

中国沼气产业面临的挑战和发展趋势

李秀金¹，周斌²，袁海荣¹，庞云芝¹，孟颖¹

(1.北京化工大学资源与环境研究中心，北京100029；2.中国21世纪议程管理中心，北京100036)

摘要：对中国目前沼气发展过程中存在的问题进行了分析，提出了中国沼气发展正处于战略转型期的观点，对中国沼气产业未来发展趋势进行了研究。提出中国沼气要做大做强和实现可持续发展，必须走产业化和市场化的道路，并就中国沼气未来发展模式、产业化发展方向、技术装备、政策支持等方面，提出了建议。

0引言

近年来，中国沼气事业得到了快速发展^[1]。到2010年底，全国累计建成户用沼气超过4000万户^[2]（图1）。各类规模化沼气工程从2000年的1042处增至2009年的5.69万处，总池容达714.96万m³，年产沼气9.17亿m³（图2）。其中，新增大型沼气工程931处，中型沼气工程5986处，小型沼气工程10073处，生活污水净化沼气池2.32万处，使中国生活污水净化沼气池的总数达到了18.69万处，总池容达到851.39万m³，发电装机3.3万kW，年发电10289.35万kW·h。

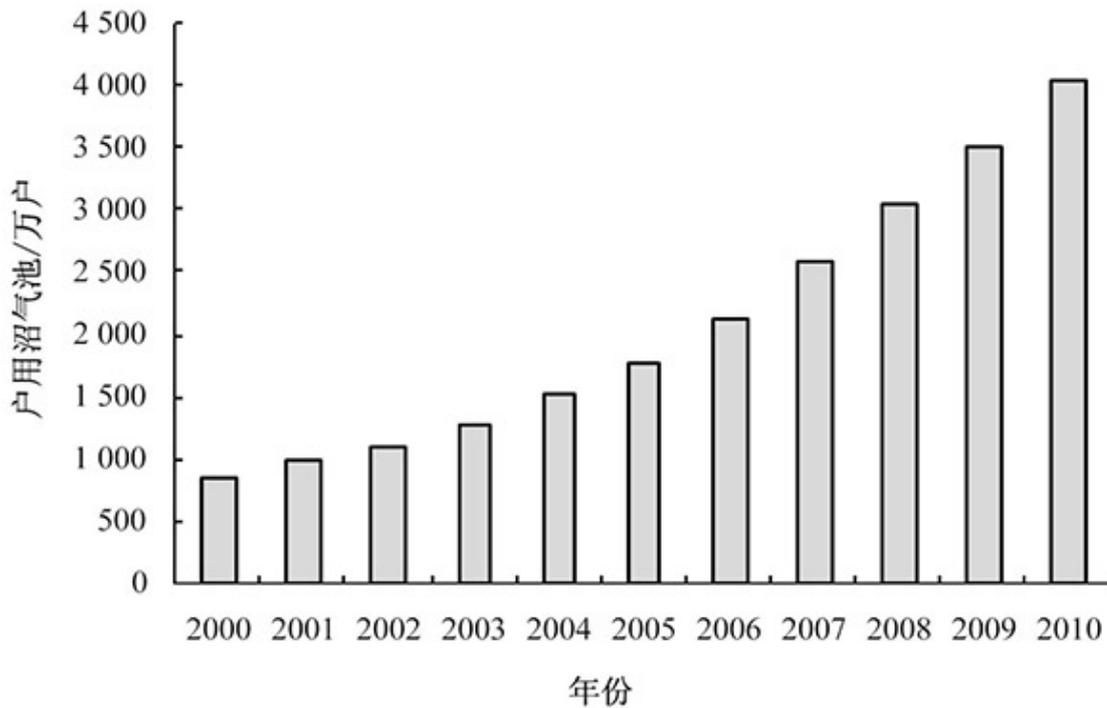


图1 中国户用沼气池数量

Fig.1 Amount of rural household digesters in China

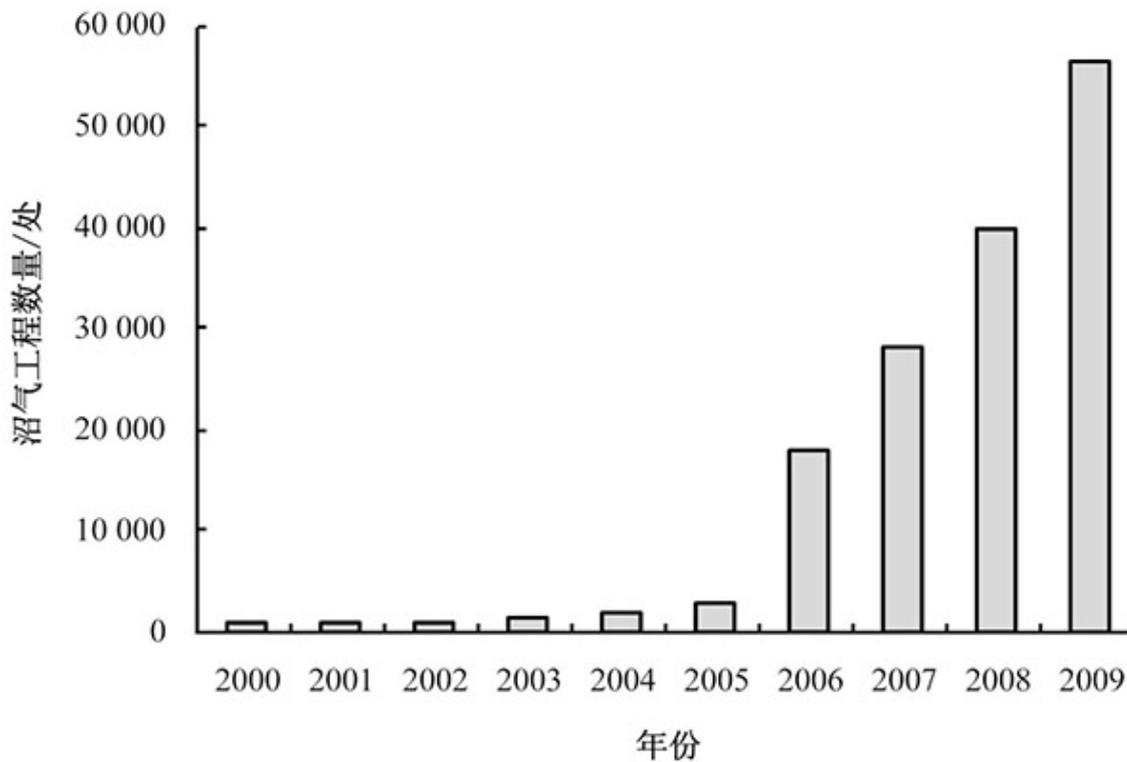


图2 规模化沼气工程数量

Fig.2 Amount of engineering biogas plants

近10年中国沼气的快速发展主要是由于国家对沼气推广给予了高度重视，每年投入大量专项资金支持。从2003年到2010年上半年，仅中央对沼气建设的投入已达242亿元（图3）。加上地方和建设单位的投入，总投入超过500亿元。这些投入是中国农村沼气快速发展的根本保证。

