



太阳能光伏发电

工程技术

任新兵 编著



发展低碳经济，

高效安全能源引领绿色生活

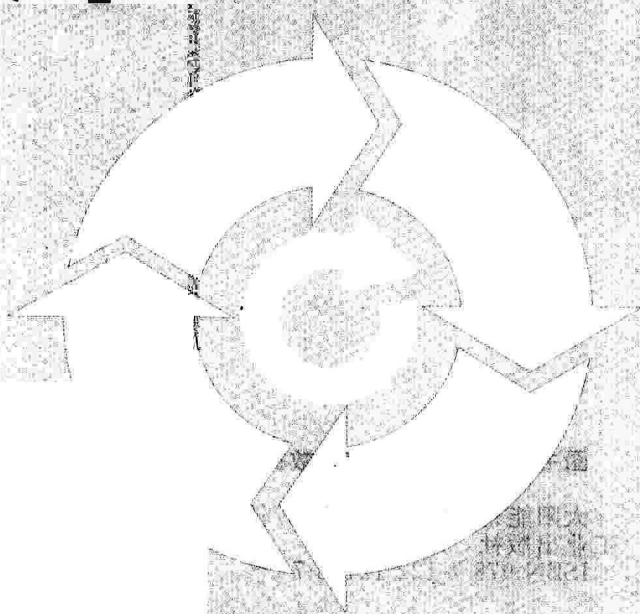
TAIYANGNENG GUANGFU FADIAN
GONGCHENG JISHU



化学工业出版社

太阳能光伏发电 工程技术

任新兵 编著



TAIYANGNENG GUANGFU FADIAN
GONGCHENG JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能光伏发电工程技术/任新兵编著. —北京: 化学工业出版社, 2011. 9
ISBN 978-7-122-12183-7

I. 太… II. 任… III. 太阳能发电 IV. TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 178463 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 蒋 宇

文字编辑: 丁建华
装帧设计: 王晓宇

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 347 千字 2012 年 1 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: 38.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



太阳能光伏发电工程技术

全球当前的首要发展目标为低碳经济，日渐稀少的一次能源以及一次能源导致的碳排放让我们的地球逐渐失去了生机与活力，新型能源与稳定廉价的能源是推动国家经济发展的重要基础。大力发展廉价高效的二次能源也是世界今后的首要发展目标。世界新能源开发利用和减排二氧化碳、发展低碳经济的压力已经与日俱增，刻不容缓。

2010年11月25日的国务院常务会议研究部署了应对气候变化工作，制定了到2020年我国控制温室气体排放的行动目标，并提出相应的政策措施。具体讲，该年度政府调高电价，旨在缩小新能源发电成本与电价价差。由于太阳能等新能源发电成本高于电价，不得不采取补贴的方式来进行初期的推广，销售电价上调后，二者之间价差缩小，将进一步提高推广新能源的积极性。

核电以它在新能源中运行最稳定、成本最低的优势，成为业界内外人士热议的话题，然而必须正确面对核能的安全隐患和辐射污染问题。

与此同时，太阳能光伏发电这一崭新的新能源领域以其无危险的先天特质，受到史无前例的热捧，加速发展太阳能光伏发电势在必行。

本书首次从全球气候危机分析着手，以低碳经济连动太阳能光伏产业的新经济体商业发展导向为主线，全方位、系统化地介绍太阳能光伏发电工程技术。

本书将有利于相关产业产品研发人员、工程技术人员以及技术管理人员深入理解太阳能光伏发电工程技术，同时，还可通过了解市场诉求更好地把握产品研发方向、工程项目实施方案及执行的优化；也有利于商家在投资项目中全面、深入、系统地洞察商机；亦有利于政府相关部门人员在制定相关法律法规时，能更合理、科学及客观地实现有效或高效执行。

一年有余的写作中，笔者整理了近十年来在太阳能光伏发电领域工作的思路和方法，但水平实属有限，书中不足之处，敬请读者朋友们海涵，同时，笔者非常愿意倾听广大读者朋友的建议和意见，真诚地欢迎批评指正。

编著者

目 录

CONTENTS



太阳能光伏发电工程技术

第 1 章 全球能源现状..... 1

1.1 能源危机重重.....	1
1.1.1 全球能源发展态势	1
1.1.2 中国能源市场发展态势	4
1.2 人类面临决绝.....	4
1.2.1 全球化治理能源燃眉之急	4
1.2.2 中国政府落实能源发展路线图	6
1.3 发展低碳经济.....	8
1.3.1 低碳经济简述	8
1.3.2 国内低碳经济与可再生能源切入点	9
1.3.3 从“十一五”规划到“十二五”规划.....	10
1.3.4 太阳能光伏发电引领低碳经济	11
1.4 太阳能光伏发电的应用情况	11
1.4.1 应用简述	11
1.4.2 国内外太阳能光伏发电产业特点与现状	14
1.4.3 国内外太阳能光伏发电市场需求与特点	15
参考文献	17

