

新能源及高效节能应用技术丛书



太阳能光伏组件 生产制造工程技术



李钟实 编著



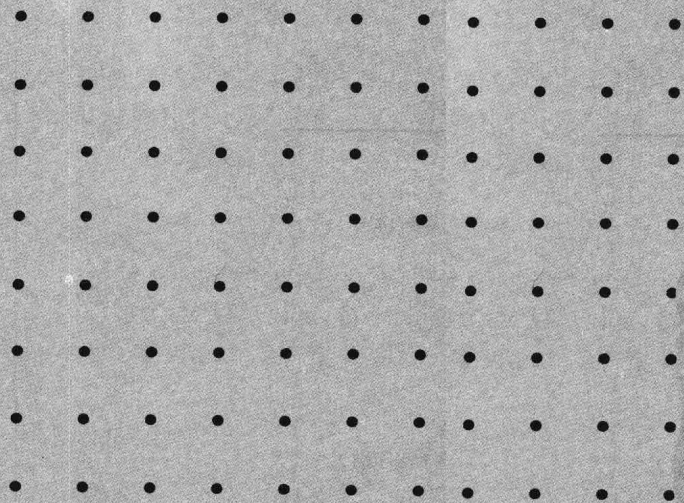
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



新 能 源 及 高 效 节 能 应 用 技 术 丛 书

太阳能光伏组件 生产制造工程技术

李钟实 编著



人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏组件生产制造工程技术 / 李钟实编著
— 北京: 人民邮电出版社, 2012.1
(新能源及高效节能应用技术丛书)
ISBN 978-7-115-27030-6

I. ①太… II. ①李… III. ①太阳能电池—生产工艺
IV. ①TM914.45

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第244826号

内 容 提 要

本书从光伏发电系统的构成与原理入手,介绍了光伏组件和方阵的构成与工作原理、光伏组件的主要原材料和部件以及生产工艺流程,重点讲解了分选、焊接、叠层铺设、层压、封装和检测技术,并对常用设备的操作和维护以及生产管理做了介绍。

本书是一本关于太阳能光伏组件生产制造工艺技术及管理的读物,适合相关行业的工程技术人员、生产管理人员阅读,同时也可供太阳能光伏发电科研院所工程技术人员及相关专业本专科师生学习参考。

新能源及高效节能应用技术丛书 太阳能光伏组件生产制造工程技术

-
- ◆ 编 著 李钟实
责任编辑 毕颖
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.5
字数: 348千字
印数: 1—4 000册
 - 2012年1月第1版
2012年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-27030-6

定价: 35.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154
广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

丛书前言

近几年，我国政府在新能源开发、环境保护和资源节约方面相继出台了一系列方针政策和法律法规，实施了“金太阳”、绿色照明等一批重点工程，收到了较大成效。从我国目前的情况来看，解决能源短缺问题主要应从两方面入手：一是开发和利用新的能源，尤其是可再生清洁能源；二是提高能源的利用效率，即能效。

新能源是国家“十一五”规划重点要求发展的产业，政策对其扶持力度很大。2009年3月，由科技部、国家发展和改革委员会等部门联合举办的2009年中国国际节能和新能源科技博览会上集中展示了节能减排和新能源科技的重大成果，引起了国内外的广泛关注。2009年5月全国财政新能源与节能减排工作会议指出，国家财政要全力支持新能源发展和节能减排工作，重点抓好支持风电规模化发展、加快启动国内光伏发电市场、开展节能与新能源汽车示范推广试点等十项工作。从技术的角度看，太阳能、风能等新能源的一些关键技术已经成熟并具有较高的推广价值，以发光二极管、IGBT等为代表的高效半导体器件的制造工艺已取得重大突破，变频器、软启动器、伺服驱动器等节能设备的节能效果日益得到了社会各界的认可并获得广泛应用。

为了在我国进一步推广和普及绿色能源及高效节能技术的应用，我们结合当前技术热点和应用热点，组织有关专家、学者和技术人员专门编写了“新能源及高效节能应用技术丛书”。本丛书以介绍目前国内外绿色能源及高效节能领域内的新产品、新工艺、新技术和新方法为主，在编写时力求突出实用性和先进性，力争做到题材新颖，技术先进，内容丰富，具有较高的实用价值。我们希望本丛书的出版能够在解决我国绿色能源及高效节能技术应用中的一些实际问题，促进我国“十一五”规划确定的资源节约目标得以实现，推动全社会采用高效节能新技术和绿色能源，提高能源利用效率，保护和改善环境，促进经济社会全面协调可持续发展方面起到积极的推动作用。

