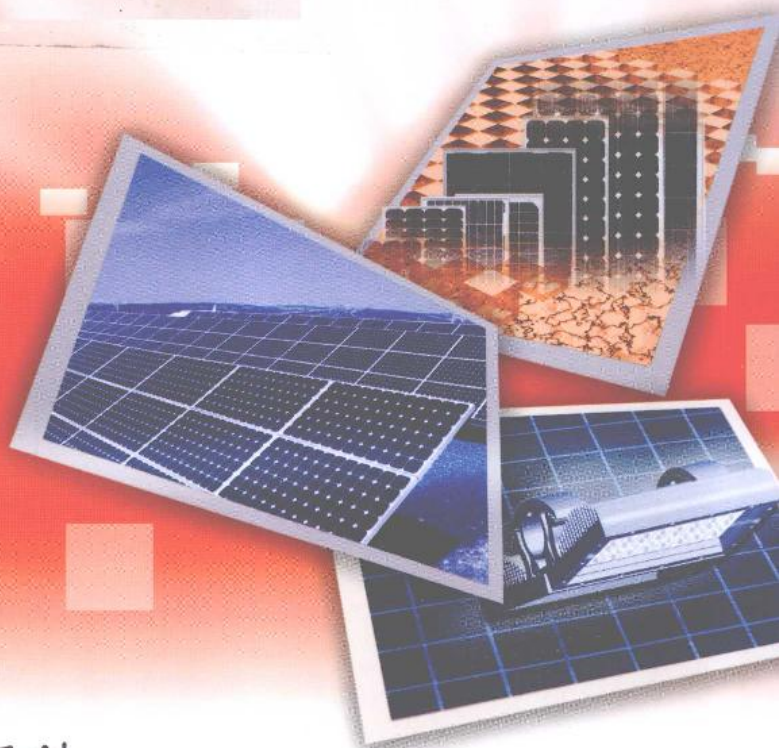


职业院校理论实践一体化系列教材

光伏组件加工实训

郑军/著



 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



欢迎登录 **免费** 获取优质教学资源
<http://www.hxedu.com.cn>

职业院校理论实践一体化系列教材

- ◇ 光电子技术基础与技能
- ◇ 光伏技术基础与技能
- ◆ **光伏组件加工实训**
- ◇ 光电器件测试技术
- ◇ 光电器件封装工艺
- ◇ LED技术应用



策划编辑：刘永成
责任编辑：刘永成

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。



ISBN 978-7-121-11767-1



9 787121 117671 >

定价：23.50元

职业院校理论实践一体化系列教材(光伏专业)

光伏组件加工实训

郑 军 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以光伏组件(太阳能电池)生产加工的工作任务和岗位职业能力分析为基础,建立了“以工作过程为主线,项目课程为主体”的课程体系;以典型太阳能电池组件加工过程为载体,结合企业生产标准和技术规范,在操作实训中详细讲解了实用的工艺知识与岗位技能,突出实用性和工艺性,以操作为主,理论为辅,涵盖了太阳能电池工国家职业资格证书的操作考核内容和要求。全书分为9个项目,主要包括光伏组件加工基础,太阳能电池片的检测,EVA、TPT、钢化玻璃和焊料的制备,电池片的焊接工艺,激光划片,叠层和滴胶工艺,层压工艺,固化、装框与清洗,光伏组件的检测与装箱,光伏系统的设计、安装与施工,每个项目中包含相关知识、操作准备、任务要求、技术规格和标准、注意事项、操作过程和工艺、数据记录和实训总结评价等。

本书可作为职业院校光伏技术及相关专业的教材,也可作为从事太阳能电池生产和维修人员的培训及自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

光伏组件加工实训/郑军著. —北京:电子工业出版社,2010.9

职业院校理论实践一体化系列教材·光伏专业

ISBN 978-7-121-11767-1

I. ①光… II. ①郑… III. ①太阳能电池—加工—专业学校—教材 IV. ①TM914.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第173720号

策划编辑:刘永成

责任编辑:刘永成

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:10 字数:256千字

印 次:2010年9月第1次印刷

印 数:3000册 定价:23.50元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

自从1839年法国科学家 E. Becquerel 发现光生伏特效应以来，太阳能发电技术已经经过了160多年漫长的发展历史。在20世纪50年代，美国贝尔实验室三位科学家首次研制成功实用的单晶硅太阳能电池，诞生了将太阳光能转换为电能的实用光伏发电技术，在太阳能电池发展史上起到了里程碑的作用。进入21世纪以来，发展太阳能发电（光伏发电）产业已经成为全球各国解决能源与经济发展、环境保护之间矛盾的最佳途径之一，光伏技术的发展变得十分迅猛，日新月异。

人们普遍认为，第一代太阳能电池主要是基于半导体晶片的，采用单晶硅、多晶硅或GaAs材料制作完成，其生产技术和工艺已十分成熟可靠。第二代太阳能电池是基于薄膜技术的，主要包括多晶硅、非晶硅、碲化镉以及铜铟硒等材料的薄膜太阳能电池。第三代太阳能电池是21世纪太阳能电池的主要发展方向，主要有叠层太阳能电池、纳米太阳能电池等。

