

文章编号: 0253-2409(2013)07-0798-07

## 生物质气化技术发展分析

吴创之, 刘华财, 阴秀丽

(中国科学院广州能源研究所 中国科学院可再生能源重点实验室, 广东 广州 510640)

**摘要:** 生物质气化技术在世界范围内得到了广泛应用。研究综述了生物质气化技术的发展现状和应用情况, 阐明了生物质气化技术目前存在的主要问题; 对中国生物质气化生活供气和工业供气典型项目的经济性进行了分析, 在此基础上对中国生物质气化技术应用前景进行了展望; 结合中国生物质气化产业发展面临的新形势, 为生物质气化产业的发展提出建议。

**关键词:** 生物质; 气化技术; 气化应用; 现状; 前景

**中图分类号:** TK6

**文献标识码:** A

### Status and prospects for biomass gasification

WU Chuang-zhi, LIU Hua-cai, YIN Xiu-li

(Key Laboratory of Renewable Energy, Guangzhou Institute of Energy Conversion,  
Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Biomass gasification for energy utilization has been widely used. The development and applications of biomass gasification technologies were reviewed in this paper. Special attention was paid to major problems encountered in practical use. A comparison of economical performances of gas supply for livelihood and industry was made. The prospects of biomass gasification in China were put forward. Taking into account the new situation, several suggestions were given for the development of biomass gasification industry.

**Key words:** biomass; gasification; applications; status; prospects

## 1 国外生物质气化技术发展现状

### 1.1 技术现状

经过几十年的发展, 欧美等国的生物质气化技术取得了很大的成就。生物质气化设备规模较大, 自动化程度高, 工艺较复杂, 主要以供热、发电和合成液体燃料为主, 目前, 开发了多系列已达到示范工厂和商业应用规模的气化炉。生物质气化技术处于领先世界水平的国家有瑞典、丹麦、奥地利、德国、美国和加拿大等。欧洲和美国在生物质气化发电和集中供气已部分实现了商业化应用, 形成了规模化产业经营。20世纪80年代末90年代初, 主要利用上吸式和下吸式固定床气化炉来发电或供热, 规模大都较小。由于下吸式产气焦油含量较低, 近来已逐渐占据主导地位, 尤其以发电为目的时, 主要在中国和印度使用。近年大中型气化发电系统多采用常压循环流化床, 容易扩大, 原料适应性好, 对原料尺寸和灰分要求不高。空气气化常用于发电和供热, 富氧气化常用于气化合成, 加压气化则用于IGCC(整体气化联合循环发电系统)、气化合成燃料或化工品。在过去的二三十年里, 欧洲和北美的研究和

技术都有了显著的进展, 建立了一批示范或商业工程, 部分典型工艺和应用见表1。

### 1.2 应用情况

生物质气化目前主要应用于供热、窑炉、发电和合成燃料, 具体见图1。各种应用的规模都在增长, CHP(热电联产)的增长尤其快, 已成为目前最主要的利用方式。除了上述技术, 生物质气化还有其他新型利用, 比如燃料电池等。

从20世纪80年代起, 生物质气化被美国、瑞典和芬兰等国应用于水泥窑和造纸业的石灰窑, 既能保证原料供给又能满足行业需求, 这种应用方式简单可靠, 具有较强的竞争力, 但应用却不多。

20世纪90年代起, 生物质气化开始被应用于热电联产, 多用柴油或燃气内燃机, 对燃料品质和系统操作的要求较高, 成本也较高, 其应用推广受到限制, 常常需要政府的支持和补贴。受煤的IGCC应用结果的推动, 生物质IGCC成为90年代的关注热点, IGCC系统有望在中等成本和中等规模下提供高发电效率, 研究者对其进行了大量的研究并建设了几个示范工程, 主要集中在欧洲, 但由于系统运行

收稿日期: 2013-06-09; 修回日期: 2013-06-24。

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAA09B03); 国家自然科学基金(51176194)。