前 言

当前，我国已经成为世界光伏组件生产大国，太阳能电池片和光伏组件产量及出口量已位居世界前列，光伏组件生产已经成为我国新能源领域中的新兴产业。随着我国可再生能源相关政策的进一步完善，以及太阳能光伏发电技术的逐步推广应用，这一产业还将会不断发展壮大。

本书结合作者多年从事光伏组件生产管理和技术指导工作的实践经验，对太阳能光伏组件生产中的技术管理、工艺操作和设备使用维护等内容进行了详细介绍。

本书在编写过程中注重从实用性、指导性出发，力求做到内容翔实、通俗易懂、图文并茂，以方便读者在实际工作中参考使用。本书除适合太阳能光伏组件生产企业及相关行业的工程技术人员、生产管理人员阅读外，也适合从事太阳能光伏发电产品研究的科研院所工程技术人员和相关专业本专科师生学习参考。

本书由李钟实负责编写，吴小明、王志建、王君、李皓等为本书提供了许多宝贵资料，并参与了部分章节的编写和整理工作。霍苏杰、刘志强、白继娟、张婷婷、张改霞等为本书的编写也提供了许多帮助。大连皿能光电科技有限公司董事长苏龔先生、山西耀宇太阳能科技有限公司总经理王跃文先生对本书的编写给予了大力的支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者予以指正。

作 者

目 录

第 1 章 太阳能光伏发电及光伏组件	1
1.1 太阳能光伏发电概述	1
1.1.1 太阳能光伏发电简介	1
1.1.2 太阳能光伏发电的优点	1
1.1.3 太阳能光伏发电的缺点	3
1.1.4 太阳能光伏发电的应用	4
1.2 太阳能光伏发电系统的构成与工作原理.....	5
1.2.1 太阳能光伏发电系统的构成	5
1.2.2 太阳能光伏发电系统的工作原理	6
1.2.3 太阳能光伏发电系统的分类	7
1.3 太阳能光伏组件与方阵	12
1.3.1 太阳能光伏组件与光伏方阵概述	12
1.3.2 太阳能光伏组件的基本要求与分类	12
1.3.3 太阳能光伏组件的构成与工作原理	13
1.3.4 太阳能光伏方阵的组合	18
第 2 章 太阳能光伏组件的原材料及部件	22
2.1 太阳能电池片	22
2.1.1 太阳能电池片的外形与特点	23
2.1.2 太阳能电池片的分类及规格尺寸	24
2.1.3 太阳能电池片的等效电路分析	25
2.1.4 太阳能电池片的特性及主要性能参数	25
2.1.5 常见晶体硅电池片典型性能参数	28
2.1.6 太阳能电池片的储运、保管及使用要点	30
2.2 面板玻璃.....	30
2.2.1 面板玻璃的性能特点	30
2.2.2 面板玻璃的储存和使用要点	31
2.3 EVA 胶膜.....	32

2.3.1	EVA 胶膜简介	32
2.3.2	EVA 胶膜的主要性能参数	32
2.3.3	EVA 胶膜的储存与使用要点	33
2.3.4	PVB 胶膜简介	34
2.4	TPT 背板膜	34
2.4.1	TPT 背板膜简介	34
2.4.2	TPT 背板材料的性能参数	36
2.4.3	TPT 背板膜的储存与使用要点	37
2.5	铝合金边框	37
2.6	涂锡焊带及助焊剂	39
2.6.1	涂锡焊带及主要技术性能要求	39
2.6.2	涂锡焊带的规格参数及选用	40
2.6.3	助焊剂的性能及使用要求	41
2.7	有机硅胶	41
2.7.1	中性单组分有机硅密封胶的性能特点及质量要求	42
2.7.2	双组分有机硅导热胶的性能特点及质量要求	42
2.8	接线盒	43
2.8.1	接线盒及其选用	43
2.8.2	接线盒中常用二极管的性能参数	45
第 3 章	太阳能光伏组件原材料及部件的检验	46
3.1	太阳能电池片的检验	46
3.1.1	太阳能电池片的质量分级	46
3.1.2	太阳能电池片的检验项目、规则和工具设备	47
3.1.3	太阳能电池片的检验方法	47
3.2	面板钢化玻璃的检验	47
3.2.1	面板钢化玻璃的检验项目、规则及工具设备	47
3.2.2	面板玻璃的检验方法	48
3.3	EVA 胶膜的检验	48
3.3.1	EVA 胶膜的检验项目、规则及工具设备	48
3.3.2	EVA 胶膜的检验方法	48
3.4	TPT 背板膜的检验	49
3.4.1	TPT 背板膜的检验项目、规则及工具	49
3.4.2	TPT 背板膜的检验方法	49
3.5	铝合金边框的检验	49
3.5.1	铝合金边框的检验项目、规则和工具	49
3.5.2	铝合金边框的检验方法	50
3.6	涂锡焊带的检验	50
3.6.1	涂锡焊带的检验项目、规则及工具	50

