

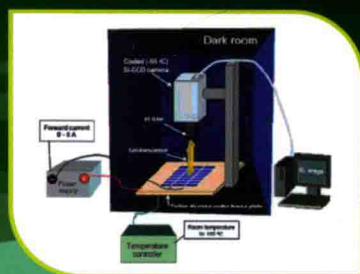
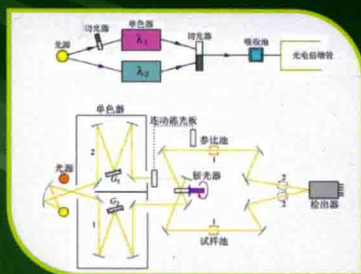


国家新能源类专业教学资源库建设配套教材
新能源系列 —— 光伏发电技术及应用专业规划教材

光伏产品检测技术

段春艳 班群 林涛 主编

GUANGFU
CHANPIN
JIANCE JISHU





国家新能源类专业教学资源库建设配套教材
新能源系列 —— 光伏发电技术及应用专业规划教材

光伏产品检测技术

段春艳 班 群 林 涛 主 编
冯 源 曾 飞 张万辉 副主编



GUANGFU
CHANPIN
JIANCE JISHU



化学工业出版社

· 北 京 ·

《光伏产品检测技术》采用模块划分、任务分解的结构体系来编写,按照知识内容和光伏产业链上、中、下游的生产流程检测技术,划分为光伏产品检测技术概述、硅片检测技术、太阳电池检测技术、光伏组件检测技术、光伏系统部件及光伏电站检测技术五个模块,每个模块划分为若干任务,让学生系统地全面地学习知识和技能。

《光伏产品检测技术》可作为应用型本科和职业院校光伏发电技术及应用、光伏技术应用、光伏产品检测技术等相关专业的教材,也可供从事光伏产业的技术人员和技术工人学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

光伏产品检测技术/段春艳,班群,林涛主编. —北京:
化学工业出版社, 2016. 5
(新能源系列)
光伏发电技术及应用专业规划教材
ISBN 978-7-122-26498-5

I. ①光… II. ①段… ②班… ③林… III. ①光电池-
检测-教材 IV. ①TM914. 07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 049619 号

责任编辑: 刘 哲
责任校对: 吴 静

装帧设计: 韩 飞

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 296 千字 2016 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

《光伏产品检测技术》

编写人员

主 编 段春艳 班 群 林 涛

副 主 编 冯 源 曾 飞 张万辉

参编人员 曾 飞 张万辉 胡昌吉 章大钧

屈柏耿 谭建斌 彭 强 程光蕾

前言

光伏产品检测技术
GUANGFU CHANPIN JIANCE JISHU

随着煤炭、石油等不可再生能源可开采量的减少,关系国计民生的能源短缺问题日益突出,而且传统能源所带来的环境污染问题也急需解决,发展清洁可再生能源是中国走可持续发展之路的必然选择。太阳能作为人类取之不尽的清洁能源,势必将在未来中国经济发展中起到举足轻重的作用。

世界光伏产业在过去十年间以每年 30%~40% 的增长速度飞速发展,2014 年年底,世界各地光伏累计装机量 177GW,刷新了史上最高纪录,当年新增装机容量为 31GW,相比上一年的 27.9GW,涨幅达 11%。光伏产业是我国重点发展的战略性新兴产业,到 2014 年,多晶硅材料、硅片、太阳电池片和光伏组件的产能分别约占世界的 43%、76%、59%、70%。从 2013 年国家出台系列扩大国内应用市场的政策后,国内装机容量增长幅度较快,2012 年为 7GW,到 2014 年为 45.4GW,2014 年国内新增装机容量 7.1GW。预计到 2050 年,我国太阳能发电将在整个能源结构中占 20%~50% 的比例。由于光伏产业的快速发展,训练有素的光伏产业技术工人和从事光伏发电系统技术设计、施工的专业技术人才大量短缺。职业教育与行业发展紧密相关,大规模培养高级技术技能型人才,对于贯彻人才强国战略、提升自主创新能力和产业竞争力、促进产业转型升级以及促进就业,都具有重要意义。

