

# 中国低碳建筑情景和政策路线图研究

能源研究所  
2014年7月6日

## 项目信息

项目资助号  
Grant Number

项目期  
Grant period

所属领域:  
Sector

项目概述:  
Project Discription

本项目研究是基于中国IPAC模型，结合目前建筑领域近年积累的数据，建立中国IPAC-LEAP建筑能耗模型。运用中国建筑能耗模型结果，结合我国建筑节能和低碳发展的要求，确定建筑节能和低碳发展的重要政策措施选择，着重分析这些政策框架下符合我国当前国情的建筑能耗标准。

项目成员:  
Project team:

姜克隽, 贺晨旻, 王芬, 廖静秋, 庄幸, 张誉珊  
Jiang Kejun, He Chenmin, Wang Fen, Liao Jingqiu, Zhuang Xing, Zhang Yushan

关键词:  
Key Word:  
能源, 建筑, 温室气体, 情景, 中国

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.

## 目录

1. 研究背景 1

2.	研究方法	4
2.1	研究方法框架	4
2.2	模型	4
2.3	模型中的建筑部门	9
2.3.1	部门和能源需求划分	9
2.3.2	模型输入数据参数	12
2.4	情景定义	13
3.	我国建筑能耗和排放	19
3.1	建筑节能政策	19
3.2	我国建筑节能发展	22
3.3	我国建筑能耗	23
3.4	建筑能耗分析	26
3.4.1	采暖	27
3.4.2	炊事和热水	29
3.4.3	照明	29
3.4.4	制冷	29
3.4.5	家用电器	31
3.5	面临的挑战	32
4.	建筑能源和排放情景	33
4.1	未来社会经济发展情景	33
4.1.1	GDP增长	33
4.1.2	人口和城市化	35
4.2	建筑面积	35
4.3	城市居民	37
4.3.1	采暖	38
4.3.2	炊事和热水	39
4.3.3	照明	39
4.3.4	制冷	39
4.3.5	家用电器	39
4.4	农村居民	41
4.5	服务业(不包括交通)	43
4.6	情景中的政策选择	44
4.6.1	建筑能耗标准	44
4.6.2	家用电器节能标准	47
4.7	能源需求和CO <sub>2</sub> 排放情景	48
5.	关键政策路线图	53
6.	研究结论和政策建议	55
	参考文献	57

## • 研究背景

近10年,经济的飞速发展带动我国能源消费持续以每年超过10%的速度增长,我国对能源的需求正在以惊人的速度增加。同时,伴随着我国经济的迅速发展以及人们生活水平的提高,建筑能耗已成为我国与交通、工业能耗并列的三大能耗之一,在我国能源总消费量中所占的比例已从1978年的10%上升到目前的27.5%。随着我国城市化程度的不断提高,第三产业占GDP比例的加大以及制造业结构的调整,建筑能耗的比例将继续提高。

我国每年新增建筑面积已经超过35亿平方米(中华人民共和国国家统计局,2013),新增能耗巨大。如果不采取有力的节能减排措施,考虑到我国新建建筑的寿命很长,这些建筑将在未来长时间内对我国的建筑能源需求和全国的能源需求产生重大影响。因此,迫切需要在建筑部门引入强有力的政策措施,控制建筑能源需求的明显增长。

我国已经采取了不少政策措施进行建筑节能。建筑节能标准及体系是我国推动建筑节能工作的重要手段,从上世纪八十年代起,我国就开始为民用建筑建立相应的建筑节能标准。1986年原建设部发布了我国第一部民用建筑节能设计标准,即《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26-86)。该标准适用于严寒寒冷地区的采暖居住建筑,提出了节能30%的目标。

1995年,对《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26-86)进行了修订,发布了《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26-95),节能目标提高到50%。2001年建设部颁发了行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001),2001年10月1日施行,节能目标50%,2011年已修订了一版,标准编号为(JGJ134-2010)。2003年建设部颁发了行业标准《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JG75-2003),2003年10月1日施行,节能目标50%,该标准正在修订中。2005年建设部发布了国家标准《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005),自2005年7月1日实施,提出了针对“基准建筑”节能50%的公共建筑节能目标,目前该标准也在修订中。这也意味着,我国

针对全国不同气候区，涵盖公共建筑与居住建筑的节能50%节能设计标准体系已基本建立。

当前，我国许多地区已在推进建筑节能第三阶段节能65%的目标，行业标准《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ26-2010）于2010年3月18日公布，2010年8月1日实施，规定严寒及寒冷地区居住建筑需实现节能65%的目标。事实上，严寒及寒冷地区居住建筑节能早在“十一五”期间就已开始实施65%的设计标准，如《北京市居住建筑节能65%的设计标准》于2004年7月1日实施；《大连市居住建筑节能设计（节能65%）规定》，2006年1月1日实施；《河北省居住建筑节能设计标准（节能65%）》，2007年5月1日实施；《黑龙江省居住建筑节能65%设计标准》，2008年6月1日实施。然而，由于气候条件、节能技术的节能效果、节能率计算方法以及不同地区经济发展差异的影响，夏热冬冷与夏热冬暖地区，尚未大规模推进节能65%设计标准，仅重庆、上海等地颁布了居住建筑节能65%设计标准，其实施时间分别为2008年1月和10月。

到目前为止，可以认为我国民用建筑节能标准体系已基本形成，扩展到覆盖全国各个气候区的居住和公共建筑节能设计，从采暖地区既有居住建筑节能改造全面扩展到所有既有居住建筑和公共建筑节能改造，从建筑外墙外保温工程施工，扩展到了建筑节能工程质量验收、检测、评价、能耗统计、使用维护和运行管理，从传统能源的节约，扩展到了太阳能、地热能、风能和生物质能等可再生能源的利用。

工业、交通、建筑三大能源消费领域的能耗标准，倍受关注，国务院文件多次要求按部门分工，尽快制定科学的能耗标准。早在2006年，《国民经济和社会发展“十一五”规划纲要》中就要求完善建筑物能效标准、重点行业节能设计规范。2007年，《国务院关于印发“十一五”节能减排综合性工作方案的通知》第三十二条“完善节能和环保标准，抓紧研究制定大型公共建筑能耗限额标准。”建筑能耗标准是大型公共建筑能耗限额标准的基础标准。2011年，《国民经济和社会发展“十二五”规划纲要》第二十二章要求，完善节能法规和标准，制订完善并严格执行能效标准，加强固定资产投资项目节能评估和审查。建筑能耗标准是建筑领域的能效标准，可以为固定资产投资项目节能评估和审查提供科学的决策依据。2011年，《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》第二十二条款再次明确指出：建立完善公共机构能源审计、能效公示和能耗定额管理制度，加强能耗监测平台和节能监管体系建设。第四十六条指出，加快制（修）订重点行业单位产品能耗限额、产品能效等强制性国家标准，以及建筑节能标准和设计规范。

因此，建筑能耗标准的研究与编制将为深入推进建筑节能工作，从当前的强调建筑节能过程的管理与控制，向量化节能目标，强调目标导向控制拓展，奠定扎实基础，为政府部门的宏观决策提供基础数据支撑，满足国家宏观管理部门对标准的需求，实现建筑能耗指标与国际接轨。

建筑能耗标准的编制，其技术路线之一，就是依据我国建筑用能总量进行较核，即依据我国能源总量中可提供给建筑能源消费的数量，较核建筑能耗标准的科学性和适用性。然而，目前中国尚没有建立业内较为认同的建筑能耗预测模型，需要尽快建立。

建筑能耗预测模型，是制定政策路线图、了解建筑节能潜力、制定建筑能耗标准、掌握政策着力点和发力点等的基础性工作。我国在模型研究方面经验丰富。中国能源政策综合评价模型IPAC是一个成熟的对能源政策进行评价的模型，已经开发近二十年。IPAC模型包括能源排放模型、环境模型和影响模型。总之，当前我国建筑行业政策的制定，非常需要开发适用于建筑能耗预测的模型，根据模型结果，制定发展目标和相应的政策路线图。

本项目的总体目标是：基于中国IPAC模型，结合目前建筑领域近年积累的数据，建立中国IPAC-LEAP建筑能耗模型。运用中国建筑能耗模型结果，结合我国建筑节能和低碳发展的要求，确定建筑节能和低碳发展的重要政策措施选择，着重分析这些政策框架下符合我国当前国情的建筑能耗标准的实施路线图。

## • 研究方法

### 2.1 研究方法框架

本研究采用定量和定性分析结合的方法，以定量分析为主。利用模型为分析工具，给出建筑部门未来的能源和CO<sub>2</sub>排放情景，以及主要政策的路线图。政策路线图的给出主要是采用近期以国家五年规划为时间段，长期以10年为时间段给出政策的定量内容。

定性分析主要包括对现有建筑能源消费和CO<sub>2</sub>排放的现状和趋势进行分析，包括主要影响因素，技术发展，政策实施等。

对未来的情景分析则首先给出情景的定义，在利用模型给这些情景进行详细定量分析。考虑到目前考虑分析两个情景，即基准情景和2度情景。IPAC模型分析中包括了四个情景，基准情景、低碳情景、强化低碳情景，以及2度情景（姜克隽等，2008；姜克隽等，2012）。最近分析的情景为2度情景。考虑到我国近期可能的气候变化政策和能源政策，这里选在其中的两个情景进行分析。

研究的时间段为2010年到2050年。其中近几个五年规划期间作为重点分析期间。之所以选择2050年这样的长期时间段进行分析，是由于气候变化减缓中的CO<sub>2</sub>排放途径需要较长时间才能出现转型，而气候变化政策很有可能成为我国能源活动的最为关键的影响因素。为了实现气候变化的减缓目标，能源供应和消费很有可能出现重大的转变。

模型工具则是利用IPAC模型进行分析。主要利用IPAC模型中的三个模型进行分析，核心模型部分是全国模型IPAC-AIM/技术模型。IPAC-AIM/技术模型包括43个部门。这里分析的建筑部门包括服务业建筑、城市居民建筑，以及农村居民建筑。这些为IPAC-AIM/技术模型中的三个部门。分析建筑部门的能

源需求和CO<sub>2</sub>排放需要利用包括所有部门的模型进行分析，而不是只包括建筑部门。这样可以分析全国能源供应的约束、能源价格的影响，特别是建筑部门未来的主要能源消费为二次能源，电力和热力，需要对电力部门和热力部门进行分析，这样才可以有热力和电力效率，以及排放系数。进而可以分析建筑部门的能源需求和CO<sub>2</sub>排放。

## 2.2 模型

这里项目将利用中国综合政策评价模型（Integrated Policy Assessment Model of China: IPAC）对排放情景进行定量分析（姜克隽等，2009；IPAC网站）。IPAC是由能源研究所开发的对中国的能源和环境政策进行综合评价的模型。1992以来，能源研究所开始在能源模型开发与应用方面进行了长期研究。1994年之后，开始与国际上一些知名研究机构就能源与气候变化模型进行长期合作，已经开发完成了一组模型，这些模型各自有不同的特点和政策分析功能。2000年以来开始有针对性的构建我国的能源环境综合评价模型，到目前为止已经开始形成一个综合评价模型框架，我们称之为中国能源环境综合政策评价模型（IPAC）。

IPAC模型的构成见图1。在IPAC模型的各个子模型之间，目前采取软连接方法，即一个模型的输出结果作为另一个模型的输入。在IPAC-emission排放模型中的几个子模型之间实现了硬连接。

这个研究中我们采用IPAC模型中的三个模型进行分析，即IPAC-CGE模型，IPAC-Emission全球排放模型，以及IPAC-AIM/技术模型。三个模型的关联见图2和图3。

IPAC-CGE模型在IPAC模型中的作用是用来分析各种政策对社会经济的冲击作用，其可以较好的。

中国能源环境综合评价模型(IPAC)框架

能源需求供应  
价格/投资  
经济影响  
中长期分析  
能源需求供应  
价格/投资  
中长期分析  
中短期能源需求  
技术政策评价  
分部门详细技术流程  
分地区  
中短期能源需求  
技术政策评价