第 2 章 太阳能光伏发电原理

2.1 太阳能光伏发电基本工作原理	18
2.1.1 太阳能光伏发电概念	18
2.1.2 太阳能光伏发电条件	18
2.1.3 太阳能光伏发电原理	18
2.1.4 太阳能光伏发电特点	20
2.2 太阳能光伏发电构成	21
2.3 太阳能光伏发电系统类型	21
2.3.1 一般分类太阳能光伏发电系统类型.....	21
2.3.2 细致分类太阳能光伏发电系统类型.....	24
2.4 太阳能光伏发电系统规模界定	28
2.4.1 根据电网接入电压界定	28

2.4.2 根据发电系统装机容量界定	28
2.4.3 发电系统装机容量界定解析	29
参考文献	30

第3章 太阳能光伏发电关键设备

3.1 太阳能电池组件	31
3.1.1 单晶硅太阳能电池组件	31
3.1.2 多晶硅太阳能电池组件	31
3.1.3 非晶硅太阳能电池组件	32
3.1.4 太阳能电池组件类比	33
3.2 太阳能储能设备（铅酸蓄电池）	37
3.2.1 免维护密封铅酸蓄电池	38
3.2.2 胶体密封铅酸蓄电池	41
3.2.3 免维护密封铅酸蓄电池(AGM)和胶体密封铅酸蓄电池对比	45
3.2.4 蓄电池的安装注意事项与维护	47
3.3 太阳能控制器	49
3.3.1 功能简述	49
3.3.2 控制器的应用	50
3.3.3 控制器主要配置	50
3.3.4 控制器核心技术及问题解决办法	50
3.3.5 蓄电池充电过程控制算法	51
3.3.6 最大功率跟踪控制算法	52
3.3.7 控制器分类	52
3.3.8 控制器实例	56
3.4 太阳能逆变器	60
3.4.1 功能简述	60
3.4.2 发展历程	61
3.4.3 逆变器的分类	61
3.4.4 技术性能参数	62
3.4.5 结构与工作原理	63
3.4.6 安装注意事项及维护	65
3.4.7 逆变器实例	67
参考文献	67

第4章 太阳能光伏发电电站的设计、施工与维护

4.1 太阳能光伏发电电站建设环境	68
4.1.1 经济环境分析	68

4.1.2	技术环境分析	69
4.1.3	政治环境分析	69
4.1.4	社会环境分析	69
4.2	太阳能光伏发电工程项目管理模式	70
4.2.1	太阳能光伏发电工程项目管理概述	70
4.2.2	光伏发电工程总承包范围	70
4.2.3	太阳能光伏发电工程项目组织与管理	74
4.2.4	太阳能光伏发电工程项目建设与组织模式	78
4.2.5	太阳能光伏发电工程项目 EPC 总承包过程	80
4.2.6	国内外太阳能光伏发电工程项目实施对比	82
4.3	太阳能光伏发电设计	87
4.3.1	太阳能光伏发电设计内容	87
4.3.2	太阳能光伏发电设计原则	88
4.3.3	太阳能光伏发电工作原理	89
4.3.4	太阳能光伏发电系统分类	89
4.3.5	太阳能光伏发电电站选址及地堪	89
4.3.6	太阳能光伏发电电站设备选型与系统设计	90
4.3.7	太阳能光伏发电电站系统电气设计	98
4.3.8	太阳能光伏发电电站防雷设计	99
4.3.9	太阳能光伏发电电站并网接入设计	103
4.3.10	太阳能光伏发电电站电力监控	104
4.3.11	太阳能光伏发电电站经济评估	105
4.3.12	太阳能光伏发电电站财务评价	105
4.4	太阳能光伏发电施工组织	107
4.4.1	施工组织编制依据	107
4.4.2	太阳能光伏发电项目概述	108
4.4.3	太阳能光伏发电项目实施目标及措施	108
4.4.4	太阳能光伏发电项目实施部署及措施	110
4.4.5	太阳能光伏发电项目实施流程图示	117
4.4.6	施工进度、劳动力计划及工期保证措施	121
4.4.7	光伏工程关键部位的施工、技术要求及相关技术措施	125
4.4.8	施工质量及安全保证措施	132
4.4.9	文明施工及环境保护措施	134
4.4.10	工程现场安全生产措施	135
4.4.11	施工机具及检测机具	135
4.5	太阳能光伏发电电站维护与检修	136
4.5.1	太阳能光伏发电系统运行特点概述	136
4.5.2	太阳能光伏发电系统日常检查	137
4.5.3	太阳能光伏发电系统检查方法和实验方法	138

