

渭河下游不同类型区农户生活用能排放差异研究

朱虹颖, 吴文恒, 杨新军, 张敬斌

(西北大学城市与环境学院, 西安 710127)

摘要:不同类型农村地区具有不同的能源消费取向,其造成的用能排放也呈明显的区域差异。研究农户生活用能排放分异,对深刻认识区域发展状况、制定合理的区域用能和环境管理政策具有重要意义。本文选取渭河下游临渭区为研究区,通过问卷调查与访谈方式获取基础数据,采用排放系数法测算平原地区、黄土台塬、秦岭山地的农户生活用能排放,利用灰色关联法识别用能排放差异的影响因素,结果发现:①不同类型地区农户生活用能排放差异显著。沼气比例较大的黄土台塬用能排放最低(1850.43 kg),薪柴为主的秦岭山地用能排放最高(2556.68 kg),多元化用能的平原地区排放居中(1863.20 kg)。②生活用能主要污染物CO₂的排放量由平原向台塬、山区依次升高;其余污染物排放量高低,三类地区并无固定顺序:TSP排放秦岭山地居高,固体废弃物排放平原地区居多,这与各类地区主导用能类型相关。③影响用能排放差异的根本原因是区域能源供应能力,亦与区域环境影响下农户特征差异有关,依次为农户年龄结构、文化程度、家庭经济水平和职业结构。

关键词:农户生活用能;排放差异;碳排放;沼气;渭河下游

1 引言

中国作为能源消费大国和最大的排放国之一,能源消费污染物排放研究对实现可持续发展具有现实意义。中国农村人口众多,随着生活质量的提高,农户对生活能源的需求和消费不断增加,农村生活用能日益成为能源消费的重要组成部分。但由于地域辽阔,区域自然环境、经济环境和生产生活方式等不同,农村家庭生活用能习惯迥异,能源的供应能力、可获取程度、选择偏好差异较大,很难形成统一的用能模式,从而产生了不同人地关系下区域生活能源消费结构与污染物排放差异。充分认识和理解不同类型区域背景下农村生活用能污染物排放差异,探讨其影响因素,可为处理好农村经济发展、能源消费和环境保护的关系提供帮助,为区域合理用能、节能减排、环境管理提供政策设计的依据。

以CO₂为主的温室气体排放导致全球气候变

暖已被世界所公认(Kessel, 2000; 王铮等, 2008; Akorede et al, 2012),而生活用能排放是其重要来源之一。研究发现,中国城乡居民能源消费碳排放量在逐年增长(冯玲等, 2011; 张馨等, 2011; 王萍等, 2013)。1979-2007年,农村生活用能CO₂排放已从7.06亿t增至15.28亿t,2007年中国农村地区CO₂排放量的53.15%来自生活能源消费(王长波等, 2011)。收入增加和生活方式改变是影响农户生活用能CO₂排放的两个关键因素(Liang et al, 2013),开封市的实证研究也表明生活方式对家庭采暖碳排放有显著影响(张艳, 2013)。煤炭和电力消费则是CO₂排放的主要来源,用能商品化导致碳排放呈现显著的增加趋势(陈冲影等, 2012)。另有学者认为,农户生活用能碳排放主要来自秸秆、薪柴等传统生物质能源的利用,其次来自于商品能源消费(Chen et al, 2011)。此外,用能碳排放的区域差异也很明显,北方地区的CO₂排放显著较高(Zhang et al, 2014)。

收稿日期:2014-08;修订日期:2015-01。

基金项目:国家自然科学基金项目(41101555);陕西高校人文社会科学青年英才支持计划项目(HSSTP);陕西省自然科学基金研究计划项目(2010JQ5006)。

作者简介:朱虹颖(1990-),女,四川达州人,硕士研究生,研究方向为能源资源与区域可持续发展,E-mail: 834248639@qq.com。

通讯作者:吴文恒(1977-),男,江苏邳州人,博士,副教授,主要从事人口与资源环境研究,E-mail: wuw@nwu.edu.cn。

引用格式:朱虹颖, 吴文恒, 杨新军, 等. 2015. 渭河下游不同类型区农户生活用能排放差异研究[J]. 地理科学进展, 34(2): 141-150. [Zhu H Y, Wu W H, Yang X J, et al. 2015. Emission disparity of rural household energy consumption in different types of areas in the lower reach of the Weihe River[J]. Progress in Geography, 34(2): 141-150.]. DOI: 10.11820/dlkxjz.2015.02.003

整体上看,农村能源消费产生的有害物包括大气污染物和固体废弃物。其中,固体废弃物主要来自直接燃烧煤炭及蜂窝煤,由于得不到处理而随意堆弃在农村居民点内部和邻近地点,造成较大的环境污染。大气污染物包括温室气体和总悬浮颗粒物(TSP),TSP是指粒径小于100 μm 的悬浮颗粒物,其中可吸入颗粒物能造成严重室内污染,对以家务劳动为主的家庭妇女和在室内生活时间较长的老人及儿童健康造成较大伤害;温室气体除 CO_2 外影响较大的还有甲烷(CH_4)、氮氧化物(NO_x)、氧化亚氮(N_2O)、二氧化硫(SO_2)等(图1)。对生活用能其他污染物排放,国内外学者们的研究主要集中于排放量估算(Wang et al, 2004; Abu-Madi et al, 2013)、排放地区差异(曹国良等, 2005)、影响因素(虞江萍等, 2008)、引发的环境问题(马丽等, 2009)以及节能减排(师华定等, 2010; 牛云翥等, 2013)等方面。

