

建筑幕墙防渗漏技术分析研究

王春雨

上海麟德建筑装饰有限公司, 上海 201103

DOI:10.61369/ERA.2026060020

摘 要 : 随着城市建设的繁荣推进,幕墙作为城市建筑外立面不可或缺的一部分,其进化也从未停歇。在BIM 人工智能等自主创新技术的加持下,建造水平不断提升,良好的建筑幕墙施工技术,不仅可以体现建筑的美感,还可以显著增强外墙的防渗漏性能,从而延长建筑使用寿命,本文首先对引起建筑幕墙渗漏机理进行了总结,其次结合工程案例对渗漏部位及原因进行了系统性分析,最后根据幕墙防渗漏核心技术原理在施工过程中采取了针对性施工措施,并取得良好的效果,旨在为幕墙行业的发展提供有效的参考价值。

关 键 词 : 建筑幕墙; 防渗漏; 施工难点; 技术创新; 智能建造

Analysis and Research on Anti-Leakage Technology for Architectural Curtain Walls

Wang Chunyu

Shanghai Linde Architectural Decoration Co., Ltd., Shanghai 201103

Abstract : With the flourishing advancement of urban construction, curtain walls, as an indispensable part of the exterior facades of urban buildings, have continuously evolved. Supported by independent innovative technologies such as BIM and artificial intelligence, construction standards have been continuously improved. Excellent construction techniques for architectural curtain walls not only showcase the aesthetic appeal of buildings but also significantly enhance the anti-leakage performance of exterior walls, thereby extending the service life of buildings. This paper first summarizes the mechanisms causing leakage in architectural curtain walls, then systematically analyzes the leakage locations and causes in conjunction with engineering case studies. Finally, targeted construction measures are implemented during the construction process based on the core principles of curtain wall anti-leakage technology, achieving favorable results. The aim is to provide effective reference value for the development of the curtain wall industry.

Keywords : architectural curtain wall; anti-leakage; construction challenges; technological innovation; intelligent construction

引言

幕墙作为一种常见的建筑表皮设计,具有隔声、隔热、防水、围护等重要功能,然而在工程实践中幕墙渗漏隐患一直是困扰用户和施工单位的难题,由于渗漏点的排查难度非常大,往往在发生渗漏时需要花费很大的代价进行维修,所以在施工中应引起重视,本文以该项目为依托,对引起幕墙渗漏原因进行了系统分析,并提出具体解决方案,最后经过实践验证了其技术措施的可行性,同时也取得良好的社会效益。

一、项目概况

原创新药发现能力提升平台项目为上海市重大工程建设项目(见图1),位于上海市浦东新区牛顿路277号,总用地面积13597 m²,总建筑面积56146 m²,其中地上建筑面积39176 m²,地下总建筑面积16970 m²,一期范围:1号科研实验楼、3号员工宿舍、6

号污水处理池、7号配套仓库。本项目幕墙面积约18803平方米,其中最大单体幕墙面积约11923平方米(1号楼),最大高度45.7米,主要幕墙类型:玻璃幕墙系统、铝板系统、开放式陶板幕墙系统、铝合金百叶系统、采光顶、点式雨棚、地弹门、门窗系统、屋面栏杆系统等。



图1 原创新药发现能力提升平台项目幕墙航拍图（西南视角）

二、幕墙防渗漏技术原理及施工技术优化

建筑幕墙雨水渗漏机理是由于雨水在自重荷载或外部荷载作用下，通过幕墙表面缝隙进入内部，造成其渗漏的必要条件有：（1）幕墙表面存在渗漏通道；（2）幕墙表面有雨水汇集；（3）外界存在雨水渗透幕墙表面进入内部的作用力（作用力类型及应对措施见表1），本项目在幕墙施工中，主要运用了雨幕原理及外

表1 导致雨水渗透作用力类型及防渗对策（见图2）

序号	作用力	渗漏现象	对策
1	重力	雨水直接流入室内	将缝隙设置顺水倾斜构造，增加向内的重力约束
2	张力	雨水沿径流经材料表面的张力	在缝隙上部采用滴水檐、滴水线构造
3	毛细现象	缝隙较小时会产生自吸渗透	在接缝中设置间断空隙或局部空腔，阻断毛细路径
4	运动	雨水被风荷载带入缝隙	通过将缝隙设为迷宫式构造，延长路径消耗水流动力
5	压差	风力会引起压差	利用等压原理消除内外压差

