

文章编号: 1007-7588(2013)01-0115-10

城乡家庭直接能源消费和CO₂排放变化的分析与比较

李艳梅¹, 杨 涛²

(1. 北京工业大学循环经济研究院, 北京 100124; 2. 中国藏学研究中心社会经济研究所, 北京 100101)

摘 要: 中国正处在城市化的快速发展阶段, 家庭能源消费和CO₂排放不断增长。本文以1991年-2010年为样本期, 对城乡家庭直接能源消费和CO₂排放的变化特征和原因进行分析, 并对二者的差异进行比较。分析表明, 城镇和农村户均直接能源消费和CO₂排放以及总量变化, 都呈现出以1998年为拐点的先下降后上升特征。原因在于1998年之前, 直接能源消费强度下降与家庭规模缩小的节能减排效应大于消费水平提高的增能增排效应, 而1998年之后, 后者超过了前者。城镇和农村家庭直接能源消费结构变化促使户均直接能源消费CO₂排放增加, 原因在于电力的CO₂排放不断增加。城镇的户均直接能源消费和CO₂排放一直高于农村, 但差距正在缩小, 原因在于城镇直接能源消费强度下降、直接能源消费结构优化、家庭规模缩小所产生的节能减排效应逐步增大, 抵消了人均消费水平提高所产生的增能增排效应。

关键词: 城市化; 家庭直接能源消费; CO₂排放; 城乡比较; 分解

1 引言

随着城市化的发展, 城市逐渐替代农村成为人类生产和生活的主要集聚地。作为两种不同的承载人类生产和生活活动的空间载体, 城市和农村在能源消费总量和结构上有很大的区别。城市的基础设施扩张、非农产业发展以及生活水平提高等, 都会推动能源消费总量急剧增长和结构快速变化。而以化石燃料为主导的能源消费增长, 导致CO₂的排放量逐年增大。随着城市化的发展, 在能源消费和CO₂排放总量增长的同时, 各个最终需求部门的能源消费和CO₂排放也将发生不同的变化。其中, 尤以家庭部门的变化最为显著。中国正处在城市化的快速发展阶段, 1996年以来, 城市化水平年均增长1.2个百分点, 2010年达到50%。相应地, 城市能源消费需求也呈现出快速上升趋势, 其中家庭能源消费的增长显得尤为明显^[1], 成为能源消费和CO₂排放的重要增长点^[2]。

家庭能源消费和CO₂排放可以分为直接和间接两部分, 前者是指家庭用于炊事、照明、取暖等活动

而对能源商品的直接购买和消费及其所引起的CO₂排放; 后者是指家庭消费非能源商品和服务而间接消耗的能源及其所引起的CO₂排放^[3]。本文分析在中国城市化快速发展进程中, 家庭直接能源消费以及CO₂排放的增长趋势和原因, 并对城乡差异进行比较。而对家庭间接能源消费以及CO₂排放, 将另行撰文分析。

2 文献综述

发达国家已基本完成了城市化, 家庭部门成为仅次于工业部门的第二大能源消费主体。甚至在一些发达国家居民家庭能源消费已超过了工业部门^[4]。发展中国家的家庭能源消费也在随着城市化的发展而快速增长。相关研究表明, 家庭部门的能源消费和CO₂排放表现出三个特点: 一是家庭成为主要的用能和CO₂排放部门; 二是家庭用能和CO₂排放中间接能源需求所占比重较高^[5], 例如美国家庭用能和CO₂排放中, 间接能耗和CO₂排放占到60%以上^[6]; 三是家庭能源消费结构不断变化, 例如, 随着中国和印度两国城市化的推进, 家庭能源消费

收稿日期: 2012-08-06; 修订日期: 2012-10-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 71103012); 北京工业大学人文社科基金(编号: X5104001201201); 国家社科基金特别委托项目西藏项目(编号: XZ1213)。

作者简介: 李艳梅, 女, 内蒙古乌兰察布人, 博士, 副研究员, 主要从事能源经济和循环经济研究。E-mail: liyanmei@bjut.edu.cn

相应增加,消费结构随之发生变化:一是由直接燃烧煤炭和有机物快速转向使用电力、石油、天然气等较清洁的能源;二是诸如煮饭、照明等基本需求所消费的能源比例下降,而空调、冰箱等家用电器的能源消费比例上升;三是居民出行方式的变化大大增加了交通燃料需求^[7-8]。

长期以来,中国的能源消费主要集中在生产领域,研究的重点也集中于生产部门,而对家庭部门重视不足。20世纪90年代中期以来,中国城市化加速发展,家庭部门的能源消费日益增长,针对家庭能源消费与碳排放的相关研究逐渐增多。对家庭直接能源消费与碳排放的已有研究主要集中在三个方面:一是对家庭直接能源消费与碳排放的总量变化趋势进行分析,如张馨等分析了2000年-2007年城乡直接能源消费以及碳排放的变化趋势和特征,发现城镇和农村居民家庭的直接能耗和碳排放都呈上升趋势,并且城镇的增长速度快于农村,而且城乡居民之间的直接能耗和碳排放存在较大差别^[9];二是对家庭直接能源碳排放变化的影响因素进行分解,如查建平等对1996年-2007年中国直接能源碳排放变化的驱动因素进行了分解分析,发现中国直接能源碳排放呈U型趋势变动,拐点出现在2001年,原因在于居民消费水平因素的拉升作用力迅猛增长,而直接能源消费强度、直接能源碳排放强度等抑制因素的抑制作用力相对减弱^[10];三是对家庭直接能源和碳排放的城乡差异进行比较,如魏一鸣等分析了1999年-2002年中国城市和农村居民的生活方式对能源消费以及CO₂排放的直接和间接影响,发现城镇居民的直接生活用能明显高于农村居民^[11]。

