

中国沼气发展的现状、驱动及制约因素分析

王飞¹, 蔡亚庆², 仇焕广^{2*}

(1. 农业部规划设计研究院农村能源与环保研究所, 北京 100125; 2. 中国科学院农业政策研究中心 北京 100101)

摘要: 能源需求的急剧增加以及生态环境的日益恶化促使国家大力发展沼气事业。该文在总结中国沼气发展利用现状、技术以及相关政策的基础上, 深入探讨了中国沼气发展的驱动及制约因素, 并为未来中国沼气的健康持续发展提出了政策建议。研究表明: 过去 10 a 中国沼气投资和建设快速发展、沼气综合和可持续发展利用模式不断创新、国家相关支持政策为中国沼气持续发展发挥了重要作用; 在未来较长一段时期, 中国沼气行业既面临能源需求增加、规模化养殖发展以及环境治理压力加大等因素的驱动, 也面临适宜农户减少、融资渠道单一以及市场不健全、法规不完善等因素的制约。根据研究结果, 该文提出了通过健全后续服务体系, 完善相关政策法规等, 促进中国沼气健康发展的政策建议。

关键词: 沼气, 投资, 能源利用, 发展现状, 驱动因素, 制约因素, 政策建议

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.01.033

中图分类号: S216

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-01-0184-06

王飞, 蔡亚庆, 仇焕广. 中国沼气发展的现状、驱动及制约因素分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 184-189.
Wang Fei, Cai Yaqing, Qiu Huangguang. Current status, incentives and constraints for future development of biogas industry in China[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1): 184-189. (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着经济的快速发展, 中国的能源需求急剧增长。2009 年中国能源消费达到 306 647 万 t 标准煤, 能源缺口高达 32 029 万 t 标准煤^[1]。经济的发展也促使中国农村对优质商品能源的需求持续增加^[2], 农村地区能源供需矛盾更加突出。能源消耗的持续增加不仅导致石化能源的枯竭, 也带来了严重的环境问题。一方面, 石化能源的使用产生了大量温室气体, 导致日益严峻的全球气候变化^[3]; 另一方面, 中国农村仍以柴草等为主要燃料^[1,4], 过度砍伐山林柴草, 严重地破坏了生态环境^[5]。在能源严重匮乏的同时, 中国每年产生 7.28×10⁸t 秸秆、39.26×10⁸t 畜禽粪便以及 482.4×10⁸t 有机废水^[6], 由于无法得到有效利用而对环境产生巨大污染。沼气作为一种方便、清洁、高品质的能源, 是秸秆、粪便、生活污水等有机物质在一定水分、温度和厌氧条件下, 经微生物发酵产生的可燃气体。由于其原料丰富、技术简单、造价低廉、环境友好的特点而受到国家的高度重视。沼气的推广应用不仅可以缓解能源压力, 而且对增加农民收入、改善人居环境、保护林草植被、维持生态平衡具有重要意义^[7]。

新中国成立以来, 在国家政策的大力推动下, 中国沼气事业取得了巨大的成就。截至 2009 年底, 中国农村户用沼气池年累计 3507 万户; 沼气工程年累计 56856 处;

生活污水净化沼气池年累计 186 945 处, 中国已成为世界上最大的农村户用沼气池保有国^[8-9]。尽管在政策鼓励和财政支持的双重作用下, 中国沼气事业取得了举世瞩目的成就, 但是必须认识到目前中国沼气事业还存在沼气池(工程)废弃、闲置率较高^[10]; 管理服务不到位^[11-12]; 建设资金来源渠道单一^[13]; 沼气市场机制不健全^[14-15]等诸多问题。本文的目的在于通过对中国沼气事业发展的历程、经验和不足等问题进行系统的总结, 进一步分析中国未来沼气发展面临的机遇和挑战, 提出促进中国沼气产业健康发展的政策建议。

1 中国沼气发展现状及技术模式

1.1 中国沼气发展现状

1.1.1 中国农村户用沼气发展状况

中国农村户用沼气的大规模建设开始于 20 世纪 50 年代末期, 但是由于技术落后等因素限制, 沼气建设很快回落。1979 年国务院批转农业部等《关于当前农村沼气建设中几个问题的报告》, 中国沼气工作开始回升, 并在 20 世纪 80 年代初期出现了农村户用沼气建设的小高峰。从 20 世纪 50 年代末到 80 年代初, 中国沼气建设经历了“两起两落”的曲折发展历程。20 世纪 80 年代到 2000 年, 中国农村户用沼气发展较为平稳, 1983 中国农村户用沼气发展触底后开始反弹, 1983 年到 2000 年农村户用沼气年均增长率为 4.6%, 2000 年底, 农村户用沼气池达到 848 万户^[4]。