4.5.4	太阳能光伏发电系统运行状态的确认	139
4.5.5	太阳能光伏发电系统的合理性和安全可靠	139
4.5.6	太阳能光伏发电系统维护和检修规章制度	140
	参考文献	141
第 5 章	全球经典案例分析	142
5.1	大型地面光伏电站	142
5.1.1	世界最大的光伏电站——97MW 加拿大萨尼亚(Sarnia)并网发电电站	142
5.1.2	欧洲最大的光伏电站——70MW 罗维戈(Rovigo)并网发电电站	143
5.1.3	中国最大的光伏电站——20MW 徐州协鑫并网发电电站	144
5.2	BIPV 与 BAPV 电站	146
5.2.1	BIPV 与 BAPV 电站区别	146
5.2.2	世界最大的 BIPV 一体化建筑——尚德总部大楼 1MW 并网发电电站	146
5.2.3	世界最大的 BAPV 单体一体化建筑——京沪高铁上海虹桥站 6.7MW 并网发电电站	148
	参考文献	149
第 6 章	智能电网	150
6.1	智能电网概述	150
6.1.1	发展现状	150
6.1.2	相关概念	152
6.1.3	发展节点	153
6.1.4	智能目标	155
6.1.5	主要特征	155
6.1.6	关键技术	157
6.1.7	电网优化	158
6.2	中国常规能源发电与新能源发电现状分析	160
6.2.1	中国常规能源发电现状	160
6.2.2	中国新能源发电现状	160
6.2.3	太阳能光伏发电系统与常规能源发电的兼容性和性能优化	160
6.2.4	常规能源发电与新能源发电智能化发展存在的问题	161
6.2.5	电网发展的极端趋向	162
6.3	全球电力供给革命——电网智能化	162
6.3.1	发展特高压	162
6.3.2	电网自动及智能化	166
6.4	中国智能电网产业投资机会与风险分析	168
6.4.1	中国智能电网产业投资环境分析	168

6.4.2	中国智能电网产业投资风险分析	170
6.4.3	中国智能电网产业投资机会分析	172
6.4.4	中国智能电网规划未来前景及技术方向分析	173
6.4.5	投资建议	174
参考文献		174

第7章 CDM 机制——清洁发展机制 175

7.1	CDM 概述	175
7.1.1	CDM 介绍	175
7.1.2	CDM 分布的行业或领域	175
7.1.3	CDM 须满足条件	177
7.2	CDM 基本规则与工作流程	178
7.2.1	运作管理规则	178
7.2.2	CDM 项目运作流程	178
7.2.3	CDM 项目周期	178
7.3	CDM 交易成本	179
7.3.1	项目准备阶段	179
7.3.2	项目实施阶段	180
7.4	CDM 与太阳能光伏发电	180
7.4.1	矛盾中的商机	180
7.4.2	我国 CDM 市场	182
7.4.3	光伏发电申请 CDM 须满足条件	184
7.5	太阳能光伏发电在 CDM 中的收益与计算	184
7.5.1	基准线排放量的计算	184
7.5.2	项目效益分析	184
参考文献		185

第8章 太阳能发展与战略投资 186

8.1	太阳能光伏市场分析	186
8.1.1	光伏产业市场现状预测	186
8.1.2	我国与世界装机容量最大的德国对比分析	188
8.2	光伏产业效益评估与资本市场	191
8.2.1	自然环境对效益评估影响	191
8.2.2	经济地区对效益评估影响	191
8.2.3	资本市场目光投向光伏电站	192
8.3	太阳能光伏电站投资盈利分析	196
8.3.1	太阳能光伏发电的成本分析	196

8.3.2	光伏发电上网电价的决定因素	198
8.3.3	光伏发电上网价格的计算和预测	199
8.3.4	光伏电站投资收益要素分析	200
8.3.5	中国的可再生能源项目对话投资商	201
8.3.6	中国光伏产业投资风险分析	201
8.4	太阳能光伏系统集成商的前景分析	202
8.4.1	系统集成商概念	202
8.4.2	系统集成商世界排名	203
8.4.3	系统集成商攻略	203
8.5	前景展望	203
8.5.1	未来光伏发电可成为重要的能源供应来源	203
8.5.2	中国光伏产业逐步走向稳健和强盛	206
8.5.3	光伏产业投资潜能趋于无限	207
8.5.4	光伏产业的未来大胆推想	208
	参考文献	209

附录	210
-----------------	-----

附录 1	国内外光伏行业政策与法律法规解析	210
附录 2	第二批光伏特许权招标结果统计表	216
附录 3	发电环节关键装备研制计划进度表和发电环节关键装备分类表	217
附录 4	中国近十年(1998~2008 年)气象辐射均值数据资料	220
附录 5	常用光伏发电计量单位及换算	223

第1章

全球能源现状

1.1 能源危机重重

1.1.1 全球能源发展态势

进入新世纪以来，经济全球化深入发展，能源消费持续增长，供求关系总体偏紧，石油价格高位大幅波动，资源竞争日趋激烈，温室气体排放和环境问题日益得到世界各国的高度关注。

