

中国农村生物质集中供气工程建设与管理模式

魏泉源¹, 王凯军^{2*}, 宋英豪¹, 徐冬利³

(1. 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037; 2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084;
3. 北京联合创业建设工程有限公司, 北京 100013)

摘 要: 该文着重分析中国农村生物质气化站建设与运行管理中存在的问题, 提出生物质集中供气工程的建设及运行管理模式, 并对运营模式进行了综合分析。提出农村气化站的燃气输配应以集中制气管网输送及车载配送为主, 采取政府引导、企业带动、社会参与、多方投入的产业建设机制, 实现专业化运营管理模式, 从而解决制约生物质气化技术推广的关键问题。

关键词: 生物质, 热解, 建设, 气化, 运营模式, 集中制气, 区域配送

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.05.057

中图分类号: Q77

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-5-0303-05

魏泉源, 王凯军, 宋英豪, 等. 中国农村生物质集中供气工程建设与管理模式[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 303-307.

Wei Quanyuan, Wang Kaijun, Song Yinghao, et al. Construction and management mode of biomass centralized gas supply engineering in rural China[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(5): 303-307. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中提出了中国可再生能源发展目标, 推动了包括生物质气化在内的生物质能产业的快速发展。生物质能作为农村能源的重要组成部分, 在中国农村经济发展中将发挥重要作用, 它的合理开发和利用将有效地弥补农村地区能源需求和供给的不足, 扩大农村可再生能源的消费比例, 降低石油、煤炭等化石能源的消耗强度, 同时对农村生态环境保护也将起到积极的推动作用, 对增加优质能源供应、缓解国家能源压力、保护环境及促进可持续发展具有重大的现实意义。但从总体上看, 中国生物质能开发利用仍处在发展的初期阶段, 无论集中还是分散应用, 传统氧化法还是热解技术, 从应用、设备和市场等诸多方面均存在一些问题, 应吸取国内外应用经验, 予以高度重视^[1,2]。应重点解决以下问题:

- 1) 生物质的利用采用村村点火的分散利用方式, 还是采用集中制气, 分散利用方式?
- 2) 重点解决技术(氧化或热解)选择问题, 还是解决生物质成型燃料生产网络和流通问题?
- 3) 如何提高生物质能利用的综合效益和推广问题?

1 农村生物质气化推广的瓶颈

为了提高农村居民生活的水平和质量, 减少农业废

弃物污染, 延长秸秆综合利用的循环经济链, 改善农村居民能源利用条件, 中国政府从 20 世纪 80 年代末就开始投资为农村居民建设生物质气化站供炊事用气, 至今已建设了 500 多座生物质气化站, 成为中国新农村建设的一个重要组成部分。但是, 目前相当一部分生物质气化站处于歇业状态, 影响气化站正常运行的因素是多方面的, 除技术问题外, 管理和经济问题也影响了气化站的正常运转^[3]。农村生物质气化站存在的主要问题如下:

1.1 技术问题

目前, 绝大多数气化站采用氧化法制气技术, 突出的技术问题是所供应的燃气热值和清洁度低。这是由于采用空气或氧气作为气化剂, 将生物质转化为单一的燃气制品, 按照人工煤气组分气相色谱分析法(GB 10410.1)分析所得的生物质气中氮气的含量通常在 50%左右, 虽然产气量较大, 但燃气热值维持在较低水平, 约为 4500 kJ/m³。而生物质原料中的水分及挥发分含量高, 固定碳含量相对较低, 使得生物质燃气中的焦油含量较高, 工程运行初期 3~5 个月内没有问题, 经过一定时间的运行后, 输配管网会出现严重的焦油堵塞问题, 直至无法运行^[4]。另外氧化法制气产量大, 气体净化去除焦油投资大, 技术难度大, 很难达到国家标准《人工煤气》(GB13621-1992)的相关要求。

除此之外, 采用氧化法制气技术除燃气外不生成其他产品, 运行成本较高, 难以实现自负盈亏及回收成本, 不利于生物质的高效综合利用, 也制约了农村集中供气项目的推广。

