



# 团 体 标 准

T/SDHTS 00017—2025

## 桥梁水下桩基玻纤套筒加固技术规程

Technical code of practice for reinforcement of underwater bridge  
pile foundations with glass fiber sleeve

此文本仅供个人学习、研究之用，未经授权，禁止复  
制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究

2025-12-18 发布

2026-02-01 实施

山东公路学会 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 .....	3
5 专项检测 .....	4
6 材料 .....	4
7 设计 .....	6
8 施工及质量检验 .....	7

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东高速交通建设集团有限公司提出。

本文件由山东公路学会归口。

本文件起草单位：山东高速交通建设集团有限公司、滨州市公路勘察设计院有限公司、山东大学、山东省滨州公路工程有限公司、滨州京鲁交通工程有限公司、滨州市公路事业发展中心、卡本科技集团股份有限公司、山东瑞泰建设有限公司、山东金衢设计咨询集团有限公司。

本文件主要起草人：张峰、刘峰、王运广、张晓乐、徐明艺、王伟伟、高伟鸿、赵越、韩冬青、肖萌、谢晋鑫、于艳、王建山、谷志杰、刘凯、郑礼波、杨林、郭汉山、吴帅、王增强、甘新旺、郝继刚、杨强、徐志涛、丁晓旭。

# 桥梁水下桩基玻纤套筒加固技术规程

## 1 范围

本文件确立了桥梁水下桩基、墩柱玻纤套筒加固的设计、施工程序，提出了专项检测、材料、设计、施工和质量检验要求。

本文件适用于桥梁水下混凝土桩基、墩柱的修复加固和预防性养护。

## 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文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1034 塑料 吸水性的测定
- GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法
- GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 2573 玻璃纤维增强塑料老化性能试验方法
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法
- GB/T 7124 胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 22040 公路沿线设施塑料制品耐候性要求及测试方法
- GB/T 23654—2009 硫化橡胶和热塑性橡胶 建筑用预成型密封条的分类、要求和试验方法
- GB/T 24721.1 公路用玻璃纤维增强塑料产品 第1部分：通则
- GB 26123 空气潜水安全要求
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB/T 50448—2015 水泥基灌浆材料应用技术规范
- GB 50728 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
- JC/T 986 水泥基灌浆材料
- JC/T 2379 地基与基础处理用环氧树脂灌浆材料
- JT/T 215 水下胶粘剂技术要求和试验方法

- JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
- JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
- JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范
- JTG/T 2231-01 公路桥梁抗震设计规范
- JTG/T 3360-02 公路桥梁抗撞设计规范
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG/T 5214 在用公路桥梁现场检测技术规程
- T/CECS G:J56—2019 公路桥梁水下构件检测技术规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**玻纤套筒** glassfiber sleeve

