

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2022

公路与城市道路工程混凝土结构表层渗透 防护技术规程

Technical Specification for Osmotic Protection of Concrete ructures
Surface Layer in Highway and Urban Road Engineering

(征求意见稿)

2022 年 6 月

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 基本规定..... 4

5 材料..... 5

6 设计..... 9

7 施工..... 15

8 质量检验..... 20

9 养护管理..... 21

参 考 文 献..... 23

公路与城市道路工程混凝土结构表层渗透防护技术规程

1 范围

本规程规定了公路与城市道路工程混凝土结构表层渗透防护技术的术语和定义、基本规定、材料、设计、施工、质量检验和养护管理。

本规程适用于公路与城市道路工程新建和在役混凝土结构的表层渗透防护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本规程必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

GB 50367 混凝土结构加固设计规程

GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范

GB/T 176 色漆和清漆耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法

GB/T 1725 色漆、清漆和塑料不挥发物含量的测定

GB/T 1728 漆膜、腻子干燥时间测定法

GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法

GB/T 1771 色漆和清漆耐中性盐雾能的测定

GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法

GB/T 3354 定向纤维增强聚合物基复合材料 拉伸性能试验方法

GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验

GB/T 6739 色漆和清漆铅笔法测定漆膜硬度

GB/T 6742 色漆和清漆弯曲试验（圆柱轴）

GB/T 7123.1 多组分胶粘剂可操作时间的规定

GB/T 7124 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）

GB/T 9914.1 增强制品试验方法 第1部分：含水率的测定

GB/T 9914.2 增强制品试验方法 第2部分：玻璃纤维可燃物含量的测定

GB/T 9914.3 增强制品试验方法 第3部分：单位面积质量的测定

GB/T 16777 建筑防水涂料试验方法

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）

GB/T 25045 玄武岩纤维无捻粗纱

GB/T 50476-2019 混凝土结构耐久性设计标准
GB/T 51355 既有混凝土结构耐久性评定标准
JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范
JTS 153-2015 水运工程结构耐久性设计标准
JT/T 532-2019 桥梁结构用碳纤维片材
JT/T 991-2015 桥梁混凝土表面防护用硅烷膏体材料
JT/T 1168 公路桥梁用氟碳面漆
JG/T 264 混凝土裂缝修复灌浆树脂
JG/T 336 混凝土结构修复用聚合物水泥砂浆
JG/T 337 混凝土结构防护用渗透型涂料
JC/T 2217 环氧树脂防水涂料
JTG/T 3310-2019 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JB/T 11699 高处作业吊篮安装、拆卸使用技术规程
T-CCES 12 混凝土结构用有机硅渗透型防护剂应用技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程。

3.1 混凝土结构耐久性 structural durability

在设计确定的环境作用和维护、使用条件下，结构及其构件在设计使用年限内保持其安全性和适用性的能力。

混凝土结构表层 surface layer of concrete structure

指易受外部环境影响的混凝土结构浅表部位，通常指钢筋保护层厚度内的混凝土层。

3.2 设计使用年限 design service life

在正常设计、正常施工、正常使用和正常养护条件下，桥涵、隧道结构或结构构件不需要进行大修或更换，即可按其预定目的使用的年限。

3.3 混凝土表面涂层 surface coating for concrete

在混凝土表面涂刷成膜型涂料形成的保护层，底层涂料应具有低黏度和高渗透能力，中间层（若有）应具有与底层和面层涂料较好的相容性和附着力，面层应具有抗老化性，整个涂层体系作用是阻滞外部水分和腐蚀性介质进入混凝土内部，防止混凝土结构受腐蚀破坏，延长其使用寿命。

3.4 混凝土表面憎水 surface hydrophobic treatment for concrete

采用硅烷等渗透型材料渗入混凝土表层并使混凝土表面具有憎水性，阻滞水与有害介质进入，延

缓混凝土结构腐蚀破坏，延长其使用寿命。

3.5 渗透防护技术 osmotic protection technology

使用渗透性材料阻滞水和其它有害介质进入混凝土表层，对混凝土结构表层进行防护，延缓混凝土结构腐蚀破坏，并延长其使用寿命。

3.6 表层渗透防护涂层体系 surface penetration protective coating system

使用环氧渗透固结剂渗透进入混凝土结构表层，反应形成稳定的固化网状物，与原结构形成致密的保护层，若混凝土结构表层有破损、开裂、剥落、钢筋裸露与锈蚀等较严重缺陷部位，则使用修补砂胶或纤维粘贴胶和玄武岩纤维布等进行修复，最后采用耐候型表面保护漆实现防紫外线、防尘、防老化保护。

3.7 环氧渗透固结剂 epoxy osmotic consolidation agent

由小分子基料、固化剂及助剂组成的高渗透性环氧固结材料。

条文说明

渗透固结剂是混凝土结构表层渗透防护技术体系的关键材料，渗透性强是其突出特点，同时具有良好的固结增强作用，提高混凝土表层密实度和抗压强度，故称其为渗透固结剂。

3.8 环氧修补砂胶 epoxy repair mortar

采用高粘、高韧、高固含量的高分子聚合物与砂、矿粉、水泥等干粉填料按比例配置，搅拌形成的砂胶体，主要用于混凝土结构表层蜂窝、麻面、坑洞等缺陷的修补。

条文说明

以特种改性环氧树脂胶为主要材料的胶体混合物，不同于传统的环氧砂浆。

3.9 纤维粘贴胶 fiber adhesive

用于粘贴纤维布的一种胶体，具有高粘、高浸润、高固含量等特性。

3.10 纤维布 fiber cloth

通过复合编织形成的高性能双向纤维织物，与纤维粘贴胶配合使用，宜采用玄武岩纤维布和碳纤维布。

3.11 表面保护漆 surface protective paint

最外层防护涂层，起抗紫外线、防腐蚀、美观作用，宜采用氟碳面漆、丙烯酸聚氨酯面漆等面漆材料。

3.12 渗透防护层 penetration protective layer

采用渗透固结剂渗透进入混凝土层，固结反应后形成稳定的网状体，与原混凝土形成致密的憎水、增强、抗渗保护层。起封闭孔隙、微裂隙、微裂纹、提高后续涂层附着力和抵抗外界有害介质侵入的作用。