联系作者: 阴秀丽, E-mail: xylin@ms.giec.ac.cn。

要求和成本都较高,大都已停止运行。

表1 国外典型气化工艺和应用介绍<sup>[1-3]</sup>

Table 1 Typical foreign technologies and applications of biomass gasification

公司	说明
固定床	
Bioneer(被 Foster Wheeler 收购)	上吸式,以空气和水蒸气为气化介质,使用含水量达45%的原料,产气焦油含量50~100 g/m <sup>3</sup> ;在芬兰和瑞典建有9个4~6 MW <sub>th</sub> 的商业化工程,大部分用于区域供热;工厂全自动化操作,投入极少。
Babcock & Wilcox Volund	上吸式,以湿空气为气化介质,使用含水量高达55%的原料;以位于 Harboore 的5 MW <sub>th</sub> 商业工程为典型,最初为锅炉燃烧供热,2000年被改造成热电联产,发电效率28%,系统总效率93%。
流化床	
Carbona	2004年在丹麦 Skive 建设100~150 t/d规模的低压(0.5×10 <sup>5</sup> ~2×10 <sup>5</sup> Pa)BFB气化系统,采用石灰石床料和焦油催化裂解,利用3×2 MW <sub>e</sub> 带余热回收的燃气内燃机和2×10 MW <sub>th</sub> 燃气锅炉进行热电联产,以木质颗粒和木屑为燃料,发电净效率28%,系统总效率87%。
Foster Wheeler	2001年在芬兰 Varkaus 建立第一个商业化工程,以液体包装回收公司回收的废料为原料,以空气和蒸汽为气化介质进行常压气化,BFB气化炉输出为40 MW <sub>th</sub> ,发电净效率达40%。CFB技术非常成熟,燃料适应性较强,能使用湿度20%~60%的原料;1993年被用于瑞典 Varnoma IGCC 示范工程,加压CFB气化炉稳定运行约8500 h,发电净效率32%,系统净效率83%。1997年芬兰 Lahti 建设了生物质气化混燃项目,气化炉在40~70 MW <sub>th</sub> 下稳定运行超过30000 h,系统可用性超过97%。
多段式气化	
维也纳技术大学	已成功用于8 MW <sub>th</sub> 规模的 Güssing 热电联产系统,系统总效率为81.3%,其中,发电效率和热效率分别为25%和56.3%。
丹麦科技大学	已建成75 kW <sub>th</sub> 的热电联产示范工程,以木块为原料,气化效率约93%,发电效率25%,产气中焦油含量约15 mg/m <sup>3</sup> 。

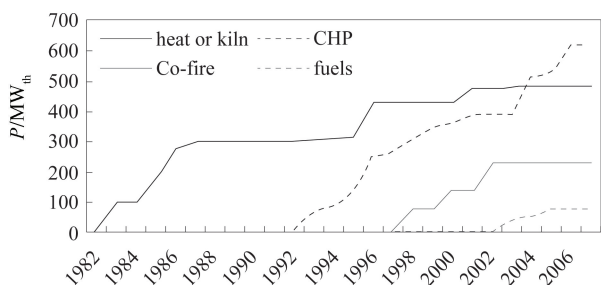


图1 生物质气化主要利用状况<sup>[4]</sup>

Figure 1 Major applications of biomass gasification

1998年,生物质气化混合燃烧技术已被用于煤电厂,将生物质气化得到的可燃气体输送至锅炉与煤混燃,这相当于用气化炉来替代生物质粉碎设备,即将气化看做生物质燃料的一种预处理方式。大部分混合燃烧锅炉机组选用以空气为气化剂的常压循环流化床木屑气化炉技术,此技术相当成熟且有多种形式,目前已商业化运行。