上述文献虽然对中国家庭直接能源消费以及CO₂排放的总量变化趋势、因素分解、城乡差异等方面进行了分析,并得出非常有意义的结论。但是仍存在两点不足:一是分析的样本期较短,均未超过10年;二是对于城乡家庭直接能源消费及CO₂排放差异的影响因素及影响程度缺乏具体分析。在参考和借鉴上述已有研究基础上,本文将研究的样本期拓展至20年(1991年-2010年),以更加深入地分析城市化进程中家庭直接能源消费以及CO₂排放的变动规律。并构建因素分解模型,对城乡家庭直接

能源消费以及CO₂排放差异的影响因素及影响程度进行计量,以进一步揭示城市化对家庭直接能源消费以及CO₂排放的影响机理。

3 计算方法及模型

3.1 家庭直接能源消费的计算和分解

家庭直接能源消费总量可以通过《中国能源统计年鉴》获得,户均直接能源消费量通过如下公式计算:

$$DE_H = \frac{DE}{FH} \quad (1)$$

式中 DE_H 为户均直接能源消费量; DE 为直接能源消费总量; FH 为户数。

进一步地,户均直接能源消费还可以表示为如下公式:

$$\frac{DE}{FH} = \frac{DE}{HC} \times \frac{HC}{TP} \times \frac{TP}{FH} \quad (2)$$

式中 HC 为居民消费支出; TP 为总人口; $\frac{DE}{HC}$ 表示直接能源消费强度,即单位居民消费支出的直接能源消费量(借鉴能源强度的定义,即单位GDP的能源消费量,将单位居民消费支出的直接能源消费量,定义为直接能源消费强度),记为 DE_I ; $\frac{HC}{TP}$ 表示人均居民消费支出,表征消费水平,记为 HC_A ; $\frac{TP}{FH}$ 表示平均每户家庭的人口数,表征家庭规模,记为 TP_H 。

那么, t 时期户均直接能源消费量可以写为:

$$DE_H^t = DE_I^t \times HC_A^t \times TP_H^t \quad (3)$$

公式(3)表明, t 时期城镇或农村的户均直接能源消费量受到3个因素的影响:直接能源消费强度、家庭消费水平以及家庭规模。

则基期(0期)到计算期(1期)人均直接能源消费量的变化为:

$$\begin{aligned} \Delta DE_H &= DE_H^1 - DE_H^0 \\ &= DE_I^1 \times HC_A^1 \times TP_H^1 - DE_I^0 \times HC_A^0 \times TP_H^0 \quad (4) \\ &= C\Delta DE_I + C\Delta HC_A + C\Delta TP_H \end{aligned}$$

式中 $C\Delta DE_I$ 、 $C\Delta HC_A$ 和 $C\Delta TP_H$ 分别代表直接能源消费强度、家庭消费水平以及家庭规模对户均直接能源消费变化的贡献值。

根据“共同产生、平均分担”的原则^[12],来处理结构分解过程中的残余项,对公式(4)进行分解,则各

2013年1月

因素的贡献值分别为:

$$C\Delta DE_i = \Delta DE_i \times HC_A^0 \times TP_H^0 + \frac{1}{2}[(\Delta DE_i \times \Delta HC_A \times TP_H^0) + (\Delta DE_i \times HC_A^0 \times \Delta TP_H)] + \frac{1}{3}\Delta DE_i \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (5)$$

$$C\Delta HC_A = DE_i^0 \times \Delta HC_A \times TP_H^0 + \frac{1}{2}[(\Delta DE_i \times \Delta HC_A \times TP_H^0) + (DE_i^0 \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H)] + \frac{1}{3}\Delta DE_i \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (6)$$

$$C\Delta TP_H = DE_i^0 \times HC_A^0 \times \Delta TP_H + \frac{1}{2}[(DE_i^0 \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H) + (\Delta DE_i \times HC_A^0 \times \Delta TP_H)] + \frac{1}{3}\Delta DE_i \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (7)$$

3.2 家庭直接能源消费CO₂排放的计算和分解

直接能源消费CO₂排放的计算公式如下:

$$DC = \sum_{j=1}^n DC_j = \sum_{j=1}^n DE_j \times \delta_j \quad (8)$$

式中 DE_j 为第 j 种直接能源消费量,数据来源于历年的《中国能源统计年鉴》; δ_j 为第 j 种能源的CO₂排放系数,数据来源于IPCC2006^[13](如表1所示)。

根据IPCC给出的电力和热力的CO₂排放系数计算方法,以火力发电和热力各自消耗的其他能源产生的CO₂排放量除以电力(包括火电、水电、核电等)和热力生产量,来计算各自的CO₂排放系数^[14]。数据来源于历年的《中国能源统计年鉴》,计算结果如图1所示。可见20年来,热力的CO₂排放系数变化不大,而电力的CO₂排放系数不断下降。原因在于虽然热力和电力的能源投入结构都变化不大,一直以原煤为主,分别占到80%左右和90%

