

基于文献计量的国际生物质能源研究发展态势分析

孙秀良, 张建文, 安贺意

(北京化工大学图书馆, 北京100029)

摘要: 基于科学引文索引数据库扩展版(ScIE)和基本科学指标数据库(ESI), 对国际生物质能源的研究论文进行文献计量分析。通过SCIE分析了该领域2001-2016年的发文趋势、主题学科、载文期刊、国家、研究机构及论文引用情况, 以及对该领域的高被引论文、热点论文以及研究前沿进行了统计分析。分析结果展现了国际生物质能源研究发展态势和研究前沿, 以期为我国生物质能源研究和发展提供参考。

生物质能源是一种可再生的低碳清洁能源, 具有数量大、分布广、可再生性强、低污染以及二氧化碳零排放等特点。进入21世纪, 为应对世界能源危机和环境污染, 生物质能源领域发展迅速, 已成为仅次于煤炭、石油、天然气的世界第四大能源。目前, 世界各国都在积极发展生物质能源战略, 而快速识别生物质能源的研究前沿并对其发展趋势进行预测, 可以为相关科研人员和决策者提供参考。文献计量学是采用数学与统计学方法来描述评价和预测科学技术的现状与发展趋势的图书情报学分支学科[1], 已经广泛应用于各研究领域的发展态势分析[2-5]。笔者基于文献计量学的方法, 对国际生物质能源研究的发展态势和研究热点进行分析, 以期对相关研究和决策工作提供参考。

1 数据来源及检索方法

文献数据来源于Web of Science核心合集的科学引文索引数据库扩展版(SCIE)和基本科学指标数据库(ESI)。数据的检索及下载时间为2016年9月1日, 检索时间跨度为2001年1月1日至2016年9月1日。根据生物质能源所涉及的核心化合物及所涉及的核心技术, 确定布尔逻辑检索式: 主题=(biomass or bio-mass or bioenergy or bio-energy or bioresource or bio-resource or cellulose or hemicellulose or lignin or lignocellulose) AND (catal* or gasif* or liquif* or pyroly* or conver* or synthe* or carbon*), 检索到SCIE论文10, 1693篇。研究方法主要采用定量研究与定性分析相结合的方法, 具体涉及数据库检索、文献计量与统计分析、引文分析以及聚类分析。

2 生物质能源研究发展态势分析

2.1 生物质能源研究论文的概况

2.1.1 论文数量年度变化分析

2001-2015年全球生物质能源研究论文数量逐年呈递增趋势, 尤其从2007年开始, 增幅比较明显, 如图1所示。2001年发文2520篇, 至2006年发文量增长至3836篇, 每年以大约200篇的速度增长, 处于基础发展阶段; 2007-2010年发文量迅速增长, 至2010年为6893篇, 比2006年的发文量增长近一倍, 这一时期, 欧盟立法[7]和美国通过《能源自主与安全法案》[8], 开启了生物质能源发展的浪潮; 2011-2015年, 生物质能源的研究仍处于快速发展阶段, 每年发文量增长超过1000篇, 2015年已达到13000篇, 截至2016年8月, 当年已发文8107篇, 说明生物质能源仍是当今世界的研究热点。目前, 世界各国都制定了发展生物质能源的计划[9-11], 以期实现由石化资源向可再生能源的战略转变, 这一契机大大促进生物质能源的研究取得了飞速发展。