3.6.2	涂锡焊带的检验方法	50
3.7	有机硅胶的检验	50
3.7.1	有机硅胶的检验项目、规则和工具	50
3.7.2	有机硅胶的检验方法	51
3.8	接线盒的检验	51
3.8.1	接线盒的检验项目、规则和工具	51
3.8.2	接线盒的检验方法	51
第4章	太阳能光伏组件生产工艺与技术管理	52
4.1	太阳能光伏组件生产步骤和工艺流程	52
4.1.1	太阳能光伏组件生产步骤	52
4.1.2	太阳能光伏组件生产工艺流程	55
4.2	光伏组件生产的工艺技术规程	56
4.2.1	电池片检测工艺技术规程	56
4.2.2	电池片划片工艺技术规程	56
4.2.3	分选工艺技术规程	57
4.2.4	单体焊接工艺技术规程	57
4.2.5	串联焊接工艺技术规程	57
4.2.6	叠层工艺技术规程	57
4.2.7	中测工艺技术规程	58
4.2.8	层压工艺技术规程	58
4.2.9	组件检测工艺技术规程	58
4.3	光伏组件生产的工艺技术管理	59
4.3.1	光伏组件的板形设计	59
4.3.2	光伏组件生产管理常用表格	60
4.3.3	光伏组件生产线布局	61
4.4	光伏组件的生产管理	61
4.4.1	各工序岗位职务描述及职责	61
4.4.2	光伏组件生产的6S管理	72
第5章	光伏组件生产设备、仪器、工具的使用操作与维护	78
5.1	单片测试仪	78
5.1.1	工作原理简介	78
5.1.2	使用操作要点	79
5.2	激光划片机	79
5.2.1	工作原理简介	80
5.2.2	使用操作要点	80
5.2.3	常见故障及解决方法	81
5.3	组件层压机	82
5.3.1	工作原理简介	82

5.3.2	使用操作要点	83
5.3.3	常见故障及解决方法	88
5.4	组件测试仪	88
5.4.1	工作原理简介	88
5.4.2	使用操作要点	89
5.4.3	常见故障及解决办法	90
5.5	全自动焊接机	90
5.5.1	工作过程简介	90
5.6	自动组框机	92
5.6.1	工作原理简介	92
5.6.2	主要技术参数	93
5.7	自动打包机	93
5.7.1	工作原理简介	93
5.7.2	使用操作要点	94
5.7.3	常见故障及解决方法	94
5.8	手动液压搬运车	95
5.8.1	结构特点简介	95
5.8.2	使用注意事项	95
5.8.3	常见故障及解决方法	96
5.9	旋片式真空泵	96
5.9.1	结构和工作原理简介	97
5.9.2	使用操作要点	97
5.9.3	常见故障及解决方法	98
5.10	空气压缩机	98
5.10.1	工作原理简介	99
5.10.2	使用操作要点	99
5.10.3	常见故障及解决方法	100
5.11	常用工器具	101
5.11.1	恒温电烙铁	101
5.11.2	测量工具	102
第6章	分选检测和激光划片工序	104
6.1	电池片的分选检测	104
6.1.1	电池片的外观检查	104
6.1.2	电池片的电性能测试和分选	105
6.2	激光划片	107
6.2.1	激光划片操作要点及注意事项	107
6.2.2	激光划片与掰片	108
6.2.3	激光划片机的参数调整	109

