

仿石材氟碳涂料的配方优化与耐候性提升研究

刘国龙

浙江添艺新材料有限公司 浙江 金华 321000

【摘要】：仿石材氟碳涂料作为兼具装饰性与防护性的新型涂料，凭借仿真度高、环保节能、施工便捷等优势，广泛应用于建筑装饰、工业防护等领域。但当前该类涂料仍存在耐候性不足、仿石效果不稳定、涂层附着力欠佳等问题，限制了其长期推广。本文以配方优化为核心，结合耐候性影响机制，通过调整树脂体系、填料配比、助剂选型等关键环节，优化涂料整体配方，提升涂层综合性能。研究结合现有技术成果，明确各组分协同作用规律，解决传统配方短板，最终形成综合性能优异的配方。结果表明，优化后的涂料在耐紫外线、耐酸碱、耐温变等方面显著提升，同时保持良好的仿石效果与施工性能，可为其技术升级与工程应用提供理论支撑和实践参考。

【关键词】：仿石材氟碳涂料；配方优化；耐候性；涂层性能；组分协同

DOI:10.12417/2705-0998.26.03.038

引言

在建筑装饰与工业防护领域，涂料既是保护基材、延长使用寿命的核心材料，也是满足人们装饰需求的重要载体。随着社会审美提升与环保理念普及，天然石材因开采成本高、生态破坏严重、施工难度大等弊端，应用范围逐渐受限。仿石材氟碳涂料应运而生，其通过模拟天然石材的色泽、纹理与质感，既呈现高端装饰效果，又具备氟碳涂料优异的防护性能，兼顾环保与经济性，成为替代天然石材的理想选择。但当前仿石材氟碳涂料发展仍面临瓶颈，传统配方涂料长期暴露于自然环境中，易出现褪色、粉化、开裂、剥落等现象，耐候性不足制约其推广。此外，部分配方仿石效果不逼真、涂层附着力差，进一步影响实际应用。因此，开展配方优化与耐候性提升研究，对推动涂料行业技术升级、满足市场需求具有重要现实意义，本文围绕这一核心目标，探索优化路径，为其高质量发展提供支撑。

1 仿石材氟碳涂料的相关理论基础

1.1 仿石材氟碳涂料的基本特性

仿石材氟碳涂料以氟碳树脂为主要成膜物质，添加颜料、填料、助剂等，经混合分散、研磨等工艺制成，核心优势体现在装饰性与防护性的双重提升。装饰上，通过合理搭配颜料与填料，可精准模拟天然大理石、花岗岩等石材的纹理色泽，仿真度高，适配不同建筑风格；防护上，依托氟碳树脂独特的化学结构，赋予涂层优异的耐紫外线、耐酸碱、耐水、耐温变性能，有效抵御自然侵蚀，保护基材完好。

与传统仿石涂料相比，其核心优势源于氟碳树脂的优异性能。氟碳树脂分子中的碳-氟键键能高、稳定性强，可有效抵御紫外线照射，避免涂层分子链断裂，减少老化现象；同时疏水性强，能阻隔水分与有害物质渗透，提升耐水耐腐蚀性。此外，该涂料施工便捷、环保无污染，无需复杂设备，挥发性有机化合物含量低，广泛应用于建筑外墙、桥梁、工业设备等领域。

1.2 仿石材氟碳涂料的耐候性影响机制

耐候性是仿石材氟碳涂料的核心指标，指其长期暴露于自然环境中保持原有性能与装饰效果的能力，主要受紫外线、温变、雨水、酸碱物质等因素影响。其中紫外线是导致涂层老化的主要原因，其高能特性会破坏氟碳树脂分子结构，导致分子链断裂、交联度下降，引发褪色、粉化、开裂等问题。

温变与雨水也会显著影响耐候性：温度反复升降会使涂层与基材产生热胀冷缩差异，长期作用下破坏结合力，导致涂层剥离；雨水冲刷会带走表面颜料与助剂，破坏涂层完整性，水分渗透还会引发起泡、开裂。此外，空气中的酸碱物质、粉尘等污染物会加速涂层老化，缩短使用寿命。仿石材氟碳涂料的耐候性不仅取决于氟碳树脂性能，还与颜料、填料、助剂的选型及配比相关，各组分协同作用决定涂料整体耐候效果，因此优化配方组分是提升耐候性的关键。