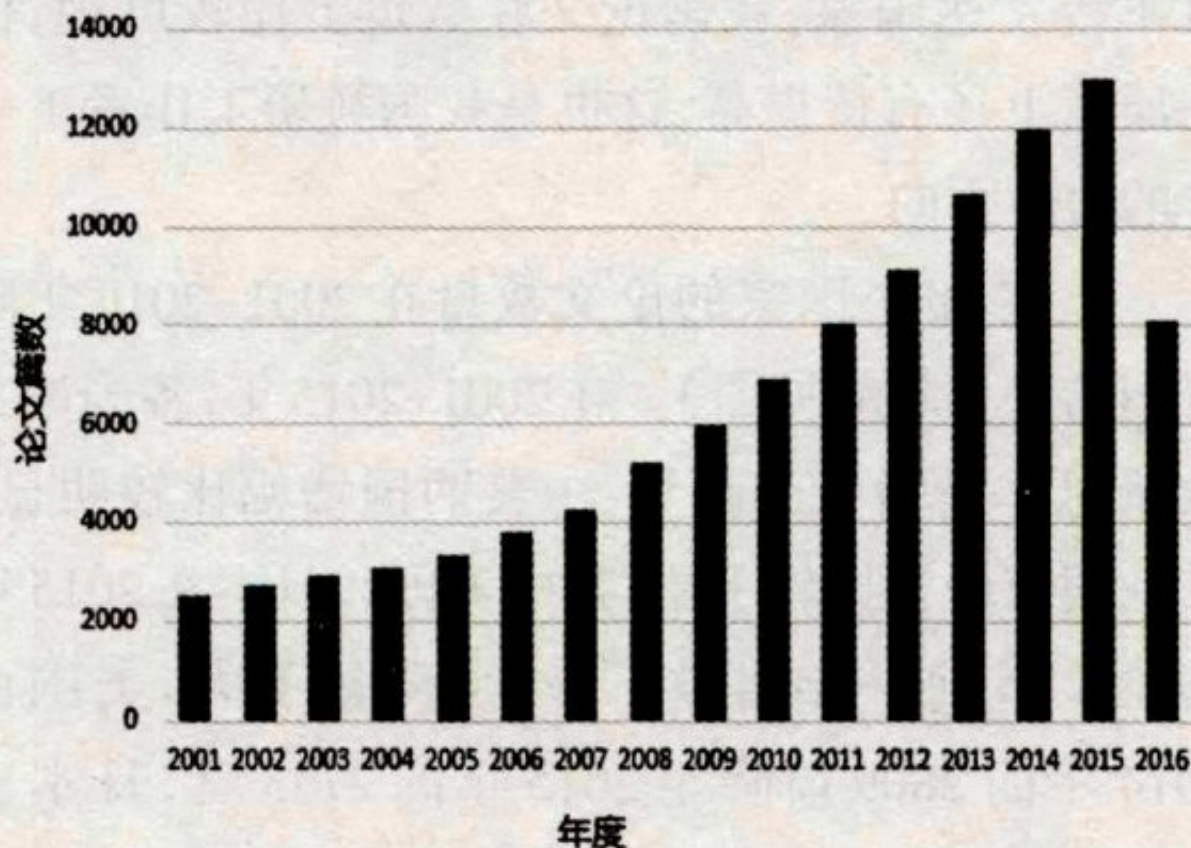


图1 2001-2016年生物质能源研究论文年度发展态势

2.1.2研究主题整体分析

根据Web of Science数据库的学科分类，对2001-2016年全球生物质能源研究论文的主要研究领域进行了分析，排名前十位的主题领域见表1，所占的比例见图2。如结果所示，能源与燃料、环境科学、生物技术与应用微生物学、化学工程4个领域的论文数量超过了10000篇。其中，能源与燃料领域发表的论文最多，达15410篇，占总发文量的15.15%；环境科学领域次之，有13958篇，占总发文量的13.73；这两个领域合起来占总发文量近30%，说明目前世界上生物质能源研究最关心的两个问题是如何解决石化能源危机和环境污染问题。生物技术与应用微生物学领域发表13880篇论文，排名第三；化学工程领域以12655篇排名第四，体现了生物质能源的转化利用离不开化工技术的支撑；排名5-10位的学科依次分别为化学、生态学、土壤科学、化学物理、植物学和农业工程。从涉及的各学科领域来看，生物质能源的研究分布广泛，已经由传统的能源领域，开始渗透到其他学科，说明研究领域的发展并不是孤立的，而是多学科交叉融合发展的结果。