能源需求供应  
全范围排放  
价格，资源，技术  
中长期分析  
经济影响  
环境产业  
污染物排放  
中期分析  
技术发展  
环境影响  
技术战略

图 1 IPAC模型结构

图 2 研究中各模型的关联

图 3 自底向上模型和自顶向下模型的关联

IPAC-Emission模型是对用于IPCC排放情景专门报告（SRES）中使用的AIM-Linkage模型进行扩展后得到的。这个模型将社会经济发展、能源活动和土地利用活动结合起来，形成全范围的排放分析过程。IPAC主要包括四个部分，1) 社会经济与能源活动模块，主要分析社会经济发展条件下能源的需求和供应，同时得到能源的价格；2) 能源技术模块，对中短期能源使用过程中的能源利用技术进行不同条件下的应用分析，在不同技术构成条件下得到能源的需求量。能源技术模块中的能源需求量对社会经济与能源活动模块中的中、短期能源需求量进行修正，使宏观经济模型中的能源分析能够更好反映中、短期能源活动；3) 土地利用模块，对土地使用过程中的排放活动进行分析。其主要包括农业粮食生产、畜牧业生产、森林管理和生物质能源生产过程中的排放活动；4) 工业过程排放模块，主要分析各种工业生产过程中的排放活动。模型中的社会经济与能源活动模块是以美国西北太平洋国家实验室开发的ERB模型为基础扩展而得到的。能源技术模块则是利用了能源所气候变化对策评价研究组与日本国立环境研究所共同开发的IPAC-AIM/技术模型。土地利用模块是对美国西北太平洋国家实验室开发的AGLU模型进行修改扩充得到的。IPAC-Emission模型是一个全球模型，包括九个地区，它们分别是：美国、西欧与加拿大、亚太OECD国家、经济转型国家、中国、中东、其他亚洲发展中国家、非洲、拉丁美洲。这些区域可以改变，在进行改变时，其相应数据应同时修正。IPAC模型可以预测至2100年，前50年的分析较为详细，每5年一个时间段，后50年为25年一个时间段。

在研究分析中，包括的温室气体有： $CO_2$ 、 $CH_4$ 、 $N_2O$ 、 $NO_x$ 、 $CO$ 、 $HFC$ 、 $PHFC$ 和 $SF_6$ 为主进行研究，同时考虑 $SO_2$ 的排放。根据数据可获得性和模型方法论，排放源主要包括能源活动中的排放，工业生产过程中的排放，土地利用过程中的排放，以及垃圾排放等。

IPAC-AIM/能源技术模型是IPAC模型的主要组成部分，其目的是对能源服务及其设备的现状和未来发展进行详细描述，对能源消费过程进行模拟（见图4）。它主要计算未来各种情景下各终端能源部门的分品种能源需求量，并进而计算出 $CO_2$ 的排放量。它的一个重要作用是评价不同的技术对策对技术引进和温室气体减排的影响。

IPAC-AIM/能源技术模型采用最小成本法进行分析，即具有所设置的各种成本最小的技术能够被选中以提供能源服务。模型中采用了线性规划方法，使模型能够分析一些复杂的能源使用过程，从工艺系统的观点进行分析，而不是单个的技术。在模型分析中，各种参数的设置可以采取不同的标准与方法，使分析涵盖的范围扩大。如技术运行过程中的各种投入组成了技术的运行成本，这种投入可以根据不同情况包括能源投入、原料投入以及劳动力投入等其他投入，使技术成本分析更接近实际情况。

IPAC-AIM/能源技术模型的技术选择标准比较简单，这使其分析结论能够比较容易理解，进而能够被使用者接受，以更好地支持决策技术选择的支持过程。

在这个模型中，将所评价的用能部门能源服务技术（设备）主要分为三类：

- (1) 生产服务技术（设备）：包括各种旧的、改良型的、和新型的产品生产技术（设备）。
- (2) 能量回收利用技术（设备）：包括各种余能、余热、可燃气体、黑液等回收利用技术（设备）。
- (3) 能源转换技术（设备）：各行业、企业的自备发电设备、炼焦与制气设备、工业锅炉等热能转换设备以及余热及可燃气体发电设备等。

图 4 IPAC-AIM/技术模型的结构

技术以生产工序和能源服务过程为体系进行分析。不同工序或服务过程中的技术可以不同，使相互竞争的不仅仅是技术，还可以是工业过程的竞争，如钢铁制造过程中高炉流程与电炉流程以及熔融还原工艺之间的竞争。模型中利用线性规划方法寻找最小成本路径。在IPAC-AIM中国模型项目研究中，共在40多个部门中收集了600多种技术进行分析与评价。部门的简要划分见图5。

人口  
国民生产总值  
居民  
服务业  
农业  
工业  
交通业  
城镇  
农村  
客运  
货运  
运炊

事、热水照明、电气  
供暖

制冷  
炊事、热水照明、电气  
供暖

铁路

公路

水运

航空

制冷

排灌

农田作业  
农

产品加工  
渔业  
畜牧业  
钢铁  
有色金属  
建筑材料  
化学工业  
石油工业  
造纸工业  
纺织工业  
机械工业  
其它工业

图 5 能源需求部门结构框图

IPAC-AIM/技术模型中的能源供应部门包括电力、热力、石油加工、炼焦、煤炭开采、煤炭洗选、石油天然气开采等。

该模型可以用能源资源、CO<sub>2</sub>排放，水供应，以及其他环境污染作为约束进行分析。

可以分析的政策包括技术相关政策，如技术标准、技术准入、补贴、征税等，以及其他节能政策如减少消耗、改变生活方式、出行方式，同时也可以分析价格政策。

## 2.3 模型中的建筑部门

### 2.3.1 部门和能源需求划分

模型中的建筑部门包括服务业，城市居民和农村居民三个部门。其中服务业以商业建筑、写字楼、办公楼、医院、学校、仓储、其他建筑为主，城市居民以及农村居民则以民用建筑为主。这里不包括工业用建筑。

对建筑用能的分析方法是将三个部门的建筑能源需求划分出来，依据不同的服务，考虑提供这些服务的技术，从而得到提供能源服务的效率。居民部门和服务划分见图6和图7。

其中采暖中又划分了三个采暖区。同时，也根据不同采暖区的建筑能耗类型划分了建筑体，如50%、65%、75%节能建筑，以及欧洲目前严格的建筑节能标准下的建筑，还有近零排放建筑。这样模型中首先分析建筑有用采暖需求，之后经过建筑体的保温效果后，再计算最外界供热的需求。制冷的需求也类似。

用途	设备	能源
	采暖	
	热电站供热锅炉	
	煤炭	
	集中供热锅炉房	
	分散供热和小火炉	
	电取暖器	
	燃气灶	
	散煤炉	
	型煤炉	
	煤油炉	
	电炊具	
	白炽灯	
	荧光灯和节能灯，LED	
	空调	
	风扇	
	电视机(彩、黑白)	
	电冰箱	
	洗衣机	
	其他电器	
	照明	
	型煤	
	热力	
	天然气	
	液化石油气	



煤 气

电 力

煤 油

炊事和热水

制 冷

家 电

图 6 城镇居民生活用能的用途、设备与能源的关系

采 暖  
小煤炉  
桔杆和薪柴

炕连灶  
小煤炉  
煤油炉  
牛粪灶  
沼气灶

薪柴灶

白炽灯

煤油灯

空调器

电 扇

电冰箱

洗衣机

电视机

其他电器

照 明

煤 炭

煤 油  
沼 气  
干牛粪  
电 力  
炊 事  
制 冷  
家 电

图 7 农村居民生活用能用途、设备和能源的关系

提供各种用能方式（用途）的能源服务技术（设备）类型列于表1。

表 1 民用部门能源服务技术（设备）类型

能源消费部门	能源服务方式(用途)	能源服务技术(设备)类型
城镇居民 农村居民	建筑类型	基准建筑，50%节能建筑，65%节能建筑，75%节能建筑，欧洲先进节能建筑，被动式建筑
	采暖	燃煤热电联产锅炉，超临界热电联产，燃天然气热电联产锅炉，NGCC热电联产，燃煤集中供热锅炉，燃气集中供热锅炉，燃煤分散供热锅炉，燃气分散供热锅炉，型煤小火炉，散煤小火炉，燃气壁挂炉，电暖器，冷、暖空调器，户用燃气取暖炉灶，集中空调系统，太阳能利用系统，热、电、冷三联供技术，小煤炉，燃柴火炕、空调、空气源空调等。
	炊事和热水	天然气炉灶，城市煤气炉灶，液化石油气炉灶，散煤炉、型煤炉，电烤箱，电热水器，燃气热水器，电炊具，太阳能热水器，微波炉，煤油炉，沼气灶，薪柴灶，牛粪灶、节能灶等。
	照明	白炽灯，荧光灯，煤油灯，紧凑型节能灯，LED灯具等。
	制冷	集中空调系统，冷、暖空调器，高效户用空调，超高效户用空调，电风扇，热、电、冷三联供技术等。
	家用电器	彩色电视机，黑白电视机，LED电视，新一代LED电视，电冰箱，节能电冰箱，洗衣机，节能节水洗衣机，电冰柜，组合音响，除尘器，计算机，电熨斗，吹风机，以及其他家电等。

### 2.3.2 模型输入数据参数

根据IPAC-AIM/技术模型中技术选择标准，确定的IPAC-AIM/技术模型的输入数据结构和参数列于表2。

我国城镇居民生活能源服务领域是按能源消费的用途和主要用能设备（技术）进行分类的。能源服务量是指通过各种用能设备（技术）的能源消费为各种用途提供的有用能量（有效能量）。其单位按能源消费的用途进行定义。中国城镇居民生活能源消费的用途主要分为：采暖、制冷、炊事和热水、照明及电视机、电冰箱、洗衣机等家用电器。服务量的计算单位：暖气、冷气、炊事和热水为它们的卡数；照明

是亮度；各种家用电器则是反映其性能的台数。

表 2 IPAC-AIM/技术模型民用能源技术模型输入数据参数

数据结构	输入数据参数
能源服务量参数	基准年(2010年)、目标分析年(2020, 2030, 2040和2050年)各种能源利用方式(用途)的服务量, 城镇和农村居民, 人口, 每户平均人口, 总户数, 人均住房面积, 每户平均住房面积家用电器拥有率等。
能源消费量参数	基准年(2010年)各种能源利用方式(用途)及相应的能源服务技术(设备)的能源消费量及构成。主要如: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 各种采暖技术(设备)能源消费量及构成;</li> <li>• 各种供炊事和热水技术(设备)能源消费量及构成;</li> <li>• 各种照明技术(设备)能源消费量及构成;</li> <li>• 各种制冷技术(设备)能源消费量及构成;</li> <li>• 各种家用电器能源消费量及构成;</li> <li>• 燃料类型、热值、价格和CO<sub>2</sub>排放系数</li> </ul>
技术选择、评价参数	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技术种类: 表2中所列各种用能方式(用途)的各种类型技术。</li> <li>• 技术选择、评价参数: 技术(设备)名称, 技术应用领域(用途), 技术开始使用年限, 寿命期, 固定费用(或价格), 单位能力投资, 年耗能量, 单位服务量耗能量, 能源利用效率、预期最大的技术普及率等。</li> </ul>

## 2.4 情景定义

为了能比较全面反映我国未来温室气体可能的排放途径, 依据IPAC模型组以前的2050情景研究, 这里根据与未来排放密切相关的几个主要因素设计了四个排放情景。

第一个是不采取额外气候变化对策的情景 (BaU), 以各种可能的发展模式设计了一个情景, 主要的驱动因素是经济发展。根据以往情景分析研究的结论, 基本反映目前所能够回顾评述到的有关中国未来50年的经济发展途径。人口发展模式按国家人口规划, 即在2040至2050年间达到人口高峰14.7亿。由于2010年作为基年, 2010年之前公布的政策包含在该情景中。

