



陈秋红,张宽. 新中国70年畜禽养殖废弃物资源化利用演进[J]. 中国人口·资源与环境,2020,30(6):166-176. [CHEN QiuHong, ZHANG Kuan. The evolution of resource utilization of livestock and poultry breeding waste in the past 70 years since the founding of P. R. China[J]. China population, resources and environment, 2020,30(6):166-176.]

新中国70年畜禽养殖废弃物资源化利用演进

陈秋红¹ 张宽²

(1. 中国社会科学院农村发展研究所,北京 100732; 2. 中国社会科学院大学(研究生院),北京 102488)

摘要 基于速水-拉坦诱致性变迁理论,本文构建融畜禽养殖废弃物资源化利用政策、技术和相关实践发展于一体的分析框架,探讨了新中国成立以来畜禽养殖废弃物资源化利用实践的演进阶段以及相关技术发展和相关政策演变的规律,分析了目前存在的主要问题,进而提出了相关政策建议。研究表明,新中国成立以来,随着中国农村经济社会的发展,畜禽养殖在农村经济活动中的重要性有了很大程度的提高,劳动、生态资源等投入要素以及养殖废弃物的相对价格发生了变化,从而诱致了畜禽养殖废弃物资源化利用的技术变迁。相关技术变迁的主要特征为:以沼气为纽带,走递进式的发展路径。随着相关技术的推广和应用,中国畜禽养殖废弃物资源化利用实践经历了以下4个阶段:以传统厩肥处理方式绝对主导的阶段、沼气发酵利用和厩肥处理并行阶段、以沼气利用方式为主导的阶段、沼气发酵技术完善以及处理方式多元化的阶段。从畜禽养殖废弃物资源化利用相关政策的演变看,在要素价格变化、相关技术和实践的推动下,经历政策匮乏期、政策奠基期和政策发展期3个阶段,相关政策体系逐渐完善,可执行性逐渐增强,对畜禽养殖废弃物资源化利用实践的调控更加规范,同时也逐渐接近保护环境、实现生态正义的目标。不过,目前畜禽养殖废弃物资源化利用实践还存在着技术发展面临产业化困境、政策体系有待进一步完善等问题。应在以下方面采取措施予以完善:在标准化的基础上因地制宜地进行相关技术的推广和应用;协调相关政策,健全政府各部门间的沟通机制,完善相关行业标准;明确不同主体的责任,特别重视发挥养殖主体的作用,促使相关各方形成风险共担、利益共享的利益共同体。

关键词 养殖废弃物;畜禽;资源化利用;诱致性变迁;新中国成立70年

中图分类号 F323.22

文献标识码 A

文章编号 1002-2104(2020)06-0166-11

DOI:10.12062/cpre.20200124

中国很早就有畜禽养殖废弃物资源化利用实践。传统农民主要将畜禽粪便作为肥料进行还田处理。20世纪50年代后,中国开始推进各类沼气工程建设,以实现畜禽养殖废弃物沼气化利用。经过长期实践基础上的探索和完善,畜禽养殖废弃物资源化利用途径目前已十分丰富,大体上可以归纳为以下五种方式:能源化、肥料化、饲料化、基质化和材料化。畜禽养殖废弃物资源化利用实践的发展,离不开相关技术的发展和相关政策的支持。其中,技术供给来源于现实资源禀赋影响下的诱致性技术变迁;相关政策演进的逻辑则更加复杂,在诱致性制度变迁的基础上,政府自上而下制定前瞻性的发展规划也起着重要推动作用。《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》提出到2020年建立畜禽养殖废弃物资源化利用制度,全国畜禽粪污综合利用率达到75%以上。胡春华在2018年全国畜禽养殖废弃物资源化利用现场会上强调,加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用是改善农村人居环境的重

要任务。在这一背景下,回顾新中国成立以来畜禽养殖废弃物资源化利用的演进,特别是梳理其技术发展和政策演变,探索相关演变规律,对当前的畜禽废弃物资源化利用实践具有启示和借鉴意义。

1 文献述评与分析框架

1.1 文献述评

相比于养殖废弃物资源化利用实践的发展,国内相关研究起步较晚,直到改革开放后,才有学者开始探讨农业废弃物处理问题。早期的相关文献对当时废弃物处理中存在的的技术性问题研究得较多,主要关注养殖废弃物处理工程建设和相应设备研发等问题^[1-2]。20世纪末之后,越来越多的生态经济学家和农业经济学家开始探讨畜禽养殖废弃物资源化利用问题,资源化利用研究的重点对象也逐渐由农作物秸秆向畜禽粪便转变^[3]。近年来,相关研究主要从以下3个维度展开:第一,从纯粹的技术角度探讨

收稿日期:2019-09-30 修回日期:2020-01-30

作者简介:陈秋红,博士,副研究员,主要研究方向为资源与环境经济、生态经济。E-mail:chenqh@cass.org.cn

基金项目:国家社会科学基金青年项目“中国农村环境管理中的政府责任和公众参与机制研究”(批准号:15CGL039)。

养殖废弃物资源化利用技术的发展和研究前沿。在相关技术发展方面,封俊等^[2]和董克虞^[4]总结了当时畜禽粪便处理技术的研究进展,并指明了技术发展中存在的问题和发展方向。针对各类具体的养殖废弃物资源化利用技术,熊承永^[5]分析了沼气技术的科研进展,李吉进等^[6]探讨了高温堆肥技术的研究现状,陈蕊等^[7]、汪植三等^[8]研究了畜禽养殖废弃物资源化过程中废水、废气的处理工艺及科研进展。这一维度的研究能直观体现相关技术的变迁和发展,但是无法展现相关技术变迁的内在原因和经济、社会后果。第二,从经济学和管理学的角度探讨相关技术的应用及发展状况。例如,李庆康等^[9]从宏观角度分析了各种技术的经济可行性及其在当时经济条件下的推广情况,描述了技术发展的“截面”状况。由于沼气技术发展最完善、在实践中应用最广,因此,沼气技术的应用问题得到广泛关注。其中,王晓霞等^[10]和庞云芝等^[11]分别从财务和技术的角度分析了沼气工程的产业化前景。也有文献(例如王建华等^[12])从微观角度入手,研究养殖户选择废弃物资源化利用技术的影响机制,为技术与实践的结合提供了微观逻辑基础。第三,从政策角度探讨相关制度和政策的实践、效果与演变,包括横向研究和纵向研究两类。就横向研究来看,有些学者倾向于将相关政策分类,例如,按手段分为命令型政策、激励型政策和劝说教育型政策等^[13-14],按层次分为国家层面的政策和地方层面的政策^[15],以分析不同类型相关政策的特征,进而比较其实施效果。就纵向研究来看,试图展现相关政策的演变历程。例如,闵继胜^[16]和金书秦等^[17]梳理了较长时间维度下环境治理政策的变迁,并探索相关政策演变的内在逻辑。