1.2 安全问题

由于氧化法制气的可燃成份以 CO 和 H₂ 为主, 燃气热值较低, 焦油含量较高, 燃气支管和灶具容易附着焦油, 易发生灭火而不停气现象, 存在 CO 中毒隐患; 同时,

收稿日期: 2008-11-24 修订日期: 2009-05-19

作者简介: 魏泉源 (1979-), 男, 山东德州人, 助理研究员, 主要从事生物质能综合利用技术研究。北京 北京市环境保护科学研究院, 100037。

Email: quanyuan_wei@163.com

*通讯作者: 王凯军, 男, 教授, 主要从事水环境保护与可再生资源利用研究。北京 清华大学环境科学与工程系, 100084。

Email: wkj-iej@vip.163.com

农村气化站采用间歇式运行,最频繁的一天开 3 次,从而造成设备开停时进入氧气的可能性增加,易引发爆炸,安全隐患增加^[5];更为严重的是气化站规模小、操作人员不专业、无专业维护人员、无化验人员,没有建立多级参与的安全保障体系。

1.3 经济问题

一般建设规模小(一般为 100~500 户左右),一村一站,从而造成总体投资过大,各站运行效率低,设备闲置率高。目前已建的许多气化站,一般为国家和村镇作为新农村建设项目或示范项目的投资建设,所以不讲投资回报;同时,各站的运行成本也较高,一般是作为村镇政府给农村居民的福利,没有走向自负盈亏的经营模式。从投资和运行上均不利于生物质利用技术的产业化推广。而且相对于煤炭等传统能源,生物质能源密度低,收集也有一定的季节性,使得原材料收集和生组织困难,收集加工及存储运输成本高,也制约了生物质发展^[6]。

2 村镇生物质气化工程的建设原则和技术

2.1 生物质燃气制取技术

农村生物质气化生产技术的选择应像城市煤气厂一样,第一原则就是产气质量能够满足国家标准,国家标准是安全保证和经济可靠的首要条件;其次,考虑燃气生产过程中的综合利用问题,以生产过程中的其他副产品来补偿运营费用,尽可能降低用气村民的用气费用,同时,在生产技术上成熟可靠,能够最大程度地保证系统的安全。

目前能够把生物质变成生物质燃气的技术主要包括氧化法制气和热解干馏制气 2 种,从 2 种燃气技术的利用经验来看,特点各不相同,对上述选择原则的适应程度也不相同。氧化制气生产技术简单成熟,是人工煤气生产最早应用的技术,但是该技术所生产的燃气热值在 4500 kJ/m^3 左右^[7],无法达到国家标准,由于燃气主要成分是 CO ,给居民供气存在安全隐患较大,在日本一般不直接供给居民,而采用直接燃烧发电或锅炉供热,中国广州能源所采用流化床技术也是作为直接发电加以利用。以水蒸气为气化剂的水煤气热值相对较高可以达到 11000 kJ/m^3 ,但仍然不能达到国家标准要求^[8],而且生产成本比较高,不宜作为农村民用燃气工程推广。

中温热解干馏制气的燃气品质可以满足国家《人工煤气标准》(热值可达 14700 kJ/m^3),生产成本远低于水煤气^[9],除了可供居民炊事之外还可用于发电,如与太阳能等其他方式结合,可同时解决照明、洗浴及取暖等日常生活用能问题。最重要的是该法的副产品木炭、木焦油等具有较高的经济价值,从而能够补偿生物质燃气生产成本,还可有一定的盈余。在技术成熟程度上,热解生产技术是中国目前已经成功应用的工艺。因此,新型农村生物质气化站选择中温热解干馏技术具有一定的优越性。热解干馏制气的工艺流程见图 1。

