

## 1 前言

现代工业地坪要求防尘、防渗、耐蚀、抗压、耐洗等，环氧地坪涂料因涂膜具有较好的物理机械性能和优异的耐化学品性能，而且平整光洁、装饰性强，可以满足现代工业地坪的要求，所以被广泛应用。地坪基材通常是混凝土，其表面遍布孔隙，孔隙中含有水分和碱性物质，如不经处理直接涂装，漆膜不仅附着力差，而且会发生起泡、龟裂、泛白甚至脱层等弊病。为了避免以上问题的出现，延长涂层的使用寿命，除了控制基材的含水率及进行正确的表面处理外，正确地设计涂料配方和施工工艺也是必须的。本文对环氧地坪涂料施工前基材的表面处理作了阐述，并针对应用环境的不同，列出了不同类型环氧地坪涂料配方设计要点、配方及施工工艺，并比较了它们的性能，为现场施工技术人员提供了有益的参考。

## 2 施工准备

### 2.1 基层检查及处理[1]

基层检查包括混凝土含水率的测定、平整度的测定、PH值的测定、强度的测定。因PH值、平整度、强度测定较为简便，这里不再累述，而因含水率对涂膜的影响很大，故对其测定作一介绍。

#### 2.1.1 含水率测定

含水率的测定有以下几种方法：

塑料薄膜法（ASTM4263）：把45cm×45cm塑料薄膜平放在混凝土表面，用胶带纸密封四边16小时后，薄膜下出现水珠或混凝土表面变黑，说明混凝土过湿，不宜涂装。

相对湿度测定法：把一只箱子紧贴密封在混凝土面上，24h后测定箱内湿度。当空气温度21℃，相对湿度为75%，混凝土含水率为5%时，它既不吸收水份也不解吸水份。当测定湿度值大于75%时，说明混凝土含水率大于5%。

无线电频率测试法：通过仪器测定传递、接收透过混凝土的无线电波差异来确定含水量。

氯化钙测定法：测定水分从混凝土中逸出的速度，是一种间接测定混凝土含水率的方法。测定密封容器中氯化钙在72h后的增重，其值应≤46.8g/m<sup>2</sup>。

#### 2.1.2 水分的排除

混凝土含水率应小于5%，否则应排除水分后方可进行涂装。排除水分的方法有以下几种：

通风：加强空气循环，加速空气流动，带走水分，促进混凝土中水分进一步挥发。

加热：提高混凝土和其周围空气的温度，加快混凝土中水迁移到表层的速率，使其迅速蒸发。宜采用强制空气加热和辐射加热。直接用火源加热，生成的燃烧产物（包括水），会提高空气的露点温度，导致水在混凝土上凝结，故不宜采用。降低空气中的露点温度：用脱水减湿剂、除湿器或引进室外空气（引进室外空气露点低于混凝土表面及上方的温度）等方法除去空气中的水汽。

### 2.2 基层表面处理方法

对于平整地面，常用下列方法处理：

酸洗法（适用于油污较多的地面）：用质量分数为10-15%的盐酸清洗混凝土表面，待反应完全后（不再产生气泡），再用清水冲洗，并配合毛刷刷洗，此法可清除泥浆层并得到较细的粗糙度。

机械方法（适用于大面积场地）：用喷砂或电磨机清除表面突出物，松动颗粒，破坏毛细孔，增加附着面积，以吸尘器吸除砂粒、杂质、灰尘。对于有较多凹陷、坑洞地面，应用环氧树脂砂浆或环氧腻子填平修补后再进行下步操作。

经处理后的混凝土基层性能应符合以下指标。

表1 合格混凝土基层指标

检查项目	湿度	强度	平整度	PH值	表面状况
合格指标	≤5%	>24.0MP	≤2mm/M	<10	无砂无裂无油无坑

## 3 施工应用

环氧地坪涂料根据使用场所的不同可分为以下几种。

### 3.1 普通涂装地坪（0.2-0.6mm）

特点：无缝平滑、易洁防尘、耐磨、附着极佳。用途：用于非荷重、防尘、耐酸碱的装饰性地面，如：电器、塑胶、纺织、烟草、食品、学校、医院等行业之厂房及走廊地面涂装。

配方设计思路：因涂层较薄、且要求涂膜附着力强、防水、耐药耐磨性优异，所以在配方中加入15-30%的溶剂，制成溶剂型涂料，降低体系粘度以便得到较薄涂层；为保证色泽均一，宜选用性能优异的分散剂，并研磨分散至细度小于50um；石英砂的加入，可保证涂层具有较强的耐磨性能。另外，因涂层较薄且又防水，所以要求该类涂料必须具有优异的防渗性能。用于评价和预测环氧树脂漆漆膜防介质渗透能力的渗透指数公式对此设计具有指导意义。[2] 漆膜的渗透指数公式为：