从已有研究来看,学者们多集中于时间尺度上农村生活用能排放量和排放趋势的研究,缺乏从空间角度对不同地区生活用能排放的中、宏观认识,更鲜见学者研究生活用能排放差异的影响因素,难以为农村能源低排放消费模式提供合理的分区指导,以及为国家、地方进一步制定适合的农村生活能源管理政策提供科学依据。基于此,本文拟选取渭河下游临渭区为研究区,探讨不同类型地区农户生活用能的排放差异。该区地势南高北低,呈阶梯状分布,渭河自西向东从中部穿过,渭河以北为平原地区,以南为黄土台塬和秦岭山地,三地自然环境和经济水平各异,农户生产生活条件不一,研究此区域的用能排放差异具有一定的典型性。

2 研究区域概况

渭河下游西起咸阳,流经西安市、渭南市,东至潼关注入黄河,是陕西经济发展核心地带,对全省乃至西部地区经济发展发挥着支撑和带动作用,同时也是生态环境比较脆弱的区域。其中,临

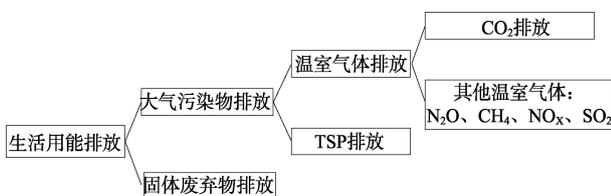


图1 生活用能排放类型

Fig.1 Types of emission from household energy consumption

渭区为渭南市市辖区,地处关中平原东部,位于 $34^{\circ}14'18'' \sim 34^{\circ}47'54''\text{N}$ 、 $109^{\circ}22'54'' \sim 109^{\circ}45'52''\text{E}$ 之间,总面积1221 km^2 。属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,冬季寒冷干燥,夏季炎热多伏旱,由于境内地形不同,气候南北差异大。年平均气温13.6 $^{\circ}\text{C}$,年平均降水量555.8 mm,年平均日照2276.4 h。土地资源丰富,有林地面积26.32万 hm^2 ,森林覆盖率达15.9%,天然草场14.8万 hm^2 ,耕地面积54.61万 hm^2 ,其中有效灌溉面积34.4万 hm^2 。该区辖6个街道、16个镇、54个居委会、484个行政村,2012年全区常住人口88.78万,地区生产总值180.52 $\times 10^8$ 元,人均GDP 22820元,城镇居民人均可支配收入为23280元,农民人均纯收入为6887元(陕西省统计局等, 2013; 渭南市人民政府, 2013)。平原地区占全区总面积的69.9%,地势平坦,海拔330 m左右,相对较低,道路覆盖全面,交通便利,人均耕地多,灌溉条件好,农业生产条件优越。黄土台塬地区占全区总面积22.0%,东南高,西北低,海拔较高,为600 m左右,对外交通不便,人均耕地较多,旱作农业发达,但灌溉困难。丘陵山区占全区总面积8.10%,背靠秦岭,海拔高,约900~2400 m,交通条件差,人均耕地少,农业机械化耕作困难。

3 研究方法 with 数据来源

3.1 研究方法

3.1.1 污染物排放测算方法

由于目前中国没有能源消耗污染物排放的直接监测数据,因此大部分测算研究都是基于能源消耗量估算污染物的排放量(张馨等, 2011; 舒娱琴, 2012),即排放系数法(曾静静, 2012)。排放系数法主要源于《2006年IPCC温室气体排放清单指南》中基于燃料的碳排放量部门计算方法,排放因子可用于所有相关的直接温室气体。其计算原理是用农户的生活能源消耗量乘以相应的排放系数,见式(1)。

$$E_{qj} = \sum_{i=1}^n c_{qi} \times e_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (1)$$

式中: E_{qj} 为 q 农户第 j 种污染物的排放量, c_{qi} 为 q 农户第 i 种生活能源的消耗量, e_{ij} 为第 i 种能源第 j 种污染物的排放系数, i 和 j 分别为能源种类和污染物种类。

则 q 农户所有污染物排放总量 E_{qT} 为:

$$E_{qT} = \sum_{j=1}^m qj \quad (j=1,2,\dots,m) \quad (2)$$

参考相关文献(林而达等, 1998; Zhang et al, 2001; Bond et al, 2004; 虞江萍等, 2008; 牛云翥等, 2013), 参照图 1 用能排放类型, 确定 7 种用能污染物, 排放因子如表 1。

3.1.2 灰色关联分析法

灰色关联分析方法, 是一种用灰色关联度顺序描述因素间关系的强弱、大小、次序的方法, 是通过灰色关联度分析和确定系统因素间的影响程度或因素对系统主行为的贡献测度的一种方法(刘思峰等, 2004)。

(1) 确定参考序列和比较序列

按灰色系统理论要求, 首先确定参考序列和比较序列。

$$X_0(K) = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\} \quad (3)$$

$$X_i(K) = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\} \quad (4)$$

其中, 式(3)为参考序列, 式(4)为比较序列; i 为比较序列个数, $i=1, 2, \dots, m$; K 为观测值数, $K=1, 2, \dots, n$ 。

(2) 数据标准化处理

数据标准化处理后对应新的参考序列 $X'_0(K)$, 比较序列 $X'_i(K)$ ($i=1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, n$)。

$$X'_0(K) = \frac{X_0(K)}{X_0(1)}, \quad X'_i(K) = \frac{X_i(K)}{X_i(1)} \quad (5)$$

(3) 计算关联度

灰色关联度计算公式如下:

$$R_{0i} = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N \frac{\text{Min}_i \text{Min}_K |X'_0(K) - X'_i(K)| + \rho \text{Max}_i \text{Max}_K |X'_0(K) - X'_i(K)|}{|X'_0(K) - X'_i(K)| + \rho \text{Max}_i \text{Max}_K |X'_0(K) - X'_i(K)|} \quad (6)$$

式中: ρ 为介于 $[0, 1]$ 区间上的灰数, 一般取 $\rho=0.5$ (邓聚龙, 1985)。 R_{0i} 值越大则表示比较序列 $X_i(K)$ 对参考序列 $X_0(K)$ 的影响程度越大。

