



# 新型城镇化背景下中国建筑 节能顶层设计

住房和城乡建设部标准定额研究所  
2015.1.12

# 项目信息

项目资助号: G-1307-18660

Grant Number: G-1307-18660

项目期: 08/1/2013-07/31/2014

Grant period:08/1/2013-07/31/2014

所属领域:建筑节能

Sector: Building Energy Efficiency

项目概述:见执行摘要

Project Discription: See Executive Summary

项目成员: 林常青 潘振 章文杰 杨仕超 刘刚 林波荣 周辉  
孙智 马扬 刘俊跃 毛凯 马晓雯

Project team: Lin Changqing Pan Zhen Zhang Wenjie Yang Shichao Liu Gang  
Lin Borong Zhou Hui Sun Zhi Ma Yang Liu Junyue  
Mao Kai Ma Xiaowen

关键词: 建筑节能、顶层设计、总量控制、能耗强度

Key Word:Building energy efficiency、Top-level design、Total amount control、Energy intensity

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

This report is funded by Energy Foundation.

It does not represent the views of Energy Foundation.

# 摘要

中国建筑领域的节能减排经过 30 余年的发展，取得了长足的进步，建筑节能成就显著。建筑节能的法律法规和标准逐步健全、财税激励力度不断加大、节能技术和产业稳步提升、节能监管和服务能力逐年加强，建筑节能工作已经覆盖了全国各气候区、城镇各类新建及既有建筑，并开始向农村地区拓展，形成了全社会普遍关心、重视、参与建筑节能的氛围。在保持较低建筑能耗强度的情况下，建筑室内舒适度明显改善、建筑能效明显提高。

然而，在中国新型城镇化发展的背景下，建筑业将持续高速发展，建筑存量将快速增加，建筑能耗总量必然快速增长。2010 年底，全国建筑存量达到 465 亿  $m^2$ 。若保持当前城镇化速度和建筑节能减排工作模式，2030 年中国建筑存量将接近 800 亿  $m^2$ ，建筑总能耗将达到 14.6 亿 tce。建筑领域的节能减排任务更加艰巨、紧迫。

为了减少能源消耗、保护大气环境，中国政府已经提出实施能源消费革命、坚决控制能源消费总量的要求，2020 年社会一次能源消费总量将控制在 48 亿 tce。到 2020 年中国单位 GDP 二氧化碳排放量在 2005 年的基础上降低 40%~45%。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》，中国已明确宣布“计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰”。

建筑作为能源消费的主要领域之一，必须转变增长模式和节能方式，才能适应国家节能减排的新形势和新要求。本课题基于上述现状，分别从国家能源供应层面和满足建筑运行需要层面，研究了中国未来可能的建筑能源消费总量，提出了建筑能耗总量控制目标、实现总量控制的路线，以及相应的政策保障体系和技术保障体系建议。

本课题主要研究成果包括以下四个方面：

1. 分四种情景分析了未来中国建筑领域的能源消费总量，并提出了到 2030 年将建筑能耗控制在 11~12 亿 tce 的建议。

2. 分析了当前建筑节能模式和建筑节能标准存在的不足，建议尽快由控制建筑性能性指标的模式转向控制建筑能耗指标的模式，并分别测算了未来新建

建筑和既有建筑能耗强度控制目标，以及低能耗建筑、既有建筑节能改造的长期目标和分阶段目标。

3. 测算了建筑面积对建筑能耗总量的影响，并从建筑节能的角度首次提出了未来中国建筑面积总量和人均住宅面积的控制目标建议。

4. 围绕着建筑能耗总量控制目标，结合当前存在的障碍和困难，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、宣传教育等方面，系统提出了政策保障体系；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。

## Summary

Energy saving and emission reduction in China's building area has been developing for more than 30 years, which has made much progress for building energy efficiency. The system of building law, regulation and standards has been gradually perfected, the financial incentives are also intensified, the energy efficiency technology and industry are steadily improved, and the energy monitoring, management and service capacity have been strengthened annually. The building energy efficiency work has covered all climate zones, all types of new building and existing building, and extended to the rural areas, which formed an atmosphere that all society cares and gets involved in this industry. The indoor comfort and energy efficiency has been outstandingly improved while maintaining relatively low building energy intensity.

However, in the background of China's New-type Urbanization development, the building industry will continuously develop with high speed, the building stock will rapidly increase, and the total building energy consumption will inevitably face a rapid growth. Till the end of 2010, the building stock in China achieved 46.5 billion m<sup>2</sup>. If maintaining the current urbanization speed and building energy saving work pattern, the building stock will reach 80 billion m<sup>2</sup> with total energy consumption of 1.46 billion tce. The energy saving and emission reduction task of building area is therefore very difficult and urgent.

In order to reduce energy consumption and protect the atmospheric environment, Chinese government has made the requirement of implementing energy consuming reform and controlling total energy consumption, that the total primary energy consumption of all society will be limited to 4.8 billion tce in 2020, and CO<sub>2</sub> emission per GDP will reduce 40%-45% in 2020 compared to 2005. China announced it intends to achieve peaking of carbon dioxide emissions around 2030 and to make its best effort to peak early, according to the joint announcement 'China-US Joint Announcement on Climate Change' made by President Xi Jinping and US President Barack Obama in Beijing on Nov. 12 of 2014.

As one of the major energy-consumed field, building must change the growth and energy saving mode, so that it can adaptive to the new policy and requirement of energy saving and emission reduction. Based on the above situation, the programme conducts the research of China's future possible building energy consumption from the two aspects of national energy supply and building operation demand, proposes the building energy consumption control objective and the road-map to realize it, in addition to the corresponding policy system and technical suggestions.

The main results of the programme include the following four aspects:

- 1, Analyzing the future total energy consumption of China's building area in 4 scenarios, and propose to control the building energy consumption to 1.1-1.2 billion tce.

- 2, Analyzing the current building energy saving pattern and the existing problems of building energy efficiency standards, giving the suggestions to transform the work from control building performance indicator to control energy consumption indicator as soon as possible; Calculating the energy consumption control objectives of the future new building and existing building, as well as the long-term and interim objectives of low energy building and existing building energy-efficient retrofit.

- 3, Calculating building area's impact on total energy consumption, for the first time giving the proposal of control objectives of China's building area and residential area per capita in the future, from the perspective of building energy saving.

- 4, Based on the building energy consumption control objective, combining the current barriers and difficulties, propose a policy system from the aspects of law and regulation, energy saving monitoring and management, evaluation mechanism, work pattern, energy efficiency standard, incentives, energy price policy, capacity building, dissemination and education, etc; propose a technology system from the aspects of energy efficient technology, products, industry, fundamental research, and so on.

## 目录

一、引言	1
(一) 课题研究背景	1
(二) 课题亟待解决的问题	3
(三) 研究目的和主要内容	4
二、建筑领域节能减排现状	5
(一) 建筑节能成就	5
(二) 建筑能耗现状	7
(三) 国际社会的评价	10
三、建筑领域节能减排面临的障碍和瓶颈	12
四、我国能源供应及建筑能耗上限预测	17
(一) 世界能源供应与消费	17
(二) 我国能源生产与消费现状及预测	18
(三) 2030 年我国建筑领域能源消费上限分析	20
五、建筑能耗影响因素的敏感性	22
(一) 宏观因素	22
(二) 微观因素	23
六、建筑领域节能减排中长期规划与实施路线	27
(一) 影响建筑领域能源消费的参数分析	27
(二) 建筑领域节能减排综合情景设定	44
(三) 不同综合情景下的建筑能耗总量估算	45
(四) 建筑领域能源消费占比及目标的初步分析	49
(五) 阶段目标和实施路线分析	51
(七) 未来建筑领域节能减排实施路线及中长期目标	63
七、建筑领域节能减排效益分析	69
(一) 经济效益	69
(二) 社会效益	69
(三) 环境效益	71
(四) 典型节能政策措施的效益	71

八、建筑领域节能减排的政策措施保障.....	77
(一) 完善法律法规, 保证措施落实.....	77
(二) 加强组织协调, 确保步调一致.....	77
(三) 完善考核体系, 强化能耗监管.....	78
(四) 创新工作机制, 完善节能制度.....	79
(五) 加大扶持力度, 保证激励实效.....	81
(六) 完善标准机制, 加强前瞻性.....	82
(七) 推动技术进步, 提供充足支撑.....	83
(八) 提高准入门槛, 加强市场监管.....	83
(九) 加大基础研究, 完善数据统计.....	84
(十) 开展能力建设, 提高服务水平.....	85
(十一) 做好宣传教育, 提高全民节能意识.....	86
九、建筑领域节能减排的技术保障.....	87
(一) 建立以建筑能耗量、用能指标为控制目标的建筑用能全过程管理体系.....	87
(二) 推动建筑节能关键技术研究, 加大推广力度.....	89
(三) 推动产业升级, 促进产品进步.....	90
(四) 完善建筑节能标准体系.....	91
(五) 统一建筑节能计算方法, 完善计算软件及配套的数据库.....	91
十、结论与建议(展望).....	92
(一) 结论.....	92
(二) 建议.....	93
(三) 展望.....	95
附录 A 建筑领域节能减排的发展历程及成就.....	97
(一) 建筑领域节能减排发展历程.....	97
(二) 建筑领域节能减排的成就.....	104
(三) 建筑领域节能减排工作深化方向.....	133
附录 B 我国建筑领域节能减排的不足和发展障碍.....	136
(一) 政策法规方面.....	136
(二) 管理方面.....	138



(三) 标准规范方面 .....	139
(四) 能力建设方面 .....	140
(五) 节能意识方面 .....	142
(六) 基础数据方面 .....	143
(七) 基础研究方面 .....	144
(八) 产业和技术方面 .....	146
附录 C 国际上建筑节能的历程和经验 .....	150
(一) 欧盟 .....	150
(二) 德国 .....	156
(三) 丹麦 .....	168
(四) 英国 .....	175
(五) 加拿大 .....	185
(六) 美国 .....	190
(七) 日本 .....	199
(八) 对我国的启示 .....	206
附录 D 有关名词解释及说明 .....	210
附录 E 参考文献 .....	215
(一) 法律法规 .....	215
(二) 政府文件和领导讲话 .....	215
(三) 统计资料 .....	216
(四) 学术论文 .....	216
(五) 专著 .....	219
(六) 标准 .....	219
(七) 研究报告 .....	220

# 一、引言

## （一）课题研究背景

### 1. 节能减排面临巨大的任务和压力

经济和社会的发展依赖于能源供应量的增加。然而，世界能源储量日渐匮乏，能源供需矛盾日益突出，同时以化石能源为主的能源消耗，导致 CO<sub>2</sub>、硫化物、氮氧化物等污染物的大量排放，污染环境。近年来，由于 CO<sub>2</sub> 浓度升高带来的气候变化已成为不争的事实，碳排放及大气环境问题已经引起全世界范围的高度关注。

改革开放以来，我国社会和经济的快速发展，成就举世瞩目。但能源消费也随之快速增长，到 2012 年我国一次能源消费量已经达到 36.17 亿 tce（吨标准煤）。我国的能源结构是以煤炭为主，2008 年首次超过美国，成为世界上温室气体最大排放国，年排放量已达 60 亿吨。污染排放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。2009 年 11 月 25 日国务院常务会议决定，到 2020 年我国单位 GDP 二氧化碳排放量在 2005 年的基础上降低 40%~45%。要完成这一目标，需要全社会、各行业付出巨大的努力。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”。节能减排任务更加艰巨。

### 2. 建筑领域节能减排难度大，其成效影响着总体节能减排目标的实现

国际上通常将节能减排划分为三大领域，分别是工业、建筑和交通，并且将建筑领域的能耗限定为建筑运行阶段的能耗（即狭义的建筑能耗），包括采暖、空调、照明、热水、炊事、电器设备等的能耗。目前我国的建筑能耗无论是绝对量还是在社会终端能耗中的占比，都不容小觑。

与工业和交通相比，建筑领域的节能减排难度大、工作复杂，原因是多方面的：一是建筑能耗的构成要素繁多、涉及面广，需要从多个技术角度入手；二是建筑类型多、南北气候差异大，能耗的影响因素对不同地区、不同类型建筑的影响程度不同，需要分门别类采取措施；三是建筑存量巨大，建成年代不同，改造困难多（改造目标难确定、资金渠道不畅、对居民干扰大，不容易被接受）；四是建筑（尤其是住宅）与百姓日常生活息息相关，对于能耗高的建筑，也不能采取类似工业领域“关停并转”

的“一刀切”措施；五是单纯从节能量的效益角度看，建筑节能的成本效益不明显；六是建筑节能效果的实现还有赖于全国人民的行为节能。

随着城镇化发展、城镇人口的增加、人民生活水平的提高、第三产业占 GDP 比例的加大以及制造业结构的调整，建筑能耗总量及其在社会终端能耗中比例均将持续提高。从发达国家建筑能耗增长过程看，我国未来建筑能耗可能接近发达国家水平，即达到社会总能耗的 33%。对于正处于大规模发展的建筑行业来说，节能减排的任务和压力更大、要求更高，其成效将成为决定我国能否实现 2030 年二氧化碳排放达到峰值的重要因素之一。

### **3. 建筑领域节能减排已实施 30 余年，成就显著**

我国建筑领域自 20 世纪 80 年代初启动节能工作，并率先编制了采暖地区居住建筑节能设计标准。在标准的引领下，节能技术、产品、产业不断取得突破和发展，建筑节能的相关法规政策、基础研究、服务能力不断加强，为建筑节能的进步提供了有力的支撑。经过 30 余年的努力，我国建筑领域节能减排工作已取得瞩目的成就，在保持较低能耗强度的情况下，建筑室内舒适度明显改善、建筑能效明显提高，并且形成了有关各方普遍关心、重视、积极参与节能的氛围。建筑节能设计标准也已经实现了所有气候区和建筑类型的全覆盖。截至 2013 年，全国城镇累计建成节能建筑面积 88 亿平方米，约占城镇民用建筑面积的 30%。

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，主管部门、监督机构、设计、施工、监理等重点对建筑分部分项的节能性能进行控制和把关。这种控制性能指标的模式，简洁明了，易于操作和监督，并且有利于推广普及具体的节能技术，在建筑节能初级阶段，对于推动建造环节的节能实施，成效明显，欧美国家无一例外均采取过这种模式。

但是，控制建筑性能指标的节能模式，因较少关注建筑的实际能耗和能耗强度，已逐渐暴露出其弊端，无法准确核算建筑节能的实际效果（节能量）。随着节能减排任务的不断加重，建筑领域的节能减排工作模式必须随之调整。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，力求做到建设和运行“两手抓”。这种工作思路上的转变，顺应了当今国际上建筑节能发展的最新潮流。

## **(二) 课题亟待解决的问题**

### **1. 当前建设阶段的节能控制模式亟需转变**

国家标准《民用建筑能耗标准》是以建筑的实际用能数据为基础，采用“自上而下”和“自下而上”相结合的方式，确定出不同气候区、不同建筑类型的建筑能耗指标，解决的是运行阶段建筑能耗强度控制目标，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。我国 30 年的节能工作历程已经使建筑师、工程师、研发、建设方及有关主管部门等形成了思维上的定势，他们无法自行按照运行阶段的能耗强度控制指标，测算出建设阶段的控制要求，仍然可能按现行建筑节能设计标准的性能指标去实施，很可能建造出高能耗的建筑，这将给《民用建筑能耗标准》落实带来更大的困难。因此，必须在规划、设计、建造阶段均增加建筑用能指标，并且给出可操作的方法，以便于有关各方去执行、监督，才能容易被接受，《民用建筑能耗标准》才容易落实，实现建设和运行的“两手抓”。

### **2. 建设阶段的建筑用能指标需要合理设定**

国家标准《民用建筑能耗标准》的能耗强度指标，不能直接作为今后新建建筑规划和设计阶段的用能指标，理由：

(1) 《民用建筑能耗标准》的能耗强度指标是基于当前不同类型建筑的平均能耗水平，经修正后确定的，其中建筑能耗约束值可以作为目前既有建筑的节能目标，目标值可作为今后一段时间内新建建筑运行阶段的节能目标；

(2) 未来新建建筑在建设阶段用能指标是在建筑物规划和设计时，按照标准气象参数和运行工况计算出来的设计值，表征的是建筑物在标准工况下的能效。尽管该指标并不完全代表建筑物运行阶段的实际能耗大或小，但会直接影响到运行阶段的建筑能耗强度。因此，该指标的确定，需要综合考虑国家层面能源供应能力、碳减排控制要求以及建筑运行需求（室内舒适度）等因素，即除了要满足工作和生活对建筑舒适度的要求外，更要适应国家层面节能减排的要求。

注：建设阶段的建筑用能指标是指在建筑规划和设计阶段的能耗强度设计值，目前还没有统一的术语，可以采用用能指标、能效指标、能源需求指标、能耗强度设计值、标称能耗强度等来表示，本报告将一直采用“建筑用能指标”来表述。

### **3. 未来运行阶段的建筑能耗强度指标必须与国家节能减排目标衔接**

2014年11月19日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”。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筑领域能源消耗总量的控制目标。尽管已有研究机构着手对未来建筑领域能耗总量进行研究，但大多是基于建筑领域自身出发，围绕当前的能耗水平以及未来的技术进步、产品设备能效、政策法规与激励措施支撑力度、节能能力等进行的预测。从当前节能减排形势看，建筑领域尽快主动公布与国家能源供应和碳减排相衔接的能耗总量控制目标（争取主动）。

未来，国家标准《民用建筑能耗标准》修订时，除了应当考虑当时建筑能耗的平均水平外，必须与国家层面不断更新的能源消费总量控制目标、碳减排的要求紧密结合，只有这样，才能真正落实建筑领域的任务、实现节能减排的量化目标。

### （三）研究目的和主要内容

#### 1. 研究目的

本课题的目的是通过研究回答以下三方面的问题，为我国政府未来制订建筑节能发展政策提供研究基础和支撑：

（1）建筑领域节能减排量化的中长期目标：到2030年，建筑领域合理的能源消费总量，并确定新建建筑设计阶段的用能指标、运行阶段的能耗强度指标，依此作为建筑领域节能减排的中长期目标；

（2）阶段目标、任务和实施路线：根据中长期目标，确定今后15年的分阶段目标、任务及其实施路线（5年目标），做到分阶段实施和落实；

（3）节能减排的保障需求：根据建筑节能减排现状及目标，结合新型城镇化背景，分析影响建筑领域节能减排的关键因素，以及对政策法规、激励措施、工作机制、标准、技术、产品、服务、监督等的需求，明确今后在保障方面的努力方向。

#### 2. 主要研究内容

（1）建筑领域能源消费总量：从多角度、不同节能情景及可行性等分别进行估算，以期得到合理的结果；

（2）影响建筑领域能源消费总量的关键因素；

（3）建筑领域节能减排可行的实施路线；

（4）建筑领域节能减排的保障措施和技术方向。

## 二、建筑领域节能减排现状

### （一）建筑节能成就

20 世纪 80 年代初期，国家层面正式启动建筑节能工作，经过 30 多年的努力，取得了显著的成就，主要体现在以下六个方面：

#### 1. 实施范围基本全覆盖，建筑节能意识普遍提高

我国建筑节能工作是从采暖地区城镇新建居住建筑率先开始的，80 年代开始实施第一步节能（节能率 30%），95 年开始实施第二步节能（节能率 50%），2010 年前后部分省市开始实施第三步节能（节能率 65%）甚至第四步节能（节能率 75%）；2000 年后扩展到夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的居住建筑，以及全国范围城镇新建公共建筑。近些年，国家层面通过补贴政策，推动既有居住建筑和公共建筑的节能改造，部分省市开始探索农村地区建筑节能工作。

《“十二五”建筑节能专项规划》：到 2010 年底，全国城镇新建建筑设计阶段执行节能强制性标准的比例为 99.5%，施工阶段执行节能强制性标准的比例为 95.4%。仅仅“十一五”期间，累计建成节能建筑面积 48.57 亿平方米；北方采暖地区 15 个省区市共完成既有建筑改造面积 1.82 亿平方米；全国太阳能光热应用面积 14.8 亿平方米，浅层地能应用面积 5.725 亿平方米，光电建筑应用已建成及正在建设的装机容量达 1271.5 兆瓦。建筑节能工作已经覆盖了全国各气候区、城镇各类新建及既有的民用建筑，并开始向农村地区拓展。全国城镇节能建筑占既有建筑面积的比例达到 23.1%，其中比例超过 30%的省市有北京、天津、上海、重庆、河北、吉林、辽宁、江苏、宁夏、青海、新疆等。

截至 2013 年底，全国城镇累计建成节能建筑 88 亿平方米，约占城镇民用建筑的 30%，形成了每年 8000 万吨标准煤的节能能力，其中“十二五”前三年建成 39 亿平方米；全国累计完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量和节能改造 8 亿平米。

在国家和地方各级政府的大力宣传和强力推动下，全社会的建筑节能意识明显提高，建设、设计、施工、监理、运行、监管及节能技术、产品和设备研发生产等单位均重视建筑节能工作，社会公众普遍关心建筑的节能品质。

#### 2. 建筑节能法律法规基本健全

“十一五”期间，《中华人民共和国节约能源法》经修订颁布执行，专门明确规定了建筑节能工作的监督管理和主要内容，并写明“建筑节能的国家标准、行业标准由国务院建设主管部门组织制定，并依照法定程序发布”；《可再生能源法》颁布执行，明确提出鼓励发展太阳能光热、供热制冷与光伏系统，并规定国务院建设主管部门会同国务院有关部门制定技术经济政策和技术规范；《民用建筑节能条例》颁布实行，作为指导建筑节能工作的专门法规，详细规定了建筑节能的监督管理、工作内容和责任。这些法律法规的实施，解决了建筑节能工作长期缺少法律依据的尴尬局面，使全国的建筑节能工作走上依法开展和监管的道路。

### **3. 建筑节能标准逐步健全**

借鉴欧美国家建筑节能标准的经验，我国于 1986 年发布实施了第一本建筑节能标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ26-86，即节能 30% 的标准（一步节能）。从此我国建筑节能领域的标准不断得到补充、完善，建筑节能领域的标准无论是在数量、覆盖范围上，还是制修订进度上都得到极大的完善，归纳起来主要体现在：

- (1) 标准覆盖的地域范围不断扩大：从严寒寒冷地区扩大到夏热冬冷地区、夏热冬暖地区；
- (2) 标准涵盖的建筑类型不断拓展：从城镇居住建筑拓展到公共建筑、农村建筑；
- (3) 标准涉及的工程阶段不断增加：从节能设计增加到建筑节能工程施工验收、运行维护以及既有建筑节能改造；
- (4) 标准涉及的专业领域不断丰富：从建筑围护结构、供热和制冷的性能要求，扩展到引导和鼓励可再生能源、热回收技术、自然通风、被动技术、智能化控制技术等的利用；
- (5) 标准对节能的要求不断提高：严寒寒冷地区居住建筑节能设计标准于 1995 年和 2010 年分别发布实施了第二版和第三版，对外墙、门窗、屋顶等围护结构的节能性能以及供热系统的节能性能和控制要求不断提高，其他标准，例如公共建筑节能设计标准、建筑节能工程施工质量验收标准等均在及时修订中。

### **4. 建筑节能财税激励力度不断加大**

国家财政积极支持建筑节能工作。财政部、住房和城乡建设部先后共同设立了“可再生能源建筑应用示范项目资金”、“国家机关办公建筑和大型公共建筑节能专项资金”、“北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造奖励资金”、“太阳能光电建筑应用财

政补助资金”等多项建筑节能领域专项资金。中央财政安排资金用于鼓励和支持北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造、可再生能源建筑应用、国家机关办公建筑和大型公共建筑节能监管体系建设等方面。

同时，各级地方财政也给予建筑节能工作大力支持。北京、上海、重庆、内蒙古、山西、江苏、安徽、深圳等地对建筑节能的财政支持力度较大，安排了专项资金。据不完全统计，“十一五”期间，省级财政共安排 69 亿元建筑节能专项资金，地级及以上城市市级财政安排 65 亿元建筑节能专项资金。

### **5. 建筑节能技术和产业得到提升**

在国家、地方及科研单位和企业的持续投入下，建筑节能技术不断得到突破，节能技术和产品的市场供应能力得到突飞猛进的发展，例如：建筑规划和设计技术，施工技术，门窗节能技术，外墙和屋顶的保温隔热技术，遮阳可再生能源利用技术，照明、制冷、供热及能源控制技术……均得到突破，形成了一系列的关键技术，研发了大批的新技术、新产品、新装置，不但促进了建筑节能和绿色建筑科技水平的整体提升，而且形成了一大批新兴节能产业。

### **6. 建筑节能监管和服务能力得到加强**

国家和地方主管部门建立了建筑节能专项设计审查、节能工程施工质量监督、建筑节能专项验收、建筑能效测评标识、建筑节能信息公示等制度，实现了从设计、施工图审查、施工、竣工验收备案到销售和使用的全过程监管。

同时，第三方专业化建筑节能服务机构得到培育和发展，不断满足建筑节能诊断、设计、融资、改造、运行管理等方面的市场需求，建筑节能服务市场初步建立。

## **(二) 建筑能耗现状**

### **1. 建筑能耗数据**

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建筑能耗测算分析结论有：

(1) 我部建筑节能与科技司 2003 年组织专家对建筑能耗的测算结果为，建筑能耗约 4.61 亿 tce（注：吨标准煤）占社会总能耗的 27.5%；

(2) 王庆一教授按国际通行的能源平衡定义和计算方法，参考相关行业统计、专项调研、专家咨询、研究资料，调整中国统计年鉴中的综合能源平衡表，得出 2006 年



我国建筑终端能耗（即民用、商用部门能耗）为 3.7 亿 tce（热电当量法），占全社会终端能耗的 21.7%；

（3）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%左右，2003 年我国建筑能耗约为 3.3 亿 tce，其中 10~13%是采暖能耗，7~10%是其他能耗，大致相当于日本在 20 世纪 70 年代的水平；

（4）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 2010 年我国建筑总商品能源消耗为 6.25 亿 tce（发电煤耗法），占当年全社会一次能源消耗的 19.23%。

## 2. 建筑能耗测算

本报告分别采用**建筑面积负荷强度法**和**统计年鉴能源数据拆分法**对建筑能耗进行了初步测算，结果如下：

（1）建筑面积负荷强度法（自下而上估算，即总能耗量=建筑面积×单位面积负荷强度×运行时间）

按照这个方法，经初步测算，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%（全国民用建筑能耗总量为各类型用能建筑的面积与相应能耗强度相乘，具体数值参见本报告第六部分）。

（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》的能源消费总量包括：农、林、牧、渔、水利业，工业，建筑业，交通运输、仓储和邮政业，批发、零售业和住宿、餐饮业，其他行业，生活消费。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，结果见图 1。其中，2005 年建筑消费能源量约为 4.28 亿 tce，约占社会能源消费总量的 18.14%；2010 年约 6.13 亿 tce，约占 18.86%。

注：1) 建筑业是建筑施工、安装、维修、非设备类制造等，建筑业消费的能源（1000~5000 万 tce），不属于建筑运行阶段的能耗，因此扣除。

2) 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。

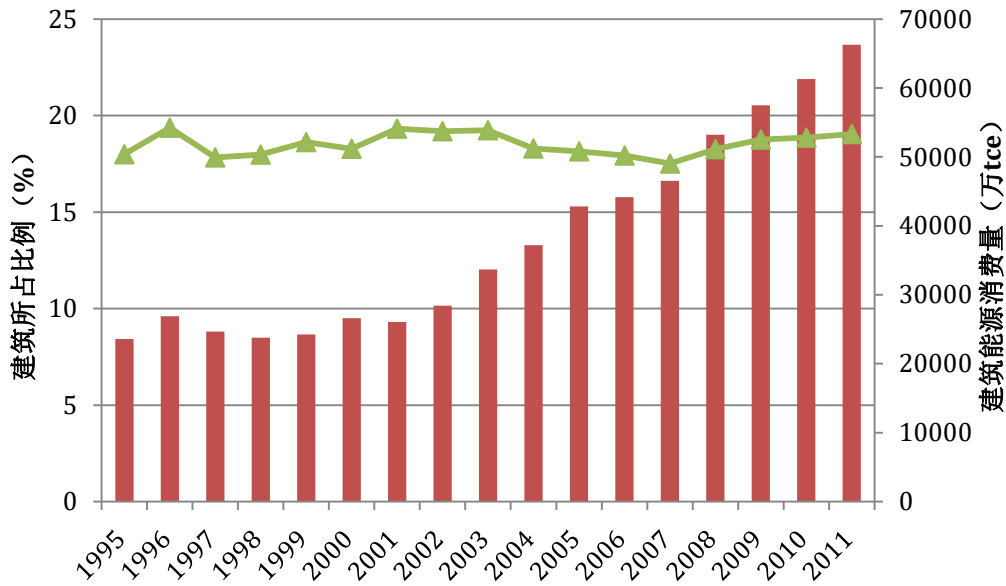


图 1 从《中国统计年鉴》拆分出来的建筑能源消费量

### 3. 数据差异分析

上述除了中国统计年鉴的能源数据拆分结果外，其余所有关于建筑能耗的测算结果均显示，我国建筑能耗总量及其占社会能源消费总量的比例是在上升的，这基本反映了建筑能耗的变化状况。遗憾的是，各机构及本报告的测算结论无法统一，原因大致有以下四点：

(1) 调查统计对象不全面：现有的建筑能耗数据主要依靠科研机构自行组织开展的测试、统计取得的，统计对象仅是一定地区范围内的典型建筑，并且典型建筑的确定没有统一的标准，完全依赖各机构的判断和能耗数据获取的便利性，统计对象的代表性打折扣；

(2) 调查统计方式不统一：在没有统一统计渠道的前提下，建筑能耗数据获取难度大，各机构获取最终数据的方式各不相同，统计数据的可靠性受影响；

(3) 调查统计周期有局限：依靠科研机构自发的统计，因经费和能力等方面的局限，很难对典型建筑进行连续多年的能耗统计，仅能获得一段时期的数据，局限性较大；

(4) 调查统计指标不全面：建筑能耗的分项较多，多数科研机构的统计数据都集中在供暖、空调、照明等占比较大的能耗，很少统计炊事、热水、家用电器或办公设备等的能耗，测算的建筑能耗强度值不确切。

### （三）国际社会的评价

美国能效经济委员会（American Council for an Energy Efficient Economy, ACEEE）于 2012 和 2014 分别对我国、美国、加拿大、墨西哥、欧盟、德国、英国、法国、西班牙、意大利、澳大利亚、日本、印度、南非、巴西、俄罗斯等 16 个国家和地区的建  
筑、工业、交通领域节能成就进行评价，我国建筑节能连续两次排名第一（见表 1），  
交通节能的两次排名分别为第一、第五，工业节能的两次排名分别为第十、第五。这  
说明我国建筑节能领域取得的成就已被国际社会广泛认可。

**表 1 2014 年世界主要国家地区建筑节能领域成就排名**

国家	得分	排名
中国	19	1
德国	17	2
欧盟	16	3
法国	16	4
澳大利亚	15	5
加拿大	15	6
西班牙	15	7
美国	14	8
英国	14	9
意大利	13	10
日本	13	11
墨西哥	13	12
印度	12	13
南非	12	14
巴西	10	15
俄罗斯	6	16

ACEEE 报告中的建筑节能领域评价指标分为八项，总分为 25 分。我国 2014 年的  
得分为 19 分（详见表 2）。

**表 2 我国建筑节能领域评价得分**

指标	总分	得分
居住建筑能耗强度	4	4
商业建筑能耗强度	4	4
居住建筑标准	3	2
商业建筑标准	3	2
建筑标识	2	1
电器设备标准	5	4
电器设备标识	2	2
建筑改造政策	2	0
总分	25	19

在建筑节能领域的八项评价指标中，我国居住建筑能耗强度和商业建筑能耗强度的得分都得到了满分（详见表3）。

表3 主要国家居住建筑和商业建筑能耗强度及得分结果

国家	居住建筑能耗强度 (kJ/m <sup>2</sup> ) (energy intensity in residential buildings)	得分（满分为4分）	商业建筑能耗强度 (kJ/m <sup>2</sup> ) (energy intensity in commercial buildings)	得分（满分为4分）
中国	11.9	4	48.7	4
墨西哥	15.4	4	33.4	4
巴西	49.0	4	193	3
印度	92.3	3	25.1	4
加拿大	152.8	2	331	2
欧盟	203.4	1	311.5	2
德国	197.7	1	263.9	2
美国	148.4	2	372.2	1
澳大利亚	157.1	2	553.1	0
法国	225.6	1	366.2	1
英国	239.9	0	284.4	2
日本	152.1	2	530.8	0
西班牙	141.2	2	499	0
意大利	214.9	1	659.4	0
俄罗斯	282.8	0	373.4	1
南非	252.5	0	397.6	1

来源：《The 2014 International Energy Efficiency Scorecard》，ACEEE，USA

### 三、建筑领域节能减排面临的障碍和瓶颈

建筑节能成就的取得并非一帆风顺。30余年的发展过程中，在节能标准、技术、政策法规、节能意识等方面，都遇到过很多困难。政府主管部门及科研、生产、建设等机构和企业共同努力，克服了很多障碍，才取得今天的成就。当前我国建筑节能依然面临诸多的障碍，《“十二五”建筑节能专项规划》分别从**政府认识**（部分地方政府对建筑节能工作的认识不到位）、**政策法规**（建筑节能法规与经济支持政策仍不完善）、**新建建筑**（新建建筑执行节能标准水平仍不平衡）、**既有建筑**（北方地区既有建筑节能改造工作任重道远）、**可再生能源**（可再生能源建筑应用推广任务依然繁重）及**农村建筑**（大部分省市农村建筑节能工作尚未正式启动）等六个方面分析了我国当前建筑节能面临的问题。

本报告深入研究分析后认为，当前我国建筑节能在规划目标和技术层面存在以下四个方面的障碍和瓶颈：

#### 1. 国家宏观层面缺少建筑能耗总量的控制要求，建筑节能中长期量化目标不清晰、近期目标缺少合理的规划依据

建国至本世纪初，与传统发达国家相比，我国的能源消费水平（无论社会能源消费总量，还是人均能源消费水平）一直不高，因此我国能源供应均是以需求为导向的，国家层面在2014年11月之前没有对社会能源消费总量的控制要求，也没有对建筑能耗总量的控制要求。建筑节能工作的量化目标以短期为主，并且大多着眼于新建建筑节能达标率、节能改造面积、可再生能源利用量等具体指标，即使涉及到的能耗目标，也是以形成的节能能力作为指标，这个指标是相对的。但随着我国经济发展，全社会能源需求越来越大，建筑节能也不能一直缺少量化的能耗控制目标。例如，我部的《“十二五”建筑节能专项规划》提出，到2015年，北方严寒及寒冷地区、夏热冬冷地区全面执行新颁布的节能设计标准，执行比例达到95%以上，城镇新建建筑能源利用效率与“十一五”期末相比，提高30%以上。实施北方既有居住建筑供热计量及节能改造4亿平方米以上，新增可再生能源建筑应用面积25亿平方米。到“十二五”期末，建筑节能形成1.16亿吨标准煤节能能力。其中新建建筑形成4500万吨标准煤节能能力；北方采暖地区既有建筑供热计量及节能改造，形成2700万吨标准煤节能能力；加强公共建筑节能改造与运行管理，形成1400万吨标准煤节能能力；可再生能源与建筑一体化应用，形成常规能源替代能力3000万吨标准煤。

这样设定目标不可避免地存在局限性和盲目性：（1）无法得出建筑领域真正节约了多少能源，建筑节能成就不能量化，得不到有些部门的认可。（2）与国家层面节能减排目标不匹配。例如，国务院 2012 年印发的《节能减排“十二五”规划》设定的主要节能指标中，工业和交通领域均提出了能耗指标，唯独建筑是以新建建筑执行率和既有改造面积作为指标；国务院办公厅 2014 年 5 月印发的《2014-2015 年节能减排低碳发展行动方案》中，对工业、交通、公共机构均提出了节能量或能耗指标降低的明确要求，唯独对建筑领域提出的标准执行率和既有改造面积（到 2015 年底，万家企业实现节能量 2.5 亿吨标准煤以上，公路、水路运输和港口形成节能能力 1400 万吨标准煤以上，营运货车单位运输周转量能耗比 2013 年降低 4%以上，全国公共机构单位建筑面积能耗年均降低 2.2%，城镇新建建筑绿色建筑标准执行率达到 20%，新增绿色建筑 3 亿平方米，完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造 3 亿平方米）。（3）缺少中长期目标规划，无法对近期目标和工作措施形成倒逼机制。近期目标以及建筑节能标准均缺少方向性的指引和合理依据，存在盲目性，其设定很大程度上受到当前技术、产品和经济层面的客观因素制约，不能反映是否与国家层面总体的节能减排要求相适应；（4）无法对建筑节能相关技术、产品和产业形成引导，致使相关技术的发展、产业的升级缺少清晰确切的目标。

## **2. 建筑节能技术性能指标效果不明晰，对建筑能耗强度指标要求的力度不强**

与我国目前大力推进的 IT 技术、高新生物技术、航空航天工业相比，建筑节能产业重点解决的是量大面广的适用技术，但整个行业的创新性和显示度不高。我国建筑节能工作一直遵循着以点带面、标准先行的模式。节能设计标准首先将围护结构、设备系统等各组成部分的性能作为控制指标，有时甚至会为推动某一项节能技术而进行专门规定。实施过程中，主管部门、监督机构、设计、施工、监理等有关各方依据标准对建筑节能工程的各分部分项分别进行控制和把关。这种做法要求明确、简便明了，有利于推广普及节能技术，在建筑节能起步和早期发展过程中，效果明显。欧美国家无一例外均采取过这种模式（建筑节能的第一阶段：性能指标控制的节能模式）。

然而，在按节能标准设计和建造的新建建筑中，出现了一些满足所有单项节能性能要求但能耗依然较高的建筑。因此，我国建筑节能工作如何既体现建筑节能技术的整体效果，又能提高建筑能耗强度的整体要求，反映我国建筑节能水平，需要有创新性的思路和方法，欧盟国家（以德国为代表）已经开始着力改变传统的第一阶段的节能模式，转变为以整体建筑能耗为指标，对建筑全生命周期的总体能耗进行约束的阶

段（建筑节能的第二阶段：能耗指标控制的节能模式），并取得了良好的效果。因此我们可以学习借鉴发达国家成功经验和做法，将目标变为手段，明晰各种建筑节能技术性能指标效果，加强建筑能耗强度的指标要求。

### **3. 节能技术、产品和产业缺乏前瞻性的引导，升级步伐缓慢**

建筑能耗的降低和能效提高依赖于相关技术、产品和产业的支撑。但是由于国家层面缺少建筑节能的中长期目标，相关技术、产品和产业一直缺前瞻性的引导，其研发和升级受建筑节能市场的制约，步伐缓慢。这反过来，又制约着建筑节能的发展。这一矛盾，无论是在建筑节能标准制修订工作中，还是建筑节能工程设计和建造过程中，均反映强烈。

以严寒和寒冷地区的建筑门窗为例，无论是标准还是工程设计，均想提高其传热系数限值的要求，但建筑门窗市场难以保证供应；反过来，门窗行业又反映标准要求太低，其研发出的高性能门窗没有市场，所以没有继续研发的动力。近十年来，这种供需矛盾在建筑节能领域并不少见，充分说明了建筑节能缺少中长期发展规划的弊端。

### **4. 基础数据缺失，建筑节能措施无法做到精准、靶向**

基础数据缺失是困扰我国建筑节能工作的一大障碍，包括建筑能耗、建筑存量、气象参数、可再生能源资源分布等。这些数据的“质”和“量”均无法得到保证，使得建筑节能工作“家底不清、措施粗放”。

#### **(1) 建筑能耗数据、建筑存量**

一直以来，无论是建筑的能耗强度还是建筑能耗总量，均缺少官方的权威获取渠道。各类型建筑的能耗数据均是以典型调查辅以测算的方式获得的，并且调查主要集中在大中城市，受调查城市和建筑的数量等均有限，无法覆盖小城市和农村，也没有包含建筑能耗的全部指标。现有的建筑能耗数据不是典型的、全面的，存在局限性。这一点在前文的“建筑能耗”部分已经论述。

2013年10月，住房和城乡建设部印发了《民用建筑能耗和节能信息统计报表制度》的通知，在全国范围内开始对城镇及农村进行建筑能耗及其他节能信息的统计工作，但是目前尚未建立完善的数据公布制度，使得统计数据无法直接应用到建筑节能研究工作。

建筑存量是影响我国未来建筑能耗总量的关键指标，但国家统计局年鉴只提供每年度竣工的建筑面积数据，无法获取拆除和倒塌的建筑面积数据，也无法获得1980年之前的建筑面积数据，因此难以准确计算我国建筑面积的存量。

不同机构进行过估算和预测，但结果差异较大。例如：清华大学建筑节能研究中心的估算 2010 年建筑存量为 450 亿  $m^2$ ；国家发展改革委员会能源研究所的估算为 2010 年建筑存量为 588 亿  $m^2$ ；按《中国统计年鉴》和《中国城市建设统计年报》的历年竣工面积和拆除（倒塌面积），截止 2010 年累计为 464.56 亿  $m^2$ ，但按《中国统计年鉴》的人均面积和人口规模合计为 524.9 亿  $m^2$ ，二者相差 60.34 亿  $m^2$ 。

这两方面数据的缺失，使我们一直没法准确掌握建筑能耗家底，无法精确定位节能工作的基线，工作措施有些无的放矢。

## **(2) 气象参数**

尽管现行标准提供了气象参数，但依然存在障碍：首先，我国气候数据的采集主要集中在大中城市，一些小城市及偏远地区气象数据缺失；其次，气象数据的收集主要以城市近郊区数据为主，然而城市中心区和城市郊区的气象数据存在一定的差异，采用近郊区气象数据分析对城市中心区以及远郊区建筑会产生较大的偏差，影响节能措施和节能效果；第三，气象参数局限于温度、湿度、风速等基础数据，而缺乏对建筑影响较大的如太阳辐照度（尤其是直射和散射）、最大频率风向风速等数据的收集；第四，典型气象年数据年代久远或年限较短，不能完全反映当前的气候特点；第五，建筑领域获取气象参数的渠道有限，建筑节能标准中所用建筑气象数据无法及时更新。

## **(3) 可再生能源资源分布**

可再生能源利用是降低建筑常规能源消耗的一个有效途径，近年来国家和地方一直在大力推动，但均未对太阳能资源、风能资源、地热资源等的分布状况进行细致调查、测算和等级划分，现有的太阳能资源分布图只是概略图，且年代较久，不能反映当前气候变化，也没细化到具体地区和城市。

可再生能源资源分布方面数据不完整，使得可再生能源的鼓励扶持政策不能做到定向准确，存在一哄而上的状况，在一些资源不丰富的地方也在大力推广，这不但没有起到节能效果，反而造成浪费。

综上所述，在国际和国内能源供应和温室气体减排的双重压力下，建筑节能若想要向纵深发展、向更高的台阶迈进，必须尽快克服规划目标层面的障碍、突破技术层面的瓶颈，并且首先明确建筑领域能源总量消费控制目标。我国需改变传统的节能模式，转变为以整体建筑能耗为控制指标、提高建筑能效为基础、严格控制建筑总量、加强建筑运行管理与监管、制定明确的奖惩措施等有机结合，对建筑物的总能耗进行约束。这一转变也符合党中央国务院的决策要求。国务院 2012 年 4 月印发的《节能减



排“十二五”规划》中明确提出，**坚持大幅降低能源消耗强度、显著减少主要污染物排放总量、合理控制能源消费总量**相结合，形成加快转变经济发展方式的倒逼机制。

2014年6月13日，习近平在中央财经领导小组第六次会议（注：研究我国能源安全战略）上首次明确提出能源消费革命，要求**坚决控制能源消费总量**，把节能贯穿于经济社会发展全过程和各领域，**高度重视城镇化节能**，加快形成能源节约型社会。

## 四、我国能源供应及建筑能耗上限预测

本报告在现有国内外关于能源供应和二氧化碳减排预测的研究成果基础上，分别从能源供应能力、碳减排约束方面，预测 2030 年建筑领域能源消费的上限（红线）。

### （一）世界能源供应与消费

#### 1. 世界能源储量

英国石油公司（BP）的《BP 世界能源统计 2014》报告显示，截至 2013 年底，世界石油探明储量为 1.6879 万亿桶，可以满足全球 53.3 年的需要；天然气探明储量为 185.7 万亿 m<sup>3</sup>，可以满足全球 55.1 年需要；煤炭探明储量为 8915.31 亿吨，可以满足全球 113 年的需要。

2013 年全球核能发电量比前一年度上升 0.9%；水力发电量增长 2.9%（净增长全部来自我国）；用于发电的可再生能源增长 15.2%，风力发电（+18.1%）占全球可再生能源发电量增长的一半以上，我国（+34.6%）贡献了风力发电的最大增量，太阳能发电增长更为迅速（+58%），可再生能源发电量占全球发电总量的 4.7%，为历史最高水平。

#### 2. 世界能源消费现状

英国石油公司（BP）发布的《BP 世界能源统计 2014》报告，2012 年世界一次能源消费总量为 181.54 亿 tce，我国为 39.71 亿 tce，占 21.87%；2013 年世界一次能源消费总量为 185.14 亿 tce，增长了 2.3%，我国为 41.48 亿 tce，占 22.4%，除非洲和亚太地区外，其他所有地区的能源消费增长均在历史平均水平之下。

#### 3. 世界能源消费预测

国际能源署（IEA）和英国 BP 公司均对世界未来能源消费进行了预测，到 2030 年世界能源消费约 208 亿 tce~242 亿 tce，详见表 4。

表 4 未来全球能源消费总量预测结果对比

数据来源		年份	能源消费总量（亿 tce）
IEA 《世界能源展望》	当前政策情景	2020	212.71
		2030	<b>241.92</b>
	新政策情景	2020	207.86
		2030	228.68
	450 情景	2020	201.73
		2030	<b>208.26</b>
BP 《世界能源展望 2030》		2020	207.43
		2030	234.65
BP 《世界能源展望 2035》		2035	260.00

另外，据英国 BP 公司预测，世界一次能源中各能源的比例正在变化，石油的比例下降，天然气的比例稳步上升，到 2035 年，所有化石燃料的比例都将在 27% 左右。化石燃料的总体比例将有所下降，但仍是主要能源类型，2035 年约占 81%，而 2012 年的比例为 86%。可再生能源（包括生物燃料）的份额将迅速从目前的 2% 升至 2035 年的 7%，而水电和核能比例将基本不变。（图 2）

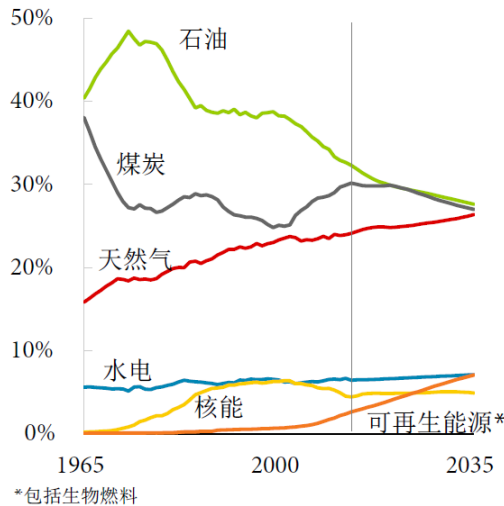


图 2 世界一次能源比例预测

## （二）我国能源生产与消费现状及预测

### 1. 能源生产与消费现状

（1）从《中国统计年鉴（2013）》发布的数据看，2012 年我国一次能源生产总量为 33.18 亿 tce，消费为 36.17 亿 tce，比英国 BP 报告公布的结果（39.71 亿 tce）少 3.54 亿 tce，但依然达到当年世界能源消费总量（181.54 亿 tce）的 19.92%。

2012 年世界人口 70.9 亿，我国人口 13.54 亿，约占 19.09%，与能源消费比例接近。

（2）国务院《能源发展“十二五”规划》，2010 年一次能源消费总量 32.5 亿 tce，2015 年将达到 40 亿 tce；2010 年国内一次能源生产能力为 29.7 亿 tce，2015 年将达到 36.6 亿 tce。

（3）国务院《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》，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。

### 2. 能源供应能力和消费总量控制预测

(1) 中国工程院《中国能源中长期（2030、2050）发展战略研究（综合卷）》对我国能源供应潜力进行了预测，2020年为39.3~40.9亿tce、**2030年为49.1亿tce**、2050年为57.5亿tce。

注：1) 该研究的能源包括石油、天然气、煤炭、水电、核电、生物质能、风能、太阳能，以及进口能源；

2) 目前的供应潜力分析还没有把温室气体排放因素考虑在内，在考虑温室气体排放约束下的能源供应能力，特别是2030年我国必须考虑总量减排以后，能源供应将明显小于现有的预测数据。

(2) 根据IEA和BP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），并依此作为未来的世界能源供应能力，假设我国所占的比例保持当前水平（20%），那么2030年我国的能源供应能力将在41.6亿tce~48.4亿tce之间。

(3) 国家发展改革委员会能源研究所的《2050低碳发展情景研究》对我国在不同碳排放情景下，从2005年至2050年的CO<sub>2</sub>累计排放限值进行了测算，并对2020年、2030年、2040年和2050年对应的能源消费总量分别进行了测算，大致结果见表5。

**表5 不同碳排放情景下我国累计碳排放限值和一次能源需求量**

碳排放情景	2005~2050 累计碳排放限值 (亿 t)	2020 年能源消费限值 (亿 tce)	2030 年能源消费限值 (亿 tce)	2040 年能源消费限值 (亿 tce)	2050 年能源消费限值 (亿 tce)
基准情景	4800	47.66	56.16	61.60	66.22
低碳情景	3782	39.96	44.74	48.33	52.50
强化低碳情景 (2030 年达到峰值)	3380	39.21	42.75	46.60	50.14
2°C 情景	3000	46.53	49.77	51.99	52.73

注：包括约**15%**的可再生能源。

综上所述，根据IEA和BP的世界能源供应预测以及中国工程院的预测，2030年我国的能源供应能力约为41.6~48.4亿tce（包括可再生能源和生物质能）；但从实现强化低碳情景甚至2°C情景的角度，2030年我国终端能源消费总量需要控制在42.75~49.77亿tce、2040年需要控制在46.60~51.99亿tce、2050年需要控制在50.14~52.73亿tce（包括可再生能源和生物质能）。

### (三) 2030 年我国建筑领域能源消费上限分析

关于建筑能耗所占社会能源总消费量的比例，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于 20% 外，其他结论均高于 20%。对此，本报告的前文已经论述。

随着我国新型城镇化的加快、居民生活水平的改善、人均住房面积及能耗强度的增加，建筑能源消费将逐步提高。这已经是共识。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。

参考欧美发达国家的建筑能耗规律，并考虑我国当前工业现代化的进程和工业在 GDP 中的占比（约 45%），预计到 2030 年，我国建筑领域能源消费能耗在社会能源消费总量中的比例不会超过 30%。建筑能耗的占比受到工业、交通等其他行业发展的影响，比例不是一成不变的，但是为了便于分析，本报告按 23%、25%、27%、30% 等分别预测我国未来建筑领域能源消费总量上限，结果见表 6。

表 6 我国未来建筑能源消费总量预测（亿 tce）

年度	建筑能耗比例	能源供应能力		碳减排约束			
		总能源	建筑	强化低碳情景		2℃情景	
				总能源消费	建筑	总能源消费	建筑
2020 年	23%	48.0	11.04	39.21	9.02	46.53	10.70
	25%		12		9.80		11.63
	27%		12.96		10.59		12.56
	30%		14.4		11.76		13.96
2030 年	23%	41.60~	9.57~11.13	42.75	9.83	49.77	11.45
	25%		10.40~12.10		10.69		12.44
	27%	48.40	11.23~13.07		11.54		13.44
	30%	12.48~14.52	12.83		14.93		
2040 年	23%	?	-	46.60	10.72	51.99	11.96
	25%		-		11.65		13.00
	27%		-		12.58		14.04
	30%		-		13.98		15.60
2050 年	23%	57.50	13.23	50.14	11.53	52.73	12.13
	25%		14.38		12.54		13.18
	27%		15.53		13.54		14.24
	30%		17.25		15.04		15.82

注：“?” 表示当前缺乏相应的数据，或没有资料明确的给出。

假设到 2030 年将建筑领域的能源消费比例控制在 25%，从能源供应能力角度预测，届时我国建筑领域的能源消费上限将在 10.40~12.10 亿 tce 之间；从碳减排的角度，届时建筑领域的能源消费上限将在 10.69~12.44 亿 tce 之间。

清华大学建筑节能研究中心的研究结果：按照我国的能源可供应量，建筑能耗未来的上限为 10 亿吨标准煤；按照碳排放目标，如果按照全球人人平等考虑的话，未来我国建筑能耗上限也大致为 10 亿吨标准煤。

## 五、建筑能耗影响因素的敏感性

### (一) 宏观因素

影响建筑能耗的宏观因素由宏观建筑能耗统计范围确定，是进行建筑总能耗测算及相关情景分析时，需要考虑的状态参数。宏观因素主要反映国家经济的发展、社会发展水平的进步、人民生活水平的提高等方面对建筑能耗的影响。

本报告先通过定性的理论分析，选取**城镇化率、国内生产总值、建筑存量（面积）、电器拥有率**等四个主要方面的宏观因素，再定量测算了其对建筑能耗的影响。测算采用的数据来源于《中国建筑节能年度发展研究报告（2007~2014）》和《中国统计年鉴（2013）》，详见表 7。

表 72006~2012 年建筑能耗及宏观因素数据

年份	建筑能耗 (亿 tce)	建筑存量 (亿 m <sup>2</sup> )	城镇化率 (%)	GDP (万亿)	第三产业 GDP (万亿)	家庭空调 拥有量 (亿台)	家庭电冰 箱拥有量 (亿台)
2006	5.15	383	44.34	21.63	8.86	1.85	2.20
2007	5.43	396	45.89	26.58	11.14	2.09	2.36
2008	5.66	412	46.99	31.40	13.13	2.27	2.50
2009	6.05	431	48.34	34.09	14.80	2.52	2.72
2010	6.25	450	49.95	40.15	17.36	2.88	3.01
2011	6.56	453	51.27	47.31	20.52	3.32	3.38
2012	6.90	469	52.57	51.89	23.14	3.58	3.57

注：1) 城镇化率按城镇人口指标的；  
2) 建筑能耗、建筑存量数据来自《中国建筑节能年度发展研究报告（2007~2014）》。

定量分析时，先通过相关系数判定影响因素与建筑能耗的相关性，然后通过因素敏感系数判定因素对建筑能耗影响的程度。

相关系数 $|r|$ 用来反映因素与建筑能耗之间的相关程度，计算方法如式（1）：

$$|r| = \frac{\left| \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right|}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中： $|r|$ ——相关系数，当 $|r| > 0.8$ 时，为高度相关；当 $|r| < 0.3$ 时，为低度相关。

敏感性系数是指因变量在单位变化率的情况下，自变量的变化率，反映了宏观因素对建筑能耗影响程度的相对大小，其计算方法如式（2）。敏感性系数越大，说明因素对能耗的影响敏感程度越强，反之亦小。

$$E = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (2)$$

式中： $E$ ——敏感性系数；

$\Delta X$ ——因变量的变化率（%）；

$\Delta Y$ ——自变量的变化率（%）。

经测算，2006年~2012年期间，城镇化率、国内生产总值（GDP）、第三产业GDP、建筑存量以及各项电器拥有率等均与建筑总能耗高度相关，均为影响建筑总能耗的敏感因素，且城镇化率和建筑存量是高度敏感因素，详见表8。

**表8 宏观因素与建筑能耗之间的相关性和敏感性关系**

序号	宏观因素	相关系数	敏感性系数	备注
1	建筑存量（面积）	0.9820	1.80	每增加1%，建筑总能耗平均增加1.80%
2	城镇化率	0.9970	1.77	每增加1%，建筑总能耗平均增加1.77%
3	空调	0.9899	0.46	每增加1%，建筑总能耗平均增加0.46%
	电冰箱	0.9878	0.66	每增加1%，建筑总能耗平均增加0.66%
4	GDP	0.9914	0.38	每增加1%，建筑总能耗平均增加0.38%
	第三产业GDP	0.9940	0.31	每增加1%，建筑总能耗平均增加0.31%

需要说明的是我国建筑能耗的增长幅度低于空调、电冰箱等家用电器的增长幅度，其主要原因为：一方面，家用电器的增长，必然会对建筑能耗带来促进作用，以空调为例，过去空调作为奢侈器，现在已走进寻常百姓器，且由“一户一台”向“一室一台”发展，而空调的使用时间也在增加，这些都是造成建筑能耗增长的原因。但另一方面，家用电器的能效水平也得到大幅提升，这对建筑能耗的增长起到了抑制作用。而从数据分析得到的结果正是综合这两方面的影响的事实体现。

## （二）微观因素

影响建筑能耗的微观因素主要体现在能耗强度参数方面，即气象条件、建筑形式和围护结构性能、设备和系统的形式和效率、服务水平、使用方式和建筑及系统的运



行管理方式等。在这一方面，国内外许多学者已做了大量的研究，取得了丰硕的成果，可将上述主要影响因素归纳分为以下六个方面：

### **1. 气候**

我国地域广阔，南北气候差异大，不同的地域由于气候的不同，所采用的建筑节能技术亦存在差异。

### **2. 建筑物设计与围护结构**

建筑物设计方面，建筑朝向，布局、体形系数，窗墙比、中庭或天井以及是否开敞等对建筑能耗均能产生明显的影响。而围护结构（包括屋顶、外墙、门窗）热工性能的优劣，特别是门窗这一建筑构件热工性能的优劣对建筑能耗影响显著，也是目前我国建筑节能设计标准的重点。

### **3. 建筑环境与设备系统**

建筑能耗通常由空调、采暖、照明和生活热水等终端能耗构成，设备系统的设备能效、功率大小等等决定了各项建筑能耗的多少。例如空调设备的能效比、照明灯具的功率、电视机、电脑等家用电器的功率、生活热水的制备方式和设备效率，都决定了建筑能耗的大小。

### **4. 建筑运行管理者的操作**

在建筑运行过程中，建筑运行管理者的统一调节和控制决定了建筑整体的使用时间长度、使用频率和服务水平等，从而决定了建筑能耗的不同。例如公共建筑中央空调的开启时间、送风温度、新风量大小等影响空调能耗大小。

### **5. 建筑物使用者的调节和参与**

在建筑运行过程中，建筑使用者的调节和控制等参与，也同时决定了各项设备的使用时间长度、使用频率和服务水平等，从而使得各类型终端能耗不同。例如空调的使用时间、送风温度，照明的使用时间、开启数量，主要电器设备的使用时间或频率，生活热水的用水量或用水频率等，都影响了各项终端能耗的不同。

### **6. 建筑物室内环境控制要求**

室内环境参数，如温湿度取值的高低，室内新风量的多少，房间亮度大小等，是采用“全时间、全空间”要求下的室内环境控制，还是“部分空间、部分时间”的室内环境调节，这对建筑能耗影响显著。

综上，已有的研究已经从上述六个方面阐述了微观层面影响建筑能耗的影响因素。但目前，已有的分析更多的关注点仍在气候、围护结构的热工性能、设备系统与运行

能效、人的行为、室内环境控制等方面。而对建筑自身的功能定位，设计中所涉及的建筑体量（针对公共建筑，区分为大型公建和一般公建）与建筑形式（层数、跨度、开敞与否、中庭或天井、屋檐、回廊等），以及针对技术措施层面的主动式技术与被动式技术的选择等，以实际能耗数据来定量分析其影响程度的并不多见。

基于此，本文在上述已有研究工作和取得成果的基础上，重点针对建筑功能、建筑体量、建筑形式以及技术措施四个方面，以实际建筑能耗数据为基础，定量分析其对建筑能耗的影响。

**(1) 建筑功能：**对建筑能耗影响显著，即建筑功能不同，建筑能耗亦会存在很大的差异（图3）。

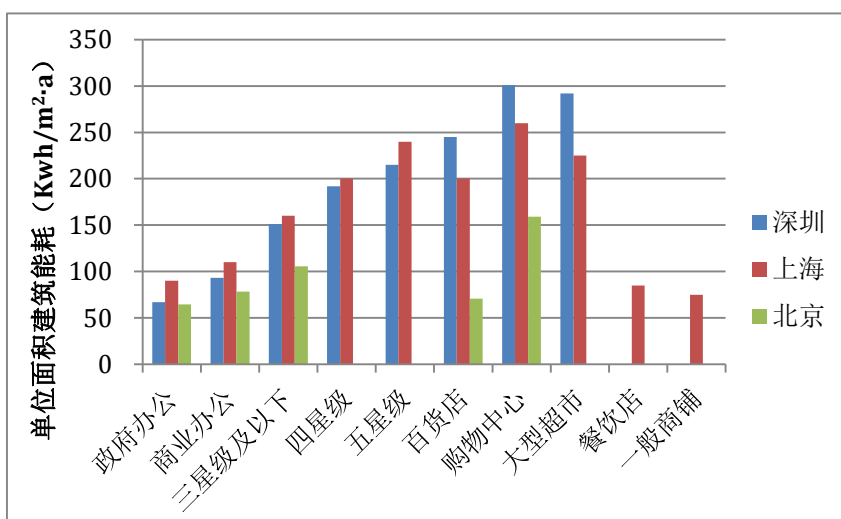


图3 深圳、上海、北京各功能建筑能耗分布

深圳市，购物中心、大型超市的建筑年能耗高达  $290\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ，商业办公建筑为  $93\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ，政府办公建筑为  $67\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ；，旅馆类建筑的星级越高，能耗越大，五星级的为  $215\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ，而三星级以下的为  $151\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ 。

上海市，购物中心、大型超市的建筑年能耗高达  $200\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ，一般商铺为  $75\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ；五星级饭店能耗高达  $240\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ，三星及以下为  $160\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ；商业办公建筑能耗为  $110\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ 、政府办公建筑为  $90\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ 。

北京市，购物中心建筑用电量为  $159\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ，百货店类建筑为  $71\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ ；商业办公和政府办公建筑用电量各为  $78\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ 、 $64\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{a})$ 。

