

文献著录格式: 刘银秀, 董越勇, 边武英, 等. 浙江省农村沼气利用典型技术的表征和演进 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (12): 2295-2299, 2303.

DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20191237

浙江省农村沼气利用典型技术的表征和演进

刘银秀¹, 董越勇^{1*}, 边武英², 金娟¹, 聂新军¹, 范志斌¹, 王强³

(1. 浙江省农业生态与能源办公室, 浙江 杭州 310012; 2. 浙江省耕地质量与肥料管理总站, 浙江 杭州 310020;

3. 浙江省农业科学院 环境资源与土壤肥料研究所, 浙江 杭州 310021)

摘要: 农村沼气工程技术的应用, 可有效处理农业农村有机废弃物, 实现废弃物的资源化再利用, 对节约农村生产生活成本、调整农村能源结构、改善农村生态环境具有重要意义。文章结合浙江省实际探索出的技术模式, 对每种技术的工艺流程、地域分布、模式特点等进行了分析, 期望为推进农村沼气发展、农业绿色发展和美丽乡村建设提供参考借鉴。

关键词: 沼气工程; 畜禽粪污; 沼液; 沼气; 浙江

中图分类号: S216.4

文献标志码: A

文章编号: 0528-9017(2019)12-2295-05

在农业种植业、养殖业的生产过程中, 农村的生产生活过程中, 会产生大量各种各样的有机废弃物, 主要有畜禽粪污、农作物秸秆、尾菜、生活垃圾、农产品加工废弃物等。据统计, 2018年, 浙江省畜禽粪污产生量1 755万t, 农作物秸秆1 128万t。这些有机废弃物如不加以处理, 势必会影响农村生态环境, 威胁人民群众的身体健康, 同时也浪费了大量的宝贵生物资源。采用沼气工程对农业农村有机废弃物进行厌氧发酵, 可有效实现废弃物的资源化、循环化、减量化, 被认为是最有潜力的处理方式之一^[1]。产生的沼气是多种气体的混合物, 一般含甲烷50%~70%, 是优质的燃料, 可为农户提供生活用能, 也可用于发电, 厌氧发酵的液相残留物沼液, 富含多种农作物生长所必需的营养物质, 具有促进作物生长、防治作物病害和改良土壤性状等多重功效。2010年, 诸暨市安家湖村利用村中某规模化养殖场粪污, 建设的集中供气工程可解决150户农户的生活用能, 每年每户可节约燃料支出577元^[2]。四川省成都市某村通过集中供气工程解决了70多户的生活用能问题^[3]。吴晓梅等^[4]对福建省福清市某规模化养殖场沼气发电工程进行了实例分析, 该工程日产沼气1 500 m³, 所

产沼气主要用于养殖场生产、生活用电, 多余的电并入当地电网, 每年可节约用电84.23万kW·h, 节约用电开支54万元。谷伟楠等^[5]对云南省某县利用规模化沼气工程处理蔬菜废弃物进行了实例分析, 项目创建了集中收储运体系, 以沼气工程为纽带, 产生的沼渣、沼液变成绿色有机肥, 沼气提纯为天然气, 实现了蔬菜废弃物资源化综合利用。董越勇等^[6]通过对浙江省30个沼气工程沼液进行养分调查和差异性分析得出, 产生的沼液可直接施用于农作物种植。

浙江省地处东南沿海长江三角洲南翼, 属季风性湿润气候, 四季分明, 雨量充沛, 是我国自然条件较优越的地区之一。浙江农业产业众多, 是农、林、牧、渔各产业全面发展的综合性农业区域。近几年来, 浙江省以绿水青山就是金山银山为遵循, 以深入实施“八八战略”为统领, 以打造国家乡村振兴示范省为抓手, 积极推进农业农村改革, 深入实施统筹城乡发展方略, 农业农村经济呈现了持续快速发展态势。浙江省在推进生态农业、现代生态循环农业发展上, 以农业农村废弃物资源化、循环化和减量化为重点, 全面推进和提升以沼气工程为纽带的生态循环农业废弃物资源化利用水平, 不

收稿日期: 2019-10-20

基金项目: 2018年度“三农六方”科技协作项目(2018SNLF026); 科技部重点研发计划项目(2016YFD0200800); 浙江省科技厅重大项目(2015C02013)

