

光伏发电系统与建筑一体化设计研究

周夫翔

国能蚌埠发电有限公司，安徽蚌埠，233000；

摘要：在能源问题严峻的背景下，本文聚焦光伏发电系统与建筑一体化设计。阐述了安全性、功能性、美观性、经济性设计原则，分析独立、并网、混合光伏发电系统特点及选择依据。探讨了光伏屋顶、墙面、遮阳等建筑部位的融合方式，研究了组件选型、电气设计、结构设计及防水防风防火等技术要点。通过全面研究，总结经验，虽目前面临挑战，但该领域前景广阔，有望成为建筑领域主流发展方向，为行业发展提供理论与实践参考。

关键词：光伏发电系统；建筑一体化；设计

DOI：10.69979/3029-2727.24.07.016

引言

随着能源问题日益严峻，光伏发电系统与建筑一体化设计成为建筑领域的重要发展方向。它不仅能有效利用建筑空间实现能源自给，还能提升建筑的绿色环保性能。本文深入探究该设计领域，以期为行业发展贡献力量。

1 光伏发电系统与建筑一体化设计原则

1.1 安全性原则

光伏组件及相关设备的安装必须牢固可靠，能抵御各种自然力，如强风、暴雨、地震等。需根据建筑所在地的气候条件和地质状况，精确计算组件的承载能力，采用合适的固定方式，如在屋顶安装时，确保支架与屋面结构紧密连接，防止组件脱落造成安全隐患。系统的布线要规范，采用合格的电线电缆，做好绝缘防护，防止漏电事故。同时，配备完善的接地系统和过压、过流保护装置，一旦发生电气故障，能迅速切断电源，保障人员和建筑安全。此外，还要考虑防火要求，选用防火性能良好的材料，避免因电气短路或组件过热引发火灾。

1.2 功能性原则

功能性原则要求光伏发电系统不能影响建筑原本的各项功能。对于采光，在设计光伏屋顶或墙面时，要合理选择组件的透光率和布局方式，保证室内有充足且均匀的自然光线，避免产生眩光，满足人们日常工作、生活的采光需求。通风方面，不能因光伏系统的安装阻碍建筑的通风路径，要确保空气能正常流通，维持室内良好的空气质量。在隔热保温上，光伏组件应与建筑的隔热构造相配合，增强建筑的隔热性能，减少室内外热量交换，降低空调等设备的能耗。例如，可采用具有隔热功能的光伏组件边框材料，或在安装时预留适当的空气层，起到隔热缓冲的作用。总之，要通过精心设计，

使光伏发电系统与建筑功能相互协调，提升建筑整体性能。

1.3 美观性原则

光伏组件作为建筑外观的一部分，其颜色、形状和质感应与建筑整体风格相融合。在颜色选择上，可根据建筑的主色调挑选相近或协调的光伏组件颜色，如在现代简约风格的建筑中，采用银灰色调的组件能营造出简洁、科技的氛围；对于传统风格的建筑，可选用古铜色等更具质感的颜色，增强建筑的历史韵味。在形状设计上，可将光伏组件定制成与建筑外观相匹配的形状，如弧形屋顶的光伏组件可设计成相应的弧形，使建筑外观更加流畅自然。此外，还可以通过巧妙的布局排列，形成独特的图案或纹理，增加建筑的艺术感，让光伏发电系统成为建筑的亮点，而非突兀的附加物。

1.4 经济性原则

经济性原则贯穿于光伏发电系统与建筑一体化的整个生命周期。在初期建设阶段，要综合考虑设备采购、安装调试等成本，选择性价比高的光伏组件和设备。例如，对比不同品牌、型号组件的价格和性能，在满足发电需求的前提下，优先选择价格合理、质量可靠的产品。同时，合理规划系统规模，避免过度配置造成资源浪费。在运行维护阶段，要降低维护成本，选择易于维护、故障率低的设备。通过提高系统的发电效率，增加发电量，缩短投资回收期，实现长期的经济效益。此外，还可以关注政府的相关补贴政策，充分利用政策红利，降低投资成本，提高项目的经济性。例如，一些地区对分布式光伏发电项目给予电价补贴，合理利用这些补贴能有效提升项目的收益。

2 光伏发电系统类型及选择

2.1 独立光伏发电系统

独立光伏发电系统主要由光伏组件、蓄电池、控制器和逆变器等组成。其工作原理是光伏组件将太阳能转化为直流电,通过控制器对电能进行调节和控制,一部分电能直接供给负载使用,多余的电能则存储在蓄电池中。当光照不足或负载需求较大时,蓄电池释放电能,经逆变器转换为交流电后供负载使用。该系统适用于远离电网的偏远地区,如山区、岛屿等,以及对供电稳定性要求较高的特殊场所,如野外监测站、边防哨所等。独立光伏发电系统能够实现自给自足,不受电网停电的影响,但需要配备足够容量的蓄电池,成本相对较高,且蓄电池的使用寿命有限,需要定期更换。

