

瑞典第一大能源——生物质能发展概况及其启示

夏方

(中国科学技术部科技经费监管服务中心, 北京 100038)

摘要: 瑞典生物质能发展处于世界领先水平, 2009年起, 生物质能已替代石油成为瑞典第一大能源, 促进了瑞典经济的绿色发展。2012年, 瑞典生物质能达到能源消耗总量的31.6%。通过介绍瑞典生物质能的概况及瑞典政府发展生物质能的主要政策措施, 从而提出对我国发展生物质能、转变能源发展方式、建设生态文明的几点启示。

关键词: 瑞典; 生物质能; 新能源; 环境保护; 可持续发展

中图分类号: TK6(532) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.08.014

在能源安全和减少温室气体排放的大背景下, 生物质能作为绿色的可再生能源已成为当前世界各国能源发展的重点之一。欧盟是世界发展生物能源最早、最发达的地区之一, 生物质能长期以来是欧盟能源结构中比重最大的可再生能源, 近10余年发展迅速, 2009年生物质能消费已占可再生能源消费总量的68.6%^[1], 瑞典则是欧盟成员国中生物质能发展的领先者和积极推动者。

自2009年起, 在瑞典, 生物质能已替代石油成为第一大能源。2011年, 瑞典生物质能占能源消耗总量的比重已近1/3。近30余年, 生物质能的迅速发展改变了瑞典化石能源、水能、核能三分天下的能源结构。在27个欧盟成员国中, 2009年瑞典终端生物能源消费量居第3位, 占终端能源消费总量的比例居第2位, 生物质能发电量居第2位。这反映出, 瑞典在生物质能领域发展已取得了很大的成绩。

鉴于生物质能对于能源供应安全、促进温室气体减排的贡献, 2009年, 欧盟出台了推动以生物质能为主体的可再生能源发展的指令(The Directive 2009/28/EC), 规划到2020年可再生能源消耗提高到20%, 其中交通领域至少达到10%^[2]。

根据欧盟的规划, 到2020年, 生物质能将占欧盟能源消费总量的14%, 并满足交通领域至少10%的能源需求^[1]。

发展生物质能作为瑞典的一项能源战略, 已在能源结构调整中显现成功, 其政策措施及经验值得梳理借鉴。

1 瑞典生物质能发展概况

1.1 生物质能发展历史与现状

瑞典地处北欧, 冬季寒冷漫长, 因供暖等需求年人均能源消耗量高达1.6万kW·h, 处于世界人均耗能前列, 但年人均碳排放量5.3t, 远远低于欧盟平均水平(8.1t)及美国(19t)^[3], 这个成绩很大程度上归功于以生物质能为代表的可再生能源蓬勃发展。

瑞典本国化石能源相当匮乏, 历史上曾经主要依赖进口化石能源。20世纪70年代, 瑞典能源供给70%~80%依赖进口石油。在经历了随后的第一和第二石油危机以及三里岛、切尔诺贝利核事故后, 瑞典各界开始审视能源安全问题, 寻求替代石油及核能的国内能源。70年代末, 瑞典启动了可再生能源研究计划, 在危机和忧患中迈出了可持

作者简介: 夏方(1981—), 女, 助理研究员, 主要研究方向为科技政策与管理。

收稿日期: 2013-06-20

续发展能源战略的关键一步。

瑞典以生物质能和水能为主体的可再生能源迅速增长，化石能源使用下降，促进了瑞典经济的绿色发展。2009年，瑞典可再生能源比重已占47%，领先于世界上很多国家。较之1990年，2010年，瑞典的GDP增长了51%，而温室气体排放却减少了9%^[4]。

瑞典生物质能发展处于世界领先水平。从2009年起，生物质能已替代石油成为瑞典第一大能源。2011年，瑞典生物质能达到能源消耗总量的31.6%^[5]（见图1所示），而石油几乎仅作为交通运输燃料使用。