表1 2001-2016年生物质能源研究主要涉及的学科类别

序号	学科	发文量
1	ENERGY FUELS	15410
2	ENVIRONMENTAL SCIENCES	13958
3	BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY	13880
4	ENGINEERING CHEMICAL	12655
5	CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY	7328
6	ECOLOGY	7196
7	SOIL SCIENCE	6360
8	CHEMISTRY PHYSICAL	6326
9	PLANT SCIENCES	6302
10	AGRICULTURAL ENGINEERING	5240

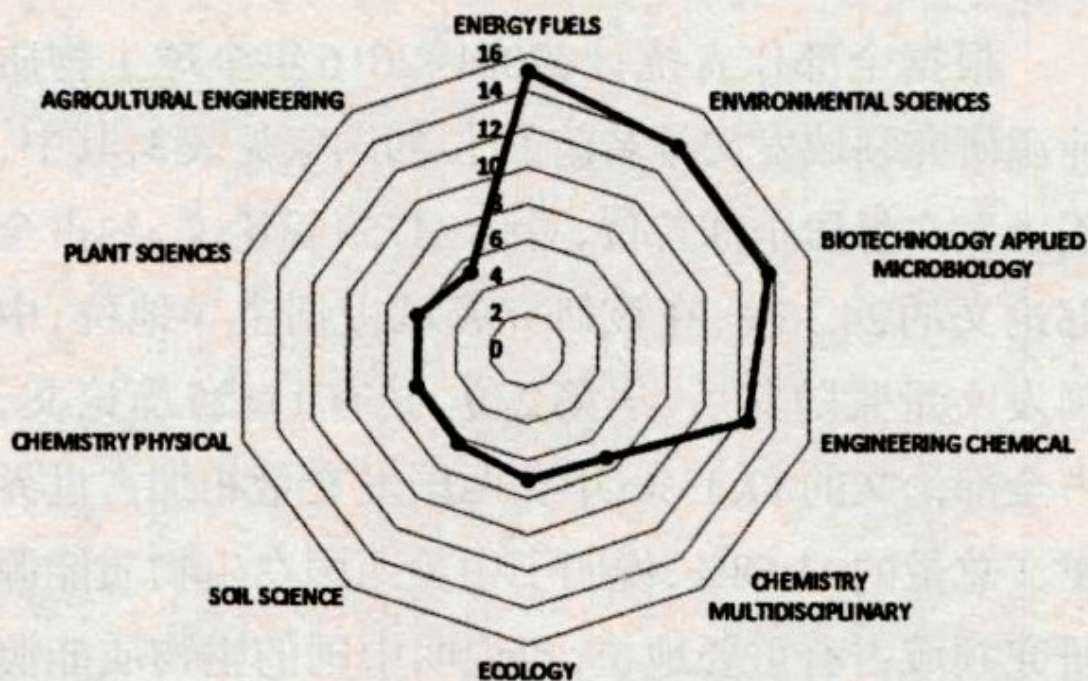


图2 2001-2016年生物质能源研究涉及的主要学科领域的比例

2.1.3 主要期刊分析

2001-2016年生物质能源研究论文数量排名前10位的期刊见表2, 其中《BIORESOURCE TECHNOLOGY》(《生物资源技术》)以3264篇载文量高居第一;载文量为1481篇的《ENERGY FUELS》(《能源与燃料》)排名第二;紧随其后的依次是《SOIL BIOLOGY BIOCHEMISTRY》(《土壤生物学与生物化学》),载文量为1394篇;《BIOMASS BIOENERGY》(《生物质能源》),载文量为1312篇;《FUEL》(《燃料》),载文量为1286篇。排名6-10位的期刊依次分别为:《JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS》《CARBOHYDRATE POLYMERS》《RSC ADVANCES》《PLOS ONE》和《FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT》。可见,这些期刊主要集中在能源与燃料领域。

表2 2001-2016年生物质能源研究主要出版物排名

序号	刊名	发文量
1	BIORESOURCE TECHNOLOGY	3264
2	ENERGY FUELS	1481
3	SOIL BIOLOGY BIOCHEMISTRY	1394
4	BIOMASS BIOENERGY	1312
5	FUEL	1286
6	JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS	1012
7	CARBOHYDRATE POLYMERS	967
8	RSC ADVANCES	938
9	PLOS ONE	928
10	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	927

