

主 编 洪惠明

太阳能光伏技术

职业技能培训丛书

浙江省职业技能教学研究所 组织编写

Zhiye Jineng
Peixun
Congshu

浙江科学技术出版社

主 编 洪惠明

太阳能光伏技术

职业技能培训丛书

浙江省职业技能教学研究所 组织编写

Zhiye Jineng
Peixun
Congshu

浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏技术 / 洪惠明主编; 浙江省职业技能教学研究
所组织编写. —杭州: 浙江科学技术出版社,
2011. 6

(职业技能培训丛书)

ISBN 978-7-5341-4197-3

I. ①太… II. ①洪…②浙… III. ①太阳能发电—
技术培训—教材 IV. ①TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 150863 号

丛 书 名 职业技能培训丛书
书 名 太阳能光伏技术
组织编写 浙江省职业技能教学研究所
主 编 洪惠明

出版发行 浙江科学技术出版社
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006
联系电话: 0571-85170300-61712
E-mail: lwj@zkpress.com

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司
印 刷 杭州丰源印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店

开 本	710×1000 1/16	印 张	16
字 数	257 000	印 数	1—1800
版 次	2011 年 6 月第 1 版	2011 年 6 月第 1 次印刷	
书 号	ISBN 978-7-5341-4197-3	定 价	33.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题,本社负责调换)

责任编辑	张祝娟 刘雯静	封面设计	孙 菁
责任校对	张 宁	责任印务	崔文红



职业技能培训丛书

《职业技能培训丛书》编辑指导委员会

主 任 乐益民

副 主 任 袁中伟 朱绍平 黄亚萍 傅 玮 钟关华

张建明 傅七宝 宓小峰 仇贻泓 邵爱琴

委 员 (按姓氏笔画排列)

丁绍雄 王丁路 王伯安 叶照标 朱旭峰

巫惠林 吴 钧 吴招明 余 青 沈建华

张建华 陈小克 陈进达 陈沪生 金俊杰

单 坚 洪在有 傅茂昌 鲍国荣

《职业技能培训丛书》编辑工作组

组 长 叶照标

副 组 长 巫惠林 王丽慧

成 员 (按姓氏笔画排列)

王圣潮 方家友 卢红华 朱 静 刘建军

许红平 李 平 李世存 何志良 陈一平

陈忠庆 邵 阳 周 波 赵永军 洪惠明

陶尧康 黄伟祥 程叶军

本 册 主 编 洪惠明

执 行 主 编 王志娟

本册编写人员 王志娟 邓黎武 施建国

吕秀静 洪惠明 徐永锋

前言

QIANYAN

职业培训是提高劳动者技能水平和就业、创业能力的主要途径。大力加强职业培训,建立健全面向全体劳动者的职业培训制度,是实施扩大就业的发展战略,解决就业总量矛盾和结构性矛盾、促进就业和稳定就业的根本措施;是贯彻落实人才强国战略,加快技能人才队伍建设,建设人力资源强国的重要任务;是加快经济发展方式转变,促进产业结构调整,提高企业自主创新能力和核心竞争力的必然要求;也是推进城乡统筹发展,加快工业化和城镇化进程的有效手段。为切实贯彻落实全国、全省人才工作会议精神和《国务院关于加强职业培训促进就业的意见》《浙江省中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》,切实加快培养适应我省经济转型升级、产业结构优化要求的高技能人才,带动技能劳动者队伍素质整体提高,浙江省人力资源和社会保障厅规划开展了职业技能培训系列教材的建设和开发,由浙江省职业技能教学研究所负责组织编写。该系列教材的第一批教材共20册,主要包括太阳能利用、机械制造、电工电子、计算机与网购以及伞、钮扣、龙井茶制作和农家乐经营管理等地方支柱产业、新兴产业以及特色产业方面的培训教材。该系列教材根据职业技能培训的目的要求,突出技能特点,便于各地开展农村劳动力转移技能培训、农村预备劳动力培训等就业和创业培训,以及企业职工及企业生产管理人员提升劳动力素质培训,也可以作为技工院校培养技能人才的教材。

