

世界可再生能源产业发展综述

国家发展和改革委员会能源所可再生能源发展中心 王仲颖

中国资源综合利用协会可再生能源产业协会高级技术顾问 William Wallace

一、概 述

在国际上,可再生能源已被看作一种替代能源,可以替代用化石燃料资源生产的常规能源。在1995到2003年期间,全球可再生能源累计投资达到了1000亿美元(仅2003年就投资了200亿美元),使可再生能源的并网发电能力达到1亿千瓦,至少满足了3亿人口的用电需求。在未来10年里,可再生能源市场的投资每年有望达到850亿美元,并创造几百万个新的就业机会。过去一说到发展可再生能源,人们首先就会联想到环境和气候变化。现在人们更多考虑的是能源安全、就业机会和新的经济增长点、先进的技术开发和制造,以及消费者的拥护和消费者的选择。尽管可再生能源占全球能源的消费比例不到2%(2003),但其应用扩展的潜力是巨大的。表1显示了世界2003年已装机可再生能源发电能力,数据包括了所有的国家和发展中国家。

表1 并网可再生能源发电装机容量(2003已装机容量,单位:兆瓦)

技 术		所有国家	发展中国家
小水电		56000	33000
风力发电		40000	3100
生物质能发电		35000	18000
地热发电		8800	4100
太阳能热发电		350	0
太阳电子(光伏)发电(并网)		1100	0
可再生能源发电装机合计		142000	58000
比 较	大型水电	730000	340000
	所有发电装机	3700000	1300000

可再生能源迅速发展的一个例子是德国,在短短的10年间,依靠固定电价和

一部综合的可再生能源法律激励体系，建立起自身的可再生能源产业，2002 年的销售额达到 110 亿美元，并创造了几万个新的就业机会。德国已成为世界风电发展的领头羊，而且光伏发电紧随日本之后，排名世界第二。世界上许多国家或地区将可再生能源作为其能源发展战略的重要组成部分。在美国的加利福尼亚，到 2017 年 20% 的电力来自于可再生能源(2002 年只有 12%)；欧盟，2010 年 22% 的电力或整个能源的 12% 来自可再生能源(1999 年 14% 的电力,1997 年整个能源的 6%)；德国，2020 年 20% 的电力和 2050 年整个能源的 50% 来自可再生能源(2002 年 6.8% 的电力)；日本，到 2010 年光伏发电要达到 483 万千瓦(2003 年为 88.7 万千瓦)；以及拉丁美洲，2010 年整个能源的 10% 要来自于可再生能源。

图 1 显示了可再生能源发电成本与常规化石燃料发电成本变化的范围，比较了生物质能发电和风电与大型水电、天然气和煤电的差别。风电正在迅速转变成最有竞争力的可再生能源技术之一，在有些项目中已经可以与煤电抗衡。