2000 年以来, 中国沼气事业进入快速发展的新阶段。2003 年, 国家颁布了《农村沼气建设国债项目管理办法(试行)》, 指出中央国债对农村沼气建设项目进行补贴, 大大刺激了中国农村户用沼气的建设。2007 年以来, 中央有关部委密集出台了一系列鼓励、规范沼气发展的

收稿日期: 2011-06-07 修订日期: 2011-11-16

基金项目: 国家自然科学基金国际合作与交流项目(40921140410); 国家自然科学基金面上项目(71073154)

作者简介: 王飞(1976—), 男, 山东栖霞人, 高级工程师, 主要从事农村可再生能源政策研究。北京 农业部规划设计研究院农村能源与环保研究所, 100125。Email: cafwfei@gmail.com

*通信作者: 仇焕广, 男, 山东莱西人, 副研究员。北京 中国科学院农业政策研究中心, 100101。Email: hgqiu.ccap@igsnr.ac.cn

政策法规,其中《可再生能源中长期发展规划》的颁布,更是将沼气列为中国重点发展的生物质能源。目前,中央对农村户用沼气项目的补贴标准为对东北、西部地区每户补助 1 500 元,对中部地区每户补助 1 200 元,对东部地区每户补助 1 000 元。根据《中国农村能源年鉴》统计^[16],2001—2009 年中央政府对沼气建设的累计投资达 196.1 亿元,其中对农村户用沼气的投资额度达到 156.3 亿元,累计补贴农户 1453.4 万户(表 1),占建池户数的 41.4%。在对农村户用沼气投资的同时,国家对沼气服务网点的投资也从无到有逐步增加,2007 年国家开始对沼气服务网点进行投资,2009 年,中央政府对服务网点的投资已达到 7 亿元。2000—2009 年,中国农村户用沼气池从 848 万户发展到 3507 万户,年均增长率高达 17.1%,沼气占农村生活能源的比例由 2000 年的 0.4%,上升到 2009 年的 1.9%^[14],已经成为重要的农村生活能源。

表 1 中国沼气投资情况
Table 1 Investment of biogas in China

年份	投资 合计/ 亿元	户用沼气		小型沼气		大中型沼气		服务网点	
		建设数量 /万户	投资/ 亿元	建设数 量/处	投资/ 亿元	建设数 量/处	投资/ 亿元	建设数 量/个	投资/亿 元
2001	1.3	16.5	1.2	—	—	17	0.1	—	—
2002	3.1	28.6	2.9	—	—	49	0.2	—	—
2003	10.3	103.3	10.2	—	—	24	0.1	—	—
2004	10.3	104.4	10.1	—	—	20	0.2	—	—
2005	10.3	104.6	10.1	—	—	10	0.2	—	—
2006	25.4	261.0	25.0	—	—	44	0.4	—	—
2007	25.4	249.6	24.0	882	0.3	39	0.5	4472	0.8
2008	60.0	419.8	49.0	9271	2.5	187	1.8	40903	6.7
2009	50.0	165.6	23.8	2885	1.6	1579	17.6	18140	7.0

1.1.2 中国沼气工程发展状况

随着环境保护压力的加大,沼气工程已经成为中国处理有机污水和畜禽粪便的重要选择,国家对沼气工程,

尤其是处理畜禽粪便的沼气工程支持力度逐年加大。2007 年,国家颁布《养殖小区和联户沼气工程试点项目建设方案》,指出,对养殖小区集中供气沼气工程和畜禽粪便型联户沼气,按不超过国债户用沼气补助标准的 120% 予以补助;联户秸秆沼气按不超过国债户用沼气补助标准的 150% 予以补助。2008 年发改委和农业部进一步下达通知,加大对大中型沼气工程的补助力度。大中型沼气工程中央补助数额原则上按发酵装置容积大小等综合确定,西部地区中央补助项目总投资的 45%,总量不超过 200 万元;中部地区中央补助项目总投资的 35%,总量不超过 150 万元;东部地区中央补助项目总投资的 25%,总量不超过 100 万元。同时,地方政府原则上对于申请中央补助的项目,西部、中部、东部地区地方政府投资不得低于项目总投资的 5%、15%、25%。2007 年以来,国家对各类沼气的补贴力度逐年增加,2007 年,国家对沼气的补贴总额仅为 1.1 亿元,占国家沼气投资总额的 4.3%;2009 年,国家对沼气的投资额达到 8.6 亿元,占国家沼气投资总额的 17.2%^[16]。

