

## 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

郭永奇

(南阳理工学院经济管理学院,河南 南阳 473004)

**摘要:**利用河南省2006-2010年的统计资料和数据,对河南省主要农作物秸秆生物质资源的蕴藏量、可利用量、能量密度等进行了定量测算,并对其地理分布格局进行了探讨,旨在为河南省制定相关的产业政策提供参考。结果表明:(1)河南省的秸秆实物蕴藏量为 $8.97 \times 10^{11}$ t,秸秆生物质能实物总蕴藏潜力为 $1.34 \times 10^{18}$ J,理论可利用的量为 $1.14 \times 10^{18}$ J,主要分布在驻马店、周口、南阳、商丘和信阳;(2)依据各地区秸秆分布及其资源条件等具体情况,划分了重点开发利用区(驻马店、周口、南阳、商丘和信阳)、适度开发利用区(新乡、安阳、开封、许昌、洛阳、濮阳、平顶山、焦作、郑州、漯河)、不宜开发利用区(鹤壁、三门峡、济源),并对各区提出了不同的开发利用措施。

**关键词:**秸秆;生物质能;资源评价;地理分布

中图分类号:F323.214;P962 文献标识码:A 文章编号:1000-0275(2013)01-0114-04

### Quantitative Appraisal of Biomass Energy of Main Crop Straw Resources and Its Geographical Distribution in Henan Province

GUO Yong-qi

(School of Economy and Management, Nanyang Institute of Technology, Nanyang, Henan 473004, China)

**Abstract:** By using the statistical data of 2006-2010 year from Henan Province, This paper has a quantitative measure of the reserves, available amount, energy density of the main crop straw biomass resources in Henan Province, studies its geographic distribution pattern and aims at providing a reference for Henan Province' relevant industrial policies. The results show that: (1) the straw physical reserves is  $8.97 \times 10^{11}$ t, straw biomass energy physical reserves potentiality is  $1.34 \times 10^{18}$  J, theoretically available amount is  $1.14 \times 10^{18}$  J. Crop straw distributed mainly in Zhumadian, Zhoukou, Nanyang, Shangqiu and Xinyang district. (2) Based on the particular condition of the straw resources and its distribution, Henan Province is divided into the key development and utilization district (Zhumadian, Zhoukou, Nanyang, Shangqiu and Xinyang), moderate development and utilization district (Xinxiang, Anyang, Kaifeng, Xuchang, Luoyang, Puyang, Pingdingshan, Jiaozuo, Zhengzhou, Luohe), the inappropriate district (Hebi, Sanmenxia, Jiyuan), and the different measures in development and utilization of these resources to every district are put forward.

**Key words:** straw; biomass energy; resource evaluation; geographical distribution

农作物秸秆是生物质能源的主要来源之一。以秸秆等农林废弃物为原料生产的第二代生物质能源,是实现非粮替代、环保低碳、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传统化石能源的主导产业<sup>[1]</sup>。中原经济区是河南谋求经济跨越发展、绿色发展、和谐发展的战略规划,它不仅承担着促进区域协调发展的任务,还承担着探索一条不以牺牲农业和粮食、生态和环境为代价的“三化”协调发展的路子。为此,河南省提出了大力发展生物能源产业,并将该产业做大做强,以形成新的支柱产业的发展战略。

要保持生物能源产业规划的适度规模和实现产业持续、稳定的增长,就必须对其资源量进行准确的测算。要实现河南省生物能源产业的发展战略,必须了解其资源可利用量。目前关于资源的测度及地理分布研究比较少见,除刘刚等对中国生物质能源的定量评价及其地理分布进行研究<sup>[2]</sup>和王海东等对黑龙江省秸秆类生物质能源储量测度外<sup>[3]</sup>,对农业大省的河南省作为研究对象来进行此方面的研究还比较少见。本文以河南省为研究对象,对河南省秸秆资源进行定量评估,以获得河南省主要农作物秸秆资源总量、可利用量及分

