

我国沼气产业发展的历程、现状和未来方向研究——基于河南漯河地区的典型案例分析

罗尔呷，张宇，冯祎宇，朱立志

(中国农业科学院农业经济与发展研究所，北京100081)

摘要：[目的]我国沼气发展历史较长，但诸如沼气利用率低、成本较高、产业化程度较低等问题也日益凸显。如何发挥我国沼气资源优势是当前和未来一段时间绿色发展所面临的重要问题之一。为了寻求新型绿色能源，走出一条适合我国国情的沼气发展道路，在一系列的新型能源产业政策支持下，我国沼气产业发展进入了转型升级阶段。但是，制约于多方管理、实施力度不到位等问题，沼气产业政策的实施效果不甚理想。因此，总结我国沼气产业发展历程和模式，对成功典型案例进行归纳分析，对推进我国沼气产业可持续发展无疑具有重大意义。[方法]文章结合我国沼气产业发展的历程和现状，针对河南漯河地区沼气3种典型发展模式进行成本收益分析，分别计算不同模式下典型项目的净现值和内部收益率。[结果](1)特大型沼气发电工程项目综合产业园模式的典型项目、大型养殖场综合利用模式的典型项目和户用沼气—沼气服务公司模式的典型项目中的单个农户的综合效益的净现值分别为4626.25万元、874.11万元和1737.73元，内部收益率分别为36.04%、40.19%和24.76%。(2)户用沼气—沼气服务公司模式中的沼气服务公司也可以通过灵活经营决策实现盈利，保持其发展模式的可持续性。(3)排除政策因素，3种模式的综合效益的内部收益率仍可达17.48%、20.80%和14.76%。(4)3种模式分别适合沼气原料丰富、易于产业化的地区，养殖场等原料产生、产物利用需求稳定的地区以及污水处理系统较差但交通相对较为便利的农村地区。[结论]我国各地沼气产业要充分考虑当地的自然资源禀赋条件，着眼规模生产、政策执行和盈利模式等实际发展问题，参考漯河地区的经验，因地制宜地推进产业发展。

引言

能源是经济发展和社会生活的必需品，传统能源短缺及其造成的污染是制约我国发展的重要原因。从能源储量来看，以我国目前能源消费量来计算能源资源的保障程度，煤炭剩余储量保障程度甚至不足100年，石油剩余储量保障程度不足15年，天然气剩余储量保障程度不足30年[1]。从污染治理来看，近年来每年投入污染治理的投资额约占GDP的1.30%，2017年环境污染治理投资总额为9511.90亿元，占GDP的1.15%。在绿色发展的时代背景下，新能源的开发与应用是我国可持续发展所必须要坚守的能源发展策略。沼气作为环境友好型的清洁能源，可以运用到社会生活的方方面面，有效缓解我国能源短缺问题。同时，我国具有丰富的生物质资源，每年都能产生大量的农业废弃物[2]（秸秆、粪便等）、林业废弃物、工业有机废水、生活污水、城市固体垃圾等等，为发展沼气产业提供良好的原料来源条件。

然而，目前由于管理掣肘、市场机制缺失、政策实施有失公允等原因[3]，沼气产业发展长期可持续发展受到极大限制。很多沼气工程成为应付环保部门罚款的工具，而自身缺乏稳定原料来源，不能形成稳定的产出，经济效益不明显，从而造成沼气工程的推广和运营出现不可持续的现象[3]；而户用沼气因为后续服务缺失、经济效益不明显等原因存在大量的闲置，已建沼气池中正常使用的比例只有40%~62.03%[4-6]。我国沼气产业可持续发展受到了巨大的挑战。在此背景下，对发展较为成功的沼气典型案例进行成本收益分析，总结其实践经验，对促进我国沼气产业更加健康持续发展具有重要意义。

文章基于对河南漯河地区的调研，总结了3种成效较好的沼气生产利用模式，分别分析其典型企业的成本收益及具体生产经营的经验，试图为其他地区的沼气产业发展提供参考。

1 沼气产业发展历程、现状及存在的问题

1.1 沼气产业发展历程和现状

我国沼气产业的发展始于20世纪60年代末、70年代初，这期间各地新建了600多万处户用沼气，但是没过多久就废弃了大半。20世纪70年代末期，沼气产业又有复兴的趋势，全国沼气用户达到了700多万户，但也没有能持续太久又废弃了很多，到1983年底全国户用沼气保有量只剩下400万户。这段时期，户用沼气发展受阻的主要原因是技术支持等后续服务的缺失。之后，在政府的支持和鼓励下沼气产业稳步发展。21世纪以来，我国沼气产业的发展经历了4个主要的阶段。如图1所示，第一阶段是2003年之前，沼气产业开始萌芽；第二阶段是2003—2006年，户用沼气在政府补贴的影响下发展迅速；第三阶段是2006—2012年，沼气工程快速发展，户用沼气继续发展；第四阶段是2012年之后，沼气产业开始向大中型沼气工程方向发展转型。

