

中国农村能源消费的碳排放核算

王长波¹, 张力小^{1*}, 栗广省²

(1. 北京师范大学环境学院水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875;
2. 中石化集团公司胜利分公司滨南采油厂, 滨州 256600)

摘要: 中国农村能源消费的碳排放问题目前较少受到关注。该文在梳理中国农村能源与国家总体能源之间构成关系的基础上, 系统核算了中国农村能源消费所引起的碳排放, 分析其总量及结构的变化趋势以及在国家碳排放总量中的地位。结果显示, 从 1979 至 2007 年, 中国农村能源消费的 CO₂ 排放已从 8.89 亿 t 增至 28.74 亿 t, 呈现快速增长的趋势, 其主要来源是农村地区的煤炭和电力等商品能源消费的增加。中国农村能源消费的 CO₂ 排放量在全国总排放中所占比重在 40%~60% 之间, 2002 年后虽有所下降, 但 2007 年仍达 40.99%。即使不考虑生物质能源的碳排放, 其比重也维持在 25%~48% 之间, 且总体上呈现倒 U 型的变化趋势 (峰值点出现在 2000 年, 比重为 47.40%)。因此, 农村地区的节能减排应成为国家节能减排工作的重要组成部分, 碳减排不能忽视农村贡献。

关键词: 农村, 能源利用, 生物质, 碳排放

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.z1.002

中图分类号: TK01+1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-Supp.1-0006-06

王长波, 张力小, 栗广省. 中国农村能源消费的碳排放核算[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 6-11.

Wang Changbo, Zhang Lixiao, Li Guangsheng. Carbon emission accounting from rural energy consumption in China [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(Supp.1): 6-11. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国正面临着前所未有的巨大 CO₂ 减排压力。根据二氧化碳信息分析中心 (carbon dioxide information analysis center, CDIAC) 的数据显示, 中国已经成为继美国之后的世界第二大 CO₂ 排放国, 而美国能源署 (energy information administration, EIA) 则预言中国在 2030 年之前将成为世界上最大的 CO₂ 排放国家^[1-2]。荷兰环境评估署 (NEAA) 甚至在 2007 年 6 月 19 日就已经宣布中国 2006 年的二氧化碳排放量已经超过了美国, 成为世界上碳排放量最大的国家^[3]。仅就能源消费排放而言, 国际能源署 (IEA) 的测算结果表明, 2007 年中国能源消费 CO₂ 排放量已达 60.39 亿 t^[4]。

中国是一个典型二元结构的国家, 这种结构不仅表现在经济发展上, 而且体现于城乡能源消费中, 如 2006 年中国 84% 的商品能源为城镇所消费^[5]。受此影响, 长期以来中国相关能源政策实施的重点多集中于城市, “十一五”期间我国节能减排的主战场也在城市。与此同时, 中国农村地区面积广阔、人口众多、可再生能源资源丰富, 但能源消费以煤炭和生物质为主且能源利用效率低

下, 因此有着巨大的节能减排潜力^[6]。同时, 由于一些农村能源消费项目数据 (如小煤矿、生物质等) 未包含在中国能源统计年鉴等统计资料中 (见图 1), 现有的国家碳排放核算结果未能准确地反应农村地区碳排放的真实情况^[7]。尽管已有学者对中国农村地区的温室气体和其他污染物质进行了不完全的核算^[8-11], 然而中国农村能源消费所引起的碳排放数量及其在国家总体排放格局中的比重仍然不明确, 农村节能减排潜力的核算以及相关战略的制定更无从谈起。

因此, 本文试图在梳理中国农村能源与国家总体能源构成关系的基础上, 整理农村能源消费的相关数据, 对 1979-2007 年中国农村地区能源消费引起的 CO₂ 排放量进行核算, 分析其历年总量、结构变化及其在我国总体排放格局中的地位。

