

制度组态视角下提升农业绿色全要素生产率的 多元路径探析*

——基于动态 QCA 的面板数据分析

方 芳 张立杰 赵 军

摘要：本文基于 2001—2020 年中国省级面板数据，运用动态模糊集定性比较分析方法，从时空维度考察了政府、市场和社会在提升农业绿色全要素生产率方面发挥的多因素联动效应，探寻了在渐进式改革中农业绿色发展的多元路径。研究发现：实现高农业绿色全要素生产率需要多因素协同发挥作用，单个因素无法单独发挥作用来实现高农业绿色全要素生产率，高政府支持在提升农业绿色全要素生产率方面具有重要作用，政府支持缺乏和市场化落后是造成部分地区农业绿色全要素生产率较低的核心因素；中国农业绿色发展存在多元路径和复杂机制，四类组态路径可实现高农业绿色全要素生产率，包括政府—市场—社会多元驱动型、政府主导型、政府—市场二元驱动型和多元协同的城镇化驱动型；农业绿色发展存在明显的时间效应，且各省份在实现高农业绿色全要素生产率中并不遵循一致的组态路径；城镇化为农业绿色发展带来新的机遇，在“大国小农”的基本国情农情下农业经营规模需要因地制宜。

关键词：农业绿色全要素生产率 环境规制 制度组态 动态 QCA

中图分类号：F323.22 **文献标识码：**A

一、引言

农业绿色发展是乡村振兴的先决条件，是经济社会绿色转型和建设美丽中国的关键问题（李周，2023）。农业生产在重要农产品保供、助农增收等方面做出了巨大的贡献，但也带来了资源消耗过度

*本文研究得到国家社会科学基金项目“新疆国际陆港区高质量建设研究”（编号：22ZX016）、国家社会科学基金项目“乡村旅游文化产业的知识产权创新机制研究”（编号：19XJY018）和新疆大学经济与管理学院研究生“丝路科研奖学金”项目“农业绿色全要素生产率的区域差异及分布动态演进”（编号：JGSL2022007）的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见，当然，文责自负。

与农业污染严重的问题,资源匮乏与环境污染双重约束已成为农业绿色发展的桎梏(金书秦等, 2021)。党的二十大报告明确提出,加快发展方式绿色转型^①。在转变农业增长方式、破解农业绿色发展难题的窗口期,农业发展不仅要做到减少化肥农药等生产要素的投入以提高资源利用效率和控制环境污染,而且必须确保粮食供应安全与农民增收,这是一个两难的问题。农业绿色全要素生产率(agricultural green total factor productivity, 简称 AGTFP)不仅考虑了农业产出中的期望产出,还包含了环境污染等非期望产出,能全面反映农业绿色发展的综合竞争力,成了衡量资源环境与经济增长之间关系的良好指标(李谷成, 2014)。

既有文献对 AGTFP 开展了多方面的探讨,较多文献关注的是如何准确评估 AGTFP 并分析其时空分布情况。但由于研究对象、研究时期和农业产出相关指标的选择不同,导致 AGTFP 的测算结果存在差异。例如:葛鹏飞等(2018)选取农业碳排放为非期望产出指标,分析了种植业的绿色全要素生产率;叶初升和惠利(2016)则选取农业面源污染为非期望产出指标,衡量了种植业的绿色全要素生产率;杨骞等(2019)同时将农业碳排放和面源污染纳入非期望产出指标,考察了种植业绿色全要素生产率的空间分异和驱动因素;郭海红和刘新民(2020)则在此基础上探究了广义 AGTFP 的时空分异和收敛性。这些研究达成的一个共识是,中国 AGTFP 的区域差异较大,东部地区是 AGTFP 增长的先行区域,中西部地区农业绿色发展缓慢。还有少部分文献关注了城镇化、产业结构、技术进步、财政金融和经营规模等对 AGTFP 的影响(李健旋, 2021)。

环境规制作为一种干预手段,是实现经济与资源环境协调发展的重要途径,它在解决环境问题上的重要贡献越来越受到重视。现有研究主要从政府、市场和社会三个维度环境规制的影响展开分析,但不同类型环境规制对农业绿色发展的具体影响到底如何尚无定论。例如:展进涛和徐钰娇(2019)认为,命令控制型环境规制和市场激励型环境规制均有利于提升 AGTFP。朱润等(2021)研究发现,引导型环境规制相较于约束型环境规制和激励型环境规制而言,对规模养猪户生猪粪便资源化利用决策具有更明显的正向影响。

现实中,政府、市场和社会三方力量在农业绿色发展方面并非独立发挥作用,而是相互依赖、共同作用,因此,探究不同制度组合作用下提升 AGTFP 的多元路径显得尤为重要。这也契合了基于溯因逻辑的组态理论。该理论认为,结果是由多种因素共同导致的,且多种因素之间存在相互依赖与共同作用,多因素间的不同联动匹配可能会带来不同的结果。杜运周等(2020)基于组态理论提出了制度组态的概念,认为多种制度因素存在以复杂方式组合的情况,且这些组合之间可能具有等效性,最终能获得一个结果的多种替代路径。制度组态的提出为回答不同制度逻辑在互动中如何形成多种制度组合,以实现某一发展目标带来了新的研究思路。例如:贾建锋等(2023)从制度组态的视角探究了政府、市场和社会的不同制度组合方式如何提升绿色技术创新效率,发现不同省份在政府、市场和社会力量存在差异时,可以根据自身优势选择适宜的发展路径。农业绿色发展同样受到政府、市场和社

^①习近平, 2022:《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》,北京:人民出版社,第 50 页。

会的共同影响，一方面，农产品价格波动和农业生产要素配置受到市场机制的影响；另一方面，农业生态价值的公共物品属性又决定了农业环境治理离不开政府的环境规制。此外，社会公众作为各类环境政策的参与者和监督者，他们的环保意识在一定程度上影响着绿色环保技术的推广和应用。事实上，《“十四五”全国农业绿色发展规划》就明确提出，坚持政府引导、市场主导，引导农民、企业和社会力量参与农业绿色发展的基本原则^①。那么如何识别政府、市场与社会力量的协同效应与互动机制，构建农业绿色发展的多元路径？不同地区如何寻找适合自身的发展路径？从制度组态视角回答这些问题，对提升农业绿色全要素生产率以实现农业绿色转型发展具有重要意义。

综上所述，以往研究证明了农业绿色发展受多种因素影响，为本文奠定了良好的基础，但仍有值得拓展的空间，尤其是考虑多因素组合作用对 AGTFP 影响的研究相对较少。因此，借助定性比较分析（qualitative comparative analysis，简称 QCA）方法进一步准确考察制度因素如何影响 AGTFP，是对已有研究的有益补充。本文的边际贡献主要在于：第一，在研究视角上，以往研究大多基于单一因素视角，探究单个因素对 AGTFP 的线性影响，而复杂系统中多因素对 AGTFP 的影响和驱动机制值得进一步探讨，本文基于多重制度因素构建理论分析框架，从制度组态视角探究不同制度因素组合如何提升 AGTFP，为深入剖析农业绿色发展问题提供一种新的研究思路。第二，在研究方法上，既有研究大多采用传统的回归分析，需要一定的假设检验，内生性问题可能难以完全解决，本文借助动态 QCA 方法分析农业绿色发展问题，这种基于溯因逻辑的定性分析方法能有效避免内生性问题，以获得制度因素对 AGTFP 影响的准确经验证据。第三，本文积极响应国内外学者对动态组态理论研究应用的呼吁，将时间因素纳入 AGTFP 的影响因素开展分析，评估和对比制度因素对 AGTFP 影响在省内和省际的差异，这对于深化动态组态理论研究具有积极的推动作用。

二、理论分析框架

（一）制度因素对农业绿色全要素生产率的影响

制度因素对中国经济增长的影响有目共睹，环境规制与绿色全要素生产率的关系成了学术界的热点话题之一。常见的环境规制类型有政府型、市场型和公众参与型三类，不同的环境规制工具对农业绿色发展的影响可能具有差异（朱润等，2021）。

政府型环境规制分为监管类和激励类。监管类主要是依靠政府颁布一些法律法规、条例等对行为主体进行强制性约束，在政府监管下，污染排放者只能按照规制的技术标准或在一定的范围内进行生产活动，超过一定范围则会受到相应的惩罚。这种环境规制执行效果明显、见效快，但也存在执行成本较高等不足（马国群和谭砚文，2021）。激励类主要是政府通过经济措施引导企业和个体朝着绿色环保的方向发展，例如：政府通过加大财政资金支持促进农业绿色技术的研发和推广，搭建绿色研发平台和吸引创新人才，从而推动农业绿色技术进步。此外，一定的环境治理投资还可以有效地弥补环

^①参见《农业农村部 国家发展改革委 科技部 自然资源部 生态环境部 国家林草局关于印发〈“十四五”全国农业绿色发展规划〉的通知》，<https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/07/5635867/files/737ff96c0cc74f788394eb6194cc44c6.pdf>。

境规制带来的成本效应，进而提升农业绿色效率。

市场型环境规制是指通过市场调节机制激励行为主体减少污染排放。根据庇古税原理，排污费(税)可以有效地将生产污染排放带来的外部性内部化，敦促经济行为主体降低排污量，并朝着绿色环保方向发展。市场型环境规制较政府型环境规制具有更加灵活的优势，在发达国家也取得了良好的环境治理绩效，也是当前中国环境规制的重要工具，但相关研究还存在诸如未将多种市场型环境规制纳入统一研究框架等不足。

