

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T 5531—2025

# 公路桥梁加固施工技术规范

Technical Specifications for Strengthening Construction  
of Highway Bridge

2025-12-16 发布

2026-04-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

## 前　　言

根据《交通运输部关于下达 2014 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》(厅公路字〔2014〕87 号)的要求,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司承担《公路桥梁加固施工技术规范》(JTGT J23—2008) (以下简称“原规范”)的修订工作。

原规范自实施以来,对我国公路桥梁加固施工起到了积极的指导作用。随着我国公路桥梁运营年限、养护需求的增加和桥梁加固技术的发展,桥梁加固的重要性和复杂性更加突出。本次修订以安全可靠、技术先进、内容全面和便于操作为原则,在广泛调研和经验成果总结的基础上,充分吸纳调研成果中的成熟技术、工艺,经广泛征求意见并多次讨论、修改后定稿。

本规范修订后共分 15 章和 1 个附录,主要包括:1 总则、2 术语、3 施工准备、4 病害修复、5 增大截面加固、6 粘贴钢板加固、7 粘贴纤维复合材料加固、8 增设体外预应力加固、9 梁桥上部结构加固、10 拱桥上部结构加固、11 斜拉桥加固、12 悬索桥加固、13 桥梁下部结构加固、14 基础与地基加固、15 桥梁抗震加固,附录 A 锚固承载力现场检验方法。

本次修订在加固材料、施工工艺、技术要求和关键工序质量控制等方面进行了重点修订,并充分考虑了本规范与现行相关行业标准的协调配套,主要技术修订要点如下:

1. 增补加固施工前现场核查、施工测量和交通组织的相关规定。
2. 新增圬工构件、钢构件和钢混组合构件加固施工的相关规定。
3. 增补常用加固材料检验指标要求和构件基面处理、圬工砌缝修复、钢构件变形修复方面的施工技术要求及质量控制指标等。
4. 根据加固内容和方法的不同,进一步明确各施工作业环节的工艺技术要求,并对关键施工技术环节量化施工质量控制指标。

本次修订由王佐负责起草第 1 章和第 2 章,牛宏、刘继正负责起草第 3 章,刘继正、周江、许丽负责起草第 4 章,慕玉坤、樊茂林负责起草第 5 章,周江、白鹏翔负责起草第 6 章,周江、贾磊负责起草第 7 章,慕玉坤、欧阳平负责起草第 8 章,慕玉坤、牛宏、袁大伟负责起草第 9 章,崔振山负责起草第 10 章,雷波负责起草第 11 章,李承昌负责起草第 12 章,侯旭、王技负责起草第 13 章,侯旭负责起草第 14 章,慕玉坤、王技负责起草第 15 章,慕玉坤负责起草附录 A。

请各有关单位在执行过程中,将发现的问题和意见,函告本规范日常管理组,联系人:慕玉坤 (地址:陕西省西安市高新技术产业开发区科技四路中交一公院产业园,

中交第一公路勘察设计研究院有限公司，邮政编码：710075；电话：029-88372356；电子邮箱：33830668@qq.com），以便下次修订时研用。

**主 编 单 位：**中交第一公路勘察设计研究院有限公司

**参 编 单 位：**中交瑞通路桥养护科技有限公司

交通运输部公路科学研究院

中交第二公路工程局有限公司

山东省高速路桥养护有限公司

**主 编：**王 佐

**主要参编人员：**慕玉坤 王 技 崔振山 侯 旭 牛 宏 雷 波

刘继正 周 江 李承昌 樊茂林 白鹏翔 贾 磊

欧阳平 袁大伟 许 丽

**主 审：**张建东

**参与审查人员：**张劲泉 李 华 李 健 盛海军 石大为 林新元

周 谦 娄 松 金宏忠 王武勤 李古暄 吴玉刚

陈 冉 吴有铭

**参 加 人 员：**张文钊 赵艳峰 何金纬 吴洋洋 李亚雷 田小秋

李京蔚 战 昂

## 目 次

<b>1 总则</b>	1
<b>2 术语</b>	2
<b>3 施工准备</b>	4
3.1 一般规定	4
3.2 人员、材料和机具设备	5
3.3 施工量测	5
3.4 交通组织	6
<b>4 病害修复</b>	7
4.1 一般规定	7
4.2 混凝土、圬工裂缝处治	7
4.3 钢结构裂纹处治	12
4.4 锈蚀病害处治	14
4.5 其他表观缺陷处治	18
<b>5 增大截面加固</b>	20
5.1 一般规定	20
5.2 原结构表面处理	21
5.3 植筋	21
5.4 钢筋加工与安装	27
5.5 混凝土浇筑	27
5.6 新增钢构件制作与安装	28
5.7 钢构件现场连接	29
5.8 钢构件现场涂装	29
<b>6 粘贴钢板加固</b>	30
6.1 一般规定	30
6.2 结合面处理	30
6.3 锚栓种植与安装	31
6.4 钢板加工、制作	34
6.5 钢板安装、封边及注胶	35
6.6 钢板现场涂装	38
<b>7 粘贴纤维复合材料加固</b>	39
7.1 一般规定	39

7.2	结合面处理	39
7.3	涂刷底胶	40
7.4	粘贴纤维复合材料	42
7.5	表面防护处理	44
<b>8</b>	<b>增设体外预应力加固</b>	<b>45</b>
8.1	一般规定	45
8.2	锚固、转向及定位装置施工	45
8.3	体外预应力安装与张拉	48
8.4	减振装置制作与安装	50
8.5	防腐与防护处理	50
<b>9</b>	<b>梁桥上部结构加固</b>	<b>52</b>
9.1	一般规定	52
9.2	主梁加固与更换	52
9.3	上部结构横向整体性加固	56
9.4	上部结构顶升与纠偏复位	58
9.5	改变结构体系	60
<b>10</b>	<b>拱桥上部结构加固</b>	<b>63</b>
10.1	一般规定	63
10.2	主拱加固	63
10.3	拱上结构加固	66
10.4	行车道系加固	68
10.5	吊杆更换	69
10.6	系杆更换	70
<b>11</b>	<b>斜拉桥加固</b>	<b>71</b>
11.1	一般规定	71
11.2	主梁加固	71
11.3	斜拉索更换和调索	72
11.4	索塔加固	73
<b>12</b>	<b>悬索桥加固</b>	<b>75</b>
12.1	一般规定	75
12.2	加劲梁加固	75
12.3	主缆加固	76
12.4	索鞍加固与纠偏复位	77
12.5	吊索更换	77
12.6	索夹加固与复位	78

---

<b>13 桥梁下部结构加固</b>	80
13.1 一般规定	80
13.2 桥墩加固	80
13.3 桥台加固	84
<b>14 基础与地基加固</b>	85
14.1 一般规定	85
14.2 基础加固	85
14.3 基础防冲刷加固	87
14.4 地基加固	89
<b>15 桥梁抗震加固</b>	91
15.1 一般规定	91
15.2 防落梁加固	91
15.3 减、隔震加固	93
15.4 防地基液化处治	93
<b>附录 A 锚固承载力现场检验方法</b>	95
<b>本规范用词用语说明</b>	97

## 1 总则

**1.0.1** 为规范和指导公路桥梁加固施工, 保障施工质量和安全, 制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于各等级公路桥梁的加固施工。

**1.0.3** 公路桥梁加固施工应符合设计文件的规定, 并应满足安全、耐久、环保和节能的要求。

**1.0.4** 公路桥梁加固施工应建立质量与安全保证体系, 明确责任, 加强管理, 保证加固施工质量与安全。

**1.0.5** 公路桥梁加固施工应因地制宜, 节约资源, 减少污染, 低碳减排。

**1.0.6** 公路桥梁加固施工应积极、稳妥地采用新技术、新工艺、新材料和新设备。

**1.0.7** 公路桥梁加固施工除应符合本规范的规定外, 尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 加固施工 strengthening construction

对桥梁进行承载能力提高和使用功能恢复的作业总称。

### 2.0.2 表观缺陷 appearance defect

构件表面的混凝土、圬工材料出现剥落缺损或钢构件锈蚀、变形、零件缺失等现象。

### 2.0.3 界面剂 interfacial agent

由高分子材料制成可增强新旧混凝土黏结性能的胶粘材料。

### 2.0.4 裂缝表面封闭法 sealed surface method

对混凝土或圬工构件表面微小裂缝通过涂抹裂缝封闭胶进行处理的方法。

### 2.0.5 自动低压渗注法 the automatic low pressure seeps method

采用低压注射装置，利用注浆材料良好的渗透性能处理裂缝的方法。

### 2.0.6 压力灌注法 pressure slip casting method

通过一定的压力将裂缝修复胶或裂缝注浆料压入混凝土或圬工构件裂缝中的裂缝处理方法。

### 2.0.7 增大截面加固 structure member strengthening with increasing section area

通过增大原构件截面面积并增配钢筋，以提高其承载力和刚度的加固方法。

### 2.0.8 植筋 embedded steel bar

以专用的结构胶粘剂将带肋钢筋或全螺纹螺杆种植于基材混凝土中的一种后锚固连接方法。

### 2.0.9 粘贴钢板加固 structure member strengthening with bonded steel plate

将钢板或型钢通过结构胶粘剂粘贴在原构件表面，并利用锚固螺栓固定，以提高构件承载力的加固方法。

**2.0.10 结构胶粘剂 structural adhesives**

用于构件与构件或材料与构件黏结且能长期承受设计应力和环境作用的胶粘材料，简称结构胶。

**2.0.11 锚栓 anchor bolt**

将被连接件锚固到混凝土基材上的锚固组件，分为机械锚栓和化学锚栓。

**2.0.12 纤维复合材料 fibre reinforced polymer (FRP)**

高强度的连续纤维按一定规则排列，经用胶粘剂浸渍、黏结固化后形成的具有纤维增强效应的复合材料。

**2.0.13 粘贴纤维复合材料加固 structure member strengthening with FRP**

将纤维复合材料通过胶粘剂粘贴在原构件表面，以提高构件耐久性或承载力的加固方法。

**2.0.14 体外预应力加固 structure member strengthening with external prestressing**

通过施加体外预应力，使原结构、构件的受力得到改善或调整的加固方法。

**2.0.15 混凝土置换 concrete replacement**

将混凝土构件中存在严重缺陷或强度不足区域进行凿除并重新浇筑的加固方法。

**2.0.16 纠偏复位 deviation rectifying and resetting**

对使用过程中偏离正常位置的桥梁构件通过顶升、顶推等使其恢复至正常位置的加固方法。

**2.0.17 围束加固 winding reinforcement**

对钢筋混凝土受压构件通过环向连续粘贴纤维复合材料提高其抗震延性的加固方法。

### 3 施工准备

#### 3.1 一般规定

**3.1.1** 桥梁加固施工前,设计单位应进行设计技术交底,施工单位应熟悉设计文件内容及要求,领会设计意图。

**3.1.2** 桥梁加固施工应对加固对象的缺损状况、几何形态进行现场核查,并应对施工条件进行调查分析,编制施工组织设计。

**3.1.3** 桥梁加固施工应制定安全可靠、技术可行、经济合理的施工方案,对技术方案或危险性较大的分部分项工程应制定专项施工方案。

**3.1.4** 桥梁加固施工对交通有影响时,应编制交通组织方案。

**3.1.5** 桥梁加固施工中的临时结构与临时设施应进行专项设计与验算,明确质量和安全验收标准,并应编制安装、使用、维护和拆除的作业方案。

**3.1.6** 桥梁加固施工应制定必要的环境保护与文明施工实施方案。

#### 条文说明

桥梁加固施工需采取有效措施控制粉尘、废气、废弃物、噪声、振动等对环境造成的不良影响。根据高空、水上、密闭空间等作业环境条件对施工作业人员采取相应的劳动保护及安全防护措施,必要时监测氧气含量、有毒气体或粉尘浓度,采取通风、除尘、防爆等措施,保障人员健康。施工作业区对周边道路、构筑物等有影响时,需设置必要的防护措施。

**3.1.7** 桥梁加固施工应对作业人员进行技术培训和安全生产教育。

### 3.2 人员、材料和机具设备

**3.2.1** 桥梁加固施工应根据工期要求组织人员、材料和机具设备有序进场，并应完成机具和仪器、设备等的校验校准、计量检定和系统标定等工作。

**3.2.2** 桥梁加固用主要材料的性能应符合设计规定，并应具有国家有关部门认定的产品性能检测报告和产品合格证。

**3.2.3** 桥梁加固用钢材及混凝土材料性能应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定，进场时应进行相应的质量检测和试验。

**3.2.4** 桥梁加固用聚合物改性水泥砂浆、水泥基灌浆料、裂缝注浆料、纤维复合材料、胶粘剂、后锚固连接件等材料的性能及检验应按现行《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB 50728) 的有关规定执行。

#### 条文说明

后锚固连接件包括植筋、全螺纹螺杆、化学锚栓、机械锚栓等。

**3.2.5** 加固材料进场后应根据不同的品种、规格及用途分类存放，并应符合下列规定：

- 1 对容易受潮、锈蚀的材料应有防雨、防潮或防锈的措施。
- 2 对纤维复合材料、胶粘剂、环氧树脂、固化剂等易燃材料应采取防火措施。
- 3 对易挥发性材料应密封、避光、通风保存。

**3.2.6** 桥梁加固用材料应在适用期内使用，保证性能有效。

### 3.3 施工量测

**3.3.1** 桥梁加固施工前，应对下列内容进行必要的施工测量：

- 1 对原结构桥面线形、断面尺寸进行测量，并应与设计文件、养护检查数据等进行对比核实。
- 2 按设计内容对加固对象存在的缺损数量、范围、程度进行对比核查，应及时上报新发现的病害。
- 3 应对桥梁偏位、下挠、位移和沉降等进行复核测定。
- 4 应对桥梁基础一般冲刷和局部冲刷进行复核测定。

**3.3.2** 桥梁加固施工前,应根据加固工程实施需要进行测量放样,并应符合下列规定:

- 1 对采用被动加固构件,应放样粘贴钢板、纤维复合材料和增大截面的位置。
- 2 对采用主动加固构件,应放样体外预应力锚固装置、转向装置和改变结构体系新增构件的位置。
- 3 对增加构件加固的新增构件位置应进行测量放样。

**3.3.3** 施工测量控制点宜利用原结构的高程及平面测点。测点缺失或无法恢复时,应建立工程需要的测量控制基准网。

**3.3.4** 桥梁加固工程施工测量除应符合本规范的规定外,尚应符合现行《工程测量规范》(GB 50026)、《公路勘测规范》(JTG C10)和《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定。

### 3.4 交通组织

**3.4.1** 桥梁加固施工前,应根据施工需要及区域交通实际状况编制交通组织方案。

**3.4.2** 交通组织设计,应针对交通事故、交通拥堵等突发事件制定应急预案。

**3.4.3** 桥梁加固施工交通组织设计应按规定进行报批。

**3.4.4** 桥梁加固施工的封闭交通应符合下列规定:

- 1 张拉预应力束、更换及新增主要承重构件时应封闭交通。
- 2 新增构件浇筑混凝土初凝结硬前应封闭交通。
- 3 粘贴钢板、粘贴纤维复合材料加固施工时,胶粘剂固化期间宜封闭交通。

**3.4.5** 桥梁加固施工的交通组织除应符合本规范规定外,尚应符合现行《道路交通标志和标线 第4部分:作业区》(GB 5768.4)、《公路养护安全作业规程》(JTG H30)的有关规定。

## 4 病害修复

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 加固施工前，应对混凝土、圬工及钢构件表观缺陷进行修复，并对裂缝、裂纹等进行处治。

**4.1.2** 混凝土构件裂缝宽度不大于 0.15mm 时，应采用封闭胶进行表面封闭；裂缝宽度大于 0.15mm 时，应采用裂缝修复胶进行灌缝处理。

**4.1.3** 砌体构件裂缝宽度不大于 1.5mm 时，可采用裂缝封闭胶和裂缝修复胶进行处治；砌体裂缝宽度大于 1.5mm 时，可采用裂缝注浆料进行灌缝处理。

**4.1.4** 桥梁振动影响修复和处治效果时，应封闭交通、交通管制或采取增设临时支撑等措施。

### 4.2 混凝土、圬工裂缝处治

**4.2.1** 混凝土裂缝处治时，应符合下列规定：

- 1 处治前，应对裂缝进行调查并现场标注。
- 2 裂缝表面封闭可按清理裂缝表面、裂缝封闭的工序进行处治。
- 3 采用灌注法进行裂缝修复时，可按清理裂缝表面、埋设注胶嘴、裂缝封闭、密封检查、压力灌注、表面处理的工序进行处治。

**4.2.2** 混凝土裂缝修补材料应符合下列规定：

1 采用裂缝封闭胶对裂缝进行表面封闭时，应按现行《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728）对裂缝封闭胶进行安全性鉴定，其性能指标应符合表 4.2.2-1 ~ 表 4.2.2-3 的规定。

2 采用裂缝修复胶对裂缝进行灌缝处理时，应按现行《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728）的有关规定对裂缝修复胶进行安全性鉴定，其性能指标应符合表 4.2.2-4 的规定。

3 采用裂缝注浆料进行裂缝修补时，应按现行《工程结构加固材料安全性鉴定技

术规范》(GB 50728)的有关规定对裂缝注浆料进行安全性鉴定,其性能指标应符合表4.2.2-5、表4.2.2-6的要求。

4 裂缝修补材料的工艺性能应符合表4.2.2-7、表4.2.2-8的规定。

表4.2.2-1 封闭胶的基本性能指标

项目		检验条件	指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下, 以 $2\text{mm}/\text{min}$ 加荷速度进行测试	$\geq 30$
	受拉弹性模量 (MPa)		$\geq 1500$
	伸长率 (%)		$\geq 1.5$
	抗弯强度 (MPa)		$\geq 40$ , 且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)		$\geq 70$
黏结能力	钢对钢拉伸 抗剪强度 (MPa)	标准值	$(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH
		平均值	$(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $10\text{min}$
			$(-45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $30\text{min}$
	钢对钢对接黏结 抗拉强度 (MPa)	在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下, 按所执行试验方法标准规定的加荷速度测试	$\geq 32$
			$\leq 35$
	钢对钢T冲击剥离长度 (mm)		$\geq 2.5$ , 且为混凝土内聚破坏
	钢对C45混凝土正拉 黏结强度 (MPa)		
热变形温度 ( $^\circ\text{C}$ )		使用 $0.45\text{MPa}$ 弯曲应力的B法	$\geq 60$
不挥发物含量 (%)		$(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(180 \pm 5)$ min	$\geq 99$

注:表中各项性能指标除标有标准值外,其余均为平均值。

表4.2.2-2 封闭胶的长期使用性能指标

项目		检验条件	指标
耐环境 作用	耐湿热老化能力	在 $50^\circ\text{C}$ 、 $95\%$ RH 环境中老化 $60\text{d}$ 后, 冷却至室温进行钢对钢拉伸剪切试验	与室温下短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率 $\leq 18\%$
	耐冻融能力	在 $-25^\circ\text{C} \rightarrow 35^\circ\text{C}$ 冻融循环温度下, 每次循环 $8\text{h}$ , 经 $50$ 次循环后, 在室温下进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率不大于 $5\%$
耐应力 作用 能力	耐长期应力 作用能力	在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 环境中承受 $4.0\text{MPa}$ 剪应力持续作用 $210\text{d}$	钢对钢拉伸抗剪试件不破坏, 且蠕变的变形值小于 $0.4\text{mm}$
	耐疲劳应力 作用能力	在室温下, 以频率为 $5\text{Hz}$ 、应力比为 $5:1.5$ 、最大应力为 $4.0\text{MPa}$ 的疲劳荷载下进行钢对钢拉伸抗剪试验	经 $2 \times 10^6$ 次等幅正弦波疲劳荷载作用后, 试件不破坏

注:表中各项性能指标除标有标准值外,其余均为平均值。

表 4.2.2-3 封闭胶的耐介质侵蚀性能指标

项目	检验条件	指标	
		与对照组相比 强度下降率 (%)	处理后的外观 质量要求
耐盐雾作用	5% NaCl 溶液；喷雾压力：0.08MPa；试验温度：(35 ± 2)℃；每 0.5h 喷雾一次，每次 0.5h；盐雾应自由沉降在试件上；作用持续时间：60d；到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	≤5	不得有裂纹 或脱胶
耐海水浸泡 作用（仅用于 水下结构胶）	海水或人造海水；试验温度：(35 ± 2)℃；浸泡时间：60d；到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	≤7	不得有裂纹 或脱胶
耐碱性介质 作用	Ca(OH) <sub>2</sub> 饱和溶液；试验温度：(35 ± 2)℃；浸泡时间：45d；到期进行钢对混凝土正拉黏结强度试验	不下降，且为 混凝土破坏	不得有裂纹、 剥离或起泡
耐酸性介质 作用	5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液；试验温度：(35 ± 2)℃；浸泡时间：30d；到期进行钢对混凝土正拉黏结强度试验	混凝土破坏	不得有裂纹 或脱胶

注：表中各项性能指标除标有标准值外，其余均为平均值。

表 4.2.2-4 裂缝修复胶的性能指标

项目		检验条件	指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	浇注完毕养护 7d，到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下测试	≥25
	受拉弹性模量 (MPa)		≥1 500
	伸长率 (%)		≥1.7
	抗弯强度 (MPa)		≥30 且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)		≥50
	无约束线性收缩率 (%)		≤0.3
黏结能力	钢对钢拉伸抗剪强度 (MPa)	黏合完毕养护 7d，到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下测试	≥15
	钢对钢对接黏结抗拉强度 (MPa)		≥20
	钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		≤35
	钢对干态混凝土 正拉黏结强度 (MPa)		≥2.5，且为混凝土内聚 破坏
	钢对湿态混凝土 正拉黏结强度 (MPa)		≥1.8，且为混凝土内聚 破坏
耐湿热老化性能		在 50 ℃、(95 ± 3)% RH 环境中老化 90d，冷却至室温进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	与室温下短期试验结果 相比，其抗剪强度降低率 不大于 18%
不挥发物含量 (%)		(105 ± 2)℃、(180 ± 5) min	≥99
可灌注性		在产品说明书规定的压力下	能注入宽度为 0.1mm 的裂缝

注：表中各项性能指标均为平均值。

表 4.2.2-5 改性环氧基裂缝注浆料性能指标

项目		检验条件	指标
浆体性能	劈裂抗拉强度 (MPa)	浆体浇注完毕养护 7d, 到期立即在: (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下以 2mm/min 的加载速度进行测试	≥7.0
	抗弯强度 (MPa)		≥25 且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)		≥60
黏结能力	钢对钢拉伸抗剪强度 标准值 (MPa)	试件黏合完毕养护 7d, 到期立即在: (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下进行测试	≥7.0
	钢对钢黏结抗拉强度 (MPa)		≥15
	钢对混凝土正拉黏结强度 (MPa)		≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
耐湿热老化能力 (MPa)		在 50℃、98% RH 环境中老化 90d 后, 冷却至室温进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	老化后的抗剪强度平均值降低率不大于 20%

注: 表中各项性能指标均为平均值。

表 4.2.2-6 改性水泥基裂缝注浆料的性能指标

项目	龄期 (d)	检验条件	指标
抗压强度 (MPa)	3	采用 40mm × 40mm × 160mm 的试件, 按 GB/T 17671 规定的方法在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下检测	≥25.0
	7		≥35.0
	28		≥55.0
劈裂抗拉强度 (MPa)	7	采用现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550) 规定的试件尺寸和测试方法进行检测	≥3.0
	28		≥4.0
抗折强度 (MPa)	7	采用现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550) 规定的试件尺寸和测试方法进行检测	≥5.0
	28		≥8.0
对混凝土正拉黏结强度 (MPa)	28	采用现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550) 规定的注浆料浇注成型方法和测试方法进行检测	≥1.5
耐施工负温作用能力 (抗压强度比, %)	(-7 + 28)	采用现行《水泥基灌浆材料应用技术规范》(GB/T 50448) 规定的养护条件和测试方法进行检测	≥80
	(-7 + 56)		≥90

