

我国建筑节能战略研究

江 亿

(清华大学建筑节能研究中心,北京 100084)

[摘要] 给出了我国建筑运行能耗现状,并按照北方城镇建筑采暖、长江流域住宅采暖、住宅用能、非住宅建筑用能以及农村民用建筑用能的分类方法,分别分析了各类建筑能耗的特点、问题和节能的主要途径,同时对比了发达国家同类建筑用能与我国的差别。在基于数据和实际现象的分析的基础上,提出我国建筑能耗显著低于发达国家的主要原因是由于不同的生活方式和建筑使用模式所致,而维持目前这种相对节约的建筑使用方式与生活模式是实现我国建筑节能目标的基础。不同的生活方式和建筑使用方式需要不同的技术措施去实现节能,因此我国一定要采用与发达国家不同的技术途径来实现建筑节能目标。

[关键词] 建筑用能;中国能源政策;生活方式和能耗

[中图分类号] F407.9 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)06-0030-09

1 前言

建筑节能是实现我国节能减排重大战略决策的主要任务之一。为了确定我国建筑节能工作的目标、途径、相应的政策和可能达到的前景,文章首先介绍我国目前的建筑能耗的现状以及与发达国家的比较,进一步分析了造成中外建筑能耗差别的主要原因。在此基础上提出要实现我国建筑节能目标必须走一条与西方发达国家不同的建筑节能途径。文中介绍本研究所提出的中国特色的建筑节能途径的基本理念和实现这一目标所需要的相应技术与政策措施。文章所涉及到的详细数据和论据都源于2007—2011年由清华大学建筑节能研究中心出版的《中国建筑节能发展研究年度报告》(清华大学建筑节能研究中心)^[1]。

2 我国当前建筑能耗的实际状况

研究中的“建筑能耗”指民用建筑运行过程中消耗的能源,即民用建筑采暖、通风、空调、照明、生活热水、炊事、家用电器以及其他在建筑中安装使用

的设备运行能耗,不包括建筑材料的制造用能和建造过程用能,也不包括工业厂房的各类能耗。

我国2008年各类民用建筑拥有量及其能耗见表1。建筑能耗中的商品能耗为我国总商品能耗的23%,但农村的非商品生物质能耗为1.24亿tce。则我国2008年民用建筑能耗约占我国总的能源消耗量(包括商品能和非商品生物质能)的30%。我国的建筑能源消耗分类和现状见表1。

与目前国内外关于中国建筑能耗的分析报告不同,表1中单独列出北方城镇采暖能耗和农村民用建筑能耗。这是因为这两项建筑能耗的特点与其他各类完全不同,需要单独列出,进而进行各自的分析和讨论。

图1为世界各国的单位建筑面积能耗和人均建筑能耗的比较。图1中表明,无论是人均建筑能耗还是单位面积建筑能耗,我国目前都远低于发达国家现状。我国城乡发展不平衡,城市建筑能耗显著高于农村。但即使只取城市民用建筑的单位面积能耗和城市人均建筑能耗,我国目前平均水平也大大低于发达国家。

[收稿日期] 2010-03-20

[基金项目] 中国工程院重点咨询项目支持

[作者简介] 江 亿(1952—),男,北京市人,中国工程院院士,清华大学教授,研究方向为暖通空调、建筑节能;E-mail:jiangyi@tsinghua.edu.cn

表 1 我国的建筑能源消耗分类和现状(2008 年)
Table 1 State of China's building energy use (2008)

	总面积/亿 m ²	总商品能耗 /万 tce	总电耗/亿 kW	总非电商品能 耗/万 tce	生物质能* /万 tce	总能耗(含生物 质能)/万 tce	
采暖部分	北方城镇**采暖	88	15 300	65	15 110	—	15 300
	长江流域及 南方***城镇采暖	82	1 490	460	—	—	1 490
	北方农村采暖	83	7 580		7 580	6 700	14 280
	长江流域及南方 地区农村采暖	109	490		490	1 810	2 300
除采暖外	城镇住宅	126	12 030	2 670	3 320	—	12 030
	农村住宅	236	14 480	1 250	10 420	3 870	18 350
	一般公共建筑	73	14 140	3 050	1 780	—	14 140
	大型公共建筑	5	14 140	740	1 780	—	14 140
	总计	440	65 530	8 230	38 700	12 380	77 910

注：* 生物质能源为估计值，没有确切的统计数据；** “北方城镇”指采取集中供热方式的省、自治区和直辖市，包括北京、天津、河北、山西、内蒙古自治区、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区。目前这些地区的城镇有 70 % 左右的建筑面积为集中采暖方式；*** “长江流域及南方地区”包括上海、安徽、江苏、浙江、江西、湖南、湖北、重庆，以及山东、河南和陕西等省不采用集中采暖的部分地区，以及福建、贵州、四川和云南等省有采暖需求但需求不大的地区