1 数据与核算方法

1.1 数据来源

中国农村能源的相关数据是通过多层次、多渠道、多部门收集与整理起来的, 主要涉及国家统计局和农业部两个部门。国家统计局属于政府统计, 而农业部的统计工作属于部门统计, 这两个部门通过不同的方法获取不同方面的信息。农业部主要是通过其省级、县级甚至乡镇的多级能源办公室, 获得秸秆、沼气和小水电等可再生能源的数据, 而国家统计局则通过其分支机构每年进行的农村住户调查以及其他部门的数据报告 (包括农业部的能源统计数据) 整理相关农村能源消费数据。就农村能源消费数据而言, 两者数据统计既有重合之处, 也有不同之处。如图 1 所示, 国家统计局统计了中国农

收稿日期: 2010-12-31 修订日期: 2010-02-17

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40901293); 国家科技支撑项目 (2007BAC28B03)。

作者简介: 王长波 (1989-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 研究方向为能源系统分析。北京 北京师范大学环境学院 水环境模拟国家重点实验室, 100875。

*通信作者: 张力小 (1977-), 男, 山东临沂人, 博士, 主要研究方向为农村能源, 资源代谢以及生态热力学。北京 北京师范大学环境学院 水环境模拟国家重点实验室, 100875。Email: zhanglixiao@bnu.edu.cn

村部分商品能源的消费数据，但没有统计农村生产用能中的生物质能源以及农村小煤矿和小水电等能源消费情况。

1990 年以前，国家统计局农村社会经济调查司的农村住户调查没有包含任何有关农村能源使用的有用信息，官方能源平衡表上也不包括非商品能源。自 1990 年以后，该调查开始逐渐包含农村能源使用方面的信息。但是，自 2000 年以后，该调查不再包含生物质使用总量的信息，这部分数据主要采用农业部报送的统计数据^[12]。就农业部的统计工作而言，其早期的部门统计数据相对较为简单，主要是关于农村沼气建设的相关信息。自 1991 年以后，农业部开始通过国家统计局及其自身所掌握的数据，编制和报告中国农村能源的统计数据^[13-15]。在此之前，相关业务部门也做过一些特殊年份的农村能源数据调查，目前可以收集到的数据主要有 1979、1980、1984、1985、1987 以及 1990 等年份的数据。这些数据的统计口径基本一致，使建立较长时间序列的农村能源消费数据成为可能，也使针对农村能源消费碳排放的核算成为可能。关于农村能源的范围界定以及 1979—2007 年历年农村能源消费总量、结构研究成果等可参见文献^[6]。

为了核算农村能源消费碳排放量在中国的比重，本文还需要估算相应年份的国家碳排放总量，估算数据来源于中国统计年鉴^[16]。值得一提的是，无论是农村能源消费数据还是中国能源消费数据，都包含了大陆 31 个省、自治区以及直辖市的能源消费情况（未包括香港、澳门及台湾省等数据）。

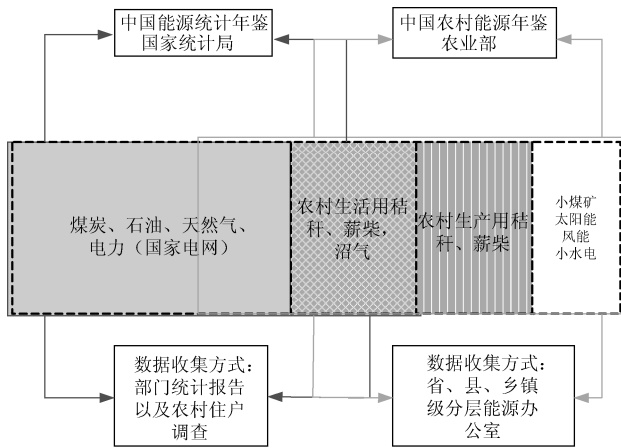


图 1 中国农村能源数据与国家能源数据比较

Fig.1 Comparison of statistic system of energy consumption in rural China

1.2 核算方法

本研究碳排放核算方法是基于政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 出版的《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》建立的框架体系^[17]，系数选取上尽量采用中国常用的数值。需要说明的是，为避免重复计算，生物质能源燃烧一般不计入国家和部门温室气体排放清单中，因为这部分碳排放已被计入因土地利用变化所带来的碳排放中^[18]。但是本研究所关注的是农村地区能源燃烧所产生的 CO₂ 排放量，因此生物质燃烧所产生的 CO₂ 排放