本书以第一代太阳能电池为对象，系统地介绍了光伏（太阳能电池）组件生产各个环节的加工工艺，全书以产品加工工序为主线，共分为九章，主要包括光伏组件加工基础，太阳能电池片的检测，EVA、TPT、钢化玻璃和焊料的制备，电池片的焊接工艺，激光划片、层叠及滴胶工艺，层压工艺、固化、清洗与装框工艺，光伏组件的检测与装箱；光伏系统的安装与施工。为更好地使职业教育与企业实际用人需求相接轨，探索职业教育教学的新方法和新理念，提升光伏技术专业学生的操作技能和综合素质，本书依据光伏产业的最新发展动态，结合学校的实际教学需求而编写。

本书在编写过程中，得到了浙江省衢州市教育局、衢州中等专业学校、浙江乐叶光伏有限公司、华电集团乌溪江电厂、江苏常州市源光自动化设备有限公司的领导和技术人员的大力协助和指导，在此表示衷心感谢。

光伏技术是一门新兴的学科，其发展潜力巨大，新的技术、新工艺正在不断涌现，教学理念和教学方法也在不断发展和更新，由于时间仓促，加上作者的水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者
2010年9月

目 录

| | |
|------------------------------|----|
| 1 光伏组件加工基础 | 1 |
| 1.1 光伏发电简介 | 1 |
| 1.2 光伏发电系统构成 | 2 |
| 1.3 光伏产业 | 3 |
| 1.4 太阳能电池类别 | 4 |
| 1.5 光伏组件及其加工工序 | 5 |
| 1.6 6S 管理实训安全及环境保护意识 | 8 |
| 1.7 识读光伏产品加工技术文件及任务指令单 | 11 |
| 阅读材料 生产车间管理制度 | 12 |
| 2 太阳能电池片的检测 | 14 |
| 2.1 认识太阳能电池片 | 14 |
| 2.2 太阳能电池片的外观检测 | 19 |
| 2.3 电池片的电性能测试和分选 | 22 |
| 2.4 太阳能电池片表面特征检查 | 24 |
| 项目评价 | 29 |
| 3 EVA、TPT、钢化玻璃和焊料的制备 | 31 |
| 3.1 EVA 裁剪与备料工艺 | 31 |
| 3.2 TPT 复合薄膜裁剪与备料工艺 | 35 |
| 3.3 钢化玻璃的备料、选购和检测 | 38 |
| 3.4 焊带和助焊剂的使用 | 41 |
| 3.5 EVA 的交联度测量 | 45 |
| 项目评价 | 47 |
| 4 电池片的焊接工艺 | 49 |
| 4.1 焊接工艺简介 | 49 |
| 4.2 手工焊接操作与工艺 | 52 |
| 4.3 电池片单片焊接操作工艺 | 55 |
| 4.4 电池片串联焊接操作工艺 | 58 |
| 项目评价 | 63 |

| | | |
|----------|----------------------|------------|
| 5 | 激光划片、叠层和滴胶工艺 | 65 |
| 5.1 | 激光划片工艺 | 65 |
| 5.2 | 拼接与叠层工艺 | 70 |
| 5.3 | 滴胶工艺 | 76 |
| | 项目评价 | 81 |
| 6 | 层压工艺 | 83 |
| 6.1 | 层压前组件串测试工艺 | 83 |
| 6.2 | 半自动层压操作工艺 | 85 |
| 6.3 | 全自动层压操作工艺 | 90 |
| 6.4 | YG—Y—Z 型全自动层压机介绍 | 95 |
| | 项目评价 | 99 |
| 7 | 固化、装框与清洗 | 101 |
| 7.1 | 光伏组件的固化 | 101 |
| 7.2 | 光伏组件装框 | 104 |
| 7.3 | 接线盒安装 | 109 |
| 7.4 | 组件清洗 | 112 |
| | 项目评价 | 115 |
| 8 | 光伏组件的检测与装箱 | 117 |
| 8.1 | 认识光伏组件 | 117 |
| 8.2 | 光伏组件的性能测试 | 121 |
| 8.3 | 耐压测试操作 | 124 |
| 8.4 | 光伏组件包装与装箱操作 | 128 |
| | 项目评价 | 131 |
| 9 | 光伏系统的设计、安装与施工 | 133 |
| 9.1 | 光伏方阵的设计 | 133 |
| 9.2 | 光伏系统的安装施工 | 137 |
| 9.3 | 光伏系统的维护与管理 | 140 |
| 9.4 | 光伏组件的返修与服务 | 142 |
| | 项目评价 | 149 |
| | 参考文献 | 151 |