20 世纪后 10 年一次能源消费平均增速约 1.36%。21 世纪前 7 年平均增速约为 2.54%，21 世纪前 7 年平均增速是 20 世纪后 10 年增速的 1.9 倍。从国内情况看，21 世纪头 7 年，我国能源消费年均增长了 9.7%，是改革开放 30 年平均水平的 1.7 倍。30 年间年均增速是 5.6%，从 2000 年到 2007 年年均增速是 9.7%。

2007 年国际原油平均价格是 70 多美元，是 2003 年的 2.5 倍。受油价影响，国际煤价也大幅波动。2009 年 7 月，澳大利亚动力煤现货价格一度逼近每吨 200 美元。

20 世纪的 100 年里，占世界人口 15% 的发达国家实现了工业化和现代化，能源和矿产资源消费分别占全球的 60% 和 50%。今后占世界人口 85% 的发展中国家也将陆续步入工业化和现代化。如果再走传统的工业化道路，资源将难以维持。

参见图 1-1 所示，这两个圆形的图表示发达国家只占世界人口的 15%，但是却消耗了 60% 的能源。发展中国家人口比例占 85% 只消耗了 40% 的能源资源。

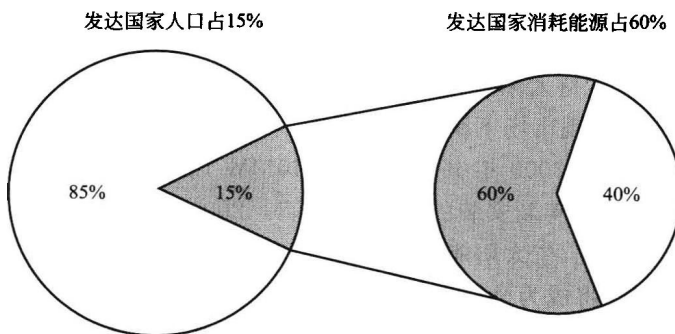


图 1-1 能源与人口比例



近百年来,全球平均气温升高了 0.74°C ,由此带来了海平面上升、极端气候灾害频率增加、生物物种减少等许多生态环境问题,对人类赖以生存的生态系统带来了巨大威胁。国际社会普遍认为,化石能源消费产生的大量温室气体是全球气候变暖的主要原因。

常规能源的危机,迫使人们重新启动和重视新能源与可再生能源的发展。据欧洲光伏工业协会(EPIA)统计,2009年全球新增装机容量达 7.2GW ,比2008年的 5.5GW 增长了 31% 。2009年末全球光伏市场的强劲势头保持到了2010年,2010年全球光伏装机容量实际达到了 18.2GW ,光伏产业再次迎来高速发展时代。

从EPIA的统计数据来看,德国仍是全球最主要的光伏市场,2009年新安装量达到 3.8GW ,参见表1-1所示,比2008年增长了 60% 。累计安装总量也由2008年的 6GW 增长至2009年的 9.8GW 。另据德国联邦网络管理局(German Federal Network Agency)公布的数据,2009年第四季度新增安装量涨幅最为明显,截至2009年9月底,德国光伏产品安装量为 1.5GW ,其中 2.3GW 是2009年第四季度完成安装的,仅2009年12月就新增了 1.45GW 的安装量。2010年德国国内新增装机容量达到 4.7GW ,增速有所回落,但仍是全球第一大光伏市场。

表 1-1 全球 2008~2009 年光伏电站建设统计

国家	德国	西班牙	美国	日本	意大利	法国	中国	韩国	捷克	比利时	其他	合计
2008 年新增装机容量/GW	1.53	2.28	0.35	0.23	0.34	0.10	0.04	0.28	0.03	0.048	0.29	5.52
2009 年新增装机容量/GW	3.8	0.150	0.475	0.484	0.700	0.285	0.160	0.170	0.411	0.292	0.373	7.30
2009 年新增装机容量占有率/%	52.1	2.1	6.5	6.6	9.6	3.9	2.2	2.3	5.6	4.0	5.1	100.0

2009年,在政府补贴政策的拉动下,意大利光伏市场大幅增长,由2008年的 258MW 增长到2009年的 730MW ,几乎是2008年的3倍,意大利因此成为全球第二大光伏市场。2010年这一趋势继续延续,据巴克莱投资银行的最新研究显示,2010年2月至3月间,意大利已经有近 150MW 太阳能项目接入电网。

日本政府于2009年1月恢复了补助金制度,并于2月决定实施剩余电力收购制度,并提高了收购光伏发电剩余电量的价格,新价格是原来的2倍,这几项制度使日本国内的太阳能市场重新焕发活力。据EPIA统计,2009年日本新增安装容量超过 484MW ,比2008年 230MW 的安装量也翻了一番,成为全球第三大光伏市场。