注: (-7 + 28) 表示在规定的负温下养护 7d 再转标准养护 28d, 余类推。

表 4.2.2-7 裂缝封闭胶与修复胶的工艺性能指标

胶粘剂类别及其用途		工艺性能指标				
		混合后初始黏度 (mPa · s)	触变指数	在各季节试验温度下测定的适用期 (min)		
				23℃	30℃	10℃
裂缝封闭胶		—	≥2.2	≥80	≥45	80 ~ 240
裂缝修复胶	0.1 ≤ ω < 0.2	≤ 150	—	≥50	≥40	50 ~ 210
	0.2 ≤ ω < 0.5	≤ 300	—	≥40	≥30	40 ~ 180
	0.5 ≤ ω < 1.5	≤ 800	—	≥30	≥20	30 ~ 180

注: 1. 表中的指标, 除已注明外, 均是在 (23 ± 0.5)℃ 试验温度条件下测定。

2. 表中符号 ω 为裂缝宽度, 其单位为 mm。

表 4.2.2-8 裂缝注浆料的工艺性能

项目	指标	
	改性环氧类	改性水泥基类
初始黏度 (mPa·s)	≤1 500	—
流动度 (自流)	初始值 (mm)	—
	30min 保留率 (%)	≥380 ≥90
竖向膨胀率	3h (%)	— ≥0.10
	24h 与 3h 之差值 (%)	— ≥0.020
23℃下 7d 无约束线性收缩率 (%)	≤0.20	—
泌水率 (%)	—	0
25℃测定的可操作时间 (min)	≥60	≥90
适合注浆的裂缝宽度 $\omega$ (mm)	1.5 < $\omega$ ≤ 3.0	3.0 < $\omega$ ≤ 5.0, 且符合材料说明书规定

注: 1. 流动性可按现行《建筑密封材料试验方法 第6部分: 流动性的测定》(GB/T 13477.6) 规定的方法进行检验。  
2. 泌水率可按现行《水工混凝土试验规程》(DL/T 5150) 规定的方法进行检验。

#### 4.2.3 混凝土裂缝封闭处理施工应符合下列规定:

- 1 裂缝缝口表面处理应采用电动钢丝刷等沿裂缝走向对 40~50mm 宽度范围内的混凝土表面进行清理, 除去灰尘、松脱物及碳化混凝土上面, 露出新鲜混凝土表面。
- 2 裂缝表面应进行擦拭, 工作面应平顺、干燥、无油污。
- 3 裂缝封闭应采用裂缝封闭胶沿裂缝刮抹, 在裂缝表面形成宽 30~40mm 的封闭带, 封闭带的涂敷厚度不应小于 150μm。

#### 4.2.4 深度较大的混凝土裂缝, 宜采用压力灌注法进行裂缝修复; 当裂缝深度较浅时, 可采用自动低压渗注法进行处理。

#### 4.2.5 混凝土裂缝灌浆施工前应根据材料性能, 选取典型裂缝进行工艺试验, 并通过取芯等方式验证灌浆效果。裂缝取芯形成的空洞, 应采用强度等级较原构件强度等级高一级的小石子混凝土或聚合物改性水泥砂浆填补。

#### 4.2.6 采用自动低压渗注法进行灌缝处理时, 施工应符合下列规定:

- 1 裂缝表面清理应符合本规范第 4.2.3 条的有关规定。缝口表面应无杂物、无堵塞, 确保浆液能有效渗透。
- 2 注浆嘴应在裂缝交叉处、较宽处、端部以及裂缝贯穿处埋设, 贯穿裂缝的注浆嘴应在构件两侧交错布置, 注浆嘴间距宜为 400~500mm。
- 3 注浆嘴应采用裂缝封闭胶粘贴在预定位置, 注浆嘴的进浆孔应与裂缝对正。
- 4 裂缝修复胶压注前, 应按本规范第 4.2.3 条的规定进行裂缝封闭。

5 裂缝封闭胶固化后，应进行密封性检查。可在封闭带上及注浆嘴周围涂上肥皂水，采用压缩气体通过注浆嘴进行检验，如发现通气后封闭带上有气泡出现，应对漏气部位再次封闭。

6 裂缝修复胶应按厂家提供的材料和配制方法配制，配制数量应根据胶体凝固时间和注胶速度进行确定。

7 压注裂缝修复胶时，应将胶液注入低压注胶器，利用注胶器从裂缝低端向高端依次注胶，相邻注胶嘴冒胶后应及时封闭，并应继续保持恒压持续注胶。

8 修复胶固化后，应清除注浆嘴、采用封闭胶封闭注浆口，并应对修补的裂缝进行表面处理。

#### 4.2.7 采用压力灌注法进行灌缝处理时，施工应符合下列规定：

1 裂缝表面清理、裂缝封闭应符合本规范第4.2.3条的有关规定。

2 注浆嘴埋设、密封性检查、灌浆胶液配置及修补后的表面处理应符合本规范第4.2.6条的有关规定。

3 裂缝灌浆时，注浆压力应根据裂缝宽度和浆液流动性确定，宜为0.1~0.4MPa。

4 裂缝灌浆应从裂缝低端向高端依次灌注，相邻注浆嘴冒浆后应及时封闭，最后一个注浆嘴冒浆后应保持恒压继续灌注，注浆持续时间应根据工艺试验确定且宜保持0.5h以上。

5 灌浆完成后，应对同批次灌注的裂缝取3~5个芯样检查灌浆效果及质量，发现缺陷应及时补灌。

#### 4.2.8 混凝土裂缝灌缝处理后，外观应符合下列规定：

1 应无漏封闭或漏灌胶的裂缝。

2 裂缝封闭应表面平整，无开裂、脱落、起泡、空鼓。

3 封缝胶应无堆积和流挂。

4.2.9 块工构件素混凝土或砌块裂缝处治施工可按本规范第4.2.3~4.2.8条的有关规定执行。

### 4.3 钢结构裂纹处治

#### 4.3.1 钢构件裂纹处治前应标记板件裂纹尾端位置。

#### 4.3.2 板件裂纹采用钻孔止裂法处治时，施工应符合下列规定：

1 止裂孔宜设置在距裂纹端头0.5~1.0倍板厚处，其位置偏差应符合表4.3.2的规定。

2 止裂孔的直径宜为1倍板厚，并应符合表4.3.2的规定。

3 止裂孔应钻制成形，不得采用烧焊成孔。

表 4.3.2 钻孔止裂法技术要求

编号	项目	技术要求
1	孔径 (mm)	$\pm 0.5$
2	距裂纹尾端位置偏差 (mm)	0.5

#### 条文说明

止裂孔一般作为板件裂缝的应急处治措施，防止裂纹进一步急剧扩展。

#### 4.3.3 采用附加盖板对板件裂纹进行修补时，施工应符合下列规定：

- 1 盖板安装前，应按本规范第 4.3.2 条的规定在裂纹两端钻止裂孔。
- 2 盖板与原构件焊接连接时，施焊前应将盖板与构件压紧；栓接时，螺栓孔应钻制成形，不得采用烧焊成孔。
- 3 盖板加工制作与焊接、栓接施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定。
- 4 采用附加盖板法对板件裂纹修复后，应满足表 4.3.3 的技术要求。

表 4.3.3 附加盖板法技术要求

编号	项目	技术要求
1	盖板位置偏差 (mm)	1.0
2	孔径偏差 (mm)	$+0.5, 0$
3	螺栓孔位置偏差 (mm)	0.5
4	紧固力 (kN)	满足设计要求

#### 4.3.4 采用焊接工艺修复焊缝裂纹时，焊接施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 焊缝裂纹修复前，应采用无损探伤或钻孔探伤的方法探明裂纹的深度和范围。
- 2 裂纹未扩展至板件时，可采用碳弧气刨刨除开裂焊缝，刨除范围应延伸至表观裂缝端部以外约 5~6 倍板厚处。
- 3 缺陷焊缝刨除后，宜采用气体保护焊对焊缝刨除部位进行补焊。
- 4 裂纹扩展至板件时，应按本规范第 4.3.3 条的规定对板件裂纹进行修复。

#### 4.3.5 钢构件裂纹修复完成后，应对焊缝进行探伤检验。检验合格后应按设计要求进行防腐涂装。

#### 4.4 锈蚀病害处治

**4.4.1** 混凝土构件钢筋锈蚀病害处治前，应对病害部位的混凝土基面进行处理，并应符合下列规定：

1 基面处理前应清除混凝土表面剥落、松散及腐蚀等劣化部分及附着物，并应将锈蚀钢筋周边的混凝土凿除，凿除范围应以满足锈蚀钢筋处治需求为准。

2 混凝土结合面应采用人工或小型机械设备等进行凿毛，不得采用大功率设备凿毛。

3 缺陷修补面宜凿成规则的矩形、多边形，凿除深度不应小于10mm，且不应小于修补材料最大集料粒径的2倍。

4 凿毛后结合面应形成凹凸差不小于4mm的粗糙面，并露出新鲜集料。

5 缺陷修补前，应将凿毛后的结合面清理干净。

##### 条文说明

混凝土基面处理，可用人工凿毛法、小型机械凿毛法、喷砂法或高压水射法将缺陷周围的松散混凝土予以清理，露出新鲜混凝土面，要求做到无明水、无污渍。海洋环境下混凝土表面腐蚀严重的，需凿除腐蚀混凝土，露出新鲜混凝土面，并用高压淡水进行清洁处理。

**4.4.2** 混凝土构件锈蚀钢筋的处理应符合下列规定：

1 锈蚀钢筋应采用钢丝刷或除锈剂等进行除锈。

2 锈蚀钢筋除锈后，应露出金属光泽，目测确定不应存在明显的钢筋锈蚀区域。

3 钢筋锈蚀严重时应向设计反馈，并应根据设计要求增补钢筋或替换锈蚀钢筋。

**4.4.3** 混凝土缺陷修复采用界面剂时，界面剂应符合下列规定：

1 界面剂宜采用改性环氧类界面剂。

2 界面剂干态黏结的基本性能、长期使用性能和耐介质侵蚀性能应按配套胶粘剂的检验标准确定。

3 界面剂的剪切黏结性能不应小于3.5MPa，且为混凝土内聚破坏。

4 界面剂在混凝土对混凝土湿态黏结条件下的压缩抗剪强度，应符合现行《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB 50728)的有关规定。

5 界面剂在钢对钢湿态黏结条件下的拉伸抗剪强度应符合表4.4.3的规定。

6 对重要结构，不加填料时界面剂胶体的无约束线性收缩率不应大于0.4%；加填料时无约束线性收缩率不应大于0.2%。

表 4.4.3 界面剂钢对钢湿态黏结条件下的拉伸抗剪强度指标

项目	检验条件		指标
钢对钢拉伸抗剪强度 标准值 (MPa)	水下固化、养护 7d, 到期立即在 5℃ 条件下测试		≥10
	水下固化、养护 7d, 晾干 3d 后, 再在水下浸泡 30d 到期立即测试		≥8
钢对钢拉伸抗剪强度 平均值 (MPa)	在室温下进行干态黏合的试件, 经 7d 固化、养护后再立即测试	(60 ± 2)℃、10min (-45 ± 2)℃、30min	≥16 ≥16

4.4.4 缺陷深度较小时, 可采用刮涂法进行修补, 刮涂修补施工应符合下列规定:

1 修补砂浆可采用水泥砂浆或聚合物砂浆, 聚合物砂浆的性能应符合表 4.4.4 的规定。

2 刮涂前应根据修补材料类型对结合面进行润湿或干燥处理。采用界面剂时, 界面剂应符合本规范第 4.4.3 条的有关规定。

3 砂浆应采用机械拌和, 在修补施工前应将拌好的修补砂浆再次人工拌和后使用, 搅拌好的砂浆应在 1h 内使用。

4 修补厚度大于 20mm 时应分层刮涂, 首层应压紧、压实, 各层之间的时间间隔宜为 2 ~ 3h。

5 修补砂浆终凝前应采取保护措施, 避免其表面受到雨水、风及阳光直射等影响。

6 修补砂浆终凝后, 水泥基材料应及时予以覆盖并洒水保湿养护, 环氧基材料应按厂家提供的技术要求进行养护。

表 4.4.4 聚合物改性水泥砂浆的性能指标

项目	检验条件		指标
浆体性能	劈裂抗拉强度 (MPa)	浆体成型后, 不拆模, 湿养护 3d;	≥7
	抗折强度 (MPa)	然后拆侧模, 仅留底模再湿养护 25d (个别为 4d), 到期立即在 (23 ± 2)℃、 (50 ± 5)% RH 条件下进行测试	≥12
	抗压强度 (MPa) 7d		≥40
	28d		≥60
	抗渗压力 (MPa)	28d 按现行《建筑砂浆基本性能试验方法标准》(JGJ/T 70) 规定的方法进行检测	≥2.5
黏结能力	收缩率 (%)	28d 按现行《水泥胶砂干缩试验方法》(JC/T 603) 规定的方法进行检测	≤0.10
	与钢筋握裹强度 (MPa)	28d 采用 φ20mm 光面钢筋, 埋入浆体长度为 200mm, 按现行《水工混凝土试验规程》(DL/T 5150) 规定的方法进行检测	≥5.0
	与混凝土正拉黏结强度 (MPa)	黏结工序完成后, 静置湿养护 28d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下进行测试	≥2.5, 且为 混凝土内聚破坏

续表 4.4.4

项目	检验条件	指标
耐湿热老化能力 (%)	在 50℃、98% RH 环境中, 老化 90d 后, 其室温下钢筋与浆体握裹强度降低率	≤10
耐冻融性能 (%)	在 -25℃ → 35℃ 冻融循环温度下, 每次循环 8h, 经 50 次循环后, 其室温下钢筋与浆体握裹强度降低率	≤5
耐水性能 (MPa)	在自来水中浸泡 30d 后, 拭去浮水进行测试, 其室温下钢标准块与基材的正拉黏结强度	≥1.5, 且为混凝土内聚破坏

#### 条文说明

修复砂浆为水泥基材料时, 混凝土表面需充分湿润、无明水。修复砂浆为环氧基材料时, 一般需保持混凝土表面干燥, 材料本身性能能够满足水下或湿面施工要求时, 则无需进行干燥处理。

**4.4.5** 缺陷深度较大时, 可采用模筑法进行修补, 修补施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定外, 尚应符合下列规定:

- 1 缺陷修补可采用小石子混凝土或水泥基灌浆料, 水泥基灌浆料的性能应符合表 4.4.5 的规定。
- 2 采用吊模法、支模法等方式安装模板时, 应预留浇筑口。
- 3 修补用灌浆料或混凝土宜在现场进行配制, 配制好的材料宜在 1h 内使用。
- 4 灌浆料或混凝土浇筑过程中, 应采取敲击、插捣等措施保证浇筑密实及新、旧材料结合紧密。
- 5 修补材料终凝并按要求养护一定时间后, 应及时拆模。
- 6 拆模时, 应注意避免对修补部位造成损伤。
- 7 拆模后, 应及时对修补部位进行覆盖, 并应洒水保湿养护。

表 4.4.5 水泥基灌浆料的性能指标

项目	检验条件	指标	
抗压强度 (MPa)	1d	采用边长为 100mm 的立方体试件, 按现行《混凝土物理力学性能试验方法标准》(GB/T 50081) 规定的方法, 在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下进行检测	≥20
	3d		≥40
	28d		≥60

续表 4.4.5

项目		检验条件	指标
劈裂抗拉强度 (MPa)	7d	采用直径为 100mm 的圆柱形试件,按现行《混凝土物理力学性能试验方法标准》(GB/T 50081) 规定的方法进行检测	≥2.5
	28d		≥3.5
抗折强度 (MPa)	7d	采用 100mm × 100mm × 400mm 的试件,按现行《混凝土物理力学性能试验方法标准》(GB/T 50081) 规定的方法进行检测	≥6.0
	28d		≥9.0
与钢筋握裹强度 (MPa)	28d	将 $\phi 20\text{mm}$ 光面钢筋埋入浆体长度 200mm, 按现行《水工混凝土试验规程》(DL/T 5150) 规定的方法进行检测	≥5.0
一般用途的最大集料粒径 (mm)			≤4.75
流动度	初始值 (mm)		≥320
	30min 保留率 (%)		≥90
竖向膨胀率 (%)	3h		≥0.10
	24h 与 3h 之差		0.02 ~ 0.30
泌水率 (%)			0

#### 条文说明

对于模筑法施工, 由于空间较小, 需注意施工过程的振捣质量。底部仰面施工时, 浇筑需有足够的灌注高度, 以保证新、旧材料结合紧密。

**4.4.6** 清除部位修复完成且龄期达到 14d 后, 宜在修补区域的混凝土表面涂刷阻锈剂进行防腐处理, 阻锈剂的质量和性能应分别符合表 4.4.6-1 和表 4.4.6-2 的规定。

表 4.4.6-1 喷涂型阻锈剂的质量

烷氧基类阻锈剂		氨基类阻锈剂	
项目	指标	项目	指标
外观	透明、琥珀色液体	外观	透明、微黄色液体
浓度	0.88g/mL	密度 (20℃时)	1.13g/mL
pH 值	10 ~ 11	pH 值	10 ~ 12
黏度 (20℃时)	0.95mPa · s	黏度 (20℃时)	25mPa · s
烷氧基复合物含量	≥98.9%	氨基复合物含量	> 15%
硅氧烷含量	≤0.3%	氯离子 $\text{Cl}^-$	无
挥发性有机物含量	<400g/L	挥发性有机物含量	<200g/L

表 4.4.6-2 喷涂型阻锈剂的性能指标

环境类别	项目	指标	检验方法
I、III、IV	盐水溶液中的防锈性能	无腐蚀发生	《钢筋阻锈剂应用技术规程》(JGJ/T 192)
	渗透深度	≥50mm	
III、IV	电化学综合防锈性能	无腐蚀发生	

#### 4.4.7 混凝土构件缺陷处治后，应符合下列规定：

- 1 修补区域应表面平整，无裂缝、脱层、蜂窝、脱落等。
- 2 修补区域的平整度、空鼓率等应满足表 4.4.7 的技术要求。

表 4.4.7 混凝土破损修补技术要求

编号	项目	技术要求
1	大面积平整度 (mm)	5
2	阴阳角 (°)	5
3	空鼓率	≤5%
4	砂浆或混凝土强度	满足设计要求
5	保护层厚度 (mm)	+8, -5

#### 4.4.8 钢构件涂装局部修复、重新涂装施工除应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 涂装材料类型、涂层性能、涂装道数及涂层厚度等应符合设计规定。设计未规定时，涂装局部修复的涂层体系宜与原有涂装体系保持一致。
- 2 涂装局部修复时，应标记涂装缺陷区及修复区范围，修复区应在缺陷区范围基础上向外扩展 50mm，并宜设置为矩形。
- 3 涂装区域的既有涂层应清除，钢材锈蚀部位应进行除锈处理。
- 4 涂装时，宜先对高强螺栓接头、杆件或板件边缘处等边角部位进行涂刷，再对杆件或板件表面进行涂刷或喷涂。

### 4.5 其他表观缺陷处治

#### 4.5.1 构件混凝土孔洞、蜂窝等缺陷处治可按本规范第 4.4 节的有关规定执行。

#### 4.5.2 对砌体结构进行表观缺陷修复时，施工应符合下列规定：

- 1 修复前，应先采用钢钎等清除劣化、松散的勾缝、砌缝材料。
- 2 砌缝清理完成后，应采用砌缝修复材料将砌缝填塞密实，砌缝填塞修复时应靠外露面预留深度为 20mm 的空缝备做勾缝之用。
- 3 砌缝填塞修复完成后，应采用勾缝砂浆进行勾缝。勾缝类型应与原结构保持一

致，勾缝砂浆强度不应低于砌缝材料强度。

4 勾缝砂浆初凝后，应洒水覆盖养护7~14d，养护期间应避免碰撞。

5 砌缝修复深度大于50mm时，应分区、分段依次进行，每个砌块周边的砌缝应逐道进行修复。

**4.5.3** 钢构件变形矫正时，施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 杆件或板件变形矫正应在无裂纹、无缺口等缺陷的条件下进行。

2 矫正顺序应根据变形原因和变形程度确定。宜应先矫正整体变形，后矫正局部变形；先矫正角变形，后矫正凹凸面变形。

3 冷矫正作业应对称、均衡、缓慢加力，从变形的边缘向中间逐步进行矫正。

4 热矫正前，应评估加热对截面强度及连接强度的影响，必要时应采取卸载措施或进行拆卸矫正。

5 热矫正作业应进行温度监控，矫正温度应保持稳定，不得骤升骤降。

#### 条文说明

构件变形较小且对构件内力分配影响不大时，一般仅进行变形矫正；构件变形较大且影响结构内力分配时，需在矫正的同时对内力进行调整恢复。

**4.5.4** 高强螺栓缺失、松动时，其缺陷修复施工除应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 缺陷修复前，应检查连接板和构件结合面之间的相对变形，如存在滑移现象，应及时向设计反馈。

2 新补充的高强螺栓安装完成后，应按设计规定的预拉力进行施拧；既有高强螺栓松动时，应按设计规定的预拉力进行补拧。

3 高强螺栓缺陷修复时，应对同一节点的其他既有高强螺栓的预拉力逐个进行检查，预拉力不足时应按设计规定的预拉力进行补拧。

4 高强螺栓的施工预拉力与设计预拉力的偏差不应大于2%。

5 高强螺栓缺陷修复完成后，应按设计规定进行防腐涂装，并施画防松标识。

## 5 增大截面加固

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本章适用于钢筋混凝土和预应力混凝土构件、圬工构件、钢及钢混组合结构构件增大截面加固施工。

**5.1.2** 增大截面加固用混凝土宜采用低收缩、抗裂性好的混凝土材料。

**5.1.3** 锚固用结构胶粘剂应经检验并满足设计及国家和行业现行有关标准要求后使用。

**5.1.4** 增大截面加固用混凝土应综合考虑新、旧混凝土龄期差和浇筑条件、温度、工艺等影响进行配合比设计，必要时应进行工艺试验验证，并应在正式施工前进行试配。

**5.1.5** 增大截面加固时，新增钢构件安装及混凝土浇筑、养护期间应采取增设临时支撑、封闭交通或限载、限速通行等措施，减少对被加固构件及新增混凝土的扰动。

**5.1.6** 混凝土、圬工构件或钢结构采用混凝土增大截面加固，宜按下列工序施工：

- 1 结合面处理；
- 2 植筋、制作剪力槽或安装抗剪连接键；
- 3 钢筋制作与安装；
- 4 支架、模板安装；
- 5 混凝土浇筑与养护。

**5.1.7** 钢结构采用钢材增大截面加固，宜按下列工序施工：

- 1 结合面处理；
- 2 新增钢构件制作与安装；
- 3 工地连接；
- 4 现场涂装。

## 5.2 原结构表面处理

**5.2.1** 结合面处理前，应在原构件表面放样，标记增大截面加固位置及结合面处理范围。

**5.2.2** 混凝土或圬工材料结合面处理应符合下列规定：

1 新、旧混凝土或圬工材料的结合面表面清理和凿毛应符合本规范第4.4节的有关规定。

2 设计要求设置剪力槽时，剪力槽应采用小型设备或人工进行凿刻，剪力槽尺寸偏差应符合表5.2.2的要求。

表5.2.2 剪力槽尺寸允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
宽度	±10
长度	±20
间距	±20
深度	+5, 0

