以生物质能为纽带的河南省生态文明建设模式研究

陈高峰[1, 2]，王志伟[1, 2]，雷廷宙[2, 3]，关倩[1, 2]，辛晓菲[1, 2]，徐海燕[1, 2]

（1.河南省科学院能源研究所有限公司，郑州450008；2.河南省生物质能源重点实验室，郑州450008；3.河南省科学院，郑州450002）

摘要：为了探究以生物质能为特色的河南生态文明建设模式，分析河南省生态文明建设的发展现状及面临的困境。基于河南省为农业大省、畜牧大省，农林剩余物丰富的突出特点和优势，提出了以生物质能为纽带河南生态文明建设的命题。阐述了生物质能发展与生态文明建设的互促互进的辩证关系，并以调研案例出发，凝练出了生态文明理念下河南生物质能清洁高效发展的模式和对策建议，为以生物质资源为纽带的河南生态文明建设提供参考。

生态文明作为人类文明的新形态，是人与自然和谐共赢的文明，也是绿色青山向金山银山转化的动力，更是全面建设小康社会和精准扶贫的重点要求[1-2]。为了深入贯彻落实中国共产党的十九大报告精神，河南省提出了富强河南、文明河南、平安河南和美丽河南的“四个河南”的建设目标。美丽河南建设契合了生态文明建设的重大部署，强调到2020年，河南省生态文明建设要实现生态环境质量明显改善，建设一批国家级生态市、县，全省可持续发展能力显著提高，使美丽河南不仅有经济发展之美，也有自然环境之美、人文和谐之美。

本文通过分析河南省生态文明建设的现状及面临的挑战，再结合河南省是农业大省、农林剩余物储量大等自身的特点，提出了以生物质能为纽带来建设生态文明独具优势，论证了生物质能的发展与生态文明建设的辩证关系，生物质能源的合理高效发展可有效减少农林剩余物堆积、焚烧带来的大气污染，更具有显著的经济、社会、环境、生态效益。结合调研，凝练出生态文明理念下生物质能清洁高效发展的模式，以生物质能为基础纽带建立和完善一套生态文明建设体系，提出河南省生态文明建设的战略政策，为中部地区乃至全国生态文明建设提供借鉴。

1河南省生态文明发展的现状及困境

1.1河南省生态文明发展的现状

河南是人口大省、农业大省、畜牧大省，农业剩余物丰富资源量全国第一[3]。随着中部地区崛起，中原经济区、粮食生产核心区、河南自贸区、郑州航空港经济综合实验区、郑洛新国家自主创新示范区、中国跨境电子商务综合试验区等上升为国家发展战略，河南省已经成为中部地区乃至全国未来重点发展的省份。

在绿色生态发展的理念下，河南省是继云南省之后相继提出建设绿色经济强省，坚持走“产业发展生态化，生态建设产业化”的发展之路。经济建设和生态建设经历了矛盾和调整、磨合与协调等较长时间的探索和发展，最终确立“生态立省、环境优先”的发展战略。

正是遵循这样一条发展新路，近年来，河南经济建设保持了良好的发展势头，产业结构有较为明显的改善，通过大力发展生态经济，深入推进以生物质资源为重点的生物多样性保护工程，大力开展节能减排和水污染治理，加速推进“美丽河南”建设，生态建设取得了较为显著的成就。

1.2河南省生态文明建设面临的困境

1）生态环境脆弱

随着河南省工业化、城镇化和农业现代化的快速发展，同时也带来了生态环境的不断恶化。如长期的粗放型经济增长方式造成了每年数亿吨的固体废弃物的堆积[4]；农药、化肥、农膜滥用，造成的生态破坏和水污染等。

2）大气、水、土壤污染加重

河南省是全国重要的能源基地之一，长期的矿产资源开发和重化工业的粗放型生产模式导致了资源高度消耗、废气的高排放，大气污染严重[4]；河南省人均水资源拥有量仅为全国平均水平的1/8，另外由于粗放型的经济增长方式，工业废水排放量居高不下，造成水环境污染持续恶化；在追求经济快速增长的过程中，存在着过度放牧和掠夺性开发，造成严重的地表破坏和水土流失。

