

Design, Installation, O&M of
Distributed Photovoltaic Systems

分布式光伏电站 设计、建设与运维

王东 张增辉 江祥华 编著



化学工业出版社

Design, Installation, O&M of
Distributed Photovoltaic Systems

分布式光伏电站 设计、建设与运维

王东 张增辉 江祥华 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分为7章。分别为光伏政策和分布式发电模式分析，分布式光伏电站系统，分布式光伏电站开发前期工作，分布式光伏电站的商业模式及融资模式，分布式光伏电站的设计与施工，分布式光伏电站的运营与维护，关于分布式光伏电站其他问题的讨论。

本书着重于介绍分布式光伏电站最新政策动态、设计标准、施工管理、商务模式等，并以实例说明分布式光伏电站开发运营过程中的关键性问题；将分布式光伏电站开发建设中的共性需求总结成表格、清单、模板、地图等工具，希望能够对分布式光伏电站感兴趣的读者起到参考作用。

本书可供对分布式光伏电站感兴趣的人群，包括项目经理、工程师、项目前期开发人员、后期运维人员等阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

分布式光伏电站设计、建设与运维/王东，张增辉，江祥华
编著. —北京：化学工业出版社，2018.2

ISBN 978-7-122-31346-1

I. ①分… II. ①王…②张…③田… III. ①光伏电站-
施工设计②光伏电站-运行③光伏电站-维修 IV. ①TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 009969 号

责任编辑：戴燕红
责任校对：宋 玮

装帧设计：韩 飞

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100045）
印 刷：北京京华铭诚工贸有限公司
装 订：三河市瞰发装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张21 字数526千字 2018年5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：98.00 元

版权所有 违者必究

光伏 (Photovoltaic) 发电技术就是利用半导体材料因光照而产生伏特 (电压) 的效应, 将光能直接转化为电能的技术。光伏技术已经在各领域得到广泛的应用, 除了在日用品中嵌入太阳能发电装置 (如太阳能灯具、便携式充电器等), 以及建设大型地面光伏电站外, 太阳能光伏发电系统也被广泛地应用于与建筑结合的领域, 例如幕墙玻璃、屋顶等, 即我们通常所说的分布式光伏发电系统。关于分布式发电的电网公司的更严格定义, 读者可参见本书第 1 章。

我国东南沿海经济发达地区, 尤其是人口稠密的大型城市, 虽然供电紧张但土地资源稀缺, 建设大规模光伏电站不可行, 而从西部荒漠地区引电入东部, 也由于长距离输电的显著电损和建设特高压线路而导致成本提高。因此在城市地区建筑屋顶推广光伏发电系统, 通过自发自用补偿建筑公共用电, 既不占用额外土地, 通过短距离输电缓解了用电紧张状况, 又有显著的减排生态效益, 建筑所有者及房地产开发商也同时得到了低碳、生态的宣传效果与物业无形价值的提升。根据美国的一项房地产市场调查 (www. GreenHomeGuide. com) 显示: 尽管在 2008 年经济危机的背景下, 美国房地产市场严重萎缩, 但是绿色房屋的销售却大幅增长了 30%, 同时绿色房屋建造量也在迅速增长。美国加州能源署 (www. energy. ca. gov) 的调查报告 (New Solar Homes Partnership New Construction Home Buyers Market Research Report) 也显示, 74% 的加州居民认为屋顶光伏发电系统应该成为新建房屋的标准配置。

中国国内经过十年的光伏应用端市场的开拓与磨合, 从政府到电网公司、从光伏企业到个人用户都已经认识到分布式光伏发电是最符合中国国情的新能源应用模式。总的来说分布式光伏电站的优势如下:

1. 局部天气变化会造成光伏发电量的波动, 因此与大型地面光伏电站相比, 广泛地域内分散分布的多个小型分布式电站对电网稳定性与安全性更有利。

2. 分布式光伏系统对能源安全与独立具有一定意义, 在突发自然灾害、战争、电网大规模故障时, 仍可为民生提供一定量基本用电。

3. 分布式电站在一定程度上从用户侧缓解了对电网供电的压力, 可以促使电网公司降低对传统输电线路的投入, 转而更多的投入到能够对多种电量来源进行管理的智能电网。

4. 幕墙或屋顶电站可以更大程度地帮助建筑物保温, 从而在提供清洁电力的同时达到更大的节能效果。

5. 自发自用的分布式光伏电力抵充了用户的工、商业电价, 相当于比集中式光伏、化石能源发电、水力发电的度电收益更高, 因此在光伏系统成本持续走低的情况下, 分布式光伏电站的经济效益越来越明显。

本书着重于介绍分布式光伏电站最新政策动态、设计标准、施工管理、商务模式等, 并以实例说明分布式光伏电站开发运营过程中的关键性问题; 将分布式光伏电站开发建设中的共性需求总结成表格、清单、模板、地图等工具, 希望能够对分布式光伏电站感兴趣的读者起到参考作用。

