



新能源技术 与应用研究

Xinnengyuan Jishu Yu Yingyong Yanjiu

赵 罡◎主编

非
外
借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

新能源技术与应用研究

赵 罡 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

可再生能源是能源供应体系的重要组成部分。发展可再生能源已成为许多国家推进能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径，也是我国推进能源生产、消费革命和推动能源转型的重要措施。本书主要内容包括新能源技术概述、太阳能及其应用、风能及其应用、生物质能及其应用、氢能及其应用等。

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源技术与应用研究 / 赵罡主编. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2019.7

ISBN 978-7-5646-4485-7

I. ①新… II. ①赵… III. ①新能源—研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 140766 号

书 名 新能源技术与应用研究

主 编 赵 罡

责任编辑 耿东锋

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83884103 83885105

出版服务 (0516)83995789 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 廊坊市安次区华旺印刷厂

开 本 787 mm×1092 mm 1/16 印张 11.5 字数 230 千字

版次印次 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价 68.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

当前，全球资源紧缺与环境问题日益突出，能源和环境问题成了制约经济发展的主要瓶颈，新能源的开发和利用可以很好地缓解这一问题，其中利用新能源发电的技术受到广泛的重视。

新能源发电技术作为解决环境问题的有效举措，具有高效益、快速率等特征，成为目前国家有关部门重点倡导的资源开发技术。因此在实际应用过程中需要广泛利用新能源发电技术，提高能源的利用率，减少能源污染，保护自然环境，从而更好地促进人与自然的和谐发展。

本书介绍了几种典型的新能源发电技术的基本原理、研究现状，结合各类新能源发电技术的优势展望了其广阔的应用前景。

创作一本好著作需要大量的基础研究和耗时甚巨的基础文献梳理工作，本书很多章节虽力求文字表述清晰简洁，但笔者能力有限，还有很多可修改和完善之处，望专家、同行多多反馈斧正。

作 者

2019年1月

目 录

第一章 新能源技术概述	1
第一节 能源的基本概念	1
第二节 世界能源发展概况	3
第三节 世界可再生能源的发展趋势	7
第二章 太阳能及其应用	11
第一节 太阳能概述	11
第二节 太阳能的光热转换利用	20
第三节 太阳能的光电转换利用	49
第三章 风能及其应用	71
第一节 风能基本知识	71
第二节 风能资源与风能利用概况	77
第三节 风力发电机的结构与运行	81
第四节 风力发电储能系统	92
第五节 直驱式风力发电机	93
第六节 风力发电场	95
第四章 生物质能及其应用	98
第一节 生物质能概述	98
第二节 生物质能的物理转换利用	108
第三节 生物质能的生物化学转换利用	115

第五章 氢能及其应用	128
第一节 氢能概述	128
第二节 氢的制备与储运	131
第三节 氢的应用	159
参考文献	175



第一节 能源的基本概念

从人类学会用火到蒸汽机、内燃机的发明应用，人类文明前进的每一步，都与能源的开发利用息息相关。人类文明前进的过程，也是开发利用能源的规模与水平不断提高的过程。从推动生产力提高的作用来看，是能源的开发利用将人类社会飞速推向现代文明时代。在当代，能源的开发和利用水平仍是衡量社会生产力和社会物质文明的重要标志，并且关系着社会可持续发展和社会的精神文明建设。科学技术的发展、国民经济的繁荣、国防建设的加强、社会生活质量的提高、人类文明的进步等，都必须以充足的能量供应为支柱。

一、能源及其分类

所谓能源，是指可向人类提供各种能量和动力的物质资源。迄今为止，由自然界提供的能源有水力能、风能、太阳能、地热能、燃料的化学能、原子核能、海洋能以及其他一些形式的能量。通常人们按照以下几种分类方式对能源分类。

(1) 按来源分。根据来源，能源大致可分为三类：第一类是地球本身蕴藏的能量，如原子核能、地热能等；第二类是来自地球以外天体的能量，如太阳能以及由太阳能转化而来的风能、水力能、海洋波浪能、生物质能以及化石能源（如煤炭、石油、天然气等）；第三类则是来自月球和太阳等天体对地球的引力，且以月球引力为主，如海洋的潮汐能。