第二个情景是低碳情景 (Low Carbon Scenario, LC), 考虑我国国家能源安全、国内环境、低碳之路因素下, 通过国家政策所能够实现的低碳排放情景。这个情景中主要考虑国内社会经济、环境发展需求, 在强化技术进步、改变经济发展模式、改变消费方式、实现低能耗、低温室气体排放因素下, 依据国内自身努力所能够实现的能源与排放情景。

第三个是强化低碳情景 (Enhanced Low Carbon Scenario, ELC), 主要考虑了在全球共同一致减缓气候变化的共同愿景下, 中国可以进行的进一步贡献。进一步考虑了全球共同努力情况下, 技术进步进一步强化, 重大技术成本下降更快, 发达国家的政策会逐渐扩展到发展中国家。同时考虑到2030年之后中国经济实力已经是世界最大, 可以进一步加大对低碳经济的投入, 更好的利用低碳经济提供的机会促进经济发展。同时中国在一些领域的技术开发方面成为世界领先, 如清洁煤技术和CCS, 使得CCS在中国得到大规模应用。

第四个是2°C情景, 主要是分析我国的排放是不是能够做到支持全球2100年实现和工业化前 (一般指1850年) 相比升温控制在2°C。这里采取的方法是首先使用全球模型分析2°C目标下中国的可能排放空间, 然后利用IPAC-AIM/技术模型分析在这个空间下我国的情景, 重点分析其可能性。其中主要采取的措施是进一步的强化节能、强化的可再生能源和核电发展, 已经进一步使用CCS。

在这个研究中, 由于未来2度情景很有可能成为我国的主要政策目标, 因此这里将主要分析基准情景和2度情景。情景简要描述见表3, 详细参数见表4。

表 3 四个情景的概述

情景	简称	描述
基准情景	BaU	2005年到2050年年均增长速度6.6%, 代表经济发展研究中较高的经济发展速度区间。高消费模式, 全球投资, 关注环境, 但是先污染后治理, 技术投入大, 技术进步快速。

低碳发展情景	LC	考虑中国的可持续发展，能源安全，经济竞争力，所能实现的低碳发展情景。充分考虑节能、可再生能源发展、核电发展，同时对碳储存捕获（CCS）技术有所利用。在中国经济充分发展情况下对低碳经济发展有一定的投入。
强化低碳情景	ELC	全球一致减排，实现较低温室气体浓度目标，主要减排技术进一步得到开发，成本下降更快，中国队低碳经济投入更大，CCS的利用得到大规模发展。
2°C情景	2°C	进一步的强化节能、强化的可再生能源和核电发展，已经进一步使用CCS

表 4 2050各情景的主要参数与特征

	基准情景	低碳情景	强化低碳情景	2°C情景
GDP	实现国家三步走目标 2005年至2020年年均增长速度为9%，2020年至2035年为6%，2035年到2050年4.5%	基本同基准情景	基本同基准情景	基本同基准情景
人口	2040年达到高峰在14.7亿左右2050年为14.6亿	同基准情景	同基准情景	同基准情景
人均GDP	2050年达到27万元，即3.8万美元左右	与基准情景类似	与基准情景类似	与基准情景类似
产业结构	经济结构有一定优化，2030年后第三产业成为占据经济结构的主要成分，第二产业社会发展显示高物质消耗特点，重工业仍旧占重要位置。	经济结构进一步优化，与目前发达国家的格局类似；新兴工业和第三产业占据重要位置，	经济结构进一步优化，与目前发达国家的格局类似；新兴工业和第三产业占据重要位置，	经济结构进一步优化，与目前发达国家的格局类似；新兴工业和第三产业占据重要位置。高耗能工业产量在2020年之前达到峰值。
城市化率	2030年70%，2050年80%	与基准情景类似	与基准情景类似	与基准情景类似
进出口格局	2030年开始初级产品开始失去国际竞争力，高耗能产品以满足国内需求为主；	2020年开始初级产品开始失去国际竞争力，高耗能产品以满足国内需求为主；高附加值行业和服务业出口明显增加；	2020年开始初级产品开始失去国际竞争力，高耗能产品以满足国内需求为主；高附加值行业和服务业出口明显增加；	2020年开始初级产品开始失去国际竞争力，高耗能产品以满足国内需求为主；高附加值行业和服务业出口明显增加；
一次能源需求量	2050年65亿吨标煤左右	2050年53亿吨标煤左右	2050年53亿吨标煤左右	2050年51亿吨标煤左右
CO2排放量	2050年34亿吨碳左右，120亿吨CO2	22亿吨碳左右，80亿吨CO2	55亿吨CO2	34亿吨CO2
国内环境问题	得到较好治理，但是仍然为先污染后治理，体现环境KUZNETZ曲线效果	得到较好治理，但是仍然为先污染后治理，体现环境KUZNETZ曲线效果	2020年得到治理，但是仍然为先污染后治理，体现环境KUZNETZ曲线效果	2020年得到治理，但是仍然为先污染后治理，体现环境KUZNETZ曲线效果
能源使用技术进步	2040年先进用能技术得到普遍应用，中国为世界技术领先者，技术效率比目前提高40%左右	2030年先进用能技术得到普遍应用，中国工业和其他用能技术成为当时世界领先；同时中国也成为世界制造先进节能技术领先者，技术效率比目前提高40%左右	2030年先进用能技术得到普遍应用，中国工业和其他用能技术成为当时世界领先；同时中国也成为世界制造先进节能技术领先者，技术效率比目前提高40%左右	2025年先进用能技术得到普遍应用，中国工业和其他用能技术成为当时世界领先；同时中国也成为世界制造先进节能技术领先者，技术效率比目前提高40%左右

非常规能源资源利用	2040年之后需要开采非常规天然气, 以及非常规石油。	2040年之后需要开采非常规天然气	基本不需要开采非常规石油、天然气	需要开采非常规天然气, 在2020年之前大规模替代煤炭
太阳能、风能等发电技术	2050年太阳能成本为0.39元/kWh, 陆上风力田普及	2050年太阳能发电成本为0.27元/kWh 陆上风力田普及, 近海风力田大规模建设	2050年太阳能发电成本为0.27元/kWh 陆上风力田普及, 近海风力田大规模建设	2050年太阳能发电成本为0.27元/kWh 陆上风力田普及, 近海风力田大规模建设
核能发电技术	2050年大于20000万千瓦, 生产成本从2005年的0.33元/kWh下降为2050年的0.24元/kWh	2050年大于33000万千瓦, 生产成本从2005年的0.33元/kWh下降为2050年的0.22元/kWh, 2030年之后第四代核电站开始进入大规模建设阶段	2050年大于38000万千瓦, 生产成本从2005年的0.33元/kWh下降为2050年的0.20元/kWh, 2030年之后第四代核电站开始进入大规模建设阶段	2050年45000万千瓦, 生产成本从2005年的0.33元/kWh下降为2050年的0.20元/kWh, 2020年之后第四代核电站开始进入大规模建设阶段
煤电技术	超临界和超超临界为主	2030年以超临界和超超临界, 之后开始以IGCC为主	2020年开始以IGCC为主	2020之前开始以IGCC为主
CCS	不考虑	2020年开始示范项目, 之后进行一些低成本CCS, 2050已经开始与所有新建IGCC电站相匹配	结合 IGCC电站, 全部使用CCS, 同时钢铁、水泥、电解铝、合成氨、乙烯等行业采用CCS, 2030年之后基本普及	结合 IGCC电站, 全部使用CCS, 同时钢铁、水泥、电解铝、合成氨、乙烯等行业采用CCS, 2030年之后基本普及
水电利用	2050年装机34000万千瓦, 发电量超过11000亿kWh	2050年装机43000万千瓦, 发电量超过13000亿kWh	2050年装机45000万千瓦, 发电量超过14000亿kWh	2050年装机50000万千瓦, 发电量超过16000亿kWh
现代生物质能利用技术	2050年利用近7000万吨标煤的生物质能, 成本可以以低于430元/吨标煤	2050年利用近9000万吨标煤的生物质能, 成本可以以低于370元/吨标煤	2050年利用近9000万吨标煤的生物质能, 成本可以以低于370元/吨标煤	2050年利用近9000万吨标煤的生物质能, 成本可以以低于370元/吨标煤
居民生活方式	充分利用清洁能源, 节能家用电器普及, 农村生活用能转向商品能源。	低碳、环境友好住宅广泛利用	低碳、环境友好住宅广泛利用	低碳、环境友好住宅广泛利用
交通发展	快速发展, 公交出行便利, 大城市轨道交通完善。	快速, 公共交通网络完善, 环保出行, 轨道交通完善	100万以上人口城市以公共交通为主, 小城市和农村以非机动车出行为主。	100万以上人口城市以公共交通为主, 小城市和农村以非机动车出行为主。
交通技术	燃油经济性提高30%	燃油经济性提高60%	燃油经济性提高60%	燃油经济性提高70%
食物构成倾向	肉制品消费快速增加	肉制品消费增加较慢	节制肉制品消费	节制肉制品消费
林地发展	森林面积逐渐增长,	快速	快速	快速
碳税	2020年开始能源税, 较低税率	2020年开始碳税, 较低税率, 之后增加	2020年开始碳税, 较低税率, 之后增加	2017年开始碳定价(碳税或者碳交易), 较低税率, 之后增加
碳贸易	以CDM或类似方式进行	2020年后参与国际碳贸易, 部门方式或区域方式	2020年后参与国际碳贸易, 部门方式或区域方式	2017年开始国内碳交易, 2020年参与国际碳贸易, 部门方式或区域方式
减排目标	没有	2030年开始承诺	2030年开始承诺	2020年开始总量排放目标控制

- 我国建筑能耗和排放

### 3.1 建筑节能政策

目前, 建筑节能已成为国家能源战略的主要议题, 纳入国家中长期发展规划, 确定了明确的建筑节能目标, 初步建立了相应的法律法规体系, 以及以节能50%为目标的建筑节能设计标准体系, 初步形成了建筑节能的技术支撑体系与管理机制。(吴玉萍, 葛伟, 2007)

2004年11月，国家发改委发布《节能中长期专项规划》，将建筑节能列入十大重点节能工程之一。

2005年4月，建设部发布了《关于新建居住建筑严格执行节能设计标准的通知》，对新建居住建筑节能各方责任进行了严格界定。

同年5月，建设部发布了《关于发展节能省地型住宅和公共建筑的指导意见》，确定了我国建筑节能总体目标：到2020年，我国住宅和公共建筑建造和使用的能源资源消耗水平要接近或达到现阶段中等发达国家的水平。

2006年2月，建设部签发了《建筑节能管理条例》（征求意见稿）。这是根据国务院2006年立法计划要求，首次专门针对民用建筑节能进行公开立法，标志着我国对于建筑节能的管理走上法制化轨道。

2007年6月，国务院印发《节能减排综合性工作方案》，包括要推进建筑一体化的科研、开发和建设，加快实施十大重点节能工程，加快节能减排技术产业化示范和推广，严格建筑节能管理，加快民用建筑节能等方面行政法规的制定及修订工作，各地区抓紧研究制订本地区大型公共建筑能耗限额标准，实施鼓励节能省地环保型建筑和既有建筑节能改造的税收优惠政策，政府机关凡新建或改造的办公建筑必须采用节能材料及围护结构等要求。

2008年10月，《民用建筑节能条例》正式颁布实行。《条例》分为总则、新建建筑节能、既有建筑节能、建筑用能系统运行节能、法律责任和附则，共6章45条。

“十一五”期间，我国逐步形成了推进建筑节能工作的“十八项”制度（见表5）。（住房和城乡建设部建筑节能与科技司, 2012）

表5 节约能源法、民用建筑节能条例规定的推进建筑节能十八项制度

节约能源法	第三章第三十七条	公共建筑室内温度控制制度
		建筑节能考核制度
民用建筑节能条例	第一章 总则	民用建筑节能规划制度
		民用建筑节能标准制度
		民用建筑节能经济激励制度
		国家供热体制改革
	第二章 新建建筑节能	建筑节能推广、限制、禁用制度
		新建建筑市场准入制度
		建筑能效测评标识制度
		民用建筑节能信息公示制度
		可再生能源建筑应用推广制度
		建筑用能分项计量制度
	第三章 既有建筑节能	既有居住建筑节能改造制度
		国家机关办公建筑节能改造制度
		节能改造的费用分担制度
	第四章 建筑用能系统运行节能	建筑用能系统运行管理制度
		建筑能耗报告制度
		大型公共建筑运行节能管理制度

