

# 不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展的问题与建议

张晟义，张杰，王童

(新疆财经大学工商管理学院，新疆乌鲁木齐830012)

**摘要：**中国目前已成为世界第二大经济体，能源消费总量与日俱增，但以化石能源为主的能源消费结构无法满足我国能源可持续发展的需要。生物质发电是缓解能源、环境压力的重要手段，因而探讨不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展的问题，具有重要的理论意义与现实意义。当前我国农林生物质发电供应链可持续发展存在农林生物质供给不确定、资源配置非效率、生物质发电企业可持续发展能力差、农林生物质发电核心技术缺失等问题。对此，应通过加强市场监管、规范市场秩序、合理配置资源、规划生产运作、加强原始创新等措施，促进农林生物质发电供应链可持续发展。

可持续发展是挪威前首相布伦特夫人于1987年提出来的，实现可持续发展日益成为全球经济发展的重要价值导向。可持续发展涵盖经济可持续发展、社会可持续发展以及生态可持续发展三方面要义，追求经济、社会和生存环境三者的协调、统一。

2019年10月24日，首届可持续发展论坛在北京召开，中国国家主席习近平向论坛致贺信，信中明确指出“中国秉持创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，推动中国经济高质量发展，全面深入贯彻落实2030年可持续发展议程，促进共同发展，携手构建人类命运共同体”[1]。进入21世纪，能源与环境问题备受关注，目前，我国能源结构中煤炭等传统石化燃料仍然占据主导地位，开发、利用清洁能源的正外部效应未得到完全释放。农林生物质发电作为缓解节能减排压力、调整能源消费结构的重要手段，与其他清洁能源利用方式相比，具有原料来源广泛、原料潜在供给量大、节能减排效果突出等优势。然而，农林生物质发电在现实发展过程中却面临来自产业环境和宏观环境的诸多不确定因素，导致农林生物质发电供应链在实际运作过程中可持续性较差，如何化解这些不确定因素带来的损害，成为促进农林生物质发电供应链可持续发展的关键。

## 一、不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展研究现状

不确定性不但是现代企业经营过程中面临的极具挑战性的一个问题，而且是生物质发电供应链运作过程中的一个瓶颈。MAKRISAS.P等研究指出，不确定性是指客观实体在联系和发展的过程中所展现出的无序、模糊以及近似的本质属性。可持续发展是“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成威胁的发展”[2]。农林生物质发电作为高效开发生物质能的一种方式，对于促进可再生能源发展、加快调整能源消费结构意义重大。

但是，农林生物质发电供应链在运作过程中却面临着诸多不确定因素。胡婕等人研究指出，在农林生物质发电供应链实际运作过程中，生物质原料的收储环节对经纪人或收购站点依赖程度过高，导致农林生物质发电企业收购秸秆的价格一般达到农户出售价的4-6倍。由收储环节的投机行为所引发的生物质原料价格方面的不确定性，极大地增加了生物质发电厂的运营成本，严重损害了部分生物质原料收储环节参与方的合理收益[3]。檀勤良等对农林生物质发电供应链不同的原料供应模式进行研究，研究中将原料供给数量选作模糊变量，建立秸秆原料供给模型，并通过模型推导与算例模型证明了在不同模式下农户对生物质原料价格波动的敏感性存在差异[4]。王圣等指出，目前，我国农林生物质发电产业发展缺乏专业性的、可操作性较强的地方农林生物质发电规划，地方产业政策和规划的缺位，使得生物质原料市场出现无序竞争，致使部分农林生物质发电企业在原料供应不足或盈利情况不佳的情况下，萌生出一系列不确定的投机行为，影响农林生物质发电供应链可持续发展[5]。

如何保证农林生物质发电供应链持续、稳定运行，对于农林生物质发电产业发展十分重要。当前，可持续供应链设计了一种新的方法，它尝试在供应链的设计中融入经济、社会和环境的相关因素。基于可持续供应链的设计理念，农林生物质发电供应链可持续发展亦应聚焦经济、社会、环境三方面。高文永和李景明对我国农业生物质能产业的发展现状进行调研，并运用相关历史数据对农业生物质资源的现状进行定量研究与效应分析，研究结果表明：利用广大农村地区农林生物质资源较多的优势，发展农林生物质发电产业，不仅符合清洁发展机制(CDM)和可持续发展的要求，而且有利于优化农村地区能源消费结构，并且通过农林生物质的收获、运输和加工处理等环节，可以为农民提供大量就业岗位，直接或者间接增加农民的可支配收入，实现农林生物质发电供应链可持续发展[6]。

