

DOI: 10.5846/stxb201307071855

邢红, 赵媛, 王宜强. 江苏省南通市农村生物质能资源潜力估算及地区分布. 生态学报, 2015, 35(10): 3480-3489.

Xing H, Zhao Y, Wang Y Q. Estimate and distribution of rural biomass resource potential in Nantong City Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(10): 3480-3489.

江苏省南通市农村生物质能资源潜力估算及地区分布

邢 红^{1,2}, 赵 媛^{1,3,*}, 王宜强¹

1 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 如皋高等师范学校, 如皋 226500

3 南京师范大学金陵女子学院, 南京 210097

摘要:摸清农村生物质能资源潜力对南通市农村能源建设具有重大意义。以南通市为实证区域,利用草谷比、收集系数、折标系数、副产物系数并根据南通市可能源化利用的实际情况,从县域层面较为全面地估算了包括秸秆、农业加工副产品、人畜粪便等可能源化利用的生物质能资源总量。估算结果表明:(1)南通市每年提供的可能源化利用秸秆资源量约为 105 万 t 标煤,以稻秸、麦秸和油菜秸为主;农业加工副产品资源量约为 20 万 t 标煤,以稻壳、玉米芯、棉籽等为主;人禽粪便资源量为 108 万 t 标煤,以猪粪和禽粪为主,约占到资源总量的 1/2。(2)南通市拥有较为丰富的生物质能资源,其中可能源化利用的生物质资源总量为年均 233 万 t 标煤,并且其资源总量呈增长趋势;预计在短期内其资源总量将增加到 240 万 t 标煤。(3)南通市生物质资源的地区分布极不均匀,从生物质能资源总量、单位国土面积生物质能资源量、人均生物质能资源量看,海安县、如东县和如皋市等经济比较薄弱的县市均具有明显优势,其中海安县在南通各县市中凭借其规模渐增的养殖业、种植业产生的生物质资源而遥遥领先;此外如东县的秸秆资源也具有重要地位。(4)南通市生物质资源的季节分布也不均匀,这种季节分布不均主要是由秸秆资源引起的,因为秸秆资源主要集中在秋季和春季,约占到 60%—75%;而夏季和冬季则很少。这就给农村能源的持续开发利用带来一定难度。建议:需要针对各县市的生物质能开发利用的实际情况因地制宜合理开发生物质资源,科学布局避免恶性竞争,并及时做好秸秆资源的收集、转运与储存工作以避免资源的浪费和严重的环境污染,从而促进南通农村能源建设的健康发展。

关键词:生物质能资源; 潜力估算; 地区分布; 南通市

Estimate and distribution of rural biomass resource potential in Nantong City Jiangsu Province

XING Hong^{1,2}, ZHAO Yuan^{1,3,*}, WANG Yiqiang¹

1 School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

2 Rugao Normal School, Rugao 226500, China

3 Jinling College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China

Abstract: Establishing the potential of rural biomass energy resources is of great significance to the development and construction of rural energy infrastructure in Nantong. Based on a case study of the city of Nantong, and by using the residue to product ratio, the conversion coefficient to standard energy, and the collection coefficient according to the actual situation of the energy-oriented biomass resources of Nantong, this article provides a comprehensive estimate of the quantities of the many types of biomass energy resource available at the county level. These include, among others, crop straw, the residue of agricultural processes, the waste of humans and animals and so on. There are a number of observations that can be made

基金项目:江苏省高校优势学科建设工程资助项目

收稿日期:2013-07-07; 网络出版日期:2014-05-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: njnuzhaoyuan@126.com

based on these results, as follows. (1) There are about 1.05 million tons of energy-oriented straw resources available in Nantong annually, and these resources mainly include rice straw, wheat straw, and rape straw. There are 0.02 million tons of energy-oriented residue from agricultural processes comprising, amongst other things, rice hulls, corn cobs, and cottonseed. Humans and animals contribute about 1.08 million tons of energy-oriented waste, which is mainly from pig manure and bird guano, accounting for about half of the total resource available. (2) Nantong is rich in biomass resources with 2.33 million tons of energy-oriented biomass resources available annually, and the total amount is increasing. It is expected that available biomass resources will increase to 2.4 million tons in a short period. (3) These biomass resources are distributed very unevenly geographically and they tend to be concentrated mainly in Rudong County, Haian County, and Rugao City, where the economy is weaker than in other counties. Examining the total biomass resource of Nantong and the quantity of biomass resource produced per unit land area and per capita, it is established that the most important sources of biomass energy resources are from animal and human waste, and from the straw resources of Haian County because of the large-scale livestock breeding and crop farming in that area. The straw resources found in Rudong County also play an important role. (4) Furthermore, the biomass energy resource has a seasonal distribution. This mainly reflects the availability of the straw resources, of which about 60% to 75% of the annual amount is produced in fall and spring, whereas it is rare in summer and winter. Thus, to some extent, this makes it more difficult for Nantong to fully exploit and sustainably use its rural biomass energy resources. Therefore, the author suggests that biomass resources should be exploited in accordance with local conditions of each county. The development of the infrastructure and the use of the resources should be approached scientifically and rationally to avoid competition between these counties. Furthermore, the straw resources should be collected, transported, and stored in a timely manner to ensure waste of biomass resources is prevented and to counter serious environmental pollution. From the author's perspective, all these measures will help the healthy development and construction of rural energy infrastructure in Nantong.