公众参与型环境规制是环境污染前端治理的一条重要途径，公众参与对环境政策的实施效果有重要的影响。一方面，在政府的宣传和教育引导下，农户绿色环保意识逐渐加强，主动参与到环境治理中，积极学习和采用绿色环保技术以适当减少农药和化肥施用量，或者充分发挥群众在环境保护方面的监督职能。另一方面，随着生态文明建设的逐步推进，城镇化进程中居民收入水平不断提高，居民对绿色环保农产品的需求也在增加，倒逼农业生产者采取绿色环保的生产经营方式。研究表明，公众参与型环境规制可以有效减少农业面源污染(秦天等，2021)。

各类环境规制政策需要在中国基本国情农情和经济制度的大背景下有效发挥作用。本文根据黄季焜(2022)的研究，分别从经营规模、市场化水平和城镇化水平三个方面对农业绿色发展的影响展开分析。首先，在环境规制对AGTFP影响的分析框架中，经营规模这一因素不能被忽视。一方面，从农户的主要收入来源来讲，随着城镇化推进，小农户兼业程度越来越高，他们的收入结构中农业生产经营性收入的占比越来越低，因此，小农户家庭收入对农业生产经营性收入的依赖程度越来越低，导致他们缺乏动力去学习和采纳绿色环保技术。相比之下，家庭农场等规模经营主体的主要收入来源为农业生产经营性收入，因此他们更在意农业绿色发展带来的长远收益，也更有动力学习与采纳绿色环保技术。另一方面，规模经营主体在追求利润最大化原则下，对化肥和农药投入的成本更敏感，受到政府与市场环境制度的约束也更明显，因此更愿意减少化肥和农药施用量。但经营规模并非越大越好，农业经营规模扩大有可能会改变化肥和机械的使用强度，从而不利于农业绿色发展。因此，各地区需要根据自身资源禀赋和发展特色选择适当的经营规模。

其次，市场化水平是农业绿色发展的又一重要影响因素。一方面，随着市场化水平的提高，农业资源的配置逐渐趋向帕累托最优，农业资源配置效率的提高有利于提升AGTFP。另一方面，在日渐完善的市场体系中，严格的农产品市场监督不仅能有效遏制高农残农产品流入市场，从源头上减少化肥和农药的低效滥用，还能营造健康的市场环境，有助于提升优质农产品的竞争优势，为农民带来良好的收益，使农户更加愿意参与到农业绿色生产中，有利于形成农业绿色发展的良性循环。

最后，农业绿色发展内嵌于乡村绿色发展，城镇化加快了城乡之间的交流和沟通，为农业绿色发展带来一定的机遇。尤其是党的十六大以来，城乡关系发生了战略性转折(陈锡文，2024)，经历了“统筹城乡经济社会发展—城乡发展一体化—城乡融合发展”的推进过程。在城镇化推进中，人口、土地和资本等生产要素在城乡之间发生多维嬗变。一方面，加快户籍制度改革推动了农村劳动力向城镇地区有效转移，有助于促进农业信息化、产业化与生态化的协调耦合发展。另一方面，劳动力在城乡间季节性流动也会促进农业先进技术的推广，推动农业绿色发展。因此，挖掘农业绿色发展的潜力，

实现乡村振兴，不能抛开城镇化的带动作用。

（二）制度组态视角下制度因素与农业绿色全要素生产率

上述分析基于通用视角关注某一制度变量对 AGTFP 的正向影响或负向影响，或基于权变视角分析二者之间关系受到其他因素权变的影响，但是忽略了各因素之间的相互作用和组态影响。根据制度组态的定义，每种制度条件均拥有其自身的逻辑，这些逻辑之间具有对立或互补的关系，多种制度的组合将产生不同的制度组态，均可能提升 AGTFP，实现“殊途同归”。本文尝试重新审视并总结拓展影响农业绿色发展的多重因素，探究不同制度因素的组合如何作用于农业非期望产出、期望产出与生产要素投入，进而影响 AGTFP。

首先，制度组态对农业非期望产出的影响。不同于西方国家“小政府、大市场”的发展模式，中国政府具有更强的资源配置能力和市场调节体系。由外部性理论可知，农业生态环境具有典型的公共物品属性，虽无排他性但具有竞争性。在资源环境产权不明晰的情况下，农户作为行为决策主体，在进行决策时通常会存在个体利益与集体利益的冲突。而作为理性经济人，强逐利特征会使农户更加重视个人利益，从而做出损害公共生态环境以获得个人短期利益的决策，这将会对别人产生影响，不利于整体社会福利的提升，产生“公地悲剧”。因此，在市场化力量较弱、公众参与度较低的情况下，农业环境污染问题难以得到有效治理，需要政府介入治理农业环境污染，破解“公地悲剧”。

其次，制度组态对农业期望产出的影响。增加农业生产要素投入虽然能提升农业期望产出，但不可避免的是，化肥和农药等要素投入将带来农业面源污染等非期望产出的增加，进而影响 AGTFP。因此，在不增加农业生产投入的前提下，增加农业期望产出的主要途径是促进技术进步与提升要素配置效率。“波特假说”认为，适当的环境规制有利于激励经济行为主体进行技术创新，进而推动技术进步和提升环境绩效。具体而言，在政府对环境治理的激励与监督作用较强时，农户的绿色环保认知提升，逐渐了解和反思农业生产经营中的成本问题、环境污染问题和效率问题，从而可能改变生产经营方式和采纳新的生产技术，这有利于优化要素配置和提升产品附加值与竞争力，农户也能从中获得一定收益，进而增加期望产出。在市场力量强大的区域，借助市场机制明晰了包含环境负外部性的生产要素使用成本，通过将环境污染的外部性成本内部化，带来农业生产技术的诱致性变迁，引导农户注重提高资源利用效率与降低环境成本，从而实现在期望产出最大化的条件下降低非期望产出。

最后，制度组态对农业生产要素投入的影响。随着城镇化的推进，“乡—城”迁移对未来 30 年中国农村人口规模缩减、劳动力外流和年龄结构老化带来重要影响（解安和林进龙，2023），在面临高强度的环境规制时，农户更加可能增加化肥、农药和机械等要素的投入以弥补劳动力要素的流失，从而改变了农业生产要素配置效率。而在有效的市场机制下，农业生产资料价格更加趋于透明合理，生产要素的分配在很大程度上受价格引导，有利于农户灵活分配资源和及时调整投资策略，避免农药和化肥等生产要素滥用而导致要素配置效率低下。此外，随着市场化与城镇化的推进，城乡要素流动的壁垒逐渐被打破，资源不再是从农村流向城市的单向流动，市场化与城镇化极大地畅通了城乡经济循环，提高了农业生产的活力，有利于绿色环保技术在农村推广。而在市场力量不足的情况下，若农业生产经营得到政府政策支持，农户绿色行为中的融资约束问题得到解决，将更加积极地采纳绿色环保

技术。一方面，资源节约型绿色技术避免了生产要素过量投入，在提高资源利用效率的同时降低了生产成本；另一方面，采用环境友好型绿色技术能直接减少环境污染物的产生与排放，并且通过废弃物的资源化处理构建循环农业生产体系，既保护了环境，又节约了资源。由此，农户的经济收益和环境收益将抵消环境规制成本，从而影响 AGTFP。

综上，制度的多重组合将会对农业非期望产出、期望产出和生产要素投入产生不同的影响。随着经济结构转型和市场经济的发展，单一的环境规制不足以有效应对不同经济主体的环境污染问题，多种环境规制工具组合的方案在环境治理中被广泛应用。由于区域经济发展不均衡的现象普遍存在，对于市场化水平较低的地区，激发市场活力需要依靠政府的高度关注。而政府的行为要充分考虑社会公众的需求，受到社会公众的监督。可见，政府、市场和社会三方力量在环境治理和提升 AGTFP 方面可能具有相互作用。因此，从制度组态视角来看，在解决经济增长和环境治理的问题中，单一的环境治理制度容易出现“按下葫芦起了瓢”的状况，制定科学合理的农业绿色发展政策需要充分考虑制度组合的动态变化，以充分发挥政策作用。

本文采用基于面板数据的动态 QCA 方法，构建包含时序—空间的二维分析框架，选择政府监管、政府激励、市场激励、公众参与、经营规模、市场化水平和城镇化水平 7 个前因条件，探究在这些前因条件的联动匹配下提升 AGTFP 的多元路径。理论分析框架如图 1 所示。