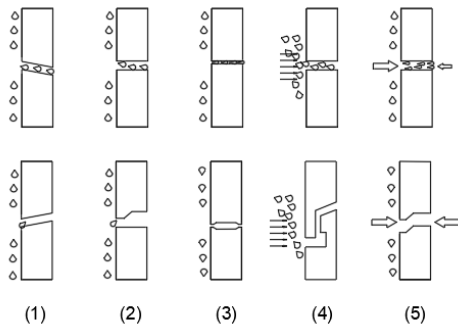


图2 通过雨幕各种作用力及改变水流方向示意图

（二）基于外侧密封法的防渗漏技术优化

是通过采用密封胶或橡胶条以“堵”的方式将水完全隔绝在外。

1. 密封胶

密封胶的等级、接缝形式、密封构造、接缝宽度及深度的设定应经严格控制，同时应考虑构件材料、施工季节、维修管理等因素，密封胶应在有效期内使用，并与基材的相容性、粘结性检测合格，注胶前工作人员要清洁密封部位，使用 PE 泡沫棒填塞胶缝其直径一般为胶缝宽度的1.2倍，其目的是避免硅胶在胶缝内形成三面粘结，保证其具有良好的弹性位移能力，防止接缝位移时

侧密封法进行了技术优化。

（一）基于雨幕原理的防渗漏技术优化

雨幕原理的智慧在于“疏导”与“平衡”。其核心是利用压力平衡机制主动“疏水”，加速排水，该理念是将幕墙系统设置为两道防线，即：外层的幕墙面板及其板缝是第一道防线，它允许少量水在风压下渗透进入板后的空腔。内部的防水隔离层或批水层为第二道防线是最终的保障，它必须做到绝对气密。只有这样，才能维持等压腔的有效性，并阻挡可能透过第一道防线的少量水汽。同时在两道防线之间的空腔作为过渡空间，这个空腔可以与室外大气连通，从而在极短时间内使空腔内的气压（P）与室外风压（P0）达到动态平衡，即 $P \approx P_0$ 。当空腔内外压力相等时，驱动水通过外部缝隙的压差便不复存在。侵入空腔的水分不再受到向内的强大推力，而是在自重作用下沿着预设的空腔底部的排水路径被有序排出。整个系统的核心目标，从“不让一滴水进来”转变为“让进来的水安全地出去”。实现雨幕原理常采用开放式或半开放式接缝。接缝宽度并非随意设定，而是基于当地最大降雨强度、风压计算来确定的。它既要保证气压平衡，又要防止大量水在强风下发生倒灌。空腔与排水系统的构造要确保背部空腔连续、通畅，无保温材料或结构构件意外阻塞。排水路径必须清晰、直接，且排水出口要有防虫、防风倒灌的装置。

约束密封胶变形，产生高应力引发脱胶或内聚破坏导致密封失效（密封胶级别、计算原则、构造形式见下表）。

表2密封胶级别

级别	实验拉压幅度 /%	位移能力 /%
25	± 25	25.0
20	± 20	20.0
12.5	± 12.5	12.5
7.5	± 7.5	7.5
25级和20级适用于 G 类和 F 类密封胶，12.5级和7.5级仅适用与 F 类密封胶。镶装玻璃用密封胶（G），建筑接缝用密封胶（F）。		

表3接缝密封胶嵌填深度 e(mm)

基材材质	接缝密封胶嵌填宽度 W	密封胶嵌填深度 e
金属、玻璃等无孔材料	6 ~ 12	6
	12 ~ 18	1/2 宽度
	18 ~ 50	9
混凝土、砌体、砖、石等多孔材料	6.5 ~ 13	等宽度
13 ~ 251/2 宽度		
	25 ~ 50	≥ 13

密封胶宽度计算公式：

$$W_R = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{S}$$

式中：S－密封胶的位移能力 (%) (± 7.5 、 ± 12.5 、 ± 15 、 ± 20 ...);

- －接缝的线性位移量 mm (下角标1表示温差位移);
- －接缝的线性位移量 mm(2表示干湿交变位移)

表4 本项目采用的接缝密封型式及密封构造

典型构造元素	A 密封胶 B 密封胶背衬 C 基材 D 隔离胶带 E 接缝填充物	
基本密封型式	接缝原始密封构造	位移后接缝密封构造变形
对接缝密封		
角接缝密封		

2. 三元乙丙橡胶条 (EPDM)