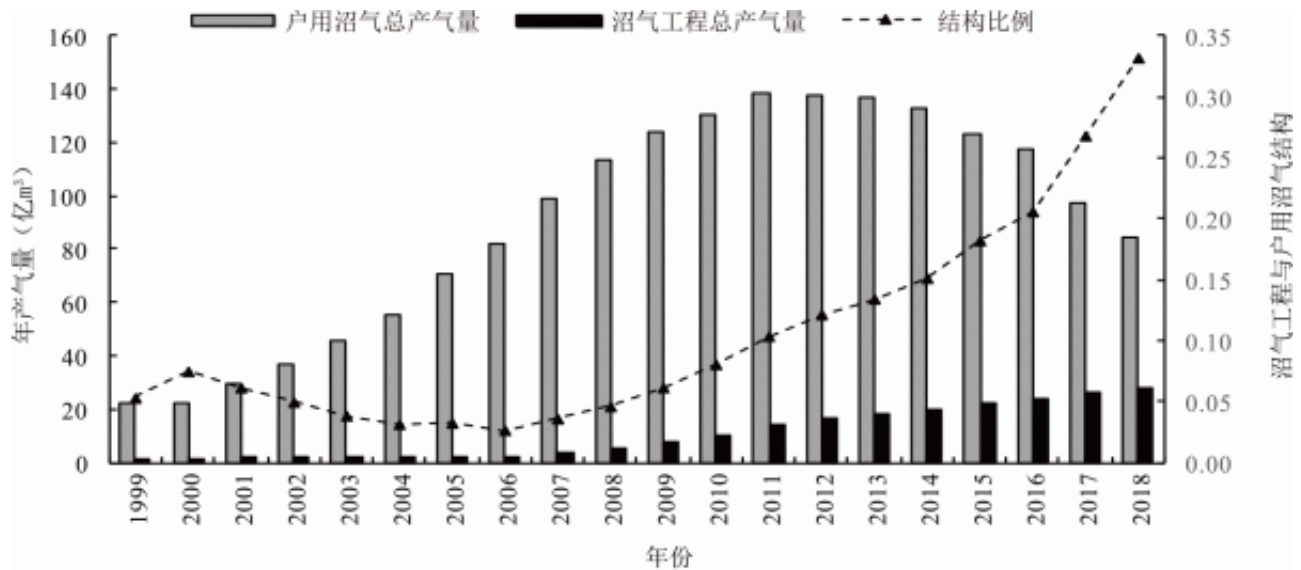


图1 1999—2018年大中型沼气与户用沼气产气量及结构比例

1.1.1 户用沼气的发展历史和现状

近20年来，户用沼气的迅速发展离不开各项政策的刺激和支持。2000年原农业部实施生态家园富民计划，该计划以户用沼气建设为核心，结合改厕改水等其他措施，拟在基本解决农村生活能源的同时，改善农民生产、生活环境。在这个计划的刺激下，我国户用沼气产气量从1999年底的22.51亿m³增长到2002年底的45.80亿m³，增长了104.56%。2003年开始的《农村沼气建设国债项目管理办法（试行）》，更是从项目建设资金上予以大量补贴，农村户用沼气得到空前发展。2006年起《可再生能源法》《节约能源法》等相关法律相继出台，沼气产业发展有了制度保障，户用沼气快速发展。到2008年全国农村户用沼气产气量突破110亿m³，在2013年到达顶峰的136.74亿m³。但伴随着沼气产业突飞猛进的发展，后续服务和相关保障并未跟上，沼气池利用率低等问题日渐突出，户用沼气产量出现逐年下降的趋势，到2018年末农村户用沼气产气量回落到84.20亿m³。

1.1.2 沼气工程的发展历史和现状

在发展户用沼气的同时，国家也出台一系列措施，促进沼气生产利用结构升级，特别是供给侧的升级。2006年《可再生能源法》《节约能源法》的相继出台保障了沼气工程的萌芽和发展，使沼气工程从无到有逐渐发展起来。《2015年农村沼气工程转型升级工作方案》和《全国农村沼气发展“十三五”规划》的出台意味着沼气产业发展成为一个极具能源战略意义的重要产业，规模化、产业化的沼气工程的发展进入了快车道。具体来说，2006年之前沼气工程发展较慢，产气量较低，年产不足2亿m³，占总产气量的4%左右。2006—2015年产气量年均增长率为135.61%，到2015年底沼气工程产气量达到25.03亿m³，占沼气产气总量的16.26%。2015—2018年沼气工程发展较为平稳，年产气量稳定在26亿m³以上。2018年底沼气工程产气量达到了27.96亿m³。

1.1.3 沼气工程和户用沼气发展结构的变化历程与现状

如图1所示，若将沼气工程产气量和户用沼气产气量之比作为衡量沼气工程和户用沼气发展的相对水平，可以看到，随着沼气产业政策和保障制度的逐步完善，沼气产业经历了以户用沼气为主到沼气工程的逐步发展壮大的转变，相对应的沼气工程和户用沼气的产气结构经历了一个先降后升的“U”型发展过程。首先与沼气产业产气结构变化相适应的是，农村沼气开发利用方式也从简单的户用沼气自产自用为主，逐步发展出规模化沼气发电为主，同时辅以沼气提纯、沼气制热的产业发展趋势。其次，沼气产业发展还呈现出功能从单一化向多元化演进，项目规模从单个项目建设向全产业链一体化推进，出资主体从政府为主向政府和企业合资转变等特征。最后，生物燃气利用技术的成熟、城乡燃气管道等基础设施的完善以及社会对美丽环境和清洁能源的需求的提升，也为沼气产业发展的做好了铺垫，沼气生产利用规模化，产业化的时代即将来临。

1.2 沼气产业发展过程中存在的问题

如前所述，近年来，在一系列政策的支持下，我国沼气产业发展经历了从小到大、从无到有的过程。受限于利用成本高等因素，户用沼气池产物的利用方式主要以直接利用或“猪—果—沼”等初级利用方式为主，生产利用结构较为