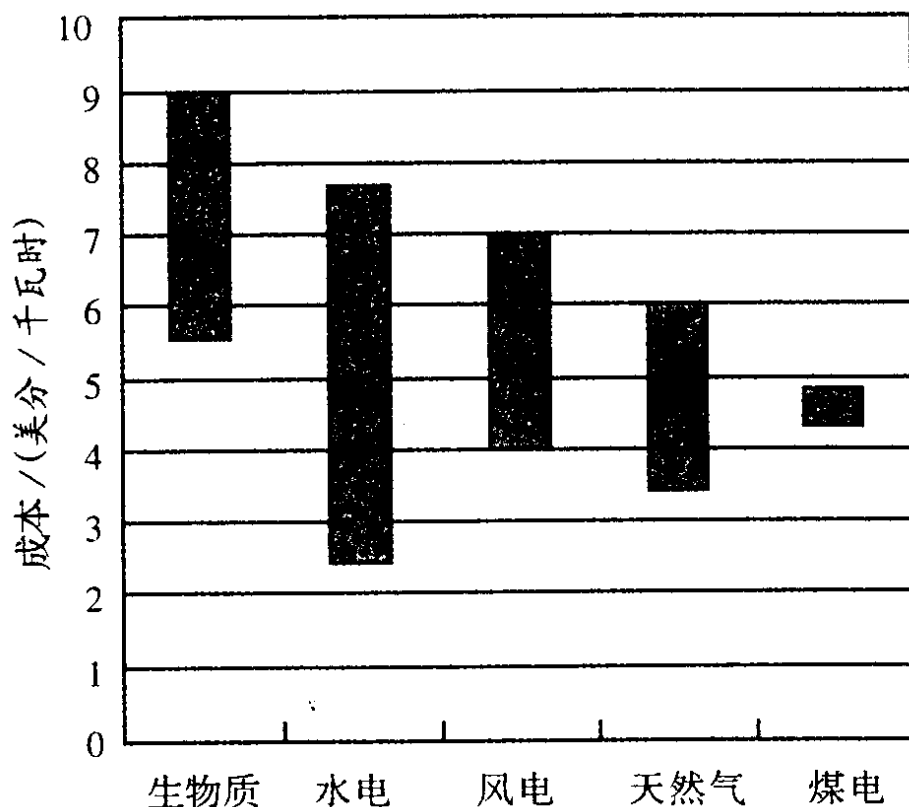


图 1 不同资源发电成本的变化范围

资料来源：世界观察所

二、风 电

风电是世界可再生能源发展最快、得利最大的技术，2003 年仅风机的销售额就达到了 90 亿美元。在过去的 6 年里，风电的年平均增长率达到了 22%，2004

年新增装机 797.6 万千瓦，全球累计风电装机达到 4731.7 万千瓦。全球风电发展最快的国家是德国(1697.6 万千瓦)、西班牙(826.3 万千瓦)、美国(674 万千瓦)、丹麦(311.7 万千瓦)以及印度(300 万千瓦) 这些国家都有强有力的政府激励政策支持着风电市场的开发。这些政策包括德国的固定电价和美国的生产环节减免税，但也包括一些不同的投资和制造业方面的激励政策。印度是发展中国家，印度成为世界风电发展大国之一，主要得益于其制定了有效的国家开发政策。

