

江苏高校品牌专业建设工程资助项目



普通高等教育“十三五”规划教材
新能源科学与工程专业系列教材



太阳能电池和光伏组件 检测及标准

侯海虹 马玉龙 张 静
钱 斌 倪志春 魏青竹 编著



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材
新能源科学与工程系列教材

太阳能电池和光伏组件检测及标准

侯海虹 马玉龙 张 静 编著
钱 斌 倪志春 魏青竹

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以太阳能电池和光伏组件的检测及标准为主要内容,在简要介绍光伏电池原理和发展的基础上,全面地介绍电池和组件检测的各方面:检测内容、相关标准、认证机构等。在体系安排上遵循企业测试顺序,从电池片生产至组件组装过程中在线检测,再至组件的可靠性及安全检测。

本书内容丰富,图文并茂,深入浅出,可作为高等院校新能源相关专业本科生、专科生的教材或参考用书,也可作为太阳能光伏企业及相关领域工程技术人员的培训及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能电池和光伏组件检测及标准/侯海虹等编著. —北京:科学出版社, 2016.12

普通高等教育“十三五”规划教材·新能源科学与工程专业系列教材
ISBN 978-7-03-051306-9

I. ①太… II. ①侯… III. ①太阳能电池-高等学校-教材
IV. ①TM914.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第313736号

责任编辑:余江 张丽花/责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍兵/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第一版 开本:720×1000 1/16

2016年12月第一次印刷 印张:9 3/4

字数:194 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

太阳能光伏发电能将太阳光直接转换成电能。在传统能源逐步枯竭、环境问题日益加剧之际,清洁能源尤其是太阳能的利用为人类提供了解决危机的途径,其产业潜力巨大。作为清洁能源,光伏发电在改变能源结构、改善生态环境方面意义重大,是目前最引人瞩目,也是最有前景的新能源技术之一。光伏产业由此受到国家高度重视,并蓬勃发展,过去10年中,光伏电池全球总产量平均年增长率超过40%,而自2007年起,我国太阳能电池年产量一直保持第一。产业发展迅速,对于相关专业人才的需求巨大。然而,由于太阳能光伏技术是一门综合性的高技术行业,涉及多个交叉学科,国内全方位的光伏应用技术专业人才匮乏。尤其是光伏测试方面,相关岗位人才缺口甚大,人才的培养已成为当务之急。为此,我们编写了本书。

本书共7章,从内容上分为以下4个部分:

- (1) 光伏产品可靠性、标准及认证(第1章)。
- (2) 太阳能电池和光伏组件生产工艺和在线检测(第2、3章)。
- (3) 太阳能电池和光伏组件检测基础知识和基本测量(第4、5章)。
- (4) 光伏组件主要国际标准介绍(第6、7章)。

第1部分是全书内容的总述,侧重于基本常识,概括介绍光伏测试的意义、相关标准及认证等内容,力图让读者对光伏测试领域有整体性的了解。第2部分介绍光伏企业中的生产工艺流程和在线检测要求,注重实践性和应用性,注重和企业实际接轨。第3部分侧重基础理论和设计,介绍光伏测试中的基础理论知识和基本测量。第4部分介绍目前在认证领域依据的主要国际标准。本书尽可能地反映目前光伏产品生产和检测的最先进水平和前沿内容,力求成为既有较深理论基础又有实用价值和参考意义的教科书。全书实践性很强,实施过程中需通过一定数量的实验达到掌握技术技能的目的。

本书编写过程中得到苏州腾晖光伏技术有限公司的大力协助,在此表示深深

的感谢。

本书部分内容材料来自互联网，其原作者无法一一查证和联系，对此深表歉意和感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，恳请各位专家、同行和广大读者予以指正。