2.2 主要国家和机构研究情况分析

2.2.1 主要国家分析

根据全部作者统计,2001-2016年全球生物质能源研究领域发文排名前10位的国家见表3,其中,美国发文量居全球首位,总计24759篇论文,约占全部论文的24.35%,在该研究领域占据主导地位;中国发文量紧随其后,居第2位,共有17625篇论文,占全部论文的17.33%;中美两国发文量相加占世界发文总量的41.68%,说明了中美两国在生物质能源研究领域占有重要地位,也说明中国的生物质能源研究已进入快速发展阶段,这也是我国能源局发布的《生物质能发展“十二五”规划》的成绩体现。排名第10位的是德国,发文量为6952篇;排名4-10位的国家分别是日本、印度、法国、加拿大、西班牙、英国和巴西,可见,世界各大洲都有国家进入前10位,说明生物能源的研究力量在世界分布相对均衡,各国都在积极发展生物质能源战略。

表3 2001-2016年生物质能源研究论文主要国家分布情况

序号	国家	发文量/篇	发文量百分比(%)	总被引次数	篇均被引频次
1	USA	24759	24.35	740930	29.93
2	PEOPLES R CHINA	17625	17.33	233547	13.25
3	GERMANY	6952	6.84	191440	27.54
4	JAPAN	5897	5.80	118183	20.04
5	INDIA	5617	5.52	88661	15.78
6	FRANCE	5131	5.05	128672	25.08
7	CANADA	5122	5.04	118439	23.12
8	SPAIN	4868	4.79	108511	22.29
9	ENGLAND	4619	4.54	141001	30.53
10	BRAZIL	3941	3.88	59560	15.11

在发文量前10位的国家中，美国的论文总被引次数最高，远远高于其他国家，达到了740930次，排名第二的中国总被引次数为233547次，德国为191440次，日本、法国、加拿大、英国、西班牙也超过了10000次；美国、德国、日本、法国、加拿大、西班牙、英国论文的篇均被引频次较高，均超过了20次，论文质量较高。可见，高水平论文还集中在西方和日本等发达国家，我国论文在数量上比较可观，但在质量上还有待提高，这也是我国科研工作者下一步的努力方向。

上述10个国家的论文数量在2001-2016年随时间的变化趋势见图3。在2001-2015年，各国论文数量总体呈增长的趋势，中美两国增幅比较明显，其他国家增幅比较平稳，其中美国和日本在2015年的论文较前一年略微下降，但降幅不大，美国由2014年的2809篇降至2015年的2733篇，日本由2014年的582降为2015年的512；在增长速度上，中美两国每年的增长速度较快，尤其是中国的发文量在2008年以后增长速度迅猛，2008-2012年，逐年增加约200篇，2012年以后，逐年增加500篇以上，至2015年论文总量已经超过美国，达到3357篇，比美国的2733篇多了624篇。可见，我国科研工作者正在不断加大生物质能源的研究，同时也体现了国家对生物质能源战略的大力支持。

