

# 我国居民住宅建筑生活能耗差异性调查研究

王悦 赵鹏军<sup>†</sup>

北京大学城市与环境学院, 北京 100871; <sup>†</sup> 通信作者, E-mail: pengjun.zhao@pku.edu.cn

**摘要** 对我国南北方10个城镇及农村居民建筑生活能耗进行全面调查, 利用调查数据分析我国城乡用能水平与用能方式存在显著差异的主要影响因素。建筑使用能耗主要包括采暖能耗、降温能耗、照明能耗、家用电器能耗以及炊事能耗等5个方面。调查结果表明, 电力、天然气、标准煤是三大主要居住能源; 采暖、炊事以及家电是主要的能源消耗活动。城镇与农村能耗来源和用能结构存在差异, 城镇居民人均生活消费能源是农村的3.2倍。城镇居民建筑用能以燃气和电力为主, 北方城镇燃气和电力分别占73%和20%, 南方城镇则分别占47%和23%; 农村居民建筑用能中, 电力和燃煤所占比例较高。研究结果可为我国实施节能优先政策提供一定的参考依据。

**关键词** 建筑能耗; 住宅建筑; 生活能耗; 城乡差异

**中图分类号** X24

## Survey Research on Residential Building Energy Consumption in Urban and Rural Area of China

WANG Yue, ZHAO Pengjun<sup>†</sup>

College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871;

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: pengjun.zhao@pku.edu.cn

**Abstract** Based on the questionnaire of 10 cities and towns in China, this research has found that there are significant differences between urban and rural area in China through the data analyzing. The survey mainly includes five aspects: energy consumption for heating and cooling, lighting energy consumption, household electricity appliances' energy consumption, and the energy consumption for cooking. The findings show that the main energy resource are electricity, natural gas and coal and the main energy consuming activities are heating, cooking and household electricity appliances' consumption. In addition, the results of survey reflect the difference in energy source and consumption structure between urban and rural area. Generally, the per capita energy consumption in urban is 3.2 times of rural life. Gas and electricity are the main energy source in urban area while electricity power and coal have a high proportion in rural residents. The survey results provide important reference for China to implement energy saving policy.

**Key words** building energy consumption; residential buildings; energy consumption of life; differences between urban and rural areas

近年来, 随着我国城镇化的加速以及居民收入的提高, 居住能耗快速增长, 尤其是电力能耗, 平均每年增长 12.35%<sup>[1]</sup>。电能消耗的快速增加反映了我国近 20 年空调、电脑、电热水器、微波炉等

家用电器的普及以及我国住宅建筑的空前发展。能源需求的增加一方面反映我国居民物质生活水平提高, 另一方面也意味着能源保护和节能减排政策的实施还有很大的提高空间。因此, 我国居民建筑使

国家“十三五”能源规划前期重大问题研究项目(规划司 201402)资助

收稿日期: 2016-11-16; 修回日期: 2017-10-12; 网络出版日期: 2018-01-05

用能耗的调查对更准确地预测居民使用能耗以及制定节能减排政策有十分重要的意义。

已有学者对我国建筑生活能耗做了一些研究。倪德良<sup>[2]</sup>统计和分析了上海近十年建筑能耗,并试图探索更精准的能耗调查方法。孙立新等<sup>[3]</sup>对西安市公共建筑能耗现状进行调查和分析,并与其他城市对比。周晓慧等<sup>[4]</sup>对广东省农村居住建筑能耗现状进行调查,侧重于分析农村居民建筑结构和改造潜力。梁传志<sup>[5]</sup>对我国夏热冬暖地区的62栋办公建筑能耗进行调研,并用情景分析方法预测我国大型办公建筑能耗。

针对当前的研究现状,有几个关键问题仍需进一步探讨。首先,数据陈旧,覆盖面不全,目前国内关于能耗的研究限于局部区域,如重庆大学对重庆市既有公共建筑的能耗调查<sup>[6]</sup>以及海南省城市居住建筑能耗基础数据调查研究<sup>[7]</sup>。其次,侧重于对大型办公建筑的研究,对居民建筑生活能耗考虑较少。第三,对乡村地区建筑生活能耗的调研较少,研究范围多为城市建成区。

本文拟从以下几方面对现有研究的不足进行弥补和完善:1) 本文基本上覆盖南、北方主要建筑气候分区,而不是仅仅对某一地方的居住建筑进行能耗调查;2) 本文着重考虑城镇与乡村地区的能耗差异,不仅仅局限于城镇地区;3) 本文将居民建筑使用能耗分为采暖能耗、降温能耗、照明能耗、家电能耗以及炊事热水能耗五大类别,包含居民生活能耗的各个方面。

