

标准规范

国际标准《建筑环境设计—室内空气质量—人居环境室内空气质量的表述方法》附录简介

同济大学 沈晋明[☆] 饶松涛 马晓琼

摘要 简要介绍了该标准的附录,以及它所提供的相关研究成果与控制对策的信息。

关键词 室内空气质量 建筑环境设计 污染物 控制措施

Synopsis of some annexes of ISO/DIS 16814: *Building environment design—indoor air quality—methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy*

By Shen Jinming[☆], Rao Songtao and Ma Xiaojiong

Abstract Briefly presents six annexes of the standard and presents the information of relevant research and control measures.

Keywords indoor air quality, building environment design, pollutant, control measure

★ Tongji University, Shanghai, China

①

0 引言

国际标准化组织 TC205 技术委员会编制的《建筑环境设计—室内空气质量—人居环境室内空气质量的表述方法》(ISO/DIS 16814)^[1] (Building environment design—indoor air quality—methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy)笔者已作过简介^[2]。该标准共有 7 个附录,分别为:A 室内污染的来源和控制手段,B 室内空气质量表述方法,C 世界卫生组织空气质量指南,D 建筑材料的挥发物,E 空气净化设备,F 暖通空调设备视为污染源,G 通风有效性。

该标准附录为非正式条文,提供的信息量十分丰富,本文对该标准的附录进行综述,其中附录 B 室内空气质量表述方法将另文介绍。

1 室内污染物来源及控制手段

建筑环境设计要满足可接受的室内空气质量

(IAQ)要求,应特别注意室内污染物来源并采取适当的控制手段。在建筑物内有很多污染源,并且不断释放出成百上千种不同的低浓度化学污染物。建筑物内的污染源包括人员及其活动,建筑材料以及家具、地毯、清洁化学剂等都会对空气造成严重污染,有些材料污染重些,有些材料污染轻些,均对 IAQ 不利。

1.1 室内污染物来源

该标准将污染定义为从人员、建筑材料或室内空气污染物释放过程(活动)中产生的对空气的污染,污染源对室内空气产生的污染负荷可分为化学

☆ 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 号同济大学机械工程学院
(021) 65988388
E-mail: jinming_shen@163.com
收稿日期:2007-10-15

污染负荷和感知污染负荷。

化学污染负荷是指污染源散发出某一化学物质的量,用污染源强度表示,单位为 $\mu\text{g/s}$ 或 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。室内空气中某一化学物质的化学污染量可由污染源强度叠加来估算。建筑材料的挥发物指标可参见该标准附录 D。

尽管很多污染物的散发量已知,研究人员也开始建立数据库,但是有些时候还是不能完全适用于建筑材料和设备,有时也不能作为室内空气中化学污染物的污染源强度来计算。但是在某些情况下,如怀疑某一化学物质可能有毒时,估算这一化学物质的污染量是可行的。即使没有完整的资料,也可以将一些控制污染物散发的综合措施作为材料与设备的选用准则。

感知污染负荷是由影响感受到的空气质量的某些污染源引起的,通常用 Olf 表示。以往的研究表明,感觉量可以叠加(人员与建筑),叠加量的限制没有明确的定义,但可以获得不同年龄层和活动量的人员及不同污染源强度建筑(包括材料、家具和设施)的感知污染负荷。

室内污染也可来自于室外污染,室外污染物可分为粒子和气体。

粒子的大小通常用空气动力学粒径表示,大气中的粒子可以小到 $0.01 \mu\text{m}$,也可以大到树叶或昆虫的尺度。对大气颗粒物的研究表明,它们的粒径分布常表现为双态,即颗粒物由两部分组成,一部分细小而一部分粗大。粗颗粒粒径较大,约 $2.5 \mu\text{m}$,是由风化、磨蚀、动植物散发、火山喷发等形成的自然粉尘;细微粒粒径小于 $2.5 \mu\text{m}$,主要由人的活动以及燃烧产物、汽车排放物或其他工业过程产生。大气尘粒径分布和浓度变化的范围很大,还取决于地点、季节、时间等多种因素。

