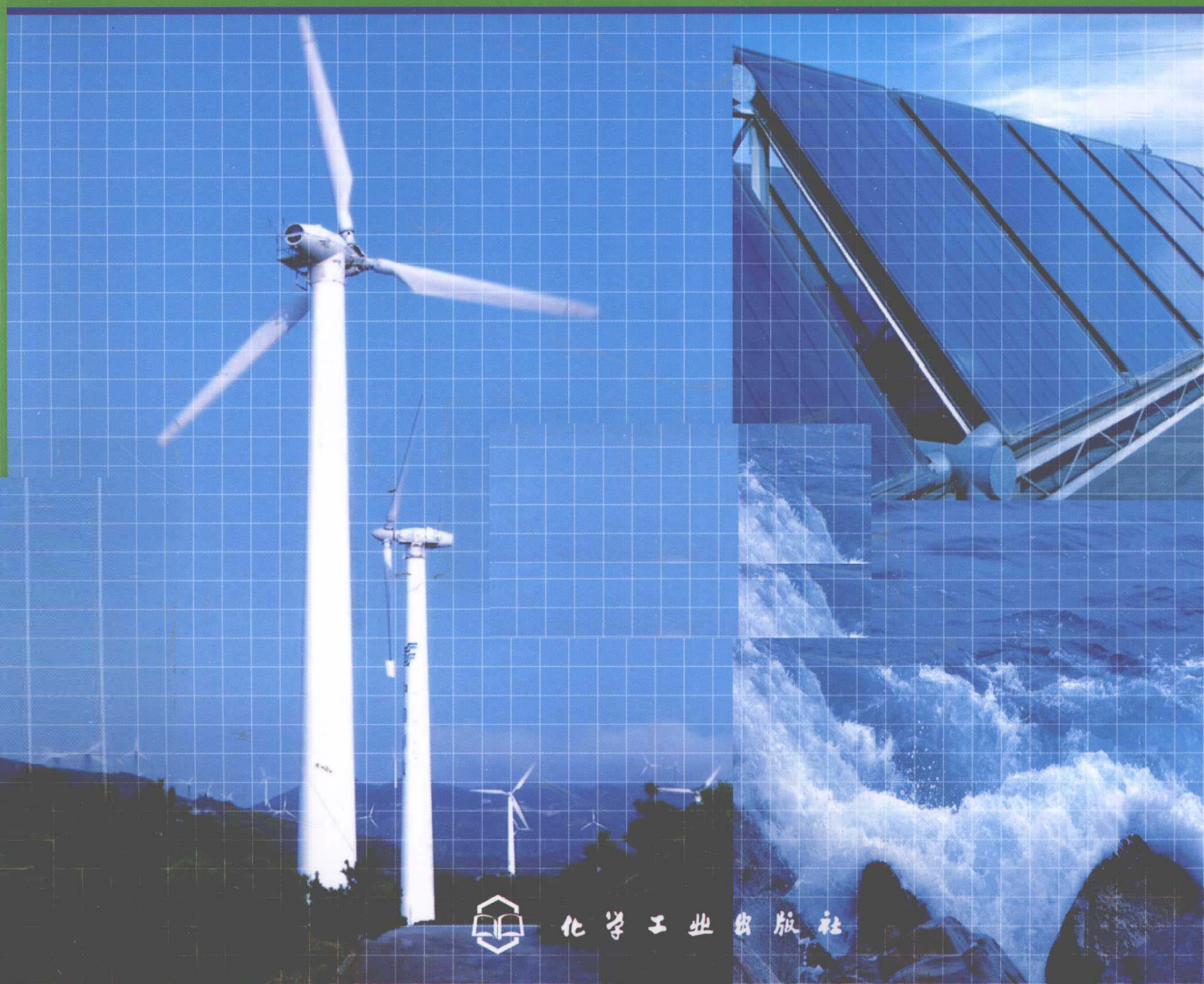


XINNENGYUAN JISHU YU YINGYONG GAILUN

新能源技术 与应用概论

冯飞 张蕾 等编著



化学工业出版社

新能源技术与应用概论

冯飞 张蕾 等编著



化学工业出版社

·北京·

全书共分为六章。第一章简明扼要地介绍了能源和新能源的基本概念、分类、新能源技术利用的现状和发展；第二章对太阳能的资源状况、太阳能光热转换、光电转换及其他形式转换的基本原理、利用状况进行了较为详细的介绍；第三章介绍了生物质能的基本概念、分类、生物质能的利用技术；第四章主要介绍了氢能的性质与分布、制备与储运以及具体应用；第五章则对地热能的资源状况、常见形式、供热、干燥以及发电等利用技术进行了介绍；最后一章介绍了其他新能源的基本概念与利用情况，包括风能、核能、海洋能和天然气水合物。

本书较为全面地介绍了新能源的基本概念和利用技术，内容丰富，系统完整。适合从事能源生产与管理、环境保护和能源化工等领域的工程技术人员、研究人员参考和使用，也可作为高等院校、高职高专院校热能动力设备及应用、能源工程、新能源技术、环境工程、建筑环境与设备等专业及相关专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源技术与应用概论/冯飞, 张蕾等编著. —北京:
化学工业出版社, 2011. 1
ISBN 978-7-122-10170-9

I. 新… II. ①冯…②张… III. 能源-新技术-概论
IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 249712 号

责任编辑: 高 钰
责任校对: 王素芹

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 369 千字 2011 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