在国家政策大力推动下,中国以处理有机污水及畜禽粪便为主的沼气工程建设快速增长。据农业部农业科技教育司和能源环保技术开发中心统计(2000—2009),2000 年,中国处理农业废弃物的大中型沼气工程仅有 855 处,而到 2009 年发展到 22570 处,其池容以年均 142% 的速度增长(表 2)^[4,17]。2000 年以来,中国处理工业废弃物和生活污水的沼气工程也出现较快的增长趋势。2000 年,处理工业废弃物的沼气工程仅 187 处,而 2009 年已增加到 322 处,其池容年均增长率为 8.6%。2000—2009 年中国处理生活污水的沼气工程以每年接近 10% 的速度发展,2009 年底,中国处理生活污水的沼气工程已达 186 945 处,池容达到 851.39 万 m³。

表 2 中国沼气工程发展情况
Table 2 Development of biogas projects in China

年份	工程数量/处				池容/万 m ³			
	处理农业废弃物 小型沼气工程	处理农业废弃物 大中型沼气工程	处理工业废弃物 沼气工程	处理生活污水沼 气工程	处理农业废弃物小 型沼气工程	处理农业废弃物大 中型沼气工程	处理工业废弃物沼 气工程	处理生活污水沼 气工程
2000	—	855	187	84116	—	22.11	26.7	325.8
2001	—	1171	188	96123	—	31.94	31.98	375.48
2002	—	1351	209	115176	—	42.51	34	447.3
2003	—	2124	231	131578	—	55.08	33.21	522.85
2004	—	2492	179	137013	—	222.22	64.05	574.35
2005	—	3556	208	145638	—	100.56	71.85	636.91
2006	12197	5278	272	130793	49.813	139.12	44.834	910.79
2007	18010	8576	285	144258	70.534	214.25	49.234	786.18
2008	23885	15624	332	163719	93.2163	358.26	51.03	785.25
2009	33964	22570	322	186945	136.197	522.64	56.12	851.39

1.2 中国沼气发展技术模式

1.2.1 农村户用沼气主要技术模式

中国农村户用沼气探索出北方“四位一体”(将沼气池、畜禽舍、厕所、日光温室建成一体,组成能源生态综合利用体系,适合中国北方地区应用)、南方“猪-沼-果”(由沼气池、猪舍、厕所 3 个部分构成的能源生

态模式,适合中国南方地域应用)、西北“五配套”(由 1 个沼气池、1 个果园、1 个暖圈、1 个卫生厕所和 1 个蓄水窖构成的能源生态模式,在中国西北地区广泛应用)等能源生态模式,充分体现了沼气建设的科技含量和综合效益。由于各地区气候、地理条件以及农业生产结构的差异,导致以上几种沼气综合利用模式有所差

异。“猪-沼-果”模式最为简单,除了沼气池、畜禽舍以及果园等设施外,不需其他辅助设施,适合于温湿条件较好的南方地区;“四位一体”模式增加了日光温室,延长了沼气池有效利用时间,适合于气温较低的北方地区;“五配套”模式不仅增设了太阳能暖圈,而且配套了蓄水窖,在延长有效利用时间的同时提高了农业综合生产能力,适合于西北干旱地区。这些农村户用沼气池的模式具有一些共同特征,即:均以沼气为纽带,将种植业、养殖业以及农村能源利用有机结合;在生产能源的同时,减少污染物排放保护生态环境、增加农民收入,实现了环境效益和经济效益的高度统一。目前,中国农村户用沼气池建设仍以单独建设沼气池为主,与单独建设沼气池的模式相比,上述沼气综合利用模式投资较大,但由于实现了经济和生态效益的最大化,因而,进一步探索和完善的农村户用沼气能源生态模式是未来中国农村户用沼气发展的重要方向。