编 者

2016年10月

目 录

前言

第 1 章 光伏产品可靠性、标准及认证	1
1.1 太阳电池	1
1.2 光伏组件	2
1.3 光伏组件可靠性	4
1.4 光伏标准	7
1.5 认证体系	11
1.6 检测能力	15
1.6.1 国外发展情况	15
1.6.2 国内发展情况	17
思考题	18
第 2 章 太阳电池片和组件生产工艺简介	19
2.1 电池片生产工艺	19
2.1.1 制绒	19
2.1.2 扩散	23
2.1.3 刻蚀、去 PSG	25
2.1.4 PECVD	28
2.1.5 丝网印刷	29
2.2 太阳能光伏组件生产工艺	32
2.2.1 EVA 胶膜封装技术简介	32
2.2.2 EVA 胶膜封装工序	33
2.2.3 EVA 胶膜封装工艺流程	35
思考题	38
第 3 章 太阳电池片及组件产线质量控制	39
3.1 制绒工序质量控制	39
3.1.1 绒面质量要求	39
3.1.2 扫描电子显微镜	39
3.1.3 产线绒面质量监控	41
3.2 扩散工序质量控制	45
3.2.1 扩散质量要求	45
3.2.2 方阻测试方法	46

3.2.3	产线扩散质量监控	48
3.3	刻蚀、去 PSG 工序质量控制	50
3.3.1	刻蚀质量要求	50
3.3.2	导电类型测试仪原理	51
3.3.3	产线刻蚀质量监控	52
3.4	PECVD 工序质量控制	57
3.4.1	PECVD 质量要求	57
3.4.2	椭偏仪	57
3.4.3	PECVD 产线质量监控	58
3.5	丝网印刷、烧结工序质量控制	59
3.5.1	电极印刷质量要求	59
3.5.2	电极烧结质量要求	59
3.5.3	丝网印刷产线质量监控	59
3.6	测试分选	61
3.7	太阳能电池组件在线检测	62
3.7.1	层压前目检	62
3.7.2	层压后目检	65
3.7.3	电致发光测试	66
3.7.4	绝缘耐压测试	69
3.7.5	总装检测	70
	思考题	71
第 4 章	光伏测量基础	72
4.1	太阳	72
4.2	太阳辐照度	73
4.3	太阳光谱	74
4.4	大气层的影响	77
4.5	太阳辐射测量	81
4.6	标准测试条件	83
4.7	太阳模拟器	85
4.7.1	电光源	88
4.7.2	光学系统	92
4.7.3	太阳模拟器分类	92
4.7.4	太阳模拟器的等级	93
4.8	标准太阳能电池	96
4.8.1	光谱失配误差	98
4.8.2	标准太阳能电池的溯源与传递	101

4.8.3 标准太阳能电池的标定	101
思考题	103
第5章 光伏器件的基本测量	104
5.1 电流-电压特性的测量	104
5.2 光谱响应的测量	106
5.3 温度系数的测量	109
5.4 光伏器件 I - V 实测特性的温度和辐照度修正方法	111
5.4.1 内部串联电阻的测试	111
5.4.2 曲线修正因子的测试	112
思考题	113
第6章 主要国际标准	114
6.1 IEC 61215	114
6.1.1 试验项目和流程	114
6.1.2 严重外观缺陷	119
6.1.3 合格判据	119
6.2 IEC 61730	122
6.3 UL1703	127
思考题	131
第7章 组件重测标准	132
7.1 光伏组件重测概述	132
7.2 IEC 61215 (IEC 61646) 重测导则	132
7.3 IEC 61730 重测导则	137
思考题	141
参考文献	142
附录	144

第 1 章 光伏产品可靠性、标准及认证

1.1 太阳电池

太阳电池是将太阳能直接转换成电能的一种器件。当太阳光照射在半导体上时，一部分被表面反射掉，其余部分被半导体吸收或透过。被吸收的光能，有一些变成热，另一些光子则同组成半导体的原子价电子碰撞，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，如图 1.1 所示。n 区的空穴向 p 区运动，p 区的电子向 n 区运动，使太阳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，当太阳光一直照射时，负载上将源源不断地有电流流过。这就是太阳电池的工作原理。