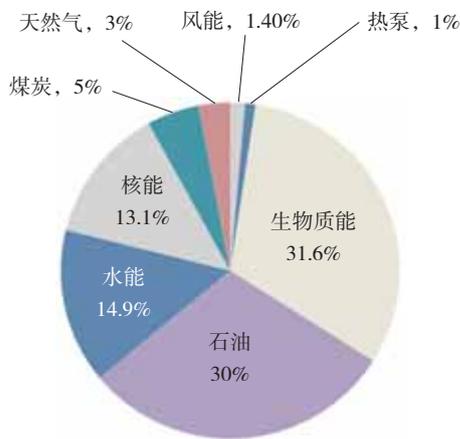
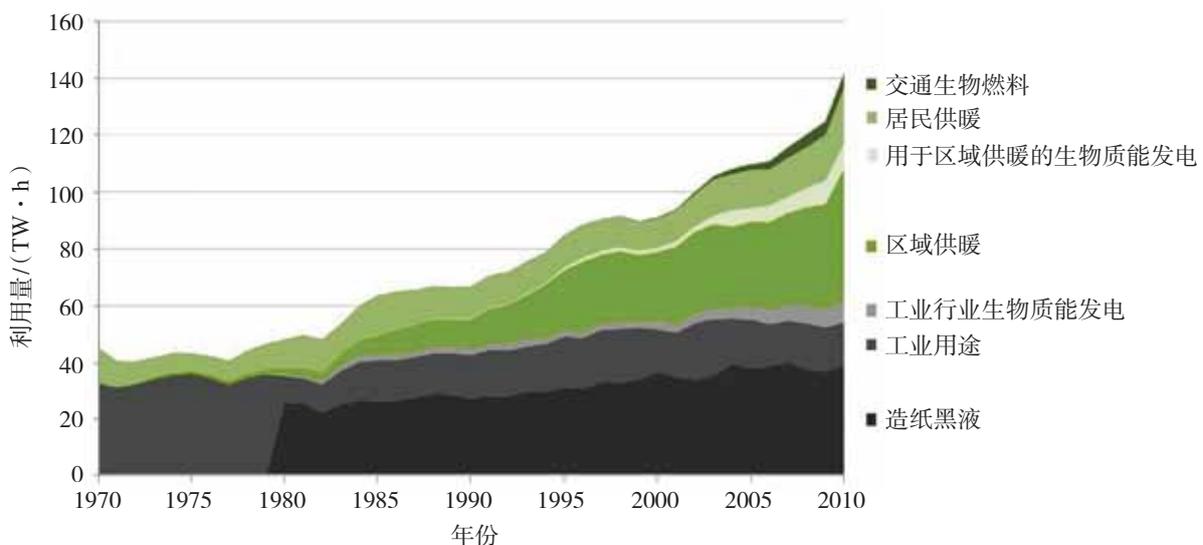


图1 2011年瑞典能源结构

在欧盟2020减排目标框架下，瑞典政府制定了宏伟的中长期能源发展目标，即：到2020年，



注：1980年前的“造纸黑液”包含在“工业用途”中。

图2 1970—2010年瑞典生物质能利用情况

将可再生能源比例提高至50%，交通运输燃料使用的可再生能源至少达到10%，能源使用效率比2008年增加20%，温室气体排在1990年基础上降低40%；2030年，仅在交通领域使用化石能源；2050年，摆脱化石能源依赖，建立可持续、资源效率型能源体系，达到温室气体零排放。

1.2 生物质能的生产与利用

瑞典生物质能的发展有赖于丰富的森林资源，其90%生物质能的生产原材料来自森林工业相关领域的农林剩余物，如造纸黑液、木屑等，其他部分来源于养殖场和屠宰场剩余物、厨余垃圾等城市生活垃圾。

生物质能的主要形式包括：液体生物燃料（沼气、乙醇、生物柴油等）、固体生物燃料（颗粒等）、生物质发电和沼气等。图2所示为近40年间瑞典生物质能在不同领域的利用情况^[3]。可见，瑞典生物质能应用的主要领域是工业行业和供暖，同时，在其他各领域的应用也呈现出扩大的趋势。

生物质能在瑞典热力市场中占据统治地位，2010年，70%的区域供暖能源为生物质能。

生物质能也是森林产业等能量密集性产业的主要能源。据欧盟造纸联合会统计，瑞典造纸行业耗能中，91.6%来自造纸黑液等生物质能，列欧洲首位。瑞典2009年造纸黑液再利用1734万t，占欧盟27国总利用量的28.6%，列欧洲首位。

