



国际太阳能协会

走向拥有更多
可再生能源的未来

白 皮 书

根据同国际太阳能协会的约稿，
该书由Donald W. Aitken博士编写

<http://whitepaper.ises.org>

目录

概述	3
政策选择和执行机制的概述	6
前言：太阳能的过去、现在和未来	7
白皮书的框架结构、范围和局限性	8
定义、术语和转换因子	9
简介 –	
把握全球性能源转型的正确方向	10
推动公共政策向可再生能源转型的新动力	12
环境警报	12
规避风险	13
政府的机遇	14
可再生能源资源：特点、发展状态及潜力	15
生物能	15
地热能	18
风能和间歇性可再生能源	20
风能和风电	20
获得风能和其它间歇性可再生能源资源的高度利用	22
关于氢能转换的几点提示	23
太阳能的直接利用	23
综述	23
被动式太阳能采暖和建筑物日光照明	25
太阳能热水和室内采暖	27
太阳能热发电	28
太阳能光伏发电	30
支持可再生能源技术开发和应用的国家和当地因素	34

实现全球温室气体减排承诺	34
提高能源支出的产出以及创造更多就业机会	34
<hr/>	
加速可再生能源资源应用的政策	36
综述	36
城市政策可以引领方向	37
萨克拉门托公共事业区	37
洛杉矶和旧金山	38
促进新可再生能源发展的国家政策	39
可再生电力标准	39
发展均衡的可再生能源发电配额	39
一项特别成功的政策工具：上网电价均摊	41
发展中国家	42
<hr/>	
基于市场的激励政策	43
综述	43
制订要求，引入针对可再生能源的公平市场激励体系	44
改变对于各种能源进行市场补贴中存在的 unfair 现象	44
开发一种统一的能源成本估算方法	45
<hr/>	
研发在支持可再生能源转型过程中的作用	47
<hr/>	
两种综合性的国家清洁能源政策模型	48
美国：政府的领导力，未来的清洁能源蓝图	48
美国可再生能源政策现状(2003年)	48
美国的宏伟清洁能源蓝图	49
德国：重大的长期可再生能源政策	51
<hr/>	
结论	52
<hr/>	
致谢	54



概述

白皮书为制定世界范围内有效的政府可再生能源政策提供了理论基础，同时还提供了足够的信息来加速制定有效的政府政策。白皮书的主题是，为实现向可再生能源转型而进行的世界范围内的努力必须提到国家和国际政治的顶级日程上，并且应该从现在就开始这种努力。

在白皮书中记录了，在人类使用能源的历史上，可持续资源是全世界唯一的能源来源，甚至在进入19世纪早期的工业发展时，同时在本世纪结束之前，世界将必然再一次转向可持续资源。因此化石燃料时期是一个“时期”，而不是一个时代，同文明和社会在过去和未来的进化时间上相比，是非常有限的一段时间。相应地，政府将化石燃料时期的剩余时间视为一个过渡期也很关键。

白皮书指出，现存的政策和许多国家迄今获得的经济经验，应该为政府采取主动长期的行动，加速世界范围内的可再生能源广泛应用提供了足够的激励，同时也激励政府坚定迈向全球性的“可再生能源转型”，从而到2020年时20%的世界电力生产以及在2050年时50%的世界主要能源生产能够来自于可再生能源。虽然不能保证今后会达到上述比例，但是白皮书强烈地表达了这样的观点，即，这种转型过程是可能发生的、必然的，甚至是强制性的。

利用可方便获得化石能源资源以开发新技术和设施，并为可持续和有序的最终的伟大的世界能源转型提供动力的时间很短——经济时线远远短于“传统”能源资源物理上可持续的时

间。白皮书指出，加速利用可再生能源资源的经济、环境、安全和可靠性等优势应该足以保证执行“拉动”必要变化所需要的政策，而避免政府懈怠而造成的消极结果的“推动”。现在仍然还有时间来做这些事情。

白皮书指出，推动公共政策向可再生能源转型的三个主要条件是：

- 1) 新近出现的以及被理解了的环境约束；
- 2) 有必要降低各种风险，这些风险来自于容易成为恐怖袭击目标和社会所依赖的各项技术的崩溃。
- 3) 在向可再生能源转型期间，所出现的经济和环境机遇的吸引力。

当政府发现，相比现有的时间和资源上都有限的政策以及电力生产和分配的过时和不可靠的中央系统而言，可再生能源政策和应用对于经济发展都有更大的优势时，可再生能源转型过程将会加速。

今天，随着可再生能源技术和方法学的广泛应用而要求向前发展的是公共政策和政治领导力，而不是技术或者经济。技术和经济都会随着时间而向前发展，但是白皮书指出，现有的技术和经济已经足够先进，使得可再生能源可以进入一次能源和社会基础设施。未来20年以及更长的时间内，由于可再生能源不受储量限制，政府可以制定可再生能源在主要能源和电能生产中所占比例的确定目标。对于可再生能源技术，白皮书特别指出下面几点：

- **生物能**：世界上现有一次能源的施用约11%来自于生物能，即唯一的

中性碳可燃碳资源，但是这也只占现有探明生物能潜力的18%。估计2050年世界生物能潜力大约为450EJ，这超过现有的世界一次能源需求量的总和。生物能作为传统资源的燃料“成本”成为农村经济稳定的收益，创造了大量新的就业机会和新产业。

- **地热能**：几千年来，地热能一直向人类提供热能，而用地热能生产电力也已经90年了。虽然地热能仅存在于可以获得这些资源的地方，但这些资源的数量是巨大的。地热能至少在58个国家可以作为主要的可再生能源资源：其中，39个国家由地热能供应电力的比例可达100%，4个国家可高于50%，5个可达20%，8个可达10%。在有间歇性可再生能源资源的网络中，地热能同生物能一起可以作为稳定“基荷”的资源。

- **风能**：2002年底，全球风电装机容量超过32,000MW，并以每年32%的速度增长。有实用规模的风机现已遍布45个国家。现在的风电价格可同新建的火力发电站进行竞争，并且应当继续降低，直到其价格是所有新的生产电力的资源中最低的。到2020年，世界电力需求的12%由风电提供这一目标似乎也触手可及。同样地，在2020年，风电将提供欧洲电力需求的20%。这种发展速度同水电和核电在历史上的发展速度是一致的。间歇性可再生能源在电力中的占有率达到20%的目标在现有电网运作范围内是可以达到的，而且不需要能量存储。

- **太阳能**：从太阳获得的能量可以直接用于发达国家和发展中国家的建筑物采暖或者照明，以及加热水。太阳辐射能也可直接提供高温水或者蒸汽用于工业生产，通过聚焦将液体加热到足够高的温度，进而在热电发电机中生产电力，或者直接驱动热机，还可以通过光伏效应来发电。太阳能可以直接用于增强公共安全，向18亿没有通电的人口提供照明，冷冻食品和药品，还可以向世界上所有地区提供通讯。还可用太阳能从海洋中提取淡水，泵水，向灌溉系统提供动力，为污染了的水消毒，还可能解决对于清洁水的最迫切需要。甚至可以用太阳能炉灶来做饭，代替不断的林木砍伐，这些砍伐破坏了贫穷人口居住地的生态系统并污染了当地空气。
- **建筑物**：在工业国家，全国一次能源使用的35%到40%都消耗在建筑物中，当考虑建筑材料和用于建筑物的基础设施的能源成本时，这个比例会接近50%。在冬季，让日照进入建筑物对建筑物进行加热，或者让散射后的日光进入建筑物以替代电力照明，都是直接利用太阳能的最有效和最节省成本的方式。数据表明，这提高了日光照明的建筑物中人的工作效率，同时还有直接的经济和教育效益，大大增加了节能的“回报”。通过使用“整体建筑”设计方法进行的“响应气候”建筑的一体化设计，节省了在实际建造中的成本，通常新建筑的能源效率可提高30%到50%，平均却只增加不到2%的附加建造成本，有时甚至没有什么额外成本。

- **太阳能技术**：各国政府要为太阳能户用热水和室内采暖系统的应用建立务实而长期的目标，到2010年时能够在世界范围内拥有几亿平方米新的太阳能热水系统。到2025年全世界安装100,000 MW的聚光型太阳能发电(CSP)技术也是可以实现的目标，实现这一目标将会产生巨大的长期潜在效益。

光伏(PV)太阳能电力技术在世界范围内正在迅速发展，每两年增长一倍以上。2002年销售额大约为35亿美元，这一数字到2012年将会超过275亿美元。发达和发展中国家的光伏产业同样可以提高当地就业率，加快当地经济发展，改善当地环境，增强系统和基础设施可靠性，同时具备更强的安全性。各有合理数量储存设备的建筑一体化光伏系统(BIPV)可以提供基本的政府运转和应急措施的连续性，在紧急时期还可帮助维持城市基础设施的安全性和整体性。光伏应用应该成为在全球范围内针对城市和城区中心安全规划的要素。

白皮书强调了政府政策的重要性，政府政策可以提高能源消耗的整体经济生产力，在可再生能源的使用中所创造新的就业机会中也是重要的力量，比传统能源多几倍。公共事业并不是为了创造就业，但政府是，从而支持政府控制能源政策和能源资源决策的需要。

加速可再生能源发展的国家政策纲要已制定，强调为形成可再生能源的长期性均衡性配额发展，政策的互相支持性是非常必要的。讨论从一些重要城市的例子开始，然后转移到国

家政策，比如制定可再生能源标准，到指定的日期实现固定比例的目标。德国上网电价均摊法是一个成功的例子，可以用来阐述以上许多观点。

在白皮书中阐述了基于市场的激励，同立法目标和标准进行了比较，还在有效性方面进行了讨论。在白皮书中介绍了各种自发措施，比如向“绿电”支付额外费用，可以为支持可再生能源提供重要的补充资金，但是这些措施不足以形成长期可靠的可再生能源产业增长，也不足以保证投资者信心。可靠稳定的国家政策和支持必然是可再生能源工业加速发展的支撑力量。

在白皮书中还指出，能源市场并不是“免费”的，历史上推动传统能源的激励至今仍然存在，由于忽略其社会成本而造成了倾斜性市场。用来评价能源资源成本的“水平”成本方法是存在瑕疵的，同现代工业中使用的更实际的经济方法学并不一致。如果考虑到未来的燃料供应风险和替代性能源净现值的价格波动，那么将会是非常不同的一种情形，可再生能源资源会具有或者接近具有竞争力。

尽管白皮书强调了可再生能源技术和市场已准备就绪可以提高这些资源在世界上所占的比例，但是任何国家可再生能源政策的重要部分都应当支持对基础和应用的研发工作，与其它国家在研发领域中也要进行合作以提高这种研究的全球效率。欧洲委员会已经同意在下一个5年计划投入20倍相当于1997到2001年这5年时期投入到可再生能源中研究的经费，这非常重要并且合理。

白皮书以两项综合性的国家能源政策作为结论，阐述了将各种单个战略和激励集成到一项单一长期的政策中的方法，这项长期政策具有巨大的潜在回报。

所有这些采集太阳能的集热器和大量土地，转换风能的叶片，传递地热能的井，传递河水流动、波浪和潮汐中能量的水流，将替代逐渐减少的宝贵的化石燃料，以及由于世界范围内核能逐渐停止使用而减少的能源供应。节约使用化石燃料可以获得更高的经济效益，或

者在节约燃料过程中以及均衡同间歇性可再生能源(太阳能和风能)的“混合”关系中使用这些化石燃料，将会创造更精简、更强壮和更安全的社会经济。在这个过程中，排放到大气中的碳和其它排放物将会大规模消减，现在作为经济上具有吸引力的新活动的结果，而不是昂贵的环境惩罚。

政府需要制定、保证并实现这样一些目标，即达到积极的能源效率和可再生能源目的。达到这些目标的执行机制必须是一系列互相支持和自相一致的政策。最好的政策是一揽子政策，即：将长期可再生能源、电力标准同直接激励和能源生产支付、贷款支持、税收机制、可交易市场工具的开发、现有障碍的清除、政府领导力以及用户教育等结合起来的目標。

政策选择 和执行机制的概述

- 针对确定的和不断增长的可再生能源系统市场而制定的国家多年目标，比如“可再生能源标准”(在美国又叫做“可再生能源发电配额制”或者RPS)，或者欧盟可再生能源法令，特别是当系统支持各种可再生能源技术的平衡发展时；
- 生产激励，比如上网电价均摊法，产品免税(PTC)和净计量法等；
- 融资机制，比如债券，低息贷款，减免税和加速折旧，以及绿电销售；
- 系统内的额外费或者系统效益费用(SBC)，以支持财政激励支付和贷款，研发和公共利益项目；
- 证书交易机制，比如可再生能源证书(RECs)或者碳减排证书，以提高可再生能源价值，增强市场对于这些能源的获取能力，并增加可再生能源的环境效益；
- 在城市和州的可再生能源采购中，实行特定的政府可再生能源“配额”；
- 消除可再生能源在手续上、体制上和经济上的障碍，帮助可再生能源资源进入电网和社会基础设施中；
- 一致的调节措施，统一的代码和标准，以及简化和标准化的互联协议；
- 经济平衡机制，例如污染税或者碳税(这在以后可转化为对无污染和无碳技术的“零和”激励)；
- 通过重新调整一直以来对能源技术和研发的公共补贴上的不平等待遇来“校平游戏场”，因为在现有公共补贴情况下，化石燃料和核能仍旧继续获得最大份额的支持。



前言：太阳能的过去、现在和未来

太阳能并不是一种“替代能源”，而是原始能源和一直以来的资源能源。所有的生命和文明一直由太阳能提供能量。扩展太阳能及其派生的其它可再生能源的技术应用以推进文明向前发展，不仅仅是其历史角色的合理延伸，而且也是人类社会可持续发展的关键。

被地球和大气吸收的太阳能驱动大气和海洋流动的大循环，并在地球表面分配能量。太阳能是蒸发的动力所在，将水汽从其降落的地方上升到大气中，然后把清洁的淡水带给植物，充满池塘、湖泊、地下水含水层、小溪、河流和海洋，哺育和支持所有形式的生命。太阳能通过植物的光合作用进行输送，直接和间接地为地球上所有生命的生长提供能量。储存在木材和木质作物中的太阳能通过在火中燃烧释放出来，从而再生野生生态系统。最近，人类通过被控燃烧将储存的太阳能释放进行采暖和做饭。太阳的直接热量被储存起来，以便在寒冷气候下为人类提供温暖。

当人类聚居地进化为城市时，太阳继续通过其能量的延伸使用支持生活和商业活动。由太阳提供动力的水成为河流，成为大城市的运输工具和所在地。由太阳提供动力的风能被用在大磨坊中用来碾米，为海洋上运载探险家、定居者以及商业物品的帆船提供动力，从而进行文明间交流。落在水轮上的水将太阳蒸发能转化为机械用能，例如，早期印刷机和轧棉机，然后驱动早期(水电)发电机将电力输送给城市。

在燃烧木材过程中释放的太阳能

将水转化成蒸汽，极大地促进了工业和运输的发展，并为人类提供了家中 and 建筑中采暖所需能量。尽管煤炭在19世纪后半叶得到了广泛使用，19世纪又发现了石油，但是进入二十世纪，木材仍然是用来为工业文明提供能量的一次能源。

只是在本世纪，人类社会才转换到将化石燃料作为主要能源需要，而忘记了，天然气、石油和煤炭中的能量也是太阳能，在过去的5亿年里，这些太阳能被储存在生物组织(生物质)中，由于没有机会腐烂，从而被储存、压缩、加热并转换成化石燃料。由于在新煤矿中可以容易地获取煤炭，然后是可以方便地获取石油和天然气，导致应用在建筑物中的被动式太阳能、日间采光和其它环保型设计特点被大范围抛弃。虽然太阳能热水系统在20世纪初已经商业化并在几个不同领域得到普遍应用，但还是被可以廉价获得的天然气和电力所代替。太阳能的直接利用已经被储存太阳能的间接利用所代替。但间接利用也仍然是在使用太阳能。

因此，不管采用哪种方式，至今文明仍然由太阳能提供能源。(在2000年世界一次能源中，两种主要的非太阳能资源，核能占6.8%，地热能占0.112%。)最近，我们已经大量无节制地使用了有限的化石燃料资源，还把这认为是理所当然的事情。化石燃料正在不断地耗尽，而且不可能在人类文明的任何时段被还原。尽管石油

和天然气可以延续使用到本世纪中叶，但是在这些宝贵的储备能源被物理或者经济地耗尽之前，向可持续的替代能源转型是必然要发生的。文明必须开始严肃地承担这种转型。

从太阳中获得的能源为所有生物产生了化学、动力和电力功能，并为其提供环境支持，因此，太阳在生命和生态系统中的角色总是最重要的，并且只要生命在这个星球上还存在，太阳的角色就总是这么重要。遵循这一规律的社会将会繁荣下去，而企图逃避这一事实只是为他们自己的短期经济利益着想的社会将会衰落。

现在已经有一个可以解决问题的方案-可再生能源资源。这些资源无污染、耗不尽，可以同地球上的物质和生态系统稳定和谐地共存，利用先前用作购买燃料的费用创造就业机会

和发展新产业，支持各国在物质上和经济上的自给自足，发达国家和发展中国家都可以获得这些资源，并且这些资源不可能被用来制造武器。

我们已经转向利用储存在化石燃料中的“昨日阳光”大约100年了，在此之前的人类历史，我们都依靠“今日阳光”。因此，白皮书的主题就是，世界必须从利用化石燃料的短暂历史时刻中跳出来，而在有待书写的人类历史中转向利用“今日阳光”。

白皮书的框架结构、范围和局限性

白皮书从讨论有关推动公共政策向可再生能源转型的新元素开始,提供了关于可再生能源资源应用和政策方面的信息,这些可再生能源在世界范围内拥有巨大的储量,但是还远未发挥他们的全部潜力。白皮书对每种主要可再生能源技术的现状和增长率进行了简要总结,从而有助于向读者提供这些能源技术的技术和市场成熟信息,并阐述可再生能源发展的潜力。

白皮书首先介绍了“基荷”可再生能源资源(生物能和地热能),因为它们在整个历史上为满足世界的能源需要发挥了作用,并将在未来大规模地发展。接下来白皮书介绍了“间歇性”可再生能源资源(风能、及辐射太阳能的直接热利用以及电力应用)。

下一个章节介绍了各种正在制定的旨在提高世界范围内可再生能源技术和应用的政策,概括了现在政府和国家可以采取的一揽子政策。

白皮书中没有介绍开发新的大规模水电工程的政策。水电能源在很久以前就商业化了。关于水电有这样的观点:水电能源是世界上非常重要的可再生(和可持续)能源资源(在2000年大约占到世界一次能源供应的2.3%,世界电力的17%),几乎没有几条大河还未被开发,那些尚未开发的大河由于其水流能自由流淌正在展现出生态效益,超出了水被拦在坝后进行发电所带来的效益。小规模水电应用(“微水电”)可以解决当地重要的电力缺口问题。现有水电有补充、调节甚至储存间歇性可再生能源资源所产生能源的巨大潜力,因而增加了水电和间歇性可再生能源的价值和应用。所以,水电

在转变过程中及以后都将是一种宝贵的资源。但是在世界范围内,水电已经接近其最大可开发潜力。

在白皮书中,核能也并未被作为一项现实的政策进行介绍。现有的核能虽然占有世界能源比例很小,但是却很重要(占世界一次能源的6.8%,一次能源是指由终端用户消费的所有能源。在2000年,核能发电的占全球电力生产的17%,这两个数字仍然低于可再生能源和可再生电力在世界能源产量中占有的比例。)但是,核电厂关闭的速度超过了计划中新建的核电厂建造速度,这样的话,核能发展可能很快将呈下降趋势。关于核能在未来世界能源政策中是否能够占有一席之地,仍然有待于观察。但即使核能可以占有一席之地,把世界所有的希望寄托在一种资源上面也是极其不明智的,因为如果核能耗尽了,接下来我们该怎么办呢?由于大自然通过多样化加强其生态系统,所以政府也必须寻找支持能源资源多样化的政策。对于发展中国家,最重要的能源资源是那些在当地可以获得的,并且可以由当地人力资源取用的资源。核能并不满足这些要求,而可再生能源资源却可以。

为了与白皮书的目标保持一致——即加速现在已商业化的可再生能源资源的应用——在未来可能是重要的应用,比如海洋热能转换(OTEC)、波浪能和潮汐能并没有在白皮书中进行讨论。但可以期望,这些能源一样可能于未来的某个时候在全部能源份额中

占有一席之地,以利用大自然赐予的礼物,可再生能源。

接下来的材料中对所选定的每一种资源进行了介绍,供事务繁忙的决策者阅读,支持他们可以决定的政策,提升制定积极现实目标的价值,并指出,这些政策的制定会增加效益。本文着重于启发和支持可再生能源转型过程。

白皮书感谢许多信息资源,包括专家和著作,本文中的素材即从这些信息中而来。但是白皮书倾向于成为一篇政策文章,而不是一篇研究论文,因此,除了数字以外,下面

的素材并没有对参考信息进行援引。在本文的最后对主要参考资源进行了感谢。

“可持续”的最终定义必须包括,使太阳能驱动的生态和物理系统得以维持并保持其完整性,否则人类社会和经济必然会毁灭。

定义、术语和转换因子

在白皮书中，尝试将提到的数字放到相关的上下文中，以揭示其政策含义。不过，将世界上现在使用的两种主要系统的能量单位联系起来，或者同其它方便的度量方式联系起来是有益的，以明确白皮书中提到的数值，同时白皮书中还提供了适用于本文和报告中普遍使用的定义。

以1焦耳/秒的速率做功相当于一瓦的功率。反之，1瓦功率在一小时里产生的能量为一瓦时。能量使用通常以更常用的单位千瓦时(kWh或者1,000瓦功率在一小时内产生的能量)。

对于社会能源报告，必须使用更大的单位。发电设施输出和社会能源统计最常用的单位是兆瓦时(MWh或者一百万瓦时)，或者吉瓦时(GWh，表示10亿或者 10^9 瓦时)。对于国家或者世界每年能源消费量，太瓦时是最方便的(TWh，表示一百亿或者 10^{12} 瓦时，或者10亿千瓦时)。

国家和世界用来划分能源的最有用的单位是艾焦耳(EJ)，表示10亿乘10亿($10^9 \times 10^9$ 或者 10^{18})焦耳。因为1,055焦耳所包含的能量相当于1Btu(加热一磅水升高一摄氏度所需要的能量)所包含的能量，所以很明显，1.055 EJ相当于百万的四次方(“Quad”或者 10^{15} Btu)的能量。(决策者阅读白皮书时容易被这些单位搞糊涂，但是对于他们来讲，将EJ和Quads等同在一阶上已足够精确，使得他们可以用他们更习惯的单位去思考。在这种情况下只有5.5%的心算误差，而如果在纸上或者计算机上进行计算

时，这种误差可以轻松得到纠正。)

百万吨石油当量(Mtoe)是广泛使用的一个单位，定义为41.868兆焦耳(PJ或者 10^{15} 焦耳)。10亿吨或者吉吨石油(Gtoe或者 10^9 吨)所包含的能量大约为41.9 EJ。

一千瓦时相当于360万焦耳(3,414 Btu)的能量，即可从习惯上的电能单位向热能单位转换。为了使得电能和热能的描述使用同一能量表示法，有时是为了使讨论内容不至于发生混淆，以kWh_e表示千瓦时电能，或者以kWh_t表示千瓦时热能。