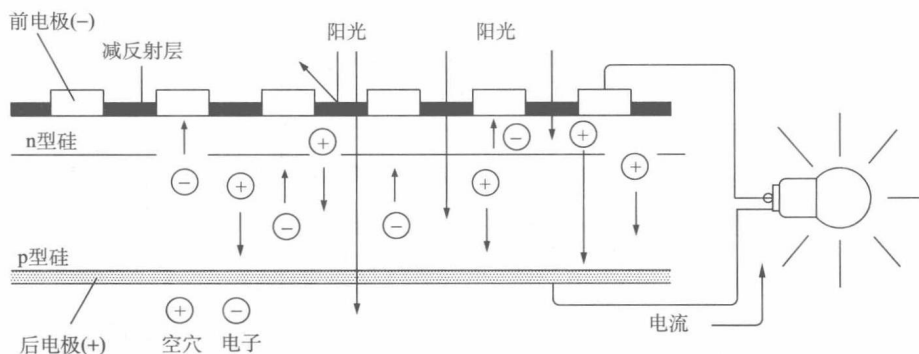


图 1.1 太阳电池原理示意图

太阳电池的工作原理基于光伏效应。1839 年 Becquerel 首先提出了这一效应的存在，他观察到浸在电解液中的电极之间有光致电压。1876 年，在硒的全固态系统中也观察到了类似现象，随后，研发出了以硒和氧化亚铜为材料的光电池。但直到 1954 年，才出现了现代硅电池的先驱产品。美国贝尔实验室的 Chapin, Fuller 和 Pearson 成功研制出世界上第一块能以适当效率将光能转换成电能的晶体硅太阳电池，它的出现标志着太阳电池研发工作的重大进展。早在 1958 年，在宇宙飞船上就使用了此种电池，到 20 世纪 60 年代初，供空间应用电池的设计已经成熟，此后 10 多年，太阳电池主要用于空间技术。

20 世纪 70 年代，硅太阳电池的发展经历了一个革新阶段，能量转换效率得到了显著的提升。与此同时，人们开始关注太阳电池的地面应用。到 70 年代末，地面用太阳电池的数量已经超过了空间应用的数量，成本也随着产量的增加而明显下降。80 年代初，出现了一些新工艺，为之后 10 年进一步降低成本奠定了基础。随着成本的不断降低，太阳电池的商业应用范围也越来越广阔。

目前太阳电池已成为最有发展前景的新能源利用技术之一，已经发展到第三代。第一代是晶体硅太阳电池，包括单晶硅和多晶硅两种，在目前市场上仍保持主流地位，大多数晶体硅电池企业除了继续降低生产成本，主攻发展目标是力争量产的晶体硅太阳电池的转换效率超过 20%。第二代是薄膜太阳电池，其成本低于第一代，可大幅度增加电池板制造面积，但是效率不如晶体硅电池。商业化的薄膜太阳电池以非晶硅、碲化镉、铜铟镓硒三种类型为主，薄膜电池的柔性化、轻型化、便携性将是发展趋势。M. Green 于 2001 年提出第三代电池的概念。他认为，第三代电池应该是能同时满足“绿色、环保、新概念、高效”要求的电池。第三代太阳能电池特征为薄膜化、高效率、原材料丰富和无毒性。可望实现第三代电池特征的途径包括叠层电池、多带光伏电池、碰撞离化、光子下转换、热载流子电池、热离化、热光伏电池等。

1.2 光伏组件

晶体硅太阳电池的基本单位是单体电池片，单体电池片电压和功率较小，实际应用不大。为增加电压，需要将电池片串联起来封装成组件，典型的组件由 28~36 块电池片串联而成，在标准测试条件下产生 12V 的电压，如图 1.2 所示。

