

我国建筑节能综述

Energy Saving in China's Construction

涂逢祥

(中国建筑第一工程局科研所, 北京 100076)

我国现有建筑耗能较大,随着城乡人民居住条件和生活质量的改善,建筑耗能还将迅速增长。与气候相似的发达国家相比,我国采暖居住建筑单位面积能耗是他们的三倍左右,可见节能潜力很大。建筑节能一直是节能工作中一个薄弱环节。因此,应该采取有效措施,使建筑节能与改善热环境的工作有一个大的发展。

一、建筑采暖与建筑耗能

至1990年底,我国城镇各类房屋建筑面积70.9亿平方米,乡村约175亿平方米。近来城镇每年新建各类房屋建筑面积约2.5亿平方米,乡村6~7亿平方米左右;使用耗能年平均增长率5.8%。

本文所指建筑耗能为城乡各类房屋建筑采暖、空调、降温和照明所使用的能源,其中以采暖耗能数量最大。

我国采暖地区为一年内日平均气温低于5℃超过90天的地区,此范围大部分在陇海线东、中段以北,主要是“三北”地区,城镇居住人口约1.4亿人。1990年底,采暖区城镇房屋建筑面积30.7亿平方米,其中住宅16.5亿平方米,占53.8%;工交仓库建筑9.0亿平方米,占29.3%;商业建筑2.3亿平方米,占7.5%;科教文建筑0.5亿平方米,占1.6%;办公建筑1.6亿平方米,占5.2%;其他建筑0.8亿平方米,占2.6%。

建筑状况是制约采暖耗能的首要因素。我国各城市,大部分都是平房及低层房屋,其体型系数(建筑外围护面积与其所包体积之比)较大,单幢体量较小。大城市4~6层建筑较多,近来新建的高层建筑增多。其他条件相同时,体型系数越大,单幢建筑体量越小,其单位建筑面积的散热量也就越大,有的可增加50~60%。如北京市建造数量较多的“80住2型”6层砖混结构住宅,由于门窗单薄,缝隙不严,门窗及空气渗透所损失的热量占全部热损失的一半以上。外墙主要用实心粘土砖砌筑,保温效果

也很差。

供热方式大体上可分为火炉(火墙、火炕)采暖、分散锅炉房供热、区域锅炉房供热、集中供热等几种,工业余热及废热也有一部分用于建筑供热。从全国采暖区城镇看,仍以火炉采暖为最多,约占住宅采暖的3/4或全部建筑采暖的2/3,而火炉采暖的热效率平均只有15~25%。从北方采暖区大城市看,分散锅炉房供热比重最大,据北京、哈尔滨等29个大中城市共3.7亿平方米建筑面积统计,锅炉供热平均占84%。按六城市调查,供暖面积小于5万平方米的锅炉房占90.2%,锅炉容量小于4吨/小时的占91.5%,其中有72%沿用间歇供暖方式,普遍在低负荷、低效率下运行,实际供暖面积平均只达到出力的40%。从严寒区城镇看,以分散锅炉房供热居多,火炉采暖次之。如黑龙江省城镇集中供热占14.5%,小区锅炉房供热占3.9%,分散锅炉房供热占52.0%,火炉(火墙、火炕)采暖占29.6%。火炉采暖比例正逐步减少,集中供热、区域联合供热和小区锅炉房供热逐步增多,热电联产也日益增加。至1989年底,全国集中供热面积已增加到1.94亿平方米,其中采暖区1.64亿平方米,占采暖区城镇建筑面积的5.7%,或采暖区城市建筑面积的8.6%。可见,热效率低、供热成本高、对环境污染大的供热方式目前仍占主导地位。

在上述采暖区域内,由于条件限制,供应农村的采暖用煤甚少,平均每平方米建筑面积每年只略多于1公斤。此外,有相当一部分城镇的大多数房屋没有采暖设施。在采暖区内,采暖期规定为室外气温低于5℃期间,北京规定为124天。集中采暖房屋,室温大都偏低,大城市公共建筑一般为14~18℃,中小城市公共建筑为12~15℃,住宅为13~18℃。接通城市热网的采暖建筑的室温较高,平均在16℃以上。