从可再生能源资源中可以获得多少能量呢？我们头顶上的太阳可以向地球表面的一平方米上直接输送大约1,000瓦的功率(1kW—这里使用“标准太阳”来评价太阳能系统的效率，因此使用在1kW/m²流明的条件下的“峰瓦”或者W_p输出来计量功率)。如果太阳能集热器表面能够吸收辐射在其上的全部太阳能，并有100%的转换效率，那么集热器在每个小时都将产生1千瓦时的能量。当然，集热器是有能量损失的，因此太阳能系统能够传送的能量要低一些—通常在5%到15%的范围内。速度为11m/s (25mph)的风在垂直于风向上的功率大约为1kW/m²，但是风机不可能以100%的效率转换这些能量—通常效率为25%到35%。1艾焦耳(EJ)的能量大概相当于从5200万吨干柴生物质中经过转换能够获取的能量。

简介 - 把握全球性能源转型的正确方向

在近期人类文明、社会和工业的发展中,经验表明,世界从依赖于某种能源资源过渡到另一种新资源或者一系列资源需要大约60年。对于我们来讲,从依赖木材过渡到依赖煤炭,花了大约60年,那时候我们已经进入20世纪初期。我们又花了可能大约60年时间(从1910年到1970年)从完全依赖煤炭过渡到主要依赖石油和天然气,尽管煤炭一直在发电中占据重要地位。

整个世界似乎主要依赖化石燃料,好像这些资源永远不会枯竭,或者任何进一步的向其它能源的转型都是下一代而不是现在这一代人的任务。然而,环境对于无限制的使用化石燃料是有承受限度的,对于所有国家来讲也存在潜在的巨大负面经济影响,这一点现在变得越来越明显,同时大多数发达国家的政府也确实正在政策制订中认真对待这个问题。

正如白皮书要证实的,可再生能源资源在2000年已经具有了足够的技术和市场成熟度,已经开始影响全球

的一次能源生产,尽管占据的比例还不小。如果这确实是在暗示下一次大能源转型的话,那么我们的历史会建议我们,到2030年,我们应当能够深入的进入下一个能源资源时代。

在过去的30年里,我们始终没有启动这次转型。化石燃料已经造成了高度扭曲和人为的能源市场。现在的化石燃料价格低,部分是由于大量的政府补贴造成的,还部分源于,同简单燃烧碳氢化合物相比,并没有给富含碳氢化合物的化学“原料”的巨大潜能赋予价值。这当中,并没有考虑未来资源可获得性的经济价值,或者由于化石燃料的使用而对环境以及人类健康造成的影响而造成的成本。化石燃料的发现者和销售者赚取的金钱以及随之而来的政治势力,很大程度上延缓了下一次能源转型的正式开始。

核电支持者一直以来的政治势力正在一些国家(比如美国和法国)造成公共基金对核电技术大规模的投入,而投资则大大超出了公共基金对于可再

生能源资源的投入,这可能拖延了向稳定可靠的能源多样化的转型。对于这些政府来讲,这不异于一种大赌博。大部分国家政府正在逐步放弃这种形式的能源,因为核电技术复杂且昂贵,作为一种大规模杀伤武器的制造材料易于受到恐怖分子破坏或者误用,其自身也具有潜在的危险性(比如三里岛和切尔诺贝利事件),并且对于废物储存问题的解决现在并不是很完善。

核电永远不可能在免费能源市场上找到位置,这就是说,在缺乏大规模公共补贴时,假设业主过错或者事故存在的情况下,且其所造成的损失超过了私有保险公司或者发展中国家可以支付的金额,如果没有大规模的公共补贴,那么核电就无法生存。核电的生命周期,从电厂建设开始到电厂退役,并包括整个燃料循环的环境后果,会导致大量温室气体的排放,而这正是想通过使用核电而竭力避免的。

核电厂使用的燃料也是从地壳中获得的元素,而这种元素资源有限。可再生能源已经有比核能更廉价的方法来制氢,这也推翻了另一个推出的建造新核电厂经济性的理由。

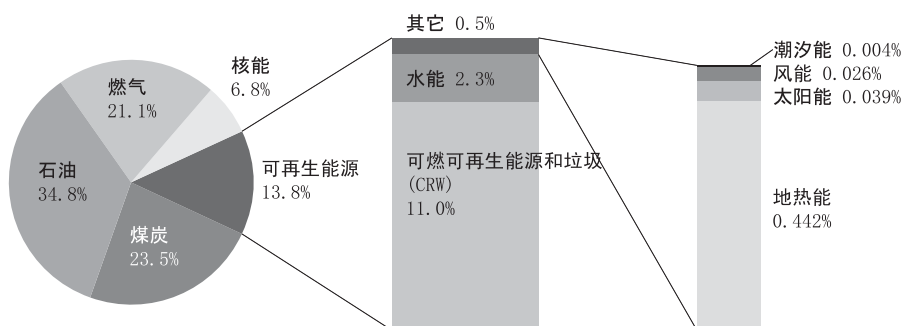


图1: 2000年世界一次能源总供应的燃料份额。2000年和2002年之间风电装机的增长使得风能在世界一次能源总供应中的份额增加到0.042%。按照名牌额定值,风电装机占世界电力总装机容量的0.7%,但是在发电量中只占0.2%,这是因为风电只在大约30%的时间里以其额定值运行。这说明,对于水电之外的可再生能源来讲,要在世界总能源和发电量中占有更大份额,还有很长路要走。

来源: 世界能源署,“全球能源供应中的可再生能源”, IEA 事件表, 2002年11月

因此，核能可能只在一段时间内是实用的，这受制于可获得的燃料资源以及技术、安全、环境、经济 and 道德方面的考虑。虽然在这种转型过程中核能可以提供一些有用的能源，但是核能绝对不可能在这种转型过程中长期存在。在全球范围内必须发展和应用其它资源。

世界范围内对于正式启动向可再生能源转型的一再拖延,无异于一次没有胜算的赌博,而当以一种经济上有吸引力的方法完成这种转型的时间越来越少的时候,这种拖延将削弱我们启动向可再生能源转型的能力。进一步延后可再生能源转型会把世界安全和稳定作为赌注,

如果停止世界范围内向可再生能源转型所做的大规模努力,那么世界会变得更加危险,就失去了世界上各国间获得公平的任何希望,也让我们的后代失去了未来的机会。明天的政府还能对我们的后代说些什么呢?我们很抱歉?这是以前政府造成的?或者,更糟糕,我们以前的政府真的不在乎你们,他们使用损害你们权利的经济标准,同时还说拯救世界是不经济的?

因为目前的中央能源系统成为易于被恐怖分子打击的目标,同时对于政治上不稳定地区输出的经济上具有重要意义的资源的依赖性也持续增长。

例如,加拿大无法提供更多天然气的出口以满足美国天然气需要的缺口。但是由于美国许多在建和计划建造的新发电厂选择了天然气作为燃料,现在有一些建议认为,美国不断增长的需要应该由进口或者储备的液化天然气来满足,而这会提高电力价格,增加美国对于国外资源的依赖,增加赤字,并为恐怖分子提供了新的打击目标—比如 LNG 罐和储备设施。

白皮书的目的在于揭示世界范围内产生的对可再生能源应用和政策的巨大推动力量,强调向可再生能源转型的启动因素已经就位,指出从迈出这第一步可以获得的好处,并比较和评价已经出现的对于加速可再生能源资源最有效的政策。

推进这种转型的因素已经出现,并在技术可行性和世界能源市场上均得到检验。政府不必再动用其它一些新工具——他们只需要在政治上有决心去发展那些已经被开发、研究和测试过的工具,那些现在已经准备就绪即将成为一种新的可自身支持其生命的全球性行业—可再生能源资源。

白皮书的一个主题是,向可再生能源转型的全球努力必须作为国家和国际的最重要的政治议程,而且要从现在就开始这种进程。希望白皮书能够为各国政府制定政策打下基础,以启动有序的全球可再生能源转型。

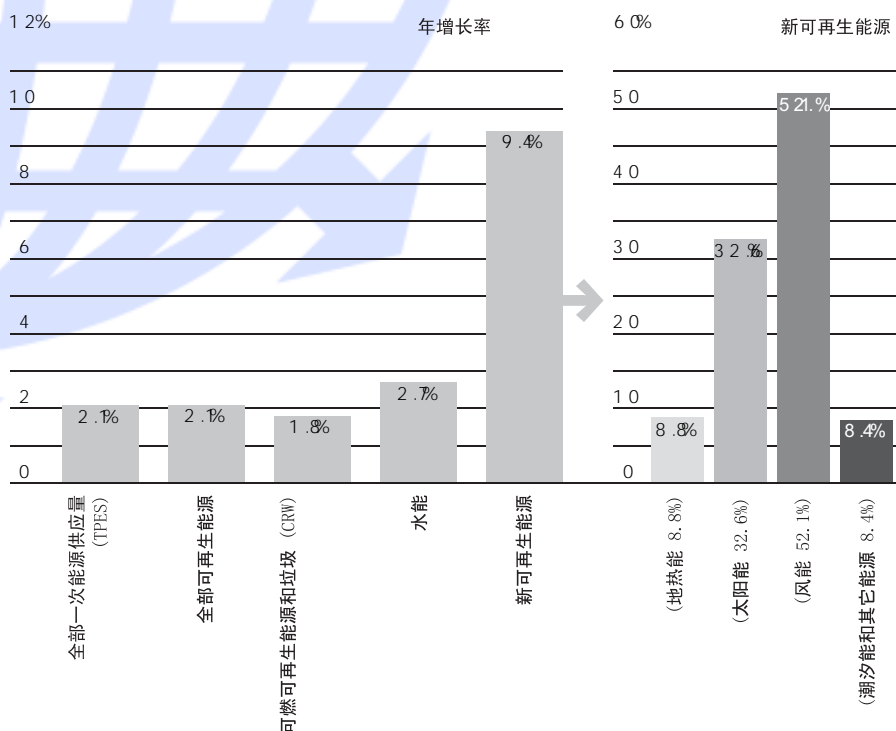


图 2: 1971 年到 2000 年的可再生能源年增长率。在将近 30 年的时间里,一次能源总供应量(TPES)不断增长,从百分比来看,总的可再生能源量保持增长,这意味着总共安装的可再生能源量得到了相当的增长,但是可再生能源安装量并没有获得像世界总供应量那样速度的增长。(“新可再生能源”太阳能和风能所以获得了非常高的年百分比增长率,部分原因是由于在本报告所取时段的开始,这些能源的应用非常少。)

来源: 世界能源署,“全球能源供应中的可再生能源”, IEA 事件表, 2002 年 11 月

推动公共政策 向可再生能源转型的新动力

环境警报

多年以来，科学家、政府和人们考虑了可再生能源资源向社会提供高效环保能源的潜力。同时，在可再生能源技术和市场方面也取得了巨大的进步。但是直到最近，这些进程都减慢下来，总体来讲不是特别紧迫。

事情并不总是这样。例如，美国总统吉米·卡特宣称能源政策将是他最优先考虑的问题，而他在1976年也是这样做的，他是世界上第一位这样的领袖。他启动了强有力的项目以发展能源效率和太阳能，并领导美国走上一条“能源独立”之路。但是他的项目很快就陷入政治泥潭而无法进行，同时他又由于在壁炉前穿运动衫发表电视讲话而成为笑柄。美国最终又将其政策返回到传统能源资源上，很不幸，现在美国在低效交通工具上大量使用石油方面，以及在各行业成为世界温室气体排放最多的国家。那些小国家在可再生能源技术开发和销售方面却

拥有更大的雄心，已经取得领先地位，并获得了经济效益。

世界形势同以前相比已经发生了巨大的变化。特别明显的是，全球变暖所带来的气候变化影响，已经在大多数国家造成了消极的经济后果，并在未来造成非常严重的成本增加。尽管现在的气候转热不能在科学上归因于全球变暖，但是自2003年8月以来，欧洲19,000例死亡则是热浪造成的灾难性后果。气候变化政府间调查小组(IPCC)警告说，已有可察证据表明人类活动可导致全球变暖，这是在他们2001年对“有更强有力的新证据表明，过去50年中全球变暖大部分由人类造成”的评估报告中提出的。

变暖本身并没有变暖对地球表面的能量流动那样影响大，后者被认为对地球变暖有重大影响。对这一点，科学界已经达成共识，IPCC的主席曾在2001年的评估报告中警告说“虽然存在科学上的不确定性，但是绝大部分

科学专家还是相信，由人类导致的气候变化正在发生，未来的变化是不可避免的。”

一份由联合国资助的报告(作者为Immovest战略价值顾问)在2002年10月进一步得出结论，“由自然灾害而造成的世界范围内的损失每十年都增长一倍……。在今后十年，气候变化代价可能达到1500亿美元。”，“严重的气候问题发生的频率越来越高，可能危及保险公司和银行的生存，甚至导致它们的破产。”随着海平面升高和降雨减少，对于发展中国家来讲，现在采取行动更为重要和意义深远，但是只靠他们自己是无法控制他们环境恶化的命运的。他们必须求助于发达国家来改变政策，降低所有国家面临的风险。

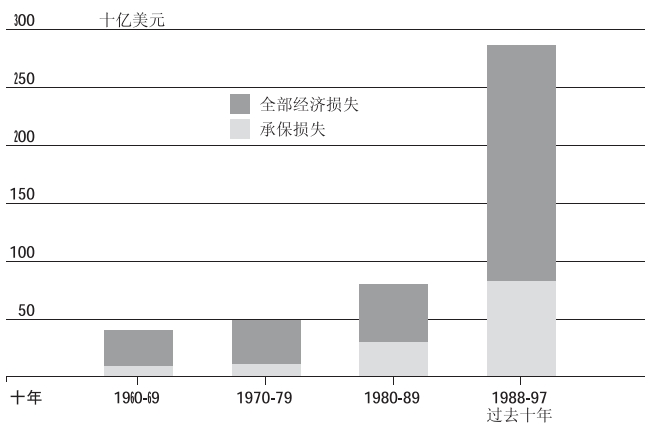


图3：以美元计，主要天气和洪水灾害对美国经济的不断增长的影响。由保险公司赔付的份额已经过多了，使得风暴保险赔付范围缩小，而美国民众则面对越来越严重的气候变化造成的后果。因此，避免或者减轻气候变化的影响成为公共政策及政府行动的一件要事。

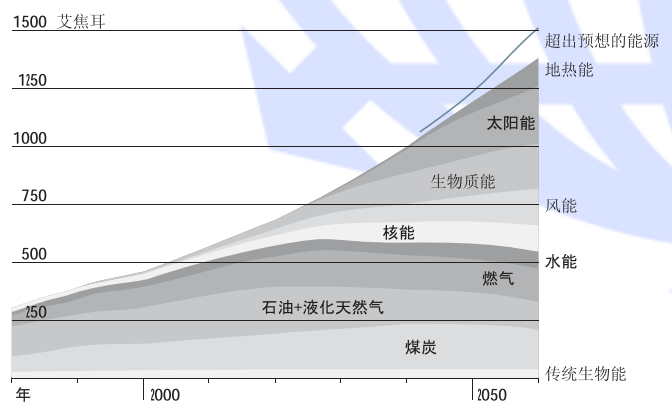


图4：向可再生能源转型的著名预测，由壳牌公司在1996年做出。世界能源增长将逐渐由可再生能源满足，到本世纪中叶，超过一半的世界能源需要由清洁能源提供。该预测指出，由可再生能源提供的能源占有的比例虽然还小，但是为完成这次转型，必须在这10年的早期就开始登上世界舞台。

规避风险

风险, 及规避风险, 成为推动公共政策形成今天公共言论的巨大新动力。气候变化被视为未来的一种严重的生态和经济风险。恐怖主义也是风险之一。对于想使社会正常运转迅速陷入停顿的恐怖分子来讲, 发电厂、输电线路和变电站、天然气和石油管道都是他们理想和可以袭击的集中目标。而分布式可再生能源技术则可以在较小规模的单位中使用, 经常是一栋建筑一个能源点, 对于恐怖分子来说, 这样的目标过于分散且规模太小, 没有什么吸引力。将这些分布的能源集成到电网上, 则保证了能源安全。其中一个损坏, 只对其它分布能源或者能源网络整体产生很小的影响。几个炸弹不至于使得一个依靠分布式能源资源的社会倒退。

对于一个国家的能源系统, 风险也是源于内部, 源于系统的设计和该系统各部分潜在的不可靠性。2003年8月, 美国爆发了大规模的停电, 反映了这种问题的严重性。在8月14日的下午两点, 发电厂和输电线相继跳闸, 就像跌倒的多米诺牌一样, 前一个压倒后一个, 在两个半小时内, 5条主要输电线路、3座火电厂、9座核电厂以及一座主要变电站都瘫痪了。

在这场事故结束之前, 美国和加拿大境内的包括22座核电厂在内的100座发电厂均无法并网。这场停电事故波及美国8个州和加拿大2个省, 使得5千万生活在从东部纽约到中西部底特律, 直到北部的加拿大多伦多的美国人和加拿大人均陷入黑暗。持续两天的停电事故估计造成经济损失50

到60亿美元。

美国总统做出的反应是升级国家陈旧的电网设备, 而更明智的观察家则认为这是在互连中央式系统中出现大问题的信号, 建议政府开始使用分布式能源对电网进行多样化。这在四天之后刊登在美国著名商业报纸华尔街日报标题页上的新闻“加强离网电站”里得到了反映。美国议会并不愿意投入60亿美元这么多的钱到分布式能源系统的开发和部署中, 但如果不这样做, 可能会导致像2003年8月那样的损失。

一个月后, 这种事情又发生了, 但这次是在意大利! 在这次事故结束之前, 超过5800万意大利人无电可用。互连中央式电网中发生的问题又一次造成整个国家电力系统的瘫痪。这两次严重事故的发生强有力证明了有多样化资源的分布式系统的重要性。

那么哪种政策对经济发展更好些呢? 损失会减缓经济发展, 新技术则能促进经济发展。继续向那些用陈旧方式生产和分配能源的产业中投资, 并没有降低大规模中央式系统的风险。在较小规模的分布式系统中生产和分配能源则是一种新方式, 对这种系统进行投入可以大大降低风险程度, 并减少将来由于系统瘫痪所造成的经济损失的可能性。当评价能源供应系统的相对成本时, 明显需要考虑分布式能源资源的安全性和可靠性。

但是社会结构的危险超过了恐怖主义和电力网络脆弱性带来的危险。我们并不准确地知道何时世界石油需求量将超过生产量, 当这一天来临的

时候(在本世纪早些时候曾经出现过), 世界能源资源的经济状况最终将会改变, 会造成全球对这些资源的激烈争夺。我们已经看到, 一些国家是如何毫不犹豫发动战争去“保护”有丰富石油资源的地区。世界正面临和平和政治稳定危机, 因为一些国家想利用核燃料制造大规模杀伤性武器。如果发达国家不率先离开这条破坏性道路, 世界会变得更加充满危机。

政府的机遇

无效或者过时的国家能源政策带来的风险对国家经济会造成巨大破坏。在每件东西当中都包含了能源成本——每天维持生命基本能量的成本，我们制造、消费和吃掉东西中包含的能源成本，所有在国内和世界市场上货物成本中包含的能源成本。那些可以用较少能源投入制造和销售产品的社会在世界市场上会获得非常强的竞争力——而且很快。那些可以稳定其长期能源成本，并使其内部和外部市场活动远离成本增加和传统燃料的不稳定供应的社会，会有更强的竞争力。那些把必须进口的燃料费用转换成在能源效率和可再生能源行业中的就业机会的社会，能把消耗在能源上的费用转换成经济刺激。

当政府考虑所有的风险时，能效社会越来越依赖于其自己可以获得和永不耗尽的环保能源资源，在当地或者地区性分布应用中获得的潜在效益，将变得有说服力。确实，到本世纪中叶，我们或许可以自信地说，这样的社会将会是最安全、最稳固，并且经济上最强大的社会。或者，我们可以说，不积极采取行动发展能源效率和可再生能源所造成的经济和政策风险会比任何这种项目的经济风险或者影响大得多。

这些因素已经成为推动欧盟这方面政策发展的推动力量。欧盟在坚持坚定的温室气体减排目标方面做得非常好，尽管对于某些成员国来讲达到减排目标有些困难。欧盟已经开始享受到能源生产方面的效益，在其能源配额中，当地可以获得的可再生能源

占有越来越大的份额，并且在整个欧洲范围内可以规避风险、稳定价格和供应、扩大就业并产生其它经济效益。欧盟的许多成员继续认识到，为了实现这些效益，仍然需要强有力的财政激励政策以及坚定的国家目标来推动可再生能源发展，以使得可再生能源可以同传统能源在(目前补贴不平衡)游戏场上竞争。

如果考虑开发和使用传统能源资源的“外部”成本，如果能源资源采取“风险调整组合管理”，这样，传统能源资源未来价格的不稳定性就限于对长期成本的净现值评价上，那么就可以让政府意识到这样一点：几种可再生能源资源在净现值上的成本已经较低，并且社会经济效益比传统能源资源高得多。在世界范围内仍然有待于采取可以节约大量金钱的能源效率措施，可再生能源技术应用还远未发挥出其最大潜力。然而能源效率和可再生能源技术都会将燃料成本转换成新的就业机会和更强壮的经济，同时，也极大地降低了所有国家的气候变化风险，这只是一种红利，没有额外成本。

“再没有哪件事比建立一套新系统更难于计划，险于管理了。因为新系统的建立者要面对来自那些想通过保留旧系统来获取利益者的刁难，并且仅从那些从新系统中获利者处得到微弱的支持。” Machiavelli, 1513年

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

生物能

生物质是将太阳能与二氧化碳转化为化学和物理成分的光合转换的结果。这是一种能量储存机制,使太阳能在动植物生态系统、人类和工业系统中进行传递。因此,由生物质转换产生的有用功仍然是“太阳能动力”的。无论生物质是不是通过5亿年时间,由地质过程加热和压缩而成为化石燃料或新生长的植物被用来生产“生物能”,这个理论都是成立的。由消费食物释放出来的其所储存的太阳能为这包括人类身体和思想的活动,(“生物能”就像目前以及白皮书中所提到的,不涉及化石燃料,而是仅仅由地球上的生长过程而产生的物质。)

用于社会和工业的生物质产生的各种能源统称为“生物能源”。合理的计划应该使得生物能在未来可再生能源中占据最大份额,在白皮书中也将其位置摆放在在所介绍的可再生能源资源的第一位。这部分是因为它在发展中国家和工业化国家都被大量和普遍的使用,另外也因为它的多种用途,包括社区供暖、烹饪、和发电或化工产品。

品。除了沙漠地区(沙漠直接拥有丰富的太阳能)或北极和南极地区(拥有丰富的风能资源),生物质能是世界各地都拥有的资源。

当生物能至今依然是发展中国家的重要生活扶持体系的同时,工业化国家以生物能作为基础能源的比重自19世纪开始迅速下降。例如,在1860年美国由生物能提供了85%的基础能源,到1973年下降到2.5%。在1860年,美国居民和工业发展的主要能源资源是薪柴,但是到了1910年左右,被煤炭所替代,进而是石油和天然气。生物能从我们的工业化经济中消失了一段时间,但是出于工业化国家各种经济发展和环境保护的原因,它开始复苏。

生物质能是唯一燃烧碳资源的“中性碳”资源。生物质的生物能转换在地球的自然碳循环中进行,因此并不产生气候变化和温室变暖问题。分析显示生物质燃烧所产生的温室气体潜力低于所有化石燃料,还包括天然气,甚至固碳。分析进一步表明,在全部排除一氧化碳之后,燃烧生物质比燃烧煤所产生的排放要低很多。

从生物质能而来的能量可以为现代化工业社会提供很多好处。例如,储存的太阳能可以在作为汽车燃料时被连续释放,或者用来生产“基荷”电力。这一特征使生物能作为一种能源在混合系统中起“杠杆”作用,也可以从中间可再生资源得到能源 例如太阳能和风能。生物能工厂的业主是由可再生能源的系统运行商负责,也从经济上平衡了可再生能源的营业收入。据报道,一半的德国风电场开发商同时还经营生物质能和生物能源。