3 凿毛或刻槽完成后，应采用钢丝刷等工具清除混凝土或圬工材料表面松动的集料、砂砾、浮渣和粉尘等，并应采用清洁的淡水冲洗干净。

**5.2.3** 钢构件结合面处理应符合下列规定：

1 钢构件结合面处理应清除原构件表面涂层、铁锈、毛刺、污垢等，并露出金属光泽。

2 钢构件结合面存在变形时，应对构件进行矫正处理，使新、旧构件和材料紧密贴合。

3 新、旧钢构件采用焊接工艺连接时，结合面处理范围应超出焊缝边缘不小于50mm；新、旧钢构件采用栓接工艺连接时，结合面处理范围应超出栓接板边缘不小于50mm。

4 采用混凝土对钢构件进行增大截面加固时，钢构件上结合面处理范围应超出新增混凝土边缘不小于50mm。

## 5.3 植筋

**5.3.1** 以混凝土为基材植筋锚固用结构胶的性能指标应符合下列规定：

1 室温固化型锚固用结构胶的基本性能应符合表5.3.1-1的规定。

2 低温固化型结构胶的黏结能力应符合表5.3.1-2的规定，其他基本性能指标应

符合表 5.3.1-1 的规定。

表 5.3.1-1 室温固化型锚固用结构胶基本性能指标

项目		检验条件		指标
胶体性能	劈裂抗拉强度 (MPa)	浇注完毕养护 7d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下, 以 2mm/min 加荷速度进行测试		≥8.5
	抗弯强度 (试件厚度应为 4mm) (MPa)			≥50, 且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)			≥60
黏结能力	钢对钢拉伸 抗剪强度 (MPa)	标准值	(23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH	≥10
		平均值	(60 ± 2)℃、10min	≥11
			(-45 ± 2)℃、30min	≥12
	约束拉拔条件下带肋钢筋 (或全螺纹螺杆) 与混凝土黏结强度 (MPa)		(23 ± 2)℃、 (50 ± 5)% RH	≥11 ≥17
钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		(23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH		≤25
热变形温度 (℃)		室温养护 1d, 40℃ 固化、养护 48h, 到期使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法测定		≥65
不挥发物含量 (%)		(105 ± 2)℃、(180 ± 5) min		≥99

注: 表中的性能指标除标有标准值外, 其余均为平均值。

表 5.3.1-2 低温固化型结构胶基本性能指标

项目	检验条件	指标
钢对钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)	低温固化、养护 7d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下测试	与室温固化型同品种胶粘剂合格指标相比, 强度下降不大于 10%
	低温固化、养护 7d, 再在 (23 ± 2)℃ 下养护 3d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下测试	与室温固化型同品种胶粘剂合格指标相比, 强度不下降
钢对钢对接黏结抗拉强度 (MPa)		≥30
钢对 C45 混凝土正拉黏结强度 (MPa)	低温固化、养护 7d, 再在 (23 ± 2)℃ 下养护 3d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下测试	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		≤35

3 湿面施工、水下固化型结构胶的黏结能力应符合表 5.3.1-3 的规定, 其他基本性能指标应符合表 5.3.1-1 的规定。

4 结构胶的长期使用性能应符合表 5.3.1-4 的规定。

5 结构胶的耐介质侵蚀性能应符合表 5.3.1-5 的规定。

6 结构胶的工艺性能应符合表 5.3.1-6 的规定。

表 5.3.1-3 湿面施工、水下固化型结构胶的基本性能指标

项目	检验条件	指标
钢对钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)	水下固化、养护 7d, 到期立即在 5℃ 条件下测试	≥10
	水下固化、养护 7d 的试件, 晾干 3d 后, 再在水下浸泡 30d 到期立即测试	≥8
钢对钢拉伸抗剪强度平均值 (MPa)	在室温下进行干态黏合的试件, 经 7d 固化、养护后立即测试	应达到同品种结构胶的合格指标要求
钢对 C45 混凝土正拉黏结强度 (MPa)		
钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		

表 5.3.1-4 结构胶长期使用性能指标

项目	检验条件	指标
耐环境作用	耐湿热老化能力 在 50℃、95% RH 环境中老化 90d 后, 冷却至室温进行钢对钢拉伸剪切试验	与室温下短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率不大于 10%
	耐热老化能力 在 (80 ± 2)℃ 温度环境中老化 30d 后, 以同温度进行钢对钢拉伸抗剪试验	与同温度 10min 短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率不大于 5%
	耐冻融能力 在 -25℃ → 35℃ 冻融循环温度下, 每次循环 8h, 经 50 次循环后, 在室温下进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率不大于 5%
耐应力作用能力	耐长期应力作用能力 在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 环境中承受 4.0 MPa 剪应力持续作用 210d	钢对钢拉伸抗剪试件不破坏, 且蠕变的变形值小于 0.4mm
	耐疲劳应力作用能力 在室温下, 以频率为 5Hz、应力比为 5:1.5、最大应力为 4.0 MPa 的疲劳荷载下进行钢对钢拉伸抗剪试验	经 2 × 10 <sup>6</sup> 次等幅正弦波疲劳荷载作用后, 试件不破坏

注: 1. 若在申请安全性鉴定前已委托有关科研机构完成该品牌结构胶耐长期应力作用能力的验证性试验与合格评定工作, 且该评定报告已通过质量检验机构的审查, 则允许免做此项检验, 而改做楔子快速测定。  
 2. 低温固化型结构胶的长期使用性能检验, 应以低温固化、养护 7d, 再在 (23 ± 2)℃ 下养护 3d 的试件进行检验。其检验结果应达到同品种室温固化型结构胶的合格指标要求。  
 3. 湿面施工、水下固化型胶粘剂的长期使用性能检验, 应以水下固化、养护 7d, 再晾干 3d 的试件进行检验。其检验结果应达到同品种室温固化型结构胶的合格指标要求。

表 5.3.1-5 结构胶耐介质侵蚀性能指标

检验项目	检验条件	合格指标	
		与对照组相比强度下降率 (%)	处理后的外观质量要求
耐盐雾作用	5% NaCl 溶液; 喷雾压力: 0.08 MPa; 试验温度: (35 ± 2)℃; 每 0.5h 喷雾一次, 每次 0.5h; 盐雾应自由沉降在试件上; 作用持续时间: 90d; 到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	≤5	不得有裂纹或脱胶

续表 5.3.1-5

检验项目	检验条件	合格指标	
		与对照组相比 强度下降率 (%)	处理后的外观 质量要求
耐海水浸泡作用 (仅用于水下结构胶)	海水或人造海水；试验温度：(35 ± 2)℃；浸泡时间：90d；到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	≤7	不得有裂纹或脱胶
耐碱性介质作用	$\text{Ca(OH)}_2$ 饱和溶液；试验温度：(35 ± 2)℃；浸泡时间：60d；到期进行钢对混凝土正拉黏结强度试验	不下降，且为混凝土破坏	不得有裂纹、剥离或起泡
	$\text{Ca(OH)}_2$ 饱和溶液；试验温度：(35 ± 2)℃；浸泡时间：60d；到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	与室温下短期试验结果相比，其抗剪强度降低率不大于 5%	不得有裂纹、剥离或起泡
耐酸性介质作用	5% $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液；试验温度：(35 ± 2)℃、浸泡时间：30d；到期进行钢对混凝土正拉黏结强度试验	混凝土破坏	不得有裂纹或脱胶
	5% $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液；试验温度：(35 ± 2)℃、浸泡时间：30d；到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	与室温下短期试验结果相比，其抗剪强度降低率不大于 5%	不得有裂纹或脱胶

注：1. 低温固化型结构胶的耐介质侵蚀性能检验，试件应先以低温固化、养护 7d，再对其在 (23 ± 2)℃ 条件下养护 3d 后进行检验。其检验结果应达到同品种室温固化型结构胶的合格指标要求。  
 2. 湿面施工、水下固化型胶粘剂的耐介质侵蚀性能的检验可仅作耐海水浸泡作用一项。经过 90d 浸泡的试件与浸泡前对照组相比，其钢对钢拉伸抗剪强度的下降百分率不应大于 10%。

表 5.3.1-6 锚固用结构胶性能指标

胶粘剂类别	触变指数	25℃下垂流度 (mm)	在各季节试验温度下测定的适用期 (min)		
			春秋用 (23℃)	夏季用 (30℃)	秋季用 (10℃)
快固型结构胶	≥4.0	≤2.0	10 ~ 25	5 ~ 15	25 ~ 60
非快固型结构胶	≥4.0	≤2.0	≥40	≥30	40 ~ 120

注：表中的指标，除已注明外，均是在 (23 ± 0.5)℃ 试验温度条件下测定。

### 条文说明

低温固化型结构胶，除考核其在室温条件下的常规表现外，还需考核其在低温条件下的稳定性，故需对其黏结能力进行专门检验。

湿面（或水下）固化型结构胶，是指能在潮湿面或饱和水分的黏合面正常固化的胶粘剂。为了减少水分子对结构胶黏结性能的不利影响，要求湿面（或水下）固化型结构胶具有能牢固地附着在水分子集结的被黏物表面上的能力，同时其所使用的固化剂和促进剂能在湿面和水下进行反应。

**5.3.2** 植筋锚固用胶粘剂应有产品合格证书、使用说明书、检测报告或认证报告，必要时根据工程需要对所用胶粘剂的有关性能指标进行抽样复验。

**5.3.3** 植筋宜按图 5.3.3 的工艺流程进行施工。

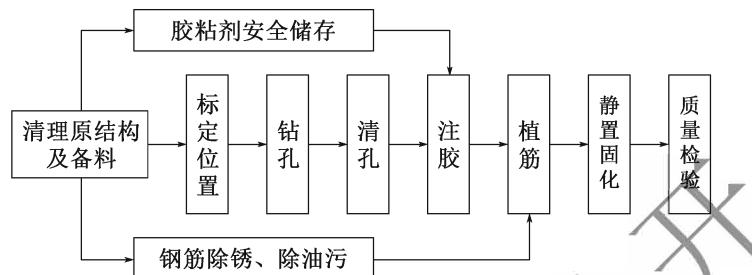


图 5.3.3 植筋施工工艺流程

**5.3.4** 植筋钻孔位置标定应符合下列规定：

- 1 植筋钻孔前，应采用钢筋探测仪或其他适用设备探测原构件钢筋或预埋件的位置，并进行现场标记。
- 2 当设计植筋孔位与原构件钢筋或预埋件位置冲突时，应在设计允许范围内适当调整钻孔位置。
- 3 墙工拱桥植筋应避开砌缝，植筋孔位与砌缝的距离不应小于 100mm。

**5.3.5** 植筋钻孔作业应符合下列规定：

- 1 钻孔直径应根据钢筋公称直径确定，并应符合表 5.3.5-1 的规定。

表 5.3.5-1 植筋钻孔直径 (mm)

钢筋公称直径	钻孔直径	钢筋公称直径	钻孔直径
6	10	18	22
8	12	20	25
10	14	22	28
12	16	25	32
14	18	28	35
16	20	32	40

- 2 钻孔直径、深度、倾斜度、中心位置允许偏差应符合表 5.3.5-2 的规定。
- 3 植筋钻孔遇到原构件钢筋或预埋件时应立即停钻，在设计允许范围内适当调整钻孔位置，并应将废孔填实封闭。
- 4 钻孔、植筋应间隔、分批进行，不得采取钻孔全部完成再进行植筋的施工方式。

表 5.3.5-2 植筋钻孔允许偏差

项目	允许偏差
钻孔直径 (mm)	+3, 0
钻孔深度 (mm)	+10, 0
钻孔倾斜度 (°)	±5
钻孔中心位置 (mm)	±30

### 5.3.6 植筋孔清孔应符合下列规定：

- 1 钻孔完成后，应初次自孔底向孔口吹入压缩空气，反复吹气清理不少于3次。
- 2 初次吹气清理后，应采用硬毛刷往返旋转清刷孔壁不少于3次。
- 3 清刷孔壁后，应再次自孔底向孔口吹入压缩空气，再按本条第2款的要求清理孔壁，反复清理不少于3次。

### 5.3.7 植筋孔注胶应符合下列规定：

- 1 注胶前应采用工业用酒精擦拭孔壁、孔底。
- 2 注胶应采用专用灌注器或注射器进行灌注，灌注量宜为孔深的2/3，并应保证在植入钢筋后有少许胶粘剂溢出。
- 3 孔深超过300mm时，应采用延长管深入孔底注胶，边注胶边退出，保证植筋孔底部注胶饱满。

### 5.3.8 在植筋孔中植入钢筋应符合下列规定：

- 1 植筋前应清理钢筋上的锈迹、油污等，并采用工业用酒精擦拭干净。
- 2 植筋孔注胶后应立即单向旋转植入钢筋，直至达到设计深度，并校正钢筋的位置和垂直度，保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀。
- 3 不得采用将胶粘剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式作业。
- 4 植入钢筋的锚固深度不应小于设计锚固深度。

**5.3.9** 植筋锚固用结构胶粘剂固化期间，不得触动或振动已植入的钢筋。在满足胶粘剂产品规定的固化温度和对应的静置固化时间后，进行下一道工序施工。

**5.3.10** 植筋施工完成后，植筋孔内胶粘剂应饱满，不得有胶粘剂未固结现象，植入的钢筋不得有松动，钢筋表面不应有损伤。

**5.3.11** 植筋施工完成后，应按本规范附录A的有关规定对种植钢筋进行锚固承载力现场检验。

## 5.4 钢筋加工与安装

**5.4.1** 钢筋的加工、焊接、绑扎与安装应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

**5.4.2** 植筋与其他钢筋焊接时，施焊前应在种植钢筋根部采取降温措施，避免灼伤混凝土及植筋锚固用胶粘剂。

## 5.5 混凝土浇筑

**5.5.1** 支架、模板的设计、制作与安装应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

**5.5.2** 当通过在原结构上设置吊架、挂架或托架时，二者应可靠连接，并应对原结构及吊架、挂架或托架的强度、刚度、稳定性进行验算。

**5.5.3** 模板端部与原结构表面接触时，应紧贴原结构并采取防漏浆措施。

**5.5.4** 混凝土的配制、拌和、运输、浇筑与养护应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

**5.5.5** 混凝土浇筑前，应对结合面处理、植筋、新增钢筋、钢筋连接、预埋件等工序的施工质量按隐蔽工程要求进行检查。

**5.5.6** 在原构件下缘浇筑混凝土时，宜采取措施保证新、旧混凝土结合紧密，并应符合下列规定：

- 1 应采用压力灌注方式浇筑新增混凝土。
- 2 应在新、旧混凝土结合面预留注浆孔，新增混凝土浇筑、养护完成后根据需要对结合面进行压力注浆。
- 3 加固完成后，应通过钻芯取样或超声波检测等对结合面密实性进行检验。

**5.5.7** 采用补偿收缩混凝土进行增大截面加固时，应符合下列规定：

- 1 补偿收缩混凝土可采用硫铝酸钙类或氧化钙类混凝土膨胀剂进行配制，膨胀剂应单独存放，不得受潮。
- 2 补偿收缩混凝土的限制膨胀率不应小于 0.025%，限制膨胀率的试验和检验应按现行《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119) 的有关规定进行。

3 补偿收缩混凝土的水胶比不宜大于 0.50, 膨胀剂掺量应经配合比试验确定, 配合比试验的限制膨胀率值应比设计值高 0.005%, 试验时混凝土的膨胀剂用量宜为 40~60kg/m<sup>3</sup>。

4 补偿收缩混凝土宜采取有效的持续保湿养护措施, 养护期不得少于 14d。

**5.5.8** 混凝土构件增大截面加固除应满足表 5.5.8 的技术要求外, 尚应符合下列规定:

1 增大截面混凝土表面应平整密实, 无空洞、蜂窝、露筋及宽度超过设计规定的裂缝。

2 新旧混凝土结合面不得出现裂缝, 应无明显施工接缝。

**表 5.5.8 混凝土构件增大截面技术要求**

编号	项目		技术要求
1	混凝土强度 (MPa)		满足设计要求
2	断面尺寸偏差 (mm)	梁、墩台	+10, -5
		基础	+50, 0
		承台	+30, 0
3	顶面或底面高程允许偏差 (mm)		±20
4	长度允许偏差 (mm)		±10
5	预埋件位置允许偏差 (mm)		±5
6	大面积平整度允许偏差 (mm)		±8

## 5.6 新增钢构件制作与安装

**5.6.1** 新增钢构件宜采用工厂制作, 其材料、下料和加工、组装、焊接、矫正、试拼、预拼、工厂涂装、检验、包装、存放与运输、现场安装等应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**5.6.2** 现场制作新增钢构件时, 应采取防风、防雨措施, 并应在风力、风速、温度及相对湿度满足制作环境要求的条件下作业。

**5.6.3** 新增钢构件实际制作尺寸应结合设计及现场放样确定, 实际制作尺寸与设计尺寸的偏差超过设计允许范围时, 应征得设计同意后方可进行尺寸调整。

**5.6.4** 新增钢构件与原构件通过高强螺栓连接时, 应按设计要求制孔。设计无要求时, 制孔应符合下列规定:

- 1 高强度螺栓孔应钻制成形，不得采用烧焊成孔。
- 2 负荷条件下，应先在新增钢构件上完成全部制孔后，并将新增钢构件和原构件临时固定后，按照新增钢构件上的孔位在原构件上放样、制孔。
- 3 原构件制孔时，宜从原构件端部向中部分批钻孔，并应控制钻孔对构件的削弱影响。

## 5.7 钢构件现场连接

**5.7.1** 新增钢构件及其与原构件的工地连接应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**5.7.2** 负荷条件下采用焊缝连接时，应合理规划焊接顺序，宜减少焊接高温对构件截面强度的不利影响。当焊缝方向与受力方向垂直时，应根据需要增加临时支撑或卸载，防止发生安全事故。

**5.7.3** 负荷条件下采用高强螺栓连接时，应在原构件每一批制孔后及时安装高强螺栓并进行初拧，待所有高强螺栓安装完成后进行终拧并检验。

**5.7.4** 采用焊缝与高强度螺栓混合连接时，应考虑焊接温度对高强螺栓有效扭矩的影响，并应符合下列规定：

- 1 应先对高强螺栓进行初拧，后实施焊接。
- 2 焊接时，应对称均衡施焊，焊缝形式应为贴角焊缝。
- 3 高强螺栓应在焊接完成 24h 后进行终拧。

**5.7.5** 新增钢构件的加工、制作及安装施工允许偏差应按原构件控制标准进行检验。

## 5.8 钢构件现场涂装

**5.8.1** 工地现场涂装应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**5.8.2** 新增钢构件涂装后外观宜与原结构保持一致。

## 6 粘贴钢板加固

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 本章适用于钢筋混凝土和预应力混凝土构件、钢及钢混组合结构构件粘贴钢板加固施工。

**6.1.2** 加固用钢板、胶粘剂、锚栓等应经检验并满足设计及国家和行业现行有关标准要求后使用。

**6.1.3** 粘贴钢板应在环境温度为5~35℃的干燥条件下进行，所用胶粘剂应满足环境温度、湿度的要求。

**6.1.4** 结构胶粘剂固化期间应采取封闭交通、交通管制、增设临时支撑等有效措施减少构件的扰动。

**6.1.5** 混凝土构件粘贴钢板加固，宜按下列工序施工：

- 1 结合面处理；
- 2 锚栓种植或安装；
- 3 钢板加工、制作；
- 4 钢板安装、封边及注胶；
- 5 钢板现场涂装。

**6.1.6** 钢构件粘贴钢板加固，宜按下列工序施工：

- 1 结合面处理；
- 2 钢板加工、制作；
- 3 钢板安装、封边及注胶；
- 4 钢板现场涂装。

### 6.2 结合面处理

**6.2.1** 结合面处理前，应在原构件表面放样，标记钢板粘贴位置及结合面处理范围，

结合面处理范围应超出粘贴钢板边缘不小于 20mm。

### 6.2.2 混凝土构件结合面处理应符合下列规定：

1 结合面处理前，应清除混凝土表面剥落、松散及腐蚀等劣化部分及附着物。

2 结合面打磨处理时，应清除混凝土碳化层直至完全露出新鲜的混凝土，并应进行糙化处理。

3 打磨后，可利用压缩空气、高压水清除混凝土结合面的粉尘，并应采用工业酒精擦拭干净。

4 混凝土结合面凹凸不平时，应进行整平处理，处理后的平整度偏差每延米不应超过 5mm。

5 对结构渗水处应采取措施进行堵水和防水，对湿度较大的混凝土结合面应进行干燥处理，直至满足胶粘剂的使用要求。

6 混凝土结合面局部破损时，应按本规范第 4.4 节的有关规定修补后，再进行打磨、整平。

7 处理后的混凝土结合面应粗糙、平整、洁净、干燥，不得有粉尘、浮渣、油污等杂物。

### 6.2.3 钢构件结合面处理应符合下列规定：

1 结合面处理时，应清除钢材表面涂层、铁锈、毛刺、污垢等，并应露出金属光泽。

2 钢构件结合面存在变形时，应对构件进行矫正处理，使构件与加固钢板紧密贴合。

3 钢构件结合面应进行喷砂处理或纹路打磨，打磨纹路应与受力方向垂直，处理后的表面粗糙度应达到  $50 \sim 100 \mu\text{m}$ 。

## 6.3 锚栓种植与安装

### 6.3.1 锚固用胶粘剂的性能应符合本规范第 5.3.1 条和第 5.3.2 条的规定。

6.3.2 粘贴钢板采用全牙螺杆作为化学锚栓时，可按本规范第 5.3 节的有关规定进行锚栓施工。

6.3.3 粘贴钢板采用扩底型机械锚栓、注射式化学锚栓、管式化学锚栓时，施工工艺流程可按图 6.3.3-1 ~ 图 6.3.3-3 的步骤进行。

### 6.3.4 锚栓钻孔位置标定应符合下列规定：

1 钻孔前, 应采用钢筋探测仪或其他适用设备探测原构件钢筋或预埋件的位置, 并应进行现场标记。

2 当设计锚栓孔位与原构件钢筋或预埋件位置冲突时, 应在设计允许范围内适当调整钻孔位置, 并应对加固钢板上的制孔孔位进行相应调整。

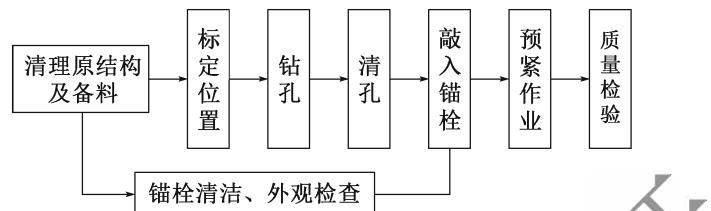


图 6.3.3-1 扩底型机械锚栓施工工艺流程

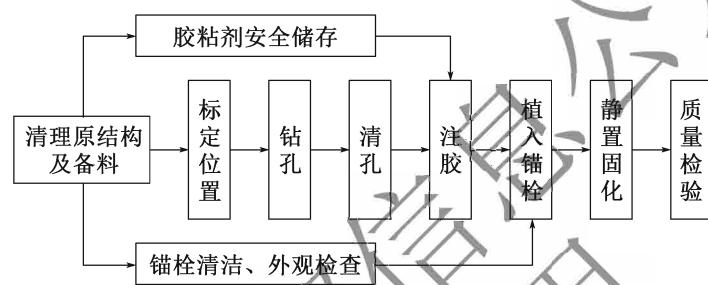


图 6.3.3-2 注射式化学锚栓施工工艺流程

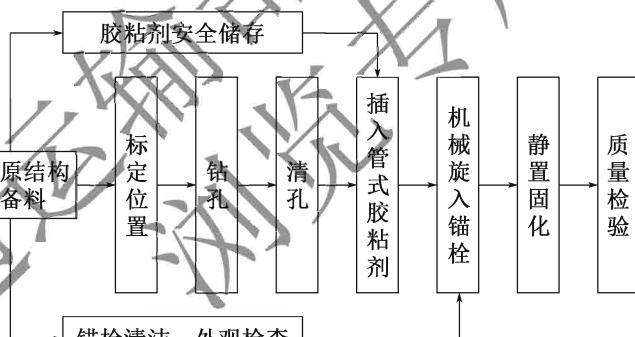


图 6.3.3-3 管式化学锚栓施工工艺流程

### 6.3.5 锚栓钻孔作业应符合下列规定:

1 模扩底型机械锚栓应采用专用设备钻孔和扩孔, 自扩底型机械锚栓需进行扩孔时应采用专用设备。

2 机械锚栓的钻孔孔径应符合设计要求和产品使用说明书的规定。

3 化学锚栓规格和对应的钻孔孔径应符合设计和产品说明书的规定; 无具体要求时, 应满足表 6.3.5-1 的要求。

4 锚栓的钻孔质量、钻孔直径允许偏差值应分别符合表 6.3.5-2、表 6.3.5-3 的要求。

5 锚栓钻孔遇到原构件钢筋或预埋件时应立即停钻, 在设计允许范围内适当调整

钻孔位置，并应将废孔填实封闭。

表 6.3.5-1 化学锚栓规格和钻孔孔径

化学锚栓规格	钻孔孔径 (mm)	化学锚栓规格	钻孔孔径 (mm)
M8	10	M27	32
M10	12	M30	35
M12	14	M33	38
M16	18	M36	42
M20	24	M39	45
M24	28		