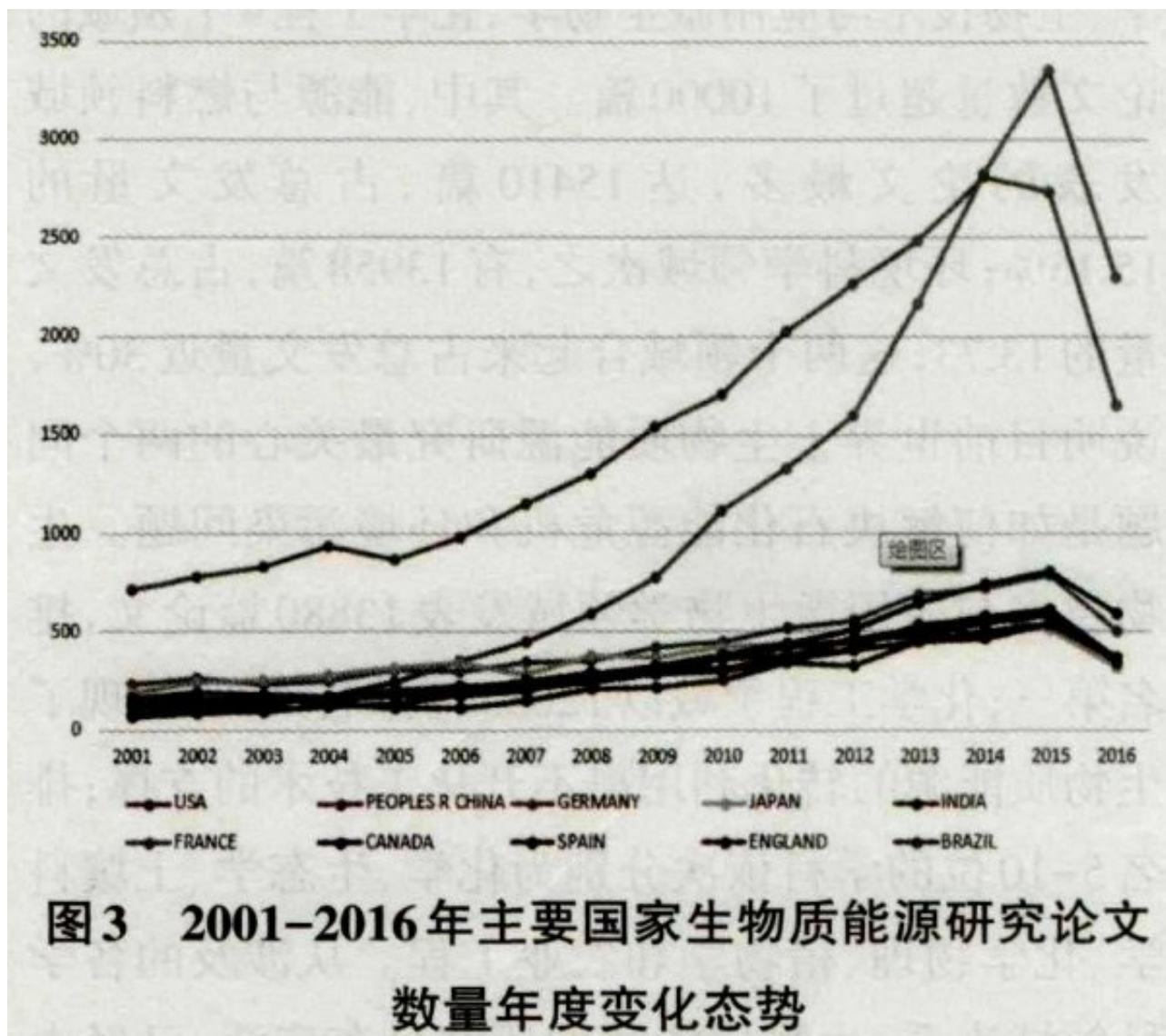


图3 2001-2016年主要国家生物质能源研究论文数量年度变化态势

2.2.2主要机构分析

根据全部作者统计，2001-2016年全球生物质能源研究领域发文排名前10的机构见表4，其中中国和美国各3个机构，西班牙、俄罗斯、法国、巴西各一个机构。在发文量较高的机构中，中国科学院遥遥领先，达到4581篇，比第二名西班牙国家研究委员会（CSIC）多了3523篇；美国的3个机构的论文篇均被引频次较高，美国农业科学院超过了30次，美国威斯康星大学和加州大学伯克利分校的篇均被引次数超过了40次，论文质量非常高。中国的机构除了中科院占据十分明显的优势，中国科技大学和浙江大学这两所985高校也排进了前十，已成为国际生物质能源研究的优秀科研团队。