生物质气化最新的发展趋势是合成燃料,生物质可以通过气化方式生产合成气,并通过合成生产

费托液体燃料和含氧液体燃料(如甲醇、二甲醚),能替代现有的石油和煤炭化工,缓解第一代生物能源-生物柴油对粮食的压力。早在80年代,气化合成燃料技术在欧美已经有了初步的发展。近年来,受可再生能源发展政策的激励,欧美各国加大了对气化合成技术的关注和投入,比如,欧盟理事会2003[30]号指令规定到2010年生物燃料必须占其运输燃料消费总量的5.75%,2009[28]号可再生能源指令要求到2020年欧盟交通领域的可再生能源消费达到10%,美国则在生物质气化合成乙醇方面取得了很大的成就,目前的生产能力(已有+在建)已达207.75百万加仑/年(约 $7.9 \times 10^8$  L/year)<sup>[5]</sup>。如果能开发出有效的气体净化技术,气化合成产业将会得到迅速的发展。

在欧洲,许多对生物质气化发电在内的中小型分布式能源系统给予了特别关注,小规模生物质气化发电电站的收购电价高于大型发电站的电价,以鼓励生物质的分布式利用。如奥地利根据规模对生

物质发电给予不同的上网电价,规模小于 2 MW<sub>e</sub> 的为 15.64 Cent/kWh(约 1.51 yuan/kWh),规模大于 2 MW<sub>e</sub> 的为 14.94 Cent/kWh(约 1.44 yuan/kWh)<sup>[6]</sup>。

## 2 中国生物质气化技术发展现状

### 2.1 技术现状

目前,中国生物质气化产业主要由气化发电和农村气化供气组成,其中,气化燃气工业锅炉/窑炉

应用、干馏气化和其他技术才刚刚起步。1~3 MW<sub>e</sub> 的气化炉-内燃机系统的发电效率为 17%~20%,6 MW<sub>e</sub> 的内燃机-蒸汽轮机联合循环系统发电效率可达 28%;气化供气和气化工业应用技术则有一定优势,其他国家应用相对较多的是造纸厂石灰窑炉,但实际项目屈指可数。中国生物质固定床气化技术典型指标见表 2。

表 2 典型的生物质固定床气化技术指标  
Table 2 Typical technical indexes of fixed-bed gasifiers

Item	Parameter		
Maximum fuel consumption $q_v/(t \cdot h^{-1})$	1.5	2	3
Inner diameter of reactor $L/mm$	1 800	2 200	2 500
Height of reactor $H/m$	8	8	8
LHV of fuel gas	5 000	5 000	5 000
Outlet temperature of fuel gas $t/^\circ C$	350	350	350
Hot gas efficiency/%	85	85	85
LHV of biomass fuel/(kJ · m <sup>-3</sup> )	15 000	15 000	15 000
Maximum fuel size $d/mm$	30	30	30
Ash discharge ratio/%	10	10	10
Major fuels	pellet, woodchip	pellet, woodchip	pellet, woodchip

### 2.2 应用情况

中国自主研发的生物质气化发电技术已经解决了一些关键性,目前,已开发出多种以木屑、稻壳、秸秆等生物质为原料的固定床和流化床气化炉,成功研制了从 400 kW<sub>e</sub> 到 10 MW<sub>e</sub> 的不同规格的气化发电装置。中国的生物质气化发电正在向产业化方向发展,在中国推广很快,而且出口到泰国、缅甸、老挝和中国的台湾地区,是国际上中小型生物质气化发电应用最多的国家之一。

利用生物质气化技术建设集中供气系统以满足农村居民炊事和采暖用气也得到了应用,1994 年在山东省桓台县东潘村建成中国第一个生物质气化集中供气试点以来,山东、河北、辽宁、吉林、黑龙江、北京、天津等省市陆续推广应用生物质气化集中供气技术。在 2000 年前后,该技术的推广曾达到了一个高峰。此后相关规范和制度逐步完善,各地制定了一系列管理办法,使生物质气化集中供气应用在中国农村能源建设中稳步推进。北京的顺义、怀柔等郊县均有推广应用,“新型生物质气化集中供气系统建设”工程是怀柔重大科技项目。截止到 2010 年底中国共建成秸秆热解气化集中供气站 900 处,运行数量为 600 处,供气户数 2.096×10<sup>5</sup> 户,平均每个正在运行的气化站平均供气约 350 户<sup>[7]</sup>。