量应包含在计算结果中。

表 1 中列出了本研究所采用的相关碳排放系数。在核算电力消费所产生的 CO₂ 排放量时，本文假设农村电力消费中火电比重与国家火力发电比重一致，进而估算出农村电力消费所产生的 CO₂ 排放量（见图 2）。

表 1 各类能源的碳排放系数^[19-21]

能源类型	C 排放系数	CO ₂ 排放系数
煤炭	0.733 t(C)/tce	2.689 t(CO ₂)/tce
成品油	0.557 t(C)/tce	2.042 t(CO ₂)/tce
电力	2.213 t(C)/tce	8.115 t(CO ₂)/tce
天然气	0.443 t(C)/tce	1.624 t(CO ₂)/tce
焦炭	0.113 t(C)/tce	0.414 t(CO ₂)/tce
秸秆	0.340(C)/t	1.247 t(CO ₂)/t
薪柴	0.392(C)/t	1.436 t(CO ₂)/t
沼气	3.196(C)/10 ⁴ m ³	11.720 t(CO ₂)/10 ⁴ m ³

注：本文假定液化石油气的碳排放系数与天然气相同。

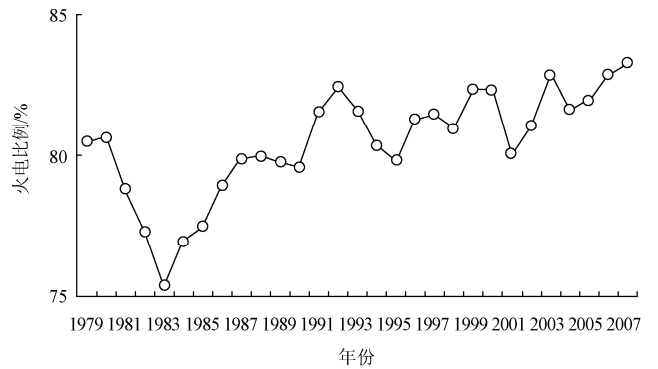


图 2 中国历年火力发电比例

Fig.2 Proportions of thermal power generation in China over years

2 结果分析

2.1 总体趋势变化

如图 3 所示，中国农村能源消费 CO₂ 排放总量呈不断增长的趋势，从 1979 年的 8.89 亿 t 增加到 2007 年的 28.74 亿 t，年均增速为 4.28%。与此同时，农村地区人均碳排放量以年均 4.59% 的速度增长，从 1.12t/人增至 3.95 t/人。从图 3 还可以看出，虽然中国农村地区碳排放总体趋势是上升的，但 1998 和 1999 两年却出现下降情况。这种 CO₂ 排放增长的“停滞”状况同样出现在全国碳排放总量的增长趋势中^[22-23]，这可能与能源强度下降以及工业企业的平均劳动生产率增长速度放缓等因素有关，也有一些学者认为这可能是由于统计数据的误差^[3]。

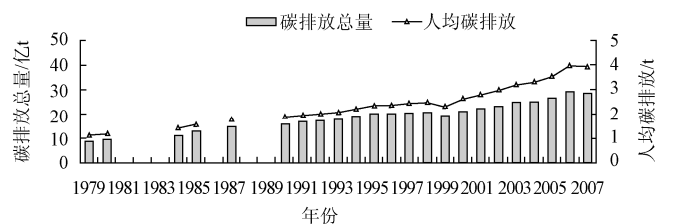


图 3 1979 - 2007 年我国农村地区碳排放总量和人均碳排放量
Fig.3 Total and per capita carbon emissions in rural China from 1979 to 2007

图4所示为农村生活用能的CO₂排放量以及生产用能的CO₂排放量。由图可见,虽然近些年其比重呈下降趋势,但生活能源消费一直是中国农村地区CO₂排放的主要驱动因素,2007年仍达53.15%。这主要是因为农村地区生活用能主要以煤炭和生物质能源等碳排放系数较高的能源为主,同时也说明中国农村地区的农业生产现代化以及农村工业化水平比较低。尽管如此,中国农村生活用能所引起的CO₂排放绝对量已经从1979年的7.06亿t增至2007年的15.28亿t。