本教材是光伏应用技术专业、光伏产品检测技术专业等和光伏技术相关专业的新能源类教材,在市场上相类似的教材种类较少。本教材会对高职高专光伏相关专业学生的学习有较大的帮助。为适应这个层次学生知识和技能的学习,书中不会出现过于简单(偏操作)和难于理解(偏理论)的现象,具有较强的教学实施性。本书也可供光伏产品检测方面的技术人员学习和参考。

本教材采用模块划分、任务分解的结构体系来编写,按照知识内容和光伏产业链上、中、下游的生产流程检测技术,划分为光伏产品检测技术概述、硅片检测技术、太阳电池检测技术、光伏组件检测技术、光伏系统部件及光伏电站检测技术五个模块,每个模块划分为若干任务,让学生能够按照任务驱动法系统而全面地学习知识和技能。同时使学生在在学习岗位技能的同时,可以根据实际情况选学知识,提高理论知识水平(结合了高职学生的特点)和技术改革能力,为培养具有一定创新能力和工艺技术改造能力的高端技术技能型人才奠定基础。

本教材由段春艳、班群、林涛主编，冯源、曾飞、张万辉为副主编。段春艳编写模块一和模块五，冯源编写模块二，班群编写模块三，林涛编写模块四，曾飞、张万辉、胡昌吉、章大钧、屈柏耿、谭建斌、彭强、程光蕾参加了编写工作。教材整体的模块资料校准、修订和补充主要由段春艳、班群完成。本书在编写过程中得到了广东爱康太阳能科技有限公司、顺德光伏质检中心、顺德中山大学太阳能研究院等单位的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正，提出宝贵意见，以便我们在重印和修订中及时改正。

编者

目 录

光伏产品检测技术
GUANGFU CHANPIN JIANCE JISHU

模块一 光伏产品检测技术概述 1

任务一 光伏产品检测认识	1
任务二 了解光伏产品检测技术发展概况	5
复习与思考题	7

模块二 硅片检测技术 8

任务一 了解硅片检测标准	8
任务二 硅片基本电学参数检测	15
任务三 单晶硅晶向定向	31
任务四 单晶位错密度检测	36
任务五 红外吸收法测定晶体硅硅片中碳、氧含量	44
复习与思考题	53

模块三 太阳能电池检测技术 54

任务一 晶体硅太阳能电池检测技术分析	54
任务二 太阳能电池外观检测	58
任务三 太阳能电池电学参数测量	62
任务四 太阳能电池基于红外成像技术的检测	75
任务五 太阳能电池光学性能检测	82
任务六 太阳能电池银浆、铝浆测试	99
复习与思考题	104

模块四

光伏组件检测技术

105

任务一	光伏组件生产流程分析	105
任务二	光伏组件检测标准	108
任务三	光伏组件材料检测技术	111
任务四	光伏组件电学性能测试	118
任务五	光伏组件温度参数测试	121
任务六	光伏组件抗老化能力测试	128
任务七	光伏组件机械强度试验	134
任务八	光伏组件 PID 测试	139
复习与思考题		142

模块五

光伏系统部件及光伏电站检测技术

143

任务一	光伏组件阵列检测技术	143
任务二	光伏逆变器检测技术	152
任务三	户外光伏系统安装调试与性能测定	161
任务四	电能质量测试仪的操作方法	165
任务五	红外热成像仪测试技术	174
复习与思考题		180

