

# 中国发展的动力—可再生能源之路

李俊峰、马天瑞（ERIC MARTINOT）等著

LISA MASTNY 编辑

2007年11月

ISBN 13: 978-1-878071-83-5

ISBN 10: 1-878071-83-1

（注：此为论文中文简本，若有翻译偏差，请以英文本为准：

<http://www.worldwatch.org/node/5491>）

## 目录

前言 .....	4
概要 .....	5
中国能源的抉择 .....	7
可再生能源的前景 .....	13
风电 .....	18
太阳能 .....	22
太阳能热水器 .....	27
生物质发电和生物柴油 .....	31
中国可再生能源发展前景 .....	36
注释 .....	42

### 图表，表格，图框

图 1. 1990-2006 年 中国一次能源消耗 .....	8
图 2. 1991-2004 年 中国经济能源强度 .....	8
图 3. 2000-2006 年 中国风电装机容量 .....	9
表 1. 2006 年 可再生能源在电力和一次能源中所占的份额，并预测 2020 年所占份额 ..	13
表 2. 2010 年和 2020 年 中国可再生能源技术目标 .....	14
表 3. 2007-2010 年 中国光伏产量增加量预测 .....	24
案例 1. 风电特许权以及私人融资 .....	18
案例 2. 国产风机的领头羊——金风科技 .....	20
案例 3. 中国农村电气化——可再生能源 .....	22
案例 4. 无锡尚德太阳能电力有限公司——国际公认的太阳能光伏制造商 .....	25
案例 5. 日照——太阳城 .....	27
案例 6. 户用沼气和用于炊事、供暖、照明的生物质颗粒燃料 .....	31
案例 7. 保定高科技工业发展园区 .....	37
案例 8. 中国可再生能源发展前景 .....	38

## 致谢

在本报告的编写过程中，得到了以下合著者、研究人员及工作者的大力支持，在此表示衷心感谢：世界观察研究所刘英玲，Janet Sawin, Christopher Flavin；中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会马玲娟；国家发改委能源研究所王仲颖，高虎；清华大学 Cathy Kunkel；感谢给与大量帮助的 Frank Haugwitz 和 Sebastian Meyer；感谢世界观察研究所资深编辑 Lisa Mastny；感谢传媒经理 Darcey Rakestraw 及出版与发行主任 Patricia Shyne 的努力工作；感谢为这份报告的版面设计世界观察研究所艺术指导 Lyle Rosbotham, Elisabeth Sipkes；特别感谢清华大学-BP 清洁能源研究和教育中心的支持。

## 关于作者

### 马天瑞（Eric Martinot）

清华大学客座教授，Worldwatch 研究所的资深研究员，来中国以前，曾在世界银行全球环境基金(GEF)秘书处工作四年，主要负责发展中国家可再生能源项目开发、战略指导和世界可再生能源市场、政策、规划等的综合管理；之前，曾任联合国、世界银行，和国际能源机构顾问；曾任波士顿斯德哥尔摩环境研究所的资深科学家，是全球气候变化小组 (IPCC) 的主要创始人之一，曾在马里兰大学和图福斯大学任副教授，曾发表逾 65 篇著作，包括最近的《REN21/世界观察研究所全球可再生能源发展报告》。获伯克利加州大学能源与资源硕士、博士学位，麻省理工学院电机工程学士学位。详情见网站：[www.martinot.info](http://www.martinot.info)

### 李俊峰

李俊峰，研究员，1982年毕业于山东矿院电气工程系，获学士学位。长期从事能源经济和能源环境理论的研究。先后组织并主持了我国第一部可再生能源法、国家可再生能源中长期发展规划的起草工作，参与了国家中长期科技发展纲要的研究和起草工作，完成了中国第一个清洁发展机制项目的组织与实施。曾任“十五”国家高技术 863 计划后续能源主题责任专家和国家高技术 973 计划氢能专题顾问，组织了我国“十五”期间风力发电和太阳能光伏发电高技术计划的实施等工作，是 IPCC 第一、第二、第三次评估报告的主要撰稿人和第四次评估报告的评论专家。目前是国家发展改革委能源研究所学术委员会主任、副所长，内蒙古自治区政府科技顾问，中国再生能源学会和中国沼气学会副理事长、全球风能理事会副主席、21 世纪可再生能源政策网络副主席，可再生能源和能源效率伙伴关系计划东亚秘书处总协调人，中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会秘书长。主要论著有：《中国温室气体排放控制问题研究》、《中国可再生能源技术评价》、《风力-12 在中国》、《中华人民共和国可再生能源解读》、《中国光伏发电技术市场分析》、《中国风力发电价格政策分析研究报告》等。详情请见：[www.eri.org.cn](http://www.eri.org.cn)；[www.creia.net](http://www.creia.net)

## 前言

全球范围内逐渐意识到中国经济的快速发展以及由此带来的能源需求，尤其是对于煤炭前所未有的需求。对煤炭的过度依赖的结果是显而易见的：越来越多的中国人患上了由于污染导致的严重疾病，同时，来自中国的二氧化碳排放也加剧了本已非常严重的由工业化国家污染排放引起的气候变化问题。

2007年4月，我访问了北京，北京的环境问题再一次令我震惊，北京周围的山被厚重的云雾笼罩着，模糊不清。但是，在中国首都为期一周的会议上，却有着更加吸引我的话题，那就是中国风能和太阳能产业的飞速发展。2006年，中国风机和太阳能电池的产量都增长了一倍。在未来三年，中国将赶超欧洲，日本和北美，成为世界风电和太阳能光伏发展大国，并且已经在太阳能热水器和小水电市场占据了世界主导地位。

正如本报告的两位作者所言，在中国飞速发展的今天，能源战略的发展方向是政府主导和企业影响共同作用的结果，2005年12月，全国人民代表大会常务委员会通过的可再生能源法，是广泛吸收国内外研究成果，并广泛听取国内外意见的结果，充分体现，在此项法律的颁布和实施中发挥重要作用的国家发展改革委的初衷是充分吸取其他各国在可再生能源立法和发展方面的先进经验和失败的教训。

我们世界观察研究所也很荣幸地参与了本部法律的起草和实施的有关工作，并发挥了应有的作用，同时也对这部法律的深度和广度充分认可。同时，中国可再生能源产业的快速发展也令我们印象深刻，这一点在太阳能产业得到了更加充分的印证。在过去五年中，多家太阳能企业先后进入市场，其中很多企业还成功吸引了国际风险投资的参与。

可再生能源本身并不足以对解决中国的能源问题，但是把可再生能源的应用与提高能源效率，和清洁高效的煤碳利用技术相结合，结果将大为不同。目前的问题是，中国如何成功地将可再生能源的发展与建立在对煤碳严重依赖的基础上的经济发展模式相结合，建立以清洁发展为基础的新的经济增长模式，这不仅对中国，对世界的将来也有很深远的影响。如果中国能够扩大可再生能源的应用规模，使之足以对国内市场产生影响，并且能不断提高可再生能源技术水平，降低成本，使之达到国内市场可以接受的价格水平（即制造业所周知的“中国价格”），那么，这些技术不久就必将在全球范围内被大范围的采纳。

正如美国在一个世纪前带领世界进入石油时代一样，全球气候的未来或许在很大程度上依赖于中国将世界引入可再生能源时代！ ----世界观察研究所所长 Christopher Flavin

## 概要

中国面临着为 13 亿人口提供安全的、低成本的、环境友好的可持续能源。2006 年，中国能源消费量居世界第二位，过去十年间中国的能源消费量翻了一番，电力消费的增长速度更快，较 2000 年已经翻了一番。随着能源密集型产业和高科技产业的发展，中国扮演着世界工厂的角色。提高人民的生活水平，也就意味着拉动内需，包括高耗能产品的需求，如汽车和空调等。预计到 2020 年，中国每年的汽车销售量将超过美国。

中国电力供应主要来自煤电和水电，同时，随着中国车辆保有量的快速增长，石油的消耗量也在快速增加，这必然大增加我们对于能源安全的关注。中国有将近一半的石油依靠进口。对于能源安全、电力短缺和空气污染等问题的关注加大了寻求替代技术和替代能源的紧迫性和压力感，这些替代技术和替代能源包括提高能源效率，清洁煤炭技术，核能和可再生能源的应用等。气候变化也是加剧这种压力的原因之一---不久的将来，中国可能会超过美国成为世界第一大二氧化碳排放国家。

中国在可再生能源应用方面已处在全球领先地位，2007 年将有大约 100 亿美元投入到新增可再生能源装机，这一投资仅次于德国，位居第二。投资的大部分将用于小水电，太阳能热水器和风电，同时，每年投入到大水电中的资金大约是 60 到 100 亿美元。2005 年可再生能源法的颁布，为将可再生能源作为国家优先发展的能源开辟了道路。目前，中国一次能源供应的 8%和电力供应的 16%来自可再生能源，该比例到 2020 年将分别提高到 15%和 21%。

- **风力发电**是中国发展最快的发电技术，仅 2006 年装机总量就翻了一番。由于风电价格仍然比煤电要稍贵一些，因此，政策鼓励竞争以降低成本，同时，出台强制性配额，为电力公司规定包括风电在内的可再生能源发电最小份额。目前国内本土风电设备制造商逾 50 家，同时还有一批外资发电企业。
- **太阳能发电**虽然在农村地区的应用和其他离网设备的应用在不断增加，但整体而言太阳能发电在中国尚未普及，并网光伏发电的巨大市场的培育仍需几年的时间，取决于价格的下降。中国目前已成为仅次于日本和德国的全球光伏生产大国，近年来吸引了巨大的投资，并且该领域的投资热度还将持续。
- 中国具有世界最大的**太阳能热水器市场**，占据了将近三分之二的全球安装量，全国 1 亿平方米的太阳能热水器系统保有量意味着超过 10%的中国家庭利用太阳能提供热水。目前，中国太阳能热水器制造企业开始将目光投往国际市场，远低于国际市场价

格的中国产品（是欧洲市场价格 1/7）的出口很有可能对全球市场带来冲击。

- 在中国，**生物质发电**原料大多是蔗渣和稻壳。最近几年，生物质发电装机容量变化不大。最近出台的新政策可能意味着生物质发电的原料将更多地来自于诸如农业和林业废弃物等资源。另外，工业化沼气应用，如畜禽粪便产生沼气等也逐步用于发电。
- 为交通提供燃料的**生物液体燃料**在中国已经得到广泛的关注。以玉米为原料的燃料乙醇产量有限，以餐饮业废油为原料的生物柴油的产量也很小。虽然大规模发展生物液体燃料的潜力有限，但政府正在计划扩大以木薯，甜高粱到油料作物种子为原料的生物液体燃料的生产规模，其中，最具发展前景的是纤维素制乙醇，有望于在今后 7 到 10 年内投入商业化生产。如果中国可以很好地利用其每年 5 亿吨的农林业废弃物生产纤维素乙醇的话，那么 2020 年后，中国将成为主要的燃料乙醇生产国之一。

很明显，到 2020 年，中国将达到甚至超过既定的可再生能源发展目标。在水电，风电，生物质发电和光伏发电的大力发展推动下，预计到 2020 年，可再生能源装机总量将达到 400GW，大概是 2006 年 135GW 的三倍。在目前的目标和政策推动下，到 2020 年，中国将有超过三分之一的家庭用上太阳能热水器，其它可再生能源如沼气、太阳能热发电的应用也将进一步增长。

中国实现这样的发展成绩将主要依赖于国内产业的发展，人才队伍的完善，技术成本的降低，以及国家政策的有力支持，适当的价格标准，可再生能源发电上网许可等。鉴于中国发展成为世界可再生能源制造大国的目标，以及对能源安全，电力短缺，空气污染以及气候变化等问题的高度关注，可再生能源在中国的发展前景是光明的。

本篇报告由世界观察研究所中国项目组织编写，得到了布莱蒙基金会的支持，中国项目旨在将世界观察研究所研究人员的观点与中国专家的观点联系起来，向尽可能多的读者提供准确的、可行的、及时的信息。对中国可持续发展的更多分析请详见网站“中国观察”  
[www.worldwatch.org/taxonomy/term/53](http://www.worldwatch.org/taxonomy/term/53).

## 中国的能源抉择

2006年福布斯世界亿万富翁排行榜上，出现了较之以前更多的华人的名字。更让人惊讶的是那些国家首富的名字，你或许认为中国首富应该是最近私有钢铁公司的CEO抑或是某个大型贸易公司或曾经在中国红极一时的网络公司的投资者。如果新近的亿万富翁来自能源产业，那么大家肯定会认为他应该来自国家能源支柱产业的煤炭界，然而，中国的比尔·盖茨的桂冠这次却垂青了施正荣---一位不知名的科学家，一家几年前才被人所知的小小太阳能公司的创始人兼首席执行官<sup>1\*</sup>。

财富的创造往往代表着经济指标的倒向，为今天经济的发展指引方向。在大规模应用汽车时代来临的时候，石油产业的大亨约翰·洛克菲勒成为了美国的首富；在大多数美国人拥有个人电脑的时候，比尔·盖茨成为了美国的首富。施正荣的公司---尚德太阳能电力有限公司---经历着类似的辉煌成长。该公司投产后仅几年的时间，就击败所有美国的竞争对手，成为世界四大太阳电池制造商之一<sup>2</sup>。尚德公司以2002年20名员工发展成了今天超过60亿美元<sup>3</sup>市值的大公司。

虽然实际上尚德公司几乎所有产品都是出口，但是它站在中国能源产业摆脱对煤炭依赖的高度，在世界上快速增涨的经济领域中，以可再生能源的强劲势头给全球经济带来了重大的象征性意义。可再生能源的应用正在全世界范围内经历着前所未有的增长---2006年投资超过500亿美元---中国在今后十年中仍将处于快速增长阶段。

很显然，中国要为13亿人口提供安全的，低成本的，对环境无破坏的，可持续能源。诚然，中国领导人经常这样形容，满足经济快速发展带来的能源需求是一个国家快速发展经济所面临的首要问题。2006年中国能源应用量已经在世界排名第二，在过去十年中增长了75%之多(见图1)<sup>5</sup>，这一快速增长反映出中国已经进入能源密集型发展阶段，同时进入了工业信息发展时代。中国不仅要满足本国人民对于如交通，制冷，供热等的要求，同时也要满足消耗大量能源的出口业的需求。在历史上，从来没有过这样一个快速发展的大国需求这么多的能源。