作者简介: 刘银秀(1977—), 女, 浙江江山人, 高级工程师, 硕士研究生, 主要从事农村能源技术推广工作, E-mail: 151429677@qq.com。

通信作者: 董越勇(1963—), 男, 浙江嵊州人, 推广研究员, 大学本科, 主要从事农业技术推广工作, E-mail: zjhzyy@126.com。

仅在调整农村能源消费结构,改善农村居民生活环境发挥着积极的作用,更是成为浙江省实现畜牧业的绿色发展,促进高效生态和绿色可持续发展的重要组成部分。浙江省从1957年开始在全省部署发展农村沼气以来,全省农村沼气建设得到了长足、稳定的发展。全省现有农村规模化沼气工程5 880处(池容83.68万 m^3),年产沼气8 098万 m^3 ,集中供气户数约3万户,年发电量2 500 $\text{kW} \cdot \text{h}$,年利用沼液800万t,可节约标煤5.78万t,节约氮磷肥2.7万t。21世纪初,面对浙江省城乡经济社会的快速发展,农村生产方式的变革和农村劳动力的转移不断提速,纯农家庭逐渐减少,农户养殖比例逐年下降,养殖场集约化程度越来越高的事实,浙江省农村能源管理部门深刻认识到必须因地制宜探索农村沼气发展的新途径、新模式,在认真调研、深入分析的情况下,及时转变思路,由发展户用沼气向发展规模化沼气工程、集中供气工程方向发展,积极探索适合的技术和模式。本文结合浙江省探索出的技术模式,对每种技术的工艺流程、地域分布、模式特点等进行分析,以期为推进农村沼气发展、农业绿色发展和美丽乡村建设提供借鉴。

1 典型技术

1.1 农村集群沼气用户统一供气

1.1.1 工艺流程

畜禽粪污、农作物秸秆、厨余垃圾等农业农村有机废弃物,经简单分类及预处理后,进入集水池(一般内设搅拌装置,促进物料均匀),经固液分离设施后进入酸化池酸化,然后进入厌氧池内进行厌氧发酵,最后的发酵残留物沼液进入贮肥池,静置一段时间后可通过输送管网、运输车运送至田间贮肥池待用,或者直接施用于种植业上。产生的沼气经气水分离器、脱硫塔等净化后贮存于贮气柜中,通过沼气输配管网就近向自然村或行政村的农户统一供气,作为农户生产生活用能。

1.1.2 地域分布与应用范围

该技术(模式)适用于畜禽粪污、秸秆等农业农村有机废弃物资源丰富、获取便利,村民居住较为集中且沼气使用意愿较强,冬季平均气温不低于 0°C 的丘陵及山区,周围配套有足够面积的农业种植区或茶园林地等,以保证开展沼液综合利用,浙江省已经推广农村集群沼气用户统一供气模式300多处,供气户数约3万户,主要分布在衢州、丽

水、台州等地。

1.1.3 技术特点

选址灵活。可以依托养殖场在养殖场内建立统一供气工程,也可以通过就近收集畜禽粪污、农作物秸秆、尾菜、厨余垃圾等农业农村废弃物,在村庄里建设统一供气工程,通过沼气输送管网达到远距离输送沼气的目的。

投资较大。山区建设统一供气工程,建设单位成本较高,一般每户需0.8万~1.0万元,建设一个供气100户的统一供气工程需要80万~100万元的资金,而发展统一供气模式的村庄大部分经济基础较为薄弱,需要政府进行补助才能完成。

市场化程度低。该模式一部分是由养殖场业主无偿提供给周边农户使用,一部分按 $1\sim 1.5\text{元} \cdot \text{m}^{-3}$ 的标准收取一定费用,所收取费用还不足以达到自负盈亏,市场化时机尚不成熟,需通过政府补贴、沼气收入、农户自筹等多种途径解决沼气的运行维护费用。

注重沼气的生产。应尽量采用高浓度原料(一般总固体浓度 $>6\%$),尽可能利用有限的原料生产出足够多的沼气,农户沼气用量需求按 $0.1\sim 0.15\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{人}^{-1}$ 进行设计。

