

规模化选择对畜牧业高质量发展的影响 及其路径优化*

——基于生猪养殖规模化视角

王明利¹ 李鹏程^{1,2} 马晓萍¹

摘要：高质量发展是新时代中国经济的主旋律。畜牧业实现高质量发展在满足城乡居民对美好生活的追求方面具有非常重要的意义。本文将中国畜牧业高质量发展的基本内涵界定为实现“优质、高效、安全、环保”目标，即要实现产品质量安全性高、生产效率高、环境友好和疫病防控能力强。以生猪为例，本文实证分析了单体养殖规模的扩大对生产效率、粪污治理与疫病防控等的影响，进一步模拟了在实现高质量发展目标下生猪养殖规模结构调整对社会经济福利变动的的影响，发现重点提高中等规模养殖场（户）的比例可实现社会经济福利最大化。因此，中国生猪养殖规模化需要走重点发展中等规模养殖场（户）的道路。本文最后探讨了促进畜牧业高质量发展的重要途径，包括聚焦传统观念的转变来提升生产效率、建立和完善粪污肥料化利用的相应机制以及全面提升疫病防控能力等。

关键词：畜牧业 高质量发展 规模化 社会经济福利 生猪养殖

中图分类号：F326.3 **文献标识码：**A

党的十九届六中全会指出：“必须实现创新成为第一动力、协调成为内生特点、绿色成为普遍形态、开放成为必由之路、共享成为根本目的的高质量发展，推动经济发展质量变革、效率变革、动力变革。”^①高质量发展将是中国全面建设社会主义现代化国家整个新征程的主旋律。畜牧业是新时代不断满足人们对优质安全肉蛋奶需求的战略性产业，更是保障农牧民持续增收、实现乡村振兴的基础性产业。畜牧业实现高质量发展对于满足城乡居民对美好生活的追求具有非常重要的意义。改革开放以来，中国畜牧业总体上呈现快速发展态势，对满足城乡居民动物蛋白需求起到了至关重要的作用（王明利，2018）。

*本文研究受国家自然科学基金重点项目“基于可持续发展的畜牧业现代化路径与政策支持体系”（编号：72033009）和中国农业科学院创新工程“粮食安全与畜牧业经济”团队院级领军人才项目（编号：ASTIP-IAED-2021-RC-02）的资助。

^①参见《中共中央关于党的百年奋斗重大成就和历史经验的决议》，《人民日报》，2021年11月17日第01版，<http://cpc.people.com.cn/n1/2021/1117/c64387-32284363.html>。

但是，2018年8月以来发生的非洲猪瘟疫情，直接导致2019年猪肉产量断崖式下滑，严重影响了居民对猪肉的刚性需求的满足，也影响到国民经济的平稳运行（李鹏程、王明利，2020）。2019年、2020年先后出台的《国务院办公厅关于稳定生猪生产促进转型升级的意见》《国务院办公厅关于促进畜牧业高质量发展的意见》，明确提出要“不断增强畜牧业质量效益和竞争力，形成产出高效、产品安全、资源节约、环境友好、调控有效的高质量发展新格局”^①。本文在明确界定畜牧业高质量发展基本内涵的基础上，将重点分析当前中国畜牧业高质量发展中存在的突出问题，并以中国畜牧业中肉类总产量最大且最具典型意义的畜种——生猪为例^②，聚焦探索单体养殖规模的扩大对生猪产业高质量发展的影响方向、程度和机理，并运用开放条件下的经济剩余模型进行情景模拟来探索生猪养殖规模化路径优化，最后讨论中国畜牧业高质量发展在今后亟须关注的重点方面。

一、畜牧业高质量发展的内涵界定

2020年出台的《国务院办公厅关于促进畜牧业高质量发展的意见》（下文简称“《意见》”）提出，转变发展方式，强化科技创新、政策支持和法治保障，形成产出高效、产品安全、资源节约、环境友好、调控有效的高质量发展新格局，即提出了新时代中国畜牧业发展的“二十字方针”。《意见》中规定的核心目标是重要畜产品自给率、畜禽养殖规模化率和畜禽粪污综合利用率达标，即到2025年，中国猪肉自给率要达到95%左右，牛羊肉自给率要达到85%，奶源自给率要达到70%以上；畜禽养殖规模化率要达到70%以上；畜禽粪污综合利用率要达到80%以上^③。

根据《意见》的核心内容以及笔者多年来对国内外畜牧业发展的关注，笔者认为，在新时代，中国畜牧业高质量发展的基本内涵是实现“优质、高效、安全、环保”，畜牧业现代化的战略导向要由过去过分强调现代化的技术、设施、设备等过程和手段导向转向“优质、高效、安全、环保”的目标和结果导向。

1. 产品质量安全性高。这是指畜产品要优质、安全，花色品种多样等。具体表现是：第一，表观质量安全性（由官方检测并定期公布结果）高。这个指标一般都比较高，这几年官方每年公布的所有畜产品的质量检测合格率都在95%以上，所以，本文在此不做详述。第二，花色品种能够满足消费者的多样化需求。从花色品种看，就生猪来说，在中国市场上的商品猪中，90%以上都是杜一长一大（即杜洛克一长白一大约克）三元杂交白猪，目前市场上质优价高的“土猪肉”“黑猪肉”短缺，其价格基本上是杂交白猪肉的2倍。此外，中国许多具有地方特色的猪种濒临灭绝，也直接影响着居民对猪肉多样化需求的满足。例如，在四川省，其肉最适合做回锅肉的猪种“成华猪”已濒临灭绝^④。第三，深层次的营养、健康方面的质量安全性高。这是今后畜牧业发展必须重点关注的方面，也是本文研究中对质量安全性所关注的焦点方面。人们过去更多关注蛋白质、脂肪等的含量，而很少关注蛋白质、

^①参见《国务院办公厅关于促进畜牧业高质量发展的意见》，http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/27/content_5547612.htm。

^②食粮型畜牧业是中国畜牧业的主体，而生猪又是食粮型畜牧业的典型畜种。

^③《中国猪种危机：最适合做回锅肉的猪种已濒临灭绝》，<http://scitech.people.com.cn/n/2013/0528/c1057-21636712.html>。

脂肪等营养物质的质量。例如，对于蛋白质，可消化蛋白、活性蛋白、蛋白质中各种氨基酸含量的多寡，以及微量元素、特殊功能性成分含量的多少等，才是畜产品质量安全性的本质体现。而这些体现畜产品质量安全性的本质性指标与畜禽品种、饲草料质量、饲养方式、圈舍环境、牲畜的舒适和健康状况等直接相关。这些是中国在畜禽养殖中过去忽视而今后亟须重点关注的方面。

2.生产效率高。生产效率决定着畜产品保供能力和国际竞争力。畜牧业生产效率高至少包含以下三方面内容：第一，畜禽个体的生产能力高，即母畜的繁殖成活率高，商品畜的出栏率、产肉率、产蛋率、产奶率高。繁殖成活率主要反映种畜的生产能力。由于中国畜禽品种繁育技术体系发展滞后，与在相应畜种生产领域有代表性的国家（以下简称“代表性国家”）相比，不仅在养殖理念、管理水平方面有较大差距，养殖模式也不同，中国以生猪和肉牛为代表的牲畜繁殖成活率较低，有较大提升空间。出栏率能从一个侧面反映肉用畜禽（例如生猪、肉牛、肉羊和肉鸡等）的生产能力和水平。养殖模式等不同会影响出栏率的高低。养殖规模化、集约化程度越高（例如生猪和肉鸡），畜禽出栏率与代表性国家越有可比性。与多数代表性国家相比，中国的生猪和肉鸡出栏率总体比较低；而肉牛和肉羊，由于中国与代表性国家在资源禀赋、养殖模式等方面存在较大不同，单纯用出栏率来比较生产效率就很片面（例如，中国舍饲养牛的出栏率比代表性国家还高一些）。产肉率（每头或每只商品畜禽的产肉水平）、产蛋率（每只蛋鸡一个产蛋周期的产蛋量）和产奶率（每头泌乳牛一个泌乳期的产奶量）都是能直接反映生产效率的主要指标，且中国畜牧业的这些指标与代表性国家都具有可比性。第二，单位劳动力贡献的产出高，即畜牧业的物质劳动生产率（用实物产量表示的劳动生产率，与此对应的概念是价值劳动生产率）高。这个指标能直接反映畜牧业生产的规模化、集约化和机械化水平，是反映生产效率的重要指标之一。中国畜牧业的这一指标值长期低于代表性国家，也是今后要重点改进的方面。第三，投入产出水平高，即单位投入的回报高。该指标虽然能综合反映畜牧业生产经营管理的总体水平，但由于农业生产的特殊性，往往容易产生“增产不增收”的现象，因此，仅用价值量表示的投入产出水平有时会出现与实际生产效率不一致的情况。例如，代表性国家畜禽养殖中前两方面的生产效率指标值普遍较高，但其投入产出水平不一定高，甚至会出现投入产出率为负的情况。而中国在生猪、肉牛等畜种的养殖方面尽管前两项生产效率指标值较低，但养殖主体的投入产出水平较高（有时甚至高到了对代表性国家养殖主体来说可望而不可及的程度）。

3.环境友好。随着畜牧业总体规模的快速扩大以及规模化、集约化程度的不断提升，畜牧业发展带来的环境问题也日益成为社会的一大关注点（于法稳等，2021）。尤其是2013—2016年针对环境污染治理陆续出台了《大气污染防治行动计划》（简称“大气十条”）、《水污染防治行动计划》（简称“水十条”）、《土壤污染防治行动计划》（简称“土十条”）、《中华人民共和国环境保护税法》等，中国对畜牧业环保的有关要求或约束进一步提升。畜牧业发展的环境友好具体体现为两个方面：一是畜牧业废弃物不污染环境，即不污染大气、水体和土壤；二是畜牧业对土壤生态和草原等植被的生态不构成破坏，即确保畜禽粪污等废弃物对土壤生态不构成破坏，以及草原畜牧业发展对草原植被生态不构成破坏。