为此,本文以我国南、北方共10个城市(包括农村)居民生活能耗为对象进行问卷调查,对调查结果进行比较分析。本研究的主要目标是:1) 解释城镇与乡村建筑生活能源消耗差异的原因;2) 进一步分析我国城镇化对能源消耗影响的过程和特征;3) 为制定我国节能减排政策提供依据。

## 1 我国城镇建筑使用能耗背景

城镇建筑使用能耗主要包括采暖、空调、通风、热水供应、照明、炊事、家用电器等方面。城镇建筑类型包括住房、厂房、办公用房、商业、服务业、文化、教育、体育、娱乐、医疗、科研以及公共设施建筑等。当前,我国没有统一的建筑使用能源消耗统计数据,《中国统计年鉴》中的“生活能源消耗”仅包含居民居住建筑使用的能源消耗,未包括其他建筑类型的能源消耗,该指标还包括居

民的生活性交通能源消耗,并不完全是居住建筑使用能耗。

不同的研究机构对我国建筑使用能耗做了研究。清华大学建筑节能研究中心调查发现,1996—2006年,我国建筑使用能耗从28.6亿增加到49.6亿吨标准煤,增加近一倍(图1),其中住宅耗能量增速最快<sup>[8]</sup>。在农村地区,平均每户消耗1098 kg标准煤/年,人均消耗445 kg标准煤/年<sup>[9]</sup>,城镇居民的能源消耗是农村居民的1.4倍<sup>[10]</sup>。但是,这些调查并没有按照不同的能耗种类和用能结构进行细分,只是在宏观层面上测算。

本文调查对象是居民建筑生活能源消耗,不考虑生活性交通能源消耗,采用实际调查数据,通过估算的方法,对城镇建筑使用能源消耗水平和结构进行分析和比较。

## 2 研究方法

### 2.1 调查城市分布

考虑到我国不同气候带的气候特征对建筑热能消耗影响不同,选取8个省1个直辖市进行调研,包含我国4个主要气候带。调研地区包括由北至南,集中在我国东中部地区,北起吉林省、南至海南省的10个城镇(包括农村),具体情况如表1所示。由于人力和时间有限,未能深入我国西部地区进行调研。

### 2.2 问卷内容及回收情况

调查问卷主要包括采暖能耗、降温设备能耗、照明能耗、主要家用电器能耗以及炊事热水能耗五大部分。对于每个部分,问卷都包括具体的能源消耗问题以及能耗费用支出问题、能源使用种类、不同能耗类型的花费以及电费账单,例如集中供暖时间、供暖面积、家电种类、家电功率、家电使用时

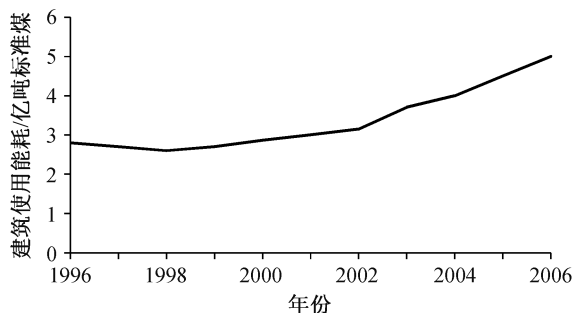


图1 全国建筑使用能耗<sup>[8]</sup>

Fig. 1 Building energy consumption<sup>[8]</sup>

表 1 问卷回收情况

Table 1 Questionnaire recovery situation

地区	城镇/ 农村	发放 问卷	回收 问卷	回收有效 问卷	有效问卷回 收率/%
吉林 辽源	城镇	53	51	50	94
	农村	51	50	50	98
辽宁 沈阳	城镇	80	80	78	97.5
	农村	40	40	38	95
山东 临沂	城镇	50	50	48	96
	农村	50	50	48	96
山东 莱芜	城镇	50	50	47	94
	农村	50	48	46	92
天津	城镇	30	26	25	83
山西 吕梁	城镇	50	50	49	98
	农村	50	50	49	98
安徽 合肥	城镇	50	50	46	92
	农村	50	42	39	84
江西 上饶	城镇	30	30	28	93
	农村	50	50	49	98
广东	城镇	40	38	37	92
	农村	40	40	36	90
海南	城镇	40	38	31	78
	农村	40	36	35	88
合计	城镇	473	463	439	92.8
	农村	421	409	393	93.3
总计		894	972	832	93

间等具体能耗问题。

本研究基于国家“十三五”能源规划前期重大问题研究项目“城镇化发展对‘十三五’及中长期能源消费和供应影响研究”，于 2014 年 7—9 月发放问卷。调研小组共 15 人，并组织当地居民协助发放问卷。共发放 894 份问卷，回收问卷 872 份，其中回收有效问卷 832 份，有效问卷回收率为 93%。城镇回收有效问卷 439 份，有效问卷回收率为 92.8%，农村回收有效问卷 393 份，有效问卷回收率为 93.3% (表 1)。

