

中国生猪养殖规模结构变动是产业政策造成的吗？*

——基于马尔可夫链的实证分析

黄炳凯 耿献辉 胡浩

摘要：本文利用2001—2018年省级面板数据，采用马尔可夫链方法，分析生猪产业政策对养殖规模转移概率的影响，进而揭示生猪产业政策对生猪养殖规模结构变动的的影响机理。研究表明，生猪产业政策显著促进了养殖场规模转移，从而加速了生猪养殖规模结构变化过程，但不同规模养殖场对政策的敏感性存在差异。生猪养殖补贴强度提高显著降低了100头以下规模生猪养殖场维持原有规模的概率，但显著提高了散养户的退出概率和小规模养殖场向中规模养殖场扩张的概率。环境规制强度提高显著降低了规模养殖场的扩张概率，但显著提高了散养户维持原有规模的概率，并显著降低了其退出概率。环境规制强度对大规模养殖场规模转移概率的影响不显著。此外，小规模养殖场具有规模扩张的动机，对生猪养殖补贴和环境规制强度都十分敏感。

关键词：转移概率 规模结构 马尔可夫链 产业政策

中图分类号：F304.1 **文献标识码：**A

一、引言

生猪养殖规模结构演变是生猪养殖变化的显著特征。2007—2017年中国生猪养殖场总量下降了54.16%，生猪出栏量却增长了24.23%，养殖场平均养殖规模增长到了原来的2.71倍还多^①，可见，中国生猪养殖场在总体上呈现总量下降、规模扩张的趋势。而同期中国生猪市场价格经历了4次波动（罗千峰、张利庠，2018），且波动的周期缩短、幅度提高，影响了消费者福利。现有研究认为，规模养殖能够稳定生猪生产，缓解价格波动（周晶等，2015b）。但是，不同规模养殖方式对价格波动的影响

*本研究得到财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系、国家社会科学基金重点项目“非洲猪瘟疫情冲击下生猪产业链优化与支持政策研究”（项目编号：19AGL020）的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见和修改建议，但文责自负。
本文通讯作者：耿献辉。

^①原始数据来源于《中国畜牧兽医年鉴》（2008、2018年）。

不同。翁鸣（2013）发现分散、小规模和管理粗放的养殖方式是中国生猪价格大幅波动的基本原因。郭利京等（2014）认为，中等规模养殖场能够缓解生猪市场价格波动，大规模养殖场反而会加大价格波动。因此，探讨中国生猪养殖规模结构变动对理解生猪市场价格波动的原因具有重要意义。

为了应对生猪市场价格周期性波动，抵御生猪疫病冲击和防治畜禽养殖污染等问题，中国政府实施了一系列产业政策。这些政策既包括扶持性补贴政策，也包括抑制性环境规制政策。2007年，中国政府在国家层面系统性地对生猪养殖行业实施补贴（周晶等，2015a）。补贴分为两类：一类是普惠性补贴，如生猪良种补贴、能繁母猪补贴和能繁母猪保险保费补贴等；另一类是专项补贴，如生猪调出大县奖励和生猪标准化规模养殖场（小区）专项资金等。在此政策背景下，2007—2013年中国生猪散养户的数量下降了38.33%，而小规模、中规模和大规模生猪养殖场的数量分别增长了2.67%、52.63%和113.64%^①。随后，国务院于2013年颁布了中国第一部专门针对畜禽养殖污染防治的法规文件《畜禽规模养殖污染防治条例》（国务院令 第643号）。2013—2018年生猪散养户的数量进一步减少了39.55%，小规模、中规模和大规模生猪养殖场的数量也分别减少了39.32%、36.21%和29.89%^②。由于政策衔接不畅、政策支持缺乏可持续性，中国生猪养殖规模结构变动频繁，不利于生猪市场稳定。

生猪产业政策客观上促进了中国生猪养殖规模化发展。旨在促进规模养殖的生猪专项补贴政策的实施，直接提高了规模养殖场在规模结构中的占比。由于普惠性补贴与能繁母猪挂钩，规模养殖场因养殖数量优势成为普惠性补贴政策的最大受益者，因此，补贴政策实质上促进了生猪养殖规模化（周晶等，2015a）。环境规制政策虽然对所有养殖场都有抑制作用，但是，规模养殖场因具有技术优势和规模经济效应对环保政策的敏感度较低，相反地，散养户生产管理粗放，更容易受到环境规制政策影响，尤其是在地方政府“一刀切”做法下，散养户数量减少得更多。因此，无论是补贴政策还是环境规制政策，其实施在客观上都导致了生猪散养户数量减少。

生猪产业政策的影响最终体现在养殖场的成本收益变动中。2004—2018年这一阶段，中国生猪养殖净利润的第一个高峰出现在2007年，而最低谷出现在2014年，这与生猪养殖补贴政策 and 环境规制政策实施的时间节点一致。2007年生猪散养户的每头净利润最高达到415.09元，而小规模、中规模和大规模养殖场的每头净利润分别是381.64元、389.65元和351.08元。2007年后，受到生猪养殖补贴政策和“猪周期”的影响，生猪养殖利润开始下滑。随着2014年畜禽养殖污染环境规制强度的增加，各类规模生猪养殖净利润下降趋势进一步加剧，到2018年，只有中、大规模生猪养殖场盈利，每头净利润分别为31.98元和43.96元，而散养户和小规模养殖场都出现亏本，每头净利润分别为-235.52元和-45.18元^③。总体上看，100头以下规模生猪养殖场出现亏本并大量退出，而中、大规模生猪养殖

^①原始数据来源于《中国畜牧兽医年鉴》（2008—2014年，历年）。

^②原始数据来源于《中国畜牧兽医年鉴》（2014—2018年，历年）。需要说明的是，2018年数据来源于中国经济社会大数据研究平台（<https://data.cnki.net/YearData/Analysis>）。

^③数据来源于《全国农产品成本收益资料汇编》（2005—2019年，历年）。需要说明的是，本文对中、大规模生猪养殖场的划分是根据《中国畜牧兽医年鉴》确定的，与《全国农产品成本收益资料汇编》的划分标准不一致。

场仍存在盈利空间，成为生猪养殖场规模调整的发展方向。

已有理论和文献解释了农场规模结构变化及其背后的原因。最早解释农场规模及其结构变化的理论是 Cochrane（1958）提出的“农业技术跑步机（agricultural technology treadmill）”理论。根据该理论，农民通常会负债采用新技术以提高产量，而采用新技术的农民数量增加会导致作物产量过剩进而使得利润下降，为偿还债务他们需要继续采用新技术，从而不得不在农业技术的“跑步机”上继续奔跑（Zimmermann, 2011）。除非他们不断更新生产方式，以保持竞争中领先，否则，他们的利润就会被慢慢吞噬（Blank, 2008）。2007—2017年，中国生猪散养户的利润下降并出现亏本，管理粗放的散养方式不再适应现实发展需要，迫使农户转变生产方式。目前，只有中、大规模养殖场尚存在利润空间。“农业技术跑步机”理论解释了生猪养殖场受规模经济驱动不断扩大养殖规模进而导致生猪养殖规模结构频繁变化的现实。

尽管生猪养殖场规模调整和进入退出较为频繁，但以散养户为主的生猪养殖规模结构在各地持续存在。根据“农业技术跑步机”理论，生猪养殖资源应该从低效率养殖规模的农场向高效率养殖规模的农场转移，但为什么散养户在中国生猪养殖行业中仍然占绝大多数？中国生猪养殖规模结构变动是产业政策造成的吗？不同类型生猪养殖场规模调整的路径是什么？为了回答以上问题，本文将利用2001—2018年省级面板数据，通过马尔可夫链方法，描述中国生猪养殖规模结构的变动，分析生猪产业政策对养殖规模结构变动的影响。

在研究养殖规模结构变动的相关文献中，Padberg（1962）首次将马尔可夫链作为研究方法，应用于美国加利福尼亚州液态奶行业奶牛养殖规模结构的动态分析中。之后，学者们将该方法应用于畜禽养殖领域的多项研究中，例如，Lee et al.（1970）和 Disney et al.（1988）运用该方法分析了生猪养殖规模问题，Chavas and Magrand（1988）、Zepeda（1995）、Rahelizatovo and Gillespie（1999）将该方法应用于美国威斯康星州、路易斯安那州和其他州的奶牛场规模变动问题研究中。上述研究都假定农场规模状态是具有马尔可夫性质的随机过程。马尔可夫链方法不仅适合于分析结构模式问题（Zimmermann et al., 2009），而且可以识别影响状态转移概率的变量，但目前国内鲜有将马尔可夫链方法应用于生猪养殖规模结构变动的研究。