3）能源资源约束趋紧

能源消耗量大且效率低下，万元生产总值能耗为0。799t标准煤，较2015年规划目标仍有较大差距，能源矿产等资源开发程度过高，在已探明的矿产储量中，探明的石油储量已消耗67。1%，天然气已消耗53。4%[4]。粗放式的生产使得保障能源和矿产资源安全的难度日益增大。一方面，资源面临枯竭、能源渐趋紧张；另一方面，能源资源的过度消耗，使得经济社会发展的瓶颈约束更加明显，发展难以为继。

4）生态系统退化

人类的过度开发导致生态系统不能正常的循环和更新，污染物大量排放与有限的环境容量之间矛盾凸显。全省森林覆盖率处于中等偏下水平，森林生态系统质量不高。全省水土流失、土地沙化面积占国土总面积的比重不断上升，自然湿地萎缩，河湖生态功能退化，生物多样性锐减，生态系统缓解各种自然灾害的能力减弱。

5）环保制度不健全

环境产权制度不明晰，环境经济政策体系不完善，水资源管理制度和空气质量管理制度的环境产权界定不清晰，权益主体不明，生态补偿机制不完善。市场调节机制没有形成，缺乏合理的市场评价体系，环境执法成本高、违法成本低，监管机制不健全。以GDP为考评的行政激励制度不合理。

6）以生物质能源为主体的可再生能源发展落后

河南的能源供给和能源消费都以煤炭为主，煤炭占能源总产量的比重保持在80%以上。以生物质能源为典型代表的可再生能源的发展远远落后，以高污染性煤炭为主体的能源结构极大地限制了河南省生态文明建设的进程。

2生物质能的发展与生态文明的关系

2.1生态文明建设是生物质能源清洁高效开发的必然结果

能源与环境协调发展是全球共同关注的议题[5]。一直以来，由于过度追求经济的快速增长和粗放型的增长方式，导致资源的过度消耗和生态的严重破坏，因此，必须用全新的理念重新调整目前的能源结构，生态文明对能源结构的要求推动了能源结构的不断优化和升级，以生物质能源绿色清洁利用为核心的生态文明建设被提上日程，它着重强调可持续发展和绿色发展，实现经济、社会、环境、生态的共赢。而生态文明的“污染最小化，效益最大化”的理念，正好可以最大限度地发挥生物质资源的效用，实现自然生态和生产生活的和谐发展[6]。

2.2生物质能源绿色清洁低碳发展是生态文明建设的必由之路

用生态文明理念来指导生物质能源的绿色清洁低碳发展，是调整社会-经济-环境-生态可持续发展的重要方式，也是实现能源生产和消费方式变革的重要手段，更是实现生物质能源生态化发展的必由之路[7]。生物质能源生态化注重环境保护和资源的综合利用，要实现生物质能源发展的生态化，生物质能源开发是基础，技术是核心。因此，推进生物质能源绿色清洁低碳发展，形成有利于节约资源和保护环境的发展模式，是建设生态文明的必由之路，也是实现人与自然、环境与经济、人与社会和谐发展的必然条件[8]。

2.3生物质资源为生态文明建设提供物质基础和文化保障

在生态文明建设中，生物质资源作为生态环境的重要组成部分，为社会发展和生态文明建设提供了丰厚的物质基础，更为生态系统的平衡起着重要的维护作用。因此，在生态文明建设中，应充分发挥生物质资源优势，加快生物质能资源产业的发展，从而更好地推动小康社会的发展进程。森林是人类文明的摇篮，孕育着丰厚悠长、绚丽多彩的文化，因此农林生物质资源作为生态文明建设的核心要素，对实现绿色青山向金山银山转化、和谐社会的整体构建、现代文明的实现具有重要的推动作用。生态文明建设，应将农林生物质资源置于主体发展的突出地位。

3生态文明理念下河南生物质清洁高效发展模式的建立

为了推进河南省的农村能源革命和生态文明建设进程，河南省科学院申请了中国工程院“推动能源生产和消费革命战略研究”（二期）重大咨询项目的子项目“中国农村能源革命与分布式低碳能源发展研究报告中河南省农村能源革命案例剖析”和中国工程院“中部地区生态文明建设及发展战略研究”（三期）重大咨询项目的子项目“以被动型生