据初步统计,采暖区集中(暖气)采暖建筑10.7亿平方米,采暖用能4650万吨标准煤,非集中(火炉)采暖建筑20.0亿平方米,采暖用能4760万吨

标准煤,总计为 9 410 万吨标准煤。此外,北方农村采暖用商品能源约 1 100 万吨标准煤,长江流域冬季采暖用商品能源 200 万吨标准煤,空调建筑用能 180 万吨标准煤,夏季电扇降温用 110 万吨标准煤,建筑照明用电 300 万吨标准煤,建筑使用能耗共计约 1.13 亿吨标准煤,占全国能源消费总量的 11.5%。近年建筑使用能源每年递增约 660 万吨标准煤,增长率为 5.8%,比“八五”计划能源生产增长速度 2.4%高出很多。到 2000 年,预计建筑能耗将增至 1.79 亿吨标准煤,占全国能源消费总量的比例也将上升到 13.1%。

在采暖区以南的长江流域,建筑物保温隔热普遍不良,又无采暖设施。热天防暑主要依靠电扇;冷天防寒,长江中下游城镇以蜂窝煤炉为主,用电或煤气的红外辐射炉的近年增多。为了排出燃煤气味及室内潮气,需要加强通风,结果室温增加有限,能源效率很低。

根据北方 35 个城市的调查统计,有 24 个(占 68.6%)城市居住建筑采暖平均单位建筑面积实际耗煤量,比 1980~1981 年住宅通用设计计算耗煤量平均高出 34.5%。与此同时,一些采暖期度日值(含义见后文)相近的城市,平均采暖能耗相差一半甚至两倍。同一城市同类建筑单位建筑面积能耗最高为最低的 1.6~3.8 倍,故节能潜力很大。

近来我国带空调的高档旅游宾馆发展迅速,其单位能耗很高,每年每平方米建筑面积能耗,北京地区为 190~220 公斤标准煤(约为一般住宅能耗的 6~7 倍),上海地区为 120~140 公斤标准煤,广州地区为 100~200 公斤标准煤。宾馆能耗包括电、煤、重油及煤气消耗,其中电耗占第一位或第二位,每平方米建筑面积的年用电量为 100~200 千瓦时(约为一般城市居民用电的 10~20 倍)。在总用电量中,空调通风占 50~60%,照明占 25~35%。

工业厂房的采暖、通风、空调、照明等耗能,通常与生产用能统计在一起,不单列。

二、与发达国家的对比

建筑耗能与气候条件关系甚大。我国大部分地区属东亚季风气候,每年 9~10 月至次年 3~4 月间,干寒的冬季风从西伯利亚和蒙古高原频繁南下,势力逐渐变弱,使我国广大地区冬季寒冷干燥,南北温差很大。我国冬季南北气温相差达 40℃以上。与世界上同纬度地区相比,我国冬季气温从南到北偏低约 5~20℃。例如,北京(北纬 39°48′)一月平均气温为 -1.6℃,哈尔滨(北纬 45°41′)一月平均气温为 -19.4℃,而纬度较高的伦敦(北纬 51°31′)一月平均气温高达 4.0℃,哥本哈根(北纬 55°41′)为 -0.1℃。

与采暖耗能关系最为密切的气候基础数据为采暖度日值。采暖度日值系指室外日平均气温与基准温度(通常为 18℃)之差值与 1 天乘积之和,一年内凡平均气温低于基准温度的日子,均计入度日值。如果将我国一些城市与欧美国家的一些城市按采暖度日值与纬度的关系进行比较,就可以看出,在同纬度条件下,我国各地的采暖度日值较高,其次为北美城市,而欧洲各地的采暖度日值要小得多。北京的采暖度日值为 3 076,沈阳(北纬 41.8°)为 4 216,而纬度高得多的德国法兰克福(北纬 50.2°)仅为 3 030,柏林(北纬 52.5°)也只有 3 420。这是因为,与我国冬季受西伯利亚寒流侵袭不同,西北欧纬度虽高,但由于墨西哥湾暖流沿大西洋北上,提高气流温度后,暖风吹入大陆,冬季不甚寒冷。我国广大地区冬季气温甚低,建筑采暖、房屋保温、室内热环境及相应的节能问题应该受到更大的关注。