美国一直以来是全球光伏市场期望最高的国家之一,2009年也不负众望,新增装机容量超过 477MW ,增速接近 40% 。

捷克共和国也在2009年显示出其强劲的增长势头,2009年安装量达 411MW 。但是EPIA认为捷克共和国在支持太阳能产业发展方面存在问题,并预计继2010年的增长趋势之后,该国将于2011年出现市场下跌现象。

值得一提的是,中国在2009年中也新增了 140MW 以上的光伏系统安装容量,累计安装超过 300MW 。对于2008年新安装的 20MW 而言,2009年新增安装量翻了7倍。随着我国政府对可再生能源的重视,“太阳能屋顶计划”和“金太阳”工程的实施,2010年光伏安装量成倍地增长,中国必将成为全球光伏市场的中坚力量。

另外,比利时、法国也有不错的表现,2009年新增装机容量分别为 292MW 和 185MW ,另外还有 100MW 的新增安装量仍未并入电网。EPIA认为,希腊、葡萄牙和英国



等欧洲国家的市场在 2010 年之后仍有增长的潜力。

Solarbuzz 统计了 2010 年十大太阳能电池生产商，由于部分公司产能相近，有 12 家公司入围了榜单。其中尚德与晶澳并列第一，福思第一太阳能紧随其后位列第三。从地理位置来看，入围前 12 的公司有 4 家总部位于中国大陆 [尚德 (1)、晶澳 (1)、天合光能 (9) 和阿斯特太阳能 (12)]，3 家位于中国台湾 [茂迪 (5)、昱晶能源 (6) 和新日光 (11)]，美国的福思第一太阳能和 SunPower 也不出意外地进入榜单，分列第三和第十。来自日本的京瓷和夏普则并列第七。Q-Cell 以第四名的产量成为唯一进入 Solarbuzz 榜单的德国企业，不过与 SunPower 类似，其主要的电池生产已经转移到亚洲。根据 Solarbuzz 的信息，2010 年全球太阳能电池产量达到 20.5GW，而 2009 年时这一数字仅有 9.86GW。中国大陆和中国台湾的电池厂商继续扩大市场份额，相比 2009 年的 49%，2010 年两岸生产的太阳能电池已经达到全球产量的 59%。

2010 年全球十二大太阳能电池生产商排名见表 1-2。

表 1-2 2010 年全球十二大太阳能电池生产商排名

2010 排名	电池制造商	2010 排名	电池制造商
1=	尚德电力(中国大陆)	7=	京瓷(日本)
1=	晶澳太阳能(中国大陆)	7=	夏普(日本)
3	福思第一太阳能(美国)	9	天合光能(中国大陆)
4	Q-Cell(德国)	10	SunPower(美国)
5	茂迪(中国台湾)	11	新日光能源科技(中国台湾)
6	昱晶能源科技(中国台湾)	12	阿特斯太阳能(中国大陆)

随着 2010 年各大光伏市场的需求的不断上升，多晶硅作为太阳能电池的供给原料也将会面临挑战。多晶硅 (Polysilicon) 是主要用于制造结晶硅 (c-Si) 太阳能电池的晶圆材料，占到整体太阳能模块成本的 15%~20%。由于大量多晶硅新产能的开发以及需求减少，多晶硅的价格自 2008 年下半年起因供过于求而大幅下跌，目前虽然跌势已经趋缓，但预计 2011 年仍为供过于求的状况，因此价格将持续下降，多晶硅厂商的成本压力将越来越大，参见图 1-2。

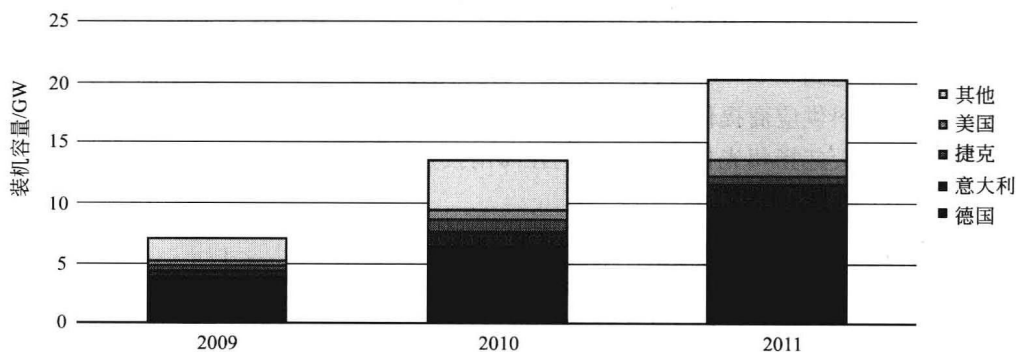


图 1-2 iSuppli 公司对 2009~2011 年全球光伏装机容量的预测

(来源: iSuppli Corp, 2009)



