

瑞典的生物质能应用及其对我国的启示

章 宁

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘 要: 瑞典在过去三十年中持续地增加生物质能 (bioenergy) 应用, 使生物质能达到国家能源总消费的约1/3。在这一过程中, 生物质能的生产技术趋向成熟, 生物燃料 (biofuels) 市场得到发展, 大型装备和运输体系逐步改进, 产业链初步形成。瑞典发展和应用生物质能的实践, 对中国调整能源结构、实行节能减排、利用地区生物质资源, 以及用工业化方式生产生物质能有一定借鉴意义。

关键词: 瑞典; 生物质能; 生物质燃料; 生物柴油

中图分类号: TK6 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2011.11.009

瑞典国土面积约 45 万平方公里, 人口 940 万 (2010 年), 森林覆盖率 59% (2010 年)。丰富的森林资源支持了瑞典木浆生产和造纸业发展, 也为全社会扩大使用生物质能提供了坚实的资源基础。20 世纪 90 年代以来, 在欧盟能源政策框架下, 瑞典调整了本国能源政策, 使生物质能应用持续增加。目前, 瑞典应用生物质能总量超过 115 太瓦时 (1150 亿度电) 能源当量, 在其能源消费总量中占 31.7%, 位于欧盟国家前列。

一、瑞典生物质能应用概况

能源用生物质除了农作物秸秆、农业有机废料、林业采伐残枝、木屑、树根以及专门种植的能源植物外, 还包括: 城市垃圾、废水和造纸废液等。这些生物质经处理后以生物质燃料形式提供给发电厂、地区供热厂及其他工业企业。

(一) 生物质燃料

在瑞典, 生物质燃料大致可分为四类, 即固体生物燃料、生物质油品、沼气或合成气、以及瑞典特有的泥煤 (peat)。其中, 固体燃料又分为未处理的 (如木块、木屑、树枝和树根等) 和经加工处理的 (如颗粒、粉末等)。

生物质燃料的主要应用方向, 一是用于地区供热或热电联产; 二是工业应用, 包括将生物质转变为生物柴油、生物乙醇等用于车辆运输等。统计显示, 生物质燃料在供热中的贡献份额已从 2005 年的 58.9% 增加到目前的 66%。在交通运输领域, 汽油和柴油燃料消费仍分别占 53.6% 和 43.2%, 但使用混合燃料 (生物乙醇、生物柴油等) 的私人汽车自 2001 年起逐年增加, 2006 年已超过 45 000 辆。

林业生物质是目前瑞典生物质燃料的主体。按泥煤、垃圾、农业生物质、造纸废液和木材燃料统计, 前三种资源目前的能源贡献份额均在 10 太瓦时能源当量以下, 总贡献份额约 15 太瓦时。相比之下, 造纸废液贡献 40 太瓦时, 木材燃料贡献接近 60 太瓦时, 二者总贡献份额约 100 太瓦时。研究认为, 瑞典未来生物质能总潜力约为 200~220 太瓦时。

目前, 瑞典生物质燃料已成为地区供热厂或热电联产厂的主导燃料。以 2006 年为例, 全年供热总量约 55 太瓦时, 其中, 40 太瓦时来源于生物质燃料、林业剩余物和泥煤, 其余的来源包括: 4 太瓦时来自热泵; 4 太瓦时来自垃圾; 3.0 太瓦时来自煤炭和气化燃气; 2.5 太瓦时来自石油产品; 1.5 太瓦时来自天然气。

作者简介: 章宁 (1952-), 男, 博士, 中国科学技术部 副研究员; 研究方向: 国家发展策略。

收稿日期: 2011年8月25日

(二) 生物质能应用持续增长

使用木材燃料获得能源是瑞典的长期传统,有上百年历史,目前,瑞典社区居民能源消费的主要形式是用电、热水和取暖。由于 20 世纪 70 年代石油危机的影响,像多数工业化国家一样,瑞典调整了本国能源政策,致使生物质能应用在 80 年代以

后有较快增长,从当时的 48 太瓦时(480 亿度电当量)增加到目前的 115 太瓦时。2007 年统计显示,瑞典生物能占全部能源用量的 28.6%,2009 年为 31.7%,达 115.6 太瓦时/年。

