推动生物质发电产业绿色低碳循环发展专题调研报告

为加快推进绿色低碳发展，协同推动经济高质量发展和生态环境高水平保护，按照部党组开展“不忘初心、牢记使命”主题教育的统一部署和总体要求，结合中心主题教育及大气强化监督定点帮扶工作安排，中心主任徐华清率战略规划部、碳市场部有关同志一行 5 人，赴国网节能服务有限公司和河北邢台南宫生物发电有限公司开展生物质发电产业绿色低碳循环发展专题调研活动，了解生物质发电产业发展、生物质资源循环利用、企业超低排放改造、大气污染物与温室气体排放协同管控等情况及存在问题，探讨生物质发电产业绿色低碳循环发展的方向和未来实现二氧化碳负排放的可能性和潜力。

一、对生物质发电产业的基本认识

生物质能是重要的可再生能源，具有绿色、低碳、循环等基本特点，生物质发电产业作为构建农村低碳能源体系的重要途径，在推动农业绿色发展转型、促进农村劳动力就业，推动资源循环利用、解决农村环境污染、探索潜在的温室气体负排放技术方面均具有重要意义。

一是我国生物质资源虽然丰富但目前生物质能利用规模尚比较有限。《生物质能发展“十三五”规划》明确指出加快生物质能开发利用，是推进能源生产和消费革命的重要内容，是改善环境质量、发展循环经济的重要任务，到 2020 年，生物质能基本实现商业化和规模化利用，生物质能年利用量约 5800 万吨标准煤。据测算，全国可

作为能源利用的农作物秸秆及农产品加工剩余物、林业剩余物和能源作物、生活垃圾与有机废弃物等生物质资源总量每年相当于约4.6亿吨标准煤，其中，农业废弃物资源量4亿吨，折算成标准煤约2亿吨，林业废弃物资源量3.5亿吨，折算成标准煤约2亿吨，其余相关有机废弃物资源量约为6000万吨标煤。2017年，我国生物质能源用于发电及供热只有1730万吨标准煤，截至2018年，我国已投产生物质发电项目902个，并网装机容量为1784.3万千瓦，年发电量为906.8亿千瓦时，其中：农林生物质发电项目321个，并网装机容量806.3万千瓦，年发电量为357.4亿千瓦时，全行业发电设备平均利用小时数为4895小时；垃圾焚烧发电项目401个，并网装机容量916.4万千瓦，年发电量为488.1亿千瓦时，年处理垃圾量1.3亿吨；沼气发电项目180个，装机容量为61.6万千瓦，年发电量24.1亿千瓦时。从地域分布看，我国农林生物质发电项目主要集中在农作物丰富的华北、东北、华中和华东地区，由于受产业政策影响，部分企业转化为热电联产、发电补贴未能及时补发、部分企业资金链紧张导致停产等原因，2018年我国生物质发电行业发电设备平均利用小时数为4895小时，与上年同比减少774小时。

二是我国生物质发电对于推动农业绿色增长和促进劳动力就业具有重要意义。《中国农村扶贫开发纲要(2011-2020)》明确提出要加快贫困地区可再生能源开发利用，因地制宜发展生物质能，推广应用沼气、节能灶、固体成型燃料、秸秆气化集中供气站等生态能源建设

项目。生物质发电是农业、工业和服务业融合发展的重要载体，具有产业链长、带动力强等特点，不仅可以解除农民农作物秸秆收割处置等后顾之忧，实现生产清洁化、废弃物资源化、产业模式生态化，提高农业可持续发展能力，有效促进农业绿色增长，而且也有利于解决当地部分农村劳动力就业问题。据测算，按年消费约5400万吨农林业废弃物计算，每年支付给农民的燃料收购款约150亿元，帮助了约20万户农民家庭脱贫致富。以此次调研的南宫生物发电有限公司为例，其年发电量2亿千瓦时，消耗农林废弃物约30万吨，原料主要为发电公司周边半径150公里内农户收集的棉花秸秆、玉米秸秆、玉米芯、小麦秸秆、树皮、树枝以及木段等农林废弃物等，每吨原料根据燃料热值收购价在280-430元之间，折算每年向农民支付8000多万元，并可直接提供农村剩余劳动力就业4000人左右。在一些欠发达地区，生物质发电产业全面对接精准扶贫，已经成为打赢扶贫攻坚战的有力之举。

