

# 光伏建筑一体化 ( BIPV ) 设计与应用探究

陈燕红

昆明低碳投资集团有限公司 云南 昆明 650100

**摘要:** 由于目前缺乏完整的、系统性的设计指导, 本文提出光伏与建筑相结合的理念, 实现功能、安全、信息相结合; 本文对太阳能电池屋顶发电特性进行分析; 指出太阳能电池与建筑物集成在一起时应注意的问题。本项目所提出的太阳能电池与建筑的有机结合理念, 以及太阳能电池与建筑系统的设计要点, 将会促进太阳能电池与建筑一体化技术的应用与普及。

**关键词:** 光伏建筑一体化; 功能融合; 安全融合; 信息融合; 光伏系统设计

在气候变化、空气污染、能源紧张的今天, 可持续发展是人们普遍追求的目标。在中国建筑行业, 能量和资源的消费是巨大的, 有关数据显示, 我国在建筑材料生产、建筑施工等方面所消耗的能量占到了社会最终能量的46.7%。发展绿色建筑已经引起了国家的高度关注, 国家不但制定了发展绿色建筑的战略目标、发展规划、技术经济政策, 而且还修订和完善了相关的法律法规, 确保绿色建筑的建设和普及。目前, 关于将太阳能光伏发电技术与建筑物融合在一起进行最多的是关于光伏建筑集成系统 ( BIPV ) ( BuildingIntegratedPhotovoltaic ), 在这个系统中, 光伏模块不仅要满足光伏发电的功能需求, 还要考虑到建筑的基本功能和审美需求, 文章以具体的项目为背景, 对绿色建筑中的光电-建筑集成系统 ( BIPV ) 的设计思想和发展趋势进行了阐述和分析。

## 1 光伏系统和建筑的有机融合

BIPV指的是将太阳能电池与建筑进行了有机的结合, 它的内容主要是将太阳能电池与建筑的功能、安全、信息等方面进行了有机结合。

### 1.1 功能融合

太阳能电池板结构中所采用的光伏组 ( 构 ) 件, 应符合该结构中所用部分的有关建筑材料标准。达到建筑材料的功能性、美学性的要求。而且, 这些建筑还可以产生电能。对项目空间环境进行明确, 以当地的太阳能辐射资源等信息为基础, 尽可能地选择对光伏发电有利的倾角和方向来布置光伏方阵, 尽可能地避免可能存在的中断, 从而使发电效率达到最大。

### 1.2 安全融合

采用符合建筑材料标准的太阳能电池模块或元件替代传统的太阳能电池板, 既能保证太阳能电池板的安全性, 又不会增加其他的安全性隐患。然而, 太阳能电池阵列在阳光照射下可能产生高至1000V的高开路电压, 在

设计、安装、使用及维护等方面存在安全隐患。所以, 在设计、安装、使用、维护等各个环节, 都要严格遵守相关的规定, 还要避免发生雷电伤害、重视防雷、防火设计。

### 1.3 信息融合

光伏监控系统对光伏系统的运行数据进行采集, 比如电压、电流、发电量、温度、湿度、太阳辐射照度、风速、风向等环境参数。该系统能够对太阳能电池板的发电能力进行预报, 为太阳能电池板的运行和故障诊断提供依据。楼宇能耗集成管理系统对各类用电和空调负荷的运行情况进行收集和分析。将太阳能电池发电能力与建筑发电能力相融合, 实现对清洁能源的最大利用, 降低建筑能耗。

## 2 BIPV 建筑发电特点分析

与传统的地基发电站相比, 太阳能电池板通常设置在外墙或屋顶上, 其产生的电能具有显著的差异。建筑光伏发电受场地阳光辐射条件、光伏阵列方位、倾斜角度、建筑环境及系统结构等诸多因素的影响。在对太阳能电池板进行发电的过程中, 必须对其发电成本进行评估, 并对其进行社会和经济效益分析。太阳能发电系统的发电能力是一个非常复杂的过程, 通常使用PVsyst等专用软件来实现。

### 2.1 影响光伏方阵发电量的外部条件

太阳辐射能和电池的温度是决定电池发电效率的两个重要因素。结合工程场地、建成环境等因素, 对建筑物内的太阳辐射进行了综合分析, 得出了影响光伏发电装置安装容量的主要因素。建筑的地理位置、周围环境、建筑外形光伏网格的方位和倾斜度等都会对光伏网格所接受的太阳能辐射能量造成影响, 从而对发电性能造成一定的影响。建筑物的地理位置, 太阳能电池的安装位置, 安装方式, 方位等因素都会对电池的工作环境

