

改善室内空气质量的下一个目标

同济大学 沈晋明[☆] 聂一新

摘要 根据国外发展的趋势,预测改善室内空气质量的下一个目标应是治理生物性污染,生物性污染将会取代目前建筑装饰材料污染成为我国主要室内微污染源。生物性污染主要是由空调系统污染和不合适的空调环境引起的,提出了余湿污染概念,并介绍了相关的研究工作以及应采取的控制措施。

关键词 室内环境控制 室内空气质量 生物性污染 通风空调系统

Next step to achieving better indoor air quality

By Shen Jinming[★] and Nie Yixin

Abstract Based on the development in some foreign countries, forecasts the next step to achieving better IAQ is biocontamination control. Biocontamination, instead of the contamination caused by building and decoration materials, will be one of the major indoor microcontamination sources in China. Biocontamination is the result of contaminated HVAC systems and improper conditioned environments. Puts forward the concept of residual humidity pollution and presents relevant studies and humidity control measures.

Keywords indoor environment control, indoor air quality, biocontamination, ventilation and air conditioning system

[★] Tongji University, Shanghai, China

①

0 引言

在 18~19 世纪,人们一直认为居住空间内人是唯一的污染源,认为人的呼出物是极为有害的物质,故采用通风来减少人呼出物的危害。19 世纪末,通风手段被用来稀释空气中的微生物,以减少疾病传播的危险。20 世纪初,这种思路越发清晰,在居住环境中降低人与人之间传染的危险比其他因素具有更重要的意义。在 20 世纪 30 年代中期出现了一种新的思路,雅格鲁(Yaglou)的典型研究将通风的目的演变为实现室内舒适,认为人们进入一个空间应该感受到室内空气是可以接受的^[1],这是一个十分重要的观念转变^[2]。空气中主要污染定性为人发出的生物散发物。将人呼气中的二氧化碳确定为生物散发物的指标(indicator)。20 世纪下半叶起,越来越多的新型建筑、装潢材料,家具用品、清洁剂、杀虫剂以及现代化的文字处理机被大量应用到建筑物内,在室内出现了成千上万种

低浓度的污染物,起初人们对此掉以轻心,70 年代发生的石油危机是一个转折点,诱发了室内空气质量 IAQ(indoor air quality)问题,人们才对室内多种低浓度污染物的长期综合作用予以极大重视。世界卫生组织 WHO 确认了 10 种室内空气污染物:二氧化氮、一氧化碳、铅、氡、石棉、挥发性有机化合物 VOC(volatile organic compound)、烟草烟雾、甲醛、生物污染物、杀虫剂。80 年代,国外将 IAQ 问题的主要诱发因素归结为室内建筑装饰材料的 VOC 污染。WHO 将 VOC 定义为室温下饱和蒸气压超过 133.322 Pa、沸点在 50~260℃之间的易挥发性有机化合物。VOC 是室内空气中普

①[☆] 沈晋明,男,1946 年 10 月生,博士,教授,博士生导师
200092 上海市四平路 1239 号同济大学暖通空调研究所
(021) 65988388
E-mail: jinming_shen@163.com
收稿日期:2006-06-19
修回日期:2006-08-09

遍存在的且组分复杂的一类有机污染物。在室内的来源主要有:新型建筑材料、室内装潢材料、有机涂料、清洁用品,以及香料、除臭剂、杀虫剂等等,尽管均以微量或痕量数量级出现,但其综合作用给人们的健康带来了损害,所以常以 VOC 总量(TVOC)或多组分 VOC 作为研究对象。近年来,随着人们对 IAQ 问题的重视,不断开发绿色建材,90 年代后期西方发达国家的室内建筑和装饰材料的 VOC 污染已得到有效的控制,关注的重点从室内污染物浓度转向暴露水平^[3](即不仅涉及暴露浓度而且还考虑暴露时间),转向半挥发性有机化合物 SVOC。进入 21 世纪,国外 IAQ 研究涉及湿度控制与生物性污染的相关文献^[4-10]多了,甚至著名的 ASHRAE 62 标准《达到可接受室内空气品质的通风》也涉及到湿度控制的专门议题^[11]。这意味着什么?那么改善室内空气质量的下一个目标应是什么?

