



T/CECS G XXXX: 2021

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

混凝土渗透加固防护技 术规程

Technical Specification for Penetration Enhancement Protection of
Concrete Surface Layer Structure

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

混凝土渗透加固防护技术规程

Technical Specification for Penetration Enhancement

Protection of Concrete Surface Layer Structure

T/CECS G:

主编单位：武汉二航路桥特种工程有限责任公司

广州珠江黄埔大桥建设有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2021年XX月XX日

XXXX 出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 第一批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]014 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语、基本规定、防护体系、材料、施工、质量验收、养护。

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理和对强制性条文的解释，由武汉二航路桥特种工程有限责任公司、广州珠江黄埔大桥建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送武汉二航路桥特种工程有限责任公司《混凝土渗透加固防护技术规程》编制组（地址：湖北省武汉市武昌区小洪山东区湖北省科技创业大厦 A 座 21 楼，邮政编码：430073）。

主 编 单 位：武汉二航路桥特种工程有限责任公司、广州珠江黄埔大桥建设有限公司

参 编 单 位：

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

参 加 人 员：

目 录

1	总则	1
2	术语	3
3	基本规定	5
4	防护体系	6
5	材料	8
6	施工	12
6.1	一般规定.....	12
6.2	施工准备.....	13
6.3	混凝土基面处理.....	13
6.4	环氧固结剂施工.....	14
6.5	混凝土缺陷修补.....	16
6.6	纤维专业布粘贴施工.....	16
6.7	表面保护漆施工.....	17
7	质量验收	19
7.1	质量验收.....	19
7.2	工程验收.....	20
8	养护	21
8.1	定期巡检与修复.....	21
8.2	设计年限期满后的处置原则.....	21
	本规程用词说明	22
	引用标准名录	23
	附：条文说明	25

1 总则

1.0.1 为提高混凝土表层结构质量，延长混凝土结构使用耐久性，降低全寿命周期混凝土综合养护成本，指导混凝土表层结构渗透增强防护技术应用，特制定本规程。

条文说明

混凝土是现代土木工程领域应用量最大、应用范围最为广泛的建筑材料。然而混凝土大多长期暴露在室外环境，且其自身为多孔结构，水和离子可通过其孔隙渗入其内部，引起混凝土霉化、碳化、开裂等病害，进一步导致钢筋锈蚀，严重影响混凝土结构的正常使用，降低混凝土结构承载能力，更甚者可能导致混凝土的结构破坏。目前国内桥梁、港口等基础设施工程的混凝土耐久性问题尤为突出，许多工程建成后几年就出现钢筋锈蚀、混凝土开裂问题，所需维修费用或重建费用巨大。

近年来，有关单位在广东、江苏等地区依托实施的混凝土预防性养护工程，研发了混凝土表层结构渗透增强防护技术体系，实现了混凝土的缺陷修复和耐久保护。本规程对混凝土表层结构渗透增强防护技术所涉材料、施工、质量控制等方面进行全面系统的规定。

目前，现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）第16章“混凝土裂缝处理”中，对裂缝修复规定如下：

- ①表面封闭法：适用于宽度小于0.15mm的裂缝处理。
- ②自动低压渗注法：适用于数量较多、宽度在0.1~1.5mm的裂缝处理。
- ③压力灌注法：适用于较深、宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 的裂缝处理。

现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550）第18章“混凝土及砌体裂缝修补工程”中，对裂缝修复提出了三种方法：表面封闭法、柔性密封法、压力灌注法。前两种方法并未指出使用裂缝宽度，后一种方法给出了三种选择原则，为：

①宽度为0.05mm~1.5mm，深度不超过300mm的贯穿或不贯穿裂缝时，宜采用定压注射器注胶法施工；

②裂缝宽度大于0.5mm且走向蜿蜒曲折或为体积较大构件的混凝土深裂缝，宜采用机控压力注胶；

③裂缝宽度大于 2mm 时，应采用压力灌注法施工。

现行《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22)中的表面封闭法为对小于 0.15mm 的裂缝开槽后采用结构修补胶类材料封闭，现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550)中的表面封闭法为对小于 0.05mm 的裂缝粘贴纤维织物封闭法、柔性密封法为开槽后用柔性或弹性密封材料封闭。虽然一定程度上阻止了外部有害物质的侵入，但仅对裂缝表面进行封闭，一旦表面封闭材料出现破损或体积变形(如收缩)开裂后，空气中的有害物质依旧能够侵入混凝土内部，造成混凝土和钢筋的损害。因此，仍有必要对小于 0.05m 和 0.15mm 的裂缝进行渗透性补强，然后再采用粘贴纤维布的方式处理，以全方位保护开裂混凝土和内部钢筋，这也是本规范着重解决的问题之一。

