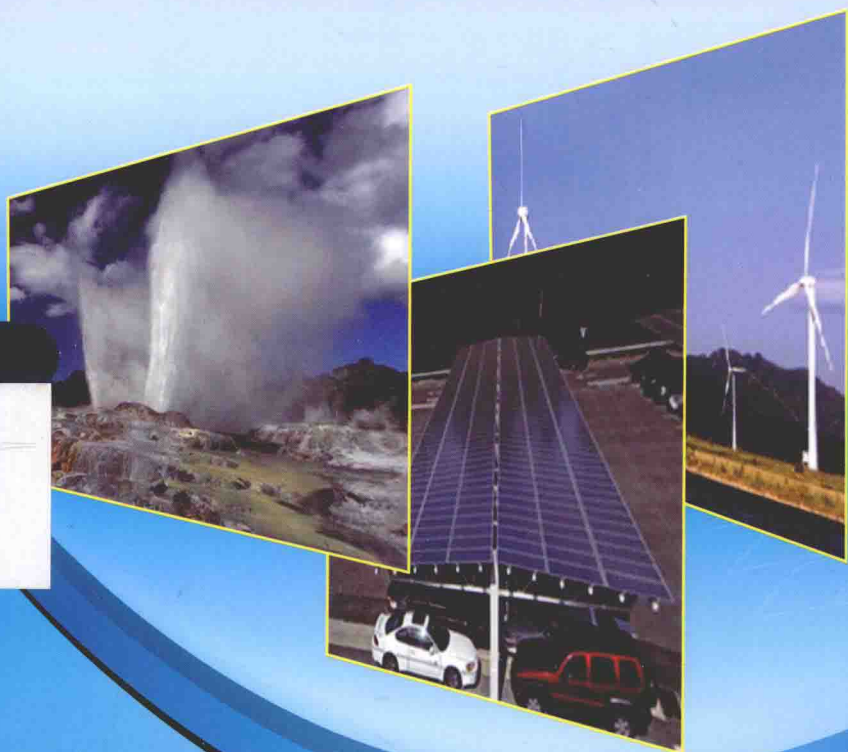


# 新能源 技术与应用

刘泉 编著



化学工业出版社

# 新能源技术与应用

刘 泉 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以应用最广的太阳能与风能为主,介绍其发热发电原理、主流产品、前沿技术,生产装备、发展现状、应用前景、产业政策、典型项目和国内外知名企业,此外还介绍了生物质能、水能、海洋能、地热能、核能、氢能等其他新能源。

本书可供热能、能源、机电等专业教学使用,也可供能源技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

新能源技术与应用/刘泉编著. —北京:化学工业出版社,  
2015.2

ISBN 978-7-122-22732-4

I. ①新… II. ①刘… III. ①新能源-研究 IV. ①TK01  
中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第007090号

---

责任编辑:李玉晖

装帧设计:韩飞

责任校对:边涛

---

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)

印装:北京云浩印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张11¼ 字数212千字 2015年9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

能源是经济发展的原动力。能源安全和环境污染是人类面临的两大问题。一方面,传统的化石能源快速消耗,日益匮乏。另一方面,当今世界以化石能源为主的能源利用方式带来的环境问题越来越严重。近年来我国中东部的大面积雾霾天气,就反映了环境污染的严重性。大力发展清洁能源成为各国共识。我国《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》提出了重点发展七大战略性新兴产业,其中包括节能环保产业、新能源产业。

以风能和太阳能光伏为代表的新能源,近年来成本大幅下降,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。在未来全球新能源供应中,风电、太阳能开发应用将成为重要支柱。虽然在发展过程中,会暂时出现产能过剩等导致的行业波动,但新能源毕竟是朝阳产业,随着成本的下降,会越来越具备竞争力。

本书结合新能源的最新技术与应用而编写,对国内外太阳能、风能、核能、生物质能、氢能、地热能、水能及海洋能等做了系统介绍,其中重点对太阳能光伏与光热、风力发电技术与应用,做了较详细的介绍和论述。