2011年4月，财政部、住房和城乡建设部发布了关于加快推动我国绿色建筑发展的实施意见。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。

2011年5月，财政部、住房和城乡建设部发布了关于进一步推进公共建筑节能工作的通知。提出明确“十二五”期间公共建筑节能工作目标，加强新建公共建筑节能管理，深入开展公共建筑节能监管体系建设，积极推动公共建筑节能改造工作等要求。

2012年4月，财政部发布了关于印发《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》的通知。加强中央财政对夏热冬冷地区实施既有居住建筑节能改造的专项补助资金的管理，发挥资金使用效益。

2012年5月，住房和城乡建设部发布了“十二五”建筑节能专项规划，明确提出了到“十二五”期末，建筑节能形成1.16亿吨标准煤节能能力的总体目标，及各项具体目标（见表6）。（住房和城乡建设部建筑节能与科技司, 2012）

表6 “十二五”期间建筑节能工作主要指标

项目	内容	
新建建筑	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；北京、天津等特大城市执行更高水平的节能标准；建设完成一批低能耗、超低能耗示范建筑。	
既有居住建筑节能改造	北方采暖地区	实施既有居住建筑供热计量及节能改造4亿平方米以上。
	过渡地区、南方地区	实施既有居住建筑节能改造试点5000万平方米。

大型公共建筑节能监管	监管体系	加大能耗统计、能源审计、能效公示、能耗限额、超定额加价、能效测评制度实施力度
	监管平台	建设省级监测平台20个，实现省级监管平台全覆盖，节约型校园建设200所，动态监测建筑能耗5000栋
	节能运行和改造	促使高耗能公共建筑按节能方式运行，实施10个以上公共建筑节能改造重点城市，实施高耗能公共建筑节能改造达到6000万平方米，高校节能改造示范50所
		实现公共建筑单位面积能耗下降10%，其中大型公共建筑能耗降低15%。
可再生能源建筑应用		新增可再生能源建筑应用面积25亿平方米，形成常规能源替代能力3000万吨标准煤
绿色建筑规模化推进		新建绿色建筑8亿平方米。规划期末，城镇新建建筑20%以上达到绿色建筑标准要求。
农村建筑节能		农村危房改造建筑节能示范40万户
新型建筑节能材料推广		新型墙体材料产量占墙体材料总量的比例达到65%以上，建筑应用比例达到75%以上。
建筑节能体制机制		形成以《节约能源法》和《民用建筑节能条例》为主体，部门规章、地方性法规、地方政府规章及规范性文件为配套的建筑节能法规体系。省、市、县三级职责明确、监管有效的体制和机制。建筑节能技术标准体系健全。基本建立并实行建筑节能统计、监测、考核制度。

2013年1月，国务院以国办发[2013]1号文件转发了国家发展改革委、住房城乡建设部《绿色建筑行动方案》，提出了开展绿色建筑行动的指导思想、主要目标、基本原则、重点任务和保障措施等。

### 3.2 我国建筑节能发展

我国建筑业发展迅猛，改革开放三十年，中国每年开工的建筑面积保持在20亿平方米。2012年，城镇居民人均住宅建筑面积为32.9平方米，比1978年增加26.2平方米；农村居民人均住房面积由8.1平方米增加到37.1平方米。目前，我国每年竣工建筑面积已经超过35亿平方米。(中华人民共和国国家统计局, 2013)

在各项政策推动下，我国在“十一五”期间较好的实现了建筑节能的各项目标和要求（见表7）。（住房和城乡建设部建筑节能与科技司, 2012）

表 7 建筑节能“十一五”期间主要指标完成情况

指标	规划指标	完成情况
新建建筑节能	施工阶段执行节能强制性标准的比例达到95%以上	施工阶段执行节能强制性标准的比例为95.4%
低能耗、绿色建筑示范项目	30个	实施了217个绿色建筑示范工程，113个项目获得了绿色建筑评价标识
北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造	1.5亿平方米	1.82亿平方米
大型公共建筑节能运行管理与改造	实施政府办公建筑和大型公共建筑节能监管体系建设	完成能耗统计33000栋，能源审计4850栋，公示了近6000栋建筑的能耗状况，对1500余栋建筑的能耗进行动态监测。在北京、天津、深圳、江苏、重庆、内蒙古、上海、浙江、贵州等9省市开展能耗动态监测平台建设试点工作。启动了72所节约型校园建设试点
可再生能源在建筑中规模化应用示范推广项目	200个	386个可再生能源建筑应用示范推广项目、210个太阳能光电建筑应用示范项目、47个可再生能源建筑应用示范城市、98个示范县
农村节能	—	新建抗震节能住宅13851户，既有住宅节能改造342401户，建成600余座农村太阳能集中浴室

墙体材料革新	产业化示范	新型墙体材料产量超过4000亿块标砖，占墙体材料总产量的55%左右，新型墙体材料应用量3500亿块标砖，占墙体材料总应用量的70%左右
--------	-------	---

2013年，住房城乡建设部通报了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。通报指出，2012年全国城镇新建建筑执行节能强制性标准基本达到100%，新增节能建筑面积10.8亿平方米，全国城镇累计建成节能建筑面积69亿平方米。在既有居住建筑节能改造方面，截至2012年年底，北方15省（区、市）及新疆生产建设兵团共计完成既有居住建筑供热计量及节能改造面积2.2亿平方米。夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造工作已经启动，共安排改造计划1200万平方米。（亢舒，2013）

### 3.3 我国建筑能耗

随着我国建筑面积的快速上升，以及人民生活方式的转变，我国建筑能源消费量也迅速上升。2012年，我国建筑能耗达到6.97亿吨标煤，占全国能源消费总量的19.3%（见图8）。（国家统计局能源统计司，2013）

图 8 建筑部门能源消费量

分部门来看，建筑各部门的能源消费量均逐渐上升，但占建筑总能耗的比例基本保持不变。其中，城镇居民生活能源消耗量最大，占到建筑能耗量的34%左右，其次为农村居民生活和其他行业，分别约为23%和24%，商业、仓储和邮政所占比例较小，为12%和7%左右（见图9）。

图 9 建筑分部门能源消费量

分能源品种来看，除煤炭增长速度较慢外，建筑部门的电力、天然气、热力消费量增长速度均较快，如图10到图13所示。2012年相比于2000年，各能源品种分部门的增长率如下表8所示。

表 8 我国建筑分部门能源增长率（2000-2012年）

	能源消费总量	电力	煤炭	天然气	热力
仓储和邮政业	9.07%	9.76%	-2.97%	32.72%	9.73%
商业	8.97%	12.34%	5.00%	22.35%	13.12%
其他行业	9.21%	14.25%	5.80%	38.86%	10.94%
居民生活	8.08%	12.89%	0.66%	20.00%	10.57%
居民生活-城镇	8.05%	11.86%	-5.25%	19.98%	10.57%
居民生活-农村	8.12%	14.48%	2.71%	12.69%	0.00%
总量	8.51%	12.96%	1.67%	22.89%	10.70%

图 10 建筑分部门电力消费量

图 11 建筑分部门煤炭消费量

图 12 建筑分部门天然气消费量

图 13 建筑分部门热力消费量

### 3.4 建筑能耗分析

从用能分类来看，2012年我国四类用能各占到建筑能耗的1/4左右，如下表9所示。（清华大学建筑节能研究中心，2014）

表 9 中国2012年建筑总能耗

用能分类	宏观参数	电（亿kWh）	总商品能耗（亿tce）	占比	能耗强度
北方城镇采暖	106亿 m <sup>2</sup>	82.4	1.71	24.7%	16kgce/ m <sup>2</sup>
城镇住宅（不含北方地区采暖）	2.49亿户	3786.6	1.66	24.0%	665kgce/户
公共建筑（不含北方地区采暖）	83.3亿 m <sup>2</sup>	4900.8	1.82	26.4%	22 kgce/ m <sup>2</sup>
农村住宅	1.66亿户	1594.1	1.71	24.8%	1034 kgce/户



合计	13.5亿人, 约 510亿 m <sup>2</sup>	10363.9	6.90	100%	510kgce/人
----	----------------------------------	---------	------	------	-----------

对比四类建筑用能能耗强度, 其中单位面积的能耗最大的是公共建筑, 达到22kgce/m<sup>2</sup>, 北方城镇采暖次之, 为16 kgce/m<sup>2</sup>。城镇住宅单位面积能耗明显高于农村住宅, 两者分别为7.07 kgce/m<sup>2</sup>和4.62 kgce/m<sup>2</sup>, 如下图14所示。

图 14 我国2012年四类建筑能耗强度对比

城镇居民生活用能按用途分为采暖、炊事和热水、照明、制冷及家用电器。

### 3.4.1 采暖

采暖用能设备主要有热电站热电联供锅炉、集中供热锅炉房、供热的小火炉以及电取暖器等。2012年, 我国北方城镇采暖能耗占全国建筑总能耗的24.7%。单位面积采暖平均能耗折合标准煤为16kg/m<sup>2</sup>·年, 为北欧等同纬度条件下建筑采暖能耗的2~4倍。

时至今日, 我国建筑节能水平远远落后于发达国家。举例说明, 国内绝大多数采暖地区围护结构的热功能都比气候相近的发达国家差许多。外墙的传热系数是其3.5至4.5倍, 外窗为2至3倍, 屋面为3至6倍, 门窗(门窗装修效果图)的空气渗透为3至6倍。欧洲国家住宅的实际年采暖能耗已普遍达到每平方米6升油, 大约相当于每平方米8.57公斤标准煤, 而在我国, 达到节能50%的建筑, 它的采暖耗能每平方米也要达到12.5公斤, 约为欧洲国家的1.5倍。例如与北京气候条件大体上接近的德国, 1984年以前建筑采暖能耗标准和北京目前水平差不多, 每平方米每年消耗24.6至30.8公斤标准煤, 但到了2001年, 德国的这一数字却降低至每平方米3.7至8.6公斤标准煤, 其建筑能耗降低至原有的1/3左右, 而北京却一直是22.45。

表10给出了日本家庭采暖用能消费量构成, 由此可见, 日本从70年代开始, 采暖用能就以煤油和气体燃料为主, 均占采暖总能耗的80%以上, 而燃料品种直接影响到供暖设备的热效率。

表 10 日本家庭采暖能源消费量及构成(Mcal/户·年, %)

	电	燃气	LPG	煤油	煤炭	其它	合计
1975年: 消费量	117	207	105	1701	136	44	2410
构成	4.9	12.7	4.3	70.6	5.6	1.8	100.0
1980年: 消费量	75	129	148	1769	55	33	2208
构成	3.4	5.8	6.7	80.1	2.5	1.5	100.
1990年: 消费量	247	329	121	1983	4	-	2684
构成	9.2	12.3	4.5	73.9	0.2	-	100.0
1995年: 消费量	386	371	118	2200	-	-	3077
构成	12.6	12.1	3.8	71.5	-	-	100.0
1997年: 消费量	385	428	95	2156	-	-	3075
构成	12.5	14.3	3.1	70.1	-	-	100.0

来源: 日本家庭用能源统计, 1997年。

从表11可以看出, 我国城市的采暖度日数比同纬度甚至高纬度的发达国家城市高, 而7月的平均温度比同纬度乃至低纬度的发达国家城市高。而且, 我国哈尔滨和北京的采暖度日数是在采暖期内统计的。这说明我国城市的采暖需求比发达国家大得多。除了采暖需求, 夏季还有较大的供冷需求。