生物质能与煤混合可以减少在燃煤发电时产生的排放,它可以直接转化为液体燃料并且通过生产和农作物丰收可以大大促进农村经济。据估计,美国到2020年生物质能源利用将提高三倍,可以为农民和郊区增加200亿美元的效益。同时,由生物质能的开发以及生物质能向生物能源,生物燃料和生物产品的转换可以提供大量就业机会。另外据估算,美国在1980-1990年期间,66,000个工作机会和18亿美元的收入是从由生物质能提供的电力产生的,这一产业同时也吸引了150亿美元的投资。



图 5a: 来自木材废料和木屑的生物能
资料来源: 美国国家可再生能源实验室 (NREL)



图 5b: 用木屑做燃料的社区综合供暖和热电联产发电厂, 为丹麦300 户家庭供暖和供电
照片由 Donald Aitken 博士提供

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

生物能资源利用的效率和被利用的生物能总量的绝对值是同样重要的。当生物能在热电联产(CHP)应用中使用时,会极大地提高技术效率,而由生物质和沼气燃烧中提取的高质能量用作发电,低质能量则用于热利用,例如小区建筑供暖。这也是欧洲人所谓的“梯级”能源的一个例子。

再比如,丹麦在没有一度电是由热电联产系统生产的时候,为了及时响应政府新推行的热电联产政策,仅仅在十年间(到2000年),丹麦电力生产的40%由热电联产提供(同时还有多于18%的风电)。燃油器被家庭淘汰,由新的当地的(或当地所有)的小区供暖工厂利用当地生长的一些草料,例如秸秆,生产热水并通过管道送入家庭。

在2001年,20%的芬兰能源来自从木料转化而来的生物能,并在热电联产设备中使用。一个显著的“梯级”生物能案例是在芬兰于韦斯屈莱市(Jyväskylä),一座装机165 MW的燃烧木料发电厂大约产生65 MW的电力,其余的热能首先给楼房供暖,然后以更低的输出温度给温室供热,以促进在北纬61度的寒冷气候地区的食品生产。分析表明,附近森林中树木自然补充速度超过了被采伐的速度。

经济、环境和社会的考虑使生物能生产发展出新的且更高效的技术,例如气化,然后将沼气用在一体化的

气燃机系统中。芬兰生产出世界上领先的生物质能气化工厂,并已经运行了六年。一个政府资助项目已经帮助印度安装了几兆瓦级的小型气化内燃机发动机(ICE)。

巴西继续成为世界领先的利用生物

物质能(甘蔗)生产乙醇燃料的国家,但是美国的乙醇生产(玉米),达到巴西产量的70%,这是政府要求(清洁空气法案)更洁净的燃烧(高含氧量)混合燃料的结果,因此美国在这方面将很快追上巴西。欧盟正在提高柴油发动机的能源效率,在生物柴油机生产(从油菜籽)方面居领先地位,制造出更清洁的燃烧发动机,并减少了意外溅出所造成的污染。对于用于购买燃料和排放控制设备的花销,原先用于从其它区域或国家进口能源资源,现在却可以用于创造就业和增强区域和当地经济。(这份白皮书将证明所有可再生能源都有这样的作用。)

既然生物能有这么大的经济增长和环境潜力,那么其现在的地位如何?在政府大力支持下,生物能的地位又将如何呢?近期的三种评估认为,全球目前从生物质能衍生的一次能源估计为46兆焦耳(EJ),其中85%为“传统”使用(薪柴,动物粪便),15%为工业使用,例如燃料、热电联产(CHP)和电力。就将来而言,2000年全球一次能源利用大约为417EJ,则其中11%是从生物质能而来的。基本上占全球生物

能资源开发潜力—约250EJ—的18%。

生物能对可再生能源转变的贡献到底可以到什么程度呢?生物质能源是从木头或林业废料、农作物残余、从过剩的农田或者退化的土地中产生的能源,以及包括城市固体垃圾在内的人畜垃圾转化而来的。尽管一方面可以在一定程度上可以乐观估计未来生物能资源的技术潜力,但另一方面,在生物能资源收集和开发利用方面,存在着各种不确定性组合,未来的社会政策和优惠政策也存在着不确定性,也会影响生物能资源的实际范围。

例如,未来生物能资源最大的潜力有望从过剩的农田中产生。但是否存在“过剩”的农田取决于未来农业的耕作方式(也就是说,是否需要大量化肥和能源投入,或在减少环境恶化的同时逐渐转向更可持续发展的方式),并且也取决于对于食物的竞争。后者跟全球人口增长和世界平均饮食量都有关系。这些变量可导致从有大量土地可用到没有土地可用等不同情况下的一系列计划。

近期仔细的分析,保守乐观但同时基于现实假设,试图确定到2050年为止全球可用的生物能潜能。现有的生物能平均大约为450 EJ (10.8 Gtoe),尽管如上所建议,这个数量可能从零上升到两倍于此的数量。很明显,这尚未开发的生物能潜力比目前世界上的一次能源总量还要多。

目前全球正在制定主要的生物能目标,并且各个政府也支持新的生物能活动。近期评估表明,仅在欧洲的生物能发电,到2020年就可能增长到

55,000 MW (55 GW)。一份近期公布的“美国生物能和基于生物能的产品”制定的目标是，到2020年，美国电力和工业热需求的5%来自生物能，全部交通燃料的20%来自生物燃料，美国化工产品的25%为基于生物能的产品。

已宣布在澳大利亚和泰国建造新的30 MW到40 MW之间的生物能发电厂。英国也正在调查新的生物质能作物种植和林业废料资源，用于热电联产。2002年芬兰政府投资为生物能源补助40%，开小规模燃烧生物燃料的热电联产工厂盈利的先河。这也为增加锯木厂的盈利带来了另外的好处，因为热电联产工厂稳定了他们的能源成本。

生物能—或任何其他可再生能源资源，例如—要为可再生能源的转换做有益的贡献，或更多帮助，那么终端用户利用能源的效率需要进一步提高。绝对数量很大的生物能对巨大的世界能源需求的贡献相对而言可能很小，然而同样数量的生物能对于一个高效率的世界可能就非常有意义了。

生物能巨大的经济和环境效益将推动政府关于生物能和能源效率的政策。

在2050年，450 EJ的生物能源对世界一次能源需求能起多大作用，取决于今后50年世界能源增长的假设。一种情形可能是，在今后50年，450 EJ的生物能占全球一次性能源需求的15%，而一次性能源的需求总量是现在的500%。白皮书的远景是可再生能源转型到2050年实现超过50%的世界一次能源来自可再生能源，这表示，生物能最低可以满足大约三分之一的全部能源需求。

同所有其它可再生能源资源一样，当很多“成本”被认可为“经济效益”，并对经济增长有所贡献而非起负面作用的时候，生物能也将加速发展。对生物能来说，这一定是正确的，例如在创造新的就业机会来促进农村和农业社区发展的时候。1992年的一份报告表明，在美国，66,000份就业机会就是由木材和生物质能工业所提供的收入支持的，并且如果能源作物和先进技术在美国都被商业化的话，到2010年可增加到284,000份新

工作。这些就业机会大部分都在农村地区。这也能提供足够的额外收入来帮助农场主留住他们的土地。

生物能也在地球内部的碳平衡(例如：避免将来的碳税)中发挥作用，可以通过为某些鸟类和野生动物提供适合近郊生态系统，为维持生物多样性作出贡献。当在地区、州或国家级别上量化全部这些优势，并且从全部政府优惠和社会福利的总体平衡角度来考虑“成本”时，生物能和其它可再生能源资源比传统和狭隘的能源成本分析经济得多。



图 6a：一位种植能源作物的农场主
资料来源：美国可再生能源实验室 (NREL)



图 6b：社区热电联产(CHP)发电厂，以附近生长的废秸秆作燃料，供应丹麦300户家庭
照片由 Donald Aitken 博士提供

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

地热能

人类总是希望过舒适的生活，并且善于利用自然资源，因此考古证据表明大约10,000年前美洲土著人就开始享受天然温泉并不令人感到惊奇。众所周知，希腊和罗马人在2000年前也开始享受天然温泉。14世纪在法国Chaudes-Aigues建造了世界上第一套地热区域供暖系统，这是一套到现在仍然在使用中的系统。

在1175年，从地热水中提取出了矿物质，到20世纪早期，提取出了水中的化学物质，不仅开辟了意大利Larderello地区的新工业，随后也证明它是整个欧洲大陆温度最高的地热点。1904年7月15日，Ginori Conti王子在Larderello开创了利用地热蒸汽发电的先河。随后在1913年，也是在Larderello，建造了世界上第一座地热发电厂，容量为250 kWe，到1914年，这个发电厂为意大利的托斯卡尼地区的化工厂和许多村庄提供电力。直到今天，Larderello地热区可以生产400 MW的电力。

因为化石燃料当时已经是“新”事物了，所以在建造新的地热电厂之前有45年的停滞，1958年第一个新地热电厂在新西兰建立，然后在1959年在墨西哥建立了一个实验性的电厂，随后1960年在美国旧金山北部Geysers地区开始开发地热资源。地热资源并非在各国都具备，现在有67个国家利用地热能源，有23个国家利用地热生产电力，因此如果说地热资源不是一种到处可以获得的资源，但至少也是很普遍的一种资源。现阶段，在所有非水电可再生能源中，地热能是紧随生

物能之后的第二大资源，所以在这份白皮书中被作为第二能源被介绍。

但它是“可持续”的吗？现在世界上最大的地热电厂址，Geysers，曾经短期内建立容量高达2,000 MW的电厂，结果是蒸汽井中流出水的速度比水灌进地热源地点的速度还要快。这迫使发电量减少到1000 MW以下。

然而，这同时也产生了非常有用的配合，即340 L/s (5,400gpm)的经处理的废水被泵出到离Santa Rosa市48公里的地热场并且被重新注入到下面的含水层。Lake县的污水循环项目已经可以开工，在原有系统设计上又增加了70MW。从注入的废水而来的多产生的蒸汽发的电比泵出废水所需要的能量要多，因此就同时获得两种效益：废水处理和增发的地热电力。对城市和地热开发商而言，这都是一个赚钱的机会。

无论如何，从Geysers吸取到的重要教训是当地热能源可再生的时候，仅在吸取的热能和补充源头的速度相同的时候它才是可持续的一种资源。已经证明，假设在开发以前能够证明资源量和可持续性并且不过度抽取，热水和蒸汽资源才有可能足够快速地产生产足够的可持续地热发电。相对于人类社会的发展时间而言，从附近地表抽取的火山能量，也几乎同样是“可持续”的资源，例如夏威夷和冰岛。但是如果从离地表面更深的地方的热的岩石产生的热能发的电比地表很多的话，那么从岩石而来的地热的补充可能会非常缓慢，因此在人类社会发展中会“耗尽”。

所以，现在地热能处于什么地位，其未来的发展能够保证务实的政府政策和财政支持，那么其今后发展的潜力有多大呢？地热能可作为一种有用的热能资源直接使用，也可以用



图7：意大利Larderello，世界上最先利用地热发电的地区。在1904年7月15日，第一个利用地热蒸汽发电的实验地，同时也是1914年第一座250 kWe地热发电厂的厂址所在地。Larderello，是整个欧洲温度最高的地热资源区，现在的净地热电力生产能力为400 MW。图片由Donald Aitken博士提供

来发电。就后者而言,最近的估计是在2002年,全球的地热电力容量为8,000兆瓦(MWe),每年产生50,000吉瓦时电,为6000万人口提供电力,多数是在发展中国家。这样每年可以节约1250万吨(Mtoe)燃油。

2002年全球直接利用的地热能为15,200 MW_t,每年提供53,000 GWh_t的能量。这样每年又另外节约了大约15.5 Mtoe 燃油。地热能直接利用的终端利用方式非常多样化,包括室内供暖、家用热水和游泳池加热、地热泵、温室

供暖、水产业池塘和水沟供暖、农作物烘干、化雪、空调吸收循环和很多其它小用途。最好的单项用途是室内供暖,直接利用了全球37%的地热资源。

全球最大份额的地热发电(GWh_e/yr)是在美洲(北美,中美和南美),共占全球能源生产的47.4%,随后是亚洲(包括土耳其),份额是35.5%,欧洲占11.7%。地热资源直接利用的最大部分是在亚洲(包括土耳其),占全球的45.9%,欧洲紧随其后,占35.5%,美洲占13.7%。

地热资源量巨大。一个美国能源部门估计在地壳最外面10公里中蕴藏的热能是世界上所有已知石油和天然气资源的5万倍。另一项估计表明,仅美国西部的地热能潜力就是美国探明和未探明煤炭储量的14倍。合理的计划建议,在2010年以前每年地热能应

用应当保持至少10%的年增长率,那么到2010年,全球将有20,100 MWe和39,250 MW_t的地热电力。其它计划则建议,35,000到72,000 MW的装机容量可以用现有的技术进行安装,上限装机容量代表了超过8%的全球电力

生产。

菲律宾地热能在其国家电力生产中占据的比重最高,达27%(2002年)。成为世界上地热电力的头号使用者是菲律宾的雄伟计划。据报道,39个国家可以全部由地热能供应电力,4个国家地热能

力在总电力中可以达到50%,5个达到20%,8个达到10%,这说明地热能可以成为至少58个国家的主要能源。

为使地热能在经济上有效益,而让地热能潜力在整个国家能源消耗中占据主要比例并不是必要的。在夏威夷,地热能主要集中在“大岛”上(夏威夷),而人口中心则在瓦胡岛上。在夏威夷和冰岛,用地热能发出的电力来生产氢,在这一模型中,氢成为地热能“载体”,从远端区域运送到聚居中心,供使用多种燃料的终端用户使用。甚至在地热能并不是很丰富的地方,如果地热能同生物能相结合的话,也可以提供资源来“平衡”具有大量间歇性资源(太阳能和风能)的能源组合。

地热能产业在地热能采矿、开发和应用各方面都创造了就业机会。地热设备为当地政府贡献租赁费、税金

和生产特许权费。地热能的终端使用产生更多的就业机会、产业和收入。美国的地热产业是世界上最大的,每年的产值达到15亿美元。在今后20年中,全球的地热能可以成为200亿到400亿美元的产业。

地热能可以为世界上许多国家提供经济是效益的能源。当地热能在城市、地区和国家的能源自给中发挥作用时,其产生很少甚至不产生污染。地热能发电95%的使用效率可以提高几种间歇性可再生能源资源的组合价值。地热能可以直接创造新的就业机会、产业以及促进当地和地区中的经济活动。在可以获得地热能资源的地方,为促进和加速地热能的应用提供激励是政府的义务。

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

风电及间歇性可再生能源资源

风能和风电

风能归根到底还是太阳能。推动气团移动的能量来自于大气及地球表面由于太阳能加热不均导致的空气压力分布不均。大自然总是试图调整这种不平衡,引起空气的大量流动,小到区域微尺度,大到全球尺度,从而将太阳热能的一部分转化为动能。由于风力作用,巨型叶片带动发电机快速旋转,将风能转化为电能。40km/h风力的能量密度(通过一平方米断面)就相当于强烈日照的能密度(约1000瓦/平米)。地球上风力所携带的能量如此巨大,因此,人类发展从风力中所能获取的能量也非常巨大。

到2002年底,全球45个国家超过60,000台实用规模的风机正在运转,加上美国的27个州,全球风力装机总量超过32,000 MW(32 GW)。德国的风力发电处于世界领先地位。2002年底,装机总量为12,000 MW,所产生的风力发电量为200亿kWh(20 Twh),能满足德国电力需求的4.7%。与此同时,丹麦20%的电力都来自于风力发电。2003年6月,德国的Schleswig-Holstern地区风力发电已经占到电力需求的26%,超过了2010年达到25%这一目标。这种低成本而简单有效的可再生能源资源,每年正以32%的速度增长。2001年和2002年全球每年新安装的风力项目价值约为70亿美元,预计2003年还会持续加快。风力发电的价格能与新的燃煤发电厂的电力价格相竞争,并将持续下降,直至成为所有新电力资源中最为廉价的一种电力。

风力产业正在创造新的巨大经济机遇。2007年世界风力装机的现实目标为110GW,意味着1000亿美元的投资,相当于美国所有核电站的装机总量。到2007年风力装机占全球所有新装机的24%。据估计,到2010年,每年的风能产业价值为250亿美元,累计系统装机价值超过1300亿美元。

自1979年以来,丹麦风机制造商Vestas已经生产了超过11,000台风机,分别安装在全球40个不同的国家。它是丹麦国内就业及出口收入的主要来源之一。据估计,到2002年底,德国12,000 MW的风能装机容量为德国创造了42,000个固定的就业机会——每285kW的装机容量创造一个就业机会。值得一提的是,在西班牙,对风力发展的大部分支持来源于一种“反向”思维。地方政府期望建造新工厂及创造新的工作机会,从而客观上加大了对风力发展的支持。

在欧洲、美国及印度的农场及田地里,风机随处可见。风机为这些国家的农村经济带来了意外收获。煤炭产业的支持者总是抱怨风力的发展占据了大片农田。事实却与之相反。风力的发展完全可以和农业及农场经营活动融为一体。安装在农场或牧场的风机实际上只占用了农业生产实际用地的1%,如果留有通道的话,也只有5%。这种农田使用的小损失完全可以通过土地所有者所获取的经济利益加以补偿。

例如,在一个运行良好的风能体系中,有三台农场主拥有的风机,并接受财政支持,风机容量为750 kW,农场主除了能在10年内偿清建造贷款

外,还能每年净赚4万美元,之后的每年净收入可超过10万美元。即使将风机用地租赁给发展商,其所获取的收入也依然是农场主或牧场主每亩收入的两倍,在干旱和物价上涨时,能增加一项收入来源。这项收入可使小型农场主在不得不出售农场或连续经营农场的基础上有很大改善。

不论一个国家经济状况如何,风力资源及其经济效益总是存在的。印度总的风力应用在全世界位居第五位。到2002年底,其装机容量达到1702 MW,并可能拥有总量45,000MW的可开发资源。印度非传统能源资源部(MNES)大力鼓励风力开发,并将风力开发作为促使印度能源经济多样化,并开始逐步摆脱使用石油、天然气、煤的一种手段。

印度建立了很多自己的工厂,其70%的风机组件都由本国生产,整个系统的装配及安装也都由当地劳动力

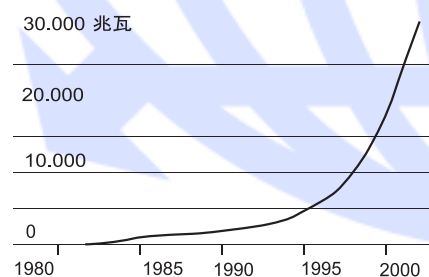


图8: 1980年至2002年,全球风力装机容量飞速增长。

近期,全球风力装机容量正以每年32%的速度增长。到下个五年末,总装机容量将达到110,000MW(110GW)。

资料来源:世界观察研究所,由来自于BTM咨询公司、AWEA、EWEA、每月风电(Wind Power Monthly)的地球政策研究所负责更新。

完成，这些都为就业情况不乐观的印度创造了重要的工作机会，并通过本地经济取得能源收入。通过本地业主安装的风机，致力于解决印度电力基础设施建设可靠性较低的问题，从而提升工厂或商业机构的价值，将更有利于本地所有的私有风电厂“整体”的发展，而不是大型商业机构或电力公司为业主的风电厂的发展。

最近，人们对风力及潜在能源的估计进行了修订。比如：开发了一些新的风机技术，风机在低风能地区及安装在离地面更高位置时，其运行更为有效。风机规模也迅速扩大(2002年，世界新型风机平均规模已超过1 MW)，还出现了一项发展速度最快的应用——离岸装机。

通过重新估算，人们得出了以下结论：风力不仅能满足美国所有的电力需求，还能满足美国所有的能源需求。其他一些估算还显示，在未来，风力将满足全世界的电力需求，甚至可能满足全世界所有的能源需求。

即使这些估计被证明过于乐观，2020年世界电力需求的12%来源于风力发电的目标(相当于2002年世界电力使用量的20%)仍然是很现实的。(到时装机容量将达到125万 MW，每年产

生30多亿兆瓦小时能量。)欧盟2020年目标是，20%的电力由风力发电提供，这一目标到时也能很好地完成。这些风力发展计划可以与历史上水电及核能发展的步调相一致。

风力资源不会限制现在及将来的全球风能发展。经验显示，曾经认为雄心勃勃的风电安装目标，到现在却很容易实现。因此，将来人们还会对此目标继续进行修正。电力公司的经验已经证明，风力系统的主要市场份额是切实可行的。各国纷纷对这种全球都可以利用的资源进行投资，产生了上亿美元的新型产业，并创造了数千个工作机会。风力发电的成本现在处于能与基于化石燃料的发电成本相竞争(显然低于核电成本)的范围内。不过，政府政策、严格的政府目标及政府激励是必要的，从而为金融机构提供了保证，使得他们能够持续为风力产业的发展进行投资，从当地生产的清洁可靠的可持续电力中获取额外的非量化社会效益。

然而，认识到以下这一点也非常重要。那就是，2002年底世界风能装机容量为32,000 MW，占世界电力供应量的0.4%。如果2012年实现了177,000 MW这一计划，风力发电也仍然只占世界电力供应的2%。不过鉴于风力发电是以幂数形式增长的，因此实现2020年目标依然存在合理性及可行性。

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

获得风能和其它间歇性可再生能源资源的高度利用

至今，在能源结构中拥有大比例风能的国家和地区中获得的经验指出，在现有框架和电网内可获得的间歇性能源资源，可以满足至少20%的电力需求。丹麦的一些地区，风电平均占总电力20%，可以从风机所在区域网络获得他们所需要的100%电力。德国的Schleswig-Holstein地区29%的电力能源需求从风能而来。因此，在现已安装的电网基础建设的范围内，2020年，风力发展的全球目标是可行的，经济上也是可以实现的。

风能和太阳辐射能源资源是气候现象，可以在24小时内进行很好的预测，这在正常情况下对于计划和帮助调整电网中的能量流动已经足够了。通过区域性输电网互联的可再生能源的地理范围越大，那么具有较少风能资源的一个地区更容易获得另一个来自于具有较丰富风能资源地区的补充，或者说，任何时间任何地点的低风能资源容易在同一时间获得另一个具有丰富太阳能资源的地区的补充(假设该

地区或者国家已经利用机会发展和互联了不同种类互为补充的可再生能源资源)。

允许可再生电力在不同气候地区之间进口和出口的地区性和国际性的传输电网，可以使得间歇性环保能源资源获得更大的市场份额。这样的支持欧洲和斯堪第纳维亚的可再生能源获得高的市场份额的多国电网正在被认真考虑。

增加可再生能源的市场份额，使其从间歇性资源进入电网，从而使其占有超过大约20%的市场份额，要求更多的技术和政治支持。例如，稳定的电力“支柱”，丹麦受益于该国同德国的传输线互联，已经使得丹麦的风能资源更多地进入到电网中，这说明，跨国合作能够加快可再生能源发展。这种“支柱”的可靠性也可以在相当程度上利用可再生能源资源的“基荷”，比如在可以获得水电、生物能和地热能的地方。例如，水电能已经可以广泛获得，并且在短时期内可以非常方便地调整其输出。在一个有丰富风能和太阳能的系统内，将水电资源从基荷转

变成“间歇性承载”，可以提高整个电网的可靠性和可再生资源的容量潜力。

这些稳定的、当地可以获得的一具有一定承载负荷水平的能源资源有时还可以为国家的其它能源效率目标作出贡献，比如丹麦在90年代将其电能40%的燃烧源转换成热电联产(CHP)。许多这样的热电联产系统都是当地的小型生物能厂，使用从附近地区获得的生物质燃料。这不仅利用余热做了有用功，极大地增加了燃料的总效率，还提供了能够在当地进行管理的电源，平衡了当地风机或者太阳能电力“场”的生产特性。农民、生物质厂的业主和操作人员以及风机或者太阳能系统的业主和操作人员，都获得了报酬，否则这部分钱将用在购买由进口燃料生产的电力上。