(2) 按照开发的步骤分。按照开发的步骤, 能源可分为一次能源和二次能源。一次能源, 即在自然界以自然形态存在可以直接开发利用的能源, 如煤炭、石油、天然气、水力能、风能、海洋能、地热能 and 生物质能等。一次能源中又可根据能否再生分为可再生能源和不可再生能源。可再生能源是指不会因被开发利用而减少, 具有天然恢复能力的能源, 如太阳能、风能、地热能、水力能、海洋能、生物质能等; 不可再生能源是指储量有限, 随着被开发利用而逐渐减少的能源, 如煤炭、石油、天然气和原子核能等。二次能源, 即由一次能源直接或间接转化而来的能源, 如电能、高温蒸汽、汽油、沼气、氢气、甲醇、乙醇等。

(3) 按使用程度和技术分。在不同历史时期和不同科技水平条件下, 能源使用的技术状况不同, 从而可将能源分为常规能源和新能源。常规能源是指开发时间较长、技术比较成熟、人们已经大规模生产和广泛使用的能源, 如煤炭、石油、天然气和水力能等。新能源是指开发时间较短、技术尚不成熟、尚未被大规模开发利用的能源, 如太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能和原子核能等。

(4) 按照开发利用过程中对环境的污染程度分。按对环境的污染程度, 能源可分为清洁能源和非清洁能源。无污染或污染很小的能源称为清洁能源, 如太阳能、风能、水力能、海洋能等; 对环境污染大或较大的能源称为非清洁能源, 如煤炭、石油、天然气等。

(5) 按性质分。按本身性质, 能源可分为含能体能源和过程性能源。含能体能源是指集中储存能量的含能物质, 如煤炭、石油、天然气和原子核能等。而过程性能源是指物质运动过程产生和提供的能量, 此种能量无法储存并随着物质运动过程结束而消失, 如水力能、风能和潮汐能等。

二、能源在国民经济中的重要战略地位

能源是人类社会生存的基础, 能源的开发和利用不但推动着社会生产力的发展和社会历史的进步, 而且与国民经济的发展密切相关。能源在国民经济中具有特别重要的战略地位。

首先, 能源是现代生产的动力来源。无论是现代工业还是现代农业都离不开能源。现代化生产是建立在机械化、电气化和自动化基础上的高效生产, 在所有生产过程进行的同时总伴随着能源的消费。

其次, 化石能源提供了珍贵的化工原料。以石油为例, 除了能提炼出汽油、柴油和润滑油等石油产品外, 对它们进一步加工可取得 5 000 多种有机合成原料。这些原料经过加

工,便可得到塑料、合成纤维、化肥、染料、医药、农药和香料等多种工业制品。此外,煤炭、天然气等也是重要的化工原料。

一个国家的国民经济发展与能源开发和利用紧密联系,没有能源就不可能有国民经济的发展。世界各国的经济发展实践证明,在经济正常发展的情况下,每个国家能源消费总量及增长速度与其国民经济总产值及增长速度呈正向关系。

此外,能源的人均消耗量的多少也反映出人民生活水平的高低。在人民的生活中,不仅衣、食、住、行需要能源,而且文教卫生、各种文化娱乐活动等都离不开能源。随着人民生活水平的不断提高,所需的能源数量、形式越来越多,质量越来越高。一般而言,从一个国家的能源消耗状况可以看出一个国家人民的生活水平。例如,生活富裕的北美地区的年人均能耗比贫穷的南亚地区要高出 55 倍。

第二节 世界能源发展概况

在全球经济高速发展的今天,能源安全已上升到了国家战略的高度,能源的开发和有效利用程度以及人均消费量是生产技术和生活水平的重要标志。能源是经济发展的原动力,不仅影响着世界的政治格局,还关系到世界的安宁。