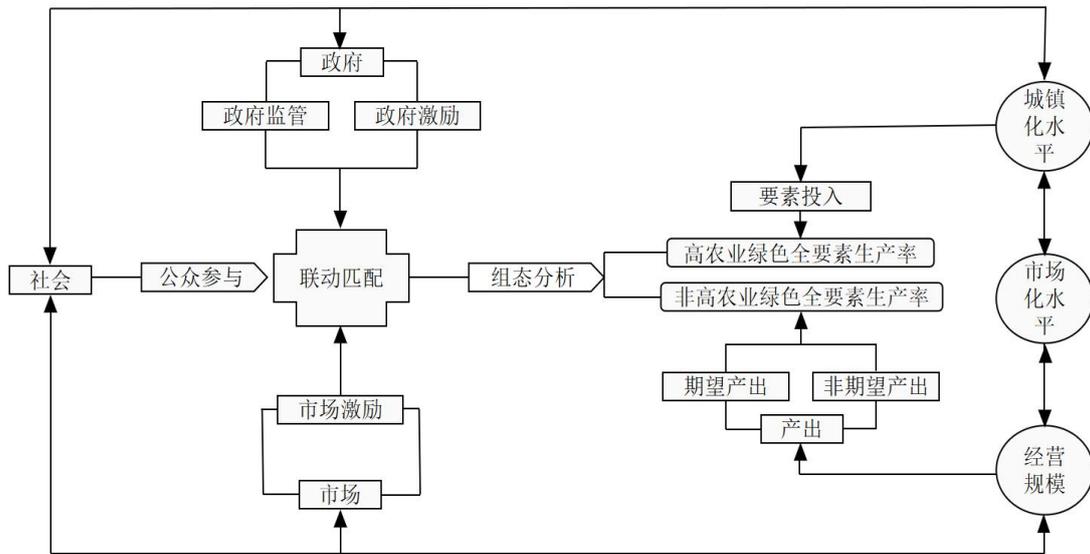


图 1 理论分析框架

三、研究方法

(一) 主要方法

1. 动态 QCA。QCA 是一种能够分析多因素间联动组合和协同效应的定性分析方法，致力于分析多变量间复杂的因果关系。区别于以往的线性回归方法，QCA 具有几点优势：一是 QCA 兼具定性分析与定量分析的优点，对于大、中、小样本均适用；二是 QCA 聚焦于集合的逻辑关系而非简单的相

关关系，打破了因果效应的一致性假设，也就是说，某一前因条件与不同的前因条件组合可能带来不同的结果，可以识别出不同组态之间的等效性与前因条件之间的替代性，有助于探寻“殊途同归”背后的作用机制，且能有效处理内生性问题（Furnari et al., 2021）；三是 QCA 基于“因果关系不对称”的基本逻辑，可以识别出导致结果产生和结果不产生的不同驱动机制，拓宽了对研究问题的解释维度（Ragin, 2008）。

由于制度组态问题具有复杂性，静态 QCA 方法的不足日益凸显，受到越来越多的挑战。现实中，在不同时间考察同一研究样本可能会有不同的组态，意味着在某一时间截面上的实证检验只是“暂时”的，多重轨迹对结果的复杂动态影响亟待进一步深入分析（蒙克和魏必，2023）。越来越多的学者开始呼吁运用动态 QCA 方法揭示多个条件形成的多重轨迹在不同时段可能会产生的差异化影响，并推动动态组态理论的发展（例如 García-Castro and Ariño, 2016；杜运周等，2021）。也有部分研究考虑了时间效应对组态结果的影响，例如，基于面板数据的动态 QCA、多时段 QCA 的比较分析方法等（Vis et al., 2013）。其中，动态 QCA 通过将一致性进一步分为汇总一致性、组间一致性和组内一致性，可以更好地甄别制度组态的时间效应和个体效应（Beynon et al., 2020）。

本文在相关研究（杜运周等，2021；贾建锋等，2023）的基础上进行拓展与丰富。第一，本文尝试将动态 QCA 方法引入农业绿色发展的研究体系，在理论上丰富了纵向集的组合理论研究，对推动动态组态理论的发展具有重要的借鉴意义。第二，静态 QCA 分析方法由于样本量相对较少，对有限多样性问题的敏感度更高^①，而面板数据在一定程度上扩大了样本量，放松了有限多样性问题对数据的约束，因而，本文在环境制度因素的基础上，增加了以城镇化和市场化表征的经济发展水平，以及以生产经营规模表征“大国小农”基本国情农情的前因条件，使本文的研究框架更加丰富饱满。由于本文所选取的变量属于连续变量，更适合使用模糊集定性比较分析方法（fuzzy-set qualitative comparative analysis，简称 fsQCA）。本文借助 R 语言软件，实现 QCA 的面板数据分析。

2.射线松弛测度模型。AGTFP 计算方法采用扩展的射线松弛测度模型（ray slack-based model，简称 RSBM）。从数据包络分析（data envelopment analysis，简称 DEA）的角度来看，该模型不仅解释了期望产出与非期望产出之间的弱处置关系，而且还区分了 RSBM 模型中的有效决策单元（decision making unit，简称 DMU），多个决策单元用 DMUs 表示。典型的 DEA 模型是径向模型，通常依赖于一个基本假设，即 DMUs 的输入或输出按比例减少或扩大，以达到有效边界。因此，这些径向模型不足以全面解释投入和产出的松弛，从而导致对效率测量的误差。Tone（2001）提出了一种非径向、非

^①有限多样性问题指的是观测到的案例数远小于条件组合所刻画的潜在属性范围：假设有 n 个前因条件，则可能有 2^n 个组态；若前因条件过多，潜在的组态数量超过了案例数，则可能带来严重的逻辑余项（没有案例覆盖）问题。一些研究给出了小样本 QCA 研究条件选择建议。例如：Berg-Schlosser and De Meur（2009）建议，小样本的 QCA 分析（10~40 个案例）前因条件应限制在 7 个以内；Marx（2010）通过模拟不同样本大小和条件数量，提出了条件选择概率图，其中，包含 6 个前因条件的模型至少要有 26 个案例，包含 7 个前因条件的模型至少要有 30 个案例。因此，可以认为动态 QCA 分析由于案例数较多，对有限多样性问题的敏感度较低。

定向的松弛测度模型 (slack-based model, 简称 SBM), 该模型将松弛变量纳入目标函数, 从而充分解决了前述问题。然而, 这些模型没有考虑到期望产出和非期望产出之间的弱处置关系。为了解决这一问题, Song et al. (2018) 将极性理论引入 SBM 模型, 并提出了 RSBM 模型。本文 AGTFP 的计算方法可以表示为:

$$X_o = [x_{o1}, \dots, x_{om}]^T \in R^m, Y_o = [y_{o1}, \dots, y_{os}]^T \in R^s, Z_o = [z_{o1}, \dots, z_{oq}]^T \in R^q \quad (1)$$

(1) 式中: o 表示有效决策单元, 假设农业绿色生产系统有 n 个决策单元, m 表示投入要素的个数, s 和 q 分别表示期望产出和非期望产出的个数, T 表示时期; X_o 表示投入指标向量, x_{o1} 表示第一种投入要素, x_{om} 表示第 m 种投入要素, R^m 表示 m 维向量; Y_o 表示期望产出指标向量, y_{o1} 表示第一种期望产出, y_{os} 表示第 s 种期望产出, R^s 表示 s 维向量; Z_o 表示非期望产出指标向量, z_{o1} 表示第一种非期望产出, z_{oq} 表示第 q 种非期望产出, R^q 表示 q 维向量。

非期望产出的极半径可表示为:

$$\|z_o\| = \sqrt{\left(\sum_{q=1}^q z_{oq}^2\right)} \quad (2)$$

(2) 式中, $\|z_o\|$ 表示非期望产出的极半径, 其余符号含义与 (1) 式中相同。

因此, 规模收益不变的 AGTFP 可能性集为:

$$P_{RSBM} = \left\{ (X, Y, \|Z_o\|) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq X \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \geq Y \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j \|Z_j\| \leq \|Z_o\| \end{array} \right. , \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \right\} \quad (3)$$

(3) 式中: P_{RSBM} 表示规模收益不变的 AGTFP 可能性集合, λ_j 表示第 j 个决策单元的权重向量; X 和 Y 分别表示投入要素向量和期望产出要素向量; 相应地, X_j , Y_j 和 Z_j 分别表示第 j 个决策单元的投入向量、期望产出向量和非期望产出向量; 其余符号含义与 (1) 式中相同。

参考 Song et al. (2018) 的方法, RSBM 模型的定义方式如下:

$$\sigma_o^* = \min \sigma_o = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{oi}}}{1 + \frac{1}{s+1} \left(\sum_{r=1}^m \frac{s_r^+}{y_{or}} + \frac{s_{\|z_o\|}^-}{z_o} \right)} \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{oi}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} - s_r^+ = y_{or}, \quad r=1, 2, \dots, s \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \|z_j\| + s_{\|z_o\|}^- = z_o \quad (7)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+, s_{\|z_o\|}^- \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

(4) 式、(5) 式、(6) 式、(7) 式和 (8) 式中: s 表示投入产出松弛量, s_i^- 、 s_r^+ 和 $s_{\|z_o\|}^-$ 分别表示投入、期望产出和非期望产出松弛量, σ_o 表示目标函数, 即通过构造 RSBM 模型计算的效率值, σ_o^* 表示目标函数最小值, 其余符号含义同 (1) 式和 (3) 式。在这些松弛变量中, 目标函数 σ_o 是单调递减的。

