

文章编号: 1671-6612 (2020) 02-175-10

新型城镇化背景下中国建筑能耗 总量分析与政策建议

梁金涵¹ 章文杰¹ 林常青² 周建伟¹ 田秀丰¹

(1. 南京理工大学 南京 210014;
2. 江苏省绿色建筑产业技术研究院有限公司 常州 213000)

【摘要】 通过对社会总能源需求及建筑能耗数据的分析, 测算了中国未来可能的建筑能源消费总量。围绕着建筑能耗总量控制目标, 从节能技术、产品、产业、基础研究等方面, 提出了技术保障体系; 从法律法规、节能监管、考核体系、工作机制、建筑节能标准、激励措施和能源价格政策、能力建设等方面, 系统提出了政策保障体系。

【关键词】 建筑节能; 总量控制; 能耗强度; 政策建议

中图分类号 TK01+8 文献标识码 A

Analysis of China's Total Building Energy Consumption and Policy Proposal under the Background of New Urbanization

Liang Jinhan¹ Zhang Wenjie¹ Lin Changqing² Zhou Jianwei¹ Tian Xiufeng¹

(1. Nanjing university of science and technology, Nanjing, 210014;
2. Jiangsu green building industry technology research institute Co., Ltd, Changzhou, 213000)

【Abstract】 Based on the calculation of building energy consumption data, the possible total amount of building energy consumption in China is studied. Centering on the total control of building energy consumption, this paper systematically puts forward the policy guarantee system from the aspects of laws and regulations, energy conservation supervision, assessment system, work mechanism, building energy conservation standards, incentive measures, energy price policies and capacity building. From the aspects of energy saving technology, product, industry and basic research, the technology guarantee system is put forward.

【Keywords】 Building energy efficiency; Total amount control; Energy intensity; Policy proposal

0 引言

改革开放以来, 我国社会和经济高速发展, 成就举世瞩目, 但能源消费也随之快速增长。我国的能源结构是以煤炭为主, 2008 年首次超过美国, 成为世界上最大的温室气体排放国, 年排放量已达 60 亿吨。煤气燃烧引发的大气污染甚至雾霾, 对社会和公众健康造成严重影响。中美两国 2014 年

11 月 12 日在北京发表了《中美气候变化联合声明》, 我国已明确宣布“计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰”^[1]。节能减排任务更加艰巨。

过去 30 年, 建筑节能一直以控制建筑各组成部分(围护结构、设备系统等)的节能性能为主, 较少关注其能耗强度及实际能耗, 这种节能模式无

基金项目: 国家重点研发计划项目(编号: 2018YFC0704400)

作者简介: 梁金涵(1996.02-), 女, 硕士研究生, E-mail: liang289922@126.com

通讯作者: 章文杰(1986.10-), 男, 博士, 讲师, E-mail: zhangwenjie001@139.com

收稿日期: 2019-03-27

法准确核算建筑节能的实际效果。住房和城乡建设部为满足建筑节能发展的需要,已立项编制国家标准《民用建筑能耗标准》,对各类民用建筑运行阶段的实际能耗强度做出明确要求^[2]。但对于大量即将新建的建筑,如何在设计阶段就对其单位面积的用能指标进行控制,避免“达标建筑能耗高”的现象,该标准不能给予直接的指导。

2014年国务院办公厅正式印发了《能源发展战略行动计划(2014-2020年)》,提出“到2020年,一次能源消费总量控制在48亿吨标准煤左右,煤炭消费总量控制在42亿吨左右”^[3]。这是我国政府首次明确提出的能源消费总量控制目标,但目前国家尚未给出未来建设领域能源消耗总量的控制目标。

本文拟通过研究建筑能耗情况,结合建设领域节能减排的中长期目标,为我国未来建筑行业节能减排提出了一系列建议。

1 我国建筑能耗数据分析

1.1 建筑能耗数据统计

我国一直没有建立专门的建筑能耗统计和发布渠道,缺少完整的、官方发布的数据。目前比较有代表性的结论有:中国建筑节能协会能耗统计专业委员会得出,2015年全国建筑能源消费总量为8.57亿吨标准煤,占全国能源消费总量的19.93%^[4];王庆一教授按国际通行的能源平衡定义和计算方法,得出2016年我国建筑终端能耗(即民用、商用部门能耗)为6.7亿tce,占全社会终端能耗的20.5%^[5];同济大学龙惟定教授通过分析我国能源统计数据,并比较我国与美国和日本的结构差异后提出,我国建筑能耗在社会总能耗中的比例大致在20%^[6];清华建筑节能研究中心建立了以能耗强度为基础、由统计数据进行宏观验证的我国建筑能耗模型,并得出2015年我国建筑总商品能源消耗为10.7亿tce,占当年全社会一次能源消耗的24.9%^[7]。