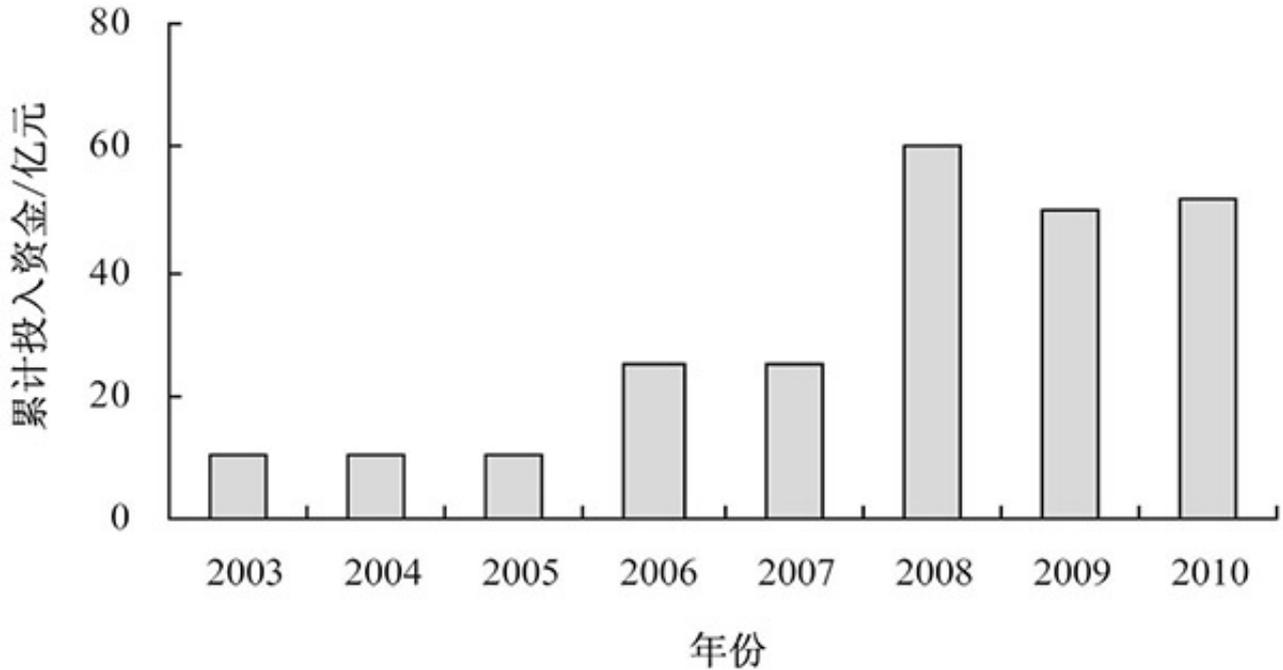


图 3 2003 - 2010 年中央对沼气项目的投资

Fig.3 Investment on biogas projects in 2003-2010

总体来说，中国农村沼气可以用“成绩巨大、问题不少”来概括，在新的形势下，现有的发展模式必须要进行改变，否则就很难做大做强，也无法实现可持续发展。可以说，目前中国沼气行业正处于一个发展转型阶段，必须解决向哪里发展和如何发展的问题。

1 中国沼气行业存在问题

1.1 户用小沼气与城镇化发展的大趋势不相适应，难以真正发挥在替代能源中的重要作用

2000年农业部提出了以沼气为纽带的“生态家园富民计划”，实现了“家居温暖清洁化、庭院经济高效化、农业生产无害化”的目标[3]，在南方地区和经济欠发达地区起到了重要作用，但在中国经济发达地区、北方地区和高寒地区分散式小沼气不能发挥其应有的作用。更为重要的是，随着社会主义新农村建设步伐的加快，越来越多的自然村镇要进行改造和重新建设，城镇化程度越来越高，对清洁、方便能源的需求会越来越大，对环境的要求也会越来越高。不可能在每家每户再建设一个小沼气池，每家每户自己再去为沼气池上料出料。如果还单一发展户用沼气，就与新农村建设和城镇化发展的大趋势不相适应了，也不符合实际需要了。

目前，中国沼气仍以户用小沼气为主，所产沼气主要用于农户烧锅做饭，利用价值很低。大中型沼气站主要建在规模化的畜禽养殖场，受养殖场数量、规模和地域的限制，其数量和规模也很难做大。因此，尽管中国小沼气发展势头良好，数量很大，但规模小、沼气的利用更多的是“自产自消”型的低值利用[4]。这种沼气发展模式，无论是现在还是将来，都无法形成规模化和形成产业，难以真正发挥在国家替代能源中的重要作用，也很难受到国家和社会的真正重视。

1.2 主要依靠政府、缺乏系统化政策支持，尚未形成真正的产业化

中国无论是户用小沼气还是大中型沼气工程，主要都是依靠政府买单，投资比例占相当份额，可以说，没有政府在资金上的大力支持，中国的沼气事业很难达到目前的发展势头。因此，中国的沼气尚未形成真正意义上的产业化。另