本文将待评估的某个特定决策单元定义为 DMU_o ($o=1, \dots, n$)。当且仅当 $\sigma_o^*=1$ 时, DMU_o 才是有效的 DEA 单元。当 $0 \leq \sigma_o^* < 1$ 时, DMU_o 为无效的 DEA 单元。然而, 在实际测量中, 多个 DMU_o 的效率通常为 1, 此时无法进一步区分这些有效的 DMU_o 。为了解决这一问题, 本文参照 Song et al. (2018) 将超效率理论引入到 RSBM。为了获得一个有效 DMU_o 的超效率, 通过将 DMU_o 从参考集合中移除, 进而改进 (4) ~ (8) 式。因此, Super-RSBM 模型可以构造为:

$$\delta_o^* = \min \delta_o = \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{oi}}}{1 - \frac{1}{s+1} \left(\sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{or}} + \frac{s_{\|z_o\|}^-}{z_o} \right)} \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- \leq x_{oi}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (10)$$

$$\sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j y_{ij} - s_r^+ \geq y_{or}, \quad r=1, 2, \dots, s \quad (11)$$

$$\sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j \|z_j\| - s_{\|z_o\|}^- \leq z_o \quad (12)$$

$$1 - \frac{1}{s+1} \left(\sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{or}} + \frac{s_{\|z_o\|}^-}{z_o} \right) > 0 \quad (13)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+, s_{\|z_o\|}^- \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (14)$$

(9)式、(10)式、(11)式、(12)式和(14)式中, δ_o 表示目标函数, 即通过构造 Super-RSBM 模型计算的效率值, δ_o^* 表示目标函数最小值, 其他符号含义与(4)~(8)式中相同。对于要评估的有效 DMU_o , 当且仅当目标函数 $\delta_o^* \geq 1$ 时, DMU_o 为有效 DEA 单元, 而 δ_o^* 值越大表示效率越高。

由于此时的技术效率是一种静态分析, 不能直接反映生产率变化在农业生产和发展中的作用。为此, 部分学者考虑资源消耗与环境污染的曼奎斯特-伦伯格 (malmquist-luenberger, 简称 ML) 指数和全局曼奎斯特-伦伯格 (global malmquist-luenberger, 简称 GML) 指数。相较 ML 指数而言, GML 指数能够有效解决线性规划无可解问题。本文将 AGTFP 定义为:

$$AGTFP^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}, x^t, y^t, z^t) = \frac{1 + D_G^T(x^t, y^t, z^t)}{1 + D_G^T(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} \quad (15)$$

(15)式中: $AGTFP$ 表示农业绿色全要素生产率, D_G^T 表示效率值, x^{t+1} 、 y^{t+1} 、 z^{t+1} 和 x^t 、 y^t 、 z^t 分别表示被评价单元在 $t+1$ 和 t 时期的投入产出指标值。若 $AGTFP^{t+1} < 1$, 期望产出减少, 非期望产出增加, 农业绿色全要素生产率低于上一时期水平; 反之, 则表明农业绿色全要素生产率高于上期水平。考虑到 ML 指数为环比指数, 是一个动态增长率, 本文将 $AGTFP$ 变换为定基指数, 以体现其累积性变动趋势。那么, 2001 年 $AGTFP$ 的计算公式如下:

$$AGTFP_{2001} = AGTFP_{2000} \times Mal_{2001} \quad (16)$$

(16)式中: $AGTFP_{2001}$ 表示 2001 年的农业绿色全要素生产率, $AGTFP_{2000}$ 表示 2000 年的农业绿色全要素生产率, Mal_{2001} 为 2001 年的 ML 指数。以此类推, 可得到历年 $AGTFP$ 。本文以 2000 年为基期, 故 $AGTFP_{2000}$ 为 1, 在实证检验汇总予以剔除。

(二) 测量与校准

1. 结果变量。本文以广义的农业即包含农林牧渔业的农业为研究对象, 采用扩展的 Super-RSBM 测度模型刻画 AGTFP, 使用的数据包括投入数据和产出数据两类。投入数据包括: 土地投入用农作物播种面积和水产养殖面积表征; 劳动力投入用农林牧渔从业人员数量衡量; 资本投入用农林牧渔业资本存量衡量, 根据永续盘存法得出分省的农林牧渔业资本存量; 机械投入用农用机械总动力衡量; 自然资源主要以水资源投入为主, 用农业用水量衡量。

期望产出数据包括经济产出和环境产出, 经济产出用农林牧渔业总产值表征, 环境产出用农作物和森林碳汇之和衡量。参考田云和尹恣昊 (2022), 非期望产出主要为农业碳排放和面源污染^①; 碳排放主要来自种植业、畜禽养殖、稻田、秸秆燃烧和农用能源, 农业面源污染采用单元调查评估法 (赖斯芸等, 2004), 主要来自农用化肥、畜禽养殖、固体废弃物、农村生活和水产养殖所释放的化学需氧量、总氮和总磷。文中所有涉及货币的变量均以 2000 年为基期做可比价处理。

^①具体信息可登录《中国农村经济》网站查看本文附录。

具体投入产出指标及其含义如表 1 所示^①。

表 1 投入产出指标及其含义

一级指标及类别		二级指标	指标含义
投入		土地投入	农作物播种面积和水产养殖面积之和（万公顷）
		劳动力投入	农林牧渔从业人员数量（万人）
		资本投入	农林牧渔业资本存量（亿元）
		机械投入	农用机械总动力（万千瓦）
		水资源投入	农业用水量（亿立方米）
产出	期望产出	经济产出	农林牧渔业总产值（亿元）
		环境产出	农作物和森林碳汇之和（万吨）
	非期望产出	碳排放	来自种植业、畜禽养殖、稻田、秸秆燃烧和农用能源的碳排放总和（万吨）
		面源污染	来自农用化肥、畜禽养殖、固体废弃物、农村生活和水产养殖所释放的化学需氧量、总氮和总磷（万吨）
前因条件	政府监管	省级行政单位当年施行的环境保护相关法规、规章数目（个）	
	政府激励	环境污染治理投资总额（亿元）	
	市场激励	排污费（税）征收额（亿元）	
	市场化水平	使用市场化指数衡量	
	公众参与	地区人大、政协环境相关提案数（件）	
	城镇化水平	使用复合灯光指数衡量	
	经营规模	人均农作物播种面积（公顷/人）	

2.前因条件。根据上文分析，本文基于中国基本国情农情，从政府、市场和社会三个维度的环境制度因素、经济发展制度因素和农业生产经营制度因素开展研究，探讨 7 个前因条件对农业绿色全要素生产率的协同影响，具体指标选取和测量方式如下：①政府监管。本文用省级行政单位当年施行的环境保护相关法规、规章数目衡量政府监管，反映以政府强制手段实施的环境规制和行政管制。②政府激励。考虑到农业环境污染具有隐蔽性高、分散性强的特点，前端治理是农业环境治理的重要工作，本文参照秦天等（2021），用环境污染治理投资总额表示政府激励。③市场激励。本文用排污费（税）征收额衡量市场激励。排污费（税）是使用时间较长、实施范围较广的市场化环境治理工具，也是有效的环境治理工具，设计合理的环境税可以同时提升经济效率和改善社会福利。④市场化水平。本文采用王小鲁等（2009）测度市场化指数的方法测度市场化水平，该指标涵盖政府与市场的关系、非国有经济的发展、产品和要素市场发育程度、中介组织发育和法治环境五个方面。⑤公众参与。参照吴磊等（2020），本文选取地区人大、政协环境相关提案数衡量公众参与，该指标代表民众的环境需求，反映社会对环境的关注程度，是目前较好的公众参与环境治理的代理变量^②。⑥城镇化水平。本文将

^①囿于篇幅，各项指标的数据来源等信息未予展示，具体信息可登录《中国农村经济》网站查看本文附录。

^②囿于数据可得性，本文借鉴解学梅和朱琪玮（2021）的处理方法，采用历年数据的年均增长幅度进行补齐。

复合灯光指数作为城镇化水平的代理指标，复合灯光指数不仅能反映城镇灯光，还能体现小规模居民聚居地甚至车流低强度灯光，具有较高的准确性，且能很好地避免火灾、极光等突发事件的影响，基本不受统计误差、统计口径变化和人为干扰等因素的影响，客观性较强，是反映城镇化水平的良好指标。⑦经营规模。本文借鉴姜松等（2021）方法，采用人均农作物播种面积表征经营规模，由各省份农作物播种总面积除以第一产业从业总人数得到。

3.校准。使用动态 QCA 方法需要对所有数据进行校准，为各个变量指定一个集合隶属。由于制度因素和 AGTFP 高低并没有规定的外部标准和理论标准，衡量一个地区的环境规制强度和 AGTFP 水平通常依据样本变量的相对水平，且 AGTFP 本身属于一个相对指标，因此本文参照权威文献方法（Fiss, 2011），采用直接校准法。根据变量在样本总体中的分布，将样本的 75%分位数、50%分位数和 25%分位数分别设定为完全隶属、交叉点和完全不隶属的校准锚点，该方法在学术界得到广泛运用（杜运周等，2020；贾建锋等，2023）。所有数据将会按照预设的锚点被校准为介于 0~1 的模糊集。为了避免模糊集隶属度恰好为 0.5 时案例无法被纳入分析，本文参考张明和杜运周（2019），将 0.5 隶属度替换为 0.501。各变量校准信息和描述性统计见表 2。

表 2 校准锚点与描述性统计

集合	校准			描述性统计			
	完全隶属	交叉点	完全不隶属	均值	标准差	最小值	最大值
AGTFP	2.97	1.97	1.37	2.43	1.77	0.51	17.06
政府监管	4.00	2.00	1.00	3.25	5.42	0.00	99.00
政府激励	259.90	135.00	50.90	193.30	195.20	1.07	1416.00
市场激励	6.75	3.73	2.06	5.31	5.08	0.09	35.89
市场化水平	8.69	7.16	5.57	7.12	2.03	2.24	11.93
公众参与	663.00	374.00	191.00	473.50	419.30	16.00	5845.00
城镇化水平	0.33	0.24	0.19	0.29	0.15	0.06	0.86
经营规模	0.68	0.53	0.42	0.62	0.34	0.21	2.77