左右,但是电力的产出结构中,水电、核电和风电所占比不断提高,2010年已占到20%。

进一步地,直接能源消费CO₂排放还可以表示为如下公式^[10]:

$$DC = \sum_{j=1}^n DC_j = \sum_{j=1}^n DE_j \times \delta_j = \sum_{j=1}^n \frac{DE_j}{DE} \times \delta_j \times \frac{DE}{HC} \times \frac{HC}{TP} \times \frac{TP}{FH} \times FH \quad (9)$$

则户均直接能源消费CO₂排放可表示为如下公式:

$$\frac{DC}{FH} = \sum_{j=1}^n \frac{DE_j}{DE} \times \delta_j \times \frac{DE}{HC} \times \frac{HC}{TP} \times \frac{TP}{FH} \quad (10)$$

式中 $\frac{DC}{FH}$ 为户均直接能源消费CO₂排放量,记为 DC_H ; $\frac{DE_j}{DE}$ 为第 j 种直接能源消费量在直接能源消费总量中所占比重,表征直接能源消费结构,记为 DE_s ; δ_j 为第 j 种能源的CO₂排放系数;其余变量如同公式(2), $\frac{DE}{HC}$ 表示直接能源消费强度,记为 DE_i ; $\frac{HC}{TP}$ 表示人均居民消费支出,表征消费水平,记为 HC_A ; $\frac{TP}{FH}$ 表示平均每户家庭的人口数,表征家庭规模,记为 TP_H 。

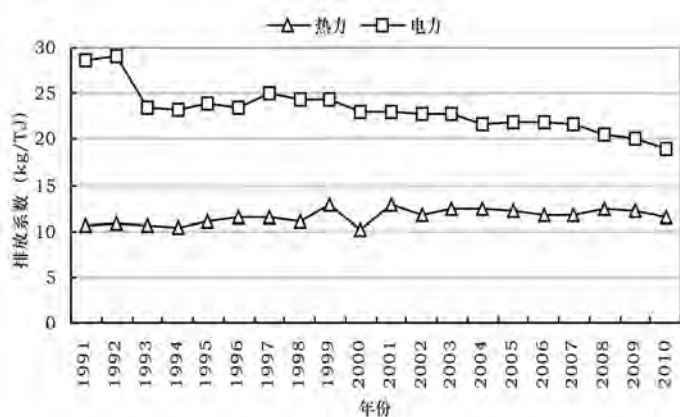


图1 1991年-2010年电力和热力的CO₂排放系数

Fig.1 CO₂ emissions coefficient of electricity and heat

表1 各类能源的CO₂排放系数

Table 1 CO₂ emissions coefficient of various types of energy

(kg/TJ)

	原煤	其他 洗煤	型煤	焦炭	焦炉 煤气	其他 煤气	汽油	煤油	柴油	液化 石油气	炼厂 干气	天然气
系数	9 4600	9 4600	9 7500	10 7000	4 4400	4 4400	7 0000	7 1900	7 4100	6 3100	5 7600	5 6100

资料来源:IPCC2006。

那么, t 时期家庭户均直接能源消费 CO_2 排放量可以写为:

$$DC_H^t = \sum_{j=1}^n DE_s^t \times \delta_j^t \times DE_l^t \times HC_A^t \times TP_H^t \quad (11)$$

公式(11)表明, 城镇或农村的户均直接能源消费 CO_2 排放量受到5个因素的影响: 直接能源消费结构; 能源的 CO_2 排放系数、直接能源消费强度、家庭消费水平以及家庭规模。

则基期(即0期)到计算期(1期)户均直接能源消费 CO_2 排放量的变化为:

$$\begin{aligned} \Delta DC_H &= DC_H^1 - DC_H^0 \\ &= \sum_{j=1}^n DE_s^1 \times \delta_j^1 \times DE_l^1 \times HC_A^1 \times TP_H^1 \\ &\quad - \sum_{j=1}^n DE_s^0 \times \delta_j^0 \times DE_l^0 \times HC_A^0 \times TP_H^0 \\ &= C\Delta DE_s + C\Delta \delta_j + C\Delta DE_l + C\Delta HC_A + C\Delta TP_H \end{aligned} \quad (12)$$

式中 $C\Delta DE_s$ 、 $C\Delta \delta_j$ 、 $C\Delta DE_l$ 、 $C\Delta HC_A$ 和 $C\Delta TP_H$ 分别代表直接能源消费结构、能源的 CO_2 排放系数、直接能源消费强度、家庭消费水平以及家庭规模对户均直接能源消费 CO_2 排放变化的贡献值。