$$PI = \frac{M_c}{M_0.5B1.5} = 1/rM_0.5B1.5$$

式中：PI—漆膜的渗透指数，g/mol；

Mc—漆膜交联点的摩尔质量, g/mol ;  
M—渗透介质的分子量, g/mol ;  
B—溶液效应因子, 与漆膜及渗透介质有关;  
r—漆膜的有效交联密度, mol /g。

其中:  $Mc=1/r$

不同环氧值的环氧树与胺或胺类加成物固化时有不同的有效交联密度。环氧值大的环氧树脂固化后的交联密度大, 固化网络的孔径小, 反之, 固化网络的孔径大。由于交联的化学键的束缚作用, 固化网络对渗透介质的渗透扩散产生抵挡作用。分子量小环氧值高的环氧树脂涂膜的渗透指数较小, 抵挡介质渗透扩散的能力较优。因此宜选用环氧当量较小的环氧树脂, 如国产的 E-51、E-42、E-44 或国外的 828、DER331。

固化剂宜选用能耐腐蚀的聚酰胺产品。设计配方如下:

典型面涂配方:

甲组分: E-44 液体环氧树脂 (212-244EEW)	36.4	
DER $\&$ reg; 331 环氧树脂 (美国陶氏化学公司)	34	
二甲苯	11.8	7.2
正丁醇	9	3
醋酸丁酯		2
分散剂 963 (汉高公司)	0.3	0.3
消泡剂 AMH2 (汉高公司)	0.3	0.3
流平剂 F60 (汉高公司)	0.2	0.2
氧化铁红	5	5
沉淀硫酸钡 (600 目)	7	21
滑石粉 (600 目)	10	
石英砂 (600 目)	18	26
有机膨润土	2	1
总 计	100	100
乙组分: Versami d $\&$ reg; 115 (汉高公司)	33	37
二甲苯	32	36
正丁醇	8	9

施工工艺: 素地处理→底涂→环氧中涂→环氧腻子→磨平、吸尘→面涂

### 3.2 树脂砂浆地坪 (3.0-8.0mm)

特点: 抗冲耐磨、耐酸耐碱、耐压防尘、防霉易洁。用途: 高强度、耐冲动作业区或重载地面涂装, 如: 机械厂、码头、电梯口、车站、车场, 特别是需要跑叉车、汽车、重手推车的走道。

配方设计思路: 因涂层较厚, 且要求能耐重压, 耐药耐磨性优异, 因此, 应选择高固含量的环氧树脂, 如 E-44、E-42 或 E-51, 使涂料具有较高粘度, 以保证 1-2 次镘涂后能达到要求厚度; 同时应选用质地坚硬的填料如石英砂, 以保证耐重压、耐磨的要求; 因涂层较厚, 颜料无须太多即可满足遮盖要求; 为使涂料在填料含量较高的状况下仍具有一定的流动性, 故加入部分活性稀释剂; 选用脂环胺类固化剂可赋予涂层较高的硬度; 因对细度和流平无要求, 故无需加入分散剂和流平剂; 消泡剂的加入, 使气泡在涂层较厚的状况下能顺利逸出。设计配方如下:

典型树脂砂浆配方:

甲组分: 828 环氧树脂 (美国 Shell 公司)	100
丁基缩水甘油醚	10
消泡剂 1208 (汉高公司)	2
氧化铁红	2
钛白 (金红石)	1
石英砂 (200 目)	200
石英砂 (100 目)	100
总 计	415
乙组分: Versami ne $\&$ reg; C-36 (汉高公司)	68