上述 3 个维度的研究对畜禽养殖废弃物资源化利用实践提供了较好的参考和借鉴,但仍有改进的空间:前两个维度的研究文献或者总结了当时的技术发展状况和经济效益,或者解释了相关技术被采用的微观逻辑基础,但大多是横向研究,很少有文献在较长时间维度下探索相关实践与技术发展的内在规律;第 3 个维度的研究虽然有文献关注了长时间内政策演变的逻辑,但其研究对象没有具体到畜禽养殖废弃物,且时间都截至 2015 年之前。并且,目前的研究很少将制度、技术和相关实践纳入同一框架下讨论,没能从整体上探索三者间发展演变的内在逻辑。而从其现实需要看,养殖废弃物资源化利用实践、相关技术、制度和政策间的相互作用不仅是重要推动力量,三者间衔接的不足也是这一领域部分问题出现的内在根源。

鉴于此,本文试图弥补上述不足,在速水-拉坦诱致性变迁理论下,构建融畜禽养殖废弃物资源化利用政策、技术和相关实践发展于一体的分析框架,探讨新中国成立以来畜禽养殖废弃物资源化利用实践的演进阶段以及相

关技术发展和政策演变的规律,并对应分析目前仍存在的主要问题,进而提出推进畜禽养殖废弃物资源化利用实践的建议。

需说明的是,在各种畜禽中,生猪的养殖规模及其养殖废弃物无论是绝对规模还是相对规模都最大,生猪养殖废弃物处理面临的形势更严峻,因此,下文的分析大多以畜禽中最具典型意义的生猪为例。

1.2 分析框架

在速水-拉坦诱致性变迁理论中,要素相对价格的变化是诱导技术变迁的核心。当某种要素相对于其他要素更具稀缺性时,会产生技术进步的激励,从而实现其他要素对这种更稀缺要素的替代,相应的体制与政策变革则在这一过程中起着保障和促进作用。虽然速水-拉坦仅仅关注了从事农业研究的公共机构,不过通过诺思^[18]对制度在技术变迁中所起作用的说明,容易将速水-拉坦的理论扩展至一般的政策领域。基于上述理论,本文构建内在逻辑分析框架如图 1 所示。

概括来说,畜禽养殖废弃物是一种投入要素,在传统养殖业中,养殖户主要通过厩肥处理方式将废弃物转化为有机肥,用于保持土壤肥力,养殖废弃物和生态资源处于一种均衡状态。而在养殖业快速发展时期,养殖废弃物大量增加,既对生态环境造成破坏从而提高了生态资源的相对价格,又降低了养殖废弃物的相对价格。同时,农村人口增长和对自然环境的破坏提高了土地和生态资源的相对价格,这构成了畜禽养殖废弃物资源化利用的市场背景。其中,生态资源的相对价格除由未经处理的养殖废弃物数量决定外,还受农村传统生活用能对资源破坏程度的影响。由于要素相对价格的变化将对技术变革产生激励,新技术在实践中的应用会促进养殖废弃物资源化利用,并促进资源化的养殖废弃物对生态资源的替代。但是,由于要素相对价格的变化、新技术的应用和推广以及资源化利用实践中存在各种交易费用,需要进行相关制度变革以明确产权关系、降低交易费用。而相关制度和政策的演进既是相关技术和实践发展的必然结果,又推动了相关技术和实践的进一步发展,实践、技术和政策的演进和相互作用促使养殖废弃物资源化利用市场的均衡点不断向更高水平移动。

2 畜禽养殖废弃物资源化利用实践的演进

新中国成立以来,畜禽养殖废弃物资源化利用实践经历了较大变迁。从利用规模看,20 世纪 90 年代之前,散养是畜禽养殖的主要模式^[19],对养殖废弃物的利用也基本由散养户独立完成。之后,随着规模养殖的增大,畜禽养殖废弃物逐渐集中,其资源化利用也得以在更大规模层面

展开。从利用方式看,新中国成立初期,畜禽养殖户主要采用堆肥还田等传统方式;现在,其利用方式实现了多元化。综合来看,新中国成立以来的畜禽养殖废弃物资源化利用实践经历了以下4个阶段。

2.1 以传统厩肥处理方式为绝对主导的阶段(新中国成立至改革开放前)

在新中国成立初期,畜禽养殖规模不大,养殖收入占比很小,养殖业在整个农业体系中处于补充地位^[20]。相应地,这一时期的畜禽养殖废弃物并没有大幅增加,对环境的影响也保持在较低水平,养殖户、相关企业、政府相关部门都缺乏改变养殖废弃物处理方式的动机。在当时的农业生产结构下,畜禽养殖废弃物完全能够被农田消纳,甚至还会出现粪肥不能满足农业生产需要的情况。因此,在这一时期,厩肥处理方式占绝对主导。不过,沼气处理方式也开始萌芽。当时农村地区以薪柴、秸秆等传统能源为主,商品能源的使用率较低^[21],林木植被因此受到较大程度破坏,林草成本及其维护成本提高,传统能源的相对价格因此提高,造成农村用能困难。由于沼气产品不但能替代农村传统能源,还能生产有机肥,因此,沼气技术得到了一定的推广。例如,20世纪五六十年代就有关于沼气建设的试验;20世纪70年代甚至掀起过沼气池建设的小高潮^[22],全国农村户用沼气池使用数从1974年的30万户增长到1978年的500多万户。虽然增长较快,但农村户用沼气池当时的使用效果并不明显。其原因可能是:首先,这一时期的沼气池修建工艺差,COD去除率和产气量都较低,并且对气候条件等要求过高,即使在许多南方地区也不能得到正常使用;其次,修建沼气池需要资金投入,而这一时期的劳动力相对便宜,采用更具劳动密集特征的

还田处理方式更有效率;再次,这一时期的畜禽养殖规模不大,所产生的养殖废弃物少,沼气池使用频率低。

2.2 沼气发酵利用和厩肥处理并行阶段(改革开放后至20世纪80年代末)

改革开放后,中国的畜禽养殖业特别是生猪养殖业有了快速发展。据统计,中国生猪、肉牛出栏数分别从1978年的约1.6亿头、240万头增加到1989年的2.9亿头、943万头,家禽出栏数在1989年超过了21亿只^[23]。同时,畜禽养殖规模化程度也有了较大提高并在地区间呈现出平衡发展态势。

畜禽养殖废弃物在这一阶段也增长较快,其相对价格相应下降。根据《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》中的畜禽养殖产污系数,按照王方浩^[24]提供的平均饲养周期,保守估计,十年间增加的1.3亿头猪全年所增加的粪尿排放分别为0.3亿t和0.6亿L;而奶牛和肉牛养殖的废弃物产生量更大,例如,增加养殖的肉牛全年粪尿排放分别为0.35t和0.22亿L。另外,增加的养殖废弃物对当地生态环境构成了威胁,并从以下两个方面提升了生态资源的相对价格:①畜禽养殖的地区分布不平衡造成养殖废弃物分布不均衡,交通和区位等因素又使污染压力在地区间的转移十分困难,从而使部分地区承受着过大的污染压力。②改革开放后,伴随着养殖业的发展,种植业也飞速发展,相关工业体系(例如化肥工业、农机工业等)也逐渐形成和发展,从事种植业的农户因化肥肥效更好、有利于节省劳动力而逐渐增加了对化肥的使用,农户对有机肥的需求因此减少,畜禽养殖废弃物肥料化利用进程受到影响,无法消解的养殖废弃物对当地环境造成了一定破坏,从而提高了生态资源的相对价格。