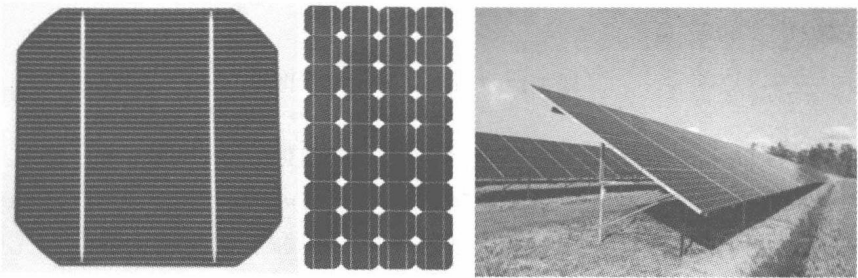


图 1.2 单体电池、组件和电池阵列

1955 年，贝尔实验室为了验证光伏发电技术为通信系统供电的潜力，设计了一块峰值功率为 10W 的光伏组件，1955 年 10 月投入使用，由于封装不可靠导致

湿气侵入，引起了电极的腐蚀和脱落，这块光伏组件在1956年3月就宣告失效。到了20世纪70年代，由于石油危机及通信发展的需要，美国政府开始大力支持太阳能光伏的发展，1976年，第一块现代意义上的光伏组件诞生。

此后，为了改进晶体硅光伏组件的可靠性，美国政府连续资助了五次大的关于晶体硅光伏组件的研发活动。就晶体硅光伏组件而言，当时就出现了不同封装结构和工艺的组件，有用硅橡胶封装在铝板上的，有用双层玻璃封装的。通过规模化的户外试验，最终认为：采用玻璃作为支撑，用乙烯-醋酸乙烯酯共聚物(Ethylene Vinyl Acetate, EVA)在真空状态下热压密封，用含氟的绝缘材料作为背板。但这些还不能有效地降低光伏发电成本，为此，一些企业采用通过延长使用寿命来降低成本的办法，1982年ARCO(Atlantic Richfield Company)推出了5年质保的组件，1985年Kyocera开始提供10年质保的组件，1987年Kyocera将晶体硅光伏组件的使用寿命延长到12年，20世纪90年代中期，BP Solar将晶体硅光伏组件的使用寿命延长到20年，1997年6月，Siemens开始提供25年质保的晶体硅光伏组件。

目前常见光伏组件结构如图1.3所示，从上到下依次为玻璃面板、EVA、电池片、EVA、背板、边框、接线盒。

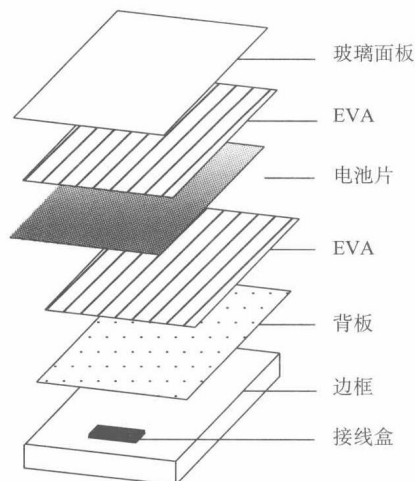


图 1.3 光伏组件结构示意图

组件可以单独使用，也可以再经过串联和并联，组成太阳电池阵列，进一步提高电流和电压。大多数的电力应用要求稳定的电压和电流，阵列需要集成蓄电池和控制器。蓄电池用来储存在太阳光照强时产生的电能，控制器保证电力供应的稳定，减小太阳光照变化的影响。为了向交流电网进行并网发电，或驱动交流负载，太阳电池产生的直流电需要通过逆变器，转换成合适频率的交流电。

1.3 光伏组件可靠性

光伏电站一般运行 20~30 年，长期置于户外，经常会遭受暴晒雨淋、温度交变，甚至会有高湿、盐雾等环境影响，因此，研究在此期间光伏组件和整个系统的可靠性，总结常出现的问题，分析其故障原因和衰减规律，无疑对光伏技术进一步应用将起到非常大的作用。