物质能源为抓手的河南省生态文明建设体系研究”。调研了兰考县生物质能源利用情况，根据调研数据显示，兰考县某生物质能利用企业建立了较为完善成熟的收储运体系，每年在兰考及周边地区收购的树皮、树枝、花生壳、稻壳、小麦秸秆、玉米秸秆、玉米芯等被动型
生物质约35万t，每年碳减排21.6万tCO_2
当量，为兰考地区农民创收8000多万元，见图1。兰考县规划建立16个生物质天然气能源站，有效解决了全县的供气问题，结合有机肥的充分利用，实现了农林剩余物的综合利用。

调研河南汝州生物质成型燃料生产基地，年生产5万t生物质成型燃料，每年为企业净收入400多万元，年替代标煤2.5万t，减少温室气体排放5.5万t、二氧化硫排放500t；同时，消耗的秸秆每年为当地农民增收1000多万元，解决劳动就业300多人。该基地促进了秸秆等生物质能源的规模化利用，对促进生态文明建设、农业经济发展、建设美丽乡村具有重要的意义，社会、生态效益巨大（图2）。

每年如果把河南省的2000万t秸秆等农业废弃物用作生物质能源，收集成本按照200元/t，则2000万t可为当地农民增收40亿元，覆盖农民1000多万人，人均增收约400元；同时，2000万t的秸秆等生物质能利用产业可满足5~10万人就业，对农业大省的经济发展方式的转变起到积极的作用（表1）。生物质的能源规模化利用具有双向清洁作用，以秸秆为例，如果不被利用就难免被就地焚烧，随意焚烧时会释放大量的二氧化碳，导致大气中二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物3项污染指数明显升高，还会引起非常明显的雾霾现象，危害人体健康，影响民航、高速等交通的正常运营，2000万t的秸秆可替代标准煤约1000万t，减排二氧化碳2200万t，减排二氧化硫20万t。这些农业废弃物转化为生物质能源，一方面大大缓解了农作物秸秆等生物质随意焚烧带来的空气污染，另一方面替代了化石能源，起到节能减排的作用。农业废物资源的能源化利用促进其规模化利用，对促进农业经济、低碳经济的发展具有重要的意义。

图1　兰考县生物质资源利用

Fig.1　Utilization of biomass resources in Lankao County

图2　河南汝州生物质成型燃料生产基地

Fig.2　The production base of biomass briquette fuel in Ruzhou of Henan

表1　以生物质能为抓手生态文明建设的综合效益分析

Tab.1　Comprehensive benefit analysis of the ecological civilization construction based on biomass energy

效益	河南汝州成型燃料生产基地（年产5万t成型燃料）	兰考某生物质资源利用企业（项目投资2亿元）	河南省农作物秸秆的1/4转化为生物质成型燃料
经济效益	为企业净收入400多万元	为兰考地区农民创收8000万元	增加农民收入40亿元
环境效益	替代标煤2.5万t，减少温室气体排放5.5万t、二氧化硫排放500 t	每年碳减排21.6万t二氧化碳当量	替代化石能源1000万t标煤；减排二氧化碳2200万t；减排二氧化硫20万t
社会效益	为当地农民增收1000多万元，解决劳动就业300多人	解决和涉及农村产业链用工1060人左右	带动5万人就业

3.1生物质能源的集约化综合高效利用模式

根据国家能源战略部署，依托河南省现有资源条件和产业现状，未来生物质能开发应以生物质能源技术为纽带，生物质能源合理化、规模化利用为途径，生物质能源装备创新为依据，生物质能源产业体系建设为载体，生物质能源产业化发展新途径为借鉴，生物质能源示范工程建设为契机，提升自主创新，发展绿色区域和新能源体系，进行综合开发、阶梯利用、集约整合，打造生物质能领域高起点的研发和技术推广平台，有力推进生物质能产业向着集约化综合高效方向发展。