2011年,瑞典电力供应中,生物质发电比重为8.6%,是继水电(45.2%)和核电(37.6%)之后的第三大电力来源(见图3所示),大大超过欧盟生物质发电的平均水平3.4%。

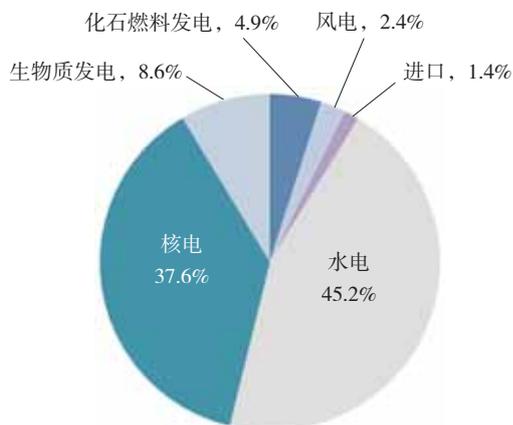


图3 2011年瑞典电力来源结构

1.3 生物质能的环境贡献

不同于化石能源,生物质能对环境的影响小,在变废为宝的同时,也为减排做出了重大贡献。

交通生物燃料的一个重要效应是尾气排放远低于柴油和汽油。瑞典以乙醇和沼气提纯的生物天然气作为车用燃料,可减少90%的尾气颗粒物和CO₂排放。

2010年,瑞典首都斯德哥尔摩城区公交车全部使用生物燃料,减排11.45 t颗粒物、114.5 t氮氧化合物和4.58万 t CO₂。斯德哥尔摩空气质量常年保持在PM 2.5为10 μg/m³左右水平^[6],无愧于欧洲绿色首都称号。

1.4 涉及生物质能的主要政策措施

瑞典生物质能大幅增长的主要原因是政府持续而强有力的政策支持。主要政策措施及其实施效果如下:

(1) 1991年,开始征收CO₂税。随着碳税税率的逐步增加,使用化石燃料变得更加昂贵,取暖用油价格加倍,促使石油逐步在热力市场和家庭锅炉淘汰。这项措施大大增加了可再生燃料的竞争力。与20世纪70年代相比,到2010年,区域供暖用油的比重已由90%下降到2%,生物质能取而

代之,由2%增长为70%。

(2) 1991年起,利用生物质发电的新型热电厂可获得相当于30%成本的投资补助。在此政策支持下,20世纪90年代,一大批生物质热电联产电站兴建起来。

(3) 2003年,开始实施绿色电力认证体系,支持投资建设使用可再生能源的新电厂,鼓励可再生能源发电。2002至2009年,可再生电力增加至8.2 TW·h,其中生物能源占67%,风能24%。这些政策促成了生物质发电产业快速扩张。

(4) 2004年起,对制造业企业用电征收能源税;2005年,开始对能源密集型企业实施节能改进五年计划,企业提高能效措施后可免征能源税。

(5) 2006年,引入《油泵法》(Pump Law)。规定汽油、柴油年加油量超过3 000 m³的加油站必须提供一种可再生能源燃料,而E85混合动力燃料^①售价仅为95汽油的67%左右,因此,混合动力燃料的易获取性和经济性大大增加了消费者的使用意愿。

2001年后,瑞典生物质能在交通领域稳步增加。2011年,瑞典可用E85的混合动力汽车超过21万辆,共有1 740个E85加油点,为欧盟最多,交通领域可再生能源供给已达到8.8%^[7];2012年,连同铁路可再生电能在内,瑞典达到了欧盟关于2012年实现交通领域可再生能源使用量占比为10%的目标。

(6) 2007年4月—2009年6月,政府对购买环保汽车^②的个人消费者补贴一万瑞典克朗。

(7) 环保汽车享受免费停车。对于在停车费高昂的大中城市的居民,这一措施很具吸引力。

(8) 环保汽车使用第一年免征汽车税。

(9) 豁免生物燃料运输税。

一系列有效的政策引导,大大激发了瑞典企业生产和使用生物质能源的积极性,也促进了瑞典的生物质能及其为代表的可再生能源的蓬勃发展。

2 启示

2013年以来,我国中东部地区反复出现雾霾,

① E85混合动力燃料成分为85%乙醇和15%汽油。

② 环保汽车指低二氧化碳排放量,全部或一半采用生物燃料作为动力的汽车。

大气污染严重。1月，雾霾一度覆盖了17个省区(1/4的国土)，京津冀等地区出现了本世纪以来最严重的持续空气污染事件，给工业生产、交通运输和公众的身体健康带来了严重影响。