产生影响,当电池的工作环境变暖时,电池的工作环境就会变暖。

## 2.2 朝向变化对光伏发电的影响

通常,由于建筑物的结构特点,光伏模块的方位、倾斜角度等都是根据建筑物的结构来确定的,而对于光伏系统的优化方位、倾斜角度却鲜有报道。以北京为例,其屋顶、南北墙、东西墙等方向的太阳能电池板所对应的最优倾斜角度的发电功率也是各不相同的。在相同的安装容量下,在最优倾斜角度为35度时,太阳能电池阵列的发电功率最大;相对于此,平面上太阳能电池板的发电功率在85%左右,而南墙的发电功率在70.6%左右,东墙的发电功率在52.2%左右,西墙的发电功率在52.3%左右。

## 3 光伏发电系统 (BIPV) 的优缺点及应用前景

近几年,中国在绿色建筑方面取得了长足进步,出现了一批新型的太阳能电池----集成式太阳能电池板结构,但其主要集中在诸如上海世博会主题馆、高速铁路上海虹桥展场、深圳国际园林花木博览会等地标或示范性项目。

与其他的新能源技术比较,太阳电池作为一种清洁的可再生能源,可为未来的人类社会带来更大的可持续发展空间;另外,该系统模块可以在任意位置迅速组装,除了电池之外,还可以实现对环境的彻底清洁和无污染。当然,太阳能光伏系统也有其限制,例如受到地理分布,季节变化和天气的日夜交替,以及建造费用和成本的影响;但是由于太阳能电池的不能被市场所接受,我想最大的限制就是由于建设费用过高,导致了开发商的不愿意使用。但是,由于我国的太阳能电池行业的规模和技术的不断提高,太阳能电池的价格也在不断的降低;与此同时,中国对光伏电站的并网政策、电量收购政策、补贴政策、土地政策等进行了详细的阐述,为分布式光伏项目和电站的开发提供了多种保证,新能源行业已经成为了一个重要的行业,在接下来的5到10年内,中国的光伏发电将会得到大规模的发展。

## 4 光伏建筑一体化在工业厂房应用的优势

### 4.1 节约厂房屋顶的费用

对于新建成的工厂,可以将太阳能电池板式屋面发电装置直接装在屋面上,从而节约了购买、安装彩钢瓦的费用;在使用年限届满时,需更换的工厂屋面,无须修改工厂原有的结构,无须附加屋面荷载,可采用光伏BIPV屋面替代。彩钢瓦的造价为100元/平方米,BIPV完全取代了常规屋面,节约了屋面造价。

### 4.2 更长的使用寿命

通常情况下,传统钢结构屋顶的使用寿命只有10至15年,需要对屋顶材料进行大修或更换。BIPV光伏屋顶的发电寿命可达25年。与传统彩钢瓦屋顶在使用过程中维护、更换和拆卸所需的资金和时间相比,BIPV可以实现一劳永逸。

### 4.3 零碳、零能耗建筑的发展

为了加快绿色建筑的发展进程,降低建筑能耗,逐步实现超低能耗和近零能耗建筑的目标,国家出台了多项与绿色建筑发展相关的规划和实施意见,并出台了相关标准。一些省份还制定了对绿色建筑项目的补贴和激励措施。《中国制造2025》将以“智慧”与“绿色”作为未来的两大核心要素,对未来的高端制造产业的发展提出了崭新的需求。BIPV建筑所产生的能源可以与建筑本身的能源消耗相匹配,并有可能超过建筑本身的能源消耗,与绿色建筑的绿色、环保和节能理念相吻合。

## 5 设计关注要点

### 5.1 火灾隐患

其中,高电压DC电弧是导致太阳能电池板发生着火的最重要原因,它在太阳能电池板上所造成的着火原因中所占的比例为45%。在太阳能光伏电站的DC体系的设计上,可以参照《光电建筑技术应用规程》(T/CBD39-2020)中关于“电力供应体系中,尽可能少地采用DC线”的要求<sup>[1]</sup>。电源电压不能超过80伏。以及“在太阳能电池的控制中,需要具备检测到电弧的能力,以及单个光电的建筑物部件与该电池的分离设备”的要求,构件的内侧和外侧应由耐火材料制成,构件支撑和支撑基础应为不燃型,并要使用防雷安全设计等。

### 5.2 电缆

在电缆安装时,经常发生弯曲和拉伸等现象,加快了其老化速度,提高了维护费用,对太阳能电池的寿命产生了不利的影 响。因此,在BIPV的太阳能电池的配线中,一定要使用特殊的太阳能电池,并且要符合有关的工业标准。

### 5.3 散热

在太阳能模块工作的时候,会产生大量的热气,如果不采取良好的通风方式,热气就会渗入到房间中,这就导致了能源消耗和节约之间的矛盾,而且,当气温上升的时候,光伏的发电效率也会逐步下降<sup>[2]</sup>。因此,本项目提出了一种新的思路,即针对不同的建筑物,采用充气式屋顶和非动力式风扇等方式,通过空气的对流,将所需的热能从室内排出,从而有效地解决太阳能光伏发电系统的冷却问题。