简单，产业链较短，产业附加值较低；而沼气工程产生的沼气则因产量更具规模，其利用方式也更加多元化，一般可以去杂、提纯为高品质燃气从而用作车用沼气，也可以直接并入电网用于发电，或者并入天然气网等。沼气工程产生的沼渣、沼液也因此更有可能进一步加工成为附加值更高的有机肥料或其他产品，产生更高的经济社会效益，从而形成产业化生产利用的业态。因此，单从生产利用的角度来说，发展沼气工程不失为充分利用沼气资源、解决污染问题的一条更好途径。然而，也有部分地区因基础设施不完善、自然条件较差等原因，造成直接发展沼气工程的成本急剧上升等情况，户用沼气成为这些地区更为经济可行的选择。因此，目前我国沼气产业形成了沼气工程和户用沼气有效结合的发展格局。然而，沼气产业发展实践中的一些问题也逐渐凸显，阻碍了沼气产业结构和布局趋向更为合理健康的方向发展。

户用沼气的使用上，重建轻管的现象普遍，主要表现为“一年好、二年能用、三年几乎不产气”[7]，虽然各地有差异，但农户沼气池实际使用时间占当地自然条件下每年最长可用时间的比例平均也只有64.80%[8]。究其原因，主要的问题有：缺乏后续服务支撑[3]、沼气设备和沼气池的专业化的维护和清理技术欠缺等。用户往往会因为设备缺乏维修或者不愿清理沼气池而减少对沼气的利用。

沼气工程的发展主要面临3个问题：一是前端的原料持续供给缺乏。因此沼气工程的产气量难以形成规模，使得沼气发电、集中供气等利用模式难以持续稳定推进形成规模化的产业链；二是后端持续盈利模式仍在探索。这使得多数沼气工程主要作为解决生产废污的工具，而在经济上的效益较差，只能沦为应付环保部门罚款的工具[3]；三是配套的政策未能完全实施。为了加快沼气产业形成稳定产业，政府出台了多条相关政策，但是实际实施过程当中困难重重。比如，电网公司的入网条件较为苛刻，总是以发电不稳为理由拒绝其入网。因此，要想促进沼气产业的发展更加合理健康，就必须找到合适的路径方法解决。

河南漯河地区的几种较为典型的沼气生产利用模式，充分利用自身优势，较好地解决了上述户用沼气利用率低、沼气工程原料来源不稳定、持续盈利模式缺乏等问题。对这些较为典型的沼气生产利用模式进行成本收益分析，有利于剖析其投入和产出的关系，揭示其在经营上值得借鉴之处，对其他地区的沼气生产利用效率的提升具有一定启示作用。

2成本收益分析方法

成本收益分析法是对社会活动成本和收益之间关系分析的最基本方法，可以反映某种经济行为可能产生的结果，为决策提供参考[9]，一般主要核算经济上的投入和产出。然而沼气的综合利用除了有经济效益外，还具有生态效益，因此，该文主要采用考虑生态效益的一体化成本效益分析评价体系[10]，既分析沼气工程的经济效益，也分析其外部经济性收益。计算该项目的净现值(NPV)，用以估计其是否可行。此外，计算其内部收益率(IRR)，作为该项目是否值得投资的参考标准。其计算公

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1 + \gamma)^t} \quad (1)$$

式(1)中，NPV指净现值， t 为沼气工程使用年限， B_t 为经济收益， C_t 为成本， γ 为折现率，这里用10%的投资机会成本。

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(B'_t - C_t)}{(1 + \gamma)^t} \quad (2)$$

式(2)中， B'_t 为包含经济收益和生态效益的综合效益，其他符号含义与式(1)相同。

当式(1)(2)的NPV为0时，可计算出其折现率，即为内部收益率IRR。当净现值(NPV)大于0或者投资内部收益率(IRR)大于投资机会成本的收益率时，项目有利可图。

3沼气产业发展典型案例分析

河南漯河地区在农业废弃物处理和沼气生产利用上经验丰富，在具体的生产实践中探索出了一些成功模式。为了研究总结沼气产业发展的漯河经验，笔者结合当地相关部门的建议，走访调查了当地多家典型企业。根据其规模和运营的方式概括为3种模式：特大型沼气发电工程项目综合产业园模式、大型养殖场综合利用模式和户用沼气—沼气服务公司模式。结合调研实际，选取这几种模式中典型的代表企业进行成本收益分析，力图剖析其生产经营的可鉴之处。

3.1特大型沼气发电工程项目综合产业园模式

一般来说，原料来源较为丰富，基础设施较为完善，产业集群较为集中的地区适合发展特大型的沼气发电工程项目

。北徐集团的沼气发电示范项目就属于特大型沼气发电工程项目。北徐集团位于河南省漯河市临颍县杜曲镇北徐庄村，其产业集面粉、挂面、饲料、生猪养殖、物流、有机蔬菜种植、污水处理沼气发电厂等20多个企业于一体。该集团以村为单位，整合全村2500位村民的生活污水、养殖场畜禽废弃物、蔬菜废弃物、农作物秸秆等原料，以此作为沼气原料来源，产生的沼气经过提纯后，进入发电机发电，产生的电并入当地电网，按照发电量从电力公司获利，产生的沼渣和沼液部分还田，部分加工处理为有机肥。目前，共安装配备5组250kW的发电设备，预计后续将增加设备量。该项目受亚洲投资银行资助，目前仍处于建设阶段，沼气原料主要以养殖场的废弃物为主，项目建设完成后还将集中处理周边行政村村民的生活垃圾，扩大生产规模。该发展模式沼气利用流程图见图2。