图 9a, b: 在丹麦，风能可同放牧协调发展，在美国，风能可同耕种协调发展。在牧场和农田上进行风能开发所获得的收入是农村收入的新的重要来源。照片由 Donald Aitken 博士提供

尽管这样,在将来,也必须开发和采用能源储备机制。现在,在许多能源储备技术上已经开始进行一些工作,比如电容器、蓄电池和燃料电池、弹簧、飞轮、压缩空气或者抽水蓄能。例如,已经建造的英国“流动电池”,容量120 MWh,最大功率输出15 MW。可以按分钟或者小时(受最大电力输送率限制)放电,还可以无限循环使用。在所有其它有潜力的储备技术上也正在取得进展。

关于氢能转换的几点提示

从间歇性可再生能源资源获得能源储备,最有可能的长期性技术将是氢,可以将由可再生能源获得的电力转换成燃料,因为氢具有转换世界范围内的能源输送和静态能源的潜力,这将支持氢能的发展。在风能、太阳能或者地热能潜力有吸引力的地区,可再生能源的远端源可以成为制造氢的工厂。当需要电力和热能时,对用于本地分布式燃料电池(也是热电联产设备)的氢进行运输,可以把原先的可再生能源输送到所需要的地方。

但是,可再生能源转型则并不需要等待在其它技术上获得重大突破。能源储备技术的广泛和大规模应用到2020年,甚至2030年之后,才需要在能源储备技术的和大规模应用。氢燃料的发展和应用将独立于可再生能源转型进行,具有经济效益吸引力氢转型将拉动其发展,积极的政府项目也

将推动氢转型,这样,到那时的氢技术和基础设施将有望足以支持间歇性可再生能源资源的高度介入。

氢能发展和可再生能源技术应用之间的协同非常重要。氢,作为一种清洁能源来燃烧,可以通过清洁能源来产生。从这些清洁资源来的能源将被转换为燃料,用于需求式清洁能源应用,从而完全克服了可再生能源的不稳定问题。通过这种协同发展,氢能和可再生能源资源的经济社会效益都会得到提高。可再生能源和氢能转换平行发展将会互相支持。

定的目标。”(来源:可再生能源世界,2003年7月/8月版。)

这种观点的推论是,氢转型的环保成功将完全取决于产生氢是使用可再生能源资源,而不是使用传统能源。欧洲委员会主席 Romano Prodi 在2003年6月的一次发言中强调了这一点:“到本世纪中叶,在可再生能源基础上,逐步向完全一体化的氢经济转换是我们既

太阳能的直接利用

综述

太阳能的间接利用,比如水电、风能和生物能,同非太阳能的环保能源资源地热能一起,远大于所有的辐射太阳能的直接应用所联合输出的能源,而且这种状况可能还将继续20多年。但是可再生能源资源的价值在未来社会的能源组合中并不仅仅由产生的电的度数来衡量。在直接终端使用和分布式电网应用中使用了大量太阳能,产生了巨大经济效益和安全效益,太阳能技术及其相关行业产生了高附加值的经济效益,在一些地方无法获得其它资源而可以获得辐射太阳能资源(比如,沙漠和少风地区等等),发展可再生能源资源“配额”对保证系统稳定性和资源可靠性具有重要作用,所有这些都说明,直接的太阳能应用和加速这些应用的政府政策具有重要作用。

无论在发达国家还是发展中国家,太阳能可以用于建筑物采暖或者照明,为富户或者社区加热泳池,或者提供家用热水满足富人和穷人基本的热量和卫生要求。太阳辐射能还可以直接为工业过程提供热水或者蒸汽,通过聚焦加热流体到足够高的温度以利用热电发电机发电或者直接驱动热机,以及通过光伏效应发电。

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

太阳辐射能可以直接用于加强公共安全,为世界上18亿无电人口提供照明,对食品和药品进行冷藏,以及为世界上所有地区提供通讯。这些能源还可以用来从海洋中生产淡水,抽水,并为灌溉系统提供动力,污水净化,从而解决世界上对饮用和种植粮食所需要的清洁水的最关键需要。这些能源甚至被用来通过太阳能灶来做饭,代替大部分由妇女来承担的木材采集工作,而木材采集也破坏了生态系统,污染了本已简陋的房屋中的空气。

正是由于太阳能如此多的应用,使其成为众多应用的有吸引力的选择,对于全球多种文化、地区、经济和人们来说,具有非常重要的潜力。

当然,这些应用只在白天产生能量,而且在日照较多的地区会工作得更好,这两点严重制约了太阳能的使用。但是采用适当的设计并选用合适的材料,在白天进入建筑物的太阳能可以在夜间保持这些建筑物的温暖和舒适,而保温性能良好的蓄水箱则可

以储存太阳能加热后的水,供一天中的任何时候使用。人们通常在白天工作,这时候日照可以替代人工照明的电力需求和热输出,甚至在阴天,建筑物吸收到的日照都可以满足这一点。最通常情况下,商业在白天需要工业过程提供的热能,对电力的主要需求也在白天。

因此,太阳能生产的效果是能否满足用户需要的问题,而不仅仅是其集热小时数的问题。考虑辐射太阳能同电网需求之间的相合问题,也是能否满足用户需要的问题,用电需求在下午会达到峰值,特别是在炎热而光照充足的日子,因此太阳能系统的“容量系数”或者24小时平均的输出,没有太大的经济意义。

今天,是公共政策和政治领导力推动了太阳能技术和方法学的广泛应用,而不是技术或者经济。技术和经济都将随着时间向前发展,但是现在它们已经足够先进,可以让太阳能在主流能源和社会基础设施中高度介入。相信未来50年中,能源效率将有高速发展,太阳能和可再生能源应用将不断增长,现在可以制定目标,在那个时候,世界上所有能源需要的50%由本地可以获得的环保资源来满足,而这些环保资源主要是直接和间接来自于太阳能。在这方面,没有任何资源限制。

太阳能发电的有效容量系数,即,当需要太阳能时,所生产太阳能电力的可获得性,有时可以超过80%或者甚至90%,经常是3倍于物理意义上的“容量系数”,而其它太阳能应用,比如水、泳池加热和室内采暖,可以在白天集热,并24小时将热量储存在水或者建筑物中。

人类行为也可以影响太阳能系统的有效容量系数。在晚间洗衣和洗浴将最大化在白天由太阳加热的水带来的效益。



图 10a, b: 以各种形式输送太阳能。位于马萨诸塞州波士顿的房屋(太阳能设计协会设计),融合了能源效率设计、被动式太阳能空间采暖、白天照明、主动式太阳能室内采暖、太阳能热水以及太阳能发电,所有这一切构成了一座“零净能源”的房屋。但同样重要的是,太阳能的使用满足了发展中国家的基本需要,比如,淡水、照明和医药,右边图中示出了印度的光伏动力的淡水泵送过程。

图 10b 照片由 Donald Aitken 博士提供

类似地，在丹麦，拥有光伏系统的人们改变他们的行为以最大程度地利用光伏电力。在加利福尼亚(美国)，光伏系统的使用十数净测量表通过调整其双向行为而提供经济利益，通过在用电高峰期将建筑物中的电力使用最小化，而使回售到电网中的光伏电力最大化，这样回售电者的回报将高达30美分/度。而在晚间，用户购买低成本的电力。由于大多数建筑物是民用住宅，所以在白天由于房主都去工作，这些建筑通常是无人在内的。

每年的太阳能资源惊人地一致，在世界上几乎所有居住区，系数在大约2以内。如果太阳能仅仅在沙漠气候条件下是可以应用的，那么这项资源可以获得的低值在经济上是行不通的，但是特殊的光伏能源技术在德国(纬度平行于加拿大南部)和日本的其它应用，如在德国和奥地利的重要太阳能加热水应用，以及芬兰和阿拉斯加的被动式太阳能和日光照明应用，表明具有经济吸引力的太阳能应用并不只局限于日照最强烈的气候条件下。太阳能几乎是世界范围内都充足的资源。

由工业和政府支持的生产性研发项目，正在不断推动技术发展，并解决比如能源储存等领域的问题，以提升太阳能应用的经济效益和价值。但是在同时，房屋和建筑物现在已准备利用直接太阳能应用，如同在白皮书前面提到的，电网现在蓄势待发，以使得间歇性可再生电力能源高度介入。

被动式太阳能采暖和建筑物日光照明

总体来说，在工业国家，国家全部的一次能源使用的35%到40%都消耗在建筑中，如果考虑消耗在建筑材料和服务性建筑的基础设施中的能源成本，这个数字可以达到50%。最近关于建筑物中能源使用的一份分析表明，当合理包含消耗在建筑物中和与建筑物相联系的所有能源成本时，美国建筑行业占一次能源消耗的48%，所有CO₂排放的46%，并且是增长最快的能源消耗和排放源。

在欧洲，国家30%的能源使用是用于室内采暖和加热水，相当于全部建筑能源使用的75%。在美国，所有一次能源的37%用于建筑物，在国内使用的所有电力中2/3用于建筑物，这中间不超过一半的电力使用是直接或者间接来自于人工照明以及这些设备的热影响。建筑物可以产生三分之一的国家温室气体排放量以及一个国家所产生垃圾的三分之一。

从热力学的观点来看，在冬天让太阳光照进入建筑物以加热建筑物，让发散的日间光照进入建筑物以替换电力照明，同时运用夏季遮光和内部强光控制，是直接使用太阳能最有效和最节省成本的形式。这种简单的概念起源于史前结构。例如，早期的美洲土著，在恶劣的环境下运用自然加热、制冷和通风设计提供终年的舒适。

早期的希腊和罗马建筑师接受了为他们的房屋和城市设计天然能源的理念。苏格拉底鼓励在房屋中使用今天被称作“被动式太阳能”的设计，

赞扬让冬季阳光进入建筑物南部的价值，以及在夏季将较强的阳光遮蔽在外的好处。

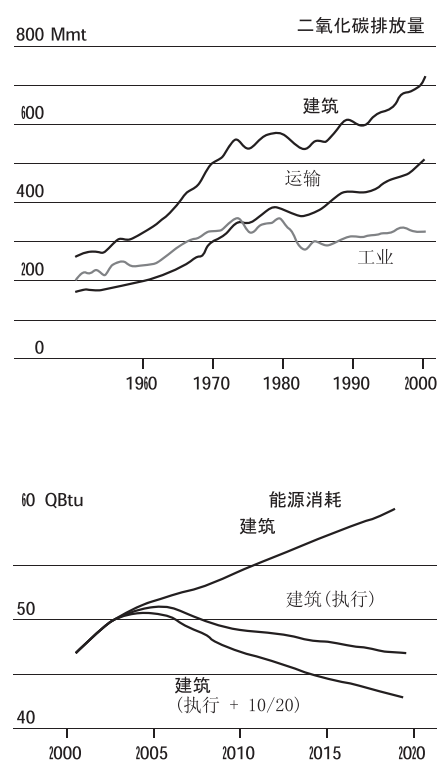


图 11a, b: 在美国，“建筑”包括所有民用和商用部门，和含有建筑以及建筑材料的工业部门一起，是最大的单一能源用户(占一次能源的48%)，同时也是最大和增长最快的CO₂排放者。全国范围内的建筑物效率政策据挑战性但是总体上可以实现的(可负担的)变化，可能降低建筑物能源使用量，就如在较低曲线所示的“实施”抛物线。如果有关科学家联盟的“清洁能源蓝图”被接受(到2015年，10%的美国电力来自可再生能源，到2025年，这个比例达到20%)，那么美国建筑物的能源影响将会如曲线中“实施+10/20部分”所示的那样进一步降低。

来源: Edward Mazvia, 今日太阳能, 5月/6月, 2003年, 48-51页。

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

Vitruvius 将这些原则进一步发展成现在所谓的“气候共鸣”设计，指出不同的气候要求不同的舒适设计。上个千年的中叶，欧洲大教堂以富丽的方式使用日光进行室内采光。直到 19 世纪末，大城市中建造的办公建筑必须依靠精心的日光设计和自然通风来照明和提供舒适。

这些同样的技术现在是可以获得的，并在短期和世界范围内具有巨大的降低建筑物的能源和气候影响的潜力。从重要的项目中学习到的教训可以对此提供支持，比如 IEA(世界能源署)的被动式太阳能和日光照明任务，对此提供支持的还有建筑材料的改进、

在所有方面的能源效率提高之后，对于任何致力于降低传统能源资源使用和降低温室气体产生的国家或者当地能源政策来说，最容易实现的、成本最低的并且经济上有利的起点是从建筑物着手。这包括升级现有建筑，设计所有新的居住和商用建筑获得最高能源效率，优化使用当地可获得的环保资源用于照明和提供舒适。相当于数百亿美元的资金可以以此种方式从不必要的花费中分离出来，用于建筑能源和生产性经济使用，比如创造就业机会或者支持教育和健康。这些建筑和学校中的业主和用户将会有更好的表现，直接的结果是可以获得更多的资金。

特别精选的玻璃、保暖、照明技术和控制以及更友好的计算机模拟工具，以帮助设计者们获得最佳的结果。

数据表明，工作效率在日光建筑中得到了改善，并具有放大能源效率“投资回报率”的直接经济效益。在日光建筑中，办公室职员的生产率和工作满意度都得到了提高，为雇主产生非常大的“底线”效益。在日光购物区和商店的销售增长最高达到 15%，正在改变着这些商业街区的设计方法。根据对日光教室中孩子的学习速率和考试分数的仔细统计研究发现，这些方面有最高 25% 的提高。

所有这些测量到的结果表明，这样的“可持续”建筑设计具有远远超出能源和气候降低潜力的巨大社会价值。我们可以认为，获取这些经济效益的费用将能源效率和日光设计合理化，体现了其价值，这样这些建筑中降低的能源使用和温室气体排放是“免费获得的”效益。通过“整体建筑”设计方法进行的“气候共鸣”建筑的一体化设计使得在实际建造过程中节约了大量成本，通常在新建筑中能源效率提高 30% 到 50%，而附加的建造成本平均只提高不到 2%，有时甚至是没有任何附加成本的。简单成本回收期最短可立即兑现，最多也只有 5 年。



图 12a, b: Real Goods 太阳能生活中心，美国加利福尼亚 Hopland 的一家零售商店(由建筑师 Van der Ryn 设计)。完全的“生物气候”设计，建筑物融合了被动式太阳能加热、日光、自然通风和冷却、光伏发电和当地景观。相对于 Hopland 当地气候条件下的传统设计，节能约 90%。商店内的销售比预计的要高 50%，因为内部照明和舒适度非常好。

照片由 Donald Aitken 博士拍摄

太阳能热水和室内采暖

太阳能热水并不是一项新技术，但是即使现在在欧洲、以色列和中国正在快速发展，仍然只是开发了很小的一部分。燃气和电力热水器使用方便，技术简单，但是通过使用高级和高温化石燃料或者电力加热水，使得几乎所有这些能源资源的热动力“功”潜力都浪费掉了，而事实上这些潜力可以有大大得多的生产性经济用处。对于许多发展中国家来讲，利用简易被动式箱型热水器进行太阳能水加热，是唯一能够用得起的洗浴的热水源。

尽管用热水并不创造就业机会和推动电力工业，但是现在用来加热这些水的燃料肯定是可以做这些事情的。对于燃气电力生产的短缺早先已经预测到了。当这些电力用于加热水时，对于天然气来说尤其是一种浪费，因为在电厂利用天然气生产电力后再去加热水所消耗的天然气相当于直接燃烧天然气对水进行加热所消耗天然气的两倍。但是燃气水加热也浪费了天然气所有的潜在化学能，这些能量本可以有高附加值的应用。

对于社会，为了收回被替代的天然气资源所产生的经济效益，主要使用太阳能来加热水是好得多的投资。这样，水仍然可以得到可靠加热，但是需要的传统能源比例就低得多了。用太阳能代替的天然气就可以用来为经济中其它更重要的部分提供动力。

太阳能热水对各经济体而言，大规模推广和促进太阳能热水的利用都是有利的。其所带来的社会整体经济利益调合了政府重大的推广系统极力项目。所有的政府都应建立户用太阳能热水和采暖系统的长期目标，到2010年全世界新太阳能热水器系统至少达到几亿平方米。为完成这个目标，政府需要提供支持性的政治框架条件。

原来花费在加热水所需要燃料的钱，现在可以用在其它方面了，例如，在生产、安装和维护太阳能热水器的工作上，而这些工作也会加强当地经济发展。因此，太阳能热水对于社会的价值，远远超过了简单成本“回收率”计算所包含的意义。太阳能热水对于二氧化碳减排目标的实现有重要的作用，而这个目标并不是进行简单成本回收率考虑就可以实现的。

现在，太阳能热水已成为一项完全成熟的技术。到2002年底，欧盟成员国已经安装了大约1230万/平米的太阳能热水器，在2001年安装将近150万/平米，而在2002年又下降到120万/平米。然而，这些热水器的60%分布在三个国家—德国(欧盟超过50%的太阳能热水器都产自这里)、希腊和奥地利—它们拥有最发达的市场。塞浦路斯超过50%的地中海宾馆以及90%的民用住宅都安装有太阳能热水器，按照人均拥有的太阳能热水器安装面积来说，塞浦路斯走在了世界前



图 13a: 中国的太阳能热水器。
来源: Li Hua, 可再生能源世界, 7月/8月, 2002年, 105页

列，平均每人拥有0.8m²。在欧洲大陆，希腊以平均每人0.26m²处于首位，奥地利0.20m²排在第二，然后依次是丹麦、德国和瑞士。在2002年底，欧盟人均拥有太阳能热水器为0.26m²。

欧盟计划到2010年，在奥地利、比利时、英国、丹麦、法国、德国、希腊、意大利、荷兰和西班牙安装1亿m²的太阳能集热器，这要求年增长率超过35%(以2000年作为参照)。以欧洲现有的增长率，到2010年可以安装大约8000万m²，因此实现欧盟的目标必须有更高的增长率。然而，这些数字同欧盟14亿m²的潜力相比显得还是很小，14亿m²的热水器每年可产生683 TWh的热能。

用于“主动式”室内采暖的太阳能热水在德国、奥地利和瑞士越来越流行，同时对于瑞典首先采用的太阳能小区供暖的严肃考虑也有助于该项技术的推广。城市法令也有助于推动该项技术，比如巴塞罗那一项在1999年通过，2000年开始执行的法令，要求至少60%的家用和商用热水由太阳能系统提供。在18个月内，巴塞罗那的太阳能集热器面积增加了750%，达到14,000 m²。在马德里、塞维利



图 13b: 尼泊尔 Kathmandu 的太阳能热水器和室内采暖系统
照片由 Donald Aitken 博士拍摄

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

亚和其它地区引入了这种城市法令。为了振兴停滞的太阳能加热水工业，德国政府在2003年2月同意增加对于太阳能热水器系统的激励额度，每平方米集热器的补贴从92欧元增加到125欧元，显著扩大了2003年的德国市场。

同中国相比，欧洲的数字(和人口)显得很小，到2000年底，中国安装了2600万 m^2 的太阳能热水器，到2001年底有1000家太阳能热水器部件和系统生产厂商。中国政府的目标是到2005年达到6500万 m^2 的太阳能热水器。据推测，如果按中国政府的目标进行房屋建设，并在这些新建的房屋中使用适量的太阳能热水器，那么到2010年中国将年均拥有30亿 m^2 的太阳能热水器。这是由缺乏燃气热水而造成的，因此太阳能热水器可同电热水器竞争，并且是更廉价的选择。

太阳能热发电

当太阳能集聚在反射表面时，能量密度可以大大增加。这使得“接收器”中的介质可以获得高温，然后这些热能被传输到热电发电机发电。该项技术，通常称作“CSP”，即“聚光太阳能”，分为三部分：抛物面槽、电力塔和热机。

抛物面槽是按列安装的抛物线形状的长镜子，用于加热在能量收集接收器管中流动的介质，通过调整镜子或者接收器的位置，这些管道会沿着它们的焦点线放置。热介质在传统型(除了温度较低外)透平发电机中喷射变成蒸汽。电力塔表示镜阵(“定日镜”)，将太阳能集聚在塔顶处，并用温度非常高的介质收集和传输到热力发电机。

热机(斯特林机)用具有强大聚焦力的定日镜将太阳能引导至活塞上，然后活塞通过空气膨胀驱动发动机。每台斯特林机都被安装在自己的三轴跟踪定日镜上。斯特林机的技术目标是在5万到10万小时中免维修。

碟/斯特林机同定日镜结合后已经进行过安装和调试，并向预期的25 kWe组件单元迅速发展，这在将来是非常有价值的。(直到最近，碟/斯特林机同定日镜结合后将太阳能转换成电力的效率大约是35%，堪称世界第一。)为保证实现热机的长寿命和可靠性目标，并生产廉价的定日镜，还有更多的工作要做。技术上的障碍完全处在经济可以解决的范围内。

世界上最大的太阳能发电机，354 MW，在三块地运用了抛物面槽技术，如今继续在美国加州南部运行。第一批机组在80年代初安装，而完整的系统已经运行了17年。Harper湖电厂为160 MW，Kramer联合发电厂为150 MW。在这些大型项目中，已经学习到了大量经验，并且证明了这项太阳能热电技术的实用性和可靠性。类似地，加州南部的10 MW的电力塔，太阳能1号和2号(2号是对太阳能1号进行的重建，并将液态钠热传输和储存技术运用到项目中)，达到了所有研究目标性能和可靠性。



图 14a：世界上最大的太阳能热电发电机(左图)，加州 354 MW 系统的一部分。图中还示出了嵌入的燃气发电机，在“混合”运行中占 25%，以平衡太阳能系统的输出，从而形成可再生能源和传统能源生产间的有效协同。



图 14b：太阳能 1 号，加州南部的 10 MW “电力塔”。

图 14a 来源：NREL

图 14b 来源：U.S.D.O.E

即使今天的CSP电厂可以用光伏发电的一半成本来生产能量，CSP技术在扩大规模和进入世界市场方面仍然进展缓慢。原因是各种财政和体制障碍。最主要的一点是，建造一座太阳能电厂就像建造一座化石燃料电厂，并同时支付相当于30年的燃料。结果，太阳能电厂必须在建造之前充分融资，并对投资者提供有吸引力的回报。另外，电厂通常需要缴税，而传统电厂使用的燃料则不需要。这使得太阳能电厂的“免费”燃料处于劣势。

消除这些障碍可以通过提供补贴性低息贷款，解决税赋不平衡问题，提供能源生产激励以及继续支持更有效率的反射板、部件和热系统的研发。CSP对于太阳能资源也极其敏感，需要建造在阳光最强烈和天气最晴朗的地方，并且在系统大小达到400 MW以上时才是最经济的。

如果这些障碍能够全部消除，并能保证最好的物理条件，那么建造几千兆瓦的CSP电厂，在没有补助时的成本低到可以同化石燃料竞争。但是同化石燃料相比，CSP电厂在30年的电厂保证寿命期内提供经济稳定性，避免极易损失和不可预测的成本，同时在未来可以较易获得传统燃料。

当CSP在一套集成太阳能联合循环系统(ISCCS)中提供太阳能以补充天然气能源时，经济上更具吸引力，并在更短的时间内可以显示出经济性。

聚光太阳能电力(CSP)在拥有丰富太阳能资源的国家里，是有价值的可再生能源之一，并确保了对激励和开发比例适当的可再生能源技术的政府政策。由于CSP技术具有巨大的长期效益，因此到2025年，全球安装100,000 MW CSP电厂的目标是可以实现的。