四、结果与分析

（一）必要性分析

在进行组态分析之前，首先需要对单个前因条件进行必要性分析，识别单个前因条件是不是结果发生的必要条件，但并不意味着该前因条件的存在一定会导致结果发生。判断标准是一致性水平若大于 0.9，说明该条件是结果发生的必要条件，反之则该条件不是结果发生的必要条件。与以往研究不同的是，在本文的面板数据中，采用一致性水平的调整距离来判断前因条件与结果一致性的可靠度。调整距离越小，说明一致性越稳定，调整距离越接近于 0，说明前因条件和结果的一致性测量越精确。

表 3 汇报了 7 个前因条件的必要性，从汇总一致性看，无论是对高 AGTFP 组还是低 AGTFP 组，各个前因条件的一致性水平均在 0.9 以下，且各前因条件一致性水平的调整距离均小于 0.2，说明不存在单一因素对高 AGTFP 和低 AGTFP 构成必要条件。

表3 必要性分析结果

前因条件	高 AGTFP				低 AGTFP			
	汇总一致性	汇总覆盖度	组间一致性 调整距离	组内一致性 调整距离	汇总一致性	汇总覆盖度	组间一致性 调整距离	组内一致性 调整距离
强政府监管	0.601	0.596	0.070	0.056	0.451	0.463	0.084	0.078
弱政府监管	0.458	0.446	0.087	0.072	0.606	0.611	0.059	0.063
强政府激励	0.782	0.781	0.032	0.061	0.325	0.336	0.128	0.120
弱政府激励	0.335	0.324	0.128	0.140	0.788	0.789	0.066	0.051
强市场激励	0.662	0.663	0.028	0.088	0.424	0.440	0.078	0.134
弱市场激励	0.441	0.425	0.086	0.136	0.675	0.674	0.044	0.095
高市场化水平	0.750	0.740	0.024	0.085	0.371	0.380	0.105	0.127
低市场化水平	0.372	0.364	0.097	0.148	0.746	0.755	0.034	0.079
强公众参与	0.625	0.622	0.037	0.107	0.459	0.473	0.033	0.124
弱公众参与	0.470	0.456	0.069	0.138	0.633	0.636	0.035	0.108
高城镇化水平	0.679	0.668	0.036	0.105	0.424	0.431	0.042	0.141
低城镇化水平	0.422	0.414	0.062	0.144	0.674	0.685	0.013	0.117
大经营规模	0.580	0.590	0.051	0.106	0.492	0.518	0.080	0.157
小经营规模	0.526	0.500	0.070	0.124	0.610	0.601	0.066	0.101

(二) 组态分析

在组态分析时，需要设定几类参数。其一，考虑到省份案例研究的重要性，本文设定样本频数阈值为 1，原始一致性阈值为 0.8，不一致性的比例减少 (proportional reduction in inconsistency, 简称 PRI) 阈值为 0.7 (杜运周等, 2020)。其二，由于现有研究针对各个前因条件对 AGTFP 的影响方向并未得到一致性结论，且区域发展存在强不均衡性，前因条件对结果的影响方向不宜以统一的标准判断，所以在反事实分析部分秉持谨慎性原则，不作前因条件的方向设定。最终得到复杂解、中间解和简约解。本文以中间解为主要参考依据，以中间解和简约解的嵌套关系为辅助参考依据。若前因条件同时出现在中间解和简约解中，则为核心条件，反映该前因条件对结果产生的重要性较高；若前因条件只出现在中间解中，则为边缘条件，意味着该前因条件对结果产生的重要性较低。表 4 汇报了各省份实现高 AGTFP 的组态结果。

表4 实现高 AGTFP 的组态结果

前因条件	多元驱动型		政府主导型		政府—市场二元驱动型	多元协同的城镇化驱动型
	H1	H2	G1	G2	M1	C1
政府监管			●	●	●	
政府激励	●	●	●	●	●	●
市场激励	●		⊗	⊗		⊗
市场化水平	●	●			●	●
公众参与	●	●	⊗			●

表 4 (续)

城镇化水平			⊗		●	●	
经营规模		●	⊗	⊗	⊗		
一致性	0.860	0.916	0.932	0.892	0.834	0.904	
原始覆盖度	0.453	0.337	0.083	0.073	0.219	0.143	
唯一覆盖度	0.067	0.024	0.002	0.008	0.032	0.055	
PRI	0.815	0.886	0.882	0.773	0.773	0.857	
组间一致性调整距离	0.094	0.055	0.043	0.053	0.090	0.047	
组内一致性调整距离	0.042	0.039	0.037	0.005	0.032	0.042	
总体一致性						0.868	
总体覆盖度						0.628	

注：① ⊗ 代表低前因条件水平，● 代表高前因条件水平。②大圈表示核心条件，小圈表示边缘条件，空格则表示前因条件对于结果的发生可有可无。

1. 汇总结果分析。集合论一致性可以测量前因条件组合的案例在展示特定结果方面的一致性水平，反映它们与完全子集关系的近似程度，模糊集一致性的计算方式为前因条件或前因条件组合中达到一致性的隶属度总和与所有前因条件或前因条件组合中的隶属度总和之比。集合论覆盖度则反映前因条件或前因条件组合对结果案例的“解释”程度，反映组态的经验相关性或重要性，模糊集覆盖度的测量方式为前因条件或前因条件组合与结果集合之间的重叠度占结果集合中隶属分数总和的比重 (Ragin, 2008)。模糊集一致性与覆盖度计算公式分别如下：

$$(A_k \leq B_k) = \sum [\min(A_k, B_k)] / \sum (A_k) \quad (17)$$

$$(A_k \leq B_k) = \sum [\min(A_k, B_k)] / \sum (B_k) \quad (18)$$

(17)式和(18)式中： \min 表示两者中的最小值， A_k 和 B_k 分别表示第 k 个前因条件的隶属度和结果集合的隶属度。

由表 4 可知，总体一致性为 0.868。根据张明和杜运周 (2019)，总体一致性高于 0.8，说明条件组态可视为高 AGTFP 的充分条件组态。总体覆盖度为 0.628，说明 6 个条件组态对高 AGTFP 的解释程度较高，满足动态 QCA 的分析标准 (Fiss, 2011)。6 个条件组态可归纳成 4 种类型，其中 H1 和 H2 可命名为“政府—市场—社会多元驱动型”，G1 和 G2 可命名为“政府主导型”，M1 可命名为“政府—市场二元驱动型”，C1 可命名为“多元协同的城镇化驱动型”。基于组态分析，接下来进一步识别政府、市场、社会、经营规模和城镇化之间的差异化适配关系。

政府—市场—社会多元驱动型。组态 H1 说明，高市场激励、高公众参与、高政府激励和高市场化水平为核心条件可以产生高 AGTFP。这条路径覆盖结果案例的比例为 45.3%，抛除与其他组态共同部分后，单个组态覆盖高 AGTFP 案例的比例为 6.7%。组态 H2 表明，高公众参与、高政府激励、大经营规模和高市场化水平可以实现高 AGTFP。这条路径覆盖高 AGTFP 案例的比例为 33.7%，抛除与

其他组态共同部分后，单个组态覆盖高 AGTFP 案例的比例为 2.4%。该结果表明，在市场化程度较高的地区，在良好的政府支持和积极的公众参与下，充分激发市场活力与促进规模化经营可以实现替代。由于这类组态主要由政府、市场和社会作为核心条件组成，因此，可以将此类组态命名为“政府—市场—社会多元驱动型”。典型案例是：江苏省 2019 年市场化指数为 11.494，居全国首位^①，省政府自 2012 年以来不断增加环境治理的财政投资，2021 年全省环境污染治理投资总额超过 100 亿元，居全国前五名^②。2019 年江苏省在全国率先实现执法记录仪全覆盖、全联网、全使用，南京胜科水务 5.2 亿元环保罚单金额在全国最高^③。《江苏省“十三五”现代农业发展规划》明确指出，突出市场导向，实施新型职业农民培育工程，每年培育新型职业农民 20 万人^④，体现了江苏省对加强公众对环境治理的重视程度以及做出的相关努力。

政府主导型。组态 G1 表明，以高政府监管、高政府激励、低市场激励和小经营规模为核心条件，以低公众参与作为边缘条件，可以产生高 AGTFP。但这条路径覆盖结果案例的比例仅为 8.3%，且抛除与其他组态共同部分后，单个组态覆盖高 AGTFP 案例的比例为 0.2%。组态 G2 表明，以高政府监管、高政府激励、低市场激励和小经营规模为核心条件，以低城镇化水平作为边缘条件，可以实现高 AGTFP。但这条路径覆盖结果案例的比例仅为 7.3%，且抛除与其他组态共同部分后，单个组态覆盖高 AGTFP 案例的比例只剩 0.8%。对比 G1 和 G2，可以看出这两条路径的核心条件一致，只有边缘条件存在替代关系（G1 中的低公众参与和 G2 中的低城镇化水平），因此，这两个组态构成了二阶等价组态。这类地区主要集中在西部市场化水平较低的地区。例如，甘肃 2016 年市场化指数仅为 5.85，在全国处于较低水平^⑤，该省市场化力量薄弱，农业经营模式主要以小农经营为主，公众环保意识不强，因此农业环境治理主要依靠政府力量。据统计，2016 年甘肃农村能源管理推广机构人员合计 1386 人，居全国前十名^⑥。