布状况等,以期为河南省制定相关的产业政策提供参考。

### 1 研究对象和方法

#### 1.1 研究对象

河南辖郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、鹤壁、新乡、焦作、濮阳、许昌、漯河、三门峡、南阳、商丘、信阳、周口、驻马店等17个省辖市,济源1个省直管市。全省总面积16.7万km<sup>2</sup>,居全国各省区市第17位,占全国总面积的1.73%。地势西高东低,北、西、南三面由太行山、伏牛山、桐柏山、大别山沿省界呈半环形分布,中、东部为黄淮海冲积平原,西南部为南阳盆地。平原和盆地、山地、丘陵分别占总面积的55.7%、26.6%、17.7%。河南省是我国农产品主产区、我国第一农业大省、第一粮食生产大省和第一粮食转化加工大省。在其所辖的18个地市中,区域国土面积最大的前六位依次为南阳、信阳、洛阳、驻马店、周口和商丘,最小的三个地区依次为漯河、鹤壁、济源;农村人口最多的前五个地区依次为南阳、周口、商丘、驻马店和信阳,最小的是三个地区依次为三门峡、鹤壁、济源。目前,河南省主要的农业大市有南阳、商丘、周口、

**基金项目:**河南省科技厅软科学项目“低碳经济模式下中原经济区碳排放影响因素与减排策略研究”(编号:122400450542);河南省政府决策研究招标项目“中原经济区发展低碳经济的产业升级模式研究”(编号:2012B479)。

**作者简介:**郭永奇(1978-),男,河南南阳人,南阳理工学院讲师,管理学博士,研究方向:资源环境与区域经济发展。

**收稿日期:**2012-08-20,修回日期:2012-11-27

驻马店和信阳,其中,素有“中州粮仓”之称的南阳市是河南省面积最大、人口最多的农业大市;其次是“中原粮仓”的商丘市,再次为“鱼米之乡”的信阳市,“中州油库”、“芝麻王国”的驻马店市以及全国重要的粮、棉、油生产基地周口。

作为目前我国农村最主要的农作物副产品的秸秆,它主要是指农作物籽粒收获后的植株。根据农作物的分类,可将农作物秸秆分为粮食作物秸秆、油料作物秸秆、棉花秸秆、麻类秸秆和糖料作物秸秆五大类。这五类资源的可利用数量取决于谷物产量、作物结构、谷草比、可收集系数、秸秆用途比例等因素。由于各地区的种植结构和习惯及青壮年外出务工的较多,留守在农村的居民倾向于种植一些投入少和效益好的作物。致使河南省近五年的农作物秸秆实物蕴藏量呈现出上下波动。在借鉴前人研究<sup>[3]</sup>的基础上,本文以河南省2006-2010年的平均值为依据来对其主要农作物秸秆生物质资源的产生量、可收集量及其可利用量进行估算。

## 1.2 秸秆资源的实物蕴藏量的估算方法

1.2.1 秸秆资源实物蕴藏量的估算方法和参数选取 一般而言,在对生物质资源量测算时,有的取最小值,有的取平均值。本文在借鉴前人研究的基础上,采取河南省各地市近5年来农业剩余物资源的平均值来对其进行测算。首先对其各地区的主要农作物秸秆的生物质产生量进行测算,进而通过相应的系数测算出其蕴藏量(蕴藏量即指理论可获得量,它是理论条件下可以获得并转化为生物质能的生物质能源资源数量);其次还应考虑各类不同资源的可获得性,将所得资源蕴藏量折算为生物能源可利用的蕴藏量;最后通过一系列折算系数,就可得到该类生物质资源的可利用量。但由于目前国家相关部门的统计范围内不包括秸秆产量,为此,在借鉴中国农业科学院农业资源与农业区划研究所的高文永对我国农业生物质能资源评价方法和假设前提的基础上,本文借鉴其相应的计算公式来估算各类农作物的产量的秸秆产量。具体计算公式如下<sup>[3]</sup>:

$$CR = \sum_{i=1}^n (Q_{ci} \times r_i) \quad (1)$$

公式1中的CR为秸秆资源实物量,Q<sub>ci</sub>为第i类农作物的产量,r<sub>i</sub>为第i类农作物的谷草比系数(谷草比系数:Residue to Product Ratio,简写为RPR)。谷草比系数是可以通过田间试验和观测得到的经验常数,不同地区、不同品种的农作物大致相同。不同学者在估算中国秸秆资源时,采用了不同农作物谷草比系数<sup>[4]</sup>。综合前人的研究方法及河南省实际,本文选取的RPR系数如表1所示<sup>[5-7]</sup>。

表1 不同农作物谷草比系数(RPR) (单位:kg/kg)