能源是人类社会存在和发展的物质基础，为国民经济的发展提供动力支持。自 19 世纪工业革命以来，以煤炭、石油和天然气等化石燃料为代表的能源极大地推动和促进了世界各国的经济发展。然而，化石燃料的大量使用也带来了一系列严重问题，比如化石能源资源的不断枯竭，化石燃料的燃烧导致环境急剧恶化等。尤其是 20 世纪 70 年代爆发的能源危机更促使人类探寻一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统，新能源的探索、开发与应用逐步展开，并逐渐成为世界各国的研究热点。进入 21 世纪，随着不断加大对新能源研究与利用的人力和物力的投入力度，新能源利用技术和装置的研发不断深入，新能源的发展一日千里，很多新能源的利用已进入商业化应用阶段，并逐步在能源建设中发挥重要作用。

就我国而言，新能源的开发利用具有更重要的意义。我国的能源结构很不合理，其中煤炭所占比例过大，石油对外依存度高，人均能源占有率低，同时能源的利用效率低，环境污染严重。因此，我国面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。为了解决这些问题，必须依靠科技进步，优化能源结构，开发利用新能源，这是解决我国能源问题的重要途径，也是我国长期能源的发展战略，是我国建立可持续能源系统最主要的措施之一。为此，我国政府高度重视新能源的开发与利用工作，新能源的开发应用在我国得到了飞速发展，很多技术已位居世界前列。

随着我国能源、化工、电力等行业的持续快速增长，对从事新能源工作的技术人员的需求日益增加，大专院校相关专业的师生也迫切需要了解和掌握新能源的资源特性和应用技术。为满足能源、化工、电力等专业的师生对新能源技术的求知愿望，帮助能源、化工、电力等行业的工程技术人员认识和了解新能源技术及应用，编著了本书。

本书以应用为主，主要选择成熟可靠并通过实践检验的技术，同时也介绍一些指导性的科学理论和新技术。本书内容丰富，叙述具体、直观，图文并茂，有启示、借鉴和指导意义。语言通俗易懂，简明扼要，充分体现针对性、实用性和先进性。

本书由冯飞、张蕾等编著。各章节的分工为：冯飞编著第一章和第三章；李永杰编著第二章的第一节和第二节；涂中强编著第二章的第三节和第四节；张蕾编著第四章和第五章；赵振宙编著第六章。

沈来宏教授在百忙中抽出时间，主审了本书，并为全书的修改提出了不少宝贵意见；魏龙、祁建安、龙海军、公冶令沛参加了审稿。本书在编著过程中，得到了曹慧、张国东、蒋李斌、张鹏高、戴路玲、冯秀等的大力帮助，在此一并表示感谢。

新能源技术的发展日新月异，科技成果不断涌现，限于编著者的水平，书中不足之处恳请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 绪论	1	第一节 生物质能概述	67
第一节 能源的基本概念	1	一、生物质能的基本概念	67
一、能源及其分类	1	二、我国的生物质资源以及开发生物质能的意义	70
二、能源在国民经济中的重要战略地位	2	三、生物质能利用技术	71
第二节 我国能源现状	2	第二节 生物质能的物理转换利用	75
第三节 新能源及发展趋势	3	一、生物质压缩成型技术	75
一、新能源简介	3	二、生物质型煤	78
二、国际新能源发展现状与趋势	4	第三节 生物质能的生物化学转换利用	81
三、我国新能源的发展现状与趋势	8	一、沼气技术	81
思考题	12	二、燃料乙醇	88
第二章 太阳能及应用	13	第四节 生物质能的热化学转换利用	96
第一节 太阳能概述	13	一、生物质直接燃烧技术及应用	96
一、太阳辐射的基本概念	13	二、生物质气化技术及应用	104
二、我国太阳能资源的分布	15	三、生物质热解技术及应用	115
三、太阳能的利用方式	15	四、生物质直接液化技术简介	122
四、太阳能的开发历史	16	第五节 城市生活垃圾处理技术	123
五、国外太阳能的开发状况	18	一、城市生活垃圾的基本特性	124
六、我国太阳能的开发现状	19	二、城市生活垃圾能量利用技术	125
第二节 太阳能-光热转换利用	20	思考题	133
一、太阳能热水器	20	第四章 氢能及应用	134
二、太阳灶	23	第一节 氢能概述	134
三、太阳能制冷	25	一、氢的分布	134
四、太阳能热发电	27	二、氢的性质	134
五、太阳能干燥器	35	第二节 氢的制备与储运	135
六、太阳能在建筑节能上的应用	39	一、氢的制取	135
七、太阳能蒸馏-海水淡化	41	二、氢的纯化	156
八、其他应用	43	三、氢的储存	158
第三节 太阳能-光电转换利用	45	四、氢的输运	161
一、光伏效应	45	第三节 氢的应用	162
二、太阳能电池	45	一、氢在燃气轮机发电系统中的应用	162
三、光伏发电	57	二、氢在内燃机中的应用	163
四、太阳能电池的发展概况	62	三、氢在喷气发动机上的应用	165
第四节 其他形式的太阳能转换利用	64	四、燃料电池	166
一、太阳能-氢能转换利用	64	思考题	175
二、太阳能-生物质能转换利用	65	第五章 地热能及应用	176
三、太阳能-机械能转换利用	65	第一节 地热能概述	176
思考题	66	一、地热能基本概念	176
第三章 生物质能及应用	67		

二、我国的地热资源	179	二、核能发电	212
第二节 地热资源的直接利用	182	三、国际核电发展动向	213
一、地源热泵	182	第三节 海洋能及利用	214
二、地热干燥	186	一、潮汐能	215
三、地热资源的其他利用	187	二、波浪能	218
第三节 地热发电技术及应用	191	三、海流能	220
一、地热蒸汽发电	191	四、温差能	223
二、地热水发电	193	五、盐差能	225
三、地压地热发电	196	六、海洋能利用的前景	227
四、干热岩地热发电	197	第四节 天然气水合物	227
思考题	200	一、天然气水合物形成原理	227
第六章 其他新能源及应用	201	二、天然气水合物物理化学性质	228
第一节 风能及应用	201	三、天然气水合物开采方式	228
一、风能概述	201	四、全球天然气水合物开发前景	230
二、风力发电技术	202	五、中国天然气水合物研究	230
三、风电的发展现状及趋势	208	思考题	230
第二节 核能及应用	210	参考文献	231
一、核能概述	210		