三是我国生物质发电对推动资源循环利用和解决农村环境污染具有重要意义。《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》明确要求，依法严禁秸秆露天焚烧，全面推进综合利用。据《环境状况公报》，2018年卫星遥感共监测到全国秸秆焚烧火点7647个（不包括云覆盖下的火点信息），主要分布在黑龙江、吉林、内蒙古、山西、河北、辽宁等省份，据黑龙江有关部门估算，2018年，全省用于禁止农作物秸秆露天焚烧的投入达到60亿

元。生物质发电作为处理利用农林废弃物的有效方式，不仅在清洁供热、发电上大有作为，而且可以有效解决秸秆露天焚烧，减轻农村环境污染，燃烧后的灰渣还可作为有机肥料使用，真正实现农林和生活废弃物的“转废为宝”，这也是生物质能源发电区别于其它可再生能源的特有属性。生物质发电也是一项有效的环保治理工程，通过生物质发电将农林废弃物资源进行高值化利用，一定程度上可以减少因农林废弃物带来的水土污染、空间浪费、火灾安全隐患、生物疾病威胁等一系列环境问题，有效解决农林废弃物的腐烂对村容村貌的影响及田间秸秆焚烧造成的环境污染和安全危害，有利于改善农村环境卫生和居住区生活条件。

四是我国生物质发电对探索温室气体零排放乃至负排放技术具有重要意义。政府间气候变化专门委员会 2018 年发布的《IPCC 全球升温 1.5℃特别报告》相关模拟研究结果显示，所有模型给出的 1.5℃减排路径均在一定程度上依赖二氧化碳移除技术（CDR），现有的或潜在的二氧化碳移除措施包括造林和再造林、土地恢复和土壤固碳、生物质能+碳捕集和封存（BECCS）、直接空气碳捕集和储存（DACCS）、加强风化和海洋碱化等。据分析，到本世纪末，二氧化碳移除技术在 1.5℃路径中应用的规模大概为 1000～10000 亿吨，其中生物质能+碳捕集和封存（BECCS）作用更为突出，实现 1.5℃目标对 BECCS 的需求约为 150 亿吨 CO_2/年。

生物质发电源自生物质，其在生长过程中有效吸收了大气中的二

氧化碳，在作为燃料或工业原材料过程中，虽然一般会再次把二氧化碳排放到大气中，但从生命周期的角度看能够实现二氧化碳的净零排放，即所谓的“碳中性”。如果利用碳捕集与储存技术，把生物质能利用过程中释放的二氧化碳排入大气之前捕集起来，并注入到满足特定地质条件的地下深部储层进行永久封存，就能实现负排放。生物质发电+碳捕集和封存是实现中长期全经济范围“净零排放”潜在的关键技术，极有必要为推进实现中长期温室气体净零排放做好技术战略储备。

二、生物质发电目前存在的问题和面临的挑战

生物质能持续健康发展，既是推进能源生产和消费革命、改善城乡环境质量、推动绿色低碳循环发展的重要任务，也是关系民生的重大社会问题。调研发现，生物质发电企业目前在大气污染物排放标准、超低排放改造、氮氧化物治理、物料堆放覆盖、税收优惠、二氧化碳协同控制等方面存在一些问题，也面临一些挑战，一定程度上对产业可持续和健康发展带来了负面影响。

一是生物质发电厂缺乏明确执行的烟气排放标准。调研发现，目前生物质发电没有单独的烟气排放标准，各地多参照燃煤发电或者天然气发电执行。在 2010 年时，对生物质发电企业通常参照《火电厂大气污染物排放标准》第三时段以煤矸石等为主要燃料的锅炉烟气排放标准执行，其大气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别不得超过 50mg/Nm^3、200mg/Nm^3、400mg/Nm^3；随着环保要求的逐步提高，2013

年烟气排放标准调整为 30mg/Nm^3、200mg/Nm^3、200mg/Nm^3；为打好污染防治攻坚战，2018 年生态环境部下发《关于京津冀大气污染传输通道城市执行大气污染物特别排放限值的公告》，烟气排放标准进一步调整为 20mg/Nm^3、50mg/Nm^3、100mg/Nm^3。生物质发电机组执行烟气超低排放标准，给企业控制大气污染物排放带来了较大压力。

