

文章编号: 1000-7695 (2006) 08-0019-04

区域可再生能源技术创新与发展前景

曾乐民, 苏碧霞, 于文益

(广东省技术经济研究发展中心, 广东广州 510070)

摘要: 随着世界能源消费问题及其与环境矛盾问题的日益突出, 世界各国越来越重视对可再生能源的开发与利用。本文在分析国外可再生能源开发利用特点的基础上, 对广东省可再生能源资源及开发利用情况进行分析与评价, 阐明了广东发展可再生能源重要意义, 指出了技术创新对加快区域可再生能源的发展的重要作用。

关键词: 可再生能源; 生物质能; 技术创新

中图分类号: F124.5

文献标识码: A

1 引言

能源是现代社会人类生存和发展的重要物质基础, 随着人类社会现代化和工业化进程的加速发展, 作为能源主要来源的煤炭、石油、天然气等化石能载体在过度开采和消耗下, 呈现出资源日益枯竭的趋势, 能源危机日益严重, 供应紧张时有发生, 能源价格居高不下, 能源问题已成为制约经济社会发展的重要因素。另一方面, 大量消费化石能源所排放的 SO_2 、 NO_x 、 CO_2 以及烟尘等有害气体, 导致全球范围的大气污染, 严重威胁人类赖以生存的生态环境。寻求和开发使用清洁、可再生的新能源和替代能源, 成为人们关注的热点。

可再生能源是清洁能源, 是指在自然界中可以不断再生、永续利用的资源, 它对环境无害或危害极小, 而且资源分布广泛, 适宜就地开发利用, 主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。从 20 世纪 90 年代起, 可持续发展逐步成为世界发展的主流, 世界各国纷纷加大对可再生能源的研发力度, 扩大可再生能源在能源消费中的比例, 如德国政府现在每年投入 6000 多万欧元, 用于开发可再生能源, 德国可再生能源发电量所占比例正在逐年递增。2004 年, 可再生能源发电量首次突破全国电力供应量的 10%。

广东省常规能源资源贫乏, 能源自给率低, 而经济发展快, 能源需求量大, 经济社会发展受到能源供应和环境容量的双重制约, 但却有着丰富的可再生能源资源, 若能学习先进国家的经验和先进技术, 加强技术创新和体制创新, 加大对可再生能源的开发力度, 可再生能源将可成为广东省未来能源供应的重要组成部分。

2 国外可再生能源的开发与利用特点

2.1 大力推广使用可再生能源, 缓解能源环境压力

自 1997 年京都会议以来, 世界各国以尊重健康、改善区域及全球环境质量为目标, 大力推广使用清洁能源。

美国政府提出, 到 2010 年依靠科技进步使石油日消费

量至少减少 100 万桶, 其中一个主要措施是加快可再生能源发电技术开发, 到 2010 年使非水力可再生能源的发电能力至少达到 2500 万千瓦。

欧盟把发展新能源和可再生能源作为解决全球变暖问题的关键措施。到 2010 年新能源和可再生能源在能源供应中的比例将增加一倍, 即从目前的 6% 增加到 12%。

英国《能源的未来》认为, “需要特殊措施来刺激可再生能源发展, 使之达到规模经济, 降低成本。”2000 年 2 月英国宣布, 在成本可被消费者接受的条件下, 到 2010 年达到可再生电力占 10% 的目标; 2003 年 4 月又颁布了“可再生义务法”(要求英格兰和威尔士的可再生电力逐年增加比例)。英国也免除了可再生发电的气候变化税。到 2010 年这些措施将每年为可再生能源产业提供大约 10 亿英镑的资助。

德国政府希望通过能源结构调整, 到 2010 年使所谓“生态能源”的发电量占到全国发电量的 10%。50 年后, 力争使可再生能源成为国民使用的主要能源。

世界风能发电大国之一丹麦, 到 2003 年风能发电总装机容量达 3110 兆瓦, 风能发电占丹麦发电量 30% 左右, 据丹麦政府规划, 2030 年风能发电占丹麦总发电量 50%。

2.2 加强能源技术的研发, 促进能源技术进步

能源技术不但可以增加能源可供应量, 也为提高能源效率提供保证, 同时也是解决能源环境问题和提高经济竞争力的重要手段。近 10 年来西方对洁净煤技术、可再生能源、汽车燃料、新能源等方面的研究与开发加大了投入。