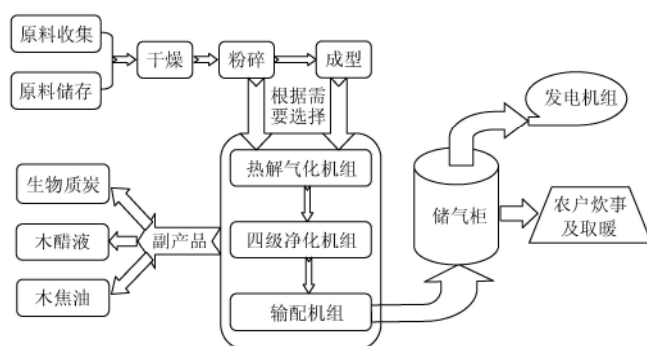


图 1 热解干馏制气工艺流程图

Fig.1 Flow diagram of pyrdysis and gasification process

2.2 气化站建设规模和燃气输、配技术

生物质气化站建设利用模式比较多,但是应根据不同村庄的不同条件进行选择与推广。成型气化、直接气化是集中利用模式的 2 种主要方式,这 2 种方式都把生产过程进行了集中,利于生产设施的运行维护和系统安全。因此,应积极推广该种模式。从适用性来看,适用经济水平较高的村庄。至于这 2 种方式应主推哪种,可以根据该地区采暖问题解决的方式来选定。

生物质气输配可以采用 2 种方式。一种方式是集中方式,就是在资源比较丰富的地方修建具有较大规模的气化站,用气村内只修建管网和储气设备,由集中气化站采用加压汽车运输的方式向各村配气,形成集中制气、区域配送的新模式,大大方便气化站的运行管理,减少因气化站生产过程带来的安全事故。另一种是分散方式,就是在偏远不易配送的村庄每个村修建一个气化站,就地设计输配管网和气柜。根据已有的实践经验,综合考虑资源收集、存储、运输半径及输送压力对管径的要求等因素,以气化站为中心,半径 5 km (7850 hm^2) 范围内确定供气范围,即气站至用户的管道最长铺设距离在 5 km 以内为宜。

尽管目前农村居民的很多生活习惯与城市有一定差别,但是在炊事用能的规律上与城市居民没有太大差别。因此,生物质燃气输配技术的选择上应与城市燃气输配技术的选择原则一样,应严格按照《城镇燃气设计规范》(GB 50028—1993)进行。在输配管网施工质量上按照《燃气输配工程施工及验收规范》(CJJ 33—1989)和《燃气室内工程设计施工验收技术规定》(DB11/T 301—2005)进行,这样就可以最大程度地保证用气村民的安全。在用气调节上,储气量按设计规范进行,也应不少于日供气量的 $0.4\sim0.6$ 倍。储气设备选择上可以根据当地的实际情况选用高压储气、干式气柜或湿式气柜^[10]。

2.3 原料的储存和加工技术

生物质的特点是产生的季节性强、堆积密度低,大量堆放占据土地并影响观瞻,是造成农村村容村貌脏、乱、差的主要原因。另外,原始原料的储存和加工技术对气化站的运行方式也有重要的影响。生物质加工利用不能仅仅局限于从满足单个场站需求的角度考虑问题,因为已经证明单单以满足农村家庭用气的角度,一户农户一年最多消耗 2 t 秸秆。这样的量对于解决大部分农村

地区产生大量的废弃秸秆问题，可以说是杯水车薪^[11]。

以作物秸秆为主要原料的地区，采取挤压打捆的方式可将堆积密度控制在 $0.2 \sim 0.4 \text{ t/m}^3$ 左右，在雨季和非收割季节储存所需要的秸秆，但还是需要占比较大的场地。通过冷压或热压成型生产固体燃料，可以大大减少生物质的体积便于生物质的运输、储存和使用。解决生物质特别是农村秸秆的收、储、运问题，是生物质规模化、产业化利用的关键所在。国家应该通过大力发展农村管道燃气的举措，建设中国村镇管道燃气体系，解决城乡一体化的思路，从而带动生物质固体燃料集约化的生产和供应基地建设，不仅为当地制气站服务，同时可供应其他生物质利用方式（如户用炉具等）的需求，最终为国家可再生能源战略服务，彻底解决局部地区秸秆污染问题，促进秸秆加工、销售和相关生产的产业发展^[12]。

