

畜禽养殖废弃物资源化利用研究进展

胡曾曾^{1,2}, 于法稳^{1,2}, 赵志龙³

- (1. 中国社会科学院 农村发展研究所, 北京 100732;
2. 中国社会科学院 生态环境经济研究中心, 北京 100732;
3. 北京师范大学 地理科学学部, 北京 100875)

摘要: 畜禽养殖废弃物资源化利用是农业绿色发展行动的重要组成部分, 是破解农村生态环境治理与污染防治难题的重点。文章系统阐述了我国畜禽养殖废弃物资源化利用工作在政策法规、管理模式、技术方法、价值评估和利益相关者行为分析等方面的研究进展, 并指出目前畜禽养殖废弃物资源化利用还存在政策层面可操作性不强、分类施策体系未建立、“非规模化”的中小型畜禽养殖户未纳入监管体系、地方有机肥项目经济效益低等问题。并提出推动落实畜禽养殖废弃物全量资源化利用, 需与生态系统服务权衡、农业生态补偿相关联, 逐步构建中国畜禽养殖产业废弃物资源化市场交易体系, 深化推进畜禽养殖废弃物资源化全产业链。

关键词: 养殖废弃物; 农业废弃物; 资源化利用; 农村环境治理; 乡村振兴

中图分类号: X713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4407(2019)08-186-08

Review of Research on the Utilization of Livestock and Poultry Waste in China

HU Zengzeng^{1,2}, YU Fawen^{1,2}, ZHAO Zhilong³

- (1. Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;
2. Centre for Eco-Environmental Economy, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;
3. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The utilization of livestock and poultry waste is an important component of the agricultural green development. It has great significance to promote the rural ecological environment and it's the key to solve the pollution problem. This article summarizes the general situation of the development of livestock and poultry waste utilization in China, and systematically reviews it in aspects of policies and regulations, technical methods, management mode, value assessment and the behavior of stake holders. Based on these findings, it was found that some prominent problems which needed thorough research, for example, some relevant policies and regulations are not operable enough and hot targeted, "Non-scale" livestock and poultry farmers have not in the regulatory system, organic fertilizer has low economic benefit, and none implementation policy has been established according to the difference in resource utilization of livestock and poultry breeding wastes, and so on. Thus, in order to promote the utilization of livestock and poultry waste, the following aspects were needed in future research: it should be related to ecosystem service trade-offs and Agro-ecological compensation, gradually to construct China's market system of the livestock and poultry waste utilize, to explore the whole industrial chain and promote the full utilization.

Key words: livestock and poultry waste; agricultural waste; resource utilization; rural ecological environment; rural revitalization

1 引言

近年来, 随着畜禽养殖产业规模的不断扩大, 畜禽粪便、养殖废水等畜禽养殖废弃物排放量也随之不断攀升, 加之养殖业和种植业的不断分离, 畜禽养殖粪污的消纳能力远低于其产生量, 导致畜禽养殖产业已成为当前农业面源污染的重要来源^[1-2], 并引发了水体^[3]、土

壤和大气污染^[4]。2015年, 在畜牧业 GDP 占农业 GDP 比重达到 27.8%^[5]的同时, 畜禽养殖产业 COD 排放量达到全国排放总量的 45.67%, 占农业 COD 排放总量的 95%^[5]; 氨氮排放量达到全国排放总量的 24.02%, 占农业氨氮排放总量的 76%^[5]。截至目前, 畜禽养殖废弃物污染现象并未得到明显改善。2017年, 全国畜禽粪污

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“加快建设农业废弃物资源化利用政策研究”(17AZD012)

第一作者简介: 胡曾曾(1989—), 女, 湖北宜昌人, 中国社会科学院农村发展研究所博士后, 研究方向为区域生态补偿和生态环境治理。

E-mail: huzengzeng@cass.org.cn

通讯作者简介: 于法稳(1969—), 男, 山东鄄城人, 研究员, 博士研究生导师, 研究方向为资源管理、农村生态治理和农业可持续发展。

E-mail: yufaw@cass.org.cn

总量仍达到 39.8 亿吨^[1]，到 2020 年，这一数字将达到 42.44 亿吨^[6]，加之目前我国畜禽养殖产业废弃物的综合利用率不足 60%^[5]，每年至少有约 16 亿吨的畜禽养殖废弃物无法得到妥善处理，资源利用模式变革迫在眉睫。

面对畜禽养殖废弃物污染严峻的现实，2016 年 12 月，中央财经领导小组提出在“十三五”时期要加快推进全国畜禽养殖废弃物资源化工作^[7]。2016 年、2017 年和 2018 年连续 3 年的中央一号文件均提出要切实做好畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作，并将其纳入农村突出环境问题综合治理中^[7]。畜禽养殖产业废弃物全量资源化利用也纳入了《乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》，提出要在 500 多个养殖县全县推进畜禽粪污资源化利用试点，使全国畜禽综合利用率提高到 75% 以上。当前农村生态环境治理已成为乡村振兴的瓶颈^[8-10]，而畜禽养殖产业废弃物资源化利用是破解农村生态环境治理与污染防治难题的重要一环^[9-14]，如果这些废弃物得不到妥善处理，极易造成环境生态效应问题愈加突出。因此，加快畜禽废弃物资源化利用和无害化处理是控制农业面源污染、改善农村生态环境的有效途径。同时，它对于我国发展循环农业^[15]、绿色农业^[16]和加快农业供给侧结构性改革^[5]具有积极推动作用，并有助于推进国家生态环境保护工作^[17-18]、生态文明建设^[19-21]和国家治理体系与治理能力^[22]的现代化。