1 光伏组件加工基础

1.1 光伏发电简介

石油、煤炭等传统的化石燃料能源正在一天天逐渐减少，其使用过程中对环境造成的污染也日益突出。科学告诉我们，太阳每秒辐射到地球表面的能量高达 80 万千瓦时，假如把其中 0.1% 的能量转化为电能，以 5% 的转换率计算，每年发电量可达 5.6×10^{12} 千瓦时，相当于当前世界每年能量消耗的 40 倍，太阳能是取之不尽、用之不竭、无污染、绿色环保、人类能够随时随地可以自由利用的能源，因此，太阳能发电的发展潜力十分巨大。



小知识

1kW·h (千瓦时) 电能为 1 度电，数值上等于功率为 1kW 的电器运行 1h 所耗费的电能。

利用光生伏特效应，把太阳光能直接转换成电能的过程，称为光伏发电，也称为太阳能发电，相应的产业称为光伏产业。当太阳光或其他光照射到半导体的 PN 结上时，PN 结吸收光子的能量，产生数量相等的正、负电荷，在电场力的作用下，这些电荷被迁移到 PN 结的两侧，从而形成电动势，这就是光生伏特效应。如果外接用电设备形成回路，就可以形成电流。



小知识

PN 结是指在一块纯净的半导体材料（如硅片）相邻的两个区域分别掺入少量其他元素，如磷和铝等，在它们的交界面上所形成一块特殊的区域。

近年来国际上光伏发电技术发展迅速，世界上已经建成了 10 多个兆瓦级光伏发电系统，6 座兆瓦级的联网光伏电站。美国是最早制定光伏发电发展规划的国家，1997 年又提出了“百万屋顶”计划；日本 1992 年启动了新阳光计划，截至 2003 年日本光伏组件生产数量占全世界的 50%，世界前 10 大光伏厂商有 4 家在日本；而德国新可再生能源法规定了光伏发电上网电价，大大推动了光伏发电市场和产业的发展，德国已成为继日本之后世界光伏发电发展最快的国家；瑞士、法国、意大利、西班牙、芬兰等国，也纷纷制定了光伏发展计划，并投巨资进行技术开发和加速光伏发电的产业进程。

中国地处北半球，在广阔的土地上有着丰富的太阳能资源，大多数地区年平均日辐射量在 $4\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 以上，西藏日辐射量最高达 $7\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ ，年日照时数大于 2000h。中国与同纬度的其他国家相比，太阳能资源与美国相近，比欧洲、日本优越得多。我国每年太阳能理论储量相当于 17 000 亿吨标准煤，因此太阳能资源开发利用的潜力非常大。

中国光伏发电产业于 20 世纪 70 年代起步，90 年代中期进入稳步发展时期。经过 30 多年的努力，已迎来了快速发展的新阶段，太阳能电池及其组件产量逐年稳步增加。在“光



明工程”、“送电到乡”和“金太阳工程”等国家大型项目及世界光伏市场的有力拉动下，我国光伏发电产业发展迅猛。到2008年年底，全国光伏系统的累计装机容量达到120MW，从事太阳能电池生产的企业达到60余家，太阳能电池生产能力达到3000MW/年，实际年产量达到1200MW，已超过日本和欧洲，并已初步建立起从原材料生产到光伏系统建设等由多个环节组成的完整产业链。特别是多晶硅材料生产技术取得了重大进展，突破了年产千吨大关，突破了太阳能电池原材料生产的瓶颈制约，为我国光伏发电的规模化发展奠定了基础。2007年是我国太阳能光伏产业快速发展的一年，受益于太阳能产业较好的前景，整个光伏产业出现了前所未有的投资热潮。

**小知识**

MW（兆瓦）为发电功率的单位， $1\text{MW} = 10^3\text{kW}$ 。

**小提示**

金太阳工程：以国家财政补贴的形式，计划用3年的时间，在全国建立500MW的光伏发电示范项目若干个，以支持国内的光伏技术应用。

太阳能光伏发电在不远的将来会占据世界能源消费的重要地位，不但可替代部分常规能源，而且将成为世界能源供应的主体。预计到2030年，可再生能源在总能源结构中占到30%以上，而太阳能光伏发电在世界总电力供应中所占的比例也将达到10%以上；到2040年，可再生能源将占总能耗的50%以上，太阳能光伏发电将占总电力供应的20%以上；到21世纪末，可再生能源在能源结构中占到80%以上，太阳能发电将占到60%以上。这些数字足以显示出太阳能光伏产业的发展前景及其在能源领域重要的战略地位。预计到2050年，中国可再生能源的电力装机将占全国电力装机的25%，其中光伏发电装机将占到5%。未来十几年，我国太阳能装机容量的复合增长率将高达25%以上。

**小提示**

2009年12月国内最大的地面并网型光伏电站——江苏徐州协鑫20MW光伏电站正式投入运行，该电站占地约453335m²，投资回收周期为12年左右。

1.2 光伏发电系统构成

光伏发电系统由光伏组件（或光伏阵列）、控制器、蓄电池、逆变器等部分组成，如图1-1所示。

1. 光伏组件 (PV Modules)