### 5.4 逆变器选择

在BIPV中,我们将会选择组串式逆变电源,并尽可能地提高MPPT的输入回路数目,从而使得太阳能电池的输出具有更好的最大功率追踪优势,并能有效地解决遮挡等问题。在此基础上,研究了太阳能电池阵列的排列方式。在选择逆变电源时,要考虑其额定功率,转换效率,最大可通过MPPT环路的个数。为了降低线损,尽可能将组串式逆变器安装在太阳能电池板附近。

### 5.5 运行维护

BIPV产品的运营与传统BAPV分布式光伏模块的运营存在着一些不同之处,BIPV是与建筑物密切相连的,它不可能轻易地被拆除或替换。因此,在一方面,应该对维修通道进行合理的设计,同时还要将维修的便利和屋顶的功能和结构进行平衡。另一方面,采用高质量、高可靠性的部件,例如某个部件采用了半成品技术,以减少因热斑而引起的发热,从而降低因热斑而造成的系统风险;前部有较大的力学承载力,可降低因维护而造成的部件隐藏裂纹;采用镀铝锌钢框架,采用双玻璃封装,降低了电子PID(电场驱动Degradation)势能引起的能量衰减<sup>[3]</sup>。

## 6 光伏建筑一体化系统的设计过程

### 6.1 光伏建筑一体化系统设计原则及步骤

太阳能电池-建筑集成系统是基于采集本地的气象数据,根据建筑物的使用功能、电网条件、负荷性质和系统运行方式,分为安装类型、建筑材料类型或构件类型。光伏组件的倾斜角度、数量、安装位置和阴影的设计应与建筑的设计同步,因为这将影响光伏建筑的整体外观产生重大影响。因此,有必要尽可能地实现平衡、协调和集成的设计。下面是一个简单的设计步骤:在进行设计前,对区域内的太阳辐射、气温等进行采集,地球上的太阳辐射值通常都是水平方向上的,所以我们对太阳辐射值进行理论运算,并将其转换成真实的太阳辐射值;建筑物的设计与负载的设定,确定太阳能电池组件的种类、规格、数量、安装地点、安装方式及可安装面积,并且太阳能电池组件的规格与安装面积以及安装地点也确定了太阳能电池的最大安装能力;研制了一套直流母线及逆变器检测及数据收集装置<sup>[4]</sup>。

### 6.2 光伏建筑一体化系统中并网逆变器技术要求

电力电子技术是太阳能电池板集成的关键装置。需要实现:配有电网保护设备,且要具备同步性:对电网中的电压、相位进行实时收集,并对其进行闭环调节,使其与电网中的电压、相位保持一致;防孤岛作用:当

电网中出现断电情况时,将自动切断电源<sup>[5]</sup>。当电网恢复供电时,并网逆变器不会立即投入运行,而是需要持续检测电网信号完全正常一段时间(系统延迟时间可在2-90秒内调整)后才能重新投入运行;并网逆变器技术,该技术确保了转化效率一直处于最好的工作状态,随着太阳辐射的强弱及周围的温度的不同,该技术使得该太阳能电池的输出电压呈现非线性的变化,该技术使得该太阳能电池的输出功率也发生了相应的变化,同时该技术还能对该太阳能电池模块产生的电流及电压进行调整,从而使得该太阳能电池的整体输出功率达到最高等。

### 6.3 光伏建筑一体化监测系统设计

太阳能电池板综合测试系统是用一台逆变器来完成的,测试系统的设计包含了对日照度,温度,控制器,风力感应器等仪器的数据进行收集,根据这些数据,可以了解到整个系统的工作状态,并且可以对系统出现的问题和问题进行自动化的探测,并给出相应的提示,这样就可以便于维修人员对整个逆变器进行统一的管理和对整个系统进行维修<sup>[6]</sup>。

## 7 结束语

以绿色建筑设计规范的要求为依据,对光伏建筑集成(BIPV)系统的设计流程进行了简单的描述,并从系统原理、设备安装主、要设备技术要求等方面对光伏建筑集成系统在建筑电气设计中的思想和技术要求进行了深入的论述。总体而言,该项目将传统的太阳能电池与传统的太阳能电池有机地融合在一起,满足了人们对节能环保的需求。

## 参考文献

- [1]赵家敏.光伏建筑一体化(BIPV)的设计与应用[J].工业建筑,2023,53(01):259.
- [2]杨红英.关于既有公共建筑改造中光伏建筑一体化设计策略及应用研究[J].建筑节能,2018,46(05):72-74+83.
- [3]赵伟,俞天琦.光伏建筑一体化设计研究及应用[J].建筑与文化,2017(02):137-138.
- [4]吴建春.光伏发电系统建设实用技术[M].重庆大学出版社:高等职业院校太阳能应用专业系列教材,201504.196.
- [5]李芳,席晖.光伏建筑一体化技术在教学建筑中的应用设计初探[J].河南科技,2013(09):238-239.
- [6].光伏建筑一体化设计及应用[J].建设科技,2009(20):74-75.