作物	谷草比系数	作物	谷草比系数
水稻	1.0	油菜	3.0
小麦	1.1	芝麻	2.0
大麦	2.0	胡麻	2.0
谷子	1.5	向日葵	2.0
高粱	2.0	棉花	3.0
其他谷物	1.6	麻类	1.7
豆类	1.7	甘蔗	0.1
薯类	1.0	甜菜	0.1
花生	1.5		

1.2.2 秸秆资源折标能源总量 公式1计算的仅仅是秸秆资源的生物质能资源的实物量,还需要将其折合成标准能源的总量,即秸秆资源能源潜力量。将公式(1)中引入不同类型农作物秸秆的折标系数,具体公式如下<sup>[1]</sup>:

$$ECR = \sum_{i=1}^n (Q_{ci} \times r_i \times \eta_i) \quad (2)$$

不同农作物秸秆的折标系数 $\eta_i$ 的取值,参照我国学者的研究<sup>[4,6,7]</sup>,水稻、小麦、玉米、大豆、薯类、油料作物、棉花、糖料作物、麻类、杂粮等作物秸秆折标系数(kgce/kg)分别为0.429、0.500、0.529、0.543、0.486、0.529、0.543、0.441、0.500、0.050。

1.2.3 秸秆资源理论可获得量 公式2计算的秸秆资源量只是理论蕴藏量,代表秸秆资源在理论上的最大开发潜力。但并不代表这些资源是完全用来生产能源的生物质资源。由于在现有技术条件下,无论是机械收获还是人工收获,农作物及其秸秆都会由于留茬等原因不能完全收集。因此,在计算秸秆生物质能理论可获得量时就必须将秸秆的收集系数考虑进去,秸秆生物质能理论可获得量计算公式如下<sup>[1]</sup>:

$$ECR' = \sum_{i=1}^n (Q_{ci} \times r_i \times \eta_i \times \rho_i) \quad (3)$$

式中,ECR'表示秸秆生物质能的理论可获得量, $\rho_i$ 表示第i种作物秸秆可获得系数。本文在借鉴相关研究成果的基础上,采用崔明等人<sup>[8]</sup>实验所获取的主要农作物秸秆收集系数(表2)。另外,由于各地的主要农作物并不完全相同,在部分农作物的收集系数缺失时,本文借鉴前人的研究成果,采用与其性质和收获条件相近的收集系数来替代。

表2 主要农作物秸秆的收集系数<sup>[8]</sup>

作物	机械收获		人工收获		损失系数	收集系数
	比例(%)	收割系数	比例(%)	收割系数		
稻谷	33.50	0.66	66.50	0.90	0.05	0.78
小麦	76.13	0.77	23.87	0.90	0.05	0.76
玉米	3.12	1.00	96.88	1.00	0.05	0.95
棉花	-	-	100.00	0.94	0.05	0.89
油菜	4.99	0.85	95.01	0.95	0.05	0.90

1.2.4 秸秆资源可利用量 由于秸秆资源用途较广,除了用于保持土壤肥力之外,同时还是牲畜饲料、工业造纸、建筑用材和农民炊事、取暖的重要来源。对生物能源资源的来源而言,究竟有多少资源可作为其生产原料必须全面考虑上述需要而确定<sup>[9]</sup>。根据对南阳市主要产粮区域部分乡镇的秸秆资源利用情况调查结果(表3),在借鉴崔明等<sup>[8]</sup>、王海东等<sup>[2]</sup>和高文永<sup>[3]</sup>的研究成果的基础上,结合河南天冠燃料乙醇有限公司对南阳等地秸秆资源可利用量的测算方法以及在咨询河南天冠燃料乙醇有限公司的相关技术人员的基础上,本文选取能源可利用的保守比例为45%,最终可计算出农作物秸秆可利用量[其单位为tce(ton of standard coal equivalent)是1t标准煤当量,是按标准煤的热值计算各种能源量的换算指标,按照中国标准计算,1个tce相当于29.307兆J/kg × 1000kg=293.07亿J]。

表3 秸秆资源利用情况统计表 (单位:%)