第1章 光伏政策和分布式发电模式分析

1

引言	1
1.1 国内光伏政策演变与分析	1
1.2 分布式发电模式优劣	9
1.2.1 光伏发电系统的分类	9
1.2.2 分布式光伏的定义	11
1.3 各省市分布式发电政策	12
1.4 光伏政策展望	16
参考文献	16
附录 1-1	17
附录 1-2	18
附录 1-3	19
附录 1-4	20
附录 1-5	22
附录 1-6	23
附录 1-7	25
附录 1-8	29
附录 1-9	31
附录 1-10	32
附录 1-11	36
附录 1-12	37
附录 1-13	39

第2章 分布式光伏电站系统

40

2.1 太阳能电池组件	40
2.1.1 太阳能电池组件分类	40
2.1.2 太阳能电池组件结构	40
2.1.3 太阳能电池组件封装材料	40
2.1.4 太阳能电池组件封装工艺	42
2.1.5 太阳能电池组件的输出特性	44
2.2 分布式光伏发电系统控制器及逆变器	46
2.2.1 光伏发电系统控制器	46

2.2.2 光伏系统逆变器	50
2.3 分布式光伏发电蓄电技术	53
2.3.1 储能系统在光伏发电系统中的作用	53
2.3.2 光伏发电并网加储能系统架构	54
2.3.3 储能方式	55
2.4 分布式光伏发电并网流程	63
参考文献	67

第3章 分布式光伏电站开发前期工作 68

3.1 敏感因素分析	68
3.1.1 光伏发电电价构成分析	68
3.1.2 太阳辐照资源分析	69
3.1.3 建设条件分析	74
3.2 商务评估	78
3.3 评估量化机制	79
参考文献	82

第4章 分布式光伏电站的商业模式及融资方式 83

4.1 建设于一般企事业单位屋顶的电站	83
4.1.1 大部分光伏电量能够“自发自用”的电站——合同能源管理模式	83
4.1.2 光伏电量“全额上网”的电站——纯租赁模式	86
4.1.3 区域市场化电力交易	87
4.1.4 分布式光伏电站的融资	90
4.2 家庭户用电站及小企业屋顶电站	91
4.2.1 家庭光伏建设管理规范	91
4.2.2 家庭及中小企业光伏贷款	92
4.3 扶贫电站	96
4.3.1 光伏扶贫的开展类型与模式	97
4.3.2 未来光伏扶贫类型和模式的探讨	99
4.3.3 扶贫电站实施方案的上报流程	100
4.3.4 投资扶贫电站的风险分析	101
4.3.5 扶贫的收益分配和支付方式	101
4.4 光伏与碳交易	102
参考文献	103
附录 4-1	105
附录 4-2	122

附录 4-3	129
--------------	-----

第5章 分布式光伏电站的设计与施工 134

5.1 电站的设计	134
5.1.1 分布式光伏电站的安装形式	134
5.1.2 光伏阵列倾角及发电量计算	148
5.1.3 光伏排布中阴影分析	160
5.1.4 光伏阵列排布设计	163
5.1.5 光伏支架的强度分析	169
5.1.6 分布式光伏电气系统设计	182
5.1.7 主要材料设备选型和要求	200
5.1.8 防雷及消防设计	203
5.2 电站的建设	211
附录 A 中间交接签证书	229
附录 B 光伏组件现场测试表	230
附录 C 汇流箱回路测试记录表	231
附录 D 并网逆变器现场检查测试表	232
5.3 分布式光伏经济性因素分析	233
参考文献	236

第6章 分布式光伏电站的运营与维护 237

6.1 综述	237
6.2 标准作业模板	237
6.3 运维产业展望	246
参考文献	248

第7章 关于分布式光伏电站其他问题的讨论 249

7.1 分布式发电收益的区域比较	249
7.1.1 影响分布式电站经济效益的因素	249
7.1.2 光伏电站的经济回报指数 (FRI) 与光伏投资地图	274
7.2 分布式电站评估机制	276
7.2.1 国内外光伏认证评估机构	276
7.2.2 电站整体评估所涵盖的方面	277
7.3 分布式电站保险	278
7.4 分布式电站投资的法律风险	280
参考文献	285
附录 7-1	286

第 1 章

光伏政策和分布式发电模式分析

引言

经过近二十年的发展，中国光伏应用市场经历了从无到有，从小到大，从大到强的发展历程，截止到 2016 年底，我国光伏发电新增装机容量 3454 万千瓦，累计装机容量 7742 万千瓦，新增和累计装机容量均为全球第一。电站的开发建设模式从最初的示范性项目开始，到现在形成了地面光伏电站、光伏扶贫项目、分布式光伏电站、户用光伏发电等的多元化应用市场，这里面除了光伏发电产业和技术自身的发展外，光伏政策的支持和引导也起到了关键性的作用。

本章将重点阐述国内光伏政策的演变，分析目前主推的分布式光伏发电模式的优劣、总结各省市针对分布式光伏发电的一些配套政策。

1.1 国内光伏政策演变与分析

从 1958 年，中国研制出首块硅单晶，10 年后的 1968 年中科院半导体所开始为“实践 1 号卫星”研制和生产硅太阳能电池板，1969 年中国电子科技集团公司第 18 研究所接替半导体所为东方红二号、三号、四号系列地球同步轨道卫星研制生产太阳能电池，直到 1975 年，太阳能电池主要还是以空间应用为主。