3.2 数据来源

本文以农户为样本单元, 随机入户问卷调查, 并对信息掌握较多、交流能力较好的部分农户进行深度访谈, 获取用能基础数据。调查区域涵盖临渭区 3 个地形区, 6 个乡镇, 11 个行政村, 包括位于平原地区的北七村、大李村、李新村, 黄土台塬地区的三联村、段村, 秦岭北麓山区的桥南村、枣树庵村、寺峪口村、簸箕王村、庙后村、天刘村。共调查问卷 240 份, 有效问卷 232 份, 其中平原地区 80 份, 黄土台塬 59 份, 秦岭山区 93 份。调查内容包括家庭成员基本资料, 农业生产情况, 农户生计方式, 家庭经济水平, 生活用能类型、数量与用途、用能器具等, 每份问卷调查时间平均约 20 min。多次利用电子弹簧秤、杆秤等对农户一天或数天消耗的能源如薪柴、秸秆进行实际称重、测算, 利用电价和电费折算生活用电总量, 该区玉米芯全部用于生活能源, 故用禾草比折算玉米芯使用量。为与排放系数单位 (kg/kgce) 一致, 将各种能源消耗量统一折算为千克标准煤 (kgce), 折算系数参照中国能源统计年鉴公

表 1 部分生活能源污染物排放系数

Tab.1 Pollutant discharge coefficients of different types of household energy

项目	CO ₂ /(kg/kgce)	N ₂ O/(g/kgce)	CH ₄ /(g/kgce)	NO _x /(g/kgce)	SO ₂ /(g/kgce)	TSP/(g/kgce)	固体废物/(kg/kgce)
秸秆	2.357	0.136	6.200	2.439	1.002	14.178	*
薪柴	2.515	0.141	3.625	1.226	1.103	10.508	*
玉米芯	2.357	0.136	6.200	2.439	1.002	14.178	*
蜂窝煤	2.857	0.044	0.029	2.633	26.331	1.821	0.382
煤炭	2.772	0.044	4.008	2.633	26.331	1.821	0.532
电能	3.900	0.057	5.723	2.116	25.793	2.548	*
液化气	1.849	0.003	0.029	1.371	0.0004	*	*
沼气	1.600	0.003	0.029	0.941	0.882	*	*

注: *表示忽略不计。蜂窝煤在制作过程中掺入了黏土, 产生较多的固体废物, 本文通过实际称重获取发现, 平均一块蜂窝煤燃烧后将残留 0.26 kg 固体废物。煤炭燃烧的固体废物通过公式计算而得: 燃煤固体废物总量=煤炭消费量×平均灰分+平均含碳量×未氧化率。

表 2 部分生活能源折算标准煤系数

Tab.2 Standard coal coefficients of different types of household energy

项目	秸秆	薪柴	玉米芯	蜂窝煤	煤炭	电能	沼气	液化气
折标煤系数	0.529	0.571	0.500	0.68	0.714	0.123	0.714	1.714
折算单位	kgce/kg	kgce/kg	kgce/kg	kgce/块	kgce/kg	kgce/度	kgce/m ³	kgce/kg

布的折算标准煤系数(表2)(国家统计局, 2011)。各类型区调研农户样本数据的基本情况见表3, 将其中一些特征指标与该区统计数据进行比较, 吻合度较高, 证实了问卷的可信度。

通过整理调研数据, 各类型区人均生活用能情况及其统计分析见表4。从人均用能可以看出, 整个区域生活能源以薪柴为主, 三类地区薪柴使用量均位列第一。秦岭山地因背靠秦岭, 薪柴资源丰富, 除此之外其他能源利用较少。黄土台塬除薪柴之外, 由于国家支持的沼气工程在该区推广效果好而沼气使用较多; 平原和山区由于认识与管理、缺乏沼源、地形限制等多种因素影响, 推广效果不佳; 此外, 台塬地区部分被调查者为规模养猪户, 耗电量较大, 使得其电能消耗在三类地区中最高。平原地区交通方便, 能源供给便利, 蜂窝煤、煤炭、液化

气等商品能源利用量均位于各类型地区之首, 用能更显商品化和多元化。从用能的变异系数可以看出, 平原地区蜂窝煤、煤炭、液化气的变异系数在各类型区中最小, 说明商品能源采用较普遍; 台塬地区为秸秆、电能与沼气, 其利用状况较稳定; 秦岭山地则为薪柴和玉米芯, 传统生物质能源利用居多。因此三类地区可以代表不同的生活用能类型: 平原地区代表了市场经济引领下商品能源使用较多的类型, 台塬地区代表了政策引导下新型(清洁)能源使用较多的类型, 秦岭山地代表了资源环境影响下传统生活能源使用占主导的类型。

4 研究结果

4.1 排放现状

4.1.1 人均温室气体排放

(1) CO₂排放

各类型区人均CO₂排放差异显著(表5)。从人均排放总量上看, CO₂排放呈阶梯状, 由高至低分别为秦岭山地、黄土台塬、平原地区, 这与各类型区生活用能结构差异及能源利用的有效热能有关。秦岭山地用能结构比较单一, 绝大部分使用生物质能源, 利用方式粗放, 农户普遍使用低效率的传统炉灶, 使得秸秆、薪柴等生物质能源热效更低, 为满足生活所需的有效热能, 势必需要更大的能源消费量, 故山区人均用能高于平原和台塬地区, CO₂排放量也最高。黄土台塬薪柴和秸秆的CO₂排放量

表3 各类型区农户样本基本情况

Tab.3 Characteristics of the household survey samples in different types of areas

特征指标	平原地区	黄土台塬	秦岭山地	临渭区
调研样本比重/%	34.48	25.43	40.09	100
平均年龄	44.24	44.83	45.96	45.06
文化程度	2.83	2.57	2.34	2.57
户均人口	4.10	4.08	4.24	4.15
人均收入/元	7608.23	6075.52	5856.80	6508.08
人均耕地/hm ²	0.107	0.093	0.053	0.083
人均用能支出/元	393.10	280.21	215.39	295.71