二是生物质发电企业超低排放改造成本相对较高。2018 年下发的《京津冀及周边地区 2018-2019 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》明确要求："生物质锅炉应采用专用锅炉，禁止掺烧煤炭等其他燃料、配套布袋等高效除尘设施；积极推进城市建成区生物质锅炉超低排放改造；加快推进燃气锅炉低氮改造，原则上改造后氮氧化物排放浓度不高于 50 毫克/立方米"。调研发现，为实现生物质直燃锅炉大气污染物超低排放要求，国能公司投入大量资金对所属发电项目进行脱硫脱硝改造，2018 年，公司仅在烟气治理方面就新增投资约 2.83 亿元。根据已有的建设项目经济分析，1 台 30 兆瓦机组脱硫脱硝除尘一体化技改工程投资约 1700 万元，污水处理投资约 300 万元，防尘网建设投资约 100 万元，每年环保设施的运营维护费用约为 1000 万元，成本上的增加让本就处于盈亏平衡点上的生物质发电企业步履维艰。

三是生物质发电氮氧化物治理尚面临技术难题。考虑到生物质发电企业使用的原料是农林业秸秆等，在燃料的热值、含水量、含硫量、碱金属含量等与煤电厂的燃料特性存在很大不同，对标煤电行业的超低排放改造标准，从技术层面分析，实现颗粒物、二氧化硫超低排放

并没有障碍，但是在降低氮氧化物方面暴露出一系列问题，主要表现为目前技术上尚不成熟，也存在臭氧逃逸和耗电以及液氧的生产和储存安全风险等问题，这是由于生物质燃料含氯元素和碱金属，同时燃料中灰分和水份含量偏高，炉膛温度只能达到800度左右，远低于燃煤锅炉的原因。目前，通常选用非选择性催化还原（SNCR）技术，由于炉膛温度达不到SNCR技术的最佳反应温度，造成反应不完全、大量氨逃逸并在尾部受热面管排上、布袋除尘器箱体上和引风机叶轮上形成结晶，造成脱硝效率和锅炉效率下降。目前，南宫生物发电有限公司正在进一步实施臭氧脱硝改造，但调研中企业反映运行成本较大，1公斤臭氧耗电8度左右，1台30MW生物质发电机组每年（按300天运行时间计）需额外耗电172万～460万度，且存在液氧安全风险和臭氧逃逸等问题。

四是生物质发电厂物料堆放覆盖要求不宜简单套用。调研发现，南宫生物发电有限公司在大气污染防治强化督查中多次被要求落实“物料堆场露天堆放物料需采取防尘网苫盖，且苫盖面积得大于85%”的规定。但企业反映以及政府安全生产主管部门认为，对生物质燃料堆场进行苫盖易带来燃料自燃等隐患，这是因为企业所用的生物质物料含水量大，且尺寸在5公分以上，虽不易产生扬尘，但黑色防尘网易吸热，燃料易自燃，在高温天气下存在较大隐患。此外，为避免物料产生扬尘，根据相关规定需要不定时的雾炮除尘，但这也会相应增加物料的含水量，不利于充分燃烧，反而会造成更多的污染物排放等问题。

五是生物质发电产业税收优惠政策受环保制约较大。生物质企业享受增值税即征即退的优惠政策，但在企业面临环保罚款的同时就会同时失去优惠。根据2015年《财政部国家税务总局关于印发<资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录>的通知》精神，“已享受本通知规定的增值税即征即退政策的纳税人，因违反税收、环境保护的法律法规受到处罚（警告或单次1万元以下罚款除外）的，自处罚决定下达的次月起36个月内，不得享受本通知规定的增值税即征即退政策”。生物质燃料因其自身特性，燃点低、湿度大，容易自燃，无法对料场进行封闭处理，但调研中企业反映地方环保执法部门以料场未封闭，就依据《中华人民共和国大气污染防治法》第四十八条的规定，下达处罚1万元以上的环保罚款通知单，同时还会连带造成企业停止36个月不再享受增值税退税的问题，对于企业的生存和效益存在重大影响。

