农业生物质发电可持续发展路径研究——基于31个省区市模糊集定性比较分析

张晟义，张杰，王童，陈明月

（新疆财经大学，新疆乌鲁木齐830012）

摘要：农业生物质发电在长期发展中暴露出诸多问题，探究农业生物质发电可持续发展路径刻不容缓。本文基于全国31个省、自治区、直辖市的统计数据，利用模糊集定性比较分析法，从组态视角探究农业生物质发电可持续发展路径。研究表明：非高发展需求、较好发展条件和高技术投入的前因条件组合与较大资源潜力、高发展需求和高技术投入的前因条件组合都能推动农业生物质发电可持续发展。因而今后应更加重视地域差异和技术投入，进一步完善配套设施建设，合理引导发展需求，促进农业生物质发电可持续发展。

一、引言

2019年10月11日，李克强总理主持召开国家能源委员会会议，明确提出“要立足我国基本国情和发展阶段，多元发展能源供给，提高能源安全保障水平”。2019年10月24日，我国首届可持续发展论坛在北京召开，国家主席习近平在致论坛贺信中明确指出，“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，全面深入落实2030年可持续发展议程”，并“希望各方积极寻求落实2030年可持续发展议程的良策，促进共同发展，携手构建人类命运共同体”。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环境可持续发展三方面要义，改善当前我国能源消费结构，对于增强可持续发展能力、推动经济高质量发展意义重大。当前，农业生物质发电作为调整能源消费结构的重要举措在我国已获得一定程度的发展，但其在长期发展过程中所暴露出的问题如原料供应不稳定、运营成本高、发展可持续性差等仍未得到有效解决，因而探究农业生物质发电可持续发展路径刻不容缓。

目前，国内外学者对农业生物质发电的研究多为单因素研究，缺乏基于组态视角的分析，但事物呈现某一特定结果往往并非由单一因素造成，大多是由多因并发所致。定性比较分析法（QCA）适用于探究导致某一特定结果出现的前因条件或前因条件组合，是从组态分析的视角对特定结果进行深层次分析。基于此，本文借鉴以往研究成果，并根据实际研究需要，将模糊集定性比较分析法（fsQCA）运用于农业生物质发电可持续发展问题的研究，以对农业生物质发电可持续发展问题进行深入探讨，推动农业生物质发电可持续发展。

二、国内外研究简述

近年来，国内外学者对农业生物质发电可持续发展问题予以极大关注。高文永和李景明[1]对我国农业生物质发电产业的发展现状进行了实证研究，认为我国作为一个农业大国，农业生物质资源存量潜在优势显著，大力发展农业生物质发电有利于促进生态环境可持续发展、推动能源消费结构转型升级以及改善农村劳动力就业状况。Ghosh[2]对农林生物质发电供应链可持续发展的影响因素进行了探讨，研究表明原料供应的不确定性是阻碍农林生物质发电供应链可持续运行的首要影响因素。

实现农业生物质发电可持续发展需要保证资源配置效率，充分利用资源优势，而精确的资源潜力测算和科学的原料供应模式是实现农业生物质发电可持续发展的重要推动力和重要保障。檀勤良等[3]对农业生物质发电原料的供应模式进行了实证研究，通过建立原料供给模型，对比不同供应模式下农业生物质发电原料的最优供给量，探寻不同供应模式下最优供给量存在差异的原因，研究发现农业生物质发电原料供给的价格弹性是导致不同供应模式下最优供给量存在差异的直接原因，是造成原料供给波动的潜在影响因素。张蓓蓓[4]对我国农业生物质资源存量及其能源开发利用潜力进行了测算，认为我国农业生物质资源存量丰富，资源开发潜力巨大，但不同地域之间存在显著差异，农业生物质资源的开发、利用应坚持实事求是的原则，不应突破自然资源条件的限制。

由于我国农业生物质资源的分布及其开发、利用潜力存在显著的地域差异，因而对不同地区布局农业生物质发电产业的合理性进行评价十分必要。李可心[5]对我国31个省、自治区、直辖市布局农业生物质发电产业的区域适宜性进行实证研究，发现我国不同地区之间布局农业生物质发电产业的区域适宜性存在较大差异，区域适宜性呈现出由东南向西北递减的趋势，因此强调农业生物质发电产业布局应坚持因地制宜的原则。