1.2.2 沼气工程主要模式

中国沼气工程主要包括生活污水净化沼气工程、畜禽养殖场沼气工程、养殖小区沼气工程以及联户沼气工程等。不同的沼气工程由于建池目的和处理原料的不同,其技术工艺亦有差异^[7]。生活污水净化沼气工程和畜禽养殖场沼气工程主要以减小环境污染为建设目的,工程规模较大。生活污水净化沼气工程系统采用“多级自流、分级处理、逐段降解”的技术方法,利用沼气技术使生活污水达到排放标准。畜禽养殖场沼气工程是依托养殖场建设、以畜禽粪污为发酵原料的沼气利用工程,此类沼气工程是近年来发展速度最快的沼气工程类型,在发展过程中,演变出“能源生态型”和“能源环保型”2种主要模式。

养殖小区沼气工程和联户沼气工程在处理农村有机废物的同时还为农户提供生活能源。随着中国养殖结构的变化以及农村能源需求的增长,以上2种类型的沼气

工程成为中国农村沼气利用新的发展方向。养殖小区沼气工程重点安排在人口集中、养殖污染严重的区域,以“一池三建”(包括沼气发酵池、原料预处理、沼气供气和沼肥利用设施)为建设单元,并实现周边50户农户的集中供气。联户沼气工程以提供生活能源为主要目的,由于原料不同,分为秸秆原料型和畜禽粪便原料型2类。其中,畜禽粪便原料型联户沼气工程以供气10户为基本建设单元,秸秆原料型联户沼气工程以供气5户为基本建设单元。秸秆原料型联户沼气工程不仅可实现农业废弃物资源循环利用,而且还能解决畜禽粪便沼气工程面临的地域与原料限制问题^[18]。但是由于秸秆沼气技术还存在一系列问题^[17],秸秆原料型联户沼气工程技术需要进一步完善。

2 中国未来沼气发展的驱动因素

沼气建设在中国取得了巨大的成就,未来仍有诸多因素驱动中国沼气继续发展,主要表现为:

2.1 能源短缺的压力将促使中国农村沼气建设继续发展

随着中国农村居民收入的持续增长,农村地区的能源需求将持续增加。据农业部科技教育司和能源环保技术开发中心统计数据表明:2009年,中国农户人均生活能源消费已经达到774.3 kg标准煤,比2000年增长66.7%^[4]。其中煤炭、石油等化石燃料的使用量持续增长,2009年石化能源已占农村生活能源的44%,仅次于秸秆和柴薪等传统生物质能源的比重(表3)。农户能源需求的增加不仅加剧了商品能源供求紧张状况,而且也增加了农民负担。同时,以秸秆、柴薪等传统生物质能源为主的农村生活能源结构,造成植被破坏,不利于生态环境保护。沼气作为可再生的清洁能源,既可替代秸秆、柴薪等传统生物质能源^[19],也可替代煤炭等商品能源^[20]。发展农村沼气,优化农村能源消费结构,对缓解中国能源压力和促进农村环境保护具有重要意义。

表3 中国农村生活能源消费情况

Table 3 Consumption of life energy in rural China

年份	能源消费总量/万 t	秸秆和柴薪/万 t	石化能源/万 t	电力/万 t	沼气和太阳能/万 t	人均能源消费量/kg
2000	37537	20412	12981	3444	700	464
2001	41585	22838	15506	2864	378	523
2002	45581	25549	17054	2476	501	583
2003	46497	25919	16877	3001	701	605
2004	48490	26623	17975	2934	956	641
2005	49205	26269	18537	3398	1001	653
2006	52498	27476	20644	3352	1025	712
2007	53979	25269	23983	3435	1291	742
2008	61385	23749	32127	4168	1341	851
2009	55195	25066	24366	4134	1629	774

注:石化能源包括煤炭、成品油、天然气、煤气以及液化石油气;以上各种类型能源单位均折合为标准煤。

2.2 规模化畜禽养殖业的快速发展促使中国沼气工程快速增长

随着人们生活水平的提高,对畜禽产品需求的持续增长导致规模化养殖的蓬勃发展。2000—2009年,中国肉类、蛋类及奶类产品分别以年均2.6%、2.1%和16.8%

的速度增长,预计未来较长时间段内中国畜禽养殖业仍将保持较高的增长速度。在畜牧业快速增长的同时,养殖方式也发生较大变化,规模化养殖逐渐代替散养方式。以年生猪出栏50头及以上,奶牛存栏5头及以上,肉牛出栏10头及以上,蛋鸡存栏500只及以上,肉鸡出栏2000只及

