我国生物质能源的空间分布及利用潜力分析

赵思语，耿利敏

（南京林业大学经济管理学院，南京210000）

摘要：我国生物质能源丰富，分析我国生物质能源的空间布局及其利用潜力是推进我国生物质能源发展的前提条件。在前人研究的基础上，根据近年来的文献及数据，分析了我国各类生物质能源的空间布局并结合我国实际评估了其利用潜力。

进入21世纪以来，世界能源的需求量呈现出迅猛增长的态势，能源的大量使用所导致的环境问题也日渐凸显。生物质能源作为目前唯一一种可再生碳源，拥有来源丰富、清洁低碳、可再生性等特点。目前通过光合作用全球每年能够产生1730亿t的生物有机质，其所蕴含的能量相当于全球能源消耗量的10～20倍[1]。我国“十三五规划”指出，我国正处于能源转型升级的重要时期，但我国生物质能仍处于发展初期。加快对生物质能开发利用，对我国促进能源生产，推动消费革命，发展循环经济意义深远。然而，我国幅员辽阔，地形与气候条件差异明显，生物质能源的分布状况亦呈现出一定的地理差异，因此结合我国现状分析我国生物质能源的空间分布状况及其利用潜力是对我国生物质能源进行开发与利用的前提条件。

1我国生物质能源蕴藏量的国际比较

根据2014年的数据显示（见表1），世界生物质能源被划分为城市垃圾、工业废料、固体生物质、沼气和液态生物燃料五类，其中供应量最丰富的是固体生物质，主要由处于前十一位的亚洲与非洲国家提供。世界生物质能源供应总量排名前十一的国家所拥有的生物质能源总量占43.43EJ，是世界总量的约73.36%；并且中国、印度、印度尼西亚、巴基斯坦和泰国五国均属于亚洲国家，从比例上看，五国生物质能源供应总量为22.09EJ，占世界总量的37.31%。此外，中国、印度共占世界总量的17.2EJ，欧盟共占世界总量的5.93EJ，仅次于中国与印度，其中中国所占世界生物质能源供应总量的比例最大，占比约15.37%，总量达到9.10EJ。

表1　2014年生物质能源供应总量位列前十一名的国家（地区）（单位：EJ）

国家	城市垃圾	工业废料	固体生物质	沼气	液态生物燃料	总量
中国	0.00	0.23	8.47	0.32	0.07	9.10
印度	0.03	0.00	8.04	0.02	0.01	8.10
欧盟(28国)	0.75	0.16	3.75	0.07	1.20	5.93
尼日利亚	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	4.55
美国	0.30	0.06	2.37	0.18	1.50	4.41
巴西	0.00	0.00	2.84	0.01	0.64	3.48
印度尼西亚	0.00	0.00	2.43	0.00	0.04	2.47
埃塞俄比亚	0.00	0.00	1.87	0.00	0.00	1.87
巴基斯坦	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	1.34
刚果	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.10
泰国	0.01	0.00	0.98	0.03	0.06	1.08
总计	1.09	0.45	37.75	0.63	3.52	43.43
世界总量	1.32	0.80	52.60	1.27	3.21	59.20

数据来源：GLOBAL BIOENERGY STATISTICS 2017

2我国生物质能源的地理分布

我国生物质能源主要为农业废弃物、林木薪柴、加工业废弃物、城镇生活垃圾、动物粪便等几个方面[2]，各类生物质能源的分布状况可通过不同指标分别进行分析。本文以农作物秸秆资源量、林木剩余物资源量、城市生活垃圾产生量、畜禽粪尿的资源数量分别作为农业废弃物、林木薪柴、城镇生活垃圾、动物粪便分布状况的分析指标。加工业废弃物资源量的分布状况可通过工业有机废水资源进行分析，但因数据可得性的限制，本文以工业废水排放量为指标进行分析。