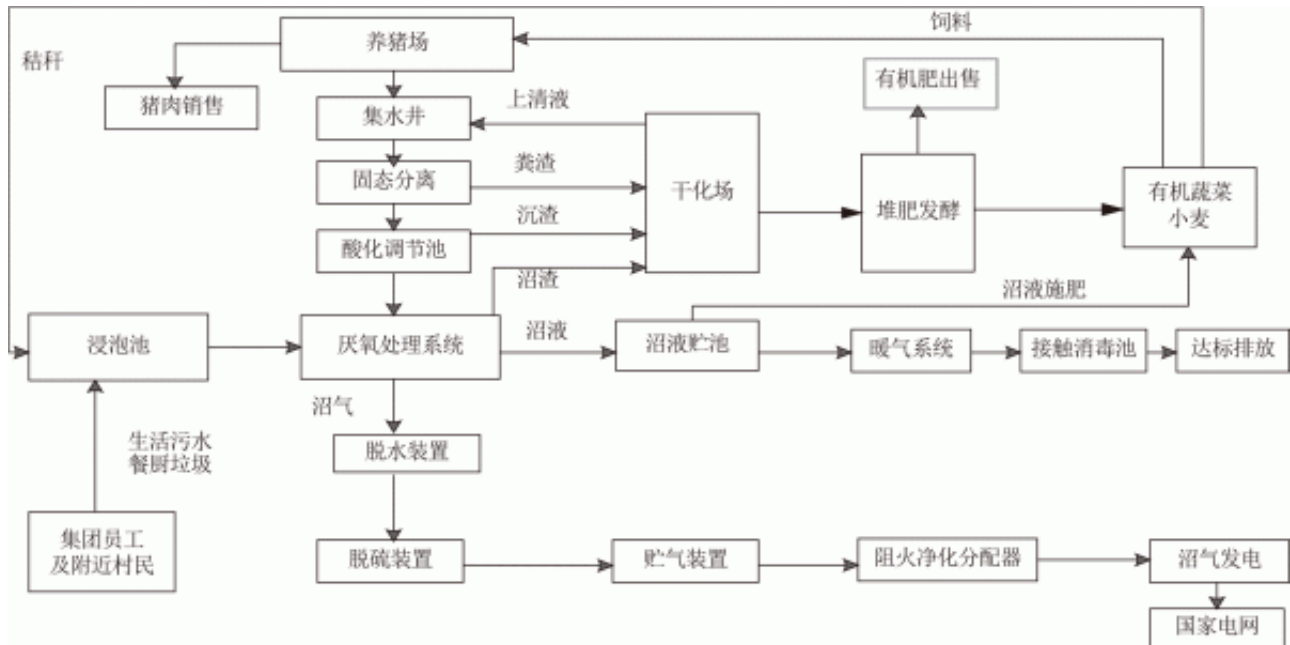


图2 北徐集团沼气利用流程

该文将立足其发展规划，将养殖场废弃物和居民生活污水作为主要的原料来源，从成本和收益两个层面综合分析北徐集团的经济效益、综合效益和相应的净现值、内部收益率情况。其中，各折算系数见附表1。

附表 1 主要参考系数指标

指标名称	大小	单位
生猪养殖周期	199	d
生猪排粪系数	2	kg/d
生猪排尿系数	3.3	kg/d
生猪粪便中COD含量系数	52	kg/t
生猪尿液中COD含量系数	9	kg/t
生活污水中COD含量	1 360.91	mg/L
农村生活污水COD排放量	22.967	g/cap/d
COD排污收费标准	700	元/t
干物质比例	20	%
沼气产气率(猪粪)	0.2	m ³ /kg
沼气产气率(猪尿)	0.2	m ³ /kg
沼气燃烧产生CO ₂ 系数	46 200	kg/TJ
煤炭燃烧产生CO ₂ 系数	98 300	kg/TJ
煤炭燃烧热值	21.6	TJ/Gg
沼气燃烧热值	25.4	TJ/Gg
沼气密度	0.71	kg/m ³
煤炭价格	1 010	元/t
沼气发电率	2	kW·h/m ³
厌氧反应COD去除比例	95	%
沼气入网价格	0.61	元/kW·h
有机肥价格	300	元/t
碳汇交易价格	3.5	美元/t

注：附表1由作者根据文献整理

3.1.1 废弃物减排的环境效益

北徐集团的养殖场生猪年出栏量约为28万头，按养殖周期和相应排泄系数计算[11,13]，产生的猪粪量为11.14万t，猪尿量为18.39万t，其中化学需氧量（COD）是最为主要的污染源。因此，养殖场的COD年产量为0.75万t，按照处理

量95%计算[12]，沼气方式处理COD可产生的经济效益为495.43万元。2500人口的生活污水排放量按系数[13]折算为1.78万m³，共产生20.96t的COD，处理费用为1.39万。

3.1.2 生物质能源减排效益

按粪污量产生量、干物质比例、沼气产气率和生活污水产气率进行折算[11,13]，北徐集团可产生沼气460.76万m³沼气，沼气发电中有40%的能量以余热方式收回[12]。考虑到实际应用情景，该文基于锅炉厂有用发热的较低发热值（LHV）计算[14]，沼气完全燃烧产生的热量相当于1.18kg/kg无烟煤燃烧，产生的二氧化碳量为1.17kg，而无烟煤的二氧化碳产生量为2.12kg/kg。可替代0.15万t无烟煤，减排二氧化碳0.33万t，因此，二氧化碳减排经济价值为1.14万美元，折为8.02万元。

3.1.3 沼气利用收益

厌氧发酵产生的沼气用于发电，可产生921.50万kW·h电，按照河南省发改委关于新能源上网电价标准，可计算出发电收益为562.12万元。沼气发电产生的余热可回收利用，总能量的40%发电余热回收用于照明或给消化池加热等[12]，以煤炭作为替代燃料估计该部分的沼气价值为155.54万元。