具备沼气远距离的输送能力。沼气输送畅通是该模式运行正常的关键,沼气输气管可采用逐级变径,可基本满足不同距离输气的压力需求,也可配备具有防爆功能的沼气增压设备,满足远距离输气时的压力需求。

安全生产运维管理要求高。该模式不仅涉及沼气的安全生产运维,还涉及沿途的沼气输送管道的安全维护、沼气用户户内的沼气安全使用等,涉及面较广,因此,对安全运维管理有较高的要求。

效益明显。可改善农村用能结构,提高清洁能源利用率,减少大气污染及商品能源的消费支出,一般每户每年可减少燃料支出600元。同时,可从根本上防止对薪柴林的砍伐。据测算,使用沼气平均一户人家年可节柴5 000 kg以上,相当于 0.6hm^2 薪炭林的年林木蓄积量。

1.2 沼气热电联用高值化利用技术

1.2.1 工艺流程

将养殖场或周边区域收集的畜禽粪污经格栅(去除塑料袋等杂物)进入集水池(内设有机搅拌装置,促进物料的均衡),然后经酸化池酸化,进入厌氧池内进行厌氧发酵,发酵残余物沼液自流

进入沼液贮存池,静置一段时间后可通过沼液输送管网、运输车等方式送至田间贮肥池待用,或者直接施用于种植业。产生的沼气经气水分离器、脱硫塔等净化达到沼气发电设备的净化要求后贮存于贮气柜中,通过沼气发电设备发电,所产生的电可用于养殖场自身用电需求,也可并网,发电余热可用于沼气池升温,促进厌氧池的厌氧发酵,提高效率。

1.2.2 地域分布与应用范围

适用于在冬季平均气温不低于 0°C 的地区,周围有配套足够面积的农业种植区或茶园林地以保证开展综合利用。目前,浙江省沼气发电工程有130处,总装机容量13 337 kW,年发电量2 500万 $\text{kW}\cdot\text{h}$,主要分布在杭州、衢州、金华等地,其中,浙江开启能源科技有限公司的沼气发电机组规模最大,总装机容量为2 000 kW。2018年,全省上网发电装机容量为2 180 kW,年发电量为1 065万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

1.2.3 技术特点

适应性强。技术(模式)适用于各种类型的农村沼气工程,即只要有稳定的沼气生产,选择与沼气产量相匹配的沼气发电机组,就可适用。既可满足养殖场自身的用电需要,也可用于并网发电,享受可再生能源发电补助。

注重沼气的稳定生产。稳定足量的沼气生产是沼气发电正常使用的前提条件,应尽量采用高浓度原料(一般总固体浓度 $>6\%$),尽可能利用有限的原料生产出足够多的沼气,一般 1 m^3 沼气发电2 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

沼气净化要求高。沼气中含有的硫化氢、水分、含尘量等,如果处理达不到沼气发电机组的要求,则会对其使用寿命、发电功率等产生较大影响,从而影响收益。

对沼气发电设备要求高。目前,国内大多数沼气发电设备还存在可靠性差、热负荷高、启动困难、维修次数多等问题,国外沼气发电设备性能优于国内,价格也较为昂贵,国内大多选择国产发电机,对沼气发电的使用积极性、推广起到了一定的阻碍作用。

发电成本较高。浙江省沼气发电成本在 $0.38\sim 2.44\text{元}\cdot(\text{kW}\cdot\text{h})^{-1}$ (不含沼气工程折旧),现农村用电价格为 $0.6\sim 0.8\text{元}\cdot(\text{kW}\cdot\text{h})^{-1}$,2018年浙江省沼气发电上网补贴价格为 $0.80\sim 1.1\text{元}\cdot(\text{kW}\cdot\text{h})^{-1}$,如果对自用的沼气发电没有相应的政策补助,则会极大影响业主使用沼气发电的积

极性。

1.3 沼气沼液利用并重的“舒兰模式”

1.3.1 应用背景

萧山舒兰农业有限公司是一家以绿色生产、保鲜、加工、配送产业化为特征的农业企业,年产蔬菜、瓜果数量大,同时,也有大量的农作物秸秆、尾菜等农业废弃物,为减少秸秆乱堆乱放、焚烧现象,改善基地生态环境,公司建成了沼气沼液利用并重的“舒兰模式”。