第一章 绪 论

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源，如原子核能、地热能等；第二类是来自地球以外天体的能源，如太阳能以及由太阳能转化而来的风能、水能、海洋波浪能、生物质能以及化石能（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发展和社会历史的进程,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,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五千多种有机合成原料。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。

综上,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成正比例关系。

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 我国能源现状

能源是国民经济发展的基础,随着经济社会发展水平的不断提高,未来我国经济对能源的依赖度也将不断增加,能源的可持续供应将面临很大的压力。同时,能源结构的优化、能源效率的提高以及如何治理能源消费所引起的环境污染问题都是我国中长期经济发展中面临的重要任务。

我国的能源建设面临的主要问题有:

(1) 人均能源占有率低,远低于世界平均水平 我国能源总的产量在世界居前列,但是由于我国人口众多,我国目前人均能源消费量不到国际平均水平的 50%,更远低于发达国家和欧洲工业化程度高的国家。随着我国能源生产的增加,人均能源消费量增长得比较快,但和发达国家相比还是比较低。随着我国经济社会发展水平的提高,能源消费的需求将进一步增加。然而,我国常规化石能源的人均占有量低于世界平均水平,优质能源石油和天然气的人均占有量则更低。除煤炭外,石油、天然气都不能满足我国目前和长远发展的需要。因此,随着国民经济的增长,将来的能源供需矛盾将愈发突出。

(2) 能源开发利用设备和技术落后,能源利用效率低,浪费严重 目前,我国能源利用效率(单位能源生产的 GDP)约为 33%,比发达国家低 10 个百分点;单位产值能耗是世界平均水平的 2 倍多,比美国、欧盟、日本、印度分别高 2.5 倍、4.9 倍、8.7 倍和 43%;我国 8 个行业(石化、电力、钢铁、有色、建材、化工、轻工、纺织)主要产品单位能耗平均

比国际先进水平高 40%；燃煤工业锅炉平均运行效率比国际先进水平低 15%~20%；机动车百公里油耗比欧洲高 25%，比日本高 20%。我国建筑采暖、空调能耗均高于发达国家，其中单位建筑面积采暖能耗相当于气候条件相近的发达国家的 2~3 倍。目前我国节能潜力约为 3 亿吨标准煤。

(3) 环境污染严重 我国是世界上能源生产和消费大国，而且我国化石能源的储藏特点决定了我国是世界上少数以煤炭为主要一次能源的国家，煤炭一直占我国一次能源生产和消费总量的 70% 左右。据专家预测，在未来的 30~50 年内煤炭在我国的能源构成中仍然将超过 50%。然而，煤炭燃烧过程所排放出的大量 SO_2 、 NO_x 、 CO_2 、粉尘等污染物会使大气受到严重的污染。据世界银行统计资料，我国城市空气污染对人体健康和生产造成的损失估计每年超过 1600 亿元；酸雨使农作物每年减产损失达 400 亿元；中国人均 CO_2 排放量已超过世界平均量，总排放量超过美国成为世界第一排放国，减排任务十分艰巨。

为了解决这些问题，我国的能源建设应走可持续发展的道路。我国的能源建设发展思路是：①坚持节能优先，降低能耗。攻克主要耗能领域的节能关键技术，积极发展建筑节能技术，大力提高一次能源利用效率和终端用能效率。②推进能源结构多元化，增加能源供应。在提高油气开发利用及水电技术水平的同时，大力发展核能技术，形成核电系统技术自主开发能力。风能、太阳能、生物质能等可再生能源技术取得突破并实现规模化应用。③促进煤炭的清洁高效利用，降低环境污染。大力发展煤炭清洁、高效、安全开发和利用技术，并力争达到国际先进水平。④加强对能源装备引进技术的消化、吸收和再创新。攻克先进煤电、核电等重大装备制造核心技术。⑤提高能源区域优化配置的技术能力。重点开发安全可靠的先进电力输配技术，实现大容量、远距离、高效率的电力输配。

我国政府非常重视能源问题。2006 年 2 月中华人民共和国国务院发布的“国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020 年）”中将能源列为重点领域及其优先主题中的第一位，并指出：能源在国民经济中具有特别重要的战略地位。《“十一五”能源发展规划》提出，“十一五”时期我国能源建设的总体安排为有序发展煤炭；加快开发石油天然气；在保护环境和做好移民工作的前提下积极开发水电，优化发展火电，推进核电建设；大力发展可再生能源。我国的“十二五”能源规划也将突出六大重点：优化能源结构、调整能源产业布局、推进能源科技创新、完善能源宏观调控体系、深化能源体制改革以及进一步建立能源可持续发展的政策标准体系等。近期的目标是有效缓解能源安全和环保压力，中远期将逐步形成新的能源可持续发展系统，实现能源永续发展。

人类已经进入 21 世纪，化石燃料的大量使用所带来的环境、社会，甚至政治问题已经日益显现，解决能源的需求问题显得越来越紧迫。为此，在节约现有一次能源的同时，有必要开发和利用新能源，寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统，走能源、环境、经济和谐发展的道路。

第三节 新能源及发展趋势

一、新能源简介

新能源是与常规能源相对的概念。常规能源是指技术较成熟、已被大规模利用的能源（如煤、石油、天然气、大中型水电等）。新能源是指技术正在发展成熟、尚未大规模利用的能源，其内涵根据不同时期和技术水平发展有所变化，如核能在国外已大规模利用，属常规

能源, 而我国还没有实现规模化利用, 仍作为新能源看待。根据当前我国能源状况, 新能源包括核能、风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能、氢能等还没有规模化应用的能源。