当今世界使用的能源,主要是传统的不可再生能源,如石油、煤炭、天然气等。人类在 100 多年前发现了石油。20 世纪中叶以来石油大量应用成为能源主力。石油是工业的“血液”,目前全球石油消费占能源消费的 40% 以上。世界能源的分布极不平衡,能源生产国和消费国在地理上分离。地球石油储量的约三分之二分布在中东地区,预测不到 50 年将使用枯竭。煤炭储量较大,预测还可以开采 200 多年。化石能源的快速消耗,导致能源短缺问题日益突出,能源危机迟早会到来。如果能源供应出现严重短缺或中断,与能源有关的各种经济社会生活会受到强烈冲击而造成巨大混乱。

世界部分主要国家能源开发与利用情况如下。

(1) 美国

美国是世界主要的能源生产国和消费国。能源特别是石油利益一直是美国战略的核心。在当代世界石油资源争夺中,美国一直扮演着重要的角色。1919 年美国控制了当时世界石油产量的 68%。美国除了国内石油开发,还加强了对国外石油资源的争夺,逐步延伸到拉美和中东地区。第二次世界大战后,美国一步步确立了对中东的主导地位,凭借其军事力

量控制海上运输通道。在国际石油市场上，以美国公司为主的七大石油公司控制了石油生产和销售各个环节，把国际油价定于低水平。

在 1956 年第二次中东战争以后，美国和苏联在中东争夺霸权的斗争也日趋激烈。随着全球经济的发展，石油市场出现供不应求的状况。欧佩克出现，通过提价、禁运、参股、国有化等方法一步步夺回石油市场的主导权。美国通过建立国际能源合作机制，如国际能源机构（IEA）、八国集团（G8）等，压缩需求，发展新技术，扩大国内石油供应，通过发达的能源期货市场，基本实现了对国际石油价格的影响和控制。美国的战略石油储备，在应对石油危机方面发挥了重要作用，战略储备石油的购买和释放都会给国际石油市场带来冲击。

20 世纪 90 年代，冷战结束后，美国发动了海湾战争、伊拉克战争、阿富汗战争、利比亚战争。2007 年美国设立了非洲司令部，把非洲打造成美国石油来源多元化的重要基地，使该地区成为维护其能源安全的重要能源基地。

核能方面，美国目前有 100 多座商业核电站正在运行，分布在 31 个州，核电约占美国发电总量的 20%，年发电量约 7.89 亿兆瓦时，装机近 10 万兆瓦。

奥巴马总统上任后，推动能源产业转型，加大发展新能源和可再生能源，于 2009 年 2 月签署《2009 年美国复苏与再投资法案》，投资 7 870 亿美元来振兴美国经济，重点是发展新能源和保障就业、推动汽车节能等。奥巴马最终的目标就是通过能源改造、转型，使美国大幅减少对中东、委内瑞拉等国的石油依赖，减少对化石能源的依赖。

（2）俄罗斯

俄罗斯（苏联）和欧佩克成员国主导石油与天然气出口半个多世纪，全球市场上 55% 的石油来自欧佩克，俄罗斯仅次于欧佩克组织。沙特阿拉伯石油储量比俄罗斯高得多，为了维持油价控制产油量，从而使俄罗斯成为最大的产油国。俄罗斯还是最大的天然气出口国。俄罗斯、伊朗、卡塔尔三国的天然气储量占世界储量的 55%。2014 年以来西方对俄罗斯的制裁，使俄石油出口遭受巨大损失。

2014 年俄罗斯有关未来 20 年能源战略的草案提到，到 2035 年将把向亚洲出口的石油销量翻一番，天然气销量扩大 4 倍。2014 年 5 月中国与俄罗斯签订了 4 000 亿美元的天然气供应协议，从 2018 年起，俄罗斯天然气工业股份公司将在 30 年内每年向中国石油天然气集团有限公司（CNPC）供应 380 亿立方米天然气，预计出口量相当于俄罗斯天然气工业股份公司当时出口量的 16%，相当于当时中国消费量的 23%。

（3）日本

日本是资源匮乏国，是世界能源消费和能源进口大国。日本先于中国进入工业化时代，

先于中国进入能源大量消费和大量进口时代。第二次世界大战后实现经济发展所需要的能源基本依靠海外进口，85%的煤炭需要进口，同时也需要大量进口天然气，这种能源状况决定了日本要经常面对诸多能源安全问题。

