

Research on the Application of Photovoltaic Curtain Wall in Building Engineering

Shaobin Wu

Zhejiang Zhongli Construction Co., Ltd., Lishui, Zhejiang, 323000, China

Abstract

With the increasing scarcity of traditional energy resources, the world is constantly exploring new energy sources to replace the increasingly scarce fossil resources. Photovoltaic technology, as a way to convert solar energy into usable energy, plays an important role. In the planning of green energy-saving buildings, the rationality of design strategy is very important. In order to solve the application problem of photovoltaic curtain wall in construction projects, this paper takes the feasibility evaluation of photovoltaic curtain wall in construction projects as the starting point, analyzes the introduction of photovoltaic curtain wall solar cells such as silicon-based thin film solar cells and cadmium telluride thin film solar cells, and analyzes the structural design and analysis of photovoltaic curtain wall structures such as open-frame photovoltaic curtain wall construction mode and hidden frame photovoltaic curtain wall construction mode. Combined with an international center curtain wall and BIPV project, the photovoltaic curtain wall construction case, design planning, technical scheme and equipment selection, application benefits and other contents are summarized for relevant personnel reference.

Keywords

photovoltaic curtain wall; construction works; application analysis

光伏幕墙在建筑工程中的应用研究

吴韶斌

浙江中立建设有限公司, 中国·浙江 丽水 323000

摘要

随着传统能源资源的日渐匮乏, 全球不断探索新型能源以替代日渐稀少的化石资源, 光伏技术作为一种将太阳光能转化为可用能量的方式, 扮演了重要角色。在致力于绿色节能建筑的规划中, 设计策略的合理性显得至关重要。为解决光伏幕墙在建筑工程中的应用问题, 论文以光伏幕墙在建筑工程中应用可行性评价为切入点, 分析了硅基薄膜类太阳能电池、碲化镉薄膜类太阳能电池等光伏幕墙太阳能电池简介, 剖析了明框光伏幕墙构造方式、隐框光伏幕墙构造方式等光伏幕墙构造设计分析, 并结合某国际中心幕墙及BIPV工程, 对该光伏幕墙施工案例、设计规划、技术方案与设备选型、应用效益等内容进行总结, 以供相关人员参考。

关键词

光伏幕墙; 建筑工程; 应用分析

1 引言

光伏发电技术在中国得到广泛应用, 光伏建筑一体化(BIPV)应运而生。BIPV, 也就是将光伏器件嵌入到建筑物的外部, 既可以提供电力, 又可以代替传统的建筑物构件, 如屋顶、墙壁以及遮阳设备。由于BIPV是整个光伏建筑集成系统的核心, 因此对BIPV的全面讨论与深入研究非常重要。

2 光伏幕墙在建筑工程中应用可行性评价

2.1 追求建筑美学的体现

在以往的建筑中, 光伏组件常被整合于玻璃幕墙结构

内, 确保其视觉完整性, 并保护组件免受环境因素(如风压、雨水)的干扰。随着光伏技术的进步, 能够在设计光伏幕墙时选用各种光伏模块, 通过精心布局, 使阳光照射产生独特的光影艺术效果, 兼顾能源效率与建筑设计的创新性, 充分迎合建筑美学的标准^[1]。

2.2 适应建筑物照明需求

在幕墙设计中, 保证充足的室内采光同样重要。随着光伏技术的发展, 光伏组件的透光性显著提升, 使得光伏幕墙系统能够轻松兼顾采光与光照强度的精确调控, 确保建筑在节能的同时保持良好的室内光线环境^[2]。