1.2 建筑能耗分析计算

本文分别采用建筑单位面积能耗强度法和统计年鉴能源数据拆分法对建筑能耗进行了初步计算。

(1)建筑单位面积能耗强度法:自下而上估算,即总能耗量=建筑面积×单位面积能耗强度。按照这个方法,经初步计算2010年全国民用建筑能

耗约为7.15亿tce,占社会能源消费总量的21.97%。

(2)统计年鉴能源数据拆分法:自上而下的测算。《中国统计年鉴》中没有建筑的能源消费总量,因而把农、林、牧、渔、水利业,工业,建筑业,交通运输、仓储和邮政业等的能源消费量减去,近似认为剩余的即为建筑的能源消费量。以此估算2010年建筑消费能源量约6.13亿tce,约占社会能源消费总量的18.86%(仓储和邮政与交通运输合并在一起,其中的建筑运行能耗没法拆出来,因此得到的总建筑能耗偏低)。龙惟定教授将交通运输、仓储及邮电通讯业能耗总量的1/2算作建筑能耗,得出2013年我国建筑能耗比例为22.4%^[8]。

关于建筑能耗所占社会总能耗的比例,尽管目前没有共识,但除了根据中国统计年鉴拆分的结果略低外,其他结论均在20%左右。欧美发达国家建筑能耗增长的规律显示,建筑能耗将占社会能源消费总量的1/3左右。由此可见我国建筑能耗还有巨大的增长需求。

1.3 我国能耗现状及预测

从《中国统计年鉴(2018)》发布的数据看,2017年我国能源生产总量为35.9亿tce,消费为44.9亿tce^[9]。

国务院《能源发展十三五规划》中,到2020年能源发展主要目标是:一次能源生产量控制在40亿tce左右,能源消费总量控制在50亿tce以内,煤炭消费总量控制在41亿吨以内^[10]。根据工程院对我国能源供应潜力进行的预测,2020年为48亿tce、2030年为56亿tce、2050年为60亿tce^[11]。

根据国际能源署和英国石油公司对未来全球能源消费总量的预测结论,2030年,世界可能的能源消费约208亿tce~242亿tce^[12,13],假设我国所占的比例保持当前水平(23.2%^[14]),那么2030年我国的能源供应能力将在48.3亿tce~56.1亿tce之间。

根据国家发展改革委员会能源研究所对不同碳排放情景下的能源消费总量进行的分析,从基准情景至强化低碳的角度,2030年我国终端能源消费总量需要控制在42.75~56.16亿tce、2050年需要控制在50.14~66.22亿tce^[15]。

2 建设领域节能减排实施路线分析

根据前文统计数据,以2010年能耗强度数据

作为当前同类型存量建筑的平均能耗基准, 对我国未来建设领域节能减排的综合情景进行了设定^[16,17]。

2.1 不同综合情景下的建筑能耗总量估算

基准控制情景 (BAU): 维持当前的控制措施, 到 2030 年, 除北方城镇采暖外, 其他类型新建建筑能耗强度可能在当前基础上增长 15%~30%。

低节能减排情景: 采取比基准情景稍严的控制措施, 使得到 2030 年各类建筑能耗强度水平有所下降或上升速率有所降低。

中节能减排情景: 该情景假设在基准情景上, 进一步采取更严的措施, 使各类建筑能耗强度得到有效控制, 除城镇住宅 (除北方采暖) 用能外, 其他用能到 2030 年比当前普遍降低 10%~25%。

强节能减排情景: 需要尽一切可能降低各类能耗强度, 到 2030 年使得各类能耗强度比当前降低 10%~40%, 到 2050 年, 相对于中等控制情景, 各类建筑能耗强度变化 5%~10%。

2.2 建筑能耗占比及目标的初步分析

根据前文对建筑能耗在四个情景下的总量预测, 结合国家发改委和中国工程院所预测的我国一次能源总量, 结果如图 1 所示。

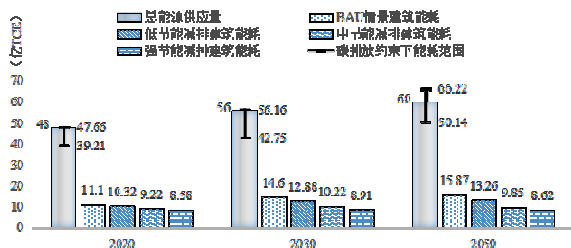


图 1 四种综合情景下建筑能耗占社会总能源消费的比例

Fig.1 The proportion of building energy consumption in total social energy consumption in four comprehensive scenarios

单从图 1 的不同情景下建筑能耗总量及其占比的结果看, 推荐在当前节能减排模式 (BAU) 的基础上, 逐步采取更加严格的措施, 实现由低到中的发展, 即 2030 年实现中节能减排情景, 并争取更早实现。若能实现, 那么当年的建筑能耗约为 10.22 亿 tce, 占社会能源供应总量的 18.25%, 与按 BAU 情景发展相比, 当年可以实现节能 4.38 亿 tce; 而到 2050 年, 当年的建筑能耗将控制在 10 亿 tce 以内, 约占社会能源供应总量的 16.42%。

若想实现上述目标, 建议分别对新建建筑和既

有建筑采取更严格的措施, 控制新建建筑的增量、能耗强度, 加快推广低能耗建筑, 加快既有建筑改造 (包括加强运行维护)。分别设定分阶段目标, 以便分步实施和控制。

2.3 建设领域节能减排中长期目标规划 (2030 年)

通过从国家层面的能源供应与碳减排约束以及建设领域节能减排路线两个方向的深入分析, 可以明确建设领域节能减排的中长期目标如下:

(1) 未来总面积最好能控制在 700 亿 m^2 以内 (从 2010 年起, 平均每年净增建筑面积不超过 8 亿 m^2);

(2) 到 2030 年, 我国建筑总能耗应控制在 10.2 亿 tce 左右, 最好能控制在 10.0 亿 tce 以内, 与按 BAU 情景发展相比, 每年可以节约 4.38 亿 tce 左右;

(3) 到 2030 年, 新建建筑的实际运行能耗强度不超过表 1 的限值 (全国平均水平)。

表 1 2030 年新建建筑实际运行的能耗强度 [$kgce/(m^2 \cdot a)$]

Table 1 Actual energy consumption intensity of new buildings in 2030 [$kgce/(m^2 \cdot a)$]

用能类型	约束值	推荐值
北方城镇采暖	10.5	10.0
城镇住宅 (除采暖外)	12.5	11.5
城镇公共建筑 (除采暖外)	21.0	20.0
农村住宅	9.0	8.5

(4) 到 2030 年, 对 2010 年及之前建成的建筑, 完成 20%~30% 的节能改造 (包括加强运行维护), 这样除去拆除或翻新的, 大致完成对北方非节能建筑的改造, 使其实际运行的能耗强度控制在表 2 的范围内 (注: 全国平均水平)。

表 2 2030 年既有建筑实际运行的能耗强度 [$kgce/(m^2 \cdot a)$]

Table 2 Actual energy consumption intensity of existing buildings in 2030 [$kgce/(m^2 \cdot a)$]

用能类型	约束值	推荐值
北方城镇采暖	13.5	12.0
城镇住宅 (除采暖外)	13.0	12.5
城镇公共建筑 (除采暖外)	24.0	22.0
农村住宅	9.0	8.5

3 建设领域节能减排技术建议

3.1 建筑节能技术

科技部门主要负责支持建筑节能技术和产品

的攻关、研发。以《民用建筑能耗标准》为基础，加大建筑节能标准及有关政策对技术及产品的引导，推动建筑节能相关技术进步^[18,19]，为建筑节能减排工作提供充分的技术支撑和保障(见表 3)。

表 3 建筑节能关键技术

Table 3 Key technologies of building energy conservation

建筑规划、设计技术	不同地区建筑规划的关键控制环节和技术要求；不同气候区建筑设计理念、技术方向，包括被动技术和传统元素的合理运用
自然通风技术	推广有组织的自然通风技术，并实现与建筑或室内装饰装修一体化
门窗节能和遮阳技术	提高保温隔热性能；提高气密性，减少空气渗透；改善框型材的热工性能；合理的遮阳措施
建筑绿化技术	量化种植屋面和绿化外墙的隔热和节能性能等指标，促进绿化技术在建筑工程中的推广应用 ^[20] ，改善建筑室内热舒适度，缓解城市热岛效应
冷屋顶技术	研究冷屋顶的耐候性测试方法，完善冷屋顶长期性能指标要求，推动冷屋面产品的技术进步、确保冷屋面产品和工程质量、提高建筑节能减排的能力
建筑照明节能技术	不同空间和功能区的灯具或光源的选择、安装高度、排列方式等
能源控制技术	建筑能源系统管理，建筑设备系统管理，建筑环境、构件与建筑设备系统的联合控制技术
可再生能源的利用	提高可再生能源在单位建筑面积上应用的密集度；提高有限空间内可再生能源综合利用效率；提高太阳能组件与建筑一体化程度；提高可再生能源系统的综合性能系数；扩大可再生能源利用的技术类型，包括空气源热泵技术、工业余热与城市废热利用技术、农村新型生物质能技术
环境控制系统技术 (HVAC 系统)	风机水泵变频技术，温湿度独立控制技术，推广采用分散系统尽可能避免采用集中系统等
其他新技术	吸收式供热提高热电联产集中供热新技术；工业低品位余热作为集中供热热源的新技术；在干燥地区的间接蒸发冷水机组替代常规空调冷源新技术；槽型太阳能集热与吸收式空气源热泵结合的太阳能供热新技术等

3.2 建筑节能产业升级，为建筑节能减排深入发展提供产业保障（见工信部门主要负责推动建筑节能相关产业的表 4）。

表 4 产品产业升级

Table 4 Industrial upgrading

门窗产业	北方地区建筑外窗对冬季保温节能要求很高，而南方沿海地区多台风暴雨，太阳辐射强烈。建议提高门窗的抗风压、水密性、热工性能，采用高安全性和反复启闭耐久的门窗
遮阳产品产业	目前我国的外遮阳产品设计和应用刚刚起步，需要根据各个气候区、不同建筑朝向的需求特点，研制不同系列的遮阳产品
反射隔热材料产业	目前工程常用的反射隔热材料种类单一，主要为反射隔热涂料，并且耐候性能良莠不齐。该行业急需加快升级，提高产品性能，同时为建筑节能提供更多品种的反射隔热材料或产品
外墙保温产业	研究保温、隔热、防火、防水性能更加优良的外墙保温产品 ^[21] ，提升产业水平和供应能力。通过工厂预制，将保温、装饰、构造、防火、防水等完美集成，将是未来外墙保温产业的一个发展方向
被动式通风装置产业	研究生产各类可调通风窗或可调通风量的自然通风装置。该类产品在工程上的广泛应用，将大大降低通风设备的能耗
建筑用高效机电产品产业	大力研发变频风机、变频水泵、高效制冷空调设备等产品，提高机电产品在建筑上的使用能效