无论如何,随着市场需求的不断增加和成本越来越低,光伏发电也日益逼近“平价上网”,光伏产业将迎来真正地爆发增长。

1.1.2 中国能源市场发展态势

中国是一个能源生产大国,也是一个能源消费大国。初步测算,2008年全年能源消费总量 28.5 亿吨标准煤,比上年增长 4.0%。煤炭消费量 27.4 亿吨,增长 3.0%;原油消费量 3.6 亿吨,增长 5.1%;天然气消费量 807 亿立方米,增长 10.1%;电力消费量 34502 亿千瓦时,增长 5.6%。我国海外石油权益产量总额不足原油进口的 1/5。根据相关数据显示,我国可开采储量原油 18350 百万吨,可采年限 17 年,而原油年进口量 2 亿吨。原油需求递增 33.3%,原油供给增量 12%,供给和需求欠差为 21.3%。

中国具有丰富的新能源和可再生能源资源。据统计,太阳能年日照时间在 2200h 以上的地区约占中国国土面积的 2/3 以上,具有良好的开发条件和应用价值,在这些约 600 万平方公里的地区,太阳能年总辐射量超过 60 万焦耳/平方厘米,开发利用前景广阔;风能资源总量为 16 亿千瓦,可开发的风能资源储量为 2.53 亿千瓦;地热资源远景储量相当于 2000 亿吨标准煤,已勘探的 40 多个地热田可供中低温直接利用的热储量相当于 31.6 亿吨标准煤。生物质能资源也十分丰富,包括农作物秸秆、薪柴和各种有机废物,利用量约为 2.6 亿吨标准煤,占农村生活能源消费的 70%,整个用能的 50%;中国海洋能源资源亦十分丰富,其中可开发的潮汐能就有 2000 万千瓦以上。

中国新能源开发利用已初具规模。经过近三十年的研究、开发和试验,中国在新能源和可再生能源的开发利用方面已取得了显著进展,技术水平有了很大提高,产业已初具规模。到 2008 年底,水电装机总容量达到 17152 万千瓦,年发电量达到 5633 亿千瓦时,占到全部发电量的 16.41%。2008 年底风电并网总容量 894 万千瓦,同比增长 111.48%,风力发电技术水平迅速提高,产业化能力大幅增长。太阳能热水器年生产能力已达到 2300 万平方米,太阳能热水器使用总量超过 1.2 亿平方米,占世界总使用量的 60%。生物质能开发利用也有较大发展,其中户用沼气池达到 2700 多万口,沼气年利用量达到了约 110 亿立方米。2008 年可再生能源利用量约 2.4 亿吨标准煤,占能源消费总量的 8.5%。

回过头来看光伏市场的繁荣,同时也带来产业的急剧扩张之路,给相关的设备、材料带来了新的机遇。仅在我国,进入 2010 年后,各太阳能电池企业仍在持续接近全负荷生产的状态,各厂商还对今后的新投资及增强产能表现出了积极的态度。在我国的几大上市公司,截至 2010 年年底尚德的产能达到 1.8GW,天合 1.2GW,英利也扩产到 1.0GW,产能都几乎翻番,这无疑给上游的设备材料供应商提供了新的市场机遇。而在近期开工的光伏项目,全国多得数不胜数,较大的项目有天威扬州光伏项目、英利在海南投资建设的 110 亿元光伏产业基地等。

1.2 人类面临决绝

1.2.1 全球化治理能源燃眉之急

当前全球能源形势日益严峻,能源工业面临的经济增长、环境保护和社会发展的压力愈

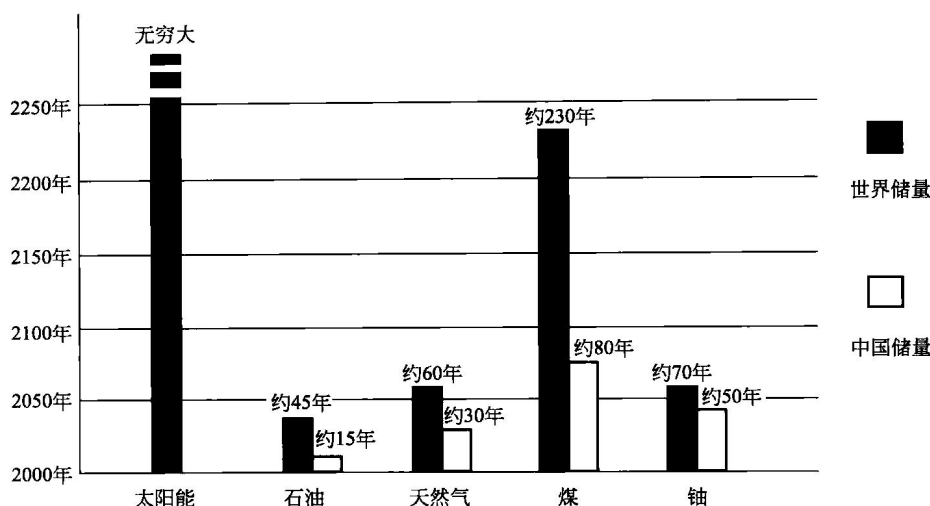


图 1-3 世界能源状况

来愈大。虽然许多工业化国家能源消耗已经基本趋于稳定，但是发展中国家由于工业化进程速度加快，使得能源消耗呈增加的态势，导致全球能耗平均呈指数增长趋势，能源的潜在危机和生态环境的不断恶化，参见图 1-3 世界能源状况。

