

光伏建筑一体化组件安全可靠性与检测认证

冯江涛, 冯皓, 揭敢新

(中国电器科学研究院有限公司工业产品环境适应性国家重点实验室, 广东广州 510663)

摘要:我国能源供需矛盾日趋激烈,以光伏发电为代表的新能源产业将担当解决能源问题重任。作为长期在户外运行的产品,光伏发电系统的耐久性和稳定性直接影响光伏行业的健康发展。总结了国内外光伏建筑一体化产业的发展现状,讨论了国内外研究机构对于光伏组件的安全可靠性研究,分析了光伏组件检测认证的国内外现状。

关键词:光伏建筑一体化(BIPV);环境适应性;检测认证;安全可靠性

中图分类号: TM 914 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-087 X(2012)03-0427-04

Reliability and safety of BIPV and development of BIPV certification

FENG Jiang-tao, FENG Hao, JIE Gan-xin

(State Key Laboratory of Environmental Adaptability for Industrial Products, China National Electric Apparatus Research Institute, Co. Ltd, Guangzhou Guangdong 510663, China)

Abstract: The demand and supply of energy for China becomes more complicated. Solar energy is supposed to be used in electric power generation in the future. The reliability and durability of photovoltaic (PV) power system will affect the PV industry healthy, as it works outdoor. The development of building integrated photovoltaic (BIPV) in the world scale was elucidated, the research of reliability and safety of BIPV modules from the entire world was discussed, and the situation from domestic to international BIPV certification was analyzed.

Key words: BIPV; environmental adaptability; certification; reliability and safety

改革开放 30 年以来,我国的经济快速发展,与此同时能源供需的矛盾日渐凸显,根据国家统计局数据,2008 年我国能源消耗总量是能源生产总量的 1.1 倍,能源需要大量进口,以石油为例:2009 年我国石油产量为 1.89 亿吨,石油的进口量为 1.9 亿吨,我国石油(原油及油品)对外依存度已从 2008 年的 50.87% 上升至 52.63%。另外,由于我国能源供应主要依赖煤炭、石油、天然气等化石能源,化石能源的资源有限性和开发利用带来的环境问题严重制约着经济和社会的可持续发展。发展及大规模利用新能源和可再生能源技术不但可以缓解能源供需矛盾的现状,而且对我国经济的长远发展具有极为重要的战略意义。作为可再生能源的太阳能,资源丰富具有独特的优势和巨大的开发利用潜力,其中光伏建筑一体化(BIPV)是太阳能发电应用的主要形式之一,BIPV 技术的大规模应用不但可以通过并网发电缓解能源供给紧张的局面,还可以降低建筑物能耗,构建绿色城市环境。

1 光伏建筑一体化技术国内外发展现状

1.1 政策方向

BIPV 是将太阳能发电模块集成于建筑中的一种应用太阳能发电的新技术,可广泛用于建筑物的遮阳系统、幕墙、屋顶和门窗等。全球各国及组织自 20 世纪 90 年代初就着手于

BIPV 的规划和实施。美国在 1997 年 6 月启动了“百万屋顶光伏计划”,计划到 2010 年总装机容量达到 3 025 MW_p,每年减排二氧化碳 35 亿吨。欧洲也在 1997 年宣布了“百万屋顶计划”,德国提出在 6 年内安装总装机量为 500 MW 的 10 万套光伏屋顶系统。日本的通产省在 1997 年宣布“七万屋顶”计划,安装 37 MW 屋顶光伏系统;除了屋顶光伏系统外,日本还尝试安装光伏幕墙组件,日本政府计划今年安装 5 000 MW 屋顶光伏发电系统。据国际能源机构(IEA)的统计,IEA 光伏计划(PVPS)中国家联网光伏装机量已经从 2000 年 1 000 MW 增加到 2008 年 14 000 MW。

我国于 1958 年开始研究太阳能电池的应用来发展航天技术,进入 21 世纪后,国家开始重视太阳能发电的推广与应用,2002 年原国家计委启动“西部省区无电乡通电计划”,通过光伏和小型风力发电的方式,解决了西部七省区近 800 个无电乡的用电问题。2009 年国家财政部及住房城乡建设部联合发布“关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见”、“太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法”以及“金太阳示范工程”等通知,通过政策资助 BIPV 的发展和大规模应用。并在《可再生能源中长期发展规划》中提出“建设与建筑物一体化的屋顶太阳能并网光伏发电设施”,“到 2020 年,全国建成 2 万个屋顶光伏发电项目,总容量 100 万 kW”。还在《可再生能源发展“十一五”规划》中提到“到 2010 年,可再生能源在能源消费中的比重达到 10%”,这些积极的产业引导政策和财政政策有力地推动了我国光伏组件及 BIPV 的发