Sadhan Kumar Ghosh对农林生物质发电供应链的可持续性进行了研究，得出的结论是：农林生物质原料供应是影响农林生物质发电供应链可持续发展的主要因素，其中，政府政策是影响农民对生物质能源利用方式的选择、规模经济以及生物质能利用效率等的重要因素[7]。Bing Shen How等结合实际案例，开发出一种结合P-graph框架和可持续发展

指数的新型去瓶颈方法，利用此方法能够有效识别制约生物质能供应链可持续发展的瓶颈，从而为农林生物质发电供应链的可持续发展提供保障[8, 9]。

综上所述，当前多数研究虽然认识到不确定性的重要影响，但是对农林生物质发电供应链可持续发展的研究仍存在不足之处，绝大多数学者对于该问题的研究或局限于某一确定情境之下，或往往忽视贯穿于供应链实际运作过程中的诸多不确定因素的干扰，抑或仅仅是单一研究某一个运作环节的不确定性因素的影响，并未研究农林生物质发电供应链各环节的不确定因素和宏观环境中的不确定因素对农林生物质发电供应链可持续发展的影响。

基于此，本文将探讨在不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展中存在的相关问题，并提出具体、可行的发展建议，为促进农林生物质发电供应链可持续发展提供理论参考。

## 二、不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展存在的问题

### （一）农林生物质发电发展现状

目前，我国生物质发电主要涵盖三个类型：农林生物质发电、沼气发电以及生活垃圾发电。其中，农林生物质发电发展最为成熟且应用广泛。我国作为农业大国，农林生物质资源主要来源于农林业废弃物和能源经济作物，其潜在储量大、分布范围广泛，但却难以收集，加之农林生物质资源在运输过程中受自身物理特性的影响，造成原料供应不稳定，农林生物质发电的发展面临巨大阻力。同时，我国农林生物质发电起步较晚，技术水平落后，政策法规不健全，亦成为制约我国农林生物质发电稳健发展的“阿喀琉斯之踵”。此外，伴随全球气候变暖，极端天气出现的频率增加，农林生物质发电产业的发展面临更为严峻的考验。

诸多因素使得农林生物质发电的发展举步维艰，进而制约了农林生物质发电供应链可持续发展。为缓解农林生物质发电产业面临的窘境，促进农林生物质发电供应链可持续发展，下文将基于资源价值流，分析不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展存在的问题，同时，利用PEST分析方法，研究宏观环境中不确定性所引发的阻碍农林生物质发电供应链可持续发展的问题。

### （二）基于资源价值流分析不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展存在的问题

基于资源价值流视角分析农林生物质发电供应链，农林生物质发电供应链大体可分为农林生物质种植、农林生物质原料收集、原料运输、生产使用和电力产出、电力输送以及终端消费6个阶段，具体涵盖原材料种植、原材料收购、预加工、中间产品运输、发电、除尘、输送电力、电力消费等过程。基于资源价值流的视角构建了农林生物质发电供应链分析框架图，如图1所示。