亚洲开发银行和清华大学发布的《中华人民共和国国家环境分析》报告称，中国500个大型城市中，只有不到1%的城市达到世卫组织空气质量标准。世界上污染最严重的10个城市之中，有7个位于中国^[8]。我国约70%城市不能达到新的环境空气质量标准^[9]。

雾霾所体现的大气污染在我国经济发达、人口集中地区普遍突出，已由环境问题转变为民生问题。治理雾霾，回应群众关切，成为当前建设生态文明的首要考虑。新一届政府总理李克强郑重强调空气污染治理“必须有所作为”，环保部部长周生贤也明确表示两会后环保部的“具体工作将从防治PM 2.5做起，把影响群众健康的环境问题作为重点”。大气污染是我国快速工业化、城镇化过程中所积累环境问题的显现，问题的解决需要长时间的努力，但确应及早应对，任务艰巨却又迫在眉睫。

以北京为例，雾霾污染物中机动车尾气排放占22.2%，燃煤占16.7%，扬尘占16.3%，工业占15.7%；另据报道，山东省潍坊市有近一半PM 2.5是因机动车尾气排放产生，杭州机动车尾气排放对PM 2.5的“贡献率”达33%。^[10]可见，多数城市在类似的发展进程中存在类似的情况。解决好燃煤和汽车尾气两个主要污染源的问题，污染将减少一大半。我国民用汽车保有量从2005年的3160万辆快速增加至2011年的9356万辆，汽车燃料绝

大多数为汽油或柴油。我国煤炭消费在能源结构中的占比长期维持在70%左右。2010年，我国的煤炭消费已占全球总量的48.3%。此次严重雾霾污染的京津冀鲁豫地区，面积仅相当于美国的1/9，但其年煤炭消耗量高达10亿t，已接近美国全国的煤炭消耗总量11亿t。^[11]因此，改善能源结构，发展清洁能源，降低燃煤和机动车尾气污染物排放，成为我国治理雾霾的关键。

放眼世界，英国、德国、美国等发达国家，在工业化的进程中也曾经遇到过类似环境问题。今天以环境优美著称的瑞典，在20世纪50年代，环境污染问题还很严重，但经过几十年全社会努力，环境得到了治理和改善。如今，瑞典已成为世界瞩目的环保典范，这与瑞典大力发展以生物质能为代表的可再生能源密不可分，其做法和经验值得我国参考借鉴。

2.1 改善能源结构，生物质潜力巨大

我国作为世界第一大能源消耗国，当前的能源结构中，92.6%为化石能源，其中煤炭就占到70.4%（见图4a），粗放的燃煤利用方式使之成为了环境的重大污染源。而我国的电力结构中，火电占72.9%（见图4b），其中大部分是燃煤电站，可再生能源不足26%。

作为农业大国，我国生物质能资源广泛，总量巨大，但目前尚未得到充分利用。据统计，我国可作为能源利用的生物质资源总量每年约4.6亿t标准煤，目前已利用量约2200万t标准煤，还有4.4亿t有待利用^[12]。例如，在我国农村，秸秆绝大部分采用焚烧处理，十分浪费资源且污染环