3 新型农村生物质气化站的建设和运行模式

3.1 促进生物质产品加工、利用的商业化，实现热解气化产物的高值利用

如前所述，以村为单位的制气站生物质消耗量较少，生物质加工很难形成规模化生产，造成单位产品的成本居高不下。因此，生物质燃气工程建设应该选择生物质产量较大，人口相对密集的地区。集中建设生物质储存、加工基地，生产的产品在满足当地生产需求的同时可以辐射周边的村镇。从而有效解决局部地区的农业废弃物的消纳问题，降低生产成本，提高经济效益，节约气化站建设成本。

采用中温热解干馏技术的新型生物质气化站，原料供应的多少直接决定了副产品生产量的多少，通过副产品的回收利用来保证系统的收支平衡。因此气化站可以通过扩大规模效益，多利用原料，多产副产品来实现收支平衡，在利用农业废弃物的同时，又增加农村居民收入^[13]。

3.2 鼓励企业化、专业化运营管理模式

目前，很多农村生物质气化站无法正常运转的一个重要原因就是管理不善，气化站能否正常运转关键在于管理。根据管道燃气系统的运行管理经验，燃气工程的运行管理应由专业人员和专业的公司来完成。新型农村生物质气化站在建设完成后，也应由专业的公司负责专业化运营，进行燃气生产和副产品的销售等管理工作。对于具有建设能力和运行能力的企业来说，新型农村生物质气化站是按照设计、建设和运营（DBO）的模式进行，当市场成熟时，也可采用建设、运营、移交（BOT）的建设方式。当前，作为农村居民福利性质的农村生物质气化站建设的投资主体仍然是政府，运行公司通过专业化的运营和制气副产品的综合收益，实现企业的盈利。

只有专业化企业运营达到一定的规模，才有可能建立完整的操作、维修、化验和销售队伍，更好地为气化站运行服务。同时，随着气化站数量的增加达到一定的规模效益，又可将单个气化站的微利或亏损变成企业可以接受的利润。北京联合创业建设工程有限公司已经开始了这种设计、建设和运营模式的尝试，提出一种新型企业化运行模式，见图2。