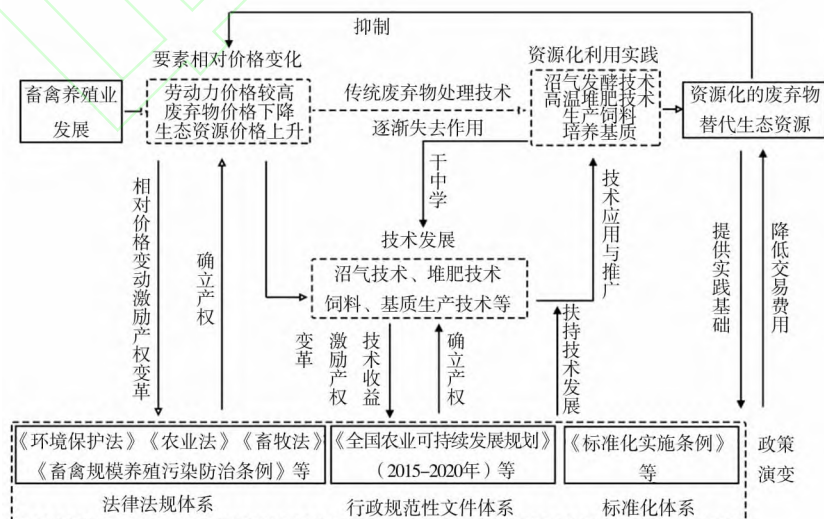


图1 本文的内在逻辑分析框架图

作为对改革开放后投入要素价格变化的响应,这一阶段沼气池的建设经历了由破到立的转变,沼气发酵技术逐渐成为畜禽散养户、规模养殖场都能采用的废弃物处理技术。在改革开放初期,农村地区全面清理了前一阶段粗糙建造的沼气池,进而加大力度建造工艺更先进、流程更精细的沼气池。据统计,中国农村户用沼气池从 1981 年底的 534.9 万户减少到 1985 年的 409.7 万户,在 1986 年后又开始上升,至 1990 年底已经增加到 476.7 万户^[23]。在这一阶段,沼气发酵方式开始普及并在一定程度上替代之前的厩肥处理方式,呈现出两种方式并行的特征。

2.3 沼气利用方式为主导的阶段(20 世纪 90 年代初至 20 世纪末)

进入 20 世纪 90 年代后,中国畜禽养殖业经历了更快发展,肉牛、生猪出栏量分别从 1990 年的 1 088 万头、3.1 亿头增加到 1999 年的 3 766 万头、5.2 亿头;家禽饲养业的发展更加迅速,十年内的年均增长率达到 11.1%^[23]。同时,部分畜禽的规模化养殖也进入快速发展阶段,出现许多畜禽饲养专业户,集约化经营开始逐渐替代传统的粗放经营。而规模化养殖户的生猪出栏量占总出栏量的比例达到 21.5%^[25]。同时,养殖和种植的脱节引起了环境管理 with 农业生产的脱节,进而对生态环境造成了极大危害^[26]。到 2000 年,受种养分离趋势的影响,80% 以上的集约化养殖场没有相应的耕地来消纳养殖废弃物^[27]。

在这一阶段,规模化的畜禽养殖废弃物“生产”取代农村传统用能成为破坏农村生态环境的主要因素。在要素价格变动的压力下,中国畜禽养殖废弃物资源化利用有了进一步发展,在实践中主要体现为相关技术得到了大力普及和推广。以沼气技术来说,农村户用沼气池实有数从 1990 年初的 469.4 万户增加到 1999 年末的 763.5 万户,增长了 62.7%,其实际利用数从 376.7 万户增加到 673.5 万户^[28-29]。相比于农村户用沼气池,大中型沼气工程更具资本密集特征,与规模化养殖场更匹配,从而在这一阶段也有较快发展。据统计,全国大中型沼气工程从 1996 年的 460 处增至 1999 年末的 746 处^[29-30]。除了数量增加外,在效率提高方面,农村户用沼气池的产气量在十年间增加了一倍有余,1999 年的产气量超过了 22 亿 m³;在 1996—1999 年间,大中型沼气工程在废弃物处理量减少一半的情况下,实现了年产气量从 1 999.42 万 m³ 到 3 947.06 万 m³ 的增长^[29-30],增长了 97.41%。

畜禽养殖废弃物资源化利用在这一阶段的发展既缘于对以往技术发展的路径依赖,又是相关政策支持的结果。国家不仅出台了一系列农村户用沼气池标准,还颁布了《畜禽场环境质量标准》和《畜禽病害肉尸及其产品无害化处理规程》等国家标准。这有利于降低技术扩散成

本,从而增加了养殖户的技术可得性,使废弃物处理技术能够在更大范围内推广。

2.4 沼气发酵技术完善以及处理方式多元化的阶段(2000 年至今)

进入 21 世纪后,畜禽养殖业继续保持快速发展的趋势。以生猪养殖为例,肉猪出栏量从 2000 年的 5.3 亿头增长至 2018 年的近 7 亿头,生猪出栏量在 2012 年实际上就已经突破 7 亿头,并且在 2014 年达到峰值 7.5 亿头^[30]。按照《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》中的畜禽养殖产污系数来计算,这些出栏生猪每年将产生 1.6 亿 t 猪粪和 3.3 亿 L 猪尿。同时,养殖规模化程度也逐年提高。根据历年《中国畜牧业年鉴》和《中国畜牧兽医年鉴》的数据,50 头以上的生猪规模养殖户从 2000 年的 90 万户增长到 2017 年的 202 万户,年均增长 5%;而养殖规模更大的规模养殖户则以更快速度增长,2007—2017 年 1 000 头以上规模养殖户的年均增长率达 7.2%,2001—2017 年 10 000 头以上规模养殖户的年均增长率达 11.8%。持续的高产污水平,提高了养殖场所在地区生态资源的相对价格,同时降低了养殖废弃物的价格,促进了相关技术的应用和推广。

在这一阶段,生猪养殖废弃物资源化利用的推进主要体现在以下两个方面。

第一,先进的沼气技术得到进一步推广且沼气综合利用方式呈多元化发展态势。在相关政策的扶持下,2000 年之后,全国农村户用沼气池和大中型沼气工程数量均迅速增长(见表 1)。同时,年均产气量为 300 万 m³ 以上的特大沼气工程也有所发展,至 2012 年全国共建设特大沼气工程 13 处^[31]。在这一时期,对沼气发酵产品的资源化利用也更加多元,以沼气为核心的农业生态工程开始发展,主要包括:沼气发电或提纯生物天然气、沼气贮粮、沼液浸种、沼液喂猪、沼液养鱼、沼渣种菇等。

第二,畜禽养殖废弃物资源化利用的其他方式也开始推广和普及。进入 21 世纪后,农村的煤炭、电力等商品能源的消费占比逐渐增加。相比于商品能源的生产,沼气技术的投入产出效率较低,越来越无法发挥其投入要素价格较低的优势。因此,畜禽养殖废弃物资源化利用的其他技

表 1 中国 2000—2016 年沼气池建设情况

类型	2000	2005	2010	2015	2016
农村户用沼气池数/万户	763.71	1 715.88	3 408.87	3 381.2	3 202
大中型沼气工程数/处	855	3 556	27 436	16 913	17 999