在畜禽养殖废弃物资源化研究领域，众多学者在畜禽粪便时空分布^[4, 23-24]、负荷量计算^[25-27]、污染现状^[28]、环境风险评价^[29-30]、排泄系数测定^[31]、排放总量防控^[32]以及畜禽养殖废弃物资源化的困境^[33]等方面开展了研究工作。由于我国在这方面的研究起步较晚，现有文献大多针对畜禽养殖资源化中某一个环节进行研究分析，有许多内容需要进行更加深入细致的研究，本文从畜禽养殖废弃物资源化的概念界定、主要研究内容和存在的问题对已有文献进行系统地梳理，并展望其发展方向，以期对未来我国畜禽养殖产业废弃物资源化的理论与实践研究提供科学参考。

2 畜禽养殖废弃物资源化利用概念及研究特点

2.1 畜禽养殖废弃物资源化利用的概念

畜禽养殖废弃物包括猪、牛、羊、兔、鸡、鸭、鹅、肉鸽等家畜的粪便和圈舍冲洗废水等，有些地方根据实际情况，还包括“丢弃的畜禽尸体”(杭州市)、“防疫危险废弃物”(海口市)等，在国外是没有“畜禽养殖废弃物”这个概念的。比如，美国将畜禽养殖废弃物资源化称为

“养分利用”^[34]，日本将畜禽养殖废弃物造成的污染称为“畜产公害”^[2]。实际上，畜禽养殖废弃物是种错放的资源，根据对已有文献的梳理，作者认为畜禽养殖废弃物资源化是将废弃物视为特殊形态的农业资源^[3]，通过各项措施将其转化为能源以及种植业的投入品，最大限度地发挥废弃物的生态价值^[35]，并实现种植业与养殖业之间的生态循环^[19]。

2.2 畜禽养殖废弃物资源化利用的研究特点

畜禽养殖废弃物资源化利用主要聚焦畜禽粪污染治理。国外治理畜禽养殖废弃物主要分为粪污产前、产中和产后治理，产前需要制定相关政策、规划布局；产中需要加强管理；产后需要对粪污进行资源化无害化处理。现有研究大多从这三大方面切入，具体来看，大多从政策保障、管理模式、粪污处理技术以及粪污利用价值和主体行为等方面作为切入点进行分析研究。

2.2.1 政策保障

从国外治理粪污经验来看，荷兰、日本、德国等都针对此颁布实施了一系列法律法规和行之有效的法规体系^[36-37]。我国针对畜禽养殖产业废弃物造成环境污染的情况，国家先后出台了一系列政策和法律法规加以规定和约束。

从国家政策层面来看(表 1)，出台的政策从原来单一强调污染防治转变为污染治理、废弃物资源化利用。2014 年以前，国家有关职能部门先后出台了《国家农村小康环保行动计划》《畜禽养殖业污染防治技术政策》等政策，目的在于遏制畜禽养殖产业快速发展带来的突出环境问题，侧重畜禽养殖产业废弃物的污染防治。2014 年以后出台的政策在前有政策对于畜禽养殖产业污染防治的基础上，更加强调对于畜禽养殖废弃物的资源化利用。2014 年，《畜禽规模养殖污染防治条例》的实施对畜禽养殖产业提出了更高的环保要求，并要求各地划定禁养区域，这使得该产业面临着巨大的环保压力，大力推动了畜禽养殖产业废弃物资源化进程，为畜禽养殖产业的污染防治提供了新的方向和手段。2017 年 5 月，国务院办公厅印发《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》，提出构建畜禽养殖废弃物资源化利用制度。这促使变废为宝、开展废弃物资源化综合利用成为畜禽养殖产业可持续发展的必然选择^[38]。

针对畜禽养殖废弃物造成污染的情况，我国制定和修正了一批法律法规对畜禽养殖废弃物的处理和利用进行规定与约束(表 2)。目前我国涉及畜禽养殖产业废弃物资源化利用的法律法规包含三个方面，即全国人民代表大会颁布的法律、国务院颁布的行政法规和国务院组

成部门颁布的部门规章。2014 年以前,我国有关畜禽养殖产业废弃物的法律法规强调废弃物的污染防治,侧重以达标排放为目标。例如 2001 年颁布实施的《畜禽养殖污染防治管理办法》《畜禽养殖业污染防治技术规范》和《畜禽养殖业污染物排放标准》对畜禽养殖产业污染定义、相关防治技术、治理原则和排放标准等做了详细规

