



新能源系列 —— 光伏发电技术及应用专业规划教材

光伏发电系统集成与设计

GUANGFU
FADIAN XITONG
JICHENG YU SHEJI

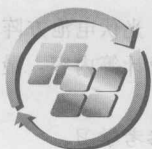
廖东进 黄建华 主编
张存彪 副主编



化学工业出版社

013069307

TM615-43
04

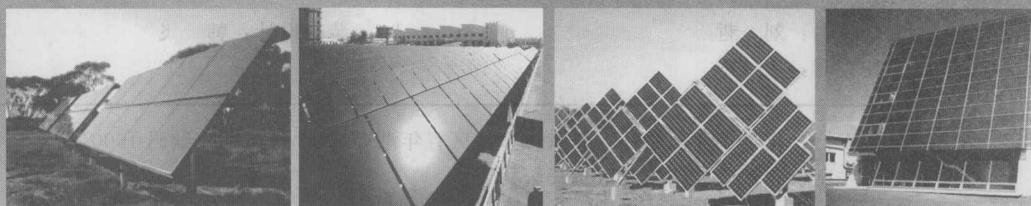


新能源系列 —— 光伏发电技术

光伏发电系统集成与设计

 GUANGFU
FADIAN XITONG
JICHENG YU SHEJI

廖东进 黄建华 主编
张存彪 副主编



化学工业出版社



北航

C1677616

TM 615-43

04

030830810

本书从光伏发电系统建设岗位群出发, 主要介绍光伏电站建设的可行性分析、光伏电池方阵设计、蓄电池容量设计、光伏控制器选配、光伏逆变器选配、光伏电力系统结构设计等内容, 最后介绍了清洁能源项目分析软件 RETScreen 在光伏发电系统分析中的应用。

本书可作为光伏发电技术等相关专业核心课程的教材, 也可供相关企业人员参考学习。

光伏发电系统设计与工程

主编 廖东进 黄建华

副主编 边涛

CHANGFU
FADIAN XITONG
JICHENG YU SHIJI



图书在版编目 (CIP) 数据

光伏发电系统集成与设计/廖东进, 黄建华主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 8

(新能源系列——光伏发电技术及应用专业规划教材)

ISBN 978-7-122-17803-9

I. ①光… II. ①廖…②黄… III. ①太阳能发电-系统工程-系统设计-教材 IV. ①TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 144210 号

责任编辑: 刘 哲

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 267 千字

2013 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

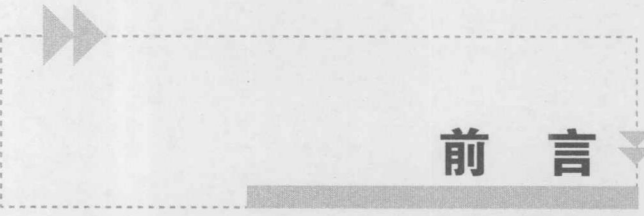
售后服务: 010-64518899

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: 28.00 元

版权所有 违者必究



前言

光伏发电系统集成与设计
GUANGFU FADIAN XITONG JICHENG YU SHEJI

太阳能资源丰富,分布广泛,开发利用前景广阔。太阳能发电作为太阳能利用的重要方式,已经得到世界各国的普遍关注。近几年,太阳能发电技术进步很快,产业规模持续扩大,发电成本不断下降,在全球已实现较大规模应用。在国际市场的带动下,我国太阳能光伏产业发展迅速,在光伏技术和成本上均已具有一定的国际竞争力。从发展趋势看,太阳能发电即将成为技术可行、经济合理、具备规模化发展条件的可再生能源,对实现我国合理控制能源消费总量、实现非化石能源目标有着重要作用。

从国内光伏发电装机容量上看,2009年装机不到300MW,2010年装机约500MW,2011年装机约2.8GW,2012年装机约5GW。国家太阳能发电“十二五”发展规划提到,计划到2015年底,我国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。而且随着不可再生能源的不断消耗和国家对能源不断增长的需求下,在未来的10年中,每年装机容量将急剧增加,可见光伏发电已进入市场,人才需求将非常急缺。