图 1 显示了多种能源资源在瑞典能源消费总量中的比重以及生物质能主要用于工业和地区供热。

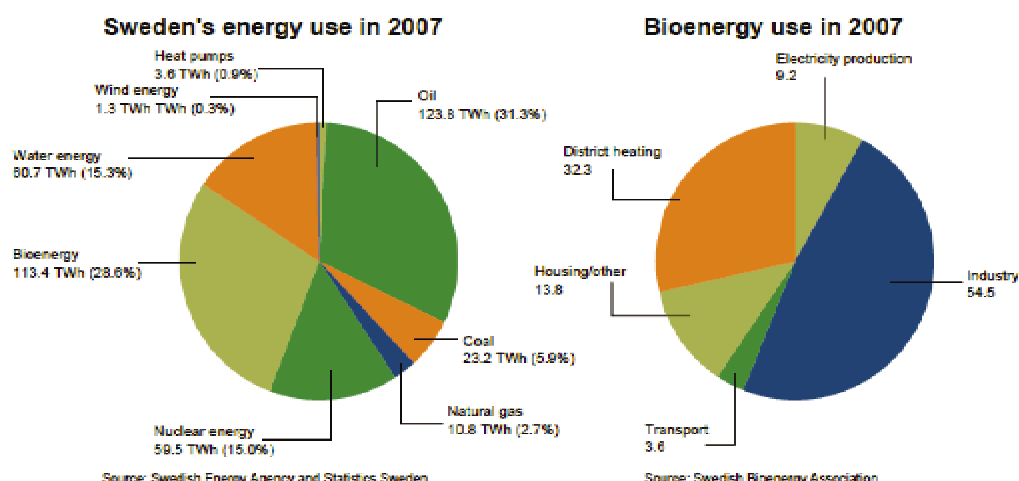


图 1 生物质能在能源应用中的份额

下表则显示了生物质能在能源总消费中份额在不同时段的变动情况(表 1),以及多种能源资源在能源总消费中的份额(表 2)。

表 1 生物质能在能源消费中的份额

年份	1970	1980	1990	2000	2006	2009
比重 / %	9	11	15	20	27	31

资料来源:瑞典生物质能协会。

表 2 多种能源在能源总消费中的份额(%)

年份	生物能	石油	天然气	煤炭	水能	核能	风能	热泵
2007	28.6	31.3	2.7	5.9	15.3	15	0.3	0.9
2009	31.7	30.8	2.9	3.3	16.9	12.9	0.7	0.9

资料来源:瑞典生物质能协会。

增加生物质能的应用,显著体现了 20 世纪 90 年代以来欧洲能源政策重点转向改变能源结构、减少温室气体排放的趋势。

使瑞典引以为豪的是,在 1990-2007 年,其国内生产总值(GDP)增加了 48 个百分点(见图 2),生物质能应用增加了 79 个百分点(图 2),而二氧化碳

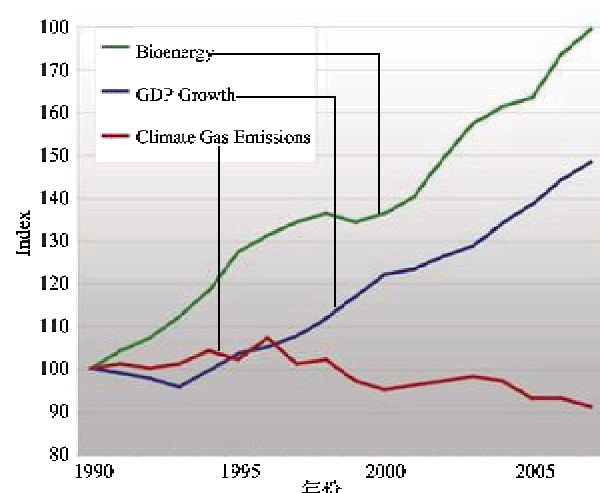


图 2 经济增长与生物质能发展

资料来源:瑞典生物质能协会。

排放下降了约 9 个百分点(图 2 中黑线)。

(三) 生物质燃料的应用与生产体系

如上所述,供电和供热是确保居民基本生活质量的两个能源消费形式。电力用于照明和其他家用电器,供热确保居民在低温季节的保暖和全年的热水供应。在过去的数十年中,北欧国家包括瑞典,发