定。其中,《畜禽养殖污染防治管理办法》是用于指导全国畜禽养殖场污染防治工作的基础性法规。

2.2.2 畜禽废弃物管理模式

我国在畜禽废弃物资源化实践过程中,也积累了相关的管理经验,根据各地区的经济发展、畜禽养殖废弃物污染情况以及种植、养殖、肥料、饲料、能源等产业

表1 我国与畜禽养殖废弃物资源化利用相关的政策

名称	发布机构	时间	涉及内容
《乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》	中共中央、国务院	2018.09	大力发展种养结合循环农业,促进养殖废弃物就近资源化利用;开展整县推进畜禽粪污资源化利用试点;在种养殖密集区域,探索整县推进畜禽粪污、病死畜禽等废弃物全量资源化利用;推进农业绿色发展,建设生态宜居的美丽乡村
《全国畜禽粪污资源化利用整县推进项目工作方案(2018—2020 年)》	国家发展和改革委员会、农业农村部	2017.08	选择 200 个以上畜牧大县开展畜禽粪污处理和资源化利用设施建设。项目建成后,项目县畜禽粪污综合利用率达到 90% 以上,规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 100%
《畜禽粪污资源化利用行动方案(2017—2020 年)》	农业农村部	2017.07	建立健全资源化利用制度,促进畜禽粪污资源化利用
《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》	国务院	2017.05	构建种养循环发展机制,全国畜禽粪污综合利用率达到 75% 以上,规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 95% 以上,大规模养殖场粪污处理设施装备配套率提前一年达到 100%。
《开展水果蔬菜茶叶有机肥替代化肥行动方案》	农业农村部	2017.02	支持农民和新型农业经营主体等使用畜禽养殖废弃物资源化产生的有机肥,加快畜禽养殖废弃物资源化利用
《全国农村环境综合整治“十三五”规划》	生态环境部、财政部	2017.01	将畜禽养殖废弃物资源化利用和污染防治作为农村环境综合整治的主要任务,治理后使得畜禽粪便综合利用率≥ 70%
《中共中央、国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》	中共中央、国务院	2016.12	大力推行高效生态循环的种养模式,加快畜禽粪便集中处理,推动规模化大型沼气健康发展
《“十三五”节能减排综合工作方案》	国务院	2016.12	促进畜禽养殖场粪便收集处理和资源化利用
《全国农村经济发展“十三五”规划》	国家发改委	2016.10	综合治理畜禽养殖污染,完善废弃物收集和处理设施,大力推进畜禽粪污资源化利用,努力实现生态消纳或达标排放
《全国农业现代化规划(2016—2020 年)》	国务院	2016.10	开展种养结合循环农业工程,建设 300 个种养结合循环农业发展示范县,推进畜禽粪污综合利用
《全国草食畜牧业发展规划(2016—2020 年)》	农业农村部	2016.07	启动草食畜牧业绿色发展示范县创建活动,整县推进畜禽废弃物无害化处理和综合利用,实施草食畜禽粪便资源化利用试点
《水污染防治行动计划》	国务院	2015.04	自 2016 年起,新建、改建、扩建规模化畜禽养殖场(小区)要实施雨污分流、粪便污水资源化利用
《全国畜禽养殖污染防治“十二五”规划》	生态环境部、农业农村部	2012.11	推动农牧结合、种养平衡、循环利用,提高农业资源综合利用效益
《畜禽养殖业污染防治技术政策》	生态环境部	2010.12	畜禽养殖污染防治应遵循发展循环经济、低碳经济、生态农业与资源化综合利用的总体发展战略
《关于实行“以奖促治”加快解决突出的农村环境问题的实施方案》	国务院	2009.02	通过生产有机肥、还田等方式,有效治理规模化畜禽养殖污染,对分散养殖户进行人畜分离,集中处理养殖废弃物
《国家农村小康环保行动计划》	生态环境部	2006.10	中央财政资金重点用于支持畜禽养殖污染防治与废弃物资源化利用等方面

表2 我国与畜禽养殖废弃物资源化利用相关的法律法规

名称	发布机构	时间	涉及内容
《中华人民共和国环境保护法》	全国人民代表大会常务委员会	2014.04 (修订)	从事畜禽养殖和屠宰的单位和个人应采取的措施,对畜禽粪便、尸体和污水等废弃物进行科学处置,防止污染环境,各级人民政府应当在财政预算中安排资金,支持畜禽养殖等环境保护工作
《中华人民共和国水污染防治法》	全国人民代表大会常务委员会	2017.06 (修订)	国家支持畜禽养殖场、养殖小区建设畜禽粪便、废水的综合利用或者无害化处理设施
《中华人民共和国畜牧法》	全国人民代表大会常务委员会	2015.04 (修订)	国家支持畜禽养殖场、养殖小区建设畜禽粪便、废水及其他固体废弃物的综合利用设施
《中华人民共和国农业法》	全国人民代表大会常务委员会	2012.12 (修订)	从事畜禽等动物规模养殖的单位和个人应当对粪便、废水及其他废弃物进行无害化处理或者综合利用
《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》	全国人民代表大会常务委员会	2016.11 (修订)	从事畜禽规模养殖应当按照国家有关规定收集、贮存、利用或者处置养殖过程中产生的畜禽粪便,防止污染环境
《畜禽规模养殖污染防治条例》	国务院	2013.11	防治畜禽养殖污染,推进畜禽养殖废弃物的综合利用和无害化处理,鼓励种养结合消纳养殖粪污
《畜禽养殖污染防治管理办法》	生态环境部	2001.05	畜禽养殖污染防治实行综合利用优先,资源化、无害化和减量化的原则
《畜禽养殖业污染防治技术规范》	生态环境部	2001.12	畜禽养殖场建设应坚持农牧结合、种养平衡原则,经处理的粪便可作为土地的肥料或土壤调节剂
《畜禽养殖业污染物排放标准》	生态环境部、国家市场监督管理总局	2001.12	畜禽养殖业应通过废水和粪便的还田或其他措施对所排放污染物进行综合利用,实现污染物的资源化

的规模等有不同的管理模式，管理模式主要从行为主体和养殖场(户)的规模和空间分布两个方面来分析。

管理模式按行为主体主导可分为养殖户或企业主导型、种植企业主导型、有机肥企业主导型和政府或公益性处理中心主导型^[39]。养殖户主导型是我国传统的畜禽养殖产业废弃物资源化利用管理模式，该管理模式适用于小型畜禽养殖废弃物资源化^[40]。企业主导型适用于当地有大型养殖企业或龙头企业，已建立养殖基地，或已采用“公司+农户”和“公司+农场”等模式的企业。种植企业主导型可以推动种养结合，实现养殖产业废弃物资源化利用，适用于向大中型规模畜禽养殖废弃物资源化利用进行推广^[40]。有机肥企业主导型也可根据地区实际情况应用到大中型规模畜禽养殖废弃物资源化利用工作中，只是这种管理模式对养殖废水的处理效率较低^[39-40]，需要养殖场自配污水处理设施。政府管理的废弃物公益性处理中心对于农村小型畜禽养殖废弃物资源化利用亦具有优势，但由于小型养殖场多分散分布，导致公益性处理中心资源化利用成本较高，需要地方政府提供充足财政支持^[40]。此外，政府可以通过发挥环境监管、知识传播、政策制定、技术推广、多方利益协调和生态系统服务补偿等职能来达到畜禽养殖废弃物资源化利用综合管理的目的^[38,41]，通过制定政策、法律法规等行为，对废弃物资源化利用工作中的其他利益相关方进行引导和制约^[42]。

