

### 1. 太阳能

太阳能是太阳内部连续不断的核聚变反应过程产生的能量。地球轨道上的平均太阳辐射强度为  $1367\text{kw}/\text{m}^2$ 。地球赤道的周长为  $40000\text{km}$ ，从而可计算出，地球获得的能量可达  $173,000\text{TW}$ 。在海平面上的标准峰值强度为  $1\text{kw}/\text{m}^2$ ，地球表面某一点  $24\text{h}$  的年平均辐射强度为  $0.20\text{kw}/\text{m}^2$ ，相当于有  $102,000\text{TW}$  的能量，人类依赖这些能量维持生存，其中包括所有其他形式的可再生能源（地热能资源除外）虽然太阳能资源总量相当于现在人类所利用的能源的一万多倍，但太阳能的能量密度低，而且它因地而异，因时而变，这是开发利用太阳能面临的主要问题。太阳能的这些特点会使它在整个综合能源体系中的作用受到一定的限制。

太阳是一个巨大、久远、无尽的能源。尽管太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量（约为  $3.75 \times 10^{26}\text{W}$ ）的 22 亿分之一，但已高达  $173,000\text{TW}$ ，也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于 500 万吨煤。下图是地球上的能流图。从图上可以看出，地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能都是来源于太阳；即使是地球上的化石燃料（如煤、石油、天然气等）从根本上说也是远古以来贮存下来的太阳能，所以广义的太阳能所包括的范围非常大，狭义的太阳能则限于太阳辐射能的光热、光电和光化学的直接转换。

太阳能既是一次能源，又是可再生能源。它资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染。但太阳能也有两个主要缺点：一是能流密度低；二是其强度受各种因素（季节、地点、气候等）的影响不能维持常量。这两大缺点大大限制了太阳能的有效利用。

人类对太阳能的利用有着悠久的历史。我国早在两千多年前的战国时期就知道利用钢制四面镜聚焦太阳光来点火；利用太阳能来干燥农副产品。发展到现代，太阳能的利用已日益广泛，它包括太阳能的光热利用，太阳能的光电利用和太阳能的光化学利用等。

#### 光的性质与充分利用

光是由波长范围很广的电磁波组成的，主要波长范围是  $150 \sim 4000$  纳米（ $\text{nm}$ ），其中人眼可见光的波长在  $380 \sim 760$  纳米之间，可见光谱中根据波长的不同又可分为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色的光。波长小于  $380$  纳米的是紫外光，波长大于  $760$  纳米的是红外光，红外光和紫外光都是不可见光。在全部太阳辐射中，红外光约占  $50 \sim 60\%$ ，紫外光约占  $1\%$ ，其余的是可见光部分。由于波长越长，增热效应越大，所以红外光可以产生大量的热，地表热量基本上就是由红外光能所产生的。紫外光对生物和人有杀伤和致癌作用，但它在穿过大气层时，波长短于  $290$  纳米的部分将被臭氧层中的臭氧吸收，只有波长在  $290 \sim 380$  纳米之间的紫外光才能到达地球表面。在高山和高原地区，紫外光的作用比

较强烈。

那么,"在全部太阳辐射中, 红外光约占 50~60%, 紫外光约占 1%, ",其余的是可见光部分如果利用起来热量不是更大。

### 太阳能光伏发电产业

太阳能发电分光热发电和光伏发电, 光热发电前已阐述。不论产销量、发展速度和发展前景、光热发电都赶不上光伏发电。可能因光伏发电普及较广而接触光热发电较少, 通常民间所说的太阳能发电往往指的就是太阳能光伏发电, 简称光电。光伏发电是根据光生伏打效应原理, 利用太阳电池将太阳光能直接转化为电能。不论是独立使用还是并网发电, 光伏发电系统主要由太阳电池板(组件)、控制器和逆变器三大部分组成, 它们主要由电子元器件构成, 不涉及机械部件, 所以, 光伏发电设备极为精炼, 可靠稳定寿命长、安装维护简便。理论上讲, 光伏发电技术可以用于任何需要电源的场合, 上至航天器, 下至家用电源, 大到兆瓦级电站, 小到玩具, 光伏电源可以无处不在。目前, 光伏发电产品主要用于三大方面: 一是为无电场合提供电源, 主要为广大无电地区居民生活生产提供电力, 还有微波中继电源等, 另外, 还包括一些移动电源和备用电源; 二是太阳能日用电子产品, 如各类太阳能充电器、太阳能路灯和太阳能草地灯各种灯具等; 三是并网发电, 这在发达国家已经大面积推广实施。我国并网发电还未起步, 不过, 2008年北京“绿色奥运”部分用电将会由太阳能发电和风力发电提供。