美国《国家能源战略》指出, 美国要“在全球范围确立美国在能源服务和技术领域的领导地位”, “推动能源技术进步和长期研发的积极性”, “能源技术研究和开发的投资应集中在那些对美国未来 20-30 年的经济增长和环境有实际重大影响的能源资源和利用上”。“要平衡发展多种能源资源和燃料(化石能源, 核能, 可再生能源)保障国家安全; 那些增加能源系统用户的灵活性和价值的结构变化和技术应予以鼓励; 必须开发那些能满足交通增长水平和

数字经济要求的技术”。又指出，“研究和开发能刺激能源技术的进步，许多环保问题都可通过这些技术找到长远而经济的解决方案。通过研究来解决环境问题，增加能源选择的机会，是政府必要的职能。公共和私有部门的合作者（国内的和国际的）可以共同加快推进能源技术进步”。

英国希望通过能源技术建设一个低碳型经济社会，解决环境问题，尤其是气候变化的挑战。英国《能源的未来》指出：随着英国向新的、低碳经济发展，英国的商业有机遇使其未来需要的技术，如燃料电池、海洋风能和潮汐发电，成为世界领先。英国将支持研究开发和创新，鼓励新的、长期的方案（例如氢经济），发挥新兴技术（如可再生能源和新的能效技术）的潜力。

日本政府于1993年就提出了旨在开发利用新能源的“新阳光计划”。该计划涉及的领域有可再生能源技术研究、化石能源高度利用技术研究、能源输送和储藏技术研究、系统化技术、基础研究、速效性革新性能源技术研究等。政府每年都要为该计划拨款570多亿日元，其中用于新能源技术开发的约为362亿元。日本新能源利用目标是，到2008年争取使新能源在一次能源中所占的比重由目前的1%提高到3%。

能源技术的研发重点在节能技术、能源清洁利用技术、新能源技术和可再生能源技术。节能技术研发的重点放在节能关键环节上，如车辆的动力，电器设备的待机节能，绿色照明，以及能效高的热电联产（CHP）等等。能源清洁利用技术的重点是洁净煤技术、车辆减排技术；新能源技术的重点在核聚变、氢能；可再生能源技术的重点是风能发电和太阳能。

3 广东可再生能源资源及开发状况

广东的可再生能源资源主要有水电资源、风能资源、太阳能资源、海洋能资源、地热能资源、生物质能资源和城市垃圾等。

3.1 水电资源

全省可开发水电装机约833万千瓦，年发电量300亿千瓦时，主要分布在珠江、韩江。其中珠江581万千瓦；韩江133万千瓦；粤东诸河47万千瓦；粤西诸河72万千瓦。2004年已开发水电装机619万千瓦，开发率已达74%，余下未开发的水电资源大多为低水头或淹没大的水电站。

3.2 风能资源

广东省有4300千米长的海岸线，其中大陆海岸线为3368千米，1300多个大小岛屿。风力资源丰富，陆地可开发风电装机约1700万千瓦，主要分布在粤东沿海、粤西沿海、珠三角沿海的陆上和海岛，以及南岭山脉一带的内陆山地。近海风电资源更为丰富，全省辖区海域面积41.9万平方公里，海上风速比岸边风速大20-30%，风功率密度是海岸的1.7-2.0倍，加上近海的风电场，全省风电可开发容量达4000万千瓦左右。截止2004年底，广东省已建成风电场3个，风机数量179台，总装机容量8.403万千瓦，其中南澳风电场风机132台，总装机容量5.433万千瓦，

是目前国内第2大风电场；揭阳市惠来海湾石风电场风机数量22台，总装机容量1.32万千瓦；汕尾市红海湾开发区施公寮风电场风机数量25台，总装机容量1.65万千瓦。

广东省大型风力发电总装机容量属国内领先的省份，但是对广东省4000万千瓦的风能资源量而言，属于起步阶段，已经建成的风力发电厂均为陆地风电场，尚无海上风电场。

3.3 太阳能资源

广东省的太阳能年辐射总量418.4-564.8千焦耳/平方厘米，年均日照时间1800-2100小时，在全国属第三类（可利用）中值区，太阳能资源比较丰富。目前广东已有太阳能热水器、太阳能烘房、太阳能发电等应用，但由于经济性等问题，未能大规模推广。太阳能热水器推广远远落后于太阳能条件较佳的西藏、云南等省份，也落后于江苏、浙江等太阳能条件不如广东的省份。目前太阳能热水器普及率不到2%，广东太阳能热水器的市场占有率仅为全国市场的4%（山东省为15%、云南12%、浙江18%），远远低于全国平均水平。