综上所述，当前国内外学者对农业生物质发电相关问题的研究或聚焦于原料供应，或集中探讨农业生物质发电原料供应链实际运作模式，抑或仅针对影响农业生物质发电可持续发展的单一因素进行探究。但现实中复杂事物呈现出某一特定结果往往由多因并发所致。已有文献对农业生物质发电相关问题的研究，多专注于对单个影响因素的探讨，鲜

有学者针对农业生物质发电可持续发展问题进行基于组态视角的研究。

定性比较分析法作为一种组态分析方法，超越了传统“定性”与“定量”研究的界限，日益受到国内外研究者的关注。Ragin[6]认为，与传统的定性或定量研究相比，从组态分析视角进行研究将会得出更具普适性的研究结论。Fiss[7]强调，定性比较分析法能够解释前因条件组合如何引致结果的出现，适用于复杂事物的多因素研究。定性比较分析法在国内仍处于发展阶段，对其所形成的理论认识在逐步深化，应用场景也日益拓展。张驰等[8]通过对国内外管理学领域采用定性比较分析法的相关文献进行系统梳理，明确了定性比较分析法在国内管理学研究领域的适用情境和良好发展前景。杜运周和贾良定[9]通过对比传统研究中的“净效应”思维，指出定性比较分析基于组态分析视角并结合集合论的思想，能够回答多重并发的因果关系、因果非对称性以及多种解决方案等效等因果复杂性问题。

影响农业生物质发电可持续发展的因素众多，且不同因素之间相互影响，要实现农业生物质发电可持续发展，需要厘清各影响因素之间错综复杂的关系。因此，本文借鉴以往研究成果，运用模糊集定性比较分析法对农业生物质发电可持续发展问题进行基于组态视角的研究，探寻促进农业生物质发电可持续发展的有效路径。基于已有文献，本文构建了农业生物质发电可持续发展影响因素组态分析框架，如图1所示。

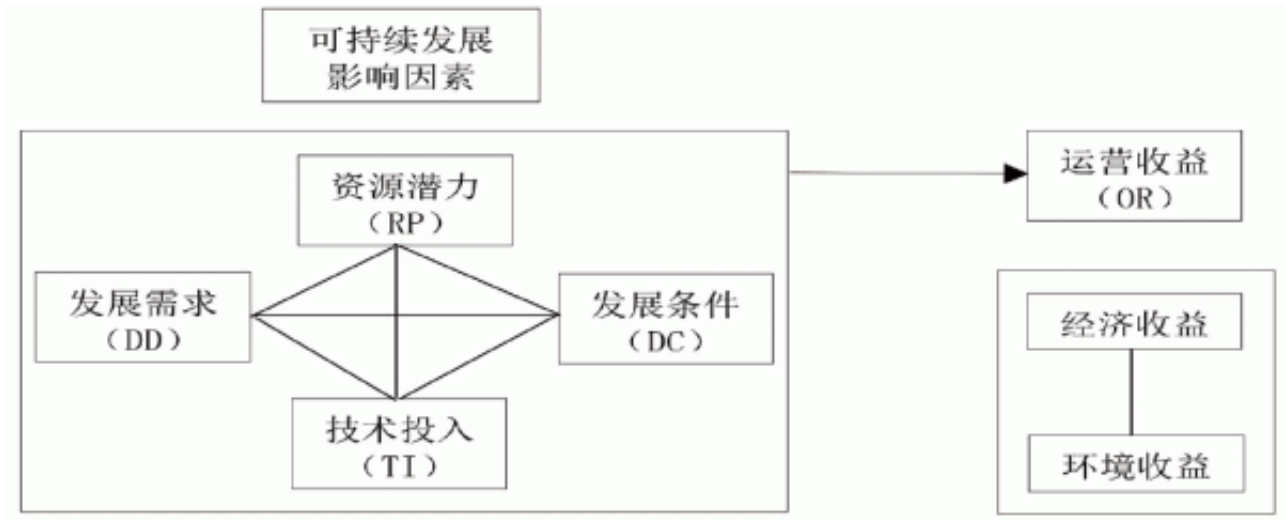

图1 农业生物质发电可持续发展影响因素组态分析框架

三、研究设计

（一）数据来源

本研究所选取的数据均源自国家各级机关单位公布的相关统计数据，具体包括：2014年—2018年《中国统计年鉴》《中国电力年鉴》《中国能源统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》，2018年各省、自治区和直辖市《生态环境状况公报》，2019年《中国生物质发电产业排名报告》，2017年国家生态环境部发布的《秸秆焚烧点检测报告》（源于按省份划分的环境卫星实时检测数据）。