《太阳能光伏技术》一书从系统构成到主要部件,从系统设计到生产工艺流程,从安装调试到系统的规范管理维护,对太阳能光伏发电技术进行了全面系统的介绍。

本书由海宁市技工学校洪惠明担任主编,王志娟担任执行主编。全书共分为十一个单元,第一、二、三、五、七单元由王志娟编写,第四、六单元由邓黎武编写,第八单元由施建国编写,第九单元由吕秀静编写,第十单元由洪惠明

编写,第十一单元由徐永锋编写。

本书在编写过程中得到了浙江大学傅建中教授的指导,得到了海宁市技工学校、浙江省太阳能产品质量检测中心、温州市技工学校的大力支持,在此一并表示感谢!

浙江省职业技能教学研究所

2011年8月

目 录

C O N T E N T S

第一单元 概述 / 1

课题一 太阳能光伏发电系统的基本原理及运行方式 / 2

课题二 太阳能光伏发电系统的组成 / 6

课题三 国内外太阳能光伏发电现状及前景 / 8

练习与提高 / 12

第二单元 太阳能电池 / 13

课题一 太阳能电池的特点及原理 / 14

课题二 太阳能电池的种类 / 20

课题三 太阳能电池的制造工艺 / 36

课题四 太阳能电池的特性 / 41

练习与提高 / 48

第三单元 太阳能电池组件及方阵 / 49

课题一 太阳能电池组件的构造 / 50

课题二 太阳能电池组件的封装 / 54

课题三 太阳能电池组件的生产工艺流程 / 56

课题四 太阳能电池组件的种类 / 59

课题五 太阳能电池方阵 / 69

练习与提高 / 72

第四单元 蓄电池 / 73

- 课题一 光伏系统所用的蓄电池 / 74
- 课题二 并网系统用蓄电池的选择 / 78
- 课题三 独立电源系统用蓄电池的选择 / 80
- 课题四 蓄电池的安装 / 83
- 练习与提高 / 84

第五单元 直流—交流逆变器 / 85

- 课题一 逆变器的概述 / 86
- 课题二 光伏发电系统中逆变器的原理与实现 / 89
- 课题三 逆变器功率元件的选择 / 94
- 课题四 逆变器产品实例 / 98
- 课题五 逆变器的安装、使用及维护 / 103
- 练习与提高 / 104

第六单元 功率控制器 / 105

- 课题一 功率控制器概述 / 106
- 课题二 功率控制器类型 / 108
- 课题三 功率调节器概述 / 111
- 课题四 功率调节器的保护功能 / 114
- 课题五 功率调节器的种类和选择方法 / 118
- 练习与提高 / 121

第七单元 相关设备和部件 / 122

- 课题一 旁路元件和防止逆流元件 / 123
- 课题二 接线箱 / 125
- 课题三 交流侧的设备 / 128
- 课题四 防雷措施 / 130
- 练习与提高 / 134

第八单元 光伏系统设计 / 135

- 课题一 光伏系统的组成和原理 / 136
- 课题二 光伏系统的分类与介绍 / 139
- 课题三 光伏系统太阳能电池方阵的容量设计 / 145
- 课题四 蓄电池设计方法 / 152
- 课题五 蓄电池和光伏组件方阵设计的校核 / 159
- 课题六 计算斜面上的太阳辐射并选择最佳倾角 / 161
- 课题七 光伏系统的硬件设计 / 166
- 课题八 太阳能光伏系统性能分析 / 172
- 课题九 光伏系统设计软件介绍 / 178
- 练习与提高 / 180

第九单元 太阳能光伏电源系统的生产 / 181

- 课题一 设计文件 / 182
- 课题二 工艺文件 / 186
- 课题三 整机装配工艺流程 / 188
- 课题四 太阳能光伏电源系统生产 / 190
- 课题五 太阳能光伏电源系统生产工艺简介 / 193
- 练习与提高 / 205