3.13 修补找平层 repair leveling layer

使用具有一定延展性的修补砂胶对混凝土表面缺陷进行修复，实现表面平整，且在一定范围内的收缩下不会产生裂缝或较大形变。

3.14 纤维增强层 fiber reinforced layer

在裂缝病害处粘贴纤维布，主要起局部补强作用，有效抑制混凝土开裂，同时起密水、隔绝外界环境的作用。

3.15 耐久防护层 durable protective layer

最外层的耐候性表面涂层，提高防护结构的美观效果与耐紫外线、耐老化能力，进一步隔绝外界腐蚀环境。

3.16 硅烷液体 liquid silane

为液体烷基烷氧基硅烷单体，烷基R碳原子数目不小于4，烷氧基中的烷基R'为甲基或乙基。

3.17 硅烷膏体 creme silane

硅烷液体在表面活性剂的作用下，与水一起通过乳化形成的膏体状不流淌物质。

4 基本规定

4.1 本规程适用于考虑环境作用的公路与城市道路工程混凝土结构的耐久性防护。涉及的环境作用包括：碳化、冻融循环、氯盐侵蚀、盐结晶环境、化学腐蚀环境、磨蚀环境。

4.2 混凝土结构的环境分类、作用等级的划分以及防护调查、检测与评定，除应符合本标准的要求外，尚应符合现行行业标准《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310-2019）的要求。

4.3 本规程的防护技术是对现行行业标准《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310-2019）中“8 防腐蚀附加措施”的延伸和细化，对 M3-1 表面涂层和 M3-2 表面憎水技术进行系统性规定。

4.4 公路与城市道路工程混凝土结构表层渗透防护包括环氧渗透防护涂层体系和硅烷浸渍防护体系。

4.5 根据结构所处的环境类别、作用等级及结构或构件所在部位，合理选择环氧渗透防护涂层体系和硅烷浸渍防护体系。

4.6 对于耐久性有特殊要求,或设计使用年限、环境条件超越本标准规定的混凝土结构,应进行专门的耐久性研究和论证。

5 材料

5.1 环氧渗透固结剂分常温型和低温型,在全天最低气温达 10℃及以上时应采用常温型,在全天最低气温处于-5℃~10℃时应采用低温型。

5.2 环氧渗透固结剂性能应满足表 5.2.1 的要求。

表 5.2.1 环氧渗透固结剂性能指标

项目		指标要求	试验方法
性能指标	可操作时间(适用期 23℃) /h	≥2	GB/T7123.1
	混合后初黏度 (23℃) /mPa*s	≤500	GB/T 16777
	对混凝土黏结强度/MPa	≥3.5 或混凝土内聚破坏	JC/T 2217
	抗渗压力/MPa	≥1	JC/T 2217
	断裂延伸率 (固含≥99%) /%	≥3.5	GB/T2567
	拉伸强度/MPa	≥45	GB/T2567
	拉伸模量/MPa	≥2000	GB/T2567
	压缩强度/MPa	≥40	GB/T2567
	弯曲强度/MPa	≥30	GB/T2567
	渗透深度/mm	≤C30 混凝土	JC/T 2217
		>C30, ≤C45 混凝土	
		>C45 混凝土	
耐久性指标	耐盐性	3%盐水浸泡, 30d 无异常现象	JC/T 2217
	抗冻性	-15℃~20℃, 25 次不开裂	JC/T 2217
	柔韧性	不开裂	JC/T 2217

条文说明

环氧渗透固结剂作为混凝土表层防护材料,须具备一定的强度与模量,才能在混凝土不断轻微变形中保持防护效果,为此本规程提出断裂伸长率、拉伸强度及模量、对混凝土黏结强度、压缩强度和弯曲强度等做了明确规定。

5.3 环氧修补砂胶性能应满足表 5.3.1 的要求。

表 5.3.1 环氧修补砂胶性能指标

项目	指标要求	试验方法
抗压强度/MPa	≥40	GB/T 17671
抗折强度/MPa	≥8	GB/T 17671

对混凝土黏结强度/MPa	≥3.5 或混凝土内聚破坏	JC/T 2217
收缩率 28d /%	≤0.10	JG/T336

条文说明

抗压强度及抗折强度符合现行《混凝土结构修复用聚合物水泥砂浆》（JG-T 336）要求；根据现行《环氧树脂防水涂料》（JC/T 2217）要求，试件采取干基面/潮湿基面两种不同基面以及试件采取浸水处理/热处理2种不同处理方式，对混凝土黏结强度要求分别为≥3.0MPa、≥2.5MPa、≥2.5MPa、≥2.5MPa，本规程要求对混凝土黏结强度≥3.5MPa或混凝土内聚破坏，能满足不同基面不同处理方式的混凝土对于黏结强度的要求。

5.4 纤维布宜采用玄武岩纤维布或碳纤维布，其性能应满足表 5.4.1 和 5.4.2 的要求，纤维布抗拉强度标准值应具有 95%的保证率，弹性模量和极限应变应取平均值。

表 5.4.1 玄武岩纤维布性能指标

项目	指标要求	试验方法
单位面积质量（g/m ² ）	≥200	GB/T 9914.3
弹性模量（GPa）	≥90	GB/T 3354
极限应变（%）	≥2.0	GB/T 3354
纱线直径（μm）	≤17	GB/T 25045
拉伸断裂强力（N/25mm）	≥1200	GB/T 7689.5
含水率（%）	≤0.5	GB/T 9914.1
可燃物含量（%）	≤1.5	GB/T 9914.2

表 5.4.2 碳纤维布性能指标

项目	指标要求				试验方法
	CFS2500	CFS3000	CFS3500	CFSM390	
单位面积质量（g/m ² ）	≥150	≥150	≥150	≥150	GB/T 9914.3
拉伸强度标准值（MPa）	≥2500	≥3000	≥3500	≥2900	GB/T 3354
弹性模量（GPa）	≥210	≥210	≥230	≥390	GB/T 3354
极限应变（%）	≥1.3	≥1.4	≥1.5	≥0.7	GB/T 3354

5.5 纤维粘贴胶应具有粘附力强、延伸率高、浸润效果好的特性。其性能应满足表 5.5.1 的要求。

表 5.5.1 纤维粘贴胶性能指标

项目	指标要求	试验方法
固体含量（%）	>95	GB 50728 附录 H
可操作时间（min）	≥20	GB/T 7123.1
钢-钢拉伸剪切强度（MPa）	≥10	GB/T 7124

钢-钢拉伸黏结强度 (MPa)	≥ 15	GB 50728
钢对 C45 混凝土正拉黏结强度 (MPa)	≥ 2.5 , 且混凝土内聚破坏	JC/T 2217
断裂延伸率 (%)	≥ 15	GB/T 2567

条文说明

材料主要用于混凝土表层结构防护与增强, 非进行整体结构加固; 相较现行《混凝土结构加固设计规程》(GB 50367) 要求, 提升纤维粘贴胶的断裂伸长率, 降低材料的弹性模量, 有利于改善纤维粘贴层的与混凝土表层随变性。