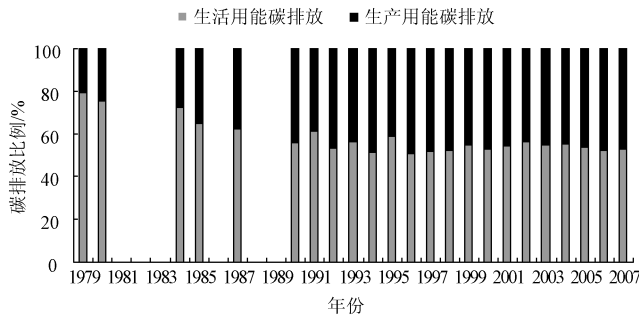


图4 1979-2007年中国农村地区生产和生活用能消费碳排放所占比例

Fig.4 Proportions of carbon emissions caused by energy for residential use and for production in rural China from 1979 to 2007

2.2 结构变化

中国农村能源消费正经历由传统的非商品能源向现代商品能源逐渐转型的过程^[24],这使得研究期内商品能源消费所产生的CO₂排放量不断增加,从2.94亿t增至20.36亿t。如图5所示,1979年中国农村能源消费CO₂排放量,煤炭所占比例为17.58%,成品油为3.28%,电力为12.18%,但2007年,三者所占比例分别为37.58%、5.66%和23.98%,年均增速分别为7.15%、6.33%和6.83%。

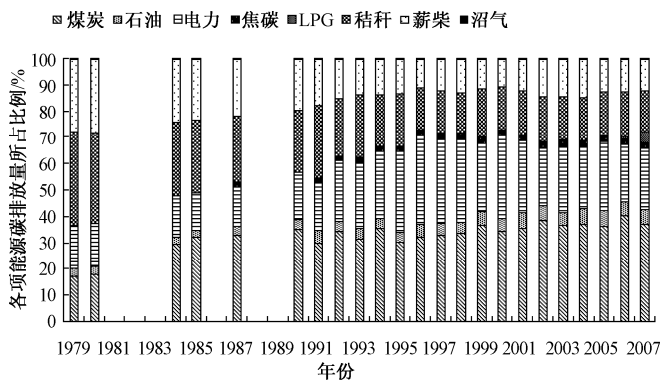


图5 1979-2007年各类能源消费产生的碳排放量

Fig.5 CO₂ emission structure by energy types in rural China from 1979 to 2007

图6给出了1979至2007年中国农村商品能源消费量及CO₂排放总量的趋势图,可以看到两者的变化情形具有较大的相似性。经计算,两者的相关系数达0.99,相关性很高。而煤炭和电力是商品能源碳排放的主要组成部分,2007年两者在商品能源碳排放中的比重达86.87%。需要注意的是,虽然中国农村地区能源消费中

生物质能源的比重已经从70.79%降至30.95%^[6],但2007年生物质能源CO₂排放量仍达8.37亿t,占农村地区碳排放总量的29.14%。主要原因是生物质能源的利用方式以直接燃烧为主,利用效率很低^[25]。

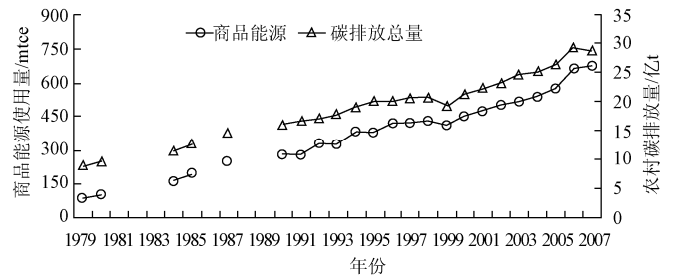


图6 农村商品能源消费与碳排放总量变化趋势

Fig.6 Commercial energy consumption and total carbon emissions in rural China

2.3 农村能源碳排放与全国总排放的比较

表2为本研究核算的全国能源消费的CO₂排放量,以及文献上查到的相关年份核算结果,核算结果中均不包含农村生物质能源燃烧所产生的CO₂排放量。从表2中可见,本研究的核算结果基本和已发表相关年份的结果一致,细微的差别可能是由于数据来源与排放系数的选取不同。

