

中小型生物质气化炉清洁发展机制 (CDM) 项目减排效益分析

张剑波¹, 李建新^{2*}, 郑皎², 王永川², 袁镇福¹

(1. 浙江大学能源清洁利用国家重点实验室, 杭州 310027; 2. 浙江大学宁波理工学院, 宁波 315100)

摘要: 为了促进中小企业实现清洁发展机制 (CDM), 推广生物质气化炉项目。以 4 t 燃煤锅炉改造为例, 利用清洁发展机制理事会批准的方法学 AM0036、IPCC 排放系数以及相关文献, 对生物质气化炉温室气体的减排量和减排效益进行计算。结果表明清洁发展机制可以对生物质气化炉的推广起到良好的促进作用。并对中小企业如何实行生物质气化炉 CDM 项目开发提出了一些建议。

关键词: 生物质, 燃气, 排放, 清洁发展机制, 效益

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.z1.056

中图分类号: TK6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-Supp.1-0291-04

张剑波, 李建新, 郑皎, 等. 中小型生物质气化炉清洁发展机制 (CDM) 项目减排效益分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 291-294.

Zhang Jianbo, Li Jianxin, Zheng Jiao, et al. Clean Development Mechanism (CDM) project mitigation benefits of small and medium-sized biomass gasifiers [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(Supp.1): 291-294. (in Chinese with English abstract)

0 引言

清洁发展机制 (clean development mechanism, CDM) 是联合国为了保护全球气候和减少温室气体排放, 1997 年通过谈判制定了《京都议定书》中确定的履约机制之一^[1-2]。CDM 允许联合国气候变化框架公约附件一所列的发达国家在非附件一缔约方 (发展国) 投资实施温室气体 (greenhouse gas, GHG) 减排项目并据此获得所产生的经核证的减排量, 以便帮助他们履行他们在《京都议定书》中所承诺的约束性 GHG 减排义务。同时 CDM 项目为东道主国家的可持续发展做出贡献。这样 CDM 被看成是一种双赢的合作机制。

随着中国经济持续快速发展, 工业化、城镇化进程加快, 居民消费结构升级换代, 能源需求不断增长, 中国迫切需要改变目前的能源结构, 开发新的可持续能源^[3]。生物质能具有清洁安全以及可持续等特点^[4-5]。中国是一个农业大国, 每年秸秆产量近 7 亿 t, 而农业加工业的废弃物则高达 8 000 多万 t, 长期以来, 由于缺乏生物质资源的高效利用技术, 50% 以上生物质资源用作农村居民的生活燃料, 能量转换效率低。生物质气化是目前一种重要的转化形式, 能量转化效率比固态生物质的直燃有很大的提高^[6-8]。

中国大部分批准的生物质 CDM 项目以生物质气化和直燃发电为主^[9-11], 这些都是大型的 CDM 项目。目前在许多乡镇企业、中小城镇居民区等场所, 大量运行着

容量为 1~6 t/h 的中小锅炉, 担负着提供生产用汽或采暖的任务。我国由于燃煤引起的烟尘和粉尘排放总量近 2 000 万 t, 而造成这种情况的主要原因是燃煤锅炉, 尤其是中小型锅炉^[12]。由于地理位置的原因, 热电厂无法集中供热, 所以其存在又具有合理性。这些锅炉大都远离城市, 靠近农村, 具有秸秆收集成本低的优势。如果中小型燃煤锅炉能够使用生物质气化炉, 将对环保具有重要的意义。本文以某纺织企业为例, 将 4 t 的燃煤锅炉改为生物质气化直燃炉, 分析其温室气体减排能力, 并探讨其经济效益, 为开发提供合理性建议, 为以后此类型的 CDM 项目开发提供指导。