什么是产品的可靠性？可靠性是产品在规定条件下和规定时间内，完成规定功能的能力。实践证明大多数产品的故障率是时间的函数，典型故障曲线称为浴盆曲线(Bathtub Curve, 失效率曲线)，浴盆曲线是指产品从投入到报废的整个寿命周期内，其可靠性的变化呈现一定的规律。如果取产品的失效率作为产品的可靠性特征值，它是以使用时间为横坐标、以失效率为纵坐标的一条曲线。因该曲线两头高，中间低，形状像浴盆，故称为“浴盆曲线”，如图 1.4 所示。浴盆曲线具有明显的阶段性，失效率随使用时间变化分为三个阶段：早期失效期、偶然失效期和耗损失效期。第一阶段是早期失效期：表明产品在开始使用时，失效率很高，但随着产品工作时间的延长，失效率迅速降低，这一阶段的失效大多是由于设计、原材料和制造过程中的缺陷造成的。为了缩短这一阶段的时间，产品应在投入运行前进行试运转，以便及早发现、修正和排除故障；或通过试验进行筛选，剔除不合格品。第二阶段是偶然失效期，也称随机失效期：这一阶段的特点是失效率较低，且较稳定，往往可近似看作常数，产品可靠性指标所描述的就是这个时期，这一时期是产品的良好使用阶段，也是产品的有效寿命期，人们总希望延长这一时期，即在容许的费用内延长使用寿命。偶然失效主要原因是质量缺陷、材料弱点、环境和使用不当等因素。第三阶段是耗损失效期：该阶段的失效率随时间的延长而急速增加，主要由磨损、疲劳、老化和耗损等因素造成。到这一阶段，大部分产品开始失效，说明产品的耗损已经严重，寿命即将终止，若能

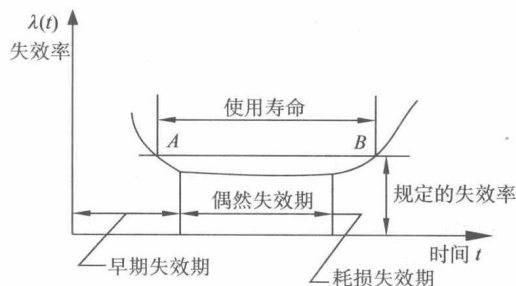


图 1.4 可靠性分析浴盆曲线

够在这个时期到来之前维修设备，替换或维修某些耗损的部件，就能将故障率降下来延长使用寿命，推迟耗损失效期的到来。

光伏组件是光伏系统的核心，重要性不言而喻。目前，随着光伏组件应用规模越来越大，事故率逐年增高。德国 Fraunhofer ISE 2012 年对成品组件的 28 种失效方式，在欧洲范围内征集了 36 家权威机构的意见。从失效问题的严重性、失效发生的频率和失效被检测出的容易程度，综合评价了 28 种失效方式，并依照综合评价后的风险优先级进行了排序。其中，排名前十的(风险系数最高的)失效问题依次为：碎片(隐裂)、焊接连接性失效、电池片衰减、接线盒材料和线缆绝缘失效、热斑、封装材料(EVA)的脱层、电位诱发衰减(Potential Induced Degradation, PID)效应、互连失效(焊接)、背板的力学性能失效、旁路二极管失效。这些问题对组件影响如表 1.1 所示。