表2 中国CO₂排放计算结果比较

Table 2 Comparison of energy related CO₂ emissions estimations in China

年份	本研究结果	徐国全 ^[26]	胡初枝 ^[19]	IEA(部门方法) ^[4]	IEA(参考方法) ^[4]	USEPA ^[27]
1979	13.74	—	—	—	—	—
1980	14.53	—	14.85	14.05	14.89	14.6
1984	17.54	—	—	—	—	17.39
1985	18.56	—	18.96	17.05	17.95	18.74
1987	21.03	—	—	—	—	21.21
1990	23.88	24.45	24.38	22.11	23.71	22.93
1991	25.17	—	25.59	—	—	24.01
1992	26.43	—	26.63	—	—	24.75
1993	27.94	—	28.39	—	—	26.41
1994	29.46	—	29.96	—	—	28.56
1995	31.35	32.14	32.09	29.86	29.58	29.03
1996	33.39	34.19	33.9	—	—	29.37
1997	32.66	33.39	33.54	—	—	31.33
1998	30.99	31.76	31.69	—	—	30.29
1999	31.47	31.16	31.5	—	—	29.92
2000	32.3	31	33.07	30.38	30.55	29.67
2001	32.92	31.72	33.84	—	—	31.08
2002	34.92	34.86	35.76	—	—	34.41
2003	40.8	40.72	41.95	—	—	40.17
2004	47.23	46.94	48.22	45.46	46.57	48.47
2005	52.34	—	53.12	50.58	51.26	54.29
2006	57.35	—	—	56.04	56.78	60.18
2007	61.74	—	—	60.28	60.39	—

注: IEA, International energy agency, 国际能源署; USEPA, United States Environmental Protection Agency, 美国环保局

从国家 CO₂ 排放总量看，如果不考虑生物质能源消费的碳排放量，1979 年全国碳排放总量为 13.74 亿 t，而 2007 年为 61.74 亿 t；若将生物质碳排放纳入核算结果，则全国碳排放量将分别为 19.69 亿 t 和 70.11 亿 t。将农村能源消费所排的 CO₂ 量放入国家层面进行比较，不难发现，若不考虑生物质碳排放的贡献，1979—2007 年中国农村碳排放在全国的比重由 21.37% 增至 32.99%（见图 7a），且呈现一定的倒 U 型的变化过程，峰值出现在 2000 年，峰值为 47.40%，其后虽有波动但总体呈下降趋势。尽管未考虑生物质能源，但由于部分农村商品能源数据的缺失，农村碳排放的实际比例可能要比计算结果稍高。

若将生物质能源纳入考虑，情况则完全不同。由图 7b 可见，考虑生物质能源后，我国农村地区碳排放比重长期处于较高的水平，在 45.13%~56.31% 之间波动，2007 年为 40.99%。但无论是否考虑生物质能源，农村碳排放比重在本世纪初都开始出现下降的趋势。这与农村地区商品能源使用效率的提高有关，但更重要的原因是农村地区能源消费发展落后于全国水平，尤其是农村地区商品能源消费增长速度远远低于城市水平^[5]。