按畜禽养殖场(户)的数量规模和空间分布的特征，可分为分散型资源化处理模式和集中资源化处理模式。集中资源化处理模式适合大中型规模养殖场和散养密集区，这种模式在空间尺度、产业链或中央循环上都存在空间分离性，都需要通过产业链和组织创新实现，需要政策的支撑。大中型规模养殖场多需要配套较为完善的粪污处理设施，对粪污进行固液分离—清洁提质，在处理本养殖场废弃物的同时还可以消纳周边中小养殖场的粪污。在实践中，依据不同情况又细分不同的模式，比如在秸秆、粪污充足的地区，将秸秆与粪污混合经过厌氧发酵后产沼气可代替46%的薪柴^[43]，沼渣则制成有机肥，或者通过流转土地发展种植就近消纳。在养殖密集区，则需要有第三方(社会)组织，比如合作社、有关企业或者政府公益性处理中心，对养殖密集区的各养殖户集中收集粪污。分散性资源化处理模式适合小型养殖场和散户，在实践中依据不同的情况有多种方式，比如配备足够的土地或水域的养殖户采用种养结合模式，有的养殖过程中使用发酵床模式，或采用粪污循环利用的饲养模式，如蚯蚓粪模式、粪污饲养家蝇和石斑鱼等

模式、降低养殖过程中的污染^[44]。

总体而言，管理模式的选择应当结合地方实际，注重区域差异，综合考虑所在地区的经济发展、畜禽养殖废弃物污染情况以及种植、养殖、肥料、饲料、能源等产业的规模与相关联系等来选择当地的畜禽养殖产业废弃物管理模式^[39]。同时，在畜禽废弃物资源化利用工作中，应构建由政府及其公益性处理中心、种植企业、有机肥企业、养殖户或养殖企业等多方参与的合作机制，从而提高所选模式的管理效率^[40-41]。

2.2.3 粪污处理技术方法

畜禽养殖产业废弃物资源化利用的技术方法包括肥料化、饲料化和能源化^[1,3,45]三个方面。其中，能源化和肥料化是主要利用方向^[46-47]。

肥料化利用技术是目前各国最为常用的畜禽养殖废弃物资源化利用技术^[1]，同时也是我国目前主要采用的资源化利用方式^[48]，主要包括堆肥化处理和生物发酵技术等^[3,45,49]。其中，堆肥化处理通过建设蓄粪池等设施进行自然堆肥，而后通过就近还田方式完成废弃物肥料化利用和种养结合^[48,50]，这种方式往往适用于个体养殖户和小规模养殖场^[5,3,45,49]。在还田处理过程中还应注意不同养殖类型差异导致的废弃物养分和重金属含量的差异^[4]。有研究表明，随着养殖场规模的增加，畜禽废弃物作用肥料还田的比率呈下降态势，而废弃物无害化处理的比率呈上升态势^[51]。生物发酵技术将畜禽废弃物转换成有机肥或有机—无机复合肥，处理规模较大，适用于中等规模以上的养殖场^[3,45,49]。由于该种方式适用于工厂化生产，所以往往存在第三方企业、处理中心来集中处理和生产^[47,50]的情况。

饲料化利用技术也是畜禽养殖产业废弃物资源化利用的一种方式。目前常将鸡粪经过处理后用作猪、牛、羊的饲料或者养殖鱼类^[1]，也有一些大中型养殖场将牛粪等废弃物作为蚯蚓养殖的培养基或食用菌种植的基料^[52]。但由于畜禽废弃物饲料化存在有害物质超标易导致所饲养动物中毒的情况，目前，欧美等国家不主张饲料化废弃物资源利用方式^[52]。

能源化利用技术主要包括制备沼气及沼气发电^[27,49]、生产沼液和沼渣^[49]、燃烧产热^[1]、废水处理再利用^[5]等。此废弃物资源化利用方式多适用于大中型规模化养殖场，比如意大利以马卡农场大型规模养殖场为代表的，畜禽粪污多采用“70%粪便+30%生物质”或者“30%粪便+70%生物质”的沼气发电模式^[53]；此废弃物资源化利用方式也存在第三方企业参与其中，进行畜禽废弃物能源化利用^[49]。但由于能源化利用需要投入大量成本，

并且市场机制初步形成还未成熟,所以仍需要在政府支持下,农户、企业、政府有关部门协同创新,不断完善体制机制。比如大型、中小型养殖场若采用沼气发电模式,则需要集中收集多个养殖场的畜禽粪污生物发酵后再发电。有研究表明,通过制备沼气进行畜禽废弃物资源化利用在全国畜禽废弃物资源化利用中的占比仅为1%左右^[48],2010年我国畜禽养殖产业废弃物排放量可产生沼气1 072.75亿立方米,若全部利用,可减少当年我国天然气消费量的60%^[32]。

2017年,我国开始试点整县推进畜禽粪污资源化利用工作,出现了大型规模化养殖企业将肥料化与能源化相结合开展畜禽废弃物资源化利用的“链融体”技术模式^[5],将畜禽废弃物资源化利用的链条向上下游拓展,努力打造全产业链条,逐渐将饲料业、种植业、养殖业、屠宰业、能源环保等产业相互融合,这是近年来畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作值得借鉴之处。

