



# DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB14 /T 680—2012

---

## 公路钢筋混凝土及预应力混凝土 桥梁加固技术规程

2012 - 11 -26 发布

2012- 12 -26 实施

---

山西省质量技术监督局      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 ..... 1

4 总则 ..... 2

5 材料 ..... 3

6 增大截面法 ..... 9

7 粘贴钢板加固法 ..... 11

8 粘贴纤维复合材料加固法 ..... 13

9 简支改变为连续体系加固法 ..... 16

10 多跨简支梁改造为桥面连续简支梁体系加固法 ..... 17

11 增设辅助墩法 ..... 18

12 梁拱组合加固法 ..... 19

13 斜拉加固法 ..... 20

14 预应力加固法 ..... 21

15 桥面补强层加固法 ..... 25

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由山西省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：山西省交通科学研究院、黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室。

本标准主要起草人：张俊成、曹蔚枝、傅卯生、谢海龙、吕船、赵庆昌、姬兵亮、郭茂泉、郭殿军、宋茂林、王慧鑫、唐国彪。

# 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁加固技术规程

## 1 范围

本标准规定了公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁加固技术的范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、材料、增大截面法、粘贴钢板法、粘贴纤维复合材料加固法、简支改变为连续体系加固法、多跨简支梁改造为桥面连续简支梁体系加固法、增设辅助墩法、梁拱组合加固法、斜拉加固法、预应力加固法和桥面补强层加固法。

本标准适用于山西省境内公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固工程，城市及铁路同类型桥梁一般加固可参照执行，其中涉及到设计方面的相关条款可供加固设计参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 700-2006 碳素结构钢

GB 1499.1-2008 钢筋混凝土用钢 第一部分：热轧光圆钢筋

GB 1499.2-2007 钢筋混凝土用钢 第二部分：热轧带肋钢筋

GB/T 1591-2008 低合金高强结构钢

GB 8076-2008 混凝土外加剂

GB/T 14370-2007 预应力筋用锚具、夹具和连接器

GB/T 50081-2002 普通混凝土力学性能试验方法标准

GB 50086-2001 锚杆喷射混凝土支护技术规范

JTG H11-2004 公路桥涵养护规范

JTG/T J22-2008 公路桥梁加固设计规范

JTG/T J23-2008 公路桥梁加固施工技术规范

JTG E30-2005 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG E42-2005 公路工程集料试验规程

JTG/T F50-2011 公路桥涵施工技术规范

JTG D62-2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范  
JGJ 63-2006 混凝土用水标准  
JGJ 85-2010 预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程  
JG/T 289-2010 混凝土结构加固用聚合物砂浆  
JC 474-2008 砂浆、混凝土防水剂  
JC/T 907-2002 混凝土界面处理剂

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### 有粘结预应力加固

体外预应力筋张拉后，将其和梁体浇筑在一起，形成整体后预应力筋可与梁体共同变形的加固形式。

### 3.2

#### 增大截面加固法

增大原构件截面面积并增配钢筋，以提高其承载能力和刚度的一种直接加固法。

### 3.3

#### 粘贴钢板加固法

通过采用粘结剂及锚栓将钢板粘贴锚固在混凝土结构的受拉缘或薄弱部位，限制裂缝发展，提高其刚度和承载力的一种直接加固方法。

### 3.4

#### 粘贴纤维复合材料加固法

通过采用环氧树脂胶（或其它建筑结构胶）将纤维布（或板）直接粘贴在被加固混凝土结构薄弱部位，以限制裂缝的发展，提高结构承载力的一种直接加固方法。

### 3.5

#### 预应力加固法

通过施加预应力，使原结构、构件的受力得到改善或调整的一种间接加固法。

### 3.6

#### 桥面补强层加固法

通过在桥面板（主梁顶面）加铺钢筋混凝土层，增加桥面整体刚度，提高承载力的一种直接加固法。

## 4 总则

4.1 公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固工程的施工及验收，除应符合本标准外，还应符合国家及行业有关标准的规定。

4.2 公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固工程应严格按照相关设计、施工规范组织施工。

4.3 公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固工程施工应做好施工前的准备工作和施工中技术交底、施工组织、施工管理工作，应严格执行本标准及有关规范、技术操作规程的规定。

4.4 在公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固工程施工中应积极推广使用成熟的并经主管部门鉴定或批准的新技术、新工艺、新材料、新设备。