表 1.1 光伏组件常见问题及主要影响

常见问题	主要影响
隐裂	隐裂会影响组件功率衰减，震动或其他长期应力因素使隐裂可能演变成裂片，导致热斑等现象，直接影响组件性能
EVA 脱层	脱层面积较小时主要出现局部透光率下降，会随着组件的使用逐渐扩大。当脱层面积较大时直接导致组件失效报废
接线盒、线缆绝缘失效	可引起组件接线盒起火，造成组件报废，严重可引起火灾；组件功率失效或出现漏电连电危险事故
焊接连接性失效	虚焊在短时间出现焊带与电池片脱层，影响组件功率衰减或失效；过焊导致电池片内部电极被损坏，直接影响组件功率衰减，缩短组件寿命或造成报废
互连失效	偏移会导致焊带与电池面积接触减少，出现脱层或影响功率衰减；焊接后弯曲造成电池片碎片
热斑	焊带焊点熔化并毁坏栅线，导致组件功率衰减失效或者直接导致组件烧毁报废
旁路二极管失效	旁路二极管结温过低会导致周围电路连接卡具的热变形，其失效会导致断路处出现局部拉弧隐患，烧毁接线盒，甚至组件
PID 效应	由高系统电压引起的严重 PID 效应(一般伴随高温高湿环境)会导致组件功率出现不同程度的衰减，严重时衰减量大于 50%
背板的力学性能失效	背板耐久性变差，或与 EVA 的匹配性问题会导致背板鼓包、破裂，从而使组件失去保护

光伏测试，是光伏行业为验证产品最终性能是否符合业内标准而按照规定的方法、程序进行的实验室及户外测试。光伏测试一方面可以确保企业产品出厂质量，另一方面还可以指导产品原料的选购、验证新开发产品的性能等。根据光伏

产业链的整个过程，可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等。对于太阳能电池和光伏组件生产商，涉及的测试主要是在线工艺测试和组件测试。在线工艺测试是在生产过程中为了监控产品质量而进行的测试，如电池片在线分选、组件在线 EL (Electroluminescence, 电致发光)、伏安特性检测等。组件要满足国家和行业制定的性能及安全标准，常见的测试有电性能测试、力学性能测试、环境老化测试、安全性能测试等，除电性能测试外其余都为可靠性测试。

组件可靠性测试的目的是识别未知失效机制和确定组件是否受已知失效机制的影响。加速老化试验是可靠性测试的一个重要方面，但是加速老化试验必须与实际测试同时进行，这样才能知道某些失效并不是因为加速老化试验造成的，并且这种失效不会在实际应用中出现。质量鉴定试验也属于加速测试，通常都是在短期内完成的，这样做是为了重现已知失效因素，如脱层。尽管通过了质量鉴定试验能使人认为组件的设计是稳定和耐用的，可增加一些可靠性筹码，但是通过质量鉴定试验并不代表产品就一定能实现某个时间段的寿命。

世界范围内，早在 20 世纪 70 年代就开始了组件可靠性的有关研究。第一个光伏组件质量鉴定测试是由美国喷气推进实验室 (Jet Propulsion Laboratory, JPL) 开发的，制定了一套测试模拟组件的耐久性和可靠性的方式。经过了几年时间，从 Block I ~ V 五个项目阶段成功研究制定了“地面用太阳能电池组件的设计测试规范-1981”，如表 1.2 所示，完成了光伏组件的经典结构设计和可靠性测试方案。这些测试成为以后开发的所有光伏组件质量鉴定程序的起点。

表 1.2 Block I ~ V

测试方案	I	II	III	IV	V
年份	1975	1976	1977	1978	1981
热循环 试验	-40~+90℃ 100 次循环	-40~+90℃ 50 次循环	-40~+90℃ 50 次循环	-40~+90℃ 50 次循环	-40~+90℃ 200 次循环
湿热试验	70℃, 90%相对湿度, 68h	从 40℃, 90%相对湿度到 23℃ 5 次	从 40℃, 90%相对湿度到 23℃ 5 次	从 54℃, 90%相对湿度到 23℃ 5 次	从 85℃, 85%相对湿度到 -40℃ 10 次
热斑试验	—	—	—	—	3 块电池片 100h
机械载 荷试验	—	100 次 ±2400Pa	100 次 ±2400Pa	100 次 ±2400Pa	100 次 ±2400Pa
冰雹试验	—	—	—	3/4in -45mph 9 次撞击	1in -52mph 10 次撞击