5.6 表面保护漆宜采用耐久性能优异的氟碳面漆或丙烯酸聚氨酯面漆。其性能应满足表 5.6.1 的技术要求。

表 5.6.1 表面保护漆技术性能指标

项目			指标要求		试验方法
			丙烯酸聚氨酯面漆	氟碳面漆	
性能指标	颜色和外观		搅拌后均匀、无硬块、无分色		目测
	固体含量（%）		≥55		GB/T 1725
	基料中氟含量（%）		-	≥24	HG/T3792 附录 A
	干燥时间（h）	表干	2		GB/T 1728
		实干	24		
	细度（μm）		≤35	≤30	GB/T 1724
	附着力（拉开法）（MPa）		≥5.0 或混凝土内聚破坏		GB/T 5210
	耐冲击（cm）		50		GB/T 1732
	铅笔硬度（擦伤）		≥F		GB/T 6739
弯曲试验/mm		≤2		GB/T 6742	
耐久指标	耐磨性（500r/500g）		≤0.03		GB/T 1768
	耐盐雾性		1000h 不起泡，不生锈，不脱落		GB/T 1771
	人工加速老化		1000h	3000h	GB/T 1865
			漆膜不起泡、无脱落、不粉化。白色和浅色漆膜允许变色 1 级，失光 1 级；其他颜色漆膜允许变色 2 级，失光 2 级		

条文说明

现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》(JT/T 695) 和《公路桥梁用氟碳面漆》(JT/T1168) 中细度要求 $\leq 35 \mu\text{m}$, 本规程进一步规定氟碳面漆细度 $\leq 30 \mu\text{m}$, 低细度氟碳面漆具有更好的光泽度、附着力、硬度、耐溶剂擦拭性、耐酸碱性、耐湿热老化性, 同时低细度面漆由于比表面积大, 表面能增加, 表面吸附能力增强, 使得涂层的交联固化反应更加充分, 涂层致密性提高, 也可减少水汽侵入; 现行《公路桥梁用氟碳面漆》(JT/T1168) 中混凝土表面附着力 $\geq 3\text{MPa}$, 本规程提升混凝土表面附着力至 $\geq 5\text{MPa}$, 高附着力减少了面漆后期老化脱落的风险, 水汽的入侵, 减轻对内层结构破坏。现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐

技术条件》(JT/T 695)和《JT/T1168 公路桥梁用氟碳面漆》标准中,基料中氟含量 $\geq 22\%$,本规程氟碳面漆基料中氟含量提升至 $\geq 24\%$,具有更高的耐酸性、耐碱性、防锈防腐性、耐候性。

5.7 硅烷浸渍材料可选择硅烷浸渍液或硅烷浸渍膏,性能应满足表 5.7.1 的规定。

表 5.7.1 硅烷浸渍材料技术指标

项目			指标要求		试验方法
			硅烷液体	硅烷膏体	
材料性能	外观		无色或淡黄色液体	白色膏体,均匀稳定,无杂质、无分层、无漂油、无沉淀,90°倒置后无明显液体流淌	目测
	主要成分		异丁基三乙氧基硅烷	异辛基三乙氧基硅烷	GB/T 9722
	有效成分含量(%)		≥ 98	≥ 80	GB/T 9722
	氯离子含量(%)		≤ 0.01	≤ 0.01	GB 11896
技术性能	吸水率($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$)		≤ 0.01	≤ 0.01	JTS 153
	氯离子吸收降低率(%)		≥ 90	≥ 90	JTS 153
	渗透深度(mm)	$\leq \text{C45}$ 混凝土	> 3	> 3	JT/T 991
		$> \text{C45}$ 混凝土	≥ 2	≥ 2	
	抗盐冻性能	W/C=0.7 混凝土	盐溶液中与基准混凝土相比至少多 15 次	盐溶液中与基准混凝土相比至少多 15 次	JT/T 991

5.8 材料运抵现场后,应由具有相应资质的检测机构进行检测,合格后方可使用。

5.9 材料使用前要确认其牌号、品种、颜色、批号等,并作记录,严格按照材料使用说明书要求的比例进行配置,遵循少量多配、现配现用原则。

5.10 标志、包装、运输和储存

a) 产品包装上标志应清楚标明下列内容:

- (1) 制造企业名称、地址;
- (2) 产品名称、牌号和规格;
- (3) 产品标记、商标;
- (4) 生产日期、批号及保质期;
- (5) 产品的数量;
- (6) 储存和运输注意事项。

b) 产品包装容器应清洁、干燥、不影响质量和安全,包装后密封。产品包装内应有产品使用说明及产品合格证。

c) 运输车辆以及临时堆放处必须有防雨、防潮、防冻设施。装卸车时不可损伤包装,严禁混入杂物。

d) 材料存放地点应满足国家有关的消防要求，且干燥通风，避免阳光直射，应有防潮、防冻设施，避免火种，隔离热源。储存温度应介于3~40℃之间。材料应按品种、批号、颜色分别堆放，标识清楚。

6 设计

6.1 公路与城市道路工程混凝土结构表层渗透防护设计应包括以下内容：

6.1.1 确定混凝土结构耐久性防护的设计使用年限。

6.1.2 明确待防护工程结构和构件的类别，即属于新建工程或既有结构的养护、维修工程。

6.1.3 划分工程结构和构件的环境类别及作用等级。

6.1.4 选择采用有利于减轻环境作用的混凝土表面涂层防腐蚀方法：环氧渗透防护涂层体系和硅烷浸渍防护体系。

6.1.5 混凝土结构耐久性表层防护设计应考虑结构或构件所处环境，要求涂装色调与周边景观和谐匹配；面漆一般推荐采用建筑色卡系列。

条文说明

混凝土表层渗透防护涂层体系具备防腐与美观双重作用，面漆推荐采用《建筑颜色的表示方法》（GB/T 18922）的规定统一标准色卡的选择、管理、交流和传递。混凝土硅烷浸渍可保持混凝土表面原有颜色，起到防腐蚀作用。

6.2 根据构件所处局部环境条件，应分区、分部位进行表面防护的耐久性设计。

6.3 设计使用年限：混凝土结构采用混凝土表层渗透防护设计保护年限不宜低于 15 年。

6.4 环境类别及作用等级

6.4.1 环境类别

公路与城市道路工程混凝土结构环境类别应按表 6.4.1 的规定进行确定。

表 6.4.1 环境类别

环境类别		劣化机理
名称	符号	
一般环境	I	混凝土碳化
冻融环境	II	反复冻融导致混凝土损伤
近海或海洋氯化物环境	III	海洋环境下的氯盐引起钢筋锈蚀
除冰盐等其他氯化物环境	IV	除冰盐等氯盐引起钢筋锈蚀
盐结晶环境	V	硫酸盐在混凝土孔隙中结晶膨胀导致混凝土损伤
化学腐蚀环境	VI	硫酸盐和酸类等腐蚀介质与水泥基发生化学反应导致混凝土损伤
磨蚀环境	VII	风沙、流水、泥沙或流冰摩擦、冲击作用造成混凝土表面损伤