数据来源:《中国农村能源年鉴(2000—2008)》《中国农村能源年鉴(2009—2013)》《中国农业年鉴(2016)》《中国农业年鉴(2017)》。

术得到更多研发和应用。一是堆肥处理重新成为重要的养殖废弃物资源化利用方式。据统计,采用堆肥技术生产有机肥的企业已经从2002年的500家增加到2013年的4100家^[32]。与传统的条垛式堆肥不同,进入21世纪后,中国有机肥生产开始向工业化和产业化方向发展^[6],这与国外的发展趋势一致。目前,自动化堆肥技术已经较为成熟,国内不但研发出各种堆肥装置,还研制了各种堆肥添加剂,以加快堆肥进程、提高肥料产量。二是基质化成为畜禽养殖废弃物资源化利用方式之一。进入21世纪后,已有企业和研究机构将畜禽粪便作为基质原料用于培养蝇蛆、蚯蚓等生物^[9]。将畜禽粪便作为配置无土栽培基质原料的技术以及将其作为有机固态肥应用于有机生态型无土栽培系统的技术在实践中也得到了应用^[33]。不过,受设备、资本、技术等因素的限制,养殖废弃物基质化利用技术的普及还任重道远。

3 畜禽养殖废弃物资源化利用技术的发展

通过对畜禽养殖废弃物资源化利用实践演进阶段的梳理,可以看出,新中国成立70年来,相关技术有了极大发展:从传统厩肥处理到“粗制滥造”的农村户用沼气技术,再到符合国家标准和地方规范的精细的沼气技术、大中型沼气工程技术、自动化的堆肥处理技术等。根据诱致性技术变迁理论,种植业和养殖业快速发展导致相关要素的相对价格发生变化,这刺激了对沼气技术的需求。在沼气技术取得较大进展后,相关技术体系的发展会产生路径依赖。最终,畜禽养殖废弃物资源化利用技术发展的整个过程能进一步抽象为:以沼气为纽带,走递进式发展路径。

3.1 以沼气为纽带

畜禽养殖废弃物处理技术涵盖输送、分离、发酵和干燥等工艺,但其中只有发酵技术的研究率先取得了较大进展。而在发酵技术中,沼气技术又是发展最早、技术最先进的。因此,新中国成立以来,畜禽养殖废弃物资源化利用技术发展呈现出“以沼气为纽带”的特征,即沼气技术率先发展,然后再带动养殖废弃物其他处理技术的发展。

沼气技术的率先发展,与两组要素相对价格的变化有关。首先,农村的薪柴、煤炭资源相比畜禽粪便更加稀缺,导致传统能源的相对价格提高。由于种植业、养殖业和工业的发展,森林资源消耗极快,薪柴逐渐不能满足农民的需求,而煤炭资源也难以大量进入农村,因此,农村能源短缺成为新中国成立后很长时间内一直面临的问题,而沼气技术的发展能直接促进生物质能对传统能源的替代。其次,农村人地关系的紧张程度不断加剧,土地相对劳动更加稀缺,因此,提高土地的单位产出成为农业发展的方向。沼气技术的发展通过生产有机肥促进了劳动对土地的替

代。基于对市场价格的响应,率先发展沼气成为社会的理性选择。因此,中国从20世纪五六十年代就开始探索沼气池建造技术。到20世纪80年代后期,新技术已经能使沼气池在提高产气率的同时,将COD去除率提高到60%~70%^[2]。农村户用沼气池建造技术是研究开展得最早、发展最全面和实施成效最大的技术^[5],这得益于相关政策的支持以及快速发展的畜禽养殖业的推动。水压式沼气池最适合散养户使用,并且造价低廉、技术相对简单,因而曾是主导类型。但是,随着规模化养殖场占比越来越大,能够处理更大规模养殖废弃物的大中型沼气工程的发展开始占主导地位,不仅其建造技术不断普及,而且引进和研发了有关新技术。例如,1996年中国引进了德国的沼气池修建材料和施工器械,并修建了十多个沼气示范工程^[5]。

农村户用沼气技术和大中型沼气工程的发展,带动和促进了畜禽养殖废弃物资源化利用其他技术的发展。在畜禽粪污分离技术方面,中国于20世纪80年代末开始引进国外相关先进设备,于20世纪90年代开始自主研发合适的畜禽粪污分离设备。在沼气工程建设的带动下,输送设备的研发也取得了很大进展。另外,由于有了沼气工程推广经验,堆肥处理技术的推广也较为顺利。特别是进入20世纪90年代后,部分规模化养殖场开始重新将堆肥作为畜禽养殖废弃物资源化利用方式,规模化的集中堆肥处理变得越来越重要。针对规模化的集中堆肥容易发生氨气逸失问题且具有产生臭气过多、需要场地过大等缺陷,一些科研机构或企业研制了高效微生物菌群、覆盖膜材料,将先进的发酵技术应用于堆肥。

3.2 递进式的技术发展路径

总体上看,新中国成立以来,畜禽养殖废弃物处理技术发展经历了传统技术→工业化处理技术→综合治理技术的历程,相关治理思路也从遵从朴素的和谐思想转变为精确控制和标准化的思路、再转变为现代生态学和产业化的思路等,呈现出螺旋上升的态势。

其一,传统厩肥处理模式与朴素的和谐思想。新中国成立后,虽然畜禽养殖废弃物处理技术不断发展,但是,农村地区始终存在着散养户通过传统厩肥处理模式进行养殖废弃物资源化利用的实践。这体现了传统哲学中朴素的和谐思想,传统小规模农户在农业生产中将畜禽废弃物就地消纳和循环利用,实现了人、畜与自然的和谐相处。

其二,工业化处理技术与标准化、精确化的治理思路。畜禽养殖废弃物资源化利用方式向工业化的转变,是以沼气发酵技术和堆肥技术的工业化为主导的,两者分别是畜禽养殖废弃物能源化和肥料化利用方式的代表。在20世纪90年代开始探索沼气发酵技术工厂化^[5],这是向工业

化转型的开端。在进入 21 世纪后, 畜禽养殖废弃物堆肥技术有了统一规范, 也实现了向工业化的转变。沼气发酵技术和堆肥技术的工艺流程包括预处理、发酵或堆肥处理和输送等环节。在 20 世纪 90 年代, 这些不同环节处理设备的生产已能按照标准化和工业化流程生产, 从而使经过这些环节的养殖废弃物处理也逐渐达到工业化标准。

工业化的特点是技术的标准化与精确化, 两者分别从技术推广和技术效率角度促进了畜禽养殖废弃物资源化利用。标准化减少了要素相对价格变化引致技术变迁过程中的交易费用, 方便了技术在基层的普及和推广。精确化能提高技术效率, 即提高从畜禽养殖废弃物到沼气、堆肥产品的转化率, 更充分地发挥投入要素价格下降的优势。

其三, 商品化和生态学的处理模式与系统化种养结合的治理思路。进入 21 世纪后, 畜禽养殖废弃物资源化利用的发展呈现借鉴现代生态学方法以及商品化、产业化的新趋势。其中, 现代生态学对养殖废弃物资源化利用最重要的影响体现为生态农业工程的建设; 商品化体现为畜禽养殖废弃物资源化利用产品能够进入市场, 脱离了自给自足的自然经济范畴; 产业化是商品化进一步发展的结果, 指养殖废弃物资源化利用能形成独立产业, 并且能在不完全依靠政策扶持的情况下在竞争性市场上形成生产力。