## 2.3 被调查居民基本特征

### 2.3.1 居民特征

表 2 列出调查样本中居民基本特征。根据我们调研，平均每户人口约 3.76 人，平均年龄 40.6 岁，高于国家统计局数据(2010 年平均每户 3.1 人)。此

表 2 居民居住特征

Table 2 Characteristics of residents

类别	家庭成员/ (人·户 <sup>-1</sup> )	被调查者 年龄/岁	住房面 积/m <sup>2</sup>	受教育 年限/年
平均	3.76	40.73	123.86	11.81
城镇	3.61	37.41	120.45	12.47
乡村	3.89	44.98	126.83	9.05

外，城镇和乡村的受教育程度不平衡。城镇居民平均受教育年限是 12.47 年(高中或大专)，农村地区平均受教育年限为 9.05 年(初中或中专)。

### 2.3.2 居住特征

根据调查，城镇居民中有 78.8% 居住在多层或高层建筑中，农村居民有 33.1% 居住在多层或高层建筑中。按照所有权，农村地区有 78.1% 的住宅建筑是自建房。城镇和乡村的平均住房面积分别为 120.45 和 126.83 m<sup>2</sup>，相差不大。普遍地，一个典型的中国居民家庭拥有 1.1 个客厅，2.3 个卧室和 0.4 个书房。这 3 种类型的房间平均面积分别为 25.6, 16.6 和 14.8 m<sup>2</sup> [7]。

## 3 能耗结构

### 3.1 居住供暖与降温能耗结构

我国地域辽阔，南北方气候差异较大。因地域特征不同，居民建筑供暖采用不同的供暖方式。自 20 世纪 50 年代开始，我国北方地区大规模采用集中供暖，南方地区依然是分散供暖形式。北方城镇地区集中供暖占 69.71%，农村地区集中供暖占 5.19%；南方城镇地区集中供暖比例为 8.51%，农村地区几乎全部为分散供暖(图 2)。北方地区每年供暖时间通常从 11 月到 3 月，持续 150 天，且为全天供暖。北方地区冬季寒冷，一些家庭由于工作或其他原因外出，不愿意上交全年取暖费，因此会采用分散供暖等形式。北方城镇地区分散供暖以电供暖较为普遍；农村地区 29.33% 采用电供暖，51.39% 采用煤炭供热，32.35% 采用土暖气采暖，还有 11% 的居民通过烧柴取暖。

近年来，空调的使用率普遍较高。根据我们的调查，在没有采用集中供暖的北方地区，30% 左右的居民(城镇为 30.29%，农村为 29.33%)使用电供暖，平均每年供暖时间为 120 天，平均每天采暖 7.8 小时。空调除用于采暖之外，还用于降温。几乎一半以上的家庭会安装空调，在南方地区比例更高。电风扇的功率比空调低，南方农村地区在夏季

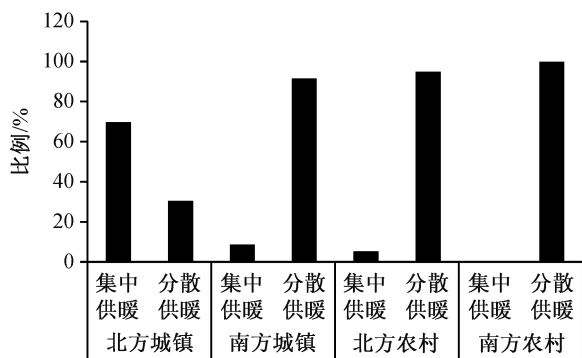


图2 我国南北方城镇与农村供暖方式比例

Fig. 2 Proportion of heating modes in urban and rural areas between the South and the North of China

大多采用电风扇降温。

### 3.2 居住家电和热水能耗结构

随着生活水平的提高,热水供应已经成为生活的必需品。热水供应主要来自电热水器(38.9%),其次是太阳能热水器(28.5%),如图3所示。家用电器的普及改变了人们的生活方式。根据我们的调查,城镇居民平均每户拥有洗衣机0.98台,电冰箱0.94台,电视机1.36台,空调1.27台。农村家电普及率低于城镇居民,平均每户农村家庭拥有洗衣机0.67台,电视机1.17台,电冰箱0.66台,空调0.25台(图3和4)。电力消耗是购买家电的主要决定因素,大部分居民倾向于购买能耗低、功率小的家电。

## 4 我国城镇和农村居民生活能耗差异分析

国家统计局的数据显示,我国2013年有62960万人口居住农村地区,占我国人口的46.3%。随着城镇化进程的进一步推进,将有10000万人口进入城镇地区,这意味着对能源的需求越来越多。为了