第十单元 太阳能光伏电源系统生产工艺实例简介 / 206

- 课题一 原材料、外购件检验规范 / 207
- 课题二 直流灯生产工艺规范 / 209
- 课题三 功率控制器生产工艺规范 / 211
- 课题四 太阳能光伏电源系统生产线检测规程 / 214
- 课题五 成品检验规程 / 217
- 练习与提高 / 222

第十一单元 光伏发电系统安装与调试 / 223

- 课题一 安装太阳能电池方阵 / 224
- 课题二 安装蓄电池 / 227
- 课题三 安装功率控制器和逆变器 / 228
- 课题四 光伏系统布线 / 229
- 课题五 光伏系统安装调试大纲 / 231
- 课题六 光伏系统的安装及维护 / 233
- 练习与提高 / 234

附录 / 235

- 附录一 我国主要城市的辐射参数表 / 235
- 附录二 光伏行业名词解释和术语 / 237

主要参考文献 / 244

第一单元

概述

教学目标

1. 了解太阳能光伏发电运行方式与原理。
2. 掌握太阳能光伏发电系统的基本组成及各部分的功能。
3. 了解我国太阳能光伏产业现状及需要解决的问题和途径。

太阳表面温度高达 $6\,000^{\circ}\text{C}$, 内部不断进行核聚变反应, 并且以辐射方式向宇宙空间发射出巨大的能量。太阳能发电指把太阳照射的能量转化为电能。太阳能电池是直接将太阳能变成电能的半导体器件。太阳能是一种取之不尽、用之不竭的能源。据估算, 地球上每年接收的太阳能相当于地球上每年燃烧其他燃料所获能量的 $3\,000$ 倍, 因此大力开发与利用太阳能的技术是 21 世纪的高新技术, 利用太阳能发电也是新能源开发与利用最理想的方法。当然, 要使太阳能发电真正达到实用要求, 一是要提高太阳能光电变换效率并降低其成本; 二是要实现太阳能发电同现有电网的并网。

课 题 一

太阳能光伏发电系统的基本原理及运行方式

知识要点

太阳能光伏发电系统的基本原理

一、太阳能光伏发电的工作原理

太阳能光伏发电的能量转换器是太阳能电池，又称光伏电池。太阳能电池发电的原理是光生伏特效应。当太阳光(或其他光)照射到太阳能电池上时，电池吸收光能，产生光生电子—空穴对。在电池内建电场的作用下，光生电子和空穴被分离，电池两端出现异号电荷的积累，即产生光生电压，这就是“光生伏特效应”。若在内建电场的两侧引出电极并接上负载，则负载就有光生电流流过，从而获得功率输出，这样太阳的光能就直接变成了可以付诸实用的电能。

我们可以把上述太阳能电池将光能转换成电能的工作原理概括成以下 3 个过程：

第一，太阳能电池吸收一定能量的光子后，半导体内产生电子—空穴对，两者极性相反。

第二，电极性相反的光生载流子被半导体 PN 结所产生的静电场分开。

第三，光生载流子电子和空穴分别被太阳能电池的正、负极所收集，并在外电路产生电流，从而获得电能。

查一查

目前，新能源的开发有哪些方向？太阳能发电占有怎样的地位？

做一做

制作太阳能动力小车。

二、太阳能光伏发电的运行方式

通过太阳能电池将太阳辐射能转换为电能的发电系统统称为太阳能光伏发电系统（简称 PV）。目前，在工程上广泛应用的光电转换器件——晶

体硅太阳能电池,生产工艺较成熟,已进入大规模产业化生产,应用于工业、农业、科技、文教、国防和人民生活的各个领域。

地面太阳能光伏发电系统的运行方式,主要分为独立太阳能光伏发电系统和并网太阳能光伏发电系统两大类。独立太阳能光伏发电系统一般应用于远离公共电网的无电地区和为一些农牧渔民的基本生活用电及通信中继站、航标、气象台站、边防哨所等特殊处所提供电源。并网太阳能光伏发电系统是与公共电网相连的太阳能光伏发电系统,它使太阳能光伏发电进入大规模商业化发电阶段,成为电力工业组成部分之一,也是当今世界太阳能光伏发电技术发展的主流趋势。特别是光伏电池与建筑结合的联网屋顶太阳能光伏发电系统,是众多发达国家竞相发展的热点。可以说,并网太阳能光伏发电系统发展迅速,市场广阔,前景诱人。

议一议

两种运行方式各有什么特点?