2.2 并网光伏发电系统

并网光伏发电系统是将光伏组件产生的直流电通过逆变器转换为交流电后,直接并入电网。该系统不需要蓄电池,简化了系统结构,降低了成本。其优势在于能够充分利用电网的调节能力,当光伏发电量大于负载用电量时,多余的电能可卖给电网,实现收益;当发电量不足时,可从电网取电,保障用电的稳定性。并网光伏发电系统对电网的影响主要体现在电压波动和频率变化方面。为减少影响,需要合理设计系统容量和接入位置,采用先进的逆变器技术,确保电能质量符合电网要求。这种系统适用于城市中的各类建筑,尤其是商业建筑和工业厂房,能有效利用建筑屋顶等空间,实现能源的高效利用。

2.3 混合光伏发电系统

混合光伏发电系统结合了独立光伏发电系统和并网光伏发电系统的特点,既包含光伏组件、逆变器等设备,又配备了蓄电池。在光照充足时,系统优先向负载供电,多余电能存储在蓄电池中;当光照不足或负载需求增大时,蓄电池放电补充电能。若仍无法满足需求,则从电网取电。当发电量超过负载和蓄电池充电需求时,多余电能可并入电网。该系统适用于对供电可靠性要求较高,同时又希望能充分利用太阳能并获取一定经济效益的场所,如一些偏远地区的小型社区、医院等。混合光伏发电系统综合了独立和并网系统的优势,但系统复杂度较高,成本也相对较高,需要在设计时根据实际需求进行合理配置。

2.4 系统选择依据与方法

系统选择需综合考虑多方面因素。首先是建筑的地理位置和用电需求,若建筑位于偏远地区且电网覆盖不完善,独立光伏发电系统可能更合适;若在城市中且用电量大,并网光伏发电系统能更好地利用电网资源。其次是建筑的功能和性质,如医院、数据中心等对供电稳定性要求极高的场所,可考虑混合光伏发电系统;普通

住宅、商业建筑则可根据实际情况选择并网或独立系统。还要考虑成本因素,包括初始投资、运行维护成本等。并网系统初始投资相对较低,但长期收益与电价政策相关;独立系统虽需蓄电池增加成本,但能实现完全自主供电。此外,还要考虑当地的政策支持,如补贴力度、并网政策等。通过综合分析这些因素,运用技术经济分析方法,如净现值法、内部收益率法等,对不同系统方案进行评估,从而选择出最适合建筑的光伏发电系统。

3 建筑设计与光伏发电系统的融合方式

3.1 光伏屋顶设计

光伏屋顶设计是将光伏组件与屋顶结构相结合,常见的有平屋顶和坡屋顶两种形式。对于平屋顶,可采用平铺式安装,将光伏组件直接铺设在屋顶防水层之上,通过支架固定,这种方式安装简单、成本较低。也可采用架空式安装,组件与屋顶之间留有一定空间,便于通风散热,能提高组件发电效率。坡屋顶则可根据屋面坡度和朝向,定制与之匹配的光伏组件,使其与屋面贴合紧密,不仅实现发电功能,还能替代部分屋面材料,兼具防水、隔热效果。在设计时,要考虑屋顶的承载能力、排水方向以及光伏组件的朝向和倾角,以获取最佳的太阳能接收效果。

3.2 光伏墙面设计

光伏墙面设计分为外挂式和嵌入式两种。外挂式是将光伏组件安装在建筑墙面外侧,通过连接件固定,这种方式施工方便,不影响原有墙体结构,适用于既有建筑的改造。嵌入式则是在建筑墙体建造过程中,将光伏组件作为墙体的一部分嵌入其中,与墙体形成一个整体,使建筑外观更加简洁美观。在设计光伏墙面时,要充分考虑墙体的采光需求,合理选择组件的透光率。同时,要解决好组件与墙体之间的密封、防水问题,防止雨水渗漏对墙体和组件造成损害。此外,还需关注光伏墙面的维护便利性,确保在需要维修时能够方便地拆卸和更换组件。

3.3 光伏遮阳设计

光伏遮阳设计是将光伏组件与遮阳设施相结合,如遮阳板、遮阳棚等。通过合理设计遮阳结构的尺寸、角度和组件布局,既可以有效遮挡阳光,降低室内温度,减少空调能耗,又能利用太阳能进行发电。例如,在建筑的阳台、窗户等部位设置光伏遮阳板,可根据阳光照射角度的变化自动调节遮阳板的角度,保证在遮阳的同时,让光伏组件最大限度地接收阳光。在设计过程中,要综合考虑遮阳效果、发电效率以及建筑整体美观性,使光伏遮阳设施成为建筑功能与美观的有机结合体。