鉴于此，本文采用两步法分析生猪产业政策对生猪养殖规模结构变动的影响：首先利用马尔可夫链方法分析生猪养殖场规模状态转移概率，揭示养殖场规模调整的实现路径；然后分析生猪产业政策对养殖场规模状态转移概率的影响，探讨不同规模养殖场规模调整对生猪产业政策反应的差异性。

二、研究假说

进入21世纪后，在劳动力等要素成本上升、生猪价格低迷、蓝耳病疫情暴发的冲击下，生猪散养户在全国范围内加速退出（阮冬燕，2018），生猪产能下降，市场价格剧烈波动。为此，2007年国务院出台《关于促进生猪生产发展稳定市场供应的意见》（国发〔2007〕22号），之后系统性地开始实施能繁母猪补贴、能繁母猪保险、生猪良种补贴、生猪调出大县奖励计划、生猪标准化规模养殖场（小区）专项资金等补贴政策，对生猪生产进行调控。

生猪补贴政策会激励养殖场进入或规模扩张。规模养殖场所需的固定投入大，专项补贴在短期内能够提供较大额度的资金支持，帮助养殖场完成新建或者扩建。以邯郸市为例，2010年生猪养殖场年出栏500~999头、能繁母猪存栏30头以上可获20万元补助，年出栏3000头以上最高可获80万元补助。专项补贴一般对养殖规模有规定，所以主要是大规模养殖场获得补贴，而那些未获得补贴但有扩张欲望的养殖场往往会筹措资金扩大规模以寻求扶持（周晶等，2015a），因此，专项补贴政策会促进中、小规模养殖场向大规模养殖场扩张，从而会增加大规模养殖场的数量。此外，为了扩大补贴范围，地方政府通常不对符合条件的养殖场进行重复补贴，从而刺激了大规模养殖场的数量增长。

能繁母猪是养殖场的核心资产，能繁母猪补贴能直接降低养猪场的经营成本。以江苏省为例，每头能繁母猪据实补贴100元，一个能繁母猪存栏1000头的养殖场将获得10万元补贴。能繁母猪死亡是养殖场的重大损失，若受到疫病的冲击，养殖场的损失会更加惨重，而能繁母猪保险能够降低母猪死亡带来的风险损失。2007年中国保监会启动能繁母猪保险，每头能繁母猪保额1000元，保费是保额的6%，即每头60元，其中中央及地方政府负担48元，保户只需缴纳12元。优质生猪品种能够提高饲料转化率和瘦肉率，不仅可以提高生猪产品市场价格，还能够降低饲料成本。国家实施的生猪良种补贴对每头母猪每年补贴40元，能够降低养殖场购买良种种猪精液的成本。普惠性补贴作为长期补贴是与能繁母猪挂钩的，散养户因养殖数量少实际获益有限，因此这一政策激励可能无法提高散养户的积极性，促进生猪散养户数量增长的作用有限，而规模养殖场尤其是大规模养殖场的数量增长可能会十分明显。

无论是专项补贴还是普惠性补贴，都是按生猪头数发放，规模养殖场在养殖数量上更具优势，其数量增长可能较快，而散养户数量可能会不断下降，因此，生猪养殖规模结构异质性增大。此外，政府政策往往存在选择性偏好，生猪养殖补贴政策主要是扶持规模养殖场，例如，连云港2011年“以奖代补”对每个市级畜牧规模养殖示范点给予10万元的资金补贴。由此可见，生猪补贴政策的实施可能导致散养户减少，但可能促进中、小规模养殖场扩张和大规模养殖场数量增长。

随着环境污染加剧，各种环境问题接踵而至（刘刚等，2018；王明利，2018）。生猪养殖业先后经历了环保政策宽松期、收紧期、密集期和暴发期（唐莉、王明利，2020）。相较之前环境规制停留在总体制度层面，2001年原国家环境保护总局发布了《畜禽养殖污染防治管理办法》（国家环境保护总局令9号）和《畜禽养殖业污染防治技术规范》（HJ/T 81—2001），同年原国家环境保护总局、国家质量监督检验检疫总局又发布了《畜禽养殖业污染物排放标准》（GB 18596—2001），从技术和标准层面规范畜禽养殖，要求新建、改建和扩建畜禽养殖场必须符合环保规定，并办理环境影响评价审批手续。然而，在实际操作中，政府往往对规模养殖场存在选择性偏好，而对散养户有所限制。2005年国家颁布《中华人民共和国畜牧法》，要求畜禽养殖场、养殖小区应当有对畜禽粪便、废水和其他固体废弃物进行综合利用的沼气池等设施或者其他无害化处理设施，政策针对性和可操作性增强。2009年，原环境保护部发布《畜禽养殖业污染治理工程技术规范》（HJ 497—2009），规定了畜禽养殖场环境质量、粪便处理等相关技术规范，鼓励发展不同规模和形式的废弃物无害化处理和资源化综合利用模式。规模养殖场尤其是大规模养殖场在圈舍建设、粪污处置方面的标准较高，承担建设成本的能

力较强，而且更容易获得政府的环境补贴。以沼气池为例，建设池容越大的沼气池，可获得的补助越高^①，因此，规模养殖场受环境政策约束较小，实际较多受到环境约束的还是散养户。

2012年原环境保护部和农业部发布《全国畜禽养殖污染防治“十二五”规划》（环发正〔2012〕125号），总结了畜禽养殖环境污染的现状、问题和形式，畜禽养殖污染防治开始走向新阶段。2013年，国务院发布《畜禽规模养殖污染防治条例》（国务院令 第643号），这是中国首部农业农村环保行政法规，畜禽养殖环境规制开始走向法制化。随后，“大气十条”“水十条”等环境保护政策相继出台。2016年，原环境保护部办公厅和农业部办公厅印发《畜禽养殖禁养区划定技术指南》（环办水体〔2016〕99号），指导各地划定畜禽养殖禁养区。在政策的影响下，大量不合规的畜禽养殖户被关闭、停办、合并或转产，特别是在中央环保督察组成立后，畜禽养殖环境规制更加严格，不合规的养殖场被大量关停。有些地方甚至采取“一刀切”的做法，出现了“无猪县”“无猪市”现象。2013年之后，各类生猪养殖场的发展都受到抑制，且规模越小的养殖场数量下降越快。

环境规制政策的实施对养猪场数量发展的抑制作用主要体现在两方面：一方面，环保标准的设定和治污设施的投入导致养殖场经营成本增加；另一方面，政府行政禁令和选择性关停使得养殖场生存压力增大。这种抑制作用导致养猪场无法承担环保成本而主动退出或被迫关停。环境规制使所有养殖场受到抑制，导致养殖场总量下降，但随着时间推移，经优胜劣汰存活下来的散养户生存能力增强，退出生猪养殖的可能性下降。另外，散养户由于固定投入少，在生猪产能下降的情况下，能够快速进入市场补充产能，其存在的必要性增强，在生猪养殖规模结构中份额降低的可能性下降。

尽管各级政府支持生猪养殖的政策增多，但政策执行效力持续性差，政策衔接不畅、反复调整，缺乏系统性、长期性的政策支持，导致生猪养殖规模结构变动频繁。总体上看，生猪散养户在进入退出行为上更为灵活，因此数量变化弹性更大，而规模养殖场会通过规模调整适应政策变化，在进入退出行为上更为审慎。

基于以上分析，本文提出以下研究假说：

假说 1：生猪补贴政策会促进中、小规模养殖场扩张，但会导致散养户退出。

假说 2：环境规制政策的实施抑制生猪养殖场规模扩张的可能性，但会提高散养户维持原有规模的可能性，并降低散养户退出的概率。

三、模型构建与数据来源

（一）模型构建

借鉴 Stokes（2006）的思路，本文假定生猪养殖场的运营遵循跨期利润最大化策略，即养殖场场主在无限期内追求期望折现净利润最大化，那么，养殖场决策问题就是随机最优控制问题，可通过下

^①以规模化畜禽粪便沼气治理工程为例，2013年江苏省对建设池容 50~100 立方米以下的沼气池每处补助 4 万~12 万元，对建设池容 200~300 立方米以下的沼气池每处补助 24 万~65 万元，对建设池容 500~1000 立方米以下的沼气池每处补助 95 万~155 万元，对建设池容 1000 立方米以上的沼气池每处补助 180 万~190 万元。

式来表示：

$$V(q, t) = \max_{x, l} \left\{ E_t \int_t^T e^{-\rho \cdot t} \cdot [pq(x, l, T_q) - \omega x - \omega_l l] dt \right\} \quad (1)$$