2.1农业废弃物分布

农业废弃物是农林生产过程中产生而被废弃的有机类物质，包括种植业废弃物、农业加工业废弃物、养殖业废弃物等；其中种植业废弃物中最重要的是农作物秸秆、蔬菜残体、树木落叶与枝条、果实外壳等[3]。在我国农村地区，最主要的农作物副产品是作物秸秆。2014年我国农作物秸秆资源总量为8.1亿t，所拥有秸秆资源量由大至小排列依次是华东、华中、东北、华北、西南、西北、华南地区，其所占秸秆资源量分别为1.92亿t、1.53亿t、1.38亿t、1.03亿t、0.97亿t、0.69亿t、0.58亿t，其中华东、华中、东北、华北4个地区秸秆资源总和达5.86亿t，约占我国总量的72.35%。根据各省的数据显示，河南、黑龙江、山东、河北、安徽、吉林、四川和江苏八省的秸秆资源量最大，分别为0.84亿t、

0.72亿t、0.66亿t、0.46亿t、0.45亿t、0.44亿t、0.42亿t、0.42亿t。

2.2林木薪柴分布

林木生物质可分为薪炭林、经济林、林业剩余物、油料树种果实、苗木秸秆、林业剩余物等类别。薪柴是我国林木生物质能源的重要来源之一，同时也是我国农村地区最主要的生活能源[4]。根据林业剩余物资源在我国各省的分布（表2），我国林木剩余物总量为30284万t，其中含林木抚育间伐物与林木采伐造材剩余物的资源量最大，分别为20543万t和4710万t；此外，还包含竹子采伐与加工剩余物2818万t，木材加工剩余物1493万t，废旧木材回收720万t。总体而言，我国华东、华南、西南3地区所占林业剩余物资源量最大，分别为7594万t、6395万t、5966万t，三者共占我国林业剩余物资源总量的65.89%。

表2　2013年全国各省（区、市）林木剩余物资源分布

（单位：万t）

区域	林木采伐造材剩余物	木材加工剩余物	竹子采伐与加工剩余物	林木抚育间伐物	废旧木材回收	林木剩余物合计
东北	450	120	0	1 265	236	2 071
华东	1 220	424	1 596	4 177	177	7 594
华北	178	21	0	2 498	64	2 761
华中	541	129	154	2 597	110	3 531
华南	1 787	679	746	3 083	100	6 395
西南	505	116	309	5 007	29	5 966
西北	29	4	13	1 916	4	1 966
全国	9 391	2 982	5 623	39 170	1 436	58 602

数据来源：王红彦等.中国林木剩余物数量估算[J].中南林业科技大学学报，2017，37(02).

2.3加工业废弃物分布

农产品加工废物种类多样，包括畜禽加工的下脚料、餐厨垃圾、农产品残渣、制糖业原料残渣及酿造业酒糟等[5]。其中，工业有机废水是农产品加工过程中产生的一种有机污染物。我国华东、华中、华南、华北、东北地区的工业废水排放总量均达到亿吨以上，经统计，五地区排放总量为1244870万t，约占全国总排放的86.95%；其中华东地区的排放量高达681846万t，约占全国总排放的47.62%。从各省的排放量来看，工业废水排放量主要分布于江苏、山东、浙江、广东、福建、河南、河北等省，七省工业废水排放量总计786592万t，共占全国排放总量的54.94%，其中江苏、山东、浙江、广东四个经济大省排放量均在亿t以上，远高于其他省份。

2.4城镇生活垃圾分布

城市固体废物主要表现为城市生活垃圾。如表3所示，我国有17个省（区、市）的城市生活垃圾产生量在0~500万t

的区间内，500~1000万t的有8个，1000~1500万t的有3个，1500~2000万t的2个，2500万t以上的1个；其中东北、华北、西北、西南（除去四川省）、华中（除去湖南省）地区的城市生活垃圾均位于0~1000万t的区间内，华东地区除了安徽、江西外，其余省份的产生量均在1000~2000万t的区间内，而位处华南地区的广东省的是我国城市生活垃圾产生量最大的省份，其产生量大于2500万t。此外，《2018年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》指出，全国城市生活垃圾产生量排名前十位的城市中，中国大陆经济实力最强的四个城市（北京、上海、广州、深圳）分别以901.8万t、899.5万t、737.7万t、604.0万t的产生量位居前四位。