注: 文化程度按五分法赋值, 即初小赋值1、小学赋值2、初中赋值3、高中赋值4、大学及以上赋值5; 其他数据为原始调查数据均值。

表4 各类型区人均用能情况统计分析

Tab.4 Statistical analysis results of per capita household energy use in different types of areas

特征指标	地区	秸秆	薪柴	玉米芯	蜂窝煤	煤炭	电能	沼气	液化气
最小值 /kgce	平原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40	0.00	0.00
	台塬	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.76	0.00	0.00
	山地	0.00	214.13	0.00	0.00	0.00	7.38	0.00	0.00
最大值 /kgce	平原	595.13	1713.00	255.00	272.00	952.00	177.10	83.80	68.56
	台塬	529.00	1713.00	153.00	204.00	357.00	110.70	301.60	51.40
	山地	1428.30	2569.50	89.30	226.67	178.50	147.60	209.50	43.40
标准差 /kgce	平原	88.95	438.39	61.79	65.14	153.75	29.71	14.03	9.08
	台塬	120.62	336.81	30.11	55.50	42.99	23.38	95.60	14.09
	山地	209.05	489.62	19.59	53.92	54.87	43.85	38.36	9.88
均值 /kgce	平原	16.95	388.19	63.82	62.81	87.87	41.90	3.49	10.19
	台塬	50.03	457.33	36.23	39.00	15.08	47.31	68.51	7.26
	山地	58.07	812.60	26.52	25.32	10.07	38.91	12.41	4.67
变异系数	平原	5.25	1.13	0.97	1.04	1.75	0.71	4.02	0.89
	台塬	2.41	0.74	0.83	1.42	2.85	0.49	1.40	1.94
	山地	3.60	0.60	0.74	2.13	5.45	1.13	3.09	2.12

表5 各类型区人均CO₂排放量/kg

Tab.5 Per capita CO₂ emission in different types of areas/kg

项目	秸秆	薪柴	玉米芯	蜂窝煤	煤炭	电能	沼气	液化气	总量
平原地区	39.95	976.30	150.42	179.45	243.58	163.41	5.58	18.85	1777.54
黄土台塬	117.91	1150.19	85.40	111.44	41.80	184.50	109.62	13.41	1814.27
秦岭山地	136.87	2043.69	62.51	72.34	27.90	151.76	19.86	8.63	2523.56
临渭区	96.99	1440.47	100.04	120.76	109.86	163.85	36.16	13.50	2081.64

比平原地区高,但煤炭和蜂窝煤CO₂排放低,并且相对清洁的沼气使用量大,综合因素使得其CO₂排放量稍高于平原地区。

从各类型能源的排放量来看,由于薪柴是整个区域农户最主要的生活能源,故其CO₂排放量最高,远高于排放居第二位的能源类型,尤其是山地农户对薪柴的依赖性非常强,其排放量是平原地区的2.09倍,黄土台塬的1.78倍。此外电能的CO₂排放也较高,在台塬和山地仅次于薪柴。沼气和液化气的CO₂排放最低,可见两者是相对清洁的生活能源。平原地区煤炭和蜂窝煤的使用量在三类地区中最多,故其化石能源的CO₂排放量最高。

(2) 其他温室气体排放

其他温室气体人均排放情况如图2。排放总量由高至低依次为:平原地区(9.32 kg)、秦岭山地(8.20 kg)、黄土台塬(7.00 kg)。就各种污染物而言,由于CH₄与SO₂排放系数较大致使其排放量明显高于N₂O和NO_x,比如煤炭的SO₂排放系数高达26.331 g/kgce,而N₂O仅为0.044 g/kgce。就各类型区而言,煤炭使用量最大的平原地区SO₂排放量居高;秦岭山地因薪柴、秸秆等生物质能源消费最多,其CH₄排放最高;台塬地区煤炭和生物质能源的使用量居中,故CH₄和SO₂排放差异较小;对于N₂O和NO_x的排放,由高至低依次为秦岭山地、平原地区、黄土

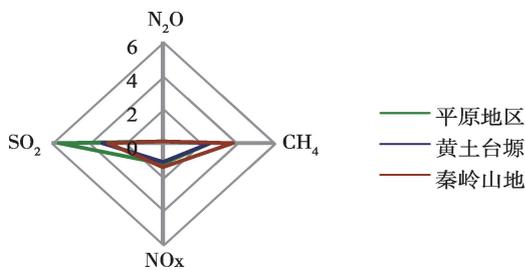


图2 各类型区人均其他温室气体排放状况图/kg
Fig.2 Per capita emission of other greenhouse gases in different types of areas/kg

台塬。

4.1.2 人均TSP排放

由图3可知,薪柴是整个区域TSP排放的主要来源,达到排放总量的78.64%,其他能源TSP排放较少。各类型区TSP排放以薪柴使用非常多的秦岭山地居高,山地、台塬、平原依次为9.9、6.25、5.61 kg。

4.1.3 人均固体废弃物排放

平原、台塬、山地人均每年燃煤固体废弃物产生量分别为70.74、22.92、15.03 kg,平原地区排放是台塬地区的3.09倍,秦岭山地的4.71倍。煤炭和蜂窝煤的使用量直接影响固体废弃物排放,故平原地区排放量最大。

4.1.4 人均用能排放总体状况

各类型地区生活用能排放的总体状况,本文用“人均用能排放总量”来表示,它是指大气污染物及固体废弃物排放的总和^①(表6)。

由表6可知,山地农户用能排放总量最高,温室气体和TSP排放远超过其他两地,仅固体废弃物排放量最低,可见秦岭山地生活用能排放对环境的影响最大。就平原和台塬地区而言,平原地区温室气体和TSP排放量低于台塬,但是固体废弃物排放量过多,导致用能排放总量稍高。该结果反映各类型区用能排放差异受到其主导用能类型的影响。