4.5 公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固施工应本着节约的原则，并按照国家有关规定采取相关措施降低或减少环境污染，保护环境；工程施工竣工后，应对临时工程、临时辅助设施、临时用地等及时进行清理，做到工完场清。

4.6 公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁板结构桥梁加固工程应精心制定安全保障方案，严格遵守安全操作规程，加强安全生产教育，建立和健全安全生产管理制度。

## 5 材料

### 5.1 水泥

5.1.1 混凝土结构加固用的水泥，应采用强度等级不低于 32.5 级的含碱量低的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。当混凝土结构有耐腐蚀、耐高温要求时，应采用相应的特种水泥。

5.1.2 水泥的性能和质量应符合 JTG E30-2005 的规定。

注：桥梁加固施工使用的主要材料，应具有国家相关管理部门认定的产品性能检测报告和产品合格证，其物理力学性能指标应满足设计要求；加固用材料的检验，应依据国家及行业现行有关标准执行。

### 5.2 混凝土

5.2.1 结构加固用的混凝土，其强度等级应较原结构提高一个等级，在原结构已使用高强度等级混凝土的情况下，也应不低于原结构的强度等级。

5.2.2 配置结构加固用的混凝土，其骨料的品种和质量应符合下列要求：

- a) 粗骨料应选用坚硬、耐久性好、低碱性的碎石，其质量应符合 JTG E42-2005 的规定。
- b) 细骨料应选用中、粗砂，其质量应符合 JTG E42-2005 的规定。
- c) 混凝土拌合用水应采用饮用水或水质符合 JGJ 63-2006 规定的水质。

### 5.3 钢材

5.3.1 混凝土结构加固用的钢筋，其品种、质量和性能应符合下列要求：

- a) 宜采用 HRB335、HRB400 级热轧带肋钢筋或 HPB300 级的热轧钢筋。
- b) 钢筋的质量应符合 GB 1499.2-2007 及 GB 1499.1-2008 的规定。
- c) 不得使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢筋。

5.3.2 混凝土结构加固用钢板，其品种、质量和性能应符合下列要求：

- a) 加固用钢板宜采用 Q235、Q345、Q390 和 Q420 级钢材。
- b) 加固用钢板质量应符合 GB/T 700-2006 及 GB/T 1591-2008 的规定。
- c) 不得使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢板。

5.3.3 当混凝土结构锚固件为植筋时，应选用热轧带肋钢筋，不得使用光圆钢筋。植筋用的钢筋，其质量应符合 5.3.1 的规定。

## 5.4 预应力筋

5.4.1 所用预应力筋的质量及力学性能应符合国家及行业标准的规定。

5.4.2 预应力筋可选用钢丝、钢绞线、精轧螺纹钢，体外预应力索可选用防腐性能可靠的环氧树脂钢绞线或普通无粘结预应力钢绞线。

## 5.5 锚具、夹具和连接器

5.5.1 预应力锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性。

5.5.2 预应力筋-锚具组装件的疲劳荷载性能，试验应力上限应为预应力钢材抗拉强度标准值的65%，疲劳应力幅不应小于80Mpa，经 $2 \times 10^6$ 次循环荷载试验后，锚具零件不应疲劳破坏。

5.5.3 预应力筋锚具、夹具和连接器应按设计要求采用。

5.5.4 当采用夹片锚具系统时，预应力筋在张拉端的内缩量，不应大于6mm；单根预应力筋在构件端面上的水平和竖向排列最小间距可取60mm。

5.5.5 锚具系统的质量检验和合格验收应符合JGJ 85-2010和GB/T 14370-2007的规定。

## 5.6 外包材料及粘结材料

5.6.1 无粘结预应力筋外包层材料，应采用聚乙烯或聚丙烯，严禁使用聚氯乙烯。其性能应符合下列要求：

- a) 在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，低温不脆化，高温化学稳定性好。
- b) 具有足够的韧性、抗破损性。
- c) 对周围材料（如混凝土、钢材）无侵蚀作用。
- d) 防水性好。

5.6.2 无粘结预应力筋涂料层应采用专用防腐油脂，其性能应符合下列要求：

- a) 在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，不流淌，不变脆开裂，并有一定韧性。
- b) 使用期内化学稳定性好。
- c) 对周围材料（如混凝土、钢材和外包材料）无侵蚀作用。
- d) 不透水、不吸湿，防水性好。
- e) 防腐性能好。
- f) 润滑性能好，摩阻力小。