1.3.2 工艺流程

将农作物秸秆、尾菜粉碎成长度为 $3\sim 5\text{ cm}$,利用太阳能发酵房(150 m^2)进行堆沤,产生的渗滤液与外拉的畜禽粪污一起进入匀浆池(25 m^3),搅拌均匀后,进入一体化结构厌氧罐(沼气池 300 m^3 ,双膜贮气柜 120 m^3)进行厌氧发酵,厌氧工艺为CSTR,水力停留时间为30 d,发酵温度保持在 25°C 左右。产生的沼气净化后部分用于食堂的炊事用能,部分用于发电(装机容量30 kW),发电余热用于匀浆池和沼气池的增温,太阳能发酵房厌氧堆沤产生的有机质加工制成育苗基质,产生的沼液用于 54 hm^2 蔬菜基地的肥水喷灌。

1.3.3 技术特点

以处理秸秆、尾菜为主要目的,为农村沼气工程综合利用提供了多原料利用的成功模式。

利用太阳能发酵房预处理秸秆、尾菜,可提高发酵温度,缩短发酵时间,大大提高效率。

在主体区域范围内形成了“秸秆、尾菜、畜禽粪污—沼气工程—沼气炊事用能发电—沼液用于蔬菜基地”的农业生态小循环。

经济效益显著。年可处理农作物秸秆910 t、猪粪730 t。年可节省育苗基质的有机质投入18.8万元;沼气发电为公司提供电能,发电余热用于匀浆池和沼气池的增温,年可节省电费5.8万元;沼液施用年可节省化肥费用7.6万元,年可节支32.2万元,扣除人工、燃油、设备维护及折旧等运行成本28万元,年总收益约4.2万元。

1.4 利用不同农业废弃物制备沼气技术

1.4.1 应用背景

农村沼气工程作为开发可再生能源应用的一个途径,一直被各方所重视,但是随着浙江省“五水共治”、三改一拆、畜牧业转型升级等政策的影响,农村沼气又在走下坡路,原有的农村沼气工程因养殖场搬迁,无原料供应而被大量废弃,现有的原料

结构已经无法满足沼气工程的日常运行。随着乡村振兴,生态宜居为农村废弃物的处理提出了更高的要求。浙江省积极探索利用农村沼气工程处理有机生活(厨余)垃圾、秸秆等,取得了一定成效。

1.4.2 农村沼气工程原料来源

浙江省农村沼气工程原料来源原先主要以畜禽粪污作为单一来源为主,也积极探索过农作物秸秆作为单一来源进行沼气技术应用,但是农作物秸秆由于其成分主要以纤维类为主,结构紧密不易分解,且极易在厌氧池发生结壳现象而影响整个厌氧效果,沼气工程的干发酵技术不过关等原因,大多以失败告终,但是经过多年的实践经验,浙江省探索出农作物秸秆预处理后与畜禽粪污进行科学配比后作为混合原料制备沼气的成功案例,并加以推广。同时,随着农村垃圾分类的不断升级,农村有机生活(含厨余)垃圾也逐渐成为沼气工程来源之一,这几种原料可以根据需要作为农村沼气的单一原料,也可多种原料同时混合进行使用。

1.4.3 工艺流程

将收集来的农作物秸秆经粉碎堆沤等方式预处理所产生的渗滤液、有机生活(厨余)垃圾进行再次分类,畜禽粪污等按沼气工程设计要求,选择单一原料或者混合原料进入匀浆池搅拌均匀,进入酸化池酸化再进入厌氧池进行厌氧发酵,产生的沼气净化后可集中供给周边农户作为生活用能,也可供养殖场生产生活用能或进行发电,产生的沼液部分回流用于匀浆池和秸秆堆沤,多余沼液进入贮肥池,静置一段时间后通过输送管网、运输车运送至田间贮肥池待用,或者直接施用于种植业上。

1.4.4 应用范围

该技术适用于农村垃圾分类较好、垃圾产量不大的村庄,也适用于农作物秸秆、尾菜产生量较大并可进行综合利用的区域。浙江省主要在杭州、嘉兴、绍兴等地应用。

1.4.5 技术特点

灵活方便适用面广。该模式适用于各类村庄,可以根据垃圾产生量灵活设置规模,可因地制宜地根据秸秆种类与畜禽粪污进行科学配比,满足发酵原料碳氮比(C/N) 25~30:1的要求,无须添加其他物料,实现低成本的农业废弃物就近处理利用。