图 2 显示了世界风电装机排名前 10 位的国家。值得注意的是中国排名第十，与日本规模相近，但远低于印度，相差 4 倍之多。德国已成为世界上最伟大的风电开发者。

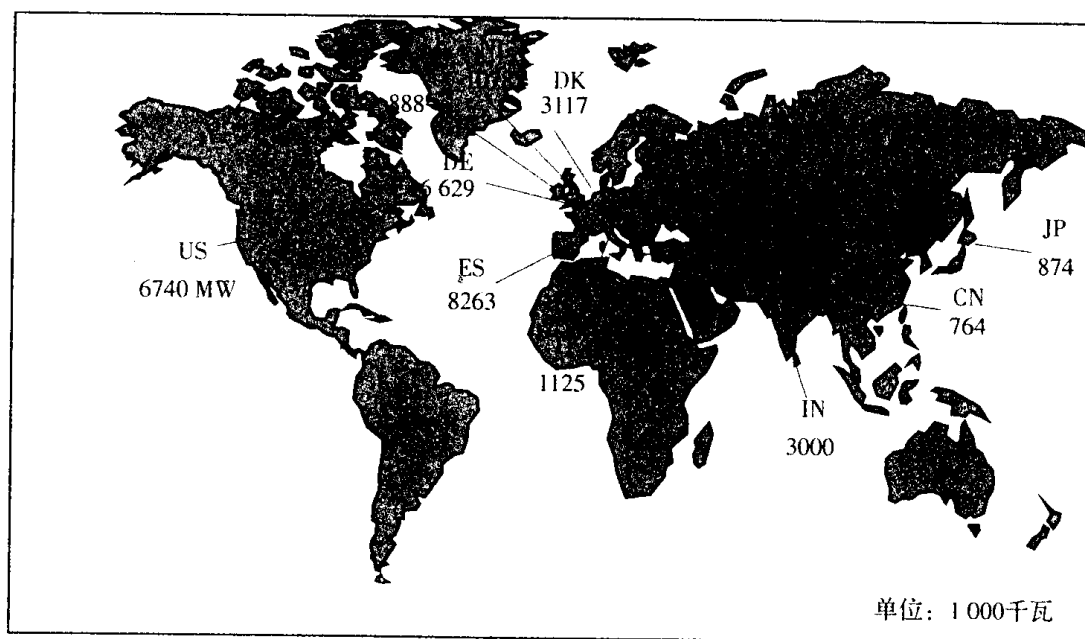


图 2 2004 年世界前 10 位风电装机国家

资料来源：欧洲风能协会

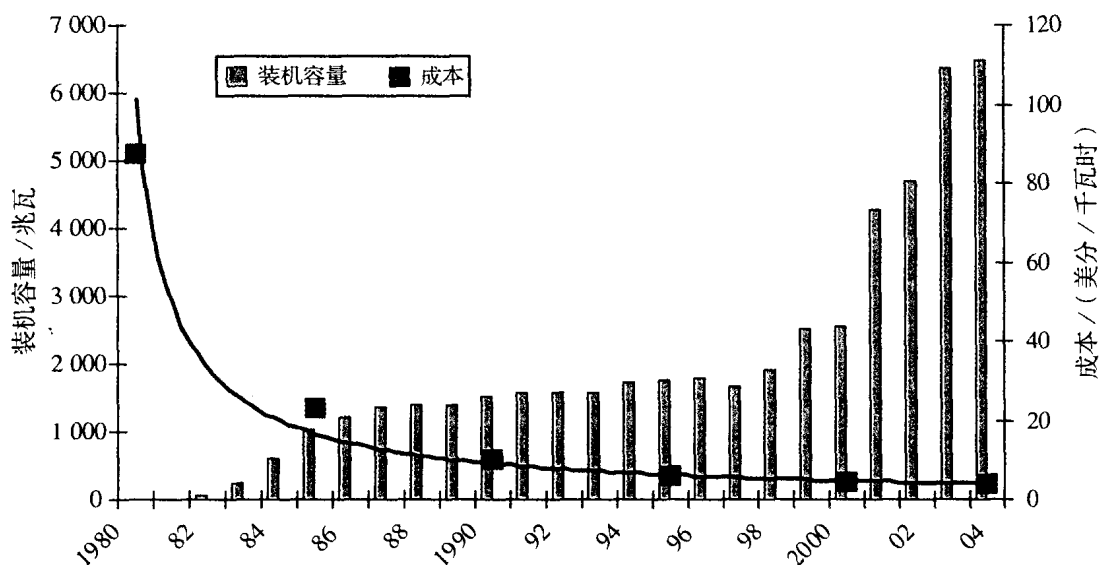
欧洲是世界风电发展最快的地区，2004 年新增风电装机的 72.4%在欧洲、15.9%在亚洲、6.4%在北美。2003 年，欧洲风电产出达到 600 亿千瓦时(相当于欧盟 15 国 2.4%的电力消费) 为 1400 万户家庭提供了电力需求。日本计划到 2010 年发展风电 300 万千瓦 美国预计其风电产业将保持当前 18%的增长速度 到 2020 年全部电力生产的 6%将来自风电。世界风电发展路线图——“风力 12”的目标是到 2020 年，全球的电力供应 12%来自风电，届时将以 12.45 亿千瓦的风电装机减排 18.13 亿吨 CO²。

目前世界的风电发展的趋势主要是产业重组(越来越精干和强大)、风机的单机规模不断增大和向海上发展。2003 年，丹麦的维斯塔斯(Vestas)吞并了 NEG 麦康(NEG Mi con)，成为世界上最大的风机制造商，占有了世界 33%的风机市场，有