秸秆品种	净产量	传统造纸	饲料	手工编织业	薪柴	剩余资源
小麦秸秆	100	30	10	5	8	47
玉米秸秆	100		25	3	20	52

## 2 河南省主要农作物秸秆生物质资源评价与分析

### 2.1 河南省主要农作物生物质资源实物蕴藏量的地理分布

结合本文搜集到河南省18个地区的资料和2007–2011年《河南省统计年鉴》，获取了各地区2006年至2010年的主要农作物(本文的主要农作物是指水稻、小麦、玉米、谷子、高粱、其它谷物、豆类、红薯、花生、油菜、芝麻、向日葵、棉花、麻类)产量(图1)。

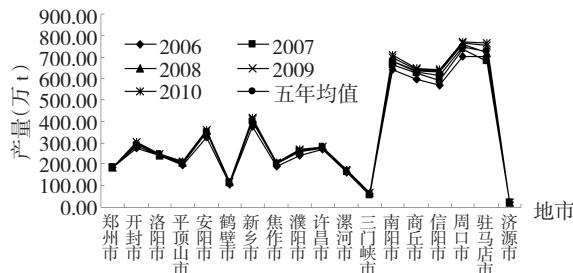


图1 河南省各地市农作物产量年际动态变化

由图1可以看出，2006–2010年河南省各地区的农作物总产量总体上变动不大，结合各区2006–2010年农作物平均值的数据，根据公式(1)可得河南省各地区的秸秆产量，也即秸秆资源分布(图2)。

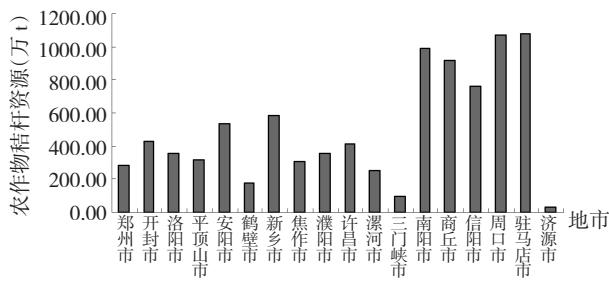


图2 河南省主要农作物秸秆资源分布(万t)

由图2可以看出，总体上来看，河南省农作物秸秆的分布格局与农作物种植格局相一致。从总量分布来看，河南省的主要作物秸秆资源主要集中分布于其西南部、东南部和东部地区。其中，西南部的南阳和东南部的驻马店、信阳以及东部地区的周口和商丘是河南省主要农作物秸秆资源分布最集中的区域，这五个地区的秸秆资源蕴藏量总量占到全省的53%以上。此外，从秸秆资源的主要类型看，主要粮食作物秸秆(指稻谷秆、玉米秆、小麦秆)和油料作物秸秆是河南省秸秆资源两大主要类型，它们的实物蕴藏量分别为533.42万t(稻谷秆)、3384.04万t(玉米秆)、3582.49万t(小麦秆)和953.23万t(油料作物秸秆)，它们的实物蕴藏量之和占河南省秸秆蕴藏总量的94.28%。

### 2.2 河南省农作物秸秆生物质能源可利用量地理分布格局

根据上述计算的资源总量和估算方法，可得出河南省秸秆资源的蕴藏潜力量和可利用量(图3和图4)。

从图3可以看出，河南省农作物秸秆生物质能源总体上分布不均，各地区差异较大，西南部、东部和东南部等地是河南省秸秆生物质能源的主要分布区。从地域分布上看，南阳、周口、驻马店三地区的秸秆生物质能蕴藏潜力量占有很大的优势，三地区的蕴藏潜力量占到全省的35.3%，其次是商丘、信阳、新乡、安阳、开封和许昌等地；鹤壁、三门峡、济源三地

区则属于分布最少的三个地区。

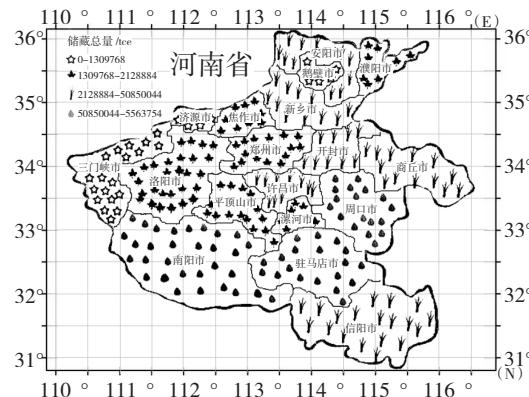


图3 河南省秸秆生物质能蕴藏潜力量的地理分布



图4 河南省秸秆生物质能可利用量的地理分布

从图4可以看出，河南省秸秆生物质能源可利用量最大的两个地区是周口和驻马店，这两个区的秸秆生物质能源可利用量约占全省可利用总量的1/4；其次是南阳、商丘、信阳、新乡和安阳五个地市，它们的可利用量最大的两个地市共占全省可利用总量的65.5%；可利用量最少的是济源市，仅占全省总量的0.03%。不管从蕴藏潜力还是可利用量的角度来看，驻马店都位居全省第一位；而郑州、漯河、鹤壁、三门峡和面积最小的济源都处于全省最后五位。

