京主城区，主城区内规划成熟，地铁风亭的建设存在很大的拆迁量和协调难度。针对此问题，经过专项分析，取消集成闭式系统活塞风道设置，将普通车站的风亭数量从 4 组降至 2 组，同时采取加大迂回风道面积、调整过渡季系统运行模式等措施抵消取消活塞风道的影响，通过该措施，大大降低了通风系统外部设施引发的拆迁量和协调难度，很好的推进了 3 号线工程的顺利开展。

(3) 南京地铁 3 号线是南京第一批穿越长江线路，过江段区间总长度约 3.2km。由于无法按照常规方式设置区间事故风机房，因此对越江区间的通风排烟系统进行了性能化专题研究。通过对越江段工程综合分析，区间结构选定单洞双线大直径盾构的方式敷设，同时盾构区间顶部设置土建排烟风道。越江区间专用事故风机分别设置于区间两端车站内。通过越江区间性能化研究 CFD 分析成果，确定了越江区间通风排烟系统采用纵向排烟模式，并确定了越江区间事故排烟口设置间距、事故风机容量等相关设计参数。

国内地铁越江线路多为与公路隧道合建方式，没有地铁独立过江线路的区间通风排烟系统工程，因此南京地铁 3 号线的越江通风排烟系统填补了国内越江线路通风排烟系统的空白，为今后地铁越江线路通风排烟系统的设计提供了较好的思路与参考。

(4) 南京地铁 3 号线是贯穿南京主城的一条南北走向主干线，线路穿越区域规划成熟，全线共设置换乘站 11 座，因此车站设计因地制宜，站型多种多样，全线除了标准地下两层站外，还涉及地下三层、地下四层车站。在站型上，除了传统岛式车站，还涉及侧式车站、双岛四线车站、一岛一侧车站等。

车站形式多样化以及换乘节点多对通风空调系统提出很高的要求,经过3号线通风空调系统设计单位与工点设计单位共同协作,攻坚克难,最终设计出了多种不同类型的风道布置方式,较好地适应了车站的站型以及外部环境特点。

(5)在南京地铁3号线工程的设计过程中,大量地采用了各种计算机仿真模拟计算手段解决工程实际问题。

采用地铁热环境模拟预测软件 STESS3.0 对地下区间隧道、车站的气流、远期温度进行全面的模拟预测,对列车阻塞及列车区间火灾等事故情况下的区间通风、排烟风速进行模拟计算。从而对通风空调系统方案进行验证,并为制定全线、全年节能运行方式提供科学依据。

为保证在列车区间阻塞条件下列车空调器能够正常运行,采用三维模拟软件 Phoenics 对列车区间阻塞情况下列车周边的空气温度进行模拟计算。

采用地铁热环境模拟预测软件 STESS3.0 和三维模拟软件 Phoenics 对地下车站加装 2.5 米高安全门对列车运行活塞换气量及车站、区间温度进行全面的模拟预测,为合理调整通风空调系统方案提供了有力的科学依据。

采用 FDS 软件对越江段区间在不同火灾工况、不同排烟风机容量、不同排烟口间距下烟气的流动情况进行了多方案的 CFD 模拟,追踪预测火灾气体的产生和移动,并结合区间隧道空间特性来计算火灾的增长和蔓延。从而模拟出各方案的危险来临时间,最终确定越江区间通风排烟系统设计参数。

### 3 设计参数及空调冷热负荷

本项目位于江苏省南京市,根据南京地区的气象参数以及《地铁设计规范》GB 50157-2013 要求,本项目室内、外设计参数选取如下:

(1) 地下车站公共区及区间隧道室外空气计算参数:

夏季空调室外计算干球温度 32.4℃,相对湿度 66%;

夏季通风室外计算干球温度: 28℃;

冬季通风室外计算干球温度: 2℃。

(2) 地下车站室内设计参数:

站厅夏季空调设计参数:

干球温度不大于 30℃,相对湿度 40%~70%;

站台夏季空调设计参数: 干球温度不大于 29℃,相对湿度 40%~70%;

站厅、站台冬季计算温度控制在 12℃~22℃ 之间。

(3) 区间隧道内部设计参数

正常运行时,隧道内夏季最高温度  $\leq 35^{\circ}\text{C}$ ;

阻塞运行时,隧道内夏季最高温度  $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ;

区间冬季设计参数: 干球温度控制在  $5^{\circ}\text{C}$ ~ $16^{\circ}\text{C}$  之间。

本工程地下车站采用集成闭式系统形式,全线共设置地下车站 27 座(南京南站已实施)。由于地下车站外围护热散失较小,因此本项目地下车站仅考虑夏季供冷,结合客流预测结果,南京地铁 3 号线全线地下车站公共区设计总冷负荷为 48410kW,车站设备用房区设计总冷负荷为 11000kW,因此全线设计总冷负荷为 59410kW,平均设计冷负荷为 2200kW/站。

### 4 空调冷热源及设备选择

各地下车站采用分站供冷方式,各地下车站根据公共区冷负荷(简称大系统负荷)选择两台制冷能力相同的水冷螺杆式冷水机组,根据设备管理用房总冷负荷(简称小系统负荷)选择一台水冷冷水机组;对应于每台冷水机组设置一台冷冻水泵。大小系统单独设置,分别设有大小系统独立的分集水器,大小系统分、集水器分别采用连通管联通,以达到互为备用的目的。冷冻站集中设置在车站一端,位置尽可能靠近负荷中心,力求缩短冷冻水供/回水管长度。

空调冷冻水温度: 供水  $7^{\circ}\text{C}$ ,回水  $12^{\circ}\text{C}$ ; 冷却水温度: 供水  $32^{\circ}\text{C}$ ,回水  $37^{\circ}\text{C}$ 。冷冻水系统采用一次泵系统,小系统空调机组设置电动二通阀,供回水干管或集水器和分水器间设置压差式旁通阀。冷冻水系统采用膨胀定压罐满足系统定压、补水需求。

### 5 空调系统形式

工程前期阶段,通过系统制式专题比选,确定本工程地下车站采用集成闭式空调系统制式。车站两端分别设置一条送风道和一条排风道(兼做区间事故通风道)。每端的送风道内设置土建式大型表冷器(含挡水板及过滤器)、消声器、电动组合风阀和送风机(兼做区间事故风机);每端排风道内设置消声器、电动组合风阀和排风机(兼做区间事故风机)。送、排风道均通过风阀与两条隧道连通。送风道内,在大型表冷器旁边设置旁通风阀,用于区间事故通风时增大送风道的流通面积。送、排风机均设有变频器,用于车站通风空调时变频为低速运行,区间事故运行时采用工频运行。

站厅公共区采用上送上回的送风方式,根据车站规模,一般采用两送一回或两送两回的布置形式,

送、排风管均兼做排烟风管。站台层送风管布置于站台候车区域内，满足乘客候车区域舒适性要求；站台排风由列车顶排风和站台下排风组成：列车顶排风道布置在车行道上方，列车顶排风口与列车空调冷凝器的位置对应，便于对列车冷凝器散热的集中排放；站台下排风排风口与列车下发热位置对应，便于列车对列车刹车元件散热的集中排放。列车顶排风道兼做排烟风道。

## 6 越江段区间通风系统

南京地铁3号线是南京第一批越江线路，越江段区间总长度约3.2km。由于在江中无法按照常规方式设置区间事故风井，因此如何解决越江段灾害工况下的事故排烟是本工程通风系统的一个设计难点。经过对隧道形式多方案的比选，最终确定本段越江线路采用10.5m直径大盾构区间形式，这种盾构形式也是首次在国内地铁工程中采用。结合该种盾构形式，通风专业确定采用上部空间设置土建排烟道，并设置中隔墙，将上、下行区间进行分隔，中隔墙上设置疏散平台，便于乘客通过侧门进行疏散。越江段盾构区间断面结构如图1。

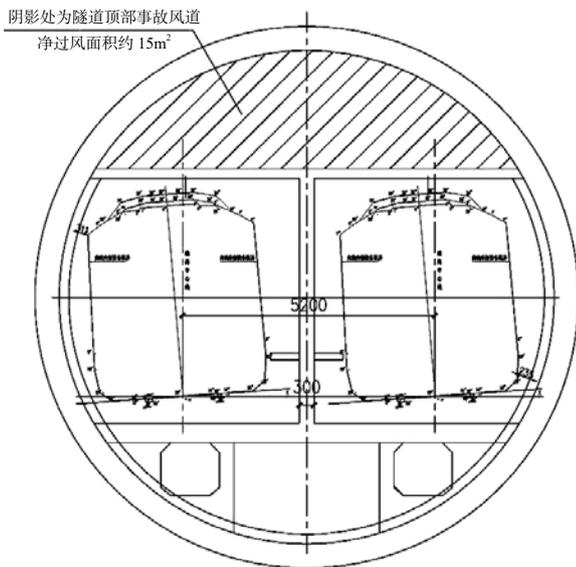


图1 越江段盾构区间断面结构

由于国内没有针对该种隧道形式的越江段工程先例，因此设计阶段针对整个越江段区间的防排烟以及防灾疏散方案进行消防性能化研究。消防性能化研究就区间事故风机的容量以及区间排烟口的设置进行了多方案的模拟比选，最终确定越江段区间

两侧车站的专用事故风机利用盾构区间顶部土建风道进行排烟，排烟口间距900m，单台专用事故风机风量为 $90\text{m}^3/\text{s}$ 的设置方案。结合越江段区间通风排烟系统、疏散平台、加密区间联络门措施以及智能疏散指示系统等多种措施，确保越江段区间防灾疏散方案的可靠性。

## 7 通风、防排烟及空调自控设计

本工程地下车站设有火灾自动报警系统（以下简称“FAS”）以及环境与设备监控系统（以下简称“BAS”），通过BAS系统实现车站通风空调系统的日常运行，通过FAS以及BAS系统的协同运作，实现灾害工况下的通风空调防灾运行。整个通风空调系统控制由中央控制（中央级），车站控制（车站级）和就地控制三级组成，就地控制具有优先权。

车站通风空调系统日常运行分为空调季小新风、空调季全新风和非空调季、冬季四种运行模式。车站大系统送排风机均采用变频控制，可根据公共区温湿度反馈调节风机运行频率；车站采用冷冻站集控技术，协调制冷机组、冷冻（却）水泵以及冷却塔的运用，从而达到风—水节能的效果。

## 8 心得与体会

本项目于2015年4月1日投入通车试运营，到目前为止已通车两年多的时间，通过两个空调季节的运行，项目整体满足设计要求，但也出现一些问题反馈，在此简述，以供同类工程参考：

（1）集成闭式系统利用土建风道布置空调处理设备，减小了车站的土建规模，但对土建风道施工工艺要求高，个别车站存在风道漏风情况，造成车站实际送风量偏小，个别车站站厅温度偏高的情况。针对此问题首先通过对风管风量的测量，了解到风道的漏风程度，对一些明显可见的孔洞缝隙进行封堵；然后调整通风空调系统运行模式，加大送入车站的空调风量。采取以上措施后，车站站厅温度产生明显下降。

（2）个别车站端部迂回风道设置偏小，列车活塞效应加大了车站出入口通道的进风效应，对站厅层局部热环境冲击较大，出入口部附近温度波动较大，影响整个车站的热环境舒适度。由于迂回风道已建成，在运营阶段无法进行相应调整，但是该问题的产生与车站送风量偏小存在一定的关系，经过模式调整后，车站站厅层送风量加大，同时形成一定的正压效应，在一定程度上抑制了出入口通道的活塞效应，降低了站厅层出入口部的整体问题，减小了站厅层出入口部的温度波动。

# 深圳北站综合交通枢纽工程空调设计

北京城建设计发展集团股份有限公司 邹亚平 郭温芳 王朝福

## 1 工程概况

深圳北站位于深圳市龙华新区西南部，是深圳市最重要的陆上交通门户。深圳北站交通枢纽除了铁路车站之外还引入了城市轨道交通（轨道交通4、5、6号线）、常规公交、长途汽车、出租车以及社会车辆等多种交通方式，配以合理的物业开发建筑，深圳北站是一个大型的综合客运交通枢纽。

枢纽包含建筑、市政、轨道交通的“一体化、综合性”设计；包含东、西两个配套广场（含交通设施及上盖建筑）；市政配套工程（5条道路，含路、桥、隧）；轨道交通工程（3条线）。总用地面积约68公顷，总建筑面积约48万平方米，总投资约43.4亿元。

通风空调专业根据枢纽功能形式及分布采用了不同形式的冷源方案，其中枢纽西广场根据投资及运营维护管理主体不同分别选用了常规冷水机组，风冷模块，变频多联机系统等。枢纽东广场及其配套的商业、上盖开发采用了冰蓄冷集中冷站的冷源方式。

枢纽通风空调系统总投资1.67亿元，枢纽东广场采用了冰蓄冷集中冷站作为冷源的空调系统，投资1.17亿元。

## 2 工程设计特点

深圳北站综合交通枢纽通风空调主要设计特点：

(1) 根据枢纽不同功能建筑单体及运营管理主体形式选用不同的冷源方式，满足枢纽投入使用后不用运营管理部门的要求，实现各有关部门的独立使用要求：

序号	单体名称	运营（使用）主体	冷源方案	备注
1	派出所	公安局	变频多联机系统	西广场
2	E1 长途汽车站	交通局	风冷模块	西广场
3	A1 配套酒店	招商酒店	电制冷冷水机组	西广场
4	B1 枢纽管理中心	枢纽运营管理部门	电制冷冷水机组	西广场
5	东广场（含配套商业C1、酒店D1）	枢纽运营管理部门	冰蓄冷集中冷站	

(2) 东广场冰蓄冷集中冷站，采用部分负荷蓄冰系统，制冷主机和蓄冰设备为串联方式，主机位于蓄冰设备上游，设计工况的供冷运行方式为主机优先模式，部分负荷时按融冰优先模式运行。



(3) 末端设备采用大温差供水，利用双工况机组夜间制冰，末端系统采用5~13℃供回水方式，相比较常规7~12℃的供回水形式能有效降低输送能耗，减小输送水管管径，同时末端风柜送风温差加大，减少空调末端及风管尺寸，降低枢纽土建造价。

(4) 东广场冰蓄冷空调系统冷冻水采用一次泵变频系统，由于东广场末端功能区主要有轨道交通换乘厅、公交站场候车厅、出租车候车厅、枢纽配套商业及酒店等，因此冷冻水根据功能及布局采用分区供水，在保证系统水力平衡的同时也为运营维护提供便利。一次泵变频系统有效降低水系统输送能耗。

(5) 末端公共区采用全空气一次回风变频系统，根据末端负荷变化情况调整组合式空调机组的频率，对应交通枢纽人员负荷变化较快的特点，为避免设备频繁调整，控制系统每半小时检查一次，实现节能与设备使用寿命的兼顾。

(6) 冷却塔设置于轨道交通4、6号线高架桥下方，充分利用空间，提高土地利用率。

(7) 根据枢纽建筑布局，在结合整体分区合理的基础上采用动态平衡电动调节阀等措施，将平衡阀与调节阀功能合并设置，减少运营维护成本。

(8) 冰蓄冷系统采用模糊控制理论，运营初期根据设定的蓄冷放冷策略进行，并同时记录外部负荷变化情况，一个完整供冷季为一周期。下一个供冷季的蓄冷放冷策略即采用上一供冷季的负荷作为运行策略输入进行修正，循环往复，使运行策略达到最佳。

(9) 冰蓄冷系统设置专用变电所，降低变压器

装机容量，在过渡季节可以停止运行以降低运营费用并利用该段时间进行维护以延长设备使用寿命。

### 3 设计参数及空调冷负荷

#### 3.1 室外设计参数

夏季大气压：1005.60kPa；  
夏季空调室外计算干球温度：33℃；  
夏季空调日平均：30.00℃；  
夏季空调室外计算湿球温度：27.9℃；  
夏季通风室外计算温度：31.00℃。

#### 3.2 室内设计标准

房间名称	室内设计标准			每小时换气次数	处理方式	备注
	温度	相对湿度	新风量 (m <sup>3</sup> /h·p)			
轨道换乘厅	28℃	50%±10%	12.6	70% 新风量	空调处理机	
公交候车区	28℃	50%±10%	20	70% 新风量	空调处理机	
商业区	27℃	50%±10%	20	70% 新风量	空调处理机	
管理用房	25℃	50%±10%	30	-	风机盘管+新风处理机	

**3.3 根据建筑专业提供的设计图纸，各用冷末端经计算汇总结果为：**

- (1) 设计日峰值冷负荷 (14:00)：21671kW；
- (2) 夜间峰值冷负荷：1250kW；
- (3) 设计日总冷负荷：267511kW·h；
- (4) 设计日总蓄冰冷负荷：70023kW·h；
- (5) 设计日逐时冷负荷见下表。

时间	冷负荷/(kW)	时间	冷负荷/(kW)	时间	冷负荷/(kW)
1:00	1250	9:00	17105	17:00	19338
2:00	1250	10:00	18455	18:00	19222
3:00	1250	11:00	19218	19:00	19331
4:00	1250	12:00	19545	20:00	18788
5:00	1250	13:00	20547	21:00	7284
6:00	1250	14:00	21671	22:00	6162
7:00	1250	15:00	20389	23:00	1250
8:00	14952	16:00	19205	0:00	1250