太阳能光伏发电的最基本元件是太阳电池(片), 有单晶硅、多晶硅、非晶硅和薄膜电池等。目前, 单晶和多晶电池用量最大, 非晶电池用于一些小系统和计算器辅助电源等。国产晶体硅电池效率在 10—13%左右, 国外同类产品效率约 12—14%。由一个或多个太阳电池片组成的太阳能电池板称为光伏组件。2002年全球太阳电池和光伏组件产量约 600MW, 其中日本占 45%, 美国 25%, 欧洲约 22%。日本是光伏产业发展最快的国家, 在不到 10 年的时间里超过了美国, 2001 年世界 10 大太阳电池生产厂, 日本就有 4 家, 分别是夏普、京都陶瓷、三洋和三菱。欧美发达国家大都制订了“阳光计划”, 并采取措施鼓励居民安装太阳能发电系统, 比如部分赠款、无息贷款和“种子基金”等, 并以高出普通电价几倍的价格购买居民家中多余的太阳能电量。

我国太阳能光伏发电产业近几年发展较快, 但总体规模较小, 2002 年太阳电池产量约 5MW, 累计装机容量达 25MW, 不到世界的 1%, 为配合西部大开发, 我国政府实施了“阳光计划”、“乘风计划”和“光明工程”等, 利用太阳能发电和风力发电为解决西部广大无电地区农牧民生活生产用电, 这一工程配套资金 20 多亿人民币。我国光伏发电产品的市场主要在西部, 另有部分产品出口, 如组件、小系统和日用太阳能电子产品等。由于国内太阳能电池晶片产量远远不能满足需求, 许多厂家进口大量电池片封装组件。在光伏产业方面, 深圳占有部

分江山，产品加工能力、产品质量和销量在国内外都有一定的影响。政府应加大扶持力度，使之扩大规模发展成为产业群，进而成为深圳的一个经济增长点。

太阳能光伏发电产业增长迅速，不仅因为它是具有许多优点的清洁能源，一个更诱人的动因是，在太阳能与建筑一体化的过程中，太阳能电池组件比太阳能热水器与建筑更有亲合力。太阳能电池组件不仅可以作为能源设备，还可作为屋面和墙面材料，既供电节能，又节省了建材，国外已有非常好的案例。因此，太阳能光伏发电技术与建筑结合方面，将具有良好的经济效益，前途无限。

## 2. 风能

风是地球上的一种自然现象，它是由太阳辐射热引起的。太阳照射到地球表面，地球表面各处受热不同，产生温差，从而引起大气的对流运动形成风。据估计到达地球的太阳能中虽然只有大约 2% 转化为风能，但其总量仍是十分可观的。全球的风能约为  $2.74 \times 10^9 \text{ MW}$ ，其中可利用的风能为  $2 \times 10^7 \text{ MW}$ ，比地球上可开发利用的水能总量还要大 10 倍。

人类利用风能的历史可以追溯到公元前，但数千年来，风能技术发展缓慢，没有引起人们足够的重视。但自 1973 年世界石油危机以来，在常规能源告急和全球生态环境恶化的双重压力下，风能作为新能源的一部分才重新有了长足的发展。风能作为一种无污染和可再生的新能源有着巨大的发展潜力，特别是对沿海岛屿，交通不便的边远山区，地广人稀的草原牧场，以及远离电网和近期内电网还难以达到的农村、边疆，作为解决生产和生活能源的一种可靠途径，有着十分重要的意义。即使在发达国家，风能作为一种高效清洁的新能源也日益受到重视。

