

户用沼气技术

在新形势下能否满足中国农村的能源需求

夏祖璋



iiied

能源普及供给系列研究报告

主编: 艾玛·威尔逊 (Emma Wilson)

国际环境与发展研究所 (英国) 2013年第一次出版

版权所有: 国际环境与发展研究所

国际标准图书编号: 978-1-84369-955-2

欲了解更多信息, 请联系:

International Institute for Environment and
Development (IIED) 80-86 Gray's Inn Road,
London WC1X 8NH, United Kingdom

newbooks@iied.org

www.iied.org/pubs

本书(英文原版)收录于英国大英图书馆

文献引用: 夏祖璋 (2013): 户用沼气技术在新形
势下能否满足中国农村的能源需求.

国际环境与发展研究所, 伦敦

封面图片: 夏祖璋

装帧设计: SteersMcGillanEves 01225 465546

编辑: 克莱尔·罗杰斯 (Clare Rogers)

免责声明: 本文代表作者的观点, 未必反映国际环
境与发展研究所的观点

户用沼气技术

在新形势下能否满足中国农村的能源需求

夏祖璋

目录

概略要点	3
第一章: 中国沼气行业概览	6
第二章: 户用沼气池的成本和效益	11
第三章: 资金筹措和沼气开发利用模式	16
第四章: 农户对沼气开发利用的态度	23
第五章: 关于经验和教训的思考	29
参考文献	35

致谢

作者感谢国际环境与发展研究所 (IIED) 的同事们为本项研究提供的建议和帮助。艾玛·威尔逊 (Emma Wilson) 和卜慧明 (Lila Buckley) 女士为本项研究的初步设想和大纲制订提出了非常宝贵的意见和建议。感谢同行专家在审阅本报告草稿后给予的鼓励和建设性的点评, 这些评审专家包括荷兰发展组织 (SNV) 的威慕·范奈斯 (Wim van Nes) 先生, 国际环境与发展研究所的塞斯·库克 (Seth Cook) 先生和尼泊尔沼气专家高文达·代夫考塔 (Govinda Devkota) 先生。特别感谢克莱尔·罗杰斯 (Clare Rogers) 女士在报告编辑方面提供的帮助。衷心感谢中国沼气行业的专家和从业人员, 尤其是那些在参考文献中列出个人和机构, 得益于他们不懈的努力, 中国沼气行业的发展已经惠及数以千万计的农村人口。本报告中的观点和看法未必反映国际环境与发展研究所以及为本项研究提供资助的英国国际发展署 (DFID) 的观点, 也不代表作者以往或目前就职的任何机构的意见。作者本人对于报告中可能存在的不准确性以及对参考文献的任何不当解读承担全部责任。

作者简介

本文作者夏祖璋多年来一直致力于研究中国和其他亚洲发展中国家农村沼气行业的发展。作者的研究兴趣主要集中于发展中国家的能源贫困问题和农村能源的开发和利用, 其服务机构涉及到学术研究部门、多边发展援助机构、环境保护非营利组织以及咨询公司。作者目前以能源专家的身份任职于由亚洲开发银行牵头的“共有能源伙伴关系项目 (Energy for All Partnership) 秘书处”。该项目旨在帮助亚太地区发展中国家解决贫困人口的现代能源服务问题。作者联系方式: xiazuzhang@gmail.com

概略要点 (执行摘要)

中国农村沼气行业的发展目前似乎正处于一个十字路口。由于政府部门十多年来的大力度投资，农村沼气行业得到了快速发展。目前，大约有一亿农村人口受益于沼气技术所提供的清洁燃料和有机肥料。然而，一些发展中的问题也初现端倪，这些问题关系到户用沼气是否仍然能够满足农村日益增长的能源需求以及如何才能更为有效地发挥沼气建设补贴资金的使用效果。

经济快速发展和城市化进程为中国农村带来了重大的变化，对户用沼气建设也产生了显著的影响。农户养殖规模减小造成了畜禽粪便类沼气发酵原料的减少，农民外出务工导致了农村劳动力不足，这些问题为沼气的建造和运行维护带来一定的困难。其他常见问题还包括沼气的直接经济效益各地差别较大以及社会化后续服务问题还没有得到很好的解决。这些因素共同导致了相当一部分农村户用沼气池不能充分发挥其潜力，甚至被废弃。

本文试图探讨农村户用沼气建设面临的问题和挑战，以及如何解决这些问题以支持沼气行业的可持续发展。主要研究发现包括以下几点：

农村户用沼气技术具有明显的经济、社会和环境效益。这主要表现在其通过对粪便类原料的安全转化和循环利用减轻了环境污染并为农户提供清洁的燃料以替代化石能源或薪柴。或许正是这些综合效益激励了政府部门自2003年以来显著地加大

了投资力度并大力推广农村沼气技术。据估计，截止到2012年底，政府部门在农村沼气行业的累计投入已经达到三百多亿元，全国大约四分之一的农户从中受益。

部分报告提到农村户用沼气池的正常使用率较低。从目前发表的报道来看，各地情况差别较大。有研究发现在调查区域内的村社，沼气池正常使用率在37-69%之间，也有其他的研究发现这一数字在90%以上。使用率偏低的主要原因包括缺乏发酵原料、缺乏劳动力和运行维护不到位。

农村户用沼气的成本效益分析结果差异较大。有研究报道，对于用户而言，投资建造沼气池具有净收益，但其部分假定条件值得商榷。如果全面考虑各方面的因素，户用沼气的直接经济效益在其寿命周期内未必超出其成本投入。

沼气建设资金主要源自于各类公共和私营部门，包括中央和地方政府以及部分国际机构（世界银行和亚洲开发银行等）。政府部门投资沼气建池的主要形式包括现金补贴以及提供建筑材料、沼气用具和技术服务等。

农户对于建造沼气的意愿和态度取决于一系列的经济、社会和技术因素，对于中低收入农户而言，即便有建池补贴，部分农户可能仍然不愿意或无能力支付其他各种相关的费用。

主要建议

中国农村沼气行业经历了十多年来的快速发展，目前已经到了根据农村的变化情况和新形势下业已出现的各种问题而相应调整发展策略的良机。“一如既往”的做法显然不利于规避政府部门在沼气行业大量投资所可能存在的风险。

积极应对存在的问题

目前，农村沼气建设存在的主要问题涉及到户用沼气的正常使用率和沼气的日常管理和维护。

- **客观分析沼气行业存在的问题。**尽管近年来沼气行业的规模得到了长足的发展，但仍然需要对农村沼气行业进行一次系统而客观的评估。要量化分析农村沼气项目的成本和效益，还有大量的数据缺口需要填补。而成本和效益的量化分析对于评估政府补贴的合理性至关重要。相关主管部门的支持对于全面而客观的分析这些问题及其根源所在不可或缺。
- **准确测评农村户用沼气的正常使用率。**由于报道来源的不同，沼气的正常使用率这一数字差别明显，从30%以下到90%以上。实地调查需要对“沼气池正常使用率”这一概念作出清晰的界定，以确保不同来源的调查数据具有可比性。使用率调查还应该考虑沼气池实际产气量和产气潜力的差别，以及所产沼气在满足农户的燃料需求方面所占的比重。
- **完善后续服务和日常管护。**沼气后续服务和日常管理维护是否到位对农户建造和使用沼气的意愿有显著影响。“社会化的沼气服务”可以由公共事业单位或私营企业承担，服务内容可以涵盖部分或全部日常维护和故障排除。是否具备必要的市场竞争能力，直接关系到这些服务模

式可行性。一些后续服务的模式已经得到了初步探索，但其成效和可持续性还需要长期实践的检验。

改善补贴资金的使用效果

现行的沼气建设补贴资金的使用效果，近年来广受关注。比如，即便建成的沼气池的实际运行效果远低于其应有的潜力甚至在建成不久之后就被废弃不用，农户仍然可以享用政府提供的沼气建池补贴。用于户用沼气池经济效益评估的相关参数和假定条件也需要重新审视，以确定政府部门继续为沼气建池提供补贴的合理性和必要性。改善补贴资金使用效果，可以考虑以下几种替代方案。

- **基于绩效的补贴。**将补贴资金的发放与建成沼气池的运行效果更紧密地联系起来。沼气服务可以承包给符合资质要求的沼气公司，这些承包单位需要利用自有资金或优惠贷款先行融资提供建池服务。经用户和主管部门验收合格后，再向承包单位支付沼气建设补贴资金。
- **基于实际使用情况的补贴。**不同于直接补贴沼气建池费用，政府部门可以为每年实际用气量达到一定标准的沼气用户发放现金奖励补贴。前期试点结果表明，这种方式可以将沼气的正常使用率提高十个百分点。
- **智能补贴。**这种在农业、供水、公租房和农村电信行业广泛试用的补贴方式，对中国农村沼气项目应该有一定的启迪。智能补贴有助于加快技术推广的速度并且可以避免对目标受益群体行为的扭曲。

强化沼气建设益贫补贴机制

现行的按地域划分的沼气建设补贴方案不能区别对待一个地域或村社内部农户收入的差别，导致低收入家庭无力承担高昂的沼气建池费用，而实际上，这些贫困农户往往可能会具备必要的劳动力和相对充足的发酵原料以保证沼气池的正常运行和维护。所以，需要进一步探索益贫补贴机制，扶持那些容易从沼气技术获益但支付能力有限的贫困农户，为低收入家庭建造沼气池提供更多的补贴或是更为有效的技术支持服务。

整体看来，尽管可能需要对中国沼气行业做一个全面而客观的评估并相应地调整发展策略，户用沼气对于大部分中国农村地区而言仍然是一项适用技术。中国的经验也有益于其他发展中国家更好地理解户用沼气技术所提供的机遇和面临的挑战。如果发展中国家大部分的农村人口转变基本能源供应方式，从可以在当地开发利用的可再生能源转移到商品化的化石燃料，这将对经济发展和环境保护产生巨大的影响，并会波及到国家能源保障乃至全球能源供需形势。所以，不管在中国还是其他国家，及时解决目前出现的各种问题对于沼气行业的健康和可持续发展都具有十分重要的意义。

1 中国沼气行业概览

1.1 官方数据更新

中国的沼气行业在最近十多年以来经历了显著变化,包括政府投资规模增大、户用沼气和大中型沼气工程建造数量大幅度增加(参见图2)、沼气后续服务体系初现端倪、城市化进程加快并影响到全国各地的农村地区。来自农业部的数据显示,截止到2011年底,中国沼气用户的数量已经达到4168万户,其中包括3996万个家庭拥有户用沼气池。沼气用户占中国农户总数的23%,大约相当于适合建造沼气池农户的三分之一。在此期间,政府还资助建造了2.4万个小型沼气工程和3690个大中型沼气工程(农业部,2012d),这些沼气工程项目为170万农户提供沼气燃料。中国政府的目标是在2015年使全国农村沼气用户数量达到5000万户,大约占全部适合建池农户的一半(国家发改委,2012)。

文本框一 户用沼气池简介

沼气池可以把畜禽粪便和其他有机废弃物转化为沼气和发酵残余物(沼渣、沼液),沼气可用做炊事燃料,发酵残余物可用做肥料。沼气池通常为建造于地表以下的密闭容器,户用沼气池的容积一般在20立方米以下。沼气发酵原料(有机废弃物)投入沼气池后,在一系列微生物的作用下厌氧发酵,降解为沼气和沼渣。沼气可以通过管道输送到厨房,沼渣和沼液可以时常清理并用做肥料。一立方米沼气在常规家用炉灶上大约可以燃烧两个小时。

1.2 户用沼气发展历史回顾

中国户用沼气的发展在近八十多年的历史经历了多次曲折起伏。早期的活动可以追溯到二十世纪三十年代,当时一些私营公司试图通过实现沼气技术的商业化以替代用于照明的进口煤油。第一次大

1 适合建造沼气池农户的评价标准包括: 1) 有足够的畜禽粪便类沼气发酵原料, 比如三头猪或一头牛存栏; 2) 院落具备建造沼气池的空间; 3) 有一定的管理维护能力, 至少有一个劳动力可用; 4) 具备一定的自筹资金能力。

2 根据中国农业行业标准(NY/T667-2011), 小型沼气池工程单池容积在20~300m³之间, 日产气量在5~150m³之间; 中型小型沼气工程单池容积在300~500m³之间, 日产气量在150~500m³之间; 大型沼气工程单池容积在500~2500m³之间, 日产气量在500~5000m³之间。