由玻璃纤维增强复合板材现场弯曲成型或拼装成型的筒状结构。

#### 3.2

**灌注材料** grouting material

灌注于玻纤套筒与被加固桥梁构件之间，可水下自流平的浆体材料。

注：灌注材料分为环氧树脂类和水泥基类。

#### 3.3

**限位块** inhibiting device

设置于玻纤套筒内表面，用于控制灌注材料厚度的构件。

#### 3.4

**锁扣** latch slot

设置于玻纤套筒板材立面搭接处，玻纤套筒安装时用于搭接闭环的构件。

#### 3.5

**紧固件** fastening

玻纤套筒安装闭环后，间隔设置于锁扣搭接位置，保证锁扣搭接牢固的配件。

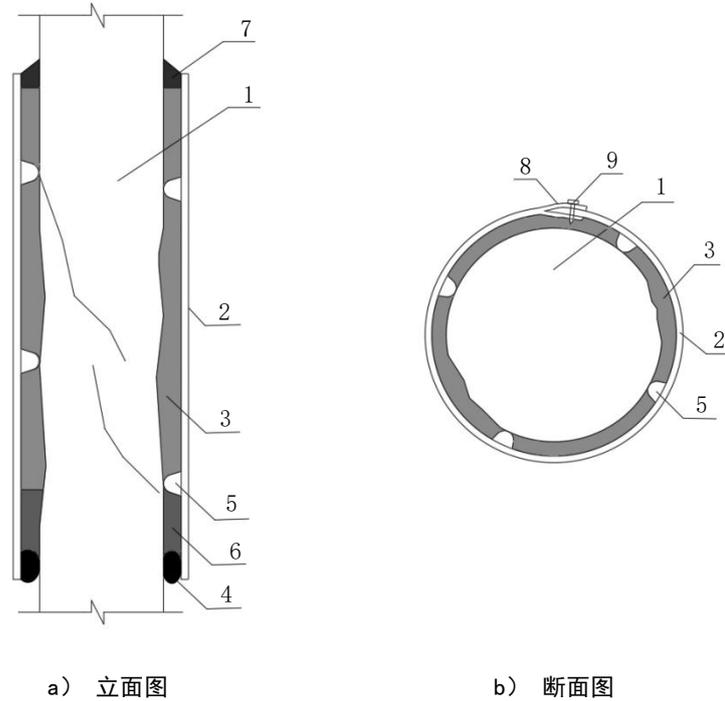
#### 3.6

**玻纤套筒加固技术** glassfiber sleeve reinforcement

用玻纤套筒对被加固构件进行封闭围护，在玻纤套筒与被加固构件之间填充灌注材料，灌注材料固化后

与玻纤套筒共同提高构件刚度和耐久性的维修加固技术。

注：玻纤套筒加固构造如图 1 所示。



标引序号说明：

- 1——被加固构件；
- 2——玻纤套筒；
- 3——灌注材料；
- 4——弹性密封条；
- 5——限位块；
- 6——封底环氧灌注料；
- 7——水下环氧封顶胶；
- 8——锁扣；
- 9——紧固件。

图 1 玻纤套筒加固示意图

#### 4 基本规定

4.1 玻纤套筒加固应在专项检测和技术状况评定的基础上，经评估加固后能满足结构安全和正常使用要求后进行。

4.2 存在冲刷缩颈、剥落露筋、混凝土碳化、裂缝、腐蚀或钢筋锈蚀等病害，技术状况评定标度为 2 类或 3 类的桥梁桩基、墩柱，宜采用玻纤套筒加固技术进行维修加固。

4.3 处于近海或海洋、盐雾区、结晶盐、化学腐蚀性、空气中长期 pH 值低于 6.5、干湿循环、反复冻融等恶劣环境的桥梁桩基、墩柱，宜采用玻纤套筒加固技术进行预防性养护。

4.4 存在主筋大量锈蚀锈断、大面积混凝土胀裂、混凝土大部分碳化且碳化深度大于保护层厚度等病害，以及存在宽度超限的结构性裂缝且存在变形失稳现象的桥梁桩基、墩柱，采用玻纤套筒加固前，应先进行结构加固处治，加固计算应符合 GB 50367 和 JTG/T J22 的规定。

4.5 所采用的加固材料不应含有甲醛、苯、重金属等强毒性物质，不应对人、生物及环境造成有害影响，挥发性有机化合物（VOC）的含量应符合 GB 50728 的规定。

## 5 专项检测

5.1 应结合原设计文件、服役年限、历史检测及加固维修资料、水文地质条件等对被加固构件进行全数检测。

5.2 水下构件检测应在专业检测人员的指挥监督下进行，宜人工潜水检测或采用水下机器人、水下检测船及其他专用平台进行检测。

5.3 应对被加固构件几何形态、表观缺陷和冲刷情况进行检测，并应符合以下要求：

- a) 几何形态检测应包括桩柱截面尺寸检测、表面平整度检测、桩基外露长度检测等，等截面构件截面尺寸检测间距不应大于 1 m；
- b) 表观缺陷检测应包括构件的蜂窝、麻面、剥落、露筋、钢筋锈蚀、空洞、孔洞、冲蚀、腐蚀、裂缝等病害范围和程度；
- c) 桩基础冲刷检测应探明河床软底或硬底状态，并排除软底对测量结果的影响。