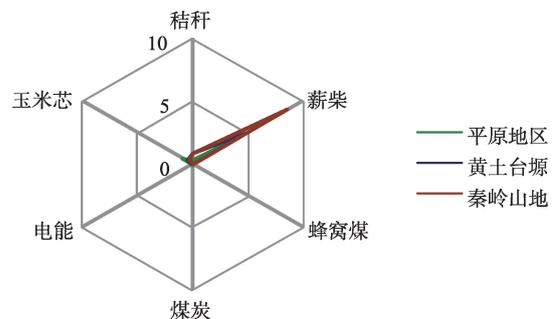


图3 各类型区人均TSP排放量/kg
Fig.3 Per capita TSP emission in different types of areas/kg

①气态和固态的属性虽有所不同,但此处单位均为kg,故将其相加表示人均用能排放总体状况。

4.2 用能排放差异的影响因素

不同类型地区用能排放差异源自于不同的用能结构,而对用能结构的影响,既有区域环境影响下整体的人群年龄、收入、教育水平等农户特征方面的因素,亦与区域能源供应能力相关,后者更是起到基础性影响作用。从能源供应能力来说,平原地区可以更容易获取电力、液化气等高级能源,对生物质能源利用较少;山区居民由于能源供应基础设施较差,因而较多选择生物质能源。能源供应能力是导致地区能源消费结构差异的根本原因,而农户特征因素则在区域发展条件差异的基础上,呈现出不同的整体态势并直接作用于用能排放。由于数据获取的限制,本文着重关注不同发展条件影响下区域农户特征差异对用能排放的影响。

根据问卷调查数据可获得性,结合实际情况,选取家庭经济水平、职业结构、文化程度和年龄结构四个指标来识别不同类型区农户特征差异对用能排放的影响。把各类型区农户人均用能排放量/kg作为参考序列,以人均收入/(元/年)、人均耕地/hm²、就近务工人口比重/%、初中以上人口比重/%、老年人口比重/%为比较序列。根据式(3)-(6),求得关联度如表7,并对其进行排序。

(1) 年龄结构。由表7可知年龄结构是4个指标中对能源消耗排放差异影响最大的因素(关联度

表6 各类型区人均生活用能排放总量/kg

Tab.6 Total emission of per capita household energy use in different types of areas/kg

项目	大气污染物排放		固体废弃物排放	排放总量
	温室气体排放	TSP排放		
平原地区	1786.85	5.61	70.74	1863.20
黄土台塬	1821.26	6.25	22.92	1850.43
秦岭山地	2531.75	9.90	15.03	2556.68

表7 农户生活用能污染物排放与用能主体差异的关联度

Tab.7 Correlation between pollutant discharge from household energy use and household characteristics

一级指标	二级指标	关联度	排序
家庭经济水平	人均收入	0.7359	3
	人均耕地	0.7314	4
职业结构	就近务工人口比重	0.6488	5
文化程度	初中以上人口比重	0.7526	2
年龄结构	老年人口比重	0.7964	1

为0.7964)。各类型区调研样本的年龄结构状况经整理如表8所示^②,可以看出,常住人口中老年人口比重在三类地区中差异较大,平原地区最低而秦岭山地最高。调查发现,农村地区存在较多的空巢老人和留守儿童,年轻人则外出务工,这种情况在秦岭山区尤为突出。该区基础设施落后,农业不发达,生活水平较低,年轻劳动力迫于生计外出务工,常住人口老年人比重最高。这类群体生活习惯和思维方式都比较守旧,接受新事物、新思想的能力弱,在商品化、市场化高速发展的今天,他们大部分依然保持着几十年固有的用能习惯,加之老人大都非常节俭,经济水平低下导致对用能的支出愈发有限,故对薪柴、秸秆等生物质能源使用非常多,对煤炭、液化气这类需要现金购买的能源使用量很少。此外,该区农户靠近山地,薪柴的可获得性强,使用量大,用能结构比较传统。而生物质能源的排放系数普遍较高,过多使用必然会造成较大的排放量。再者,老年人冬季取暖时间也较年轻人长,在温度相对低的秦岭山地取暖也需要更多能源,自然导致污染物排放的增加。因此老年人口比重最高的秦岭山地是整个区域用能排放量最高的地区。

(2) 文化程度。文化程度初中以上的人口比重与用能排放的关联度为0.7526,排在第二位。从各类型区常住人口文化程度状况(图4)可以看出,黄土

表8 3类地区常住人口年龄结构

Tab.8 Age structure of permanent residents in three regions in the lower reach of the Weihe River

年龄段	平原地区/%	黄土台塬/%	秦岭山地/%
青年人(<39岁)	33.06	28.57	30.45
中年人(40~59岁)	44.08	40.37	34.96
老年人(>60岁)	22.86	31.06	34.59

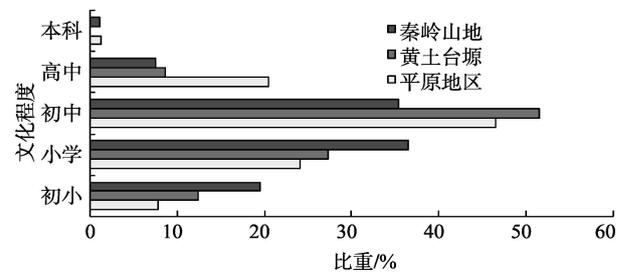


图4 3类地区常住人口文化程度状况图

Fig.4 Educational background of permanent residents in three regions in the lower reach of the Weihe River