大气尘由无生命粒子、活性粒子和非活性的生物粒子组成。大多数的过敏原含有蛋白质(来自动物皮毛、花粉、螨等)。所有的蛋白质性质不同,但大小相近,以相同的生物机理产生反应。理论上已证实蛋白质污染物可以加剧过敏反应,过敏原通常都附着在较大的颗粒物上。

污染气体(如 SO_2 , O_3 , Rn, NO, CO 和 VOC 等)是由工业、汽车、供热设施和发电厂等产生并排放到大气中。

1.2 建筑物内污染源

1.2.1 建筑、材料和设施

建筑及其所用材料和设施存在各种污染源,这些污染不仅存在于新建建筑中,在使用、改建或清洗时也会产生。

污染源包括:

- 1) 建筑结构和材料(参见该标准的附录 D);
- 2) 家具和软性陈设;
- 3) 建筑配套设施,如空气过滤器、管道,以及积灰或气味源;
- 4) 计算机、复印机等设备。

1.2.2 人员和工作过程

建筑中人员及其工作(活动)过程也是污染源的组成部分,包括:

- 1) 人员散发的气味(体味、化妆品味)及脱落的皮屑;
- 2) 饮食、饮料,吸烟和补妆;
- 3) 印刷、复印,其他设备的使用,纸张储存和清洗;
- 4) 其他工作过程,如燃烧、化学反应等;
- 5) 生物媒介,如真菌孢子、细菌、病毒和传染媒介。

1.2.3 外部环境

外部环境包括空气、土壤和水。例如,拥挤的交通、工业过程、采矿业、受污染的土地或过敏原等都能对 IAQ 产生很大的影响。室外空气的可接受程度可依据世界卫生组织(WHO)标准的规定(参见该标准的附录 C)确定,许多国家及地方当局也对室外空气作了限定,必要时设计者应考虑这些规定设定空气清洁程度。

该标准假设室外大气对人是健康、舒适的(为了通风稀释),如果室外空气是不可接受的,就需要进行预处理,否则 IAQ 也不可能达到可接受水平。

1.3 污染控制方法

1.3.1 现有的控制方法

减少室内污染物的方法有很多,通风是最为方便的方法,因为可以同时处理室内多个污染源,但是通风并不总是最好的控制方法。选择合适的方法要考虑多个因素,包括污染物自身的特性、污染源的特点、污染对人员的影响以及实用性与经济性(初投资和运行费用),可见对污染物及其控制方法的认识影响控制策略的实施和控制方法的选择。

控制污染源与采取通风稀释措施可以避免建

筑物内人员暴露在污染气溶胶下,或减少暴露的概率。

控制污染源与通风稀释的措施很多,这些措施一般可以同时使用,有时几种方法相互结合是必要的,不管用什么方法,充分的通风是必须的。

1.3.2 污染源控制

该标准对建筑材料挥发物的主要控制策略是源头控制。附录 D 中给出了室内建筑材料挥发物测试方法,低挥发物产品的标识和认证大纲,以及基于各国研究成果建立的建筑材料和产品 VOC 散发物的数据库。附录 D 也推荐了一些低污染的材料。

污染源头控制一般有如下方法。

1.3.2.1 消除污染源

消除污染源就是要将污染源头从建筑物中消除,即将源头材料或活动移到其他地方或者禁止某些活动(如吸烟,使用修正液)等等。在某些情况下,饮食也会带来污染而被禁止。

1.3.2.2 替代

如果源头物是建筑所必需的,就要考虑寻找污染物散发量少的材料或设备替代,以下几种方法都可以考虑:

1) 对于基础设施,应选用低污染物散发量的材料、设施、建筑配套等;

2) 对于新建建筑,设计时应减少不可接受的气味并尽量做到经济实用;

3) 采用通风或空调系统来减少污染源也很重要,这包括控制进风口处的室外污染源(参见该标准的附录 F);

4) 定期清洁,对系统和设施进行维护对减少气味很重要。

1.3.2.3 改进措施

如果污染源本身就是一个高浓度污染散发体,有时也可以对其加以改进,以减少散发量。例如,室内材料污染物的散发量会随时间、温度、湿度变化,在人员进入前,安装好建筑物中的设施(通风设施),通过大风量通风可以降低污染物散发量。