以上为规模化养殖标准计算, 2009 年, 全国生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡和肉鸡规模化饲养水平依次为 61.3%、71.8%、40.9%、79.4% 和 84.6%, 分别比 2002 年提高了 34.1、16.6、23.2、26.5 和 15.9 个百分点(图 2)。预计今后规模化养殖场和养殖小区将得到进一步发展。2009 年, 全国规模化养殖场(只统计猪、牛、羊、鸡等大宗畜禽)约为 686.4 万处, 其中养规模在年生猪出栏 3000 头及以上, 奶牛存栏 200 头及以上, 肉牛出栏 500 头及以上, 羊出栏 1000 只及以上, 肉鸡出栏 10 万羽及以上, 蛋鸡 5 万羽及以上的大中型畜禽养殖场达到 3.7 万处。而 2009 年, 中国畜禽养殖场沼气工程只有 5.6 万处, 只有 0.8% 的规模化畜禽养殖场建立了沼气工程, 因此, 还有较大发展潜力。

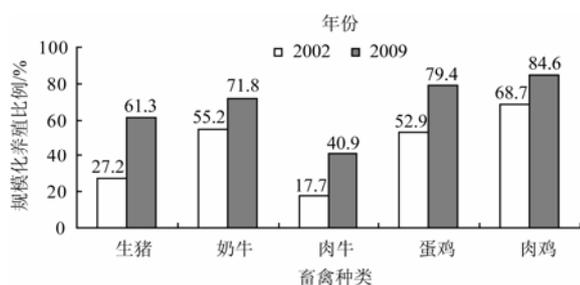


图 1 中国规模化养殖变化趋势
Fig.1 Trend of scale feeding in China

2.3 生态环境保护的压力将促使政府继续增加对沼气建设的投资

中国经济的快速发展也带来了严重的环境问题, 改善生态环境, 实现经济的可持续发展是中国未来发展的政策重点。目前, 柴薪仍是中国农村的主要生活用能之一, 2009 年, 中国农村生活能源消耗柴薪近 $1.8 \times 10^8 \text{ t}$, 相当于 $0.28 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 林地的年生物蓄积量。长期以来“没有柴烧就砍树”的生活方式, 对中国生态环境造成了极大破坏。2000 年至 2009 年, 中国污水排放量、单位耕地化肥施用量以及农药施用量分别以年均 4.0%、3.7% 和 4.0% 的速度增长。工农业生产以及居民生活造成的水体污染和土地污染已经严重制约中国经济可持续发展。沼气池在处理废水的同时可以产生能量和有机肥料, 是处理有机废水尤其是食品化工行业和农业废水的最佳选择之一。研究表明, 2010 年发展 4000 万户农村户用沼气相当于替代 933 万 hm^2 林地年蓄积量。使用沼渣、沼液替代化肥和农药, 可减少 20% 以上的农药和化肥施用量, 降低农产品农药残留 1 个百分点以上^[7]。

3 中国沼气未来发展的制约因素

尽管中国沼气发展取得了较大成就, 而且仍有许多因素推动中国沼气事业继续发展, 但是未来中国沼气发展还面临一些制约因素, 主要表现为:

3.1 城市化进程加速和农民收入水平提高导致农户使用沼气的积极性下降

1995 年中国农村人口达到高峰后开始逐年回落, 农村家庭户数的减少导致中国适宜发展沼气的农户相应减少。城市化的另一影响是农村劳动力减少, 影响了农户

使用和建设沼气池的积极性^[21]。据研究, 农户收入水平的提高对使用沼气的影 响呈倒“U”型变化。在收入较低的阶段, 随着收入水平的提高, 农村居民追求方便、清洁能源消费的意识有所提高, 很多农村居民选择使用沼气; 但是, 当收入水平进一步提高时, 农户更愿意使用煤炭、天然气等更为便捷的商品能源^[22]。伴随着农户收入水平的进一步提高, 农村发展沼气的速度将有所减缓。