政府—市场二元驱动型。组态 M1 表明，以高政府监管、高政府激励、高市场化水平和小经营规模为核心条件，以高城镇化水平为边缘条件，能充分实现高 AGTFP。这条路径覆盖高 AGTFP 案例的比例为 21.9%，且抛除与其他组态共同部分后，单个组态覆盖高 AGTFP 案例的比例为 3.2%。由于该组态以政府和市场为核心条件，所以将其命名为“政府—市场二元驱动型”。这类组态代表地区如广东省，2016 年，广东省农业经营户 896.74 万户，其中规模农业经营户 15.88 万户^⑦，因此，小农经济

^①资料来源：中国市场化指数数据库，<https://cmi.ssap.com.cn/>。

^②资料来源：《2021 年中国生态环境统计年报》，https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtnb/202301/t20230118_1013682.shtml。

^③资料来源：《2019 年度江苏省生态环境状况公报》，http://sthjt.jiangsu.gov.cn/art/2021/11/18/art_83740_10118207.html。

^④参见《江苏省发展改革委 江苏省农委关于印发〈江苏省“十三五”现代农业发展规划〉的通知》，http://fzggw.jiangsu.gov.cn/art/2016/12/21/art_83784_10126817.html。

^⑤资料来源：中华人民共和国农业农村部，2019：《中国农业统计资料 2017》，北京：中国农业出版社，第 158 页。

^⑥资料来源：《广东省第三次全国农业普查主要数据公报（第二号）及解读》，http://stats.gd.gov.cn/tjgb/content/post_1430130.html。

占主导地位，农户对农业环境治理的参与度较低。而 2019 年广东省的市场化指数为 11.342，居全国第二，且自 2000 年以来，政府高度重视农业环境问题，多次修订了《广东省环境保护条例》，并修改了《广东省水利工程管理条例》等 16 项地方性法规、出台了《广东省打赢农业农村污染治理攻坚战实施方案》等多项政策法规等^①。2012 年，广东省首次利用世界银行资金，以超大贷款规模实施农业面源污染治理项目，10 年时间农业环境治理取得了良好的成效^②。

多元协同的城镇化驱动型。组态 C1 表明以高政府激励、高城镇化水平和低市场激励为核心条件，以高公众参与和高市场化水平为边缘条件能有效提升 AGTFP。这条路径覆盖高 AGTFP 案例的比例为 14.3%，且剔除与其他组态共同部分后，单个组态覆盖高 AGTFP 案例的比例为 5.5%。由于该条路径以高政府激励和高城镇化水平为核心条件，同时需要高公众参与和高市场化水平作为辅助条件，因此将这条路径命名为“多元协同的城镇化驱动型”。该类地区主要以北京、上海、天津等地区为代表。据统计，2022 年底，常住人口城镇化率最高的是上海，达到 89.3%；北京常住人口城镇化率为 87.6%，位居第二；天津以 85.11% 的常住人口城镇化率位居第三^③。北京持续统筹城镇化进程与新农村建设，又在 2022 年出台了《北京率先基本实现农业农村现代化行动方案》^④，充分重视城镇化与农业农村现代化的协同发展。

整体来看，第一种组态的原始覆盖度最高，表明政府—市场—社会多元驱动型路径在大多数省份提升 AGTFP 中具有广泛的适用性；而政府主导型的组态覆盖度较低，说明这种发展路径可能只适合部分区域。6 种组态路径的唯一覆盖度均不高，说明各省份实现农业绿色高水平发展的路径依赖性不强，几条路径间有一定的可替代性。

2. 组间结果分析。组间一致性衡量在样本期间的每一年份，各条件组态是不是结果的充分条件，反映面板中每年的横截面一致性水平，是文献中最常见的一致性度量，在集合论研究中通常被简单地称为“一致性”。接下来，本文将进一步分析各个条件组态的一致性随时间变化的趋势。由图 2 可以看出，6 个条件组态存在明显的时间效应，因此，有必要考虑时间的影响。以 2006 年为时间节点，在

^①资料来源：《广东省环境保护条例》，https://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/zcfgk/content/post_2524381.html；《广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告（第 50 号）》，http://gdec.gd.gov.cn/zcfg3141/content/post_2996054.html；《广东省生态环境厅 广东省农业农村厅关于印发〈广东省打赢农业农村污染治理攻坚战实施方案〉的通知（有效期至 2021 年 3 月 29 日）》，http://gdec.gd.gov.cn/gkmlpt/content/2/2473/post_2473767.html#2232。

^②资料来源：《以点破“面”——世行广东农业面源污染十年治理记》，https://dara.gd.gov.cn/nyyw/content/post_3999658.html。

^③资料来源：《31 省份最新城镇化率：9 省份超 70%，这 10 个省份城镇人口最多》，<https://news.cctv.cn/2023/05/19/ARTI0AYSleZl2Dq2YKQHXTg230519.shtml>。

^④资料来源：《北京统筹城镇化进程与新农村建设》，https://www.moa.gov.cn/ztl/jsshzyxc/qt/200704/t20070418_804757.htm；《中共北京市委 北京市人民政府关于印发〈北京率先基本实现农业农村现代化行动方案〉的通知》，https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202205/t20220506_2702192.html。

2006 年以前, 各个组态的一致性水平呈现快速上升趋势, 这表明, 在此期间 6 个组态的存在并不能充分地导致高 AGTFP 产生, 但呈现快速增强的态势; 在 2006 年以后, 各个组态的一致性水平基本在 1.0 左右趋于稳定, 组态 G1 和 G2 一致性水平在 2006 年以后基本重叠; 在 2016 年以后, 各条件组态的一致性水平接近于 1.0, 因此在图 2 中表现为高度重叠。这表明, 在 2006 年以后的各年份, 6 个条件组态的存在可以充分地产生结果, 即实现高 AGTFP。

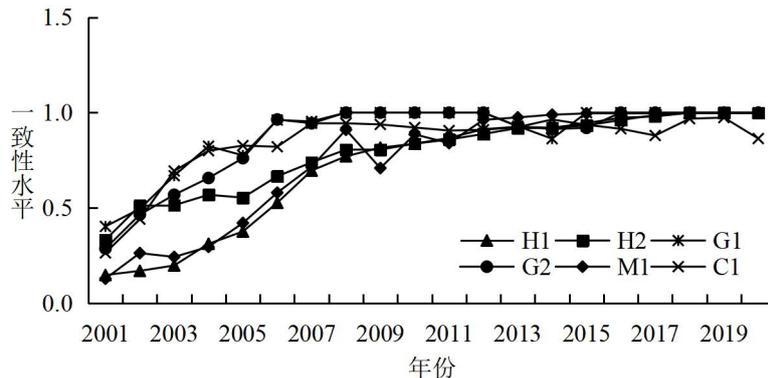


图2 各条件组态 2001—2020 年组间一致性水平变化趋势

注: 图中的 H1 和 H2 对应表 5 中的多元驱动型组态路径, G1 和 G2 对应表 5 中政府主导型组态路径, M1 对应表 5 中政府—市场二元驱动型组态路径, C1 对应表 5 中多元协同的城镇化驱动型组态路径。

3. 组内结果分析。组内一致性是基于省份层面展开分析的, 衡量的是每个省份在样本期间, 各条件组态是不是结果的充分条件^①。6 个条件组态中, 大部分省份具有很强的一致性 (一致性水平高于 0.75), 个别省份在被纳入分析的年份中存在不同程度的不一致。整体结果表明, 2001—2020 年, 各个省份并不遵循一致的条件组态, 即某一特定省份可能适合不止一条路径以实现高 AGTFP。例如: 在组态 H1 中, 广东、黑龙江、辽宁、吉林的一致性水平较低, 但广东在组态 H2 中的一致性水平很高, 达到 1.0; 黑龙江在 G1、G2、M1 中的一致性水平很高, 也达到了 1.0; 吉林在组态 G1、G2、M1 中的一致性水平很高, 在 0.7 以上; 辽宁在 C1 中的一致性水平较高, 在 0.7 以上。又如: 在组态 H2 中, 上海的一致性水平较低 (其他一致性较低的省份与组态 H1 重复), 但上海在其他 5 条路径中的一致性水平均较高, 最高达到 1.0。因此, 有必要对不同区域在不同年份的适宜路径做进一步的深入分析, 而动态 QCA 为此提供了可能性。

从表 5 区域覆盖度均值可以看出, 第一类组态政府—市场—社会多元驱动型所能解释的案例覆盖区域最大的在中部地区, 其次在东部地区。相比于西部地区, 东部地区和中部地区经济发展水平更高, 市场化程度更高, 要素配置更有效, 绿色发展观更深入人心, 公众对绿色产品的需求更强, 因此政府、市场和社会多元驱动农业绿色发展。其中, 东部地区主要以河北、江苏、浙江、福建、山东和广东为典型代表, 中部地区主要以江西、河南、湖北和湖南为典型代表, 西部地区的重庆和四川从 2012 年