太阳能减少了燃料的使用，也减少了燃烧排放物，却增加了燃料经济性和环保效益，而同时，太阳能组件在燃气系统的总成本中却只增加较少的边际成本。更小型和更通用的CSP电厂设计正在进行开发，大小从100 kW到1 MW不等，同时这种电厂应用的灵活性，在一定程度上弥补了生产每度电所需的较高成本，在当地产生了效益。正在开发的储存技术，对12小时能源储存进行经济优化，使接收到的太阳能产生最大的效用，还会提高CSP的经济性。

全球对CSP的兴趣与日俱增，在许多国家正在计划此类大型项目，GEF的大量资金正在支持更多的此类项目。新的CSP项目正在美国(内华达)和西班牙建造，在以色列和南非也是这样。GEF已经向墨西哥、埃及、摩洛哥和印度提供了5千万美元的资金，以支持现正在开发的CSP项目。伊朗、阿尔及利亚和约旦正在考虑建设ISCCS项目。经济上的突出性使得CSP在希腊、意大利、葡萄牙、澳大利亚、巴西、利比里亚、突尼斯和中国也具有可行性，在以后的25年里，全世界有超过100,000 MW的CSP发电潜力。

内华达的50 MW抛物面槽系统尤为引人注目，因为该工程是新的州政府政策的直接结果。内华达州议会在2001年采用了一项积极的可再生能源配额标准(RPS)，该标准要求州内拥有电网的投资者到2003年其能源销售中

有5%来自可再生能源(地热能、风能、太阳能和生物质能)，接下来的10年中迅速攀升，到2013年达到15%。为了在已经拥有地热能电厂并且风能具有竞争力的州内推动“一揽子”可再生能源资源的发展，内华达州在其RPS中明显增加了“太阳能”部分，所有开发的新可再生能源发展中，5%必须使用太阳能技术。这要求在接下去的10年中大约60 MW的太阳能发电能力。

作为对太阳能RPS要求的直接反应，内华达州电网决定建造一座50 MW的太阳能抛物面槽热电厂，可能扩展到60 MW。该系统将由杜克电力公司建造，并在2005年并网。内华达电网将在20年的销售合同期内购买该系统输出的电力，这样就保证了用以支持该系统建造和运行所需融资的必要收入。该系统预期平均每年生产10.24万MWh电力，足够满足内华达8400户居民平均每月1000度的电力需要(天气非常炎热时，大房间需要足够的空调制冷)。

从这套新的抛物面槽系统中所获得的经验应该有助于降低开发成本，进一步振兴美国的太阳能热电体系，这也说明了政府政策在加速可再生能源技术的开发和应用方面的价值。

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

太阳能光伏发电

现在绝大部分公认的太阳能技术来自于多种应用、大量的公共宣传以及支持太阳能光伏(PV)系统发电的众多激励项目。尽管从能源生产的角度来讲,光伏系统是最昂贵的太阳能技术,但是光伏系统是适应性最强、安装最简单、维护最廉价,并且提供了高价值的产品—电力—一般来说可以直接使用,避免基础设施无法运行时的费用和风险。

光伏组件可以用来为电话或者交通以及警示灯提供电力,减少金属桥梁中的腐蚀,为水泵和水井提供电力,为边远房屋和村庄提供照明和电力,冷藏药品,减少并网房屋和商业机构购买的能源,为停车场提供电力和遮光物,为电动车充电,以及其它更多的应用。设计者可以迅速地辨别光伏屋顶的顶板、有光伏电池附着的屋顶、光伏遮荫板、光伏幕墙装配以及光伏天窗。宾馆和商用建筑的平顶正在用光伏组件进行装饰,并且不需要替代屋顶,而同时又能提供隔热和遮荫,生产电力并降低建筑的制冷负荷。在美国,半数商业屋顶光伏系统的供应商所提供系统的平均容量已经从2000年的94 kW_p增加到2002年的260 kW_p,在2003年则接近350 kW_p。这其中包括几套1 MW或者更大的系统。

以“分布式电网”结构集成在整个电网中的光伏系统使得恐怖分子无法通过破坏一个城市的能量源来使得整个城市瘫痪。而传统的电厂、变电站和传输线这些集中而易于受到攻击的目标,在那些本地生产和分配自己电力的城市中将会消失。类似地,拥有分

布式能源系统的城市,可以从电网中“隔离”出来,从而可以避免当主要传输网络崩溃或者中央电厂突然离网时导致的许多问题,如2003年8月在美国东北部,以及2003年9月在意大利,这些事故曾经同时出现。

带有一定量储电能力的建筑一体化光伏系统(BIPV)可以保证基本的政府工作和紧急运行可以保持连续性,并有助于保持城市基础设施的安全性和完整性:街道照明和通信连接将持续工作,由于市政和管理建筑拥有自给能源系统,从而使得基本的城市和安全服务工作可以连续运行。这应该成为全世界所有城市和市政中心安全计划的基本组成部分。

光伏产业正在世界范围内以惊人的速度增长。在2002年,生产和销售了超过560 MW_p的光伏组件。新千年开始后,光伏产业的平均增长率已经达到36.6%,这意味着每两年翻一番以上,在2002年则增长了44%。在2002年全球的光伏销售额为大约35亿美元,到2012年预计将超过275亿美元。

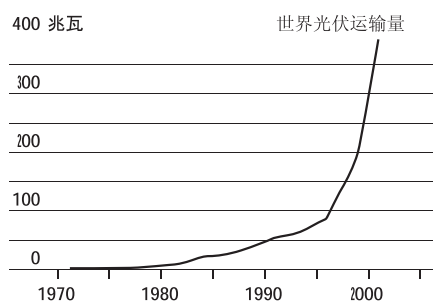


图 15a: 全球光伏组件运输量显著增长。在2002年运输量超过了500 MW_p。
数据来源: Paul Maycock

光伏产业并不仅限于一种主流技术(就像在录影带标准领域Beta被VHS淘汰),而是继续在许多方面进行创新。最流行的光伏技术仍然是单晶硅和多晶硅电池(占2002年全球光伏电池销售额的93%),因为这两种技术是转换效率最高的,并通过许多年应用和实践的证明,非常稳定。硅是地球上储量最丰富且无毒的元素。

薄膜可以很容易地在建筑材料中采用,比如玻璃立墙和窗户,同时大量生产附着于玻璃或者衬底上的薄膜具有潜力,因此正在开发和推广新的光伏电池组件,比如单结或多结非晶硅或者混合相微晶硅、二硒铜铜(CuInSe₂, 或者CIS)以及碲化镉(CdTe)。2002年全球99%的太阳能电池生产仍然是基于硅的,这符合避免使用稀缺或者有毒材料的趋势。

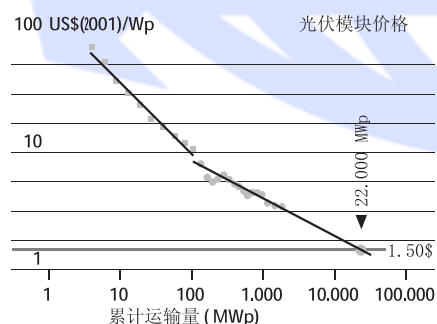


图 15b: 1976到2001年间的光伏经验曲线, 预计达到1.50美元/峰瓦的盈亏平衡价格, 这反映了进行大规模应用的重要性。
图片来源: John Byrne 博士, 数据由 Paul Maycock 提供(2002年)

对薄膜进行分层以收集全部的太阳能光谱,使得薄膜太阳能电池可以获得相当于晶体设备的效率。

光伏组件按照瓦数销售,而不是面积,因此直接应用于建筑材料的低效率应用如果具有足够的表面积(墙壁、屋顶、玻璃)就能够成为最经济的选择。尽管这样,可靠和已经证明的单晶硅和多晶硅组件很可能将继续在今后的20年中占据光伏领域的统治地位。

用每度电的成本来衡量光伏发电的价值,低估了这项通用技术的许多特性。例如,当使用光伏为路边的应急电话提供电力时,杆顶的小型光伏面板产生能量的成本可能在1美元/度,但是电话的成本只有5000美元,低于在电话间直接铺设线路所用的成本。因此光伏的使用通常可以降低整个项目的成本。

同样重要的是光伏在满足人类最基本的需要时的价值。在印度,到2002年底已经在农村地区安装了5084台太阳能光伏水泵,总容量大约为5.55 MW_p。印度的2400座村庄已经在用光伏提供电力。很难将这一成功与送淡水和光明到印度的穷困边远人口联系起来,但是确实证明了存在可行性和效益。

在光照充足地区,地面上安装的大型中央光伏电厂在未来会变得越来越重要。这样的应用会变得更加可行,因为光伏电池的效率在不断提高。在2003年,日本的一家生产商曾经在生产组件用的大面积晶硅电池上获得了从太阳能到电能的高达20%的转换效

率。世界上最高的转换效率是于2003年在设计用于跟踪聚光器上的一节混合型电池中获得的,效率达到36.9%。镜子比太阳能电池廉价,因此这种发展应该会有助于降低中央光伏发电厂的成本。

这种太阳能应用的能源潜力是巨大的。在美国,例如,位于南内华达的政府拥有的内华达测站地面,在理论上只要利用很小一部分就可以提供足够的太阳能电力以满足全美国的需要(在数量上—这忽略了将这些能量传输到全国各地的困难,但是确实显示了资源上的潜力)。

光伏现在最流行的应用是在屋顶上。在屋顶太阳能光伏安装方面,日本和德国处于领先。在日本,1994年以来的大量政府补贴推动了光伏市场的发展,而在德国,通过对光伏电力生产商进行“上网电价均摊”支付,使得激励支持的成本由整个电力系统的所有用户来承担。这些政策,反过来又使得光伏电力生产商通过规模销售降低了成本,从而在世界市场上更有竞争力。



图 16a: 日本的一座户用太阳能屋顶应用。
来源: 日本光伏协会照片

日本和德国的政策还由长期性的增加可再生能源比例的国家目标所驱动,因为可再生能源有社会和经济效益。这项政策使得日本成为世界领先的光伏组件生产商,在2002年几乎生产了世界光伏产量的一半(49.1%)。日本的一家厂商在2002年生产了123.07 MW_p的光伏组件,超过了世界上所有其它地区,而另一家则宣布到2004年产量超过100 MW_p。全欧洲在2002年生产了135 MW_p(24%)的光伏组件,而美国则生产了120.6 MW(21.5%),世界其余国家生产了55 MW_p。

最大的三个国家光伏项目是日本的“住宅光伏系统推广项目”,德国的“十万屋顶太阳能电力计划”和美国的“百万屋顶”太阳能项目。但是日本和德国的项目得到了贷款或者生产激励政策的大量支持,而美国的项目则是自发的。美国虽然宣布到2010年要安装超过一百万套的太阳能(热或者电)系统,但是是否真正要安装这么多数量尚未确定。同时,上千套的系统正在德国、日本以及其它欧洲国家陆续安装。



图 16b: 德国 Freiburg 的一座多户家庭建筑,该建筑利用屋顶进行太阳能加热水,而利用南墙进行太阳能电力生产。

可再生能源资源： 特点、发展状况及潜力

日本在2002年为私人房屋安装的屋顶光伏系统超过了32,000套,而当年全部安装量为40,000套。这使得日本的“七万屋顶”项目安装完成了117,500套!在该项目上,日本政府在其五年计划中(1999-2003)的全部花费已经达到了7.39亿美元。该项目非常普及,政府同意将其再进行3个财年(到2006年)。这将支持日本政府近期每年生产500 MW_p光伏组件的目标,其中250 MW_p用于内销,其余则用于出口。政府还将在2003财年度投资2.186亿美元用于光伏研发和“推广”,该计划甚至包括了对“基层”活动的支持。

“十万屋顶计划”使德国光伏应用比例从1999年起迅速增长。光伏电力系统总装机容量从1999年的约68 MW_p上升为2002年底的278 MW_p,仅2002年一年其生产量就达到1900亿瓦时的电量。截止2002年底,德国已安装了55,000个屋顶光伏系统,其中98%已联入电网。2002年德国投入使用的光伏屋顶总功率相对于上一年的60 MW_p,增加了78 MW_p,使得仅住宅屋顶一项,总装机电量就达到了200 MW_p。在2003财政年度,来自于财政激励及低息贷款政策的支持,使德国可以安装超过95 MW_p的光伏屋顶系统,当然前提是这种资助能更多地转向生产性刺激(上网电价均摊)。

由于实施这些政策,德国光伏系统安装量达到欧洲光伏系统总量的60%以上。紧随其后的是意大利及瑞士,他们分别拥有德国装机容量的10%左右。但以人均占有量计,瑞士实际上以人均2.8W_p居欧洲首位,然后是德国及荷兰,分别为2.3和1.1。

值得一提的是,德国屋顶光伏系统日均能量生产量约为2.33kW/kW_p(按全年平均),很少能够达到在世界阳光充足的气候条件下能量生产量的一半。这说明,对政府及经济来说,雄心勃勃的太阳能计划的涵义不是要求太阳能气候“最好”,而是,“足够”就行。

对许多偏远地区及组件的应用来说,光伏已成为一种低成本的选择,这已不需要进一步的经济学论证。而对于城市光伏应用来说,其明显偏高的成本却还是一个阻碍因素(此外还存在有效购买硬件及能源生产寿命的问题)。幸好光伏组件及系统成本一直持续大幅度

下降。现在,光伏组件出厂价格已由3美元/瓦下降为2美元/瓦。在美国,根据系统大小,整体操作系统成本在没有补贴的情况下能够达到7美元/瓦到5美元/瓦。2002年日本完全安装系统的政府补贴前价格为6.5美元/W_p,显示出极大的价格跌幅。这是政府实施多年购买计划的结果,这项计划还使日本增加了上万套光伏系统。

如果存在补贴或者批量销售及经验,或者两者同时运用,将促使完全安装系统的购买成本降至3美元/瓦,那么电力的有效成本经过30年摊销,将只有8到12美分/度,这将使光伏发电不仅完全能与电网提供的电力进行竞争,而且随着传统燃料产生的未来电力成本持续上升,光伏发电还有可能

成为一种较其他方式更为便宜的选择。由于有光伏系统的使用寿命做保证,光伏发电的成本相对固定,至少使得成本曲线不会在将来向上发展。(光伏组件现在能保证使用20-25年,但其使用寿命应该会双倍延长。)

针对具体年限的具体指标,在政策中制定严格的太阳能电目标,对所有政府来说都是一项合适、重要的举措。这比仅仅鼓励“可再生能源配额标准”更为有效,因为可再生能源转换要求所有太阳能技术领域的发展和利用,而不只是最便宜的可再生能源技术(如风能)。对鼓励光伏应用,开发光伏技术作出具体规定,应该成为任何一项可再生能源政策的一部分,从而确保该技术独特的益处,持续提供市场拉动力量,带动成本进一步下降。

有预测专家预计,这个十年未能达到这一较低成本。他预计,到那时,世界光伏市场将达到1万MW_p的年出货量。2000年到2010年间,以25%的光伏生产平均增长率,2010年其产出量将达到2,500 MW_p,如果该增长率为50%,则达到16,000 MW_p,而这1万MW_p的估量介于这两个增长率所达到的增长率。

最近公布的估算表明,2000-2010年期间,即使组件成本及系统装机成本分别下降为1.5美元/W_p和3美元,光伏产业仍然需要耗资250亿甚至1140亿美元,用于支持光伏工厂投资、运营资本及终端用户的融资。因此,为获取投资者的信赖,确保这些资本的投资尤为重要,并需要其他各方潜在的巨大援助,如政府每年增长的长期光伏购买计划,每年都在增长的长期性立法系统范围或国家范围内的目标(如“太阳能RPS”组成的一部分)。这些行动不仅可以收回政府激励过程中所进行的投资,而且将大大增强光伏使用地区及国家的经济活力。

1992年，美国能源部对加利福尼亚（靠近旧金山市）10 MW_p的新光伏厂的潜在经济影响进行了投入产出分析。分析结果表明，该厂每年直接和间接销售总额约为5500万美元，如果加入与该厂及雇员相关的“人为的”经济活动，每年的直接及间接销售总额将超过3亿美元。国家及地方所得税每年增加500万美元，而地方销售税收入将每年增加300万美元。

太阳能光伏技术与能效、可持续设计建筑及并入电网相结合，将会对全世界几乎所有国家的能源需求作出持续贡献。但是光伏的社会价值，以及公众支持及政府促进的价值不仅仅是光伏系统所生产的千瓦小时的价值。发达国家及发展中国家的光伏产业一样，都能增加当地就业，促进经济发展，改善环境并增强系统及基础建设的可靠性，提供更为安全的环境。光伏产业已经是一个具有几十亿美元的新型产业，在全世界以每年将近40%的速度增长，为一些国家提供了经济发展及国际市场竞争的机会，如日本、德国，尽力使本国产品能够更多地占据世界市场份额。

支持可再生能源 技术开发和应用的 国家及当地因素

实现全球温室气体减排承诺

可再生能源应用在除美国以外的国家中，发展的主要驱动力在于实现在京都协议中温室气体减排的国家承诺(1997年各方进行气候对话的京都会议，COP-3)。即便没有美国的参与，如果俄罗斯能够批准京都协议，那么代表世界发达国家在1990年CO₂排放量55%的55个国家批准京都协议，使得京都协议生效的目标也能够达到。

欧洲委员会批准了京都协议，并设定了坚定的目标，以支持实现京都协议的目标，使得可再生能源在欧盟内的能源比例中到2010年能够达到12%，在发电量中能够占到22.1%的比例。不论这个协定能否得到执行，政策都将会进入实施。日本持同样的立场，在2003年引入一种新“环境税”，以继续筹集必需的资金用来将排放量降低到京都协议中承诺的水平。

在欧盟的这个目标中，根据每个欧盟国家过去的完成情况、可以获得的资源量以及现有的经济实力，这些国家都被分配了一定的碳减排目标(同1990年水平相比较得出的一个百分比)。但是一些欧盟成员国设定了更长期更积极的目标，比如英国首相在其建议书中提出英国到2050年将温室气

体排放量降低60%的目标。德国也提出到2050年80%的减排目标，德国所以能够提出这个目标是基于他们长期以来的能源效率和可再生能源政策(以下会做更详细的介绍)。

证据表明,当具挑战性的能源效率目标和项目伴随可再生能源发展时,承诺的温室气体减排量对于工业国家来讲,可以用很少甚至不用长期成本就可以实现。反之,许多研究已经表明,长期的能源成本节约可以平衡费用上的短期增长,新的能源效率和可再生能源工业以及就业机会将会在整个社会形成新的货币流动,从而刺激所有经济部门的发展。因此,温室气体减排对于国家净的正值经济利益来讲是长期的推动力量。可再生能源发展和应用将成为这些项目的主要部分。

长期性碳减排目标是可再生能源行业强有力的长期推动力，这使得可再生能源产业可以制定2010年后积极的目标，比如，英国到2020年可再生能源在能源中占20%的比例；苏格兰到2020年实现40%的目标；德国到2050年实现40%的目标，同时使其电力中来自于可再生能源的比例达到65%。

然而，目标终归是目标，必须通过立法和行动进行支持，还要有足够的财政支持。减少温室气体排放的长期目标为政府创造了一个合理的框架，在此框架下，可以建立和合理化能源供应和效率政策以及项目，每年国家的财政承诺也将保证这些目标的执行。如果没有这些，目标是无法实现的。

提高能源消费的生产力，创造更多就业机会

可再生能源应用的政策合理性不仅仅限于环保。“欧洲议会2001/77/EC和2001年9月27日的欧洲理事会令”宣布：

欧盟认识到由于可再生能源使用对环境保护和可持续发展的贡献,需要将促进可再生能源发展作为优先考虑的措施。另外,还能创造当地就业机会,对社会凝聚力产生积极影响,为能源供应安全做出贡献……

为支持由可再生能源带来的对当地就业的刺激，由美国公共利益研究组作出的一份分析报告计算得出，在美国增加可再生能源使用，使其达到国家电力供应的20%时，可以创造“3到5倍于对化石燃料同样投入所带来的工作机会”。美国世界观察研究所估计，太阳能光热系统会创造2到2.5倍于煤炭或者核电可以带来的工作机会。

据估计，在Bundestag 1990年批准“上网电价均摊法(EFL)”后的12年(1991-2002)中，创造了大约4万份新工作，这部法律为德国太阳能和风能的生产者提供一个电力批发价格，保证这个价格为电力零售价格的90%，使得德国在2002年由太阳能和风能而来的电力占到整个国家电力的5%。与之形成对比的是，德国的核工业提供了德国30%的能源，雇佣了38,000人，这意味着可再生能源业在创造就业方面的效率是核工业的10倍以上。进一步估计指出，到2010年如果可再生能源在德国实现100%的增长目标(从6%增长到大约12%)，那么将会在所有可再

再生能源产业再创造25,000份工作机会。

在美国,光伏产业已经创造了25,000份新工作,该产业在2002年的生产并销售了达100 MW_p的产品。美国能源部的一份评估指出,到美国年产480 MW 光伏组件的时候,可以创造68,000份工作(包括直接和间接创造的)。另一份最近的评估指出到2025年美国的光伏产业将创造300,000份工作。这些数字说明,美国的光伏产业现在能够提

供的工作机会相当于主要计算机产业所能提供的,比如戴尔计算机公司或者太阳微系统公司,并且可能达到通用汽车那样的规模。这也相当于美国的生物质电力工业达到大约60亿美元的年产值时估计能够创造的工作机会(284,000份工作)。白皮书中后面提到的德国长期能源模型估计,到2050年能够创造25万到35万份新工作。

当创造新工作机会时,“经济乘数”开始发生作用,极大地增加了在创造就业机会上的直接费用所产生的经济效益。例如,美国能源部在1992年对计划在加州Fairfield(靠近旧金山)新建的10MW_p光伏工厂潜在经济影响进行的投入产出分析中指出,直接和间接销售额大约是每年5500万美元。如果加上“引发的”经济活动,如建设工厂、工厂雇员以及直接和间接的销售活动,那么每年将超过3亿美元,相当于对当地和地区经济效益产生5倍的乘数。州和地方所得税每年

可以提高500万美元,当地销售税收入每年提高300美元,进一步增加了地区效益。

新可再生能源的发展和这些技术在当地的应用造成的经济影响,为社会创造了重要的辅助效益,不仅提高了经济多样性和安全性,创造了新的工作机会,并使得相同能源支出获得更高的当地和国家经济生产力。能源资源政策适合于政府,而不是公共事业,因为公共事业并不是创造工作机会的行业,而政府是。

1995年由威斯康星州(美国)管理部作出的投入产出分析指出,威斯康星州在过时化石燃料能源资源(煤炭和石油)上所花费的60亿美元造成的影响相当于向州外175,000份工作提供了支持。这对于威斯康星州来说意味着经济生产的巨大损失。同一分析指出,如果在威斯康星州内利用当地可以获得的资源(主要是生物质)新建750 MW的装机容量,同利用传统能源的情况相比,将在州内增加大约1美分/度的电力成本。但是由当地新的可再生能源产业创造的新工作机会为州经济所带来的效益将超过这种成本增加,相当于将大约2.5美分/度返回到全州经济中。当地可再生能源资源发电的成本虽然较高,但是最终仍然会为州经济产生巨大的净效益。将30年的运行效果累加,将为威斯康星州产生几十亿美元的净可支配收入和州生产总值。

这些地区经济分析提供了足够的理由来说明,州内所有能源用户支持设立(通过一种所谓的系统效益收费,或者说SBC—每度销售电力多收一点费用的)州立基金,应该对当地可以获得资源发出的较高成本的电力进行支持,因为这将产生更多的净资金和新的工作机会。同样的观点认为,德国、西班牙和丹麦实施的电价上网均