**(2) 建筑体量：**对建筑能耗影响明显，大型公共建筑能耗是一般公共建筑单位面积能耗的2~5倍（图4）；

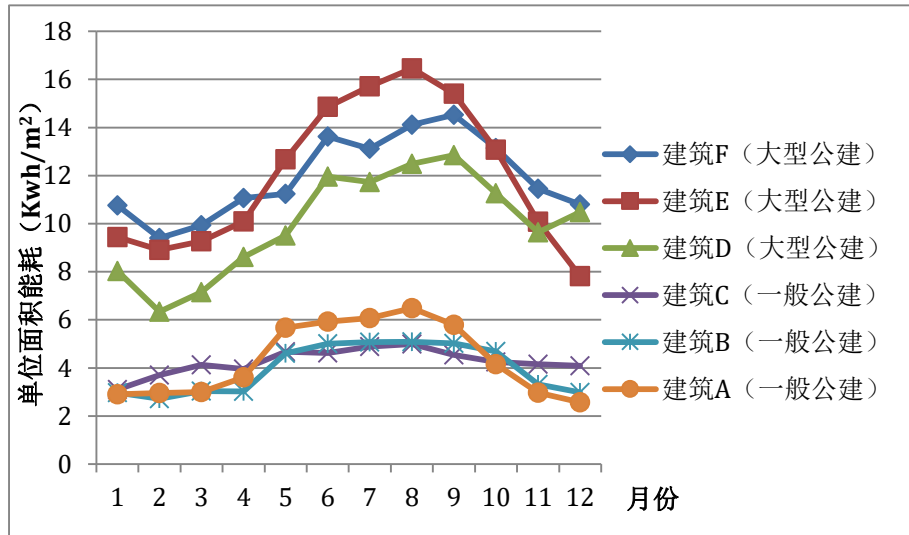


图 4 深圳市 2012 年典型公建能耗对比

(3) **建筑形式**: 对建筑能耗有显著的影响, 超高层建筑与大跨度建筑能耗明显高于多层建筑能耗 (图 5)。

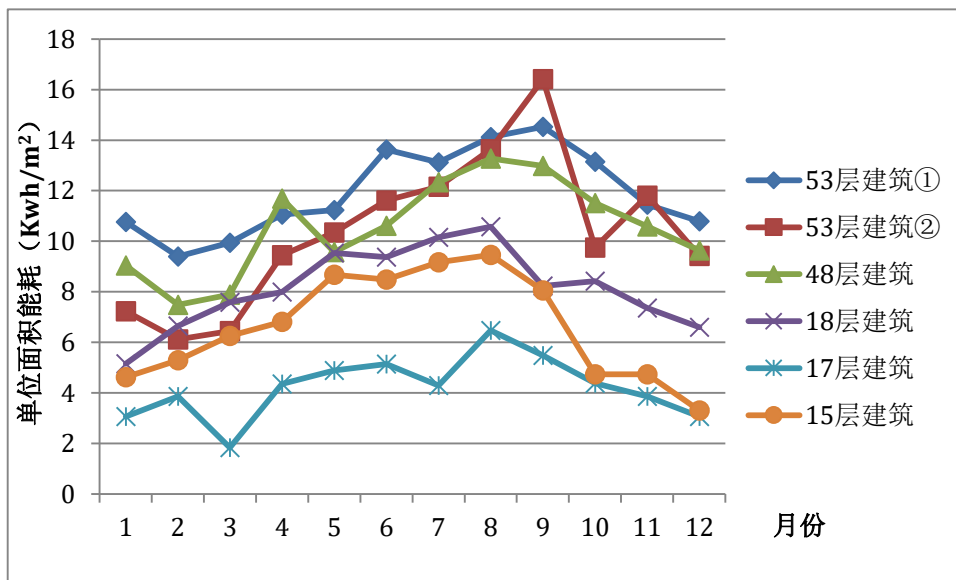


图 5 深圳市超高层与多层办公建筑能耗对比

(4) **技术措施**: 对于建筑节能影响显著。采用主动技术 (“机械论” 全面控制) 是要以消耗大量的能源为代价, 俗话说 “越主动, 越消耗”; 而采用被动技术策略, 则能充分实现降低建筑能耗的目的。

例如, 采用了一系列被动技术的深圳建科大楼 2012 年的建筑能耗强度为  $51.5 \text{ kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ , 远远低于深圳市办公建筑  $82.62 \text{ kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$  的平均能耗水平。法国提出了 2015 年新建办公建筑实现 “近零能耗” (注: 这里的建筑能耗仅指采暖、空调及生活热水能耗, 并不包括家电、办公等能耗), 要求无自然通风办公建筑能耗为  $110 \sim 132 \text{ kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ 、有自然通风办公建筑仅为  $56 \sim 84 \text{ kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ 。

## 六、建筑领域节能减排中长期规划与实施路线

本报告第四部分从能源供应能力和碳减排两个角度，分别预测了未来建筑领域可能的能源消费总量。作为“自上而下”分析的建筑领域能源消费“红线”。

但是，未来建筑能耗能否控制在“红线”内、什么样的发展模式和控制情景下能做到，甚至低于“红线”的下限？本部分将针对这一问题，结合第五部分影响因素的敏感性分析结果，构建未来随着我国建设领域发展能源消耗的不同情景，预测出不同情景下的建筑能耗总量，提出建筑能耗控制目标及可行的实施路线，形成建筑领域节能减排中长期规划的基础。

### （一）影响建筑领域能源消费的参数分析

根据本报告第五部分的影响因素敏感性分析结果，选择城镇化率（包括人口）、建筑存量（面积）、运行模式（对于住宅建筑即为居民生活模式）、建筑能耗强度（综合考虑设备能效、照明、室内环境参数、换气次数、围护结构等微观因素）等作为设立未来建筑领域能源消费情景的主要参数。下面分别对这四个参数进行分析和情景设定。

#### 1. 城镇化率（包括人口）

##### （1）分析依据

**依据一：**《国家新型城镇化规划（2014—2020年）》显示，1978~2013年，城镇常住人口从1.7亿人增加到7.3亿人，城镇化率从17.9%提升到53.7%，年均提高1.02个百分点。该《规划》同时指出，根据世界城镇化发展普遍规律，我国仍处于城镇化率30%~70%的较快发展区间。

**依据二：**国家发展改革委员会能源研究所的《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》对城镇化率的假设。

**依据三：**国家发展改革委员会能源研究所的IPAC-人口模型分析结果显示，2030年到2040年间，我国人口将达到高峰，约为14.7亿人。

**依据四：**联合国《世界人口展望2012》对世界各国人口构成及未来到2100年的人口数量进行了预测，其中中国人口到2030年将达到顶峰，届时约为14.5亿人。

**依据五：**《中国统计年鉴（2013）》中公布的我国2010年（注：本报告将2010年作为未来发展预测的元年）人口为13.4亿左右，城镇化率已达到49.95%。

综合以上各依据，在本课题研究中，对于未来我国人口情景的预测，采用数据更为详实的联合国《世界人口展望 2012》中所提供的数据，同时结合《中国统计年鉴》中 2000~2012 年的人口数据进行修正，如图 6 所示。

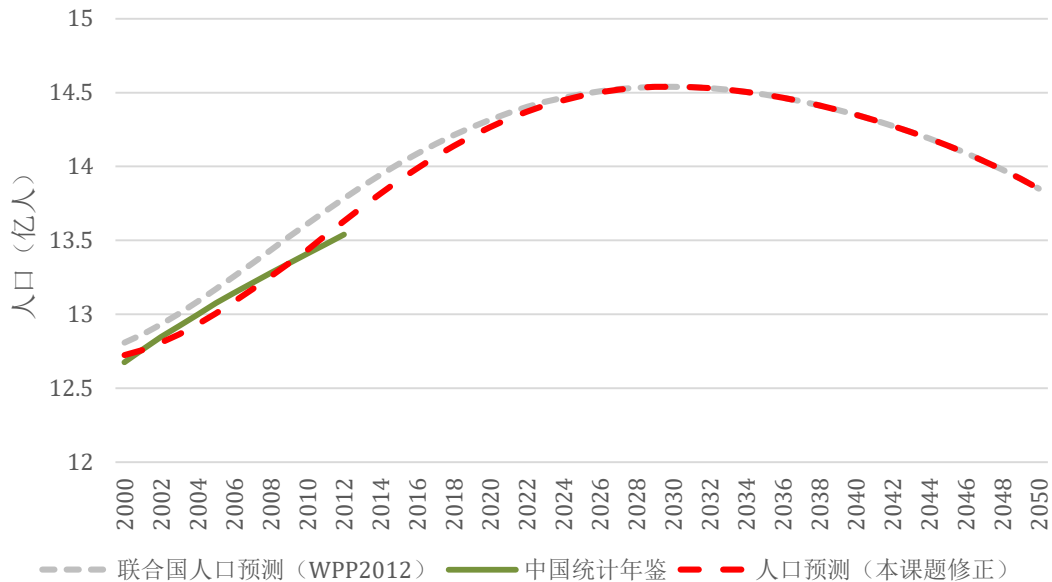


图 6 我国人口规模与未来变化趋势

## (2) 未来城镇化情景假设

**城镇化情景 I (较快发展)：**为了构建出不同的发展情景，在此参考《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》中所采取的情景设置，假设未来可能发生较快的城镇化发展，即到 2020 年我国城镇化率（注：按常住人口的城镇化率，下同）将达到 63%，2030 年达到 70%，最终 2050 年将达到发达国家当前的平均水平（达到 80%）。以此作为第一种城镇化情景。

**城镇化情景 II (稍缓发展)：**考虑到当前我国人口结构、农村耕地及粮食生产供应等各方面的约束条件，对未来我国城镇化率的影响，按《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》的目标推算，从 2014 年到 2020 年，我国的城镇化率仍将保持年均提高约 1 个百分点，到 2020 年“常住人口城镇化率达到 60% 左右，户籍人口城镇化率达到 45% 左右”，而后速度放缓，2030 年达到 65%，2050 年达到 70%。以此作为第二种城镇化情景。

上述两种城镇化情景下，我国相应人口规模变化情况见表 11 和图 7。

表 11 未来我国城镇化发展情景及相应人口规模变化情况

年度		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总人口 (亿人)		13.43	13.90	14.27	14.48	14.54	14.49	14.35	14.14	13.85
城镇化情景 I (较快)	城镇化率 (%)	50.0%	56.3%	63.0%	66.6%	70.0%	72.6%	75.2%	77.6%	80.0%
	城镇人口 (亿人)	6.71	7.83	8.99	9.64	10.18	10.52	10.79	10.98	11.08
	农村人口 (亿人)	6.72	6.07	5.28	4.84	4.36	3.97	3.56	3.16	2.77
城镇化情景 II (稍缓)	城镇化率 (%)	50.0%	55.1%	60.0%	62.6%	65.0%	66.3%	67.5%	68.8%	70.0%
	城镇人口 (亿人)	6.71	7.66	8.56	9.06	9.45	9.60	9.69	9.73	9.69
	农村人口 (亿人)	6.72	6.25	5.71	5.42	5.09	4.88	4.66	4.41	4.15

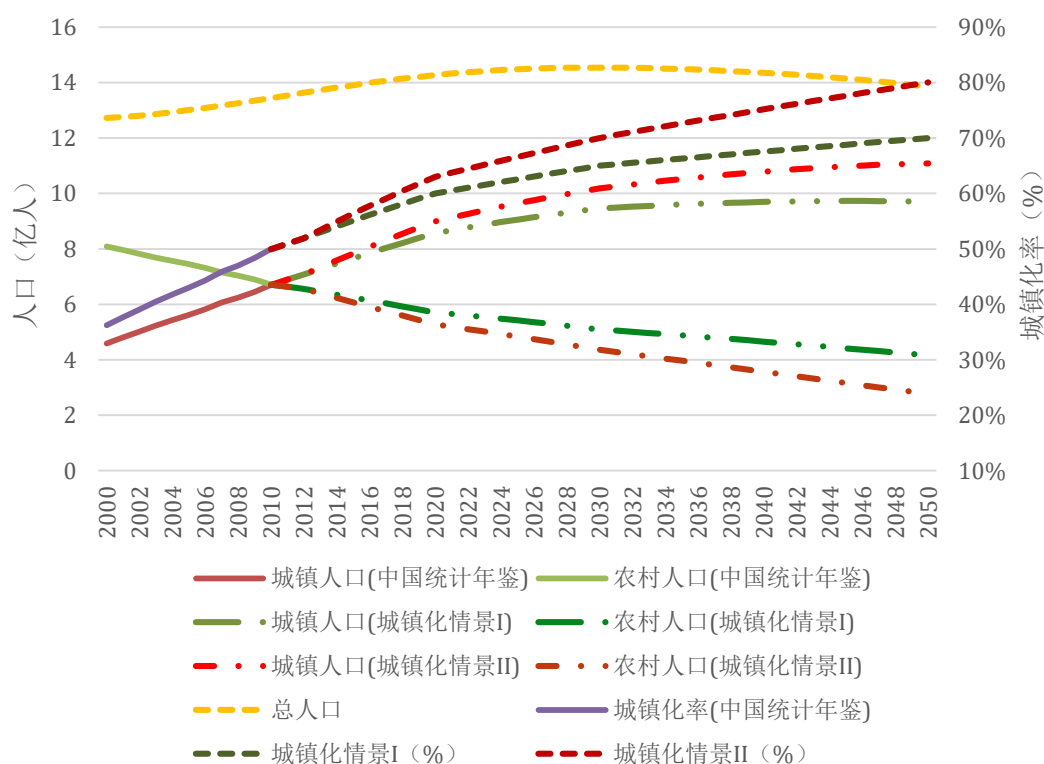


图 7 未来我国城镇化率及相应人口规模变化趋势

## 2. 总建筑面积

### (1) 分析依据

**依据一：建筑存量。**这是影响我国未来建筑能耗总量的关键指标之一，不同机构进行过估算和预测，但结果差异较大（本报告第三部分已经阐述）。本课题采用历年

面积累计法（注：利用历年面积累计法折算出人均面积）统计了 1949~1980 年的建筑存量、1981 年及以后历年竣工面积、拆除（倒塌）面积，并重点测算出了 2002~2013 年的建筑存量（见表 12）。

表 12 采用历年面积累计法测算的建筑存量（亿 m<sup>2</sup>）

年度	城镇住宅	农村住宅	公共建筑	合计
1949~2002	70.78	192.82	66.07	329.67
1949~2003	75.90	199.33	69.83	345.06
1949~2004	80.61	205.92	73.93	360.46
1949~2005	85.48	211.88	78.24	375.60
1949~2006	91.14	217.67	83.37	392.18
1949~2007	97.13	223.66	86.96	407.75
1949~2008	103.02	230.45	90.95	424.42
1949~2009	109.52	237.75	95.40	442.67
1949~2010	116.55	246.71	101.30	<b>464.56</b>
1949~2011	125.33	255.04	107.37	487.74
1949~2012	134.52	262.74	114.04	511.30
1949~2013	143.56	270.34	123.58	537.48

注：1) 本表数据为 1949~2013 年全国房屋累计存量，即：累计竣工房屋面积减去累计拆除（倒塌）房屋面积；  
2) 拆除（倒塌）房屋面积是按照原建设部 1978~2000 年的《中国城市建设统计年报》公布的数据整理而成。

历年面积累计法和人均面积法（注：《中国统计年鉴》公布的历年人均面积）测算出的建筑存量差异较大。以 2010 年为例，两种方法的测算结果差异见表 13。

表 13 两种方法测出的 2010 年建筑存量

建筑类型	指标	历年面积累计法	人均面积法	差值
城镇住宅	建筑面积合计 (亿 m <sup>2</sup> )	116.55	211.65	-95.1
	人均面积 (m <sup>2</sup> /人)	17.4 (折算)	31.6	-14.2
	人口数 (亿人)	6.71	6.71	—
农村住宅	建筑面积合计 (亿 m <sup>2</sup> )	246.71	228.85	+17.86
	人均面积 (m <sup>2</sup> /人)	36.8 (折算)	34.1	+2.7
	人口数 (亿人)	6.72	6.72	—
公共建筑	建筑面积合计 (亿 m <sup>2</sup> )	101.30	84.39	+16.91
	人均面积 (m <sup>2</sup> /人)	15.1 (折算)	12.6	+2.5
	人口数 (亿人)	6.71	6.71	—
存量建筑面积合计 (亿 m <sup>2</sup> )		464.56	524.9	<b>-60.34</b>
注：1) 历年面积累计法中的人均面积数据由测算的总面积除以相应人口数得到； 2) 人均面积法中，城镇住宅和农村住宅的人均面积数据来自《中国统计年鉴 2013》，城镇公共建筑人均面积数据的来自清华大学建筑节能研究中心的《中国建筑节能年度发展报告 2012》； 3) 差值为历年面积累计法的数据减去人均面积法的数据。				

**依据二：人均建筑面积。**《中国统计年鉴 2013》的数据显示，2002 年~2012 年间，城镇人均住宅面积从 24.5m<sup>2</sup>/人增加到 32.9m<sup>2</sup>/人，增长了 34.3%，年均增长率 3.0%；农村人均住宅面积从 26.5m<sup>2</sup>/人增加到 37.1m<sup>2</sup>/人，增长了 40.0%，年均增长 3.4%。

历年面积累计法折算出的人均住宅面积为，2002 年~2010 年，城镇人均住宅面积从 14.1m<sup>2</sup>/人增加到 18.9m<sup>2</sup>/人，增长了 34.0%，年均增长 2.9%；农村人均住宅面积从 24.6m<sup>2</sup>/人增加到 40.9m<sup>2</sup>/人，增长了 66.3%，年均增长 5.2%。公共建筑面积从 13.2m<sup>2</sup>/人增加到 16.0m<sup>2</sup>/人，增长了 21.2%，年均增长 2.0%左右。

**依据三：清华大学建筑节能中心的《中国建筑节能年度发展研究报告 2011》**关于城镇人均公共建筑面积的数据“1996 年~2008 年间，城镇人均公共建筑面积则从 7.4m<sup>2</sup>/人增长到 11.7m<sup>2</sup>/人，到 2010 年达到 12.6m<sup>2</sup>/人左右”，增长了 70.3%，年均增长 3.5%。

2002 年~2013 年的历年人均建筑面积与增长率见表 14。



表 14 2002 年~2013 年的历年人均建筑面积及增长率 (m<sup>2</sup>/人)

年度	历年面积累计法						人均面积法					
	城镇住宅		农村住宅		公共建筑		城镇住宅		农村住宅		公共建筑	
	人均 (m <sup>2</sup> /人)	年增 (%)	人均 (m <sup>2</sup> /人)	年增 (%)	人均 (m <sup>2</sup> /人)	年增 (%)	人均 (m <sup>2</sup> /人)	年增 (%)	人均 (m <sup>2</sup> /人)	年增 (%)	人均 (m <sup>2</sup> /人)	年增 (%)
2002	14.1	—	24.6	—	13.2	—	24.5	—	26.5	—	9.6	—
2003	14.5	2.8	25.9	5.2	13.3	1.3	25.3	3.3	27.2	2.6	10.0	4.2
2004	14.8	2.1	27.2	4.9	13.6	2.2	26.4	4.3	27.9	2.6	10.4	4.0
2005	15.2	2.4	28.4	4.5	13.9	2.2	27.8	5.3	29.7	6.5	10.7	2.9
2006	15.6	2.7	29.8	4.7	14.3	2.8	28.5	2.5	30.7	3.4	11.1	3.7
2007	16.0	2.6	31.3	5.1	14.3	0.3	30.1	5.6	31.6	2.9	11.5	3.6
2008	16.5	3.1	32.7	4.6	14.6	2.1	30.6	1.7	32.4	2.5	11.8	2.6
2009	17.0	3.0	34.5	5.4	14.8	1.4	31.3	2.3	33.6	3.7	12.2	3.4
2010	17.4	2.4	36.8	6.6	15.1	2.0	31.6	1.0	34.1	1.5	12.6	3.3
2011	18.1	4.0	38.8	5.4	15.5	2.6	32.7	3.5	36.2	6.2	—	—
2012	18.9	4.4	40.9	5.4	16.0	3.2	32.9	0.6	37.1	2.5	—	—
2013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均	—	2.9	—	5.2	—	2.0	—	3.0	—	3.4	—	3.5

表 14 的对比结果显示，两种方法得出的农村人均住宅面积基本接近，但城镇人均住宅面积差异较大，中国统计年鉴 2010 年公布的结果约为历年面积累计法的 1.8 倍。考虑到人均面积法中获得的人均面积为抽样调查结果，由此计算建筑存量时会产生二次误差，所以在后续的计算中均采用历年面积累计法的结果进行预测计算。

依据四：国家发展改革委员会能源研究所的《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》给出 2004 年美国人均建筑面积、日本城镇人均住宅面积，中国工程院《中国能源中长期（2030、2050）发展战略研究》统计的其他一些发达国家当前的人均住宅面积，详见图 8。未来随着我国房地产业的发展，我国城镇人均住宅面积有望达到欧洲大部分国家的水平，即 30~33m<sup>2</sup>/人。

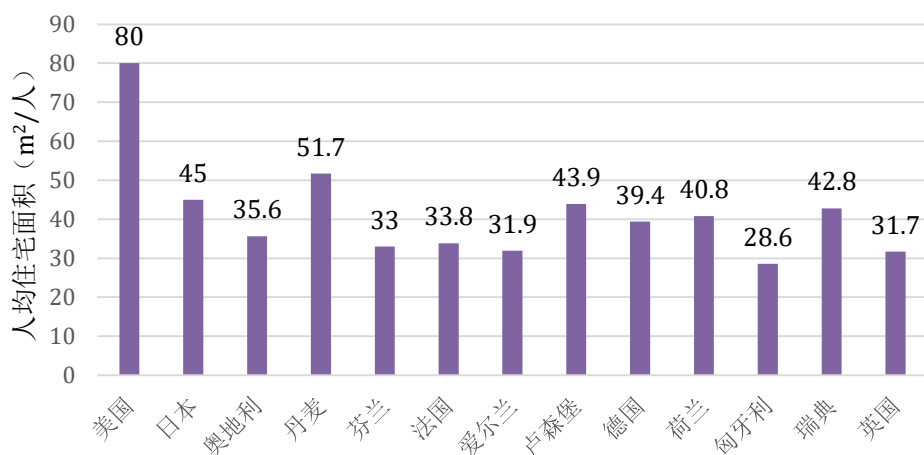


图 8 其他国家的人均住宅（建筑）面积

依据五：未来的人均面积预测。中国工程院《中国能源中长期（2030、2050）发展战略研究》预测“2030年人均住宅面积需要控制在40m<sup>2</sup>以内”。

（2）未来人均建筑面积情景假定

综合分析上述有关依据，本报告按历年面积累计法的增长规律，对未来我国城镇人均住宅面积、农村人均住宅面积、人均公共建筑面积的增长趋势进行预测：

对于城镇住宅经历了近10年的快速发展，到2020年增速将降低，在严格控制情景下，2030年将达到30m<sup>2</sup>/人，而到2050年达到33m<sup>2</sup>/人，即三口之家在100m<sup>2</sup>左右，而在常规发展下，可能达到40m<sup>2</sup>/人左右；

对于农村住宅，由于未来进一步城镇化发展，农村人均住宅的增长速率将有所降低，2030年在常规情景下到可能达到50m<sup>2</sup>/人左右，在严格控制情景下可能为46m<sup>2</sup>/人左右，而后的二十年增速将放缓；

对于公共建筑，根据当前的增长速度，到2030年可能为20m<sup>2</sup>/人，在严格控制下控制在18m<sup>2</sup>/人左右，而后的二十年增速将放缓。

根据人均建筑面积的常规控制、严格控制的假定，未来我国人均建筑面积的增长趋势和数值见图9和表15。

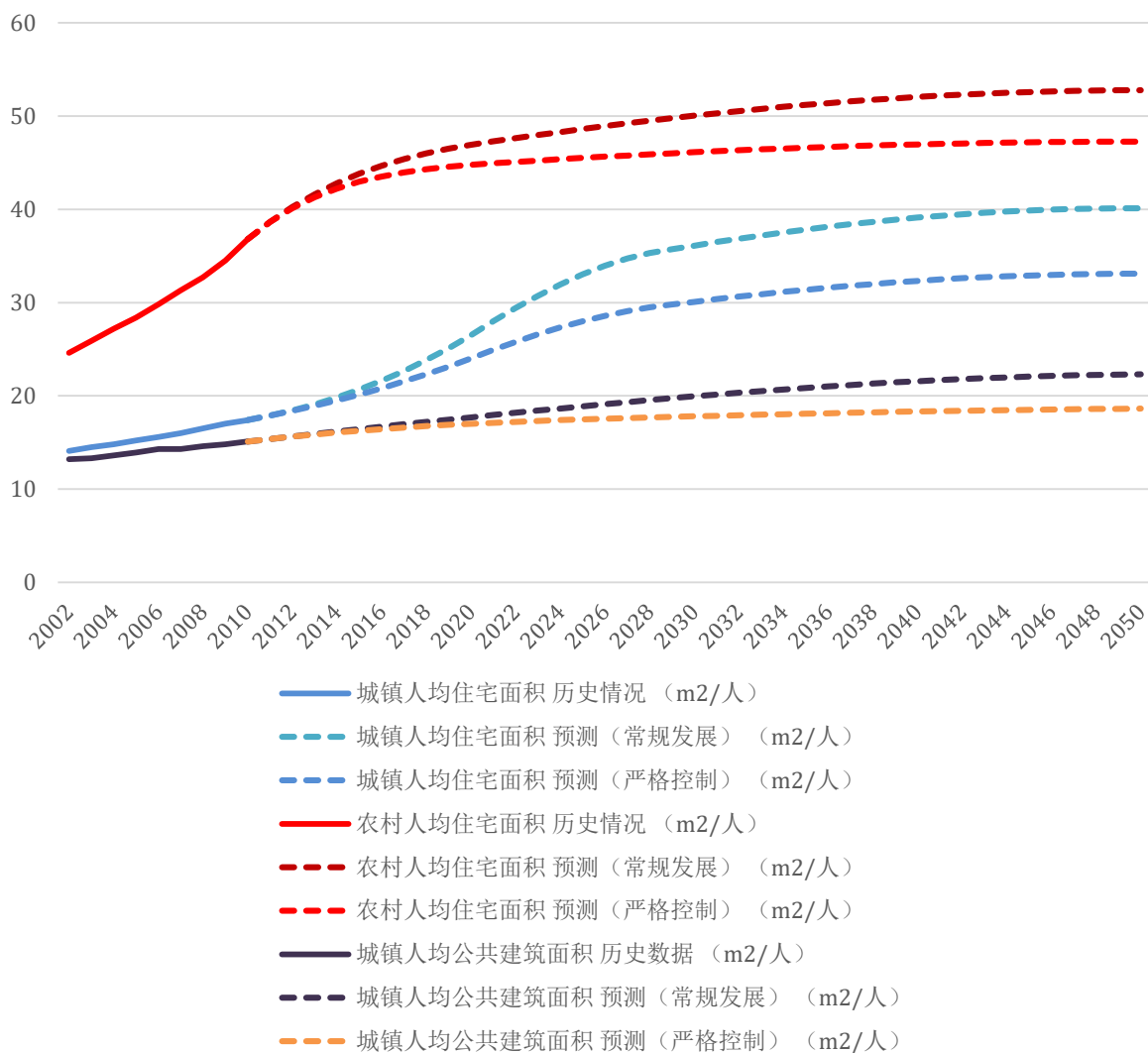


图 9 未来我国各类建筑人均面积预测

表 15 未来我国人均建筑面积增长情况预测 (m<sup>2</sup>/人)

情景	各类建筑	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
常规发展	城镇住宅人均面积	17.4	20.7	26.5	33.0	36.1	37.8	39.1	39.9	40.1
	农村住宅人均面积	36.8	43.8	46.9	48.6	50.1	51.2	52.1	52.6	52.8
	人均公共建筑面积	15.1	16.4	17.7	18.9	20.0	20.9	21.6	22.1	22.3
严格控制	城镇住宅人均面积	17.4	20.1	24.0	28.0	30.1	31.4	32.3	32.9	33.1
	农村住宅人均面积	36.8	43.0	44.8	45.5	46.1	46.6	47.0	47.2	47.3
	人均公共建筑面积	15.1	16.3	17.0	17.5	17.8	18.1	18.3	18.5	18.6

(3) 未来的总建筑面积 (以历年面积累计法的预测结果为基准)

以历年面积累计法的预测结果作为的基准，根据假定的未来城镇化情景和人均建筑面积增长情景，对我国未来的建筑面积情况进行了估算，结果见表 16。

表 16 不同情景下我国未来的总建筑面积（亿 m<sup>2</sup>）

情景	建筑类型	人均建筑面积情景 I (常规发展)			人均建筑面积情景 II (严格控制)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
城镇化情景 I (较快发展)	总计	<b>788.9</b>	<b>840.0</b>	<b>838.0</b>	688.6	713.7	703.9
	城镇住宅	367.6	421.9	444.5	306.2	348.8	366.6
	公共建筑	203.1	232.6	247.3	181.2	197.6	206.4
	农村住宅	218.3	185.5	146.2	201.2	167.4	130.9
城镇化情景 II (稍缓发展)	总计	784.6	830.6	824.6	<b>687.3</b>	<b>709.7</b>	<b>697.8</b>
	城镇住宅	341.3	379.1	389.0	284.3	313.4	320.8
	公共建筑	188.6	209.1	216.4	168.3	177.6	180.6
	农村住宅	254.7	242.4	219.3	234.7	218.7	196.4

根据表 16 的建筑面积估算结果，确定将“城镇化较快发展+人均建筑面积常规发展”和“城镇化稍缓发展+人均建筑面积严格控制”的情景下的总建筑面积（2030 年分别为 788.9m<sup>2</sup> 和 687.3m<sup>2</sup>）及对应的各类建筑面积，作为后续测算的参数。

根据我国建筑能耗特点，城镇可以划为“集中供热地区”和“非集中供热地区”。集中供热地区的建筑能耗中，城镇建筑采暖能耗占当地建筑总能耗的一半以上。如果扣除冬季采暖，则从北方到南方同类型建筑的能耗水平差异不大。若把集中供热能耗单独统计，这样其他类型的建筑用能就没有明显的地域特点，我国建筑领域的能源消费将呈“四分天下”的格局。因此，为便于估算我国建筑能耗、制定建筑节能战略规划和实施路线，将建筑用能划分为北方城镇采暖用能、城镇住宅用能（不包括北方地区的采暖）、公共建筑用能（不包括北方地区的采暖）、农村住宅用能等四大类（图 10）。这与在编的国家标准《民用建筑能耗标准》的思路一致。

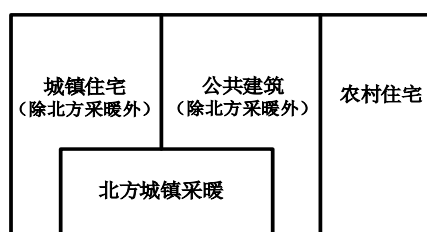


图 10 建筑领域用能分类示意图

为便于测算未来建筑领域能源消费情况，本课题将未来不同年度、不同用能类型的建筑面积进行了估算，详见图 11、图 12 和表 17、表 18。

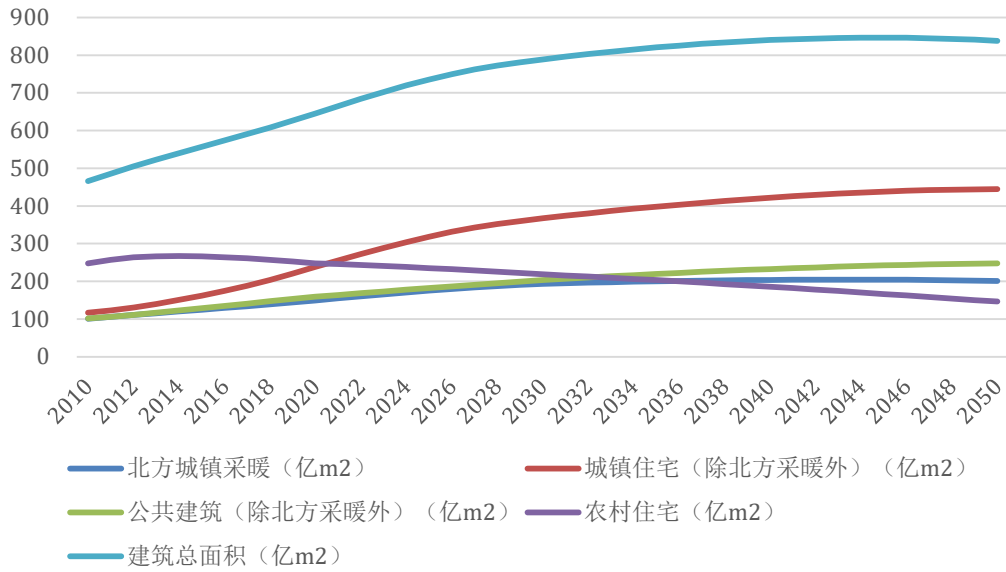


图 11 “城镇化较快发展+人均面积常规发展”情景下未来各类建筑面积

表 17 “城镇化较快发展+人均面积常规发展”情景下，不同用能类型的建筑面积（亿 m<sup>2</sup>）

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总建筑面积	465.6	556.6	645.1	735.5	<b>788.9</b>	820.6	840.0	846.4	<b>838.0</b>
北方城镇采暖面积	100.7	124.6	149.1	175.2	193.3	200.0	203.7	204.2	201.1
城镇住宅面积	116.8	161.9	238.3	318.3	367.6	398.1	421.9	437.9	444.5
公共建筑面积	101.3	128.7	159.0	182.0	203.1	219.4	232.6	242.2	247.3
农村住宅面积	247.5	266.1	247.7	235.2	218.3	203.0	185.5	166.4	146.2

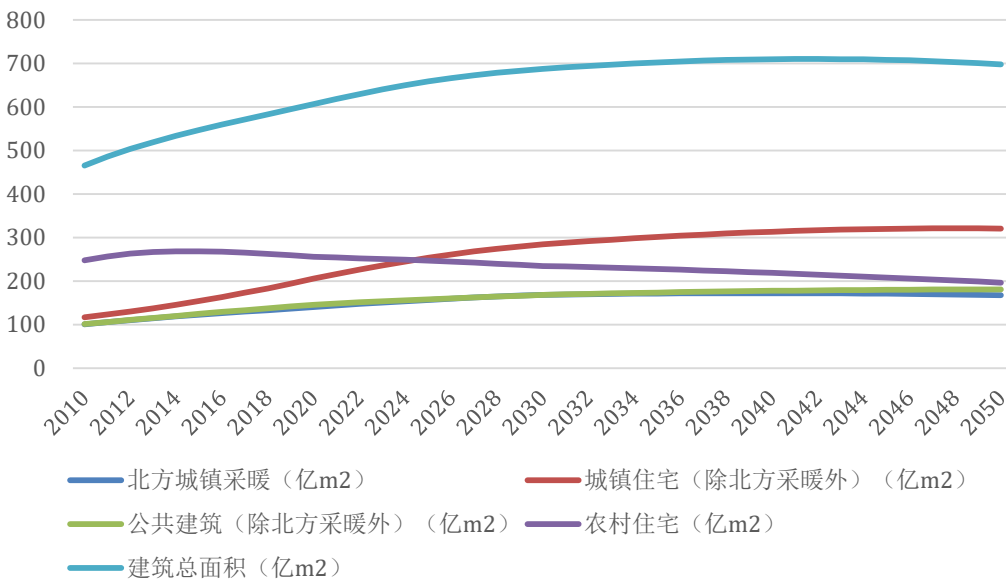


图 12 “城镇化稍缓发展+人均面积严格控制”情景下未来各类建筑面积

表 18 “城镇化稍缓发展+人均面积严格控制”情景下，不同用能类型的建筑面积（亿 m<sup>2</sup>）

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总建筑面积	465.6	547.1	606.7	658.6	<b>687.3</b>	702.6	709.7	708.4	<b>697.8</b>
北方城镇采暖面积	100.7	122.5	140.2	156.8	168.4	171.3	172.1	170.9	167.5
城镇住宅面积	116.8	154.3	205.6	253.5	284.3	301.3	313.4	320.1	320.8
公共建筑面积	101.3	124.5	145.5	158.2	168.3	173.7	177.6	180.0	180.6
农村住宅面积	247.5	268.3	255.5	246.8	234.7	227.7	218.7	208.3	196.4

### 3. 运行模式（对于住宅为居民生活模式）

本报告第五部分的敏感性分析结果显示，对于住宅和公共建筑，运行模式均为影响建筑能耗的特别显著因素。随着我国新型城镇化和小康社会建设的加快、生活水平的提高，人们对建筑舒适度的要求和电器设备的使用率均在提高，传统节俭的生活方式正在面临着挑战。现已形成了高、中、低能耗的生活模式，详见表 19。建筑运行阶段的控制将是本课题在确定未来建筑节能减排战略规划和实施路线时重点考虑的着力点之一。但在节能减排综合情景设定时，该因素无法显化出来，因而隐含在建筑能耗强度里。

表 19 不同建筑运行模式

建筑类型	高能耗模式	中能耗模式	低能耗模式
城镇住宅	尽可能通过机械手段提供较为完善的室内环境。如：空调长时间开启，建筑全部空间全年室温在 20℃~26℃之间；保证全时生活热水供应；大量使用高耗能电器为居住者提供服务（洗碗机、烘干机等）	自然优先，基本舒适的生活模式。包括：优先开窗通风降温；部分空间、部分时间空调，允许室温在一定的范围内波动；允许生活热水有一定的“不保证率”，基本没有高耗能电器	简单的生活模式。基本没有空调，全年室温随气候有较大波动；基本没有生活热水；家用电器仅满足基本的生活及娱乐需求
农村住宅	基本舒适的生活模式，仍以自然优先，全年室温波动与城镇住宅“中能耗”人群相似，使用能源以液化石油气、燃煤、电力等商品能源为主	全年室温允许在较大的范围波动，没有生活热水，家用电器仅满足基本的生活及娱乐需求，炊事或采暖部分使用生物质能解决	基本没有使用商品能源的室温调节措施，仅有基本的照明和很简单的家电设备，大量使用生物质能满足炊事或采暖需求
公共建筑	大型公共建筑。有较大内区，常年需人工照明；中央空调系统；常年依靠机械通风换气	大多为个体空调设备，运行时间较短；优先自然通风降温；优先自然采光	基本没有空调，全年室温随气候有较大波动

不同的建筑运行模式会造成几倍、十几倍甚至几十倍的能耗强度差异。以晾晒衣物为例，我国居民则习惯自然晾晒衣物；美国家庭普遍使用带有烘干功能的洗衣机，同样的洗衣量，耗电量是我国的 5~10 倍。另外，带有烘干功能的洗碗机用电装机容量通常为 1kW~2kW。一个家庭的洗衣机和洗碗机每年用电量可达 1000kW h 以上，接近北京市普通居民的户均年用电总量。

清华大学建筑节能研究中心 2007 年对北京的安装了分体空调、户式中央空调、中央空调的住宅的全年空调电耗进行调研，结果显示，中央空调的单位面积电耗约是分体空调的 8 倍、是户式中央空调的 3 倍。即使是安装分体空调的住宅，夏季空调电耗差别也很大，从少于 1kW h/ (m<sup>2</sup> a) 到高达 14kW h/ (m<sup>2</sup> a)。究其原因在于住户生活模式的不同，导致空调的使用模式不同：年龄大的住户，往往习惯在室外温度适宜时通过自然通风降温，使用空调的时间较少，即使使用空调，也只在有人的房间使用，因此空调能耗在 1kW h/ (m<sup>2</sup> a) ~2kW h/ (m<sup>2</sup> a)；而部分年轻住户，习惯一回家就打开所有房间的空调，甚至无人在家也开空调，其空调能耗可达 10kW h/ (m<sup>2</sup> a) 以上。

#### 4. 建筑能耗强度

(1) 分析依据

清华大学建筑节能研究中心通过实测或模拟等方法，分析了我国建筑能耗强度情况，并在《中国建筑节能年度发展研究报告（2008~2014）》中给出了2006~2012历年的北方城镇采暖、城镇住宅（不包括北方地区的采暖）、公共建筑（不包括北方地区的采暖）、农村住宅的能耗强度。本报告取2010年的数据作为预测基准值。

(2) 情景设定

本报告以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，对未来新建建筑能耗强度、既有建筑能耗强度（注：这里的既有建筑是指2010年及以前竣工的建筑）分别进行四种情景的设定，即**基准控制**（注：维持当前的控制措施）、**一般控制**（注：采取比基准控制稍严的控制措施）、**中等控制**（注：采用比一般控制严的控制措施）、**严格控制**（注：采用比中等控制更严的措施）。

未来新建建筑运行环节能耗强度的具体情景见表20。

表20 我国未来新建建筑运行环节的能耗强度情景[kgce/(m<sup>2</sup> a)]

情景	2010	2030				2050			
	当前强度	基准控制	一般控制	中等控制	严格控制	基准控制	一般控制	中等控制	严格控制
北方城镇采暖	12.29	<b>12.29</b>	<b>11.06</b>	<b>10.45</b>	<b>9.83</b>	<b>10.59</b>	<b>9.13</b>	<b>7.50</b>	<b>7.06</b>
		0.0%	-10.0%	-15.0%	-20.0%	-13.8%	-25.7%	-39.0%	-42.6%
						-13.8%	-17.4%	-28.2%	-28.2%
城镇住宅（除北方采暖外）	11.40	<b>14.56</b>	<b>13.68</b>	<b>12.54</b>	<b>11.40</b>	<b>13.10</b>	<b>12.31</b>	<b>11.29</b>	<b>10.26</b>
		+27.7%	+20.0%	+10.0%	0.0%	+14.9%	+8.0%	-1.0%	-10.0%
						-10.0%	-10.0%	-10.0%	-10.0%
城镇公共建筑（除北方采暖外）	22.10	<b>28.73</b>	<b>25.42</b>	<b>22.10</b>	<b>19.89</b>	<b>25.86</b>	<b>22.87</b>	<b>19.89</b>	<b>17.90</b>
		+30.0%	+15.0%	0.0%	-10.0%	+17.0%	+3.5%	-10.0%	-19.0%
						-10.0%	-10.0%	-10.0%	-10.0%
农村住宅	7.70	<b>10.01</b>	<b>9.63</b>	<b>8.86</b>	<b>8.47</b>	<b>11.01</b>	<b>10.59</b>	<b>9.74</b>	<b>9.32</b>
		+30.0%	+25.0%	+15.0%	+10.0%	+43.0%	+37.5%	+26.5%	+21.0%
						+10.0%	+10.0%	+10.0%	+10.0%

注：表中灰色填充部分的百分数值为2050年能耗强度相对于2030年的变化情况。

表20中的当前强度（2010）数据来自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2012》。未来四种情景下的能耗强度说明如下。



1) **基准控制情景**，即按当前建筑节能发展的趋势，在未来不加强措施进行干预的情况下，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%，具体分析如下：

对于**北方城镇采暖能耗强度**，考虑当前国家层面正在持续推动的城镇供热改革，城镇老旧管网系统改造、热计量收费的工作正在推进，热源和管网效率的提升将很好地控制供热能耗强度的增长，所以假设在维持当前的节能减排措施力度下，到 2030 年前该部分的能耗强度至少能维持现状不再增加。而到 2050 年，随着采暖技术革新及建筑围护结构热工性能等方面的提升，这部分能耗强度有望进一步降低。

对于具体的能耗强度值按照以下假设：清华大学的《中国建筑节能年度发展研究报告 2012》中 2010 年北方城镇采暖能耗强度为  $16.6\text{kgce/m}^2$ ，但对这部分建筑需要进行区分来确定当前按照节能设计标准设计和施工的新建建筑能耗强度水平。根据《2013 年全国住房城乡建设领域节能减排专项检查建筑节能检查情况的通报》显示，当前这类节能建筑面积约占北方城镇民用建筑面积的 30%，同时假设这部分节能建筑与历年非节能建筑能耗强度可能存在 50% 的差异，由此认为当前按节能建筑标准设计的北方城镇采暖能耗为  $12.29\text{kgce/m}^2$ 。

对于**城镇住宅能耗强度（除北方采暖外）**，虽然当前的新建住宅正在按节能标准进行设计和施工，未来也有可能采用更为严格的标准，但节能标准并没有对实际使用能耗作出规定。鉴于未来人民生活水平不断提高、家用电器在种类和数量上都将有所增加，另外从气候条件来看，夏热冬冷地区客观上存在着冬季采暖的需求，仅仅是因为过去经济的落后，而这种客观需求没有直接转变成实际的能耗，该气候区域约有 4 亿人口，采暖能耗的出现和增长是不可避免的。相关研究显示，到 2020 年，该部分的能耗强度将从  $447\text{kgce}/(\text{户}\cdot\text{年})$  增长到  $665\text{kgce}/(\text{户}\cdot\text{年})$ ，排除人均居住面积增加的影响，则到 2030 年能耗强度将增加 27.7% 左右。而到 2050 年，随着夏热冬冷地区适当的采暖需求得到满足，同时相应设备效率普遍提高，则假设该部分能耗相对当前提升 15% 左右（比 2030 年下降 10%）。

对于**公共建筑能耗强度（除北方采暖外）**，2001 年~2012 年平均单位面积能耗从  $16.5\text{kgce/m}^2$  增长到  $21.9\text{kgce/m}^2$ ，能耗强度增长了 33%。当前新建的公共建筑尤其部分大型公共建筑，追求“高、大、新、奇”，导致这部分能耗强度的更快上升，因此假设到 2030 年相应能耗强度还可能增长 30%，但到 2050 年，随着建筑设计回归理性，

更多的从实用角度出发，空调、照明、电梯等设备效率提升，则假设能在 2030 年的基础上降低 10%。

对于**农村住宅能耗强度**，由于用能习惯的改变，农村对商品能源的需求和实际使用量均在不断增加，同时由于农村家用电器以及采暖需求的增加等方面原因，如果不采取一定的措施进行引导，假设到 2030 年该部分能耗强度将上升 30%，到 2050 年城镇化达到较高水平时，能够留守农村则意味着生活水平应当与城市相当或差距不大，则在此 20 年间，假设农村能耗水平应当还会上涨 10%，但同时由于人均建筑面积较城市大且包含分户采暖能耗，由此有可能与城市存在  $2\text{kgce}/(\text{m}^2 \text{ a})$  左右的差距。

2) **一般控制情景**，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，这考虑到个别类型的建筑能耗强度确实会有所增长，同时也有一些类型的建筑能耗强度将有一定的降低。

3) **中等控制情景**，介于一般控制情景和严格控制情景之间。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%。所实施的各类节能减排技术及措施是经过经济成本、社会效率等各方面统筹考虑过的，具有可行性和可操作性。具体而言，各类建筑能耗指标相对于基准控制情景，相应假设如下：

对于**北方城镇采暖能耗强度**，如果相对于当前，未来相关的设计标准要求进一步提高、热源和老旧管网改造工程等措施，实现计量收费、末端可调、实施低能耗建筑提高建筑围护结构热工性能指标的同时，如果采取诸如大范围开展热电联产的吸收式换热改造，对工业低品位余热利用，以及与此相配套的集中供热回水温度降低的相应技术措施，则到 2030 年，北方城镇采暖在维持目前建筑室内舒适度水平条件下，能耗强度能降低到  $10\text{kgce}/\text{m}^2$  以内，随着相关技术的进步，如太阳能供热采暖应用、低品位热能开采利用等得以大规模应用，尤其是低能耗建筑的推广，则到 2050 年，这部分能耗还有可能进一步降低到  $7.5\text{kgce}/\text{m}^2$ ，约在 2030 年的基础上降低 28.2% 左右。

对于**城镇住宅能耗强度（除北方采暖外）**，相对于基准控制情景，对于当前夏热冬冷地区已有所增加的冬季采暖能耗，如果政府尽快通过政策、标准、法律法规等给予规范和引导，使得一些高效环保的设备、技术或解决方案在新建建筑中得以应用，诸如各类被动技术、高效热泵等。鼓励高效的炊事、照明、热水相关家用电器应用，同时限制一些高能耗家用电器的使用，在居民生活水平逐步提高的前提下，控制此类建筑能耗的增长速度，则到 2030 年，这类建筑能耗强度的增长能控制在 10% 左右，而

到 2050 年，如果居民的生活方式和用能途径等方面相对于当前没有太大变化的情况下，而由于用能设备技术革新，效率提高，则有可能在 2030 年基础上下降 10%，从而与当前水平相当。

对于**公共建筑能耗强度（除北方采暖外）**，相对于基准控制情景，如果未来在建筑设计阶段，更注重实用性，以及融入诸如被动技术、太阳能光伏建筑一体化等有效的控制能耗技术或能源供应措施，在使用阶段，通过能效测评等机制广泛的引入合同能源管理等模式，推广高效的用能设备，注重人的行为模式管理等，那么，在未来公共建筑服务水平提高使得能耗需求上升的情况下，可以使其实际运行能耗得到进一步控制，实现“此长彼消”，从而到 2030 年将此类建筑能耗控制在当前水平，而到 2050 年，随着技术进步，这类能耗将可能在 2030 年的基础上降低 10% 左右。

对于**农村住宅能耗强度**，相对于基准控制情景，在规范和引导能源使用时，如果更加突出推广使用生物质能，如沼气、新型秸秆焚烧炉等，发展可再生能源建筑应用，如光热、光伏发电、太阳能暖房等，替代其中部分由于农村居民生活水平提高而增加的商品能源消耗。由此假设到 2030 年，这部分能耗将增加 15%，而后到 2050 年再在 2030 年的基础上增加 10%。

**4) 严格控制情景**，是从严格控制建筑能耗增长为目的而设置。需要尽一切可能降低各类能耗强度，在参照中等控制情景下，各类措施进一步加强，到 2030 年使得各类能耗强度比当前降低 10%~40%，同时需要明确实施路线，未来按部就班推进各项措施，到 2050 年，相对于中等控制情景，各类建筑能耗强度变化 5%~10% 左右。

以上对基准控制情景和中等控制情景的设置进行了详细描述，对于一般控制情景和严格控制情景主要依照前两个情景，根据未来各项措施或技术实现的可能性，以及带来效果的大小，对相应的能耗强度进行区分，并按照一定的比率设定。

我国未来既有建筑（2010 年及以前建成的建筑）能耗强度增长情景见表 21。

表 21 我国未来既有建筑的能耗强度增长情景[kgce/(m<sup>2</sup> a)]

情景		2010	2030				2050			
		当前强度	基准控制	一般控制	中等控制	严格控制	基准控制	一般控制	中等控制	严格控制
北方城镇采暖	非节能建筑	18.44	<b>18.44</b>	<b>16.60</b>	<b>14.75</b>	<b>12.91</b>	<b>17.27</b>	<b>14.60</b>	<b>12.02</b>	<b>10.51</b>
			0%	-10.0%	-20.0%	-30.0%	-6.3%	-20.8%	-34.8%	-43.0%
							-6.3%	-12.0%	-18.5%	-18.5%
	节能建筑	12.29	<b>12.29</b>	<b>11.68</b>	<b>11.06</b>	<b>10.45</b>	<b>11.88</b>	<b>11.06</b>	<b>9.52</b>	<b>8.99</b>
			0%	-5.0%	-10.0%	-15.0%	-3.3%	-10.0%	-22.5%	-26.8%
							-3.3%	-5.3%	-13.9%	-13.9%
城镇住宅（除北方采暖外）		11.40	<b>14.82</b>	<b>13.68</b>	<b>13.11</b>	<b>12.54</b>	<b>15.56</b>	<b>14.36</b>	<b>13.77</b>	<b>13.17</b>
+30.0%	+20.0%		+15.0%	+10.0%	+36.5%	+26.0%	+20.8%	+15.5%		
					+5.0%	+5.0%	+5.0%	+5.0%		
城镇公共建筑（除北方采暖外）		22.10	<b>26.52</b>	<b>25.42</b>	<b>24.31</b>	<b>22.10</b>	<b>23.87</b>	<b>22.87</b>	<b>21.88</b>	<b>19.89</b>
+20.0%	+15.0%		+10.0%	0%	+8.0%	+3.5%	-1.0%	-10.0%		
					-10.0%	-10.0%	-10.0%	-10.0%		
农村住宅		7.70	<b>10.01</b>	<b>9.63</b>	<b>9.24</b>	<b>8.86</b>	<b>11.01</b>	<b>10.59</b>	<b>10.16</b>	<b>9.74</b>
+30.0%	+25.0%		+20.0%	+15.0%	+43.0%	+37.5%	+32.0%	+26.5%		
					+10.0%	+10.0%	+10.0%	+10.0%		

注：表中灰色填充部分的百分数值为 2050 年能耗强度相对于 2030 年的变化情况。

表 21 综合考虑了既有建筑可能的能用系统效率降低、围护结构性能老化、居民生活质量的提高等因素，因此未来各类既有建筑能耗强度可能会增长，相应的情景设置如下。

1) 基准控制情景，即既有建筑按当前的节能力度对待，不考虑进一步的节能措施或任其发展，那么各类能耗强度可能的变化趋势如下：

对于北方城镇采暖能耗强度，需要将相应的建筑分为两类，即第一类是没有按照节能标准建筑的非节能建筑；第二类是近 10 多年来按照已发布并实施的建筑节能标准设计和施工的节能建筑，《2013 年全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查情况的通报》显示，这部分节能建筑约占北方城镇民用建筑面积的 30%。

与新建建筑不同的是，未来由于建筑围护结构、建筑室内供热管网及相关设备的老化，效率不断降低。但是，由于未来供热管网和热源等的更新及改造，效率将有所提升。由此假设到 2030 年该部分能耗强度将不变，而到 2050 年由于对其中部分高能耗的建筑可能存在翻新或改造，则能耗将略有所下降；

对于城镇住宅能耗强度（除北方采暖外），与新建建筑相同的是，在使用能耗方面，由于居民生活质量的提高，家用电器的种类与数量将进一步增加，夏热冬冷地区

冬季增长的采暖能耗需求，但是在围护结构热工性能方面，由于这部分建筑所执行的节能建筑标准低于未来新建建筑相应的标准，所以由此假设将未来该部分能耗强度增加 30%，高于新建建筑的能耗增长；

对于**城镇公共建筑能耗强度（除北方采暖外）**，由于运行维护不到位，系统工作效率较低，系统逐年老化等原因，假设到 2030 年该部分能耗强度将增加 20%，此增长速度低于新建公共建筑，主要根据对相关建筑的调查实际调查结果，当前新建的公共建筑能耗强度明显高于一些老旧公共建筑；

对于**农村住宅能耗强度**，在当前看来，该类既有建筑与未来短期内的新建建筑在能耗方面没有太大的区别，新建建筑也并未执行相应的节能标准。由此，与上述新建建筑类似。能耗强度增长的假设主要考虑到在使用过程中由于用能习惯的改变，农村对商品能源的需求在不断增加，同时由于农村家用电器以及采暖需求的增加等方面原因。

2) 对于**一般控制情景、中等控制情景、严格控制情景**，是参照正在编制的国家标准《民用建筑能耗标准》的相应类型建筑的能耗指标值做出的设置（严格控制大致对应该标准的引导值，而中等控制则大致对应该标准的约束值），同时考虑了不同的既有建筑改造（含运行维护管理）目标、节能措施的可行性。

需要说明的是，在对既有建筑中等控制情景设置时，其中城镇住宅能耗强度（除北方采暖除外），由于在此情景下考虑未来对非节能建筑实施节能改造，其能耗将会进一步下降，如果按照围护结构改造与管网和热源改造各贡献一半，到 2030 年有望对高能耗的这部分建筑能耗实现 20% 的降低，而另外 30% 的节能建筑将因为管网和热源效率的提高，能耗强度降低 10%。而对于非节能建筑，到 2050 年在此基础上再降低 20%。

其他各类既有建筑能耗强度的设置，主要参照新建建筑。考虑到二者在未来用能方式等方面是相同的，但是由于未来新建建筑所执行的标准将高于对应的既有建筑，使得在围护结构热工性能、建筑设备效率等方面讲有一定的区别，所以根据实际情况对能耗强度的设置进行了区分，但发展趋势认为是一致的。

## （二）建筑领域节能减排综合情景设定

根据前文对城镇化率、建筑存量、运行模式（居民生活模式）、建筑能耗强度等四个主要因素的分析 and 情景设定结果，结合新建建筑和既有建筑节能的总体路线，对

我国未来建筑领域节能减排的综合情景进行了设定：BAU 情景（Business As Usual，BAU）、

低节能减排情景、中节能减排情况情景、强节能减排情景，见表 22。

**表 22 我国未来建筑领域节能减排综合情景**

综合情景类型	参数	2020	2030	2050	备注
BAU 情景	城镇化率 (%)	63.0	70.0	80.0	城镇化较快发展 (情景 I)
	人口 (亿)	14.27	14.54	13.85	本报告表 11
	建筑面积 (亿 m <sup>2</sup> )	645.1	788.9	838.0	城镇化情景 I+人均面积情景 I
	建筑能耗强度	与基准控制情景对应			
低节能减排情景	城镇化率 (%)	63.0	70.0	80.0	城镇化较快发展 (情景 I)
	人口 (亿)	14.27	14.54	13.85	本报告表 11
	建筑面积 (亿 m <sup>2</sup> )	645.1	788.9	838.0	城镇化情景 I+人均面积情景 I
	建筑能耗强度	与一般控制情景对应			
中节能减排情景	城镇化率 (%)	60.0	65.0	70.0	城镇化稍缓发展 (情景 II)
	人口 (亿)	14.27	14.54	13.85	本报告表 11
	建筑面积 (亿 m <sup>2</sup> )	606.7	687.3	697.8	城镇化情景 II+人均面积情景 II
	建筑能耗强度	与中等控制情景对应			
强节能减排情景	城镇化率 (%)	60.0	65.0	70.0	城镇化稍缓发展 (情景 II)
	人口 (亿)	14.27	14.54	13.85	本报告表 11
	建筑面积 (亿 m <sup>2</sup> )	606.7	687.3	697.8	城镇化情景 II+人均面积情景 II
	建筑能耗强度	与严格控制情景对应			
注：表中各情景的人口、城镇化率、建筑面积、建筑能耗强度等参数均是按前述分析设定的。					

### (三) 不同综合情景下的建筑能耗总量估算

根据上述综合情景设定，按逐年各类用能面积与相应能耗强度，计算出不同情景下各年度的建筑能耗情况。

#### 1. BAU 情景下的建筑能耗

BAU 情景下，建筑领域未来各类用能的具体能耗见表 23，相应的趋势见图 13。在此情景下，到 2030 年建筑总能耗将可能达到 14.64 亿 tce，到 2050 年将达到 15.87 亿 tce，而峰值出现在 2045~2047 年左右，为 15.96 亿 tce。明显增长的是城镇住宅（除北方采暖外）能耗和公共建筑（除北方采暖外）能耗，到 2030 年分别比 2010 年增长约 3.67 倍和 2.29 倍。究其原因，对于城镇住宅主要是城镇人均住宅面积大幅增长，对于公共建筑主要原因是在此情景下该部分建筑耗强度的增加。到 2030 年，这两部分将消耗建筑领域 68.4% 的能源，而到 2050 年则达到 75.2% 左右。由于城镇化的原因，农村人口逐渐减少，虽然农村人均住宅面积增加，但农村住宅的总能耗在 2017 年左右最先达到顶峰，约 2.20 亿 tce。

表 23 BAU 情景下的未来建筑能耗预测（亿 tce）

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
北方城镇采暖	1.67	1.91	2.14	2.38	2.52	2.52	2.49	2.43	2.34
城镇住宅（除北方采暖外）	1.33	1.96	3.01	4.14	4.88	5.30	5.63	5.85	5.95
公共建筑（除北方采暖外）	2.24	2.97	3.80	4.48	5.13	5.49	5.76	5.93	5.98
农村住宅	1.91	2.19	2.16	2.16	2.12	2.02	1.90	1.76	1.60
<b>总建筑能耗</b>	<b>7.15</b>	<b>9.02</b>	<b>11.10</b>	<b>13.15</b>	<b>14.64</b>	<b>15.33</b>	<b>15.77</b>	<b>15.96</b>	<b>15.87</b>

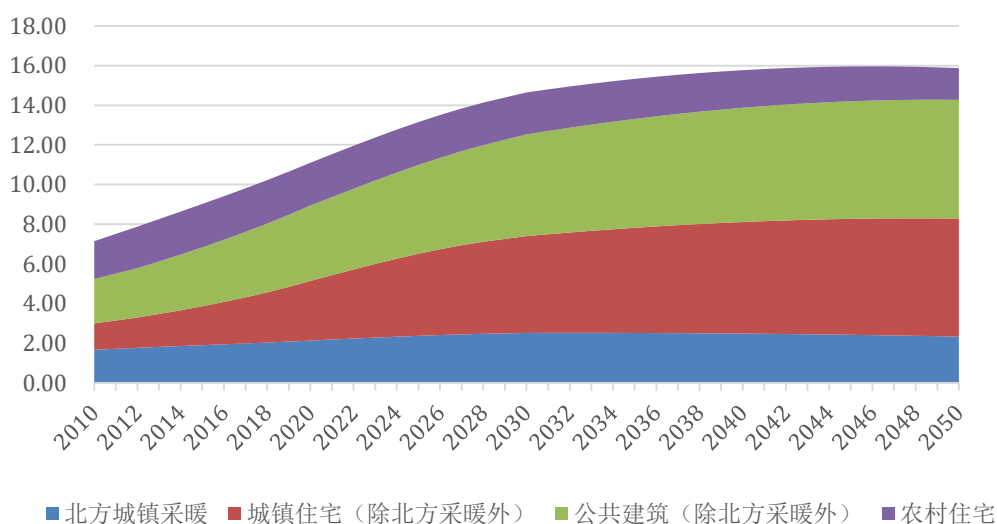


图 13 BAU 情景下的未来建筑能耗变化趋势（亿 tce）

## 2. 低节能减排情景下的建筑能耗

低节能减排情景下，建筑领域未来各类用能的具体能耗见表 24，相应的趋势见图 14。在此情景下，到 2030 年总建筑能耗将可能达到 12.88 亿 tce，而到 2050 年可能达到 13.26 亿 tce，峰值将出现在 2042~2043 年，约 13.51 亿 tce，与 BAU 情景相比，峰

值提前了 2~3 年，总能耗的降低主要来自于城镇住宅和公共建筑，农村住宅的能耗降低并不显著。

表 24 低节能减排情景下的未来建筑能耗预测（亿 tce）

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
北方城镇采暖	1.67	1.84	1.99	2.14	2.19	2.15	2.09	2.01	1.92
城镇住宅（除北方采暖外）	1.33	1.86	2.77	3.73	4.30	4.62	4.85	4.98	5.02
公共建筑（除北方采暖外）	2.24	2.84	3.50	3.98	4.43	4.67	4.83	4.91	4.90
农村住宅	1.91	2.14	2.06	2.03	1.95	1.84	1.72	1.58	1.43
<b>总建筑能耗</b>	<b>7.15</b>	<b>8.68</b>	<b>10.32</b>	<b>11.88</b>	<b>12.88</b>	<b>13.29</b>	<b>13.49</b>	<b>13.48</b>	<b>13.26</b>