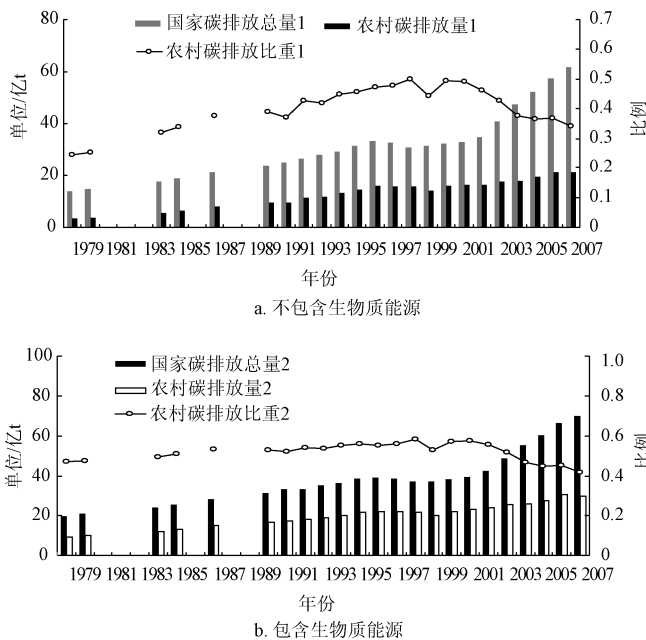


图 7 农村碳排放比重

Fig.7 Proportions of rural total emissions to national total emissions with (b) or without (a) considering contributions of biomass energy from 1979 to 2007

3 讨论

3.1 农村地区碳排放总量大

由前文分析可知，中国农村能源消费的 CO₂ 排放量已经从 1979 年的 8.89 亿 t 增至 2007 年的 28.74 亿 t。而随着商品能源逐渐成为农村地区的主要能源品种，其消费所产生的 CO₂ 排放量也迅速增加，2007 年已达 20.36 亿 t，占农村能源消费总排放量的 70.86%。商品能源已成为农村地区碳排放的主要来源，尤以煤炭和电力排放为主。同时，农村地区大量生物质能源直接燃烧也是 CO₂

的重要排放源，尽管 2007 年其比重已降至 29.14%。

中国农村能源消费的 CO₂ 排放量在全国总排放中所占比重为 40%~60% 之间，2002 年后虽有所下降，但 2007 年仍达 40.99%。即使不考虑生物质能源的碳排放，其比重也维持在 25%~48% 之间，且总体上呈现倒 U 型的变化趋势（峰值点出现在 2000 年，比重为 47.40%）。因此，农村地区的节能减排应成为国家节能减排工作的重要组成部分，碳减排也不能忽视农村贡献。

3.2 生物质能源燃烧的 CO₂ 排放核算存在争议

为避免重复计算，生物质能源燃烧一般不计入国家和部门温室气体排放清单中，因为这部分碳排放已被计入因土地利用变化所带来的碳排放中。但是如果精确考虑，土地利用类型的变化对 CO₂ 排放的影响是有很大的区别的，比如将森林转化为农业用地和工业用地就会造成不同的排放结果。本研究对是否考虑生物质能源碳排放这两种情况都做了考虑，虽然不影响本文的主要结论，但生物质能源燃烧所引起的碳排放应成为能源部门信息完备不可缺少的一部分。

除此之外，一些学者也认为生物质能源不能被视为绝对的零排放^[28]，生物质能源的碳减排潜力取决于生物质种类以及土地利用方式的共同影响。只有生物质能源的生长过程所捕获的碳大于利用其所排放的碳时，该种生物质能源才可以被视为碳中立（carbon neutral）。

3.3 农村地区的碳减排潜力未得到充分开发

在政策制定层面上，我国一直将城市地区作为重点，而农村地区往往会被轻视。长期以来农村环境问题一直未得到重视，针对农村的节能减排政策较少。从本研究的结果可以看出，农村能源消费是国家温室气体排放的重要来源，农村地区的碳减排潜力还有待开发。农村地区节能减排，同样需要提目标、针对具体领域、提出相应的措施。一般而言，控制碳排放量有三种途径，即减少能耗、调整能源结构以及提高能源利用效率。农村经济正快速发展，不可能减少能源消费数量，而调整能源结构又受落后的经济水平、资源条件以及其他社会经济因素所限^[28-30]，因此提高能源利用效率将成为农村地区节能减排的首要措施。

3.4 农村地区节能减排研究亟待深入

由于数据获取难度大，农村能源消费及其引发的 CO₂ 排放一直是研究的难点。历年中国能源统计年鉴虽然对农村生活用能进行了统计，但是却未单独统计农村生产用能。另外，中国能源统计年鉴也未能很好地反映农村地区小水电和小煤矿等能源的使用情况。而农业部和国家统计局的数据统计口径也有差别，这些都使获得准确的农村能源消费数据变得很困难，因此本研究的核算结果可能存在一些误差。