### 4 空调冷源及设备选择

深圳北站综合交通枢纽建筑体量较大，空调冷负荷装机容量高，由于深圳地区有峰谷电价政策，结合交通枢纽负荷白天高晚上低的特性，采用冰蓄冷形式作为空调冷源，以降低装机容量并节约运营费用。

#### 4.1 系统模式

本工程采用分量蓄冰蓄冷系统，制冷主机和蓄冰设备为串联方式，主机位于蓄冰设备上游。系

统可按以下五种模式运行：主机制冰、主机制冰同时供冷、制冷机供冷、融冰供冷、制冷机与融冰联合供冷。设置了一台基载主机。

#### 4.2 水温设计

在设计工况下，冰蓄冷系统供冷时，进出冷水机组的乙二醇溶液温度 12/7℃，进出蓄冰槽的乙二醇溶液温度 7/3.5℃，进出板式换热器的乙二醇溶液温度 3.5/12℃，进出板式换热器的空调冷冻水温度为 5/13℃，用于空调末端大温差供回水。

#### 4.3 设备设置

冷水机组与乙二醇泵、冷却水泵一对一匹配设置，各设置一台备用，乙二醇泵工频运行。冷冻水采用一次泵变频系统，根据建筑的使用功能和位置通过分集水器干管进行分区，分集水器之间安装压差控制器和旁通管进行调节。

#### 4.4 空调系统末端设计方案

4.4.1 风机盘管：进出水温度为 5/13℃；末端设置动态平衡电动二通阀，根据室内温度调整水量，最终通过供回水压差变频调节冷冻水泵。

4.4.2 空调机组：进出水温度为 5/13℃，末端设置动态平衡电动二通阀，根据室内温度调整水量，最终通过供回水压差变频调节冷冻水泵。但对于新风量小于 60% 送风量的空调机组，则采用变频调节，根据室内温度，首先调节水量，当末端的阀门达到设定的最小值时（同时水泵通过供回水压差变频调节冷冻水泵水量）。再通过风机变频控制调节风量，由于风机功率越大，风机的温升越高，设计中空调系统合理划分，避免系统过大。

#### 4.5 主要设备选型结果

4.5.1 基载主机：选用一台冷水机组，制冷量 1934kW，冷冻水温度为 5/13℃，冷冻水流量为



208m<sup>3</sup>/h, 冷却水温度为 32/37°C, 流量为 396m<sup>3</sup>/h。

4.5.2 双工况主机: 选用四台冷水机组, 制冷工况制冷量 3165kW; 制冰工况制冷量 2265kW; 乙二醇流量为 586m<sup>3</sup>/h, 冷却水流量为 651m<sup>3</sup>/h。

4.5.3 蓄冰设备: 总蓄冰冷负荷为 70023kW·h。每平方米预留重量 5000kg, 蓄冰设备总面积约 300m<sup>2</sup>。

4.5.4 板式换热器: 选用 4 台换热器, 单台换热量 5185kW。一次侧乙二醇温度 3.5/12°C, 二次侧水温度 5/13°C。

4.5.5 乙二醇泵: 选用 5 台, 其中一台备用, 单台流量为 577m<sup>3</sup>/h, 扬程为 40mH<sub>2</sub>O。

#### 4.5.6 冷冻水泵

(1) 冷冻水一次泵: 选用 5 台水泵, 单台流量为 598m<sup>3</sup>/h, 扬程为 35mH<sub>2</sub>O, 采用变频控制。

(2) 基载冷冻水泵: 选用 2 台水泵, 单台流量为 229m<sup>3</sup>/h, 扬程为 35mH<sub>2</sub>O, 采用变频控制。

#### 4.5.7 冷却水泵

(1) 双工况主机冷却水泵: 选用 5 台水泵, 单台流量为 723m<sup>3</sup>/h, 扬程为 35mH<sub>2</sub>O。

(2) 基载冷却水泵: 选用 2 台水泵, 一台备用, 单台流量为 442m<sup>3</sup>/h, 扬程为 30mH<sub>2</sub>O。

#### 4.5.8 冷却塔

选用 4 台超低噪音横流式方形玻璃钢冷却塔, 处理水量 900m<sup>3</sup>/h, 功率为 7.5×4kW。

选用 1 台超低噪音横流式方形玻璃钢冷却塔, 处理水量 540m<sup>3</sup>/h, 功率为 11×2kW。

#### 4.5.9 补水定压

(1) 乙二醇系统: 采用隔膜式定压罐定压方式, 乙二醇溶液储存在开式水箱内, 通过压力传感器设定值控制启动乙二醇补充泵向系统及定压罐补充乙二醇。乙二醇补充泵两台, 一台备用, 功率 0.75kW。乙二醇定压系统设置旁通安全阀及电动阀, 在系统压力上升过快是通过压力传感器设定值控制系统安全泄压。

(2) 冷冻水系统: 采用开式膨胀水箱定压方式, 通过浮球阀启动补水。

## 5 空调系统形式

深圳北综合交通枢纽空调系统采用全空气和空气-水系统组成, 其中换乘大厅、公交候车厅、商业区采用全空气系统, 配套管理用房采用风机盘管的空气-水系统。系统图附后。

## 6 通风、防排烟及空调自控设计

### 6.1 自控设计

6.1.1 自控系统构成: 集中冷站机房自控采用



可编程控制器 (PLC 系统), 实现集中管理分散控制的目标, 系统由中央控制单元和就地控制单元两部分组成。

6.1.2 自控系统接口: 集中冷站机房自控系统作为楼宇自控系统的一个子系统, 为综合监控提供接口, 该接口符合 TCP/IP 通讯协议, 使综合监控系统无需附加设备就能接纳本系统。冰蓄冷制冷机房自控系统为消防系统预留一路开关量输入信号, 供消防系统在发生火警时通知自控系统启动紧急停车程序。

6.1.3 自控系统控制概述: 集中冷站机房自控系统通过检测及自动控制装置进行各种运行工况优化控制, 解决各种工况的转换操作, 蓄冷系统供冷温度和空调供水温度的控制以及双工况主机和蓄冷装置供冷负荷的合理分配。各运行模式转换由中央控制单元程序控制, 并有人工干预界面。部分负荷蓄冰系统运行工况比较复杂, 对控制系统的要求相对较高, 除了保证各运行工况间的相互转换及冷冻水、乙二醇的供回水温度控制外, 还应解决主机和蓄冰设备间的供冷负荷分配问题。本工程采用优化控制 (智能控制) 系统, 根据测定的气象条件及负荷侧回水温度、流量, 通过计算预测全天逐时负荷, 然后制定主机和蓄冰设备的逐时负荷分配 (运行控制) 情况, 合理制定运行工况, 最大限度地发挥蓄冰设备融冰供冷量, 保证整个系统经济合理运行, 以达到节约电费之目的。

集中冷站机房自控系统应能实现以下运行工况的控制:

- (1) 主机制冰工况；
- (2) 主机制冰同时供冷工况；
- (3) 主机单独供冷工况；
- (4) 蓄冰设备单独供冷工况；
- (5) 主机和蓄冰设备同时供冷工况；
- (6) 系统关闭工况。

#### 6.1.4 自控系统主要的控制对象及参数说明

(1) 冷冻水系统的供水温度由调节通过板换的乙二醇溶液流量来维持恒定；冷冻水系统的工作压力是采用膨胀水箱的定压及补水来维持；冷冻水系统的供回水压差由是通过变频调节冷冻水泵流量来保持恒定。

(2) 乙二醇溶液系统的供液温度和工作压力：

供液温度稳定在 3.5℃ 是通过融冰时，比例调节蓄冰装置旁通调节阀；主机制冷时，主机出水温度设定。工作压力是采用定压罐的定压及补液泵补液来稳定。

(3) 蓄冰装置的蓄冰量和融冰量：

利用蓄冰装置的液位信号来检测，并利用蓄冰装置供回水的冷量计算来辅助检测。

(4) 制冷机：

出水温度即冷机出水温度和冰槽进水温度，按照运行模式的不同，程序将采用不同的设定值。联合供冷时视主机优先或融冰优先而不同，由制冷机本身的控制器执行。

制冰时为 -5.6℃；

主机优先时按最低温度设定为 3.5℃；

冷机卸载与台数控制，一般发生在融冰优先方式，负荷降低时，冷机进水温度降低，冷机自动卸载而进行台数控制。

主机制冰时，为保证运行效率最高，一般不进行容量控制，但可以进行台数控制。

主机制冰停机受蓄冰装置的液位控制和冷量计算辅助控制外，还应受进出水温度低于预定值和蓄冰时间控制。

(5) 水泵：

冷冻水一次泵根据供回水压差信号进行变频调节；乙二醇泵各个工况均工频运行。

(6) 制冷机房内所有设备启停控制顺序：

先开启冷冻水电动阀及冷冻水泵，再开启冷却水电动阀及冷却水泵，然后开启冷却塔风机，最后开启冷水机组（冬季运行最后开启冷却塔）。停机顺序反之。

#### 6.1.5 机房自控系统与末端控制的相互关系

(1) 风机盘管、新风机组

进出水温度为 5/13℃；末端设置动态平衡电动二通阀，根据室内温度调整水量，最终通过供回水压差变频调节冷冻水二次泵。

(2) 空调机组

采用定风量系统，末端设置动态平衡电动二通阀，根据室内温度调整水量，最终通过供回水压差变频调节冷冻水泵。

## 6.2 通风设计

高低压配电房、控制室、开闭所、发电机房、储油间设事故通风，换气次数不小于每小时 12 次。

需设置空调的房间设置舒适性通风空调系统。不需设空调的房间，自然通风能达到要求的采用自然通风，自然通风达不到要求时设机械通风。

出租场站候车区考虑人员舒适性，采用直接向候车区送新风措施，新风换气次数不小于 10 次/小时。

## 6.3 防排烟设计

当某个防火分区发生火灾时，进行紧急模式，现场手动或远程开启该处防火分区相应的消防设备，其他非消防设备均制停，其他相邻防火分区消防设备待启动，非消防设备均制停。当温度超过 280℃ 时，排烟风机入口处防火阀连锁风机关闭。

## 7 心得与体会

如前所述，深圳北站综合交通枢纽工程冰蓄冷空调系统设备，在满足系统功能要求、降低系统运行能耗及设备、土建初投资、方便系统运行管理方面具有明显的优点。

(1) 根据负荷特性，结合深圳当地的阶梯电价政策，采用冰蓄冷技术，最大限度发挥该系统的社会效益和节约运营费用的特点。

(2) 末端采用 5~13℃ 大温差技术，减小设备选型，减少机房及管路尺寸，节约了土建造价。

(3) 冷冻水一次泵变频系统与末端风柜采用变频控制，根据负荷的大小，明确先风后水的自动控制策略，节约运行能耗。

(4) 夜间小负荷采用螺杆式基载主机，使系统蓄冰与对外供冷同时进行，夜间运行稳定可靠。

(5) 公交车候车厅采用全封闭隔离岛形式布局，对候车区域突破传统采用空调系统，提高枢纽服务水平，取得广泛好评。

(6) 根据以往供冷季对负荷进行预测，应用模糊控制理论的蓄冷放冷策略最大程度优化运行模式，取得较好的经济效益。

# 湿式与干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的比较研究

天津大学 韩勇 郑雪晶 由世俊 张欢 郑万冬

**摘要:** 本文在深入了解国内外地板辐射采暖技术研究现状的基础上, 针对目前市场中出现的利用耐腐蚀不锈钢波纹管作为加热管的湿式与干式地板辐射采暖, 对不锈钢波纹管地板辐射采暖构件进行了热工性能测试试验, 从热工性能和经济性两方面对湿式与干式不锈钢波纹管地板辐射采暖及传统湿式塑料管地板辐射采暖进行比较, 为该项技术的优化设计和推广应用提供了技术储备和理论支持。研究表明: 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖具有较强的供热能力, 地板表面温度分布均匀性较好; 在使用年限内的费用年值低于传统湿式地板辐射采暖, 经济性更好。

**关键词:** 湿式地板辐射采暖; 干式地板辐射采暖; 不锈钢波纹管; 试验研究

## 0 引言

我国是世界第二大能源消费国, 每年的能源消耗量高速增长。每年建筑能耗占全社会总能耗的30%, 其中采暖能耗占到建筑总能耗的65%, 因此有效降低采暖能耗对采暖技术水平进步提出了更高的要求<sup>[1]</sup>。与常规的以对流散热为主的散热器采暖相比, 低温地板辐射采暖可与建筑物构造相结合, 不占用室内有效空间, 具有舒适、卫生、能充分利用低品位能源、维护管理方便、易于分户热计量、室内温度分布均匀等优点。

随着地板辐射采暖技术的不断发展, 相关的理论研究工作也日渐增多, 研究成果日趋完善<sup>[2-4]</sup>。美国学者 Jeanne M. Palmer 和 Klrby S. Chapman 比较了几种地板辐射采暖室内平均辐射温度算法的优缺点, 指出用辐射强度进行计算是优化的方法, 可以解决极限边界条件<sup>[5]</sup>。同济大学的张东亮建立了干式地板辐射采暖传热模型, 并通过实验, 分析了系统处于稳定状态时的地板表面温度分布、室内空气温度分布、对流热与辐射热等热工特性<sup>[6]</sup>。李爱松通过

不同方法的实际对比实验, 优化了测试方案, 改进了测试方法, 得出了大量的实验数据, 为辐射供暖装置热性能的测试提供了有实用价值的参考依据<sup>[7]</sup>。

本文基于以上研究, 进行了湿式与干式不锈钢波纹管地板辐射采暖热工性能测试试验, 从热工性能和经济性两方面对湿式与干式不锈钢波纹管地板辐射采暖及传统湿式塑料管地板辐射采暖进行比较, 为不锈钢波纹管地板辐射采暖系统的广泛使用提供了参考依据。

## 1 不锈钢波纹管地板辐射采暖性能试验系统

### 1.1 测试系统

在标准实验室中对湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖构件样品进行了热工性能测试。测试项目为供热量、辐射表面平均温度、反向传热量和反向传热损失率。供热量、辐射表面平均温度、反向传热量、反向传热损失率的测试依据《JG/T 403-2013 辐射供暖及供暖装置热性能测试方法》<sup>[8]</sup>, 在闭式小室中进行, 测试系统如图1所示, 测试时地暖样品的安装方式如图2所示。

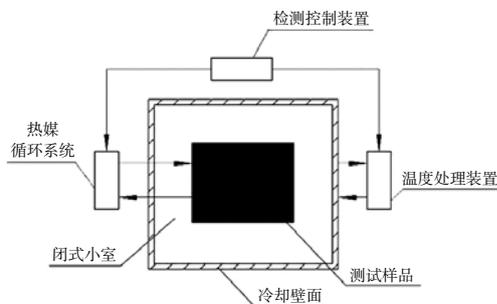


图1 测试系统示意图

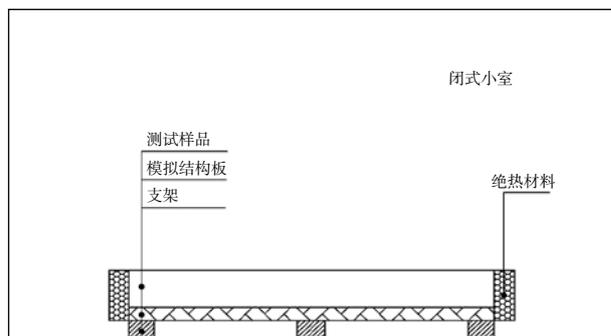


图2 测试样品安装示意图

### 1.2 测试样品

地暖样品构造和实物见图3、图4，样品厚度60mm，宽度2400mm，长度3600mm，面积8.64m<sup>2</sup>，管间距300mm。

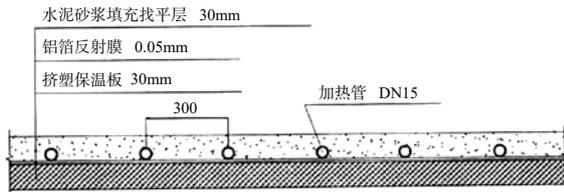


图3 地暖测试样品构造图



图4 地暖测试样品实物图

## 2 测试结果分析

### 2.1 供热量标准特征公式

采用国内标准《JG/T 403-2013 辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》中的方法对湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖、干式不锈钢波纹管地板辐射采暖及传统湿式塑料管（PE-X）地板辐射采暖的热性能进行对比分析。

以水为热媒的辐射供暖装置的供热量标准特征公式为：

$$q = K_M \cdot \Delta T^n \quad (1)$$

式中： $q$ 为测试样品的标准供热量（W/m<sup>2</sup>）； $\Delta T$ 为过余温度（K）； $K_M, n$ 为常数，通过最小二乘法求得。

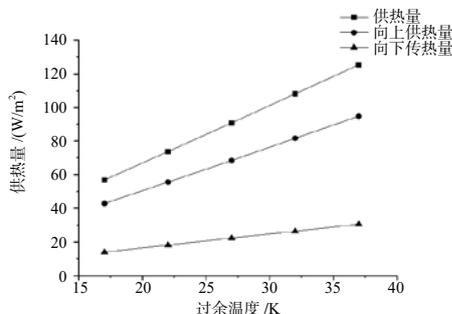


图5 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖供热量特征曲线

过余温度的公式表示为：

$$\Delta T = \left| \frac{t_1 + t_2}{2} - t_r \right| \quad (2)$$

式中： $t_1$ 为进口温度（℃）； $t_2$ 为出口温度（℃）； $t_r$ 为基准点空气温度（℃）。

将湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖、干式不锈钢波纹管地板辐射采暖及传统湿式塑料管（PE-X）地板辐射采暖的供热量随过余温度的变化关系拟合成式（1）的形式进行比较。