光伏组件是光伏发电系统中的核心部分，它由许多太阳能电池单元组成，可将太阳能转换为电能，电能可以存储在蓄电池中，也可以直接向用电设备供电。大型的光伏发电系统采用光伏阵列，光伏阵列由若干块光伏组件构成。

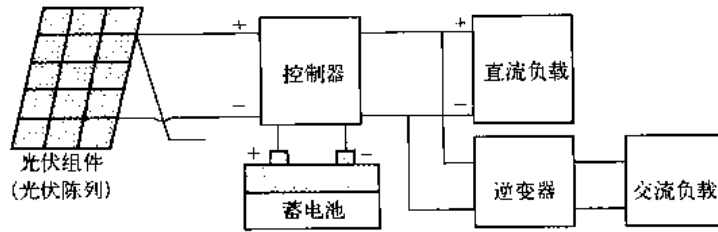


图 1-1 光伏发电系统构成示意图

2. 控制器 (Controller)

控制器是整个光伏发电系统的控制中心，它能控制系统中各个部件的工作状态，还能对蓄电池起到过充电、过放电保护的作用。控制器还具有温度补偿的功能，用于温差较大的地方。有的控制器还具有光控开关、定时开关等其他附加功能。

3. 蓄电池 (Battery)

蓄电池用于储存电能，在光照射光伏组件时将光伏组件输出的电能储存起来，在需要时向用电设备供电。在光伏发电系统中，常采用铅酸免维护蓄电池，在超小型系统中，常采用镍氢电池、镍镉电池或锂电池。

4. 逆变器 (Inverter)

逆变器的作用是将直流电 (DC, Direct Current) 转换成交流电 (AC, Alternate Current)。光伏组件输出 12V、24V 或 48V 直流电，通过逆变器转变成 220V 或 380V 的交流电，向用电设备供电。

1.3 光伏产业

光伏产业包括硅矿的开采、多晶硅的冶炼、单晶硅的提炼、单晶硅的拉棒及切片、光伏电池片的生产、电池组件封装以及光伏电站的建设和运行等环节，相关的产品依次为硅石、粗硅（工业硅）、多晶硅、单晶硅棒、单晶硅片、电池片、光伏组件和光伏阵列，其产业链如图 1-2 所示。

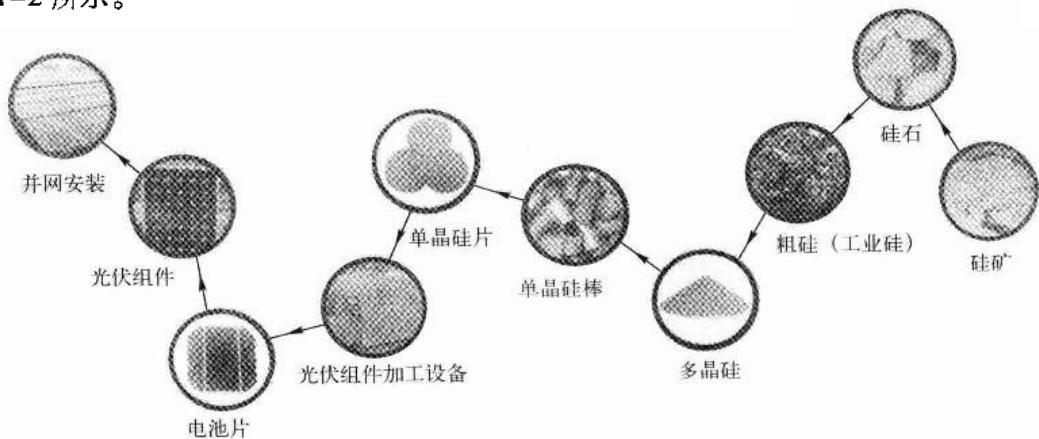


图 1-2 光伏产业链示意图

1.4 太阳能电池类别

由许多太阳能电池片封装组合而成的光伏组件，是光伏发电系统的核心单元。光伏组件内的太阳能电池片，可分为单晶硅太阳能电池、多晶硅太阳能电池、非晶硅太阳能电池和多元化合物太阳能电池4种。

1. 单晶硅太阳能电池

单晶硅太阳能电池由单晶硅片加工制作而成，其产品实物如图1-3所示。它的光电转换效率一般为15%左右，最高可达24%，单晶硅太阳能电池是目前所有种类的太阳能电池中光电转换效率最高的，但其制作成本高，制作工艺难度大。将单晶硅太阳能电池片采用钢化玻璃以及防水树脂进行封装后，其使用寿命一般可达15年，最高可达30年。

2. 多晶硅太阳能电池

多晶硅太阳能电池采用多晶硅片为原料加工制作而成，其产品实物如图1-4所示。它的制作工艺与单晶硅太阳能电池相似，多晶硅太阳能电池的光电转换效率相对较低，一般为12%左右。从制作成本上来讲，多晶硅太阳能电池比单晶硅太阳能电池要便宜一些，其材料制备简便，能源消耗相对较低，总的生产成本较低。但多晶硅太阳能电池的使用寿命比单晶硅太阳能电池短。从性价比上分析，单晶硅太阳能电池比多晶硅太阳能电池性价比要高。