日本 20 世纪 50 年代能源消费以煤为主，60 年代调整为以石油为主，70 年代石油危机以后，日本又将能源结构调整为由石油、煤、核能和天然气为主，以太阳能、地热能、风能、生物能源等新能源为辅的多元能源结构，降低了对石油的依赖，将世界油价暴涨对日本经济的影响降到最小限度，日本受世界油价上涨引发的物价上涨并不明显。日本在节能技术和节能管理方面比较先进。

2011 年 3 月日本东海岸大地震导致福岛核泄漏事件，日本所有核电站停运。2011 年 8 月，日本颁布法律，对光伏实行强制上网电价，要求全国 10 家电力公司购买过剩的太阳能电力。日本经济产业省运用各种措施和项目，发展本国的光伏产业和容量，包括“新阳光工程”“5 年光伏发电技术的研究与开发计划”“住宅光伏系统推广计划”。据统计，太阳能产品在日本的市场占有率已达到 30%，仅次于德国。

日本文部科学省公布的 2013 年度以全国 30 621 所公立中小学校为对象的调查结果显示，日本有近两成公立中小学校已经安装和正在安装太阳能发电装置。

日本海上风电资源丰富，但目前成本是陆地风力发电的 2 倍左右。

日本大力开展波浪能、潮汐能、温差能发电。日本海洋研究开发机构设计的振动水柱式波浪能发电装置设置在防波堤上。该堤坝工程墙体向外突出，可提高波浪能吸收效率。川崎重工业株式会社研制出了可装卸式海底潮汐能发电装置。三井造船株式会社的波浪能发电浮标可在台风来袭时沉入水下，躲过大波浪。神户大学研制出陀螺仪式波浪能发电设备，其动力输出装置利用了日本原创的陀螺仪技术。

(4) 法国

法国电力企业 RTE 报告显示，法国主要能源为核能，2013 年法国 73.3% 的电力产自核能，而可再生能源的贡献率为 18.6%。预计到 2025 年核电占电力消费的比重将从当前的 75% 降至 50%。

法国能源转型法律设定的目标是，到 2030 年，二氧化碳排放较 1990 年降低 40%，化石能源消耗降低 30%，可再生能源占法国能源消费比重升至 32%。到 2050 年的目标是能源消费减少 50%，二氧化碳排放比 2012 年减少 25%。

(5) 中国

作为世界上最大的发展中国家，随着人均 GDP 的增加，中国成了能源生产和消费大国。2017 年中国能源消费约占全球消费量的 23%，是世界最大的能源消费国之一。

中国以煤炭为主要能源，煤炭在我国一次能源消费中占主导地位。中国石油、天然气资源相对不足，人均能源资源占有量远比世界平均值低。

近年来中国的大面积雾霾天气反映了环境污染的严重程度。京津冀地区空气中总悬浮颗粒物浓度普遍超标；尤其是冬季供暖季，煤炭被指是“罪魁祸首”；机动车尾气污染物排放总量大，氮氧化物污染呈加重趋势。中国科学院“大气灰霾追因与控制”专项组研究揭示，京津冀鲁占全球陆地面积不到 0.3%，却燃烧了全球 11% 的煤，生产了全球 15% 的钢。

另一份研究报告则指出，煤炭燃烧是京津冀地区雾霾的最大根源，对二氧化硫和氮氧化物的贡献率分别达到 82% 和 47%。从英美等国能源转型的实践看，用天然气替代煤炭是战胜雾霾的一个重要途径。2014 年 5 月，中俄签订价值 4 000 亿美元的天然气大单，也被视作中国改变能源消费结构的重要举措。

2013 年 9 月，中国政府发布了《大气污染防治行动计划》，要求大幅削减燃煤，增加新能源的供应和煤改气的比重，希望通过“大气行动”，到 2014 年非化石能源消费比重优化至 10.7%，非化石能源发电装机比重达到 32.7%，天然气消费比重提高到 6.1%，煤炭消费比重降到 65% 以下。