表 11 我国城市气候与发达国家城市气候的比较

城市	纬度	采暖度日数	1月平均气温	7月平均气温
柏林 Berlin	52	2540	-0.4 °C	17.9 °C
汉堡 Hamburg	53	3156	0.5 °C	16.8 °C
纽伦堡 Nürnberg	49	3010	-0.8 °C	18.3 °C
慕尼黑 Munich	48	3061	-2.2 °C	17.3 °C
罗马 Rome	42	1570	1.9 °C (Min)	31.2 °C (Max)
哈尔滨 Harbin	45	5032	-19.2 °C	22.8 °C
北京 Beijing	40	2699	-4.3 °C	25.9 °C
东京 Tokyo	35.7	1579	5.2 °C	25.2 °C
旧金山 San Francisco	37.6	1675	7.7 °C	18.1 °C
亚特兰大 Atlanta	33.7	1662	5.0 °C	26.0 °C
洛杉矶 Los Angeles	34	1274	14.6 °C	23.5 °C
戴维斯 Davis	38.7	1527	7.3 °C	24.0 °C

休斯顿 Huston	29.7	1371	-2.3°C	22.3°C
上海	31	1691	3.7°C	27.8°C

如果按照“好处归热”的方法来分摊热电联产电厂的发电与供热煤耗，我国北方供热单位面积能耗从23.1kgce/m<sup>2</sup>（2000年）降低到16.1kgce/m<sup>2</sup>（2012年）。2012年，北方城镇采暖的总能耗为1.71亿tce（清华大学建筑节能研究中心，2014）。随着城镇化的推进，北方城镇建筑面积已从2001年的50亿m<sup>2</sup>增加到2012年的106亿m<sup>2</sup>，预计将继续增加到150亿m<sup>2</sup>。

### 3.4.2 炊事和热水

城镇居民炊事和热水用能设备主要有：燃气灶、散煤炉、型煤炉、煤油炉及各电炊具。炊事和热水用能主要以煤炭及煤制品和油制品及燃气为主。到2012年全国使用天然气、LPG，以及人工煤气的城市人口达到了3.93亿人，占到了54.7%。其他的主要还是采用型煤（蜂窝煤，煤球）作为燃料。

目前，我国城镇居民炊事用能设备效率均比较低，散煤炉热效率仅为15%，型煤炉效率25~35%，燃气灶具效率60%左右。2005年我国城镇居民炊事用能的综合效率不到35%。

### 3.4.3 照明

经过多年的大力促进照明节能之后，从2008到2012年，累计城镇节能灯普及率由35%上升到95%，农村普及率由最初的15%提高到70%。取得了明显的节能效果。2008年城镇居民照明用电水平的范围如表12表示。

表 12 2008年居民照明用电水平调查

用电方式	功率 (W/台)	年利用小时数 (小时)	月耗电量 (kWh/户)	年耗电量 (kWh/户)
照明	70~200	1825(5小时/天)	10~30	130~365

### 3.4.4 制冷

2010年，我国城镇居民空调用电量近1500亿kWh，占城镇居民生活用电量的14%。制冷的设备是电风扇和空调器。2010年电风扇的普及率为189台/百户，空调为112.07台/百户。空调器作为一种主要耗能设备，它的使用是中国城镇居民生活用电水平提高的重要标志。

2010年全国城镇居民使用的具有代表性的空调器和电风扇的功率、利用小时数、年耗电量的调查数据列于表13。

表 13 2010年典型空调器和电扇的功率和耗电量

设备	功率 (W/台)	年利用小时 (小时)	月耗电量 (kWh/户)	年耗电量 (kWh/户)	性能系数 COP	普及率 台/百户
电扇	40~75	270	3.6~6.7	14~27	—	189
空调器	600~1000	500~600	120~200	360~600	2.9~4.1	112.07

目前，我国绝大部分住宅建筑采用房间空调器进行制冷。2007年，我国居民空调器保有量从2000年的0.48亿台激增到2.09亿台，全社会房间空调器的保有量达到3.22亿台（王庆一，2008）。不同单位对房间空调器的电耗进行了估算：清华大学建筑节能研究中心的统计分析结果表明，2006年我国城镇住宅空调总电耗为380亿kWh，占住宅除采暖外能耗的14%（清华大学建筑节能研究中心，2009）；王庆一教授编著的《2008能源数据》显示，2007年居民房间空调器用电量约为1129亿kWh，全社会房间空调器用电量约为1739亿kWh（王庆一，2008）；家电协会估算得到，2007年家用空调器消耗的电力资源占国家电力资源的6.1%（约1719亿kWh），将使得国家电力需求在高峰用电时期增加435亿瓦，是三峡大坝170亿瓦发电能力的2.5倍以上。（中国家用电器协会，2009）

气候条件的差异，使不同地区住宅的空调能耗指标不同，如图15所示。住宅单位面积空调能耗指标较高的地区是广东省，约为6.5 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，其次是福建、重庆、上海、浙江、湖北和江苏六个省，这七个省的城镇住宅空调能耗约占全国城镇住宅空调总能耗的64%。可见我国城镇住宅空调能耗主要集中在天气比较炎热、经济比较发达的地区（清华大学建筑节能研究中心，2008）。用户使用习惯的差异，也会导致空调能耗指标的不同。清华大学李兆坚博士对北京两栋住宅楼的实际调查和分析结果显示，相同建筑中不同住户的单位面积空调年耗电量可相差10倍（李兆坚，2007）。就全国而言，住宅平均单位面积空调能耗为3.4kWh/(m<sup>2</sup>·a)（清华大学建筑节能研究中心，2009），该值略低于日本住宅平均单位面积的空调能耗3.8kWh/(m<sup>2</sup>·a)（The Institute of Energy Economics, 2006），仅为美国住宅平均单位面积空调能耗10.4 kWh/(m<sup>2</sup>·a)（U.S. Department of Energy, 2006）的1/3。

图 15 2004年我国各地区住宅单位面积空调能耗  
(清华大学建筑节能研究中心, 2008)

### 3.4.5 家用电器

家用电器是城镇居民生活耗电的重要设备。2010年其耗电量占生活用电量的54%。家用电器的种类很多，耗电量比较大的主要是电冰箱，电视机和洗衣机，它们的耗电量分别占家用电器耗电量的36.3%、36.1%和10%。近几年，单位使用时间耗电量较大的微波炉等家用电器的普及也促进了家用电器耗电量

的增长。

#### 公共建筑（不含北方采暖）

2012年公共建筑面积约为83.3亿m<sup>2</sup>，能耗（不含北方采暖）为1.82亿tce，占建筑总能耗的26.4%，其中电力消耗为4900亿kWh。2001~2012年，公共建筑单位面积能耗从16.5kgce/m<sup>2</sup>增长到21.9 kgce/m<sup>2</sup>，能耗强度增长33%，能耗总量增长近1.6倍。

我国城镇化快速发展促使公共建筑面积大幅增长，2001年以来，公共建筑竣工面积达到48亿m<sup>2</sup>，占当前公共建筑保有量的57.6%，即超过一半的公共建筑是在2001年后新建的，这其中暴露出一些过量建设的问题，如1) 地方政府大量新建豪华的办公楼，人均办公面积大大高于商业办公面积；2) 大规模兴建铁路客运站、机场等交通枢纽，有些超出了地方实际客流需求；3) 一些城市盲目兴建大型城市综合体等，忽视市场需求最终有可能成为公用建筑的“空城”。另一方面，新建单个公共建筑体量有增大的趋势，由于建筑体量和形式约束导致的空调、通风、照明和电梯等用能需求增长，同时办公设备（如电脑、打印机等）和大型服务器数量增加，公共建筑各个终端用能项用能需求都在增长。这些因素导致了公共建筑能耗总量的大幅增长。

#### 农村住宅

2012年农村住宅的商品能耗为1.71亿tce，占建筑总能耗的24.8%，其中电力消耗为1594亿kWh，此外农村生物质能（秸秆、薪柴）的消耗约折合1.17亿tce（清华大学建筑节能研究中心，2014）。随着城镇化的发展，2001~2012年农村人口从8.0亿减少到6.4亿人，而农村住房面积从人均25.7m<sup>2</sup>/人增加到37.1m<sup>2</sup>/人，住宅总量有所增长。

以家庭户为单位来看农村住宅能耗的变化，户均总能耗没有明显的变化，而生物质能有被商品能源取代的趋势，占总能耗的比例从2001年的69%下降到2012年的41%。随着农村电力普及率的提高、农村收入水平的提高，以及农村加电数量和使用的增加，农村户均电耗呈快速增长趋势。同时，越来越多的生物质能被煤炭所取代，这就导致农村生活用能中生物质能源的比例迅速下降。如何充分利用农村地区各种可再生资源丰富的优势，通过整体的能源解决方案，在实现农村生活水平提高的同时不使商品能源消耗同步增长，维持农村非商品能源为主的特征，既是我国农村住宅节能的关键，也是我国能源系统可持续发展的重要问题。

### 3.5 面临的挑战

我国正处于快速城镇化发展时期，未来一段时间内，我国城镇建筑面积仍将快速上升。新建建筑节能目标和设计标准的落实程度，成为影响建筑新增能源消费的重要因素。

目前，我国城乡建设增长方式仍然粗放，大量存在大拆大建现象，发展质量和效益不高，建筑建造和使用过程能源资源消耗高、利用效率低的问题比较突出。

目前我国节能建筑标准规范及评价标识尚不完善，基础能力建设欠缺。

随着人民生活水平的提高，人们对于居住舒适度的追求也逐步提高，同时居民生活用能强度也将随之上升。

在以绿色、节能、低碳为建筑发展目标过程中，建筑节能技术的发展程度将成为驱动建筑节能发展速度的重要因素，而技术成本又是制约建筑节能技术发展的重要因素。

目前，针对建筑节能的法律法规仅有《民用建筑节能条例》一项，法律法规保障较为薄弱。

目前建筑的发展模式，无法实现国家环境和气候变化减缓的目标。

## • 建筑能源和排放情景

### 4.1 未来社会经济发展情景

#### 4.1.1 GDP增长

中国未来经济发展、人口发展模式与国家发展目标比较接近。经过多年研究评估之后，这个发展模式采用多数研究共同的结论，这是一种目前为大多数人所认同的经济发展模式。但这里也较多考虑了近期一些比较乐观的经济预测。

中长期的发展目标实施国家经济发展的三步走目标，即在2050年中国经济达到目前发达国家水平。在这种模式下，由于国内、外市场环境的变化，中国产业结构面临调整、重组，加之中国加入WTO后，中国产业更加充分的国际化。未来十几年内，中国将成为国际制造业中心，出口为拉动经济增长的重要因素。考虑到中国经济快速发展，2030年之后，GDP的主要支持因素则变为内需增长为主，国际常规制造业的竞争力由于劳动力成本快速上升而下降。通过采取一系列行之有效的措施，经济结构不断改善，产业结构逐步升级，先进产业的国际竞争力日渐增强，使中国经济仍能在不断调整中以较为正常的速度发展，估计2000~2050年间，中国经济保持年均6.4%的增长速度。

由于目前国内研究和规划经济数据都是大的经济数据，即比较多的讨论到2030年，2050年的GDP增长速度，三个产业之间的比例。一个主要的问题是缺少详细部门对经济增长贡献的分析。这里我们利用

IPAC-SGM模型分析经济结构的变化中部门贡献的大小。这对于IPAC模型组来讲是一个新的研究，我们保持与多个经济模型的讨论，并参考相关的研究文献。主要目的是进行深化研究，同时提供一些结果供大家讨论。结果在表14到表16中给出。

过去的几十年，我国经济持续快速发展。经济结构，从总体上讲，第三产业的比重有所扩大，但是不明显。这也是由于中国处于工业化的初期，经济发展基本上以工业为主要驱动因素。因而经济结构调整也成为十一五期间没有达到的目标之一。

优化经济结构，实现经济的高品质、高内涵发展，多年来一直是政府所希望能够有所斩获的地方。十一五期间，提出经济发展的年均增长速度为7.5%，其中一个重要的因素就是能够提高经济发展的质量，从又快又好，转变为又好又快。但是十一五期间的实际经济增长速度年均超过了11%，超出幅度让人惊奇。十二五规划中提出GDP的年均增长速度为7%，但似乎没有人认为这个目标能够实现，一定会超出高目标。