与欧洲的许多城市相比,我国北方冬季的日照时间普遍较长,太阳辐射强度较大。如一月北京的日照时数为 204.7 小时,总辐射为 283.4 兆焦耳/平方米;兰州日照时数为 188.9 小时,总辐射为 253.5 兆焦耳/平方米。而欧洲城市纬度较高,冬季白天较短,加上阴雨天相当多,一月伦敦的日照总时数只有 43.4 小时,总辐射只有 70.2 兆焦耳/平方米;斯德哥尔摩的日照总时数也只有 37.2 小时,总辐射只有 40.2 兆焦耳/平方米,比我国北方少得多。可见,我国太阳能资源比较丰富,尤其是冬季需要采暖的期间,太阳辐射热量大,这是个很有利的因素,应该充分加以利用。

欧美发达国家建筑耗能占全国能源消费总量的比例都是很高的,仅采暖、降温及热水供应几项建筑耗能,一般即占全国能源消费总量的 30~40%。美国建筑中仅通过外窗所消耗的热能,就占该国能源消费总量的 5%,即 1.1 亿吨标准煤,数量相当可观。发达国家建筑耗能占能源消费总量的比例,较我国所占的比例要大得多,主要原因是建筑热环境条件存在着很大差别。

发达国家的城市及乡村房屋冷天普遍采暖,但采暖用的能源与我国主要用煤不同,他们多用燃料油、煤气,或者用电,采暖温度一般为 20~22℃,恒温控制,室温低于所要求的温度时即自行启动采暖,因而一年内采暖时间较长,并常年有热水供应。夏天炎热地区建筑则设有空调。与发达国家比,我国采暖范围较小,采暖时间较短,采暖温度较低,一般没有热水供应,夏天即使炎热地区普通房屋也不设空调。

发达国家在经历了 1973 年第一次石油危机后,普遍把建筑节能作为国家的大政方针,一方面从建筑立法和节能技术上予以保证,一方面从经济

上加以引导、鼓励或限制。在建筑节能方面,都已颁布了有关标准,组成配套的标准系列。这些标准除对名词、术语、单位、符号有所规定,并确定各种基本材料、基本做法的技术参数外,对各种围护结构的保温、保冷、隔热、蓄热与防潮,节能工程的设计、计算、施工、检测,以至于制冷、通风、热水,以及热泵、热回收节能等都有规定。美国采暖、制冷及空调工程师学会专门编制了现有建筑节能标准。随着科学技术的进步,各国每隔几年提高一次节能标准,不断挖掘能源潜力。如英国标准中外墙传热系数(千瓦/平方米·℃)最大值,1963年为1.6,相当于我国北京现状,能源危机后,1974~1975年降至1.0,1982~1983年又降为0.6,1988年再度减为0.45。又如丹麦,原来的建筑法规规定,外墙按其自重的不同,传热系数值不得大于0.60和1,1977年和1985年,先后两次修改,分别降低到0.30和0.35,北欧其他国家和北美的规定接近丹麦。

目前我国建筑保温隔热与气候条件接近的发达国家相比,差距很大,大体上外墙差4~5倍,屋顶差2.5~5.5倍,外窗差1.5~2.2倍,门窗气密性差3~6倍。但发达国家独户住宅多,建筑体型系数较大,欧洲国家冬季太阳辐射热较少。总的情况是,我国单位建筑面积采暖能耗为同等条件下发达国家的三倍左右。

发达国家认为,已有建筑比每年新建建筑要多得多,除在新建建筑上采取节能措施外,还在积极进行已有建筑的节能改造。北欧和中欧国家都按照新的节能要求对旧房进行改造工作,在1980年前后形成热潮,80年代中期即已完成。西欧、北美国家早已开始对已有房屋进行节能改造,目前仍在大规模成区成片地进行。各国建筑耗能都已大幅度下降。丹麦1972~1985年采暖建筑面积增加30%,但采暖建筑耗能却减少了318万吨标准煤,采暖耗能占全国能源总消费量的比重也由39%下降为28%。又如法国,1973~1985年,房屋面积增加了20%,但采暖总耗能却减少了23.1%。而我国原有高耗能建筑的节能改造,还只是在北京作了少量试点,全面的改造工作尚未着手进行。

不久前的海湾战争使越来越多的人认识到,稳定的石油供应不容乐观,建立高度节能的经济是势在必行的,加上大量燃烧矿物能源造成CO₂积聚,危害未来人类生存环境。这些认识促使国际上更加重视节能工作,对建筑物提出更高的节能要求。