②根据联合国世界卫生组织提出的年龄分段标准,结合该区域年龄结构情况,认为39岁以下为青年人,40~59岁为中年人,60岁以上为老年人。

台塬和平原地区初中人口比重最大,秦岭山地小学人口比重最大。就文化程度在初中以上的而言,平原地区比重最高(68.16%),其次是台塬(60.25%),最后是山地(43.98%)。已有研究发现(梁育填等,2012),相对于高等教育与中等教育,仅受过低等教育的农户,其生物质能源的使用比例偏高。由于其排放系数普遍较高且热效低,大量使用会使排放量增高,故文化程度最低的秦岭山地排放最高。

(3) 家庭经济水平。家庭经济水平对用能排放的影响主要反映在人均收入和人均耕地上,关联度分别为0.7359、0.7314。人均耕地多,农业生产条件好,人均收入和家庭经济水平也越高,对生活质量的要求相应提高,能源消费趋向于清洁、便捷的商品能源。平原地区海拔低,地势平坦,人均耕地多且耕地质量好,农业发达,交通便利,人均收入最高,用能支出也最大,对商品能源利用较多。黄土台塬地区旱作农业发达,人均耕地相对较多,但灌溉不便,耕地质量一般,人均收入和用能支出居中。秦岭山区因背靠秦岭,退耕还林政策使得人均耕地减少,地形起伏使得耕地质量较差,对外交通落后使该地相对闭塞,生产生活条件差,人均收入少,用能支出最少。此外,经济水平较高的家庭住房条件也较好,厨房相对现代化,对能源的卫生性有一定要求,生物质能源使用量也不断减少。由于商品能源热效较高,因此商品能源利用较多的平原农户能源消耗总量小,加之商品能源排放系数与传统能源相近,故排放量也相应减少。

(4) 职业结构。就近务工人员比重与用能排放的关联度(0.6488)反映了职业结构对用能排放的影响。近十几年来,农村剩余劳动力流入城镇务工已非常普遍,调查中也发现,临渭区就近务工的农业人口较多,他们多在附近地区打零工以贴补家用,

只有农忙时务农,每天可以回家,属于农村常住人口。但平原、台塬、山地的就近务工人员比重差异较大,依次为25.71%、16.77%、7.52%。平原地区地势平坦,国道、省道、县道纵横,乡村公路覆盖全面,交通非常便利,与外界联系密切,有较好的就业机会,故常住人口中就近务工人员比重最高。秦岭山地海拔高,靠近山区,农业发展的自然条件先天不足,农户外出务工也十分普遍。但与平原地区不同,由于交通条件差,与外界联系不便,附近就业机会少,大多数人选择远距离离家务工,因此秦岭山地常住人口中就近务工人员比重最小。黄土台塬地区交通条件一般,与外界的联系不如平原地区多,就业机会较少,就近务工人员相应减少;此外,台塬地区的农耕传统使当地有饲养家畜的习惯,加之沼气利用较为普遍,因此家畜和沼气管理这两项耗时耗力的事务禁锢了部分人的外出,使得就近务工人员不及平原地区多。就近务工农户闲暇时间减少,对生活能源的便捷性要求提高,故电能、液化气等利用较多。由于热效比生物质能源高,因此商品能源消费比例增加会使家庭能源消耗总量减小,故用能排放也随之减少。

总体来说,在用能排放差异的影响因素中,区域发展条件起着基础性作用,能源供应能力和可获得性是根本原因;直接影响因素包括区域环境影响下农户的年龄结构、文化程度、家庭经济水平和职业结构等。区域和农户层面的因素共同影响了用能排放结果,如图5所示。

5 结论与讨论

5.1 结论

(1) 不同类型地区农户生活用能排放差异显

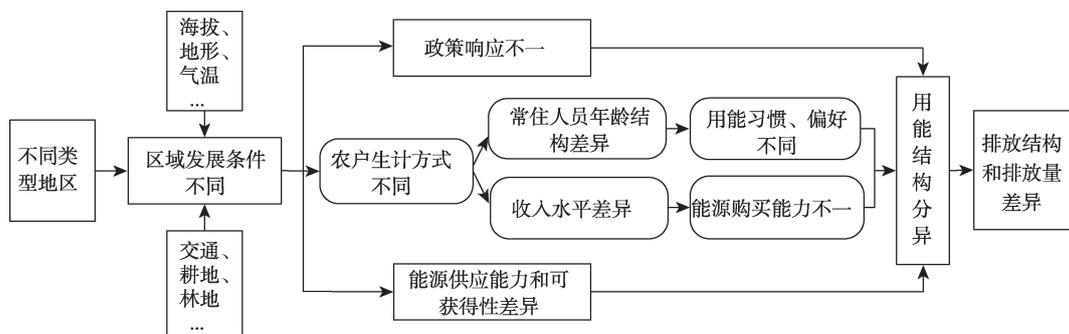


图5 不同类型区农户生活用能排放差异影响过程

Fig.5 Influencing factors and processes of emission from household energy use in different types of areas

著。沼气利用比例较大的黄土台塬地区用能排放最低(1850.43 kg),新型用能有助于减少排放;薪柴为主的秦岭山地农户用能排放最高(2556.68 kg),说明更应关注经济水平偏低与传统生物质能源主导的农户生活能源利用与减排;多元化用能的平原地区排放居中(1863.20 kg),而商品用能增加未必带来更大的排放。

(2) 生活用能污染物排放主要以CO₂为主,排放量由平原、台塬、山区依次升高;其他污染物排放高低,三类地区并无固定顺序:TSP排放以秦岭山地居高,固体废弃物排放以平原地区居高,说明不同类型地区排放差异受到该区主导用能类型的影响。

(3) 影响用能排放差异的根本原因是区域能源供应能力,亦与区域环境影响下农户特征差异有关,依次为农户年龄结构、文化程度、家庭经济水平和职业结构。

5.2 讨论

以渭河下游临渭区为案例区,探讨三种不同类型地区的农户生活用能排放差异,以小见大,反映出在中国这样一个地形复杂多样,自然、经济条件迥异的国家,用能排放必然出现区域差异。靠近山区的偏远农村,经济水平较为落后,大量使用薪柴等造成用能污染物排放量显著增高,说明传统生物质能燃烧是农村生活用能污染物排放的主要来源之一,这与前人研究结果相符。另有学者认为用能的商品化导致排放增加,但本文通过不同类型区的比较发现,低下的传统用能格局使得排放量更大,多元化的用能格局未必带来更高的排放。