1.0.2 本规程适用于新建混凝土和既有混凝土表层结构缺陷修复、耐久防护和结构增强。

条文说明

混凝土表层结构渗透增强防护技术体系提升混凝土表层密实度和抗压强度，修复混凝土蜂窝、麻面、坑洞等缺陷病害；实现混凝土与外界环境完全隔离，有效阻断外界环境的侵蚀，大幅提升混凝土耐久性能，延长混凝土使用寿命；并通过粘贴纤维布实现混凝土裂缝位置的加固补强。

1.0.3 本规程对混凝土表层结构渗透增强防护技术体系、材料、施工、质量验收、养护等内容进行规定。

1.0.4 混凝土表层结构渗透增强防护技术除应满足本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行标准中的有关规定。

2 术语

2.0.1 混凝土表层结构

指易受外部环境影响的表层结构，通常指混凝土钢筋保护层厚度内的混凝土层。

2.0.2 混凝土表层结构渗透防护技术

在新建混凝土或混凝土发生微裂纹、碳化、粉化等缺陷之后，使用环氧固结剂渗透进入混凝土缺陷部位，反应形成稳定的环氧混合物和固化网状体，与原结构形成致密的保护层，同时，采用耐候型表面保护漆实现防紫外线、防尘、防老化保护。

2.0.3 混凝土表层结构渗透增强防护技术

在混凝土表层结构渗透防护技术的基础上，使用环氧修补砂胶和纤维专业布对混凝土表层破损、开裂、剥落、钢筋裸露与锈蚀等较严重缺陷部位进行修复，达到表层结构增强的目的。

2.0.4 环氧固结剂

由小分子环氧树脂、固化剂及助剂组成的高渗透性增强防护材料。

条文说明

渗透型环氧树脂是混凝土表层结构渗透增强防护技术体系的关键材料，渗透性强是其突出特点，同时应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，故称其为环氧固结剂。

2.0.5 渗透增强区

环氧固结剂渗透进入混凝土微裂纹、孔隙、碳化等部位反应固化形成的保护区域。

2.0.6 固结防护层

环氧固结剂渗透后在混凝土浅表层形成的网状结构防护层。

2.0.7 环氧修补砂胶

采用高粘、高韧、高固含量的改性环氧树脂与砂、矿粉、水泥等干粉按比例配置搅拌形成的砂胶体。主要用于混凝土凹坑、蜂窝、麻面等缺陷修补。混凝土凹坑修补采用修补型环氧修补砂胶；混凝土蜂窝、麻面修补采用抹面型环氧修补砂胶。

条文说明

不同于传统的环氧砂浆，混凝土表层结构渗透增强防护技术中使用的修补、找平材料中使用粘结强度高、柔韧性好的特种改性环氧树脂胶，且修补材料中环氧树脂胶含量大，故称其为环氧修补砂浆。

2.0.8 纤维粘贴胶

高粘、高浸润、高固含量的溶剂型环氧树脂，主要用于粘贴纤维类材料。

2.0.9 玄武岩纤维专业布

用玄武岩纤维细纱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。

2.0.10 表面保护漆

是混凝土表层结构渗透增强防护体系的最外层防护涂层，宜采用氟碳面漆、聚氨酯面漆等材料。

3 基本规定

3.0.1 混凝土表层结构渗透增强防护技术的施工应在混凝土浇筑完成 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。

3.0.2 采用混凝土表层结构渗透增强防护技术应在耐久性调查、检测与评定的基础上，根据损伤原因、损伤程度、服役环境、耐久性要求等因素的综合评估结果，进行设计、施工和质量检验。

3.0.3 混凝土结构的环境分类、作用等级的划分以及耐久性调查、检测与评定，除应符合本规程的要求外，尚应符合现行《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355）的要求。

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

4 防护体系

4.0.1 混凝土表层结构渗透防护体系从内向外分别为：渗透增强区、固结防护层、耐久防护层，见图 4.0.1-1；混凝土表层结构渗透增强防护体系从内向外分别为：渗透增强层、固结防护层、修复补强层和耐久防护层，见图 4.0.1-2。其中渗透保固层为环氧固结剂，修复补强层为环氧修补砂胶与玄武岩纤维专业布，耐久防护层采用耐候性能及防护性能优异的表面保护漆。