收稿日期:2011-08-01

基金项目:广东省科技厅国际合作项目(2011B050400036)

作者简介:冯江涛(1979—),男,黑龙江省人,工程师,主要研究方向为太阳能光伏产品失效行为及环境适应性评价。

展。

1.2 产业发展

从全球来看, BIPV 的市场主要集中在欧洲、亚洲和美国, 根据市场调研公司 Nanomarket 预测, 到 2013 年 BIPV 的市场总装机容量可达到 10.8 GWp(欧洲 4.6 GWp, 美国 3.7 GWp)。其中一般用户或住宅用分散电源约为 7.0 GWp, 大部分以屋顶用设备为主, 但 2013 年以后 BIPV 幕墙组件装机容量将达到 1.1 GWp。另外, 从图 1 和图 2 可以看出, 2016 年全球 BIPV 市场规模将达到近 90 亿美金, 亚洲市场规模增速很快, BIPV 屋顶和幕墙组件在 2016 年分别可达 15 亿和 60 亿美元的市场规模, BIPV 幕墙组件市场潜力巨大。当前的光伏产业应用市场主要分布在欧洲, 美国市场增长速度很快, 未来具有极大潜力。中国市场发展较为缓慢。

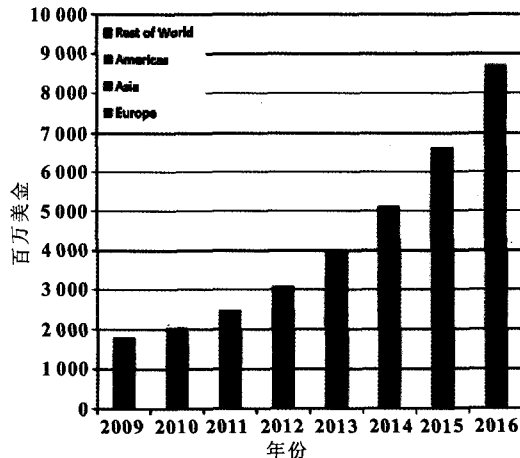


图 1 BIPV 世界市场展望

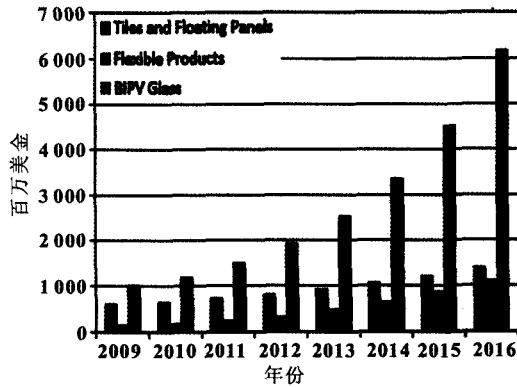


图 2 不同 BIPV 组件市场规模

受到相关政策的引导和鼓励, 我国的 BIPV 示范性工程相继出现, 如: 深圳市园博园 1 MWp 并网光伏系统; 首都博物馆 300 kWp 屋顶并网光伏系统; 北京市天普工业园建成的 50 kWp 太阳能光伏发电系统生态建筑示范工程; 香港机电工程署总部大楼; 2008 年北京奥运场馆和上海 2010 世博场馆光伏发电项目等。2008 年我国的太阳能电池产量达到 3 000 MW, 占全球 44%, 成为全球第一大太阳能电池生产国, 但是太阳能电池及组件的应用比例却很少, 2008 年国内光伏电池及组件累计装机总量只占全球总量 1.1%, 其中 BIPV 的应用比例占国内装机总量的 5.6%, 中国的光伏组件应用市场潜力巨大。

2 BIPV 组件的安全可靠性研究

除了需要政策支持和先进的技术以外, 组件在自然环境条件下的长耐久性与安全可靠性是影响 BIPV 规模化应用至为重要的问题。2006 年美国光伏行业著名杂志 PHOTON International 发布研究报告称, 已经通过 IEC 安全可靠性标准认证的光伏组件在使用过程中由于接线盒内部电路失效发生电弧放电, 从而导致光伏发电系统着火^[1]。美国能源协会发表的研究报告表明全美有 30% 的光伏组件因外界环境应力而发生失效。