3.1.4 沼渣利用收益

产生的沼渣经加工可生成有机肥约2万t，将其还田处理或者以300元/t的价格销售，产生的收益为600万元。但是，需要指出的是，目前有机肥市场还不完善，在实际生产中，沼渣的价值存在高估的可能。

综上，北徐集团沼气项目，经济效益为1317.66万元，考虑生态效益和生物质能源减排效益的年总收益为1822.50万元。

3.1.5 沼气工程项目成本

目前，沼气工程发电项目工程总投资约5000万，其中，包含工程建设和设备投资。除去，政府补贴资金30%，投资约为3500万。此外，沼气工程每年产生的日常管理费用、人工费用和维修费用等运行费用约为500万。发电系统一般按10年进行折旧。

按照10%的投资机会成本和10年折旧年限，年金现值系数为6.14，按照式（1）计算北徐集团沼气工程项目考虑综合生态效益的净现值（NPV）为4626.25万元，内部收益率为36.04%。只考虑经济效益时其净现值（NPV）为1524.22万元，内部收益率为19.37%。

上述成本收益分析中，政策因素主要体现在工程设备建设中的补贴和沼气发电中对入网电价的补贴。参考国家发改委发布的《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》中的补贴办法，扣除0.25元/kW·h电价补贴标准，共计230.38万元，经济收益变为1087.29万元，综合收益为1592.13万元。如果不考虑政府的工程设备补贴，总投资仍为5000万元。因此，经济效益净现值为-1391.34万元，综合效益净现值为1710.69万元，内部收益率为17.48%。

3.2 大型养殖场综合利用模式

2013年国务院颁布的《畜禽规模养殖污染防治条例》，明确规定了沼气畜禽养殖场必须配备制取沼气、沼渣沼液分离和输送、污水处理、畜禽尸体处理等综合利用和无害化处理设施。基于养殖场废物处理的沼气工程综合利用模式在全国范围内推广开来。这一类型沼气工程属于养殖场的配套设施工程，主要任务是消化养殖场产生的废弃物，避免造成污染而受到环保部门处罚，产生的沼气、沼渣、沼液也在养殖场内部消化。沼气发电部分用于工厂内部照明、日常用电，部分用于养殖栏内制热保温，而沼渣和沼液经过分离加工还田。

漯河天种规模化沼气工程是典型的养殖场附属沼气工程，其沼气综合利用流程如图3所示。

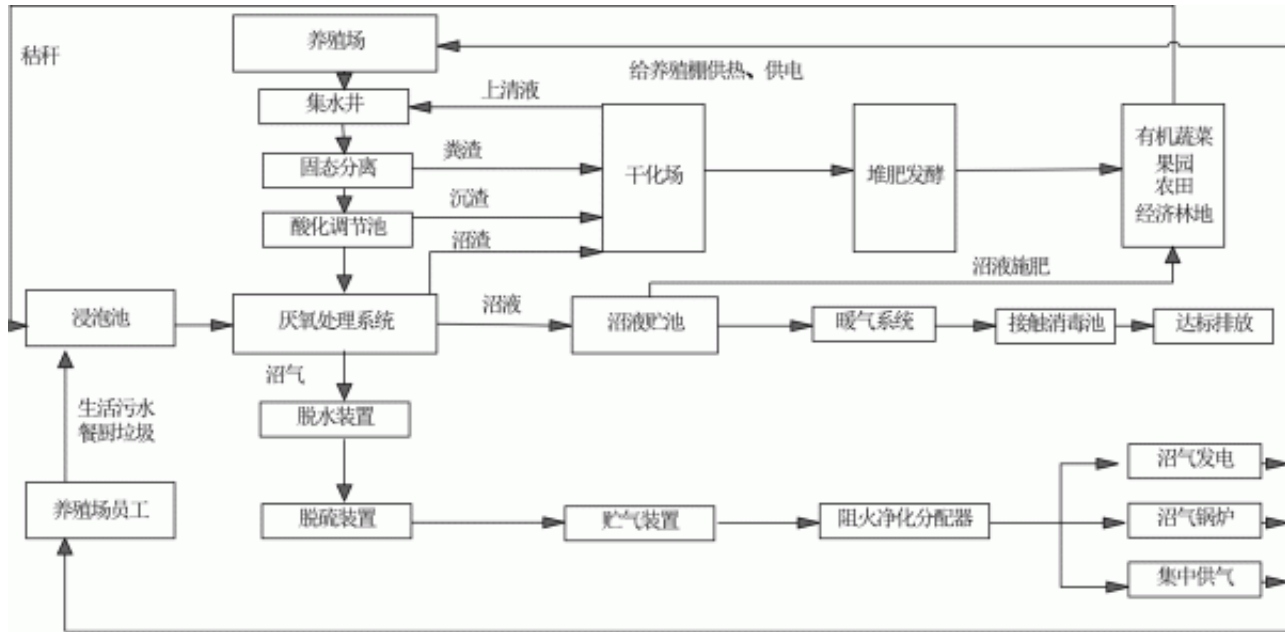


图3 漯河天种规模化沼气工程流程

漯河天种规模化沼气工程总占地1.33hm²(20亩)，共有3座1000t的储液罐，1000m³的厌氧发酵罐，年产沼气73万m³，可加工利用沼渣有机肥2000t。产生的沼气经过加工后通过发电、供气和沼气锅炉的形式为所用，其成本收益分析结果如下。