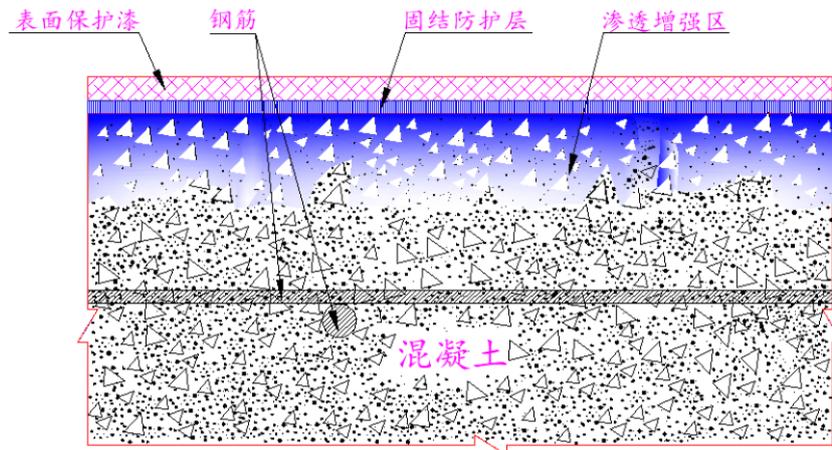


图 4.0.1-1 混凝土表层结构渗透防护技术体系示意图

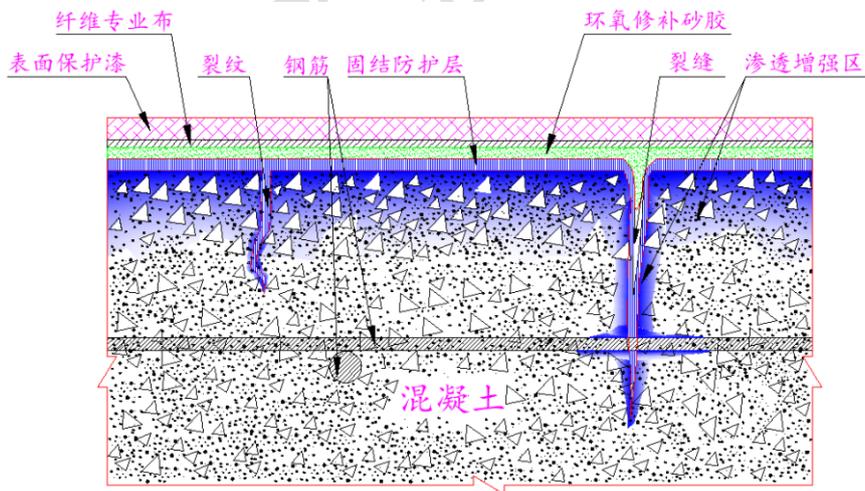


图 4.0.1-2 混凝土表层结构渗透增强防护体系示意图

4.0.2 渗透增强区是采用环氧固结剂渗透进入混凝土微裂纹、孔隙、碳化等部位反应固化形成的保护区域；固结防护层是环氧固结剂渗透后在混凝土浅表层形成的网状结构防护层。

条文说明

为保证环氧固结剂在混凝土表层结构内部的充分渗透，提高混凝土表层密实

度和抗压强度，环氧固结剂应分 2 遍施工，第 1 遍使环氧固结剂充分渗透进入混凝土表层结构；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，实现混凝土基面的完全封闭。

4.0.3 修复补强层根据混凝土基面状况选择性采用：混凝土基面蜂窝、麻面、坑洞等刮涂环氧修补砂胶修复；混凝土基面裂缝病害位置粘贴玄武岩纤维专业布。

4.0.4 耐久防护层可选用的表面防护漆包括：氟碳面漆、聚氨酯面漆等面漆材料，其最小厚度及技术指标选择应根据工程所属腐蚀环境、腐蚀部位以及防腐寿命的要求，参照现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》（JT/T 695）执行。

征求意见稿

5 材料

5.0.1 环氧固结剂性能须满足表 5.0.1 的要求。

表 5.0.1 环氧固结剂物理要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	可操作时间(适用期 23℃)/h	≥2	GB/T 7123.1
2	混合后初粘度(23℃) /mPa*s	≤500	JC/T 2217
3	对混凝土粘结强度/MPa	≥3.5	JC/T 2217
4	抗渗压力/MPa	≥1	JC/T 2217
5	断裂延伸率(固含≥99%) /%	≥2.5	GB/T 2567
6	拉伸强度/MPa	≥45	GB/T 2567
7	拉伸模量/MPa	≥2000	GB/T 2567
8	压缩强度/MPa	≥40	GB/T 2567
9	弯曲强度/MPa	≥30	GB/T 2567
10	耐盐性	3%盐水浸泡, 30d 无异常现象	JC/T 2217
11	抗冻性	-15℃~20℃, 25 次不开裂	JC/T 2217
12	柔韧性	不开裂	JC/T 2217
13	渗透深度/mm	≥6	JC/T 2217

条文说明

相较现行《混凝土裂缝修复灌浆树脂》(JG/T 264)和《混凝土结构防护用渗透型涂料》(JG/T 337)的规定,提升树脂可操作时间,有利于现场作业施工,有利于环氧固结剂的渗透加深,避免不同季节温度及湿度条件下施工质量的波动。环氧固结剂作为混凝土表层面渗透材料,提升断裂伸长率、拉伸强度≥45MPa及模量,对混凝土粘结强度≥3.5MPa,有利于提升表层面混凝土强度;现行《混凝土结构防护用渗透型涂料》(JG/T 337)提出普通环境条件下渗透深度不低于2mm,有盐环境条件下渗透深度不低于6mm,本环氧固结剂在有盐和无盐环境条件下渗透深度均不低于6mm,在混凝土内体反应固结后能够封闭毛细孔和微裂纹,同时封闭粗、细裂缝和大孔洞内壁,阻断水分、空气和其它有害物质侵蚀混凝土。