1 近年室内空气质量研究热点

首先回顾一下上世纪 90 年代后期一些较有影响的调研结果。

1971—1988 年间,美国职业安全与健康研究所 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)对 529 栋建筑物 IAQ 做了调查评估,列举出了引发 IAQ 问题的几种常见的污染源,如表 1^[12]所示。其中通风空调系统问题导致 IAQ 问题已占到 53%左右。

表 1 导致 IAQ 问题的原因

	建筑物/栋	所占百分比/%
不合适的通风	280	53
内部污染物	80	15
外部污染物	53	10
生物污染	27	5
建筑材料污染	21	4
其他	68	13

丹麦技术大学的 Fanger 教授引入了 olf 和 decipol 的概念,分别用来表示能被人感知的污染源的感官污染负荷(sensory pollution load)强度,以及人们能感知的室内空气质量^[13]。使用这一方法,他调查了 15 栋建筑,发现室内人员不是建筑物内唯一的污染源,并总结出了 4 类典型的室内污染源及其所占比例:抽烟者(25%)、非抽烟者(12%)、室内建材和家具(20%)、空调系统的送风(42%)^[14],其中空调污染占了四成多。

在前人研究的基础上,Clausen 总结了 50 栋非工业建筑中以 olf 表示的室内各污染源的感官污染负荷强度,如表 2 所示。Clausen 进一步指出,在一些建筑中,通风系统是室内空气中最主要的污染负荷的来源;而新风在经过这些系统、送入室内之前就已经被污染了。他的这一观点很好地解释了为什么机械通风系统比自然通风系统的问题更多,尽管前者有着更大的通风量^[15]。

表 2 各污染源的感官污染负荷 olf/m²

	室内建材	通风系统	室内人员
办公建筑	0.12	0.25	0.08
会馆	0.32	0.28	0.11
学校	0.11	0.20	0.20
幼儿园	0.07	0.32	0.38

加拿大蒙特利尔大学对 4 栋大楼的 546 位工作人员的测试结果表明,新风量的增加对室内人员的影响很小,即使当新风量高达 30 L/(人·s)时(是当时 ASHRAE 62-89 标准推荐值的 3 倍),头痛抱怨及其他建筑病综合症的症状并没有明显下降。研究人员 1992 年对办公大楼的新风与室内污染以及居住者的抱怨做了调查,结果表明新风量的增加使室内污染物浓度下降,但与居住者的抱怨没有明显的关系^[16],这说明新风经过被污染的通风空调系统已经不能有效发挥对 IAQ 的改善作用。

十几年前,就有学者发现通过组合式空调机组 AHU 的空气中污染物的平均浓度会增加,出现在转轮换热器、过滤器和加湿器处^[17-18]。Klaus 指出,约有 20%的室内空气污染物来自通风系统,如果通风系统保持洁净,维护良好,污染物可减少到一半^[19]。Hanssen 认为,必须确保通风系统对 IAQ 起改善而不是破坏作用,系统的设计和运行更应注重通风的品质而不是通风的量^[20]。Kemp 等人的研究表明,流经空调系统的空气中,真菌的种类变化并不是单纯的减少,而是在 HVAC 各部件处呈现出复杂的分布,一些在空调系统上游未检测到的真菌却在下游以及室内被检测出来,说明空调系统中存在这些真菌的滋生源^[21]。

以上调研报告显示近年来国外空调通风系统的污染问题日趋突显出来,已成为影响 IAQ 的主要因素。那么,如果彻底解决了空调通风系统的污染,影响 IAQ 的主要问题是否就解决了?