图1. 1990-2006年 中国一次能源消耗

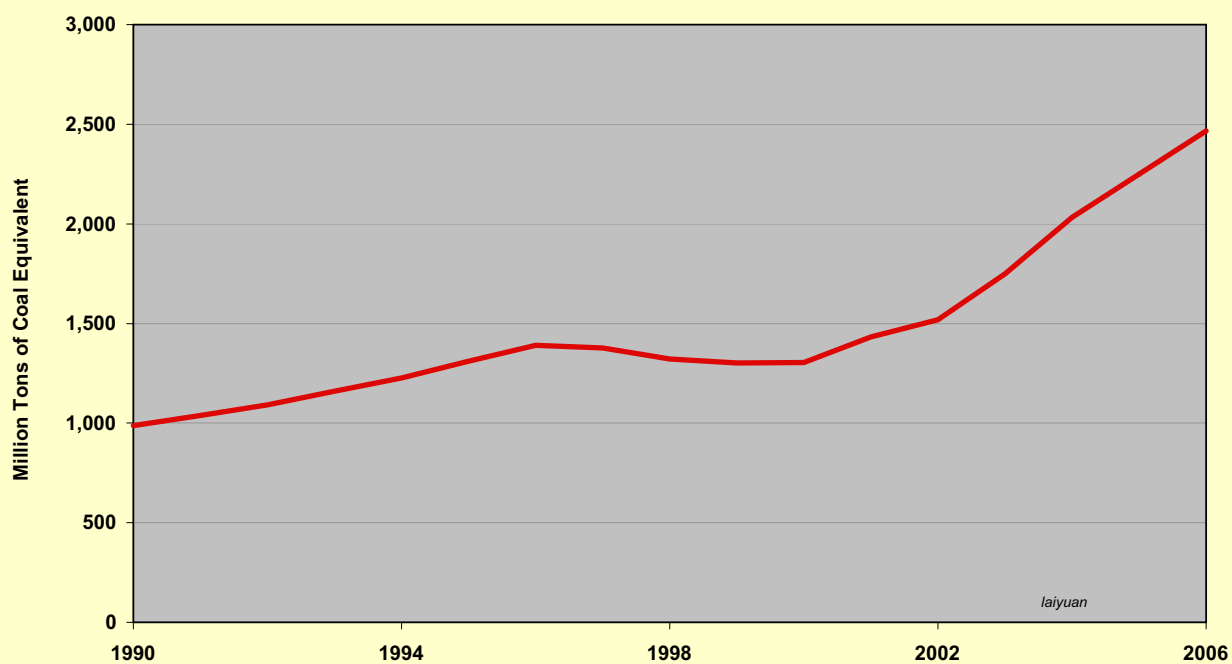


图2. 1991-2004年 中国经济能源强度

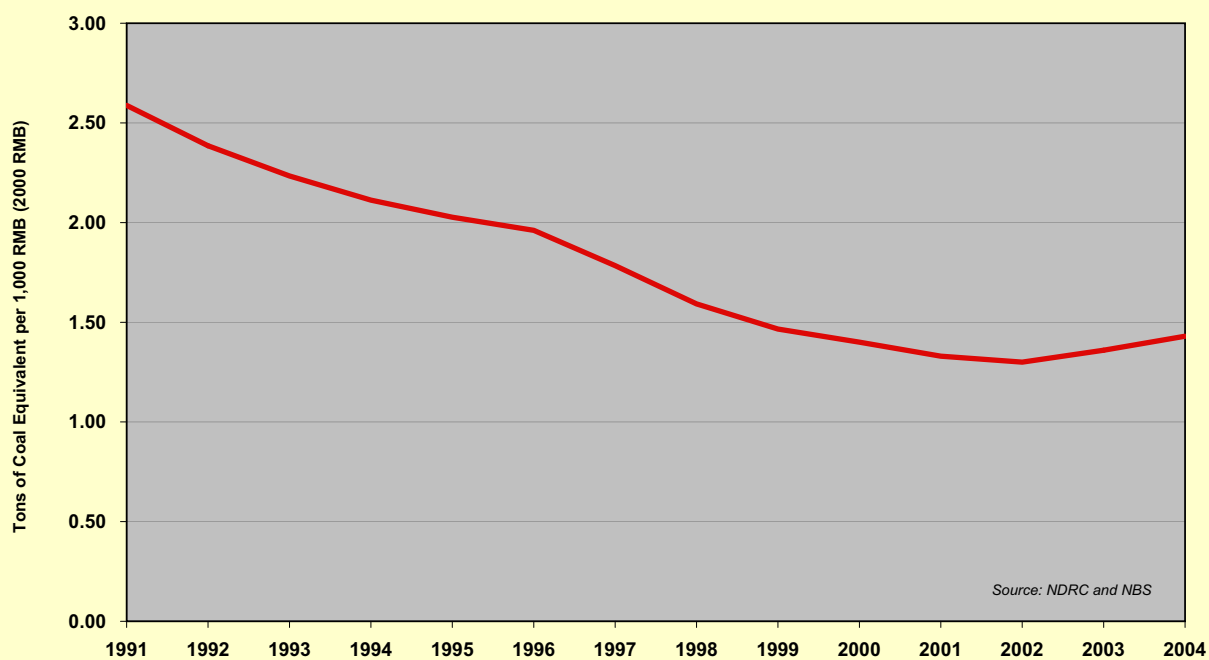
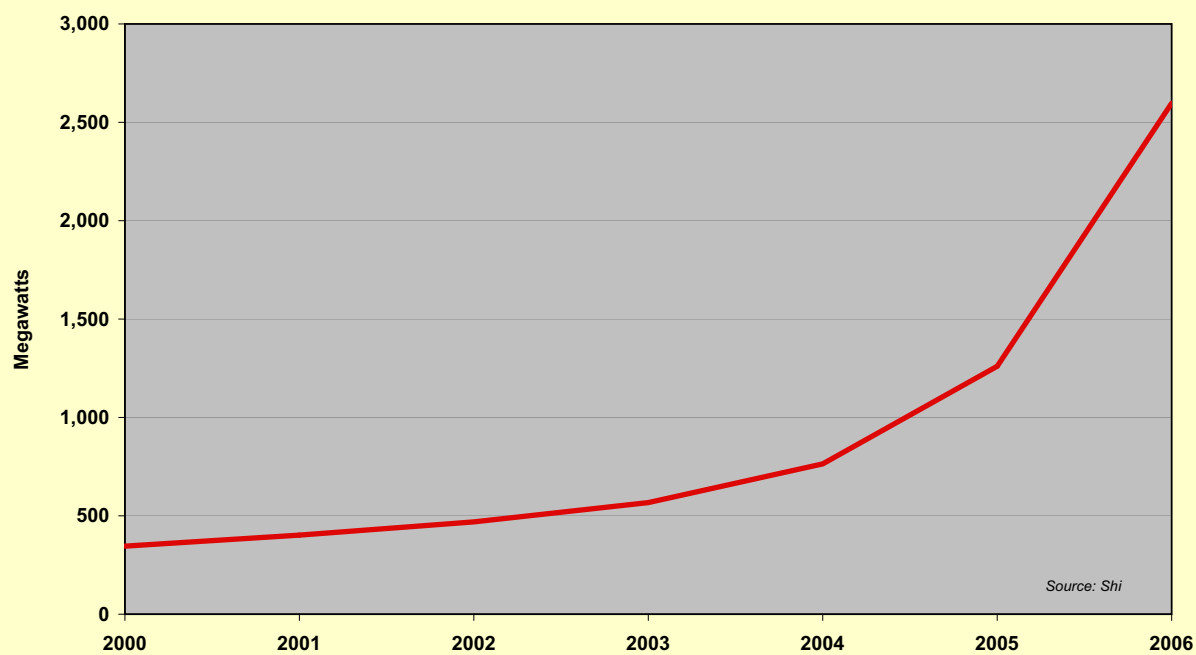




图 3 2000-2006 中国风电装机容量



尽管每年中国能源的需求量不断增长，但是比起那些工业国家来说，人均能源消耗量仍然是很低的。2006年，人均1.3吨的消耗远低于日本的4.2吨和美国的7.9吨<sup>6</sup>。然而，中国城市人均的用电量和能源消耗量是农村人均的三倍多，城市人口也在迅速增加，由1999年的3亿7千5百万增长到2006年的5亿4千万<sup>7</sup>。目前，这种巨大的城乡转变仍在继续，每年数百万的农村人口涌入城市，加剧了国家的能源消耗量。

中国75%的一次能源来自煤炭，美国和日本则不到25%<sup>8</sup>。煤炭在中国被安全广泛地应用在如工业用电和供热能源需求中，煤炭也是国家工业发展的主要动力，几十年的煤炭储备也为中国提供了安全可靠的能源，煤炭的价格也比其他能源低很多。

在过去五年中，快速发展的工业用电是促使中国煤炭大量消耗的主要因素。目前，单是煤炭就提供了国家80%的电力<sup>9</sup>。中国的电力需求量从2000年到2006年之间就翻了一倍，国家电力的发展也是惊人的<sup>10</sup>。从2003年开始，国家面临着电力短缺问题，在许多省份不得不经常实行电力管制，2005年，电力业增加660GW的装机总量，2006年为105GW，比法国总的装机量还要多<sup>11</sup>，没有一个国家像中国这样在一年中增加这么多的装机量。这就意味着每周要额外新增大约两个600MW的煤炭发电厂。为了投资建设电厂、传输线路和维护环境，以及支付新建电厂使用的价格不断上涨的煤炭，电价也在不断上涨<sup>12</sup>。

2006年，中国电力装机总量达到了620GW。美国为1100GW，欧洲是730GW<sup>13</sup>，煤炭是中国电力的支柱，同时，中国还有差不多130GW的水电<sup>14</sup>。到2009年，三峡水电站将全面运转，将装机总量增加18GW，同时每年生产850亿kWh的电力，来供应中国5000万城市家庭的用电<sup>15</sup>。其他几个水电站也正在建设中，其中包括长江上游6GW的向家坝水电站，向家坝水电站预计在2015年建成<sup>16</sup>，尽管中国计划大量建设电站，但是核电站只提供不到7GW的电力，在将来的几十年中，核电站将很难超过发电装机容量的5%<sup>17</sup>。

中国的大半能源来自煤炭，而对石油的需求也增长迅速，主要原因是汽车产业的发展。2000年，在中国买一辆私家车还是很困难的，部分原因是中国没有汽车贷款，私家车总量大约是1000万辆<sup>18</sup>。发展到2006年，大约400万辆客车售出的同时，2900万辆小轿车也行驶在中国的道路上<sup>19</sup>，在北京，据报道每天新增将近1000辆汽车，但是目前，中国每千人中也只有24辆车，而美国每千人中有800辆车<sup>20</sup>，到2010年，中国汽车数量预计超过5000万辆，到2020年，每年汽车的销售量预计将超过美国<sup>21</sup>。

因此，石油消耗在大幅增加。2006年，每天消耗740万桶石油，是1996年的两倍，仅次于美国<sup>22</sup>。有46%，大约一半的石油依靠进口，而2000年仅有31%靠进口<sup>23</sup>。由于

国内的石油储备量相对有限，中国石油生产增长缓慢，到 2020 年会逐渐下降<sup>24</sup>，由于世界石油储备量是有限的，中国如何满足快速增长的交通系统对于燃料的需求，成了对于世界石油市场和全球其他每一个国家有着深远影响的问题。

中国巨大的能源开发带来了前所未有的环境问题。其中许多问题是由于国家严重依赖煤炭导致的。一项评估显示，中国 5.6 亿城市人口中只有 1% 呼吸空气的标准符合欧洲空气质量的标准<sup>25</sup>。中国空气中包含着大量对人和农林作物有害的污染物，这其中包括，二氧化硫、臭氧和其他颗粒物等。在作为中国首都的北京，每立方米空气含 141 微型颗粒物，美国的最低安全标准是 50，欧洲是 40<sup>26</sup>。

另外，有毒金属如汞等在供水系统和农业用水中也大量存在。一项 2004 年的研究估计，污染导致中国 GDP 每年下降 3%，很多学者认为这是保守数字<sup>27</sup>。带给中国的市民更多的压力。据世界银行 2007 年未公布的研究显示，每年中国由于不良的空气质量导致 35 万到 40 万人过早死亡<sup>28</sup>。

一些研究报告表明，中国的空气污染正在成为地区性，乃至全球性的问题。酸雨和包含颗粒物的大量褐云，严重危害着亚洲人民的健康和生态环境，尤其是日本和韩国<sup>29</sup>，甚至危害到了北美，主要是来自中国的含有有毒汞的褐云，在洛杉矶，有一段时间，将近四分之一的空气颗粒来自中国<sup>30</sup>。

中国正在朝着对全球气候变化起主导作用的道路上发展，虽然人均排放二氧化碳量为美国的六分之一<sup>31</sup>，但是全国排放二氧化碳的总量不久将超过美国<sup>32</sup>。中国人均排放量大约是 3 吨，而日本是 10 吨，美国是 20 吨，中国二氧化碳排放量每年大约以 10% 的速度正在快速增长\*。2007 年 6 月，中国政府发布了一份报告，承认气候变化是对国家和全球的一项严重挑战<sup>33</sup>。报告指出，接下来的几年中，中国将出台一些政策意在降低二氧化碳的排放，并承诺将使用更多的可再生能源。

应对环境污染和二氧化碳排放问题，中国需要许多新增电厂安装控制排放的设备，其中包括脱硫和除尘设备。政府已经开始着手清理关闭成千上万的高效低的小型燃煤电厂，特别是在农村地区，支持建立大型的能效更高的平均为大约 60 万千瓦的电厂，研究人员正在努力寻求创建下一代新型清洁煤炭电站，如 IGCC 和超超临界电厂，以及大规模硫化床燃烧锅炉等，此类项目的示范工程由政府出资将于 2010 年动工，商业化运行将在其后十年实现<sup>34</sup>。

为支持经济的快速发展，减轻大量消耗能源的影响，中国正在推广广泛利用新能源的

理念，并且将提高能源转化率，和向可再生能源的过渡和应用等问题放在首位，像大多数国家一样，中国的工业化进程是伴随着能效的提高进行的，那些适应了新技术的国家，发展能源密度小的轻工业和服务业。中国的能源强度(1元国民收入所需能源需求)在1995年至2004年间下降了30%，(见图2)<sup>35</sup>，如果没有这种进步，中国能源消耗量将会比今天多至少30%，这一差距几乎相当于日本能源消耗总量<sup>36</sup>。

中国的领导人意识到提高能效具有战略性意义，国家的十一五计划目标是2006年至2010年间提高能效的20%，每年提高4%<sup>37</sup>，这需要通过一系列能源强度的降低和能效设备的改进。

一系列提高国家能效的政策包括：加强现有节能法规和标准的执行；加大综合资源计划和电力设备需求的管理；调节能源密集型和污染严重的工业范围；促进节能产品优先的政策，加强能源储备技术的发展和分流。如，政府已经规划热泵和风机的效率从2000年的75%-80%，提高到2010年的80%-87%<sup>38</sup>。同样的，燃煤锅炉的效率到2010年要从65%提高到70%-80%<sup>39</sup>。规划还号召相对2000年的标准，到2020年加强能源密集型关键材料的改进。如，炼制一吨钢材需要906公斤的煤应下降到700公斤；炼制一吨铝的9.9吨煤应下降到9.2吨；水泥从181 kgce下降到129 kgce。

这些措施一起构成了世界上最完善的能源节约政策体系之一，但是这些政策执行起来也非常困难。在中国，急速发展的经济导致私有企业和当地政府绕过那些可能会提高成本或者减慢建设速度的法规。2006年，中国总的能源效率提高仅为1.4%，虽然较之2003年的单位能耗已有所下降，但远低于4%的目标<sup>40</sup>，在2007年3月举行的全国人民代表大会上，政府官员认识到这一现实，并且决定加倍努力加大节能工作力度<sup>41</sup>。2007年上半年，单位GDP能耗的降低正在加速，比之去年同时期下降了2.8%，主要归因于工业效率的提高<sup>42</sup>。

## 可再生能源的前景

2004年6月，德国政府主办了第一次国际可再生能源峰会---2004 可再生能源大会---意在加强全球合作，促进可再生能源的发展<sup>1</sup>。在这些官方发言和社团展示中，一支庞大的参会团出现在前德国国会大厅的门前：中国高层官员从北京飞到这里宣布中国可再生能源的国家雄伟计划，其中包括，到2020年，可再生能源在能源供应中要占到15%的份额的目标<sup>2\*</sup>。几百名国际能源官员和专家挤进一个大的会议室倾听这一宣言，他们中的许多人都被中国的雄心所感动，但是却怀疑这一目标是否可以实现。

经过波恩会议三年的沉淀后，中国可再生能源政策机制进入高速运转中，可再生能源也在快速发展，呈现出一幅比以往更加多样的，更加快速变化的复杂的图画，超出了在2004年的设想，中国已经成为了全球可再生能源的领导者之一，而且完全胜任。2006年，中国投入到新的可再生能源装机容量（包括大型水电）的资金为80到90亿美元，2007年将超过100亿美元<sup>3</sup>。

目前，中国8%的一次能源和17%的电力来自可再生能源，其中大部分为水电<sup>4</sup>（见表1。）假如2020年，国内能源消耗翻番的话，那么政府关于15%份额的可再生能源目标就意味着可再生能源的绝对数量将超过三倍多。一些专家预计，这一目标将超额完成，并且在2020年后会持续增长。2006年10月四家可再生能源协会宣布，联合推动，世界可再生能源发展的预期目标，在2025年达到25%<sup>5</sup>。

表 1. 2006 年 可再生能源在电力和一次能源中所占的份额，并预测 2020 年所占份额

		2006 实际		2020 预计	
电力(TWh)	可再生能源	490	17%	1,300	29%
	总计	2,830		4,400	
一次能源 (mtce)	可再生能源	200	8%	680	15%
	总计	2,467		4,500	

来源：见注释 4

中国2020年15%的可再生能源目标，并不低于欧洲2010年可再生能源12%和2020年20%的目标<sup>6</sup>。中国还就个别的可再生能源技术制定了综合目标，如风电，太阳能发电，

太阳能热水器，还有生物液体燃料<sup>7</sup>。（见表 2。）如果所有可再生能源的目标都实现的话，那么到 2020 年，中国可再生能源的装机总量应该达到 360GW，超过预期的 1000-1200GW 的总量<sup>8</sup>。政府的目的是发展世界级的可再生能源产业，这一产业是技术发展的前沿<sup>9</sup>。

表 2. 2010 年和 2020 年中国可再生能源技术目标

	2006 实际	2010	2020
水电总量 (GW)	130	180	300
小水电 (GW)	47	60	85
风电(GW)	2.6	5	30
生物质发电 (GW)	2.0	5.5	30
并网光伏发电 (GW)	0.08	0.3	2
太阳能热水器(百万平方米)	100	150	300
燃料乙醇 (百万吨)	1	2	10
生物柴油(百万吨)	0.05	0.2	2
Biomass pellets (百万吨)	~ 0	1	50
生物质汽油和汽化 (10 亿立方米/年)	8	19	44

来源：见注释 7

为了达到这些目标，国务院和全国人民代表大会于 2005 年 2 月通过了一项综合性法律——《中华人民共和国可再生能源法》，意在发展和促进可再生能源<sup>10</sup>。可再生能源法提供了基本的原则，紧接着又由相关政府部门出台了一些细则。这项法律包括五项基本目标：**(1)**加强可再生能源在中国国家能源战略中的重要性；**(2)**消除贸易壁垒；**(3)**建立可再生能源市场；**(4)**建立资金保障系统；**(5)**达成共识，提高技术和增进理解。

可再生能源法的核心是，建立一个职责的框架，需要政府确立可再生能源的发展目标，战略计划和资金保障措施。这项法律还建立了在指定的消费群体中分配可再生能源的额外成本，创造经济激励和处罚政策，以激励公司朝着计划和目标发展。另外，它为太阳能热水器进入新的建设时代提供了长期的发展计划，政府研发，资源勘查，技术标准等。

这一划时代的法律是以几十年来对于可再生能源发展的规划为基础的。在上世纪 80 年代，国务院就发布了“促进农村地区能源发展的建议”，这些建议促使了可再生能源成为农村能源发展的一部分。1994 年，电力部发布了《关于印发风力发电场并网运行管理规定（试行）的通知》，促进了可再生能源技术的日趋成熟。接下来的 1999 年，出台了《关于进一步支持可再生能源发展有关问题的通知》，加快了消除可再生能源壁垒的步伐。这些政策也为可再生能源提供了资金上的支持，包括税收，优惠价格和信贷担保等。