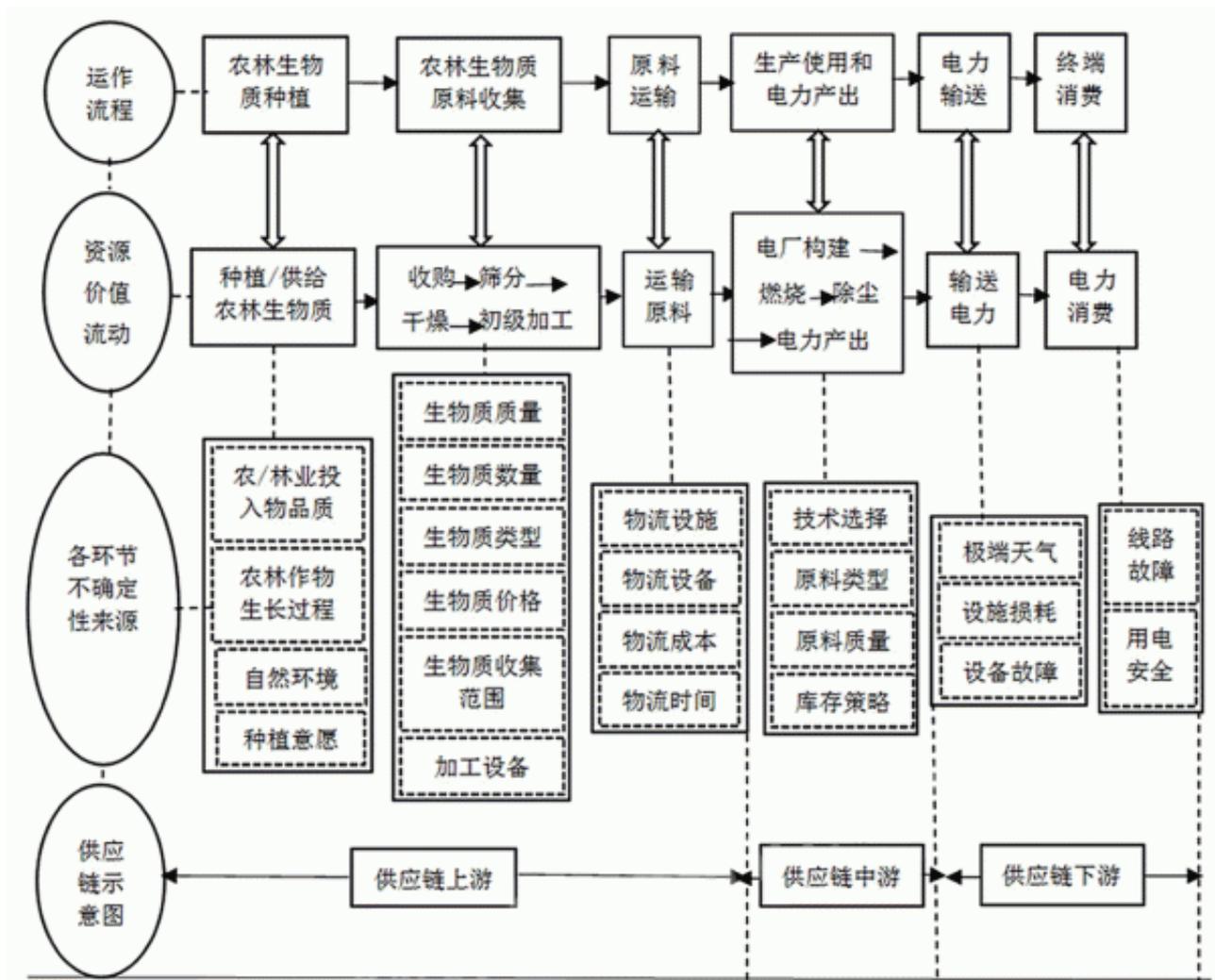


图1 农林生物质发电供应链分析框架图

### 1. 农林生物质种植环节的不确定性及其衍生出的问题

该环节涉及的不确定性主要源于农林业投入物的品质、农林作物生长过程、自然环境以及种植意愿等因素。农林业投入物品质的不确定性主要归因于农林业投入物生产商的投机行为。同时，由于农林作物从种植到收获，时间间隔周期较长，若问题农林作物在生长过程中才被识别，那么受作物熟制、作物生长过程不可逆等“刚性”约束，农林生物质总产量存在巨大不确定性，就从供应链源头上阻碍了农林生物质发电供应链可持续发展。

在农林作物生长过程中，自然环境是决定其产量的重要外部因素。当自然环境使农林生物质供给数量减少或供给质量变差时，农林生物质发电供应链可持续发展必受影响。此外，农户种植意愿也是影响农林生物质发电供应链可持续发展的重要因素。农户种植意愿的变动，会造成农林生物质发电原料供给类型多变，影响农林生物质发电供应链的平稳运行。