Key Words: biomass resource; estimate; distribution; Nantong

能源的短缺已经成为许多国家和地区经济发展的瓶颈所在。新时期作为可再生能源的重要组成部分,生物质能因为其低污染、可再生、可储存与可替代性、独特的碳平衡功能以及丰富的资源量引起了人们的关注。对生物质能资源的潜力估算是进行生物质能开发利用的前提和基础。目前对生物质能的开发利用潜力估算主要围绕以下两个方面,一是以刘刚、沈镭^[1],张颖、陈艳^[2]等为代表对生物质能总量进行了研究;二是以丁文斌、王雅鹏^[3];吕文、王春峰^[4];田宜水^[5];郭立磊、王晓玉^[6]等为代表分别对秸秆、林木生物质、禽畜粪便沼气资源、大田作物加工副产物等某一种生物质能的潜力进行估算,其中丁文斌、王雅鹏^[3],高利伟、马林^[7],毕于运、王亚静等^[8],蔡亚庆、仇焕广等^[9];朱建春、李荣华等^[10]主要对中国的秸秆资源的数量及地域分布进行了研究,结果表明我国已经成为世界第一秸秆大国;郭立磊、王晓玉^[6]首次对大田作物加工副产物进行了估算,认为全国加工副产物每年总产量达到 8862.03 万 t,折标煤共 4933.93 万 t。另有张晓浩、黎夏^[11];王小超^[12];郭永奇^[13];王雨辰、陈浮等^[14];朱建春、李荣华等^[15]分别从省域层面对广东、新疆、河南、江苏、陕西的生物质能资源进行了估算。上述研究大多利用某一年的统计数据,从宏观方面进行资源量的估算,仅有陈娟、王雅鹏^[16]对湖北省的生物质能资源潜力进行了动态评估和预测。近年来,GIS 和遥感技术逐渐被应用于生物质能的潜力估算及空间分布,张敏、陈伟强等^[17]、徐增让、成升魁^[18]等利用 GIS 技术对我国的玉米秸秆纤维生产潜力以及甜高粱的生产潜力进行了估算;王芳、卓莉等^[19]等利用 GIS 与遥感技术结合对广东省的农田生物能的时空变化进行分析。上述研究多从宏观层面进行,对于微观层面的县域研究尚不多见。为此,本文拟从微观的县域层面对南通市的生物质能资源潜力进行估算,并摸清南通市的生物质能资源的地区分布,为在更具体的范围内推动生物质能的健康发展、推动新农村建设提供一定的参考依据。

南通市位于江苏省东北部,长江入海口北岸,与上海隔江相望,地处“黄金海岸”与“长江黄金水道”的集

合部,被称为“江海门户”(图 1)。境内自然和区位条件较为优越,市内土地总面积 10549.3 km²(含海堤外滩涂和长江水面),雨水充沛,日照充足,适合多种植物繁衍生长。除狼山基岩残丘区外,境内大部分属长江三角洲平原,西北部属江淮平原,地形平坦。水土、光能资源丰富,具有优越的农业生产发展的自然条件。早在 1998 年,南通市全市 5 个县(市)就已经被列入全国商品粮生产大县,其土地利用率、垦殖率、复种指数分别达 99%、61%和 238%。2010 年南通市在占江苏 7.5%的土地、9.5%的耕地上产出了占江苏 10.%的粮食、24.1%的棉花、29.3%的油料和 48.7%的蚕茧。农作物秸秆是南通市常见的能源资源,以稻秸、麦秸、玉米秸、棉花秸、油菜秸等为主。