4.疫病防控能力强。随着畜牧业规模的快速扩大和养殖密度的不断提升，畜禽疫病越来越成为畜

畜牧业发展中的重大风险要素，且对畜牧业的破坏性越来越大（王明利，2020）。有效防控畜禽疫病应包括如下两个方面：一是对已发传染性疫病的有效免疫和持续净化；二是对突发疫情（包括新发传染性疫病）的科学处置和有效应对。中国畜牧业过去只注重对已发传染性疫病的免疫，过分依靠疫苗研发，而忽视了对常规疫病的检测和净化乃至根除；同时，过去也比较忽视对国外已发疫病的研究储备，一旦在国内发生类似疫病，则容易因研究储备不足、难以有效应对而使畜牧业养殖主体产生恐慌。

二、中国畜牧业高质量发展中存在的突出问题

（一）主要生产效率指标长期落后于代表性国家

中国每头母猪每年出栏肥猪数（market pigs/sow/year，简称 MSY）不高，每头能繁母猪长期以来每年只能提供 13~15 头育肥猪，直到 2019 年开始 MSY 才提高至 17~19 头；而代表性国家的 MSY 已达 22~26 头，其中，荷兰、丹麦等国的 MSY 更是高达 30 头左右（见表 1）。按照 2017 年中国能繁母猪 4393.4 万头、出栏肥猪 6.9 亿头（1 头能繁母猪提供 15.7 头育肥猪）的水平来估算^①，若能达到欧美国家 MSY 的平均水平（24 头），中国每年只需 2800 多万头能繁母猪，可少养能繁母猪 1500 多万头；按每头每年养殖成本 3200 元计，可节约 480 多亿元，每年也可节约大约 1368.75 万吨（按 2.5 千克/日·头计）饲料粮。

表 1 2019 年各国生猪生产效率情况

国家	MSY (头)	物质劳动生产 率(千克/工时)	育肥期 (日)	日增重 (克)	饲料 转化率	胴体重 (千克)	胴体 产肉率(%)	单位产肉量所需总成本 ^a (美元/100 千克)
中国	20.05	23.00	128.75	790.50	3.25	97.25	75.33	363.75
德国	30.30	307.71	110.43	838.14	3.00	95.86	78.94	197.43
丹麦	32.95	404.50	84.25	1011.25	3.00	87.75	76.14	170.25
荷兰	30.83	431.67	118.00	780.67	3.00	95.33	81.01	191.00
西班牙	24.05	313.75	127.25	713.25	2.50	89.75	78.56	176.50
巴西	25.66	201.50	111.50	888.00	2.00	90.50	73.58	112.50
波兰	22.09	62.00	135.00	831.00	4.00	110.00	79.71	178.00
加拿大	24.68	554.00	112.00	915.00	3.00	102.00	79.69	142.00
俄罗斯	28.35	52.00	93.00	874.00	3.00	83.50	75.23	188.50

数据来源：根据 Agribenchmark 数据库（<http://www.agribenchmark.org/home.html>）整理。

注：表中各国的数据都是其国内典型养殖场（户）有关指标的平均值。由于典型养殖场（户）选择代表性方面的原因，该表中的中国 MSY 数据相比于根据国内相关统计年鉴测算的 MSY 数据更高。例如，根据《中国畜牧兽医统计（2019）》测算，中国 2018 年的 MSY 为 15.52 头（由于受非洲猪瘟疫情影响严重，2019 年的这一指标不可比）。a 单位产肉量用胴体重表示，下同。

^①因为 2017 年中国生猪生产水平比较稳定，2018 年 8 月发生非洲猪瘟疫情后，中国生猪生产水平波动很大，所以，这里用 2017 年的生猪生产水平作比较。

与代表性国家相比，中国肉牛和肉羊的生产效率存在着较大差距。尽管因资源禀赋、养殖模式等的不同，不同国家肉牛和肉羊养殖中一些指标的可比性不强，但日增重、饲料转化率、胴体产肉率和单位产肉量所需总成本等指标仍具有很强的可比性。如表 2 所示，中国肉牛育肥日增重平均为 1188.8 克，而美国、法国和西班牙的这一指标分别为 1692 克、1402.33 克和 1437.5 克，依次比中国高 42.3%、18.0%和 20.9%；在表 2 所列国家中，单位产肉量所需总成本也是中国最高。如表 3 所示，中国肉羊日增重平均为 173.5 克，而德国和澳大利亚的这一指标分别为 338 克和 253.5 克，分别比中国高出 94.8%和 46.1%；不过，中国肉羊的单位产肉量所需总成本并不算太高，在表 3 所列国家中基本处于中等水平，这可能与 Agribenchmark 数据库中的中国典型养殖场（户）处于牧区有关。

表 2 2019 年各国肉牛生产效率情况

国家	每头母牛年提供断奶犊牛数 (头)	物质劳动生产率 (千克/工时)	育肥期 (日)	日增重 (克)	饲料转化率	胴体重 (千克)	胴体产肉率 (%)	单位产肉量所需总成本 (美元/100 千克)
中国	0.91	9.00	156	1188.80	2.91	311.20	56.80	609.00
美国	0.89	219.50	168	1692.00	5.09	390.00	63.50	361.50
巴西	0.74	24.38	671	588.13	0.55	267.25	52.88	348.88
阿根廷	0.88	61.83	282	822.33	5.79	210.17	57.50	264.67
澳大利亚	0.81	60.50	425	585.00	0.17	219.38	52.38	582.88
乌拉圭	0.76	24.33	385	881.33	0.19	273.33	55.67	427.33
德国	0.88	43.80	450	1248.50	2.40	367.17	56.17	470.00
西班牙	0.80	52.50	282	1437.50	3.27	313.50	56.75	470.50
俄罗斯	0.75	5.00	212	1207.00	3.54	274.00	56.00	359.00

数据来源：根据 Agribenchmark 数据库 (<http://www.agribenchmark.org/home.html>) 整理。

注：表中各国饲料转化率差异很大的原因主要是不同国家的肉牛饲喂模式存在明显差异。

表 3 2019 年各国肉羊生产效率情况

国家	每只母羊年生产断奶羔羊数 (只)	物质劳动生产率 (千克/工时)	日增重 (克)	羔羊断奶天数 (日)	羔羊断奶体重 (千克/只)	单位产肉量所需总成本 (美元/100 千克)
中国	0.87	2.15	173.50	90	19.00	300.50
德国	1.14	6.80	338.00	148	34.00	887.50
英国	1.41	12.30	226.33	120	31.00	440.67
爱尔兰	1.39	15.75	318.00	100	36.00	346.50
澳大利亚	0.99	26.77	253.50	120	35.50	290.33
阿尔及利亚	1.08	6.20	329.00	60	24.00	531.00
约旦	0.93	0.65	147.50	90	17.50	1283.00
南非	0.91	3.83	209.67	127	30.67	270.33

数据来源：根据 Agribenchmark 数据库 (<http://www.agribenchmark.org/home.html>) 整理。

（二）畜产品内涵型质量安全水平仍然不高

畜产品质量安全水平可以通过表观质量安全水平和内涵型质量安全水平来反映。其中，表观质量安全水平是指由政府检测机构公布的违禁物添加和残留率等定期检测结果所直接反映的质量安全水平。当前中国主要畜产品的表观质量安全水平都比较高，合格率一般都在95%以上。内涵型质量安全水平是指通过提供优质营养饲草料、良好圈舍环境以及开展科学管理等，保障畜禽在养殖中的舒适和健康，从而在生产中减少动物应激，进而提供富含优质蛋白质和优质脂肪并且营养成分较为均衡的畜产品。

中国当前畜产品的内涵型质量安全水平不高，畜产品营养、安全等深层次质量状况长期没有得到关注。主要表现在如下三个方面：第一，对畜禽应激所导致的产品质量安全问题关注较少。由动物饲料营养含量不达标、养殖环境差等所导致的应激，会使畜禽大量分泌肾上腺激素，从而形成毒素。这不仅会损害畜禽免疫系统，使畜禽易感染病毒，而且使成品肉质量大大降低，对消费者健康造成危害（De Passillé and Rushen, 2005; Bassols et al., 2014）。而国内公众长期对这方面问题关注很少。第二，对畜禽产品的营养均衡关注较少。大多数消费者长期只关注蛋白质、脂肪等单一成分的含量，较少关注蛋白质、脂肪和碳水化合物等的均衡搭配。第三，对畜禽产品所含的功能性物质关注较少。消费者长期较少关注功能性蛋白质、活性物质、不饱和脂肪酸等畜禽产品中的功能性物质，而这些功能性物质都将随着人们生活水平的提升而逐渐受到消费者更多关注。

（三）生态环境问题仍很突出

尽管在“大气十条”“水十条”“土十条”相继出台后，有关部门加强了相关监管，中国的生态环境发生了很大改善，在一些方面甚至发生了根本性转变，但是，仍有一些深层次问题亟待解决。

第一，畜禽粪污资源化利用还存在很多较难突破的“堵点”。首先，对于畜禽粪污资源化利用来说最经济有效的种养结合模式很难得到大范围推广。中国种植户的经营规模普遍较小，大部分种养主体分离，“种的农户不养、养的农户不种”问题较为突出（郭庆海，2021），实现稳定种养结合所需的市场机制、管理体制和社会化服务体系还没有形成。其次，对相关设施装备的投资不足严重影响着畜禽粪污的有效资源化利用。目前，国家对畜禽粪污资源化利用的扶持政策主要集中在粪污处理设施的建设和改造等前端环节，而对粪肥还田利用等后端环节的支持不多。在消费端，以有机肥替代化肥来生产农产品的优质优价机制还没有建立起来；且相关生态补偿机制欠缺。这些状况在短期内难以得到有效改善。受相关设施装备不足的制约，粪肥利用方式较为粗放，施用方式以漫灌、抛洒为主，这一方面造成粪肥养分大量损失，另一方面也增加了环境污染风险。

第二，畜禽养殖场的臭气防治将是今后一个时期亟须重点攻克的一个难点。目前，大部分养殖场的粪污处理以堆沤、敞口贮存等简易方式为主，臭气污染等问题仍然突出。发达国家主要根据养殖场距离居民区远近以及环保要求来选择不同的臭气防治方式。简单的防治措施主要是覆盖、遮挡，相关投资较少；深度处理技术主要是水洗、酸洗、生物过滤，相关投资较多，会使养殖成本大幅提高。中国过去对畜禽养殖场臭气防治问题的关注较少，而目前若采用深度处理技术不仅所需投资量相当大，而且相关技术支撑也不够。