### 2.2 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖供热量

管间距300mm、室内空气温度18℃的情况下，湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖不同过余温度下的供热性能见表1。

表1 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖不同过余温度下的供热量

过余温度/K	17	22	27	32	37
向上供热量/(W/m <sup>2</sup> )	42.9	55.6	68.4	81.7	94.8
向下传热量/(W/m <sup>2</sup> )	14.0	18.2	22.4	26.4	30.6
供热量/(W/m <sup>2</sup> )	56.9	73.8	90.8	108.1	125.4
反向传热损失率	24.6%	24.7%	24.7%	24.4%	24.4%

不同过余温度下的供热量曲线见图5。

将以上数据拟合成供热量标准特征公式：

$$q = 3.1936 \cdot \Delta T^{1.0162} \quad (3)$$

### 2.3 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖供热量

管间距300mm、室内空气温度18℃的情况下，干式不锈钢波纹管地板辐射采暖不同过余温度下的供热性能见表2。

表2 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖不同过余温度下的供热量

过余温度/K	17	22	27	32	37
向上供热量/(W/m <sup>2</sup> )	59.3	77.2	95.3	114.3	133.0
向下传热量/(W/m <sup>2</sup> )	9.0	11.7	14.3	16.9	19.5
供热量/(W/m <sup>2</sup> )	68.3	88.9	109.6	131.2	152.5
反向传热损失率	13.2%	13.2%	13.0%	12.9%	12.8%

不同过余温度下的供热量曲线见图6。

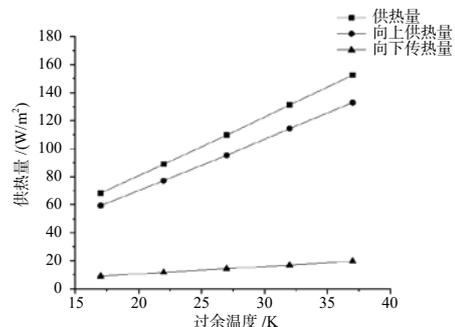


图6 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖供热量特征曲线

将以上数据拟合成供热量标准特征公式：

$$q = 3.6492 \cdot \Delta T^{1.0333} \quad (4)$$

### 2.4 传统湿式塑料管 (PE-X) 地板辐射采暖供热量

管间距 300mm、室内空气温度 18°C 的情况下，传统湿式塑料管地板辐射采暖不同过余温度下的供热性能见表 3。

表 3 传统湿式塑料管地板辐射采暖不同过余温度下的供热量

过余温度 /K	17	22	27	32	37
向上供热量 / (W/m <sup>2</sup> )	37.6	48.6	59.7	70.8	82.5
向下传热量 / (W/m <sup>2</sup> )	12.4	16.1	19.8	23.4	27.0
供热量 / (W/m <sup>2</sup> )	50	64.7	79.5	94.2	109.5
反向传热损失率	24.8%	24.9%	24.9%	24.8%	24.7%

不同过余温度下的供热量曲线见图 7。

将以上数据拟合成供热量标准特征公式：

$$q = 2.8851 \cdot \Delta T^{1.0064} \quad (5)$$

### 2.5 三种型式地板辐射采暖热工性能比较

比较三种不同型式地板辐射采暖的供热量标准特征公式及反向传热损失率，见表 4。

表 4 三种不同型式地板辐射采暖的供热量标准特征公式及反向传热损失率比较

型式	供热量标准特征公式	平均反向传热损失率
湿式 - 不锈钢波纹管	$q = 3.1936 \cdot \Delta T^{1.0162}$	24.6%
干式 - 不锈钢波纹管	$q = 3.6492 \cdot \Delta T^{1.0333}$	13.0%
湿式 - 塑料管	$q = 2.8851 \cdot \Delta T^{1.0064}$	24.8%

三种不同型式的地板辐射采暖的供热量标准特征曲线见图 8。

由表 4 和图 8 可以得出，干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的供热性能最好，湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖次之，而传统湿式塑料管地板辐射采暖最差。在过余温度 17~37°C 的范围内，干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的供热量比湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖大 20.0%~21.6%，比传统湿式塑料管

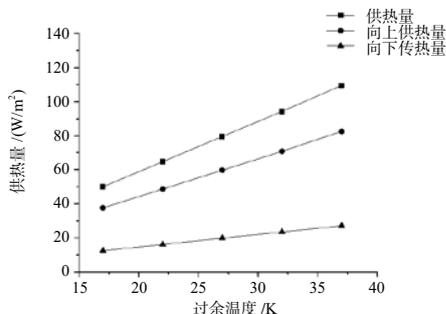


图 7 传统湿式塑料管地板辐射采暖供热量特征曲线

地板辐射采暖大 36.6%~39.3%；湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖的供热量比传统湿式塑料管地板辐射采暖大 13.8%~14.5%。可见，干式地板辐射采暖的加热构件构造更加有利于散热，而使用高导热系数的薄壁不锈钢波纹管也能够一定程度上提升地板辐射采暖系统的供热性能。

对于地板辐射采暖系统的反向传热损失率，干式不锈钢波纹管地板辐射采暖为 13.0%，湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖为 24.6%，传统湿式塑料管地板辐射采暖为 24.8%。可见，反向传热损失率主要取决于加热构件的结构，与所使用的管材几乎无关。干式地板辐射采暖的结构能够有效地阻隔热量向楼板方向的传递，使热量更多地传递到房间内，隔热保温性能大大优于湿式地板辐射采暖。

由于干式地板辐射采暖的反向传热损失率远低于湿式地板辐射采暖，且相同过余温度下，干式地板辐射采暖的供热量也比湿式地板辐射采暖大很多，这就造成了干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的有效向上供热量较其他两种型式大得更多。干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的向上供热量比湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖大 38.2%~40.3%，比传统湿式塑料管地板辐射采暖大 57.7%~61.2%。

## 3 经济性分析

### 3.1 设计计算

选取天津地区一个典型的住宅房间，房间长 5.4m，宽 3.6m，室内设计温度 18°C，热负荷指标 45W/m<sup>2</sup>。设定供回水平均温度为 35°C，供回水温差 5°C。计算得各设计参数如下表 5 所示。

### 3.2 初投资计算

湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖的主要构造(不含楼板和地板)包括聚苯乙烯保温板、不锈钢波纹管、豆石混凝土和水泥砂浆找平层；干式不锈钢波纹管地板辐射采暖主要包括聚苯乙烯保温板、导热铝板、

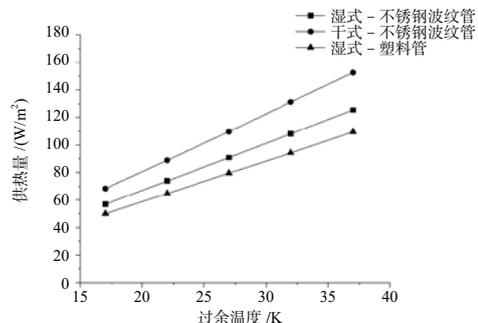


图 8 三种不同型式的地板辐射采暖的供热量标准特征曲线

表 5 计算得各设计参数

型式	管间距/mm	向上供热量/(W/m <sup>2</sup> )	向下传热量/(W/m <sup>2</sup> )	管道总长/m	管路流量/(kg/s)	管路流速/(m/s)	阻力/Pa
湿式-不锈钢波纹管	200	53.3	17.4	96	55.55×10 <sup>-3</sup>	0.29	182712
干式-不锈钢波纹管	450	46.5	7.1	45	48.27×10 <sup>-3</sup>	0.26	62628
湿式-塑料管	200	47.6	15.8	96	55.78×10 <sup>-3</sup>	0.49	31126

不锈钢波纹管、地暖模块和水泥砂浆找平层；传统湿式塑料管（PE-X）地板辐射采暖主要包括聚苯乙烯保温板、PE-X管、豆石混凝土和水泥砂浆找平层。

各构造层材料的单价为聚苯乙烯保温板 10 元/m<sup>2</sup>，不锈钢波纹管 13.8 元/m，50mm 厚豆石混凝土 40 元/m<sup>2</sup>，10mm 厚水泥砂浆 3 元/m<sup>2</sup>，0.4mm 厚铝板 20 元/m<sup>2</sup>，地暖模块 38 元/m<sup>2</sup>，PE-X 管 8 元/m。

三种型式地板辐射采暖的初投资计算见表 6。

表 6 三种型式地板辐射采暖初投资计算表

材料		湿式-不锈钢波纹管	干式-不锈钢波纹管	湿式-塑料管
聚苯乙烯保温板	单价	10 元/m <sup>2</sup>	10 元/m <sup>2</sup>	10 元/m <sup>2</sup>
	数量	19.44m <sup>2</sup>	19.44m <sup>2</sup>	19.44m <sup>2</sup>
	合计	194.4 元	194.4 元	194.4 元
不锈钢波纹管	单价	13.8 元/m	13.8 元/m	-
	数量	96m	45m	-
	合计	1324.8 元	621 元	-
豆石混凝土	单价	40 元/m <sup>2</sup>	-	40 元/m <sup>2</sup>
	数量	19.44m <sup>2</sup>	-	19.44m <sup>2</sup>
	合计	777.6 元	-	777.6 元
水泥砂浆	单价	3 元/m <sup>2</sup>	3 元/m <sup>2</sup>	3 元/m <sup>2</sup>
	数量	19.44m <sup>2</sup>	19.44m <sup>2</sup>	19.44m <sup>2</sup>
	合计	58.3 元	58.3 元	58.3 元
铝板	单价	-	20 元/m <sup>2</sup>	-
	数量	-	19.44m <sup>2</sup>	-
	合计	-	388.8 元	-
地暖模块	单价	-	38 元/m <sup>2</sup>	-
	数量	-	19.44m <sup>2</sup>	-
	合计	-	738.7 元	-
PE-X 管	单价	-	-	8 元/m
	数量	-	-	96m
	合计	-	-	768 元
总计		2355.1 元	2001.2 元	1798.3 元
每平米初投资		121.1 元/m <sup>2</sup>	102.9 元/m <sup>2</sup>	92.5 元/m <sup>2</sup>

由表中数据可以看出，由于不锈钢波纹管的单价较高，需要使用 96m 不锈钢波纹管的湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖初投资最大；虽然由于管材用量仅为 45m，干式不锈钢波纹管地板辐射采暖在管材费用上小于传统湿式塑料管地板辐射采暖，但由于 0.4mm 厚的导热铝板费用较高，使得其初投资大于了传统湿式塑料管地板辐射采暖；传统湿式塑料管（PE-X）地板辐射采暖初投资最小。

### 3.3 年运行费用计算

#### (1) 热量费用

采暖期内的热量费用按照计量供热计算，按照

天津地区计量供热收费标准为 0.13 元/kW·h。

天津地区供暖天数为 118 天，采暖期室外平均温度 -0.2℃<sup>[9]</sup>，采暖室外计算温度 -9℃<sup>[10]</sup>，本文所研究的房间供暖设计热负荷指标 45W/m<sup>2</sup>，室内计算温度 18℃。则该房间供暖年耗热量为：

$$Q_h^a = 0.0864 \times 118 \times 45 \times 10^{-3} \times 19.44 \times \frac{18 - (-0.2)}{18 - (-7)} \quad (6)$$

$$= 6.49 \text{GJ} = 1803.72 \text{kW} \cdot \text{h}$$

由于存在反向传热损失，地板辐射采暖系统的一部分热量将会向下散失，无法用于抵消室内负荷。因此，该房间中地板辐射采暖系统的实际热量消耗将会大于上式中计算出的供暖年耗热量。

管间距 200mm 时，湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖的反向传热损失率为 24.6%；管间距 450mm 时，干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的反向传热损失率为 13.2%；管间距 200mm 时，传统湿式塑料管（PE-X）地板辐射采暖的反向传热损失率为 24.9%。

可以计算得出三种型式地板辐射采暖的实际年耗热量。使用湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖系统时实际年耗热量为：

$$\frac{1803.72}{1 - 24.6\%} = 2392.20 \text{kW} \cdot \text{h}$$

同理，采用干式不锈钢波纹管地板辐射采暖系统时为 2078.01kW·h，采用传统湿式塑料管（PE-X）地板辐射采暖系统时为 2401.75kW·h。

按照天津地区计量供热收费标准，该房间在使用三种型式地板辐射采暖时的年热量费用分别为 311.0 元、270.1 元和 312.2 元。

#### (2) 水泵电费

① 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖电机功率：

$$P = \frac{1.25 \times 994.0 \times 9.8 \times 55.55 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times \frac{182712}{9800}}{1000 \times 0.8}$$

$$= 0.01576 \text{kW}$$

则水泵年耗电量为 44.6kW·h，按照天津市生活用电收费标准 0.49 元/kW·h 计算，水泵年耗电费用为 21.9 元。

② 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖

电机功率:

$$P = \frac{1.25 \times 994.0 \times 9.8 \times 48.27 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times \frac{62628}{9800}}{1000 \times 0.8} = 0.00470 \text{ kW}$$

水泵年耗电量为 13.3kW·h, 水泵年耗电费用为 6.5 元。

③ 传统湿式塑料管 (PE-X) 地板辐射采暖电机功率:

$$P = \frac{1.25 \times 994.0 \times 9.8 \times 55.78 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times \frac{31126}{9800}}{1000 \times 0.8} = 0.00270 \text{ kW}$$

水泵年耗电量为 7.6kW·h, 水泵年耗电费用为 3.7 元。

由以上计算可以得出, 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖系统的年运行费用为 332.9 元, 合 17.1 元/m<sup>2</sup>; 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖系统为 276.6 元, 合 14.2 元/m<sup>2</sup>; 传统湿式塑料管地板辐射采暖系统为 315.9 元, 合 16.3 元/m<sup>2</sup>。

可见, 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖由于阻力损失过大, 使得水泵功耗较大, 年运行费用最高; 而干式不锈钢波纹管地板辐射采暖系统由于出色的保温隔热性能, 热量费用较低, 年运行费用最低。

### 3.4 费用年值分析

本文按照 20 年的使用年限进行计算, 计算结果见表 7。

表 7 三种型式地板辐射采暖费用年值计算表

项目	湿式 - 不锈钢波纹管	干式 - 不锈钢波纹管	湿式 - 塑料管
初投资 (元/m <sup>2</sup> )	121.1	102.9	92.5
年运行费用 (元/m <sup>2</sup> )	17.1	14.2	16.3
费用年值 (元/m <sup>2</sup> )	31.3	26.3	27.2

由上表中费用年值的计算可以得出, 虽然干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的初投资大于传统湿式塑料管地板辐射采暖, 但由于其年运行费用较低, 按照 20 年使用年限计算的费用年值低于传统湿式塑料管地板辐射采暖, 在经济上最优。湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖的初投资和运行费用均最高, 导致费用年值最高, 经济性最差。

## 4 结论

(1) 热工性能方面, 在一定水温范围内, 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的供热量比湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖大 20.0%~21.6%, 比传统湿式塑料管地板辐射采暖大 36.6%~39.3%。反向传



热损失率上, 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖为 13.0%, 湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖为 24.6%, 传统湿式塑料管地板辐射采暖为 24.8%。干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的供热能力明显最优。

(2) 经济性方面, 虽然干式不锈钢波纹管地板辐射采暖的初投资大于传统湿式塑料管地板辐射采暖, 但其年运行费用较低, 从而费用年值最低, 经济上最优; 而湿式不锈钢波纹管地板辐射采暖的初投资和年运行费用均最高, 经济性最差。

(3) 干式不锈钢波纹管地板辐射采暖在热工性能和经济性方面均优于其他两种型式。

### 参考文献

- [1] Hu Naiyi, Zhou Benping, Wang Weiqiao, etc. Energy and Environmental Conservation through District Heating[J]. Energy Engineering, 2005, 102(1):10-20.
- [2] Yang Chen, A. K. Athienitis. A Three-Dimensional Numerical Investigation of the Effect of Cover Materials on Heat Transfer in Floor Heating Systems[J]. ASHRAE Transactions, 1998, 104(2):1350-1355.
- [3] 陈海波. 低热水地板辐射采暖地板板体传热性能的研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2001.
- [4] 周然. 新型轻薄热水采暖地板构造的理论与实验研究 [D]. 北京建筑工程学院, 2008.
- [5] Jeanne M. Palmer, Kirby S. Chapman. Direct Calculation of Mean Radiant Temperature Using Radiant Intensities[J]. ASHRAE Transactions, 2000, 106(1).
- [6] 张东亮, 王子介, 张旭. 干式地板辐射供暖系统实验研究 [J]. 太阳能学报, 2010, 31(7):834-838.
- [7] 李爱松. 辐射供暖装置热性能测试的研究 [D]. 中国建筑科学研究院, 2012
- [8] 行业标准. JG/T 403-2013 辐射供冷及供暖装置热性能测试方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013
- [9] 行业标准. JGJ 26-2010 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [10] 国家标准. GB 50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