（二）研究方法

定性比较分析法是一种案例导向型研究方法，适用于中小样本数量的案例研究，通过案例与理论之间的不断“对话”，深入剖析个案的异质性，通过对案例中某一特定现象或结果的分析，探究导致结果出现的多因并发性，其主要应用形式包括清晰集定性比较分析（csQCA）、多值集定性比较分析（mvQ－CA）和模糊集定性比较分析（fsQCA）。定性比较分析法以布尔代数为数据运算的基本原理，若有n个前因条件，则会产生2n个前因条件组合。一致性和覆盖度是定性比较分析法的两个重要参数。一致性衡量共享给定前因条件组合的案例在展示特定结果方面的一致程度，取值范围为[0，1]，当取值小于0.75时，表示某前因条件或前因条件组合很难解释某一特定结果；覆盖度评估前因条件或前因条件组合对结果集合实例的解释程度。定性比较分析法能够有效识别导致特定结果出现的前因条件或前因条件组合，并根据是否纳入逻辑余项与解的简化程度而产生3种解，分别为复杂解、中间解、简约解。

定性比较分析法早期主要应用于比较政治学研究领域，后来逐渐被引入管理学研究领域。本文聚焦探讨农业生物质发电可持续发展问题，根据已有文献可知，农业生物质发电可持续发展受诸多因素的影响和制约，而利用定性比较分

析法能够有效识别不同地区农业生物质发电可持续发展的条件组合路径。此外，本文主要以我国31个省、自治区、直辖市为研究对象，样本容量较小，而定性比较分析法更加适用于中小样本的案例研究。鉴于清晰集定性比较分析和多值集定性比较分析对于问题的探讨存在绝对看法的可能性，故本文采用模糊集定性比较分析法进行研究，数据前期处理是基于函数的计算，研究更加客观，结果也更加精确，能够更好地满足研究需要。

（三）变量选取

1.条件变量。本研究的条件变量包括资源潜力、发展需求、发展条件和技术投入。

（1）资源潜力（RP）。刘志彬[10]通过计算我国各省份农业生物质存量的最大发电潜力，揭示了省域间资源潜力的差异；罗开颜[11]运用博弈论分析了农业生物质原料供应链的运营模式，认为地区生物质资源密度在某种程度上可反映该地域的资源潜力，直接影响农业生物质发电厂的选址、规模和收益，进而影响农业生物质原料供应链的稳定运行。基于此，本文选取农业生物质最大发电潜力和农业生物质资源密度2个指标来衡量各地资源潜力。

（2）发展需求（DD）。李可心[5]在研究中指出，年电力需求增长率可反映区域电力需求强度；火力发电占比情况可反映区域内能源消费结构调整的需求；空气未达标率可反映区域生态环境改善的诉求；单位GDP碳排放量可反映区域内节能减排的需求。张晟义[12]在研究中利用环境卫星检测到的秸秆焚烧点数量来反映区域内居民的环保意识，并由此反映区域环境治理需求。高文永和李景明[1]的研究表明，发展农林生物质发电产业能够直接或间接提高农村居民的可支配收入水平。而通过农村居民收入水平可间接反映区域内部农村地区引入农业生物质发电产业的经济发展需求。综上，本文利用省域年电力需求增长率、省域火电占比、省域单位GDP碳排放量、省域秸秆焚烧点数量以及省域农村居民收入水平5个指标衡量各地发展需求。

（3）发展条件（DC）。高文永和李景明[1]在研究中指出，发展农业生物质发电产业能够带动农村地区劳动力就业。农业生物质发电的发展需要大量劳动力，农村人口数量在一定程度上可以反映农村地区发展农业生物质发电的人力条件。张晟义等[13]研究表明，农业生物质原料运输环节的不确定性，致使农业生物质发电供应链运作举步维艰。农业生物质发电的发展依赖于便利的交通条件，而区域内公路密度则可较为直观地反映区域内交通便利程度。王圣和徐静馨[14]研究了我国农林生物质发电产业的发展现状，认为区域经济发展水平和政府支持力度是影响农林生物质发电产业发展的重要因素。此外，农业生产总值可直观地反映区域内发展农业生物质发电的经济条件，政府节能环保支出可衡量政府支持力度。综上，本文选取省域农村人口数量、省域内公路密度、省域经济发展水平和省域政府支持力度4个指标衡量各地发展条件。