进入 21 世纪后, 养殖场或专门的废弃物处理企业开始通过构建生态农业工程来进行养殖废弃物资源化利用, 以实现社会—经济—自然复合生态系统的效益最大化。规模不同的养殖场或企业所构建的生态农业工程不同。散养户在农村户用沼气池的基础上, 利用现代生态学原理开展养殖废弃物肥料化利用, 南方形成了“猪—沼—果”的养殖废弃物资源化利用方式, 北方则形成了“四位一体”模式。规模化的养殖场和专门的废弃物资源化利用企业则通过规模化方式进行养殖废弃物资源化利用。其中, 种养平衡区域一体化是被发达国家普遍采用并且能在中国推行的方法之一, 其实质是建造农牧一体化的规模养殖场^[27]。除了以上以能源化和肥料化为主的方式外, 有些生态农业工程也开始探索养殖废弃物的基质化利用。与传统厩肥处理方式相比, 现代生态农业工程基于标准化和精确化, 在更高层次上重建了养殖业与种植业的联系, 并将改善农村生态环境作为基本目标之一, 这体现了畜禽养殖废弃物处理技术螺旋上升式的发展。

中国畜禽养殖废弃物资源化利用实践在进入 21 世纪后所体现出的商品化和产业化趋势主要表现在沼气工程和堆肥处理两方面。沼气技术和堆肥技术从工业化向商品化、产业化发展有两个重要环节: 一是养殖废弃物资源化利用产品的生产。规模化养殖增加后, 养殖废弃物更加集中、其相对价格下降, 这诱导了工厂化技术的发展, 生

产出电力、天然气和有机肥等产品, 并促进了养殖废弃物对其他稀缺要素的替代。二是养殖废弃物资源化利用产品的顺利流通。沼气工程的产品包括沼气发电、沼气提纯生物天然气、沼渣和沼液等。其中, 前两种基本符合标准化生产的要求, 具有较大市场潜力, 较容易实现商品化; 沼液、沼渣能进一步加工成有机肥, 在符合标准化生产的前提下, 也很容易实现商品化。而作为堆肥处理的产品, 有机肥本身就具有较强的商品属性, 并且由于中国堆肥处理技术较欧美国家增加了制粒成型环节, 所生产出的有机肥便于运输, 从而扩大了市场空间。虽然沼气工程和堆肥处理产品的商品化进程较为顺利, 但是, 面对生产成本低、市场竞争力弱等阻碍, 两者的进一步产业化发展仍需做更多探索和推进。

4 畜禽养殖废弃物资源化利用政策的演变

改革开放后, 畜禽养殖废弃物资源化利用实践发展较快, 某些地区甚至在这方面形成了可盈利产业。这与各级政府通过完善政策措施、强化监管、加大资金投入等进行扶持有关。在市场经济下, 要素相对价格的变化只有同时诱导相关机构进行变革, 才能保证技术进步的收益, 进而促进技术的使用和推广^[34]。畜禽养殖废弃物资源化利用相关政策的演变经历了以下 3 个阶段。

4.1 政策匮乏期: 新中国成立至改革开放前

这一时期, 国家几乎没有出台任何养殖废弃物相关政策。1973 年才召开首次全国环境保护会议, 并且制定《关于保护和改善环境的若干规定》。但是, 这份文件主要针对的是工业排污、废物利用以及城市环境治理等方面的原则性问题, 而对农业污染几乎只字未提。不过, 由于沼气处理养殖废弃物在农村有一定实践, 国家对沼气建设仍有一定关注。例如, 1958 年, 毛泽东同志就认识到了沼气的综合利用价值, 提出要好好推广沼气建设^[22]; 另外, 1975 年召开了全国沼气利用推广经验交流会。但是, 国家的关注并没有促进当时的养殖废弃物资源化利用实践, 其主要原因是: 第一, 技术研发滞后, 当时沼气池建造技术并没有重大突破, 沼气池大多用土法建造, 实际使用效率极低; 第二, 政府对沼气建设的关注并没有转化为可以指导甚至推进相关实践的有效政策, 没有出台正式的政策性文件。

4.2 政策奠基期: 改革开放后至 20 世纪末

改革开放后到 20 世纪末, 国家在农业环境保护方面出台了大量面上政策和少数专项政策, 虽然很多政策都没有具体涉及畜禽养殖废弃物, 却在发展路径、法律、理念和行动方面为今后一系列相关政策的制定提供了依据, 奠定了基础。具体来看, 主要表现为以下方面。

其一,宏观指导性规划指明了农业环境治理的长期路径。1982—1986年连续5年发布了关于农业农村问题的中央“一号文件”。其中,1982年中央“一号文件”(《全国农村工作会议纪要》)提出了开展农业技术研发、建立农技推广机构以及培养农业专业人才等要求;1983年中央“一号文件”(《当前农村经济政策的若干问题》)也提到要进行农业技术改造、建立健全农业科技研究和推广体系,继续建设农业人才培养体系并提到了沼气技术研发的紧迫性。这些文件的出台,体现了中央有关部门和农业研究机构对生产要素价格变化和技术研发紧迫性的关注。此外,“六五”规划、“七五”规划以及1993年颁布的《90年代中国农业发展纲要》也在一定程度上指导了养殖业及其废弃物资源化利用实践等。

其二,部分规范性文件奠定了畜禽养殖废弃物资源化利用的法律基础。其中,最为重要的是1989年出台的《中华人民共和国环境保护法》和1993年出台的《中华人民共和国农业法》。前者对农业环境保护主体的权责做出了原则性规定,为今后的环境管理工作提供了法律依据;后者则规定了农业生产的一般性原则。这两部法律在本质上界定了生态资源产权,对地方政府执行有关政策以及养殖户承担废弃物资源化利用责任提供了激励,在今后发布的一系列相关政策文件中处于核心地位。此外,1990年实施的《中华人民共和国标准化法实施条例》也对养殖废弃物资源化利用政策发展具有重要作用。该法第一次在法律层面将农林牧渔业的产品及其管理技术纳入可标准化的体系内,既认可了已出台的行业标准,又推动了更完善相关标准的制定,为相关新技术的推广和工厂化发展奠定了基础。三部法律法规共同构成了相关“辅助法体系”的主要内容,是畜禽养殖废弃物资源化利用所有政策的立法基础和效力保障。

其三,联合国环境与发展大会后国家的相关行动奠定了畜禽养殖废弃物资源化利用的理念基础。在1992年联合国环境与发展大会后,国务院发布《我国环境与发展十大对策》,对发展生态农业、保护农业生态环境提出了要求。1994年,国务院又编制和发布《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》,对农业与农村的可持续发展和可持续能源生产的目标、行动依据与具体行动做出了较为明确的部署,为推进农业农村可持续发展提供了指导。这些行动推进了可持续发展理念的推广。进入21世纪后,可持续发展逐渐体现在政策文件中,并替代“污染防治”成为畜禽养殖废弃物治理的核心理念,并最终被提升到生态文明建设的高度。