表 6.3.5-2 锚栓钻孔质量要求

项目	允许偏差
机械锚栓钻孔深度 (mm)	+5, 0
化学锚栓钻孔深度 (mm)	+10, 0
钻孔垂直度	±2%
钻孔中心位置 (mm)	±5

表 6.3.5-3 锚栓钻孔直径允许偏差 (mm)

钻孔直径	允许偏差	钻孔直径	允许偏差
≤14	+0.3, 0	30~32	+0.6, 0
16~22	+0.4, 0	34~37	+0.7, 0
24~28	+0.5, 0	≥40	+0.8, 0

### 6.3.6 锚栓孔清孔应符合下列规定：

- 1 对机型锚栓的锚孔，应采用洁净的压缩空气清除孔内粉屑；对化学锚栓的锚孔，应先用硬毛刷清孔，再用洁净的压缩空气清除粉屑。
- 2 清孔的次数不应少于3次。
- 3 锚固的基材表面应光滑平整，无粉尘、碎屑。

### 6.3.7 扩底型机械锚栓安装作业应符合下列规定：

- 1 扩底型机械锚栓安装施工应符合产品使用说明书的规定。
- 2 模扩底型机械锚栓应采用专用工具进行安装。锚栓放入锚孔之后，应量测锚栓的套筒和螺杆相对于基面的外露长度，满足要求后应将锚栓套筒击打到位。锚栓套筒安装到位后，应复测套筒与基面的距离，满足要求后再安装钢板。
- 3 自扩底型机械锚栓扩底控制应以锚栓上的控制线为依据。
- 4 扩底型机械锚栓锚固深度允许偏差应为 $+5, 0$ mm。

### 6.3.8 化学锚栓注胶及安装应符合下列规定：

- 1 注胶前应采用丙酮或工业用酒精擦拭孔壁、孔底。
- 2 安装注射式化学锚栓时，应将注射管插入孔底，由孔底往外均匀注入胶粘剂至孔深的2/3，按照单一方向将锚栓旋入锚孔并达到规定深度，锚栓安装完成后应有少许胶粘剂溢出。
- 3 安装玻璃管式化学锚栓时，应将玻璃管插入锚孔，采用与产品配套的安装工具将锚栓旋插到规定深度。锚栓的安装深度应严格按产品要求控制。
- 4 锚栓植入后应立即校正方向，保证植入的锚栓处于锚栓孔的中心位置。
- 5 从注胶到化学锚栓安装完成的时间不应超过产品说明书规定的适用期，否则应清除锚固胶，按照原工序重新安装。
- 6 化学锚栓锚固深度允许偏差应为 $^{+10}_0$ mm。

**6.3.9** 化学锚栓锚固用胶粘剂固化期间，不得触动或振动已植入的锚栓，在满足胶粘剂产品规定的固化温度和对应的静置固化时间后，方可进行下一道工序施工。

**6.3.10** 化学锚栓施工完成后，应将锚栓和钻孔之间的空隙填充密实，锚栓安装后不应产生锚固胶流失，固化时间内螺杆不应有明显位移。

**6.3.11** 锚栓施工完成后，应按本规范附录A的有关规定进行锚固承载力现场检验。

## 6.4 钢板加工、制作

**6.4.1** 钢板下料宜采用工厂自动、半自动切割，切割边缘表面应光滑，无毛刺、咬口及翘曲等缺陷。

**6.4.2** 钢板上的螺栓或锚栓孔制作应符合下列规定：

- 1 钢板制孔作业应在原构件放样、钻孔完成后进行。
- 2 制孔前，应根据原构件上的锚栓或螺栓位置，在钢板上通过拓印进行孔位放样。
- 3 钢板制孔可采用工厂冲孔或现场钻孔方式，开孔后应清除孔口毛刺。

### 条文说明

待原构件上螺栓或锚栓孔全部钻制完成后，用透明纸覆盖在基材表面上标出孔位，然后再覆盖在钢板黏合面上用电钻等工具制孔。钢板制孔完成后，将钢板覆盖到原构件基材表面上进行孔位校核，如发现偏差，需对钢板上的栓孔进行修正，使原构件上的钻孔与钢板上的钻孔位置相互吻合。

**6.4.3** 钢板加工、制作尺寸偏差应符合表6.4.3的规定。

表 6.4.3 钢板加工、制作尺寸允许偏差

项目	允许偏差
钢板尺寸 (mm)	±2
制孔孔位与原构件孔位中心偏差 (mm)	±2
制孔孔径 (mm)	±1

#### 6.4.4 钢板表面处理应符合下列规定：

- 1 钢板表面处理宜在下料、制孔完成后进行。
- 2 粘贴面应进行喷砂处理或纹路打磨，打磨纹路应与受力方向垂直，处理后的表面粗糙度应达到  $50 \sim 100 \mu\text{m}$ 。
- 3 钢板外露面应进行喷砂除锈和工厂涂装，并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**6.4.5** 钢板长度不大于 12m 时，宜采用无拼接口的整板；钢板长度大于 12m 时，宜通过焊接进行接长。

**6.4.6** 钢板焊接接长作业时，除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应满足下列要求：

- 1 钢板接头位置应避开原构件跨中、支点等主要受力截面。
- 2 原构件同一截面上的钢板接头数量不应超过通过该截面钢板表面积的 50%。
- 3 钢板接长应采用对接焊缝，焊缝质量等级不应低于 B 级。

#### 6.5 钢板安装、封边及注胶

**6.5.1** 钢构件安装加固钢板前，应按设计要求在原构件上制孔。设计无要求时，原构件制孔应符合下列规定：

- 1 螺栓孔应钻制成形，不得采用烧焊成孔。
- 2 负荷条件下，应先在加固钢板上完成制孔，并应将加固钢板和原构件临时固定，按照加固钢板上的孔位在原构件上放样、制孔。
- 3 原构件制孔时，宜从原构件端部向中部分批钻孔，并应控制钻孔对构件的削弱不影响。

**6.5.2** 加固钢板安装前，应对钢板粘贴面及钢构件结合面进行表面清洁处理，所采用的清洁剂不应对钢材及结构胶粘剂的工作性能和耐久性产生不利影响。

### 6.5.3 钢板安装、封边及注胶应符合下列规定：

1 钢板安装就位并用锚栓或螺栓固定，钢板与基材表面的间隙宜控制在1~3mm，横向偏位不应大于10mm，纵向偏位不应大于20mm。

2 注胶前应采用封边胶对钢板四周进行封闭，并应同步预埋注胶孔及排气孔，注胶孔及排气孔数量和间距应根据胶体施工性能确定。

3 钢板封边完成后，应利用高压空气检查其密封性，存在漏气时应及时修补。

4 密封性检查合格后，应按由下向上或由低到高的顺序，从注胶嘴压入胶粘剂，注胶压力不宜小于0.1MPa。当排气孔出现胶液后应停止加压，并应封堵排气孔，以较低压力维持10min以上。

5 注胶完成后，应对粘贴密实度进行检查，密实度不应低于95%。粘贴密实度不满足要求时，可采取局部钻孔后补压胶等措施进行修补。

#### 条文说明

粘贴钢板加固时，胶层厚度过大将直接影响加固效果。在实际工程中，钢构件粘贴钢板加固时，胶层厚度一般控制为1~2mm；混凝土构件粘贴钢板加固时，胶层厚度一般控制为1~3mm。

### 6.5.4 粘贴钢板用结构胶的性能应符合下列规定：

1 室温固化型粘钢用结构胶的基本性能应符合表6.5.4-1、表6.5.4-2的规定。

2 混凝土构件粘钢加固时，低温固化型粘钢用结构胶的黏结能力应符合本规范表5.3.1-2的规定，其他基本性能指标应符合表6.5.4-1的规定。

3 混凝土构件粘钢加固时，湿面施工、水下固化型粘钢用结构胶的黏结能力应符合本规范表5.3.1-3的规定，其他基本性能指标应符合表6.5.4-1的规定。

4 混凝土构件粘钢加固时，粘钢用结构胶的长期使用性能应符合本规范表5.3.1-4的规定；钢构件粘钢加固时，粘钢用结构胶的耐久性能应符合表6.5.4-3的规定。

5 粘钢用结构胶的耐介质侵蚀性能应符合本规范表5.3.1-5的规定。

6 粘钢用结构胶的工艺性能应符合表6.5.4-4的规定。

表6.5.4-1 以混凝土为基材，室温固化型粘钢用结构胶的基本性能指标

项目	检验条件	指标
胶体性能	浇注完毕养护7d，到期立即在(23±2)℃、(50±5)%RH条件下，以2mm/min加载速度进行测试	≥30
		≥3.2×10 <sup>3</sup>
		≥1.2
		≥45，且不得呈碎裂状破坏
		≥65

续表 6.5.4-1

项目		检验条件	指标
黏结能力	钢对钢拉伸 抗剪强度 (MPa)	标准值 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH	≥15
		平均值 (60 ± 2)℃、10min	≥17
		(-45 ± 2)℃、30min	≥17
	钢对钢对接黏结抗拉强度 (MPa)	浇注完毕养护 7d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下, 按所执行试验方法标准规定的加载速度测试	≥33
	钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		≤25
	钢对 C45 混凝土正拉黏结强度 (MPa)		≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
热变形温度 (℃)		室温养护 1d, 40℃ 固化、养护 48h, 到期使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法测定	≥65
不挥发物含量 (%)		(105 ± 2)℃、(180 ± 5) min	≥99

注: 表中各项性能指标除标有标准值外, 其余均为平均值。

表 6.5.4-2 以钢为基材, 室温固化型粘钢用结构胶的基本性能指标

项目		检验条件	指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	浇注完毕养护 7d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下, 以 2mm/min 加荷速度进行测试	≥45
	受拉弹性模量 (MPa)		≥4.0 × 10 <sup>3</sup>
	伸长率 (%)		≥1.8
	抗弯强度 (MPa)		≥50, 且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)		≥65
黏结能力	钢对钢拉伸 抗剪强度 (MPa)	标准值 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH	≥18
		平均值 (-45 ± 2)℃、30min	≥20
	钢对钢对接黏结抗拉强度 (MPa)	浇注完毕养护 7d, 到期立即在 (23 ± 2)℃、(50 ± 5)% RH 条件下, 按所执行试验方法标准规定的加载速度测试	≥40
	钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		≤10
	钢对钢不均匀扯离强度 (kN/m)		≥30
热变形温度 (℃)		室温养护 1d, 40℃ 固化、养护 48h, 到期使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法测定	≥65

注: 表中各项性能指标除标有标准值外, 其余均为平均值。

表 6.5.4-3 以钢为基材, 结构胶耐久性能指标

项目		检验条件	指标
耐环境作用	耐湿热老化能力	在 50℃、95% RH 环境中老化 90d 后, 冷却至室温进行钢对钢拉伸剪切试验	与室温下短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率不大于 12%
	耐热老化能力	在 (80 ± 2)℃ 温度环境中老化 30d 后, 以同温度进行钢对钢拉伸抗剪试验	与同温度 10min 短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率 ≤ 5%
	耐冻融能力	在 -25℃ → 35℃ 冻融循环温度下, 每次循环 8h, 经 50 次循环后, 在室温下进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下与短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率不大于 5%

续表 6.5.4-3

项目		检验条件	指标
耐应力作用	耐长期剪应力作用能力	在 $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 环境中承受 5.0 MPa 剪应力持续作用 210d	钢对钢拉伸抗剪试件不破坏, 且蠕变的变形值小于 0.4mm
	耐疲劳作用能力	在室温下, 以频率为 5Hz、应力比为 5:1、最大应力为 5.0 MPa 的疲劳荷载下进行钢对钢拉伸抗剪试验	经 $5 \times 10^6$ 次等幅正弦波疲劳荷载作用后, 试件不破坏

表 6.5.4-4 粘钢用结构胶工艺性能指标

胶粘剂类别	混合后初始黏度 (mPa · s)	在各季节试验温度下测定的适用期 (min)		
		春秋用 (23°C)	夏季用 (30°C)	秋季用 (10°C)
压注型粘钢用胶粘剂	$\leq 1000$	$\geq 40$	$\geq 30$	$40 \sim 210$

注: 表中的指标, 除已注明外, 均是在  $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  试验温度条件下测定。

**6.5.5** 粘贴钢板用胶粘剂应有产品合格证书、使用说明书、检测报告或认证报告, 必要时应根据工程需要对所用胶粘剂的有关性能指标进行抽样复验。

**6.5.6** 构件粘贴钢板加固后, 其表观应符合下列规定:

- 1 钢板各边缘胶体应饱满, 无空洞。
- 2 钢板应平直、顺贴, 无凹陷、划痕、焊疤, 边缘应无毛刺。
- 3 钢板、锚固螺栓的防护应无破损。

## 6.6 钢板现场涂装

**6.6.1** 钢板现场涂装应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定。

**6.6.2** 钢板现场涂装前应对运输和安装过程中损伤的涂层进行修复处理。

**6.6.3** 钢板现场涂装应对加固钢板、锚栓或螺栓的外露部分一并实施, 涂装颜色宜与原结构保持一致。

## 7 粘贴纤维复合材料加固

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 本章适用于钢筋混凝土和预应力混凝土构件、钢及钢混组合结构构件粘贴纤维复合材料加固施工。

**7.1.2** 加固用纤维复合材料、胶粘剂等应经检验并满足设计及国家和行业现行有关标准要求后使用。

**7.1.3** 粘贴纤维复合材料应在环境温度为5~35℃的干燥条件下进行，所用胶粘剂应满足环境温度、湿度的要求。

**7.1.4** 结构胶粘剂固化期间应采取封闭交通、交通管制、增设临时支撑等有效措施减少构件的扰动。

**7.1.5** 纤维复合板材下料、粘贴作业时应避免弯折。

**7.1.6** 构件粘贴纤维复合材料加固，宜按下列工序施工：

- 1 结合面处理；
- 2 涂刷底胶；
- 3 粘贴纤维复合材料；
- 4 表面防护处理。

### 7.2 结合面处理

**7.2.1** 结合面处理前，应在原构件表面放样，标记纤维复合材料粘贴位置及结合面处理范围，结合面处理范围应超出粘贴纤维复合材料边缘不小于20mm。

**7.2.2** 混凝土构件结合面处理应符合下列规定：

- 1 结合面处理前，应清除混凝土表面剥落、松散、腐蚀等劣化部分及附着物。
- 2 结合面打磨处理时，应清除混凝土碳化层直至完全露出新鲜的混凝土。

3 打磨后, 可利用压缩空气、高压水清除混凝土结合面的粉尘, 并应采用工业酒精擦拭干净。

4 混凝土结合面凹凸不平时, 应进行整平处理, 处理后的平整度偏差每延米不应超过 5mm。

5 粘贴处阳角应打磨成圆弧状, 阴角以环氧砂浆、聚合物砂浆等修补材料填补成圆弧倒角, 圆弧半径不应小于 25mm。

6 原结构在粘贴纤维复合材料的位置存在渗水时, 应进行防水处理, 对湿度较大的混凝土结合面应进行干燥处理, 直至满足胶粘剂的使用要求。

7 混凝土结合面局部破损时, 应按本规范第 5.2 节的有关规定修补后, 再进行打磨、整平。

8 处理后的混凝土结合面应粗糙、平整、洁净、干燥, 不得有粉尘、浮渣、油污等杂物。

### 7.2.3 钢构件结合面处理应符合下列规定:

- 1 结合面处理时, 应清除钢材表面涂层、铁锈、毛刺、污垢等, 并应露出金属光泽。
- 2 钢构件结合面变形较大时, 应进行矫正处理, 使构件与纤维复合材料紧密贴合。
- 3 钢构件结合面应进行喷砂处理或纹路打磨, 打磨纹路应与受力方向垂直, 处理后的表面粗糙度应达到  $50 \sim 100 \mu\text{m}$ 。

## 7.3 涂刷底胶

### 7.3.1 底胶、修补胶性能应符合下列规定:

- 1 底胶性能应符合表 7.3.1-1 的规定。

表 7.3.1-1 底胶性能指标

项目	检验条件	指标
钢对钢拉伸抗剪强度 (MPa)	1. 试件的黏合面应经喷砂处理; 2. 试件应先涂刷底胶, 待表干时再涂刷配套胶粘剂, 黏合后固化养护 7d, 到期立即测试;	$\geq 20$ , 且为结构胶的胶层内聚破坏
钢对混凝土正拉黏结强度 (MPa)	3. 测试条件: $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH	$\geq 2.5$ , 且为混凝土内聚破坏
钢对钢 T 形冲击剥离强度 (MPa)		$\leq 25$
耐湿热老化性能	1. 采用钢对钢拉伸抗剪试件, 涂胶要求同本表上栏; 2. 试件固化后, 置于 $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(95 \sim 98)\%$ RH 环境中老化 90d, 到期在室温下测试其抗剪强度	与对照组相比, 其强度降低率不大于 12%

注: 表中各项性能指标均为平均值。

- 2 修补胶性能应满足配套的纤维复合材料粘贴用结构胶性能指标要求。
- 3 底胶、修补胶工艺性能应符合表 7.3.1-2 的规定。

表 7.3.1-2 底胶、修补胶工艺性能指标

胶粘剂类别	混合后初始黏度 (mPa·s)	触变指数	25℃下垂流度 (mm)	在各季节试验温度下测定的适用期 (min)		
				春秋用 (23℃)	夏季用 (30℃)	秋季用 (10℃)
底胶	≤600	—	—	≥60	≥30	60 ~ 180
修补胶	—	≥3.0	≤2.0	≥50	≥35	50 ~ 180

注：表中的指标，除已注明外，均是在  $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  试验温度条件下测定。

#### 条文说明

对底胶的要求主要有 4 项：一是其钢对钢拉伸抗剪强度略高于配套的结构胶；二是其拉伸抗剪的破坏模式为结构胶的胶层内聚破坏，而非结构胶与底胶的黏附破坏，亦非底胶与钢试件间的黏附破坏；三是底胶与被黏物表面相容，不腐蚀被黏的金属件；四是底胶的耐老化性能与结构胶相当。

混凝土结构加固用的修补胶，也称找平胶，主要用于修补被黏物表面的局部小缺陷。其基本性能与配套结构胶相当，使用性能需能够适应现场施工的条件，即要求较低的固化温度和固化压力，且对胶接表面无苛求。

**7.3.2** 底胶、修补胶应有产品合格证书、使用说明书、检测报告或认证报告，必要时应根据工程需要对所用胶粘剂的有关性能指标进行抽样复验。

#### 7.3.3 底胶、修补胶涂刷施工应符合下列规定：

1 底胶、修补胶应按产品说明书配制，并应在规定时限内及时使用。配制时，应精确计量、充分搅拌、排出气泡。

2 在混凝土表面粘贴纤维复合材料时，涂刷底胶前应采用修补胶对蜂窝、麻面、凹坑等表观缺陷进行修补。

3 底胶宜采用一次性软毛刷或特制滚筒均匀涂刷于基材表面，不得漏刷，涂刷后胶体不应流淌或出现气泡。

4 底胶固化后应检查涂胶面，涂胶面上的毛刺应采用砂纸打磨平整，胶层磨损位置应重新涂刷。

#### 7.3.4 底胶固化后应在 4d 内及时进行下一道工序。

#### 条文说明

底胶涂刷完成并指触干燥后，需尽快粘贴纤维材料，以保证粘贴效果。底胶长时间暴露，一是灰尘会黏附在胶体表面，二是胶体长时间受阳光照射会使其表面老化，黏附能力降低，影响粘贴效果。

## 7.4 粘贴纤维复合材料

### 7.4.1 加固用纤维复合材料的纤维含量应符合下列规定：

- 1 单层碳纤维布单位面积质量不宜小于  $150\text{g}/\text{m}^2$ ，且不宜大于  $450\text{g}/\text{m}^2$ 。
- 2 单层玻璃纤维布单位面积质量不宜小于  $300\text{g}/\text{m}^2$ ，且不宜大于  $900\text{g}/\text{m}^2$ 。
- 3 单层芳纶纤维布单位面积质量不宜小于  $250\text{g}/\text{m}^2$ ，且不宜大于  $650\text{g}/\text{m}^2$ 。
- 4 单层玄武岩纤维布单位面积质量不宜低于  $300\text{g}/\text{m}^2$ ，且不宜大于  $900\text{g}/\text{m}^2$ 。
- 5 单向复合板、复合筋的纤维体积含量不宜小于 60%。

### 7.4.2 加固用单向纤维复合板材应使用一次成型板，不得使用压合板，纤维板应为整丝连续成型，不得使用长短丝混制。

### 7.4.3 粘贴纤维复合材料用结构胶的性能应符合下列规定：

- 1 室温固化型粘贴纤维复合材料用结构胶的基本性能应符合表 7.4.3-1、表 7.4.3-2 的规定。
- 2 混凝土构件粘贴纤维复合材料加固时，低温固化型结构胶的黏结能力应符合本规范表 5.3.1-2 的规定，其他基本性能指标应符合表 7.4.3-1 的规定。
- 3 混凝土构件粘贴纤维复合材料加固时，湿面施工、水下固化型结构胶的黏结能力应符合本规范表 5.3.1-3 的规定，其他基本性能指标应符合表 7.4.3-1 的规定。
- 4 混凝土构件粘贴纤维复合材料加固时，结构胶的长期使用性能应符合本规范表 5.3.1-4 的规定；钢构件粘贴纤维复合材料加固时，结构胶的耐久性能应符合本规范表 6.5.4-3 的规定。
- 5 粘贴纤维复合材料用结构胶的耐介质侵蚀性能应符合本规范表 5.3.1-5 的规定。
- 6 粘贴纤维复合材料用结构胶的工艺性能应符合表 7.4.3-3 的规定。

