

BIPV光电幕墙与建筑围护结构一体化设计的防水构造优化

谢容成¹ 卢晓燕² 徐波¹

1. 众置建工集团有限公司 四川成都 610000

2. 四川省众置绿色低碳节能科技有限公司 四川成都 610000

摘要: 随着建筑光伏一体化(BIPV)技术的快速发展, BIPV光电幕墙在现代建筑中的应用越来越广泛。然而, BIPV光电幕墙作为一种建筑外围护结构, 其防水性能直接影响建筑的功能和耐久性。本文针对BIPV幕墙与建筑围护结构一体化设计中的防水构造问题, 从结构特点、影响因素及优化策略三个方面进行分析, 提出了一系列优化措施, 以提升BIPV光电幕墙的防水性能, 确保建筑的长期安全性和可靠性。

关键词: BIPV光电幕墙; 防水构造; 一体化设计; 优化策略

引言

在绿色建筑与可再生能源利用并行的时代浪潮下, BIPV(光伏建筑一体化)幕墙作为建筑领域的前沿技术, 正逐步重塑着城市的天际线与建筑的能源格局。它不仅是建筑围护结构的一次革新, 更是太阳能光伏技术与建筑设计深度融合的典范, 实现了光伏发电与建筑美学的无缝对接。然而, BIPV幕墙的广泛应用, 也伴随着一系列技术挑战, 其中防水构造的可靠性尤为关键。防水性能的优劣, 直接关系到幕墙的使用寿命、建筑的安全性以及室内环境的舒适度。一旦防水失效, 不仅会导致能源效率下降, 还可能引发渗漏、霉变等问题, 严重影响建筑的整体品质。因此, 深入探讨BIPV幕墙与建筑围护结构一体化设计的防水构造优化策略, 不仅是技术进步的必然要求, 更是推动绿色建筑可持续发展、实现人与自然和谐共生的必由之路。通过精细化设计、高性能材料应用、施工工艺创新及节点构造优化, 我们有望构建起一道坚不可摧的防水屏障, 为BIPV光电幕墙的广泛应用保驾护航。

一、BIPV光电幕墙的结构特点

1. 高度集成化设计

BIPV光电幕墙是将光伏组件与建筑围护结构紧密结合, 实现了光伏发电与建筑功能的完美融合。这种高度集成化的设计不仅节省了空间, 还减少了传统建筑材料的使用, 使得建筑更加环保和高效。光伏组件直接作为幕墙的一部分, 既承担了发电功能, 又起到了装饰和保护建筑的作用。

2. 多样化的外观表现

BIPV光电幕墙在外观设计上具有极高的灵活性。根

据建筑的整体风格和设计需求, 光伏组件可以定制成不同的颜色、肌理和形状, 从而打造出层次丰富、视觉冲击力强建筑外观。这种多样化的外观表现使得BIPV光电幕墙不仅具有实用性, 还具备了极高的艺术价值, 为城市景观增添了新的亮点。

3. 优异的性能表现

BIPV光电幕墙在性能表现上同样出色。首先, 它具备传统幕墙的所有功能, 如遮风挡雨、隔音隔热等。其次, 由于光伏组件的加入, BIPV光电幕墙还能够将太阳能转化为电能, 为建筑提供绿色、可再生的能源。此外, BIPV光电幕墙还具有良好的耐候性和耐久性, 能够抵御恶劣的自然环境, 如高温、低温、紫外线辐射和风雨侵蚀, 确保建筑的长期稳定运行。

4. 模块化与可定制化

BIPV光电幕墙通常采用模块化设计, 使得安装和拆卸更加方便快捷。这种模块化设计不仅提高了施工效率, 还降低了维护成本。同时, BIPV幕墙还可以根据建筑的特定需求进行定制化设计, 如调整光伏组件的布局、透光率等参数, 以满足建筑在采光、通风等方面的特殊要求。

二、BIPV光电幕墙防水构造的影响因素分析

1. 温度变化对防水性能的影响

当日夜温度差异较大或季节转换时, 幕墙材料可能会经历热胀冷缩的变化, 这种物理变化可能会导致材料之间产生缝隙或微小的变形, 从而影响防水层的完整性。如果材料的热胀冷缩特性不一致, 接缝部位容易产生裂缝, 这为雨水的渗透创造了条件。另外, 温度的波动也会对密封材料的性质产生影响。例如, 在低温条件下,

密封胶可能会变得坚硬和脆弱，失去其原有的弹性；而在高温条件下，它可能会变得柔软并流动，这都会削弱其防水性能。另外，如果幕墙框架和光伏组件之间的连接区域没有充分考虑到温度变化的影响，那么可能会因为应力集中而出现裂缝，从而导致防水性能的失效。因此，在构建BIPV光电幕墙的过程中，我们需要选择能够适应温度变化的材料，并采取如伸缩缝、变形缝等合适的结构设计，以有效地应对温度波动带来的防水问题。