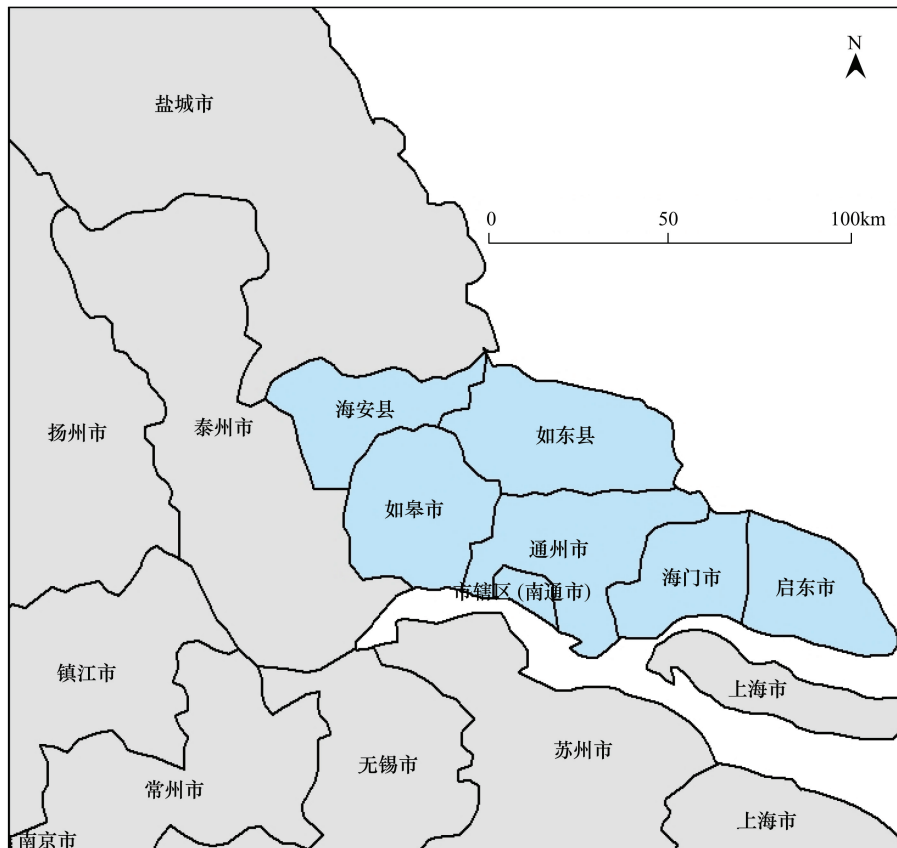


图 1 南通市区位分布图

Fig.1 the location of Nantong City

1 研究方法数据来源

目前利用的生物质能资源主要包括农作物秸秆、林木生物质、禽畜粪便、城市生活垃圾、工业有机废水和能源作物。在农村中生物质能主要包括农作物秸秆、林木生物质和人畜粪便三类,而南通市的林业生产所占比重微乎其微,所以对林木生物质忽略不计;另一方面,南通市是农业大市,农业加工副产品不可忽视,主要有稻壳、花生壳和玉米芯、棉籽等。本文主要对农作物秸秆、农业加工业副产品和人畜粪便等三类资源的可能资源化利用量进行估算。研究数据来源于南通市统计年鉴(1999—2012)。通州市从 2009 年起更改为通州区,为保证统计口径一致,使数据具有可比性,本文没有把通州区并入到南通市区,而是依然单列。所以本文研究的行政单位主要有:南通市辖区、通州区(市)、海安县、如东县、启东市、如皋市、海门市等共 7 个。

南通市境内拥有较为丰富的滩涂资源,0 m 以上潮间带滩涂面积约为 18 万 hm²(含 0 m 以上辐射沙洲 6.7 万 hm²),约占全省的 1/3。近年来滩涂正在逐渐发展成为种植业、水产养殖业、盐业和生态旅游业的开发热点地区和新的经济增长点。目前水产养殖业占有相当大的比重。除水产养殖业以外,各县市充分利用滩涂资

源发展种植业,其中海安县的滩涂资源主要是种植桑树发展养蚕业;如东县以种植油料、棉花和三麦等耐盐碱旱作物为主;启东市在滩涂种植黑麦草发展滩涂生态养殖业,主要有山羊和柴鸡。通州区、海门市以水产养殖业为主。上述地区的种植业和畜牧业过程中产生的生物质资源在统计时均包含在统计范围之内。此外未投入农业利用的滩涂上的滩涂先锋植物、引进的耐盐碱植物因为各县市缺乏相应的统计资料,无法准确估算,所以本文暂未考虑。

1.1 秸秆资源

秸秆资源虽然在南通市是比较可靠的生物质能源,但因为其地区分布比较分散,且没有被列入国家有关部门的统计范围,其秸秆的理论可获得量 Q 的测算只能通过农作物产量与草谷比、折标煤系数、收集系数等进行推算得来,计算公式如下:

$$Q_1 = \sum P_i \cdot R_i \cdot \eta_i \cdot \alpha_i \quad (1)$$

式中, Q_1 为某一区域内各种农作物秸秆的理论可获得量(t/a); i 为各农作物秸秆的编号, $i=1,2,3,\dots,n$; P_i 为某一区域第 i 种农作物的年产量(t/a); R_i 为某一区域第 i 种农作物秸秆的草谷比; η_i 为某一区域第 i 种农作物秸秆的折标煤系数, α_i 为某一区域第 i 种农作物秸秆的收集系数。

农作物草谷比是指某种农作物单位面积的秸秆产量与籽粒产量的比值,它是一个经验常数,但草谷比的确定是进行资源估算与预测的关键。不同地区与不同品种的农作物基本相同,可以由田间试验或观测得到,不同学者采用的数值并不完全一致。为了更符合南通市的实际情况,大部分农作物本文选取了苏中地区的各农作物的草谷比^[20]。对于其他谷物,其草谷比选用了毕于运、高春雨等人^[21]的研究成果。各主要农作物的折标系数取自 2010 年中国能源统计年鉴。各主要农作物的收集系数采用崔明^[22]、王雨辰^[14]等人的研究成果(表 1)。钟华平、岳燕珍等人^[23]的研究结果表明,在我国秸秆资源利用的主要方式为作为肥料还田、畜牧饲料、工业原料以及能源利用,其中用作能源的大约为 40%—50%。

表 1 各主要农作物的草谷比、折标系数及收集系数

系数 Coefficient	水稻 Rice	小麦 Wheat	玉米 Corn	大豆 Soybean	薯类 Tubers	油菜 Rape	花生 Peanut
草谷比 R_i Residue to product ratio(RPR)	1.1	1.14	1.45	1.42	0.69	2.58	0.97
折标系数 η_i conversion coefficient	0.429	0.500	0.529	0.543	0.486	0.529	0.529
收集系数 α_i collection coefficient	0.87	0.73	0.97	0.774	0.74	0.797	0.86
	蚕豌豆 Beans and peas	棉花 Cotton	其他谷物 Other cereals	芝麻 Sesame	甜菜 Beet	甘蔗 Cane	麻类 Hemp
草谷比 R_i Residue to product ratio(RPR)	2.0	3.0	1.6	2.2	0.18	0.30	1.9
折标系数 η_i conversion coefficient	0.543	0.543	0.050	0.529	0.441	0.441	0.500
收集系数 α_i collection coefficient	0.774	0.887	0.825	0.86	0.917	0.917	0.873

