



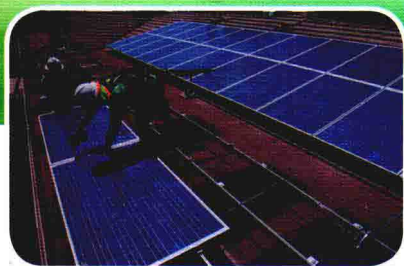
高等职业教育“十三五”规划教材 >>> 新能源课程群

技能型人才培养特色名校建设规划教材

光伏发电系统 安装与调试

主 编 ◇ 陈圣林 董圣英
副主编 ◇ 郭 云 梁 强 王东霞

G O G R E E N



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等职业教育“十三五”规划教材（新能源课程群）

光伏发电系统安装与调试

主 编 陈圣林 董圣英

副主编 郭 云 梁 强 王东霞

主 编	陈圣林
副主编	郭 云
副主编	梁 强
副主编	王东霞
参 考 文 献	1. 陈圣林, 董圣英. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	2. 郭 云, 梁 强, 王东霞. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	3. 陈圣林, 董圣英. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	4. 郭 云, 梁 强, 王东霞. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	5. 陈圣林, 董圣英. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	6. 郭 云, 梁 强, 王东霞. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	7. 陈圣林, 董圣英. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	8. 郭 云, 梁 强, 王东霞. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	9. 陈圣林, 董圣英. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
参 考 文 献	10. 郭 云, 梁 强, 王东霞. 光伏发电系统安装与调试. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是在多年新能源类教学和实践的基础上,根据职业岗位知识和技能的需求,结合高职教育的办学定位,为高职高专新能源类专业编写的系列化教材。

本书将光伏发电系统安装与调试的相关知识和技能融入到六个典型项目中,内容涉及光伏发电系统规划、光伏发电系统电池组件的安装与调试、光伏发电储能系统的安装与调试、光伏发电系统控制器的安装与调试、光伏发电逆变系统的安装与调试,以及光伏发电监控系统的安装与调试。各项目以典型工作任务为手段,通过学做合一训练,达到掌握光伏发电系统理论、提高实际安装与调试水平、解决生产实际问题的目的。

本书适用于高职高专、技师学院新能源类及电类相关专业光伏发电系统课程教材,对从事光伏发电系统安装与调试专业的工程技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

光伏发电系统安装与调试 / 陈圣林, 董圣英主编

— 北京: 中国水利水电出版社, 2016.5

高等职业教育“十三五”规划教材. 新能源课程群

ISBN 978-7-5170-4303-4

I. ①光… II. ①陈… ②董… III. ①太阳能发电—
发电设备—设备安装—高等职业教育—教材②太阳能发电—
发电设备—调试方法—高等职业教育—教材 IV.
①TM615

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第096924号

策划编辑: 祝智敏 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 袁 慧 封面设计: 李 佳

书 名	高等职业教育“十三五”规划教材(新能源课程群) 光伏发电系统安装与调试
作 者	主 编 陈圣林 董圣英 副主编 郭 云 梁 强 王东霞
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×240mm 16开本 8印张 174千字
版 次	2016年5月第1版 2016年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	19.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

丛书编委会

主 任：陈章侠 殷淑英

副主任：梁 强 静国梁 王记生 董兆广

于洪水 姜金国 陈圣林

委 员：(按姓氏笔画排序)

王东霞 王冬梅 王 伟 方冬稳

曲道宽 闫学敏 李 飞 杨春民

肖晓雨 吴朝晖 邵在虎 郜 峰

黄小章 崔青恒 崔 健 彭 波

董圣英 景悦林 裴勇生

秘 书：祝智敏

I

序 言

第三次科技革命以来,高新技术产业逐渐成为当今世界经济发展的主旋律和各国国民经济的战略性先导产业,各国相继制定了支持和促进高新技术产业发展的方针政策。我国更是把高新技术产业作为推动经济发展方式转变和产业结构调整的重要力量。

