

近30年渭南市秸秆生物能及其分布重心变化

位贺杰, 张艳芳, 栗新巧, 朱妮

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710119)

摘要: 基于农作物草谷比系数、可收割系数和折标煤系数, 测算了1978—2011年渭南市各区县秸秆资源的生物能量, 利用重心模型研究了渭南市秸秆生物能的重心分布范围及其空间变化情况。结果表明, 2008—2011年渭南市秸秆资源年均理论蕴藏量为 3.79×10^6 t, 年均可收集量为 3.17×10^6 t, 年均折标煤量为 8.81×10^5 t, 秸秆资源中以粮食作物秸秆为主, 约占90%, 其中小麦和玉米约占98%; 1978—2011年渭南市秸秆生物能量呈现波动上升趋势, 其整体分布重心逐渐向西南方向移动, 但移动幅度逐渐变缓; 依据渭南市秸秆资源相关指标的地理分布情况, 将其秸秆资源资源化利用区划分为重点开发区(临渭区、大荔县、富平县), 适度开发区(蒲城县、合阳县、澄城县、华县和华阴市)和不宜开发区(韩城市、潼关县、白水); 渭南市秸秆生物能工厂初步选址可定在大荔县与蒲城县交界处且较为靠近临渭区的地段。

关键词: 秸秆资源; 生物能; 重心; 渭南市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)04-0160-05

中图分类号: S216.2, X712

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.04.045

Biomass Energy of Crop Straw and Its Distribution Gravity Center Change of Weinan City in Last 30 Years

WEI He-jie, ZHANG Yan-fang, LI Xin-qiao, ZHU Ni

(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

Abstract: The biomass energy of crop straw was calculated from 1978 to 2011 in all counties of Weinan City based on the residue to product ratio, collectable ratio and standard coal equivalence ratio of crops. Meanwhile, the distribution range and spatial change of its gravity center was studied by using gravity center model. The results showed that the annual theoretical resources reserve of crop straw was 3.79×10^6 t and the annual collected amount was 3.17×10^6 t, among which 8.81×10^5 t (the standard coal equivalence) can be used for energy production during 2008 to 2011. Grain straw was the main crop straw resources which occupying 90% of the total amount in which wheat and corn straw accounts for 98%. The biomass energy of crop straw resources in Weinan City was on the rise with fluctuations and its gravity center was moving towards the southwest gradually, but the movement speed became slow from 1978 to 2011. Based on the distribution of the straw resources, Weinan City was divided into the key development and utilization district (Linwei District, Dali and Fuping County), moderate development and utilization district (Pucheng, Heyang, Chengcheng County, Huaxian and Huayin City), the inappropriate district (Hancheng City, Tongguan and Baishui County). The biomass energy factory of the biomass energy of crop straw resources can be set between Dali and Pucheng County and should be next to Linwei District.

Keywords: crop straw resources; biomass energy; gravity center; Weinan City

近年来具有低能耗、低排放、低污染和环境友好特点的低碳经济^[1]成为中国及全球其他国家解决气候变暖问题,走出经济发展瓶颈的新路径。低碳经济的一个核心问题便是能源消费问题,传统能源的短缺加之

其高排放特征使寻求和开发清洁能源迫在眉睫。秸秆生物质能源因具有可再生、可持续发展、量大、含硫量低的特点,使其成为实现环保低碳、非粮替代、循环发展的战略性新兴产业,也是未来以绿色生物能源替代

收稿日期: 2013-09-01

修回日期: 2013-09-09

资助项目: 教育部人文社科研究规划基金项目“区域土地利用的低碳效应与低碳经济发展模式研究:以西安市为例”(10XJA790011); 陕西师范大学中央高校基金项目(GK201302031); 国家自然科学基金项目(41371523)

作者简介: 位贺杰(1988—),男(汉族),河南省项城市人,硕士研究生,研究方向为水土资源评价与生态低碳。E-mail: shanxishidawhj@163.com。

通信作者: 张艳芳(1969—),女(汉族),陕西省榆林市人,博士,副教授,主要从事水土资源评价、生态安全与低碳研究。E-mail: zhangyf@snnu.edu.cn。