条文说明

混凝土结构耐久性设计与结构所处环境类别有直接关系。本规程参照 JTG/T 3310-2019 标准。

6.4.2 环境作用等级划分

环境对公路工程混凝土结构的作用程度应采用环境作用等级表达，并按表 6.4.2 的规定进行划分。

表 6.4.2 环境作用等级划分

环境类别		环境作用影响程度					
名称	符号	A 轻微	B 轻度	C 中度	D 严重	E 非常严重	F 极端严重
一般环境	I	I-A	I-B	I-C	—	—	—
冻融环境	II	—	—	II-C	II-D	II-E	—
近海或海洋氯化物环境	III	—	—	III-C	III-D	III-E	III-F
除冰盐等其他氯化物环境	IV	—	—	IV-C	IV-D	IV-E	—
盐结晶环境	V	—	—	—	V-D	V-E	V-F
化学腐蚀环境	VI	—	—	VI-C	VI-D	VI-E	VI-F
磨蚀环境	VII	—	—	VII-C	VII-D	VII-E	VII-F

条文说明

本规程参照 JTG/T 3310-2019 标准。

6.5 混凝土结构表层渗透防护体系选用原则

根据结构所处的环境类别、作用等级及结构或构件所在部位，宜依据图 6.5.1 所示流程，按表

6.5.2 及 6.5.3 选用合理的混凝土结构表层渗透防护体系。

6.5.1 混凝土结构表层渗透防护体系选用流程

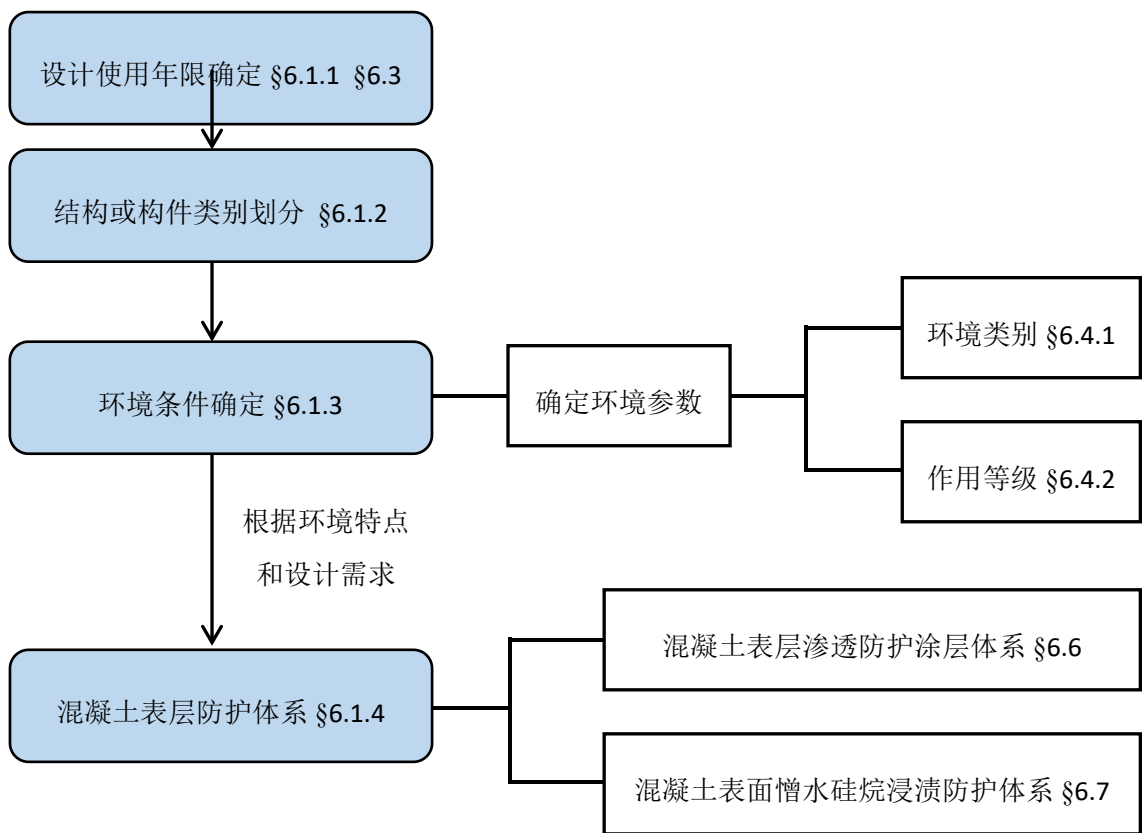


图 6.5.1 混凝土结构表层渗透防护体系选用流程

6.5.2 环境类别适用原则：

表 6.5.2 防护体系环境类别适用原则

防护体系	环境类别及作用等级												
	一般环境	冻融环境		海洋氯化物环境		除冰盐等其他氯化物环境		盐结晶环境		化学腐蚀环境		磨蚀环境	
	I-D	II-D	II-E	III-D	III-E III-F	IV-D	IV-E	V-D	V-E V-F	VI-D	VI-E VI-F	VII-D	VII-E
混凝土表层渗透防护涂层体系	○	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△
混凝土表面憎水硅烷浸渍防护体系	—	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△

注：表中符号意义：○ 宜采用；△ 可采用；— 一般不采用。

条文说明

本表参照 JTG/T 3310—2019 标准表 8.1.3 中的防腐蚀附加措施 M3-1、M3-2 方法的要求。

6.5.3 结构或构件所在部位适用原则：

表 6.5.3 防护体系结构或构件所在部位适用原则

防护体系	桥涵				隧道外露 面混凝土	道路挡 墙及其 它外露 结构
	梁、板、塔、拱 圈、涵洞上部	墩台身、涵 洞下部	伸缩缝处主梁、 盖梁、墩台	缘石、护 栏		
混凝土表 层渗透防 护涂层体 系	○	○	△	○	○	○
混凝土表 面憎水硅 烷浸渍防 护体系	△	△	○	△	—	○

注：表中符号意义：○ 宜采用；△ 可采用；— 一般不采用。

条文说明

对于对除冰盐地区环境，伸缩缝处主梁（一般在伸缩缝处梁端 1.5 倍梁高范围）、盖梁、墩台的防护体系是针对除冰盐地区环境，盐水易对此处的桥梁结构造成腐蚀。

6.6 环氧渗透防护涂层体系

6.6.1 混凝土结构表层环氧渗透防护涂层体系从内到外分别为：渗透防护层、修补找平层、纤维增强层、耐久防护层，具体实施过程中，根据混凝土结构工况，选用其中的 2 层、3 层或 4 层实施。