5.6.3 有粘结预应力加固所用的粘结材料应为具有一定抗拉性能的混凝土或砂浆，其性能应符合表1的要求。若采用聚合物砂浆，其性能指标应符合5.9的规定。

表 1 有粘结预应力所用粘结材料主要力学性能指标

| 试验项目     | 试验方法            | 标准指标                  |
|----------|-----------------|-----------------------|
| 28d 抗压强度 | GB/T 50081-2002 | $\geq 40.0\text{Mpa}$ |
| 28d 抗折强度 | GB/T 50081-2002 | $\geq 4.5\text{Mpa}$  |
| 收缩率      | JC 474-2008     | $< 0.5\%$             |
| 收缩率比     | JC 474-2008     | $\leq 125$            |

## 5.7 纤维复合材料

5.7.1 纤维复合材料用的纤维应为连续纤维，通常采用碳纤维、玻璃纤维及芳纶纤维，其品种和性能应满足下列要求：

- 加固用的碳纤维，必须选用聚丙烯腈基（PAN 基）12k 或 12k 以下的小丝束纤维，严禁使用大丝束纤维。
- 玻璃纤维应选用 S 型玻璃纤维或 E 型玻璃纤维，不得使用 A 型玻璃纤维或 C 型玻璃纤维。
- 加固用碳纤维与玻璃纤维复合材料的主要力学性能应符合表 2 的规定。

表 2 桥梁加固用碳纤维与玻璃纤维主要力学性能指标

| 项目 \ 类别         | 碳纤维布材                  |                        | 碳纤维板材                  |                        | 玻璃纤维                   |                        |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                 | I 级                    | II 级                   | I 级                    | II 级                   | S 型（高强）                | E 型（无碱）                |
| 抗拉强度标准值（Mpa）    | $\geq 3400$            | $\geq 3000$            | $\geq 2400$            | $\geq 2000$            | $\geq 2200$            | $\geq 1500$            |
| 受拉弹性模量（Mpa）     | $\geq 2.4 \times 10^5$ | $\geq 2.1 \times 10^5$ | $\geq 1.6 \times 10^5$ | $\geq 1.4 \times 10^5$ | $\geq 1.0 \times 10^5$ | $\geq 7.2 \times 10^4$ |
| 伸长率（%）          | $\geq 1.7$             | $\geq 1.5$             | $\geq 1.7$             | $\geq 1.5$             | $\geq 2.5$             | $\geq 2.0$             |
| 弯曲强度（Mpa）       | $\geq 700$             | $\geq 600$             | —                      | —                      | $\geq 600$             | $\geq 500$             |
| 层间剪切强度（Mpa）     | $\geq 45$              | $\geq 35$              | $\geq 50$              | $\geq 40$              | $\geq 40$              | $\geq 35$              |
| 与混凝土正拉粘结强度（Mpa） | $\geq 2.5$ 且为混凝土内聚破坏   |                        |                        |                        |                        |                        |

- 加固用芳纶纤维复合材料的力学指标应符合表 3 规定。

表 3 桥梁加固用芳纶纤维复合材料主要力学性能指标

| 项目 \ 类别 | 芳纶纤维布 | 芳纶纤维板 | 芳纶筋 | 芳纶索 |
|---------|-------|-------|-----|-----|
|         |       |       |     |     |

|               |                        |                        |                        |                        |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 抗拉强度标准值 (Mpa) | $\geq 2060$            | $\geq 1300$            | $\geq 1150$            | $\geq 1150$            |
| 受拉弹性模量 (Mpa)  | $\geq 1.1 \times 10^5$ | $\geq 0.7 \times 10^5$ | $\geq 6.5 \times 10^4$ | $\geq 6.5 \times 10^4$ |
| 断裂延伸率 (%)     | $\geq 2$               | $\geq 2$               | $\geq 2$               | $\geq 2$               |

- e) 加固用纤维复合材料截面面积的计算，对纤维布材，应按纤维的净截面面积计算，净截面面积取纤维的计算厚度乘以宽度，计算厚度应按其单位面积质量除以纤维密度确定；对单向纤维板材，应按不扣除树脂体积的板截面面积计算，即实测板厚乘以宽度计算。