3.3 北方地区清洁取暖

我国北方地区冬季清洁取暖主要存在缺少统筹规划、缺少能源供应保障、成本偏高、取暖体制不完善、煤改气安全隐患等问题^[22]。对于推进北方

地区冬季清洁取暖,要“宜气则气,宜电则电”^[23,24],解决高能耗、高污染问题。而降低燃煤消耗,减少碳排放的关键在于如何高效地把电能转化为热能^[7]。

表 5 北方地区清洁取暖

Table 5 Clean energy heating in the northern area

高密度区 (城市)	集中供热管网与 热电联产结合	充分利用热网消纳周边电厂和工业的低品位余热;提高热网输配效率,降低管网热损和换热站水泵电耗;通过末端优化和改造尽可能降低回水温度,为利用其它低品位可再生能源创造条件 ^[25]
低密度区 (农村)	空气源热泵、地源 热泵等分散式供热	综合考虑该地区与电网部门的电价合同,水源资源状况,产生的初投资成本,运行成本等选择供热方式 ^[26] ,个别地区还可采用工业余热及生物质供热

3.4 基础研究

需要气象部门按建筑节能相关需求收集、整理城市及郊区的气象数据,并定期发布;需要统计部门配合建设主管部门对现行的建筑能耗统计制度进行完善。

建议加强对建筑节能和能耗数据的收集。加强对全国各气候区的建筑状况、能耗状况的调查,扩大建筑节能和能耗调查研究的区域,覆盖大中小型城市及农村,完善建筑能耗数据。扩大建筑气象数据的采集区域,在城市及乡村典型区域设置气象站,使建筑气象数据的范围能覆盖所有地区,丰富建筑气象数据内容,加快典型气象数据的更新,尽快建立建筑气象数据库。加强节能材料和产品数据库建设,国家和各地应建立建筑节能材料和产品的性能数据库,用于建筑节能研究、设计和产品的工程应用。

目前我国建筑节能计算存在多款软件,相互之间的计算模型和参数不统一,计算结果误差很大。建议通过基础性研究,尽快统一计算方法,以指导现有软件的整合和完善,最终形成适合我国的建筑节能计算软件,并辅以配套的数据库,包括气象数据库、可再生资源分布数据库、材料和产品数据库、设备数据库等,为相关工程提供基础的资料和数据。

3.5 人才培养

建议加强节能人才培养。对于建筑节能密切相关的建筑设计专业,高校应加强建筑节能课程的设置,使建筑设计人员进行建筑设计时,把节能设计的理念始终放在重要的位置;确定一批专业、权威的建筑节能培训机构,定期开展建筑节能相关技术、技能等的培训,主管部门定期对培训机构进行

业务考核,检验培训质量;实施全国建筑节能人才考核制度,对建筑节能从业人员的专业技术水平进行评定,作为从事建筑节能相关设计、科研等工作的依据;加强节能专家队伍的管理,建立专家信用档案,实行动态管理,建立准入清出制度。

4 建设领域节能减排的政策建议

顺利实现节能减排的中长期目标,需要在法律法规、组织协调、考核体系、工作机制、节能标准等方面给予更充分的建议^[27,28]。

4.1 完善法律法规及节能标准

建议在《中华人民共和国节约能源法》中增加建筑终端能源消耗控制的要求;进一步明确有关主管部门及相关主体在建筑节能工作中的权责,解决不同部门管辖范围交叉的问题,便于各部门间的协作;将强制措施与奖励机制相结合,将市场调节机制、政府调控机制、社会调整机制相结合,为建筑节能制定相应的经济激励政策^[29]提供法律依据。

建议在《中华人民共和国建筑法》中增加“建筑节能”专篇,统筹规定建筑节能的目标,除重视相关节能技术外,更要重视建筑能耗强度和能耗总量控制的要求,明确高耗能建筑的强制改造要求、超限额用能的惩罚措施。

建议在现行建筑节能标准体系的基础上,建立以能耗限额、能耗强度为控制指标的节能标准体系,并根据建筑节能减排中长期规划,适时修订^[30];在建筑规划标准(例如《城市居住区规划设计规范》)增加建筑能耗和能源负荷的要求,以便于建筑节能设计的目标确定;在建筑节能设计标准中增加能耗强度指标,并辅以配套的计算方法;逐步提高门窗幕墙、外墙、灯具、用能设备等产品标准的

能效指标^[31]。

现行建筑节能标准对各项技术的规定受制于现阶段经济、技术水平的条件，只规定发布现阶段需要达到的指标，无法体现和引导未来技术的进步。建议在确定当前需强制执行的约束值的基础上，同时结合建筑节能的需要和未来技术进步，确定未来需达到的目标值。发布建筑节能标准时，将需强制执行的约束值和未来需达到的目标值同时发布。目标值仅为推荐性，鼓励采用。