从光伏发电系统建设岗位群出发,本书主要包括光伏电站建设的可行性分析、光伏电池方阵设计、蓄电池容量设计、光伏控制器选配、光伏逆变器选配、光伏电力系统结构设计等内容,最后介绍了清洁能源项目分析软件RETScreen在光伏发电系统分析中的应用。

全书分为9个项目,其中项目1~项目3由衢州职业技术学院廖东进编写;项目4和项目5由湖南理工职业技术学院黄建华编写;项目6和项目7由湖南理工职业技术学院张存彪编写;项目8由武威职业学院胡建宏编写;项目9由济南工程职业技术学院张培明编写。全书由衢州职业技术学院廖东进统稿,衢州职业技术学院黄云龙教授主审。

由于编者水平有限,书中定会有不足之处,诚恳欢迎读者批评指正。

编者
2013年5月

目 录

光伏发电系统集成与设计
GUANGFU FADIAN XITONG JICHENG YU SHEJI

项目 1	太阳能光伏系统认识	1
1.1	太阳能光伏发电的应用及特点	2
1.1.1	光伏发电应用	2
1.1.2	光伏发电特点	5
1.2	光伏发电系统认识	7
1.2.1	光伏发电系统工作方式	7
1.2.2	太阳能光伏发电系统的组成及分类	10
项目 2	太阳能资源的获取	16
2.1	我国太阳能资源分布	17
2.2	太阳辐射资源获取	19
2.2.1	太阳能辐射量组成	19
2.2.2	太阳能辐射量的测量	22
2.3	太阳能辐射量的估算	24
项目 3	光伏电池组件及方阵容量设计	27
3.1	光伏单体电池发电特性认识	27
3.1.1	单体电池参数认识	27
3.1.2	单体电池输出特性分析	29
3.2	光伏组件输出特性分析	33
3.3	光伏方阵结构设计	36
3.4	光伏方阵容量设计	41
项目 4	光伏储能设备认识及设计	46

4.1	铅酸蓄电池的认识	47
4.2	蓄电池的选择及容量设计	52
4.3	蓄电池的选购、安装、维护	55
4.4	超级电容器的认识及使用	58

项目5 光伏控制器认识 64

5.1	太阳能控制器认识	64
5.1.1	光伏控制器功能	64
5.1.2	光伏控制器分类及控制原理	67
5.2	光伏电池最大功率点跟踪方法	72
5.3	典型光伏控制应用及选购	75
5.4	典型光伏控制电路制作	79
5.4.1	蓄电池电压检测器电路制作	79
5.4.2	铅酸蓄电池充放电电路	80
5.4.3	太阳能草坪灯控制电路制作	83
5.5	超级电容在LED灯具中的应用	87

项目6 光伏逆变器 89

6.1	逆变器认识及测试	89
6.2	光伏逆变器控制原理	93
6.2.1	光伏逆变器工作原理	93
6.2.2	独立型逆变器	96
6.2.3	并网型逆变器	103
6.3	小功率逆变器制作	107

项目7 光伏发电系统容量设计 110

7.1	光伏系统容量设计考虑因素	110
7.2	光伏发电系统容量的设计与计算	116
7.2.1	光伏发电系统组件容量设计	116
7.2.2	蓄电池和蓄电池组容量设计	119
7.2.3	以太阳辐射量为参数的其他设计方法	122
7.3	并网光伏发电系统容量的设计与计算	128

项目8 太阳能光伏发电系统的整体配置与相关设计 132

8.1	太阳能光伏发电系统的整体配置	132
8.2	光伏发电供配电系统设计	140
8.3	光伏发电系统配置设计实例	149

项目 9 **RETScreen 软件应用** 155

9.1	认识 RETScreen	155
9.2	RETScreen 光伏模型中的应用	156
9.2.1	能源模型初始化	156
9.2.2	能源模型分析	158
9.2.3	成本分析模型设计	159
9.2.4	减排量分析	160
9.2.5	财务分析	161