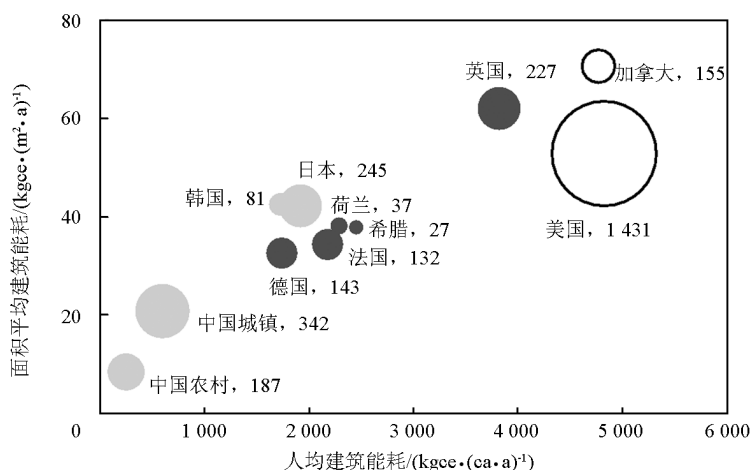


图 1 2005 年各国建筑一次能耗比较

Fig. 1 Building primary energy use comparison among main countries (2005)

注：图中国名后的数字为该建筑一次总能耗，单位为：百万吨标准煤

以下根据建筑能耗特点，分别分析各类建筑能耗现状并与发达国家进行比较。

2.1 城镇采暖用能

由于气候的特点和历史发展的原因，我国南方和北方城镇建筑采暖方式和能耗状况显著不同。黄河流域及其以北地区属传统的采暖地区，城镇建筑 70 % 左右采用集中供热，30 % 为各类分散供热。而长江流域及其以南地区很少有集中采暖设施，冬

季寒冷时多采用局部分散的采暖措施。由此导致这两个区域的采暖能耗特点完全不同。

2.1.1 北方地区城镇采暖

2008 年北方地区城镇建筑面积约 88 亿 m²，采暖用能平均 17.3 kg 标准煤/m²。这一能耗水平低于同纬度发达国家平均的采暖能耗水平（约折合 25 kg 标准煤/m²），但远高于北欧、德国一些典型的节能建筑的实际采暖能耗（约折合 6 kg 标准煤/m²）。

建筑采暖的能源转换系统把一次能源转换为热量并输送到建筑物内,以满足建筑采暖的热量需求。由此采暖能耗由建筑采暖所需热量,采暖系统由于调节不当形成过量输送热量而造成的热损失以及能量转换过程中的损失三部分构成。

我国北方城镇建筑采暖所需热量的平均水平目前略低于同等气候条件的欧洲建筑,但显著高于欧洲的典型节能建筑。其原因是:a. 我国新建建筑比例大,而近年来新建建筑围护结构达到节能标准的比例较高;而欧洲国家保温不好的老建筑比例较大;b. 我国建筑大多为小体型系数(建筑外表面面积与体积之比)的大体量建筑,而欧洲大多为大体型系数的小体量建筑,体型系数越小,单位建筑面积采暖能耗越低;c. 采暖室内温度标准和采暖系统运行时间不同。尽管如此,通过继续严格实施新建建筑节能标准,并进一步在北方开展既有建筑节能改造,还可以使我国北方城镇建筑采暖所需热量的平均水平在目前基础上降低20%~30%。

对于采用集中供热方式的建筑,由于无有效的末端调节手段和激励机制,导致部分建筑的实际供热量大于采暖需热量,室内过热和不得已的开窗散热,这一损失目前导致集中供热系统实际供热量高于采暖需热量20%~30%。当前开展的供热体制改革,通过按照热量收费和改善采暖末端调节能力,有可能减少这部分热损失。但目前由于机制、政策和技術上的问题,供热改革进展缓慢,成效甚微。

目前集中供热的热源约一半为热电联产热源。只考虑冬季的供热工况时,与热电分产相比,热电联产系统生产同样热量所消耗的一次能源大约仅为大型燃煤锅炉直接供热能耗的一半。而小型燃煤锅炉的能源转换效率又仅为大型燃煤锅炉的60%~80%。因此如果能够增加热电联产热源在集中供热中的比例,并取消各种小型燃煤锅炉(无法采用大型锅炉或接入热电联产热网时,可采用热泵等其他方式),可大幅度提高我国采暖系统热源的能源转换效率。而目前的热电联产方式仍存在进一步改善流程,提高能源利用率的途径^[2]。如果我国集中供热系统的热源75%以上为热电联产热源,并采用新的热电联产与换热流程^[3],并全面取消小型燃煤锅炉,可以使我国集中供热系统一次能源转换为热量的效率再平均提高35%。