4.2 明确建筑能耗指标，增加能评审查

土地管理部门应在土地招拍挂中明确建筑用地的用能指标、年能耗指标；在建筑立项审批的能评审查中，增加审查用能指标、年能耗指标是否符合要求。规划部门在发放规划许可证时，增加审查建筑用地的用能指标、年能耗指标；在发放施工许可证，在建筑设计施工图审查时，增加审查建筑用能指标、年能耗指标。

希望尽快制定建筑节能减排总体规划，并给出建筑节能的整体要求，同时明确各省市的节能减排任务，并给出建筑能耗的控制目标、建筑能耗限额。

建立建筑运行阶段的能耗限额管理技术体系，应遵守公平、合理和可行的原则：针对不同功能的建筑进行合理的分类，分别确定能耗限额指标；把同类建筑平均实际能耗基准线作为能耗限额指标

的基础，避免过高或者过低；保证能耗限额在目前成熟的节能技术下能够达到，能耗限额指标应简单，便于执行。

4.3 强化能耗监管，完善节能制度

建设工程质量监督机构在建筑工程监督中，应保证设计的执行，确保工程满足质量要求；建设单位、设计单位、施工单位和监理单位各司其职，确保建筑节能标准得到执行，保证建筑工程满足节能标准和设计要求^[32]。

可以在现有节能考核体系中，增加量化的建筑能耗的年度考核。对相关工作的考核，可以由当前以建设阶段的考核为主调整为以建筑能耗总量控制结果考核为主。健全建筑节能的执法机构，建立以政府监督考核为主，辅以企事业单位自我考核的建筑节能检查监测体系。根据考核体系，制定相应的奖惩措施，落实节能减排目标责任制和问责制。

4.3.1 新建建筑全生命期节能监管

现有建筑节能管理的技术体系是以建筑各项性能满足标准要求为导向的，建议调整为以建筑能耗指标和用能指标为导向，避免再出现各项性能满足要求但能耗依然较高的后果。实施建筑全生命期的节能监管机制^[33]，由过去的事前审批，扩大至事中监督与事后考核评价^[34,35]（见表 6）。

表 6 新建建筑全生命期节能监管

Table 6 Supervision of energy saving in the whole life of new buildings

	监管考核方面	技术方面
建造前	在土地招拍挂、建筑规划审批中，明确建筑用能指标和能耗指标，具体到每个区域。建筑投资审查、初步设计审查、设计施工图审查等，均审查综合用能指标	关注建筑能耗组成的分析和计算、设备容量是否满足用能指标，建筑能耗是否超出能耗限额指标，合理利用计算机模拟仿真技术进行动态能耗设计
建造时	实时监督围护结构各部分性能是否达到设计要求及节能标准 ^[36]	关注关键用能设备是否达到设计要求
建造完成后	建筑物进行规划验收时，检验用电指标是否在规划批准的范围内，各栋建筑变压器装置等指标是否符合规划审批时的标准，增加建筑围护结构的气密性检验，通风及空调系统风道的气密性检验，通风及空调系统性能参数测试。不达标者不予以验收	加强对检测与评估机构的监管，建筑节能现场检测，可以采用无线传感器网络技术，保证检测数据的真实性、可靠性、准确性

4.3.2 既有建筑节能改造

在既有节能改造和节能运行管理中，建议推广合同能源管理（EMC）的模式^[37]。既有建筑节能

改造若有扩建部分，应按新建建筑节能标准执行^[38]。若既有建筑可继续使用年限较短，不宜再进行节能改造^[39]。

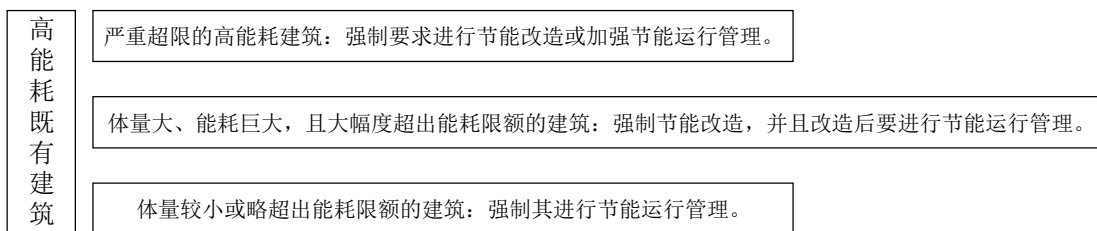


图 2 高能耗既有建筑节能改造

Fig.2 Energy-saving renovation of existing buildings with high energy consumption

4.3.3 公共建筑用电限额

《民用建筑节能条例》第三十二条规定“县级以上地方人民政府节能工作主管部门应当会同同级建设主管部门确定本行政区域内公共建筑重点用电单位及其年度用电限额”。虽然法规对公共建