一方面，农村户用沼气主要还是福利性质为主，大中型沼气也大多自用，大多赔钱运行，没有经济效益，也就无法走市场化。因此，一旦没有了政府支持，沼气行业自身就失去了发展能力，就会迅速萎缩，自身还远不具备生存能力。

中国的沼气工程初始投资大，运行成本高，生产的沼气及其电力无法依靠自身能力进入常规的能源市场，发电入网困难，非养殖场原料收集困难，没有可行的原料补贴、沼气价格补贴以及税收减免等优惠政策，无法让企业盈利，也就无法吸引社会资本的进入，促进沼气产业化和市场化的发展。目前，国外对沼气使用实施免税或减税，提供发展沼气的津贴等激励政策[5]，而中国只对沼气发电并网有补贴，对原料生产、收运，沼气终端用户等没有经济政策支持，缺乏系统化的支持，难以保障沼气产业的可持续发展。

1.3 缺乏技术创新，装备水平低，难以支撑产业化沼气的发展

目前，国外在沼气生产和利用方面的技术已经比较成熟，配套设备也已经向大型化、成套化和系列化方向发展。中国沼气推广投入巨大，

但研发投入非常少，缺乏自主创新的先进技术

，工程整体技术水平偏低^[6]

，工艺技术缺乏基础性研究、工艺环节不够合理、工艺系统不够完整；此外，设备存在的问题也尤为突出，已经成为制约中国沼气行业尤其是大型沼气工程发展的“瓶颈”。主要问题是：设备与工艺不配套。设备大多为自行设计或借用其他行业的单体设备，没有针对工艺要求开展设计，设备与工艺配套性差；缺乏系统化成套设备和标准化设备。各单元设备基本都是单独设计或单独购买，单元设备之间相互不匹配，也没有统一的设计标准，设计和制造出来的设备千差万别；制造质量差，故障率高，不能长期稳定可靠运行；缺乏关键核心设备。总体上，设备还难以支撑规模化沼气产业的发展。

2 中国沼气行业未来发展趋势

2.1 户用沼气逐步向村镇集中（联村）供气方向发展

新农村建设要求小村并成大村、城乡统筹和统一规划，这些新建的村镇人口集中，聚集程度高，已经不再适宜发展户用小沼气，而应该以村镇（联村）集中供气为主，逐步替代户用小沼气。

每个村镇（或联村）建设一个规模化的沼气站，利用本村镇产生的生活垃圾、人畜粪便和秸秆等废弃物集中生产沼气。沼气通过管网送往各家各户，或者把沼气提纯后，通过移动式罐装车运往各村。这样，村镇居民就和城市居民一样用上了清洁、方便的生物燃气。其优点在于：降低单位建设和运行成本；便于实现物业化管理，保障系统稳定运行和常年稳定供气；有利于实行规模化生产和商业化运作，促进沼气产业化发展；避免“百户百池”情况，有利于改善新农村的生态环境等。在山东德州已经建成秸秆沼气示范工程，该工程实现了全年稳定运行，有效解决农村秸秆乱堆放现象，改善农民生活质量，提高生活水平[7]。但是，在南方和偏远地区，户用沼气还是要适当发展的。

2.2 发展模式向产业化、市场化方向发展

沼气不能只局限于农户和农村的发展模式，要向规模化生产和城市、工业、交通领域高值化应用方向转变。只有规模化的生产，才能保障大规模的应用，才能产生规模效益和发挥在中国替代能源中的重要作用，才能形成产业。同时，要摆脱沼气主要由政府支持的发展模式，要充分利用市场机制发展和壮大自身，积极吸引社会资金和社会支持，走市场化的道路，才能实现沼气产业的可持续性发展。在满足农村和农民需求的同时，走出农村和农业，开辟新的产业化途径；同时，也可为农业和农村开辟新的致富之路。

2.3 技术向工程化、装备向标准化、成套化、系列化方向发展

中国在小型沼气技术方面，走在了世界的前列，但在大型沼气工程技术方面，与国外发达国家还有很大的差距。需要在了解和掌握发达国家先进沼气技术的基础上，针对中国国情和各地不同的情况，进行深入细致的研究，通过“引进-吸收-再创新”的途径，开发适合中国国情的工程化沼气技术。需要重点开发多种原料的预处理、特殊物料和混合物料高效厌氧消化、干法厌氧消化、反应器内外生物脱硫、沼气分离提纯、微量元素添加等技术。