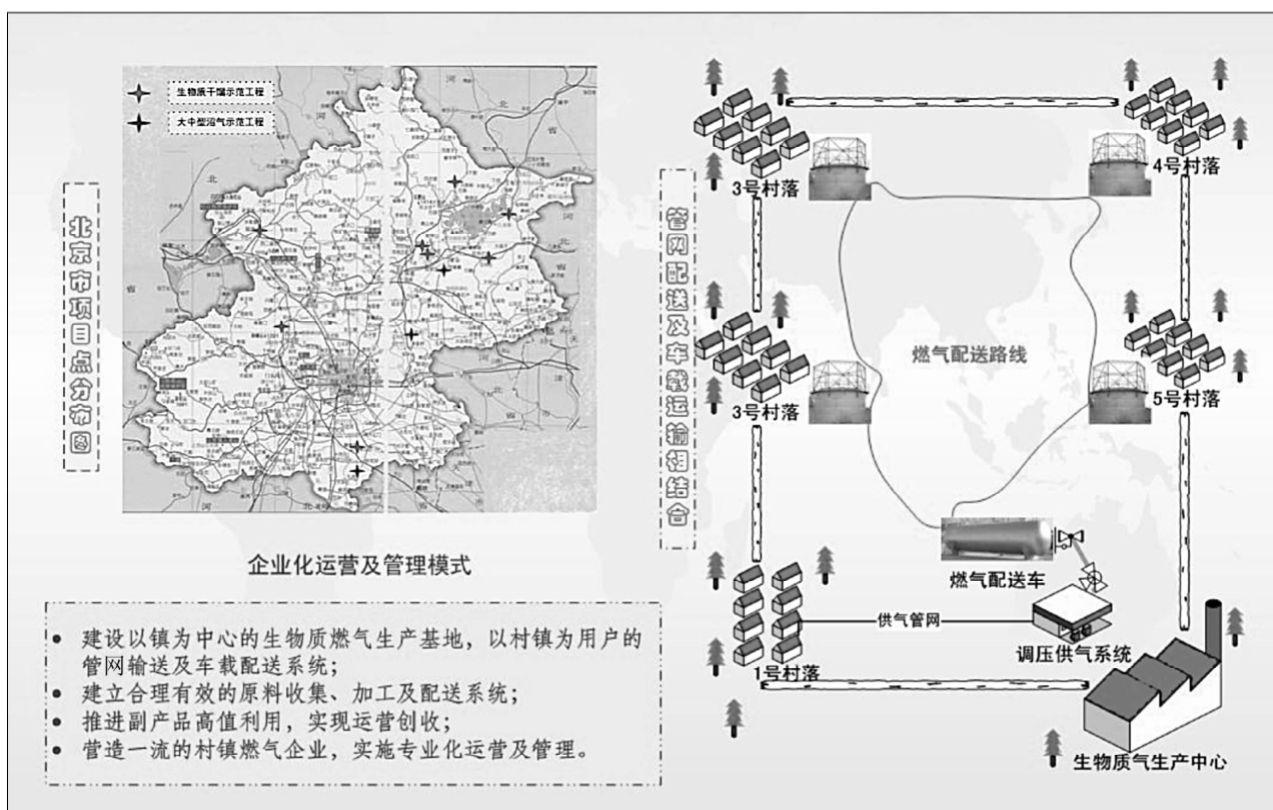


图2 新型生物质干馏生产运营及管理模式

Fig.2 Pyrolysis of biomass production of the new operating and management mode

4 农村生物质燃气工程的技术经济分析

4.1 燃气定价机制

农村生物质气化站所提供的燃气价格是非常敏感的政策性问题,燃气价格太高,成为农村居民的负担;价格太低,增加了气化站的运行负荷,气化站的正常运作将受到影响。从市场的角度,价格制定的原则是按照符合国家质量标准的产品,置换天然气所替代的价值来定价。同时,生物质气价格应该根据居民的接受程度来确定。最直接的对比是罐装液化石油气目前价格为 120 元左右/罐(15 kg),3~5 口人的家庭,一般可用 1.5~2 个月,村民每月的燃气支出为 60~80 元;生物质热解所产的燃气,平均每户用气量约在 0.8~1.2 m³/d,每月的用气量为 24~36 m³。按照不高于液化气使用费用的原则,生物质燃气价格应在 1.60 元/m³ 以上,实际工程中生物质燃气价格一般定在 1.5 元/m³ 左右^[14]。

4.2 经济平衡核算

经济效益是农村生物质气化站长期稳定运行的关键。表 1 以供气 200 户的气化站为例,对项目收支情况进行核算。

表 1 新型生物质气化站(200 户)年收支一览表
Table 1 List of income and expenditure of new biomass gasification station (200 households)

项 目	单 位	单 价/元	数 量	总 价/万元	合 计/万元
生物质原料	t	450.00	365	16.43	
电	kWh	0.65	29200	3.64	
支 出					25.77
净化剂	t	2000.00	1.5	0.30	
人工费	人	12000.00	2	2.40	
维修费				1.50	
不可预见				1.50	
燃气	m ³	1.50	82125	12.32	
收 入					35.60
炭	t	2000.00	82.13	16.43	
木醋液	t	600.00	68.44	4.11	
木焦油	t	3000.00	9.13	2.74	

目前 200 户规模的生物质气化站的投资一般在 150 万元左右(不含入户管网),根据实际情况略有变化。从上表可以看出,200 户气化站的年盈余约在 9 万元左右,如采用规模化生产以及集中制气、区域配送的方式,将会进一步扩大项目的经济效益^[15]。

