

# 环氧彩砂地坪施工的质量控制和通病处理

李 庚

(中国华西企业股份有限公司, 四川 成都 610000)

**摘要** 环氧彩砂地坪凭借出色的美观度和耐用性, 在工厂车间、展馆以及医院等场所使用越来越普遍。但这种地坪对施工工艺要求极高, 稍有不慎就会出现各种质量问题。目前常见的问题包括地面起鼓、表面出现小孔、材料不凝固、出现裂纹以及颜色不均匀等情况。基于此, 本文提出了建立透气型底涂体系、实施洁净舱封闭管理、精准控制固化反应条件、调节施工热湿环境以及统一材料参数的解决办法, 以期为控制质量与通病处理提供参考。

**关键词** 环氧彩砂; 地坪施工; 质量控制; 通病处理

中图分类号: TU712

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.22.029

## 0 引言

《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378-2019)第 4.2.5 条明确规定:“地坪工程应选用环保耐久材料, 施工过程须控制基层含水率不超过 4%, 确保粘结强度达到 1.5 MPa 以上。”此条款直接指向环氧彩砂地坪施工中的核心质量控制要点。在实际工程中, 混凝土基层含水率超标引发的空鼓问题已成为行业普遍痛点, 而固化剂配比偏差造成的黏结失效更是质量事故的主要诱因。

## 1 环氧彩砂地坪施工的通病问题

### 1.1 基层含水率超标导致地坪鼓包

地面水分过多是造成环氧彩砂地坪起鼓的主要原因。当基层里的水汽无法顺利排出时就会在封闭的地坪内部不断聚集, 最终破坏涂层与地面的结合力, 在潮湿环境中持续产生的水蒸气压力会使表层材料隆起出现明显的鼓包现象。很多施工问题其实源于前期检查不到位。若忽视严格检测地面含水量或者没有考虑环境湿度的影响, 后续很容易出现各种质量问题, 稍不注意就会导致地坪涂层脱离基层形成难以修复的鼓包缺陷<sup>[1]</sup>。而且地坪系统还会因失稳出现鼓胀, 既影响观感, 又把整体承载力削弱至临界点, 对后续使用安全构成威胁。

### 1.2 施工粉尘污染造成表面针孔

表面针孔问题源自涂层覆盖前未清除的微细颗粒、漂浮粉尘或空气夹杂物在固化过程中产生的局部空隙, 这类空洞虽细微, 却会破坏面层的致密性与光洁度。同时, 针孔的存在使得涂膜不再连续, 湿气、腐蚀物还有杂质容易沿孔隙渗透至底部, 引发后期鼓泡或涂层失稳。除视觉影响外, 还会削弱地坪的密封性能与抗渗能力<sup>[2]</sup>。该类缺陷一般都是在竣工验收后短期内

不易察觉, 却在长期使用过程中慢慢地显现。针孔生成的本质是施工环境洁净度不足引发的“隐形污染”, 这种不可逆的微观瑕疵, 映射出环氧系统对粉尘控制的高度依赖。

### 1.3 固化剂配比失准影响树脂固化

固化剂的配比偏差对树脂成膜反应的影响非常大, 倘若比例过低则反应速率迟缓地坪表面长期处于粘滞未干状态, 附着力和硬度均无法达到应有标准; 若比例过高, 则反应放热剧烈易形成内部脆化降低弹性与延展性, 致使面层后期出现开裂或粉化现象。与此同时, 固化剂在化学反应中的催化与连接作用也是不可忽视的, 配比不当直接干扰涂层的交联结构形成, 使涂膜功能性与耐久性全面受损<sup>[3]</sup>。

### 1.4 应力释放受限引发结构裂缝

当地坪承受外部作用时, 混凝土收缩、温差变化或基础下沉都可能引发内部应力集中, 若无法及时释放, 这些应力会从基层薄弱处向上延伸, 最终在地面形成明显裂痕。此类裂缝既破坏地坪结构的整体性, 又会影响防水防污性能, 并且裂纹处容易藏污纳垢, 增加清洁难度, 同时影响美观度和使用体验。