1975 年宁波、开封等地先后成立太阳能电池厂，电池制造工艺模仿早期生产空间电池的工艺，太阳能电池的应用开始从空间降落到地面。太阳能电池开始有了少量的商业化应用和政府及政策支持离网项目。

1998 年，中国政府开始关注太阳能发电，拟建第一套 3MW 多晶硅电池及应用系统示范项目，成为中国太阳能产业的第一个项目。2003 到 2005 年，在欧洲特别是德国市场的拉动下，中国太阳能电池的产量迅速增长，截止到 2007 年，我国成为生产太阳能光伏电池最多的国家。与太阳能电池生产的快速增长形成鲜明对比的是，这一时期，我国太阳能电池的应用市场主要依赖于国际援助和国内扶贫项目的支持，光伏发电项目市场化程度很低，尚处于初期示范阶段，先后实施了“西藏无电县建设”、“中国光明工程”、“西藏阿里光电计划”、“送电到乡工程”、“无电地区电力建设”等国家计划，例如，2002 年由国家计委启动的“西部省区无电乡通电计划”，通过光伏和小型风力发电解决西部 7 省 700 多个无电乡的用电问题，截至 2005 年，光伏用量达到 15.5MW；2004 年 8 月建成发电的“建筑并网光伏发电尝

试——深圳园博园 1MW 光伏发电并网系统”，成为国内首座大型的兆瓦级光伏并网电站，也是亚洲最大的并网太阳能光伏电站。2005 年 8 月，地面光伏电站雏形——西藏羊八井高压并网光伏电站，中国第一座直接与高压并网的 100kW 光伏电站并网运行，开创中国光伏发电系统与电力系统高压并网的先河。

2007 年后，中国光伏行业开始进入产业化建设阶段。为促进我国太阳能光伏发电产业的发展，2007 年 11 月国家发改委办公厅出台了《国家发展改革委办公厅关于开展大型并网光伏示范电站建设有关要求的通知》（发改办能源 [2007] 2898 号）。针对光伏行业的配套政策也陆续出台。2006 年起我国开始实施《可再生能源法》，该法规定：从销售电价中征收可再生能源电价附加作为可再生能源发展基金。从 2007 年开始正式征收可再生能源附加，征收标准为 2 厘/kW·h，根据当时全国的用电量，大约每年可筹集资金约 56 亿元，这一政策为光伏项目长期、可持续的获得补贴提供了保障。随着光伏装机容量的提升和社会环保意识的提高，可再生能源附加的征收标准逐渐提高到了 2016 年的 1.9 分/kW·h，可再生能源附加征收的演变如图 1-1 所示。

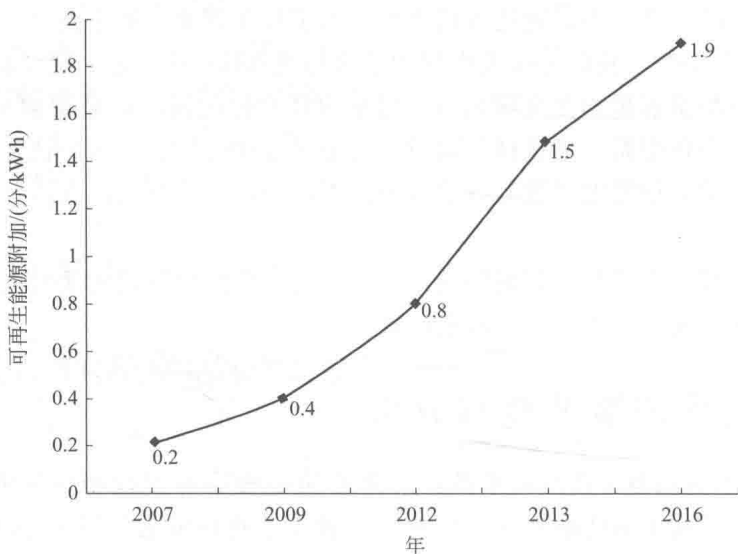


图 1-1 可再生能源附加征收的演变

在 2007~2008 年间，共 4 个并网光伏项目（上海 2 个，内蒙古和宁夏各 1 个）获得批复，上网标杆电价均为 4 元/kW·h。

2008 年全球金融危机之后，中国已经跃居为世界第一大太阳能电池生产国，形成具有规模化、国际化、专业化的产业链条，作为中国光伏产品主要市场的欧洲各国受金融危机影响纷纷消减光伏补贴，产业投入急剧紧缩，导致当时以出口为主的我国光伏产业面临出口受阻、产品滞销的困境，国内市场启动迫在眉睫，在这样的背景下，2009 年 3 月，财政部、住房和城乡建设部推出《关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》（财建 [2009] 第 128 号），采取示范工程的方式，实施我国“太阳能屋顶计划”，对示范工程项目给予初始投资补贴，从而激活市场供求，启动国内应用市场。同年 7 月财政部、科学技术部、能源部联合出台《财政部、科学技术部、能源部关于实施金太阳示范工程的通知》（财建 [2009] 第 397 号），决定综合采取财政补助、科技支持和市场拉动方式，加快国内光伏发电的产业化和规模化发展。

