

德国典型沼气发电技术及其借鉴

何荣玉¹, 宋玲玲², 孟凡茂¹

(1.北京中环瑞德环境工程技术有限公司, 北京 100025; 2.北京能环科技发展有限公司, 北京 100025)

摘要: 以 5 处沼气发电工程为例,介绍了德国典型的沼气发电技术,其普遍采用“混合厌氧发酵、沼气发电上网、余热回收利用、沼渣沼液施肥、全程自动化控制”的技术模式,通过该模式的实施,最终实现发酵原料的全方位综合利用;并通过电、热以及沼渣沼液的外售给工程运行带来收益,最终实现市场化运行。通过对此次考察相关情况的介绍与总结,以期为我国大中型沼气工程的发展提供一些借鉴。

关键词: 沼气发电工程; 沼气发电技术; 德国; 借鉴

中图分类号: S216.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-5292(2010)01-0150-03

Typical biogas power generation technology in Germany and experiences for China

HE Rong-yu¹, SONG Ling-ling², MENG Fan-mao¹

(1.Energy and Environmental Development Engineering Limited, Beijing 100025, China; 2.Energy and Environmental Development Research Center, Beijing 100025, China)

0 引言

德国是目前世界上沼气工程发展最为成功的国家之一,在该国《可再生能源法》等相关法律、法规的引导和刺激下,沼气主要用于发电上网。截止至 2008 年,德国已建成沼气工程 3 900 处,总装机容量达 1 400 MW,其中装机容量在 2 MW 的沼气厂有 40 家,最小装机容量为 50 kW^[1]。为了学习借鉴德国先进的沼气技术以及运行管理方式,在由可再生能源及能源效率伙伴关系计划(REEEP)资助的“大中型沼气工程市场化运营管理模式研究”项目支持下,北京能环公司等一行 5 人于 2009 年 10 月 11~20 日期间对德国相关沼气发电工程进行了参观考察。本文以 5 处沼气发电工程为例,介绍了德国典型的沼气发电技术,以期为我国大中型沼气工程的发展和应用提供一些借鉴。

1 德国典型沼气发电工程

1.1 Klein Schwechten 沼气发电工程

Klein Schwechten 沼气发电工程位于德国柏林郊区一农场,由农场主投资建设,于 2006 年建成并运行。该工程采用两步湿发酵工艺,发酵原料

为玉米青储、谷物、干草、牛粪,实现热电联产,发电装机容量为 350 kW。主要工艺流程如图 1 所示。

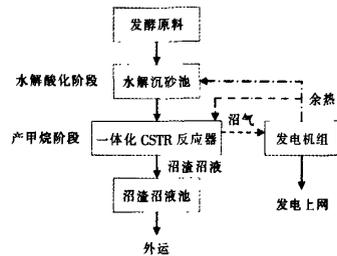


图 1 Klein Schwechten 沼气发电工程工艺流程
Fig.1 Flowchart for Klein Schwechten biogas plant

固体原料经进料机器搅拌均匀后进入水解酸化池,液体原料由泵泵入水解酸化池,池中设有潜水搅拌器将原料搅拌均匀,并有加热系统,使得池中料液温度保持 25 ℃,水力停留时间(HRT)为 2~3 d,同时添加化学脱硫剂进行原位脱硫;水解酸化后料液经切割泵进入一体化 CSTR 反应器进行厌氧发酵,发酵周期为 30 d,池内料液 TS 为 6%,池内设有加热系统,使得料液温度保持 40 ℃,产生的沼气经反应器顶部储气膜暂存后进入

收稿日期: 2009-11-20。

作者简介: 何荣玉(1983-),女,博士,主要从事生物质能工程设计等相关工作。E-mail: herongyu@eed.com.cn

发电机组发电,其中发电量的6%~7%由农场自用,其余并入电网,多余的沼气通过火炬燃烧;产生的沼渣、沼液流入储存池,一定时期后外运作为肥料施用于附近农田。

1.2 Farm Wiesenau 沼气发电工程

Farm Wiesenau 沼气发电工程位于德国柏林郊区一农场,由农场主投资建设,分为两期工程,其中一期工程2006年建成,发电装机容量为500 kW,二期工程2007年建成,发电装机容量为1 MW。两期工程均采用一步法湿发酵工艺,发酵原料包括玉米青储、谷物、草、牛粪。主要工艺流程如图2所示。