从原理上,提高建筑温度会使效果增强,这称为烘干(bake-out)效应。但实际上,这样就很难避免污染物的吸附作用和重新散发,也无法防止高温对建筑物的损坏。

1.3.2.4 隔离

隔离就是使人员与污染源分离,例如在办公室里,贮存纸张的地方要与办公区分开,或者为复印机和打印机专门安排一间房间,指定专用吸烟室。这些区域应对发散源进行专门的通风和气密,也可以设置额外的通风措施。隔离并不完全依靠实体屏障,也可以通过增加污染源与人员的距离或者使用空气幕来实现。

1.3.2.5 局部通风

局部通风要靠近污染源,如在使用复印机或某些区域的附近,这样可以减少整个建筑的总通风量,空气幕有时也可以提高通风效率。

1.3.2.6 局部空气净化

局部空气净化(颗粒或气体过滤)可以去除局部区域产生的污染物(参见该标准的附录 E)。

2 通风稀释

通风稀释有以下几项措施

1) 提高通风有效性(选择系统类型,使用混掺通风或者置换通风);

2) 使用合理的全面通风;

3) 使用合适的空气净化手段;

4) 提供个人防护。

2.1 总通风量

通风的主要目的是降低建筑物内的污染物浓度,通常的策略是引入合适的室外空气(新风)来稀释建筑物内的污染物。原理很简单,先确定典型的污染物,确定其对人体的影响及其允许浓度、建筑物内污染源发生量和目标浓度,再计算所需的新风量。但是遇到实际情况时,设计者往往很难掌握所有的参数,有时需要估算或假设,而对于某些生物媒介,稀释通风往往不一定是合适的控制措施。

2.2 通风有效性

整个通风区域的空气质量并非完全相同,而人们最关心的是呼吸区的空气质量,室内空气质量的不均一性会对通风效果产生影响,为此引入通风有效性的概念(参见该标准的附录 G)。

通风有效性定义为

$$\varepsilon_v = \frac{C_e - C_a}{C_i - C_a} \quad (1)$$

式中 ε_v 为通风有效性; C_e 为排风中的污染物浓度; C_a 为送风中的污染物浓度; C_i 为呼吸区的污染物浓度。

通风有效性取决于气流组织分布和房间中污染源的位置,所以污染物不同, ϵ_v 值也不同,如果污染物与空气完全混掺,则 $\epsilon_v=1$;如果呼吸区的空气质量优于排风, $\epsilon_v>1$,可以降低送风量,而呼吸区空气质量仍会令人满意;如果呼吸区的空气质量劣于排风, $\epsilon_v<1$,这时需要增大通风量。

通风有效性是空气末端装置及污染源位置和性能的函数,可以通过数值模拟或实验测试计算,不同原理通风的有效性不同。

为了估算通风有效性,通常将房间划分成两个区域,一个是送风区,另一个是室内其他区域。混掺通风时,送风区一般在呼吸区上部。如混掺通风很有效,可使两区合为一体,以达到最佳效果。置换通风时,一个是送风区,正是人员所在区域,另一个是上部排风区,两区混掺最少的状态为最佳。附录 G 列出了不同通风方式下呼吸区通风有效性 ϵ_v 值。这些 ϵ_v 值只考虑气流分布和送风温度的影响,而没考虑房间内污染源的位置,即假设室内污染源均匀分布在通风房间里。如果一个置换通风系统的通风有效性未知,那么就假设 ϵ_v 为 1。

该标准也介绍了美国 ASHRAE 62 标准^[4]的系统通风效率 E_v 和区域气流组织有效性 E_r 等概念,给出了该标准的通风有效性的一些默认值。

3 空气净化

该标准的附录 E 对空气净化及其设备工作原理、分类与作用作了介绍(见图 1)。

对新风或循环风过滤可以减少室内空气中的污染物,将过滤、除去污染物后的空气分布到室内人员周围,是污染控制最基本的技术手段。循环风与新风可以分别过滤,也可以混合后净化。排风口与新风引入口的位置应保证不让新风带入排风中的污染物,这样才不会影响 IAQ,但如果会对排风口处的室外环境产生负面影响,排风就有必要净化。