(1) 式中， V 表示最大化的期望折现净利润， E 表示期望符号。 ρ 表示贴现率， t 表示时间， p 表示生猪市场价格， $q(x, l, T_q)$ 表示生猪产出函数（生猪按重量销售，所以用重量反映产出），产出 q 依赖于养殖数量 l 、技术进步 T_q 以及要素投入 x 。 ω 和 ω_l 分别代表要素价格、管理成本（与养殖数量有关）向量。 $q(\cdot)$ 是没有指定特定形式的有效生产函数，并有 $\partial q / \partial l \geq 0$ ， $\partial q / \partial x \geq 0$ ， $\partial q / \partial T_q \geq 0$ （Stokes, 2006）。

最优控制问题就是确定养殖场的投入量 $x(t)$ 和养殖规模量 $l(t)$ 问题。根据 Stokes (2006) 的思路，每个状态变量（生猪产量）存在一个移动方程来描述该状态变量是如何随时间变化的，即服从一阶随机微分方程 $dq = \sigma_q(q, l, t) dz_q$ ， dz 表示维纳过程增量，用来捕捉外部冲击。状态变量是满足期望为零、方差为 $\sigma_q^2(q, l, t) dt$ 的随机过程。生猪产出量的波动依赖于现有生猪产量 q 以及养殖数量 l ，在这种情况下，养殖场最优决策问题便是确定最优规模头数 l 的问题。如果所有养殖场都按照随机最优控制问题进行决策，养殖场规模演化将遵循马尔可夫过程。

从技术上讲，马尔可夫链一直被用于分析结构问题（Zimmerman et al., 2009）。Stokes (2006) 为运用马尔可夫链方法分析规模结构变化问题提供了理论分析。该方法的优点是在无法获得养猪场规模具体变动轨迹的情况下，可以采用总体数据分析微观层面的问题。根据马尔可夫性质，如果 $X(t)$ 表示随机变量，那么，将来时刻的 $X(t+s)$ ($s > t$) 的条件分布只取决于现在时刻的 $X(t)$ ，而不取决于过去时刻的 $X(u)$ ($u < t$)。若将其表达为数学方式，则有：

$$P\{X(t+s) = j | X(t) = i, X(u) = x(u), 0 \leq u < t\} = P\{X(t+s) = j | X(t) = i\} = P_{ij} \quad (2)$$

(2) 式中， i 和 j 分别表示随机过程的状态，在本文中表示生猪养殖场的养殖规模状态， X 表示随机变量， P_{ij} 表示转移概率， t 表示时间。如果 $i = j$ ，则表示维持原有规模；如果 $i < j$ ，表示规模扩张；如果 $i > j$ ，表示规模萎缩。(2) 式定义马尔可夫链的同时也定义了马尔可夫性质，即“无记忆性”。生猪养殖场未来规模调整也是根据当前规模做出的，与以往状态无关，是具有马尔可夫性质的随机过程（Stokes, 2006）。生猪养殖场规模状态转移也表现出马尔可夫链性质的不可约性，这意味着从理论上讲，在养殖场规模演变过程中，规模在任意状态间转移都存在可能性，可表现为维持原有规模、规模扩张、规模萎缩、进入、退出，因此，马尔可夫链方法适用于分析生猪养殖规模问题（Lee et al., 1970; Disney et al., 1988）。

对生猪养殖场而言，构成马尔可夫链的状态是规模类别，养殖头数通常被定义为规模状态。本文中所讲的生猪养殖场包含散养户和规模养殖场，且可根据规模状态划分为散养户（1~49 头）、小规

模养殖场（50~99 头）、中规模养殖场（100~499 头）和大规模养殖场（≥500 头）^①，分别用“1~4”表示。借鉴 Huettel and Jongeneel（2011）的分类方法，本文引入一个“池”状态，表示进入或退出状态，用“5”表示。此外，由于养殖场进入，尤其是再进入，不能被完全排除，当 $i = 5$ 和 $j = 5$ 同时存在时，该“池”状态表示进入和退出量的净值，即初始年份养殖场总数与某一关注年份养殖场数量之间的差值，在养殖场总数减少的情况下，该值实际上是净退出值。本文将初始年份的养殖场总数作为所有规模状态的初始水平。这意味着进入或退出状态的养殖场数量在初始年份为零，由于每年每类规模状态的养殖场数量加总后是恒定的，所以“池”状态下的养殖规模结构份额会随着时间推移而增加（Tonini and Jongeneel, 2009）。

根据马尔可夫链模型，参考 Golan et al.（1996）的做法，中国生猪养殖场规模状态的动态分布可定义如下：

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^5 S_{t-1,i} P_{ij} + \mu_{ij} \quad (3)$$

（3）式中， t 表示时间， S_{ij} 表示在 t 时刻第 j 类养殖场的数量占总体的份额， u_{ij} 为误差项。转移概率 P_{ij} 表示从 $t-1$ 时刻的 i 规模转移到 t 时刻的 j 规模的概率，满足 $\sum_{j=1}^J P_{ij} = 1$ ，且 $0 \leq P_{ij} \leq 1$ 。转移概率的确定是马尔可夫链模型的关键，转移概率 P_{ij} 通过估计值 \hat{P}_{ij} 得到。学者们对转移概率矩阵的求解方法也开展了研究（例如 Disney et al., 1988; Massow et al., 1992）。

借鉴以往研究，本文建立一个以各元素行和等于 1 和各元素非负为约束条件的优化模型求解马尔可夫链规模转移概率矩阵，模型是以最小化规模状态实际值与估计值的误差绝对值之和 E 为目标（Huettel and Jongeneel, 2011; Massow et al., 1992），其中，规模状态估计值是运用转移概率估计值求得的。 j 规模状态估计值 $\hat{S}_j(k)$ 和 $S_j(k)$ 的拟合误差表示为：

$$e_j(k) = S_j(k) - \hat{S}_j(k) = S_j(k) - \sum_{i=1}^n S_i(k-1) \hat{P}_{ij} \quad (4)$$

进一步地，通过线性转换，将上述优化模型变为线性规划模型，便可较准确地算出规模转移概率。

线性规划模型的表达式如下：

^① 《中国畜牧兽医年鉴》将生猪养殖场规模分为九等：1~49 头、50~99 头、100~499 头、500~999 头、1000~2999 头、3000~4999 头、5000~9999 头、10000~49999 头和 50000 头以上。国家发展改革委办公厅、原农业部办公厅发布的《关于申报生猪标准化规模养殖场（小区）、生猪扩繁场和种鸡场建设项目投资计划的通知》（发改办农经〔2008〕524 号）和原农业部印发的《全国畜牧业发展第十二个五年规划》（农牧发〔2011〕8 号）都把 500 头以上作为生猪养殖规模化水平的衡量指标，因此，本文将规模 500 头以上的生猪养殖场定义为大规模养殖场。

$$\begin{cases} \min E = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m |S_j(k) - \sum_{i=1}^n S_i(k-1)\hat{P}_{ij}| \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n \\ P_{ij} \geq 0, i, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (5)$$

规模转移概率形成如下的一个 $n \times n$ 矩阵^①：

$$\begin{bmatrix} \hat{P}_{11} & \hat{P}_{12} & \dots & \hat{P}_{1n} \\ \hat{P}_{21} & \hat{P}_{22} & \dots & \hat{P}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{P}_{n1} & \hat{P}_{n2} & \dots & \hat{P}_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

通过上述马尔可夫链方法得到的转移概率实际上是条件转移概率，因为养殖规模的动态分布受到生猪产业政策的影响。根据 Disney et al. (1988) 提出的条件概率是外生变量的线性函数，可将随时间变化的养殖场规模转移概率表示为政策和其他外生变量的函数，函数表达式如下：

$$P_{ijtr} = \beta_1 Pol_{tr} + \beta_2 Z_{tr} + \mu_r + \varepsilon_{tr} \quad (7)$$

(7) 式中， P_{ijtr} 表示 t 时刻 r 区域生猪养殖场从规模 i 变动到规模 j 的转移概率， Pol_{tr} 表示政策变量， Z_{tr} 表示其他外生变量， μ_r 表示个体效应， ε_{tr} 表示随机效应， β_1 和 β_2 为待估参数。政策变量 Pol_{tr} 包含生猪养殖补贴强度和環境规制强度。本文引入了区域市场条件、生猪养殖规模特征、生猪养殖资源禀赋和宏观经济条件等作为控制变量（参见 Jongeneel et al., 2005; Stokes, 2006; Huettel and Jongeneel, 2011; 虞祎等, 2011）。由于转移概率 P_{ijtr} 的取值范围是 $[0, 1]$ ，属于受限被解释变量，使用 OLS 回归会造成结果的偏误，因此本文考虑使用面板 Tobit 模型。本文采用 Stata12.0 软件对 (7) 式进行估计。