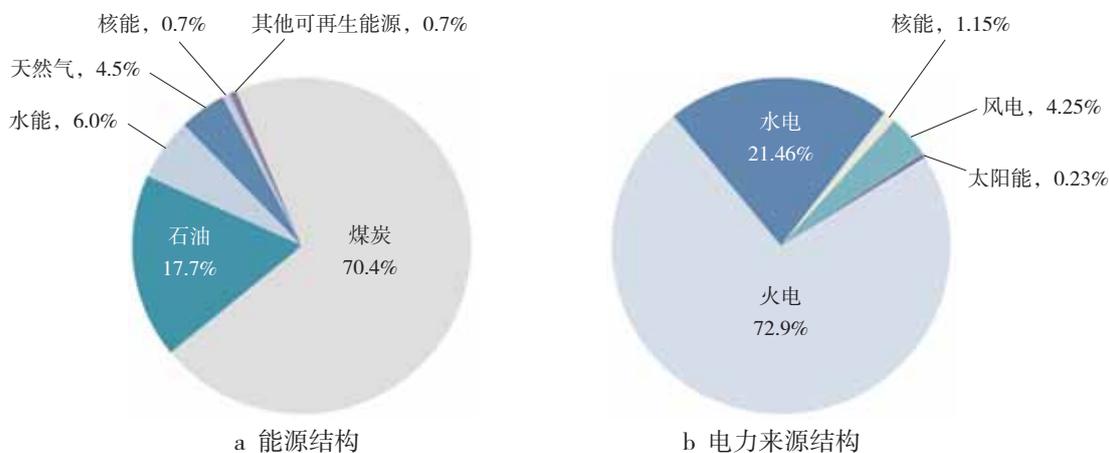


图4 2011年中国能源结构及电力来源结构

境；城市生活垃圾、生活污水、工业有机废弃物、高浓度有机废水等，亟待处理；对于火电站，在“上大压小”的减排背景下，将小火电改造成生物质电厂或供热厂将可实现绿色转型，达到能源、经济、环境的共赢。总之，我国生物质能的发展前景广阔，潜力可观。

2.2 生物燃料有望成为治理大气污染的切入点

在今年的两会提案上，已有多位业界代表呼吁发展生物燃料产业，实现节能减排、转变发展方式的一条重要途径，车用乙醇汽油可减少一氧化碳、二氧化碳排放，明显降低氮氧化物、酮类等污染物浓度，能够有效缓解雾霾天气。

关于汽车尾气排放，提高油品标准固然是一个途径，但使用化石燃料始终存在较大的排放问题。虽然电动汽车也作为一个替代选择，但考虑电能的生产仍然需要耗用其他一次能源，根据我国电力结构现状，电动汽车后期的低排放建立在前期以火电为主的高排放基础上，依然没有彻底解决问题。因此，从车用燃料角度看，发展生物燃料应成为减排治污的更优选择。

2.3 加强政策引导与支撑，加大产业扶持力度

瑞典大力发展生物质能，使之成为当前第一大能源，实现了环境、效益的统一，一个重要经验是政府引导。瑞典政府将保护环境视为经济发展的前提条件，在能源、交通、制造业、建筑、回收等产业推出了许多政策措施，支持生物质能源等可再生能源产业发展。

我国对于发展生物质能已做出规划。2012年7月，国家能源局发布了《生物质能发展“十二五”规划》，制定了到2015年生物质能年利用量超过5000万吨标准煤的目标。此外，2011年9月，中国国家可再生能源中心（CNREC）挂牌成立，包括生物质能在内的可再生能源规划研究、示范项目组织实施有了专门主管部门。

政策激励方面，可通过税收调整等手段加大扶持力度，支持生物质能产业的科学有序发展。首先鼓励能源消耗密集型企业生产和使用生物质能源，包括生物燃料、沼气等。可在具备条件的国家级经济技术开发区、高新技术开发区及产业园区中，设立环境技术示范园区和示范项目。抓住我国经济转型机遇，大力发展生物质能产业。

2.4 扩大国际合作，推动生物质能研究

生物质能已成为当今排在煤炭、石油和天然气之后的全球第四大能源。在应对气候变化、环境保护等共同责任下，各国对于生物质能开发利用的合作逐步深入。

在我国，随着生物质能技术的发展第二代生物燃料已不再受到“争粮”的质疑。目前，制约我国生物质能源发展的核心问题是技术上缺乏突破，生物质能的开发利用成本还较高。为此，我国应支持科研机构和企业开展生物质能基础研究，加大关键技术研发的国际交流与合作。今年，在瑞典能源署与创新署联合资助的中瑞创新合作项目中，增加生物质能利用已列入资助领域范围内。瑞典生物质能发展已20余年，借鉴其技术优势和发展经验有利于发挥后起优势，实现跨越式发展。