规模沼气推广活动始于1958年,当时全国建造了数以千计成本相对低廉的沼气池。尽管初步的结果令人鼓舞,在这一时期建造的沼气池大部分在几年之内都被废弃停用,主要原因是建筑材料的质量不高。由于水泥短缺,当时普遍采用所谓的“三合土”(粘土、石灰和大砂)建造沼气池。

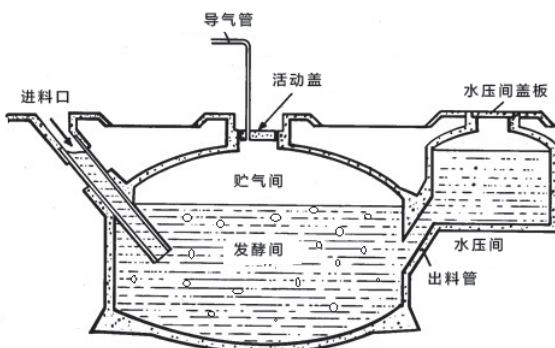
二十世纪七十年代末,席卷全国各地的燃料危机催生了另一轮沼气建设高潮,这一阶段建造了数以百万计的户用沼气池。与五十年代建造的沼气池类似,由于各种各样的质量缺陷,这些沼气池的使用寿命一般都不到五年。虽然全国沼气池的数量从1970年的6000口上升到1980年的723万口,绝大部分在此期间建造的沼气池在1980年代中期就已经废弃,仍在使用的沼气池在1986年下降到453万口(农业部,2007a)。即便如此,这些前期的努力也为沼气技术的发展作出了突出贡献。当时流行的那些包含水压间和固定拱盖的沼气池(见

图1),在国际上普遍被称为中国式沼气池,目前还在世界各地广泛使用,其中一些沼气推广机构也在原来设计的基础上做了局部的改进。

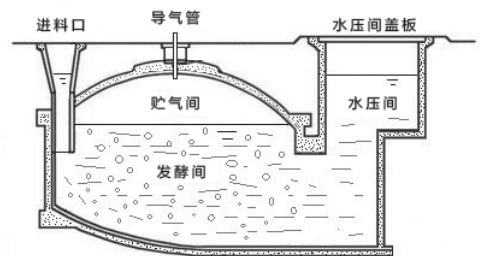
汲取了上世纪五十年代和七十年代的经验和教训,1980年代实施的全国农村沼气推广项目改进了池型设计并提高了对建筑材料的要求(以砖石、水泥或混凝土为主)。户用沼气池的总数在1983年和1998年之间增长缓慢,这很可能是缘于政府投资规模较小以及前期沼气推广过程中遇到的各种问题的滞后效应。在此期间,主管部门制订并发布了不少与沼气相关的国家标准,各地推广部门也探索出了各种各样的沼气发展利用模式,比如沼气-猪圈-厕所三结合模式,猪圈-沼气-果园(猪-沼-果)模式,沼气-厕所-猪圈-大棚“四位一体”模式(相关细节参见3.3节)。同时,沼气和沼渣沼液的综合利用以及高效沼气灯、炉具的研发和生产也取得了很大的进展。在沼气综合利用

图 1. 传统型和改进型的固定拱盖水压式沼气池

传统固定拱盖水压式沼气池



改进型固定拱盖水压式沼气池



参考资料: (左图) Fraenkel (1986); (右图) 作者绘制

3 户用沼气池的容积一般在20立方米以下,通常为6, 8, 10立方米,主要用于个体农户。

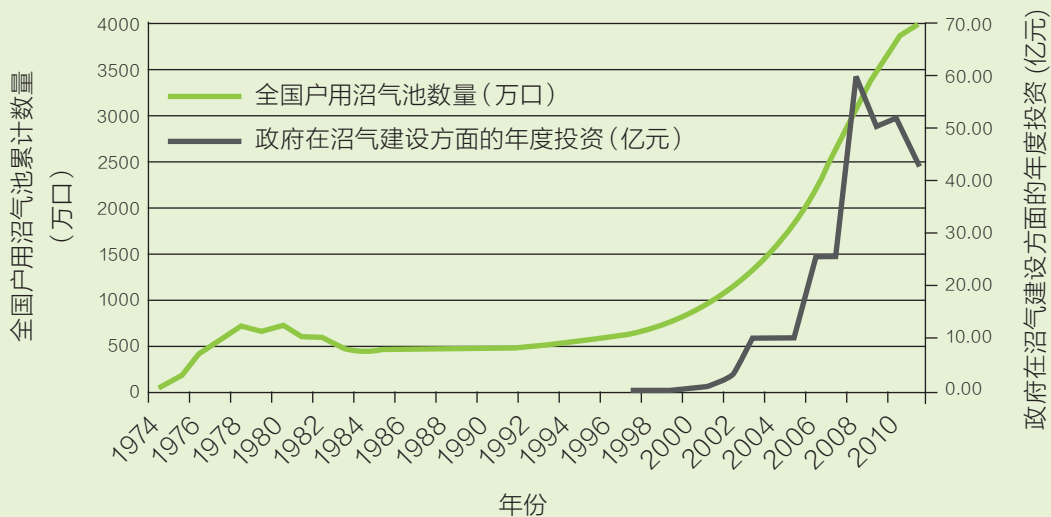
方面，除了沼气作为燃料利用以外，还开展了小规模沼气发电、沼气用于谷物或柑橘储藏以及沼液浸种、沼渣用于食用菌栽培和池塘养鱼等方面的试验，对于沼肥的肥效也进行研究。

1.3 政府加大投资力度后沼气行业的发展

国债资金用于农村沼气建设项目后，政府部门在农村沼气建设方面的投资力度明显加大，2003年的年度投资总额首次超过了十亿元这一当时的历史最高水平，这标志着中国农村沼气发展的一个转折

点。随后，政府在沼气行业的投资持续增长，直到2008年达到年投资总额约六十亿元后才开始向下调整。其间，用于养殖场的大中型沼气工程的数量也开始迅速增加。大规模的资金流入沼气行业，也刺激了公共和私营部门的积极参与。截至到2011年，省、县、乡三级沼气推广机构的总数达到一万三千多个，从业人员超过四万人。全国共有沼气企业两千多家，从业人员三万余人，年产值约合八十亿元（中国农村能源行业协会，2012）。中国农村户用沼气池数量变化及政府在沼气建设方面的投资情况示于图2。

图2. 中国农村户用沼气池数量及政府在沼气建设方面的投资 (1974–2011)



参考资料: 李景明(2012); 郝先荣(2011); 王晓君等(2012)

4 沼气利用模式除了包含沼气池以外，还涉及到沼气池与其“上游”和“下游”的结合问题。（参见4.3节）
5 2003年的年均美元人民币汇率为8.3，2012年的汇率为6.3。

中国政府大力推广农村沼气技术的主要目的在不同的阶段也有所差别，但不外乎是基于解决农村普遍存在的以下几个方面的问题的需要：缺乏清洁的炊事燃料；使用简易炉灶燃烧固体生物质（如木柴等）所造成的室内空气污染；人畜粪便所排放所造成的水体污染和介水传播病的传播；大量使用无机化肥所造成的土壤退化；过度采集薪柴所导致的森林退化等。农村沼气建设项目为以上问题提供了行之有效的解决方案，通过适当处理和循环利用动物粪便和农业废弃物，最大限度地减少了农村环境污染，并且为农民提供清洁的替代燃料。

1.4 最近出现的问题和争议

目前，在农村推广沼气技术的主要目的似乎已经从以能源回收利用为主转移到以环境保护为主。沼气技术的应用也不再局限于以农户为单元、以生产燃料和有机肥料为主要目的，而是延伸到了利用大中型沼气工程处置禽畜粪便及其他有机废弃物，所产沼气可用于发电或者通过供气管网输送给农户使用。然而，户用规模的沼气池仍然是中国农村沼气建设项目的重要组成部分，特别是在贫困地区。

农村户用沼气池数量的快速增长也不可避免地造成了一些所谓“成长的痛苦”。近年来，一个关注的热点问题是已建成沼气池的正常使用率。官方资料

显示，85%左右的户用沼气池在正常使用，大约10%的沼气池间断性或偶尔使用，每年有约5%的沼气池报废（农业部，2009b）。农业部最近在全国18个省757个样本户所做的抽样调查结果表明，在2008~2010年间建造的户用沼气池，有91%在正常使用（农业部，2012a）。同时，也有一些在县、乡、村规模上开展的调查研究，发现户用沼气池的正常使用率比上述调查结果低了很多。在中国西南部的贵州省丹寨县部分村镇所做的调查发现，户用沼气池的正常使用率介于37~69%之间（丁冬&郑风田，2013）。在陕西省4757个农户所做的抽样调查发现，68%的户用沼气池在正常运行，19%只是偶尔使用。农户反映的主要问题包括缺乏沼气池运行维护的必要技能、缺少劳动力、缺乏沼气发酵原料（董照锋等，2012）。在陕西省所做的另一项调查结果指出，在10个县1609个被调查农户中，有61.4%的沼气池在正常使用（王珏，2011）。到目前为止，关于农村沼气利用最负面的报道是发表在2009年8月份《中国经济周刊》上的一片文章，该报道称在中国东北黑龙江省的一些村庄，有超过90%以上三年内建造的户用沼气池被废弃不用（崔晓林&马玉忠，2009）。黑龙江省齐齐哈尔市审计局在进行农村沼气建设国债项目审计调查时发现，一个项目点内建成后未使用沼气池729口，占该项目建池总数的55%，毁损的沼气池235口，占18%（王晓荣等，2011）。此外，也

6 农业部文件对“沼气使用率”定义为“正常使用”的沼气池占调查抽样总数的百分比。其中，对“正常使用”的解释为在南方地区每年使用8个月以上，在北方或高海拔地区（1800米以上）每年使用6个月以上。（农业部，2011）

7 为便于统计，户用沼气池符合下列任何一项标准即可以声明报废：1）正常使用20年以上；2）自然灾害损毁且不可修复；3）由于住宅迁移或其他原因不再使用。

有建议提出农村沼气服务体系建设相对滞后, 严重地影响了农村沼气产业的发展(中国老科学技术工作者协会, 2008年)。很显然, 这些报告涉及到了沼气建设补贴资金的成本效益情况以及沼气是否能够有效地满足农户的需求。

随着中国农村城镇化进程的加快和社会经济的快速发展, 沼气建设也迎来了新的挑战, 包括以农户为单元的传统的畜禽养殖方式让位于集约化养殖, 农户可用于沼气发酵的粪便类原料不足, 农村人口向城镇迁移所造成的劳动力短缺和成本增高, 高品位能源(如液化石油气和电力等)的供应逐步普及带来的市场化竞争等。另一方面, 沼气建

设也面临新的发展机遇, 比如社会逐步认识到可再生能源小规模开发利用的优势所在, 农村沼气服务网络建设已经启动, 沼气池工厂化生产已经初具规模, 在沼气技术创新方面正在努力探索“新工艺、新技术、新材料”, 以及政府继续致力于农村扶贫开发等等。这些积极的变化也可能会推动政府部门增加在沼气建设方面的投入。尤其重要的是目标农户可能更有能力和意愿为沼气池的建造和运行维护支付必要的费用。综合考虑上述各种因素, 中国沼气行业的可持续健康发展的前景依然可期。

2

户用沼气池的成本和效益

来自农业部的数据显示, 目前全国沼气年产量超过150亿立方米, 大致相当于2500万吨煤炭或者全国天然气消费总量的11.4%。现有的沼气池每年生产4.1亿吨的有机肥料, 减少二氧化碳排放6100万吨, 每年的增收节支效益约合470亿元(农业部, 2012c)。相比之下, 政府在沼气行业的投资与受益农户在沼气建设方面的投入合计约为918亿元(农业部, 2013)。当然, 如果要对国家沼气建设项目进行全面的经济分析, 仍然还有很大的数据缺口, 特别是沼气池的运营和维护成本以及沼气池间接效益的量化数据。即便如此, 对于部分个案做些粗略的分析也会有助于进一步了解沼气池的成本和效益情况。

大部分户用沼气池的容积为6立方米, 8立方米或10立方米, 设计使用寿命20年。图3显示了一个正在建造过程中的典型的农村户用沼气池。沼气池的成本和效益情况在不同的地域也不尽相同, 从东南沿海相对发达地区到中部平原农业区, 再到西部山区和边远地区, 建筑材料、劳动力成本和炊事燃料的市场价格都有明显差别, 环境条件(如温度)对沼气池产气率的影响也有差别。