全球能源危机，电荒、煤荒、油价上涨。目前，全球性的能源危机已经成为世界各国不得不面对的现实，各国都开始为寻找新的能源解决方案而努力。我国近年来面临着严重的“电荒”，全国 24 个省区出现了“拉闸限电”，寻找能源解决方案成了迫在眉睫的问题。因此，新能源的开拓与发展，是关系民族产业可持续发展的关键，能源可持续是国家可持续发展的关键，每个公民都有权享受安全健康的环境权益，也有维护资源使之能够持续的义务。

地球可再生能源濒临枯竭，石油等化石燃料都是不可再生的有限资源。那么，几十年之后，石油等有限的不可再生能源开采完后，我们的未来以及子孙后代的生存将无法想象，并且催速了地球的寿命周期。

20 世纪 60 年代起，全球新探明的石油蕴藏已开始大幅减少。随着石油开采速度的提高，在 1985 年达到高峰以来，全球已探明，但还未开采的石油蕴藏总量（石油资源储备）一直在下降，参见图 1-4。

我国的能源情况也并不乐观，由于人口众多，能源资源相对严重不足，当前我国处于工业化快速发展时期，经济增长势头迅猛，但经济结构不尽合理，增长模式粗放，能源耗费过大。能源是我国当前和今后相当长一个时期制约经济社会发展的突出瓶颈，必须充分认识到加强节能工作的重要性和紧迫性，无论是从短期的降耗还是长期的能源替代，必须从根本上解决能源问题。

我国已经进入工业化快速发展时期，矿产资源需求快速增长。根据国家提出的经济发展目标，2020 年较 2000 年 GDP 翻两番。而以现有计算对 2020 年目标的保证程度，45 种矿产中有 20 种不能保证（包括铁矿、锡、金、石油、镍等主要矿产），短缺的有 5 种（包括铬铁矿、钴、铂）。我国石油资源的对外依存度不断提升，2006 年，中国已成为世界上仅次于美国和日本的第二大石油进口国，同时也是仅次于美国的第二大石油消费国，对外依存度不断提升。2006 年，中国对原油的需求增长了 29%，占世界总需求量的 8.5%。2010 年，中国

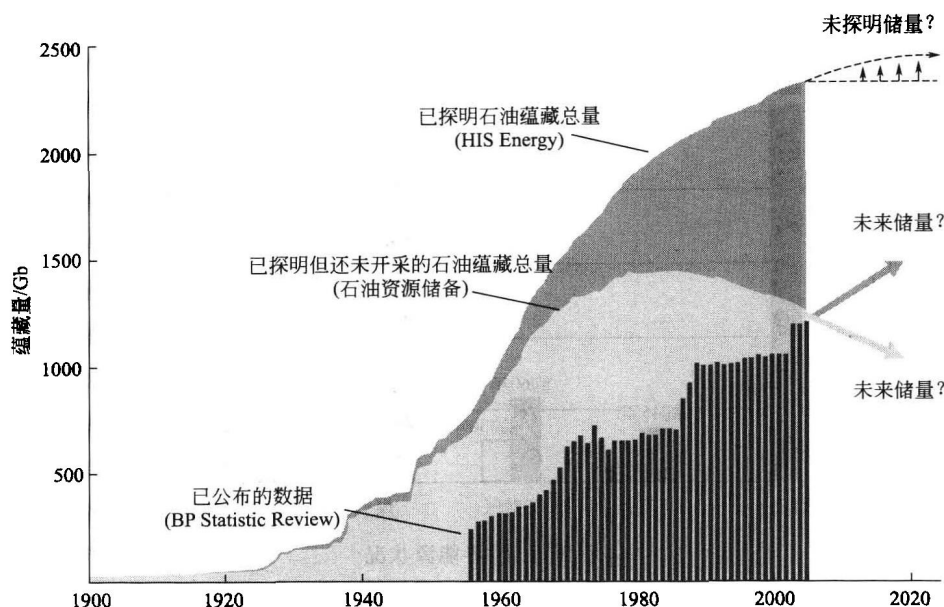


图 1-4 未开采石油蕴藏总量及趋势

Energy Watch Group/Ludwig Bolkow Systemtechnik GmbH, 2007

石油资源的对外依存度已超过 50%。

我国能源形势和环境形势比世界平均水平严峻，所有一次能源的剩余探明储量均比世界平均水平低。我国一次能源需求以年均复合增长率逾 3% 的速度在增长。

在中国和全球的现有能源结构构成中，传统能源占比过高参见表 1-3（2007 年）。

表 1-3 中外现有能源结构

分类	全球	中国	分类	全球	中国
煤炭	28.4%	70.2%	核能	5.8%	0.7%
石油	35.8%	20.6%	水电	6.3%	5.6%
天然气	23.7%	2.9%			