筑的用电限额做了规定,但是没有明确超出用电限额部分如何处罚及超出用电限额部分收费的如何使用。建议尽快制定公共建筑年度用电超额加价政策^[40](见图 3)。

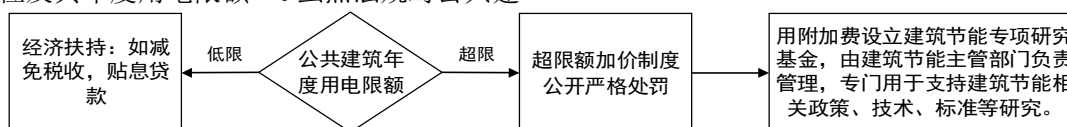


图 3 公共建筑用电限额政策框架

Fig.3 Policy framework of electricity quota for public buildings

4.3.4 加快热改和供热计量

建议继续强制全面推进按计量收费^[41,42]。各省应把供热计量收费工作纳入到考核体系,明确各市指标任务,严格考核。新建建筑和既有建筑节能改造应同步安装计量装置,实现计量收费,否则,各地建设主管部门可以不予以验收备案、不予以销售和使用的。落实供热企业主体责任,实施供热计量必须赋予供热企业供热计量和温控装置选购权、安装权;采用合同能源管理模式,开展既有建筑围护结构节能改造、室内供热系统计量及温控改造、热源

及供热管网热平衡改造等。

4.3.5 建筑碳排放

建立新建居住建筑、既有居住建筑、公共建筑的碳排放基准线^[43]。进一步选择示范城市开展建筑碳排放交易试点。

4.4 加大扶持力度,保证激励实效

可以由财税部门配合建设主管部门进一步出台一系列建筑节能的扶持和激励政策,在现有基础上,进一步加大扶持力度,同时做好扶持对象的研究^[44]。具体建议如表 7 所示。

表 7 重点扶持对象及相应政策

Table 7 Key support objects and corresponding policies

扶持对象	扶持方法
低能耗建筑	补贴、减税、资金奖励等
既有建筑	加大北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造的奖励力度,并将改造资金奖励扩大到公共建筑
可再生能源	优化可再生能源应用的扶持政策,更精准地确定扶持地区和对象,保证激励取得实效
节能电器	继续开展对高能效、低能耗家用电器产品的补贴,提高百姓使用低耗能电器的积极性
节能技术和产业	采取税收优惠、贴息等方法,重点扶持对建筑节能减排效果突出、亟需发展的技术和产业,例如高性能门窗、新型遮阳设施、建筑节能管理软件和控制系统等
基础研究试验室	在典型气候区分别确定国家级的建筑节能基础性研究试验室,明确其本气候区内的重点研究领域和方向,按年度投入科研资金,保证试验室的正常运行。国家安排支持建筑节能基础研究的专项经费,应由住建部根据建筑节能的需要设立课题,对一些基础的、共性的问题进行系统研究,并对资助的课题进行监管
建筑节能研究和 服务机构	利用建筑节能专项基金,对从事建筑节能研究、咨询服务的优秀机构进行奖励 ^[45]

4.5 提高准入门槛，加强市场监管

质量技术监督部门主要负责节能产品标准的制定和产品质量的检验监督，确保产品性能满足建筑节能需要。实施建筑节能技术产品评估认证制度，规范建筑节能技术和产品市场^[46]。

建议建立针对规划、设计、审图、检测等机构的监管体系，强化对第三方机构的监管，制定相应的惩罚措施，将惩罚措施落实到具体责任人。

建议建立高能耗产品的市场准入与监管制度。限制高功率、低能效传统电器的制造，从源头避免高耗能电器流入普通百姓家庭或对高能效低能效产品增收能耗税；针对新兴的电器产品，尽快制定严格的能效标准，超标准的新兴电器禁止进入市场；对政府投资的工程项目，电器类招标时，优先使用低耗能的电器。

提高建筑节能检测、评价、服务等行业的准入门槛。建筑节能检测、评价、咨询服务等可以效仿其他成熟领域的做法，形成一套有效的注册工程师考核机制，以专业的、权威的、公平的专业考试来规范从业人员的技术水平。以行业协会进行管理，规范建筑节能检测、评估、咨询服务和个人的行业准入。

4.6 加强交流合作

加大与科技、教育等部门的交流和合作，重点支持绿色建筑、低能耗建筑的技术研究，实现对绿色建筑设计、建造、运行维护、评价和改造等的系统支撑。积极推进产学研联合模式与机制，推进企业与科研机构强强联合，建立企业与高校的技术创新联合体。开发具有自主知识产权的关键节能技术、产品和设备，实现重点技术领域的突破。加强国际合作，学习借鉴国际先进经验，建立适合国情的建筑节能和绿色建筑的技术发展模式。

4.7 培育节能产业，推行节能服务模式

应加强建筑节能服务能力建设，推动建筑节能咨询产业的发展^[47]。在建筑节能运行和改造中大力推行合同能源管理方式，引进和培育专业服务管理公司。

建议将合同能源管理项目纳入财政节能减排专项资金支持范围，对节能服务公司采用合同能源管理方式实施的节能改造项目；在加强税收征管的前提下，对节能服务产业采取适当的税收扶持政策；各级政府机构采用合同能源管理方式实施节能

改造，按照合同支付给节能服务公司的支出视同能源费用进行列支；鼓励银行等金融机构根据节能服务公司的融资需求特点，创新信贷产品，拓宽担保品范围，简化申请和审批手续，为节能服务公司提供项目融资、保理等金融服务。

4.8 做好宣传教育，提高全民节能意识

建筑节能主管部门、宣传和教育部门加强合作，编制建筑节能与绿色建筑重点技术推广目录，定期发布技术、产品推广及限制和禁止使用目录。研究制订开展全民建筑节能宣传教育的指导性文件。筛选一批有条件、有代表性的城市、学校、大型公共建筑，开展全民建筑节能宣传教育试点，并逐步扩大宣传教育覆盖范围。