### 2. 农林生物质原料收集环节的不确定性及其衍生出的问题

该环节涉及的不确定性主要源自生物质质量、生物质数量、生物质类型、生物质价格、生物质收集地点以及加工设备运行情况等因素。其中，生物质供给数量不确定是原料收集环节最重要的不确定因素之一。江云剑认为，对于农林生物质而言，一方面，生物质的收集依赖于种植、收获等作业活动，间隔周期相对固定，农林生物质供应的季节性特征显著；另一方面，在农户种植意愿、自然环境等因素共同作用下，不同时段、不同地点的农林生物质供给量呈现出差异性特征[10]21-22。

农林生物质收购价格的不确定性是原料收集环节中另一重要的不确定因素。江云剑认为，价格不确定性是生物质市场供给和需求的宏观调控结果。一方面，农林生物质供给量取决于农林生物质产量；另一方面，农林生物质需求水平

取决于生物质发电企业的原料需求。因此，在供给与需求两类不确定因素影响下，农林生物质收购价格显现较大不确定性。其他几种不确定性在研究中涉及频率相对较低，却不能忽视其影响[10]21-22。农林生物质类型的不确定性主要取决于农户的种植意愿和种植决策，进而影响不同农林生物质原料的可得性。在农林生物质原料的可得性存在不确定性的情况下，部分生物质原料收集点/商为争夺原料，突破农林生物质原料的合理回收半径，造成生物质收集地点和收集范围的不确定性。生物质质量的不确定性源于生物质中的水分、沙石等杂质的含量的波动。对于农林生物质而言，生物质质量不确定性主要受自然环境和农户作业的精细程度的影响。此外，若在原料收集环节对农林生物质原料进行初加工，则设备先进程度、运行效率等因素会造成农林生物质收集、加工能力的不确定性。

农林生物质原料收集环节多类型的不确定性加剧了农林生物质发电企业可获取原料数量的波动，从而影响农林生物质发电供应链可持续发展。

### 3.原料运输环节的不确定性及其衍生出的问题

原料运输环节的不确定性主要是指无法将农林生物质原料在合适的时间、以合适的价格、选用合适的运输方式、运送到合适的交货地点，从而导致成本、时效等方面的差异。运输环节的不确定性主要源于物流设施、物流设备、物流时间、物流成本等因素。物流配套设施建设不健全，会增加物流运输成本，致使物流总成本无法精确把控。物流设备的规格及作业的标准化程度会影响运输效率，进而引发物流时间的弹性波动。此外，交通状况、极端天气、运输路线规划情况、物流方案设计、物流应急预案的完备性和可行性等因素，都会增加原料运输环节的不确定性。

原料运输环节的不确定性，不仅影响农林生物质发电企业原料获取的及时性，而且会影响农林生物质发电企业的库存情况或库存策略的执行情况，使农林生物质发电企业运营的可持续性面临威胁和挑战，进而影响整条农林生物质发电供应链可持续发展。

### 4.原料生产使用和电力产出环节的不确定性及其衍生出的问题

原料生产使用和电力产出环节主要与生物质发电企业相关，涉及的不确定性主要源于原料质量、原料类型、技术选择以及库存策略等因素。原料质量的不确定性会影响企业生产运作过程中的热能生产效率，额外增加企业的生产运作成本，甚至会降低企业电力生产环节的原料利用效率及后续生产环节的资源循环利用率。生产技术类型选择也是造成该环节不确定性的重要因素，选择不同的生产技术，生物质发电企业付出的生产成本是不同的，且不同的生产要素组合会影响企业利润最大化的实现。企业在成本与收益方面的不确定性，会增加生物质发电企业的运营风险，进而使整条生物质发电供应链发展的可持续性受损。此外，受农林生物质供应季节性波动的影响，农林生物质发电企业需要储存大量农林生物质原料，合理、可行的库存策略可以帮助企业降低库存成本，降低原料短缺的机会成本。反之，不仅会增加企业的库存成本，加大阻断农林生物质发电企业连续生产运作的风险，导致整条供应链运作的不确定性加剧，影响农林生物质发电供应链的可持续发展。

### 5.电力输送环节的不确定性及其衍生出的问题

电力输送环节的不确定性主要源于极端天气、设备损耗以及设备故障等因素。电力输送环节位于农林生物质发电供应链的下游，受到人为不确定性因素干扰的概率较低，运营相对稳定。但是，极端天气的干扰、输电设备的损耗、电力传输设备意外发生故障等不确定性，会给社会经济发展带来负外部效应，亦会影响农林生物质发电供应链可持续发展。