加强原料收集。要确保农村沼气工程原料充足,要做好秸秆、粪便、农村有机生活(含厨余)垃圾等发酵原料的收集、贮存与运输。

垃圾分类要求高。厌氧装置只能对可腐烂的有

机废弃物进行处理,除农户家里需要进行垃圾分类外,进厌氧装置前还要进行二次分类,人工分拣工作量大,不适用于垃圾产生量大的村庄。

做好秸秆预处理。秸秆类原料主要由纤维素、木质素组成,空间结构致密,直接进入沼气池,难以被微生物降解和利用,且易发生结壳现象,因此,沼气发酵前必须进行预处理,提高原料的可生物降解性能,促进厌氧发酵产气。目前,生物预处理方法有物理法、化学法、生物法^[7]。

尚处于试验示范推广阶段。虽然此技术在浙江省已有成功的案例,但是在秸秆预处理、垃圾分类、厌氧发酵工艺、微生物菌种及生物指标、沼液回流等关键环节,还不够成熟,尚未能达到大规模推广的阶段,同时,人类生活垃圾区别于畜禽粪污、秸秆等,成分较为复杂,所产沼液成分是否符合资源化利用条件还需要进一步的研究。

1.5 规模化养殖场内沼气工程循环利用模式

一般规模化养殖场建有与养殖规模相匹配的农村沼气工程,作为处理畜禽粪污的措施,达到畜禽粪污无害化、减量化、资源化处理的目的,在浙江省利用比较常规。

1.5.1 工艺流程

养殖粪污收集后经格栅进入集水池(内设有机械搅拌装置,促进物料的均衡),经酸化池进入厌氧发酵池内进行发酵,沼液自流进入沼液贮存池,用肥时通过沼液输送管道、运输车、田间贮肥池等方式施用于养殖场自有或者周边农田进行种植业利用。产生的沼气经气水分离器、脱硫塔等净化后贮存于贮气柜中,用于养殖场自身的用能需要。

1.5.2 地域分布及应用范围

该模式适用于对能源需求不大,周边有一定土地,可完全消纳全部沼液的中小型养殖场,是浙江省应用较为广泛的一种利用模式。

1.5.3 模式特点

实现养殖场内农业生态小循环,减少养殖场污染物外排现象,避免二次污染,示范性强。要做好用肥淡季及雨季沼液的管理,避免造成环境污染。农村沼气管理要求低,运行成本费用较低。一般养殖场业主可兼职管理沼气的运行管理,减少人工成本支出,一般只有照明、污水泵的用电,运行成本较低。

2 存在问题

农村沼气综合利用技术典型模式涉及农业有机

废弃物处理利用、农村用能结构改善、乡村振兴等农业生产农村生活的方方面面。这些模式的推广应用可有效处理畜禽粪污、农作物秸秆、生活垃圾等农业农村有机废弃物,节约农业生产成本,促进现代生态循环农业发展,推进农业生态与环境建设,实现经济发展和生态环境保护协同共进。但在推广过程中尚存在一些亟须解决的问题。

2.1 基础研究力度不够

随着浙江省畜禽养殖量的下降,原有农村沼气工程因原料缺乏而被大量废弃,开展以生活垃圾、餐厨垃圾、秸秆等为发酵原料的沼气技术、微生物菌种等方面的研究,可有效解决农村沼气工程原料问题,拓宽沼气工程技术的应用范围。UASB、CSTR、ABR等厌氧工艺在运行过程中仍存在处置效率、产气率、出水浓度不稳定等问题。对沼液组分成分,沼液长期施用后对土壤理化性状的影响、土壤改良、农产品增量提质等的研究,还处于初步阶段,不系统、不全面,无相应的沼液施用与生态消纳技术,沼液实际施用较为盲目,不利于沼液施用的可持续推进。沼气的有效利用研究还较低,存在部分沼气随意排空不利用的现象,给环境和安全都带来了相当的隐患。