表 7.4.3-1 以混凝土为基材，室温固化型粘贴纤维复合材料用结构胶的基本性能指标

项目		检验条件		指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下，以 $2\text{mm}/\text{min}$ 加荷速度进行测试		$\geq 38$
	受拉弹性模量 (MPa)			$\geq 2.4 \times 10^3$
	伸长率 (%)			$\geq 1.5$
	抗弯强度 (MPa)			$\geq 50$ ，且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)			$\geq 70$
黏结能力	钢对钢拉伸 抗剪强度 (MPa)	标准值	$(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH	$\geq 14$
		平均值	$(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $10\text{min}$	$\geq 16$
			$(-45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $30\text{min}$	$\geq 16$

续表 7.4.3-1

项目		检验条件	指标
黏结能力	钢对钢黏结抗拉强度 (MPa)	在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下, 按所执行试验方法标准规定的加载速度测试	$\geq 40$
	钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)		$\leq 20$
	钢对 C45 混凝土正拉黏结强度 (MPa)		$\geq 2.5$ , 且为混凝土内聚破坏
热变形温度 ( $^\circ\text{C}$ )		使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法测定	$\geq 65$
不挥发物含量 (%)		$(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(180 \pm 5)$ min	$\geq 99$

注: 表中各项性能指标除标有标准值外, 其余均为平均值。

表 7.4.3-2 以钢为基材, 室温固化型粘贴纤维复合材料用结构胶的基本性能指标

项目		检验条件	指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	浇注完毕养护 7d, 到期立即在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下测试	$\geq 50$
	受拉弹性模量 (MPa)		$\geq 3.3 \times 10^3$
	伸长率 (%)		$\geq 1.7$
	抗弯强度 (MPa)		$\geq 50$ , 且不得呈碎裂状破坏
	抗压强度 (MPa)		$\geq 65$
黏结能力	钢对钢拉伸抗剪强度 (MPa)	试件黏合完毕养护 7d, 到期立即在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下测试	$\geq 17$
	平均值		$\geq 19$
	钢对钢对接接头抗拉强度 (MPa)	$(-45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、30min	$\geq 45$
	钢对钢 T 冲击剥离长度 (mm)	试件黏合完毕养护 7d, 到期立即在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)\%$ RH 条件下测试	$\leq 10$
	钢对钢不均匀扯离强度 (kN/m)		$\geq 30$
	热变形温度 ( $^\circ\text{C}$ )	使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法测定	$\geq 65$

注: 表中各项性能指标除标有标准值外, 其余均为平均值。

表 7.4.3-3 粘贴纤维复合材料用结构胶工艺性能指标

胶粘剂类别	触变指数	25℃下垂流度 (mm)	在各季节试验温度下测定的适用期 (min)		
			春秋用 ( $23^\circ\text{C}$ )	夏季用 ( $30^\circ\text{C}$ )	秋季用 ( $10^\circ\text{C}$ )
纤维复合 材料结构胶	布材	$\geq 3.0$	—	$\geq 90$	$\geq 60$
	板材	$\geq 4.0$	$\leq 2.0$	$\geq 50$	$\geq 40$

注: 1. 表中的指标, 除已注明外, 均是在  $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  试验温度条件下测定。

2. 粘贴碳纤维板的胶粘剂, 涂抹厚度小于 3mm 时, 其垂流度应小于 1mm。

**7.4.4 纤维复合材料、粘贴纤维复合材料用胶粘剂应有产品合格证书、使用说明书、检测报告或认证报告, 必要时应根据工程需要对其有关性能指标进行抽样复验。**

**7.4.5 粘贴纤维布施工应符合下列规定:**

1 粘贴纤维布施工前, 应按设计要求在基材表面进行放样, 标记纤维布的粘贴位

置, 纤维布的中心偏差不应大于10mm。

2 纤维布应按设计尺寸进行裁剪, 纤维布沿纤维受力方向的搭接长度不应小于150mm, 搭接位置应避开主要受力区。各条、各层搭接位置应交错布置, 错开距离不应小于250mm。

3 纤维布宜呈卷状妥善摆放并编号, 已裁剪的纤维布应及时使用。

4 粘贴纤维布前应拭擦基材表面至清洁状态。

5 胶粘剂应按产品说明书进行配制, 并在规定时限内采用一次性软毛刷或特制滚筒在均匀涂刷于基材表面, 涂刷后胶体应不流淌、无流挂。

6 粘贴纤维布时, 宜采用滚筒将纤维布从一端向另一端滚压, 使胶体渗透到纤维布内并充分浸润, 胶体与纤维布之间应无气泡。立面粘贴纤维布时, 应按由上到下的顺序进行。所选用的滚筒在滚压过程中应不产生静电作用。

7 粘贴多条或多层纤维布时, 在前一层纤维布表面干燥后, 应立即涂刷胶粘剂粘贴后一层纤维布, 最后一层纤维布粘贴完成后, 应在其表面再均匀涂刷一层胶粘剂。

#### 7.4.6 粘贴纤维板施工应符合下列规定:

1 粘贴纤维板施工前, 应按设计要求在基材表面进行放样, 标记纤维板的粘贴位置, 纤维板的中心偏差不应大于10mm。

2 纤维板应按设计要求的尺寸进行切割, 尺寸偏差不应大于2mm, 不得搭接。

3 粘贴纤维板前应拭擦基材和纤维板表面至清洁状态。

4 胶粘剂应按产品说明书进行配制, 并应在规定时限内涂抹于纤维板粘贴面, 胶层应呈突起状, 其厚度不宜小于2mm。

5 纤维板应涂胶后轻压粘贴于基材表面, 并应采用橡胶滚筒沿纤维方向均匀平稳压实。

#### 7.4.7 构件粘贴纤维复合材料加固后, 其表观应符合下列规定:

1 板材各边缘胶体应饱满无空洞。

2 片材应无起泡, 表面浸渍胶应无漏涂、流挂、起皮。

3 空鼓率不应大于5%, 且单个面积应小于1000mm<sup>2</sup>。

### 7.5 表面防护处理

7.5.1 纤维复合材料粘贴完成后, 应按设计要求对其进行表面防护, 设计未规定时, 可采用聚合物改性砂浆或配套的专用防腐砂浆进行表面防护。

7.5.2 防护材料应与纤维复合材料及粘贴用胶粘剂具有较好的相容性, 并应与纤维复合材料黏结牢固。

## 8 增设体外预应力加固

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本章适用于配筋混凝土构件、钢混组合结构构件增设体外预应力加固施工。

**8.1.2** 加固用预应力钢筋（束）、预应力碳纤维板及配套锚具、结构胶粘剂等应经检验并满足设计及有关国家、行业标准要求后使用。

**8.1.3** 预应力碳纤维板、钢构件粘贴施工应在环境温度为5~35℃的干燥条件下进行，所用胶粘剂应满足环境温度、湿度的要求。

**8.1.4** 施工过程中，应防止体外预应力钢筋（束）和预应力碳纤维板污染或损伤，并应避免预应力碳纤维板发生过大弯折。

**8.1.5** 混凝土浇筑与养护、结构胶粘剂固化及体外预应力张拉期间应采取封闭交通、交通管制、增设临时支撑等有效措施减少构件的扰动。

**8.1.6** 体外预应力张拉期间应采取必要的安全防护措施，保障施工安全。

**8.1.7** 体外预应力加固，宜按下列工序施工：

- 1 锚固、转向及定位装置施工；
- 2 体外预应力材料安装与张拉；
- 3 减振装置制作与安装；
- 4 防腐及防护处理。

### 8.2 锚固、转向及定位装置施工

**8.2.1** 混凝土锚固装置施工应符合下列规定：

1 混凝土锚固装置施工前应按设计文件进行放样，其断面尺寸和空间位置偏差应符合表8.2.1的规定。

表 8.2.1 混凝土锚固装置技术要求

编号	项目	技术要求
1	混凝土抗压强度 (MPa)	满足设计要求
2	断面尺寸 (mm)	+10, -5
3	空间位置 (mm)	±20
4	预埋管道位置 (mm)	≤5
5	预埋管道转角 (°)	±2

2 混凝土结合面处理、植筋、钢筋制作与安装、支架与模板安装、混凝土浇筑与养护、支架与模板拆除等应符合本规范第5章及现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定。

3 混凝土锚固装置内的预应力管道与锚具组件应定位准确,连接平顺、严密,其位置和转角偏差应符合表8.2.1的规定。

4 刚性预应力管道自由端应按设计要求进行扩口呈喇叭状,并对管口内边缘进行圆化处理。设计无要求时,可从距自由端管口50mm处将管道内径逐渐扩大。

**8.2.2 钢结构锚固装置制作与安装除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)及本规范第6章的有关规定外,尚应符合下列规定:**

1 钢结构锚固装置安装前应按设计文件进行放样,其中心位置偏差应符合表8.2.2的规定。

2 钢结构锚固装置宜在工厂加工制作,其外形尺寸偏差应符合表8.2.2的规定。

3 基材为混凝土时,结合面处理、锚栓种植或安装、锚固装置锚板粘贴应符合本规范第6章的有关规定。锚板上的锚孔与混凝土基材上的钻孔中心偏差应符合表8.2.2的规定。

4 基材为钢材时,钢结构锚固装置与原构件连接的焊缝等级应符合设计要求,采取栓接连接时,螺栓紧固力应符合设计要求。

5 钢结构锚固装置的工厂加工制作焊缝及现场连接焊缝均应进行质量检验,检验合格后方可安装或张拉体外预应力。

6 混凝土构件安装钢结构锚固装置时,锚栓宜在锚固装置就位并临时固定后种植或安装,锚栓宜与锚板一侧的锚孔孔壁密贴,锚栓与锚孔孔壁之间的间隙应压入结构胶粘剂填充密实,待胶体固化后方可进行锚栓紧固。

7 钢结构锚固装置内的预应力管道与锚具组件定位及刚性预应力管道自由端扩口、圆化处理应符合本规范第8.2.1条的有关规定。

表 8.2.2 钢结构锚固装置技术要求

编号	项目	技术要求
1	外形尺寸允许偏差 (mm)	±2
2	对角线长度 (mm)	+10, 0
3	中心位置允许偏差 (mm)	±10
4	锚固装置与基材孔位相对允许偏差 (mm)	±1

**8.2.3** 预应力碳纤维板用锚固装置制作与安装除应满足本规范第 8.2.2 条规定外, 尚应符合下列规定:

- 1 张拉端、固定端锚固装置中心线应相互平行。
- 2 张拉端、固定端锚固装置中心线横向错位距离应不大于 2mm。

3 锚固装置与钢构件通过螺栓连接时, 连接施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 及本规范第 6 章的有关规定。

**8.2.4** 转向装置、定位装置施工除应符合本规范第 8.2.1、8.2.2 条规定外, 尚应符合下列规定:

- 1 转向装置、定位装置位置偏差应符合表 8.2.4 的规定。
- 2 转向装置、定位装置长度偏差应符合表 8.2.4 的规定。
- 3 转向装置弯曲半径允许偏差应符合表 8.2.4 的规定。
- 4 转向装置、定位装置管口内缘与体外预应力钢筋 (束) 张紧后外缘的距离应不小于 10mm。
- 5 受弯构件加固时, 定位装置中间部位靠近原构件一侧的管道内缘应与体外预应力钢筋 (束) 保持密贴。
- 6 转向装置、定位装置为刚性预应力管道时, 其管口应按设计要求进行扩口及圆化处理。设计无要求时, 管口的扩口及圆化处理应符合本规范第 8.2.1 条的有关规定。
- 7 转向装置、定位装置初步安装就位后, 宜采用钢丝或尼龙绳等进行模拟张拉, 经检查合格后再进行焊接或绑扎固定。

表 8.2.4 转向装置、定位装置允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	转向装置、定位装置位置允许偏差 (mm)	±5
2	转向装置、定位装置长度允许偏差 (mm)	±10
3	转向装置弯曲半径允许偏差 (mm)	0, -30

**8.2.5** 钢结构锚固装置、转向装置、定位装置和减振装置施工后, 应符合下列规定:

- 1 钢结构锚固装置、转向装置、定位装置和减振装置应安装牢固、无松动。

- 2 锚固装置、转向装置、定位装置和减振装置的钢构件轮廓线应顺直，无明显折变。
- 3 焊缝应无裂纹、气孔、焊瘤、夹渣、电弧擦伤、未焊透、未填满弧坑，构件表面应无焊渣和飞溅物。
- 4 钢构件防腐涂层应完整光洁，均匀一致，无破损、气泡、裂纹等缺陷。

### 8.3 体外预应力安装与张拉

#### 8.3.1 体外预应力材料下料应符合下列规定：

- 1 预应力筋（束）下料应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。
- 2 预应力碳纤维板应采用冷切割方式截断下料，下料长度计算应考虑锚（夹）具尺寸、张拉伸长值、外露长度、张拉工作长度等因素。

#### 8.3.2 体外预应力钢筋（束）安装应符合下列规定：

- 1 体外预应力钢筋（束）在展布、牵拉、穿束过程中应避免对其表面防腐或防护材料造成损伤，不得在地面或混凝土表面进行拖拉。
- 2 体外预应力钢筋（束）穿入锚具前，应将夹具内及外露部分的护套剥离，剥离长度应通过计算确定，计算时应考虑夹具厚度、张拉伸长量等因素，剥离时应避免对预应力钢筋表面防腐涂层造成损伤。
- 3 安装散束式钢绞线时，应对钢绞线进行编号，钢绞线与锚固、转向、定位装置中的孔位应相互对应。安装完成后，各股钢绞线应相互平行，不得发生扭绞。

#### 8.3.3 预应力碳纤维板安装应符合下列规定：

- 1 预应力碳纤维板与锚具宜预先完成组装与夹持，并应根据锚具类型采用其配套连接件将锚具与锚固装置或临时张拉台座连接。
- 2 预应力碳纤维板应按本规范第7章的有关规定粘贴于原构件表面。
- 3 预应力碳纤维板粘贴后，应及时按本规范第6章的有关规定种植锚栓并安装钢压条予以固定，钢压条与预应力碳纤维板应保持密贴但不得压紧。

#### 8.3.4 预应力张拉设备和仪器应进行检验和标定，其额定张拉力宜为设计张拉力的1.5倍，且不得小于1.2倍。必要时应配备专用压力传感器，确保张拉精度。

#### 8.3.5 锚固装置、转向装置的混凝土强度达到90%且龄期不小于7d或用于粘钢、锚固的结构胶粘剂固化完成后方可进行体外预应力张拉。

#### 8.3.6 体外预应力钢筋（束）张拉除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 体外预应力钢筋(束)的张拉程序应符合设计规定;当设计未规定时,可按表8.3.6的规定执行,并应采用分批、分阶段的方式对称、同步张拉;逐根或逐束张拉时,应考虑原构件变形引起的预应力损失。

表8.3.6 体外预应力钢筋(束)张拉程序

锚具及体外预应力筋类别		张拉程序
夹片式等具有自锚性能的锚具	钢绞线束、钢丝束	低松弛预应力筋: $0 \rightarrow 0.5\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 0.8\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow \sigma_{con}$ (持荷5min锚固)
其他锚具	钢绞线束	$0 \rightarrow 0.5\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 0.8\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
	钢丝束	$0 \rightarrow 0.5\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 0.8\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
螺母锚固锚具	螺纹钢筋	$0 \rightarrow 0.5\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 0.8\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷5min) $\rightarrow 0.9\sigma_{con} \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)

注:表中 $\sigma_{con}$ 为体外预应力张拉控制应力,包括体外预应力损失值。

2 成品索和采用集束式转向器的曲线形无黏结钢绞线束应整束张拉锚固,直线形和采用散束式转向器的曲线形无黏结钢绞线束可逐根张拉锚固。

3 整束张拉锚固时,宜采用悬浮张拉工艺;逐根张拉锚固时,应采用循环张拉工艺。

### 8.3.7 预应力碳纤维板张拉应符合下列规定:

- 1 预应力碳纤维板应在粘贴用结构胶粘剂固化前完成张拉与锚固。
- 2 预应力碳纤维板应进行初张拉,初应力宜为设计张拉控制应力的15%~30%。
- 3 初张拉完成后,应检查两侧端部压条间的粘贴结合面是否脱开及是否有胶粘剂挤压溢出。如发生结合面脱开,应进一步紧固钢压条使碳纤维板与原构件密贴;如局部未出现胶粘剂挤压溢出现象,应放张并补充胶粘剂。
- 4 初张拉完成且检查合格后,应放张、刻录伸长值测量起始线并开始正式张拉。
- 5 预应力碳纤维板的正式张拉程序应符合设计规定;设计未规定时,可按 $0 \rightarrow 0.5\sigma_{con}$  (持荷5min)  $\rightarrow 0.8\sigma_{con}$  (持荷5min)  $\rightarrow \sigma_{con}$  (持荷5min锚固)程序进行张拉。
- 6 采用应力控制法张拉时,应以预应力碳纤维板伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计规定;设计未规定时,其偏差应控制在±6%以内。
- 7 预应力碳纤维板张拉过程中,千斤顶行程速度应不大于20mm/min。
- 8 预应力碳纤维板正式张拉完成后,应根据锚具类型采用配套锚固件进行纵向锁死锚固或垂直加压锚固,并应拆除临时张拉台座等施工辅助设施。
- 9 预应力碳纤维板张拉、锚固完成后,应对压条进行紧固,并应对溢出的胶粘剂进行修整。碳纤维板边缘处的胶粘剂应饱满、胶面与原构件表面宜呈30°~60°夹角。

### 8.3.8 体外预应力张拉时,严禁与同一桥联内的其他结构性加固措施进行同步作业。

**8.3.9** 在体外预应力张拉过程中宜进行施工监控, 监控宜包括下列内容:

- 1 原结构控制截面的变形、应力(应变)。
- 2 体外预应力钢筋(束)或预应力碳纤维板的张拉控制应力与伸长量。
- 3 锚固装置、转向装置的变形、应力(应变)。
- 4 新、旧构件结合面表观状况。
- 5 原构件、新增构件是否开裂及既有裂缝发展变化情况等。

**8.3.10** 体外预应力张拉过程中, 结构变形异常、出现新增裂缝或既有裂缝发展较快时, 应立即停止张拉并查明原因, 确认结构安全后方可继续进行张拉作业。

## 8.4 减振装置制作与安装

**8.4.1** 体外预应力钢筋(束)减振装置宜在工厂加工制作, 其外形尺寸偏差应不大于2mm, 并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**8.4.2** 体外预应力钢筋(束)减振装置安装前应按设计文件放样, 其中心位置偏差应不大于50mm。

**8.4.3** 体外预应力钢筋(束)减振装置应在固定螺杆种植完成后方可安装就位, 固定螺杆种植应符合本规范第6章的有关规定。

**8.4.4** 体外预应力钢筋(束)减振装置安装时, 应调节索夹位置使其与张拉后的体外预应力钢筋(束)对应, 并应在索夹内垫入减振材料后进行索夹固定与紧固, 索夹紧固后体外预应力钢筋(束)的线形不应发生改变。

## 8.5 防腐与防护处理

**8.5.1** 体外预应力钢筋(束)张拉端、锚固端应按设计规定进行防腐处理, 并应符合下列规定:

- 1 体外预应力锚固后应采用金属清洁剂对锚头进行清洗。
- 2 安装锚头防护用密封罩时, 密封罩与锚垫板或承压板间应封堵严密, 密封罩内应满注专用防腐油脂。
- 3 锚固装置中的预应力管道自由端管口与体外预应力钢筋(束)的间隙应密封, 并应在预应力管道内注入专用防腐油脂。
- 4 张拉端、锚固端防腐处理完成后, 密封罩及各密封处表面应清洁、无油脂渗出。

**8.5.2** 体外预应力加固用锚固装置、转向装置、定位装置、减振装置中的钢构件，应按设计要求进行防腐处理，并应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722) 的有关要求。

**8.5.3** 预应力碳纤维板应按设计要求进行表面防护处理，防护材料应与粘贴用结构胶粘剂适配，并与纤维复合材料黏结牢固、可靠。

交通运输部信用评价办法

## 9 梁桥上部结构加固

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本章适用于梁桥上部结构的构件补强加固、横向整体性加固、改变结构体系加固、承重构件拆除与更换、顶升与纠偏复位等加固施工。

**9.1.2** 新增构件或新更换的构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**9.1.3** 承重构件拆除与更换、顶升与纠偏复位、张拉预应力、钢结构连接构造加固或结构体系转换施工过程中，应对上部承重构件控制截面的应力(应变)、变形和位移变化情况进行施工监控。

### 9.2 主梁加固与更换

**9.2.1** 通过改造或增设桥面混凝土结构层对混凝土桥面板进行增大截面加固时，施工应符合下列规定：

1 拆除桥面前、后，应分别测量桥面和梁顶高程，对桥面各结构层厚度进行校核，当桥面结构层厚度与设计不符时，应经设计同意后调整桥面厚度或桥面高程。

2 桥面宜分块切割后采用人工或小型机具进行凿除，采用机械铣刨方式拆除时应严格控制铣刨厚度，不得对桥面板造成损伤。

3 局部拆除桥面时，应按设计规定在各结构层预留搭接宽度形成台阶状、保留原结构层内钢筋或留够新、旧钢筋搭接长度。设计未规定时，搭接宽度不应小于500mm，新、旧钢筋搭接长度应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定。

4 桥面板顶面应按本规范第4章的有关规定进行凿毛，在新桥面混凝土结构层浇筑前应采用清水冲洗干净并充分湿润，并设置混凝土结构层标高控制线。

5 桥面板存在破损时，应凿除破损部分混凝土，按等强原则恢复损伤的桥面板钢筋，与桥面混凝土结构层一并浇筑。

6 植筋施工应符合本规范第5章的有关规定，新增桥面板钢筋制作与安装、混凝土浇筑与养护、防水层及沥青混凝土铺装施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》

(JTG/T 3650) 的有关规定。

**9.2.2** 钢混组合梁混凝土桥面板局部拆除改造施工时, 除应符合本规范第 9.2.1 条的有关规定外, 尚应符合下列规定:

1 沥青混凝土拆除范围应按设计规定在桥面板拆除范围基础上外延。设计未规定时, 外延不宜小于 500mm。

2 混凝土桥面板宜采用人工或小型机具进行拆除, 不得对钢梁造成损伤, 并应对拆除过程中损伤的剪力键就近予以恢复。

3 混凝土桥面板局部拆除时, 应按设计规定保留原桥面板内钢筋或留够新、旧钢筋搭接长度。设计未规定时, 新、旧钢筋搭接长度应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

4 混凝土桥面板拆除后, 应对新增剪力键位置进行放样, 剪力键的中心位置偏差不应大于 10mm。

5 剪力键焊接前, 应将钢梁顶面焊接位置处打磨至露出金属光泽, 并应清理干净。

6 剪力键焊接完成后, 宜采用喷砂、抛丸等方式对钢桥面板顶面进行清理和除锈, 并按设计规定进行防腐涂装。

7 桥面板混凝土浇筑前, 应测量梁顶高程, 并设置标高控制线。标高控制线位置应根据混凝土桥面板设计厚度、梁顶高程、加固引起的主梁变形综合确定。

8 剪力键焊接、钢筋制作与安装、混凝土浇筑与养护、防水层及沥青混凝土铺装施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定。

**9.2.3** 梁式桥上部结构主梁拆除更换时, 拆除施工应符合下列规定:

1 主梁拆除前, 应拆除相应部位的护栏、伸缩缝等附属构造。

2 主梁拆除应按设计拆除程序进行。

3 主梁宜采用切割、拆解、吊离的方式进行拆除, 不得采用大型机械设备进行原位破拆。

4 装配式混凝土梁桥、纵横梁体系的钢梁桥或钢混组合梁桥, 宜采用切割方式解除主梁间的横向联系, 再将各片主梁整体吊离。单片主梁起吊重量较大时, 可根据吊装设备的起吊能力在可靠支撑条件下将主梁切割分段后再行吊离。