生物质气化燃气工业锅炉和窑炉应用方面,近

几年来成功地完成了超过 20 个生物燃气项目,典型项目包括常州运达印染、珠海丽珠合成制药、深圳华美钢铁和广东立国制药等项目。

### 2.3 经济性

#### 2.3.1 生活供气

临沂市郯城县李庄镇诸葛店村秸秆气化集中供气站 2009 年建成,设计供气规模为 500 户,总投资 1.87×10<sup>6</sup> yuan,气化站实际供气为 300 户,运行负荷率为 60%<sup>[7]</sup>。该站采用下吸式气化炉进行空气气化,主要原料为玉米芯,燃气经净化后贮存到储气柜,由敷设地下的管网送到用户。年运行费用见表 3。

表 3 诸葛店村秸秆气化站运行成本<sup>[7]</sup>

Table 3 Maintenance of straw gasification system in Zhugedian

Items	Operating costs/10 <sup>4</sup> yuan per year
Feedstock	5.75
Power	1.98
Personnel	2.40
Maintenance	0.50
Others	0.50
Total	11.13

2011 年总用气量 3.833×10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>,户均用气量约 3.5 m<sup>3</sup>/d,燃气收费价格为 0.35 yuan/m<sup>3</sup>,燃气成本为 0.53 yuan/m<sup>3</sup>,年燃气销售收入 1.342×10<sup>5</sup> yuan。

当工程实际运行负荷为100%时,可供500户用气,在原料价格、电价、人员月工资等条件不变的情况下,年运行费用为 $1.628 \times 10^5$  yuan,单位燃气总成本为0.40 yuan/ $m^3$ ,设户均用气量仍为 $3.5 m^3/d$ ,则年用气量为 $6.388 \times 10^5 m^3$ ,年燃气销售收入 $2.236 \times 10^5$  yuan。

### 2.3.2 工业窑炉供气

以某熔铝厂100t/炉的窑炉为例,每天熔炼1炉,每年运行300 d,每吨铝需消耗燃油80 kg,按生物质气化热气效率85%测算,燃油与生物质之比约为3:1,测每天需消耗生物成型燃料约24 t,需要一台气化炉及其附属设备,项目投资预测见表4。采

用成型颗粒燃气代替燃油的生产成本见表5。

表4 熔铝窑炉改造项目投资概算

Table 4 Capital investments for aluminum kiln reformation

Item	Investment/ $10^4$ yuan
Construction	30
Feeding system	20
Gasifier	100
Air preheating	30
Auxiliary	10
Electric control	10
Installation	20
Total	220

表5 熔铝窑炉改造项目运营成本测算

Table 5 Operation costs of reformed aluminum kiln

Item	Cost/ $10^4$ yuan per year	Instructions
Fuel	695	biomass consumption = 6 950 t/year fuel cost = 1 000 yuan/t
Personnel	36	12 workers; 30 000 yuan/year per worker
Maintenance	10	accessories maintenance, etc
Equipment depreciation	15.2	residual value rate = 5%, life span = 10 year
Power consumption	30	
Total	786.2	

从经济效益来看,以平均每天消耗重油8 t、年运行时间300 d测算,每年需要重油2 400 t,费用 $1.08 \times 10^7$  yuan,采用生物质能提供同样能源的前提下,按目前生物质市场价格900 yuan/t,加上项目投

