

屋顶光伏系统的风载荷研究

于俊, 殷惠君

上海市闵行区申南路 555 号, 上海太阳能科技有限公司, cnrikio@gmail.com

摘要: 随着光伏系统成本的降低, 国际市场需求的放缓, 以及国内政策力度的加大, 光伏系统有望在国内得到大面积的推广应用。屋面电站是民用系统中最普遍的形式, 而屋面抗风设计一直是建筑设计中需要仔细研究的一个问题, 如何避免屋面电站在运行过程中被风移动或吹走, 需要在设计阶段对屋面电站的抗风性能做深入研究。本文将从理论上对风致破坏机理进行阐述, 并提出研究方向, 希望能引起设计单位、建设单位的重视, 并积极开展相关研究工作。

关键词: 光伏系统; 屋面电站; 抗风; 风载荷

1 前言

在过去的几年里, 国内的光伏组件及相关系统设备的产能得到了迅速的提升。自 2007 年以来, 光伏组件的产量一直稳坐世界第一的位置。根据专业研究机构 IMS 的数据显示, 2011 年中组件出货量最多的十家公司中, 中国公司占据六席。其中, 前五家中有四家中国公司, 如下表所示。

2011 年光伏组件厂商按出货量排名

排名	公司名称	国家
1	尚德	中国
2	First Solar	美国
3	英利	中国
4	天合	中国
5	阿特斯	中国
6	夏普	日本
7	晶科	中国
8	Sunpower	美国
9	韩华	中国
10	京瓷	日本

由于欧洲债务危机和美国次贷危机的影响, 欧洲多国均采取了, 或将要采取降低光伏补贴力度的措施, 而美国也发起了针对中国产光伏电池及组件的贸易战。与此同时, 国内的光伏市场容量有限, 故国内光伏组件厂商的产能在这样的市场环境下并未得到及时有效的消化, 以致形成了现在供大于求

的局面。但是, 目前的市场行情也带来了一定的积极影响。受原材料价格及组件的市场行情的影响, 晶硅组件的价格在过去的 2011 年迅速走低, 光伏系统的价格也随之大幅下降。根据《太阳能光伏产业“十二五”发展规划》, 到 2015 年, 光伏组件成本下降到 7 元/瓦, 系统成本下降到 13 元/瓦。从目前的发展状况来看, 毫无疑问, 这个目标可提早实现。

2 屋顶光伏系统简介

2.1 光伏系统类型

按照是否与电网连接, 光伏系统可分为独立系统、并网系统和混合系统三种。其中, 并网光伏系统是太阳能光伏应用的主要形式。按照安装位置来看, 光伏系统可分为屋面系统、地面系统和建筑一体化系统。近几年来国内的金太阳示范项目中, 与建筑相结合的屋面并网系统为主。

2.2 屋顶光伏系统的发展现状

由于屋面系统不占用土地、靠近负荷中心、便于就地消化等特性, 使得此类光伏系统得到了各国政府的重视。同时, 该系统与民众近距离“接触”, 可让大家了解其工作方式和产生的效益, 能有效起到预期的示范作用。

国际上, 德国于 1991 年开始对安装太阳能屋顶

的住户提供补贴。截止至 2004 年项目结束时,共有 10 万个屋顶安装了太阳能电池阵列设施。美国亦于 1997 年提出“百万光伏屋顶计划”,实施的目标是到 2010 年,要在全国的住宅、学校、商业建筑和政府机关办公楼屋顶上安装太阳能发电装置 101.4 万套,总发电容量 3025 MW,以此来降低煤炭和石油的消耗。意大利于 2002 年完成了 5 万千瓦的“光伏屋顶计划”,印度也在 2002 年前推广了 150 万套光伏屋顶系统。严重缺乏能源资源的日本,早在 20 世纪 70 年代世界石油危机时,就把开发、利用太阳能定为国策,投入大量资金,研究和开发光伏发电系统。到 1996 已安装 2700 套并网户用光伏系统,平均每套容量为 3KW,1997 年末达到 1 万套。紧接着又实施了“普及住宅光伏系统计划”。到 1999 年底,在 3 万户住宅屋顶上安装了 120MW 的太阳能电池组件。日本于今年 6 月份颁布、并于 7 月 1 日开始实施的补贴新政规定,日本电力公司对 10kW 以上可再生能源系统发电的收购价格是每度 42 日元,该定价将持续 20 年。这一补贴是德国政策的两倍,更是中国的三倍以上。这一政策的出台,无疑将再次推高民众安装家用光伏系统的热情。

国内目前也在积极开展相关工作。上海市曾于 2005 年制定了“十万个太阳能屋顶计划”方案,计划在 2006 年到 2015 年期间,在上海市建设 10 万套总装机容量为 300MW 的太阳能屋顶,但最终由于系统成本过高而未能执行。今年 5 月份在上海举办的 SNEC 第六届国际太阳能产业及光伏工程展览会暨论坛上,海峡两岸光伏协会及主要企业共同探讨了“中国百万屋顶计划”的可行性方案,着重讨论大陆的支持政策、地方配合程度,以及并网及收购电价等相关议题。根据《可再生能源发展“十二五”规划》,光伏发电装机目标被确定为到 2015 年达 1000 万千瓦,到 2020 年达 5000 万千瓦。其中,到 2015 年屋顶光伏电站规模为 300 万千瓦,到 2020 年则达 2500 万千瓦。由此可见,在接下来的几年,屋顶光伏电站将在国内得到大范围的推广应用。