2.1 成本和费用

户用沼气池的成本主要包括建造费用和运营费用两大块。建造费用主要由三部分组成: 1) 材料(水泥、砂、石子、砖、钢筋、涂料等); 2) 土方开挖和施工建造(技术服务、劳动力、用于浇筑混凝土的模具折旧等); 3) 燃具及配件(管道、阀门、气压表、脱硫器、沼气灶具和灯具)。官方数据显示, 一口八立方米沼气池的建造成本在不同的地区有明显差异, 通常在2250~4850之间, 平均约合3,000元(农业部, 2007a和2012b)。实际建造成本在经济发达地区和偏远山区相对较高, 因为发达地区劳动力的成本较高, 而偏远山区建筑材料的价格和运输成本较高。

运营费用也由三个主要部分组成: 1) 原料(收集或购买); 2) 日常维护(进料出料); 3) 维修或更换零件(气压表、管道和阀门、灶具零部件和沼气灯纱罩等)。在计算户用沼气池的运营成本时往往会遇到一些困难。最容易遇到的困难是发酵原料的价格问题, 农户自产的粪肥类或其他发酵原料虽然通常没有明确的价格, 但其价值又不能忽略不计。

8 用于沼气池建造的模具一般在使用约100次以后需要更换, 每次使用都会造成一定的贬值, 所以, “模具折旧”也需要计入成本。

图3. 建造过程中的户用沼气池 (云南省)



图片来源: 夏祖璋 (2005)

比如, 个别农户或许因自产的畜禽粪便类发酵原料不能满足沼气生产的要求而需要另行购买, 那么仅仅为生产沼气燃料而购买发酵原料就会涉及到是否划算的问题。另外一个常见困难是劳动力投入和劳动力成本的问题。以往, 农村拥有大量的闲置劳动力, 用于沼气池的运行和维护不计入成本也被认为是理所当然的。现在的农村临时用工的市场价格已经显著升高, 所以必须考虑劳动力投入所涉及的费用。事实上, 发酵原料不足和劳动力的短缺已经成为制约农村户用沼气正常使用的重要因素。此外, 由农村沼气服务网点提供的各种服务的

实际成本以及国家对服务网点的补贴费用也应该考虑在内。

除了上面提到的沼气池的建造和运营费用以外, 还有其他一些容易被忽略的因素需要考虑, 比如沼气池占地的成本, 沼气池在高温季节一旦不能正常运转所可能产生的不良气味或造成蚊蝇滋生的潜在风险, 因沼气产量不能完全满足炊事燃料需求而另外置办备用炉具的成本, 以及因用户忽视安全规程擅自进入沼气池内部进行维修或出料而造成的人员窒息甚至死亡的潜在风险。

2.2 产出和收益

户用沼气池的直接产出为沼气和沼肥，其直接收益涵盖生产优质气体燃料、积造有机肥、改善人畜粪便等废弃物的管理、以及在厌氧发酵过程中杀灭病原体等。沼气技术的间接收益包括环境卫生的改善、呼吸道和肠道疾病的较少、土壤肥力和农业生产力的提高、薪柴需求降低对森林生态系统造成的压力减小、打柴和做饭的时间缩短、以及由于能源多样化减轻了对化石燃料的依赖对能源安全和温室气体减排的贡献。这些间接收益都应该在进行沼气项目经济效益分析时予以充分考虑。但从沼气用户自身的角度来看，大部分间接收益都属于外部效益，而且在进行财务或经济效益分析时很难将其量化。

世界银行在一份关于中国沼气建设项目的报告中，使用了一些在5个省225个村2700个农户实地调研得来的数据。虽然该报告并没有试图全面证实农村沼气在环境、经济和卫生方面的效益，但其整体基调还是比较乐观的。调查结果表明，样本区内的户用沼气池发挥了多重效益，比如使用沼气后木柴和农作物秸秆的用量明显减少，炊事更为方便，可以节约妇女的劳动时间，并有益于减少呼吸道疾病的发病率，使用沼肥也可以减少农业生产过程中化肥的用量。该调查也发现，建造沼气池对减少农户煤炭的用量效果不明显，因为煤炭主要用于冬季采暖 (Christiaensen & Heltberg, 2012)。

从经济角度来看，沼气建设对公共利益的影响也应该予以充分考虑，比如室内空气污染减轻和卫生状况改善对居民健康的影响，在微观层面对农户院落和村社环境的影响，在国家层面对森林保护的影响，以及在全球层面对温室气体减排的影响。此外，还包括土壤条件改善对农业生产的影响，以及使用高品位炊事燃料和照明解决方案对减少贫困的影

响。然而，由于大部分间接效益还不能量化，世界银行的这个报告 (2008, 参见文本框二) 仅考虑了环保和农业方面的效益。基于该报告中提出的一系列假定条件，计算结果表明这个以户用沼气建设为核心内容的生态家园项目的经济收益率 (ERR) 在 22-30% 之间，不同省份之间有一定的差别的。最显著的经济收益源自于能源节支 (36%)、节省劳动时间 (34%)、和温室气体减排 (18%) (世界银行, 2008)。

在湖北省恩施州所做的一个案例研究报道，一个典型的户用沼气池每年的环境效益约为 1706 元，其中 61.2% 源自于由于薪柴用量减少而减缓的森林退化，17.3% 源自于节约了畜禽粪便处理的费用，14.1% 源自于沼肥替代化肥节约的费用，6.8% 源自于温室气体减排收益 (张嘉强, 2008)。但该案例所采用的部分假定条件和参数似乎值得商榷。比如，关于畜禽粪便处理的费用，该研究参照了城镇粪便处理的成本，同时又将粪便处理 (沼气发酵) 后得到的沼肥的价值作为收益计算，这似乎是对节支和收益进行了双重计算 (既节约了畜禽粪便的处理成本，又增加了粪便处理后所得沼肥的收益)。实际上，在大部分农村，如果农户没有建造沼气池，畜禽粪便通常会被直接用作农田肥料。

沼气作为生活燃料 (用于炊事和烧水) 的价值，可以根据其所替代的燃料 (液化石油气、煤、木柴) 的价值来计算。计算结果可能会因替代燃料的种类和及其市场价格的差异而发生显著的变化。由于燃料性能相近，沼气的“价值”可以参考液化石油气的市场价格。如果以沼气替代固体生物质燃料 (如木柴) 或煤，则实际节省的燃料开支会大打折扣 (见下文)。类似地，沼肥的价值也可以根据其替代的化肥的价格来计算，尽管这种算法可能

文本框二 建造户用沼气池合算吗？

世界银行发布的中国生态家园项目评估报告（世界银行，2008）可能是迄今为止对中国户用沼气建设项目所做的最全面的一个经济和财务分析（基于2006年9月的数据）。该报告对常规户用沼气池（容积8立方米）进行财务效益分析的主要发现包括以下几点：

- 1) 每年每户节约传统燃料（木柴、农业残余物—比如稻壳和玉米芯、煤炭、液化石油气、电等）约合1.33吨标准煤。
- 2) 年节省劳动力21个工作日，假定其中30%可用于创收活动，劳动力价格每个工作日20元。劳动力的节省主要受以下几个方面时间变化的影响：薪柴采集、炊事、打扫畜禽圈舍、沼肥利用、沼气设施维护。

3) 沼肥（8.4吨沼液，4.2吨沼渣）用于替代化肥；其他假定条件包括

- a. 沼气池建造成本3165元
- b. 零星维修费用每年100元，大修每五年一次，每次费用500元
- c. 农户建池投资按2400元计算，资金占用的利率按6%计算
- d. 沼气池设计寿命20年，预期收益的折现率按12%计算

基于上述参数和假定条件，常规户用沼气池净现值（NPV）的计算结果为1240元。

然而，大部分农户未必能够将全部潜在效益尽收囊中。如果节省的劳动时间不能产生其他收益，且沼肥仅用于替代粪便类肥料而非化肥，那么一口户用沼气池的净现值则为负295元。从财务角度来看，这种情况对吸引个体农户投资建设沼气池比较不利。

忽视了沼肥利用的主要增值点之一在于其能够改善肥料使用的卫生风险，因为经过沼气发酵以后，粪便类原料中大部分病原体被杀灭。实际上，还有不少关于沼气池成本和收益的研究并没有认识到这些问题，倾向于把所有与沼气相关活动的收益，甚至作为发酵原料来源的养殖业和利用沼肥作为肥料的种植业所产生的利润，统统归入沼气池的效益，这样就会大大高估沼气建设的实际收益。

从宏观经济的角度来看，还有必要分析沼气池建造材料和沼气用具的生产运输过程中所消耗能源以

及环境污染物和温室气体排放情况。例如，常用沼气建池材料水泥的生产会涉及煤炭、石油、天然气和电力等各种不同形式的商品能源的消耗。根据水泥行业目前的能源消耗水平，生产一吨水泥大约消耗100kg左右的标准煤并排放1000kg二氧化碳。在进行沼气项目分析评估，特别是在计算沼气项目的实际温室气体减排量时，这些因素也应该予以考虑。

2.3 关键参数

用于户用沼气池成本和收益的计算的关键参数，除建造费用以外还包括几个方面：1) 沼气池运行需要投入的劳动力和劳动力的机会成本；2) 沼气作为生活燃料的参考价格；3) 一年内实际产出和利用的沼气的量；4) 沼气发酵原料和沼肥的价格差异；5) 一年内沼气池能够正常供气的天数。财务评估的最终结果对上述部分参数非常敏感，其中的一些参数取值的变化可以显著地改变成本和收益的数值。由于这些参数的取值范围各地区差别较大，所以很难一概而论户用沼气池的财务可行性。

在决定是否要投资建造沼气池时，农户对直接成本和收益的关注程度要远远高于间接成本和收益。一个8立方米的户用沼气池在正常运行条件下，在冬季漫长的北方地区年产气量估计在300立方米上下，在终年温度适宜的南方地区年产气量在500立方米上下，全国平均约为385立方米（郝先荣&沈丰菊，2006），农户一年内实际使用沼气的量可能比这个数字还要低一些。如果用沼气替代液化石油气，则沼气的参考价格大约为每立方米3.0元。按此计算，户用沼气池每年产出的沼气的价值在北方和南方地区分别为900和1500元。如果沼气池的建造成本定为3000元，为保证沼气池正常运行（日常进出料）需要投入的劳动力为20个工日，那么在中国北方（年产沼气300立方米），除非

劳动力的成本低于每天15元，建造沼气池的投资在五年内无法收回，如果劳动力的成本为每天30元，则需要10年多时间才能收回成本。类似地，在中国南方地区（年产沼气500立方米），如果劳动力成本超过每天45元，建造沼气池的投资需要五年多才能收回，如果劳动力成本超过每天60元，则需要10年多时间才能收回建池投资。这还只是一种静态的计算，而且没有计入小修和燃气器具配件更换的成本。换一种说法，只有当劳动力的机会成本低于每天30元（中国北方）和60元（中国南方），在沼气池20年的寿命周期内才能收回建设投资。这里假定条件为政府为每口沼气池提供的建池补贴为2000元，平均每年维修和更换配件的费用为50元。由此可以看出，劳动力成本是影响户用沼气池成本效益分析结果的最重要的因素之一。从沼气用户自身的角度来看，如果所产沼气仅仅用于替代液化石油气供炊事使用，在沼气池的寿命周期内，其直接经济收益未必超出其建设和运行的总投入。

从政府的角度来看，所有直接和间接的经济收益对于沼气项目的评估都很重要，这关系到政府为沼气建设项目提供资金是否符合经济原则的要求。然而，对个体农户而言，是否要投资建造沼气池，主要取决于沼气池的直接财务收益情况。

9 在常温（10-30°C）条件下，如果发酵原料充足，户用沼气池的池容产气率通常在0.15~0.30m³之间。一个8立方米的沼气池在寒冷季节的日产气量小于1.0立方米，在炎热的季节会超过2.0立方米。目前农村家庭炊事能源的消费水平约合每天1.5立方米。因季节而异，沼气池的实际日产气量可能会多于或少于农户的需求量。

10 在湖北省开展的基于用气量的沼气补贴项目对户用沼气使用情况的划分如下：全年12个月总用气量超过300立方米为“好”，每年200~300立方米为“中”，低于200立方米为“差”（沼气的用量以沼气流量的实际测量结果为准）。