新的可再生能源法于 2006 年初生效。其中一项关键的规定是要求电网企业购买可再生能源发电——这一职责在以前是没有的。这一法律还规定，国家成本分摊机制中，电力用户必须分摊额外（增加的）可再生能源发电成本<sup>11</sup>，法律为生物质规定了固定上网电价（经常被称为固定电价）的价格机制。对于生物质，法律规定每千瓦时给予在当地燃煤脱硫标杆电价的基础上增加 0.25 元人民币（3.2 美分）的固定电价，这一定价制度的结果是生物质发电固定电价在每千瓦时 0.55 至 0.60 元（约合 7 美分），足够吸引私人企业的投资。对于风电，相同的规定详细说明了类似于固定电价的“政府指导价格”，这一指导电价受到风电特许权招标电价的影响。（见第 18 页的图框 1。）

自 2003 年起，风电特许权项目成为一项促进风电发展的重要机制。按照风电特许权项目，政府于当年设定本次参与特许权招标的项目，由符合条件的公司竞标，政府根据一系列的标准对竞标者进行评选，胜出者将获得特定项目的开发权。这一政策还规定，电网公司需承担自电厂到电网之间输电线路的建设费用，这是为风电开发商降低发电成本的重要措施之一。除了国家风电特许权之外，一些省也主动实施了类似的竞标机制，预计会有更多的省份采取类似措施。甘肃省是首次实施风电竞标制度的省份，2006 年该省为一个 150MW 的风电场招标<sup>12</sup>。

可再生能源法还规定了为大型电力企业分配的可再生能源“强制配额制度”。这就意味着，这些公司中的每一个都必须生产或者购买一定比例的可再生能源电力。2007 年 9 月，确切的配额指标在《中国可再生能源中长期发展规划》中予以公布<sup>13</sup>。根据规划，到 2010 年和 2020 年，大电网覆盖地区非水电可再生能源发电在电网总发电量中的比例分别达到 1% 和 3% 以上；权益发电装机总容量超过 500 万千瓦的投资者，所拥有的非水电可再生能源发电权益装机总容量应分别达到其权益发电装机总容量的 3% 和 8% 以上。。

中国政府还制订了可再生能源电力技术的增值税和所得税减免制度，小水电增值税税率从正常的 17% 降到 6%，风电降到 8.5%，生物质发电降到 13%<sup>14</sup>。风电和生物质发电项

目的所得税税率都由 **33%**降到了 **15%**。对于列为高科技产品风机零部件，机组及整机的进口可以享受进口税优惠或减免。其它电力设备也可能享受类似的待遇，但是关税要视个别情况而定。另外，由财政部成立的可再生能源发展专项基金可以为可再生能源发电提供投资补贴，但基金数额尚待确定<sup>15</sup>。

直接用于可再生能源研发的资金是通过科技部，国家发展和改革委员会以及地方政府管理的。第十个五年计划用在可再生能源研发上的资金是 **10 亿人民币**，相当于每年 **2500 万美元**<sup>16</sup>。另外，可再生能源法也规定了财政部管理的可再生能源专项基金应为可再生能源研发提供资金支持。基金将为可再生能源的技术管理，培训，设备检测认证及其它技术性职能提供资金支持。

中国承担的不断加强的可再生能源发展义务已经受到普遍关注。到 **2006 年底**，中国每年用于可再生能源的总投资在全球排在第二位，仅次于德国<sup>17</sup>。美国位居第三，大概是 **50 亿美元**，西班牙和日本分别列第四和第五位。中国企业安装的太阳能热水器总量超过了世界其它地区公司安装量的总和。**2007 年**，中国政府出台了在全国范围内的新建筑中强制安装太阳能热水器规定<sup>18</sup>。

由于水电的发展规模较大，使得中国的可再生能源装机总量在世界上处于领先地位。到 **2006 年**，中国大约有可再生能源装机总量 **135GW**（包括大型水电），提供了全国电力供应的 **17%**<sup>19</sup>。到 **2006 年**，装机容量小于 **50MW** 的小水电，已达到 **47GW**，大约是 **2000 年 25GW** 的两倍。每年吸引大约 **40 亿美元** 投资到各种公私营公司经营的几百个小水电项目的开发<sup>20</sup>。从历史上看，大多数小水电最初都并入中国西部县级电网，并逐渐被合并到省级和国家级电网中。

在政府的支持下，中国在沼气开发和生产方面也是名列前茅的，在农村地区的发展已经比较成熟<sup>21</sup>，**2006 年**，中国生物质发电装机容量达到 **2GW**<sup>22</sup>。同时，政府还不断为生物质液体交通燃料，以及改良的农村户用沼气和小型工业沼气应用技术提供支持。

中国其他比较先进的可再生能源技术包括快速发展的风电产业，有相当技术含量的国产风机所占份额持续增长。过去的两年，每年风电的装机量都要翻倍<sup>23</sup>。到 **2006 年底**，总装机容量达到了 **2.6GW**<sup>24</sup>。同年，中国快速增长的太阳电池制造业也名列世界第三，仅次于日本和德国，大部分产品出口欧洲和美国<sup>25</sup>。

就在几年中，可再生能源成为中国政府优先发展的领域，成为民营企业有利的投资机会。中国正在以每年 **20%** 的增长率进一步加强其世界领先的地位<sup>26</sup>。中国第一大优势就是



其可再生能源市场超过其它任何一个国家的两倍，创造了独特的、大型的有利市场。

另外，中国广阔多样的地理环境提供了丰富的可再生能源资源，风能，太阳能和其他可再生能源技术的发展在今后几十年中都不会受到资源的限制。中国也具有成为世界最大的各类工业产品和消费品生产基地的优势，由此带来的生产能力和技术水平必然会促进可再生能源生产成本的降低，使之有能力与化石燃料相竞争。

## 风电

风力发电是中国发展最快的发电技术，仅 2006 年一年新增装机容量就增长一倍<sup>1</sup>（见图 3）。2006 年共安装 1450 台风机，新增总装机容量达到 1.3GW，这仅仅是全球 15GW 新增装机容量中的一小部分，中国风电装机容量增长还次于德国、美国、西班牙和印度，仅居世界第五位，但其发展速度已经居世界第二位<sup>2</sup>。

2007 年中国新增风电装机容量将超过 2GW<sup>3</sup>。2007 年年初，风电开发商订购的风机总量超过 8GW，约 200 个项目开发公司正在积极筹备风电厂的建设和运营<sup>4</sup>。目前风电发展趋势表明 2010 年全国风电装机容量 5 GW 的发展目标有可能超额完成，达到 19-12 GW。

中国大多数风电项目是通过国内银行贷款和权益投资的方式筹措资金，极少有外资参与<sup>5</sup>。目前中国风电发展有两条途径，他们之间既相对独立又彼此关联<sup>6</sup>（见案例 1）。其中，第一种是政府组织的风电特许权项目。通过招标的方式最终确定项目开发商，中标者既可以是国有企业也可以是民营企业。第二种是私人开发风电场。通过具体项目具体协商，地方价格部门逐案定价的方式进行开发。根据 2005 年颁布的《中华人民共和国可再生能源法》及相关规定，第二种风电场开发模式中的价格将参照特许权项目的中标电价。

### 案例 1. 风电特许权以及私人融资

中国政府实施的风电特许权政策始于 2003 年。2003 年和 2004 年共有六个特许权项目在两轮招标中中标，总装机容量达到 850MW。2005 年第三期特许权项目共有 3 个项目，总装机容量为 650MW，2006 年第四期特许权项目共有 3 个项目，总装机容量达 1000MW。如果 2003-2006 年期间通过四轮招标确定的风电特许权项目全部投产，总装机容量将达到 2500MW。

2005 年特许权招标项目核准的电价范围是 0.46 元/KWh-0.49 元/KWh（5.8 美分/KWh-6 美分/KWh）；2006 年核准的电价范围是 0.48 元/KWh-0.50 元/KWh（5.8 美分/KWh-6 美分/KWh）。许多人质疑这一价格水平，他们认为如果是这样的价格这些项目是不可能盈利的，要么是开发商赔本经营（阻碍工业持续增长），要么项目无法建设。实际上，项目建设开始时间远远落后于项目中标时间。2006 年几乎没有任何一个特许权中标项目开始投产运营，第一个特许权中标项目有望在 2007 年投产。

由于特许权项目低电价中标存在一定的负面影响，2006 年国家对风电特许权项目的评标标准

进行了调整，价格所占比重由原来的 40% 降至 25%，更多的考虑了非价格因素（2003 和 2004 年价格权重为 100%）。到目前为止，绝大多数特许权项目的中标者都是中国开发商，外资企业只能参与个别的由政府指导定价的项目。一些国外私营开发者在接受采访时表示：他们并不希望赢得特许权招标项目，因为过低的电价使得这些项目根本无法运行。

2005 年《中华人民共和国可再生能源法》颁布，很多人希望在接下来的实施细则对风电实行固定电价做出规定。然而，基于特许权招标电价的政府指导价格的出台使得许多业内人士颇为惊奇。虽然对风电不能实行固定电价没有任何官方解释，但大多数人认为新的风电电价政策的出台表明中国政府力图促进国内风电产业的发展，他们认为固定电价将阻碍国内风电产业的发展。根据欧洲和其他地区通过固定电价促进风电产业发展的经验，中国政府的这一观点遭到很多人的质疑。一些观察家期望随着中国风电产业的发展，固定电价将被纳入到中国的风电政策。

同时，私营开发者也正依照具体项目具体协商、审批，参照特许权招标电价确定的政府指导价格的原则进行风电厂的开发和建设。在中国的风电领域处于领军地位的企业包括五大发电公司中的三家。这些开发商与中国的银行建立了广泛的联系，他们在筹资时，通常 80% 来自银行贷款，20% 是股权融资。目前国内的贷款利率约为 6%-7%，尚未出现资金短缺的现象。目前还很少有私募股权或国外股权融资，也很少有国外机构信贷。

中国有 17 个风电项目注册已成为联合国气候变化框架公约下的清洁发展机制（CDM）项目。安源易如国际科技发展有限公司估计碳信用额可使这些项目的电价增加 0.06 元（0.8 美分）。安元易如称未来外国投资者将在大型、技术难度较大的项目中或在鼓励外商投资的地区，如西部各省，获得更大收益。

来源见本部分尾注 6

中国风资源主要集中在西北各省以及内蒙古的荒漠、平原地区，西南以及东北的山区与沿海地区<sup>7</sup>。目前为止，风力发电发展较好的省和地区包括广东、河北、内蒙古、吉林、辽宁和新疆。其他具有较大发展潜力的省份包括甘肃、宁夏、黑龙江、以及山东、江苏、浙江、福建、海南的沿海以及近海区域<sup>8</sup>。在直辖市中上海的风电发展名列前茅，部分原因是上海意欲成为中国风机生产制造中心。风资源在未来几十年不会成为中国风电发展的制约因素。

中国气象科学院预计我国陆地风电资源装机容量可达 250GW，近海风电资源装机容量可达 750GW<sup>9</sup>。但上述数据是对 10 米高程风资源情况的统计结果，实际上，目前风机设备

的轮毂高度明显高出许多，其轮毂高度已超过 30m。离地面越远，风速（风能）越大，因此，轮毂的高度越高产生的能量就越大。来自联合国环境计划署最新研究表明，当轮毂高度达到 50m 时，中国风电装机可以达到 3000GW<sup>10</sup>。

到 2007 年为止，中国已有 4 家国产风机制造企业，6 家国外风机生产企业在中国设立了分支机构，还有 40 多家企业计划涉足风机制造业<sup>11</sup>。这些企业设计和生产的风机规模都在 600KW-2MW 之间。从总体上讲，中国企业的技术发展水平尚不及外国，部分原因是国外企业不愿意转让其先进的技术，中国正在努力赶超外国的先进技术，同时培养本国的工程师和技术人员。风机制造业在中国的高速发展主要归功于风电特许权项目中对风机国产化的规定，所谓国产化即 70% 的风机部件由国内制造商生产。

作为中国的第一大风机制造商，金风科技正在积极研发新技术和开拓新市场。2006 年金风占有中国市场年销售总额的 33%<sup>12</sup>（见案例 2），但金风在技术和市场方面仍然落后于欧洲的风机制造商。

#### 案例 2. 国产风机的领头羊——金风科技

自 1997 年建立以来，作为中国首屈一指的风机制造企业——金风科技在中国风电产业的发展中就扮演着重要角色。到 2006 年底公司累计销售风机 1500 台，总装机容量达到 1100MW，同时金风科技占中国风电装机份额明显增加，从 2002 年的 5% 增长到 2006 年的 26%。

与欧洲同类企业相比，金风科技充分利用国内风电市场蓬勃发展的时机，同时占据了本土化市场所带来的价格和服务优势，但是在技术和规模两方面仍然落后于欧洲同类企业。金风出售的风机机型多是 750KW，而欧洲多数风机制造商生产的风机均在 2MW 以上。此外，金风生产的风机采用的是传统的“定桨定速”的控制系统，而目前市场上已经出现了更为复杂的“变桨变速”的控制系统。金风努力在技术方面进行创新，包括聘请外国设计公司进行设计。2005-2006 年间金风研发了第一台 1.2MW 的风机，目前正在研发 2.5MW 和 3MW 的风机。

金风的技术被视为是一种重要的国家财富，2006 年金风首次在国外证券市场公开募股即是一个例证。虽然金风的很多投资者看好海外市场的首次募股，但中国政府则持反对意见，因为这可能导致金风被外国企业控股，对在中国风电行业占有重要战略地位的企业来讲，这种状况很难被接受。

2007 年金风宣布将在国内上市。

来源：见本节尾注 12

另外三家国内风机制造企业是华锐风电，浙江运达，东方汽轮机厂，2006年他们占据的市场份额较小，分别为6%，1.5%和0.8%<sup>13</sup>。其他企业都还处于起步和试生产阶段，湖南湘电电力技术公司自2005年在辽宁试运行了一台1.3MW的风机以来，风机生产规模进一步扩大。湖南湘电是政府重点扶持的两家致力于推广风机技术的国有电力设备生产企业之一<sup>14</sup>。其他涉足风电领域的企业还包括哈尔滨电力设备有限公司，主要的电力设备供应商，哈尔滨哈飞威达风电设备公司，保定惠德风电工程有限公司以及沈阳大学风电研究所。哈尔滨电力设备有限公司称其风机是自主研发，是中国首台具有自主知识产权的风机<sup>15</sup>。

一些外国风机企业也进入中国，其中包括丹麦的Vestas(2006年占据24%的市场份额)，西班牙的Gamesa(17%)，美国GE(13%)，德国Nordex(2%)，印度Suzlon(1%)。这些企业为中国风电市场带来了新的竞争，包括技术、资金、以及生产规模。近些年来它们大多在中国投资数千万美元建立全资子公司，而西班牙Acciona却是中国风电市场中的特殊成员，它是与中国企业对半出资建设的风机生产企业<sup>16</sup>。

在中国风电市场的开发者中，龙源公司处于领先地位，其开发量占现有装机容量的40%<sup>17</sup>。其次是华能——中国五大发电企业之一。其他主要项目开发商还包括：大唐、国华、华电以及中华电力公司。一些国外开发商也在中国风电开发中占有一席之地。

中国风机产业面临的一个重大问题是缺乏风电场运行经验、风机测试与改型设计能力。这一过程要持续若干年，而美国和欧洲的风机制造业在这方面则远远走在了前面。因此，风机的质量以及技术性能方面的不确定性将一直困扰中国风机制造商，除非能够成功引进国外技术。

与欧美等国相比，国产风机制造业成本较低。国内企业生产的风机以及外资企业在中国生产的风机都比进口风机更具成本优势。2006年、2007年大多数风机制造商因组件进口税较低倾向于进口风机组件，如果进口未组装的整机将征收17%的进口税，而进口局部组件则征收8%的进口税，进口单一零件则征收3%的进口税<sup>18</sup>。因此，国外风机制造商通过在中国建立合资公司和全资子公司生产风机，获得利润。与国外企业在中国建立的全资子公司相比，合资公司的模式可以将更多实用的技术和知识带给中国企业。中国企业正在努力获取专业知识，特别是空气动力学、叶片设计、风机材料以及控制系统的相关知识，同时与外国设计企业而不是外国制造商签订设计、服务合同。

## 太阳能

中国的太阳能资源十分丰富<sup>1</sup>。事实上，世界上大多数国家拥有的太阳能资源优于德国和日本这两个世界太阳能应用的领跑者。与这些国家相比，中国太阳能应用仍处于起步阶段。2006年中国太阳能光伏的总安装量为80MW，而全球太阳能光伏的总安装量则高达5000MW<sup>2</sup>。中国太阳能光伏一半应用于农村地区离网型太阳能光伏系统，且每年以5到10兆瓦的速度增长<sup>3</sup>（见案例3），其余一半用于交通、工业和消费品领域。并网型太阳能光伏在中国的应用微乎其微，到目前为止仅有几兆瓦<sup>4</sup>。农村地区太阳能路灯是太阳能光伏的另一项应用，拥有巨大的发展前景。2006年北京在其周边农村地区安装了5兆瓦太阳能路灯<sup>5</sup>。总起来看，2006年中国国内太阳能光伏市场容量增加了10兆瓦<sup>6</sup>。

### 案例 3. 中国农村电气化——可再生能源

近几年随着农村电气化活动的深入，中国农村无电用户数量逐年减少。到2006年中国15亿人口中约有400万无电用户。户用太阳能光伏系统，户用沼气池（见案例4，X页）以及太阳能热水器等可再生能源技术在解决农村地区用电、供暖以及照明等方面起到至关重要的作用。截止到2006年，中国有将近100万套“太阳能户用系统”用于农村地区的家庭中。而这些太阳能户用系统主要通过私人零售商以及安装人员形成的营销网络进行销售，其中包括太阳能集热板，蓄电池和电灯。一套标准的20瓦户用系统售价大约在850到1000元人民币不等，相当于100到125美元。