### 6.消费环节的不确定性及其衍生出的问题

消费环节的不确定性主要来自线路故障、用电安全等因素。农林生物质发电供应链可持续发展的目标包含经济、社会以及环境可持续发展三个方面，消费环节的不确定性不仅会对社会经济发展造成负面影响，而且可能对广大消费者的生命安全造成威胁，违背了农林生物质发电供应链可持续发展的要义。

综上，基于资源价值流动过程对农林生物质发电供应链各运作环节的不确定性及其衍生出的问题进行分析，得到影响农林生物质发电供应链可持续发展存在的问题示意图（如图2所示）。

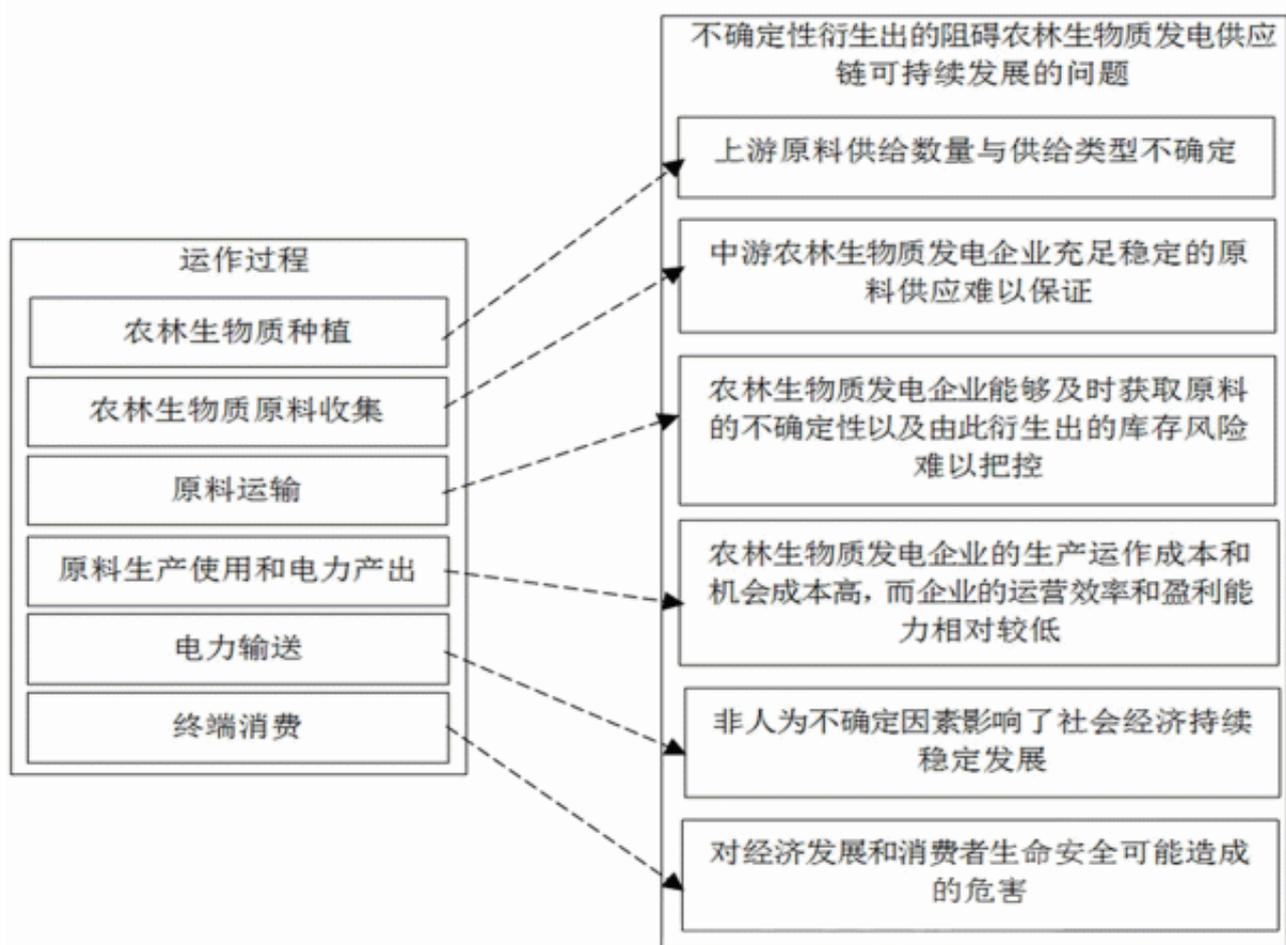


图 2 产业环境中阻碍农林生物质发电供应链可持续发展的问題示意图

(二) 基于PEST分析方法研究不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展存在的问题

农林生物质发电产业的发展难以摆脱宏观环境的影响，并且宏观环境对农林生物质发电产业的发展影响深刻。农林生物质发电供应链的PEST分析就是对农林生物质发电供应链所处的政治法律环境（P）、经济环境（E）、社会文化环境（S）以及技术环境（T）进行分析。通过分析农林生物质发电供应链运作过程中来自宏观环境的不确定性，找出影响农林生物质发电供应链可持续发展的问題所在。

1. 政治法律环境的不确定性所引发的问题

政策与法规对生物质发电供应链的发展起着至关重要的作用。近年来，国家层面出台了一系列的政策与法规，为农林生物质发电产业的发展提供了重要保障，然而，地方政府相关配套政策与法规的制定、实施情况及效果却存在随机性与不确定性。