从市场反应来看，“金太阳工程”和“光电建筑应用示范”项目的推出极大地刺激了分布式光伏市场。在2009年金太阳第一期示范工程中包含了329个项目，设计总装机容量642MW，随后几年，金太阳装机容量逐年攀升，2011年装机容量600MW，2012年“金太阳”装机总规模达到4544MW，是之前国内光伏装机容量的总和，规模占据国内光伏应用市场的半壁江山。

在光伏组件价格高企，光伏并网为电网所排斥，国内对光伏应用缺乏认识的大环境下推出的“金太阳项目”，起到了国内光伏应用市场的示范、探索作用，为推动产业创新、加速业内和行业间配套、材料及设备国产化、大幅降低应用产品成本等进行了有益探索，但因政策本身存在缺陷，属于一次性补贴，政府拨付给企业补助资金后，对项目后续的监管不到位、查处惩罚力度不强，导致“金太阳工程”暴露了很多问题，主要有：①光伏组件以次充好，组件亏瓦严重，虚报装机容量；②编造虚假申报资料，骗取、套取资金；③挤占、挪用资金用于生产经营、业务经费支出；④以“报大建小”，重复申报等方式违规获得资金；⑤跑项目，转手卖给第三方。正是“金太阳工程”暴露的诸多问题，在2012年“金太阳项目”项目实施第四批后停止了“金太阳项目”的审批。

经过特许权项目招标、光伏发电示范项目、实施“金太阳示范”工程等一系列多元化的尝试，国内光伏市场快速启动，产业服务体系日渐完善，在此背景下，能源局于2012年7月出台《国家能源局关于印发太阳能发电发展“十二五”规划的通知》（国能新能[2012]194号）文件，提出了在“十二五”期间太阳能发电发展的总体目标和发展规模：通过市场竞争机制和规模化发展促进成本持续降低，提高经济性上的竞争力，尽早实现太阳能发电用户侧“平价上网”；到2015年底，太阳能发电装机容量达到2100万千瓦以上，年发电量达到250亿千瓦时。重点在中东部地区建设与建筑结合的分布式光伏发电系统，建成分布式光伏发电总装机容量1000万千瓦。

2013年7月国务院发布了具有里程碑式意义的文件《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》（国发[2013]24号），各省各市县的落实政策纷纷出台，光伏发展规划提上各地方政府的重要日程，从而调动了各类投资主体的积极性，光伏产业进入了产品制造和市场应用协调发展的新阶段。2013年8月，国家能源局发布《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》（发改价格[2013]1638号）文件，明确规定2013年9月后将统一采用度电补贴的方式，分布式补0.42元/kW·h，初始投资补贴逐渐淡出，只被少量地方补贴采用。但由于分布式电站规模较小、成本较高，初始投资补贴改为度电补贴后，融资等相关配套政策不健全，导致分布式装机量骤然下降，从2012年的1655MW下降到了2013年的801MW。

与分布式不同的是，地面光伏电站从开始之初就采取标杆上网电价的模式，只是在不同时期电价标准不同，在2009年和2010年分别进行了两期特许权招标对上网电价进行摸底，上网电价为4元/kW·h，2011年7月，国家发展改革委出台《关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知》（发改价格[2011]1594号），明确了对非招标太阳能光伏发电项目实行全国统一的标杆上网电价2011年7月1日前1.15元/kW·h，2011年7月1日后1元/kW·h。两期特许权项目刺激了一下地面光伏电站项目，而标杆上网电价的确定，则真正使地面电站的装机量实行爆发式增长，从2012年的1928MW猛增到2013年的12119MW。

2013年8月，国家能源局发布《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》（发改价格[2013]1638号）文件，地面电站采用三类标杆电价，分别为0.9元/kW·h，

0.95 元/kW·h, 1 元/kW·h, 从而确定了光伏项目定价机制。

2013 年 8 月, 国家能源局发布国能新能 [2013] 329 号《关于印发〈光伏电站项目暂行管理办法〉的通知》文件, 国家能源局对光伏电站项目实行备案制管理, 各省级政府均出台了投资项目的备案指导文件, 简化了光伏项目的备案流程。

由于各项利好政策的推出, 光伏装机总量和增长速率都快速增长, 同时, 由于大型地面光伏电站主要建设在用电量较小的西部省份、全国装机量分配不均匀、电网不具备长距离输电条件, 造成发电端与用电端不匹配; 另一方面, 光伏等可再生能源的增长速率远高于全国用电量的增长速率, 造成可再生能源基金告急, 开始出现弃光及补贴拖欠问题。2013 年 11 月, 为推进分布式光伏发电应用, 国家能源局印发《分布式光伏发电项目暂行管理办法》(国能新能 [2013] 433 号), 要求分布式发电实行“自发自用、余电上网、就近消纳、电网调节”的运营模式。2014 年 1 月, 国家能源局出台《国家能源局关于下达 2014 年光伏发电年度新增建设规模的通知》(国能新能 [2014] 33 号), 自 2014 年起, 光伏发电实行年度指导规模管理, 国家能源局按“分布式”和“光伏电站”分别给出了各省的规模控制指标, 并大力鼓励分布式光伏项目。