目前各类分散热源占北方采暖建筑面积总量约30%。其中少部分采用高效的热泵方式、天然气锅

炉方式等,但大多为分散的煤炉,能耗高,采暖效果差。在集中供热管网无法到达的区域发展热泵、燃气锅炉等高效方式,逐步取代分散煤炉,即可大幅度降低采暖能耗,还可有效改善这些建筑的采暖服务水平。

2.1.2 南方建筑采暖

长江流域及以南地区目前无集中供暖,除极少数高标准建筑外,大多采用分散局部采暖方式,能耗仅为2~5 kg 标准煤/(m²·年),远低于北方,也远低于同样气候状况的欧洲国家(如法国南部)。这样低的能耗水平主要是由于局部分散采暖方式是“部分时间、部分空间”的采暖,采暖空间的室温也只在14℃~16℃。调查和计算结果表明,如果变为“全时间、全空间”采暖,并且室温提高到20℃,则单位建筑面积采暖能耗将是目前水平的5~7倍。即使发展热电联产集中供热系统,也会使采暖能耗增加到目前水平的2~3倍。这样,在维持这一带居民生活习惯的基础上,发展新的基于热泵的室内环境控制系统,使得在目前的能耗水平下或略高于目前能耗水平的条件下适当地提高室温,改善室内热舒适状况,是今后这一地区建筑节能的关键。

2.2 除采暖以外的住宅能耗

除采暖外住宅能耗没有太大的地域特征,而更多的是与经济发展水平、居民收入状况相关。图2为我国城镇住宅除采暖外各项能耗的分布和所占比例。图3为与发达国家的比较。可以看到我国城镇居民目前住宅用能水平显著低于发达国家。这主要是生活方式的不同所致。如住宅空调能耗,根据调查北京市居民采用分体空调的住宅平均空调能耗为每年2.2 kW·h/m²,相比近年新建的少数采用集中空调的住宅空调能耗高达每年20 kW·h/m²,可以看到“部分时间、部分空间”的环境控制模式与“全

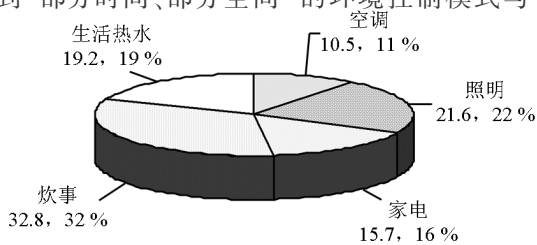


图2 按用能项目计算的2006年中国城镇住宅总能耗(单位:百万吨标准煤)

Fig. 2 China's urban residential energy use by end uses in 2006 (unit: Mtce)

时间、全空间”模式间能源消耗的巨大差别。与发达国家的主要的差别还来源于生活热水能耗和家用电器能耗两项。我国城市居民人均生活热水能耗不到日本的1/4,这完全是生活方式与生活水平的差异所致,随着生活水平的提高,如何高效地制备生活热水,满足日益增长的住宅热水需求,是今后维持住

宅较低能耗水平的重要问题。尽管我国城市居民各类家电普及,但带有电烘干的洗衣机、洗碗机一直没能在我国普及,而这两种家电是一些发达国家住宅能耗的主要部分。维持居民节能的生活习惯并且严格控制这种高耗能家电产品进入市场,是维持目前住宅建筑较低能耗的重要措施。

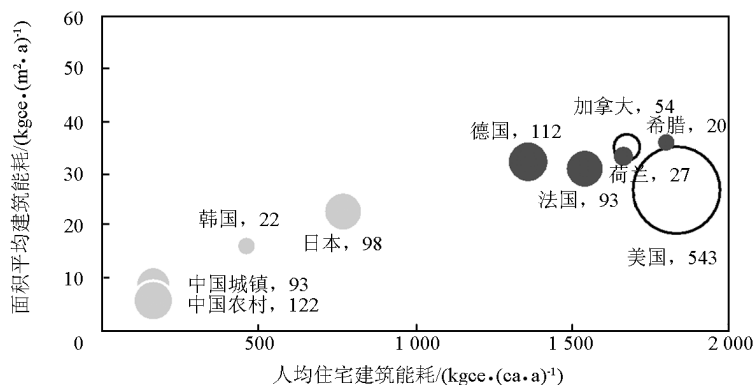


图3 2005年各国住宅建筑一次能耗(除采暖)比较

Fig. 3 Residential building primary energy use (excluding heating) comparison in 2005