这种随机性与不确定性成为阻碍农林生物质发电供应链可持续发展的重要因素。另外，相关政策与法规尚未形成稳定的体系，波动性较大，致使农林生物质发电产业仍旧处于无序竞争的状态，不仅造成资源的错配与浪费，而且增加了农林生物质发电企业的运营成本，企业无法在规模经济下运行，影响农林生物质发电供应链可持续性发展。

2. 经济环境的不确定性所引发的问题

自2012年起，中国经济步入调整转型阶段，经济发展方式发生重大转变。受经济下行的影响，各行业投资规模变化较大，投资风险难以把控。当前，受中美贸易争端的影响，未来经济发展存在较多不确定因素。在此经济形势下，农林生物质发电企业引资困难，发展如履薄冰，农林生物质发电供应链可持续发展难以保障。

3. 社会文化环境的不确定性所引发的问题

改革开放以来，我国经济经历了长时间粗放式的发展，居民的资源循环利用意识和环保意识薄弱，在权衡个人利益

与社会利益时充斥着随机性。此外，长期以来，我国农村地区依旧维持小农经济生产模式，且由于受自身文化水平的影响，农民对生物质发电产业褒贬不一，这在一定程度上导致农林生物质回收困难，阻碍农林生物质发电供应链可持续发展。

#### 4.技术环境的不确定性所引发的问题

虽然农林生物质发电在我国已经实现了商业化运营，但是农林生物质发电的关键设备仍需依赖进口，核心技术依旧掌握在少数几个发达国家手中。发达国家技术封锁的潜在可能性成为我国农林生物质发电完全“中国化”的最大不确定因素，对农林生物质发电供应链可持续发展构成威胁和挑战。

基于PEST分析方法对不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展存在的问题进行研究，结果如图3所示。