近年来国外大量文献也报道了湿度控制与健康问题^[22],研究人员广泛地研究了室内空气的生

物性污染,包括病毒、细菌和放线菌、真菌、微生物成分,植物体碎片,原虫和昆虫碎片和排泄物,细胞产物和蛋白质等十几种生物气溶胶。并证实这些污染绝大多数源于空调系统污染和室内湿度失控。不适宜的空调如何导致室内致病、致敏因子增加,空气质量下降,室内产生生物性污染,已成为目前国外 IAQ 问题关注的热点^[23-24]。

研究表明,空调室内温湿度适宜,是病原微生物生存的良好环境,大多致病因子均能以不同的形式形成气溶胶。在全年的空调环境中,过去一些只有在春夏季才能生长良好的微生物会在这样人为的环境中长期存在,由此引起的感染性疾病的季节性减弱了,可能全年均会发生,这在国外已有报道^[25]。特别是人类最常见的疾病——呼吸道感染,可从隐性感染直到威胁生命。呼吸道感染大部分是在室内传播感染的,过去多发生在冬春季,现在空调环境使得呼吸道感染,特别是非流行性肺炎(大多肺炎支原体感染)一年四季均可发生。空调环境为尘螨的生长繁殖提供了理想的条件,现在国外过敏的人群日益趋多,儿童的哮喘发病率一直上升,成为当今重大公共卫生难题。有研究表明,室内尘螨大量长期存在与哮喘危险增加有关。这说明普通空调环境生物性污染因子不是降低了,而是大大增加了。

生物性污染的另一个重要来源是空调通风系统的自身污染。大量文献报道,在空调箱和管道内表面,冷却除湿盘管、冷凝水盘与排水水封、加湿器及其存水容器、受潮空气过滤器表面等处已引起致病菌不断积存和繁殖。一旦条件成熟就会出现微生物污染。微生物繁殖所释放代谢物可分为颗粒和气态污染物^[26]。许多 VOC 就是微生物繁殖的代谢产物^[27]。颗粒物往往是过敏源,诱发呼吸道黏膜刺激、支气管炎和慢性呼吸障碍、过敏性鼻炎和哮喘、过敏性肺炎、呼吸道感染、霉菌毒素中毒等疾病,对此国外相关标准提出了相应对策^[28]。

2 我国室内污染物的变化

我国室内空气质量一直与室内高污染联系在一起,从过去厨房、厕所的污染发展到现在建筑装饰材料污染。大量调研报告表明,目前我国一般场所室内主要污染源是建筑装饰材料^[29]。散发的主要污染物从 20 世纪 80 年代的苯、二甲苯,到 90 年

代的甲醛,因此我国早期研究室内空气质量常以甲醛含量作为室内建筑装饰材料污染评价指标^[29]。比照国外改善室内空气质量的进程,进入 21 世纪主要污染物可能是多组分 VOC 污染,目前已呈现了这种趋势,现在我国许多研究机构与高等学院均加大了这方面的研究,这是非常必要的。

那么今后主要污染物是否也会像国外转向生物性污染?国外对室内生物性污染日益重视,固然出于对其国民呼吸道感染和过敏人群的关注,但对室内生物性污染重视程度远超过我们想象,对此我国一直掉以轻心。反观我国人口稠密、经济发达的东南地区,多雨热湿气候状态是微生物生存与繁殖的良好条件,普通民用空调均只控制温度不控制湿度,闭合的空调环境湿度往往超标,空调机也常常被污染^[30]。可以说合适的空调环境和空调系统污染同样是我国引起室内生物性污染的主要缘由。其实我国室内生物性污染因子种类之多、浓度之高已经令人担忧,呼吸道感染状态更不容乐观,过敏人群低龄化、扩大化,潜在风险很大,只不过目前被建筑装饰材料污染所掩盖。