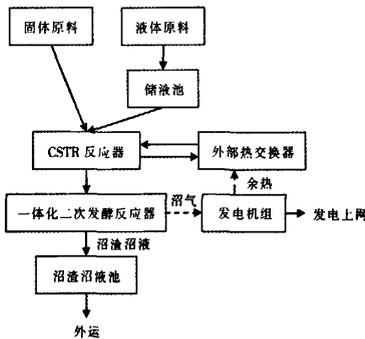


图2 Farm Wiesenau 沼气发电工程工艺流程
Fig.2 Flowchart for Farm Wiesenau biogas plant

固体原料经进料机器搅拌均匀后直接进入CSTR反应器,液体部分经储液池被泵入CSTR反应器,同时向储液池中添加化学脱硫剂进行原位脱硫;反应器中料液不断被泵入外部热交换器中进行热交换,使得反应器中的料液温度维持在40℃;料液在CSTR反应器中厌氧发酵21 d,发酵后料液进入一体化二次发酵反应器进行30~40 d二次发酵,产生的沼气与CSTR反应器中产生的沼气在反应器顶部经生物脱硫后于储气膜中暂存,用于发电上网,产生的沼渣沼液进入沼渣沼液池储存,一定时间后外运作为肥料施用于附近田地。

1.3 Friedersdorf 沼气发电工程

Friedersdorf 沼气发电工程位于德国柏林郊区一农场,于2005年实现正常运转。该工程采用干发酵工艺,发酵原料为玉米青储、苜蓿、牛粪等,实现了热电联产,发电总装机容量500 kW。主要工艺流程如图3所示。

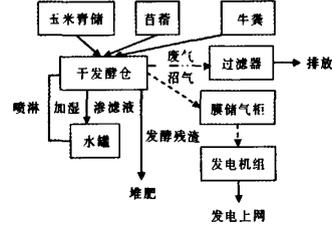


图3 Friedersdorf 沼气发电工程工艺流程
Fig.3 Flowchart for Friedersdorf biogas plant

玉米青储与苜蓿堆放9 d后与牛粪按比例混合,并调节TS至33%,之后用铲车将混合后的原料运送至干发酵仓进行厌氧发酵,发酵周期为24 d,共有8个干发酵仓,交替式发酵,每隔3 d对其中1个干发酵仓进行进出料;发酵时产生的渗滤液由发酵仓底流入地下水罐,水罐中的加热系统,使罐中液体保持43℃;水罐中的液体由干发酵仓顶部的喷头喷入仓内,保持发酵原料适宜的湿度,同时也可以维持干发酵仓内40℃左右的温度;发酵产生的沼气进入膜储气柜中储存,加压后用于发电上网;发酵残渣可堆肥,腐熟后的肥料施用于附近农田;发电产生的余热除用于水罐中液体的加热外,还用于农场附近学校等公共设施的取暖。

1.4 Schöllnitz 沼气发电工程

Schöllnitz 沼气发电工程建成于2007年,是德国一家能源公司专利工艺的示范工程,该工艺将沼气发酵中的水解酸化阶段和产甲烷阶段分离,从而实现高原料产气率及沼气中高甲烷含量。采用的发酵原料为玉米青储、草、牛粪,实现了热电联产,发电总装机量250 kW。工艺流程如图4。

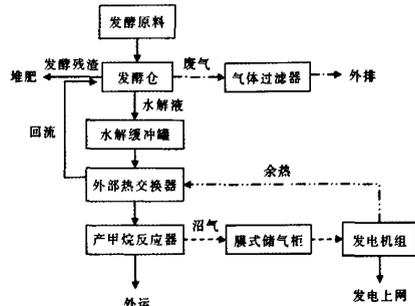


图4 Schöllnitz 沼气发电工程工艺流程
Fig.4 Flowchart for Schöllnitz biogas plant

混合后的发酵原料(TS为12%~14%)由铲车运送至发酵仓水解酸化,水解酸化过程中产生的气体经气体过滤器过滤,去除有害气体后外排,发酵残渣堆肥后用作农肥,水解液由发酵仓底部小