摊法也带来了效益,在这些国家里,可再生能源资源发电的较高成本由整个国家的电力购买者共同承担。

尽管大多数讨论集中在美国和德国这两个富裕的工业国家,但是对于保证能源花费能够流入本地经济,而不是给进口的燃料或者电力送钱这种经济效率来说,对于所有城市、州和国家都是适用的。这对于发展中国家来讲具有更为特别的意义,在这些国家创造就业机会是最为重要的。需要利用每一个能将必需的花费转换成有意义就业机会的机会。依靠当地能源资源在当地生产能源极大地提高了经济安全性和可靠性。

加速可再生能源资源应用的策略

综述

之前的所有考虑，提供了足够的理由以支持政府做出切实努力，为加速可再生能源资源的应用，以及为可再生能源在主要能源和电力份额中不断增长的切实的立法目标提供政策和财政激励。完成这项目标的金字塔机制和政策已经在不同国家被采用，一些国家计划通过法律和义务性承诺，即，使得可再生能源到一定时间在能源和电力份额中达到一定的比例，来“推动”可再生能源的应用，而一些国家则计划通过向研发和各种激励机制提供资金来“拉动”可再生能源技术和应用。这些包括以下总政策框架和部分：

- 国家保证和增长可再生能源系统市场的多年目标，例如可再生能源标准(在美国也叫做可再生能源发电配额制-RPS),可再生能源义务，或者欧盟可再生能源令，特别是当这些计划是系统地支持各种可再生能源技术的平衡发展时；
- 城市和国家特定的政府采购可再生能源“配额”；
- 生产激励政策，例如上网电价均摊法，生产税减免(PTC)和净测定；
- 系统附加费，或者系统效益费(SBC),以支持财政激励支付、研发和公共利益项目；
- 融资机制，例如债券、低息贷款、赋税减免和加速折旧以及

绿电销售；

- 证书交易机制，例如可再生能源证书(RECs)或者碳减排证书，以提高可再生能源的价值，增加市场对于这些能源的获取，并评价可再生能源的环境效益；
- 消除手续、体制和经济上的障碍，并支持可再生能源资源同电网和社会基础设施的一体化；
- 统一的管理措施、统一的规范和标准以及简化和标准化的并网协议；
- 经济平衡机制，例如污染税或者碳税；
- 通过解决在能源技术和研发上公共补助的持续不公平问题来“平衡游戏场”，在现有公共补助中，化石燃料和核电不断获得最大额度的支持。

在这些总体政策中，必须认真选择子选项，以保证能够执行适合于国家和当地的任何特殊技术的最好项目。例如，在欧洲推广太阳热能过程中，最近提出了下面所列的潜在的提供资金工具和激励系统：

- 财政措施
 - 税赋减免，冲销
 - 低息贷款
 - 能源/CO₂税
 - 降低增值税
 - 例外冲销

- 投资支持
 - 国家的
 - 地区的
 - 当地的
 - 能源供应商的
 - 可持续建筑的特殊基金 - 奖金
 - 对自下而上行动的支持
- 规章制度
 - 建筑规章之外的规章制度
 - 能源和建筑标准
 - 义务
- 组织措施
 - 中央信息系统
 - DIY（自己动手）社团
 - 免费/低价建议
 - 长期性协议
 - 批准的融资计划
- 其它
 - 项目融资
 - 特种融资
 - 批准的资金支持政策
 - 信息/太阳能活动
 - 示范项目
 - 太阳能价格

来源: ASTIC 2001, 引自 REFOCUS 中的 Marion Schoenherr, 2003年3月/4月, 第33页

各种政策已经获得不同程度的成功,并从这些成功中学到了很多经验。虽然一些政策(比如,德国、丹麦和西班牙的“上网电价均摊法”)在引导可再生能源生产的发展方面比其它经过试验又被终止的政策(比如,英国的“配额”政策)有效得多,欧盟还是允许

成员国中存在多样化机制来促进可再生能源持续发展,以争取在2005年前执行欧盟框架。

最近由劳伦斯伯克利国家实验室发布的一份报告(伯克利,加州,美国,在2003年1月/2月的REFOCUS中进行了报道)研究分析了美国案例研究中“清洁能源基金”对电网规模项目的影响和有效性。研究分析的机制包括事先许诺(对项目的实际支持),可谅解贷款(支付早期费用,只有当项目完成的时候才偿还),生产激励(按实际生产的每度电进行支付),购电协议和可再生能源配额标准。他们得出结论,对可再生能源系统长期购电协议(至少10年)很关键,但是支持这些协议的投资者信心首先来自于长期稳定的政策,比如可再生能源标准,同时由绿电市场进行一定程度地补充。

必须满足可再生能源产业对运行资金的要求。最近对光伏产业融资的一份研究指出,80%到90%的光伏市场都需要有对终端用户的财政支持。研究同时指出,带有合理条款的终端用户贷款可以增加市场对光伏的需求10倍。类似地,在发展中国家对光伏系统的收购可能从没有融资情况下的2%到5%的水平增长到可能50%的水平。工厂和销售配送,包括库存和应收款对资金的要求也不应该忽略。所有这些都可以由政府购买的利息率进行支持,同时运用税收和投资激励,以支持资金注入到可再生能源产业中。

城市政策可以引领方向

得到国家政府支持的全国性可再生能源发展项目很显然最具影响力。但是有创造力的想法经常由具有进取意识的城市政府产生,从而在公众对于新技术的认识方面获得大的进展。对于光伏技术来说,这尤为正确,因为许多集成于建筑的并网光伏系统可以在城市内应用,由这些光伏应用产生的配送效益对于提高城市服务和基础设施建设的可靠性和安全性特别有好处。

城市政府在决定他们的电力公司方面可至少以两种方式承担责任。当然最简单的方式是城市拥有的电力公司,或者一个“市政”电力公司,后者在美国使用。虽然市政电力公司由选出的董事会进行管理,但是这些董事都是城市公民,电力公司的运转同城市的财政和管理结构结合在一起。可以作出使得其它城市经济部门受益的电力资源决策,比如创造新的工作机会。但是由投资者拥有的大型电力公司进行供电的城市也可以运用自身力量对能源效率和可再生能源应用进行资金支持,这些应用为城市提供了环境、经济和可靠性方面的好处。

由于最近生效的立法,美国的一项中间框架“社区聚合”正在引起人们兴趣。该框架允许一座城市或者多座合作城市中的所有用户作为单独的用户签署电力购买协议。协议可同能源服务提供商(ESP)签署,或者为了更低

成本的服务,或者满足由城市设定的节约、效率方面更严格的要求,并满足比对先前电网服务提供商要求的更高的可再生能源标准。这其中第一个是“科德角协议”,在该协议中,位于科德角的21个城镇(马萨诸塞)集中在一起,签署了一份新的成本更低的电力协议。

可以代表单个城市或者小型地区

对于世界上所有国家来说,城市在激发市场和降低可再生能源成本方面可以发挥主要作用。因为城市是人们居住和工作的地方,在这里可以激发对可再生能源转型的公众信心和支持。城市项目可以在全世界范围内进行复制,并适合于当地文化、经济和可再生资源情况。

的农村电力协作,也由推选出的董事会管理,并为他们所服务的人们负责。当选出董事会建造并拥有建于本地的可再生能源资源,或者用长期购电合同支持农民开发本地可再生电力资源时,就为董事会在提升当地经济福利方面提供了支持。

下面提供了美国(加利福尼亚)的三个案例,这三个案例都足以对世界光伏市场具有一定影响力。前两个案例是市政电力公司,而第三个案例,圣弗朗西斯科,则是一座没有自己电力公司的城市,但是这座城市却对能源效率和光伏应用作出了重要财政承诺。所有这三个案例都表现了城市居民关注城市能源未来的热情,对可再生能源转型的热情,同时也表现了对加速这种转型的城市力量的能力。

萨克拉门托城市公共事业区

世界上最具一贯性、最著名及最典型的城市可再生能源政策莫过于加

利福尼亚的萨克拉门托 (SMUD) 制定的光伏系统政策。实施这一可再生能源项目的初衷, 是因为该市决定关闭一个耗资巨大且运行状况很差的 800 MW 核电站。该核电站的停产使萨克拉门托 25% 的电力都必须从市场上购买, 致使电力价格上升。SMUD 敢作敢为的新任市长, David Freeman, 立誓在三年之内通过能效政策弥补 SMUD 的电力短缺, 成为全国领先的太阳能电力公司, 并恢复到以前较低的电力价格水平。

David Freeman 实现了这一承诺。90 年代后期, SMUD 已成为世界领先的太阳能发电公用事业。现在, 核电站已经停产, 并增加了能效及其他可再生能源资源, 其电力价格却仍然与没有采取这些变化措施时的价格一样。SMUD 所取得的经验得到了全世界的认可与称赞。

SMUD 光伏项目来源于 SMUD 项目官员对全国及全世界光伏潜力所做的早期预见。他们预计, 到 2020 年, 美国光伏装机容量为 15,000 MW, 而世界装机容量将为 70,000 MW。同时, 他们还预计以这种强劲的装机速度, 到 2010 年, 光伏安装成本将下降为 3 美元/瓦 (实际的 AC 产出率), 其中包括运行及维护 (O&M) 成本。到 2020 年, 将继续下降至 1.5 美元的装机 AC 瓦产出。SMUD 官员据此预见设定了自己的目标: 2003 年市内光伏装机容量为 10 MW, 到 2010 年安装 25,000 套光伏系统 (装机容量约为 50 MW)。

SMUD 行政区做过的一项调查显示: 24% 的用户愿意为光伏发电多支付费用, 这表明该城市拥有超过

200 MW 的光伏市场潜力。更准确地说 (也更现实), 他们发现有 14% 的用户愿意多支付 15% 的费用, 8% 的用户愿意多支付 30%, 这样的话, 仍然有超过 35 MW 的潜在光伏用户市场基础。

截止 2000 年 SMUD 已经在市内安装了 650 套光伏系统, 约 7 MW 的新光伏电力输送系统, 其中包括 550 个家庭、教堂、学校、商业机构和停车场等。最大的城市自有系统建在县游乐场的停车场, 装机容量为 500 kW, 该系统同时还能在炎热天气为汽车遮蔽阳光。

在 1999 年 SMUD 行政区发起光伏先锋 II 项目时, 有调查显示存在约 10,000 到 36,000 个新用户的市场潜力, 这些用户都希望拥有自己的发电系统, 这表明另外大约还有 30-100 MW 光伏系统的开发机会。在光伏先锋 II 项目中 SMUD 以 3 美元/瓦的光伏系统安装成本价格购进, 表示 SMUD 贡献了 50% 给其客户。在与供电者签订的长期 (5 年) 合同的基础上, SMUD 力求将补贴逐渐缩小, 使先锋系统的后期成本逐渐下降为 3 美元/瓦 AC。如果将光伏系统 3 美元/瓦的成本按照 30 年住房抵押, 萨克拉门托用户的光伏电力生产成本将大约为 9-12 美分/度, 这对选择安装光伏系统的自有用户来说非常经济。

通过精确计量, SMUD 证明他们在项目开始阶段的支出不仅仅是光伏所生产电力的价值, 也包括光伏进入输电网所产生的一次及二次的电压支持效益, 还有光伏发电产生其他有形、真实的“分布式电网”效益。过去几年里, SMUD 一直对光伏系统采取“持续有序发展”的政策框架, 保证长期性地

批量购买光伏发电及安装大量新的光伏系统, 以降低成本。在签订多年合同的条件下, 他们的供应商可帮助他们降低成本。

SMUD 的计划并不是没有遭遇过挫折。他们最初的签约供应商就曾因无法满足 SMUD 的购买需求, 迫使其不得不以较高成本购买光伏替代模块。当然还曾经出现过其他一些障碍, 虽然并没能阻止该项雄心勃勃的计划的实施, 也在一定程度上减缓了计划实施的速度。不过, 这项计划仍然还是获得了很好的广泛宣传, 其创建者也被授予了世界性的奖励。这是一项伟大的成就——一个城市的决策能影响世界市场及世界光伏价格的发展。

洛杉矶和旧金山

受到萨克拉门托这一先例的鼓舞, 洛杉矶加利福尼亚水电部, 世界上最大的市属电力公司, 对其管辖区域内的光伏系统提供 5.5 美元/瓦的成本买断的激励措施。如果该光伏系统由本市工厂生产的话, 将为 6 美元/瓦 (本地化生产将会产生经济“倍增”效益)。2002 年安装的光伏系统容量为 2.3 MW_p。2003 年洛杉矶再次重申了总投资为 1.5 亿美元的 10 年光伏系统激励项目, 作为补充, 洛杉矶还实施了能效及“绿色洛杉矶的绿色电力”认购权等其他激励措施。

位于加利福尼亚州的旧金山市没有市属电力公司, 其电力供应依赖于地方投资者所有的电力公司。2001 年经选民投票, 决定发行 1 亿美元公债作为公共贷款基金用于买断新能效计划的成本, 并在城区安装 50-60 MW 光

伏电力系统。与旧金山相邻的亚利桑那州的菲尼克斯市，以夏雾闻名，拥有85%的太阳辐射能潜力。受其影响，并在商业、劳动力、公共卫生及环境等组织的支持下，旧金山市选民通过投票，以73%的赞同票通过了公债的发行。

旧金山光伏及能效公债项目将节能与新的太阳能利用相结合，不会对纳税人产生新的净成本。人们期望通过这种结合，增强城市服务及安全的可靠性，取代化石燃料发电，满足这座高速发展的美丽城市日益增长的能源需求，并创造新的商业及就业机会。其他一些城市如圣地亚哥、丹佛、纽约也已经与旧金山进行联系并探讨如何在各自的城市完成同样的目标。

由于一些程序上的需要，公债的发行将会被延期一年多时间。旧金山没有选择等待，而是着手投资第一项主要计划，对650 kW城市Moscone会议中心光伏屋顶系统实行能效转换。这将使该城市每年为会议中心少支付200,000美元。接下来还会有更多项目。

首先是安装100多套屋顶光伏系统，发展基础建设，简化公债发行后大量出现的光伏系统所需的准备程序。这些项目将以“零利润”方式发展，以便该城市收回项目成本。

促进可再生新能源发展的国家政策

可再生电力标准

制定可再生电力标准(文献中通常称为可再生能源发电配额制，即RPS)被视为推动美国可再生能源发展的首要政策，这一观念也正在成为确保全球可再生能源发展的基础原则。如果一个国家制定了可再生能源递增比例的强制目标，规定必须在预定期限内使可再生能源在国家能源配额中达到一定比例，并制定了分步实现的日程，那么这个国家实际上已经建立了“可再生能源配额制”(在英国被称为可再生能源强制义务)。整个欧盟及其成员国都是如此。

在美国，联邦政府没有制定可再生能源发展的强制性目标，因此有13个州(截止2003年8月)采取了其他形式的可再生电力标准。各州的可再生能源项目，对于提高可再生新能源产业的动力与信心起到了极为重要的作用。但是如果整个国家希望在可再生能源转型方面取得实实在在的进步，与国家政策相比，单独的州立项目作用就比较小了。

对逐年增长的可再生能源发展采取强制目标，这种方式为新的长期商业投资提供了平台，它既确保了目标的实现，也促进了经济的发展。而可再生电力标准又是一项简单易行的政策，它利用可再生能源资源领域的市

场力量，以最低的可再生能源市场成本达到预定的应用目标。只有那些市场完备并经过市场检验的可再生能源技术才具有竞争力。

发展均衡的可再生能源配额

但是，仅仅建立目标或采取长期性标准无法保证任何事情。为了完成

可再生电力标准的采用给了电力供应商很大的灵活性。他们可以选择最经济的方式，通过自己发电来达到标准所限定的时间及要求比例，也可以从其他人手中购买电力，或向其他电力供应商购买信用证。结果就是以最低成本实现最多的可再生新能源，并通过可再生能源供应商持续的激励政策驱使成本进一步下降。

这些目标，还必须有政府资助的实施计划及进一步的激励措施。如，德国的上网电价均摊法(见本白皮书下一部分)，其目的是达到特定的长期目标，在国家能源配额中增加可再生能源比例。上网电价均摊法的基金机制对市场形成充分刺激，作为回

应，人们开始使用足够多的可再生新能源，从而达到德国所制定的目标。德国政府的计划及贷款为此奠定了基础。

可再生能源标准的优点之一同样也可能是其潜在的缺点之一。在实施了可再生能源标准的自由市场调节机制中，除了那些成本最低的可再生能源资源外，其他的可再生能源都不会得到发展。以现行价格，风能将会是最大的赢家，而太阳能、地热及生物能都无法与之公平竞争。

然而，世界可再生能源最终的大转变将要求所有可再生能源技术实行规模利用，以推动大规模的生产及应用，促使价格下降，并通过资源多样化提高系统可靠程度。因此，当一个

国家根据每项可再生能源技术发展的情况，制定促进其能源配额均衡发展的一揽子政策工具，并在这些政策工具中也制定了长期的可再生电力标准时，这项标准必定符合该国最佳的长期利益。

我们可以对可再生能源标准进行“修订”以适应可再生能源资源的多样性。例如，在亚利桑那州及内华达州，可再生能源的标准就被分成几个“等级”。他们规定，发展可再生电力资源，促使其达到该州RPS标准的强制比例，而这其中的一定比例又必须来自太阳能技术。这使得该标准的应用变得相对复杂，但却非常具有可行性。

如果我们采用的标准足够庞大，标准本身还可以进行某种程度的“自行修订”。有关科学家联盟的评估分析表明，当标准为10%或更低时，数量适中的地热能和垃圾气体仍然具备竞争力。但到2020年，当标准上升为20%时，大量的新的生物质能也会变得有竞争力。接近预测后期时，太阳能技术也会如此。尽管如此，促进整个可再生能源资源领域的平行发展还是非常重要，而不是等待市场动力来打开竞争之门。政府及公共事业公司希望这些技术成熟可靠，而市场及电力消费者将从各种激励措施带来的价格下降中得到回报。

一揽子政策还可能包括，对那些尚不能通过市场竞争达到标准所设定强制目标的可再生能源技术，进行直接的财政激励。例如在美国，很多州及市属电力公司主要对光伏装机系统提供补贴，甚至在已经采用积极的可再生市场份额标准的州也采用这项措

施。加利福尼亚州拥有美国最大的可再生能源电力标准(2017年达到20%)，2003年，该州对规模为30 kWp的光伏系统提供4美元/瓦的补贴。(由于光伏系统成本预期将会下降，对新安装系统的激励额度也在随后几年里逐步减少。)而加利福尼亚较大的商业型光伏系统也得到了巨额长期资金的推动，因为其电力委员会批准，在2004-2009五年间，每年投资1.25亿美元用于对规模超过30 kWp的系统提供4.5美元/每峰瓦的经济鼓励。加利福尼亚的商业机构也对这些电力贷款增加联邦太阳能及投资减免税，允许其安装光伏系统，并以约9美分/kwh的价格输送电力。该价格极具竞争性，并在一定年限内都不会上升。

同样，日本从1994年至今(并将延续至2006年)发起并资助的“7万(光伏)屋顶”计划，使2002年底系统装机(117,500个屋顶)容量达到了424 MWp，而成本价格也下降至2002年的6.5美元/瓦，比1995年下降约41%。随着价格下降，政府补贴也从1994年的50%下降为2002年的15%，而该项目普及率却继续上升。

光伏电力成本比风电系统发出电力批发进入电网的电力成本还要高，但是因为建筑一体化光伏系统没有电力的传输成本，光伏的产出成本就是其用户成本。因此，在政府一揽子的激

励措施中，光伏发电其实可以在国家的可再生电力标准下，与成本较低但相对偏远的资源进行发电相竞争。因此，不仅在德国及其他欧洲国家，就是在加利福尼亚，这些都带来了大量的新商业屋顶光伏系统及停车场所光伏系统的发展。

一项市场经济指标显示，加利福尼亚州政府所采取的光伏激励措施所带来的好处就是，美国一半的商业型光伏屋顶系统供应商中，(其中包括加利福尼亚中的大部分)，已经见证了新的光伏系统平均装机容量从2000年的94 kWp上升到2002年的260 kWp，到2003年已接近350 kWp，而有几个已达到1 MWp。

当前，地热及生物质产生的能量也比风能贵。但两者都可以用于热电联产(CHP)，并且其能量转化为有用功率的潜在终端使用效率能达到80%。因为可用能量以双倍产出，所以即使其成本是与之竞争的仅产电或产热能源资源的两倍，这两种能源仍然具有成本效益。同时，地热及生物质能还能提供高容量价值的稳定“支撑”，提高间歇性可再生能源资源的有用成本效率，从而提高可再生能源网络的价值。

同样，太阳热能发电也比其他传统形式的电能产品贵。但是，由于太阳能电厂的电力生产时间与本地及区域电网昂贵的峰荷电力时段往往几乎一

这里所得出的结论，白皮书也曾反复提出，就是各国政府需要发展适合本国的能效及可再生能源政策，实现所有均衡经济“价值”最大化及政策组合多样化。可再生电力标准中最大的部分将来自最具竞争力及成本最低的可再生能源，补充性的激励措施则给纯粹的市场反应增加了可再生能源项目的多样性，促进新型产业发展，创造更多就业机会，为未来的整体能源网络提供了更加可靠的保证。

致，这样就极大提高了电力生产的价值。比如在加利福尼亚，12：00 - 下午6：00这段高峰需求时间，那些根据使用时间进行计费的家庭及商业得支付约30美分/度，而这段时间几乎完全就是太阳能资源可以加以利用的时间段。所有的可再生电力发电都比这个价格低。而太阳能/燃气联合电厂则可以产生更大的经济效益和更高的可靠性。当太阳能发电可以满足高峰用电计划的75%时(根据加利福尼亚太阳-热电经验显示)，太阳能/燃气联合发电则能保证随时满足其全部需求。

一项特别成功的政策措施：上网电价均摊

“上网电价均摊”政策(对每度电时产出给予固定的政府激励补偿)是一项相当成功的政策，对该政策的应用进行仔细的研究具有很大的指导意义。丹麦上网电价均摊的激励措施曾促使全国普遍采用风能。其他国家随后也纷纷效仿。

德国于1990年制定“上网电价均摊”这一财政激励政策，后来，又在2001年4月1日开始生效的可再生能源法(EEG)中对其加以改进。根据EEG，德国太阳能发电中不超过1000 MW_p的项目，可以得到45.7欧分/度的补偿。政府对这项补偿的支付将持续20年，但是由于假定随着时间的推移，成本将会下降，因此对新建系统以每年5%的比率减少支付。在西班牙，对小于5 kW项目的光伏产出给予40欧分/度的电费补偿，规模在25 MW的系统则为20欧分/度。法国2002年开始对光伏生产提供15欧分/度的电费补偿。

在德国，除了对风能提供“上网电价均摊”激励政策外，其他可再生能源资源也提供相同的激励政策(当然会稍低一点)。根据可再生能源资源市场呈现的情况，对均摊政策采取差额设计，目的在于平衡各种资源之间不同的资金需求，并发展真正的可再生能源资源发电配额。这是一项很好的政策，对太阳能资源来说尤显重要，因为它所生产的电力比风能要昂贵。

德国的EEG相对灵活，并根据实际经验进行调整。如，大风地区的风力系统具有优势，而较低风速地区相对处于劣势，为了解决这种分布不均衡问题，德国就依据各风机站点风力资源的强度对风力发电量采取激励政策。

单项的可再生能源支持或激励政策是不能保证其以期望的速度加速发展的。政府总是有必要制定目标、激励、清除障碍以及进一步的实现措施等一揽子政策，以加速可再生能源资源的开发。