(二) 数据来源

本文所用数据是 2001—2018 年 30 个省（直辖市、自治区）的面板数据。不同规模生猪养殖场数量的数据来自 2002—2018 年《中国畜牧兽医年鉴》^②，部分缺失数据采用插值法确定。反映生猪养殖补贴强度和環境规制强度的数据来自中国知网的法律检索系统。生猪价格来自布瑞克数据库^③的周度价格数据。生猪养殖物质费用和人工成本数据来自 2002—2019 年《全国农产品成本收益资料汇编》。畜牧养殖机械动力数据来自 2002—2019 年《中国农业机械工业年鉴》。饲料供给数据来自 2002—2017

^① 本文的规模转移概率矩阵结果通过 Lingo11 软件实现。

^② 需要说明的是，2018 年的数据是根据 2013—2017 年平均增长率预测所得。

^③ 网址是：<http://www.agdata.cn/>。

年《中国饲料工业年鉴》^①。屠宰及肉类加工业企业法人单位数、耕地面积数据来自中国经济社会大数据研究平台^②。公路、铁路和内河航道里程数据来自国家统计局数据查询网站^③。生猪疫病死亡数和扑杀数数据来自农业农村部 2001—2018 年的月度《兽医公报》。

（三）变量说明

本文研究生猪产业政策对中国生猪养殖规模结构变动的的影响，因此选取养殖场规模转移概率为被解释变量，选取生猪产业政策为核心解释变量，具体而言，生猪产业政策变量包括环境规制强度和生猪养殖补贴强度。生猪养殖补贴强度和环境规制强度用从中国知网中国法律数字图书馆^④查到的各省份每年新增执行的有关生猪养殖补贴和环境规制政策法规条目数量反映，并将国家层面颁布的政策法规条目数量加到各省单独颁布的政策法规条目数量上。对于生猪养殖补贴强度，以“生猪”“补贴”为搜索词条；对于环境规制强度，以“环境”“畜牧”为搜索词条。由于生猪养殖补贴政策是根据生猪饲养数量标准具体实施的，即养殖场在前期先进行投入，之后才会获得生猪养殖补贴，因此，后文回归分析中将生猪养殖补贴强度变量的滞后一期纳入模型。

借鉴已有研究，本文选择的控制变量包括：①生猪市场价格。这一变量用生猪市场年度均价来反映。相比长期市场价格，中短期市场价格更具有外生性，会对生猪养殖规模结构变化产生重大影响（Goddard et al., 1993）。生猪市场价格如果高，就会降低养殖场规模萎缩和退出的可能性，诱发养殖场规模扩张和进入（Breusted and Glauben, 2007）。②规模异质性。区域内养殖规模异质性会促进资源在养殖场之间再分配，从而增加养殖场向上或向下的规模转移概率（Zimmermann and Heckelei, 2012），因此，养殖规模异质性越大，规模结构变化越快。参考李航（2012）的方法，本文用基于区域内各规模类型养殖场数量占比计算的基尼系数测度养殖规模异质性^⑤，基尼系数在 0~1 之间，基尼系数越大，区域内养殖场的规模集中度越低，规模异质性越强。③土地承载力。生猪养殖属于污染性行业，需要一定土地来消纳粪污，这成为区域养殖业发展的现实约束。土地承载力差的地区更可能出台相关政策对生猪养殖规模进行干预。笔者认为，土地承载力越大，区域内生猪养殖规模结构变化越慢。本文用各省耕地面积占全国耕地总面积比例测度土地承载力。④饲料供给。饲料成本上升直接增加生猪养殖场的经营成本，进而提高其退出和规模萎缩的转移概率。目前，传统小农的生猪投喂方式逐渐被饲料喂养替代，饲料成本约占其生产成本的 55%左右^⑥。饲料价格取决于饲料市场中的供需情况，在饲料需求相对稳定的情况下，区域内饲料供给增加会降低饲料价格，进而降低生猪养殖场的饲

^①需要说明的是，2017、2018 年数据是根据 2012—2016 年平均增长率预测所得。

^②网址是：<https://data.cnki.net/YearData/Analysis>。

^③网址是：<https://data.stats.gov.cn/>。

^④网址是：<https://lawnew.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=CLKLP>。

^⑤假设有 K 类，样本点属于第 k 类的概率为 P_k ，则基尼系数为 $Gini = \sum_{k=1}^K P_k(1 - P_k) = 1 - \sum_{k=1}^K P_k^2$ ，在状态个数相同同时，状态集中度越高，基尼系数越小。

^⑥原始数据来源于《全国农产品成本收益资料汇编》（2017—2019 年，历年）。

料成本。本文选取各省饲料生产总量衡量饲料供给。⑤畜牧养殖机械动力。为了控制区域之间生猪养殖的技术差异，本文加入各省畜牧养殖机械动力变量。⑥屠宰加工能力。屠宰加工环节是生猪肉品转换的关键环节，是全产业链技术进步的体现。屠宰加工企业越多表示屠宰加工能力越强，对生猪需求量越大，养殖场退出的可能性越低。本文采用各省屠宰及肉类加工企业法人单位数衡量屠宰加工能力。⑦交通条件。便利的交通条件能够扩大生猪销售半径，同时也能扩大饲料等投入品的来源范围，交通通达性越好，生猪养殖越稳定。本文参考李雪松、孙博文（2015）的方法，采用各省公路、铁路和内河航道总里程来衡量交通条件。⑧疫病冲击。学者们普遍认为，疫病对农业结构的冲击是显著的，尤其是畜牧业，疫病会改变养殖场原有规模状态（刘婷婷等，2020；李鹏程、王明利，2020）。本文采用8种常见病^⑧导致的生猪死亡数和扑杀数之和衡量疫病冲击。⑨技术水平。技术变化通常被认为在农业结构变化中起主要作用，并且与规模经济密切相关（Cochrane, 1958；Boehlje, 1992）。一般而言，技术进步会降低养殖场的单位产出成本，但达到一定规模才有利可图，所以，大规模养殖场更可能创新（Harrington and Reinsel, 1995）。规模收益处在较低或中等水平的农场，特别是畜牧业（Hallam, 1991），要么离开该行业，要么扩张到养殖成本与长期平均成本相一致的规模（Goddard et al., 1993）。由于不同规模养殖场在养殖方式上存在差异，人工和其他要素投入组合不同，为测度不同规模养殖场的技术水平，本文采用养殖场饲养每头生猪单位人工成本上的物质服务费用来度量。

变量的含义及其描述性统计见表1。

表1 变量的含义及其描述性统计

变量名称或符号	变量含义和赋值	均值	标准差
被解释变量			
P_{11}	散养户维持原有规模的转移概率	0.676	0.327
P_{22}	小规模养殖场维持原有规模的转移概率	0.416	0.370
P_{33}	中规模养殖场维持原有规模的转移概率	0.021	0.113
P_{44}	大规模养殖场维持原有规模的转移概率	0.003	0.025
P_{55}	所有养殖场净退出的转移概率	0.573	0.457
P_{15}	散养户退出的转移概率	0.279	0.398
P_{25}	小规模养殖场退出的转移概率	0.219	0.397
P_{35}	中规模养殖场退出的转移概率	0.167	0.372
P_{45}	大规模养殖场退出的转移概率	0.161	0.366
P_{12}	散养户向小规模养殖场扩张的转移概率	0.012	0.054
P_{23}	小规模养殖场向中规模养殖场扩张的转移概率	0.032	0.105
P_{24}	小规模养殖场向大规模养殖场扩张的转移概率	0.004	0.030
P_{34}	中规模养殖场向大规模养殖场扩张的转移概率	0.005	0.030
P_{32}	中规模养殖场向小规模养殖场萎缩的转移概率	0.736	0.417
P_{42}	大规模养殖场向小规模养殖场萎缩的转移概率	0.786	0.406