新能源产业是高新技术产业的重要组成部分,能源问题甚至关系到国家的安全和经济命脉。随着科技的日益发展,太阳能这一古老又新颖的能源逐渐成为人们利用的焦点。在我国,光伏产业被列入国家战略性新兴产业发展规划,成为我国为数不多的处于国际领先地位,能够与欧美企业抗衡中保持优势的产业,其技术水平和产品质量得到越来越多国家的认可。新能源技术发展日新月异,新知识、新标准层出不穷,不断挑战着学校专业教学的科学性。这给当前新能源专业技术人才培养提出极大挑战,新教材的编写和新技术的更新也显得日益迫切。

在这样的大背景下,为解决当前高职新能源应用技术专业教材匮乏的问题,新能源专业建设协作委员会与中国水利水电出版社联合策划、组织来自企业的专业工程师、部分院校一线教师,协同规划和开发了本系列教材。教材以新能源工程实用技术为脉络,依托来自企业多年积累的工程项目案例,将目前行业发展中最实用、最新的新能源专业技术汇集进专业方案和课程方案,编写入专业教材,传递到教学一线,以期各高职院校的新能源专业教学提供更多的参考与借鉴。

一、整体规划全面系统,紧贴技术发展和应用要求

新能源应用技术系列教材主要包括光伏技术应用,课程的规划和内容的选择具有体系化、全面化的特征,涉及到光电子材料与器件、电气、电力电子、自动化等多个专业学科领域。教材内容紧扣新能源行业和企业工程实际,以新能源技术人才培养为目标,重在提高专业工程实践能力,尽可能吸收企业新技术、新工艺和案例,按照基础应用到综合的思路进行编写,循序渐进,力求突出高职教材的特点。

二、鼓励工程项目形式教学，知识领域和工程思想同步培养

倡导以工程项目的形式开展教学，按项目分小组，以团队方式组织实施；倡导各团队成员之间组织技术交流和沟通，共同解决本组工程方案的技术问题，查询相关技术资料，组织小组撰写项目方案等工程资料。把企业的工程项目引入到课堂教学中，针对工程中实际技能组织教学，让学生在掌握理论体系的同时，能熟悉新能源工程实施中的工作技能，缩短学生未来在企业工作岗位上的适应时间。

三、同步开发教学资源，及时有效更新项目资源

为保证本系列课程在学校的有效实施，丛书编委会还专门投入了大量的人力和物力，为系列课程开发了相应的、专门的教学资源，以有效支撑专业教学实施过程中的备课授课，以及项目资源的更新、疑难问题的解决，详细内容可以访问中国水利水电出版社万水分社的万水书苑网站，以获得更多的资源支持。

本系列教材的推出是出版社、院校教师和企业联合策划开发的成果。教材主创人员先后数次组织研讨会开展交流、组织修订以保证专业建设和课程建设具有科学的指向性。来自皇明太阳能集团有限公司、力诺集团、晶科能源有限公司、晶科电力有限公司、越海光通信科技有限公司、山东威特人工环境有限公司、山东奥冠新能科技有限公司的众多专业工程师和产品经理于洪水、彭波、黄小章、姜金国等为教材提供了技术审核和工程项目方案的支持，并承担全书的技术资料整理和企业工程项目的审阅工作。山东理工职业技术学院的静国梁、曲道宽，威海职业学院的景悦林，菏泽职业学院的王记生，皇明太阳能职业中专的董兆广等都在教材成稿过程中给予了支持，在此一并表示衷心感谢！

本书规划、编写与出版过程历经三年时间，在技术、文字和应用方面历经多次的修订，但考虑到前沿技术、新增内容较多，加之作者文字水平有限，错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

丛书编委会

II

前言

太阳能作为清洁、可再生的能源得到了全世界的广泛重视,光伏发电产业作为世界高度关注的新能源产业之一,近年来发展迅猛。大力发展新能源行业,走可持续发展的道路已经成为世界各国的广泛共识。

由于太阳能光伏发电的独特优势,它的应用已经得到了人们的广泛重视。我国太阳能资源丰富,为发展太阳能光伏发电创造了有利的自然条件,光伏产业已经成为我国高速发展的高新技术产业之一,其应用领域日趋扩大。随着科技未来的发展和社会的不断进步,太阳能光伏发电在能源结构中所占的份额将逐年增加。在不远的将来,太阳能光伏发电必将成为世界能源供应的主体,必将迎来一个崭新辉煌的时代。