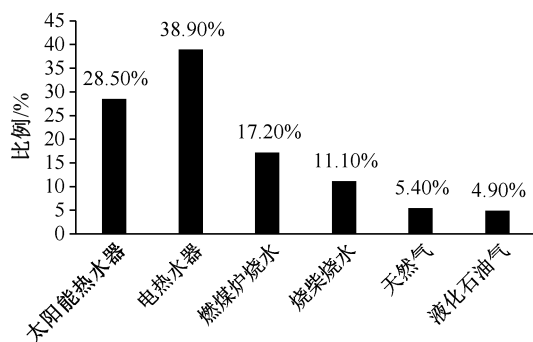


图3 热水供应方式比例

Fig. 3 Proportion of heat water energy consumption

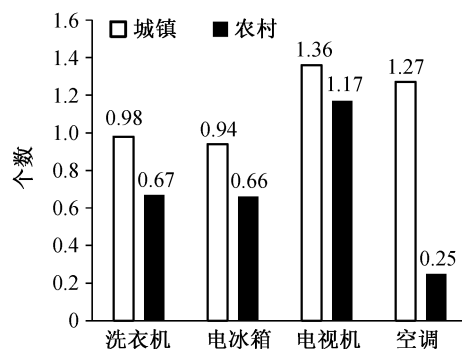


图4 城镇与农村家电普及水平

Fig. 4 Level of popularization of home appliance in urban and rural areas

更好地了解我国城镇地区和农村地区居民生活能耗,本文从采暖、降温、照明、家用电器、炊事和热水等方面来计算我国城镇和乡村居民生活能耗的差异。

### 4.1 我国不同气候区建筑采暖能耗与用能结构调查

根据《民用建筑设计通则》中的气候区划分,我国共分为5个主气候区,即严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区。我国的严寒地区和寒冷地区包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙、新疆、青海、甘肃、宁夏、山西、北京、天津、河北的全部城镇及陕西北部、山东北部、河南北部的部分城镇。这些省份的城镇建筑70%以上采用不同规模的集中供热进行采暖,剩余部分则采用各类不同的分散采暖方式。在采暖区,住宅和公共建筑通常采取统一的集中供热。

考虑到调研的可行性,本研究选取对我国4种不同气候区的城市和农村进行调研。严寒地区包括辽宁沈阳和吉林辽源,寒冷地区包括山东临沂、山东莱芜、山西吕梁和天津,夏热冬冷地区包括安徽合肥和江西上饶,夏热冬暖地区选择广东潮州。

集中供暖能耗计算采用以下公式:

$$E_1 = S R_1 e_1, \quad (1)$$

其中,  $E_1$  表示全国北方集中采暖总能耗,  $S$  为全国北方总采暖面积,  $R_1$  为集中供暖比例,  $e_1$  为平均每平方米采暖面积能耗(集中能耗水平)。全国北方总采暖面积=全国北方总建筑预测面积 $\times$ 80%。

非集中供暖区的采暖用能包括电供热、煤炭供热和土暖气等形式。其中,电供热总能耗计算公式:

$$E_2 = S R_2 e_2, \quad (2)$$

表 3 北方城镇住宅采暖能耗及其与农村比较(2012 年)  
Table 3 Comparison of heating energy in North China (2012)

采暖方式	北方城镇住宅建筑采暖能耗					北方农村住宅建筑采暖能耗				城乡能耗差异	
	比例/ %	每户年均 能耗	每 m <sup>2</sup> 采暖 面积年均 能耗	总采暖面积/ 万 m <sup>2</sup>	建筑 总能耗	比例/ %	每户年均 能耗	每 m <sup>2</sup> 采暖 面积年均 能耗	建筑 总能耗	每户年 均能耗	每 m <sup>2</sup> 采暖 面积年均 能耗
集中供暖/kg 标准煤	69.71	28.39	10.35	544873	241485	5.19	30.22	1.99	106676	-1.83	8.36
分散供暖	30.29					94.81					
电供热/kWh		711	74.1		6047766	29.33	701.39	218.4	2475906	9.61	-173.4
煤炭供热						51.39					
土暖气/吨标 准煤						32.35	1.085	0.13			
烧柴						11					

$R_2$  表示采用电供热所占面积比例,  $e_2$  表示平均每平方米采暖面积能耗。

煤炭供热总能耗计算公式:

$$E_3=SR_3e_3, \tag{3}$$

$R_3$  表示煤炭热面积比例,  $e_3$  为平均每平方米采暖面积能耗。

土暖气采暖总能耗计算公式:

$$E_4=SR_4e_4, \tag{4}$$

$R_4$  表示土暖气热面积比例,  $e_4$  为平均每平方米采暖面积能耗。

北方城镇以集中采暖为主, 农村地区以分散采暖为主(表 3)。由于冬季漫长且寒冷, 北方城镇居民住宅内大多有暖气, 以集中供暖为主, 能源利用率较高; 农村大部分地区没有供暖系统, 大多以家庭为单位, 以煤炭供热为主, 占 51.39%, 部分地区采用土暖气, 少数农村居民用烧柴取暖。按照国家标准, 1 吨标准煤为 6944.4 千瓦时, 农村地区的单位能耗远高于城镇地区。