本书可供高校热能、能源、机电等相关专业的学生、研究人员,以及从事新能源行业的技术管理人员参考使用。

本书在编写过程中,我国风能领域专家、华北电力大学田德教授对全书进行了评阅,提出了宝贵意见。编写时也参阅了一部分行业最新资料和成果,研究生费园、黄忠参与了部分资料图表的整理,在此一并表示感谢。

由于笔者水平有限,书中不足之处,敬请读者批评指正。

编著者  
2015年8月于北京

# 目 录

## 第 1 章

### 概述 1

- 1.1 能源的概念与分类 ..... 1
  - 1.1.1 能源的概念 ..... 1
  - 1.1.2 能源的分类 ..... 1
- 1.2 世界能源发展概况 ..... 2
- 1.3 世界可再生能源的发展趋势 ..... 6

## 第 2 章

### 太阳能及其应用 11

- 2.1 概述 ..... 11
  - 2.1.1 太阳辐射 ..... 11
  - 2.1.2 我国的太阳能资源分布 ..... 11
- 2.2 太阳能发电发展历程 ..... 12
- 2.3 太阳能光伏发电系统 ..... 17
  - 2.3.1 独立光伏发电系统 ..... 17
  - 2.3.2 并网光伏发电系统 ..... 18
  - 2.3.3 分布式光伏发电系统 ..... 18
- 2.4 太阳能光伏电池 ..... 21
  - 2.4.1 晶体硅光伏电池 ..... 21
  - 2.4.2 晶体硅太阳能电池组件 ..... 23
  - 2.4.3 薄膜光伏电池技术 ..... 25
  - 2.4.4 聚光太阳能光伏 ..... 27
- 2.5 中国光伏装备情况 ..... 28
- 2.6 太阳能车棚及充电桩 ..... 31
  - 2.6.1 太阳能用于电动车充电站 ..... 32
  - 2.6.2 电动车充电站的分类 ..... 33
- 2.7 太阳能光热系统 ..... 34
  - 2.7.1 太阳能热发电及其国内外发展 ... 35

## 第3章

2.7.2	太阳能光热发电技术	36
2.7.3	太阳能热水器	42
2.7.4	太阳能温室	43
2.7.5	太阳能干燥	45
2.7.6	太阳能制冷与太阳能空调	45
2.7.7	太阳能海水淡化	46
2.8	光伏建筑一体化	48
2.8.1	国内外典型的光伏建筑	48
2.8.2	太阳能光伏建筑原则与安装	49
2.9	太阳能光导照明技术	50
2.9.1	原理与分类	50
2.9.2	优点与应用	52
2.10	太阳能车及飞行器	55
2.11	太阳能的其他应用	57
附录1	中国的分布式发电政策	59

### 风能及其应用

64

3.1	风能基本知识	64
3.1.1	风的形成及其特点	64
3.1.2	风能的特点及风能密度	68
3.2	风能资源与风能利用概况	69
3.2.1	风能资源	69
3.2.2	世界风能利用概述	72
3.2.3	中国风电近年状况	73
3.2.4	风电的其他应用领域	78
3.3	风力发电机的结构与运行	79
3.3.1	风力发电机组的工作原理	79
3.3.2	风力发电机的结构组成	80
3.3.3	风力发电的运行方式	87
3.4	海上风力发电	89
3.4.1	海上风电的发展	89
3.4.2	海上风电机的安装	92
3.5	风力发电储能系统	93

3.6	直驱式风力发电机	95
3.6.1	直驱式风力发电机的优缺点	95
3.6.2	直驱式风力发电机发展进程	95
3.6.3	直驱式风力发电机的结构 类型	96
3.7	风力发电场	97
3.7.1	风力发电场的选址	97
3.7.2	风电场风力机的规划	98
3.7.3	风电场容量系数及发电成本	98
3.7.4	国内典型风电场介绍	99
3.8	其他形式的风力发电机	100
3.9	风能致热利用	102
附录 2	中国近年风力发电政策	103
附录 3	《中国海上风电开发建设方案 (2014~2016)》项目 (44 个)	106