3.2生物质能源的分布式利用模式

根据中国能源研究会分布式能源专业委员会、中国通信工业协会能源互联网分会于2017年8月在北京主办的“第十三届中国分布式能源国际论坛”了解，该论坛旨在为分布式能源单位提供交流分布式能源新技术、新装备、新项目的成功经验的平台，推动中国分布式能源健康和规模发展。国家能源局领导在论坛中表示，分布式能源具有能源利用效率高等优势，是我国未来能源发展的一种重要趋势，要积极推动分布式能源成为重要的能源利用方式。

“十三五”时期，我国能源消费增长换档减速，保供压力明显缓解，供需相对宽松，能源发展进入新阶段。《能源发展“十三五”规划》中指出，传统能源产能结构性过剩问题突出，可再生能源发展面临多重瓶颈，天然气消费市场亟须开拓，能源清洁替代任务艰巨，能源系统整体效率较低。而我国分布式能源起步较晚，目前以天然气分布式能源项目为主。根据相关统计，截至2016年底，全国共计51个天然气分布式能源项目建成投产，装机容量将达到382万kW。根据相关规划，到2020年底，全国将建成天然气分布式能源项目147个，装机容量将达到1654万kWh。为实现《能源发展“十三五”规划》目标，河南省作为生物质资源极为丰富的大省，开展生物质能源分布式综合利用是未来我国生物质能源技术的重要发展方向，具有生物质能源利用效率高、环境负面影响小、生物质能源供应可靠性和经济效益好等特点。

3.3秸秆高效气化清洁能源利用示范县集中布局-整县推进模式

河南是全国的粮食生产大省，农林剩余物资源丰富，造成秸秆区域性、季节性过剩问题突出。目前，河南秸秆利用率低，随意丢弃和焚烧严重，不但严重污染大气，还造成了资源的浪费。因此，在河南布局建设一批秸秆产量大、利用能力强、基础条件较好的县，集中规划建设秸秆高效气化清洁能源利用示范工程，形成农村清洁能源供应体系。实施秸秆热解气化多联产、秸秆沼气多联产等能源利用重点项目，对于示范带动全省秸秆规模化利用、改善农村用能结构、保障农村能源革命的顺利实施，强化大气污染治理、提升农村生态文明水平具有重要的推动作用。

实施秸秆高效气化清洁利用是贯彻落实党的十九大会议精神，以“创新、协同、绿色、开放、共享”五大发展理念为指导，推动乡村振兴战略、农村能源革命、农村清洁能源供给、建设美丽乡村、改善农村生态环境质量和生态文明建设的重要保障。

3.4生物质全组分清洁深加工模式

目前，生物质的开发利用有生物质成型燃料[9-12]、生物质液体燃料[13-16]、生物质燃气和发电[17-20]等，在此研究技术基础上，建立了生物质全组分清洁深加工模式，技术路线大至分3条，如图3所示。