1 生物质气化炉技术的介绍

1.1 生物质气化炉工艺的描述

本方案采用气化与燃烧组合方式实现生物质的能源利用, 取代化石燃料。具体的工艺流程为: 生物质经加料器连续给入气化炉, 预热的空气由炉底进入气化炉。在气化炉内经历热解反应, 同时与空气发生部分氧化和还原反应, 生成可燃气体。燃气进入旋风分离器, 将燃气中的灰份分离下来后, 高温燃气经净化降温后通过管道直接送入燃气锅炉, 代替化石燃料燃烧, 产生蒸汽供工业或者生活使用。

生物质气化以农作物秸秆为原料, 硫、氮含量极低, 烟气的主要成分为 CO₂、CO、H₂、CH₄ 等, SO₂、NO_x 等含量极少, 减少了燃煤对于环境的影响。项目本身利用农作物秸秆气化, 属于再生资源的综合利用, 目前我国绝大部分这类资源被白白焚烧或低值利用, 污染环境。因此生物质气化具有双重减排效益。此外秸秆收入对农民增收、新农村建设具有重要促进作用。

收稿日期: 2011-01-06 修订日期: 2011-02-15

基金项目: 宁波市自然科学基金 (1143257B802)

作者简介: 张剑波 (1986-), 男, 安徽庐江人, 硕士, 研究方向: 生物质气化。杭州 浙江大学, 310027。Email: zhang396150649@163.com

*通信作者: 李建新 (1967-), 女, 河北衡水人, 教授, 研究方向: 从事能源高效利用、节能技术及生物质资源化再利用领域研究。宁波 浙江大学宁波理工学院, 315100。Email: li-jx@nit.zju.edu.cn

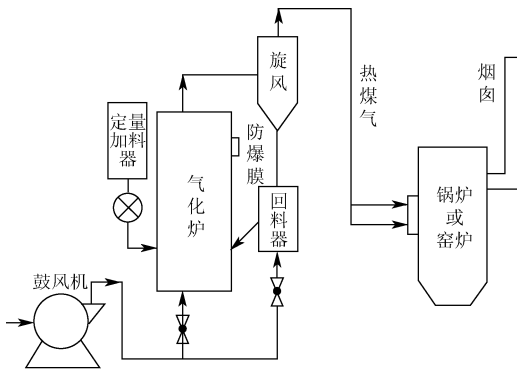
图1 典型生物质流化床气化炉流程图^[13]

Fig.1 Flow diagram of typical biomass circulating fluidized bed gasifier

1.2 不考虑 CDM 时经济效益分析

1 台 4 t 燃煤锅炉改为生物质气化炉的前期投资保守估计约为 40 万, 燃煤锅炉耗煤量 0.7 t/h, 运行时间为 5 000 h/a, 价格为 800 元/t, 煤的成本为 280 万元/a。生物质气化炉生物质消耗量 1.5 t/h, 价格为 400 元/t, 生物质成本为 300 万元/a。由于是改造项目, 原来的人员费用和部分运行费用不予考虑。生物质维修费和管理费需要 4 万/a。

如果不考虑温室气体的减排效益, 燃煤锅炉改为生物质气化炉净收益为负值, 年亏损 24 万元。因此, 虽然生物质气化可以带来很好的环境和社会效益, 但是对于企业来说没有任何投资的吸引力。

2 生物质气化炉的 CO₂ 减排效益

2.1 基准线情景温室气体排放量估算

基准线情景指的是在无 CDM 项目活动时, 为了提供和 CDM 项目相同的产品或服务, 可能出现的情景。基准线情景的识别是 CDM 方法学的最核心内容之一。生物质气化炉的基准线情景按照供热和生物质废弃物的利用来考虑。第一部分为生物质替代化石燃料带来的减排量。第二部分为生物质废弃物处理时候的甲烷 (CH₄) 排放。本文采用《联合国气候变化框架公约》CDM 执行理事会 (EB) 批准的“AM0036 供热锅炉使用生物质废弃物替代化石燃料”来计算排放量^[14]。