11 沼气“参考价格”的计算依据 - 假设液化石油气的市场价格为7.0元/kg，按等效能量计算，1立方米沼气大约相当于0.42kg液化石油气。

3

资金筹措和沼气开发利用模式

3.1 资金来源

中国户用沼气项目的建设投资涉及到一系列的公共部门和私营机构。建池补贴资金主要来自于中央政府,但省、县两级政府部门通常也提供一定量的匹配资金。在2003~2012年期间,中央政府利用国债资金在沼气行业的累计投资约为315亿元。这项投资拉动了地方政府139亿元的匹配资金和目标受益农户464亿元的投入(农业部,2013)。其中,中央政府投资的大约三分之二用于补贴农村户用沼气建设(王晓君等,2012)。

除了通过农业部门直接下达的农村沼气建设政府预算资金以外,其他政府部门也可能会基于具体的项目计划,在沼气建设方面投入部分资金,这些部门涵盖林业、卫生、扶贫、环保以及少数民族发展等。以四川省为例,该省2009年投入的沼气建设资金高达20亿元,其中17亿元用于户用沼气建设。主要资金来源包括:1)中央政府划拨的农村沼气建设国债项目资金;2)为了扩大内需以应对国际金融危机,中央政府推出了一个特别投资计划,其中的农村基础设施建设子项包含沼气建设资金;3)林业部门退耕还林项目沼气建设专项资金;4)

养殖场大中型沼气工程建设专项资金;5)由中央财政拨款的(2008年地震)灾害后期重建专用资金;6)省政府划拨的扶贫和农村发展资金等(Van Nes & Xia, 2010)。

多边和双边发展机构在支持中国沼气建设方面也起到了重要的作用。例如,世界银行在2008年为中国生态家园建设项目提供了1.2亿美元的贷款,主要用于在五个省开展的农村沼气建设(安徽、重庆、湖北、湖南、广西)。亚洲开发银行(ADB)在2003年为中国提供了3310万美元的贷款用于在四个省开展的户用沼气建设项目(山西、河南、湖北、江西),2010年又提供6608万美元的贷款用于在四个省开展的沼气行业示范项目(黑龙江、河南、江西、山东)。此外,德国发展援助机构(GIZ)还与该亚洲开发银行项目配套提供了460万美元的额外赠款。2009年,法国开发署(AFD)和国际农业发展基金(IFAD)分别为四川省地震灾区农村沼气重建项目提供了5000万美元贷款和2897万美元贷款外加150万美元赠款(陈飞燕,2011)。

民营企业也通过投资沼气用具制造和商品化沼气池生产设施等，积极参与了中国沼气行业的发展进程。全国100多家沼气灶具生产企业的年生产能力已达到1000多万套（李景明&薛梅，2010）。四川省的一家公司据称在玻璃钢沼气池生产设施上投资达到约3亿元（泓奇，2011）。

一些国际非营利、非政府组织（NGO）也通过各种渠道募集项目基金，不同程度地参与了中国农村的沼气建设，比如大自然保护协会、乐施会、世界宣明会和世界自然基金会等。

在清洁发展机制框架之下的碳融资也成为户用沼气的资金来源之一。湖北省恩施州将八个县的3.3万口户用沼气池捆绑在一起进行碳融资，预期10年内每年的收入约为82万美元，其中60%将分配给沼气农户，18%用于沼气技术服务，22%用于监测评估和项目管理（农业部，2009）。该计划第一个半年度的收入已经在2011年8月发放到受益农户手中。在2011-2012年度，中国共有38个户用沼气CDM项目登记注册，地域覆盖八个省份（广西、贵州、河北、河南、湖北、湖南、辽宁、四川）（国家发改委，2013）。

在大多数情况下，目标受益农户承担了沼气池建造费用中很大一部分以及全部的运行维护费用，包括现金和劳动力投入。不同来源的报告显示，受益农户实际承担的建池费用各地差别很大，从只有劳动投入到承担建池总费用的50%~70%（农

业部，2007a）。在以“整村推进”方式开展沼气建设的过程中，也出现过由于村社作为一个整体不能满足沼气建设项目的要求，农户无法获得政府沼气建池补贴的情况。在这种情况下，计划建池的农户要么等待全村列入政府部门的沼气推广计划，要么就需要自筹资金支付全部的建设费用。“整村推进”沼气建设项目规定，一个村庄必须满足一定的要求才能列入沼气建设计划并享受政府补贴，比如全村70%以上的农户必须有能力分担沼气建池的费用并保有一定的畜禽存栏量以保证沼气池正常运转所需要的粪便类原料（农业部，2003）。这种要求在当时也导致了部分希望建池的农户不能及时享受政府提供的沼气建池补贴的问题。

3.2 金融工具和融资机制

政府投资于农村沼气建设项目的主要金融工具是为建池农户直接提供补贴，补贴形式包括现金、建筑材料、沼气用具、或技术服务。其他金融工具如贷款或担保等主要用于大中型沼气工程的建造，很少用于农村户用沼气建设。

中央政府为户用沼气建设提供补贴的数额已经从2003年的每池800~1200元增加到2011年的每池1300~3500元，具体补贴数额因所处地域而异。这个补贴力度大约占户用沼气池建造成本（每池2300~3900元）的三分之二，或“一池三改”总成本的约三分之一（详细情况参见第3.3节）。地方政

12 目前国家建池补贴的标准为东部地区每口沼气池1300元，中部地区每口池1600元，西部地区（包括中国东北三省）2000元，西藏自治区3500元，其他省藏区和南疆三地区3000元（农业部，2011）。

府配套资金可作为沼气推广项目的运营费用使用或者并入国家的补贴一并发放给建池农户。

农村沼气建设国债项目的预算由农业部、国家发改委共同管理。在财政部批准以后，项目资金直接划拨到各省财政厅，再逐级往下划拨到县级财政局。所有的项目资金，无论来自中央政府还是地方政府，都需要划入在银行建立的沼气建设专项账户并统一管理。

各级农村能源办公室负责本行政区域内的项目实施和管理。县级农村能源办公室全面负责本县农村沼气项目的实施，具体职责因地而异，但不外乎以下几个方面的内容：收集目标乡镇农户的建池申请、进行项目规划和初步可行性研究、编制项目预算、提交资金申请、与乡镇政府和村委会签署项目协议、与施工方签署建设合同、监督施工质量、管理沼气用户档案、项目资金管理、后续服务、以及编制项目总结报告等。这样的安排整体看来相当周全，但在实际履行职责的过程中，县级农村能源办公室在人员编制、管理经费和项目管理技能方面往往会受到各种因素的制约，并影响到其履行上述职责的能力。

沼气灶具及配件的采购，一般由主管部门（农业部）通过公开招标集中管理。省级农村能源办公室可以为各项目县从中标企业中批量采购。主要建筑材料和其他沼气设备的采购也需要按照政府采购的程序办理（财政部和农业部，2007）。

从其他渠道得到资助的沼气项目，具体的补贴标准或补助方案各不相同。但通常会将项目资金用于部分或全额资助沼气池的建造，或者在因相对偏远而造成成本较高的项目点，在政府补贴的基础上再提供额外的补贴。也有一些项目根据资助方所关注的领域或地域情况，在国家沼气项目尚未覆盖到的区域，为农村沼气建设提供资金和技术支持。

沼气池的建造和施工安装通常是承包给具有符合一定资质要求和设备条件的沼气服务公司或具有沼气生产工资格认证的个体。建池农户一般还需要提供建池所需的劳动力以及以现金的形式补足享受政府补贴以后建池资金的缺口。

3.3 沼气开发利用模式

为便于沼气池的日常管理并发挥沼气技术的多重效益，农村户用沼气池的设计通常都需要与其“上游”和“下游”关联部分紧密结合。与“上游”部分的关联是为了保证各种发酵原料（如厕所和畜禽圈舍的粪便和污水）能够顺利地进入沼气池。与“下游”部分的关联是为了便于沼气和沼肥的利用，这会涉及到厨房、菜地、食用菌栽培、果园或鱼塘等。各种不同的关联方式，也形成了各种各样的沼气利用模式并创造出了一些中国特色的沼气行话，比如“三结合”、“一池三改”、“三位一体”、“四位一体”、“五配套”。对这些常用术语做个简单介绍，有助于了解中国农村沼气的发展与利用模式。

13 沼气生产工的资格要求参见“沼气生产工国家职业标准”；户用沼气池质量检查验收规范参见国家标准GB/T4751-2002。

“三结合”模式

中国农村户用沼气池的传统布局是将沼气池与厕所和畜圈紧密结合到一起(“三结合”),以便于将人畜粪便及时地投入到沼气发酵池内。这种布局有助于定期投放发酵原料以便生产出足够的沼气满足农户对炊事燃料的需求,同时也可以通过厌氧发酵过程杀灭粪便中的病原体。三结合方案自1950年代起就一直被广泛采用。

“一池三改”模式

“一池三改”要求在建造沼气池的同时改建厨房、厕所和畜禽圈舍。这种改造可以显著改善农村家庭的小环境,也是农村沼气建设国债项目的基本要求。该模式除了将沼气池与厕所和畜禽圈舍结合之外,新增了厨房改造这一重要内容。具体细节参见

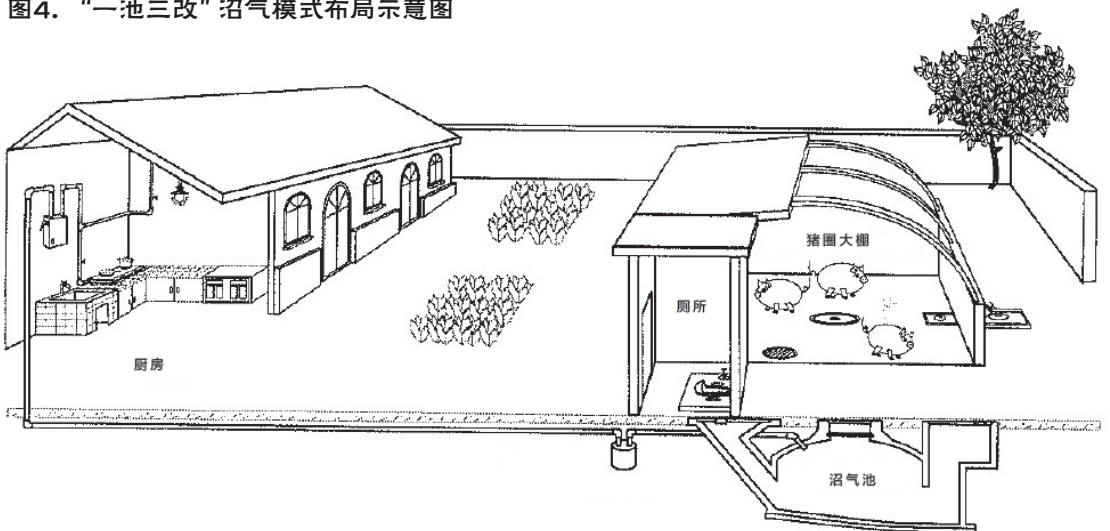
农业部行业标准NY/T1639-2008农村沼气“一池三改”技术规范(农业部,2008)。该规范推荐的建设布局见图4。

“一池三改”的总费用比建造一个简单的沼气池要高出很多,根据地域的差别和改建前基础状况的不同,额外增加的费用通常为沼气池建造成本的四分之一到两倍之间。部分调查结果发现,“三改”率因地而异,从接近100%到低于30%。

南方“三位一体”模式

南方“三位一体”模式的全称是“户用农村能源生态工程-南方模式”。与“三结合”的不同之处在于该模式侧重于沼气发酵残余物的有效利用。

图4. “一池三改”沼气模式布局示意图



参考资料:农业部(2008)

早期的“三位一体”模式也称为“猪—沼—果”模式，利用猪粪生产沼气，然后再把沼气发酵残余物用作果园的肥料。通过这种模式，水果的产量和品质得以改善，农户的收入相应增加，所以这种模式在1980年代在中国南方得以推广，在推广的过程中又逐步衍生出了“猪—沼—菜”、“猪—沼—鱼”、“猪—沼—稻”和“牛—沼—菇”等沼气利用模式。2011年，农业部发布了关于沼气“三位一体”利用模式的行业标准“户用农村能源生态工程南方模式设计施工与使用规范”（NY/T 465-2001）。