参考文献 163

项目 1

太阳能光伏系统认识

【学习目标】

知识目标

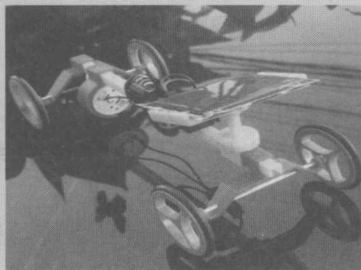
了解中国光伏产业的现状和面临的问题；
掌握光伏发电的优缺点；
掌握光伏发电的应用类型；
掌握光伏发电系统的结构组成、各组成部件功能和特点；
掌握独立光伏发电系统的结构和类型；
掌握并网光伏发电系统的结构和类型

能力目标

能分析中国光伏产业的现状及遇到的问题；
能分析光伏发电的优缺点；
能分析独立光伏发电系统组成及功能；
能分析并网光伏发电系统组成及功能；
能组装最小太阳能光伏发电系统

【案例提示】

在日常生产中，太阳能应用系统越来越多，比如太阳能计算器、太阳能手机充电器、太阳能交通警示器、太阳能玩具以及大型光伏电站（图 1-1）等。太阳能应用系统有简单和复杂系统之分，例如最小的太阳能光伏发电应用系统只包含光伏电池和负载，而复杂的太阳能光伏发电系统包括光伏电池方阵、控制器、蓄电池、逆变器、汇流箱、低压柜、高压柜、防雷器、系统检测设备等部件。不管何种太阳能光伏系统，从其应用类型来看，主要分为独立光伏发电系统和并网光伏发电系统，按照其应用特殊环境，又可以再进行细分。在不同的应用环境和条件下，光伏发电系统结构各有不同。



太阳能玩具



大型光伏电站

图 1-1 太阳能应用



1.1 太阳能光伏发电的应用及特点

1.1.1 光伏发电应用

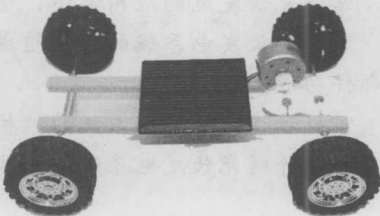
【任务目标】

- ① 了解光伏发电的应用领域。
- ② 掌握光伏发电的主要应用方式。
- ③ 了解我国光伏发电“十二五”发展规划的方向及目标。

【任务描述】

我国是太阳能光伏电池生产大国,从2007年开始,电池组件产量一直是全球第一,但从市场应用角度来看,我国太阳能光伏应用所占比重较小。从光伏发电系统的应用来看,主要面向光伏电子产品和光伏电站建设领域。

【案例引导】 组装太阳能小车

序 号	规 格	图 样
光伏电池板	电压:5V;电流:100mA	
直流电机	驱动电压 3.6V	
小车套件	—	

思考:描述太阳能小车工作情况。

【任务实施】

(1) 光伏发电的主要应用领域

与我国飞速发展的光伏制造业相比,光伏应用领域的前进步伐明显滞后。从当前光伏发电应用领域来看,主要应用于工业、农业、科技、国防及人们生活的方方面面,如图1-2所示。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将占有一定比例。

太阳能光伏发电的主要应用领域如下。

① 在通信领域的应用。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 在公路、铁路、航运等交通领域的应用。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。