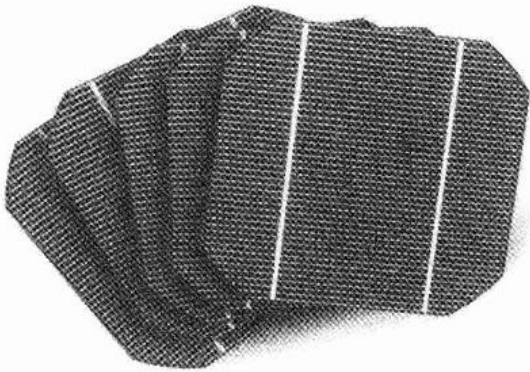


图1-3 单晶硅太阳能电池

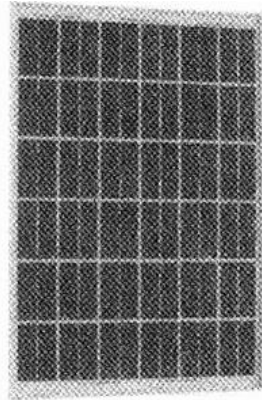


图1-4 多晶硅太阳能电池



小知识

单晶硅和多晶硅的区别在于硅原子的排列方式不同，如果把多晶硅比喻成石墨的话，那么单晶硅就好比是钻石。

3. 非晶硅太阳能电池

非晶硅太阳能电池是一种在薄膜基材上沉淀硅材料的新型薄膜太阳能电池，其产品实物如图1-5所示。它与单晶硅和多晶硅太阳能电池的制作方法完全不同，工艺过程相对大

为简化,硅材料消耗很少,电能消耗更低,它的主要优点是在光强较弱的条件下也能发电。非晶硅太阳能电池存在的主要问题是光电转换效率偏低,稳定性也不高。其光电转换效率一般在6%左右,目前国际先进水平为10%,而且随着使用时间的延长,其转换效率会大幅衰减。

4. 多元化合物太阳能电池

多元化合物太阳能电池采用多种半导体材料及其化合物制成,如图1-6所示。目前还属于开发试验和小批量生产阶段,尚未工业化生产,它的品种繁多,主要有硫化镉(CdS)太阳能电池、砷化镓(GaAs)太阳能电池和铜铟硒(CIS)太阳能电池。

单晶硅太阳能电池和多晶硅太阳能电池已在太阳能发电系统中得到了广泛的应用,而非晶硅和多元化合物太阳能电池的发展潜力巨大,是当前太阳能电池研究和发展的主要方向。



图1-5 非晶硅太阳能电池

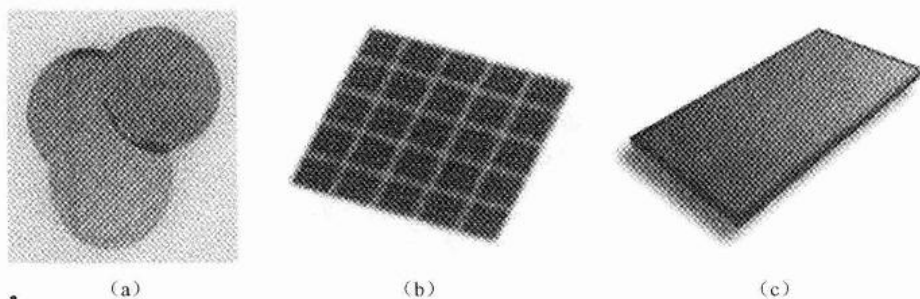


图1-6 多元化合物太阳能电池

1.5 光伏组件及其加工工序

1.5.1 光伏组件分类及结构

太阳能电池片是光电转换的最小单元,尺寸一般为 $4 \sim 100\text{cm}^2$,大规模工业化生产的太阳能电池片,具有输出电压、电流和功率小的电气特性,例如 $125\text{mm} \times 125\text{mm}$ 规格的太阳能电池,其输出电压为0.5V,工作电流约为 $20 \sim 25\text{mA}/\text{cm}^2$,输出功率一般只有2W左右,通常不单独作为电源使用;同时太阳能电池片非常薄脆,不方便操作和使用。将许多太阳能电池片用串、并联的方法组合封装在一起,能独立作为光伏发电设备使用的单元,该单元称为组件,也称为光伏组件,或太阳能电池组件。将太阳能电池片封装成组件后,其功率一般为几瓦到几十瓦或 $100 \sim 200\text{W}$,可以单独作为电源使用。因此,只有将太阳能电池片经过加工和封装形成光伏组件才能获得数值较大的输出电压和功率,同时适应室外恶劣条件的大规模应用。