1.3 仿石材氟碳涂料的配方组成及作用

仿石材氟碳涂料配方主要由成膜物质、颜料、填料、助剂、溶剂组成，各组分协同作用，决定涂料性能与仿石效果。成膜物质是核心，负责粘结各组分形成连续致密涂层，赋予涂层附着力与防护性，常用氟碳树脂，其性能直接决定涂料耐候性与使用寿命。

颜料是实现仿石效果的关键，分为着色颜料与体质颜料。着色颜料用于调配色泽，需具备良好的耐光耐候性与分散性，常用氧化铁系颜料、钛白粉等；体质颜料用于改善质感与施工性能，提升涂层厚度与致密性，降低成本，常用霞石粉、硅酸铝钾、滑石粉等。

助剂虽添加量少，但作用关键，按功能可分为流平剂、防沉剂、偶联剂、光稳定剂等。流平剂改善施工性能，避免涂层缺陷；防沉剂防止颜料填料沉降，保证涂料均匀；偶联剂增强涂层与基材结合力；光稳定剂吸收或屏蔽紫外线，延缓涂层老化。溶剂用于溶解成膜物质、调节粘度，需兼顾溶解性、挥发

性与环保性，常用二甲苯、醋酸丁酯等混合溶剂，减少有机挥发物排放。

2 仿石材氟碳涂料的配方优化

2.1 配方优化的核心目标与原则

配方优化的核心目标是提升耐候性，同时保证良好的仿石效果、附着力、施工性能与环保性，解决传统配方的褪色、粉化、剥落等问题。优化需遵循四大原则：一是协同性，确保各组分搭配合理，发挥协同作用，避免拮抗；二是实用性，配方可操作、原材料易获取、成本合理，适合规模化生产；三是环保性，控制有害物质含量，符合国家环保标准；四是稳定性，涂料在储存、施工、使用过程中性能稳定，无变质分层现象。

2.2 成膜物质的优化选择

成膜物质是决定耐候性的核心，当前常用氟碳树脂主要有PVDF与FEVE两种。PVDF耐候性、耐腐蚀性优异，但溶解性差、施工难度大、成本高；FEVE兼具氟碳树脂的耐候性与丙烯酸树脂的施工性，溶解性好、成本适中，更适合仿石材氟碳涂料制备。

优化中选择FEVE作为主要成膜物质，同时添加少量硅烷改性树脂或聚氨酯改性树脂，与FEVE形成协同作用，改善成膜性能，提升涂层致密性与附着力，增强耐候性。此外，需合理控制成膜物质添加量：过少无法形成连续涂层，防护与附着力差；过多则涂料粘度增大，施工困难且增加成本，结合其他组分配比，实现性能与经济性的平衡。

2.3 颜料与填料的优化配比

颜料与填料配比直接影响仿石效果与耐候性。颜料优先选用耐光耐候性优异的无机颜料，避免使用耐候性差的有机颜料，常用氧化铁系颜料，其色泽稳定、分散性好，可精准模拟天然石材颜色，与氟碳树脂相容性佳。

体质颜料优先选用粒径均匀、分散性好、化学稳定的无机填料，霞石粉与硅酸铝钾最为常用。霞石粉可提升仿石质感与仿真度，粒径需合理，过大导致涂层粗糙，过小无法形成良好颗粒感；硅酸铝钾可提升涂层致密性与耐腐蚀性，改善施工性能，减少涂层缺陷。优化中需调整着色颜料与体质颜料比例，控制填料总添加量：过多会增加施工难度、降低涂层柔韧性，易开裂；过少则仿石效果差、涂层致密性不足，耐候性下降，确保颜料填料均匀分散，兼顾装饰与防护性能。