第三，畜牧业对草原等植被生态的影响仍不可小觑。草原生态保护补助奖励政策从2011年开始已

实施了两轮，草原生态尽管总体上呈现改善的趋势，但局部地区仍然存在草原退化甚至退化状况加重的情况，即使在草原生态得到改善的地区，草原自身修复能力也仍很脆弱。

（四）疫病防控能力有所弱化

中国的动物疫病防控能力很不稳定，疫情不严重时容易被忽视；且国内对国际上已流行的人畜共患病的研究储备较少。

第一，基层动物疫病防控体系很不稳定。在过去大多数情况下，中国畜禽疫情防控存在“好了伤疤忘了疼”“临时抱佛脚”的现象，导致基层的畜禽疫病防控体系非常脆弱，“职能淡化、力量弱化、支持虚化”问题很突出。2003年禽流感暴发时，中国强化了包括基层动物疫病防控在内的整个疫病防控体系，并专门将兽医系统从畜牧系统中分离单设，基层动物疫病防控建设从人员到装备等都得到了加强。但是，2018年以来的地方政府机构改革对动物疫病防控体系造成了很大冲击，特别是对县级及以下动物疫病防控机构的冲击最大。根据本研究团队在2021年的调研，许多省份将基层兽医站、农技推广机构等合并为农业服务中心并由相应层级政府直管，改变了过去的垂直管理方式；技术人员平时忙于应付其他事务，每年从事疫病防控、技术推广的时间不到一半。全国人民代表大会常务委员会执法检查组发现，经过2018年以来的地方政府机构改革，重庆市37个涉农区县畜牧兽医部门在岗人员减少20%以上，且大多数乡镇的原畜牧兽医站被并入农业服务中心，65%的在岗人员除负责畜牧兽医事务外还承担着其他业务工作；宁夏全区的动物卫生监督机构和动物疫病防控机构分别减少了29%和39%，相关工作人员共减少了34%；而在新疆，即使畜牧业在当地居民生活保障中具有突出作用，有的县仍甚至仅有1名畜牧兽医管理人员^①。

第二，对外来疫病的研究储备不足。非洲猪瘟在国际上并非新发疫病，早在1921年就首次在肯尼亚被发现，至2019年已在62个国家暴发过。中国2018年8月暴发非洲猪瘟，时间上与该疫病首次被发现相隔了近一个世纪，本来应该有充分的时间进行相关研究储备来应对这一突发疫情。而实际情况恰恰相反：在疫情初期，主管部门、防疫部门、养殖主体等甚至连非洲猪瘟的发病规律、传播途径、致死程度等都不知晓。这也是导致该疫病在短短几个月就基本传遍全国的重要原因之一。目前，国外已发生但还未传入中国的动物疫病有埃博拉、马尔堡、拉沙热、亨德拉、尼帕、跳跃病、捷克蜱传脑炎、昆明戈、鄂木斯克出血热、瓜纳瑞托（委内瑞拉出血热）、鸠宁（阿根廷出血热）、马秋波（玻利维亚出血热）、卡萨诺尔森林病毒病等十多种。这些疫病都是人畜共患病，除埃博拉在国内公众中有较高认知程度且得到较多研究外，其他疫病在国内研究中均较少被涉及。

三、养殖规模扩大对畜牧业高质量发展的影响——以生猪为例

这一部分将基于2019年10~11月课题组对8个省16个县（市、区）240个生猪养殖场（户）的

^①资料来源：《全国人民代表大会常务委员会执法检查组关于检查〈中华人民共和国畜牧法〉实施情况的报告》，<http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202108/b7efecabb374172aa13a4aa03ec52bb.shtml>。

实地调查数据^①，在充分考虑养殖规模变化所带来的规模经济和范围经济效应变化以及养殖场（户）决策者心理特征变化的情况下，分析养殖规模（在第三部分，均指“单体养殖规模”）的扩大对“降低饲养成本”“治理粪污”“应对疫病冲击”这3个畜牧业高质量发展主要目标^②的影响。

为便于对比分析和描述，综合考虑养殖主体类型以及年均存栏规模的不同，结合调研实际情况，本文研究中将养殖场（户）划分为以下4类：第一类是年均存栏量小于1000头的小规模养殖户，主要为完全依靠家庭劳动力进行生猪饲养的养殖户；第二类是年均存栏量1000~4000头（含1000头）的中等规模养殖场（户），主要为家庭农场以及一小部分养殖企业；第三类是年均存栏量4000~10000头（含4000头）的大规模养殖场，这一养殖规模超出了绝大多数家庭农场的饲养能力，主要为养殖企业；第四类是年均存栏量10000头及以上的特大规模养殖场，主要为上市公司的子公司和极少数大型养殖企业。

（一）养殖规模扩大可以有效降低单位饲养成本

从2017年、2018年不同规模类型养殖场（户）的生猪平均饲养成本来看，养殖规模更大的养殖场（户）的生猪平均饲养成本总体更低，但中等规模养殖场（户）与大规模养殖场之间的生猪平均饲养成本差距并不大（见表4）。具体而言，小规模养殖场（户）的生猪平均饲养成本最高，达到14.03元/千克；特大规模养殖场的生猪平均饲养成本最低，仅为10.28元/千克。规模更大类型的养殖场（户）在人工成本和饲料成本两方面均表现出明显优势。结合对生猪饲养实践的调查，可以发现，随着养殖规模的扩大，闲置劳动力逐步得到充分利用，且专业分工逐渐成为可能，从而使人工成本降低；但是，随着养殖规模的进一步扩大，管理人员快速增加，致使大规模养殖场的人工成本不断上升；而特大规模养殖场会进一步提升自动化水平，使人工成本再次下降。饲料成本的下降缘于生产效率提升以及饲料购买议价能力因养殖规模扩大而得到增强。但是，随着养殖规模的扩大，养殖场（户）在疫病防控方面的投入会增加，固定资产折旧费和土地成本也将明显上升。

^①在综合考虑地区特征、产销情况、养殖模式等因素的基础上，选取华中、华南、华东、东北和西南5个地区的8个典型省份为调研区域，在各省内部随机抽取2个生猪养殖大县展开实地调查。样本县（市、区）具体为黑龙江省巴彦县、绥化市北林区，河北省灵寿县、无极县，山东省高密市、胶州市，河南省邓州市、伊川县，江苏省泗洪县、宝应县，湖北省鄂州市、大冶市，四川省梓潼县、名山县以及广东省阳春市、恩平市。受非洲猪瘟疫情的影响，课题组无法开展大规模的入户调查，因此，在每个样本县（市、区）仅通过当地畜牧主管部门随机选取涵盖不同规模的15个具有代表性的生猪养殖场（户）进行问卷调查。调查内容主要包括养殖场（户）及其决策者的个体特征，以及养殖场（户）2017—2019年的生猪饲养成本、粪污处理状况、经营决策情况等。

^②对应于前文分析中的生产效率、生态环境和疫病防控3个方面，由于内涵型质量安全水平目前很难用数据度量，所以在实证分析中没有探究养殖规模变化对畜产品质量安全的影响。

规模类型	仔猪成本	防疫治疗	人工成本	饲料成本	其他成本	饲养成本
小规模	1.97	0.54	1.65	9.09	0.78	14.03
中等规模	1.87	0.54	0.67	8.43	0.77	12.28
大规模	1.91	0.64	0.79	7.67	1.07	12.08
特大规模	1.99	0.57	0.51	6.14	1.07	10.28

数据来源: 本文作者根据调研数据整理。其他成本包括固定资产折旧费、土地成本、水费、电费、燃料动力费, 防疫方面的设施设备包括在固定资产中。

在相应的 OLS 回归(对本小节有关变量的说明见表5)中, 因变量为生猪饲养成本, 用生猪每公斤活重的主要饲养成本表示; 核心自变量是生猪养殖规模, 用年末生猪存栏量表示, 考虑到可能存在的潜在非线性关系, 同时引入养殖规模的2次项和3次项; 基于相关文献(例如沈鑫琪等, 2019), 引入的控制变量包括从业年限、受教育情况、接受培训次数、组织化程度和所处区域。对前述除组织化程度和所处区域外的所有连续变量取对数, 然后进行回归。结果显示, 核心自变量及其2次项和3次项均通过了1%水平的显著性检验, 系数分别为-1.2069、0.1567、-0.0071。由此可知, 养殖规模扩大对于降低生猪饲养成本的边际效应呈现出先增后减的变化特征, 当养殖规模为1567头时, 降低饲养成本的边际效应达到最大, 即由小规模向中等规模扩张有助于实现效率优化。

变量类别	变量名称	变量定义	均值	标准差
被解释变量	生猪饲养成本	仔猪、饲料、人工以及防疫治疗等方面的成本之和(元/千克)	12.40	3.15
解释变量	生猪饲养规模	年末生猪存栏量(头)	1969.79	3236.39
中介变量	生猪饲养技术水平	料肉比	3.09	0.58
	生猪饲养环境	生猪养殖环境控制设施种类 ^a (种)	17.70	3.08
控制变量	饲料采购价格	2017年、2018年生猪饲料平均采购价格(元/千克)	3.02	0.47
	从业年限	养殖场(户)从事生猪养殖的年限(年)	10.29	6.09
	受教育情况	养殖场(户)生猪养殖从业人员的平均受教育年限(年)	7.39	1.46
	接受培训次数	2017年、2018年养殖场(户)生猪养殖从业人员平均接受培训次数(次)	3.77	3.23
	组织化程度	养殖场(户)是否加入了合作社? 是=1, 否=0	0.25	0.44
	所处区域	视是否处在生猪主销区, 广东、江苏的样本养殖场(户)赋值为1, 其余省份的赋值为0	0.16	0.37

数据来源: 本文作者根据调研数据整理。

注: a 调查问卷中所涉及的生猪养殖环境控制设施种类包括电子监控、除臭、保暖、围栏设计等17类。由于难以进一步区分各类设施在降低生猪饲养成本中的效果差异, 故以设施种类的多少作为评价生猪生长环境的指标。