(1) 太阳能 太阳能指太阳光的辐射能量, 是人类最主要的可再生能源。每年太阳辐射到地球大陆上的能量约为 8.5×10^{10} MW, 相当于 1.7×10^{18} t 标准煤, 远大于目前人类消耗的能量总和。利用太阳能的方法主要有太阳能光伏电池和太阳能热水器等。

(2) 生物质能 生物质能来源于生物质, 它直接或间接地来源于植物的光合作用。地球每年经光合作用产生的物质有 1730 亿吨, 其中蕴含的能量相当于全世界能源消耗总量的 10~20 倍, 但目前的利用率却不到 3%。生物质能的主要利用方式有直接燃烧利用、化学转化利用与生物转换利用等。

(3) 氢能 氢是未来最理想的二次能源。氢以化合物的形式储存于地球上最广泛的物质——水中, 如果把水中的氢全部提取出来, 总热量相当于地球现有化石燃料的 9000 倍。

(4) 地热能 地热能是地球内部来自重力分异、潮汐摩擦、化学反应和放射性元素衰变释放的能量等。地热能资源指陆地下 5000 米深度内的岩石和水体的总含热量。其中全球陆地部分 3 千米深度内、150℃ 以上的高温地热能资源为 140 万吨标准煤。全世界地热资源总量大约为 1.45×10^{26} J, 相当于全球煤热能的 1.7 亿倍。而且地热能具有分布广、洁净、热流密度大、使用方便等优点, 目前在包括我国在内的一些国家已开始商业开发利用。

(5) 风能 风能是太阳辐射下空气流动所形成的。风能蕴藏量大, 估计全球风能储量为 10^{14} MW, 为水能的 10 倍。即使有千万分之一被利用, 也可满足全球目前电能的总需求量。风能分布广泛, 永不枯竭, 对交通不便、远离主干电网的岛屿及边远地区尤为重要。

(6) 海洋能 海洋能指蕴藏于海水中的各种可再生能源, 包括潮汐能、波浪能、海流能、海水温差能、海水盐度差能等。海洋能理论储量十分可观。据科学家推算, 全世界海洋能的理论可再生量约为 7.6×10^7 MW, 相当于目前人类对电能的总需求量。目前, 海上导航浮标和灯塔已经用波浪发电机供电照明, 大型波浪发电机组也已问世。

(7) 可燃冰 可燃冰是天然气的水合物, 在海底分布范围占到海洋总面积的 10% (相当于 4000 万平方千米), 储量够人类用 1000 年。

相对于传统能源, 新能源普遍具有污染少、储量大的特点, 对于解决当今世界严重的环境污染问题和资源枯竭问题具有重要意义。随着全球石化能源的日近枯竭, 以及近年来国际石油价格的不断上涨, 温室气体排放引起的气候问题日益严重, 世界各国都把未来能源战略瞄准了新能源。世界各国对新能源支持力度不断加大, 未来新能源产业在进入规模性生产后将带来价格的下降, 与高价的石油天然气等常规能源相比, 新能源产业将彰显出强劲的竞争实力。

二、国际新能源发展现状与趋势

目前, 新能源战略已经成为西方发达国家占领国际市场竞争新的制高点、主导全球价值链的新王牌。尽管短期内新能源还无法替代传统化石能源, 但世界范围内资源的供给紧张以及应对气候变化向新能源的发展提供了广阔的空间。

(一) 国际新能源的发展格局

目前, 全球新能源发展格局呈现出如下的特点:

1. 新能源所占比重增大但仍偏低

如表 1-1 所示, 从全球主要能源供应结构看, 1973~2006 年石油、天然气、煤炭所占

比重均有所下降，石油降幅最大，新能源所占比重增大。尽管新能源增幅较快，但在2006年能源供应量总额中所占份额却最少，仍然偏低。从全球主要能源供应量增长情况看（如图1-1所示），除核能外，2002~2007年新能源中的太阳能、风能、生物质能的年均增长率明显要快于常规能源（如煤炭、大型水电、天然气、石油）的年均增长率。因此，近年来新能源供应量增速远快于常规能源的增速。

表 1-1 全球主要能源供应结构变化一览表

年份	主要能源/%				年能源供应量 /Mtoe
	新能源	石油	天然气	煤炭	
1973	13.4	46.1	16.0	24.5	6115
2006	19.1	34.4	20.5	26.0	11741
增幅	5.7	-11.7	4.5	1.5	5626

注：Mtoe是“百万吨油当量，million tons of oil equivalent”。

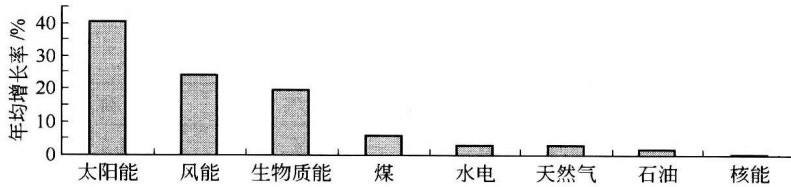


图 1-1 全球主要能源年均增长率 (2002~2007年)

2. 各种新能源的发展态势不均衡

从新能源自身发展历程看（见图1-2），各种形式的新能源发展水平参差不齐，其中可再生能源增速最明显。2006年能源供应增速及可再生能源供应量增速比1971~2004年加大，而以风能、太阳能、地热能为代表的新型能源（OES）供应量增速最快。