美国国家可再生能源实验室, Sandia 国家实验室以及欧洲的相关研究机构在 20 世纪 80 年代就开始注意这个问题, 并开展了一系列相关研究。他们对晶体硅和非晶硅光伏电池及组件、薄膜光伏电池及组件等不同类型的光伏组件在使用过程中的失效案例与失效行为开展了不同程度的研究。

F.H. Klotz 等^[2]在意大利 Portici 开展了 200 天的户外暴晒试验, 研究非晶硅光伏组件的性能衰减与结构之间的关系, 结果表明太阳能电池片的 P-N 结厚度对电池片性能衰减有很大影响, 250~350 nm 厚度较为合适; 设计不同的能带叠层电池片可提高发电效率; 另外, 发生在电池片之间的电化学腐蚀与电偶腐蚀会导致电阻增加, 从而降低组件的长期发电稳定性。

F.J.Pern 等通过五年的户外试验研究, 发现光伏组件 EVA 封装胶膜颜色发生剧烈变化, 从而导致光伏电池转换效率大幅下降。从黄色演变至深棕色, 电池转换效率在 EVA 胶膜变为浅黄色时降低了 9%, 在深棕色时降低了约 50%。在光热作用下 EVA 发生降解, 形成多个短链的(C=C)_n, 同时生成乙酸和其他挥发性有机物。与 F.J.Pern 持不同意见的 C.R.Osterwald 等对市场用晶体硅光伏组件的耐候性进行研究, 发现早期短路电流衰减源于掺硼电池片的氧化, 量子效率测试表明短路电流大面积衰减区域发生在 700 nm 以上的波长范围内, 而封装胶膜的黄化与热激活主要是因紫外线引起, 并不是导致短路电流衰减的主因。

Hishikawa Y 等对 1990 年生产的光伏组件开展了 10 年环境适应性研究, 他们发现随着时间的变化, 封装材料 EVA 开始变色, 与太阳能电池之间出现分层, 光伏组件的输出电流变弱。Paul.D 等^[3]运用统计软件 DOE 和 ANOVA 并结合实际测算, 尝试计算出太阳能电池和组件在不同环境下的性能变化, 从而推算其长期的可靠性。Wei Tian 等^[4]在研究了墨西哥城和附近乡村的气候对光伏组件的电能输出和电能转换率后, 发现由于城市的污染物较多从而影响了太阳辐照强度, 导致光伏组件在城市里的电能输出低于乡村; 但是, 位于城市的光伏组件电转换率较高, 这是由于位于城市里的太阳能电池表面温度低于乡村太阳能电池表面温度, 而太阳能电池表面温度是影响其电转换效率的主要因素。Kempe MD^[5]在 IEC-61215 标准基础上开发出一种新型测试光伏组件封装材料耐候性的方法, 该方法通过改装辐照设备获得了更强的紫外辐射强度, 可通过 6 个月内加速老化试验等同于 20 年的自然老化, 大大缩短了测试光伏组件封装材料可靠性的测试时间。

我国在 BIPV 组件安全可靠性及耐久性方面研究较少,

中山大学太阳能系统研究所在对 BIPV 组件的热性能进行研究时发现^[6],和常规组件相比,中空玻璃式太阳电池组件散热性能较差,太阳电池温度较高;风速和地面辐射是影响太阳电池温度的主要因素。另外,北京太阳能电力研究院于培诺教授带领他的团队也已经开展了相关的光伏组件耐久性试验和质量经济评估等方面的研究工作。

3 BIPV 标准和认证

由于 BIPV 组件不但需要满足建筑组件的相关标准,还需满足其作为光伏组件的标准,国际上目前还没有专门针对 BIPV 组件统一标准,在 BIPV 应用过程中基本采用地面用光伏(PV)组件的国际标准。

3.1 国际标准及认证

20 世纪 70 年代美国能源部和美国国家航空航天局(NASA)就开始关注地面光伏组件的技术发展,隶属于 NASA 的 Lewis Research Center(LeRC)实验室开发出全球第一份测量地面光伏系统性能的技术方案,在此基础上,为了制定完整的光伏系统可靠性测试方法,NASA 的另一个实验室 Jet Propulsion Laboratory(JPL)制定并实施了 Flat-Plate Solar Array (FSA)计划,通过该计划制订了 Block (I~V)序列规范,成为第一份测试地面光伏系统可靠性的规范。欧盟的光伏测试工作组在 1981 年发布了欧洲地区的第一份光伏可靠性测试规范 CEC501。同年国际电工委员会(IEC)成立太阳能光伏系统技术委员会 (TC82),通过研究 Block V 和 CEC501 规范结合现