5.4 当构件剥落露筋、混凝土碳化、钢筋锈蚀病害严重时，宜增加材质强度、钢筋保护层厚度、钢筋锈蚀电位等检测。

5.5 检测方法、检测精度、影像采集、成果记录和统计分析应符合 JTG/T 5214 和 T/CECS G: J56—2019 的规定，并按 JTG/T H21 对构件表观缺陷病害进行技术状况标度评定。

## 6 材料

### 6.1 玻纤套筒板材

6.1.1 玻纤套筒板材应板边齐直、表面平整、色泽均匀，无明显皱纹、雾状区、穿孔、划痕、纤维露丝、裂纹、发黏等缺陷。

6.1.2 玻纤套筒板材应含胶量均匀、固化稳定、无分层，每平方米表面的气泡累积面积不应大于  $100 \text{ mm}^2$ ，单个最大气泡面积不应大于  $15 \text{ mm}^2$ 。

6.1.3 玻纤套筒板材性能指标应符合 GB/T 22040 和表 1 的规定。

表 1 玻纤套筒板材性能指标要求

序号	项目		单位	指标要求	检测方法
1	拉伸强度	环向	MPa	$\geq 200$	GB/T 1447
		轴向	MPa	$\geq 130$	
2	弯曲强度	环向	MPa	$\geq 200$	GB/T 1449
		轴向	MPa	$\geq 200$	
3	弯曲弹性模量	环向	MPa	$\geq 10000$	
		轴向	MPa	$\geq 10000$	
4	巴氏硬度		HBA	$\geq 35$	GB/T 3854
5	吸水率		%	$\leq 1$	GB/T 1034
6	耐水性能	弯曲强度保留率	%	$\geq 85^a$	GB/T 2573
7	耐酸性能	弯曲强度保留率	%	$\geq 80$	GB/T 24721.1
8	耐碱性能	弯曲强度保留率	%	$\geq 80$	GB/T 24721.1
<sup>a</sup> 试验水温为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，试验周期为 30 d。					

## 6.2 灌注材料

6.2.1 灌注材料应具有良好的流动性、触变性、抗水分散性和泌水性，宜选用环氧类或水泥基类。

6.2.2 环氧类灌注材料拌合后不应有结皮、凝胶、沉淀、结块、分层现象；水泥基类灌注材料拌合后不应有离析、沉淀现象。

6.2.3 环氧类灌注材料的性能指标应符合表 2 的规定。

表 2 环氧类灌注材料性能指标要求

序号	项目	单位	指标要求	检测方法
1	密度	$\text{g}/\text{cm}^3$	$> 1.0$	JC/T 2379
2	初始截锥流动度	mm	$\geq 300$	GB/T 50448—2015
3	抗压强度	MPa	$\geq 80$	GB/T 2567
4	抗拉强度	MPa	$\geq 14$	GB/T 2567
5	抗折强度	MPa	$\geq 20$	GB/T 17671
6	与干态混凝土 <sup>a</sup> 正拉粘结强度	MPa	$\geq 3.0$	GB 50728
7	与湿态混凝土 <sup>b</sup> 正拉粘结强度	MPa	$\geq 2.5$	
8	与玻纤套筒板材正拉粘结强度	MPa	$\geq 2.5$	
9	90d 湿热老化强度降低率	%	$\leq 10$	
灌注施工前应对同一批次灌注材料的强度指标进行抽样检验。				
与干态混凝土正拉粘结强度、与湿态混凝土正拉粘结强度、与玻纤套筒正拉粘结强度检测时，试样破坏形式应为混凝土内聚破坏				
<sup>a</sup> 干态混凝土指含水率不大于 6% 的硬化混凝土。				
<sup>b</sup> 湿态混凝土指饱和含水率状态下的硬化混凝土。				