展了以高效使用能源和降低温室气体排放为宗旨的地区供热体系,这个体系涉及使用生物质燃料的供热厂、热电联产厂和以城市垃圾为燃料的供热或发电设施,以及充分利用地区工业剩余热量和地热的系统。生物质能电厂还可配合使用化石燃料的热电厂调节高峰负荷。

在生产方面,以农业、林业为基础构成的生物质燃料的生产体系,可通过两条基本路径来描述。第一条路径是从林产品和食品发端进入社区,转变为废弃物(垃圾)后又作为生物质燃料用于电热生产。第二条路径是从农业、林业和泥煤产业发端,经采收、产业加工、产品处理和存储、运输等环节,最终进入热电生产。其中,产业加工环节涉及林产业副产品、林业采收剩余物、能源林木、能源作物、泥煤制品、食品加工业副产品等。

由于瑞典森林产业发达,业内人士已开始关注“集成林业生物精炼”生产体系(Integrated Forest Biorefinery)。该体系由总部在芬兰的 Poyry 集团提出,旨在综合利用生物质资源和最大化提高能效。该体系产出木浆和纸产品同时生产生物质能(热、电、颗粒燃料)、生物化学品和生物柴油等。生物质能可满足产业和社会消费需要,也为木浆-造纸厂和生物精炼厂提供能源,生物精炼的产品主要是液体燃料,通过供应网络进入交通系统(图3)。

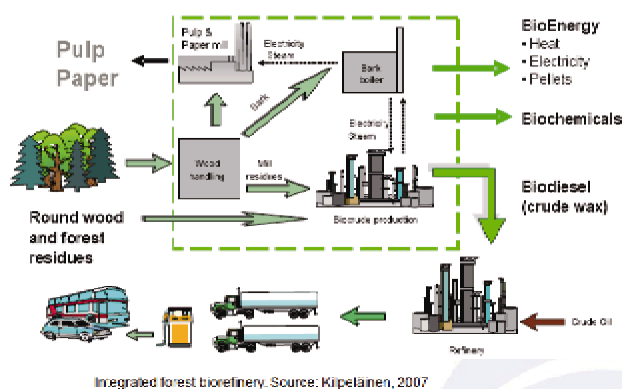


图3 集成林业生物精炼生产系统

尽管该系统在过程技术、能源和生产过程集成、多样化生产体系的供需衔接,以及原料竞争等方面仍面临诸多挑战,但从整体上反映了欧洲的芬兰、瑞典、德国等森林资源丰富、林产业发达的国家在发展生物质能方面的未来走向。

面向未来,瑞典生物燃料产业目标,一是发展中等规模电热厂,能量生产规模在0.3~25兆瓦范围,增加地区供热和工业电力用量;二是发展面向建筑燃料供应链的燃料市场。

(四)生物质能应用的案例

20世纪80年代以来,在增加使用生物质能的政策引导和相关措施激励下,一批能源生产企业增加了生物质燃料应用、发展了生物质燃料市场和产业链,这一过程也使多种应用技术和工艺日趋成熟。

1. 以木屑为燃料的热电联产厂

瑞典南部能源企业(Soderenergi)经营瑞典最大的地区供热厂,为该地区及斯德哥尔摩部分地区的12万户家庭供热,主要使用木屑和锯末为燃料。该企业拥有5个厂,其中位于Sodertalje新建的热电联产厂(CHP),是于2007年底由三个市共投资24亿克朗兴建的,2009年投入运行,可提供200兆瓦热能和85兆瓦电力,能源综合效率可达90%。由于采用新装备技术和使用生物质燃料,该厂燃烧排放、噪声等对环境的影响已降到最小,每年可减少二氧化碳排放7500吨。该厂每年约需生物质燃料20万吨,由约30个供应商提供,来自瑞典北部和南部及进口。由于瑞典能源署推行的“绿色电力证书机制”,预计8~10年可收回投资。

2. 通过能源植物取得综合效益

瑞典延雪平(Enköping)的恩纳能源公司(Ena Energi AB)是地区供热和电力生产企业和供应商。该公司发展了一种利用能源植物供热发电同时取得环境效益的综合生产体系。