全书由陈圣林、董圣英主编,郭云、梁强、王东霞任副主编。参加编写的还有李飞、杨春民、邵在虎、崔健、李建勇、裴勇生、杜锐(山东省电力公司齐河供电公司)、施秉旭等。编写分工为:陈圣林负责编写项目一与项目六,董圣英负责编写项目五,郭云负责编写项目三,梁强负责编写项目四,王东霞负责编写项目二,李飞、杨春民、邵在虎对本书中的任务实施部分进行了实际验证,崔健博士对书中的电路理论分析与计算进行了校验,李建勇、裴勇生以及施秉旭对书中的硬件电路进行了核对与仿真调试,杜锐为本书提供了大量相关资料,全书由陈圣林统稿。本书作者也是新能源系列精品资源共享课建设团队的主要成员,部分老师还参与了课程网站的建设与维护工作。本书的出版还要特别感谢李志兴高级工程师,为本书的编写提供了诸多建议,另外还要感谢殷淑英教授,她对本书提出了非常宝贵的意见,特别是书中内容的编排、案例选取、文叙风格、难易程度的把握等。全书得到了中国水利水电出版社万水分社相关领导的大力支持和策划团队的用心指导,在此深表感谢。

编者

2016年1月

III

目 录

序言

前言

项目一 光伏发电系统规划 1

【项目导读】 1

任务一 认识光伏发电系统 1

【任务描述】 1

【相关知识】 1

一、独立光伏发电系统 1

二、并网光伏发电系统 3

三、风光互补发电系统 5

【任务实施】 6

任务二 调研光伏发电企业 7

【任务描述】 7

【相关知识】 8

一、光伏发电的意义 8

二、光伏发电的特点 8

【任务实施】 9

【项目总结】 10

【项目训练】 10

项目二 光伏发电系统电池组件的安装与调试 11

【项目导读】 11

任务一 测试太阳能组件 11

【任务描述】 11

【相关知识】 11

一、太阳能电池组件的设计 12

二、太阳能电池组件的常见结构形式 12

三、太阳能电池组件的封装材料 13

四、太阳能电池组件的计算 14

【任务实施】 16

任务二 制作太阳能组件 17

【任务描述】 17

【相关知识】 17

一、选片 18

二、电池切割 18

三、弱光测试 18

四、排片 18

五、串片 19

六、单串外观检查 19

七、单串电压测试及吹片 19

八、排版与电路连接 20

九、中间检测以及铺盖 EVA 20

十、层压与切边 21

十一、半成品检测与成品安装 22

【任务实施】 24

【项目总结】 24

【项目训练】 25

项目三 光伏发电储能系统的安装与调试	26	二、铅酸蓄电池过放电保护基本原理 ..	57
【项目描述】	26	三、直流-直流变换技术	59
任务一 蓄电池的选型	26	四、光伏控制器类型	70
【任务描述】	26	【任务实施】	74
【相关知识】	26	一、光伏控制器的配置选型	74
一、铅酸蓄电池的构造	26	二、48VDC-100A 系列光伏控制器调试 ..	74
二、铅酸蓄电池的工作原理	29	【项目总结】	76
【任务实施】	31	【项目训练】	76
任务二 蓄电池的测试	32	项目五 光伏发电逆变系统的安装与调试	77
【任务描述】	32	【项目描述】	77
【相关知识】	32	任务一 逆变器的选型	77
一、蓄电池的性能参数	32	【任务描述】	77
二、蓄电池的自放电	37	【相关知识】	77
三、蓄电池寿命特性	38	一、光伏发电系统对逆变器的性能	
四、蓄电池的充放电控制	39	要求	77
五、光伏发电系统蓄电池的选择	42	二、直流-交流变换技术	78
六、VRLA 蓄电池的安装	43	【任务实施】	85
七、VRLA 蓄电池的技术维护	46	任务二 逆变器的控制	85
【任务实施】	47	【任务描述】	85
【项目总结】	47	【相关知识】	86
【项目训练】	47	一、逆变控制技术	86
项目四 光伏发电系统控制器的安装与调试	49	二、光伏逆变器的主要技术参数	90
【项目导读】	49	【任务实施】	91
任务一 最大功率点跟踪	49	一、逆变器选型	91
【任务描述】	49	二、光伏逆变器的安装方法	92
【相关知识】	50	三、光伏逆变器的调试	92
一、MPPT 基本原理	50	四、逆变器运行操作	93
二、恒定电压法	51	五、保养与维护	94
三、干扰观测法	52	【项目总结】	94
四、电导增量法	53	【项目训练】	95
【任务实施】	55	项目六 光伏发电监控系统的安装与调试	96
任务二 控制器的选型与调试	56	【项目导读】	96
【任务描述】	56	任务一 力控组态软件的安装	96
【相关知识】	56	【任务描述】	96
一、铅酸蓄电池充电控制基本原理	56	【相关知识】	96