③ 在石油、海洋、气象领域的应用。如石油管道阴极保护和水库闸门阴极保护太阳能

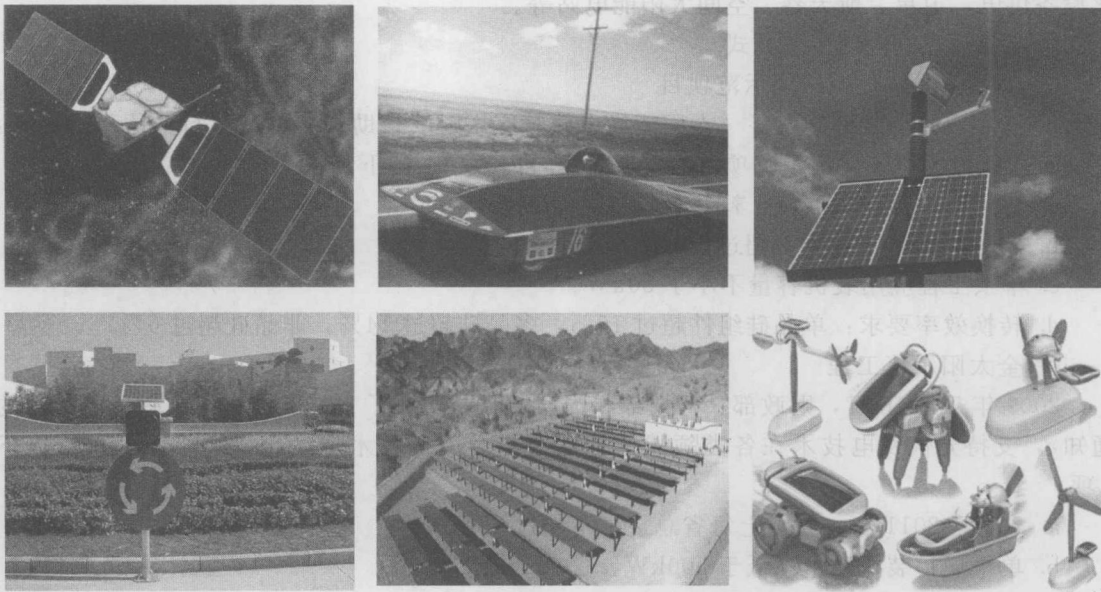


图 1-2 太阳能应用实例

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 在农村和边远无电地区的应用。在高原、海岛、牧区、边防哨所等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,解决了日常生活用电问题,如照明、电视、收录机、DVD、卫星接收机等用电,也解决了手机、手电筒等随身小电器充电的问题,发电功率大多在几瓦到几百瓦。应用 $1\sim 5\text{kW}$ 的独立光伏发电系统或并网发电系统,作为村庄、学校、医院、饭馆、旅社、商店等的供电系统。应用太阳能光伏水泵,解决了无电地区的深水井饮用、农田灌溉等用电问题。另外,还有太阳能喷雾器、太阳能电围栏、太阳能黑光灭虫灯等应用。

⑤ 在太阳能光伏照明方面的应用。太阳能光伏照明包括太阳能路灯、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 $10\text{kW}\sim 200\text{MW}$ 的地面独立或并网光伏电站、风光(柴)互补电站、各种大型停车场充电站等。

⑦ 太阳能光伏建筑一体化并网发电系统(BIPV)。BIPV将太阳能发电与建筑材料相结合,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。

注:建筑与光伏系统相结合(BAPV)是光伏与建筑相结合的第一步,是将现成的平板式光伏组件安装在建筑物的屋顶等处,引出端经过逆变器和控制器装置与电网连接,由光伏系统和电网并联向用户供电,多余电力向电网反馈。

⑧ 太阳能电子商品及玩具的应用。包括太阳能收音机、太阳能钟、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。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。

(2) 光伏发电应用主要方式

① 太阳能光电建筑应用示范项目

2009年3月财政部印发了《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》的通知,推动太阳能光电建筑应用示范项目的发展。主要内容包括如下。

- a. 建材型、构件型项目:补贴不超过20元/瓦。
- b. 安装型项目:补贴不超过15元/瓦。
- c. 单项工程应用装机容量不小于50kW。
- d. 转换效率要求:单晶硅组件超过16%,多晶硅超过14%,非晶硅超过6%。

② 金太阳示范工程

2009年7月16日,财政部、科技部和国家能源局下发了《关于实施金太阳示范工程的通知》,支持光伏发电技术在各类领域的示范应用及关键技术产业化。主要内容包括以下5项。

- a. 2009~2011年,原则上各省总规模不超过20MW。
- b. 单个项目装机容量不低于300kW。
- c. 业主总资产不少于1亿元。
- d. 主要设备通过认证。

e. 并网项目补50%,独立光伏项目补70%。

在金太阳示范工程和太阳光电建筑应用示范工程实施一段时间后,针对实施过程中出现的问题,财政部、科技部、住房和城乡建设部和国家能源局于2010年9月发布了《关于加强金太阳示范工程和太阳能光电建筑应用示范工程建设管理的通知》,重新规定了关键设备统一招标、示范项目选择和调整和补贴标准的相关细则。