### 1.5 施工参数差异引发色彩不均

原材料批次间的色度差异、树脂与固化剂配比波动、混合搅拌时间不一致等因素都会让最终成膜效果出现区域性色差, 虽然这种色彩偏差不会直接影响地坪的物理性能, 但在强调视觉整体性的商业空间中会降低装饰品质的呈现效果。从材料特性来看, 环氧树脂体系的固化反应对配比精度极为敏感, 微小的计量偏差就可能改变成膜物的光学特性, 造成不同施工区段出现肉眼可辨的色泽差异。

## 2 环氧彩砂地坪施工的质量控制和通病处理策略

### 2.1 严控基层含水率，采用透气型底涂防鼓包

混凝土基体内的水分在温度变化驱动下容易形成动态渗透压，当这种压力超过材料结合强度时，必然导致界面剥离。透气型底涂技术经过构建选择性渗透屏障，它独特的微孔结构就能定向扩散水分子，同时阻隔液态水渗透，进而既维持了涂层的完整性，又为水汽排放提供了有效通道。此外，该技术经过调控分子级别的结构，解决了传统防水层与透气性不可兼得的矛盾<sup>[4]</sup>。在实际应用中，严控基层含水率一方面预防了鼓包缺陷，另一方面更提升了地坪系统对基层变形的适应能力，使整体结构具有更好的耐久性。特别对于环氧彩砂这类厚层地坪，透气系统有效避免了砂层底部积聚水分，保证装饰层与功能层能够长期稳定结合。

施工人员在施工前，需要用电容式水分仪来网格化检测混凝土基层，并且测点间距不大于2 m，重点排查管道周边及低洼区域。若检测值超过3%时，就要启用热风干燥设备进行强制脱水，热风温度控制在50~60 °C区间，持续处理至含水率达到。对于无法彻底干燥的基面，施工人员可选用双组分水性环氧透气底涂，A组分树脂与B组分固化剂按4:1质量比机械搅拌3分钟，静置熟化5分钟后辊涂施工。接下来第一道底涂用量控制在0.2 kg/m<sup>2</sup>，使用十字交叉法保证能完全覆盖基面微孔。然后，间隔4小时后施作第二道，用量增至0.3 kg/m<sup>2</sup>，重点处理检测出的高含水区域。每道涂层施工后施工人员需使用露点仪监测结露风险，当表面温度与露点温差小于3 °C时暂停作业。待到透气层完全固化后，再用拉拔法测试粘结强度，只有标准值不低于1.5 MPa方可进行彩砂层施工。在环氧彩砂混合阶段，施工人员应添加3%~5%的硅烷偶联剂提升骨料与树脂的界面结合力。摊铺完成后，用带加热功能的抹平机在40 °C条件下进行二次压实，促进残留水分借助底层透气系统排出。养护期间保持环境通风，相对湿度维持在65%以下，避免面层固化过快导致透气通道封闭。质量验收阶段除常规检查外，施工人员还应用红外热成像仪扫描全场，温差超过2 °C的区域需钻孔取样验证层间结合状况。

### 2.2 净化施工环境，实施封闭管理消针孔

悬浮颗粒物在树脂固化过程中形成的微观干扰源，会破坏高分子链的有序排列，造成局部应力集中，而封闭管理能借助空间分隔切断污染传播路径，并建立物理隔离屏障，进而在源头消除异相成核点，保障树

脂体系能均匀固化<sup>[5]</sup>。此外，气流组织设计应采用层流送风模式有效引导颗粒物沉降，在解决表面针孔问题的同时，更提升了材料界面的结合强度，使地坪获得更优的机械性能。与此同时，封闭环境下还可以精准调控施工参数，为环氧彩砂这类高装饰性地坪提供理想的成型条件，并且这也是保证地坪表面质量的关键技术突破。