但在太阳能发电试验方面，广东省走在全国的前列，目前已建成两个太阳能发电系统。深圳太阳能发电系统总容量为1兆瓦预计年发电能力约为98万千瓦时，这是目前亚洲最大的太阳能光伏发电系统。华能南澳太阳能发电系统是我国第一个风能太阳能互补发电系统，太阳能发电容量100千瓦。这一系统对建设大规模风光电互补商业化项目在技术、管理等方面具有重要借鉴意义。

此外，广东省还在太阳能半导体路灯应用示范工程；新型太阳能制冷空调技术等方面处于领先地位。

3.4 海洋能资源

全省辖区海域面积41.9万平方公里，海洋能资源量巨大，是广东省的优势资源之一。目前潮流能、潮汐能、波浪能等的利用虽然尚处于实验阶段，但随着全球化的能源短缺和环境恶化，海洋能的开发利用必将提到议事日程上来。现在汕尾市遮浪镇建有一座总装机容量50千瓦，允许最大波浪能峰值功率为400千瓦的波浪能独立发电系统，年可发电约26300度。

3.5 生物质能资源

广东省的地理和气候条件非常适宜植物的生长，因此，有着丰富的生物质能源资源，各种生物质能源资源的理论生成量可达7600万吨标准煤，但目前有效利用程度不高。

农作物秸秆：全省农作物产量约为1500万吨，可获得农作物秸秆1667万吨，折合716万吨标准煤。

林业废弃物：广东省林地面积约为15300万亩，全省共有约300个林产品加工企业，年产值约达135亿元，每年产生大量的林业废弃物，据测算可达100万吨/年。

广东省已有多处利用农林废弃物等生物质能的试点。中国科学院的0.1万千瓦“生物质循环流化床气化发电系统”是我国目前规模最大的生物质气化发电系统，拥有完全的国有知识产权。

畜禽粪便：全省生猪饲养量约为5500万头，家禽饲养

量为13亿只，全年产生的畜禽粪便量为1.27亿吨，折合6447万吨标准煤。中日合作的“猪粪便沼气发酵气体燃料电池发电系统”在广州市番禺区已建成投入使用。

沼气发电：对大型养殖场产生的大量畜禽粪便可以采用建设大型沼气工程的方式解决，产生的沼气可用于发电或作为燃气供应民用和工业用户。

能源作物：广东地理环境适合种植甘蔗、木薯、甘薯、速生林等能源作物。蔗秆、木薯和甘薯等可用于生产燃料乙醇，约可生产200万吨/年。

城市废弃物：广东省城市垃圾日益增多，随着人民生活水平的提高，城市生活垃圾的热值也相应提高，目前大城市的生活垃圾热值已达到1500千卡/千克以上。目前全省各市垃圾总生成量高达1200万吨，以目前的垃圾处理技术水平，每吨垃圾可发电约为250千瓦时，这些垃圾每年约可发电30亿千瓦时，相当于2004年全省电力消费总量的1.4%。2004年，广东省已建成垃圾发电站的装机容量为12.1万千瓦。

城市餐饮废油（地沟油）也可作为生物柴油的原料，且生产工艺简单，成本低。另外，大豆及花生等油料作物在工业生产中产生的下脚料也非常适合生产生物柴油。这些废弃物的回收不但减少对环境的污染还能在一定程度上缓解广东省能源供应紧张的矛盾。

3.6 地热能资源

广东省拥有丰富的中低温断裂型地热资源，目前仍主要开发用于旅游疗养。

广东早在20世纪70年代初开始利用地热水（温度低于当地沸点）进行发电试验，丰顺热电站是我国第一个用91℃热水、采用减压扩容方式发电成功的试点。该发电站装机容量300千瓦，至今已并网运行二十多年，年平均利用小时可达3000~4000小时。

4 广东省可再生能源开发利用的重大意义

4.1 有利于缓解区域能源供应矛盾

广东省常规能源资源贫乏，改革开放后，尤其在2000年后随着经济社会发展对能源需求的快速增长，导致近年能源供应持续偏紧。但广东具有丰富的可再生能源和新能源资源，对这些资源的开发与利用可提高广东省能源自给率，实现能源供应多元化，对缓解广东省能源供应紧张局面、提高能源供应安全将起到重要的作用。

4.2 是发展循环经济，建设节约型社会的需要

可再生能源的开发与利用是将太阳能、水电资源、风能、海洋能及各种生物质如农林废弃物、各种垃圾、工业原料下脚料等能源载体充分、有效地加以利用形成可再生能源的过程。它减少了资源的浪费或对环境带来的污染，变废为宝。我国人口众多、人均资源相对贫乏，中央已明确提出建设节约型社会及发展循环经济的重要发展战略。传统经济是一种由“资源-产品-污染排放”的单向流动的线性经济，而可再生能源的开发与利用过程是“资源-产品-可再生资源”的反馈式流程，所有的物质和能源可以在这个不断进行的经济循环中得到合理和持久的利用，