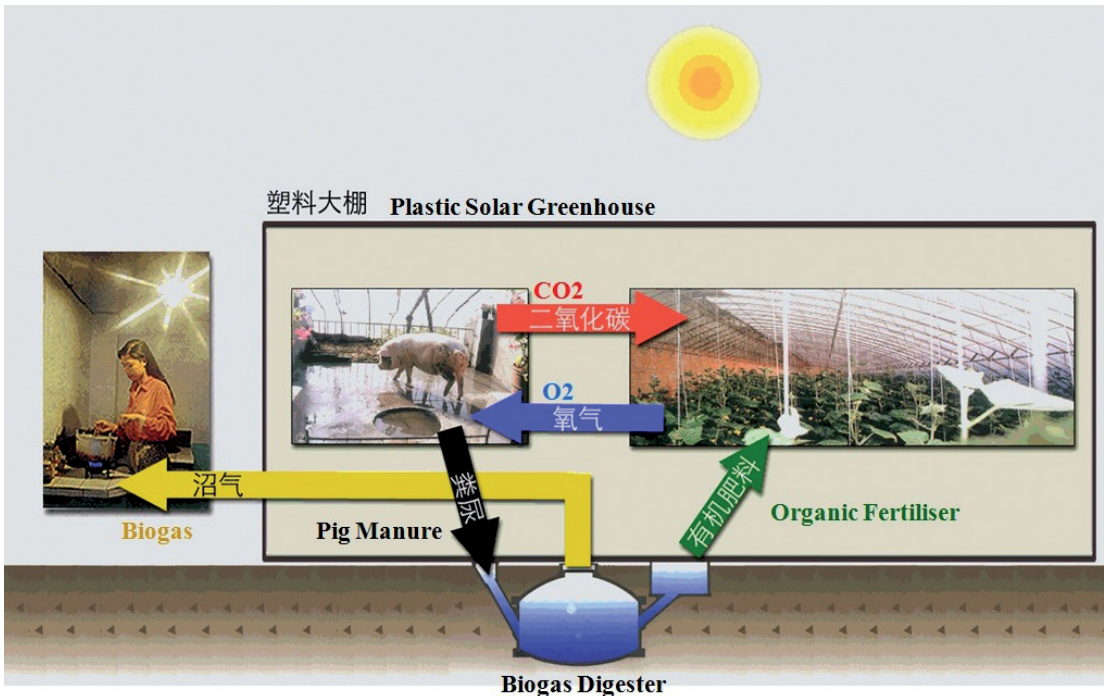
“三位一体”模式的核心价值在于其延伸了沼气技术的价值链，该价值链上的各个环节都会产生一

定的附加值，从而实现了通过沼肥利用增加创收的机会。

北方“四位一体”模式

在“四位一体”模式下，畜圈、厕所和沼气池均建造在一个蔬菜大棚或日光温室内。在北方或高海拔地区的寒冷季节，大棚内较高的温度有利于增加沼气产量、加快家畜生长以及提高蔬菜产量。本模式的相关技术要求参见“户用农村能源生态工程北方模式设计施工和使用规范”（NY/T 466-2001）。

图5. 四位一体沼气利用模式



图片致谢：郝先荣

“四位一体”模式不仅延伸了沼气技术的价值链，而且通过提高温度延长了作物生长和沼气生产的季节。沼气池建造于温室或大棚内部，便于沼肥的有效利用，可以提高水果和蔬菜类作物的附加经济价值。所产沼气也可以用于在大棚内点亮沼气灯以提高棚内温度、补充光照并增加二氧化碳的浓度，以利于改善棚内作物的生长。图5显示了“四位一体”系统各组成部分的相互关系。这种利用模式在部分北方地区特别是辽宁省得以大面积推广。

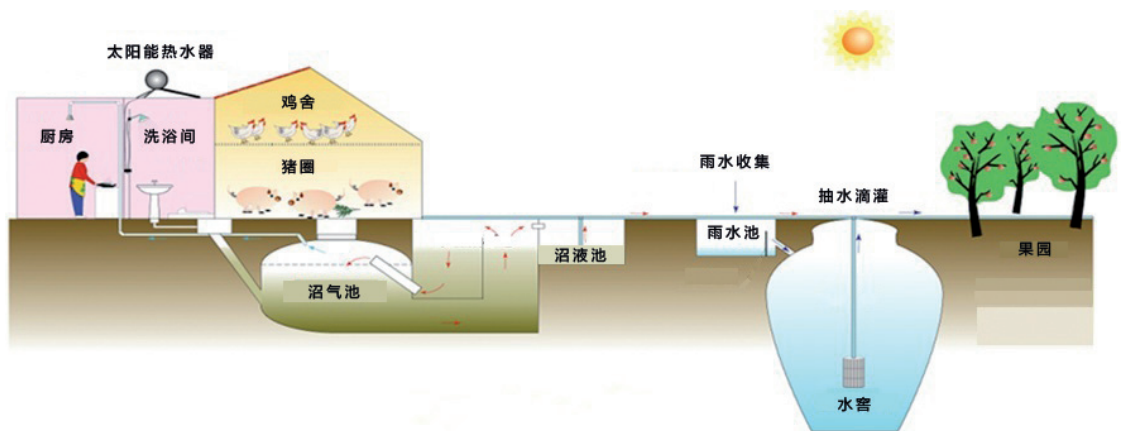
与南方“三位一体”模式的主要不同之处在于，“四位一体”模式增加了温室或大棚这一重要的组成部分，但同时也将系统造价大幅度拉高了3~10

倍甚至更高，整体的造价主要取决于温室的大小（通常在200~400平方米）。这种利用模式的产出值虽然提高了不少，但系统建造投资较大，管理维护对劳动力投入要求较高。

西北“五配套”模式

“五配套”模式主要用于水源短缺的西北干旱地区，那里漫长的冬季严重影响着作物生长和沼气池正常运转的。该模式与“四位一体”模式有一定的相似之处，除了在暖棚或日光温室内建造禽舍、畜圈和沼气池外，还特别建造了一个大容量的水窖（40~60立方米）用于收集并贮存雨水，以改善家庭日常用水的供应并为沼气生产提供便利。其不

图6. 五配套沼气利用模式



图片致谢：西北农林科技大学

同之处在于暖棚只用做禽舍和畜圈，一般不用于蔬菜栽培。沼气池运转产出的沼液，可用与作物的叶面施肥或者与水窖贮存的雨水混合后浇灌果园。“五配套”模式的系统造价主要受水窖大小的影响。这种模式在干旱地区可以明显地减轻对水资源供应的压力，对当地村民有较大的吸引力。

上述几种沼气发展利用模式各有千秋，其适用性也因地而异。其共性所在是以沼气技术为核心，将养殖业、种植业、沼气生产和环境保护等紧密地联系在一起。其中一些综合利用模式有效地延伸了沼气的价值链，具有较好的经济效益，但由于投资不菲，对低收入农户而言有一定的难度。如果仅囿于沼气本身作为炊事燃料利用，沼气建设的经济效益会非常有限，所以需要进一步探讨沼气和沼肥的高附加值利用方式，以提高其综合效益。

除了上述这些比较典型的户用沼气发展模式以外，还有一些其他的农村沼气开发利用方式，比如多个农户联合建造、村级规模沼气池集中供气以及由沼气公司统一负责沼气池的建造和维护等等，但这些模式已经超出了本文深入探讨的范围。

3.4 沼气用户服务

社会化沼气服务体系不足是影响农村沼气正常运转的一个重要障碍。近年来，农村沼气项目的建设重点似乎也有所转移，以往更侧重于沼气池数量的增加以便迅速扩大项目的覆盖面，而近期似乎更强调在实现数量增长的同时，确保已经建成的沼气池能够正常地运转。

2007年，农业部推出了全国农村沼气服务体系建设这一举措，旨在培育以市场为导向的面向农村沼气的服务网点。该项目为在乡、村两级建立沼

气服务网点提供资助。补助资金对参与沼气的个人、公司、机构、协会或合作社开放。资助金额最初确定为东部地区每个服务网点8000元，中部地区1.5万元，西部地区1.9万元（农业部，2007b）。2009年以后调整为东部和中部地区2.5万元，西部地区4.5万元。政府资助通常以提供物资的形式来实现，比如提供沼气设备、用具和沼肥车辆。原则上，这些由国家提供的物资属于当地乡镇政府或村委会所有，按合同或协议租赁供服务商使用。项目要求每个服务点需要覆盖300~500个沼气用户。根据沼气和用户和服务商之间签署的合同条款，相关服务内容可能包括故障排除、沼气池进出料、沼肥临时贮存和运输、以及发酵原料供应等。

截至到2011年底，国家在沼气服务网络建设方面的投入已经达到约25.4亿元。据报道，全国九万多个村级服务网点已经覆盖了75%的沼气用户（农业部，2012d）。沼气服务网络的建设对于提高农村户用沼气池的正常使用率大有裨益，但也面临着系列的挑战。在实际操作层面，仅靠单纯的市场化服务，其可持续性是一个问题。有报道指出，部分服务网点的收益较低，导致了经营困难以及从业人员的流失。虽然也有不少成功的案例，但看来要达到成熟的发展阶段，还有很长的一段路要走，其整体效果也有待进一步的评估。

4

农户对沼气开发利用的态度

一般认为，户用沼气池是符合大多数发展中国家农村实际情况的适用技术。通过对人畜粪便和其他有机废弃物的处理，可以生产出清洁的炊事燃料和优质的有机肥料。尽管拥有各种直接和间接的效益，但沼气技术的推广利用情况在不同的地域仍然有很大的差别。分析农户对沼气池建造和运营维护的态度和意愿有助于进一步了解影响农村沼气行业可持续发展的相关因素。

4.1 农户的支付意愿

农村家庭是政府主导的农村沼气建设项目的直接受益对象。作为基本的社会经济单位，农户同时具有生产者和消费者的双重特征。家庭收入首先用于满足基本的生活需求，然后才会投资于其他生产性和非生产性活动。农户是否愿意在沼气建设方面投入资金和劳动力，在很大程度上取决于沼气技术本身的成本和效益情况以及农户对沼气好处所在的认识。农户的盘算方法虽然不一定很复杂，但同样会涉及到财务决策的基本因素，如成本和收益、利润最大化、风险最小化、及时捕捉机会或者等时机成熟后再采取行动等等。

有很多因素会影响到农户对建造沼气池的投资意愿。虽然罗列一个详细的清单并不容易，但以下几个方面的因素对农户的决策应该有一定的影响。

财务因素

- 1) 在目前全国农村沼气建设项目的框架下，农户需要为沼气池和相关设施的建造支付的现金投入；
- 2) 政府或其他渠道为农户建造沼气池提供的补助金额；
- 3) 目标受益农户的可支配收入水平；
- 4) 建造和运营沼气池的费用与传统的能源获取方式（如薪柴采集）相比，需要额外投入的劳动力以及劳动力的“机会成本”；
- 5) 沼气发酵原料是否需要另行购买及发酵原料的市场价格，以及农户生活垃圾是否需要特别处理以及处理的费用；

14 此处“劳动力的机会成本”指的如果没有将劳动力用于沼气池的建造和运行维护而用于其他创收活动，在正常情况下可能产生的收益。

- 6) 目前用于炊事和照明的能源开支情况, 包括薪柴、农业废弃物、煤炭、液化石油气、煤油、蜡烛和电力;
- 7) 具有相似性能的替代炊事燃料(如液化石油气)的供应情况和市场价格;
- 8) 沼气池出料和沼肥利用的相关费用;
- 9) 沼肥与传统的粪便类肥料和化肥的肥效差别;
- 10) 沼气配件的供应情况以及为沼气池故障排除提供技术支持的普及程度和收费情况。

技术因素

- 1) 畜禽养殖方式和可用于沼气生产的粪便类原料的供应情况;
- 2) 本地环境(如温度条件和供水条件等)是否有利于沼气生产和沼气池建造(涉及到庭院空间大小、土方开挖难度、地下水位高低、土壤承载能力强弱、和雨季的长短等);
- 3) 沼气池的年产气量及其月份分布情况以及所产沼气在满足日常炊事燃料需求方面所占的比重;
- 4) 沼气池和沼气灶具是否会时常出现故障;
- 5) 施工质量及其对沼气池正常运转的影响;
- 6) 沼气池能够改善农户环境卫生的程度, 比如是否会产生难闻的气味, 或者能否有效地减少蚊蝇的滋生。