3.2 散养农户减少导致沼气原料短缺

养殖结构的变化对中国农村户用沼气发展产生深远影响, 规模化养殖已经成为中国畜牧业发展的必然趋势。近年来, 中国畜禽散养农户逐年减少。以生猪出栏 50 头以下, 奶牛存栏 5 头以下, 肉牛出栏 10 头以下, 羊出栏 30 头以下, 蛋鸡存栏 500 只以下, 肉鸡出栏 2000 只以下 为散养农户标准, 2009 年, 中国生猪、奶牛、肉牛、羊、鸡的散养户数分别比 2008 年下降了 7.7%、7.8%、3.3%、7% 和 5.7%。2009 年, 中国各类畜禽散养农户合计 1.5×10^8 户^[23]。考虑到混合养殖以及部分养殖规模过小的散养户, 中国适宜建设以畜禽粪便为原料的农村户用沼气池的农户更少。由于秸秆制取沼气技术还不十分成熟, 散养户的减少将导致部分农村户用沼气因原料不足而停用甚至弃用^[13,21]。

3.3 融资渠道单一、资金不足成为中国沼气发展的主要制约因素

中国农村户用沼气建设主要依靠中央补助和农户自筹资金建设, 地方配套资金相对较少。目前每户“一池三改”(即户用沼气池建设与改厕、改圈和改厨同步设计, 同步施工)沼气建设投资约 5800 元左右, 中央投资补贴标准只占 24%。农村沼气项目中央补助标准明显偏低造成了一些地方“三改”不到位, 建设质量不高和使用率下降, 影响农村沼气的可持续发展^[24]。2000 年中国开始对畜禽养殖场沼气工程进行补贴, 但是国家补贴项目占中国已建沼气工程的不足 1%。养殖场和企业建设沼气工程需要增加投入, 同时所产沼气、沼渣、沼液由于市场不完善而难以产生经济效益, 企业缺乏建设沼气工程的动力。融资渠道有限制约了全国范围沼气工程的建设^[25]。

3.4 相关政策不完善, 导致企业发展沼气的事业动力不足

为了鼓励发展沼气, 中国政府出台了一系列激励政策。尽管这些法规规定对可再生能源发电予以一定的补贴, 但是国家尚未制订强制性的可再生能源发电收购法案, 电力公司往往以各种借口拒绝以高于成本的电价购买沼气发的电, 导致沼气工程发电上网困难。目前中国养殖场沼气工程产生的沼气仅有不到 3% 用于发电, 其余主要用于集中供气、养殖场自用, 甚至没有得到有效利用^[15], 这不仅对大气产生二次污染, 而且也降低了养殖企业和工业企业建设沼气工程的积极性。

3.5 服务体系尚不完善, 沼气发展存在安全隐患

长期以来, 由于部分地区片面追求建池率, 中国农村沼气发展存在重建设轻管理的局面。近年来, 国家认识到沼气服务体系的重要性, 加大了对农村沼气服务体系的投资, 但是目前中国农村沼气服务网络仍不健全。

由于服务体系不健全, 缺乏沼气池维修的专业技术人员, 部分沼气设备、配件难以更换, 导致大量沼气池使用时间短, 甚至废弃, 有些沼气池还存在严重的安全隐患^[19,26]。服务体系的落后和沼气发展存在的安全隐患导致大量沼气池废弃的同时也挫伤了农户建设、使用沼气池的积极性。

4 政策建议

为了进一步推动中国沼气事业健康发展, 本研究提出以下政策建议:

完善沼气服务体系, 推动沼气技术进步, 提高农村户用沼气池利用效率。政府部门应进一步完善沼气服务体系, 在经济发达地区尝试沼气物业化管理方式, 减小因农村劳动力减少、经济水平提高给沼气发展带来的负面冲击。进一步攻克秸秆制取沼气技术, 简化户用沼气池操作方式, 大力推广农村户用沼气综合利用模式。

调整沼气投资和补贴结构, 扩大沼气建设融资渠道, 合理配置建设资金。加大对贫困地区尤其是生态脆弱地区农村户用沼气投资力度, 加大对配套设施的投资力度, 提高户用沼气中央补助比例。在人口稠密, 养殖小区发达的地区, 加大对养殖小区和联户沼气工程的投资力度, 提高政府投资比例, 对养殖小区和联户沼气工程予以政策倾斜。在规模化养殖发达地区, 应重点补贴大中型沼气工程, 适当减少对农村地区户用沼气的投资和补贴力度。另外, 对农村户用沼气池建设应采取较为严格的审批制度, 对原料不足农户建池不予财政补贴。