资管理成本100 yuan/t进行结算,生产企业每年可节约燃料费 $2.938 \times 10^6$  yuan,相当于节省燃料费28.2%,具体见表6。

表6 窑炉改造前后燃料费用对比

Table 6 Comparison of fuel cost of kiln before and after reformation

	Annual consumption/t	Cost/(yuan·t <sup>-1</sup> )	Fuel cost/ $10^4$ (yuan·year <sup>-1</sup> )	Fuel savings/ $10^4$ (yuan·year <sup>-1</sup> )	Cost saving rate/%
Heavy oil	2 400	4 500	1 080	0	0
Biomass	6 500	1 000	786.2	293.8	28.2

here heavy oil calorific value 40.2 MJ/kg, heat utilization rate of 95%

从环保效益来看,改造后窑炉的SO<sub>2</sub>和烟尘的排放可接近燃用天然气的排放水平。改造后每年可替代2 400 t重油,若燃重油SO<sub>2</sub>和烟尘的排放因子分别为42.75 kg/t和8.4 kg/t<sup>[8]</sup>,SO<sub>2</sub>排放可减少约100 t,烟尘排放可减少约20 t;另外,生物质燃气的CO<sub>2</sub>基本零排放,CO<sub>2</sub>排放可减少约7 500 t。改造后污染物排放可接近燃用轻油、天然气等清洁能源的排放水平。需要说明的是,以上指标是使用生物质成型颗粒作为原料,固定床床气化炉作为气化反应器,实际改造过程中,可以根据具体情况选用生物质原料及气化系统,进一步提高效率,降低运行成本。

## 3 生物质气化技术主要问题和发展前景

### 3.1 生物质气化技术主要问题

#### 3.1.1 气化效率偏低、燃气质量较差

产出燃气中焦油含量偏高,焦油会与水、灰结合在一起,沉积在气化设备、管道、阀门和下游设备,一定时间的运行后,容易出现严重的堵塞和磨损等问题,也导致燃气净化系统复杂且运行成本高昂;燃气热值低,质量稳定性也较差,无法达到中国国家标准《人工煤气》(GB13621-92)的要求,有时火焰温度达不到炉灶或窑炉的要求,或是无法高效率驱动发电设备,不利于推广应用,也限制了应用范围。

### 3.1.2 气化设备的燃料适应性较差

生物质气化系统对原料有一定要求。目前的气化炉对原料水分、灰分或热值的变化比较敏感。流化床气化系统中,原料水分超过一定值如 20% 时,系统温度波动极大,将难以正常运行。固定床气化炉在原料变化时其反应稳定性易受到破坏,造成温度不均以致结渣或气化效率低下。

### 3.1.3 燃气和常规燃烧设备匹配不规范

中国尚未有专门设计开发的生物质燃气内燃机组,大都由柴油内燃机改造而成,需要开发大型低热值燃气内燃机,提高发电效率和系统的可靠性;生物质气化替代工业燃料则刚刚进入工业示范,还没实现规模化、产业化应用阶段,急需解决生物质燃气高效燃烧、气化系统与工业锅炉/窑炉耦合调控技术等难题,以保证生物质燃气作为燃料可以在不同的工

业设备中使用,包括工业锅炉、工业加热窑炉(冶金炉、玻璃窑炉、陶瓷窑炉)等。另外,系统设备的机械化、自动化程度也较低。这些技术的进步同世界先进水平相比仍有较大的差距,特别是在技术设备的产业化和商业化生产方面的差距更为明显。

## 3.2 生物质气化技术发展前景

### 3.2.1 生物质气化技术的优势

生物质气化应用的规模很灵活,气化生产的燃气可根据当地的实际情况满足不同的需要,如,既可以建设小型发电站,也可以作为居民生活燃气,甚至可作为供热、工业窑炉的燃料等,使真正实现生物质“因地制宜”开发利用的有效途径。而且从目前实际情况看,由于生物质气化工艺对各种用户需求的适应性较好,不同的规模下都具有一定的经济性。