在德国，采取“上网电价均摊”法的政策看来绝非偶然。丹麦、西班牙及德国在风能及太阳能应用方面处于绝对领先地位。但是这些法律的成功实施也会造成政府无法承受的财政负担。因此德国通过对销售给所有用户的电力进行额外收费(在美国被称为系统效益收费或SBC)，为可再生能源生产设备的低息贷款积累资金来源。以这种方式分散电价，额外收费将只是每月用户帐单中很小的一部分。这就证明了为可再生能源生产者提供担保付款及通过小额额外收费向全国所有能源用户进行转移支付等多重政策的协同作用。

当然，这并不意味着采用了“上网电价均摊”法，可再生能源应用就能得到迅速发展。如葡萄牙、希腊及意大利，虽然也采用了“上网电价均摊”法，但是因为没有得到诸如简化规划许可程序、提供低息贷款或保证并网等其他补充立法的足够支持，就没有取得同样的效果。

发展中国家

尽管白皮书的开始部分肯定了发展中国家可再生能源转型的重要性，但它还是重点介绍了发达国家的政策。推动可再生能源技术的发展及广泛应用，从而降低全球能源价格的主导权必然落在发达国家手中，因此尽快致力于向可再生能源的转型就成为了发展中国家的当务之急。而另一方面，发展中国家有机会跳过很多现在正被发达国家淘汰且非常不可靠的大型中央电力系统，而直接向可再生能源转型，从而实现能源消费最优化，创造新的工作机会并造福当地工业。

例如，正如在该白皮书中指出的，由于缺乏天然气基础建设及电力成本较高，中国正支持发展数以百万计的太阳能热水器。圣佛朗西斯科能源基地有一个北京的办事处，介绍能效并就中国的可再生电力资源利用为中国政府提供技术及政策方面的专业咨询。在中国，有大批高素质的工程师及科学家，有大量的潜在劳动力，也存在严重的空气污染及由于化石燃料引起的公共卫生问题，这些为中国政府制定可再生能源资源应用政策提供了基础。

中国正着手制订第一个大范围的可再生能源应用计划，其中包括一个耗资3.4亿美元的电气化规划项目，利用光伏发电为3千万无电区的居民供电，并使之走上快速发展的轨道。到2004年底将建成一个为1061个乡村供电的村设电力系统，而这仅需短短20个月时间便可完工。该系统由一个20 kW_p的光伏电站，及小水电、光伏柴油机、风光互补发电共同构成。该系

统将在2005-2010年延伸至其他2万个乡村。该项目完全由中国政府负责建设，这将使中国成为世界光伏市场上的一个重要国家，不过它也需要许多国际研究机构的技术与培训方面的援助，其中也包括美国能源部。

90年代，印度启动了一个风电计划，现在印度已成为世界上应用此技术的领先国家之一。尽管它的风力系统的关键部件都通过进口，但印度本国有能力生产该系统70%的部件。当然，系统的安装及维护也由本地劳动力完成。同时，印度也引入了几千台太阳能泵。

虽然印度曾试图通过集中发电将电力供应给所有的居民区，尤其是农民，但总体来说，其电网分布不够广，可靠性也差，并有巨大的损耗(包括盗用电力现象)。和中国一样，印度也拥有一批高素质的科学家和工程师，大量的潜在劳动力，空气质量较差并存在煤污染源，也开始从生产力较低的中央系统积极地向新的可再生能源和分布式系统转型。印度也正开始考虑采用一项“核心”能源政策，开发可再生能源作为主要的永久性新能源。

非洲最迫切需要的是获得清洁水源，并对污水进行消毒以改善公共卫生，以及至少能为每个居住区、办公室和学校提供照明以提高生活质量和生产力水平，推进教育的发展。光伏技术可以很好地满足这个需求并减轻中央能源系统所带来的问题，现在已经被

广泛应用，但这也仅仅只能满足非洲巨大能源需求中极小的一部分。非洲大部分国家都在为其基本的需求而奋斗，要靠其他国家和机构为其提供可再生能源应用项目。

发展中国家可再生能源资源的应用能帮助满足人们大部分的基本需求并提高人们的生活质量。从潜在应用的绝对数字显示，发展中国家建设的数百万套小型可再生能源系统将会是降低成本和拓宽世界上可再生能源转型范围的主要方式。但是，可能除了中国之外(也许不久，印度也可以排除在外)，发展中国家长期

稳定的国家标准及政府政策通常并不明显地支持白皮书的讨论内容。缺乏资金来源及依赖国外的技术与经济援助往往比其他因素更为突出。

白皮书的主要读者是那些资金充足，负担得起这些措施起初几个重要阶段的政府，这也是本书着重描述发达国家能源政策的原因。

向可再生能源转型对世界上所有国家都将会有好处。但是只有那些有资金采取这些最初措施的国家才能进行可再生能源的转型。有能力以可再生能源技术的形式向发展中国家提供援助的政府必须对其提供援助。可再生能源的转型必须在世界各地进行。

基于市场的激励政策

综述

可再生电力标准的优势之一是它以市场为基础,但是它还首先依赖于政府采纳及实施的长期目标,并进行调控和贯彻。投资者对此抱有信心。其他人却认为这种政策不太好,因为这种政策会对能源市场进行强有力的政府干预,而在他们看来,能源市场应该完全自由的。为推动可再生能源的发展,人们提出了各种可供选择的基于市场的激励方案。这在一定程度上满足了某些立法者的政治哲学,他们更喜欢优胜劣汰的市场机制,而不是政府的强制政策或激励体制。这些基于市场的激励方案包括配额、证书交易机制(CTM)、“绿色电力”销售、及“绿色证书”国际交易等。这些措施已经在一些欧洲国家推行,并取得了不同程度的成功(或遭遇失败)。

证书交易的思想是,可再生能源技术的支持将来自两个市场,一是发电,一是证书生产及交易过程中产生的价值。该价值可以由开放的市场进行调节,或者,更好一点,由政府的政策支持。在这项政策中,二氧化碳减排或可再生能源发展的严格目标都按照明确的要求执行,并对不遵守者进行惩罚。这些目标的实现可以通过直接获取可再生能源,或发展新的本地可再生能源发电,或通过购买绿色证书获取等值的电量,如一张可再生能源信用证(REC)换取证书销售者一兆瓦时可再生能源的发电量。对于生产者来说,这提高了绿色能源的价值,并潜

在地使生产与销售能源变得更加有利可图,从而在可再生能源市场发展的早期阶段吸引更多的投资者。同时也极大地提高了成功达到国际RPS目标的潜能。

这些方案的难点在于降低了投资的确性,因为投资者不能预测市场需求或证书的价格,从而使可再生能源发电站的预计利润不可靠。当丹麦政府最近将固定的上网电价均摊向

证书交易机制及绿色市场的开发有待加强,并要结合更有力的政策工具加以实施,如可再生电力标准及上网电价均摊法。在这样的环境中,可再生能源证书交易及绿色市场的财政奖励将会在开发和支

持可再生能源市场方面发挥主要作用。CTM转变时,他们的可再生能源工业实质上已走向了停顿。而当英国政府将“可再生能源义务证书”(ROC)作为2002年4月英国“可再生能源义务订购”的一部分引入国内时,第一年的实施也并不太成功。这些都部分归咎于

供大于求的市场,当然也暴露出其他一些结构性的问题。比如,本应该投入新风能系统建设的资金,却在ROC资金交易中被葬送。不同国家里不同的市场准则可能使某一国际证书交易市场的运行变得混乱。

排放信用证交易是另一种潜在的基于市场的重要的政策选择,目的是“内在化”排放所造成影响的社会成本。欧洲将很快开始二氧化碳排放交易,加拿大也可能很快开始实施。同时,尽管缺乏温室气体减排指标的国家标准,但由于制定了州立可再生能源政策,美国的一些州正在发展本州的二氧化碳排放信用证交易计划。针对各种环境污染物质(SO₂, NO_x及VOCS),美国都建立了相似的完善的排放信用证交易体系。但排放交易

只是一种方案,它不能与可再生能源证书(REC)交易或绿色电力销售同时实施,以避免可再生能源效益的“双重计量”。

排放及证书交易政策仅仅依靠自身的力量还不足以带动经济能力的提高,并加速和维持可再生能源市场发展。美国的德克萨斯,就是将可再生能源证书交易(RECs)与根据RPS制定的政策相结合而取得了成功。现在,其风力发电已经以超过2010年RPS中期目标的速度装机完成。该风力发电站的安装还得到了美国减免税政策的资助(相当于欧洲的上网电价均摊法的概念)。

德克萨斯该项政策的REC部分占风力发电成本的10%,但这一部分相当小的利润却常常为支付绿色电力生产的额外边际成本作出重要贡献。这也取决于RECs的价值。比如英国的ROC(可再生能源义务证书)就已经达到每兆瓦时100美元。因此采用RECs(或ROCs)所应遵循的规则对最终的市场价值有着深远的影响。

“绿电”额外收费及证书销售也将有效地激起那些有志于直接参与对更好的能源政策施以影响的公众人士的兴趣,因此至少能为可再生能源在正常的政府收入流之外筹集一些资金。可是通过这种方式取得的潜在的总资金来源,仅限于帮助那些愿意支付更多钱以获得社会回报的用户(比如在美国,估计最多有8%的电力公司用户)。在绿色额外收费被投资于新的或已有的可再生能源产品之前,其大部分已被绿电产品的高额成本消耗殆尽。因此,仅仅依靠绿电额外收费提供的资

金，有可能无法实现规模经济，而只能继续以一种相对昂贵的方式对可再生能源提供支持。

然而，荷兰的绿电规划却为将绿电营销提升到一个重要水平提供了一种框架。在荷兰，130万用户，即其总人口的20%签约使用绿色电力。其需求超过了该国生产者的输出容量，因此需要从国外购买绿色电力以满足新的市场需求。这项成功得益于荷兰全国各级政府对该规划的实施以及实行“生态税”，该项税收使传统电力成本增加了6欧分/度，从而使得购买绿色电力好像有了折扣。世界自然基金组织也曾在荷兰资助了一个大型媒体商业活动以激励用户签订这些颇具吸引力的绿色电力合同。

很明显，同使得 RECs 成为一种重要的资金政策工具的条件一样重要的是，提供额外支持的政府政策及公共教育将会使绿色电力市场持续增强。政策与财政工具的结合再次取得了成效。

要求引入可再生能源的公平市场激励体系

改变对于各种能源进行市场补贴中存在的不公平现象

任何一个“基于市场”的项目所存在的最大问题就是持续的政府补贴使现有的传统能源资源市场严重扭曲。对一项能源技术的每种“补贴”都必须在公平的基础上创建和实施。不幸的是，政策制定者往往只看到(或经常抱怨)计划为新能源资源提供补贴，而忘记了传统的能源资源已经接受并在继续接受补贴。大量的补贴导致了化石燃料和核电完全人为的价格。这种状况使可再生能源不可能在开放的市场上进行竞争，就象很多政策制定者认为的那样，因为现在来讲，再没有哪个市场能对传统能源更公平了。

例如，可再生能源政策规划的报告估计，1947年至1999年，美国政府用于能源补贴的资金超过1500亿美元，其中核能补贴为96.3%。在核能及风能技术应用的前15年，它们为美国生产了数量相当的能量，但在这一发展阶段，用于核能的补贴为394亿美元，风能补贴9亿美元，两者相差40倍。具体来讲，在前15年，核电站生产部分所获得的补贴为15.3美元/度，太阳能技术生产获得7.19美元/度，而风力发电站为46美分/度。将该平均值扩展至每项技术商业化的前25年显示，更长期的用于核电的补贴为66美分/度，太阳能为51美分/度，而风能

仅为4美分/度。

直到1999年，尽管当时用于可再生能源的资助已增加至每年10亿美元的标准(其中75%用于乙醇燃料的税金补贴)，不公平仍然没有得到矫正。同年，化石燃料补贴为22亿美元，此时美国的核能也已进入其使用期的第52年，而它依然得到了6.4亿美元的直接补贴。

美国国会正考虑为6到8个新的核

电站提供担保贷款，这公开暴露了以下事实：核电站业主的潜在欠费将会导致130亿美元的潜在债务。在Price Anderson Act法令的扩充部分，对一次核事故中保险商应承担的义务作出了限定，即最高为90亿美元。这样，一次较大的核燃料事故将使美国公众承受3000亿美元不可收回的成本，如发生在切尔诺贝利事故，或几乎在三里岛发生的事故。

电站提供担保贷款，这公开暴露了以下事实：核电站业主的潜在欠费将会导致130亿美元的潜在债务。在Price Anderson Act法令的扩充部分，对一次核事故中保险

商应承担的义务作出了限定，即最高为90亿美元。这样，一次较大的核燃料事故将使美国公众承受3000亿美元不可收回的成本，如发生在切尔诺贝利事故，或几乎在三里岛发生的事故。

可再生能源发电站可能发生的任何事故都不可能使公众承受如此巨大比例的经济债务。将这些巨大的财务风险对公众进行遮掩以及利用公众基金支持这种“遮掩”而带来的影响，给出了完全错误的市场信号。

开发一种统一的能源成本估算方法

对于推进可再生能源发展基于市场的计划,其另一难点在于:相对于可再生能源资源价格由“竞争”决定,传统能源资源“水平化”估价方法被严重扭曲。例如,众所周知,在能源产品环境成本的估价及对以某种方式体现在传统能源产品成本里的环境成本进行内在化这两个方面的失败,使消费者从不同口袋中掏钱为能源产品支付费用——直接购买,间接税金及健康成本。如果这些社会成本能加以明确,或能清楚地与决定购买某一特殊资源所产生的能源相联系,存在于传统能源资源与无污染的可再生能源资源之间的成本差异将大大地减小,或者,在某些情况下,这种成本差异完全消除。

如果在美国,这将会引起一场精彩的辩论。比如,为获取外国原油资源所采取的军事保护措施所耗费的成本将被计入原油直接成本,气泵的价格将可能翻倍,导致美国原油及天然气价格达到欧洲现有水平,这样或许会让美国重新考虑燃料经济车辆的好处。

尽管有非常精确的分析框架,正确估计传统能源资源成本及价格的市场分析却存在甚至更为严重的错误。如,Shimon Awerbuch博士的初创工作令人信服地指出,能源证券价格将更多地受燃料价格波动的影响而不是受能源供应中断的影响。他的分析进一步证明:传统燃料价格波动使贴现率的估计增加了“风险”因素,从而大大地提高了传统燃料成本的净现值,与此同时却降低了可再生能源资源成本的净现值。美国劳伦斯伯克利实验室也对此进行了相关分析,他们

从气体价格波动角度——通过对天然气燃料在0.6美分/度的成本基础上加0.3,或非燃料资源成本减去0.3,对“天然气燃料价格障碍”进行了量化。Awerbuch总结说,能源规划者使用的成本模型听起来像是回到了T模型时代。该成本模型在其他工业中已被弃之不用,但在能源相关成本计划中却还在被继续使用。

基于风险的经济分析得出以下结论:今天,生物质能、水电、风能及地热的净现值成本都呈现出一种趋势,就是其成本低于包括锅炉燃烧、IGCC煤及核能在内所有传统燃料成本。经过风险调整,太阳能热能及光伏的成本比传统能源估计要低,却仍然高于其他可再生能源资源。

对能源的社会成本和效益的合理计算,从更大的社会效益角度(如,所创造的新产业和工作机会)对能源费用的相对经济效率进行的合理计量经济学分析,以及正确应用的风险调整和可变价格经济理论,展现了一幅同传统经济学分析完全不同的图景,即,非常明显,可再生能源是最安全、最可靠,同时也可能是现在最廉价的能源。

此外,经历了较长阶段的“水平化”能源成本的整个概念,完全忽略了增加能源成本对未来决策者所产生的影响。尽管今天看来,经过30年

“水平化”的天然气成本比地热能或生物质能的成本要低,但是当天然气成本开始逐渐增加(来自国内及世界天然气市场的压力),与此同时地热及生物质能的成本持续下降,当这些成本在某一时刻相交时,天然气无疑将会是最昂贵的直接资源。未来的政府及决策者到

时会沮丧地发现,他们掉进了一个陷阱,建立在虚幻的“水平化”基础上的20年购买合同实际上是一个不断变化的市场。对未来政府及决策者来说,未来市场上的可再生能源会更优惠,而同时,传统的能源资源却越来越昂贵。

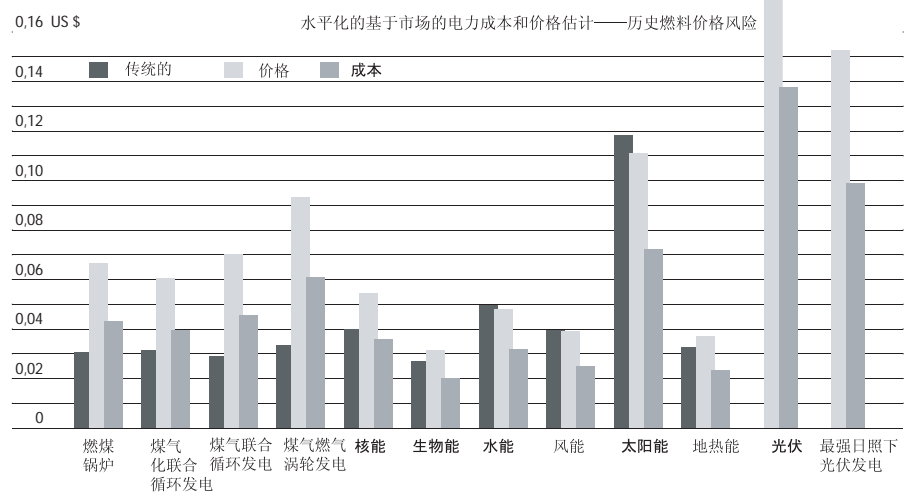


图 17: 建立在历史燃料价格风险基础上的电力估计的风险调整成本。

来源: Shimon Awerbuch 博士,《可再生能源世界》,2003 年 3-4 月,第 58 页,光伏数据取自 Awerbuch 其他工作成果。

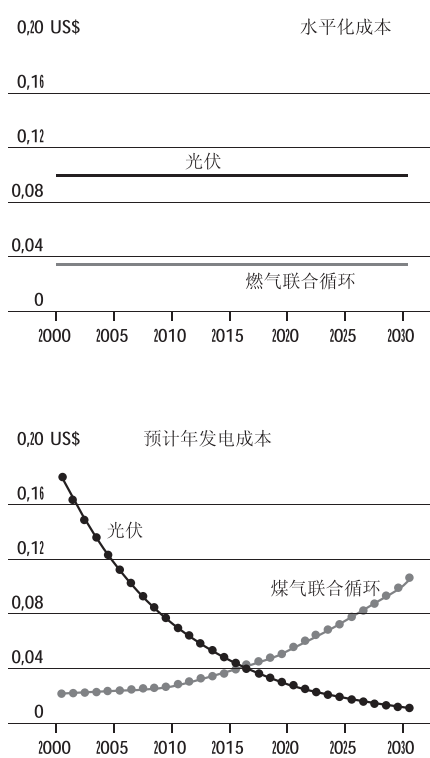


图 18 a,b: 水平化的成本掩盖了重要的阶段性信息。在 2000 年时选择了燃气联合循环的用户，在 2015 年后将会产生不满。

来源: Shimon Awerbuch 博士



研发在支持 可再生能源转型过程中的作用

拥有世界上最先进的研发项目的国家必将也会成为该项技术的领导者。在可再生能源方面，在其技术仍然不断改进与发展的同时，通过从该领域商业化的应用中所获取的经验，市场成熟的技术应用也在持续改进之中。太阳能研发在未来的几年中将发挥很重要的作用。

正如在有关光伏的章节中曾经提到，还有许多基础性的研发工作有待进行，包括系统部件平衡和一体化系统等，而不仅仅只是对太阳能电池进行研究。基础物理学也有待于进一步研究以增加太阳能电池或薄膜电池的功效及可靠性，与之同等重要的还有继续改进将光伏一体化到建筑物组件和系统中，以及分布式能源供应系统中。仍然可能进行重大的新突破和新方向的发展。

太阳能热发电技术也需要进行更多的研发工作，以提高功效和降低反射镜、日光反射装置、集热器及电能发电机成本，并开发和改善热能储存系统，使得其可以进行12小时热能储存，这将大大提高太阳能热发电系统的经济性。当然降低成本及加强太阳能热水器部件的可靠性的研究也同等重要。

生物质气化使未来洁净能源产品的生产大有希望，但尚需要更进一步的发展。要进一步改进生物质同煤炭联合燃烧的性能。当然，为开发和优化生物能产品的能量产量，还需要进行大量的农业研发工作。

国家可再生能源政策的重要组成部分之一就是支持基础及应用研发，并与其他国家的研发活动紧密配合，以提高全球可再生能源科研效率。研发能导致新产业的出现，而研发的突破则是为了所有国家的利益，促进可再生能源领域的进步，并为各国带来新的有利的竞争条件。

建筑科学已经开始成为一门重要的科学和工程学科。促使系统将便携式能量与建筑部件一体化的“整体建筑”的设计工具正处于发展和提高中，

并且显得更为“用户友好”，主要是为了在实际设计过程中更加有用。结果就是，现在，人们能认识到能源节约这一主要问题，也认识到对总成本的影响这一相对次要的问题。有时候，大型建筑的能源效率与可再生能源收集能够以与不具各这些特点的“标准”建筑同样的预算内完成。

针对测量到的建筑性能，这些设计工具还需要进一步发展及完善。还必须继续进行和扩展建筑物的监控，使其发展为一个来自于实际经验的数据库。新的建筑工艺如灯及玻璃等方面的研究，在效率与性能方面正在产生巨大收益。

由于受到1973年世界石油危机的震动，欧盟5年框架最大的单向投资就是能源研究。能源研究首次被欧盟当成“事关生存的问题”。90年代晚期，欧盟用于可再生能源研发的资金比例上升为14%，能效研发为12%。

欧洲的研究重心正在改变。尽管能源安全还是欧盟可再生能源研发的首要驱动力，但环境保护和经济竞争也成了其重要的驱动力。现在，欧洲研发基金的重心是用于“帮助欧洲企业获取正在成长的世界可再生能源技术市场的主要份额。”

同样，欧盟用于可再生能源的研发预算已经开始定位于研发的应用，而不是基础研究。欧盟委员会决定，在未来5年内投资20亿美元用于可持续能源研究，是1997-2001这一5年期经费的20倍。日本将研发支持与光伏“推进”相结合，2002年经费预算为30,240万美元，2003年为21,860万美元。

八国集团可再生能源任务组，在2001年7月最后一次报告中强调“八国集团所有国家要继续并扩大对能源经济各部门可再生能源技术的支持，这些部门包括建筑、工业、运输及公用能源事业等”。他们同时强调，与发展中国家合作研发，为其转让开发适用的技术。

两种综合性的 国家清洁能源政策模型

介绍两种极具启发意义的综合性国家能源政策模型，它证明了综合性政策在引导国家走向可再生能源转型的同时，还在某种程度上会同时产生经济及环境效益。美国当前履行的是州立政策，因此以下建议的国家模型现在是假定的，但也是现实的，将有望使未来的美国联邦政府比当前政府更开明与进步。而另一方面，德国模型却是其能源政策的现行国家框架，引导德国可再生能源转型向纵深发展。

美国：在各州政府领导下，为未来制定清洁能源蓝图。

美国可再生能源政策现状(2003年)

美国(2003年)尚没有重大的国家能效及可再生能源政策。尽管在2001年国家能源计划中承认，如果没有引入能源效率，那么自1973年能源危机以来，美国将会多耗费30%至50%的能源，但是美国并没有长期稳定的政策以便将来仍获取这些效益。对可再生能源政策来说尤其如此，政府预计可再生能源的利用将会从现在的2%上升为2020年的约2.8%，即便如此，也很难激发起投资者的信心。