### 我国风能利用现状

#### 风力提水机

(1) 行业现状。我国东南沿海地区风能资源较丰富，年平均风速为  $4 \text{ m/s}$ 。这些地区乡镇工业发展迅速，用电量较大，常规能源贫乏，部分电网通达的地方缺电也较严重。为满足农田灌溉、水产养殖和盐场制盐等低扬程大流量提水作业的需要，当地用户已在使用一些低扬程风力提水装置。如福建省莆田地区利用风力提水制盐，天津市郊区利用风能排咸和育苗，山东省新泰市的风力—空气泵农田灌溉等，都取得了一定的经济效益。在上述地区推广应用风力提水机组，对农业、渔业和副业生产的发展具有重要的意义。另一方面，我国内陆风能资源较好的区域，如内蒙古北部、甘肃和青海等地的年平均风速为  $4 \sim 6 \text{ m/s}$ ， $3 \sim 20 \text{ m/s}$  的风速累计  $4000 \sim 5000 \text{ h/年}$ 。这里是广大的草原特区，人口分散，难通电网。利用深井风力提水机组为牧民和牲畜提供饮水或进行小面积草场灌溉，对于改善当

地牧民的生活、生产条件具有明显的社会效益。此外，甘肃、新疆北部及松花江下游也属于风能丰富区，适合发展风力提水。

(2) 产品类型。在风力提水机组的产品品种上，我国已基本形成南方型低扬程大流量风力提水机组和北方型高扬程小流量风力提水机组两大系列，约有十几种产品型号。经过严格的生产考核运行和多年的实际应用，这些机组的产品质量基本可靠，有些机组的水平达到或处于国际领先地位。近年来，我国低扬程风力提水机组已出口到斯里兰卡和马来西亚等国家。因此，我国现有的风力提水机产品可以在国内外逐步推广使用。

(3) 发展趋势。今后我国对风力提水机的需求仍将逐步增加，预测发展趋势如下。黑龙江三江平原旱田改水田需要扬程 5m、流量大于 30m<sup>3</sup>/h 的风力提水机组，根据市场需求预测，如果该机型 2005 年研制成功，到 2010 年可发展 1500 台。河北和山东等省的平原地区需要扬程 15~30m 的小型户用风力提水机组，到 2010 年可发展 1500 台。东南沿海地区盐场制盐、农田排灌和水产养殖需要低扬程大流量风力提水机组，到 2010 年可发展 1500 台。内蒙古、青海和甘肃等省区需要高扬程小流量的风力提水机组为草原特区提供人畜饮用水和小面积草场灌溉用水，到 2010 年可发展 1500 台。

从风力提水机组分类上讲，主要产品和技术的发展趋势：①低扬程大流量风力提水机多采用旋转式水泵，用于提取地表水和浅层地下水。②高扬程小流量风力提水机多采用往复式水泵，用于提取深层地下水。③风力提水机—微滴灌系统。④风力机—空气泵提水机组。⑤风力发展机—电泵提水系统。

### 小型风力发电机

(1) 行业现状。我国从 20 世纪 80 年代初就把小型风力发电作为实现农村电气化的措施之一，主要研制、开发和示范应用小型充电用风力发电机，供农民一家一户使用。目前，1 kw 以下的机组技术已经成熟并进行大量的推广，形成了年产 1 万台的生产能力。近 10 年来，每年国内销售 5000~8000 台，100 余台出口国外。目前可批量生产 100、150、200、300 和 500w 及 1、2、5 和 10 kw 的小型风力发电机，年生产能力为 3 万台以上，销售量最大的是 100~300w 的产品。在电网不能通达的偏远地区，约 60 万居民利用风能实现电气化。截至 1999 年，我国累计生产小型风力发电机组 18.57 万台，居世界第一。

(2) 发展趋势。①功率由小变大。户用机组从 50、100w 增大到 300、500w，以满足彩电、冰箱和洗衣机等用电器的需要。②由一户一台扩大到联网供电。采用功率较大的机组或几台小型机组并联为几户或一个村庄供电。③由单一风力发电发展到多能互补，即“风力—光伏”互补、“风力机—柴油机”互补和“风力—光伏—柴油”互补。④应用范围逐步扩大，由家庭用电扩大到通讯和气象部门、部队边防哨所、公路及铁路等。

## 大型风力发电机组及国外机组国产化

(1) 大型风力发电机组。我国大型风力发电机组的研究制造工作正在加快发展。中国一拖集团有限公司与西班牙电力公司美德(made)再生能源公司成立的一拖—美德(made)风电设备有限公司，西安航空发动机公司与德国恩德(nordex)公司成立的西安维德风电设备有限公司分别生产了1台660 kw/600 kw的主发电机组，并已经安装在辽宁营口风电场并网发电运行。这两台机组的国产化率达到40%。另外，浙江运达风力发电设备厂在生产200 kw风力发电机组的基础上又生产出了4台250 kw风力发电机组，安装在广东南澳风场运行，这是我国具有自主知识产权、运行状况最好的机组。

