



空调节能技术和措施的 辨识(1):“26℃空调 节能行动”的误解

湖南大学 殷平[☆]

摘要 认为由民间组织倡导、由政府下文执行的“公共建筑夏季室内空调温度设置不得低于26℃”的规定收效甚微。指出影响人体舒适感的主要因素是:人体活动的代谢率、服装的隔热值、空气温度、辐射温度、风速和相对湿度,因此不分场合地规定“公共建筑夏季室内空调温度设置不得低于26℃”有过于简单化之弊,其后果将导致部分空调建筑内人体的不舒适。分析了不同温湿度对集中空调系统能耗的影响,结果表明,与其提高室内的干球温度,不如降低房间的相对湿度,在节能的同时,能获得更佳的人体舒适感和室内空气质量。

关键词 节能 26℃空调节能行动 问题分析

Identification of air conditioning energy conservation technologies and measures(1): misconceive of “26℃ air conditioning energy conservation motion”

By Yin Ping[★]

Abstract Considers that the stipulation that “Indoor air conditioning temperature establishment should not be lower than 26℃ in public buildings in summer” initiated by some non-governmental organizations and set by the government document has merely a little effect. Points out that the primary factors influencing human body's comfort are human body activity metabolism rate, heat insulation value of clothing, air temperature, radiation temperature, air velocity and humidity. Therefore it seems risk over simplification regulating the indoor air temperature limit of 26℃ regardless of locations and would cause discomfort in some air conditioned buildings. Analyses the influence of different temperatures and humidities on energy consumption of the central air conditioning systems. The result shows that it is more preferable to decrease the indoor relative humidity than raise the indoor dry bulb temperature limit, in order to obtain better human body comfort and indoor air quality at the same time of saving energy.

Keywords energy conservation, 26℃ air conditioning energy conservation motion, problem analysis

★ Hunan University, Changsha, China

①

0 引言

节能,包括空调节能的意义和重要性已无需再阐述,上至中央,下到地方,从中央领导人到普通老百姓可谓是人尽皆知,个个明白。正如国家发改委副主任谢振华所说:“我国电力供需紧张是众所周知的,尤其是迎峰度夏期间,大量使用空调形成用电负荷高峰,使这一矛盾更加突出。我国不少城市夏季用电高峰负荷的1/3以上是空调用电负荷,有

的城市达到40%。冬季负荷高峰中,空调也扮演了重要角色”^[1]。空调节能已成为我国节能中的重中之重,最近十几年来,各种与空调节能相关的法

①☆ 殷平,男,1944年3月生,大学,教授
410012 湖南省长沙市岳麓山湖南大学
(0) 13902250756
E-mail: pingyin@vip.sina.com
收稿日期:2008-12-22

规、标准、通知相继出台,部分空调节能措施、技术和设备在一些空调建筑中得以实施,被媒体或自己冠以“高科技节能”的空调建筑频频出现。可是令人遗憾的是,无论是政府报告、媒体报道,还是专业论文,均没有用具体数据说明我国空调实施多年的各种节能技术和措施究竟取得了什么样的效果,空调能耗究竟下降了多少?导致这一现状的原因很多,其中不合理的空调节能规定和措施,对部分空调技术或设备的节能效果的人为拔高,国际上一些先进的空调节能技术和系统在我国推广过程中的失误,以及对部分名不副实的“空调节能”建筑的虚假宣传,凡此种种都极大地影响到我国空调节能工作的有效进行。作为非专业人士对空调节能措施和技术的误解、厂家为了既得利益所进行的商业宣传是可以理解的,但是作为空调专业人士如果人云亦云,甚至以讹传讹误导政府官员、房地产商和普通老百姓就大不应该了。时至今日,很有必要在专业杂志中对目前国内实施的若干空调节能措施、推广的若干空调节能技术、部分被誉为“高科技节能”的空调建筑进行全面的分析、辨识。笔者先前撰写的两篇文章已经对国内“公认的节能技术”——“干盘管”进行了分析,指出目前国内流行的“干盘管”不是一种节能产品,采用“干盘管”作为显冷设备的温度湿度独立控制系统也不节能^[2-3]。在诸多空调节能措施中,关于严格执行公共建筑空调温度控制标准,由于是以国务院通知的形式下达的^[4-5],因此格外引人注目。

为了贯彻国务院通知的精神,各级政府职能部门除了执行国务院办公厅的通知精神外,部分省市根据此通知的精神进一步制订了具体的控制标准,北京、上海等地政府还对夏季室温低于 26℃ 的公共建筑进行媒体曝光。“26℃ 空调节能行动”成了具有中国特色的全民行动。