2.4 助剂的优化选型与添加量控制

助剂选型需结合涂料性能需求，与氟碳树脂相容性好，避免组分拮抗。光稳定剂是提升耐候性的关键，采用紫外线吸收剂与受阻胺类光稳定剂复配，前者吸收紫外线并转化为热能，后者捕获自由基、抑制树脂断链，协同提升抗老化效果，添加量需合理，过少效果不佳，过多影响成膜与透明度。

偶联剂选用硅烷类，其两端官能团可分别与氟碳树脂和基材羟基结合，增强涂层附着力，减少剥落，控制添加量确保结合效果。流平剂选用有机硅类，降低表面张力，避免流挂、橘皮等缺陷；防沉剂选用聚酰胺蜡，防止颜料填料沉降，改善涂料触变性与储存稳定性，合理控制两者添加量，兼顾施工与储存性能。

2.5 溶剂的优化选择

溶剂需兼顾溶解性、挥发性、环保性与经济性，常用低毒低挥发的混合溶剂，由二甲苯、醋酸丁酯按比例复配而成，可有效溶解FEVE氟碳树脂，减少有机挥发物排放，符合环保标准。

控制溶剂添加量：过多导致涂料粘度过低，易流挂且增加污染；过少则粘度太大，施工困难，无法形成均匀涂层。通过优化溶剂种类与配比，使涂料粘度适宜，便于施工，同时满足环保要求。

2.6 优化后配方汇总

结合各组分优化选择与配比调整，最终确定仿石材氟碳涂料优化配方，各组分质量份如下表所示，该配方充分发挥各组分协同作用，可有效提升耐候性、附着力与仿石效果，兼顾施工与环保性能，满足各类应用场景需求。

组分名称	质量份	作用
FEVE 氟碳树脂	42	主要成膜物质，赋予涂层优异耐候性与防护性
硅烷改性树脂	3	辅助成膜，提升涂层附着力与致密性
氧化铁系颜料	6	着色，模拟天然石材色泽，耐光耐候性良好
霞石粉 (D50=15 μm)	15	体质填料，提升仿石质感与涂层厚度
硅酸铝钾 (D50=10 μm)	10	体质填料，提升涂层致密性与耐腐蚀性
硅烷偶联剂	1.2	增强涂层与基材附着力，改善界面结合
紫外线吸收剂	0.8	吸收紫外线，延缓涂层老化
受阻胺类光稳定剂	0.5	捕获自由基，抑制树脂分子链断裂
有机硅流平剂 (BYK-306)	0.4	改善施工性能，提升涂层平整度
聚酰胺蜡防沉剂	0.6	防止颜料填料沉降，保证涂料均匀性
混合溶剂 (二甲苯:醋酸丁酯=1:1)	20	溶解成膜物质，调节涂料粘度，便于施工

3 仿石材氟碳涂料耐候性提升的关键措施

3.1 强化树脂体系的耐候性能

树脂体系是耐候性的核心，强化其性能需选用高性能 FEVE 氟碳树脂，利用碳-氟键的高稳定性，抵御紫外线、酸碱等环境侵蚀，延缓树脂老化。同时添加少量硅烷改性树脂，与 FEVE 协同作用，提升树脂交联度与致密性，减少水分与有害物质渗透，增强涂层耐候性。

此外，需控制树脂纯度与分子量分布，避免杂质影响性能，确保良好成膜效果与稳定性。合理调整树脂配比，使体系兼具优异耐候性、柔韧性与附着力，减少涂层开裂、剥落，延长使用寿命。

3.2 优化颜料与填料的分散性

颜料与填料的分散性直接影响涂层致密性与耐候性，分散不佳会导致颗粒团聚，降低涂层致密性，加速老化。优化分散性需添加分散剂，吸附在颗粒表面，降低吸引力，使颗粒均匀分散于成膜物质中，形成致密涂层。