当然这并不是说，可再生能源的应用没有联邦政府的支持。对风机及生物质发电厂所生产能源给予1.8美分/度的减税政策，就为美国恢复发展其风电产业发挥了重要作用。但就连这种支持也是断断续续，每年必须通过投票决定是否继续提供，这种政策保证还不足以为投资者提供信心。

幸运的是，很多州政府已经决定不再等待行动迟缓的联邦政府，而坚决地由自己承担起对能源安全及本州经济未来的责任。这些州政府已经为推动可再生能源的加速应用制定了法律。他们开发了足够多的州立项目，以确保积极的国家可再生能源目标的可行性，并开始建议一项来自联邦政府以外的切实可行的国家政策。

到2003年中期，13个州已经完成了最低的可再生能源发电配额标准(RPS)。该标准规定，到2017年应生产超过14,230兆瓦的可再生电力——在

1997年水平上增长105%。其中8个州立法通过RPS，将其作为重组电力公司的一部分。威斯康星州，没有重组电力公司，也制定了RPS以支持“电力可靠性”，明确地将可再生能源最重要的预期收益之一并入早期政府能源政策中。

加利福尼亚州将会是美国新的可再生能源发展的领导者之一，它要求本州的电力公司投资所有者及能源供应者每年以不低于1%的速度加速利用可再生能源，2017年将达到20%。此外，可再生能源发电每年额外产生21,000吉瓦小时，至2017年，将会达到加利福尼亚可再生能源使用量的2倍，这些都将会大大减少其对天然气发电的依赖性。

2003年，加利福尼亚能源委员会发布了一项分析，认定加利福尼亚州有足够的可再生能源发电以达到该目标，而每年大约有25,000吉瓦小时会来自2003年已经在开发的项目。这项报告同时确认，在实现2017年目标之后，还有充足的额外可再生能源资源容量可以继续用于开发。这项报告反过来也证明加利福尼亚电力委员会的决定，他们认为加利福尼亚未来的输送线计划目标也必须完成，以支持该州主要的可再生能源发展区域。

内华达州制定了美国全州范围内第二高的新百分比目标，要求在2013年其15%的电力来自可再生能源，其中的5%来自太阳能发电技术。最近，明尼苏达州要求该州最大的电力公司到2015年实现其10%的电力来自可再生能源的RPS目标。当考虑他们以前的Prairie Island核电站废物存储“处

理”要求增加 950 兆瓦风能及生物质能时，到 2015 年，该电力公司实际上已达到 19% 的 RPS。在新的可再生能源装机总量上，德克萨斯州将仅次于加利福尼亚，到 2009 年前其新安装的可再生能源将达到 2000 MW，乔治·布什已将其写入法律。

还有 14 个州也立法表明到 2017 年可再生能源基金将达到 45 亿美元。到 2017 年，所有 RPS 和可再生能源基金项目的联合实施将会产生 15,215 MW 新的可再生能源，并保护 7,020 MW 已有的可再生能源。这相当于从公路上减少 740 万辆汽车所产生的 CO₂ 减排量，或种植 1,120 万英亩 (450 万公顷) 的树木。其他支持能源效率的州立法项目对这些项目进行了补充，截至 2012 年其基金额为 86 亿美元，同期，用于研发的基金为 11 亿美元。

在全国 50 个州中有 36 个州通过了“净计量”方法，这极大地促进了美国供电系统的发展 (主要是光伏及小型风电)。大部分光伏系统允许与电力公司相连接，并通过实行“回拨电表”获取全额零售信用，因此在不同的州立政策中光伏系统的规模都被严格限制为 10 kW，或 25 kW，有一些可以达到 100 kW。但在加利福尼亚州，1 MW 的光伏系统也允许进行运营，使好几百个千瓦级的系统在商业用楼顶和停车场系统中风行。

现在看来可再生电力安装的建设及运营经验使公用事业公司树立了信心。比如，2003 年初期，在本州允许可再生能源信贷的无限制“银行业”政策支持下，威斯康星州增加了很多新的可再生能源发电项目，以达

到 2011 年的 RPS 目标。德克萨斯州超过其 2002 年 RPS 目标约 150% (尽管只要求安装 400 MW，但实际新安装了 900 MW 的风力发电站)，即将达到 2009 年 2000 MW 的目标，将比立法规定提前几年时间。内华达州及犹他州则对保守的 RPS 立法目标进行了修改，大大提高了以前的标准。同时，一旦 50 兆瓦太阳热电站并网运行，内华达州在 2005 年就将达到其新的 2013 年的太阳能发电要求。

美国的宏伟清洁能源蓝图

在美国，州政府赋予的领导权非常重要，填补了联邦政府留下的政策空间，但是建立在通过推进立法来支持国家目的基础上的国家政策其实更有可为。为了论证这一点，也为了给国家立法提供激励与支持，2001 年“清洁能源蓝图”会议上成立了有关科学家联盟 (UCS)。这是一个国际成员组织，由科学家及支持科学家在包括清洁能源等领域提升公众利益的人员组成。在对技术成本及资源潜力进行实际评估的基础上，清洁能源蓝图显示，2020 年可再生能源发电占美国全国总电量的 20% 极具可能，相对于政府的“墨守陈规”政策而言，它将产生具有吸引力的经济及环境效益。

在本白皮书中曾强调，不是实施一两个政策就能加速可再生能源的应用。清洁能源蓝图就是将许多能源及能效政策集成于一个相互支撑的一揽子政策中。在此，特别提出以下政策，并分析评价了其整体影响：

■ 可再生能源发电配额标准 要求公

用事业增加对风能、生物质能、地热能及太阳能、垃圾气体的使用，将使用率由 2002 年的 2% 提高到 2020 年的 20%。这将得到可交易能源证书的支持，以确保最低的可能成本。

■ 公共利益基金的来源为 0.2 美分/度的电力额外收费，相当于每个普通家庭约 1 美元，用于补充能效、可再生能源、研发及保护低收入用户的州立基金。

■ 减税政策将延续到 2006 年 1.8 美分/度，还将扩大至覆盖所有清洁的、非氢性的可再生能源，以平衡化石及核电补贴。

■ 净计量将全国范围内推行，公平对待连网区域用户。这些用户在自己的房屋安装可再生能源系统，实行电力自给。一旦其系统容量达到 100 kW，政府就允许其将剩余电量返回电网及向后调整电表。

■ 研究及开发 可再生能源的资金经过三年时间将增加 60%，2005 年达到 6 亿 5200 万美元 (该数字是日本 2002 年用于可再生能源研发基金的两倍还多一点)。2005 年能效研发资金将增长 50%，达 9 亿美元。

■ 热电联产 对同时生产电力且能效达 60% - 70% 有用热量的电站，实行投资减免税，缩短折旧年限，清除规章障碍。

■ 提高能效标准：对 12 种产品提高能效标准，通常是提高至当前最佳实用水平。另外，修订已有的

国家标准，达到技术可行及经济合理的水平。

- **加强建筑规范** 各州采取1990/2000模范建筑规范，同时，到2020年建立完全超过当前“最佳应用实例”标准的更为先进的新规范。
- **税收激励政策**通过回扣及投资减免税等措施，促进建筑、装置及设备提高能效，好于最低标准。
- **工业能效措施**：通过自发协议、激励机制或国家标准，每年以1-2%的速度提高工业能效。联邦政府将提供技术及财政援助，增加联邦政府的研发及示范项目。

利用美国能源信息管理的国家能源模拟系统的计算机模型(NEMS)，通过对一揽子政策的成本效益进行经济分析，得出以下结论：

- 截止2020年，可再生能源资源——风能、生物质能、地热及太阳能确实能至少满足20%的美国电力需求。
- 截止2020年，美国消费者总计能节约4400亿美元，每年净节约量达1050亿美元，即每个普通家庭每年350美元。
- 一个普通家庭的每月电费将从2000年的40美元降低到2020年的25美元。
- 2020年，该蓝图的能效及可再生能源政策将使天然气价格下降27%，为商业及家庭每年另外节约

300亿美元。

- 2020年，与常规计划相比，天然气的需求将会减少30%，煤减少近60%（煤燃烧量每年减少7.5亿吨）。18年中，将会节省更多的石油（到2020年每年4亿桶），将比在60年中从Arctic国家野生动物保护区政府计划（ANWR）的输油管中能经济恢复的量还多。
- 国家能源政策中规划的1300座新发电站，其中的975座新电站（平均装机容量300 MW）可以**撤销**，而180座老的火电站（平均装机容量500 MW）及14座现有核电站（平均装机容量1,000 MW）也可以**隐退**了，政府国家能源政策中要求建立的300,000英里新的煤气管道及7000英里输送电线也不再需要。
- 2020年，相对于通常计划，电站的二氧化碳排放将减少2/3，二氧化硫及亚硝酸氯等有毒气体排放减少55%。

这些结论与利益有多大的现实性？国家能源信息管理部(EIA)利用较高成本假定及其他保守假定，正在对国家要求(RPS)关于2020年美国20%电力来自可再生能源的影响进行审查。

结果显示，2020年国家能源耗费有一定的节省。人们还进行了一些其他研究，其假定更具现实性，并结合能效措施与可再生能源发展。研究结果显示，相对于政府的国家能源计划，到2020年，这些政策措施能为消费者节约好几十亿美元。

该模型因此揭示了种种效益，期待政府探求一整套向可再生能源转型的政策。为了获取这些效益，政府还必须持采取长期政策的观点，并愿意在政策早期实施阶段进行投资。如德国可再生能源的发展，在过去十年中已经显示出了稳步发展的势头，而美国可再生产业，尽管会有短期的水平状态，但却总在不确定及断断续续的可再生能源政策框架的泥潭中踌躇不前。

因此下面我们来看一看德国的长期目标及策略模型，这些目标及策略正“拉动”德国可再生能源政策及政府投资走向真正的可再生能源转型。

德国：重大的长期可再生能源政策

德国采取一些致力于显著降低温室气体排放量的政策，快速发展可再生能源资源也是这些政策的一部分。这使得德国已跃居世界风能利用的领导地位。截止到2002年底，德国装机容量达到12,000兆瓦，其光伏发电装机容量居世界第三位。

德国能源政策部分地受到长期可持续发展模型的推动，并据此而逐渐形成，该模型由德国联邦环境署提出，并得到伍珀塔尔研究所分析成果的支持。长期计划“德国太阳能经济”中的关键部分就是，首先，德国的单位能源产值将会以每年3~3.5%的速度增长，直至2030年。这就意味着，尽管德国经济会持续增长，但到2030年，其总的基础能源供给实际上将会减少30%多一点。正是基于向可再生能源转型而制定的能效和能源强度政策使得可再生能源在能源供给中占有相当的比例。

到2030年，核能会被彻底淘汰，而可再生能源将会占国家基础能源供给量的25%。2050年，该比例会增长至58%，到那时，德国将基本上实现向可再生能源的转型。

该模型还进一步预测了到2040年电力组成结构的变化，那时，可再生能源发电量已超过发电总量的50%，并在2050年进一步扩大到65%的比例。从中央电力系统到依赖本地发电站的结构调整使这种变化成为可能，而这也得益于在2020年以前就开始逐步调整电力系统的结构，要不然，这一时期德国70%的老化了的发电站都将不得

不被淘汰。

这些结果也假定建筑业、运输业及供热部门进行了节能革新，这三种行业对可再生能源资源的依赖性正日益增强。因此，举例来说，根据该模型，2050年德国电力需求总量将比2000年降低了只有大约12%，因为电力需求量中需要增加一部分用于生产氢燃料。

如果没有投入，将不会有这些变化，但是，增加的投入可以通过节约其他方面的费用而得到补偿，例如通过节约发电厂的建设投资和燃料费用。据估计，向可再生能源转型的折扣费用大约为38亿欧元/年，或每人每年48欧元，约为国民生产总值的0.14%。这些数据没有考虑可再生新能源产业及由此所产生的就业增加而带来的经济效益。(同样的分析显示，建筑业将会新增或保留85,000到200,000个工作

机会，而在可再生能源产业中可带来250,000到350,000个新的工作机会。)

最后，该模型尚在进一步的规划中，如果采取一个持续的积极计划，到2070年，德国所需电力及能源将100%由可再生能源提供，即使采取一项比较保守的计划，到本世纪末也可达到这一目标。

德国全球变化顾问委员会(WBCU)在2003年报告中曾建议，所有这些措施及目标将通过可再生能源的转型来促使世界走向能源安全，实现环境保护及贫、富国之间的能源平等。除了能效及可再生能源目标，还要保证到2020年将所有的化石燃料补贴削减为零，投资电网基础建设，支持电力输送，并将可再生能源研发基金增加十倍。

德国的长期计划“太阳能经济”——按来源划分的最终能源

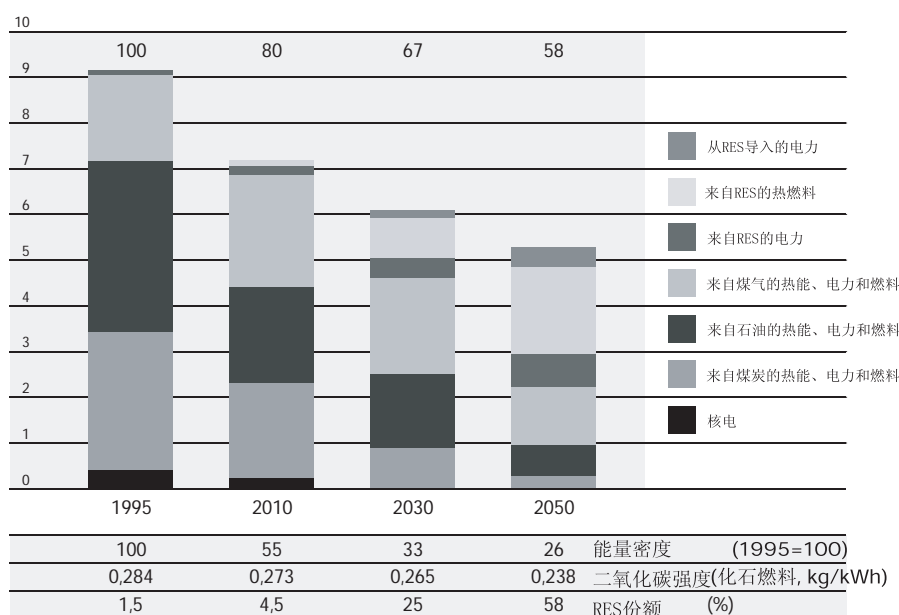


图 19：一项似乎合理的德国长期计划：在日益扩张的经济中降低能源消耗，将可再生能源的利用提高到重要的比重水平。

来源：Manfred Fischedick 博士，伍珀塔尔气候、环境与能源研究所

结论

在向社会输送有用的能源方面，没有哪种可再生能源技术可以称得上比另外一种更重要。每种技术在满足社会需要和提高社会、经济和环境效益的技术组合中都占有一席之地。不能因为光伏非常流行就说光伏对社会或者经济比可持续建筑设计或者太阳能光热技术更重要。使用太阳能代替包括电力在内的其它能源资源，同使用太阳能生产新电力是完全一样重要的。

利用光伏技术在一平方米表面上可以产生 100 AC 峰瓦的功率。通过太阳能热电技术，一平方米镜子上也可以输送 100 峰瓦的电能，利用碟型斯特林热机也许能产生 200 瓦的功率。但是一平方米上截获的太阳能也能输送 300 瓦的热功率，用于加热家用热水或者主动太阳能采暖，代替 300 瓦的水加热电能。如果太阳能辐射通过一平方米的玻璃直接输送到建筑中，那么一平方米上截获的太阳能辐射可以输送 600 瓦以上的加热能，从而替代 600 瓦的采暖电能。同样面积的玻璃能以大约两倍于最好的室内人工照明技术的流明 / 瓦特比的效率输送日光，以使用日照跟踪照明控制技术，替代 100 瓦的照明电能。

所有这些平方米的集热器和截获太阳能的土地，转换风电的叶片，输送地球热能的井以及输送河流、波浪和潮汐的水，都将替代宝贵和日益减少的化石燃料，以及核电逐渐退出所带来的能源缺口。节约使用化石燃料以获得更高的经济效益，或者在同间歇性可再生能源资源（太阳能和风能）联合使用以节省燃料中使用化石燃料，将有利于创造更洁净、更强壮和更安

全的社会经济。在这个过程中，碳和其它进入大气的排放将大幅降低，这是成本上有吸引力的新活动的结果，而不是昂贵的环境惩罚。

看到地区性可再生能源发展政策的出现和制定法规保证完成这些全国范围内的目标是鼓舞人心的。欧盟提出的计划，“欧洲智能能源”，目标在于将 1998 到 2002 年框架中的各种计划集成到更有效和资金支持更到位的 2003 到 2006 年结构中。这项计划意味着能源效率和可再生能源资源为整个欧洲创造更大利益中的“智能”角色。欧盟理事会提议建立“欧洲智能能源署”，该署将支持能源效率和可再生能源应用，以及在全欧盟内复制从经验中得来的“最佳实例”。

当这些建议书被写入 2002 年 1 月



图 20：开端故事。位于加州萨克拉门托的 Rancho Seco 核电厂由于成本过高而退役了。该电厂的电力生产已经被能源效率和世界最大的光伏太阳能发电收集设备代替了。如果不迈出这勇敢的第一步，太阳能的应用率将返回到原先的状况。所谓万事开头难。照片由 Donald Aitken 博士拍摄

23 日欧盟委员会基于“谁污染谁出钱”原则的环境义务法令中时，有一点变得越来越清楚，在世界上许多地区，至少“智能”能源效率和可再生能源政

策正在成熟起来，包括环境减排、环境保护、地区性经济收益激励，现存障碍的清除以及融资机制。

政府也应当成为他们自己最好的顾客。政府拥有的建筑通常是最多的。政府应该将

他们自己的建筑设计和转换成为节能和可持续型的。政府需要通过在政府安全以及国防中应用可再生能源技术来刺激大宗购买和降低可再生能源技术的成本。通过这样一些方法，政府就能够帮助“拉动”太阳能技术进入市场，以推动他们坚持的目标、政策和法律。

能源政策应当支持这些为社会所依赖的集成互联的能源系统。能源政策应当引领这些代表公众利益系统的革命，避免破坏环境和社会，而同自然界融洽相处。在制定能源政策时，必须考虑下一代的可持续和机会，否则这些政策就是失败的，对经济和社会不利。

可再生能源转型将会一个城市接一个城市、一个地区接一个地区、一个国家接一个国家地实现。当“关键质”可再生资源应用实现时，那么在每个地点都会产生这种转型过程。当人民、政府、管理者、电力公司以及财政圈都熟悉可再生能源技术的时候，这种转折点就出现了。对于风能来讲，转折点出现在当安装了 100 MW 的装机容量时。对于光伏来讲，当光伏屋顶不仅仅普及而且成为个人荣耀时，转折点就出现了。加州的萨克拉门托市，已经拥有将近 1,000 座应用了新技术的光伏屋顶。对于日本和德国太阳能屋顶项目来讲，也是同样的，只是在这些国家里应用已经达到了 1 万座左右。

政府需要设定、保证并实现这样一个目标，即同时完成积极的能源效率和可再生能源目标。实现这些目标的执行机制必须是一揽子互相支持和相互一致的政策。最好的政策是一系列政策，这些政策结合了可再生能源标准、直接的激励政策和能源生产支付、贷款支持、赋税减免、交易市场工具的开发、现有障碍的消除、政府领导力以及用户教育。

实现这些目标的立法和财政机制必须在不同的年份得到一致执行。这就要求许多管理机构和几代人在政策上具有连续性。如果能实现这一点，那么对于社会来讲就是一个巨大的进步。

白皮书指出，*可再生能源转型不是一种幻想，而是一种真正的景象，可以在拥有技术的工业国家在合理的时间，以合理的成本实现。很明显，人民和政府的领导力同电力公司和社会机构的适应性相结合，将决定哪些国家*

成功，哪些国家失败。

可再生能源转型必须从现在开始，否则就太迟了。考虑到巨大的社会、环境以及个人利益，政府、城市、公司和人民必须合作以迈出这困难的第一步。太阳能，地球上所有生命的源泉，将是可持续、安全和明智的未来能源政策的坚实基础。



图 20：孩子们现在可以接触、感觉并体验可再生能源转型的开始，这项转型非常重要，能够保护他们自己未来的利益。

照片由 Donald Aitken 博士拍摄

致谢

白皮书是综合了许多信息资源以及许多人的观点和建议而写出的。白皮书的作者(DWA)希望向本报告中用到的主要信息提供源和评论表示感谢。下面列出了进行过个别接触的人员,他们指导作者接触到其它资源或者人员,提出了咨询建议,并对草稿进行了阅评:

生物能

Ralph Overend博士 (美国国家可再生能源实验室)
Larry Baxter教授 (BYU)

地热能

Anna Carter (IGA)
John Lund博士
Gary Hutterer博士
Cesare Silvi 博士

风能和风电

Randall Swisher (AWEA)
Jim Caldwell (AWEA)
Dan Juhl
Peter Asmus
Paul Cipe

被动式太阳能加热和建筑物日间照明

Edward Mazria

太阳能热电

David Kearney 博士
Michael Ceyer 博士
Gilbert Cohen博士(杜克能源公司)
Frederick Morse博士

光伏能发电

Paul Maycock
Steven Strong

John Byrne博士 (德拉威尔大学)
Dan Shugar (Powerlight)

政策及其范例

Niels Meyer博士 (丹麦科技大学)
Rick Sellers (全球能源署)
Alan Nogee (UCS)
Steve Clemmer (UCS)
Jeff Deyette (UCS)

欧盟政策和资源

Rian van Staden (国际太阳能协会)

德国可持续能源案例

Manfred Fishedick博士 (Wuppertal学院)

德国政策

Burkhard Holder(Solar-Fabrik AG)
Rian van Staden (国际太阳能协会)

中国政策和太阳能安装

Jan Hamin博士
华丽博士

日本政策和光伏安装

Osamu Lkki
Takahashi Ohigashi

塞浦路斯太阳能安装

Despina Serghides博士

丹麦政策

Torben Esbensen
Niels Meyer 博士
Preben Maegaard(可再生能源民间中心)

印度政策和可再生能源安装

V. Bakthavatsalam 博士
S. Baskaran(IREDA)

对白皮书有所贡献的有许多书面资源。除了发表的大量期刊文章和报告外,下列期刊提供了持续和有价值的更新以及信息: **REFOCUS** (国际太阳能协会,由 Elsevier 科学有限公司出版), **RENEWABLE ENERGY WORLD** (James & James科学出版社有限公司出版); **SOLAR TODAY** (美国太阳能协会); **BIOMASS & BIOENERGY** (Elsevier 科学有限公司出版)。

特别感谢 Edward Milford, **RENEWABLE ENERGY WORLD** 的出版商,他们帮助白皮书的作者联系某些文章的撰写者,并提供了电子版的图表。

作者的同事 – 同时也是我的妻子, Barbara Harwood Aitken 提供了直接的帮助,专业的编辑,极大地支持了报告的撰写。



国际太阳能协会衷心感谢
Donald W. Aitken 博士，ISES 的
前秘书长和副主席，他通过收集
全世界专家提供的信息、技术综
述以及 ISES 总部和执行理事会
提供的信息撰写了白皮书。

© SES & Donald W. Aitken 博
士，2003 年
所有权利属于 ISES 和作者

制作：ISES 总部
设计：triolog, Freiburg
印刷：Systmedruck, 三月



**“利用方便而廉价的化石能源资源
开发新技术和设备，以推动可持续
和有序的能源转变，但这样的时间
是短暂的……”**

**ISES
国际太阳能协会**

Wiesentalstr. 50
79115 Freiburg
德国

电话：+49-761-45906-0
传真：+49-761-45906-99
电子邮件：hq@ises.org
网址：www.ises.org