③ 大型并网光伏电站

自2009年起,我国政府开始采取特许权招标的办法。2009年公开招标了14座大型并网光伏电站,总装机规模达290MW。

(3) 我国光伏发电发展目标

根据《太阳能发电发展“十二五”规划》,到2015年底,我国太阳能发电装机容量将达到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。在青海、新疆、甘肃、内蒙古等太阳能资源和未利用土地资源丰富的地区,以增加当地电力供应为目的,建成并网光伏电站总装机容量1000万千瓦。以经济性与光伏发电基本相当为前提,建成光热发电总装机容量100万千瓦。具体如表1-1所示。

表 1-1 《太阳能发电发展“十二五”规划》

单位:万千瓦

发电类别	2010 年	2015 年		2020 年
1. 太阳能电站	45	1100		2300
光伏电站	45	1000	在青海、甘肃、新疆、内蒙古、西藏、宁夏、陕西、云南,以及华北、东北的部分适宜地区建设一批并网光伏电站。结合大型水电、风电基地建设,按风光互补、水光互补方式建设一批光伏电站	2000
光热电站	0	100	在太阳能日照条件好、可利用土地面积广、具备水资源条件的地区,开展光热发电项目的示范	300



续表

发电类别	2010 年	2015 年		2020 年
2. 分布式光伏发电系统	41	1000	在中东部地区城镇工业园区、经济开发区、大型公共设施等建筑屋顶相对集中的区域,建设并网光伏发电系统。 在西藏、青海、甘肃、陕西、新疆、云南、四川等偏远地区及海岛,采用独立光伏电站或户用光伏系统,解决电网无法覆盖地区的无电人口用电问题。扩大城市照明、交通信号等领域光伏系统应用	2700
合计	86	2100		5000

思考题

1. 从当前光伏发电应用领域及我们在日常生活中的所见,你认为光伏发电可以在哪些应用领域或应用产品中被使用。

2. 通过资料查找,了解我国 2009 年、2010 年、2011 年、2012 年光伏发电装机容量分别为多少?

3. 分析 MW、kW 及 kW·h 单位间的关系。

1.1.2 光伏发电特点

【任务目标】

掌握光伏发电优缺点,能分析光伏发电系统实施的可行性。

【任务描述】

从太阳能光伏发电成本来看,大型光伏发电成本接近 1 元/kW,独立(离网)光伏发电系统是其 2~5 倍左右。所以从光伏发电成本来看,其光伏发电系统竞争力不大,但从环境影响、应用灵活性等角度出发,光伏发电有其独特优势。掌握光伏发电的优缺点,是正确分析与实施光伏发电系统的前提。

【案例引导】 太阳能路灯系统分析

从太阳能路灯应用出发,分析太阳能路灯在实际生活中的作用及存在的问题,并填入下表(填写认为最重要的三点依据)。

太阳能路灯系统	
优 点	缺 点

【任务实施】

(1) 光伏发电优点分析

与风力发电和生物质能发电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(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。

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 6000 倍,而且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。

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所造成的电能损失。

③ 光伏发电的能量转换过程简单,是直接从光子到电子的转换,没有中间过程(如热能转换为机械能、机械能转换为电磁能等)和机械运动,不存在机械磨损。根据热力学分析,光伏发电具有很高的理论发电效率,可达 80% 以上,技术开发潜力巨大。

④ 光伏发电本身不使用燃料,不排放包括温室气体和其他废气在内的任何物质,不污染空气,不产生噪声,对环境友好,不会遭受能源危机或因燃料市场不稳定而造成的冲击,是真正绿色环保的新型可再生能源。

⑤ 光伏发电过程不需要冷却水,可以安装在没有水的荒漠戈壁上。光伏发电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 光伏发电无机械传动部件,操作、维护简单,运行稳定可靠。一套光伏发电系统只要有光伏电池组件就能发电,加之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)。晶体硅光伏电池寿命可长达 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 光伏电池组件结构简单,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。