（a）新建工程：

（1）待处置前表层工况：混凝土表面的蜂窝、麻面、裂缝、脱皮等缺陷面积不超过该面面积的 0.5%，深度不超过 10mm；损边、掉角长度每处不超过 20mm。

（2）防护体系构造：渗透防护层+耐久防护层

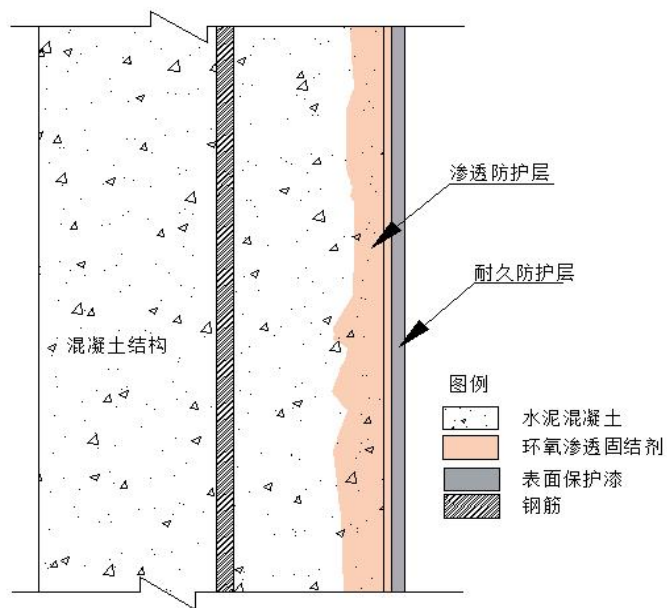


图6.6.1-a 新建工程防护体系构造

(b) 新建工程缺陷构件和养护工程:

(1) 待处置前表层工况: 混凝土表面的蜂窝、麻面、裂缝、脱皮等缺陷面积超过该面面积的0.5%或深度超过10mm; 损边、掉角长度超过20mm。

(2) 防护体系构造: 渗透防护层+修补找平层+耐久防护层

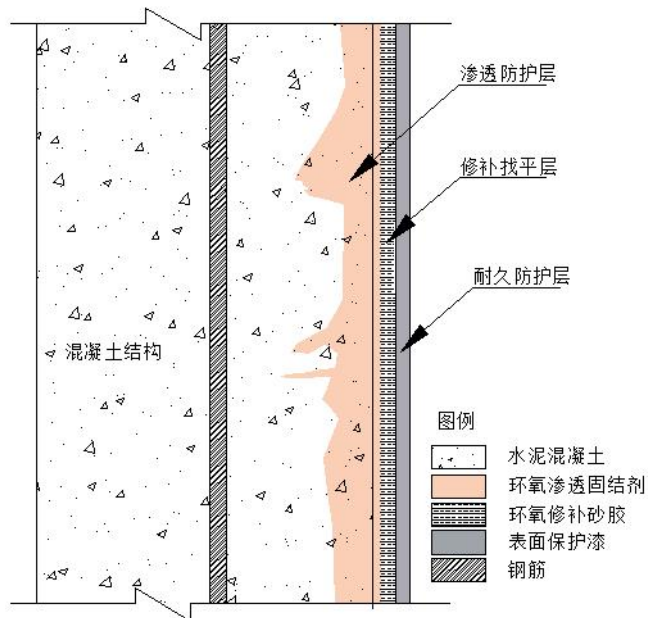


图6.6.1-b 新建工程缺陷构件和养护工程防护体系构造

(c) 混凝土表面病害待维修构件:

(1) 待处置前表层工况：裂缝发育稳定或至最宽，且宽度 $<0.15\text{mm}$ ；如裂缝宽度大于等于 0.15mm ，一般属于结构受力裂缝，应按照相关加固工程的具体设计要求执行。

(2) 防护体系构造：渗透防护层+修补找平层+纤维增强层+耐久防护层

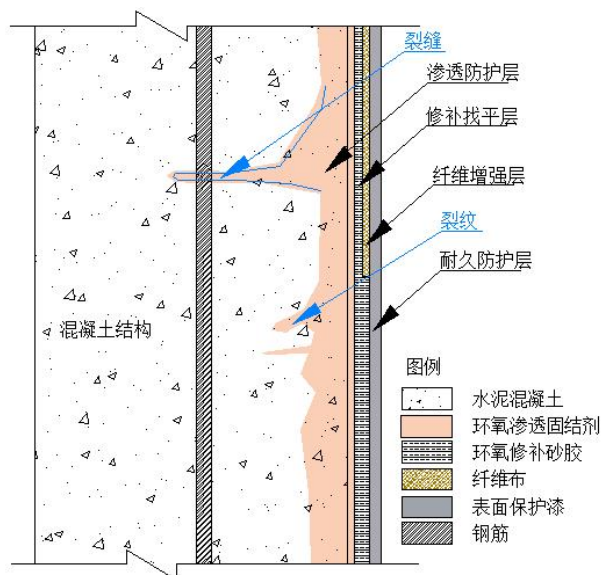


图6.6.1-c 混凝土表面病害待维修构件防护体系构造

6.6.2 设计文件应明确使用目的、混凝土结构需要满足的性能以及耐久性防护工程的预期使用期限。设计方案应包括目的、范围、设计依据、设计技术要求或图纸、施工工艺要求、质量检验要求等内容。

6.6.3 应根据工程环境条件、工程要求、材料性能、施工条件、后期维护管理、生命周期成本等及新建或既有混凝土结构的现状和劣化情况等因素，选择合适的材料用量和施工工艺。

6.6.4 对于耐久性有特殊要求，或设计使用年限、环境条件超越现有标准规定的混凝土结构，应进行专门的耐久性研究和论证。

6.6.5 实施环氧渗透防护层的混凝土龄期不宜少于 28d，并应验收合格。

6.6.6 环氧渗透防护层干膜厚度应控制在 $30\sim 60\mu\text{m}$ ，面漆干膜厚度应不小于 $80\mu\text{m}$ 。

6.6.7 环氧渗透防护材料单位面积用量应符合下列规定：

6.6.8 应依据混凝土强度标号、表层工况、涂覆后成膜厚度要求及各材料固含量计算确定单位面积材料用量。

6.6.9 对 C30 及以下混凝土渗透防护，采用辊涂施工，渗透固结剂用量不宜低于 $0.9\text{kg}/\text{m}^2$ ；对于 C30 以上混凝土，渗透固结剂用量不宜低于 $0.4\text{kg}/\text{m}^2$ 。采用喷涂施工，应适当提高材料用量（T/CCES 12-2020 4.2.5.4 条）。具体用量根据试验段进行确定。

6.6.10 环氧修补砂胶、纤维粘贴胶、纤维布的用量根据工况进行确定。

6.6.11 表面保护漆用量，应根据产品说明书结合试验段进行确定。

6.6.12 环氧渗透防护施工前应在实体构件上按规定用量和产品使用要求进行涂装小区试验，试验区面积不宜小于 20m^2 。

6.7 混凝土表面憎水硅烷浸渍防护体系

6.7.1 混凝土硅烷浸渍宜采用异辛基三乙氧基膏状硅烷或异丁基三乙氧基液体硅烷，其性能指标及检测方法应符合表 5.7.1 的规定。混凝土采用其他种类硅烷浸渍时，应经过论证其保护性能满足表 5.6 的规定。