阅读材料

太阳能光伏技术应用

20 世纪 60 年代,科学家们就已经将太阳能电池应用于空间技术——为通信卫星供电。20 世纪末,人类对于光伏发电这种清洁和直接的能源形式已愈加亲切,它不仅在空间应用,而且在众多领域中大显身手。太阳能光伏发电系统典型应用举例如图 1-1 所示。

(1) 太阳能电源用户: ① 小型电源 10~100W 不等,用于边远无电地区如高原、海岛、牧区、边防哨所等军民生活用电;② 3~5kW 家庭屋顶并网发电系统;③ 光伏水泵,解决无电地区的深水井饮用和灌溉问题。

(2) 交通领域: 如航标灯、交通/铁路信号灯、交通警示/标志灯、路灯、高空障碍灯、高速公路/铁路无线电话亭、无人值守道班供电等。

(3) 通讯/通信领域: 太阳能无人值守微波中继站、光缆维护站、广播/通信/寻呼电源系统;农村载波电话光伏系统、小型通信机、士兵 GPS 供电等。

(4) 石油、海洋、气象领域: 石油管道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/水文观测设备等。

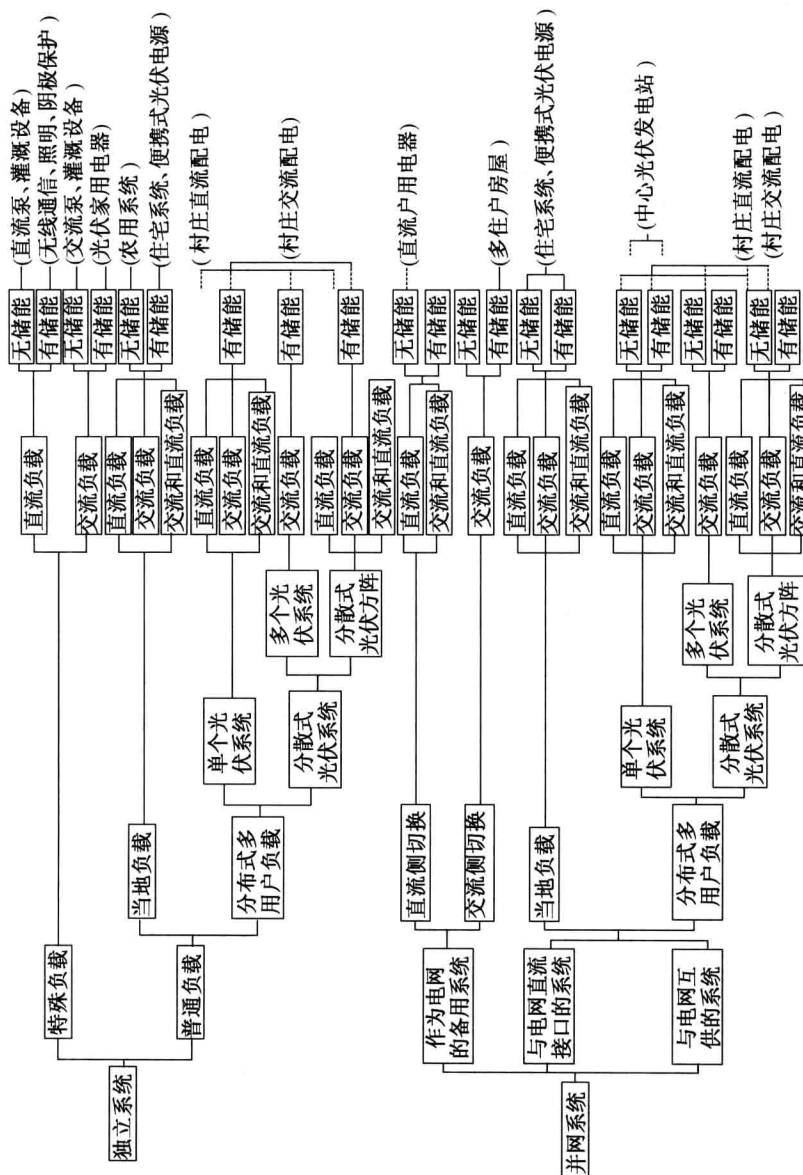


图 1-1 太阳能光伏发电系统典型应用举例

注：① 柴油发电机组、风力发电设备等其他发电方法可用来代替配合储能子系统使用。

② 对于光伏 / 光热混合系统，仅考虑光伏部分。

(5) 家庭灯具电源: 如庭院灯、路灯、手提灯、野营灯、登山灯、垂钓灯、黑光灯、割胶灯、节能灯等。