第 7 章 单焊和串焊工序	110
7.1 焊接及其工艺.....	110
7.1.1 焊接工艺参数.....	110
7.1.2 焊接工具及辅助设备.....	111
7.2 焊带的制备.....	113
7.2.1 焊带的裁切.....	113
7.2.2 焊带的浸泡与烘干.....	113
7.3 电池片的单焊操作.....	114
7.3.1 单焊工艺要求和焊前准备.....	114
7.3.2 单焊操作步骤.....	115
7.3.3 焊后检查及注意事项.....	116
7.4 电池片的串焊操作.....	116
7.4.1 串焊工艺要求和焊前准备.....	116
7.4.2 串焊操作步骤.....	117
7.4.3 焊后检查及注意事项.....	118
第 8 章 叠层铺设工序	119
8.1 叠层铺设工序设备、材料.....	119
8.1.1 辅助设备.....	119
8.1.2 材料准备.....	120
8.2 叠层铺设作业内容.....	121
8.2.1 叠层工艺要求及工作准备.....	121
8.2.2 叠层铺设的操作.....	121
第 9 章 组件层压工序	126
9.1 层压工艺操作.....	126
9.1.1 工艺要求和作业准备.....	126
9.1.2 层压操作步骤.....	127
9.1.3 层压工艺简介.....	128
9.1.4 层压后的检查及操作注意事项.....	129
9.2 层压不良及返修作业.....	129
9.2.1 电池组件层压不良原因分析与预防措施.....	129
9.2.2 层压不良电池组件的返修.....	131
第 10 章 装边框、接线盒及清洗工序	133
10.1 装边框工序.....	133
10.1.1 装边框工艺要求和作业准备.....	133
10.1.2 装框操作步骤.....	134
10.2 接线盒的安装.....	135
10.2.1 工艺要求和作业准备.....	136

太阳能光伏组件生产制造工程技术

10.2.2	安装接线盒的操作	136
10.2.3	质量检查及注意事项	137
10.3	组件的清洗	137
10.3.1	清洗要求及作业准备	137
10.3.2	清洗操作步骤	137
10.3.3	质量检查及注意事项	138
第 11 章	测试和包装工序	139
11.1	组件的测试	139
11.1.1	光伏组件的性能参数	139
11.1.2	光伏组件的技术要求和检验测试	141
11.2	组件的测试操作	142
11.2.1	电性能测试	142
11.2.2	绝缘性能和耐压测试	144
11.3	组件的包装	145
11.3.1	包装工艺要求和作业准备	145
11.3.2	包装操作步骤	146
11.3.3	质量检查及注意事项	147
附录 1	光伏组件规格尺寸及技术参数	148
附录 2	光伏组件生产管理常用表格	163
附录 3	IEC61215 和 UL1703 检测标准及主要差异简介	199
附录 4	光伏组件生产质量管理常用中英文词汇	207
附录 5	光伏组件生产线布局实例	212
附录 6	太阳能基本知识	216
参考文献	221

第 1 章

太阳能光伏发电及 光伏组件

本章主要介绍太阳能光伏发电系统的特点、构成、工作原理及分类，使读者对太阳能光伏发电系统有一个大致的了解。此外，本章还将介绍晶体硅太阳能电池组件的原理构造和生产制造过程，以及太阳能电池方阵的组合、配置和连接等内容。

1.1 太阳能光伏发电概述

1.1.1 太阳能光伏发电简介

太阳能光伏发电的基本原理是利用太阳能电池（一种类似于晶体二极管的半导体器件）的光生伏打效应直接把太阳的辐射能转变为电能的一种发电方式。太阳能光伏发电的能量转换器就是太阳能电池，也叫光伏电池。当太阳光照射到由 P、N 型两种不同导电类型的同质半导体材料构成的太阳能电池上时，其中一部分光线被反射，一部分光线被吸收，还有一部分光线透过电池片。被吸收的光能激发被束缚的高能级状态下的电子，产生电子—空穴对，在 P-N 结的内建电场作用下，电子、空穴相互运动（见图 1-1），N 区的空穴向 P 区运动，P 区的电子向 N 区运动，使太阳能电池的受光面有大量负电荷（电子）积累，而在电池的背光面有大量正电荷（空穴）积累。若在电池两端接上负载，负载上就有电流通过，当光线一直照射时，负载上将源源不断地有电流流过。单片太阳能电池就是一个薄片状的半导体 P-N 结。标准光照条件下，额定输出电压为 0.48V。为了获得较高的输出电压和较大的功率容量，往往要把多片太阳能电池连接在一起构成电池组件和电池方阵应用。太阳能电池的输出功率是随机的，不同时间、不同地点、不同安装方式下，同一块太阳能电池的输出功率也是不同的。

1.1.2 太阳能光伏发电的优点

太阳能光伏发电的发电过程简单，没有机械转动部件，不消耗燃料，不排放包括温室气体在内的任何物质，无噪声、无污染；太阳能资源分布广泛且取之不尽，用之不竭。因此，与化石能源、风能和生物质能等新型发电技术相比，光伏发电是一种最具可持续发展理想特征（具有最丰富的资源和最洁净的发电过程）的可再生能源发电技术，其主要优点如下。