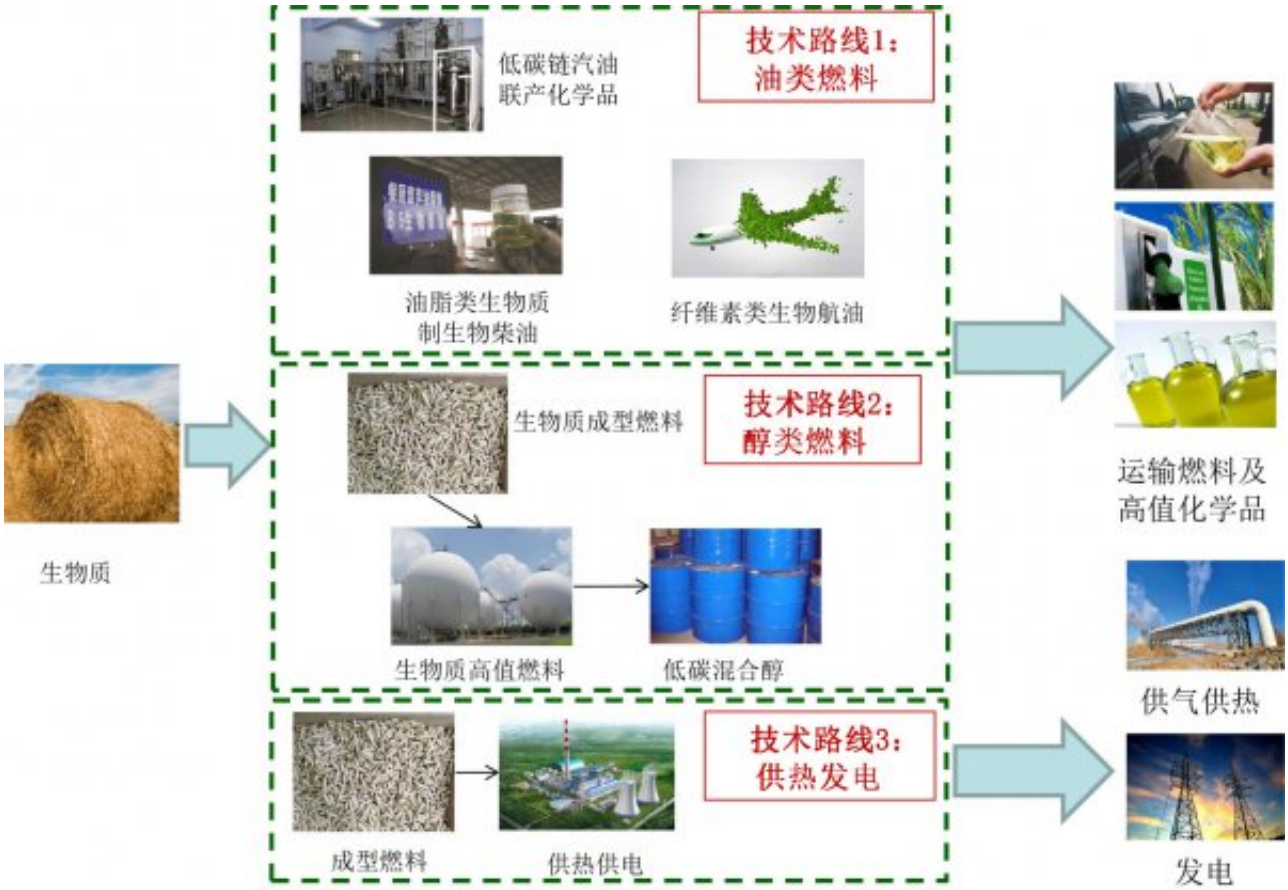

图3　生物质全组分清洁深加工技术路线

Fig.3　The cleaning and deep processing technology route of biomass component

技术路线1：“生物质—生物质液体燃料—生物质高值化学品”产业链模式的建立。

以生物质资源为原料定向液化制备生物汽油、生物柴油和生物航空燃油等清洁液体燃料，并联产高附加值化学品。建立以生物质资源为基础，到生物液体燃料，再到高值化学品的关键技术和整体工艺装备产业链，涉及生物质原料的清洁预处理技术及装备，生物质液体燃料高效催化转化技术及装备，液体燃料低能耗分离系统，高值化学品的催化合成关键技术及设备，高效催化剂的制备等技术。

技术路线2：生物质成型燃料定向气化间接液化制备醇类燃料及复配技术产业链模式的建立。

以生物质致密成型燃料为原料定向热解气化制备高值燃气，生物质燃气间接液化制备低碳混合醇，低碳混合醇再与汽柴油复配。建立生物质气化燃料的定向调质高效成型预处理技术及装备，生物质成型燃料定向热解气化、燃气高效净化脱除焦油技术及设备，生物质合成气催化重整工艺体系及合成气成分的有效调整及控制技术，低碳混合醇高效制备清洁分离系统及汽柴油复配技术。开发了一整套生物质调质成型、定向气化及催化重整、清洁高效合成液体燃料整体工艺及成套装备，实现生物质到低碳醇液体燃料的清洁高效转化。

技术路线3：生物质成型燃料及供热供电技术产业链模式的建立。

以生物质成型燃料为原料高效燃烧后的蒸气进行供热供电产业化生产。建立一定规模的生物质成型燃料智能化供热系统，生物质成型燃料混燃发电系统及在混燃发电系统中的生物质燃烧量计量检测和监控技术。实现生物质能源的清洁供暖和高效供电，加快农林废弃物的可持续利用步伐。