## 第 4 章

<b>核能及其应用</b>	<b>109</b>	
4.1	核能概述	109
4.2	核能发电	111
4.2.1	核电的应用	111
4.2.2	中国的核电应用	114
4.2.3	核电的优势与风险	117
4.3	核能热利用	117
4.3.1	常压深水池供热反应堆	118
4.3.2	常压壳式供热堆	120
4.3.3	核供热堆的其他用途	120
4.4	核安全与核废料处理	122
4.4.1	核安全	122
4.4.2	核废料处理	123

## 第 5 章

<b>生物质能及其应用</b>	<b>125</b>	
5.1	概述	125
5.1.1	生物质能概念	125
5.1.2	生物质能的特点	125

5.2	生物质的转化利用技术 .....	126
5.2.1	生物质直接燃烧技术 .....	127
5.2.2	生物质与煤混合燃烧 .....	127
5.2.3	生物质的气化燃烧 .....	128
5.2.4	生物质热解技术 .....	130
5.3	生物转化技术 .....	133
5.3.1	沼气的产生 .....	133
5.3.2	沼气的应用 .....	133
5.3.3	沼气使用注意事项 .....	134

## 第 6 章

### 氢能及其应用 136

6.1	氢能概述 .....	136
6.2	氢的制取技术 .....	136
6.3	氢的储存与运输 .....	139
6.3.1	氢气的储存 .....	139
6.3.2	氢气的运输问题 .....	140
6.4	氢能的应用 .....	140

## 第 7 章

### 地热能及其应用 143

7.1	全球地热能概况 .....	143
7.1.1	地热能的储量与分布 .....	143
7.1.2	地热的分类 .....	143
7.2	地热能的利用 .....	144
7.2.1	地热发电 .....	144
7.2.2	地热能的直接利用 .....	146
7.2.3	地热水的回灌 .....	149

## 第 8 章

### 水能及海洋能 150

8.1	水能及其形成 .....	150
8.2	中国水能资源 .....	150
8.3	水能利用 .....	152
8.3.1	水电站 .....	154
8.3.2	中国的典型水电站 .....	154
8.3.3	国外著名水电工程 .....	157



8.4	水能工程对环境的影响 .....	160
8.5	海洋能 .....	161
8.5.1	海洋能概述 .....	161
8.5.2	潮汐能 .....	162
8.5.3	波浪能 .....	164
8.5.4	海流能 .....	166
8.5.5	温差能 .....	167
8.5.6	盐差能 .....	168

### 1.1 能源的概念与分类

#### 1.1.1 能源的概念

能源 (energy source) 是人类生存和社会发展的主要物质基础之一, 人类对能源的开发和应用, 推动了工业社会和现代文明的发展。

我们打开电视欣赏节目, 还是打开电灯照明; 乘坐火车、飞机旅行, 或是乘公交上下班; 用空调、冰箱制冷, 或是用燃气、煤炭制热; 从机电设备运行, 到钢铁熔化冶炼; 从小型手机充电, 到人造卫星升入太空; 一句话, 人类的活动离不开能源。

能源的定义有许多种。《大英百科全书》: “能源是一个包括所有燃料、流水、阳光和风的术语, 人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量。” 中国《能源百科全书》定义: “能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”

能源包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、风能、太阳能、核能、地热能、生物质能等一次能源; 电力、热力、成品油等二次能源, 以及其他新能源和可再生能源。