(2) 国外机组国产化。在我国风电场建设的投资中，机组设备约占70%，实现设备国产化、降低工程造价是风电场大规模发展的需要。但样机的研制及形成产品需要很大的投入，有关部门曾经研制过两种型号的200 kw样机，但还未来得及商品化，市场上的主导产品已发展到600 kw机组。为了跟上世界技术发展水平，引进国外先进成熟的技术，经过消化吸收逐步实现国产化的方案，是符合我国国情的。大型风电机的主要部件在国内制造，其成本可比进口机组降低20%~30%，因此，国产化是我国大型风力机发展的必然趋势。我国大型风电机的国产化从250~300 kw机组开始，发展到600 kw。塔架可以在国内制造，发电机和轮毂也已在国内试制出来，将上述部件安装在进口风力发电机上考核，如果质量达到原装机的标准就可以替代进口件。其他部件如齿轮箱、主轴、刹车盘和迎风机构都可以在国内试制成功后取代进口件。根据我国的生产水平和技术能力，大型风力机国产化是完全可行的。

600 kw机组的国产化方式主要有两种。一种是支付技术转让费购进全套制造技术，经过自主开发逐步完善提供商业化产品。另一种是通过技贸结合的方式购进一批技术成熟的风力发电机，同时引进制造技术，组建中外合资公司，严格按照原装部件标准在国内生产，逐步提高部件的国产化率。

## 风力发电场建设进程

(1) 风力发电场继续增多，装机容量继续增加。从我国风电场的建设历史来看，1986年4月由航空部和山东省计委拨款建设的第一个风电场在山东荣城发电后，全国各地陆续引进机组建设风电场，装机容量逐年增加。1990年累计装机4000 kw，最大的机组单机容量为200 kw；1993年累计装机1.45万kw，单机最大为500 kw；1995年累计装机3.75万kw；到1997年底全国风电场装机433台，容量达到16.67万kw，单机最大为600 kw；1998年总装机容量达到22.4万kw；1999年达到26.24万kw。

(2) 风力发电机组单机容量逐年加大。风电场内安装的国产机组主要有两种：一种是科技攻关的样机或后续生产的几台机组，由于技术和质量问题，需要

继续改进；另一种是与国外厂商合作生产的，有些部件用国产的替代基本上能够正常运行。进口机组多是较成熟的商品机组，可靠性高，这种机组主要有变桨距调节型和定桨距失速调节型两种，单机容量在 1996 年以前是 150~300 kw，后来安装的主要是 600 kw 级机组。

### 风能资源分布

中国 10m 高度层的风能资源总储量为 32.26 亿 kW，其中实际可开发利用的风能资源储量为 2.53 亿 kW。

东南沿海及其附近岛屿是风能资源丰富地区，有效风能密度大于或等于 200W/m<sup>2</sup> 的等值线平行于海岸线；沿海岛屿有效风能密度在 300W/m<sup>2</sup> 以上，全年中风速大于或等于 3m/s 的时数约为 7000~8000h，大于或等于 6m/s 的时数为 4000h。

新疆北部、内蒙古、甘肃北部也是中国风能资源丰富地区，有效风能密度为 200~300W/m<sup>2</sup>，全年中风速大于或等于 3m/s 的时数为 5000h 以上，全年中风速大于或等于 6m/s 的时数为 3000h 以上。

黑龙江、吉林东部、河北北部及辽东半岛的风能资源也较好，有效风能密度在 200W/m<sup>2</sup> 以上，全年中风速大于和等于 3m/s 的时数为 5000h，全年中风速大于和等于 6m/s 的时数为 3000h。

青藏高原北部有效风能密度在 150~200W/m<sup>2</sup> 之间，全年风速大于和等于 3m/s 的时数为 4000~5000h，全年风速大于和等于 6m/s 的时数为 3000h；但青藏高原海拔高、空气密度小，所以有效风能密度也较低。