表3　2017年全国各省（区、市）城市生活垃圾产生情况

城市生活垃圾产生量(万t)	省(区、市)
0~500	宁夏、西藏、青海、河北、海南、云南、山西、安徽、吉林、新疆、河南、重庆、天津、江西、辽宁、甘肃、内蒙古
500~1 000	贵州、广西、黑龙江、福建、陕西、湖北、上海、北京
1 000~1 500	湖南、四川、山东
1 500~2 000	江苏、浙江
2 500~3 000	广东

数据来源：根据《2018年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》整理所得

2.5畜禽粪便资源分布

我国畜禽粪便资源量主要指牛、猪、羊、禽等的粪污产生量[6]。我国畜禽粪尿资源总量为31.586亿t，其中东北、华东、华北、华中、华南、西南、西北地区的资源数量分别为3.338亿t、5.428亿t、3.938亿t、5.572亿t、2.743亿t、7.038亿t、3.529亿t。因此畜禽粪便资源的地理分布主要集中于西南、华中和华东地区，三地区共占资源总量的约57.11%。四川、河南、山东、内蒙古、湖南、云南六省的畜禽粪尿数量最大，分别为2.813亿t、2.588亿t、2.056亿t、1.785亿t、1.679亿t、1.662亿t，6省共占全国畜禽粪尿资源总量的39.89%。

3我国生物质能源的类比分析

3.1农业废弃物

因我国各个地区农作物秸秆的种类受地域、气候、社会经济条件及农业政策制度等因素的综合影响，因此表现出一定的差异性[7]。据统计，我国农作物秸秆资源丰富，其分布与我国耕地分布状况有密切联系，主要分布于华东、华中、东北和华北等耕地资源较为集中的地区。河南、黑龙江和山东均属于我国的农业大省，三省所占秸秆资源总量均超过0.6亿t，其中河南省所拥有农作物秸秆资源量全国最大，占全国的10.37%。

3.2薪柴及林木生物质

我国林木薪柴资源量分布呈现出种类及数量较为分散，地区差异较大的特点，其中林业采伐造材剩余物主要集中于我国华南、华东，两地区林业采伐造材剩余物资源总量共占全国的63.84%。木材加工剩余物资源的分布较为平均，仍以华南、华东最为集中。竹子采伐与加工剩余物主要分布于华东、华南及西南，三地区所占竹子采伐与加工剩余物资源的比例高达94.07%，而华东地区所占的比例最大，为56.64%。西南、华东和华南地区共占林木抚育间伐物资源的59.

71%。废旧木材回收则主要集中于东北与华东地区，其中东北地区所占废旧木材回收资源总量的32.78%。总之，相比于西北、东北地区，华东、华南两地所拥有林业剩余物资源在种类、数量等方面均占据优势。

3.3加工业废弃物

以工业废水为例。通常食品、农产品、石油、印染等行业生产或加工过程中产生的工业废水含有大量的有机污染物。在厌氧条件下废水中有机质物易被微生物分解且耗费大量的氧，从而对环境造成巨大的破坏，但通过综合开发与利用从而将其转化为生物质能源便可化害为利。我国工业废水排放量大，其分布则主要集中于东部地区，具有与当代社会各地区或城市的工业化程度、经济发展水平以及人口等因素密切相关的特点。

3.4城镇生活垃圾

城市生活垃圾属于城市固体垃圾之一，其中可作为生物质能源的有纸张、食物垃圾、皮革等[8]。从总体上看，我国城市生活垃圾产生量的影响因素与工业废水排放量类似，影响生活垃圾产生量的因素较为复杂，而最重要的影响因素包括城市环境基础设施建设、常住人口数、经济发展水平等[9]。我国城市的基础设施相对完善、常住人口数量大、相比于周边地区其经济活动更为密集，经济发展水平也更为发达，因此生活垃圾产生量的分布主要集中于东西部大中城市。