其他的为农户供电的可再生能源系统还包括小型风车和小水电（小于100千瓦）。一个小水电站可为近50万农户供电。户用风电系统可为20万农户供电，主要用于内蒙古、新疆、甘肃和青海等地区。近年来，中国政府鼓励发展新的“农村电源”系统，即太阳能光伏、小水电、风电以及蓄电池联合供电。

中央政府以及地方政府启动了一批工程并投入大量资金用于支持农村地区可再生能源的发展，例如，对偏远地区的小型光伏系统和风电系统实行补贴，以及发展农村小水电和户用沼气等。2001年至2004年，国家实施的“光明工程”，在内蒙古、甘肃、西藏和青海启动了一批试点项目，安装了30000套户用太阳能光伏系统，40个村落太阳能光伏电站。紧随其后的“送电到乡”使得

30 万农户（130 万人）在短短两年的时间（2003-2004）用上了可再生能源电力。这一项目使得 270 个乡的 90 万人受益于小水电，720 个乡的 35 万人口受益于光伏系统及风-光瓦补村落电站系统（以 30-150 千瓦为主）。

2006 年，中国政府启动“送电到村”项目，计划到 2015 年解决无电用户用电问题，进一步实现农村电气化。然而，目前看来国家发展的重点正由分布式可再生能源转向将电网延伸到农村无电地区。

来源：本节注脚 3

2006 年德国安装了 750MW 大规模并网型太阳能光伏系统，随着太阳能光伏成本的下降以及常规电源成本的上升，2011 年-2012 年中国将形成大规模并网型太阳能光伏系统市场<sup>7</sup>。目前，太阳能发电成本居高不下，需要政府提供大量补贴；然而，面对高额补贴，中国政府的态度还不是特别明确。在世界范围内，太阳能光伏发展迅速的国家的驱动力大多源于传统电源价格过高（如日本）、政府提供高额补贴（如美国）或者小型太阳能光伏制造商享有优惠的上网电价（如欧洲）。

中国在并网光伏系统，太阳能光伏建筑一体化等领域具有巨大的发展潜力。2005 年，上海市政府宣布“百万屋顶”计划，启动了中国太阳能光伏在民用和商业建筑领域大规模应用的脚步（该计划的实施推迟到 2007 年底）<sup>8</sup>；江苏省政府制定了一万屋顶计划，并着手与地方电力企业商讨电价等优惠政策<sup>9</sup>；深圳在园博园内建成了 1 兆瓦并网太阳能光伏电站<sup>10</sup>。类似的正在建设的展览性建筑以及示范项目还包括北京 2008 奥运会以及上海 2010 世界博览会<sup>11</sup>。北京将安装 500 千瓦的太阳能光伏电站，并在奥林匹克体育中心各个入口安装小型的太阳能电池板。其他几个小型的太阳能光伏建筑一体化结合的示范项目也于 2006 年和 2007 年陆续启动。

中国陆续上市的太阳能光伏企业吸引了全球数十亿美元的资金，全球更加关注中国太阳能光伏产业的发展<sup>12</sup>。截止 2006 年，员工规模超过 20000 人的太阳能电池制造企业超过 15 家，2007 年几乎每个月都会有新的光伏企业投入市场<sup>13</sup>，中国太阳能电池的生产量已由 2005 年的 350MW 增加到 2006 年的 1000MW，更为重要的是，几乎每个太阳能光伏企业都宣布要进一步扩大产量，有些企业计划在未来几年里，使得自身的太阳能光伏生产能力增加两到三倍<sup>14</sup>（见表 3）。由此预计，2007 年太阳能光伏企业的生产能力将达到 1500MW<sup>15</sup>。

由于国内光伏企业的生产量远远高于需求量，因此，大部分产品用于出口。有人认为这种市场在外的状况必将制约行业的发展，但是也有人认为中国光伏产业可以在完全依赖出口的情况下实现持续不断的发展。

表 3. 2007 年-2010 中国光伏产量增长预测

公司	2006 年生产能力	2007-2010 年 计划增加的产量
	(兆瓦)	
无锡尚德	270	500
中电电气（南京）光伏有限公司	190	600
江苏林洋	100	500
宁波	100	100
保定天威英利	90	600
天合光能有限公司	75	500
Solarfun	60	240
BP 佳阳	50	100
总计（包括其他企业）	> 1,000	> 3,000

来源：本章注脚 14

中国太阳能光伏企业在其投资和扩张计划中表现得雄心勃勃。2005 年，无锡尚德太阳能电力有限公司开始运行 150 兆瓦的光伏产品，到 2006 年已开始运行 270MW 的光伏产品<sup>16</sup>。无锡尚德太阳能电力有限公司是在六年前成立的，目前已经发展成为中国太阳能电池、组件和系统的主要制造商，并已成为国际市场与日本和欧洲制造商实力相当的竞争者。中电电气（南京）光伏有限公司，计划到 2008 年生产能力达到 600MW，2010 年生产能力达到 1500MW<sup>17</sup>。保定天威英利计划到 2008 年生产量达到 600MW<sup>18</sup>。



#### 案例 4. 无锡尚德太阳能电力有限公司----国际公认的太阳能光伏制造商

无锡尚德太阳能电力有限公司 2002 年 9 月完成了第一条多晶硅太阳能电池生产线的安装。公司成立前一年获得了无锡市政府的赠款 600 万美元，最初的生产规模十分有限，仅为 10MW。自成立以来，无锡尚德太阳能电力有限公司呈现出突飞猛进的发展态势，一跃成为世界上第四大太阳能电池制造商，2006 年生产量达到 270MW，预计 2007 年将达到 470MW。目前，公司主要竞争对手有日本的夏普和京瓷，德国的 Q-cells。尚德电力将目光投向 2010，计划实现 1000MW 的生产量，届时将成为世界三大太阳能生产商之一。

尚德电力高度重视技术创新，使其在中国太阳能光伏行业的激烈竞争中立于不败之地。公司创始人兼总裁施正荣先生曾留学澳洲，并获得太阳能薄膜电池专业博士学位。之后，继续留在澳洲，从事太阳能光伏的研究，最终将多项专利发明，以及创新对行业发展的重要性的理念带回中国。公司将年收益的 5% 用于产品研发，目前已经建立了世界级的研发中心，聘请了 20 多名行业内资深的专家。

2006 年，尚德电力在上海附近建立了第二个研发中心，吸引了更多人才的加入。该研发中心致力于薄膜光伏电池的研究——一项有助于减少未来光伏发电成本的前沿技术。上海研发中心同时还包括一个薄膜电池制造中心，该制造中心将于 2008 年投入使用，到 2009 年可达到 50MW 的生产能力。

无锡尚德太阳能电力有限公司于 2005 年 12 月首次公开上市，成为第一个在纽约股票交易市场成功上市的中国民营企业。尚德电力的上市，使得公司资本剧增到 60 亿美元，施正荣的个人财产也上升到 22 亿美元。2006 年，尚德电力与美国的硅片供应商——EMEC 公司签订了价值 60 亿的合同，从而确保未来十年硅材料的供应。同时，还与其他几件供应商签订了长期硅材料供应合同。

值得注意的是，2006 年价值 6 亿美元的光伏产品机会未在中国市场上出现。国内太阳能发电成本一直居高不下，缺少类似于欧美等国实施的政府补贴以及固定电价政策。尚德电力公司生产的大多数产品出口到西班牙和德国。在德国，私人用户和企业安装在屋顶太阳能电池板可以获得每千瓦时 37-49 欧分（48-65 美分）的补助，除用于购买和安装电池板的成本，还可以略有盈利。

来源：本节注脚 16

2008年至2010年期间，无锡尚德电力，中电电气（南京）光伏有限公司和天威英利三家企业的投资总额将超过1000亿人民币(13亿美元)<sup>19</sup>。其他介入到太阳能光伏领域的还有江西赛维LDK太阳能高科技公司，目前已经安装100MW的光伏组件，并计划到2010年安装量扩大到1000MW<sup>20</sup>。根据这些公司的发展目标，一些业内人士预测中国太阳能光伏的生产能力将由2006年的1000MW增加到2010年的4000MW<sup>21</sup>。

中国太阳能光伏产业发展的瓶颈之一是多晶硅材料的供应。自2004年起，世界太阳能光伏产业就已经多次讨论过硅短缺问题，估计这种短缺的情况将至少持续到2008年。最初，中国国内几乎没有用于太阳能光伏产品的硅材料供应商，为适应太阳能光伏产业的快速发展，新的太阳能硅材料逐渐出现，2006年用于太阳能光伏的硅材料产量达到340吨，然而国内的需求量则达到了3000吨，其间的差额主要依赖进口<sup>22</sup>。不过，目前国内超过4000吨的硅材料的生产能力正在筹建中，预计将于2007年/2008年陆续投产<sup>23</sup>。

中国太阳能光伏制造业有能力与国外光伏制造商竞争，其中，中国的廉价劳动力将起到一定的作用，一些生产设备成本可由廉价劳动力成本补偿，可以降低设备总成本。相对于全球的需求，太阳能光伏供应量短缺是光伏价格居高不下的主要原因，随着供应量增加和技术进步，价格将不断下降，预计到2010年每瓦光伏系统的价格将由目前的3.5美元下降到2.5美元，届时，中国光伏产业的竞争力将进一步得到验证。

中国公司可以自由购买国外太阳能光伏制造设备，同时也可以自主研发。但是，目前中国企业致力于扩大生产规模，对技术创新的重视程度还不够，中国在引进欧美先进制造技术，尤其是原材料制备技术方面还存在诸多障碍。对于中国光伏企业而言，资本和管理经验（包括质量控制和市场营销）变得极为重要。

如果未来技术发生改变，新技术的商业化应用以及低价格带来的微薄利润，将使中国企业面临更大的技术创新的压力，上述局面将得到改变。根据目前全球太阳能产业发展的速度，除非全球太阳能光伏需求量大幅下降，否则，技术创新方面的竞争压力在未来几年将日益突出。

## 太阳能热水器

相对在太阳能发电方面的能力和经验，中国在太阳能热利用方面已经成处于全球领先的地位。中国是世界上最大的太阳能热水器市场，占全球太阳能热水器安装量的三分之二（其中不包括泳池供热）。中国太阳能热水器市场发展迅速，安装面积由 2000 年的 3500 万平方米增加到 2006 年底的 1 亿平方米<sup>1</sup>，仅 2006 年就增加了 2000 万平方米、总计 400 万个太阳能热利用系统<sup>2</sup>，意味着中国 10% 的家庭开始使用太阳能供热水。国际能源机构调查报告显示，2005 年中国因由于使用太阳能热利用系统减少的二氧化碳排放近 1400 万吨<sup>3</sup>。

历史上来看，中国农村地区缺少集中和区域供暖系统，因此太阳能热水器的需求主要来自农村地区。例如，太阳能热水系统可以让广大农户在家洗上舒舒服服的热洗澡，而不用再跑去寒冷的小河或公共澡堂，极大地改善了农村居民的生活条件<sup>4</sup>。除农村地区外，城市地区对太阳能热水器的需求也极大推动了该行业的发展。在城市，人们将太阳能热水器应用在现有或新建建筑上，其中包括高层公寓。

如今，太阳能热水系统遍布中国的各个角落，主要用于家庭、公寓、办公楼、学校和酒店，尤其是在南方的一些省份。在许多南方城市，以及像日照这样的部分北方城市，可以看太阳能热水器如同森林般覆盖在整个社区的屋顶上，成为一道景观<sup>5</sup>（见案例 5）。2005 年，国内太阳能热利用市场的三分之一集中在城市地区，这一比例还将不断扩大。

### 案例 5. 日照——太阳城

太阳能热水器使日照这座城市变得与众不同。在地方补贴的支持、地方领导发展太阳能热水器产业的强烈意愿的鼓舞、以及地方企业抓住机会提高产品质量初衷下，经过 15 年的不懈努力，一座近 300 万人口的城市成为中国当之无愧的“太阳城”。在这座城市中，大多数建筑的屋顶或墙面都被太阳能集热板覆盖。在城中心地区，99% 的居民利用太阳能供热水，即便在郊区以及农村地区，也有 30% 的居民利用太阳能提供的生活用热水。超过 60000 平方米的大棚利用太阳能集热板保温。

2007 年日照市太阳能集热面积高达 50 多万平方米，每年节约 1000 万吨标准煤。技术上的突破以及生产规模化使得太阳能热水器生产成本降低到 190 美元。太阳能热水器安装简单，平均每年

使用户节约 120 美元的用电支出，这对于像日照这个人均收入低于该地区其它城市的城市而言是很可观的。

为给市民树立榜样，最初太阳能集热板主要安装在政府办公楼以及部分市领导的住宅上。山东省政府也投资太阳能热利用行业，积极推动行业的技术创新；一些市政府也制定政策，鼓励地方太阳能行业的发展。如今，日照市出台了太阳能热水器强制安装政策，即在所有新建建筑上安装太阳能热水系统，工程设计阶段不包含太阳能热水器的项目将不予批准。此外，日照市还制定了相应的法规，以规范太阳热水器的安装和使用。

日照市领导将发展太阳能视为推动社会、经济、文化与环境持续发展的动力，这一初衷即将成为现实。通过减少煤炭的使用，还有助于改善当地环境，日照市一直处于中国空气质量优秀城市的前 10 位。清新的环境为外商在当地投资、对促进当地的旅游事业、建立新的学府等起到了积极的作用。

来源：本节注脚 5

中国应用的太阳能热水器系统通常包括一个二平方米真空管集热器，一个 180 升水箱和一个开放式循环系统，比较适合气候温暖的地区使用。中国人将太阳能热水器视为经济实用的家用电器，愿意优先购买。经过多年发展，太阳能热水器成本大幅度下降，主要归因于原材料价格低廉以及国内大量太阳能企业的竞争<sup>6</sup>。

中国太阳能热水器的生产成本仅为欧美国家的八分之一，甚至是十五分之一。2007 年 70% 的太阳能热水器售价低于 1500 元人民币（相当于 200 美元）。如果从面积上考虑，相当于每平方米的价格 120 美元（而在欧洲每平方米的价格在 800 美元甚至更高）<sup>7</sup>。还有更昂贵的系统，面积大约 4 到 6 平方米，安装强制循环系统，用电作辅助能源，每平方米的造价约为 300 美元<sup>8</sup>。

中国太阳能热水器行业发展分散，规模较大的只有少数几家，中小企业缺乏技术和资金支持的后盾。然而，几个大型的家电制造商，包括海尔、澳柯玛和 Huati（相当于美国的惠而浦和德国的 Miele）已开始进入到太阳能热水器市场。太阳能热水器的零售商较多，安装服务较完善，同时有多种品牌的水热水器可供选择。全国范围内太阳能热水器制造商 1000 多家，员工总数超过 15 万人<sup>9</sup>。2005 年整个行业的销售收入达到 25 亿美元<sup>10</sup>。

中国太阳能热水器行业的发展是在缺少政府参与的情况完成的。然而，目前中央和地方政府部门、建筑业和房地产开发商已经开始将注意力转向太阳能热水器，并致力于推动

太阳能热水器的发展和应用。2007年中国国家发展改革委出台了《关于加快太阳能热水系统推广应用工作的通知》，规定在新建建筑上强制安装使用太阳能热水系统<sup>11</sup>，但该通知的实施细则尚未出台。强制安装适用于医院、学校以及酒店等公共建筑，同时强制安装要求新建建筑在屋顶为太阳能热水器预留空间，并鼓励对政府既有建筑实行改造。2006年深圳出台了强制安装政策，要求12层以下的新建民用建筑必须安装太阳能热水器<sup>12</sup>。

中国政府制定了太阳能热水器的发展目标，即到2010年太阳能热水器的安装面积达到1.5亿平方米，到2020年达到3亿平方米<sup>13</sup>。新的发展目标以及在建筑上的实践要求中国太阳能热水器行业在未来仍要保持20%-25%的年增长速度。一些业内人士相信2020年中国太阳能热水器的安装面积可达到4亿平方米，到2030年可达到8亿平方米<sup>14</sup>。届时中国将有一半的居民使用太阳能供热水。

为实现上述发展目标，太阳能热水器的年生产能力必须大幅度提高，在2020年前由2006年的2000万平方米增加到4500万平方米<sup>15</sup>，如果热水器出口市场不断扩大，生产能力还需进一步提高<sup>16</sup>。除了太阳能热水器外，太阳能辅助供暖还属于新的应用领域，目前只在欧洲有所应用，将来有可能进入中国市场<sup>17</sup>。

世界上最大的太阳能热水器制造企业是皇明集团，位于山东省德州市，在全球拥有50万员工，年产量达100万台（套）太阳能热水系统<sup>18</sup>。皇明集团的产品主要面向国内市场，但目前已决定进军国际市场。作为首屈一指的名牌产品，皇明牌太阳能热水器在国内获得广泛认可，皇明公司董事长黄明先生也被评为2003年度中国最具影响力的民营企业家<sup>19</sup>。

技术革新使得太阳能热水器行业发展更加迅速。目前太阳能热水器的制造商致力于提高热水器单位面积上的集热效率，使得屋顶有限的空间内获得更多的热量。如今，10层高的公寓建筑上可以为所有居民安装太阳能热水器。但是，中国许多城市新建公寓都高于10层。提高热水器的集热效率，将热水器安装在建筑表面而并非仅可以安装在屋顶上，可以使太阳能热水器应用到更高的建筑上。