一、力控组件·····	96	【相关知识】·····	107
二、力控监控的开发、运行·····	98	一、工程建立·····	107
三、实时数据库(DB)·····	99	二、新建数据库组态·····	111
四、组态软件的安装·····	101	【任务实施】·····	114
【任务实施】·····	107	【项目总结】·····	116
任务二 光伏发电监控系统开发·····	107	【项目训练】·····	116
【任务描述】·····	107	参考文献·····	117

光伏发电系统规划

任务三

任务三 光伏发电系统规划。本任务主要介绍光伏发电系统规划的基本概念、规划流程、规划内容、规划方法、规划工具、规划软件、规划案例等。

任务一 认识光伏发电系统

【任务描述】

光伏发电系统是由太阳能电池板、控制器、逆变器、蓄电池、负载等组成的。太阳能电池板是将太阳能转化为电能的装置，控制器是控制蓄电池充电和放电的装置，逆变器是将直流电转化为交流电的装置，蓄电池是储存电能的装置，负载是消耗电能的装置。

【任务实施】

1. 认识光伏发电系统的基本组成。光伏发电系统的基本组成包括太阳能电池板、控制器、逆变器、蓄电池、负载等。太阳能电池板是将太阳能转化为电能的装置，控制器是控制蓄电池充电和放电的装置，逆变器是将直流电转化为交流电的装置，蓄电池是储存电能的装置，负载是消耗电能的装置。

光伏发电系统规划

【项目导读】

目前,光伏发电系统存在的主要问题是初投资较高、成本大。因此,用户根据实际负载的需求,合理构建不同组成方式的光伏发电系统,可以有效地降低成本,提高系统的效能。

任务一 认识光伏发电系统

【任务描述】

太阳能发电技术有两大类,分别是光热发电和光伏发电。通常所说的太阳能发电是指光伏发电。光伏发电系统的规模和应用形式有简单和复杂之分。例如最简单的光伏发电系统,仅由光伏组件和负载组成;对于复杂的光伏发电系统则是由光伏阵列、控制器、蓄电池、逆变器、汇流箱、交直流配电柜、系统检测与计量设备等部件组成。

【相关知识】

一、独立光伏发电系统

独立光伏发电系统是光伏发电应用最原始、最简单的一种供配电方式。独立光伏发电系统不和电网相连,系统独立发电、独立供电,环保安全,不需要其他能源消耗,直接向负载供电,系统组成如图 1.1.1 所示。