3.2.1 废弃物减排环境效益

漯河天种养殖场生猪出栏量约5万头，沼气工程主要承担养殖场粪污处理，其产生的COD量为0.13万t，处理过后产生的废弃物减排的环境效益为88.47万元。

3.2.2 生物质能能源减排效益

养殖场发电产生的热回收为猪圈供暖，有效利用率按40%计算，按热值可替代243.99t煤燃烧产生的热量，因此，其生物质能源减排的环境效益为1.27万元。

3.2.3 沼气利用收益

沼气利用收益上，漯河天种养殖场以沼气发电产生的收益为89.06万元；余热利用节约的能源费用为24.64万元。

3.2.4 沼渣利用效益

养殖场产生的2000t沼渣可以还田，按照有机肥价格折算得到其价值为60万元。综上，考虑生态效益、生物质能源减排效益和经济效益的总效益为263.44万元，直接经济收益为173.70万元。

3.2.5 沼气工程项目成本

投入方面，其沼气工程建设和设备总投资800万元，政府补贴30%，人工费、维修费用等营运费用30万元，年成本为86万元。

因此，该沼气项目的综合生态效益的净现值为874.11万元，内部收益率为40.19%。直接经济效益的净现值为323.00万元，内部收益率为22.06%。扣除电价补贴36.50万元，综合效益为226.94万元，经济效益为137.20万元。刨除政府补贴值，其工程设备投资额为800万元。所以，综合效益净现值为410.14万元，内部收益率为20.80%；经济效益净现值为-141.27万元。

3.3 户用沼气—沼气服务公司模式

2006年原农业部发行的《全国农村沼气服务体系构建方案（试行）》提出要因地制宜鼓励协会领办、个体承包、股份合作等多元运行机制。然而，沼气服务效果始终不太明显，致使许多户用沼气利用效率大大降低。漯河市舞阳县北舞渡镇的户用沼气和沼气服务公司结合的模式，充分激发了公司的组织能力和用户的自主潜能，二者相互配合，有效保障了户用沼气能够持续长期运行。其利用模式如图4。

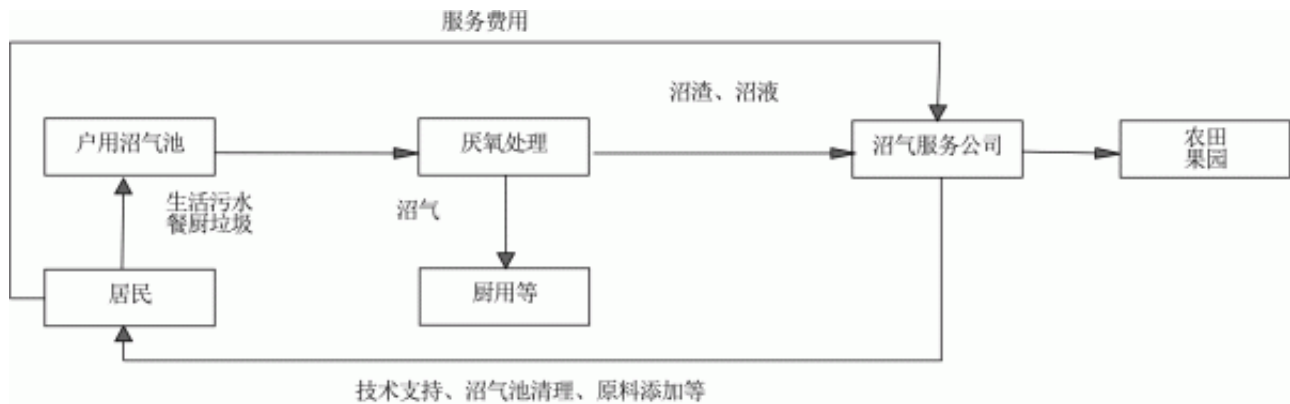


图4 北舞渡镇户用沼气—沼气服务公司利用模式流程

漯河市舞阳县北舞渡镇的沼气服务公司为户用沼气用户提供沼气池建设、沼气设备配置、沼气原料供给、沼气池清理、设备维修等服务，并按照服务类型收取相应费用。此外，沼气服务公司清理产生的沼渣沼液作为有机肥，卖给农户或者果园。目前，沼气服务公司的服务对象包括4个乡镇的近1500户，公司效益良好，其经验值得借鉴。为分别研究沼气服务公司和户用沼气用户的结合的经济动机和成效，其成本收益分析将分成两个主体来进行，由于沼气服务公司还涉及其他业务，这里主要计算沼气用户的成本收益。

当地农村居民面临的主要问题是处理生活污水。因为农村污水处理系统较差，户用沼气成了农户处理污水很好的选择，这也给了户用—沼气服务公司发展的机会。此外，户用沼气还能解决用户炊事能源问题，沼气虽然在成本和便利性的竞争力上，逊色于天然气，但是，综合其污水处理功能，户用沼气还有很高的存在的合理性。参考朱立志和叶晗的做法[15]，户用沼气池容积设为 10m^3 ，使用周期为10年，年产气量约为 400m^3 ，沼气池的成本和收益主要体现在以下方面。

3.3.1 废弃物减排环境效益

按照 400m^3 产量和COD与产气量系数比例[16,17]，按沼气中甲烷含量为80%计算，沼气池处理的COD量为0.91t，产生的废弃物减排效益为640元。

3.3.2 生物质能源减排效益

由于农村户用沼气的利用模式主要是直接厨用，与上述两种沼气利用方式的余热回收的计算方式不同，农户用沼气的碳减排收益应该体现为产生的沼气完全燃烧产生的二氧化碳与对应的等热量的煤炭的燃烧产生的二氧化碳差值。结合调研现状和前人研究成果[13]，沼气池年产气量为 400m^3 ，每户碳减排 $374.91\text{kg}/\text{年}$ ，其效益为9.21元/年。