云南、贵州、四川、甘肃、陕西南部、河南、湖南西部、福建、广东、广西的山区及新疆塔里木盆地和西藏的雅鲁藏布江，为风能资源贫乏地区，有效风能密度在 50W/m<sup>2</sup> 以下，全年中风速大于和等于 3m/s 的时数在 2000h 以下，全年中风速大于和等于 6m/s 的时数在 150h 以下，风能潜力很低。

### 风力发电：旧话重提

在 21 世纪，风力发电代表着一场新的能源革命的来临。

目前，风力发电在发达国家开始大行其道。除了技术的因素外，主要是因为这些国家对于能源产生的环境损害能够有效计价。而对发展中国家而言，更重要的是，风力发电对偏远的贫困地区的能源供应，提供了良好的解决方式。

然而令人遗憾的是，目前中国从政府到社会，对风力发电的意义还普遍认识不足。

大约两年前，笔者写了一篇文章介绍风力发电，投给三家国内的媒体都被拒绝。如今，原油价格涨到 55 美元一桶，美国这一最大的石油进口国，大力向中国输出最消耗原油的制造业，在降低了其国内经济对石油的依赖的同时，加剧了中国对石油的依赖。中国被普遍看好是 21 世纪的世界工厂，也将是受石油危机

打击最大的国家。能源战略，也就成为 21 世纪中国经济发展的最为不确定的因素。

在这样的背景下，我们有必要重新检讨风力发电的潜力。风力是人类利用的最古老的能源之一，后来随着以廉价的煤炭、石油为动力的工业革命的展开而几乎退出历史舞台。但是，由于高科技的发展，目前风力发电的成本已比 1980 年便宜了 90%，在能源、环境危机日益深重的世界成为增长速度最快的电力能源。如今的风力发电机比过去的老机器规模大十倍，最大的可以有几百英尺、三十几层楼高，并由计算机调节准确地捕捉风向，效率大增。在这方面领先的丹麦，生产着世界上半的风力发电机，成为其经济的巨大动力。丹麦近十年来经济繁荣程度和美国相差无几，但人均消耗的能源只有美国的一半，而且再生性能源已经占其能源消耗总额的 20%，不久这个比值将达到三分之一。即使在美国，大片的风力发电机也已开始纷纷竖起。比如华盛顿州西部一家电力公司，决定建 100 个风车，发电 165 兆瓦，可以供应 4 万个家庭。甚至在当今总统布什的老家得克萨斯，也出现了大片丹麦造的“风车”；得州的一些石油城，将被转化为“风场”。布什不久还准备签署一项议案，为风力发电提供可观的税收优惠。专家估计，如果美国全国的能源消耗中再生性能源的比重从现在的 2% 提高到 15%—20% (接近目前丹麦的水平) 的话，天然气的价格就将下降 10%。所以，中东石油危机的一大后果，将可能是改变美国的景观，以后怕是要风车林立了。毫无疑问，在 21 世纪，风力发电代表着一场新的能源革命的来临。

大约两年前，在南非约翰内斯堡举行的联合国“世界持续发展高峰会议”(World Summit on Sustainable Development) 上，风力发电成为能源方面的一个中心议题。当时风力发电在价格上就可以向其他传统能源挑战。以发一度电(kilowatt hour) 的成本而论，用煤将花 3.11—3.41 美分，用油要 5.53—3.41 美分，用核能是 3.31—5.74 美分，在良好的风力地点使用风力发电机是 5.84 美分，在最佳的风力区则是 3.89 美分。但是，就发一度电对社会和环境的损耗费用(如清理环境污染的费用，医疗费用，但还不包括处理核废料等费用)而言，煤的代价是 1.94—14.6 美分，油是 0.97—3.89 美分，核能是 0.19—0.58 美分，风力发电仅为 0.05—0.24 美分。两者相加，用煤发一度电的实际费用应是 5.05—18.01 美分，用油为 3.5—7.3 美分，用核能为 3.5—6.32 美分，在风力良好的地点使用风力发电为 5.89—6.18 美分，在最佳风力的情况下风力发电为 3.94—4.13 美分。最近，美国的最大风力发电机，在计入政府补贴的情况下，发一度电仅需 2.5 到 4 美分，而使用天然气的成本则在 5.5 美分。可见，风力发电在价格上已经基本上可以与传统能源竞争。