5.7.2 纤维复合材料的单位面积纤维质量和纤维体积应符合下列规定：

- a) 单层纤维布材单位面积碳纤维质量，不应低于 200g/m<sup>2</sup>，不宜高于 300g/m<sup>2</sup>，单项纤维板材的厚度不应小于 1.0mm，不宜大于 2.0mm；板的宽度不宜大于 150mm；碳纤维体积含量不应低于 60%。
- b) 单层芳纶纤维布材的单位面积纤维质量，不应低于 280g/m<sup>2</sup>，不宜高于 830g/m<sup>2</sup>。
- c) 玻璃纤维布材的单位面积纤维质量，不应低于 300g/m<sup>2</sup>，不宜高于 600g/m<sup>2</sup>。

## 5.8 加固用胶粘剂

5.8.1 粘贴钢板的胶粘剂必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂，其性能指标应符合表 4 的规定。

表 4 粘贴钢板用胶粘剂的安全性能指标

| 性能项目              |                   | 性能要求            |      |
|-------------------|-------------------|-----------------|------|
|                   |                   | A级胶             | B级胶  |
| 胶体性能              | 抗拉强度 (MPa)        | ≥30             | ≥25  |
|                   | 受拉弹性模量 (MPa)      | ≥3500           |      |
|                   | 伸长率 (%)           | ≥1.3            | ≥1.0 |
|                   | 抗弯强度 (MPa)        | ≥45             | ≥35  |
|                   |                   | 且不得呈脆性 (碎裂状) 破坏 |      |
|                   | 抗压强度 (MPa)        | ≥65             |      |
| 粘结能力              | 钢—钢拉伸抗剪强度标准值(MPa) | ≥15             | ≥12  |
|                   | 钢—钢不均匀扯离强度(kN/m)  | ≥16             | ≥12  |
|                   | 钢—钢粘结抗拉强度(MPa)    | ≥33             | ≥25  |
|                   | 与砼的正拉粘结强度(MPa)    | ≥2.5,且为混凝土内聚破坏  |      |
| 不挥发物含量 (固体含量) (%) |                   | ≥99             |      |

5.8.2 浸渍、粘结碳纤维的胶粘剂必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂，其性能指标应符合表 5 规定。

表 5 碳纤维浸渍、粘贴用胶粘剂的安全性能指标

| 性能项目 |              | 性能要求  |       |
|------|--------------|-------|-------|
|      |              | A级胶   | B级胶   |
|      | 抗拉强度 (MPa)   | ≥40   | ≥30   |
|      | 受拉弹性模量 (MPa) | ≥2500 | ≥1500 |

|                    |                        |           |
|--------------------|------------------------|-----------|
| 伸长率 (%)            | $\geq 1.5$             |           |
| 抗弯强度 (MPa)         | $\geq 50$              | $\geq 40$ |
|                    | 且不得呈脆性 (碎裂性) 破坏        |           |
| 抗压强度 (MPa)         | $\geq 70$              |           |
| 钢—钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa) | $\geq 14$              | $\geq 10$ |
| 钢—钢不均匀扯离强度 (kN/m)  | $\geq 20$              | $\geq 15$ |
| 与混凝土的正拉粘结强度 (MPa)  | $\geq 2.5$ , 且为混凝土内聚破坏 |           |
| 不挥发物含量 (固体含量) (%)  | $\geq 99$              |           |

5.8.3 粘贴碳纤维复合材料用的底胶与修补胶应与浸渍、粘结胶粘剂相适配，其性能指标应符合表 6 规定。

表 6 底胶及修补胶的安全性能指标

| 性能项目 |                         | 性能要求                  |           |
|------|-------------------------|-----------------------|-----------|
|      |                         | A级胶                   | B级胶       |
| 底胶   | 钢—钢拉伸抗剪强度标准值 (Mpa)      | $\geq 14$             | $\geq 10$ |
|      | 与混凝土的正拉粘结强度 (Mpa)       | $\geq 2.5$ ，且为混凝土内聚破坏 |           |
|      | 不挥发物含量 (固体含量) (%)       | $\geq 99$             |           |
|      | 混和后初黏度 (23℃时) (mPa · s) | $\leq 6000$           |           |
| 修补胶  | 胶体抗拉强度 (Mpa)            | $\geq 30$             |           |
|      | 胶体抗弯强度 (Mpa)            | $\geq 40$ ，且不得呈脆性破坏   |           |
|      | 与混凝土的正拉粘结强度 (Mpa)       | $\geq 2.5$ ，且为混凝土内聚破坏 |           |