此外，农村将是我国可再生能源发展的主战场，但可再生能源往往是低品质能源，需要通过一定的工程技术、投入一定的高品质能源，使其品质得到提高，比如生物质的成型、汽化、发电等。从表面看，这些加工转换后的可再生能源成为利用效率高、排放系数低的高品

质能源,是目前需要大力推广的一种节能减排措施。但从生产过程的资源投入及其碳足迹的角度看,生物质转化过程本身却未必是清洁的,因为在生物质转化过程中必须投入石油和电力等商品能源^[31]。

总之,相比较城市地区或者行业领域,农村地区的节能减排策略、可再生资源真实潜力、可再生能源转化过程以及农村能源政策体系等方面的研究亟待深入。

4. 结论

通过本研究,我们不难发现中国农村能源消费引起的碳排放不断增加,从1979年的8.89亿t增至2007年的28.74亿t,其在全国总排放中所占比重维持在40%~60%之间。即使不考虑生物质能源的碳排放,其比重也维持在25%~48%之间,且总体上呈现倒U型的变化趋势(峰值点出现在2000年,比重为47.40%)。随着商品能源逐渐成为农村地区的主要能源品种,由农村能源消费所产生的CO₂排放量将会迅速增加,农村地区的节能减排应成为国家节能减排工作的重要组成部分,碳减排不能忽视农村贡献。

[参 考 文 献]

- [1] Cdiac. National CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751—2005[R]. 2006, Carbon Dioxide Information Analysis Center.
- [2] Eia. International Energy Outlook 2007[R]. Washington, DC, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.
- [3] Ma C B, Stern D I. Biomass and China's carbon emissions: A missing piece of carbon decomposition[J]. Energy Policy, 2008, 36(7): 2517—2526.
- [4] Iea. CO₂ Emissions from Fuel Combustion[R], 2009 edition. Paris: OECD/IEA.
- [5] Dhakal S. Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications[J]. Energy Policy, 2009, 37(11): 4208—4219.
- [6] 张力小, 胡秋红, 王长波. 中国农村能源消费的时空分布特征及其政策演变[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 1—9. Zhang Lixiao, Hu QiuHong, Wang Changbo. Rural energy in China: Pattern and policy[J]. Transactions of the CSAE, 2006, (12): 1—9. (in Chinese with English abstract)
- [7] Malhotra P. Rural energy data sources and estimations in India: a meeting convened jointly by the energy and resources institute and PESD, 2002[EB/OL]. Available from: http://pesd.stanford.edu/events/rural_energy_transitions/.
- [8] Jin Y L, Ma X, Chen X N, et al. Exposure to indoor air pollution from household energy use in rural China: the interactions of technology, behavior, and knowledge in health risk management[J]. Social Science and Medicine, 2006, 62(12): 3161—3176.
- [9] Tonooka Y, Mu H L, Ning Y D, et al. Energy consumption in residential house and emissions inventory of GHGs, air pollutants in China[J]. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2003, 1(1): 1—8.
- [10] Wei Y M, Liu L C, Fan Y, et al. The impact of lifestyle on energy use and CO₂ Emission: an empirical analysis of China's residents[J]. Energy policy, 2007, 35(1): 247—257.
- [11] 王效华, 冯祯民. 中国农村生物质能源消费及其对环境的影响[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(1): 108—110. Wang Xiaohua, Feng Zhenmin. Biofuel use and its environmental problems in rural areas of China[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2004, 27(1): 108—110. (in Chinese with English abstract)
- [12] Jiang L, O'Neill B C. The energy transition in rural China[J]. Int. J. Global Energy Issues, 2004, 21: Nos. 1/2, 2—26.
- [13] 中国农村能源年鉴编辑委员会. 中国农村能源年鉴 1997[M]. 北京: 农业出版社, 1998.
- [14] 中国农村能源年鉴编辑委员会. 1998—1999 中国农村能源年鉴[M]. 北京: 农业出版社, 2001.
- [15] 农业部科技教育司. 2000/2008 中国农村能源年鉴[M]. 北京: 农业出版社, 2009.
- [16] 国家统计局. 中国统计年鉴 2008[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [17] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R], 2006.
- [18] 国家发展和改革委员会. 中华人民共和国气候变化初始国家信息通报[M]. 北京: 中国计划出版社, 2004.
- [19] 胡初枝, 黄贤金, 钟大洋, 等. 中国碳排放特征及其动态演进分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 38—42. Hu Chuzhi, Huang Xianjin, Zhong Taiyang, et al. Character of carbon emission in China and its dynamic development analysis[J]. China Population, Resource and Environment, 2008, 18(3): 38—42. (in Chinese with English abstract)
- [20] 王革华. 农村能源建设对减排 SO₂ 和 CO₂ 贡献分析方法[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 169—172. Wang Gehua. Analysis is method on reducing emission of SO₂ and CO₂ by rural energy constuction[J]. Transactions of the CSAE, 1999, 15(1): 169—172. (in Chinese with English abstract)
- [21] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告——探索中国特色的低碳道路[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [22] Wu L B, Kaneko S, Matsuoka S. Driving forces behind the stagnancy of China's energy-related CO₂ emissions from 1996 to 1999: the relative importance of structural change, intensity change and scale change[J]. Energy Policy, 2005, 33(3): 319—335.
- [23] Wei Y M, Fan Y, Han Z Y, et al. China energy report (2006): strategy and policy research. Beijing: Science Press, 2006.
- [24] Zhang L X, Yang Z F, Chen B et al. Rural energy in China: Pattern and policy[J]. Renewable Energy, 2009, 34(12): 2813—2823.
- [25] Sinton J E, Fridley D G. Comments on recent energy statistics from China, 2003. Available from: http://china.lbl.gov/publications/sinton-fridley_sinosphere-oct03.pdf.
- [26] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放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(6): 158—161. Xu Guoquan, Liu Zeyuan, Jiang Zhaohua. Decomposition