随着太阳能光伏发电技术的进步和国内光伏发电规模的提高, 上网标杆电价逐步降低。2015 年 12 月, 国家发展改革委出台《关于完善陆上风电光伏发电上网标杆电价政策的通知》(发改价格 [2015] 3044 号) 文件, 将全国光伏上网标杆电价调整为: 一类资源地区为 0.8 元/kW·h, 二类资源地区为 0.88 元/kW·h, 三类资源地区为 0.98 元/kW·h, 鼓励各地通过招标形式确定上网电价。提出利用建筑物屋顶及附属场所建设的分布式光伏发电项目, 在项目备案时可以选择“自发自用, 余电上网”或“全额上网”中的一种模式, “全额上网”项目的发电量由电网企业按照当地光伏电站上网标杆电价收购, 完善了分布式光伏发电发展模式, 极大地促进了分布式光伏发电项目的发展。

中国光伏应用市场经过 4 年的高速发展, 截至 2015 年底, 我国光伏发电累计装机容量 4318 万千瓦, 成为全球光伏发电装机容量最大的国家, 其中, 光伏电站 3712 万千瓦, 分布式 606 万千瓦。光伏电站主要集中在内蒙古、甘肃、青海、宁夏、新疆等用电量较小的省和自治区, 导致光伏电站所发电量当地无法消纳, 弃光现象日趋严重, 导致清洁能源的极大浪费。为保证光伏发电的持续健康发展, 国家发展改革委、国家能源局于 2016 年 5 月联合印发《国家发展改革委 国家能源局关于做好风电、光伏发电全额保障性收购管理工作的通知》(发改能源 [2016] 1150 号) 文件, 核定了部分存在弃风、弃光问题地区规划内的风电、光伏发电最低保障收购年利用小时数。

2016 年 12 月, 国家发展改革委出台《关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知》(发改价格 [2016] 2729 号) 文件, 从 2017 年 1 月 1 日开始, 全国光伏上网标杆电价下调为: 一类资源区 0.65 元/kW·h, 二类资源区 0.75 元/kW·h, 三类资源区 0.85 元/kW·h。光伏上网标杆电价走势如图 1-2 所示。

针对太阳能光伏发电项目的用地、金融、税收等相关政策也逐步完善, 并利用太阳能光伏发电收益稳定、技术成熟、运行周期长、维护简单等特点, 与国家扶贫计划相结合, 推出光伏扶贫项目, 进一步拓宽光伏应用市场。

(1) 光伏用地政策

2015 年 9 月, 国土资源部联合发展改革委、科技部、工业和信息化部、住房城乡建设部、商务部印发《关于支持新产业新业态发展促进大众创业万众创新用地的意见》(国土资

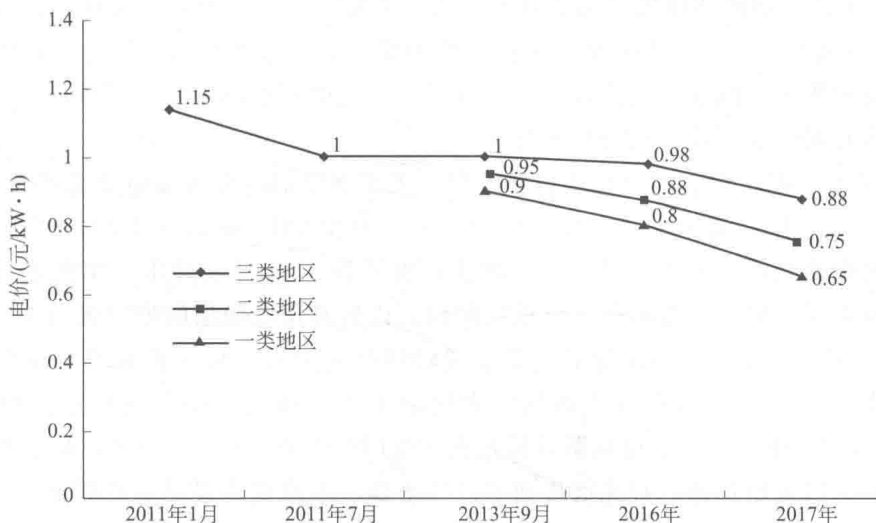


图 1-2 光伏上网标杆电价调整走势图

规 [2015] 5 号) 文件, 提出采取差异化用地政策, 光伏项目使用戈壁、荒漠、荒草地等未利用地的, 对不占压土地、不改变地表形态的用地部分, 可按原地类认定。

光伏项目投资企业在对用地性质确认时, 由于国土部门和林业部门对土地性质认定的规范不同、相关数据库没有合并联网, 导致某些项目用地在国土部门的规划中被划为“未利用地(盐碱地等)或是荒地”, 而在林业部门的规划内则是“规划林地或宜林地”, 造成实际上贫瘠荒芜的山地滩涂, 因戴上“林地”的帽子而无法得到有效的开发利用。2015 年 11 月, 国家林业局印发《关于光伏电站建设使用林地有关问题的通知》(林资发 [2015] 153 号), 其中规定, 对于森林资源调查确定为宜林地而第二次全国土地调查确定为未利用地的土地, 应采用“林光互补”用地模式, “林光互补”模式光伏电站要确保使用的宜林地不改变林地性质。

2015 年 12 月, 国土资源部发布《光伏电站工程项目用地控制指标》(国土规划 [2015] 11 号) 文件, 要求光伏电站建设应尽量利用未利用地, 不占或少占农用地。