太阳能发电市场的发展不外乎是住宅屋顶型以及大型电厂,各国发展的方向主要都是来自于政策的驱动,随着太阳能市场发展成熟的各国补助下修,亦或停止对大型系统的补助,屋顶型系统将会是未来主要的市场需求。当市电同价后,结合储能的自发自用住宅系统将会是市场最主要的需求来源。

3 屋顶光伏系统风致破坏

3.1 屋面风致破坏机理

风灾是一种经常发生的自然灾害,我国风灾中巨大的人员伤亡和财产损失主要是由低矮建筑的风损和风毁造成。而屋面结构在设计时常常忽略风荷载的影响,这是因为在许多场合下,一般认为风荷载的影响不大或风引起的吸力对屋面结构有利。但其实不然,由于气流在建筑物周围的分离与再附会导致柱涡或锥涡的出现,进而产生吸力及风致振动等不利因素,结合近地面流场的不确定性,常常会使建筑遭受破坏。大型现代建筑在风的作用下整体被破坏的例子并不多见,但其局部表面饰物脱落或屋面局部被掀开以致整个屋面遭受破坏的例子却时有发生。从破坏部位来看,屋面风致破坏大多发生在屋面转角、边缘和屋脊等部位。

3.2 屋顶光伏系统抗风研究现状

由上文可知,低矮建筑是发生风损或风毁的主体,而屋顶光伏系统安装的主要载体正是此类建筑。目前,大型的商业、工业建筑是比较理想的屋顶电站的安装场所,随着光伏系统成本的走低,以及相关优惠措施的出台,住宅型屋顶系统在将来的光伏市场中将扮演重要角色。因此,对屋顶光伏系统的抗风研究就显得尤为迫切。下图为国外某屋顶光伏系统被大风破坏的场景。



目前, 屋面结构的风载荷研究主要采用灾后调查、全尺寸实测、风洞试验和数值模拟等手段。美国及加拿大的一些风洞实验室对平屋面光伏系统进行了风洞试验, 得出了一些有价值的研究成果。有消息称, 美国加州结构工程师协会将于今年下半年发布一份用于指导平屋面光伏系统结构设计的指导性规范。到目前为止, 世界上仅有荷兰和日本颁布了用于指导光伏系统结构设计的标准。包括中国在内的很多国家仍然按照建筑的相关规范来对光伏系统进行结构设计, 从而使得安装结构存在过于保守的可能。

4 屋顶光伏系统抗风研究方向

基于国内光伏系统无结构设计依据的现状, 笔者认为有必要就以下各方面的问题进行研究, 在为系统结构提供设计依据的同时, 填补设计规范之空缺。

- a) 屋顶光伏系统对屋面风载荷的影响。由于屋顶光伏系统, 尤其是大面积安装的系统, 已明显改变屋面结构的几何形状, 规范中列出的设计参数已不能满足光伏系统设计之要求。由此, 有必要通过进一步的研究来确定光伏系统的存在对屋面风载荷的影响。
- b) 不同形式光伏系统的风载荷情况。目前, 由于平行于屋面安装的光伏系统未对屋面的形状有比较大的改变, 业界普遍认为可按照建筑屋面的载荷要求对系统进行设计。但是, 倾斜安装, 或者架空安装的光伏系统, 已明显改变屋面的几何形状, 其体型系数亦会有所不同, 故有必要对其进行细化研究。
- c) 光伏系统在屋面不同位置处的风载荷状况。目前国内规范在定义体型系数的时候, 未对屋面进行分区。光伏系统由于消防、维护及屋面障

碍物等原因, 会根据实际情况在屋面的不同位置布置不同大小的阵列。受气流分离、再附产生的漩涡的影响, 布置在屋面不同位置处的阵列将承受不同大小的风压, 因此, 有必要对屋面进行细化分区, 以在设计时获得更为准确的载荷估计。这也为系统设计提供了一个方向, 即避免系统安装在风载荷大的区域, 而布置在受风影响较小的区域。

- d) 减小屋顶光伏系统风载荷的措施。上述三点均为可被动式地减小风载荷, 除此之外, 还可主动地加入某些抗风部件, 如挡风板, 来减小作用于系统的风载荷, 从而降低系统材料成本, 提高经济性。

5 总结

在屋顶光伏系统即将得到大面积推广应用的今天, 笔者认为很有必要对期载荷特性进行研究, 进而制定规范以指导其设计, 使其在满足安全性的前提下, 最大可能的满足经济性要求。同时, 设计、安装、运营的过程的规范化, 也有利于引导产业逐步走向成熟。目前, 这一领域的研究在国内尚属空白, 希望本文能起到抛砖引玉的作用, 引起广大设计单位及研究机构的注意, 进而开展相关研究工作。

参考文献

1. 《太阳能光伏产业“十二五”发展规划》
2. Suntech Tops 2011 PV Module Rankings as Chinese Dominance Continues, www.Pvmarketresearch.com
3. 屋面风载荷及风致破坏机理, 程志军、楼文娟、孙炳楠、唐锦春, 建筑结构学报, 2000
4. 建筑物风载荷的数值模拟, 钟震西, 国外建材科技, 2007
5. 风载荷的几种模拟方法, 刘锡良、周颖, 工业

建筑, 2005

6. 从首都机场 T3 航站楼部分屋面被风揭看屋面抗风揭试验的重要性, 朱志远, 金属屋面, 2011
7. 膜结构风荷载的数值模拟研究, 殷惠君, 同济大学博士学位论文, 2006
8. Wind Load Analysis for Commercial Roof Mounted Arrays, Collen O' Brien, David Banks, SolarPro, June/July 2012