参考文献

181

模块 一

光伏产品检测技术概述

任务一 光伏产品检测认识

任务目标

- ① 了解光伏产品检测的分类。
- ② 了解光伏产品检测相关的各种标准。
- ③ 了解光伏产品认证体系。

【任务实施】

1.1.1 光伏产品检测的概念

光伏测试，又称太阳能光伏测试，是光伏行业为验证产品、原料、工艺、电站等最终性能是否符合行业标准而按照规定的方法、程序进行的实验室及户外检测。

1.1.2 光伏产品检测的分类

光伏产品检测根据光伏产业链的整个过程，可以分为电池原材料测试、硅片测试、电池片测试、光伏组件及辅料测试、光伏系统部件及光伏电站测试。如晶硅太阳能电池及相关光伏组件在生产中会用到单晶硅/多晶硅片、银浆、单晶硅电池片/多晶硅电池片、TPT 背板、光伏玻璃、EVA、封装材料等，都需要进行原料和产品的成品性能测试。

① 在线工艺测试 在生产过程中为了监控产品质量进行的测试，如电池片在线分选、组件在线 EL、IV 检测等，在产业链的各个阶段都需要在线检测。

② 组件测试 组件是光伏发电中的核心部件，要满足各个国家和行业制定的性能及安全标准。常见的测试有机械性能测试、电性能测试、环境老化测试和安全性能测试等。

③ 系统测试 光伏发电中的一个重要组成部分，包括逆变器、汇流箱等多种部件的性能及安全测试。

④ 电站及并网测试 光伏组件和系统安装在户外后要进行调试和性能测定，并网前、并网后也要测试其发电性能及发电质量，对电网的冲击，发电过程中的衰减、波动等。



1.1.3 检测标准简介

现行的光伏测试标准包括成品标准、安全标准、工艺标准、原料标准、试验方法标准、仪器标准、设备标准、质量体系标准等。制定标准的机构有 IEC、UL、CNAS、AS、GB、EN、DIN、JIS 等各个国家和测试认证机构。

IEC 的标准举例如下：

- IEC 608912.02009-12-14 晶体硅光伏器件测量特性 I-V 的温度修正和辐照度修正的方法
- IEC 60904-SER1.02011-10-31 光电器件—系列标准
- IEC 60904-12.02006-09-13 光电器件 第 1 部分：光电池电流-电压性能的测定
- IEC 60904-22.02007-03-20 光电器件 第 2 部分：标准太阳能电池的要求
- IEC 60904-32.02008-04-09 光电器件 第 3 部分：地面用光伏器件的测量原理及标准光谱辐照度资料
- IEC 60904-41.02009-06-09 光电器件 第 5 部分：用开路电压法确定光伏（PV）器件的等效电池温度（ECT）
- IEC 60904-52.02011-02-17 光电器件 第 1 部分：光电池电流-电压性能的测定
- IEC 60904-73.02008-11-26 光电器件 第 7 部分：光伏器件测量过程中引起的光谱失配误差的计算
- IEC 60904-82.01998-02-26 光电器件 第 8 部分：光伏器件光谱回应的测量
- IEC 60904-92.02007-10-16 光电器件 第 9 部分：太阳能模拟器性能要求
- IEC 60904-102.02009-12-17 光电器件 第 10 部分：线性测量方法
- IEC 611941.01992-12-15 独立光伏系统的特性参数
- IEC 612152.02005-04-27 地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定型
- IEC 613451.01998-02-26 光伏组件的紫外试验
- IEC 616462.02008-05-14 地面用薄膜光伏组件设计鉴定和定型

1.1.4 光伏产品认证

太阳能光伏产品进入市场，基本上都要求通过各个国家的认证要求，如欧洲的 EN，IEC 61215，IEC 61703，中国的 GB 及金太阳认证体系，美洲的 UL，还有澳洲、日本、韩国都有自己的认证体系。光伏产品的质量一般都需要第三方认证机构出具相应的认证证书，这对最终用户的选型和银行金融机构的资金担保非常重要。常见的第三方认证有 VDE，TÜV 莱茵，TÜV-NORD，TÜV-SÜD，CGC，UL，JET，NRTL，CSA 等各个国家自己制定的认证要求。与测试实验室不同，这些第三方认证机构出具认证报告，自己或委托测试实验室进行产品测试。