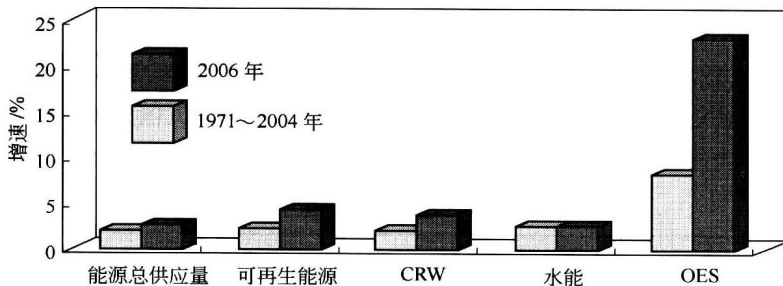


图 1-2 2006年新能源中各种形式能源的占比

在新能源构成结构中，各种能源所占份额比例相差较大，核能和CRW（生物质能与有机废弃物的总称）较高，而水能和OES较低，2006年CRW较OES高49.74%（见表1-2）。

表 1-2 2006年全球主要能源供应量增长率比较

能源	供应量增长率/%	能源	供应量增长率/%
OES	3.14	核能	32.46
水能	11.52	CRW	52.88

3. 从新能源消费的情况来看, 新能源在生产环节的份额高于最终消费环节

如表 1-3 所示, 在全球电力消费环节中, 2006 年新能源发电量占总发电量的 33.1%, 仅次于煤炭, 比 1973 年升高 8.2%, 其中核能、水能发电量较大, 分别占全球总发电量的 14.8%、16%。1973~2006 年核能发电比重升高 11.5%, 水能发电比重下降 5.0%, 核能发电量增速明显快于水能发电。从全球能源最终消费结构看, 新能源消耗总量在所有能源消费中位居第三, 约为石油消费量的 1/3。2006 年新能源占能源最终消费比重约 16.3%, 比 1973 年升高 1.5% (见表 1-4)。综上所述, 新能源在生产环节的份额高于最终消费环节。

表 1-3 全球电力生产中各种能源所占份额 %

年份	传统能源			新能源			
	煤炭	天然气	石油	核能	水能	其他	合计
1973	38.3	12.1	24.7	3.3	21.0	0.6	24.9
2006	40.1	20.1	5.8	14.8	16.0	2.3	33.1
增幅	2.7	8.0	-18.9	11.5	-5.0	1.7	8.2

表 1-4 全球能源最终消费结构变化 %

年份	电力	煤炭	天然气	石油	新能源
1973	9.4	13.3	14.4	48.1	14.8
2006	16.7	8.6	15.3	43.1	16.3

4. 发达经济体主导全球新能源开发

从全球能源供应地区分布看, 能源供应区域分布很不均衡。OECD 成员国 (经济合作与发展组织, 简称经合组织, OECD 共 30 个成员国, 即澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、捷克、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、日本、韩国、卢森堡、墨西哥、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国、美国)、中国、非 OECD 的亚洲国家的新能源供应分别占全球能源供应总量的 47.1%、16.2%、11.3%。由于各主要经济体的能源结构、资源结构和发展阶段不同, 新能源开发主要由发达经济体主导。据国际能源署统计, OECD 成员国 2006 年生产的核能、水能占全球核能、水能的 84.3%、43.6%, 其他新能源均超过 60% (见表 1-5)。

表 1-5 全球新能源供应地区分布情况 %

地区或组织	2006 年		2004 年	
	核能	水能	CRW	水能
OECD 成员国	84.3	43.6	14.6	45.1
中国	2.0	14.0	19.2	12.6
非 OECD 亚洲	2.2	7.8	33.0	6.8
拉丁美洲		21.0	7.6	21.0
非洲		3.1	24.2	3.1
前苏联国家	9.2	7.9	0.5	8.8
中东		0.8	0.1	0.6
其他国家	2.3	1.8	0.8	2.0

此外,由于新能源各具体形式有所不同,各国在开发新能源方面的重点和优先顺序也表现出不同。如美国不仅农业竞争力较强,而且大面积实行税收优惠措施鼓励生产者和消费者使用生物乙醇,成为世界上第二大燃料乙醇消费生产国。日本则由于能源稀缺,大部分能源都是通过国际进口,其能源结构调整的方向是大幅度提高太阳能和风能比例,目标是2030年以前要把太阳能和风能发电等新能源技术扶植成商业产值达3万亿日元的支柱产业之一。德国主要是风能和太阳能的发展,在风能发电和太阳能光伏发电方面,均位于世界前列。法国尤为重视核能的开发利用,核电生产量所占份额高于其电力生产总量的70%。值得关注的是,一些发展中国家在部分新能源领域进入世界前列,我国在太阳能热水器和沼气方面已位列世界第一;而巴西凭借土地面积大和农业发展较快,大力发展生物质能,在过去的30年中巴西一直是燃料乙醇的世界领导者。

5. 新能源利用集中于民用领域

目前,新能源主要被用于民用经济领域。自20世纪70年代末美国率先研发新能源以来,全球主要经济体从经济安全角度出发,为避免化石能源价格剧烈波动影响正常经济生产活动,陆续推出新能源研究、开发、生产和使用的法律法规。各种新能源因自身特点致使其应用领域亦有所不同。从整体情况看,太阳能、风能、水能、OES、CRW、核能主要应用于发电,CRW还被用于供热和生产液态燃料,部分国家还将核能直接用于军事领域的动力设备和武器装置。

(二) 国际新能源的发展模式

尽管各国的新能源发展政策各有特点,但从整体发展情况看,全球新能源发展遵循鼓励性与限制性措施、政策导向与市场机制相结合的特定发展模式,并不同程度地体现于各国新能源规划、管理、生产、交易、使用等环节中。从发展模式的角度来看,目前全球新能源的发展现状又表现为:

1. 世界各国支持补贴政策力度加大

例如,从政策环境来看,美国国会延长了可再生能源发电补贴政策,2009年风电等可再生能源发电上网的退税政策得以延续,美国可再生能源发电市场的发展得到了法律的保障;而欧盟各国的可再生能源发展目标得到各自政府的批准,可再生能源市场需求得到保障;日本则恢复了停滞了两年的光伏发电补贴政策,日本光伏发电市场将重新启动;英国规划推行新的可再生能源电力强制收购补助计划,补贴对象锁定规模小于5MW的小型太阳能发电系统家庭用户。