注:1. 图中各国名后的数字,为该国建筑一次总能耗,单位为:百万吨标准煤;
2. 由于缺乏相关统计数据,德国,法国,荷兰与希腊没有除去采暖能耗

2.3 公共建筑除采暖外的能耗

我国各类公共建筑占城镇建筑总量的34%,除了采暖外的建筑能耗在不同的公共建筑之间差异非常大。可分为大型公共建筑和一般公共建筑。前者指单体超过2万m²建筑面积,采用中央空调的公建,其单位建筑面积除采暖外能耗可达每年70~150kW·h/m²。而一般公共建筑除采暖外电耗一般为每年30~50kW·h/m²。这二者的差别主要是由于中央空调和大型公建中的其他设备的高能耗、大型公建很难利用天然采光而造成较高的照明电耗以及大型公建需要的机械通风设施的能耗。发达国家的公共建筑也同样存在这样的现象,但其能耗达到或高于我国大型公建单位能耗的建筑占总的公建中的比例要高得多,由此就造成公共建筑的单位面积建筑平均能耗远高于我国。这样,在这一领域,我国最主要的任务是:a. 严格控制这种高能耗的大型公共建筑在新建建筑中的比例,并且谨防既有的低能耗公建通过改造后成为高能耗的大型公建;b. 把大型公共建筑节能作为公建节能的重点,通过技术进步和改善管理,有可能使大型公建能耗在目前水平的基础上降低30%;c. 通过合理的建筑设计,使新建的一般公共建筑在维持目前一般公建能耗的水平上大幅度改善室内环境和服务水平。

2.4 农村建筑能耗

我国农村建筑占我国建筑总量的53%,但由于经济和生活水平相对落后,建筑能耗也远低于城市。不同地区能耗情况有很大差别,总的趋势是传统的生物质能所占的比例正在逐年减少,而随着新农村的建设,煤、电、天然气等商品能源所占比例逐渐增加。在部分省市如上海,山西,商品能耗的份额已超过90%,而生物质能源使用量最大的黑龙江、辽宁等省,农村建筑的商品能比例也已达40%左右。

对于北方农村,由于农村建筑保温不良,尽管单位建筑平均采暖能耗达到和超过城镇水平,但实际室温仅在8℃~16℃,难以保证基本的热舒适要求,即使如此,一些主要依靠燃煤采暖的农户其冬季采暖燃煤费已经占到其经济收入的30%,成为很难承担的经济负担。通过研究和推广适宜的科学技术,改善北方农村建筑热性能,发展适宜的能源供应和采暖方式,降低冬季采暖能耗,改善冬季室内环境,已经成为北方农村迫切需要解决的问题。

南方农村的建筑能耗主要是炊事用能。由于生活方式不同,农村炊事用能远高于城市,在依靠生物质能和燃煤作为炊事用能的地区,室内由于燃烧造成的污染目前还是严重问题。研究、宣传和推广先进的适宜技术,提高灶具效率,降低燃料消耗,减少

污染,还是当前的重要问题。

随着中央“家电下乡”的政策,农村家电拥有量增加,由此也导致建筑用电量增加。注意严格审批“家电下乡”产品,防止把某些高能耗低效率产品推到农村,也必须引起有关方面的注意。

3 探索实现中国建筑节能的途径

从上可知,我国目前建筑能耗相对较低的状况主要是由于不同于发达国家的生活方式和室内环境状况而决定。归纳前述各类建筑能耗中造成中外差异的主要因素如下:

1) 建筑形式。我国住宅广泛采用的大体量多层住宅,其体型系数远小于欧美单体或双体别墅(single or detached house)形式,使得传热损失和冷风渗透量都相对较小;我国公共建筑大多可以开窗通风并利用自然采光,这是造成大多数“一般”公建能耗低于发达国家的重要原因;

2) 环境控制系统模式。无论公建还是住宅,除了北方集中供热系统外,我国的建筑大多实施“部分空间,部分时间”的室内环境控制系统与运行模式;相对于发达国家和国内部分“高档”建筑集中式系统通过连续运行实现的“全空间,全时间”模式,能源消耗有几倍之差。反之,我国北方城镇集中供热的“全时间、全空间”也造成相对较高的能源消耗(由于我国以煤为主的能源结构,采暖只能采用集中供热);

3) 室内环境效果和服务质量。不可否认实际上我国大多数建筑的室内环境效果,包括室内温湿度水平和室内空气质量等,都不及发达国家的平均水平。如长江流域冬季室内温度偏低,夏季由于空调间歇运行有时室内舒适性较差等。但正是这种使用者感觉上并不很大的差别就导致实际能源消耗的巨大差别。