随着化石能源日益紧缺以及应对气候变化和保护环境的任务日益紧迫，发展生物质能，将成为解决能源问题的一条重要途径，将为转变能源发展方式、建设生态文明起到重要作用。■

参考文献：

- [1] 陈敬全. 欧盟生物能源发展现状和相关政策研究[J]. 全球科技经济瞭望, 2012(3): 21-35.
- [2] European Commission. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council[R/OL]. (2009-05-06)[2013-03-25]. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0028:EN:NOT>.
- [3] The Swedish Institute. Energy: Generating Power for a Sustainable Future[R/OL]. (2011-02)[2013-03-25]. <http://www.sweden.se/eng/Home/Society/Sustainability/Facts/Energy/>.
- [4] Ministry of Enterprise, Energy and Communications. The Swedish Energy System[EB/OL]. (2012-04-12)[2013-03-25]. <http://www.government.se/sb/d/16022>.
- [5] Andersson K. Bioenergy the Swedish Experience, How Bioenergy Became the Largest Energy Source in Sweden [M]. Jönköping: Svebio, 2012.
- [6] 张颖. 舍鸨酒而饮琼浆 也谈中国雾霾及应对[EB/OL]. (2013-02-28)[2013-03-25]. http://tech.southcn.com/t/2013-02/28/content_64715251.htm.
- [7] European Commission. Share of Renewable Energy in Fuel

- Consumption of Transport [EB/OL]. (2013-02-26) [2013-03-25]. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc340>.
- [8] 梁嘉琳. 报告称 500 个大型城市中达世卫组织空气质量标准不到 1% [EB/OL]. (2013-01-15) [2013-03-25]. http://news.xinhuanet.com/local/2013-01/15/c_124233223.htm.
- [9] 顾瑞珍. 我国约 70% 城市不能达到新空气质量标准 [EB/OL]. (2013-02-05) [2013-03-25]. <http://news.sina.com.cn/c/2013-02-05/160526212289.shtml>.
- [10] 人民政协网. 20% PM2.5 汽车尾气制造 [EB/OL]. (2013-03-10) [2013-03-25]. http://epaper.rmzxb.com.cn/2013/20130310/t20130310_488304.htm.
- [11] 网易. 国务院参事牛文元：雾霾治理须动“大手术” [EB/OL]. (2013-03-11) [2013-03-25]. <http://baoding.house.163.com/13/0311/11/8PMDHJSG0251053M.html>.
- [12] 国家能源局. 国家能源局关于印发生物质能“十二五”规划的通知 [EB/OL]. (2012-07-24) [2013-03-25]. http://www.gov.cn/zwggk/2012-12/28/content_2301176.htm.

Overview on Development of Bio-Energy in Sweden

XIA Fang

(Supervision Service Center for Science and Technology Funds, the Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100038)

Abstract: Sweden is one of global leaders in bio-energy development. Since 2009 bio-energy has replaced crude oil as its largest energy source in Sweden which greatly promoted Sweden's eco-development of economy. In 2012, the use of bio-energy accounted for 31.6% of the whole energy supply in Sweden. The paper introduced the current development of bio-energy and related main policies made by Swedish government, and put forward some suggestions for China on how to develop the domestic bio-energy, transfer the model of energy development, and how to construct the national ecological civilization.

Key words: Sweden; bio-energy; new energy; environment protection; sustainable development

(上接第 11 页)

U.S. Released a New Strategy for Disposal of Nuclear Waste

WEI Zhi-qi

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

Abstract: In January 2013, the U.S. Department of Energy released *the strategy for disposal and management of spent fuel and high-level nuclear waste*. This paper mainly investigates and analyzes the strategy's system design elements and challenges in its implementation process. The strategy is mainly aimed to address the worldwide problem of the HLW disposal, and puts forward a three-phase objective. The critical factors for its implementation include establishment and operation of a consent-based siting process, reform of the funding mechanism, establishment of a new waste management and disposal institutes, and the new legal authorization by the U.S. congress as well. In addition, it is also very important to win the public understanding and support for nuclear waste disposal. This could provide some reference for the ongoing siting activities related in China.

Key words: The United States; nuclear waste; strategy for disposal of nuclear waste