但是，中国经济多年来快速发展，GDP总量已经超过五十万亿元。每年的固定资产投资从2006年接近11万亿元上升到2012年的超过30万亿元。这样快速增长的投资，将中国带入一个大规模基础设施建设阶段，使得我国的高耗能工业的发展速度快的也让人吃惊。快速经济发展，大规模的基础设施的建设，是一个国家的骄傲，对于长期处于低收入国家行列的中国来讲，人民生活水平切实的快速提高，是一个重大成绩。但是，其中我们也看到经济发展带来的环境问题和其他一些问题，也已经成为影响公众社会生活水平、福利发展的和社会稳定的重要因素，亟待解决。

同时，许多经济发展研究表明，中国的经济快速发展还会持续一段时间。这样的话，经济发展模式的调整也变得十分重要。按照原有的模式发展，已经没有多少潜力，我们相信，未来的几年，或者说十二五阶段，中国进入了经济结构调整的关键阶段。我们的分析表明，原有高耗能产业快速发展支撑经济的模式已经无法持续，近几年就会出现明显的变化。如何实现，国家政策需要明确和确实，以及强有力的促进经济结构调整。经济结构调整，要么主动实现，要么被动实现。主动实现，可以使经济结构调整顺畅，避免经济的波动和其他的问题。被动实现，就是等市场调节，就会出现大规模产能过剩，价格波动，社会负担加重，从而拖累经济的健康发展。

表 14 GDP情景，亿元，2005年价

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
GDP	183132	290505	649852	1291047	2099744	2991810
第一产业增加值	22718	29206	44179	55819	65786	73824
第二产业增加值	87446	142889	316258	587736	853207	1087893
第三产业增加值	72968	118409	289415	647491	1180751	1830094

表 15 GDP增长速度，%

	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050	2005-2050
GDP	9.67%	8.38%	7.11%	4.98%	3.60%	6.40%
第一产业	5.15%	4.23%	2.37%	1.66%	1.16%	2.65%
第二产业	10.32%	8.27%	6.39%	3.80%	2.46%	5.76%
第三产业	10.17%	9.35%	8.39%	6.19%	4.48%	7.42%

表 16 GDP构成，%

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
第一产业	12.4%	10.1%	6.8%	4.3%	3.1%	2.5%
第二产业	47.8%	49.2%	48.7%	45.5%	40.6%	36.4%
第三产业	39.8%	40.8%	44.5%	50.2%	56.2%	61.2%

#### 4.1.2 人口和城市化

人口情景主要考虑近期的几个主要规划和研究数据。政府继续对中国人口增长的控制。农村人口生育状况也在不断改善，计划外生育有所减少，中国人口基本按照目前的构架向前发展。尔后，随着中国经济的不断发展和人们生育观念的逐步改变，外加人口高峰到来后面临负增长局面，政府有意识地放宽对人口增长的限制，间隔生育措施逐步实施，使中国的人口数基本维持在一个较低水平。这里主要采用了计生委的人口发展情景，并利用IPAC-人口模型进行了分析。在这种情景下，2030年到2040年之间中国人口达到高峰，为14.7亿人左右，2050年下降到14.6亿。各时期的人口情况见表17。

表 17 人口和城市化

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
人口，百万人	1308	1360	1440	1470	1470	1460
城市化率，%	43%	49%	63%	70%	74%	79%
城市人口，百万人	562	666	907	1029	1088	1138
每户人口，人	2.96	2.88	2.80	2.75	2.70	2.65
户数，百万户	190	222	288	337	365	380

农村人口, 百万人	745	694	533	441	382	302
每户人口, 人	4.08	3.80	3.50	3.40	3.20	3.00
户数, 百万户	183	190	181	160	152	144

这里利用IPAC-人口模型对人口的年龄分布进行了分析, 主要用于劳动力供应和消费模式研究。考虑到未来中国妇女分年龄段的生育率, 在收入增高的情况下会下降, 这里采用了日本目前的生育率作为中国2030年的生育率。

这里采用了比较高的一个城市化率, 除了考虑一般的城市化进程外, 我们也在分析中研究了农业生产所需要的劳动力数, 以及相应的农村人口。我国的土地资源和生产条件和美国相比, 山地较多, 和美国等发达国家相比大规模机械化农业生产条件较差, 相对需要较多的农业生产劳动力。这样相应的匹配的农村人口会达到15%左右, 考虑一定的冗余度, 最终我国的城市化率达到80%甚至超出是可以的。

## 4.2 建筑面积

结合城市化率, 全国实现小康以后的生活需求, 我们也分析了未来我国的建筑面积。这些设定因而和相关产品产量, 如钢铁、水泥、玻璃等的需求密切相关。

表18中给出了发达国家的居住面积, 用于和我国的面积相对比。表18中给出的可以看作是使用面积。而我国给出的数据一般为建筑面积, 两者相差在25%-35%左右。表19中给出建筑面积情景参数。

表 18 发达国家居住面积, 2007年

	户均房间数 (间)	户均使用面积 (平方米)	户均居住人口 (人)	人均住宅使用面积 (平方米/人)
奥地利	3.3	89.1	2.5	35.6
丹麦	3.8	108.5	2.1	51.7
芬兰	3.7	76	2.3	33.0
法国	3.8	88	2.6	33.8
爱尔兰	5	99	3.1	31.9
卢森堡	5.1	118.4	2.7	43.9
德国	4.3	86.7	2.2	39.4
荷兰	4	98	2.4	40.8
匈牙利	4.1	83	2.9	28.6
瑞典	3.4	89.8	2.1	42.8
英国	3.6	76	2.4	31.7

表 19 模型建筑面积情景设计

	2005	2010	2020	2030
城镇住房建筑面积	146.71332	202.86	335.664	439.53
农村居住面积	217.7	232.3	202.5	183.9
全社会建筑面积	364.4	435.1	538.1	623.4
其它建筑的比例	0.25	0.26	0.28	0.3
<b>建筑总面积</b>	<b>485</b>	<b>588.0</b>	<b>747.4</b>	<b>890.6</b>
年均增长速度 (%)		3.9%	2.4%	1.8%

但是, 目前我国建筑发展非常快, 到2011每年竣工建筑面积已经达到33亿立方米(中华人民共和国国家统计局, 2012) (见图16)。这样的话, 除非每年竣工建筑面积不再增长, 甚至开始下降, 否则到2050年既有建筑面积将超过1200亿立方米。

图 16 我国近年竣工建筑面积

## 4.3 城市居民

城镇居民未来能源服务量需求与城镇居民人口和人均居住面积增加, 居民收入水平提高, 能源消费结构及消费观念变化, 耗能家用器具普及率及其能耗效率提高以及能源价格和耗能器具的价格等因素有关。

我国城镇居民未来年份服务量预测的主要依据是:

①食品结构与炊事习惯不会有显著变化, 炊事用能增加不会过多。但由于热水需求量剧增, 将使热水用能大幅度增长。炊事用能燃气化率和各类灶具的效率将有所提高。

②人均住房面积的增加和采暖区的扩大, 将导致采暖的居民户数增加; 室温提高及采暖期延长; 燃气热电联产及效率高的集中供热比重增加, 锅炉供暖效率提高; 户用天然气取暖器将进入居民家庭, 小火炉供暖比重逐渐缩小。

③家用电器数目增加及使用时间及频率增多; 节能型家电将进入市场; 居民对空调器的需求日益增长; 在照明方面将大力推广效率高的荧光灯及高效节能灯。

考虑到对减少温室气体和大气环境污染物排放以及改善室内环境等因素, 未来居民生活用能源的结构将得到改善。

随着收入的增长, 居民对居住室内舒适度的要求将不断提高。对于北方居民来说, 延长采暖时间、保持冬季室内的舒适温度、增加夏季空调使用时间等将成为基本需求; 对于气候过渡地区及南方居民来说,

增加冬季采暖、延长夏季空调使用时间等将成为一般需求。

同时居民生活中更多采用节能电器和可再生能源。

主要用能方式的未来参数设计的因素考虑如下。

#### 4.3.1 采暖

— 采暖区域：我国是将1年内日平均气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 的天数超过90天的地区定为采暖区，基本上为黄河以北地区。但长江沿岸地区年内日平均气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 的天数也多达75天。

— 采暖期间和标准：我国幅员广大，地区间的差别也比较大，采暖度日数在1700~6220范围内。根据1990年颁布的《民用建筑节能设计标准》，主要采暖区采暖的起止日期为10月15日—4月10日，室内温度 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，本研究取采暖平均天数为160天，室内温度为 $18^{\circ}\text{C}$ ，则全国城镇居民平均采暖度日数为2880。

— 采暖方式与效率：2010年由热电站和集中锅炉房供热的采暖面积占总面积的53%，平均热效率为73%；由分散锅炉房和小火炉供热的采暖面积占45%，平均热效率为56%；由电取暖器供热的采暖面积占2%，热效率为82%；天然气自采暖比例还很小。

— 采暖能耗量：从表4.2可知，2010年城镇居民采暖总能耗量为86.4百万吨标煤，其中0.67百万吨标煤为电力，以外均为煤炭消费量。采暖能耗量占城镇居民生活用能的44.6%。

— 采暖服务量：根据服务量的定义，采暖服务量的计算公式如下：

式中：Q—采暖服务量 (Mcal/户·年)

$E_i$ —第*i*种采暖方式的能耗量 (Mcal/年)

*i*

W—采暖总户数 (户)

表 20 住宅建筑的采暖空调情况

	单位	2005	2010	2020	2030
单位城镇住宅面积采暖能耗	公斤/m <sup>2</sup>	23.4	20.8	18.9	16.8
城镇户用空调年运行小时数	小时	94	129	186	237
采暖天数	天	115	118	122	129

#### 4.3.2. 炊事和热水

炊事和热水服务量的定义和计算方法同采暖。影响居民炊事和热水能源消费的主要因素有燃料构成、用能设备效率和饮食习惯。清华大学的一个项目组曾对北京市和南宁市700户居民的生活能源消费情况进行过调查，即2001年，北京市每日三餐在外用餐的比例为26%，南宁为3.5%，届时人均每天炊事有用能分别为3.04MJ和3.9MJ。若居民一日三餐全部在家用餐，其有用能分别为4.12MJ和4.19MJ，数据相差很小，大致相当每人每天炊事有用能985Kcal，其数基本代表了大、中城市的水平，比1990年全国城镇居民平均水平的680Kcal高出45%。然而，由于炊事燃料不同，所用炊具的效率有别，所需燃料质量差别较大。北京90%的居民使用天然气、液化石油气和煤气，而南宁只有15.5%的居民使用液化石油气。因此，在获得同样的炊事有用能时，南宁居民炊事用能量是北京2.3倍。

#### 4.3.3 照明

照明的需求和建筑面积成正相关关系。模型中的照明服务量按照2010年的一个标准家庭照明给出，之后按照户数、每户照明强度变化、房间面积变化、照明时间变化，以及照明方式变化（照明灯个数）等因素确定未来的照明服务需求。照明服务量的设定是按照和计算结果见表21和表 22。

表 21 2000年的城镇照明服务量

灯具	耗电量 (Mcal/年) (kwh/年)	户数 (M)	热效率 (%)	服务量 (Mcal/年户) (kwh/年户)	服务量构成 (%)
白炽灯	$56863 \times 10^8$ ( $69.6 \times 10^8$ )	79.45	100.0	71.6 (83.3)	95.0
荧光灯和节能灯	$2993 \times 10^8$ ( $3.48 \times 10^8$ )	79.45	100.0	3.7 (4.3)	5.0
合计:	$59856 \times 10^8$ ( $69.6 \times 10^8$ )	79.45	100.0	75.3 (87.6)	100.0

注：括号内为实物量单位 kWh。

表 22 未来照明服务量需求

因素	2010	2020	2030	2040	2050
户数, 百万户	222	288	337	365	380
照明强度, 2000=1	1.5	2.00	2.50	2.60	2.70
每户面积变化, 2000=1	1.3	1.6	1.8	1.9	1.9
照明时间变化, 2000=1	1.2	1.3	1.4	1.45	1.5
照明方式变化, 2000=1	1.4	2.6	3.3	3.9	4.2
照明服务量	216	498	909	1261	1561