注：资料来源：IEA 全球能源展望（2007）；Wang Sichen, Hu Xuehao, 中国能源发展中长期战略规划（2007）。

中国电力科学院研究表明，在考虑到充分开发煤电、水电和核电的情况下，2015 年电力供需的缺口仍然为 10.7%。而这个缺口正是需要用如太阳能光伏发电和风力发电等新能源与可再生能源进行有利的补充。因此，光伏发电必将在未来中国的能源供应中占据重要的地位。

1.2.2 中国政府落实能源发展路线图

1.2.2.1 能源发展战略

面对日益严峻的形势，必须以科学发展观为指导，深入贯彻落实我国能源发展战略，即坚持节约优先、立足国内、多元发展、保护环境，加强国际互利合作，努力构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系，以能源的可持续发展支持中国经济社会可持续发展。



当前和今后一段时间,要重点从以下五个方面贯彻落实能源的发展战略。

- ① 节约优先,着力提高能源效率;
- ② 立足国内,夯实可持续发展的基础;
- ③ 多元发展,构筑能源安全保障体系;
- ④ 加强环境保护,实现协调发展;
- ⑤ 加强互利合作,促进协同发展。

我国是人口众多的发展中国家,把能源供给主要寄托于国际市场是不现实、也是不安全的。同时,国内能源资源尚有较大开发潜力,有能力继续保持合理的能源自给水平,从长远发展看,要筑牢能源安全的基础。

我国能源、资源的储备情况可参见表 1-4。煤炭探明资源量 1 万亿吨,石油 265 亿吨,天然气 28 万亿立方米,水能经济可开发容量 4 亿千瓦,技术可开发容量可以达到 5 亿千瓦,但是有一些项目是不经济的。煤层气 37 万亿立方米,生物质能 5 亿吨标煤,风能 10 亿千瓦,太阳能 17 亿吨标煤,地热能 20 亿吨标煤。煤炭和石油天然气都是资源量,和剩余可采储量不是一个概念。

表 1-4 我国能源、资源储备情况

能源资源	探明资源量	探明率	能源资源	年可开发利用量	开发率
煤炭	1 万亿吨	19.1%	生物质能	5 亿吨标煤	2%
石油	265 亿吨	32.8%	风能	10 亿千瓦	0.3%
天然气	28 万亿立方米	15.9%	太阳能	17 亿吨标煤	1%
水能	经济开发容量 4 亿千瓦	开发率 32%	地热能	20 亿吨标煤	0.2%
煤层气	37 万亿立方米	开发率不足万分之一			

我国是能源生产和消费大国,必须坚持多元发展战略,维护能源供给安全。优化能源结构的同时,要大力发展可再生能源,到 2010 年水电装机已达到 1.9 亿千瓦,中长期规划是到 2020 年达到约 3 亿千瓦,水电主要是分布在西南。风电计划每年增长 1000 万千瓦以上(2008 年是 650 万千瓦,2009 年实现 1000 万千瓦)。再就是积极推进核电建设,到 2020 年核电装机投入运行的可以到 4000 万千瓦,在建的还有 3000 万千瓦。现在各个国家都在加快建设核电的步伐。再有就是优化发展常规能源,提高现代化矿井产能比重,促进油气增储上产。加快开发非常规能源,加快开发煤层气、油页岩等,稳步发展替代能源,确立与太阳能相关产业的终极发展目标,加大相关政策导向力度等。

1.2.2.2 发展光伏产业中的问题与应对

① 我国发展光伏产业的主要障碍与国际上一样,仍然是太阳能电池的成本高,限制大量推广应用。因此,我国研究与发展经费投入应针对太阳能电池降价这一主要目标。同时,我国太阳能电池工厂主要采用引进设备及其附带的技术,太阳能电池研究工作要适应这一特点,研究单位与光伏企业间的技术转移工作应加强,以提高企业的技术水平。

② 由于资金有限,光伏产业发展要适当安排与引导,一方面要让投资者对光伏产业的特性有更多的了解,以进行合理的投资。另一方面对合资建厂、引进技术、支持国内发展等都应进行均衡的考虑。未来 10 年内对我国光伏市场以年增 30% 进行规划是可行的,但处于微利经营状态,应加强宣传,使得各方面及潜在的支持者了解光伏产业所具有的重大近期效