沙柳(*Salix*)是一种速生灌木植物,是瑞典筛选培育的能源植物,既可用作电热厂燃料,还具有净化土壤、吸收重金属功能。利用这一特性,该企业利用净化后的城市废水灌溉沙柳,把电厂余灰填充到沙柳种植场取得净化效果,采收的沙柳作为热电厂燃料,在获得生物质能同时取得了良好的环境效益。每年,大约1500吨电厂余灰和等量废水经净化处理后被输送到种植场用于沙柳灌溉和生长,大约1200公顷沙柳在生长期间发挥了净化土质的作用,而沙柳采收后用于地区热电厂发电和供热。目前,该企业为延雪平的1500余家企业和家庭用户提供约141兆瓦的电力和供热,常年热消费20吉瓦时。

3. 城市垃圾转变为汽车燃料

设在瑞典中部城市林雪平(Linköping)的沼气厂由本地企业瑞典沼气公司(Svensk Biogas AB)于1996年建设和经营,使用城市垃圾和食品工业废弃有机物为原料,经厌氧发酵工艺生产沼气,经纯化后(97%甲烷)提供给林雪平公交系统约70辆大型车辆做燃料,并通过已在本地区建立的12个加气站输送燃料。2007年该厂提供的生物质交通燃料占全市交通燃料总消费的6%。该企业年使用5万吨有机废料,可产生物甲烷520万立方米和45 000吨生物质肥料。基于此项目,该公司已在美国、韩国等发展合作和推介相关技术。

4. 利用林业生物质生产合成气

哥德堡生物质气化项目(Göteborg Biomass Gasification Project,简称GoBiGas),是哥德堡能源公司(Göteborg Energi)承担的生物燃料气化项目,得到瑞典能源署2.22亿克朗资金支持。该项目2020年建成投产后,将得到1太瓦时(10亿度电)当量的合成气,相当于目前哥德堡天然气网输气量的30%或75 000辆小车的燃料。

该项目以林业剩余物(树枝、树梢、树根等)为原料,通过热气化工艺生产以甲烷为主体的合成气(synthesis gas),之后与天然气混合送入现有天然气管网。该项目的相关工艺和技术设备在考察奥地利示范工厂(2002年)的基础上由瑞典公司与荷兰专业人士合作设计开发,GoBiGas项目人员曾参与一个瑞士示范工厂的运行,完成了技术评估。

分析认为,该项目投入运行后,将把原料生物质的65%转化为合成气,生产全过程的能源利用效率超过90%。项目分两阶段投入运行,首阶段于2012年运行,可产气20兆瓦能源当量。第二阶段2016年运行,产气80兆瓦当量。

5. 生产和使用生物柴油

柴油燃料主要用于重型运输车辆和工农业动力机械,尽管在瑞典新出售的柴油驱动小车占总销售量的比重从2005年的10%增加到2009年的40%,但使用柴油引擎小车数只占小车总数的8%强。在交通领域,生物质燃料用量在2008年接近5%。如果只考察生物柴油,其未来发展走向是部分替代目前瑞典交通领域每年消费的约430万立方米化石柴油。从资源和生产能力看,瑞典发展和使

用生物柴油的潜力十分有限。

生产生物柴油主要以农业油料作物和林业生物质为原料。目前瑞典种植油菜能力16万~18万公顷,可相应生产约14万立方米的菜籽油,但由此生产的生物柴油最多满足全国柴油消费的8%。瑞典林业生物质资源量优于农业,也可用来生产合成柴油(常见FT柴油和妥尔柴油两个品种)。一项关于瑞典生物柴油生产的研究显示,瑞典本国生物柴油生产企业多为中小企业,总数不超过10家,目前生产能力约110万立方米/年,也仅占全国总用量的1/4。

6. 生产和使用颗粒燃料

木质颗粒燃料经加工和干燥处理后,生物质密度提高而湿度降低至7%~8%,比普通木块燃料(湿度30%~35%)具有较高热值且更易燃烧。此外,由于体积小(普通颗粒直径6~8mm,长2cm),颗粒燃料便于存储和适用于多种燃烧装置和设施。