风力发电的弱点是风不可测：想用电时不刮风，不想用电时风不停。但对于这些问题，已经有可行的解决的办法：第一，把风力发电整合入传统能源的体系

中，风力不足时由传统能源补充；第二，在广大的区域建立风力发电网，这样当一个地区没有风时，可以由刮风的地区供电。而当今计算机的发达，又使上述两种系统的复杂调节成为可能。

目前，风力发电在发达国家(特别是环境法律甚严的欧洲国家)开始大行其道。除了技术的因素外，主要是因为这些国家对于能源产生的环境损害能够有效计价，同时国家对再生能源有相当的补贴。德国的风力发电业就由于巨大的国家补贴在规模上雄居世界第一。

但是，国家补贴并不是风力发电崛起的根本原因。其实传统能源也常常获得国家的补贴。如许多政府对煤炭业的补贴达几十亿美元之巨。同时，在没有德国式的巨额政府补贴的印度，风力发电也在急剧增长。其中一大原因是，风力发电对偏远的贫困地区的能源供应，提供了良好的解决方式。风力发电不需要建造庞大的基础设施，特别是不需要为偏远地区少量的电力需求建造昂贵的能源运输和传送设施。只需竖立起几个“风车”，就可解决问题。操作和维修费用都比传统的能源低。在 Iowa 州这个美国的偏远贫困地区，中等家庭收入仅为 3500 美元，低于全国平均水平 1 万美元左右。但四个风车就给一对夫妇经营的农场每年带来 9600 美元的收入。

也正是因为如此，联合国把推广风力发电技术作为帮助第三世界发展经济的有力手段，希望借此解决第三世界农村的贫困问题。而巴西、印度等发展中国家，已经提出了雄心勃勃的计划，建立庞大的风力发电场。

中国的地理与气候条件，为发展风力发电提供了天然优势。首先，中国地域广阔，这边风平浪静，那边大风不止，风力发电如能跨省跨地区联网，则可互通有无，建立稳定的供应网络；第二，中国大部处于季风气候区，风力、风向极有规律。特别是北方，一般不刮风不降温，风和寒流常常一起来。过去一降温，为了取暖就要大量烧煤，使北京冬天的空气质量为全年最坏。然而，一旦北方遍布高效能的“风车”，寒流就会和电流一起来，北方的供暖、供电，一部分可以依靠寒流来解决！更重要的是，中国仍有大量偏远的贫困地区，需要政府解决其零星的电力供应。风力发电，无疑是解决这一问题的首选手段，应该与扶贫相结合。

然而令人遗憾的是，目前中国从政府到社会，对风力发电的意义还普遍认识不足。拿与中国处于同等发展水平和人口规模的印度相比，两年前印度的风力发电已经有 1600 兆瓦的装机容量，中国则只有 400 兆瓦。如果中国在这方面不能急起直追，中国未来几十年的经济发展，将可能卡在能源和环境的瓶颈之中。

### **中国海上风电场发展简介**

2004 年，广东南澳总投资达 2.4 亿元的海上 2 万千瓦风电场项目已经获得批准立项，这是中国首个海上风电场建设项目，将于两年内建成投产。

2005 年中，河北省沧州市黄骅港开发区管委会与国华能源投资有限公司签



署协议，合作建设总装机容量约 100 万千瓦的国内第一个大型海上风力发电场。4 月，国华能源投资公司投资 400 多万元，在沧州沿海设置了 8 个测风塔。经过 4 个多月的检测，发现沧州沿海区域是国内最适合建设风力发电厂的地区之一。因此，国华投资公司决定在沧州沿海区域建设国内第一个海上风力发电厂。该项目总投资 90 亿元人民币，总装机容量约 100 万千瓦。电厂一期工程投资 5 亿元人民币，在冯家堡村北河至黄骅港开发区北边界建设一个装机容量为 5 万千瓦的发电厂，2006 年开工建设。全部工程完工后，不仅对沧州港区建设产生深远影响，而且将大大缓解华北地区的电力紧张状况。

2005 年 6 月，上海在筹建一座装机容量达 10 万千瓦的海上风力发电场，场址基本确定在东海大桥两侧，海上风力发电厂将由数十台 3000 千瓦风力发电机构成，项目计划在未来 5 年内开工建成。