传统化石能源的主导产业^[2],同时引发了学术界对秸秆资源的研究热潮。从目前文献^[3-6]来看,学者们对中国秸秆资源总量相关指标的估算及其区域分布进行了大量研究,部分学者研究了河南^[2]、黑龙江^[7]、江苏^[8]等省份秸秆资源储量及其分布。一个地区秸秆资源是否适宜开发利用以及如何开发利用终归要落实到各区县,因此从区县角度研究秸秆资源量及其分布更具有实际意义,但是目前研究文献鲜有涉及。由于秸秆生物质能具有分散性、不连续性和单位附加能值低的特点,因此秸秆生物质能的空间分布和年际稳定性直接影响着生物质能工厂的优化选址和后续原料供应^[9]。重心模型在研究变量空间变化特征,定量分析变量空间变化机理方面具有优势,目前已广泛用于人口重心^[10]、经济重心^[11]、碳排放重心^[12]、农田碳净吸收重心^[13]等方面的研究上,而将其用于农田秸秆生物质能方面的研究尚未见报道。基于此,本研究利用秸秆草谷比系数(residue to product ratio)、可收集系数、折标煤系数测算近30 a渭南市秸秆资源量,研究其年际稳定性情况,并利用重心模型定量分析渭南市秸秆生物能的重心分布及其变动范围,以期为渭南市综合开发利用秸秆资源提供决策依据,同时为渭南市秸秆生物质能工厂优化选址提供参考。

1 研究区概况

渭南市地处108°50′—110°38′E和34°14′—35°52′N之间,位于陕西省关中渭河平原东部,东濒黄河并与山西、河南省接壤,西与西安、咸阳市相接,南倚秦岭与商洛市,北与延安、铜川市相邻,是陕西省和西部地区进入中东部的“东大门”。渭南市辖2区、8县、2县级市,是全国重要商品农业基地,素以农业著称,可耕地面积占总面积的96%,粮食、油料、棉花产量居陕西省前列,与此相悖的是严重的农田秸秆露天焚烧现象,不仅污染大气,而且造成生物能资源的浪

费,近年来采取的源头控制焚烧等措施虽让这一现象有所缓解,但是普遍存在的秸秆资源利用率低下的问题仍没有得到解决,故该区秸秆资源开发潜力很大,极具研究价值。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

所用数据主要为经过搜集整理得到的渭南市各区县1978—2011各类粮食作物的经济产量,以及2008—2011年《渭南统计年鉴》中谷物类、豆类、薯类、油料、棉花产量,还有各区县常用耕地面积。

2.2 研究方法

渭南市农作物秸秆用途多样,主要有农民炊事取暖、直接还田、饲料化利用、工业造纸、食用菌基料等,还有部分被废弃或直接焚烧,因此测度秸秆资源的指标有多种包括理论蕴藏量、可收集量、可能源化量以及可能源化的折标煤量。计算公式为^[5,14]:

$$C_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot g_i \quad (1)$$

$$U_k = \sum_{i=1}^n P_i \cdot g_i \cdot s_i \quad (2)$$

$$E_n = \sum_{i=1}^n P_i \cdot g_i \cdot s_i \cdot f_i \quad (3)$$

$$M_z = \sum_{i=1}^n P_i \cdot g_i \cdot s_i \cdot f_i \cdot e_i \quad (4)$$

式中: i ——农作物的编号; C_i ——秸秆理论蕴藏量; U_k ——秸秆可收集量; E_n ——秸秆可能源化量,即可用作能源的秸秆的质量; M_z ——秸秆可能源化的折标煤量; P_i ——第*i*类农作物的经济产量; g_i ——第*i*类农作物草谷比系数,其值详见表1; s_i ——第*i*类农作物可收集利用系数,谷物类秸秆取0.83,豆类秸秆取0.88,薯类秸秆取0.80,油料秸秆取0.85,棉秆取0.90^[3];可收集秸秆中仅有部分作为能源进行利用, f_i ——可收集秸秆中用于能源利用的系数,取0.5^[4]; e_i ——第*i*类作物的折标煤系数,其值详见表1。

表1 各类农作物草谷比系数及折标煤系数^[5,14]

作物名称	小麦	玉米	其他谷物	豆类	薯类	油菜	花生	芝麻	向日葵	其他油料	棉花
草谷比系数	1.16	1.75	1.17	1.54	0.7	2.04	1.94	2.04	2.04	2.04	3.44
折标煤系数	0.545	0.553	0.545	0.651	0.432	0.610	0.541	0.529	0.584	0.566	0.624