2014 年 6 月 13 日，中共中央总书记、中央财经领导小组组长习近平主持召开会议研究我国能源安全战略。习近平指出，经过长期发展，我国已成为世界上最大的能源生产国和消费国，形成了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源全面发展的能源供给体系，技术装备水平明显提高，生产生活用能条件显著改善。尽管我国能源发展取得了巨大成绩，但也面临着能源需求压力巨大、能源供给制约较多、能源生产和消费对生态环境损害严重、能源技术水平总体落后等挑战。习近平就推动能源生产和消费革命提出五点要求：

第一，推动能源消费革命，抑制不合理能源消费，加快形成能源节约型社会。

第二，推动能源供给革命，建立多元供应体系。立足国内多元供应保安全，大力推进煤炭清洁高效利用，着力发展非煤能源，形成煤、油、气、核、新能源、可再生能源多轮驱动的能源供应体系，同步加强能源输配网络和储备设施建设。

第三，推动能源技术革命，带动产业升级。立足我国国情，紧跟国际能源技术革命新趋势，以绿色低碳为方向，分类推动技术创新、产业创新、商业模式创新，并同其他领域高新技术紧密结合，把能源技术及其关联产业培育成带动我国产业升级的新增长点。

第四，推动能源体制革命，打通能源发展快车道。

第五，全方位加强国际合作，实现开放条件下能源安全。在主要立足国内的前提条件下，在能源生产和消费革命所涉及的各个方面加强国际合作，有效利用国际资源。

电力结构方面,近年来我国关于核电建设的政策频出,核电建设重新启动,技术与工程加大力气推进“走出去”战略。

2014年6月23日,我国光伏企业首批准入名单正式公布。按照《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》的要求,根据《光伏制造行业规范条件》及《光伏制造行业规范公告管理暂行办法》,经企业申报、省级工业和信息化主管部门核实推荐、专家复核、网上公示及现场抽检,符合《光伏制造行业规范条件》企业的名单最终确定为52家。

至2014年年底,中国全口径发电装机容量为13.6亿千瓦,同比增长8.7%,其中非化石能源发电装机容量4.5亿千瓦,占总装机容量比重为33.3%。2014年,全国全口径发电量5.55万亿千瓦时,同比增长3.6%,其中非化石能源发电量1.42万亿千瓦时,同比增长19.6%;非化石能源发电量占总发电量比重首次超过25%,同比提高3.4个百分点。全国发电设备利用时间4286小时,同比降低235小时。

2015年6月16日,“中国能源互联网产业技术联盟”在北京宣告成立。

2017年推动全球天然气消费增长的最大因素是中国天然气需求的暴增,中国的消费量增长超过了15%,在全球天然气消费的增量中占比超过三分之一。这种快速增长可以溯源到2013年提出的环保规划,目标为在后续的5年中改善空气质量。

第三节 世界可再生能源的发展趋势

《世界能源发展报告2018》指出,全球能源正在向高效、清洁、多元化的方向加速转型推进,全球能源供需格局正进入深刻调整的阶段。报告指出,世界各国对可再生能源的发展主要集中在太阳能、风能及生物质能方面,旨在加快能源转型进程、提高能源安全及减少对化石能源的依赖。

报告认为,世界各国向绿色、低碳等清洁能源及可再生能源积极转型的信号主要体现在几个方面,即能源政策的积极转型、发电成本的不断下降、能源投资重心向绿色清洁化能源转移、产业结构和能源消费结构进一步优化及人工智能在可再生能源领域的开发应用等。

该报告认为,全球主要国家不约而同地加快了低碳化乃至“去碳化”能源体系的发展步伐。欧美发达国家先后提出了明确的能源转型计划、转型目标及推进措施,这是新科技革命、气候变化及绿色低碳背景下国际能源体系发生深刻变化的重要先导信号。就发电成