进一步完善、细化可再生能源发展政策法规, 培育、规范沼气利用市场。制定沼气发电上网细则, 核算沼气发电上网成本, 对大中型沼气工程发电上网电价予以财政补贴和税收优惠, 强制电网企业收购沼气发电。鼓励大中型沼气工程向周边用户供气, 对管道铺设以及沼气价格予以补贴, 培育沼气、沼渣、沼液利用市场, 规范、完善沼气产业体系。

5 结 论

新中国成立以来, 在国家政策的大力推动下, 中国沼气事业取得了巨大的成就。过去 10 a 中国沼气投资和建设快速发展、沼气综合和可持续发展利用模式不断创新。预计在未来较长一段时期, 中国沼气行业既面临农村能源需求增加、规模化养殖快速发展以及环境治理压力加大等因素的驱动; 也面临农户使用沼气积极性下降、沼气池建设适宜农户减少、融资渠道单一以及沼气市场不健全、法规不完善等因素的制约。

[参 考 文 献]

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 2010[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [2] Zhang Lixiao, Zhifeng Yang, Bin Chen, et al. Rural energy in China: Pattern and policy[J]. *Renewable Energy*, 2009, 34(12): 2813—2823.
- [3] 黄季焜, 仇焕广. 中国生物燃料乙醇发展的社会经济影响及发展战略与对策研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [4] 农业部科技教育司, 农业部能源环保技术开发中心. 2009 年度全国农村可再生能源统计汇总表[Z]. 2009.
- [5] Technology and Education Department of China Ministry of Agriculture, Development Center of Environmental Protection Technique of Energy of MOA. *Renewable Energy Statistic in Rural China 2009*[Z]. 2009.
- [6] 罗知颂, 王修志, 朱全涛, 等. 生态扶贫开发与城乡一体化发展: 广西恭城模式及其演变研究[M]. 北京: 经济科学出版社, 2010.
- [7] Shen Lei, Liu Litao, Yao Zhijun, et al. Development potentials and policy options of biomass in China[J]. *Environmental Management*, 2010, 46(4): 539—554. (in Chinese with English abstract)
- [8] 国家发展改革委农村经济司, 农业部发展规划司, 农业部科技教育司. 农村沼气建设管理实践与研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [9] Huang Liming. Financing rural renewable energy: A comparison between China and India[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, 13(5): 1096—1103.
- [10] Zhang Xiliang, Wang Ruoshui, Huo Molin, et al. A study of the role played by renewable energies in China's sustainable energy supply[J]. *Energy*, 2010, 35(11): 4392—4399.
- [11] 徐庆贤, 林斌, 郭祥冰, 等. 福建省养殖场大中型沼气工程问题分析及建议[J]. *中国能源*, 2010, 32(1): 40—43. Xu Qingxian, Lin Bin, Guo Xiangyang, et al. Analysis and proposals on large and medium-sized farm biogas project in Fujian province [J]. *Energy of China*, 2010, 32(1): 40—43. (in Chinese with English abstract)
- [12] 高云超, 邝哲师, 潘木水, 等. 我国农村户用型沼气的发展历程及现状分析[J]. *广东农业科学*, 2006(11): 22—27. Gao Yunchao, Kuang Zheshi, Pan Mushui, et al. Development progress and current situation analysis of the rural household biogas in China[J]. *Guangdong Agricultural Science*, 2006(11): 22—27. (in Chinese with English abstract)
- [13] 吴树彪, 翟旭, 董仁杰. 中国户用沼气发展现状及对策分析[C]//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—162. Wu Shubiao, Zhai Xu, Dong Renjie. The development and status for the China rural household biogas digester[C]// International Forum on Bioenvironmental and Bioenergy Engineering. Beijing: Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008: 158—162. (in Chinese with English abstract)
- [14] 文华成, 杨新元. 当前农村沼气发展的问题与对策: 以四川省为例[J]. *生态经济*, 2006(11): 70—73. Wen Huacheng, Yang Xinyuan. The current problem and countermeasure of rural biogas development—A case study from Sichuan province[J]. *Ecological Economy*, 2006(11): 70—73. (in Chinese with English abstract)
- [15] 方淑荣. 我国农村沼气产业化发展的制约因素及对策[J]. *农机化研究*, 2010(2): 216—219. Fang Shurong. The handicap and strategy of biogas industrialization in rural area of China[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2010(2): 216—219. (in Chinese with English abstract)