同样根据“共同产生、平均分担”的原则, 来处理结构分解过程中的残余项, 对公式(12)进行分解, 则各因素的贡献值分别为¹⁾:

$$\begin{aligned} C\Delta DE_s &= \sum_{j=1}^n \Delta DE_s \times \delta_j^0 \times DE_l^0 \times HC_A^0 \times TP_H^0 + \\ &\quad \cdots + \frac{1}{5} \Delta DE_s \times \Delta \delta_j \Delta DE_l \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \end{aligned} \quad (13)$$

$$C\Delta \delta_j = \sum_{j=1}^n DE_s^0 \times \Delta \delta_j \times \Delta DE_l^0 \times HC_A^0 \times TP_H^0 + \cdots + \frac{1}{5} \Delta DE_s \times \Delta \delta_j \Delta DE_l \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (14)$$

$$C\Delta DE_l = \sum_{j=1}^n DE_s^0 \times \delta_j^0 \times \Delta DE_l \times HC_A^0 \times TP_H^0 + \cdots + \frac{1}{5} \Delta DE_s \times \Delta \delta_j \Delta DE_l \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (15)$$

$$C\Delta HC_A = \sum_{j=1}^n DE_s^0 \times \delta_j^0 \times DE_l^0 \times \Delta HC_A \times TP_H^0 + \cdots + \frac{1}{5} \Delta DE_s \times \Delta \delta_j \Delta DE_l \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (16)$$

$$C\Delta TP_H = \sum_{j=1}^n DE_s^0 \times \delta_j^0 \times DE_l^0 \times HC_A^0 \times \Delta TP_H + \cdots + \frac{1}{5} \Delta DE_s \times \Delta \delta_j \Delta DE_l \times \Delta HC_A \times \Delta TP_H \quad (17)$$

4 实证分析

运用上述计算方法和模型, 选择1991年-2010年作为样本期, 对城镇、农村家庭的直接能源消费和 CO_2 排放分别进行分析, 并进一步对城乡差异进行比较。相关数据来源于历年的《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国人口统计年鉴》以及《中国人口和就业统计年鉴》。

4.1 城乡家庭直接能源消费和 CO_2 排放变化及差异

从总量来看, 1998年之前, 城镇和农村家庭直接能源消费和 CO_2 排放总量呈波动下降的特征, 而1998年之后, 持续不断上升(图2)。1991年-1998年, 城镇家庭直接能源消费和 CO_2 排放总量分别下降25%和19%; 农村家庭直接能源消费和 CO_2 排放

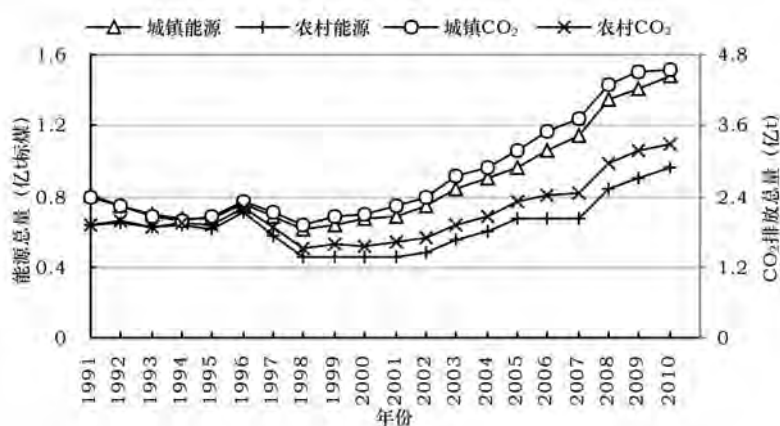


图2 1991年-2010年城镇和农村家庭直接能源消费和 CO_2 排放总量变化

Fig.2 Total direct energy consumption and CO_2 emissions changes of urban and rural household

1)因公式太长, 所以公式(13)-公式(17)中间部分省略。

2013年1月

总量分别下降30%和21%。1998年-2010年,城镇家庭直接能源消费和CO₂排放总量分别上升144%和136%;农村家庭直接能源消费和CO₂排放总量分别上升114%和117%,城镇一直高于农村。2010年,城镇家庭直接能源消费和CO₂排放总量分别是农村的1.5倍和1.4倍。

从户均来看,城镇和农村户均直接能源消费和CO₂排放变化也表现出以1998年为拐点的先下降后上升特征。并且城镇的户均直接能源消费和CO₂排放一直高于农村,但差距正在缩小。1991年,城镇户均直接能源消费和CO₂排放分别是农村的2.5倍和2.4倍。2010年,城镇户均直接能源消费和CO₂排放分别是农村的1.1倍和1.01倍(图3)。

从家庭直接能源消费的结构的变化看,城镇和农村的特征有所不同。城镇家庭消费结构变化巨大,从以原煤为主转变为以电力和天然气为主。具体来看,原煤所占比重大幅下降,1991年-2010年间下降了71%;而电力、天然气、热力、液化石油气、汽油所占的比重明显增长,分别上升了20%、17%、11%、8%和8%。尤其是1998年之前,结构变化迅速,原煤比重年均下降6%,1998年之后年均下降2%(如图4a所示)。

农村家庭消费结构变化也非常明显,原煤所占比重有所下降,但仍是主要能源,所占比重由1991年的92%下降到2010年的51%;电力所占比重上升了23%,成为仅次于原煤的农村家庭第二大直接能源消费品种;液化石油气、汽油等其他能源的比重也有所上升。1998年之前,结构变化速度较快,原煤比重年均下降2%,1998年之后年均下降1%(如图4b所示)。