本研究引入重心模型来分析渭南市秸秆生物能的空间变化规律,以期为渭南市生物质能工厂优化选址提供参考。重心概念源于物理学,是物体各部分所受重力作用的合力点,研究假设渭南市各区县处于同一质平面,每个区县秸秆生物能集中在县中心城市。各区县中心城市都是平面上一个质点,具有不同质

量,渭南市秸秆生物能的重心位置则是各质点质量对比的均衡点,其位置变化则意味着各区域秸秆生物能的不同步变化,从而较好地反映渭南市秸秆生物能的区域差异,重心计算公式为^[12-13]:

$$X_t = \sum M_{tk} \cdot x_k / \sum M_{tk} \quad (5)$$

$$Y_t = \sum M_{tk} \cdot y_k / \sum M_{tk} \quad (6)$$

式中: X_t, Y_t ——表示第 t 年秸秆生物质能重心的经纬度坐标; M_{tk} ——第 t 年 k 区县的秸秆生物能量(可能源化秸秆的折标煤量); x_k, y_k —— k 区县中心城市所在地经纬度坐标。

3 结果与分析

3.1 渭南市秸秆资源的结构及其地理分布

根据公式(1)求得 2008—2011 年渭南市各区县(高新区数据过小并入临渭区)的秸秆理论蕴藏量(图 1)。由图 1 可以看出, 2008—2011 年各区县农作物秸秆量变动不大, 比较稳定, 故求得粮食作物秸秆、油料作物秸秆、棉秆资源量的 4 a 平均值, 代表渭南市总体以及各区县秸秆资源的结构。

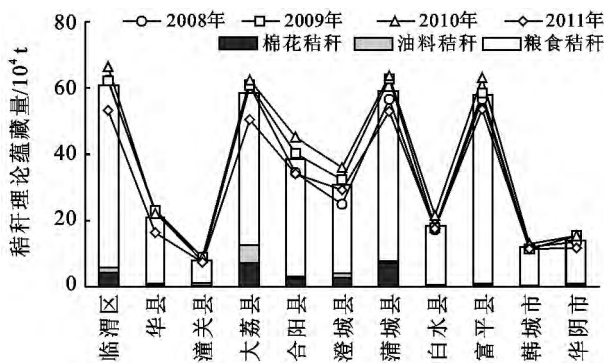


图 1 渭南市各区县秸秆理论蕴藏量的变动性及其结构

渭南市秸秆资源总量中, 以粮食作物秸秆为主, 约占 90%, 棉秆量约占 6.5%, 油料秸秆量仅占 3.5%; 粮食作物秸秆中, 小麦秸秆量占 40%, 玉米秸秆量占 58%, 剩余秸秆以豆类、薯类为主; 油料秸秆中, 油菜秸秆、花生秸秆量分别约占 44% 和 49%, 剩余秸秆以芝麻、向日葵为主。各区县秸秆资源结构与总体秸秆结构相比, 临渭区、澄城县、合阳县、华阴市呈现类似特征, 大荔县粮食作物秸秆量比例偏低, 偏低值为 11.7%, 富平县、韩城市、华县粮食作物秸秆量比例偏高, 偏高值分别为 8.4%、8.6% 和 5.8%, 白水县和蒲城县棉花秸秆量比例分别呈现偏低和偏高的特征, 偏差值分别为 6.5% 和 5.3%, 潼关县油料作物秸秆量比例偏高, 偏高值为 7.9%; 各区县粮食作物秸秆结构与总体粮食秸秆结构相比, 华县、大荔县、富平县、韩城市、潼关县呈现相似特征, 临渭区、蒲城县小麦秸秆量比例偏高, 偏高值为 9.5% 和 11.9%, 合阳县、澄城县、白水县、华阴市玉米秸秆量比例偏高, 偏高值分别为 14.0%、13.0%、5.2% 和 9.1%。