5.0.2 纤维粘贴胶应具有粘附力强、延伸率高、浸润效果好的特性。其性能须满足

表 5.1.2 的要求。

表 5.0.2 纤维粘贴胶指标要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	固体含量/%	>99	GB 50728 附录 H
2	可操作时间/min	≥20	GB/T 7123.1
3	钢-钢拉伸剪切强度/MPa	≥10	GB/T 7124
5	钢-钢拉伸粘结强度	≥32	GB 50728
6	钢对 C45 混凝土正拉粘结强度/MPa	≥2.5, 且混凝土内聚破坏	JC/T 2217
7	断裂延伸率/%	≥2.5	GB/T 2567
8	热变形温度/°C	≥60	GB/T 1634.1

条文说明

结合施工可操作性，纤维粘贴胶具有高粘触变，不流挂性特性，可很好的起到初始固定作用，纤维粘贴胶具有粘结强度高，操作方便，与纤维有很好的适配性，具有渗透力强，耐老化性、耐水性和耐化学腐蚀性能优点。现有的材料设计主要考虑的是混凝土表层结构防护与加增强，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。增加可操作时间，有效提升纤维粘贴胶的使用方便性，有利于作业人员施工。

5.0.3 环氧修补砂胶性能必须满足表 5.0.3 的要求。

表 5.0.3 环氧修补砂胶指标要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	抗压强度/MPa	≥40	GB/T 17671
2	抗折强度/MPa	≥8	GB/T 17671
3	对混凝土粘结强度/MPa	≥3.5 或混凝土内聚破坏	JC/T 2217
4	收缩率 28d /%	≤0.10	JG/T 336

条文说明

对于环氧修补砂胶的抗压强度，现行《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》（GB/T 17671）中 28d 龄期养护，修补增强 A 型要求≥45MPa，修补增强 B 型≥35MPa，本规程确定指标要求介于 A 型与 B 型之间：≥40MPa；对于环氧修补砂胶的抗折强度，现行《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》（GB/T 17671）中 28d 龄期养护，修补增强 B 型要求≥10MPa，修补 C 型≥6MPa，本规程确定指标要求介于 B 型与 C 型之间：≥8MPa；对混凝土粘结强度，根据现行《环氧树脂防水涂料》（JC/T 2217）要求，试件采取不同基面：干基面/潮湿基面以及试件采取不

同处理方式：浸水处理/热处理，其对混凝土粘结强度要求分别为 $\geq 3.0\text{MPa}$ 、 $\geq 2.5\text{MPa}$ 、 $\geq 2.5\text{MPa}$ 、 $\geq 2.5\text{MPa}$ ，本规程要求 $\geq 3.5\text{MPa}$ 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粘结强度的要求。

环氧修补砂胶是环氧树脂与砂、矿粉、水泥等干粉按比例配置搅拌形成的砂胶体，具有优越的高强、高韧和适用性，对水泥混凝土表面缺陷进行修复、加固增强。一些特殊应用场所通过适当调整胶（环氧树脂）石（砂、矿粉、水泥等）比可分为修补型环氧修补砂胶和抹面型环氧修补砂胶。其中修补型环氧修补砂胶主要用于坑洞修补；抹面型环氧修补砂胶主要用于蜂窝、麻面的修复。

5.0.4 纤维专业布性能须满足表 5.0.4 的要求。

表 5.0.4 纤维专业布指标要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	单位面积质量/g/m ²	≥ 200	GB/T 9914.3
2	纱线直径/ μm	≤ 17	GB/T 25045
3	强度/N/25mm	≥ 1200	GB/T 7689.5
4	含水率/%	≤ 0.5	GB/T 9914.1
5	可燃物含量/%	≤ 1.5	GB/T 9914.2

5.0.5 表面保护漆宜采用耐久性能优异的溶剂型氟碳面漆，其性能须满足表 5.0.5 的技术要求。

表 5.0.5 氟碳面漆技术指标要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	外观质量 (容器中状态)	搅拌后均匀、无硬块、无分色	目测法
2	细度/ μm	≤ 30	GB/T 6753.1
3	不挥发物/%	≥ 70	GB/T 1725
4	基料中氟含量/%	≥ 24	HG/T3792 附录 A
5	表干时间/h	≤ 2	GB/T 1728
6	实干时间/h	≤ 24	GB/T 1728
7	弯曲试验/mm	≤ 2	GB/T 6742
8	附着力(拉开法)/MPa	≥ 5	GB/T 5210
9	耐冲击性/cm	≥ 50	GB/T 1732
10	铅笔硬度(擦伤)	$\geq \text{F}$	GB/T 6739
11	耐盐雾性(配套体系)	1000h 不起泡，不生锈，不脱落	GB/T 1771
12	耐人工老化性	3000h 漆膜无起泡、脱落、和粉化等现象，允许轻微变色，保光率 $\geq 80\%$	GB/T 1766