本而言, IRENA(国际可再生能源署)的数据显示,以后包括生物质能、水力等在内的可再生能源发电成本将会与化石燃料发电成本几近持平,而发电成本的下降也是世界能源发展进入新时代的重要信号。伴随着气候变化及《巴黎协定》的签署,全球能源转型提速使得可再生能源的长期前景更加确定,投资风险降低,投资规模连续7年超过2000亿美元。从目前国际可再生能源投资形势看,风力和太阳能光伏发电是可再生能源投资的两个主要领域。该报告同时指出,就世界各地区可再生能源投资情况看,可再生能源投资区域重心正在逐渐东移,以中国、印度、巴西为代表的新兴经济体的可再生能源投资基本处于稳定状态,2006—2015年,新兴经济体对清洁能源的投资年均增长率近52.4%,全球可再生能源投资呈不断增加趋势。

该报告还提出,产业结构和能源消费结构的进一步优化调整对未来可再生能源的发展起到一定的推动作用。同时,新工业革命的爆发将人工智能与能源体系进行充分融合过程中,人工智能技术成为电网发展的必然选择,也成为当今能源电力转型的重要战略支撑。

报告认为,未来可再生能源发展潜力巨大,中国可再生能源发展前景也十分乐观。推进能源革命及绿色低碳清洁能源体系发展,是我国未来能源发展的重要突破点。

日本在福岛第一核电站事故发生后,开始实施“可再生能源电力全额购入制度”(FTT),电力公司以固定价格全部收购家庭及民间企业投资太阳能、风能、地热等所产生的电力。日本政府决定对可再生能源追加巨额投资,太阳能发电设施方面追加投资12.1万亿日元,风能发电设备追加投资10万亿日元,建设完善输电网络。为了应对风能、太阳能受天气影响大而输出电力不稳定,日本经济产业省公布了作为环保技术核心的蓄电池发展战略,并将其列为国家战略会议上确定的绿色增长战略的重点。

日本FTT规定,太阳能、风能和地热发电收购价格分别为42日元/千瓦时、23.1日元/千瓦时和27.3日元/千瓦时,基本为火力发电或核电价格的2~4倍。这一定价高于发电成本,给从事可再生能源开发的企业以较大盈利空间,吸引了更多企业进入可再生能源领域,提高能源自给率,削减温室气体排放,减少对核电的依赖。根据日本政府的规划,到2030年,可再生能源在一次能源中的比例将从现在的约10%提高到25%~35%。

德国奉行弃核政策,太阳能光伏产业始于“千屋顶计划”,过去10年,政府对太阳能光伏产业补贴超过1000亿欧元,造就了德国在太阳能使用领域的全球领先地位。

德国政府利用征收能源税等措施,对太阳能、风力和生物质能源产业给予慷慨补贴。目前德国的再生能源产量已占到能源总产量的四分之一。但能源税也导致了德国能源价格高涨,德国电价现居欧洲之冠。根据德国2014年新能源改革草案,将在2025年之前将可再生能源的占比提高至40%~45%,到2035年进一步提高至55%~60%。该国面临着必须

对电费上涨及电网采取相关措施等问题。

德国平均年日照时间约为 1 500 h, 只有中国新疆维吾尔自治区的一半左右, 气候条件可能导致光伏应用的领先地位难以长期为继, 美国、中国、印度、日本等国家都可能超越德国。

德国太阳能产业发展重视技术创新, 以技术提升整体竞争力。德国 Fraun-hofer 太阳能研究所研制的多晶硅太阳能电池刷新了转化效率记录, 同时其超薄特性也有利于节约多晶硅用量。德国还积极参与推动空间太阳能发电技术, 已走在太阳能发电领域的最前沿。

丹麦提出到 2050 年完全摆脱化石能源, 全面依靠可再生能源, 并制定了详细的实现路径: 计划到 2020 年风电占到电力消费 50% 左右, 2030 年完全摆脱化石能源; 2035 年供热全部由可再生能源提供, 2050 年完全摆脱化石能源。据了解, 丹麦目前已经接近实现 2020 年的阶段性目标了。

2016 年中国发布了《可再生能源发展“十三五”规划》, 可再生能源的发展和利用继续得到鼓励。

中国 2020 年各项能源发展指标基本确定, 如非化石能源占能源消费总量比重达 15%; 煤炭消费比重控制在 62% 以内; 常规水电装机 3.5 亿千瓦左右; 风电和光伏发电装机分别达到 2 亿千瓦和 1 亿千瓦以上, 风电价格与煤电上网电价相当, 光伏发电与电网销售电价相当; 核电方面, 在采用国际最高安全标准、确保安全的前提下, 稳步推进核电建设, 到 2020 年, 核电运行装机容量 5 800 万千瓦、在建 3 000 万千瓦。