目前我国某些特殊场合,如高档宾馆、总裁办公室、医院高级病房与政府高官办公室等,由于选用高级低污染的装饰材料,甚至全套从国外进口,其污染散发量很小,或者说 VOC 已不再成为这些场所室内空气质量的主要污染物。当然这些价高、低挥发性有机物的室内装修材料目前远未惠及普通百姓,但这些建材已经走向了市场^[31]。相信随着技术进步、生产的规模化,价格必定趋向合理,会被更多场所采用。在不远的将来我国室内污染物种类也一定会发生变化,因此污染控制概念应及时调整。

根据国外发展趋势,可以预测今后生物性污染将会成为我国室内主要污染源,因此我们的研究应该超前一步,将研究重点转向室内生物性污染。这些研究成果不仅可以作为技术储备,而且对改善我国目前室内状况具有非常重大的现实意义。

3 室内生物性污染控制思路

生物性污染是由室内生物污染因子引起的,这些生物污染因子主要来自室内和通风空调系统。

在我国,目前尚未认识到不合适的空调环境和普通空调系统自身污染对室内生物性污染所作的“贡献”,也很少有人涉足大量民用场所 IAQ 空调

污染的系统研究, 尽管标榜可以彻底解决 IAQ 问题的产品很多, 但实质性的有效措施很少。由于室内空气质量问题是由多因素、多途径诱发的, 不可能由单一方法去解决, 需要一个系统工程来解决。例如解决空调系统污染应考虑空调机组、系统设计、空气输送与分布以及室内温湿度控制等因素。

近年来也出现了一些新理念、新的技术措施, 空调系统已从过去提高热湿交换效率转变到控制污染发生源的层面上来, 这是室内空气质量对空调提出的必然要求。目前我国空调系统污染现状令人震惊, 解决空调环境生物污染因子以及空调系统自身的污染已成为改善室内空气质量的关键因素。甚至可以说通风空调的作用首先应是消除其自身的负面影响, 这已是对 IAQ 最大的贡献。在这个前提下提及正面的稀释效应, 也许是对暖通空调专业的嘲讽, 但这是暖通空调专业人士不得不承认的残酷事实。这几年我国也开始重视空调输送管道系统污染问题。卫生部于 2006 年 3 月颁布了《公共场所集中空调通风系统卫生管理办法》《公共场所集中空调通风系统卫生规范》《公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范》《公共场所集中空调通风系统清洗规范》, 建设部也于 2005 年颁布了《空调通风系统运行管理规范》(GB 50365—2005)。

设想一下, 为什么生物与医学领域的无菌环境能够有效控制生物性污染, 而在普通民用环境频频发生问题, 关键何在? 2000 年我国将空调系统中一次积尘、积水诱发的微生物污染定义为二次污染^[32], 在医学生物领域引起高度重视。我国已在生物与医学领域中做了许多工作, 颁布了相应标准——《洁净手术室用空气调节机组》(GB/T 19569—2004)。该标准被广泛用于无菌环境的空调机组; 此外, 在《医院洁净手术部建筑技术规范》(GB 50333—2002)中规定了无菌室内控制要求与采取的措施。国外对普通空调空间与空气处理系统本身污染控制也有相应的标准。最近德国医疗卫生协会、瑞士医疗卫生协会和奥地利卫生、微生物及预防医学会提出的欧洲《医院卫生指南》(草案)中承认, 在许多场合中空调系统已被证实为污染源, 只有将空调系统看作污染源, 才能彻底解决室内生物学污染, 认为这是对传统思路的突破。

谈及消除生物性污染传统思路常会想到采用

消毒措施。但生物医学领域解决室内生物性污染的思路却是强调消除微生物繁殖基础(尘埃与水分), 而非等微生物繁殖后再杀灭它, 认为这是最安全、最有效的。《洁净手术室用空气调节机组》(GB/T 19569—2004)标准并没有规定采用任何消毒灭菌手段解决空调机组二次污染问题, 而是采用一系列措施控制机组内不积尘、不积水, 易清洁、易干燥。《医院洁净手术部建筑技术规范》(GB 50333—2002)对无菌室提出严格的湿度控制, 并要求采用湿度优先控制。以上这些措施就是关键所在。这些控制理念与措施完全可以应用到普通民用场所, 只不过控制要求不同而已。