（4）技术投入（TI）。闫庆友和陶杰[15]对我国生物质发电产业效率进行了研究，指出装机容量可以直观地反映技术投入类型与技术投入力度。罗开颜[11]认为，不同装机容量对应不同设备类型，而设备类型在很大程度上决定对外技术服务依赖程度，装机容量越大，前期技术投入越多。由上述研究可知，农业生物质发电装机容量在一定程度上可以衡量技术投入力度。基于此，本文选取农业生物质发电装机容量这一指标来衡量各地技术投入。

2.结果变量。本研究的结果变量为运营收益（OR）。闫庆友和陶杰[15]对农业生物质发电产业的产出问题进行了深入研究，认为生物质发电厂的年发电量可以反映其经济产出，年减排量可以衡量其环保产出，年节约煤量可以反映其节能产出。李可心[5]对我国现有农业生物质资源存量进行了核算，并进一步测算出其所能产生的能源效益、经济效益和社会效益。卫洪建[16]研究了我国农林生物质发电产业减排效益问题，认为发展农林生物质发电产业可以带来一定的经济效益、环境效益和社会效益。由上述研究可知，根据农业生物质年发电量不仅可以测算出与其对应的经济价值，还可以得到与其相对应的资源价值和环境价值。因此，本文选取年发电量这一指标间接衡量各地农业生物质发电的运营收益（主要包括经济收益和环境收益）。此外，李可心[5]和卫洪建[16]的研究均表明，运营收益的大小可以较为直观地反映农业生物质发电产业的可持续发展能力。

本研究中条件变量和结果变量维度构成如表1所示。

表1 变量维度构成

变量类型	变量名称	变量标识	变量维度构成
条件变量	资源潜力	*RP*	农业生物质最大发电潜力、农业生物质资源密度
	发展需求	*DD*	省域年电力需求增长率、省域火电占比、省域单位GDP碳排放量、省域秸秆焚烧点数量、省域农村居民收入水平
	发展条件	*DC*	省域农村人口数量、省域内公路密度、省域经济发展水平、省域政府支持力度
	技术投入	*TI*	农业生物质发电装机容量
结果变量	运营收益	*OR*	经济收益、环境收益

（四）变量的计算

1.资源潜力（RP）、发展需求（DD）和发展条件（DC）的计算。基于官方统计数据，利用Excel2010软件，运用相应数学公式对构成这3个条件变量的各个指标进行计算，并结合熵值法和物元法对每个条件变量进行等级排序（Ⅰ级为非常好、Ⅱ级为好、Ⅲ级为一般、Ⅳ级为较差、Ⅴ级为非常差）和相应赋分（Ⅰ级为5分、Ⅱ级为4分、Ⅲ级为3分、Ⅳ级为2分、Ⅴ级为1分）。

2.技术投入（TI）和运营收益（OR）的计算。利用官方统计数据，结合相关数学公式进行计算、求值，计算结果为具体数值。

通过执行上述计算过程，本文得到研究所需的原始数据（未校准），如表2所示。

表2 原始数据

省区市	资源潜力(*RP*)	发展需求(*DD*)	发展条件(*DC*)	技术投入(*TI*)	运营收益(*OR*)
山东	5	4	5	1431	81.39
安徽	4	4	4	1109	49.03
黑龙江	5	4	3	862	47.5
江苏	4	4	5	525	31.16
吉林	5	3	2	487	20.92
湖北	4	3	4	483	10.7
河北	4	4	5	456	26.5
湖南	3	2	5	452	13.59
河南	5	4	5	427	22.95
山西	3	5	3	279	16.37
浙江	2	2	3	223	12
广西	4	1	4	222	11.46
广东	2	2	5	220	15.09
江西	3	3	3	182	8.56
内蒙古	4	5	2	144	5.56
四川	4	3	5	121	5.54
贵州	1	2	3	90	2.92
辽宁	4	3	3	72	4.18
重庆	2	2	3	60	1.19
福建	1	1	3	54	3.17
宁夏	2	4	1	50	0.05
天津	2	5	1	30	1.27
陕西	3	4	3	30	1.05
甘肃	2	2	2	30	0.83
新疆	5	5	2	24	1.7
北京	1	3	2	0	0
上海	1	5	1	0	0
海南	1	2	2	0	0

续表2

省区市	资源潜力(*RP*)	发展需求(*DD*)	发展条件(*DC*)	技术投入(*TI*)	运营收益(*OR*)
云南	3	1	4	0	0
西藏	1	1	1	0	0
青海	1	1	1	0	0

由于定性比较分析法是基于布尔代数的计算原理，因此在进行模糊集定性比较分析之前需要对上述指标进行统一的模糊集校准。根据实际研究需要同时借鉴Fiss[7]和张卫国[17]研究中的校准方法，本研究采取直接校准法，并将条件变量与结果变量的3个定性锚点依次设定为数据的上四分位数、中位数和下四分位数。