橡胶条在玻璃幕墙系统中较为广泛，主要与型材组合使用，分为穿入式和压入式两种方式，因此胶条和型材配合的端部形式与尺寸的配合非常关键，胶条要充分利用橡胶的特有弹性来达到胶条与型材的有效配合，胶条的尺寸不易控制，有时需要经过多次试模才能生产出合格的胶条，因此胶条的选型应尽量标准化、系统化、通用化。从而降低成本、提高胶条的性能。另外胶条需要具备良好的弹性和抗老化性能，其厚度也要与应用场景相适应，防止因不均匀挤压受力产生间隙，同时施工时要预留一定长度，做为收缩补偿（橡胶材料理化性能见表5）。

表5 硫化橡胶类（除硅橡胶外）密实橡胶材料性能

项目	要求				
硬度（邵氏 A）	50	60	70	80	90
拉伸强度 /MPa	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7.5	≥ 7.5
拉伸伸长率	≥ 300%	≥ 300%	≥ 250%	≥ 150%	≥ 100%
断裂强度 /（KN/ m）	≥ 20				
压缩永久变形	≤ 35%				
热空气老化	-5 ~ 10				
	-25% ~ 25%				
	-40% ~ 40%				
硬度变化（邵氏 A）	-20℃ ~ 0℃	-10 ~ 10			
	0℃ ~ 23℃				
	23℃ ~ 70℃				
低温性能	-40℃不破裂				

三、施工技术难点分析

（一）幕墙安装精度难

本项目外立面建筑幕墙与门窗呈矩阵分布（见图3），该立面形式在幕墙施工中将存在大量的收边、收口工作，如果接缝施

胶宽度偏离设计要求、而又不能维持相应的宽厚比时，密封胶将难以承受温度应力、风荷载等作用所引起的位移，会导致因位移能力不足出现胶缝开裂、脱粘或渗漏；另外如果幕墙与窗框“咬合”宽度过大，会出现堵塞门窗排水通道，在此情况下水流将会排入幕墙内侧，顺缝隙进入室内；如“咬合”宽度过小，在结构徐变或幕墙位移影响下，密封胶与窗框极易脱开，使窗框侧边缝隙暴露进而诱发渗漏，本工程施工采用高空作业吊篮，施工过程中极难被监督，在高空很难还原图纸初衷，门窗系统与幕墙系统的接缝配合尺寸施工难度非常大，综上所述幕墙安装精度是项目施工技术难点之一。

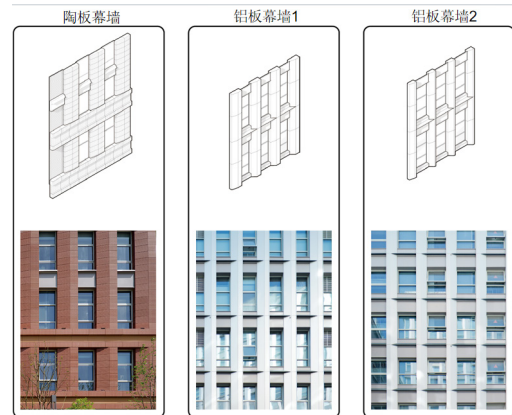


图3 原创新药发现能力提升平台项目幕墙系统局部示意图

（二）开放式陶板幕墙防渗漏施工难

本项目陶板幕墙采用开放式板缝表面雕刻砖纹设计，相邻板块横向长边拼缝采用上下搭接构造、由陶板生产工艺决定了其内部的空腔结构形态，此类陶板的纵向拼缝由于无足够的密封胶粘结面积，将会导致其难以适应板块平面位移出现开裂，所以注定了纵向短边拼缝无法采用密封胶进行处理，也不能像横缝一样进行搭接处理，而是采用内嵌 EPDM 橡胶条通过相邻板块相互挤压实现密封，但是由于胶条长期暴露于室外环境，在紫外线、冷热循环作用下易发生老化失效；加之胶条仅靠板缝挤压固定，施工偏差（板缝宽度允许误差 $\pm 2\text{mm}$ ）会直接影响压缩量。在“老化 + 偏差”双重因素作用下，原方案密封失效风险极高，此外女儿墙处陶板压顶采用的开放式朝天缝，该处内部空间并非全部采用防水批板进行封闭，且陶板挂件处均要穿透防水钢板，这对防水密封构成严峻的挑战，另外窗台及腰线处的平板立板拼缝在水平风荷载作用下，容易发生雨水倒灌，综上所述开放式陶板幕墙防渗漏是本项目的重中之重（难点示意图4）。