笔者 2007 年 3 月在中国建筑节能论坛上指出,“26℃ 空调节能行动”是一种极不科学的口号,它不是一种合理的空调节能措施,希望引起政府有关部门和各行各业的重视^[6]。由于国内空调能耗一直居高不下,而国内大部分空调建筑的夏季室内温度偏低,冬季偏高,设置不尽合理,所以国家政府部门从管理者角度出发,提出严格控制室内空调温度的要求,其初衷是使全民认识节能减排的重要性,并在具体实施上有所遵循,这应该是一种积极

的举措,但是为了空调节能,仅仅限制室内空调温度似乎过于简单。

由于 2008 年 8 月 1 日颁布的“国务院办公厅关于深入开展全民节能行动的通知”仍然将此规定列入其中,因此笔者认为有必要撰文深入分析讨论这一措施及其理论依据,抛砖引玉,冀望引起国内空调界广泛的讨论。

1 “26℃ 空调节能行动”的由来

2004 年 6 月 26 日由北京地球村、世界自然基金会(中国)、中国国际民间组织合作促进会、自然之友、环境与发展研究所、绿家园志愿者等 6 家北京环境组织发起一项倡议,要求把空调温度调到 26℃ 或者更高,以减少能源消耗,缓解夏季电力供应危机,并对减缓全球气候变暖作出贡献^[7]。2004 年中国“26℃ 空调节能行动网站”成立^[8]。

2005 年 6 月 26 日,“26℃ 空调节能行动 2005 我们承诺”在京启动。继 2006 年夏天 6 家民间环保组织发起“26℃ 空调节能行动”之后,北京地球村、中国环境文化促进会、世界自然基金会、中国国际民间组织合作促进会、自然之友、环境与发展研究所、绿家园志愿者、香港地球之友、保护国际等 39 家环保组织再次提出节能倡议,呼吁各大办公楼、饭店、商场等公共建筑加入到“26℃”的行列中,将空调温度调至 26℃^[9]。

2007 年 6 月 1 日,国务院办公厅下发《关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知》,正式要求所有公共建筑内的单位,包括国家机关、社会团体、企事业单位和个体工商户,除医院等特殊单位以及在生产工艺上对温度有特定要求并经批准的用户之外,夏季室内空调温度设置不得低于 26℃,冬季室内空调温度设置不得高于 20℃。

2007 年 6 月 27 日,国务院常务会议对《民用建筑节能条例(草案)》进行了审议,会议决定,将该条例草案向社会公布,经广泛征求意见后,再由国务院审议批准并公布施行。该《民用建筑节能条例(草案)》第三十三条规定“国家对使用空调采暖、制冷的公共建筑实行室内温度控制制度。除特殊用途外,夏季室内空调温度设置不得低于 26 摄氏度,冬季室内空调温度设置不得高于 20 摄氏度”^[10]。

2008 年 8 月 1 日国务院在“国务院办公厅关于深入开展全民节能行动的通知”中再次规定:“严格控制室内空调温度。除有特定要求并经批准外,

公共建筑夏季室内空调温度设置不得低于 26 摄氏度,冬季室内空调温度设置不得高于 20 摄氏度。倡导居民参照上述标准设置空调温度”。

至此,26℃空调节能成了由政府明文规定、监督执行、全民参与的一项全国性的节能运动。

2 “26℃空调节能行动”的实施效果

“26℃空调节能行动”的提出,其目的是显而易见的,那就是节能。空调设限 26℃能省多少电?国家发改委副主任谢振华指出:“合理控制空调温度,节电效果显著。专家认为我国的空调节能潜力巨大,仅以北京市为例,如果将目前的空调房间设定温度夏季提高 2℃,就可以削减空调峰值电力负荷 10%—15%,即削减大约 50 万—75 万千瓦的电力高峰期容量需求,减排二氧化硫约 2 400—3 500 吨,二氧化碳约 40 万—60 万吨。经测算,如果夏季空调温度调高 1℃,空调能耗可降低 8%,仅北京市 400 万户家庭就可以节省 1.08 亿度电”^[1]。

由于空调设限 26℃能获得如此之高的“节能效果”,因此最近几年,国务院和各省市区陆续发文规定公共建筑夏季空调温度设限为 26℃,各大媒体开足马力配合宣传,中央领导则以身作则,地方领导则积极响应,北京更是设立“节能警察”,加以监督。