2.1.1 基准线下燃煤 CO₂ 排放

燃煤的 CO₂ 排放量计算公式为

$$C_{\text{coal}} = C \times (C_p - C_s) \times C_o \times 44/12 \quad (1)$$

式中, C_{coal} 是燃煤的 CO₂ 排放量, t; C 是燃煤消耗量, t; C_p 是含碳量, %; C_s 是产品固碳量, %; C_o 是碳氧化率, %; 44/12 是相对分子质量与碳原子质量之比。固碳量 C_s 在一般能源消费中不予考虑, 含碳量 C_p 为燃料热值与碳排放系数之积。对于 II 类的烟煤热值为 0.0209 TJ/t, 碳排放系数为 24.26 t/TJ, t 碳氧化率为 88.9%^[16], 一年的消耗量为 3 500 t。带入公式 (1) 中得到每年 CO₂ 排放量为 5 848.5 t。

2.1.2 基准线下 CH₄ 的排放

生物质废弃物使用最可能的基准线情景是生物质废

弃物被弃置在厌氧的情况下任其腐败, 或没有作为能源的非控制方式的燃烧。针对自然腐败和非控制燃烧, 为保守估计, 基线排放计算是假设生物质以非控制燃烧的方式烧掉。

对于 CH₄ 的排放系数, 在没有更精确的信息, 采用方法学预设 CH₄ 的排放系数 0.0027; 甲烷全球变暖的影响值为 21。年消耗生物质质量为 7 500 t。计算出每年 CO₂ 排放量 425.25 t。

2.2 项目情景下温室气体排放量的估算

项目的排放是 CDM 情景下项目本身造成的排放。生物质气化炉的项目排放包括厂内化石燃料和电力消耗的 CO₂ 排放, 厂外运输生物质废弃物的 CO₂ 排放以及生物质供热 CH₄ 的排放。

由于采用生物质气化技术, 整个过程不需要化石燃料。生物质气化炉耗电量为 40 kW·h⁻¹, 按照每年 5 000 h 的运行时间计算, 年耗电量为 200 MW。按照^[16]等计算的常规燃料发电二氧化碳排放系数 1.378t CO₂/(MW·h), 电力消耗每年 CO₂ 排放量为 275.6 t。

生物质气化炉年消耗生物质为 7 500 t, 用一个 15 t 卡车在 50 km 的范围内, 平均来回运输里程为 60 km, 全年的里程为 30 000 km。根据 IPCC 推荐的运输过程中 CO₂ 的排放系数为 1 097 g/km。运输过程中每年 CO₂ 排放量 32.91 t。

生物质气化的过程中产生的 CH₄ 气体被用做了锅炉的燃气, 所以不存在 CH₄ 的排放。

2.3 项目泄露

泄露指的是在项目边界外由于 CDM 项目活动导致的温室气体排放的可测量变化^[17]。生物质气化炉的泄露主要来自于化石燃料排放的增加或者其他生物质废弃物的利用的增加。生物质气化过程中这些潜在的排放已经在基准线和项目排放考虑, 所以项目的泄露量为 0。

2.4 CDM 项目温室气体减排量的计算

CDM 项目的总减排量等于基准线情况下的每年 CO₂ 排放减去项目情景下和项目泄露情况下造成的 CO₂ 排放。根据上面的计算基准线下的 CO₂ 总排放为 6 273.75 t/a, 项目情景下的 CO₂ 排放为 308.51 t/a, 泄漏量为 0。因此, 项目产生的 CO₂ 减排量为 5 965.24 t/a。

2.5 CDM 下生物质气化炉的减排效益及额外性分析

根据 CDM 的规定, 一个合格的项目至少要满足 3 个方面的要求: 可以带来真实的、长期的和可测量的温室气体减排效益; 可以促进该国的可持续发展; 具有额外性。

额外性是指 CDM 项目活动所产生的减排量相对于基准线是额外的。即这种项目活动没有外来的 CDM 支持, 存在诸如财务技术和政策方面的竞争劣势和障碍因素, 靠国内的条件难以实现, 因而减排量没有 CDM 时就难以产生。对于生物质气化炉项目来说, 其 CDM 受到以下因素影响。