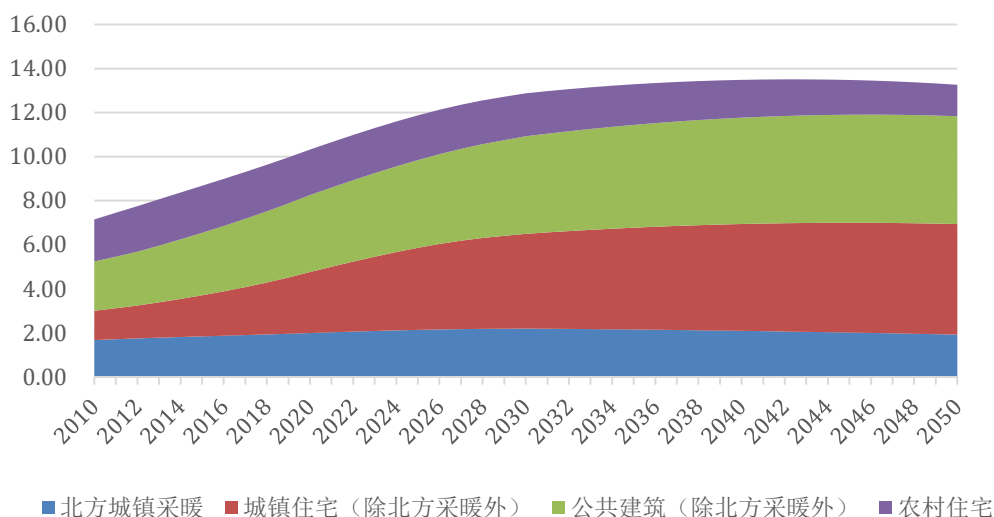


图 14 低节能减排情景下未来建筑能耗变化趋势（亿 tce）

### 3. 中节能减排情景下的建筑能耗

中节能减排情景下，建筑领域未来各类用能的具体能耗见表 25，相应的趋势见图 15。在此情景下，未来建筑能耗将在 10 亿 tce 左右，具体到 2030 年建筑总能耗为 10.22 亿 tce，到 2050 年为 9.85 亿 tce，峰值出现在 2035 年左右，约为 10.25 亿 tce。与 BAU 情景相比，除去由于各类建筑能耗强度的区别，同时因为人均建筑面积和城镇化率低，所以城镇住宅和公共建筑能耗减小很多，未来将均维持在 3 亿 tce 左右；同样由于城镇化率的原因，农村住宅总能耗自 2020 年后明显高于 BAU 情景，但峰值同样出现在 2017 年，为 2.12 亿 tce 左右，比前两个情景都低。到 2025 年左右，北方城镇采暖能耗将达到峰值约 1.82 亿 tce，随后进一步降低；接下来，到 2030 年左右，公共建筑



能耗达到峰值约 3.38 亿 tce，而对于城镇住宅能耗在 2050 年前虽然增长趋势逐渐减缓，但并未出现下降的迹象。

表 25 中节能减排情景下的未来建筑能耗预测（单位：亿 tce）

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
北方城镇采暖	1.67	1.78	1.81	1.82	1.78	1.71	1.63	1.55	1.46
城镇住宅（除北方采暖外）	1.33	1.74	2.27	2.75	3.04	3.18	3.27	3.31	3.32
公共建筑（除北方采暖外）	2.24	2.69	3.06	3.25	3.38	3.37	3.33	3.29	3.22
农村住宅	1.91	2.12	2.07	2.06	2.01	1.99	1.95	1.91	1.85
<b>总建筑能耗</b>	<b>7.15</b>	<b>8.32</b>	<b>9.22</b>	<b>9.88</b>	<b>10.22</b>	<b>10.25</b>	<b>10.19</b>	<b>10.05</b>	<b>9.85</b>

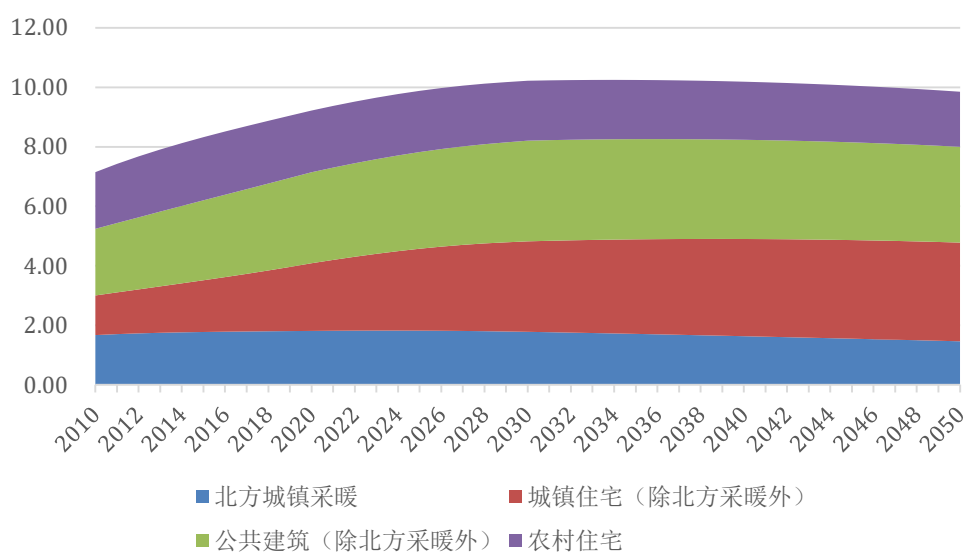


图 15 中节能减排情景下的未来建筑能耗变化趋势（亿 tce）

#### 4. 强节能减排情景下的建筑能耗

强节能减排情景下，建筑领域未来各类用能的具体能耗见表 26，相应的趋势见图 16。此情景下，建筑能耗到 2030 便可达到峰值，约 8.91 亿 tce，随后到 2050 年则降低为 8.62 亿 tce，增长趋势大致与中节能减排情景相同，峰值均有所提前，其中 2015 年北方城镇采暖能耗和农村住宅能耗将率先达到峰值，公共建筑能耗峰值仍然为 2030 年，而城镇住宅能耗在 2050 年前同样没有达到峰值。此情景下，城镇住宅和公共建筑能耗均能控制在 3 亿 tce 以下建筑总能耗峰值北方城镇住宅由于能耗强度的降低，这部分能耗增长已较为缓慢。

表 26 强节能减排情景下的未来建筑能耗预测（亿 tce）

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
北方城镇采暖	1.67	1.72	1.68	1.62	1.51	1.45	1.40	1.34	1.29
城镇住宅（除北方采暖外）	1.33	1.69	2.15	2.54	2.75	2.84	2.91	2.95	2.97
公共建筑（除北方采暖外）	2.24	2.59	2.85	2.95	2.99	2.98	2.95	2.92	2.88
农村住宅	1.91	2.03	1.89	1.79	1.66	1.63	1.59	1.54	1.48
<b>总建筑能耗</b>	<b>7.15</b>	<b>8.03</b>	<b>8.58</b>	<b>8.89</b>	<b>8.91</b>	<b>8.90</b>	<b>8.85</b>	<b>8.76</b>	<b>8.62</b>

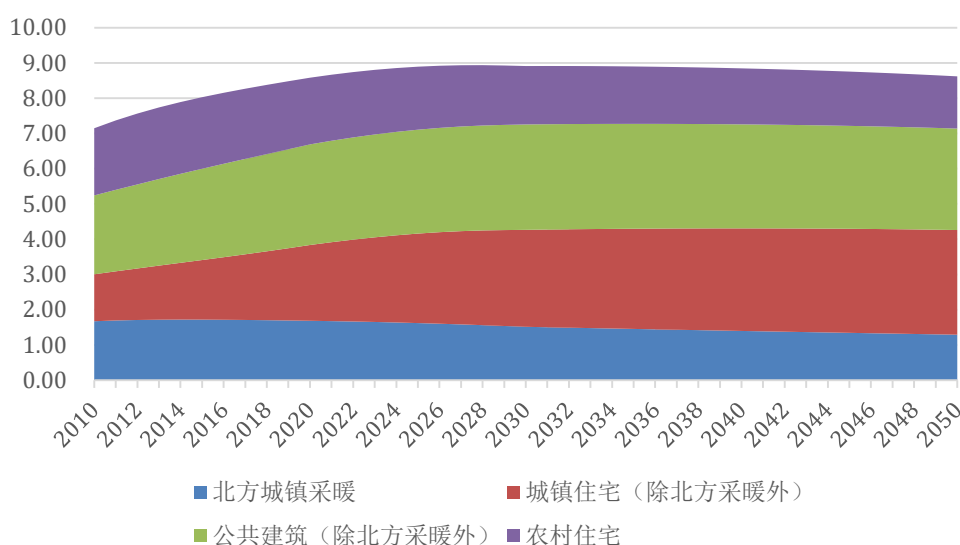


图 16 强节能减排情景下的建筑能耗变化趋势（亿 tce）

#### （四）建筑领域能源消费占比及目标的初步分析

根据上文中 IEA 和 BP 等国外组织或机构的预测，到 2030 年我国能源供应能力约为 41.6~48.4 亿 tce，但从碳减排角度，能源消费总量需控制在 28.81~32.18 亿 tce。根据国家《能源发展战略行动计划（2014~2020）》，到 2020 年我国一次能源消费总量控制在 48 亿 tce 左右。由此结合以上预测结果，可以大致分析出未来几个关键时间节点上我国建筑能耗在社会总能耗中所占的比例，如下表 27 所示。

表 27 四种综合情景下建筑能耗占社会总能源消费的比例

年度	项目	不同节能减排情景			
		BAU	低节能减排	中节能减排	强节能减排
2020	建筑能耗 (亿 tce)	11.1	10.32	9.22	8.58
	总能源供应 (亿 tce)	48			
	建筑能耗占比(%)	23.13%	21.50%	<b>19.21%</b>	17.88%
	碳排放约束下的能耗总量 (亿 tce)	39.21~47.66			
	建筑能耗占比(%)	28.31%~ 23.29%	28.31%~ 23.29%	28.31%~ 23.29%	28.31%~ 23.29%
2030	建筑能耗 (亿 tce)	14.64	12.88	10.22	8.91
	总能源供应 (亿 tce)	41.6~48.4			
	建筑能耗占比(%)	35.19%~ 30.25%	30.96%~ 26.61%	24.57%~ 21.12%	21.42%~ 18.41%
	碳排放约束下的能耗总量 (亿 tce)	42.75~56.16			
	建筑能耗占比(%)	34.25%~ 26.07%	30.13%~ 22.93%	23.91%~ 18.20%	20.84%~ 15.87%
2040	建筑能耗 (亿 tce)	15.77	13.49	10.19	8.85
	总能源供应 (亿 tce)	?			
	碳排放约束下的能耗总量求 (亿 tce)	46.60~61.60			
	建筑能耗占比(%)	33.84%~ 25.60%	28.95%~ 21.90%	21.87%~ 16.54%	18.99%~ 14.37%
2050	建筑能耗 (亿 tce)	15.87	13.26	9.85	8.62
	总能源供应 (亿 tce)	57.5			
	比例(%)	27.60%	23.06%	17.13%	14.99%
	碳排放约束下的能耗总量 (亿 tce)	50.14~66.22			
	建筑能耗占比(%)	31.65%~ 23.97%	26.45%~ 20.02%	19.64%~ 14.87%	17.19%~ 13.02%

注：“?”表示当前缺乏相应的数据，或没有资料明确的给出。

单从表 27 的不同情景下建筑能耗总量及其占比的结果看，本报告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节能减排措施，实现由低节能减排情景到中节能减排情景的发展，即 2030 年实现中节能减排情景，并争取更早实现。

如果到 2030 年能够实现中节能减排情景，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 21.12%~24.57%，与按当前建筑节能模式（BAU）发展相比，

当年可以实现节能 4.42 亿 tce；而到 2050 年，当年的建筑能耗将控制在 10 亿 tce 以内，约占社会总能源消费总量的 17.13%。

## （五）阶段目标和实施路线分析

若想实现上述 2030 年中节能减排情景下的建筑领域能耗总量控制目标，需要分别对新建建筑和既有建筑采取比更严格的措施，并分别设定分阶段目标，以便分步实施和控制。

### 1. 严控新建建筑的总能耗

#### （1）控制新建建筑的增量

上述中节能减排情景和强节能减排情景下的总建筑能耗，是基于未来建筑面积控制在 687.3 亿  $m^2$  进行估算的。假如不严格控制建筑增量，到 2030 年建筑面积有可能达到 788.9 亿  $m^2$ ，按中节能减排情景下的能耗强度计算，总建筑能耗将增加 1.61 亿 tce，而到 2050 年，二者的差距还将进一步增加到 2.22 亿 tce，详见图 17。

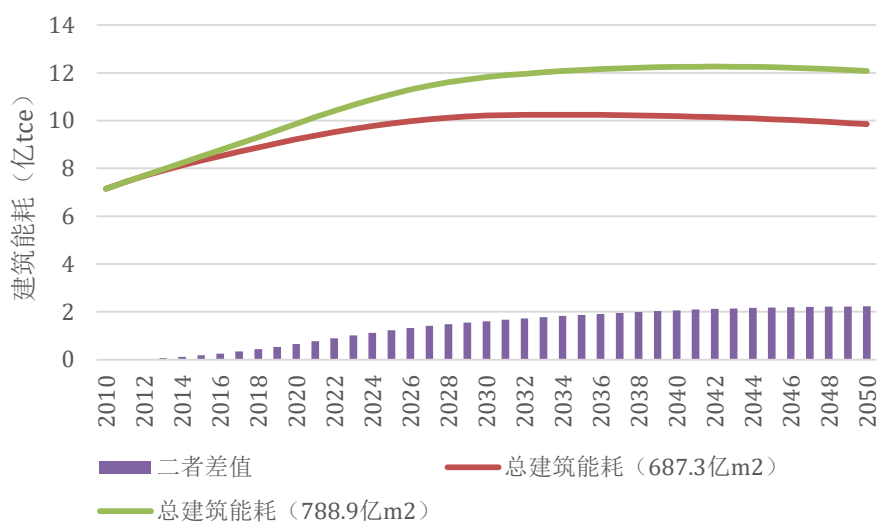


图 17 不同建筑存量的能耗对比（中节能减排情景的能耗强度）

未来，我国必须控制建筑面积的总量。到 2030 年，全国建筑存量最好能控制在 700 亿  $m^2$  以内，与当前存量相比，增长不超过 50%，于 2040~2045 年左右达到顶峰，约 710 亿  $m^2$ 。总建筑面积的年均净增应当少于 8 亿  $m^2$ （即，实际年新建建筑面积与年拆除面积的差应少于 8 亿  $m^2$ ）。这是实现建筑能耗总量控制的关键环节。未来各类建筑面积及相应的人均面积可按表 28 进行控制。

表 28 未来我国各类建筑面积及人均面积控制目标

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总建筑面积 (亿 m <sup>2</sup> )	466	550	610	665	700	705	710	710	700
北方城镇采暖 (亿 m <sup>2</sup> )	101	125	140	160	170	170	170	170	165
城镇住宅 (除采暖外) (亿 m <sup>2</sup> )	117	155	210	255	290	300	310	320	320
公共建筑 (除采暖外) (亿 m <sup>2</sup> )	101	125	145	160	170	175	180	180	180
农村住宅 (亿 m <sup>2</sup> )	247	270	255	250	240	230	220	210	200
城镇人均住宅面积 (m <sup>2</sup> /人)	17.4	20.1	24.0	28.0	30.1	31.4	32.3	32.9	33.1
农村人均住宅面积 (m <sup>2</sup> /人)	36.8	43.0	44.8	45.5	46.1	46.6	47.0	47.2	47.3
城镇人均公共建筑面积 (m <sup>2</sup> /人)	15.1	16.3	17.0	17.5	17.8	18.1	18.3	18.5	18.6

(2) 控制新建建筑的能耗强度

若想 2030 年实现新建建筑的实际运行能耗强度控制目标，需要在建筑设计环节就加强用能指标的控制。新建建筑设计环节用能指标的分阶段控制目标见表 29。

表 29 新建建筑设计环节用能指标的阶段控制目标[kgce/(m<sup>2</sup> a)]

年度	2010	2015		2020		2025		2030	
		约束	推荐	约束	推荐	约束	推荐	约束	推荐
北方城镇采暖	12.3	11.4	11.1	10.9	10.5	10.5	10.0	10.0	9.2
城镇住宅 (除采暖外)	11.4	14.6	11.5	13.7	11.5	12.5	11.5	11.5	10.3
公共建筑 (除采暖外)	22.1	22.1	21.0	22.1	20.5	21.0	20.0	20.5	20.0
农村住宅	7.7	9.7	9.3	9.3	8.9	8.9	8.5	8.5	8.3

注：1) 约束值对应中节能减排情景，推荐值对应强节能减排情景。

2) 能耗强度的实现需要相应节能设计标准作为支撑。由于标准从发布实施到产生实际节能效果具有一定的延时性（建筑设计到投入运行需要 3~5 年的时间），因此将设计环节的相应建筑用能指标提前了 5 年。

3) 表中对应的约束值与推荐值是全国平均水平，均低于在编国标《民用建筑能耗标准》的规定，拆分到不同地区、不同类型的城镇建筑上将有所不同。未来在制定或修订建筑节能设计标准时，可以根据不同的时间节点，按照表所列的建筑能耗强度值，进一步针对地域及功能差异进行详细拆分，但应当保证拆分后的各项加权值能够满足表中对应值，从而使能耗强度在全国范围内得到平衡（后续课题应该深入研究）。

4) 对于农村住宅，考虑未来农村居民生活水平提高的硬性要求，当前控制目标为其留有一定的增长空间。

### (3) 新建建筑能耗强度控制的实施路线

通过分析建筑用能的现状和特点，基于影响因素敏感性以及各项终端能耗需求，考虑技术因素和行为因素，对建筑能耗强度控制提出如下实施路线。

#### 1) 北方城镇采暖

控制北方城镇采暖能耗强度的主要措施有：**一是**加快落实“热改”，提高节能的行为意识，消除室内“过热”现象；**二是**大幅度提高热源效率，即扩大高效热源的供热面积（如基于吸收式热泵的热电联产供热方式、燃气锅炉的排烟冷凝回收等），推广工业余热利用；**三是**提高围护结构保温性能并处理好室内通风换气的需求，以降低采暖需热量。

保障这些措施得以实施的政策建议：**一是**加快推动供热机制体制改革，包括改革供热企业经营方式、引入市场节能服务机制以及计量收费方式等；**二是**推动供热末端形式的改革，促进低温供热末端方式逐步取代现有以散热片为主的形式；**三是**加快国标《民用建筑能耗标准》的发布实施，通过一整套管理和奖惩措施，实现对实际能耗控制的“倒逼”节能；**四是**修订供热设计标准，修改供热末端参数、管网参数与热源方式等内容。

在以上措施和政策的保障下，使北方城镇建筑采暖的需热量从目前的 60~120kW h/m<sup>2</sup> 降低到 28~80kW h/m<sup>2</sup>，过量供热损失从目前 15%~30%降低到 10%以下，高效热电联产的面积达到 60 亿 m<sup>2</sup>，工业余热解决约 10 亿 m<sup>2</sup> 面积采暖需求，从而使 2030 年的北方城镇采暖面积达到 170 亿 m<sup>2</sup> 时，能耗控制在 1.8 亿 tce 以下。

#### 2) 城镇住宅

控制城镇住宅（除采暖外）能耗强度的主要措施有：**一是**在建筑规划和设计阶段，做好建筑的合理布局和被动技术的充分利用，包括建筑形式（层数、跨度、开敞与否、体形系数、中庭或天井、屋檐、回廊等）、自然采光和自然通风、保温隔热和遮阳等；**二是**选择居民可以独立灵活调节的设备或系统，避免在住宅使用集中空调系统和集中机械通风系统；**三是**工业余热、水源或地源热及太阳能资源充足时，应当优先利用，并根据地区及居民需求的差异性，论证集中采暖或生活热水系统的适宜性；**四是**提倡绿色生活方式，鼓励居民的行为节能，例如，人走关灯，及时关闭有待机电耗的电器开关；**五是**继续推广节能灯具，提高家用电器能效，逐步淘汰低能效家电，避免高耗电的家电进入市场（例如烘干机）。

保障这些措施得以实施的政策建议：一是修订建筑节能设计标准，增加能耗强度控制指标；修订建筑规划标准，增加规划用能控制指标；二是在建设用地出让时，增加用能控制指标；三是落实住宅阶梯电价政策。

在以上措施和政策的保障下，充分考虑城镇居民在生活热水、夏热冬冷地区采暖、空调和家电等用能增长的需求，使 2030 年的城镇住宅面积达到 290 亿  $m^2$  时，住宅能耗（除采暖外）控制在 3 亿 tce 左右。

### 3) 公共建筑

控制公共建筑（除采暖外）能耗强度的措施有：一是在建筑规划和设计阶段充分利用被动技术，做好建筑的合理布局，控制好建筑体量和建筑形式，充分利用自然采光和自然通风，做好保温隔热和遮阳等，限制采用机械通风配合集中控制系统等；二是加强运行管理，鼓励绿色运行模式；三是提高使用者的节能意识，实现行为节能效果的最大化；四是推动节能服务（ESCO）模式，发挥市场对节能的促进作用。

保障这些措施得以实施的政策建议：一是确立以实际能耗为约束条件的节能体系，加快国标《民用建筑能耗标准》的发布和实施，推广大型公共建筑分项计量和一般公共建筑能耗计量和有效监管；二是修订建筑节能设计标准，增加能耗强度控制指标；修订建筑规划标准，增加规划用能控制指标；在建设用地出让时，增加用能控制指标；三是落实能耗超限额加价政策，通过经济手段促使公共建筑改善运行管理模式。

在以上措施和政策的引导下，保持当前公共建筑能耗强度水平，减少或避免高能耗强度公共建筑的建设，在尽可能少消耗能源情况下，满足使用需求。在未来公共建筑面积达到 170 亿  $m^2$  时，公共建筑能耗总量（除采暖外）控制在 3.4 亿 tce 以内。

### 4) 农村住宅

控制农村住宅能耗强度的措施包括：一是发展以生物质能源和可再生能源为主，辅以电力和液化石油气的新型清洁能源系统，解决农村的用能需求；二是大力推广适宜的被动式技术，充分利用自然条件改善农村住宅的室内舒适度。

在北方农村，发展被动式技术和生物质能以满足采暖、炊事和生活热水的需求，从而减少用煤量，推广“无煤村”。具体措施包括：第一，进行住宅改造，加强保温和气密性，从而减少采暖需热量，发展火炕以充分利用炊事余热；第二，推广各种太阳能采暖和太阳能生活热水技术；第三，推广秸秆薪柴颗粒压缩技术及生物质燃料灶具，实现高密度储存和高效燃烧。

在南方农村，充分利用自然条件改善室内环境，借鉴传统民居的设计经验，推广“生态村”。具体措施包括：第一，进行房屋改造，借鉴传统农居的优点，通过被动式技术改善的室内环境；第二，发展沼气池和太阳能生活热水，解决炊事和生活热水用能需求；第三，发展生物质清洁使用技术，解决燃烧污染、污水等问题，营造优美的室外环境。

在以上措施引导下，考虑农村居民改善室内环境需求和提高生活水平要求，农村居民人均能耗从目前 248kgce/（人·年）增长到 320kgce/（人·年），但保持商品能耗强度控制在 9kgce/(m<sup>2</sup>·a)以下，在未来农村人口减少到 5.1 亿左右（农村住宅面积为 240 亿 m<sup>2</sup>）时，农村住宅商品能耗总量控制在 2 亿 tce 以内。

### （3）加快推广低能耗建筑

本报告所称的低能耗建筑（Low Energy Building, LEB）是指室内达到相应标准规定的舒适度及健康要求前提下，供暖及空调的能耗控制在 0~15kW h/（m<sup>2</sup> a）的建筑。它是实现新建建筑能耗控制一个具体措施。欧盟提出，到 2020 年，各成员国新建建筑均要实现低能耗。随后欧洲多个国家根据自身发展情况提出了各自的路线图计划。目前，低能耗建筑在我国还处于示范性阶段，对其现阶段能否进行大范围推进以及技术上是否普遍适用，还存在争议。本报告将 LEB 单独进行测算和分析，目的是为了明确 LEB 对于实现 2030 年建筑节能减排控制目标的重要性、推广的必要性及其具体实施步骤。

#### 1) 低能耗建筑的节能潜力分析

低能耗建筑的推广有两种选择：一是优先在北方城镇建筑中推广；二是不分地域及建筑类型，全国同步推行。但是，在当前技术水平下，在南方地区将采暖空调能耗降低到 15kW h/（m<sup>2</sup> a）以下，还存在很大的难度，因此在接下来的规划中，优先针对北方城镇建筑实施低能耗建筑。图 18 为在中节能减排情景下推广低能耗建筑，到 2030 年实现“低能耗”建筑不同比例（当年新建的建筑中实现低能耗的面积比值），产生的节能效果。



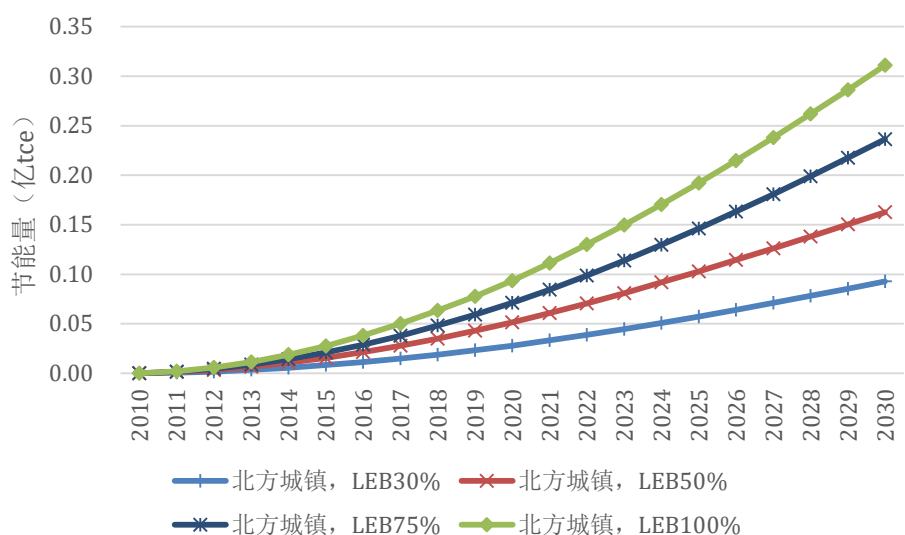


图 18 2030 年实现不同比例低能耗建筑的节能量

图 18 中的“北方城镇”指新建北方城镇建筑因实施低能耗而实现的采暖能耗节约，“各类建筑”是指所有类型新建建筑因实施低能耗而实现的能源节约；相应百分比为当年新建建筑中低能耗建筑面积所占比例。

实施低能耗建筑产生的节能量的计算方法为：将供暖及空调能耗降低到  $5\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  后，与设定的 BAU 情景相比减少的能耗。对于北方城镇采暖的能耗强度直接按“零能耗”进行计算；对于其他用能类型的能耗强度，则按空调能耗占 30% 核算原空调能耗强度，然后再计算节能量。

图 18 的结果显示，北方城镇新建建筑 100% 的实施低能耗，节能效果最显著，到 2030 年，每年可节约 0.31 亿 tce，但难度太大。在中节能减排和强节能减排情景下，2030 年北方城镇新建建筑实现不同比例低能耗时的节能贡献见表 30。

表 30 2030 年北方城镇新建建筑实现不同比例低能耗时的节能贡献

用能类型	BAU		不同情景的目标值			LEB30%		LEB50%		LEB75%		LEB100%	
	能耗强度	能耗量	能耗强度	能耗量	节能量	节能量	贡献率	节能量	贡献率	节能量	贡献率	节能量	贡献率
中节能减排情景	12.29	1.27	10.45	0.95	0.32	0.09	28.1%	0.16	50.0%	0.24	75.0%	0.31	96.9%
强节能减排情景	12.29	1.27	9.83	0.89	0.38	0.09	23.7%	0.16	42.1%	0.24	63.2%	0.31	81.6%

注：1) 能耗强度的单位 kgce/(m<sup>2</sup>·a)，能耗量和节能量的单位均为亿 tce；  
 2) 目标值的节能量是指对应的节能减排情景下相对于 BAU 节约的能源；  
 3) 不同比例 LEB 的节能贡献率，是指实施该比例 LEB 对实现相应节能减排情景节能量的贡献。

2) 低能耗建筑推广进度规划

若要实现中节能减排情景的建筑能耗控制目标（10.22 亿 tce），推荐到 2030 年，当年北方城镇新建建筑中低能耗的比例达到 75%。不同阶段的实施目标见表 31。

表 31 2030 年北方城镇新建建筑的 75% 实现 LEB 的阶段性规划

年度	2015	2020	2025	2030
当年新建 LEB 比例	15%	30%	50%	75%
当年新建北方城镇建筑（亿 m <sup>2</sup> ）	3.50	4.05	4.91	6.00
其中 LEB 建筑面积（亿 m <sup>2</sup> ）	0.53	1.22	2.46	4.50
累计 LEB 面积（亿 m <sup>2</sup> ）	2.43	8.61	21.19	40.21

2. 加快既有建筑改造（包括加强运行维护）

(1) 改造的节能潜力

截止 2010 年全国建筑存量达到 464.6 亿 m<sup>2</sup>，其中较大比例为非节能建筑。假设 2010 年以后的建筑均严格按照节能标准进行设计和施工，满足节能标准要求，在中节能减排情景下，未来的既有建筑总能耗和新建建筑总能耗的逐年变化趋势见图 19。

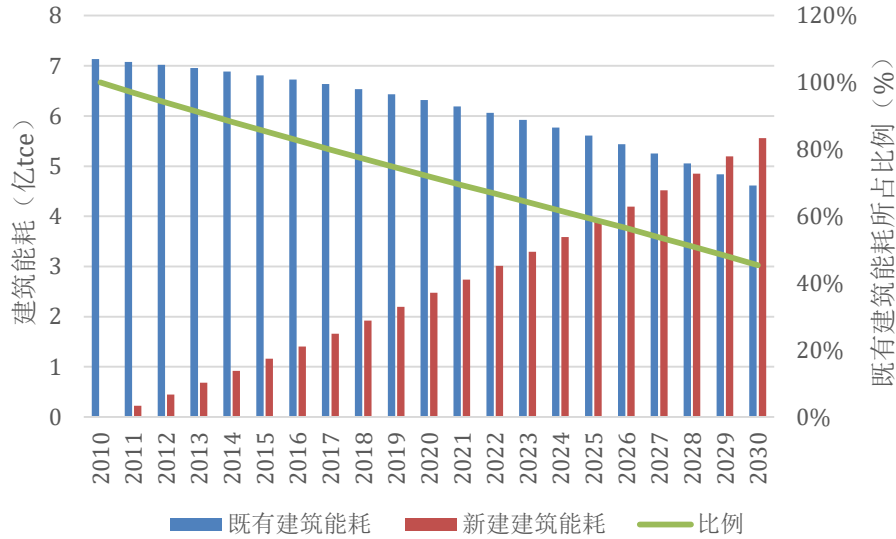


图 19 既有建筑总能耗和新建建筑总能耗的逐年变化趋势

图 19 显示，虽然既有建筑因逐年拆除或倒塌，其总能耗及所占比例逐步下降，但由于其存量庞大，若不进行任何改造、不加强运行管理和维护，到 2030 年总能耗仍将达到 4.61 亿 tce，占到 45.1% 左右。另外，除了大量既有高能耗建筑外，大多新建建筑投入使用一段时间后，因缺少必要的运行维护，其能耗均会逐步上升。由此可见，既有建筑通过节能改造和运行维护的节能潜力巨大。

## (2) 既有建筑改造的估算假设

为了估算既有建筑改造的节能效果，需要测算出被改造的高能耗建筑数量及其能耗强度。因此对各类建筑能耗强度分布的情况进行了假设（图 20）。其中，假设 20% 高能耗建筑的能耗强度平均值比所有建筑能耗强度的平均值高 50%；另外 10% 较高能耗建筑的平均能耗强度比所有建筑能耗强度的平均值高出 30%。根据节能减排情景中假设的未来能耗强度水平，对这两部分高能耗建筑进行改造，从而计算出节能量，并指导后续的改造路线规划。

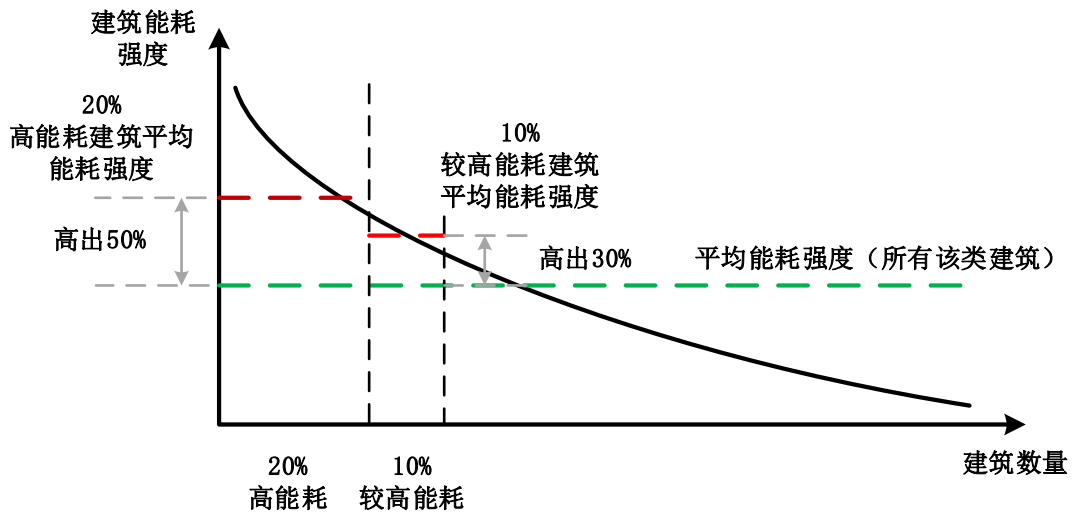


图 20 关于既有建筑能耗强度分布情况的假设

### (3) 改造目标及节能量测算

由于既有建筑存量巨大，改造工作要经历一个长期的复杂过程，必须有计划、有步骤地推进。根据《2013 年全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查情况的通报》中显示，2013 年，北方各省共计完成改造面积 2.24 亿  $m^2$ 。“十二五”前 3 年累计完成改造面积 6.2 亿  $m^2$ 。夏热冬冷地区，2013 年共计完成改造面积 1175 万  $m^2$ 。

假设到 2030 年完成 20% 的城镇既有建筑改造（约 40 亿  $m^2$ ），即北方城镇住宅改造 20 亿  $m^2$ ，北方公共建筑和其他地区公共建筑各改造 10 亿  $m^2$ ，具体的改造目标和进度分解见表 32。若能实现这一目标，到 2030 年将实现每年节约 0.46 亿 tce。

表 32 完成 20%改造任务后的建筑能耗强度和节能量

用能类型	面积	改造前平均 能耗强度		2015		2020		2025		2030		改造后 平均能 耗强度	节能量	
				改造 后 能耗 强度	改造 面积	改造 后 能耗 强度	改造 面积	改造 后 能耗 强度	改造 面积	改造 后 能耗 强度	改造 面积		改造后 平均能 耗强度	分别
北方城镇 住宅	20.0	采暖	27.7	22.1	2.2	19.4	4.4	18.0	5.6	16.6	7.8	18.2	0.13	0.2 2
		除采 暖外	17.1	13.7		13.3		12.8		12.0		12.7	0.09	
北方城镇 公共建筑	10.0	采暖	27.7	22.1	1.1	19.4	2.2	18.0	2.8	16.6	3.9	18.2	0.065	0.1 5
		除采 暖外	17.1	13.7		13.3		12.8		12.0		12.7	0.085	
其他地区 公共建筑	10.0	33.2		26.5	1.1	25.9	2.2	24.9	2.8	23.2	3.9	24.6	0.09	
合计	40. 0	—		—	4.4	—	8.8	—	11.2	—	15.6	—	0.46	

注：1) 面积的单位是亿 m<sup>2</sup>，能耗强度的单位是 kgce/(m<sup>2</sup>•a)，节能量的单位是亿 tce；  
 2) 北方城镇住宅改造改造针对的是围护结构和集中供暖系统（热源、室内外管网、室内末端等）；  
 3) 北方城镇公共建筑改造针对的是集中供暖系统、建筑围护结构及空调、照明、电器设备等；  
 4) 其他地区公共建筑改造针对的是建筑围护结构及空调、照明、电器设备等。

如果假设到 2030 年完成 30%的城镇既有建筑改造（约 60 亿 m<sup>2</sup>），即北方城镇住宅改造 30m<sup>2</sup>，北方公共建筑改造 20 亿 m<sup>2</sup>，其他地区公共建筑改造 10 亿 m<sup>2</sup>，具体的改造目标和进度分解见表 33。若能实现这一目标，到 2030 年将实现每年节约 0.71 亿 tce。

表 33 完成 30%改造任务后的建筑能耗强度和节能量

用能类型	面积	改造前平均 能耗强度		2015		2020		2025		2030		改造 后平 均能 耗强 度	节能量	
				改造 后 能 耗 强 度	改造 面 积	改造 后 能 耗 强 度	改造 面 积	改造 后 能 耗 强 度	改造 面 积	改造 后 能 耗 强 度	改造 面 积		分别	合计
北方城镇 住宅	30.0	采暖	23.8	19	3.2	17.8	6.4	16.7	9.6	14.3	10.7	16.3	0.22	0.3 2
		采暖 除外	16.3	13.9		13.4		13.1		12.3		12.9	0.1	
北方公共 建筑	20.0	采暖	24.9	19.9	2.2	19.4	4.4	18.7	5.6	17.4	7.8	18.5	0.13	0.3 0
		采暖 除外	33.2	26.5		25.9		24.9		23.2		24.6	0.17	
其他地区 公共建筑	10.0	33.2		26.5	1.1	25.9	2.2	24.9	2.8	23.2	3.9	24.6	0.09	
合计	60. 0	—		—	6.5	—	13.0	—	18.0	—	22.5	—	<b>0.71</b>	

注：1) 面积的单位是亿 m<sup>2</sup>，能耗强度的单位是 kgce/(m<sup>2</sup>•a)，节能量的单位是亿 tce；  
 2) 北方城镇住宅改造改造针对的是围护结构和集中供暖系统（热源、室内外管网、室内末端等），即包括北方城镇采暖能耗和城镇住宅（除北方采暖外）能耗；  
 3) 北方城镇公共建筑改造针对的是集中供暖系统、建筑本体及空调、照明、电器设备等，即包括北方城镇采暖能耗和公共建筑（除北方采暖外）能耗；  
 4) 其它地区公共建筑改造针对的是建筑本体及空调、照明、电器设备等，即公共建筑（除北方采暖外）能耗。

#### (4) 节能改造对象选择和进度规划

根据上述测算，到 2030 年完成 30%的改造任务后的节能效果显著，但从现在开始平均每年需要完成 4 亿 m<sup>2</sup>，任务相当艰巨，因此需要对改造任务重新优化调整。

本报告测算了不同改造比例的节能量及对不同情景节能目标的贡献率，希望据此确定改造对象及比例。

将相应的能耗按类型进行拆分，与上文预测的不同情景对应，则在中节能减排情景下，既有建筑实施 20%和 30%改造时的节能贡献见表 34。

表 34 既有建筑改造对节能目标的贡献

建筑能耗类型		2010年面积	所占比例	假设年平均拆除面积	20年共拆除面积	到2030年所剩2010年前面积	BAU		中			改造 20%		改造 30%	
							能耗强度	能耗	能耗强度	能耗	节能量	节能量	贡献率	节能量	贡献率
北方城镇采暖	非节能建筑	70.05	15.04%	1.20	24.07	45.98	18.44	0.85	14.75	0.68	0.17	0.20	32.78%	0.35	57.37%
	节能建筑	30.02	6.45%	-	-	30.02	12.29	0.37	11.06	0.33	0.04	-		-	
城镇住宅（除采暖外）		116.80	25.09%	2.01	40.14	76.66	14.82	1.14	13.11	1.01	0.13	0.09	14.75%	0.1	16.39%
城镇公共建筑（除采暖外）		101.30	21.76%	1.74	34.81	66.49	26.52	1.76	24.31	1.62	0.15	0.18	39.13%	0.26	42.62%
农村住宅		247.50	53.16%	4.25	85.05	162.45	10.01	1.63	9.24	1.50	0.13	-	-	-	-
合计		465.60			160.00	381.60	-	5.74	-	5.13	0.61	0.46	75.40%	0.71	116.39%

注：1) 面积的单位是亿 m<sup>2</sup>，能耗强度的单位是 kgce/(m<sup>2</sup>·a)，节能量的单位是亿 tce；

2) 非节能建筑指 2010 年以前未按建筑节能标准设计和施工建造的建筑，节能建筑指 2010 年前按相应节能标准设计和建造的建筑，由于年代较新，因此假设在 2030 年前未有大量拆除。

表 34 的结果显示，对北方城镇采暖的效果是最佳的，在中节能减排情景中改造 20% 和 30% 贡献率均能达到 70% 以上，改造 30% 节能效果超过预先情景设置的能耗强度要求，因此对于既有建筑改造，至少按要求改造城镇住宅和公共建筑 20% 以上，即 40 亿 m<sup>2</sup> 以上，着重对北方城镇既有建筑改造，这样到 2030 年大致可以实现对 2010 年前的 40~60 亿 m<sup>2</sup> 非节能建筑进行彻底改造（除去拆除或翻新的），同时可以在其它地区针对高能耗的公共建筑同样实施一定量的节能改造，具体排序见表 35。

表 35 未来既有建筑改造对象的优先次序

序号	用能类型	改造面积	优先级
1	北方城镇住宅	约 30 亿 m <sup>2</sup>	I 级
2	北方公共建筑	约 20 亿 m <sup>2</sup>	
3	其他地区公共建筑	约 10 亿 m <sup>2</sup>	II 级

对于具体改造对象改造后应达到的能耗强度，需要后续专门研究，并通过制修订既有建筑节能改造标准，给出统一的测算和判定方法，确定实现预设的改造目标。

在推进北方城镇采暖改造的同时兼顾城镇住宅本体的改造，能够实现节能效果最大化。对夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的既有城镇住宅，也需要逐步加大节能改造的推进力度。因此在表 35 中给出了 30% 的改造目标。完成这三项任务的话，到 2030 年可以实现 0.71 亿 tce/年的节约。对于农村住宅，单独实施节能改造的难度很大，建议在农村危房改造过程中同步推进节能改造。

#### (5) 关于既有建筑改造和运行维护的补充说明

既有建筑改造实施过程中应当强化节能改造的工程设计、施工、选材、验收等环节的质量控制。从政策、法规和标准的编制和落实入手，由易到难，从供暖系统到建筑本体，从大中城市到小城镇、农村，经济发达地区先行，有条件的建筑先着手，加快推进。

除了对高能耗的既有建筑进行改造与拆建外，其他建筑（包括新建建筑）投入使用后同样需要加强运行阶段的维护和管理，避免因运行管理不当所导致的能源白白浪费问题。同时，需要合理的引导居民节能环保的生活方式，严格控制不合理、不需要的大功率用能设备的生产与销售，在不影响居民生活质量的前提下，控制建筑能耗的上升。对于公共建筑应当进一步加强运行能耗监管，配合相应的奖惩机制，提高自觉节能的动力。

### (七) 未来建筑领域节能减排实施路线及中长期目标

#### 1. 节能减排实施路线及阶段目标

综合以上对新建建筑和既有建筑未来节能减排路线及节能效果的分析结论，并且考虑实现两种节能减排情景的难易程度，我国未来建筑领域节能减排的路线面临两个选择：



一是，选择中节能减排情景路线，这条路线相对容易实现，到 2030 年建筑能耗能控制在 10.2 亿 tce 左右，到 2035 年左右建筑能耗能达到顶峰。

二是，选择强节能减排情景路线，到 2030 年建筑能耗总量约 8.91 亿 tce，且达到了顶峰，但该情景各项指标要求比中节能减排情景有很大程度提高，尤其是对新建建筑能耗强度的进一步降低，要求全国范围更广泛的实施低能耗建筑，在当前技术和经济性方面还存在诸多问题。

因此，本报告推荐采用中节能减排情景方案：

在中节能减排情景下，与 BAU 下的 14.6 亿 tce 相比，节约的 4.4 亿 tce 主要来自以下三个方面：

1) 对面积的有效控制。按照中节能减排情景发展，到 2030 年建筑面积为 687.3 亿 m<sup>2</sup>，比在 BAU 情景下的 788.9 亿 m<sup>2</sup> 将下降 101.6 亿 m<sup>2</sup>，按照 BAU 情景下的能耗强度计算，可节约 2.4 亿 tce 左右，具体如表 36 所示。

**表 36 有效控制建筑总面积将可能产生的节能量**

类型	2030 年建筑面积			BAU 能耗强度	节能量
	BAU	中节能减排情景	两种情景下差值		
总计	788.9	687.3	101.6	-	2.4
北方城镇采暖	193.3	168.4	24.9	12.3	0.3
城镇住宅（除北方采暖外）	367.6	284.3	83.3	14.6	1.2
公共建筑（除北方采暖外）	203.1	168.3	34.8	28.7	1.0
农村住宅	218.3	234.7	-16.4	10.0	-0.2
注：面积的单位是亿 m <sup>2</sup> ，能耗强度的单位是 kgce/(m <sup>2</sup> ·a)，节能量的单位是亿 tce。					

2) 新建筑建筑节能。对比 BAU 和中节能减排情景下自 2010 年以后建成的建筑所需的能耗，可得出，中节能减排情景下将节约 1.4 亿 tce，具体如表 37 所示。

表 37 2010 年后新建成建筑将可能产生的节能量

类型	2030 年建筑面积	2010 年后新建成面积	BAU		中节能减排情景		
			能耗强度	能耗量	能耗强度	能耗量	节能量
总计	687.3	474.1	-	7.8	-	6.4	1.4
北方城镇采暖	168.4	92.4	12.3	1.1	10.4	0.9	0.2
城镇住宅（除北方采暖外）	284.3	207.6	14.6	3.0	12.5	2.6	0.4
公共建筑（除北方采暖外）	168.3	101.8	28.7	2.9	22.1	2.3	0.6
农村住宅	234.7	72.3	10.0	0.7	8.9	0.6	0.1

注：1) 面积的单位是亿 m<sup>2</sup>，能耗强度的单位是 kgce/(m<sup>2</sup>·a)，节能量的单位是亿 tce；  
2) 2010 年后新建成面积为 2030 年建筑面积与表 34 中“到 2030 年所剩 2010 年前面积”之差。

3) 既有建筑节能。对于 2010 年前既有建筑的能耗情况，到 2030 年这部分剩下的建筑能耗情况，在中节能减排情景下比 BAU 下节约 0.6 亿 tce 左右，具体如表 34 所示。

由此，以上三部分节能量构成比例如图 21 所示：

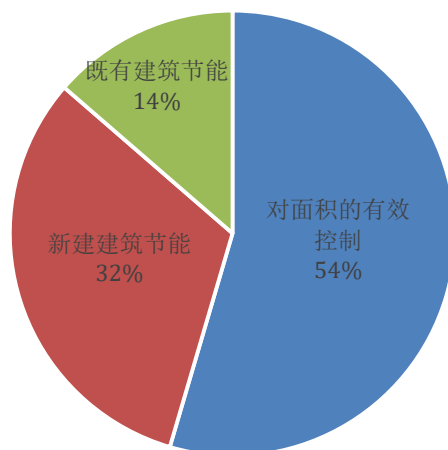


图 21 各部分节能量构成情况

(1) 对于建筑面积的总量控制应当按照表 28 进一步分解，制定约束目标，控制各类建筑人均面积的增长，尤其是针对城镇住宅和公共建筑。

(2) 对于新建建筑，按照强节能减排情景进行实施，具体包括：1) 建筑总量，总建筑面积及人均面积的阶段控制目标按本本报告表 28 执行；2) 能耗强度，设计阶段的能耗强度控制目标按本报告表 29 执行；3) 低能耗建筑，到 2030 年在北方城镇采暖建筑中当年 75% 新建建筑实现低能耗要求，具体实施进度和目标按本报告表 31 执行。

(3) 对于既有建筑，总体上按中节能减排情景进行实施，并优先针对北方城镇采暖和公共建筑实施节能改造，2030 年前应至少累计完成 20%，如有可能应当争取完成 30%，具体的改造目标和进度规划按本报告表 33 执行（注：节能效果优于中节能减排情景预设的目标）。

未来建筑节能减排实施过程中，不同时间节点的关键参数可归纳为表 38。

**表 38 未来我国建筑节能减排的实施路线及阶段目标汇总**

序号	指标		2015	2020	2025	2030	备注	
1	人均建筑面积 (m <sup>2</sup> /人)	城镇住宅	20.1	24.0	28.0	30.1	需要严格控制	
		农村住宅	43.0	44.8	45.5	46.1		
		公共建筑	16.3	17.0	17.5	17.8		
2	建筑面积 (亿 m <sup>2</sup> )	总面积	550	610	665	700	房地产市场的发展, 城镇住宅的增长可能更快	
		北方城镇采暖	125	140	160	170		
		城镇住宅 (除北方采暖外)	155	210	255	290		
		公共建筑 (除北方采暖外)	125	145	160	170		
		农村住宅	270	255	250	240		
3	新建建筑设计环节用能指标 [kgce/(m <sup>2</sup> a)]	北方城镇采暖	11.1	10.5	10.0	9.2	针对设计环节的要求, 全国平均水平。未来制修订标准时, 需要对不同地区、不同类型建筑, 提出细化要求	
		城镇住宅 (除北方采暖外)	11.5	11.5	11.5	10.3		
		公共建筑 (除北方采暖外)	21.0	20.5	20.0	20.0		
		农村住宅	9.3	8.9	8.5	8.3		
5	低能耗建筑 (LEB) 采暖	当年新建 LEB 比例	15%	30%	50%	75%	2020 年前后将进入新建建筑面积和建筑能耗较快增长的阶段, 因此应当高度重视现阶段 LEB 的宣传和推广	
		当年新建面积 (亿 m <sup>2</sup> )	3.50	4.05	4.91	6.00		
		其中 LEB 面积 (亿 m <sup>2</sup> )	0.53	1.22	2.46	4.50		
		累计 LEB 面积 (亿 m <sup>2</sup> )	2.43	8.61	21.19	40.21		
6	既有建筑改造	北方城镇住宅	改造后能耗强度	32.9	31.2	29.8	26.6	总计约 50 亿 m <sup>2</sup> , 北方城镇住宅 30 亿 m <sup>2</sup> , 公共建筑各 20 亿 m <sup>2</sup> 。
			5 年改造面积 (亿 m <sup>2</sup> )	3.2	6.4	9.6	10.7	
		北方公共建筑	改造后能耗强度	46.4	45.3	43.6	40.6	
			5 年改造面积 (亿 m <sup>2</sup> )	2.2	4.4	5.6	7.8	
		其它地区公共建筑	改造后能耗强度	26.5	25.9	24.9	23.2	总计约 10 亿 m <sup>2</sup>
			5 年改造面积 (亿 m <sup>2</sup> )	1.1	2.2	2.8	3.9	
		面积合计 (亿 m <sup>2</sup> )	6.5	13	18	22.5	总计 60 亿 m <sup>2</sup>	

## 2. 建筑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（需要）以及建筑领域节能减排路线（可行）两个方向的深入分析，可以明确建筑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 10.0 亿 tce 以内，与按当前建筑节能模式（BAU 情景）发展相比，每年可以节约 4.42 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 39 的限值（全国平均水平）。

表 39 2030 年新建建筑实际运行的能耗强度[kgce/( $m^2$  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 40 的范围内（注：全国平均水平）。

表 40 2030 年既有建筑实际运行的能耗强度[kgce/( $m^2$  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

## 七、建筑领域节能减排效益分析

### （一）经济效益

建筑领域实施节能减排带来的经济效益，主要体现在新建建筑（低能耗）和既有建筑改造的效益、对相关产业和产品的拉动效益方面。

#### 1. 低能耗建筑和既有建筑改造的效益

（1）到 2030 年，将累计建造 40.21 亿  $m^2$  的低能耗建筑。假设在满足当时建筑节能设计标准的前提下，因实施低能耗建筑，每平方米将增加 200 元的成本，那么到 2030 年，低能耗建筑将累计带来 8042 亿的投资。

（2）到 2030 年，将累计完成 60 亿  $m^2$  的既有建筑节能改造。假设既有建筑节能改造成本按 200~500 元/ $m^2$  计，那么到 2030 年底因实施既有建筑节能改造，将带来的 1.2~3 万亿的投资。

#### 2. 对相关产业和产品的拉动效益

到 2030 年我国将净增建筑面积约 236 亿  $m^2$ ，因这部分建筑采取更严格的节能措施，仅对节能玻璃、节能门窗、外墙外保温材料三项，带来的产值增加值高达 3.5 万亿。具体估算如下：

（1）新增建筑的节能玻璃用量约 70 亿  $m^2$ （按建筑面积的 30% 计），价格比普通玻璃高 100 元/ $m^2$ ，则到 2030 年玻璃行业的产值增加值为 7000 亿元。

（2）新增建筑的节能门窗用量约 70 亿  $m^2$ （按建筑面积的 30% 计），价格比现有门窗高 300 元/ $m^2$ ，则到 2030 年节能门窗行业的产值累计增加值为 2.1 万亿元。

（3）新增建筑使用的外墙保温材料约 94 亿  $m^2$ （按建筑面积的 40% 计），增量成本按 80 元/ $m^2$  计，则到 2030 年墙体保温材料行业的产值累计增加值为 7520 亿元。

### （二）社会效益

1. 建筑节能有利于缓解我国碳减排压力。我国具有世界上最大规模的建筑存量，同时又处在城镇化快速发展期，实施更严格的建筑节能可以大幅降低二氧化碳排放，在当前日趋严重的碳减排压力背景下，建筑节能是应对全球气候变化的有效手段。

**2. 建筑节能能够有效缓解我国日趋增长的能源供应压力。**能源供应关乎国家安全，影响人民生活品质。确定建筑能耗上限，目的是通过有限的能源消耗，提供更舒适的生活环境，并通过技术创新，在不断提高生活水平的时候，抑制能源消耗的快速上涨。建筑领域控制住能源总需求，最终能够有效缓解我国未来能源供应压力。

**3. 建筑节能潜力巨大，未来对降低社会总能耗的贡献能力显著。**从行业用能角度来看，我国工业领域已经步入工业化的中后期，转型时期的工业化将致力于节能减排工作，因此在未来工业领域的能耗相比建筑领域更为可控。交通运输业虽然同样处在快速发展时期，未来发展空间主要集中在中西部，整体上用能总量的压力不大。而建筑能耗未来存在着显著的增长趋势，我国正处在城镇化快速发展时期，大量的农村人口转移到城市，对居住以及公共建筑的需求会明显增长。随着人民生活水平的提高，对生活品质的追求会导致能耗强度处于上升阶段。因此，控制建筑能耗社会效益更多的体现在对控制社会总能耗上行压力的贡献上。同样的投入，在建筑能耗控制方面会收到更好的效果，对提高社会总体效益贡献率大。

**4. 建筑节能有利于人民生活品质的提高。**通过系统地改善建筑围护结构、建筑形式以及提升供热空调系统、照明、电梯、家用电器的能效等，能够使建筑消耗更少的能源提供同样甚至更高品质的环境，降低了人民生活成本。

**5. 建筑节能有助于带动相关产业的发展。**建筑节能效果的提高与相关产业的发展相辅相成。由节能服务、节能技术为主要构成要素的节能产业，其发展动力不是直接来自于产品市场的内部供求矛盾，而是来自于公众对建筑节能实际的需求，而现阶段这种需求主要由政府的节能政策所推动的，未来随着建筑节能要求的提高，节能标准、节能政策随之调整，产生新的供求关系，新的供求矛盾的解决能够进一步促进节能产业的发展。节能产业的发展将会带动一系列节能产品的开发、建筑节能服务的创新等，随之带来的是大量的就业机会以及更加合理的产业结构等，最终形成建筑节能效果提高与相关产业发展的良性循环态势。

### （三）环境效益

根据建筑能耗估算结果，可以计算不同节能减排情景下的减排量（不同节能减排情景下的碳排放与 BAU 的差值），并计算减排的环境效益。其中，CO<sub>2</sub> 排放量按 1kg 标准煤相当于 2.46kg CO<sub>2</sub> 计；减排的环境效益是指减排 CO<sub>2</sub> 的货币量，采用污染当量法确定污染物的价值，二氧化碳的环境价值为 23 元/t。按本报告推荐的中节能路线和强节能路线，我国未来建筑减排的环境效益见表 41。

表 41 建筑领域减排的环境效益

年度	指标	BAU	中节能减排	强节能减排
2015	碳排放（亿 t）	22.2	20.5	19.8
	减碳量（亿 t）	—	1.7	2.4
	折算效益（亿元）	—	39.1	55.2
2020	碳排放（亿 t）	27.3	22.7	21.1
	减碳量（亿 t）	—	4.6	6.2
	折算效益（亿元）	—	105.8	142.6
2025	碳排放（亿 t）	32.3	24.3	21.8
	减碳量（亿 t）	—	8.0	10.5
	折算效益（亿元）	—	184.0	241.5
2030	碳排放（亿 t）	36.0	25.1	21.9
	减碳量（亿 t）	—	10.9	14.1
	折算效益（亿元）	—	250.7	324.3

### （四）典型节能政策措施的效益

#### 1. 实施建筑用能限额管理制度的效益

国家标准《民用建筑能耗标准》已完成征求意见工作，基本形成送审稿。上海、深圳以及江苏等地已制定并颁布了建筑能耗限额的地方标准。这些标准的制定为实施超限额加价、强化建筑节能监管，全面实施建筑用能限额管理制度奠定了良好的基础。鉴于国家标准《民用建筑能耗标准》未涵盖农村住宅用能，故本报告重点分析实施建筑用能限额管理对城镇建筑所产生的节能效益。

前文测算，2010 年总建筑能耗为 7.15 亿 tce，其中城镇建筑用能之和为 5.24 亿 tce。实施建筑用能限额管理制度可以使城镇能耗强度降低 10% 以上。由此估算，该制度可以使得我国当前的建筑能耗至少降低 0.5 亿 tce。



## 2. 可再生能源应用

2011年3月，财政部和住房城乡建设部联合印发的《关于进一步推进可再生能源建筑应用的通知》中明确提出：“十二五”期间可再生能源建筑应用推广目标，切实提高太阳能、浅层地能、生物质能等可再生能源在建筑用能中的比重，开展可再生能源建筑应用集中连片推广，争取到2015年底，新增可再生能源建筑应用面积25亿 $\text{m}^2$ 以上，形成常规能源替代能力3000万吨标准煤，到2020年，实现可再生能源在建筑领域消费比例占建筑能耗的15%以上。

根据前文的中长期目标规划，至2030年，建筑总能耗将控制在9亿tce左右。按可再生能源在建筑领域消费比例占15%进行估算，届时可以替代建筑常规能源1.35亿tce。

## 3. 节能窗

为增大采光通风面积或表现现代建筑的特征，建筑门窗面积越来越大，更有全玻璃的幕墙建筑，以至于门窗的热损失占建筑物总热损失的比例逐渐增长。门窗节能是建筑节能的关键，门窗既是能源得失的敏感部位，又关系到建筑的采光、通风、隔声等性能。特别是在北方集中供热地区，门窗对建筑能耗的影响更为显著。

本报告选取北京和哈尔滨地区为例，建立了居住建筑模型（图26），用于测算窗户的节能效果，具体参数见表42和表43。

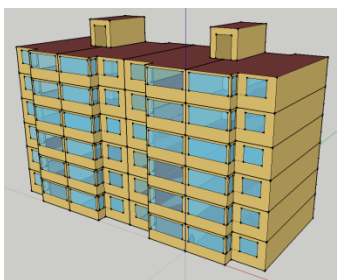


图 26 EnergyPlus 模拟的建筑模型

表 42 建筑模型基本参数

序号	指标		参数
1	地理位置		北京/哈尔滨
2	户数		24 户
3	建筑面积		每户 81.5m <sup>2</sup> , 合计 1956m <sup>2</sup>
4	层数		6 层
5	层高		2.8m
6	体型系数 (A/V)		0.194
7	窗墙比	南	0.38
		北	0.21
8	楼梯间		非供暖空调区域
9	阳台		封闭, 与供暖空调区域相连
10	供暖系统		市政集中供暖
11	新风热回收		75%全热回收
12	房间气密性		50Pa 压差下换气次数小于等于 0.6 次/h

表 43 建筑模型的围护结构热工性能

序号	指标	参数
1	外窗传热系数 K[W/(m <sup>2</sup> k)]	2.8、2.5、2.0、1.8、1.5、1.0
2	屋面传热系数 K[W/(m <sup>2</sup> k)]	0.2~0.45
3	外墙传热系数 K[W/(m <sup>2</sup> k)]	0.25~0.6
4	非供暖地下室顶板传热系数 K[W/(m <sup>2</sup> k)]	0.35~0.6
5	外门传热系数 K[W/(m <sup>2</sup> k)]	1.5~2.0

在此模型下, 对窗户的传热系数取不同的值, 分别模拟计算供暖负荷和供暖能耗, 并分析其节能效果, 结果见图 27 和表 44。

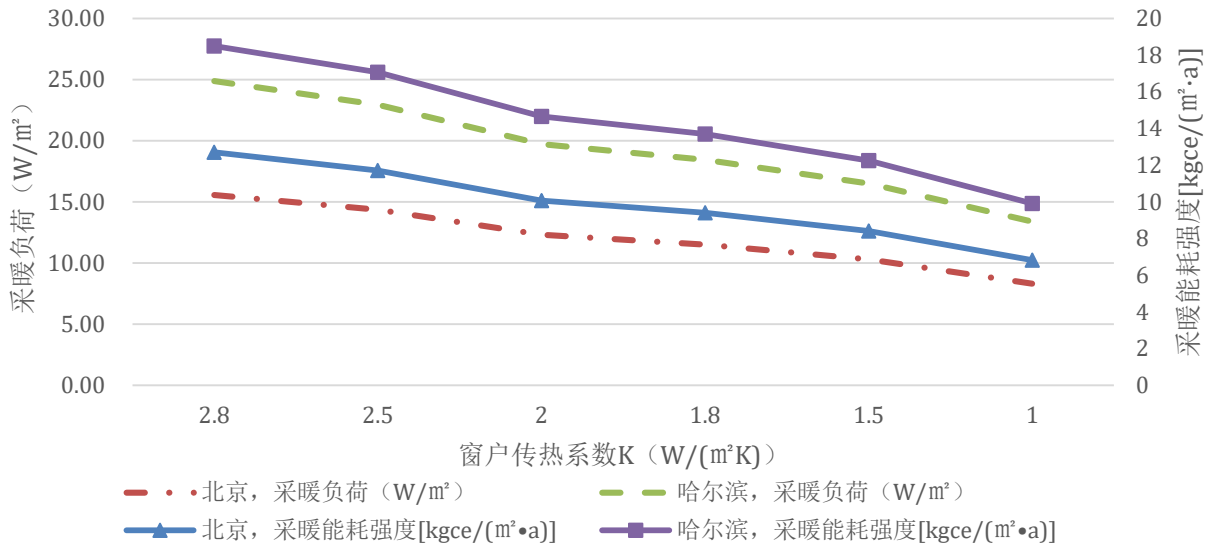


图 27 不同传热系数窗户带来的供暖负荷及供暖能耗变化

表 44 不同传热系数窗户的节能效果

序号	窗传热系数 (W/(m²·k))	北京			哈尔滨		
		采暖负荷 (W/m²)	采暖能耗强度 [kgce/(m² a)]	节能 (%)	采暖负荷 (W/m²)	采暖能耗强度 [kgce/(m² a)]	节能 (%)
1	2.8	15.56	12.7	—	24.87	18.5	—
2	2.5	14.35	11.7	7.80	22.94	17.1	7.56
3	2.0	12.31	10.1	20.78	19.72	14.7	20.54
4	1.8	11.50	9.4	25.98	18.43	13.7	25.94
5	1.5	10.28	8.4	33.77	16.50	12.2	34.05
6	1.0	8.32	6.8	46.37	13.38	9.9	46.48