养殖规模的扩大, 不仅能通过实现生产要素的优化配置来直接降低饲养成本, 还能通过提升生猪饲养技术水平、改善生猪饲养环境以及降低饲料采购价格等中介效应来降低饲养成本。借鉴温忠麟、

叶宝娟（2014）的做法，首先，分别以料肉比、生猪养殖环境控制设施种类和饲料采购价格这3个中介变量为因变量，以生猪养殖规模为自变量，进行OLS回归；其次，将3个中介变量作为自变量一并放入模型中进行OLS回归；最后，联立前4个方程以及前文的养殖规模影响饲养成本的方程进行中介效应检验。结果显示，3个中介变量都存在中介效应，其中，改善生猪饲养环境带来的中介效应最大（生猪养殖规模每扩大1%，通过增加养殖环境控制设施种类，可使饲养成本降低0.02%）；中介效应次之的是提升饲养技术水平（生猪养殖规模每扩大1%，通过降低料肉比，可使饲养成本降低0.01%）；降低饲料采购价格的中介效应最小（生猪养殖规模每扩大1%，通过降低饲料采购价格，可使饲养成本降低0.01%）。受设备购买能力和运营成本承担能力的限制，改善生猪生长环境具有一定的单体规模门槛。从这个角度来看，养殖规模的扩大对于降低生猪饲养成本具有极强的促进作用，即在一定规模范围内，必须提高单体规模水平，以实现这一过程中生猪饲养技术水平提升、生猪饲养环境改善以及饲料采购价格降低对饲养成本下降的中介效应。

（二）养殖规模扩大将增加生猪粪污治理成本和治理难度

养殖规模的扩大将加大粪污治理所面临的现实约束，放大负外部性，导致更为严重的环境污染。测算粪污污染所致环境成本，能从侧面反映出不同规模养殖场（户）的粪污治理程度。生猪粪污（后文简称“粪污”）治理包括无害化处理和资源化利用两大环节，只有这两大环节都做好，才能实现对粪污的有效治理。

若不对粪污进行无害化处理，粪污中含有的病原微生物、致病菌、寄生虫卵等将造成环境的微生物污染，引致人畜疾病；粪污中含有大量有机质，将对水体、耕地造成污染；同时，若不在密闭环境中对粪污进行处理，则粪污中的大量氮素将以氨气的形式挥发，造成大气污染。

无害化处理环节粪污污染所致环境成本（ EC_w ）的计算公式为：

$$EC_w = C_y + C_w + C_q \quad (1)$$

（1）式中， C_y 、 C_w 和 C_q 分别为单位生猪排放粪污所致有机物污染、微生物污染和大气污染的环境成本。由于难以确定污染范围，进而无法准确测算有机物污染和大气污染所致经济损失，故（1）式所涉及的3类污染均使用相应处理成本^①来测量。参考相关文献（例如武深树等，2009），结合本课题组的实地调查，本文研究中将微生物污染的影响范围设定在各生猪养殖场（户）内部，以污染所致生猪养殖场（户）自身的经济损失作为相应环境成本。计算公式分别为：

$$C_y = e_w(1-\eta)c_y \quad (2)$$

$$C_w = p_p tdk(1-\eta) \quad (3)$$

$$C_q = e_n(1-g-\mu)h_w c_q \quad (4)$$

（2）~（4）式中， e_w 为单位生猪排放粪污中的有机物含量，参考刘涛等（2017），将其取值设

^①当前对消除生猪粪污环境污染的成本测算还存在一定分歧。本文参考相关文献，结合实地调查情况大致匡算了治理生猪粪污排放所致有机质污染、水体污染和大气污染的成本，受制于相关专业知识的欠缺，相关测算存在进一步完善的空间。

置为 26.61 千克/头； η 为生猪养殖场（户）的粪污无害化处理率； c_y 为生猪粪污所致有机物污染的单位处理成本，以化学需氧量（COD）排放量为基本计算单位，参考戴铁军、赵迪（2016），将其取值设置为 5200 元/吨； p_p 为生猪平均市场价格，根据调查地当时的生猪售价，将其取值确定为 12.31 元/千克； t 为生猪出栏均重； d 为生猪病死率，依据《国家中长期动物疫病防治规划》设定的目标，将其取值设置为 5%； k 为生猪粪污所致微生物污染对生猪病死率的影响系数，参考武深树等（2009），将其取值设置为 3； e_n 为单位生猪排放粪污中的氮素含量，依据《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》，将其取值设置为 11 千克/头； g 、 μ 分别为经工业净化、厌氧发酵处理的粪污占比； h_w 为生猪粪污在好氧发酵等过程中的氨氮挥发率，参考许俊香等（2005），将其取值设置为 6%； c_q 为生猪粪污所致大气污染的单位处理成本，以氮素排放量为基本计算单位，参考马国霞等（2017），将其取值设置为 5454 元/吨。

若生猪粪污得不到有效利用而被废弃，将对环境构成直接威胁。过去生猪粪污直接向江河排放，造成水污染问题大量出现（刘涛等，2017）。随着相关环保制度趋严，生猪粪污直接向江河排放的情况已被基本禁绝，当前生猪养殖场（户）更多地是将无法处理的粪污堆弃在土地上。这种被废弃的粪污将直接造成土地污染并通过径流的形式造成水体污染。在粪污被还田利用的情况下，若土地粪污负荷量超过其承载能力，也将造成土地污染。

资源化利用环节粪污污染所致环境成本（ EC_z ）的计算公式为：

$$EC_z = C_s + C_t \quad (5)$$

（5）式中， C_s 为粪污所致水体污染的单位环境成本，由于难以确定污染范围，进而无法准确测算出水体污染所致经济损失，因此以相应处理成本来表示； C_t 为粪污所致土地污染的单位环境成本，参照相关文献（例如郭晓，2012），以作物减产所致经济损失来表示。有关计算公式为：

$$C_s = e_z f l c_s \quad (6)$$

$$e_z = [(1 - g - \mu)(1 - h_w) + (g + \mu)] e_n (1 - h_z) \quad (7)$$

$$C_t = (Q_{sw} - Q_w) p_w r m f \quad (8)$$

$$Q_w = -0.0309N^2 + 17.112N + 4332.6 \quad (9)$$

（6）～（9）式中， e_z 为进入资源化利用环节的单位生猪排放粪污中的氮素含量（扣除无害化处理和资源化利用两个环节的氮素挥发量^①）； f 为粪污综合废弃率，为废弃粪污量、超过土地承载能力部分的生猪排放粪污量之和与总粪污排放量之比； l 为还田粪污氮素流失率，参考黄栋（2009），将其取值设置为 15%； c_s 为粪污所致水体污染的单位处理成本，以氮素排放量为基本计算单位，参考刘涛等（2017），将其取值设置为 4800 元/吨；依据 Zhang et al.（2018）中的公式（即（9）式），计

^①依据许俊香等（2005）、刘晓利等（2007），本文研究中将无害化处理和资源化利用氨氮挥发率（ h_z 、 h_w ）依次设置为 9% 和 6%。

算实际氮素施用量 (N) 下小麦的平均产量 (Q_w , 单位为千克/公顷), Q_{sw} 是最优氮素施用量下的小麦平均产量。根据调查情况, 将小麦价格 (p_w) 确定为 2.77 元/千克, 复种指数 (r) 确定为 2; m 为消纳单位生猪排放的粪污所需配套的平均土地规模, 依据《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》中每公顷小麦氮素承载能力的参数, 将其取值设置为 0.027 公顷/头。

测算结果显示 (见表 6), 单体养殖规模越大, 粪污治理强度越低。总的来看, 特大规模养殖场单位生猪排放的粪污所致污染的环境成本约为小规模养殖场 (户) 的 10 倍多。

表 6 不同规模类型养殖场 (户) 粪污污染所致环境成本和粪污治理强度

项目	不处理	小规模	中等规模	大规模	特大规模
有机质污染成本 (元/头)	57.20	5.56	3.68	2.29	0.27
微生物污染成本 (元/头)	212.35	20.64	13.65	8.49	1.02
大气污染成本 (元/头)	3.60	1.88	1.70	1.69	1.03
水体污染成本 (元/头)	36.70	1.42	1.78	2.14	2.44
土地污染成本 (元/头)	667.80	0.85	23.51	168.96	327.55
环境成本合计 (元/头)	977.64	30.35	44.32	183.57	332.31
粪污治理强度 (%)	0.00	96.90	95.47	81.22	66.01

数据来源: 本文作者根据调研数据整理和测算。

注: 粪污治理强度 = [(不处理粪污时的环境成本 - 处理粪污时的环境成本) / 不处理粪污时的环境成本] × 100%。

粪污治理成本主要受周边可用于消纳粪污的土地数量的影响。随着养殖规模的扩大, 生猪养殖场 (户) 难以持续投入足够规模的土地来消纳粪污, 养殖规模与配套土地的规模不匹配, 导致规模不经济。测算结果显示 (见表 7), 粪污治理成本随单体养殖规模扩大而增加。总的来看, 特大规模养殖场的粪污治理成本约为小规模养殖场 (户) 的 2 倍。从不同环节来看, 粪污初步清理环节 (包括干清粪、水泡粪和水冲粪 3 种清理模式) 的成本随养殖规模扩大先增后减, 呈现倒 U 型变化特征。而无论是无害化处理环节还是资源化利用环节, 粪污处理成本均随着养殖规模扩大而增加。就粪污治理收入而言, 随着养殖规模扩大, 粪污资源化利用方式变得更为多样, 进而生猪粪污治理平均收入有所增加。

表 7 不同规模类型养殖场 (户) 的粪污治理成本收益情况

单位: 元/头

指标	小规模	中等规模	大规模	特大规模
粪污清理成本	6.60	10.88	12.24	8.84
无害化处理成本	11.12	11.57	12.19	14.22
末端处理成本	8.22	15.52	22.26	27.10
粪污治理收入	4.04	4.10	5.85	5.90
粪污治理净收益	-21.90	-33.87	-40.84	-44.26