1) 经济因素 当没有 CDM 的状况下, 生物质气化炉为亏本状态。当存在 CDM 的情况下, 根据国家发改委规

定的不得低于 9.5 美元/t^[18]。按照价格 10 美元/t, 1 美元兑换 6.62 元人民币计算。这样生物质气化炉每年的 CDM 收益就达到了 39.49 万元。除去每年因为成本亏损 24 万元, 这样每年收益为 15.49 万元。2.5 a 可收回前期投资, 这样对企业来说具有市场竞争力和投资吸引力。

2) 技术因素 生物质气化炉相比普通的锅炉, 其制造水平与发达国家存在差距, 很多技术不是特别的成熟, 在使用上对人员素质要求更高。因此存在技术上的障碍。

基于以上 2 点, 生物质气化炉具有额外性。此外, 生物质气化炉具有明显的温室气体减排效果, 减少燃煤锅炉的使用, 节约化石燃料, 改善中国能源的结构, 与我国可持续发展目标一致, 具有很好的环境和社会效益。可以作为一个合格的清洁发展机制的项目。

3 项目开发的建议

根据中国清洁发展机制网站资料, 目前中国基本供热锅炉使用生物质废弃物替代化石国家发改委批准的项目有 6 个, 都是一些大型集团的改造项目, 其中最大的改造项目减排量达到 671 096 tCO₂/a, 很少有中小企业的项目。最主要因为每个燃煤锅炉的减排量都不是特别的大, 因此需要项目捆绑才能实施, 最好可以使一个工业区捆绑进行。这样可以降低交易成本, 风险共担, 促进此类 CDM 项目的开发。

此外由于 CDM 项目从建设到最后的批准, 需要经过东道主和联合国的审评程序等, 这样会给业主带来额外的开发成本。即使是在 CDM 项目能够带来丰厚收益的条件下, 由于 CDM 项目高额的交易费用, 很多中小企业根本无法在短期内抽调资金去承担。这需要政府的支持, 为建立项目基金, 邀请有经验的机构筛选符合项目, 统一进行, 促进此类小规模项目在中国的发展^[19]。

4 结 论

生物质气化具有很好的社会效益和环保效益。文中 4 t 燃煤锅炉替代为生物质气化炉, 年排放温室气体的当量为 5965.24 t/a, 具有较好的温室气体减排效益。生物质气化炉的推广依赖于出售的减排量资金。单个项目减排量不大, 可以通过捆绑模式, 集中申请, 提高项目的市场竞争力。

[参 考 文 献]

- [1] Unfccc. The Kyoto Protocol to the convention of Climate change[R]. <http://www.unfccc.de>, 1997.
- [2] 吕学都, 刘德顺. 清洁发展机制在中国[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [3] 江泽民. 对中国能源问题的思考[J]. 上海交通大学学报, 2008, 42(3): 345—348.
Jiang Zemin. Reflections on energy issues in China[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2008, 42(3): 345—348. (in Chinese with English abstract)
- [4] 周中仁, 吴文良. 生物质能研究现状及展望[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 12—15.