这种供电系统的优点是简单、经济、灵活,适用范围广;缺点是用电可靠性差,管理控制比较分散、麻烦。一般仅用于用电量小、分散性大的用电负荷。



图 1.1.1 独立光伏发电系统

1. 无蓄电池的直流光伏发电系统

系统主要由太阳能电池板和负载组成，如图 1.1.2 所示。

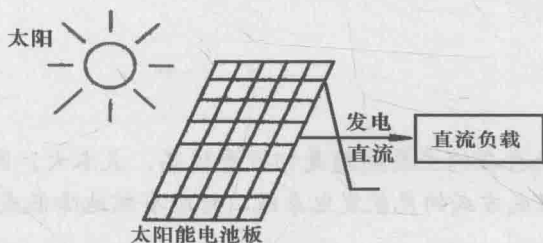


图 1.1.2 无蓄电池直流发电系统组成

典型应用：太阳能光伏水泵以及一些小型的太阳能电池计算器、玩具、日用品等。

2. 有蓄电池的直流光伏发电系统

系统主要由太阳能电池板、控制器、蓄电池、直流配电箱和负载组成，如图 1.1.3 所示。

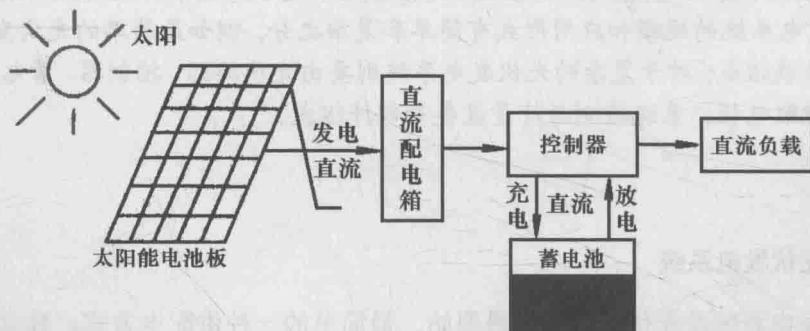


图 1.1.3 有蓄电池直流发电系统组成

典型应用：小到太阳能草坪灯、庭院灯，大到远离电网的移动通信基站、微波中转站，边远地区农村供电等。

3. 交流及交、直流混合光伏发电系统

系统主要由太阳能电池板、控制器、蓄电池、逆变器和负载组成，如图 1.1.4 所示。

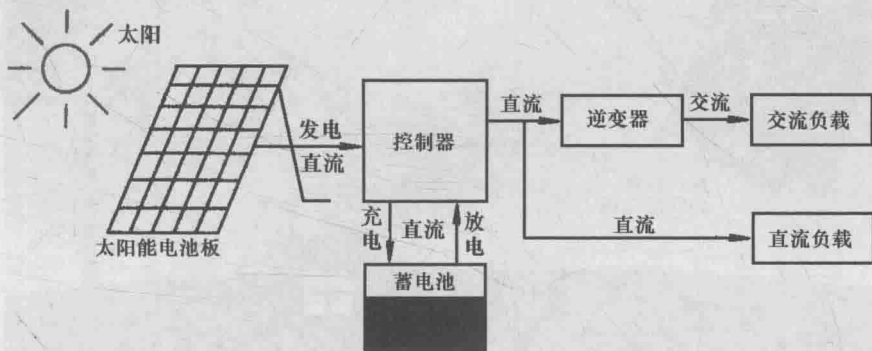


图 1.1.4 交流及交、直流混合光伏发电系统组成

典型的应用：太阳能光伏户用系统，无电地区小型光伏电站，移动通信基站，气象、水文、环境检测站等。

4. 市电互补型光伏发电系统

在独立光伏发电系统中以太阳能光伏发电为主，以普通 220V 交流电补充电能为辅的供电系统，系统组成如图 1.1.5 所示。

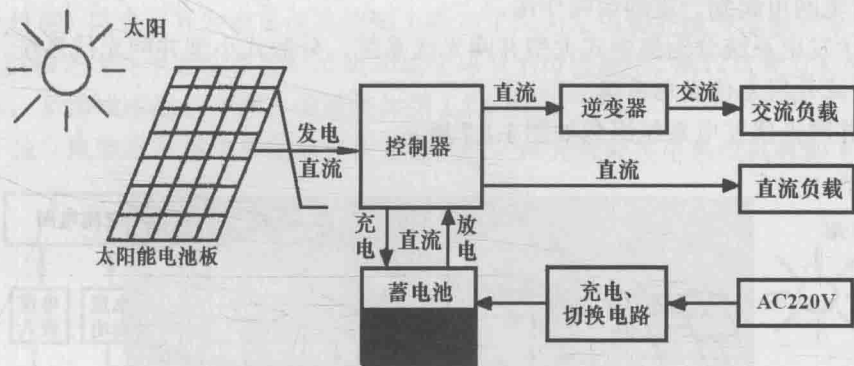


图 1.1.5 市电互补型光伏发电系统组成

典型的应用：太阳能路灯改造工程。

二、并网光伏发电系统

并网光伏发电系统把太阳能电池发出的电能，不经过蓄电池储能，直接通过并网逆变器把电能送上电网。太阳能并网发电代表了太阳能发电的发展方向，系统组成如图 1.1.6 所示。