2.3 确保建筑的安全性

作为建筑的外层结构, 光伏幕墙不仅承载美学功能, 更关乎建筑的安全。作为光伏组件与玻璃幕墙的集成, 它需

【作者简介】吴韶斌(1970-), 男, 中国浙江丽水人, 本科, 工程师, 从事建筑工程研究。

具备高强的结构稳定性以保证光电转换的正常运作。然而，同时，还要考虑到建筑的位置、高度和安装过程。在进行准确的计算之后，才能保证安全^[3]。

2.4 起吊施工效益

太阳能光伏玻璃是一种新型的太阳能电池板，它将太阳能电池板和普通玻璃板的特性相融合，其装配方式可以参考已有的成熟的传统技术。中国采用了将近40年的传统建筑，各种类型的建筑幕墙施工工艺已经比较完善，能够很好地适应建筑施工的需要。

2.5 确保使用寿命

从结构上讲，光电墙类似于普通的玻璃幕墙，从原理上保证了更高的使用年限。问题的核心是电池的耐久性。近年来，太阳能电池的快速发展使得电池组件的性能退化已被很好地抑制，而新的材料、新工艺的不断涌现，使得电池的使用年限不断增加。

2.6 达到环境保护和节约能源的指标

该技术以太阳能为基础，利用光伏技术产生的电能，不产生烟尘和废气，不产生噪声。另外，采用新型的材质与科技，可以有效地降低太阳光在玻璃上的反光，从而缓解环境中的光污染。通过对建筑物表面的合理使用和对地面的节省，使其所发出的电力既可以实现自身的供电，也可以接入市政电网中，全面反映环境保护和节约能源的思想^[4]。

3 光伏幕墙太阳能电池简介

3.1 基于硅基的薄膜太阳能电池

这种新型太阳能电池以硅为基础，以非晶态或微晶化为主，其厚度只有1μm，约为硅晶电池的1/200。硅基薄膜电池具有对弱光环境的特殊适应能力，即使在阴雨或紫外线强度较低的环境中，依然能保持高效的光能转换和稳定的高温性能。与晶体硅电池相比，它具有较低的热斑效应，对局部阴影的敏感度较低，且透光率调节范围广泛，可靠性高。其外观呈现出深沉的红棕色，特别适合搭配暖色调的建筑外墙。

3.2 CdTe 薄膜太阳能电池

这一类的太阳能电池是由多个膜在一个玻璃基片或其他基础物质上形成的。CdTe是一种具有高吸收能力的复杂半导体，它的光吸收系数比硅高出100倍。CdTe基太阳能电池在全波段具有优异的低可见光吸收特性。在阴雨天等低紫外线环境下，它的光吸收效率和高温性能更为显著，整体效能更为出色^[5]。由于没有本征的光衰减现象，这种电池能够在25年内保持80%的输出功率。其外观呈现为淡雅的灰色，最适合应用于冷色调建筑外墙的设计中。

4 光伏幕墙构造设计分析

4.1 太阳能明框结构体系的构建

明框式太阳能玻璃幕墙采用铝合金立柱，铝合金横梁，铝合金压条等构成。光伏玻璃，光伏电缆，以及不锈钢的弹性插脚等，如图1和图2所示。作为幕墙垂直支撑的主要力

量，铝合金支柱是保障整体幕墙结构安全的关键。在受到重力、振动、风等外部负载时，这种荷载将通过撑杆传递到主要的混凝土结构上，从而保证了整个结构的稳定。在此基础上，采用铝合金梁将所受荷载传递到立柱上，从而构成了一个完整的光伏幕墙支承网络。各部件有以下作用：

①铝合金立柱：是幕墙的主体承载构件，既承担了太阳能电池板等组件的重量，又承担了外部环境激励下的振动及风载。该系统采用一种新型的太阳能电池板结构，该结构采用了一种新型的太阳能电池板结构。②铝合金梁：作为第二受力构件，也承受光伏玻璃等构件的重量，并将侧向荷载转移到立柱上，构成了一种光伏幕墙支承体系；并将光电电缆布置在线槽中。③铝合金条：适用于立柱、横梁等的外墙装饰，其主要作用是起到装饰作用。④光伏玻璃及电缆：利用光伏玻璃将太阳能转换成电能，并经电缆传输至用电装置或电网，是实现光电转换与能量转移的关键部件。⑤不锈钢弹簧栓：是支撑杆和梁之间的关键部件，是维护幕墙体系整体稳定性的重要保证。本项目拟在传统幕墙支承结构的基础上，通过创新性的设计，将光电玻璃、线缆等有机结合到幕墙中，达到美观与建筑一体化的目的。