5 整体式截面的混凝土梁桥、钢梁桥、钢混组合梁桥, 宜根据吊装设备的起吊能力在可靠支撑条件下将主梁进行纵、横向切割分块, 逐块吊离。

6 衔梁桥杆件拆除时, 宜先采用临时杆件代替待更换杆件受力后再行拆解及吊离。混凝土桁架梁的待更换杆件可采用切割方式拆解, 钢桁梁的待更换杆件可通过解除螺栓、焊缝等节点连接构造进行拆解。

7 衔梁桥节段拆除时, 可在可靠支撑条件下解除连接构造后将节段整体吊离, 亦可通过切割方式将节段拆解为单根杆件后逐根吊离。

8 混凝土构件宜采用盘锯或链条锯进行切割，钢构件宜采用专用设备进行冷切割，切割位置应符合设计规定。

9 拆除构件吊离时，吊点位置应符合设计规定；设计未规定时，吊点位置应根据计算确定。吊点处应设置吊孔或吊环，避免起吊过程中吊绳滑脱。

10 对拆除的构件进行破碎或拆解时，应采取必要的安全防护和环境保护措施。

11 主梁部分拆除时，剩余相邻构件钢筋搭接范围的混凝土宜采用人工或小型机具进行凿除。混凝土强度等级大于 C40 时，可采用高压水射流设备进行凿除。混凝土凿除过程中，不得损伤搭接钢筋。

12 拆除 T 形梁、I 形梁等自身稳定性较差的主梁构件时，应对待切割的主梁进行临时支护，避免切割后主梁发生倾覆。

13 切割预应力钢筋时，应采取可靠防护措施避免对施工人员造成伤害。

14 起吊设备在桥面上施工作业时，应对所在桥联进行结构验算。

15 主梁拆除时的临时支撑可采用支架、临时墩或临时塔架及扣索等，施工前应对临时支撑结构进行验算。

#### 条文说明

对强度较高的混凝土采用高压水射流设备进行切割、拆除时，能够较好地保留原结构钢筋，避免损伤原结构钢筋，便于新、旧钢筋的搭接和绑扎。尤其是翼缘板等尺寸较小部位，种植钢筋将导致钢筋作用点位置靠近构件形心，不利于发挥钢筋作用。

旧桥运营多年后，已非原设计状态。吊车为重量较大的临时荷载，借用旧桥吊离时，需要根据吊车停放位置，对旧桥进行验算。不满足起吊需求时，需调整起吊方案或对旧桥进行临时加固。

**9.2.4** 梁式桥上部结构主梁拆除更换时，新更换的上部结构及相应部位的桥面系施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 新梁预制或加工制作前，应调查确定预制场地和运输路线，保证新梁能够安全、顺利运输至现场。

2 新、旧主梁连接前，应对既有混凝土构件结合面进行凿毛处理。钢构件切割部位应进行板件整形与端面打磨，并应满足焊接或栓接施工要求。

3 衔梁桥上部结构杆件宜在消除杆件内力后进行更换，内力消除方法应符合设计规定。设计未规定时，可采用临时杆件代替待更换杆件受力等方法进行卸载，临时杆件的强度、刚度应满足卸载受力需要。

#### 9.2.5 主梁混凝土局部置换应符合下列规定：

1 混凝土置换宜在完全卸载的情况下实施。无法完全卸载时，应采用跳仓法分区块、分批次进行施工，区块大小应通过计算确定。

- 2 原构件混凝土宜采用高压水射流设备进行凿除，凿除过程中应保留原结构钢筋。
- 3 新、旧混凝土结合面应按本规范第4章有关规定进行界面凿毛处理。
- 4 前一批次新浇筑混凝土的强度达到设计要求后，方可进行后一批次混凝土的置换施工；设计未规定时，混凝土的强度不应低于设计强度等级值的90%、且养护龄期不应少于7d。

#### 条文说明

混凝土置换时，为避免置换区域过大影响施工过程中的结构安全，需通过设置临时支撑并适当反顶等措施卸除原结构自重作用，使置换区域混凝土基本维持在零应力状态。

#### 9.2.6 预应力管道补压浆除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 预应力管道补压浆前，应根据原桥竣工图进行预应力钢束管道压浆缺陷探测并标记缺陷区段位置。
- 2 注浆管和排气管应分别安装在预应力管道缺陷区段的低端和高端，并应固定牢靠。
- 3 注浆管和排气管安装完成后，应检验管道气密性，确认注浆口与排气口间的管道连通且密闭良好后方可进行补压浆作业。管道未连通或连通不畅时，应重新进行预应力管道缺陷探测并加密注浆管和排气管。
- 4 补压浆完成后，应通过无损检测或微破损检测方法检验管道压浆的密实性。

#### 9.2.7 混凝土主梁牛腿内增设预应力钢筋(束)施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 钻孔作业前，应按设计规定对钻孔位置进行放样，并探测牛腿内部钢筋、钢束等分布位置。钻孔位置与牛腿钢筋、钢束冲突时，应经设计同意后调整钻孔位置。
- 2 钻孔作业时，钻机应固定牢靠，孔道中心位置偏差不应大于20mm。
- 3 通过植筋或锚栓与原结构连接的锚固装置施工应符合本规范第8章的有关规定。
- 4 新增预应力钢筋(束)应按本规范第8章规定的张拉程序进行分级张拉。

#### 9.2.8 钢结构连接构造补强加固施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 钢梁桥上部结构的构件及连接构造均需进行补强加固时，宜先进行连接构造加固，再进行构件补强加固。
- 2 连接构造加固宜在卸载状态下进行。
- 3 负荷状态下进行连接构造加固时，如连接构造拆除更换、焊接加固、既有焊缝

补强或增加螺栓等,应制定合理的施工工艺,焊接加固及既有焊缝补强时应进行焊接工艺试验,并应对连接构造及相邻杆件或构件进行强度验算。

4 连接构造拆除更换时,应采取支架、撑杆、拉索等临时支撑措施,施工前应对临时支撑结构进行验算。

**9.2.9** 高强螺栓缺失、漏拧或终拧扭矩不足时,其加固施工除应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外,尚应符合下列规定:

- 1 增补或更换高强螺栓时,应按设计规定的卸载方案和更换工序进行施工。
- 2 更换摩擦型高强螺栓时,应检查连接板和构件结合面之间的相对变形,如存在滑移现象,应及时向设计反馈。
- 3 完全卸载条件下可对螺栓一次性拆除、更换;负荷条件下更换螺栓时,螺栓数量较少的节点宜逐个更换,螺栓数量较多的节点每批次更换数量不宜超过螺栓总数量的10%。
- 4 高强螺栓预拉力不足时,应逐个检查并进行补拧,施工预拉力与设计拉力的偏差不应大于2%。
- 5 同一接头的高强螺栓连接副初拧、复拧、终拧应在24h内完成。
- 6 高强螺栓缺陷修复完成后,应按设计进行防腐涂装,并应施画防松标识。

**9.2.10** 铆钉连接缺陷修复施工应符合下列规定:

- 1 铆钉更换时的卸载方案及更换工序应符合设计规定。
- 2 对松动、钉头受损、钉头严重变形、钉头开裂等铆钉更换时,宜采用角磨机切除铆钉头,采用气割切割时应避免烧伤连接板。
- 3 当采用高强螺栓替换铆钉时,应对铆钉孔及连接板进行检查。铆钉孔内壁应光洁、无毛刺,孔壁应垂直于连接板平面;铆钉孔圆度应规整,孔径应满足高强螺栓安装施工要求;螺栓安装后,螺栓头、螺帽应与连接板紧贴。无法满足前述条件时,应进行处理。
- 4 修复完成后,应对修复区域进行全面清理,并应按设计规定进行防腐涂装。防腐涂装施工完成并检验合格后,应对新换的高强螺栓施画防松标识。

### 9.3 上部结构横向整体性加固

**9.3.1** 装配式混凝土梁桥增加或改造上部结构整体化层施工应符合本规范第9.2.1条的有关规定。

**9.3.2** 装配式混凝土箱梁、T形梁、I形梁、π形梁桥上部结构新增横向联系时,施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)有关规定外,尚应符合下列规定:

1 新增横向联系应按设计进行现场测量、放样，其中心位置偏差应符合表 9.3.2 的规定。横向联系的位置、尺寸与现场实际情况不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 新增钢结构横向联系构件应按现场放样确定的设计尺寸进行加工制作，构件加工制作宜在工厂进行。

3 新、旧构件结合面处理、植筋、锚栓种植与安装、混凝土浇筑与养护应符合本规范第 5 章、第 6 章的有关规定。

4 混凝土浇筑时，宜在桥面开设下料孔，通过溜管（槽）等设施进行浇筑。混凝土浇筑完成后，应对下料孔进行等强恢复。

表 9.3.2 新增横向联系允许偏差

编号	项目		允许偏差
1	中心位置 (mm)	混凝土构件	± 20
		钢构件	± 10
2	尺寸 (mm)		满足设计要求

#### 条文说明

通过增设钢结构横向联系构件改善箱梁、T 梁荷载横向分布时，为确保达到理想的加固效果，避免使用过程中新、旧结合部位松动、脱落，需严格保证钢结构横向联系构件的放样尺寸和安装误差，可以考虑横向分段安装就位后，再连接成整体。

#### 9.3.3 装配式混凝土板桥上部结构铰缝修复施工应符合下列规定：

1 空心板既有铰缝混凝土宜采用人工、小型机具或高压水射流设备进行凿除，凿除过程中应注意保留原铰缝预埋钢筋，不得损伤梁板。

2 植筋施工应符合本规范第 5 章的有关规定。

3 铰缝钢筋制作与安装、混凝土浇筑与养护应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

#### 9.3.4 装配式混凝土板桥通过增设纵向钢混组合加劲肋进行上部结构横向整体性加固时，新增加劲肋的施工应符合下列规定：

1 纵向加劲肋应按设计沿铰缝中心线布置，中心位置偏差不应大于 10mm。

2 纵向加劲肋钢结构宜在工厂进行加工制作，并应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）的有关规定。

3 新、旧构件结合面处理、锚栓种植与安装、加劲肋钢结构安装与粘贴应符合本规范第 6 章的有关规定。

4 纵向加劲肋钢结构安装前，应对板间竖向错台处进行整平。

5 加劲肋钢结构内部混凝土宜采用压力灌注，钢筋制作与安装、混凝土灌注与养护应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

**9.3.5** 装配式混凝土板桥通过增设剪力传递装置进行上部结构横向整体性加固时, 剪力传递装置的施工应符合下列规定:

- 1 剪力传递装置安装位置应进行现场放样, 其纵向位置偏差不应大于 20mm。
- 2 剪力传递装置制作尺寸应通过测量其安装位置处的板间间隙后放样确定, 其伸入板间间隙部分的厚度不应小于板间间隙宽度, 并应征得设计同意。
- 3 剪力传递装置加工制作应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定。
- 4 新、旧构件结合面处理、锚栓种植与安装、剪力传递装置安装与粘贴应符合本规范第 6 章的有关规定。

**9.3.6** 装配式混凝土 T 形梁桥干接缝改造为湿接缝施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 有关规定外, 尚应符合下列规定:

- 1 翼缘板局部拆除前应按设计拆除范围进行现场放样。
- 2 翼缘板拆除范围内的混凝土应采用人工、小型机具或高压水射流设备进行凿除, 并保留横向钢筋。拆除后边缘应顺直, 其位置偏差不应大于 20mm。
- 3 采用补偿收缩混凝土时, 其浇筑与养护应符合本规范第 5 章的有关规定。
- 4 接缝处桥面的拆除与恢复应符合本规范第 9.2.1 条的有关规定。

**9.3.7** 钢梁桥或钢混组合梁桥上部结构新增横向联系时, 施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 有关规定外, 尚应符合下列规定:

- 1 新增横向联系应按设计进行现场测量、放样, 其中心位置偏差不应大于 10mm。横向联系的位置、尺寸与现场实际情况不符时, 应征得设计同意后进行调整。
- 2 新增横向联系构件应按现场放样确定的设计尺寸进行加工制作, 构件加工制作宜在工厂进行。
- 3 新增横向联系构件安装时, 可在主梁上设置临时支撑结构, 临时支撑结构应与主梁连接牢靠, 其强度、刚度应满足安装施工要求。
- 4 新增横向联系构件与主梁在负荷下状态下进行连接时, 应制定合理的施工工艺, 焊接时应进行焊接工艺试验。

## 9.4 上部结构顶升与纠偏复位

**9.4.1** 顶升、纠偏复位用的反力支撑结构施工应符合下列规定:

- 1 反力支撑结构宜靠近桥梁原支撑部位对称设置, 保证上部结构在顶升、纠偏复位过程中安全、稳定。
- 2 反力支撑结构宜采用钢管、工字钢、槽钢等型钢材料通过焊接组拼成型, 作为竖向支撑杆件的钢管不宜采用卷管。

- 3 反力支撑结构应具备足够的强度、刚度和稳定性，并应对其进行施工验算。
- 4 反力支撑结构采用扩大基础时，地基承载力应满足顶升施工需求，必要时应通过换填或加固对地基进行处理。
- 5 在原结构上设置反力支撑结构时，反力支撑结构应与原结构可靠连接。采用锚栓连接时，其锚固承载力应满足顶升、复位期间的受力要求。

#### 条文说明

支座更换需顶升梁体时，若支座附近有足够的作业空间，且墩台结构无明显病害，可以考虑在盖梁顶面主梁对应腹板、横梁位置安放千斤顶；若支座附近作业空间不足，可以考虑利用抱箍、钢牛腿或搭设支架等方式设置反力支撑结构进行顶升作业。为确保顶升安全，需要对反力支撑结构、原结构等进行相应验算，必要时可以考虑进行临时加固。

#### 9.4.2 顶升设备的选用与布置应符合下列规定：

- 1 顶升设备应根据负载需要、顶升量或纠偏量、作业空间等合理选用，其额定负载宜为其所需负载的 1.5 ~ 2.0 倍。
- 2 液压同步顶升系统使用前应进行同步试验验证，压力和位移误差不应大于 5%。
- 3 千斤顶应按上部结构、反力支撑结构受力均衡的原则进行布置，必要时应设置刚性分配梁。
- 4 千斤顶与上部结构、反力支撑结构的接触部位宜设置垫板，保证接触部位的局部承压满足受力要求。

#### 9.4.3 上部结构顶升与纠偏施工应符合下列规定：

- 1 正式顶升与纠偏前，应进行试顶。试顶时，千斤顶行程应控制在设计目标值 10% 以内且顶升力不应超过设计目标值。试顶完成后，应持荷 5 ~ 10min 进行观察，无任何异常后方可开始正式顶升。
- 2 上部结构顶升与纠偏应分级进行、分级控制，顶升、纠偏分级次数应根据目标顶升量确定，每一级顶升或纠偏的行程不应超过千斤顶额定行程的 80%。
- 3 顶升与纠偏过程中，上部结构的最大位移速率宜控制在 3mm/min 以内。
- 4 每一级顶升或纠偏完成后，各支顶处的位移偏差应符合表 9.4.3 的规定，否则应停止作业，查明原因并妥当处置后方可继续作业。
- 5 上部结构顶升时，不得将千斤顶用作临时支撑构件使用。当前持荷千斤顶宜与备用协作千斤顶相互转换进行作业，亦可采用钢垫块等进行临时支撑，待当前持荷千斤顶泄压至行程归零后再进行下一级作业。
- 6 上部结构纠偏量应在设计纠偏量基础上根据纠偏期间温度变化情况进行修正。
- 7 上部结构顶升与纠偏时，应根据顶升与纠偏量采取必要的限位措施，保证施工过程中上部结构的稳定性。

表 9.4.3 主梁顶升允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	支顶处位移 (%)	5
2	纠偏位移 (mm)	满足设计要求

### 条文说明

顶升时以竖向位移和千斤顶油压表读数进行双控，竖向位移一般通过在桥面上设置的观测标志或梁底设置百分表确定，各油压表读数与理论计算误差值一般按  $\pm 1 \text{ MPa}$  控制。顶升、纠偏需保证梁体稳定、不产生倾斜或主动滑移，施工过程中千斤顶受力时间不能过长。

**9.4.4** 上部结构纠偏时，主梁与钢垫块等临时支撑构件、限位结构之间应设置辅助滑动设施，并应符合下列规定：

- 1 辅助滑动设施可采用四氟滑板、滚轴或钢结构滑槽，其长度应根据纠偏量与上部结构的实际尺寸综合确定，摩擦系数宜经试验确定。
- 2 纠偏作业前，应对用于安装辅助滑动设施的构件进行强度、刚度及稳定性验算。

## 9.5 改变结构体系

**9.5.1** 梁桥通过增设桥墩（图 9.5.1）进行加固时，施工应符合下列规定：

- 1 新增桥墩的基础、墩身、系梁、盖梁、支座等新增构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。
- 2 新增基础施工时，应避免对既有桥梁地基与基础造成扰动，必要时应采取可靠措施对既有桥梁地基与基础进行防护。
- 3 新增桥墩为混凝土构件时，其混凝土强度达到设计要求后方可安装新增支座或进行墩梁固结施工；设计未规定时，混凝土强度应不小于设计强度等级值的 90%，且养护龄期应不少于 7d。
- 4 新增支座安装前，应按设计规定对梁底支撑位置进行调平处理。
- 5 新增支座安装应在封闭交通条件下进行，并应按设计规定通过同步千斤顶反顶等方式使新增支座持荷。顶升作业应符合本规范第 9.4 节的有关规定。
- 6 新增支座安装完成后，支座与调平设施应密贴、无偏压。
- 7 新增桥墩与上部结构采用固结方式连接时，应按设计规定通过同步千斤顶对上部结构进行反顶，顶升高度偏差值不应大于设计值的 5%。上部结构顶升就位且对其进行可靠临时支撑后，方可进行固结施工。
- 8 用于安装千斤顶和临时支撑设施的反力支撑结构可设置在新增桥墩上，其强度、刚度和稳定性应满足施工过程中的受力要求。

9 新增支桥墩与上部结构采用固结方式连接时,临时支撑设施、反力支撑结构应在固结部位的材料强度达到设计要求后方可进行拆除。

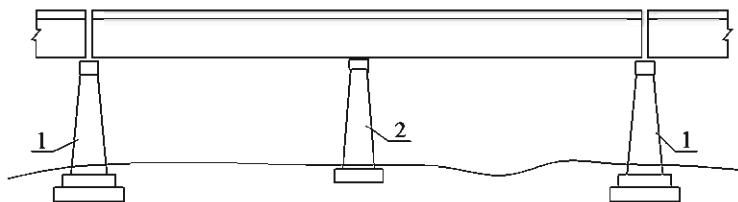


图 9.5.1 增设桥墩示意

1-原桥墩; 2-新增桥墩

### 9.5.2 梁桥通过在桥下增设钢拱改造为拱梁组合体系桥时,施工应符合下列规定:

1 新增钢拱结构的拱圈、墩台、基础、拱上结构、支座等新增构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定。新增钢拱结构的墩台、基础与原结构连接时,连接构造施工应符合本规范第 5 章的有关规定。

2 钢拱结构施工前,应对原结构尺寸、高程和坐标等进行测量,根据实测数对设计尺寸、标高、坐标等进行校核。当实际情况与设计不符时,应征得设计同意后进行调整。

3 新增钢拱圈应严格按设计程序进行安装;设计未规定时,宜采用纵向分段、横向分片的方式对称安装,并应采取有效支撑措施保证其稳定性。

4 新增钢拱圈安装完成后,应对其节点连接部位及纵、横向变形进行检查,经检查满足设计要求后方可进行拱上结构施工。

5 新增支座安装、拱上结构与原桥上部结构固结连接施工应符合本规范第 9.5.1 条的有关规定。

6 主拱圈合龙及体系转换应在设计规定的温度范围内进行。当环境温度无法满足设计规定时,应征求设计单位意见,通过反顶、调节临时扣索索力等措施调整拱圈与主梁的内力和线形。

### 9.5.3 多跨简支梁通过新增梁端现浇段改造为连续梁桥时,施工应符合下列规定:

1 桥面连续处桥面的拆除与恢复施工应符合本规范第 9.2.1 条的有关规定。

2 梁端混凝土宜采用高压水射流设备进行凿除,凿除范围应符合设计规定。混凝土凿除过程中,应避免损伤原结构钢筋,不得对原结构预应力锚固区造成扰动。

3 新、旧混凝土结合面处理、种植钢筋、钢筋制作与安装、混凝土浇筑与养护应符合本规范第 5 章的有关规定。

4 采用体内预应力形成墩顶连续构造时,预应力施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定;采用体外预应力形成墩顶连续构造时,体外预应力施工应符合本规范第 8 章的有关规定。

5 墩顶双排支座改为单排支座时, 新支座宜在设置新增现浇段底模时安装。新增现浇段混凝土强度达到设计强度等级值的 90% 后方可进行新、旧支座支撑转换。

**9.5.4** 大跨径连续梁、连续刚构、T 形刚构桥改造为斜拉桥或中、下承式系杆拱桥等索梁协作体系桥时, 除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定外, 尚应符合下列规定:

1 新增拉索、吊杆(索)与原结构的锚固连接构件施工可参照本规范第 8 章的有关规定进行。

2 体系转换应按设计规定的程序进行, 并应在设计规定的温度范围内施工。

3 体系转换完成后, 结构线形、索塔偏位、索力等应符合设计规定。偏差值超过设计允许范围时, 在征得设计同意后方可通过调整索力等措施进行调整。

## 10 拱桥上部结构加固

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 本章适用于拱桥上部结构的构件补强加固、整体性加固、改变结构体系、行车道系增冗加固、吊杆或系杆更换、调整压力线、拱上结构拆除与更换等加固施工。

**10.1.2** 拱桥上部结构加固施工应按设计规定的程序和要求进行。设计未规定时，应按对称、均衡原则施工，并根据既定程序进行施工验算。加固施工过程中存在不平衡荷载时，应采取支架、扣索等必要的支护措施保障结构安全。

**10.1.3** 新增构件或新更换的构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**10.1.4** 承重构件拆除与更换、改变结构体系、调整压力线等导致上部结构受力状态变化较大时，应对施工过程中上部结构承重构件控制截面的应力(应变)、变形和位移变化情况进行施工监控。

**10.1.5** 拱桥上部结构加固施工期间，应根据需要对桥上交通采取交通管制，必要时应短暂中断交通。

### 10.2 主拱加固

**10.2.1** 钢筋混凝土箱拱、板拱、肋拱桥或圬工拱桥主拱增大截面加固施工除应符合本规范第5章的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 主拱增大截面加固前，应清除主拱剥落、松散、风化表层，并应对拱圈的砌缝砂浆脱落、裂缝、掉块、空洞等缺陷进行修补。

2 拱脚增大截面部分混凝土浇筑前，应按设计规定在原拱座上植入拱脚连接钢筋。

3 增大截面混凝土浇筑前，应对新、旧混凝土的结合面进行凿毛、刻槽，并应采用清水冲洗干净且充分湿润，湿润后表面应无明水。

4 增大截面混凝土应按设计规定的施工作业顺序进行浇筑。设计无明确规定时，应按对称、均衡原则由拱座向拱顶依次分段浇筑。对宽度较大的拱桥，可沿横向由主拱

圈中线向两侧对称、分环浇筑。

5 混凝土浇筑时，应采取有效措施保证新浇筑混凝土密实，并与原结构密贴。

6 在拱腹增大截面加固时，宜采用支架对新增部分的模板进行固定和支撑，并应采取预压、反顶等有效措施控制支架变形。

7 在拱腹增大截面加固时，宜在新增部分预留压浆孔，以备修补主拱圈与新浇筑混凝土结合面裂缝，裂缝修补施工工艺及技术要求应按本规范第4章有关规定执行。

**10.2.2 钢箱拱、钢管混凝土拱桥主拱增大截面加固施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)及本规范第5章的有关规定外，尚应符合下列规定：**

1 主拱增大截面加固前，应按设计规定对结合面进行清理和打磨处理，并应按本规范第4章的有关规定对主拱钢管、钢箱缺陷进行修复处理。

2 外包或内灌混凝土增大截面时，应按对称、均衡原则由拱脚向拱顶依次分段浇筑或灌注。钢箱拱内灌混凝土宜分区、分层进行灌注。新增混凝土强度达到设计要求前宜采取封闭交通等必要措施对主拱进行卸载。