北方城镇地区有 69.71%的居民采用集中供暖, 30.29%的居民采用电供暖。农村地区 5.19%的居民采用集中供暖, 94.81%的居民采用分散供暖, 其中电供热占 29.33%, 煤炭供热占 51.39%, 土暖气占 32.35%, 还有 11%的居民采用烧柴供暖。如果我们将单位进行统一换算, 则北方城镇地区采暖能耗是农村地区的 2.2 倍。

根据清华大学、上海建筑科学研究院、重庆大

学等机构在长江流域一些地区的调研结果, 长江流域城镇住宅采暖多采用空调或电热器形式, 平均单位建筑面积的电能消耗约为 5~6 kWh/(m<sup>2</sup>·年)<sup>[8]</sup>。

安徽合肥、江西上饶以及广东潮州住宅采暖能耗与农村能耗调研的统计结果见图 5。

南方城镇住宅与北方有很大不同, 以分散供暖为主, 其中电供热占很大比例(66.82%)。南方农村地区全部采用分散供暖, 电供热占有相当大的比例。此外, 由于西气东输项目的实施, 我们调研的安徽合肥等地区天然气的普及水平不断提高, 达到 76.67%(表 4)。还有一些地区通过烧柴和烧秸秆采暖, 但这些有效热能利用率仅为 12%, 同时秸秆不能还田, 造成浪费和地力下降。总体来看, 南方农村地区平均每户的电供热能耗高于城镇地区的电能耗, 南方城镇地区采暖总能耗是农村地区的

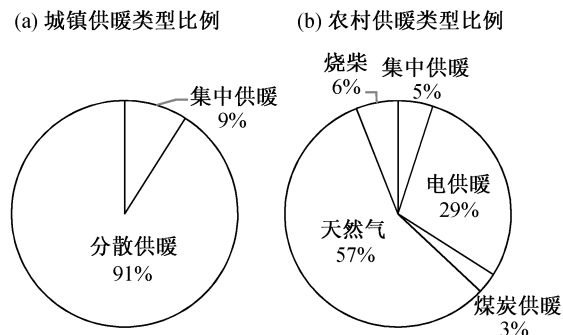


图 5 南方城镇和农村地区供暖类型比例  
Fig. 5 Type of heating energy in urban and rural areas of South China

表 4 南方城镇住宅采暖能耗及其与农村比较(2012 年)  
Table 4 Comparison of heating energy in South China (2012)

采暖方式	城镇住宅建筑采暖能耗				农村住宅建筑采暖能耗				城乡差异	
	比例/ %	每户年 均能耗	每 m <sup>2</sup> 采暖面 积年均能耗	建筑 总能耗	比例/ %	每户年 均能耗	每 m <sup>2</sup> 采暖面 积年均能耗	建筑 总能耗	每户年均 能耗	每 m <sup>2</sup> 采暖面 积年均能耗
集中供暖 (kg 标准煤)	8.51	19.36	0.89	231429	5.19					
分散供暖	91.49				94.81					
电供热(kWh)	66.82	423.43	115.26	5057811	28.53	625.4	166.92	3103234	-201.9	-51.6
煤炭供热(吨 标准煤)					3.08					
土暖气 (吨标准煤)	24.67	0.675	0.03	28.3						
天然气(m <sup>3</sup> )					56.67					
烧柴					6.53					

1.98 倍。  
由于我国南、北方纬度跨度很大,气候差异明显,气候区不同对建筑采暖的能耗影响较大。但是,除采暖能耗外,其他居民生活能耗则与南、北气候差异关系不大。因此,本文按照不同气候区,对我国采暖能耗进行比较(表 5)。

根据 1 kWh=3.6 MJ=3600 kJ, 1 kg 标准煤=29308 kJ, 则 1 kWh=0.122 kg 标准煤,夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的建筑采暖能耗转化为标准煤分别为 47.82 和 102.6 kg 标准煤。可以看出,虽然我国夏热冬冷地区和夏热冬暖地区冬季气温比严寒地区和寒冷地区高,但采暖需求依然很大,采用非集中供暖(如电暖气、煤炭炉等)的能耗比严寒地区和寒冷地区的建筑采暖能耗高。

4.2 城镇与农村降温设备能耗调查

目前,我国绝大部分住宅建筑采用房间空调器或电扇进行降温。气候条件的差异使不同地区住宅

的空调能耗不同,在天气比较炎热、经济比较发达的地区空调用电量较大。据研究,2008 年,住宅单位面积空调能耗较高的地区是广东省,约为 6.5 kWh/(m<sup>2</sup>·年),其次是福建、重庆、上海、浙江、湖北和江苏六省,这 7 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%<sup>[8]</sup>。