从基本要求来看，这些认证体系都包含了以下要素。

(1) 质量体系检查

对产品的生产厂的质量保证能力进行检查和评定。任何一个企业要想有效地保证产品质量持续满足标准的要求，都必须根据企业的特点建立质量体系，使所有影响产品质量的因素均得到控制。质量体系包括组织机构、职责权限、各项管理办法、工作程序、资源和过程等。产品认证活动是证明产品质量是否符合标准或技术规范的要求。

(2) 型式检验

型式检验是证明产品能否满足产品技术标准的全部要求所进行的检验。检验用样品可由



认证机构的审核组在生产厂随机抽取,由独立的检验机构依据标准进行检验,所出具的检验结果,只对所送样品负责。

(3) 监督检验

保证带有产品认证标志的产品质量可靠并符合标准,是产品质量认证制度得以生存和发展的基础。因此,如何确保获得认证的产品持续符合标准的要求,是认证机构十分关心的问题,定期对获准认证的产品进行监督检验,是解决这一问题的措施之一。监督检验就是对获准认证的产品从生产企业的最终产品中,或从市场上抽取样品,由认可的独立实验室进行检验。

(4) 监督检查

对获准认证产品的生产厂的质量体系进行定期或不定期复查,是保证认证产品质量持续符合标准要求的又一项监督措施。监督检查的内容重点是初次检查时发现的不合格项和观察项的改进,以及直接影响产品质量的关键环节的控制有效性,质量体系的改进是否能保证产品质量的要求等。

对于光伏产品,目前国际上主要有两种标准体系:由国际电工委员会主导制定的 IEC 系列标准和由美国保险商实验室主导制定的 UL 系列标准。

在光伏行业中,IEC 系列标准被世界各国的标准化组织广泛接受,如欧洲的 EN 标准、英国的 BS EN 标准以及中国的 GB 标准等,都是基于或等同引用 IEC 标准。其中 IEC 60904 光伏器件系列标准是光伏组件系列标准的基础,对于光伏组件的很多测试,要引用其中的测试方法。

与其他大部分国家不同,美国与加拿大在光伏行业采用自成体系的 UL 系列标准。

目前对于光伏组件产品,国际认证体系主要分为两种:认证机构测试认证和监管机构注册认证。

(1) 认证机构测试认证

该方式是目前应用最广泛的认证方式,生产企业必须要到销售目标国家政府指定的检测机构申请测试,并获得证书,之后方可在该国顺利销售。典型的代表如下。

① 德国 德国是最早大规模使用太阳能发电的国家之一,每年的光伏组件装机容量都占到全球总量的 50% 以上。德国政府目前指定的认证机构是 TÜV (德国技术监督协会)。在德国不止有一家 TÜV,目前获得德国政府授权的 TÜV 共有四家,虽然开始光伏产品认证的历史长短不一,但是都具有同样的法律地位。它们分别是 TÜV NORD, TÜV SÜD, TÜV Saarland, TÜV Rheinland (图 1-1)。这四家机构都是盈利性商业机构,其中 TÜV Saarland 于 1997 年被全球最大的检测认证机构 SGS 所收购,成为其集团下属的分支机构。



图 1-1 德国认证机构标志图例

② 美国 OSHA (美国职业健康与安全管理委员会) 是美国的认证监管部门,只有获得它授权的 NRTL (美国国家认可实验室),才可以对在美国销售、使用的商品进行认证。目前在光伏产品领域获得授权的 NRTL 共有三家:UL 美国保险商实验室,ETL 爱迪生电气安全实验室 (已经被全球第五大检测认证机构 Intertek 收购),CSA 加拿大标准委员会,如图 1-2 所示。



图 1-2 美国认证机构标志图例

③ 中国 光伏产品在中国销售、使用，必须获得“金太阳”认证。目前获得资格颁发金太阳认证的机构共有两家：中国质量认证中心（CQC）、北京鉴衡认证中心（CGC），如图 1-3 所示。



图 1-3 中国认证机构标志图例

④ 英国 2010 年 4 月 1 日，英国推出了自己的光伏产品认证体系，即 MCS 认证。目前可以颁发 MCS 认证的机构共有四家：BABT (British Approvals Board for Telecommunication), BBA (British Board of Agreement), BRE (Building Research Establishment), BSI (British Standards Institution)，如图 1-4 所示。