表4 生物质能源研究论文发表机构分布

序号	机构名称	发文量	百分比 (%)	总被引频次	篇均被引频次	国家
1	CHINESE ACAD SCI	4581	4.51	68104	14.87	中国
2	CSIC	1058	1.04	29580	27.96	西班牙
3	USDA ARS	904	0.89	27220	30.11	美国
4	RUSSIAN ACAD SCI	874	0.86	10754	12.30	俄罗斯
5	UNIV WISCONSIN	864	0.85	38487	44.55	美国
6	INRA	854	0.84	21019	24.61	法国
7	S CHINA UNIV TECHNOL	824	0.81	11053	13.41	中国
8	UNIV SAO PAULO	813	0.80	14895	18.32	巴西
9	ZHEJIANG UNIV	760	0.75	10648	14.01	中国
10	UNIV CALIF BERKELEY	756	0.74	31982	42.30	美国

2.3 ESI热门论文及研究前沿分析

2.3.1 高被引论文分析

高被引论文 (highly cited

papers) 是ESI根据论文在相应学科领域和年代中被引频次排在前0.1%的论文, 这里指的是前11年的。

被ESI收录的生物质能源高被引论文有849篇。总被引次数最高的是一篇题为“SYNTHESIS OF TRANSPORTATION FUELS FROM BIOMASS: CHEMISTRY, CATALYSTS, AND ENGINEERING”的论文, 总被引次数达2640次, 于2006年发表在CHEM REV杂志上。在排名前10的高被引论文中, 有4篇来自CHEM REV, 其他杂志ENERG FUEL, FUEL, BIORESOURCE TECHNOL, ANGEW CHEM INT ED, IND ENG CHEM RES, NATURE各一篇。在排名前20的高被引论文中, 跨机构合作的有10篇, 跨国合作的有6篇。其中有一篇来自中国, 由华中科技大学和新加坡南洋理工大学合作的跨国研究成果位居高被引论文排行榜第4位, 被引用1063次, 该文于2007年发表在CHEM REV上。

2.3.2 热门论文分析

热门论文 (hot papers) 是指某学科领域发表的在最近两年内的论文在最近两个月内被引次数排在0.1%以内的论文, 这里指的是前两年的。

被ESI收录的生物质能源热门论文共有15篇。其中被引次数最高的是来自美国Natl Renewable Energy Lab, Oak Ridge Natl Lab, Georgia InstTech-nol, Univ N Texas和UnivCalif Riverside5个机构共同合作的一篇题为“LIGNIN VALORIZATION: IMPROVING LIGNIN PROCESSING IN THE BIOREFINERY”的论文, 其被引次数达196次, 该文于2014年发表在Sience杂志上。热门论文中跨机构合作13篇, 跨国合作9篇。其中有3篇来自中国, 分别是厦门大学、淮阴师范大学、SUNY CollEnvironmSci&Forestry和河南科学院合作于2014年在《RENEW SUSTAIN ENERGY REV》杂志上发表的“PRODUCTION OF GAMMA-VALEROLACTONE FROM LIG-NOCELLULOSIC BIOMASS FOR SUSTAINABLE FUELS AND CHEMICALS SUPPLY”, 被引频次31次; 中国科学院于2015年在《JPOWER

SOURCES》杂志上发表的“APPLICATION OF BIOMASS-DERIVED FLEXIBLE CARBON CLOTH COATED WITH MNO₂ NANOSHEETS IN SUPERCAPACITORS”，被引用10次；以及中国科学院和Univ Wisconsin合作于2015年在《CHEM REV》上发表的“CATALYTIC TRANS-FORMATION OF LIGNIN FOR THE PRODUCTION OF CHEMICALS AND FUELS”，被引用9次。

2.3.3 研究前沿分析

研究前沿（research fronts）是一组高被引论文，通过聚类分析而定义的核心论文。研究前沿是利用被引分析进行学科发展动态的预测，是一组由高频被引核心文献和近期引证这些核心文献的论文所确定的专业领域，核心文献代表一系列当代引证文献所依赖的研究主题的基础文献。