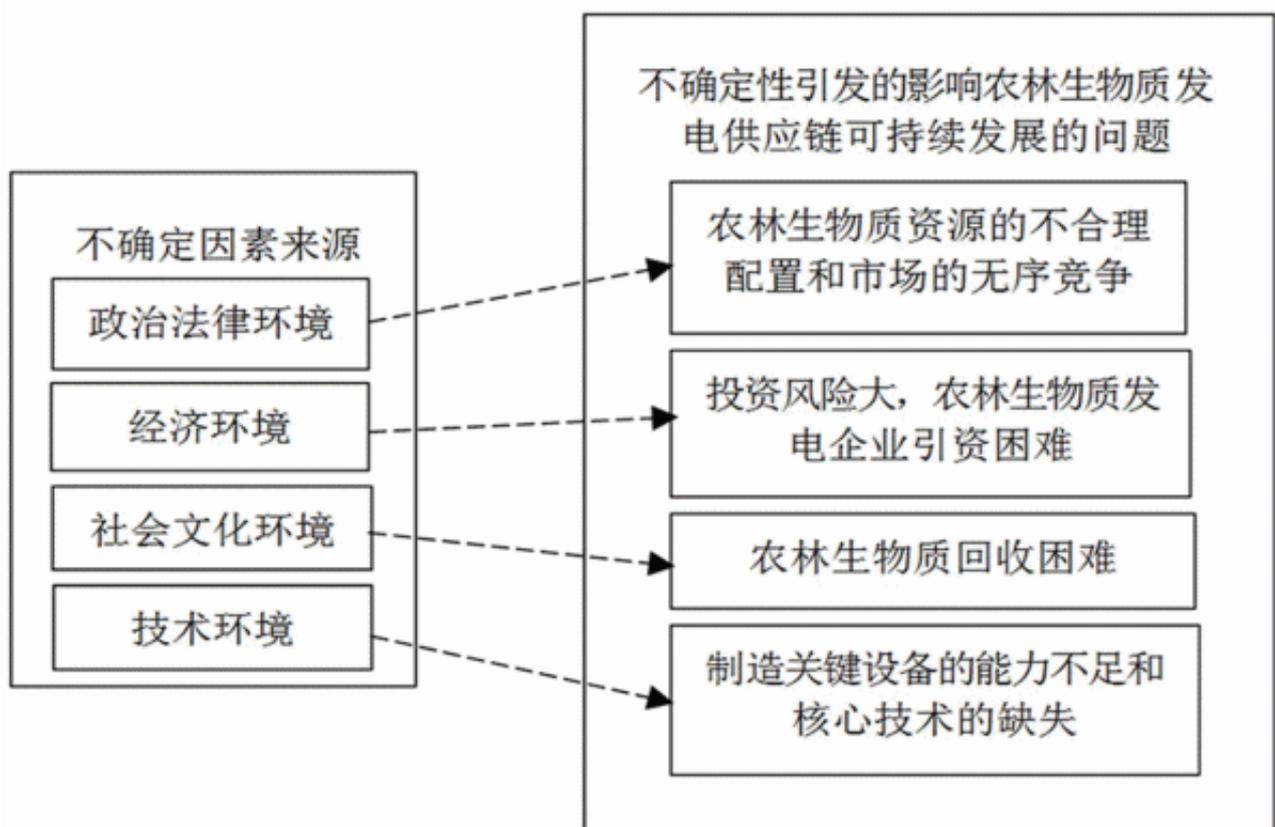


图3 宏观环境中阻碍农林生物质发电供应链可持续发展的示意图

### 三、农林生物质发电供应链可持续发展的建议

发展农林生物质发电产业，推动农林生物质发电供应链可持续发展，既有助于实现农林生物质资源的高效循环利用，又有利于调整我国化石能源为主的能源消费结构，同时，还可以帮扶农民就业。为实现农林生物质发电供应链可持续发展，建议如下。

#### （一）加强农林投入物的市场监管，推动发展集约式的订单农业

政府要加强农林投入物市场监管，保障农林投入物的品质，为实现农林作物稳产、高产打下坚实基础，从源头上保证农林生物质充足供应。推动发展集约式的订单农业，不仅有利于降低农企之间的信息不对称、提高农业生产效率、增加农民收入，而且可以加强对农业生产的引导，减少农业生产的盲目性，保证农林生物质供给类型和供给数量稳定，促进农林生物质发电供应链可持续发展。

#### （二）规范市场秩序，严格市场准入机制，合理配置资源，实现有序发展

各级政府应根据“十三五”规划的相关内容及相应实施指导意见，规范市场秩序，避免农林生物质发电企业之间的恶性竞争。同时，严格市场准入机制，科学规划产业布局，避免产生因区域内企业数量过多而导致的资源配置非效率

，推动市场有序发展，为农林生物质发电供应链可持续发展营造良好的商业生态环境。

### （三）加大对农林生物质发电企业支持力度，切实解决企业发展过程中遇到的难题

近年来，运营成本偏高、引资困难、抗风险能力差成为我国农林生物质发电企业发展的障碍。政府应为农林生物质发电企业提供必要的政策支持和资金支持，切实解决企业发展过程中遇到的难题，推动农林生物质发电供应链可持续发展。