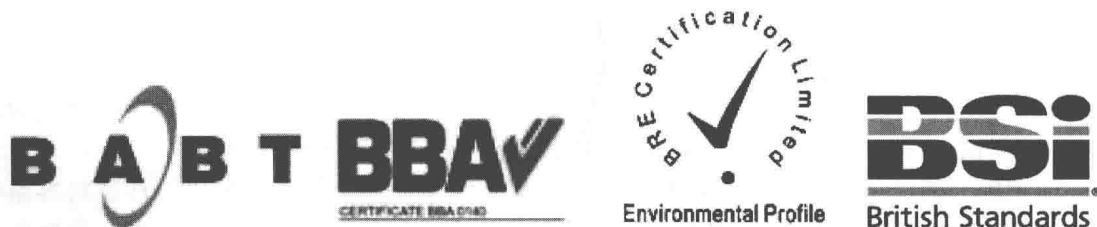


图 1-4 英国认证机构标志图例

⑤ 日本 JET (日本电气安全与环境技术实验室) 是日本唯一获得政府授权的认证机构，在日本销售使用的光伏产品必须获得 JET 认证。如图 1-5 所示。



图 1-5 日本认证机构标志图例

(2) 监管机构注册认证

① 澳大利亚 对于光伏产品，澳大利亚政府没有指定专门的认证机构，但是要求生产企业必须将产品信息提交到 Clean Energy Council 进行注册。只有进入注册列表的产品，才可以顺利销售使用。其注册的前提是相关产品必须通过 IECCE 认可的实验室测试。

② 美国加利福尼亚州 对于美国加州而言，获得 NRTL 认证后还不可以进入其州内市



场销售,必须将相关信息提交到 California Energy Committee 进行登记注册。只有进入注册列表后,方可以顺利销售使用。

任务二 了解光伏产品检测技术发展概况



任务目标

- ① 了解国外光伏产品检测的现状。
- ② 了解国内光伏产品检测现状及相应的检测机构。
- ③ 了解国内外光伏产品检测的主要项目。

【任务实施】

1.2.1 国外发展概况

目前光伏应用市场居世界前列的是德国、日本、美国,国际上的光伏检测、认证机构也主要分布在这些国家。随着我国光伏行业的迅速发展,各大机构纷纷在中国建立实验室或与国内机构建立合作关系,共同开发光伏产品的检测、认证市场。

(1) TÜV 集团

TÜV 是德国技术监督协会的简称,成立于 19 世纪 90 年代。从事光伏行业检测、认证的 TÜV 集团主要有两个,即 TÜV 南德意志集团(TOV SUD)和莱茵 TÜV 集团(TÜV Rheinland)。

TÜV 南德意志集团总部在巴伐利亚州的慕尼黑市,拥有 140 多年的认证历史,主要业务在德国等欧洲国家。遵照欧洲和国际法规,南德意志集团能够为太阳能光伏制造企业提供完善的太阳能光伏产品的测试和认证服务,可以颁发 TÜV 标志或者 CE 形式认证及 PVGAP。检测、认证产品覆盖地面用晶体硅电池组件、地面用薄膜电池组件、接线盒、连接器、光缆、背板、逆变器。

2008 年 5 月,TÜV 南德意志集团与扬州光电产品检测中心签署合作备忘录,将扬州光电产品检测中心作为通过国际认可的国内光电产品认证机构或认证机构指定测试实验室。

莱茵 TÜV 集团总部设在科隆市,是德国最著名也是全球最权威的第三方认证机构之一。德国莱茵 TÜV 集团在光伏产品检测领域拥有超过 30 年的丰富经验,测试产品种类多,包括地面用晶体硅电池组件、薄膜太阳电池组件、聚光太阳电池组件、控制器、逆变器、离网系统,并网系统等,在德国、中国、日本、美国等国均设有太阳能检测实验室。