洞流入水解缓冲罐,经外部热交换器加热后少部分水解液回流至发酵仓以保持原料湿度及仓内发酵温度,其余泵入产甲烷反应器厌氧发酵产沼气,生成的沼气进入膜储气柜储存,加压后用于发电;最终产甲烷反应器出水作为肥料施用于农田。

1.5 Radeburg 垃圾及废水处理工程

Radeburg 垃圾及废水处理工程于 1999 年建成,已经成功运行 10 年,该工程用于处理 Radeburg 市 10 万居民的生活垃圾及生活污水,发电总装机容量 1 MW,实现了废物的减量化、资源化和能源化利用,其中生活垃圾采用厌氧湿发酵处理,生活污水采用好氧处理。该工程的生活垃圾处理单元主要工艺流程如图 5 所示。

对 Radeburg 市经分类的生活垃圾依次粉碎、灭菌后进入预处理仓处理,预处理时产生的废气经过填料滤池过滤后排放;预处理后垃圾在 CSTR 反应器中进行混合发酵,产生的沼气进入膜式储气柜储存,一部分回流用于 CSTR 反应器中料液搅拌,其余沼气用于发电上网;发酵后料液进入缓冲罐暂存,之后进行固液分离,得到的沼渣进一步堆肥处理后作为农用肥,沼液与生活污水一同经好氧处理后达标排放。

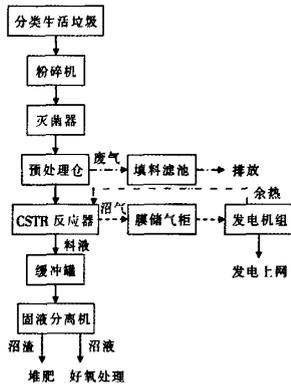


图 5 Radeburg 垃圾处理工程工艺流程
Fig.5 Flowchart for Radeburg Biogas Plant

2 德国沼气发电技术特点

经过此次对德国沼气发电工程的参观考察,我们总结以下德国典型沼气发电技术的特点。

(1) 德国沼气工程普遍采用“混合厌氧发酵、沼气发电上网、余热回收利用、沼渣沼液施肥、全程自动化控制”的技术模式,通过该模式的实施,实现发酵原料全方位综合利用,并通过电、热以及沼渣沼液外售给工程运行带来收益。

(2) 沼气发酵原料多样化,多以玉米青储为主,同时生活垃圾的厌氧发酵处理也较普遍;沼气发酵通常采用 CSTR 湿发酵工艺,选用各种搅拌方式(如机械搅拌、沼气搅拌、料液回流搅拌等)对发酵料液进行搅拌,提高原料的产气率。干发酵工艺的应用亦趋于成熟,节约工程占地,降低运行能耗;所参观的每处沼气工程均根据发酵原料的不同对发酵工艺加以灵活改进。沼渣沼液最终作为有机肥被完全消纳利用;一方面能促进农作物优质生长;另一方面是避免沼渣沼液的二次污染。沼气脱硫普遍采用生物脱硫方法,降低脱硫成本;有些工程将化学原位脱硫与生物脱硫相结合,更有效地去除沼气中硫化氢成分,在实际运行中有些工程产生的沼气中硫化氢含量低于 50×10^{-6} 。

(3) 沼气工程配套设备与技术装备先进,如进料设备、搅拌设备、脱硫设备、沼气存储设备、热电联产成套设备等优良性均处于世界沼气行业的领先地位,并且沼气工程自动化程度高,此次考察的所有沼气工程无论规模大小全部只需一人管理即可稳定运行,节省人力资源,降低运行成本。