积极开展各类宣传活动。与教育、广电、新闻出版和文化等部门协调配合，设立统一的宣传主题，开展创意新、影响大、形式多样的宣传教育活动。充分利用媒体，特别是新媒体（微信等）广泛宣传建筑节能的法律法规和政策措施，普及节能知识，促进行为节能。编写建筑节能科普读物，开展经常性的宣传活动。新闻媒体要积极宣传建筑节能法律法规、政策措施、典型案例、先进经验，加强舆论监督，营造建筑节能的良好氛围。

上述建设领域相应的技术和政策建议的相互关系，如图 4 所示。

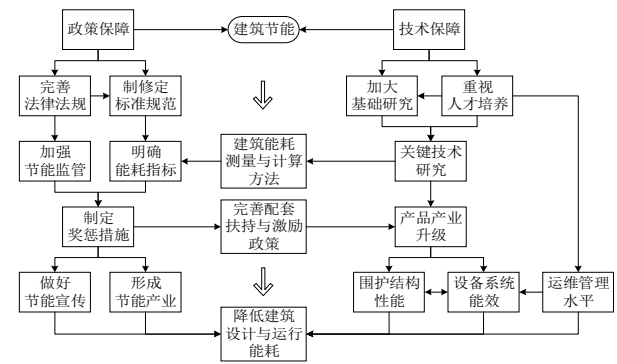


图 4 建筑节能政策框架

Fig.4 Policy framework of building energy conservation

5 结论

(1) 我国建筑能耗总量仍在上升，若按当前节能减排政策发展，2030 年建筑能耗约为 14.6 亿 tce。本文推荐在 BAU 基础上，逐步采取更严格的节能措施，争取 2030 年能够实现中节能减排情景。届时当年建筑能耗约 10.22 亿 tce，约占能源供应总

量的 18.25%, 与 BAU 情景相比当年可以实现节能 4.38 亿 tce。

(2) 在节能减排的技术层面, 以《民用建筑能耗标准》为基础, 加强建筑节能关键技术研究, 推动产业发展, 促进产品升级。统一建筑节能计算方法, 完善计算软件及配套的数据库。

(3) 当前的首要任务是明确未来(到 2030 年)建设领域能源消费控制目标。要想顺利实现这一目标, 还需要在法律法规、组织协调、考核体系、工作机制、激励措施、标准、能力建设、监督监管、宣传教育及基础研究等方面给予更充分的政策保障。

参考文献:

- [1] 曾静静. 中美气候变化联合声明为国际应对气候变化行动注入新活力[J]. 地球科学进展, 2014, 29(12): 1324.
- [2] GB/T 51161-2016, 民用建筑能耗标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [3] 能源发展战略行动计划(2014-2020 年)(摘录)[J]. 上海节能, 2014, (12): 1-2.
- [4] 侯恩哲. 《中国建筑能耗研究报告(2017)》概述[J]. 建筑节能, 2017, 45(12): 131.
- [5] 王庆一. 2018 能源数据[R]. 北京: 绿色创新发展中心, 2018.
- [6] 龙惟定. 建筑能耗比例与建筑节能目标[J]. 中国能源, 2005, 27(10): 23-27.
- [7] 清华建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2018[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [8] 龙惟定. 对建筑节能 2.0 的思考[J]. 暖通空调, 2016, 46(8): 1-12.
- [9] 国家统计局. 中国统计年鉴 2018[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
- [10] 能源发展“十三五”规划[J]. 中国电力企业管理, 2017, (1): 7.
- [11] 中国工程院. “推动能源生产和消费革命战略研究(一期)”成果报告[R]. 2017.
- [12] World Energy Outlook 2013 IEA. World Energy Outlook 2013[R]. Paris, 2013.
- [13] BP p l c. BP Energy Outlook 2030[R]. London, United Kingdom, 2012.
- [14] BP p l c. BP Statistical Review of World Energy[R]. London, United Kingdom, 2018.
- [15] 国家发展和改革委员会能源研究所课题组. 中国 2050 年低碳发展之路能源需求暨碳排放情景分析[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [16] 龙惟定. 建筑能耗比例与建筑节能目标[J]. 中国能源, 2005, (10): 23-27.
- [17] 蔡伟光. 中国建筑能耗影响因素分析模型与实证研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2011.
- [18] 赵东来, 胡春雨, 柏德胜, 等. 我国建筑节能技术现状与发展趋势[J]. 建筑节能, 2015, 43(3): 116-121.
- [19] 邵高峰. 我国节能建筑技术与政策现状及“十三五”展望[J]. 砖瓦世界, 2015, (2): 7-16, 19.
- [20] H Feng, K Hewage. Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings[J]. Energy and Buildings, 2014, 75: 281-289.
- [21] 朱清玮, 武发德, 赵金平. 外墙保温材料研究现状与进展[J]. 新型建筑材料, 2012, 39(6): 12-16.
- [22] 朱义成, 张璐, 张延杰. 刍议清洁取暖现状与发展-以山东省为例[J]. 制冷与空调, 2019, 33(1): 80-81, 86.
- [23] 习近平. 从解决好人民群众普遍关心的突出问题入手, 推进全面小康社会建设[N]. 人民日报, 2016-12-22(1).
- [24] 李克强. 政府工作报告[R]. 2017-3-5.
- [25] 方豪, 夏建军, 林波荣, 等. 北方城市清洁供暖现状和技术路线研究[J]. 区域供热, 2018, (1): 11-18.
- [26] 康慧, 孙宝玉, 李瑞国. 我国清洁供暖问题探考[J]. 中国能源, 2017, 39(8): 7-10.
- [27] 牛犇, 杨杰. 我国绿色建筑政策法规分析与思考[J]. 东岳论丛, 2011, 32(10): 185-187.
- [28] 陈国义. 中国建筑节能标准体系研究概述[J]. 中国建设信息, 2008, (6): 28-31.
- [29] 李进, 黄如宝. 建筑节能补偿激励的国际借鉴与中国思考[J]. 上海城市管理职业技术学院学报, 2009, 18(6): 62-64.
- [30] 武涌, 孙金颖, 吕石磊. 欧盟及法国建筑节能政策与融资机制借鉴与启示[J]. 建筑科学, 2010, 26(2): 1-12.
- [31] 邹瑜, 郎四维, 徐伟, 等. 中国建筑节能标准发展历程及展望[J]. 建筑科学, 2016, 32(12): 1-5, 12.
- [32] 谭洪卫. 建筑节能体制的中日对比和思考[J]. 上海节能, 2005, (4): 90-95.
- [33] 沈宓, 鄢涛. 欧洲建筑节能发展及中欧对比分析[J]. 建筑, 2013, (17): 33-36, 4.
- [34] 马宏权. 我国建筑节能与节能建筑的发展思考[C]. 上海市制冷学会 2007 年学术年会论文集, 2007: 4.