数据来源: 本文作者根据调研数据整理和测算。

注: 根据各环节粪污不同处理方式所需人工、水电等费用以及这些方式在不同规模养殖场 (户) 中的使用占比来加权计算, 得出不同规模养殖场 (户) 各环节的粪污治理成本; 根据还田利用粪污的市场价值 (根据还田粪污的氮、磷含量及氮肥、磷肥的市场价格计算)、制成有机肥的市场价值 (根据有机肥的制成量及其市场价格计算)、直接出售收入

以及不同规模养殖场（户）采用相应方式的占比来加权计算，得到不同规模养殖场（户）的粪污治理收入。

养殖规模的扩大将主要从以下三个方面加大粪污污染风险和治理难度：一是将加剧粪污治理面临的现实约束；二是将放大粪污污染的“外部性”；三是将导致粪污治理的不经济。测算结果显示（见表8），小规模养殖场（户）每投入1元进行粪污治理，可使单位生猪粪污污染所致环境成本降低43.22元；特大规模养殖场每投入1元进行粪污治理，仅能使相关环境成本降低14.58元。将单位投入所降低的环境成本即粪污治理效率作为因变量，将养殖规模及其2次项作为核心自变量，同时控制养殖场（户）个体特征、环保认知、所处区域和当地环保政策等变量，运用OLS模型进行实证分析。实证结果表明，养殖规模与粪污治理效率之间的关系不符合环境库兹涅茨曲线倒U型关系假说，两者之间仅存在显著的线性关系，养殖规模每扩大1%，粪污治理效率将下降0.09%。

表8 不同规模类型养殖场（户）粪污治理效率情况

指标	小规模	中等规模	大规模	特大规模
环境成本减少（元）	947.29	933.31	794.06	645.32
粪污治理投入（元）	21.92	33.87	40.75	44.26
粪污治理效率	43.22	27.55	19.48	14.58

数据来源：本文作者根据调研数据整理和测算。

（三）养殖规模扩大将产生对突发疫情的过度反应

已有研究（例如周勋章等，2020）认为，大规模养殖能够增强养殖场（户）的资本积累能力，有利于促进具有不可分性的防疫设施设备得到充分利用，进而使养殖场（户）采取更积极的疫病应对措施。实地调研发现，规模更大的养殖场（户）对突发疫病的过度反应更明显，短期内主动调减存栏量的幅度更大，对稳定畜牧业生产带来了很大冲击。

1.良好的疫病防控条件是有效应对疫病冲击的基础。从生物安全措施采用情况来看（见表9），养殖规模更大的养殖场（户），更重视生物安全，所采用的生物安全措施更完备。具体而言，小规模养殖场（户）受场地、资金等方面的限制，所采用的生物安全措施最为简单，仅主要采用控制进出人流、车流和场地消毒等措施；中等规模养殖场（户）采用生物安全措施的程度稍有增加，但引种隔离、合理规划猪场布局等涉及养殖场建设方面的生物安全措施仍然未能得到普遍采用；大规模养殖场采用各项生物安全措施的比例均高于中等规模养殖场（户）；特大规模养殖场采用各项生物安全措施的比例最高，不仅全部实现了对进出人流和车流的控制与全面消毒，而且采用引种隔离、饲料静置等措施的比例也较高。

表9 不同规模类型养殖场（户）采用生物安全措施的情况

措施	小规模	中等规模	大规模	特大规模
控制进出人流、车流	86.14	95.45	100.00	100.00
场地消毒	92.08	95.45	95.65	100.00
合理规划猪场布局	48.51	65.15	65.22	94.74
空栏消毒及日常消毒	79.21	75.76	91.30	100.00
引种隔离	49.50	56.06	69.57	89.47

饲料静置和消毒	50.50	56.06	73.91	89.47
---------	-------	-------	-------	-------

资料来源：本文作者根据调研数据整理。

从疫病防控专业化情况来看（见表 10），养殖规模更大的养殖场（户）在疫病防控方面更专业。具体而言，在小规模养殖场（户）中，仅有 78.21%的养殖场（户）与专业人员长期合作，其他则基本凭借个人经验开展生猪防疫工作；58.42%的养殖场（户）由专业人员进行疫病检测；对于发现的疫病，仅有 12.87%的养殖场（户）由专业人员进行疫病治疗。这表明，小规模养殖场（户）的疫病防控专业化程度较低。随着养殖规模的持续扩大，对疫病进行专业化防控的养殖场所占比例提升，特大规模养殖场全部配备了长期合作的专业兽医，疫病检测、疫病治疗基本由专业人员开展，相应占比分别达到 89.47%和 94.73%。

表 10 不同规模类型养殖场（户）的疫病防控专业化情况 单位：%

	小规模	中等规模	大规模	特大规模
配备长期合作的专业人员	78.21	98.49	95.65	100.00
由专业人员进行疫病检测	58.42	81.82	78.26	89.47
由专业人员进行疫病治疗	12.87	80.3	78.26	94.73

资料来源：本文作者根据调研数据整理。

综合上述采用生物安全措施和疫病防控专业化情况两个方面的结果，可以看出，养殖场（户）的疫病防控条件随养殖规模的扩大而明显改善。小规模养殖场（户）受土地、资金的约束最为严重，不仅难以预留用于隔离观察的专门圈舍，而且无力提升疫病防控的专业化水平，疫病防控处于较低水平，是中国生猪养殖业疫病防控的薄弱主体。

2.大规模养殖场对突发疫情有过度反应的状况。基于调查数据的统计结果显示（见表 11），随着养殖规模的扩大，养殖场（户）对突发疫情有过度反应的状况明显增加，短期内主动调减存栏量的幅度更大。

表 11 不同规模类型的生猪养殖场（户）的疫情应对状况 单位：%

规模类型	受疫情影响情况	数量占比	存栏量平均调整幅度
小规模	受影响	22.66	-23.89
	未受影响	77.34	+22.09
中等规模	受影响	26.82	-34.47
	未受影响	72.18	+13.39
大规模	受影响	25.58	-45.30
	未受影响	74.42	+12.87
特大规模	受影响	29.73	-54.16
	未受影响	70.27	+1.42

资料来源：本文作者根据调研数据整理。

根据调研结果，在受突发疫情冲击的背景下大规模养殖场做出过度反应的缘由是：第一，相较于小规模养殖场（户），大规模养殖场饲养量大、预付费用多，对潜在损失的敏感程度更高，因此，在

面对突发疫情冲击所引起的生产风险时，更倾向于在短期内大量抛售生猪，以规避风险；第二，在疫病冲击初期，生猪价格相对低迷，为减少养殖亏损，大规模养殖场通常购买质低价廉的饲料，会导致生猪抵抗力下降、发病概率上升；第三，大规模养殖场的决策机制可能更复杂僵化，难以根据养殖场周边疫情状况和市场行情的变化及时作出响应，一旦调减生猪存栏量，日后恢复生产的及时性差。

基于上述事实和分析，以年末生猪存栏量变动率为因变量，盈利情况、受疫情影响情况、养殖模式（专业育肥或自繁自育）、生物安全水平（采用生物安全措施的数量）、防疫专业性（是否由专业人员开展疫病检测）和养殖场（户）的个体特征等为自变量，以养殖规模为转换变量，构建面板平滑转换模型进行实证检验。回归结果显示，生猪存栏量变动率随转换函数值（由转换变量大小决定，取值范围为0~1）的增大而提高，在养殖规模为4952头以下时，受疫情影响的养殖场（户）主动调减生猪存栏量的幅度随养殖规模的扩大逐步增大，养殖规模每增加1%，养殖场将调减0.45%的生猪存栏量；当养殖规模大于4952头时，受疫情影响的养殖场主动调减生猪存栏量的幅度将随养殖规模的扩大进一步增大，养殖规模每增加1%，受疫情影响的养殖场的生猪存栏量调减幅度提升至0.75%。

四、基于规模视角的生猪养殖业高质量发展路径优化分析——以生猪为例

这一部分将把上一部分的分析结果纳入开放条件下的经济剩余模型，测算生猪养殖规模结构变动对社会经济福利变动的的影响，并探寻最优规模化路径。

（一）思路和方法

首先，依据猪肉供需、贸易以及价格的历史数据，建立开放条件下的经济剩余模型；其次，通过调整不同规模养殖场（户）的生猪出栏量占比，设置不同规模化路径情景（见表12）；再次，分析初始均衡状态与各路径情景下的生猪饲养成本、粪污治理成本、粪污污染所致环境成本以及生猪疫病冲击下生猪产能的变化情况，并运测算上述变化所引起的社会经济福利变化；最后，通过比较不同情景下的社会经济福利变化情况，提出生猪养殖业高质量发展路径优化方案。

运用改进的LPZ模型^①测算不同情景下的社会经济福利变化情况，测算公式如下（Ott et al., 1995）：

$$dCS = -dp(Q_d + dQ_d) - \frac{1}{2dpQ_d} \quad (10)$$

$$dPS = (p_0 + dp)(Q_s + dQ_s) - p_0Q_s - (Q_s + dQ_s)dMC + p_0dQ_s - \frac{p_0dQ_s^2}{2e_sQ_s} \quad (11)$$

$$dp = \frac{dMCE_sQ_s}{e_sQ_s + e_mQ_m - e_dQ_d} \quad (12)$$

$$dQ_s = \frac{(dp - dMC)e_sQ_s}{p_0} \quad (13)$$

^①该模型以其共同设计者 Lichtenberg、Parker 和 Zilberman 这 3 位学者的姓氏首字母命名。

$$dQ_m = \frac{dp e_m Q_m}{p_0} \quad (14)$$

$$dQ_d = \frac{dp e_d Q_d}{p_0} \quad (15)$$

(10) ~ (15) 式中, dCS 、 dPS 分别为消费者剩余、生产者剩余^①的变化量, 两者的增加是实现生猪养殖业高质量发展的重要体现; dp 、 dQ_s 、 dQ_d 和 dQ_m 分别为猪肉价格、产量、消费量和进口量的变化量; p_0 、 Q_s 、 Q_d 和 Q_m 分别为初始均衡状态下的猪肉价格、产量、消费量和进口量; e_s 、 e_d 和 e_m 分别为猪肉的供给价格弹性、需求价格弹性和进口价格弹性; dMC 为猪肉边际生产成本的变化量, 在供给曲线平移的情况下, 可用平均成本替代边际成本 (Ott et al., 1995)。