场实验,TC82 在 1993 年发布了晶体硅光伏组件可靠性测试标准 IEC 61215。1986 年以 Block V 中的安全性测试部分为基础,美国保险商实验室(UL)发布全球第一份光伏组件安全规范 UL1703。1996 年 IEC 又发布了针对非晶薄膜光伏组件的可靠性标准 IEC61646。进入 21 世纪以来,随着光伏产业技术的不断进步,IEC 和 UL 也在不断地增加和更新各自的标准系列,到目前为止 IEC 共发布于 PV 产品有关的标准 46 份,其中最为核心的是 IEC61215,IEC61646,IEC62124(光伏独立系统)以及 IEC60703-1/-2 (光伏组件安全分类)。UL 在推出 UL1703 标准后,又推出应用于光伏系统逆变器 etc 外围设备的安全认证标准 UL1741 和 UL4703。始于 20 世纪 70 年代中期的光伏组件安全可靠性的研究和制定过程中,美国能源部、NASA 以及欧盟委员会三个国家机构自始至终推动着标准的不断完善,在完成初步的标准框架以后,欧美国家主要协会(如 IEC)与机构(如 UL)开始进一步延伸和发展光伏组件标准并在全球范围内推出光伏产品认证。

目前国际上的光伏组件认证主要有国际电工委员会电工产品合格与认证组织(IECEE,颁发 CB 证书)和 UL 认证,这些认证组织和机构的认证时所采用的标准都是上文提到的相关标准体系,具体情况见表 1 和表 2。对于光伏建筑一体化组件(BIPV)的认证,北美地区主要以 UL 认证为主,如果在美国销售 BIPV 组件及相关产品,除需满足 UL 1703 标准外,还要考察产品欲取代的物料或所使用的位置,另依据相关的标准进行额外的检测(表 3)。

表 1 太阳能光伏组件认证

认证服务	标准	标准描述
UL 认证	UL 1703	平板型太阳能组建安全认证标准
CB 证书	IEC 61215	地面用晶体硅平板太阳能组件性能测试标准
	IEC61646	地面用薄膜型平板太阳能组件性能测试标准
	IEC61730	平板太阳能组件安全及性能测试标准
PV GAP 证书	IEC CB 认证体系	——

表 2 太阳能光伏系统主要零配件认证

认证服务	标准	标准描述
UL 认证	UL 1741	太阳能发电系统用逆变器、电源转换器及连接设备至供电系统安全认证标准
	UL 4703	太阳能光伏用电缆

表 3 北美 BIPV 组件认证附加要求

BIPV 组件名称	额外评估要求及标准	标准描述
取代建造屋顶物料	UL 790	屋顶覆盖材料燃火试验
用作建筑物外墙或建筑物玻璃	ANSIZ97.1-1984	建筑用安全玻璃—安全性能规范和试验方法
取代传统上采用安全玻璃的位置,包括建筑物外墙、天窗及日光浴室的顶部	安装及布线方法需与太阳能零件一起接受耐冲击测试,并必须符合美国国家电气规范 (NEC) Article 690 Part IV 的要求	——

表 4 所示为全球光伏组件产品的认证机构,从表中可以看出,UL 是全球范围内唯一可以同时核发 CB 证书和 UL 认证证书的认证机构,德国 TUV 莱茵(TÜV Rheinland)和天祥公证处(Intertek)可以分别在两个国家进行光伏组件的认证检测。

3.2 国内标准及认证

国内的光伏组件及光伏电池相关产品的标准由“全国太阳光伏能源系统标准化技术委员会(简称光标委)”制定,其秘书处挂靠在中国电子科技集团公司第十八研究所,截止到 2009 年底,光标委已发布 13 个基础标准,5 个电池、组件和方

表 4 全球光伏产品认证机构

国家名称	认证机构	备注
USA(美国)	Underwriters Laboratories Inc.	CB 体系执行认证机构, UL 认证
	ITS - Intertek Testing Services, N.A.	
Austria(奥地利)	OVE	CB 体系执行认证机构
France(法国)	LCIE	
Germany(德国)	TÜV Intercert GmbH	
	TÜV Rheinland Product Safety GmbH	
	TÜV SÜD Product Service GmbH	
	VDE Testing and Certification Institute	
Portugal(葡萄牙)	CERTIF -Associação para a Certificação	
India(印度)	STQC	
Italy(意大利)	ICIM S.p.A	
	IMQ S.p.A	
Spain(西班牙)	AENOR	
Sweden(瑞典)	Intertek Semko AB	
Russia Federation(俄罗斯联邦)	GOST Re	
Japan(日本)	Japan Electrical Safety and Environment Technology Laboratories (JET)	
	TÜV Rheinland Japan Ltd.	
Korea(韩国)	New and Renewable Energy Center (NREC)	
Malaysia(马来西亚)	SIRIM QAS International Sdn. Bhd. (SIRIM)	