3 钢管混凝土拱采用外套钢管增大截面时，外套钢管应分段安装，并应与原主拱钢管临时固定，其中心位置偏差不应大于10mm。

4 主拱增大截面加固时，应按设计规定预留吊杆锚头检修孔。

5 主拱增大截面加固后，应根据拱圈实际变形情况按设计规定对桥面线形进行调整。

#### 条文说明

内填混凝土或灌浆料主要适用于空心闭口截面轴心受压和偏心受压型钢构件加固。施工中采取封闭交通等卸载措施，后期恢复负载时可以充分发挥组合截面的承载力。外管的病害一般包括：锈蚀、裂纹、孔洞、变形等。其中焊缝裂纹是影响内填加固施工的主要病害之一，施工前需对钢管表面及焊缝进行严格检查，避免在填筑混凝土或加压灌注灌浆料时加剧裂纹开展或漏浆。

**10.2.3 钢管混凝土拱桥通过开孔灌注补偿收缩混凝土修补主拱钢管内混凝土空洞时，应符合下列规定：**

1 开孔直径宜为100~150mm，且不应大于原设计浇筑孔尺寸。

2 开孔位置应避开节点、加劲板及隔舱板。孔位宜设置在管顶，孔位与节点位置的距离不宜小于0.6m。

3 向主拱钢管内灌注混凝土时，开孔处新灌注的混凝土表面应略高于主拱钢管内壁，混凝土强度达到设计要求后应将其处理平整，并应按设计规定进行封孔。

**10.2.4** 钢管混凝土拱桥通过加压灌注结构胶粘剂填充主拱钢管内混凝土脱空部位时, 施工应符合本规范第4.3节的有关规定; 通过加压灌注无收缩灌浆料填充主拱钢管内混凝土脱空部位或主拱节点位置钢管内混凝土空洞时, 应符合下列规定:

1 钢管内混凝土脱空段的注浆孔和排气孔宜通过钻孔方式设置, 钻孔间距不宜大于1m, 钻孔孔径不宜小于50mm。注浆管可采用外径与钻孔孔径相当的钢管, 长度不宜小于100mm。注浆管应插入钻孔内, 并应采用环氧树脂封口固定。

2 钢管内混凝土脱空范围小于1m时, 应至少设置1个注浆孔、1个排气孔。注浆孔和排气孔应分别设置于脱空部位的最低处和最高处。

3 无收缩灌浆料的灌注压力宜为0.2~0.6MPa, 并应按自下而上顺序进行灌注, 灌注稳压时间不应小于180s。

4 无收缩灌浆料的固化时间不应少于3d, 且钢管内混凝土脱空部分或空洞应填充饱满、密实, 灌注完成后实测脱空率不应大于1.2%。

5 灌注施工完成且经检查合格后, 应按设计规定对注浆孔和排气孔进行封堵。

**10.2.5** 钢管混凝土拱桥主拱钢管内混凝土脱空、空洞处理完成后, 应将复原封口处打磨平整并按设计规定进行防腐涂装, 防腐材料及涂装后的外观宜与原结构保持一致, 防腐涂层厚度不应小于原涂层厚度, 且不得出现漏涂、起泡、裂纹、起皮及返锈。

**10.2.6** 混凝土双曲拱、箱(肋)拱、桁架拱、刚架拱桥增设拱肋或拱片加固时, 除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外, 尚应符合下列规定:

1 新增拱肋、拱片应进行测量、放样, 其横向位置偏差不应大于20mm。新增构件的位置、尺寸与现场实际情况不符时, 应征得设计同意后进行调整。

2 需解除原桥横向联系或新增构件自重需临时由原结构承担时, 应采取搭设支架、设置临时横向联系构件等必要措施对原拱肋、拱片进行临时支护。

3 混凝土结合面处理、植筋及植筋与主筋的连接应符合本规范第5章的有关规定。

4 新增拱肋、拱片应按设计规定设置预拱度, 横向联系构件施工宜在新增拱肋、拱片混凝土龄期达到90d后进行。

5 安装新增预制拱肋、拱片时, 应在原横向联系构件附近与原结构进行临时横向连接, 临时横向连接构件位置不得干扰新增或恢复永久性横向联系构件施工。

**10.2.7** 混凝土桁架拱桥、钢桁拱桥主拱杆件的拆除与更换施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外, 尚应符合下列规定:

1 主拱杆件应在封闭交通条件下按设计规定的程序进行拆除。

2 主拱杆件拆除与更换宜在待更换杆件内力消除后进行, 可采用临时杆件代替待更换杆件受力, 临时杆件的强度、刚度应满足待更换杆件拆除后的受力需要。

3 主拱杆件宜采用拆解、吊离的方式进行拆除。混凝土桁架拱桥可采用切割、凿除方式拆解；钢桁拱可通过解除螺栓、焊缝等节点连接构造进行拆解。

4 拆除杆件吊离时，吊点处应设置吊孔或吊环，避免起吊过程中吊绳滑脱。

5 新杆件安装前，既有混凝土构件结合面应进行凿毛处理，既有钢构件切割部位应进行板件整形与端面打磨，并应满足焊接或栓接施工要求。

**10.2.8** 混凝土桁架拱、刚架拱桥通过将微弯板改造为整体现浇板进行整体化受力加固时，应符合下列规定：

1 桥面、微弯板应按设计规定的程序进行拆除。设计未规定时，应按对称、均衡原则进行拆除。

2 桥面、微弯板宜采用人工或小型机具拆除，并不得对拱片及横向联系造成损伤。

3 拆除桥面、微弯板前、后，应分别测量桥面与拱片、横向联系构件的顶面高程，并应对整体现浇板的设计厚度进行校核。当现场实测数据与设计不符时，应经设计同意后调整桥面高程或整体现浇板厚度。

4 新桥面混凝土结构层浇筑前，拱片、横向联系顶面应按本规范第4章的有关规定进行凿毛，并应采用清水冲洗干净且充分浸润，浸润后表面应无明水。

5 用于浇筑整体现浇板的模板宜采用满堂支架安装。采用原拱片、横向联系构件作为模板支撑结构时，应进行施工阶段验算。

6 种植钢筋、钢筋的制作与安装、混凝土浇筑与养护、防水层及桥面铺装施工应符合本规范第5章及现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定。

**10.2.9** 混凝土双曲拱、箱(肋)拱、桁架拱、刚架拱桥通过新增横向联系进行横向整体性加固时，可参照本规范第9.3节的有关规定进行施工。

**10.2.10** 中、下承式拱桥增设系杆加固时，可参照本规范第8章的有关规定进行施工，并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定。

**10.2.11** 两铰拱通过拱脚增大截面并与拱座固结改造为无铰拱时，可参照本规范第5章的有关规定进行施工。

### 10.3 拱上结构加固

**10.3.1** 梁式拱上结构桥面加固与改造、桥面板(梁)拆除与更换、新增横向联系加固施工时，应符合本规范第9章的有关规定。

**10.3.2** 拱上结构拆除与更换施工除应符合本规范第9.2.3条的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 拱上结构应按设计规定的程序进行拆除。设计未规定时，应按对称、均衡原则自上而下进行拆除。

2 拆除过程中不得损伤主拱圈、墩台帽、拱座等主要承重构件，并应采取必要措施防止拱上结构倾覆、掉落损伤主拱结构。

3 坎工拱桥应在可靠支护条件下进行拱上结构拆除。

4 多跨连拱桥拱上结构拆除时，应进行全过程施工验算，并应考虑拆除过程中拱脚推力变化的影响。

5 实腹式拱桥的拱上填料宜分层拆除，每一层拆除厚度不宜大于1m。

6 拆除至拱上结构底部或接近主要承重构件时，宜采用人工或小型机具拆除，不宜采用大型开挖、凿除设备进行拆除施工。

7 拱上结构拆除时，应按设计规定保留拱上结构与主拱的连接钢筋或连接件。

8 大跨径拱桥拱上结构拆除与更换时，应对1/4跨、拱顶、拱脚等控制截面的应力、挠度和横向位移进行施工监控。

9 拱上结构拆除施工时，如发现异常情况应立即停止施工、查找原因，必要时应增加安全防护措施或在征得设计同意后调整拆除程序。

10 更换后的拱上结构与主拱采用植筋、锚栓连接时，连接施工应符合本规范第5章、第6章的有关规定。

11 拱上结构施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

#### 条文说明

修建坎工拱桥时，一般在拱上结构全部完成或部分完成且砌缝材料达到强度要求后卸除拱架。为避免在拱上结构拆除过程中因主拱圈砌缝材料劣化、脱落等引发结构安全问题，需对主拱圈采取可靠支护措施后才能实施拱上结构拆除。

大跨径拱桥拱上结构拆除，对主拱结构的受力状态和稳定性影响较大，为确保安全，需进行有效的全过程施工监控。拆除当前孔跨的拱上结构时，需监控1/4跨、拱顶及其他控制截面的挠度和拱圈横向位移、结构开裂情况。多孔拱桥拱上结构不能同时对称拆除时，除对当前孔跨进行监控外，还需监控相邻孔跨拱圈和墩台的变位。

**10.3.3** 腹拱增大截面加固施工应符合本规范第10.2.1条的有关规定，并应根据施工验算结果对主拱采取必要的卸载或支护措施。

#### 条文说明

腹拱加固施工所采用的临时支架、施工平台、材料、机具、设备、人员等施工荷载一般由主拱承受，且对于主拱而言不易做到对称、均衡加载，对主拱受力及稳定不利，需对主拱进行施工过程受力及稳定性验算，根据验算情况采用封闭交通等方式卸载或对

主拱采取必要的支护措施。

**10.3.4** 通过增设横向拉杆或注浆锚杆进行拱上侧墙外倾处治时，施工应符合下列规定：

- 1 新增横向拉杆或注浆锚杆应按设计进行放样，其中心位置偏差不应大于 50mm。
- 2 在拱上填料中成孔时，不宜采用带水钻进的施工工艺。
- 3 新增横向拉杆应避开砌缝布置，钻孔施工时宜采用跟进套管成孔。
- 4 新增横向拉杆安装后，应按设计规定进行张拉锚固，并应及时进行孔道压浆。
- 5 采用注浆锚杆进行加固处治时，锚杆安装完成后应按本规范第 14 章的有关规定进行拱上填料注浆。
- 6 新增横向拉杆张拉锚固或注浆锚杆注浆完成后，应及时进行封锚处理。

**10.3.5** 采取挤密桩、高压旋喷桩、静压注浆等措施对拱上填料进行加固时，可参照本规范第 14 章的有关规定进行施工。

#### 10.4 行车道系加固

**10.4.1** 无纵梁的中、下承式拱桥增设钢纵梁加固时，除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 新增钢纵梁应按设计文件进行现场测量、放样，其位置、尺寸与现场实际情况不符时，应征得设计同意后进行调整。
- 2 新增钢纵梁宜在工厂加工制作，与既有横梁连接部位的制孔及连接件加工制作宜经现场测量、放样后进行施工。
- 3 新增钢纵梁安装应在封闭交通条件下进行施工。
- 4 新增钢纵梁应按设计规定的程序进行安装；设计未规定时，宜由拱脚向拱顶分段、对称安装。钢纵梁纵向位置偏差不应大于 10mm，横向位置偏差不应大于 20mm。
- 5 新增钢纵梁安装完成后，与原结构接触部位应保持密贴。存在缝隙时，可采用结构胶粘剂、环氧砂浆等材料进行灌注或填充。
- 6 增设钢纵梁加固导致桥面线形需调整时，应按设计规定的措施和程序进行调整，调整后的桥面标高及吊杆索力应符合设计规定。
- 7 施工过程中应对主拱线形、桥面线形及吊杆索力进行监测，如发现异常情况应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

**10.4.2** 中、下承式拱桥行车道系桥面加固与改造、桥面板（梁）拆除与更换、新增横向联系加固施工时，应符合本规范第 9 章的有关规定。

## 10.5 吊杆更换

### 10.5.1 吊杆更换时，既有吊杆拆除施工应符合下列规定：

1 吊杆更换宜按安装并张拉临时吊杆、拆除原吊杆、安装并张拉新吊杆、拆除临时吊杆、新吊杆设置防护系统的流程进行。

2 既有吊杆拆除应按设计规定采用必要的施工辅助设施。采用临时吊杆辅助施工时，临时吊杆应与主拱圈、纵梁或横梁可靠连接；采用临时支撑结构辅助施工时，支撑结构的强度、刚度及稳定性应满足吊杆拆除、更换期间的结构受力要求。

3 原吊杆宜采用张拉设备释放索力后再行拆除。无法通过张拉释放索力时，应通过张拉临时吊杆或调整临时支撑结构反力释放原吊杆索力后再行切割拆除。

4 张拉临时吊杆或调整临时支撑结构反力时，应缓慢、均匀施加张拉力或反顶力。临时吊杆为双吊杆时，应对称、同步张拉。

5 埋置在混凝土中的吊杆锚固件应采用人工或小型机具进行凿除，应控制对原结构的损伤，并应在新吊杆安装前对锚固区进行修复处理。

### 10.5.2 吊杆更换时，新吊杆安装、张拉施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 原吊杆拆除前应对桥面线形、主拱线形等进行测量，并应对新吊杆的尺寸、构造进行校核。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 新吊杆安装前，应按设计规定对锚固区病害及原吊杆拆除过程中造成的锚固区损伤部位进行修复处理。

3 新吊杆安装应顺直、无扭转，防护层应完整、无破损。

4 新吊杆安装就位后，临时吊杆、临时支撑结构卸载和新吊杆张拉应交替进行，并应采用张拉力与桥面高程进行双控，以桥面高程控制为主、吊杆索力控制为辅。

5 临时吊杆、临时支撑结构卸载和新吊杆张拉应分级、缓慢进行，临时吊杆和临时支撑结构在新吊杆张拉、锚固完成后方可拆除。

6 新吊杆张拉时，应根据张拉试验确定的锚口损失和达到设计张拉力时的实际伸长量进行超张拉，超张拉力值应控制在设计允许范围内。

7 新吊杆张拉、锚固完成后，应按设计规定对锚头进行防腐及封锚处理。

8 更换吊杆导致桥面线形需调整时，应按设计规定的措施和程序进行调整，调整后的吊杆索力和桥面高程应符合表 10.5.2 的规定。

9 吊杆拆除与更换施工过程中，应对桥面线形、主拱线形、吊杆索力及纵、横梁应力变化进行监控，如发现异常情况应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

表 10.5.2 吊杆更换允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	吊杆索力 (kN)	符合设计要求, 未要求时 $\pm 10\%$
2	桥面高程 (mm)	$\pm 10$

## 10.6 系杆更换

**10.6.1** 柔性系杆拆除与更换时, 除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定外, 尚应符合下列规定:

1 柔性系杆更换宜按安装并张拉临时柔性系杆、拆除原柔性系杆、安装并张拉新柔性系杆、拆除临时柔性系杆、新柔性系杆设置防护系统的流程进行。

2 系杆更换前应进行现场测量、放样, 并应对新系杆、临时系杆的位置、尺寸和构造进行校核。现场实际情况与设计不符时, 应征得设计同意后进行相应调整。

3 系杆拆除与更换应按设计规定的程序进行。设计未规定时, 应按上、下游对称的原则分批或逐根更换。

4 原系杆宜采用张拉设备放张的方式进行拆除。采用切割、截断方式拆除时, 应采取必要的安全防护措施保障施工安全。

5 新系杆应按设计张拉程序分级张拉, 并应采用张拉力与伸长量进行双控。

6 采用临时系杆辅助施工时, 临时系杆应在原系杆拆除前安装, 并应按设计规定的初张力进行初张拉。原系杆拆除时, 应先张拉临时系杆, 张拉力和张拉程序应符合设计规定; 新系杆张拉时, 应同步、分级释放临时系杆张拉力。

7 新系杆张拉、锚固完成后, 应按设计规定对锚头进行防腐及封锚处理。

8 系杆拆除与更换施工过程中, 应对主拱应力与变形、吊杆索力及拱脚位移进行监控, 如发现异常情况应立即停止施工并查找原因, 妥当处置后方可继续施工。

**10.6.2** 吊杆、系杆更换施工宜在夜间或气温相对恒定时段进行, 并应实行交通管制, 必要时应封闭交通。

# 11 斜拉桥加固

## 11.1 一般规定

**11.1.1** 本章适用于斜拉桥的构件补强加固、斜拉索更换、斜拉索索力调整等加固施工。

**11.1.2** 斜拉索更换、斜拉索索力调整时，应按设计规定的施工流程和要求进行施工，加固过程中结构内力、变形应控制在允许范围内。

**11.1.3** 新增构件或新更换的构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**11.1.4** 承重构件拆除与更换、斜拉索更换、索力调整等导致上部结构受力状态变化较大时，应对施工过程中上部结构承重构件控制截面的应力(应变)、变形和位移变化情况进行施工监控。

**11.1.5** 斜拉桥加固施工期间，应根据需要对桥上交通采取管制措施，必要时应短暂中断交通。

## 11.2 主梁加固

**11.2.1** 斜拉桥主梁桥面板增大截面加固、构件拆除与更换、混凝土局部置换、连接构造加固等可参照本规范第9章的有关规定执行。

**11.2.2** 主梁索、梁锚固区进行局部加固补强时，施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 施工前，应根据设计文件对锚固构造位置、尺寸等进行校核，并对局部加固补强范围进行测量、放样，现场情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 混凝土主梁索、梁锚固区通过增大截面进行加固补强时，增大截面部分的尺寸偏差不应大于20mm。

3 钢主梁索、梁锚固区通过新增钢构件进行加固补强时，新增构件加工制作尺寸应经现场放样后确定，其尺寸偏差不应大于2mm，安装位置偏差不应大于2mm。

4 新增钢构件与钢主梁宜在卸载条件下进行连接。在负荷状态下进行连接时，应制定合理的施工工艺，焊接连接时应进行焊接工艺试验。

5 新、旧混凝土结合面处理，植筋，混凝土浇筑与养护应符合本规范第5章的有关规定。

### 11.3 斜拉索更换和调索

**11.3.1** 斜拉索拆除宜按作业准备、索力测定、张拉端放张、斜拉索退锚并下放至桥面、斜拉索转运、锚固区域清理及修复的流程进行。

**11.3.2** 平行钢丝斜拉索安装宜按作业准备、斜拉索运至桥面并展索、张拉端锚头牵引挂设、锚固端牵引引入锚、张拉端锚头张拉、索力调整、附件安装及锚具防腐的流程进行。

**11.3.3** 钢绞线斜拉索安装宜按作业准备、锚具维护、钢绞线运至桥面并下料、单根钢绞线穿索、张拉及锚固、全部钢绞线替换完毕后索力调整、附件安装及锚具防腐的流程进行。

**11.3.4** 斜拉索更换、调索施工前，作业准备应符合下列规定：

1 应根据设计要求复查斜拉索索力、主梁线形、索塔变位及斜拉索、锚固系统、锚固区的表观状况，并应核查新、旧索锚口是否匹配。有关复查、核查工作完成后，应及时向设计反馈，确认斜拉索更换或调索方案。

2 应通过测量桥面或梁底高程掌握主梁线形在温度影响下的变化情况，并应分析其变化规律。

3 应按设计规定对上部结构主要承重构件进行病害修复或加固处治。

4 应根据工程施工需要及安全施工要求搭设施工作业平台，作业平台应安全可靠、便于施工，并应进行强度、刚度及稳定性验算。

**11.3.5** 斜拉索索力调整时，应符合下列规定：

1 调索前应实测斜拉索索力、主梁线形及索塔塔顶坐标。实测值和目标值之差与设计不符时，应及时向设计反馈，确认调索目标。

2 调索宜在夜间气温相对恒定且交通量较小时段进行，调索期间重车不得通行。

3 调索作业应按均匀、对称、分次、循环的原则进行，调索分级次数及索力调整量值应符合设计规定。

4 调索期间应对斜拉索索力、主梁线形、索塔塔顶坐标进行监测，当实测值与目标值之差超出偏差允许范围时，应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

5 调索时，斜拉索张拉设备及张拉作业应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

6 调索完成后，斜拉索索力偏差值不应大于设计值的 5%，且主梁线形与索塔偏位应满足设计要求。

**11.3.6** 斜拉索更换时，除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 换索宜在气温相对恒定时段进行，必要时应采取限载、限速或中断交通等措施。

2 换索应按设计规定的程序及工艺进行，并应对主梁及索塔的变形和应力、相邻斜拉索索力等进行监测。

3 换索期间应控制换索区内的施工临时荷载，不得将不必要的机具、设备、材料、杂物等堆放在换索区域内。

4 斜拉索拆除时应按设计规定进行分级放张，放张完成后方可拆除。

5 斜拉索更换后需进行索力调整时，可按本规范第 11.3.5 条的规定进行。

6 斜拉索更换完成后，应按设计规定进行防腐、防护、防火处理。

7 新更换斜拉索的防护材料不得出现裂纹和破损，斜拉索的钢丝、钢绞线不应出现缠绕、扭结。

8 新更换斜拉索锚头应无损伤、锈蚀，防护油脂应涂敷均匀、无遗漏。

**11.3.7** 换索和调索过程监测应符合下列规定：

1 施工过程中，应在调索或换索前、旧索拆除后、新索张拉后及调索完成后对主梁线形和索塔偏位进行测量，测量工作宜在夜间气温相对恒定时段进行。

2 换索施工时，应跟踪监测主梁与索塔混凝土应变、裂缝及被换斜拉索前后 3~5 组拉索索力变化情况。

3 换索和调索施工应进行全过程监测，并应与理论监控计算值进行比较，如有异常，应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

4 换索施工完成后，应对全桥斜拉索的索力及主梁线形进行测定。

## 11.4 索塔加固

**11.4.1** 斜拉桥混凝土索塔增大截面加固可参照本规范第 13.2.3 条的有关规定进行

施工, 钢结构索塔的连接构造加固可参照本规范第9章的有关规定进行施工。

**11.4.2** 索、塔锚固区通过增大截面、粘贴钢板进行局部加固补强时, 可参照本规范第5章、第6章的有关规定进行施工。

交通运输部信息中心

## 12 悬索桥加固

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 本章适用于悬索桥的构件补强加固、主缆防腐体系更换、吊索更换与加固、索夹复位、索鞍复位等加固施工。

**12.1.2** 吊索更换、索夹复位、索鞍复位时，应按设计规定的施工流程和要求进行施工，加固过程结构内力、变形应控制在允许范围内。

**12.1.3** 新增构件或新更换的构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**12.1.4** 承重构件拆除与更换、吊索更换等导致上部结构受力状态变化较大时，应对施工过程中上部结构承重构件控制截面的应力(应变)、变形和位移变化情况进行施工监控。