- [16] 邓良伟, 陈子爱, 龚建军. 中德沼气工程比较[J]. 可再生能源, 2008, 26(1): 110—114.
- [17] Deng Liangwei, Chen Ziai, Gong Jianjun. Comparison of biogas plant between China and Germany[J]. Renewable Energy Resources, 2008, 26(1): 110—114.
- [18] 农业部科技教育司. 中国农村能源年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [19] 农业部. 中国农业统计资料 2000-2010[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [20] 陈羚, 赵立欣, 董保成, 等. 中国秸秆沼气工程发展现状与趋势[J]. 可再生能源, 2010, 28(3): 145—148.
Chen Ling, Zhao Lixin, Dong Baocheng, et al. The status and trends of the development of biogas plants for crop straws in China[J]. Renewable Energy Resources, 2010, 28(3): 145—148. (in Chinese with English abstract)
- [21] Wang Xiaohua, Li Jingfei. Influence of using household biogas digesters on household energy consumption in rural areas: A case study in Lianshui county in China[J]. Renewable and Sustainable Energy, 2005(9): 229—236.
- [22] 汤云川, 张卫峰, 马林等. 户用沼气产气量估算及能源经济效益[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 281—288.
Tang Yunchuan, Zhang Weifeng, Ma Lin, et al. Estimation of biogas production and effect of biogas construction on energy economy[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(3): 281—288. (in Chinese with English abstract)
- [23] 盛凯, 张衍林. 我国农村户用沼气建设可持续发展思考[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2007(4): 50—52.
Sheng Kai, Zhang Yanlin. On sustainable development of the rural marsh gas construction in China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2007(4): 50—52. (in Chinese with English abstract)
- [24] 汪海波, 辛贤. 中国农村沼气消费及影响因素[J]. 中国农村经济, 2007(11): 60—65.
Wang Haibo, Xin Xian. The consumption and effect factors of rural biogas in China[J]. Chinese Rural Economics, 2007(11): 60—65. (in Chinese with English abstract)
- [25] 中国畜牧业年鉴编辑委员会. 中国畜牧业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [26] 郑海燕. 农村沼气事业须加大财政投入力度——访国务院参事室参事徐锭明 [EB/OL]. http://www.moa.gov.cn/sjzz/kjs/dongtai/201104/t20110414_1978607.htm, 2011-04-14.
- [27] 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.
Wang Xiaoxia, Wang Hanmin, Xu Dehui. Commercial financing prospect and strategy of large and medium-scale biogas projects[J]. Management World, 2004(7): 78—85. (in Chinese with English abstract)
- [28] 郭肖颖, 朱丽君, 李布青. 新农村建设背景下农村沼气建设可持续发展的探讨[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9922—9924, 9929.
Guo Xiao ying, Zhu Lijun, Li Buqing. Investigation on the sustainable development of rural biogas in the context of the new countryside construction[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences 2010, 38(18): 9922—9923, 9929. (in Chinese with English abstract)

Current status, incentives and constraints for future development of biogas industry in China

Wang Fei¹, Cai Yaqing², Qiu Huanguang^{2*}

(1. Institute of Energy and Environmental Protection, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China; 2. Center for Chinese Agricultural Policy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The growing demand for oil imports and the pressure to tackle environmental degradation have given rise to mounting attentions on biogas development in China. A comprehensive overview of biogas development in China, technology improvement, and related government policies were provided. The potential driving forces and constraints for its future development were also systematically analyzed. Based on the results of this study, policy suggestions were recommended for the sustainable development of China's biogas industry. The results showed that, with the development in the last 60 years, China's biogas had increased rapidly, several models in sustainable use of biogas had emerged, and the government support had largely promoted biogas development in China. Although the concerns for energy shortage and environmental protection would still drive the expansion of China's biogas in the future, the decline of backyard farming system, the shortage of household capacity in raising capital for biogas investment, and the incompleteness of biogas support policies would constrain the future development of biogas in China. Based on the results of this analysis, policy suggestions for sustainable development of China's biogas in the future were provided.

Key words: biogas, investments, energy utilization, current status, driving forces, constraint, policy suggestion