#### 4.3.4 制冷

中国城镇居民用于制冷的设备是电扇和空调。模型中的制冷服务量按照2010年的一个标准家庭制冷需求给出, 之后按照户数、每户空调强度变化(温度需求)、房间面积变化、制冷时间变化等因素确定未来的照明服务需求。照明服务量的设定是按照和计算结果见表 23。

表 23 未来制冷服务量需求

因素	2010	2020	2030	2040	2050
户数, 百万户	222	288	337	365	380
制冷强度, 2000=1	1.5	2.00	2.50	2.60	2.70
每户面积变化, 2000=1	1.3	1.6	1.8	1.9	1.9
拥有率, 台/百户	95	120	220	260	280
制冷时间变化, 2000=1	1.2	1.2	2.2	2.7	3.1
制冷强度变化, 2000=1	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7
制冷服务量	512	1972	5780	9046	11125

#### 4.3.5 家用电器

家用电器是城镇居民生活耗电的主要设备, 其耗电量占生活用电总量的66%。家用电器的种类很多(姜克隽, 无日期), 耗电量比较大的主要是电冰箱、电视机和洗衣机。2010年它们的耗电量分别占家用电器耗电量的43.25%、36.12%和9.97%。

为计算各种家电的耗电量, 我们对家电市场和居民使用情况进行了调查, 收集了20多种目前具有代表性的家电的名牌功率, 并在此基础上计算得出了家用电器的服务量和年耗电量。

家用电器服务量定义是将每1户每1台机器所提供的服务定为一个服务量。例如, 电冰箱拥有率为98.5台/百户, 则其服务量为。

服务量能耗及原单位能耗按下式计算:

能耗量 = 功率/台 × 年利用小时 × 台/百户 × 户数

原单位能耗量(每台平均能耗量) = 能源消费量/拥有率 × 户数

调查结果和计算结果分别列于表 24和表 25。

表 24 主要家用电器及使用情况

设备	单位功率 (W/台)	年利用小时 (小时)	月耗电量 (kWh/台)	年耗电量 (kWh/台)	拥有率 (台/百户)
电冰箱	130	2880	20~30	240~360	98.5
洗衣机	220~400	100	2~4	22~40	98
彩电	70	100~200	6~12	70~150	136.1
其他电器	50	50	0.2	2.4	97

表 25 单位户数能源服务量能源消费强度变化 (1990年=1)

	1990	2000	2010	2020	2030
炊事	1	1.2	1.3	1.35	1.4
电炊	1	1.3	1.6	2.0	2.3

热水	1	2.0	2.5	3.0	3.5
供暖	1	1.25	1.45	1.6	1.7
空调	1	1.2	1.4	1.6	1.8
电扇	1	1.10	1.22	1.22	1.22
白炽灯	1	1.5	1.9	2.2	2.4
荧光灯	1	1.5	1.9	2.2	2.4
电冰箱	1	1.05	1.2	1.4	1.5
彩电	1	1.4	1.6	1.8	1.9
黑白电视	1	1	1	1	1
洗衣机	1	1.3	1.5	1.8	2
其它电器	1	2.0	2.8	3.5	4.1

#### 4.3.6 城市居民模型参数

以及上面的参数设计，可以得到城市居民的主要参数，见表 26。

表 26 城市居民模型参数

服务	单位	服务		
		2020	2030	2050
居民户数	百万户	288	336	380
采暖比例	%	42%	44%	48%
采暖强度指数	2000=1	1.35	1.5	1.6
采暖时间指数	2000=1	1.33	1.36	1.4
50%及以上采暖节能建筑比例	%	20%	45%	65%
百户空调拥有量		130	180	260
空调强度指数	2000=1	1.3	1.4	1.6
空调利用时间指数	2000=1	1.6	1.8	2.2
冰箱拥有率	每百户	100	120	130
冰箱平均容量	升	250	310	390
冰箱效率	kWh/天	0.8	0.8	0.7
洗衣机拥有率	%	100	100	100
每周洗衣机利用次数		5.4	8	8
电视机拥有率	%	180	220	290
电视机平均功率	W	320	300	280
每台电视机每天观看时间	小时	3.5	3.2	2.9
照明节能灯普及率	%	100	100	100
每户照明灯数 (40W荧光灯标准照度)	个	14	21	27
热水器拥有率	%	100%	100%	100%
太阳能热水器拥有率	%	18%	25%	33%
百户电炊具拥有率	%	130	140	260
电炊具每天利用时间	分钟	12	30分钟	50分钟
其他家电容量	W	1500	1800	1900
其他家电每天利用时间	分钟	50	80	100

#### 4.4 农村居民

农村居民生活用能服务量定义与计算方法与城镇居民生活用能服务量的定义和计算方法相同，故不再重复叙述。2005年农村家庭家用电器能耗量见表25。

表 27 农村居民家用电器能耗量、单位能耗量，2005年

家电	用电构成 (%)	能源消费量 (Mcal/年)	拥有率 (台/百户)	单位能耗 (Mcal/年台)
电冰箱	15.8	5.84	2.8	208.6
洗衣机	18.6	7.98	20	400



电视机	46.5	19.98	28.5	70
其他电器	19.1	8.22	4.1	200

农村居民生活用能源服务量未来发展情景设定如下：

#### ① 商品能源需求量变化趋势

经济收入的提高和供应的可靠性是影响农村居民生活用商品能源需求量变化的主要因素。随着农村经济的发展，农村居民收入水平和家用电器普及率的提高，农村居民生活用电需求量将会有较大幅度的增长。

煤炭作为农村居民炊事和采暖的主要商品能源，在经济收入水平高、资源供应条件不好、价格能被接受的地区消费量将有所增加。

#### ② 生物质能源需求量变化趋势

生物质能源作为农村居民主要的炊事和采暖用能，其需求量不会随着居民收入的增加有较大的变化，主要原因是在短时期内，生物质能源尚不会大规模商品化。农民使用薪材和秸秆做燃料，不需要用现金到市场去购买，而是自己收集来的。但是，随着农村居民生活水平的提高，要求生物质能源提供高质量和高效率的服务。因此，未来30年，我国农村将通过推广省柴灶、开发和利用沼气、发展低代价的薪炭林等措施，提高生物质能源的服务水平和利用效率。

随着太阳能利用技术的发展和成本的下降，太阳能作为农村居民生活用能将被受到重视。

考虑到农村居民收入上升，以及农村居民居住模式为独体建筑为主，达到同样用能服务水平需要比城市居民的用能需求要多。2030年以后，农村居民收入水平达到小康，家用电器基本完全普及，用能服务强度与城市相比相差不大。农村居民情景参数见表 28。

表 28 农村居民技术参数

服务	单位	服务		
		2020	2030	2050
居民户数, 百万户		152	131	101
采暖比例	%	42%	44%	45%
采暖强度指数	2000=1	2.1	2.6	2.8
采暖时间指数	2000=1	1.5	1.7	1.8
50%及以上采暖节能建筑比例	%	15%	35%	65%
百户空调拥有量	台/百户	45	70	190
空调强度指数	2000=1	2	2.6	2.9
空调利用时间指数	2000=1	1.7	2	2.1
冰箱拥有率	台/百户	70	95	99
冰箱平均容量	升	220	290	380
冰箱效率	kWh/天	0.86	0.76	0.7
洗衣机拥有率	台/百户	78	94	100
每周洗衣机利用次数	次	4	6	12
电视机拥有率	台/百户	130	180	230
电视机平均功率	W	270W	270W	260
电视机每天观看时间	小时	3.5	3.2	2.6
照明节能灯普及率	%	70%	100%	100%
每户照明灯数 (40W荧光灯标准照度)		10	18	22
热水器拥有率	%	70%	100%	100%
太阳能热水器拥有率	%	48%	80%	90%
百户电炊具拥有率	%	55	70	100%
电炊具每天利用时间	分钟	8	28	56
其他家电容量	W	1000	1300	1900
其他家电每天利用时间	分钟	30	60	90

## 4.5 服务业 (不包括交通)

建筑业能源需求预测的主要驱动因子是建筑面积和所提供的能源服务。建筑业的建筑根据用途一般分为商业、教育、政府、医院、金融等。这里也根据不同类型的建筑进行分析。见表 29和表 30。表 31给出服务业情景参数。

表 29 北京典型大型建筑用能参数

建筑代码	面积 万m <sup>2</sup>	冷机	冷冻泵	冷却泵	冷却塔 风机	新风机	空调箱	风机盘 管	单位 面积电 耗
		kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kWh/ m <sup>2</sup> ·a
A	5.5	875	222	105	79.2	55.6	623.7	9.146	138
B	5.6	1008	165	165	16.5	95.5	204.2	20	113
C	7.1	1588	375	300	90	35.2	203.5	52	101
D	8.3	1792	397	397	33	56.1	123.1	58.53	139
E	8.4	1895	238	238	36	93	88	81	109
F	11.6	1920	180	300	44	201	740	1.812	110

来源：江亿，2007

表 30 服务业用能主要因素

	建筑面积	大型公共 建筑面积	大型公共 建筑平均 电器容量	电器节能 率	其他公共 建筑面积	其他公共 建筑平均 电器容量	电器节能 率	采暖节能 率(50% 节能建 筑,考虑 65%和 75%)
	亿平方米	亿平方米	W/平方 米	%	亿平方米	W/平方 米	%	%
2000								
2005	41	5.6	36.9		35.4	11.4		
2010	69	9.8	45.4	3%	59.2	12.1	3%	5%
2020	146	22	58.7	9%	124	13.3	8%	30%
2030	245	39	72.1	19%	206	14.9	17%	65%
2040	310	52	84.5	28%	258	16.5	26%	80%
2050	340	63	95.1	41%	277	18.0	40%	95%

表 31 服务业技术参数

服务	单位	技术比例		
		2020	2030	2050
服务业建筑面积	亿平方米	146	245	340
采暖比例	%	34%	38%	41%
采暖强度指数, 2000=1		1.4	1.6	1.7
采暖时间指数, 2000=1		1.2	1.3	1.4
50%以上采暖节 能建筑比例	%	30%	65%	80%
复印机拥有率	%	12	14	18
计算机拥有率	%	55	65	70
计算机使用时间强 度指数, 2000=1		1.3	1.6	1.7
电梯拥有率	%	16	18	20

## 4.6 情景中的政策选择

### 4.6.1 建筑能耗标准

高标准的建筑能耗标准是实现建筑节能和低碳发展的关键措施之一。我国在九十年代开始实施建筑节能标准，基本就是一种建筑能耗标准的方式。我国采用的是相对量，能耗基准由各个地方确定。这样也就是设定了分地域的每平方米的采暖、制冷和照明的能耗量。这种标准的制定影响深远，改变了建筑部门的设计、工程标准，使得新建建筑可以按照建筑行业的各项标准建设，实现建筑节能标准的要求。即使在一些地方，在对能耗基准不清楚的地方，或者还没有的地方，可以按照建筑设计和工程标准进行建设。

近期，在欧洲开始启用新的建筑能耗标准，可以作为我国未来实施下一步建筑节能和低碳发展的参考。欧洲建筑节能进展很快。2013年英国、德国和法国已经开始实施新的建筑能耗和低碳标准。该标准要求根据不同区域，建筑能耗控制在50kWh/m<sup>2</sup>，65kWh/m<sup>2</sup>，35kWh/m<sup>2</sup>，包括采暖、制冷、通风、照明能耗。另根据欧洲工业委员会的要求，所有2018年之后建造的建筑，都要达到零耗能的要求，即消耗多少能源就要在本处生产多少能源，外供能源为零。可以通过热泵等高效率的供暖设备减少能量消耗，也可以通过太阳能直接生产出热能和电能。