德国莱茵公司的最主要优势在于,它同时是欧、美、日各种主要认证制度下正式注册的发证单位,是全球唯一能够提供横跨欧、美、日“一站式”认证服务的单位。

2007 年,德国莱茵 TÜV 在上海成立光伏实验室。该实验室占地约 1000m²,是我国唯一一家经 DATECH 认可并拥有 100% 光伏测试能力的专业机构,为我国太阳能出口产品提供完整的安全测试。

(2) ASU-PTL (亚利桑那州光伏检测室)

ASU-PTLE0 美国亚利桑那州光伏检测室,成立于 1992 年,位于美国亚利桑那州,是



全球三大光伏认证检测室之一，也是美国唯一一家经过授权可进行光伏产品设计资质认证和型式认可的实验室。

2008年11月，德国莱茵 TÜV 集团携手美国亚利桑那州立大学，成立了莱茵 TÜV 光伏测试实验室有限责任公司（TÜV Rheinland PTL, LLC）。该公司拥有世界上最完备的设施、最尖端的技术和最高的测试认证水平，竞争能力进一步加强。

（3）VDE 检测认证研究所

位于德国奥芬巴赫的 VDE 检测认证研究所是 ZLS（Central Body of the Leander for Safety：安全认可中央机构，德国）认可并授权可以对光伏零部件和系统颁发 VDE-GS 标志的机构，直接参与德国国家标准的制定。按照德国 VDE 国家标准或欧洲 EN 标准或 IEC 国际电工委员会标准对电工产品进行检验和认证，是欧洲最有经验的第三方测试、认证机构，在世界上享有很高声誉。产品测试涵盖完整的光伏系统、光伏组件、功率逆变器、安装系统、连接器和电缆。服务内容包括：根据 VDE 和 IEC 标准的安全测试、环境试验、现场符合性监测检查，并能颁发 VDE、VDE-GS、VDE-EMC、CB 证书。

（4）UL（美国安全检测实验室）

UL（美国安全检测实验室）是一家独立的安全认证机构，成立于 1894 年，是美国第一家产品安全标准发展和认证的机构，是美国产品安全标准的创始者。在光伏产品领域，UL 是全球首家制定光伏产品标准的第三方认证机构，也是 CB 体系下美国唯一一家具备核发和认可双重资格的国家认证机构，可颁发 IECEE CB 证书。

早在 1986 年，UL 就推出了第一个针对平板型光伏组件的安全标准 UL 1703，并被采用为美国国家标准，成为目前美国高度发展的光伏组件安全认证的基础。除了安全认证外，UL 也提供有关产品性能方面的认证，包括晶体硅太阳能组件和薄膜太阳能组件。

2009 年 2 月，位于苏州的 UL“光伏卓越技术中心”正式成立。该中心占地 400 多平方米，是 UL 在亚洲地区规模最大的光伏实验室。实验室初期设有 6 个一流的检测室，测试规模可达 60 个新型号/年，能够依照 UL 及国际电工委员会（IEC）两种标准来开展检测。

（5）Intertek 天祥集团

Intertek 集团总部设在英国伦敦，目前已在全球 110 个国家拥有 1000 多个办事处及实验室，是世界上规模最大的消费品测试、检验和认证公司之一。

天祥集团在加利福尼亚建有光伏产品检测和认证中心，帮助光伏制造商顺应市场需求，提供关键性的性能数据，为企业参与市场竞争提供技术支持。

2008 年底，天祥集团上海太阳能测试实验室成立，并与日本电气安全环境研究所（JET）、北京鉴衡认证中心达成合作协议。

Intertek 可以依据 CE、UL、CSA、IEC、EN 标准进行检测，包括性能检测和安全检测，测试产品涉及晶体硅太阳能组件、薄膜太阳能组件、充电控制器、变极器等。

除了上述机构外，国际知名的光伏产品认证、检测机构还有瑞士通标标准技术服务有限公司 SGS、欧洲委员会联合研究中心的环境可持续发展研究所可再生能源部 ESTI、法国国际检验局 BV 等。