从而从根本上消解长期以来环境与发展之间的尖锐冲突。

4.3 有利于改善环境，实现可持续发展

广东省能源消费的主要问题之一就是能源开发利用与环境保护的矛盾突出，以化石燃料为主的能源开发利用排放大量有毒、有害气体和废渣、废水、废油等，是引起环境污染和气候变化的主要原因。

可再生能源的开发与利用是将如风能、太阳能等清洁能源加以充分利用的过程或是将农林废弃物、工业及生活垃圾等对环境产生污染的废弃物重新利用的过程。因此可再生能源本身是一种清洁能源，在对其开发利用过程中减少了废弃物对环境带来的污染，同时由于其替代了大量的化石能源，从而减少了各种污染物及温室气体的排放。

4.4 有利于调整农业组织结构，促进社会主义新农村建设

对生物质能的开发与利用是发展可再生能源的重要部分，广东省具有大量生物质能资源，2004年广东省甘蔗产量约为1100万吨，居全国第二位。

广东能源价格高，如煤价比山西、贵州等产煤省高100%~150%，比北京、天津等地高30%以上。因此，对能源作物的需求量具有很大潜力，且种植能源作物具有较大的利润空间。这些因素会促进广东省农业产业结构的调整，增加农民收入并带动农业加工业的发展，加快农业科技创新的步伐，从而促进广东省社会主义新农村的建设。

4.5 拉动区域经济增长、促进经济快速协调发展

对可再生能源的开发与利用必将促进广东省能源消费结构的调整与优化。可再生能源涉及面广，对其开发与利用进程将会产生一系列的连锁反应及联动效应。发展可再生能源将带动相关产业的发展，从而形成新的经济增长点及新的产业链条，增加政府财政收入，增加就业，进一步拉动广东省的经济增长。

5 加快可再生能源发展技术创新的建议

目前广东可再生能源开发缓慢，主要原因是除水能和风能外，一般可再生能源密度低而且分散，发展到具有一定商业化规模需要相当长的时间，并且对可再生能源的发展认识不足。因此，实施广东省可再生能源发展战略，首先要确定可再生能源的战略地位；其次，要根据广东省的实际情况选择适用技术和重点发展领域；再次，需要大量吸引外资和民营资金参与可再生能源开发，将可再生能源发展成为一个新兴的产业，成为新的经济增长点。

任何产业的发展都必须有强有力的技术作为后盾，可再生能源也不例外。目前，我国可再生能源利用技术尚在起步阶段，然而，发达国家在这方面已经进行了大量的研究和开发，许多技术已经进入商业化阶段。因此广东省始终要把技术创新作为推动可再生能源发展的关键，通过技术手段提高效率、降低成本，解决可再生能源开发与利用中的主要问题。

5.1 加快风电技术的研发与推广

近年来，世界风电装机以年平均30%以上的速度快速增长，到2004年，风机容量达到了4731.7万千瓦，世界上风能利用最好，发展最快，技术比较先进的国家分别是德

国、美国、丹麦、荷兰、西班牙等国。风力发电机组是一种集多学科于一体的高新技术设备。它涉及空气动力学的应用、电力电子技术与发动机技术结合、传动系统的配置、材料的应用和风力发电机并入电网的技术等。目前，新型、高效率、高可靠性风力发电机组的不断推陈出新，高技术含量不断增加，风电机组的利用率大大提高。并网风力发电机组单机容量逐步增大。近年来，风电已经由陆地风电场向海上（离岸）风电场发展。

由于广东省风电规模小，风机技术进步慢，风电设备价格高，致使风力发电成本高于常规能源，风电开发步伐不大。因此要通过技术引进、吸收和技术创新，争取在广东生产1.5兆瓦以上的风电机组，并跟踪世界技术发展的步伐，不断研发大单机容量的高效机组，以求通过国产化 and 规模化，大大降低风电生产成本，使风电生产和风机制造成为广东的新经济增长点，并在取得技术突破的同时培养一大批风电专业人才作为技术储备。同时，制定相应的优惠政策，鼓励技术创新，在风机成本、运行维护费用、运行可靠性和耐久性等多个方面取得突破性成果，壮大广东省的风电产业。