5.8.4 植钢筋锚固用胶粘剂性能指标应符合表 7 规定。

表 7 锚固用胶粘剂的安全性能指标

| 性能项目            |                           |                 | 性能要求 |      |
|-----------------|---------------------------|-----------------|------|------|
|                 |                           |                 | A级胶  | B级胶  |
| 胶体性能            | 劈裂抗拉强度（MPa）               |                 | ≥8.5 | ≥7.0 |
|                 | 抗弯强度（MPa）                 |                 | ≥50  | ≥40  |
|                 | 抗压强度（MPa）                 |                 | ≥60  |      |
| 粘结能力            | 钢—钢拉伸抗剪强度标准值(MPa)         |                 | ≥16  | ≥13  |
|                 | 约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的粘结强度（Mpa） | C30 Φ25 L=150mm | ≥11  | ≥8.5 |
|                 |                           | C60 Φ25 L=125mm | ≥17  | ≥14  |
| 不挥发物含量（固体含量）（%） |                           |                 | ≥99  |      |

5.8.5 混凝土裂缝修补用胶的基本性能应符合表 8 的规定。

表 8 裂缝修补用胶的安全性能指标

| 检 验 项 目                     |             | 性 能 指 标                  |
|-----------------------------|-------------|--------------------------|
| 胶<br>体<br>性<br>能            | 抗拉强度（MPa）   | $\geq 20$                |
|                             | 抗拉弹性模量（MPa） | $\geq 1500$              |
|                             | 抗压强度（MPa）   | $\geq 50$                |
|                             | 抗弯强度（MPa）   | $\geq 30$ ，且不得呈脆性（碎裂状）破坏 |
| 钢—钢拉伸抗剪强度标准值（MPa）           |             | $\geq 10$                |
| 不挥发物含量（固体含量）（%）             |             | $\geq 99$                |
| 可灌注性                        |             | 能注入宽度为 0.1mm 的裂缝         |
| 注：可灌注性指在产品使用时规定的压力下灌注的性能指标。 |             |                          |

## 5.9 聚合物砂浆

5.9.1 聚合物砂浆的物理力学性能应符合表 9 的规定。

表 9 聚合物砂浆物理力学性能指标

| 序号                    | 项 目       |          | 技术指标  |       |
|-----------------------|-----------|----------|-------|-------|
|                       |           |          | I 级   | II 级  |
| 1                     | 凝结时间      | 初凝/min   | ≥45   | ≥45   |
|                       |           | 终凝/h     | ≤24   | ≤24   |
| 2                     | 抗压强度（MPa） | 7d       | ≥40   | ≥30   |
|                       |           | 28d      | ≥75   | ≥45   |
| 3                     | 抗折强度（MPa） | 7d       | ≥8.0  | ≥7.0  |
|                       |           | 28d      | ≥12   | ≥10   |
| 4                     | 粘结强度（MPa） | 14d      | ≥1.2  | ≥1.0  |
| 5                     | 抗渗压力（MPa） |          | ≥2.5  | ≥2.0  |
| 6                     | 收缩率（%）    |          | ≤0.10 | ≤0.10 |
| 7                     | 抗冻性能      | 强度损失率（%） | ≤25   | ≤25   |
|                       |           | 质量损失率（%） | ≤5    | ≤5    |
| 注：有抗冻性能要求时，应进行抗冻性能试验。 |           |          |       |       |

5.9.2 聚合物砂浆的质量检验和合格验收应符合 JG/T 289-2010 的相关规定。

## 5.10 外加剂及界面剂

5.10.1 混凝土外加剂的基本性能应符合 GB 8076-2008 的相关规定。

5.10.2 混凝土界面剂的物理力学性能指标应符合表 10 的规定。

表 10 混凝土界面剂物理力学性能指标

| 项 目          |     |    | 指标         |            |
|--------------|-----|----|------------|------------|
|              |     |    | I 型        | II 型       |
| 剪切粘结强度 (MPa) | 7d  |    | $\geq 1.0$ | $\geq 0.7$ |
|              | 14d |    | $\geq 1.5$ | $\geq 1.0$ |
|              | 未处理 | 7d | $\geq 0.4$ | $\geq 0.3$ |

|                              |        |     |      |      |
|------------------------------|--------|-----|------|------|
| 拉伸粘结强度（MPa）                  |        |     |      |      |
|                              |        | 14d | ≥0.6 | ≥0.5 |
|                              | 浸水处理   |     | ≥0.5 | ≥0.3 |
|                              | 热处理    |     |      |      |
|                              | 冻融循环处理 |     |      |      |
|                              | 碱处理    |     |      |      |
| 凉置时间（min）                    |        |     | —    | ≥10  |
| 注： I 型产品的凉置时间，根据工程需要由供需双方确定。 |        |     |      |      |