依据国标《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)规定, 一般室内场所只需控制微生物总数低于 $2\,500\text{ cfu/m}^3$ 。只要通风空调系统不污染, 室内湿度不超标, 采用良好的空调完全可以达到。但要室内可吸入颗粒物质量浓度达到 0.15 mg/m^3 , 单靠通风是不行的, 必须采用性能良好的空气过滤器。因此一般场所的空调机的内部件与空气过滤器只需清水擦洗, 保持干净即可满足要求, 完全没有必要采用化学消毒或抗菌措施。这就是改善 IAQ 的特点。

4 室内生物性污染控制措施

如果从理论上深化, 控制生物性污染的关键是消除微生物滋生条件, 而高湿度又是引起微生物繁殖的主要因素, 因此可以说高湿度就是诱发因子。这样将生物性污染控制归纳为湿度控制的概念, 提出了“余湿是污染物”的理念。对室内来说, 相对湿度控制在 50% 左右是各种微生物生长的最不利环境。因此湿度优先控制理念就是要首先消除余湿。

下一步措施应是如何应用余湿污染的理念来控制生物性污染。

其实改善室内环境最初是温度控制, 与风量无关, 不需要机械通风, 完全可以利用对流换热与辐射换热来解决温度控制。但转入到湿度控制时就不得不送风量, 不得不采用热湿比概念与露点控制, 在当时认为这是巨大的技术进步。为改善室内空气质量, 又经过几代人的努力, 致力寻求最佳的最小新风量。过去只是消除人的生物散发量, 而现在室内的污染物种类越来越多。可以说引入通风从一开始就与消除余湿和其他污染物联系在一起, 这从 ASHRAE 62 标准^[33]对通风的定义就可以看

出。

因此通风的任务就是消除污染(余湿与其他污染物),新风量及送风参数应由这些污染负荷确定,这是改善 IAQ 的前提^[34]。从这一思路出发室内状态可由通风(新风消除污染)与空调(调节温度)分别实现,或者说可由集中新风和室内循环机组两个系统实现。新风不再是原来的传统理念,过去将新风处理到不会干扰室内的状态,即室内焓值点,相对于室内来说是一个独立(independent)系统。现在的理念是要求新风去消除室内余湿污染物,对室内是作贡献(dedicate),处理到更低的焓值,去消除所有湿负荷,而室内空调只是消除余热(末端机组作降温)。新风承担全部湿负荷的理念早在电子厂房等场合已有很多成功的应用实例。由于新风中几乎没有致病菌,深度除湿应在集中新风系统完成,冷凝水不必作太多处理;各室自循环,只作等湿降温处理(干盘管),即使室内有致病菌也不会空调系统中繁殖,各室独立又不会发生交叉感染,因此在生物医学领域中有特殊作用。如果更进一步各室独立机组消除加湿、凝露等一切产生水分的可能,并实现湿度优先控制,这就是无凝水空调末端与系统的概念^[35],现已成功用于高级别手术室和空气途径传染的隔离病房。这些理念也可以借鉴到普通民用场所控制生物性污染,相信这些措施一定会极大地改善 IAQ。

用新风承担湿负荷来改善 IAQ 的理念是美国学者 Gershon Meckler 于 1986 年提出的,称为 DOAS(dedicated outdoor air system)系统。专门处理过的新风相对于室内热湿负荷来说不再是不相干(independent)的而是要去承担(dedicate)义务的。可见将 DOAS 系统翻译为“专用新风系统”比“独立新风系统”更为合适。国外许多学者对它进行了探讨与应用(Coad,1999 年;Mumma,2001 年;Morse,2003 年;Fischer and Bayer,2003 年;Manuel,2003 年;Butler,2004 年)^[35],在改善 IAQ 方面取得了很大的成果^[36]。