1.2.2 国内发展概况

国内较早从事光伏产品检测、在行业内影响力较大的检测机构有中国电子科技集团公司



第十八研究所、上海空间电源研究所和中科院太阳光伏发电系统和风力发电系统质量检测中心。随着国内光伏行业的发展和光伏市场的不断扩大,国内光伏行业的认证机构也开始成立并快速发展。

(1) 中国电子科技集团公司第十八研究所

中国电子科技集团公司第十八研究所是我国最大的综合性化学物理电源研究所、国防工程一类所,是我国成立最早的光伏测试单位,参加了1993年进行的国际太阳电池标准比对活动,是世界上4个具有光伏计量基准标定资格的实验室之一。

(2) 国家太阳能光伏产品质量监督检验中心(CPVT)

2007年经过国家质检总局批准设立,地处无锡,具备光伏原辅材料、光伏部件、光伏组件、光伏电站等光伏全产业链产品检测研究能力。主要承担太阳能光伏产品的国家级质量监督抽查和技术仲裁;承担太阳能光伏组件、电池片及相关原材料、太阳能光伏系统及应用产品的检测;承担太阳能相关产品的认证及咨询;承担太阳能相关国家标准的起草、修改及制订;承担太阳能光伏系统检测设备或技术的研发,专业检测人才的培养;承担国际国内技术交流及相关信息发布;承担科技成果、专利产品、新产品质量的鉴定检验和型式试验。

(3) 上海空间电源研究所

上海空间电源研究所隶属于中国航天技术总公司上海市航天局,是一个综合性的电源研究所。该研究所由于其本身生产各种光伏产品,为了保证产品质量,建立了检测实验室。随着光伏产品的大量应用,测试实验室也逐步对外服务。主要认证产品为晶体硅太阳能组件、薄膜太阳能组件。

为了更好地为民用企业提供检测和技术服务,2006年上海空间电源研究所、上海航天机电、上海太阳能科技有限公司联合出资成立了上海太阳能工程技术研究中心有限公司,专业从事太阳能光伏行业的新技术开发和产品测试服务。

(4) CGC 鉴衡认证中心

鉴衡认证中心(China General Certification Center)是经国家认证认可监督管理委员会批准,由中国计量科学研究院组建,主要致力于风能、太阳能等新能源和可再生能源产品标准研究及产品认证的第三方机构。

在国家发展和改革委员会、世界银行、全球环境基金以及中国可再生能源发展项目(REDP)的子项目“建立中国太阳能光伏产品认证体系”的项目支持下,北京鉴衡认证中心实施了太阳能光伏产品金太阳认证。

鉴衡认证中心的检测实验室包括:莱茵TÜV、中国电子科技集团公司第十八研究所、信息产业部邮电工业产品质量监督检测中心、中科院太阳光伏发电系统和风力发电系统质量检测中心。认证范围包括:地面晶体硅光伏组件、控制器、逆变器、独立系统。



复习与思考题

1-1 国际上主要的检测认证标准有哪些?

1-2 我国目前光伏产品的主要检测认证机构有哪些?

模块 二

硅片检测技术

任务一 了解硅片检测标准

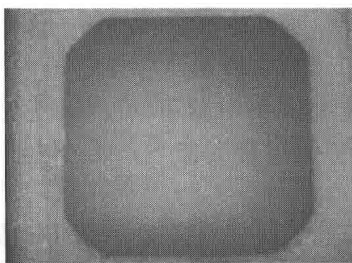


任务目标

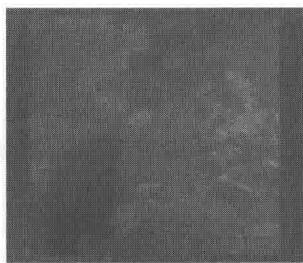
- ① 认识硅片检测的目的和主要指标。
- ② 认识单晶硅片检测标准。
- ③ 认识多晶硅片检测标准。