(6) 光伏电站: $1.0 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^7 \text{ W}$ 独立光伏电站、风光(柴)互补电站、各种大型停车场充电站等。

(7) 太阳能建筑: 将太阳能发电与建筑材料相结合, 使得未来的大型建筑实现电力自给, 是未来一大发展方向。

(8) 其他领域: ① 与汽车配套的包括太阳能汽车/电动车、电池充电设备、汽车空调、换气扇、冷饮箱等; ② 太阳能制氢加燃料电池的再生发电系统; ③ 海水淡化设备供电; ④ 卫星、航天器、空间太阳能电站等。

目前, 美国、日本、印度及欧洲各国特别是德国等都在大力发展太阳能电池的应用, 已开始实施的“十万屋顶”计划、“百万屋顶”计划等, 极大地推动了光伏市场的发展, 前途十分光明。

课题二

太阳能光伏发电系统的组成

知识要点

太阳能光伏发电系统组成

根据用电负载的特点,独立太阳能光伏发电系统可分为直流系统、交流系统和交直流混合系统几种,其主要区别是系统中是否带有逆变器。一般来说,独立太阳能光伏发电系统主要是由太阳能电池方阵、太阳能控制器、蓄电池(组)组成的。若输出电源为交流 220V 或 110V,则需要配置逆变器。独立太阳能光伏发电系统组成框图如图 1-2 所示。

查一查

太阳能光伏技术应用在哪些方面?

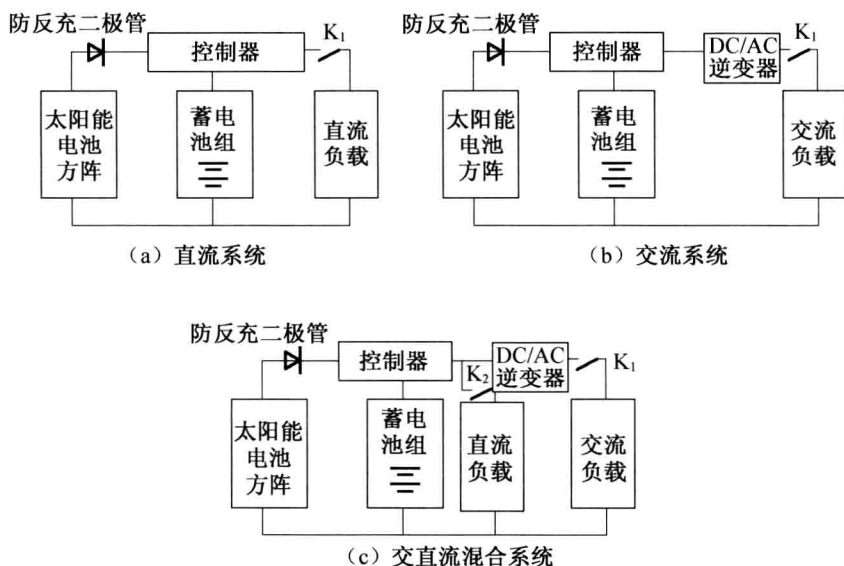


图 1-2 独立太阳能光伏发电系统组成框图