针对困扰光伏产业的投资企业和金融机构的土地性质归纳问题, 2016 年 10 月, 国土部印发《产业用地政策实施工作指引》(国土资厅发 [2016] 38 号) 文件通知, 再次明确了地面光伏电站、租用建设分布式光伏电站、配套建设分布式光伏的用地政策。

通过以上政策, 明确了光伏项目建设用地问题。

(2) 税收及补贴政策

2008 年 9 月, 财政部、国家税务总局、国家发展改革委印发《关于公布公共基础设施项目企业所得税优惠目录(2008 年版)的通知》(财税 [2008] 116 号), 由政府投资主管部门核准的太阳能发电新建项目销售企业所得税“三免三减半”的优惠政策。

2013 年 7 月, 财政部印发《关于分布式光伏发电实行按照电量补贴政策等有关问题的通知》(财建 [2013] 390 号) 文件, 通知对分布式光伏发电项目补贴的资金来源、发放方式、发放时间等做了详细的规定。

2013 年 9 月, 财政部、国家税务总局印发《关于光伏发电增值税政策的通知》(财税 [2013] 66 号), 通知规定自 2013 年 10 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日, 对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品, 实行增值税即征即退 50% 的政策。

2013年11月,财政部印发《关于对分布式光伏发电自发自用电量免征政府性基金有关问题的通知》(财综〔2013〕103号)文件,通知规定对分布式光伏发电自发自用电量免收可再生能源电价附加、国家重大水利工程建设基金、大中型水库移民后期扶持基金、农网还贷资金等4项针对电量征收的政府性基金。

2016年7月,财政部、国家税务总局印发《关于继续执行光伏发电增值税政策的通知》(财税〔2016〕81号),通知规定:自2016年1月1日至2018年12月31日,对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品,实行增值税即征即退50%的政策。文到之日前,已征的按本通知规定应予退还的增值税,可抵减纳税人以后月份应缴纳的增值税或予以退还。

2017年8月,国家能源局印发了《关于减轻可再生能源领域涉企税费负担的通知》征求意见函,提到对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品,实行增值税即征即退50%的政策,2018年12月31日到期后延长至2020年12月31日。同时,征求意见稿还提出,光伏发电项目占用耕地,对光伏阵列不占压土地、不改变地表形态的部分,免征耕地占用税。

税收在光伏发电成本中占重要部分,光伏产品实施优惠的税收政策,能明显降低光伏企业负担,可以让企业在技术研发上加大投资,鼓励企业重视产品研发,提高产能及产品质量,增加分布式光伏项目的经济效益,有力推动光伏发电项目的开展。

(3) 光伏扶贫政策

2016年3月,国家发展改革委、国务院扶贫办、国家能源局、国家开发银行、中国农业发展银行印发《关于实施光伏发电扶贫工作的意见》(发改能源〔2016〕621号)文件,文中指出光伏发电清洁环保,技术可靠,收益稳定,既适合建设户用和村级小电站,也适合建设较大规模的集中式电站,还可以结合农业、林业开展多种“光伏+”应用。在光照资源条件较好的地方因地制宜开展光伏扶贫,既符合精准扶贫、精准脱贫战略,又符合国家清洁低碳能源发展战略,督促各地区将光伏扶贫作为资产收益扶贫的重要方式,并制定了工作目标和确保政策落地的各项相关措施。因中国贫困人口基数大,这一政策有力扩大了光伏发电市场。

综上所述,国内已经基本形成比较完善的光伏政策体系,光伏市场趋于成熟和理性化,光伏补贴逐年下降,相信不久的将来就能实现光伏发电在用户侧平价上网的目标。国内主要光伏政策如表1-1所示,部分重要政策全文可查阅本章附录部分。

表 1-1 国内主要光伏政策

国内主要光伏政策				
时间	文件名	文号	部门	主要内容
2007年11月	国家发展改革委办公厅关于开展大型并网光伏示范电站建设有关要求的通知	发改办能源[2007]2898号	国家发改委办公厅	决定开展大型并网光伏示范电站建设
2010年4月	国家发展改革委关于宁夏太阳山等四个太阳能光伏电站临时上网电价的批复	发改价格[2010]653号	国家发展改革委	批复首批标杆上网电价1.15元/kW·h
2011年7月	国家发展改革委关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知	发改价格[2011]1594号	国家发展改革委	确定全国光伏上网标杆电价为1元/kW·h