1.2 农业加工副产品资源

对主要农作物副产品的副产物系数、折标系数和收集系数选用郭利磊、王晓玉^[6]和毕于运^[24]等人的研究成果,计算公式如下:

$$Q_2 = \sum P_i \cdot \beta_i \cdot \eta_i \cdot \alpha_i \quad (2)$$

式中, Q_2 为某一区域内农业加工副产品的理论可获得量(t/a); i 为各农作物副产品的编号, $i=1,2,3,\dots,n$; P_i 为某一区域第 i 种农作物的年产量(t/a); β_i 为某一区域第 i 种农作物副产品的副产物系数; η_i 为某一区域第 i 种农作物副产品的折标系数。 α_i 为某一区域第 i 种农作物副产品的收集系数。农作物副产品的利用途径虽然较多,但目前南通地区主要用来直接燃烧,因此可以将农副产品视为全部用作能源。

1.3 人禽粪便资源

粪便产出的估算是按照不同月龄的牛、猪和鸡等畜禽的日排粪量及存栏数,得出实物量。畜禽粪尿排泄

量与动物种类、品种、性别、生长期等因素有关,根据各类畜禽每日粪便产生量和畜禽的饲养周期可以估算畜禽粪便排放量,在考虑折标系数和粪便收集系数的基础上可以得到粪便理论可获得量,计算公式如下^[1]:

$$Q_3 = \sum Q_{d_i} \cdot d_i \cdot m_i \cdot \eta_i \cdot \alpha_i = \sum Q_{d_i} \cdot M_i \cdot \eta_i \cdot \alpha_i \quad (3)$$

式中, Q_3 为畜粪实物量; Q_{d_i} 为第*i*类畜禽的数目; d_i 为第*i*类畜禽每天粪便的产量; m_i 为第*i*类畜禽的饲养周期; M_i 为第*i*类畜禽在整个饲养周期内粪便排放总量。 η_i 为某一区域第*i*种畜禽粪便的折标系数。 α_i 为某一区域第*i*种畜禽粪便的收集系数。不同类型单位畜禽饲养期内的排泄量采用袁正宏^[25]、刘刚^[1]等人的研究成果。人类的排泄系数参考了罗钰翔^[26]的研究结果,取人的粪排泄平均系数为 0.264 kg/d,尿排泄平均系数为 1.707 kg/d。各种粪便的折标系数取自于 2010 年中国能源统计年鉴。禽畜粪便的收集系数参照马志强、朱永跃等人的研究成果^[27],借鉴刘刚^[1]等人的研究成果大约有 1/3 的禽畜粪便可用作能源。

2 不同种类生物质资源可能源化利用量估算

2.1 农作物秸秆资源

南通市秸秆种类主要有麦秸、稻秸、花生秸、芝麻秸、玉米秸、豆秸、油菜秸和棉秆等。由公式(1)计算得到各县市 1998 年以来农作物秸秆资源可能源化利用量(表 2)。

表 2 南通市农作物秸秆资源可能源化利用量估算结果/(万 t 标煤)

Table 2 The estimates of available energy-oriented crop residue in Nantong City/($\times 10^4$ tce)

年份 Year	市辖区 Municipal district	海安	如皋	如东	通州	海门	启东	总量 Total
1998	1.88	13.26	18.06	21.94	17.58	12.83	19.55	105.11
1999	2.14	13.74	18.48	22.95	19.95	13.41	19.45	110.12
2000	2.13	13.56	17.77	23.32	20.52	13.42	18.93	109.65
2001	3.75	13.93	17.51	23.17	17.94	12.51	17.45	106.27
2002	3.47	13.24	16.17	22.27	16.51	11.20	14.71	97.58
2003	3.50	12.10	15.86	21.87	16.79	11.98	17.40	99.49
2004	3.50	12.98	16.85	22.96	18.46	12.83	17.67	105.25
2005	3.46	12.37	16.49	22.60	17.67	11.63	15.10	99.33
2006	3.42	14.14	17.15	24.40	18.99	12.91	18.65	109.66
2007	3.03	13.30	15.09	24.08	19.10	13.38	18.63	106.62
2008	3.07	14.27	15.46	25.57	18.55	12.36	17.38	106.66
2009	3.02	14.40	16.24	25.60	18.49	12.55	15.78	106.07
2010	2.87	14.39	16.72	25.79	18.74	13.02	16.78	108.32
2011	2.54	14.33	17.07	26.00	18.18	12.47	16.02	106.62

由表 2 可见,南通市秸秆资源的理论蕴藏量很可观,平均每年能提供 105 万 t 标煤的可能源化利用的秸秆资源。从各县市秸秆资源平均值所占比重看,前三位依次是如东县、通州区和启东市,分别占到 22.5%、17.4%、16.5%,比重最低的是海门市,为 11.7%。各县市的秸秆资源量与其种植业的结构密切相关。如东县是著名的粮食生产大县,早在 2008 年就已经被命名为江苏省水稻种植机械化示范县,水稻生产从秧苗育苗、移栽、培管到收割,向全程机械化迈进。这种机插秧的方式使得如东稻谷亩产目前已经超过 650 kg,因此稻秸就成为如东县最主要的秸秆资源。而通州的油菜秸秆超过了小麦位居第二;启东市则以油菜、棉花等经济作物为主,玉米秸秆的量虽逐年下降,但依然占有重要地位而紧随其后。海门叠石桥拥有全国著名的家纺用品市场,这带动了启东、海门的棉花种植,使得这里的棉花成为主要的经济作物。

2.2 农业加工副产品资源

南通市农业加工副产品主要有稻壳、花生壳和玉米芯。由公式(2)计算得到各县市 1998 年以来农业加工副产品资源量(表 3)。

表 3 南通市农业加工副产品资源可能源化利用量估算结果/(万 t 标煤)

Table 3 the estimates of available energy-oriented process residue factor in Nantong City /($\times 10^4$ tce)