13	耐磨性 (500r/500g)	≤0.03	GB/T 1768
----	-----------------	-------	-----------

条文说明

表面保护漆优先选用耐久性能优异的氟碳面漆,高氟原子氟碳表面防护剂采用氟烯基单元-CF₂-CFA-和 烷烯基醚单元-CH₂-CHOR-交替连接,氟烯基单元可从分子链两侧将烷烯基醚单元包围起来,形成氟烯基屏蔽的交替聚合物。现行《公路桥梁用氟碳面漆》(JT/T 1168)中细度要求≤35 μm,本氟碳面漆细度≤30 μm,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、耐酸性、耐湿热老化性。现行《公路桥梁用氟碳面漆》(JT/T 1168)中混凝土表面附着力≥3MPa,本氟碳面漆≥5MPa,高附着力减少了氟碳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。同时低细度氟碳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/T 1168)中基料氟含量≥22%,本氟碳面漆基料中氟含量≥24%,所述高氟原子氟碳表面防护剂采用完全的CTFE氟碳树脂作为主料,配合优质的耐候性颜料,具有更高的耐酸性、耐碱性、防锈防腐性、耐候性。

5.0.6 所有材料入场应有产品质量保证书、合格证,包装桶上应标有生产日期、企业名称、生产地址、执行标准、产品名称、配比及有效储存期等。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工宜在环境温度为 5~38℃、空气相对湿度为 85%以下时进行。

条文说明

参照现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》(JT/T 695)中的规定执行。

6.1.2 在雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下,禁止户外施工。

6.1.3 大面积施工前应进行试验段施工,以确定相关工艺参数,试验段的涂装面积不宜小于 10m²。

条文说明

因混凝土年限、服役环境、表面质量等不同,在使用相同防护材料进行喷涂时,相关内容工艺参数也有差别,因此宜在大面积施工前选取典型界面进行试验段,确定相关参数。当采用机械方式施工时,应确定相关设备的工艺参数。

6.1.4 施工应由通过质量保证体系认证、熟悉本技术的专业施工单位进行,施工前应编制专门的施工方案和技术措施。

6.1.5 材料运抵现场后,应由具有相应资质的第三方检测机构进行检测,合格后方可使用。

6.1.6 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,其储存温度应介于 3~30℃之间。材料应按品种、批号、颜色分别堆放,标识清楚。

条文说明

材料的存放参照现行《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 7 部分 涂装的实施和管理》(GB/T 30790.7)中 4.2 的规定执行。

6.1.7 材料使用前应确认其牌号、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。

6.1.8 宜按下列工序进行施工:

- 1 施工准备;
- 2 混凝土基面处理;
- 3 环氧固结剂施工;

-
- 4 混凝土缺陷修补；
 - 5 纤维专业布粘贴施工；
 - 6 表面保护漆施工；
 - 7 质量验收。

6.2 施工准备

6.2.1 施工前，应调查与收集如下基础资料：

- 1 当地近年来天气情况、温度情况、雨水情况等；
- 2 相关部位的设计图纸、施工记录、材料试验报告、竣工验收和养护维修等资料；
- 3 已进行过的历次涂装、维修等情况；
- 4 自然灾害及意外损伤（火灾、爆炸、化学腐蚀等）详情。

6.2.2 施工前，应根据工程情况、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：

- 1 施工组织机构；
- 2 施工工期计划，特别是各层防护体系涂装的时间安排；
- 3 施工工艺技术，包括确定混凝土基面处理方式、涂覆方式、工艺参数；
- 4 交通管制措施；
- 5 施工安全与质量的保证措施。

6.2.3 当采用吊篮施工平台进行施工时，应符合现行《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ 80）和《高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术规程》（JB/T 11699）的规定。

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

6.2.5 施工材料进场时，应进行检查和复检，检查材料的品种、型号、出厂日期、产品合格证，并按第 5 章中规定的材料检验项目和合格指标进行复检，合格后方可使用。

6.3 混凝土基面处理

6.3.1 防护材料涂覆施工前，应进行混凝土基面处理。宜采用角磨机打磨、高压水射流清洗（压力不低于 20MPa）相结合的方式对混凝土基面进行处理。

6.3.2 采用角磨机对混凝土表面进行打磨，将混凝土表面的凸起、不平整部位、竖向模板接缝打磨平整。打磨施工时应做好防尘掉渣措施。

6.3.3 打磨后采用高压清洗设备对混凝土表面进行清洗，清除表面的浮灰、风化层、残浆、锈迹、结晶岩和脱模剂等污染物。混凝土基层应清理干净，裸露出水泥混凝土本质部分，无浮沉、油污、霉菌等，并保持干燥。