据国际能源署预测, 到 2020 年, 全球能源供应增量中的 2/3 将来自于新能源, 新能源供应的增速将远大于传统化石能源。到 2035 年, 新能源将成为世界第二大电源, 发电量接近火电。

近期, 世界能源理事会发布的《世界能源远景: 2050 年的能源构想》称, 在全球范围内煤炭、天然气和石油等化石能源发电量占全球发电总装机量的 66%, 到 2050 年化石能源仍将是重要的能源形式, 在能源供应中占主导地位。

未来全球新能源供应中, 风电、太阳能光伏将成为重要支柱。近年来, 以风电和太阳能光伏为代表的新能源成本大幅下降, 逐步具备了与化石能源相竞争的能力。大力发展风电和太阳能光伏还可有效规避化石能源价格波动造成的负面影响。

新能源产业将逐步进入与传统化石能源竞争发展的新阶段。首先, 随着投资成本的降低, 新能源发电电价将更具竞争力。过去 5 年间, 全球光伏和陆上风电的发电平均成本分别降低了 53% 和 15%, 同时, 很多国家燃煤、燃气发电成本却随着煤炭和天然气价格的上升而增加。按照这种趋势, 10 年内, 光伏与风电等只依靠少量补贴甚至不依靠补贴也能具

备同火电完全市场竞争的能力。其次，随着光伏与风电发电成本的降低，新能源投资将从传统市场逐步向拉美、非洲等发展中国家转移。巴西正加大本国新能源领域建设，南非、沙特和摩洛哥等国将通过国家招标方式提升风电、太阳能光伏领域的投资……这预示着未来全球新能源产业将进入新一轮建设高潮，新能源利用规模将进一步扩大。

新能源的发展带动了就业。国际可再生能源署发布的《2015年可再生能源和工作岗位年度审计报告》显示，中国有约340万人从业于可再生能源领域，约占全球可再生能源从业人数的40%。该报告显示，全球有约770万人从事可再生能源行业，比2014年上升了19%。在世界范围内，可再生能源行业创造就业能力超出其他行业的平均水平。

中国在水电方面的开发在全球处于领先地位。中国水电行业就业岗位中有70%分布在施工和安装领域。而在占全球约一半装机容量的小型水电领域，中国有12.6万人就业。



太阳是离地球最近的一颗恒星，也是太阳系的中心天体，它的质量占太阳系总质量的99.865%。太阳也是太阳系里唯一自己发光的天体，它给地球带来光和热。如果没有太阳光的照射，地面温度将会很快降到接近绝对零度。由于太阳光的照射，地面平均温度才会保持在14℃左右，形成了人类和绝大部分生物生存的条件。除了原子能、地热和火山爆发的能量外，地面上大部分能源均直接或间接与太阳有关。

根据目前太阳产生的核能速率估算，氢储量足够维持600亿年，而地球内部组织因热核反应聚合成氦，它的寿命约为50亿年，因此，从这个意义上讲，可以说太阳的能量是取之不尽、用之不竭的。因此太阳能的应用关系到今后人类能源供应的关键所在。

第一节 太阳能概述

一、太阳能的基本概念

狭义的太阳能仅指投射到地球表面上的太阳辐射能。而广义的太阳能资源，不仅包括直接投射到地球表面上的太阳辐射能，而且包括像水能、风能、海洋能、潮汐能等间接的太阳能资源，还应包括通过绿色植物的光合作用所固定下来的能量即生物质能。现在广泛开采并使用的煤炭、石油、天然气等，也都是古老的太阳能资源的产物，即由千百万年前动植物本体所吸收的太阳辐射能转换而成的。水能是由水位的高差所产生的，由于受到太阳辐射的结果，地球表面上（包括海洋）的水分被加热而蒸发，形成雨云在高山地区降水后，即形成水能的主要来源。风能是由于受到太阳辐射的强弱程度不同，在大气中形成温