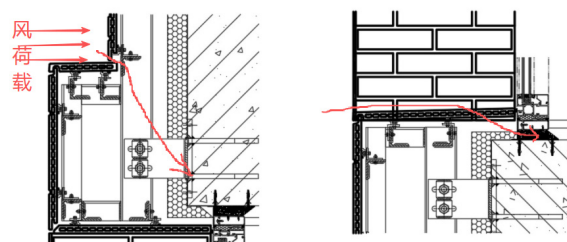


图4 陶板幕墙渗漏路径分析示意图

（三）铝板幕墙防渗漏难

本项目铝板幕墙为施工的关键工作，其拼缝采用密封胶封闭，由于项目总体时间跨度较长，按计划本项目铝板注胶工艺正值10月份，该季节在昼夜交替或阳光直射的立面，铝板表面温度变化剧烈，昼夜温差可达40℃至60℃。这种骤冷骤热使铝板频繁地热胀冷缩，接缝宽度随之反复变化。铝合金的线膨胀系数约为是玻璃的2至3倍。这意味着相同尺寸的铝板在相同温差下，其长度变化幅度远大于玻璃、石材等材料。当接缝在胶体未完全固化时发生拉伸或压缩，胶体内部会被挤压或拉出褶皱，固化后表面便呈现不平的隆起或波浪纹，即“起鼓”若起鼓伴随胶体内部应力集中，在长期温变循环下，可能诱发脱粘或开裂，增加了打胶难度，另外铝板窗台上下口的线条通过拉铆固定铝合金的方法，该做法铝板折边形成的“R角”与铝合金方管之间的拼缝不能完全密封，会使水流在此汇聚，加之风压与重力作用等因素影响，该缝隙处的水分易自吸渗透，又称毛细作用，所以针对以上难点应采取针对性措施（难点分析见图5）。

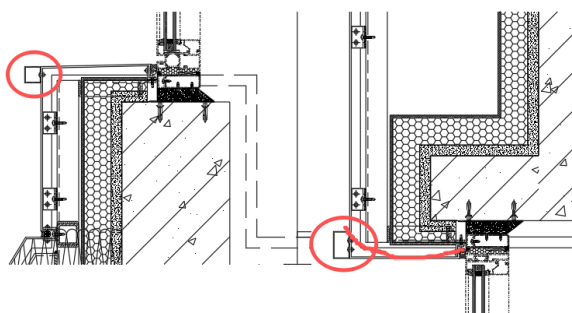


图5 铝板幕墙渗漏路径分析示意图

四、基于施工难点采取的技术措施

根据上述对建筑幕墙防雨水渗漏原因及技术原理的分析，在原创新药发现能力提升平台项目幕墙工程施工中，主要采取以下防渗漏技术措施对其幕墙工程中可能存在的雨水渗漏问题进行重点防护。

（一）确保幕墙安装精度技术措施

为保证幕墙安装精度，消除施工偏差对幕墙渗漏产生的影响，制定了一系列精细化施工措施，施工准备阶段首先制作了实体样板，分析了各工序衔接之间存在的矛盾难点，进入施工阶段通过运用了三维激光扫描技术完成了现场结构的精确测量，经与BIM模型比对确定了结构偏差情况及其纠偏方案，然后通过逆向建模技术得到现场结构实际模型，同时用0.3mm细钢丝在外立面布设了幕墙完成面控制网格；另外为提高骨架的制作安装精度，对加工用液压冲床的刀头进行了检查校正，避免因刀头磨损过大产生误差；其次横梁作为调节面板的关键因素，在制作过程中采用了定型靠模技术，首先根据放样结果将幕墙横梁进行预拼装，然后再运至安装部位与主立柱连接，有效避免了因高空作业施工操作不稳定带来的误差，其次考虑到陶板横梁间距500mm，较为密集的特点，为避免焊接应力集中对幕墙立柱造成的塑性变形，

在满焊作业时采取了分区域间断施焊的方法，并在骨架焊接作业完成后再次采用三维激光扫描仪对其安装偏差进行核对；在面层安装阶段通过在外立面提前布设的控制网格进行精确定位，因本项目面层施工中采用了高空作业吊篮，操作难度非常大，安装完全依赖作业人员素养，对此在施工过程中我们运用了无人机巡航技术，快速实现了对施工过程的全方位监测及动态调整。