太阳能光伏组件生产制造工程技术

(1) 太阳能资源取之不尽，用之不竭，照射到地球上的太阳能要比人类目前消耗的能量大 6 000 倍。太阳能在地球上分布广泛，只要有光照的地方就可以使用光伏发电系统，不受地域、海拔等因素的限制。

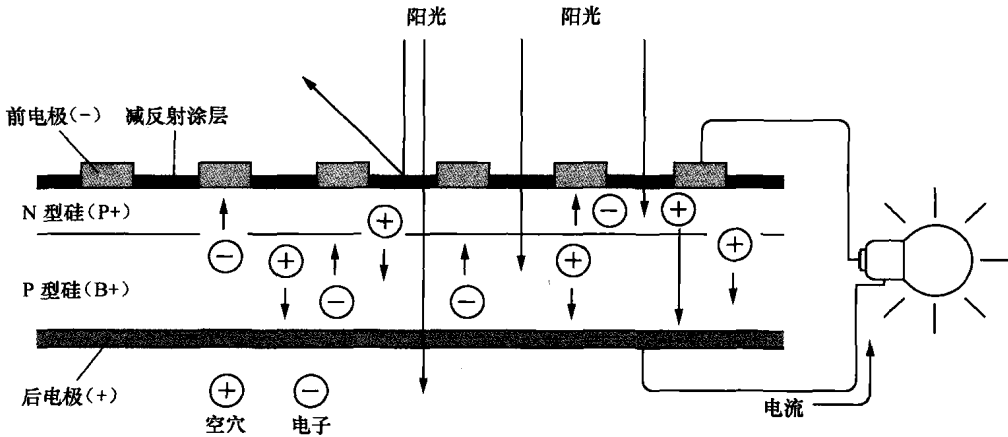


图 1-1 太阳能光伏电池发电原理

(2) 太阳能资源随处可得，可就近供电，不必长距离输送，避免了长距离输电线路造成的电能损失。

(3) 光伏发电过程是直接从光子到电子的转换过程，没有中间过程（如热能—机械能、机械能—电磁能转换等）和机械运动，不存在机械磨损。根据热力学原理，光伏发电具有很高的理论发电效率，最高可达 80% 以上，技术开发潜力大。

(4) 光伏发电本身不用燃料，不排放包括温室气体和其他废气的任何物质，不污染空气，不产生噪声，对环境友好，不会遭受能源危机或燃料市场不稳定的冲击，因此光伏发电产生的电能是真正的绿色环保可再生新能源。

(5) 光伏发电过程不需要冷却水，发电装置可以安装在没有水的荒漠戈壁，还可以很方便地与建筑物结合，构成光伏建筑一体化发电系统，不需要单独占地，可节省宝贵的土地资源。

(6) 光伏发电系统无机械传动部件，操作、维护简单，运行稳定可靠。一套太阳能光伏发电系统只要有阳光照射，电池组件就能发电，加上自动控制技术的广泛采用，基本上可实现无人值守，维护成本低。

(7) 光伏发电系统工作性能稳定可靠，使用寿命长（30 年以上）。晶体硅太阳能电池寿命可长达 20~35 年。在光伏发电系统中，只要设计合理、选型适当，蓄电池的寿命也可长达 10~15 年。

(8) 太阳能电池组件结构简单，体积小、重量轻，便于运输和安装。光伏发电系统建设周期短，而且根据用电负荷容量可大可小，方便灵活，极易组合、扩容。

此外，无论是德国、日本的光伏“屋顶计划”发电系统，还是作为今后我国太阳能光伏发电应用主流之一的光伏建筑一体化发电系统，除同样具有上述优点外，还具有如下优越性。

- (1) 不占用城市昂贵的土地资源。
- (2) 可直接代替传统的建筑墙面和屋顶材料。
- (3) 当地发电就地使用，不用配备储能蓄电池。

- (4) 如果和电网相连, 可将剩余电力输给电网。
- (5) 在电网供电处于高峰期发电, 可削减城市昂贵的高峰供电负荷。
- (6) 基本无需输电线路, 可降低输电成本。

1.1.3 太阳能光伏发电的缺点

以上介绍了太阳能光伏发电的诸多优点, 当然, 太阳能光伏发电也有它的缺点和不足, 归纳起来有以下几点。

(1) 能量密度低。尽管太阳投向地球的能量总和极其巨大, 但由于地球表面积也很大, 而且地球表面大部分被海洋覆盖, 真正能够到达陆地表面的能量只有到达地球范围辐射能量的 10% 左右, 致使单位面积上能够直接获得的太阳能量却较少。该能量值通常以太阳辐照度来表示, 地球表面的辐照度最高值约为 $1.2 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{m}^2$, 绝大多数地区在大多数的日照时间内都低于 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{m}^2$ 。太阳能的利用实际上是低密度能量的收集、利用。