该标准认为空气过滤是将通风系统内不良污染物从高浓度降低至可接受水平的必要手段,研究表明送风系统必须过滤空气,只要正确安装了空气过滤器并经常更换,就有利于 IAQ 的改善。因为良好的空气过滤可以:1) 保护系统清洁,免受沉积污染物污染,以保持设计的风量、温度和湿度。保证清洁的系统按设计风量运行,带走人体、建筑材料和设施产生的室内污染物;2) 保持设备效率,保

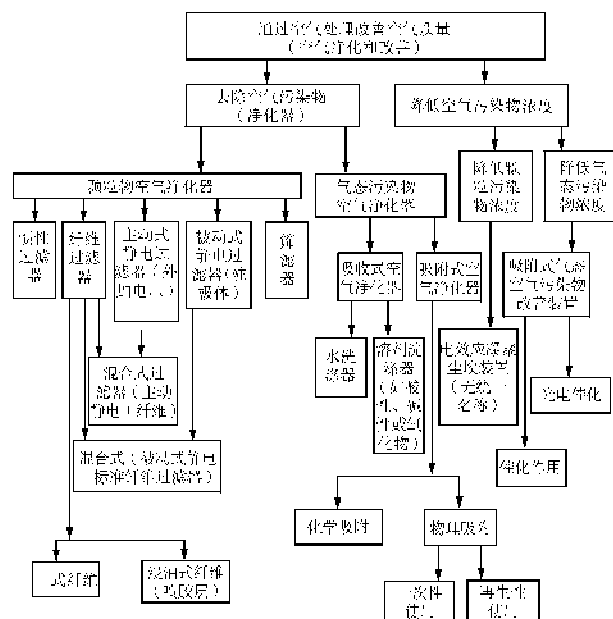


图 1 空气净化设备工作原理、作用与类型

持风机、供热及制冷设备正常工作;3) 防止微生物体进入系统,定植和滋生;4) 将气流中室内外污染物浓度降至可接受水平,使室外污染物在进入系统前更容易去除。

3.1 空气过滤器类型与作用

目前各种类型空气过滤器完全可以满足这些净化要求。空气净化有两种方式,颗粒过滤和气体净化。根据原理、用途的不同,过滤器可分为很多种类(见图 1),有些只能过滤掉颗粒物,有些则可以降低气态污染物浓度,包括气味。市场上的颗粒空气过滤器种类繁多,颗粒净化技术成熟,规格标准明确,有助于去除气态污染物的物理吸附(可逆过程)和化学吸附(不可逆过程)的过滤器,如活性炭过滤器、高锰酸钾浸润介质以及光催化过滤器等。商用气态过滤器还没有明确的通用规格和标准。去除某种污染物应依据专用测试或标定方法进行评估,每种方法在确认前应经过严格的评定。气态过滤器设计必须符合一般通风系统用过滤器高流量和低压力损失的要求。

目前空气过滤器标准有两大系列,欧洲的 EN779^[4]和美国的 ASHRAE52.2^[5]。HVAC 用空气过滤器主要有两类:粗效过滤器(coarse filter)和中效过滤器。不同标准对空气过滤器的最低效率有不同的推荐值。粗效过滤器按 EN779

分为 G1~G4 级,按 ASHRAE52.2 分为 MERV1~MERV8 级;中效过滤器按 EN779 标准分为 F5~F9 级,按 ASHRAE52.2 分为 MERV9~MERV16 级。尽管该标准附录 E 也涉及了高效空气过滤器 HEPA 和超低穿透率空气过滤器 ULPA,但它们在一般通风空调系统中很少用。

3.2 空气过滤要求与设置

为了保证 IAQ,该标准提出了空气过滤设计要求:

1) 根据 EUROVENT REC 06 Recommendation^[6]的规定,送风需经过两级过滤(预过滤和过滤)。第一级过滤位于新风引入口,过滤器级别至少 F5 级(MERV9),F7 级更好(MERV13),用于保护空调系统,作为第二级过滤的预过滤和保护。第二级过滤器级别至少 F7 级(MERV13),F9 级更好(MERV16),用于有效去除活动区(人所在区域)的空气污染物。只有一级过滤时使用不低于 F7 级(MERV13)的过滤器,才能保证二级过滤效率不会降低到限定值以下,新风和回风可以用相同的方式处理。可见该标准大大提高了空调系统对空气过滤的要求。

目前国外对污染地区去除送风中气态污染物的要求提高了,欧洲标准 EN 13779^[7]建议在 IAQ 有要求的场所,从污染的室外环境引入新风时应使用气态过滤器。由于颗粒物也会产生挥发性有机物 VOC,为了有效去除污染物,在市区的通风系统中可以使用气态过滤器,但必须用 F7 级(MERV13)中效过滤器保护。

2) 厨房排风第一级应为除油脂的特殊过滤器,这种过滤器应便于更换和清洗。

3) 空气过滤器不应该安装在风机出口或风速不均匀处。

4) 在选择过滤器时,除了效率(过滤器级别)外还应关注初阻力、制造商推荐的终阻力(见 EN 13052^[11])和容尘量。

5) 新风引入口应避免将雨雪带入过滤器或靠近局部污染源(排风口)处。

6) 过滤器效率的设定应能在空调器运行期间保证室内达到要求的清洁程度(即同时考虑过滤器工作状态和压降变化)。

7) 应考虑到更换过滤器的可能性(系统尺寸、风机、过滤器和允许通道等)。

该标准要求业主在维护过滤器时应注意:

1) 当过滤器压降达到终阻力规定值或过滤器的使用达不到卫生要求时,就需要更换过滤器。应对任何过滤器的安装与运行进行监视。

2) 为了达到卫生要求,在秋季(发生花粉和孢子的主要期)应当更换过滤器。如果要求再严格些,春季供暖期过后为消除有气味的燃烧产物,也应更换过滤器。

3) 过滤器的更换要十分谨慎,更换人员须采取一些个人防护措施,以防不洁物的逃逸和新过滤器受到污染。

空气过滤器污染物累积可能是微生物滋长的一个隐患,也会增大系统运行期间污染物再散发的风险。微生物在过滤器中的滋生现象一直存在,但正确的设计、安装和维护能将危险降到最低。为了控制微生物的滋生,各季节通风系统过滤器处的相对湿度应不超过 75%~90%,过滤器应尽量保持干燥,当室外有雾时过滤器会变湿,高效率过滤器能过滤带水颗粒物。这些物质渗入过滤器产生的副作用包括微生物滋生,产生异味和腐蚀,湿气渗入空气处理系统,甚至某些情况下过滤器结冰等,随着送风系统使用全新风的趋势增加,这些副作用会加剧。空气过滤器渗漏会极大地降低过滤效率,因此欧洲标准 EN1886^[8]对气密性和旁通渗漏的要求十分重要。

该标准还强调寿命周期分析是减少费用和过滤器影响环境的一种重要方法,在欧洲此方法广泛用于计算寿命周期费用 LCC(life cycle cost)。通风空调系统能耗一般占建筑总能耗的份额最大,而过滤器的压力损失又是通风系统的主要压力损失,因此越来越多的用户要求在购买空气过滤系统设备及其部件时进行 LCC 计算。目前已经颁布了整个寿命周期内计算空气过滤器费用的使用标准^[9]。

4 控制 HVAC 设备散发的污染

该标准认为只有将 HVAC 设备视作污染源,才能保证 HVAC 设备的正确设计、安装和运行,才能创造良好的 IAQ。完全改变了过去只是将 HVAC 设备视为双刃剑的观念。通风系统中的主要污染源和种类与污染水平其实取决于在建造、使用和维护中采用什么标准,高标准势必要求采用低污染设备、部件与材料。为此该标准特别将“HVAC

设备视作污染源”作为一个独立附录 F,并提出了以下措施来抑制 HVAC 系统产生的污染,包括气味、颗粒物和微生物污染。定期清洁和更换部件很关键,而非清洗、消毒系统,应与运行维护人员进行良好的沟通和交流。