^⑧8种常见病主要包含口蹄疫、猪水泡病、猪瘟、猪繁殖和呼吸系统综合征、猪囊虫病、炭疽、猪丹毒、猪肺疫。

中国生猪养殖规模结构变动是产业政策造成的吗？

解释变量			
生猪养殖补贴强度	每年新增的生猪养殖补贴政策法规条目数（个）	2.311	5.655
环境规制强度	每年新增的环境规制政策法规条目数（个）	3.922	4.935
控制变量			
生猪市场价格	生猪年度均价（元/千克）	11.965	4.004
规模异质性	基于区域内各规模类型养殖场数量占比计算的基尼系数	0.151	0.172
土地承载力	各省耕地面积占全国耕地面积比例	0.030	0.022
饲料供给	各省饲料生产总量（万吨）	546.484	707.268
畜牧养殖机械动力	各省畜牧养殖机械动力（万千瓦）	56.402	52.715
屠宰加工能力	各省屠宰及肉类加工企业法人单位数（个）	538.026	517.929
交通条件	各省公路、铁路和内河航道总里程（公里）	120728.400	76465.110
疫病冲击	8种常见病导致的生猪死亡数和扑杀数之和（头）	3199.794	14886.150
散养户技术水平	散养户每头生猪单位人工成本上的物质服务费用	3.992	2.514
小规模养殖场技术水平	小规模养殖场每头生猪单位人工成本上的物质服务费用	10.308	16.093
中规模养殖场技术水平	中规模养殖场每头生猪单位人工成本上的物质服务费用	13.087	7.460
大规模养殖场技术水平	大规模养殖场每头生猪单位人工成本上的物质服务费用	22.884	15.958

注：规模转移概率的观测值个数为 510，饲料供给和中、大规模养殖场技术水平观测值个数为 522，散养户技术水平观测值个数为 339，小规模养殖场技术水平观测值个数为 476，其他控制变量观测值个数为 540。

四、实证结果分析

（一）中国生猪养殖场规模转移概率分析

为了分析生猪产业政策对养殖规模结构变动的影响，本文用基于马尔可夫链方法计算的养殖场规模转移概率反映养殖规模变动的特征。如表 2 所示，生猪养殖场规模转移概率主要集中在矩阵主对角线、上三角和最后一列。规模转移概率集中在对角线上表明养殖场主要保持在原有规模上，存在很强的路径依赖。其中，概率值又以 P_{11} 为最大，以 P_{44} 为最小，说明由于资产专用性差异的存在，养殖场在面临相同外部冲击时，调整规模的可能性也存在差异，进而决定了养殖规模结构变化的趋势和速度。受养殖历史和传统影响，中国生猪养殖主体仍以散养户为主。鉴于中国生猪散养户较多，按照现有转移概率变化，以散养户为主的规模结构将会保持相当一段时间。这主要取决于各类养殖场占比结构改变的速度，而这又受自然和人为等不确定性因素影响较大，尤其是政策调整的影响。此外，养殖场一旦被定义为规模养殖场就不会成为散养户，因此表 2 第 1 列中第 2 行到第 4 行的值均为零，除此之外的零值是因为转移概率较小，在保留两位小数后显示为零值，但并不代表对应事件不会发生。

转移概率向矩阵右上三角倾斜表明生猪养殖场呈现规模扩张趋势。规模扩张以临近规模扩张为主，跨规模调整的概率较小，这是养殖场规模发展存在路径依赖的又一佐证。养殖场规模扩张的决策不仅受投资风险影响，还取决于自身养殖经验以及对市场风险和自然风险的掌控。跨规模调整超越以往养殖经验，所带来的风险较大，因此养殖场倾向于在临近规模间调整，规模跨越越大，调整的概率越小。

矩阵左下三角部分表示养殖场规模萎缩的趋势。规模萎缩和扩张不会表现出对称性，规模扩张更

可能存在序贯调整行为，而规模萎缩更具有跨越性。中、大规模养殖场主要向小规模养殖场转移，因为中、大规模养殖场面临外部冲击时会大幅缩减规模以规避风险，但不会像散养户一样轻易退出，只要养殖规模缩减到生猪养殖收益能弥补平均可变成本时就会停止调整。生猪养殖场规模萎缩的概率大于规模扩张的概率，这与行业整体利润下降相关。

表 2 的规模转移概率矩阵的第 5 列为一种“池”状态，养殖场退出市场意味着该池增大，养殖场进入市场则意味着该池减小，如将数据初始年份作为基期，退出的养殖场在总体中的占比不断提高。从转移概率看，退出概率更大，而进入概率几乎为零，但这并不意味着没有养殖场进入行业，只是总体数据掩盖了个体信息，在养殖场总量减少的趋势下，进入或退出状态表现为净退出。新进入者在数量上并不占优势，不过也存在个体退出再进入的可能。此外，生猪养殖场规模越大，沉没成本越高，退出的可能性越小。

	散养户	小规模养殖场	中规模养殖场	大规模养殖场	退出
散养户	0.93	0.01	0.00	0.00	0.06
小规模养殖场	0.00	0.62	0.11	0.02	0.25
中规模养殖场	0.00	0.15	0.75	0.11	0.00
大规模养殖场	0.00	0.43	0.00	0.57	0.00
进入	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

（二）生猪产业政策对养殖场规模转移概率的影响

进一步地，本文通过估计生猪产业政策对不同规模养殖场规模转移概率的影响（估计结果见表 3~表 6），探讨养殖规模结构变动的机理。根据前文分析，转移概率的分布主要集中在矩阵的右上三角部分，并以对角线上的转移概率值为最大，显著的规模转移路径主要有维持（ P_{11} 、 P_{22} 、 P_{33} 和 P_{44} ）、扩张（ P_{12} 、 P_{23} 、 P_{24} 和 P_{34} ）、萎缩（ P_{32} 和 P_{42} ）、退出（ P_{15} 、 P_{25} 、 P_{35} 、 P_{45} 和 P_{55} ）^①，共 4 类 15 条具体路径。由于本文计算的生猪养殖场进入行业的概率太小，接近于零，本文不再单独分析。

1. 生猪产业政策对养殖场维持原有规模概率的影响。根据前文分析，生猪养殖场规模调整存在路径依赖，在规模调整中大多数养殖场首先考虑的是以维持现有规模为主。从理论上讲，相较于中、大规模养殖场，散养户和小规模养殖场维持原有规模的概率更容易受到生猪产业政策影响，并且规模越小，对政策的敏感性越强。这是因为散养户的固定投入少，进入和退出都较为灵活。相反，中、大规模养殖场的沉没成本和转产成本高，一般不会轻易进行规模调整。在买方市场环境中，规模较小的养殖场是市场价格的被动接受者，因此，其行为决策实质上是以成本最小化为目标，补贴会直接降低其经营成本。而规模较大的养殖场凭借规模经济和技术优势使平均成本曲线下移，对补贴的敏感性也会降低。从表 3 的回归结果看，生猪养殖补贴强度在回归 1 和回归 2 中系数为负，且分别在 5% 和 10% 的统计水平上显著，表明生猪养殖补贴强度越大，散养户和小规模养殖场维持原有规模的可能性越小。

^① P_{35} 和 P_{45} 虽显示为零，但实际上是有值的，只是值较小，在保留两位小数后显示为零。

环境规制强度在回归 1 中系数为正，且在 5% 的统计水平上显著，表明环境规制强度越大，散养户维持原有规模的可能性也越大，部分地验证了假说 2。这可能是因为环境规制政策加快了养殖场退出速度，导致短期内生猪供给减少，无法满足市场需求。散养户分布范围较广，由于固定投入少，进入和退出市场比较灵活，能快速补充生猪供给。因此，当环境规制强度提高时，生猪散养户更可能维持原有规模。受篇幅所限，关于控制变量的回归结果，将在下文结合其他回归的结果一并讨论。

表 3 生猪产业政策影响养殖场维持原有规模概率的回归结果

变量	P_{11}	P_{22}	P_{33}	P_{44}
	回归 1	回归 2	回归 3	回归 4
生猪养殖补贴强度	-67.951** (29.978)	-91.500* (47.380)	-76.541 (174.956)	-1594.269 (1191.234)
环境规制强度	87.385** (38.629)	68.390 (57.646)	-74.201 (211.544)	-132.226 (197.457)
生猪市场价格	-126.873* (65.747)	-117.601 (91.360)	-202.679 (225.321)	-372.376 (228.855)
规模异质性	-8902.787*** (2795.183)	-13452.150*** (3171.307)	11793.673*** (4517.622)	-2328.096 (2904.743)
土地承载力	34032.404** (16724.113)	35919.342** (15566.701)	44040.079 (47211.834)	88906.018*** (25416.839)
饲料供给	0.254 (0.201)	-0.322 (0.355)	-0.912 (2.485)	2.642*** (0.893)
畜牧养殖机械动力	11.807*** (4.418)	12.108 (8.026)	36.409** (17.277)	15.657 (10.630)
屠宰加工能力	-0.361 (0.613)	-0.534 (0.824)	-11.238** (5.685)	-6.837** (3.151)
交通条件	-0.007 (0.005)	-0.010 (0.007)	-0.006 (0.018)	-0.020 (0.016)
疫病冲击	0.005 (0.004)	0.006 (0.006)	0.046 (0.029)	-0.098 (0.123)
散养户技术水平	-225.709** (88.007)			
小规模养殖场技术水平		12.281 (23.317)		
中规模养殖场技术水平			207.559** (95.142)	
大规模养殖场技术水平				5.636 (27.922)
常数项	9306.917***	6798.152***	-10336.836***	-4139.606