根据公式(2)和(4)求得渭南各区县秸秆的可收集量和可能源化的折标煤量, 并用其除以各区县的常用耕地面积得到各区县秸秆的可收集密度和能源密

度, 以 4 a 数据的均值来表示各区县秸秆生物能相关指标地理分布。从秸秆可收集总量和可能源化的折标煤总量的计算结果来看, 较高地区为临渭区、大荔县、蒲城县以及富平县, 其秸秆可收集量分别为 5.10×10^5 t, 4.92×10^5 t, 4.94×10^5 t, 4.81×10^5 t, 均在 5.00×10^5 t 左右, 秸秆可能源化的折标煤量分别为 1.42×10^5 t, 1.38×10^5 t, 1.38×10^5 t, 1.32×10^5 t; 总量一般的地区为合阳县、澄城县、白水县、华县, 其秸秆可收集量在 1.50×10^5 t~ 3.50×10^5 t 之间, 秸秆可能源化的折标煤量在 4.00×10^4 t~ 9.00×10^4 t 之间; 总量较低的地区为华阴市、韩城市、潼关县, 其秸秆可收集量均在 1.50×10^5 t 以下, 秸秆可能源化的折标煤量均在 4.00×10^4 t 以下。从秸秆可收集密度和能源密度看, 较高地区为临渭区、华县、华阴市, 单位秸秆可收集量均在 7 t 以上, 单位秸秆能源量均在 2 t 以上; 密度一般地区为潼关县、大荔县、富平县、合阳县、澄城县以及白水县, 单位秸秆可收集量在 5~7 t 之间, 单位秸秆能源量在 1.5~2.0 t 之间; 密度较低地区为蒲城县、韩城市, 单位秸秆可收集量在 5 t 以下, 单位秸秆能源量在 1.5 t 以下。

3.2 近 30 a 渭南市秸秆生物能总量的变动

由于 1978—2007 年油料作物产量和棉花产量难以搜集, 无法计算实际的总秸秆资源量, 对近 30 a 渭南市秸秆资源总量按以下方案进行估算, 先求得 1978—2011 年渭南市粮食作物秸秆的理论蕴藏量、可收集量、可能源化量以及可能源化的折标煤量, 再根据渭南市作物秸秆结构进行估算。由于渭南市粮食作物秸秆资源量占总量 90% 以上, 故估算结果偏差应很小, 可信度较大。

对 1978—2011 年渭南市秸秆可收集总量、可能源化的折标煤总量进行趋势线拟合, 拟合线斜率均为正值, 且 $R^2 = 0.719$, 两个方程在 0.01 的水平上显著, 显示了近 30 a 渭南市秸秆总量的上升趋势(图 2)。由图 2 可以看出, 渭南市秸秆的理论蕴藏总量、可收集总量、可能源化总量以及可能源化的折标煤总量均在波动中呈现上升趋势, 且 4 个指标变动情况基本一致。由于秸秆可能源化的折标煤量统一将各类可能源化的秸秆折算为标准煤, 因此用该指标分析渭南市的秸秆生物能更具有实际意义: 1978—1981 年, 指标缓慢下降, 从 4.51×10^5 t 降到 3.74×10^5 t; 1982—1988 年, 指标变化平缓, 中间偶有起伏, 整体缓慢上升, 从 4.93×10^5 t 上升到 5.55×10^5 t; 1989—1992 年, 指标缓慢下降, 从 6.11×10^5 t 下降到 5.17×10^5 t; 1993 年为一个凸点年份, 1994—1997 年, 指标缓慢上升, 从 5.06×10^5 t 上升到 6.25×10^5 t; 1998—

2001年,指标下降趋势明显,从 7.76×10^5 t 降到 5.10×10^5 t,回到1982,1994等年份水平;2002—2010年,指标上升趋势较明显,从 6.09×10^5 t 上升到 9.89×10^5 t;2011年,指标又降到2008年水平。总体来看,渭南市秸秆生物能量年际稳定性较好,大部分年份与相邻年份差值在 1.00×10^5 t 的范围内进行浮动,比较适合建设秸秆生物能工厂。

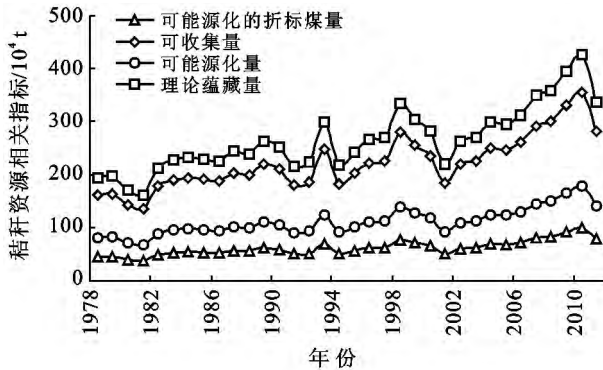


图2 渭南市秸秆资源相关指标动态演进

3.3 近30 a渭南市秸秆生物能的重心移动

上文已经指出利用秸秆可能源化的折标煤量指标分析秸秆生物能更具有实际意义,故求出渭南市11个区县1978—2011年的秸秆可能源化的折标煤量,根据各区县经纬度坐标,利用公式(5)—(6),得到渭南市近30 a秸秆生物能重心的经纬度坐标,并对其进行趋势线拟合(图3)。