4.1 新风入口

新风入口位置的选定对确定最佳进风条件起关键作用,应尽量远离污染源(如汽车尾气、排风、燃烧装置排出的烟气和冷却塔排水等),目的在于使新风口位置满足以下要求:

1) 污染源产生的污染物不会使引入的新风质量低于本地室外空气质量,否则要对引入新风进行处理以达到要求;

2) 不会因风效应、邻近建筑物及其他因素使新风量低于最低要求。

EN 13779 附录 A. 2. 4^[7]及 ASHRAE62^[8]都有相关示例。

4.2 空气处理机组及其部件

欧洲标准 EUROVENT Recommendation 14^[10]和 EN 13053^[11]给出了空气处理机组的卫生要求和标准。

近期研究显示,新装过滤器产生气味主要是由其制造时使用的材料所引起的。

当需要安装加湿器时,应采用制造商按卫生要求制造的加湿器和使用干净水源;在不使用时加湿器应保持空态和干燥,并定期清洗,使用时加湿器不应 IAQ 产生负面影响。

冷却盘管不允许有凝水或污水滞留在肋片或集水盘上。水封存水弯在冬季不应排空,否则气味会倒灌。

以上理念与相应的对策我国首先在医用空调中采用,取得了良好的效果^[12]。

4.3 管道

新制作管道中的残留油是感知的主要污染气味源,尽管油层很薄又难觉察到,但这类表面物质能散发出气味并使人感到不适,该标准推荐值为 50 mg/m² 左右。另外有些管道上的防渗漏剂和橡胶材料也会产生气味。

系统中平衡阀对 IAQ 有很大影响,在设计过程中,应在所有通向房间的主管道上正确安装阀门。在管道清洗和维修后应对系统进行再平衡。施工期间管道要妥善保管并两端密封,避免积聚灰

尘和垃圾碎片,以降低卫生隐患,长久保持清洁以便正常使用。ENV 12097^[12]为有清洗等维护需求的管路系统提供了设计指南。

4.4 冷却塔

为防止冷却塔水环路中产生军团菌,水处理系统应当使用杀微生物剂,以防止腐蚀或结垢,飘尘消除器和换热表面应定期清洗。

5 结论

该标准的附录主要涉及建筑环境设计如何达到可接受的室内空气质量(IAQ)的相关内容,首先综述了“室内污染的来源和控制手段”(附录 A),解释了“室内空气质量表述方法”(附录 B),对污染源进行定性描述并转载了“世界卫生组织空气质量指南”(附录 C)中对暴露阈值的定量控制,认为应依据室外空气质量来确定对引入新风的净化方法,并提出对“建筑材料的挥发物”进行测量与认证(附录 D),要求对 VOC 挥发物进行标示,这将对建筑材料的发展起到很重要的作用。另外根据污染控制手段定义和区分了“空气净化设备”工作原理与类型(附录 E),提高了暖通空调系统净化要求。附录 F 就“暖通空调设备视为污染源”提出了相应的对策,美国医务界最先认识到暖通空调设备为手术室污染源之一^[14],将暖通空调设备确认为污染源的是由德国医疗卫生协会(DGKH)、瑞士医疗卫生协会(SGSH)和奥地利卫生、微生物及预防医学会(ÖGHMP)起草的《医院暖通空调设计与运行指南(草案)》^[15],现在连 IAQ 标准也将暖通空调设备视为污染源,不能不说是认识上的突破。最后介绍了通风系统的“通风有效性”(附录 G),强调送风形式与室内空气分布对 IAQ 的重要性,形成了一个完整的控制体系,有利于对标准条文的理解。

由于该标准引用了现有的各国标准和指南作为参考,因此附录提供的信息特别重要。该标准附录的信息量很大,只有充分了解了附录才能对标准有更深刻的理解,才能将良好室内空气质量的目标融入到整个设计、施工与维护过程中,从而达到将建筑物内空气污染物控制在不会危害人体健康而且不会影响大多数人的舒适感的目标。该标准及其附录提供的控制思路与设计规程将会对我国建筑设计产生很大影响。