本文根据城镇化水平及每百户空调和风扇的拥有量,对全国 2012 年降温设备能耗水平进行估算。其中,2012 年居民空调使用能耗计算如下:

$$N=100n, E_{2012}=U/100\times C, C=100c, c=nc', c'=Phd, (5)$$

式中,  $N$  表示平均每百户的空调数量,  $n$  表示平均每户的空调数量;  $E_{2012}$  表示 2012 年居民空调使用能耗;  $U$  表示总户数;  $C$  表示平均每百户空调降温能耗,  $c$  表示平均每户降温能耗,  $c'$  表示平均每户每台空调能耗;  $P$  表示每台空调平均功率;  $h$  表示平均每台空调每天的利用时间;  $d$  表示每年降温设备使用的天数。

从调研数据(表 6)可以看出,南方农村地区的电风扇使用率明显高于北方地区。南方城镇地区的空调能耗是北方城镇的 3.8 倍,风扇能耗是北方的 3.7 倍;南方农村地区的空调能耗是北方的 2.85 倍,风扇能耗是北方农村的 2.9 倍。通过横向比较发现,无论北方还是南方,农村地区平均每户风扇能耗均高于城镇地区。

4.3 城镇与农村照明用电能耗调查

本文对居民照明水平进行调研,结果如表 7 所

表 5 我国不同气候区建筑采暖和降温能耗(2012 年)  
Table 5 Energy consumption of cooling equipments and heating energy in different climate region (2012)

气候区	建筑采暖能耗
严寒地区	28.69 kg 标准煤/年户
寒冷地区	18.62 kg 标准煤/年户
夏热冬冷地区	392 kWh/年户
夏热冬暖地区	841 kWh/年户

表 6 城镇降温设备能耗及其与农村比较(2012 年)  
Table 6 Energy consumption of cooling equipments (2012)

地区	降温方式	城镇住户降温能耗			农村住户降温能耗		
		平均每户年 利用小时数/h	平均每户年 耗电量/kWh	总计能源消 耗/万 kWh	平均每户年利 用小时数/h	平均每户年 耗电量/kWh	总计能源消 耗/万 kWh
北方	空调	237.45	308.78	2626440.15	248.57	335.49	1184280
	风扇	247.69	12.19	103688.14	200.45	15.71	77978.66
	总计	485.14	320.965	2730128.29	449.02	351.20	1262258
南方	空调	748.93	836.06	9997605.48	728.72	680.30	3376312
	风扇	716.16	32.227	385370.47	48.13	46.14	229005.2
	总计	1465.09	868.287	10382975.95	776.85	726.44	3605318

说明: 总计能源消耗=总户数×平均每户降温耗能。

表 7 2012 年城镇居民照明用电能耗及其与农村比较  
Table 7 Comparison of lighting energy consumption between  
urban and rural areas (2012)

地区	设备	年利用小 时数/h	月耗电量/ (kWh·户 <sup>-1</sup> )	年耗电量/ (kWh·户 <sup>-1</sup> )
城镇	白炽灯	1309.04	13.58	163
	节能灯	1247.7	7.29	87.43
乡村	白炽灯	1035	9.61	115.32
	节能灯	939	2.67	32.03
城乡 差异	白炽灯	274.04	3.97	47.68
	节能灯	308.7	4.62	55.4
	整体照明 用电差异	582.74	8.59	103.08

示。城镇照明时间是农村的 1.29 倍, 平均每户的年耗电量是乡村居民的 1.7 倍。乡村地区的白炽灯用电水平依然很高。

在相同亮度下, 节能灯比白炽灯节约能耗

51%。影响照明电耗的另一个主要因素是节能灯的普及率, 2008—2012 年, 我国城镇节能灯普及率从 35% 上升到 54.25%, 农村普及率从最初的 15% 提高到 53.01%, 城乡普及率差异为 1.24%。

#### 4.4 城镇与农村家用电器用电能耗调查

家用电器是居民生活耗电的主要用能设备, 其中耗电量比较大的是电冰箱、电视机和洗衣机。2012 年, 这 3 种家电的耗电量分别占家用电器耗电量的 43.25%, 36.12% 和 9.97%。2012 年家电能耗调查结果见表 8。

随着生活水平的不断提高, 家用电器的普及水平和种类也不断增多。根据《中国统计年鉴》中城镇及农村地区的每百户家电拥有量, 计算我国 2012 年的住宅家电能耗水平。

2012 年的全国家电耗电水平用以下公式计算:

$$N=100n, E_{2012}=NC, C=100c, c=nc', c'=Phd, \quad (6)$$

式中,  $N$  表示平均每百户家电数量,  $n$  表示平均每户

表 8 城镇居民家电能耗及其与农村比较(2012 年)  
Table 8 Comparison of household appliance between urban and rural areas (2012)