本文从不同类型地区的角度探讨生活用能排放差异状况,克服了过去研究以单一类型地区分析用能排放情况的不足,对多元地区农村生活用能排放有了进一步的理解和认识。研究仅从一个中小区域看不同类型地区的用能排放可能不是很全面,有一定的地方性和局限性,但研究区域过大可能会忽视内部的差异性,因此从适度的类型区尺度探讨用能排放差异对政策制定具有更大的参考价值。

中国农村地域广,人口多,农村生活能源保障是提高农户生活质量的基础条件,但必须处理好农村发展、能源消费与环境保护的关系。尤其是经济落后的偏远农村,如果生活能源长期得不到保障,继续对清洁性差、热效低的生物质能源过度依赖,将会形成能源消耗总量高、有效利用率低、能源浪

费严重的局面。这样的用能结构也会导致用能排放增加,对当地生态环境造成一系列影响。要解决好这些问题,必须提高农户经济水平,提升农户对商品能源的购买力,提倡鼓励使用沼气和太阳能等清洁能源或可再生能源,它们可替代薪柴、煤炭等高排放能源,具有节能减排效益,应该成为今后农村生活用能建设的主要方向。同时应立足于区域实际,科学规划设计农村能源发展战略,因地制宜转变农户的传统用能结构,才是减排的根本途径。

参考文献(References)

- 曹国良, 张小曳, 王丹. 2005. 中国大陆生物质燃烧排放的污染物清单[J]. 中国环境科学, 25(4): 389-393. [Cao G L, Zhang X Y, Wang D. 2005. Inventory of atmospheric pollutants discharged from biomass burning in China continent[J]. China Environmental Science, 25(4): 389-393.]
- 陈冲影, 姚春生, 黎明. 2012. 中国农村生活用能及其碳排放分析(2001-2010)[J]. 可再生能源, 30(4): 121-127. [Chen C Y, Yao C S, Li M. 2012. Analysis of rural residential energy consumption and its carbon emission in China, 2001-2010[J]. Renewable Energy Resources, 30(4): 121-127.]
- 邓聚龙. 1985. 灰色系统理论的关联空间[J]. 模糊数学, (2): 1-10. [Deng J L. 1985. Relational space for grey systems [J]. Fuzzy Mathematics, (2): 1-10.]
- 冯玲, 吝涛, 赵千钧. 2011. 城镇居民生活能耗与碳排放动态特征分析[J]. 中国人口·资源与环境, 21(5): 93-100. [Feng L, Lin T, Zhao Q J. 2011. Analysis of the dynamic characteristics of urban household energy use and carbon emissions in China[J]. China Population, Resources and Environment, 21(5): 93-100.]
- 国家统计局. 2011. 中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. 2011. China energy statistical yearbook [M]. Beijing, China: China Statistics Press.]
- 梁育填, 樊杰, 孙威, 等. 2012. 西南山区农村生活能源消费结构的影响因素分析: 以云南省昭通市为例[J]. 地理学报, 67(2): 221-229. [Liang Y T, Fan J, Sun W, et al. 2012. The influencing factors of rural household energy consumption structure in mountainous areas of Southwest China: a case study of Zhaotong City of Yunnan Province [J]. Acta Geographica sinica, 67(2): 221-229.]
- 林而达, 李玉娥. 1998. 全球气候变化和温室气体清单编制方法[M]. 北京: 气象出版社. [Lin E D, Li Y E. 1998. Quanqiu qihou bianhua he wenshi qiti qingdan bianzhi fangfa[M]. Beijing, China: China Meteorological Press.]
- 刘思峰, 党耀国, 方志耕. 2004. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社. [Liu S F, Dang Y G, Fang Z G. 2004.