年份 Year	市辖区 Municipal district	海安	如皋	如东	通州	海门	启东	总量 Total
1998	0.47	3.11	4.30	4.44	3.77	2.63	4.03	22.76
1999	0.42	2.85	3.88	4.38	3.79	2.45	3.64	21.40
2000	0.40	2.78	3.79	4.22	3.89	2.51	3.77	21.36
2001	0.78	2.87	3.82	4.38	3.45	2.44	3.53	21.27
2002	0.74	2.96	3.83	4.44	3.31	2.42	2.97	20.67
2003	0.67	2.48	3.45	3.92	3.11	2.38	3.31	19.32
2004	0.67	2.57	3.69	4.05	3.34	2.40	3.02	19.74
2005	0.64	2.29	3.52	4.06	3.19	1.98	2.39	18.07
2006	0.61	2.88	3.73	4.30	3.24	2.19	2.96	19.90
2007	0.52	2.72	3.37	4.32	3.05	1.60	1.73	17.31
2008	0.52	2.79	3.42	4.44	3.07	1.96	1.98	18.16
2009	0.51	2.80	3.57	4.39	3.06	1.96	2.04	18.33
2010	0.48	2.83	3.59	4.46	3.12	2.06	2.15	18.69
2011	0.42	2.88	3.59	4.56	3.09	1.97	2.18	18.69

由表 3 可见,南通市农业加工业副产品中可能源化利用的资源量平均每年约为 20 万 t 标煤,如果加上药材、蔬菜、瓜果藤蔓以及其他农作物,蕴藏的资源量也是比较可观的。

农业加工业副产品资源比重前三位依次是如东县、如皋市和通州区,2011 年三者资源量的比重分别 24.2%、19.3%、16.5%。各县市农副产品资源与其种植业的结构有着密切关系,如东县、如皋市和通州区是主要的稻米产区,水稻是主要的粮食作物,因此其稻壳资源也具有绝对优势。以如东县为例,2003 年其稻壳的比重最低也已经超过了 70%,近 3 年的比重更是超过 83%。启东、海门地区的玉米芯则遥遥领先,棉籽也占有较大比重。

2.3 人禽粪便资源

南通市的禽畜主要是牛、猪、羊、兔和鸡鸭鹅等家禽。由公式(3)计算得到各县市 1998 年以来人畜粪便资源量(表 4)。

表 4 南通市粪便资源可能源化利用量估算结果(万 t 标煤)

Table 4 the estimates of available energy-oriented human and animal feces in Nantong City ($\times 10^4$ tce)

年份 Year	市辖区 Municipal district	海安	如皋	如东	通州	海门	启东	总量 Total
1998	1.51	24.09	22.83	21.34	9.49	5.65	6.50	91.42
1999	1.61	27.19	23.02	21.85	9.69	6.15	6.19	95.70
2000	1.70	27.94	23.33	23.48	10.29	6.53	6.51	99.77
2001	2.58	27.61	23.27	24.21	10.24	6.32	6.86	101.09
2002	2.48	30.93	24.16	25.89	10.84	7.22	7.03	108.54
2003	2.51	31.87	24.68	26.30	11.39	7.51	7.76	112.03
2004	2.45	32.67	25.21	26.49	11.85	7.67	8.15	114.50
2005	2.34	33.98	25.79	25.69	12.38	7.95	8.74	116.88
2006	2.11	30.53	25.42	25.30	13.15	8.39	9.40	114.29
2007	1.88	30.32	25.06	23.93	12.08	6.42	7.66	107.34
2008	1.80	29.67	26.40	25.61	12.05	6.98	8.17	110.67
2009	1.64	28.65	26.71	26.25	13.21	7.11	8.77	112.34
2010	1.51	27.74	26.69	26.67	12.65	7.53	9.98	112.76
2011	1.74	27.83	27.73	26.31	12.90	7.64	9.78	113.94

由表 4 可见,南通地区人畜粪便中可能源化利用的资源量大约 108 万 t 标煤,是南通市所有生物质能中最重要的一种资源,约占生物质能总量的一半。

人畜粪便资源主要集中在海安县、如皋市和如东县,2011 年其资源量比重分别为 27.0%、23.1%、21.6%。三县的畜牧业均以猪和家禽的规模化养殖为主。海安县是全国著名的畜牧生产大县,畜禽养殖业已经成为海安县农村经济的重要支柱产业和农民致富奔小康的主导产业。2011 年全县猪肉产量 55735 t,禽肉产量 30050 t,禽蛋产量 234900 t,分别占到南通市总量的 21.4%、16.6%、51.4%,当年畜牧业产值 39.15 亿元,约占农业总产值的 50%,这标志着海安县的农业生产结构开始从单纯注重种植业发展向多元化方向发展。

3 生物质能资源总量及其分布

3.1 生物质能资源总量变化

根据公式(4)可以得到南通市所有生物质能资源总量(图 2)。各县市生物质资源总量的描述性统计分析,主要包括了各变量的极大值、极小值、均值、标准差等统计量(表 5)。