进一步测算生猪粪污治理对社会经济福利的影响, 计算公式为:

$$dES = |(Q_s + dQ_s)(MC_e + dMC_e) - Q_s MC_e| \quad (16)$$

(16) 式中, dMC_e 为生产单位猪肉产品的粪污污染所致环境成本的变化量; dES 为开展生猪粪污治理带来的社会经济福利变化量。

突发生猪疫病的冲击将致使猪肉供给大幅下降, 从而引起猪肉市场价格攀升, 并最终形成新的市场均衡。生猪疫病冲击对社会经济福利影响的计算公式为:

$$dP_s = \kappa \sigma P \quad (17)$$

$$dQ_{ms} = \frac{dp_s e_m Q_m}{p_0} \quad (18)$$

$$dQ_{ds} = \frac{dp_s e_d Q_d}{p_0} \quad (19)$$

$$dQ_{ss} = dQ_{ds} - dQ_{ms} \quad (20)$$

$$dMC_s = MC_s \frac{\sigma}{1 - \sigma} \quad (21)$$

$$dCS_s = -dp_s (Q_d + dQ_{ds}) - \frac{1}{2dp_s Q_d} \quad (22)$$

$$dPS_s = (p_0 + dp_s)(Q_s + dQ_{ss}) - p_0 Q_s - (Q_s + dQ_{ss})dMC + p_0 dQ_{ss} - \frac{p_0 dQ_{ss}^2}{2e_s Q_s} \quad (23)$$

$$LTS = dPS_s + dCS_s \quad (24)$$

(17) ~ (24) 式中, dCS_s 、 dPS_s 分别为疫情冲击所致消费者剩余、生产者剩余的损失量, σ

^①猪肉产品合格率较高, 因此, 文中仅考虑“经济剩余”, 而没有考虑“质量安全”所带来的福利。

为疫病冲击所致猪肉供给下降的比例， κ 为猪肉供给量变化对猪肉价格影响的系数， LTS 为未能有效应对生猪疫情冲击所导致的消费者剩余与生产者剩余的损失量之和，其余代码的含义与前文类似，但均特指疫病冲击下的情况。

在分别计算猪肉生产成本变化、粪污污染以及生猪疫病冲击所带来的社会经济福利变化量后，将上述 3 类社会经济福利变化量加总，以此来反映生猪养殖业高质量发展背景下不同规模化路径所引起的社会经济福利变化情况（ dSS ）。计算公式为：

$$dSS = dPS + dCS + dES + LTS \quad (25)$$

生猪养殖业高质量发展的目标就是尽可能地增加生产者剩余和消费者剩余，降低环境污染和生猪疫病冲击所致社会经济福利损失，促使 dSS 增加。

（二）情景模拟

本文中通过调整不同规模养殖场（户）的生猪年出栏量在当年总出栏量中的占比（简称“生猪年出栏量占比”）来进行情景设置。假定有 4 种生猪养殖规模结构调整方式（见表 12）。

情景 1 模拟了中等规模、小规模养殖场（户）获得相关政策的重点支持从而实现快速发展的情况。在此情景下，部分小规模养殖场（户）受政策引导，积极扩大养殖规模，发展成为家庭农场型的中等规模养殖场（户）；生猪出栏量的相应变化是：小规模养殖场（户）的生猪年出栏量占比下降 15 个百分点，中等规模养殖场（户）的生猪年出栏量占比提高 15 个百分点。生猪养殖规模结构的这一变化，将带来生产成本等方面的变化：猪肉生产成本下降到 12802.41 元/吨，生产单位猪肉产品的粪污治理成本上升到 352.30 元/吨，生产单位猪肉产品的粪污污染所致环境成本上升到 1061.28 元/吨，生猪疫病冲击所致猪肉供给下降的比例上升到 13.00%。

情景 2 模拟了中国生猪养殖业重视规模经济，同时为避免养殖规模过大所带来的种种弊端，而选择将大规模养殖场作为相关政策的重点支持对象的情况。在此情景下，相关政策仅对处在一定养殖规模范围内的养殖场提供支持，中等规模、小规模养殖场（户）不再受到关注；大规模养殖场通过新建养殖场不断扩大养殖规模，而部分小规模养殖场（户）陆续退出生猪养殖业；生猪出栏量占比的相应变化是：小规模养殖场（户）的生猪年出栏量占比下降 15 个百分点，大规模养殖场的生猪年出栏量占比提高 15 个百分点。生猪养殖规模结构的这一变化，会带来生产成本等方面的变化：猪肉生产成本下降到 12770.91 元/吨，生产单位猪肉产品的粪污治理成本上升到 364.26 元/吨，生产单位猪肉产品的粪污污染所致环境成本上升到 1303.45 元/吨，生猪疫病冲击所致猪肉供给下降的比例上升到 13.44%。

情景 3 模拟了中国生猪养殖规模结构向着单体特大规模方向倾斜，相关政策重点支持特大规模养殖场发展的情况。这一情景在当前最为常见，即各地纷纷引进大型生猪养殖集团进行生猪生产，从调查情况来看，当前各地新建的养殖场几乎都是设计存栏量为十几万头以上的特大规模养殖场。在此情景下，小规模养殖场（户）的发展空间进一步受到挤压，部分退出生猪养殖业；表现在生猪出栏量变化上，小规模养殖场（户）的生猪年出栏量占比下降 15 个百分点，特大规模养殖场的生猪年出栏量占比提高 15 个百分点。生猪养殖规模结构的这一变化，将带来生产成本等方面的变化：猪肉生产成本下降到 12500.91 元/吨，生产单位猪肉产品的粪污治理成本上升到 370.37 元/吨，生产单位猪肉产品

的粪污污染所致环境成本上升到 1562.13 元/吨,生猪疫病冲击所致猪肉供给下降的比例上升到 14.50%。

情景 4 模拟了除小规模外其他不同规模的生猪养殖场(户)实现均衡发展的情况。在此情景下,特大规模、大规模、中等规模养殖场(户)的生猪年出栏量占比各增加 5 个百分点,小规模养殖场(户)的生猪年出栏量占比下降 15 个百分点。生猪养殖规模结构的这一变化,将带来生产成本等方面的变化:猪肉生产成本下降到 12691.41 元/吨,生产单位猪肉产品的粪污治理成本上升到 362.31 元/吨,生产单位猪肉产品的粪污污染所致环境成本上升到 1308.961 元/吨,生猪疫病冲击所致猪肉供给下降的比例上升到 13.65%。

表 12 生猪养殖不同规模化路径情景设置 单位: %

状态与情景	相应指标
初始均衡状态	$r_t=14.50, r_d=8.60, r_z=15.20, r_x=61.70$
情景 1: 提高中等规模养殖场(户)的占比	$r_t=14.50, r_d=8.60, r_z=30.20, r_x=46.70$
情景 2: 提高大规模养殖场的占比	$r_t=14.50, r_d=23.60, r_z=15.20, r_x=46.70$
情景 3: 降低小规模养殖场(户)的占比, 提高特大规模养殖场的占比	$r_t=29.50, r_d=8.60, r_z=15.20, r_x=46.70$
情景 4: 降低小规模养殖场(户)的占比, 实现特大规模、大规模、中等规模养殖场(户)均衡发展	$r_t=19.50, r_d=13.60, r_z=20.20, r_x=46.70$

注: r_t 、 r_d 、 r_z 和 r_x 分别表示特大规模、大规模、中等规模、小规模养殖场(户)的生猪年出栏量占比。因 2018 年暴发非洲猪瘟疫情, 故以 2017 年为初始均衡状态年份。根据《中国畜牧兽医统计 2018》中的数据, 计算出初始均衡状态下的 r_t 、 r_d 、 r_z 和 r_x 。

测算结果显示, 在生猪养殖规模化发展进程中, 若提高中等规模养殖场(户)的生猪年出栏量占比, 考虑生猪粪污污染以及疫病冲击所致社会经济福利损失后的社会经济福利减少最小^①。情景模拟结果显示(见表 13), 在目前生猪养殖规模结构(即初始均衡状态)下, 将中等规模养殖场(户)的生猪年出栏量占比提高 15 个百分点、小规模养殖场(户)的这一占比降低 15 个百分点, 社会经济福利的减少额度最小(减少 4928.62 亿元); 当特大规模养殖场的生猪年出栏量占比提高 15 个百分点、小规模养殖场(户)的这一占比降低 15 个百分点时, 社会经济福利的减少额度最大(减少 6986.76 亿元); 当中等规模、大规模、特大规模养殖场的生猪年出栏量占比分别提高 5 个百分点、小规模养殖场(户)的这一占比下降 15 个百分点时, 社会经济福利的减少额度也较大(减少 5849.16 亿元)。可见, 未来扩大中等规模养殖场(户)的生猪年出栏量占比, 能够最大限度减少粪污污染和疫情冲击所致经济福利损失, 最终在高质量发展目标下实现社会经济福利最大化。中国生猪产业发展的历史实践也有有力地验证了这一点。从图 1 可以看出, 2000 年以来, 年出栏量为 500~2999 头的中等规模养殖场(户)的

^①需要解释的是, 在实现高质量发展的过程中, 开展粪污治理能直接带来社会经济福利的提升; 实施疫病防控能降低疫病冲击所致社会经济福利损失, 这两种举措最终将带来社会经济福利的增加或其损失的减少。由于疫病冲击所致社会经济福利损失大于开展粪污治理带来的社会经济福利增长, 所以, 最终的测算结果表现为: 在各规模化路径情景下, 社会经济福利均有所损失, 但得到了不同程度的减轻。

生猪年出栏量占比增幅最大。这说明，这一规模区间的生猪养殖场（户）具有较强竞争力。

表 13 生猪养殖不同规模化路径情景下的社会经济福利变化

	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4
猪肉生产成本变化量（元/吨）	-243.20	-262.75	-526.64	-344.20
生产者剩余变化量（亿元）	64.37	69.55	139.51	91.13
消费者剩余变化量（亿元）	66.92	72.30	144.99	94.73
生猪粪污治理所致社会经济福利变化量（亿元）	5607.75	5476.27	5342.56	5475.53
生猪疫病冲击所致社会经济福利变化量（亿元）	-10667.66	-10832.20	-12613.82	-11510.55
总的社会经济福利变化量（ <i>dSS</i> ）（亿元）	-4928.62	-5214.08	-6986.76	-5849.16
<i>dSS</i> 与初始均衡状态社会经济福利的比值	0.98	1.04	1.39	1.16