1. 光伏组件的分类

光伏组件的封装工艺有真空玻璃封装、滴胶封装和EVA(Ethylene-vinyl acetate copoly-



mer, 乙烯-醋酸乙烯共聚物) 胶膜封装 3 种, 如图 1-7 所示。由于 EVA 胶膜封装方法简单易行、成本低, 非常适合工业化生产, 目前大部分的光伏组件生产都采用 EVA 胶膜封装技术, 输出功率在 2W 以下的太阳能电池板通常采用滴胶工艺封装。

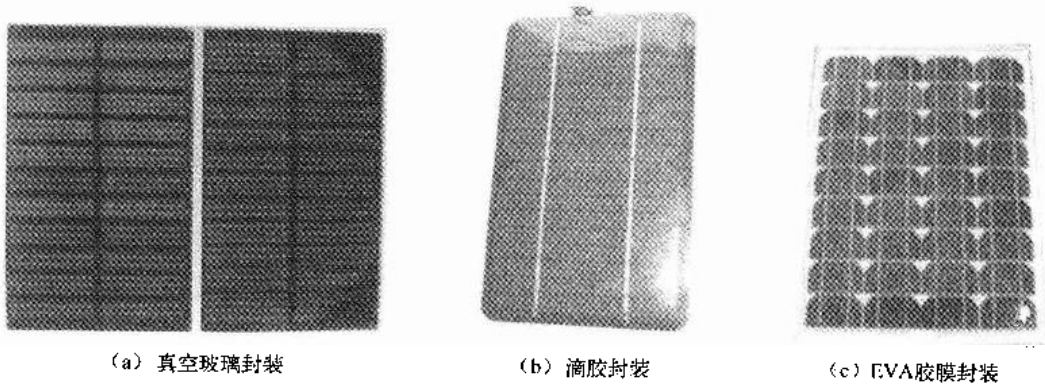


图 1-7 不同封装类型光伏组件

目前光伏组件尺寸大小不一, 有很多规格, 最小的为 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$, 最大的为 $2300\text{mm} \times 3600\text{mm}$ 。光伏组件的标称功率有 2W、10W、20W、40W、80W、110W、230W 等。我国对光伏组件的输出功率做了明确规定, 要求其使用 10 年内输出功率不低于标称功率的 90%; 使用 25 年内输出功率不低于标称功率的 80%。

2. 光伏组件的结构

采用 EVA 胶膜封装的光伏组件, 由钢化玻璃、填充材料 (EVA)、太阳能电池片、引线、接线盒、接线端子、背垫和铝框部件构成。

(1) 钢化玻璃。光伏组件中采用的是低铁钢化玻璃, 钢化玻璃的性能要符合国家标准 GB 9963—1988, 使用其封装后的光伏组件抗冲击性能需达到地面用硅太阳能电池环境试验方法 (国家标准 GB 9535—1988) 中规定的性能指标。在太阳能电池光谱响应的波长范围内 ($320 \sim 1100\text{nm}$) 透光率达 90% 以上, 对于波长大于 1200nm 的红外光有较高的反射率。同时要求钢化玻璃耐紫外光的辐射, 长期使用其透光率不下降。

(2) EVA。EVA 是一种热融胶黏剂, 光伏组件中其填充膜厚度为 0.5mm 左右, 表面平整, 厚度均匀, 内含交联剂。常温下无黏性且具抗黏性, 经过一定热压便发生熔融黏结与交联固化, 形成完全透明的薄层。固化后的 EVA 可承受大气压变化且具有弹性, 它将太阳能电池基片“上盖下垫”, 将其包封, 并和上层保护材料——玻璃, 下层保护材料——背板 (TPT 等) 合为一体。另一方面, 它和玻璃黏合后能提高玻璃的透光率, 起着增透的作用, 对太阳能电池板的功率输出有增益作用。

(3) 背板。背板是指太阳能电池板背面的保护材料, 一般为 TPT、BBF 等含氟类塑料薄膜。这些保护材料具有良好的抗环境侵蚀能力、绝缘能力, 并且可以和 EVA 良好黏结。太阳能电池的背面覆盖物——含氟塑料薄膜为白色, 对阳光起反射作用, 因此可提高电池片的光电转换效率, 并因其具有较高的红外光反射率, 还可以降低电池板的工作温度, 有利于保证电池板的转换效率。含氟塑料薄膜也满足了太阳能电池封装所要求的耐老化、耐腐蚀、不

透气等基本要求。

(4) 接线盒。接线盒一般由 ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene, 丙烯腈、丁二烯和苯乙烯的三元共聚物) 制成, 并加有防老化和抗紫外辐射剂, 能确保在室外使用 25 年以上不出现老化破裂现象。接线柱由外表面镀有镍的铜制成, 可以确保电气连接的可靠性。接线盒用硅胶黏结在背板表面。