5.10.3 混凝土界面剂的质量检验和合格验收应符合 JC/T 907-2002 的相关规定。

#### 5.11 进场检验和验收

5.11.1 进场的材料均应按照国家以及行业的相关标准进行检验和验收。

## 6 增大截面法

### 6.1 一般规定

6.1.1 本方法适用于钢筋混凝土和预应力混凝土受弯构件、钢筋混凝土受压构件的加固。

6.1.2 本方法是在构件表面加大混凝土尺寸，增加受力钢筋，使其与原结构形成整体，从而增大受弯构件的有效高度和或受压构件的受压面积，加大了受力钢筋面积，以提高受弯构件的抗弯承载力、抗剪承载力和刚度；提高受压构件的正截面承载力和刚度。

### 6.2 加固要点

6.2.1 应考虑加大构件截面使得恒载增加而对原结构及基础承载能力的影响。

6.2.2 采用喷射混凝土法增大主梁混凝土截面和增加配筋后，需按二次受力的叠合梁进行承载力极限状态和正常使用极限状态的验算。

注：主梁成为二次受力的叠合构件，原主梁的混凝土和钢筋除了已有的应力外，还需要承受后期恒载和活载产生的应力。

6.2.3 采用梁下搭设支架浇筑混凝土的方法增大主梁混凝土截面和增加配筋后，按照叠合梁体系共同承担外力。

注：采用该方法时，原主梁不承担二次受力，拆去支架后，成为叠合梁体系共同承担外力。

6.2.4 在加固计算中，应符合 JTG D62-2004 和 JTG/T J22-2008 的相关规定。

6.2.5 宜采用早强砂浆和早强混凝土，或膨胀混凝土。

6.2.6 增设的受力钢筋与构件的受力钢筋间的净距应满足 JTG D62-2004 的相关规定，并应采用短筋焊接的方式连接。

6.2.7 增大的截面部分应设置箍筋，间距应满足 JTG D62-2004 的相关规定。当用单侧或双侧加固时，应设置 U 型箍筋。U 型箍筋应焊接在原有箍筋上，单面焊缝长度为  $10d$ ，双面焊缝长度为  $5d$ （ $d$  为 U 型箍筋直径）。U 型箍筋还可焊在增设的锚钉上，或直接伸入锚孔内锚固，锚钉直径  $d$  不应小于  $10\text{mm}$ ，锚钉距构件边缘不小于  $3d$ ，且不小于  $40\text{mm}$ ，锚钉锚固深度不小于  $10d$ ，并且用环氧砂浆或高标号水泥砂浆将锚钉锚固于原构件内，钻孔直径应大于锚钉直径  $4\text{mm}$ 。

### 6.3 施工工序

#### 6.3.1 原构件表面处理

6.3.1.1 为了加强新、旧混凝土的结合，应清理原构件混凝土的缺陷至密实部位，并将构件表面凿毛，要求打成麻坑或沟槽，沟槽深度不宜小于  $6\text{mm}$ ，间距不宜大于箍筋的间距或  $200\text{mm}$ 。

6.3.1.2 当采用三面或四面外包方法加固旧桥构件时，应将构件的棱角敲掉，同时应除去浮碴、尘土。

6.3.1.3 原有混凝土表面应冲洗干净，浇筑混凝土前，原混凝土表面应涂刷界面剂进行处理，以加强新、旧混凝土的结合。

6.3.1.4 原有和新设的受力钢筋均应进行除锈处理；有条件时，在受力钢筋施焊前采取卸荷或支顶措施，并逐根分区分段分层进行焊接，以减少焊接变形和残余应力，保证原结构的承载力不受较大影响。

### 6.3.2 喷射混凝土施工工艺

6.3.2.1 在喷射混凝土作业前必须先用高压水将受喷构件表面的粉尘、浮渣冲洗干净，保证新老混凝土的粘结和增加其整体强度。

6.3.2.2 喷射作业应分片、分段进行，且应按先侧面后顶面的喷射顺序自下而上施工。

6.3.2.3 为使构件表面规则平整，在喷射混凝土施工过程中，应边喷射边将构件表面抹平压光，其抹平压光时间宜在混凝土达到初凝后进行，过早会损害喷射混凝土与钢筋、喷射混凝土与底层之间的粘结强度，使混凝土内部产生裂缝，影响构件质量；过晚则会因混凝土硬化给抹平压光造成困难。