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \tag{4}$$

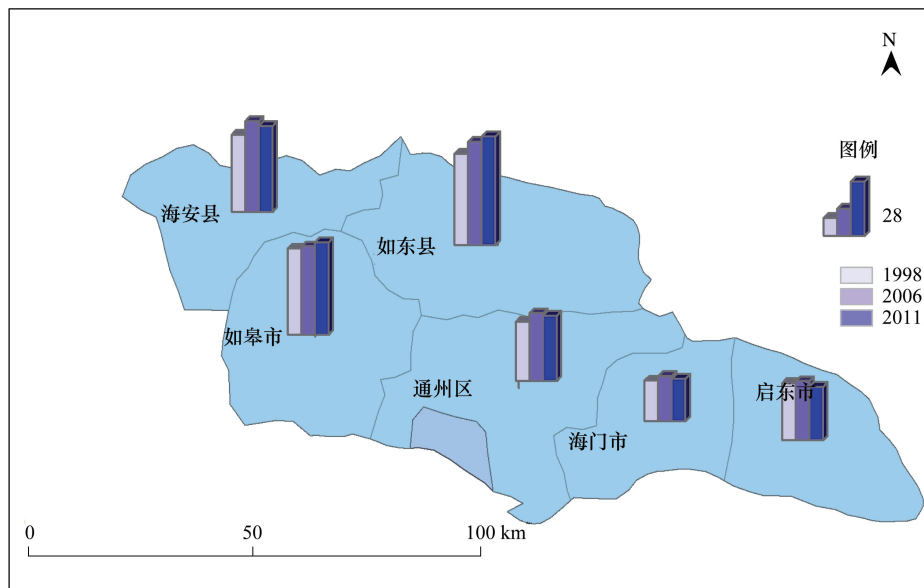


图 2 南通市生物质资源可能源化利用量汇总

Fig.2 the summary of available energy-oriented biomass resources in Nantong City

表 5 描述性统计量

Table 5 Descriptive Statistics

县域 County	统计量 N Statistic	极小值	极大值	均值	标准差	偏度		峰度	
		Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std.Deviation Statistic	Skewness Statistic	标准误	Kurtosis Statistic	标准误
市辖区 Municipal district	14	3.87	7.11	5.54	1.08	-0.08	0.60	-1.45	1.15
海安	14	40.47	48.64	45.70	2.12	-0.99	0.60	1.68	1.15
如皋	14	43.51	48.40	45.48	1.30	0.65	0.60	0.62	1.15
如东	14	47.73	56.92	53.02	2.75	-0.20	0.60	-0.38	1.15
通州	14	30.66	35.38	33.30	1.56	-0.65	0.60	-0.96	1.15
海门	14	20.84	23.50	21.90	0.75	0.72	0.60	-0.48	1.15
启东	14	27.72	31.00	28.20	1.61	-0.47	0.60	0.61	1.15
有效的 N(列表状态) Valid N(list wise)	14								

从描述性统计分析中可以看出各县市的生物质资源数量差异较大,如东县的生物质资源总量的平均值最高超过 53 万 t 标煤,而市辖区约为 5 万 t 标煤;从表示生物质资源总量波动程度的标准差来看,如东县的波动程度最大,而海门市的波动程度最小。

由图 2 及表 5 可知,南通市的生物质能资源很丰富,可能源化利用的资源量平均每年达到 233 万 t 标煤。从 1998 年以来,南通市的生物质能资源总量总体呈上升趋势,从 1998 年的 219.28 万 t 标煤增加到 2006 年的 243.86 万 t 标煤,年均增长率约为 2%。2007 年各县市的资源总量均有不同程度的下降,导致南通市的资源总量下降了 6 个百分点。2007 年起至今,资源总量开始缓慢回升,近五年的生物质能资源总量均值保持在较高水平。随着南通市土地流转的继续推进,万顷良田工程的开展,农业适度规模经营水平的进一步提高,南通市未来的生物质能资源总量还会不断上升。预计短期内南通市的生物质资源可能源化利用总量将上升到 240 万 t 标煤。

3.2 生物质能资源总量地区分布

尽管南通市的生物质能资源比较丰富,但在地区间的分布极不均匀(图 3,图 4)。生物质能资源主要集中在海安县、如东县和如皋市,2006 年、2011 年这三县市的生物质能资源总量分别占到南通市的 63%、65%,尤其是海安县、如东县的比重达到 23%。除市辖区外,启东市和通州区的资源量大体持平,资源量最少的是海门市,2011 年仅占到 9%。

各县市单位国土面积生物质资源量以及人均生物质资源量分布不均(图 5,图 6)。从图 5 中可以看出海安县单位国土面积生物质能资源量最多,1998 年、2006 年、2011 年其单位国土面积的生物质能资源量分别为 12.5 t 标煤/hm²、15.2 t 标煤/hm²、13.9 t 标煤/hm²,远远超过了南通市的平均值,紧随其后的是如皋市和如东县,但二者与其他县市的差距并不很大。从图 6 人均生物质能资源量来看,各县市差异也非常显著,海安县、如皋市和如东县远远超过了通州区、海门市和启东市。