3.3.3 沼气利用收益

如上所述，沼气池产生的沼气主要用作厨用，按照1010元/t的无烟煤市场价格折算，沼气利用的年经济收益为337.32元。

3.3.4 沼渣利用效益

每年每户沼气池产生的沼渣相当于可利用的有机肥1.10t，但实际调研中，农户往往未能将产生的沼肥当做资源利用，而将其直接让渡给沼气服务公司，因此，这里不将其算入其经济效益中。综上，户用沼气用户每年的直接经济效益为337.32元，考虑生态效益和生物质能源减排效益的年总收益为986.53元。

3.3.5 户用沼气成本

沼气池和设备建造成本约为3450元，其中政府补贴1000元，日常营运成本为65元，每年向沼气服务公司缴纳240元，

即户用沼气年平均成本为550元。因此，户用沼气的直接经济效益的净现值为-2312.85元，包含该沼气项目的综合生态效益的净现值为1737.73元，内部收益率为24.76%。这种模式下，户用沼气用户虽然不能实现经济效益上的正收益，但在兼顾环境效益和能源效益时可实现总体正收益。刨除政府对沼气池的补贴，经济效益净现值为-3312.85元，综合效益的净现值为737.73元，其内部收益率为14.76%。

对于沼气公司而言，其日常项目是为户用沼气的用户提供沼气池清理服务，用户每两个月需要缴纳40元的费用，农户沼气池里抽取的沼渣沼液有时也会直接被无偿提供给沼气服务公司，而沼气服务公司可以将其处理给果园和农田。同时，沼气服务公司提供配件的售卖和在利用过程的沼气利用设备维修服务，沼气服务公司的技术人员也可以为大型沼气工程提供技术支持。在除去人工费用等日常费用后，能灵活调整运营，保持盈利状态。

综上，从成本收益分析结果可知，3种模式的净现值和内部收益率都较高，具有可观的综合效益和经济效益。虽然，刨除政府补贴等因素后其经济效益变得不太明显，但是，从政府主体角度来说，综合效益衡量了更高层次的效益和社会福利，更具有参考意义。而对企业主体的成本收益分析则应该基于实际的投入和产出，所以应该考虑政府的补贴。即无论从企业还是政府角度，3种模式都有正效益。因此，总结3种模式的发展经验，对我国沼气产业发展的未来方向探索具有重要的意义。

4典型模式案例经验及沼气产业未来发展方向

4.13种典型模式的发展经验

基于上述成本收益分析和我国沼气产业整体发展实际，3种模式发展的经验对我国沼气产业走出发展困境具有一定的借鉴意义。

4.1.1典型的特大型沼气发电工程项目综合产业园模式发展经验

北徐集团的沼气工程项目依托自身优势和当地的资源禀赋，较好地解决了原料供给和持续盈利的问题，为大规模产业化的沼气生产利用提供了范例。

首先，集团的产业组成能产生大量的秸秆、生活废弃物和畜禽粪便等沼气原料，这些原料的产生除了秸秆都具备持续性，能保证反应罐的厌氧反应具有稳定的原料供应。此外，北徐村的基础设施和布局使得周边居民产生的生活垃圾也有可能以较低成本收集起来支撑其沼气工程的扩大，形成更大规模。其次，在后续的盈利模式上，北徐集团克服了苛刻的沼气发电上网许可条件，产生的沼气能通过提纯、净化等道工序后发电上网，产生的沼渣沼液除了部分还田外，还可加工成有机肥，实现资源的循环清洁利用，实现经济和环境的双受益。

因此，这种模式比较适合基础设施完善、沼气原料丰富、气候等自然条件比较适宜，能提供稳定的上网电量的地区推广。

4.1.2典型的大型养殖场综合利用模式发展经验

漯河天种规模化沼气工程属于养殖场的配套设施工程，养殖场产生的畜禽废弃物等沼气原料稳定。同时养殖场自身有较高的用电和供热需求，沼气能在养殖场内部实现自我消化。漯河天种规模化沼气工程值得借鉴的做法在于，除了建立了从种植—养殖—厌氧处理—种植的生态循环模式，还充分利用了产生的沼气进行发电、制热，沼渣和沼液还田，产生了较大的经济效益和环境效益。

这种沼气利用模式因为有稳定的原料保证和后续内部利用需求，条件容易满足，在多数规模养殖场都能推广实施，实现环境上的清洁排放和经济上的成本降低。

4.1.3典型的户用沼气—沼气服务公司模式发展经验

户用沼气—沼气服务公司的运营模式与传统的户用沼气不同，沼气服务公司的加入引入了市场力量，技术服务成为公司的核心产品，借用市场“无形的手”，不断敦促技术服务保质保量地完成。农户不仅解决了以往沼气池后续维修和技术指导不足的问题，获得清洁能源供给，而且也可解决沼渣沼液的清理问题。这种方式为处在污水处理系统不太发达的农户提供了清洁高效的家庭生活方式。双方通过合作各取所需、各自获益，形成较为稳定可持续发展模式，在实现总体经济正效益的同时，实现环境效益和能源效益，对农村户用沼气的可持续发展具有重要的启示。

这种模式，比较适合在污水处理系统较差且交通相对较为便利的地方推广。污水处理系统较差，使农户难以低成本处理生活垃圾从而产生了对户用沼气的需求，而交通便利可以降低成本使得沼气服务公司对户用沼气的经常性维护切实可行。