瑞典是目前世界上最大的颗粒燃料用户,消费全球颗粒燃料生产量的20%。瑞典本国生产也从2001年的80万吨增加到2008年的160万吨,同时进口30万吨。

7. 生产和使用生物乙醇

由于以谷物为原料生产乙醇涉及农业政策和农产品价格,近年来工业界已经转向寻找以生物质纤维素为原料生产乙醇的新工艺,也称第二代乙醇生产技术。

瑞典政府曾投入1200万克朗发展交通燃料示范项目,并在1998~2004年加大研发力度,投入2100万克朗研发纤维素生物乙醇。到1999年,已有数百辆重型运输车辆和超过500辆轻型车辆使用了沼气或含乙醇燃料。尽管如此,生物质交通燃料的用量只占化石燃料总用量的0.8%。据2010年5月在瑞典举行的生物质能大会交流的信息,目前第二代生物乙醇生产工艺,仍因在原料预处理、酶添加剂、连续分解工艺和使用特殊的生物工程菌等环节存在技术和成本等方面的问题而难以商业化。瑞典的一些研究也印证了这一估价,认为需进一步发展相关技术。

目前,瑞典有两个常规乙醇生产厂,可年产乙醇7500万加仑(约285 000立方米),加上从欧盟和巴西进口的乙醇,与汽油混合后作为交通运输燃料供应市场。

二、瑞典能源政策回顾

(一)能源政策的历史沿革

瑞典能源政策的早期目标主要着眼于两方面：一是逐步取代核电；二是减少对石油依赖。由于20世纪70年代美国核电厂核泄漏事故的影响，瑞典在1980年举行公投，决定现存核电厂（包括12座反应堆）应在2010年逐步取消。核电曾在1991年达到最高年电力生产水平73.5太瓦时。以减少石油依赖为重点的能源政策源于20世纪70年代全球石油危机。瑞典在80年代的石油消费占能源供给的60%，因此减少石油依赖是能源安全的主要议题。进入90年代后，气候变化问题成为能源政策辩论中最重要的影响因素。特别是在欧盟国家，根据1997年京都议定书确定了温室气体减排目标后，瑞典社会对可再生能源的关注持续增加。由于水力资源丰富且水电与核电生产可形成季节性互补，瑞典取消核能的步伐放慢。加之瑞典森林资源丰富，人口密度低，增加生物质能应用可有效解决国内新增能源需求，因此，增加生物质能应用的步伐加快。在过去20年中，由于国际关注和国情特点，瑞典政府的能源政策重点转向减少化石能源、增加替代能源比重的方向。2007年欧盟领导人峰会确定新的能源目标（到2020年，增加可再生能源应用20%、提高能效20%、减少温室气体排放20%）后，瑞典结合本国特点，提出了面向未来的能源政策。

2009年2月，瑞典出台新的气候能源政策，立足于对生态环境、可持续性以及确保能源安全和有竞争力供给的关注，提出“发展不依赖化石能源”的政策思路。其中要点包括：核电将作为重要电力来源，增加其他可再生能源在电力生产中的比重。到2020年的具体目标包括：①可再生能源比重达到50%，交通领域可再生能源占10%；②能效增加20%；③温室气体排放量比1990年水平减少40%。

几个长期优先领域包括：①到2020年，全国供热系统不使用化石燃料；②到2030年，全部车辆不使用化石燃料；③到2050年，建立可持续和资源高效的能源体系，无温室气体净排放；④将延长核电使用期，允许在原厂址建造新的核电生产设施，总量控制在10个反应堆。

据2009年统计信息，在瑞典目前的能源消费

总量中，石油-天然气、水电-核电以及生物质能三分天下的局面已初步形成（各占约30%）。显而易见，依靠农林业资源增加生物质能、替代化石能源，是瑞典立足于国情，基于欧盟政策意向的一个务实选择。

(二)税收和相关激励措施

1. 税收措施

20世纪80年代，瑞典政策的着眼点放在石油替代方面，90年代从减少温室气体排放出发，开始通过税收和其他激励措施调整能源结构和减少排放。1991年税制改革后，用于地区供热的化石能源燃料税收增加了30%~160%不等，而生物质能不征税。1990-1999年，生物质应用增加了44%，达到能源当量85太瓦时，相当于瑞典能源供应总量的14%。目前的森林工业和地区供热体系成为瑞典生物质能发展和应用的基础条件，工业豁免能源税，支付减少的碳排放税。使用化石燃料的电力生产也无税务支付。表3为2000年能源税种和税额。