四、结果分析

（一）描述性统计分析

条件变量与结果变量的描述性统计分析结果如表3所示。由表3可知，运营收益（OR）的最大值为81.39，最小值为0，表明不同地区之间农业生物质发电可持续发展水平存在较大差异；资源潜力（RP）、发展需求（DD）和发展条件（DC）的最大值均为5，最小值均为1，标准差依次为1.41、1.33和1.37，表明这3个条件变量离散程度相当，但同时也反映出不同地区之间在资源潜力、发展需求和发展条件方面仍存在一定差异；技术投入（TI）的最大值为1431，最小值为0，标准差为340，表明不同地区之间技术投入存在较大差距，农业生物质发电产业发展水平高的地区，技术投入力度大，易形成规模经济；农业生物质发电产业发展水平低的地区，技术投入力度小，易造成资源利用非效率。

表3　变量描述性统计

变量类型	变量名称	变量标识	均值	标准差	最小值	最大值
结果变量	运营收益	*OR*	12.73	18.09	0	81.39
条件变量	资源潜力	*RP*	2.94	1.41	1	5
	发展需求	*DD*	3.03	1.33	1	5
	发展条件	*DC*	3.06	1.37	1	5
	技术投入	*TI*	260.1	340	0	1431

（二）模糊集定性比较分析

1.构建真值表。借鉴以往研究成果，本文将影响农业生物质发电可持续发展的因素划分为4个方面，基于布尔代数运算规则，会产生16（24=16）个前因条件组合。通过设定定性锚点，借助fsQCA3.0软件，利用程序中的Calibrate函数进行条件变量和结果变量的模糊隶属分数校准，可得到经过模糊集校准后的数据，校准结果（即模糊集真值表）如表4所示。

表4　真值表

省区市	资源潜力(*RP*)	发展需求(*DD*)	发展条件(*DC*)	技术投入(*TI*)	运营收益(*OR*)
山东	1	0.95	1	1	1
安徽	0.95	0.95	0.95	1	1
黑龙江	1	0.95	0.5	1	1
江苏	0.95	0.95	1	0.98	1
吉林	1	0.5	0.05	0.97	0.99
湖北	0.95	0.5	0.95	0.97	0.82

续表4

省区市	资源潜力(*RP*)	发展需求(*DD*)	发展条件(*DC*)	技术投入(*TI*)	运营收益(*OR*)
河北	0.95	0.95	1	0.96	1
湖南	0.5	0.05	1	0.96	0.91
河南	1	0.95	1	0.95	0.99
山西	0.5	1	0.5	0.82	0.96
浙江	0.05	0.05	0.5	0.72	0.87
广西	0.95	0	0.95	0.72	0.85
广东	0.05	0.05	1	0.72	0.94
江西	0.5	0.5	0.5	0.64	0.71
内蒙古	0.95	1	0.05	0.55	0.5
四川	0.95	0.5	1	0.5	0.5
贵州	0	0.05	0.5	0.26	0.15
辽宁	0.95	0.5	0.5	0.17	0.29
重庆	0.05	0.05	0.5	0.12	0.06
福建	0	0	0.5	0.1	0.18
宁夏	0.05	0.95	0	0.09	0.03
天津	0.05	1	0	0.05	0.06
陕西	0.5	0.95	0.5	0.05	0.05
甘肃	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
新疆	1	1	0.05	0.04	0.08
北京	0	0.5	0.05	0.02	0.03
上海	0	1	0	0.02	0.03
海南	0	0.05	0.05	0.02	0.03
云南	0.5	0	0.95	0.02	0.03
西藏	0	0	0	0.02	0.03
青海	0	0	0	0.02	0.03

2.条件变量必要性检验。进行条件变量必要性检验的目的在于准确识别能够对结果变量产生重要影响的前因条件。一致性可衡量条件变量与结果变量的契合程度。本文借鉴郑雯[18]、黄荣贵[19]、杜运周[9]等人的研究，即当条件变量与结果变量的一致性大于0.9时，可认为该条件变量是结果变量的必要条件。对运营收益（OR）影响因素的必要性分析结果如表5所示。

表5　条件变量必要性分析

条件变量	一致性	覆盖度
资源潜力(*RP*)	0.773087	0.761039
发展需求(*DD*)	0.662929	0.630094
发展条件(*DC*)	0.789578	0.767308
技术投入(*TI*)	0.924802	0.966230