阵通用标准, 11 个光伏应用系统通用标准, 4 个检测设备和安全标准, 9 个行业标准, 其中大多数标准是同等采用 IEC 标准。对于光伏组件来讲, IEC 标准的局限性是其仅考虑到光伏组件的可靠性能, 却没有全面地考察光伏组件在长期使用过程中的安全性能, 而且对于现在新型的 BIPV 组件 IEC 缺乏相关测试标准。

在我国经国家认证认可监督管理委员会(国家认监委)批准的光伏产品认证机构分别是北京鉴衡认证中心(CGC)和中国质量认证中心(CQC)。CGC 是我国首家光伏产品认证机构, 其通过国家发改委 / 世界银行 / 全球环境基金建立 “中国太阳能光伏产品认证体系” 项目, 建立了我国的太阳能光伏产品认证体系, 并于 2007 年 3 月在北京召开太阳能光伏产品金太阳认证新闻发布会, 正式启动了太阳能光伏产品 “金太阳认证”。CQC 在 2005 年制定了国内第一份《地面用晶硅光伏组件认证实施规则》, 并于 2006 年通过国家认监委的批准, 开展光伏产品的认证工作, 目前已开展了地面用晶硅光伏组件、独立光伏系统、控制器、逆变器等产品的 CQC 金太阳认证。

另外, 根据 ENF 统计, 截止到 2009 年 3 月中国大陆太阳能晶硅组件生产商约 520 家, 其中位于长三角企业 284 家(占 54%), 珠三角 80 家(占 15%), 京津唐 31 家(占 5%); 非晶硅 - 薄膜组件生产商约 45 家, 其中长三角 14 家(占 31%), 珠三角 12 家(占 26%), 京津唐 7 家(占 15%)。从生产商数量与检测实验室数量来看, 我国的光伏组件检测实验室资源严重不足, 尤其是珠三角仅有一家认证检测实验室, 这对于保证光伏组件质量及光伏市场的健康发展尤为不利。

4 总结

综上所述, 光伏发电在建筑上的应用已经开始实践, 但

是依旧存在诸多安全隐患和安全可靠性问题, BIPV 系统在自然条件下的稳定运行决定其规模化应用的效果。虽然全球著名研究机构已经开展 BIPV 的户外测试试验与安全可靠性相关研究, 但是诸如组件安全可靠性、组件用高分子材料等保证产品长期耐久性的技术标准依旧处于空白。对于中国来说, 光伏发电的应用正在慢慢启动, 由于我国的自然气候具有特殊性与典型性, 机械的套用国际标准来实现 BIPV 的规模化应用必定会影响光伏应用市场的健康发展。因此, 开展 BIPV 组件及系统在中国典型地区的环境适应性研究, 全面了解 BIPV 组件与自然环境之间的关系, 对于保证 BIPV 系统的高可靠性长寿命和保障 BIPV 的规模化应用具有及其重要的意义。

参考文献:

- [1] SCHLUMBERGER A. A burning problem[J]. Photon International, 2006(8): 14-18.
- [2] KLOTZ F H, MASSANO G, SARNO A, et al. Determination and analysis of the performance and degradation of A-Si modules using outdoor, simulator and Open-Circuit-Voltage-Decay (OCVD) measurements [C]//Proceedings of the 8th European Commission PV Solar Energy Conference. Florence, Italy: the 8th European Commission PV Solar Energy Conference, 1988.
- [3] PAUL D, MUKHERJEE D, BHADRA CHAUDHURI S R. Assessing solar PV behavior under varying environmental conditions-A statistical approach[J]. IEEE, 2007, 1362(6): 4.
- [4] TIAN W, WANG Y P, REN J B, et al. Effect of urban climate on building integrated photovoltaics performance[J]. Energy Conversion and Management, 2007, 48: 1-8.
- [5] KEMPE, MICHAEL D. Accelerated UV test methods and selection criteria for encapsulants of photovoltaic modules [J]. 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2008(1/4): 1701-1706.
- [6] 王响, 沈辉, 舒碧芬, 等. 中空玻璃式太阳电池组件的热性能研究 [J]. 太阳能学报, 2009, 30: 1049-1053.