- [35] 徐伟,邹瑜,陈曦,等.国家标准《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015[J].建设科技,2018,(16):39-45.
- [36] 卢求.德国 2007 建筑节能规范及能源证书体系[J].建筑技术及设计,2007,(12):124-127.
- [37] 常燕,陈武,张晓萱.节能投资新机制:合同能源管理[J].能源技术经济,2011,23(2):40-44.
- [38] 彭琛,江亿,姜克隽,等.中国建筑能耗总量上限的确定[J].建设科技,2015,(14):27-35.
- [39] 刘玉明,刘长滨.基于全寿命周期成本理论的既有建筑节能经济效益评价[J].建筑经济,2009,(3):58-61.
- [40] 薛军,刘斐,李超,等.北京市公共建筑能耗限额及级差电价管理机制研究与实践[J].暖通空调,2017,47(8):36-40,78.
- [41] 辛坦.欧洲发达国家供热改革经验[J].建设科技,2008,(23):40-41.
- [42] 涂逢祥.跨越式发展建筑节能[J].城市开发,2005,(2):16-17.
- [43] 龙惟定,张改景,梁浩,等.低碳建筑的评价指标初探[J].暖通空调,2010,40(3):6-11.
- [44] 张琦.国外建筑节能政策比较分析及启示[J].国际经济合作,2012,(5):48-53.
- [45] 王莉,杨继瑞,孙建华.公共建筑节能经济激励政策研究[J].社会科学研究,2015,(3):134-136.
- [46] 丁克伟,王素凤,潘和平.完善我国建筑节能政策体系的对策研究[J].合肥工业大学学报(社会科学版),2014,28(6):44-48.
- [47] 高升,艾军艳.绿色建筑发展和推广的国外经验借鉴[J].青岛农业大学学报(社会科学版),2010,22(3):53-57.

(上接第 169 页)

同,需要在短时间内监测到整个风口气流走向、特征。因此,还需要结合发烟装置要气流组织可视化效果更好,从而更好的提高实验效果。通过对气流组织室实验现场实测分析基础上,进一步完善智能监测要求,为气流组织有效利用提供依据。

参考文献:

- [1] 朱颖心.建筑环境学(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2] 李杨.办公楼空调系统室内气流组织和热舒适性研究[D].北京:北京工业大学,2017.
- [3] 郁文红,李杨,高艳.空调室内气流组织与建筑节能[J].建筑节能,2017,(5):7-9.
- [4] 《教育信息化十年发展规划(2011-2020年)》和《2017年教育信息化工作要点》[EB/OL]. <http://www.edu.cn/html/info/10plan/ghfb.shtml>.
- [5] 戚大海.室内障碍物对嵌入式空调室内气流组织的影响[D].上海:上海交通大学,2009.
- [6] 蔡芬.气流组织对室内空气品质影响的数值模拟[D].武汉:华中科技大学,2005.
- [7] 闵凯.置换通风室内流场的实验研究和数值模拟[D].天津:天津商业大学,2007.
- [8] 张东海,魏京胜,黄炜,等.气流组织综合实验装置设计与实践[J].实验技术与管理,2012,(11):70-73
- [9] 陈志刚,刘瑞,刘蔚巍.房间空调器气流组织性能评价方法探讨[J].建筑热能通风空调,2009,(2):21-24
- [10] JGJ/T 309-2013,建筑通风效果测试与评价[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.