^①具体信息可登录《中国农村经济》网站查看本文附录。

起也较适合这种发展路径。第二类政府主导型路径所能解释的区域主要分布在西部地区，这可能由于西部地区市场化程度较低，农业生产要素配置更多地依靠政府的宏观调控，并且，西部地区城镇化水平也较低，公众对绿色生产和绿色产品的需求较中部地区和东部地区更低，公众参与环境治理的积极性不高。典型代表性省份包括甘肃、云南和广西，而北京在研究样本初期的发展路径也具有政府主导的典型特征。第三类政府—市场二元驱动型路径解释的案例集中分布在东部地区，这类组态主要是以政府和市场驱动为核心条件，以城镇化为辅助条件，因此更适合在城镇化水平较高的东部地区实施。典型代表性省份主要有北京、江苏、浙江、福建和广东，此外，陕西在 2014 年以后也适合这类发展路径。第四类多元协同的城镇化驱动型路径所解释的案例集中分布在东部地区，典型代表性地区有北京、天津、上海和福建，表明城镇化对农业绿色发展具有重要的带动作用。

表 5 区域覆盖度均值

区域	多元驱动型		政府主导型		政府—市场二元驱动型	多元协同的城镇化驱动型
	H1	H2	G1	G2	M1	C1
东部地区	0.507	0.307	0.104	0.046	0.346	0.242
中部地区	0.692	0.674	0.037	0.061	0.155	0.094
西部地区	0.238	0.196	0.118	0.158	0.081	0.112

4. 低农业绿色全要素生产率组态分析。基于组态分析的因果关系“非对称性”理论，本文还检验了导致低 AGTFP 产生的组态路径^①。可以看出，存在 4 条产生低 AGTFP 的路径，可归纳为 2 类制约农业绿色发展的条件组态，分别是政府—市场抑制型（F1a、F1b、F1c）和政府—市场—社会缺乏的城镇化抑制型（F2）。从各要素在组态中的分布情况来看，弱政府激励与低市场化水平是产生低 AGTFP 的主要制约因素。

政府—市场抑制型。从组态 F1a 可以看出，在经营规模较大的地区，若政府的有效激励不足加上市场化水平落后、公众参与度不高，则会抑制 AGTFP 提高，这类组态的典型代表性省份有黑龙江、吉林、内蒙古、江西、河北、宁夏和新疆，这些地区大部分为中国的粮食主产区省份。组态 F1b 表明以高政府监管和高公众参与、低政府激励和低市场化水平为核心条件，以高市场激励为边缘条件将导致低 AGTFP。这反映出，在缺乏政府激励和市场主导要素配置的情况下，即使有高政府监管和强公众参与，依然不能实现农业绿色发展，这条路径所解释的典型代表性省份为湖南、四川、河南和河北。但从纵向时间轴上分析，可以发现主要集中在 2006 年以前的年份。组态 F1c 表明，以高市场激励和高城镇化水平、低政府激励和低市场化水平为核心条件，以高政府监管为边缘条件将产生低 AGTFP。这意味着在缺乏政府激励和市场主导要素配置的情况下，高政府监管、高市场激励和高城镇化水平也无法实现高 AGTFP，典型代表性省份为河北、河南和山东，且在纵向时间轴上主要集中在 2006 年以前的年份。主要原因可能是，在 2006 年以前，市场化程度低，快速的城镇化吸引了农业发展需要的劳动和资本等要素，导致这些地区产生低 AGTFP。

^①具体信息可登录《中国农村经济》网站查看本文附录。

政府—市场—社会缺乏的城镇化抑制型。组态 F2 表明，以低市场激励、低公众参与、低政府激励和低城镇化水平为核心条件，以大经营规模为边缘条件，可产生低 AGTFP。这说明，在其他因素未有效发挥作用时，仅凭扩大经营规模无法实现农业绿色发展。这类条件组态主要以黑龙江和吉林为典型代表性省份，内蒙古、宁夏和新疆在早期也具有这类条件组态的发展特征。

（三）进一步讨论

农业绿色发展对政府支持的依赖性。从各要素在条件组态中的分布来看，农业绿色发展对政府支持具有强依赖性，6 条路径均包含以政府支持为核心条件；同样地，在实现低 AGTFP 的组态中，4 条路径中均包含了以低政府激励为核心条件。主要原因可能是：一方面，农业投入高、收益低、回报慢的特点与市场的逐利性相悖，而环境污染属于非点状排放，具有来源隐蔽性、影响广泛性、处理复杂性的特点，农业碳排放评估监测的技术受限，农业市场机制尚不完善，市场难以全面快速地捕捉农业环境污染的准确信息。另一方面，农村地区的环境治理基础设施匮乏，农户的环保意识不强，没有能力也缺乏足够的动力承担节能减排降碳的任务，环境治理成本需要政府的财政支持来承担。

“市场+社会”和政府监管的相互替代关系。组态 H1 和 G1、G2 表明，同样在高政府支持的情况下，组态 H1 以高市场化、高市场激励和高公众参与为核心条件实现高 AGTFP，而 G1、G2 则可以通过高政府监管实现高 AGTFP。实际上，政府监管实现农业绿色发展的根本途径，还是通过约束行为主体的经济行为，进而提升技术水平或者减少资源无效投入，政策执行效果的关键离不开行为主体的参与。而市场化的排污费（税）会成为生产经营者的持续性支出，使环境污染的负外部性内部化，转化为被规制者的经营成本，促使生产者积极寻找长期的解决方案，如采纳农业绿色环保技术等，进而降低成本、提高收益（展进涛和徐钰娇，2019）。因此，高市场激励结合高公众参与和高政府环境监管具有等效性。

城镇化和政府、市场的互动关系。比较组态 C1 和 H1 可以看出，当市场激励不足、其他条件相同时，C1 以推动城镇化水平为核心条件同样可以实现农业绿色发展。比较组态 C1 与 G1、G2 可以发现，同样是在高政府支持的情况下，组态 G1、G2 以高政府监管为核心条件实现高 AGTFP，而组态 C1 则以高城镇化水平为核心条件实现高 AGTFP。城镇化通过吸纳农村富余劳动力转移就业、引导工商资本下乡，打破要素在城乡之间的流动壁垒，矫正了农村要素市场扭曲，实现城乡要素的再配置效应，进而有助于农业绿色发展。而且，城镇化通过宣传教育等方式，提升了农业部门工作人员和农户的绿色环保理念。在城乡融合过程中，通过产业融合，增强了地方政府的财政实力，为完善农业基础设施建设和提升农业公共服务水平提供有力的资金保障。反过来，政府型和市场型环境规制又为城镇化的高质量发展注入了强大的竞争力。因此，城镇化与政府、市场具有一种互惠共生的双向互动关系。

“大国小农”基本国情农情下经营规模需要因地制宜。对比各组态发现，以大经营规模为核心条件的路径只有 H2 一个组态，而在其他路径中则可有可无，甚至不能太高，这表明，经营规模不是越大越好，需要因地制宜。适度扩大经营规模有利于提高 AGTFP，但在人多地少的约束下，当经营规模超过一定程度后，人地比例失衡将导致生产率损失，由此导致管理成本和交易成本上升。因此，经营规

模需要遵循适度原则与因地制宜原则。此外,本文研究发现:组态 G1、G2、M1 均包含以小经营规模为核心条件,对比组态 H2 包含以大经营规模为核心条件,这可能与组态 H2 中有高公众参与有关;组态 H1 和 C1 同样有高公众参与的核心条件或者边缘条件,而没有小经营规模的限制。因此,可以认为,在适度扩大经营规模的同时,应充分引导公众提高对农业环境治理的关注度和参与度。

五、结论与启示

(一) 研究结论

本文基于 2001—2020 年中国省级面板数据,尝试性地将动态 QCA 方法引入农业绿色发展领域,分析不同制度因素提升农业绿色全要素生产率的多元路径,得到主要结论如下:第一,必要性分析结果表明,政府、市场和社会因素均不构成实现高 AGTFP 的必要条件,但实现 AGTFP 提升的每条组态路径中均包含高政府支持,且政府支持缺乏和市场化落后是造成部分地区 AGTFP 较低的核心因素;第二,在组间和组内分析中发现了明显的时间效应,在 2006 年以前,6 个组态均不构成实现高 AGTFP 的充分条件,而在 2006 年以后,则呈现一致性水平较高且稳定的态势,各条件组态均构成实现高 AGTFP 的充分条件;第三,各省份实现农业绿色高水平发展具有多元路径,且各个组态组内覆盖度具有明显的区域差异,其中,政府—市场—社会多元驱动型所能解释的案例主要分布在中部地区和东部地区,政府主导型路径所能解释的区域主要分布在西部地区,政府—市场二元驱动型和多元协同的城镇化驱动型路径所能解释的案例集中分布在东部地区。

(二) 政策启示

本文研究结论可能为区域实现提升 AGTFP 带来以下几点政策启示:

第一,在政府—市场—社会多元驱动型这一路径所能解释的省份,政府要结合自身农业发展的条件禀赋,积极培育新型农业经营主体,宣传、引导农户关注农业绿色发展,通过政府支持和公众参与的良性互动,在“整体视角”下协调好政府、市场和社会的多重条件匹配,借助有效的规模化经营充分释放不同制度组合的协同效应,因地制宜地探索差异化的农业绿色发展路径。

第二,在政府主导型这一路径所能解释的省份,市场化发育落后、城镇化水平较低、社会力量薄弱,政府要作为推动农业绿色发展的主要力量,持续扩大政府环境治理投资,积极启动和推行各项支农惠农政策,充分发挥好“有形之手”在农业绿色发展起步阶段的宏观调控作用。但需要警惕这些地区对政府支持的过度依赖,造成市场化发育滞后,要素市场扭曲,资源配置效率损失,进而降低 AGTFP。对于规模化程度低的地区,需要着力探索如何延长农业产业链,发展优势特色农业,以三产融合的形式激发农业绿色发展的活力。