6.2.4 水泥基类灌注材料的性能指标应符合 GB/T 50448—2015 中 4.1.1 规定的 II 类材料要求和表 3 的规定。

表 3 水泥基类灌注材料性能指标要求

序号	项目	单位	指标要求	检测方法	
1	水下抗分散性	水泥流失量	%	<1.5	JTG 3420
		悬浊物含量	mg/L	<150	
		pH 值	—	<12	
2	对钢筋锈蚀作用	—	无腐蚀	JC/T 986	
灌注施工前应对同一批次灌注材料的强度指标进行抽样检验					

### 6.3 水下粘合剂

水下粘合剂性能指标应符合 JT/T 215 的规定。

### 6.4 环氧封顶胶

环氧封顶胶各组分混合搅拌后应颜色均匀，无分层、发泡、变质和变色，性能指标应符合 JT/T 215 和表 4 的规定。

表 4 环氧封顶胶的技术要求

序号	项目	单位	指标要求	检测方法
1	抗拉强度	MPa	$\geq 30$	GB/T 2567
2	抗压强度	MPa	$\geq 70$	GB/T 2567
3	钢对钢拉伸抗剪强度标准值	MPa	$\geq 10$	GB/T 7124
4	钢对 C45 混凝土正拉粘结强度 <sup>a</sup>	MPa	$\geq 2.5$	GB 50728
<sup>a</sup> 钢对 C45 混凝土正拉粘结强度检测时，试样破坏形式应为混凝土内聚破坏。				

### 6.5 弹性密封条

弹性密封条应表面光滑、平整，无明显的划痕、裂纹、气泡等缺陷；性能指标应符合 GB/T 23654—2009 中 Y431331 密封条的要求。

### 6.6 紧固件

紧固件化学成分、机械和物理性能应符合 GB/T 3098.6 的规定。

## 7 设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 应结合桥梁竣工图纸、历史维修加固资料、河道水文条件、通航条件，在专项检测和技术状况评定的基础上评估判断采用玻纤套筒加固技术的可行性和适应性。

7.1.2 应综合桩柱结构尺寸、破损情况及损伤原因、构件环境条件及施工可行性、加固有效性等方面

确定灌注材料类型和加固范围。

7.1.3 应关注水下桥梁部件病害状况，分析病害成因，动态调整设计方案。

7.1.4 作为桥梁抗震补救措施时应符合 JTG/T 2231-01 的规定，当有通航要求时应符合 JTG/T 3360-02 的规定。

## 7.2 设计要求

7.2.1 玻纤套筒加固范围应在构件病害区域两端向外延伸 30 cm 以上，顶部与承台、系梁、盖梁等其他构件之间宜保留 3 cm~5 cm 间隙。

7.2.2 因冲刷外露发生病害的桩基，加固套筒宜下延至最大冲刷线以下，加固完成后回填密实。

7.2.3 对无明显病害的构件进行预防性养护时，玻纤套筒厚度不宜小于 3 mm；应采用环氧类灌注材料，灌注材料厚度不宜小于 1.5 cm。

7.2.4 对存在蜂窝、麻面、空洞、孔洞、表层腐蚀等表观病害的构件进行修复加固时，宜采用 3 mm~5 mm 厚的玻纤套筒；应采用环氧类灌注材料，灌注材料厚度宜为 3 cm~5 cm。

7.2.5 对存在混凝土碳化、腐蚀，明显缩颈、冲蚀等病害的构件进行加固维修时，玻纤套筒厚度不宜小于 5 mm；宜采用环氧类灌注材料，灌注材料厚度根据病害情况确定。当采用水泥基类灌注材料时，在封底灌注后和顶部密封前应采用环氧类灌注材料灌注 15 cm 以上。