3 年多时间过去了,空调设限 26℃的节能效果如何?迄今为止未见到权威或专业报告,网上搜索的结果只见《南方周末》记者 2007 年 7 月 25 日的一篇报道,题目是《空调设限 26 度,能省多少电?》,介绍了记者的调查结果:“以 7 月 9 日为例,当天北京市总用电负荷约为 1 000 万千瓦,调高温度能削减负荷 6 万千瓦”^[11]。按 1/3 为空调负荷计算,当天削减空调峰值电力负荷只有 1.8%,而不是专家所说的 10%~15%。《2007 年中国电力行业研究报告》^[12]和“2007 年电力行业大事盘点”^[13]在节能减排部分只字未提空调设限 26℃的节能效果,看来收效甚微。“26℃空调节能行动网站”2004 年 7 月 13 日开站,热闹一阵后,于 2005 年 8 月 27 日停止更新,39 家环保组织也不再提及此事。

由于国务院通知规定的“严格控制室内空调温度”的对象是公共建筑,而公共建筑并非只有办公建筑、旅馆建筑,商场、餐厅、剧院、会展中心、体育馆均属于公共建筑,因此按照规定均在室内温度控制范围之内。

“26℃空调节能行动”从提出到以行政命令的形式实施已有 4 个年头,可是纵观全国,这一行动不但推动起来步履艰辛,而且收效甚微。武汉有官员和教授指出,限制温度落实难度大的主要原因是由于国务院的通知中没有对不执行“限温令”如何处罚的明文规定,缺乏经济手段来限温^[14]。

众所周知,高峰时段人满为患的商场,觥筹交错的餐厅,群情激昂的体育场馆显然与办公室和旅馆的环境不同,如果简单地将夏季空调温度限制在 26℃,人体舒适感显然会大打折扣,这点在热湿气候区影响尤为明显。由于首都北京是执行国务院有关空调“限温令”最坚决的城市,为保证奥运顺利进行,奥运前夕北京有关部门不得不声明:“今年奥运期间对于奥运场馆来说,因为运动员有一些特殊的要求,在这方面没有强制的规定。考虑到运动员的各种需要,考虑到国际各个方面友人对自己生活习惯要求的需要。目前这些场所的温度设置问题,并没有受到 26 度以上这样一个规定的限制”^[15]。

限制温度实施难度之所以大,其实并非缺乏处罚条例,关键还在于不切实际,这种不分地区、不分建筑功能、不分空调采用的是什么样的系统形式,笼而统之地限制室内温度,其后果是显而易见的,那就是牺牲空调房间应有的舒适度。媒体对北京实施限温措施的一篇报道《地方教条执行舒适度降低,北京:26℃咋还这么热?》^[16]及烟台媒体的《为揽客商家‘比凉’空调 26 度槛真那么难迈?》^[17]的报道很形象地说明了这一点。因此在全国各地,尤其是南方地区,坚决执行此通知,且坚持下来的公共建筑可以说是凤毛麟角。

另一方面,由于国内大部分公共建筑的舒适性空调系统均未设自动控制系统,或只有简单的控制手段,即使是少数坚决执行此通知的商家,在实施过程中也往往落入十分尴尬的地步。南方某商场,采用集中空调系统,共有 3 台冷水机组,冷水送入商场空调机房中的空调机组内,向空调房间送出冷风,定风量、定水量运行。平时一般开启 2 台冷水机组,商场可保持 24℃室温。为了实施 26℃空调节能,商场只运行 1 台冷水机组,结果商场温度升高至 30℃,由于当地夏季湿球温度居高不下,而空调机组为 6 排表冷器,除湿能力有限,所以高峰期商场内相对湿度升至 75%以上,客流量急剧下降,投诉率上升,商场无奈,只好重新恢复 2~3 台冷水

机组运行模式。

事实上,国内已经有人对“26℃空调节能行动”的合理性提出了质疑。一个最明显的例子就是2007年6月27日,国务院常务会议向社会公布的《民用建筑节能条例(草案)》,经广泛征求意见后,于2007年8月1日正式公布施行,将草案中的第三十三条规定,即“国家对使用空调采暖、制冷的公共建筑实行室内温度控制制度。除特殊用途外,夏季室内空调温度设置不得低于26摄氏度,冬季室内空调温度设置不得高于20摄氏度。”取消^[17]。虽然与此同时实施的“国务院办公厅关于深入开展全民节能行动的通知”仍然保留了此规定,但是至少反映了国内对此规定的疑虑已影响到政府的决策。为何节能条例取消,节能行动通知又保留,其原因就不得而知了。

空调室内设计温度的设定以及室内设计参数对空调能耗的影响是一个很专业的课题,“26℃空调节能行动”口号是否全面、合理值得深入探讨和研究,下面从专业角度来加以讨论和分析。