6.3.2.4 喷射混凝土属硬性混凝土，水灰比小而单位水泥用量较高，为防止混凝土早期脱水收缩开裂，在喷射混凝土终凝 2h 后即可喷水养护。养护期不少于 14d，养护期内应使混凝土表面经常保持湿润状态。

### 6.3.3 增焊主筋法施工工艺

6.3.3.1 当结构因主筋应力超过容许范围而又受到桥下净空限制不宜加大截面高度时，可采用只增焊主筋的方法进行加固。

6.3.3.2 首先凿开混凝土保护层，露出主筋，将原箍筋切断拉直，再把新增钢筋焊接在原主筋上，增焊钢筋的断头宜设在弯矩较小的截面。为减少焊接时的温度应力，应采用断续双面焊缝，从跨中向两端依次施焊。

6.3.3.3 原桥梁的箍筋不足导致梁腹出现剪切裂缝时，应在增焊主筋的同时，在梁的侧面增加箍筋。具体作法是在梁腹上埋设销钉，将补充的箍筋固定，并把箍筋上端埋入桥面板中。

6.3.3.4 为了减少原结构的截面应力，使新增加的钢筋充分发挥作用，宜在施工时采取多点起顶措施将梁顶起，或凿除部分桥面铺装，然后再进行加固（起顶位置和吨位由计算来确定）。

6.3.3.5 钢筋焊接好并接长箍筋后，应重新做好保护层。材料宜选用环氧树脂小石子混凝土（砂浆）或膨胀水泥混凝土（砂浆）。保护层施工可采用涂抹法、压力灌注法、喷护法。采用喷护法时，应采取分层喷护，每次喷涂厚度为 1cm~3cm，待达到一定的强度后，进行表面整修。

6.3.4 增大截面法施工处应满足上述规定外，还应满足 JTG/T F50-2011 的相关要求。

## 6.4 验收

6.4.1 新浇混凝土表面应平整、颜色一致，无明显施工接缝。

6.4.2 新浇混凝土表面不得出现蜂窝、麻面等现象。

6.4.3 新浇混凝土表面不得出现受力裂缝。

6.4.4 新加钢筋直径、位置、新浇混凝土强度、断面尺寸满足设计及相关规范要求。

6.4.5 按照 JTG E30-2005 和 GB 50086-2001 的规定进行新浇混凝土强度检验。

6.4.6 新旧混凝土粘结质量可采用钻芯法进行抽检。

## 7 粘贴钢板加固法

### 7.1 一般规定

7.1.1 本方法适用于钢筋混凝土及预应力混凝土主梁出现严重病害的受弯、受拉和受剪构件的加固。

7.1.2 粘贴钢板外表面应进行防护处理。表面防护材料对钢板及胶粘剂应无害。

7.1.3 粘贴钢板加固法适用的环境温度在 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内，相对湿度不大于 70%及无化学腐蚀地区。被加固构件若处于特殊环境（如高温、高湿、介质侵蚀等）时，应采用耐环境因素作用的胶粘剂，并按专门的工艺要求施工。

### 7.2 加固要点

7.2.1 采用粘贴钢板加固的受弯构件，破坏前外贴钢板与混凝土之间应具有较好的粘贴性能，保证钢板与被加固构件间的共同工作。

7.2.2 采用粘贴钢板进行加固，应根据病害与缺陷所在部位，确定钢板的规格和走向。将钢板粘贴在被加固的桥梁结构受力部位的外边缘，充分发挥其强度与作用，同时可以封闭粘贴部位的裂缝和缺陷，约束混凝土变形，有效地提高被加固构件的刚度和抗裂性。

7.2.3 提高桥梁结构的抗弯能力时，应在构件的受拉边缘的表面粘贴钢板，使钢板与原结构形成整体来受力。

7.2.4 增加结构的抗剪强度时，宜将钢板粘贴在结构的侧面，并垂直于剪切裂缝的方向斜向粘贴（斜度一般为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ），以承受主拉应力。

7.2.5 加固用的钢板可按实际需要采用不同的形状，实际加固钢板厚度不应小于计算厚度。用于抗弯能力补强的钢板尺寸应尽可能薄而宽、厚度一般为 $4\text{mm}\sim 6\text{mm}$ ，较薄的钢板可有足够的弹性来适应构件表面形状。用于抗剪能力提高的钢板厚度宜厚点，可依设计而定，一般采用 $6\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 。