(2) 占地面积大。由于太阳能能量密度低, 这就使得光伏发电系统的占地面积会很大, 每 10 kW 光伏发电功率占地大约需 100 m^2 , 平均每平方米面积发电功率为 $100 \sim 120 \text{ W}$ 。随着光伏建筑一体化发电技术的成熟和发展, 越来越多的光伏发电系统要占用空间和建、构筑物的屋顶和立面, 可克服光伏发电占地面积大的不足。

(3) 转换效率低。光伏发电的最基本单元是太阳能电池组件。光伏发电的转换效率指的是光能转换为电能的比率。目前晶体硅光伏电池转换效率为 $13\% \sim 17\%$, 非晶硅光伏电池转换效率只有 $6\% \sim 8\%$ 。由于光电转换效率太低, 从而使光伏发电功率密度低, 难以形成高功率发电系统。因此, 太阳能电池的转换效率低是阻碍光伏发电大面积推广的瓶颈。

(4) 间歇性工作。在地球表面, 光伏发电系统只能在白天发电, 晚上不能发电, 除非在太空中没有昼夜之分的条件下, 太阳能电池才可以连续发电, 这和人们的用电习惯不符。

(5) 受气候环境因素影响大。太阳能光伏发电的能源直接来源于太阳光的照射, 而地球表面上的太阳照射受气候的影响很大, 雨雪天、阴天、雾天甚至云层的变化都会严重影响系统的发电状态。另外, 由于环境污染的影响, 特别是空气中的灰尘颗粒物等降落在太阳能电池组件表面, 也会阻挡部分光线的照射, 使电池组件转换效率降低, 发电量减少。

(6) 地域依赖性强。地理位置不同, 气候不同, 使各地区日照资源各异。光伏发电系统只有在太阳能资源丰富的地区应用效果才好。

(7) 系统成本高。由于太阳能光伏发电效率低, 到目前, 光伏发电的成本仍然是其他常规发电方式 (火力和水力发电) 的几倍。这是制约其广泛应用的最主要因素。但是我们也应看到, 随着太阳能电池产能的不断扩大及电池片光电转换效率的不断提高, 光伏发电系统成本下降也非常快, 太阳能电池组件的价格几十年来已经从最初的每瓦 70 多美元下降至目前的每瓦 2.5 美元左右。

(8) 晶体硅电池的制造过程高污染、高能耗。晶体硅电池的主要原料是纯净的硅, 硅是地球上含量仅次于氧的元素, 主要存在形式是沙子 (二氧化硅)。从沙子中提取二氧化硅并一步步提纯为含量 99.9999% 以上纯净的晶体硅, 期间要经过多道化学和物理工序的处理, 不仅要消耗大量能源, 还会造成一定的环境污染。

尽管太阳能光伏发电有上述不足, 但是随着全球化石能源的逐渐枯竭以及因化石能源过度消耗而引发的全球变暖和生态环境恶化, 已经给人类带来了很大的生存威胁, 因此大力开

太阳能光伏组件生产制造工程技术

发可再生能源的确是解决能源危机的主要途径。太阳能光伏发电是一种最具可持续发展理想特征的可再生能源发电技术，近年来我国政府也相继出台了一系列鼓励和支持新能源及太阳能光伏产业的政策法规，这将极大地促进太阳能光伏产业的迅猛发展，光伏发电技术和应用水平也将会不断提高，应用范围会逐步扩大，并将在全球能源结构中占有越来越大的比例，应用前景十分广阔。

1.1.4 太阳能光伏发电的应用

太阳能电池及光伏发电系统已经广泛应用于工业、农业、科技、国防及人民生活的方方面面，预计到 21 世纪中叶，太阳能光伏发电将成为重要的发电方式，在可再生能源结构中占有一定比例。太阳能光伏发电的具体应用主要有以下几个方面。

(1) 通信领域的应用。该领域主要包括无人值守微波中继站，光缆通信系统及维护站，移动通信基站，广播、通信、无线寻呼电源系统，卫星通信和卫星电视接收系统，农村程控电话、载波电话光伏系统，小型通信机，部队通信系统，士兵 GPS 供电等。

(2) 公路、铁路、航运等交通领域的应用。其应用领域如铁路和公路信号系统，铁路信号灯，交通警示灯、标志灯、信号灯，公路太阳能路灯，太阳能道钉灯、高空障碍灯，高速公路监控系统，高速公路、铁路无线电话亭，无人值守道班供电，航标灯灯塔和航标灯电源等（应用实例见图 1-2）。