#### 1.1.2 能源的分类

可以从不同的角度来进行能源分类。

##### (1) 按属性分类

1) 可再生能源 可重复产生的一次能源称为可再生能源, 如太阳能、地热、水能、风能、生物能、海洋能。它们可以循环再生, 不因长期使用而减少。

2) 非可再生能源 如煤、石油、天然气、核能。它们经过亿万年才能形成, 短期内无法得到恢复和补充, 称之为非可再生能源,

##### (2) 按开发程度分类

1) 常规能源 长期以来人类广泛生产和利用的传统能源, 如煤炭、石油、天然气、水能、生物能等。

2) 新能源 近年来才被人们重视, 还没有大量使用, 需要采用新技术开发, 有发展前景的能源称为新能源, 如太阳能、地热能、核能、海洋能、风能等。



### (3) 按形成原因分类

- 1) 来自地球内部的能量，如核能、地热能。
- 2) 来自太阳辐射的能量，如太阳能、风能、煤、天然气、石油、水能、生物能等。
- 3) 来自天体引力的能量，如潮汐能。

### (4) 按转换过程分类

- 1) 一次能源 直接存在于自然界的天然能源，如煤、石油、天然气、水能、风能、核能、海洋能、生物能。
- 2) 二次能源 由一次能源直接或间接加工转换而成的人工能源，如汽油、柴油、焦炭、煤气、水电、沼气、蒸汽、火电、核电、太阳能发电、潮汐发电等。

## 1.2 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 150 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。地球石油储量的三分之二分布在中东地区，预测不到 45 年将使用枯竭。煤炭储量较大，预测可以再使用 215 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。世界与中国常规能源储量见表 1-1。

表 1-1 世界与中国常规能源储量

单位：年

项目	石油	天然气	煤炭	铀
世界	45	60	215	70
中国	15	30	80	48

世界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，美国一直扮演着首要的角色。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、亚洲和中东地区。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，以美国为主的七大石油公司控制了石油生产和销售的各个环节，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年代以来，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《美国复苏与再投资法案》（American Recovery and Reinvestment Act），投资7870亿美元来重新振兴美国经济，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，较少对化石能源的依赖。

## （2）俄罗斯

俄罗斯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，使俄罗斯成为最大的产油国。俄罗斯原油出口的70%流向欧洲。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4000亿美元的天然气供应协议，俄罗斯天然气工业公司将在30年内每年向中国石油天然气集团公司（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公司目前出口量的16%，相当于目前中国消费量的23%。管道预计最早2018年开始输气。

## （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。战后实现经济发展所需要的能源基本依靠海外进口，85%煤炭需要进口，同时是世界上最大的天然气进口国，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以石油、煤、核能和天然气为主，以太阳能、地热、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，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发达。

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，日本颁布立法，对光伏实行强制上网电价，要求其全国 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”和“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 30621 所公立中小学校为对象的调查结果显示，日本已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，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%。法国主要能源来源为核能。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%。截至 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

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。2014 年中国能源消费占全球消费量约 23%，是世界最大的能源消费国。



中国以煤炭为主要能源，煤炭占我国一次能源消费总量的70%左右，煤炭消费比重比世界平均值高40%；中国石油、天然气资源相对不足，石油探明可采储量只占世界的2.4%，天然气占1.2%，中国人均能源资源占有量远比世界平均值要低，人均石油、天然气可采储量分别仅为世界平均值的10%和5%。

BP英国石油公司发布了2013年《BP世界能源统计年鉴》，煤炭在中国能源结构中的主导地位有所下降，占比为67.5%，创历史新低；石油占比为17.8%；而天然气消费则大幅增长10.8%，增幅居世界首位；清洁能源占比大幅度增长，非化石能源占比达到9.6%。

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。

另一份机构研究报告则指出，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4000亿美元的天然气大单，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”，近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。

北京市政府“2013~2017年清洁空气行动计划”已经开始实施。

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，推动能源体制改革，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，技术与工程加大走出去战略。