其四,部分具体政策成为今后实施相关专项政策的行动基础。改革开放后,沼气发酵逐渐替代堆肥处理成为养

殖废弃物资源化利用的重要手段,对相关技术研发和人才培养提出了需要。1979年颁布的《关于当前农村沼气建设中几个问题的报告》提出了沼气技术研发和人才培养的要求,为今后相关专项政策的制定提供了方向。实践中沼气的推广面临生产技术不统一、设备建造不规范等问题,对此,20世纪80年代,国家制定了一系列与沼气技术配套的标准,仅1984年就发布了《家用沼气灶》《农村家用水压式沼气池标准图集》《农村家用水压式沼气池质量检查验收标准》和《农村家用水压式沼气池施工操作规程》等一系列国家标准。另外,为了解决沼气池建设的资金约束,国家于“六五”期间每年发放4000万贴息贷款用于农村沼气池建设^[35]。这些政策或标准涉及人才培养、技术推广和资金支持等多个方面,奠定了后来沼气建设专项政策的方向。

不过,这一时期的政策也存在许多问题,最突出的是政策制定不够具体:首先,在法律法规层面,还没有专门针对畜禽养殖污染治理的政策,甚至关于农村环境保护的政策也仅散见于各类文件中^[17];其次,相应的专项政策也不成体系,例如,相关专项政策仅针对沼气池建设而忽视了农村能源、沼气产品使用和销售等,这极大地制约了政策执行的效率。

4.3 政策发展期:21世纪初至今

进入21世纪后,在奠基期相关政策的基础上,国家制定了一系列畜禽养殖废弃物资源化利用的专项政策和面上政策。例如,以“畜禽粪便”为关键词,在北大法宝中央法规司法解释数据库中全文检索,于2000年后出台的相关法律有17部、行政法规有26部、部门规章有211部。具体来看,这一时期相关政策发展呈现出以下特点。

其一,以支持沼气工程建设为先导,相关政策体系有所完善。2000年,原农业部颁布《大中型畜禽养殖场能源环境工程建设规划》,对大中型沼气工程建设及其综合利用进行了技术和经济可行性分析。同年,原农业部提出“生态家园富民计划”,国家对能源生态综合体系建设加大了支持力度,2001年和2002年分别投入1亿元和3亿元进行沼气建设。之后,随着2003年《农村沼气建设国债项目管理办法(试行)》的颁布,国家启动了农村沼气建设国债项目。根据《中国农业年鉴》(2007—2016年,历年)和《中国农村能源年鉴》(2009—2013,历年),2003—2005年,中国每年在农村沼气建设方面投入10亿元;2006—2007年,这方面每年的投入达25亿元;2010年这方面的投入甚至高达54亿元,之后略有下降:2015年中央拨款约37亿元,2016年中央拨款为28亿元。强大的资金扶持显著提

高了环境友好型畜禽粪便处理方式的应用率^[36], 推动了这一时期沼气技术的完善。此外, 2007 年颁布的《养殖小区和联户沼气工程试点项目建设方案》和《全国农村沼气工程建设规划》对其后农村户用沼气池建设和大中型沼气工程建设做出了详细规划, 为其后养殖废弃物资源化利用的发展提供了切实依据。至此, 针对沼气技术的专项政策基本形成了涉及长期规划、法律保障、技术标准和资金支持等的政策体系, 推动了沼气技术的应用。

除了针对沼气的专项政策, 相关辅助政策体系的完善在技术普及实践中也发挥了重要作用。其中, 发展最快、成就较大的是标准化体系, 而法律体系和行政规范性文件体系的建立则较为滞后。进入 21 世纪后, 由于沼气技术和堆肥技术开始从工业化向商品化、产业化发展, 对产品标准化的需求增加, 为此, 各部门逐步完善了标准化体系, 在更新原有标准的基础上, 发布了畜禽养殖废弃物资源化利用各环节的标准和工程技术规范(见表 2)。

相比之下, 相关法律法规甚至部门规章的出台则有较大的滞后性。自 2001 年原国家环境保护总局发布《畜禽养殖污染防治管理办法》后, 直到 2013 年, 国务院才发布《畜禽规模养殖污染防治条例》, 这是中国农村和农业环保领域的第一部行政法规。这一条例的出台, 从两个方面影响着畜禽养殖废弃物利用进程: 第一, 从实践角度看, 该条例适用性较强, 使中国养殖废弃物资源化利用实践有了切实可依的法律规范。根据北大法宝案例与裁判文书数据库, 自 2014 年这一条例正式实施以来, 约有 103 件裁判文书引用了该条例中的条款, 说明该条例对养殖废弃物资源化利用实践起到了较好的规制作用。第二, 从理论角度而言, 该条例的出台标志着畜禽养殖污染治理目标从单纯的污染控制转向综合的可持续发展^[37], 在行政法规层面确立了治理理念的转变。

2014 年后, 国家颁布了一系列涉及畜禽养殖废弃物资源化利用的长期发展规划(见表 2)。这些规划基本上属于行政规范性文件体系, 对相关法律提供了辅助和补充, 且有很强的前瞻性, 从不同角度弥补了法律法规关于畜禽养殖废弃物资源化利用的空缺, 指导了今后的发展方向。

其二, 政策的可执行性增强。进入 21 世纪后, 畜禽养殖废弃物的沼气化利用更加完善, 其他资源化利用方式也逐渐得到发展, 相关实践的发展直接推动了相关政策(如确立行业标准)的完善, 也增强了相关政策的可执行性和与实践的匹配程度。具体来看, 2005 年颁布、2015 年重新修订的《中华人民共和国畜牧法》在一定程度上代替了《中华人民共和国农业法》, 成为养殖废弃物资源化利用

的核心法律之一。该法明确规定养殖场应建设相应的废弃物处理设施, 规范了养殖主体的行为。2015 年重新修订的《中华人民共和国环境保护法》明确指出畜禽养殖场的选址、建造环节应当符合环境友好的要求。同年发布的《全国农业可持续发展规划(2015—2030)》以及 2016 年发布的《全国农业现代化规划(2016—2020)》都规定了量化目标, 要求在 2020 年和 2030 年畜禽养殖废弃物综合利用率分别达到 75% 和 90%。甚至最具宏观指导性的“五年计划”和中央“一号文件”也逐渐将相关长期目标具体化、精确化, 增强了对实践的指导意义。

5 畜禽养殖废弃物资源化利用面临的问题

目前, 中国畜禽养殖废弃物资源化利用技术已经较为完善, 全国各地正推广适合当地的技术; 相关制度也已基本健全, 不仅出台了长期发展的指导性政策文件, 相关法律保障体系也已基本建立, 具体的政策扶持措施也比较全面。不过, 在技术和政策两方面, 目前畜禽养殖废弃物资源化利用实践还主要面临以下问题。

5.1 技术发展面临产业化困境

目前, 沼气工程和堆肥处理的产业化进程均受到较大阻碍。沼气工程产业化的主要阻碍有商业因素和技术因素。其中, 商业因素体现为沼气工程产品的用途较为单一, 难以占有较大的市场份额。沼气工程所产生的沼气, 主要用于农村炊事、供暖, 部分用于发电^[11]。用于农村生活供能时, 其市场范围大多只覆盖一个村, 难以形成产业; 沼气用于发电时, 由于成本等原因所发的电也很难并入国家电网。技术因素体现为: 虽然畜禽养殖废弃物的价格不断下降、生态资源价格不断上升, 但是, 目前的技术难以高效实现前者向后者的转化。具体体现为: 沼气池产气效率低、产品的生产率也较低, 导致沼气发电、沼气提纯天然气以及沼液沼渣制造有机肥的成本较高。据测算, 供气规模超过 800 户的沼气工程, 其运营成本将超过 100 万元, 供气的单位成本也接近 3 元/m³^[38]。因此, 即使在拥有国内领先技术且资金充足的北京地区, 最具代表性的北郎中沼气工程也仅能实现略有盈余^[39]。