ESI（2016.9）提供了62个生物质能源领域研究前沿，研究前沿包括核心文献，被引频次、篇均被引频次以及文献发表的平均年限，通过研究前沿可以追踪和推测学科或专业的发展动向和趋势。生物质能源领域排名前10的研究前沿见表5，依次分别为：CELLULOSE NANOMATERIALS（纤维素纳米材料）、SOIL MICROBIAL BIOMASS CARBON（土壤生物质炭）、IONIC LIQUIDS（离子液体）、MONOOXY-GENASE（单氧酶）BIOETHANOL PRODUCTION（生物乙醇）、BIOMASS TORREFACTION TECHNOLOGY（生物质干燥）、CELLULOSE SYNTHASE（纤维素合成酶）、LEVULINIC ACID（乙酰丙酸）、BIOGAS（生物沼气）、SECONDARY CELL（蓄电池）。前5名的前沿方向的总被引频次都超过了1000次；篇均被引频次超过100次的前沿方向有纤维素纳米材料、离子液体、生物乙醇和乙酰丙酸。前沿方向排名第一的纤维素纳米材料，核心文献数最多，为31篇，总被引次数达4433次，篇均被引次数为143次。可见，在生物质能源的前沿研究方向上，不仅涉及传统意义上的可再生能源转化技术，如生物乙醇、生物沼气，还包括很多具有发展潜力的新型环保方向，如纤维素纳米材料、土壤生物质炭、蓄电池等。

表5 生物质柴油主题文献的研究前沿前10名

序号	研究前沿	篇数	总引用	篇均引用
1	CELLULOSE NANOCRYSTAL-BASED MATERIALS; CELLULOSE NANOCRYSTALS; TOUGH CELLULOSE NANOPAPER; TOUGH CELLULOSE NANOFIBER MATRIX; CELLULOSE NANOMATERIALS	31	4,433	143.0
2	SOIL MICROBIAL BIOMASS CARBON; GLOBAL SOIL CARBON PROJECTIONS; TERRESTRIAL CARBON CYCLE MODELS; LAND COVER CHANGE CARBON FLUX ESTIMATES; SOIL ORGANIC CARBON STORAGE	30	1,969	65.6
3	IONIC LIQUID PRETREATMENT; ROOM TEMPERATURE IONIC LIQUIDS; LOW-COST IONIC LIQUIDS; LIGNOCELLULOSIC BIOMASS PRETREATMENT; IONIC LIQUIDS	10	1,283	128.3
4	COPPER-DEPENDENT POLYSACCHARIDE MONOOXYGENASE POTENTIATE CELLULOSE DEGRADATION; C4-OXIDIZING LYTIC POLYSACCHARIDE MONOOXYGENASE CLEAVING; STARCH-DEGRADING LYTIC POLYSACCHARIDE MONOOXYGENASE; LYTIC POLYSACCHARIDE RNONOOXYGENASES; FUNGAL COPPER-DEPENDE	11	1,042	94.7
5	LIGNOCELLULOSIC BIOMASS; BIOETHANOL PRODUCTION; ETHANOL PRODUCTION POTENTIAL; BIOMASS PRETREATMENT; LIGNOCELLULOSIC MATERIALS	6	1,003	167.2
6	BIOMASS TORREFACTION TECHNOLOGY; BIOMASS TORREFACTION; PULVERIZED BIOMASS PROPERTY; ISOTHERMAL TORREFACTION KINETICS; TORREFACTION PROCESS PARAMETERS	12	995	82.9
7	CELLULOSE SYNTHASE INTERACTIVE PROTEIN 1 (CSII) LINKS MICROTUBULES; PLASMA MEMBRANE-LOCALIZED CELLULOSE SYNTHASE; PLANT CELLULOSE SYNTHASE; BACTERIAL CELLULOSE SYNTHASE; CELLULOSE SYNTHASE COMPLEX	16	882	55.1
8	BIOMASS-DERIVED LEVULINIC ACID; LEVULINIC ACID; BIOMASS PLATFORM MOLECULES; SUSTAINABLE PLATFORM MOLECULE; GAMMA-VALEROLACTONE	6	708	118.0
9	LIGNOCELLULOSIC BIOMASS; METHANE PRODUCTION; BIOGAS PRODUCTION; LIGNOCELLULOSIC AGRICULTURAL CROP WASTES; RICE STRAW BIOMASS	14	697	49.8
10	LIGNIN BIOSYNTHETIC PATHWAY; ENGINEERING SECONDARY CELL WALL DEPOSITION; LIGNIN BIOSYNTHESIS PERTURBATIONS; LIGNIN BACKBONE; LIGNIN CONTENT	10	656	65.6