条文说明

混凝土表面在经过打磨后会沉积较多灰尘及杂物，应采用高压水清洗，直至裸露出水泥混凝土本质部分以保证防护材料的渗透效果和附着力。

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

6.4 环氧固结剂施工

6.4.1 在环氧固结剂施工前若混凝土基面存在裂缝，应先进行裂缝处理施工。裂缝处理宜参照现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）进行处理，对于宽度小于 0.15mm 的裂缝，也可按本规程第 3 章的方案处理。

条文说明

如条 1.0.1 中条文说明指出的一样，目前现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）对 0.15mm 以下裂缝主要采用封闭方式处理。本规程所列环氧固结剂具有较好的渗透性，采用涂刷、辊涂等工艺，可以更好的实现混凝土裂缝的渗透、填充和与外部的隔离防护效果。同时，按现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550）中的规定，当裂缝宽度小于 0.05mm 时，也可采取黏贴纤维织物的方式进行处理。

6.4.2 处理好的混凝土基面应尽快涂覆环氧固结剂，间隔时间最长不宜超过 7d。

6.4.3 混凝土基面应充分干燥，表层含水率不宜大于 4%，且不应大于 6%，测试方法参照 7.1.3 条执行。

条文说明

混凝土表面含水率严重影响防护材料的粘接效果，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。

6.4.4 待混凝土基面干燥后，且满足温度、湿度要求条件下，进行环氧固结剂施工。

6.4.5 材料应按产品使用说明书提供的工艺条件配制，且在适用期内用完。

6.4.6 环氧固结剂的涂覆施工可采用人工辊涂、机械喷涂的方式进行，相关工艺参数通过试验段施作确定。

6.4.7 涂覆施工宜分为两遍，第一遍以渗透为主、第二遍以成膜为主，每遍又分2-5次完成。

条文说明

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喷涂，每次以表面不流挂为宜，具体次数应在试验段时确定。

6.4.8 当应用于C30及以下混凝土时：

- 1 第一遍用胶量为 $600-800\text{g}/\text{m}^2$ ，分3-5次进行。分次时间间隔最长不宜超过4h、最短不宜少于30min。
- 2 第二遍用胶量为 $300-400\text{g}/\text{m}^2$ ，分2-4次进行。分次时间间隔最长不宜超过4h、最短不宜少于30min。

6.4.9 当应用于C30以上混凝土时：

- 1 第一遍用胶量为 $300-500\text{g}/\text{m}^2$ ，分3-5次进行。分次时间间隔最长不宜超过4h、最短不宜少于30min。
- 2 第二遍用胶量为 $100-200\text{g}/\text{m}^2$ ，分1-2次进行。分次时间间隔最长不宜超过4h、最短不宜少于30min。

条文说明

混凝土强度越高，致密性越好，因此在强度较高的混凝土上使用时，喷涂量宜降低。上述用胶量为经验数据，具体数据宜在试验段时确定。

6.4.10 第一遍施工和第二遍施工的时间间隔宜不少于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

进行第二遍材料的喷涂，会造成材料过量和流挂，导致浪费且无增益效果。

6.4.11 环氧固结剂涂覆应均匀，不得出现漏涂、裂纹、气泡、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。

6.5 混凝土缺陷修补

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

6.5.2 环氧固结剂施工完成 7d 后，且自然风干至表面干燥，方可进行环氧修补砂胶修补施工。

条文说明

环氧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，在 7d 后达到完全固化，若在未完全固化前施做下一工序，会造成防护体系失效。

6.5.3 环氧修补砂胶应按照厂家说明书进行配制工艺试验确定配制比例，按比例将环氧树脂组分混合均匀，宜先采用电动搅拌器，将环氧树脂和固化胶剂搅拌不少于 3min，再按比例分次加入填料，搅拌不少于 3min，至颜色均匀且拌和物中无结块为止。

6.5.4 环氧修补砂胶搅拌完成后应在 40min 内完成施工，超过时间的材料不得使用应废弃。

6.5.5 采用刮刀、抹子或其他工具，将环氧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，反复压实边角接缝部位，保证材料填补密实平整。

6.5.6 缺陷修补时，环氧修补砂胶单次一层涂抹厚度不宜超过 20mm，缺陷厚度超过 20mm 时应分层施工，施工时间间隔宜在下层环氧修补砂胶达到固化，且不少于 12h。