续表

测试方案	I	II	III	IV	V
标称工作 温度试验	—	—	—	是	是
绝缘耐 压试验	—	漏电流 <15 μ A 1500V	漏电流 <15 μ A 1500V	漏电流 <15 μ A 1500V	漏电流 <50 μ A 2 V_s +1000V

注: 1mph=1.609km/h; 1in=2.5cm

1981年至1991年期间,欧洲委员会联合研究中心(Commission of the European Communities, Joint Research Center)的环境可持续发展研究所可再生能源部在JPL标准第5版的基础上加入了紫外测试和户外暴晒测试,并将温度循环标准的上限由90℃降低为85℃,从而形成了CEC 501至CEC 503。后来质量鉴定采纳了欧洲CEC 502程序,新增的测试有紫外辐照试验、高温存储试验、高温高湿试验和机械载荷试验。与此同时,UL(美国安全检测实验室, Underwriters Laboratories)制定了UL 1703安全标准,它已经成为美国和加拿大所有组件必须通过的标准。作为安全测试标准,UL 1703并不要求组件要在一定的条件下保持电性能,相反它强调组件不能在测试过程中出现任何危险因素。

以前人的测试经验为基础,国际电工委员会第82技术委员会,即太阳光伏能源系统标准化技术委员会(IEC TC82)为晶体硅组件制定了国际质量鉴定标准IEC 1215(后来改称为IEC 61215),现在IEC 61215已经成为光伏组件可靠性最具影响力的标准之一,也是产品公开销售之前最能暴露组件设计缺陷的衡量标准。

1.4 光伏标准

为在一定的范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件,称为标准。根据光伏产品性能差异、国家差异、地区差异,不同组织制定了各种测试标准,以确保太阳电池在各种环境下安全有效的运行。制定标准的机构有IEC、UL、GB、EN等各个国家和测试认证机构。

按照发生作用的有效范围来划分,标准可分为国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国际标准是国际标准化机构指定的标准,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系列标准和由美国国家标准学会主导制定的ANSI系列标准,如图1.5和图1.6所示。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、中国的GB标准、日本的JET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中采用 ANSI 系列标准。

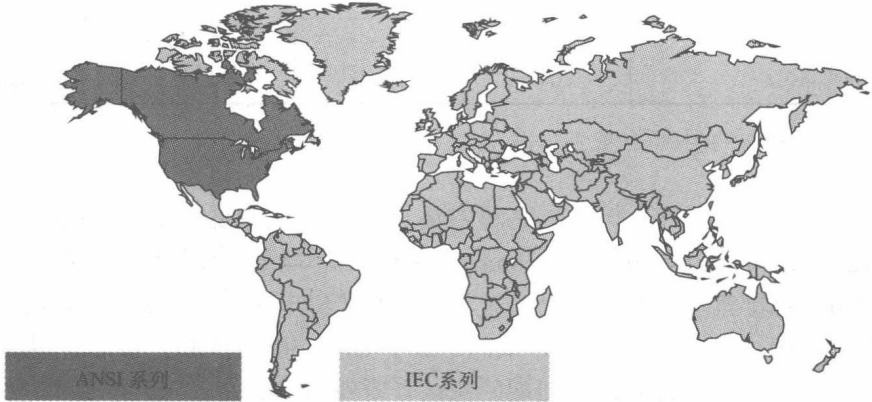
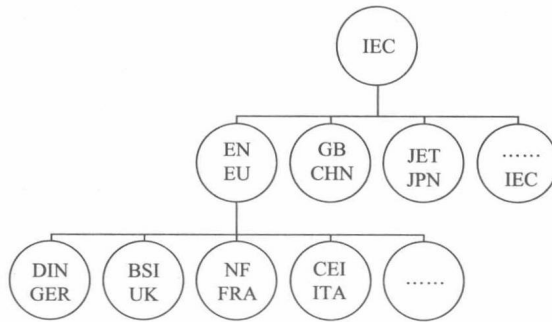
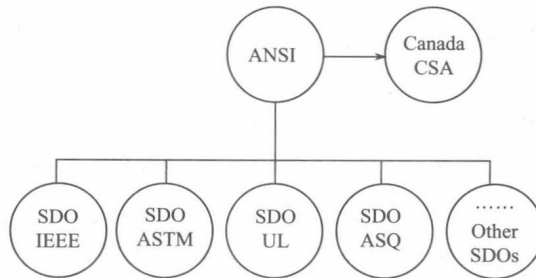