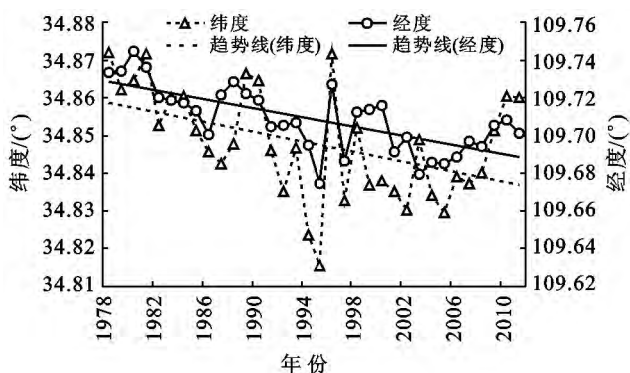


图3 近30 a渭南市秸秆生物能重心

1978—2011年渭南市秸秆生物能重心经度、纬度逐年波动趋势特征不明显,但根据纬度、经度的两条拟合趋势线可以判断,重心的纬度和经度在逐渐偏小,即逐渐向西南方向移动,但近几年有回移趋势(图3)。根据渭南市秸秆生物能的重心移动趋势及其重心分布范围,将渭南划分为西南区和东北区,其中西南区为富平县、蒲城县、临渭区、华县以及白水县,东北区为华阴市、澄城县、合阳县、韩城市、大荔县以及

潼关县,利用两地区秸秆生物能的比值来研究渭南市秸秆生物能的空间变化。为了消除某一年份秸秆生物能量的奇异值引起的比值突变,首先以5 a为一个时间尺度,求取5 a内西南区、东北区秸秆生物能比值之和,同时补充1977年秸秆生物能数据(看作与1978年相同),以使总年份达到35 a(能被5整除),以此可得到7个比值之和数据,依次为6.6,7.6,7.2,7.9,7.6,8.3以及7.3,再以11 a为一个时间尺度,并从1979年开始求取比值之和,可得到3个数据,依次为15.8,16.8,17.4。可以看出以5 a为时间尺度时,渭南市西南和东北区秸秆生物能比值仍有波动,以11 a为时间尺度时,比值逐渐变大,变大趋势有所减缓。通过以上分析得出近30 a渭南市西南区秸秆生物能所占比重逐渐变大,这与渭南市秸秆生物能重心整体变化方向及其经纬度的拟合线变化趋势基本一致。

4 结果讨论

目前诸多文献中对同一地区秸秆资源量的估计结果存在巨大差异,究其原因是在计算过程中所用草谷比系数、折标煤系数等关键系数不同导致,本研究采用的草谷比系数为蔡亚庆等^[5]取自科技部星火计划、可再生能源战略研究组、中国农村能源行业协会等研究机构以及多个研究者研究成果的平均值,折标煤系数为韦茂贵等^[14]根据各类农作物秸秆的低位发热值进行换算得到的系数,总体来说,两系数可靠性较强。但是由于中国地域范围较广,不同地区农田农作物秸秆的材质有所区别,渭南地区属于半干旱半湿润区,水分不足,作物秸秆的水分含量与全国有较大的差别,因此草谷比系数、折标煤系数等也会不同,因此本研究结果会存在一定误差,界定渭南地区农作物秸秆的各类关键系数是下一步研究的关键。

根据渭南市各区县秸秆可能源化的折标煤量及能源密度的数据,咨询相关专家意见,将两指标进行归一化并按各占0.5的权重进行分配,计算各区县两指标综合得分,依据得分高低将渭南市秸秆资源化利用划分成3个区域:一为重点开发利用区,包括临渭区、大荔县、富平县,这3个区县得分均大于0.9,临渭区秸秆资源丰富,集中度高,又是渭南市中心城区,有技术支撑,较为适合集中开发,大荔县和富平县秸秆资源丰富,但集中度一般,适宜分散开发利用;二为适度开发利用区,包括蒲城县、合阳县、澄城县、华县以及华阴市,这些区县得分处于0.6~0.9之间,蒲城县秸秆资源丰富,但集中度较低,合阳县、澄城县秸秆资源与集中度均一般,华县、华阴市秸秆集中度较高,但