堆肥处理的最终产品是有机肥, 商品属性较强, 商品化进程较为顺利。但是, 堆肥处理的产业化进程仍面临较大阻碍, 其主要障碍是技术。有机肥生产设备品质不一, 使有机肥生产效率低下, 难以使成本进一步下降, 阻碍了厂商对产品更有效率的供给。同时, 有机肥的短期肥效不如化肥, 这使农户缺乏使用有机肥的积极性, 从而使市场需求也难以发挥对堆肥处理产业化的推动作用。

5.2 政策体系有待进一步完善

党的十九大之后, 国家对畜禽养殖废弃物资源化利用

的重视程度进一步加强,出台了包括《乡村振兴战略规划(2018—2022)》《中华人民共和国节约能源法》等具有较高效力的面上政策,以及《畜禽规模养殖场粪污资源化利用设施建设规范(试行)》《农业农村部、财政部关于做好2019年畜禽粪污资源化利用项目实施工作的通知》《农业农村部办公厅关于印发畜禽养殖废弃物资源化利用2019年工作要点的通知》等可执行性较强的专项政策,相关政策措施更加完备。

但是,目前相关的政策体系仍有待进一步完善,其问题主要体现在:①从政策发布机构来看,相关政策体系过于松散。大多数相关政策都由国务院各部门(例如农业农村部、生态环境部、财政部、能源局等)发布(见表2),由于各部门的职责、所属系统不同,相关政策之间的衔接不够紧密甚至部分内容相互矛盾,影响政策执行效率和实质正义。②相关行业标准不够完善。在目前相关的行业标准体系中,有些行业标准制定得过于宽松,有些政策甚至没有配套的标准。例如,目前通行的《畜禽养殖业污染物排放标准》中对排放污水的COD和氨氮含量的标准就过于宽松,其允许排污的指标量甚至比医药化工企业还高,是德国相应标准的2.3倍^[27],无法对养殖主体起到约束作用,从而无法达到环境治理目标。③对于缺乏相应国家标

准的政策,其执行效果可能受地方政府意志的扭曲,导致政策制定和执行出现衔接不畅的情况。

6 促进畜禽养殖废弃物资源化利用的建议

畜禽养殖废弃物资源化利用的目标具有多样性,包括环境目标、经济目标和社会目标等。因此,应通过多样化的政策手段和多元化的政策切入推进畜禽养殖废弃物资源化利用。在本文研究框架下,提出以下建议。

其一,推进相关技术的快速发展与应用。目前中国畜禽养殖废弃物资源化利用技术产业化进程受阻的主要原因之一就是相关技术在应用水平和程度上与西方发达国家还有很大差距。不过,相关技术不应直接从国外进口,而要在标准化的基础上,因地制宜地进行技术研发和推广。因此,要进一步推进畜禽养殖废弃物资源化利用技术的快速发展和应用:①要通过多方筹措资金,为地方农技推广机构建立完善的科研和推广激励机制,保障各地对畜禽养殖废弃物资源化利用技术研发和设备的投入。②对于应用面较广的相关技术,建立完善的补贴或税收减免政策,鼓励和引导企业加强对这类技术的研发和应用。③完善畜禽养殖废弃物资源化利用相关技术人才的培养体系,并构建完善的人才市场,从制度层面保障相关技术人才的

表2 进入21世纪后国家出台的畜禽养殖废弃物资源化利用主要相关政策文件

相关政策体系	发布部门	实施时间	文件名称
标准化体系	原环保总局	2002年	《畜禽养殖业污染防治技术规范》
	原环保总局	2003年	《畜禽养殖业污染物排放标准》
	原环境保护部	2009年	《畜禽养殖业污染治理工程技术规范》
	原质检局、标准化委员会	2011年	《畜禽养殖污水贮存设施设计要求》
	原质检局、标准化委员会	2011年	《畜禽粪便贮存设施设计要求》
	原农业部	2013年	《沼气工程沼液沼渣后处理技术规范》
	农业农村部	2019年	《畜禽粪便堆肥技术规范》
法律体系	原环保总局	2001年	《畜禽养殖污染防治管理办法》
	国务院	2014年	《畜禽规模养殖污染防治条例》
	人大常委会	2015年	《中华人民共和国畜牧法(2015修订)》
	人大常委会	2015年	《中华人民共和国环境保护法(2014修订)》
	人大常委会	2018年	《中华人民共和国能源节约法(2018修正)》
行政规范性文件 文件体系	原农业部	2007年	《全国农村沼气工程建设规划》
	原农业部、发改委、科技部	2015年	《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》
	国务院	2016年	《全国农业现代化规划(2016—2020年)》
	原农业部、国家农业综合 开发办公室	2016年	《关于印发农业综合开发区域生态循环农业项目指引(2017—2020年)的通知》
	国务院	2017年	《国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》
	原农业部	2017年	《畜禽粪污资源化利用行动方案(2017—2020)》
战略规划	党中央、国务院	2018年	《乡村振兴战略规划(2018—2022)》

供给和培养质量。

其二,提升相关政策的可执行性。①协调相关部门的相关政策法律法规,完善各部门间的沟通机制。各部门在制定政策时应确保相关政策表述、政策目标和相关标准具有一致性,且在政策执行中实现有效沟通,防止出现重复执行、推诿责任等情况,从而建立起系统、有效的监督和管理体系。②完善相关行业标准,明确政府、企业、农户等不同主体在其中的责任,以畜禽养殖废弃物资源化利用水平为考核指标,允许不同地区、对不同形式的畜禽养殖废弃物资源化利用采用差异化的激励政策。

其三,特别重视发挥养殖主体的作用并构建相关利益共同体。在推进相关技术发展和完善相关政策的基础上,还应通过加大宣传、完善生态补偿和专项补贴等激发养殖主体参与养殖废弃物资源化利用的积极性和主动性。并在相关政策完善和技术应用过程中,充分听取养殖户、企业家和当地居民的意见,体现基层智慧,促使相关各方形成风险共担、利益共享的利益共同体。

(编辑:王爱萍)

参考文献

[1] 郑福庭. 变废为宝的良策: 关于农业废弃物的处理与妙用[J]. 农业工程, 1983(1): 30-31.

[2] 封俊, 沈雪民, 刘春和, 等. 我国畜禽粪便处理设备的研究现状及其发展趋势[J]. 农业工程学报, 1993(S1): 134-138.

[3] 何可, 张俊飏, 罗斯炫, 等. 中国 1992—2016 年农业废弃物管理研究: 热点识别、路径演进与前沿探究[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 1-10.

[4] 董克虞. 畜禽粪便对环境的污染及资源化途径[J]. 农业环境保护, 1998, 17(6): 281-283.