注：猪肉生产成本变化为饲养成本变化与粪污治理成本变化之和。第 2~第 7 行结果中，正值表示增加，负值表示减少。

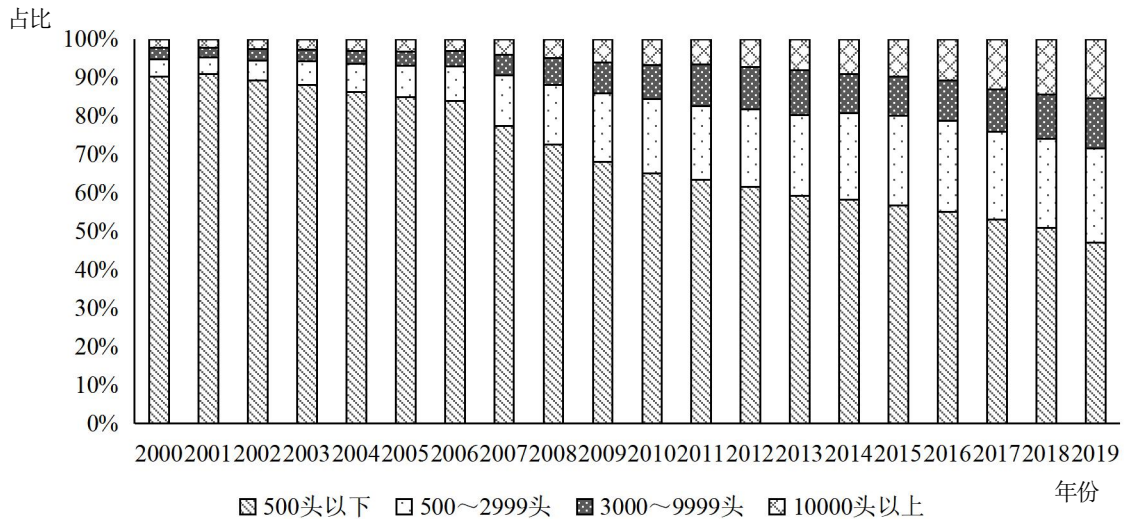


图 1 中国不同规模生猪养殖场（户）的年出栏量占比变化情况

数据来源：《中国畜牧业统计 2000—2001》《中国畜牧业统计》（2002—2017 年，历年）、《中国畜牧兽医统计 2018》《中国畜牧兽医统计 2019》。

五、结论与进一步讨论

（一）研究结论

中国畜牧业高质量发展的基本内涵是实现“优质、高效、安全和环保”的目标，即要实现产品质量安全性高、生产效率高、环境友好和疫病防控能力强。但是，中国当前畜牧业发展在这四个方面都存在突出问题：主要畜产品生产效率高长期落后于代表性国家；内涵型质量安全水平仍然不高；生态环境问题仍很突出，尤其是畜禽养殖场的臭气防治将成为今后一个时期亟须重点攻克的难点之一；疫病防控能力有所弱化，特别是基层动物疫病防控体系很不稳定，且对外来疫病的研究储备不足。以中国畜牧业中产肉量最大也最具典型意义的畜种——生猪为例，本文分析了养殖规模扩大对生产效率、生

态环境及疫病防控等的影响，并基于规模视角探讨了生猪养殖业高质量发展路径的优化。本文研究得出的主要结论如下：

第一，单体养殖规模的扩大可直接或间接降低饲养成本。单体养殖规模的扩大，不仅能通过优化生产要素间的配置来直接降低饲养成本，还能通过提升饲养技术水平、改善生猪生长环境以及降低饲料采购价格等中介效应来降低饲养成本。中介效应模型分析结果表明，改善生猪生长环境所带来的中介效应最大，生猪养殖规模每扩大1%，通过改善生猪饲养环境可使生猪饲养成本降低0.02%。可见，养殖规模在一定范围内的扩大对于降低生猪饲养成本具有较大促进作用。

第二，单体养殖规模的扩大会增加粪污治理成本和治理难度。基于调查数据的测算结果显示，特大规模养殖场单位生猪排放粪污所致污染的环境成本约为小规模养殖场（户）的10倍。同时，单体养殖规模的扩大还将导致规模不经济，并削弱范围经济效应，造成粪污治理成本上升，特大规模养殖场单位生猪粪污治理成本约为小规模养殖场（户）的2倍。上述影响最终将致使特大规模养殖场的粪污治理效率下降，污染治理难度增加。回归结果显示，生猪单体养殖规模每扩大1%，粪污治理效率将下降0.09%。

第三，单体养殖规模的扩大会导致利用短期大幅调减存栏量方式来应对突发疫情的可能性增加。随着养殖规模的扩大，养殖场（户）尽管会改善疫病防控条件，但受急于降低生产风险的影响，大规模养殖场在面对诸如非洲猪瘟等突发疫情冲击时，会以更大幅度调减存栏量。在养殖规模大于4952头时，单体养殖规模每扩大1%，存栏量调减幅度将从0.45%递增至0.75%。

第四，重点提高中等规模养殖场（户）的比例可实现社会经济福利最大化。特大规模养殖场的扩张是当前推动生猪养殖规模化水平提升的主要方式，这能够带来生产者剩余和消费者剩余的提升。但是，在综合考虑生猪粪污污染以及疫病冲击所致社会经济福利损失的情况下，提高中等规模养殖场（户）的比例，能在生猪养殖业高质量发展过程中实现社会经济福利最大化。

（二）进一步讨论

1. 中国需走重点发展中等规模养殖场（户）的规模化道路。当前，非洲猪瘟疫情总体得到控制，但这是在养殖场（户）不计成本进行防控的条件下实现的，且还存在零星散发现象。在这种情况下，大规模的自繁自育场（户）特别是新建猪场有较大优势，受土地制约（楼房养猪）和非洲猪瘟疫情影响较大的生猪养殖主体大多是超大规模养殖场。但是，根据前文对生猪养殖规模化路径优化方案的研究，从长远来看，在非洲猪瘟疫情完全消除、生猪产业发展恢复常态后，重点发展中等规模养殖场（户），是保障社会经济福利最大化的生猪养殖规模化路径。所以，类似“温氏模式”“德康模式”等“龙头企业+家庭农（牧）场”的经营模式需要大力推广。在这类经营模式中，龙头企业不应大量流转土地来开展种植或养殖活动，而应将种植或养殖环节的生产任务交给家庭农场或种养大户。龙头企业则重点做好以下事项：其一，与合作社和家庭农场（或种养大户）按保护价签订协议，将种植、养殖环节交给家庭农场（或种养大户），龙头企业负责品种改良、技术服务、屠宰加工、创建品牌、开发市场等任务。“温氏模式”“德康模式”等的实践证明，养殖户（或种植户）的违约风险可以通过由龙头企业提供仔猪、饲料、圈舍设计、技术指导与培训等产品或服务并收取相应费用来控制。其二，龙头

企业的核心任务是开拓市场，特别要强化品牌建设、加强追溯体系建设、增强文化内涵嵌入等，让消费者真正能够买到称心如意的特色优质畜产品，构建起实现优质优价的机制。

2. 中国应聚焦传统观念转变来提升畜牧业生产效率。当前，中国与畜牧业发达国家在相关先进实用技术创新方面差距并不大，差距最大的是对这类技术的有效应用，其中最重要的制约因素是一些传统观念。促进畜牧业高质量发展，需要转变传统观念。

第一，转变传统的粮食安全观念，转向“大食物安全观”。解决饲料粮安全问题的思路很多，既可“算加法”，即增加面积和提升单产，也可“算减法”，即用优质牧草来适当替代（王明利，2015）。在全面建设社会主义现代化强国的阶段，不断满足人民群众对美好生活的需要，不仅要吃得饱，还要吃得好、吃得营养；不仅需要口粮，还需要更多的优质安全的肉蛋奶。所以，提倡满足全部营养需要的“大食物安全观”更为科学合理。

第二，转变传统的养殖观念，转向“健康养殖”理念。要将“有啥喂啥、以人为本”的传统养殖观念^①转变为“根据不同畜禽的生产特点和生活习性来进行饲养管理、以畜禽为本”的现代健康养殖理念^②。例如，饲草本就是草食家畜的“主食”，要尽量满足草食家畜对优质牧草的需要，这样既可以有效提升畜禽的健康水平、生产效率和产品质量，又可以有效提升水土资源的利用效率^③。再如，要根据不同畜禽的生产特点和生活习性来进行饲养管理，该粗放的环节一定要粗放管理，该精细的环节一定要精细化管理。畜禽需要生长在“阳光雨露、风吹日晒”的环境中，圈舍建设要充分考虑到这一点，过度追求“高大上”的豪华圈舍不一定适应动物生长，圈舍建设适度的“轻资产化”是可行的和经济的；而饲草料供应、饮水等方面却不能粗放，需要用真正在营养和安全等方面都达标的优质饲草料，更需要清洁的饮水，且在北方地区冬季应供应温水。动物的舒适和健康是保障畜牧生产高效、产品优质安全的基础，而这些却是中国传统养殖中比较被忽视的方面。

3. 建立和完善粪污肥料化利用的相应机制。畜禽粪污全量还田是国际上畜牧业发达国家采用的主要模式，特别是在人均土地资源较少的西欧发达国家，种养结合、农牧循环是它们在 20 世纪 90 年代就开始实施畜禽粪污治理后最终被认可的最可行道路。中国尽管也提倡采用种养结合和农牧循环，但在实施深度和广度方面都很不够，特别是还没有真正实施以畜禽养分平衡管理为基础的种养结合制度。目前，种养结合与农牧循环只在蔬菜（种植）等设施农业以及林果等特色农产品生产中得到较多实施，而在大田作物生产中很难得到大面积采用。究其原因，粪肥虽然肥效长、改善地力的作用明显，但与