【任务实施】

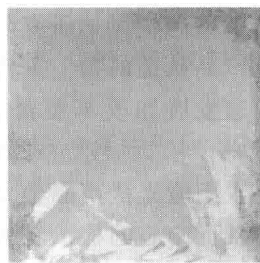
目前晶体硅太阳能电池生产所用到的硅片主要分为单晶硅片与多晶硅片两种，结构性能介于两者之间的准单晶硅片（类单晶硅片）生产技术仅在小范围内得到应用。不同硅片的形貌如图 2-1 所示。



(a) 单晶片



(b) 多晶片



(c) 准单晶片

图 2-1 不同类型硅片对比图

硅片是晶体硅太阳能电池生产的核心材料，其性能指标直接影响电池的功率、使用寿命等品质参数，因此硅片的检测对电池生产工序有着极其重要的意义。

2.1.1 单晶硅片技术标准

(1) 范围

- ① 规定了单晶硅片的分类、技术要求、包装以及检验规范等。
- ② 适用于单晶硅片的采购及其检验。



(2) 规范性引用文件

- ① ASTM F42-02 半导体材料导电率类型的测试方法
- ② ASTM F26 半导体材料晶向测试方法
- ③ ASTM F84 直线四探针法测量硅片电阻率的试验方法
- ④ ASTM F1391-93 太阳能硅晶体碳含量的标准测试方法
- ⑤ ASTM F121-83 太阳能硅晶体氧含量的标准测试方法
- ⑥ ASTM F 1535 用非接触测量微波反射所致光电导性衰减测定载流子复合寿命的实验方法

(3) 术语和定义

- ① TV: 硅片中心点的厚度, 是指一批硅片的厚度分布情况。
- ② TTV: 总厚度误差, 是指一片硅片最厚和最薄的误差 (标准测量是取硅片的 5 点厚度: 边缘上下左右 6mm 处 4 点和中心点)。
- ③ 位错: 晶体中由于原子错配引起的具有伯格斯矢量的一种线缺陷。
- ④ 位错密度: 单位体积内位错线的总长度 (cm/cm^3), 通常以晶体某晶面单位面积上位错蚀坑的数目来表示。
- ⑤ 崩边: 晶片边缘或表面未贯穿晶片的局部缺损区域。当崩边在晶片边缘产生时, 其尺寸由径向深度和周边弦长给出。
- ⑥ 裂纹、裂痕: 延伸到晶片表面, 可能贯穿也可能不贯穿整个晶片厚度的解理或裂痕。
- ⑦ 四角同心度: 单晶硅片 4 个角与标准规格尺寸相比较的差值。
- ⑧ 密集型线痕: 每厘米上可视线痕的条数超过 5 条。

(4) 分类

单晶硅片的等级有 A 级品和 B 级品, 规格为 $125 \times 125 \text{ I}$ (mm)、 $125 \times 125 \text{ II}$ (mm)、 156×156 (mm)。

(5) 技术要求

① 外观

外观标准见表 2-3。

② 外形尺寸

- a. 方片 TV 为 $(200 \pm 20) \mu\text{m}$, 测试点为中心点。
- b. 方片 TTV 小于 $30 \mu\text{m}$, 测试点为边缘 6mm 处 4 点、中心 1 点。
- c. 硅片 TTV 以 5 点测量法为准, 同一片硅片厚度变化应小于其标称厚度的 15%。
- d. 相邻 C 段的垂直度: $90^\circ \pm 0.3^\circ$ 。
- e. 其他尺寸要求见表 2-1。

表 2-1 单晶硅片尺寸要求

规格 /mm	尺寸/mm							
	A(边长)		B(直径)		C(直线段长)		D(弧长投影)	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
$125 \times 125 \text{ I}$	125.5	124.5	150.5	149.5	83.9	81.9	21.9	20.2
$125 \times 125 \text{ II}$	125.5	124.5	165.5	164.5	108.8	106.6	9.4	7.9
156×156	156.5	155.5	200.5	199.5	126.2	124.1	15.9	14.9

注: A、B、C、D 分别参见图 2-2。