3.5畜禽粪便

在畜禽粪尿的空间分布中，我国南北两地畜禽养殖环境差异明显，北方地区拥有一定数量的草场面积，天然牧草资源供应充足；南方农区种植业发达，畜牧业与养殖业原料来源丰富，因此畜禽种类及放养规模超过北方农区，其中西南地区作为中国新兴的畜禽养殖区，畜禽粪尿产生量位居全国第一，且其生猪、蛋鸡等畜禽养殖量呈现出逐年递增的趋势[10]。总体而言，畜禽粪尿数量的分布不仅各地区地理环境有关，还与各区域养殖的动物种类、品种等因素相关，其分布主要集中于我国畜牧业与养殖业较为发达的地区[2]。

4我国生物质能源的利用潜力分析

4.1农业废弃物利用潜力

在五类生物质能源中，农林类资源因为利用量大且利用技术成熟的特点而成为生物质能源的主要来源[1]。目前，我国农作物秸秆资源除可用于还田造肥、作为畜牧饲料及造纸等工业原料外，还可作为燃料使用[8]。因此，根据我国的分布状况，可在农作物秸秆资源总量较大较丰富的地区，如华东、东北等推进生物质沼气发电项目的建设。此外，根据《生物质能发展“十三五”规划》，统筹对农林资源丰富区域生物质原料的收集与负荷，推进我国生物质直燃发电全面转向热电联产建设将成为未来的发展趋势。

4.2林木薪柴资源利用潜力

目前我国正积极探索发展非粮生物质能源，非粮原料优良品种的选育、推广及应用等将成为我国的重点支持对象。我国林地总面积为3125900km^2，有林木资源可用作木质能源的潜力约3.5亿t，其总量可替代约2亿t标准煤，而我国仅林木剩余物总量便已达30000万t，因此注重对林木薪柴资源的深度开发，是走非粮生物质能源之路的重要途径。我国在发展林木生物质能源时，应首先考虑利用采伐的剩余物等资源，同时根据我国林木薪柴资源的空间分布及资源数量实现我国林木薪柴资源维持长期且稳定的供给状态[11]。

4.3工业有机废水利用潜力

工业有机废水是“三废”之一，经处理可转化为清洁能源重新利用。随着我国城市化进程的发展、工业的进步及城乡总体生活水平的提高，我国城市与其周边地带生活污水的产生量及工业废水的排放量巨大。在工业产业集中的省份或城市对工业有机废水进行开发利用，不仅可以为城市人口提供能源资源，增加循环经济效益，而且有益于缓解城市周围环境压力。

4.4城镇生活垃圾利用潜力

据测定，城市垃圾的有机物含量高达60%~70%，具有作为燃料供热的潜力，但我国目前城市生活垃圾热值较低，目前尚不能完全满足作为供热原料的条件[12]。我国生活垃圾产生量年增长率为8%~10%，平均每人每天生活垃圾产

生量为1.13kg。然而我国对于垃圾分类的管理仍处于起步阶段，采用混合收集的方式仍是大多数城市的普遍做法。在此基础上，对城市生活垃圾的处理可以通过在城市生活垃圾产生量较大的省份就近对有机质集中回收后用于工业化开发利用。

4.5畜禽粪便资源利用潜力

我国畜禽粪便可利用资源量约为8400t，目前仅35.7%已被利用[13]。因此，可见我国畜禽粪便开发潜能依然巨大。除了当前应用最广泛的肥料化处理，饲料化、基料化、能源化等处理方式亦是畜禽粪便资源当前的主要应用方式，其中能源化处理方式的主要方法是通过厌氧消化产出大量的沼气，进而使废弃物得到有效利用[14]。

5进一步发展我国生物质能源的对策与建议

5.1结合我国地域特点，合理规划，因地制宜推进生物质能源的开发利用

我国生物质能源的地域分配不均，各地区在种类及数量上均存在差异，这决定了我国发展生物质能源应该以我国各地区生物质能源资源的特点为根据，有方向性、有目的性地进行开发与利用。此外，我国还应该结合各地区的政策法规及人民需求推进生物质能源的发展，使生物质资源能够有效利用。