是秸秆资源不够丰富,这些地区应当适度开发,可推广秸秆固体成型,生物气化等技术进行开发;三为不宜开发利用区,包括韩城市、潼关县、白水县,这些地区综合得分在 0.6 以下,秸秆资源与秸秆集中度均不是很突出,开发价值较低。

研究近 30 a 渭南市秸秆生物能量动态变化时,由图 2 中可以找到秸秆可能源化的折标煤量的 3 个凸点年份,1993,1998 和 2010 年,1993 年凸点周边点特征不符合极大值点标准,2010 年凸点右边点个数过少,因此符合典型极大值点的年份只有 1998 年,1998 年之前的该指标波动视为正常波动,1998 年以后该指标出现连续 3 a 大幅度降低,2002 年以后才逐渐恢复,降低的原因可能是 1998 年中国开始全面实施农业结构战略性调整所致^[15]。

根据渭南市秸秆重心的分布范围,理论上渭南市秸秆生物能工厂应初步选在大荔县与蒲城县交界处,且较为靠近临渭区的地段,但考虑到重心选址的局限性,具体选址位置尚待研究。选址问题涉及学科较为广泛,关联到经济、地理、政治、人文、工程地质、心理以及管理等多门学科,因此仅从地理和几何角度考虑渭南市秸秆生物能工厂选址,有不确定性和局限性,综合多学科理论成果,进一步探讨选址的具体位置是下一步研究的工作重点。

5 结论

(1) 渭南市秸秆资源总量中,以粮食作物秸秆为主,约占 90%,粮食作物秸秆中以小麦和玉米为主,约占 98%。

(2) 渭南市秸秆资源能源化利用重点开发区为临渭区、大荔县、富平县,适度开发区为蒲城县、合阳县、澄城县、华县以及华阴市,不宜开发区为韩城市、潼关县、白水县。

(3) 1978—2011 年渭南市秸秆生物能量总体呈波动上升趋势,其整体分布重心波动中逐渐向西南方向移动,但移动幅度逐渐变缓。

(4) 渭南市秸秆生物能工厂初步选址可定在大荔县与蒲城县交界处且较为靠近临渭区的地段,具体位置尚待进一步探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 付加峰,庄贵阳,高庆先. 低碳经济的概念辨识及评价指标体系构建[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(8): 38-43.
- [2] 郭永奇. 河南省主要农作物秸秆生物质资源定量评价及其地理分布[J]. 农业现代化研究,2013,34(1):114-117.
- [3] 王亚静,毕于运,高春雨. 中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价[J]. 中国农业科学,2010,43(9):1852-1859.
- [4] 刘刚,沈镭. 中国生物质能源的定量评价及其地理分布[J]. 自然资源学报,2007,22(1):9-19.
- [5] 蔡亚庆,仇焕广,徐志刚. 中国各区域秸秆资源可能源化利用的潜力分析[J]. 自然资源学报,2011,26(10):1637-1646.
- [6] 崔明,赵立欣,田宜水,等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J]. 农业工程学报,2008,24(12): 291-296.
- [7] 王海东,李翠霞. 黑龙江省秸秆类生物质能源储量测度[J]. 生态经济,2009(11):128-131.
- [8] 张兵,张宁,李丹. 江苏省秸秆类农业生物质能源分布及其利用的效益[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(2): 181-186.
- [9] 王芳,卓莉,陈健飞,等. 2000—2006 年广东省农田生物质能时空变化遥感分析[J]. 地理研究,2010,29(12): 2223-2232.
- [10] 段学军,王书国,陈雯. 长江三角洲地区人口分布演化与偏移增长[J]. 地理科学,2008,28(2):139-144.
- [11] 冯宗宪,黄建山. 1978—2003 年中国经济重心与产业重心的动态轨迹及其对比研究[J]. 经济地理,2006,26(2):249-254.
- [12] 王倩倩,黄贤金,陈志刚,等. 我国一次能源消费的人均碳排放重心移动及原因分析[J]. 自然资源学报,2009, 24(5):833-841.
- [13] 卢娜,曲福田,冯淑怡. 中国农田生态系统碳净吸收重心移动及其原因[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(5):119-125.
- [14] 韦茂贵,王晓玉,谢光辉. 中国各省大田作物田间秸秆资源量及其时间分布[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):32-44.
- [15] 朱建春,李荣华,杨香云,等. 近 30 年来中国农作物秸秆资源量的时空分布[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(4):139-145.