2. 多样化和创新型的融资模式带动新能源领域投资快速增长

一方面,很多国家将资金投入新能源领域。2008年末,为了应对金融危机,很多国家相继推出的救市计划,其中新能源和其他低碳或清洁技术项目的财政预算大大提高。据统计,2008年全球投向新能源领域的资金高达1200亿美元,是2006年的两倍。所有的增加值几乎全部投入到风电、太阳能光电以及生物燃料的开发中(见图1-3)。其中,美国大约有240亿美元新增资金投入新能源领域,占全

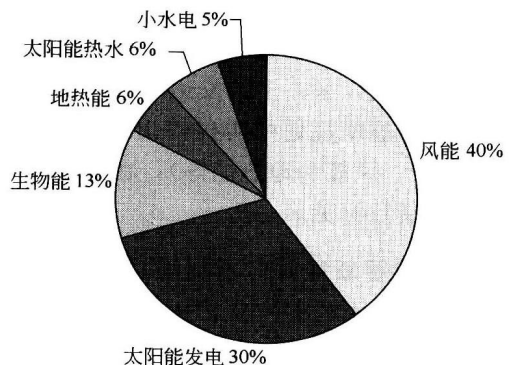


图 1-3 2008 年全球新能源投资各项所占比例

球总投资的 20%。2008 年美国新能源投资总额超过了德国，位居世界第一。近些年，发展中国家的新能源投资也有了长足的进步，从 2004 年的 5 亿美元增长至 2008 年的 20 亿美元。另一方面，新能源领域的创新和扩张还得益于持续大量流入的私人股权投资和风险资本投资。例如，欧洲投资银行为欧洲以及全球的新能源项目研发提供了超过 26 亿美元的资金，成为最大的资金提供银行。

3. 新能源发展仍依赖于补贴式发展

新能源发展初期除自身投入成本高、见效周期长、风险大外，还面临传统能源的巨大竞争压力。因此，为推进新能源发展，国外在新能源定价机制方面并非完全按成本直接定价，而是综合考虑市场因素，通过预测价格、竞标、补贴等方式确保执行新能源价格。例如，德国 2000 年的《可再生能源法》及其他相关法规体现了补贴式新能源发展模式，2009 年 3 月又通过《新取暖法》，政府提供 5 亿欧元补贴采用可再生能源取暖的家庭。新能源企业在政府的支持下迅速发展，但同时也成为其发展的软肋——一旦政府政策改变将对新能源企业造成最大的风险。

（三）国际新能源的发展趋势

1. 新能源发展已作为应对经济危机的有效手段

近几年随着全球经济形势的大幅波动，新能源被提到了一种战略性的地位。当前各国新能源发展的力度大大提升，新能源已成为全球经济危机的必要选择。美国 2009 年的经济刺激方案中，关于能源领域的资金比例就达到整个资金计划的 5%；英国推出绿色振兴计划，保证英国政府将进一步提供的贷款多达 10 亿英镑，资助研制环保型汽车的发展。各国在经济危机如此严峻的情况下仍投入大量资金用于新能源领域的研发，凸现了其希望通过新能源将经济发展的短期目标和长期目标进行有效结合。

2. 新能源发展开始从外部约束转变为自愿发展

新能源的起步很大程度是基于传统能源危机的冲击，新能源计划推出之初，许多国家和企业都将其视为一种被动的的外部约束和要求。但近年来，气候变化和环境恶化使传统能源产业的发展受到限制，新能源领域的正向效应正逐步体现出来。越来越多的国家、企业和个人把新能源视为未来经济可持续发展的新方向，认为新能源是继信息技术革命后人类社会的又一次工业浪潮，将成为人类发展和经济社会转型的重大契机。这种观念的转变使众多市场主体越来越自觉地参与到这场能源革命的调整过程中来。

3. 主要经济体逐渐明确各自的新能源战略发展目标

由于 20 世纪 70 年代爆发石油危机的刺激，众多市场化国家开始重视新能源研发，陆续制定了一系列有关新能源研发和示范性政策，鼓励和促进新能源发展。而自本世纪化石能源价格波动加剧以来，多数发达经济体纷纷制定新一轮新能源研发计划。例如，美国奥巴马政府在新能源战略规划中明确提出，在 2010 年 10% 的电力消耗将来源于清洁的可再生能源（如太阳能、风能和地热能等），在 2025 年该比重将达到 25%。全球部分地区/国家新能源政策及发展目标见表 1-6。