4.2 城乡户均直接能源消费和CO₂排放变化原因

综上所述,城镇和农村户均和家

庭直接能源消费和CO₂排放总量的变化呈现出先下降后上升的U型变化特征,拐点出现在1998年。直接能源消费结构的变化呈现出不断变化的特征,但是1998年之前,变化速度较快,之后速度放缓。

为了进一步分析1998年前后,城镇和农村家庭直接能源消费和CO₂排放的变化原因,根据第3章构建的分解模型,分别对城镇和农村1991

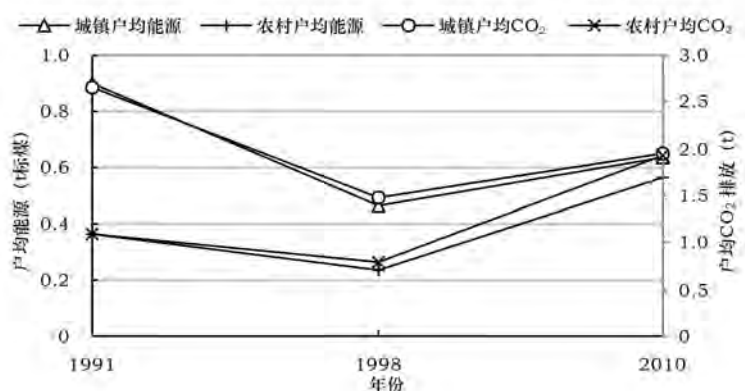


图3 1991年-2010年城镇和农村户均直接能源消费和CO₂排放变化

Fig.3 Direct energy consumption and CO₂ emissions changes of urban and rural per family

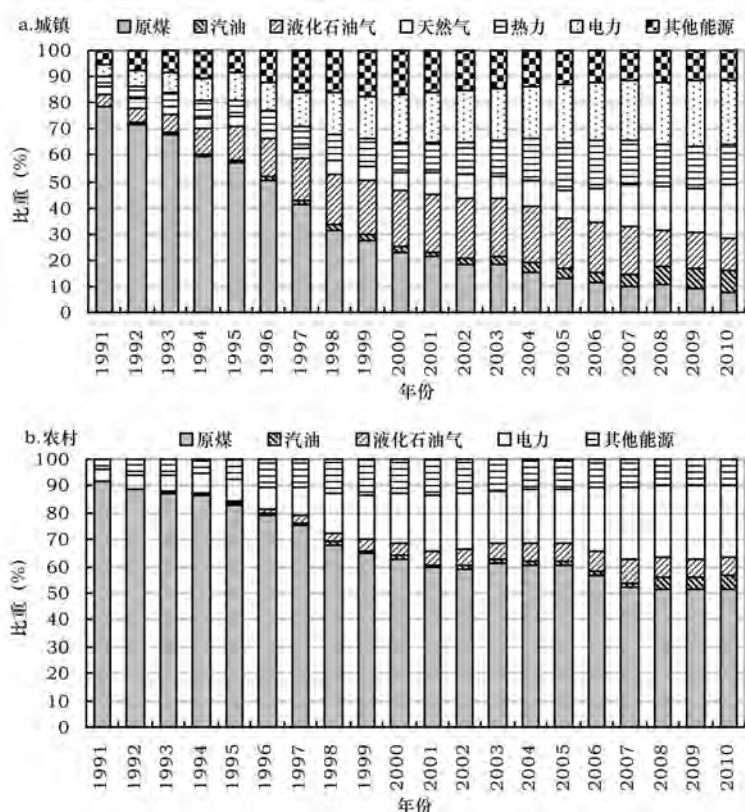


图4 1991年-2010年家庭直接能源消费结构变化

Fig.4 Changes of household direct energy consumption

年-1998年及1998年-2010年的户均直接能源消费和CO₂排放变化进行分解,结果如表2和表3所示。

从表2可以看出,3个影响因素中,直接能源消费强度变化和家庭规模变化是促使户均直接能源消费下降的原因,而人均消费水平变化是促使户均直接能源消费增加的原因。

从表3可看出,5个影响因素中,前3个因素对CO₂排放的影响方向和能源消费完全相同,即直接能源消费强度变化和家庭规模变化是促使户均直接能源消费CO₂排放下降的原因,而人均消费水平变化是促使户均直接能源消费CO₂排放增加原因。

后两个因素中,直接能源消费结构变化促使户均直接能源消费CO₂排放增加,而能源CO₂排放系数变化促使户均直接能源消费CO₂排放下降。虽然城镇和农村的能源消费结构中,原煤所占比重都大幅下降,产生了减排效应,但是电力、汽油、液化石油气等所占比重大幅上升,其增排效应抵消了原煤比重减少产生的减排效应。在城镇,天然气和热力所产生的CO₂排放量增长也非常迅速。1991年,城镇和农村各类直接能源消费CO₂排放中,原煤居首;1998年城镇电力CO₂排放超过原煤;2010年农村电力CO₂排放也超过了原煤(如图5所示)。

表2 城镇和农村户均直接能源消费量变化的原因

Table 2 Reasons of direct energy consumption changes of urban and rural per family (t标煤/户)

影响因素	城镇		农村	
	1991年-1998年	1998年-2010年	1991年-1998年	1998年-2010年
直接能源消费强度变化	-1.52	-0.32	-0.50	0.00
人均消费水平变化	1.17	0.56	0.41	0.37
家庭规模变化	-0.09	-0.06	-0.04	-0.03
合计	-0.44	0.17	-0.13	0.33