(5) 铝合金边框。光伏组件边框采用硬质铝合金制成, 其表面氧化层厚度大于 $10\mu\text{m}$, 可以保证在室外环境使用长达 25 年以上。

1.5.2 光伏组件的加工工序

光伏组件加工工艺是太阳能光伏产业链的重要组成部分, 通过此环节将一片片脆弱的太阳能电池片封装成可以在恶劣的户外环境下能可靠运行的光伏组件。光伏组件的加工工序分为电池片检测、电池片焊接、组件层叠、组件层压、边框和接线盒安装、成品测试和包装入库等多道工序, 如图 1-8 所示。

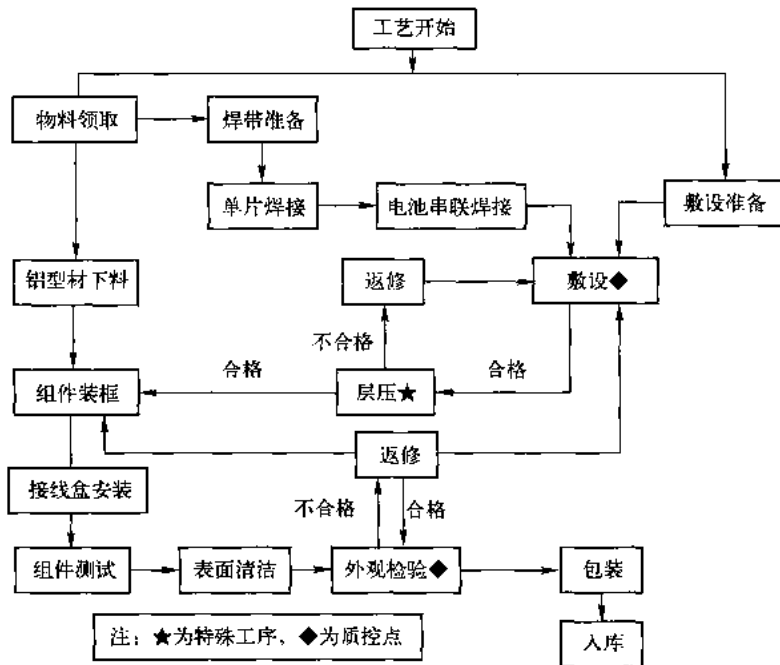


图 1-8 工艺流程图

(1) 电池片检测。批量生产的电池片其性能不尽相同, 为了有效地将性能一致或相近的电池片组合在一起, 应根据其性能参数进行分类。通过测试电池片的输出参数, 对其进行分类, 以提高电池片的利用率, 做出质量合格的光伏组件。

(2) 电池片单片焊接。将汇流带焊接到电池片正面 (负极) 的主栅线上形成导电通路。

(3) 电池片的串联焊接。将若干片电池串接在一起形成一个组件串。

(4) 层叠。将组件串、玻璃和切割好的 EVA、玻璃纤维、背板按照一定的次序敷设好, 准备进入下一工序。



(5) 层压。将敷设好的电池放入层压机内,通过抽真空将组件内的空气抽出,然后加热使 EVA 熔化,将电池、玻璃和背板黏结在一起,最后冷却取出组件。

(6) 边框安装。为组件安装边框可增加其强度,进一步密封电池组件,延长使用寿命。首先在铝合金边框凹槽内均匀地涂覆硅胶,硅胶厚度适中,然后将组件嵌入铝合金凹槽中,用螺丝刀将不锈钢自攻螺钉拧入铝合金安装孔。

(7) 接线盒安装。在组件背面引线处焊接接线盒,以利于组件与其他设备及其内部的电池片间的连接。首先将引出端的汇流带短接,对层压完毕的组件进行放电,在接线盒边缘靠近组件边缘处引出汇流带,将接线盒平放在工作台上。然后用注胶枪在基底上涂覆硅胶,将接线盒固定于组件正中间。

(8) 成品组件测试。成品组件测试包括高压测试和等级测试,进行高压测试时,在组件边框和电极引线间施加一定的电压,测试组件的耐压性能和绝缘强度,以保证组件在恶劣的自然条件下(如雷击等)不被损坏。等级测试的目的是对电池的输出功率进行标定,测试其输出特性,确定组件的质量等级。

1.6 6S 管理实训安全及环境保护意识

1.6.1 6S 管理

6S 管理由整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全 6 个方面构成。因其英语发音都是以 S 开头,故而被称为 6S。

整理是指将实训场所内当前需要与不需要的东西予以区分。如把多余的工具、材料、半成品、成品、文具等搬离实训场所,集中并分类予以标识管理,使实训现场只保留当前需要的东西,让实训现场整齐、美观,使实训人员能在舒适的环境中进行实训学习。

整顿是指将实训现场需要的东西予以定量、定点处理并予以标识,存放在使用时能随时可以拿到的位置,这样可以避免因寻找物品而浪费时间。

清扫是指使实训场所没有垃圾、污物,设备没有灰尘、油污。需要将整理、整顿过的东西时常予以清扫,保持随时能用的状态,并在清扫的过程中通过目视、触摸、嗅、听来发现不正常的根源并予以改善。