续表

国内主要光伏政策				
时间	文件名	文号	部门	主要内容
2013年8月	国家发展改革委关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知	发改价格〔2013〕1638号	国家发展改革委	地面电站采用三类标杆电价,分别为0.9元/kW·h,0.95元/kW·h,1元/kW·h
2013年7月	国家发展改革委关于印发《分布式发电管理暂行办法》的通知	发改能源〔2013〕1381号	国家发展改革委	提出推进分布式发电的应用
2015年12月	国家发展改革委关于完善陆上风电光伏发电上网标杆电价政策的通知	发改价格〔2015〕3044号	国家发展改革委	全国光伏上网标杆电价调整为:一类资源地区为0.8元/kW·h,二类资源地区为0.88元/kW·h,三类资源地区为0.98元/kW·h
2016年12月	国家发展改革委关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知	发改价格〔2016〕2729号	国家发展改革委	全国光伏上网标杆电价调整为:一类资源区0.65元/kW·h,二类资源区0.75元/kW·h,三类资源区0.85元/kW·h
2016年3月	关于实施光伏发电扶贫工作的意见	发改能源〔2016〕621号	国家发展改革委、国务院扶贫办、国家能源局、国家开发银行、中国农业发展银行	决定在全国具备光伏建设条件的贫困地区实施光伏扶贫工程
2016年5月	国家发展改革委 国家能源局关于做好风电、光伏发电全额保障性收购管理工作的通知	发改能源〔2016〕1150号	国家发展改革委、国家能源局	核定了部分存在弃风、弃光问题地区规划内的风电、光伏发电最低保障收购年利用小时数
2012年7月	国家能源局关于印发太阳能发电发展“十二五”规划的通知	国能新能〔2012〕194号	国家能源局	提出了在“十二五”期间太阳能发电发展的总体目标和发展规模
2013年11月	国家能源局关于印发分布式光伏发电项目管理暂行办法的通知	国能新能〔2013〕433号	国家能源局	明确提出光伏电站建设规模、项目备案、并网运行、发电计量及电费结算等规定
2014年1月	国家能源局关于下达2014年光伏发电年度新增建设规模的通知	国能新能〔2014〕33号	国家能源局	下达了各省光伏电站建设指标
2014年9月	国家能源局关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知	国能新能〔2014〕406号	国家能源局	强调进一步落实分布式光伏的有关政策,大力推进分布式光伏发展
2014年10月	国家能源局 国务院扶贫办关于印发光伏扶贫工程工作方案的通知	国能新能〔2014〕447号	国家能源局、国务院扶贫办	加快组织实施光伏扶贫工程,制定实施方案

国内主要光伏政策				
时间	文件名	文号	部门	主要内容
2014年10月	国家能源局关于规范光伏电站投资开发秩序的通知	国能新能〔2014〕477号	国家能源局	健全项目备案管理、制止光伏电站投资开发中的投机行为、禁止各种地方保护等
2014年11月	国家能源局关于推进分布式光伏发电应用示范区建设的通知	国能新能〔2014〕512号	国家能源局	进一步推进光伏示范区建设,确定了分布式光伏规模化应用示范区名单
2015年4月	国家能源局关于开展全国光伏发电工程质量检查的通知	国能新能〔2015〕110号	国家能源局	制定了光伏发电工程质量检查工作方案
2015年9月	国家能源局关于调增部分地区2015年光伏电站建设规模的通知	国能新能〔2015〕356号	国家能源局	上调部分地区2015年光伏电站建设规模
2016年6月	国家能源局关于下达2016年光伏发电建设实施方案的通知	国能新能〔2016〕166号	国家能源局	制定各地区2016年光伏电站建设规模
2016年10月	国家能源局 国务院扶贫办关于下达第一批光伏扶贫项目的通知	国能新能〔2016〕280号	国家能源局、国务院扶贫办	下达第一批扶贫项目建设规模
2016年12月	国家能源局关于印发《太阳能发展“十三五”规划》的通知	国能新能〔2016〕354号	国家能源局	制定了太阳能发展“十三五”规划
2013年7月	关于分布式光伏发电实行按照电量补贴政策等有关问题的通知	财建〔2013〕390号	财政部	分布式光伏发电项目按电量补贴实施办法
2013年11月	关于对分布式光伏发电自发自用电量免征政府性基金有关问题的通知	财综〔2013〕103号	财政部	对分布式光伏发电自发自用电量免收4项针对电量征收的政府性基金
2013年9月	关于光伏发电增值税政策的通知	财税〔2013〕66号	财政部 国家税务总局	自2013年10月1日至2015年12月31日,对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品,实行增值税即征即退50%的政策
2016年7月	关于继续执行光伏发电增值税政策的通知	财税〔2016〕81号	财政部 国家税务总局	自2016年1月1日至2018年12月31日,对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品,实行增值税即征即退50%的政策
2017年8月	关于减轻可再生能源领域涉企税费负担的通知		国家能源局	对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品,实行增值税即征即退50%的政策,从2018年12月31日延长到2020年12月31日

续表

国内主要光伏政策				
时间	文件名	文号	部门	主要内容
2015 年 9 月	关于支持新产业新业态发展促进大众创业万众创新用地的意见	国土资规〔2015〕5 号	国土资源部	采取差别化用地政策支持新业态发展
2015 年 11 月	关于光伏电站建设使用林地有关问题的通知	林资发〔2015〕153 号	国家林业局	明确光伏电站占用林地的使用方式

1.2 分布式发电模式优劣^[1,2]

1.2.1 光伏发电系统的分类

光伏发电系统是指通过太阳能电池将太阳辐射能转换为电能的发电系统，主要部件包括太阳能电池组件、蓄电池、控制器、逆变器和变压器等。根据不同的应用场合，太阳能光伏发电系统一般可分为离网光伏发电系统、混合型光伏发电系统和并网发电光伏系统三种。