参考文献:

- [1] ISO/TC 205. ISO/DIS 16814 Building environment design—indoor air quality—methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy[S]. Geneva, Switzerland, 2005
- [2] 沈晋明, 俞卫刚. 国际标准《建筑环境设计—室内空气质量—人居环境室内空气质量的表述方法》简介[J]. 暖通空调, 2007, 37(11): 53-59
- [3] ASHRAE. ASHRAE Standard 62.1 Ventilation for acceptable indoor air quality[S]. Atlanta, Georgia, USA, ASHRAE, 2004
- [4] European Commission. EN 779: 2002 Particulate air filters for general ventilation—determination of the filtration performance[S]. Luxembourg: European Commission, 2002
- [5] ASHRAE. ASHRAE Standard 52.2-2000 Method of testing general ventilation air cleaning devices for removal efficiency by particle size[S]. Atlanta, Georgia, USA, 2000
- [6] EUROVENT/CECOMAF. EUROVENT REC 06 Recommendation, 1999 Air filters for better indoor air quality[S]. Brussels: EUROVENT/CECOMAF, 1999
- [7] European Commission. EN 13779 Ventilation for non-residential buildings—performance requirements for ventilation and room-conditioning systems[S]. Luxembourg: European Commission, 2004
- [8] European Commission. EN 1886 Ventilation for buildings—air handling units—mechanical performance[S]. Luxembourg: European Commission, 2000
- [9] EUROVENT/CECOMAF. EUROVENT 4/10 Recommendation—in situ fractional efficiency determination of general ventilation filters[S]. Paris: EUROVENT/CECOMAF, 1996
- [10] EUROVENT/CECOMAF. EUROVENT Recommendation 14 Concerning hygiene aspects of air handling units[S]. Brussels: EUROVENT/CECOMAF, 2000
- [11] European Commission. EN 13053 Ventilation for buildings—air handling units—ratings and performance for components and sections[S]. Luxembourg: European Commission, 2006
- [12] European Commission. ENV 12097 Ventilation for buildings—requirements for ductwork components to facilitate maintenance of ductwork systems[S]. Luxembourg: European Commission, 2006
- [13] 中国卫生经济学会医疗卫生建筑专业委员会. GB 50333—2002 医院洁净手术部建筑技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2002
- [14] 沈晋明. 美国的医院标准和手术室设计[J]. 暖通空调, 2000, 30(3): 21-24
- [15] DGKH, SGSH, ÖGHMP. Guidelines (draft): Designing and operating heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) in hospitals[J]. Hyg Med, 2002, 27(3): 114-120

• 简讯 •

美国普度大学陈清焰教授被天津大学聘为长江特聘讲座教授

在最新一批公布的国家 2007 年度长江学者选聘名单中, 美国普度大学的陈清焰教授被天津大学建筑环境与设备系聘为长江特聘讲座教授, 这必将促进天津大学暖通专业的学术发展。在任期内, 陈老师将在天津大学指导博士和硕士研究生, 并已经开始与天津大学的研究人员合作申请和完成相关的科研项目。

陈清焰教授现任美国普渡大学教授, 建筑环境领域国际期刊《Building and Environment》主编。陈老师早年在荷兰代尔夫特技术大学获得机械工程博士学位, 曾在美国麻省理工学院任教, 一直致力于建筑环境专业热流体方向的研究。在室内环境、可持续建筑、湍流和传热的基础

研究及其在暖通领域的应用方面有着极高的学术造诣。研究成果包括: 1) 将计算流体力学模型及建筑能耗计算模型相结合, 用于建筑环境研究; 理论上证明计算流体力学程序和能源程序相结合后有唯一解; 2) 开发计算流体力学大涡模拟中的滤波动力亚格子模型; 另外提出零方程模型有效缩短计算时间, 成功应用于大型商业软件 Fluent; 3) 反计算寻源生物化学有害物及传染性病原, 利用单一测点数据反推出污染源位置、强度和释放时间; 4) 推出快速计算流体力学, 在国际上第一次对建筑室内空气流动作实时模拟。

(本刊特约通讯员 刘俊杰)