3 人体舒适感

国家标准《采暖通风与空气调节术语标准》(GB 50155—92)对空气调节的定义是:“使房间或封闭空间的空气温度、湿度、洁净度和气流速度等参数,达到给定要求的技术”^[18],而要保持不同房间的空气温度和湿度,空调系统所消耗的能量是不同的。对任何一位暖通空调专业人士来说,这本来是耳熟能详的浅显知识,可是就是这样一个简单的定义,却被诸多空调专家所忽略了,4年来数百位专家、教授、博士发表了多次讲话,中心思想只有一个,就是空调房间温度提高1℃可以节能多少,北京市能节能多少,全中国能节能多少,对于“26℃空调节能行动”是否合理却没有人提出异议。以至于到了2008年8月国务院还出台了限制空调房间室内温度为26℃的通知。

人体舒适感是空调专业经久不衰的一个经典课题,随着社会的进步,科学技术的发展,随着人体舒适感研究工作、尤其是人体舒适感实验研究工作的深入,对影响空调房间人体舒适感的因素的认识正在逐步符合实际。迄今为止,国际上公认的人体热舒适感的标准是ISO 7730:2005^[19]和ASHRAE标准55—2004^[20],国家标准则是《中等热环境PMV和PPD指数的测定及热舒适条件的规定》

(GB/T 18049—2000)^[21]。按照最新的热舒适感标准,影响人体舒适感有六大因素,为:人体活动的代谢率、服装的隔热值、空气温度、辐射温度、风速和湿度^[22]。而对人体热舒适感的评价方法主要有^[19-22]:1) 典型室内环境图表法,如图1和表1所示;2) 一般室内应用的计算机模拟法(PMV/PPD);3) 局部不舒适感评价法:① 吹风感;② 竖直温差满意百分比(PD);③ 冷或热地板不满意百分比(PD);④ 辐射不对称度不满意百分比(PD);⑤ 室温随时间的变化。由于导致局部不舒适感的因素并不是处处存在,所以对空调房间的人体热舒适感一般不考虑这些特殊性。

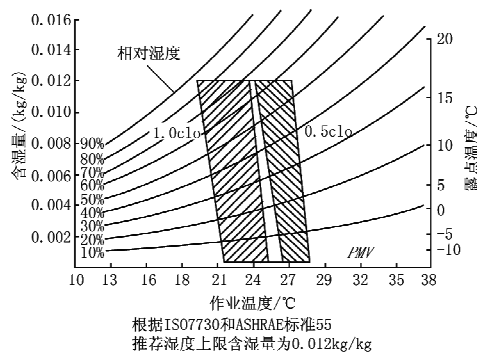


图1 可接受的作业温度和湿度的范围

表1 男、女、男女热感觉预测方程

暴露时间/h	对象	回归方程
1.0	男	$Y=0.220t+0.233p-5.673$
	女	$Y=0.272t+0.248p-7.245$
	男女	$Y=0.245t+0.248p-6.475$
2.0	男	$Y=0.221t+0.270p-6.024$
	女	$Y=0.283t+0.210p-7.694$
	男女	$Y=0.252t+0.240p-6.859$
3.0	男	$Y=0.212t+0.293p-5.949$
	女	$Y=0.275t+0.255p-8.622$
	男女	$Y=0.243t+0.278p-6.802$

注:1) Y为热感觉指标,见表2;

2) t 为室内空气干球温度,℃; p 为室内空气水蒸气分压力,kPa;

3) 对象为成年年轻人,坐姿,衣服热阻近似为0.5 clo,辐射温度与房间温度相等,风速<0.2 m/s。

表2 ASHRAE 热感觉指标

热	+3
暖	+2
稍暖	+1
适中	0
稍凉	-1
凉	-2
冷	-3

3.1 典型室内环境图表法

3.2 一般室内应用的计算机模拟法(PMV/PPD法)

由于 3.1 节的图表法针对的是坐姿的年轻人, 局限性较大, 因此笔者根据 3 个标准^[19-21]给出的预计平均热感觉指数(PMV)和预计不满意者百分数(PPD)的计算机源程序编制了计算机程序, 利用该程序可以计算出一般空调房间的人体热舒适感, 适应性更广。

表 3 是根据中国人穿衣习惯和人体活动的代谢率, 利用该程序计算所得公共建筑内人体的热舒适感。

表 3 国内典型建筑 PMV/PPD
(房间温度 26 °C, 标准大气压)