# 强电场介质装置对办公环境 PM<sub>2.5</sub> 的净化效果

东华大学 崔晶晶 沈恒根

**摘要:** 针对办公环境 PM<sub>2.5</sub> 污染问题, 设计了一台空气净化器, 以强电场介质 (intense field dielectric, IFD) 装置作为其核心过滤元件。在上海某办公室, 以香烟烟雾为尘源, 测试了空气净化器的一次过滤效率、风量、能耗、臭氧发生量和 PM<sub>2.5</sub> 浓度衰减, 计算了洁净空气量和净化效能。结果表明, 随着风量增大, IFD 装置的一次过滤效率逐渐降低, 能耗增速越来越快。IFD 装置能够有效净化实际环境中的高浓度 PM<sub>2.5</sub>, 其臭氧发生量满足环境要求。

**关键词:** 空气净化器; 强电场介质; PM<sub>2.5</sub>; 去除效果; 洁净空气量

## 0 引言

近年来, 我国大气环境恶化, 雾霾频发。PM<sub>2.5</sub> 即空气动力学当量直径小于等于 2.5 微米的颗粒物, 是重要的大气污染物之一。悬浮在空气中的 PM<sub>2.5</sub> 活性强、可入肺, 易附带有毒、有害物质。流行病学研究表明, 长期暴露在细颗粒物污染的环境中可能引发哮喘、支气管炎和心血管疾病等, 严重危害人体健康<sup>[1]</sup>。大量的室外颗粒物能够穿透建筑缝隙进入室内<sup>[2]</sup>, 而现代人平均有 90% 左右的时间在室内度过<sup>[3]</sup>。在雾霾难以短期根治的情况下, 使用空气净化器是快速去除室内 PM<sub>2.5</sub> 最有效的方法。

IFD 技术是目前家用高端空调产品去除 PM<sub>2.5</sub> 的一种主流技术, 能够实现极低风阻下对 PM<sub>2.5</sub> 的高效吸附<sup>[4]</sup>。然而, 将 IFD 装置应用于空气净化器, 对其性能和实际净化效果的研究较少。本文根据空气过滤方法设计了一种基于 IFD 装置的空气净化器, 测试了其一次过滤效率、风量、能耗、PM<sub>2.5</sub> 浓度衰减和臭氧发生量, 计算了洁净空气量和净化效能。

## 1 测试装置与原理

测试地点在上海某一体积为 70m<sup>3</sup> 的办公室, 房间尺寸布置如图 1 所示。采用香烟烟雾作为细颗粒物的来源, PM<sub>2.5</sub> 采样点位于人体呼吸区 A 点距地 1m 处, 为避免送风气流对采样造成影响, 空气净化器放置在靠近房间边缘的 B 处。测试前彻底打扫房间, 进行仪器校准。室内环境温度为 26±1℃, 相对湿度为 60±3%, PM<sub>2.5</sub> 背景浓度为 75±5μg/m<sup>3</sup>。

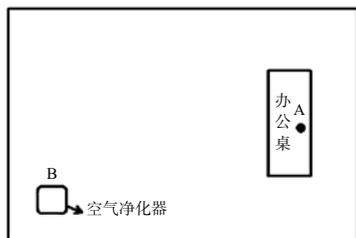
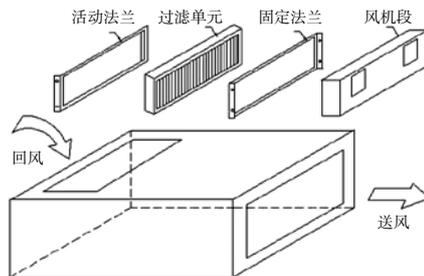


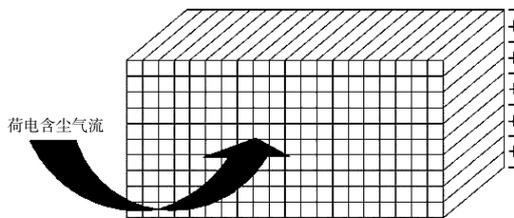
图 1 试验现场示意图

本文设计了一台空气净化器, 其净化流程简图如图 2 (a) 所示。该空气净化器以风机作为动力源, 含尘气流由回风口吸入, 经过机内的过滤单元, 颗粒物被吸附滤除, 再由送风口吹出, 完成室内空气的循环净化。

IFD 滤网结构示意图见图 2 (b), 其表面呈蜂窝状, 核心是由高分子混合材料 (电介质) 包裹电极片形成的无数中空微通道, 在通道内产生强电场。由进风侧的电极针放电使含尘气流电离, 荷电后的微粒在通道内的电场力作用下被吸附于电介质绝缘表面, 从而实现去除颗粒物的效果。电极针放电过程中会产生臭氧。



(a)



(b)

图 2 试验装置及净化流程

## 2 香烟烟雾的粒径分布实验

启动搅拌风扇, 点燃 3 支标准香烟<sup>[5]</sup>。用气溶胶粒径谱仪监测室内颗粒物的全粒径逐时浓度, 约

15min后,浓度分布趋于稳定,关闭风扇。以此时刻作为计时零点,每6s自动读取一次分级粒径的质量浓度,共记录10min,取101组数据的平均值。经多次测量,得到香烟烟雾的粒径分布如图3所示。可知,香烟烟雾产生的固态污染物主要为 $1.0\mu\text{m}$ 以下的细颗粒物。

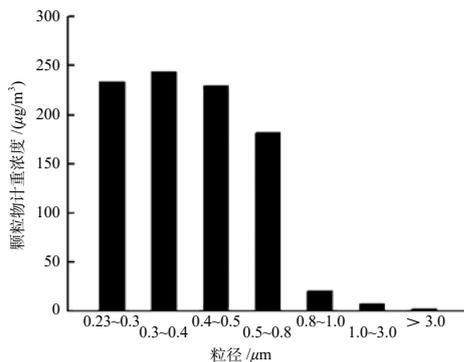


图3 香烟烟雾粒径分布

### 3 一次过滤效率及功率

#### 3.1 实验过程

通过调整无级变速器的参数改变风机转速,以获得不同风量。参数的选取:(1)测量出最大与最小送风风速,以变速器相应的两个数值作为参数的设定范围。(2)利用正交试验的思想,选出12个均匀分散的点进行试验。(3)通过预测试比较风量值,为均匀间距,调整参数值并增至16个。

发尘完成后,启动空气净化器。将两根橡胶管的一端连接两台粉尘测定仪的 $\text{PM}_{2.5}$ 切割器,另一端分别插入空气净化器的回风口和送风口,同时测量上、下风侧的污染物浓度。依次调整变速器参数,记录上、下风侧 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度以及净化器功率,共测试16组。安装IFD装置的空气净化器,其功率为IFD装置放电功率与风机功率之和。重复试验,取两次测试数据的平均值。

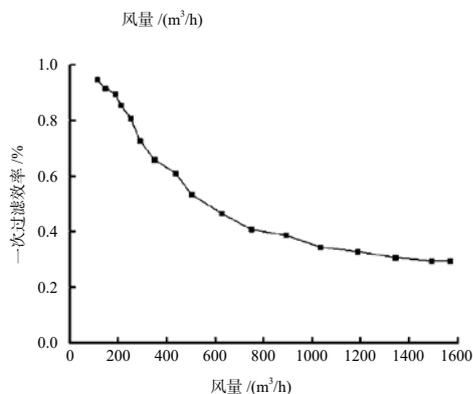


图4 一次过滤效率

#### 3.2 实验结果

空气净化器的处理风量由送风口面积与送风风速的乘积计算。一次过滤效率由空气净化器上、下风侧浓度差与回风浓度的比值计算。风量与一次过滤效率的关系如图4所示。空气净化器安装IFD装置的风量处理范围。IFD装置的最大一次过滤效率为94.81%,随着风量增大,过滤效率呈降低趋势。这是由于IFD装置的过滤机理为静电过滤,即荷电微粒在电场力的作用下被电介质表面吸附。风速越大,含尘气流在IFD滤网内受电场力作用的时间减少,被捕集的概率减小,一次过滤效率降低。IFD装置的放电功率为1.1w,基本不变。空气净化器的功率为IFD装置放电功率与风机功率之和,能耗测试结果如图5所示。随着风量增大,IFD装置的能耗增速越来越快。

### 4 $\text{PM}_{2.5}$ 去除效果

#### 4.1 自然衰减实验

自然衰减是指由于自然发生的沉降、凝聚、吸附、表面沉积等现象,导致空气中污染物浓度降低。

(1)启动风扇,点燃香烟,用粉尘测定仪监测室内 $\text{PM}_{2.5}$ 逐时浓度,约15min后,浓度趋于稳定(超过房间本底浓度的10倍),关闭风扇。以此时刻作为计时零点,记录初始浓度。

(2)每隔2min记录一次 $\text{PM}_{2.5}$ 的质量浓度,直至浓度相对稳定,测试时间大于1h。

#### 4.2 IFD装置运行工况

##### 4.2.1 测试方法

发尘完成后,室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度均匀稳定,且超过房间本底浓度的10倍。以此时刻作为计时零点,记录 $\text{PM}_{2.5}$ 初始浓度,并将环境质量检测仪的 $\text{O}_3$ 探头置于空气净化器送风口<sup>[5]</sup>。开启装有IFD装置的空气净化器,最大风量运行,测量送风风速及功率。

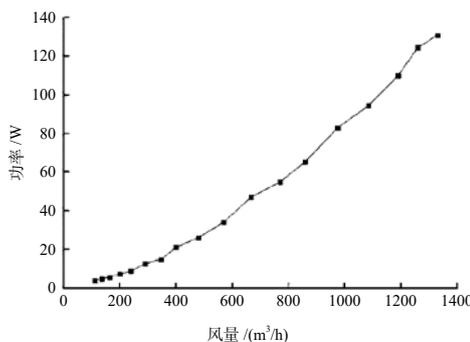


图5 空气净化器能耗

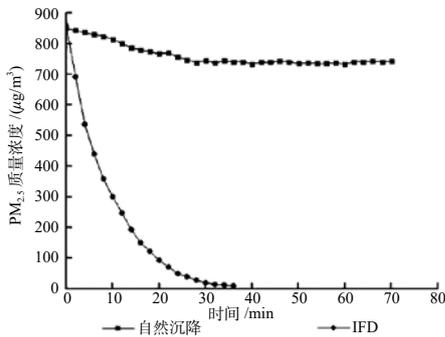


图6 PM<sub>2.5</sub> 浓度衰减

每隔 2min 记录一次采样点的 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度，观察其衰减情况，直至 PM<sub>2.5</sub> 浓度趋于稳定。由空气净化器运行 1h 后和开启前 O<sub>3</sub> 的浓度差，得出 O<sub>3</sub> 的最大发生量为 0.03mg/m<sup>3</sup>，小于标准值 0.16mg/m<sup>3</sup>[5]。

### 4.3 试验结果

自然沉降及空气净化器运行工况下，室内 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度衰减如图 6 所示。在自然沉降工况下，PM<sub>2.5</sub> 浓度缓慢降低，1h 后衰减约 12.7%。可见，自然沉降对 PM<sub>2.5</sub> 去除效果甚微，难以改善室内空气质量。对比自然沉降，空气净化器运行工况下 PM<sub>2.5</sub> 浓度衰减则十分明显。空气净化器开启 40min 内，室内 PM<sub>2.5</sub> 净化到 10μg/m<sup>3</sup> 左右，小于一级浓度限值 35μg/m<sup>3</sup>[6]。结果表明，基于 IFD 装置的空气净化器能够有效净化香烟烟雾产生的高浓度细颗粒物。

### 5 性能评价指标

本文采用洁净空气量 (clean air delivery rate, CADR) 和净化效能作为空气净化器的性能评价指标。洁净空气量指空气净化器去除某一种污染物后，所能提供的不含该污染物的空气量。单位功率洁净空气量为净化效能，用 CADR/P 表示。CADR 的计算方法如下，假设房间内任意时刻 PM<sub>2.5</sub> 均匀分布，根据质量守恒定律 [7]：

$$V \frac{dC}{dt} = E + C_o Q P_p - CQ - kVC - CADR \cdot C \quad (1)$$

式中：V 为房间体积 (m<sup>3</sup>)；C 为室内 PM<sub>2.5</sub> 浓度 (mg/m<sup>3</sup>)；t 为时间 (h)；E 为室内 PM<sub>2.5</sub> 散发源强度 (mg/h)，视为 0；C<sub>o</sub> 为室外 PM<sub>2.5</sub> 浓度 (mg/m<sup>3</sup>)；Q 为通风量 (m<sup>3</sup>/h)；P<sub>p</sub> 为 PM<sub>2.5</sub> 从室外进入室内的穿透系数，门窗关闭取 0.8[8]；k 为室内 PM<sub>2.5</sub> 的自然沉降率，h<sup>-1</sup>，取 0.09h<sup>-1</sup>[9]。

将室内 PM<sub>2.5</sub> 浓度视为关于时间的函数 C(t)，初始条件：t = 0，C = C(0)。解得 PM<sub>2.5</sub> 浓度衰减方程：

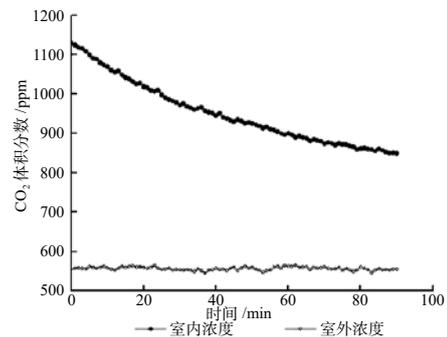


图7 二氧化碳体积分数

$$C(t) = [C(0) - \varphi] e^{-\lambda t} + \varphi \quad (2)$$

其中：

$$\varphi = \frac{C_o Q P_p}{Q + kV + CADR}$$

$$\lambda = \frac{Q + kV + CADR}{V}$$

系数 φ、λ 可由测试数据拟合得到。

通风量采 CO<sub>2</sub> 用示踪气体法测定，假设房间内任意时刻 CO<sub>2</sub> 均匀分布，同理解得 CO<sub>2</sub> 浓度衰减方程：

$$Y(t) = [Y(0) - Y_o] e^{-\frac{Q}{V}t} + Y_o \quad (3)$$

点燃 3 支香烟，待室内环境稳定，用环境质量检测仪同时记录门窗关闭且无人状态下的室内和室外 CO<sub>2</sub> 逐时浓度，结果如图 7 所示。

拟合计算出房间通风量为 30.4m<sup>3</sup>/h，洁净空气量为 430.62m<sup>3</sup>/h，净化效能为 3.3m<sup>3</sup>/h·W。

### 6 结论

本文通过试验研究了基于 IFD 装置的空气净化器对实际环境 PM<sub>2.5</sub> 的净化效果，得到的主要结论如下。(1) IFD 装置的一次过滤效率随风量增大逐渐降低，最大过滤效率为 94.81%。(2) 随着风量增大，IFD 装置的能耗增速越来越快。(3) IFD 装置能够有效去除香烟烟雾产生的高浓度 PM<sub>2.5</sub>，其臭氧发生量满足环境要求。

#### 参考文献

[1] Pope CA, Burnet RT, Thurston GD, et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution-Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease[J]. Atmospheric Environment, 2004, 109(1): 71-77.