中国生猪养殖规模结构变动是产业政策造成的吗？

	(757.400)	(1215.725)	(3725.604)	(3235.574)
伪对数似然值	-2716.626	-2820.412	-374.250	-85.871
观测值	320	443	476	476

注：①括号内为稳健标准误；②***、**、*分别代表在 1%、5%、10%的统计水平上显著。

2. 生猪产业政策对养殖场退出概率的影响。中国生猪养殖场总量呈下降趋势，但养殖场的退出路径尚未可知，需要从规模结构上探讨养殖场的退出概率。本文定义的生猪养殖场规模状态的第 5 类属于进入或退出，从表 2 的规模转移概率看，进入各类规模养殖场的概率在保留两位小数后都为零（第 5 行第 1~4 列），因此 P_{55} 实际上表示的是净退出的概率，故将 P_{55} 置于本部分具体分析。

从回归 9 的结果看，生猪养殖补贴强度对养殖场退出概率的影响在 1%的统计水平上显著，且系数为负。而从回归 5 的结果看，生猪养殖补贴强度对散养户的退出概率有显著的正向影响，部分地验证了假说 1。对此的解释在前文已提及，生猪补贴政策实质上促进了生猪养殖规模化发展（周晶等，2015a），散养户实际获益不大，更可能选择退出。在不考虑规模异质性的前提下，尽管环境规制强度对养殖场的退出概率影响不显著（见回归 9），但系数符号为正，表明环境规制强度提高有增加养殖场退出概率的趋势，之所以影响不显著，可能是因为 P_{55} 是一个以养殖场净退出为主的“池”状态，该状态包含的信息较为复杂，不仅包含养殖场退出的数量也包含养殖场进入的数量，这弱化了环境规制强度提高对养殖场退出的作用。从回归 5 的结果看，环境规制强度提高非但没有增加反而降低了散养户退出的概率，部分地验证了假说 2。在生猪养殖场总量减少的背景下这似乎不难理解。在环境规制政策实施过程中，政府往往采取“一刀切”的做法，所有不符合环保要求的养殖场都被关停，甚至一些地区以环保的名义随意扩大限养、禁养区和大搞“无猪市”“无猪县”，限制了当地所有养殖场的发展。而随着市场供需波动，散养户具有灵活进入的优势，其存在的必要性提高了。另外，受养殖习惯和消费偏好影响，一些地区会维持一定数量的生猪散养户。此外，一些二元猪和土三元猪更是受到当地市场的认可，而这些一般是由散养户饲养。因此，在环境规制政策影响下，在生猪养殖场总量减少的同时，散养户的数量占比依然很大。

总体而言，目前中国生猪产业政策对养殖场退出概率的影响主要是通过对散养户退出概率的影响实现的，这也反映了散养户对国家生猪产业政策的反应更敏感。同时，在推动生猪养殖规模化的过程中，补贴政策比环境规制政策可能更有效。

表 4 生猪产业政策影响养殖场退出概率的回归结果

变量	P_{15}	P_{25}	P_{35}	P_{45}	P_{55}
	回归 5	回归 6	回归 7	回归 8	回归 9
生猪养殖补贴强度	96.672*** (32.728)	-333.258 (488.014)	-1820.415 (2966.406)	-4178.554 (4397.711)	-489.554*** (177.843)
环境规制强度	-96.475** (42.177)	-306.749 (411.972)	571.039 (2679.711)	2202.970 (3778.830)	156.972 (184.322)
生猪市场价格	142.719* (68.125)	-211.254 (145.321)	34.425 (102.156)	-7686.272 (4567.891)	589.958** (234.567)

中国生猪养殖规模结构变动是产业政策造成的吗？

	(76.332)	(541.393)	(3572.766)	(5687.999)	(232.834)
规模异质性	8253.437***	52873.947***	163306.337**	102133.018	19459.977***
	(2976.457)	(17843.585)	(74956.034)	(105858.912)	(4784.753)
土地承载力	-37421.297**	-253367.028**	-1288258.846	-1126527.862	-35973.577
	(17978.050)	(108550.669)	(791286.840)	(1053111.249)	(46684.527)
饲料供给	-0.113	-0.180	-57.361	-130.199	3.318
	(0.203)	(2.647)	(42.198)	(89.677)	(2.041)
畜牧养殖机械动力	-28.808***	6.140	-155.385	-33.408	-10.887
	(6.468)	(42.055)	(290.376)	(380.588)	(19.127)
屠宰加工能力	0.371	1.969	51.200	85.516	-2.483
	(0.618)	(4.807)	(43.897)	(76.604)	(2.453)
交通条件	0.013**	0.035	0.514	0.515	0.047**
	(0.005)	(0.043)	(0.355)	(0.499)	(0.019)
疫病冲击	-0.002	-0.238	-1.745	-2.326	0.066
	(0.005)	(0.188)	(1.417)	(2.189)	(0.045)
散养户技术水平	212.356**				
	(94.644)				
小规模养殖场技术水平		-36.267			
		(150.326)			
中规模养殖场技术水平			-1986.927		
			(1940.225)		
大规模养殖场技术水平				271.394	
				(1094.029)	
常数项	130.162	-14516.318*	-163990.524**	-149647.823	-7519.789**
	(864.813)	(7719.876)	(79190.723)	(102960.545)	(3127.422)
伪对数似然值	-2493.403	-761.104	-296.907	-270.481	-1697.831
观测值	320	443	476	476	493

注：①括号内为稳健标准误；②***、**、*分别代表在1%、5%、10%的统计水平上显著。

3. 生猪产业政策对养殖场规模扩张概率的影响。中国生猪养殖场呈现总量下降、平均规模扩张的态势，而规模扩张的具体路径需要进一步探讨。根据规模转移路径，养殖场规模扩张以临近规模扩张为主，跨规模调整的情况较少。由表2的结果可知，养殖场规模扩张的路径有4条（ P_{12} 、 P_{23} 、 P_{24} 和 P_{34} ）。

从表5的估计结果看，生猪养殖补贴强度仅对小规模养殖场的扩张概率产生正向影响（见回归11），表明生猪养殖补贴强度提高增加了小规模养殖场向中规模养殖场扩张的可能性，部分地验证了假说1。环境规制强度主要对中、小规模养殖场的扩张概率具有显著负向影响（见回归11~回归13），表明环境规制强度提高限制了中、小规模养殖场进一步扩张，部分地验证了假说2。在规模养殖场中，小规

模养殖场对政策更敏感，它们面临扩张、维持、萎缩或退出的选择。小规模养殖场不同于散养户，其固定投入和沉没成本已经产生，在市场不确定的情况下，除非达到停止营业点，否则它们有较强的动机改变自身现状，而扩大规模追求规模经济是其必要的现实选择，因此，政策干预是其决策最为敏感的外部激励。

表 5 生猪产业政策影响养殖场规模扩张概率的回归结果

变量	P_{12}	P_{23}	P_{24}	P_{34}
	回归 10	回归 11	回归 12	回归 13
生猪养殖补贴强度	-17.479 (13.203)	131.797* (72.699)	4.121 (38.502)	-144.401 (157.765)
环境规制强度	6.227 (10.626)	-266.830*** (95.569)	-63.925** (31.121)	-181.628** (85.642)
生猪市场价格	6.097 (17.518)	106.354 (98.453)	-2.763 (32.284)	-252.565** (108.498)
规模异质性	-506.284 (810.031)	-4007.574 (-3776.759)	-1615.933 (-1070.604)	3027.207 (-1884.747)
土地承载力	11032.335** (4740.770)	42005.047** (20542.310)	15854.259*** (5696.245)	11563.670 (17227.996)
饲料供给	-0.569** (0.228)	-0.822 (1.003)	0.036 (0.136)	-1.075 (1.603)
畜牧养殖机械动力	2.769* (1.550)	-3.899 (9.018)	0.736 (2.078)	16.551** (7.978)
屠宰加工能力	0.228 (0.166)	1.220 (1.205)	-0.290 (0.377)	-1.094 (1.668)
交通条件	-0.003* (0.002)	-0.015 (0.009)	-0.004** (0.002)	-0.007 (0.009)
疫病冲击	-0.019** (0.008)	-0.022 (0.039)	-0.007 (0.013)	0.004 (0.009)
散养户技术水平	-7.556 (20.336)			
小规模养殖场技术水平		0.933 (30.073)	4.916 (6.021)	
中规模养殖场技术水平				-40.327 (40.848)
常数项	-373.032* (216.913)	-4162.203*** (1467.953)	-1052.011** (493.581)	-862.282 (1386.718)
伪对数似然值	-600.202		-362.318	-187.156
对数似然值		-685.739		