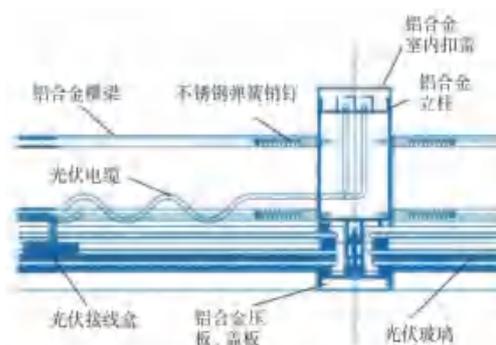


图1 明框光伏幕墙铝合金立柱结构

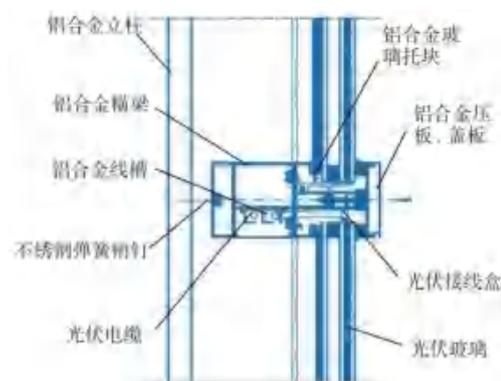


图2 明框光伏幕墙铝合金横梁结构

4.2 隐框光伏幕墙构造方式

为了最大化光伏幕墙的光电转换效率，避免构件对阳光的遮挡，隐蔽框光伏幕墙的构造方式被广泛采用，因为它能最大程度地减少对阳光的阻挡，降低对效率的影响。

5 光伏幕墙在建筑工程中的案例分析

5.1 光伏幕墙施工案例

本项目建筑物高度矗立于147m,划分为35层,主要由塔楼、裙房等部分组成。在建筑结构中,主要建筑为钢筋混凝土结构,而在建筑幕墙中,建筑幕墙采用了框架式混凝土结构,并巧妙地将框架式玻璃和金属夹层式幕墙的特点结合在一起。

5.2 设计规划

初始设计并未纳入BIPV元素,但在专业公司的建议下,业主审慎接纳并进行了重新设计。在评估结构承载力、风压负荷以及幕墙自身重量等因素后,决定对原方案进行调整。为了兼顾通风、采光和经济效益,最终确定在11层、24层以及屋顶的玻璃幕墙区域引入BIPV技术。考虑到业主的使用需求,倾向于自给自足的配置模式。建筑特征,生态环境,气候条件;经过对施工环境、日照和抗水性等方面的详细研究,证实本大楼满足BIPV建设要求。

5.3 技术方案与设备选型

该项目计划采用具有高透光率(45%)的打孔多晶硅光伏玻璃板,其整体发电效率可达79%,符合相关标准。预计10年内电力输出会下降10%,20年内衰减20%。原幕墙的预估造价为720000元,而BIPV改造费用约为2100000元,实际增加了约1380000元的成本。为了节省施工成本和提高效率,选择了模块化安装方式,这减少了从光伏组件到逆变器之间的直流电缆消耗,从而降低了系统的线损,进一步提升了整个系统的效能。

5.4 光伏幕墙在建筑工程中的应用要点

5.4.1 项目初期策划

在采用太阳能玻璃幕墙之前,必须事先做好详细的方案规划,保证其与主要结构的衔接。考虑到建筑的美观和节能要求,本项目拟在日照要求较高的地区采用薄膜太阳能玻璃,同时在楼层梁板、构造柱、砌体等结构墙体中加装晶硅太阳能玻璃。项目建设要经过严格的审核,以保证工程的合理、科学应用。例如,在太阳能电池板的主要结构上,建议使用组合式单体玻璃,这样不仅方便维修和替换,而且可以提高整个建筑的外观;减少因装配而泄漏的危险。