图 1.5 IEC 和 ANSI 系列标准适用地区



(a) IEC 标准



(b) 北美标准

图 1.6 IEC 和 ANSI 组织成员及标准

IEEE: 电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers); ASTM: 美国材料与试验协会(American Society for Testing and Materials); ASQ: 美国质量学会(American Society for Quality)

区域标准是某些地区的一些国家,结合自身特点制定的共同的区域性标准。EN 标准是典型的区域性标准,对欧盟成员国有约束力,为欧盟所有成员国所遵守,任何国家的产品只有符合 EN 标准才可以进入欧盟市场。

国家标准是在全国范围内统一的标准,在我国是国家最高一级的规范性技术文件,如 GB/T 9535—1998 为地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定型的国家标准。行业标准是对没有国家标准而又需要在全国各行业范围内统一的技术要求所规定的标准。如有相应的国家标准实施后,该行业标准即行废止。地方标准是对没有国家标准和行业标准,而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的技术要求所规定的标准。同样,在相应的国家标准或行业标准实施后,地方标准应自行废止。企业标准是针对企业范围内需要协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。为提高产品质量和促进技术进步,企业标准应严于国家标准、行业标准、地方标准。

部分 IEC 标准如表 1.3 所示。目前国际公认使用的质量鉴定标准是 IEC 61215,该标准目前共制定了三版,即 1993 版、2005 版和 2016 版。按照 IEC 的规定,随着新版本标准的出现,旧版本标准自动被替换。由于我国国家标准更新较慢,目前国内使用的有效标准还是等效采用 1993 版的标准。

表 1.3 太阳能电池及光伏组件的 IEC 标准

序号	标准号	标准名称
1	IEC 60891:2009	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
2	IEC 60904-1:2006	光电器件-第 1 部分: 光电池电流-电压性能的测定
3	IEC 60904-2:2015	光电器件-第 2 部分: 标准太阳能电池的要求
4	IEC 60904-3:2016	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
5	IEC 60904-4:2009	光电器件-第 4 部分: 标准太阳能电池-建立校准溯源性的程序
6	IEC 60904-5:2011	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)
7	IEC 60904-7:2008	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
8	IEC 60904-8:2014	光电器件-第 8 部分: 光伏器件光谱响应的测量
9	IEC 60904-9:2007	光电器件-第 9 部分: 太阳模拟器性能要求
10	IEC 60904-10:2009	光电器件-第 10 部分: 线性测量方法
11	IEC 61215-1:2016	地面用光伏(PV)组件-设计鉴定和定型-第 1 部分: 试验要求
12	IEC 61215-1-1:2016	地面用光伏(PV)组件-设计鉴定和定型-第 1-1 部分: 晶体硅光伏(PV)组件试验的特殊要求
13	IEC 61215-2:2016	地面用光伏(PV)组件-设计鉴定和定型-第 2 部分: 试验程序
14	IEC 61730-1:2016	光伏系统安全鉴定-第一部分结构要求
15	IEC 61730-2:2016	光伏系统安全鉴定-第二部分试验要求

我国非常重视光伏标准化工作,经过多年的发展,目前我国已经建立了较为完善的光伏标准体系,如图 1.7 所示。很多标准是与国际接轨的,部分标准等同采用 IEC 的标准。