假设到 2030 年，寒冷地区（以北京为代表）和严寒地区（以哈尔滨为代表）分别完成 10 亿 m<sup>2</sup> 城镇住宅的窗户更换，那么采用不同保温性能窗户带来的每年节能量见表 45。

表 45 采用不同保温性能窗户带来的每年节能量

序号	窗传热系数 (W/(m <sup>2</sup> ·k))	寒冷地区 (以北京为代表)		严寒地区 (以哈尔滨为代表)	
		采暖能耗 (万 tce)	节能量 (万 tce)	采暖能耗 (万 tce)	节能量 (万 tce)
1	2.8	1270	—	1850	—
2	2.5	1171	<b>99</b>	1710	<b>140</b>
3	2.0	1006	<b>264</b>	1470	<b>380</b>
4	1.8	940	<b>330</b>	1370	<b>480</b>
5	1.5	841	<b>429</b>	1220	<b>630</b>
6	1.0	681	<b>589</b>	990	<b>860</b>

另外，既有居住建筑的窗户密封性能普遍不好，存在明显的漏风，在模拟分析中，忽略了既有居住建筑窗户漏风的影响，如果将该因素考虑在内，更换窗户后的节能效果还会进一步提高。因此在严寒和寒冷地区，既有居住建筑节能改造时，将窗户的保温性能提高，节能的效益非常明显。

#### 4. 建筑形式优化

要做到对建筑形式优化所产生的节能效果的准确量化是很困难的，主要是很多优化技术所产生的节能效应难以量化。本报告不求量化的精度，而以能准确量化的、且易于理解的技术作为量化指标，由此测算节能量，可以认为是建筑形式优化所产生的下限值。

以建筑形式优化减少空调面积为例，如采用回廊的建筑形式，一方面可以起到夏季遮阳的作用，另一方面，由于其与室外接触，无需空调，就大大减少的空调的面积。当然，减少空调面积的方式不止这一种，还包括首层部分架空、空中花园等多种方式。

若通过优化建筑形式，减少空调面积 10%，则能产生的空调节节能量就是 10%。若进一步考虑中庭、天井、减少玻璃幕墙等其它建筑形式的优化，该比例会进一步增加。

仅以 10% 进行测算，2010 年公共建筑（除采暖外）的总能耗为 2.24 亿 tce，其中空调能耗占比为 40% 以上，即 8960 万 tce，则通过建筑形式的优化，每年可以节约能源 896 万 tce。

#### 5. 被动式技术

自然通风、遮阳等被动式节能技术，能够合理的利用建筑空间布局和门窗设计等，有利的组织室内自然通风、降低夏季室内太阳辐射，从而降低室内空

气温度、减少室内空调开启时间，有效的降低室内空调设备负荷，降低建筑能耗。

有研究表明，自然通风、遮阳等被动式节能技术可以降低公共建筑（除采暖外）和城镇住宅（除采暖外）20%以上的能耗。2010年，公共建筑和城镇住宅能耗分别为 2.24 和 1.33 亿 tce。由此可测算出，通过被动式节能技术，每年可以至少降低能耗 7000 万 tce。

## 八、建筑领域节能减排的政策措施保障

尽管过去 30 年我国建筑节能工作取得瞩目的成就，但前文确定的中长期目标（2030 年）对建筑领域节能减排提出了更大的挑战，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、技术进步、监督管理、宣传教育及基础研究等方面给予更充分的保障。

### （一）完善法律法规，保证措施落实

1. 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提供法律依据。

2. 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。

3. 尽快出台部门规章或规范性文件，落实或指导地方落实现行法律法规确定的措施（例如《民用建筑节能条例》要求“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”）。

### （二）加强组织协调，确保步调一致

建筑节能工作是一项综合性工作，涉及部门多，协调工作量大，建议建立分工负责、相互配合的协调与管理体制。具体如下：

1. 国家层面成立建筑节能协调组，并定期召开协调会议。住房城乡建设部负责建筑节能的总体工作，国务院领导小组统筹协调国土、发改、财税、统计、科技、工信、质监、气象等相关部门，分工建筑节能的相关工作。

2. 县级以上地方人民政府成立建筑节能领导小组，协调建筑节能相关工作，明确专门的建筑节能管理机构，各相关政府部门配合建筑节能工作：

（1）国土部门在土地招拍挂和出让中明确建筑用地的用能指标、年能耗指标；

（2）发改部门负责能评审查，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；

- (3) 财税部门要配合建设主管部门出台建筑节能的扶持和激励政策；
- (4) 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；
- (5) 建设主管部门在发放施工许可证，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；
- (6) 建设工程质量监督机构在建筑工程监督中，保证设计的执行，确保工程满足质量要求；
- (7) 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（包括用能指标和能耗指标标准）和设计要求；
- (8) 统计部门配合建设主管部门统计建筑及建筑能耗基础数据；
- (9) 气象部门按照建设主管部门的要求，收集、整理城市及郊区的气象数据，并定期发布；
- (10) 质量技术监督部门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；
- (11) 科技部门负责支持建筑节能技术和产品的攻关、研发；
- (12) 工信部门负责推动建筑节能相关产业的升级，为建筑节能减排深入发展提供产业保障；
- (13) 建筑节能管理机构受政府和建设主管部门委托，负责建筑节能监督管理的具体工作。

### **（三）完善考核体系，强化能耗监管**

在现有节能考核体系中，增加量化的建筑能耗的年度考核，保证最终的建筑节能效果。具体建议如下：

#### **1. 建筑节能规划中增加量化的节能减排指标**

- (1) 国家层面给出建筑节能减排总体规划，并给出建筑节能的整体要求；
- (2) 各省级人民政府根据国家的建筑节能减排要求，确定本省的建筑节能减排任务，并给出建筑能耗的控制目标、建筑能耗限额；当地建设主管部门制定本省的建筑节能详细规划；

(3) 各级政府的建筑节能规划中，明确新建建筑如何满足能耗限额和用能指标要求，既有建筑如何推进节能改造和节能运营管理，最终如何满足节能减排指标的要求。

2. 针对建筑节能主管部门及相关部门，建立与建筑能耗总量控制相匹配的考核体系。对各级政府建筑节能工作的考核，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（实际节能量）考核为主。

3. 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。对不能实现责任目标的依法依规进行处理，对突出贡献的单位和个人予以表彰奖励。

4. 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。

#### **(四) 创新工作机制，完善节能制度**

围绕建筑能耗总量控制的目标，要着重建立和完善如下工作机制：

##### **1. 实施建筑全生命期的节能监管机制**

改变一直以来“重建设、轻运管”的做法，尽管实施针对建筑节能实施全生命期的监管机制。由过去的事前审批，扩大至事中监督与事后考核评价。

(1) 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。

在城市规划中，根据城市基础设施和建筑节能的目标要求，确定每个区域的用能指标，包括电力、燃气、供暖、供水等。

在土地招拍挂时，规定建筑用地的用能指标，包括用电负荷指标、供热负荷指标、用水指标和用气负荷指标等。这些指标在土地交易合同中明确，要求建筑的设计必须满足这些要求。

在城市详细规划和修建性详细规划中，审查建筑的用能指标。对于指标不达标的不发放规划许可证。

建设完成后，在进行规划验收时，验收建筑的用能指标，不达标者不予验收。

(2) 建筑立项审批的能评、建筑设计审查和施工许可证发放等过程中，增加对用能指标和能耗指标的审查。



(3) 建筑节能验收中要验收用能指标和能耗指标；规划验收要验收用能指标是否在设定的范围内。

(4) 建筑运行阶段要严格控制用能指标和考核实际能耗；对于能耗超限的既有建筑应进行处罚；对能耗严重超限的既有建筑，强制进行节能改造。

(5) 严格控制建筑用能的增容审批。对于建筑立项时审定建筑的用能指标，不得在运行过程中随意增容。

电力部门、燃气部门、水务部门等在审批增容时，必须严格审查。增容必须满足城市对建筑用能的总体控制和局部控制的要求，同时根据建筑的功能分类进行审批，在审批中严格控制增量。

## 2. 尽快落实公共建筑年度用电限额措施（实行超限额加价制度）

《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限额加价政策：

(1) 对超出用电限额的公共建筑采取严格的处罚措施，并将处罚结果对社会进行公示；

(2) 对低于用电限额的公共建筑给予相应的经济扶持政策，如减免税收、贴息贷款等；

(3) 对超出用电限额的部分征收超额附加费，按照行政事业性收费，实行收支两条线管理。

(4) 利用超出用电限额加价收费的收入设立建筑节能专项研究基金，由建筑节能主管部门负责管理，专门用于支持建筑节能相关政策、技术、标准等研究。

## 3. 建立并实施高能耗建筑强制节能改造制度

对于严重超限的高能耗建筑，强制要求进行节能改造或加强节能运行管理。对于体量大、能耗巨大，且大幅度超出能耗限额的建筑，应强制其进行节能改造，并且改造后要要进行节能运行管理；对于体量较小或能耗不太高的建筑，若超出能耗限额，应强制其进行节能运行管理，但可以不进行节能改造。

在既有节能改造和节能运行管理中，推广合同能源管理的模式。

#### 4. 加快热改和供热计量

(1) 强制全面推进按计量收费。对已经安装了计量装置的新建建筑和既有建筑，供热企业应无条件地实施计量收费。各省要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。

(2) 加大监管力度。各地建设主管部门要认真执行“两个不得”，新建建筑和既有建筑节能改造必须同步安装计量装置，同步实现计量收费。否则，不得予以验收备案、不得销售和使用。

(3) 严格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。对于新建建筑和已进行节能改造的既有建筑，建设单位应组织供热企业参与专项验收。对符合供热计量条件的建筑，供热企业必须无条件地实行按实际用热量收费，并负责供热计量装置的日常维护和更换。

(4) 引入能源服务公司模式。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。

#### 5. 建立施建筑碳排放权交易机制与平台

(1) 建立既有居住建筑、公共建筑的碳排放基准线；

(2) 建立新建居住建筑、公共建筑的碳排放基准线；

(3) 选择示范城市开展建筑碳排放交易试点。深圳碳排放交易平台于2013年6月18日上线，成为我国第一个正式启动碳排放交易试点的城市，全国首个强制碳市场正式运行，同时诞生了中国首单碳排放交易。同时，《深圳市碳排放权交易管理暂行办法》中规定了“大型公共建筑和建筑面积达到一万平方米以上的国家机关办公建筑的业主，实行碳排放配额管理”。

### **(五) 加大扶持力度，保证激励实效**

在国家现有建筑节能激励政策的基础上，进一步加大扶持力度，同时做好扶持对象的研究，让有限的扶持用在最急需、最有效的领域和地区，保证扶持政策精准使用，达到“四两拨千斤”的撬动作用，避免浪费和不恰当的激励。建议重点扶持下列对象：

1. 低能耗建筑：可以采用补贴、减税、资金奖励等办法。

2. 既有建筑节能改造：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。

3. 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。例如，对太阳能利用的扶持，只对太阳能资源丰富地区进行奖励，对不适宜利用太阳能的地区及项目不进行奖励。同时以实际产生的节能效果作为奖励的依据，而不是以过程指标（如安装的光电板面积）为依据。

4. 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。

5. 节能技术和产业：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，可以采取税收优惠、贴息等方法。

6. 建筑节能研究和服务机构：可以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。

## **（六）完善标准机制，加强前瞻性**

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，不能体现和引导未来技术的进步。这可能导致两种结果：一是标准在多方协调后、为考虑现实条件的约束，做出让步，甚至是妥协，导致标准发布实施后，其实际的效果已经大打折扣；二是标准不让步，指标从严控制，但市场上无法提供满足要求的技术和产品，标准难以实施，影响标准的严肃性。

为确保建筑节能标准的实效，进一步提升对所涉及的行业、技术及产品等的规范和引导作用，参照欧盟国家现在的做法，适当调整标准的编制和实施机制：

1. 根据建筑能耗总量控制目标来制定建筑节能标准，并且在确定当前需强制执行约束值的基础上，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；

2. 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，约束值当前强制执行，目标值仅为推荐性，鼓励采用；

3. 确定并公布目标值的强制执行日期，给市场、行业及建筑节能所涉及的相关领域明确的预期。

### **(七) 推动技术进步，提供充足支撑**

1. 部门合作。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。

2. 产学研联合。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。

3. 国际合作。推进全方位、多层次、宽领域的国际合作，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. 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、限制和禁止使用目录。

### **(八) 提高准入门槛，加强市场监管**

1. 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，推动建筑节能技术和产品的创新。

2. 建立高能耗产品的市场准入与监管制度

(1) 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耗低能效产品增收能耗税，例如白炽灯可收取 1 元/W 的能耗税，其它高能耗家电产品（如烘干机，带烘干的洗衣机等）都征收类似的能耗税；

(2) 针对新兴的电器产品，抓紧制定严格的能效标准，超标准的新兴电器禁止进入市场；

(3) 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。

3. 提高建筑节能检测、评价、服务等行业的准入门槛

目前建筑节能检测、评价、咨询服务等机构的准入门槛太低，且对于专业性的要求限制也较为宽松。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. 建立并尽快实施针对规划、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。

### **(九) 加大基础研究，完善数据统计**

基础研究是建筑节能持续、健康发展的根本保障。建筑存量、能耗现状、气象参数、等基础数据是制定建筑节能政策、编制节能标准的关键基础，其“质”和“量”的优劣将影响到建筑节能水平的高低。许多基础工作本身不能产生直接效益，却是建筑节能工作基础之基础，不能不研究，也不能推给市场，必须依靠国家的投入才能形成科学、权威的成果。当前一些基础性课题结题后，只是完成了部分内容，但无法继续申报相关课题，很多具体内容无法继续深入下去，导致研究成果不完整、不系统、不能及时转化。例如气象参数，气候分区，很多课题均包含，但在短时间内根本没法弄清楚，每个课题只是研究其中一部分，问题得不到有效解决。本报告建议在下列方面进行加强和完善：

1. 加强基础研究试验室建设，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。

2. 国家安排支持建筑节能基础研究的专项经费，由住房城乡建设部根据建筑节能的需要，负责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，例如：

(1) 不同气候区、不同类型新建建筑的能耗强度指标要求，以及设计阶段能耗强度计算方法、运行阶段能耗强度判定规则；

(2) 不同气候区、不同类型既有建筑的能耗强度指标要求，以及强制改造的判定程序和方法、改造效果的评价规则；

(3) 不同气候区的低能耗建筑（节能被动技术）技术集成；

(4) 不同气候区传统建筑元素的节能效果；

(5) 不同气候区，影响建筑节能效果的关键指标参数及其控制途径和要求；

(6) 可再生能源资源分布调查，细化可再生能源的地区分布数据；

(7) 有关节能技术和产品的关键节能指标，及其节能效果及耐久性的系统验证方法。

3. 基础性研究是持续性工作，并非一蹴而就，对基础性研究工作的支持时间应当按研究课题的特点弹性设定，使基础研究能够持续长期开展。

4. 加强基础数据统计和发布工作，提高基础数据的“质”和“量”。

(1) 加强对建筑节能和能耗数据的收集

通过建筑能耗统计，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。

(2) 加强气象数据的收集及建立建筑气象数据库

扩大建筑气象数据的采集区域（包括城市中心区、近郊区、远郊区、农村），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，增加太阳辐照度（尤其是直射和散射）、最大频率风向风速等数据；加快典型气象数据的更新，尽快建立建筑气象数据库。

(3) 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。因为没有权威数据，许多建筑节能的设计得不到落实，建筑节能工程的质量得不到保障，使得建筑节能工程的节能效果得不到保障。

## **(十) 开展能力建设，提高服务水平**

1. 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。同时，在建筑节能运行和改造中大力推行合同能源管理（EMC）方式，引进和培育专业服务管理公司。

2. 加强第三方检测、节能审核评价及建筑能耗测评机构能力建设，以便运用好现有的节能监管及建筑能效测评体系。

3. 有计划地加强节能人才培养：

(1) 高校开设建筑节能专业，系统的培养建筑节能专业人才。对于建筑节能密切相关的建筑设计专业，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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

### **(十一) 做好宣传教育，提高全民节能意识**

1. 实施全民建筑节能宣传教育行动计划。研究制订开展全民建筑节能宣传教育的指导性文件。建筑节能主管部门、宣传和教育部门加强合作，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。

2. 积极开展各类宣传活动。积极与教育、广电、新闻出版和文化等部门协调配合，以“地球一小时”等全球性活动以及“全国节能宣传周”为契机，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。

3. 加强青少年和大学生的建筑节能教育。通过“建设节约型校园”工作的开展，加大基础教育、高等教育阶段的建筑节能宣传教育力度。建筑节能主管部门、宣传、教育部门积极配合，为学校开展建筑节能教育和可持续发展教育相关的综合实践活动提供支持帮助。支持开展与建筑节能相关的研究性学习、专题讲座、绘画、征文比赛和科技创新大赛等丰富多彩的课外活动，积极培养和发展青少年节能宣传志愿者队伍。

4. 深入开展面向社会的建筑节能教育。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，树立节能意识，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。

5. 在宣传教育中，增加警示内容，增强公众的守法合规意识，使其尽早了解国家的规定及违规的后果。

## 九、建筑领域节能减排的技术保障

### （一）建立以建筑能耗量、用能指标为控制目标的建筑用能全过程管理体系

将建筑能耗、能耗强度作为关键评价指标，贯穿到建筑各个环节，进行工程实施和管理。城市规划设计阶段，以用能指标（用电强度）进行控制；建筑设计阶段，应通过采用各种节能技术手段，满足用电强度，以建筑低能耗为设计目标，兼顾围护结构热工、建筑设备的节能，将建筑的能耗来源和构成分析计算清楚，用能耗强度来控制设备容量；施工验收阶段，同样以建筑最终能耗作为验收指标。

#### 1. 明确并严格控制建筑规划用地的用能指标、能耗指标

（1）将城市规划用地的用能指标（用电指标、用气指标、用水指标等）、能耗指标，作为城市规划的关键指标：

编制详细规划时，加入综合用能指标，并将该指标作为审批城市详细规划的一项重要内容（类似于容积率指标）；

编制控制性详细规划时，提出不同类型用地的综合用能指标；

编制修建性详细规划，根据控制性详细规划中不同类型用地的综合用能指标，明确

各地块的综合用能指标；

编制修建性详细规划时，根据不同类型用地的综合用能指标，计算出各建筑的变压器等装置指标，并将该指标作为审批修建性详细规划的强制性条件。

（2）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。建筑工程规划验收时，各栋建筑变压器装置等指标应符合规划审批时批准的变压器装置等指标。

（3）规划设计阶段，对各类建筑物的用电指标给出上限。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，否则不能进行规划验收。

#### 2. 确定建筑物用能指标和能耗限额指标

用能指标和能耗限额指标的确定可以采取两种方法：一是理论计算法，可以根据现有的能耗运行模型，按照当地气候以及用能方式进行模拟计算，但是这种模拟计算的工作量相当大，而且有很多不确定因素，很难做到严密的推论，只能对某几个极端的工况进行模拟，模拟的结果用于指导设计最大负荷是可行



的，但用于确定能耗限额还有比较大的误差。二是能耗统计法，以现行工况指导运行控制。目前大多数地区或者国家能耗限额制定方法基本上都是基于统计法，或者统计法再加上理论计算的修正。另外，用能指标和能耗限额指标，随着运营管理水平的提高，以及技术发展水平的提高，指标水平也应该进行定期修订，不断加强约束力，才能使能耗限额持续发挥激励和约束作用。

### 3. 完善新建建筑节能管理的技术体系

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，需要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，并可以促进建筑节能设计和运营管理的优化，提高节能水平。

(1) 设计管理环节，应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。设计阶段合理利用计算机模拟仿真技术进行动态能耗设计，提高节能设计的科学性，促进建筑节能事业的发展。

(2) 施工管理环节，应关注围护结构各部分性能是否达到设计要求，关键用能设备是否达到设计要求。通过第三方机构对建筑节能工程及建筑材料、产品和设备的能效或热工性能进行测评、评估。

(3) 加强设备系统的初调试及验收工作。制定严格的验收标准，尤其增加：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（风量、冷量、循环水量是否达到设计要求）。

(4) 建筑节能施工验收和运行管理环节涉及到大量的检测和评估，需要加强对检测与评估机构的监管，保证检测结果的真实性、可靠性、准确性。

(5) 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. 建立建筑运行阶段的能耗限额管理技术体系

能耗限额管理应该遵守公平、合理和可行的原则。公平性，是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。合理性，是指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，使限额水平相对比较容易接受，避免过高或者过低。可行性，主要体现在两个方面：一是技术层面，即保

证能耗限额在目前成熟的节能技术下能够达到；二是管理层面，即能耗限额指标应简单，便于管理部门和操作部门执行。

## **（二）推动建筑节能关键技术研究，加大推广力度**

建筑节能减排目标的实现，依赖于节能技术的进步和合理应用。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，为建筑节能减排工作提供充分的技术支撑和保障。

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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，改善建筑室内热舒适度，缓解城市热岛效应。
5. 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。
6. 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。
8. 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。
9. 可再生能源的利用：（1）提高可再生能源在单位建筑面积上应用的密集度；（2）提高有限空间内可再生能源综合利用效率；（3）提高太阳能组件与建筑一体化程度；（4）提高可再生能源系统的综合性能系数；（5）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。
10. 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等。

11. 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等。

### **(三) 推动产业升级，促进产品进步**

#### **1. 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，建筑外门窗首先必须具备高抗风压、高水密的性能，其节能的关键是遮阳，隔绝夏季的太阳辐射，但考虑到空调建筑仍有一定的温差，因此也要具有隔热保温性能。

提高门窗的抗风压、水密性、热工性能，将大大改善人们办公和居住的室内环境。另外，采用高安全性和反复启闭耐久的门窗，对于解决南方地区台风天气门窗的安全隐患，实现建筑外窗结构的本体安全，确保建筑外窗使用的安全可靠也具有重要的意义。

#### **2. 遮阳产品产业**

建筑外遮阳对改善夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的建筑室内环境、减低建筑能耗效果显著。但目前我国的外遮阳产品设计和应用刚刚起步，还是企业发展、建筑设计和节能研究的重要课题。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，推动产业升级，满足建筑节能的需求。

#### **3. 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。

#### **4. 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，提升产业水平和供应能力，满足日益严格的节能需要。通过工厂预制，能够将保温、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。

#### **5. 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。

## 6.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，大大提高机电产品在建筑上的使用能效。

### **（四）完善建筑节能标准体系**

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：

（1）尽快发布实施国家标准《民用建筑能耗标准》，并根据建筑节能减排中长期规划，适时修订；

（2）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，或者在用地规划时就增加，以便于建筑节能设计的目标确定；

（3）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；

（4）逐步提高门窗幕墙、外墙、灯具、用能设备等产品标准的节能（能效）指标。

### **（五）统一建筑节能计算方法，完善计算软件及配套数据库**

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。需通过基础性研究，尽快统一建筑节能计算方法，以此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。

## 十、结论与建议（展望）

### （一）结论

#### 1. 过去 30 年，我国建筑领域节能减排成就显著成就

我国建筑节能工作充分借鉴了国外的模式，以标准作为引领，推动建筑节能发展，并带动相关技术、产品、产业的升级。因此，尽管起步比发达国家晚，但经过 30 余年的努力，已取得瞩目的成就。建筑节能法规、政策、标准及管理不断完善，建筑技术水平逐步提高，某些建筑技术水平已经达到或超过发达国家水平，节能建筑的面积及建筑节能标准的执行率不断增加，社会公众主动节能意识高涨。

过去 30 年，建筑节能采取的是控制建筑各组成部分（围护结构、设备系统等）的节能性能的模式。这种模式，简洁明了，易于操作和监督，并且有利于推广普及具体的节能技术，在建筑节能初级阶段，对于推动建造环节的节能实施，成效明显，欧美国家无一例外均采取过这种模式。

#### 2. 在新型城镇化背景下，建筑领域能源消耗将快速增长，节能减排工作应尽快由控制性能性指标转向控制建筑能耗指标的模式

按照当前节能减排发展模式和城镇化速率，假设到 2030 年，我国的建筑面积不超过 700 亿  $m^2$ ，届时，建筑总能耗将达到 14.64 亿 tce。但是，为实现国家层面低碳情景乃至  $2^{\circ}C$  情景的节能减排目标，建筑领域的能源消费总量应控制在 10.22 亿 tce。与当前相比，建筑领域未来的节能压力明显增加。因此建筑领域的节能减排模式必须尽快转变。

借鉴当今欧盟尤其是德国的建筑节能经验，我国建筑领域节能减排工作需尽快由控制建筑节能性能模式转变到以控制能耗为主的模式，做到建设与运行“两手抓”。只有这样，才能适应国家节能减排的新形势和新要求，才能保证建筑节能减排取得实效。

#### 3. 当前的首要任务是从国家层面明确未来（到 2030 年）建筑领域能源消费量控制目标，并以此作为我国建筑领域节能减排的中长期目标

建筑领域若能实施更严格的节能减排路线，到 2030 年，建筑总能耗并极有可能控制 9.0 亿 tce 左右，比按当前模式发展，可以实现每年 5.73 亿 tce 的节约。

在国家层面尚未明确建筑领域能源消费量控制目标时，建筑领域可以以此作为节能减排的中长期目标。节能减排的实施路线及阶段目标可按本报告表 38 实施。

**4. 建筑规模（城镇化率）、建筑能耗强度、建筑运行模式以及电器拥有率是宏观层面影响建筑能耗的显著因素；建筑功能、建筑形式、建筑体量以及技术措施等是微观层面影响建筑能耗的显著因素。未来的节能减排措施必须围绕这些因素实施。**

（1）严格控制存量建筑的增长：到 2030 年，最好控制在 700 亿 m<sup>2</sup> 以内；

（2）到 2030 年，新建建筑和既有建筑的实际运行能耗强度不超过本报告表 39、40 的限值（全国平均水平）。

**5. 建筑领域实施更严格的节能减排措施，将带来巨大的效益。**

（1）因实施低能耗建筑和既有建筑节能改造，到 2030 年，将累计带来约 2.0~3.8 万亿的投资。

（2）因实施更严格的节能措施，对节能玻璃、节能门窗、外墙外保温材料等产业的产值拉动将达到 3.5 万亿元。

（3）因实施更严格的节能措施，到 2030 年，每年可减少碳排放 14.1 亿吨。

## **（二）建议**

1. 编制我国建筑领域的中长期规划，并将建筑能耗总量和能耗强度作为关键的控制指标。

2. 完善有关法律法规，或通过部门规章的形式，落实“能耗控制”的工作思路。

3. 加强国家层面的组织协调，完善监管体系。住房城乡建设部负责建筑节能的总体工作，其他部门各司其职：

（1）国土部门在土地招拍挂和出让中明确建筑用地的用能指标、年能耗指标；

（2）发改部门负责能评审查，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；

（3）财税部门要配合建设主管部门出台建筑节能的扶持和激励政策；

（4）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；

(5) 建设主管部门在发放施工许可证，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；

(6) 建设工程质量监督机构在建筑工程监督中，保证设计的执行，确保工程满足质量要求；

(7) 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（包括用能指标和能耗指标标准）和设计要求；

(8) 统计部门配合建设主管部门统计建筑及建筑能耗基础数据；

(9) 气象部门按照建设主管部门的要求，收集、整理城市及郊区的气象数据，并定期发布；

(10) 质量技术监督部门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；

(11) 科技部门负责支持建筑节能技术和产品的攻关、研发；

(12) 工信部门负责推动建筑节能相关产业的升级，为建筑节能减排深入发展提供产业保障；

(13) 建筑节能管理机构受政府和建设主管部门委托，负责建筑节能监督管理的具体工作。

#### 4. 完善建筑节能标准的编制和实施机制，增强前瞻性和引导性

(1) 根据建筑能耗总量控制目标来制定建筑节能标准，并且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；

(2) 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，约束值当前强制执行，目标值仅为推荐性，鼓励采用；

(3) 确定并公布目标值的强制执行日期，给市场、行业及建筑节能所涉及的相关领域明确的预期。

5. 完善建筑机电系统的验收制度，建立相关验收标准，包括建筑气密性监测标准、风道漏风检验标准、空调系统初调节方法标准、建筑高效节能运行标准等。

6. 加大基础研究的投入，保证研究的持续性；完善统计制度，保证建筑面积、建筑能耗等基础数据的“质”和“量”。

7. 加强气象数据的采集、整理和定期发布工作，为建筑节能减排提供必要的基础参数。

8. 加大扶持力度，重点是低能耗建筑、既有建筑节能改造、可再生能源利用，但要做到激励措施的精准定向，保证激励实效。

9. 加强建筑运行阶段的监管，强化运行能耗监管。

10. 加强宣传、培训、教育和奖惩，培育建筑节能服务能力和市场，鼓励各方积极参与建筑节能。

### （三）展望

本报告通过对当前国内建筑节能发展所取得的成就及存在的不足与问题的分析，结合国外发展对我国的启示，从能源供应能力和碳减排两方面明确了未来建筑能耗“红线”。通过建立未来不同的发展情景，对建筑能耗进行预测，并根据未来我国建筑领域节能减排目标与任务，制定了相应的实施路线。但在研究过程中还存在诸多不足，需要在后续的研究中加以补充和完善。

1. 基础数据和参数不确定。在建立未来不同的发展情景进行预测分析时，需要大量的历史统计数据及其他相关参数作为支撑，但是当前我国建设领域的相关数据统计与披露并没有可靠的渠道，所采用的数据大多来源于国内多家研究机构发布的研究报告、文章或书籍等。这些文献资料中绝大部分信息存在着一致性，但也有些数据相互之间由于描述口径等方面的差异，导致存在一些相互矛盾的地方，尽管在研究过程中进行了甄别和筛选，但也不能保证完全的准确性。尤其一些参数对最终建筑能耗预测的结果存在较大的影响，如建筑面积及建筑能耗强度等。这有待未来根据更为准确的统计数据作进一步校核。

2. 预测计算过程中进行了相应的简化。如在对每5年的计划实施时，没有考虑贯彻执行的延迟性。对于我国建筑能耗类型仅分为四类，未能充分突出不同地区不同建筑的能耗特点，在实际中由于我国幅员辽阔，对于不同气候区同类建筑在能耗方面也存在较大的差异；同时，在同一气候分区中同一类型建筑能耗仍然受诸多方面的影响，而计算中取全国大平均值。未来在获得更为详细分类的建筑能耗基础上，可以进一步改进算法，使相关计算结果更准确。

3. 仅从宏观层面作出的相应规划，对具体技术应用的分析还不足，缺乏进一步的量化指标。未来还需要根据具体的要求作进一步的细化。如在对低能耗



建筑的计算分析中，并没有考虑不同地域或不同建筑类型在技术上导致的差异，而是按照定义的低能耗建筑能耗强度进行简化计算得到节能量，并没有充分考虑技术上的可行性并进行更为细致的分析。

当然，研究中存在的不足或问题还远远不止以上所列的这几项。本研究主要为“方向性”研究，未来诸多“定量”研究还需要深入开展来达到进一步完善。

## 附录 A 建筑领域节能减排的发展历程及成就

### （一）建筑领域节能减排发展历程

我国建筑领域节能减排工作最早可追溯到上世纪八十年代初，1986年原城乡建设环境保护部颁布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ26-86，这是我国第一部建筑节能标准。该标准的实施，标志着我国建筑节能工作的正式开始。

随后 30 余年，建筑节能经历了由北方到过渡地区和南方地区，由城镇居住建筑到公共建筑，由新建建筑到既有建筑改造，由大城市到中小城市及农村，由外墙保温到供暖空调效率及可再生能源利用，由单纯的节能到低碳、绿色等发展过程，可以大致划分为以下四个阶段。

#### 1. 起步阶段

20 世纪 80 年代初到 90 年中期，可以算作建筑节能起步阶段，当时的工作重心是在保持和提高室内舒适度的前提下，减少建筑能耗消耗，未涉及减排。由于北方地区（注：现行建筑节能设计标准中称为“严寒、寒冷地区”）的建筑面积约占全国建筑面积的 50%，并且每年有 3~6 个月的采暖期，采暖能耗成为当时建筑能耗的主要部分。

1982 年原国家能源委员会委托原国家建委建工局下达了有关建筑节能方面的科研任务。由中国建筑科学研究院建筑物理研究所和空气调节研究所共同负责承担了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》、《采暖住宅建筑能耗现状的调查、实测与计算分析》、《我国民用建筑金属外窗的能耗现状及其节能措施的研究》及《墙体保温性能的改进研究》四项研究课题。3 项支撑编制的课题均于 80 年代中期前完成，并且《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ26-86 于 1986 年 8 月 1 日开始试行。

《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ26-86 的基本目标是，在保证使用功能和室内舒适度的前提下，通过在建筑物围护结构和供暖供热系统设计中采用适当的技术措施，使采暖能耗在 1980~1981 年当地通用设计的居住建筑采暖能耗基础上，降低 30%。后来被称为第一步节能（即 30% 节能）。

1987 年 9 月 25 日，原建设部、国家计委、国家经委和国家建材局联合下发《关于实施〈民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）〉的通知》，要求

寒冷地区各省（区）抓紧编制实施细则，于 1990 年前在新建住宅中得到普遍执行。

该阶段，我国建筑节能工作以推进新建建筑节能为主，实施地区以北方地区为主，工作方式则以建筑节能工程试点示范、节能技术和产品研发、制定建筑节能标准和实施细则等为主。由于节能工作刚刚起步，当时国内缺少很多节能技术和节能设备产品，主要靠从国外引进，建筑节能工作进展缓慢。

截至 1991 年，通过编制地方标准或细则来实施《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》的省（区）有北京、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、陕西和甘肃，另外天津、河北和新疆编出报批稿或征求意见稿，北京等少数城市总共建造了约 10 万 m<sup>2</sup> 节能试点住宅，其中哈尔滨市嵩山节能住宅小区是我国建成的第一个建筑节能试点小区。

1993 年 9 月，原国家技术监督局与原建设部联合发布了国家标准《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》GB50189-93，并于 1994 年 7 月 1 日起施行，这是我国第一本关于公共建筑的节能设计标准。该标准对围护结构热工性能、空调系统冷水机组的能效比、水系统的平衡、风系统的划分、自控、管道保温、监测等规定了限值及要求，对当时控制和降低旅游旅馆的供暖空调能耗起到了积极的作用。该标准也为我国建筑节能由居住建筑节能过渡到公共建筑节能，提供了理论基础和技术支撑。

1993 年，国家标准《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 和《建筑气候区划标准》GB50178-93 颁布实施。这是关于建筑节能的两本基础标准。《民用建筑热工设计规范》墙体结露概念，对缓解“城市热岛效应”、消除“建筑结露、发霉问题”、降低“建筑能耗”具有可靠的理论指导意义。《建筑气候区划标准》GB50178-93 根据 1951~1985 年的大量气象资料，采用综合分析和主导因素相结合的原则进行了建筑气候区划。该标准是我国首部关于建筑气候区域划分的标准，为建筑节能工作提供了基本的建筑气候参数，区分了不同地区气候条件对建筑影响的差异性，明确了各气候区的建筑基本要求。

该阶段，为保障我国建筑节能工作的顺利进展，高校、科研院所、企业等均进行了大量的节能相关技术研究，建筑节能相关设备、产品、仪器的研制及开发均取得了明显进展。例如：住宅建筑节能适用技术研究、住宅室内热环境的研究、节能住宅设计、能耗及室内热环境理论分析及软件开发、太阳能在建

筑中的应用技术研究等研究，开发了转轮式全热交换器、门窗动风压检测设备、钢塑复合窗、ZGC 型节能多用块板照明灯具、多种散热器及平衡阀等。

## 2. 快速成长阶段

起步阶段的 10 多年时间努力，为建筑节能的发展奠定了坚实的基础。1995 年~2005 年，建筑节能工作进入到快速成长阶段。

1995 年 5 月，原建设部制定了《建筑节能“九五”计划和 2010 年规划》，这是迄今为止，我国唯一一个关于建筑节能的中长期规划。该规划确立了建筑节能的近期和中长期目标、重点、任务和实施步骤。

该阶段是我国初步建立建筑节能标准体系的时期。1995 年 12 月 7 日，原建设部批准发布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ26-95，要求采暖能耗在 1980~1981 年当地通用设计的居住建筑采暖能耗基础上，降低 50%。后来被称为第二步节能（即 50% 节能）。随后相继发布了《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》JGJ129-2000、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2001、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2003、《公共建筑节能设计标准》GB50189-2005。

从 1997 年开始，建筑节能由 30% 节能要求强制过渡到了 50% 节能，并且 170 多个城市必须达到。2000 年底，全国能够达到建筑节能标准要求的居住建筑面积仅占全国民用建筑面积的 0.5%，占城市采暖居住建筑面积的 9%，但到 2005 年，设计阶段新建建筑节能标准执行率已经上升到 57.5%。2004 年，北京、天津等率先开始执行居住建筑节能 65% 的标准。

1996 年全国各城市集中供热面积共计有 7.3 亿  $m^2$ ，到 2005 年各地区城市集中供热面积已达 25.2 亿  $m^2$ ，采用不同燃料的分散锅炉供热也迅速增加。2003 年原建设部等八部委下发《关于城镇供热体制改革试点工作的指导意见》，各地高度重视，稳步推进城镇供热体制改革试点工作，认真探索停止福利供热，实行用热商品化、货币化，实施建筑节能改造，取得了良好效果。可再生能源方面，2004 年的调查数据显示，全国 31 个省市区均有地源热泵应用工程。沈阳市截至 2004 年底的地源热泵供热面积达到 183.85 万  $m^2$ ；北京市截至 2005 年底的地源热泵应用面积 700 万  $m^2$ 。2005 年底，全国光伏发电总容量达到 70000kW，在 12 个县城、700 多个乡镇建设了独立光伏电站，推广了 50 多万套

户用光伏系统，太阳能热水器安装使用用量达到 8000 万 m<sup>2</sup>，极大地推动了太阳能产业的发展。

该阶段，高校、科研院所、企业针对建筑节能相关技术、产品进行了更加广泛和深入的研究。原建设部在“十五”期间，支持了一大批建筑节能科技项目，如建筑节能政策法规体系的研究、建筑节能标准体系的研究、建筑供热改革及配套政策的研究、建筑节能产业化现状及发展政策的分析与研究、建筑能耗的调查分析、建筑节能热工检测成套技术研究开发与工程应用、采暖地区建筑节能成套技术研究开发与工程应用、夏热冬冷地区建筑节能成套技术研究开发与工程应用、夏热冬暖地区建筑节能成套技术研究开发与工程应用、既有建筑节能改造成套技术研究开发与工程应用、新型墙体材料在建筑中应用的成套技术及其对环境影响的评估、太阳能热水器与建筑结合的研究与工程应用、地源热泵及水源热泵技术系统研究开发与工程应用、采用不同能源、不同采暖与制冷方式、系统调控及计量系统的开发和技术经济分析、公共建筑节能成套技术研究开发与工程应用、建筑围护结构体系成套技术研究开发与工程应用及技术经济分析、发达国家建筑节能政策、标准及管理的研究、发达国家建筑节能技术发展动态及我国建筑节能技术发展战略的研究。这些项目的研究成果为建筑节能全面快速发展提供了强有力的支撑。

该阶段，建筑节能的国际交流合作取得了长足进步和丰硕成果。中国先后与加拿大、法国、瑞典、德国、英国、世界银行、UNDP（联合国开发署）、美国能源基金会等国家和组织围绕建筑节能、供热改革等开展了全方位、多领域的国际交流和项目合作，学习了国外的先进经验，培养了一大批建筑节能专家，推动了国内建筑节能的快速发展。

### 3. 飞跃阶段

经过前 20 年的积累和快速发展，我国的建筑节能工作能力得到极大的提升，全社会基本形成了关心和重视节能的意识。2005 年底，中央经济工作会议上明确提出了“大力发展节能省地型住宅”的要求。建筑节能以此为契机，进入了全面发展、飞跃前进的阶段，除了重视节能外，增加了减排的任务要求。

该阶段，除了对现有节能标准修订外，还陆续发布了建筑节能施工验收、改造、检测、评估等一系列工程标准和产品标准。例如《建筑节能工程施工质量验收规范》、《既有居住建筑节能改造技术规程》、《公共建筑节能改造技

术规范》、《供暖居住建筑节能检测标准》、《公共建筑节能检测标准》、《绿色建筑评价标准》等；可再生能源利用方面，发布了《地源热泵系统工程技术规范》、《太阳能供热供暖工程技术规范》等，至此我国建筑节能标准体系基本建立。

该阶段，我国开始大范围推动城镇既有居住建筑的节能改造。2006年，原建设部与德国GTZ公司共同启动了中德技术合作项目“中国既有建筑节能改造项目”。通过该项目的实施，学习和借鉴了德国既有建筑节能改造方面的经验，为我国更科学和切合实际地制定相关政策法规和标准、开发适合我国国情的技术路线和改造方案、制定行之有效的群众工作方法、推动采暖地区的既有建筑节能改造工作等，发挥了积极的作用。该项目首批示范工程选择在河北省唐山市河北1号小区，该工程的成功示范，在全国引发了强烈的反响，其他地区先后前往学习经验，启动当地的既有建筑节能改造。该项目随后分别又在北京、乌鲁木齐、鹤壁进行了示范。在该项目的带动下，我国在既有建筑节能改造方面，积累了丰富的经验。

部分地区对农村建筑节能工作进行了积极的探索，北京“十一五”期间组织农民新建抗震节能住宅1.38万户，实施既有居住建筑节能改造3.99万户，建成农村太阳能集中浴室400余座，实现节能10万tce，较好地改善了农村居住和生活条件。2012年12月发布了《农村居住建筑节能设计标准》GB/T 50824-2013。该标准的实施，使我国农村地区居住建筑节能工作有标可依。

建筑节能相关领域的科研方面，国家科技攻关计划的投入逐渐加大，特别是“十一五”期间，国家启动了《建筑节能关键技术与示范》项目，该项目列入了国家科技支撑项目，以重大公益技术及产业共性技术开发与应用示范为重点，结合重大工程建设和重大装备开发，加强集成创新和引进消化吸收再创新为我国建筑节能技术的发展提供了重要支撑。该项目对建筑节能六个方向进行了全面的研究：

1) 方向一：提高建筑设计环节节能潜力的关键技术，包括建筑节能设计方法与模拟分析软件开发，新型建筑节能围护结构关键技术研究；

2) 方向二：降低北方采暖地区能耗的关键技术，包括供热系统节能关键技术研究，以及既有建筑节能改造关键技术研究；

3) 方向三：降低长江流域能耗的关键技术，包括长江流域室内热湿环境低

能耗控制方式研究，空气源热泵关键技术研究，水源地源热泵高效应用关键技术研究；

4) 方向四：降低大型公共建筑能耗的关键技术，包括降低大型公共建筑空调系统能耗的关键技术研究，大型公共建筑节能控制与能量管理系统研究；

5) 方向五：可再生能源和新能源技术在建筑中的应用，包括低品位能源高效利用关键技术和太阳能在建筑中规模化应用的关键技术研究；

6) 方向六：建筑节能标准和政策研究，包括建筑节能技术标准研究，建筑能耗统计方法与建筑节能技术经济政策研究。

本项目主要成果包括：一整套建筑优化设计集成体系；一批具有自主知识产权的建筑技术优化模拟分析及控制软件以及相关的设计方法；一系列具有发明和实用新型专利的产品、技术，以及新的空调系统形式；一批建筑技术方面的评估体系、标识方法及设计规范；建筑能耗统计平台和政策保障机制；几个集成各项节能技术、节能产品的示范性工程、示范性建筑和区域。

我国已进入“十二五”时期，建筑节能工作也面临新的机遇。根据《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》的要求，住房和城乡建设部研究制定了《住房城乡建设部关于落实的实施方案》，“十二五”期间建筑节能要实施五个方面的重点工程：

(一) 全面推进绿色建筑发展。一是明确“十二五”期间绿色建筑发展目标、重点工作和保障措施等。二是研究出台促进绿色建筑发展的政策。三是继续完善绿色建筑标准体系，制(修)订绿色建筑相关工程建设和产品标准，研究制定绿色建筑工程定额。编制绿色建筑区域规划建设指标体系、技术导则和标准体系。鼓励地方制定更加严格的绿色建筑标准。四是开展绿色建筑相关示范。“十二五”期间，依托城镇新区建设、旧城更新、棚户区改造等，启动和实施绿色建筑集中示范区。积极开展高星级绿色建筑示范。五是加快绿色建筑相关共性关键技术研究开发及推广力度。依托高等院校、科研机构等，按照我国主要气候分区，加快国家建筑节能与绿色建筑工程技术中心及产业化基地建设。

(二) 推动北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造。“十二五”期间完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造面积4亿m<sup>2</sup>以上。一是各地要认真贯彻落实《关于进一步深入开展北方采暖地区既有居住建筑供热计

量及节能改造工作的通知》（财建[2011]12号），尽快分解改造任务指标，落实改造项目，并抓紧实施。二是财政部、住房城乡建设部确定的“节能暖房工程”重点市县要切实加快工作进度，力争在两年内，重点市完成具备改造价值老旧住宅供热计量及节能改造面积的40%以上，重点县完成70%以上。三是全面推进供热计量改革，北方采暖地区的新建建筑及完成节能改造的既有建筑应全部实行供热计量收费。四是开展供热能耗统计和供热能耗定额管理试点工作。

（三）启动夏热冬冷地区既有建筑节能改造。“十二五”期间启动和实施夏热冬冷地区既有建筑节能改造面积5000万 $m^2$ 。一是会同财政部研究制定推进夏热冬冷地区既有建筑节能改造的实施意见及财政资金奖励办法。二是会同财政部在综合考虑各省市经济发展水平、建筑能耗水平、技术支撑能力等因素的基础上，对改造任务进行分解落实。各省级住房城乡建设主管部门要在2012年5月31日之前将改造目标进一步分解到各城市（区），并将分解结果报住房城乡建设部。三是各地住房城乡建设主管部门应对本地区既有建筑进行建筑状况调查、能耗统计，确定改造重点内容和项目、制定改造规划和实施计划，并积极与同级有关部门协调配合，研究适合本地实际的经济和技术政策，做好组织协调工作，确保改造目标的实现。

（四）实施公共建筑节能改造。“十二五”期间完成公共建筑节能改造面积6000万 $m^2$ 。一是按照《关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》（财建[2011]207号）要求，进一步加强公共建筑节能监管体系建设，“十二五”期间，全国地级及以上城市应完成对大型公共建筑能耗的全口径统计，将单位面积能耗高于平均水平和年总能耗高于1000吨标煤的建筑确定为重点用能建筑，进行重点监管，对50%以上的重点用能建筑进行能源审计。二是在20个以上省（自治区、直辖市），建立公共建筑能耗动态监测平台，对5000栋以上公共建筑的能耗情况进行动态监测，实现公共建筑能耗可监测、可计量。三是在公共建筑节能监管体系建立健全、节能改造任务明确的地区，启动和实施10个以上公共建筑节能改造重点城市。三是会同财政部、教育部，积极推动“节约型高等学校”建设及高等学校校园建筑节能改造示范。

（五）实施农村危房节能改造。“十二五”期间，支持25万农户结合农村危房改造开展建筑节能示范，改善农房保温效果。一是在农村危房改造中，对实施建筑节能示范的农户给予中央补助，引导更多农户建造节能房。二是编制技



术导则，明确建筑节能示范农房的技术要求，编制农房节能改造的案例与图集，对设计、施工及管理关键环节进行指导。三是加强现场技术指导和监督检查，督促地方保质保量完成建筑节能示范任务。

## **(二) 建筑领域节能减排的成就**

回顾我国建筑领域节能减排走过的历程可以发现，我国建筑节能工作取得了巨大的成就，建筑节能法规、政策、标准及管理不断完善，建筑技术水平逐步提高，某些建筑技术水平已经达到或超过发达国家水平，节能建筑的面积及建筑节能标准的执行率不断增加，社会公众主动节能意识高涨，国际社会对我国建筑节能工作的认可程度大大提高。

### **1. 建筑节能法规、政策**

#### **(1) 建筑节能法规体系**

1980年1月，国务院转发《国家计委、经委关于加强节约能源工作的报告》（国发[1980]50号），确定了“开发与节约并重，近期把节约放在优先地位”的能源发展方针。根据报告提出的自上而下建立健全能源管理机构的要求，国家计委综合经济局负责能源长远规划和综合平衡，国家经委能源局负责组织实施节能措施和能源管理，国务院其他部门也建立了节能管理机构。

1986年1月12日，国务院批准颁布《节约能源管理暂行条例》，这是我国第一部节能法规，对建立节能管理体系、开展节能管理基础工作、加强工业和城乡生活用能管理、推进节能技术进步、进行节能奖励和宣传教育等作了具体规定。标志着我国节能工作法制化的开始。

1990年开始起草《中华人民共和国节约能源法》，经过长时间实践调研和理论上的反复论证，1997年11月1日经全国人大常委会第28次会议通过，1998年1月1日起施行。《中华人民共和国节约能源法》从法律上把节约能源确立为国家发展经济的长远战略方针，明确了政府管理节能的职责和用能单位合理使用能源的义务，提出了鼓励、支持、推广节能先进技术的要求，并规定了相关的法律责任。中国节能工作正式步入法制化轨道，促进了各方面节能工作的发展。

《中华人民共和国节约能源法》在节能技术进步中提出：“建筑物的设计和建造应当依照相关法律、行政法规的规定，采用节能型的建筑结构、材料、器

具和产品，提高保温隔热性能，减少供暖、制冷、照明的能耗”。在国家鼓励发展的通用节能技术中提出：“推广热电联产、集中供热，提高热电机组的利用率，发展热梯级利用技术，热、电、冷联产技术和热、电、煤气三联供技术，提高热能综合利用率”。

《中华人民共和国节约能源法》是指导我国节能工作的基础性法律，2006年5月全国人大常委会组成执法检查组，对《中华人民共和国节约能源法》的实施情况进行了检查。

2007年6月26日，全国人大常委会第二十八次会议上，对《中华人民共和国节约能源法》（修订草案）进行了初步审议；10月28日，修订的《中华人民共和国节约能源法》在全国人大常委会第三十次会议上通过，自2008年4月1日起施行。

依据国家《中华人民共和国节约能源法》和《建筑法》的规定，2000年2月原建设部发布《民用建筑节能管理规定》（建设部第76号令），当年10月1日实施。该《规定》提出国家鼓励民用建筑节能技术进步，实行民用建筑节能产品认证和淘汰制度；新建居住建筑的集中供暖系统应当使用双管系统，推行温度调节和户用热量计量装置，实行供热收费；新建民用建筑工程项目的可行性研究报告或者设计任务书，应当包括合理用能的专题论证。2005年对该《规定》进行了修订，并11月10日发布，自2006年1月1日起施行。其中专门设置了一节（七条），明确规定建筑节能工作的监督管理和主要内容。

为进一步加强建筑领域节能减排的法制化，住房和城乡建设部组织制定了《民用建筑节能条例》，于2008年7月23日国务院第18次常务会议通过，自2008年10月1日施行。该《条例》共六章四十五条，详细规定了建筑节能的监督管理、工作内容和责任。其中明确规定，县级以上地方人民政府规划主管部门编制城市详细规划、镇详细规划，应当按照民用建筑节能的要求，确定建筑的布局、形状和朝向。对不符合民用建筑强制性标准的规划设计方案，不得颁发建设工程规划许可证；施工图设计文件审查不符合民用建筑节能标准的，不得颁发施工许可证。

同期国务院还通过了《公共建筑节能条例》，自2008年10月1日施行。

《公共建筑节能条例》详细地规定了依法实施建筑节能标准和监督标准实施的具体要求。

2010年,《中华人民共和国可再生能源法》颁布执行,明确提出鼓励发展太阳能光热、供热制冷与光伏系统,并规定国务院建设主管部门会同国务院有关部门制定技术经济政策和技术措施。

《民用建筑节能条例》颁布实行,全面推进了建筑节能工作,同时也推动了全国建筑节能工作法制化,各地积极制定本地区的建筑节能行政法规,河北、陕西、山西、湖北、湖南、上海、重庆、青岛、深圳等地相继出台了建筑节能条例。15个省(区、市)出台了资源节约及墙体材料革新相关法规,24个省(区、市)出台了相关政府令,形成了以《中华人民共和国节约能源法》为上位法,《民用建筑节能条例》为主体,地方法律法规为配套的建筑节能法律法规体系。

## (2) 建筑节能政策体系

2004年原建设部印发了《关于加强民用建筑工程项目建筑节能审查工作的通知》(建科[2004]174号)。通知要求各级建设行政主管部门加强民用建筑工程项目建筑节能审查工作,要将建筑节能审查切实作为建筑工程施工图设计文件审查的重要内容;审查合格的工程项目,需在项目受管辖的建筑节能办公室进行告知性备案,并由其发给统一格式的《民用建筑节能设计审查备案登记表》;省、自治区、直辖市人民政府建设行政主管部门负责监督本行政区域内民用建筑工程项目建筑节能审查工作。各级建设行政主管部门要严格依照建设部《实施工程建设强制性标准监督规定》(建设部令第81号),做好民用建筑工程项目施工设计中执行建筑节能标准的管理工作。

2005年印发《关于新建居住建筑严格执行节能设计标准的通知》(建科[2005]55号)、《关于认真做好<公共建筑节能设计标准>宣贯实施及监督工作的通知》(建标函[2005]121号)。这两个通知,对我国居住及公共建筑要严格执行节能设计标准提出了明确的政策要求。

为贯彻落实《国务院关于加强节能工作的决定》(国发[2006]28号)及《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》(国发[2007]15号)关于建筑节能工作的要求,原建设部发布《关于开展建筑节能专项检查的通知》(建办科函[2006]738号),2006年开始,每年对我国建筑节能工作进行专项检查,并与检查后次年发布《全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑

节能检查情况通报》。此项政策，有效督促了我国各地建筑节能工作的有效开展。

随着我国经济社会的快速发展，空调已比较普遍地应用于公共建筑和居民住宅，在改善人们生产生活条件的同时，也消耗了大量电能。为深入贯彻科学发展观，进一步落实《国务院关于加强节能工作的决定》（国发〔2006〕28号）精神，促进科学使用空调，节约能源资源，减少温室气体排放，有效保护环境，国务院印发《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》（国办发〔2007〕42号）。就严格执行公共建筑空调温度控制标准有关问题通知如下：一、充分认识合理控制空调温度的重要意义；二、严格执行空调温度控制标准。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摄氏度，冬季室内空调温度设置不得高于20摄氏度。一般情况下，空调运行期间禁止开窗。三、切实落实空调节能管理措施。严格执行空调能效标识制度，严禁不合格的高耗能空调进入市场。四、加强督促检查。各级节能主管部门要会同有关部门加强协调指导，合理调配人力物力，把机关办公楼、宾馆、写字楼、商场、超市等空调使用大户作为重点，做好温度控制的监督检查工作，公开处理违反国家节能管理和环保法律法规的典型案件。五、大力倡导家庭合理控制空调温度。要采取多种形式，深入宣传合理控制空调温度的科学道理，增强全社会的资源忧患意识、节约意识和责任意识，培育科学使用空调、节约用电的良好风尚，倡导广大家庭合理控制空调温度，使之成为每一位公民的自觉行动。

为贯彻落实《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发〔2007〕15号）、《关于加强大型公共建筑工程建设管理的若干意见》（建质〔2007〕1号）文件精神，建设部发布《关于加强国家机关办公建筑和大型公共建筑节能管理工作的实施意见》（建科〔2007〕245号），要求逐步建立起全国联网的国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测平台，对全国重点城市重点建筑能耗进行实时监测，并通过能耗统计、能源审计、能效公示、用能定额和超定额加价等制度，促使国家机关办公建筑和大型公共建筑提高节能运行管理水平，培育建筑节能服务市场，为高能耗建筑的进一步节能改造准备条件。

为全面掌握我国建筑能耗实际状况，促进建筑节能的发展，在广泛听取意见的基础上，建设部组织制定了《民用建筑能耗统计报表制度》（试行）（建科函[2007]271号），并已经国家统计局审核批准。建设部决定在北京、天津、上海、重庆、石家庄、唐山、沈阳、哈尔滨、南京、常州、福州、厦门、济南、郑州、鹤壁、武汉、广州、深圳、海口、三亚、成都、绵阳、西安等 23 个城市，试行民用建筑能耗统计报表制度，取得经验后，将在全国范围内推广。该制度为今后全面了解我国建筑的能耗状况提供了有利的基础。

为加强对全国推广应用建设新技术的指导和限制、禁止使用技术的管理，积极培育和引导建设技术市场的发展，加快建设事业科技进步，依据《中华人民共和国促进科技成果转化法》、《建设领域推广应用新技术管理规定》（建设部令第 109 号）和《建设部推广应用新技术管理细则》（建科[2002]222 号），建设部公告第 218 号《建设部推广应用和限制禁止使用技术》（以下简称《技术公告》），要求积极推进《技术公告》中新技术的推广应用，适时调整产品结构，促进技术升级，确保《技术公告》的实施。对《技术公告》中的限用和禁用技术，施工图设计审查单位、工程监理单位和工程质量监督部门应将其列为审查内容，建设单位、设计单位和施工单位不得在工程中使用。凡违反《技术公告》继续使用限用或禁用技术的，建设行政主管部门不得验收备案；违反《技术公告》并违反工程建设强制性标准的，依据《建设工程质量管理条例》对实施单位进行处罚。

在推进北方采暖地区供热体制改革方面，我国陆续出台了一系列的相关政策。2003 年，原建设部发布《关于印发〈关于城镇供热体制改革试点工作的指导意见〉的通知》（建城[2003]148 号），决定在我国东北、华北、西北及山东、河南等地区开展城镇供热体制改革的试点工作。2005 年，建设部发布《关于进一步推进城镇供热体制改革的意见》（建城[2005]220 号），为进一步推进城镇供热体制改革工作，提出了重点工作的意见。为进一步推进北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造工作，发挥财政资金使用效益，2008 年住房和城乡建设部发布《关于推进北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造工作的实施意见》（建科[2008]95 号），要求“十一五”期间，启动和实施北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造面积 1.5 亿  $m^2$ ，全面推进供热计量收费，实现节约 1600 万 tce。为指导北方采暖地区既有居住建筑供热计量改造工作，

住房和城乡建设部同期还发布了《北方采暖地区既有居住建筑供热计量改造工程验收办法》（建城[2008]211号），对北方采暖地区既有居住建筑供热计量改造工程的验收工作给出了明确的规定。

绿色建筑方面，为贯彻落实科学发展观，促进节约资源、保护环境和建设事业可持续发展，推动我国绿色建筑及其技术的健康发展，规范全国绿色建筑创新奖的管理，原建设部2004年发布了《全国绿色建筑创新奖管理办法》

（建科函[2004]183号）。2009年，为充分发挥和调动各地发展绿色建筑的积极性，促进绿色建筑全面、快速发展，提高我国绿色建筑整体水平，住房和城乡建设部发布了《一二星级绿色建筑评价标识管理办法》（建科[2009]109号），对各地区积极开展一二星级绿色建筑评价标识工作给出了明确的指导。为进一步深入推进建筑节能，加快发展绿色建筑，促进城乡建设模式转型升级，2012年财政部发布《关于加快推动我国绿色建筑发展的实施意见》（财建[2012]167号），要求切实提高绿色建筑在新建建筑中的比重，到2020年，绿色建筑占新建建筑比重超过30%，建筑建造和使用过程的能源资源消耗水平接近或达到现阶段发达国家水平。“十二五”期间，加强相关政策激励、标准规范、技术进步、产业支撑、认证评估等方面能力建设，建立有利于绿色建筑发展的体制机制，以新建单体建筑评价标识推广、城市新区集中推广为手段，实现绿色建筑的快速发展，到2014年政府投资的公益性建筑和直辖市、计划单列市及省会城市的保障性住房全面执行绿色建筑标准，力争到2015年，新增绿色建筑面积10亿m<sup>2</sup>以上。同时，建立高星级绿色建筑财政政策激励机制，对高星级绿色建筑给予财政奖励。2013年，为把生态文明建设融入城乡建设的全过程，加快推进建设资源节约型和环境友好型城镇，实现美丽中国、永续发展的目标，住房和城乡建设部发布了《关于印发“十二五”绿色建筑和绿色生态城区发展规划的通知》（建科[2013]53号）。

按照《关于2009年扩大农村危房改造试点的指导意见》（建村〔2009〕84号）开展农房建筑节能示范的要求，落实《财政部、国家发展改革委、住房和城乡建设部关于下达2009年扩大农村危房改造试点补助资金的通知》，加强对农房建筑节能示范项目的指导和管理，住房和城乡建设部发布了《关于扩大农村危房改造试点建筑节能示范的实施意见》（建村函[2009]167号），要求2009年内结合农村危房改造试点完成东北、西北和华北地区农村1.5万户农房

建筑节能示范项目，同时各地要通过示范项目的实施，开发符合当地实际的农房建筑节能适宜技术，研究提出本地区设计、建材、施工等方面的节能措施和工作指南，建立面向农村居民及技术人员的宣传、技术指导、工匠培训等农房建筑节能推广机制。

为进一步推动可再生能源在建筑领域规模化、高水平应用，促进绿色建筑发展，加快城乡建设发展模式转型升级，2011年财政部、住房和城乡建设部联合印发《关于进一步推进可再生能源建筑应用的通知》，明确“十二五”可再生能源建筑应用推广目标，到2020年，实现可再生能源在建筑领域消费比例占建筑能耗的15%以上。“十二五”期间，开展可再生能源建筑应用集中连片推广，进一步丰富可再生能源建筑应用形式，积极拓展应用领域，力争到2015年底，新增可再生能源建筑应用面积25亿m<sup>2</sup>以上，形成常规能源替代能力3000万吨tce。