六是生物质发电企业对二氧化碳管控重要性认识尚未到位。结合第22轮大气强化监督重点关注的菏泽两个生物质电厂大气污染物减排与温室气体协同控制问题，调研还发现企业对二氧化碳排放控制的重要性和紧迫性认识尚有较大差距。根据《全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）》，全国碳排放交易体系将在发电行业（含热电联产）率先启动，且纳入企业为2013至2018年任一年温室气体排放量达到2.6万吨二氧化碳当量（综合能源消费量约1万吨标准煤）的火力发电企业、热电联产企业、掺烧煤炭的生物质发电企业，纯生物质发电企业具有“零碳排放”的特点，暂没有纳入。目前我国正在

运行的 7 个碳排放权交易试点市场也未将纯生物质发电企业纳入配额交易市场，只有 2012 年启动的中国温室气体自愿减排交易体系（CCER），允许纯生物质发电企业通过开发 CCER 项目，参与 CCER 减排量交易，目前企业参与积极性并不高。

三、政策建议

推动生物质发电产业持续健康发展，不仅可以精准对接打赢脱贫攻坚战和打好污染防治攻坚战，加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系，而且也有助于主动控制温室气体排放，进一步提升人民群众获得感和幸福感，需要我们强化战略定力，集中力量解决好生物质能利用等老百姓身边突出生态环境问题。

一是加强顶层设计，进一步做好生物质能源发展战略谋划。生物产业是 21 世纪创新最为活跃、影响最为深远的新兴产业，对于我国加快壮大新产业、发展新经济、培育新动能，建设健康中国具有重要意义。生物质能源作为生物产业的重点领域，正成为推动能源生产和消费革命的重要力量，对于加快培育低碳新产业、新业态和新模式，大力发展低碳新经济，协同推动经济高质量发展和生态环境高水平保护，建设美丽中国也具有重要作用。需要我们围绕能源革命、大气污染治理和长期温室气体低排放发展战略等重大需求协同推进，创新生物质能源发展模式，拓展生物质能源应用空间，提升生物质能源产业发展水平，在发电、供气、供热、燃油等领域统筹规划，推进规模化发展生物质替代燃煤供热，促进集中式生物质燃气清洁惠农，推动先

进生物质发电制气制氢加碳捕集和封存技术研发与产业化示范。

二是完善扶持政策，进一步促进生物质发电产业健康发展。发挥中央和地方合力，完善支持生物质能利用政策措施体系，制定生物质发电全面转向热电联产的产业政策，积极支持民间资本进入生物质发电领域，引导地方出台措施支持现有政策之外的其他生物质发电方式。建议在推进和完善全国碳排放权交易市场的同时，尽快恢复生物质发电 CCER 项目的申报和减排量签发，并允许 CCER 入市协助控排企业履约。建议完善环保处罚与资源综合利用增值税即征即退挂钩政策，缩短可再生能源电价附加资金补助目录发布的时间间隔，调整可再生能源补贴资金即补贴电费部分的结算方式等。

三是健全标准体系，进一步推动生物质发电污染物减排。考虑到我国生物质能利用尚未建立起生物天然气、生物成型燃料工业化等标准体系，也尚未出台生物质锅炉和生物天然气工程专用的污染物排放标准。亟需我们加强标准认证管理，做好环保监管，加强大型生物质锅炉低氮燃烧关键技术进步和设备制造，推进设备制造标准化、系列化、成套化，制定出台生物质供热工程设计、成型燃料产品、成型设备、生物质锅炉等标准，并综合考虑生物质燃料特性差异、污染物排放特征、协同控制技术及减排经济成本等因素，加快研究制定科学合理的生物质发电供热锅炉专用大气污染物排放标准。

四是加快技术储备，进一步强化生物质发电二氧化碳控排。鉴于生物质发电、制气、制氢及碳捕集和封存技术不仅是情景研究中实现 1.5 ℃或 2 ℃目标的关键技术，而且对于各国实现自主贡献目标也

能发挥重要作用，加之国内外对这一技术的研发和试点示范仍然存在较大的空白，从技术研究和储备的角度出发，建议我国加强对BECCS的研发并开展适当的试点示范，包括研发适用于生物质烟气特性的专门溶剂，降低生物质的种植、收集和运输能耗，提高生物质发电的热效率等，并遴选部分技术较为先进和具有经济效益的生物质发电企业，开展生物质锅炉烟气中二氧化碳捕集效率、捕集成本的分析研究，为我国研究和实施本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略做好技术储备。

（徐华清、于胜明、李晓梅、陈怡、赵旭晨供稿）