由表5可知，技术投入（TI）的一致性约为0.92，可认为其是产生高运营收益的必要条件，因而各地应进一步加大技术投入，充分整合农业生物质资源，提高农业生物质资源利用效率，加快实现规模经济，进而增加运营收益，增强农

业生物质发电可持续发展能力。资源潜力（RP）和发展条件（DC）的一致性分别约为0.77和0.79，虽然一致性小于0.9，但是均大于0.75，表明这两个前因条件对于结果的出现有一定影响。各地应充分审视自身资源潜力和发展条件，科学、合理布局农业生物质发电产业，杜绝盲目发展，做到因地制宜，提高资源配置效率，促进农业生物质发电可持续发展。发展需求（DD）的一致性约为0.66，小于0.7，表明单个该前因条件对结果出现的影响不大，但并不意味着实现农业生物质发电可持续发展可以忽视发展需求。

3.模糊集定性比较分析结果讨论。鉴于案例样本数量较少和数据来源为宏观数据的事实，本研究在进行标准分析时，将阈值分别设为1和0.9①。表6为农业生物质发电可持续发展模糊集定性比较分析结果。由表6可知，经过模糊集真值表分析，本研究共得到两条因果路径，且这两条因果路径的总体覆盖度为0.81，表明这两条因果路径对集合中的案例具有很强的解释力，探寻到了所有可能促进农业生物质发电可持续发展的大多数原因，这些路径（或前因条件组合）是促进农业生物质发电可持续发展的充分不必要条件。此外，总体一致性为0.98，接近于1，表明前因条件组合能够很好地解释特定结果的出现。

表6 前因条件组态分析

路径 Solution	资源潜力 *RP*	发展需求 *DD*	发展条件 *DC*	技术投入 *TI*	原始覆盖度 Raw Coverage	唯一覆盖度 Unique Coverage	一致性 Consistency
1		⊗	•	●	0.35	0.19	0.96
2	•	•		●	0.61	0.46	0.99
路径覆盖度（Solution Coverage）						0.81	
路径一致性（Solution Consistency）						0.98	

注：表中●代表核心条件存在，•代表边缘条件存在；ⓧ代表核心条件缺乏，⊗代表边缘条件缺乏；空白表示条件变量出现与否不会对结果产生影响。

上述分析表明，目前推动农业生物质发电可持续发展的路径有两条，路径一的原始覆盖度和唯一覆盖度分别为0.35和0.19，路径二的原始覆盖度和唯一覆盖度分别为0.61和0.46。通过对比可知，路径二对案例具有更好的解释能力，对结果出现的影响更为显著。

此外，运用定性比较分析法可以探究前因条件与特定结果之间的非对称因果关系，通过描绘两条路径的样本分布图（如图2、图3所示），揭示出前因条件组合与结果之间的显著的非对称因果关系。

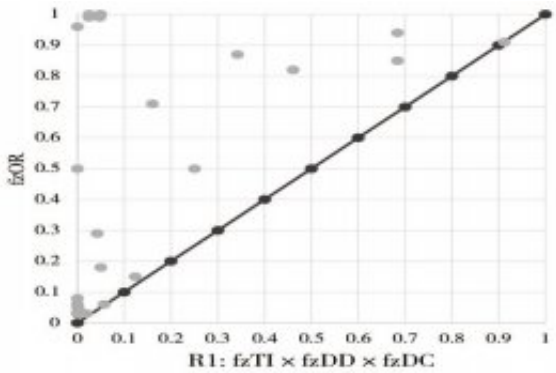

图2 路径一

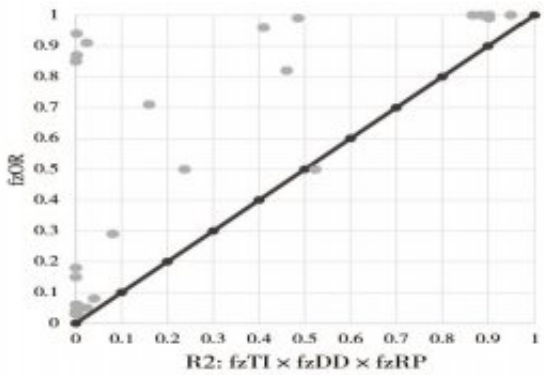

图3 路径二

由图2和图3可知，当案例（样本）在前因条件组合中拥有较高隶属度时，其在“结果”中的隶属度也较高；而当案例（样本）在前因条件组合中隶属度较低时，其在“结果”中依然可以具有较高隶属度。这种非对称的因果关系反映出各前因条件组合（即路径一、路径二）是实现农业生物质发电可持续发展的充分条件。通过对这种非对称因果关系的分析，可以有效识别推动农业生物质发电可持续发展的多条路径，从而为农业生物质发电的发展实践提供有益参考。