（二）陶板幕墙防渗漏技术措施

陶板防渗漏是项目的重中之重，施工前通过对薄弱部位的深入分析，在确保不影响幕墙结构安全且不带来增量成本的前提下，对局部构造功能进行了技术创新，首先对女儿墙部位采用的陶板挂件安装位置由原来的骨架侧面移至平面，这样做的优势在于尽可能延长批水板的长度从而减少了搭接拼缝，也便于安装挂件及钉孔防水密封和质量检查，完全避免了挂件穿透防水批板所带来的渗漏隐患，同时考虑到陶板施工时的三维调节及EPDM胶条固定需要，挂件在原基础上进行了技术创新；其次将窗台板伸入侧板尺寸延长至35mm；并对腰线处水平板拼缝采用迷宫式排水+滴水檐构造原理进行了优化，解决了雨水在水平风荷载作用下沿板缝进入幕墙内部的问题，经过以上措施综合应用，即提高了功效，同时也显著提升了陶板幕墙整体防水性能，项目交付后经历两个台风及雨季检验，该部位未发生任何渗漏，证明了优化方案的有效性。

（三）建筑铝板幕墙防渗漏技术措施

铝板幕墙作为项目的关键工作，为避免方管与铝板拼接处出现自吸渗透，对铝板生产工艺做出了技术优化，将铝板拉铆固定铝合金方管组合方案调整为铝板一体化折弯加工成型方案，从根本上消除排水路径上的毛细现象，使排水路径更加通畅；同时在窗上口板设置滴水檐和泄水孔，确保第一道防线失守后雨水也能有效排出。另外铝板采用了封闭板缝，施工阶段恰逢夏季高温多雨，为避免气候条件对打胶带来的不利影响，我们在材料选择上使用了低模量密封胶以适应胶体在固化过程中因铝板热胀冷缩产生的位移；并在作业前对其与基材相容性做了专项检测，另外还通过作业顺序调整，错开不同部位施胶时间来应对气候因素影响。

五、实施效果及经验总结

本项目在施工中通过落实“三维激光扫描技术+无人机巡航技术+骨架靠模预拼技术”测量施工技术；“挂件功能集成创新+拼缝构造优化”陶板安装技术；“一体折弯技术+泄水构造”铝板加工技术；使工期节约25天，且项目交付后经历两个雨季检验，所有幕墙部位取得了无一处渗漏的成果；技术创新的实施也有效避免了后期渗漏维修成本，根据市场价合理估算人、材、机综合节省成本约20万元，并避免了因渗漏导致的业主投诉，得到了建设单位的高度认可。

建筑幕墙渗漏问题一直是困扰建筑行业的通病，通过对原创新药发现能力提升平台项目幕墙施工的回顾，我认为作为幕墙施工一线从业者要充分了解幕墙渗漏机理、材料属性、防治思路，

并应尽可能早地介入项目，在图纸阶段识别并解决潜在隐患，避免施工阶段返工而造成损失；同时要注重数字化智造建造技术的运用，为科学建造、低碳建造助力，还应与参建各方建立良好沟通机制通过相互提资减少信息孤岛，及时解决不同专业工程界面之间的矛盾使工作能够协调推进。

六、结语

幕墙防渗漏是一项系统性工作，应坚持源头治理摒弃“哪里

漏”、“堵哪里”的传统思维，通过合理的构造策略、优异的材料性能、专业的施工技术，不断提升建筑幕墙防渗水平有效避免因雨水渗漏对幕墙结构造的不利影响，展望未来幕墙建造在机器人技术、AI 大数据模型训练、数字孪生等技术的加持下，将为用户创造更优质的智慧生活空间。

参考文献

-
- [1] 张云齐, 占晓晖. 幕墙工程的防雨水渗漏设计. 中国建筑装饰装修 [J], 2021 (4) .
 - [2] 徐赛列, 汝祺祥. 幕墙工程的防雨水渗漏设计施工技术研究. 建筑实践 [J], 2020 (8) .
 - [3] 杨健, 开放式非透光幕墙防水设计与创新实践. 中国建筑防水 [J], 2023 (3) .
 - [4] 蔡饶, 高崇亮, 曹亚军. 幕墙渗漏原因分析与检测技术. 施工技术 [J], 2025(2).
 - [5] DG/T108-56-2019 《建筑幕墙工程技术标准》[S]. 上海: 上海市住房和城乡建设管理委员会, 2019.
 - [6] T/CECS 581-2019 《建筑接缝密封胶应用技术规程》[S]. 北京: 中国工程建设标准化协会, 2019.