达到高水平的建筑能源标准，根据德国的经验，可以采取以下措施：

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。考察组参观了成立于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 $\text{CO}_2$ 。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。考察组参观了德国望瑞门遮阳系统设备有限公司。该公司是创立于1954年，是国际遮阳行业的领导企业，拥有全面的户内外遮阳产品和智能控制系统生产线。该公司研发生产的智能遮阳百叶帘，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。

6) 推进高效家用电器普及，包括照明、电视、洗衣机、洗碗机等。最近这些电器的效率提高明显，需要政策推进。

同时在德国，也很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 $160\text{-}200\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 下降到 $70\text{-}90\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，每年每平方米住宅减少二氧化碳排放量达到40千克。

在这个情景分析中，设计采用这样的建筑能耗标准，从2016年开始实施 $50\text{ kWh}/\text{m}^2$ 的民用建筑能耗标

准，并制定设计和工程标准，部分新增建筑达到此标准。2018年开始实施零外供能耗建筑标准，促进适合地方的建筑达到该标准。

#### 4.6.2 家用电器节能标准

我国已经实施了家用电器节能标准，并取得了很好的效果。这个情景分析中，依据未来能源发展和低碳发展的需求，提出了更高标准的节能要求。以支持近零排放建筑的普及。

我们对一些主要家用电器的节能潜力进行了分析。下面给出超高效空调的研究案例。

选取2010，2015，2020，2030，2040和2050年的预测额定EER和SEER，并预测其相应能效提高技术的发展情况，如图17所示。

直流调速技术趋于成熟，换热器技术飞速发展

新制冷剂应用  
回收膨胀功  
新制冷剂应用

图 17 典型年份房间空调器额定EER和SEER的发展趋势和所采用的技术

从2010年到2050年，我国房间空调器的能效水平将保持稳步上升的规律，尤其是2010年到2030年之间，能效水平提高幅度较大，额定EER将从3.29提高至6.37，提高了近一倍。预测在这20年间，直流调速技术取得重大突破和广泛应用，房间空调器的压缩机和风机都采用了这种技术，额定EER和SEER都得以较大幅度的提高。同时这20年间，换热器技术也高速发展，两器的换热系数增大至原来的2倍以上，也极大的托高了空调器能效水平。预测2025年，一种新型的高效环保制冷剂大范围推广，带来了一次能效水平的阶梯上升。

2030年以后能效水平增幅有所降低，但仍稳步提高。预测2040年，新一轮制冷剂替代过程发生，房间空调器的能效水平再一次飞跃。同时预测这期间膨胀功回收技术获得实质性突破并用于房间空调器中，进一步提高了空调器的能效水平。预计到2050年，压缩机技术，换热器技术，系统优化技术以及制冷效率都趋于极限，房间空调器的额定EER有望达到7.72，SEER达到10.55。

对空调技术未来发展路线图的研究分别选取额定制冷EER和SEER以及额定COP和IPLV作为房间空调器和冷水机组的能效评价指标，首先根据当前的相关能效标准确定房间空调器和冷水机组的起始能效值，并确定理论逆卡诺循环能效比和各环节的效率值，随后合理预测各种能效提高技术的发展趋势以及这些技术能给房间空调器和冷水机组各环节效率带来的提升幅度，将这些效率叠加之后根据逆卡诺循环能效比计算两者的能效水平，从而完成了对我国房间空调器和冷水机组能效水平的预测。

预测结果表明，未来我国房间空调器和冷水机组的能效水平将保持先高速发展，后稳步提升的趋势。其中2010~2030年的发展幅度较大，预测到2030年我国房间空调器的额定EER和SEER分别可达6.37和8.70，冷水机组的额定COP和IPLV分别可达7.24和10.07。2030~2050年能效水平的发展放缓，但仍保持稳定提高态势，预测到2050年，我国房间空调器的额定EER和SEER分别有望达到7.72和10.55，冷水机组的额定COP和IPLV分别有望达到8.02和11.16。冷水机组若采用高温冷水技术方案，其能效水平有望提升一个档次，到2050年，其额定COP和IPLV分别有望突破13.0和18.0。

#### 4.7 能源需求和CO<sub>2</sub>排放情景

采用上述情景参数设计，利用IPAC-AIM/技术模型，得到建筑部门用能情景，见图18到图24。

从这些结果可以看出来，建筑部门未来消耗的能源主要为电力、热力和天然气。如果可以应用合适的政策，同时考虑到技术进步，建筑部门能源需求有可能在2040年达到峰值，之后开始下降。2030年之后的增长速度已经很慢，这和2030年之前中国经济快速发展、城市化率快速提高，之后则明显放缓相一致。

同时这样的发展，也可以支持我国的CO<sub>2</sub>排放量在2025年之前达到峰值，这样就有可能支持全球2度升温目标的实现。

图 18 服务业能源需求量

图 19 城市居民能源需求量

图 20 农村居民能源需求量

图 21 建筑能源需求量

图 22 建筑能源需求量（发电煤耗法）

图 23 分部门终端能源需求量（电热当量法）

图 24 全国一次能源需求量，2度情景

• 关键政策路线图

模型中设置的各种政策和技术需要能够得到很好的实施。通过对这些政策和技术可行性分析，这些政策是可能实现的，但是需要尽早制定这些政策。表 32 给出了一些重大政策的路线图和关键节点。

表 32 建筑节能和低碳发展政策节点

	2015	2020	2025	2030	2040
建筑节能标准	全面实施既有建筑节能标准。北方采暖地区采用更高标准	改造既有建筑			
建筑能源标准 (类似欧盟)	制定，十三五期间实施，北方采暖区新建建筑10%达到标准。同步确定设计和建筑工程标准	十四五期间全面实施，新建建筑达到标准。同时改造既有建筑	全面实施		
近零排放建筑标准	制定标准。制定设计和工程标准，十三五期间开始示范项目，在先进省市达到1000-3000万平方米	20%新建建筑达到标准	50%新建建筑达到标准	所有新建建筑达到标准	所有新建建筑达到标准。既有建筑改造
家用电器先进节能标准	每三年修正一次，对主要家用电器实施准入标准	逐步提高标准	逐步提高标准	逐步提高标准	达到最终效率标准
阶梯电价	严格阶梯电价 (参见图25、图26)	更严格阶梯电价，与技术节能标准相适应			
天然气价格	反映成本，取消补贴				

图 25 阶梯电价第一台阶电力消费量

图 26 阶梯电价对比

• 研究结论和政策建议

目前我国正处于建设高峰期，每年新增建筑面积约20亿平方米，竣工建筑面积达到33亿平方米。超过所有发达国家每年新增建设面积总和。现有建筑80%以上都是高耗能的建筑，建筑能耗普遍在德国、丹麦等发达国家的3倍以上，即使执行“二步”节能标准（50%节能标准），能耗也是其2倍；建筑节能技术相对落后，在设计水平、建筑技术、设备材料制造及应用上，都与西方发达国家存在较大差距。因此，我国需要尽快采用更加严格的建筑能耗标准，避免技术锁定效应。

(1) 尽快制定新的建筑能耗标准，完善建筑节能政策法规。

我国建筑节能领域的法律法规主要有《节约能源法》、《民用建筑节能条例》，目前已有10多个省市制定了本地区的《民用建筑节能条例》，东北地区仅有吉林省制定了该条例。落实《节约能源法》、《民用建筑节能条例》所需的部门规章、地方行政法规的制定工作仍然滞后。要加快完善建筑节能的政策法规，针对住宅、农村建筑、公共建筑、工业建筑等不同类型建筑，分别制修订相关工程建设节能标准，在设计、施工、运行管理等环节落实建筑节能要求。要进一步提高建筑能效标准，严寒、寒冷地区和夏热冬冷地区要将建筑能效水平提高到“三步”建筑节能标准（65%节能标准），有条件的地方要执行更高水平的建筑节能标准和绿色建筑标准。

对于更见领先的建筑能耗标准，如欧洲实施的标准，需要尽快制定，并制定相应的设计标准和工程标准，为尽快启动实施新的标准提供基础。

(2) 尽快和全面实施新的建筑能耗标准。

在十三五期间，需要开始执行新的更加严格的建筑能耗标准。新的标准可以在十三五的初期开始执行，并确定到2020年10%的新建建筑达到新的标准。十四五期间用新的标准替代原有建筑节能标准。

(3) 近期开始制定近零排放建筑标准，争取在十三五期间一些省市建设一批近零排放建筑。到十三五末，建设1000万到3000万平方米的近零排放建筑。十四五期间20%以上的新建建筑达到近零排放。

(4) 健全经济激励政策。我国已在既有居住建筑节能改造、公共建筑节能监管体系建设、可再生能源

建筑应用和绿色生态城区建设等方面,建立了财政资金奖励政策,可适当提高奖励标准,加大补助力度。要积极推进资源税费和环境税费改革,积极推进供热计量改革,推广阶梯电价,充分发挥价格调节作用,减少能源消耗,促进建筑节能。

(5) 大力推广应用建筑节能新技术。快速推进被动式建筑等低能耗建筑的建造技术,重点推动外墙保温、节能窗户、新风换气、建筑遮阳等方面的节能技术和施工工艺在新建建筑和既有建筑改造中的应用,大力推广太阳能、地热等可再生能源在建筑领域的应用,通过技术进步带动建筑节能。

(6) 加快推进既有建筑改造。以围护结构、供热计量和管网热平衡等为重点,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,强化节能改造工程设计、施工、选材、验收等环节的质量控制,确保完成节能改造的既有居住建筑全部实行供热计量收费。以建筑门窗、遮阳、通风等为重点,在夏热冬冷地区进行居住建筑节能改造,确定该地区适宜的改造模式和技术路线。

(7) 快速推进建筑内用电器节能标准,设定路线图,使企业能够适应标准的不断提升。根据技术进步的速度应该每三到五年提升一次节能标准,并提供相应政策进行支持。这样可以在2030年达到技术效率的高端,促进近零排放建筑的建设和普及。

## 参考文献

The Institute of Energy Economics, 2006. Handbook of Energy & Economic Statistics of Japan, Tokyo: Energy conservation centre.

U.S. Department of Energy, 2006. Building Energy Data book 2006, Washington DC: The US Department of Energy.

国家统计局能源统计司, 2013. 中国能源统计年鉴2013. 北京: 中国统计出版社.

姜克隽, 胡秀莲, 庄幸, 刘强, 朱松丽 (2008) 中国2050年的能源需求与CO<sub>2</sub>排放情景, 气候变化研究进展, 第四卷, 第五期, 2008年9月, 296-302

姜克隽, 胡秀莲, 庄幸, 刘强, 刘虹 (2009) 中国2050年的能源需求与CO<sub>2</sub>排放情景, 在“中国2050能源和CO<sub>2</sub>排放报告”, 中国科学出版社, 北京

姜克隽, 庄幸, 贺晨旻 (2012) 全球升温2度目标下中国能源与排放情景研究, 中国能源2012年第二期 亢舒, 2013. 城镇节能建筑面积达69亿平方米. 经济日报, 13 4, p. 第01版.

李兆坚, 2007. 我国城镇住宅空调生命周期能耗与资源消耗研究. 清华大学学报.

清华大学建筑节能研究中心, 2008. 中国建筑节能年度发展研究报告2008, 北京: 中国建筑工业出版社.

清华大学建筑节能研究中心, 2009. 中国建筑节能年度发展研究报告2009. 北京: 中国建筑工业出版社.

清华大学建筑节能研究中心, 2014. 中国建筑节能年度发展研究报告 2014. 北京: 中国建筑工业出版社.

王庆一, 2008. 2008能源数据-中国可持续能源项目参考资料, 北京: 能源基金会.

吴玉萍, 葛伟, 2007. 健全建筑节能政策, 推进我国建筑节能发展. 中国建设信息供热制冷.

中国家用电器协会, 2009. 中国空调器行业的能效现状.

中华人民共和国国家统计局, 2012. 中国统计年鉴-2012. 北京: 中国统计出版社.

中华人民共和国国家统计局, 2013. 中国统计年鉴-2013. 北京: 中国统计出版社.

住房和城乡建设部建筑节能与科技司, 2012. “十二五”建筑节能专项规划, 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部.