改善产品质量、应用太阳能热水器国家标准对于推动中国太阳能热水器行业的发展至关重要。2001年和2002年，中国政府制定了三项新的行业标准，并于2002年开始实施。2005年中国成立国家太阳能检测和认证中心。联合国开发计划署和全球环境基金在整个太阳能热水器行业发展的过程中也起到了重要的推动作用。近年来，联合国开发计划署和全球环境基金资助的项目帮助中国建立了太阳能热水器检测认证中心，2006年有三家中心投入使用<sup>20</sup>。

如果中国的太阳能企业能够解决产品质量、标准、用户化以及分销渠道等问题，必将走出国门，迈向世界。如果中国太阳能热水器生产企业能够生产出符合国际市场要求的高质量的产品，便可以与类似于美国的沃尔玛这样的分销商进行合作，中国太阳能光热水器产品将改变世界市场。

## 生物质发电和生物液体燃料

2006年，中国生物质发电装机容量达2GW<sup>1</sup>，其中大部分为制糖业的热电联产电厂，这些电厂主要以甘蔗废残渣作为原料。稻谷种植业也将稻谷壳作为热电联产电厂的原料。近年来中国生物质发电装机容量变化不大，然而新一轮的生物质发电刚刚兴起，主要分为两大类：大规模沼气发电厂和利用多种农作物废弃物发电的大规模电厂<sup>2</sup>。

沼气电厂的装机容量大多数在数十千瓦到数百千瓦之间，将工业废弃物和动物粪便转化成沼气，用来发电。目前中国有1600多家沼气电厂，年产沼气80亿立方米，未来发展潜力巨大<sup>3</sup>。农作物加工以及畜牧场废弃物年产沼气800亿立方米，远远高于中国政府制定的2020年沼气产量达到440亿的发展目标<sup>4</sup>。此外，中国政府还制定了到2020年沼气发电装机达到3GW的发展目标<sup>5</sup>。除工业沼气外，中国政府在农村小规模户用沼气应用上成绩显著<sup>6</sup>（见案例6）。

### 案例 6. 户用沼气和用于炊事、供暖、照明的生物质颗粒燃料

自上个世纪50年代起，中国政府就鼓励户用沼气池的应用，户用沼气池利用动物以及农作物废弃物生产沼气。到2006年，约有2000万农户使用沼气做饭和照明。目前中国每年沼气使用量相当于500万吨标煤，或者相当于4000万吨农作物废弃物。

标准的户用沼气池的面积大概在6到8平方米，年产沼气300立方米，成本约为1500到2000元人民币（200到250美元），各个省的情况有所不同。适用于北方的户用系统一般放在大棚中，面积略大些。沼气池技术简单，不需要太多的专业知识，各地的小公司就可以完成设计施工工作。

政府对农户新建沼气池的补贴由2000年的10亿元人民币（1.3亿美元）增加到2006年25亿元人民币（3.2亿美元）。平均到每个沼气池的补贴约为800到1200元人民币（100到150美元）。预计中国每年有100万座沼气池建成并投入运行，中国政府制定了到2010年建造3000万个沼气池，到2020年建造4500万个沼气池的目标。但是随着农户经济条件的改善，对家禽畜牧业依赖程度的降低，必将影响到户用沼气的使用。

生物质颗粒燃料是农村居民的又一项重要能源来源。小型生物质燃料成型设备是一项刚刚商业化应用的设备，将农作物废弃物转化成压缩的生物质颗粒，放在炉子或锅炉内燃烧，是一项高效率、低成本、可靠的技术。中国政府生物质颗粒燃料发展目标是到2010年年产量达到100万吨，到2020年年产量达

到 500 万吨。生物质颗粒燃料还可用于农村炊事、取暖和小型工业，也可用于小型的热电联产电厂，这一应用在北欧的一些国家比较普遍。

.来源：本节注解 6

在中国第二类生物质发电技术是大规模燃烧农作物废弃物发电，电厂的规模一般在 25MW 左右<sup>7</sup>。此类生物质电厂可以在更广阔区域内收集和运输农作物废弃物，甚至是在全国大部分地区进行收集和运输。农作物废弃物通常从不同的农户手中购买，然后供应给一个生物质电厂。中国农业的特点是分散经营，因此，生物质的收集通常也是小规模，从不同的买家手中聚集。

中国第一个 25MW 的生物质电厂于 2006 年在山东正式商业化运营。该电厂价值 3500 万美元，每年燃烧近 15 万吨至 20 万吨的棉花秸秆，树枝、果木枝以及林业废弃物<sup>8</sup>。煤灰是高性能的钾肥。2006 年至 2007 年已有一些电厂投产运行，政府计划另外建设 30 个类似的生物质电厂，预计总装机容量为 750MW。

从理论上讲，全国范围内每年约有 3 亿-3.5 亿吨农作物废弃物可用于生物质发电<sup>9</sup>。林业废弃物可用量变化范围较大，大多数估算值为每年 1 亿-1.5 亿，最高估算量每年 5 亿吨<sup>10</sup>。由于政府实施保护森林以及退耕还林等植树造林政策，未来林业废弃物数量将呈上升趋势。

如果大部分农林业废弃物用于大规模生物质电厂发电，从原料供应的角度考虑，可建成 100 座大规模生物质电厂，总装机容量将达到 25GW。中国政府 2020 年生物质发电发展目标是 30GW，据有关人士分析，更高的装机容量，例如 50GW-80GW，是有可能实现的<sup>11</sup>。废弃物使用上的竞争、生物质颗粒燃料和成型技术、以及纤维素制乙醇技术的商业化推广等因素都将制约生物质装机容量。

除生物制发电外，近几年交通液体燃料的发展在中国也得到了广泛的关注，液体燃料可以部分替代进口石油<sup>12</sup>。燃料乙醇、生物柴油是由蔗糖、淀粉转化而成的，目前在国内一些地区进行生产。目前有 9 个省份颁布了在销售的石油中添加 10% 的燃料乙醇的法规<sup>13</sup>。2005 年颁布的可再生能源法鼓励燃料乙醇的生产。多年来，政府给与每吨燃料乙醇 1300 元人民币（170 美元）的生产补贴，相当于每升 12 美分，与美国对燃料乙醇生产的补贴持平。中国有四大燃料乙醇生产企业，2006 年总生产量为 13.2 亿升。同期，全球燃料乙醇生产量是 370 亿升，主要产量来自于美国和巴西<sup>14</sup>。

过去，中国使用囤积在仓库的腐烂的谷物生产燃料乙醇。由于腐烂谷物储量的大量削



减，到 2006 年，大多数燃料乙醇是直接来自农户购买的新鲜谷物制成的。考虑到使用谷物生产燃料乙醇有可能造成与粮食供应的竞争<sup>15</sup>，2007 年中国政府宣布限制利用谷物生产燃料乙醇的规模。2007 年中国谷物价格持续上涨，导致动物饲料价格上扬，最终使得肉价大幅攀升，其中包括黄豆价格。这种情况在北美洲同样存在，近些年美国也因为扩大乙醇生产规模而导致谷物和大豆价格上扬。

2007 年以来中国不再新增使用谷物的燃料乙醇生产能力，未来燃料乙醇的生产将依赖于其它种植业的发展。2005 年颁布的中国可再生能源法明确提出要发展能源作物。2007 年，中国政府宣布将甜高粱和木薯作为燃料乙醇生产的主要原料<sup>16</sup>。目前甜高粱的种植在中国尚未形成规模。一项调查显示，甜高粱可种植的面积共约为 60 万公顷，每年可生产 30 亿升燃料乙醇<sup>17</sup>。木薯主要生长在广西和广东两省，预计年产量在 10 到 50 亿升<sup>18</sup>。中国南方的一些省份，木薯种植主要用于出口，政府免除出口税。甘蔗是用来生产燃料乙醇的另一种能源作物，预计年产量可达到 17 亿升<sup>19</sup>。

除了甜高粱、木薯和甘蔗制乙醇外，中国乙醇产量的进一步扩大依赖于纤维素制乙醇技术的发展。许多专家认为这种技术将在未来十年内逐步成熟，时间甚至可以提前到 2015 年前<sup>20</sup>。实际上美国已经开始建设多家纤维素乙醇生产厂（以谷物和木屑为原料）。中国纤维素乙醇示范工厂也将在不久的将来建成<sup>21</sup>。

中国乙醇生产的原料来自于农作物废弃物，主要以木质纤维素为主。目前，大部分农作物废弃物都在田闲置（部分是作为肥料），或者用来作为动物饲料或农户炊事燃料。正如在生物质发电中提到的，可用作燃料乙醇原料的农业废弃物每年达 3 亿-3.5 亿吨，林业废弃物达 1 亿-1.5 亿吨。如果这些废弃物的一半，即每年有 2.5 亿吨用来制纤维素乙醇，预计燃料乙醇的年产量将达到 900 亿升<sup>22</sup>。与之相比，中国 2006 年汽油的消耗量为 750 亿升<sup>23</sup>。

第二种生物燃料，即生物柴油，可以利用废弃的蔬菜油或油料作物进行生产。目前，中国生物柴油的生产数量较小，主要利用废弃的食用油<sup>24</sup>。如果能够解决废弃油的收集和处理问题，将废弃油转化成燃料的潜力巨大。根据一项统计，中国每年废弃的食用油可以生产 40 亿升生物柴油<sup>25</sup>。此外油料作物也是生产生物柴油的主要原料，最便宜的油料作物如麻疯树，每年产量约为 70 亿吨<sup>26</sup>。其他经济实惠的油料作物还有黄连木、文冠果和光皮树等。

其他可用来生产生物柴油的能源作物还包括大豆、花生、油菜籽、棉花籽和向日葵，但都属于在中国需求量较高的这些粮食作物<sup>27</sup>，例如，油菜籽可以榨取食用油，目前价格较

高，但是未来的十年中利用油菜籽生产生物柴油将变得切实可行。理论上讲用油菜籽生产生物柴油潜力巨大，一项研究表明 2900 万公顷的油菜籽每年可以生产 210 亿升的生物柴油<sup>28</sup>。棕榈油是东南亚地区普通的农作物，目前中国一些生物柴油生产商开始进口棕榈油生产生物柴油<sup>29</sup>。

中国生物燃料长期发展潜力预测差异很大。中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会认为中国目前具备年生产约为 600 多亿升的生物液体燃料的能源作物资源潜力，其中包括 350 亿升燃料乙醇和 270 亿升生物柴油<sup>30</sup>。国家发改委能源研究所预测到 2020 年中国每年可以生产 190 亿升的生物液体燃料，到 2030 年生物液体燃料的年产量将达到 400 亿升<sup>31</sup>。其他预测表明到 2020 年中国生物燃料的生产能力在 100 亿到 200 亿升之间。无论是哪种预测，生物柴油的产量都远远高于中国政府制定的到 2020 年燃料乙醇产量达到 120 亿升，生物柴油产量达到 230 亿升的目标<sup>32</sup>。

中国生物液体燃料的发展主要依赖于油价、技术进步的速度、用来大规模种植能源作物的土地。能源作物的种植成本短期内，至少在油价持续上涨到更高水平之前，会比较昂贵。同时还存在环境、水资源以及由生物柴油种植作物引起的土地竞争等比较严肃的问题<sup>33</sup>。例如，印尼和马来西亚都出现过因种植棕榈树导致土地沙漠化、种植麻疯树导致森林资源方面的竞争的情况。另一个间接的环境影响是原本用做燃料的生物质可以用来供暖和发电，这样可以减少煤炭使用、空气污染以及二氧化碳排放<sup>34</sup>。

中国生物燃料的未来发展很大程度上取决于以纤维素为原料，尤其是农业废弃物，生产燃料乙醇技术的商业化程度。尽管有些业内人士预计这一技术的商业化应用可能会于 2010-12 年左右实现，但比较现实的估计至少要在 2015 年以后。纤维素制乙醇的未来发展取决于相关农林废弃物作物的商业化种植规模和种植的分散程度。到 2020 年或 2030 年，中国生物燃料将占交通运输燃料的 10%-20%。国际能源机构的研究显示到 2050 年世界生物液体燃料将占交通运输燃料的 3%-25%<sup>35</sup>。

中国生物液体燃料的发展前景还取决于中国减少石油进口依存度的其它措施的实施，包括由煤制取煤基液体燃料技术的发展、燃气机动车的应用以及电动车的使用等。例如，鉴于油价上涨、能源安全等问题，中国已经开始煤基液体燃料技术的研究工作，例如，甲醇和二甲基等。但从经济性上考虑，这些技术商业化推广仍需一段时间。同时研究表明，与生物柴油这样的燃料相比，这些技术有可能产生更多的二氧化碳和其他污染物排放<sup>36</sup>。尽管像北京这样的城市出于减少空气污染的考虑而大量使用天然气公交车，但实际上中国天

然气的供应量十分有限。

经过多年的发展，一些中国汽车生产商计划在推出汽油-电力混合动力汽车和电动车<sup>37</sup>。国家电网公司也设计了大量的电动车辆，并于 2008 年北京奥运会以及 2010 年上海世博会起为电动车建立起充电站网络体系<sup>38</sup>。上海计划在世博会期间使用大量的电动公交车，用大功率的蓄电池替代传统的电池。电动车和脚踏车遍及中国各个角落。电动车的发展作为应对能源安全的选择之一，可能成为生物燃料发展的竞争力量之一。

## 中国可再生能源发展前景

2007年9月国家发展改革委副主任陈德铭宣布中国政府将进一步加速可再生能源的发展，并表示国家将募集2万亿元人民币（2650亿美元），包括民营资本，投向可再生能源领域<sup>1</sup>。中国政府促进可再生能源发展的计划表明中国在实现可再生能源发展目标上迈出了坚实的一步。上个世纪90年代，中国政府就制定了促进可再生能源发展的政策，在这些政策的激励下中国可再生能源装备制造业取得了可喜的成就，增加了政府和私人企业进一步发展可再生能源的决心和信心。

中国近几年以前所未有的规模发展可再生能源，是世界上第一个通过制定完善而高效的国家政策推动可再生能源发展的发展中国家。目前，中国可再生能源正处于跨越式大发展阶段，发展态势超过许多工业化国家。中国制造业成本低的优势有助于克服可再生能源规模化发展面临的障碍，加强了可再生能源与化石燃料竞争的能力。

随着技术的不断更新，中国制造业成本大幅下降，令人难以置信。可再生能源领域要想降低其生产成本需要得到政策、技术创新、人力资源等方面支持，不仅要依赖省和地方制定的激励政策，同时也要依赖国家的激励政策。激励政策的制定要侧重技术进步，建立新的行业，同时聚集各大科研院所，共同促进可持续能源的发展。

到目前为止，中国在可再生能源领域取得的成就得益于国外技术。下一个阶段，中国将大力发展本土可再生能源技术以及科研院所，促进新技术的研发，其中包括装备设计和制造（例如风机叶片的设计）、系统设计、部件制造，测试、选址、资源调查、项目规划和设计、建设监理、性能检测、修理和维护以及运营管理等。国家发展改革委预测到2020年中国需要10万名经验丰富的科学家和工程师投身到可再生能源领域，远远高于目前的几百个的数量<sup>2</sup>。

中国急需建立类似于美国可再生能源国家实验室的专门的可再生能源研发机构。建立的可再生能源研发机构主要从事一些前沿研究，推动可再生能源产业的发展，培养设计、制造、测试和管理方面的工程师和科学家，使得中国紧紧跟随国际技术潮流。

国家可再生能源研究机构的成立将填补中国可再生能源领域的许多空白，例如，缺少可靠的地理资源评估数据，尤其是与发达国家相比。众所周知，详细的资源评估数据对项目规划、融资以及降低投资风险必不可少。尽管中国国家气象局在收集全国2000多个气象站数据的基础上进行了全国范围内的资源评估，但是这样的评估仍旧无法完全满足项目规

划和选址的需要。实际上，中国缺少近海风资源，这是未来发展的方向之一。此外，还须加强设备认证和质量检验等方面的技术和制度建设。

国家发展改革委已经开始制定国家可再生能源产业和技术路线图，提出了可再生能源发展和技术创新的思路。私营企业加强国际技术合作的激励政策和机制是推动中国可再生能源技术发展的关键因素。建立国际合作关系同样能够推动可再生能源的发展，例如共同应对气候变化的亚太伙伴关系、实现碳融资的清洁发展机制和碳信用额交易等。

鉴于其他国家在可再生能源领域的经验，中国也意识到可再生能源电价以及资金上的支持是推动中国可再生能源商业化发展的关键。即使 2005 年中国颁布了可再生能源法，但风电电价仍然远远低于其他风电市场发展较为成熟的国家的电价。风电特许权项目招标电价通常每度电的价格在 0.4-0.5 元（5-6 美分）之间，远远低于欧美国家的电价，在考虑补贴的情况下，欧美等国风电电价通常每度电 6.5-8 美分<sup>3</sup>。尽管中国风电电价相对较低，在该领域投入的资本金和贷款仍旧呈现出扩大的趋势。在资金状况不断变化的情况下，中国政府应当更加关注风电领域的资金投入问题。融资对于项目前期规划变得越来越重要了。