- Zhou Zhongren, Wu Wenliang. Status quo and prospects of biomass energy[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(12): 12—15. (in Chinese with English abstract)
- [5] 孙永明, 李国学, 张夫道, 等. 中国农业废弃物资源化现状与发展战略[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 169—174.
Sun Yongming, Li Guoxue, Zhang Fudao, et al. Status quo and developmental strategy of agricultural residues resources in China[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(8): 169—174. (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘荣厚. 生物质能工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [7] 蒋剑春, 应浩, 戴伟娣, 等. 锥形流化床生物质气化技术和工程[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 211—215.
Jiang Jianchun, Ying Hao, Dai Weidi et al. Technology and engineering of biomass gasification with conical fluidized-bed[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(8): 169—174. (in Chinese with English abstract)
- [8] 陈百明, 张正峰, 陈安宁. 农作物秸秆气化利用技术与商业化经营案例分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 124—128.
Chen Baiming, Zhang Zhengfeng, Chen Anning. Case analysis of crop straw gasification use technology and commercialization operation[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(10): 124—128. (in Chinese with English abstract)
- [9] 罗玉和, 丁力行. 生物质直燃发电 CDM 项目可持续性的能值评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 224—229.
Luo Yuhe, Ding Lixing. Sustainability evaluation on CDM project of biomass direct combustion power generation based on emergy theory[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(12): 224—229. (in Chinese with English abstract)
- [10] 王伟, 赵黛青, 郑舜鹏. 清洁发展机制 (CDM) 对促进生物质气化发电技术的作用分析[J]. 太阳能学报, 2006, 27(2): 205—207.
Wang Wei, Zhao Daiqing, Zheng Shunpeng. Cdm promoting influence analysis of biomass gasification power generation project[J]. Acta Energetica Solaris Sinica, 2007, 28(1): 86—89. (in Chinese with English abstract)
- [11] Rikke Lybæk. Discovering market opportunities for future CDM projects in Asia based on biomass combined heat and power production and supply of district heating[J]. Energy for Sustainable Development, 2008, 12(2): 34—38.
- [12] 曹文忠. 中小型锅炉烟气脱硫的技术探讨[J]. 山西建筑, 2004, 30(12): 96—99.
Cao Wenzhong. Flue gas desulfurization technology of medium and small sized boilers[J]. Shanxi Architecture, 2004, 30(12): 96—99. (in Chinese with English abstract)
- [13] 郭东彦, 伊晓路, 张卫杰, 等. 生物质气化煤气直燃供热 [C]//中国生物质能科学技术论坛论文, 2007.
- [14] UNFCCC.AM0036[EB/OL]. <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/7P3CG1OWTTS3XX0N9XKCENFI050SH6/view.html>. 2002.

- [15] 张培栋, 李新荣, 杨艳丽, 等. 中国大中型沼气工程温室气体减排效益分析[J]. 农业工程学报, 2006, 26(1): 263—267. Zhang Peidong, Li Xinrong, Yang Yanli, et al. Greenhouse gas mitigation benefits of large and middle-scale biogas project in China[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 26(1): 263 — 267. (in Chinese with English abstract)
- [16] 刘尚余. 可再生能源领域 CDM 项目开发的关键问题研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2006. Liu Shangyu. Research on Key Issues about Development of CDM Projects in Renewable Energy Field [D]. He Fei: Research on key issues about development of CDM projects in renewable energy field, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [17] 段茂盛, 周胜. 清洁发展机制方法学应用指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [18] 搜狐财经. 中小企业逐力碳交易[EB/OL]. <http://business.sohu.com/20100122/n269766621.shtml>, 2010-1-22/2011-1-6.
- [19] 陈磊山, 姜冬梅, 刘庆强, 等. 我国小型 CDM 项目开发障碍及其对策研究[J]. 环境科学保护, 2008, 34(6): 45—48. Chen Leishan, Jiang Dongmei, Liu Qingqiang, et al. Research on development status and countermeasures of small scale CDM projects in China[J]. Environmental Protection Science. 2008, 34(6): 45—48. (in Chinese with English abstract)

Clean Development Mechanism (CDM) project mitigation benefits of small and medium-sized biomass gasifiers

Zhang Jianbo¹, Li Jianxin^{2*}, Zheng Jiao², Wang Yongchuan², Yuan Zhenfu¹

(1. State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, China)

Abstract: In order to promote the small and medium-sized enterprises to achieve clean development mechanism(CDM) and spread biomass gasifier, four tons of coal boiler transform improvement was studied as an example. Greenhouse gas emission reductions of biomass gasifier were calculated by using methodology AM0036 approved by CDM-EB, IPCC emission coefficient and related references. The results showed that CDM could play a good role in spreading biomass gasifier. Some suggestions on how to implement biomass gasifier were made for enterprises.

Key words: biomass, fuels, emissions, CDM, benefits