在加快推行合同能源管理，促进节能服务产业发展方面，国务院印发《国务院办公厅转发发展改革委等部门关于加快推行合同能源管理促进节能服务产业发展意见的通知》（国办发[2010]25号），通知明确了发展目标是到2012年，扶持培育一批专业化节能服务公司，发展壮大一批综合性大型节能服务公司，建立充满活力、特色鲜明、规范有序的节能服务市场。到2015年，建立比较完善的节能服务体系，专业化节能服务公司进一步壮大，服务能力进一步增强，服务领域进一步拓宽，合同能源管理成为用能单位实施节能改造的主要方式之一。完善促进节能服务产业发展的政策措施有：

#### 1) 加大资金支持力度

将合同能源管理项目纳入中央预算内投资和中央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，符合相关规定的，给予资金补助或奖励。有条件的地方也要安排一定资金，支持和引导节能服务产业发展。

#### 2) 实行税收扶持政策

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。

一是对节能服务公司实施合同能源管理项目，取得的营业税应税收入，暂免征收营业税，对其无偿转让给用能单位的因实施合同能源管理项目形成的资产，免征增值税。

二是节能服务公司实施合同能源管理项目，符合税法有关规定的，自项目取得第一笔生产经营收入所属纳税年度起，第一年至第三年免征企业所得税，第四年至第六年减半征收企业所得税。

三是用能企业按照能源管理合同实际支付给节能服务公司的合理支出，均可以在计算当期应纳税所得额时扣除，不再区分服务费用和资产价款进行税务处理。

四是能源管理合同期满后，节能服务公司转让给用能企业的因实施合同能源管理项目形成的资产，按折旧或摊销期满的资产进行税务处理。节能服务公司与用能企业办理上述资产的权属转移时，也不再另行计入节能服务公司的收入。

### 3) 完善相关会计制度

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。事业单位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计入相关支出。企业采用合同能源管理方式实施节能改造，如购建资产和接受服务能够合理区分且单独计量的，应当分别予以核算，按照国家统一的会计准则制度处理；如不能合理区分或虽能区分但不能单独计量的，企业实际支付给节能服务公司的支出作为费用列支，能源管理合同期满，用能单位取得相关资产作为接受捐赠处理，节能服务公司作为赠与处理。

### 4) 进一步改善金融服务

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。节能服务公司实施合同能源管理项目投入的固定资产可按有关规定向银行申请抵押贷款。积极利用国外的优惠贷款和赠款加大对合同能源管理项目的支持。

## (3) 建筑节能激励措施体系

近年来，我国不断加大对建筑节能的财政支持力度，在可再生能源利用、既有居住建筑供热计量及节能改造、公共建筑节能改造及合同能源管理等方面给予了一系列的激励政策。

### 1) 可再生能源



为促进可再生能源在建筑领域中的应用，提高建筑能效，保护生态环境，节约化石类能源消耗，2006年财政部印发《可再生能源建筑应用专项资金管理暂行办法》（财建〔2006〕460号），安排专项资金支持可再生能源建筑的应用。专项资金支持的重点领域有与建筑一体化的太阳能供应生活热水、供热制冷、光电转换、照明；与建筑一体化的太阳能供应生活热水、供热制冷、光电转换、照明；地表水丰富地区利用淡水源热泵技术供热制冷；沿海地区利用海水源热泵技术供热制冷；利用污水源热泵技术供热制冷；其他经批准的支持领域。

财政部关于印发《国家机关办公建筑和大型公共建筑节能专项资金管理暂行办法》的通知（财建〔2007〕558号），中央财政支持国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监管体系建设（能耗统计、能源审计、能效公示），对中央财政对建立政府办公建筑和大型公共建筑能耗监测平台给予一次性定额补助。

太阳能光电建筑领域，2009年财政部印发《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》的通知（财建〔2009〕129号），针对单项工程应用太阳能光电产品装机容量应不小于50kWp、太阳能光伏组件应与建筑物实现构件化、一体化项目、并网式太阳能光电建筑应用项目、学校、医院、政府机关等公共建筑应用光电项目进行财政支持。2009年补助标准原则上定为20元/瓦，实际标准将根据与建筑结合程度、光电产品技术先进程度等因素分类确定。2010年补贴标准为：对于建材型、构件型光电建筑一体化项目，补贴标准原则上定为17元/瓦；对于与屋顶、墙面结合安装型光电建筑一体化项目，补贴标准原则上定为13元/瓦。

财政部、住房城乡建设部联合印发《可再生能源建筑应用城市示范实施方案的通知》（财建〔2009〕305号），对具备以下条件的地区进行支持：已对太阳能、浅层地能等可再生资源进行评估，具备较好的可再生能源应用条件；已制定可再生能源建筑应用专项规划；在今后2年内新增可再生能源建筑应用面积应具备一定规模；可再生能源建筑应用设计、施工、验收、运行管理等标准、规程或图集基本健全，具备一定的技术及产业基础；推进太阳能浴室建设，解决学校师生的生活热水需求；实施太阳能、浅层地能采暖工程，利用浅层地能热泵等技术解决中小学校采暖需求。资金补助基准为每个示范城市5000万元，具体根据2年内应用面积、推广技术类型、能源替代效果、能力建设情况等因

素综合核定，切块到省。推广应用面积大，技术类型先进适用，能源替代效果好，能力建设突出，资金运用实现创新，将相应调增补助额度，每个示范城市资金补助最高不超过 8000 万元；相反，将相应调减补助额度。

农村地区可再生能源建筑应用方面，财政部、住房和城乡建设部联合印发《加快推进农村地区可再生能源建筑应用的实施方案的通知》（财建[2009]306号），农村可再生能源建筑应用补助标准为：地源热泵技术应用 60 元/m<sup>2</sup>，一体化太阳能热利用 15 元/m<sup>2</sup>，以分户为单位的太阳能浴室、太阳能房等按新增投入的 60% 予以补助。以后年度补助标准将根据农村可再生能源建筑应用成本等因素予以适当调整。每个示范县补助资金总额最高不超过 1800 万元。

针对大宗用户和城乡居民用户使用高效照明产品，财政部、国家发展改革委联合印发《高效照明产品推广财政补贴资金管理暂行办法》（财建[2007]1027 号），大宗用户每只高效照明产品，中央财政按中标协议供货价格的 30% 给予补贴；城乡居民用户每只高效照明产品，中央财政按中标协议供货价格的 50% 给予补贴。补贴资金采取间接补贴方式，由财政补贴给中标企业，再由中标企业按中标协议供货价格减去财政补贴资金后的价格销售给终端用户。

为促进可再生能源开发利用，2012 年，财政部、国家发展改革委、国家能源局联合印发《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》（财建[2012]102 号），对风力发电、生物质能发电（包括农林废弃物直接燃烧和气化发电、垃圾焚烧和垃圾填埋气发电、沼气发电）、太阳能发电、地热能发电和海洋能发电等进行补助。国家投资或者补贴建设的公共可再生能源独立电力系统的销售电价，执行同一地区分类销售电价，其合理的运行和管理费用超出销售电价的部分，通过可再生能源电价附加给予适当补助，补助标准暂定为每千瓦每年 0.4 万元。

为推动分布式发电应用，促进节能减排和可再生能源发展，2013 年，国家发展改革委关于印发《分布式发电管理暂行办法》（发改能源〔2013〕1381 号），对符合条件的分布式发电给予建设资金补贴或单位发电量补贴，对农村、牧区、偏远地区和海岛的分布式发电，以及分布式发电的科学技术研究、标准制定和示范工程，国家给予资金支持。

## 2) 既有居住建筑节能改造

为切实推进北方采暖区既有居住建筑供热计量和节能改造工作，财政部印发了《北方采暖区既有居住建筑供热计量和节能改造奖励资金管理暂行办法》（财建[2007]957号），办法中规定，对建筑围护结构节能改造、室内供热系统计量及温度调控改造、热源及供热管网热平衡改造等改造及财政部批准的与北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造相关的其他支出给予资金奖励，同时对奖励原则和标准给予了明确的定义，切实调动地方人民政府的积极性，推动了北方采暖区既有居住建筑供热计量和节能改造工作。

“十二五”期间，我国启动夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造工作，改善该地区夏季高温、冬季寒冷的室内热环境现状。2012年，财政部印发《夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造补助资金管理暂行办法》（财建[2012]148号），用于奖励夏热冬冷地区既有居住建筑的节能改造工作。办法中规定，对建筑外门窗节能改造、建筑外遮阳系统节能改造、建筑屋顶及外墙保温节能改造及财政部、住房城乡建设部批准的与夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造相关的其他支出给予资金奖励，同时补助资金将综合考虑不同地区经济发展水平、改造内容、改造实施进度、节能及改善热舒适性效果等因素进行计算，并将考虑技术进步与产业发展等情况逐年进行调整。

### 3) 公共建筑节能

为切实推进国家机关办公建筑和大型公共建筑节能管理工作，提高建筑能效，2007年，财政部印发《国家机关办公建筑和大型公共建筑节能专项资金管理暂行办法》（财教[2007]558号），安排专项资金用于支持国家机关办公建筑和大型公共建筑节能。专项资金用于建立建筑节能监管体系支出，包括搭建建筑能耗监测平台、进行建筑能耗统计、建筑能源审计和建筑能效公示等补助支出，其中，搭建建筑能耗监测平台补助支出，包括安装分项计量装置、数据联网等补助支出；建筑节能改造贴息支出；财政部批准的国家机关办公建筑和大型公共建筑节能相关的其他支出。同时在建立起有效的建筑节能监管体系、节能量可以计量基础上，中央财政对采用合同能源管理形式对国家机关办公建筑和大型公共建筑实施的节能改造，予以贷款贴息补助。地方建筑节能改造项目贷款，中央财政贴息50%；中央建筑节能改造项目贷款，中央财政全额贴息。建筑节能改造项目，必须在建筑节能监管范围之内；建筑节能改造贷款必须是用于建筑节能改造直接支出而发生的贷款。

财政部、住房城乡建设部为进一步开展公共建筑节能工作，联合印发《关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》（财建[2011]207号），确定实施重点城市公共建筑节能改造，对改造重点城市，中央财政将给予财政资金补助，补助标准原则上为20元/m<sup>2</sup>，并综合考虑节能改造工作量、改造内容及节能效果等因素确定。重点城市节能改造补助额度，根据补助标准与节能改造面积核定，当年拨付补助资金总额的60%，待完成竣工验收，财政部、住房城乡建设部对实际工作量及节能效果审核确认后，拨付后续补助资金。同时，推动高校等重点公共建筑节能改造，补助标准及资金拨付，按照上述重点城市公共建筑节能改造办法执行。

#### 4) 合同能源管理

2010年，为支持推行合同能源管理，促进节能服务产业发展，财政部、国家发展改革委联合印发《合同能源管理项目财政奖励资金管理暂行办法》（财建[2010]249号），办法中对合同能源管理项目和节能服务公司的支持条件做出了明确的规定。

申请财政奖励资金的合同能源管理项目须符合下述条件：

- （一）节能服务公司投资70%以上，并在合同中约定节能效益分享方式；
- （二）单个项目年节能量（指节能能力）在10000吨标准煤以下、100吨标准煤以上（含），其中工业项目年节能量在500吨标准煤以上（含）；
- （三）用能计量装置齐备，具备完善的能源统计和管理制度，节能量可计量、可监测、可核查。

申请财政奖励资金的节能服务公司须符合下述条件：

- （一）具有独立法人资格，以节能诊断、设计、改造、运营等节能服务为主营业务，并通过国家发展改革委、财政部审核备案；
- （二）注册资金500万元以上（含），具有较强的融资能力；
- （三）经营状况和信用记录良好，财务管理制度健全；
- （四）拥有匹配的专职技术人员和合同能源管理人才，具有保障项目顺利实施和稳定运行的能力。

另外，对符合要求的合同能源管理项目和节能服务公司的奖励资金由中央财政和省级财政共同负担，其中：中央财政奖励标准为240元/吨标准煤，省级

财政奖励标准不低于 60 元/吨标准煤。有条件的地方，可视情况适当提高奖励标准。

## 2. 建筑节能标准

### (1) 建筑节能标准发展历史

自上世纪八十年代初建设部开始组织开展建筑节能工作以来，便开始了相关标准的编制工作，由于当时人力物力的限制，当初根据地区、建筑类型考虑确定了开展的先后顺序：先北方（严寒和寒冷地区），然后中部（夏热冬冷地区），最后南方（夏热冬暖地区）；先居住建筑，后公共建筑；先新建，后改造。

随着建设科技的发展，相关建筑节能技术的提高及材料设备的不断更新，在相关的建筑节能设计标准中，对于从具体建筑节能的要求来看，已经经历了三个步骤，当前全国已经实现了所谓的“三步节能”，就是建筑供暖能耗节能强制性标准的第三阶段，即要求新设计的采暖居住建筑能耗水平在 1980~1981 年当地通用设计能耗水平的基础上节约 65%。第一阶段是 1988 年强制执行的，在 1980~1981 年当地通用设计能耗水平的基础上节约 30%；第二阶段是 1997 年强制执行的，在 1980~1981 年当地通用设计能耗水平的基础上节约 50%；第三阶段是 2010 年强制执行的，在 1980~1981 年当地通用设计能耗水平的基础上节约 65%。北京、天津等一些城市较高的地方已经实施到了“四步节能”。如图 A1 所示的我国建筑节能相关标准发展历史及路线图计划。

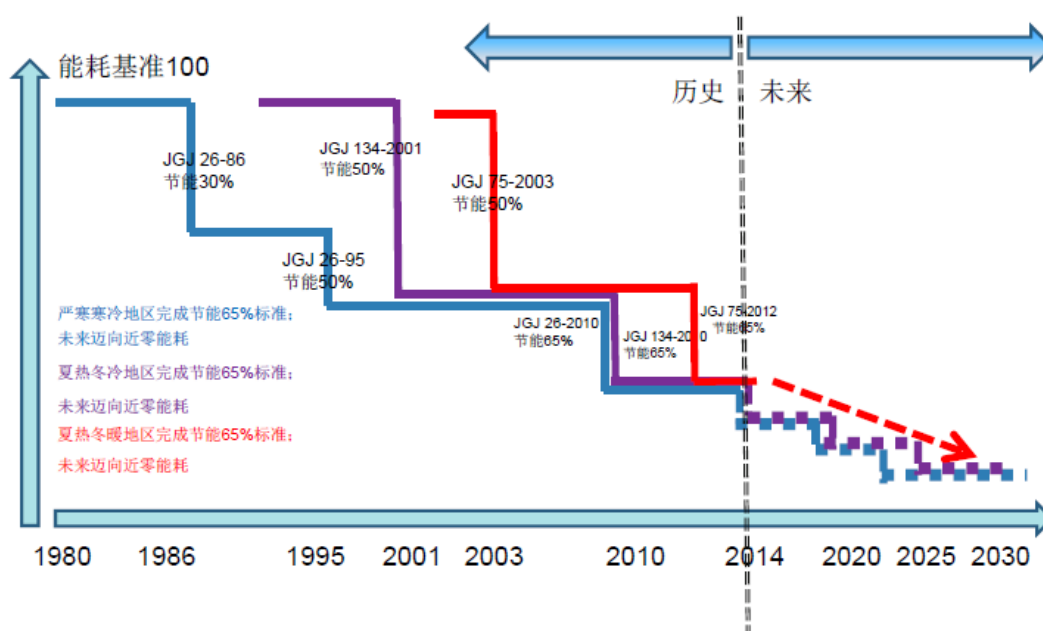


图 A1 我国建筑节能标准发展历史及未来计划

(2) 建筑节能标准体系

从国家层面来讲，建筑节能标准作为工程建设标准的组成，分散在各专业标准体系中，多数节能标准是根据节能工作的需要而单独确定的，并未从建筑节能标准体系的整体上来考虑和设置。通过对建筑节能标准体系的研究，建立起了一个符合我国国情，由目标层次、工程层次和产品层次构成的完整建筑节能标准体系，如图 A2，主要构成如下：

1) 目标层次的标准：提出对各气候区域中各类型建筑的总体节能目标要求。

2) 工程层次的标准：利用一个或多个专业的技术，以完成目标层次标准提出的要求为最大目的。此层次包括设计、建造、运行（使用）、检测与评价等 4 个环节。每个环节均涉及与节能有关的多个专业，每个环节都要有自己的分框架图。

3) 产品层次的标准：对上层次标准中为达到目标要求或工程要求而采取的技术措施所可能涉及的材料、设备、制品、构配件、机具、仪器等标准。此层次标准隶属产品标准范畴，纳入此层次的产品标准均直接或间接地与建筑节能相关，服务于上层标准。

该体系是开放性的，随着节能技术的进步和节能要求的提高，将补充调整相关标准项目。

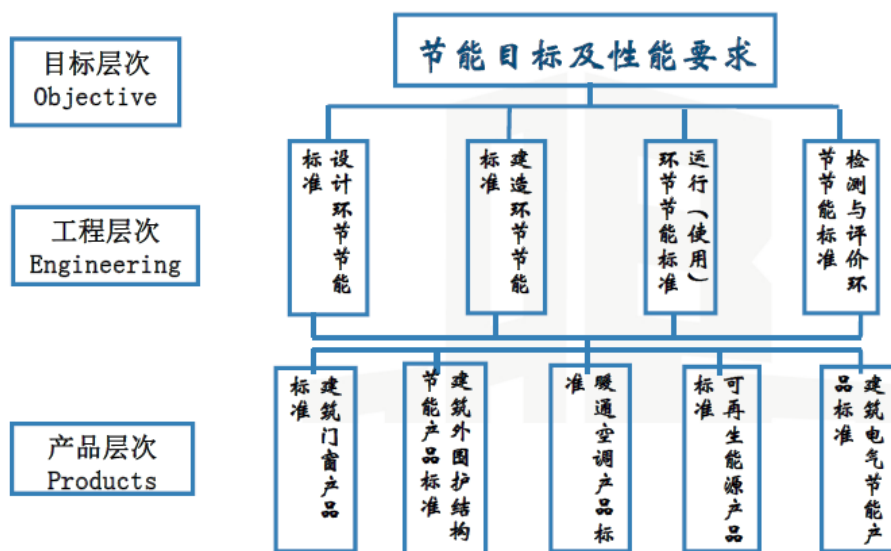


图 A2 建筑节能标准体系构成

从目前我国已颁布实施的建筑节能标准来看，是以强调建筑节能过程的管理与控制为主，涵盖了建筑设计、建造、运行和评价环节，包括对各种节能技术措施应用的规定，但主要针对新建建筑，尚未真正实现对用能终端的节能监管，未能体现结果导向控制的原则与要求。

目前我国正在编制的《民用建筑能耗标准》，则是以实际的建筑能耗数据为基础，制定符合我国当前国情的建筑能耗指标，强化对建筑终端用能强度的控制与引导，进一步完善我国建筑节能标准体系，最终实现建筑节能的目标。

该标准以降低高能耗建筑的实际能耗值为目的，并结合我国当前建筑节能技术、经济、社会发展的需求，制定科学、合理、可操作性强的建筑能耗约束性指标，为国家宏观管理部门实施建筑用能限额管理提供关键技术支撑。同时，以建筑能耗约束性指标为基线，对于国家机关办公建筑和大型公共建筑等高能耗建筑实施强制性节能改造，实现以实际建筑节能效果为导向，严格控制建筑能耗增长。

### 3. 建筑节能技术研发

#### (1) 围护结构节能技术

本技术首次在国内引入了线传热系数的概念，用以对不同材料组合的围护结构构造的热工性能进行定量描述。该指标描述了在单位温差下，通过单位长度围护结构节点部位所增加的热流，其大小直观地反映了节点部位对围护结构主体热工性能的影响程度。研究中通过大量的理论分析、实验研究等工作，在结合我国建筑构造特点的基础上，确定了基于空间传热分析计算、以线传热系数为主要指标的一整套围护结构热工性能评价技术。

研究中开发了完全自主知识产权的专用模拟计算软件 **PSI**。并将该软件的计算结果与实验测试、国外相关软件以及 **ISO** 标准进行了比对，确认了软件计算结果的准确性。该软件采用图形交互方式输入，内置国内常用材料库，使用方便。为进一步推广本研发技术，将软件附于《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》（**JGJ26-2010**）中，供广大设计、研发人员免费使用，以利于促进我国在节能围护结构产品研发、节能围护结构体系开发，节能建筑设计水平的提高。同时，课题组为使研究成果更好地应用到建筑设计中，从降低技术的使用难度、减少应用中的复杂计算、减轻设计负担等方面考虑，并充分考虑建筑师的工作习惯，编制了《建筑围护结构节能工程做法及数据》**09J908-3**，《建

筑构造通用图集——外墙外保温》08BJ2-9 等标准图集，以便于成果在设计环节的推广和使用。

同时，以该项技术为手段对一种新型外墙保温装饰板进行了研发和改进，促进了该产品的技术进步和应用推广。该产品已形成年产 300 万  $\text{m}^2$  的产能，超过 200 万  $\text{m}^2$  的建筑应用，年产值达 6 亿多元。通过本技术在该项目上的应用，也为其它围护结构材料及产品的研发和改进提供了可以借鉴的技术路线和研发经验，将促进整个行业的技术进步与发展。

### （2）高性能保温板

该高性能保温板有导热系数低、防火性能好的优点。其导热系数低于  $0.008 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ，仅为常用的 EPS 板导热系数的 19%，PU 的 24%，导热系数值较常用保温材料降低了 80% 左右。照此计算，采用该种保温材料的多层居住建筑，保温层厚度只需 15mm 即可满足新版建筑节能设计标准的要求。即使是严寒 A 区的底层建筑，保温层也仅需要 35mm。从而使建筑保温层厚度大幅降低，再考虑到材料优异的防火性能，这些都为简化建筑的节点构造做法及提高施工质量创造了条件。

本技术将建筑中常用保温材料的导热系数由  $0.04 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  左右降低至  $0.008 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ，保温性能提高 80% 左右，这将极大地降低建筑外围护结构的保温层厚度，节约了资源的消耗，简化了建筑构造和施工工艺，为提高建筑节能工程的质量创造了条件。该项目的顺利完成，可以有力地促进保温材料及产品市场的发展，开拓建筑围护结构节能设计的新思路，提升了建筑节能领域的技术含量，扩大了进一步降低建筑能耗的空间，有利于建筑节能事业的持续、健康发展。

本研究成果填补了国内在高性能保温板研究和应用方面的空白，所开发的产品适应市场需求，打破了困扰目前建筑保温材料发展的瓶颈，为进一步推动国内的建筑节能工作意义重大，并将为建筑节能工作开创新局面。

### （3）TS 干挂保温防水装饰一体化外保温技术

建筑外保温技术向无湿作业的干挂技术方向发展已成行业发展所必须。随着建材技术的迅速发展和新产品的不断涌现，建筑外墙（屋面）外保温实现多种装饰靓丽外观也必将成为现实。与此同时应用发泡聚氨酯保温材料适应今后不断提高的节能标准也成为最佳选择。工厂化生产、标准化供应产品、规范化



推广技术、装配化施工、实现外保温技术现场零污染化干作业、节水、节能、环保，也必将成为我国外保温行业未来的必然技术方向。本技术在外保温干挂无湿作业，薄型装饰板浇注发泡聚氨酯不变形，浇注装备小型化，一套技术使用多种装饰板与多种保温材料套餐式组合，多重复合联结构造、工厂化生产、装配化施工、标准化保证等多方面填补国内外空白，实现首创，并且能适应持续提高的节能标准要求，对各地区有广泛适应性，一次实现保温防水装饰一体化多功能达到国内外领先水平。同时形成自主知识产权的专利成套技术体系。其独创性、新颖性、施工简便和实用性、经济性已广泛受到行业内专家和建设部门的重视，也受到使用此技术的客户称赞。中国建设报连续六次分系统报道此技术研发。中央电视台二套节目专题报道及中国技术市场报整版报道等在行业内引起强烈反响。

TS 保温防水装饰干挂外保温技术是以应用发泡聚氨酯为主，同时应用 XPS、EPS、PU 保温板材及 UPVC 板、氟碳板，人工石材薄板、铝塑板、纤瓷板、彩色金属板、搪瓷瓦等多种墙面、屋面饰面材料进行组合。

该外保温技术的施工工艺以现场先锚固饰面板后浇注发泡聚氨酯，或工厂化生产保温装饰复合型板后再现场锚固两种施工方式，完成外墙（屋面）外保温（隔热）的工程施工。装饰板的安装采用三维可调镀锌金属龙骨快捷地完成装饰板上下左右空间位置调整定位，确保装饰板表面平整度要求。用拉铆钉或螺钉紧固在龙骨支架，确保永久可靠强制连接。实现保温层厚度可调。金属龙骨完全密封在聚氨酯保温层中确保无腐蚀并成为保温层锚栓。装饰板接缝用硅酮胶密封。本技术以公共建筑节能工程为主要适应目标，同时也可以满足其他各类建筑物外保温工程要求。

硬质泡沫聚氨酯工业技术成熟。但引入建筑工程技术具有科学性和可操作性问题，该技术的研究关键是成套工程技术与该项工程技术与管理、标准必须相融和相配套，但决不是几种保温材料、相关高分子化学研究所能代替的，它必然是建筑工程技术科学革新与创新的研究，它将给建筑节能相关行业带来巨大科学发展产业链的突破，形成我国同行业共同努力、相互协做、共同配套、相互发展的氛围，使我国建筑节能外墙保温技术处于世界前列。

#### （4）非平衡保温构造原理和构造体系

非平衡保温的理论有效解决了被动式太阳能居住建筑保温构造的理论问题，为被动式太阳能居住建筑进行保温设计提供了科学依据，正是基于非平衡保温的理论，课题组提出了非平衡保温的构造体系，有效解决了被动式太阳能居住建筑的保温构造设计存在的问题。为被动式太阳能居住建筑在太阳能富集的严寒和寒冷地区推广提供了理论和技术支持。此前关于被动式太阳能居住建筑的研究主要集中于建筑的集热和蓄热，忽略了被动式太阳能居住建筑的保温问题，使得被动式太阳能居住建筑室内热环境质量稳定性差，导致该类建筑主要用于实验研究，没有得到有效的推广。非平衡保温理论和构造体系的提出，有效解决了该问题，在充分利用太阳能的基础上，实现了室内热环境质量的稳定性，还能够实现太阳能利用与建筑保温的有效结合，提高了被动式太阳能居住建筑的生命力，为被动式太阳能居住建筑的进一步推广提供了条件。

如何解决非平衡保温的理论问题，即不同朝向外围护结构的传热系数限值，这是非平衡保温的理论的核心问题。通过计算不同朝向围护结构在室外综合温度下的传热量，来确定各个朝向适应的传热系数，得到各朝向不同的传热系数即非均匀传热系数。研究通过理论分析、计算、示范建筑实测及动态模拟，获得了在我国太阳能富集地区，采用被动式太阳房的居住建筑，其东西南北四个朝向适宜采用的传热系数，南墙非均匀传热系数 $\leq 2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ，并且热惰性指标 $\geq 4.5$ ，东西向传热系数为北向的 1.2 倍，其中北向传热系数为非均匀传热系数的基准传热系数，基准传热系数不大于  $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  时，低能耗居住建筑具有较好的室内热环境。

非均匀传热系数突破了现有节能标准中建筑外围护结构各朝向传热系数相同规定，随之使得对于窗墙面积比的现行规定也有所改进，提高了南向窗墙面积比，以适应太阳能采暖为主的建筑设计的需求。通过内围护结构构造对室内温度稳定性影响分析得出，南向房间的地板是最重要的蓄热体，南向房间楼板系统面层材料使用导热系数大的地砖等材料，有利于楼板的蓄热、降低室内温度波动。应用非平衡保温理论，提出了适宜我国太阳能丰富地区的非平衡保温构造体系，分别规定了东西南北各朝向以及屋顶等外围护结构的传热系数，并且给出了各朝向适宜的窗墙面积比。对于采用外保温或夹芯保温构造的其它朝向节能墙体，通过基准传热系数对室内温度影响的分析得出，随着基准传热系

数的增大室内温度降低，特别是对边侧房间室内温度影响显著。基准传热系数的减小，对整个建筑的室内热环境均有改善作用。

#### （5）轻型屋顶绿化节能技术

现有的屋顶绿化技术对屋顶荷载都有要求，需要事先设计，建成后还需要人工管理，而城市大量的既有建筑屋顶大都是活荷载不大于  $100\text{kg}/\text{m}^2$  的轻型屋顶，不具备做屋顶绿化的技术条件，许多屋顶还没有上人通道，无法进行管理。因此，针对这些量大面广的轻型屋顶，研究和开发荷载轻、基本不需人工管理的轻型屋顶绿化节能技术，通过屋顶绿化对气候的调节利用作用改善室内热环境、减少能源消费在南方地区具有重要意义。

开发的种植容器绿化模块技术具有屋面现场安装方便、快捷、清洁等优点，并且与屋顶结构独立、自成一体，不会对屋顶防水产生不利影响，特别适用于南方城市既有建筑屋顶生态化节能改造。该项技术应用在没有采取保温隔热措施的屋顶上，在夏季室内空调环境下可减少屋顶传热量 70% 以上，可降低屋顶内表面温度  $3^\circ\text{C}$  以上，室内热舒适指标  $\text{PMV}$  的平均值可降低 0.19、最大值可降低 0.4，空调期间平均每天房间的空调耗电量可减少  $0.1\text{ kW h}/\text{m}^2$  左右，相当于屋面附加了当量热阻  $1.0\text{ m}^2\text{ K}/\text{W}$  左右。如果每年夏季空调期按 60 天（7、8 月）计算，则单位面积屋顶绿化每年可减少空调用电量  $6\text{ kW h}$ 。以空调用电高峰城市上海为例，上海市现有平屋顶面积约 2 亿  $\text{m}^2$ ，如果其中的 1%（200 万  $\text{m}^2$ ）推广屋顶绿化，则每年可减少空调用电量 1200 万  $\text{kW h}$ ，约为 0.46 万吨标准煤的发电量，相当于减少了 0.92 万吨二氧化碳排放量。如果广泛应用于南方城市屋顶将会取得更大的节能环保效益。

轻型屋顶绿化技术是适应南方地区湿热气候条件的生态节能措施，其显著的节能效果来自于对气候资源的廉价高效利用，所使用的种植材料可以就地取材、重复使用和循环使用，可以做到全寿命周期节能环保。随着城市的不断发展，城市绿化用地的供需矛盾日益突出，利用城市大面积的屋顶发展绿化，既可推进城市生态化建设，又可满足建筑节能的要求，达到节能、节地、节材和改善室内外环境多重效益。因此轻型屋顶绿化节能技术具有广泛的应用前景。

#### （6）建筑外遮阳设计技术

该技术在建筑遮阳技术的理论研究和实验研究方面有以下两个创新性成果：

1) 建立了百叶等复杂遮阳系统热过程模型, 实现了全年动态逐时的遮阳系数计算把外百叶遮阳系统看成是一层特殊的玻璃, 它对太阳辐射有吸收、反射和透过的特性。通过求解百叶板间的上述光学特性方程可以得到百叶遮阳系统对室内太阳辐射得热量的影响, 结合能耗计算软件可以得到百叶遮阳系统对建筑全年空调能耗的影响程度。解决了目前应用广泛的百叶遮阳构造外遮阳系数如何评定的问题。

2) 通过实验获得了窗口内外遮阳构造的遮阳性能差异

应用深圳市建筑科学研究院有限公司的遮阳性能检测实验台, 进行了不同内、外遮阳构造的遮阳性能检测, 通过实验发现窗口内遮阳可以削减 60% 以上的太阳辐射, 而窗口外遮阳可以削减 75% 左右的太阳辐射热。纤维织物遮阳材料的内遮阳系数是外遮阳系数的 1.40~1.6 倍; 浅黄色布艺帘的内遮阳系数是外遮阳的 1.23 倍; 银灰色抛光铝合金百叶帘内遮阳系数是外遮阳系数的 2.15 倍。

(7) 无机集料保温灰浆保温体系集成技术

保温灰浆一般是指由胶凝材料、轻骨料以及其它多种化学外加剂等复合组成的能对建筑物墙体起到保温作用的砂浆。无机集料保温灰浆是指用具有绝热保温性能的低密度无机颗粒做为轻质骨料, 采用合适的胶凝材料及其他多元复合外加剂, 按一定比例经一定的工艺制成的保温抹面材料, 可以直接涂抹于墙体表面, 它较一般抹面砂浆有质量轻、保温等优点。无机集料保温灰浆具有施工性好、耐候、防火、耐水、抗裂性好等特点, 适于大面积推广。

研究了保温灰浆各组分尤其是无机集料对其各种性能的影响规律, 获得导热系数不同的保温灰浆的最佳配合比范围。研究了各因素对保温灰浆施工性能、物理力学性能及保温性能的影响规律, 为进一步改善膨胀保温灰浆的整体性能提供技术参考, 得出无机集料保温灰浆施工性能、力学性能和保温性能的平衡点, 进而得到各项性能均较优良的导热系数宽幅可调的高效膨胀珍珠岩保温灰浆组成范围。采用常用的三种混合设备, 研究提出了适于生产无机集料保温灰浆的混合设备及混合工艺。

同时, 完成了无机集料保温灰浆施工时的混合设备、施工方式、施工工具和工艺参数等工艺条件对性能影响。探索了砂浆组分和机械参数对机喷无机集料保温灰浆性能的影响。基于对无机集料保温灰浆结构与组成、生产工艺和施工工艺的研究, 进行无机集料保温灰浆外墙外保温试点工程; 得出施工、力学

和热工等性能较为优良的配方组成范围。最终获得保温性能和物理力学性能均良好的无机集料保温灰浆集成技术，满足夏热冬冷地区建筑节能的需求。

我国地域广阔，南北气候情况差异较大，由于无机集料保温灰浆独有的特点，在不同地区有不同的作用。我国要成为经济大国，能源问题不容忽视，无机集料保温灰浆的使用不仅可以节省很多能源（比如电能，水能等），还可以综合利用矿产废渣、工业废料。

#### （8）夏热冬冷、夏热冬暖地区墙体自保温新型节能技术

本技术充分变江河、湖泊淤泥、城市污泥等高有机质含量的不利因素为制造高性能微孔砖的有利因素，用江河、湖泊淤泥、城市污泥等制造出适合夏热冬冷地区节能 50% 节能建筑自保温体系的砖的技术成为国内首创，淤泥烧结保温砖墙体自保温体系相对于墙体外保温体系等复合保温体系而言，具有与建筑物同寿命、施工方便、建筑通病少等优势，具有显著的环境保护社会效益和经济效益。

制成湖泊淤泥砖样品，并通过设计优化，确定湖泊淤泥砖性能指标，完成产品定型。湖泊淤泥砖强度承重型不小于  $Mu10$ ，填充型不小于  $Mu5$ ，导热系数不大于  $0.4W/(m \cdot k)$ ，240 厚墙体性能指标达到节能 50% 要求的传热阻。产品制作工艺先进，经济合理；湖泊淤泥外掺料技术性能满足工艺要求，性能价格比高。

完成相应的应用技术研究，研究开发了淤泥烧结节能砖墙体自保温技术，该技术构造合理、适用性强、施工方便、耐久性好、经济实用，适用于夏热冬冷地区节能 50% 的节能建筑外围护结构承重或非承重自保温墙体。完成该新型墙体材料在节能建筑应用中的设计、施工等技术、措施研究，形成一种适合我国夏热冬冷、夏热冬暖地区的墙体自保温新型节能技术。

形成高效节能的生产工艺，湖泊淤泥淘挖、运输，淤泥砖生产的陈放、成型等工艺过程环保、经济；扶持一个墙材企业，年生产能力达 6000 万条量标砖，可形成年产值达 1300 万元，湖泊淤泥制砖生产能力达到要求。

试点工程竣工已超过 15 万  $m^2$ 。研究、试点示范期间，完成溇湖清淤、处理淤泥总量达到 60 万  $m^2$ ，对环湖生态或水系不产生二次负面影响。

技术成果已获产业化，可以形成年产值 1300 万以上的产业。本技术，一方面解决江河湖泊淤泥、城市污泥及其他多种工农业废弃物的出路，可以减少填

埋、冲淤等费用、废弃物处理费用及环境负面影响，起到变废为宝，节约土地，充分利用资源，充分利废，缓解资源紧张，减少环境污染，保护环境，实现循环经济和可持续发展的作用。

采用湖泊淤泥—城市污泥砖建造的节能建筑，结构安全、耐久、防火、耐冲击、施工方便、综合成本低、建筑通病少、与建筑物同寿命，建筑节能水平达到节能 50% 以上。采用该技术可以改善城镇居民的居住条件，改善室内热环境，提高住宅建设水平，引导住宅消费转向更加注重住宅内在功能质量，提升行业的科技水平，推动住宅产业健康持续发展。

同时为建筑行业提供一种与建筑同寿命的成熟的外墙自保温技术，通过技术推广应用垂范建筑行业，提升行业的技术水平，推动建筑行业的技术进步，成为依靠科技创新来解决城市化进程的建筑节能问题，实现可持续发展的一个范例。

#### (9) 多热源联合供热系统优化运行调度技术

我国城市供热系统热源正向多种形式、多种燃料、多种规模的热源同时供热方向发展，本研究针对城市采暖面积急剧增加热力供应不足、热源系统能耗高、当前燃煤、燃气联合供热系统运行管理中存在的理论问题进行研究，给出了多热源联合供热系统负荷预报方法，提出了多热源优化运行调度技术、水泵优化运行调度技术、锅炉负荷优化分配技术。

本技术发现了引起热电联产供热系统能耗较大的“调峰三角区”和“低效率三角区”，给出了不同纬度城市小型燃气调峰热源的节能潜力，提出了减小两个三角区的方法。建立了基于灰色理论和模糊综合优化法相结合的联合供热系统的多指标综合优化模型。给出了不同连接方式与调峰方式下，适用于多热源联网供热的运行方案及其具体的调度方法。基于管网可及性理论，给出了单热源和多热源供热系统满足管网可及性的条件及多热源联网供热系统水泵优化调度的方法。提出了锅炉房内部每台锅炉热负荷优化分配的方法及该类型热源的锅炉运行方案。提出了以负荷预报为基准进行质调量调解耦的节能控制方法，给出了基于支持向量回归和误差区间估计的区间预报法。

#### (10) 锅炉房的适量供热调节技术

锅炉房适量供热调节技术，改变了常规的供热调节方法，实现了大温差小流量运行，最大限度的发挥了循环泵变频调速节电优势，为供热系统节能提供

了新的有效的手段。本技术适用于供热锅炉房的节能改造和节能运行，特别适合于实现热计量以后的系统调节。

#### （11）输送系统节能技术

本技术解决了枝状网、环状网、多热源分布式变频水泵供热系统的设计及运行中的关键问题，为分布式变频水泵供热系统优化设计和运行提供了理论支持。为我国供热系统降低输送能耗，提供了全套的技术。适用于既有热网的节能改造及新建热网的节能设计。

#### （12）多栋建筑联合热计量技术

本技术解决了既有建筑采暖系统贸易结算表设置难题，解决了如何减少分摊系统总热量表数量的问题，有更好的可实现性、通用性、灵活性和低成本的优点。本技术为多栋居住建筑的热量计量，提供简单、可靠的适用方法；将热计量系统变得简单，减少了安装工作量、维护工作量；减少总表数量，降低投资。本技术已经在多个城市中应用。

多栋建筑联合热计量技术，适用于供热管网支路上连接着多栋建筑情况下的热计量收费；也适用于采暖系统分区的高层建筑以及同一栋建筑内有多种用途用户（如住宅下部有商服）的的热计量收费。

#### （13）太阳能在建筑中规模化应用的关键技术

本技术中，中高温太阳能集热器、集热管、家用太阳能热水系统热性能可移动式检测装置、用于建筑供热系统的多能源加热装置、太阳能供热采暖空调系统优化设计软件都通过了科技成果评估，达到了国际先进或领先水平。中高温集热器、集热管更是填补了国际空白，将开辟太阳能热利用的新时代；可移动式太阳能热水器热性能检测装置的研制成功大大提升了国内太阳能热利用行业的检测能力，将在太阳能热水器能效标识工作中发挥巨大作用；用于建筑供热系统的多能源加热装置具有高集成度和较好的经济性，有利于太阳能热利用系统的推广应用；太阳能供热采暖空调系统优化设计软件结合最新标准，能进行大规模太阳能供热采暖系统的设计计算，操作简便，符合我国国情；这些技术的成功推广有利于提升太阳能热利用产品及工程的应用水平，促进太阳能在建筑中的应用。

#### （14）水源地源热泵高效应用关键技术

本技术在充分分析研究我国区域气候特征、水资源条件、地质环境等基础上，系统收集了区域地形地貌、气象水文、地质背景、水文地质条件、社会经济概况等方面的资料（全国性、地区性及分省的），通过分析影响我国水源地源热泵建设的几个重要因素，利用层次分析法，建立了水源地源热泵技术适宜性评价的指标体系，首次对我国土壤源热泵、地下水源热泵、地表水源热泵、污水源热泵与海水源热泵系统的适宜性进行了分区，开展了全国水源地源热泵建设的应用规划。将我国已经实施水源地源热泵的区域与评价结果进行分析比较，该技术成果的应用对于指导我国各地开展水源地源热泵系统规划、推进浅层地温能在我国的发展、促进我国可再生能源利用具有重要意义。

#### （15）城市环境改善技术

随着城市的发展，特别是近年来，城市发展迅速，城市环境越来越差。城市环境改善技术包括建筑绿化技术和人工湿地技术，通过这些技术的应用改善建筑内部及其周围的环境。

建筑绿化技术是建筑利用树木、攀援类植物遮阳、隔热，可以借助于植物自身的光合作用，蒸腾、蒸散作用和光调节作用，将太阳辐射转化为新的能量形式而消耗掉。而且植物在蒸腾、蒸散过程中，除将太阳能转化为热效应外，还要吸收周围环境中的能量，从而降低了环境温度，造成能量的良性循环利用。据实测情况分析，建筑物绿化可使室内环境温度较室外环境温度低约 3~9℃；绿化状态下室外环境温度可望降低约 4℃；可减少空调负荷约 12.7%；在中午高温时刻，缝制温将作用更为明显，可达到 6℃，减少空调负荷 20%。建筑绿化包括中庭绿化、垂直绿化和屋顶绿化。

人工湿地是由人工建造和控制运行的与沼泽地类似的地面，将污水、污泥有控制的投配到经人工建造的湿地上，污水与污泥在沿一定方向流动的过程中，主要利用土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物三重协同作用，对污水、污泥进行处理的一种技术。其作用机理包括吸附、滞留、过滤、氧化还原、沉淀、微生物分解、转化、植物遮蔽、残留物积累、蒸腾水分和养分吸收及各类动物的作用。

人工湿地是一个综合的生态系统，它应用生态系统中物种共生、物质循环再生原理，结构与功能协调原则，在促进废水中污染物质良性循环的前提下，充分发挥资源的生产潜力，防止环境的再污染，获得污水处理与资源化的最佳



效益。人工湿地的植物还能够为水体输送氧气，增加水体的活性。湿地植物在控制水质污染，降解有害物质上也起到了重要的作用。

人工湿地污水处理技术经过多年的发展和研究，根据湿地中主要植物形式将人工湿地划分为：1、浮游植物系统；2、挺水植物系统；3、沉水植物系统。其中沉水植物系统还处于实验室研究阶段，其主要应用领域在于初级处理和二级处理后的精处理。浮游植物主要用于去除和提高传统稳定塘效率。目前一般所指人工湿地系统都是指挺水植物系统。国内外学者从工程设计的角度出发，按照系统布水方式的不同或水在系统中流动方式不同将人工湿地处理系统划分为以下几种类型：自由水面人工湿地处理系统、人工潜流人工湿地处理系统、垂直水流型人工湿地处理系统。

#### （16）建筑节能设计及优化技术

建筑能耗性能的优化途径很大一部分决定于建筑设计阶段。根据国内外的调研和大量实际工程表明，约 30% 的节能潜力来自于建筑设计阶段。建筑节能设计及优化技术主要体现在使用计算机进行建筑节能优化设计，使用新型的建筑节能材料，优化建筑结构设计、提高建筑空间设计的合理性，增加可再生能源和新能源的利用。

#### （17）被动房技术

“被动房”是建筑节能理念和各种技术产品的集大成者，通过充分利用太阳能、地热能等可再生能源使采暖消耗的一次能源不超过  $15\text{kW}/\text{m}^2$  的房屋。

被动式太阳房是指仅仅依靠建筑物方位的合理布置，通过窗、墙和屋顶等建筑构件的专门设计以及选用性能优良的建筑材料，以自然交换的方式（辐射、对流和传导）来获取太阳能的一种系统形式。被动式太阳房以冬季能采暖，夏季可散热，达到冬暖夏凉为主要目标。这类太阳房不需要添置如水泵、管道等附加设备，因此构建方便，造价低，能节约常规能源，也不需要特殊的日常维护。它的不足之处是对太阳能的接收和利用效率低，因而建筑物的热工性能指标也较低。

按太阳能的采集方式，被动式太阳房主要有直接受益式、集热—蓄热墙式、蓄热屋顶式、温室—蓄热式四种基本类型。

#### （18）建筑照明系统节能技术

照明系统节能主要包括灯具节能和控制节能。选用高光效节能电光源与节能灯具是降低照明用电的核心，高效光源就是光效高、使用寿命长、而且显色性能满足特定的使用要求的光源，如 T5 型荧光灯、LED 灯。

#### （19）可再生能源技术

可再生能源包括太阳能、水力、风力、生物质能等，它们在自然界可以循环再生。常用的技术有太阳能热水技术、太阳能光伏发电技术、太阳能采暖技术、太阳能制冷技术、风力发电、风力致热、地源热泵技术、地热发电技术等。

#### （20）建筑节能施工技术

建筑节能施工技术体现在对进场材料设备的控制、施工过程工艺的控制和节能施工质量的验收。

### 4. 建筑节能产品

#### （1）用于建筑围护结构的新型建筑材料

保温材料：聚氨酯树脂泡沫塑料、酚醛树脂泡沫塑料、聚苯乙烯泡沫塑料、轻质保温砌块；

保温涂料：阻隔性隔热涂料、反射隔热涂料、辐射隔热涂料、相变涂料；

保温砂浆：无机保温砂浆、有机保温砂浆（聚苯颗粒（EPS）保温砂浆）。

#### （2）建筑门窗

新型门窗有铝塑铝复合门窗，其外面两侧是铝合金型材，中间隔热体是改性多腔 PVC 型材。其优点是既有铝合金的高强度，又有塑料隔热的特点，具有非常好的隔热节能效果。

铝塑复合门窗，又叫断桥铝门窗，是继铝合金门窗，塑钢门窗之后一种新型门窗。断桥铝门窗采用隔热断桥铝型材和中空玻璃，仿欧式结构，外形美观，具有节能、隔音、防噪、防尘、防水功能。这类门窗的热传导系数 K 值为  $3\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$  以下，比普通门窗热量散失减少一半，降低取暖费用 30% 左右，隔声量达 29 分贝以上，水密性、气密性良好，均达国家 A1 类窗标准。

#### （3）建筑幕墙

双层呼吸式幕墙：双层呼吸式幕墙是一种特殊的幕墙系统，与传统建筑幕墙有本质区别。主要由外层幕墙、内层幕墙、遮阳系统和通风装置组成，内外层幕墙之间形成空气缓冲区。其设计理念是体现节能、环保，让人亲近自然。

双层幕墙能够降低制冷负荷，便于良好的自然通风，便于采光，控制噪声，降低热能消耗等。

**光电幕墙：**即用特殊的树脂将太阳能电池粘贴在玻璃上，镶嵌于两片玻璃之间，通过电池可将光能转化成电能。太阳能光电幕墙集合了光伏发电技术和幕墙技术，是一种高科技产品，集发电、隔音、隔热、安全、装饰功能于一身的新型建材，特别是太阳能电池发电不会排放二氧化碳或产生对温室效应有害的气体，也无噪音，是一种净能源，与环境有很好的相容性。

#### （4）建筑玻璃

**吸热玻璃：**一种能够吸收太阳能的平板玻璃，它是利用玻璃中的金属离子对太阳能进行选择性的吸收，同时呈现出不同的颜色。吸热玻璃一般可减少进入室内的太阳热能的 20%~30%。

**热反射玻璃：**对太阳能有反射作用的镀膜玻璃，其反射率可达 20%~40%，甚至更高。

**低辐射玻璃：**又称为 Low-E 玻璃，是一种对波长在 4.5~25um 范围的远红外线有较高反射比的镀膜玻璃，它具有较低的辐射率，辐射率一般小于 0.25。

**中空玻璃：**中空玻璃是将两片或多片玻璃以有效支撑均匀隔开并对周边粘接密封，使玻璃层之间形成有干燥气体的空腔，其内部形成了一定厚度的被限制了流动的气体层。与普通玻璃相比，其传热系数至少可降低 40%。

**真空玻璃：**真空玻璃的结构类似于中空玻璃，所不同的是真空玻璃空腔内的气体非常稀薄，近乎真空，同种材料真空玻璃的传热系数至少比中空玻璃低 15%。

#### （5）建筑遮阳产品

建筑遮阳产品种类繁多，主要有遮阳百叶帘、建筑遮阳蓬、建筑用遮阳软卷帘、建筑用遮阳天棚帘、建筑遮阳板、遮阳百叶窗等。

#### （6）建筑设备

节能型建筑设备有热回冷水机组、热回收新风机组、LED 照明等。

#### （7）太阳能产品

主要的太阳能产品有太阳能集热器（包括平板式太阳能集热器、真空管式太阳能集热器、热管式平板型集热器、热管式真空集热器）和太阳能光伏板等。

### 5. 节能建筑面积及节能标准执行率

2013年，全国新增节能建筑14.4亿m<sup>2</sup>，可形成1300万吨标准煤节能能力；全国城镇累计建成节能建筑88亿m<sup>2</sup>，共形成8000万吨标准煤节能能力；2007年~2013年，节能建筑面积占城镇民用建筑面积的比例不断提高（见图A3），截至2013年，节能建筑面积占城镇民用建筑面积的比例达到30%。

既有居住建筑节能改造方面，截止2012年底，北方地区既有居住建筑供热计量及节能改造5.9亿m<sup>2</sup>，形成年节能能力约400万tce，相当于少排放二氧化碳约1000万吨。

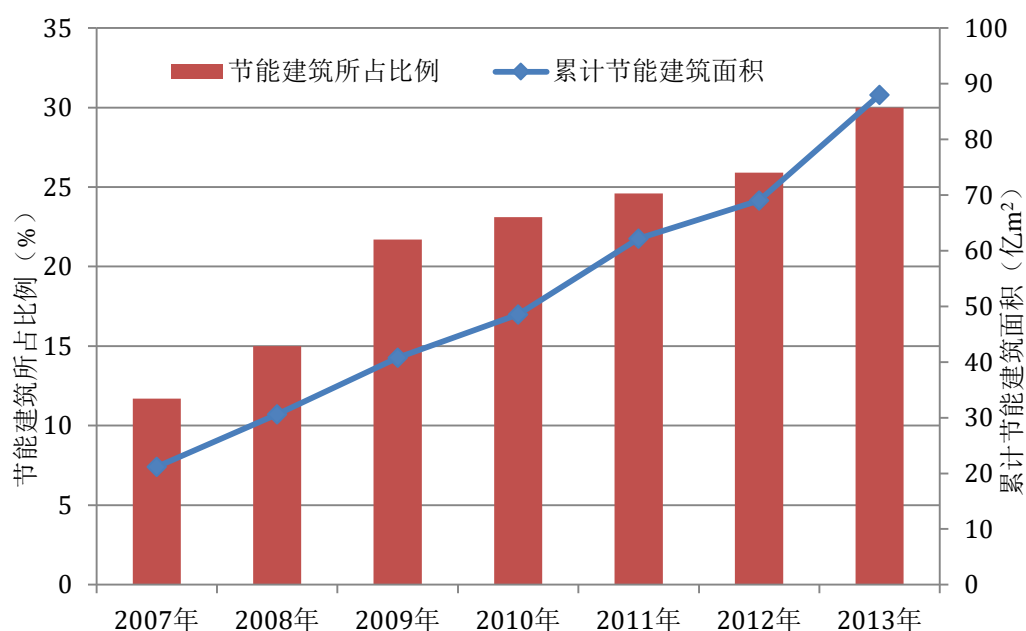


图 A3 节能建筑面积及所占比例

公共建筑节能监管体系建设方面，截至2013年年底，全国累计完成公共建筑能源审计1万余栋，能耗公示近9000栋建筑，对5000余栋建筑进行了能耗动态监测。在33个省市（含计划单列市）开展能耗动态监测平台建设试点。天津、上海、重庆、深圳市等公共建筑节能改造重点城市，落实节能改造任务1472万m<sup>2</sup>，占改造任务量的92%；完成节能改造514万m<sup>2</sup>，占改造任务量的32%。住房城乡建设部会同财政部、教育部在210所高等院校开展节约型校园建设试点，将浙江大学等24所高校列为节能综合改造示范高校。会同财政部、国家卫计委在44个部属医院开展节约型医院建设试点。

可再生能源建筑应用方面，截至2013年年底，全国城镇太阳能光热应用面积27亿m<sup>2</sup>，浅层地能应用面积4亿m<sup>2</sup>，建成及正在建设的光电建筑装机容量

达 1875 兆瓦。可再生能源建筑应用示范市县项目总体开工比例 81%，完工比例 51%。北京、天津、河北、山西、江苏、浙江、宁波、山东、湖北、深圳、广西、云南等 12 个省市的示范市县平均完工率在 70% 以上，共有 28 个城市、54 个县、2 个镇和 10 个市县追加任务完工率 100% 以上。山东、江苏两省省级重点推广区开工比例分别达到 136% 和 112%，完工比例为 44% 和 24%。

绿色建筑与绿色生态城区建设方面，截至 2013 年年底，全国共有 1446 个项目获得了绿色建筑评价标识，建筑面积超过 1.6 亿  $m^2$ ，其中 2013 年度有 704 个项目获得绿色建筑评价标识，建筑面积为 8690 万  $m^2$ 。

2005 年~2013 年，新建建筑在设计阶段执行节能标准的比例和施工阶段执行节能标准的比例逐年增加，从 2005 年的 57.5% 和 24.4% 到 2013 年全国城镇新建建筑已全面执行节能强制性标准，即执行比例分别都达到 100%，见图 A4。

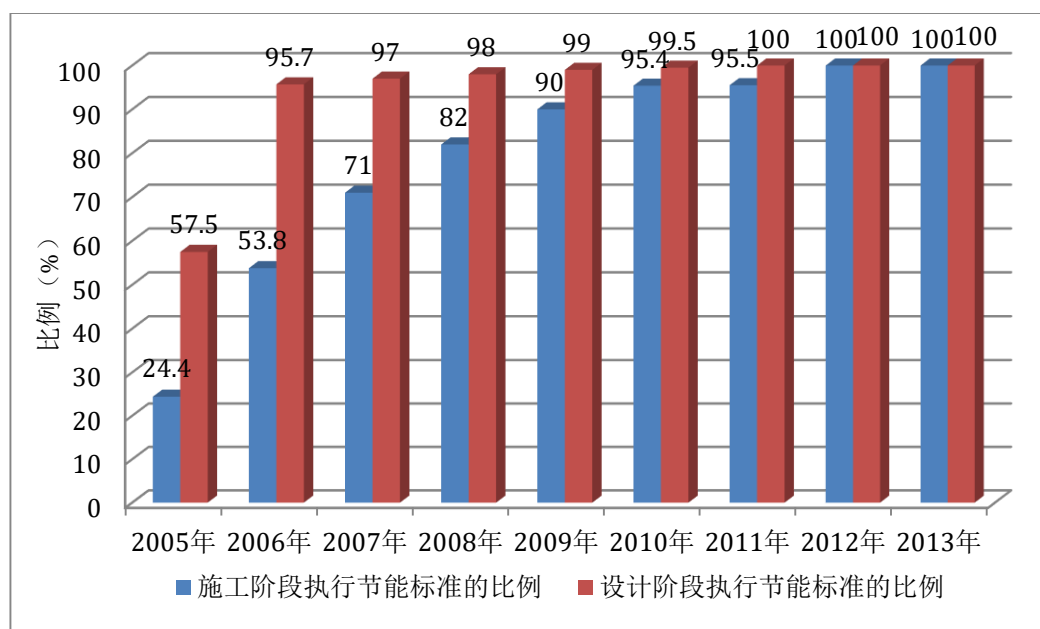


图 A4 建筑节能标准执行率

## 6. 社会公众节能意识

建筑节能工作效果的好坏不仅仅与使用的相关节能技术与产品密不可分，更与广大群众的主观节能意思息息相关。近年来，国家不断加大关于建筑节能方面的宣传力度，通过报纸、电视、广播、网络、节能示范工程等形式大力宣传建筑节能知识，使广大群众节能的意识不断提高。广大群众认识到使用节能产品，不仅自己能得到经济上的实惠，而且是造福子孙后代的好事。节能所带来的长期的、可持续的发展理念逐渐被社会公众接受。

例如，河北省唐山市河北 1 号小区的节能改造示范项目，项目前期，居民对节能改造的积极性并不高，部分居民是抱着犹豫或怀疑的态度。项目完成后，居民逐渐意识到，不但室内的热舒适度提高了，而且建筑的日常使用成本也比之前有所降低。其他未进行节能改造居民楼的居民，纷纷找到项目办，主动要求进行节能改造，居民的节能改造意愿异常强烈。

近年来，广大居民还主动淘汰了高耗能的家电产品，逐步换成了高效节能的家电产品。数据表明，2009 年 6 月 1 日至 2009 年 12 月 31 日，全国供推广高效节能空调 420 万台，是 2008 年全年销售量的 3 倍，高效节能空调市场占有率从大约 5% 上升到 50% 以上，实现节电 10 亿千瓦时，减排二氧化碳 100 万吨、二氧化硫 3 万吨。截至 2010 年底，共推广高效节能空调 3400 多万台、节能灯 3.6 亿多只。“十一五”期间，节能产品实现年节电 255 亿千瓦时，减排二氧化碳超过 1400 多万吨。

### **（三）建筑领域节能减排工作深化方向**

根据新形势下节能减排的需要，建筑领域接下来将进入节能减排深化阶段。该阶段主要有以下两点核心要求：

#### **1. 建立以实现建筑能耗总量为控制目标的监管体系、标准体系与技术支撑体系**

我国建筑节能采取的是节能百分比的概念，即经常谈及的建筑节能 50%、65% 或 75% 的目标。然而生活水平、舒适度、电器拥有率等均在提高，百分比的基数发生很大变化，节能百分比的提高受到更多因素制约，提高比例产生较大争议。在全球气候变暖的危机影响下，国家层面对降低温室气体排放空前重视，已经从战略和全局高度认识到了节能减排的重大意义，并将提出明确的能源消费总量控制目标。

《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》已明确要求“合理控制能源消费总量，严格用能管理，控制建筑领域温室气体排放”。

《中国共产党第十八次全国代表大会报告》中明确提出：全面促进资源节约。节约资源是保护生态环境的根本之策。要节约集约利用资源，推动资源利用方式根本转变，加强全过程节约管理，大幅降低能源、水、土地消耗强度，

提高利用效率和效益。推动能源生产和消费革命，控制能源消费总量，加强节能降耗，支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展，确保国家能源安全。

基于此，我国建筑领域节能减排基本战略将有别于欧美发达国家。发达国家建筑节能工作的中心是如何提高设备系统和建筑本体的能效水平，从而实现在保持目前生活水平前提下的逐步节能降耗。而我国目前的关键则是确定建筑用能上限，然后通过研究创新的技术来提高建筑物的服务水平与建筑物性能，并建立相应的标准体系和监管体系，而不是在追求最好的建筑服务质量的前提下再谈建筑节能。

目前正在组织编制国家标准《民用建筑能耗标准》，本阶段可以以该标准为依托，结合现行性能（措施）性建筑节能标准，实现“节能过程”与“用能结果”的“双控”管理。此项工作的要点在于，一方面要利用现有的建筑节能监管体系，充分融入目标性的能耗标准，解决好能耗标准与现行标准的衔接，重点在于建成以能耗结果控制为核心的监管体系；另一方面，随着能耗标准进一步修订，以达到更高的节能目标时，需要各个环节的性能（措施）性标准紧跟能耗标准，合理确定建筑物的各项性能指标，以确保运行阶段满足能耗标准的要求。从目前的情况来看，以能耗标准为核心的监管体系尚未建立，能耗标准仍在制定当中。因此，近期工作的重点正是“编制标准、完善体系”。

**2. 进一步发挥市场机制的作用，特别是在既有建筑节能改造领域，充分发挥合同能源管理（EMC）、建筑能效交易以及建筑碳交易等的作用，培育、建立我国的建筑能效市场。**

一方面，针对量大面广的既有建筑，节能改造工作的开展不能仅仅依靠政府主导的方式开展，要充分利用市场机制的作用。通过市场的推动引导和促进建筑节能技术进步和高能效建筑节能环保产品的研究与开发、新能源的应用，促进建筑节能相关产业发展，促进建筑节能咨询、改造及产品市场，推动 EMC、建筑能效交易、建筑碳交易等市场行为的开展。

另一方面，能效措施产生的节能量已从原有的“隐性燃料”转变为世界公认的“第一燃料”，世界各国均加大对它的投入，形成规模巨大的能效市场，重要性不言而喻。据国际能源署（IEA）估计，2011年世界范围内对关键能效市场的投资总计达 3000 亿美元。此估计较为保守，仅通过评估公共部门、多边金融

机构和主要私营机构在能效举措方面可确认的直接及杠杆投资得出。由此可见，2011年，能效总投资规模与投资于可再生能源发电或化石燃料发电的规模相当。

能效市场所提供的商品和服务能够减少推动经济发展所需的能耗。更长远来看，长期能效措施所产生的节能总量超过了任何一个 IEA 成员国单一化石燃料的总量。同时，能效市场越来越有助于解决重要公共政策的挑战。能效投资可通过减少或限制能源需求而产生多重效益，包括减轻国内和国际的能源供应系统压力，从而提高系统韧性并改善安全性。同时，还能通过减少公共支出而产生积极的经济效益，例如：将能源开消转用于其它经济部门。能效投资还有助于改善人类幸福和健康，减少温室气体和其他污染物排放。能效也是一种重要的国产能源——它能够通过减少对燃料进口的需求，或者释放其它国内能源储备以出口，从而改善该国的贸易地位。

从全球来看，能效市场的发展主要受两种因素的驱动：政策干预激励与能源价格的驱动，二者往往是相辅相成。

一方面，政府需出台相关的政策以促进能效市场的建立，如为推动 EMC 工作的开展，针对融资难、节能量评估等问题可出台相应的政策与技术标准的扶持，甚至直接建立统一的交易平台，全国正在进行的碳交易试点工作，深圳市已将建筑碳交易纳入其中同步进行试点工作。因此，应该在密切关注深圳的进展的同时，进一步加大对建筑碳交易工作的扶持力度和推广力度。

另一方面，超限额加价制度可成为能源价格驱动有力抓手。目前，我国已针对居民用电实施了阶梯电价制度，而事实上从紧迫性和必要性上来讲，更应该先对公共建筑执行此项制度，国家标准《民用建筑能耗标准》的制定可以为超限额加价制度的实施提供关键的技术支撑。