6.7.2 实施硅烷浸渍的混凝土龄期不宜少于 28d，并应验收合格。

6.7.3 待浸渍的混凝土表面的缺陷应进行修补，不得附着碎屑、灰尘、油污和影响硅烷浸渍的混凝土养护剂等；浸渍时混凝土表面应为洁净面干状态。

6.7.4 硅烷浸渍时不得以溶剂或其他液体稀释使用，硅烷液体材料用量不宜低于 $400\text{ml}/\text{m}^2$ ；硅烷膏体材料用量不宜低于 $300\text{g}/\text{m}^2$ 。

6.7.5 硅烷浸渍施工前应在实体构件上按第 6.7.4 条的规定用量和产品使用要求进行涂装小区试验，试验区面积不宜小于 20m^2 。

条文说明

本规程参照 JTS 153-2015 标准。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土结构表层渗透防护的施工应在混凝土浇筑完成不少于 28d 后进行，施工前应对混凝土表面进行全面检查并记录原始状况，施工时应清理表面油污、灰尘等污染物，并保持表面干燥。

条文说明

对于新浇筑的混凝土，为使混凝土充分完成水化反应，以保证混凝土防护体系的耐久性，故规定渗透防护技术应在混凝土浇筑完成 28d 后进行。龄期参照现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》（JTT 695）中的相关规定。

7.1.2 处理好的混凝土基面应充分干燥，表层含水率不应大于 6%，可采用混凝土表面含水率测定仪检测，选择适用于混凝土基体含水率检测的档位按仪器说明书操作。严禁采用人工加热方式降低含水率。

条文说明

混凝土表面含水率严重影响防护材料的附着力，现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550）中第 10.2.2 条中规定：“粘贴纤维材料部位的混凝土，其表层含水率不宜大于 4%，且不应大于 6%”，现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》（JT/T 695）中规定：“混凝土表面含水率应小于 6%”，本规程参考上述规范后对混凝土含水率进行相关规定。混凝土在达到龄期 28d 前，如果采用人工加热方式仅仅降低了表面含水率，一旦停止加热，混凝土内部的水分就会蒸发出来，即便含水率测试结果小于 6%，但其蒸发效果仍会破坏

防护材料与混凝土粘接界面，影响粘接效果。

7.1.3 施工前应进行环境温、湿度、风力测量并记录，温湿度可用温湿度计检测，风力强度可采用风速计检测，测量时风速计宜距离涂覆面 1m 左右。

7.1.4 施工环境的要求：低温型环氧固结剂施工环境温度为 $-5\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，常温型环氧固结剂施工环境温度为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；实施温度应高于露点，避免水汽凝结；风力不大于 4 级；空气相对湿度不大于 85%。

7.1.5 在雨、雾、雪、大风或较大灰尘的条件下，禁止户外施工。

7.1.6 明确不利天气的应急预案，做好半成品保护。随时掌握当地的气候，根据天气及气温情况安排施工。雨天应暂停施工，对未达到养护标准的半成品采取塑料薄膜覆盖等防雨水措施，防止雨水浸湿影响成品防护效果。

7.2 试验段实施

7.2.1 在大面积施工前，应选取典型界面进行涂覆试验，按第 5 章各材料技术指标要求检验相关参数。当采用机械方式施工时，应确定相关设备的性能参数。按规定用量和产品使用要求进行涂装小区试验，试验区面积不宜小于 20m^2 。

7.2.2 通过试验段的实施，应检验以下设计参数及工艺：

- a) 材料配比；
- b) 设备性能参数；
- c) 单位面积用量。

7.2.3 完成试验区的涂覆试验工作后，应按验收要求进行质量检测，并形成试验报告，测试结果符合要求后，方可在实体结构上大范围施工。

7.3 施工准备

7.3.1 施工前，应对混凝土结构表层工况、基体温湿度和环境温度、湿度、风力强度等进行观察、测量并填写施工记录，并根据工程情况、涂装要求、基层条件、施工平台、施工设备等制定专项施工方案，施工方案应包含以下内容：

- a) 施工组织机构；
- b) 施工工期计划，特别是各层防护体系涂装的时间安排；
- c) 施工工艺技术，包括确定混凝土基面处理方式、涂覆方式、工艺技术要求；
- d) 质量检验方法和要求；
- e) 交通管制措施；
- f) 施工安全与质量的保证措施。

7.3.2 当采用吊篮施工平台进行施工时，其设计应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 的规定，施工应遵循现行行业标准《高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术标准》JBT 11699

的规定。

7.3.3 试验检测、计量工具及其他设备应进行检定或校准，确保相应设备以及用具满足使用要求和安全要求。

7.4 混凝土基面处理

7.4.1 应依据防护专项设计或专项施工方案，核实各类裂缝分布情况。

7.4.2 根据裂缝种类分别进行修补，修补方法如下：

7.4.2.1 对宽度 $<0.15\text{mm}$ 的裂缝，可采用表面封闭修补，利用裂缝封闭修补胶封闭裂缝通道，对有防渗或防腐等要求的部位，还应在裂缝表面粘贴纤维布以增强封护作用。

7.4.2.2 对数量较多、宽度在 $0.1\sim1.5\text{mm}$ 间的静止裂缝和贯穿性裂缝，可采用灌缝胶注射修补。

7.4.2.3 对较深、宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 的静止裂缝和贯穿性裂缝，可采用压力注浆修补。

7.4.2.4 对宽度 $\geq 0.5\text{mm}$ 的活动裂缝和静止裂缝，可采用开槽填充密封修补，并粘贴纤维布封闭其表面。

7.4.3 防护材料涂覆施工前，应进行混凝土结构基面处理。

7.4.4 采用角磨机对混凝土结构表面进行打磨，将表面不平整部位、风化层、碳化层、模板接缝等打磨平整。打磨施工时应做好防尘防掉渣措施。对裂缝封闭范围的混凝土表面打磨范围应超出裂缝四周各 250mm 。

7.4.5 打磨完成后，采用清洗设备（压力不低于 20MPa ）对混凝土基面进行全面清理，清除表面的浮灰、残浆、锈迹、油污、霉菌、结晶岩和脱模剂等污染物，直至裸露出水泥混凝土本质部分。