中国是个大国，各省和地区进一步制定促进可再生能源发展的政策十分必要。目前有很多地方政府支持可再生能源发展的案例可以借鉴，例如日照大力发展太阳能热水器，保定的高科技园区（见案例 7）。北京也制定了发展可再生能源的战略规划。在省级层面上，世界银行/全球环境基金中国可再生能源规模化项目（CRESP）协助各省政府制定促进可再生能源发展的政策，以配合国家可再生能源目标的实现。另外一些双边或多边援助项目的实施机构，例如亚洲开发银行、联合国开发计划署、德国技术公司，都在国家以及省的层面上提供帮助和支持<sup>4</sup>。技术示范工程、业务模式测试、市场能力建设等对中国可再生能源发展中起到了重要的作用。

#### 案例 7.保定高科技工业发展园区

保定高科技工业发展园区体现了中国技术革新的新模式。该园区邻近北京，在国家建立高科技园区吸引外资政策的鼓励下于 1992 年在保定建成。自建成后，保定高新科技工业园区将自身定位为新能源技术的中心，并赢得了“国家新能源以及能源装备工业基地”的称号。

保定目前拥有太阳能光伏制造厂和风机制造厂。保定还是两大可再生能源制造商的故乡，即保定天威英利和中航保定惠腾风电公司（中国首屈一指的风机叶片制造商）。两大公司取得的成就与地方政府支持可再生能源发展密不可分。

保定市政府直接投资保定市许多企业，帮助他们融资、寻找合作伙伴，与国内外科院所取得联系。基于目前的工业基础，最近几年许多新能企业联合起来，其中包括太阳能光伏、风机、叶片、控制系统和塔架的制造商。

地方企业和经营环境尚不成熟的条件下，地方政府与企业联姻非常必要。

来源：本节注脚 4

中国完全可以实现 2020 年可再生能源供应量占整个能源供应量的 15% 的目标，甚至有可能超过这一目标。如果中国对发展可再生能源的承诺不断增长，到 2050 年可再生能源将占整个能源的 30%<sup>5</sup>（见案例 8）。这种情景与目前全球可再生能源发展趋势相吻合，即到 2050 年全球可再生能源供应量占一次能源消耗的 30%-50%。欧盟表示到 2030 年欧盟国家可再生能源将占一次能源的 50%。长期来看，中国也有可能达到欧盟的可再生能源发展速度。

#### 案例 8. 中国可再生能源发展前景

许多事实表明中国可再生能源在 2020 年到 2050 年期间将取得突飞猛进的进展。

- 国家发展改革委能源研究所和伯克利劳伦斯实验室 2002 年的研究提出 2020 年三种不同发展模式，即在保持相同 GDP 增长速度的前提下，规定出不同的城市化进程速度、技术发展速度、以及能源供应和效率的政策。“促进可持续发展”发展模式的显著特征是环境政策和发展目标相吻合，而另外一个“绿色增长”的发展模式则高度重视提高能源使用效率以及推动可再生能源的发展。在“绿色增长”的发展模式下，随着绿色增长，该报告预想到 2020 年水力发电装机达到 200GW，风力发电达到 30GW，小型水力发电 40GW。
- 中国能源策略和技术特别工作组公布了一个“高级技术”主要依赖煤气的规划书，从 2000 年零扩展到 2050 年占一次能源的 60%（煤用量下降 8%）。同时，一次能源中可再生能源的份额从 7% 上升到 18%。随着能源消耗量的增加，到 2050 年经济扩张了 13 倍，一次能源仅增长了 3.5 倍，从 2000 年的 42 千兆焦耳 (EJ) 到 2050 年的 135 EJ，可再生增长了 9 倍从 2.8 EJ 到 24 EJ。
- 世界商业委员会可持续发展部预测到 2050 年可再生能源电力将占到 38%，其中风电装机将达到 1000GW。
- 清华大学研究表明到 2050 年可再生能源将占一次能源的 28%，更新了中国特别工作组计划书中 2050 年经济和能源规划。到 2050 年中国能源需求上升 3.5 倍，一次能源增长 4 倍，导致可

再生能源上升 14 倍

来源：见注释 6

2020 年中国可再生能源发电将达到 400GW，比 2006 年的 135GW 增加了两倍。为可再生能源发电做出突出贡献的主要是水电、风电和太阳能光伏<sup>6</sup>。到 2050 年可再生能源发电装机容量将达到 2000GW，甚至是 3000GW，由此将减少 35-50 亿吨二氧化碳排放，相当于中国 2005 年全部温室气体排放量<sup>7</sup>。具体到可再生能源技术如下：

- **风电：**许多业内人士认为 2020 年风力发电将超过政府 30GW 发展目标，最终可能达到 60GW。到 2030 年风电装机容量将达到 100-200GW，到 2050 年风电装机容量将达到 600GW<sup>8</sup>。
- **太阳能光伏：**对中国未来太阳能光伏发展潜力的预测差别较大。如果未来几年光伏发电的技术成本降低，那么 2020 年太阳能光伏装机容量达到 2-10GW 的目标显得不太合理。2030 年中国太阳能光伏装机容量将达到 20-40GW，到 2050 年太阳能光伏装机容量达到 500-1000GW<sup>9</sup>。2006 年全球并网型太阳能光伏装机容量达到 5GW，一些研究表明到 2030 年全球并网型太阳能光伏装机容量将达到 500-1000GW<sup>10</sup>。
- **太阳能热发电：**集中式太阳能热发电发展前景仍不明朗。目前，太阳能热发电在美国和欧洲一些国家正在复苏，但是在中国太阳能热发电缺少技术条件和产业基础。中国拥有广阔的适合于太阳能热发电的沙漠地区，如果在国际上太阳能热发电技术不断成熟、成本不断降低的情况下，中国在未来几十年里可以尝试建造数百 GW 的太阳能热发电电厂<sup>11</sup>。
- **水电：**到 2020 年中国水电装机容量有可能达到 300-400 GW<sup>12</sup>。
- **生物质发电：**生物质资源条件有限，考虑到运输成本和物流等问题，在较大的范围收集分散的生物资源供大型的电厂使用历来都是一个头疼的问题，因此，生物质发电在实现 2020 年 30GW 的发展目标之外，不可能成为可再生能源电力主要来源。如果只有几个生物质电厂在运行，到 2020 年生物质发电装机容量达到 30GW 必将存在很大的不确定性。
- **其他：**到 2020 年地热发电和潮汐发电将分别达到 50MW<sup>13</sup>。

上述目标的实现受多种因素的制约。制约风电目标实现的因素包括国内风电行业的发展速度以及技术成本，政府的激励政策（其中包括发电企业可再生能源配额制的实施），可再生能源电价，近海风电的发展前景等等。制约生物质发电目标实现的因素包括建立大型生物质电厂的可行性、发展工业化沼气发电技术的潜力，优惠的上网电价以及像生物质气化这样的新技术的开发。

对于太阳能光伏而言，制约其目前实现的因素包括降低技术成本、支持光伏建筑一体化的政策、其他并网型技术的应用（其中包括电价、激励政策以及建设标准等）以及发电企业对分布式电源的接受程度。中国电网公司还不能积极主动地购买发电企业生产的电力，他们也不了解购买的程序。

未来太阳能热水器以及太阳能热利用将持续不断的发展下去。如果当前太阳能热水的发展目标和激励政策保持不变，2020年-2030年，将有超过三分之一的中国家庭使用太阳能热水器。太阳能热利用行业持续不断的发展主要依赖于太阳能热水器、太阳能供暖，尤其是与建筑结合等方面的更有效的激励政策。此外，还需要税收、出口、质量标准标识以及高质量售后服务的支持。无论是对中央政府，还是地方省市政府都是一个挑战。太阳能热水器制造业出口潜力巨大，但目前来看有待进一步开发。中国太阳能热水器制造业需要进一步了解和采用国际技术和质量标准，国际市场期待着中国低成本的太阳能热水器的加入。

生物燃料的前景依赖于原油的价格、技术发展、大规模农作物的供应。生物燃料的前景还取决于煤基燃料转化的进程以及电动交通工具的普及程度。纤维素-乙醇的转化前景依赖技术的商业化和生物精炼厂的规模，这一规模在提高效率的同时应该与对中国农村生物能资源的自然分散程度相适应。

由于在今后5-7年间中国农村人口电气化程度提高，农村地区对可再生能源的使用呈下降趋势。尽管如此，沼气作为炊事燃气将继续占重要地位，农村家庭应用沼气的数量到2020年将翻一番。家庭太阳能电气和风力系统的市场在边远地区仍然重要，特别是在中国西部基于可再生能源的乡村规模的电力系统的前景规划，在完成2004-06乡镇电气化项目后，将取决于将来政府政策的导向。

中国可再生能源目前急剧发展的形势使其具备了在今后几年中成为全球可再生领域的领头羊的潜力。在如此短促的时间内实现这样的里程碑式的发展将是一件非凡的成就，不仅有助于中国满足能源需求，减缓能源安全压力，还将大大减少空气污染和温室气体排放。



这一领导地位的确立还将为其它发展中国家树立一个良好的榜样，同时与其它国家一起，促进可再生能源成本降低到足以与化石能源竞争的水平。

在可再生能源产业可能创造的财富的吸引，以及随着像施正荣这样的人物的不断出现，中国在可再生能源领域的成功看起来指日可待，但也不可能一蹴而就。中国可再生能源发展的成功还将对全球经济的发展带来深远的影响，不仅使 13 亿中国人民受益，更要使全世界其它 50 亿人民共同受益。

## 尾注

### 中国能源的抉择

1 在"世界上最富有的人"福布斯杂志上,根据"#350 施正荣(Zhengrong Shi)",在2006年,施的价值估计为22亿美元,,  
[www.forbes.com/lists/2006/10/ep46.htm](http://www.forbes.com/lists/2006/10/ep46.htm)。

2 根据2007年4月的《PV消息》,在2006年Suntech生产了158兆瓦,远少于日本的Sharp(434兆瓦),日本的Kyocera(180兆瓦),和德国的Q-cells(253兆瓦)。

3 Joe McDonald,中国的'太阳王国'欢迎清洁能源,美联社,2007年4月22日;KPMG Huazhen,替代3能源在中国:风将吹向何方?(北京:2007)第7页。

4 21世纪可再生能源政策网(REN21),2007年可再生能源全球状况报告(巴黎:REN21和华盛顿:世界观察研究所)。从REN21也可以看到2005年可再生能源全球状况报告和2006年的更新;Janet Sawi,在21世纪初的主流可再生能源,世界观察第169号文件(华盛顿:世界观察研究所,2004年)。

5 图1来源于下列资料:1990年—2004年国家发展与改革委员会(NDRC)能源所数据、国家统计局(NBS)的统计、中国国家统计局、工业部和交通部的统计数据,2005中国能源统计年鉴(北京:中国统计出版社,2006年),2005年中国能源统计年刊(北京:中国统计出版社,2006);2005年数据来源于国家发改委,第十一个五年能源计划(北京:2007年4月);2006年的数据来自Chen Deiming,他在国家太阳能和热能能源会议上发表专题讲话,济南,中国,2007年4月。2005年和2006年类似的数据也包括英国石油公司,世界能源统计,2007年(伦敦:2007年)。

6 世界银行,2007年世界发展指标(华盛顿:2007),与2004年最近的数据显示,中国人均能源当量为1.2吨。2006年重新计算的数字为1.3吨/人,估计人口为13.1亿,引自陈的报告,见注释5。

7 农村与城市的能源使用量的对比是很难估计的;电力和商业能源方面的对比估计是3倍以上,此数据来自国家统计局的家庭调查,但并不包括农村生物质和沼气的使用,其中许多农村家庭的能源消费总量相当大的份额为生物质和沼气。城市人口估计来源于,中国的城市人口增长至3.76亿,人民日报,2000年8月17日,和中国城市和省份的信息和链接,  
[www.chinatoday.com/city/a.htm](http://www.chinatoday.com/city/a.htm),2007年8月5日。

8 BP报告,见注释5。

9 2006年消费的电力为2834 terrawatt 小时(TWh),其中80%来自于煤炭的燃烧,据中国电力委员会的年度报告(北京:2007)。

10 2000年消费的电量为1347TWh,根据国家发展改革委能源研究所和国家统计局的统计数据,见注释5;中国电力联合会2006年的电力消费统计,见注释9。

11 中国电力联合会,见注释9;国际能源机构,电力资料,2007年(巴黎:2007)。

12 亚太能源研究中心(APERC),"中国能源:交通运输,电力和燃料市场"(Tokyo:2004);REN21,见注释4。

13 欧盟的数据包括欧盟25国。欧盟和美国的数据源自REN21,见注释4。中国的数据来自中国电力联合会,见注释9。

14 截止2006年底,水力发电能力为129GW,在2006年期间共增加11.5万千瓦水力发电能力,消息来源于中国可再生能源专业委员会(CREIA)和国家发展改革委能源研究所,中国可再生能源展望2007(北京:2007)。

15 2004年居民人均电力消费(包括农村和城市家庭)为190千瓦,消息来源于国家发展改革委能源研究所和国家统计局,

工业部和交通部的统计数据，见注释 5。假设每个城镇居民家庭有 3.2 人，并考虑城市和农村在消耗量上的差别和城市的人口（见注释 7），同时考虑到其它已公布的居民用电消费的数据，典型城市的每个家庭每年用电量为 1200-1600 千瓦时是比较合理的（这仅仅是一个个典型的美国城市家庭用电量的五分之一）。参考 Debbie Brockett 等人所著的“一个关于五个城市的调查：中国居民能源消耗调查”，ACEEE 夏季建筑节能研究（伯克利，钙：劳伦斯伯克利国家实验室，2002 年）。

16 鉴于大型水电项目对环境和社会影响，往往把它们同其它可再生能源技术单独的分为一类。三峡工程造成估计有 120 万人转移，新的向家坝工程预料将导致 8.8 万至 15 万人搬迁，淹没 6 个县，资料来源于《关注向家坝导致数千人转移》，南华早报，2006 年 11 月 27 日。

17 据国家发展改革委称，一个规划显示到 2020 年核电装机容量将达到 40 万千瓦，《中国核电的中、长期发展计划（2005 至 2020 年）》2006 年 3 月 22 日刚刚通过国务院批准。又见《中国的核燃料打破了宏观规划的分配：铀在短期内不会达到电的价格》，上海证券报，2007 年 9 月 7 日。

18 Jack Perkowski，争夺中国汽车市场，JPMorgan，中国系列交接，北京，2007 年 4 月（香港：JPMorgan，2007 年）。

19 同上。

20 2007 年全球汽车销售增长预计将停止：Scotiabank，央行消息，2006 年 12 月 28 日；美国能源部等部门，其实 # 474：世界各地变化中的车辆需求，2007 年 6 月 18 日，出自 [www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/facts/2007\\_fcvt\\_fotw474.html](http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/facts/2007_fcvt_fotw474.html)。

21 Perkowski，见注释 18。

22 BP 文献，见注释 5，William Mellor 和 Le-Min Lim，中国钻井队在别人不敢寻找石油的地方找油，国际先驱论坛报，2006 年 10 月 2 日；Suzanne C. Hunt 和 Janet L 及 Sawin with，培育石油替代品，世界观察研究所，2006 年世界形式（纽约：W.W. Norton & 公司，2006 年）页 61-77。

23 BP 文献，见注释 5。

24 国际能源机构的 2007 世界能源展望（巴黎：2007 年）项目，到 2015 年中国将生产 380 万桶/天，到 2030 年每天将达到 340 万桶。

25 世界银行与中国国家环保总局（SEPA），污染费用在中国：对身体损害的经济估计，工作文件（华盛顿：2007 年 2 月 1 日）。

26 Joseph Kahn 和 Jim Yardley，香港作为中国最繁华地区之一，污染达到致命的极端，纽约时报，2007 年 8 月 26 日。

27 环保总局和统计局，中国绿色国民经济核算研究报告 2004（北京：2006 年 9 月 7 日）。

28 Kahn 和 Yardley，见注释 26。世界银行，中国：空气，土地和水；在一个新的千禧年环境为优先事项，（华盛顿：2001 年），世界银行，碧水蓝天：中国的新世纪的环境，（华盛顿：1997）。

29 伊丽莎白经济“大跃进式的倒退”，外交部，2007 年 9 月/10 月。

30 美国环境保护署估计引述 Terence Chea，中国东部漂移的污染，据美联社报道，2006 年 7 月 30 日。

31 据荷兰研究人员称，在 2007 年中国的二氧化碳排放总量将超过美国，荷兰环境评估机构认为，“在二氧化碳的排放量方面，中国排在第一位，美国排在第二位”（Bilthoven:2007 年 6 月 19 日）。但是，中国政府并没有同意荷兰声明，并把过渡期推迟到 2010 年。

32 世界银行，2007 年世界发展指标（华盛顿：2007），与 2004 年能源统计和 2003 年二氧化碳统计资料。

33 中国国家气候变化对策协调小组办公室，“中国应对气候变化国家计划”（北京：2007）。

34 例如，王军介，在中国的能源形势，政策和发展清洁煤炭技术”可持续发展之能源卷。7 卷 4 号（2003），15-17 页；李铮等，基于煤炭气化的复合产能源系统，可持续发展之能源卷。7 卷 4 号（2003），57-62，页；Peter Fairley，中国煤炭的将来”技术观察，2007 年 1 月/2 月。许多超临界燃煤电厂已投产。

35 图来源于从国家发展改革委能源研究所和统计局的统计数据，见注释 5。

36 一个历史性的治疗能源强度的方法回溯到 20 世纪 70 年代，Jonathan E. Sinton and Mark D. Levine，“中国的能源效率：成就与挑战”，能源政策，第 26 卷，11 号（1998），813-29 页。