7.2.6 当加固高度大于 500 cm 时，宜增加灌注材料厚度。

7.2.7 应采用环氧封顶胶对玻纤套筒顶部密封。

## 8 施工及质量检验

### 8.1 一般规定

8.1.1 玻纤套筒加固施工应按照图 2 所示的流程进行。

8.1.2 加固用的主要材料应具有检测单位提供的产品性能检测报告和产品合格证书。

8.1.3 施工作业不宜在恶劣天气下进行，潜水作业应符合 GB 26123 及相关安全操作规程的规定。

8.1.4 施工过程中应加强监测与检查，并按照 JTG/T J23 的规定控制对原有结构的损伤。

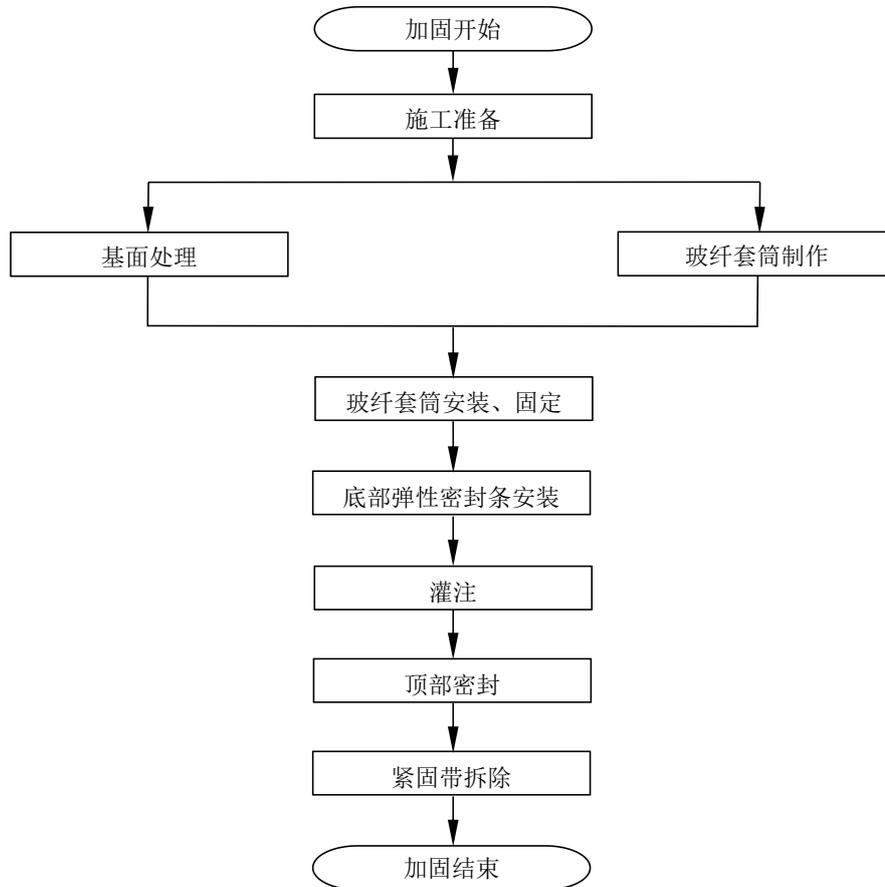


图 2 玻纤套筒加固施工工艺流程图

## 8.2 施工准备

8.2.1 应对桥梁周边环境进行勘查，并根据场地条件和加固设计文件编制施工组织方案，组织安全技术交底。

8.2.2 应对被加固构件的基本尺寸、病害类型、缺陷位置及范围、是否存在露筋、锈蚀及混凝土剥落等内容进行检查。

8.2.3 应结合构件检查情况对加固设计图纸中玻纤套筒的直径、高度及灌注材料的用量进行复核。

8.2.4 应结合桥梁施工环境，搭设作业平台，作业平台应顺河流方向搭设；通航河流中作业平台宜布置在航道或通航孔外侧。

## 8.3 基面处理

8.3.1 应清除加固范围内原结构表面青苔、水下生物、浮浆、污垢、油渍、涂装等附着物，清理桩基上的不规则包块和疏松混凝土，保证截面尺寸上下一致。

8.3.2 应凿除加固范围内的表面混凝土至新鲜骨料面，对外露钢筋进行除锈。

8.3.3 基面处理完成后，水上部分进行目测检验，水下部分应静置 1 h 后采用水下摄像头进行摄像拍照检验。

#### 8.4 玻纤套筒制作及安装、固定

8.4.1 应根据被加固构件的实际尺寸、形状及设计要求加工制作，周长应根据桩柱尺寸偏差适当加长。

8.4.2 应按照设计灌注料厚度配置限位块，限位块宜采用梅花形布置，并应保证玻纤套筒安装后限位块两端顶紧、无松动。

8.4.3 锁扣设计制作应便于粘合和紧固施工，应与玻纤套筒在工厂一体化成型，有效搭接长度不应小于 5 cm。

8.4.4 玻纤套筒内表面应进行糙化处理，便于与加固灌注材料结合紧密。

8.4.5 安装前，应清理玻纤套筒表面污渍、灰尘等杂质，闭环前应先锁扣槽内均匀涂抹水下粘合剂。

8.4.6 玻纤套筒安装闭环后不应出现滑移、变形、错位、脱落等现象，应采用紧固带临时固定。紧固带宜沿高度方向每 100 cm~200 cm 布置一道。