表 7 各利用过程中 CO<sub>2</sub> 减排量和减排率对比<sup>[9]</sup>

Table 7 Comparison of CO<sub>2</sub> reduction for various applications

Applications	CO <sub>2</sub> reductions/(g·MJ <sup>-1</sup> )(or g·kWh <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> reduction rate η/%
Heat supply for insudtral use (on the basis of coal boiler)		
Simple combustion	75.1	62
Biomass boiler	109.6	90
Fuel gas boiler	113.3	94
Gas supply (on the basis of liquid petroleum gas)		
Low calorific value fuel gas from gasification	91.3	82
Medium calorific value fuel gas from gasification	93.7	84
Natural gas	11.0	10
Power generation (on the basis of coal power)		
Gasification and power generation (small scale)	630	66
Gasification and power generation (medium scale)	765	81
Biomass IGCC	869	92
Diesel generator	297	31

以生物质气化发电为例,与目前应用最多的生物质直燃发电相比,原料收集半径小,供应容易保障。工艺上可以采用内燃机,也可以采用燃气轮机,甚至结合余热锅炉和蒸汽发电系统,所以生物质气化发电可以根据规模的大小选用合适的发电设备,保证在较小规模下都有合理的发电效率和较好的经济性。可以在生物质资源相对集中的地域,根据资源量选择适当的生物质发电技术类型,建立相应规模的生物质发电厂(站),所生产的电力可以直接供给附近的用电单位,也可以并入电网。这种分布式电力系统技术适宜,投资小。而且接近终端用户,可以不受电网影响,直接供电,运行方便可靠。同时燃气发电没有高压过程,设备简单,操作方便。中国在边远地区电力供应方面存在较大的缺口,因地制宜

地利用当地生物质能资源,建立分散、独立的离网或并网生物质气化分布式电站拥有广阔的市场前景。

生物质气化符合中国生物质资源分散的特点,适合分散利用和工业应用,具有较强的适应能力和生存能力。因此,在中国适度发展生物质气化利用有较好的应用前景。此外,生物质气化利用还具有较好的洁净性,CO<sub>2</sub> 减排能力强,具体见表 7。由于气化过程一般温度较低(700~900℃),NO<sub>x</sub> 的生成量也很少,能有效控制 NO<sub>x</sub> 的排放。

### 3.2.2 生物质气化技术的经济性

生活供气效益:利用生物质气化为城镇居民供应燃气成本与燃用蜂窝煤成本差不多,但和燃用液化气相比明显降低。但由于生物质气化供气系统需要加大投资和专门的运行人员,在供气规模较小的

情况下项目的经济效益不明显,甚至有可能亏损。即使生物质供气规模为1 000户,按每户每月节省30 yuan,每年可节省的费用大约为 $4.0 \times 10^5$  yuan,考虑到项目的投资和运行人员费用,项目回收和盈

利的可能性不大。所以生物质气化供气项目一般只能作为社会公益性项目。生物质原料按500 yuan/t计算时,生物质集中供气与常规的经济性比较见表8。

表8 生物质集中供气与常规能源的经济性比较

Table 8 Comparison of biomass centralized gas supply with other fuels

Fuel	Biomass fuel gas	Fuel wood	Honeycomb briquet	Liquid petroleum gas	Biogas
Monthly consumption per household /kg	130	250	150	1 bottle	300 kg organics
Monthly fuel cost per household /yuan	≈65	≈30	≈50	≈90	≈30

工业供气效益:生物质能源与燃煤比单位热量成本更高,但与天然气、燃料油等化石能源单位热量成本将明显低。所以如果能使用生物质能替代天然气、石油等高价能源,可以有效降低企业生产成本,

显著提高企业经济效益。如在南方沿海地区,利用生物质气化技术可实现代替天然气,可节省燃料成本50%左右,即是考虑增加设备投资和运行成本,经济效益仍然可观。南方沿海地区燃料价格见表9。