清洁是指将整理、整顿、清扫后的清洁状态予以维持,更重要的是要找出不清洁的根源并予以排除。例如实训场所污物的源头,造成设备油污的漏油点,设备的松动等原因和现象。

素养就是全员参与整理、整顿、清扫、清洁的实训,保持整齐、清洁的实训环境,为了做好这个实训而制订各项相关标准供大家遵守,同时使大家都能养成遵守标准的习惯。

安全是指将实训场所可能造成安全事故的发生源予以排除或预防。如应将可能导致电气设备损坏、地面油污、过道堵塞、安全门堵塞、灭火器失效、材料和成品堆积过高有倒塌危险等的不良因素进行预防或排除,如图 1-9 所示为实训场地保证安全的一项预防措施标牌。



图 1-9 保证安全的预防措施



实训场所实行6S管理可以提升实训场所形象、提高实训效率、保证实训质量和有效性,提高实训设备的使用寿命、减少实训材料的浪费、降低成本,从而保证安全有序地开展实训工作。

1.6.2 实训安全

实训场所的安全主要是指人身安全和设备安全,应防止生产中发生意外安全事故,消除各类事故隐患。实训场所应通过制定各种规章制度以及利用各种方法与技术,使实训人员牢固树立“安全第一”的观念,使实训场所设备与实训人员的安全防护得以保证。实训人员必须认真学习和贯彻有关安全生产、劳动保护的政策和规定,严格遵守安全技术操作规程和各项安全生产制度。

1. 安全规章制度

在实训室进行各项实训时,应遵守以下几项规章制度。

- (1) 参加安全活动,学习安全技术知识。
- (2) 认真执行交接班制度,交接班前必须认真检查本实训环节的设备和安全设施是否安全完好。
- (3) 精心操作,严格执行工艺规程,遵守纪律,记录清晰、真实、整洁。
- (4) 按时巡回检查,准确分析判断和处理生产过程中出现的异常情况。
- (5) 认真维护保养设备,发现缺陷应及时消除,并做好记录,保持作业场所的清洁。
- (6) 正确使用、妥善保管各种劳动防护用品、器具和防护器材、消防器材。
- (7) 严禁违章作业,及时劝阻和制止他人违章操作,发生异常现象时应及时向值班教师或实训指导老师报告。

2. 实训室管理安全规则

为了便于开展实训活动,应遵守以下几项实训室安全规则。

- (1) 实训室应保持整齐清洁。
- (2) 实训室内的通道、安全门进出口应保持畅通。
- (3) 工具、材料等应分类存放,并按规定安置。
- (4) 实训室内保持通风良好、光线充足。如在焊接工艺的实训中,应注意保持空气流通,以防对身体造成危害。
- (5) 安全警示标志醒目到位,各类防护器具放置可靠,方便使用。如图1-10所示为一些常用安全警示牌。
- (6) 进入实训室的人员应按实训要求佩戴实训人员标志卡,穿好实训服等其他劳动防护用品。

3. 设备操作安全规则

操作实训室设备时,应注意以下一些安全规则。

- (1) 严禁为了操作方便而拆下设备的安全装置。
- (2) 使用工具和设备前应熟读其使用和操作说明书,并按操作规程正确操作。
- (3) 未经许可,不得擅自操作使用不熟悉的设备。
- (4) 禁止未经许可多人同时操作同一台设备。



图 1-10 安全警示牌示例

- (5) 定时维护、保养设备。发现设备故障应做记录，并请专人维修。
- (6) 如发生事故应立即停机，切断电源，并及时报告指导教师，注意保持现场。
- (7) 严格执行安全操作规程，严禁违规进行实训操作。

1.6.3 环境保护常识

环境保护是指人类为解决现实或潜在的环境问题，协调人类与环境的关系，保障社会经济持续发展而采取的各种行动。新型能源的绿色环保特点使太阳能发电产业迅速崛起，然而光伏组件生产环节中的“高污染”却给原本是“绿色”的产业抹上了黑色的一笔。一些被寄予厚望的光伏高新技术企业，被披露随意倾倒工业副产品如四氯化硅等，严重污染了周边的村庄、农田、河流和空气，造成很多不良的影响。

工业和信息化部制定的《电子产品生产污染防治管理法》明确禁止相关产品类含铅生产、加工和销售。因此，对于光伏实训的焊接工艺，应做到焊料、元器件、PCB 板和焊接设备的无铅化。配套采用的助焊剂应降低醇类溶剂的使用，逐步推广环保助焊剂，推行 RoHS 标准。

RoHS 为欧盟议会和欧盟理事会于 2003 年 1 月通过的一项指令，其全称是 The Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipments，即在电子电气设备中限制使用某些有害物质的指令，其中明确规定了 6 种有害物质的最大限量值。这 6 种有害物质为镉 (Cd)、铅 (Pb)、汞 (Hg)、6 价铬 (Cr^{6+})、多溴联苯 (PBB)、多溴联苯醚 (PBDE)。