2. 风压与雨水渗透的力学分析

强风条件下幕墙表面将直接承受风压，该风压可能导致幕墙变形从而影响幕墙防水性能。风压的大小与风速，风向及幕墙的外形和大小有着密切的关系，尤其对于高层建筑或者形体复杂的建筑物，风压对其影响更明显。风压超出幕墙结构承受能力后，会造成密封材料破坏，连接件松脱或者幕墙板块移位等问题，进而构成雨水渗透通道。同时雨水受到风压后会以较大冲击力撞击幕墙表面加大渗透风险。所以在BIPV幕墙设计中需要充分考虑风压对幕墙的作用，并采取优化幕墙结构，加强连接件稳固性以及选择耐风压性能良好的密封材料来解决提高了幕墙防水性，保证了幕墙在恶劣天气情况下稳定安全。

3. 建筑形体对防水构造的影响

建筑形体在BIPV幕墙防水构造中的作用不可忽视，它的复杂性和多样性直接考验防水设计精准度和可靠性。曲面，折面或者异形建筑形体由于其表面曲率变化很大且交接位置较高，容易形成雨水积聚区和水流加速区而加大雨水渗透风险。这些特殊部位如果处理不好，例如接缝处的封闭不严密，排水路径的设计不尽合理等，很容易造成雨水的渗漏，从而影响建筑物的内部环境和使用功能。另外建筑形体变化也会对幕墙受力分布产生影响，从而对防水构造稳定性造成影响。如复杂形体幕墙受风压和自重影响会出现较大变形和应力集中现象，这就需要防水材料具有耐久性和密封性。所以在BIPV幕墙防水构造设计中需要充分考虑建筑形体特点，采用精细化建模分析，优化接缝处理和建立合理排水系统，保证防水构造和建筑形体的完美配合，达到长久有效地防水效果。

三、BIPV幕墙与建筑围护结构一体化设计的优化策略

1. 构造设计优化

在BIPV幕墙与建筑围护结构的一体化设计过程中，构造设计优化具有至关重要的作用，因为它直接影响到

整个建筑系统的防水性能和长期稳定性。优化构造设计需要站在全局视角，仔细考虑幕墙和建筑主体的连接，努力做到无缝连接和协同工作。在排水系统规划中，要摒弃传统的单一排水模式而改用多层次，立体化排水网络来保证雨水能快速畅通排放，以免积水冲刷幕墙结构。与此同时，防水层设置不可忽视，需要结合幕墙具体形态和所处环境为其量身定做方案，在确保防水效果的前提下，还要考虑美观和耐用性。另外，在构造设计中需要充分考虑建筑形体变化对幕墙防水性能产生的影响，针对曲面或者异形建筑要设计出更加灵活多样的构造形式来满足不同位置的防水需要。在细节的处理方面，更应该做到尽善尽美，比如幕墙板块间接缝的处理，就需要使用高精度加工工艺和密封材料来保证接缝处紧密无缝隙、有效地阻隔雨水入侵。构造设计优化也需要注意和建筑整体风格相和谐，让幕墙既是建筑围护结构又是彰显建筑美学重要因素。通过对建筑功能需求和审美倾向的深入分析，巧妙地将防水构造融入到了建筑的整体设计之中，达到了功能性和艺术性完美结合。这样，才能创作出既有突出防水性能又有美观和实用的BIPV幕墙和建筑围护结构一体化的设计作品。

2. 材料选择与性能提升

材料选择和性能提升对BIPV幕墙防水构造和建筑围护结构一体化设计起着关键作用，这些防水构造就像建筑坚固基石一样直接决定幕墙防水效能和寿命。从选材上看，不能只满足基本功能需求，而应该寻求更高的性能匹配和美学融合。高质量防水材料，例如耐候性突出，抗老化性能好和高弹性恢复能力强的密封胶等，能在极端天气下仍能稳定地防水，并有效地抵抗雨水对材料的冲刷和穿透。同时要将材料透光性，隔热性和隔音性综合性能列入考虑范围，使幕墙多功能一体化。性能的提升是一个持续的探索和创新过程，这要求我们不断突破传统材料的限制，引进新的材料和技术手段。比如利用纳米技术对传统防水材料进行改性可以显著增强防水性能和耐久性；而新型材料如智能调光玻璃的应用可以在确保防水效果的前提下给建筑物带来更灵活的光照控制和节能效果。另外，在选材和性能提升上也需要符合建筑整体设计理念，不仅要符合防水构造要求严格，还要和建筑外观，室内环境等构成一个协调统一整体。在这一过程当中，需要深入分析材料的性能和优点，并根据建筑实际需要和未来趋势，对材料进行科学、合理地选择和性能优化。唯有如此，才能打造出既防水性能卓越，又兼具美观、舒适与节能特性的BIPV幕墙与建筑围护结