20 种产品，生产从单机 600 千瓦一直到单机 4200 千瓦的风机。美国的通用电气 (GE) 是世界第二大风机制造商。今天，正在有更多的单机 2500 千瓦以上的新机型替代 1500 千瓦的机型，例如 GE 的 2300~2700 千瓦、Vestas 的 3000 千瓦 V90 和 AN/Bonus 的 2300 千瓦机组。更大型的风机也正在进入市场，例如 GE 的 3600 千瓦海上风机、爱纳康 (Enercon) 4500 千瓦机组、NEG Micon 的 4200 千瓦机组和 2004 年安装的产自 REpower 和 Muhibrid 的两台 5000 千瓦机组。海上风电发展的趋势使大型机组的应用越来越多。据国际著名咨询公司英国的 Garrad Hassan 分析，到 2020 年，欧洲具有 33% 的电力来自海上风电场的潜力，这意味着 2.4 亿千瓦的风电装机，每年发电 7200 亿千瓦时。实现这一宏伟目标实际上是可行的，只要风电产业能够得到合适的政策和投资激励。

图 3 反映了国际风机制造技术的变化趋势，单机容量从 80 年代的 30 千瓦已发展到目前的 5000 千瓦，建设一个 200 台大型风电机组的风电场，就相当于一个 60 万千瓦的大型核电站。

图 3 还显示了美国在发展风电降低成本方面的经验。成本的下降映射了风电这种先进技术发展的学习曲线，制造业在不断壮大，风电项目的规模在不断增加。



**图 3 美国降低风电成本的经验表明了
装机容量 (MW) 和成本 (美分/千瓦时) 随时间变化趋势**

资料来源：美国国家可再生能源实验室 (2000 年美元)

三、太阳能

太阳能的光伏发电和太阳能热水器代表着可再生能源资源开发的另一壮丽的发展趋势。2004 年，全球光伏电池的生产首次超过 100 万千瓦，比 2003 年增长 60%，光伏组件市场超过 49 亿美元，光伏系统安装市场超过 84 亿美元。这其中，

57%的光伏组件用于并网的居民用电和电力公司供电，11%用于离网的偏远地区用电(其余的主要用于离网商业、通讯和民用电子器件)。全球 88%的光伏组件和电池的生产集中于 12 家国际大公司，其中日本占全球的 52%、欧洲占 26%、美国占 12%，中国接近 10%。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)，他们有一共同的特点，都有成功的国家补贴计划——固定电价或业主采购补贴，用来支持光伏的屋顶安装系统。在美国，个别的州，以加利福尼亚为首，利用采购补贴支持光伏的并网屋顶系统。