表3 城镇和农村户均直接能源消费CO₂变化的原因

Table 3 Reasons of CO₂ emissions changes of urban and rural per family (t/户)

影响因素	城镇		农村	
	1991年-1998年	1998年-2010年	1991年-1998年	1998年-2010年
直接能源消费强度变化	-4.71	-1.01	-1.63	0.00
人均消费水平变化	3.57	1.75	1.31	1.26
家庭规模变化	-0.26	-0.20	-0.13	-0.12
直接能源消费结构变化	0.32	0.12	0.19	0.15
能源CO ₂ 排放系数变化	-0.11	-0.19	-0.04	-0.14
合计	-1.19	0.47	-0.31	1.15

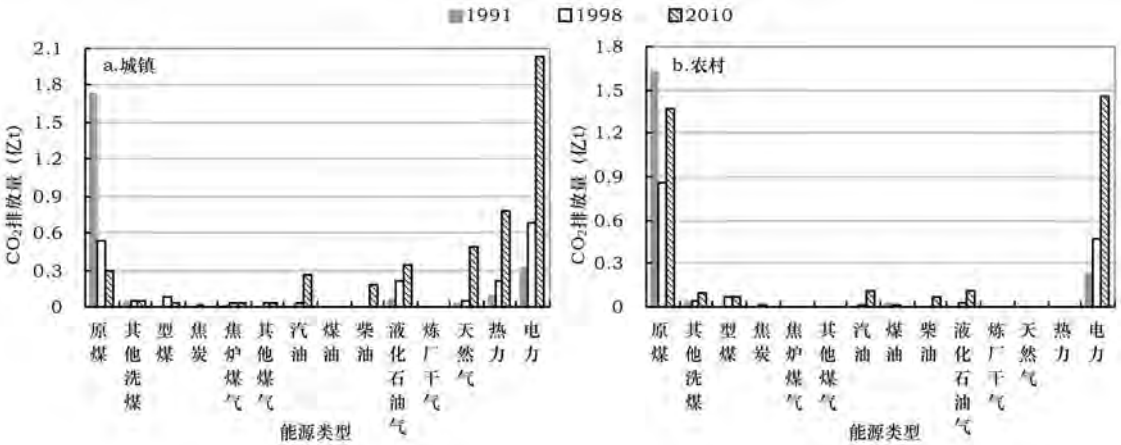


图5 各类能源的CO₂排放量比较

Fig.5 CO₂ emissions of various types of energy comparison

2013年1月

能源CO₂排放系数变化之所以促使户均直接能源消费CO₂排放下降,原因在于电力的CO₂排放系数不断下降,热力CO₂排放系数变化不大(如图1所示),而其他能源采用固定的CO₂排放系数。

综合来看,城镇和农村家庭直接能源消费和CO₂排放之所以出现以1998年为拐点的U型变化,原因主要在于直接能源消费强度变化的影响力减弱,1998年后未能超过人均消费水平上升所带来的促进作用,因此出现了户均直接能源消费量上升的局面。

直接能源消费强度的影响力之所以在1998年之后减弱,因为1991年-1998年,直接能源消费强度大幅下降,城镇和农村分别下降1.2t标煤/万元和1.0t标煤/万元;而在1998年-2010年,城镇的直接能源消费强度仅下降0.1t标煤/万元,而农村却没有改变(如图6所示),贡献值为0。可见,城市化进程中,随着生活水平的提高,首先无论是城镇还是农村,直接能源消费强度都会下降,即居民消费支出中,直接能源消费所占的比重减少,而其他的非能源商品和服务的消费比重增加;其次,直接能源消费强度下降的速率由快变慢,逐渐趋于稳定。

4.3 城乡户均直接能源消费和CO₂排放差异原因

城镇家庭的直接能源消费和CO₂排放一直高于农村,根据第3章节构建的分解模型,首先对1991年、1998年和2010年城镇和农村的户均直接能源消费和CO₂排放差异进行分解,结果如表4所示。

从表4可以看出,3个影响因素中,人均消费水平差异一直是促使城镇户均直接能源消费高于农村的因素,也就是说,城镇的户均直接能源消费之所以高于农村,主要原因是城镇的人均消费水平高

于农村。家庭规模的差异始终是促使城镇户均直接能源消费低于农村的因素,也就是说,因为城镇的家庭规模偏小,所以户均直接能源消耗更少。而直接能源消费强度差异的影响却出现了变化,在1991年的时候,是促使城镇高于农村的因素,而在1998年和2010年反而成为促使城镇低于农村的因素。1991年,城镇的直接能源消费强度(即单位居民消费支出的直接能源消费量)比农村高0.16t/万元;而在1998年和2010年,城镇的直接能源消费强度比农村低0.07和0.17t/万元。可见,城市化进程中,发展到一定程度以后,城镇的直接能源消费强度反而会比农村更低;而且与农村相比,城镇的直接能源消费强度下降速率更快,表明城镇的生活水平提高更快(如图6所示)。

这3个影响因素对城乡户均直接能源消费CO₂排放的影响方向也完全相同。另外2个因素中,由于城乡能源CO₂排放系数之间不存在差异,因此贡献值为0;导致城镇户均直接能源消费CO₂排放低于农村的原因在于城镇能源消费结构优于农村,尤其