先进可靠的装备是沼气产业发展的重要硬件保障。

针对现有沼气生产设备存在的问题，在对现有工艺进行优化的基础上，研发与工艺配套的标准化、成套化、系列化（“三化”）设备是非常必要和紧迫的。通过标准化，实现关键设备的标准化设计和标准化制造，保证设备的设计和

制造质量，以及设备的通用性、普适性和稳定可靠性；通过设备成套化，实现整个工艺流程中各设备的系统匹配和优化组合；通过设备系列化，满足不同规模大小的需要。开发沼气设备标准化设计软件和建立标准化设计平台，为“三化”提供技术支撑。

2.4原料向多样化方向发展

目前，中国沼气生产的主要原料是畜禽粪便，而畜禽粪便只有在有养殖场的地方才可以获得，单一性的原料已经成为制约中国沼气大规模推广的重要“瓶颈”。

原料的单一限制了沼气工程的建设地点、规模大小。沼气发酵原料应该由畜禽粪便等向秸秆、农产品加工副产物、轻工业废物（糟、渣）、高浓度有机废水、城市生活垃圾（如餐厨垃圾、居民粪便、市政污泥等）、以及利用盐碱地、边坡

地种植的能源作物

（如菊芋、能源草等）等多原料方向

发展。德国的沼气工程大多为混合原料发酵^[8]

，如生活垃圾、厨余垃圾、工业废渣和废液、能源玉米等，以畜禽粪便作为沼气生产原料的工程不足20%，以畜禽粪便为主的沼气厂，也大多是混合原料发酵。

目前，国内学者也开始对不同原料的发

酵性能进行初步的探讨，刘晓英等^[9]

对某食堂餐厨垃圾进行分析，在20g/L的容积污染负荷下，35d中温消化后产气率和产甲烷率分别达到369mL/g和201mL/g，具有良好的产气性能。秸

秆由于结构复杂，所需厌氧消化时间长、效率低，王小韦^[10]和王莘^[11]

等采用预处理的方式，破坏秸秆的内

部结构，提高秸秆厌氧消化效率。李荣平等^[12]

将餐厨垃圾与牛粪在3:1

比例下进行厌氧发酵，挥发性固体产气率达到233m

L/g。李来庆等^[13]

将牛粪与NaOH预处理后的秸秆进行混合厌氧发酵，甲烷产气率要比单独一种原料高出4.9%~7.4%。

2.5产品利用向高值化方向发展

中国的沼气生产要向产业化、市场化方向发展，其前提是要实现沼气的规模化生产，同时要实现沼气的高值化应用。沼气的利用要走出农村、走出农业，向城市、向工业发展，就必须走向车用燃料、城市燃气和工业生产用气等高附加值方向发展。只有在生产沼气有利可图时，才会真正走向产业化和市场化，沼气产业才能真正形成。

近几年，欧美发达国家特别注重对沼气的多方位高值利用，大力推广提纯沼气，以替代天然气。瑞士、瑞典、德国、法国、加拿大和澳大利亚等在这方面做

了大量的研究，取得了杰出的成就^[14]

。提纯后的沼气变成了高品位、高附加值的“生物天然气”，可以完全替代化石天然气，有着更为广泛的市场空间和更高的利用价值。在如今国内油气紧张的状况下，经常出现油荒气荒，只要有气就能卖出去，市场不存在任何问题。

并且，随着中国经济的快速发展，市场对清洁燃料的需求量也与日俱增，其燃料价格是一路飙升。2010年，中国各大主要城市的天然气价格几乎全部上调。目前，天津、上海、武汉和广州车用天然气价格分别达到了3.95、4.2、4.5和5.