7.4.6 处理后的混凝土基面应坚实平整，裸露的钢筋应按相关国家标准和规范进行除锈、防锈处理。

7.4.7 混凝土基面处理后，应平整牢固、不掉粉、不起砂、不空鼓、无灰尘、无浮浆、无油迹、无霉点、无盐类析出物和无苔藓等污染物及其他松散附着物。

7.5 渗透防护层

7.5.1 处理好的混凝土基面应尽快涂覆渗透固结剂，间隔时间最长不宜超过 7d 。

7.5.2 混凝土基面干燥，且满足施工环境要求条件下，涂覆渗透固结剂。应根据施工环境温度，选择常温型或低温型渗透固结剂。

7.5.3 渗透固结剂应按产品使用说明书提供的工艺条件配制，配制过程应采用电动搅拌器进行搅拌，搅拌应不少于 3min ，且须在适用期内用完。

7.5.4 渗透固结剂的涂覆施工可采用人工辊涂或机械喷涂，相关工艺参数通过试验段进行确定，应严格控制用量不低于最低用量。

7.5.5 涂覆施工如需进行两遍实施时，第一遍以渗透固结为主、第二遍以成膜保护为主，每一遍可分多次涂刷。

条文说明

为保证渗透固结剂在混凝土结构表层内部的充分渗透，提高混凝土表层密实度和抗压强度

度，渗透固结剂应分2遍施工，第1遍使渗透固结剂充分渗透进入混凝土结构表层；第2遍是在充分渗透的基础上在混凝土表面形成固结防护层，实现混凝土基面的封闭。为了充分保证渗透防护材料的渗透效果，采用少量多次进行防护材料的涂刷，每次以表面不流挂为宜，具体次数应在试验段时进行确定。

7.5.6 每遍用量通过试验段确定的涂刷量进行施工。第一遍用胶量宜为总用胶量的三分之二，第二遍用胶量宜为总用胶量的三分之一。

7.5.7 每一遍分次的次数和时间间隔最长不宜超过 4h、最短不宜少于 30min，每次应以不流挂为宜，具体次数应在试验段时确定。

7.5.8 第一遍和第二遍施工的时间间隔不宜少于 12h。第二遍施工前，应避免第一遍涂层淋雨、浸水或接触其他腐蚀介质，防止造成涂膜损伤。

条文说明

高渗透防护材料凝结时间较慢，在12h之前还未达到指触表干状态，过早的进行第二遍材料的涂刷，会造成材料过量和流挂，导致浪费且无增益效果。

7.5.9 渗透固结剂涂覆应均匀，不宜出现漏涂、裂纹、气泡、积液、流挂等现象。混凝土修复面、裂缝、接缝、孔洞、凹槽等位置，必须涂覆到位，不得遗漏。

7.5.10 施工完毕至少 7d 后，且表面不粘手表示固化完成，用滴管滴水珠在表面，不吸不化，接触角小于 90 度，表示封闭完成。待固化和封闭完成后，方可进行后道工序施工。温度较低时，渗透固结时间会有所延长。

条文说明

渗透固结剂是一种渗透性强、固含量低的小分子溶剂型材料，在固化过程中会有溶剂持续挥发，至少需要7d才能达到完全固化，环境温度较低时，固化时间会有所延长，若在未完全固化前施做下一工序，会造成防护体系失效。

7.6 混凝土缺陷修补

7.6.1 当混凝土表面有孔洞、凹面、剥落、露筋、错台、模板缝等缺陷时，宜采用修补砂胶进行修补。

7.6.2 渗透固结剂施工完成至少 7d 后，且自然风干至表面干燥，方可进行砂胶修补施工。

7.6.3 修补砂胶应按产品使用说明书提供的工艺条件配制，配制过程应采用电动搅拌器进行搅拌，搅拌应不少于 3min，且须在适用期内用完。

7.6.4 配制过程应采用电动搅拌器进行搅拌，修补砂胶加入填料前应搅拌不少于 3min，按比例分次加入填料后，应持续搅拌不少于 3min，至颜色均匀且拌和物中无结块为止。

7.6.5 修补砂胶搅拌完成后应按规定时间内完成施工，超过时间的材料不得使用，应废弃。

7.6.6 采用刮刀、抹子或其他工具，将修补砂胶均匀涂抹在孔洞、凹面、剥落、露筋、错台、模板缝等缺陷位置，保证材料填补密实平整，尤其是边角接缝处要反复压实。

7.6.7 缺陷修补时，修补砂胶单次一层涂抹厚度不宜超过 20mm，超过厚度时应分层施工，分每层施工时间间隔宜不少于 12h 应等下层修补砂胶初凝后再施工。

7.6.8 修补砂胶固化后，若存在不平整，应进行打磨。

7.6.9 修补砂胶修补找平完毕后，应养护不少于 3d，养护期间要防止水浸、硬物撞击等。

7.7 纤维增强层

7.7.1 在待施工部位辊涂纤维粘贴胶，用量控制在 $500\sim 600\text{g}/\text{m}^2$ ，宜分多次辊涂。

7.7.2 将裁剪好的纤维布粘贴在辊涂完成后的纤维粘贴胶上。

7.7.3 纤维布方向垂直于裂缝走向，纤维布与混凝土应密贴并张紧，纤维布超出裂缝四周每边均不少于 200mm，纤维布自身搭接长度宜为 50~100mm。搭接部位应多次辊涂纤维粘贴胶，使其充分浸润。

7.7.4 用专用工具在已贴好的纤维布面上，沿纤维径向多次辊压，使胶液充分润透、渗到纤维中，且应仔细刮、挤平整，排出气泡。

7.7.5 在纤维布粘贴完成后需再辊涂纤维粘贴胶（面胶），面胶施工应辊涂均匀，反复刮涂，使其光滑平整，用量控制在 $200\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 。

7.7.6 纤维布粘贴施工完成后，应养护至少 3d，养护期间要防止水浸、硬物撞击、粉尘污染等。

7.8 耐久保护层

7.8.1 表面保护漆的涂覆时间，应与最后一遍渗透固结剂完成时间间隔不少于 7d，与修补砂胶修补、纤维布粘贴层完成时间间隔不少于 3d。

条文说明

表面保护漆涂覆前下层渗透固结剂、修补砂胶、纤维粘贴胶须完全固化，渗透固结剂完全固化时间为 7d，环氧修补砂胶、纤维粘贴胶完全固化时间为 3d。

7.8.2 表面保护漆材料使用前要确认其牌号、品种、颜色、批号等，并作好记录。建议采用无气喷涂设备进行施工，材料粘度、喷涂压力、喷嘴类型、喷嘴与工作面距离以及喷涂扇面等施工参数应根据设备说明书及试验小区提出的要求进行调试。

7.8.3 施工表面要求清洁干燥，温度高于露点以避免水汽凝结。施工期间及施工后 16 小时内（20℃）湿度太大/凝露会影响漆膜的良好形成。在狭窄空间施工和干燥期间需大量通风。

7.8.4 采用无气喷涂设备进行施工时，喷涂分 2 遍进行，两道干膜总厚度按 80um 控制。2 遍间隔时间参照面漆使用说明书和施工环境温度确定，达到最小涂装间隔时间后进行涂装，并应在上一道面漆的涂装间隔时限内完成。如果已超出上一道面漆的最大涂装间隔，应对涂层进行拉毛处理，处理完后对表面进行清洁去除粉尘，然后才能进行第二道面漆喷涂。