^①在传统养殖观念下，养殖场（户）不注重牲畜自然生长所需的饲草料营养和环境条件等，基本上是用农户自产的农产品、农作物副产品、农产品加工副产品等进行饲喂，即使是规模养殖场，也不注重饲草料的营养和安全，一般采用质次价廉的饲草料；养殖所用的圈舍和环境设施也不注重通风、光照等因素。

^②这里的“以畜禽为本”是为了更好实现“以人为本”。养殖场（户）依靠健康畜禽的生长获得利润，在生产经营中应首先按照畜禽的自然生长规律来保障畜禽的舒适与健康，应有像商业经营中“以顾客为上帝”的理念。只有做好畜禽饲养管理、保障畜禽的舒适与健康，才能提升畜禽生产效率和产品质量安全性。

^③同样一亩耕地，种饲草产生的动物有效营养当量是种粮的 3~5 倍（任继周、林慧龙，2009）。

化肥相比，仍存在见效慢、加工运输储存成本高、施用不方便等问题。必须构建起促进粪肥有效利用、种养结合有效实施的机制，确保种养结合制度顺利得到推广。应主要构建以下3种机制：第一，构建农产品优质优价机制。强化绿色、有机农产品的认证力度和监管机制，扎实推进农产品追溯体系建设，确保施用有机肥所生产的农产品在市场上得到明确识别和高价格回报。第二，构建起促进畜禽粪污肥料化利用的财政补贴机制。粪肥虽然肥效长、改善地力作用明显，但见效慢、施用成本高，促进粪肥得到有效使用需要政府给予补贴，弥补种植户使用粪肥带来的短期损失。第三，在区域内构建起畜禽粪污“分散收集、全量利用”的组织化服务机制。尽管中国畜牧业规模化发展较快，但中小规模散养户的体量仍然很大。必须根据不同区域的实际情况，以自然村或行政村为单元，构建起“村收集+村服务+全量还田”的组织化服务机制，使分散的养殖场（户）与分散的种植户实现有机融合，既减少中小规模养殖场（户）的粪污处理设施设备投资，又降低种植户对大型施肥机械的投资，实现小区域内种养有效结合和良性循环。以上3种机制的构建，既可保障大规模养殖场所生产的有机肥有销路，又可保障中小规模养殖场（户）产生的粪污得到肥料化处理和有效利用，还可保障农田地力的提升和种养良性循环的实现。

4.全面提升疫病防控能力。为应对禽流感疫情的巨大影响，中国曾经建立了较强的畜禽疫病防控体系，但这一体系在2018年以来的地方政府机构改革中受到了很大冲击。非洲猪瘟疫情的突发暴露了这一体系存在的短板。必须全方位补齐短板，全面提升应对畜禽疫病的能力，为畜牧业高质量发展保驾护航。

第一，要从物质投入与制度建设两个方面夯实和稳固基层动物疫病防控体系。要尽快在县及以下职能部门专设畜牧业技术推广和动物疫病防控机构，恢复过去专门的畜牧兽医技术推广站点，充实专门的畜牧兽医技术推广人员和装备，平时开展技术示范推广，并及时发现和防范疫情，突发疫情时则成为防控疫情的主力军。建议以法律形式将这一机制固定下来，避免重复走“建了毁、毁了再建”的老路。

第二，亟须加强对国外已发生动物疫病的研究储备和相应防治技术的普及。应深入贯彻习近平总书记“人病兽防、关口前移”的要求，深刻汲取非洲猪瘟在国外已发生近一个世纪被传入中国时的开始阶段从上到下仍“手忙脚乱、不知所措”的教训，强化对国外已发生疫病的研究储备，并加强对这些疫病感染特征、危害程度、传播途径等基本知识和相应防控技术的宣传普及。建议专门成立一个国家层面的国际动物疫病科学中心，专门负责与国际相关机构在国际重大动物疫病研究和疫情监测等方面的合作事宜，专门做好相关研究储备，并承担及时发布重大动物疫情预警以及制定相关防控策略的责任。

第三，强化大规模养殖企业的社会责任感培育及其在畜牧业高质量发展中正向引导作用的发挥。此次非洲猪瘟疫情传播事件表明，一旦发生突发事件，大规模养殖企业的“大进大出”会严重影响养殖业的稳定发展。尽管大规模养殖企业的生猪年出栏量占比到目前还没有达到30%，但这些企业具有很强的带动性。所以，应尽快培育和弘扬大规模养殖企业的社会责任感，促使它们承担起引领产业发展、稳定产业运行、带动养殖场（户）共同致富的社会责任。由于中国人口众多、地域资源禀赋差距

很大, 小规模养殖场(户)在充分利用地方特定资源、稳定生产和有效实施种养结合等方面具有独特优势, 因此, 还需采取切实措施, 引导大规模养殖企业承担起有效组织和引导小规模养殖场(户)转型升级和向现代畜牧业迈进的责任。

参考文献

- 1.戴铁军、赵迪, 2016: 《基于系统动力学的区域经济系统可持续发展模型研究》, 《再生资源与循环经济》第9期, 第7-10页。
- 2.郭庆海, 2021: 《渐行渐远的农牧关系及其重构》, 《中国农村经济》第9期, 第22-35页。
- 3.郭晓, 2012: 《规模化畜禽养殖业控制外部环境成本的补贴政策研究》, 西南大学博士学位论文, 第70页。
- 4.黄栋, 2009: 《北京市平原区地下水脆弱性研究》, 首都师范大学硕士学位论文, 第24页。
- 5.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, 第109-118页。
- 6.刘涛、谷佳桐、郑晶, 2017: 《规模化畜禽养殖的外部环境成本测度——以广东省为例》, 《江苏农业科学》第2期, 第293-298页。
- 7.刘晓利、许俊香、王方浩、张福锁、马文奇, 2005: 《我国畜禽粪便中氮素养分资源及其分布状况》, 《河北农业大学学报》第5期, 第27-32页。
- 8.马国霞、於方、齐霁、王金南, 2014: 《基于绿色投入产出表的环境污染治理成本及影响模拟》, 《地理研究》第12期, 第2335-2344页。
- 9.王明利, 2015: 《有效破解粮食安全问题的新思路: 着力发展牧草产业》, 《中国农村经济》第12期, 第63-74页。
- 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, 第60-70页。
- 11.王明利, 2020: 《“十四五”时期畜产品有效供给的现实约束及未来选择》, 《经济纵横》第5期, 第100-108页。
- 12.温忠麟、叶宝娟, 2014: 《中介效应分析: 方法和模型发展》, 《心理科学进展》第5期, 第731-745页。
- 13.任继周、林慧龙, 2009: 《农区种草是改进农业系统、保证粮食安全的重大步骤》, 《草业学报》第5期, 第1-9页。
- 14.沈鑫琪、李秉龙、乔娟, 2019: 《生猪养殖专业化分工的生产率效应及其差异性研究——来自自繁自养型养殖户的经验证据》, 《农业技术经济》第4期, 第71-83页。
- 15.武深树、谭美英、黄璜、龙岳林、邓云波、甘德欣, 2009: 《湖南洞庭湖区畜禽养殖环境成本评估》, 《湖南农业大学学报(自然科学版)》第5期, 第565-571页。
- 16.许俊香、刘晓利、王方浩、张福锁、马文奇、马林, 2005: 《我国畜禽生产体系中磷素平衡及其环境效应》, 《生态学报》第11期, 第119-126页。
- 17.于法稳、黄鑫、王广梁, 2021: 《畜牧业高质量发展: 理论阐释与实现路径》, 《中国农村经济》第4期, 第85-99页。
- 18.周勋章、李广东、孟宪华、杨江澜、路剑, 2020: 《非洲猪瘟背景下养猪户决策行为及其影响因素》, 《农业工程学报》第8期, 第316-324页。
- 19.Bassols, A., R. Turk, and P. A. Roncada, 2014, “A Proteomics Perspective: From Animal Welfare to Food Safety”, *Current*

Protein and Peptide Science, 15(2): 156-168.

20. De Passillé, A. M., and J. Rushen, 2005, "Food Safety and Environmental Issues in Animal Welfare", *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizooties)*, 24(2): 757-766.

21. Ott, S. L., A. H. Seitzinger, and W. D. Hueston, 1995, "Measuring the National Economic Benefits of Reducing Livestock Mortality", *Preventive Veterinary Medicine*, 24(3): 203-211.

22. Zhang, Y., H. Wang, Q. Lei, J. Luo, S. Lindsey, J. Zhang, L. Zhai, S. Wu, J. Zhang, X. Liu, T. Ren, and H. Liu, 2018, "Optimizing the Nitrogen Application Rate for Maize and Wheat Based on Yield and Environment on the Northern China Plain", *Science of the Total Environment*, 550(7677): 1173-1183.

(作者单位: ¹ 中国农业科学院农业经济与发展研究所;

² 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所)

(责任编辑: 陈秋红)

The Influence of Scale Structure Adjustment on the High-quality Development of Animal Husbandry and Its Path Optimization: An Analysis from the Perspective of Pig Breeding Scale

WANG Mingli LI Pengcheng MA Xiaoping

Abstract: High-quality development is the main melody of China's economy in a new era. The high-quality development of animal husbandry is of great significance to meet the pursuit of a better life for urban and rural residents. This article defines the basic connotation of high-quality development of animal husbandry in China as the goal of "high quality, high efficiency, safety and environmental protection", that is, to achieve high product quality and safety, high production efficiency, environmental friendliness and strong ability of disease prevention and control. Taking pig breeding as an example, this study empirically analyzes the impact of the expansion of single breeding scale on production efficiency, fecal pollution control and epidemic prevention and control, further simulates the impact of the adjustment of pig breeding scale structure on the change of socio-economic welfare under the goal of high-quality development, and finds that focusing on increasing the proportion of medium-sized farms (households) can maximize socio-economic welfare. Therefore, China needs to focus on the development of medium-sized farms (households). Finally, this study discusses several important ways to promote the high-quality development of animal husbandry, including focusing on the transformation of traditional ideas to improve production efficiency, establishing and improving the corresponding mechanism of manure fertilizer utilization, and comprehensively improving the ability of epidemic prevention and control.

Keywords: Animal Husbandry; High-quality Development; Scaling-up; Socio-economic Welfare; Pig Breeding