表9 南方沿海地区燃料价格

Table 9 Fuel prices in coastal areas of southern China

Fuel	$Q_{LHV} / (MJ \cdot kg^{-1})$	Price / $(yuan \cdot t^{-1})$	Specific energy price / $(yuan \cdot MJ^{-1})$	Price difference from coal equivalent / %	Sulfur content w / %
Common fuel coal	23.02	900	39.150	-18.19	2~5
Refined coal	28.89	2 000	69.345	44.92	1
Mixed fuel oil	37.68	4 500	119.625	149.98	1~2
180#heavy oil	41.87	6 000	143.545	199.98	1~3
diesel	41.87	8 500	203.350	324.97	1
Natural gas	$37.68 MJ/m^3$	$5.0 yuan/m^3$	132.908	205.54	0
Liquid petroleum gas	46.05	7 800	169.645	254.52	0
Biomass pellet	16.33	900	55.208	41.56	0
Biomass fuel gas from gasification	5.44		73.610	88.75	0

## 4 中国生物质气化产业发展面临的新形势

### 4.1 发展生物质气化与生态环境改善相结合

在中国“十二五”节能减排规划的重点工程中,工业锅炉、窑炉改造排在首位:“到2015年,工业锅炉、窑炉平均运行效率比2010年分别提高5个和2个百分点……“十二五”时期形成 $7.5 \times 10^7$  t标准煤的节能能力”。

截止至2008年底,中国在用工业锅炉超过 $5.7 \times 10^5$ 台,年耗燃料约 $4 \times 10^8$  t标准煤,约占中国煤炭总产量的四分之一。工业锅炉排放大量烟尘以及 $SO_2$ 和 $NO_x$ 等污染物,是中国大气主要煤烟型污染源之一。中国每年工业锅炉的污染物排放约为:烟尘 $8 \times 10^6$  t, $SO_2$  $9 \times 10^6$  t, $CO_2$  $1.25 \times 10^9$  t<sup>[10]</sup>。目前,工业锅炉能源消耗和污染排放均位居全国工业行业第二,仅次于电站锅炉,煤炭消耗量明显高于钢铁、石化等高耗能工业行业。中国重点城市工业锅炉排放造成的污染已超过电站锅炉。

工业窑炉也是主要污染排放源之一,同时也是耗能大户。据前瞻产业研究院2011年统计数据,中国共有各类工业窑炉约 $1.1 \times 10^5$ 台,其中,燃煤工业窑炉约有 $6 \times 10^4$ 多台,主要分布在华北、西北和西南等地区。中国大部分工业窑炉在炉型结构、燃烧系统、余热利用、绝热材料、热工检测、自控、微机应用及环保等方面都比较落后,而且中国工业窑炉容量大多偏小,造成能源浪费,同时环境污染严重。目前,中国电石、铁合金、钢铁、化工、建材、有色等主要耗能行业的工业窑炉余热利用率仅在5%左右,并且以烟气余热或直接燃烧制取蒸汽为主要利用方式,有效利用率不足40%,没有达到真正的能源综合利用,并且排放出大量的 $CO_2$ ,温室效应严重。

### 4.2 生物质气化与新农村和小城镇建设相结合

2012年政府工作报告指出,中国城镇化率已经超过50%,标志着中国已进入城市化加速发展阶段。如果到2020年提高到55%~60%,按照每年

提高一个百分点来算,每年将增加至少  $1.3 \times 10^7$  城镇人口。而中国城镇人口年均消耗能源约为农村人口的 3.5 倍,需要大量的新增能源。随之而来的污染物排放也将升高,超过环境容量和承载能力,大气空气质量继续恶化。依靠现有的以化石燃料为主的能源结构难以满足经济发展的需要,必须大力发展具有巨大资源潜力的生物质可再生能源,建立多种能源形式并存的可持续发展能源体系。

### 4.3 促进生物质气化产业发展的建议

(1) 增加投入,鼓励分布式生物质气化应用示范,通过应用示范完善技术和标准,形成适合于中国特点的商业化模式:

确保增加和提供持续的研发和示范资金支持,制定可靠的生物质气化可持续性发展计划,以促进常规和先进高效生物转化更具成本优势;

利用绿色城建设等计划,鼓励进行生物质气化利用的商业化示范,促进生物质气化生产中的技术标准的完善和商业化模式的形成。

(2) 提供长期发展目标和配套政策,建立和完善生物质气化利用的财政支持和补贴政策,逐步建立二氧化碳减排计算方法和补贴方法,推动先进高效的生物质气化应用技术实现商业生产:

制定鼓励发展小型分布式气化发电产业的支持政策,将小型气化发电(2 MW<sub>e</sub> 以下)纳入国家最近推出的分布式可再生发电上网的鼓励政策中;

制定新农村建设中推广使用生物质热/电/气联供技术的政策,将使用生物质气化技术实现热电气联供的项目纳进新农村建设补贴政策重,在项目立项、建设资金补贴、税务和收费等方面给与优惠。

(3) 制定鼓励利用生物质气化燃气作为供热锅炉、工业锅炉、工业窑炉的替代燃料,完善成型燃料补贴政策、节能减排补贴政策,对生物质气化应用给与建设投资补贴(将物质燃气替代化石燃料量纳入国家节能量补贴范围)、运行成本补贴(将生物质气化应用纳进成型燃料补贴范围)和税收优惠等。

### 参考文献

- [1] KWANT K W, KNOEF H. Status of Gasification in countries participating in the IEA biomass gasification and GasNet activity August 2004 [R]. 2004.
- [2] E4Tech. Review of Technologies for Gasification of Biomass and Wastes Final report[R]. NNFCC project 09/008 2009.
- [3] STAHL K, NEERGAARD M. IGCC power plant for biomass utilisation, varnamo, Sweden[J]. Biomass and Bioenergy, 1998, **15**(3): 205-211.
- [4] KIRKELS A F, VERBONG G P J. Biomass gasification: Still promising? A 30-year global overview[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, **15**(1): 471-481.
- [5] DWIVEDI P, ALAVALAPATI J R R, LAL P. Cellulosic ethanol production in the United States: Conversion technologies, current production status, economics, and emerging developments[J]. Energy for Sustainable Development, 2009, **13**(3): 174-182.
- [6] OBERNBERGER I, THEK G. Cost assessment of selected decentralized CHP applications based on biomass combustion and biomass gasification. presented at the Proceeding of the 16th European Biomass Conference & Exhibition, June 2008.
- [7] 王红彦. 秸秆气化集中供气工程技术经济分析[D]. 中国农业科学院, 2012.  
(WANG Hong-yan. Technical and economical analysis of straw gasification engineering for central gas supply[D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2012.)
- [8] 邝俊侠, 龙涛, 黄清凤等. 燃料燃烧排放系数的研究[J]. 中国环境监测, 2001, **17**(6): 27-30.  
(KUANG Jun-xia, LONG Tao, HUANG Qing-feng, JIAN Jian-yang. Study of emission factor for burning fuel[J]. Environmental Monitoring in China, 2001, **17**(6): 27-30.)
- [9] 阴秀丽, 吴创之, 徐冰等. 生物质气化对减少 CO<sub>2</sub> 排放的作用[J]. 太阳能学报, 2000, **21**(1): 40-44.  
(YIN Xiu-li, WU Chuang-zhi, XU Bing-yan, CHEN Yong. The effect of biomass gasification on reducing CO<sub>2</sub> emission[J]. Acta Energiac Solaris Sinica, 2000, **21**(1): 40-44.)
- [10] 何心良. 中国工业锅炉使用现状与节能减排对策探讨[J]. 工业锅炉, 2010, **25**(3): 1-8.  
(HE Xin-liang. The present situations of IB in use and strategy of energy-conservation and emission-reduction in China[J]. Industrial Boiler, 2010, **25**(3): 1-8.)