三、建筑节能与改善建筑热环境的必要性与可行性

我国能源供应长期紧张是影响经济发展和人民生活提高的关键因素。多年以来,煤炭价格过低,

鼓励了浪费性需求。近年来随着能源价格逐步提高,各地采暖收费已有所增加,大体上一个采暖季每户需付采暖费300~1000元,但一般由住户所在单位交纳。高昂的采暖费已成为各单位一项沉重负担。对国家来说,由于新建筑迅速增加,建筑耗能增长速度将大大超过能源供应可能的增长速度,能源生产难以长期支撑大量高耗能建筑的浪费性需求。从现在开始,经若干年坚持不懈的努力,应争取使采暖建筑的单位面积能耗降低1/3~1/2。这样,建筑面积虽持续增加,但建筑总耗能可以减少。

在采暖区城镇,现有建筑大多属于高耗能建筑,特别是一些简易房屋,加上前些年新建的一部分建筑,由于忽视保温,冬天墙面结露、挂霜的也不在少数,仅北京即有上千万平方米,居民对此意见很大。为了解决室内寒冷问题,一味依靠增加采暖能源供给,不仅更加浪费,也并不舒适。要改善居住热舒适性,必须与建筑节能相结合。建筑节能并不是以恶化建筑热环境为代价,恰恰相反,而是在保证和提高建筑热舒适性的条件下,节省能源。

采暖区以南的长江流域,占我国国土面积的18.8%,城乡人口有4.4亿,工农业总产值约占全国的40%。这个地区的人民对国家建设作出了巨大贡献,可是这里冬冷夏热,建筑物保温隔热不良,又无有效的采暖降温措施,建筑热环境普遍较差。这里冬天室温常为3~7℃,室内阴冷潮凉,许多居民因此生冻疮、患感冒,加上衣着臃肿,行动不便,工作效率降低;夏天室温则常超过30℃,特别是顶层及西晒房间更为闷热难受,人们汗流浹背,晚间难以入睡。随着家庭收入增加,生活条件改善,在国家还没有相应政策的条件下,广大居民自行采取各种措施以缓解冬寒夏热问题。电扇已进入各家各户,蜂窝煤取暖炉日益普及,电红外炉、空调器也成为抢手货。但由于缺乏总体部署,没有从改善建筑功能入手,结果是花钱不少,热环境改进十分有限,能源效率很低,事倍而功半。

农村建房热持续不断,农民居住条件大有改善,但不少农户竞相攀比房屋宽敞,却不重视建筑热环境,因此保温隔热普遍很差,往往比当地城镇还要差。由于国家能源紧缺,农村生活用煤供应尚少,农家做饭、取暖主要依靠烧薪柴和秸秆,估计全国一年烧掉薪柴1.6亿吨,秸秆2.7亿吨,导致生态环境的严重破坏,而低能效取暖,室温提高甚少,广大农村居民深受冬寒夏热之苦。

大量燃烧煤炭产生环境污染。空气污染与呼吸道疾病、肺癌等发病率密切相关。我国一年采暖燃煤排放SO₂和烟尘各300万吨左右,冬季尤为集中。特别是广泛使用的火炉,低空排放,为害更烈。

近来,一些城市兴建了一批高标准建筑,有些建筑设备高档,装饰华贵,条件舒适,加之建筑节能

设计标准在采暖区逐步贯彻实施,采暖居住建筑热舒适条件有所改善。这种情况,势必使城乡之间、采暖建筑与非采暖建筑之间、空调建筑与非空调建筑之间的热环境的差别扩大,对此应予以重视。

由此看来,抓紧推进建筑节能,逐步改善城乡建筑热环境,是大势所趋,人心所向,应该作为达到小康水平共同富裕的一个重要方面,妥善安排。

推行建筑节能需一定的资金投入。然而,只要摆脱小本位的局部的短视思想,着眼于宏观的、长期的、综合的经济效益,就不难发现,节能建筑可以做到投入少,产出多。北京等地多处节能试点建筑的实践证明,只要选择适应当地条件的经济合理的技术,用建筑造价的4~7%达到节能30%的目标是可能的。节能投资占建筑造价比例并不大,占基建费用的比例则更小,而效益十分显著。按煤价和运行管理费用计算,建筑节能投资的回收期也很短,一般为3~6年。从建筑物的全寿命周期60~100年考虑,资金的节约是很突出的。由此可见,建筑节能在一次投资后,可在短期内回收,并能长期受益,也就是说,节能建筑建得越多,多年以后,总的节能效益就越显著。