3结论

通过对国际生物质能源研究相关论文的文献计量分析，从定量和定性的角度相对客观地揭示了2001年至今世界生物质能源研究的发展态势，了解了各国、各研究机构的研究现状，分析了高被引和热门论文以及研究前沿。分析结果如下：

（1）全球生物质能源研究论文呈逐年攀升趋势，说明全球对生物质能源研究的热度持续增加，意味着生物质能源领域有着良好的发展前景，各国都将生物质能源的研发设为重点。

（2）生物质能源的研究主题主要集中在能源与燃料、环境科学、生物技术与应用微生物学、化学工程、化学、生态学、土壤科学、化学物理、植物学和农业工程，体现了多学科交叉和渗透的特征。

（3）世界各国的研发实力上，从发文量、总被引次数来看，美国、中国、德国和日本的综合影响力较高；从篇均被引频次来看，英国、美国、德国、日本的论文质量较高。说明目前中国的研发投入很大，但研发能力有待加强，欧美仍是研发的学术高地。

（4）世界各研发机构的实力上，从发文量、总被引次数来看，中国科学院、西班牙国家研究委员会、美国农业科学研究院的综合影响力较高；从篇均被引频次来看，威斯康星大学、加州大学伯克利分校、美国农业科学院等机构在生物质能源研究领域的论文质量较高，这3个机构都是美国的科研机构，说明美国的研究机构占据主导地位。我国有包括中国科技大学等3个科研机构排名前十，可见中国在生物质能源领域有着很强的研发团队。

（5）目前，生物质能源领域研究前沿有62个，排名前10的研究前沿分别为纤维素纳米材料、土壤生物质炭、离子液体、单氧酶、生物乙醇、生物质干燥、纤维素合成酶、乙酰丙酸、生物沼气和蓄电池。在生物质能源的前沿研究方向上，不仅涉及传统意义上的可再生能源转化技术，还包括很多具有发展潜力的新型环保方向。排名前20的高被引论文中，中国有1篇；生物质能源领域热门论文15篇，其中中国有3篇，说明我国在热门论文的收录中占有一席之地，我国科学家紧跟国际前沿热点研究方向。

综上所述，国际生物质能源研究发展迅速，我国在该领域的研究具有一定的国际影响力，但在论文质量上有待进一步加强，要积极吸引国际创新力量和资源，瞄准学科前沿和研究热点，加强与国际一流科研机构合作，进一步提升我国科研机构的国际学术影响力。

参考文献:

- [1] 庞景安.科学计量研究方法论[M].北京:科学技术文献出版社,2002:123-125.
- [2] 王毅蓉.我国数字水利研究文献计量分析[J].情报探索,2013(6):9-12.
- [3] 赵纪东,等.基于文献计量的铁矿研究发展态势分析[J].科学观察,2015(2):17-24.
- [4] 刘斐.基于文献计量的中国南极磷虾研究分析[J].情报探索,2016(6):12-16.
- [5] 王婷,等.基于文献计量的高层次科研人才发现服务体系构建——以北京化工大学为例[J].情报探索,2015(7):7-11.
- [6] 张雪.基于SCI的生物质能源研究论文定量分析[J].情报探索,2015(4):27-30.
- [7] Comission of the European UropeanCommunites.Renewable energy road map: Renewable energy in the21st century: building a more sustainable future[R].Brussels: 2007.
- [8] Unite State America. The energy independence andsecurity Act [G].2007.
- [9] 中国工程院.瑞典、丹麦、德国和意大利生物质能开发和利用考察报告[EB/OL].[2006-08-17].
<http://www.newenergy.com.cn>.
- [10] 石元春.决胜生物质[M].北京:中国农业大学出版社,2011.
- [11] Marcia AzanhaFerraz Dias de Moraes.对巴西乙醇工业的思考[M]//生物燃料在巴西的发展:现状和前景,2008.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/191439.html>