(下转 56 页)

# 冷却水强化管表面混合污垢实验平台的搭建与初步测试

哈尔滨工业大学市政环境工程学院 沈朝

河南科技大学制冷热泵空调技术研究所 王林

University of Illinois at Urbana-Champaign Xinlei Wang

**摘要:** 搭建了冷却水塔系统强化换热管表面污垢测试实验平台, 可完成不同流速、冷却水水质、表面几何参数下的强化管内表面混合二元污垢的长时间非加速测试。该多功能实验台实现了对强化管冷却水侧的水温、水质、流速以及制冷剂侧的饱和温度、饱和压力进行调节和控制。从而实现不同运行工况下的污垢生长特性测试。初步测试结果显示: 该实验台冷却水水温能够实现稳定控制, 最大温度波动温差为  $0.8^{\circ}\text{C}$ ; 24 小时内系统实现稳定可靠运行; 换热管进出口水温实现高精度测试; 9 根换热管热流密度均可控制在  $27641\text{W}/\text{m}^2 \sim 28740\text{W}/\text{m}^2$  之间; 换热管进出口温差为  $2.55^{\circ}\text{C} \sim 2.65^{\circ}\text{C}$ 。洁净状态下, 流速为  $\sim 1.6\text{m}/\text{s}$  时, 强化管总传热热阻为  $9.06\text{E}-05\text{m}^2\text{K}/\text{W} \sim 9.85\text{E}-05\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ 。该论文为污垢测试平台的设计搭建者提供可借鉴的设计数据。

**关键词:** 冷却水塔; 强化管; 混合污垢; 非加速实验; 测试平台

## 0 前言

强化换热管因其具有良好的换热特性自 1990 年以来在工业界得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。Webb 等人<sup>[2-4]</sup>的测试结果显示冷却塔水系统中强化管内表面比普通光管换热性能增强的同时结垢现象也变得明显, 结垢率比光管要高。目前规范中的污垢热阻系数只能粗略地应用于光管换热器的设计, 对近年来广泛应用的强化管不再适用<sup>[5]</sup>。亟需针对强化换热管这类粗糙换热表面污垢进行研究并制定污垢热阻计算方法。

由于冷却水塔系统中强化管表面污垢生长缓慢<sup>[6]</sup>, 实验耗时较长, 因此实验中通常向循环水中加入颗粒物使其浓度远远高于实际冷却水, 从而大大缩短污垢的形成时间, 这类实验被称为“加速颗粒污垢”实验<sup>[3,4,7,8]</sup>。然而 Webb 和李蔚<sup>[6,9]</sup>的实验结果表明, 冷却塔水系统中强化管表面形成的污垢属于二元混合污垢: 由颗粒污垢和析晶污垢组成。由于加速颗粒实验中水体的水质比实际冷却水恶劣的多, 且未考虑析晶污垢, 加速颗粒污垢实验不能准确反映实际冷却水系统中污垢的生长过程, 需要开展非加速实验研究, 才能准确掌握实际污垢特性。

由于以实际冷却水开展非加速污垢实验测试, 污垢生长缓慢且需要较高的精度和灵敏度, 因此污垢测试平台具有更高的要求。本文介绍了实际冷却塔水系统中污垢热阻实验测试平台的搭建及其运行性能的初步测试数据。

## 1 实验台的设计与搭建

本实验台主要用于测试制冷剂-冷却水壳管式冷凝器中强化管内表面(水侧), 长时间运行后换热表面形成的污垢热阻, 实验系统原理图如图 1 所示。实验台主要分为制冷剂环路、冷却水环路和冷冻水环路。实际实验台系统由 3 台相同并独立的制冷系统和壳管式冷凝器组成, 但共享冷却水系统和冷冻水系统。为了简化系统图, 图 1 只给出了 1 台制冷系统。该实验台设计目标是: 可实现对不同冷却水水质、不同冷却水流速以及 9 根不同表面几何参数的强化换热管进行长时间污垢热阻连续监测。测试期间 9 根冷却水入口水温、制冷剂冷凝温度应保持不变。该试验台应能够根据运行工况的要求实现各运行参数的调整。

### 1.1 制冷剂环路

压缩机选用 R134a 型往复式压缩机, 并安装了旁通阀, 来保证不同冷却水流速下冷凝器换热能力变化的需求。油分离器保证测试换热管外表面的换热系数不受润滑油的影响。制冷剂气体从冷凝器上部三个入口进入冷凝器, 在测试换热管外表面冷凝换热后, 饱和制冷剂液体从冷凝器下方的两个出口流出。视液镜 1 用来观测冷凝器出口制冷剂的气液状态。通过调整过冷器内冷却水的流量来实现对测试冷凝器内制冷剂饱和温度(压力)的调整与控制。在干燥过滤器后安装视液镜 2, 用来观测膨胀阀入

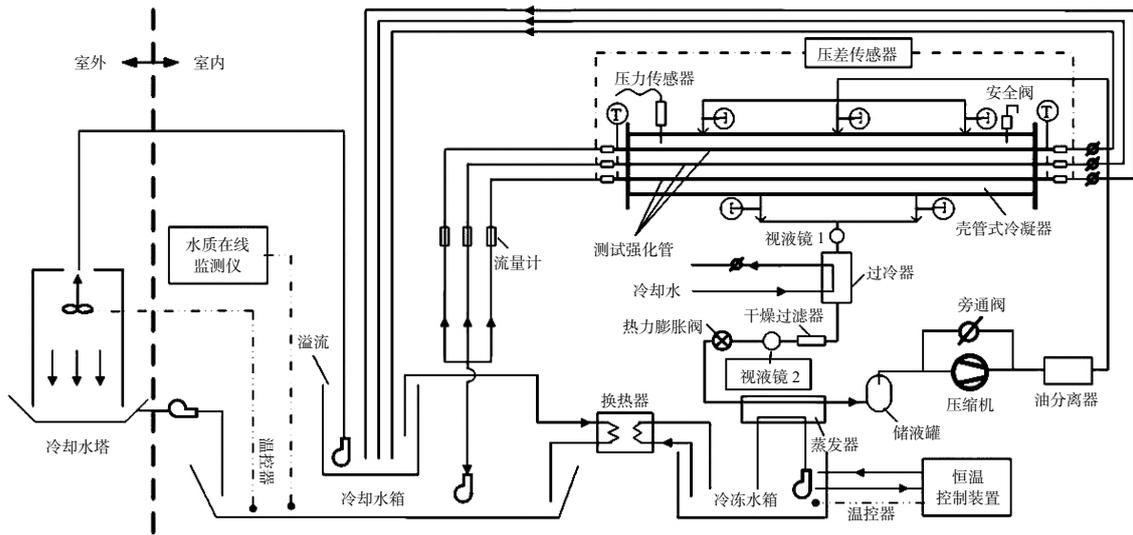


图1 换热管表面污垢热阻测试平台原理图

口制冷剂的气液状态，来判断制冷剂冷凝过程以及运行状态点是否正常。安装在热力膨胀阀、板式蒸发器之后的储液罐保证系统内制冷剂的平衡。

### 1.2 冷却水环路

为避免测试冷凝器内制冷剂冷凝液滴对其他测试换热管的影响，每台壳管式冷凝器内只在中间直径方向上水平布置3根测试换热管。因此该系统可完成对9根换热管的同时测试。经过对实验系统的不确定性分析<sup>[10]</sup>，确定测试换热管的最佳长度为2m。每组实验结束后，测试换热管可拆卸替换。

每台冷凝器内的3根测试管由一台水泵对其进行冷却水供应。测试换热管出口的阀门实现对测试管内冷却水流速的调节。从冷凝器出来的被加热的冷却水收集到冷却水箱内的一个独立箱体，并由水泵将一部分冷却水送到室外的冷却水塔进行散热。一部分用来与冷冻水换热，从而实现冷冻水和冷却水之间热量的初步内部平衡。冷却水水温的控制，将通过室外冷却水塔风扇的开关进行控制。实验中要求的冷却水水质有高、中、低三种浓度的冷却水。冷却水的水质将由水质检测仪实现自动监测与控制，原理图如图2所示。

### 1.3 冷冻水环路

冷冻水在蒸发器内换热后水温降低。为了保证冷冻水水温的恒定，通过换热器将冷却水（29.5℃）与冷冻水（12℃）进行换热，有利于系统内部的热量平衡。冷冻水水温的进一步控制将由恒温控制设备对其进行加热或冷却的微调。

### 1.4 数据采集

采用RTD铂电阻温度计（±0.03℃）对每根测试换热管进出口的水温进行测量；采用热电偶温度计（±0.1℃）分别对冷却水箱和冷冻水箱内水温进行检测。采用水流量计（1.5%）对每根测试换热管的流量进行测试。采用热电偶温度计（±0.1℃）对测试换热管外表面的制冷剂饱和温度以及冷凝器出口饱和液体制冷剂温度进行测试。采用绝对压力传感器（0.25%）对测试冷凝器内制冷剂的饱和压力进行检测。通过压力差传感器（0.08%）对每根测试换热管的水侧压力降进行测试。冷却水水质采用Advantage Controls公司生产的水质在线检测仪进行检测。

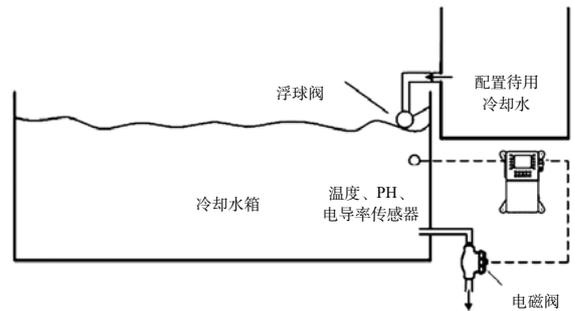


图2 冷却水水质的控制系统示意图

## 2 初步测试结果

### 2.1 测试条件

对搭建的换热管内表面污垢测试实验平台进行了初步测试。测试条件如下：连续测试时间24小时；9根相同的测试用强化换热管；冷却水流速控制在1.60m/s；制冷剂冷凝温度设定为33.8℃；冷却水入

口水温设定为 29.7°C。由于是对系统性能和稳定性的初步测试，冷却水采用自来水。

### 2.2 结果分析

24 小时连续监测数据的平均值在表 1 中给出。每根换热管水侧的压力降见表 2。对换热管表面污垢实验测试平台系统性能的初步测试结果如图 3~6

所示。

由图 3~6 可以看出，在 24 小时的连续监测过程中，冷却水最大温度波动温差为 0.8；每根测试换热管总传热系数最大变化幅度为 885.86W/(m<sup>2</sup>K)；制冷剂饱和温度最大变化幅度为 1.19°C，变化幅度均在正常范围。通过表 1 中测试结果的平均值可以看出，每根测试换热管进出口冷却水温差为 2.55°C~2.65°C

表 1 各测量参数的平均值

测试换热管	冷却水温度		制冷剂温度		水流速	换热量	热流密度	总传热系数	总热阻
	入口	出口	饱和温度	出口温度					
	°C	°C	°C	°C	m/s	W	W/m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> K)	m <sup>2</sup> K/W
1	29.66	32.26	33.84	33.21	1.626	3361.0	28079.4	10489.5	9.53E-05
2	29.64	32.29			1.634	3440.1	28740.7	10817.8	9.24E-05
3	29.64	32.27			1.625	3402.0	28422	10634.8	9.40E-05
4	29.68	32.30	33.9	33.26	1.623	3384.0	28272	10446.7	9.57E-05
5	29.68	32.28			1.629	3361.7	28085.4	10333.6	9.68E-05
6	29.70	32.26			1.627	3315.9	27702.9	10150.8	9.85E-05
7	29.68	32.23	33.74	33.33	1.629	3310.1	27654.5	10710.2	9.33E-05
8	29.70	32.26			1.629	3308.5	27641.4	10807.1	9.25E-05
9	29.66	32.27			1.630	3379.6	28235.1	11032.1	9.06E-05

表 2 换热管水侧压力降

测试换热管	1	2	3	4	5	6	7	8	9
流速 (m/s)	1.61	1.63	1.61	1.63	1.63	1.62	1.63	1.61	1.61
压力降 (kPa)	9.86	10.20	10.20	10.40	10.07	9.72	10.34	10.07	10.20

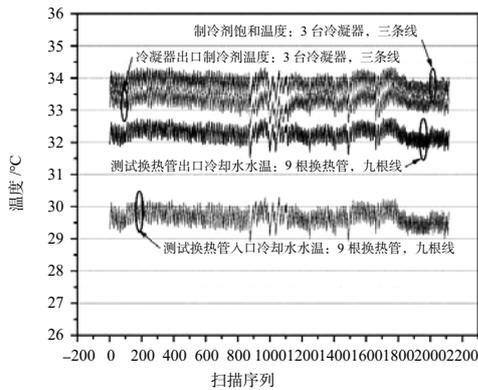


图 3 制冷剂与冷却水温度变化

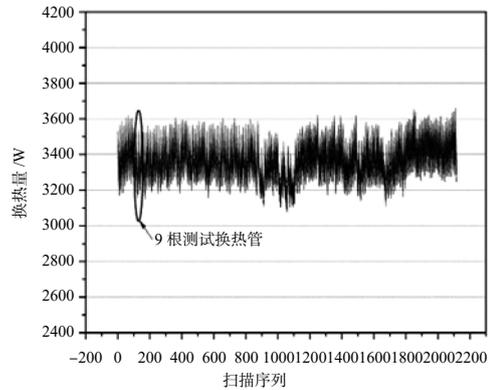


图 4 每根测试管的换热量变化

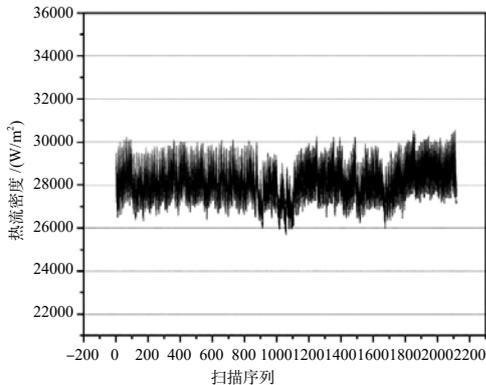


图 5 每根测试管的热流密度

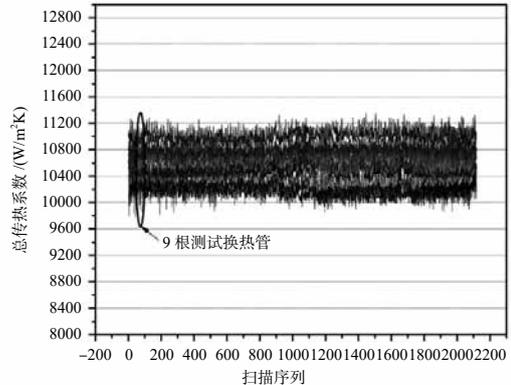


图 6 每根测试管的总传热系数

之间。3台制冷系统的饱和温度基本可以保持一致,分别为:33.84°C,33.9°C和33.74°C。制冷剂出口温度比饱和温度偏低0.41°C~0.64°C,考虑到制冷剂出口未进行保温以及测试仪表误差,该结果在合理范围内。9根换热管的热流密度在27641 W/m<sup>2</sup>~28740 W/m<sup>2</sup>之间,总传热系数在10150.8 W/(m<sup>2</sup>K)~11032.1 W/(m<sup>2</sup>K)之间,总热阻为9.06E-05 m<sup>2</sup>K/W~9.85E-05 m<sup>2</sup>K/W。表2中的结果显示,9根换热管水侧压力降在9.72 kPa~10.40 kPa之间。以上结果表明:在24小时连续运行中,污垢测试系统运行参数合理,性能稳定可靠,能够实现各参数的自动控制;9根测试换热管运行工况基本保持一致;各测量参数的精度在合理范围。

### 3 结论

在24小时连续运行测试中,该实验台各运行参数能够实现稳定控制,运行可靠;9根换热管之间的各参数基本一致;测量结果精度在合理范围。该论文可为污垢实验台的搭建工作提供帮助和数据参考。

#### 参考文献

- [1] Li W., and Li G.. Modeling cooling tower fouling in helical-rib based on Von-Karman analogy, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2010, 53:2715-2721.
- [2] Webb R. L., and Kim N.-H.. Particulate fouling of internally-ribbed tubes, In *Heat Transfer Equipment Fundamentals, Design, Applications and Operating Problems* (Edited by R. K. Shah), 1989, 108:315-324.
- [3] Webb R. L., and Chamra L. M.. On-line cleaning of particulate fouling in enhanced tubes, *Fouling and Enhancement Interactions*, ASME, 1991, HTD-Vol. 164: 47-54.
- [4] Chamra L. M., and Webb R. L.. Effect of particle size and size distribution on particulate fouling in enhanced tubes, *Enhanced Heat Transfer*, 1993, 1(1):65-75.
- [5] Somerscales E.F.C.. Fouling of heat transfer surfaces: an historical review, *Heat Transfer Engineering*, 1990, 11(1):19-36.
- [6] Webb R.L., and Li W.. Fouling in enhanced tubes using cooling tower water: Part I: long-term fouling data, *International Journal of Heat Mass Transfer*, 2000, 43: 3567-3578.
- [7] 徐志明, 朱新龙, 杨苏武, 等. 翼型涡发生器的布置对换热及污垢特性的影响, *中国电机工程学报*, 2015, 15:3872-3878.
- [8] 李冠球, 李蔚, 张政江, 等. 基于冯-卡门类比建立螺旋管内颗粒污垢模型, *浙江大学学报*, 2010, 03:494-498+600.
- [9] Li W., and Webb R.L.. Fouling in enhanced tubes using cooling tower water part II: combined particulate and precipitation fouling, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2000, 43(19):3579-3588.
- [10] Chao Shen, Chris Cirone, Xinlei Wang. Uncertainty analysis: design of a fouling test device for the liquid-to-refrigerant heat exchangers, *Applied Thermal Engineering*, 2015, 85:148-159.
- [1] Li W., and Li G.. Modeling cooling tower fouling in helical-rib based on Von-Karman analogy, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2010, 53:2715-2721.
- [2] Chen C, Zhao B. Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor[J]. *Atmospheric Environment*, 2011, 45(2):275-288.
- [3] Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, et al. The national human activity pattern survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants[J]. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 2001, 11(3):231-252.
- [4] 白朝旭. 家用空调通过 IFD 装置去除 PM<sub>2.5</sub> 的技术研究 [J]. *家电科技*, 2014, (08):58-60.
- [5] 中国建筑科学研究院. JG/T 294-2010 空气净化器污染物净化性能测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [6] 中国环境科学研究院. GB 3095-2012 环境空气质量标准 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.
- [7] Yin X T, Liu J J, Pei J J, et al. A new calculating model for the suitable area of air cleaners purifying indoor gaseous chemical contaminants[J]. *Procedia Engineering*, 2015, 121(2015):1467-1474.
- [8] Chen C, Zhao B, Zhou W T, et al. A methodology for predicting particle penetration factor through cracks of windows and doors for actual engineering application[J]. *Building and Environment*, 2012, 47(1):339-348.
- [9] Riley W J, McKone T E, Lai A C, et al. Indoor particulate matter of outdoor origin: importance of size-dependent removal mechanisms[J]. *Environmental Science and Technology*, 2002, 36(2):200-207.