5元/m³，大大高于农村户用沼气的价格（1.0~1.2元/m³

）。可见，提纯后的沼气用于交通、城市和工业后，价值大幅度提高，应用空间也大大扩展，是沼气产业化和市场化的发展方向。

2.6支持政策向全方位配套方向发展

沼气产业由原料、生产、产品用户等多个环节构成，要保障产业的可持续发展，必须就整个产业链中各个环节进行有力的政策支持，缺少那个环节都不行。例如，德国就对能源作物种植企业、沼气生产企业生产出的沼气进行补贴，瑞典对沼气生产企业、购买沼气汽车的用户进行直接补贴和税收减免，如免收能源税、二氧化碳税，减收气体燃料的车辆使用税等^[14]

。欧盟在2003年发布了“促进生物燃

料或其他可再生能源在运输行业应用指令”^[15]

，规定在非保留地上种植能源植物会得到每公顷45欧元的补贴。中国需要对原料的生产、收集和运输、沼气生产、沼气和车用、工业用户等进行全方位的财政税收支持，使相关企业能够获得稳定的利润，才能保证沼气产业的稳定发展。

3结语

中国沼气行业在政府的大力支持下得到了快速发展，但也存在诸多问题。未来要在继续推广户用沼气和养殖场沼气的同时，逐步走出农村和农业，实现向沼气规模化生产和工业化应用方向转变，最终建立中国沼气产业，并实现市场化运作，实现沼气产业的可持续发展并做大做强。目前，首先要结合社会主义新农村建设，大力发展沼气的规模化生产和集中供气，并实行专业化管理和市场化运作；其次，结合中国城市、汽车和工业的快速发展，大力发展车用和工业用沼气，开辟新的应用领域和提升沼气的利用价值；此外，还需要在原料多样化、关键技术和核心设备研发、系统政策支持以及发展模式等方面实现转变。

[参考文献]

- [1]张无敌，尹芳，刘宁，等.农村沼气产业化发展与市场分析[J].农业工程学报，2006，22(增刊1)：72 - 76.
- [2]屠云璋，吴兆流.沼气行业2010年发展报告[C]//沼气发展战略和对策研讨会文集，2010：1-14
- [3]马军.新形势下农村沼气建设的发展思路与对策[J].农业工程技术：新能源产业，2010，(7)：4 - 5.
- [4]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，2006，22(增刊1)：53 - 57.
- [5]刘京，刘志丹，袁宪正.沼气生产及利用——瑞典经验[J].中国沼气，2008，26(6)：38 - 41.
- [6]李宝玉，毕于运，高春雨，等.我国农业大中型沼气工程发展现状、存在问题与对策措施[J].中国农业资源与区划，2010，31(2)：57 - 61.
- [7]李秀金.山东省德州市秸秆沼气集中供气示范工程运行模式与管理经验[J].新能源产业，2010，(4)：6 - 9.
- [8]林聪.德国沼气工程的发展现状及思考[J].猪业科学，2009，26(7)：52.
- [9]刘晓英，李秀金，董仁杰，等.北京市餐厨垃圾产生状况及厌氧发酵产气潜力分析[J].可再生能源，2009，27(4)：61 - 65.
- [10]王小韦，李秀金，刘新春，等.高温 NaOH 预处理对秸秆高固体厌氧消化的影响[J].现代化工，2009，29(增刊2)：200 - 203.
- [11]王苹，李秀金，袁海荣，等.绿氧与 NaOH 组合处理对玉米秸厌氧消化性能影响[J].北京化工大学学报：自然科学版，2010，37(3)：115 - 118.
- [12]Li R.， Chen S.， Li X.. Anaerobic Co-digestion of Kitchen Waste and Cattle Manure for Methane Production[J]. Energy Sources， Part A: Recovery， Utilization， and Environmental Effects， 2009， 31(20): 1848 - 1856.
- [13]Li Laiqing， Li Xiujin， Zheng Mingxia， et al. Anaerobic Co-digestion of cattle manure with corn stover pretreated by sodium hydroxide for efficient biogas production[J]. Energy Fuels 2009， 23， 4635 - 4639.
- [14]尹冰，陈路明，孔庆平.车用沼气提纯净化工艺技术研究[J].现代化工，2009，29(11)：28 - 31.
- [15]徐荣荣.交通运输业能源替代战略分析[J].网络财富，2009，(19)：80 - 81.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/104541.html>