3 借鉴之处

结合我国沼气工程发展现状,笔者提出几点借鉴之处供同行参考。

(1) 适当引进德国先进的沼气技术,同时推崇国内技术创新,缩短新技术的工程应用时间,因地制宜,灵活运用各种发酵工艺,最终形成适合我国国情的高效沼气技术。

(2) 加强沼气工程配套设备的研发,引进国外先进设备或将国内其他行业的先进设备引入到沼气行业中,使得沼气工程最优化运行,最终实现我国沼气行业的规范化、先进化发展。

(3) 建议国家加快对沼气发电上网补贴价格的实施,制定具有可操作性的沼气发电配额细则;加快沼气其他形式的高品位利用,提高沼气工程收益,如发展沼气车用燃料、沼气电池、沼气制取二甲醚等;努力将沼气工程项目发展成 CDM 项目,尽快完善沼气工程市场化运行机制,降低工程运行成本。

参考文献:

[1] 金成,刘凯.关于赴德国芬兰沼气工程考察报告[J].中国沼气,2009,27(2):49-50,56.

作者: [何荣玉](#), [宋玲玲](#), [孟凡茂](#), [HE Rong-yu](#), [SONG Ling-ling](#), [MENG Fan-mao](#)
作者单位: [何荣玉, 孟凡茂, HE Rong-yu, MENG Fan-mao \(北京中环瑞德环境工程技术有限公司, 北京, 100025\)](#), [宋玲玲, SONG Ling-ling \(北京能环科技发展中心, 北京, 100025\)](#)
刊名: [可再生能源](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [RENEWABLE ENERGY RESOURCES](#)
年, 卷(期): 2010, 28(1)
被引用次数: 0次

参考文献(1条)

1. [金成](#), [刘凯](#) [关于赴德国芬兰沼气工程考察报告](#)[期刊论文]-[中国沼气](#) 2009(2)

相似文献(4条)

1. 期刊论文 [刘显明](#), [李和平](#), [俞小银](#), [张宇](#), [邱河梅](#), [LIU Xian-ming](#), [LI He-ping](#), [YUN Xiao-yin](#), [ZHANG Yu](#), [QIU He-me](#) [沼气发电技术工艺及余热利用技术](#) -[华电技术](#)2009, 31(2)
介绍了沼气发电技术的发展状况. 根据制沼原料中总固体、生化需氧量、化学需氧量和挥发性性固体的4项判别指标, 结合实际发酵工艺原理, 得出不同制沼原料的产气量. 针对沼气发电工程的实际情况, 探讨了沼气发电余热利用的几种方案的可行性.
2. 会议论文 [郑戈](#), [李景明](#), [张岫英](#) [中国沼气发电技术发展现状与前景展望](#) 2000
本文通过对中国沼气利用现状和沼气发电工程市场前景的调查与分析, 描述了沼气发电技术发展现状及其能源利用市场潜力, 对影响沼气发电商品化和市场化的社会经济因素和主要障碍进行了分析评价, 并提出了一些对策和措施.
3. 会议论文 [曾邦龙](#), [吕增安](#) [欧洲沼气发电技术引进与应用](#) 2007
中国畜牧养殖场应用沼气发电技术具有良好的发展前景, 欧洲先进的沼气发电技术和发展模式为此提供了很好的借鉴经验. 中荷项目选择引进的捷克 TEDOM公司生产的沼气发电机组在兰州花庄进行了成功的试点运行, 为今后西部地区建设沼气发电工程提供了良好的范例.
4. 期刊论文 [史艺华](#), [陶菊辉](#) [新技术之花结出的丰硕之果](#)[上海东海啤酒有限公司采用新技术处理生产废水](#) -[环境保护](#)2007, ""(9)
沼气发电工程作为解决环境问题、提供清洁能源的有效方法, 其运行不仅解决了沼气工程中的一些主要环境问题, 而且高效率地产生大量电能和热能, 为沼气的综合利用开拓了更广泛的应用前景. 上海东海啤酒有限公司采用国内刚刚兴起的沼气发电技术, 变害为宝, 取得了社会、经济、环境的效益三丰收.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ncny201001035.aspx

授权使用: [同济大学图书馆\(tjdxstg\)](#), 授权号: 8e2eb1cc-af24-4227-8afa-9e3500ec0e45

下载时间: 2010年11月21日