2. 投资激励措施

20世纪90年代，政府的投资赠款（investment grants）作为激励措施提供给瑞典以生物质为燃料的电力生产企业。例如，1991年每生产1000瓦电力可获得政府提供4000克朗的投资赠款。同时，免除二氧化碳税。在这一措施激励下，瑞典先后建立了16个生物质能热电厂，其中，12个是地区供热系统的热电联产厂，另外4个是面向工业应用的热电联产厂。1997年，投资赠款减少到3000克朗或最多资助25%的建设投资。实际上，这一措施相当于使用生物质发电，每度电补贴8~10奥尔，政府为此共投入了10亿克朗。尽管如此，因赠款额较低，不足以支持其在电力价格趋向降低的市场具有竞争力，瑞典生物质发电总量仅有少量增长。到2003年，生物质能电力生产总量达6.5太瓦时。为加大激励力度，政府开始实行绿色电力证书体系，促进了生物质能电力持续增长。

(三)绿色电力证书体系

2003年5月，瑞典开始实行电力证书体系（Electricity Certificate System），宗旨在于促进使用可再生能源和泥煤生产电力，故也称“绿色电力证书”（Green Certificate）。该体系的政策目标是立足于2002年生产可再生能源电力70.3太瓦时，到2016

表 3 瑞典能源相关税种和税额

税种	征收额	说明
能源税	不同燃料征收额不同	对所有化石燃料征税,但工业用燃料和电力生产无税。
碳排放税	全额为每公斤二氧化碳收 0.36 克朗(130 美元/吨) 2001 年 1 月起征收 0.53 克朗	电力生产用燃料无税,工业用燃料按总额 50%征收
硫排放税	每公斤征收 30 克朗(3 美元/公斤)	对重燃料油、煤和泥煤征税。配备排放除硫装置的返还
氮氧化物排放税	每公斤二氧化氮征收 40 克朗(4 美元/公斤)	对每年使用能源超过 25 吉瓦时的供热和发电厂征收
核电生产税	每度电征收 2.7 奥尔(0.003 美元)(1 奥尔=1/100 克朗)	核电企业
电力消费税	每度电征收 11~16 奥尔(11~16 美分/每度电)	工业用电不征收
增值税	25%	所有能源消费均征收

资料来源: Biomass and Swedish Energy Policy, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, 2002.

年额外增加 17 太瓦时(170 亿度电当量)可再生能源电力。在瑞典,可再生能源包括水力、生物质、风、地热和太阳能等。

在这一工作体系下,使用可再生能源的电力生产企业每生产 100 万瓦时电力可获得一单位绿色电力证书,而电力供应商和消费者则必须按自身售电和用电量从生产企业购买一定量(配额)的绿色电力证书。这样,电力生产企业可从出售证书中获得部分生产成本补贴。这也意味着,电力供应商和用户通过绿色证书配额承担了使用部分绿色电力的责任,也叫“配额责任”,没有履行配额责任的会受到处罚。在此过程中,证书购买量按发放配额比例增长情况由瑞典能源署组织评估和进行调整,逐年增加证书需求。通过这一机制,电力供应部门和用户承担了使用绿色电力的社会责任,生产企业获得财务补贴,而电力证书的持续增加,使可再生能源在社会总能耗中的比重逐年增加,表 4 列示了这一机制取得的效果。

表 4 绿色电能占能源总需求的比重

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2010
比重/%	7.4	8.1	10.4	12.6	15.1	17.9

资料来源:瑞典能源署。

三、瑞典案例对中国能源发展的启示

作为一个案例,瑞典过去 30 年中在发展生物质能方面取得了显著进展,基本实现了在确保经济增长的同时增加了生物质能消费总量、实现国家温

室气体减排承诺的能源政策目标。了解和思考瑞典发展生物质能的历程和应用实践,对我国能源发展有多方面的启示。

(一) 立足于资源基础看我国局部地区生物质能应用

据瑞典生物质能协会 2010 年出版物介绍,瑞典森林面积约 2300 万公顷,占国土面积的 59%,森林资源丰富。目前,瑞典森林体系年新增林木蓄积量可达 8500 万立方米,年采伐量约 6500 万立方米,已实现增长量高于采伐量。瑞典林产品出口占外贸总额的 20%,以林业为支撑的木浆和造纸业在欧洲领先。因此,瑞典自 20 世纪 80 年代以来积极发展生物质能并形成目前能源体系的“三足鼎立”(化石能、水-核电、生物质)之势,有丰厚森林资源是重要条件。