对于空调机组自身的污染,要控制生物污染因子,关键是不让微生物繁殖。对此控制是应该做减法还是做加法?所谓做减法是直接消除空调系统的污染源,消除机组内微生物繁殖的条件;而做加法则是不顾及污染源,不考虑微生物能否繁殖,去增加各种所谓新型净化、杀菌措施,来消除空调系

统产生的污染。无论哪种措施总是有其正、负面效应。目前多数厂商常常认为在空气处理机设置杀菌措施越多越好,可提高产品附加值,并未慎重考虑其负面作用,其结果往往事倍功半,甚至弄巧成拙,反而加大生物性污染的隐患^[37]。尽管改善 IAQ 是一件长期的艰巨任务,需要坚持不懈的努力,但目前国内外标准推荐的措施如易清洗(如机组各部件采用可抽取式)、不积水(如将表冷段置于机组正压段,采用亲水涂层,控制湿度)、不积尘(改善过滤,提高负压风管气密性)、提高施工质量,加强保温,避免出现冷凝等经过长期实践考验,十分成熟,可供借鉴。

5 结语

建筑装饰材料污染终究是可以解决的。在我国改善室内空气质量的下一个目标应是控制生物性污染,在不远的将来,生物性污染会取代目前建筑装饰材料污染成为我国室内主要污染源。其实我国室内生物性污染十分严重,目前只不过被建材污染所掩盖,尚未被国人所重视。室内生物性污染主要是由空调系统污染和不合适的空调环境引起的。要勇于承认目前空调通风系统的污染现状,只有将空调系统看作污染源,才能彻底解决室内生物性污染,为此提出“余湿污染”的概念;提出新风的任务就是消除污染,因此新风的量与送风参数应根据这些污染负荷确定。相对于传统空调理论来说新风应承担更大责任。

目前提高 IAQ 的信息量很大,各种新的产品与措施不断涌现,对此必须慎重考虑。控制生物性污染关键在于消除微生物繁殖条件以及湿度优先控制。湿度优先控制理念就是首先消除余湿,它不是传统控制上温度与湿度信号优先处理的概念,而是从系统上优先处理湿度的问题;或者说新风系统完全解决了除湿与加湿问题,末端机组不仅是夏季工况的干盘管,而且冬季工况不加湿,是无凝水机组概念。

目前较为成熟的措施是将生物医学领域中无菌环境控制理念与改善 IAQ 的特点相结合,依据提高 IAQ 的特定要求,开发无污染空调机组,彻底消除系统污染。推荐专用新风系统和无凝水末端机组处理,充分发挥新风效应,并使系统热湿处理解耦。这些安全、有效的措施必将能有效控制室内生物性污染,有利于提高我国室内空气质量。

参考文献:

- [1] Wargocki P. Sensory pollution sources in buildings [J]. *Indoor Air*, 2004, 14 (Suppl 7): 82-91
- [2] 沈晋明. 合理确定通风空调系统新风量[M]// 空调设计 第 1 辑. 长沙: 湖南大学出版社, 1997: 27-33
- [3] Tamblyn R M. Validating a standardized protocol for estimating individuals' exposures to contaminants in mechanically ventilated office buildings [C] // *Proceedings of 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 1993
- [4] Mukesh K, Don S, Richard R. Cool & dry: dual-path approach for a Florida school[J]. *ASHRAE J*, 2003, 45(5)
- [5] Steve D. Applying DX equipment in humid climates [J]. *ASHRAE J*, 2001, 43(3)
- [6] Berbari G J. Fresh air treatment in hot and humid climates[J]. *ASHRAE J*, 1998, 40(10)
- [7] Lewis G H, Joseph L, Reinhold K. Improving humidity control for commercial buildings [J]. *ASHRAE J*, 2000, 42(11)
- [8] Joseph L. Moisture control for buildings [J]. *ASHRAE J*, 2002, 44(2)
- [9] John M. Dehumidification performance of HVAC systems[J]. *ASHRAE J*, 2002, 44(3)
- [10] Don B S, Hugh I H. Dehumidification at part load [J]. *ASHRAE J*, 2004, 46(4)
- [11] Kosar D R, Witte M J, Shirey D B, et al. Dehumidification issues of Standard 62-1989 [J]. *ASHRAE J*, 1998, 40(3)
- [12] Crandall M S, Steber W K. The National Institute for Occupational Safety and Health indoor environmental evaluation experience, part one: building environmental evaluations[J]. *Appl Occup Environ Hyg*, 1996, 11(6): 533-539
- [13] Fanger P O. Introduction of olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors[J]. *Energy and Buildings*, 1988, 12 (11): 1-6
- [14] Fanger P O. Air pollution sources in offices and assembly halls quantified by the olf unit[J]. *Energy and Buildings*, 1988, 12(1)
- [15] Clausen G. Ventilation filters and indoor air quality: a review of research from the International Centre for Indoor Environment and Energy [J]. *Indoor Air*, 2004, 14(Suppl 7): 202-207
- [16] Della W M S. A study of parameters relating to sick building syndrome[C]// *Proceeding of Symposium on Healthy Buildings in the Urban Environment*, 1992: 6-1~6-16
- [17] Peijtersen J, Bluysen P, Kondo H, et al. Air pollution sources in ventilation systems [C]// *Clima 2000*, Sarajevo, 1989: 139-144
- [18] Finke U, Fitzner K. Ventilation and air-conditioning systems—investigation to the odor and possibilities of cleaning [C] // *Proceedings of Indoor Air'93*. Helsinki, 1993
- [19] Klaus F. Effects of air handling and cleanliness of ventilation systems on indoor air quality[EB/OL]. <http://www.tu-berlin.de/fb6/hri/dokumente/publikationen/f74.pdf>, 2000
- [20] Hanssen S O. HVAC—the importance of clean intake section and dry air filter in cold climate[J]. *Indoor Air*, 2004, 14(Suppl 7): 195-201
- [21] Kemp P C, Neumeister K H G, Esposito B, et al. Changes in airborne fungi from the outdoors to indoor air; large HVAC systems in nonproblem buildings in two different climates[J]. *AIHA J*, 2003, 64: 269-275
- [22] Arundel A V, Sterling E M, Biggin J H, et al. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments[J]. *Environ Health Perspect*, 1986, 65(3): 351-361
- [23] Gundermann K O. Spread of microorganisms by air-conditioning systems—especially in hospitals [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1980, 353: 209-217
- [24] David W B. Indoor air quality and HVAC system [M]. Berlin: Lewis Pub, 1993: 12-20
- [25] Dawn G T. Case studies: evaluation of microbiological contamination in a museum [J]. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1999, 14(8): 499-509
- [26] Jeffrey S, Iain W. Deposition of biological aerosols on HVAC heat exchangers [EB/OL]. <http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-47669>, 2001
- [27] Hans S, Henning R. Air filters from HVAC systems as possible source of volatile organic compounds (VOC)—laboratory and field assays [J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33 (28): 4571-4577
- [28] DIN EN 13779: 2005-05 Lüftung von nichtwohngebäuden—allgemeine grundlagen und anforderungen an lüftungs-und klimaanlagen [S]. Berlin: Beuth-Verlag, 2005
- [29] 沈晋明, 毛继传, 孙光前. 上海办公大楼空气质量客观评价[J]. *通风除尘*, 1995, 14(4): 14-17
- [30] 邵开建, 张屹, 赵锐, 等. 公共场所空调通风系统微生物污染现状调查[J]. *中国环境卫生*, 2004, 7(3/4): 142-143