设备	城镇住户家电能耗				农村住户家电能耗				城乡能 耗差异
	单位功率/ (W·台 <sup>-1</sup> )	年利用 小时/h	数量/ 户	年耗电量/ (kWh·户 <sup>-1</sup> )	单位功率/ (W·台 <sup>-1</sup> )	年利用 小时/h	数量/ 户	年耗电量/ (kWh·台 <sup>-1</sup> )	
洗衣机	60~1000	383.1	1	148.84	60~1000	305.375	1	97.35	51.49
电视机	20~400	1346.2	1	154.27	20~400	1419.75	1	130.44	23.83
电脑	50~400	1263.8	1	309.18	50~400	1286.83	1	199.62	109.49
电水壶	50~2000	415.5	1	491.34	50~2000	284.75	1	349.08	142.26
电冰箱	90~200	8760	1	396.8	90~200		1		
微波炉	500~900	183	1	91.25	500~900		1		
合计				1469.38				776.49	692.89

家电数量;  $C$  表示平均每百户家电年耗能,  $c$  表示平均每户家电年耗能,  $c'$  表示平均每户每台家电能耗;  $P$  表示平均家电功率;  $h$  表示家电的平均每天利用小时;  $d$  表示每年家电使用的天数。计算结果见表 9。

从表 9 可以看出, 城镇和农村地区每户家电年耗电量差别不大。洗衣机、电视机、电脑和电水壶在农村地区已经相当普及。城镇地区电冰箱、电视机和洗衣机的耗电量分别占总耗电量的 26.7%, 14.1% 和 10.2%, 与 2010 年相比略有下降。农村地区居民日常家电的使用种类不断增多, 生活水平显著提高, 相应地, 能耗需求逐渐加大。

#### 4.5 城镇与农村家炊事热水能耗调查

居民炊事和热水用能设备主要有燃气灶、散煤炉、型煤炉、煤油炉及各种电炊具。炊事和热水用能主要以煤炭、煤制品、油制品以及燃气为主。2012 年全国使用天然气、液化石油气(LPG)以及人工煤气的城市人口达到 3.93 亿, 占 54.7%。其他地区主要采用型煤(蜂窝煤、煤球)作为燃料。

2012 年全国炊事和热水能耗水平的计算公式:

$$E_{2012} = UCr, \quad (7)$$

式中,  $E_{2012}$  表示全国 2012 年炊事和热水能耗水平,  $U$  表示总户数,  $C$  表示平均每户每年耗能(数据根据问卷调查得到),  $r$  表示能耗比例。计算结果见表 10。

我国城镇和农村炊事和热水的能耗有以下特点: 1) 从纵向看, 北方地区的燃气普及率明显高于南方地区, 北方均以燃气炊事为主(73%~74%); 2) 从横向看, 城镇与乡村地区的燃气普及水平相差不大; 3) 南方地区炊事能耗种类更为多样, 其中农村

地区液化石油气和煤气的使用比例高于城镇地区。

## 5 结论

本文对我国 2012 年典型城市居民建筑生活能耗进行问卷调查, 以 10 个城镇(包括农村)的居民为调查样本, 涉及建筑采暖、降温、照明、家电以及炊事热水五大部分, 分析得出住宅建筑平均每户生活能耗, 以及我国居民生活能耗种类比例, 并对城镇地区和农村地区的差异进行比较, 估算出全国城镇地区及农村地区住宅建筑生活能耗。

从总体上看, 我国采暖能耗受气候分区影响较大: 北方严寒地区和寒冷地区冬季多以集中供暖为主; 夏热冬冷地区和夏热冬暖地区则以分散供暖为主, 其中又以电采暖为主要形式。与分散供暖相比, 集中供暖虽然供暖时段较长, 但是平均每户每年消耗的能耗远低于分散供暖消耗的能耗。

此外, 我国城镇和乡村用能方式与用能水平存在着显著差异。城镇居民以燃气和电力为主, 人均年生活能耗是农村居民的 3.2 倍。在北方城镇, 居民使用燃气和电力分别占 73% 和 20%; 在南方城镇, 居民用燃气和电力的比例分别为 47% 和 23%。此外, 农村居民建筑用能中, 电力和燃煤所占比例依然很高, 分别是 24% 和 20%。

从本研究结果判断, 在现有能耗技术支撑下, 我国城镇化进程将加快能源消耗, 同时城镇化对能源结构也有重要影响。1996—2012 年, 城镇化水平每提高一个百分点, 能源消耗总量相应地增加 7900 万吨标准煤。随着北方地区城镇化的加速, 取暖面积将大幅度增加, 居住生活能耗以及建筑建造能耗将显著提高。到 2020 年, 我国城镇化水平预计达