由于各地区的人口和国土面积之间存在差异，因此单独从某一个角度来评价其农作物秸秆生物质能可利用量的大小，并不能完全描述该地区的生物质能丰度的大小。能源密度<sup>[5,8]</sup>是单位面积或人口的生物质资源拥有量，它是一个用以反映资源丰度的指标。根据河南省18个地区的区域国土面积数据，依据所计算的各地区的农作物秸秆的可利用量，可以计算出各地市的农作物秸秆生物质资源的能量密度。为了便于比较，本文分别计算人均和单位国土面积农作物秸秆生物质资源能量密度。由于现阶段农作物秸秆生产主要是以农村为主，本文中的人均农作物秸秆生物质资源能量密度是以农村人口数为基数计算而成的。具体结果见图5和图6。

从图5可以看出，河南省农村人均可利用秸秆生物质能密度也呈现出明显的地区差异，最大的是鹤壁，为0.4430tce/人，而最小的三门峡，为0.1538tce/人。人均可利用秸秆生物质能密度较大的地区有商丘市、安阳市、新乡市、焦作市、周口市、漯河市、信阳市、许昌市。而农业大市的南阳和驻马店的人均可利用生物质能密度却相对比较少。由此可以

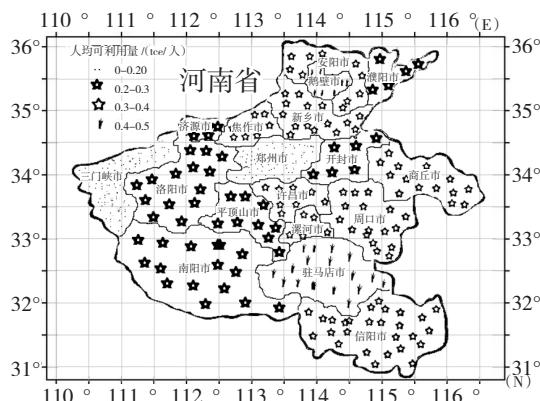


图 5 农村人均秸秆生物质能能量密度分布

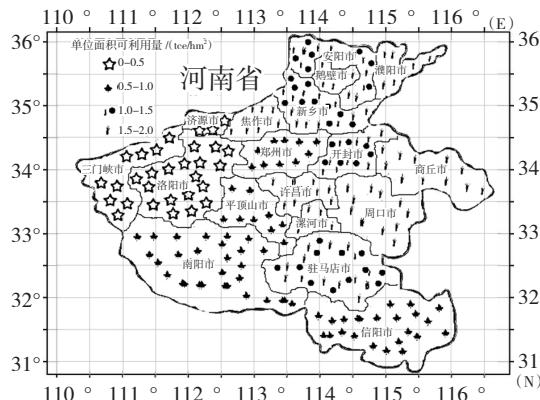


图 6 单位国土面积秸秆生物质能能量密度分布

看出，人均密度与生物质能可利用性的相关性相对较小。由于在进行生物质能利用时，规模与布局主要受制于资源的丰富程度与收集半径，因而与单位面积上的密度关系更密切些。

从图 6 的单位国土面积可利用秸秆生物质能源密度分布中可以看出, 漯河、周口、商丘、鹤壁、许昌、濮阳和焦作七个地区较大。其中最大的地市漯河达到  $1.9449 \text{ tce}/\text{hm}^2$ , 最小的地市为三门峡, 仅为  $0.1825 \text{ tce}/\text{hm}^2$ 。这主要是由于各地市国土面积差异造成的。例如, 可利用量位居第三名和第五名的南阳市和信阳市, 由于其国土面积在河南省 18 个地市中分别居第一和第二, 因此, 其单位面积可利用秸秆生物质能源密度排到最小的第五名和第四名。