由此可知,我国目前建筑能耗相对较低的主要原因是不同的生活方式,使用建筑物的方式以及不同于西方国家的文化理念所致。这导致几倍的单位建筑面积能耗的差别和接近 10 倍的人均建筑能耗的差别。进一步分析,可以看到实际上是两种营造人类活动室内空间的理念的差异所造成。从西方“机械论”的思想出发,营造出居者可以“完全掌控”的室内环境,对室内的通风、温湿度、照明度等进行全面调控,并追求与室外环境的高度隔绝以避免室外环境对室内的影响,其结果就是以巨大的能源消

耗为代价获取了一定程度的“舒适空间”。而延续东方传统的“天人合一”,人与自然和谐的文化理念,尽可能依靠自然条件营造室内环境,只是当自然环境实在不能满足使用者需求时,才通过主动的手段(如采暖、空调和照明)进行适当的改善。这时所需要的能源消耗较之前者有几倍的差别。我国目前尚处在现代化过程中,大多数建筑的建造形式和使用方式尚处在传统理念下。例如,住宅空调以“部分时间、部分空间”方式运行的分体空调为主;办公建筑和教室大都能开窗自然通风;“人走关灯关空调”仍是大多数人使用建筑器具的方式。这就使目前大多数建筑还处于运行能耗相对较低的状态。

然而已经有一些按照西方“现代化理念”建造和运行的建筑,其能耗也接近于发达国家同样功能建筑的水平。面对这种“现代化建筑”高能耗的状态,大多数运行者应对的方式是缩短空调开启时间,降低新风量甚至停止新风机,取消末端再热等方式。这样使实际建筑能耗有所降低,但恶化了室内环境,降低了空气质量,还使得部分建筑空间的过冷或过热。这就是目前许多高档建筑出现的“建筑综合症”的原因。实际上通过改善运行方式,延长运行时间,许多室内不舒适的问题可以解决,但在高额的能源消耗与一定的室内环境抱怨之间,大多数大楼的运行管理者选择了后者。这也反映出在能源费用负担与室内环境服务质量上大多数国人的态度。既然我们在能源消耗和服务质量上选择了降低服务质量而优先节能,那么为什么不能维持传统的建造与运行理念,继续坚持从“与自然和谐”而不是由人来完全掌控的方式出发来设计建造我们的建筑及环境控制系统,从而在更低的能耗水平上获取相对更好的室内环境与服务质量呢?

近年来在节能减排的推动下,由国内外一些研究机构和企业界已陆续建造了不少各种类型的“节能建筑”、“零能耗建筑”等,汇集世界上最新的各项建筑节能技术,按照“全面掌控”的理念建造出的这些“节能建筑”实际的能源消耗大都高于同功能的一般建筑,而实际的室内环境与舒适度有时还不如建造和运行较好的一般建筑。例如:

住宅类:北京当代 MOMA 的恒温恒湿住宅,锋尚的“告别空调暖气”住宅,其单位建筑面积夏季空调电耗约为北京一般住宅分体空调的 10 倍;

办公类:清华大学的“中意”节能环保楼,其单位面积电耗比该校同功能办公楼高 30% 以上;

区域能源系统:广州大学城区域供冷,北京中关村新区的区域供冷,其单位空调冷量的价格为自设冷源电费的2~3倍;

南方住宅采暖类:德国技术援建的上海安亭新村,南京朗诗的温度湿度独立控制的节能住宅,它们的单位面积冬季采暖能耗为当地住宅的2~3倍。

这就表明,我国建筑节能工作不能依赖于简单的引进和复制发达国家的高技术。大多数发达国家行之有效的建筑节能技术服务于西方“现代化”的“全面掌控”理念下,可以使实际能耗在他们目前水平上大幅度降低,但其能耗的绝对值仍高于我国目前大多数同功能建筑的实际建筑运行能耗。这样,从国外引进和与国外接轨的结果就导致实际的建筑能耗反而升高,或基本维持同样的建筑能耗但降低了室内环境质量。

北方城镇的集中供热则从另一方面说明同样问题。由于采用按面积收费制,并且相当一部分住宅的采暖费用是由其雇主单位报销,因此基本属于社会福利范畴,是市场机制至今未能涉及的领域。与办公建筑、南方住宅的冬季采暖及北方住宅的夏季空调的运行状况就完全不同,集中供热出现的大量问题是部分室内过热,室内采暖标准达到或超过西方国家目前水平。如果不记入热电联产热源产生的节能效益,实际的采暖能耗高于同样气候状态下发达国家的水平。同样是建筑采暖,长江流域由于是自行调节,自己承担能源费用,所以实际的现象是低室温、低能耗、“部分时间、部分空间”采暖。同样在北京采用燃气壁挂炉采暖的住宅,也由于自行调节,自己承担能源费用,实际的采暖室内温度普遍低于大规模集中供热的住宅。因此如果彻底实现“供热改革”,或者在保证低收入群体采暖的基本需求基础上的“供热改革”,北方集中供热采暖的室温也必然会显著降低,并且带来相应的能耗降低。