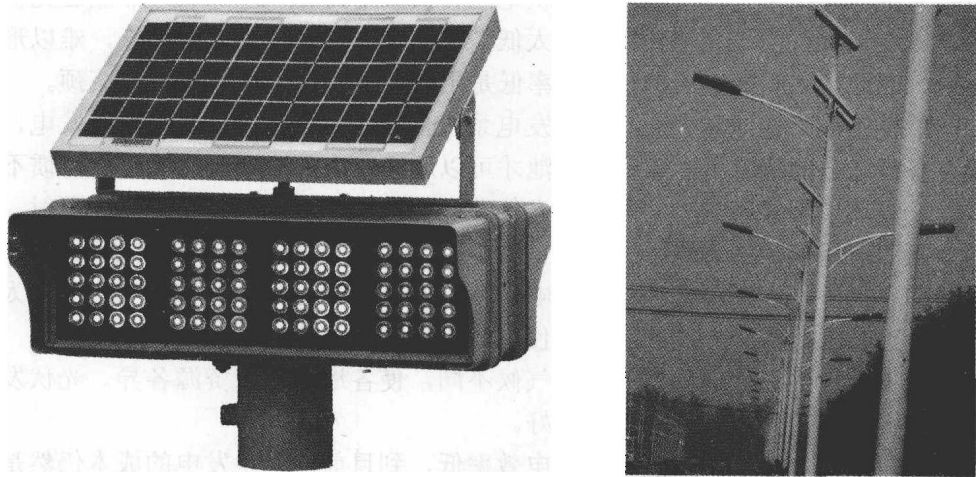


图 1-2 太阳能灯具应用实例

(3) 石油、海洋、气象领域的应用。其应用领域如石油管道阴极保护和水库闸门阴极保护太阳能电源系统，石油钻井平台生活及应急电源，海洋检测设备，气象和水文观测设备，观测站电源系统等。

(4) 农村和边远无电地区应用。在高原、海岛、牧区、边防哨所、农村和边远无电地区应用太阳能光伏户用系统、小型风光互补发电系统等，发电功率大多在十几瓦到几百瓦，可解决人们的日常生活用电问题，如照明、电视、收录机、DVD、卫星接收机等，也解决了为手机、MP3、笔记本电脑等随身电器的充电问题。此外，应用 1~5kW 的独立光伏发电系统或并网发电系统作为村庄、学校、医院、饭店、旅社、商店等的供电系统，用太阳能光伏水

泵解决无电地区的深水井抽水、农田灌溉等用电问题。另外还可解决太阳能喷雾器、太阳能电围栏、太阳能黑光灭虫灯等用电问题。

(5) 太阳能光伏照明方面的应用。太阳能光伏照明方面的应用包括太阳能路灯、庭院灯、草坪灯, 太阳能景观照明, 太阳能路标标牌、信号指示、广告灯箱照明等; 还有家庭照明灯具及手提灯、野营灯、登山灯、垂钓灯、割胶灯、节能灯、手电等。

(6) 大型光伏发电系统(电站)的应用。大型光伏发电系统(电站)是指10kW~50MW的地面独立或并网光伏电站、风光(柴)互补电站、各种大型停车厂充电站等。

(7) 太阳能光伏建筑一体化并网发电系统(BIPV)。将太阳能发电系统与建筑材料相结合, 充分利用建筑的屋顶和外立面, 使得大型建筑能实现电力自给、并网发电, 这将是今后的一大发展方向。

(8) 太阳能电子商品及玩具的应用。这方面应用包括太阳能收音机、太阳能钟、太阳帽、太阳能充电器、太阳能手表、太阳能计算器、太阳能玩具等。

(9) 其他领域的应用。主要包括太阳能电动汽车、电动自行车, 太阳能游艇, 电池充电设备, 太阳能汽车空调、换气扇、冷饮箱等; 还有太阳能制氢加燃料电池的再生发电系统, 海水淡化设备供电, 卫星、航天器、空间太阳能电站等。

1.2 太阳能光伏发电系统的构成与工作原理

1.2.1 太阳能光伏发电系统的构成

通过太阳能电池将太阳辐射能转换为电能的发电系统称为太阳能光伏发电系统, 也可叫太阳能电池发电系统。尽管太阳能光伏发电系统应用形式多种多样, 应用规模很大, 从小到零点几瓦的太阳能草坪灯, 到几百千瓦甚至几兆瓦的大型光伏电站, 但太阳能光伏发电系统的组成结构和工作原理却基本相同。其主要结构由太阳能光伏组件(或方阵)、蓄电池(组)、光伏控制器、逆变器(在有需要输出交流电的情况下使用)以及一些测试、监控、防护等附属设施构成。