2.2.4 粪污的价值评估

畜禽养殖废弃物是错放的资源,既然是资源,必定有其存在的价值,现有文献中对畜禽养殖产业废弃物资源化利用开展的价值评估,大多基于外部性理论和公共物品理论^[54]。外部性是指养殖户或养殖企业向市场外所有人强加的效益或者成本^[19,54]。畜禽养殖产业废弃物得到资源化利用是正向外部性的体现,而畜禽养殖产业废弃物未得到资源化利用造成环境污染是负向外部性的表现^[19,54]。畜禽养殖废弃物资源化利用产生的环境效益无可分割及排他,所有人均可享受其所提供的生态系统服务,这使得其归属于公共物品范畴^[19,54]。由此,畜禽养殖产业废弃物资源化往往由政府支持实施^[19],而对其开展价值评估也是政府制定政策考虑是否提供该公共物品,以及所产生成本收益的前提基础^[36]。

现有文献中,对畜禽养殖废弃物的价值评估工作有多种方法,往往从农户或居民入手^[36,42],问卷调查是常用的工作手段^[36,42,54]。评估常用的方法有条件价值评估、选择实验法、替代成本法^[36]等。条件估值通过询问个人对于养殖废弃物资源化所带来的生态系统环境服务的支付意愿或者受偿意愿来评估资源化利用的生态系统服务价值,是普遍采用的价值评估方法^[36]。选择实验法也通过探究居民对养殖废弃物资源化带来的生态环境改善的支付意愿^[36]来开展资源化利用的价值评估工作。替代成本法考虑的是将养殖产业废弃物所造成的污染进行改善并达到某一程度所需的成本,存在未考虑资源化利用工作所带来生态环境质量改善等潜在福利的情况^[36]。此外,还有研究通过价值评估相关模型来感知养殖产业废弃物

资源化的经济、生态、社会等方面的价值^[42]。在具体实践过程中可根据具体情况选取合适的价值评估方法。

2.2.5 行为主体分析

畜禽养殖产业废弃物资源化利用的利益相关者主要包括中央政府、地方政府、养殖户、种植企业、有机肥企业、污染处理企业等^[42,55]。相关学者对畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作中各利益相关者的行为展开了研究。

养殖户是畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作中最基本、最庞大的利益相关者^[42,56]。在资源化利用中,养殖户既是正向外部性的提供方又是正向外部性的受益者^[42],对于推动养殖废弃物资源化工作具有十分重要的作用。相关研究对养殖户采取废弃物资源化利用行为的影响因素进行了分析。认为资源化利用意识与认知^[38,56-58]、社会行为参照^[38,56-57]、政策引导^[57-58]、成本收益^[38]、年龄、性别、文化程度、环保技术信息、环保设施以及养殖规模等^[58]因素均对养殖户畜禽养殖废弃物资源化利用行为产生影响。同时,性别、收入、对资源化利用的价值认知与环保意识也是养殖户对畜禽养殖废弃物资源化所产生的生态系统服务进行支付时的影响因素^[54]。此外,对资源化利用政策的认知、环保技术信息、环保设施、成本收益、对种植业的熟悉程度以及距农田远近是养殖户处理与种植业、废弃物经销商等上下游产业链纵向关系的影响因素^[46]。

种植企业、有机肥企业、污染处理企业作为畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作的第三方,参与到资源化工作中,有助于资源化利用程度提升、畜禽养殖污染防治^[41]。现阶段,企业带动、养殖户参与、政府引导的畜禽养殖废弃物资源化利用体系建设仍有待进一步加强^[52]。

中央政府应做好顶层设计,制定合理、行之有效的政策、法律法规对废弃物资源化利用工作中的其他利益相关方进行引导和制约,相关学者基于畜禽养殖产业废弃物资源化的公共物品属性以及外部性理论认为中央政府应当开展生态补偿工作,通过财政资金、税收、市场政策、技术指导等方式对养殖户、种植企业、有机肥企业等利益相关方开展生态补偿工作^[55,59],以激励相关利益相关方开展畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作。地方政府出于生态效益和经济效益双重目标^[42]的考虑,也应参照中央政府开展生态补偿的方式在辖区内对畜禽养殖产业废弃物资源化工作开展生态补偿^[55],开展畜禽养殖废弃物资源化利用相关工作有助于地方政府辖区内农村环境质量改善、农业绿色发展、农民收入增加,也有助于地方政府政绩提升^[52]。

3 粪污资源化利用需突破的困境

通过对现有文献的梳理可知，我国在畜禽废弃物资源化利用方面的研究已取得了一定的成就，但在实践中，畜禽粪污治理效果不太好，政策层面上，有关政策的可操作性和针对性不强，分类施策体系未建立。针对畜禽养殖废弃物资源化利用的最大出口——有机肥项目，其经济效益低，因庞大的“非规模化”的中小型畜禽养殖户未纳入监管体系导致粪污治理结果不理想，等等，这些都是资源化过程中亟待突破的困境。

(1)不同部门之间管理标准不一，政策落实不到位。

一是不同部门之间管理标准不一，国务院及其职能部门、农业农村部、国家发展和改革委员会等部门都对畜禽养殖废弃物污染提出了相关数据指标，各方政策的侧重点都不同，达标数值要求不同。以“畜禽粪污综合利用率”和“粪污处理设施装备配套率”为例。国务院出台的政策要求全国畜禽粪污综合利用率达到相关水平，而农业农村部、国家发展和改革委员会等部门出台的政策侧重畜牧大县和规模化养殖场。各方政策是数值要求亦有所差异，国务院在《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》中以及农业农村部在《畜禽粪污资源化利用行动方案(2017—2020年)》中对于“全国畜禽粪污综合利用率”的要求是达到75%以上，而生态环境部在《全国农村环境综合整治“十三五”规划》中对这项指标的要求为70%以上；二是政策落实不到位，亟待相关细则出台加以规范。比如按规定利用畜禽养殖废弃物进行沼气发电可享受上网电价优惠，在执行过程中，电力部门常以发电量低、技术不合格、线路架设成本高等理由拒绝养殖场或第三方养殖污染治理企业的电力入网^{[49]、[60]}，使得这些个体或企业无法获得条例规定的补贴，还需条例制定部门进一步考虑再生能源优先上网的规定。再如，同时，增加相关条款，比如针对病死畜禽废弃物资源化利用出台相关细则。