(2) 光伏发电缺点分析

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太阳能只有到达地球范围辐射能量的 10% 左右,致使在陆地单位面积上能够直接获得的太阳能量较少。通常以太阳辐照度来表示,地球表面最高值约为 $1.2 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$,且绝大多数地区和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,就使得光伏发电系统的占地面积会很大,每 10 kW 光伏发电功率占地约需 100 m^2 ,平均每平方米面积发电功率为 100 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可以利用建筑物、构筑物的屋顶和立面,将逐渐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光伏电池组件。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%~17%,非晶硅光伏电池只有 6%~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,光伏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情况下,光伏电池才可以连续发电,这和人们的用电需求不符。

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。长期的雨雪天、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,环境因素的影响也很大。比较突出的一点是,空气中的颗粒物(如灰尘)等降落在光伏电池组件的表面,阻挡了部分光线的照射,这样会使电池组件转



换效率降低, 从而造成发电量减少。

⑥ 地域依赖性强。地理位置不同, 气候不同, 使各地区日照资源相差很大。光伏发电系统只有应用在太阳能资源丰富的地区, 其效果才会好。

⑦ 系统成本高。由于太阳能光伏发电的效率较低, 到目前为止, 光伏发电的成本仍然是其他常规发电方式(如火力和水力发电)的几倍, 这是制约其广泛应用的最主要因素。但是随着光伏电池产能的不断扩大及电池片光电转换效率的不断提高, 光伏发电系统的成本也下降得非常快。光伏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, 其主要存在形式是沙子(二氧化硅)。从沙子变成含量为 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, 这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存在上述不足, 但是随着能源问题越来越重要, 大力开发可再生能源仍将是解决能源危机的主要途径。

思考题

1. 分析归纳光伏发电的优缺点。
2. 从太阳能手机充电器应用角度出发, 谈谈光伏发电的优缺点。

1.2 光伏发电系统认识

1.2.1 光伏发电系统工作方式

【任务目标】

掌握光伏发电的工作原理及独立光伏发电系统、并网光伏发电系统的运行模式特点及系统结构组成。

【任务描述】

太阳能是光伏发电系统能量的来源, 按照实际光伏发电系统应用结构来分, 可以分为独立光伏发电系统和并网光伏发电系统, 按照光伏发电系统类型分类和功能要求, 每种光伏发电系统结构有其不同的结构。从光伏发电系统应用出发, 首先就是对该系统的应用模式进行选择, 了解各种工作模式下的系统组成。

【案例引导】 独立光伏发电系统与并网光伏发电系统的组成

分析现有实训装备中的“太阳能路灯系统”、“2kW 并网发电系统”系统结构, 填写下表, 并绘制其系统结构框图。

“太阳能路灯系统”结构组成	“2kW 并网发电系统”结构组成

【任务实施】

【典型案例】 太阳能路灯应用

太阳能路灯因其稳定性、节能性、安全性、方便性、长寿命性、可移性、动智能性等优点，在实际生活中被广泛应用。太阳能路灯的工作原理是利用太阳能组件吸收太阳光并转换为电能，通过控制器存储到蓄电池中，当夜晚来临时（或天空亮度不够时）控制器再控制蓄电池给高效节能 LED 灯光源供电，实现环境照明。表 1-2 为太阳能路灯的系统配置，图 1-3 所示为其系统结构。

表 1-2 太阳能路灯系统配置

名称	规格	数量	说 明
电池板	80W/块	2	单晶硅，高转换率，高透光度钢化玻璃，厚 3.2mm，进口 TPT\ EVA。寿命 25 年
蓄电池	80AH/只	2	胶体蓄电池，太阳能专用，寿命 5 至 8 年
控制器	10A	1	多种功能，防过充、过放，光控开，时控关，寿命 5 年；风光互补型控制器
灯头	LED40W	1	灯具为一号灯具，采用单颗集成式，美国普瑞芯片