综上所述,根据我国的资源能源和环境容量状况,现在不能按照西方“现代化”模式通过高能耗的代价营造室内环境;将来经济发展了,人民富裕了,仍然不能实行这种高能耗模式。必须根据国情和文化、传统及现实的生活模式条件,维持这种节俭的生活模式和营造室内环境的方法。在目前单位建筑面积能耗水平的基础上,通过技术进步与创新,进一步改善室内环境,提高建筑物的服务质量。在大多数情况下,需要与发达国家在建筑节能上完全不同的理念和技术措施。目前仅10亿总人口的发达国家

使用了全球总能源的18%作为建筑的日常运行能耗,而其他的57亿人口的发展中国家,其建筑运行能耗尚不到全球总能耗的13%。如果完全按照西方“现代化”模式去为这57亿人口营造同样的室内环境,则仅人类居住的建筑运行就需要消耗相当于目前1.2个地球可提供的能源。显然,无论从可提供的能源总量还是可能的环境容量看,地球都不能支撑人类按照目前西方的“现代化”模式营造室内环境,可能的应该是传统的“与自然和谐”的文化理念与相应的创新技术的结合,是我国今后尝试和发展的建筑节能新路,这个尝试也将成为全球发展中国家的现代化进程的最好示范。

4 建筑节能工作中的一些误区

从上述认识出发,再考察当前我国的建筑节能工作,就发现有如下认识不清的误区,并且这些误区严重地影响着当前的建筑节能工作:

误区1:用节能百分比的方式指导节能工作。目前我国的建筑节能政策采用了节能百分比的概念,即目前经常谈及的建筑节能50%、65%和75%的目标与鼓励政策。这一提法源于北方采暖节能。当把围护结构的热阻提高一倍时,可以使采暖能耗降低50%。由此以围护结构热阻的相对值来作为考核建筑节能的指标。但对于以空调和其他能耗(照明、生活热水、电器)为主的其他地区,建筑能耗与围护结构热阻相关很小,而更多的是由采用的装置及装置的使用方式,以及居住者对建筑物的需求决定。这样再单纯考察围护结构热阻,并以此产生节能50%、65%等说法,不仅形成对建筑节能效果的误导,更忽视了人的生活方式对建筑能耗的巨大影响,从而导致大量貌似节能75%、65%而实际高能耗的建筑的出现。

误区2:考察一座建筑采用了多少项建筑节能技术。例如,是否是外墙外保温,是否采用低辐射玻璃和“带呼吸幕墙”,是否采用水源热泵、地源热泵等。然而,由于建筑性能对气候的依赖性,不同气候带的建筑,不同的建筑功能,不同建筑使用特点(如室内发热量大小),对建筑物的要求和建筑系统的要求差别很大,从而也就需要不同的节能技术与产品。在一定程度上甚至可以认为几乎没有哪种节能技术和产品在任何地区、任何功能的建筑中都普遍适用。并且,在很多场合,盲目地采用一些不适宜的“节能技术”,不仅提高了投资,而且还很可能

导致实际能耗的增加。此类案例比比皆是。盲目地堆砌节能技术的建筑,往往是导致使用者“被迫”按照“高能耗生活模式”使用的建筑,其结果一般是实际能源消耗的大幅度上涨。

误区3:把用可再生能源提供建筑总能源的比例作为考核一个项目是否节能的重要指标。这一指标并不科学。例如,A建筑的单位面积能耗比B建筑高50%。当A建筑采用了20%可再生能源时,实际的常规能源消耗量仍比B建筑高出20%,因此对于B建筑来说,A建筑仍然是高能耗建筑,而不能仅因为它采用了20%可再生能源就成为节能建筑。采用节能措施,鼓励节能的生活方式,推广可再生能源,都出于一个目的,就是降低矿物质燃料的消耗,采用可再生能源而受到鼓励的前提一定是其实际消耗的矿物质燃料量小于同类建筑。

误区4:节能是否等同于提高能效。节能的一种英文对照用词是“Energy efficiency”。再用中文解释,就是“提高能源利用效率”。那么节能是否可以直接用能源利用效率来评价呢?例如,北京某房地产开发项目采用辐射采暖,另外还有专门的新风系统提供加热加湿后的新风。整个冬季室温维持在24℃,辐射采暖的热量平均消耗量为14 W/m²,新风系统耗热量为11 W/m²,这样,冬季采暖总的耗热量平均为25 W/m²,高于北京市采暖标准。测试机构认为,把辐射采暖的热量折合到北京市规定的采暖标准室温18℃的工况,14 W/m²应折合到10.5 W/m²,而新风属于提供了额外的服务,因此其热量不应计入。这样,折合到标准工况,采暖能耗仅为10.5 W/m²,仅为北京市建筑节能标准中采暖能耗21 W/m²的一半。因此可以得到结论,这座建筑的能耗比达到建筑节能标准的建筑能耗还低一半。但是,这座建筑实际消耗了平均25 W/m²的热量,明明比北京市节能标准中规定的21 W/m²高,怎么就比节能标准规定的能耗还节能了呢?