(上接 52 页)

# 双源热泵太阳能热水系统最佳切换温度

中信建筑设计研究总院有限公司 於仲义 陈焰华 胡磊 雷建平

**摘要:** 引入制热季节性能系数 (HSPF) 指标, 基于武汉地区太阳辐射和气温条件, 对某酒店制取生活热水的双源热泵太阳能热水系统 HSPF 在不同切换温度下的变化规律进行分析, 确定双源热泵热水系统最佳切换温度并进行设备配置。结果表明, 最佳切换温度  $T_{qh}$  范围为 6.3~6.5°C, 对应的 HSPF 值为 3.0~3.1, 双源热泵太阳能热水系统制取生活热水的能效最高, 在满足生活热水需求的情况下设备能耗处于最低值; 最佳切换温度下要求配置蓄热水箱有效使用容积为 87.5m<sup>3</sup>, 太阳能集热器集热面积 1924m<sup>2</sup>, 双源热泵太阳能热水系统制取生活热水能效最好。

**关键词:** 制热季节性能系数; 双源热泵太阳能热水系统; 最佳切换温度

## 0 引言

太阳能作为一种广泛分布的可再生能源资源, 有着化石能源所不能比拟的优势。但是在太阳能资源存在着低密度、间歇性和不稳定性等缺点, 使得太阳能热利用在推广利用程度上受到一定的限制。而热泵技术与太阳能热利用技术有机结合的复合式系统, 有效地弥补了传统太阳能系统和热泵系统各自的缺点<sup>[1]</sup>, 双源热泵太阳能热水系统就是这样应运而生。该系统中太阳能产生低温热水可向热泵机组的蒸发段提供热量, 以水源热泵模式既解决了常规的太阳能供热系统很难满足“全天候”要求的缺点, 同时也解决了空气源热泵模式在冬天极低环境温度下效率低甚至无法启动的情况, 真正实现了太阳能热水系统和空气源热泵性能优势互补。由于太阳能在不同季节、不同时段的可利用程度差异较大, 以及热泵在不同工况的能效也不同, 如何有效地对热泵在水源模式和空气源模式之间进行切换成为双源热泵热水系统高效运行的关键。本文基于武汉地区气候特征, 以某酒店生活热水多能互补制取系统为研究对象, 引入制热季节性能系数对双源热泵太阳能热水系统指标变化规律进行分析, 确定双源热泵热水系统最佳切换温度并进行设备配置。

## 1 评价参数和计算模型

### 1.1 评价参数

双源热泵太阳能热水系统采用多种热源来制取生活热水, 可采用制热季节性能系数 (HSPF) 作为热水系统的热力性能控制指标, 为各工况下热水系统总制热量与总耗电量之比, 其定义为:

$$HSPF = \frac{\text{供热季节热泵总制热量} + \text{辅助制热量}}{\text{供热季节热泵总耗电量} + \text{辅助加热量当量耗电量}} \quad (1)$$

HSPF 是一个无量纲数, 不仅考虑了热水系统制取的稳态效率, 还考虑了环境的变化和各种功耗,

是一种评价双源热泵太阳能热水系统整体性能指标。

由于热水的制取与空气温度密切相关, 可采用负荷频率法 (BIN 法) 计算制热季节性能系数<sup>[2]</sup>。当气象参数、生活热水量、当地气候条件、机组特性已知时, 热泵机组能耗、辅助加热能耗只与环境温度有关, HSPF 是切换环境温度  $T_{qh}$  的函数:

$$HSPF = f(T_{qh}) \quad (2)$$

HSPF 取最大值时所对应的切换温度标和切换时刻, 分别为最佳切换温度与最佳切换时刻, 即在该切换温度下即由水源模式转换为空气源模式的空气温度, 双热源式热泵热水系统的供热季节性能系数最大。据此来选择机组, 可获得最大的供热季节性能系数。

### 1.2 计算模型

双热源热泵太阳能热水系统采用水源蒸发器和空气源蒸发器并联布置的热泵主机, 可自动切换两个蒸发器实现水源模式和空气源运行, 其动态运行性能对热水制取能效影响较大。根据酒店热泵主机性能拟合水源模式时的制热性能系数  $COP_w$  随蒸发器进口水温  $T_{w,in}$  的变化关系式:

$$COP_w = 2.69 + 0.0546 \cdot T_{w,in} + 0.000631 \cdot T_{w,in}^2 + 0.00000202 \cdot T_{w,in}^3 \quad (3)$$

在空气源模式下拟合制热性能系数  $COP_a$  随蒸发器空气温度  $T_a$  的变化关系式:

$$COP_a = 2.39976 + 0.07482 \cdot T_a + 0.000609 \cdot T_a^2 - 0.000127 \cdot T_a^3 \quad (4)$$

在不同环境温度下的热泵主机制热量  $\varphi_{c,a}$  与设

定制热量  $\varphi_e$  的关系式如下:

$$\varphi_{c,a} = (0.76969 + 0.03192 \cdot T_a + 0.00087 \cdot T_a^2 - 0.000821 \cdot T_a^3) \varphi_e \quad (5)$$

在制取生活热水的过程中,水箱的补水温度确定至关重要。水箱补水温度为室外气温的函数,即<sup>[3]</sup>:

$$T_l = -0.0005 \times T_a^2 + 0.51 \times T_a + 5.6 \quad (6)$$

### 1.3 双源热泵主机额定容量及辅助加热量

鉴于冬季生活热水负荷较大和制取效率较低,设备容量将最大,在满足冬季工况的需求量的前提下也应满足过渡季节和夏季需求,可以酒店冬季生活热水需求为基准配置主机设备容量及辅助加热量。

酒店客房 244 间,依据规范《建筑给水排水设计规范》GB 50015 宾馆客房生活热水定额 250L/p.d,入住率按 0.6,则日供水量 73.2m<sup>3</sup>,供水温度为 60℃。由于酒店设有蓄热水箱,可按生活热水量小时平均值 3.05m<sup>3</sup>/h 计算设备容量,如图 1 所示。

从图中可以看出,随着切换温度的加大,相应的补水温度也逐步升高,切换温度下的生活热水负荷也逐步减少,那么热泵主机在空气源模式下的额定制热量也减少,辅助加热量升高。切换温度不大于 5℃ 时,可以不用辅助加热设备。

## 2 最佳切换温度计算

### 2.1 不同切换温度下热水设备能耗

采用 BIN 法计算生活热水负荷,其公式如下:

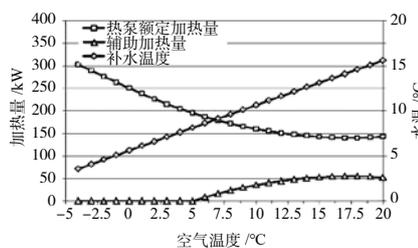


图1 热泵主机额定容量和辅助加热量

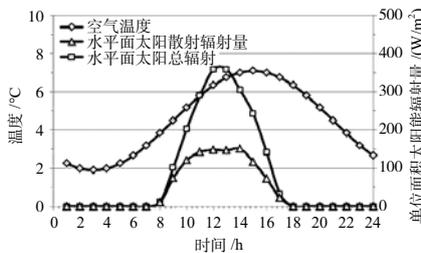


图2 武汉地区空气温度和太阳辐射量

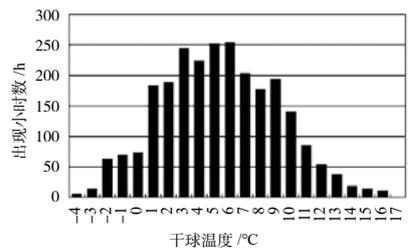


图3 武汉地区空气温度频率分布

$$\text{热水系统总能耗} = \sum_{t=1}^{17} \text{热水热负荷} \times \text{温度频率时数} \quad (7)$$

$$\text{辅助加热能耗} = \sum_{t=1}^{17} \text{辅助加热量} \times \text{温度频率时数} \quad (8)$$

$$\text{热泵主机能耗} = \sum_{t=1}^{17} \frac{\text{热泵额定制热量}}{\text{COP}} \times \text{实际输出负荷率} \times \text{温度频率时数} \quad (9)$$

由于生活热水加热量是水箱补水温度的函数,与空气温度、太阳辐射量密切相关。武汉地区冬季标准日的空气温度、太阳总辐射量和直接辐射量如图 2 所示。

采用 BIN 法计算生活热水负荷,需要各温度负荷频率数分布。根据《中国建筑用标准气象数据库》的典型年的逐时温度数据统计武汉地区冬季部分的 BIN 气象数据,如图 3 所示。

在生活热水制取过程中,当以双热源式系统以空气源模式运行时,制热量的计算同式(5),制热性能系数的计算同式(4);以水源模式运行时(最高水温为 30℃,最低水温为 10℃,取平均水温  $T_w = 20℃$  用于计算),额定制热性能系数  $COP_{c,w} = 3.66$ 。不同切换温度下双源热泵热水系统负荷和能耗如表 1 所示。

从表中可以看出,随着切换温度的增加,双源热泵能耗是逐步减少,而辅助加热量则是逐步增加的,呈现出相反的变化趋势。由于空气温度是先增大后降低,生活热水负荷也随之相应变化,从而使得 HSPF 存在极大值。

表 1 不同切换温度下双源热泵热水系统负荷和设备能耗

序号	切换温度 /℃	热泵能耗 /kW·h	辅助加热能耗 /kW·h	总能耗 /kW·h	热水总负荷 /kW·h	HSPF	序号	切换温度 /℃	热泵能耗 /kW·h	辅助加热能耗 /kW·h	总能耗 /kW·h	热水总负荷 /kW·h	HSPF
1	-3	198888.9	0.0	198888.9	2976.3	2.324	11	7	136705.3	13504.0	150209.3	36801.6	3.077
2	-2	196191.7	0.0	196191.7	12582.4	2.356	12	8	128744.6	26373.1	155117.7	31792.6	2.980
3	-1	190306.4	0.0	190306.4	13634.6	2.429	13	9	121758.0	39937.7	161695.7	34305.0	2.858
4	0	186645.5	0.0	186645.5	14279.8	2.476	14	10	115191.8	54143.8	169335.6	24683.5	2.729
5	1	185916.4	0.0	185916.4	34984.1	2.486	15	11	109880.5	67478.8	177359.3	14902.9	2.606
6	2	178131.7	0.0	178131.7	35789.0	2.595	16	12	105828.1	79009.3	184837.4	9433.6	2.501
7	3	170850.2	0.0	170850.2	45952.2	2.705	17	13	102663.0	88735.1	191398.1	6620.3	2.415
8	4	163912.1	0.0	163912.1	41798.3	2.820	18	14	100197.3	96631.3	196828.6	3191.8	2.348
9	5	155240.7	0.0	155240.7	46360.4	2.977	19	15	98456.6	102485.6	200942.2	2493.5	2.300
10	6	146030.5	3290.9	149321.4	46273.7	3.095	20	16	97254.1	106529.3	203783.4	1973.8	2.268

## 2.2 最佳切换温度确定

为分析 *HSPF* 变化过程中对应的最佳切换温度，将 *HSPF* 的取值绘制成曲线，如图 4 所示，双源热泵热水系统的 *HSPF* 值随切换温度的升高先逐渐增大然后又逐渐减小。

将图中 *HSPF* 值的曲线拟合得到与  $T_{qh}$  的多项关系式：

$$\begin{aligned}
 HSPF = & 2.434317877 + 0.035776645 \times T_{qh} \\
 & + 0.021213767 \times T_{qh}^2 + 0.002806988 \times T_{qh}^3 \\
 & - 0.001304974 \times T_{qh}^4 + 0.000107654 \times T_{qh}^5 \\
 & - 0.000000268451 \times T_{qh}^6 \quad (10)
 \end{aligned}$$

根据上式可知，*HSPF* 的曲线波峰段为  $HSPF=3.0\sim 3.1$ ，最佳切换温度范围为  $T_{qh}=6.3\sim 6.5^\circ\text{C}$ ，在此温度范围内，双源热泵太阳能热水系统制取生活热水的能效最高，设备能耗处于最低值。

## 3 最佳切换温度下的设备配置

### 3.1 太阳能集热器参数

酒店采用的太阳能集热器基本结构为：

单层玻璃盖板，吸热表面选择铝板，其导热系数为  $201\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ，铝板厚度  $0.00038\text{m}$ ，圆柱形流体流动管道，材料为镀锌铁管，内径为  $0.01\text{m}$ ，外径为  $0.012\text{m}$ ，管中心距  $W=0.15\text{m}$ 。管壁、流体之间的对流换热系数  $180\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。集热器倾角为  $23.3^\circ$ 。

### 3.2 集热器和蓄热水箱配置

双源热泵太阳能热水系统由空气源切换为水源时的环境转换温度  $T_{qh}$  的不同，运行工况也不同。切换温度越高，热泵空气源运行的时间越少，水源运行时间越多，热泵平均 COP 越高，热泵运行效果越好；但由于要求蓄热水箱初终温度和最低温度在  $10^\circ\text{C}\sim 30^\circ\text{C}$  内，热水系统主要设备蓄热量及集热面积也相应较大。为达到热水系统制热性能最高，需要计算在最佳切换温度条件下蓄热水箱质量

容量和集热器集热面积，计算水箱水体温度随时间变化，如图 5 和图 6 所示。从图中可以看出，随着水源模式运行工况时间不断增加，水箱中水温不断下降，即使在太阳辐射量较少的初期水温依旧下降。在切换为空气源或者辅助加热模式后，集热水箱的温度逐步上升直至达到  $30^\circ\text{C}$  又由于热损失和太阳辐射量不足而下降。为满足蓄热水箱水体温度在  $10^\circ\text{C}\sim 30^\circ\text{C}$  之间变化，要求蓄热水箱水量为  $87500\text{kg}$ ，即有效使用容积为  $87.5\text{m}^3$ ，集热器集热面积  $1924\text{m}^2$ ，即 962 块集热器，双源热泵太阳能热水系统制取生活热水的能效性能最好。

## 4 结语

考虑到太阳能作为可再生能源存在着间歇性和不稳定性等缺点，采用多种能源互补技术可有效弥补独立使用时的不足。双源热泵太阳能热水系统就是一种有效利用可再生能源制取生活热水的多能互补供能技术，其高效性能关键在于各工种模式间的切换温度。以某酒店制取生活热水的双源热泵太阳能热水系统为例，基于武汉地区气候条件，分析不同切换温度下制热季节性能系数 (*HSPF*) 的变化规律，确定双源热泵热水系统最佳切换温度并进行设备配置。结果表明，*HSPF* 的曲线波峰段为  $3.0\sim 3.1$ ，最佳切换温度  $T_{qh}$  范围为  $6.3\sim 6.5^\circ\text{C}$ ，在此温度范围内，双源热泵太阳能热水系统制取生活热水的能效最高，设备能耗处于最低值；最佳切换温度下配置蓄热水箱有效使用容积为  $87.5\text{m}^3$ ，集热器集热面积  $1924\text{m}^2$ ，双源热泵太阳能热水系统制取生活热水的能效性能最好。

### 参考文献

- [1] 铁燕, 罗会龙. 热泵辅助太阳能热水系统在建筑节能的应用 [J]. 煤气与热力, 2009,29(4):A17-A19.
- [2] 姜益强, 姚杨, 马最良. 空气源热泵供热最佳经济平衡点的探讨 [J]. 暖通空调, 2001,31(3):39-42.
- [3] 王晓漩, 张志刚, 欧亮. 太阳能热泵系统制热季节性能系数的分析 [J]. 制冷学报, 2001,30(5):14-18.
- [4] 张晴原. 中国建筑用标准气象数据库 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

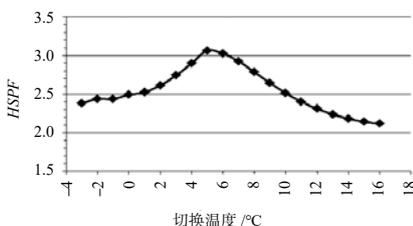


图 4 不同切换温度下的 *HSPF* 变化曲线

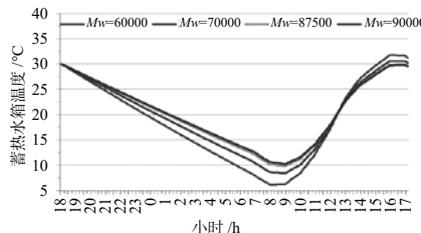


图 5 蓄热水箱水体温度随容量  $M_w$  变化

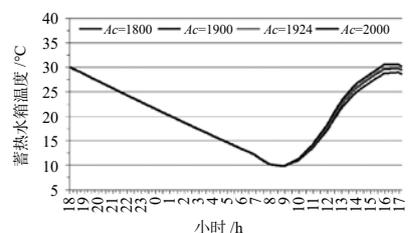


图 6 蓄热水箱水体温度随集热面积  $A_c$  变化

# 对《绿色建筑评价标准》及技术细则暖通专业部分条文的理解

乌鲁木齐建筑设计研究院 祝大顺 康梅

**摘要:** 本文结合暖通专业以及新疆地区, 阐述了自己对《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014 以及技术细则中部分条文的理解, 主要是根据新疆地区的气候、环境、资源的特点对节能与能源利用、节水与水资源利用、室内环境质量以及提高与创新体系中暖通专业部分条文的理解及实施方案的观点。

**关键词:** 绿色建筑; 评价标准; 暖通专业; 新疆地区

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014 以及实施细则的发布对我们研究绿色建筑的设计以及标识的评定工作给与了明确的指导, 结合暖通专业以及所在的地域(新疆), 简单谈一下自己对评价标准以及实施细则中部分条文的理解。

条文 1.0.3, 绿色建筑评价应遵循因地制宜的原则, 结合建筑所在地域的气候、环境、资源、经济及文化等特点, 对建筑全寿命期内节能、节地、节水、保护环境等性能进行综合评价。新疆是一个冬季寒冷干燥, 夏季干热, 资源丰富, 环境复杂, 文化多元, 经济欠发达的地区。暖通专业在进行绿色建筑的设计与评价时应充分考虑这些因素。