8.4.7 采用紧固带对玻纤套筒临时固定后，应采用紧固件紧固锁扣，紧固件间距不宜大于 15 cm。

8.4.8 应按表 5 的要求对玻纤套筒制作及安装施工进行质量检验。

表 5 玻纤套筒制作及安装检验项目及要

序号	检验项目	要求	方法	频率
1	套筒外观质量	无划痕、无异物夹杂、无裂缝、无气泡	目测	100%
2	套筒尺寸	≥设计尺寸	尺量	100%
3	套筒厚度	≥设计厚度	尺量	每 1 m <sup>2</sup> 5 个点，不足 1 m <sup>2</sup> 按 1 m <sup>2</sup> 计
4	套筒安装完叠加长度	≥5 cm	尺量	100%
5	套筒锁扣安装及紧固	牢固，无松动	小锤敲击法	100%

#### 8.5 安装底部弹性密封条

应采用弹性密封条对玻纤套筒底部进行密封，弹性密封条直径宜为灌注材料厚度的 1.5 倍~2 倍，结构物与套筒底部之间不应有空隙和漏浆。

#### 8.6 灌注

8.6.1 应根据实际使用量按规定材料比例配制灌注材料，拌合过程中应采取冷却措施。

8.6.2 宜采用高位漏斗重力灌浆法进行灌注，灌注口的布置应根据被加固构件尺寸进行环向、均匀、对称布置，宜设置 2 个~4 个灌注口。

8.6.3 应先采用环氧类灌注材料进行封底灌注，封底灌注高度宜为 15 cm~20 cm；待封底灌注材料固化，检查底部密封良好后进行下一步灌注。

8.6.4 加固高度小于 200 cm 时宜一次性灌注至顶部，大于 200 cm 时应分段灌注施工，每段灌注高度宜控制在 150 cm~200 cm，每次灌注待下层固化后再进行下一段灌注。

8.6.5 灌注至距玻纤套筒筒口 5 cm 位置时，应停止灌注并按表 6 的要求进行检验。

表 6 灌注施工检验项目及要

序号	检验项目	要求	方法	频率	
1	外观质量	环氧类灌注浆料	无结皮、凝胶、沉淀、结块、分层	目测	100%
		水泥基类灌注浆料	不离析、不沉淀	目测	100%
2	灌注材料厚度	满足设计要求	尺量	每构件每 2 m 高度范围 3 处	
3	空鼓面积	≤3%	小锤敲击法	全部	

### 8.7 顶部密封

8.7.1 灌注施工完成后，应采用水下环氧胶密封封顶，密封胶宜与加固构件连接面形成 45° 的斜截面。

8.7.2 顶部密封表面外观应饱满，并无结皮、凝胶、沉淀、结块等现象。

### 8.8 紧固带拆除

紧固带宜在灌注料固化 24 h 后拆除。



T/SDHTS 00017—2025