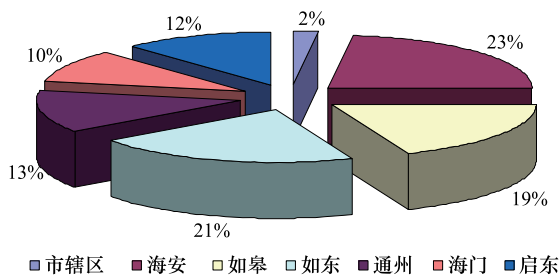


图 3 2006 年各县市生物质能资源比重
Fig.3 the ratio of biomass resources in counties in 2006

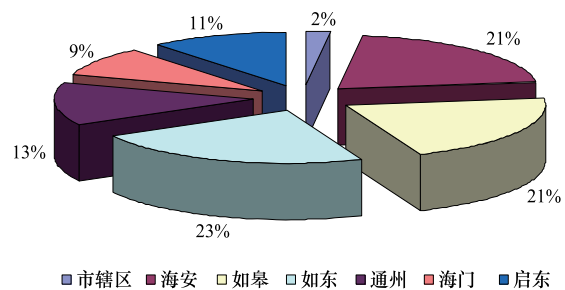


图 4 2011 年各县市生物质能资源比重
Fig.4 the ratio of biomass resources in counties in 2011

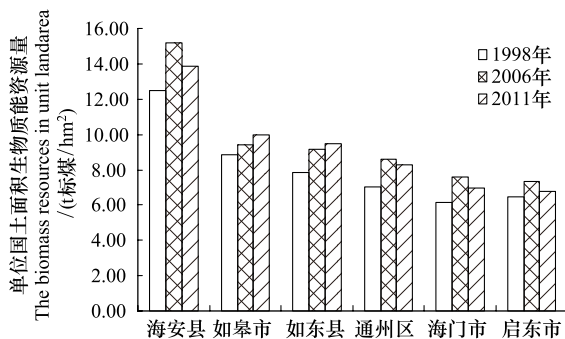


图 5 各县市单位国土面积生物质能资源量
Fig.5 the biomass resources in unit land area in Nantong

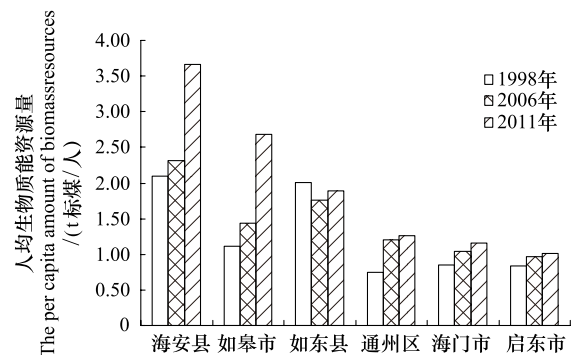


图 6 各县市人均生物质能资源量
Fig.6 the per capita amount of biomass resources in Nantong

从生物质能资源总量、单位国土面积生物质能资源量、人均生物质能资源量看,海安县、如东县和如皋市均具有明显优势,尤其是海安县均为第一。北三县是南通市的农业大县,其农业生产在南通市乃至江苏省都有举足轻重的地位。如东县、如皋市的耕地资源总量在南通市一直遥遥领先,农业生产结构中以种植业为主,所以其秸秆资源占有明显优势;海安县的耕地资源虽不多,但海安的畜牧业发展在南通市一枝独秀,畜牧业的产值已经超过了种植业而成为海安县农业中的第一大产业,近年来大规模的禽畜养殖的发展为海安县提供了丰富的禽畜粪便资源。

3.3 生物质能资源总量季节分布

在南通地区生物质能资源总量中产生明显季节变化的主要是秸秆资源,南通地区主要是稻麦两熟,所以秸秆资源量随季节变化有着明显的变化(图7)。各县市表现出相同的季节变化趋势:秋季>春季>夏季>冬季。秋季收获的作物秸秆主要有稻秸、玉米秸和棉秆,所以其比重遥遥领先,大约在1/3—1/2;春季主要是麦秸和油菜秸,其所占比重约为1/4;农作物在越冬季节停止生长,提供的秸秆资源很少。

从秸秆资源的季节分布可以看出,各市区的秸秆资源季节分布很不均匀,而秸秆的存储很不方便,这意味着要实现秸秆资源的持续利用有一定的难度。

4 结论与对策

4.1 结论

(1)从南通市生物质能资源现状估算看,南通市的生物质能资源总量很可观,年均提供可能资源化利用资源总量大约233万t标煤。秸秆资源、农副产品资源、禽畜粪便资源三者占总资源量中的比重大约为45:8:47,其中禽畜粪便资源约占到一半。未来南通市可能资源化利用的生物质资源总量还会小幅提升,短期内将增加到240万t标煤。本文估算的资源总量小于南通市的实际情况,因为在南通地区尚有少量的林木生物质资源和滩涂中未加以考虑的滩涂先锋植物、引进的耐盐碱植物资源等生物质资源。

(2)从各种生物质能资源的地区分布看,各县市的资源情况各异。生物质能资源主要集中在如东、海安、如皋等经济基础相对薄弱的北三县。其中海安县的生物质能资源总量、单位国土面积生物质能资源量和人均生物质能资源量均最高,其次是如东县和如皋市。秸秆资源量最大的是如东县,以稻秸为主;相应地农业加工业副产品资源量最大的也是如东县,以稻壳为主;禽畜粪便资源量最多的是海安县,以猪粪和家禽粪便为主。启东市、海门市的生物质能资源量较少,但其玉米秸、棉秸、玉米芯等资源在南通具有重要地位。

(3)从生物质资源的季节分布看,分布极不均匀,主要集中在秋季和春季,冬季则很少。

4.2 对策

(1)从生物质能利用方式看,要因地制宜,不搞一刀切。如东的生物质能资源以秸秆为优势,秸秆固化、秸秆发电等项目已经投入运营,并且当地已经形成一支新的秸秆经纪人队伍,所以今后可以在秸秆的能源化利用上提高利用效率;海安、如皋等地的畜牧业发展具有相对优势,为大型沼气池建设提供优越条件。借助大型沼气池不仅可以充分利用秸秆、粪便等资源,变废为宝,同时又能减少污染和疾病传播,有效提高农民生活质量和生产水平,是发展农村循环经济,建设资源节约型社会的重要举措。

(2)从生物质能分布的空间布局看,要科学布局,不搞恶性竞争。虽然南通市的生物质能资源总量比较可观,但人均资源占有量2011年仅为1.8t标煤,如东地区虽然总量在7个行政单位中是最多的,但人均资源占有量也只有1.88t标煤,略高于平均值而没有明显优势,所以不宜密集地布局更多的秸秆电厂、秸秆固化等