6.5.7 环氧修补砂胶固化后，可用手持打磨机修整，使表面平整。

6.5.8 环氧修补砂胶施工后应养护不少于 3d，养护期间要防止水浸、硬物撞击等。

6.6 纤维专业布粘贴施工

6.6.1 在混凝土缺陷修补完成后可进行粘贴纤维专业布施工。

6.6.2 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。

条文说明

纤维粘贴胶分多次施工，是为了避免材料用量过多造成浪费，且过量材料在固结过程中受重力作用，在结构表面形成流挂，影响后续施工效果。

6.6.3 将裁剪好的纤维专业布粘贴在辊涂完成后的纤维粘贴胶上。

6.6.4 纤维专业布纵向接头搭接长度宜为 $5\sim 10\text{cm}$ ，搭接部位应多次辊涂纤维粘贴胶，使其充分浸润。

6.6.5 用专用工具在已贴好的纤维专业布面上，沿纤维径向多次滚压，使胶液充分润透、渗到纤维中，且应仔细刮、挤平整，排出气泡。

6.6.6 在纤维专业布粘贴完成 30min 后，再次辊涂纤维粘贴胶，用量控制在 $200\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ ，应辊涂均匀，反复刮涂，使表面光滑平整。

6.6.7 纤维专业布粘贴后，应养护不少于 3d ，养护期间要防止水浸、硬物撞击、粉尘污染等。

6.7 表面保护漆施工

6.7.1 表面保护漆的涂覆时间，与最后一遍环氧固结剂完成时间间隔应不少于 7d ，与环氧修补砂胶修补、纤维专业布粘贴层完成时间间隔应不少于 3d 。

条文说明

表面保护漆涂覆前下层环氧固结剂、环氧修补砂胶、纤维粘贴胶一定要完全固化，环氧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 。

6.7.2 表面保护漆材料使用前应确认其牌号、品种、颜色、批号等，并作好记录。

6.7.3 宜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的要求进行调试，在试验段时确定。

6.7.4 喷涂遍数应按照喷涂厚度在试验段时确定，宜先横向喷涂后竖向喷涂，遍数较多时可横竖交叉进行，每遍时间间隔最短不小于表面保护漆的表干时间，最长不超过表面保护漆的固化时间。

条文说明

施工采用无气喷涂，喷涂一遍，湿膜厚度一般在 90~110 μm，干膜厚度一般在 50~60 μm，所使用的保护漆材料不同，湿膜厚度和干膜厚度也有所不同。喷涂遍数在试验段时根据喷涂一遍测得的湿膜厚度和干膜厚度确定，通过调整稀释剂的比例进行微调，分多次及横竖向交叉进行喷涂。为避免出现流挂，规定了每遍喷涂的时间间隔，且为保证表面保护漆之间的层间粘接力，要在上层未完全固化前施做下一层，若时间间隔超过固化时间，可用砂纸进行拉毛后再进行下一层施工。

6.7.5 喷涂应均匀，不得露涂。喷涂厚度不足、漏喷的部位应进行补喷。难以喷涂的部位，可采用涂刷、滚涂。

6.7.6 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 质量验收

7.1 质量验收

7.1.1 混凝土表体结构渗透增强防护层施工应符合下列基本要求：

1. 混凝土基面处理后，应坚硬牢固、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。

2. 施工前混凝土表面含水率应小于 6%，不可采用人工加热方式降低混凝土表面含水率。

条文说明

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。

7.1.2 最终涂层质量实测项目应符合表 7.1.2 的规定。

表 7.1.2 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	混凝土含水率	小于 6%	宜采用具有数显功能的混凝土表面湿度仪进行测试；也可采取以下方法：取 10 μ m 厚，45cm \times 45cm 透明聚乙烯薄膜平放在混凝土表面，用胶带纸密封四边，16h 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。每次施工前均应进行一个位置的持续检测。
2	纤维专业布与混凝土之间的粘结质量	总有效粘结面积不应小于总粘结面积的 95%	可用锤击法或其他有效探测法进行检查。探测时，应将粘贴的纤维专业布分区，逐区测定空鼓面积（即无效粘结面积）；若单个空鼓面积不大于 10000mm ² ，允许采用注射法充胶修复；若单个空鼓面积 \geq 10000mm ² ，应割除修补，重新粘贴等量纤维专业布。粘贴时，其顺纹方向每端的搭接长度不应小于 200mm；对横纹方向每边的搭接长度可取为 100mm。每 2000~5000m ² 为一个检验批，每一个检验批取一个检测单元全域检测，面积为 10m ² 。
3	涂装道数	不少于设计要求次数	目测，所有遍数均需要记录。
4	涂膜湿膜厚度	不少于设计要求湿膜厚度	采用现行《色漆和清漆漆膜厚度的测定》（GB / T 13452.2）中的轮规法进行，当湿膜厚度不足时，应及时补涂。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 9 个位置。
5	干膜厚度	涂层平均干膜厚度应不小于设计干膜厚度；且 80% 的测点应大于设计干膜厚度；最小干膜	方法 1：无损型涂膜厚度仪法。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，以 9 个测点的涂层干膜厚度算术平均值代表涂层的平均干膜厚度 方法 2：随炉件法。每 2000~5000m ² 为一个检验批，每一个检验