在建筑节能领域,唯一目标就是降低总的能源消耗量。如果把建筑提供的服务作为一种产品,参照工业生产领域的做法,追求单位产品的能源消耗量,就必然导致加大提供的服务产品总量从而降低单位产品能耗,然而最终导致总的能源消耗量必然增加。因此,从我国实际情况出发,建筑节能的目标应该是:

在维持目前能耗总量不变或有所降低的前提下通过技术进步和创新,进一步提高建筑的服务质量,

改善人民生活水平,为居民创造一个更文明、更健康的生活空间。

5 我国建筑节能的途径、关键技术和政策建议

根据前面对我国建筑节能工作现状和前景的分析,确定实现我国建筑节能目标的路线图如下:

1)降低北方城镇建筑采暖能耗,单位建筑面积采暖能耗平均降至目前的60%,即10 kg标准煤/(m²·年),使今后北方城镇建筑总量再增加一倍后采暖总能耗不变,其技术关键为:a.扩大热电联产热源的比例,使目前供热面积大于200万m²以上的集中供热系统都采用高效的热电联产方式,同时推广基于“吸收式换热”的热电联产新流程,进一步提高热电联产热源的效率;b.推广以室温调节技术为核心的集中供热末端分户调节与热费分摊技术,彻底改变目前的过量供热现象,并通过热费改革促进使用者自觉地降低室内采暖温度;c.对部分围护结构保温严重不良的既有建筑进行围护结构节能改造,以降低采暖需热量,并提高室内舒适水平;d.对热电联产集中供热不能涉及的区域和建筑,推行各种清洁高效的分散采暖方式(热泵、壁挂燃气炉等)。

2)发展农村建筑的新能源体系。随着新农村建设运动的展开,农村商品用能消耗量和占农村能源中的比例迅速增加。如果按照目前城镇的发展模式解决农村的居住与能源问题,将会给我国带来巨大的能源和环境问题。对于以农林牧业为主要收入的农牧区,秸秆、薪柴和牲畜粪便可以基本满足其建筑能源需求(炊事,采暖)。同时,这些地区土地空间相对充裕,有吸纳利用生物质能源生成物的条件(肥料),劳动力成本相对低廉,因此具备良好的利用生物质能源和发展可再生能源的条件。这样应发展以生物质能源和其他可再生能源(小水电、太阳能、风能)为主,辅之以电力和其他商品能源,形成新的农村建筑供能体系。在满足新农村发展建设和生活水平显著改善的条件下,燃煤消耗总量在目前的水平上有所降低,电力消耗量稍有增加,而生物质能源利用率和使用效率则在目前的基础上大幅度增加。为此需要的关键技术为:a.小型水电、风电和太阳能发电技术,并网和蓄能技术;b.大幅度提高农村建筑热性能的技术,包括北方建筑的保温,自然通风和自然采光,以及改进北方土炕采暖的技术途径;c.基于生物质能的高效清洁炊事灶,使能源利用率

从目前的不足 10 % 提高到 50 % 以上,并且改善其造成的室内空气污染;d. 生物质能源材料的高效干燥、压缩和长期储存技术;e. 提高生物质热制气的效率,生成气的净化,副产品的综合利用等关键技术;f. 提高北方沼气系统冬季运行效率的关键技术,包括选择新的菌种,发展新的沼气池型,以及与太阳能热利用的综合解决方案;为实现这一目标,除需要组织大型科技攻关和技术推广外,还必须有相应的政策支持:a. 仿照农业技术推广模式,由国家支持建立农村能源技术推广站;b. 把国家发展生物质能和可再生能源的重点放在农村,包括财政补贴和相关科研课题;c. 提倡建立基于“清洁能源、可再生能源”的无煤新村,形成使用新能源的时尚文化,决不能把商品能源使用量或比例纳入衡量新农村建设的指标。