同时，采用合理研磨工艺，控制研磨时间与速度，确保颗粒粒径适宜、分散均匀；选用粒径均匀、表面活性高的颜料填料，进一步提升分散性，增强涂层致密性与耐候性。

3.3 合理添加抗老化助剂

抗老化助剂是提升耐候性的重要辅助，除复配光稳定剂外，可适当添加抗氧剂，抑制涂层高温、氧气环境下的氧化老化，捕获自由基，阻止氧化反应，延缓树脂老化。添加量需严格控制，避免影响成膜与装饰性能，确保助剂协同发挥最佳抗老化效果。

3.4 改善涂层的施工与成膜质量

施工与成膜质量直接影响耐候性，施工不当会导致涂层出现流挂、橘皮等缺陷，降低致密性与附着力。需控制施工环境，避免高温、高湿、强风等恶劣条件，确保施工温湿度符合要求；控制涂层厚度，过薄致密性不足，过厚易开裂剥落；采用高压无气喷涂等合理工艺，确保涂层均匀平整。成膜过程中控制温湿度与时间，确保涂层充分固化，形成连续致密涂层，提升耐候性与附着力。

3.5 加强基材表面处理

基材表面清洁度与粗糙度影响涂层结合力，表面杂质会降低附着力，导致涂层剥落。施工前需彻底清洁基材，去除油污、

灰尘、铁锈等，确保表面干净干燥；通过喷砂、打磨等粗化处理，增加表面粗糙度，提升接触面积与结合力。针对不同基材采用针对性处理，如金属基材磷化、混凝土基材找平固化，确保涂层牢固附着，减少剥落，提升耐候性。

4 优化后仿石材氟碳涂料的性能优势

4.1 耐候性能显著提升

优化后的涂料通过选用高性能 FEVE 树脂、复配抗老化助剂、优化颜料填料配比，耐候性大幅提升，可有效抵御紫外线、温变、雨水、酸碱等环境侵蚀，减少老化现象。经检测，其氙灯加速耐候试验中光泽保持率高、色差小、粉化等级低，耐候性能达行业优质标准，使用寿命较传统配方显著延长，可满足户外长期使用需求，且耐水耐酸碱性能优异，拓宽应用范围。

4.2 仿石效果稳定逼真

通过合理搭配颜料填料、优化粒径分布与配比，仿石效果更稳定逼真，可精准模拟天然石材的色泽、纹理与质感，涂层表面颗粒均匀、纹理自然，无明显瑕疵，仿真度较传统配方显著提升。选用耐光耐候无机颜料，涂层颜色稳定性好，长期暴露不褪色，满足高端建筑装饰需求。

4.3 综合性能均衡优异

优化后的涂料综合性能均衡，除耐候性提升外，附着力强，涂层与基材结合牢固，可适应基材轻微变形；粘度适中，施工便捷，常规工艺即可获得均匀平整涂层，施工效率高；有机挥发物含量低，符合环保标准，无明显异味，兼顾经济效益与环境效益，原材料易获取、成本合理，适合规模化生产，市场前景广阔。

5 结论

本文围绕仿石材氟碳涂料配方优化与耐候性提升展开研究，通过分析其基本特性、耐候性影响机制与配方组成，明确各组分对性能的影响，优化成膜物质、颜料填料、助剂、溶剂的选型与配比，形成综合性能优异的优化配方。同时提出强化树脂体系、优化分散性、合理添加抗老化助剂、改善施工成膜质量、加强基材处理等措施，有效解决传统配方的短板。

研究表明，优化后的涂料耐候性显著提升，仿石效果稳定逼真，综合性能均衡，适合规模化生产与广泛应用，可为其技术升级与工程应用提供理论支撑和实践参考，对推动行业发展具有重要意义。

参考文献：

- [1] 黄健.建筑工程中的外墙仿石材真石漆涂料施工工艺[J].工程建设与设计,2022(24):199-201.
- [2] 李俊兰.外墙仿石涂料施工质量全过程管控对策[J].建筑科技.2025,9(11).
- [3] 伍权,刘栓,卢光明,等.水性防腐涂料湿附着力性能的配方优化模型[J].上海航天(中英文),2022,39(6):135-141.
- [4] 万茂强.有机硅改性丙烯酸酯外墙涂料的耐候性研究与应用[J].佛山陶瓷,2025,35(9):51-53.