场 所	PMV/PPD	相对湿度/%			
		40	50	60	65
办公室 (0.43 clo, 1.2 met)	PMV	0.19	0.27	0.34	0.38
	PPD	5.78	6.49	7.45	8.02
办公室 (0.43 clo, 1.6 met)	PMV	0.74	0.80	0.86	0.90
	PPD	16.68	18.66	20.79	21.92
办公室 (0.76 clo, 1.2 met)	PMV	0.61	0.68	0.76	0.80
	PPD	12.77	14.82	17.1	18.35
办公室 (0.76 clo, 1.6 met)	PMV	1.02	1.08	1.14	1.17
	PPD	27.13	29.78	32.56	33.99
商场 (0.43 clo, 1.9 met)	PMV	1.04	1.10	1.15	1.18
	PPD	27.96	30.45	33.05	34.39

注: 1) clo 参考 GB/T 18049-2000;

2) 0.43 clo: 内裤 0.03 clo, 汗衫 0.04 clo, 短袖 0.12 clo, 轻薄长裤 0.20 clo, 短袜 0.02 clo, 薄底鞋 0.02 clo;

3) 0.76 clo: 内裤 0.03 clo, 汗衫 0.04 clo, 长袖 0.20 clo, 轻薄长裤 0.20 clo, 薄夹克 0.25 clo, 短袜 0.02 clo, 薄底鞋 0.02 clo。

表 3 对办公室工作人员给出了两种夏季服装的隔热值, 一种为夏季普通衣着, 一种为白领夏季标准衣着(西装和套装), 两种人体活动的代谢率, 一种为办公室坐姿活动, 一种为办公室轻度活动(整理资料、复印、走动等); 对商场只给出了一种, 为夏季普通衣着, 一种人体活动代谢率。由表 3 可以看出:

1) 在相同的室内温湿度下, 人体活动的代谢率对舒适感的影响明显大于服装的隔热值的影响;

2) 如果不分场合, 笼而统之, 将空调房间的温度规定在 26 °C, 在很多场合人体将明显感觉不舒适, 其实一般人根据自己的生活经验就可以得出相同的结论;

3) 对于穿着正装的办公室工作人员, 即使是坐姿活动, 26 °C 的室温也是偏高, 稍一活动就更加不舒适, 中央领导夏季带头穿衬衫上班就充分说明了这一点;

4) 对于商场来说, 26 °C 的室温显然是偏高, 这与这两年国内商场采用“26 °C 空调节能行动”导

致的不满状况是相一致的^[17]。

尽管对预计平均热感觉指数(PMV)和预计不满意者百分数(PPD)作为一般室内人体热舒适感的评价方法目前国内外有着不同的看法, 但是这种评价方法迄今为止仍然是国际公认的最权威的方法。实际上的适中温度和预计的适中温度之所以存在差别主要是由于很难得到准确的人体活动的代谢率和服装的隔热值。大量的实测结果表明, 在室内人员服装隔热值为 0.3~1.2 clo, 人体活动的代谢率小于 1.4 met 的空调房间内, 采用 Fanger 平均热感觉指数(PMV)预计的人体热舒适感与实测结果十分吻合^[23-24]。因此在当前采用平均热感觉指数(PMV)和预计不满意者百分数(PPD)作为空调房间人体舒适感评价指标还是合理的。

国内部分空调专业人士企图通过人体舒适感研究来支持政府的“26 °C 空调节能行动”, 其中普遍采用的一个评价指标就是中性温度(neutral temperature), 中性温度一般用以下形式表示^[25-26]:

$$t_n = a + bt_{op} \quad (1)$$

式中 t_n 为中性温度, °C; a, b 分别为常数, t_{op} 为室外月平均温度, °C。

式(1)建立了人体舒适温度和室外月平均气温的关系。它最初是用于研究自然通风时, 室外月平均气温对人体舒适感的影响, 后来才用于空调房间, 主要用于评价人体舒适感的自适应(adaptation)。其中最著名的研究者是澳大利亚学者 de Dear, 他提出的自适应模型为国际公认^[27]。必须指出的是, 在 3 个标准^[19-21]中以及 ASHRAE 手册中均没有把中性温度作为评价空调房间的人体舒适感的指标, 文献[19]和[20]只将其列入自适应章节中, 其中 ASHRAE 标准 55 更是将其列入自然通风建筑的自适应模型部分。在确定室内空调设计参数时, 考虑不同气候区室外温度的影响还是十分重要的, 根据大量试验拟合的中性温度回归方程就很有参考价值。在我国, 西安建筑科技大学茅艳博士完成的我国不同气候区的人体热舒适气候适应性模型, 并在该模型的基础上给出的不同气候区的舒适温度范围对我国建筑节能设计和生态建筑设计的理论和实践研究将起到积极的作用^[28]。但是, 将中性温度作为空调房间的人体舒适感的评价指标, 并以此来支持空调房间夏季干球