5 结论与建议

农村生物质气化站要重点解决经济性和安全问题,这也是制约目前农村生物质气化站运行的两个关键因素。最终实现建设以镇为中心的生物质燃气生产基地,以村镇为用户的管网输送及车载配送系统,营造一流的村镇燃气企业,实施专业化运营管理,为项目持续发展提供可靠的经济保障,共创乡村、政府、企业共赢局面,推进项目的产业化进程,促进社会主义新农村建设的发展。从而避免以村为单位的燃气站建设的重复性,减少一次性建设投资,提高运行效率,降低运行成本,减少安全隐患。建议有关部门能够大力提倡和扶持新型农村

生物质气化站的建设和运行模式的创新,从而在新农村建设中为农村居民提供方便、安全、实惠的新型能源。建议如下:

1) 中国村镇的规模相对较小,建设规模化的集中管道供气系统投资大,经济效益较低,应该发展集中制气、分散配送的分布式村镇燃气供应系统,逐步鼓励专业化气站的建设和运行,从而降低气化站的建设、生产和运行管理过程的安全问题,有利于专业化操作人员的培养;

2) 规模化生物质燃气利用应鼓励综合利用的技术方式和途径,通过热解气化产生高附加值的副产品,如:可燃气、木炭等,利用燃气解决炊事同时可以发电,并辅以太阳能方式等同时解决照明、洗浴和取暖等问题;

3) 形成网络化的成型燃料生产是规模化生物质燃气利用的基础,建立面向区域和全国的成型生物质流通市场,重点对成型燃料的销售进行补贴,而不是补贴生产建设厂家。应尽快建立生物质成型燃料生产网络,形成成型燃料的流通市场^[16]。

[参 考 文 献]

- [1] 邓可蕴,贺 亮. 农村可持续发展能源战略对策与建议[J]. 中国工程科学, 2000, (8): 43—54.
Deng Keyun, He Liang. Countermeasures of policy and suggestion to build the energy stratagem of China rural sustainable development[J]. Engineering Science, 2000, (8): 43—54. (in Chinese with English abstract)
- [2] Chert G, Andries J, Spenthoff H, et al. Biomass gasification integrated with pyrolysis in a cirodating fluidized bed[J]. Solar Energy, 2004, 76(1-3): 345—349.
- [3] 李景明. 要处理好农村可再生能源发展与农业结构调整的关系[J]. 农村能源, 2001, (1): 43—52.
Li Jingming. Ought to handle well the relation between the renew energy resource development and the agriculture construction adjustment[J]. Rural Energy, 2001, (1): 43—52. (in Chinese with English abstract)
- [4] 周 篁. 莱州秸秆气化集中供气示范项目考察报告[J]. 可再生能源, 2005, (5): 5—6.
Zhou Huang. The report of demonstration item of Laizhou straw gasification and centralize gas feed[J]. Renewable Energy, 2005, (5): 5—6. (in Chinese with English abstract)
- [5] 宋 秋,任永志,孙 波. 生物质气化技术应用的问题及对策[J]. 新能源及工艺, 2001, (6): 28—29.
Song Qiu, Ren Yongzhi, Sun Bo. The problems and counter measures for the application[J]. Energy Engineering, 2001, (6): 28—29. (in Chinese with English abstract)
- [6] 顾树华,周泸萍,姚向阳. 秸秆气化集中供气系统经济和外部效益评价[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 172—176.
Gu Shuhua, Zhou Luping, Yao Xiangyang. Assessment of economic benifits from straw gasification system for centralized village cooking gas supply developed by ERI of SDAS[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(2): 172—176. (in Chinese with English abstract)
- [7] 吴创之,马隆龙. 生物质能现代化利用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 32—40.
- [8] 杨宗涛,谢 建,钟 浩,等. 以蒸汽为气化剂的生物质干馏与完全气化(SBG)技术的中试研究[J]. 新能源,