通过进一步剖析推动农业生物质发电可持续发展的两条路径可以发现：

路径一（fzTI×fzDD×fzDC）的核心条件为高技术投入（fzTI），边缘条件为非高发展需求（fzDD）和较好的发展

条件（fzDC）。可通过路径一推动农业生物质发电可持续发展的省区主要有湖南、广西和广东。这3个省区地处我国南方，气候湿润、空气优良，加之水力发电发展已经较为成熟，因此农业生物质发电发展需求较小。然而，这3个省区劳动力条件好、政府支持力度大，且农业生物质资源丰富，具备优良的发展条件。因此，尽管这3个省区缺乏高发展需求，但是高技术投入和优良的发展条件依旧使其具备较高的可持续发展能力。路径一表明，对于农业生物质发电发展需求相对较低的地区，可结合当地的资源优势，合理加大技术投入，积极优化发展条件，促进农业生物质资源的能源化利用，从而推动农业生物质发电可持续发展。

路径二（fzTI×fzDD×fzRP）的核心条件为高技术投入（fzTI），边缘条件为较大资源潜力（fzRP）和高发展需求（fzDD）。可通过路径二推动农业生物质发电可持续发展的省区主要有山东、安徽、黑龙江、江苏、河北、河南、内蒙古。这7个省区多位于我国北方，省域内火电占比高、环境污染问题突出、单位GDP碳排放强度较大，具有较大的发展需求。此外，这7个省区均为农业大省，农业生物质资源存量高于全国平均水平，具备较大的发电潜力和较高的农业生物质资源密度，资源优势相对明显。高技术投入、高发展需求和较大资源潜力使得这7个省区农业生物质发电可持续发展水平较高。路径二表明，对于资源潜力大、发展需求高的地区，应合理加大技术投入，完善配套设施建设，以充分利用资源优势，提高资源利用效率，加快实现规模经济状态下运行，推动农业生物质发电可持续发展。

进一步地，对路径一和路径二进行布尔简化可得：

$$fzOR = fzDD \times fzDC \times fzTI + fzRP \times fzDD \times fzTI = fzTI \times (fzDD \times fzDC + fzDD \times fzRP) \quad (1)$$

根据布尔简化的结果可知，高技术投入（fzTI）是推动农业生物质发电可持续发展的必要条件或关键因素，该关键因素的缺失将抑制农业生物质发电可持续发展，农业生物质发电可持续发展需要合理的技术投入（fzTI）。

五、结论与建议

（一）研究结论

通过对我国31个省、自治区、直辖市农业生物质发电可持续发展影响因素进行模糊集定性比较分析，研究得到了两条可推动农业生物质发电可持续发展的有效路径。

路径一：“扬长避短”型发展路径。该路径由非高发展需求、较好发展条件和高技术投入组成，其中，高技术投入为核心条件，非高发展需求与较好发展条件为边缘条件，该路径适用于具有非高发展需求特征的地区。首先，通过测算区域内农业生物质资源的实际可获得量及相应的发电潜力，明确技术投入的边界值，确保实际生产需求与生产能力相匹配，规避农业生物质资源的无效利用和技术的过度投入，有序推动农业生物质资源的能源化利用。其次，积极优化区域内的发展条件，加大发展支持力度，减少外部不确定因素的干扰，为农业生物质发电可持续发展提供保障。最后，通过综合运用高技术投入和优良发展条件，缓解非高发展需求引致的发展动力不足的问题，从而有效推动农业生物质发电可持续发展。

路径二：“锦上添花”型发展路径。该路径由较大资源潜力、高发展需求和高技术投入组成，其中，高技术投入为核心条件，高发展需求与较大资源潜力为边缘条件。该路径适用于资源潜力大且具有高发展需求特征的地区。首先，农业生物质资源丰富不仅意味着区域内能源化开发利用潜力大，还在一定程度上意味着原料可充足供应。其次，发展需求能够从侧面反映政府重视和支持程度，高发展需求意味着政府足够的重视和支持，同时也必将带来强劲的发展动力。最后，基于较大资源潜力和高发展需求，通过合理加大技术投入，能够显著提高农业生物质资源的利用效率，有助于加快实现规模经济状态下运行，进而有效推动农业生物质发电可持续发展。