3) 严格控制公共建筑能耗的增长。我国目前城市建筑能耗相对较低的主要贡献之一是由于大多数公共建筑(尤其是学校、一般办公建筑等)尚属于低能耗的“一般性公共建筑”。然而如果随近年来的发展趋势,高能耗的新建大型公建和既有的一般公建经过升级改造而成为高能耗大型公建,使这类高能耗大型公建在公共建筑总量中的比例持续增加,就会使公共建筑能耗总量大幅度增加,从而改变我国整个建筑能耗状况。为此应把我国的公建总量控制在 120 亿 m^2 以内,公建除采暖外的用能总量控制在每年 7 200 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 以内。为此需要:a. 严格控制公共建筑总体规模,要充分考虑公共建筑规模增大后带来的能源、交通和环境的不利影响,不能把它简单地作为拉动投资,增加 GDP 的手段。应采用以 120 亿 m^2 封顶的“天花板”政策,将指标分配到省市各级,层层严格控制。更要严格控制新建的高能耗大型公建项目;b. 对各类公建实行全过程的用能定额管理制。对于新建建筑,在规划审批时就根据建筑功能确定全年总用能指标,并以此作为设计招标、方案审查、施工图审查、设备招标、施工验收等建设过程各阶段的节能审查依据,并作为正式运行后的实际用能定额,征收超定额税。对既有建筑也需要根据建筑实际状况确定用能定额,并逐渐实现用能定额管理;c. 发展我国特色的从与自然和谐出发的公共建筑设计与环境控制系统。发展相适宜的创新系统、技术与装置。使办公建筑空调通风和照明能耗全年在 35 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 以内,大型公共设施(大型商场、交通枢纽、文化体育设施)全年空调通

风和照明能耗全年在 45 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 以内;d. 通过技术创新解决各类高热量的数据中心设备排热和室内环境控制问题,使这类机房空调通风耗电量不超过机房设备耗电量的 35 %。通过新的系统形式和控制方式降低图书档案室类型的室内环境控制系统运行能耗,使得单位建筑面积空调通风能耗不超过 25 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$;e. 健全公共建筑运行能耗监测管理系统和相应的监管机制,并使其成为支持节能服务公司模式的服务平台,使 EMC 这一节能改造服务模式有效地服务于既有公共建筑的节能改造。

4) 鼓励推广节能家用电器具,严格禁止高能耗家电产品。通过市场准入制度,限制低能效家电产品进入市场,对电热洗衣烘干机、电热洗碗烘干机、白炽灯等高能耗家电产品实行市场禁售制。通过提倡节能的生活方式等,使住宅用电量平均在每户每年 2 000 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 以下。

5) 研究开发长江流域及以南地区的住宅室内环境调控方式。这将成为未来我国建筑能耗的可能增长点。目前还缺少有效的技术解决方案能够在目前的能耗水平下大幅度改善这一地区冬季室内环境,提高居民生活质量。应该开发依靠电动热泵技术、分室或分户的、能够实现“部分时间、部分空间”室内环境控制,并兼顾温度控制和湿度控制、兼顾冬夏供冷供热需求的室内环境控制系统和相应装置。环境控制系统耗电量应控制在全年不超过 25 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 。

6) 严格禁止建设不符合节能型生活方式的建筑环境控制系统。具体包括:a. 任何地区都不适宜建设供冷面积超过 10 万 m^2 的区域供冷系统;b. 在长江流域及其以南地区不适宜建设区域供热系统;c. 在任何地区的多户式住宅都不适宜采用集中的中央空调系统。

全面落实上述各项,可以使我国人口达到 15 亿后,在满足全民健康文明的生活、生产和文化生活的需求的条件下,全国建筑运行的商品能(不包括生物质能源和与建筑一体化的可再生能源)消耗不超过 8 亿 tce/a ,仅为目前日本和欧洲人均水平的 1/3 ~ 1/4,美国人均水平的 1/8。不要让建筑运行能耗影响我国长期的社会和经济的发展。

参考文献

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007,2008,2009,2010.

China building energy conservation stratagems study

Jiang Yi

(Building Energy Research Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

[**Abstract**] The state of current China building energy use is presented. It is classified into the energy for space heating in North urban buildings, energy for space heating in Yangtze River area, energy for urban residential buildings, energy for non-residential buildings as well as energy for rural residential buildings. The characters, problems and key points for saving energy for each classification above were discussed in detail. Comparison with real building energy data in developed countries was also made in order to get clear idea on current China building energy state. It shows that current China building energy use is much lower than developed countries whatever in terms of per capita or in terms of building floor area. This is mainly due to the different lifestyles and different modes of building use. It is important to maintain the thrift mode in China in order to achieve the Chinese building energy conservation target. This should be the start point to design Chinese building energy strategy. As different lifestyles and different building use modes do need different technique measures, we should develop our own approach to realize their low building energy use target rather than follow the approaches that what happened in the developed countries.

[**Key words**] building energy; China energy policy; lifestyle & energy