江苏筹建国内最大的海上风力发电场。东台有海岸线 85 公里，近海海域滩地内高 10 米的地方年平均风速每秒 6.8 米，年风功率密度每平方米 400 瓦，这表明全年可正常发电。从地质角度看，有世界最大的淤长型辐射状沙滩，每年还在以 100 米左右的速度向大海延伸。这种辐射沙洲风能资源优良，70 米高的年均风速超过每秒 8 米，60 万亩潮上滩涂可开发建设风电场容量 100 万千瓦，140 万亩潮间滩涂可开发建设风电场容量 2000 兆瓦，如果再向东延伸，200 万亩近陆海域潮下浅滩区域，可建设风电场容量 3000 兆瓦。

### 3. 生物质能

生物质是讨论能源时常用的一个术语，是指由光合作用而产生的各种有机体。生物能是太阳能以化学能形式贮存在生物中的一种能量形式，一种以生物质为载体的能量，它直接或间接地来源于植物的光合作用，在各种可再生能源中，生物质是独特的，它是贮存的太阳能，更是一种唯一可再生的碳源，可转化成常规的固态、液态和气态燃料。据估计地球上每年植物光合作用固定的碳达  $2 \times 10^{11} \text{t}$ ，含能量达  $3 \times 10^{21} \text{J}$ ，因此每年通过光合作用贮存在植物的枝、茎、叶中的太阳能，相当于全世界每年耗能量的 10 倍。生物能是第四大能源，生物质遍布世界各地，其蕴藏量极大。世界上生物质资源数量庞大，形式繁多，其中包括薪柴，农林作物，尤其是为了生产能源而种植的能量作物，农业和林业残剩物，食品加工和林产品加工的下脚料，城市固体废弃物，生活污水和水生植物等等（中国生物质资源主要是农业废弃物及农林产品加工业废弃物、薪柴、人畜粪便、城镇生活垃圾等四个方面）。

### 4. 地热能

人类很早以前就开始利用地热能，例如利用温泉沐浴、医疗，利用地下水取暖、建造农作物温室、水产养殖及烘干谷物等。但真正认识地热资源并进行较大规模的开发利用却是始于 20 世纪中叶。地热能的利用可分为地热发电和直接

利用两大类。地热能是来自地球深处的可再生热能。它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。地热能是指其储量比目前人们所利用的总量多很多倍，而且集中分布在构造板块边缘一带、该区域也是火山和地震多发区。如果热量提取的速度不超过补充的速度，那么地热能便是可再生的。地热能在世界很多地区应用相当广泛。据估计，每年从地球内部传到地面的热能相当于 100PW h。不过，地热能的分布相对来说比较分散，开发难度大。

## 5. 海洋能

地球表面积约为  $5.1 \times 10^8 \text{km}^2$ ，其中陆地表面积为  $1.49 \times 10^8 \text{km}^2$ ，占 29%；海洋面积达  $3.61 \times 10^8 \text{km}^2$ ，占 71%。以海平面计，全部陆地的平均海拔约为 840m，而海洋的平均深度却为 380m，整个海水的容积多达  $1.37 \times 10^9 \text{km}^3$ 。一望无际的汪洋大海，不仅为人类提供航运、水产和丰富的矿藏，而且还蕴藏着巨大的能量。通常海洋能是指依附在海水中的可再生能源，包括：潮汐能、波浪能、海洋温差能、海洋盐差能和海流能等，更广义的海洋能源还包括海洋上空的风能、海洋表面的太阳能以及海洋生物质能等。全球海洋能的可再生量很大，上述五种海洋能理论上可再生的总量为 766 亿千瓦。虽然海洋能的强度较常规能源为低，但在可再生能源中，海洋能仍具有可观的能流密度。

## 6. 氢能

二次能源是联系一次能源和能源用户的中间纽带。二次能源又可分为“过程性能源”和“含能体能源”。当今电能就是应用最广的“过程性能源”；柴油、汽油则是应用最广的“含能体能源”。过程性能源和含能体能源是不能互相替代的，各有自己的应用范围。作为二次能源的电能，可从各种一次能源中生产出来，例如煤炭、石油、天然气、太阳能、风能、水力、潮汐能、地热能、核燃料等均可直接生产电能。而作为二次能源的汽油和柴油等则不然，生产它们几乎完全依靠化石燃料。随着化石燃料耗量的日益增加，其储量日益减少，终有一天这些资源将要枯竭，这就迫切需要寻找一种不依赖化石燃料的、储量丰富的新的含能体能源。氢能正是一种理想的新的含能体能源。