观测值	320	443	443	476
-----	-----	-----	-----	-----

注：①括号内为稳健标准误；②***、**、*分别代表在 1%、5%、10% 的统计水平上显著；③似然比检验结果显示回归 11 的模型存在个体效应，因此采用随机效应的面板 Tobit 回归，而其他回归的模型不存在个体效应，因此采用混合 Tobit 回归。

4. 生猪产业政策对养殖场规模萎缩概率的影响。在表 2 的规模转移概率矩阵中，养殖场规模萎缩位于左下三角部分，主要是从中、大规模养殖场向小规模养殖场转移。要理解养殖场规模萎缩，仍需将其置于生猪养殖场总量减少的背景下，探讨各类规模调整的具体路径。

从表 6 的结果看，生猪产业政策对养殖场规模萎缩概率的影响不显著。但从现实来看，生猪养殖补贴在一定程度上能够降低中、大规模养殖场的经营成本，使其平均成本曲线向下移动，从而不会迅速到达停止营业点。在环境规制高压下，中、大规模养殖场由于固定投入大、资产专用性强，在面临环境规制冲击时，只要环境规制导致的成本增加没有达到停止营业点，它们首先会通过缩减规模适应政策变化，而非直接退出。因此，在规模结构中，中、大规模养殖场向小规模养殖场转移的数量表现出相对上升的趋势。由于中、大规模养殖场一旦转移就主要向小规模养殖场转移（见表 2），并具有相同的变化趋势，因而作为被解释变量的规模萎缩概率的数据变异性较小，无法识别解释变量的影响。这可能是生猪产业政策对养殖场规模萎缩概率影响不显著的原因。

表 6 生猪产业政策影响养殖场规模萎缩概率的回归结果

变量	P_{32}	P_{42}
	回归 14	回归 15
生猪养殖补贴强度	301.571 (317.836)	2311.349 (1860.136)
环境规制强度	-10.304 (335.786)	-1483.712 (1676.085)
生猪市场价格	340.472 (438.391)	3451.985 (2285.645)
规模异质性	-34729.458*** (11657.720)	-71568.325 (47238.761)
土地承载力	186513.641* (97494.025)	79710.176 (379637.962)
饲料供给	3.342 (3.391)	53.783* (30.172)
畜牧养殖机械动力	16.537 (42.738)	-48.504 (166.763)
屠宰加工能力	-0.965 (5.039)	-27.717 (27.742)
交通条件	-0.091**	-0.167

中国生猪养殖规模结构变动是产业政策造成的吗？

	(0.038)	(0.195)
疫病冲击	0.111	0.314
	(0.125)	(0.467)
中规模养殖场技术水平	219.294	
	(203.881)	
大规模养殖场技术水平		-373.576
		(463.507)
常数项	19209.004***	74298.726**
	(6186.486)	(36050.876)
伪对数似然值		-404.302
对数似然值	-1021.152	
观测值	476	476

注：①括号内为稳健标准误；②***、**、*分别代表在 1%、5%、10% 的统计水平上显著；③似然比检验结果显示回归 14 的模型存在个体效应，因此采用随机效应的面板 Tobit 回归，而回归 15 的模型不存在个体效应，因此采用混合 Tobit 回归。

控制变量的回归结果表明，生猪市场价格提高会降低散养户维持原规模的概率（回归 1），也会降低中规模养殖场向大规模养殖场扩张的概率（回归 13），这可能是由于“猪周期”的存在，中规模养殖场根据市场经验预期未来价格会下跌。在养殖场总量减少的趋势下，散养户绝对数量减少得最多且下降趋势明显，即使生猪市场价格上升，这种趋势也不会改变，散养户退出的概率反而随着生猪市场价格上升而增加了（回归 5）。区域内较强的养殖规模异质性能够促进资源从低效率养殖规模向高效率养殖规模转移，进而加速结构变化过程。养殖规模异质性增强会提高除大规模养殖场以外的其他养殖场退出的概率（回归 5~回归 9），并提高中规模养殖场维持原有规模的概率（回归 3），但会降低散养户和小规模养殖场维持原有规模的概率（回归 1 和回归 2）和中规模养殖场规模萎缩的概率（回归 14）。这主要是因为，选择退出的养殖场是那些不愿或不能采用新技术的养殖场，而大规模养殖场代表区域生猪养殖技术的前沿，具有较高的资源配置效率；中规模养殖场是最接近大规模养殖场的规模状态，具有采用新技术的意愿和能力，更可能选择维持原有规模，而不倾向于选择缩减规模。土地承载力较强意味着区域具有较大的粪污消纳空间，环境压力较小，因此，区域内养殖场的发展空间较大。回归结果表明，土地承载力越强的地区，散养户和小规模养殖场退出的概率越小（回归 5 和回归 6），其规模扩张的概率越大（回归 10~回归 12）；并且，从总体上看，土地承载力越强，养殖场（中规模养殖场除外）维持原有规模的概率越大（回归 1~回归 4），中规模养殖场规模萎缩的概率越大（回归 14）。可见，土地承载力增强主要对散养户和小规模养殖场有利，尤其是小规模养殖场，其规模扩张的动机更强，而中规模养殖场缩减规模的可能性增大。

现代生猪养殖以饲料投喂为主要喂养方式，大规模养殖场对饲料的依赖较强，因此饲料供给增加会提高大规模养殖场维持原有规模的概率（回归 4），但会抑制散养户扩张规模（回归 10）。从回归 15 的结果看，饲料供给增加会提高大规模养殖场规模萎缩的概率，与回归 4 的结果看似存在矛盾，这

可能是由分组回归造成的。但从回归结果看，饲料供给变量的显著性水平在回归 4 中更高，说明饲料供给增加对提高大规模养殖场维持原有规模概率的影响是主要的。畜牧养殖机械动力增加会显著降低散养户退出的概率（回归 5），提高其规模扩张的概率（回归 10），并对散养户和中规模养殖场维持原有规模的概率具有显著的正向影响（回归 1 和回归 3）。一般而言，生猪屠宰加工企业与标准化养殖场对接，企业需要一定的生猪供应才能保证猪肉供给，屠宰加工企业的数量越多表明市场对猪肉的需求越大，越需要更多的生猪供给，这会促使中、大规模养殖场改变现有规模，但由于资产专用性较强，中、大规模养殖场在短期内数量增长不明显。因此，区域生猪屠宰加工能力对中、大规模养殖场维持原有规模的概率有负向影响（回归 3 和回归 4），但对其规模扩张的影响并不显著。较好的交通条件会减少交易成本，促进区域间贸易流通，生猪的跨区域调运会冲击本地散养户的生存空间，导致散养户退出概率增大（回归 5），加快养殖场总量的减少速度（回归 9），并显著降低散养户和小规模养殖场扩张的概率（回归 10 和回归 12）。此外，交通条件改善还会显著降低中规模养殖场向小规模养殖场转移的概率（回归 14）。疫病冲击对散养户扩张的概率具有显著的负向作用（回归 10）。

五、结论与启示

本文分析了生猪养殖场规模转移概率，进一步研究了生猪产业政策对养殖场规模转移概率的影响。研究表明，生猪产业政策对养殖场规模转移概率具有显著的影响，即生猪养殖补贴强度和环境规制强度提高将促进生猪养殖场规模状态转移，从而加速生猪养殖规模结构变化过程。由于现行生猪养殖补贴政策（无论是普惠性政策还是专项补贴政策）都对大规模养殖场更为有利，生猪养殖补贴强度提高会显著降低散养户和小规模养殖场维持原有规模的概率，提高散养户退出的概率和小规模养殖场向中规模养殖场扩张的概率。环境规制强度提高会使散养户维持原有规模的可能性增加，并使其退出概率下降。同时，环境规制强度提高会显著降低中、小规模养殖场规模扩张的概率。但环境规制强度提高对规模养殖场退出概率没有产生显著影响。实质上，无论是生猪养殖补贴政策，还是环境规制政策，其对生猪养殖规模结构产生影响的作用机制主要是通过影响散养户的退出概率实现的。在生猪养殖场总量减少的背景下，为了实现生猪养殖规模化目标，补贴政策可能比环境规制政策更有效，环境规制政策的实施还存在影响规模养殖场扩张的显著负向效应。