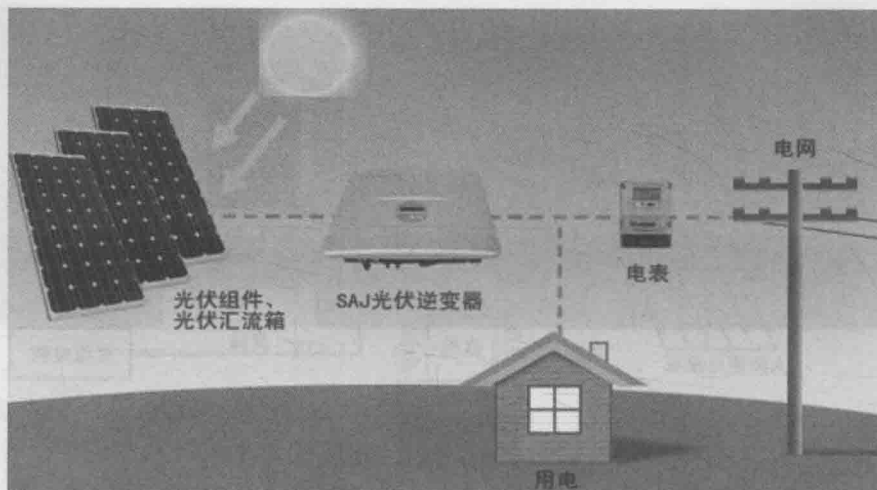


图 1.1.6 并网光伏发电系统

与离网发电系统相比，并网发电系统具有许多独特的优点，可概括如下：

(1) 利用清洁、可再生的太阳能发电，不消耗煤炭等石化资源，使用中无温室气体和污染物排放，与生态环境和谐，符合经济社会可持续发展战略。

(2) 所发电能馈入电网，以电网为储能装置，省掉蓄电池，降低发电系统的成本，杜绝了蓄电池的二次污染。

(3) 对电网可起到一定的调峰作用。

并网光伏发电系统分为集中式大型并网光伏系统，分散式小型并网光伏系统。

1. 有逆流并网光伏发电系统

有逆流并网光伏发电系统组成如图 1.1.7 所示。

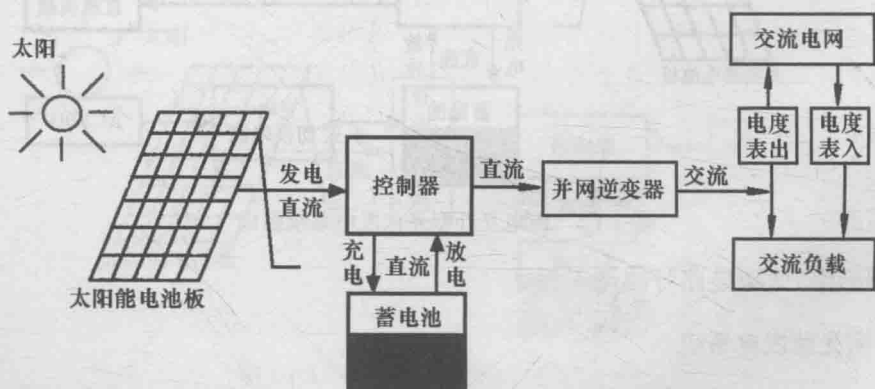


图 1.1.7 有逆流并网光伏发电系统组成

该发电系统的特点：太阳能光伏系统发出的电能充裕时，“卖电”；太阳能光伏系统发出

的电能不足时，“买电”。

2. 无逆流并网光伏发电系统

无逆流并网光伏发电系统组成如图 1.1.8 所示。

该系统的特点：太阳能光伏发电系统发电充裕时不向公共电网供电，但当太阳能光伏系统供电不足时，由公共电网向负载供电。

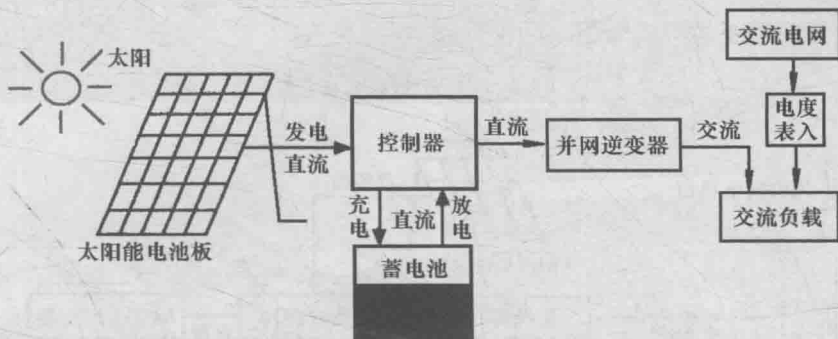


图 1.1.8 无逆流并网光伏发电系统组成

三、风光互补发电系统

风力发电和光伏发电配合组成的混合发电系统，称为风光互补发电系统。由于太阳能与风能的互补性强，风光互补发电系统在资源上弥补了风力发电和光伏发电独立系统的缺陷。同时，风力发电和光伏发电系统在蓄电池组和逆变环节上可以通用，所以风光互补发电系统的造价可以降低，系统成本趋于合理，该系统如图 1.1.9 所示。

相对于独立风能发电系统和独立光伏发电系统，风光互补发电系统具有如下特点：



图 1.1.9 风光互补发电系统