总体上来看，与全国的秸秆生物质能源密度的平均量 $1.92\text{tce}/\text{hm}^{28}$ 相比，河南省各地市的秸秆生物质能源密度均不高，这在一定程度上说明了河南省秸秆生物质能源物质资源分布的分散性与收集的困难性。因此，河南省在进行纤维乙醇产业规划和布局时，必须考虑秸秆的收集半径问题。

### 3 结论和讨论

(1)作为我国第一农业大省、第一粮食生产大省,河南省主要农作物秸秆实物总蕴藏量较大,具有巨大的可开发潜力。其秸秆生物质能实物总蕴藏量和可利用量分别达到8965.84万t、1760.09万tce,主要分布在驻马店、周口、南阳、商丘和信阳。随着农村清洁能源的使用,使得秸秆资源用于薪柴的比例越来越小;而且目前农村的收获不再是以传统的牲畜为主,大部分都采用机械动力,这也使秸秆用于饲料的比例大大减小。此外,加上各地区对污染重、规模小的传统造

纸企业的关闭和清洁技术的发展，使秸秆用于造纸的比例也略有下降。由于上述这些原因，使得生物质能可利用比例逐步提高，河南省秸秆生物质能资源量将会不断增加。

(2) 农村人均秸秆生物质能能量密度最大的是鹤壁,最小的为三门峡;单位国土面积的秸秆生物质能能量密度最大的是漯河,最小的是三门峡;出现上述情况的原因一方面是由于部分地区的农村人口和国土面积较大或较小,使得计算出的农村人均和单位国土面积的秸秆生物质能能量密度的值偏小或偏大。另一方面是由于部分地区的土地类型为丘陵或山地,秸秆类农作物不宜种植。

(3)在借鉴前人研究的基础上,本文在计算可利用量时,选取了45%的利用比例。这一方面说明了秸秆利用效率低下,另一方面也对农村生态环境和健康带来不利影响。这种低效和浪费对河南省发展生物质能源是非常不利的。依据各地区秸秆分布及其资源条件等具体情况,可将河南省秸秆生物质资源开发利用分成三个区域:

①重点开发利用区：包括驻马店、周口、南阳、商丘和信阳。这些地区主要是以农业为主，秸秆资源丰富，且集中度较高。秸秆资源除保证农村居民生活用能外，还有剩余可为城镇居民和工业用户提供能源，可集中开发利用。

②适度开发利用区：包括新乡、安阳、开封、许昌、洛阳、濮阳、平顶山、焦作、郑州、漯河。这些地区秸秆资源和集中度均一般，秸秆资源除保证农村居民生活用能外，可以进行适度开发或者推广秸秆固体成型、生物气化等分散式利用技术，为相关生物质能源企业提供优质、清洁的商品能源<sup>[10]</sup>。

③不宜开发利用区：鹤壁、三门峡、济源。除部分地区秸秆资源稍丰富外，大部分地区资源集中度低。农民生活用能多依靠传统的秸秆、薪柴等生物质能或煤炭等化石能源，能效低且污染环境。因此，对于此地区应改善农户生活用能结构，提高能源效率，减少秸秆、薪柴的消耗量，保护生态环境。

## 参考文献：

- [1] 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.
  - [2] 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.
  - [3] 高文永.中国农业生物质能资源评价与产业发展模式研究[D].北京:中国农业科学院研究院,2010.
  - [4] 钟华平,岳燕珍,樊江文.中国作物秸秆资源及其利用[J].资源科学,2003,25(4):62-67.
  - [5] 李京京,任东明,庄幸.可再生能源资源的系统评价方法及实例[J].自然资源学报,2001,16(4):373-380.
  - [6] 朱纯明.河南省秸秆生物质资源量测算 [J]. 现代农业科技,2011(7):292-294.
  - [7] 米健,罗其友,高明杰.南方冬作区马铃薯发展趋势、区域格局与增产潜力[J].中国农业资源与区划 2012(3):73-79 .
  - [8] 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.
  - [9] 丁文斌,王雅鹏,徐勇.生物质能源材料——主要农作物秸秆产量潜力分析[J].中国人口·资源与环境,2007,17(5):84-89.
  - [10] 冯献,詹玲,李宁辉.低碳经济下中国燃料乙醇的发展策略[J].农业现代化研究,2010,31(6):704-707.