温度应设限在 26℃ 以上的理论和实验依据是值得商榷的。

4 不同室内干球温度和相对湿度下空调系统的能耗是不同的

事实上,不同室内干球温度和相对湿度下空调系统的能耗是不同的,笔者完成的关于不同室内干球温度和相对湿度对空调系统能耗影响的研究说明了这一点^[29],表 4 是不同室内干球温度和相对湿度下的空调能耗比较。

表 4 不同室内干球温度和相对湿度下的空调能耗比较

干球温度/℃	相对湿度/%						
	40	45	50	55	60	65	70
23	1.22	1.25	1.28	1.33	1.41	1.48	1.62
24	1.15	1.18	1.21	1.26	1.33	1.40	1.53
25	1.07	1.10	1.12	1.17	1.24	1.30	1.43
26	1.00	1.03	1.05	1.10	1.16	1.21	1.33

由表 4 可知:

1) 室内干球温度愈高,室内相对湿度愈低,空调系统的总能耗愈低,反之亦然。

2) 表 4 是以房间干球温度为 26.0℃,相对湿度为 40% 为比较基准,由表可知,在夏季舒适区内,最低能耗和最高能耗相差竟达到了 62%。如果只考虑干球温度,不考虑相对湿度,当室内温度为 26℃、相对湿度为 60% 时,其能耗竟然比 26℃、相对湿度 40% 时高了 16%。

3) 当室内温度为 26℃、相对湿度为 65% 时,其能耗与 24℃、相对湿度为 50% 时相同。

国内外关于不同室内温湿度下空调能耗方面的研究较少,对于降低室内空气的干球温度,建筑物的空调能耗将明显增加这一结论已是众所周知,观点一致。但是对于室内相对湿度增加,建筑物的空调能耗是增大还是减少,目前国内存在两种截然不同的观点,一种是建筑物的空调能耗随着房间相对湿度的减小而大幅度增加^[30-32],一种是建筑物的空调能耗随着房间相对湿度的减小而大幅度减小,笔者持后一种观点。其实这一争论,在低温送风系统提出的初期,在国际上就曾经争论过一阵,后来由于大量的工程实践证明,采用低温送风导致的室内相对湿度降低,不但明显改善了人体舒适感,提高了室内空气质量,而且使得建筑物空调系统的能耗显著下降,才使得这场争论偃旗息鼓^[33]。

之所以会出现“建筑物的空调能耗随着房间相对湿度的减小而大幅度增加”的观点,主要原因是:

1) 没有对集中空调的整个制冷空调系统进行一次投资和运行费用的全面经济分析。只考虑空调房间的冷量随着房间相对湿度的减小而增加,未考虑到相对湿度减小时送风量减少带来的明显经济效益。由于室内温湿度变化会影响到整个空调系统的经济性,所以必须同时考虑空调系统所有部件,包括冷水机组、热源、水泵、冷却塔、空调机组的一次投资和运行费用。如表 4 所示,当室内干球温度为 26℃ 时,房间相对湿度由 65% 减少到 40% 时,空调系统的能耗减少了 21%。

2) 在舒适性空调系统中采用了再热系统。文献[30]和[32]在舒适性空调中均采用了再热,且文献[30]的再热量竟然是室内冷负荷的一倍,舒适性空调夏季采用再热,在现今中国是不现实的,所以其分析结果不具备代表性。

3) 没有考虑新风比变化的影响。当新风量不变时,随着室内相对湿度的降低,由于空调系统送风量下降,新风比相应增加,空调系统能耗有所降低,而一次投资明显减少。

4) 根据工程实例分析,在绝大多数情况下,降低室内相对湿度,空调系统的能耗均下降,而且无论在何种情况下,降低室内相对湿度,空调系统的一次投资都明显减少,而且降低幅度明显大于能耗的变化。

5) 未考虑不带新风系统的家用空调系统和集中空调系统的区别。

不同室内温湿度下的空调能耗是一个值得进一步深入研究的课题,有待更多的专业工作者开展这方面的研究工作。

5 结论

国家能源发展“十一五”规划规定:“2010 年,万元 GDP(2005 年不变价,下同)能耗由 2005 年的 1.22 吨标准煤下降到 0.98 吨标准煤左右。‘十一五’期间年均节能率 4.4%,相应减少排放二氧化硫 840 万吨、二氧化碳(碳计)3.6 亿吨”。“2010 年,重点耗能行业环保状况和主要产品(工作量)单位能耗指标总体达到或接近本世纪初国际先进水平。主要耗能设备能源效率达到 20 世纪 90 年代中期国际先进水平”^[34]。要达到这一目标,必须有相应的节能政策、法规、标准、通知,但这还是远远不够的。节能已经不是一个新任务、新课题,节能政策、法规、标准、通知早已涉及到节能的方方面面