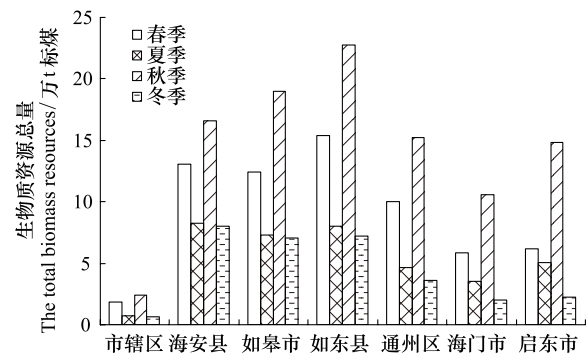


图7 南通市生物质资源总量的季节分布

Fig. 7 the season distribution of total biomass resources in Nantong City

工程,避免因为恶性竞争而导致现有的能源工程无法正常发挥作用。

(3)从生物质能的季节分布看,要及时做好秸秆资源的收集、转运与储存工作。因为生物质资源主要集中在秋季和春季,所以既要保证现有的秸秆电厂、秸秆固化等能源企业正常开工生产,也要做好秸秆的收集、储存工作,防止因收集工作不及时导致老百姓焚烧秸秆,否则会造成秸秆焚烧—资源浪费—能源企业开工不足的恶性循环,还会产生严重的环境污染。

参考文献(References):

- [1] 刘刚,沈镛. 中国生物质能源的定量评价及其地理分布. 自然资源学报, 2007, 22(1): 9-19.
- [2] 张颖,陈艳. 中部地区生物质资源潜力与减排效应估算. 长江流域资源与环境, 2012, 21(10): 1185-1190.
- [3] 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. 中国人口·资源与环境 2007, 17(5): 84-89.
- [4] 吕文,王春峰,王国胜,俞国胜,张彩虹,张大红,刘金亮. 中国林木生物质能源发展潜力研究. 中国能源, 2005, 27(11): 21-26.
- [5] 田宜水. 中国规模化养殖场畜禽粪便资源沼气生产潜力评价. 农业工程学报, 2012, 28(8): 230-234.
- [6] 郭利磊,王晓玉,陶光灿,谢光辉. 中国各省大田作物加工副产物资源量评估. 中国农业大学学报, 2012, 17(6): 45-55.
- [7] 高利伟,马林,张卫峰,王方浩,马文奇,张福锁. 中国作物秸秆养分资源数量估算及其利用状况. 农业工程学报, 2009, 25(7): 173-179.
- [8] 毕于运,王亚静,高春雨. 中国主要秸秆资源数量及其区域分布. 农机化研究, 2010, 32(3): 1-7.
- [9] 蔡亚庆,仇焕广,徐志刚. 中国各区域秸秆资源能源化利用的潜力分析. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1637-1646.
- [10] 朱建春,李荣华,杨香云,张增强,樊志民. 近 30 年来中国农作物秸秆资源量的时空分布. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2012, 40(4): 139-145.
- [11] 张晓浩,黎夏,施迅,刘凯. 广东省水稻生物质能的估算. 遥感应用, 2007, (1): 26-30.
- [12] 王小超. 新疆生物质能总量及分布特征分析. 中国酿造, 2008, (20): 109-111.
- [13] 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. 农业现代化研究, 2013, 34(1): 114-117.
- [14] 王雨辰,陈浮,朱伟,曾远文. 江苏省秸秆资源量估算及其区域分布研究. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 305-310.
- [15] 朱建春,李荣华,张增强,孟妙志,樊志民. 陕西作物秸秆的时空分布、综合利用现状与机制. 农业工程学报, 2013, 29(增刊1): 1-9.
- [16] 陈娟,王雅鹏. 基于 ARIMA 模型的湖北省农村生物质资源潜力评估. 林业经济, 2012, (6): 97-101.
- [17] 张敏,陈伟强. 基于 GIS 的中国玉米秸秆纤维生产潜力研究. 中国农学通报, 2008, 24(11): 490-495.
- [18] 徐增让,成升魁,谢高地. 甜高粱的适生区及能源资源潜力研究. 可再生能源, 2010, 28(4): 118-122.
- [19] 王芳,卓莉,陈健飞,冯艳芬,周涛. 2000—2006 年广东省农田生物能时空变化遥感分析. 地理研究, 2010, 29(12): 2223-2232.
- [20] 冯蕾. 江苏省秸秆资源评价与规模化能源利用发展研究[D]. 南京:南京农业大学, 2010: 12-12.
- [21] 毕于运,高春雨,王亚静,李宝玉. 中国秸秆资源数量估算. 农业工程学报, 2009, 25(12): 211-217.
- [22] 崔明,赵立欣,田宜水,孟海波,孙丽英,王飞,李冰峰. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价. 农业工程学报, 2008, 24(12): 291-296.
- [23] 钟华平,岳燕珍,樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用. 资源科学, 2003, 25(4): 62-67.
- [24] 毕于运. 秸秆资源评价与利用研究 [D]. 北京:中国农业科学院, 2010.
- [25] 袁振宏,吴创之,马隆龙. 生物质能利用原理与技术. 北京:化学工业出版社, 2005.
- [26] 罗钰翔. 中国主要生物质废物环境影响与污染治理策略研究. [D]. 北京:清华大学, 2010: 6-6.
- [27] 马志强,朱永跃,洪涛. 江苏省生物质能产业发展现状分析及对策研究. 中国软科学, 2008, (10): 65-72.