图 4 是世界光伏生产的变化趋势，可以看出近几年光伏电池的生产大幅度增加。图 5 表明了随着市场的扩大和制造规模的增加，光伏成本下降的学习曲线经验。

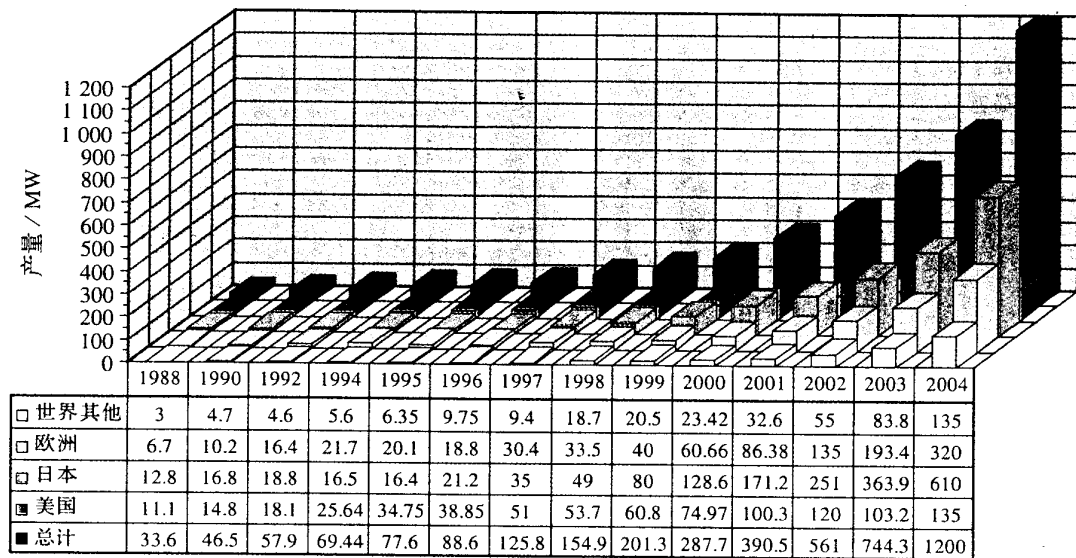


图 4 1995-2004 世界光伏电池的产量

资料来源: Paul Maycock, PV 新闻, Vol. 24/No. 3, 2005 年 3 月

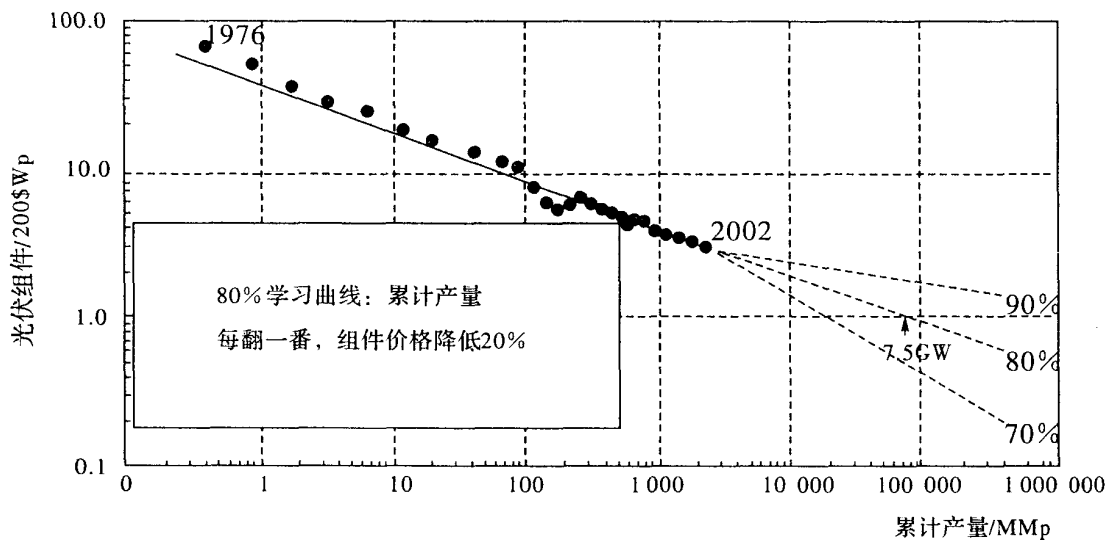


图5 光伏组件生产的成本下降学习曲线

资料来源：美国国家可再生能源实验室

中国是世界上最大的太阳能热水器生产国和消费国，年产量接近 1200 万平方米(按集热面积计算)，2004 年累计安装量达到 6000 万平方米。同时中国也正在开拓太阳能热水器的出口市场。在过去的 6 年里，中国太阳能热水器生产的年平均增长率达到了 28%，2004 年总产值接近 20 亿美元。作为比较，2003 年欧盟 15 个国家仅生产了 140 万平方米的太阳能热水系统，累计安装量也只有 1400 万平方米。在世界范围内，国际能源机构(IEA)的一项研究提供的 2001 年统计数据表明，全球总计太阳能集热器的安装面积为 1 亿平方米，排在前位的国家是中国(3200 万平方米)、美国(2340 万平方米)、日本(1210 万平方米)和欧洲(1120 万平方米)。同有些国家相比，如奥地利、希腊和以色列，中国太阳能热水器的相对市场份额(以每千户所拥有集热器面积计算)仍然较小。如果中国四分之一的居民用上太阳能热水器，2020 年将为整个产业带来 2.7 亿平方米的市场，这也是中国政府的目标。无论是光伏还是太阳能热水器产业，将来的主流趋势是发展太阳能一体化建筑技术。建筑一体化系统的美观，从城市环境角度来看，广大的消费者和市政都愿意接受这些技术。