面,为什么节能始终未能达到预期的效果,这是一个值得深思的大问题。建筑节能中重中之重的空调节能之所以严重滞后,有着多方面的原因,理论上的模糊、认识上的欠缺、国内技术和产品的落后、国外先进的技术和设备未能正确的推广使用、缺少空调节能的评价标准等等,凡此种种极大地制约了我国空调节能的效果。分析影响的因素,寻找问题的所在,提出解决的办法,这是我国空调节能工作的一个重要环节。

2004 年开始的“26℃空调节能行动”,由于不够科学、全面,所以迄今为止收效甚微。

影响人体舒适感的主要因素是:人体活动的代谢率、服装的隔热值、空气温度、辐射温度、风速和湿度,因此不分场合地规定“公共建筑夏季室内空调温度设置不得低于 26 摄氏度”是不合理的,其后果将导致部分空调建筑内人不舒适,不但推广、执行困难,即便是依靠行政命令强行执行,随着时间的推移,也会逐渐成为形同虚设的口号。作为肩负实践节能减排重要使命的专业工作者,应当积极呼吁并践行科学合理的节能减排措施,同时应澄清节能减排过程中的一些模糊概念,更好地协助政府正确、合理决策,并积极加以切实的贯彻。单纯地提高空调房间干球温度 1~2℃,试图达到节能的目的是缺乏科学性的。相同的室内干球温度,不同的相对湿度,空调能耗是不同的,对集中空调系统进行全面的经济分析,结果表明,室内相对湿度对空调能耗的影响十分明显,当室内温度为 26℃、相对湿度为 60% 时,其能耗竟然比 26℃、40% 时高了 16%。当室内温度为 26℃、相对湿度为 65% 时,其能耗与 24℃、相对湿度为 50% 时相同。因此与其提高室内的干球温度,不如降低房间的相对湿度,在节能的同时,获得更佳的人体舒适感和室内空气质量,也顺应了当前国际空调界降低室内相对湿度的大潮。

参考文献:

- [1] 解振华. 公共建筑空调温度控制: 26℃, 节能舒适 [EB/OL]. <http://www.chinagb.net/zt/jishu/inspire/news/20080424/22501.shtml>
- [2] 殷平. “干盘管”误解剖析[J]. 暖通空调, 2008, 38(7): 44-54
- [3] 殷平. “干盘管”经济性分析[J]. 暖通空调, 2008, 38(11): 45-49, 108
- [4] 国务院办公厅关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zwgk/2007-06/03/content_634614.htm
- [5] 国务院办公厅关于深入开展全民节能行动的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zwgk/2008-08/02/content_1062621.htm
- [6] 殷平. 空调节能的怪圈 [EB/OL]. http://www.china-ecbc.com/article_content.asp?Articleid=474
- [7] “26℃空调节能行动”在京启动[EB/OL]. <http://www.wwfchina.org/aboutwwf/miniwebsite/26c/hui.shtml>
- [8] 欢迎访问 26℃空调节能行动网站[EB/OL]. <http://www.26c.ngo.cn/>
- [9] 26 度空调节能行动——2005 我们承诺[EB/OL]. <http://it.sohu.com/20050627/n240130925.shtml>
- [10] 民用建筑节能条例(草案)[EB/OL]. <http://news.sina.com.cn/o/2007-07-04/003912138350s.shtml>
- [11] 空调设限 26℃, 能省多少电? [EB/OL]. <http://www.p5w.net/news/cjxw/200707/t1114231.htm>
- [12] 2007 年中国电力行业研究报告[EB/OL]. <http://www.ccmnet.com/B7/200704/11622.asp>
- [13] 2007 年电力行业大事盘点[EB/OL]. <http://www.chinaccm.com/36/3604/360401/news/20080103/100450.asp>
- [14] 武汉执行空调限温 26 度 落实难度大[EB/OL]. http://www.cheminfo.gov.cn/05/UI/hottopic/page_hottopic.aspx?
- [15] 涉奥场所不受强制规定限制 空调温度可低于 26 度 [EB/OL]. http://www.ce.cn/cysc/fdc/jn/gh/200807/10/t20080710_16117912.shtml
- [16] 地方教条执行舒适度降低 北京: 26℃ 咋还这么热? [EB/OL]. <http://www.dna100.com/News/HumidityConcept/20080527550.html>
- [17] 为揽客商家“比凉”空调 26 度槛真那么难迈? [EB/OL]. <http://news.qq.com/a/20080808/000990.htm>
- [18] 中国有色金属总公司. GB 50155—92 采暖通风与空气调节术语标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993
- [19] ISO 7730: 2005 Ergonomics of the thermal environment—analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria [S]. International Organization for Standardization, 2005
- [20] ASHRAE. ASHRAE Standard 55—2004 Thermal environmental conditions for human occupancy[S]. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA30329