(下转第 60 页)

河北省《居住建筑节能设计标准》简介

河北建筑设计研究院有限责任公司 方国昌[☆]

Brief introduction to Hebei Province Design Standard for Energy Efficiency of Residential Buildings

By Fang Guochang[★]

★ Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, China

河北省《居住建筑节能设计标准》(DB13(J) 63—2007)已于 2007 年 5 月 1 日起在河北省正式实施。该标准以在河北省实施第三步居住建筑节能标准为目标(节能 65%),从河北省的地理及技术经济特点出发,借鉴省内外已有的经验和成果,增强标准的可操作性和实效性,为供暖热计量提供技术支持,调动居住者行为节能的积极性,从而推动建筑节能工作的持续发展。

该标准的主要特点是:1) 根据河北省地域、地势和 1991—2000 年的气象资料,把全省分为三个气候分区,给出新统计归纳的各地区(市)的室外气象参数。各地区(市)的供暖室外计算温度均有提高,如对石家庄市给出的供暖室外计算温度为 -4.8°C ,比原来提高了 3.2°C 。2) 根据统计归纳的气象参数给出了第三步节能的建筑耗热量和供暖耗煤量指标,以此作为衡量居住建筑是否节能的性能化指标。3) 对建筑热工设计进一步具体化,并提出严格要求,如提出对不同气候分区、不同层数建筑的体形系数要求,参照《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)提出了水平面的窗墙比和各项外围护结构传热系数限值,特别提出比外墙更低的山墙传热系数限值,给出分户间墙和楼板的传热系数限值。

通过这些加强内外围护结构热工性能的措施,缩小了不同位置住户之间供暖耗热量的差别,减少热费计算中的修正和分摊,即降低基本热价在总热价中的比例,从而更能体现各住户在供暖费用上的公平与合理性,有助于推行热计量收费,促进居住者行为节能。4) 在热源热网方面进一步提出选择原则、最低额定效率、耗电输热比等技术要求;提出了热网水力平衡要求、选择水力平衡阀的原则;提出进一步加强供暖管道保温技术措施,使供热管网热损失下降至 5% 以下。5) 把选择水源热泵作为冷热源的同时要求保护水资源和热水供应系统节能(利用余热、地热和太阳能)列入该标准。6) 在节能第二阶段(节能 50%)河北省节能设计规程的基础上,该标准给出了一些技术比较成熟、切合河北省实际的参考技术措施(围护结构做法、供暖管道保温做法等),控制因节能增加的造价在可接受的经济指标范围内(土建造价的 5% 以下)。

☆ 方国昌,男,1946 年 1 月生,大学,教授级高级工程师,总工程师
050011 河北省石家庄市建设南大街 32 号河北建筑设计研究院有限责任公司
(0311) 86046907
收稿日期:2007-05-17

(上接第 39 页)

- [31] 甘红川,甘钺. 绿色建材:现代建筑的主导产品[J]. 建筑产品与应用,2001(6): 8-14
- [32] 沈晋明,许钟麟. 空调系统的二次污染与细菌控制[J]. 暖通空调,2002,32(5):30-33
- [33] ANSI/ASHRAE Standard 62.1—2004 Ventilation for acceptable indoor air quality[S]. Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc
- [34] 李芃,沈晋明. 用于改善室内空气品质的新风预处理

概念与系统形式[C]//第 5 届海峡两岸制冷空调技术交流会论文集,上海,2001:157-160

- [35] 沈晋明. 多用途隔离病房和无凝水空调技术[J]. 建筑热能通风空调,2005, 24(3): 22-26
- [36] Stanley A M. Preconditioning dedicated OA for improved IAQ—part1[EB/OL]. <http://www.doas-radiant.psu.edu/papers.html>, 2001
- [37] 沈晋明. 医用空气处理机组与空调系统[J]. 流体机械,2005,33(增刊):257-261