(2)监管体系不完善，“非规模化”的中小型畜禽养殖户未纳入监管体系。

一方面，现有的畜禽养殖废弃物资源化利用重点聚焦在畜牧大县和规模化养殖场，并突出有机肥和能源为资源化利用的主要方向，大力发展种植业与养殖业相结合的循环农业^[57]，这促使全国已创建了55个畜牧业绿色发展示范县以及4179个畜禽养殖标准化示范场^[17]，规模化养殖场的粪污治理水平不断提高；另一方面，非规模中小养殖场不仅基数庞大，而且还没有合适的政策对此类养殖场加以规范和约束，也没有将其纳入监管体

系，导致其粪污治理陷入困境。比如，2015年我国年出栏猪50头以下养猪场就达到了 $4\ 405.59 \times 10^4$ 个^[19]，这对我国畜禽粪污的治理是一大挑战，且畜禽养殖场的废弃物污染防治工作对这些“非规模化”的畜禽养殖户并不适用。但依据何种标准将中小散户的养殖户纳入监管体系仍需要探讨，《畜禽规模养殖污染防治条例》将养殖场、养殖小区的具体规模划定标准交给了各省级人民政府，因各地界定标准差异大使得一些区域出现了过度禁养或监管不严等问题^[61]。

(3)财政资金分配体系不完善，未建立起行之有效的分类实施政策。

目前针对畜禽养殖废弃物资源化利用的差异性未建立起科学合理的分类实施政策是导致资源化陷入困境的重要原因。已有文献中给出了一些解决思路，比如以粪污资源化方式为标准对畜禽养殖场进行分类，在此基础上制定和实施差别化的政策支持和监管标准^[19]，无论以哪种标准对畜禽养殖废弃物资源化进行分类，都需要政府的介入，选取合适的政策干预畜禽养殖废弃物资源化各主体的行为选择^[62]。一方面根据畜禽粪污治理的差异性制定不同的财政政策，完善财政资金投入分配体系。一是规模化养殖场粪污治理需逐渐降低对政府的依赖，政府设立相关资质基金或组织来引导，目前粪污处理设施、粪污储运、设备维护等粪污资源化利用的成本高^[49]，有限的财政资金都投入到规模化养殖场；二是突破财政资金只能向规模养殖场倾斜的惯例和要求，实施财政项目资金向中小养殖企业、承担收集和资源化的企业和第三方组织倾斜^[39]；三是给予地方的粪污治理专项财政补贴不应只以是否获得国家畜禽粪污治理整县推进试点为标准，还需根据现有养殖类型和规模，给予不同的项目和资金。另一方面根据粪污资源化处理方式的差异性，制定不同的发展模式和政策。充分考虑不同区域的土壤类型和种植制度差异，根据土地承载力确定养殖规模^[30]，针对不同的处理模式，给予针对性的政策支持，比如沼气发电机并网发电的许可等。

(4)资源化利用产品相关市场不完善，专业化商业模式未建立。

尽管在全国范围内宣传减少化肥、增加有机肥使用，但是收效甚微，主要有以下困境亟待解决。一是产品销售市场不完善。我国商品化有机肥生产潜力为2.79亿吨，而全国农作物种植所需有机肥总量为4.95亿吨，生产潜力远不能满足需求量，但全国许多区域的有机肥利用率却不及60%。二是产品性能有待提升。目前有机肥多为粗加工，存在运输不方便、使用效果不如化肥等问题，需进行深加工并建立产业链，如针对不同施肥主体类型

的制成不同的肥料(园肥、花卉、农业、树木专用肥等)。三是突破资源化利用的相关技术。比如粪便资源化处理前的除臭技术、沼气生态效率等,同时还需根据不同地区的特点采用不同的粪污处理技术,推广工厂化堆肥处理和商品化有机肥生产技术,提高畜禽废弃物资源化利用率,且终端处理后还要加大对土壤中的氮素的监测。

4 评述与展望

2014年,《畜禽规模养殖污染防治条例》开始实施,我国畜禽养殖产业废弃物资源化利用工作进入了新的发展阶段。尤其是在2018年9月提出要将畜禽养殖产业废弃物全量资源化利用纳入乡村振兴战略规划后,畜禽养殖产业废弃物资源化利用已然成为中国乡村振兴战略实施的重要内容。通过对我国畜禽养殖废弃物资源化利用研究结果的分析,认为未来中国畜禽养殖废弃物资源化利用研究有以下重点和需要突破的方向。

(1)与生态系统服务权相关。畜禽养殖产业废弃物资源化因其公共物品属性和外部性,使其具有生态系统服务功能。开展畜禽养殖产业废弃物资源化的生态系统服务权相关工作,有助于更加明晰核心利益相关方,同时,可以为价值评估标准确定、生态补偿工作开展提供科学依据与参考。

(2)与农业生态补偿相关。目前,我国畜禽养殖产业废弃物资源化利用处于产业形态初步形成阶段,需要政府发挥其购买公共物品服务的职能,对畜禽养殖产业废弃物资源化工作中的养殖、种植、有机肥、能源等业态客体开展农业生态补偿工作,积极推动畜禽养殖废弃物资源化利用工作向前发展。