37 国家发展改革委，中国中期和长期的能源节约规划（北京：2005），KPMG，华真，注释 3。

38 NDRC 报告，见注释 37。

39 同上。

40 国家发展改革委主任马凯的报告被送交全国人民代表大会，3 月和 2007 年 7 月，史国生，在节能和减少污染方面的 10 个优先项目，人民日报，2007 年 8 月 27 日。

41 引用注释 40。

42 同上

## 可再生能源的前景

1 2004 年可再生能源网站，[www.renewables2004.de](http://www.renewables2004.de)。

2 2005 年，中国举办了一次以 2004 年可再生能源的后续会议，北京国际可再生能源大会，会上官员重申 16% 的目标，并宣布到 2020 年将投资 1800 亿美元用于可再生能源。中国花 1800 亿美元，以增加可再生能源的使用，法新社，2005 年 11 月 7 日；国家发展和改革委员会，中国可再生能源中期和长期的发展规划（北京：2007 年 9 月）。

3 21 世纪可再生能源政策网络（REN21），2007 年全球可再生能源报告指出（巴黎、REN21、华盛顿特区以及世界观察研究所出版）：2006 年中国大型水电投资是 8-10 亿元，而这一年可再生能源总投资约达 16-19 亿元。

4 表 1 数据是根据未发表的研究，由中国可再生能源产业协会和中国能源研究所为主，以及其它能源报告，包括李俊峰，王斯成编撰的中国太阳能光伏发电报告 2007（北京：中国环境科学出版社，2007）和施鹏飞于 2007 年 3 月 23 日发表于中国广州的《风力发电在中国》（北京：中国鉴衡认证中心）。2006 年可再生能源发电的实际数量，包括 480 瓦时的水电，10 瓦时的生物电，3 瓦时的风能，以及相当于 1500 万吨标准煤能量的太阳能热水。根据 2020 年技术指标预测 2020 年可再生能源电力（见表 2），包括 820 瓦时的大型水电，260 瓦时的小型水电，69 瓦时的风力发电，125 瓦时的生物发电和 2.2 瓦时太阳能光电。政府没有给出可再生能源电力占总可再生能源的具体份额，这里给出了 2020 年可再生能源电力的预测份额大约 25%。依据国际能源机构方法，中国大会计算了可再生能源主要能源贡献，这是唯一的直接能量价值的电力，作为反对“BP 法”，计数相当于初级能源需要产生这个数额的电力。如果用 BP 方法计算（2006 年大约是 18%，2020 年大约是 31%，假定电厂效率为 38%并考虑到数额非电力可再生能源，如太阳能热水和生物燃料是计数，同时根据这两种方法可得），则所占的初级能源来自可再生能源将得到 2 倍以上，高于表 1 所示的数字。为充分解释这两种不同的会计处理方法，可见埃里克马丁诺德等人，可再生能源期货：目标，设想，并步道，每年审查的环境和资源，2007 年，即将出版。

5 美国可再生能源理事会（ACORE），欧洲可再生能源理事会（EREC），为世界可再生能源理事会(WCRE)和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，“联合评估 2025 年可再生能源达到 25%”，2006 年 10 月于北京长城可再生能源论坛上签署的谅解备忘录可见。又见“协议签署以使全球可再生能源供应提高到 25%”，[renewableenergyaccess.com](http://renewableenergyaccess.com)，2006

年 10 月 25 日。 2007 年，即将出版。

6 国家发展改革委，作品。高新技术司。注 2；ren21，作品。高新技术司司长。注 3。

7 同上表 2

8 由张希良和何建坤评估了 360 千兆瓦，推动大规模可再生能源发展的战略和政策，中国可再生能源发展战略研讨会，北京，2005 年 10 月 28 日（北京：清华大学研究院核能和新能源技术与清华 BP 清洁能源研究与教育中心，2005 年）。资料显示，容量份额和发电份额是不同的。

9 国家发展改革委，作品。高新技术司。注 2。

10 2005 年 2 月 28 日在中国北京召开的第十届全国人民代表大会第十四次常委会议通过了“中华人民共和国可再生能源法”，这是一个决定性的分析法规，见朱迪思甲凯尔尼和乔安娜的“中国可再生能源政策和电力市场化改革”，能源政策，第二卷。35 卷（2007）。

11 NDRC，《价格及费用分摊管理暂行办法》和《管理向导》，（北京：2006 年 1 月）。这两者都可在 [www.martinot.info/china.htm](http://www.martinot.info/china.htm) 上查询，生物质的发电的上网电价，不受 30000 小时的限制。

12 天蓝国际，中国特许权风力工程简报，（北京：2006）

13 国家发展改革委，见注释 2。

14 税收数据，来源于各种官方文件，中国国家税务总局。

15 财政部，可再生能源基金暂行管理办法（北京：2006）。

16 许惊在北京可再生能源发展论坛上的讲话，北京，2006 年 1 月 12 日。

17 REN21，见注释 3。德国投资在 2006 年约为 110-120 亿美元。

18 REN21，见注释 3。国家发改委作出关于太阳能应用强制性的规定，新华社新闻服务社，2007 年 5 月 8 日。

19 REN21，见注释 3。

20 国家发展改革委能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，中国可再生能源展望 2007（北京：2007）；REN21，见注释 3。

21 同上，参见王晓华和李静飞的《中国居民在农村地区用沼气池对家庭能源消费的影响——中国涟水县的案例研究》，可再生和可持续能源评语，第 9 卷（2005）p229-36；埃里克马丁诺德等人著的《发展中国家的可再生能源市场》，年度能源和环境评论，第 27 卷（2002），p309-48；世界银行能源部门管理援助项目（ESMAP），中国农村能源发展：中国和世界银行能源部门管理援助项目研究了中国 6 个县情况的调查研究（华盛顿特区：1996）。

22 国家发展和改革委员会能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，见注释 20；REN 21 作品，见注释 3。

23 国家发展改革委能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，见注释 20

24 同上。

25 2006 年，太阳能光伏电池在中国产量达到 3.7 兆瓦，日本的 927 兆瓦，以及德国的 510 兆瓦，PV 新闻，2007 年 4 月。

26 REN21，见注释 3。

## 风力发电

1 施鹏飞， 风力发电在中国，演讲，广州，中国， 2007 年 3 月 23 日，施鹏飞，2006 年风装置在中国（北京：中国鉴衡认证中心，2007 年）。

2 21 世纪可再生能源政策网络（REN21），2007 年可再生能源全球状况报告（巴黎：REN21 和华盛顿特区：世界观察研究所出版）。

3 天蓝国际，中国特许权风力工程简报，（北京：2006）。

4 同上，8 千兆瓦，包括事实上的"政策指令"，将于 2010 年到期。

5 塞瓦斯蒂安迈耶，风项目融资在中国：可再生能源融资论坛上，北京，2007 年 3 月 29-30 日。

6 来源于下列资料：史，见注释 1；迈耶作品，见注释 5；天蓝国际，见注释 3。其他特许权授予的比重，除了价格在 2006 年分别为涡轮本地化（35%），技术建议书（20%），融资方案和能力（10%），以及项目融资（10%）。特许权招标电价适用于第一次 30000 小时的电力生产，其中为 100 兆瓦的设施可以 12-15 年。这之后，适用平均上网电价。为了严格审查风能的政策，见阿德里安莱马和 Kristian Ruby"之间的割裂威权和政策协调：创建中国风能市场，"能源政策，第 35 卷（2007）p3879-90，辜濂松等人，未来是现在：加速中国风能发展，可再生能源的世界，2005 年 7 月/8 月。

7 中国气象研究所中国风能资源地图，北京。

8 石，见注释 1

9 同上。

10 联合国环境规划署，太阳能和风能资源评估项目，中国风能资源评估（巴黎：2006），<http://swera.unep.net>。

11 2006 年，55% 的中国风力涡轮机来自国外厂商，虽然大部分其实是外国公司在中国的子公司制造的；41% 来自中国大陆厂商和 4% 来自合资企业。累积的市场份额为 2006 年外商占 66%，国内占 31% 以及 3% 的合资企业。见石作品，见注释 1。

12 Sidebar 2 来源于以下资料：世界风能协会，2006 年世界风力能源奖颁给了中国的风力涡轮制造商 goldwind 和武钢，新闻稿（波恩：2006 年 11 月 6 日）；石，见注释 1；刘英玲，中国制造，中国风力涡轮机组制造商的竞争进入自己的市场，中国观察（世界观察研究所），2006 年 5 月 19 日；武钢：谁为风电竞争！，中国商业新闻，2006 年 10 月 25 日；阮小琴，金风科技海外上市受挫，上海证券新闻，2006 年 8 月 24 日；徐建军，金风科技首先考虑国内上市，然后才考虑在海外上市，中国证券报，2007 年 4 月 3 日。

13 石，见注释 1。

14 同上

15 同上

16 同上

17 同上

18 同上

## 太阳能发电

- 1 美国环境计划，太阳和风能资源评估工程，中国风能资源评估协会（巴黎，2006），<http://swera.unep.net>.
- 2 国家发展和改革委员会能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，2007年中国可再生能源展望（北京2007），2006年10月23—27日；王斯成，中国光伏发电现状与展望，北京出席长城能源论坛。2006年10月24—26日，赵玉文，吴达成和李旭东以中国光电工业和市场发展现状为长城可再生能源论坛做准备（北京：北京太阳能研究所，2006）；王斯成，中国光电工业的现状和展望，2005年10月28日，北京中国可再生能源发展战略学报（北京清华大学核能和新能源技术学院和清华洁净能源研究和教育中心）。在 [www.martinot.info/china.htm](http://www.martinot.info/china.htm) 这个网站上可以获得全部文献。
- 3 工具条3下面的资源：W.L.Wallace,H.O.Wu,andZ.Y.Wang，中国农村资源可持续发展经验，这为2006年10月23—27日北京长城可再生能源论坛（北京：UNDP/GEF可再生能源快速商业化计划办事处），可在 [www.martinot.info/china.htm](http://www.martinot.info/china.htm) 网站上获得；马胜红，照亮中国和城镇电气化计划，出现在2004可再生能源会议上，2004年6月德国柏林；Jean Ku,Debra Lew,and 马胜红，为城镇输送电力，2003年9—10月可再生能源界 56—67页；John Byrne, Bo Shen, and William Wallace，农村发展可持续能源经济学—中国农村可再生能源研究，能源政策，26卷，第1期（1998年），45—54页；中国风能太阳能资源评估中心评估和其他出版的信息。
- 4 国家发展和改革委员会能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，见注释2；王，见注释2；赵、吴和李，见注释2。
- 5 同上。
- 6 同上
- 7 21世纪可再生能源网络，2007全球可再生能源报告（巴黎：21世纪可再生能源网络和华盛顿，DC：关注世界未来协会）
- 8 刘英玲，“上海关于100000太阳屋顶评论”，中国观察（世界观察研究所），2005年11月10日。
- 9 王军，点亮绿色火把，北京评论，2007年3月22日；王凤铃秘书长，江苏省可再生能源协会，南京。2006年与Eric Martinot亲自交流。
- 10 王军，见注释9。
- 11 为奥运会节能计划，新华社，2006年7月6日；点亮绿色火炬，北京评论，2007年3月22日。
- 12 天威英利，LDK太阳能，中国太阳能能源，南京产品坚定技术，Trina,太阳能风扇，太阳能技术，加拿大太阳能，和Rene太阳能等企业，中国PV厂商：争取首次公开募股，新能源财政学（伦敦），2007年1月30日。
- 13 国家发展和改革委员会能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，注释2；王，注释2；赵吴和李，注释2。
- 14 同上表3。
- 15 2006和2007年实际太阳能PV产量比给定的可生产数量少的多，这个给定数量仅仅反映了年终的形式。2006年实际产量是370兆瓦特，源自《PV新闻》，2007年4月。计划的2007年终生产能力包括太阳能技术（470兆瓦特），中国太阳能（160兆瓦特），保定英里（200兆瓦特），JA太阳能（175兆瓦特），太阳能风扇（240兆瓦特），深圳 Topray（22.5兆瓦特），和其他（228兆瓦特）。2007年太阳技术有望成为世界第三大技术，在Sharp和Q-Cells之后，PV新闻，2007年9月，第8页。太阳能技术现在计划到2010年拥有850兆瓦特的能力，源自Sascha Rentzing，丰富的太阳，新能源，2007年6月，第50页。

16 工具条 4 来自下面的材料：李鹏，2007 年，新能源希望的新曙光，中国经济时报，2007 年 1 月 17 日；陈伟，太阳能巨大的惠及了上海市场，文汇报，2006 年 9 月 11 日，王有，太阳能工业发展背后的危险中国商业新闻，2007 年 4 月 25 日；Joe Mcdonald，中国科学家利用洁净能源发家，美联社，2007 年 4 月 23 日；常慧英，太阳能技术新的研究和发展和制造中心在上海建立，中国上海通讯社，2006 年 8 月 21 日；黄杰，太阳能技术主管；施正荣：中国下一个最富有的人，中国商业日报，2006 年 1 月 4 日；沈韦言和高洁，追求太阳的太阳能技术，中国环境新闻，2006 年 4 月 26 日；赵健飞，可再生能源逐渐升温，财经杂志，2007 年 5 月 14 日，财富杂志提名中国大陆最富有的人，新华社，2006 年 10 月 11 日；阮小琴，“2006 年太阳能技术纯收入上涨 165%”，上海证券新闻，2007 年 3 月 15 日，太阳能技术开始建设上海轻烟工厂，RenewableEnergyAccess.com，2007 年 5 月 24 日；太阳能技术网站，[www.suntech-power.com](http://www.suntech-power.com)。

17 王，中国 PV 目前现状，见注释 2。

18 同上。

19 同上，赵、吴、李，见注释 2。

20 赵、吴、李，见注释 2。

21 同上；王，中国光电的现状和展望，引用注释 2；中国可再生能源工业协会评估

22 王，中国 PV 目前现状，见注释 2；赵吴，和李，见注释 2

23 赵、吴、李，见注释 2。

## 太阳能热水器和供暖

1 中国可再生能源工业协会和国家发展和改革委员会能源部，2007 中国可再生能源展望（北京，2007）；史立山等人，中国太阳热能评论（北京，国家发展和改革委员会，2005，未出版）；罗振涛，中国太阳热能利用的现状和展望，2005 年 10 月 28 日，北京，中国可再生能源发展战略学报（北京清华大学核能和新能源技术学院和清华洁净能源研究和教育中心）；罗振涛，太阳能热水的发展的前景，中国新能源工业年度报告（北京，中国新能源商业所 2006）.包括游泳池中没有上玻璃的收集器，21 世纪可再生能源网络和其他都认为是一个个别应用，2006 年全球总数大约是 152,000,000 平方米，2007 年全球可再生能源报告（巴黎：21 世纪可再生能源网络和华盛顿，DC：关注世界未来协会）

2 国家发展和改革委员会能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，见注释 1。

3 Werner Weiss, Irene Bergmann, and Gerhard Faninger, 世界范围的太阳能加热：市场和对 2005 年能源供给的贡献，为太阳能加热和冷却计划做准备，国际能源机构（巴黎：2007 年 4 月），17 页。

4 James R. Areddy, 中国洗浴供暖，华尔街杂志，2006 年 1 月 31 日

5 工具栏 5 来自下面的资源：李兆迁，出席在世界城市论坛 III，2006 年 6 月 19—23 日，范库弗峰，加拿大；王术广，通过发电子邮件和白雪梅进行讨论，联邦科学和工业研究组织，2006 年 8 月和 10 月，澳大利亚，坎贝尔；日照政府，2006 年 6 月 10 日，2005 年日照经济和社会发展统计报告，[www.rizhao.gov.cn](http://www.rizhao.gov.cn) 认为：日照城市建设委员会，内部统计表；日照市长办公室，给白雪梅发邮件，世界观察研究所，2007 年 2 月 22 日；2006 年 6 月 17 日，李兆前和白雪梅进行了讨论，Fao Yanhui, 政府环境保护机构，2005 城市环境管理和综合污染治理年度报告（北京：2006），“超过 300 名北京大学教授在日照买房”，北京青年日报，2006 年 8 月 11 日。上面所有被白雪梅提到的城市，太阳能城市，世界观察研究所，2007 世界现状（纽约：W.W. Norton & Company）108—09 页。按 560,000 平方米的节能计算每年可以节省 3480 亿瓦特一小时的电力。考虑到中国全部的太阳能热水使用，2006 年 80,000,000 平方米的太阳能热水节省下来的能量相当于 15,000,000 吨的煤当量，或者需要产生 3480 亿瓦特一小时的能当量（每千克煤产生 3.2 千瓦特小时的能量）。



6 中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会评估。

7 罗，太阳能热水的发展和前景，见注释 1。

8 李华，从数量到质量：中国太阳能热力工业如何面对市场挑战，可再生能源世界，vol. 8, no. 1 (2005)。<sup>a</sup> Li Hua, "From Quantity to Quality: How China's Solar Thermal Industry Will Need to Face up to Market Challenges," *Renewable Energy World*, vol. 8, no. 1 (2005).

9 同上。<sup>a</sup> Ibid.

10 中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会评估。<sup>a</sup> CREIA estimates.