## 附录 B 我国建筑领域节能减排的不足和发展障碍

### （一）政策法规方面

政府作为建筑节能相关主体之一，主要是从宏观角度对建筑节能进行引导，在建筑节能技术选择评价过程中占主动性地位，特别是地方政府承担着国家节能政策的贯彻落实任务，在建筑节能工作中起着举足轻重的作用。政府对于建筑节能的重视程度和对节能技术、产品的客观评价和认可的态度，能引导和调整其他节能主体对建筑节能的态度。因此，政府有责任和义务制定一些法规来指导和推动其他各节能主体对建筑节能技术的重视。同时，政府必须密切关注建筑节能技术的发展，根据技术、经济、社会的发展水平和不同阶段、不同主体对建筑节能的贡献程度和需求，要适时调整法规政策。虽然目前我国出台了一系列推动建筑节能工作发展的法规政策及激励措施，然而，在开展实际的建筑节能工作中暴露出一些问题及不足，主要表现为：

#### 1. 建筑节能相关法规体系不完善

虽然我国发布了《中华人民共和国节约能源法》，但是其中对建筑节能的规定比较原则，可操作性差。《中华人民共和国建筑法》中关于建筑节能的规定存在空白。建筑节能法规在结构上还很不完善，法规体系尚未形成。

《民用建筑节能条例》是目前我国专门针对建筑节能领域的条例，在我国的建筑节能工作过程中起了重要的作用，但是在具体的实施操作中，暴露出一些不完善的地方。例如，条例中缺少针对建筑规划设计阶段的内容，项目前期的规划设计在建筑节能中起着重要的作用，没有好的规划设计，采用再先进的节能技术，也达不到好的节能效果；条例中缺少关于监管方面的规定，例如条例中关于公共建筑重点用电单位及其年度用电限额的内容，缺少明确的监管措施及超过限额部分相关的惩罚机制等等内容。

#### 2. 政策法规执行不到位

如建筑能耗统计、能源审计及能耗监测制度，其政策已出台好几年，但现仍有很多地方并未执行，或者有些地方执行也只是为了应付检查，并未认真执行到位。建筑能耗统计、能源审计及能耗监测制度是国家为了解现有建筑能耗现状、获取建筑能耗基础数据而制定的制度，而现在只有部分执行，使得获取的建筑能耗数据不全面，将影响后续政策法规、标准规范的制定。目前建筑能

耗统计工作是由建设主管部门牵头来做，但各类既有建筑都是不同部门在管理，这些相关部门配合不够，也就导致了建设主管部门对能耗统计工作的执行不到位。

### **3. 部分政策缺少连续性**

缺少健全的建筑节能管理体系，部分政府部门喜欢追逐新概念，往往将刚推广的节能政策中断，改为推广其他新的政策，导致政府部门总是推广建筑节能政策，但都不能得到足够的时间发展。另外，有些政策缺乏后续政策，缺少连贯性，如建筑节能设计，包括绿色建筑，目前多数地方只注重设计和建造，对设计和施工有较为健全的管理制度，但对建筑节能运行却缺少监管，造成建筑节能最后不落实。

### **4. 缺少对政府建筑节能工作的有效考核制度，建筑节能考核的内容也不合理**

现在对政府部门节能工作的考核均是对新建建筑量的考核，而且多数只是针对施工图审查，包括绿色建筑也是如此，并不是实际完工的建筑量，这也与只是对设计审查管理比较严格，其他建造环节没有管理严格有关系。应该考核建成的节能建筑和绿色建筑量和实际的效果，而不能只是设计的建筑量和理论量。对建筑节能改造的考核，也只是对建筑改造面积的考核，而没有对改造后的节能量进行考核，这将变相的引导地方政府只注重量，而不注重质，结果出现很多改造工程，根本没有效果，甚至还增加能耗。由于建筑节能的考核体系尚不健全，缺少对地方政府的考核制度，使得地方政府对建筑节能工作不重视，支持力度不够，很多节能政策落实不到位，对节能设计、施工、验收缺少有力的监管。

### **5. 缺乏相应的建筑节能激励和惩罚措施**

国家及地方缺乏对建筑节能的实质性经济鼓励政策，建筑节能缺乏必要的资金支持，单纯依靠用户、建设方自发的行为无法实现建筑节能目标。建筑节能领域实际是一种市场机制部分失灵的领域，需要政府和市场分工合作、共同作用。投资人追求投资回报已经成为建筑产品市场的决定因素，缺乏经济激励的节能措施很难取得成效。而国家及当地政府缺乏相关激励、扶持政策，对采用建筑节能体系的企业激励政策不够，引导力度不足。发达国家对建筑节能十分重视，对采取节能设施设备的投资商、开发商及用户都有优惠政策，所以他

们的积极性都很高。我国采取节能措施的人却没有得到实惠，所以投资商、开发商就没有积极性。

与此同时，也没有相应惩罚措施，新建建筑是否按照设计和标准建成，最后是否按照节能验收规范验收，有没有达到节能效果，都没有针对责任主体单位的相应处罚。电费超限额加价政策没有执行，也没有相应的处罚各地政府主管部门措施。如此只是对建设主管部门的节能工作做打分考核，却没有不达标的处罚措施，也就缺少动力和积极性。

## **(二) 管理方面**

### **1. 建筑节能管理部门不健全**

国家层面，建筑节能的职能属于住房和城乡建设部，墙体材料革新工作则由工业和信息化部；地方层面，有的地方墙体材料革新办公室挂靠建设委员会，有的则挂靠经济和信息化委员会。这就造成了建筑节能主管部门在开展建筑节能相关工作时某些环节无法直接管理，而要与其他部门进行协调，针对性不强，使工作效率降低。从全国建筑节能工作开展的情况来看，凡是建筑节能与墙改工作统一归口管理的省市或地区，建筑节能工作就能得到较大的发展，反之，则矛盾很多，发展缓慢。

### **2. 建筑节能管理部门与其他部门协调不畅**

建筑节能工作是一项综合性的工作，需要各部门协调联动才能做好。但是在国家层面，目前我国无建筑节能工作统一协调机构。例如，建筑节能研究工作需要的气象数据，归气象局管理；建筑节能相关的统计数据，归统计局管理；建筑节能相关的激励措施，归财政部管理；建筑节能项目的能评报告，归发改委管理等等。然而，做为建筑节能主管部门的建设部门，在开展建筑节能工作中需要这些与建筑节能工作相关的部门配合时，无法找到合适的渠道进行协调，影响建筑节能工作顺利发展。

### **3. 缺少对第三方检测机构的监管**

目前，我国工程质量检测市场已完全放开，检测机构之间的竞争非常激烈。为了在激烈的市场竞争中生存下来，部分检测机构超越资质检测，检测设备不全，检测项目不完整，检测人员素质不高，检测中不合格检测结果不上报当地建设主管部门，将检测过程中发现建设单位、监理单位、施工单位违反建筑节

能强制性标准的情况私自隐瞒，为了自身利益，甚至应委托单位要求涂改检测数据，出具虚假检测报告。然而，我国对检测机构无任何监管措施，造成市场上假报告频出，使不合格的产品及工程也能通过验收，对建筑节能工作的健康发展危害极大。

#### **4. 既有建筑运行阶段的管理部门不明确**

我国目前既有建筑存量巨大，能耗高，节能改造潜力巨大。但是由于既有建筑，特别是既有居住建筑，产权复杂，我国对既有建筑节能改造没有设立专门的运营管理部门，造成对既有建筑节能改造的投资主体不容易明确。虽然我国的《民用建筑节能条例》中规定了改造的主体单位是县级以上政府、房屋产权单位和个人，或者以上三者委托的单位，但是由于涉及的利益相关者较多，所以投资主体难以确定。虽然我国对既有建筑节能改造给予了一定的经济激励，但是除了中央财政以外其他配套资金支持力度不够，难以覆盖建筑节能改造所有费用。由于没有专门的既有建筑运营管理部门，因而很难有针对性的逐步确定有较大节能潜力的既有建筑，也无法统一协调既有建筑涉及的利益各方，中央对既有建筑节能改造的经济激励政策也不能充分发挥杠杆作用。

### **(三) 标准规范方面**

目前，涉及建筑节能的标准很多，尽管已初步形成了体系，但还存在以下3个方面问题：

#### **1. 现行标准缺少关于能耗的量化指标**

现有的建筑节能标准体系是以控制围护结构、设备系统等性能指标为目标的，并不是以控制建筑的最终能耗为目标。由于建筑节能的因素往往相互作用，又由于建筑的个性化差异很大，即使建筑满足相关性能指标要求，也会有很大一部分建筑出现能耗高的情况。应建立以能耗为控制目标的节能标准体系，与性能化的节能指标并行，除了对建筑各项性能有要求之外，对建筑的最终能耗还有考核要求，从围护结构、暖通空调、照明、节地、节水、节材、环境保护等多方面入手，提出设计、施工、运行管理等各个环节通用标准需要量化的指标、量化的方法，使得建设各方主体都重视节能效果。

节能标准是强制性标准，每一项单项指标就只是最低标准，如果只是按照节能标准的最低要求组合设计出来的建筑只能是合法的建筑，但肯定不是节能

最优的建筑，因为节能标准中的最低指标值不能定的太高，有时也不尽合理，所以按照目前的节能标准体系只是对建筑要求满足单项最低指标，必然造成整体建筑的节能效果不佳，甚至出现整体建筑不节能的情况，因此必须得有综合的能耗目标指标来控制。

## **2. 节能标准缺乏系统性，条款过于分散**

我国现行建筑节能标准作为工程建设标准的组成之一，大多分散在各专业标准体系中，多数节能条款嵌入专业技术标准中，这样往往造成节能条款不能形成有机的整体，不利于系统规范建筑节能工作，也不利于节能标准的执行。

我国在墙体、屋顶、窗户的传热系数和冷水机组等建筑设备的效率要求方面，比欧美略低，且建筑节能的国家标准在可再生能源使用方面无强制要求。我国的建筑节能设计标准作为建筑节能标准体系的核心，技术内容覆盖尚不够全面。目前主要包括围护结构和暖通空调系统两部分，而发达国家的节能设计标准，还分别包括热水供应系统、照明系统、可再生能源系统、建筑维护等内容。技术内容较为综合、系统的建筑节能标准可操作性强，有利于推动建筑节能技术标准的完善。

## **3. 缺少建筑节能综合管理标准**

建筑用能的多少是在其漫长的运行过程中体现的，因此，建筑的运行环节节能是建筑节能的最重要组成，也是落实建筑节能设计指标、降低建筑能耗的终端时间环节。然而目前我国尚未系统组织制订专门的建筑节能综合管理标准，建筑节能运行环节有关条文包含在相应设计、单项系统运行和维护管理的标准与规范中。因此，急需针对建筑运行管理中标准规范的漏洞和薄弱环节，将现行设计、运行和维护管理标准中有关节能的条文系统化并加以补充完善，加快面向建筑运行的环节节能标准规范的制订，从运行环节提高我国建筑节能运行总体水平。

### **（四）能力建设方面**

要保证建筑节能工作的健康持续发展，必须要有建筑节能人才等软件及相关建筑节能实验等硬件两个方面的有机协调。但是随着建筑节能的不断发展，社会对建筑节能试验室及人才的需求越来越大，要求也越来越高，但是，现有的建筑节能试验室及人才已经满足不了目前快速发展的需求。

## 1. 建筑节能试验室

建筑节能工作的顺利开展，需要大量的基础数据做为支撑，许多建筑节能基础的研究和数据需要通过试验室反复试验来获得，而大量基础性试验室占地大、需要投入相关的研究人员、短期内无法产生直接的经济效益，投入产出效果不明显。因而我国绝大多数建筑类科研院所缺少建设大型基础性试验室的动力，究其原因，无非是我国目前绝大多数建筑类科研院所都已经改制为企业，改制为企业的建筑类科研院所重产值、轻科研，对试验室的投入也是为了迎合市场的需要，而不是出于建筑节能研究的目的，使得我国大量建筑节能基础性试验室严重缺乏。

这种现象的存在，使得很多建筑节能相关的基础数据无法通过科学的试验室检测方法获得，只能通过简化的试验或理论分析来获得，对建筑节能工作的健康持续发展危害极大。

## 2. 建筑节能人才

从 2008 年开始国内节能人才的需求就开始持续增长，现有节能人才不仅数量上满足不了社会的需求，人才素质也存在欠缺。就建筑节能人才来说，现有的建筑节能技术人员大部分是原有的建筑从业人员通过实践和自学的方式获得节能知识，知识缺乏完整性和系统性，深度与广度也都有限。为了解决燃眉之急，目前，由各行业协会、培训机构，开展了一些节能短期培训，或者由大学和地方政府联手，对专业人士进行对口集训，输送节能技术人才。但是，当前的社会培训时间短，培训机构质量参差不齐，这类培训不能满足社会的需求。因此，对节能人才的培养以及现有人才的能力尚有较多的问题。

(1) 首先高校教育存在问题，没有系统的建筑节能相关培养，能培养建筑节能专业的学校就很少，专业课程设置也没有太强的针对性，仅仅只培养研究生，对于建筑设计师的节能专业培养不够。

(2) 目前建筑节能的相关培训种类繁多，培训质量参差不齐，是因为缺少对培训机构资质、师资力量的标准和要求，如此杂乱的培训活动不但浪费资源，既没能起到提高专业人员技术水平的作用，还造成了多数技术人员对培训的一种逆反心理。

(3) 对于从事建筑设计、规划工作的技术人员未进行建筑节能的专业考核，使得有很多设计人员只是对照标准照本宣科，不能真正的理解标准，灵活、正确的应用。

(4) 政府对培训重视不够，政府没有导向，这是最大的问题，我们现在的培训仅仅停留在宣贯培训，即使是宣贯培训，也没有相应的资质考核，也没有真正培训到位，将培训市场化，也就不能起到好的效果。政府只做培训活动，却没有做起到实际效果的专业培训。

(5) 相对于建筑节能科研经费的投入，在建筑节能技术宣传、培训、普及方面政府的经费投入非常欠缺，基本为空白。目前国内建筑节能技术培训基本为相关协会、高校和学术机构组织的有偿培训。由于建筑节能培训的巨大利润空间，也是导致培训种类繁多，培训质量参差不齐的重要原因。

(6) 目前的建筑节能技术培训班缺少有效的考核制度，不少的技术人员参加培训只是完成单位分配的任务，技术人员对自己要求也不高，不重视培训，不重视自我技术提升。

(7) 目前我国已建立了建筑节能设计、施工、运行管理的建筑设计、空调设计、电气设计、给排水设计等专业的专家库，同时不少省市也建立了相应的专家库。专家库的建立和专家评标的制度为保证建筑节能工作的专业化和高质量发挥着重要作用。但也存在部分专家职业道德欠缺、业务水平参差不齐、专业知识更新速度慢等问题。

(8) 缺少全国统一的专业人才培训和考核制度。目前，尚未建立建筑节能人才的评价及考核制度，现在只能从节能人才的专业、学历、职称以及参加的节能培训来判断一个人的节能知识水平，尚无全国统一的考试、考核制度。

## **(五) 节能意识方面**

人作为主体在建筑节能中发挥着不可低估的作用，人们是否积极参与节能环保行动以及参与的广度与深度如何，将最终决定建筑节能推行的实际效果。但是目前我国国民对建筑节能的认识不够，节能意识淡薄，主要表现在：

1. 部分政府官员节能意识不足，很多是以完成任务的心态在做建筑节能工作，并不是以为国家节约能源，实现节能减排为目的，这个阶层的节能意识应当进一步提高。

2. 个体节能不自觉，公众参与不热心。个体节能不自觉主要的结症在于对能源问题的忧患意识弱，不能改变日常生活中不良的能源浪费习惯，比如人走关灯、使用节能灯、调高空调温度、拧紧水龙头、把待机状态的电脑电视关掉等等。这些微不足道的节能行为体现在民众的心态上是一种漫不经意和不在乎的态度，其实，节能对于普通人来说，是一种态度，而不是一种能力。

3. 对节能投资认识不足。建筑采用节能措施，或者对既有建筑进行节能改造，都意味着要增加投资，而很多建筑业主只看到投资，不计算收益，其实很多建筑节能技术的实施，都能在较短时间内回收成本，从长远来看，建筑业主是能得到实惠的。

## **（六）基础数据方面**

现有建筑面积、能耗现状、各地气象参数等基础数据是制定各地建筑节能政策、编制节能标准规范的主要依据。目前，这些基础数据尚存在较多不足之处，如统计数据不全面、统计数据更新慢等。

### **1. 建筑能耗统计数据不完善**

民用建筑能耗和节能信息统计调查工作已开展多年，但由于各地对统计工作重要性的认识程度、统计工作基础情况等方面的差异，各地统计工作进展情况参差不齐，有很多地方尚未进行统计，且较多地方的统计数据质量还得不到有效保障，只有一部分一线城市的统计作的较好。这样，统计采集的基础数据较多的是反映一线城市的建筑能耗现状，而不能反映那些统计工作进展缓慢的二、三城市的能耗现状，然而一线城市和二、三线城市由于经济发展水平、消费水平的差别，使得实际建筑能耗差异较大。按现有基础数据制定的节能政策、标准规范，很可能会不适应很多地方的建筑节能现状和需求。

### **2. 各地气象数据不完善**

我国现在使用的气象参数是部分代表性城市的数据，主要是地级市，气象数据的覆盖面仍有待扩大，且气象监测站大多设在城市郊区。近年来，随着我国城市化进程的加快，城区人口不断增长，建筑物大量增加，引起城区温度显著上升，城市“热岛”现象不断加剧。据观测，广州市在 70 年代，市中心气温平均比郊外高出 0.15~0.63℃，80 年代为 0.40~0.90℃，2002 年达到 1~2℃。因此，若以郊区监测的数据作为该城市的气象参数，将会影响设计师对城区建筑



节能的设计。另外，气象参数的更新也很缓慢，2012年前主要采用1993年发布的国家标准《建筑气候区划标准》（GB 50178-93）附录中的数据，这些数据是根据1951-1985年的观察数据整理而成的；2012后可采用《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50736-2012）附录的气象数据，这些数据是根据1971~2000年的观察数据整理的，然而即使最新的标准，其气象数据距今也有十多年。由于气候变暖，使各地区的气温发生了改变，对建筑设计的要求就会随之改变，对采暖、空调设备的设置也可能有所调整。由于各地气象数据的原始资料在气象部门，在建筑领域编制相关标准及研究相关课题时，需要大量的全国各地气象数据作为数据支撑，只能通过花费大量的经费向气象部门购买，这就造成了本来研究经费不足的情况下，还要拿出绝大多数的经费去购买气象数据，有时甚至造成研究经费还不够购买气象数据的矛盾，后续的研究工作也就无从谈起。

### **3. 很多节能产品的关键参数不完善**

建筑围护结构的热工性能取决于一些关键的建筑保温、隔热材料的热工性能，例如加气混凝土、保温砂浆、聚苯板等，但由于没有对建筑材料在使用过程中的性能做系统研究，很多建筑材料的基础数据没有研究透，只有一些标准状况的数据，可是标准状况与实际使用情况差异很大，直接使用标准数据，也就无法得到围护结构真实的热工性能。还有水泵、风机等，这些主要耗能设备，也是存在同样的情况，都只有标准工况下的效率，这都与实际运行效率差异很大。在使用这些不尽准确的产品数据进行节能计算和设计，也就不能得到真实的建筑能耗。

## **（七）基础研究方面**

### **1. 建筑规划设计领域针对建筑节能所做的研究不够**

建筑节能行业一直把主要的研究聚焦在建筑围护结构、建筑设备系统，而对建筑规划设计的研究基本没有投入，从这些年的实践经验来看，建筑节能起到最根本性的影响还是项目前期的规划设计，没有好的规划设计，采用再先进的节能技术，也达不到好的节能效果。然而，目前我国很多建筑在规划设计阶段没有考虑节能，只是到了施工图阶段才做建筑节能，规划设计也就在节能设计过程中缺失了，许多的节能措施未能在建筑设计中落实。

建筑规划设计优化对建筑节能效果影响很大，应当加强节能设计优化技术研究，总结出节能设计的优化原则，应用于标准，推广执行。规划节能是指在规划设计当中充分考虑建筑与外部环境的关系，以节能作为指导规划设计的主要原则，充分利用自然资源，实现从总体上为建筑节能创造先决条件的设计方法。其中，规划节能对于居住建筑尤为重要，影响居住区气候环境及建筑舒适性的最主要的两个因素是太阳辐射和空气流动。因此，通过降低太阳辐射、增强建筑的自然通风效果是规划节能的主要方向。由此，建筑朝向、建筑间距以及建筑的相互组合关系将是规划节能设计的重点。

## **2. 对关键技术及其集成研究不够**

缺少对建筑学的研究，如南方建筑围护结构热湿传递的研究，围护结构节能措施的节能效果研究，建筑遮阳的节能评价研究等，没有开展系统有研究，缺乏基础的技术数据和具体指导性的理论成果，研究的关键技术成果不够多，没有形成技术系统。

门窗节能是围护结构节能最重要的环节，在高性能门窗技术攻关和集成应用方面做的工作远远不够。高性能门窗包括保温、遮阳、高水密、高抗风性能等这些关键性能，针对各个气候区的不同特点，研究适合的门窗技术，例如对于南方炎热、多台风、多雨地区，对门窗的高要求就主要集中在遮阳性能、高水密和高抗风性能，与北方严寒和寒冷地区就完全不同，可是目前国内的门窗技术是以北方保温为主导，对于南方就非常不适合，我们还需要做更多的分类、系统研究，得到适合各地的成套门窗技术，引领门窗行业的发展。

建筑节能中，各种建筑节能技术综合应用中的集成并非是简单相加，而是考虑相互影响的耦合因素后建立各组份优化方案的创新行为，但目前缺少对围护结构节能技术、采暖空调系统节能、照明节能等的技术集成研究，也难以对采用集成技术后建筑最终能耗和节能率进行评价。

## **3. 基础课题研究缺少持续性**

基础课题要保持一定的延续性，但是现在的课题申报都是贪大，贪求学术高度，看似课题覆盖面很广泛，实际只做了表面研究，可是课题完成之后，就没法再申报相关课题，也就造成很多具体技术无法继续研究下去，所以除了做大方向的研究，还得做具体技术的研究，科研工作还得持续下去，要针对技术盲点和没有解决的技术难题进行更深入的基础研究。比如：气象参数，气候分

区，很多课题已经包含，在短时间内根本没法深入研究清楚，只能研究其中的一部分。

#### **4. 标准编制缺少相关研究工作**

标准编制过程中的研究工作严重不足，标准中的很多基础数据没有明确的来源和依据，很多都是直接采标国外数据，并不适合我国实际情况。建筑节能标准的编制过程中，所有的参数都是通过电脑模拟计算得到的，也就存在着脱离实际的不合理，我们需要加强对实际工程的调研，对实际数据进行研究分析，才能得到更符合实情的建筑能耗相关参数。近些年国家大力推进建筑遮阳技术和产业的发展，也就集中出台了一系列的遮阳标准，由于时间匆忙，研究不够，多数遮阳标准都是采标国外标准，与我国工程实际差异很大，这些都是需要改进的地方。电气、照明设计相关标准等，都存在着工程实际与设计差异大的问题，设计时安全系数过大，导致变压器选型过大，无法在效率最佳工况工作，施工使用的灯具大打折扣。

### **(八) 产业和技术方面**

节能技术种类繁多，每项节能技术都有各自的适用范围和条件，同样的技术使用在不同的地区、不同的建筑，其节能效果千差万别，可是我们开展的很多节能技术研究工作不是以节能效果和实际作用为根本导向，而是以技术是否具有先进性为导向，存在着标新立异的问题和盲目跟风的问题，形成了一种不良的技术研究风气，也带来一个严重的问题，就是很多技术、产品在进行成果鉴定时只会以其先进性作为唯一或者最重要的评价指标，而忽视了其实际效果。

#### **1. 建筑门窗、遮阳技术与产品**

目前，建筑玻璃产业发展比较完善，一般产品很多，但是能生产高性能产品的企业还是很少，例如三银 Low-E 玻璃也就只是个别企业能生产。缺少门窗高性能产品，比如保温型门窗的传热系数达到  $1.0\text{W}/(\text{m}^2 \text{k})$  以下，也只是能生产出少量样品窗，没有大规模的产业化，也就不能降低成本，无法大面积应用于工程。集成窗、多功能窗的产品很少，防虫、遮阳、通风这些功能是否可以集成，也没有系统、成熟的产品，没有大面积的工程应用。

在所有的被动式节能措施中，建筑遮阳是一个非常重要的技术。良好的遮阳设计不仅有助于节能，符合未来发展的要求，而且遮阳构件成为影响建筑形

体和美感的关键要素。建筑外遮阳产品进入中国已有 10 多年的时间，随着社会和政府建筑节能的日益重视，建筑遮阳行业迎来了一个高速发展期，但国家投入不够，企业产品开发也不足，遮阳研究不够系统，遮阳本身是个复杂的技术应用，例如如何遮挡太阳的直射阳光，将散射光用于采光，遮阳板和百叶怎样综合利用，还需要做系统化的研究。从产品研发、生产，到工程应用等各个环节，没有形成完善的产业体系。没有产业体系，后期的维护保养维修，也都无从保证，也就影响了该技术和产业的发展。目前我国遮阳产品市场还没有进入一个成熟时期。存在着一系列问题：1) 建筑遮阳的政策法规与标准体系不健全。2) 建筑遮阳推广力、宣传力度不够，专业设计人员对建筑遮阳的认知程度也因此不够。3) 遮阳节能与经济评价体系与软件还不成熟，缺少有效的评价技术和手段。4) 国内建筑遮阳的技术和产品选择性不足。针对中国人的文化生活习惯和建筑标准的产品极少。目前，中国对遮阳产品节能的功能性要求需求非常突出，同时消费水平相对较低。所以，研发出适合中国市场的新产品以及补充国外其他产品是当前中国遮阳产品发展的一个方向。

## 2. 自然通风技术与产品

自然通风除可以满足房间一定的舒适度，保持室内空气的清洁度，降低能耗外，更有利于人的生理健康和心理健康，是我国夏热冬暖地区和夏热冬冷地区传统的建筑节能和绿色建筑措施。目前我国对自然通风技术和评价效果缺少系统研究，作为一项传统的技术，在标准上没有得到相应的支持，缺乏相应的产品系列，技术不系统，产品也不系统。自然通风技术和效果评价主要存在以下的问题：

(1) 通风产品也是没有形成系统，幕墙、门窗等各个建筑构件应该使用什么样的自然通风技术来实现什么样的建筑需求，这些都需要再做研究，应该根据建筑功能需要做系统产品，不能只追求单一产品。

(2) 对各种方式的自然通风的理论分析和模拟研究的深度、广度不够。从近年来的文献资料可以看出，只对一些自然通风方式的房间气流组织以及能耗情况进行了模拟，但缺乏对各种自然通风方式以及综合起来应用的理论研究和模拟。

(3) 大多数自然通风的研究成果是经验性的，多是定性的或者是半定量的，目前尚未形成系统的、量化的理论与应用研究成果。

(4) 对自然通风的有效利用, 比如在建筑结构上采用中庭、太阳能烟囱、遮阳板等缺乏完整的理论分析, 很多的研究基于零散的实验基础上, 缺乏实际指导意义。

(5) 有关气象条件对自然通风影响的研究力度不够。

### 3. 空调技术与产品

空调节能技术研究过于偏重在设备本身的研究, 应该更多的关注空调系统的节能设计、控制研究。空调节能是一个系统问题, 需要系统的每个设备协调运行才能达到节能的目的。空调节能技术主要存在以下问题:

(1) 缺少对各种空调系统的比较。由于空调系统种类繁多, 各有特点, 现在对各种系统在不同场合的应用效果研究较少, 设计人员一般按经验选择空调系统, 并且现在很多地方集中供冷, 但其是否节能尚缺少充足的数据支撑;

(2) 室内湿度控制问题, 特别是气候潮湿的南方地区, 除湿是亟待解决的问题。虽然目前有各种除湿技术, 但仍有不少缺陷, 如温湿度独立控制技术存在毛细管辐射冷吊顶结露问题、设备体积大、投资高、运行维护成本高等问题;

(3) 系统节能运行管理的问题。目前, 空调系统自动控制水平低, 常出现控制不准确导致浪费能源的现象, 如集中空调冷水系统经常出现“大流量小温差”运行的现象, 浪费输送能耗。

### 4. 可再生能源技术与产品

可再生能源建筑应用长效推广机制尚未建立, 技术标准体系还不完善, 产业支撑力度不够, 有些核心技术仍不掌握, 系统集成、工程咨询、运行管理能力不强。虽然我国可再生能源开发利用取得了较大成就, 法律法规和政策体系也随之不断完善, 但可再生能源的发展仍达不到可持续发展的要求, 存在的问题主要包括:

(1) 可再生能源开发利用缺乏市场竞争力。在现有政策环境和技术水平下, 除了水电和太阳能热水器有能力参与竞争外, 多数可再生能源开发利用成本较高, 加上规模小、资源分散、生产不连续的特点, 在现行市场规则下缺少竞争力, 极为需要政策扶持和激励;

(2) 市场保障机制还不是很完善。长时间以来, 我国可再生能源发展缺乏明确的发展目标, 没有形成连续且稳定的市场需求。虽然国家逐步加强了对可再生能源发展的扶持力度, 但由于没有建立强制性的市场保障政策, 因而不能

形成稳定的市场需求，可再生能源发展缺乏持续的市场拉动，导致我国可再生能源新技术发展缓慢。现在政府补贴只注重可再生能源的使用，如装机量，缺少对可再生能源的应用效果考核，要使可再生能源进入健康发展的轨道，必须从实效来做政府补贴；

(3) 技术开发能力和产业体系薄弱。除太阳能热利用和沼气外，其它可再生能源的技术水平不高，缺乏技术研发能力，设备制造能力较弱，技术和设备生产大多依靠进口，技术水平和生产能力与国外先进水平差距大。同时，可再生能源的资源评价、产品检测和认证、技术标准等体系不够完善，支撑可再生能源产业发展的技术服务体系还没有形成。

### **5. 建筑节能软件产品**

目前市场上建筑节能模拟软件产品繁多，最具代表性的有三大核心软件：北美的 Energy-plus；欧洲的 ESP 以及我国自主知识产权的 DeST。虽然建筑节能软件产品种类较为丰富，但是由于使用不同模拟软件时，对相应的边界条件及分析方法没有统一的规定，导致操作者使用不同模拟软件得出的结果偏差会达到 30%~200%，这将会对利用模拟分析软件指导相应技术方案优化带来错误的预测和导向，甚至造成评价结果的不公平和不准确，严重影响我国建筑节能的发展。

## 附录 C 国际上建筑节能的历程和经验

发达国家自上个世纪 70 年代石油危机发生之后开始关注建筑节能问题，当前，由于减排温室气体、缓解地球变暖的需要，以及不断攀升的高油价，他们更加重视建筑节能工作，并且一致认为建筑节能是最有潜力和最有效的节能途径。以实现可持续发展、保护环境为目的的节能和提高能源效率，是发达国家政府节能政策的重要思路。各国通过建筑节能相关政策的制定、建筑能耗分析软件和节能优化设计技术的研发推广、节能产品与节能系统的研发与利用，使建筑能耗大幅度下降，产生了巨大的经济利益和社会效益。

### （一）欧盟

欧盟非常重视节能，将提高能源利用率、实现《联合国气候变化框架公约（京都议定书）》确定的减排义务、发展可再生能源、确保能源安全供应并列为欧盟能源政策的四大指标。

欧盟在建筑节能减排方面的特色是制定法律法规和标准、加强组织管理机构建设、完善管理制度，核心是加强过程监督和管理。欧盟在低能耗建筑方面做了大量的尝试，出现了多种以降低建筑能源消耗为目的的建筑设计、建造和运行理念。

#### 1. 建筑节能立法

##### （1）欧盟建筑节能相关立法机构

欧盟是一个拥有广泛权利和特殊法律地位的国际组织，欧盟内部的决策“大三角”：欧盟委员会、欧盟理事会和欧洲议会（图 C1）。

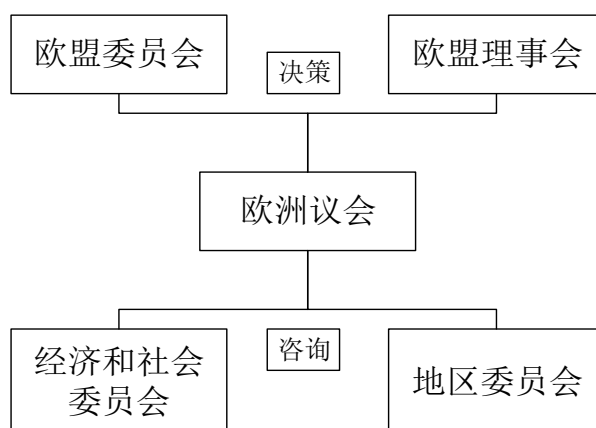


图 C1 欧盟决策机构示意图

欧盟主要的能源和环境政策都是由这三个决策机构经过复杂的运作产生的。

欧盟理事会不参加具体的政策制定，但它是欧盟实际的最高决策机构，决定着欧盟的大政方针。欧盟的经济和社会委员会以及地区委员会是欧盟法定的咨询机构，他们分别代表公民、社会和地区的利益。欧洲议会虽然不参与决策过程，但可以通过解读欧盟能效政策法案，对欧盟的能效发展和实施产生直接或间接的影响。

在节能立法领域范围内，欧盟理事会、欧盟委员会可根据条约的授权或联合法规的授权制定理事会或欧盟委员会法规、指令或决议。欧盟委员会是节能立法的重要机构。然而，涉及节能的法规一般由欧盟理事会和欧洲议会联合制定，并以联合的形式发布。在节能立法政策方面，欧盟理事会、欧盟委员会是主要机构，他们负责欧盟节能管理政策、法规、指令等的制定和决策，欧盟节能产品技术标准的制定也是由它们来完成的。在节能指令的制定上，欧洲议会和欧盟理事会负责制定框架指令，欧盟委员会承担制定实施框架指令的相关政策，即欧盟理事会批准框架指令后，由欧盟委员会制定相关的具体实施指令。

在欧盟委员会的节能决策程序中，欧盟理事会为欧盟委员会设立了特别委员会来监管其行使委任立法权，也就是说，欧盟委员会必须将其在委任立法权限范围内制定的法律、法规草案报送上述的委员会讨论。对于特别委员会讨论意见中所建议的措施，欧盟委员会将通过正式程序予以采纳实施。特别委员会还可以发表相应的独立结论，指导成员国实施欧盟的相关条例。

## （2）欧盟建筑节能相关指令

欧盟是当今全球仅次于美国的能源消耗大户，其中建筑能耗占有相当大的比重。欧盟建筑能耗已占欧盟总能耗的 40%，其中居住建筑能耗占建筑总能耗的 2/3，公共建筑能耗占另外的 1/3。欧盟建筑能源的最大消耗是供暖空调系统，其能耗占到居住建筑能耗的 70%、公共建筑能耗的 50%。欧洲议会和欧盟理事会陆续颁布了有关建筑节能的一些指令，主要有：

《欧盟理事会指令 89/106/EEC，各成员国有关建筑产品法律、条例和管理规定的协调与统一》（Council Directive 89/106/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products），现已废止。

《欧盟理事会指令 92/42/EEC，关于使用液态或气体燃料的新型热水器的能效要求》（Council Directive 92/42/EEC on efficiency requirements for new hot-



water boilers fired with liquid or gaseous fuels)。

《欧盟理事会指令 93/68/EEC，各成员国有关电磁兼容法律的协调和统一》(Council Directive 89/336/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility)：对指令 87/404/EEC (简单压力容器)、88/378/EEC (玩具安全)、89/106/EEC (建筑产品)、89/336/EEC (电磁兼容)、89/392/EEC (机械)、89/686/EEC (个人防护设备)、90/384/EEC (非自动称重设备)、90/385/EEC (有源可植入式医疗器械)、90/396/EEC (燃气设备)、91/263/EEC (电讯终端设备)、92/42/EEC (热水锅炉) 和 73/23/EEC (低电压设备) 进行修改。

《欧盟理事会指令 93/76/EEC，通过节能来限制 CO<sub>2</sub> 排放》(Council Directive 93/76/EEC to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE))，现已废止。

《欧洲议会和理事会指令 2002/91/EC，建筑能效指令》(Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council on the energy performance of building，以下简称 EPBD2002)：规定欧盟成员国在 2006 年 1 月 4 日前开始贯彻实施建筑节能新措施，该指令将于 2012 年 2 月 1 日废止。

《欧洲议会和理事会指令 2005/32/EC，为规定用能产品的生态设计要求建立框架并修订第 92/42/EEC 号和第 96/57/EC 号理事会指令与欧洲议会和欧盟理事会第 2000/55/EC 号指令》(Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council on establishing a framework for the setting of ecodesign requirement for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directive 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council)，考虑产品在整个生命周期对资源能量的消耗和对环境的影响，该指令现已废止。

《欧洲议会和理事会指令 2010/31/EU，新建筑能效指令》(Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (re-cast)，以下简称 EPBD2010)：提出在综合当地条件、室外气候、室内气候要求和成本效用等各种影响因素的基础上，促进欧盟范围内建筑物能源绩效的改进。新指令自 2010 年 7 月 7 日起正式生效，原指令 EPBD2002 于 2012 年 2 月 1 日废止。

其中 EPBD2002 和 EPBD2010 从建筑节能的诸方面制定了具体政策、对策，

建立了建筑节能相关的制度体系。

### (3) 建筑能效指令发展及简介

欧洲议会和理事会于 2002 年 12 月通过了 EPBD2002。该指令于 2003 年 1 月开始实施，并于 2006 年 1 月 4 日在 25 个欧盟成员国立法实施。

各成员国在立法实施本国建筑能效指令时，主要考虑室外气候条件和欧盟成员国当地的实际情况，并结合室内环境参数的要求和经济性。

EPBD2002 主要内容包括：建筑物能耗计算方法；建立建筑最低能效标准；建筑能效标识制度；锅炉和空调系统定期检查制度。

由于欧盟各国经济发展水平参差不齐，尤其是中欧和东欧国家的经济相对落后，因此 EPBD2002 在欧盟也并未全面实施。到 2005 年为止仅有十余个成员国愿意贯彻实施 EPBD2002，并转化成为本国相应的法规。表 C1 给出了截止 2005 年 7 月该指令的执行情况。

表 C1 EPBD2002 执行情况

国家/地区	是否分别为住宅和公共建筑设立不同的建筑能效认证	私人住宅		公共建筑		开始执行时间	
		能效标识	运行标识	能效标识	运行标识	2006 年 1 月 4 日	2009 年
奥地利	可能是	有	有	有	有	部分	部分
捷克	否	有	考虑中	有	考虑中	计划	否
丹麦	否	有	无	有	无	计划	部分
芬兰	否	有	可能	有	可能	是	是
希腊	很可能	未知	未知	未知	未知	未知	未知
爱尔兰	否	很可能	未知	很可能	未知	-	是
荷兰	是	有	无	有	无	是	可能
挪威	很可能	有	可能	有	可能	计划	两年
波兰	是	有	或许	有	或许	是	可能
瑞士	否	有	或许	有	或许	部分已实施	未知
德国	是	有	有	有	有	计划	可能

从表 C1 中可以看出，欧盟各成员国将该指令转化实践的程度相差较大。德国、丹麦、奥地利、荷兰等发展较好的成员国在该指令的转化实施中做的比较好，而爱尔兰和希腊等相对较落后些。从具体的实施情况来看，各国的能效标识评价工作做的较好，而对锅炉和空调系统运行情况的检测和评估普遍实施程度不好。此外，只有少数几个成员国将公共建筑能效标识和住宅能效标识区别颁发。

2010 年 6 月 18 日，欧盟正式出台 EPBD2010 指令。其主要内容包括：建

立建筑物及其内部设施综合能效计算的通用框架；规定新建建筑及其内部设施和翻新的建筑物、建筑单元、建筑构件应实现的最低能效标准；提出增加“近零能耗”建筑数量的国家计划；建筑能效标识；定期检测建筑物内的供热空调系统；能效标识和检查报告的独立控制系统。

总的来说，EPBD2010 相比 EPBD2002 要求更加现实，内容也更加全面。主要变化体现在以下几个方面：

- 1) 参考了欧洲标准化委员会 (the European Committee for Standardization, 以下简称 CEN) 相关标准。
- 2) 提出了国家节能措施的经济效益计算方法和解决方案。
- 3) 一次能源目标值均应以 kWh/(m<sup>2</sup> a) 为单位。
- 4) 原对 1000m<sup>2</sup> 以上新建建筑和既有建筑中规定实施能效标识，现取消面积限制，使得能效标识的实施更为广泛。
- 5) 新建建筑的部分规定扩展到部分改建建筑中。
- 6) EPBD2002 的部分非强制规定在 EPBD2010 中强制实施到建筑技术系统以及新建建筑运行中。
- 7) 截止 2020 年，所有新建建筑都必须成为近零能耗建筑，而政府机构及其相关的建筑的截止时间为 2018 年。
- 8) 制定国家措施来打破市场壁垒。
- 9) 能效标识应张贴在更明显的位置。
- 10) 将锅炉的检测升级为整个供热系统的检测。
- 11) 空调系统的检测更多的强调减少冷负荷。
- 12) 所有国家能效标识检测报告的独立控制系统。
- 13) 欧盟研究委员会和生态设计指令都必须考虑 EPBD 指令。

## 2. 低能耗建筑发展

### (1) 欧洲低能耗建筑定义

目前全球尚没有统一明确的低能耗建筑定义。通常来讲，“低能耗建筑”是指能源消耗比建筑标准中规定的限值更低的建筑。低能耗建筑通常特点包括：良好的保温性、节能窗、热回收、可再生能源利用等技术。

在欧洲，根据近些年的发展，广义上的低能耗建筑有近 20 种命名或表达方式，主要包括：低能耗建筑 (Low Energy House)、零能耗建筑 (Zero Energy

Building, ZEB)、高性能建筑 (High performance house)、被动建筑 (Passive House)、零碳建筑 (Zero Carbon House)、三升房 (3-litre House) 等。表 C2 为欧洲几个主要国家有关本国低能耗建筑的定义。

表 C2 欧洲不同国家的低能耗建筑定义

国家	定义
奥地利	低能耗建筑：年采暖能耗低于 40~60kWh/m <sup>2</sup>
比利时	低能耗建筑 1 级：居住建筑，比标准建筑节能 40%；办公和学校建筑，比标准建筑节能 30% 超低能耗建筑：居住建筑，比标准建筑节能 60%；办公和学校建筑，比标准建筑节能 45%
捷克	低能耗级别：51~97 kWh/m <sup>2</sup> 超低能耗级别：低于 51 kWh/m <sup>2</sup> 被动建筑：15kWh/m <sup>2</sup>
丹麦	低能耗级别 1：低于新建建筑能耗要求的 50% 低能耗级别 2：低于新建建筑能耗要求的 25%
芬兰	低能耗标准：比标准建筑节能 40%
法国	新建居住建筑：年建筑能耗（含热水能耗）低于 50kWh/m <sup>2</sup> （不同的气候区和朝向不同，则波动范围为 40~65kWh/m <sup>2</sup> ） 其他：改造建筑 80kWh/m <sup>2</sup>
德国	低能耗要求：居住建筑，低于德国 kfW60 标准和 kfW40 标准的能耗要求 被动房：符合 kfW60 标准的建筑，年采暖能耗低于 15kWh/m <sup>2</sup> ，总能耗低于 120kWh/m <sup>2</sup>
英国	逐步提高的要求： 2010 年级别 3（比当前节能条例要求节能 25%） 2013 年级别 4（比当前节能条例要求节能 44%，接近被动房） 2016 年级别 5（采暖和照明零能耗） 2016 年级别 6（所有屋宇设备零能耗）

## (2) 欧洲低能耗建筑发展目标

欧洲各国根据自身的发展情况及特点，在低能耗建筑发展过程中，制定了适合自身的不同发展目标及途径，表 C3 为其中主要的几个国家有关本国低能

耗建筑的发展目标及途径汇总。

表 C3 欧洲主要国家低能耗建筑发展目标及途径

国家	发展目标及途径
奥地利	自 2015 年起，只有被动建筑可享受政府补贴
丹麦	到 2020 年，所有新建建筑比 2006 年标准节能 75%。具体步骤为： 到 2010 年节能 25%；到 2015 年节能 50%
芬兰	到 2010 年，节能 30%~40%；到 2015 年，采用被动房标准
法国	到 2020 年建筑运行不能采用化石燃料
匈牙利	2020 年新建建筑零能耗
爱尔兰	2010 年节能 60%；2013 年零能耗建筑。
新西兰	2010 年节能 25%；2015 年节能 50%；2020 年零能耗。
英国（英格兰和威尔士）	2013 年基本达到被动房要求，2016 年零能耗
瑞典	以 1995 年建筑总能耗为标准，2020 年节能 20%，2050 年节能 50%。

## （二）德国

德国人严谨务实的特点在本国的标准体系中得到了充分表现，对于建筑节能标准体系和建筑能源认证体系的建立也同样不例外。同时对相关节能技术及做法的推广也本着从实际出发，在欧洲建筑节能减排领域，相关工作开展卓有成效，有诸多方面值得他国借鉴。

### 1. 标准体系建立

#### （1）标准体系变革过程

德国的气候单一，只有一个热工气候分区。德国建筑节能标准体系包括建筑节能法、建筑保温法规、高层建筑保温三个文件。过去六十年，德国标准体系经历了多次修订，历经四次主要变革，2002 年建筑节能法取代了建筑保温法规。德国的节能从规定保温水平到规定具体建筑部件的传热系数，再到提出能耗限值并细化，再到提出能源证书，体现了节能标准思路从保温到整体，从技术到能耗的变化。

#### 1) 起步阶段

德国对建筑围护结构保温性能的规定可追溯到 1938 年版的《高层建筑保温》DIN4110 标准，规定外墙热阻值不得小于  $0.47(\text{m}^2 \text{ K})/\text{W}$ 。之后又于 1952、1960

与 1969 年分别修改，引入保温等级等。1974 年出台的《高层建筑保温》DIN4108 标准中，将最低保温要求提高一个级别，并限定窗户的传热系数不得大于  $3.5\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

#### 2) 第一次变革

1977 年的《建筑保温法规》详细规定了每种建筑构件的热传导系数。1981 年，德国再次修订了 DIN4108 标准，将最低保温要求在 1974 年基础上再提高一个级别。1982 年的第二版《建筑保温法规》对围护结构传热系数提出更高要求，如窗户的传热系数不得高于  $3.1\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，外墙传热系数值不得大于  $0.6\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。

#### 3) 第二次变革

1994 年的第三版《建筑保温法规》，在进一步提高建筑物围护结构传热系数要求的基础上，直接提出了总量控制的概念（新建建筑的理论油耗小于 10 升每平米年）。《建筑保温法规》对新建建筑的传热系数，不再单独规定外墙、外窗、屋顶等围护结构构件的限值，而是规定了综合指标——平均传热系数，这是为了适应新建建筑设计的灵活性。对既有建筑节能改造，则规定了外墙、外窗、屋顶等围护结构构件的限值，这是因为节能改造的措施基本一致，明确规定各自的限值，更有利于实际中的操作。

#### 4) 第三次变革

2002 年，《建筑节能法规》取代了《建筑保温法规》，提出了 30% 的节能目标，并在很多方面做出了重要的改进：

明确规定评估建筑物能效折算为一次能源需求量，以及新建建筑和既有建筑未来所应达到的能耗极限值，将建筑围护结构保温和用能系统视为一个整体来综合评估，不再将单个的建筑构件和设备作为评判能效的关键标准，而且将建筑物能耗扩大到供暖、热水、通风和相关辅助能源等终端能耗。

一次能源需求量与建筑物的体形系数线性相关，即体形系数大的建筑，允许的一次能源需求量越大。2004 年，《建筑节能法规》进行了修订，并没有提高限值要求，而是对编辑和版式进行了修订，并注明适用的更新过的标准。

#### 5) 第四次变革

2007 年颁布了新一版的《建筑节能法规》（EnEV2007），主要是为了符合欧盟的建筑准则，该准则要求大范围引入既有建筑能源证书制度，以及在计

算方法中加入制冷能耗和照明电耗两个参数。为此，EnEV2007 中居住建筑的夏季能耗得到更多的重视。

2009 年，制定了最新版的《建筑节能法规》EnEV2009，相关要求进一步得到提高，旨在将建筑物的采暖和热水制备能耗降低 30%左右。新建建筑所允许的年一次能源需求量平均降低 30%，围护结构保温隔热性能平均提高 15%；既有建筑围护结构改造的相关构件能效水平提高 30%（包括外立面、窗户、屋面等），或者按新建建筑节能水平的 1.4 倍进行改造，同时涉及对一次能耗量和围护结构保温隔热的要求。

表 C4 德国建筑节能法规与标准大事表

时间	法规	节能标准
<b>起步阶段</b>		
1952 年	第 1 版《高层建筑保温》	引入了三个保温等级，1960 年、1969 年分别进行修订
1974 年	《高层建筑保温》补充规定	将最低保温要求从 I 级提高到 II 级
1976 年	第 1 版《建筑节能法 EnEG1976》	新建建筑或既有建筑改造时需达到保温要求，通过制订配套法规具体规定建筑采暖能耗。
<b>第一次变革</b>		
1977 年	第 1 版《建筑保温法规》	规定外墙和窗的 <b>平均传热系数限值</b>
1981 年	修订《高层建筑保温》	最低保温要求提高到 III 级
1982 年	第 2 版《建筑保温法规》	对围护结构 k 值提出更高要求
<b>第二次变革</b>		
1994 年	第 3 版《建筑保温法规》	提出年 <b>采暖终端能耗限值</b> ，提高围护结构 K 值
<b>第三次变革</b>		
2002 年	第 2 版《建筑节能法规 EnEV2002》	提出 <b>一次能源量限值</b> ，考虑了终端能源获取、运输、转化过程的能量损失，并将建筑终端能耗扩大到采暖、热水、制冷、通风和辅助能源。年采暖终端能耗在 1994 年《建筑保温法规》基础上降低 30%
2005 年	第 2 版《建筑节能法 EnEG2005》	加入了能源证书的内容
<b>第四次变革</b>		
2007 年	第 3 版《建筑节能法规 EnEV2007》	以 <b>参考建筑的年一次能源量作为公共建筑的限值</b> ；引入 <b>能源证书</b>
2009 年	第 4 版《建筑节能法规 EnEV2009》	年采暖和生活热水制备的终端能耗再降低 30%

(2) 现行标准的规定内容

《建筑节能法规》（EnEV2009）规定居住建筑的采暖、热水供应和通风所需的年一次能耗以及围护结构散热损失不得超过表 C5 规定的最高值。

**表 C5 居住建筑的采暖、热水供应和通风的年一次能耗与围护结构散热损失限值**

计算用采暖期			采暖、热水供应和通风的年一次能耗 kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)		围护结构 单位传热 面积散热 损失 W/(m <sup>2</sup> ·K)
天数	室外 平均 温度	HDD20	电加热生活热 水的住宅建筑	其他的住宅建筑	
252	4.90	3805	68.74+75.29*S	50.94+75.29*S+2600/(100+A <sub>N</sub> )	0.3+1.5/S
注：1) 德国采暖期较长的原因在于，在规定的采暖期 212 天（10 月 1 日至 4 月 30 日）外，夜间 22 点温度低于 12℃，而且持续一段时间，也要采暖。 2) S 是体形系数；A <sub>N</sub> 是使用面积，等于 0.32 倍的采暖建筑物体积。					

对于公共建筑，年一次能源需求量的限定采用了与参考建筑物对比权衡的方法，对于围护结构，则规定了单位传热面积散热损失限值。《建筑节能法规》（EnEV2009）规定采暖、热水供应、通风、制冷以及固定安装的照明系统所需的年一次能耗不得超过体系、净使用面积、设施、用途、使用单元布局相同的参考建筑物的年一次能耗，并在附录中规定了参考建筑的计算方式。

$$Q_p = Q_{p,h} + Q_{p,c} + Q_{p,m} + Q_{p,w} + Q_{p,l} + Q_{p,aux}$$

式中：Q<sub>p</sub>—一年一次能源需求量；

Q<sub>p,h</sub>—用于采暖系统和室内通风设备供暖功能的年一次能源需求量；

Q<sub>p,c</sub>—用于制冷系统和室内通风设备制冷功能的年一次能源需求量；

Q<sub>p,m</sub>—用于蒸汽供应的年一次能源需求量；

Q<sub>p,w</sub>—用于热水制备的年一次能源需求量；

Q<sub>p,l</sub>—用于通风的年一次能源需求量；

Q<sub>p,aux</sub>—用于辅助能源的一次能耗量，包括供暖系统和室内通风设备的供暖功能、制冷系统和室内通风设备的制冷功能、加湿功能、热水、照明和空气输送；

公共建筑围护结构传热系数不得超过表 C6 规定的限值。

**表 C6 公共建筑围护结构平均传热系数**



采暖温度 $\geq 19^{\circ}\text{C}$ 且窗墙比 $\leq 0.3$	$0.3+0.15/\text{体形系数}$
采暖温度 $\geq 19^{\circ}\text{C}$ 且窗墙比 $> 0.3$	$0.35+0.24/\text{体形系数}$
$12^{\circ}\text{C} < \text{采暖温度} \leq 19^{\circ}\text{C}$	$0.70+0.13/\text{体形系数}$

《建筑节能法规》EnEV2009对建筑物的气密性检验进行了规定，建筑内有通风设施 3.0/h；建筑内无通风设施 1.5/h。

纵观德国建筑节能法规，主要有以下五个特点：

一是将围护结构和用能系统视为一个整体，通过“终端能耗”综合评估。建筑能耗不再限于年采暖热需求，而是扩大到整个供暖、通风、热水制备以及相关的辅助能源。这反映了德国对建筑用能影响因素的认识，是标准设计思路的改变。

二是约束年一次能源需求量，将建筑节能与二氧化碳减排联系起来。这是《欧盟建筑物综合能效准则 2002》的要求，便于将建筑能耗与生态指标二氧化碳排放挂钩。同时，德国能源供应与需求的总体平衡有关（例如，在德国，虽然使用电能的热泵本身是节能的，但热泵运行带来的电耗增加可能会给能源供应带来问题。从国家的能源总体状况出发，一次能源与二次能源应维持一个合理的比例，否则将出现能源的分配与供应问题，导致电能需求再度上升。根据德国当前的技术发展水平，其结果是核电厂的大量扩建，会产生大量的政治和技术方面的问题。对德国来说，燃气热泵则不存在这方面的问题）。保持国家能源总体供应与分配的平衡，是德国建筑节能法律的目的之一。约束一次能源种类的标准制定方法，使得节能减排不仅是宣传和口号，而是用户看得到、摸得着的事。

三是根据体形系数确定居住建筑的年一次能源需求量和围护结构单位传热面积散热损失的限值。年一次能源需求量与体形系数线性相关，围护结构单位面积散热损失与体形系数的倒数线性相关。体形系数增加，年一次能源需求限值相应放宽，但围护结构的单位传热面积散热损失要求却更严。承认体形系数对一次能耗的影响，但却对这种影响加以限制，而不是对不同体形系数的建筑物要求达到同样的一次能源需求量，这种标准制定方法反映了综合权衡的思想，有利于适应不同的情况。例如对单元式集合住宅的平面布局来说，卫生间的自然采光和通风要求可以通过拉长面宽、减少进深来解决，体形系数虽然较小，但会增加用地面积，也可以通过平面布局调整，增加体形系数来满足，虽然较高的体形系数，能耗要求放宽，但节省了土地。但是，这种编制方法客观

上鼓励了别墅等独立住宅增加一次能源需求量的倾向。相比集合住宅，别墅的体形系数更高，一般来讲，别墅的能耗限值要求应该更高，而不是更低，这不仅是标准制定者在节能上的要求，更是用户在经济上的要求，高级别的住宅质量更高是普遍的经济规律。

四是公共建筑根据参考建筑物确定一次能源需求量限值，围护结构传热系数则与体形系数的倒数线性相关，同时对窗墙比较高和采暖温度较低的建筑物，传热系数标准适当放宽。

五是将能效标识（能源证书）加入到建筑节能法规当中。有利于市场对不同能效建筑或房产的定价，降低了市场搜寻能效质量的信息成本，有利于促进房地产的市场交易。

### （3）标准的管理机制

德国通过“性能性指标”与“能源证书”等规定，充分调动公众对建筑节能设计标准实施的积极性。德国的建筑节能标准的核心建筑物的终端能耗，主要依靠市场力量来实现。其标准管理机制如图 C2 所示，在建筑的规划、设计、建造、运行的每个环节，均以能耗指标数据为考察目标。

具体说来，修建、出售和出租建筑物及住宅时，开发商都必须出示能源证书。原则上讲，能效标识与建筑节能标准的评价准则应该一致。由于能耗与用户的账单挂钩，用户关心实际的能耗量，有很大的积极性检查实际能耗与能源证书的相符与否，成为实际能耗的监管者，以市场手段促进建筑节能标准执行。

整个管理体系以用户为监管核心，有效地将每个环节各相关主体纳入到管理机制内。一方面可以将建造过程与使用过程中节能标准的实施联系起来——终端能耗是用户监管开发商节能质量的有效指标，是用户监管能源供应商能源服务的有效指标；另一方面可以将新建建筑与既有建筑联系起来——用能源证书中标注的终端能耗促进新建建筑节能标准的实施和既有建筑节能改造的融资、贷款等。

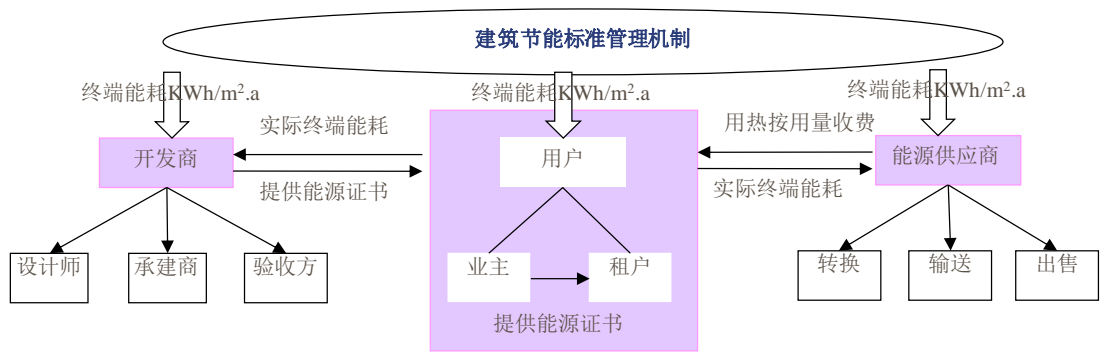


图 C2 德国建筑节能标准的运行管理机制

## 2. 建筑能源证书体系

建筑能源证书体系是德国建筑节能标准实现的重要制度保障。1995年版的《建筑保温法规》生效后，德国开始实施新建建筑的能源证书，随着欧盟建筑物总能效准则（EPBD 准则）的颁布，欧盟于2002年提出在既有建筑引入能源证书，为此，德国在2007年修订的《建筑节能法规》中规定既有建筑也有义务出具能源证书。从2008年7月1日起，对新建和改建的公寓型住宅采取了强制能效认证；从2008年10月1日起，对1965年之前建造的未达到1977年《建筑保温法》规定的小型住宅建筑（不超过四套住房）实施强制理论能效认证；从2009年1月1日起，对1965年后建造的未达到1977年《建筑保温法》要求的小型住宅建筑（不超过四套住房）实施强制理论能效认证；从2009年7月1日起，非住宅建筑也必须进行强制性的能效认证。

当前的能源证书体系适用于新建建筑和既有建筑。对新建建筑，考察建筑物终端能耗需求值（Energy Demand），此值根据DIN18599中提供的一整套计算方法，计算不同地区、不同建筑结构与采用不同的技术设备等建筑的年一次能耗；对既有建筑，考察的则是建筑物实际能耗值（Energy Consumption），需要提供不少于三年的实际能耗测量值。证书不仅考虑不同终端的用能消耗与碳排放水平，同时还计入了一些集中式用能（如集中热水等）的非建筑内的能源输配损失。

德国的能源证书体系有如下特点：

### （1）标识建筑能耗性能

能耗数据包括该建筑物每平方米每年的能耗值和所对应的是一次性能耗值。该建筑物每平米每年的CO<sub>2</sub>排放量。作为比较，列出了每平方米每年的能耗值和建筑外围护结构综合导热系数的计算值和EnEV所要求的最大允许值。并标

明不同能源种类（天然气、电、燃油等）的能耗值。能源证书还包括咨询人员给出的改进意见，并且给出了改进之后的能源消耗值。

非居住建筑（公共建筑）的能源证书与居住建筑能源证书整体结构相似，其内容还详细区分建筑中的办公、实验室、服务空间、交通、存储空间、车库等相应的面积指标，以及空调系统特征等。并对公共建筑中能耗种类细分，对采暖、通风空调、照明、热水物种能耗分项计算。

#### （2）提供建筑相关的详细信息

能源证书是由国家指定的软件生成，有固定的格式。能源证书由数页内容组成，最重要的内容包括建筑地址、建造年限、设备年限、建筑面积等，并标明能耗相关数据来源是业主提供，还是能源证书出具者自测，能源证书出具机构的地址、签字盖章、证书有效期。

#### （3）实施建筑节能管理的重要依据

新建建筑审批时必须出具建筑能源证书；既有建筑改造过程中，建筑体积超过 100m<sup>3</sup>的扩建建筑必须出具建筑能源证书；既有建筑的较大规模改造必须出具建筑能源证书；建筑物买卖时，必须出具建筑能源证书；德国规定公共建筑的能源证书必须悬挂在该建筑公共部分如门厅等处，以利公众监督。能源证书有效期为 10 年，届时需要重新审核更新；证书有效期 10 年，超过 10 年需根据实际情况重新办理。

#### （4）推动建筑节能市场化的手段

如果既有居住节能建筑改造后测试后建筑达到 KFW-Energiesparhaus 60 标准以上的，即复兴信贷银行节能住宅 60 标准以上，那么建筑物所有者可以从复兴信贷银行拿到最高可达 50000 欧元作为低息贷款。这样做大大减轻了节能改造的投资压力，缩短了房屋所有者回收成本的时间。此外，德国政府对于在改造之后能够减少 CO<sub>2</sub> 排放量每年达 40kg 的，给予一次性资金奖励。

### 3. 德国的相关做法和经验

德国自从 2006 年实施《建筑节能改造计划》以来，二氧化碳的排放量每年减少了五百万吨。这个数字比柏林每年排放的二氧化碳量还要高。德国《建筑节能改造计划》累计支持了 250 万套新建节能住宅和进行节能改造的老住宅，总投资额超过 850 亿欧元。德国联邦建设部长彼得拉姆绍尔在柏林举行的智能建筑论坛上公布了以上数据。