4以生物质能为抓手的河南省生态文明建设的对策建议

4.1制定生物质能源发展战略规划，推动优化升级

要把生物质能源的建设作为“生态文明建设”及“农村能源革命”的重要任务来抓，必须明确各个机构的责任，进行有机的合作，推动和落实相关政策。制定并不断完善生物质能发展战略规划和管理体系及各主体监管制度，统筹各个部门之间的协调管理工作，明确各单位职责，研究制定生物质能源建设发展的重大政策和方案，加强宏观指导，制定有利于促进生物质能源发展的经济政策，形成分工合理、密切配合、整体推进的工作格局。

4.2加强生物质能产业创新研发力度，突破技术瓶颈

建立以生物质资源为基础定向液化制备清洁液体燃料，并联产高附加值化学品的关键技术和整体工艺开发；建立生物质致密成型燃料定向气化制备高值燃气，高值燃料间接液化合成低碳醇及低碳醇和成品油复配关键技术与整体工艺开发；建立生物质成型燃料高效燃烧热电联产技术，实现生物质能的清洁供暖和高效供电，突破生物质能气、液、固、电转化效率及分离等技术瓶颈，推进生物质秸秆清洁能源利用示范县集中布局-整县推进模式的建立，加快生物质能分布式利用及产业向着集约化综合高效方向发展。集中精力发展一批适合河南省资源优势、科研平台条件和产业基础优势的生物质能源技术，积极开发应用生物质能源的先进技术，提高创新能力。把技术创新作为提升产业综合竞争力的重要手段，积极提升河南省生物质能源产业的整体技术水平。

4.3建立分布式能源低碳网络系统

发展生物质能源要重视整体利用和分散利用相结合，因地制宜，多途径多角度提升生物质能源的综合利用程度。河南生物质能源的发展离不开当地的具体条件，而河南省人口多，各地区的自然资源、社会经济发展水平差异大，生物质能源发展必须结合各地区生物质资源的区域特征，因地制宜，构建可持续发展的分布式低碳能源网络系统，倡导多能互补协同发展。

4.4建立健全法律政策为生物质能源的发展保驾护航

建议河南省设立符合生态文明理念的生物质能产业技术支持专项资金，推动生物质能产业的发展，在生物质能产业建设和发展期间，每年扶持专项资金，对示范区项目采取投资、补助、贴息等形式，引导社会和企业资金支持生物质能产业项目建设。借鉴发达国家扶持生物质能发展的经验，参照我国新能源和战略新型产业扶持政策，制定和完善河南省生物质能发展的扶持措施，切实加大扶持力度和强度，建立健全法律政策为生物质能源的发展保驾护航，并建立适合河南省生物质能发展配套政策，保障生物质能源的开发利用，进而促进生态文明建设。

4.5构建生物质能行业准入标准，建立产品质量体系

建立适合河南省生物质能行业发展的准入标准，对生物质能源企业的生成和销售环节做出严格的控制和把关，促进生物质产业提高生产效率，做到合理有效的发展。对于产能落后的企业及时淘汰，支持生物质能源企业并购重组，形成规模经济，提高产业结构效率。建立生物质能源产品质量检验中心，对于由生物质能源制备的产品可做不同规定。生物质能源产品检验是生物质能源产业中重要环节，为保证产品质量，需要对产品性能测试、系统安装测试、产品及零部件设计制定标准，对产品质量严格把关，推动生物质能源产业的蓬勃发展。

4.6推动生物质产业及人才的培养力度

充分发挥具有生物质能研发优势和产业推广的科研院所、高校及企业在技术领域的互促互进作用，不断推动生物质能技术的推广和研发成果的产业化、市场化。高度重视对生物质能源产业的相关人才的培养，并建立专门的团队和平台。鼓励生物质能源企业培训与高校教育相结合，以校企合作的形式培养专业人才，通过教育政策调整，在高校设立与生物质能源产业发展相关专业，培养生物质能源方面复合型高素质人才。对于生物质能源领域的专家、研究人员、掌握技术或工艺流程的工人及企业有经验的管理人员，应给予高度重视，并进行进一步的培养和教育，使之成为满足河南省生物质能源产业发展的重要人才。