11 与其它市场对比，中国市场由玻璃真空管太阳能热水器主宰，2003 年市场份额占 88%。太阳能热水器 10 个品牌的年销售量超过 100,000,000 人民币。包括安徽理光，连云港太阳雨公司，南通桑夏公司，广东嘉普通公司，云南同乐公司和山东桑乐公司。但是市场仍然是高度多样化的，这 10 大的市场份额仅仅 20%。罗，太阳能热水系统的发展和前景，见注释 1。

12 中国国家发展与改革委员会，强制使用太阳能，新华社，2007 年 5 月 8 日。

13 低调预测中国太阳能工业，法新社，2007 年 2 月 9 日

14 国家发展和改革委员会，中国中长期可再生能源规划（北京，2007），由新华社 2007 年 9 月 4 日发布。

15 中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会评估。

16 同上。

17 中国产品的出口使全世界太阳能热水器消费者受益匪浅，但是是以欧洲生产者以为代价的，李华，中国的太阳能工业：对欧洲公司是机遇还是威胁？，世界可再生能源，2002 年 7 月/8 月。

18 罗，太阳能热水器的开发和前景，见注释 1。

19 黄明和 Eric Martinot 的个人交流，2007 年 9 月。

20 同上。

21 W.L. Wallace, S.J. Liu, and Z.Y. Wang, 在中国为支持国内太阳能热水系统标准的开发、测试和认证，为长城可再生能源论坛准备，北京，2006 年 10 月 23-27 日。

## 生物质发电和生物液体燃料

1 中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会（CREIA）和国家发展改革委能源所（ERI），中国可再生能源展望（北京：2007）

2 生物燃料的气化是第三重要的，但是却是很重要的可再生能源更替的形式。在过去几十年里，中国在生物燃料汽化技术上以及国内做了部分工作，包括：固定床气化器和循环流化床（CFB）气化器。到目前为止，只有稻壳气化技术相对比较成熟。C.Z. Wu 等“中国生物燃料气化和能源更替的经济分析”。生物资源技术 2002 年 83 卷 65-70 页。循环流化床气化器一般 400-2000kW，效率 65%-75%。下吸式气化器一般 160-200kW，效率为 75%，小型气化器（160-200kW）项目数目的估计不同，但是大体在几百个。由 Wu 引用。M. Xiao “CAREI 2002 年年度报告-中国生物燃料转化技术和工业的发展”生物能源利用的环境保护国际会议，第六 LAMNET Workshop 中国大连 2003 年 9 月 24-26。在过去几年里，一些示范性的兆瓦级和更高的项目施行。几百个生物气化项目在农村建成，通过当地小型网络为居民供暖和做饭，而不是为发电

厂服务。

3 W.L. Wallace, H.O. Wu, and Z.Y. Wang , 推动中国生物气项目商业化和工业化, 长城可再生能源论坛, 北京 2006 年 10 月 24-26 日。

4 同上。J. Li 等人, 生物气的生产 2010 年以前达到 1000 亿方。中国非种植潜在生物资源可持续能源评价, 生物燃料和生物能源, 2005 年 29 卷 167-77 页。<sup>a</sup> Ibid. Another estimate gives 100 billion cubic meters of potential biogas production as early as 2010.

5 Wallace, 吴和王, 见注释 3。

6 来自于以下: 国家发展和改革委员会能源研究所和中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会, 见注释 1。Wang Xiaohua and Li Jingfei, 农村家用生物气和家用能源消费的影响-中国莲水县案例研究, 可再生和可持续能源综述, 2005 年 9 卷 2 期 229-36 页。Gu Shuhua, 中国的生物气资源和开发利用, 中国可再生能源办公室, 北京 2005 年 10 月 28 日(北京: 清华大学核能新能源技术学院和清华-BP 清洁能源研究和教育中心, 2005)。X. Zeng, Y. Ma, and L. Ma , 中国麦秆在生物能源中的利用, 可再生和可持续能源综述, 2007 年 11 卷 976-87 页, A.P.C. Faaij, 欧洲生物能源: 正改变着技术选择, 能源政策, 2006 年 34 卷 322-42 页。

7 马隆龙, 中国生物能源发展期望, 中国可再生能源发展战略办公室, 北京 2005 年 10 月 28 日 引用条目 6。

8 中国第一个生物能工厂开始运作, 新华社, 2006 年 12 月 1 日。

9 国有生物能源公司, 第一个生物能发电示范工程成功启动仪式, 2006 年 12 月 1 日 网址:  
[www.nbe.cn/news\\_english.asp?newsid=284](http://www.nbe.cn/news_english.asp?newsid=284).

10 农作物残渣利用, 包括: 作为肥料回归农田, 作为动物饲料和工业原料, 比如造纸。像这样, 全部残渣的一部分对能源有用。大多数研究表明大约 15%-20%的农作物残渣被用作肥料, 2%-3%的用于造纸, 25%-35%用于饲料, 其他的用于能源。Li 等人, 引自条目 4; Zeng, Ma, 和 Ma , 见注释 6; 中国农业部和美国能源部专家小组, 中国生物资源可用性评价, (北京: 中国环境科学出版社, 1998)。农作物残留物总量以及可以提供能源的有所不同。一项研究估计, 从 1997 年至 2010 年, 每年大约有 370-390 百万吨的残渣可以作为能源, 李等人, 见注释 4 。另外, 从 1995 年至 2010 年, 把残渣用于能源, 稳定在大约每年 360-380 百万吨, 中国农业部/美国能源部工程项目专家组, 引自本条。两项研究都考虑到作物产量和生产和残渣利用和畜牧业变化的影响, 到 2050 年, 对可以用于能源农作物残渣上限估计值可以达到 470 百万吨由 E.D. Larson 等人, 中国能源技术选择的未来影响, 能源政策 2003 年 31 卷 1189-1204 页。

11 从物质来源来说, 很难确定哪些纸来自于工业生产过程木材废料, 导致估计值在一个很大的范围内变化。一项研究估计, 森林总生物质资源 227 百万吨(截止到 20 世纪 90 年代后期), 其中 104 百万吨部分可用于能源。另一项研究估计, 120 百万吨可用于能源。C. Liao 等人, 中国生物质残渣资源的分布的研究和数量, 生物质和生物能源, 2004 年 27 卷 111-117 页。Z. Yuan 等, 中国生物质能源研究与发展, 中国生物开发中心, 可在 [www.frankhaugwitz.info](http://www.frankhaugwitz.info) 查询。这种资源的一个上限估计 175 百万吨, 出自 Larson 等人, 引用注 10 。但是, CREIA (未出版, 2007 年) 估计, 一个更大数量的森林残渣, 大约 440-520 百万吨, 因为政府的植树计划, 这个数目可能进一步增加。

12 Larson 等人, 引用注 10 , 为更高的情况。其中 Cathy Kunkel 一项未公布的分析, 显示, 按照如下假设, 上限为 800 亿瓦。假设每年 370 百万吨的作物残余物, 热值在 16 GJ 每吨, 加上 150 百万吨森林残留物, 热值 17GJ/吨, 产量 8.5 EJ 的总资源。假设核电厂容量系数为 80 % , 平均效率达百分之二十五(典型值为 25 兆瓦发电厂), 利用 8.5 ej 总生产能力将达到 84 GW。

13 王革华等人。用于运输的液体生物燃料: 21 世纪中国可持续农业和能源的潜力和影响(德国 eschborn : 德国技术合作公司, 2006 年); Gu Shuhua 与 Zen Ling, 生物燃料在中国的发展潜力, 中国可再生能源发展战略研讨会, 北京, 2005 年 10 月 28 日, 作品。引用注 6 ; B. Yang and Y. Lu, 中国生产纤维素乙醇的承诺, 化学技术和生物技术期刊, 2007 年第 82 卷。6-10 页。世界观察研究所, 用于运输的生物燃料: 为 21 世纪可持续农业和能源, 全球潜力和影响, (伦敦: Earthscan, 2007 年)。

14 9个省份是安徽，河北，黑龙江，河南，湖北，江苏，吉林，辽宁，山东。其中4个省（河北，湖北，江苏，山东），只有在大城市中有部分的任务。四个主要的生物燃料生产商出售其产品到中国石油天然气总公司，然后经过混合成燃料E10，在九个省份销售。

15 21世纪可再生能源政策网(REN21)，2007全球可再生能源报告（巴黎：REN21和华盛顿：世界观察研究所，即将出版）。

16 食品价格上涨导致生物燃料下降，时代在线（Times Online），2007年6月12日

17 王等引用注13；NDRC，中国中长期可持续能源计划（北京：2007年）。新华社发布，2007年9月4日。

18 王等。见注释13。利用1260升/吨（平均密度为0.79）的换算因子，原先估计250多万吨乙醇转化成公升，由REN21，见注释15。

19 王等。引用注13；K. Latner, C. O'Kray, 和 J. Jiang, 中国生物燃料：一种未来的农业替代，增益号报告书号码：CH6049（华盛顿：美国农业部门，外国农业服务，2006）。Wang 估计在广东、广西由木薯制造酒精，以每年0.77百万吨/每年；Latner,等估计4百万吨/年。

20 王估计，木薯的主要种植区广西和广东两省，每年由木薯转化的乙醇可达77万吨；而Latner等人估计可达400万吨乙醇/一年。

21 Worldwatch Institute，见注释13，杨和陆，见注释13。

22 REN21，见注释15。

23 Latner 等人，见注释19。

24 同上；J. Sheehan 等，使用玉米提炼酒精所引起的能源和环境问题，工业生态学报，第七卷(2003)第117-46页，Lang 和 Yu，见注释12.，由Cathy Kunke写的《Ethanol estimate》（未出版），内容如下：假设平均残留的热值16吉焦/吨，纤维素到乙醇转换效率340升/干吨的生物量（Sheehan 等人，本注释），其中一半的总残留量可利用，或4.25EJ/年，以及热值为乙醇为26.7吉焦/吨，7000万吨/年的乙醇，或900亿升/年的乙醇，可以生产出来。Yang and Lu，（见注释13）估计纤维素转化为乙醇的潜力6400亿升，这种假设基于转换所有可用的农作物和森林残留物，以及全部耕地，牧场，林地等农作物能量的10%的能量；不过，这似乎是一种不切实际的设想。

25 曹婷于2007年8月9日写得《惠聪工业调查报告》，源于<http://hc360.com>。若考虑转化系数1360升/吨，那么5200万吨的原料，就可生产700亿升的汽油，见[www.simetric.co.uk/si\\_liquids.htm](http://www.simetric.co.uk/si_liquids.htm)。

26 实际生产生物柴油在2006年约为5700万升。王等人见注释13；在2006年5月10日香港举行的汽车排放控制研讨会，发表了《生物柴油在中国》一文。见[www.cse.polyu.edu.hk](http://www.cse.polyu.edu.hk)

27 王等人，见注释13。估计3-4万吨/年。生物质能转化位汽油的换算系数1130升/吨（平均密度为0.88），引自ren21，见注释15。

28 至少有200万公顷土地（公顷），可供种植麻疯树，平均产量9.75吨/每公顷；该生物柴油的产量可达到3吨/每公顷，这意味着至少要用3.25吨的麻疯树果实生产1吨生物柴油。见王等人。注释13；温，见注释26。基于这种假设，生物柴油的潜力约600万吨。在云南省，新的麻疯树正在种植中，但有人担心，会产生环境损失和“浪费林地”。见刘英玲，《中国生物燃料扩张威胁到生态平衡》，可再生能源准入，2007年3月27日。到2015年，云南计划将成为中国主要生产生物燃料基地，达到400万吨乙醇和0.6万吨生物柴油。

29 此外，用甜高粱生产乙醇的废料可用于生产生物柴油。中国农业科学院正在研制一种杂交油菜的植物，具有很高的油脂含量特别适合生产生物柴油。

30 王等人，见注释13；latner 等人，见注释19。估计是190万吨。

31 人们关注，出口到中国的国外的棕榈油种植园对环境产生的影响。参见李娇的，在争议声中生物柴油席卷中国，可再生能源准入，2007年1月23日。

32 中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会，在2007年（未发表的估计）总量有5000万吨，其中，2800万吨乙醇，并2400万吨生物柴油。

33 赵勇强和张东英，国家发展和改革委员会能源研究所，未发表（北京，2007），在2020年将达到1500万吨，2030将达到3500万吨。

34 见表2。目标为1000万吨乙醇和200万吨生物柴油。从全球来看，如果生物燃料政策，继续扩散和加速，从2006年370亿升，将发展到2020年国际能源机构的项目1200亿升乙醇，（巴黎：国际能源机构，2003年）。政府的乙醇的目标，以期到2020年，将可能使各国政府有计划用含10%的乙醇与汽油勾兑，实现在全国各地推广。

35 刘，见注释28。

36 世界观察研究所，见注释13。

37 国际能源机构，能源技术观点：2050年的设想和战略（巴黎，2006年）。

38 李政等，基于煤炭气化的多联产能源系统”能源的可持续发展，2003年第四期，七卷，57-62页。

39 Jack Perkowski，争夺中国汽车市场，出席摩根大通“亲身中国体验系列，北京，2007年4月（香港：摩根大通，2007）。

40 国家电网发展电动车，中国日报，2007年4月27日，汽车制造商推出混合动力汽车，中国日报，2007年4月27日。

## 中国可再生能源的未来

1 国家发展和改革委员会(NDRC)，可再生能源中长期发展规划，（北京：2007年9月）；Emma Graham-Harrison，“中国计划投资2.65亿美元用于可再生能源的发展”路透社，2007年9月4日

2 李俊峰，风力-12在中国（北京化学出版社，2005）

3 美国给予价格补贴，譬如国家生产税收抵免，在2007年是1.9美分每千瓦时。欧洲的价格是由政府制订，最高的价格是由公用电力用户承担。更多的政策和价格详见21世纪可再生能源政策网络（ren21），2007年全球可再生能源报告（巴黎：ren21和华盛顿：世界观察研究所，即将出版）

4 表格7来自以下内容：马雪露，主任，管理委员会，保定高新科技工业发展区，个人通讯，2007年5月10日；马雪露，在中国电力谷风能工业园的奠基仪式上的讲话，2007年3月13日；保定构建新能源工业的枢纽，中国环境在线，2003年8月11日；王亦卷6，中国首个能源设备工业基地展现出潜力，经济参考新闻，2005年8月31日；保定高技术园区引领国内新能源设备工业，中国新闻社河北分社，2005年12月5日。

5 Eric Martinot，世界银行在中国的能源项目：对环境保护的影响，能源政策，第29卷，第8期（2001），581-94页，以及各种工程和有组织的网站，包括[www.cresp.org.cn](http://www.cresp.org.cn)，[www2.gtz.de/china/chinese/english/environmentlist.htm](http://www2.gtz.de/china/chinese/english/environmentlist.htm)，[www.energyandenvironment.org](http://www.energyandenvironment.org)，[www.ccre.com.cn](http://www.ccre.com.cn)，和[www.efchina.org/programs.renew.cfm](http://www.efchina.org/programs.renew.cfm)。

6 表格8来自以下内容：国家发展和改革委员会能源研究所（ERI）和劳伦斯伯克利实验室(LBL)，中国可持续能源的未来：能源形势与碳排放(加利福尼亚州劳伦斯伯克利实验室和北京中国能源研究所，2003)。指出4万兆瓦的小水电站在2005年建成，在中国能源研究所和劳伦斯伯克利实验室研究几年之后，比预计的提前15年。2002年预计的其他方面也被很快的超越，包括总体能源消费；倪维斗和托马斯约翰森，中国能源的可持续发展，能源政策，第32卷，第10期（2004），1225-29页；中国的任务集中于能源战略和技术，煤转化与可持续发展：中国的一项策略，向中国国务院做的关于环境和国际上的国际合作，能源的可持续发展，第7卷，第4期（2003），5-14页；世界商业理事会关于可持续发展，迈向2050：能源和气候变化，（日内瓦：2005）；张希良和何建昆，促进可再生能源大发展的战略和和政策，中国可再生能源发展学术

讨论会，北京，2005年10月28日（北京：清华大学核能和新能源技术学院和清华-BP清洁能源研究和教育中心，2005）。

7 Eric Martinot et al., 可再生能源的未来:目标,设想和方法, 2007年环境和资源年度回顾, 即将出版。

8 基于国家发展目标, 见表2。

9 估计来自于中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会 (CREIA)。

10 中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会估计到2030年风力发电为10万兆瓦, 2040-2050年为50-60万兆瓦。一个新的设想显示到2030年, 中国会有33万兆瓦, 全球风能委员会和绿色和平组织, 2006全球风能展望, (布鲁塞尔:2006)。到2050年, 60万兆瓦的风力发电将会产生1500太拉瓦特小时 (TWh), 或者等同于30万兆瓦的燃煤发电。

11 KPMG Huazhen, 中国替代能源: 风吹向何处? (北京: 2007), 第7页, 到2050年, 将会发电1200TWh, 或者等同于25GW的燃煤发电量。

12 REN21, 见注释3; Martinot 等人, 见注释7。

13 于太阳能光伏发电相比, 只有达到兆瓦级水平, 太阳能热电才有实际意义。太阳能热电站采用了太阳的热量产生蒸汽并运行一个传统的蒸汽循环发电机组。太阳能光伏发电的显著特点就是就是把光直接转换为电能, 可以放在几乎任何天台或者暴露的表面。

14 国家发展目标 (见表格2) 以及中国可再生能源工业协会预计。这将会产生大约1050-1250TWh, 相当于26GW的燃煤发电量。

15 在中国对于地源热泵产生日益浓厚的兴趣, 地源热泵为大厦等提供热水和供热, 有些人认为将来地源热泵将会有更大的作为, 国家可再生能源实验室的: 发展中国的地源热泵市场, (Golden, CO: 2006) 所有形式的电力生产或许都根植于电力的销售, 即消费者可以购买的可再生能源电力。这在美国已经很普遍了, 在欧洲, 可再生能源电站也在建设中, 但是在中国还没有这种情况, 在上海, 已有向当地的风电公司以比普通电力高的价格购买电力, 这表明将来电力会进入绿色市场, 到那时现在还为时过早。