在德国用于供暖和热水供应消耗的能源占总能耗的 40%。因此在德国联邦政府逐步退出核能和加强可再生能源的政策背景下，提高住房的能源利用效率也是节能减排的重要环节。德国联邦政府的建筑节能改造计划里也强调了经济可行的原则，即建筑的节能改造要同时考虑到住户的经济承受能力。创新性的住房建设技术也将在市场上受到重视，在联邦政府新推出的资助指南里体现了对创新性技术的评价和支持，这里也包括了低能耗或零能耗房屋的建设。

在建筑节能减排过程中一系列好的经验和做法值得我们借鉴。

### （1）加强政策引导

#### 1) 建立和完善政策体系，不断提高建筑节能标准

能源节约与环保是德国政府的长期国策。自 20 世纪 70 年代以来，德国出台了一系列建筑节能法规，对建筑物保温隔热、采暖、空调、通风、热水供应等技术规范做出规定，违反相关要求将受到处罚。1977 年，德国第一部节能法规《保温条例》（WSchV77）正式实行，提出新建建筑的采暖能耗限额为每平方米楼板面积每年消耗能源 250 千瓦时，即  $250\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，该条例在 1984 年和 1995 年分别被修订，1995 年提出的限额已下降为  $100\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 。2002 年，为贯彻欧盟对建筑节能的要求，开始实施新的《能源节约条例》（EnEV2002），采暖能耗限额调整为  $70\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，其后在 2005 年、2007 年、2009 年分别被修订，2009 年提出的采暖能耗限额为  $45\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 。目前，该条例又在修订（EnEV2014），关于被动式建筑（即超低能耗建筑）的采暖能耗限额将下降到  $15\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，这是目前环保节能建筑的最高标准，基本实现建筑的“零能耗”。

#### 2) 建立财税激励机制

为了更好地提高建筑能效、推广可再生能源在建筑领域的应用，德国联邦政府和各地方政府出台了许多激励补贴政策。其中既有可再生能源的市场激励计划，也有德国复兴信贷银行（KfW）专为建筑节能改造推出的多项资助计划。另外，各州、市、乡镇政府及能源供应企业提供各种地区性的资助计划，例如联邦政府光伏屋顶、高速公路两侧光伏工程补贴、巴伐利亚州学校建筑节能“50/50”计划等。以达到 EnEV-2009 德国节能标准 100（KfW100）为基本要求，达到 KfW85 标准的建筑，每套  $150\text{m}^2$  的建筑改造完成后，联邦和地方政府各奖励 5250 欧元，共计 10500 欧元（奖励标准为 70 欧元/ $\text{m}^2$ ）。达到 KfW55 标准的建筑，每套  $130\text{m}^2$  的建筑改造完成后，联邦和地方政府各奖励 15700 欧元，

共 31400 欧元（奖励 241.5 欧元/m<sup>2</sup>）。另外，从 1999 年起，德国实施生态税改革，一方面提高能源价格，另一方面将征收税费的 90% 通过降低退休金交费重新返还给居民和企业，不增加民众负担，这种方式大大提高了社会节能意识，促进了节能技术研发，减少了能源消耗。

### 3) 推行建筑物的能源认证证书

2002 年，德国《能源节约条例》（EnEV2002）要求，建筑物中的能源使用情况要进行量化（包括供暖、空调、热水供应等方面），要建立建筑物的能源认证证书系统。建筑物的能源证书，与家用电器上的能效标签一样，反映了建筑物的能耗属性，另外还包括对建筑物进行节能改造的建议、措施及注意事项等。2004 年，德国联邦能源署会同有关部门，在全国范围内对能源证书实施情况进行了调研。结果表明，能源认证证书制度已被市场广泛接受，得到了消费者的肯定。根据德国法律规定，自 2009 年 1 月 1 日起，所有新建、出售或出租的居住建筑都必须出具能源证书，以便购房者或租房者了解在房屋能源消费方面可能支出的费用。对非居住建筑，则从 2009 年 7 月 1 日起实施这一规定，同时要求面积超过 1000 平方米的公共建筑必须在建筑物显著位置悬挂能源证书。能源认证证书系统的实施，对提高建筑商和消费者的节能意识，提高建筑物节能水平起到了重要推动作用。

### 4) 推广供热计量

东西德统一后，从 1991 年开始对既有居住建筑开展大范围的综合改造，一方面防止贫富两极分化，另一方面减少建筑能耗。通过改造楼内采暖系统，安装新的散热器和自动温控阀进行温度调节，加上电子式热分配器进行供热计量。1994 年开始全面实现热计量收费，困难人群政府给予补助。实施供热计量的住宅，供热和热水供应能耗大幅减少。

## （2）注重建筑节能技术的研究及应用

### 1) 建筑物围护结构保温隔热系统

通过对建筑物的外墙、屋顶、地面和地下室采取良好的保温隔热措施，可以节约大量能源，在冬季采暖地区效果尤为明显。外墙外保温是保温效果最好，应用最广泛的一种建筑保温形式。保温材料选择主要考虑导热率与燃烧特性，德国常用的保温材料有聚苯乙烯（EPS、XPS）、聚氨酯（PU）、木质软纤维等有机类保温材料，以及人造矿物纤维（矿棉、岩棉）、泡沫玻璃、发泡水泥

保温块、真空绝热保温板等无机类保温材料。EPS 是德国使用最为广泛的保温材料，市场占有率约 80%，其他主要使用的还有岩棉板等。外墙保温隔热层厚度一般为 23-30cm，屋顶保温有隔热方式（采用膨胀珍珠岩、玻璃棉和聚苯乙烯泡沫等保温材料），也有反射降温等方式（屋顶刷铝银粉或采用表面带有铝箔的卷材）。地下室一般采用环绕式保温层，选用 XPS 板，地下室顶板基本采用岩棉或矿棉保温板。施工时与地面以上的保温层无缝连接，绝不能产生热桥，更不能出现渗水。保温施工完成后可以通过热敏相机（红外成像仪）进行检查，不同颜色显示不同的表面温度，通过热敏图检验保温层施工质量。

## 2) 节能窗户

窗户是建筑保温的主要部位，据测算，窗户热损失占房屋能耗的 50% 以上。窗户结构是决定其节能性能的主要因素。推拉窗密封性能较差，容易形成空气对流，造成能量损失，正逐步被淘汰使用。平开窗的窗扇与窗框间有良好的密封压条，窗扇关闭时能将密封条压紧，密封性好，节能效果明显，在德国新建建筑和改造建筑中普遍使用。传统建筑一般使用一层或两层玻璃，窗框一般是金属结构，隔热性能较差。目前推广使用的新型环保节能窗户一般采用三层玻璃，玻璃间真空或充满氩气等惰性气体，可以大大降低热传导率，如果在玻璃上镀低辐射膜（Low-E 膜），隔热效果更佳，传热系数比普通中空玻璃下降 70% 以上，降至  $0.8\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。窗框则推荐使用非金属材料，如木头、保温塑料等，隔热性能较铝合金等金属窗好。

## 3) 新风换气系统

新风换气是指在密闭室内的一侧通过专用设备向室内输送新风（新鲜空气），在另一侧由专用设备向室外排出空气，在室内形成新风流动场，满足换气需要。送风设备还可对进入室内的新风进行过滤、灭毒、杀菌、增氧、预热（冬天），确保进入室内空气清洁；排风设备在空气排出前可进行热回收交换，减少能量损失。随着建筑节能标准的提升，门窗气密性越来越好，室内的潮湿气体无法自然排出，空气中  $\text{CO}_2$  含量高，不利于人体健康，使用新风换气系统可以有效解决此类问题。在室内制冷或取暖的情况下，与开窗通风相比，使用新风换气系统，既可保持室内温度稳定，也可隔绝室外噪音，还能节约能源。研究表明，使用不带换热功能的新风换气系统，可以节能 30%，如果带换热功能，节能高达 80% 以上。由此可见，新风系统节能效果显著。在德国，新

风换气系统已经与建筑物融为一体，成为不可缺少的重要组成部分。德国建筑节能法规要求，建筑物在设计时必须考虑通风问题。例如，成立于 1945 年的德国朗适新风公司，该公司是住宅通风领域的知名品牌，其产品注重兼顾节能保温和健康呼吸，在国际上被广泛使用，在我国已被应用到国家节能改造示范工程项目和国家康居示范项目。

#### 4) 建筑遮阳系统

建筑遮阳装置一般分为外遮阳、内遮阳和位于两层玻璃之间的中置遮阳。外遮阳应用最广泛，它适用于朝南、朝东、朝西的大面积窗户及天窗处，既防止阳光直射、也阻挡室内温度上升；内遮阳主要以防眩为主、遮阳为辅，适合于冬季采暖地区，在防止阳光直射的同时，可以让阳光进入室内提高温度；中置遮阳，兼有内外遮阳的特点，一体性较强，不易损坏，但造价较高。通过不同遮阳装置的组合使用，在夏季可以大大降低空调负荷，在冬季可以节省取暖能源。研究表明，利用遮阳技术，建筑物可节省约 40% 的能源。在欧洲如果全面推广建筑遮阳技术，每年可减少排放 8000 万吨 CO<sub>2</sub>。德国十分注重建筑遮阳技术的研发和应用。考察组所到之处，无论是办公楼、商业建筑还是住宅楼，随处可见遮阳装置，应用十分普及。例如智能遮阳百叶帘，在不同气候和不同时间，都可根据太阳的高度，自动调节遮阳叶片的位置，实现有效的眩光保护和热保护，同时还保证最大可能的可视度和日光照明。这类产品的广泛应用，可以有效促进建筑节能，提高建筑舒适度。

#### 5) 供热空调技术

虽然德国面积不大，但工程师能根据地域特点，采用集中与分散供热合理使用、末端用能装置多样化、高效热电联供等方式，因地制宜为建筑物选择合理的供热空调方式。同时，先进的控制系统可以使热泵空调能根据室内外温度、湿度变化情况进行精细调节，对建筑物分层、分区进行温度调控。公用建筑的热泵空调系统能根据上下班时间进行自动开启和关闭。根据公用建筑室内监测空气质量的传感器返回的实时数据，新风控制系统能实现自动开启、关闭以及调节新风量大小的功能。通过这些技术，大大提高供热效率，实现节能目的。

### (3) 注重对既有建筑的节能改造

德国除对新建筑实行较高节能标准外，对既有建筑的节能改造也相当重视。一方面制定有关规章制度，从政策层面加以引导，例如，根据欧盟能源效率规



程，每年要对 3% 的公共建筑进行节能改造；另一方面通过设立专门的基金（如 KfW 基金），提供低息贷款等方式，加大资金投入，推动旧房节能改造。改造目标主要包括提高建筑舒适度、降低建筑能耗、减少环境污染等。改造内容包括增加建筑外保温设施；更换高效门窗；对供热系统进行了大规模改造，拆除褐煤供热锅炉，安装热气锅炉和燃气发动机热电联产装置；将居民的燃气热水器改为供热公司集中供应热水；改造楼内采暖系统，安装新的散热器和自动温控阀等。

目前德国共有住宅约 3900 万套，1000 万套建造于 1979 年之后，热工性能尚可，暂不急于改造；2900 万套建造于 1979 年之前，热工性能较差，它们消耗了德国建筑能耗 90% 以上，需要全面改造，目前每年改造大约 20 万套，其中 600 万套已完成节能改造。完成改造住宅的能耗大为降低，单位居住面积采暖能耗由改造前的  $160\sim 200\text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  下降到  $70\sim 90\text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，每年每平米住宅减少  $\text{CO}_2$  排放量达到 40 千克。

### （三）丹麦

丹麦地处北欧，纬度较高，其建筑采暖能耗需求也相对较高，为了通过有效管理，实现能耗降低，其较早的推行供热计量。从其建筑节能的发展历史，相关法规标准体系制定的历史沿革也能看出其在建筑节能发展过程中思路的转变，即从关注建筑构配件单一性能转向对建筑整体能耗指标的限定。这给建筑师更大的发挥空间，同时有效的控制了新建建筑能耗。

#### 1. 法律法规及标准体系建设

##### （1）建筑能耗现状

自 1961 年开始，丹麦就对新建建筑的能源消耗做出了规定。其后，丹麦不断提高建筑的能效要求，在建筑标准中对新建建筑供热、制冷、通风、生活热水和照明等方面的能源效率有详细规定。丹麦最新建筑标准提出，到 2020 年丹麦新建建筑的“能耗几乎为零”，主要依靠可再生能源。通过提高建筑节能标准，两国的建筑耗能不断下降，缓解了由于能源紧缺带来的诸多经济和社会问题。

丹麦建筑能耗约占总能耗的 41%，其中大部分是供热和制冷的能耗。相比北京，丹麦平均供热能耗仅为 1/2，但室内舒适度却比北京还高。丹麦通过征收建筑采暖燃料税、给予节能投资补贴、实施出租房屋节能一揽子计划等手段，

降低了建筑能耗。1990~2008年，丹麦建筑节能近16%，其中供热节能约15%，主要措施是用天然气锅炉代替原来的燃油锅炉以及要求所有建筑物安装热计量装置，违反者将受处罚。通过实施供热计量。同时，大型用电设备节能效果明显，近30%。大型用电设备的节能以及供热电能的减少，使得丹麦建筑领域总电能逐步降低。分析更近几年的情况2000以来，丹麦建筑用电节能4%，其中供热节能3.5%，大型用电设备节能9%。

## (2) 政策法规及标准体系

丹麦现行的建筑节能相关法律法规及标准有如下四个不同的层次：

### 1) 欧盟建筑能效指令——EPBD

按照成员国的授权，欧盟于2002年12月16日通过了EPBD，并于2010年5月进行了更新。EPBD2002主要内容包括：建筑物能耗计算方法；建立建筑最低能效标准；建筑能效标识制度；锅炉和空调系统定期检查制度。

### 2) 本国政策及相关法律

丹麦由于各类能源并不丰裕，历来重视各行业的节能，尤其在建筑节能方面，出台了一系列相关政策法规来促进本国建筑节能的发展，其出台政策详见表C7。对丹麦建筑节能有较大影响的政策法规按照时间线进行梳理，如图C3所示。

表 C7 丹麦建筑节能相关政策

名称	类型	状态	颁布时间
财政法 2009—国家的能源目标	管理体系	现行	2009
节电行动法 2008	资源协议	现行	2008
节能行动计划	政策	现行	2007
丹麦能源政策 2025	政策	废止	2007
促进建筑节能	管理体系	废止	2006
实施 EPBD	管理体系	现行	2006
建筑保温法修改	管理体系	现行	2006
促进公共建筑节能	管理体系	废止	2005
可再生能源节约行动计划	政策	现行	2005
促进节能协议	政策	现行	2005
国家可持续发展策略	政策	现行	2002
大型建筑能效标识	管理措施	废止	1996

小型建筑能效标识	管理措施	废止	1996
既有建筑能源管理	管理措施	废止	1992
区域供暖和热电联产	政策	现行	1980
供暖法	管理措施	现行	1979（2006更新）

### 3) 建筑条例

从 20 世纪 60 年代开始，丹麦对新建建筑的能耗要求变得逐渐严格。近些年，为推动欧盟指令 2002/91/EC 在丹麦的实施，政府发布了数项标准，包括当前和未来的最大建筑热负荷。更进一步，丹麦建筑条例也对新建建筑外窗和既有建筑更换外窗进行了能源性能的规定。最新版本的标准计划对屋顶的更换、燃油和燃气锅炉、供热改造等进行要求。现行版本为《丹麦建筑条例 2010

（Danish Building Regulations 2010）》（BR10）。《丹麦建筑条例》对于减少新建建筑能耗作用明显。之前的版本具有较大的灵活性，体现在关注建筑总能耗需求而不是建筑构件的单独要求。2010 版的建筑条例要求较之前严格许多，预计在 2015 版的建筑条例要求将更加严格。

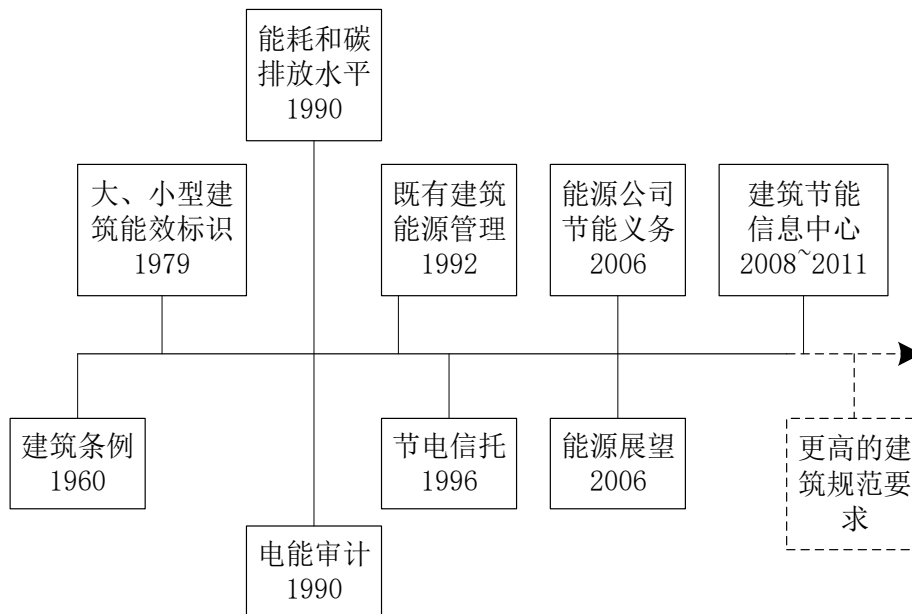


图 C3 丹麦重要节能措施时间轴

丹麦最早一版有节能要求的《建筑条例》是 1961 年。从那以后，每版建筑条例都不断提高对建筑节能的要求，如图 C4 所示。尤其最近的 08 版和 10 版，为推动欧盟指令 EPBD 的实施，丹麦建筑条例的修编更是注重了节能方面的要求。

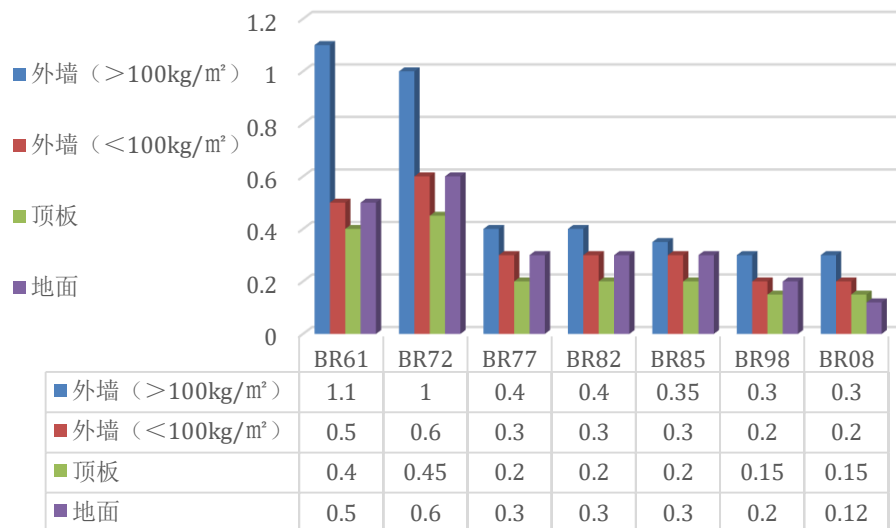


图 C4 丹麦 BR 对建筑构件传热系数的要求比较

从图 C4 可以看出，建筑条例对传热系数的要求越来越严格，尤其是从 BR61 到 BR77。BR82 仅改变了计算热负荷的方法。BR98 进一步降低了总热负荷。BR98 给出了可供选择的执行方式，或减少建筑构件的传热系数值，或减低建筑的总热负荷。用建筑的总热负荷限制取代对建筑构件的限制实际给建筑设计带来了很大的灵活性。

BR10 规定了所有类型新建建筑的最低能耗要求，要求建筑必须同时满足降低能源消耗和保持健康室内环境的双重需求，其参数和要求的确定都是经过相关计算确定的（Energy calculation BE10），涉及到太阳得热、人员散热及其他关于建筑的能源负荷。除了基本要求外，BR10 还设置了两种自愿的低能耗等级：低能耗等级 2015（Low-energy Class 2015）和建筑等级 2020（Building Class 2020）。这两种等级都是其期望在 2015 年和 2020 年达到的最低能耗目标。与 2006 年的基准要求相比，新建建筑主要需求能源的能源结构缩减了 25%。低能耗等级 2015 中的能效要求与 2006 年相比缩减 50%。建筑等级 2020 中的能效要求与 2006 年相比将缩减达 75%，如表 C8 所示。

表 C8 丹麦典型居住建筑和非居住建筑能效要求的发展[kW h/(m<sup>2</sup> a)]

建筑类型	2006	2010	Low-energy Class 2015	Low-energy Class 2020
居住建筑，150m <sup>2</sup>	84.7	63	36.7	20
非居住建筑，1000m <sup>2</sup>	97.2	73	42	25

#### 4) SBi 指南

SBi 指南是由丹麦建筑研究院发布的。该指南给出了如何达到建筑条例要求的具体做法。指南不是强制的，但通常用户、咨询师、承包商等都会遵循实行。SBi 指南可分为三大组：

- a) 第一组是给出公认的成熟方案来满足建筑条例的要求。
- b) 第二组是给出方法和技术来验证建筑是否满足建筑条例的要求。
- c) 第三章是手册或导则用于规划和实施过程中的投资、评估特定问题，如室内环境等。

### (3) 相关措施及方法

#### 1) 建筑及门窗标识

##### a) 建筑能效标识

丹麦建筑的能耗标识制度始于 1979 年，已有较长的历史。能效标识至今仍被认为是促进新建建筑和既有建筑节能的有效手段之一。丹麦在大型建筑（建筑面积超过 1500m<sup>2</sup>）和小型建筑，如单户住宅、公寓和其他居住建筑（建筑面积不超过 1500m<sup>2</sup>）中开展能效标识工作。

作为对欧盟指令 2002/91/EC 的回应，丹麦从 2006 年开始实行新的能效标识。新建建筑、既有建筑出租或销售时，都要求出具能效标识。既有建筑能效标识有效期最长为 5 年。能效标识中共分 14 个级别，从最低水平的 G2 到最高水平 A1。新建建筑必须至少达到 B1 级别的能耗要求。丹麦有专门的手册供能源顾问专家出具能效标识使用。

##### b) 门窗自愿能效标识

丹麦通过一些自愿协议，来规范一些重要的建筑构件热工性能。比如商业组织加入的门窗自愿能效标识，公司或产品经过严格的检测从而贴上分为 A~C 三个等级的标签。

丹麦能源局、玻璃工业协会、玻璃工贸易组织和窗户生产商联合会均已加入一项推广使用节能窗的协议中。

#### 2) 奖金和补贴

丹麦曾实施建筑节能奖励制度，奖金可达到私人或公共机构用于节能总投资的 30%~50% 的费用，但法律要求的单位和接受其它资助的单位不包括在内。从 1993 年~2003 年，国家资助补贴退休人员居住的房屋进行节能改造，该补贴制度的目的在于减少建筑热负荷，从而减少丹麦政府的供暖费用。同时，良好

的外墙保温、外窗保温等也会带来良好的室内环境，为退休人员营造高质量的生活。

### 3) 节能节电信托

在 1996 年，丹麦政府发起节电信托，主要是通过提供节能信息、自愿协议、技术措施等推动公共机构和家庭的节电工作。节电工作必须要兼顾考虑社会和环境效益。其中一项很重要的工作是关停小型供热厂和小型天然气厂。节能设备及设备的高效运转也是其中比较重要的工作。

节电信托发布了一项导则以鼓励购买节能装置和设备，包括：办公设备、信息和通信技术、照明设备、通风、电机和循环水泵、大型设备冷水机等。节电信托要求所有政府机构都必须购买基于节能信托导则的节能设备。

节能信托的投资信用很容易获得，但其影响却较难评估。研究发现，节能信托要求采用节能设备，同时这项制度又会影响能源价格，从而带来间接节能。

### 4) 教育和信息披露

从 2005 年开始，丹麦能源服务部就开始为公民组织提供能源相关知识的培训与交流。由 12 家当地机构发起，目标是推动行为节能，推广采用可再生能源。这项活动有 4

个组成部分，包括：公共信息；学校能源研讨会；能源服务培训等。

从 2006 年开始，丹麦的能源公司，即电力公司、供气公司和区域供暖公司，均被要求向公众提供节能相关知识。通过印刷的宣传材料、电话访问、媒体报道和研讨会等方式，组织能源公司参与到公众节能意识培养行动中来。目的是提高公众节能意识，普及节能知识。

对于建筑节能相关信息的披露，丹麦政府从 1992 年开始，国家建筑用能管理和年度能源报告就称为了一项强制制度，包括中央机构、国家其他机构、以及其他政府投资建筑都纳入到这项披露制度中。

从 2008 年~2011 年，每年将有 1 千万克朗（约合人民币 1300 万）的基金支持建筑节能知识库的建设。知识库由丹麦技术研究院、丹麦奥尔堡大学的建筑设计研究院等几家机构具体负责。知识库的筹建在于确定建筑的节能潜力、建筑条例要求的解释以及实际的节能行动等。其中最为主要的组成人员为建筑相关的贸易商、承包商、咨询师以及小型公司组成。

### 5) 电力审计

电力审计在丹麦始于 20 世纪 90 年代。电力审计制度为电力公司提供了经济效益较高的节能措施，以及实施方案。这项制度与建筑有部分关系，仅关注非居住建筑的电力消费者。多年之后，这项制度经过改良，即可以提供全部审计，也可提供部分审计。电力审计主要包括：电耗和节能潜力的综述；13 个不同种类的详细电耗以及较详细的节电措施；节电方案；电力审计后 6~12 月的跟踪；最终报告提交到非公开的数据库中。

电力审计整个过程分为三个阶段，包括：浏览现有材料，实际到审计单位现场调研；基于数据信息的图表和经济分析（宏观尺度）；10 个不同类型公司的实际案例分析（微观尺度）。结果显示，平均每个公司收到了 5~6 条建议。在调查的多条建议中，大部分被采纳实施，这其中主要是投资回收期较短的建议，尤其是与国家补贴相关联的建议实施较多。

## 2. 供热计量方面主要经验

丹麦本土面积约 4.3 万 km<sup>2</sup>，人口 520 万，为海洋性温带阔叶林气候，1 月平均气温 0℃左右，7 月平均气温 17℃，年平均气温为 8℃，其采暖期甚长，从 9 月末起到翌年 5 月中旬止，有将近 8 个月的时间。也使得其在供热方面较为重视，主要包括供热方式及供热计量等方面。

丹麦的房屋以 3~4 层建筑居多，并积极发展区域供热为供暖热源。目前已有 60% 的建筑面积采取区域供热方式，其中热电联产又占区域供热的 60% 以上。除区域供热外，燃气供热占 13%，燃油占 24%，其他方式占 3%。供热普遍采用主供热站与用户分离的间接供热方式，其间的连接通过换热站进行。

建筑物室内供暖管网均为双管系统，独户住宅一般用水平双管系统，公寓房屋则一般用垂直双管系统。这种双管系统可将各散热器并联起来，使各散热器能分别进行调节。每个散热器的供水管处都装有恒温阀。恒温阀可按需要自动调节进入散热器的热水流量，即用户可根据不同情况设定室温。供暖计量有分户热表及栋用热表加热量分配计两种情况，热量分配计有蒸发式及电子式两种。有中介性的能源服务公司按热表提供的资料计算热费。在这种条件下，对整个供暖系统的水泵、电机和管网运行，都能根据用户需要不断变化，及时自动调节。属于动态变流量的自控集中供热系统。也只有这种动态调节系统，才能保证各家各户的温度控制得以实现。

丹麦在 60 年代，家庭采暖也是按建筑面积收费。到了 70 年代，改为按流量收费。80 年代，根据法律规定，又改为按热量收费。其热量计也有一个发展过程，如与热量计相配套的流量仪表，70 年代为孔板式。80 年代主导仪表为电磁流量计。90 年代主导仪表则为超声流量计，但户用小表还是采用机械式。

在欧洲，区域供热行业不以盈利为目的，但仍按商业行为运作。其利润全部用于还贷、投资或降低热用户的热费。用于改善供热系统的投资，基于市场潜力的分析，提高热供给、热传输与热消耗的效率，从而减少热耗并降低成本。

丹麦在供热计量收费方面的主要经验有：

#### 1) 制定并完善政策法规

作为市场经济体制国家的丹麦，将集中供热的热量输送到各家各户，家庭用热采取恒温阀控制并按所耗热量收费，通过法规作出明确规定。1992 年 12 月，成立了热计量收费委员会。政府决定修改《住房法》和《租赁法》；1994 年，实行了一项鼓励热计量收费的优惠政策，即由政府补贴设备款的 50%；1995 年 1 月，建议政府对电、燃气、暖气和水的消费征收环保税；1996 年 10 月 9 日，颁布了第 891 号令，强制推行电、气、水和暖气的分户计量，不安装热计量装置的将要受到惩罚。

#### 2) 供暖计量收费改革工作与建筑节能及热源热网的现代化改造结合

进行建筑节能的各个环节是密不可分的。只有围护结构采取了节能措施才能节约能耗，但如果对用户不进行供暖计量收费，则节能实效甚低；但对建筑供暖计量收费，又必须使用户对供暖设施能够进行控制；而用户对采暖可以控制，又要求整个供暖系统的动态调节，否则就会引起供暖系统供热的失衡紊乱。这样，原有的热源与热同就不能满足需要。因此，这一系列的改革、改造工作应该结合进行。此项工作在丹麦，是在 70 年代能源危机爆发后不久就逐步完成了，此后则是不断完善。

### （四）英国

英国作为在欧盟中较有影响力的国家之一，其相关立法及标准体系对欧盟及其他成员国也被广泛引用或参考。尤其发布的《建筑条例》及《家庭节能法》等在欧洲各国具有一定的引领作用。

#### 1. 法律法规体系发展



上世纪 70 年代，石油危机驱动能源价格持续保障，各国在努力寻找替代能源的同时，处于漩涡中心的英国对于节能更加关注，推动了国内建筑节能的发展。在 1972 年版的《建筑条例》中首次出现了节能篇，并在此后各版本修订中不断提高对建筑节能的要求。2010 版《建筑条例》比 2006 版节能 25%，比 2002 版节能 40%；而最新的 2013 版比 2006 版节能 44%，比 2002 版节能 55%，英国计划到 2016 年实现所有新建居住建筑零碳排放，到 2019 年实现所有新建公共建筑零碳排放。表 C9 中为英国建筑相关法律法规不同年代要求的建筑围护结构传热系数，可看出其建筑节能要求日益严格。

**表 C9 英国不同年代建筑围护结构传热系数要求**

年度	传热系数 W/(m <sup>2</sup> K)			
	墙	屋面	地面	窗
1965	1.70	1.42	-	5.7
1974	1.00	0.60	-	5.7
1981	0.60	0.35	-	5.7
1990	0.45	0.25	0.45	5.7
1995	0.45	0.25	0.45	3.3
2002	0.35	0.16	0.25	2.0

1976 年英国制定了强制性的建筑节能标准。80 年代以后，为了减少温室气体的排放，英国对建筑节能工作也更加重视。1984 年英国颁布了《建筑法》；1995 年颁布实施了《家庭节能法》。此后英国不断地修订建筑法规，2002 年、2005 年和 2006 年分别对建筑节能法规进行修订，至今已经修订了四次。

英格兰和威尔士建筑最低能效标准包含在建筑法规的第 L 部分中 (conservation of fuel and power，燃料和电力的节约)。第 L1 部分针对住宅建筑的节能问题，第 L2 部分针对公共建筑的节能问题。1995 年版本 L 部分主要集中在一些具体的针对性规定上，2002 年版本围绕的是整个建筑和系统性能方面的规定，2005 年和 2006 年版提高了最低能效标准，其目的是希望通过逐渐地提高建筑法规标准，促进建筑节能，减少 CO<sub>2</sub> 排放。修订法规中的一项重要规定是根据目标二氧化碳排放率( $\pi R$ )来规定新建居民住宅建筑全部能效的最低标准，计算实际住宅建筑 CO<sub>2</sub> 排放率 (DER)，使其值不大于 TER。

为了建筑节能减排，2006 年 4 月 6 日，英国政府修订了英格兰和威尔士建筑法规的第 L 部分，为英格兰和威尔士新建住宅建筑和公共建筑设定最低能效

标准，要求住宅建筑要更加隔热，使用能效更高的采暖系统，分为新建住宅建筑（第 L1A 部分）、既有住宅建筑（第 L1B 部分）、新建公共建筑（第 L2A 部分）和既有公共建筑（第 L1B 部分）四个部分。

### （1）建筑节能法规的特点

英国建筑节能法规的颁布体现了建筑节能受到政府和社会及人们的广泛关注和重视。该法规的规定性指标是最低要求，实际中欲达到整体节能要求需要比规定值更严格。迫于全球变暖以及能源供应的压力，英国控制温室气体排放的力度将继续加大，建筑节能的法规将更加严格。

英国建筑节能法规适用新建和既有住宅建筑以及公共建筑的节能设计与管理，是经过多年发展完善而成的。从英国在实际工程中操作的情况来看，执行新的节能法规有效地降低了建筑能耗。

英国建筑节能法规具有如下特点：

- a) 健全的建筑节能法律法规体系；
- b) 合理制定不同阶段节能减排指标，严格控制能耗和污染排放增量；
- c) 重视建筑节能设计环节，必须经过批准才能施工；
- d) 综合利用价格、财税、信贷等经济手段，建立促进节能减排的激励约束机制和政策体系；
- e) 加强节能环保领域金融服务；
- f) 为居民提供信息和建议；
- g) 向可持续和有效使用能源方向发展，走综合能源供应途径。

建筑节能是执行国家环境保护和节约能源政策的重要内容，是贯彻国民经济持续发展的的重要组成部分，英国建筑节能法规已经实施 30 多年，取得了显著的社会效益和经济效益，而这一系列的节能政策、法规的出台及实施对我国建筑节能法规更新有一定的参考意义。

### （2）新建建筑节能

根据英国《建筑法规》17C 规定，新建住宅建筑的设备安装应使其性能符合 DER（建筑物的二氧化碳排放率），由于房屋的结构而导致的热损失，在设计和建造时应该对设备进行有效的控制和调试。

建筑围护结构除了要求保温外还要保持合理的通风，但是在围护结构节点，如窗户、门和墙间隙等等绝热层处不可避免地有热损失。为了减少这些热损失，需要采用一些设计规定的细节或者附加一些细节，对建筑围护结构节点热传导进行效果评价。除此之外，还需要对建筑进行检测，看是否达到规定标准。

英国建筑法规规定了新建建筑的性能性指标，围护结构局部若达不到标准要求，就要按照性能性指标满足 U 值（永久性建筑外墙传热系数）的规定。U 值是针对部件进行规定的规定性指标，即强制性规定。在整体性能指标满足情况下，规定性指标仍不能违反。

U 值的检测和计算按照英国 BR443（Conventions for U value calculations）进行，计算公式如下：

$$\text{面积加权平均 U 值} = [(U_1 \times A_1) + (U_2 \times A_2) + (U_3 \times A_3 + \dots)] / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots)$$

式中：U<sub>1</sub>、U<sub>2</sub>、U<sub>3</sub>、...为单个部件传热系数值，W/(m<sup>2</sup>K)；

A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、...为对应的单个部件的面积，m<sup>2</sup>。

#### 1) 新建居住建筑

对于新建居住建筑，围护结构具体部位的传热系数（U）值见表 C10：

**表 C10 新建住宅围护结构各部位 U 值的限值[W/(m<sup>2</sup>K)]**

部位	面积加权平均 U 值	部件 U 值
墙	0.35	0.70
地板	0.25	0.70
天花板	0.25	0.35
窗户、采光顶、天窗和门	2.2	3.30

#### 2) 新建公共建筑

##### a) 设计标准

英国《建筑法规》第 17A、17B、17C 和 17E 条规定执行《建筑能耗指导和规定》的第 3 和 4 条款，具体如下：

17A，英国政府批准建筑物能耗的计算方法。

17B，基于第 17A 条规定的计算方法，英国政府规定按二氧化碳排放率新建建筑的最小能耗要求。

17C，新建建筑二氧化碳排放率不能越过第 17B 条规定。

17E, 改建是指为了更好地发挥建筑物的性能, 作为建筑整体或者部分已经设计或改造了的。

b) 建筑质量

建筑围护结构必须能够连续的绝热并且保持合理的透气性, 但是在围护结构连接处和边缘部分, 如窗户、门和墙体间隙等等, 绝热层避免不了热损失。为了减少这些热损失, 需要采用一些设计规定的细节或者附加一些细节, 对建筑围护结构连接处及周围开口处热传导进行效果评价。除此之外, 还需要对建筑进行检测, 看是否达到规定标准。

c) 围护结构传热系数 (U 值)

英国建筑节能法规对新建公共建筑 U 值的规定见表 C11。

**表 C11 英国建筑节能法规对新建公共建筑围护结构各部位 U 值的限值**

[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	面积加权平均 U 值	部件 U 值
墙	0.35	0.70
地板	0.25	0.70
天花板	0.25	0.35
窗户、采光顶、天窗和幕墙	2.20	3.30
人行门	2.20	3.00
车库门或者同样大的门	1.50	4.00
人流密集的进口门	6.00	6.00
屋顶通风 (如排烟装置)	6.00	6.00

注: 1) 不包括展示窗和类似的玻璃窗, 除了考虑它们的二氧化碳排放量, 不限制其他的设计灵活性;  
2) 表格中的采光顶和天窗的 U 值是在垂直条件下测得的。如果采光顶和天窗是水平面, 不是垂直面的, U 值标准应该按斜率做出相应的调整。

(3) 既有建筑节能

1) 既有住宅建筑

a) 扩建或改造的既有住宅建筑节能规定

英国制定了强制性的建筑节能标准, 要求住宅建筑外墙必须采取双层保温措施, 屋顶要铺设保温材料, 外窗要做成双层中空玻璃窗, 地板要铺隔热保温材料。鼓励热电联产, 实现社区几栋建筑物与一个中心热源联系, 走综合能源供应途径。

英国《建筑法规》规定, 在一般情况下, 窗户、天窗和门的面积不能超过扩建总面积的 25%; 已扩建完的不受该限制。

b) 围护结构 U 值

既有居住建筑扩建或改造，其围护结构要达到设计标准，英国建筑节能法规规定 U 值应符合表 C12。

**表 C12 英国建筑节能法规对扩建或改造的既有居住建筑围护结构各部位 U 值规定**  
[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	面积加权平均 U 值	U 值限值
墙	0.35	0.70
地板	0.25	0.70
天花板	0.25	0.35
窗户、采光顶、天窗和门	2.2	3.30

为达到更高的节能标准，英国规定外窗采用低辐射双层中空玻璃塑窗。英国建筑节能法规对既有居住建筑门窗进行了规定，扩建和翻修所涉及的门窗应符合表 C13 的要求。

**表 C13 英国建筑节能法规对扩建或改造的既有居住建筑门窗 U 值规定**  
[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	扩建	翻修或更换
门和天窗、采光顶	整窗：1.8 或 BFRC 窗能效等级 D 或玻璃中部：1.2	整窗：2.0 或 BFRC 窗能效等级 E 或玻璃中部：1.2
玻璃面积超过 50% 的门	整门：2.2 或玻璃中部：1.2	整门：2.2 或玻璃中部：1.2
其他门	3.0	3.0

b) 保温层 U 值的规定

英国建筑节能法规对扩建或改造的既有居住建筑保温层 U 值进行了规定，具体见表 3-14。若既有保温层全部更换，更换的保温层 U 值应符合表 C14(a) 的规定；既有保温层不变，在此基础上附加新的保温层，附加的保温层 U 值应符合表 C14(b) 的规定。

**表 C14 英国建筑节能法规对扩建或改造的既有居住建筑保温材料 U 值规定**  
/[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	(a) 更换的保温材料 U 值	(b) 附加的保温材料 U 值
----	-----------------	-----------------

墙	0.30	0.35
倾斜的屋顶天花板上水平面保温层	0.16	0.16
倾斜的屋顶顶椽水平面保温层	0.20	0.20
平屋顶或完整保温层的屋顶	0.20	0.25
地板	0.22	0.25
注：屋顶包括有天窗的屋顶，墙包括有天窗的墙		

## 2) 既有公共建筑

### a) 节能规定

英国建筑节能法规规定了既有建筑扩建或改造范围，并分析在技术、功能和经济上的可行性。英国《建筑法规》第 17 条的具体规定如下：

17D 第(2)节适用于使用面积超过 1000m<sup>2</sup>时的既有建筑，规定了扩建保温层如何安装，规定了保温层所需材料量，并规定如果在技术、功能和经济上不可行的话，保温层将不能安装。

英国建筑法规还限定了玻璃窗的面积，扩建后建筑物玻璃窗面积不得超过扩建前的，扩建后的窗户和天窗的 U 值不应该超过表 3 提供的值，除非建筑物里已有更大面积的玻璃窗。

### b) 围护结构 U 值

扩建或改造的既有公共建筑围护结构 U 值具体规定如表 C15。

**表 C15 英国建筑节能法规对扩建的既有公共建筑围护结构各部位 U 值规定**

[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	面积加权平均 U 值	U 值限值
墙	0.35	0.70
地板	0.25	0.70
天花板	0.25	0.35
窗户、采光顶、天窗和门	2.2	3.3

### c) 门窗面积比限值的的规定

英国建筑节能法规对既有公共建筑门窗进行了规定，扩建和翻修所涉及的门窗应符合表 C16 的要求。

**表 C16 英国建筑节能法规对扩建或改造的公共建筑门窗面积比限值的的规定**

建筑	门窗占外墙的比率 (%)	采光顶占屋顶的面积比 (%)
长期或短期居住的建筑	30	20

集会、办公场所和商店	40	20
工业和仓储用房	15	20
车库门、展示窗或类似窗	按实际需求	-
排烟装置	-	按实际需求

d) 保温层 U 值的规定

英国建筑节能法规还规定了扩建或改造的既有公共建筑保温层 U 值，具体见表 C17。

**表 C17 英国建筑节能法规对扩建或改造的既有公共建筑保温层 U 值规定**

[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	更换的保温材料 U 值	附加的保温材料 U 值
墙	0.30	0.35
倾斜的屋顶天花板上水平面保温层	0.16	0.16
倾斜的屋顶顶椽水平面保温层	0.20	0.20
平屋顶或完整保温层的屋顶	0.20	0.25
地板	0.22	0.25
注：1) "屋顶"包括天窗部分； 2) 较低的规定适用于墙更新后房间内部面积的减少量超过 5%的房屋； 3) 地板 U 值范围能用整个扩建建筑的地面面积和地面周长计算出来。		

既有公共建筑扩建或改造过程中，在提供窗户、采光顶、天窗和门这些装置时，对 U 值的规定应符合表 C18。保温效果好的建筑，可能会减少二氧化碳排放量，实行较低的 U 值标准。如果这样，窗户、门和天窗的平均 U 值可以不受表 9 的严格限制，但是 U 值不应超过 2.7W/(m<sup>2</sup>·K)。幕墙的总 U 值应该不大于 0.9+1.3X，其中 X 是幕墙中透明部分（玻璃）的面积百分比，例如，透明部分（玻璃）占幕墙的 70%，U 值最大是 0.9+1.3×70%=1.81 W/(m<sup>2</sup>·K)。

**表 C18 英国建筑节能法规对扩建或改造的公共建筑门窗 U 值规定**[W/(m<sup>2</sup>·K)]

部位	扩建	翻修
窗户、采光顶和天窗（不包括展示窗）	整窗：1.8 或玻璃部分：1.2	整窗：2.2 或玻璃部分：1.2
类似住宅建筑的公共建筑窗户能效等级（例如：学生宿舍、福利院和类似的属于住宅建筑）	BFRC 窗能效等级 D	BFRC 窗能效等级 E
玻璃面积超过 50%的门	2.2	2.2

部位	扩建	翻修
人流密集的进口门	6.0	6.0
车库门或者同样大的门	1.5	1.5
屋顶通风设备（包括排风机）	6.0	6.0

## 2. 标准化体系建设

### (1) 标准化体系组成

英国作为一个典型的法制化国家，拥有较为完备的管理体系。在其标准化体系管理中，法律（Act）为最高层次（不考虑欧盟相关指令）。法律是有议会组织制定并审批通过的，如《建筑法》（Building Act）、《住宅法》

（Housing Act）、环境保护法（Environmental Precautions Act）等。第二个层次为条例（Regulation）。条例的制定，是按照法律的授权和要求，由国家政府主管部门草拟，经部长同意后，由国务大臣批准的，在法律规定的范围内强制实施，如《建筑条例》、《建筑产品条例》（Building Product Regulation）等。第三个层次为技术准则或实用指南（涉及具体方法、途径和标准），他们往往是根据条例中规定功能性要求而制定的。他们由相应的主管部门或其代理组织制定。这些指南或准则虽不要求强制执行，但不按照此准则则需要提供优于它的证明。第四个层次则为我们最为熟悉的技术标准。

### (2) 编制及管理

目前在英国，《建筑法》等由议会组织制定并审批通过。《建筑条例》由地方社区和政府发展部（Department of Communities and Local Government，简称 GCLG）负责。规划和建筑管理则是地方的责任。有关建筑条例的修订内容介绍以及技术准则则是由英国建筑条例咨询委员会（Building Regulation Advisory Council，简称 BRAC）建议的，BRAC 主要由行业代表组成。

英国建筑条例的每一部分要求分别由一个专门的文件来支持，这就是建筑技术准则（Approved Documents）。对于技术准则的编制与管理，技术准则所给出的是在满足建筑条例要求的条件下的具有操作性和技术性的指南。每一本技术指南里首先会引用建筑条例中的相应要求，然后给出一系列可操作性的方法指南，但是这些方法并不是强制执行的，如果有其他的替代方法，同样可以满足要求，建造者也可以用其他的方法。也就是说，技术准则是建筑条例的指导手册。建筑技术准则也是由 DCLG 负责。



技术标准的编制与管理由英国政府委托民间独立的非盈利性组织——英国标准化协会（The British Standards Institution，简称 BSI）统一领导主持标准的编制和监督。它是英国发布国家 BS 标准的唯一组织。建筑技术标准的编写和发布是非政府行为。每个标准成立专门的专家组进行编制，这些专家还包括来自学术机构、设计院和科研院所的人员。一般，政府委托 BSI 编制标准，BSI 组织专家进行编制，然后征求意见。编制小组里一般会有政府的代表参加，以协调和解释建筑法规、条例的要求。

### 3. 建筑节能上位立法

#### （1）英国《建筑法》

早在 1984 年，英国就制定了《建筑法》，其中就提到了建筑节能的要求。而经过版本的不断更新，最新的英国《建筑法》内容完整，涉及结构、安全、消防、环保、节能、使用功能，包括残疾人无障碍设施等多领域，并且根据实际情况，对适应的法律条款及时修订，法律、法规是强制性的，违法即受判罚。《建筑法》是英国建筑节能标准本国内的上位法规。

#### （2）欧盟 EPBD

另外，一本具有上位法规意义的是欧盟《建筑能效指令》（EPBD2002 和 EPBD2010），此指令对于建筑节能有更具体的规定，更具有指导意义，且对欧盟各成员国的建筑节能标准发展有重要影响。目前，欧洲各国都在 EPBD2002 和 EPBD2010 的过渡期，而现行建筑节能标准条例主要是受到 EPBD2002 的影响。下面将对 EPBD2002 在英国实施情况进行概括介绍。

##### 1) 立法相关

在英格兰和威尔士，EPBD2002 的实施是由地方社区和政府发展部 CLG 负责，环境、食品与农村事务部（Department for the Environment, Food and Rural Affairs）和能源与气候变化部（Department of Energy and Climate Change, DECC）协助。在苏格兰和新爱尔兰，EPBD2002 的实施是由独立地方政府（Devolved Administrations）负责。

英国建筑节能条例对 EPBD2002 的实施主要体现在其第 3 章~第 7 章及第 9 章和第 10 章上。

##### 2) 能效标识

在英格兰和威尔士，英国的建筑能效标识在 2007 年 8 月之后得到较快实施。其实施主要体现在居住建筑能效标识（Domestic EPC）和公共建筑能效标识（Non-domestic EPC）上，截止 2010 年 12 月 31 日，已颁发 570 万户居住建筑能效标识，21 万公共建筑能效标识，且有 7.2 万个能效标识被展示。

对于 EPBD2002 中要求经济效益投资，居住建筑能效标识和公共建筑能效标识又有不同的处理方式。居住建筑是按总投资额划分为两类：一类为较低投资，总投资不超过 500 英镑；另一类为较高投资，即总投资超过 500 英镑。对于公共建筑，则是按照投资回收期划分为三类，一类为短回收期，即回收期不超过三年；另一类为中回收期，即回收期为三~七年；最后一类为长回收期，即回收期超过七年。

苏格兰和新爱尔兰对于经济效益投资的划分与英格兰和威尔士大致相同，只是苏格兰对于公共建筑的能效分级略有不同。

对于 EPBD2002 中要求的国家通用计算工具（NCM）英国已经完成。对于居住建筑来说，NCM 是 SAP，其中 SAP2009 已于 2010 年 3 月公布，并在 2010 年 10 月进行了更新。公共建筑的 NCM 是 SBEM，于 2010 年 6 月更新。

### 3) 国家激励政策

2009 年开始，达到零能耗的居住建筑被免除印花税。在苏格兰和威尔士，从 2010 年 4 月开始实行固定电价制度（Feed-in Tariffs, FiTs）以鼓励小规模的可再生能源发电系统（小于 5MWp）。

另外，可再生能源供热激励（Renewable Heat Incentive, RHI）也于 2011 年引入到新的能效标识中。房屋业主如果想要获得可再生能源供热激励，则必须具备有效的能效标识并展示相关数据。虽然上面的做法会带来额外的投入，但是政府相信从长远利益来看这项工作仍然是有价值的。

## （五）加拿大

### 1. 法律法规

加拿大的能源生产、供应及管理工作由联邦和各省的自然资源部统一负责。联邦和省自然资源部内均设有能源司，统一管理能源政策、项目计划，制定节能规范和实施节能项目及对跨省进出口耗能产品贸易的管理。

自然资源部节能工作主要有五项：

- (1) 组织编制节能规范。
- (2) 宣传和帮助。
- (3) 寻找合作伙伴。
- (4) 利用经济手段、财政鼓励政策，推动节能工作发展。
- (5) 特别强调对有关人员的培训。

由于加拿大是联邦制国家，国家颁发的规范标准对各省不能强制实施，只能起到样板作用和指导作用。因此，省政府依据样板规范，结合本省的情况组织编制本省的节能规范是重要的职能之一。由于和美国为领邦，受其影响十分重视节能。1997 年将节能纳入到建筑规范之中，并于 1998 年 4 月 6 日开始实施。一些大公司，如 BC 省建筑公司、水电公司，都有自己的规范，其标准都超出了本省颁发的规范标准。承担设计、施工的建筑师、工程师都是经过注册的，对其设计、施工的工程都负有法律责任。管理工作主要通过颁发建筑许可证、居住许可证来体现。

联邦政府拿出样板规范后，重点抓宣传推动；省政府抓立法，颁发本省的节能规范；市政府组织实施，通过“两证”实行微观管理，把节能规范落实到具体的建筑物上。在三级政府管理工作的衔接上，突出的一条主线就是市场，按市场规律办事。

1978 年加拿大国家研究院（NRC）编写了一本《新建建筑物的节能措施》，并于 1983 年对此节能措施进行了修订。到 1989 年，建筑节能技术已经有了很大的发展。加拿大又从其他国家，特别是从美国，学到了许多关于节能管理的先进技术。

加拿大能源部、12 个省和地区的能源部门以及加拿大电气协会给 NRC 的建筑性能研究实验室拨款 150 万加元来进行与规范有关的科研工作。至此，建筑节能委员会又重新开始进行研究和编写新的节能规范。经过六年多的努力，NRC 完成了两本建筑节能规范，即国家建筑节能规范和国家住宅节能规范。所有与规范有关的技术研究均是由加拿大国家研究院的建设研究所完成的。

#### (1) 建筑节能规范的主要内容

关于建筑节能的规范同样分为既有建筑和新建建筑，而以新建建筑为主，主要有住宅节能规范（NECH）和公共建筑节能规范（NECB）两个体系，二者

主要章节完全相同，都主要包括建筑物围护结构、照明系统、暖通空调系统、生活热水供应系统和电力供应系统。

两个规范的主要区别在于：

1) NECH 适用于所有新建的面积不大于 60 平方米，层数不超过 3 层的住宅建筑。而 NECB 适用于其它所有类型的新建建筑物。

2) NECB 对照明系统、暖通空调和电力消耗的要求较为详细，而对围护结构的气密性要求不，NECH 则相反。

3) NECH 主要使用热阻的概念，而 NECB 则使用综合传热系数。

## (2) 加拿大建筑节能规范的特点

目前世界各国建筑节能规范可以分为两大类，即规定性规范和效益型的规范。规定性的节能规范给出一定的节能指标要求，如外墙的最大传热系数和最大窗墙比等；效益型的节能规范对一些指标并不规定过死，只要所设计的建筑物总能耗满足规范要求即可，所以设计人员有更大的设计灵活性。

早期的和目前很多国家的节能规范均是规定性的，包括我国现行的节能规范。加拿大是目前世界上为数不多的采用效益型规范的国家之一。通过全面的节能效益探讨，鼓励设计人员创新技术和灵活设计。

概括起来，加拿大建筑节能规范的特点有以下几个方面：

### 1) 经济合理性

运用寿命周期费用分析法对全国各省和地区的围护结构进行了经济分析，由此得出的建筑物围护结构的传热系数值更合理。在进行周期费用（LCC）分析时，考虑了利率、通货膨胀、能源种类、建筑物使用寿命、价格、空调和供热设备效率等多种因素。

### 2) 区域敏感性

区域敏感性主要是指规范中的节能措施考虑了不同区域的人力、建材、能源等价格的不同，把全国划分为 34 个区域，节能规范应用于不同的区域时，应采用不同的设计数据。

### 3) 能源敏感性

当建筑物采用不同的能源时，对节能设计参数的要求也不相同。例如，某建筑物采用电加热来供热时，则对其围护结构的要求非常严格，对保温性能的要求更高。

#### 4) 广泛的代表性

在编写规范的过程中,广泛地与各个有关部门进行协商,征求他们对节能规范的意见。例如各省政府、电力部门、设计单位、房地产开发商和产品生产厂家等。这样编制出的规范具有广泛的代表性,也更容易被各省和地区所采用。

#### 5) 规范的灵活性

规范对设计人员的限制不是很死,设计人员可以突破规范中的某些条款的限制。但是,当某些地方不满足规范要求时,必须在另外的地方加以补偿,使建筑物的总能耗不能大于安全按规范设计的建筑物的能耗。这种灵活性可以鼓励设计人员进行创新设计。

#### 6) 多重可校验性

采用建筑节能规范检验软件验证新设计的建筑物是否满足节能规范的要求,有如下三条路径可走:

①完全按照节能规范的要求设计;

②某些地方不满足节能规范要求,但经权衡检验软件分析满足节能要求;

③某些地方不满足节能规范要求,但经性能检验软件分析后,证明新设计的建筑物能耗不大于安全按规范设计的建筑物的能耗。为了节能设计的灵活性,节能规范中附带了两个检验软件,取权衡检验软件和性能检验软件。

## 2. 相关节能技术和经验

加拿大节能的含义是全方位的,包括了五个方面的内容:第一、建筑物六面围护结构的保温、隔热,即建筑围护结构节能;第二、建筑物内部的采暖、空调、水箱、照明等机电设备的低能耗,即设备节能;第三、设备在运行使用中,利用控制系统,实行人工控制获得节能,即优化控制节能。第四、在建筑设计中考虑到选用建筑材料、设备的生产耗能和运输耗能的情况,即建造阶段节能;第五、考虑环境节能,除了考虑建筑物的朝向方位以外,环境绿化对小气候的影响也是一个重要因素,即整体协调性节能。

加拿大的建筑节能技术体系已比较完善和配套。建成的各类房屋均有很高的保温节能效果,围绕建筑节能开发的新产品、新材料品种多、规格全、性能好。

### (1) 围护结构的保温隔热技术

外墙围护结构基本上都是复合墙体，保温材料主要是玻璃绵、岩棉等。其做法为：采用 100-150mm 厚的高效保温材料用塑料薄膜密封，外侧粘贴 50mm 厚聚苯乙稀泡沫板（或外砌砵砖），用聚合砂浆及涂料作外墙保护层；内挂石膏板或聚苯板，在保温层与饰面之间留一空气层；维护结构不承重仅起保护、保温、防水作用，耐久性靠饰面材料来保障。建筑物的墙体保温隔热性能很好，传热系数在  $0.20\sim 0.40\text{W}/(\text{m}^2\text{k})$ 。

#### （2）门窗保温隔热技术

外窗采用单框双玻、单框三玻式双框三玻，窗框用隔热材料来切断热（冷）桥，用高效保温材料填充窗框空腔；铝合金门窗的型材断面小、刚度大、装配精细、开启灵活、五金件精巧耐用、品种多样，塑料门窗气密和隔声效果性能好，铝木、铝塑、钢木等复合门窗既保温又安全，形式多样。由于这些门窗采用了耐老化、适应性强的密封材料等措施，使外窗的保温隔热性能达到了优良。

#### （3）照明系统节能技术

加拿大照明耗用的电能约占电能总耗用量 1/3，所以加拿大很重视照明系统节能工作，不断研制推出节能新产品，灯具平均 3 年左右更新一次。目前全面推广节能型电子灯丝，室内用小型荧光灯，室外用高压钠灯。在办公室等公共建筑中安装了光敏器，可根据自然光的强度变化，自动调节室内灯光强度，出口处的标志灯已广泛采用 2W 的新型节能灯，替代了原 30W 的标志灯。另外，还采取尽可能利用自然光的方法，减少照明能耗，但又不降低室内照明度。

#### （4）采暖空调系统节能技术

无论是公共建筑，还是居民住宅，加拿大普遍应用空调，用电或天然气采暖，全年供应热水。因此政府将供暖、空调、通风与设备的节能作为建筑节能的重点。经过多年的应用研究和产品开发，现在这方面的技术已相当成熟，设备热效力高，种类齐全，质量可靠，管理手段先进。

#### （5）各类软件的应用

加拿大是世界上应用软件最普遍的国家之一，软件的应用已渗透到各行业中。主要涉及到的软件有建筑能耗模拟软件、能量管理软件、系统控制软件和规范实施软件四大类。

## （六）美国

由于在生活方式和生活习惯等方面与其他国家存在差异，如对建筑空调的“全时间、全空间”可调可控的理念等方面的不同，使得美国是日前世界上的第一大石油消费国，约占世界石油消耗总量的 42%，尽管人口只占世界总人口的 5%。但美国作为世界经济实力最强的国家，不仅对本国能源问题十分重视，对世界能源的生产、运输与消费，也在进行控制，以便达到本国政治经济利益最大化。同时，美国作为当今世界上最发达的国家之一，拥有诸多高新技术及一流人才的优势，使得其在建筑节能相关技术领域在世界上处于领先的地位；同时由于其高度的市场化经济体系，在对建筑节能的管理中的相关政策与法律制定以及相关工程实践中，有诸多值得仔细研究的地方。

### 1. 建筑发展历程

美国发展建筑节能有两大背景，形成了两大阶段：一是上世纪 70 年代发生的能源危机，导致美国经济大衰退；二是进入 21 世纪以来，面对全球性气候变暖、生态恶化的危机，作为人均二氧化碳排放量第一的国家，在国际社会和民意的强大压力下，美国政府不得不采取一系列节能减排的政策措施。与此相对应，建筑节能的发展也经历了从早期的强调建筑的密闭性以节约能源的建筑，逐步发展到包括节能、环保、健康等内涵的绿色建筑。为此，美国各级政府、民间团体等制定了严格而完善的法律和标准，推出了一系列经济激励政策，通过政府示范、民间促进等，全面发展建筑节能和绿色建筑，取得了显著的成效。

#### （1）法律规定

早在上世纪 70 年代末 80 年代初，能源危机促使美国政府开始制定能源政策并实施能源效率标准。如 1975 年颁布实施了《能源政策和节约法》，1992 年制定了《国家能源政策法》，1998 年公布了《国家能源综合战略》，2005 年出台了《能源政策法案》，对于提高能源利用效率、更有效地节约能源起到了至关重要的作用。特别是《能源政策法案》，标志美国正式确立了面向 21 世纪的长期能源政策。该法案重点是鼓励企业使用再生能源和清洁能源，并以减税等奖励性立法措施，刺激企业及家庭、个人更多地使用节能、洁能产品。

#### （2）多层次的经济激励政策

经济激励是成功实施能效标准和标识，特别是“能源之星”标识的关键性配套政策措施。这些措施包括补贴、税收减免、抵押贷款、设立节能公益基金、

低收入家庭免费住宅节能改造等。对使用相关节能设备的，根据所判定的能效指标不同，减税额度分别为 10%~20%。在家居建筑装修方面，也以税收减免、低息贷款等措施引导使用节能产品，鼓励居民购买经“能源之星”认证的住宅。此外，政府推行低收入家庭节能计划，为低收入家庭免费进行节能改造。

### （3）太阳能百万屋顶计划

1997 年 6 月，克林顿总统提出：到 2010 年，将在 100 万个屋顶（或建筑物其他可能的部位）安装太阳能系统，包括太阳能光伏发电系统、太阳能热水系统和太阳能空气集热系统。2007 年 5 月，美国加利福尼亚州州长施瓦辛格表示，素有“阳光之州”美誉的加州将大力开发丰富的太阳能资源，计划在 2018 年前在 100 万座房屋的屋顶安装太阳能发电装置。这项计划预计耗资 29 亿美元，完成后，安装的太阳能发电装置的发电功率将达 3000 兆瓦。

### （4）政府机构的表率作用

美国的建筑节能，首先从政府工程做起。早在 1999 年，美国政府就规定：在 2005 年，所有联邦机构建筑的单位面积能耗，应比 1985 年减少 30%，到 2010 年要减少 35%；新建建筑必须达到联邦或当地节能标准；联邦机构必须采购有“能源之星”标识的用能产品，或能效在同类产品中领先 25% 范围内的产品。

除了联邦政府的建筑节能法规和标准外，很多州政府和大都市也根据各自的特点制定了更加严格的建筑节能标准。加利福尼亚州 2006 年通过了《加利福尼亚全球变暖解决方案法》，要求加州到 2020 年在现有排放量基础上减少 25%。今年 6 月底又发布了美国国内最大规模的全球变暖应对计划草案，对清洁汽车、可再生能源以及主要污染物的排放限额都做了规定。