- 2000, 22(9): 5—8.
- Yang Zongtao, Xie Jian, Zhong Hao, et al Biomass pyrolysis & gasification on solid bed using steam as gasifying medium[J]. New Energy Sources, 2000, 22(9): 5—8. (in Chinese with English abstract)
- [9] 邱钟明, 陈 砾. 生物质气化技术研究现状及发展前景[J]. 可再生能源, 2002, (4): 16—19.
- Qiu Zhongming, Chen Li. Progress and prospect of biomass gasification[J]. Renewable Energy, 2002, (4): 16—19. (in Chinese with English abstract)
- [10] 李 瑜, 宋英豪, 南 方. 新型农村生物质气化站的建设与运行模式探讨[J]. 再生资源与循环经济, 2008, 1(4): 27—30.
- Li Yu, Song Yinghao, Nan Fang. Discussion on construction and operation mode of new type biomass gasification station[J]. Recycling Research, 2008, 1(4): 27—30. (in Chinese with English abstract)
- [11] 宋英豪, 李杰瑞, 魏泉源. 京郊农村农业废弃物资源化利用模式探讨[J]. 北京电子科技学院学报, 2006, 14(3): 21—24.
- Song Yinghao, Li Jierui, Wei Quanyuan. Discussion on energy utilization mode for agriculture wastes in Beijing suburb[J]. Journal of Beijing Electronic Science and Technology Institute, 2006, 14(3): 21—24. (in Chinese with English abstract)
- [12] 钟华平, 岳燕珍, 樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 62—67.
- Zhong Huaping, Yue Yanzhen, Fan Jiangwen. Characteristics of crop straw resources in China and its utilization[J]. Resources Science, 2003, 25(4): 62—67. (in Chinese with English abstract)
- [13] 戴 林, 李子奈. 农村能源综合建设项目社会经济效益及可推广性评价方法探讨[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 115—118.
- Dai Lin, Li Zinai. Methodology of socioeconomic effectiveness and extension of "integrated rural energy development project"[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001, 17(2): 115—118. (in Chinese with English abstract)
- [14] 陈百明, 陈安宁, 张正峰, 等. 秸秆气化商业化发展的驱动与制约因素分析[J]. 自然资源学报, 2007, 22(1): 62—68.
- Chen Baiming, Chen Anning, Zhang Zhengfeng, et al. Analysis on the driving and constraint factors of crop straw gasification and commercialization development[J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(1): 62—68. (in Chinese with English abstract)
- [15] 蒋剑春. 生物质能源应用研究现状与发展前景[J]. 林产化学与工业, 2002, (2): 75—80.
- Jiang Jianchun. Progress and prospect of biomass gasification[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2002, (2): 75—80. (in Chinese with English abstract)
- [16] 李定凯, 孙 立, 崔远勃. 秸秆气化集中供气系统技术评价[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 164—168.
- Li Dingkai, Sun Li, Cui Yuanbo. Technical assessment on rural cooking gas supply system for straw gasification technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(1): 164—168. (in Chinese with English abstract)

Construction and management mode of biomass centralized gas supply engineering in rural China

Wei Quanyuan¹, Wang Kaijun^{2*}, Song Yinghao¹, Xu Dongli³

(1. Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China;

2. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

3. Beijing Lianhe Chuangye Construction Engineering Company, Limited, Beijing 100013, China)

Abstract: This paper emphatically analyzed the reasons that rural biomass gasification stations could not run well at present, brought forward the suggestions of constructing new-type biomass gasification stations in rural areas and their operation and management mode, especially discussed the operation mode of the new-type stations. Points raised in rural gasification gas transmission and distribution system should be focused on centralized gas making pipe network-based transmission and vehicular distribution. Taking governmental guidance, enterprise-led, community participation, multi-building mechanisms into the industry, the professional operation and management mode should be realized in order to address the constraints of biomass gasification technology to promote the key issues.

Key words: biomass, pyrolysis, construction, gasification, operation mode, centralized gas making, regional distribution