社会经济因素

- 1) 农户对使用沼气做饭可以缩短炊事时间并腾出更多闲暇时间的预期;
- 2) 利用沼气开展创收活动的潜力;
- 3) 对以往开展的不甚成功的沼气项目的顾虑;
- 4) 沼气池可能带来生命和财产损失的潜在风险, 比如由于忽视安全操作规程, 以往曾经发生过火灾, 偶尔也发生过人员入池出料或维修时导致窒息甚至死亡的严重事故;
- 5) 文化和社会禁忌的影响, 比如部分地区可能会存在不愿意将粪便类原料生产的沼气用于炊事;
- 6) 家庭决策模式与社会性别平等状况。

所有这些因素, 都可以再进一步分解为子因素进行更深入地分析。不同收入水平的农户可能给各个因素赋予不同的权重。这些因素的共同作用, 影响到农户建造沼气池的意愿和最终决策。

河北省的调查结果

在河北省南部五个县200个农户中开展的实地调查发现, 54.5%的受访农户认为沼气池的整体表现良好或基本令人满意, 45.5%的受访户有或多或少的不满意。造成农户不满的主要原因包括在沼气池运行维护方面缺乏必要的技术服务(55.8%), 建池投资较高(21.2%), 沼气发酵原料不足(19.2%), 以及沼气池出料困难(3.9%)(王士超等, 2011)。

云南省的调查结果

在云南省13个县753个样本户中开展的实地调查发现,农户普遍认识到建造沼气的诸多益处,比如可以节约薪柴、节约用电、节省劳动力、以及改善厕所、畜圈和厨房的卫生状况。当地户用沼气的容积一般都在6~18立方米之间(大多数为8立方米),超过98%的沼气建池户享受了200~5000元的政府补贴(平均858元),只有1.7%的农户完全依靠自筹资金建造沼气池。农户在沼气建设方面的现金投入介于100~4400元之间(平均每户1233元)。政府补贴占建池平均现金投入的40.8%。建造沼气的劳动力投入在4~80个人天之间(多数在30个人天左右)。已经建成的户用沼气池中,超过80%在正常使用。沼气池不能正常使用的主要原因包括由于沼气池建造质量问题或沼气管道安装不良造成了沼气泄漏、沼气池没有及时进出料、沼气输气管道堵塞、或沼气灶具出现了小毛病等。该项调查也访问了120个尚未建造沼气的农户,发现他们没有建造沼气池的主要原因包括:1)认为沼气池进出料困难;2)家庭经济困难;3)缺乏劳动力、发酵原料不足或庭院太小没有建造空间;4)认为沼气池产气量不高,效益不好(郑宝华,2010)。

云南省实地调研

一个设施所能够提供的能源服务水平及其运行管理的繁琐程度,对农户是否愿意投资建造的决策也具有显著的影响。例如,大自然保护协会2004~2007年在滇西北开展了绿色乡村信贷项目,当时当地居民的平均年收入约为1000元。该项目同时支持试点村农户建造户用沼气池和安装太阳能热水器,在项目提供补贴以后,农户安装太阳能热水器还需要投入约600元,比建造一个户用沼气的投入要高出四倍,但大多数农户都更愿意投资

安装太阳能热水器,因为它几乎不需要日常维护,而且一年四季都可以产出大量的热水供家庭使用。相对而言,很多户用沼气池即便正常维护,也只能满足农户6~10个月的炊事燃料(中国农村能源企业发展项目,2005)。

个人观察

根据个人观察以及与相关沼气专家的沟通交流,作者认为农村中等和上中等收入水平的农户似乎更愿意投资建造沼气池。高收入农户可以负担得起优质商品燃料的费用,而且往往更看重劳动力投入的成本或者休闲时间价值,所以他们更愿意选择使用高品位的炊事燃料(如液化石油气或电)。低收入家庭通常需要优先考虑基本的生活开支,如粮食、医疗、子女教育、住房改造以及农业生产的基本投入,如种子、化肥、农药等。虽然低收入农户可能更容易从使用高品位气体燃料和沼肥中受益,但他们往往缺乏必要的投资能力。

政府部门对沼气技术推广的投资意愿与目标受益农户有所不同,这是因为政府部门看重的是沼气的综合经济效益,而农户看重的是沼气的直接经济效益。所以,适当的政府补贴可以降低农户在建池费用方面的投入,以激励农村地区开展沼气建设的积极性。然而,过度的补贴或者偏离目标群体的补贴也可能会扭曲部分农户的决策过程,并进而导致一部分沼气池建成后得不到适当的管护和充分的利用。所以,国家的沼气发展政策和激励措施必须充分考虑到沼气建设的外部成本和收益,并且把补贴资金用于支持那些最合适的目标群体,以便创造一个有利的环境,保证目标农户作为沼气池的所有者和经营者,可以不受补贴政策或其他外部因素的过分影响而自主决定是否愿意投资建造,这对于确保建池农户的主人翁意识和沼气

建设供需双方良性互动以及改善沼气建设补贴资金的使用效果都具有重要的影响。

4.2 农户的支付能力

农户的支付意愿在一定程度上反映其花费的优先选择，而支付能力则反映其可支配收入的水平。农村家庭是否可以负担得起沼气建池的费用取决于其收入水平、目前在炊事燃料方面的开支状况（绝对金额以及占总收入的百分比）、沼气池的建设投资和运营费用以及其他各种替代性方案的费用情况。

中国农村的贫困状况

作为一个宏观背景，中国有大约一半的人口居住在农村（根据2010年人口普查结果），其中约三分之二的人口从事农业、林业、畜牧业和渔业。最贫困的农村家庭往往是那些只能从生产率和净利润水平都较低的农业生产活动中的取得大部分收入的农户。2012年中国农村居民的人均年收入已经达到7917元，但不同地区之间差别显著，同一地区内部也可能贫富悬殊。

根据最新的国家贫困线（人均年收入2300元），到2012年底中国仍有约一亿贫困人口，约占全国总人口的十分之一（国务院扶贫办，2013）。大多数贫困人口居住在中、西部地区，特别是在边境地区、少数民族聚居区和偏远山区。根据世界银行的研究结果，近年来中国社会的贫困和不公平的状况如图7所示。根据国家统计局发布的中国统计年报，2011年全国不同地区农村家庭的收入和消费支出情况见表1。

农户的收入和消费支出

农村家庭的能源支出没有在官方统计口径中单独列出，但应该归入“家庭设备及用品支出”这一大类，该大类占农村户均年现金消费支出总额的4.4%~7.4%，介于平均每户每年738~1484元之间（国家统计局，2012b）。相对于农村户均年纯收入14,870~24,084元或者户均年节余7079~11,214元，一口沼气池的建造费用（2250~4850元），对一般户用而言似乎应该不是太大的问题。

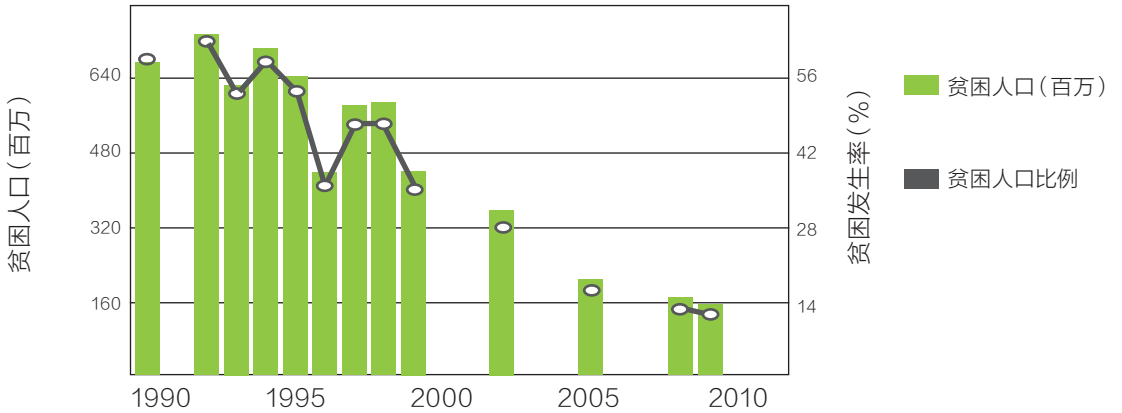
农村收入的地域差别

然而，如果考虑到地区差异和贫富差异，农村低收入家庭的财务状况可能与户均数字有很大的不同。例如，西部地区甘肃省和贵州省的农村人均年纯收入仅相当于东部地区上海市和浙江省的大约三分之一至四分之一（国家统计局，2012c）。就全国平均数字而言，农村贫困家庭的年纯收入仅相当于中等收入农户的36.8%，或高收入农户的16.6%。最贫困五分位组农户和中等偏下收入五分位组农户的年均纯收入分别为15,706元和21,486元，而他们的年现金支出则分别为23,904元和23,509元，年度赤字部分（最贫困农户组平均8198元，中等偏下收入农户组平均2023元）往往需要靠借款来填补。农户家庭偶尔发生的大宗开支，例如建造新房和重大疾病，可能会造成低收入农户债台高筑，多年以后才能全部偿还。相比之下，中等和中等偏上收入组的农户分别有平均1293元和5503元的年度盈余（国家统计局，2012a）。

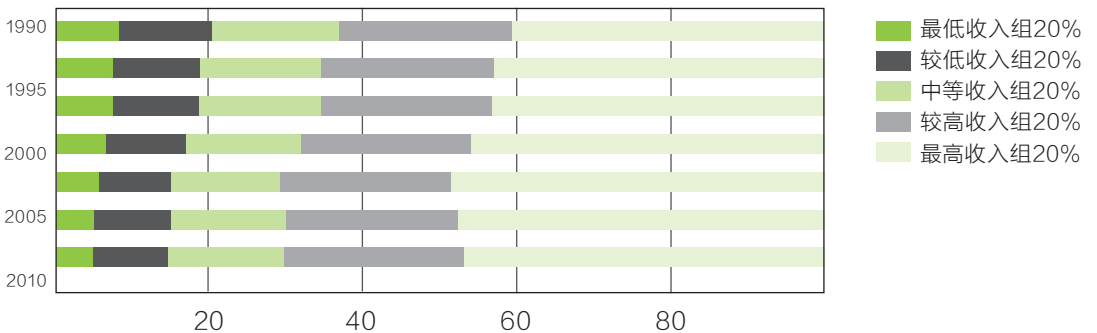
根据这些数字，户用沼气池2250~4850元的建造成本对于收入低于中等水平的农户而言，实际上是一笔不小的费用。即使政府部门在中部地区补贴

图7. 中国社会的贫困和不公平状况

平均每天生活费用在1.25美元以下的人口



收入五分位分布状况



数据来源: 世界银行 (2013)

1600元, 西部地区补贴2000元以后, 部分中低收入农户可能仍然没有承担能力。

但是, 几乎所有商业性的金融机构都认为户用沼气的建设属于非生产性投资, 所以一般不愿意为户用沼气建设提供贷款。农村低收入家庭本来在商

业贷款方面就面临着很大的困难, 更不用说沼气建设贷款。这些农户即使有建造沼气池并自行承担相应费用的愿意, 也未必就具有相应的支付能力, 这在很多情况下也成了是一大挑战。

15 目前很少有报道提及关于 (中国) 户用沼气建设贷款的情况, 沼气贷款一般涉及到的是大中型沼气工程。

表1. 中国农村居民的收入和消费支出（2011年）

	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
户均年纯收入(元)	35,298	25,909	21,949	26,013
工资性收入	52.3%	43.0%	34.5%	25.9%
家庭经营纯收入	35.9%	48.8%	53.0%	59.9%
其他收入 (财产性收入和转移性收入)	11.7%	8.2%	12.5%	14.1%
户均年现金消费支出(元)	24,084	16,932	14,870	16,709
食品	36.4%	34.3%	33.1%	35.1%
衣着	6.7%	7.1%	7.6%	8.9%
居住	18.7%	21.0%	20.9%	16.0%
家庭设备及用品	6.2%	7.4%	6.9%	4.4%
交通通信	12.3%	10.1%	11.9%	11.5%
文教娱乐	8.9%	8.0%	7.6%	9.8%
医疗保健	8.3%	9.4%	9.8%	11.5%
Others	2.6%	2.8%	2.3%	2.9%
平均家庭人口数(人)	3.68	3.97	4.18	3.34