### 5) 走在官方前面的非政府组织

在美国，建筑节能与绿色建筑的发展很大程度上得益于民间力量的推动，除了关注生态和可持续发展的非政府组织外，企业和老百姓对于绿色建筑也有很高的热情，形成了一股强大的社会力量，推动着建筑节能和绿色建筑的发展。

美国绿色建筑协会是世界上较早推动绿色建筑运动的组织之一，成员来自于社会各个方面，其宗旨是整合建筑业各机构、推动绿色建筑和建筑的可持续发展、引导绿色建筑的市场机制、推广并教育建筑业主、建筑师、建造师的绿色实践。

Tree people 是洛杉矶的一个非营利组织，有会员 1.5 万人，旨在建立家庭、



社区、公众组织和机构以及其他政府部门之间的联系，共同达成可持续的生活方式。Tree people 提供包括市民知识培训，公众和青少年教育以及基于社区的实际研究等项目，促进城市的可持续发展。

## （6）LEED 认证体系

美国绿色建筑协会成立后的一项重要工作就是建立并推行了《绿色建筑评估体系》（国际上简称 LEED™）。目前在世界各国的各类建筑环保评估、绿色建筑评估以及建筑可持续性评估标准中被认为是最完善、最有影响力的评估标准，已成为世界各国建立绿色建筑及可持续性评估标准的范本。

LEED™ 自建立以来，经历了多次修订和补充，作为一个开放式指标体系，每个具体的评估标准都在实践中不断更新完善从而有不断更新的版本。LEED™ 评估体系由五大方面、若干指标构成其技术框架，主要从可持续建筑场址、水资源利用、建筑节能与大气、资源与材料、室内空气质量几个方面对建筑进行综合考察，评判其对环境的影响，并根据每个方面的指标进行打分，综合得分结果，评分为白金、金、银等认证级别，以反映建筑的绿色水平。

## 2. 管理体系

### （1）管理部门

#### 1) 中央政府管理部门

美国能源部是美国最主要的能源政策制定及节能管理部门。主要职能包括负责国家能源安全、能源开发、能源资源、研究开发重大节能技术和环境保护。其中，提高能源效率、节约能源是能源部的一项工作。

美国环保署负责制定和实施水、空气和废物利用及其它与环境保护相关的全国性政策。美国环保署从环境保护角度配合能源部开展燃料替代、清洁能源、地热能源、水电、可再生能源、节能、能源效率及温室气体减排等能源领域的工作。

#### 2) 地方政府节能管理部门

大部分州政府设置了能源工作委员会及其它相应部门，负责节能政策的实施及管理州政府的节能工作。此外，部分州有专设机构实施国家或者地方的节能政策，推进节能工作。以加州为例，最主要的是加州能源委员会和加州公用事业委员会。

### （2）建筑节能法规

美国有完善的法制，民众及厂商的法制观念和诚信意识很强。政府以立法形式制定强制性的最低能源效率标准。最低能效标准一般都以强制性的法律、法规的形式颁布执行。标准的针对对象一般是将进入市场的新产品，其中包括建筑物。最低能效标准的制定一般采用政府组织、由相关第三方中介机构完成的方法。

具体法律有 1975 年颁布实施了《能源政策和节约法》；1987 年颁布了《国家电器产品节能法》；1992 年制定了《国家能源政策法》；1998 年公布了《国家能源综合战略》。这些法律主要涉及能源安全提高能源系统效率。

进入各州市场销售的相关产品必须满足该州的最低能耗标准，而在各州新建的建筑也必须达到相关的建筑节能标准。而这些标准在不同的州有不同的具体内容和要求，加州、纽约等经济比较发达的州，建筑节能标准比联邦政府标准还要严格。上文提到的加州能源委员会制定和实施了美国最严格的建筑物和家电的节能标准和标识体系。

### （3）建筑体系节能市场管理

美国政府除了推行强制的标准之外，还提倡自愿的节能标识。节能标识是一种市场、动态的管理模式。美国于年开始实行环境标志制度，有 36 个州联合立法，是较早提出环境标志的国家。但是，美国至今还没有国家统一的环境标识。在众多的环境标识中其中较有影响力的是能源之星，能源指南，AGPC 绿色环境标志和绿色建筑。

#### 1) 能源之星

能源之星是美国环保署（EPA）和美国能源部（DOE）联合推动。获得“能源之星”标识的产品都超过该类产品相应的最低能源效率标准。能源之星从年开始实施，主要针对商用建筑。凡是在同类建筑中领先 25% 的范围内，室内环境质量达标的建筑将被授予能源之星建筑标识。为达到能源之星建筑要求采取的措施主要是绿色照明，改善围护结构隔热保温性能，改进采暖、通风、空调系统，购置高效耗能器具。

#### 2) 能源指南（Energy Guide）

能源指南为用户提供该产品年能耗性能、能耗费用以及该产品的能耗性能在同类产品中所处的水平。能源指南有助于民众根据产品价格和自身需求来合理地进行选择。

### 3) AGPC 绿色环境标志

AGPC 是由美国环境保护科研等机构知名专家组成的高规格的评估认证委员会，主要对绿色产品进行权威评估、验证及国际绿色营销促进机构。在 AGPC 引导下，消费者在消费时选择环保类产品，维护用户和消费者的利益，提高绿色环境标志产品在国际市场的竞争力，促进国际绿色营销，得到美国政府部门及国际主流社会的认可，也使得 AGPC 绿色环境标志认证成为企业获得突破国际贸易“绿色壁垒”的有效通行证。目前已同世界上多个国家和地区及相关组织建立了联系，交流与合作。

### 4) LEED 认证绿色建筑标识

如前文中提到的 LEED 认证绿色建筑标识，由美国绿色建筑协会建立并推行。认证是目前被美国 48 个州和国际上 7 个国家所采用，是世界各国的各类建筑环保评估、绿色建筑评估以及建筑可持续性评估标准中最完善、最有影响力的评估标准。在有些政府部分、州和国家 LEED 认证已被列为当地的法定强制标准加以实行，如俄勒冈州、加利福尼亚州、西雅图市。美国国务院、环保署、能源部、美国空军、海军等部门都已将丁列为所属部门建筑的标准。国际上，已有澳大利亚、中国、香港、日本、西班牙、法国、印度对下进行了深入的研究，并结合在本国的建筑绿色相关标准中，已成为世界各国建立各自建筑绿色及可持续性评估标准的范本。凡通过评估为绿色建筑的工程都可获得由美国绿色建筑协会颁发的绿色建筑标识。

## 3. 标准体系

### (1) 推行强制性的最低标准及有针对性的强制措施

在美国，建筑作为一种产品就必须遵循针对产品制定的最低的能效标准，这类标准一般都以强制性法律、法规的形式颁布。同样，进入各州市场销售的相关产品必须满足该州的最低能耗标准，各州新建的建筑自然也必须达标。最低能效标准的制定一般采用政府组织、由第三方中介机构完成的方法，制定过程比较严格。

对于政府机构及军队等公共设施实行强制性建筑节能，如美总统行政令规定：（1）2005 年，所有联邦机构建筑的单位面积能耗，应比 1985 年减少 30%，到 2010 年要减少 35%；（2）新建建筑必须达到联邦或当地能源性能标准；（3）联邦机构必须采购有“能源之星”标识的节能产品，或能在同类产品中领先 25%

范围内的产品；（4）到 2010 年，联邦建筑应安装 2 万套太阳能系统；（5）每个机构必须有一幢节能示范建筑；一年内新建 5 幢以上建筑的，要有一幢节能示范建筑。同时，作为联邦机构之一的美国军队也对所属建筑做出了规定，要求 2008 年以后的军队新建建筑必须达到 LEED 银级水平。

### （2）存在自愿性的节能标准与标识

除推行强制的标准之外，美国政府还提倡自愿的节能标识。所谓自愿的节能标识，是指获此标识的产品都超过该产品相应的最低能源效率标准。最为典型的是美国环保署(EPA)和美国能源部(DOE)联合推动的“能源之星”项目和美国绿色建筑协会(USGBC)1998年建立的 LEED 评价标准。能源之星项目从 1998 年开始实施，其主要对象是商用建筑。能源效率在同类建筑中领先 25%左右，室内环境质量达标的建筑授予“能源之星”建筑标识。LEED 评价标准从 2000 年正式启动，希望通过 LEED 引导和改变美国建筑市场的走向，加强绿色建筑的竞争力，提高公众对绿色建筑的认识和需求，这其中建筑能效水平为重点评价指标。为促进自愿性能耗标识产品的推广应用，美国各级政府和公用事业公司采取多种激励措施并积极发挥示范作用，取得了非常显著的效果。

### （3）给与经济激励

一是财政补贴。各级政府和公用事业组织投入大量补贴经费。1992 年能源政策法鼓励并授权公用事业组织实施激励性节能项目。加利福尼亚等州用于补贴的资金来自系统效益收费。2001 年，有 56 个州级政府部门或公用事业等组织实施高效家用电器和照明器具补贴总额达 11330 万美元（家用电器 6330 万美元，照明器具 5000 万美元）。

二是税收减免。对于达到相关能效等级或星级的新建节能建筑，可以获得税收减免。例如曾实施的“2001 年 1 月 1 日至 2003 年 12 月 31 日期间建成的住宅，比 IECC 标准节能 30%以上的，每幢减免税收 1000 美元；2001 年 1 月 1 日至 2005 年 12 月 31 日期间建成的住宅，比 IECC 标准节能 50%的，每幢减免税收 2000 美元”。对于节能建筑设备也可获得税收减免的优惠。各种节能型设备根据所判定的能效指标不同，减税额分别为 10%或 20%。比如，地热采暖、太阳能热水和采暖系统最多可减免 1500 美元。

三是贷款优先。一些贷款机构还提供“能源之星”抵押贷款服务。居民在购买获“能源之星”标识的建筑时均可向这些银行申请抵押贷款。此外，这些贷款

机构还采取诸如返还部分现金、低利息等措施刺激居民购买经“能源之星”认证的住宅，申请节能住宅抵押贷款。抵押贷款项目的实施，不仅有效促进了节能建筑的建设和开发，降低了建筑物的能耗和维护运行管理费用，还带动了墙体、屋面保温隔热技术的发展，刺激了建材市场，促进了美国社会经济的发展。

#### 4. 相关做法和经验

根据美国近年在建筑节能领域的发展，可以总结出以下几点做法和经验：

##### (1) 低收入家庭节能计划

为了保障低收入家庭的福利，节约能源，美国发起了低收入家庭住宅节能计划，帮助低收入家庭进行节能改造。政府为低收入家庭免费进行节能改造，每个家庭有一定的限额，主要的计划包括美国能源部（DOE）的采暖协助计划、健康部低收入家庭能源协助计划等。

低收入家庭节能计划的经济效益十分显著。美国能源部的采暖协助计划 2001 年帮助 5.1 万个低收入家庭进行了节能改造，平均每个低收入家庭的节能改造费用为 2568 美元，但节约了低收入家庭 13%~34% 的能源开支，投资收益率达到 130%。除了经济效益，低收入家庭的节能计划还能带来很多环境效益。根据调查，投资低收入家庭住宅节能计划 1 美元，就能获得 1.88 美元的环境效益。

##### (2) 加强节能技术研究

联邦政府 1998 年用于建筑节能研发的费用达 9740 万美元。目前研究重点有：21 世纪建筑设计、模拟和检测技术，比 ASHRAE 标准节能 50% 的技术。正在研究开发的 21 世纪建筑节能技术包括：真空超级隔热围护结构，无 CFC 高效泡沫隔热保温材料，先进的充气多层窗，低发射率和热反射窗玻璃，耐久反射涂层，先进的蓄热材料，屋顶光伏电池板，热水、采暖、空调热泵系统，先进照明技术，阳光集光和分配系统，燃料电池、微型燃气轮机等分散式发电技术，可按需调节能源，水供应和空调的智能控制系统。这些高新技术的推出使得美国的建筑节能有了很强的技术支持。

##### (3) 建筑节能从政府机构做起

1999 年 13123 号总统行政令规定：2005 年，所有联邦机构建筑的单位面积能耗，应比 1985 年减少 30%，到 2010 年要减少 35%；新建建筑必须达到联邦或当地能源性能标准；联邦机构必须采购有“能源之星”标识的用能产品，或能

效在同类产品中领先的 25% 范围内的产品；到 2010 年，联邦建筑应安装 2 万套太阳能系统；每个机构必须有一幢节能示范建筑，一年内新建 5 幢以上建筑的，要有一幢节能示范建筑。

#### （4）通过法律手段引导和规范

美国法制比较完善，老百姓及厂商的法制观念和诚信意识很强。政府以立法形式制定强制性的最低能源效率标准。早在上世纪 70 年代末 80 年代初，能源危机就促使美国政府开始制定并实施建筑物及家用电器的能源效率标准。这些年来，制定最低能耗标准的能耗产品品种越来越多，标准经过每 3~5 年的不断更新也越来越严格。而这些标准在不同的州有不同的具体内容和要求，加州、纽约等经济比较发达的州，建筑节能标准比联邦政府标准还要严格。比如，作为加州最主要的节能管理的政府机构，加州能源委员会（CEC）制定和实施了美国最严格的建筑物和家电的节能标准和标识体系。

美国的最低能效标准一般都以强制性的法律、法规的形式颁布执行。标准的针对对象一般是将进入市场的新产品（包括建筑物）。进入各州市场销售的相关产品必须满足该州的最低能耗标准，而在各州新建的建筑也必须达到相关的建筑节能标准。最低能效标准的制定一般采用政府组织、由相关第三方中介机构完成的方法。在标准的制定过程中主要采取工程测算法，制定比较严格的标准。

#### （5）自愿性的节能标准与标识

美国政府除了推行强制的标准之外，还提倡自愿的节能标识。对于具有自愿性能耗标识的节能型产品，最为典型的是美国环保署（EPA）和美国能源部（DOE）联合推动的“能源之星”项目，获得“能源之星”标识的产品一般都超过该类产品相应的最低能源效率标准。

这个标识从 1998 年开始实施，其主要对象是商用建筑。能源效率在同类建筑中领先 25% 的范围内，室内环境质量达标的建筑授予能源之星建筑标识。为达到能源之星建筑要求采取的措施主要是：绿色照明，改善围护结构隔热保温性能，改进采暖、通风、空调系统，购置高效耗能器具。实施这些措施可节能 30%。为促进自愿性能耗标识产品的推广应用，美国的政府部门采取多种激励措施并积极发挥示范作用。

#### （6）经济激励

经济激励是成功实施能效标准和标识、特别是“能源之星”标识的关键性配套政策措施。美国各级政府和公用事业公司采取多种激励措施，对增强公众节能意识、推广节能产品（包括建筑）取得了非常显著的效果。可包括：

#### 1) 补贴

美国各级政府和公用事业组织投入大量补贴经费。1992 年能源政策法鼓励并授权公用事业组织实施激励性节能项目。加利福尼亚等州用于补贴的资金来自系统效益收费。补贴对象包括：购买高效耗能器具的用户，新建节能住宅的开发商、设计者和业主，新建节能商用建筑的设计者。

2001 年，有 56 个州级政府部门和公用事业等组织实施高效家用电器和照明器具补贴，补贴总额达 1.133 亿美元。太平洋燃气电力公司 2001 年用于补贴（折让）的费用达 2500 万美元。每件器具的补贴金额为：电冰箱 75~125 美元，房间空调器 50 美元，洗衣机 75 美元，紧凑型荧光灯 3.50~6.25 美元，细管荧光灯 2.30~4.25 美元。

#### 2) 税收减免

对于新建节能住宅建筑，可以获得税收减免。2001 年 1 月 1 日至 2003 年 12 月 31 日期间建成的住宅，比 IECC 标准节能 30% 以上的，每幢减免税收 1000 美元；2001 年 1 月 1 日至 2005 年 12 月 31 日期间建成的住宅，比 IECC 标准节能 50% 的，每幢减免税收 2000 美元。

节能建筑设备也可获得税收减免的优惠。各种节能型设备根据所判定的能效指标不同，减税额度分别为 10% 或 20%。比如，节能型洗衣机、热水器减免 50~200 美元；地热采暖、太阳能热水和采暖系统最多可减免 1500 美元。

另外，一些贷款机构还提供“能源之星”抵押贷款服务，居民在购买经“能源之星”认证的建筑物时，均可向这些银行申请抵押贷款。此外，这些贷款机构还采取诸如返还现金、低利息等措施，刺激居民购买经“能源之星”认证的住宅，并申请节能住宅抵押贷款。抵押贷款项目的实施，不仅有效地促进了节能建筑的建设和开发，降低了建筑物的能耗和维护运行管理费用，还带动了墙体、屋面保温隔热技术的发展，刺激了建材市场，增加了就业机会，促进了美国社会经济的发展。

## （七）日本

日本与我国在社会经济和文化等方面有很多的相似之处，其在建筑节能相关立法方面也有很多地方值得借鉴，同时其从西方国家学习的一些建筑节能方面的经验和做法，如合同能源管理、建筑用能调适等技术已经形成了本国特色，也值得他国参考。

### 1. 建筑发展历程

石油危机爆发后，日本政府加强了节能政策的制定，在节能方面取得了巨大的成就。

1973年年第一次石油危机爆发时，日本的原油需求量占其一次能源需求总量的份额高达80%。石油危机暴露了日本能源供需结构的脆弱，日本政府充分主要到了这一点，在随后逐渐建立了健全的能源供需结构。在供应层面，日本成功转向替代能源的开发，比如天然气和核能，使其能源供应呈现多样化。通过不断努力，2010年日本对原油的需求已经减少至48%，日本从此成为一个以节能为向导的经济高度发达国家。

1990年，在内阁大臣会议上制定了《地球温暖化防止行动计划》；在1992年的关于环境和开发的国际联合会议上，缔结了《联合国气候变化框架公约》；1997年，在京都的第3次气候变化框架公约缔约国会议上，确定了发达国家2008~2012年5年温室气体平均排放量比1990年减少5%的目标，其中日本为6%。京都会议后日本立即设立了地球温室效应对策推进本部，在1998年制定了《地球温室效应对策推进大纲》，其中包括了住宅和公共建筑节能指标的强化，以及各种节能情报的提供。

但制定的节能目标实施起来并不容易。据日本经济产业省统计，2008年日本的CO<sub>2</sub>总排放量为1138Mt，相比1990的总排放量1059Mt有增无减。其中与建筑有关的民用部门的一次能源消耗量2008年度比1990年度增加了30%以上。尽管采用了高效率的设备和各种节能手段，但随着经济的发展、总建筑面积增加，办公设备不断增加，减少能源消耗量和CO<sub>2</sub>排放量难上加难。而且，日本资源能源厅明确指出，如果仅依靠国内产业的国外化、产品进口或其他短期内的减排措施，只能转移CO<sub>2</sub>的排放，不能从根本上解决地球的温室效应问题。由此，日本政府不得不采取各种方法来向节能目标靠近。

### 2. 法律法规体系



以 1979 年第二次石油危机为契机，日本政府制定了《节约能源法》，规定了 PLA（年热负荷系数）和 CEC（空调能耗指数）的标准值。2003 年提出新建建筑物在规划阶段必须提交节能计划书。2010 年 4 月 1 日实施《节约能源法》改订版，扩大了能源管理对象的范围，由原来的以建筑为单位改为以公司法人为单位。所属各建筑的年一次能源原油总消耗量在 1500m<sup>3</sup> 以上的公司，都需提交能源使用状况报告书，选任能源管理负责人，进行本单位的节能管理，还需提交中长期节能计划书，并进行定期汇报。对新建和改修建筑，管理范围也由原来的 2000m<sup>3</sup> 以上改订为 300m<sup>3</sup> 以上，即对中小型建筑也进行节能管理。规定在新建或大规模改建建筑时要向当地政府提交节能方案书，在运行管理时要定期提交节能设备、方案的运行和实施状况。另外，在东京都首先实施了《东京都环境确保条例》。

《东京都环境确保条例》原本是旨在减轻工厂公害、汽车公害、化学物质公害的法规，实施后其内容经过了多次增补。2000 年增加了减小环境负荷的内容。2002 年增加了温室效应对策的内容，要求各企事业单位自主地采取手段减排。2007 年提出了 2020 年温室气体排放量比 2000 年减少 25% 的目标。2008 年 6 月对《东京都环境确保条例》进行了根本性的修改，规定总建筑面积 50000m<sup>2</sup> 以上的新建建筑，在规划阶段必须向东京都环境局提出能源有效利用规划书，总建筑面积 5000m<sup>2</sup> 以上的新建建筑需提出环境计划书。在能源有效利用规划书中，需明确记入采用了哪些节能方法，并明确给出建筑物的 PLA 目标值和 ERR（能耗降低率）目标值。另外值得一提的是，对于既有建筑物，规定从 2010 年开始负有减少 CO<sub>2</sub> 排放量的义务。具体来说，东京都年一次原油消耗量在 1500kL 以上的企事业单位，一期计划期间（2010~2014 年）的年平均排放量需减少 6%~8%，二期计划期间（2015~2019 年）的年平均排放量需减少 17%。减少 CO<sub>2</sub> 排放量有两种方法：一是采取各种节能减排手段降低实际的排放量，二是购买其他企事业的减排量。如果达不到规定的减排量，需接受罚款之类的惩罚，以保证此法规的切实贯彻。对于那些已经充分采用节能减排措施、运行管理中充分运用节能减排手段，且通过严格评审成为顶级节能建筑的大楼，义务减排量可得到部分减少。

除法规约束之外，环境意识的改变也是不可缺少的。主要体现在除了极力避免室内夏季过冷、冬季过热的空调温度设定外，还提倡办公室等场所在非工

作时间（如午休时间）关闭照明，无人时停止通风换气设备。日本环境省在 2005 年提出了“清凉商务”的倡议：夏季办公时穿轻便着装，提高办公室内的设定温度，以达到节能减排的目的。各国也有类似的动向。2008 年联合国在纽约本部的办公室内也进行了穿轻便着装，提高室内设定温度的尝试。

### 3. 相关做法和经验

#### （1）建筑物综合环境评价系统 CASBEE（Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency）

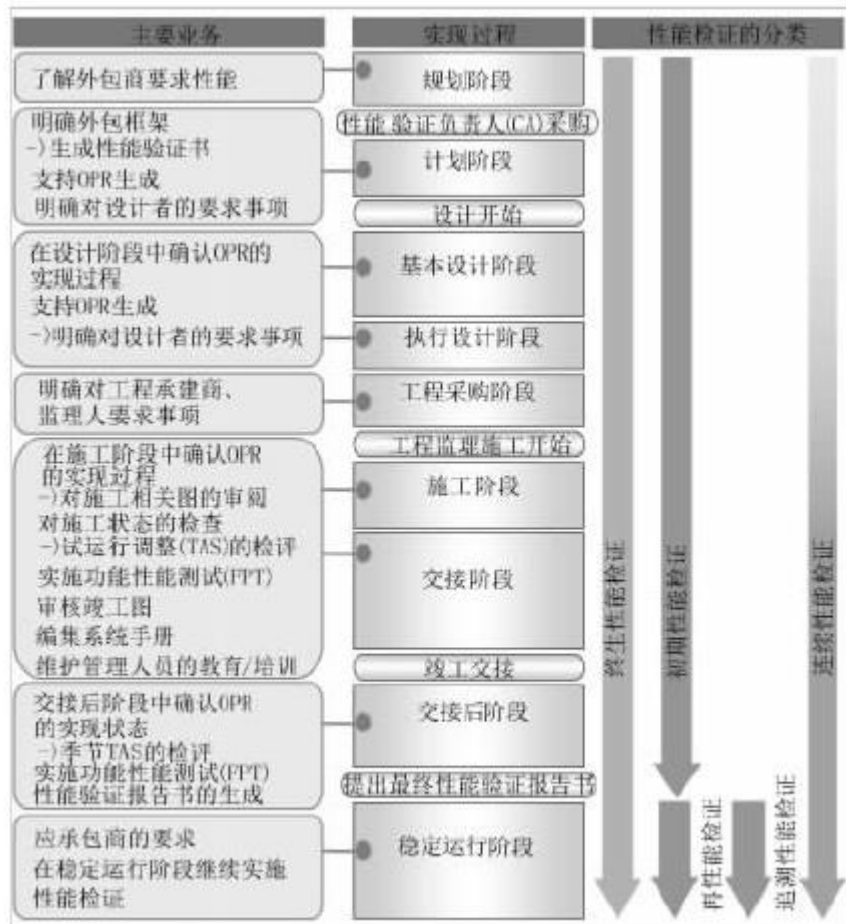
以低环境负荷、节能为主要评价指标的建筑物综合环境性能评价已在亚洲乃至世界得到普及。日本这方面的评价标准为 CASBEE。CASBEE 为 2001 年由日本国土交通省主导开发，2002 年首先发布办公楼版；之后陆续发布 CASBEE—新建，CASBEE—既有及 CASBEE—改建版。它基于建筑物采取的各项节能措施，在 PAL 和 CEC 精确计算的基础上，对建筑物节能环保、室内环境的综合指数作出预评价。随着京都协议书目标执行的具体化，建筑物进行 CASBEE 评定在日本国内某些地区已经被义务化，并直接影响到建筑物的资产价值。

#### （2）能源服务公司 ESCO（Energy Service Company）

日本的 ESCO 业务呈不断增长趋势。虽然由于 ESCO 无资格认定，很难进行 ESCO 业务单位的统计，但仅日本 ESCO 协会的会员就有 100 多个。以 2007 年为例，民用部门有 100 多个项目实施了 ESCO 业务，合同总金额折合人民币为 16 亿元。

#### （3）性能调适（Commissioning）

性能调适相对来说是比较新的概念。最早出现在英国和美国，ASHRAE 在 1989 年和 1996 年制定了关于性能调适的大纲。在日本，最早由中原信生引进性能调适的概念，并在 2004 年创建了性能调适协会。性能调适贯穿于建筑物的规划、设计、施工及运行的整个寿命周期，图 C5 为性能调适流程和内容。



注：OPR意为企划设计要求。

图 C5 性能调适流程和内容

性能验证是由验证责任者（Commissioning Authority）针对建筑及其设备（空调系统等），从环境、节能及功能的角度，明确业主（使用方）所要求的性能，为实现这些性能在设计、施工直至移交的各阶段进行建议、检查和确认工作，并把结果整理成文件提交给使用方；在竣工移交之前对各系统进行性能测试，判断系统是否处于便于管理运行的状态；在运行管理阶段对各种设备的运行状况及能源消费量进行确认和分析，提出最合理的参数设定和运行方法建议。性能验证贯穿各个阶段，对建筑节能进行统一管理，能及时、有效地防止设计、施工、运行过程中的不合理现象，确实有效地保证建筑节能的实现。在日本已有性能验证成功实施的实例。

#### (4) 公共建筑节能技术

公共建筑节能手段很多，归纳起来有以下几种：采用高效率设备；采用蓄冷、热电联产、自然能源和废热利用等节能系统；采用节能控制方控制管理方式；进行节能控制管理等。

其中 BEMS (Building Energy Management System) 就是保证实现节能控制和节能管理的有效手段。BEMS 简单的定义就是建筑物能源管理系统。与楼宇自动化有相似之处，由最基本的自动控制、中央监测功能逐步扩大到能源管理、环境监控、维持管理和建筑的诊断评价等等。适用范围和管理内容的深度和广度都在不断扩大，且与其他情报通讯系统息息相连。图 3-6 为 BEMS 的机能和发展阶层。BEMS 的自动控制系统的逻辑设计、调整、参数设定与运行直接影响到能源消费量。硬件、软件、施工、参数设定中任何一个环节稍有不妥，对建筑物的室内环境、设备的寿命和能耗量都极有可能产生负面影响。自动控制系统虽然在我国也得到相当程度的普及，然而却由于存在上述各种各样的问题，实际运行管理中还不得不辅以人工手动运行。在日本，1908 年竣工的赤坂神宫首次采用空调系统自动控制技术，根据室内温度控制风阀开度和送风温度。经过 100 多年的发展，日本的自动控制系统已发展得十分完善和成熟。合理有效的节能控制方式和软件也是数不胜数，其中大部分都成了大楼自动控制的标准式样。

在成熟的自动控制、中央监测的基础上，随着时代的进步、IT 设备和网络的发展、对环境问题的日益重视，BEMS 不断得以更新，现已发展到对楼宇的整个运行管理周期进行能源管理，对节能减排能起到决定性的作用。

#### (5) 家庭用节能技术和产品

为了使节能中的先端技术燃料电池，热电联产，冰、水蓄冷，太阳光发电等技术能普及到各个家庭，在日本，利用这些技术生产的产品都实现了小型化、家庭化。在购买这些新型节能产品时，可得到政府的补助，使用这些节能产品可以享受更加低廉的电价。

##### 1) 家庭用燃料电池

燃料电池用天然气中的氢发电，发电中产生的热可用于加热生活用水和空调水等。

日本第 1 台家庭用燃料电池出现于 2005 年，之后数年在一般家庭中试用，2009 年正式作为一般商品进行普及。试算可知，一个四口之家，使用此产品每年可减少 CO<sub>2</sub> 排放量 1.5t。

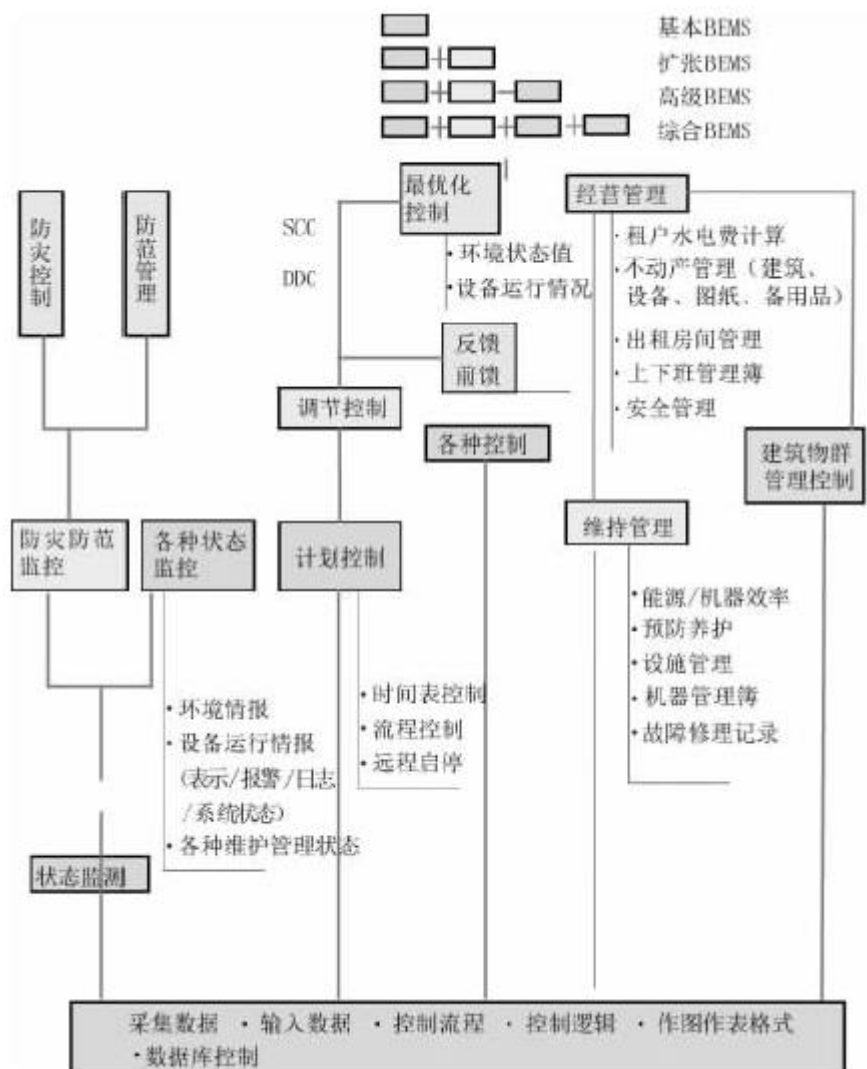


图 3-6 BEMS 的机能和发展阶层

## 2) 家庭用热泵

2001 年日本生产并销售了首台供生活热水热泵设备。该设备利用热泵原理，把一部分空气的热量转换成供生活热水的热源，与一般的燃气热水器相比，一次能源节能量达 50%，同样 CO<sub>2</sub> 的排放量也可减少 50%。到 2009 年 10 月为止，该设备在日本市场已销售了 200 万台。

## 3) 家庭用太阳能电池

日本的家庭用太阳能电池出现于 20 世纪 90 年代，真正普及于 2002 年之后。2009 年住宅用太阳能电池的总发电功率超过 550MW，2010 年会超过 700MW。

#### 4) 家庭用建筑围护结构蓄热技术

利用较为廉价的夜间电力使住宅的围护结构蓄热，白天电价较高时，热从围护结构放出。起到平缓电负荷的作用。

#### (6) 节能评价软件的应用

由于节能的任务和目标已落实到各企事业单位，且评价指标是实际的能耗量，因此在各种不同的建筑物中，究竟采用何种节能方式更有效，成了人们关心的话题。为了使大家能更方便地规划和管理大楼的能耗情况和发挥节能潜力，日本各节能相关机构先后发布了能耗计算模拟软件。以下介绍几种典型的建筑物能耗模拟软件。

##### 1) 能耗指标管理工具 ESUM (Energy Specific Unit Management Tool)

由日本节能中心开发，于 2006 年首次公开。可以根据建筑物的具体参数、地点和使用情况精确计算建筑物的所有能耗的总和。包括空调、通风、给排水、照明、电梯等耗能设备的用电、用气（油）量（折算成一次能源）。开发后已进行几版更新，功能得到强化。计算对象包括办公楼、商店、超市、医院、宾馆、学校等。ESUM 兼有负荷计算和能耗计算的功能，可以在设计阶段预测建筑物的能耗量，并可具体计算出建筑物采用各种节能方案时的年节能量，为业主和设计者提供有力的参考。

##### 2) 节能目标工具 ECTT (Energy Conservation Target Tool)

为了进一步普及建筑节能的计算和研究，日本节能中心在 ESUM 的基础上，开发了侧重节能效果计算的软件 ECTT。ECTT 软件使用简便，输入建筑物的几个基本参数、热源方式、空调方式等后，再对 73 个常用的建筑节能手段（涉及建筑、空调、给排水和电气等专业）进行是否采用的选择，就能计算出建筑物的年能耗量。可以非常方便地比较各种节能手段的实际效果，无论是用于新建建筑设计还是用于改建建筑设计都能起到很大的参考作用。

##### 3) 建筑寿命周期能源管理 LCEM (Life Cycle Energy Management) 软件

LCEM 软件由公共建筑协会开发，由日本国土交通省于 2008 年公开。是在从设计、施工、调试到运营管理的整个建筑物寿命周期内都可以使用的空调系统能耗模拟计算软件。各种空调部件都被模型化，可以随意组成空调系统。公开后也经过了几次版本更新，除了制冷机、锅炉、热泵、冷却塔、水泵、空调机等常用设备和控制模式以外，现版本（3.02）还包括了冰、水蓄冷，废热回

收，介质除湿，太阳能等各种节能设备。其特点在于：可计算部分负荷时的能耗、可模拟计算空调设备的性能以及可模拟不同气象条件、运行条件、控制模式下的能耗。

由此，输入一年的气象数据（上述软件都有日本各地的典型代表年的气象数据）和一年的空调负荷（可用 HASP 等软件计算），就可模拟出一年的能耗曲线。

#### 4) 建筑能源模拟工具 BEST (Building Energy Simulation Tool)

BEST 是集日本国土交通省、民间企业和大学的力量为一体，共同开发的建筑耗能模拟软件。它旨在改进并代替在日本已使用 30 年以上的负荷和耗能模拟软件 HASP/ACLD, ACSS, 模拟计算建筑物的总能耗量和 CO<sub>2</sub> 总排放量，优化建筑物的节能减排方案。该软件能模拟相邻房间的影响，计算时间间隔可短达 1min；可计算世界各地的建筑物；使用方便，扩展性强。有简易版、基本版、专业版 3 个版本。软件还可以计算 PAL 和 CEL 值。

### (八) 对我国的启示

对上述各国建筑节能发展的历程、相关领域的特点及做法和经验的比较，可以总结出对我国建筑节能相关领域发展有参考或借鉴意义的以下几点：

#### 1. 节能标准体系从性能性指标向能耗目标性指标转变

比较欧洲（德国、丹麦、英国）、日本和美国等的建筑节能相关标准体系的发展情况，当前的各国建筑节能标准包括两类：一种是已经发展到以整体能耗为指标，对建筑运行能耗进行约束；一种则仍然是以各类技术参数作为指标，指导节能建筑设计。前者往往起到控制能源消耗量的作用，并与碳减排直接联系，代表为德国、丹麦；后者以美国为主导标准，起到的效果是推广普及节能技术、以扩大产品市场为目标，意在使建筑节能成为新的经济增长点。

目前国际上建筑节能工作做的较好的德国，起步阶段也是从关注围护结构构件的热阻和传热系数，到关注围护结构系统的平均传热系数，再到规定采暖终端能耗，直到目前规定建筑的一次能源消耗量限值，反映了从关注做法到关注终端能耗的思想转变。

我国的建筑节能工作从 20 世纪 80 年代初伴随着中国实行改革开放政府以后开始的，经过这些年已经分气候区及建筑类型编制了多部建筑节能相关设计

标准。纵观这些标准，可以看出，均是对于建筑的节能设计指导是与日本及美国类似的做法，规定的是围护结构的性能指标，以围护结构的做法与传热系数作为是否节能的评判标准，而对采暖和空调的能耗限值仅是次要指标，在实际的实施中，基本无法考核具体能耗。以提高建筑性能和设备效率为主是我国目前建筑节能的主流思想。

而我国当前面临的能源形势，决定了当前建筑节能工作不能是盲目地以发达国家既定的建筑舒适性和服务质量标准为目标，而是通过最好的技术条件去实现这样的需求；应该先明确建筑能耗上限，然后量入为出，通过创新的技术力争在这样的能耗上限之内营造最好的室内环境和提供最好的服务。这就要求我们的节能标准体系应逐渐从单一性能性指标阶段向欧洲国家目前以整体能耗为约束指标的阶段转变。

## **2. 推广发展高效节能型产品与技术需要有明确目标**

当前我国对于高效照明、高效家电、节能产品的推广和财政支持，以及对于可再生能源利用的补贴，对既有建筑围护结构改造的补贴，都是为了推广高效节能的产品与技术，提高围护结构和建筑系统的效率。并且这些政策也推广的范围非常广，起到了很好的效果，例如使得节能灯的拥有率，高效家电的拥有率提高，北方围护结构的性能也有了一定的提高。

但还是在对未来发展计划的制定中还是缺乏一定的目标性和系统性。应当根据宏观目标，制定出更明确、更具体的类似于路线图计划的实施方案或计划。在这个过程中应当将建筑能耗的各个部分进行协调考虑，不应存在发展中的“短板效应”从而影响整体的节能效果。比如欧洲多过已经明确了其未来相应时期的建筑能效发展水平，在这样的框架下对建筑中的高性能围护结构产品开发与应用、采暖和空调设备能效水平、节能灯具的替换速率等进行全面规划，从而使整个建筑节能工作按部就班发展。这对我国未来建筑节能工作开展计划的制定起到了很好的借鉴意义。

## **3. 相关立法应当推动建筑节能相关政策机制的改革**

目前我国在社会总体节能方面已经颁布了《中华人民共和国节约能源法》，在建筑领域也已出台了《民用建筑节能条例》，可以说已经从法律层面对我国建筑节能工作进行了相应的规范和要求。但这还远远不够，还需要进一步细化落



实，而在继续向下发展时则不能再仅仅依靠行政手段来进行“逼迫”式的要求，在这里就应当借鉴欧美等国家的发展方式，即引入其他的机制方法，如在推动建筑节能的激励机制方面，开发出一批建筑能耗评定、能耗标识、以及建筑产品的节能水平认定方法与相关的支撑运行平台。

这些评价、标识体系对正确地引导市场，形成一种自发机制推动各种建筑节能技术的实际应用起到了重要作用。在这一方面国外已经有诸多成熟的案例，如美国的 LEED 认证体系和 Energy Star 测评标识，英国的 BREEAM 认证体系等，国内近年来也发展了“绿色建筑评价标识”以及“建筑能效标识”等体系，但还都处于刚刚起步阶段，还有大量的地方需要完善。而在这一发展过程中还需要行政机制给予很好的引导作用，需要通过税收减免或适当补贴奖励来向前推动。

#### **4. 通过合同能源管理与节能服务等方式推动建筑节能市场化发展**

美国和日本等市场化程度较高的国家，以合同能源管理或建筑节能服务的方式已经在建筑节能领域形成了建筑节能商业模式，并且在不断发展和完善。这一点是需要我们学习和引进的。我国当前建筑节能相关工作的推进很大程度上还主要依赖政府的行政职能手段，需要政府通过相关法律法规或是财税奖励补贴等方式开展。

虽然国内目前也有了相应的合同能源管理企业或建筑节能服务公司，但还在初期的试探性中。当前我国节能服务行业还处于新兴阶段，技术应用和服务体制不完善。建筑节能企业规模偏小，市场集中度低。一些建筑智能化企业进入建筑节能产业，但其节能业务只是建筑智能化产业的很小部分，涉足的建筑节能业务规模十分有限。同时，由于这些小企业信用度不高，企业掌握的优质资产不多，抵押能力受限，同时多数建筑节能项目回收期长、风险大，不符合商业性金融机构的“流动性、安全性、盈利性”经营原则，节能项目总体效益再好也难以获得商业金融机构的青睐。需要借鉴美国及日本等发达国家的经验，建立专门的建筑节能基金。基金通过提供贷款担保、贷款贴息等方式给予节能服务企业以融资支持，进而增强节能服务企业的融资能力。

只有通过类似市场化的手段，将建筑节能变成自发行为，才能完成对如此巨大的存量的既有建筑节能改造，同时引导新建建筑实现真正节能，从而实现我国建筑节能事业长远的发展。



## 附录 D 有关名词解释及说明

### 1. 建筑 building

按建筑用途，通常将其划分为民用建筑和工业建筑，民用建筑又分为公共建筑和居住建筑。其中公共建筑按其主要功能，又分为办公建筑、旅馆建筑、商店建筑、体育建筑、图书馆建筑、博物馆建筑、文化馆建筑、电影院建筑、剧场建筑、科研建筑、医院建筑、饮食建筑、交通建筑、展览建筑等；居住建筑主要包括住宅和宿舍。

本课题研究内容针对的公共建筑和住宅（城镇住宅、农村住宅），简化表述为“建筑”。

### 2. 建筑能耗 building energy consumption

本课题所称的建筑能耗是指民用建筑消耗的能源。

建筑能耗的概念分为狭义的和广义的两种。广义的建筑能耗包括建筑物所用材料和设备生产加工过程的能耗、建造过程的能耗以及使用过程的运行能耗；狭义的建筑能耗仅指建筑物在使用过程的运行能耗，包括采暖、空调、照明、热水、炊事、电器设备等的能耗。目前我国关于建筑能耗的定义有如下几种：

（1）《民用建筑节能条例》对民用建筑能耗的界定为：民用建筑在使用过程中的能源消费；

（2）国家标准《建筑节能基本术语标准》（报批稿）给出的建筑能耗定义为：建筑在使用过程中所消耗各类能源的总量；

（3）行业标准《建筑能耗数据分类及表述方法》JG/T358-2012 给出的定义：建筑使用中的运行能耗，包括维持建筑环境（如供暖、通风、空调和照明等）和各类建筑内活动（如办公、炊事等）的能耗；

（4）清华大学《建筑节能年度发展报告》给出的定义为：民用建筑的运行能耗，即在住宅、办公建筑、学校、商场、宾馆、交通枢纽、文体娱乐设施等非工业建筑内，为居住者或使用者提供采暖、通风、空调、照明、炊事、生活热水，以及其它为了实现建筑的各项服务功能所使用的能源；

（5）同济大学《试论建筑节能的新观念》给出的定义为：建筑使用能耗，即建筑使用过程中用于供暖、通风、空调、照明、家用电器、输送、动力、烹饪、给排水和热水供应等的能耗。

这些定义均将建筑能耗界定为狭义的能耗，即建筑使用过程的运行能耗，这与国际上通行的界定是一致的。但对建筑能耗的具体构成和边界划分上有所差异，实际建筑能耗统计时的指标和范围也有差异。

综上所述，狭义建筑能耗是指建筑使用过程中的能耗，包括采暖、空调、照明、热水、家用电器和其他动力能耗。因此，建筑能耗的界限应按“建筑红线”进行确定，即由外部输入“建筑红线”内、用于维持建筑正常运行而消耗的能源，均应计入建筑能耗，建筑本身生产的可再生能源应扣除。

近年来，其他一些能耗也被计入建筑能耗，如电动自行车充电，从能源使用上来分应该划分到交通用能中，但是无法对其单独计量。随着未来电动汽车的普及，将有更多的能耗需通过建筑红线内的电源提供，这部分能耗应当从建筑能耗中拆分出去。

### **3. 能源 energy**

能源，亦称能量资源或能源资源，是可产生各种能量（如热量、电能、光能和机械能等）或可作功的物质的统称，能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源，包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源及电力、热力、成品油等二次能源，以及其他新能源和可再生能源。

建筑领域消耗的能源类型主要包括电、煤炭、天然气等。建筑能耗统计时，是以其消耗的商品能源作为统计对象。

这里所称的商品能源，是指作为商品并且经过流通领域而消费的能源，包括煤炭、天然气、电力等。关于建筑消耗的商品能源，目前我国与国际能源署（IEA）、美国能源信息署（EIA）、日本能源经济研究所等机构的差别在于，我国未将农村的生物质能计入商品能耗。

### **4. 建筑节能 building energy conservation**

在发达国家，建筑节能的含义经历了几个发展阶段，开始时称作 energy saving in buildings，就是我们现在说的“建筑节能”，可以理解为“省着用”；后来改为 energy conservation in buildings，即在建筑中保持能源，意思是减少能量散失；再后来则普遍称为 energy efficiency in buildings，意思是提高建筑中的

能源利用效率，这不是单纯的节省，而是消耗能源的过程中尽量提高利用效率，可以理解为“用着省”。

建筑能耗受很多因素影响。通常，处于极端气候条件时间越长，建筑设备或人员等室内热扰越大，使用时间越长的建筑，其能耗总量越大，但建筑能源利用效率未必越低。换言之，上述气候、内热扰和使用时间等因素与能源利用效率的高低没有直接关系，是“能效无关量”，而建筑的管理水平、设备系统效率等因素不仅直接影响建筑能耗量（建筑能耗）的绝对值大小，而且影响建筑能源利用效率（建筑能效）的高低。

我国建筑领域应秉承勤俭节约的优良传统，做到“省着用”与“用着省”相结合。

## 5. 能效 energy efficiency

按照物理学的观点，能效是指在能源利用中，发挥作用的与实际消耗的能源量之比。从消费角度看，能效是指为终端用户提供的服务与所消耗的总能源量之比。所谓“提高能效”，是指用更少的能源投入提供同等的能源服务。

提高能效，也是我国建筑领域努力的方向。

## 6. 能耗强度 energy intensity

单位面积建筑使用商品能源的数量，单位  $\text{kgce}/\text{m}^2$ 。有的文献也将其称用能强度。

## 7. 低能耗建筑 low energy consumption building

目前国际上对低能耗建筑没有统一的定义，本报告中低能耗建筑是指在室内达到舒适度要求和健康要求的前提下，供暖及空调能耗在  $0\sim 15\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$  的建筑。

德国：2009年的《节能条例》要求采暖能耗限值为  $45\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ，低能耗建筑其采暖能耗平均值要低于该限值。对于“被动房”采暖能耗限值为  $15\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ 。

比利时：以建筑物供暖供冷面积为计算基准，全年供暖供冷能耗小于  $30\text{kW h}/\text{m}^2$  的建筑称为“低能耗建筑”。

欧洲对“被动房”的指标要求为：（1）年采暖终端热耗 $\leq 15\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ；（2）最大供热负荷 $\leq 10\text{W}/\text{m}^2$ ；（3）用于采暖、生活热水和家庭用电的年一次能源消耗 $\leq 120\text{kW h}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ；（4）空气渗透率 $\leq 0.6/\text{h}$ ；（5）超温频率 $\leq 10\%$ 。

## 8. 零能耗建筑 zero energy consumption building

零能耗建筑是指不消耗常规能源，完全依靠太阳能或者其它可再生能源的建筑。

也就是说，零能耗建筑本身并非不耗能，而是最大限度地利用可再生能源，实现对不可再生能源的消耗为零的目标。国际通行的“零能耗”建筑主要是通过最佳整体设计、利用节能环保的建筑材料及设备、最大限度地使用可再生能源，达到建筑所需能源或电力 100% 自产的目标。

根据具体的设计目标，零能耗建筑还有几个派生概念：

（1）如果以降低温室气体排放为设计目标，那么零能耗建筑可以称为零碳排放建筑（Net Zero Emissions Building）。

（2）从用户角度讲，其最关心的可能是所缴的电费和煤气费等能耗费用。如果一年之中，建筑的可再生能源输回电网所得收入可以抵消该建筑从城市能源供应系统购买能源的费用，那么该建筑可以称为零能耗费用建筑（Net Zero Cost Building）。

（3）从国家和地方政府的角度讲，零能耗建筑应该实现能源产地的能量平衡为零，也就是将生产能源时额外消耗的能源与能源输送过程中的损耗也计算在内，如果建筑自身的可再生能源可以抵消所有这些能源之和，该建筑可以称为零产地能耗建筑（Net Zero Source Energy Building）。



## 附录 E 参考文献

### (一) 法律法规

1. 《中华人民共和国节约能源法》
2. 《可再生能源法》
3. 《中华人民共和国建筑法》
4. 《民用建筑节能条例》

### (二) 政府文件和领导讲话

1. 《中央财经领导小组第六次会议》2014
2. 《新一届国家能源委员会首次会议》2014
3. 国务院《能源发展“十二五”规划》
4. 国务院《国家新型城镇化规划（2014—2020年）》
5. 国务院《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》（国发[2011]26号）
6. 国务院《2014-2015年节能减排低碳发展行动方案》
7. 住房和城乡建设部《“十二五”建筑节能专项规划》
8. 住房和城乡建设部《2007年全国建设领域节能减排专项监督检查建筑节能工作检查报告》（建科[2008]73号）
9. 住房和城乡建设部《关于2009年全国建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查的通报》（建科[2010]45号）
10. 住房和城乡建设部《关于2010年全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查情况通报》（建办科[2011]25号）
11. 住房和城乡建设部《2011年全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查情况通报》（建办科函[2012]212号）
12. 住房和城乡建设部《住房城乡建设部办公厅关于2012年全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查情况的通报》（建办科函[2013]202号）
13. 住房和城乡建设部《住房城乡建设部办公厅关于2013年全国住房城乡建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查情况的通报》（建办科函[2014]194号）



14. 住房和城乡建设部《推进供热计量改革促进建筑节能工作——住房和城乡建设部仇保兴副部长在北方采暖地区供热计量改革工作会议上的讲话》

### (三) 统计资料

1. 国家统计局《中国统计年鉴（1995~2013）》
2. 国家统计局能源统计司《中国能源统计年鉴 2013》
3. 国家统计局.《中国建筑业统计年鉴（1981~2013）》
4. 住房和城乡建设部.《中国城市建设统计年报（1981~2000）》
5. 国家统计局《辉煌的三十年（2008）》
6. 国家统计局、住房和城乡建设部《1985年城镇房屋普查资料》
7. 国家统计局《第一次全国城镇房屋普查资料（1986）》

### (四) 学术论文

1. 涂逢祥、王庆一, 我国建筑节能现状及发展[C].//2004年全国建筑节能发展研讨会暨新型墙体材料生产及应用技术交流会论文集.2004:1-5
2. 孙海燕、涂逢祥, 跨越式发展建筑节能[J], 建设科技, 2004, (17):21-22
3. 龙惟定、白玮、马素贞等, 中国建筑节能现状分析[J], 建筑科学, 2008, 24(10):1-3, 38
4. 龙惟定, 试论建筑节能的科学发展观[J], 建筑科学, 2007, 23(2):15-21
5. 马宏权、龙惟定, 我国建筑节能与节能建筑的发展思考[C].//全国暖通空调制冷2008年学术年会论文集, 2008
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. 郎四维, 我国居住建筑节能设计标准的现状与进展.建筑节能 40, 中国建筑工业出版社.2002
8. 陈国义, 中国建筑节能标准体系研究概述, 中国建设信息, 2008年06期
9. 孙童, 发达国家政府管理建筑节能的共同特点, 建筑节能 41, 中国建筑工业出版社, 2003
10. 田野、吴卫国, 欧盟建筑节能的措施与特点[C], //第五届中国标准化论坛论文集, 2007:473-474
11. 杨玉兰、李百战、姚润明等, 政策法规对建筑节能的作用——欧盟经验参考[J], 暖通空调, 2007, 37(4):52-56
12. XG Casals, Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences[J].Energy and Buildings, 2006
13. 奥理塞佩宁、张磊华、陆海璇等.欧洲建筑节能优化措施与政策[J].暖通空调.2013,43(7):2-9.

14. A Uihlein, P Eder, Policy options towards an energy efficient residential building stock in the EU-27[J], Energy and Buildings, 2010.
15. Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).Featuring Country Reports 2012.
16. 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
17. 王景文, 欧盟成员国实施建筑节能新措施[J], 全球科技经济瞭望, 2006, (1):51.
18. Eoin Ó Broin, Érika Mata, Anders Göransson, Filip Johnsson. The effect of improved efficiency on energy savings in EU-27 buildings. Energy, Volume 57, 1 August 2013, Pages 134-148.
19. Russell McKenna, Erik Merkel, Daniel Fehrenbach, Stephanie Mehne, Wolf Fichtner. Energy efficiency in the German residential sector: A bottom-up building-stock-model-based analysis in the context of energy-political targets. Building and Environment, Volume 62, April 2013, Pages 77-88
20. 余春荣、梁广, 德国建筑节能法规进展[J], 门窗, 2013, (5):42-46
21. 孙颖、吕蓬、李祝华等, 德国建筑节能法规及节能技术简述[J], 中国能源, 2003, 25(4):40-43
22. 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
23. Sven Schimschar, Kornelis Blok, Thomas Boermans, Andreas Hermelink. Germany's path towards nearly zero-energy buildings—Enabling the greenhouse gas mitigation potential in the building stock. Energy Policy, Volume 39, Issue 6, June 2011, Pages 3346-3360
24. 谢欢欢, 德国建筑节能技术研究[D], 沈阳建筑大学, 2012
25. kfw. ökologischBauen, 2007[M], Berlin: kfw, 2007: 1-3
26. 德国:建筑节能取得的经验[J].建设科技,2007,(14):54-55
27. 涂逢祥、徐宗威、汪又兰等, 波兰丹麦建筑供暖计量收费情况考察报告[J], 暖通空调, 2000, 30(1):25-28
28. 蒋红, 建筑节能与集中采暖分户热计量[J], 中国科技信息, 2006, (21):29-31
29. H. Tommerup, J. Rose, S. Svendsen. Energy-efficient houses built according to the energy performance requirements introduced in Denmark in 2006. Energy and Buildings, Volume 39, Issue 10, October 2007, Pages 1123-1130
30. 辛坦, 欧洲发达国家供热改革经验[J], 建设科技, 2008, (23):40-41
- 31.梁广、余春荣, 英国建筑节能法规进展[J], 门窗, 2013, (3):53-56
32. 涂逢祥, 英国建筑节能概述[J], 新型建筑材料, 1997, 12:11-14.
33. Wei Pan, Helen Garmston. Building regulations in energy efficiency: Compliance in England and Wales. Energy Policy, Volume 45, June 2012, Pages 594-605

34. 王清勤、徐选才、李明玮, 加拿大的建筑节能规范简介[J], 建筑科学, 1997, 06:59-60
35. 孙杰、何佰洲, 加拿大建筑法规体系研究[J], 建筑设计管理, 2007, 06:13-15
36. 彭琛, 基于总量控制的中国建筑节能路径研究[D], 清华大学, 2014
37. Samuel Faye Gamtessa. An explanation of residential energy-efficiency retrofit behavior in Canada. *Energy and Buildings*, Volume 57, February 2013, Pages 155-164
38. 刘明明、林鹤雄, 加拿大建筑节能的规范与应用[J], 上海建设科技, 1999, 03:41-42
39. 杨维菊, 加拿大的建筑节能[J], 世界建筑, 1998, 01:16-18
40. 王清勤, 加拿大建筑能耗模拟软件和建筑节能规范实施软件[J], 建筑科学, 1997, 04:59-60
41. 吴公孙、刘真清, 美国建筑节能降耗的经验与启示[J], 城市开发, 2008, 15:84-86
42. H. Feng, K. Hewage. Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings[J]. *Energy and Buildings*, Volume 75, June 2014, Pages 281-289
43. John H. Scofield. Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission for large New York City office buildings[J]. *Energy and Buildings*, Volume 67, December 2013, Pages 517-524
44. 王庆一, 美国建筑节能经验[J], 节能与环保, 2004, 12:11-13
45. 李积权、渡边俊行、赤司泰义, 日本建筑节能对策[J], 福建工程学院学报, 2009, 03:244-252
46. 李小平, 日本建筑节能简介[J], 暖通空调, 2011, 04:58-62
47. 林太珍, 日本建筑节能的发展动向[J], 施工技术, 1992, 11:43-44
48. 陈超、渡边俊行、谢光亚、于航, 日本的建筑节能概念与政策[J], 暖通空调, 2002, 06:40-43
49. 谭洪卫, 建筑节能体制的中日对比和思考[J], 上海节能, 2005, 04:90-95
50. 李晨, 建筑节能服务公司发展对策研究[D], 西安建筑科技大学, 2013
51. 王磊, 德美两国建筑节能立法比较研究及对我国的启示[D], 中国人民大学, 2008
52. Cyane B. Dandridge, Jacques Roturier, Leslie K. Norford. Energy policies for energy efficiency in office equipment Case studies from Europe, Japan and the USA[J]. *Energy Policy*, Volume 22, Issue 9, September 1994, Pages 735-747
53. 王丹、马晓滨, 美国建筑节能对我国的启示[J], 黑龙江科技信息, 2009, 09:240
54. 陈英存, 德国建筑节能体系与技术及其对我国的启示[J], 生态经济, 2008, (9):151-153
55. 齐智、陈志田、李臣、朱春雁, 应用美国建筑节能认证模式的可行性探索——“能

源之星”在中国[J], 世界标准化与质量管理, 2007, 09:8-10

56. 杨玉兰, 居住建筑节能评价与建筑能效标识研究[D], 重庆大学, 2009

57. Yair Schwartz, Rokia Raslan. Variations in results of building energy simulation tools, and their impact on BREEAM and LEED ratings: A case study[J]. Energy and Buildings, Volume 62, July 2013, Pages 350-359

58. 徐国泉, 中国碳排放量的因素分解模型及实证分析: 1995-2004[J], 中国人口、资源与环境, 2006, 16

59. 徐伟、张时聪等, 住房和城乡建设部建筑节能计划项目《中国建筑物碳排放通用计算方法研究》

60. 张时聪、徐伟等. 建筑物碳排放计算方法的确定和应用范围研究[J], 建筑科学, 2013, 02, 第 29 卷 2 期

61. 彭梦月, 欧洲超低能耗建筑和被动房的标准、技术及实践, 建设科技, 2012

#### **(五) 专著**

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》2007~2014 各册 [J], 北京: 中国建筑工业出版社, 2007~2014

2. 中国建筑节能协会《中建筑节能现状与发展报告 2012》

3. 徐伟,《国际建筑节能标准研究》[M], 北京: 中国建筑工业出版社, 2012

4. 魏一鸣、刘翠兰等, 中国能源报告(2008)碳排放研究[M].北京: 科学出版社

5. 中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究(综合卷), 北京: 科学出版社, 2011

6. 姜克隽、庄幸、苗韧、贺晨旻, 2050 低碳发展情景研究, 能源研究所, 北京: 2014

7. 姜克隽、庄幸、苗韧、贺晨旻, 中国低碳建筑情景和政策路线图研究[R], 北京: 2014

8. 中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究(综合卷)[R], 北京: 科学出版社, 2011

9. 住房和城乡建设部科技发展促进中心《中国建筑节能发展报告(2014年)》, 建筑工业出版社

#### **(六) 标准**

1. 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010

2. 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2012

3. 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2010

4. 《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2005

5. 德国《建筑节能规范》(EnEV2007)

6. 德国《建筑节能规范》(EnEV2009)
7. 《建筑节能基本术语标准》报批稿
8. 《民用建筑能耗标准》送审稿
9. 《建筑能耗数据分类及表述方法》JG/T358-2012

### (七) 研究报告

1. 中国建筑科学研究院, 降低供暖住宅建筑能耗措施的探讨, 1985.6
2. 中国建筑科学研究院, 中国既有居住建筑节能改造基础数据调查
3. “十一五”国家科技支撑计划项目, 建筑节能关键技术研究示范
4. 清华大学, 建筑节能设计方法与模拟分析软件开发
5. 中国建筑科学研究院, 新型建筑节能围护结构关键技术研究
6. 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司, 建筑节能改造关键技术研究
7. 哈尔滨工业大学, 供热系统节能关键技术研究示范
8. 同济大学, 长江流域住宅室内热湿环境低能耗控制技术研究示范
9. 中国建筑科学研究院, 水源地源热泵高效应用关键技术研究示范
10. 北京通用人环科技有限公司, 空气源热泵关键技术研究
11. 中国建筑研究院, 降低大型公共建筑空调系统能耗的关键技术研究示范
12. 清华大学, 大型公共建筑能量管理与节能诊断技术
13. 合肥通用制冷设备有限公司, 低品位能源高效应用关键技术研究
14. 中国建筑科学研究院, 太阳能在建筑中规模化应用的关键技术研究
15. 住房和城乡建设部标准定额研究所, 建筑节能技术标准研究
16. 住房和城乡建设部科技发展促进中心, 建筑能耗统计方法与建筑能效标识研究
17. ACEEE, The 2012 International Energy Efficiency Scorecard, 2012
18. ACEEE, The 2014 International Energy Efficiency Scorecard, 2014
19. 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
20. 徐伟、张时聪等, 科技部国家国际科技合作计划项目“住房城乡建设系统应对气候变化的低碳技术研发与应用合作研究”
21. BP p.l.c.. BP Statistical Review of World Energy 2014 (BP 世界能源统计 2014), London, United Kingdom, July 2014
22. BP p.l.c.. BP Energy Outlook 2035 (BP 世界能源展望 2035), London, United Kingdom, June 2014
23. BP p.l.c.. BP Energy Outlook 2030 (BP 世界能源展望 2030), London, United Kingdom, Jan. 2012
24. International Energy Agency. World Energy Outlook 2013, Paris, France, 2013

25. IPCC National Greenhouse Gas Inventors Programme. IPCC Emission Factor Database (EFDB). [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)

26. 国家发展和改革委员会，中国应对气候变化的政策与行动2013 年度报告

## 正文

(具体内容请与基金会项目工作人员商定)