表 9 全国城镇住宅家电能耗与农村比较(2012 年)  
Table 9 Comparison of household appliance energy between urban and rural areas (2012)

设备	城镇住户家电能耗			农村住户家电能耗		
	年耗电量 (kWh·户 <sup>-1</sup> )	总户数/ 万户	总家电能耗/ 万 kWh	年耗电量/ (kWh·户 <sup>-1</sup> )	总户数/ 万户	总家电能耗/ 万 kWh
洗衣机	148.84	37472	5577332.48	97.35	6200	603570
电视机	154.27	50066	7723681.82	130.44	10022	1307270
电脑	186.88	31580	5901670.40	199.62	3992	796883
电水壶	491.34	38512	18922486.08	349.08	8493	2964736
电冰箱	396.80	36972	14670299.14			
微波炉	91.25	22722	2073389.80			
合计	1469.38		54868859.72	776.49		5672459

表 10 城镇炊事和热水能耗及其与农村比较  
Table 10 The comparison of energy consumption in cooking and hot water between urban and rural areas

地区	方式	城镇住户炊事和热水能耗			农村住户炊事和热水能耗			城乡能耗差异
		比例/%	燃气普及率/%	平均每户每年耗能	总能耗/10 <sup>4</sup>	比例/%	燃气普及率/%	平均每户每年耗能
北方	液化石油气(m <sup>3</sup> )	41.78		64.8	225987	44.83		53.03
	天然气(m <sup>3</sup> )	9.33	73.61	146.67	111768.8	2	74.83	100
	煤气(m <sup>3</sup> )	22.5		306.25	585638.1	28		336.46
	用电(kwh)	19.83		1080	1745431	25		1010
	燃煤(吨标准煤)	5.6		1.01	481.1	13.33		0.78
	沼气(m <sup>3</sup> )	4		240	81657.6			
	烧柴	4						
南方	液化石油气(m <sup>3</sup> )	11		81	174333.1	25		252
	天然气(m <sup>3</sup> )	13.5	48.3	322.5	1118278		46	
	煤气(m <sup>3</sup> )	23.8		487.5	2519310	21		542.67
	用电(kWh)	23.3		2760	13860554	24		1476
	燃煤(吨标准煤)	21.1		3	13630.98	20		3
	沼气(m <sup>3</sup> )	7.3		240	315664.8			
	烧柴	3.5				10		

到 64%，北方省份建筑采暖面积将达到 98 亿平方米，建筑用能将达到 7700 万 kWh。同时，在全球气候变化的大背景下，随着极端天气频率的加大，我国南方省份能源消耗也将不断增加，降温能耗依然是南方地区的主要用能方式。

由于时间和经济有限，本次调查样本数量较少，未能覆盖我国全部省份，尤其是对我国农村地区的调查样本不足，会影响农村居民生活能耗的计算结果。但是，本研究仍然对摸清我国城镇及农村建筑使用能耗现状和制定节能减排政策具有一定的意义。到 2020 年，中国城镇人口将达到 9 亿。9 亿居民的能源消耗将是我国城镇化过程中面临的巨大挑战，本文数据可为估算我国未来居民能源消耗总量提供依据。本文还对不同能源的种类使用比例进行了调查，结果表明集中供热系统消耗了大量的煤炭资源。同时，随着家用电器种类的增加和普及，居民对电的需求量将越来越大。这些研究成果在制定节能减排政策中应该受到充分关注。

### 参考文献

[1] 中国国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计

出版社, 2012

- [2] 倪德良. 上海市建筑能耗之统计分析. 上海节能, 2007(5): 6-13
- [3] 孙立新, 闫增峰, 杨丽萍. 西安市公共建筑能耗现状调查与分析. 建筑科学, 2008, 24(6): 38-41
- [4] 周晓慧, 周孝清, 马俊丽. 广东省农村居住建筑能耗现状调查及节能潜力分析. 建筑科学, 2011, 27(2): 43-47
- [5] 梁传志. 夏热冬暖地区办公建筑能耗特性研究[D]. 天津: 天津大学, 2011
- [6] 吴祥生, 付祥钊, 谭平. 重庆市既有公共建筑能耗调查分析. 暖通空调, 2010(1): 8-13
- [7] 张源. 海南省城市居住建筑能耗数据调查研究. 西安: 西安建筑科技大学, 2013
- [8] 清华大学. 中国建筑节能年度发展报告 2008. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008
- [9] Zheng Xingye, Wei Chu, Qin Ping, et al. Characteristics of residential energy consumption in China: findings from a household survey. Energy Policy, 2014, 75: 126-135
- [10] 姜克隽, 贺晨旻, 王芬, 等. 中国低碳建筑情景和政策路线图研究[R/OL]. 北京: 能源基金会中国, 2014: <http://www.efchina.org/Reports-zh/reports-20140706-zh>