7.2.6 应将钢板的两端延伸到低应力区，以减少钢板锚固端的粘结应力集中，防止粘结部位构件出现裂缝或粘贴钢板被拉脱。

7.2.7 粘贴的钢板应具有足够的锚固长度，粘结剂应具有足够的粘结强度和耐久性。为避免在自由端脱胶拉开，端部可用夹紧螺栓固定，或设置 U 型箍板、水平锚固板等，并在钢板上按一定的距离用螺栓固定，确保钢板与混凝土之间的粘结力满足抗拉或抗剪强度的要求。

7.2.8 粘贴钢板加固的基层混凝土强度等级不应低于 C20。

### 7.3 施工工序

### 7.3.1 被加固构件粘合面处理

7.3.1.1 混凝土表层质量很差的构件的粘合面，应先用硬毛刷沾高效洗涤剂，刷除表面油垢污物后用冷水冲洗，再对粘合面进行打磨、除去 2mm~3mm 厚表层，直至完全露出新鲜面，并用压缩空气除去粉尘。处理后，若表面严重凹凸不平，可用环氧树脂砂浆修补。

7.3.1.2 混凝土表层质量正常的构件，可直接对表面进行打磨，去掉 1mm~2mm 厚表层，用压缩空气除去粉尘，粘贴钢板前应用棉花沾丙酮擦试表面，彻底清除浮沉和油污。

7.3.1.3 新混凝土表层质量较好的构件，先用角磨机将粘合面磨平，再用钢丝刷将表面松散浮渣刷去，用棉花沾丙酮擦试表面。

7.3.1.4 对湿度较大的混凝土构件，粘贴钢板前应进行人工干燥处理。

### 7.3.2 钢板粘合面处理

7.3.2.1 钢板未生锈或轻微锈蚀时，可用喷砂、砂布或平砂轮打磨，直至出现金属光泽。打磨粗糙度越大越好，打磨纹路尽量与钢板受力方向垂直。然后用脱脂棉花沾丙酮擦试干净。

7.3.2.2 钢板锈蚀严重时，须先用适度盐酸浸泡 20min，使锈层脱落，再用石灰水冲洗，中和酸离子，最后用平砂轮打磨出纹道，再用丙酮擦试干净。

7.3.2.3 钢板表面的油污应先用汽油（或丙酮）清洗，然后在钢板表面涂一层环氧树脂薄浆进行保护，粘贴前再用丙酮清洗，彻底清除油污和浮尘。

7.3.2.4 粘结剂配制好后，用抹刀同时涂抹在已处理好的混凝土表面和钢板上，厚度 1mm~3mm，中间厚边缘薄。然后将钢板贴于预定位置，若是立面粘贴，为防止流淌，可加一层脱蜡玻璃丝布。粘好钢板后，用手锤沿粘贴面轻轻敲击钢板，如无空洞声，表示已粘贴密实，否则应剥下钢板补胶，重新粘贴。

7.3.2.5 钢板粘贴到混凝土表面后，必须对钢板加压，使钢板与混凝土表面紧密粘贴。加压的方法可采用螺栓加压，即在混凝土粘贴面上每隔一定距离埋设一个 $\Phi 8 \sim \Phi 12$ 的膨胀螺栓，在钢板上设置相应的孔，钢板粘贴到混凝土表面后立即旋紧螺帽进行加压，使多余的胶液沿板边挤出，达到紧密粘贴。

7.3.2.6 环氧类粘结剂在常温下固化，保持在 20℃以上，24h 即可拆除夹具或支撑，若低于 15℃，应采用人工加温（可采用红外线灯加热）。固化期间不得对钢板有扰动。

### 7.3.3 加固钢板构造要求

7.3.3.1 对于受压区粘钢加固，当采用梁侧粘钢时，钢板宽度不宜大于梁高的 1/3。

7.3.3.2 粘贴钢板在加固点外的锚固长度，除满足计算值外，尚应保证一定的构造要求：对于受拉区不得小于 200t(t 为钢板厚度)，亦不得小于 600mm；对于受压区，不得小于 160t，亦不得小于 480mm；对于大跨度结构或可能经受反复荷载的结构，锚固区尚宜增设 U 型箍板或螺栓等附加锚固措施。

7.3.3.3 为防止钢板锈蚀，延缓粘结剂的老化，钢板及其邻接的混凝土表面，应进行密封防水防腐处理。如采用 M15 水泥砂浆抹面，其厚度对于梁不应小于 20mm，对于板不应小于 15mm。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/678136131042006114>