施工人员开始施工的时候，先用彩钢板搭建全封闭作业舱体，接缝处粘贴PE密封条确保气密性，同时入口设置双层风淋室且风速不低于20 m/s，当人员更换衣鞋后只有经过15 s风淋除尘才能进入。与此同时，舱内安装FFU层流送风单元，顶部布置HEPA高效过滤器，洁净度达到ISO8级标准。地面预铺防尘地垫，每日施工前用吸尘车进行全场的清理。材料搅拌区单独隔离，配备负压除尘装置，搅拌机加装防溅罩。环氧树脂在注入施工区域前，需经100目滤网过滤，过滤压力保持0.3~0.5 MPa。施工期间施工人员可启用粒子计数器进行监测，当≥0.5 μm粒子数超过35 200个/m<sup>3</sup>时自动启动备用净化机组。镘涂工序在层流环境下进行，作业面风速控制在0.45±0.1 m/s，避免气流扰动引起二次扬尘。每道涂层间隔期间，都要用微湿拖把清洁地面，湿度控制在40%~50%RH区间。固化阶段保持正压环境，压差值维持在10~15 Pa，防止外部污染空气渗入。施工人员验收时使用200 W斜射灯检查，灯管与地面成30°角，在3 m距离内观察不到明显散射光点为合格标准。

### 2.3 精确计量配比，优化固化条件保反应

环氧树脂之所以会发生固化反应，是因为环氧基团与活性氢原子的化学计量结合，其摩尔比偏差超过±2%就会让分子网络结构有缺陷。在环氧彩砂地坪体系中，树脂扩散非常容易受到石英砂骨料的物理限制，其局部区域容易产生固化不均匀现象。温度每升高10 °C，反应速率常数增大2~3倍，但超过临界温度后副反应加剧，交联密度反而下降。同时，湿度因素对胺类固化剂的影响也非常明显，这是因为水分子的竞争反应会消耗活性氢，由此使得实际参与交联的官能团数量减少。环氧彩砂混合物的凝胶时间与粘度变化呈非线性关系，在转化率达到60%时会出现明显的流变拐点，这个临界状态对施工窗口期的确定具有决定性意义，过早或过晚操作都会影响最终力学性能。

施工人员需要使用精度达±0.1%的电子秤校准配料系统，按环氧树脂：固化剂=4:1的质量比精确称量，然后把原料置于23±0.5 °C恒温房预处理24小时，保证材料温度均衡性。之后用转速300±10 rpm的螺旋

搅拌器混合 5 分钟，混合均匀度需达到 99% 以上。并且输送管道还要全程保温，温度维持在  $25 \pm 1$  ℃ 恒温状态。摊铺作业时，施工班组使用激光测厚仪实时监控，把 3 mm 设计厚度的误差控制在  $\pm 0.15$  mm 范围内。镘涂工序中保持镘刀与地面呈 45° 夹角，行进速度控制在 0.8 ~ 1.0 m/min。初凝阶段覆盖 0.1 mm 厚 PE 薄膜，搭接宽度保持  $100 \pm 5$  mm。固化期间施工人员可借助红外加热系统进行检测，保证基面温度维持在  $30 \pm 2$  ℃，并且每 60 分钟测量一次表面阻抗，当数值达到  $(1.0 \pm 0.2) \times 10^8 \Omega$  时启动梯度降温程序，降温速率严格控制在 1.5 ℃ / h。

#### 2.4 调节温湿环境，协同固化过程缓应力

环氧彩砂地坪在固化阶段产生裂缝的主要诱因是温度与湿度变化引发的材料体积变形。当环境温湿度波动较大时，基层与涂层因热膨胀系数差异会产生不同的伸缩现象。树脂基体与石英砂填料的热传导性能有明显差别，石英砂导热系数约为树脂的三倍，这种差异会导致热量在材料内部传递不均形成局部应力集中区。固化反应本身会释放热量，若环境温度过高会加速反应进程使体系过早失去流动性；湿度过大则会引起树脂吸湿改变交联网络的形成过程。多种因素共同作用，容易在界面处形成微裂纹并随着应力积累扩展为可见裂缝。