(1) 风光互补发电系统可以同时利用风能和太阳能进行发电,充分利用了自然气象资源,白天可能具有较好的太阳能资源,夜间则可能具有较丰富的风能资源。在太阳能和风能丰富且互补性较好的条件下,可获得连续、稳定的电力供应,具有更好的经济效益和社会效益。

(2) 相同容量系统的初投资和发电成本均低于独立的光伏发电系统。如果电站所在地太阳资源和风力资源具有较好的互补性,则可以适当地减少蓄电池容量,降低系统成本、减少对环境的二次污染。

风光互补发电系统的组成如图 1.1.10 所示。

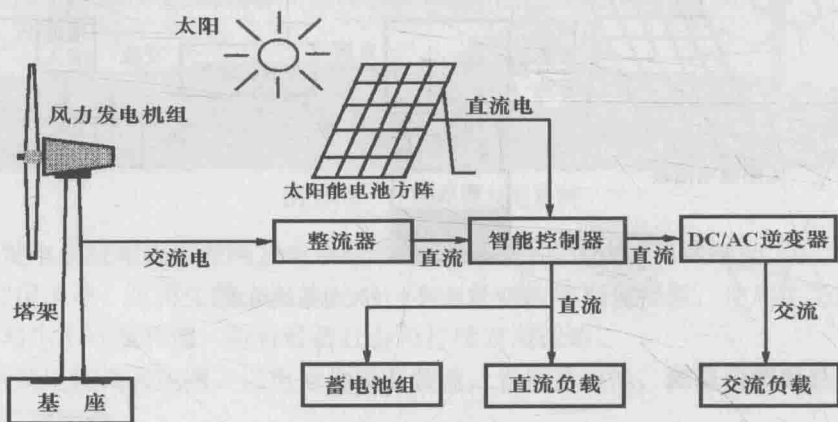


图 1.1.10 风光互补发电系统组成

光伏发电技术最初主要应用在军事、航天领域,随着光伏发电技术的发展和光伏产品成本的不断下降,目前光伏发电技术广泛应用于工业、农业、科技及人们的日常生活中,如图 1.1.11 所示。光伏发电主要应用领域如下:

(1) 消费性电子产品,如非晶硅太阳能电池供电的计算器、太阳能钟表、太阳能照明灯具、太阳能收音机、电视机等,这类产品约占世界光伏产品销售量的 14%。

(2) 远离电网居民供电系统,包括家庭分散供电和独立太阳能光伏电站的集中供电,占世界光伏产品销量的 35%。

(3) 离网工业供电系统,占世界光伏产品销量的 33%。

(4) 并网太阳能光伏发电系统,占世界光伏产品销售量的 18%。

【任务实施】

参观光伏发电实训室,对照 KNT-SPV02 型光伏发电实训系统,填写表 1-1。



图 1.1.11 光伏技术应用实例

表 1-1

设备（或器件）名称	型号	作用

注：此表可自行添加或附页。

任务二 调研光伏发电企业

【任务描述】

国务院常务会议审议并原则通过《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，七个产业被纳入战略性新兴产业规划。新能源产业就是其中之一。