2.2 政策扶持力度不持续不平衡

2017年,对浙江省各市、县(市、区)的农村沼气建设、后续服务、“三沼”(沼液、沼气、沼渣)综合利用方面的相关政策进行了调查,调查结果显示,浙江省有30多个县出台过与农村沼气相关的补助政策,占全省总县数的1/3左右。出台的政策主要集中在沼气工程建设,而后续管理维护、终端产品补贴及废弃沼气工程安全拆除等出台较少。大多政策都存在被取消的可能,持续性不高。

2.3 农村沼气工程运维管理制度化自动化程度不高

农村沼气工程是集生物、环保、建筑、能源、化工等多学科应用交叉的技术,管理要求相对较高,应通过制定相应的安全生产运维制度加强管理。但由于一些部门、业主存在“重建不重管”的思想,制度建立不够完善,存在相关部门监管和技术扶持力度不够,农村沼气主体责任不到位的现象;同时,国产沼气工程设备制造水平低,且质量参差不齐,沼气净化、利用技术自动化程度不高,从而出现部分农村沼气工程存在无人或者偶尔看管,综合效益不明显的情况,造成资源的极大浪

费,产生一定的负面影响。

3 建议

3.1 加强规划引导

在全面调查全省农村沼气发展现状、沼气沼液综合利用现状、农业农村有机废弃物资源量等,并全面评价分析的基础上,结合浙江省绿色农业生态循环建设、生态环境保护、可再生能源利用等,按照“政府支持、企业主体、市场引领、因地制宜”的原则,科学编制浙江省农村沼气和沼液中长期发展规划,提出浙江省农村沼气发展目标、任务、重点发展区域、沼气和沼液综合利用方向、保障措施等内容,加强与其他规划衔接。同时,引导农村沼气发展重点区域编制发展规划,通过规划科学有序推进浙江省农村沼气和沼液综合利用工作。

3.2 加强基础研究及技术研发

坚持科研与推广相结合,加快引进国内外先进的沼气工程工艺和配套设备,加大沼气工程技术集成研究与推广。

加大沼液组分调查,沼液施用后对土壤理化性状的影响、土壤改良、农产品增量提质等的基础性研究,为后续出台相关标准提供数据依据。

加强沼液浓缩技术、高附加值新型沼液营养液的开发与研究,拓宽沼液的利用途径,解决沼液直接肥用存在的沼液养分含量不稳定、施肥技术不易掌握等问题。

3.3 以政策、技术、资金等方面切实保障和促进沼气和沼液作为商品进入市场

通过制定浙江省沼液质量标准、主要农作物施用与生态消纳技术规范,可有效推进沼液科学施用体系的建设,指导农民科学合理施用沼液,推进沼液商品化进程,实现全省沼液的高效、安全利用。加大财政支持,完善“三沼”综合利用补贴政策,并保证政策的连续性与稳定性,从而形成政府扶持、企业主导、市场化运行的长效机制。

3.4 加强科学、安全运维管理制度和技术的研究与推广

规范的管理和健全的服务制度是农村沼气工程安全生产运维的有效保障。完善省、市、县三级农村能源管理部门的安全生产技术服务体系建设,提升服务水平。建立“一池一策”的农村沼气工程安全生产制度,提高农村沼气工程日常运维、安全使用和综合利用水平。建立一批有资质的、技术过

(下转第2303页)

是该系统中最具代表性的可再生能源, 人均沼气产量占欧洲首位。此外, 美国、日本等致力于研究沼气燃料电池, 已形成了一定的产业规模^[9]。

与欧洲各国相比, 我国沼气的产业化开展较晚, 但生产潜力巨大, 无论是农业领域的秸秆、畜禽粪污, 市政领域的餐厨垃圾、市政污泥, 还是工业领域高浓度有机废水、有机污泥等, 都存在无害化处置和环保消纳的巨大需求, 沼气产业拥有坚实的原料基础。近年来, 从国家和各地方出台的相关政策可以看出, 政府对沼气的能源定位和态度发生了较大的转变。与欧洲各国一样, 我国政府同样逐渐地在建设补贴、上网电价、税收优惠等多方位对沼气产业进行支持和培育, 投资方向要求从户用小沼气转向大型化沼气工程, 利用方向从沼气发电引导到提纯生物天然气。沼气/生物天然气在国家能源战略和生物质循环经济中的地位在逐渐提升。