5.4.2 过程监督与控制

施工过程中,严格把控误差和质量标准至关重要。鉴于光伏板块的电极接口需精确无误,普通玻璃幕墙的设计精度要求为 $\pm 10\text{mm}$,但太阳能玻璃幕墙要求小于5mm。光电板一般采用高透光率的钢化玻璃,施工环境需格外谨慎,建议避免对玻璃造成损伤,如需焊接,应优先选用氩弧焊接。采购环节需严格筛选材料,避免因次品引发后续维修,通过分类、清点和计数,采购人员需全面理解清单内容,确保材料质量和到货的品质证明文件齐全,且现场材料需经过严格检验,重要部件需送检以确认符合规定。

5.4.3 风险管理与应急预案

针对不同级别的安全风险,施工单位需提前制定应对

策略。例如,在幕墙面板和窗扇安装阶段,尽管模块化幕墙设计便于操作,但因重量较大和作业人员密集,必须确保在移动玻璃板时使用稳固的拖车和胶带固定,以防意外坠落或密封不当造成危险。在实施安全计划时,要依据施工现场的实际条件制定防护措施,如电动吊篮操作须有详细的操作指南和安全方案,并由专业机构全程监控,及时发现和处理问题,确保施工过程安全有序。同时,通过团队会议、通知传达以及事故原因调查,强化安全管理意识,防止类似安全问题的重复发生,从而保障幕墙项目的顺利进行。

5.5 应用效益分析

5.5.1 经济效益评估

面对日益枯竭的非可再生资源 and 加剧的环境污染问题,世界各地都在大力推广使用新的能源。其特点是将建筑设计,节能标准和太阳能的使用有机结合起来,使建筑物能够自我生成电力,减少对传统能源的依赖,从而降低能源开支。这种系统还能在用电高峰期提供电力,减轻电网压力,甚至可将多余电量售予电网。随着科技的进步,如BIPV这样的光伏技术不断创新,已能应用于各种建筑外观,如仿石材、仿金属等,替代传统材料,实现减排和环保。鉴于化石燃料成本随供需关系上升,尽管目前光伏幕墙的初期投入较高,但从长远的经济角度分析,随着技术进步和市场扩大,光伏发电成本将逐步降低,那时光伏幕墙的经济价值将更为突出。

5.5.2 社会效益考察

全球变暖导致自然灾害频发,而这与碳排放紧密相关。中国推行的“双碳”政策,旨在2030年前达到碳排放峰值并逐步下降,至2060年通过植树和减排措施实现碳中和。利用太阳能光电技术代替一些矿物能源,可以节约燃油和燃煤,降低二氧化碳的排放量,具有十分重要的经济意义和良好的社会效益,受到社会的普遍认可。

6 结语

光伏幕墙技术集多项要素于一体,需要精细规划,整合建筑学、电力工程等多个领域的知识与技能。如今,凭借其出色的表现,光伏幕墙技术正引领建筑行业从高能耗向能源生产转型,实现“自给自足、自我节能、环保友好”的目标,预计将在不久的将来得到更广泛的采纳和实施。

参考文献

- [1] 罗霄鹏.光伏幕墙在建筑工程中的运用探析[J].广东建材,2024,40(1):131-135.
- [2] 张俊,余健,万磊,等.光伏幕墙在建筑工程中的应用研究[J].四川建材,2023,49(10):9-11.
- [3] 崔静恩,彭明强,李锐,等.光伏幕墙在建筑工程中的应用研究[J].城市建筑,2021,18(29):54-56.
- [4] 谢竹雯.建材型光伏构件工程检测初探——以光伏幕墙构件为例[J].能源与环境,2020(2):99-100.
- [5] 刘瑞因.光伏幕墙在办公建筑中的应用研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2020.