（二）发展建议

1.重视地域差异，坚持因地制宜。对于发展需求相对较低的地区，应着力优化发展条件、合理加大技术投入，以提升农业生物质发电运营收益，从而推动农业生物质发电可持续发展；对于资源优势明显且具备高发展需求的地区，应充分利用资源优势、适当加大技术投入，早日实现规模经济状态下运行，进而实现农业生物质发电可持续发展。由此可见，应实现农业生物质发电可持续发展，必须重视地域差异，坚持因地制宜的发展原则，这样才能有效提高运营收益，增强可持续发展能力。

2.完善配套设施建设，优化发展条件。由路径一可知，在发展需求相对较低的地区，可通过优化发展条件和合理加大技术投入缓解非高发展需求引致的发展动力不足的问题，通过提升发展动力推动区域内农业生物质发电可持续发展。基于此，为实现农业生物质发电可持续发展，应积极完善产业配套设施建设，优化区域产业发展条件，以助力农业生物质发电可持续发展。

3.加强生态文明建设，合理引导发展需求。由路径二可知，在资源优势明显且具有高发展需求的地区，通过合理加大技术投入，可有效提高资源利用效率，推动农业生物质发电可持续发展。因此，必须树立生态文明建设理念，合理引导发展需求，并辅之以合理的技术投入，以充分发挥资源优势，提高资源利用效率，推动农业生物质发电可持续发展。

4.重视技术投入，提高发展效能。高技术投入是推动农业生物质发电可持续发展的必要条件或关键因素，该关键因素的缺失将抑制农业生物质发电可持续发展。因此，应立足发展实际，重视合理加大技术投入，既有助于提高发展效能、规避资源利用非效率，还有助于推动农业生物质发电可持续发展。

参考文献：

[1]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(1)：46-52.
[2]Ghosh S K.Biomass & Bio-waste Supply Chain Sustainability for Bio-energy and Bio-fuel Production[J].Procedia Environmental Sciences，2016(2)：111-125.
[3]檀勤良，王瑞武，潘昕昕，张兴平，张充.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.
[4]张蓓蓓.我国生物质原料资源及能源潜力评估[D].北京：中国农业大学，2018.
[5]李可心.生物质发电产业的区域适宜性评价及能源环境经济效益实证研究[D].长春：吉林大学，2019.
[6]Ragin C. Making Comparative Analysis Count[J].Revista De História Comparada，2007.
[7]Fiss P C. Building Better Causal Theories：A Fuzzy Set Approach to Typologies in Organization Research[J].Academy of Management Journal，2011(2)：393-420.
[8]张驰，郑晓杰，王凤彬.定性比较分析法在管理学构型研究中的应用：述评与展望[J].外国经济与管理，2017(4)：68-83.
[9]杜运周，贾良定.组态视角与定性比较分析(QCA)：管理学研究的一条新道路[J].管理世界，2017(6)：155-167.
[10]刘志彬.中国生物质发电潜力评估与产业发展研究[D].北京：中国农业科学院，2015.
[11]罗开颜.考虑农村正式组织的生物质发电原料供应链博弈模型[D].北京：华北电力大学，2019.
[12]张晟义.新疆生物质能发展的空间布局、时间序列和政策保障[M].北京：经济科学出版社，2016.
[13]张晟义，张杰，王童.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[J].信阳师范学院学报(哲学社会科学版)，2020(3)：42-48.
[14]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(23)：61-63.
[15]闫庆友，陶杰.中国生物质发电产业效率评价[J].运筹与管理，2015(1)：173-178+208.
[16]卫洪建.中国农林剩余物和能源作物资源评估及减排效益分析[D].武汉：华中科技大学，2019.
[17]张卫国.我国高校科研生产率提升路径研究——基于31个省份的模糊集定性比较分析[J].中国高教研究，2019(7)：78-84.
[18]郑雯，黄荣贵."媒介逻辑"如何影响中国的抗争？——基于40个拆迁案例的模糊集定性比较分析[J].国际新闻界，2016(4)：47-66.
[19]黄荣贵，郑雯，桂勇.多渠道强干预、框架与抗争结果——对40个拆迁抗争案例的模糊集定性比较分析[J].社会学研究，2015(5)：90-114+244.
[20]伯努瓦·里豪克斯，查尔斯.C·拉金：QCA设计原理与应用：超越定性与定量研究的新方法[M].杜运周，李永发，译.北京：机械工业出版社，2017.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/180584.html