(下转第 112 页)

暖的换热特征,并能够精确地得到辐射供暖房间的实际热负荷值。

在通过“比较法”得到辐射供暖房间热负荷的基础上,能唯一确定室内的供暖设计温度,可以更加直观地反映出辐射供暖较常规供暖方式的负荷变化,为分析辐射供暖方式的节能性提供理论依据。

参考文献:

- [1] 蔡德源,许志浩.高大建筑空间采暖方式的分析[J].西安交通大学学报,2002,37(3):269-272
 - [2] 李安桂,杨志刚.辐射供暖的人体热舒适感特点及其设计理论[J].西北水电,1998(2):47-49
 - [3] Field A A. Radiant heat for large spaces[J]. HVAC, 1970,12
 - [4] 刘国丹.民用住宅建筑低温辐射采暖特性参数的实验研究[J].暖通空调,2001,31(4):1-3
 - [5] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国计划出版社,2003
 - [6] Rosaler R C. The HVAC handbook[M]. New York: McGraw-Hill, 2004: 38-46
 - [7] 陆耀庆.暖通空调设计指南[M].北京:中国建筑工业出版社,1996:58-61
 - [8] 邹平华,赵丽娜.辐射采暖房间围护结构表面角系数的计算[J].建筑热能通风空调,2005,24(3):1-4
 - [9] 李安桂.中温电热辐射板的开发研制与节能性分析[J].西北水电,1998(1):50-53
 - [10] 郑雪晶.燃气辐射采暖工业厂房采暖能耗的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2005
 - [11] 由玉文,娄承芝,安大伟,等.燃气红外柔强辐射采暖在高大建筑的应用[J].煤气与热力,2004,24(3):141-144
 - [12] Fanger P O, Ipson B M. Comfort limits for asymmetric thermal radiation [J]. Energy and Buildings, 1985, 8(3):225-236
 - [13] Feng Guohui. Practical analysis of a new type radiant heating technology in a large space building [J]. Heating Technologies for Energy Efficiency, 2006 (3):3-4
 - [14] Li B X. Analysis of directional radiative behavior and heating efficiency for a gas-fired radiant burner[J]. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 2005,92(1):51-59
 - [15] Atmaca I. Effects of radiant temperature on thermal comfort[J]. Building and Environment, 2007,42(9):3210-3220
 - [16] Strand R K, Baumgartner K T. Modeling radiant heating and cooling systems: integration with a whole-building simulation program[J]. Energy and Buildings, 2005, 37(4): 389-397
-
- (上接第 63 页)
- [21] 中国标准化与信息分类编码研究所,中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所. GB/T 18049—2000 中等热环境 PMV 和 PPD 指数的测定及热舒适条件的规定[S].北京:中国标准出版社,2000
 - [22] ASHRAE. ASHRAE Handbook—fundamentals[S]. Atlanta:ASHRAE Inc,2005
 - [23] Kate E C. Fanger's thermal comfort and draught models[G]//Institute for Research in Construction National Research Council of Canada, Ottawa, K1A 0R6, Canada,2003
 - [24] van Hoof J. Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? [J]. Indoor Air, 2008,18 (8)
 - [25] Auliciems A. Towards a psychophysiological model of thermal perception [J]. Int J Biometeor,1981, 25 (8)
 - [26] Humphreys M A. An adaptive approach to the thermal comfort of office workers in North West Pakistan[J]. Renewable Energy,1994, 5(ii)
 - [27] de Dear R,Brager G S. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference [G]//ASHRAE Trans,1998,104(1a)
 - [28] 茅艳.人体热舒适气候适应性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2006
 - [29] 殷平.室内空气计算参数对空调系统经济性的影响[J].暖通空调,2002,32(2)
 - [30] 闫斌,郭春信,程宝义.舒适性空调室内设计参数的优化[J].暖通空调,1999,29(1):44-45
 - [31] 余晓平,彭宣伟,李彦.夏热冬冷地区居住建筑湿环境对空调能耗影响的分析[J].制冷与空调,2008,8(3)
 - [32] 张景玲,万建武.室内温、湿度对人体热舒适和空调能耗影响的研究[J].重庆建筑大学学报,2008,30(1)
 - [33] 殷平.冰蓄冷低温送风系统设计方法(1):室内计算参数、舒适感、室内空气品质[J].暖通空调,2004,34 (5)
 - [34] 国家发展改革委.能源发展“十一五”规划[EB/OL].