## 7. 小水电

许多世纪以前，人类就开始利用水的下落所产生的能量。最初，人们以机械的形式利用这种能量。在 19 世纪末期，人们学会将水能转换为电能。早期的水电站规模非常小，只为电站附近的居民服务。随着输电网的发展及输网能力的不断提高，水力发电逐渐向大型化方向发展，并从这种大规模的发展中获得了益处。

所谓小水电是指容量为 1.0~0.5MW 的小水电站；容量小于 0.5MW 的水电站又称为农村小水电。因此，小水电也包括小小型和微型水电站（虽然小小型和微型电站一般完全局限于为局部地区供电）。我国在五十年代，一般称 500 千瓦以下的水电站为农村水电站；到六十年代，小水电站的容量界限到 3000 千

瓦，并在一些地区出现了小型供电线路；八十年代以后，随着以小水电为主的农村电气化计划的实施，小水电的建设规模迅速扩大，小电站定义也扩大到 2.5 万千瓦；九十年代以后，国家计委、水利部进一步明确装机容量 5 万千瓦以下的水电站均可享受小水电的优惠政策，并出现了一些容量为几万至几十万千瓦的地方电网。

## 8. 天然气水合物

天然气水合物 (Natural Gas Hydrate, 简称 Gas Hydrate), 又称笼形包合物 (Clathrate), 它是在一定条件 (合适的温度、压力、气体饱和度、水的盐度、pH 值等) 下由水和天然气组成的类冰的、非化学计量的、笼形结晶化合物, 其遇火即可燃烧。它可用  $M \cdot nH_2O$  来表示,  $M$  代表水合物中的气体分子,  $n$  为水合指数 (也就是水分子数)。组成天然气的成分如  $CH_4$ 、 $C_2H_6$ 、 $C_3H_8$ 、 $C_4H_{10}$  等同系物以及  $CO_2$ 、 $N_2$ 、 $H_2S$  等可形成单种或多种天然气水合物 [1]。形成天然气水合物的主要气体为甲烷, 对甲烷分子含量超过 99% 的天然气水合物通常称为甲烷水合物 (Methane Hydrate)。

天然气水合物在自然界广泛分布在大陆、岛屿的斜坡地带、活动和被动大陆边缘的隆起处、极地大陆架以及海洋和一些内陆湖的深水环境。在标准状况下, 一单位体积的气水合物分解最多可产生 164 单位体积的甲烷气体, 因而其是一种重要的潜在未来资源。

### 天然气水合物：下一代全球能源主导

二十世纪七十年代, 美国地质工作者在海洋中钻探时, 发现了一种看上去像普通干冰的东西, 当它从海底被捞上来后, 那些“冰”很快就成为冒着气泡的泥水, 而那些气泡却意外地被点着了, 这些气泡就是甲烷。

据研究测试, 这些像干冰一样的灰白色物质, 是由天然气与水在高压低温条件下结晶形成的固态混合物, 这种物体含甲烷分子超过 99%, 因此遇火即可燃烧。

纯净的天然气水合物外观呈白色, 形似冰雪, 可以像固体酒精一样直接点燃, 因此, 人们通俗、形象地称其为“可燃冰”。

科学家的研究结果表明, 可燃冰的能量密度非常高, 1 立方米可燃冰可以释放出 164 立方米的天然气。

目前的科研考察结果表明, 它仅存在于海底或陆地冻土带内, 主要分布在深水的特定区的未固结沉积层域, 或是水深 100~250 米以下的极地陆架海域。

综合考察表明, 天然气水合物资源量巨大。据保守估算, 世界海洋中的天然气水合物换算成甲烷气体已超过 2 亿立方米, 相当于全球已知煤、石油和天然气总量的两倍以上, 是世界尚未开发的已知的最大的接替能源, 也是地球上正待开发的最大化石能源。而且, 根据目前已勘探调查的结果, 海洋天然气水合物又是陆地冻土地带贮藏量的几十倍。

目前地球上可供人类开采的石油、煤炭等能源正在不断减少，许多国家正在寻找新的替代能源，可燃冰的发现立即引起人们的关注。

特别是，天然气水合物的主要成分是甲烷，燃烧后几乎没有污染，是一种绿色的新型能源。从其储量之大、分布范围之广和应用前景之好来看，它是石油、天然气、煤等传统能源之后最佳的接替能源。