4.7提高并不断强化生态环保意识

紧紧围绕建设美丽中国深化生态文明体制改革，加快建立生态文明制度，培育人民群众的生态意识文明和生态文明理念：一方面，通过宣传党中央的有关生态文明的法制理念，使更多的民众响应党中央的号召，进而在全社会开展丰富多彩的环保活动和教育活动；另一方面，通过传统文化的宣传和公共参与机制的建立，唤起人们对河南的热爱，热爱家乡的山山水水，倡导低碳环保的生活和绿色生态的消费方式，使更多的民众凝聚美丽河南共识，形成推进美丽河南建设的良好氛围。

参考文献：

[1] IEA. World Energy Outlook 2012[R]. Paris，France：International Energy Agency，2012.
[2] 张冬冬，朱继英. 论生态文明建设与全面建成小康社会[J]. 前沿，2013(20)：4-6.
[3] 河南省统计局. 河南省统计年鉴2017[M]. 北京：中国统计出版社，2017.
[4] 郑邦山. 河南生态文明建设现状、困境及路径创新[J]. 创新科技，2016(1)：17-21.
[5] 呼和涛力，袁浩然，赵黛青，等. 生态文明建设与能源、经济、环境和生态协调发展研究[J]. 中国工程科学，2015，17(8)：54-61.
[6] 杜祥琬，呼和涛力，田智宇，等. 生态文明背景下我国能源发展与变革分析[J]. 中国工程科学，2015，17(8)：46-53.
[7] 刘战伟. 生态文明理念下的河南省产业结构优化问题研究[J]. 价格月刊，2012(6)：37-40.
[8] 莫神星，贾艳. 科学发展观指导下的中国能源发展战略[J]. 中外能源，2013，18(5)：4-11.
[9] 何晓峰，雷廷宙，李在峰，等. 生物质颗粒燃料冷成型技术试验研究[J]. 太阳能学报，2006，27(9)：937-941.
[10] 李在峰，门超，杨树华，等. 生物质(秸秆)成型燃料冷却干燥特性研究[J]. 河南科学，2015，33(10)：1741-1744.
[11] HAYKIRI-ACMA H，YAMAN S，KUCUKBAYRAK S. Production of biobriquettes from carbonized brown seaweed[J]. Fuel Processing Technology，2013，106(2)：33-40.
[12] 胡建军，雷廷宙，何晓峰，等. 小麦秸秆颗粒燃料冷态压缩成型参数试验研究[J]. 太阳能学报，2008，29(2)：241-245.
[13] CHEN G F，LEI T Z，WANG Z W，et al. Preparation of $CoCuGaK/ZrO_2-Al_2O_3$ catalysts for the synthesis of higher alcohols by CO hydrogenation[J]. Journal of Biobased Materials and Bioenergy，2017，11(5)：449-455.
[14] 陈高峰. 两亲性介孔 $Pd/C-SiO_2-Al_2O_3$ 催化剂的制备及其在生物油提质中的应用[D]. 郑州：郑州大学，2014.
[15] AO M，PHAM G H，SUNARSO J，et al. Active centers of catalysts for higher alcohol synthesis from syngas：a review[J]. ACS Catalysis，2018，8(8)：7025-7050.
[16] LUK H T，MONDELLI C，FERRÉ D C，et al. Status and prospects in higher alcohols synthesis from syngas[J]. Chem Soc Rev，2017，46(5)：1358-1426.
[17] 吴创之，马隆龙，陈勇. 生物质气化发电技术发展现状[J]. 中国科技产业，2006(2)：76-79.
[18] 王久臣，戴林，田宜水，等. 中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J]. 农业工程学报，2007，23(9)：276-282.
[19] 刘亚飞，郭瑞林，王海燕，等. 河南省农村沼气建设现状与发展对策[J]. 河北农业科学，2009，13(8)：108-111.
[20] 胡燕. 生物质气化合成气发酵制乙醇工艺分析[D]. 郑州：郑州大学，2012.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/174978.html