4.2 沼气产业未来发展方向

沼气产业的发展是践行“生态优先、绿色发展”的生态文明可持续发展理念的重要举措，也是“十四五”规划中关于推动绿色发展、改善环境质量和提高资源利用效率的重要内容，对我国经济、社会和生态健康可持续发展具有重要意义。沼气产业的未来发展需要坚持问题导向，合力攻关关键瓶颈，在宏观规划、政策支持和盈利模式等问题上积极借鉴典型发展模式中的创新做法，结合自身优势和禀赋，探索适合自身发展的模式，摆脱沼气项目发展往往不可持续等问题。

在发展在宏观规划上，要因地制宜，有选择、有步骤地推进沼气产业升级。要在适合沼气工程规模化发展的地区，积极推进沼气工程建设，促进沼气产业与其他产业相互融合，促使沼气产业发挥更大的作用。而在基础设施较差、规模化生产利用难度大的地区，积极完善相关机制，促使其更具效率地发展户用沼气。

在配套的产业支持政策上，要做到政策制定与执行双并重。沼气产业具有外部性，市场机制无法实现最优配置，需要政策来弥补，这就要求政策有效干预才能提升资源配置效率。

而在盈利模式上，除了参考河南漯河地区发展出的3种模式，还要结合当地资源禀赋，探索适合当地实际的长期可持续发展模式。

5 结论与启示

该文探讨了我国沼气产业发展的历史进程、发展现状和存在的问题，结合对河南省漯河市案例进行成本收益分析，总结了以北徐集团为代表的特大型沼气发电工程项目综合产业园模式、以漯河天种规模化沼气工程为代表的大型养殖场综合利用模式和以舞阳县北舞渡镇为代表的户用沼气—沼气服务公司结合模式等的沼气开发利用方式，以及各模式各自的特点和值得借鉴推广的做法。研究认为，特大型沼气发电工程项目综合产业园模式、大型养殖场综合利用模式、户用沼气—沼气服务公司模式中的户用沼气用户综合效益的净现值为4626.25万元、874.11万元和1737.73元，内部收益率分别为36.04%、40.19%和24.76%。户用沼气—沼气服务公司模式中的沼气公司也可以通过技术支撑和后续服务，获得较好收益。

在不考虑政策补贴的情况下，3种模式的综合效益的内部收益率仍可以达到17.48%、20.80%和14.76%。3种模式分别适合沼气原料丰富、易于产业化的地区，原料能实现自给自足的养殖场等原料产生稳定、产物利用需求稳定的地区以及污水处理系统较差但交通相对较为便利的农村地区。

沼气产业发展具有很强的可持续发展战略意义，沼气产业未来的发展需要因地制宜，着眼规模生产、政策执行和盈利模式等实际发展问题，有选择、有步骤地推进沼气产业升级。各地可以参考河南漯河地区发展出现的3种模式，结合当地资源禀赋，在推进规模化发展的同时兼顾户用沼气与沼气服务公司的结合，充分发挥沼气生产利用的能源、环境和经济效益。

参考文献

- [1]王丽丽.沼气产业化基本理论与大中型沼气工程资源配置优化研究[学位论文].长春:吉林大学,2012.
- [2]韩成吉,刘静,王国刚,等.农业废弃物循环价值核算方法与案例研究.中国农业资源与区划,2021,42(2):25-34.
- [3]李景明,李冰峰,徐文勇.中国沼气产业发展的政策影响分析.中国沼气,2018,36(5):3-10.
- [4]王珏.村域经济之农村户用沼气调研报告.农业工程技术(新能源产业),2011,32(4):4-6.
- [5]仇焕广,蔡亚庆,白军飞,等.我国农村户用沼气补贴政策的实施效果研究.农业经济问题,2013,34(2):85-92,112.
- [6]胡建平,沈吉娜,王光耀,等.贵州黔东南州农村户用沼气池的使用现状及建议.中国沼气,2012,30(6):56-58.

- [7]张无敌,尹芳,刘宁,等.农村沼气产业化发展与市场分析.农业工程学报,2006,22(S1):72-76.
- [8]蔡亚庆,仇焕广,王金霞,等.我国农村户用沼气使用效率及其影响因素研究——基于全国五省调研的实证分析.中国软科学,2012(8):58-64.
- [9]吴翊民.基于成本收益的企业环境信息披露研究[博士论文].天津:南开大学,2009.
- [10]李长安,王德刚,李小龙.规模化养猪场沼气工程成本效益典型案例研究.浙江农业科学,2013,1(12):1679-1682.
- [11]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[博士论文].武汉:华中农业大学,2016.
- [12]汪国刚,赵明梅,宋刚,等.万头猪场沼气发电工程热平衡影响因素研究.环境工程学报,2011,5(11):2635-2640.
- [13]卢金涛.农村生活污水与垃圾调查及其处理技术选择[硕士论文].重庆:重庆大学,2012.
- [14]联合国政府间气候变化专门委员会.2006年IPCC国家温室气体清单指南.日本:全球环境战略研究所,2006.(2007-04-01)[2020-03-02].https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/chinese/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
- [15]朱立志,叶晗.农村沼气的减排效应和成本效益分析.中国可持续发展研究会.2012中国可持续发展论坛2012年专刊(一).中国可持续发展研究会:中国可持续发展研究会,2013:432-435.
- [16]毛羽,张贝,刘士清,等.高浓度生活污水处理工艺及其能源回收研究.安徽农业科学,2009,37(23):11106-11109,11132.
- [17]赵剑强,朱浚黄.厌氧消化中甲烷产量及沼气中甲烷含量的理论探讨.中国沼气,1993(4):16-20.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/202607.html>