三、我国新能源的发展现状与趋势

（一）我国发展新能源的必要性

1. 我国常规能源发展形势严峻

当前，我国常规能源形势严峻性，主要表现：（1）资源有限。据专家估算，我国煤炭剩

表 1-6 全球部分地区/国家新能源政策及发展目标

地区/国家	新能源政策及发展目标
全球	2005年2月16日《京都议定书》正式生效,人类历史上首次以法规的形式限制温室气体排放
欧盟	2007年3月9日,欧盟领导人就一系列减少温室气体排放、遏制气候变暖的措施达成一致意见,承诺在2020年之前将欧盟温室气体排放量在1990年的基础上减少20%以上,并实现欧盟可再生能源占总能源耗费的20%
中国	计划到2010年新能源中可再生能源发电量占到10%,全国可再生能源年利用量达到3亿吨标准煤。其中,水电总装机容量达到1.9亿千瓦,风电总装机容量达到1000万千瓦,生物质发电总装机容量达550万千瓦,太阳能发电总容量达到30万千瓦。沼气年利用量达到190亿立方米,太阳能热水器总集热面积达到1.5亿平方米,增加非粮原料燃料乙醇年利用量200万吨,生物柴油年利用量达到20万吨
美国	在2010年10%的电力消耗将来源于清洁的可再生能源,在2025年该比重将达到25%。计划在未来10年内,每年投资150亿美元用于推动可替代性能源和节能型建筑、汽车的商业开发;同时给予从事这类研究的公司税收上的优惠:(1)要求燃料生产商到2012年前在汽油内掺入75亿加仑的乙醇;向混合乙醇生产商/零售商提供每加仑51美分的税收减免。(2)安装太阳能的地产享受30%的税收减免。(3)继续享受风能1.9美分/千瓦时的税收减免,至2009年为止
德国	到2010年可再生能源发电量比例达到12.5%的目标已于2007年实现,计划到2020年将这一比例提高至25%~30%。(1)在太阳能方面,实施0.38~0.49欧元/千瓦时的固定电价补贴;每年电价补贴以5%~6.5%的速度递减,并保证20年上网电价合同有效期。(2)陆地风力发电实施0.082欧元/千瓦时的固定电价补贴,近海风力发电实施0.085欧元/千瓦时的固定电价补贴;合同期为5年,5年之后电价取决于地理位置,风力较弱的地区维持较高电价
西班牙	计划于2010年可再生能源消费占到总能源消费的12.1%,可再生能源发电占到总发电量的30.3%。(1)太阳能方面,实施0.3~0.44欧元/千瓦时的固定电价补贴;无递减率,但是25年之后永久定为原补贴的80%;并保证25年上网电价合同有效期。(2)生物质能方面,所有生物质能均为0.29欧元/升。(3)风能方面,计划于2010年累计装机容量超过2000万千瓦
意大利	计划到2010年可再生能源发电占到总发电量的22%。(1)在太阳能方面,实施0.36~0.49欧元/千瓦时的固定价格电价补贴,从2009年起,电价补贴以2%的速度递减,并保证20年上网电价合同有效期。(2)生物质能方面,生物柴油100%免税,但免税额度会适当调整,2005年税法规定生物柴油的免税限额为20万吨。(3)电价补贴为0.125欧元/千瓦时
法国	计划到2020年可再生能源占能源消费总量超过30%。(1)在太阳能方面,实施0.30~0.55欧元/千瓦时的固定电价补贴,无递减率,但会根据通胀适当调整;并保证20年上网电价合同有效期,同时计划在2011年前各大区至少建造一座太阳能发电站,政府部门和行业机构的建筑屋顶将安装太阳能电池板(享受国家补贴),家庭安装的审批程序也将大为简化。(2)生物质能方面采取退税额,生物柴油和生物乙醇分别退税0.33欧元/升和0.38欧元/升,退税额度分别为48万吨和38万吨,所有生物质能都免收2006年开征的1.2%的污染税
澳大利亚	预计2020年可再生能源发电量占比为20%,在法案通过后的1年半时间内将促使5亿澳元可再生能源基金,用于鼓励家庭安装太阳能系统,及风能、太阳能等方面的投资

余可采量可供开采不足百年,石油剩余可采量只有20年,能源供应安全将面临极大的挑战。(2)结构失衡。我国能源资源储量中煤炭占92%、石油占2.9%、天然气占0.2%、其他占4.9%。“富煤、贫油、少气”的资源储量结构决定了我国过度依赖煤炭,煤炭占能源消费总量的约70%,比国际平均水平高40个百分点。(3)使用效率低。我国的能源系统效率为33.4%,比国际先进水平低10个百分点左右。(4)污染严重。我国过度依赖化石能源结构造成严重的环境污染,大气污染造成的经济损失已相当于GDP的2%~3%。(5)技术落后。造成能源结构的惯性和新能源发展缓慢的根本原因在于能源应用技术落后、缺乏创新意识。(6)对外依存度过高且缺乏战略储备。目前,我国石油对外依存度超过40%,预计2020年将超过60%,能源运输方式90%依靠海运,存在导致油路中断的众多不安全因素。针对当前我国严峻的能源形势需要确立新能源开发利用在未来经济发展中的战略地位。

2. 我国新能源开发利用的前景广阔

我国新能源的开发潜力巨大。太阳能的理论资源总量为每年 23000 亿吨标准煤 (TCE), 可开发潜力按千分之一计算为 23 亿吨标准煤; 风能资源总量为 3.23TW (1TW=10 亿千瓦), 可开发潜力为 1000GW (1GW=1 百万千瓦), 其中陆地为 250GW, 近海为 750GW; 小水电资源总量为 180GW, 可开发潜力为 1.28GW; 海洋能资源总量为 2500GW, 可开发潜力为 50GW, 其中潮汐能的资源总量为 1100GW, 可开发潜力为 22GW; 生物质能资源十分丰富, 估计目前可开发潜力为 3.18 亿吨标准煤; 地热资源总量为 2000 亿吨标准煤, 其中高温 6GW, 可开发潜力为 31.6 亿吨标准煤。由于常规能源利用往往带来环境的恶化, 加上煤炭、石油和天然气等传统能源储量具有有限性和稀缺性, 新能源必然成为未来能源的主角。

3. 发展新能源是实现经济发展方式转变的客观需要

一方面, 发展新能源产业孕育着巨大的投资机会, 将有效拉动经济增长; 另一方面, 发展新能源产业, 也可以有效地改变经济增长方式、引领中国经济走向“低碳化”。随着产业结构调整与培育新兴战略产业步伐加速, 节能减排与新兴能源产业的战略地位将愈加突出。