相比而言,中国能源发展的资源基础是煤炭,解决好煤的清洁燃烧和高效利用,始终是能源领域的全局和长远性问题。但从局部着眼,在我国农业、林业生物质资源相对丰富的地区,如能高效和工业化地开发和应用生物质能,必能收到立足本地资源、调整能源结构、促进节能减排的实际效果。

(二) 立足于居民生活质量的持续改善看我国“南方供热”前景

在瑞典居民生活的能源消费中,离不开全年的热水和取暖供应,而保持家庭居室的适合温度,是保证生活质量的要素之一。就我国情况看,尽管目前我国南方居民区多无冬季供暖和热水系统,但从国家发展走向和未来城乡居民生活质量持续提升

的远景看,即使不考虑近年频发的极端气候现象,“南方供热”也是个必然趋势。若能提前谋划、调研和借鉴瑞典的实践,对我国南方地区利用本地生物质资源发展地区供热,必有裨益。实际上,近年国内极端气候出现时的案例显示,南方城市居民在突发寒冷时段以空调为家庭取暖方式,既得不到好的取暖效果又往往导致地区用电负荷猛增,绝非长期可行的解决方案。

(三) 立足于资源和能源的稀缺性看相关技术的发展

即使森林资源得天独厚而且保持了均衡供给,瑞典仍在其发展理念中突出了资源保护、资源节约和资源的最优化利用等特点。为此,若干相关技术如建筑节能、热电联产、城市垃圾和废水的资源化、社区垃圾分类和循环利用、天然气动力车辆和地区加气站等,都得到系统的发展。

瑞典案例提示了一个秉持可持续发展理念的社会始终持续努力的两个方向:一是保护和利用好原本就稀缺的土地、矿产、水、森林、动物和鱼类等自然资源,不给后代人留下资源债务;二是充分开发和利用来自产业和居民生活的“废弃物、废水”等,使其中资源物质得到复用,同时给后代人留下可用的系统技术。

(四) 立足于工业技术看生物质能的规模化应用

从瑞典生物质能应用的实践看,其主要技术路线包括:①农、林业生物质直接作燃料供应地区供热厂或热电联产厂;②林业生物质气化生产合成气;③城市垃圾混合农业、食品业有机废物经厌氧发酵生产沼气;④用造纸废液生产气化或液化生物质燃料;⑤用油料作物、油脂类原料及林业废料生

产生物柴油;⑥用农作物、含酒精废液等生产生物乙醇。这些技术伴随生产的扩大而趋向成熟,生物质燃料市场和产业链也得到相应发展。这一过程对我国的启示是,从社会开发利用生物质能的总成本-效益着眼,具有经济规模的生物质能生产企业或生物质燃料生产企业,应是我国未来生物质能开发应用的主角。

综上所述,我们从瑞典看到一个尝试改变社会能源结构的案例。如果把生物质看作是从人工种植和从社会回收的能源资源,那么瑞典人已经使“种植和回收的能源”有了三分天下。我们会问:人类社会真能创造一个靠种植和清扫垃圾支持的社会能源系统吗? ■

参考文献:

- [1] Biomass and Swedish Energy Policy, Bengt Johansson, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, 2002.
- [2] Liquid diesel biofuel production in Sweden, Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2009.
- [3] The Swedish fuel pellets industry: Production, market and standardization, Jonas Höglund, Swedish University of Agricultural, Sciences, 2008.
- [4] IEA Bioenergy Programme, Country report, Sweden, IEA, 2007.
- [5] Biofuels Annual, Sweden, Global Agricultural Information Network, 2009.
- [6] Publications by Swedish Bioenergy Association, 2007-2009.
- [7] Publications by Swedish Energy Agency, 2007-2009.
- [8] The Biogas Region, Larsson Offsettryck AB, Linköping, 2008.
- [9] <http://www.worldbioenergy.com>.
- [10] <http://www.svebio.se>.

Application of Bioenergy in Sweden and Its Revelation to China

ZHANG Ning

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: In the past 30 years, Sweden continued to enhance the application of bioenergy to reach to a third part of the country's total energy consumption. The production technology of bioenergy comes to maturity, biofuels market develops well, large equipment and transport system is improved steadily and industry chain initially is formed in the process, whose practise has revelation to energy reconstruction, energy saving and emission reduction, area bioenergy application and bioenergy production in China.

Key words: Sweden; bioenergy; biomass fuel; biodiesel