## 1 风电的应用

节能与能源利用中 5.1.2 条, 不应采用电直接加热设备作为供暖空调系统的供暖热源和空气加湿热源。条文解释为: 高品质的电能直接用于转换为低品质的热能进行供暖或空调, 热效率低, 运行费用高, 应限制这种“高质低用”的能源转换利用方式。在实施细则中也列出了国家标准 GB 50736-2012、GB 50189-2012 以及 JGJ 26-2010 中各相应的条文, 均提到了电力供应充足, 或者有供电政策支持的情况除外均不应采用电直接加热设备作为供暖空调系统的供暖热源和空气加湿热源。新疆地区风能资源丰富, 达坂城风力发电厂年风能蕴藏量为 250 亿 kW·h, 可利用总电能为 75 亿 kW·h, 可装机容量为 2500MW。然而, 2015 年上半年新疆弃风率高达 28.82%。2015 年乌鲁木齐市达坂城区被确定为国家风电清洁供暖试点地区, 风电清洁供暖实现了就地消纳, 既符合国家政策要求, 又体现了新能源发展方向, 对打造乌鲁木齐市“蓝天工程”意义重大。自治区也将出台风电项目管理办法, 优先支持参与风电清洁供暖试点工作企业的项目。因此在新疆地区进行电直接采暖的设计与评价时应充分考虑政策

因素, 并提供相应的政策支持文件。为了结合国家能源政策, 同时解决新疆地区风电就地消纳的目的, 建议采用超低温空气能热泵机组, 目前国内已有部分生产企业可以保证在环境温度 -25℃ 时, 空气能热泵机组能正常运行。

## 2 冷热源机组的能效指标

节能与能源利用中第 5.2.4 条, 以及提高与创新中 11.2.2 条, 供暖空调系统的冷、热源机组能效均应优于现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定以及现行有关国家标准能效限定值的要求。根据《公共建筑节能设计标准》GB 50189 第 4.2.10 条, 冷源机组效率均是在名义工况下和规定条件下进行的评定, 其中水冷冷水机组名义工况根据国家标准《蒸汽压缩循环冷水(热泵)机组第 1 部分: 工业或商业及类似用途的冷水(热泵)机组》GB/T 18430.1 中规定为:

(1) 使用侧: 冷水出口水温 7℃, 水流量为:  $0.172\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{kW}$ ;

(2) 热源侧: 冷却水进口温度为 30℃, 水流量为:  $0.215\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{kW}$ 。

而在新疆地区, 空气比较干燥, 室外空气湿球温度比较低, 冷却塔出水温度较低; 同时, 新疆地区通常采用温湿度独立控制系统, 冷水机组采用高温冷水机组, 因此, 通常做法是冷水出口水温 12℃, 冷却水进口温度为 25℃。如果机组按照名义工况选择效率高的设备, 应用到新疆地区未必能高效率运行; 反之, 如果按照新疆设计工况生产的设备, 在新疆地区能高效率运行, 在名义工况下未必能满足效率高的要求。如果不按照名义工况进行评价, 按照新疆地区设计工况进行能效的评价, 由于冷水出口水温度提高, 冷却水进口温度降低, 冷水机组的制冷效率将会大幅提高, 再按照《公共建筑节能设计标准》GB 50189 表 4.2.10 进行评价就很简单。

易得到高分，如此评价也不太合适。因此对新疆地区的冷源机组能效应该有一个按照新疆地区设计工况下的修正指标。

### 3 自然通风的应用

在新疆地区，夏季气候比较凉爽，个别工程中，没有空调系统，甚至没有机械通风系统，依靠自然通风的方式，室内就可得到较舒适的空气环境。在这种情况下，其实是最好的利用了被动的处理方法，消耗最少的能源实现了舒适的室内环境。

在绿色建筑的评价中也特别强调了自然通风的重要性。具体体现的条文有第 5.2.2 条：外窗、玻璃幕墙的可开启部分能使建筑获得良好的通风；第 8.2.10 条，优化建筑空间、平面布局和构造设计，改善自然通风效果；通过自然通风可提高室内舒适度，并缩短空调设备的运行时间，减低空调能耗。第 5.2.7 条（降低过渡季能耗），第 5.2.8 条（降低过渡季能耗），对于采用分体式空调、可随时开启窗户通风的民用建筑可以直接得分。

在新疆地区，由于室外空气干燥，空气的含湿量低，大部分时段内，室外空气焓值比室内空气焓值低；因此，在新疆地区，更应该优先考虑自然通风的方式来满足室内舒适要求，采用通风物理模拟软件优化建筑的自然通风设计，可以使建筑物的运行更加的绿色，室内环境更加的贴近自然、舒适。

### 4 蒸发冷却技术的应用

新疆夏季干热的空气是一种在空调制冷专业利用价值很高的干空气能，相应的产品有蒸发冷却空调机组、蒸发冷却高温冷水机组、蒸发冷凝式冷水机组、干湿混合型冷却塔等。这些产品在绿色建筑中如何应用，在评价体系中有相应的条文。其中第 5.2.6 条，合理选择和优化供暖、通风与空调系统；技术细则中提到参考系统按照常规系统考虑，与参考系统相比，采用蒸发冷却技术的空调制冷产品均有很高的能效，因此比较容易实现降低能耗的要求。再看第 5.2.7 条（降低过渡季能耗），采用多级蒸发冷却空调机组为直流式全新风系统，采用蒸发冷却高温冷水机组，由于新风量需要承担 50% 以上的冷负荷，新风量也较大，因此在过渡季节时在不开启冷却段的情况下，即可满足室内温湿度要求。而采用干湿混合型冷却塔时，过渡季节直接利用冷却塔供冷即可承担室内的冷负荷；而采用蒸发冷凝式冷水机组，过渡季节可切换为不开启制冷机的自然供冷方式；均可实现在过渡季节的节能运行。再看第 6.2.8 条，空调设备或系统采用节水冷却技术，干湿



混合型冷却塔的冷却水为闭式系统，因此其水质要比开式冷却塔好，排污耗水量较少，因此容易控制蒸发耗水量与冷却水补水量的比例。并且可以通过加大集水盘、设置平衡管等方式避免水的溢流。对于蒸发冷却高温冷水机组也建议采用闭式水系统，从而有效的保证水质的情况下，还起到节水的目的。蒸发冷凝式冷水机组没有冷却塔，参与冷凝器冷却的水量也较传统方式小很多，水质容易得到保证，排污量少，可有效实现节水的目的。再看 6.2.11 条，冷却水补水使用非传统水源；干湿混合型冷却塔，蒸发冷却高温冷水机组，蒸发冷凝式冷水机组采用非传统水源补充室外蒸发冷却耗水，其非传统水源均不进入到空调系统中，因此采用非传统水源的安全性更高，更适合采用非传统水源对蒸发冷却耗水部分进行补水。同时采用干空气能是充分利用了干热地区的气候条件显著的提高能源利用效率；符合提高与创新章节中第 11.2.8 条的要求。

### 5 排风的梯级利用

新疆地区除夏季干热外，冬季还非常寒冷，特别是天山以北地区，属于严寒地区，现有的一些暖通空调专业先进的技术直接应用到严寒地区还存在一些问题，比如空气源热泵机组，新风热回收机组等。本文要讨论的是排风的梯级利用能否满足对应部分条文的要求。首先看 5.2.13 条，排风能量回收系统设计合理并运行可靠。在严寒地区采用排风/新风热回收装置容易产生冻结的情况，因此在很多项目中即使设计了排风/新风热回收装置，在冬季很长一段时间是处于停机状态的。而在综合性建筑中采用排风的梯级利用节能效果更为明显，比如：室外新风 → 商业 → 换热站、配电室等设备电气用房 → 车库 → 排风室空气源热泵机组 → 室外。商业等民用功能的房间通风的目的主要是控制室内 CO<sub>2</sub> 浓度，设备电气用房通风的目的是控制室内温度，车库通风的目的是控制室内 CO 浓度，而冬季车库

的排风温度远远室外温度，利用空气能热泵机组可以回收排风的热量。排风被多次利用，期间节省了设备电气用房及车库的新风加热耗热量，同时也提高的空气能热泵机组的使用能效，并且避免了热能回收装置在严寒地区冬季使用的困难。该处理方式可以对应于《绿色建筑评价标准》中 5.2.6 条有效降低系统能耗，5.2.13 条排风能量回收，5.2.15 条利用余热供暖或者制取生活热水。

## 6 分体式空调及多联机系统的应用

在 2014 年暖通年会上，江亿院士关于“集中与分散—关于暖通空调的一些思考”的讲座给大家留下了深刻的印象，无论是供冷还是采暖，通风还是制取生活热水，经过对全国各大城市的运行调研和数据分析，结论是分散的、小型的系统具有明显的节能优势。在《绿色建筑评价标准》以及技术细则中，也有多处体现了对分体式空调及多联机系统的认可。首先看看直接得分的条款：5.2.7 条，采取措施降低过渡季节供暖、通风与空调系统能效，技术细则中提到，对于采用分体式空调、可随时开窗通风的民用建筑可直接得分。5.2.8 条中第 1 款：区分房间朝向，细分供暖、空调区域，对房间进行分区控制；在技术细则中提到，空调方式为分体式空调以及多联机的可认定为满足（供暖也需满足）。5.2.8 条中第 3 款：水系统、风系统采用变频技术，且采取相应的水里平衡措施，技术细则中提到对于

多联机及分体式空调字体可以直接得分。第 6.2.8 条空调设备或系统采用节水冷却技术，而采用分体式空调以及多联机为无蒸发耗水量的冷却技术，满足 6.2.8 条第 3 款，可直接得分。第 6.2.11 条，关于冷却水系统使用非传统水源的情况。采用分体式空调以及多联机为没有冷却水的系统，技术细则中提到，没有冷却水系统的建筑，可直接得分。分体式空调以及多联机系统为典型的分散式系统，对于使用者来说，容易满足个体的舒适度需求，且便于控制，无使用情况下的开机率低；同时没有中间环节的输送能耗、冷量损失，不平衡损失，以及调节产生的节流能耗等。

## 7 总结

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014 以及实施细则对于建筑设计工作者来说是有了一个区衡量和评价绿色建筑的评价工具，同时也是对我们的绿色设计指引了一个正确的方向。我们在做绿色建筑的设计、咨询以及绿色建筑的技术、材料设备应用时，应充分结合当地的气候、环境、资源、经济及文化等特点，因地制宜的应用到工程中。

### 参考文献

- [1] 江亿.《集中与分散—关于暖通空调的一些思考》，天津，第十九届全国暖通空调制冷学术年会，2014 年。
- [2] 王清勤.《绿色建筑评价技术细则》.北京，2015.



# 毛细管网空调系统在实际建筑中的应用情况调研

北京市住宅建筑设计研究院有限公司 李庆平 过畅 王国建

**摘要:** 介绍了毛细管网空调系统的工作原理和优缺点, 分别通过对位于深圳和北京的实际案例的分析研究, 总结了毛细管网空调系统在实际应用中遇见的问题和解决办法。

**关键词:** 毛细管网空调; 节能性; 可靠性; 适用性; 调研分析

## 0 前言

随着经济的发展和社会的进步, 人们对空调健康舒适性的要求也不断提高, 传统空调在舒适性方面难以满足人们的需要。然而较高的健康舒适性往往是以高能耗为代价的, 在世界能源日益紧张的今天, 我国的建筑能耗居高不下, 空调能耗已经占到了建筑能耗的 40% 以上<sup>[1]</sup>, 更有相关统计数据表明, 暖通空调能耗可占建筑总能耗的 50%<sup>[2]</sup>。大部分空调系统依靠的是不可再生的一次能源, 进而产生并加重一系列的环境问题、气候问题。

人们对空调舒适性要求不断提高与节能减排之间的矛盾日益突出。在这样的背景下, 毛细管网辐射供冷(暖)空调系统作为一种高舒适性的新型空调方式得到了越来越广泛的研究和工程应用。

## 1 毛细管网冷暖联供技术概述

### 1.1 毛细管网空调系统的工作原理

毛细管网辐射空调系统是 20 世纪 70 年代德国科学家根据仿生学原理发明的, 利用毛细管网模拟自然界植物叶脉和人体皮下血管输送能量的形式设计制作而成, 可对室内空气进行微调节, 毛细管网的形式可分为 G 型、S 型和 U 型。

毛细管网空调系统显热末端装置毛细管的功能主要是吸收室内显热余热。毛细管技术从仿生学的角度出发, 提供了一套新的空调技术方案: 其将充满流动液体的柔性毛细管网安装在房间围护结构内部, 可以柔和的改变墙体、地板、顶棚等区域的温度。如此一来, 使用者就可以和房间的内表面通过辐射方式来进行热交换, 这种热交换方式符合于生物自身的热量控制调节方式, 具有高度舒适性。冬季循环 32/28℃ 的热水, 温和地向室内辐射热量; 夏季循环 17/19℃ 的冷水, 温和的向室内辐射冷量。由于毛细管网换热面积大及均匀分布, 传热速度更快。

毛细管辐射末端吸收的显热余热主要包括人员散热、设备散热、照明灯具散热, 以及通过围护结

构的传热和太阳辐射通过窗户透射的热量等。毛细管内循环的冷水与其管壁进行换热, 能量传输到毛细管外表面再以辐射换热为主, 并伴随对流换热与室内空气进行换热, 从而极大地简化了能量从冷源到终端用户室内环境之间的传递过程, 减少不可逆损失。根据辐射板布置在室内的位置不同, 分为顶板冷辐射系统、地板冷辐射系统、垂直壁面冷辐射系统等。

### 1.2 毛细管网安装类型

原理上, 毛细管系统可以与各种类型的吊顶结合。从室内空气(热源)传到毛细管网的热量决定了冷吊顶制冷量。这就意味着, 单位时间内从室内通过位于毛细管网和吊顶表面之间的分隔层后达到毛细管的热量才能被吸收。因此, 吊顶的类型和冷吊顶的结构, 即吊顶内制冷材料的位置、周边结构的材料, 对每平方米有效制冷面积的制冷量起着决定性作用。现有主要吊顶类型有以下几种:

#### (1) 抹灰涂层冷辐射顶:

毛细管网直接安装在位于混凝土楼板下的抹灰涂层中。生石灰、石灰石、水泥或吸声石膏都可以使用。在采用消声抹灰层时, 应事先将网栅固定在楼板下, 这样可以多层地抹上消声抹灰层。网栅的主管和毛细管可安装在吊顶上的开槽内、特地设置的假梁里, 或安装在毗邻走廊的中空区域。

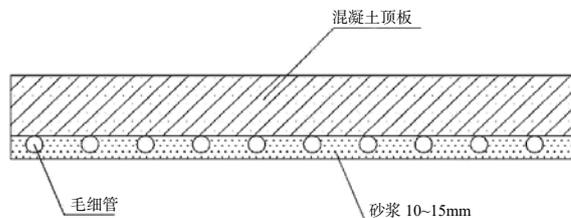


图 1 抹灰涂层冷辐射顶示意图

#### (2) 吊顶抹灰加冷辐射:

毛细管网固定在干式结构吊顶的下方, 再涂上抹灰层。毛细管的主水管、管道和其他房间设施的管线都安装在吊顶上方的空间内。

**基金项目:** 北京建筑大学“绿色建筑与节能技术”北京市重点实验室开发研究基金资助项目。

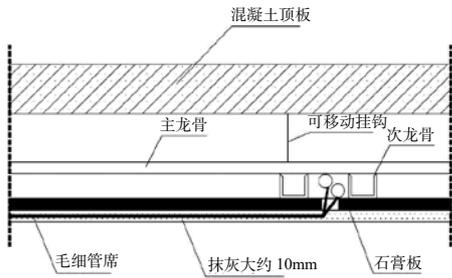


图2 吊顶抹灰加冷辐射示意图

(3) 干式结构吊顶内置冷辐射:

毛细管网栅采用一块张紧的编织物安装在无缝封闭的干式吊顶板材上方与龙骨结构之间,上方覆盖一层保温层。将在朝向房间的一侧平整并粉刷。

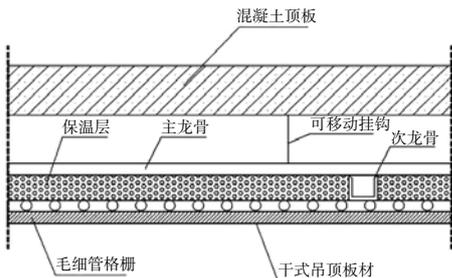


图3 干式结构吊顶内置冷辐射示意图

(4) 金属扣板吊顶:

毛细管网栅可安装在所有类型 and 形状的金属扣板吊顶内。毛细管网栅粘在金属吊顶上,再覆盖上一层保温层。吊顶的制作可在工厂内预先完成。根据所选的吊顶扣板形式,可确定是否能在工地上加装毛细管。使用弹性软管连接网栅和供回水管。网栅和水管都安装在吊顶中空空间内。