1. 太阳能光伏组件

太阳能光伏组件也叫电池组件或太阳能电池板, 是太阳能发电系统中的核心部分, 也是太阳能发电系统中价值最高的部分。其作用是将太阳光的辐射能量转换为电能, 电能可以送往蓄电池中存储起来, 也可以直接用于推动负载工作。当发电容量较大时, 就需要用多块电池组件串、并联后构成太阳能光伏方阵。目前应用的太阳能电池主要是晶体硅电池, 分为单晶硅太阳能电池、多晶硅太阳能电池和非晶硅太阳能电池等几种。

2. 蓄电池

蓄电池的作用主要是存储太阳能电池发出的电能, 并可随时向负载供电。太阳能光伏发电系统对蓄电池的基本要求是: 自放电率低、使用寿命长、充电效率高、深放电能力强、工作温度范围宽、少维护或免维护以及价格低廉。目前为光伏发电系统配套使用的主要是免维护铅酸电池, 在小型、微型系统中, 也可用镍氢电池、镍镉电池、锂电池或超级电容器等。当需要大容量电能存储时, 就需要将多只蓄电池串、并联起来构成蓄电池组。

3. 光伏控制器

太阳能光伏控制器的作用是控制整个系统的工作状态，其功能主要有：防止蓄电池过充电保护、防止蓄电池过放电保护、系统短路保护、系统极性反接保护、夜间防反充电保护等。在温差较大的地方，控制器还具有温度补偿的功能。另外控制器还有光控开关、时控开关等工作模式，以及充电状态、蓄电池电量等各种工作状态的显示功能。

光伏控制器一般分为小功率、中功率、大功率和风光互补控制器等。

4. 交流逆变器

交流逆变器是把太阳能电池组件或者蓄电池输出的直流电转换成交流电，供应给电网或者交流负载使用的设备。逆变器按运行方式可分为独立运行逆变器和并网逆变器。独立运行逆变器用于独立运行的太阳能发电系统，为独立负载供电。并网逆变器用于并网运行的太阳能发电系统。

5. 光伏发电系统附属设施

光伏发电系统的附属设施包括直流配线系统、交流配电系统、运行监控和检测系统、防雷和接地系统等。

1.2.2 太阳能光伏发电系统的工作原理

太阳能光伏发电系统大类上可分为独立（离网）光伏发电系统和并网光伏发电系统两大类。

图 1-3 所示是独立型太阳能光伏发电系统的工作原理示意图。太阳能光伏发电系统的核心部件是太阳能电池板，它将太阳光的光能直接转换成电能，并通过控制器把太阳能电池产生的电能存储于蓄电池中。当负载用电时，蓄电池中的电能通过控制器合理地分配到各个负载上。太阳能电池所产生的电流为直流电，可以直接以直流电的形式应用，也可以用交流逆变器将其转换成为交流电，供交流负载使用。太阳能发电的电能可以即发即用，也可以用蓄电池等储能装置将电能存储起来，在需要时使用。

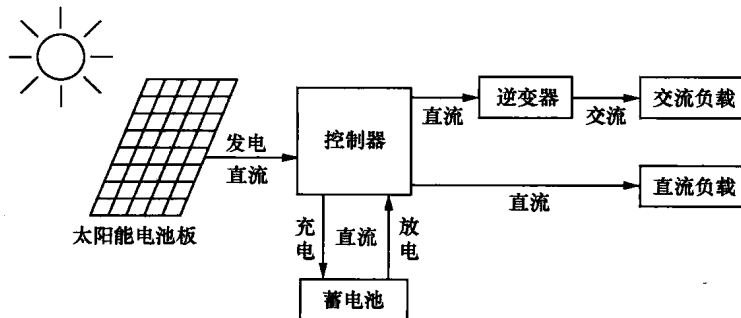


图 1-3 独立型太阳能光伏发电系统工作原理

图 1-4 是并网型太阳能光伏发电系统工作原理图。并网型光伏发电系统由太阳能电池组件方阵将光能转变成电能，并经直流配线箱进入并网逆变器，有些类型的并网型光伏系统还要配置蓄电池组存储直流电能。并网逆变器由充放电控制、功率调节、交流逆变、并网保护切换等部分构成。经逆变器输出的交流电供负载使用，多余的电能可通过电力变压器等设备