构一体化设计作品，为建筑的绿色可持续发展贡献力量。

3. 施工工艺优化

施工工艺优化是BIPV幕墙防水构造和建筑围护结构综合设计中保证设计理念完美展现的关键一环，它集技术，经验和艺术之精华于一身，在增强幕墙防水性能方面起着决定作用。优化施工工艺需要对每个施工细节进行深入考虑，并对每个施工参数进行准确把控，例如密封胶施打宽度和厚度等，需要依据幕墙接缝大小和期望防水效果进行施工，在特定的范围内进行严格的设定，比如，宽度被限制在8至12毫米的范围内，而厚度则被维持在3至5毫米之间，这样做是为了确保密封效果既不会过度冗余也不会变得薄弱。同时对施工温度和湿度的控制也是非常关键的，温度太高或者湿度太低都会对密封胶固化效果和粘结强度造成影响，所以，在施工过程中，必须确保施工环境的温度维持在5℃到40℃的范围内，同时相对湿度也要维持在40%到80%的适宜区间，以便为施工活动提供最优的环境条件。另外，优化施工工艺也表现为提高施工人员的技能和素质，并通过经常性的技术培训和实操演练让施工人员能够熟练运用先进施工技巧和质量控制方法，能灵活处理施工中的各种复杂状况，保证各道工序的准确。在寻求施工工艺优化之路上，也应该不断地进行探索和革新，引进智能化和自动化施工设备和技术手段来提升施工效率和准确性，降低人为因素造成的错误和不足。唯有如此，才能将BIPV幕墙与建筑围护结构一体化设计的防水构造推向新的高度，为建筑带来更加持久、可靠的防水保障，同时，还为建筑物绿色，节能，美观等方面贡献了施工工艺智慧和力量。

4. 节点设计优化

节点设计优化是BIPV幕墙和建筑围护结构综合设计防水构造时保证整体防水性能滴水不漏的微观把控问题，它就像精密机械上的关键齿轮一样，虽小但却肩负着举足轻重的作用。节点设计时，每一个细节都需要反复斟酌和推敲，争取做到毫厘间防水效能最大化。例如，在幕墙板块的交接区域，需要精心设计密封节点，并使用高性能的密封材料，例如硅酮密封胶，确保施打精度控制在±0.5毫米以内，以保证接缝处的密封性和无隙。同时，密封胶的宽度与深度也需根据节点处的受力情况与防水需求进行精确计算，一般而言，宽度不宜小于10毫米，为了确保密封胶能够有效地填补接缝并构建出优质的防水屏障，深度的设定应依据幕墙板材的厚度和接缝

设计来进行。另外，在节点设计时需要充分考虑建筑物长期服役后可能出现的各种变形和位移，例如由于温度变化和风压作用导致幕墙板块发生微小运动。为达到这一目的，需要在节点处设置弹性垫片或者可伸缩密封条等弹性缓冲结构来满足上述变形要求，同时又不会损害防水层完整性。就施工参数控制而言，节点设计优化也表现为准确掌握每个细微环节，比如螺栓拧紧力矩和密封胶固化时间，均需要严格遵守设计要求，才能保证节点处防水性能处于最佳。通过这样细致入微的节点设计优化不但可以显著提高BIPV幕墙和建筑围护结构一体化设计整体防水性能，更可以从细微处展现建筑设计匠心独运和卓越品质。

结论

总之，BIPV幕墙与建筑围护结构一体化设计的防水构造优化，是提升建筑整体性能与使用寿命的关键环节。通过精细化构造设计、高性能材料选择、先进施工工艺应用以及关键节点优化，不仅能够有效抵御雨水侵蚀，保障建筑内部环境的干燥与舒适，还能显著提升建筑的能源利用效率与美观度。这些优化措施的实施，不仅体现了对技术细节的极致追求，更彰显了绿色建筑理念与可持续发展目标的深度融合。未来，随着材料科学的进步与施工技术的不断创新，BIPV幕墙的防水构造将更加完善，为建筑领域带来更加绿色、高效、美观的解决方案，推动建筑行业向更加环保、节能的方向发展，实现人与自然和谐共生的美好愿景。

参考文献

- [1] 郑润武. 如何抢抓BIPV组件与光伏幕墙技术市场新机遇[J]. 中国科技产业, 2023(4): 43-43.
- [2] 张冉. 超低能耗建筑中光伏幕墙的研究与应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.
- [3] 李永登, 张清东, 姜维玮, 等. 零碳智慧建筑光伏幕墙钢结构一体化工程实践[J]. 工程技术研究, 2024, 9(22): 106-108.
- [4] 夏阳, 吴凡. 光伏技术与建筑玻璃幕墙系统一体化设计研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2017, 000(014): 5094-5095.
- [5] 杨涛. 光伏建筑一体化中的幕墙加固设计[J]. 山西建筑, 2017, 43(28): 2. DOI: CNKI: SUN: JZSX.0.2017-28-031.