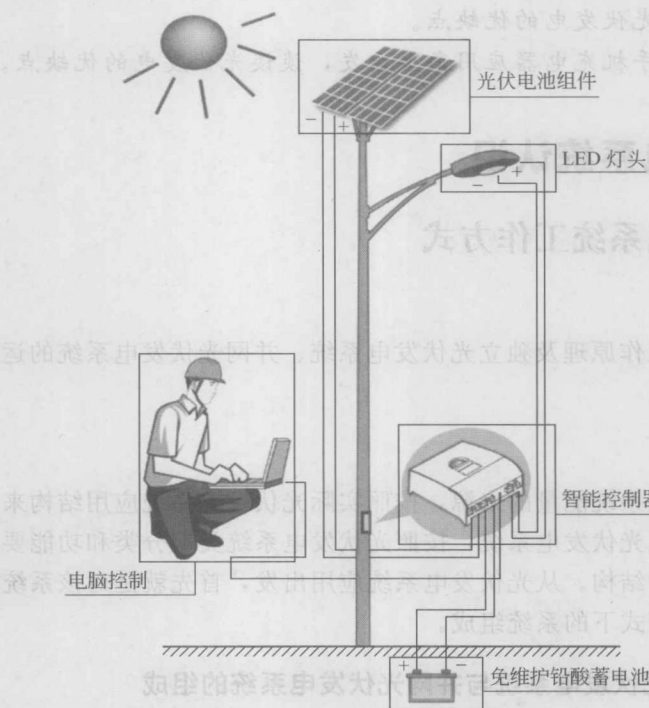


图 1-3 太阳能路灯系统结构

(1) 光伏电池发电原理

太阳能光伏发电的基本原理是利用光伏电池（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光伏电池，也叫太阳能电池。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光伏电池上时，其中一部分光线被反射，一部分光线被吸收，还有一部分光

线透过了电池片。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PN结的内建电场作用下，电子、空穴相互运动（图1-4），N区的空穴向P区运动，P区的电子向N区运动，这使光伏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，负载上将有电流源源不断地流过。

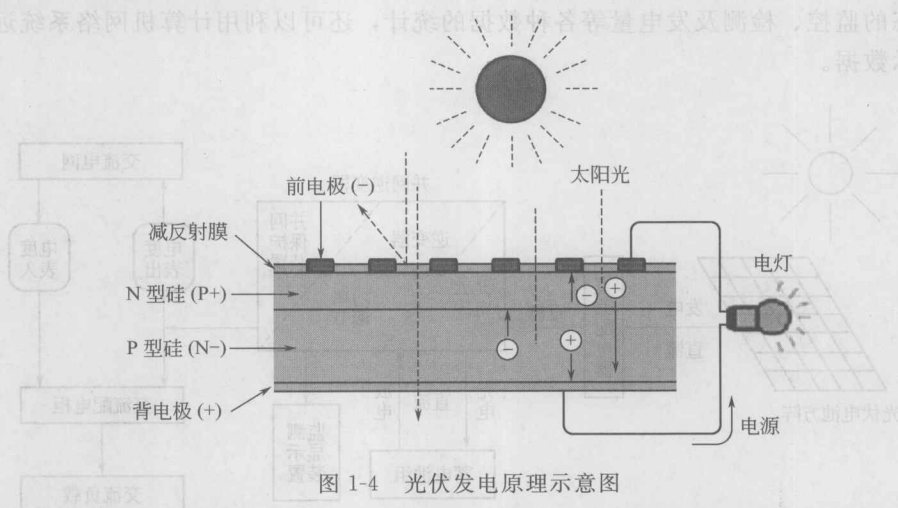


图 1-4 光伏发电原理示意图

单片光伏电池就是一个薄片状的半导体PN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，往往要把多片光伏电池连接在一起使用。光伏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，同一块光伏电池的输出功率也是不同的。

太阳能光伏发电系统根据其运行模式，分为独立光伏发电系统和并网光伏发电系统。

(2) 独立光伏发电系统

独立光伏发电系统的工作原理如图1-5所示。太阳能光伏发电的核心部件是光伏电池板，它将太阳光的光能直接转换成电能，并通过控制器把光伏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被合理地分配到各个负载上。光伏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交流电，供交流负载使用。光伏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。