沼气拥有可再生、生物质、绿色、低碳等多重标签, 沼气工程是能源供给侧改革、现代生态农业、生物质循环经济和环境保护间的纽带。随着政策支持力度的加强、厌氧发酵技术的完善, 以及市场潜力的释放, 无论是基于对绿色能源的需求, 还是对生物质梯度的高值化利用的要求, 我国的沼

气/生物天然气的产业化进程都已经开始, 且未来可期。

参考文献:

- [1] 邹才能, 赵群, 陈建军, 等. 中国天然气发展态势及战略预判 [J]. 天然气工业, 2018, 38 (4): 1-11.
- [2] 武淑霞, 刘宏斌, 刘申, 等. 农业面源污染现状及防控技术 [J]. 中国工程科学, 2018, 20 (5): 23-30.
- [3] 徐琬莹, 周传斌, 陈永根, 等. 农村户用沼气项目的碳减排效益核算: 以湖北省恩施州为例 [J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29 (4): 449-453.
- [4] 山东民和牧业股份有限公司. 山东民和沼气工程 CDM 项目建设与循环农业探索 [J]. 农业工程技术, 2009 (12): 23-24.
- [5] 周玮, 李冰峰, 王海. 德国沼气工程相关政策法律与产业现状 [J]. 中国农学通报, 2015, 31 (32): 117-122.
- [6] 乔玮, 李冰峰, 董仁杰, 等. 德国沼气工程发展和能源政策分析 [J]. 中国沼气, 2016, 34 (3): 74-80.
- [7] 陈子爱, 邓良伟, 王超, 等. 欧洲沼气工程补贴政策概览 [J]. 中国沼气, 2013, 31 (6): 29-34.
- [8] 朱颢, 胡启春, 汤晓玉, 等. 丹麦集中式沼气工程发展模式分析与启示 [J]. 世界农业, 2016 (11): 149-155.
- [9] 韩文彪, 王毅琪, 徐霞, 等. 沼气提纯净化与高值利用技术研究进展 [J]. 中国沼气, 2017, 35 (5): 57-61.

(责任编辑: 高峻)

(上接第 2299 页)

关的农村沼气后续服务队伍, 为农村沼气的运行维护提供服务。及时总结、引进先进的农村沼气安全运维模式, 并加以推广。

参考文献:

- [1] 韩娅新, 张成明. 不同农业有机废弃物产甲烷特性比较 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (1): 258-264.
- [2] 骆林平, 单胜道, 虞方伯, 等. 诸暨市安家湖村联户沼气工程及效益分析 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58 (12): 2108-2110.
- [3] 樊战辉, 孙家宾, 陈光年. 四川省新村低能耗沼气集中供气工程实例 [J]. 中国沼气, 2017, 35 (6): 70-74.

- [4] 吴晓梅, 吴斌. 规模化养猪场沼气发电工程实例分析 [J]. 能源与环境, 2018 (2): 67-70.
- [5] 谷伟楠, 兰艳艳, 洪俊杰. 蔬菜废弃物规模化沼气工程资源化综合利用模式探讨 [J]. 节能环保, 2019 (1): 31-32.
- [6] 董越勇, 聂新军, 王强, 等. 不同养殖规模猪场沼气工程沼液养分差异性分析 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58 (12): 2089-2092.
- [7] 冯晶, 刘国华, 马继涛, 等. 规模化秸秆沼气工程集成技术及工程运行效果研究 [J]. 农业工程学报, 2018, 34 (增刊): 81-85.

(责任编辑: 吴益伟)

(上接第 2269 页)

- [2] 姜丽英, 徐法三, 黄振东, 等. 柑橘黑点病的发病规律和防治 [J]. 浙江农业学报, 2012, 24 (4): 647-653.
- [3] MONDAL S N, VICENT A, REIS R F, et al. Efficacy of pre- and postinoculation application of fungicides to expanding young citrus leaves for control of melanose, scab, and alternaria brown

spot [J]. Plant Disease, 2007, 91 (12): 1600-1606.

- [4] 蒋飞, 吴丹丹, 张喜喜, 等. 上海柑橘黑点病田间发生规律研究 [J]. 浙江柑橘, 2018, 2: 16-19.

(责任编辑: 高峻)