		厚度应不小于设计膜厚度的 80%。	批取一个检测单元，面积为 10m ² ，将 0.5cm×50mm×100mm 的三块铁皮或其他板材粘贴于混凝土表面，涂装完成后用精密天平测量铁皮质量，扣除挥发质量后，换算涂膜厚度。
6	粘结强度	附着力符合第 5 章要求	宜采用拉脱式涂层粘结强度测定仪测定涂层附着力，检验方法按照现行《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。

条文说明

聚乙烯薄膜法摘自现行《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》（JT/T 695），为后评价法，也即当采用该方法出现混凝土过湿情况时，同时期施工的高渗材料也会受影响。采用该方法时，应综合近一周的测试结果进行预判，防止出现大面积返工。纤维专业布与混凝土之间的粘结质量实测项目参照现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550）第 10 章外粘纤维复合材工程中第 10.4.1 条编写。

7.1.3 混凝土表体结构渗透增强防护外观质量应符合下列规定：

- 1 每道涂层湿膜表面不得有漏涂、气泡、流挂等缺陷。
- 2 涂层干膜表面不得有漏涂、裂纹、气泡、针孔等缺陷。

7.2 工程验收

7.2.1 涂层验收宜在涂装完成后 14d 内进行。。

7.2.2 防护工程验收时应提交下列（但不限于）资料：

- 1 设计文件（包括变更设计文件）；
- 2 材料出厂合格证和质量检验文件，进场验收记录；
- 3 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）；
- 4 补修和返工记录；
- 5 过程检验、最终检验资料；
- 6 其他相关资料。

8 养护

8.1 定期巡检与修复

8.1.1 混凝土表层结构渗透增强防护体系验收合格后，在使用期的第 1 年内，每半年进行一次目视巡检；在使用期的第 2 年内，每季度进行一次目视巡检；在其后的使用期内，每月进行一次目视巡检。

8.1.2 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），合格后方可使用。如果发现新的裂缝或者原裂缝重新开裂，应重新涂装。

8.2 设计年限期满后的处置原则

8.2.1 当涂层达到设计防腐年限时，全面检查涂层的表观状态。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，可保留涂层继续使用，但应在其表面涂装两道原面层涂料或能够配套的面层涂料。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(画格法不大于 1 级)。

8.2.2 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涂装涂料。

8.2.3 对防腐蚀涂层系统应建立档案卡，内容包括涂装竣工资料和涂层使用过程的检查和维修记录。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规程执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《既有混凝土结构耐久性评定标准》 GB/T 51355
- 2 《混凝土结构加固设计规程》 GB 50367
- 3 《混凝土桥梁结构表面用防腐涂料 第1部分：溶剂型涂料》 JT/T 821.1
- 4 《混凝土结构防护用渗透型涂料》 JG/T 337
- 5 《公路桥梁用氟碳面漆》 JT/T 1168
- 6 《多组分胶粘剂可操作时间的规定》 GB/T 7123.1
- 7 《混凝土裂缝修复灌浆树脂》 JG/T 264
- 8 《建筑防水涂料试验方法》 GB/T 16777
- 9 《环氧树脂防水涂料》 JC/T 2217
- 10 《树脂浇铸体性能试验方法》 GB/T 2567
- 11 《拉伸剪切强度的测定(刚性材料对刚性材料)》 GBT 7124
- 12 《混凝土结构修复用聚合物水泥砂浆》 JG/T 336
- 13 《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》 GB/T 17671
- 14 《增强制品试验方法 第1部分：含水率的测定》 GB/T 9914.1
- 15 《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 9914.2
- 16 《增强制品试验方法 第3部分：单位面积质量的测定》 GB/T 9914.3
- 17 《玄武岩纤维无捻粗纱》 GB/T 25045
- 18 《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断裂伸长的测定》 GB/T 7689.5
- 19 《色漆、清漆和印刷油墨研磨细度的测定》 GB/T 6753.1
- 20 《交联型氟树脂涂料》 HG/T 3792-2014 附录 A
- 21 《色漆和清漆 弯曲试验(圆柱轴)》 GB/T 6742
- 22 《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》 GB/T 1728
- 23 《色漆和清漆 拉开法附着力试验》 GB/T 5210
- 24 《漆膜耐冲击测定法》 GB/T 1732
- 25 《色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度》 GB/T 6739
- 26 《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》 GB/T 1771

-
- 27 《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》 GB/T 1768
 - 28 《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》 GB/T 1725
 - 29 《色漆和清漆涂层老化的评级方法》 GB/T 1766
 - 30 《塑料 负荷变形温度的测定 第 1 部分：通用试验方法》 GB/T1634.1
 - 31 《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》 GB50728
 - 32 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80-2016
 - 33 《高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术规程》 JBT 11699
 - 34 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB 50550

征求意见稿

附：条文说明

说明：目前条文说明暂时列在各条文下，便于后续根据专家意见修改，征求意见稿征集完毕后将根据协会的编写导则，集中在此进行编排。

征求意见稿