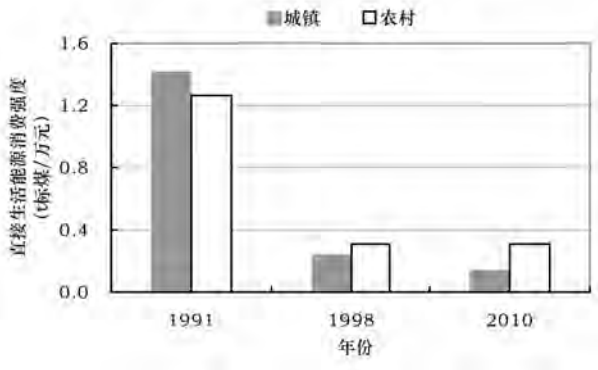


图6 直接能源消费强度变化

Fig.6 Changes of direct energy consumption intensity

表4 城乡户均直接能源消费和CO₂排放差异的原因

Table 4 Reasons of CO₂ emissions difference between urban and rural per family

影响因素	能源消费贡献值(t标煤/户)			CO ₂ 排放贡献值(t/户)		
	1991年	1998年	2010年	1991年	1998年	2010年
直接能源消费强度差异	0.08	-0.09	-0.55	0.23	-0.30	-1.78
人均消费水平差异	0.67	0.44	0.85	2.00	1.45	2.78
家庭规模差异	-0.21	-0.12	-0.23	-0.63	-0.37	-0.73
直接能源消费结构差异	—	—	—	-0.03	-0.08	-0.25
能源CO ₂ 排放系数差异	—	—	—	0.00	0.00	0.00
合计	0.54	0.23	0.07	1.57	0.69	0.02

是原煤所占比重较低。1991年、1998年和2010年,城镇直接能源消费结构中原煤所占比重,分别比农村少13%、37%和44%。可以想见,如果不是不断地优化能源结构,则城镇家庭直接能源消费产生的CO₂排放将更高于农村,能源结构的优化,部分地抵消了能源总量增加所带来的CO₂排放增加效应。

5 结论和讨论

5.1 结论

通过上述分析,得出如下结论:

(1)城镇和农村户均家庭直接能源消费和CO₂排放以及总量变化,均呈现出以1998年为拐点的先下降后上升特征。分解结果表明:无论是城镇还是农村,直接能源消费强度的下降和家庭规模的缩小都促使户均直接能源消费和CO₂排放减少;而消费水平的不断提高导致户均直接能源消费和CO₂排放增长。1998年之前,直接能源消费强度下降与家庭规模缩小的节能减排效应大于消费水平提高的增能增排效应,之后,消费水平提高的增能增排效应超过了直接能源消费强度下降与家庭规模缩小的节能减排效应,因此城镇和农村家庭直接能源消费和CO₂排放总量变化表现出U型变化特征。

(2)城镇和农村家庭直接能源消费结构不断变化,城镇从以原煤为主转变为以电力和天然气为主;农村从以原煤为主转变为以原煤和电力为主。分解结果显示,无论是城镇还是农村,直接能源消费结构的变化都是促使户均直接能源消费CO₂排放增加的因素,原因在于电力的CO₂排放不断增加,超过了原煤的CO₂排放。另外,电力CO₂排放系数的下降产生了一些减排效应,部分抵消了电力消费量增加所产生CO₂。但总体上来说,这2个因素对CO₂排放的影响程度较小,不足以改变其变化趋势。

(3)城镇家庭的直接能源消费和CO₂排放总量一直高于农村,并且差距不断扩大。城镇的户均直接能源消费和CO₂排放一直高于农村,但差距正在缩小。虽然户均差距在缩小,但是总量差距却在扩大,原因在于随着城市化的发展,城镇的家庭数量在增加,而农村的家庭数量在减少。

(4)对城乡户均直接能源消费和CO₂排放差异的原因进行分解,结果表明:城镇人均消费水平高于农村,一直是导致城镇户均直接能源消费和CO₂

排放高于农村的因素;城镇家庭规模小于农村,始终是促使城镇户均直接能源消费和CO₂排放低于农村的因素;而城镇直接能源消费强度起初高于农村,后来低于农村,因此其贡献值由正转负;直接能源消费结构差异成为导致城镇户均直接能源消费CO₂排放低于农村的因素,原因在于城镇的直接能源消费结构优于农村,尤其是原煤所占比重较低。总体来看,城镇和农村户均直接能源消费和CO₂排放差距不断缩小的原因,是由于城镇直接能源消费强度下降、直接能源消费结构优化、家庭规模缩小所产生的节能减排效应逐步增大,抵消了人均消费水平提高所产生的增能增排效应。

5.2 讨论

上述分析结论,对于探索城市化快速发展进程中,家庭节能减排途径和政策具有一定启示意义。

(1)1998年以来,不管城镇还是农村,户均家庭直接能源消费和CO₂排放都在上升。可见生活水平提高而导致的直接能源消费和CO₂排放增加,不仅仅发生在城镇,而且也发生在农村。在社会经济发展和城市化水平不断提高进程中,家庭生活水平提高,直接能源消费和CO₂排放必定会相应增加。节能减排的关键在于通过能源消费结构的优化等途径抵消生活水平提高所产生的增能增排效应。