7.8.5 喷涂时，喷枪距离墙面约 30cm，压力 10Mpa，雾化状况适度，喷涂时喷枪匀速移动，垂直喷射，既要避免流淌流挂，还要避免干涩发白、用量不足，表面饱和湿润为佳。为确保喷涂后效果均匀、厚薄一致，要求其喷涂每次重叠 1/2 喷射宽度。

7.8.6 喷涂应均匀，不得有露底现象，对于喷涂厚度不足、漏喷的部位，应进行补喷，对于难以喷涂

的部位，可采用涂刷、辊涂的方式进行。

7.8.7 涂装完成后，应避免造成涂膜损伤，一周内不宜直接接触酸、碱等腐蚀性材料，养护期满后方可投入使用。

7.9 硅烷浸渍

7.9.1 涂装完成后，应避免造成涂膜损伤，一周内不宜直接接触酸、碱等腐蚀性材料，养护期满后均可投入使用。硅烷浸渍宜使用低压不间断循环泵送设备喷涂，浸渍面积较小时，可采用辊涂或刷涂。

硅烷浸渍施工前，应在现场待浸渍混凝土的表面钻取质量检验用混凝土空白芯样。

7.9.2 浸渍施工前应采用目视检查法全面检查混凝土表面处理质量，并按 200m^2 一个测点检测混凝土表面含水率。浸渍施工应在检查合格后进行。

7.9.3 硅烷材料在施工中不得以溶剂或其他液体稀释使用。

7.9.4 硅烷浸渍施工应自下而上进行，浸渍道数、每道硅烷材料用量应根据小区试验结果、构件类型、涂装面积、涂装方式等确定。

7.9.5 液体硅烷浸渍施工时，应按浸渍同一类型构件一定面积，随机称量硅烷材料耗用量，测量值不应低于小区试验和设计要求。

7.9.6 膏体硅烷浸渍施工时，宜分层叠加施涂，并按浸渍同一类构件测定硅烷湿膜厚度或一定面积随机称量硅烷材料耗用量，测定值不应低于小区试验和设计要求。

7.9.7 硅烷浸渍应避免与邻近的橡胶支座、沥青材料和接口密封件等接触。

7.9.8 混凝土硅烷浸渍后应避免暴晒和雨淋，宜使用适当材料围挡或塑料薄膜覆盖，保养时间不应少于 6h。

7.9.9 混凝土构件硅烷浸渍后产生的损伤部位，应在使用水泥基修补材料修补完成 14d 后进行硅烷浸渍修复。

7.9.10 混凝土硅烷浸渍应做好施工记录。

8 质量检验

8.1 每批进场材料应检查产品出厂合格证和出厂检验报告等，检测项目按第四章内容规定。

8.2 材料基本性能检验应按每 1t 为一个检验批次，不足 1t 应按 1 个检验批次计。

8.3 每道涂装后均应对涂层进行目视检查，不得有漏涂、气泡、流挂等缺陷。

8.4 施工过程中要进行湿膜厚度检查，不少于设计要求湿膜厚度，采用 GB/T 13452.2《色漆和清漆漆膜厚度的测定》进行检查，当湿膜厚度不足时，应及时补涂。每 $2000\sim 5000\text{m}^2$ 为一个检验批，每一个检验批取一个检测单元，面积为 10m^2 ，每一个检测单元检测 9 个位置。

8.5 表层渗透防护涂层体系的最终施工质量实测项目应符合表 8.5 的规定。

表 8.5 最终涂层质量实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	干膜厚度	涂层平均干膜厚度应不小于设计干膜厚度；且 80%的测定点应大于设计干膜厚度；最小干膜厚度应不小于设计膜厚度的 80%。	宜采用无损方法测定干膜厚度，检验方法按照《色漆和清漆漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2) 附录 A 执行，每 2000~5000m ² 为一个检验批，每一个检验批取一个检测单元，面积为 10m ² ，进行 9 个测点的检测。
2	黏结强度	附着力符合第 5 章要求	宜采用拉脱式涂层黏结强度测定仪测定涂层附着力，检验方法按照《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》(JT/T 695) 附录 2 执行，每 2000~5000m ² 为一个检验批，每一个检验批取一个检测单元，面积为 10m ² ，每一个检测单元检测 3 个位置。

8.6 硅烷浸渍体系的最终施工质量实测项目应符合表 5.7 中的性能指标规定。

8.7 工程验收时应提交下列（但不限于）资料：

- a) 设计文件（包括变更设计文件）；
- b) 材料出厂合格证和质量检验文件，进场验收记录；
- c) 施工记录（包括施工过程中对重大技术问题和其他质量检验问题处理记录）；
- d) 补修和返工记录；
- e) 过程检验、最终检验资料；
- f) 其他相关资。

9 养护管理

9.1 定期巡检与修复

9.1.1 混凝土结构表层渗透防护技术体系验收合格后，在使用期的 1 年内，每半年进行一次目视巡检；在使用期的 1 年至 2 年间每季度进行一次目视巡检；其后在使用期内每年进行一次目视巡检。

9.1.2 目视巡检发现起泡、粉化、龟裂、剥落、渗水现象应及时以相同材料修复。若采用不同材料，应进行兼容性试验（重点检测材料之间的层间附着力）合格后使用。如果发现新的裂缝或者原裂缝重新开裂，应重新涂装。

9.2 设计年限期满后的处置原则

9.2.1 当涂层达到设计防腐年限时，全面检查涂层的表现状态。当涂层表面无裂纹、无气泡、无严重粉化，并且当附着力仍不小于 1MPa 时，则涂层可保留继续使用，但应在其表面涂装两道原表面保护漆或能够配套的表面保护漆。涂装前原涂层表面应进行清洁处理，并试验涂层体系的相容性（划格法不大于 1 级）。

9.2.2 当检查发现涂层有裂纹、气泡、严重粉化或附着力低于 1MPa 时，可认为涂层的防护能力已经失效。用适当的方式清理旧涂层，并经过表面清洁处理后重新涂装。

9.2.3 对混凝土结构防护系统应建立档案卡，内容包括竣工资料和使用过程的检查及维修记录。

9.2.4 硅烷浸渍技术，无需特别养护。

参 考 文 献

- GB 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验
- GB 50608-2020 纤维增强复合材料工程应用技术标准
- GB 50728 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
- GB/T 1634.1 塑料负荷变形温度的测定第1部分：通用试验方法
- GB/T 1766 色漆和清漆涂层老化的评级方法
- GB/T 6753.1 色漆、清漆和印刷油墨研磨细度的测定
- GB/T 7689.5 增强材料机织物试验方法 第5部分：玻璃纤维拉伸断裂强力和伸长的测定
- JTJ 275-2000 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范
- JT/T 821.1 混凝土桥梁结构表面用防腐涂料 第1部分：溶剂型涂料
- HG/T 3792 交联型氟树脂涂料附录 A
- TB/T 228 铁路混凝土结构耐久性修补及防护