数据来源: 国家统计局 (2012b)

5

关于经验和教训的思考

5.1 积极应对目前存在的问题

中国农村户用沼气的发展规模已经相当庞大，惠及全国约四分之一的农户，受益人口多达一个亿。然而，新近出现的各种问题也为农村沼气行业的健康发展带来了重大的挑战。目前看来，问题主要集中在沼气的正常使用率以及户用沼气的日常管理和维护方面。

关于沼气池正常使用率

关于户用沼气的正常使用率，由于报道来源或研究区域的不同，这一数字差别很大，从30%以下到90%以上。虽然大多数报道并没有对“正常使用率”的概念作出清晰的界定，这些结果至少从侧面也能够反映出了一个事实，即在部分地区有相当一部分的农村户用沼气池不能周年正常运转。

从技术上讲，容积为六到十立方米的户用沼气池在自然温度条件下，未必能够产生足够的沼气，以满足农户全年的炊事燃料需求。在那些寒冷季节沼气发酵料液的温度会降到10°C以下的地区，这也是理所当然的。在低温条件下，无论发酵原料多么充足或者管理维护多么到位，发酵过程也会减慢甚至会停止。实际上，一年之内只有那些地表温度高到足以维持沼气正常发酵的时段，才能算作沼

气池能够正常发挥效能的天数。这段时间的长度在热带和亚热带气候区介于8-12个月之间，在暖温带、中温带和部分高原气候区，介于4-8个月之间，在寒温带和部分高原气候区不到4个月。

考虑到这一点，对沼气池的“正常使用率”的概念进行明确的界定，对于确保不同来源的调查数据具有可比性是至关重要的。2011年，农业部就此提出了以下意见，即在南方地区，如果沼气池在一年之内能够使用八个月，则为“正常使用”，而在北方或高海拔地区，沼气池在一年之内能够使用六个月即为正常。“正常使用率”按调查区域内“正常使用”的沼气池在全部样本中所占的百分比计算（农业部，2011）。这种提法对于对界定“沼气池正常使用率”的概念向前迈出了一大步，但仍然还存在一定的歧义或不同的解读方法，因为它没有区分在“能够使用”的时间段内，沼气池的实际产气量与产气潜力的差别。就沼气用户而言，同时考虑“沼气池的实际产气量接近其最大产气潜力的天数”和“所产沼气在满足农户的燃料需求方面所占的比例”这两个指标，来衡量沼气池“能够使用”的天数，可能更有意义。

建设质量和运营管理的好坏也会影响沼气的产量和实际可利用量。沼气池施工质量不良，可能会造

成沼气的泄漏，减少实际可供使用的沼气量。此外，不适当的进出料也会导致沼气池的产气率降低。由此看来，沼气技术服务的好坏、沼气发酵原料的供应情况以及用在沼气池管护方面投入劳动力的多少，都会影响到沼气池的性能表现及其使用寿命。

关于沼气池的运行维护

关于沼气池的管理维护，有一种流行的说法是户用沼气池能否正常使用，三分在建七分在管。虽然这个说法偶尔也被个别施工单位作为藉口，用于推脱因沼气池建造质量不佳而影响到其正常发挥功效的责任，但它也在一定程度上反映了日常管理和定期维护的重要性，包括适量投料、定期出料和及时排除故障等。

一般来说，户用沼气池的运行和维护算不上复杂，而且沼气技术特别适合农村日常炊事燃料的消费类型（如消费量往往低于城镇居民家庭）以及分散处理人畜粪便以生产有机肥料用于农业生产的需要。当前，沼气池的运行和维护所面临的困难，主要是由于农村情况改变而造成的，比如农村劳动力短缺、劳动力成本增高、以及由于城镇化进程和养殖方式改变所造成的畜禽粪便不足。这些变化为农村户用沼气池的正常运转带来了一定的困难。

如果沼气发酵原料和劳动力不再能够理所当然地免费使用，那么维持沼气池的正常运转就必然会面临新的难题，所以必须寻求解决问题的替代方案，比如依靠社会化的沼气服务承担与沼气池的运行维护和故障排除相关的全部或部分任务。但具备必要的市场竞争能力对确保这些沼气服务机构的生存和发展至关重要。目前，已经初步建立起来的全国农村沼气服务网络只是试图解决这些问题的一个起步点。虽然一些服务模式已经逐步成

型，但这些模式的效果和可持续性还需要经过长期的实践检验。

意见和建议

自2003年以来，中国户用沼气池的数量已经翻了两番，政府部门在沼气行业的累计投资也达到了315亿元以上。无论按任何标准来衡量，中国农村沼气建设项目的规模都是空前的，其发展的势头也不可小觑。然而，到目前为止，似乎仍然缺乏一个对中国农村沼气建设的实际效果所做的全面评估。经过了十多年的快速发展，现在应该是因应农村情况的变化，认真研究农村沼气建设已经出现的各种问题及其产生的根源，并相应调整行业发展策略的最佳时机。

要对农村沼气项目的成本和效益情况进行经济和财务分析，目前还存在大量的数据缺口，特别是各种关于直接和间接投入和收益的量化数据。这些数据的监测和收集难度较大且费时费力，但应该很有必要，因为“一如既往”的做法显然并不是成本最低的解决方案，也不利于规避政府部门在沼气行业大量投资所存在的风险。

值得一提的是，对于沼气行业目前存在的各种问题的负面报道，往往并不是来自于那些长期从事沼气工作研究和推广人员。但这未必意味着那些富有多年工作经验的沼气从业者都没有意识到这些问题的存在，反而很可能在一定程度上反映了他们对于报道这些问题有所顾虑或者存在着潜在的利益冲突。因此，相关主管部门的支持对于全面客观地分析沼气行业存在的问题不可或缺。如果可能的话，应该考虑聘用第三方机构与各利益相关方密切合作进行独立评估。

5.2 改善补贴资金的使用效果

由于对沼气项目的社会经济收益的关注超出了对沼气技术为个体沼气用户带来的直接经济收益的关注，政府部门认为对沼气行业的发展进行补贴是合理的。但是，社会上对于沼气建设补贴资金的使用效果也很关心。

建池补贴和绩效补贴

目前，沼气建池补贴资金的划拨是依据经主管部门批准并列入国家沼气建设计划的拟建沼气池的数量来确定的。县级农村能源办公室收集农户的建池申请后，提交项目资金申请供上级主管部门审批。一旦获得批准，即可得到国家划拨的沼气建池项目补贴资金的指标。在通过质量检查验收后，即可支付建池补贴资金。而沼气池在后期的运行效果如何，一般不会在建池补贴资金的发放产生实质性的影响。这在一定程度上造成了部分由政府补贴建造的沼气池的实际运行效果远低于其应有的潜力，甚至在建成后不久就被废弃。在个别情况下，还出现过因沼气项目长期未能完工，已经分配的沼气建池补贴资金无法划拨的情况（农业部，2012a）。而另一方面，也有一些农户需要等到沼气建设项目覆盖到他们的村庄后，才能享受到沼气建池补贴。这种对政府提供建池补贴的预期，可能会阻碍农户自费建造沼气池的意愿。

采用基于项目产出或绩效的补贴方案，或许有利于避免类似上述问题的发生。绩效补贴的发放与沼气池的建造质量和沼气池建成后的使用效果挂钩。建池服务可以承包给符合资质要求的沼气公司，这些承包公司首先利用自有资金或优惠贷款，先行垫资为目标农户建造沼气池。在任务圆满完工并交付使用，经主管部门验收合格后，承包单位才能得到由政府提供的建池补贴资金。在这种方

案下，服务提供者需要筹集建池的前期投资并承担项目失败的风险。列入建池计划的目标农户也可以在多个合格承包商之中自行选择施工单位。相比之下，传统的补贴方式通常需要在建池开始前将补贴资金划拨到位，而基于绩效的补贴要等到项目产出或结果出来以后才需要划拨补贴资金。这种做法可以为项目的实施提供创新激励机制，并有利于调动私营部门的专业技能和资金投入。

以往成功实施的各种绩效补贴类项目，已经探索出了影响其成败的关键因素，包括有效的监管体系、积极可靠的服务商群体、补贴的支付与项目产出紧密联系、运营和维护成本的回收以及企业融资的有利环境等。如果要这种做法应用到中国户用沼气建设项目，还需要考虑相关管理费用和市场的成熟度的问题，但显然值得通过试点试验进一步地加以探索。

补贴建池还是补贴用气

为了提高沼气池的正常使用率，以用气量为基础的补贴或奖励方案已经在部分地区开展了试点。根据这个方案，政府部门根据沼气用户一年内实际使用的沼气量提供现金奖励补贴。比如，一年内沼气实际使用量超过300立方米（使用情况“好”）的农户可以得到200~260元的奖励；沼气实际使用量在200~300立方米之间（使用情况“一般”）的农户可以得到150~200元的奖励；年使用量不到200立方米（使用情况“差”）的沼气用户，不能获得任何奖励。据报道，这种做法可以激发沼气用户管护沼气池或使用沼气社会化服务的积极性，能够将户用沼气池的正常使用率提高约10%。

该试点试验项目也从侧面反映出了沼气主管部门目前更关注已建成沼气池的实际使用效果而不仅仅是沼气建池数量这一心态方面的变化。由于沼

气池建造本身已经享受了政府补贴,而这些用于鼓励农户改善沼气使用效果的额外奖励,又会涉及到经常性的补贴,所以其成效和推广潜力可能需要仔细评估。如果把补贴沼气建池看作是一种“推力”,则奖励沼气的使用可以视作一种“拉力”。如果一个地区的沼气建设需要这两个方面的努力才能前行,那么或许可以讲农村户用沼气建设实际面临的挑战相当强大。显然,户用沼气并不像部分人想象的那样是一个“一劳永逸”的解决方案。正如前文的分析,沼气池的直接经济收益是对部分农户相当可观,但不是对所有的农户都是这样,或者说对部分农户而言,可能经济上并不划算。

智能补贴

如何更有效地利用补贴资金来弥补由于市场导向对公共服务供给所造成的限制,一直是一个普遍受到关注的问题。精心设计的补贴方案应该能够加快技术的推广速度并促进制度的演变,但不应该干扰到目标受益群体的决策行为。比较理想的情况是使用补贴资金可以创造条件以拉动额外的投资,且不需要主管部门提供长期性、经常性的补贴。如果在补贴撤销以后,目标群体不能明显地觉察到产品价格和服务质量任何显著差别,则可以认为补贴是有效的。在补贴方案的设计阶段,最好能考虑到补贴的退出策略以及停止补贴可能产生的影响。目前看来,中国农村沼气建设项目似乎并没有事先制订出这种退出策略,因此,如果沼气建设补贴突然退出,可能会对中国户用沼气行业的发展具有显著的影响。

智能补贴方式曾经在其他国家的农业、供水、公租房和农村电信行业广泛试用,这种做法对中国农村沼气建设项目改善补贴资金的使用效果应该有一定的启发。比如,或许可以考虑发放沼气建设补贴券,补贴券的使用既有一定的灵活性(可以针对目

标农户,也可以用于合格的沼气供应商),又有一定的限制(只能用于沼气建设、不可转让、有一定的使用时限等)。

5.3 强化沼气建设的益贫机制

目前中国农村沼气建设项目的补贴方案已经区别对待不同地域之间收入水平的差异,但没能顾及同一个地域或社区内部收入水平的差别。这样做虽然便于沼气项目实施机构确定项目实施地点和目标收益农户,并避免了触及按农户收入水平差异区别对待不同农户这种比较敏感的问题,但这样的安排也可能造成部分中低收入农户因自身支付能力较弱而不能享受政府为沼气建池提供的补贴,即便这些农户完全有可能属于最容易从沼气技术受益的社会群体。一方面,补贴有可能打乱部分贫困农户消费开支的优先顺序,他们可能会因为不愿意失去享受政府提供的沼气建池补贴的机会而倾力建造了沼气池,但随后又发现沼气池的运行维护也不容易。另一方面,一些高收入农户可能因为有政府的补贴才建造了沼气池,但建成后又不愿意花太多的时间做好沼气池的日常管理和维护。