第三,在政府—市场二元驱动型这一路径所能解释的省份,政府要着力推动探索农业低碳发展的市场化机制,进一步明晰不同责任主体参与农业节能减排降碳的驱动因素,破除行为主体参与农业碳排放交易的制度约束,逐步建立适宜农业的碳排放交易机制。此外,政府应重视农业碳汇价值,遵循市场配置要素的基本原则,构建农业碳普惠机制,通过多渠道提高农户参与农业绿色发展的积极主动

性，自觉践行农业绿色发展理念。例如，创建农业绿色发展示范区，做好政府和市场两手发力，持续激发有为政府和有效市场的联合匹配效应。

第四，在多元协同的城镇化驱动型这一路径所能解释的省份，高城镇化发展水平地区拥有强大的政府投资力量，要抓住城镇化和农业现代化发展带来的机遇，找准功能定位，积极推进城乡融合发展，加快推动城乡要素市场化改革，为城乡要素双向流动提供畅通的渠道，实现农业绿色转型发展。同时，政府要加大都市现代农业的投入力度，构建现代化都市农业的示范带动区。

参考文献

- 1.陈锡文，2024：《当前推进乡村振兴应注意的几个关键问题》，《农业经济问题》第1期，第4-8页。
- 2.杜运周、李佳馨、刘秋辰、赵舒婷、陈凯薇，2021：《复杂动态视角下的组态理论与QCA方法：研究进展与未来方向》，《管理世界》第3期，第180-197页。
- 3.杜运周、刘秋辰、程建青，2020：《什么样的营商环境生态产生城市高创业活跃度？——基于制度组态的分析》，《管理世界》第9期，第141-155页。
- 4.葛鹏飞、王颂吉、黄秀路，2018：《中国农业绿色全要素生产率测算》，《中国人口·资源与环境》第5期，第66-74页。
- 5.郭海红、刘新民，2020：《中国农业绿色全要素生产率时空演变》，《中国管理科学》第9期，第66-75页。
- 6.黄季焜，2022：《加快农村经济转型，促进农民增收和实现共同富裕》，《农业经济问题》第7期，第4-15页。
- 7.贾建锋、刘伟鹏、杜运周、赵若男、蒋金鑫，2023：《制度组态视角下绿色技术创新效率提升的多元路径》，《南开管理评论》，<https://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20230307.1021.002.html>。
- 8.姜松、周洁、邱爽，2021：《适度规模经营是否能抑制农业面源污染——基于动态门槛面板模型的实证》，《农业技术经济》第7期，第33-48页。
- 9.金书秦、林煜、牛坤玉，2021：《以低碳带动农业绿色转型：中国农业碳排放特征及其减排路径》，《改革》第5期，第29-37页。
- 10.赖斯芸、杜鹏飞、陈吉宁，2004：《基于单元分析的非点源污染调查评估方法》，《清华大学学报（自然科学版）》第9期，第1184-1187页。
- 11.李谷成，2014：《中国农业的绿色生产率革命：1978—2008年》，《经济学（季刊）》第2期，第537-558页。
- 12.李健旋，2021：《农村金融发展与农业绿色全要素生产率提升研究》，《管理评论》第3期，第84-95页。
- 13.李周，2023：《中国农业绿色发展：创新与演化》，《中国农村经济》第2期，第2-16页。
- 14.马国群、谭砚文，2021：《环境规制对农业绿色全要素生产率的影响研究——基于面板门槛模型的分析》，《农业技术经济》第5期，第77-92页。
- 15.蒙克、魏必，2023：《反思QCA方法的“时间盲区”：为公共管理研究找回“时间”》，《中国行政管理》第1期，第96-104页。
- 16.秦天、彭珏、邓宗兵、王炬，2021：《环境分权、环境规制对农业面源污染的影响》，《中国人口·资源与环境》第2期，第61-70页。

- 17.田云、尹恣昊, 2022: 《中国农业碳排放再测算: 基本现状、动态演进及空间溢出效应》, 《中国农村经济》第3期, 第104-127页。
- 18.王小鲁、樊纲、刘鹏, 2009: 《中国经济增长方式转换和增长可持续性》, 《经济研究》第1期, 第4-16页。
- 19.吴磊、贾晓燕、吴超、彭甲超, 2020: 《异质型环境规制对中国绿色全要素生产率的影响》, 《中国人口·资源与环境》第10期, 第82-92页。
- 20.解安、林进龙, 2023: 《中国农村人口发展态势研究: 2020—2050年——基于城镇化水平的不同情景模拟分析》, 《中国农村观察》第3期, 第61-86页。
- 21.解学梅、朱琪玮, 2021: 《企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题?》, 《管理世界》第1期, 第128-149页。
- 22.杨骞、王珏、李超、刘鑫鹏, 2019: 《中国农业绿色全要素生产率的空间分异及其驱动因素》, 《数量经济技术经济研究》第10期, 第21-37页。
- 23.叶初升、惠利, 2016: 《农业生产污染对经济增长绩效的影响程度研究——基于环境全要素生产率的分析》, 《中国人口·资源与环境》第4期, 第116-125页。
- 24.展进涛、徐钰娇, 2019: 《环境规制、农业绿色生产率与粮食安全》, 《中国人口·资源与环境》第3期, 第167-176页。
- 25.张明、杜运周, 2019: 《组织与管理研究中QCA方法的应用: 定位、策略和方向》, 《管理学报》第9期, 第1312-1323页。
- 26.朱润、何可、张俊飏, 2021: 《环境规制如何影响规模养猪户的生猪粪便资源化利用决策——基于规模养猪户感知视角》, 《中国农村观察》第6期, 第85-107页。
- 27.Berg-Schlusser, D., and G. De Meur, 2009, “Comparative Research Design: Case and Variable Selection”, in B. Rihoux and C. C. Ragin (eds.) *Configurational Comparative Methods: Qualitative Comparative Analysis (QCA) and Related Techniques*, Thousand Oaks: Sage Publications, 19-32.
- 28.Beynon, M. J., P. Jones, and D. Pickernell, 2020, “Country-Level Entrepreneurial Attitudes and Activity Through the Years: A Panel Data Analysis Using fsQCA”, *Journal of Business Research*, Vol. 115: 443-455.
- 29.Fiss, P. C., 2011, “Building Better Causal Theories: A Fuzzy Set Approach to Typologies in Organization Research”, *Academy of Management Journal*, 54(2): 393-420.
- 30.Fumari, S., D. Crilly, V. F. Misangyi, T. Greckhamer, P. C. Fiss, and R. V. Aguilera, 2021, “Capturing Causal Complexity: Heuristics for Configurational Theorizing”, *Academy of Management Review*, 46(4): 778-799.
- 31.García-Castro, R., and M. A. Ariño, 2016, “A General Approach to Panel Data Set-Theoretic Research”, *Journal of Advances in Management Sciences & Information Systems*, (2): 63-76.
- 32.Marx, A., 2010, “Crisp-Set Qualitative Comparative Analysis (csQCA) and Model Specification: Benchmarks for Future csQCA Applications”, *International Journal of Multiple Research Approaches*, 4(2): 138-158.
- 33.Ragin, C. C., 2008, *Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond*, Chicago: University of Chicago Press, 12-14.
- 34.Song, M., J. Peng, J. Wang, and J. Zhao, 2018, “Environmental Efficiency and Economic Growth of China: A Ray Slack-Based Model Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 269(1): 51-63.

35. Tone, K., 2001, "A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 130(3): 498-509.

36. Vis, B., J. Woldendorp, and H. Keman, 2013, "Examining Variation in Economic Performance Using Fuzzy-Sets", *Quality & Quantity*, Vol. 47: 1971-1989.

(作者单位: 新疆大学经济与管理学院)

(责任编辑: 柳 荻)

Multiple Paths of Agricultural Green Total Factor Productivity Improvement from the Perspective of Institutional Grouping: A Panel Data Analysis Based on Dynamic QCA

FANG Fang ZHANG Lijie ZHAO Jun

Abstract: Based on Chinese provincial panel data from 2001 to 2020, this paper examines the multi-factor linkage effects of the government, market, and society on enhancing the agricultural green total factor productivity (AGTFP) from the spatial and temporal dimensions using the dynamic fsQCA method, and explores the multiple paths of agricultural green development in the context of progressive reforms. The findings are as follows. Achieving high AGTFP requires the synergistic effect of multiple factors, and individual factors cannot work alone to achieve high AGTFP. Abundant government support has a universal role in raising AGTFP, and the lack of government support and the backwardness in marketization are the core constraints that cause low AGTFP. There are multiple paths and complex mechanisms for the green development of agriculture in China, and four types of grouping paths can achieve high AGTFP, including the multiple-driven "government-market-society" mode, the government-led mode, the dual-driven "government-market" mode, and the multiple-synergistic urbanization-driven mode. There are significant time effects in agricultural greening and provinces do not follow a consistent grouping path in achieving high AGTFP. Urbanization brings new opportunities for green agricultural development, and the scale of agricultural operations should follow the principles of moderation and localization under the basic condition of "big country, small farmers".

Keywords: Agricultural Green Total Factor Productivity; Environmental Regulation; System Configuration; Dynamic QCA