海上风力发电的总装机容量在迅速增长，到2005年末，全世界投入使用的海上风电机组达到427台，装机容量达685MW。广东海上风电可开发容量为陆上的两倍以上，但广东沿海为台风多发区，因技术等原因目前尚无海上风力发电场建成投产，南澳20兆瓦海上风电场正在筹划当中。因此，要通过技术创新解决海上风力发电中主要需解决的风力发电机组设备、支承结构、抗台风设施等技术问题。同时，不断扩大单机容量，使总装机容量迅速增长并由浅海向深海发展。

5.2 积极开展太阳能利用的研发

2004年，全球光伏电池的生产首次超过了100万千瓦，比2003年增长了60%。全球88%的光伏组件和光伏电池的生产集中于12家国际大公司，其中日本占全球的52%，欧洲占26%，美国占12%。世界上两个最大的光伏电池生产国是日本（61.8万千瓦）和德国（18.5万千瓦）。

目前光伏发电成本是风电、生物质发电的6~8倍，成本高是制约太阳能发电的主要因素，只有靠技术创新才能使得太阳能发电真正产业化和市场化。广东应加大太阳能利用的研发力度，重点发展光伏发电、光线自动追踪等有关技术，推动太阳能利用和太阳能产业的发展。

5.3 追踪其他可再生能源利用技术的发展

广东还应密切注意世界上地热能、海洋能、生物质能及城市垃圾利用等技术的发展，目前，国际上在生物质能利用方面有新突破，德国2004年生物柴油的生产能力达到约150万吨/年，2005年生物柴油销售量更是超过180万吨，成为世界上最大的生物柴油生产国和消费国；巴西是世界上最大的燃料乙醇生产国和消费国，目前乙醇生产能力为1272万吨/年，97%用于燃料，巴西所有汽油发动机

车辆（约1550万辆）均使用乙醇汽油，并有370多万辆专用乙醇汽车投入使用；美国共有20个州生产燃料乙醇，生产能力达到632万吨/年。我国已在9个省份或地区开展燃料乙醇试点，并在这些地区实现了乙醇汽油的全封闭式使用，“十一五”规划中还将在广东、广西等地建立新的燃料乙醇示范点，广东更应抓住时机，采取措施加快广东省生物质能源的技术创新与开发利用。

5.4 为可再生能源技术创新与开发利用打造相应的平台

广东可再生能源利用的研发和产业化刚刚起步，在目前的技术水平和价格体系的条件下，新能源和可再生能源还不完全具备与常规能源竞争的能力，但可再生能源的大规模利用将减少对大气和水体的污染，减少渐趋枯竭的化石能源的消耗，提高能源供应的安全性，具有较大的社会效益，因此，在产业发展的初期必须由政府对其进行扶持，政府应确定可再生能源的地位和价值，从根本上消除可再生能源利用领域的观念障碍，建立和逐步完善投资、税收、信贷、价格、管理等方面的激励政策，加强技术研发投入，加快技术创新，彻底改变新能源和可再生能源的价格和价值不符的现状，使其在公平合理的市场环境中健康发展，以实现新能源和可再生能源产业化的目标。

我国《可再生能源法》已经出台，广东省应该根据本省实际情况制定相关的地方法规，以期在较短的时间内使可再生能源的开发利用有法可依。

参考文献：

- [1] SHRMA S K, KLALRA KL, GREWAL H S. Enzymatic saccharification of pretreated sunflower stalks [J]. *Biomass & Bioenergy*, 2002, 23: 237~243.
- [2] 黄忠水, 纪威, 李淑艳, 等. 国外生物柴油的应用 [J]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [3] 胡秀莲, 姜克勇, 崔成, 等. 城市生活垃圾焚烧发电 CDM 案例分析 [J]. *中国能源*, 2001, (7): 21~26.
- [4] 美国能源部. Biomass Program, <http://www.eere.energy.gov/biomass>, 2005-06-27.
- [5] SOFRATA H. Heat rejection alternatives for thermoelectric refrigerators [J]. *Energy Conversion and Management*, 1996, 37 (3): 269~280.
- [6] 张正敏. 中国风力发电经济激励政策研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

作者简介：曾乐民（1963-），男，广东五华人，副研究员，注册咨询工程师，华南理工大学研究生，广东省技术经济研究发展中心副主任，主要从事能源技术经济政策研究，以及科技政策法规的研究；苏碧霞（1963-），女，广东广州人，副研究员，主要从事能源技术经济政策研究，以及科技政策法规的研究；于文益（1978-），男，黑龙江哈尔滨人，助理工程师，华南理工大学研究生，主要从事能源技术经济政策研究，以及科技政策法规的研究。

（本文责编：彭统序）