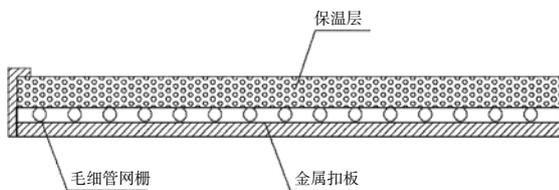


图4 金属扣板吊顶示意图

1.3 毛细管网空调系统的特点

1.3.1 毛细管网空调系统的优点

(1) 健康舒适。毛细管网辐射供冷空调系统主要靠辐射方式进行热交换,辐射板表面及室内温度分布均匀,垂直温差梯度小,无温度死角,换热效率高,无风机噪音,不产生吹风感,是国际上公认的室内舒适程度最高的空调末端系统。无冷凝水盘,

杜绝了细菌滋生源,无回风,避免各房间空气交叉污染。

(2) 节能环保。在辐射供冷状态下,人体感受到的温度要比实际温度低约 $2^{\circ}\text{C}$ ,使用毛细管网辐射供冷空调系统,可以把室内设计温度提高 $2^{\circ}\text{C}$ 左右,降低空调总负荷;常规的冷水机组作为毛细管网辐射供冷空调系统的冷源具有一定的局限性,普通的风机盘管系统冷冻水供回水温度一般为 $7/12^{\circ}\text{C}$ ,这在很大程度上限制了低品位冷源的应用,而辐射供冷为避免结露要求使用高温冷水,这恰好为太阳能、蒸发冷却、地热等低品位冷源的使用提供了广阔的平台,与传统空调系统相比,辐射供冷可节能 $28\%\sim 40\%$ 。可节约一次能源,减少碳排放量。

(3) 节省建筑空间。毛细管直径仅 $4.3\text{mm}$ ,空调室内无复杂风道,空间感好,毛细管席厚度一般小于 $5\text{mm}$ ,毛细管网辐射板安装时的整体厚度通常为 $15\sim 20\text{mm}$ ,一座20层使用传统中央空调的大厦,如果使用毛细管网辐射空调,能够节省出2层空间,这一点在寸土寸金的今天意义重大。

(4) 质量轻、寿命长、布置灵活、安装方便;每个房间采用单独循环结构,便于分室控制,分户计量。

1.3.2 毛细管网空调系统的缺点

毛细管网辐射供冷空调系统作为一种低能耗、高舒适性的新型空调方式得到了越来越广泛的研究和工程应用,但是在实际推广中也遇到了一些瓶颈,主要是结露问题、供冷能力不足问题和一次性投资问题。当辐射板表面温度低于室内空气露点温度时,空气中水蒸气就会在辐射板表面凝结,出现结露现象,影响室内卫生条件。为避免辐射板表面温度过低,通常需要较高温度的冷水,其制冷能力也因此受到限制。

毛细管平面空调的热反映速度较慢。由于毛细管席辐射板采用辐射和自然对流换热,因此比风机盘管等系统的强迫对流换热的热反映速度慢。

维修性较差。毛细管席属隐蔽性工程,一旦毛细管渗漏,维修难度较大,需要专业人员用专业设备查漏和修复<sup>[3]</sup>。

2 案例分析

2.1 案例一

2.1.1 建筑概况

调研建筑位于深圳市蛇口区,该建筑原为工业厂房,2007年开始改建,2008年投入使用。地上四层,地下一层;地下为车库和职工食堂,地上为办公;建筑面积 $21960\text{m}^2$ ,其中空调面积 $16300\text{m}^2$ 。



图5 建筑外立面

### 2.1.2 空调系统概况

该建筑空调系统冷热源采用磁悬浮高温离心式冷水机组，如图6所示，共4个机头，一般运行时开启3个机头；额定制冷量为893kW，额定功率为107kW；冷冻水供水温度一般为17~18℃，回水温度一般为18~19℃。

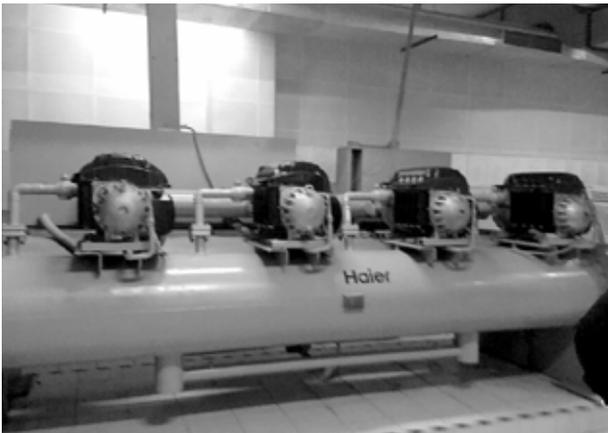


图6 磁悬浮高温离心式冷水机组

空调系统末端采用温湿度独立控制系统，末端装置为干式风机盘管+毛细管，如图7所示。

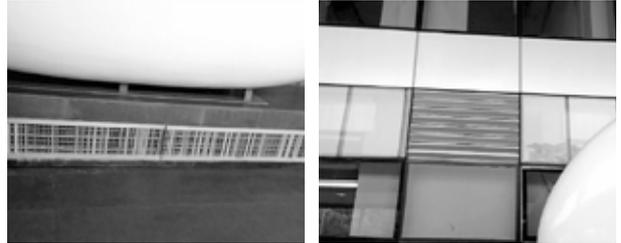


(a) 壁面毛细管网 (b) 地面毛细管网

图7 毛细管网

新风系统在一层大厅采用置换通风的形式，新风下送上回，在其他房间新风上送上回；所有房间

由新风承担室内全部的潜热（湿）负荷和少部分显热负荷，如图8所示。新风除湿机组采用热泵式溶液调湿新风机，共20台，每层4台，新风机组额定制冷量103kW，制热量64kW，功率29kW，额定风量5000m<sup>3</sup>/h，除湿量100kg/h，加湿量32kg/h，如图9所示。



(a) 置换通风送风口 (b) 置换通风回风口

图8 置换通风



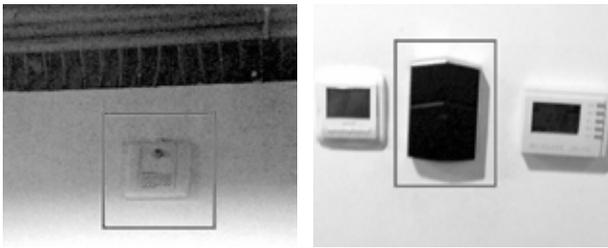
图9 热泵式溶液调湿新风机组

### 2.1.3 能耗情况

该建筑采用清华大学研发的能耗监控平台，可实时监控建筑内各系统的能耗情况，并与历史数据进行对比分析，如图10所示。据统计，该建筑2014年全年能耗约为66kW·h/m<sup>2</sup>·a，其中空调系统能耗约为35kW·h/m<sup>2</sup>·a，远低于深圳市大型公共建筑的平均能耗140~240kW·h/m<sup>2</sup>·a。

### 2.1.4 结露情况

该建筑毛细管网末端采用防结露控制系统，其控制原理为：室外新风通过新风机组全热回收单元和除湿单元后，送入室内；室内回风经过全热回收单元与新风进行热交换后排出室外；回风以及新风管道上装有温湿度传感器，可以检测回风以及送风的相对湿度。同时，室内装有温湿度传感器，如图11所示，通过对室内温湿度的实时监测，计算出室内空气露点温度，当检测到有结露风险时，切断毛细管系统的供水阀门，如图11所示，不再向毛细管供水，起到防结露保护作用。



(a) 室内湿度传感器 (b) 室内温度传感器

图 10 室内温湿度传感器



图 11 毛细管网末端控制箱

经过实测调研,该建筑防结露控制系统运行良好,空调系统运行约6年,几乎没有出现过结露情况。

## 2.2 案例二

案例二位于深圳市福田区,定位为本土、低耗、可推广的绿色办公大楼。工程用地面积 $3000\text{m}^2$ ,建筑高度 $57.9\text{m}$ ,地上12层,地下2层。总建筑面积 $18170\text{m}^2$ ,地上建筑面积 $13886.19\text{m}^2$ ,地下建筑面积 $4283.57\text{m}^2$ 。2006年11月开始改建,2009年4月投入使用。

该建筑空调系统采用多种形式作为示范:地下1层试验区采用水环式空调系统;主要办公区采用水环主机+冷却塔+风机盘管末端的形式;9、11层南区小开间房间,采用风冷变频多联机+全热新风换气机的方式;5、6、10层敞开式办公区域采用高温冷水机组+毛细管平面辐射+干式风机盘管+溶液式新风调湿的形式。

## 2.3 案例三

案例三为住宅混合公建积配套小学托幼建筑,项目位于北京市朝阳区东四环中路与广渠路交叉西北角,北至百子湾南路,西至大郊亭中路,南至广渠路,东至东四环中路。该项目由A4-1、A4-8、A4-10三个地块组成,总用地面积 $1.56\text{万}\text{m}^2$ ,总建

筑用地 $1.19\text{万}\text{m}^2$ ,总建筑面积 $35.6\text{万}\text{m}^2$ 。

本项目住宅及公建峰值冷负荷分别为 $9167\text{kW}$ 、 $4367\text{kW}$ ,峰值热负荷分别为 $9574\text{kW}$ 、 $4425\text{kW}$ ;该空调系统冷热源采用复合式土壤源热泵系统,即埋管式土壤源热泵与常规冷热源设备(电制冷机组、燃气锅炉)的配置比例为6:4。空调冷热源优先使用土壤热泵,常规电制冷及燃气锅炉作为补充,起到调峰及调节地下换热平衡的作用,确保冷热源系统能够安全、节能、稳定的工作(图12)。

该项目学校、商业、保障房采用传统的空调或采暖方式,在住宅、办公、公寓建筑中全部采用毛细管辐射式温湿度独立调节末端系统,毛细管系统部分或全部承担室内显热负荷控制室内温度;新风系统承担新风负荷及室内潜热负荷控制室内湿度及二氧化碳的浓度。新风设备:组合式双冷源冷冻除湿空调机组。

显热末端(毛细管辐射末端)控制室内的温度,通过设置于室内的温度露点控开关联动毛细管辐射末端水回路安装的电动两通阀开关,实现空调区域的温度控制。室内的温度露点控制器,具有根据室内的温湿度计算室内露点温度的功能,当室内露点温度接近系统供水温度时(一般设置 $1\sim 2^\circ\text{C}$ 的余量),联动毛细管辐射末端水回路安装的电动两通阀开关,实现空调区域的防结露控制,防结露控制优先于温度控制。

室内湿度的控制,新风机组带控制系统,通过检查室内回来风的温湿度,并计算室内露点温度,控制新风机组送风送风参数(处理深度或干度),实现空调区域的湿度及防结露控制(只要新风送风参数能保证,室内温湿度满足设计要求,显热末端就没有结露风险)。

依据2014年全年能源站能耗记录及锅炉房2014年一整年的能耗记录,结合能源站运行记录,计算2014年空调采暖系统能耗费用为894.00万元,单位面积全年能耗折算指标为 $48.8\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ ,单位面积能耗费用为 $36.36\text{元}/\text{m}^2$ 。

## 3 遇见的问题

### (一) 结露问题

由于毛细管网防结露控制系统的存在,在建筑有结露风险的时候,系统会自动切断毛细管网供水。这在一方面保证了建筑不结露,但是另一方面,切断了毛细管网的供水,也就无法保证房间的冷负荷供给,造成人员数量变化大,除湿量变化大的房间,如会议室等,室内温度过高,无法满足室内舒适性。在这些房间,必须要额外安装一定数量的风机盘管,

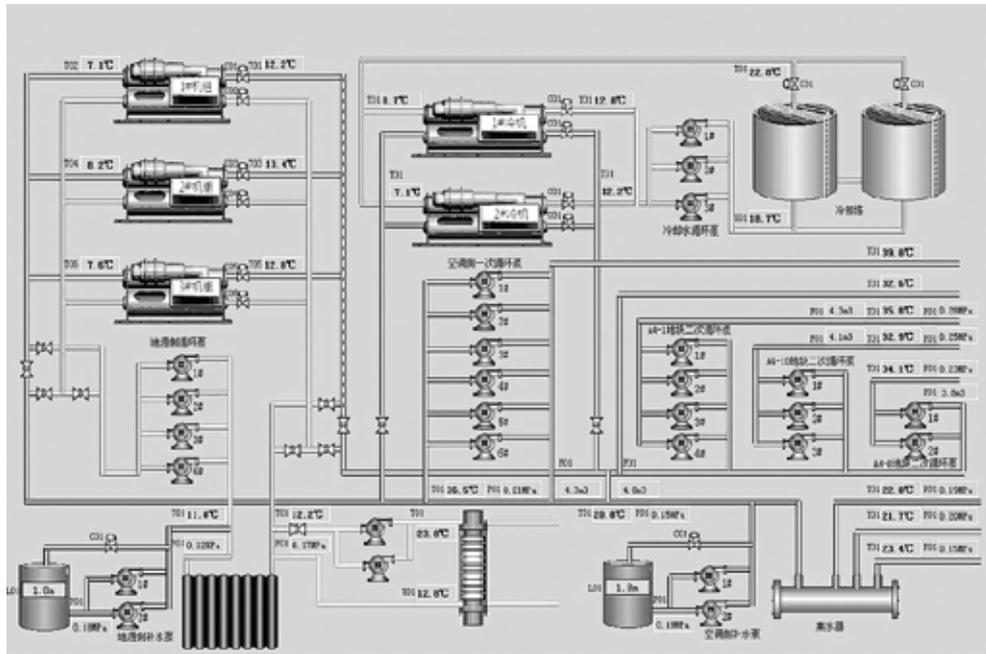


图 12 机房系统原理图

以保证室内的空调要求。

#### (二) 供冷量不足问题

由于受毛细管网系统本身传热特性的影响和限制,单位平米毛细管网的供冷负荷约为 $45\sim 65\text{W}/\text{m}^2$ ,这对于一般住宅建筑可以满足其冷负荷需求,但对于建筑内部人员多、设备多、热扰多的公共建筑,特别是有大空间的房间,毛细管网最多仅能满足其冷负荷需求的 $70\%\sim 80\%$ ,需要额外设计其他的替代冷源。

#### (三) 空调系统响应时间问题

该建筑办公时间为每天 $9:00\sim 18:00$ ,而空调系统运行时间为每天 $7:00\sim 17:00$ ,空调系统需要提前运行 $2$ 个小时左右,而一般公共建筑的空调系统,提前运行的时间仅为 $0.5$ 小时 $\sim 1$ 小时。这主要是由于三个方面的原因:一是由于建筑围护结构本身及其内部装饰所具有的蓄热性;二是由于该毛细管网系统为温湿度独立控制,无独立的冷凝水管道,需要提前开启新风,除去室内余湿;三是由于毛细管网系统本身为高温空调水系统,和周围空气主要换热形式为辐射,空调系统响应时间也比一般的空调系统时间长。

#### (四) 新风问题

毛细管网系统为温湿度独立控制,一般使用置换通风除去室内湿负荷,同时要求建筑在使用时不能开启外窗,防止室外湿负荷进入室内,以避免毛细管网系统比一般空调系统高的多的结露危险。这

在一方面不符合国人行为习惯,另一方面,对新风系统也有较高的要求,新风系统的能耗要明显高于一般的空调系统。

## 4 结论

通过对多个项目的调研分析,总结如下:

(1) 采用毛细管空调系统,自控系统做的较好的情况下,空调系统能耗较低,所采用的毛细管网末端对建筑层高不高,无法做吊顶的建筑有较强的适用性;采用温湿度独立控制和置换通风,室内舒适性较好。

(2) 采用合理的自控系统,可以较好的避免了结露问题。

(3) 南方地区夏季室外相对湿度较大,新风系统一般采用溶液除湿机组;夏季冷负荷较高,会出现毛细管供冷不足的问题。

(4) 北方地区夏季室外相对湿度较低,新风系统一般采用常规冷却除湿;夏季冷负荷低于南方,毛细管供冷不足的问题不明显。

### 参考文献

- [1] 裴凤. U型毛细管网辐射板顶板辐射供冷空调系统研究. [D]. 天津: 天津商业大学, 2013.
- [2] 谢仲华, 龙惟定. 建筑采暖空调能耗与节能潜力分析 [J]. 能源技术, 2000, 9(3): 158-163.
- [3] 周鹏, 李强民. 置换通风与冷却顶板. 暖通空调, 1998(5): 1-5.

# 杂志免费索阅表

本刊由中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院主办，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建筑环境与节能研究院  
 节能示范楼 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



学会微信 cc-hvac

**CR** 中国制冷展 2019 | **CRH** 2019 | 制冷·空调·暖通 |  
CHINA REFRIGERATION | HVAC&R

# 第三十届国际制冷、空调、供暖、通风及 食品冷冻加工展览会

THE 30TH INTERNATIONAL EXHIBITION FOR REFRIGERATION,  
AIR-CONDITIONING, HEATING AND VENTILATION, FROZEN  
FOOD PROCESSING, PACKAGING AND STORAGE

2019年4月9-11日  
中国·上海新国际博览中心

April 9-11, 2019  
Shanghai New International  
Expo Centre, China

主办单位



承办单位

咨询热线

400-680-3553

电话: 010-58565888-629/625  
传真: 010-58566000  
E-mail: crexpo@biec.com.cn



中国制冷展  
官方网站



中国制冷展  
官方微信



Ace

- ✓ 空调控制
- ✓ 采暖控制
- ✓ 新风控制
- ✓ 灯光控制
- ✓ 窗帘控制
- ✓ 温度检测
- ✓ CO<sub>2</sub>、PM2.5监测
- ✓ 能耗监测
- ✓ 手机兼容
- ✓ 人体感应