(1) 离网型光伏发电系统

未与公共电网相联接，依靠太阳能电池供电的发电系统称为离网型发电系统，系统包括太阳能电池方阵、太阳能控制器、蓄电池组、逆变器等，根据用电负载的特点，又可分为直流系统（图 1-3）、交流系统（图 1-4）、交直流系统（图 1-5），其中太阳能控制器对所发的电能进行调节和控制，一方面把调整后的能量送给直流负载或交流负载，另一方面把多余的能量送给蓄电池组进行储存，当所发的电不能满足负载需求时，又把蓄电池的电送往负载。防反充二极管又称为阻塞二极管，串联在太阳能电池方阵电路中，起单向导通作用，可避免太阳能电池方阵在阴雨天或夜晚不发电时或出现短路故障时，蓄电池组通过太阳能电池方阵放电。蓄电池组则负责储存太阳能电池方阵所发的电能并随时向负载供电，其基本要求是自放电率低、使用寿命长、深放电能力强、充电效率高及工作温度范围广等，设计时应根据负载大小、太阳能电池方阵容量合理配置蓄电池组，并安装一套充放电控制器，防止过充电和过放电对蓄电池的损害，尤其是使用铅酸蓄电池组的时候需要在充电和放电过程加以控制，过充会使蓄电池电解水，造成水分散失和活性物质脱落，过放电则会加速栅板的腐蚀和不可逆硫酸化。

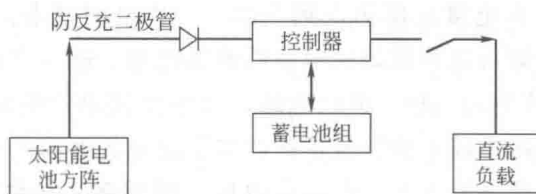


图 1-3 离网型直流系统

(2) 混合型光伏发电系统

光伏发电系统与其他发电系统，如柴油发电机、风力发电等结合使用，以其他发电技术作为光伏发电在没有电能输出时的备用电源的系统称为混合型光伏发电系统。混合型光伏发

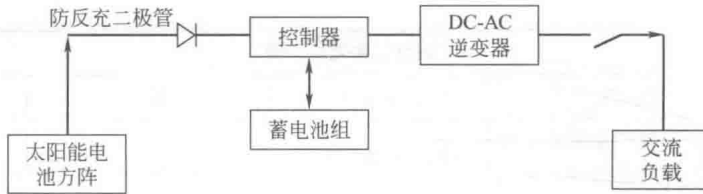


图 1-4 离网型交流系统

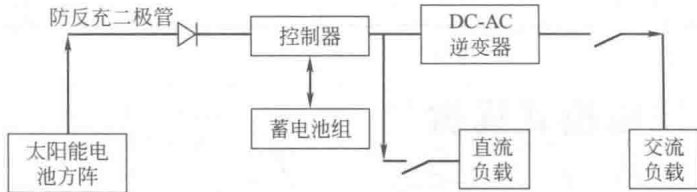


图 1-5 离网型交直流系统

电系统减少了单独光伏发电系统的不稳定性，可以确保电能的持续供应，但是由于涉及多种能源应用技术，所以系统需要监控每种能源的工作情况，处理各子能源之间的相互影响、协调整个系统的运作，导致其控制系统比单一系统复杂。另外，混合型系统初期投资大、建设周期长，运维麻烦等原因决定了这类发电系统主要应用于边远无电地区且对电源要求很高的特定场合。图 1-6 是光伏和柴油发电混合型光伏发电系统。

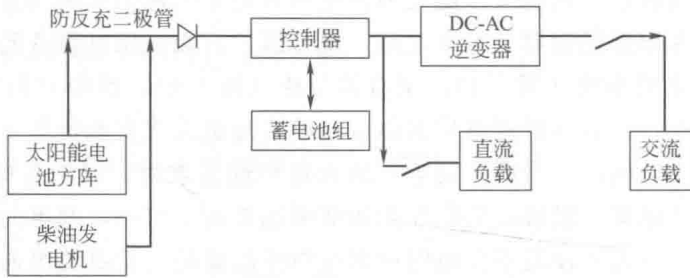


图 1-6 混合型光伏发电系统

(3) 并网发电光伏系统

并网发电光伏系统是由太阳能电池方阵、并网逆变器、升压站等组成，太阳能电池方阵所发的直流电经并网逆变器逆变成交流电，以一定的电压等级从用户侧或公共电网侧与电网联接的光伏发电系统。并网光伏系统可分为集中式并网光伏系统和分布式并网光伏系统，其中集中式并网光伏系统所发电量全部输送到电网上，由电网把电力统一分配到各个用电单位；分布式并网光伏系统则可以根据周围电荷的消纳能力，选择“自发自用，余电上网”和“全额上网”两种并网模式中的一种。光伏电站所发电能供给负载后若有剩余，剩余电能输入电网；当光伏电站所发的电能不能满足负载的需要或光伏电站停止发电时，由电网向负载供电。并网光伏系统应确保所发电能与电网同电压、同频率，并避免对电网造成谐波污染，防止发生孤岛效应。并网光伏系统如图 1-7 所示。

因集中式并网光伏电站装机容量大，需占用大面积土地，受用地性质限制，场址通常比较偏远，光伏系统所发电量需要经过远距离传输，经过近几年的大规模建设，逐渐出现发电量与用电量不平衡的矛盾，特别是一些西部省份，因光伏电站所发电能既无法及时就地消