- model and empirical study of carbon emissions for China, 1995—2004[J]. *China Population, Resource and Environment*, 2006, 16(6): 158—161. (in Chinese with English abstract)
- [27] USEPA. *International Energy Annual 2006*; Energy Information Administration: 2008[EB/OL]. Available from: <http://www.eia.doe.gov/iea/>.
- [28] Timothy D S, Steven P H, Jerry M, et al. Fixing a critical climate accounting error[J]. *Science*, 2009, 326(10): 527—528.
- [29] Jiang L W, Brian CO. The energy transition in rural China[J]. *Int. J. Global Energy Issues*. 2004, 21(1/2): 2—26.
- [30] Chen L, Nico H, Marrit B. Energy consumption in rural China: A household model for three villages in Jiangxi Province[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(2): 407—420.
- [31] Yang Q, Chen B, Ji X, et al. Exergetic evaluation of corn-ethanol production in China[J]. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2009, 14(5): 2450—2461.

Carbon emission accounting from rural energy consumption in China

Wang Changbo¹, Zhang Lixiao^{1*}, Li Guangsheng²

(1. *State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*; 2. *Binnan Oil Recovery Factory of Shengli Branch of Sinopec Group, Binzhou 256600, China*)

Abstract: Rural energy related carbon emissions have not been considered sufficiently so far. Based on the interpretation of relationship between rural energy system and the national energy system, the carbon emission associated with rural energy consumption was calculated and analyzed with regard to their historical variances of total amount, structure and proportion of national energy related emission. The results showed that the CO₂ emissions in rural China have constantly increased from 8.89×10^8 tons in 1979 to 28.74×10^8 tons in 2007. Commercial energy has become the dominant force of CO₂ emissions in rural China, most of which is mainly derived from the consumption of coal and electricity. The proportion of carbon emissions from rural areas to nationwide has maintained a great high proportion from 40%-60%, declined since 2002 but still up to 40.99% in 2007. Even though the carbon emission from biomass consumption was excluded, the proportion was still 25%-48%, and underwent an inverted U-curve trend, with a peak at 47.40% in 2000. Therefore, measures of energy-saving and emission-reduction in rural areas should be incorporated into the overall national strategy and the carbon contribution of rural energy should not be ignored.

Key words: rural areas, energy utilization, biomass, carbon emissions