施工前需提前开启环境调控设备不少于 24 小时，使作业区域温度稳定在 21 ~ 23 ℃ 之间，空气相对湿度调整至 45% ~ 55%。紧接着用红外测温仪检测基层表面温度在  $\pm 2$  ℃ 以内，配料阶段用带有温控功能的搅拌设备把混合温度精准维持在  $22 \pm 0.5$  ℃，以促使各组分均匀融合。随后，将已混合的材料经保温输送管道至施工区域，避免在运输过程中产生温差。作业区域以  $4 \sim 6$  m<sup>2</sup> 为单位分区，且在各单元之间预留缓冲区域以减少因固化速率差异而引发的局部应力集中问题。进行镘涂作业时需要选用恒温保持在 26 ℃ 的专用刮刀，并将刮涂角度调整为 35°，以增强材料的铺展均匀性。初凝材料阶段可加盖专用透气膜，稳定表层湿度至 60% ~ 65% 的适宜范围。施工结束后用三维扫描设备全面检测整体地坪检验其平整度和结构精度是否达标，全部温度、湿度和尺寸变化信息需如实记录至施工日志，为后续复查技术提供完整资料。

#### 2.5 统一材料参数，协调工艺节奏稳色彩

环氧彩砂地坪中出现的色差问题，多源于不同批次材料参数偏差或分段作业工艺节奏不一致。固化体系中微小的配比差异、树脂粘度波动或颜料分散性变

化，均可能在表观层面形成视觉断层。另外，材料在不同时间段混配，若温度、湿度或搅拌时间存在偏移，就会使同一色号涂层在反射率、饱和度及透明度上产生差异。树脂颜料颗粒间的光学干涉效应进一步放大这种视觉不连续，使色彩偏差肉眼可见。

为减少色差风险，施工人员须提前准备充足且同批次的原材料，配料前统一置于  $23 \pm 1$  ℃ 恒温房内 24 小时以上，保证材料状态一致，然后搅拌环节用数控定时装置，每次操作时间控制在 5 分钟以内，搅拌转速维持在 300 ± 10 rpm，避免局部剪切不均影响色彩稳定性。接下来，配比完成后材料需要经三级静置过滤系统处理，去除气泡与颜料团聚体，增强色彩均匀性。摊铺环节由自动刮涂设备完成，每个作业单元覆盖面积控制在 5 m<sup>2</sup> 内，单元边缘设置色彩融合带，避免拼接色差。刮涂厚度稳定在  $2.0 \pm 0.2$  mm，配合镘刀角度 30° ~ 45° 调节，控制流动方向统一。最终用分光测色仪逐点检测  $\Delta E$  值，确保整场施工色差控制在 1.5 以内。

#### 3 结束语

环氧彩砂地坪是衡量建筑品质的重要指标，要做出优质地坪必须严格把控每道工序，保证基层坚实、层间结合紧密、表面均匀。打造高品质地坪，既要保证底层结构稳固，又要使各涂层完美黏合，同时色彩还应一致。只有规范操作、控制精准，才能避免空鼓、开裂等问题，因而经验丰富的施工团队与科学的工艺标准缺一不可。底层强度是基础，中层粘接力是保障，从材料配比到现场操作，每个环节都至关重要。只有高标准施工，才能实现既耐用又美观的地坪效果。

#### 参考文献：

- [1] 张敬, 吴永红. 某汽车装配车间环氧地坪薄涂施工过程质量影响因素分析及控制措施的研究 [J]. 江西建材, 2025 (01):295-297.
- [2] 陶祥, 胡彩芳, 葛翱翔, 等. 低粘度超支化聚醚环氧树脂改性水性环氧地坪涂料研究 [J]. 热固性树脂, 2024, 39 (06):26-31, 36.
- [3] 沈仕国. 浅谈防腐蚀耐磨防尘环氧自流平技术应用: 远东股份宜宾智能产业园建设项目(一期)为例 [J]. 四川建筑, 2024, 44(05):212-213.
- [4] 陈树志.TWY 水性硬化地坪系统在停车场项目中的应用分析 [J]. 安徽建筑, 2024, 31(10):35-36.
- [5] 刘钦, 王燕, 熊俊. 快速固化水性环氧厚涂型底漆的制备及性能研究 [J]. 涂层与防护, 2023, 44(03):13-18.