(二) 我国新能源的发展现状

1. 新能源发展迅猛, 在多个领域已获得世界第一

中国在发展新能源领域已经取得非常大的进展, 在多个领域世界排名第一。到 2009 年底, 我国风电、太阳能发电装机分别达到 1758 万千瓦和 23 万千瓦, 相比 2000 年分别增长了 51 倍和 7.7 倍; 光伏发电呈现爆发式增长, 全年安装量超过 160MW, 超过了 2009 年前几十年安装量的总和。其中, 并网发电占到了总量的 85%, 达到 135MW。核电引进建成 9100MW, 在建容量达到 20000MW, 预计 2020 年可实现 70000MW 的目标。目前, 我国太阳能制造能力和太阳能利用面积已经达到世界第一, 风电连续几年成倍增长, 2009 年新增风力装机 1000 多万千瓦, 居世界第一, 从累计装机来看, 位于美国、德国之后, 排名第三。目前, 各地发展新能源产业的热情高涨, 未来我国新能源产业发展仍将处于快速道。

2. 新能源的快速发展促使能源结构不断优化

我国的能源结构, 特别是电力结构在新能源快速发展的带动下继续优化, 火电比重下降, 新能源比重上升。至 2009 年底, 全国火电装机 6.52 亿千瓦, 比上年增长 8.2%, 约占全国电力总装机的 74.6%, 较 2008 年底下降 1.5 个百分点; 水电装机 1.97 亿千瓦, 增长 14%, 约占 22.5%, 较 2008 年底上升 0.74 个百分点。核电建设步伐加快, 目前全国在建核电机组 20 台, 为全世界在建机组最多的国家, 在建规模达到 2192 万千瓦。

3. 新能源投资超常规快速增长

在政府大力发展新能源及可再生能源政策的带动下, 我国新能源产业已经受到大型能源集团、民营企业、国际资本、风险投资等诸多投资者的广泛关注。2009 年中国风电新增金融投资 218 亿美元, 同比增长 27%; 太阳能投资为 19 亿美元, 同比大增 97%。中国已经超过德国, 成为仅次于美国的全球可再生能源投资第二大国。随着我国陆续颁布的各种新政策的拉动效应渐显, 加之尚未出台的新能源发展规划中各种指标的大幅提升, 未来几年会有更多的资本进入中国可再生能源市场。

4. 装备自主化成绩显著

我国依托重大工程开展科技创新, 把重大装备自主化作为提升我国新能源产业素质和竞争力的重要环节, 2009 年三代核电超大型锻件、主管道、安全壳等关键设备自主化研制取得重大突破。国产 1.5MW 风机已成为主力机型, 亚洲首台 3MW 海上风机成功并网发电。

（三）我国新能源发展存在的问题

1. 新能源短期内难以取代以煤为主的能源结构

2009年,我国能源消费总量为30亿吨标准煤。预计到2020年,能源需求总量可能高达45亿吨标准煤,这意味着新能源领域必须加大投入才能确保消费比重稳定提升。从目前来看,新能源各个领域都还有很大差距,所有新能源技术都不足以在所需的规模上取代传统的能源结构。因此,从长远看,新能源和可再生能源要大量取代化石能源是一项十分艰巨的任务,预计21世纪的上半叶,化石能源在我国仍将占主要地位,煤炭仍将占有重要地位。

2. 核心技术亟待突破

新能源是新兴的高新技术行业,也是多学科交叉的技术密集型行业。目前,我国新能源技术整体水平偏低,核心技术多依赖国外,技术对外依存度高。核心技术的缺乏已成为新能源产业发展的瓶颈。同时,在不掌握核心技术的基础上,各地盲目重复引进国外一般技术,造成资金的浪费和新能源产业的畸形发展。在新能源领域,各产业过度依赖成本优势,部分产业高度依靠外需市场,多数产业以加工制造为主,拥有自主技术比较少。

3. 新能源电力并网困难

在大自然环境中,风速以及太阳光辐射强度受到包括天气、地势等多种不可抗拒的自然因素的影响,这些因素决定了新能源发电的随机性。大规模地接入随机性电源将给电力系统的安全稳定和电能质量等造成一定影响。国外发展新能源的经验是将新能源发展纳入电网规划同步进行,而我国正好相反,新能源产业链的局部环节推进过快,配套技术和电网设施相对滞后,造成大量已建成的风电场不能发电。

4. 专业人才匮乏制约了新能源的发展

虽然经过几年的发展,我国在发展新能源方面已经具备了一定的人才队伍基础,但许多技术人员是来自于新能源相近领域的专业人员,没有接受过系统的技术学习和培训;很多大型企业主要利用自身相关技术和工业基础,通过联合设计或引入战略合作方式培养新能源开发和制造技术人才队伍,因而造成整个产业的高端技术研发、技术管理方面的复合型人才都大量缺乏,尤其国内高等院校很少开设与之紧密联系的专业,人才相对匮乏,尤其是高端人才,往往需要从国外引进。技术瓶颈的解决必须依靠人才,而人才存量不足以及后续人才队伍培养目前已经成为制约我国新能源产业可持续发展的一个重大问题。

另外,我国的新能源发展还存在产业链结构不合理、国际新能源合作面临压力、新能源发展保障措施滞后等问题,这些都进一步限制了新能源技术在我国的应用以及新能源产业的发展。

（四）我国新能源的发展趋势

从研究的角度来看,新能源的研究主要分为基础理论研究、实用技术研发、工程实用推广等。基础理论研究为新能源与可再生能源实用技术的研发奠定了基础并指明了方向,是其进入商业化应用的基石。世界各国对新能源的基础研究十分重视,我国在国家自然科学基金和“863”计划中都专门将它作为重点资助的领域,目前已解决了许多基础理论问题,但还存在一些尚未解决的难题。新能源的实用技术研发和工程实用推广主要集中在政府部门以及从事新能源与可再生能源的企业中。而新能源的商业化应用不仅取决于其技术本身,而且取决于其他相关学科技术的发展以及能源政策的扶持和激励作用。

为此,我国政府高度重视新能源的开发与研究,积极推进新能源产业的发展。国家制定并颁布了《中华人民共和国可再生能源法》,并在国家《“十一五”能源发展规划》中指