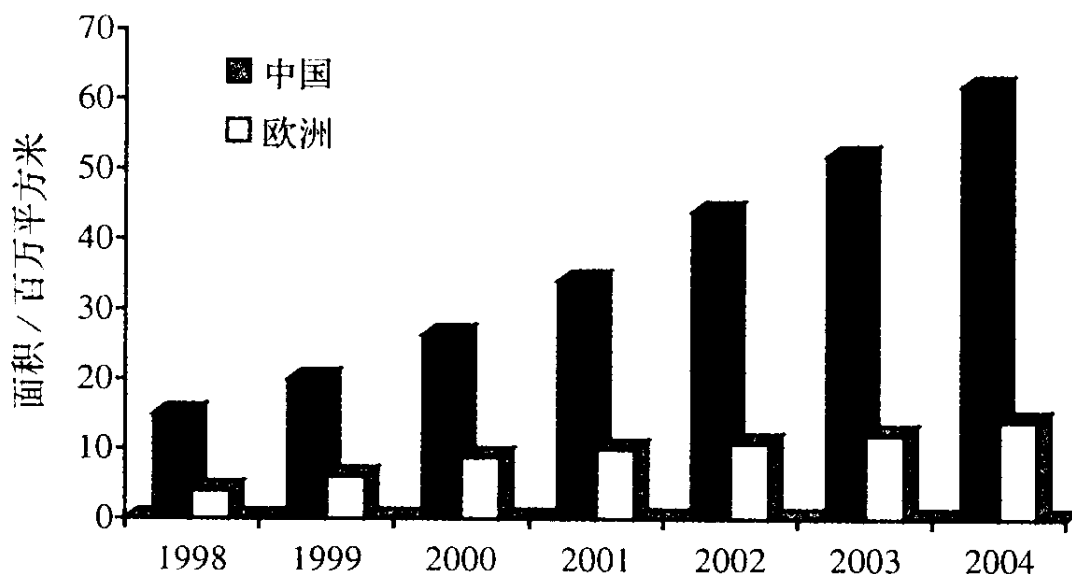


图6 中国欧洲累计太阳热水器安装量

资料来源：中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会

四、生物质能

生物质是一种多样性的能源资源，在世界范围内有着广泛的应用，主要有作物的残余物，例如谷类的秸秆、稻壳、棕榈油、甘蔗渣、城市固体废弃物、森林

废弃物，以及来自畜禽养殖场和工业处理过程中的有机废水。生物质能源的主要利用形式有：大型火电系统，例如直接燃烧生物质或与煤混燃产生蒸汽发电和供热；大型生物质气化发电系统(10MW 以上)；每年集中处理农场和工业有机废水 1 万吨以上的厌氧发酵供热发电系统；垃圾填埋气回收供热和发电系统；还有生物油的生产(乙醇、生物柴油等等)。

欧盟 15 国，2000 年全部电力的 1.5%来自于生物质能，并计划将生物质能的开发作为其实现 2010 年 22%可再生能源发电目标的主要内容。德国在利用厌氧发酵处理废弃物发电技术方面，走在了世界的前列，目前已有 1900 个厌氧发酵厂，2004 年装机 27 万千瓦。2000 年，在生物质能市场的年投资是 8.63 亿美元，2004 年为 14 亿美元。《世界生物质报告》预测，在未来的 10 年(2004-2013)，将有 180 亿美元投资于生物质能源项目，包括大型火电项目(900 万千瓦的新增装机)、厌氧发酵系统和垃圾填埋气项目。

随着全球把兴趣放在利用生物质原材料生产乙醇、甲醇和柴油，生物燃料成为生物质资源的另一种非常重要的用途。乙醇和甲醇可由淀粉、纤维素和木质物质制成，也可以用玉米和小麦，麦秆、柳枝稷和高粱属植物也是制造生物燃料的好原料。生物柴油可用油菜籽、大豆油等物质制成。图 7 显示了世界生物乙醇和生物柴油产量随时间变化的趋势。