国家能源局已启动“十三五”规划编制，将“大力推进能源节约”置于第一位，实施“一挂双控”措施，即将能源消费与经济增长挂钩，对高耗能产业和过剩产业实行能源消费总量控制强约束。其他问题分别是：增强国内油气供应能力、清洁高效开发利用煤炭、提高可再生能源比重、安全发展核电、拓展能源国际合作、加强石油替代和储备应急能力建设、深化能源体制改革、增强能源科技创新能力。

2014年6月23日，我国光伏企业准入名单正式公布。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，首个“中国能源互联网产业技术联盟”在北京宣告成立。全球能源互联网+是以特高压电网为骨干网架、以输送清洁能源为主导、全球泛在互联的坚强智能电网。

### 1.3 世界可再生能源的发展趋势

世界可再生能源发电装机最多的前五位国家分别是中国、美国、巴西、加拿大和德国。如果不将大水电计算在内，则总装机最多的国家为中国、美国、德国、西班牙、意大利和印度随后。丹麦在人均容量上占有很大优势。乌拉圭、毛里求斯和哥斯达黎加是相对于年度GDP来说，在新可再生能源和燃料投资方面最多的国家。



2014 年，全球的电装机容量超过了 1560GW，比 2012 年的容量高出 8%。水电则提高了 4%，达到将近 1000GW。其他可再生能源共增长了 17%，大于 560GW。第一次全球光伏新增装机超过风电。光伏和水电基本持平，分别占新装机的三分之一。在过去五年里，太阳能光伏经历了持续快速增长，全球容量的年平均占有率达到 55%。而风电在这段时间里仍是装机容量最大的可再生能源。

美国鉴于联投资税收抵免（ITC）将于 2016 年底到期，很多项目争相于此前提前竣工，因此 2015 年美国光伏新增装机很可能将约达 8.8GW。2015 至 2016 两年有望成为美国光伏业最好的两个年份。

日本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”（FIT），电力公司以固定价格全部收购家庭及民间企业投资所产生的太阳能、风能、地热等电力。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。为了应对风电、太阳能受天气影响大而输出电力不稳定，日本经济产业省最新公布了作为环保技术核心的蓄电池发展战略，并将其列为近日国家战略会议上确定的绿色增长战略的重点。

日本 FIT 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，约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，德国的太阳能光伏产业始于“千屋顶计划”，到 2004 年底实现“10 万屋顶”太阳能光伏并网。过去 10 年，德国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 1500h，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、日本等国家等都可能超越德国。2015 年上半年，德国光伏市场依然呈下滑趋势，低于去年同期。

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 年电力供应完全摆脱化石能源；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。

《中国“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》，提出了重点发展七大战略性新兴产业的，包括节能环保产业、新能源产业、新能源汽车产业等。

中国 2014 年水电新增装机约 2000 万千瓦，总装机约 3 亿千瓦，提前一年完成“十二五”规划目标。新投产核电机组 5 台，全国在运核电机组达 22 台，总装机容量达 2010 万千瓦。风电并网装机超 9000 万千瓦，年发电量 1500 亿千瓦时。太阳能发电并网装机达到 3000 万千瓦，年发电量 250 亿千瓦时。生物质能、地热能发电装机超过 920 万千瓦，发电量 350 亿千瓦时。

2015 年，我国能源“十三五”规划大纲正在编制，可再生能源的发展和利用将继续得到鼓励。

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 5800 万千瓦、在建 3000 万千瓦。

北京未来科技城位于北京市昌平区。国家电网、华能集团、中国国电、神华集团、中国电子、国家核电、中国建材等十几家大型央企入驻，通过聚集一流人才、集成科技资源，在节能环保、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等战略性新兴产业领域，建设一批前沿科技研发机构。图 1-1 是坐落在北京未来科技城的国电新能源技术研究院。

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》报告称，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。根据国际能源署《世界能源展望 2013》，2011 年化石能源在全球能源消费中仍占 82%，即使面临新能源快速增长的竞争，预计这一比例至 2035 年才会缓慢下降至 76%。