3.4 其他建筑部位的光伏应用

除了屋顶、墙面和遮阳设施,光伏发电系统还可应用于建筑的其他部位。例如,在建筑的雨棚上安装光伏组件,不仅能为雨棚下方的空间提供遮雨功能,还能将太阳能转化为电能,用于照明或其他设备供电。在建筑的走廊、连廊等部位,也可采用光伏顶棚,既增加了空间的采光效果,又实现了能源的自给自足。此外,一些建筑的外立面装饰构件,如格栅、百叶等,也可采用光伏材料制作,在满足建筑装饰需求的同时,实现光伏发电功能,进一步拓展了光伏发电系统在建筑中的应用范围。

4 光伏发电系统与建筑一体化的技术要点

4.1 光伏组件的选型与性能优化

光伏组件的选型需根据建筑所在地的光照条件、温度环境以及建筑的用电需求等因素进行综合考虑。目前市场上常见的光伏组件有晶硅组件和薄膜组件,晶硅组件转换效率较高,稳定性好;薄膜组件则具有轻薄、可柔性弯曲等特点,适用于不同的建筑场景。在选型时,要对比不同品牌、型号组件的性能参数,如开路电压、短路电流、最大功率等,选择最适合建筑需求的组件。同时,可通过优化组件的安装倾角、朝向以及采用跟踪系统等方式,提高组件对太阳能的接收效率,从而提升整个光伏发电系统的性能。

4.2 电气设计与系统集成

电气设计包括电路设计、逆变器选择等方面。在电路设计中,要合理规划组件的串并联方式,确保电路的稳定性和安全性。同时,要根据系统的功率需求和电压等级,选择合适的电线电缆,保证电能传输过程中的损耗最小。逆变器是将直流电转换为交流电的关键设备,其性能直接影响系统的发电效率和电能质量。应选用转换效率高、可靠性强、具备完善保护功能的逆变器,并根据系统规模和接入电网的要求,选择合适的逆变器类型,如集中式逆变器、组串式逆变器或微型逆变器。在系统集成方面,要确保各个设备之间的兼容性,实现光伏发电系统与建筑电气系统的无缝对接。

4.3 结构与荷载计算

在光伏发电系统与建筑一体化设计中,必须对建筑结构进行详细的分析和计算,确保其能够承受光伏系统的重量和各种荷载。首先要准确计算光伏组件、支架、连接件等设备的重量,以及在风荷载、雪荷载、地震作用等不利工况下产生的附加荷载。根据计算结果,对建筑结构进行必要的加固或调整,如增加结构构件的尺寸、提高材料强度等级等。在设计过程中,要遵循相关的建

筑结构设计规范和标准,确保结构的安全性和可靠性。同时,还要考虑光伏系统安装和维护过程中的施工荷载,为施工提供便利条件。

4.4 防水、防风与防火设计

在光伏屋顶和墙面的安装过程中,要做好组件与建筑结构之间的密封处理,采用防水胶、密封垫等材料,防止雨水渗漏。对于屋顶光伏系统,要确保屋面排水系统畅通,避免积水对组件和建筑结构造成损害。防风设计方面,要根据建筑所在地的风荷载标准值,合理设计光伏组件的固定方式和支架结构,提高系统的抗风能力。例如,采用加强型支架、增加锚固点数量等措施。防火设计不容忽视,要选用防火性能良好的光伏组件和相关材料,设置必要的防火隔离带,防止火灾蔓延,保障人员和建筑的安全。

5 结语

本文对光伏发电系统与建筑一体化设计进行了全面研究,总结了设计原则、方法及技术要点。尽管目前面临一些挑战,但随着技术进步与政策支持,其发展前景广阔,有望成为建筑领域的主流发展方向。

参考文献

- [1] 张宝田. 低层乡村住宅光伏建筑一体化设计研究[D]. 天津大学, 2020.
- [2] 李志军. 关于太阳能光伏发电技术与建筑施工的一体化设计研究[J]. 低碳世界, 2020, 10(11): 84-86.
- [3] 殷路丽. 东北地区乡村绿色民居光伏建筑一体化设计研究[D]. 吉林建筑大学, 2020.
- [4] 范新宇, 吴松梅, 张飞宇, 任敏嘉. 基于数字化的光伏建筑一体化设计方法研究[J]. 建筑学报, 2019, (S2): 44-47.
- [5] 董玉宽, 刘立佳, 范新宇, 陈希. CIGS 光伏 BIM 族库在光伏建筑一体化设计中的应用研究[J]. 建筑学报, 2019, (S2): 48-51.
- [6] 薛一冰, 汤兵. 寒冷(A)区光伏建筑一体化设计与能耗影响分析[J]. 建筑节能, 2019, 47(09): 84-88.
- [7] 高宇迪. 惠州潼湖科技小镇智控中心光伏建筑一体化设计研究[D]. 沈阳建筑大学, 2019.
- [8] 刘焱. 宁夏地区光伏建筑一体化工程研究与设计[D]. 华北电力大学, 2018.
- [9] 沈任斯. 湖南地区太阳能建筑一体化设计研究[D]. 湖南大学, 2018.
- [10] 王东. 分布式光伏发电建筑一体化系统设计与研究[D]. 华北电力大学, 2017.