(3)逐步构建中国畜禽养殖产业废弃物资源化市场交易体系,打造畜禽养殖废弃物资源化全产业链,推动畜禽养殖废弃物全量资源化利用。现阶段,由于种养分离的现实情况,应着力延伸畜禽养殖废弃物资源化利用的产业链条,不断向上下游拓展,推动农牧结合、种养结合,开展全量资源化利用工作,构建全产业链条中的各方合作机制。同时,政府应通过政策引导,例如强制沼气发电优先上网、政府指导价上网,构建激励机制等,推动畜禽养殖废弃物资源化市场交易体系形成与发展,将政府引导与市场化运行相结合,促使全国畜禽养殖产业废弃物资源化利用更可持续地发展。□

参考文献:

- [1]廖青,韦广波,江泽普,等. 畜禽粪便资源化利用研究进展[J]. 南方农业学报, 2013(2): 338-343.
[2]蒋松竹,蔡琼,李美娣,等. 畜禽养殖污染防治的法律体系

现状及思考[J]. 环境污染与防治, 2013(10): 93-98.

- [3]李文哲,徐名汉,李晶宇. 畜禽养殖废弃物资源化利用技术发展分析[J]. 农业机械学报, 2013(5): 135-142.
[4]孙超,潘瑜春,刘玉. 畜禽粪便资源化现状及替代化肥潜力研究:以安徽省固镇县为例[J]. 生态与农村环境学报, 2017(4): 324-331.
[5]李金祥. 畜禽养殖废弃物处理及资源化利用模式创新研究[J]. 农产品质量与安全, 2018(1): 3-7.
[6]刘永岗,杨光辉,刘瑜,等. 畜禽养殖废弃物资源化利用模式浅析[J]. 中国沼气, 2018(4): 61-65.
[7]孟祥海,况辉,周海川. 环保新政与畜禽规模养殖绿色化转型[J]. 江苏农业科学, 2018(18): 343-346.
[8]彭小霞. 我国农村生态环境治理的社区参与机制探析[J]. 理论月刊, 2016(11): 170-176.
[9]谢中起,缴爱超. 以社区为基础的农村环境治理模式析要[J]. 生态经济, 2013(7): 157-162.
[10]杜焱强,刘平养,包存宽,等. 社会资本视阈下的农村环境治理研究——以欠发达地区J村养殖污染为个案[J]. 公共管理学报, 2016, 13(4): 101-112.
[11]蔡守秋. 法治视野下健全农村环境治理的路径思考[J]. 环境保护, 2015(17): 20-23.
[12]杨丽丽,黄宁. 农民专业合作社在农村环境治理中的作用探究[J]. 中国农业资源与区划, 2014(5): 61-65.
[13]吴惟予,肖萍. 契约管理:中国农村环境治理的有效模式[J]. 农村经济, 2015(4): 98-103.
[14]金书秦,邢晓旭. 农业面源污染的趋势研判、政策评述和对策建议[J]. 中国农业科学, 2018(3): 593-600.
[15]沈玉君,张玉华,向欣,等. 农业废弃物资源化利用工程模式构建[J]. 农业工程学报, 2013(11): 210-216.
[16]尹芳,张无敌,赵兴玲,等. 农业面源污染对农业可持续发展影响分析[J]. 灾害学, 2018(2): 151-153.
[17]闵继胜. 改革开放以来农村环境治理的变迁[J]. 改革, 2016(3): 84-93.
[18]郑微微,易中懿,沈贵银. 中国农业生产水环境承载力及污染风险评价[J]. 水土保持通报, 2017(2): 261-267.
[19]孙若梅. 畜禽养殖废弃物资源化的困境与对策[J]. 社会科学家, 2018(2): 22-26.
[20]沈满洪. 习近平生态文明思想的萌发与升华[J]. 中国人口·资源与环境, 2018(9): 1-7.
[21]黄勤,曾元,江琴. 中国推进生态文明建设的研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(2): 111-120.
[22]肖萍,朱国华. 农村环境污染治理模式的选择与治理体系的构建[J]. 南昌大学学报(人文社会科学版), 2014(4): 73-79.
[23]张晓华,王芳,郑晓书,等. 四川省畜禽粪便排放时空分布及污染防控[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(2): 433-442.
[24]刘忠,段增强. 中国主要农区畜禽粪尿资源分布及其环境负荷[J]. 资源科学, 2010(5): 946-950.
[25]易秀,叶凌枫,刘意竹,等. 陕西省畜禽粪便负荷量估算及环境承受程度风险评价[J]. 干旱地区农业研究, 2015(3): 205-210.
[26]王忙生,张双奇,杨继元,等. 丹江上游商洛市畜禽粪便排放量与耕地污染负荷分析[J]. 中国生态农业学报, 2018(12): 1898-1907.