(2)城乡户均直接能源消费和CO₂排放差异正在缩小。可见城市化水平提高,农村家庭迁移到城镇,并不必然会使户均直接能源消费和CO₂排放增加。城乡家庭直接能源消费和CO₂排放总量差异扩大的原因不在于户均消费的差异,而在于家庭数量的多寡。城市化进程中,大量的家庭从农村迁往城镇,导致城镇的家庭直接能源消费和CO₂排放总量迅速增长。

(3)单位居民消费支出的直接能源消费量(即直接能源消费强度),会随着生活水平的提高而下降。而且与农村相比,城镇的直接能源消费强度下降速率更快。说明家庭,尤其是城镇家庭的消费结构中,对能源商品的直接消耗所占的比重下降,而其他非能源商品和服务消费而间接消耗的能源比重上升。也就是说,在城市化发展进程中,家庭,尤其是城镇家庭的间接能源消费和CO₂排放增加更为明显。因此,家庭节能减排不能只关注直接能源消

2013年1月

费和CO₂排放,还要关注间接能源消费和CO₂排放。限于篇幅,本文只分析前者,对于后者的分析以及二者的比较,将另行撰文。

参考文献(References):

- [1] Shahid Yusuf, Tony Saich. China Urbanizes: Consequences, Strategies, and Policies[R]. Washington, D.C.: World Bank, 2008.
- [2] Dabo Guan, Klaus Hubacek, Christopher L. Weber, et al. The drivers of Chinese CO₂ emissions from 1980 to 2030[J]. *Global Environmental Change*, 2008, 18(4): 626-634.
- [3] 李艳梅,张雷. 中国居民间接生活能源消费的结构分解分析[J]. *资源科学*, 2008, 30(6): 890-895.
- [4] 陆莹莹,赵旭. 家庭能源消费研究述评[J]. *水电能源科学*, 2008, 26(1): 187-191.
- [5] Rixt Kok, René M.J. Benders, Henri C. Moll. Measuring the environmental load of household consumption using some methods based on input - output energy analysis: A comparison of methods and a discussion of results[J]. *Energy Policy*, 2006, 34(17): 2744-2761.
- [6] Shui Bin, Hadi Dowlatabadi. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO₂ emissions[J]. *Energy Policy*, 2005, (33): 197-208.
- [7] David F. Gates, Jason Z. Yin. Urbanization and Energy in China: Issues and Implications[A]. In: Aimin Chen, Gordon Liu and Kevin Zhang (Editor). *Urbanization and Social Welfare in China* [C]. Burlington VT: Ashgate Publishing, 2004.
- [8] Shonali Pachauri, Leiwen Jiang. The household energy transition in India and China[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(11): 4022-4035.
- [9] 张馨,牛叔文,赵春升,等. 中国城市化进程中的居民家庭能源消费及碳排放研究[J]. *中国软科学*, 2011, (9): 65-75.
- [10] 查建平,唐方方,傅浩. 中国直接生活能源碳排放因素分解模型与实证[J]. *山西财经大学学报*, 2010, 32(9): 9-15.
- [11] Yi Ming Wei, Lan Cui Liu, Ying Fan, et al. The impact of lifestyle on energy use and CO₂ emission: An empirical analysis of China's residents[J]. *Energy Policy*, 2007, (35): 247-257.
- [12] SUN J W. Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model[J]. *Energy Economics*, 1998, 20(1): 85-100.
- [13] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume[EB/OL]. http://www.ipcc.ch/ipcc_reports/Methodology-reports.htm, 2008-07-20/2012-08-06.
- [14] 宋德勇,徐安. 中国城镇碳排放的区域差异和影响因素[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(11): 8-14.

Comparison of Urban and Rural Household Direct Energy Consumption and CO₂ Emissions

LI Yanmei¹, YANG Tao²

(1. Institute of Recycling Economy, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Institute of Society and Economy, China Tibetology Research Center, Beijing 100101, China)

Abstract: China is in a stage of rapid development and household energy consumption and CO₂ emissions are growing. Here, we analyze the characteristics and causes of urban and rural household direct energy consumption and CO₂ emissions from 1991-2010. We found that urban and rural household direct energy consumption and CO₂ emissions per family, and totals in these, have been rising since 1998. The reason is that before 1998, the effects of declining direct energy consumption and family size were greater than energy increases and emissions growth. Urban household direct energy consumption and CO₂ emissions are higher than for rural households, but the gap is narrowing. The direct energy consumption of urban households and total CO₂ emissions are higher than in rural areas, and the gap is widening. With growing urbanization, the number of urban households is increasing and the number of households in rural areas is declining. Decomposition of urban and rural per household direct energy consumption and CO₂ emissions showed that the per capita consumption level is higher in urban than rural areas. The smaller scale of urban households has always meant that average direct energy consumption and CO₂ emissions are lower for urban households than for rural households. Direct energy consumption structural differences promote lower average urban household direct energy consumption CO₂ emissions than for rural households. This is because the direct energy consumption structure of urban areas is better than in rural areas, especially for lower raw coal proportion.

Key words: Urbanization; Household direct energy consumption; CO₂ emission; Comparison between urban and rural; Decomposition