[5] 熊承永. 我国沼气近期科研情况和发展趋势[J]. 中国沼气, 1998, 16(4): 45-48.

[6] 李吉进, 郝晋珉, 邹国元, 等. 畜禽粪便高温堆肥及工厂化生产研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(3): 50-53.

[7] 陈蕊, 高怀友, 傅学起, 等. 畜禽养殖废水处理技术的研究与应用[J]. 农业环境科学学报, 2006(S1): 374-377.

[8] 汪植三, 李其谦, 廖新梯, 等. 畜禽舍粪便污水及废气净化的研究[J]. 农业工程学报, 1995(4): 90-95.

[9] 李庆康, 吴雷, 刘海琴, 等. 我国集约化畜禽养殖场粪便处理利用现状及展望[J]. 农业环境保护, 2000, 19(4): 251-254.

[10] 王晓霞, 王韩民, 徐德徽. 大中型沼气工程商业化融资的前景及对策[J]. 管理世界, 2004(7): 78-85.

[11] 庞云芝, 李秀金. 中国沼气产业化途径与关键技术[J]. 农业工程学报, 2006(S1): 53-57.

[12] 王建陶, 陶君颖, 陈璐. 养殖户畜禽废弃物资源化处理方式及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(5): 127-137.

[13] 李冉, 沈贵银, 金书秦. 畜禽养殖污染防治的环境政策工具选择及运用[J]. 农村经济, 2015(6): 95-100.

[14] 孟祥海, 张俊飏, 李鹏, 等. 畜牧业环境污染形势与环境治理政策综述[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(1): 1-8.

[15] 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, 35(10): 93-98.

[16] 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.

[17] 金书秦, 韩冬梅. 我国农村环境保护四十年: 问题演进、政策应对及机构变迁[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2015, 14(2): 71-78.

[18] 道格拉斯·诺思. 经济史上的结构和变革[M]. 厉以平, 译. 北京: 商务印书馆, 1992.

[19] 许彪, 施亮, 刘洋. 我国生猪养殖行业规模化演变模式研究[J]. 农业经济问题, 2015, 36(2): 21-26, 110.

[20] 谢双红, 王济民. 关于加快畜牧业全面协调可持续发展的研究[J]. 农业经济问题, 2005(7): 65-68, 80.

[21] 邓可蕴, 贺亮. 我国农村地区能源形势分析[J]. 中国工程科学, 2000(6): 52-58.

[22] 农业农村部(原农业部). 全国农村沼气工程建设规划(2006—2010年)[R/OL]. 2007-04-20[2019-09-04]. http://www.moa.gov.cn/nygb/2007/dsiq/201806/t20180613_6151883.htm.

[23] 农业农村部(原农业部). 新中国农业 60 年统计资料[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.

[24] 王方浩, 马文奇, 窦争霞, 等. 中国畜禽粪便产生量估算及环境效应[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5): 614-617.

[25] 冯永辉. 我国生猪规模化养殖及区域布局变化趋势[J]. 中国畜牧杂志, 2006, 42(4): 22-26.

[26] 高定, 陈同斌, 刘斌, 等. 我国畜禽养殖业粪便污染风险与控制策略[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 311-319.

[27] 苏杨. 我国集约化畜禽养殖场污染问题研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 15-18.

[28] 中国农村能源年鉴编辑委员会. 中国农村能源年鉴(1997)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[29] 中华人民共和国农业部科技教育司. 中国农村能源年鉴(2000—2008)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.

[30] 国家统计局. 中国统计年鉴 2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.

[31] 中华人民共和国农业部科技教育司. 中国农村能源年鉴(2009—2013)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.

[32] 刘朋虎, 赵雅静, 王义祥, 等. 实现传统堆肥技术与产业转型升级的若干对策研究[J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(3): 86-91.

[33] 刘伟, 余宏军, 蒋卫杰. 我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(3): 4-7.

[34] 速水佑次郎, 弗农·拉坦. 农业发展: 国际前景[M]. 吴伟东, 翟正惠, 卓建伟, 等译. 北京: 商务印书馆, 2014.

[35] 吴树彪, 翟旭, 董仁杰. 中国户用沼气发展现状及对策分析[C] // 2008 农业生物环境与能源工程国际论坛论文集. 北京: 中国农业工程学会, 2008: 158-163.

[36] 潘丹. 基于农户偏好的牲畜粪便污染治理政策选择——以生猪

- 养殖为例[J]. 中国农村观察, 2016(2): 68 - 83.
- [37] 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.
- [38] 吴进, 闵师界, 朱立志, 等. 养殖场沼气工程商业化集中供气补贴分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(24): 269 - 273.
- [39] 张慧智, 时朝, 李红, 等. 北京市大中型沼气工程典型商业模式浅析[J]. 中国沼气, 2017, 35(3): 88 - 92.

The evolution of resource utilization of livestock and poultry breeding waste in the past 70 years since the founding of P. R. China

CHEN Qiu-hong¹ ZHANG Kuan²

- (1. Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;
2. University of Chinese Academy of Social Sciences (Graduate School), Beijing 102488, China)

Abstract Based on the theory of induced technological and institutional innovation proposed by Hayami and Ruttan, this paper constructs an analysis framework integrating the development of policies, technologies and related practices of resource utilization of livestock and poultry breeding waste, discusses the evolution stages since the founding of the People's Republic of China, explores the rules of related technology development and the evolution of related policies, analyzes the main problems existing in corresponding aspects, and then puts forward relevant policy recommendations. This research shows that, since the founding of the People's Republic of China, with the development of rural economy and society, the importance of livestock and poultry breeding in rural economic activities has been greatly improved, and the relative prices of input factors such as labor, breeding waste and ecological resources in rural China have changed, thus leading to the technological innovation of resource utilization of livestock and poultry breeding waste. The main characteristic of relevant technology changes is taking a progressive development path with biogas as the core link. With the promotion and application of related technologies, the practice of resource utilization of livestock and poultry breeding waste in P. R. China has experienced the following four stages: the stage with traditional manure treatment as the absolutely dominant resource, the stage with biogas fermentation and manure treatment applied at the same time, the stage with biogas fermentation as the dominant method, and the stage with improved biogas fermentation technology and diversified treatment methods. From the perspective of the evolution of policies related to the resource utilization of livestock and poultry breeding waste, driven by the change of factor prices, relevant technologies and practices, the relevant policy system has been gradually improved and its implementation has been gradually enhanced in the three stages of policy scarcity, policy foundation and policy development. With the gradual standardization of the regulation and control of the practice of resource utilization of livestock and poultry breeding waste, it is increasingly closer to achieve the goal of protecting the environment and realizing ecological justice. However, at present, there are still some problems in the practice of resource utilization of livestock and poultry breeding waste, such as the industrialization dilemma met in the technical development, and the further improvement of the policy system. Therefore, the government should take further measures in the following aspects: promoting and applying relevant technologies according to local conditions on the basis of standardization, coordinating relevant policies, improving relevant industry standards and facilitating communication among various departments of the government, clarifying the responsibilities of different subjects, paying special attention to the role of breeding subjects, and promoting the relevant parties to form a community of shared risks and interests.

Key words breeding waste; livestock and poultry; resource utilization; theory of induced innovation; 70 years since the founding of P. R. China