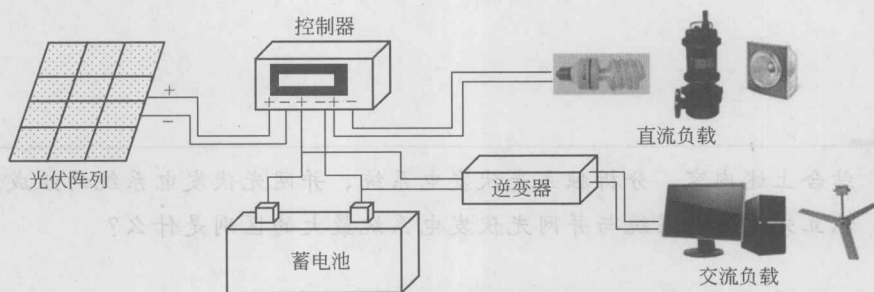
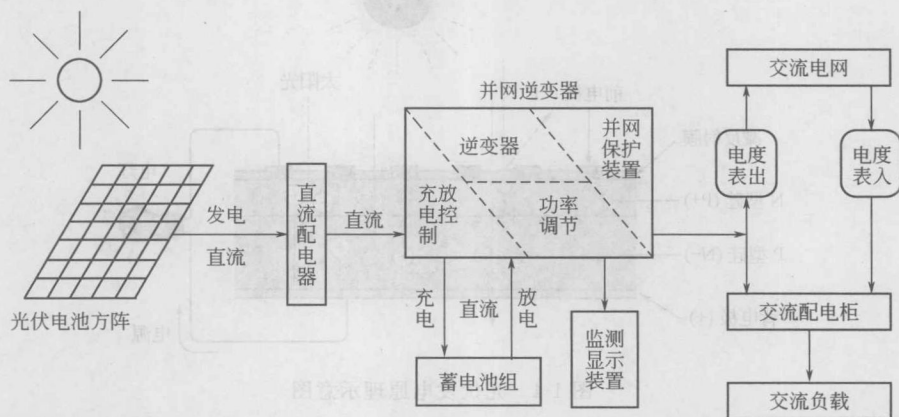


图 1-5 独立光伏发电系统工作原理

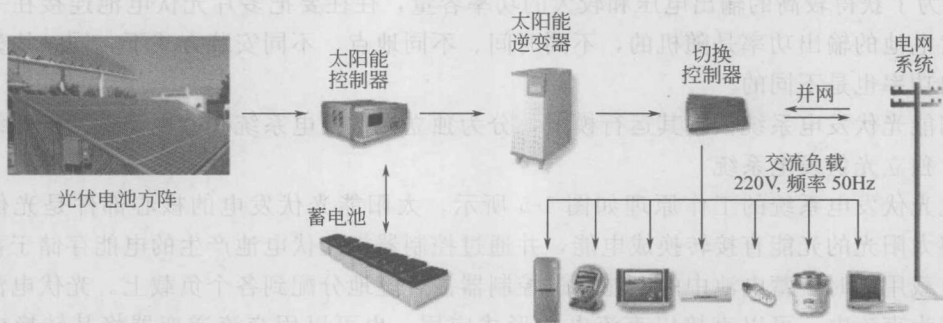
(3) 并网光伏发电系统

图1-6是并网光伏发电系统工作原理示意图。并网光伏发电系统由光伏电池组件方阵将

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、交流逆变器、并网保护装置等部分构成。经逆变器输出的交流电供负载使用，多余的电能通过电力变压器等设备馈入公共电网（可称为卖电）。当并网光伏发电系统因天气原因发电不足或自身用电量偏大时，可由公共电网向交流负载供电（称为买电）。系统还配备有监控、测试及显示系统，用于对整个系统工作状态的监控、检测及发电量等各种数据的统计，还可以利用计算机网络系统远程传输控制和显示数据。



(a) 并网光伏发电系统工作原理框图



(b) 并网光伏发电系统工作原理案例

图 1-6 并网光伏发电系统工作原理

思考题

1. 结合上述内容，分析独立光伏发电系统、并网光伏发电系统的组成结构。
2. 独立光伏发电系统与并网光伏发电系统最大的区别是什么？

1.2.2 太阳能光伏发电系统的组成及分类

【任务目标】

掌握光伏发电系统各部件功能及光伏发电的典型应用与系统特征。