- [27]李飞, 董锁成. 西部地区畜禽养殖污染负荷与资源化路径研究[J]. 资源科学, 2011(11): 2204-2211.
- [28]黄美玲, 夏颖, 范先鹏, 等. 湖北省畜禽养殖污染现状及总量控制[J]. 长江流域资源与环境, 2017(2): 209-219.
- [29]宋大平, 庄大方, 陈巍. 安徽省畜禽粪便污染耕地、水体现状及其风险评价[J]. 环境科学, 2012(1): 110-116.
- [30]周晶, 青平. 畜禽粪便资源评估及其环境污染风险研究——以湖北省为例[J]. 湖北农业科学, 2017(14): 2787-2792.
- [31]包维卿, 刘继军, 安捷, 等. 中国畜禽粪便资源量评估的排泄系数取值[J]. 中国农业大学学报, 2018(5): 1-14.
- [32]耿维, 胡林, 崔建宇, 等. 中国区域畜禽粪便能源潜力及总量控制研究[J]. 农业工程学报, 2013(1): 171-179.
- [33]谢光辉, 包维卿, 刘继军, 等. 中国畜禽粪便资源研究现状述评[J]. 中国农业大学学报, 2018(4): 75-87.
- [34]Cantrell K B, Ro K S, Szögi A A, et al. Green farming systems for the Southeast USA using manure-to-energy conversion platforms [J/OL]. [2019-03-11]. https://www.researchgate.net/publication/258071304_Green_farming_systems_for_the_Southeast_USA_using_manure-to-energy_conversion_platforms?ev=auth_pub.
- [35]安宇. 畜禽粪污资源化利用环境价值评估的研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2018(8): 122-125.
- [36]赵润, 张克强, 朱文碧, 等. 欧盟畜禽养殖废弃物先进管理经验对中国的启示[J]. 世界农业, 2011(5): 39-44.
- [37]刘冬梅, 管宏杰. 美、日农业面源污染防治立法及对中国的启示与借鉴[J]. 世界农业, 2008(4): 35-37.
- [38]潘丹, 孔凡斌. 基于扎根理论的畜禽养殖废弃物循环利用分析: 农户行为与政策干预路径[J]. 江西财经大学学报, 2018(3): 95-104.
- [39]姜海, 雷昊, 白璐, 等. 不同类型地区畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式选择——以江苏省太湖地区为例[J]. 资源科学, 2015(12): 2430-2440.
- [40]姜海, 白璐, 雷昊, 等. 基于效果—效率—适应性的养殖废弃物资源化利用管理模式评价框架构建及初步应用[J]. 长江流域资源与环境, 2016(10): 1501-1508.
- [41]姜海, 雷昊, 白璐, 等. 我国畜禽养殖污染多中心治理典型案例与优化路径[J]. 江苏农业科学, 2018(2): 235-239.
- [42]何可. 农业废弃物资源化的价值评估及其生态补偿机制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [43]Sfez S, De Meester S, Dewulf J. Co-digestion of rice straw and cow dung to supply cooking fuel and fertilizers in rural India: Impact on human health, resource flows and climate change [J]. Science of the Total Environment, 2017, 609: 1600-1615.
- [44]Hadura A H, Phun L K. Growth of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Sarcophaga dux* (Diptera: Sarcophagidae) larvae in poultry and livestock manures: Implication for animal waste management [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2018, 21(3):880-888.
- [45]刘超, 徐谔, 顾文文, 等. 典型畜禽粪便配伍食用菌渣堆肥研究[J]. 中国农学通报, 2018(21): 84-90.
- [46]舒畅, 乔娟, 耿宁. 畜禽养殖废弃物资源化的纵向关系选择研究——基于北京市养殖场户视角[J]. 资源科学, 2017(7): 1338-1348.
- [47]姜茜, 王瑞波, 孙炜琳. 我国畜禽粪便资源化利用潜力分析及对策研究——基于商品有机肥利用角度[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(4): 30-37.
- [48]宣梦, 许振成, 吴根义, 等. 我国规模化畜禽养殖粪污资源化利用分析[J]. 农业资源与环境学报, 2018(2): 126-132.
- [49]郑微微, 沈贵银, 李冉. 畜禽粪便资源化利用现状、问题及对策——基于江苏省的调研[J]. 现代经济探讨, 2017(2): 57-61.
- [50]禹振军, 熊波, 李海泉, 等. 北京市畜禽养殖废弃物资源化处理循环利用机械化技术模式探讨[J]. 农业机械, 2018(1): 96-98.
- [51]Liu Y, Ji Y, Shao S, et al. Scale of Production, agglomeration and agricultural pollutant treatment: Evidence from a survey in China [J]. Ecological Economics, 2017, 140: 30-45.
- [52]国辉, 袁红莉, 耿兵, 等. 牛粪便资源化利用的研究进展[J]. 环境科学与技术, 2013(5): 68-75.
- [53]Li F, Cheng S K, Yu H L, et al. Waste from livestock and poultry breeding and its potential assessment of biogas energy in rural China [J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 126: 451-460.
- [54]何可, 张俊飏, 田云. 农业废弃物资源化生态补偿支付意愿的影响因素及其差异性分析——基于湖北省农户调查的实证研究[J]. 资源科学, 2013(3): 627-637.
- [55]姚升. 种养业废弃物资源化循环利用生态补偿机制研究[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2017(2): 22-28.
- [56]宾幕容, 文孔亮, 周发明. 湖区农户畜禽养殖废弃物资源化利用意愿和行为分析——以洞庭湖生态经济区为例[J]. 经济地理, 2017(9): 185-191.
- [57]孟祥海, 周海川, 周海文. 区域种养平衡估算与养殖场种养结合意愿影响因素分析: 基于江苏省的实证研究[J]. 生态与农村环境学报, 2018(2): 132-139.
- [58]唐丹, 黄森慰. 农户畜禽粪便资源化利用意愿及影响因素的实证分析[J]. 家畜生态学报, 2017(11): 47-52.
- [59]孙若梅. 畜禽养殖业生态补偿的研究——以山东省烟台市为例[J]. 生态经济, 2017(3): 29-33.
- [60]金书秦, 韩冬梅, 吴娜伟. 中国畜禽养殖污染防治政策评估[J]. 农业经济问题, 2018(3): 119-126.
- [61]司瑞石, 陆迁, 张强强, 等. 病死畜禽废弃物资源化利用研究——基于中外立法脉络的视角[J]. 资源科学, 2018(12): 2392-2400.
- [62]李乾, 王玉斌. 畜禽养殖废弃物资源化利用中政府行为选择——激励抑或惩罚[J]. 农村经济, 2018(9): 55-61.

(责任编辑: 保文秀)