### （四）制定科学合理的生产运作计划，增强企业的抗风险能力

在实际生产运作过程中，农林生物质发电企业在原料获取方面存在较大不确定性，企业应充分利用现代信息技术，增强对风险的识别能力，科学合理安排生产，提升库存的柔性，降低企业生产运作成本，增强农林生物质发电供应链的可持续发展能力。

### （五）加强原始创新，积极参与国际交流与合作

制造关键设备的能力不足和核心技术的缺失，成为我国农林生物质发电产业发展的“瓶颈”。企业应逐步加大科研投入，引进专业人才进行技术攻关，加强原始创新。同时，要加强对外交流，引进国外先进生产技术，进行消化、吸收、再创新，为农林生物质发电供应链可持续发展提供强劲的内生动力。

### （六）制定完备可行的应急预案，提升应对突发事件和自然灾害的能力

定期对输电设备进行维护与检修，制定完备可行的应急预案，提升应对突发事件和自然灾害的能力，同时，在电力上网定价方面，考虑引入市场竞争机制。国家电网处在农林生物质发电供应链的下游，是负责电力输送的主体，加强设备的维护与检修，制定完备可行的应急预案，提升应对突发事件和自然灾害的能力，有利于促进社会经济平稳运行，为农林生物质发电供应链可持续发展营造良好的社会环境。在电力上网定价方面引入市场竞争机制，有助于提升生物质发电企业的盈利水平，提高其研发创新的积极性，为推动农林生物质发电供应链可持续发展提供支持和保障。

## 四、结论与展望

通过对不确定条件下农林生物质发电供应链可持续发展问题进行研究，结果表明：农林生物质发电供应链中、上游存在较多不确定性因素，其衍生出的问题是农林生物质发电供应链可持续发展的“瓶颈”。此外，资源配置非效率、市场无序竞争、企业引资困难、核心技术缺失等问题，也是影响农林生物质发电供应链可持续发展的“短板”。

未来，要实现农林生物质发电供应链可持续发展，必须提高农林生物质发电企业的自主创新能力，增强其应对不确定性风险的能力，要加强对外交流与合作，引进国外先进的技术及设备，践行“引进、消化、吸收、再创新”的原则，为促进我国农林生物质发电供应链可持续发展提供内生动力。同时，政府要对农林生物质发电产业的发展做出科学、合理、系统的规划，规范市场秩序，推动有序发展。

## 参考文献：

- [1] 习近平向首届可持续发展论坛致贺信[EB/OL]. (2019-10-24) [2019-12-01]. [http://www.xinhuanet.com/2019-10/24/c\\_1125145957.htm](http://www.xinhuanet.com/2019-10/24/c_1125145957.htm).
- [2] MAKRISA S P, CHRYSSOLOURIS Z G. Supply Chain Control Logic for Enabling Adaptability under Uncertainty [J]. International Journal of Production Research, 2011, 49(1): 121-137.
- [3] 胡婕, 贾冰, 许雪记. 江苏省生物质发电产业现状问题及解决对策研究[J]. 可再生能源, 2015, 33(2): 283-288.
- [4] 檀勤良, 王瑞武, 潘昕昕, 等. 模糊供给下生物质发电燃

- 料供应链模式研究[J].中国软科学,2017(2):123-131.
- [5] 王圣,徐静馨.我国农林生物质发电现状及相关问题思考[J].环境保护,2018,46(23):61-63.
- [6] 高文永,李景明.中国农业生物质能产业发展现状与效应评价研究[J].中国沼气,2015,33(1):46-52.
- [7] GHOSH S K. Biomass & Bio-waste Supply Chain Sustainability for Bio-energy and Bio-fule Production[J]. Procedia Environmental Sciences, 2016, 31(2): 111 — 125.
- [8] HOW B S, et al. Debottlenecking of Sustainability Performance for Integrated Biomass Supply Chain: P-graph Approach[EB/OL].doi: 10.1016/j.jclepro. Journal of Cleaner Production 2018.04.240.
- [9] 汤仁恒.供应链视角下的企业营运资本管理研究[J].信阳师范学院学报(哲学社会科学版),2019,39(3):39-43.
- [10] 江云剑.不确定条件下可持续生物燃料供应链鲁棒优化研究[D].南京:东南大学,2016.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/165479.html>