以往,以“整村推进”方式开展的沼气建设项目倾向于把项目点优先安排在这些多数农户符合建池条件又有建池愿意的村庄,而不是普遍顾及分散在不同村社的那些有建池要求的农户。这样做虽然有助于实现项目实施的规模效益并降低项目的运营成本,但也可能会妨碍了部分农户享受政府建池补贴的机会。如果一个村社内只有部分农户具备建造沼气池的条件和意愿,该村社作为一个整体因为不符合“整村推进”的标准还没有被列入沼气建设计划,那么这些农户可能就将没有资格得到国家提供的建池补贴,他们要么完全靠自费建造沼气池,要么继续等待直到本村列入到当地的沼气建设计划之内。

无论是为高收入农户提供沼气建池补贴，还是以整村推进的方式安排沼气项目，其实并不存在对错的问题，最重要的是项目的推广可以产生社会效益。但从社会学的角度来看，任何能够更有效地利用社会资源为最需要帮助的群体提供及时援助，并最大限度地提高项目社会效益的替代方案都值得进一步的探讨。在很多情况下，公共投资必须在效率优先还是公平优先之间进行权衡。由于中国农村存在显著收入差别，中低收入农户可能无力承担沼气建设的费用，但这些农户或许完全有能力提供足够的沼气发酵原料并具备管护好沼气池的能力。所以，如何强化沼气建设的益贫机制是一个非常值得探索的问题。沼气建设项目的益贫成分可以包括增大对低收入农户的补贴数额、提供更高效的社会化服务或者改进技术支持的力度等多种形式。

5.4 结语

中国的农村沼气项目已经覆盖了全国约四分之一的农户，惠及大约一亿人口。中央和地方政府以及国际组织的资金援助对户用沼气技术的大面积推广起到了重要作用。各地在推广的过程中也摸索出了各种改善沼气技术多重效益的利用模式。

经济的快速发展和城镇化进程的加快为中国农村带来了巨大的变化并且显著改变了农村沼气建设的发展背景。农户缺乏沼气发酵原料和用于维护沼气池正常运转的劳动力，以及沼气社会化服务力度不足等一系列的问题和挑战已经逐步显现出来。再加上户用沼气池本身的财务表现和市场竞争力并不总是令人满意，所有这些因素加在一起造成了大量的农村户用沼气池不能充分发挥其技术潜力，甚至被废弃不用。为了解决这些问题，各级沼气主管部门也在积极探索各种应对措施，比如农村沼气服务网络建设、开发替代发酵原料（如麦

秸和稻草等农业残余物）、拓展户用沼气池的价值链以及引入乡村集中供气沼气工程等。

由于普遍认为户用沼气池的社会经济效益超出了其对个体农户的直接经济利益，政府部门一直在为户用沼气池的建造和维护提供大量的补贴。在农村发生了巨大变化的新形势下，重新评估沼气项目经济效益评价中所采用的参数和假定条件，有利于证实国家继续提供沼气建设补贴的合理性和必要性。

中国农村沼气行业的发展目前似乎走到了一个十字路口，政府在沼气建设方面的投资很可能会逐步减少。如果国家沼气补贴资金明显减少甚至完全退出，那么农村沼气建设和利用规模能否维持并延续近年来的发展势头就会成为一个问题。一般认为，补贴是一把双刃剑，它既可以通过纠正市场失灵来促进社会福利，也可能会扭曲市场主体的行为特征并反过来导致社会效率降低。为了避免“一刀切”的做法，还应该提高政府补贴资金的使用效率和效果方面做大量的工作。

由于农村户用沼气池的整个财务表现不一，农民的收入差别悬殊，所以不同地域的农户建造和管理户用沼气池的意愿和支付能力也大相径庭。在贫困地区，部分中低收入农户或许还在为筹集沼气建池资金犯愁。如果户用沼气池的经济可行性没有问题，那么益贫的沼气建设补贴机制就应该适当加强，以更好地促进包容性的社会经济发展。

从更广泛的角度来看，小规模分散式的沼气利用对许多发展中国家的农村地区而言仍然是一项适用技术。撇开沼气建设的各种益处不谈，如果发展中国家大多数的农村人口转变基本的能源利用方式，从可以在当地开发利用的可再生能源转移到商品化的化石燃料，这将对经济发展和环境保护产

生巨大的影响, 并会波及到国家能源保障乃至全球能源供需形势。所以, 不管在中国还是其他国家, 克服目前存在的各种障碍并及时解决已经显现出来的各种问题, 对于沼气行业的健康和可持续发展都具有十分重要的意义。

参考文献

- 中国农村能源行业协会(2012): 中国农村能源行业2012年度发展报告.北京
- 中国老科学技术工作者协会(2008): 关于加快农村沼气服务体系建设的建议.北京
- 陈飞燕(2011): 国外贷款灾后重建沼气项目完工.四川日报, 2011年11月1日
- Christiaensen, L. and Heltberg, R. (2012): 绿化中国的农村能源 - 关于小型农户沼气发展潜力的新视点 (Greening China's Rural Energy - New Insights on the Potential of Smallholder Biogas). 世界银行发展研究组, 华盛顿
- 中国农村能源企业发展项目(2005): 绿色乡村信贷. 大自然保护协会中国项目办, 昆明
- 崔晓林, 马玉忠 (2009): “非正常报废”的数万个沼气池. 中国经济周刊, 2009年第34期
- 丁冬, 郑风田(2013): 我国农村沼气池建设和使用影响因素研究- 基于贵州丹寨县130个村的调研分析. 西部论坛, 2013年第 23卷第2期
- 董照锋等(2012): 山区农村沼气发展问题调查研究. 农学学报, 2012年第2卷第1期
- Fraenkel, P.L. (1986): 水提升设备, 联合国粮食与农业组织灌溉和排水报告第43号, 联合国粮食与农业组织, 罗马。参照 www.fao.org/docrep/010/ah810e/AH810E13.htm
- 郝先荣(2011): 中国农村沼气后续服务体系建设 (Development of post-installation services within the National Biogas Programme of China). 第三届国际沼气研讨会发言材料, 印度尼西亚万隆, 2011年11月22日
- 郝先荣, 沈丰菊(2006): 户用沼气池综合效益评价方法. 可再生能源, 2006年2期
- 泓奇(2011): 公司简介. 成都泓奇实业股份有限公司网站, www.hongqizhaoqi.com/about.asp (访问日期: 2013年6月10日)

- 李景明(2012): 中国农村沼气发展现状 (Domestic biogas programme in China). 第四届国际沼气研讨会发言材料, 中国成都, 2012年11月20日
- 李景明, 薛梅(2010): 中国沼气产业发展的回顾与展望. 可再生能源, 2010年第3期
- 农业部(2013): 创新思路多措并举努力开创农村沼气建设新局面. 中国沼气, 2013年第31卷第1期
- 农业部(2012a): 关于农村沼气项目建设与管理专项检查情况的通报. 农业部文件
- 农业部(2012b): 不同区域户用沼气建池成本. 农业部生态家园项目网站
- 农业部(2012c): 推广户用秸秆沼气破解原料短缺难题. 农业部网站
- 农业部(2012d): 农村沼气建设力求五大转变. 农业部网站
- 农业部(2011): 农村沼气建设和使用考核评价办法. 农业部文件
- 农业部(2009a): 我国户用沼气清洁发展机制(CDM)项目注册成功. 中央人民政府网站, www.gov.cn/gzdt/2009-02/23/content_1240220.htm (访问日期: 2013年6月20日)
- 农业部(2009b): 关于开展农村沼气大培训和回访活动的通知. 农业部文件
- 农业部(2008): 农村沼气一池三改技术规范. 中华人民共和国农业行业标准, 2008年5月16日发布
- 农业部(2007a): 全国农村沼气工程建设规划(2006-2010年). 农业部文件
- 农业部(2007b): 全国农村沼气服务体系建设方案. 农业部文件
- 农业部(2003): 农村沼气建设国债项目管理办法. 农业部文件
- 农业部, 财政部(2003): 农村沼气项目建设资金管理办法. 农业部、财政部文件
- 国家统计局(2012a): 按收入五等份分农村居民家庭基本情况(2011年). 中国统计年报2012, 中国统计出版社, 北京
- 国家统计局(2012b): 东、中、西部及东北地区农村居民家庭基本情况(2011年). 中国统计年报2012, 中国统计出版社, 北京
- 国家统计局(2012c): 各地区按来源分农村居民家庭人均纯收入(2011年). 中国统计年报2012, 中国统计出版社, 北京
- 国家发改委(2013): 中国清洁发展机制数据库. <http://cdm.ccchina.gov.cn> (访问日期: 2013年6月9日)
- 国家发改委(2012): 可再生能源发展“十二五”规划. 国家发改委文件

- 国务院扶贫办(2013):全国农村扶贫对象下降至9899万人.北京
- Van Nes, W. and Xia, Z. (2010): 在“共有能源伙伴关系项目”框架下识别中国户用沼气研究机构和实施机构(Identification of Knowledge Institutes and Implementing Partner Organisations on Domestic Biogas in PR China in the Framework of the Energy for All Partnership)。SNV荷兰发展组织,海牙
- 王珏(2011):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年第4期
- 王士超等(2011):农户采用小型户用沼气意愿影响因素的定量分析.中国生态农业学报,2011年第3期
- 王晓荣等(2011):农村沼气国债项目经济效益审计发现问题及解决对策.理论观察,2011年第3期
- 王晓君,屠云璋,陈晓夫(2012):中国户用沼气发展现状及建议.农业工程技术·新能源产业,2012年第11期
- 世界银行(2013):中国贫困和不平等状况(Poverty and equity in China)、世界银行网站<http://povertydata.worldbank.org/poverty/country/CHN>(访问日期:2013年6月25日)
- 世界银行(2008):中国生态家园项目项目评估文件(Project Appraisal Document for China Eco-Farming Project)、世界银行东亚和太平洋地区可持续发展局农村发展自然资源与环境处
- 张嘉强(2008):农户沼气使用及生态环境效益评价--来自恩施州的证据.华中农业大学博士学位论文,2008年5月,武汉
- 郑宝华(2010):完善服务体系是加强农村户用沼气建设工作的当务之急--云南省750户农户问卷调查.中国沼气,2010年第4期



Knowledge
Products

研究报告

2014年11月

能源

关键词：
户用沼气，资金补贴，成本效益评估，能源获取

中国农村沼气建设项目已经惠及到大约全国四分之一的农户，约一亿人口。沼气技术可以将人畜粪便等有机废弃物转化为清洁的炊事燃料和有机肥料，以替代化石燃料、薪柴和无机化肥。中央和地方政府的大力度投资以及部分国际组织的援助，对沼气技术在中国农村的规模化推广起到了重要的推动作用。与此同时，全国各地也探索出了各种各样的沼气发展和利用模式。

中国农村沼气行业的发展目前似乎走到了一个十字路口，政府在沼气建设方面的投资很可能会逐步减少。政府补贴是一把双刃剑，它既可以通过纠正市场失灵来促进社会福利，也可能会扭曲市场主体的行为特征并反过来导致社会效率降低。为了避免“一刀切”的做法，还应该提高沼气建池补贴资金的使用效率和效果方面做大量的工作。

从更广泛的角度来看，小规模分散式的沼气利用对许多发展中国的农村地区而言仍然是一项适用技术。撇开沼气建设的各种益处不谈，如果发展中国家大多数的农村人口转变基本的能源利用方式，从可以在当地开发利用的可再生能源转移到商品化的化石燃料，这将对经济发展和环境保护产生巨大的影响，并会波及到国家能源保障乃至全球能源供需形势。所以，克服目前存在的各种障碍并及时解决已经显现出来的各种问题，对于沼气行业的健康和可持续发展都具有十分重要的意义。

国际环境与发展研究所 (IIED) 是一家独立的政策研究机构。IIED与低收入国家和中等收入国家的相关机构携手合作，以共同应对重大的全球问题——气候变化、城市化、自然资源承受的压力以及各种塑造市场的关键因素。IIED在能源方面工作旨在应对能源贫困和能源安全问题，包括支持为贫困人口提供可持续且可普及的能源服务，促进在生物燃料、石油和天然气等大规模能源行业的发展方面更负责任的做法，以及激发关于能源政策改革的辩论。



International Institute for Environment and Development

80-86 Gray's Inn Road

London WC1X 8NH

UK

Tel: +44 (0)20 3463 7399

Fax: +44 (0)20 3514 9055

Email: info@iied.org

www.iied.org



本研究得到了英国政府的资助，但本文的观点未必反映英国政府的观点

ISBN 978-1-78431-139-1