施工工艺: 素地处理→底涂→接着层涂布→树脂砂浆镘平→批嵌环氧腻子→磨平、吸尘→面层涂布

### 3.3 自流平地坪 (2.0-5.0mm)

特点: 无缝平滑、美观易洁、耐酸耐碱、防尘防菌。用途: 要求高度清洁无菌无尘的行业之水泥或水磨石地面涂装, 如: GMP、制药、电脑、微电子等。

配方设计思路：因涂层较厚，且要求流平性极佳，防水、耐药耐磨性优异。因此，应选择高固含量低粘度的环氧树脂，如 E-51、828、DER331，并加入活性稀释剂，使涂料具有合适的粘度同时又有较高的固含量，以保证能够自流平且流平后能达要求厚度。E-42、E-44 粘度太高，要达到自流平的所需的粘度，必须加入大量的活性稀释剂，而过多的活性稀释剂与胺固化时生成小分子的聚合物，影响涂层性能，所以不宜选用。同时应选用质地坚硬的填料，以保证耐重压、耐磨的要求；因是面涂，故应加入抗划伤剂，以保持长久光泽；消泡剂、流平剂的加入可避免涂层产生缩孔、鱼眼等弊病；因涂层较厚，少量颜料即可满足遮盖要求。同时选用粘度较低的固化剂也是涂料能自流平的保证。设计配方如下：

典型面涂配方：

甲组分：828 环氧树脂（美国 Shell 公司）	90
丁基缩水甘油醚	10
分散剂 963（汉高公司）	0.3
消泡剂 AMH2（汉高公司）	0.6
流平剂 F60（汉高公司）	0.5
抗划伤剂 S4（汉高公司）	0.6
氧化铁红	3
钛白（金红石型）	1
石英砂（300 目）	50
石英砂（200 目）	30
沉淀硫酸钡	20
白炭黑	1.5
总 计	207.5

乙组分：Versamine®; C-31（汉高公司） 46

施工工艺：素地处理→底涂→环氧砂浆中涂→打磨、清洁→自流平面涂

#### 3.4 积层地坪（1.0-3.0mm）

特点：耐酸碱腐蚀、耐溶剂、耐水浸泡及冲击。用途：各种耐强酸、强碱、耐混合酸之场地及经常处于潮湿状态使用的地坪，如：化工厂、发电厂、污水处理池、游泳池、化学槽、发酵淹渍槽等。

配方设计思路：因涂层较厚，且要求耐水耐腐蚀性能优异，并具有一定的抗拉性能。为保证涂层在较厚的情况下具有较好的抗拉性能，故应加入树脂量 10-20%增韧剂；选用脂环胺类固化剂可赋予涂层优异的耐酸蚀性；加入滑石粉可减小内应力，防止涂层

龟裂；片状填料如云母粉的加入可有效阻止水分浸入，使涂层具有优异的耐水性。设计配方如下：

典型粘接层配方：

甲组分：	828 环氧树脂（美国 Shell 公司）	90
	邻苯二甲酸二丁酯	10
	分散剂 963（汉高公司）	0.3
	消泡剂 1208（汉高公司）	0.5
	流平剂 F60（汉高公司）	0.5
	氧化铁红	4
	石英砂（600 目）	35
	云母粉（600 目）	10
	滑石粉（600 目）	10
	白炭黑	1
	总 计	161.3

乙组分：Versamine®; C-36（汉高公司） 57

施工工艺：素地处理→底涂→粘接层→玻纤层→批露层→面涂

#### 4 性能比较

以上各种环氧地坪涂料的性能比较如表 2 所示。

表 2 各种环氧树脂地坪性能比较[3]

项目	试验方法	普通型	砂浆型	自平型	积层型
硬度	ASTM D2240	2H	80	80	80
	Shore D				
抗压强度	ASTM C109	—	95.0	75.0	80.0
(MPa)					
抗拉强度	ASTM C109	—	250	275	295

(MPa)						
耐磨强度	ASTM D4060	0.55	0.46	0.40	0.42	
(MPa) H22/500/1000						
吸水率 (%)	ASTM C413	0.10	0.14	0.11	0.13	
25°C/24h						
附着力	ASIN NO. 12	100/100	好	好	好	
艾式冲击强度	ASTM C256	—	0.85	0.74	0.75	
(ft-1b/in)						
耐酸性	盐酸	20%	4	5	5	5
	硫酸	30%	0	3	4	4
	硝酸	20%	4	5	4	5
	磷酸	5%	0	2	2	1
	醋酸	25%	0	2	2	2
耐碱性	NaOH	20%	5	5	5	5
耐油性		4	5		5	5

注：5 最好；0 最差

### 5 结语

环氧地坪涂料性能的优劣主要取决于配方的设计是否合理，而使用寿命的长短主要取决于基材处理是否合格。因此，基材的处理与配方的设计同等重要。所以，技术人员应按应用环境的不同，设计不同的涂料配方和配套施工方案，以满足施工要求。