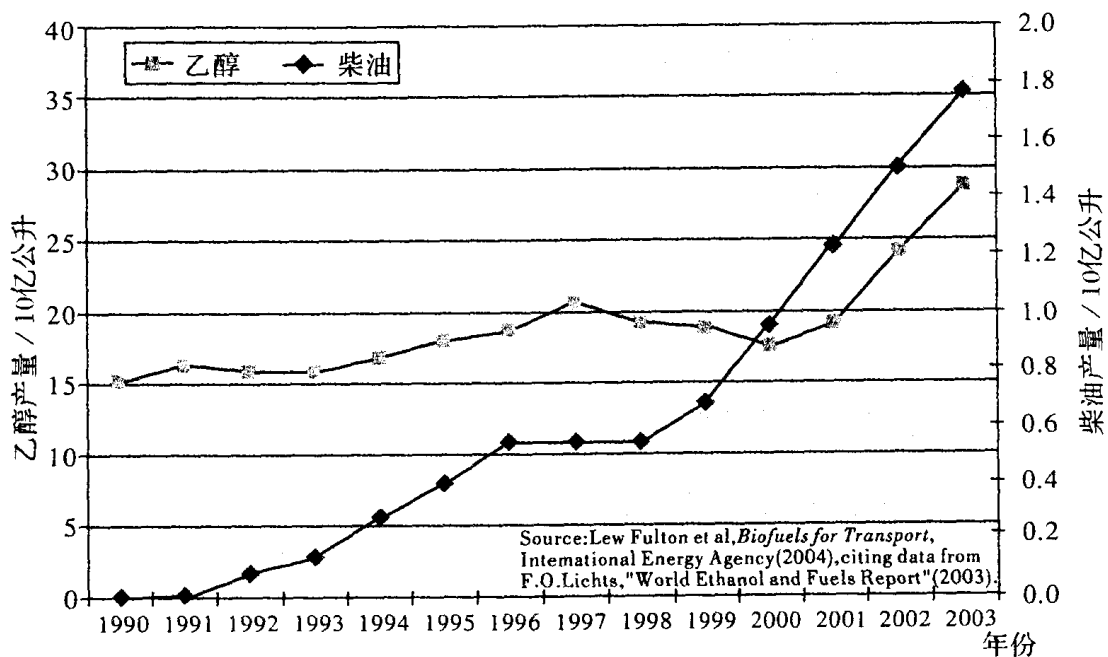


图 7 1990-2003 年世界生物乙醇和生物柴油的生产情况

资料来源：Eric Martinot <http://www.martnot.info/Figure6.pdf>

五、地 热

地热能(资源)可以被用来取暖，也可以用于发电。做何种应用取决于资源的

温度范围，资源的经济开发取决于地热田的资源特性和地理位置。地源热泵是低温地热资源的一种利用形式，被广泛用于建筑物的取暖和制冷。地热发电在世界范围内也取得广泛应用，在过去的 50 年内年增长率为 7%。目前，利用先进技术，用于发电的地热资源可以低于 100 。2004 年，全球 25 个国家的地热发电装机总计达到 873.5 万千瓦，每年发电 546 亿千瓦时。地热发电厂的功率因素在 70%-95% 之间，适合于带基荷。在有些国家，地热发电开发利用率很高，可达到全部电力供应的 13%-16%。这些国家是菲律宾、萨尔瓦多、肯尼亚、尼加拉瓜和冰岛。地热发电成本在可再生能源应用中是最低的，可以低至 4-5 美分/千瓦时，并且许多案例已可以与化石燃料相竞争。表 2 是一些对地热发电最热衷国家的信息。

表 2 世界地热开发排名靠前的国家

国家	装机容量/MW	发电量/ (GWh 年)	占全国能源消费比例/%	占全国发电装机的比例/%
美国	2395	16000		
菲律宾	1931	8630	16.2	21.5
墨西哥	953	6282		
印度尼西亚	807	6085	3.0	5.1
意大利	790	5300		
日本	537	3395		
新西兰	453	3600	5.1	6.1
冰岛	200	1433	13.0	4.7
哥斯达黎加	162	1170	7.8	10.2
肯尼亚	127	1100	15.0	20.0
萨尔瓦多	105	550	15.4	20.0
尼加拉瓜	78	308	17.0	17.2