5.2加大技术投入，鼓励技术创新，积极推进非粮生物质能源之路

目前全球仍以小麦、玉米等粮食类作物作为原料推动生物质能源产业化，这种现状与粮食和耕地的有限性互相矛盾，甚至可能威胁到粮食安全[15]。因此，要破除生物质能源发展进程中存在的“与粮争地”问题，应该加大对发展非粮类生物质能源的投入，结合国际先进的经验与技术，鼓励自主创新，走非粮生物质能源之路。

5.3建立合理适当的补贴力度，鼓励生物质产业形成良性竞争

我国生物质产业存在生产研发投入成本较高且市场尚不规范等问题，因此可为生物质产业提供适当且合理的绿色补贴，制定一系列的优惠政策，如税费减免等；同时还应重视对专项补贴资金的监督管理，从而能够为生物质企业缓解可能存在的资金困难，进一步鼓励我国那些开始以自有资源提供与主营业务相关的服务的企业如林业企业积极提供市场所需的产品及服务，从而促进生物质产业形成良性竞争[16]。

6结论

我国生物质能源供应总量位于世界首位，但在空间布局上总体呈现出分布不均，地域差异较大等特点。我国农业资源集中分布于华东、华中、东北及华北地区；华东、华南地区拥有我国林业资源量最大；加工业废弃物的分布则集中于华东、华中、华南等地；我国城市生活垃圾的分布以东西部大中城市最为集中；而我国畜禽粪便主要分布于西南、华中和华东地区等畜牧业及养殖业较发达区域。就开发利用情况而言，我国生物质能源总体利用率仍处于较低的水平，发展潜力巨大。

参考文献：

[1]席静,王静,梁斌.生物质能源的研究综述[J].山东化工,2019,48(2):52-53.

[2]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(1):9-19.

[3]陈燕英,吝祥根.农业废弃物资源化利用途径及存在的问题[J].四川农业与农机,2015(6):14-15.

[4]苏世伟,朱文,聂影.中国的林木生物质能源:国内供应与国际进口[J].林业经济,2014,36(11):80－82.

[5]李淑兰,梅自力,张顺繁,等.我国农产品加工废弃物的类型及主要利用途径[J].中国沼气,2015,33(4):70-72.

[6]武淑霞,刘宏斌,黄宏坤,等.我国畜禽养殖粪污产生量及其资源化分析[J].中国工程科学,2018,20(5):103－111.

[7]谢光辉,王晓玉,任兰天.中国作物秸秆资源评估研究现状[J].生物工程学报,2010,26(7):855-863.

[8]石祖梁,李想,王久臣,等.中国秸秆资源空间分布特征及利用模式[J].中国人口·资源与环境,2018,28(S1):202-205.

[9]皇甫慧慧,李红艳.城市生活垃圾产生量的影响因素分析[J].科技与管理,2018,20(4):44-49.

[10]朱宁,马骥.中国畜禽粪便产生量的变动特征及未来发展展望[J].农业展望,2014,10(1):46-48.

[11]臧良震,张彩虹.中国林木生物质能源潜力测算及变化趋势[J].世界林业研究,2019,32(1):75-79.

[12]王学涛,陈学军,万军.国内外城市垃圾能源化利用方法初探[J].中国能源,2002(1):39-40.

[13]《2017—2023年中国生物质能市场现状调研分析及发展前景报告》

[14]宋莉,胡涵,刘丽春,等.推进畜禽养殖废弃物资源化促进生态农业发展[J].山西农业科学,2019(3):421-424.

[15]普罗.生物质能源产业发展现状与展望[J].绿色科技,2018(10):172-174+179.

[16]苏世伟,蔡婷.服务化战略与林业企业绩效关系研究[J].林业经济,2018,40(11):107-111.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/174577.html