由于房屋所有权属于众多的不同单位,节能投资筹集实际上是多渠道的。1989年全国450个城市住宅建设基本建设投资,全民所有制单位占70.6%,集体所有制单位占6.7%,个人占22.7%。而全民所有制单位的资金又有许多渠道。可见,只要规定必须执行的标准,允许安排节能投资,各建设单位将自行设法筹措所需的有关费用。

建筑节能和改善居住热舒适条件的工作,还可以发动广大群众和许多企业积极参与。在当前收入增加、生活水平提高的条件下,既然许多家庭对改善室内装修都舍得大量投资,像房屋冷暖这样关系到广大居民自己切身利益的事情,只要宣传舆论工作做到了,就会有很高的积极性,不少有条件的企业也会予以支持。尤其是一些简便的节能措施,如贴门窗密封条、挂保温隔热窗帘等,不需国家投资,价钱也不贵,居民会自己采购装贴。北京市有的房管单位对冬季墙面结露的房屋进行改造,一年多时间改造了500多户,住户十分满意。如果能源价格理顺,并且按实际能耗收取采暖费,住户和企业就会受经济利益的驱动产生节能动力,主动在建筑节能上投入资金。由于房屋建筑牵涉千家万户,量大面广,一旦群众认识到了其中的好处,接受某些节能办法,必将开拓新的市场。由此看来,建筑节能有引导消费、改善产品结构、增强市场活力的作用。

建筑节能与改善建筑热环境是一致的。做好此项工作,既可节约能源,节约资金,延长建筑物的使

用寿命;又能减轻空气污染,改善生态环境;还能提高生活舒适性,缓解冬寒夏热的威胁,从而减少疾病,增进健康,提高工作效率。因此,这是利国利民、造福子孙的大事,意义十分深远。但是这一切,只有从国家和社会的整体利益出发,而不是只顾眼前的和局部的利益,才有可能做好。

四、我国建筑节能科技的进展

十年来,建筑节能科研工作已取得一批有实用价值的成果。如中国建筑第一工程局科研所的珍珠岩保温砂浆、带饰面聚苯板内保温、热反射保温隔热窗帘、旧房节能改造,北京市建筑设计研究院的保温复合墙体和屋面,哈尔滨建工学院、哈铁设计学院、哈市建筑设计院等的岩棉—红砖复合墙体,北京市建工研究所的混凝土岩棉复合外墙板,中国建筑研究院空调所的供热管网水力平衡技术,中国建筑研究院空调所和无锡市建筑科研所的无锡沁园新村节能住宅技术,中国建筑研究院物理所的已建建筑节能改造,中国建筑西北设计院等的空心砖墙体,中国建筑东北设计院等的加气混凝土墙体房屋,清华大学建筑学院的采暖居住建筑节能设计原则与方法,黑龙江低温建筑科研所和内蒙建筑研究所的浮石混凝土小型空心砌块墙体等。东煤公司基建局在东北和内蒙矿区也进行了多种节能技术的试点。上述成果已在相当范围内推广应用。此外,中国建筑研究院物理所建有窗户检测及墙体热工测试设备,哈尔滨建工学院建成了高精度大型动态热箱。这些工作提供了执行节能设计标准所必需的、符合我国实际情况的节能技术,以及基本的热工测试手段与方法,适应了当前的迫切需要。

太阳能建筑技术取得明显进步,全国农村已建被动太阳能房180万平方米,其中以西藏、甘肃、辽宁、北京、河北和内蒙较多。太阳能房多数是平房住宅,也有一些教室、办公房屋、生产用房等,还建成了面积达数千平方米的教学楼和宾馆,其集热形式以直接受益窗加集热墙为主,并十分注重建筑保温蓄热。南向房间冬季平均室温可达12℃,节能率在60%以上,增加投资15~25%,回收期5~8年不等。

为了吸取发达国家的先进建筑节能技术,除出国考察以及参加一些国际会议外,近年来还开辟了一些建筑节能国际科技合作渠道,与瑞典、英国已有政府间协议,与丹麦、德国、芬兰、法国、挪威、加拿大和美国等国家建立了联系。一些国际建筑节能组织与我国的合作正在逐步开展。

(责任编辑 冷远猷)