- Huisexitong lilun jiqi yingyong[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 马丽, 夏建新. 2009. 内蒙古通辽地区农牧民生活用能现状及驱动力研究[J]. 资源科学, 31(12): 2101-2109. [Ma L, Xia J X. 2009. A study on current situations and driving forces about energy use of daily life for farmers and herdsmen of Tongliao region in Inner Mongolia[J]. Resources Science, 31(12): 2101-2109.]
- 牛云翥, 牛叔文, 张馨, 等. 2013. 家庭能源消费与节能减排的政策选择[J]. 中国软科学, (5): 45-55. [Niu Y Z, Niu S W, Zhang X, et al. 2013. Policy options on fuel use, energy conservation and emission reduction in household sector[J]. China Soft Science, (5): 45-55.]
- 陕西省统计局, 国家统计局陕西调查总队. 2013. 陕西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社. [Shaanxi Provincial Bureau of Statistics, National Bureau of Statistics Shaanxi Survey Corps. 2013. Shaanxi statistical yearbook [M]. Beijing, China: China Statistics Press.]
- 师华定, 齐永青, 刘韵. 2010. 农村能源消费的环境效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 20(8): 148-153. [Shi H D, Qi Y Q, Liu Y. 2010. Research of environmental effects about rural energy consumption[J]. China Population, Resources and Environment, 20(8): 148-153.]
- 舒娱琴. 2012. 中国能源消费碳排放的时空特征[J]. 生态学报, 32(16): 4950-4960. [Shu Y Q. 2012. Spatiotemporal characteristics of carbon emissions from energy consumption in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 32(16): 4950-4960.]
- 王长波, 张力小, 栗广省. 2011. 中国农村能源消费的碳排放核算[J]. 农业工程学报, 27(S1): 6-11. [Wang C B, Zhang L X, Li G S. 2011. Carbon emission accounting from rural energy consumption in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 27(S1): 6-11.]
- 王萍, 段英豪, 尹凯. 2013. 山东省农村能源消费的碳排放核算与分析[J]. 能源环境保护, 27(4): 53-56. [Wang P, Duan Y H, Yin K. 2013. Carbon emission accounting and analysis of energy consumption in rural areas of Shandong Province[J]. Energy Environmental Protection, 27(4): 53-56.]
- 王铮, 朱永彬. 2008. 我国各省区碳排放量状况及减排对策研究[J]. 中国科学院院刊, 23(2): 109-115. [Wang Z, Zhu Y B. 2008. Study on the status of carbon emission in provincial scale of China and countermeasures for reducing its emission[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 23(2): 109-115.]
- 渭南市人民政府. 2013. 渭南年鉴[M]. 西安: 西安出版社. [People's Government of Weinan City. 2013. Weinan yearbook[M]. Xi'an, China: Xi'an Press.]
- 虞江萍, 崔萍, 王五一. 2008. 我国农村生活能源中 SO_2 、 NO_x 及TSP的排放量估算[J]. 地理研究, 27(3): 547-555. [Yu J P, Cui P, Wang W Y. 2008. Estimation on SO_2 , NO_x and TSP emissions from energy consumption for non-production purpose in rural areas of China[J]. Geographical Research, 27(3): 547-555.]
- 曾静静, 张志强, 曲建升, 等. 2012. 家庭碳排放计算方法分析评价[J]. 地理科学进展, 31(10): 1341-1352. [Zeng J J, Zhang Z Q, Qu J S, et al. 2012. Analysis and evaluation of methods for household carbon emissions calculation[J]. Progress in Geography, 31(10): 1341-1352.]
- 张馨, 牛叔文, 赵春升, 等. 2011. 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, (9): 65-75. [Zhang X, Niu S W, Zhao C S, et al. 2011. The study on household energy consumption and carbon emissions in China's urbanization[J]. China Soft Science, (9): 65-75.]
- 张艳. 2013. 生活方式对开封城市家庭采暖碳排放的影响[J]. 地理科学进展, 32(7): 1072-1081. [Zhang Y. 2013. Lifestyle's impact on carbon emissions from urban households' space heating: a case study of Kaifeng City[J]. Progress in Geography, 32(7): 1072-1081.]
- Abu-Madi M, Rayyan M A. 2013. Estimation of main greenhouse gases emission from household energy consumption in the West Bank, Palestine[J]. Environmental Pollution, 179: 250-257.
- Akorede M F, Hizam H, Ab Kadir M Z A, et al. 2012. Mitigating the anthropogenic global warming in the electric power industry[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(5): 2747-2761.
- Bond T C, Streets D G, Yarber K F, et al. 2004. A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion[J]. Journal of Geophysical Research, 109(14): 1-43.
- Chen Y, Zhu Y L. 2011. Analysis on the environmental effect of renewable energy consumption by rural residents in daily life in China: from the perspectives of carbon emissions[J]. Energy Procedia, 5: 1642-1646.
- Kessel D G. 2000. Global warming-facts, assessment, countermeasures[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 26(1-4): 157-168.
- Liang L, Wu W L, Lal R, et al. 2013. Structural change and carbon emission of rural household energy consumption in Huantai, northern China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28: 767-776.
- Wang X H, Feng Z M. 2004. Biofuel use and its emission of noxious gases in rural China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8(2): 183-192.
- Zhang J, Ge S, Bai Z P. 2001. The boiler briquette coal versus raw coal: Part II: energy, greenhouse gas, and air quality

implications[J]. *Journal of Air and Waste Management Association*, 51(4): 534-541.

Zhang L X, Wang C B, Bahaj A S. 2014. Carbon emissions by rural energy in China[J]. *Renewable Energy*, 66: 641-649.

Emission disparity of rural household energy consumption in different types of areas in the lower reach of the Weihe River

ZHU Hongying, WU Wenheng, YANG Xinjun, ZHANG Jingsa
(College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Owing to the vast area and great diversities in natural and economic conditions of China's rural areas, different rural areas have varied energy consumption characteristics, which lead to a clear regional variation of emissions. Exploring emission disparity of rural household energy consumption in different types of areas is important for understanding its regional variation and formulating sound regional development and environmental management policies. Taking the Linwei District, lower reach of the Weihe River as case study area, this research collected data through a household survey as well as interviews, and calculated the emission of rural household energy consumption in different types of regions by emission coefficient method. The gray relational analysis method was used to identify the influencing factors of emission disparities. The results are as follows: (1) The emission of rural household energy use in different types of areas has significant differences. Total emissions of a single household in the plain, loess tableland, and Qinling piedmont areas are 1850.43 kg, 1863.20 kg, and 2556.68 kg, respectively. The loess tableland area where rural households utilize a large portion of biogas has the lowest emission from household energy use, indicating that biogas use is of great benefit to reducing emissions; the Qinling piedmont area has the highest energy-related emission, which shows that more attention should be paid to the daily energy use and emissions of households that use traditional biomass energy primarily and have lower income; the plain area has medium level of emission in the three regions, reflecting that commercial energy increase does not necessarily bring more emissions. (2) As the main pollutant of household energy use, CO₂ emission is lowest in the plain area, higher in the loess tableland area, and highest in the Qinling piedmont area. The three regions ranked differently in terms of other pollutants: the Qinling piedmont area has the highest TSP emission, while solid waste emission mostly come from the plain area. It indicates that emission disparities in different areas are influenced by the dominant energy types. (3) The regional supply capacity of household energy is the fundamental cause of emission disparities. Other influencing factors are related to the characteristics of rural households as determined by the regional environment, including age structure, educational background, economic status, and occupational structure.

Key words: rural household energy consumption; emission disparity; carbon emissions; biogas; lower reach of the Weihe River