生猪养殖规模化是现代畜禽养殖的重要指标。不可否认，以支持规模养殖为重点的补贴政策是推动中国生猪养殖规模化的关键动力。现有的生猪养殖补贴政策实质上是以推动规模养殖场发展为主要目标并对散养户存在挤出效应。尽管中国生猪产业政策支持政策不少，但效力持续性差，这使生猪养殖规模并没有像美国一样发生结构性逆转，散养户在生猪养殖规模结构中仍然占绝对多数。在关注生猪养殖补贴政策所带来的积极作用的同时，环境规制政策对生猪养殖场发展的抑制作用也不能被忽视。环境规制政策和政府“一刀切”的做法导致大量养殖场（包含规模养殖场）退出，引起生猪产能下降。这也是 2019 年生猪价格暴涨后，各地区继续扶持生猪产业发展的原因。因此，在未来扶持生猪产业发展的政策导向中，应继续实施生猪养殖补贴政策，尤其是保持生猪调出大县奖励、生猪标准化规模养殖补助政策的连续性和稳定性，考虑调整政策支持方式，建立后续补贴机制。环境规制应在保证产

能的前提下，根据不同规模，按照政策目标要求，分类推进实施。

参考文献

- 1.郭利京、刘俊杰、韩刚，2014：《养殖主体行为与生猪价格形成机制》，《统计与信息论坛》第8期。
- 2.李航，2012：《统计学习方法》，北京：清华大学出版社。
- 3.李鹏程、王明利，2020：《环保和非洲猪瘟疫情双重夹击下生猪生产如何恢复——基于八省的调研》，《农业经济问题》第6期。
- 4.李雪松、孙博文，2015：《密度、距离、分割与区域市场一体化——来自长江经济带的实证》，《宏观经济研究》第6期。
- 5.刘婷婷、应瑞瑶、周力，2020：《非洲猪瘟对中国生猪产业链的经济影响研究——基于市场分割视角》，《农村经济》第9期。
- 6.刘刚、罗千峰、张利庠，2018：《畜牧业改革开放40周年：成就、挑战与对策》，《中国农村经济》第12期。
- 7.罗千峰、张利庠，2018：《基于B-N分解法的我国生猪价格波动特征研究》，《农业技术经济》第7期。
- 8.阮冬燕，2018：《改革开放以来中国小农户生猪散养的历程、动因与趋势》，中南财经政法大学博士学位论文。
- 9.唐莉、王明利，2020：《中国生猪产业发展、政策评价与现实约束——基于政策与环境视角》，《世界农业》第11期。
- 10.王明利，2018：《改革开放四十年我国畜牧业发展：成就、经验及未来趋势》，《农业经济问题》第8期。
- 11.翁鸣，2013：《我国生猪价格大幅波动的原因分析——基于养殖规模和生猪市场的视角》，《农村经济》第9期。
- 12.虞祎、张晖、胡浩，2011：《环境规制对中国生猪生产布局的影响分析》，《中国农村经济》第8期。
- 13.周晶、陈玉萍、丁士军，2015a：《“一揽子”补贴政策对中国生猪养殖规模化进程的影响——基于双重差分方法的估计》，《中国农村经济》第4期。
- 14.周晶、张科静、丁士军，2015b：《养殖规模化对中国生猪生产波动的稳定效应研究——基于省际面板数据的实证分析》，《江西财经大学学报》第1期。
- 15.Blank, S. C., 2008, *The Economics of American Agriculture: Evolution and Global Development*, Armonk, New York: M.E. Sharpe Incorporated Press.
- 16.Boehlje, M., 1992, "Alternative Models of Structural Change in Agriculture and Related Industries", *Agribusiness*, 18(3): 219-231.
- 17.Breusted, G., and T. Glauben, 2007, "Driving Forces behind Exiting from Farming in Western Europe", *Journal of Agricultural Economics*, 58(1): 115-127.
- 18.Chavas, J., and G. Magrand, 1988, "A Dynamic Analysis of the Size Distribution of Firms: The Case of the U. S. Dairy Industry", *Agribusiness*, 4(4): 315-329.
- 19.Cochrane, W., 1958, *Farm Prices: Myth and Reality*; Minneapolis: University of Minnesota Press.
20. Disney, T., P. Duffy, and W. E. Hardy, 1988, "A Markov Chain Analysis of Pork Farm Size Distributions in the South", *Southern Journal of Agricultural Economics*, 20(2): 57-64.

21. Goddard, E., A. Weersink, K. Chen, and C. G. Turvey, 1993, "Economics of Structural Change in Agriculture", *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 41(4): 475-489.
22. Golan, A., G. Judge, and J. M. Perloff, 1996, "Estimating the Size Distribution of Firms Using Government Summary Statistics", *Journal of Industrial Economics*, 44(1): 69-80.
23. Hallam, A., 1991, "Economies of Size and Scale in Agriculture: An Interpretative Review of Empirical Measurement", *Review of Agricultural Economics*, 13(1): 155-172.
24. Harrington, D. H., and R. D. Reinsel, 1995, "A Synthesis of Forces Driving Structural Change", *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 43(1): 3-14.
25. Jongeneel, R., N. Longworth, and S. Huettel, 2005, "Dairy Farm Size Distribution in East and West: Evolution and Sensitivity to Structural and Policy Variables: Case-Studies of the Netherlands, Germany, Poland, and Hungary", Paper Prepared for Presentation at the 11th International Congress of the EAAE (European Association of Agricultural Economists), Copenhagen, Denmark, 24-27 August, <https://core.ac.uk/download/pdf/29279326.pdf>.
26. Lee, T. C., G. G. Judge, and A. Zellner, 1970, *Estimating the Parameters of the Markov Probability Model from Aggregate Time Series Data*, Amsterdam: North-Holland Publishing Company Press.
27. Massow, M., A. Weersink, and C. G. Turvey, 1992, "Dynamics of Structural Change in the Ontario Hog Industry", *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 40(1): 93-107.
28. Padberg, D., 1962, "The Use of Markov Processes in Measuring Changes in Market Structure", *Journal of Farm Economics*, 44(1): 189-199.
29. Rahelizatovo, N., and J. Gillespie, 1999, "Dairy Farm Size, Entry, and Exit in a Declining Production Region", *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(2): 333-347.
30. Stokes, J. R., 2006, "Entry, Exit, and Structural Change in Pennsylvania's Dairy Sector", *Agricultural and Resource Economics Review*, 35(2): 357-373.
31. Huettel, S., and R. Jongeneel, 2011, "How Has the EU Milk Quota Affected Patterns of Herd-size Change? ", *European Review of Agricultural Economics*, 38(4): 497-527.
32. Tonini, A., and R. Jongeneel, 2009, "The Distribution of Dairy Farm Size in Poland: A Markov Approach Based on Information Theory", *Applied Economics*, 41(1): 55-69.
33. Zepeda, L., 1995, "Asymmetry and Nonstationarity in the Farm Size Distribution of Wisconsin Milk Producers: An Aggregate Analysis", *American Journal of Agricultural Economics*, 77(4): 837-852.
34. Zimmermann, A., T. Heckelei, and I. Pérez Domínguez, 2009, "Modelling Farm Structural Change for Integrated Ex-ante Assessment: Review of Methods and Determinants", *Environmental Science & Policy*, 12(5): 601-618.
35. Zimmermann, A., 2011, "Empirical Analysis of Farm Structural Change at EU-level", PhD Dissertation, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
36. Zimmermann, A., and T. Heckelei, 2012, "Structural Change of European Dairy Farms: A Cross Regional Analysis", *Journal of Agricultural Economics*, 63(3): 576-603.

(作者单位：南京农业大学经济管理学院)

(责任编辑：张丽娟)

Was the Change of Farm Scale Structure Caused by Hog Industrial Policy in China? An Empirical Analysis Based on Markov Chain

HUANG Bingkai GENG Xianhui HU Hao

Abstract: Based on the provincial panel data from 2001 to 2018, this article uses Markov chain method to analyze the impact of hog industrial policy on the transition probability of hog-breeding scale structure, and then reveals the impact mechanism of the scale structure change. The results show that hog industrial policies have significantly promoted the scale transfer of farms, thus accelerating the process of structural change, but the sensitivity of different scale farms to the policies has been different. The increase of the intensity of hog-breeding subsidies has significantly reduced the probability of farms with less than 100 heads to maintain their original scale, but has increased the exit probability of free-range farms and significantly increased the expansion probability of small-scale farms to medium-scale farms. The increase of environmental regulation intensity has significantly reduced the expansion probability of farms with more than 50 heads, but has significantly increased the probability of free-range farms to maintain their original scale and significantly reduced their exit probability. The impact of environmental regulation intensity on the scale transfer probability of large-scale farms is not significant. In addition, small-scale farms have the motivation of scale expansion and are very sensitive to the intensity of hog-breeding subsidies and environmental regulation.

Keywords: Transition Probability; Scale Structure; Markov Chain; Industrial Policy