**12.1.5** 加固施工期间不得改变主梁气动外形。

**12.1.6** 悬索桥加固施工期间，应根据需要对桥上交通采取管制措施，必要时应短暂中断交通。

### 12.2 加劲梁加固

**12.2.1** 正交异形钢桥面板采用高性能混凝土进行增大截面加固时，施工应符合下列规定：

- 1 钢桥面铺装宜采用人工或小型机具进行凿除，不得对钢桥面板造成损伤。
- 2 钢桥面铺装拆除后，应对新增剪力键位置进行放样，剪力键的中心位置偏差不应大于10mm。
- 3 焊接新增剪力键前，应将钢桥面板焊接位置处打磨至露出金属光泽并清理干净。
- 4 新增剪力键焊接完成后，宜采用喷砂、抛丸等方式对钢桥面板顶面进行清理和除锈，并按设计规定进行防腐涂装。

5 新增混凝土结构层浇筑前,应测量梁顶高程,并设置新增混凝土结构层标高控制线。标高控制线位置应根据新增混凝土结构层设计厚度、梁顶高程、加固引起的主梁变形综合确定。

6 需通过调整新增混凝土结构层实际厚度以满足加固后的桥面线形要求时,应征得设计同意后方可进行调整。

7 新增剪力键焊接、新增钢筋网制作与安装、高性能混凝土浇筑与养护、防水层及沥青混凝土铺装施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**12.2.2** 悬索桥加劲梁构件拆除与更换、连接构造加固等可参照本规范第9章的有关规定执行。

**12.2.3** 加劲梁索、梁锚固区进行局部加固补强时,加固施工可参照本规范第11.2.2条的有关规定执行。

### 12.3 主缆加固

**12.3.1** 主缆钢丝除锈施工时,应符合下列规定:

- 1 施工前应对主缆钢丝表面进行详细检查,记录锈蚀程度、范围、类型等情况。
- 2 主缆钢丝除锈前,应根据锈蚀情况选择适宜的除锈方法。
- 3 主缆钢丝除锈时,应清除表面锈层,露出金属光泽。

**12.3.2** 主缆防护体系拆除更换时,施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 主缆缠丝局部段落拆除时,应在待拆除段落两端保留2~3圈缠丝并焊接固定后,再剪除受损缠丝。

2 主缆缠丝拆除后,应将主缆钢丝表面的防护腻子清除干净,并应检查主缆钢丝是否存在锈蚀或断丝。如有锈蚀,应按本规范第12.3.1条的规定进行除锈;如有断丝,应进行断丝拼接或索股拼接加固,并应按设计规定进行预张拉。

3 缠丝前,应对缠丝机具设备进行检查、调试,保证其运转正常,并应按设计规定在主缆表面重新涂抹防护腻子。

4 缠丝作业时,起始段应与索夹固定牢靠,缠丝尾端手工缠丝段应采用紧线器将缠丝收紧,缠丝与索夹端面应紧密贴合。

5 缠丝完成后,应按设计规定进行表面涂装或缠包防护。

**12.3.3** 主缆除湿系统维修或更换时,应符合下列规定:

- 1 除湿机需更换时,新机安装后应进行试运行,检查合格后方可正式投入使用。

2 除湿系统存在漏气时，应按设计规定对漏气部位进行封堵和修复，维修后应满足相应的气密性要求。

## 12.4 索鞍加固与纠偏复位

### 12.4.1 索鞍及其组件维修或更换时，应符合下列规定：

1 施工前，应对索鞍及其组件的损伤情况进行全面检查。损伤范围或严重程度与设计文件不符时，应向设计反馈并确认处治方案。

2 索鞍锚栓、槽口拉杆更换或紧固时，紧固力应符合设计规定，且紧固力偏差不得大于设计值的5%。

3 钢构件及焊缝裂纹修复应按设计规定的施工顺序进行，其施工要求应符合本规范第4.3节的有关规定。

4 索鞍加固维修完成后，应按设计规定的涂装体系对钢构件进行表面防护，涂装施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

### 12.4.2 主索鞍纠偏复位时，应符合下列规定：

1 施工前，应对索鞍损伤情况进行检查，并应对索鞍偏位值进行测量。

2 通过在加劲梁上临时配重或减载进行索鞍纠偏时，应按设计规定的施工顺序、施工工艺进行配重或减载。

3 通过千斤顶和反力支架等辅助措施进行索鞍纠偏时，支顶设备的选择应符合本规范第9.4.2条的有关规定，反力支架的强度、刚度应满足受力需要。

4 索鞍纠偏复位作业期间，应对主缆线形、主塔偏位进行监测，主缆线形变化或主塔偏位超出设计规定值时，应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

5 索鞍恢复至设计位置后，应按设计规定对索鞍进行固定锁死。

## 12.5 吊索更换

### 12.5.1 吊索更换时，原吊索拆除施工应符合下列规定：

1 既有吊索拆除宜采用临时吊索辅助施工，临时吊索应与主缆、加劲梁可靠连接。

2 原吊索宜通过张拉临时吊索对其卸载后进行切割拆除，临时吊索张拉应缓慢进行。临时吊索为双吊索时，应对称、同步张拉。

3 临时吊索索夹需拆除主缆缠丝后安装时，缠丝拆除与恢复可参照本规范第12.3.2条的有关规定进行施工。

### 12.5.2 吊索更换时，新吊索施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 原吊索拆除前应对桥面线形、主缆线形等进行测量，并应对新吊索及横向连接器的尺寸、构造进行校核。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 新吊索安装前，应对索夹、耳板等进行检查，存在缺陷时，应征得设计同意一并进行加固处治。

3 吊索运输、安装过程中，应采取可靠的保护措施，防止碰伤锚头及防护体系，如有意外损伤应及时修补，并作好记录。

4 新吊索制作时应控制索体的无应力长度。新吊索安装就位后，应分级、缓慢释放临时吊索张拉力，临时吊索在新吊索张拉、锚固完成后方可拆除。吊索张力允许偏差应符合表 12.5.2 的规定。

5 新吊索安装完成后，应按设计规定对锚头进行防腐处理。

6 新吊索安装后的主缆线形、桥面线形应满足设计要求，吊点高程允许偏差应符合表 12.5.2 的规定。

7 新更换吊索前后 3~5 组吊索索力值均应满足设计要求。

表 12.5.2 吊索更换允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	吊索张力允许偏差 (kN)	符合设计要求，未要求时 $\pm 10\%$
2	吊点高程 (mm)	$\pm 10$

注：与新更换吊索前后相邻的 3~5 组吊索索力及吊点高程允许偏差均按表中规定执行。

**12.5.3** 更换吊索过程中，应连续监测桥面高程、主缆线形及吊索索力，如发现异常情况应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

## 12.6 索夹加固与复位

**12.6.1** 通过在原索夹下端增加辅助索加固时，辅助索夹施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

**12.6.2** 索夹复位时，施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 索夹滑移可通过临时索夹对原吊索索夹进行顶推复位，或通过设置临时吊索将原索夹拆卸后重新安装。

2 临时索夹与主缆间的摩擦力不应小于原索夹与主缆间的摩擦力；临时吊索应与主缆、加劲梁可靠连接。

3 对索夹进行顶推复位时，临时索夹安装后应进行试顶。摩擦力不足时，可通过紧固临时索夹或增加临时索夹数量等措施提高摩擦力，或在确保安全的条件下减小原索夹螺杆夹紧力。

4 对索夹进行拆卸和重新安装时，应通过张拉临时吊索对原吊索卸载后进行原索

夹拆卸和重新安装。临时吊索张拉应缓慢进行，双吊索应对称、同步张拉。

5 临时索夹和临时吊索索夹需拆除主缆缠丝后安装时，缠丝拆除与恢复施工可参照本规范第 12.3.2 条的有关规定执行。

**12.6.3** 索夹紧固力不足需补拧时，应对索夹上所有螺杆的夹紧力进行复测，并应按设计规定的夹紧力进行补拧，紧固后各螺栓应受力均匀。

交通运输部信息中心

## 13 桥梁下部结构加固

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 本章适用于下部结构的构件补强加固、整体性加固、桥墩纠偏复位、墩台接高、台后沉陷处理等加固施工。

**13.1.2** 新增构件或新更换的构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**13.1.3** 桥墩纠偏复位、墩台接高、台后填土注浆加固施工过程中应对承重构件控制截面的应力(应变)、变形、位移及台后路面高程变化情况进行施工监控。

### 13.2 桥墩加固

**13.2.1** 新增混凝土盖梁或混凝土盖梁接长改造时,施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 受上部结构影响施工作业空间不足时,应通过顶升上部结构获取足够的施工作业空间。上部结构顶升施工应符合本规范第9.4节的有关规定。

2 上部结构支撑构造影响盖梁接长部分施工时,应对上部结构进行临时支撑后拆除原支撑构造,新增盖梁或盖梁接长改造完成后应恢复支撑构造。

3 盖梁接长部分的主筋与原主筋连接时,应凿除主筋连接区域混凝土使原主筋完全露出。植筋与混凝土结合面处理可参照本规范第5章有关规定进行施工。

4 新增支座的安装可参照本规范第9.5.1条的有关规定执行。

**13.2.2** 新增钢盖梁的制作与安装除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 钢盖梁制作前,应对墩柱截面尺寸、垂直度进行测量,并应对新增钢盖梁结构尺寸进行校核。现场实际情况与设计不符时,应征得设计同意后进行调整。

2 钢盖梁安装位置、墩柱上锚栓钻孔位置应按设计进行放样,钢盖梁安装位置及锚栓钻孔位置偏差应符合表13.2.2的规定。

3 钢盖梁宜在工厂加工制作，其尺寸偏差应符合表 13.2.2 的规定。箍板上的锚孔应根据墩柱上的实际钻孔位置进行放样、制作，锚孔与锚栓钻孔中心偏差应符合表 13.2.2 的规定。

4 钢盖梁的工厂焊缝及现场组拼焊缝均应进行质量检验，检验合格后方可安装。

5 钢盖梁安装时，箍板与墩柱间的结合面处理、锚栓种植或安装、箍板粘贴作业应符合本规范第 6 章的有关规定。

6 锚栓宜在钢盖梁安装就位并临时固定后种植或安装，锚栓宜与箍板锚孔上缘孔壁密贴，锚栓与锚孔孔壁之间的间隙应压入结构胶粘剂填充密实，待胶体固化后方可进行锚栓紧固。

表 13.2.2 新增钢盖梁允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	中心位置 (mm)	≤10
2	断面尺寸 (mm)	≤2
3	锚栓孔位 (mm)	≤20
4	箍板锚孔与锚栓孔中心 (mm)	≤1

13.2.3 混凝土墩柱采用外包混凝土增大截面加固时，施工除应符合本规范第 5 章的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 墩柱外包施工前，应按本规范第 5 章有关规定采用人工或小型机具对墩柱表面进行凿毛处理。海洋环境下，浪溅区墩柱混凝土表面凿毛后应采用高压淡水进行冲洗。

2 分节浇筑施工时，应对混凝土接缝处进行凿毛处理。已浇筑节段混凝土强度达到 5MPa 后方可进行后一节段混凝土浇筑，各节段混凝土浇筑间歇期应控制在 7d 以内。

3 墩高大于 40m 时，施工前应编制专项施工方案，并应对各临时受力构件和施工辅助设施进行施工验算。

13.2.4 混凝土墩柱增设钢抱箍并内部灌注混凝土加固时，施工应符合下列规定：

1 增设钢抱箍前，应对墩柱截面尺寸、垂直度进行测量，并应对新增钢抱箍直径及内灌混凝土加厚层的厚度进行校核。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 墩柱表面应按本规范第 4.4.1 条的有关规定进行凿毛处理。

3 钢抱箍宜在工厂加工制作，并应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651) 的有关规定。

4 钢抱箍各组件安装就位后应临时固定，并应按设计规定通过焊接或螺栓组拼成型，其中心位置偏差应符合表 13.2.4 的规定。

5 钢抱箍通过焊接组拼时，焊缝等级应符合设计规定且不小于 II 级，并应经检验合格后进行下一步施工作业。

6 向钢抱箍内灌注混凝土前,应采用焊接或粘贴环向封边钢板等措施对钢抱箍下端进行密封。

7 植筋、新增钢筋制作与安装、混凝土灌注及养护应符合本规范第5章的有关规定,内灌混凝土应饱满、无空洞,厚度偏差应符合表13.2.4的规定。

8 混凝土灌注时,可采用附着式振捣器或敲击振捣等方式进行振捣。

9 钢抱箍应按设计规定进行防腐处理,并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

表13.2.4 墩身增设钢抱箍并内部灌注混凝土技术要求

编号	项目	技术要求
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内
2	外包钢抱箍偏位 (mm)	≤10
3	内灌混凝土厚度允许偏差 (mm)	±5
4	脱空率 (%)	满足设计要求;设计未要求时为1.2

13.2.5 墩柱采用粘贴纤维复合布材进行环向围束加固时,施工除应符合本规范第7章的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 纤维复合布下料应严格按照设计粘贴范围和搭接要求进行裁剪。

2 环向粘贴加固时,其纵向搭接长度和上、下层之间的搭接宽度应满足设计要求。

3 螺旋式粘贴加固时,其粘贴角度、纵向搭接长度和上、下层之间的搭接宽度应满足设计要求。

4 粘贴多层纤维布加固时,各层的纤维受力方向应一致,并应符合设计规定。

13.2.6 桥墩接高改造时,施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 桥墩接高前,应对桥面、主梁、墩台高程进行现场测量,并应对墩柱接高高度进行校核。现场实际情况与设计不符时,应征得设计同意后进行调整。

2 在桥墩顶部接高时,应设置临时支撑结构并按本规范第9.4节的有关规定对上部结构进行顶升。

3 在桥墩中部接高时,应设置临时支撑结构对上部结构及上半部分桥墩一并进行可靠支撑,亦可在保证安全前提下在墩柱截断处采用临时支撑结构替代原桥墩受力。墩柱截断后应按本规范第9.4节的有关规定对上部结构及截断后的上半部分桥墩一并进行顶升,上部结构与截断后的上半部分桥墩宜进行临时锁定。

4 临时支撑结构应具备足够的强度、刚度及稳定性,其材料、尺寸、构造等应通过计算确定,并应满足施工作业空间要求。临时支撑结构通过抱箍、支撑等方式设置在原桥墩上时,应保证施工期间桥墩受力均衡、稳定,并应对桥墩及基础进行验算。

5 结构顶升高度不应小于桥墩接高高度。顶升就位后,应对墩顶高程、墩身垂直

度、桥面高程等进行复核，其偏差值应满足设计要求。

6 桥墩接高部位的混凝土宜采用人工、小型机具或高压水射流设备进行拆除，并应按设计规定保留原结构钢筋。拆除导致需保留的钢筋损伤时，应进行等强恢复。

7 桥墩中部接高最后一个节段的混凝土宜采用压力灌注的工艺进行浇筑，保证新、旧混凝土结合紧密。

8 桥墩接高部分混凝土强度达到设计强度等级值后，方可进行临时支撑结构与桥墩之间的支撑受力转换。支撑受力转换可参照本规范第9.5节的有关规定进行作业，转换时应同步、分级、缓慢实施。

**13.2.7** 桥墩增设系梁、承台加固时，施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 新增系梁、承台应按设计进行现场测量、放样，其中心位置偏差不应大于20mm。新增系梁、承台的位置、尺寸与现场实际情况不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 新增系梁为钢结构时，新增构件加工制作尺寸应经现场放样确定，构件加工制作宜在工厂进行。

3 新、旧构件结合面处理，植筋，锚栓种植与安装，混凝土浇筑与养护应符合本规范第5章、第6章的有关规定。

4 新增桩顶系梁、承台时，基坑开挖应对称、分层进行，并应根据地质情况及开挖深度采取必要的临时支护措施。

**13.2.8** 桥墩纠偏复位施工除应符合本规范第9.4节的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 桥墩纠偏复位宜在上部结构反力完全释放的条件下进行，上部结构反力可通过设置临时支撑结构进行反顶的方式予以释放。

2 负荷状态下进行桥墩纠偏复位时，应在上、下部结构接触部位设置四氟滑板、滚轴等辅助滑动设施。

3 桥墩纠偏复位作业应按设计规定的程序进行，顶推力及纠偏量应满足设计要求。采用设计顶推力所能达到的纠偏量无法满足设计要求时，应及时向设计单位反馈，对纠偏复位措施方案进行调整。

4 桥墩纠偏完成后，应采取可靠措施对桥墩进行临时限位，持荷观察无异常或永久限位装置安装后方可拆除临时限位设施。

5 桥墩纠偏复位施工时，应对顶推力、纠偏量、控制截面应力(应变)等进行监控，如发现异常情况应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

#### 条文说明

桥墩变位由地基蠕变、土体偏压等引起时，仅通过对桥墩本身进行纠偏难以达到预

期复位效果，一般需要采取增加应力释放孔、卸载沟等措施，释放基础承受的不平衡土压力，并同步进行基础纠偏。

**13.2.9** 桥墩周边增设防撞岛、柔性消能设施等进行防撞加固时，施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定。

### 13.3 桥台加固

**13.3.1** 桥台增设框架梁并辅以锚杆注浆或拉杆加固时，施工应符合下列规定：

1 新增框架梁、注浆锚杆或拉杆应按设计进行放样，其中心位置偏差不应大于50mm。

2 新增框架梁施工应符合本规范第5章的有关规定。

3 框架梁混凝土浇筑前，应埋设锚杆或拉杆预埋件，并应预备注浆孔。原桥台设有沉降缝时，应在新增框架梁对应位置设置沉降缝。

4 锚杆、拉杆钻孔施工时宜采用跟进套管成孔，在台后填土中成孔时不宜采用带水钻进的施工工艺。锚杆、拉杆成孔应垂直于框架梁上的锚固面，成孔经检验合格后，应及时安装锚杆或拉杆。

5 注浆锚杆安装完成后应按本规范第14章的有关规定进行注浆；新增拉杆安装后，应按设计规定进行张拉锚固，并应及时进行孔道压浆。

6 注浆锚杆注浆或新增拉杆张拉锚固完成后，应及时进行封锚处理。

7 锚杆注浆及拉杆张拉时，应对台身倾斜、沉降、台后路面标高变化情况进行监控，如发现异常情况应立即停止施工并查找原因，妥当处置后方可继续施工。

**13.3.2** 桥台台帽接长、桥台接高可分别参照本规范第13.2.1条、第13.2.6条的有关规定进行施工。

**13.3.3** 桥台加固施工需开挖周边土体时，应按设计规定的开挖顺序、开挖深度进行开挖作业，必要时应采取临时支护措施防止桥台滑移或倾覆。

#### 条文说明

加固过程可能改变原桥台受力平衡条件，为确保安全，需加强观测并酌情增加临时支撑，以保持原结构平衡和稳定。

**13.3.4** 台后填土换填施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定，台后填土注浆加固施工应符合本规范第14章的有关规定。

## 14 基础与地基加固

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 本章适用于桥梁基础增大截面、增设钢抱箍内灌混凝土、增设纤维复合材料套筒内灌复合砂浆、增设支撑梁、增设桩基及承台、基础冲刷处理、基础纠偏复位及地基注浆加固、旋喷桩加固等施工。

**14.1.2** 新增构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**14.1.3** 在桥梁基础附近进行开挖、钻孔、沉桩施工时，应采用对原基础扰动较小的施工工艺，不宜采用冲击、振动的工艺成孔，严禁采用爆破工艺开挖，必要时应对地基与基础采取可靠的临时支护措施。

**14.1.4** 基础纠偏复位、地基注浆加固施工过程中应对承重构件控制截面的应力(应变)、变形、位移及邻近构造物、地下管线和地面的沉降、倾斜、位移和裂缝等进行施工监控。

### 14.2 基础加固

**14.2.1** 基础采用混凝土增大截面加固时，施工除应符合本规范第5章的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 基坑开挖与支护应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定，并应按设计控制基底高程，不得进行超挖。

2 扩大基础增大截面加固时，新增部分的基坑底高程低于原基底高程时，应采取可靠支护措施对原基础、地基进行防护。

3 桩基础增大截面加固时，混凝土结合面凿毛深度不应超过箍筋或螺旋筋外缘。桩基础表面局部缺陷深度或缩径大于箍筋或螺旋筋净保护层时，应先采取可靠措施进行临时支护，再进行混凝土结合面处理。

4 水中基础增大截面加固宜根据水深、流速等设置土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰或钢套箱围堰等进行避水施工。直接在水中进行加固时，施工应采用专业人员、

专用设备及专用材料。

#### 条文说明

在原承台基础边缘开挖基坑，会对原基础产生不利影响。施工时需要保持原结构稳定，并防止基坑坍塌事故发生。

在水中进行基础增大截面加固时，混凝土凿除、钢筋焊接等需采用水下施工专用设备，植筋锚固用胶粘剂需具备水下施工性能。水下作业人员、潜水监督员、生命支持员等有关人员需持有相应的执业资格证书。

**14.2.2** 桩基础增设钢抱箍浇筑混凝土加固可按本规范第 13.2.4 条的有关规定进行施工。

**14.2.3** 桩基础增设水下套筒内灌复合砂浆加固时，施工应符合下列规定：

1 套筒制作前，应先对桩基础尺寸及垂直度进行测量，外包套筒偏位允许偏差应符合表 14.2.3 的规定。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 套筒安装前，宜采用高压水射流设备对桩基础表面进行清理，露出新鲜混凝土。

3 套筒安装就位后，应采用限位器、卡环或钢钉进行固定，并采用密封条对套筒底部进行密封。套筒内壁与桩基础表面的间隙偏差应符合表 14.2.3 的规定。

4 灌注水下复合砂浆时，应先在套筒底部灌注 150~300mm 封底，待封底砂浆固化后再进行后续灌注作业。

5 水下复合砂浆灌注完成后，脱空率应符合表 14.2.3 的规定，并应采用水下胶粘剂对套筒顶部进行密封。

表 14.2.3 桩基础增设水下套筒内灌砂浆允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内
2	外包套筒偏位 (mm)	≤20
3	外包套筒与桩基础表面的允许间隙偏差 (mm)	±5
4	脱空率 (%)	满足设计要求；设计未要求时为 1.2

**14.2.4** 桩基础增大桩头面积加固时，施工应符合下列规定：

1 增大桩头面积宜采用袖阀管法在桩基底部定向分段注浆。

2 注浆孔宜从桩侧斜向钻进至桩基底部。有条件时，可在桩顶采用潜孔钻竖向钻孔。

3 注浆浆液中宜添加速凝剂、早强剂，掺量应通过试验确定。

4 注浆作业时，应逐桩进行钻孔及注浆，并应按设计规定控制注浆压力。

5 注浆过程中应对上部结构采取可靠临时支撑措施，并应对墩台变位、基础沉降

进行监测，如发现异常应立即停止施工，并查找原因，排除异常后方可继续施工。

**14.2.5** 增补桩基加固时，新增承台或原承台改造施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 新增部分与原结构连接施工应符合本规范第5章的有关规定。
- 2 承台施工前，应按设计规定对新增桩基进行预压，保证新、旧桩基协同受力。

**14.2.6** 增补钻孔灌注桩加固时，新增桩基施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定，并应采用对原基础扰动较小的钻孔工艺成孔。

**14.2.7** 增补静压桩加固时，施工应符合下列规定：

- 1 反力支撑架应具有足够的强度、刚度及稳定性，桩顶压力应保持竖直。
- 2 桩顶压力、桩节及压桩孔轴线应重合，不得偏心加压。
- 3 同一根桩基压桩作业宜连续进行。中途必须停止时，停压时间宜不超过24h。
- 4 对同一墩台基础，压桩施工应对称、逐桩进行，不得对同一基础上的多根静压桩同时进行加压作业。
- 5 压桩施工应以桩顶压力控制为主、桩长控制为辅。桩顶压力达到设计要求后应持压稳定不少于30min。
- 6 桩位平面偏差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ ，桩节垂直度偏差不应大于桩节长度的1%。

**14.2.8** 通过增设应力释放孔、开挖卸载沟释放基础不平衡土压力的方式辅助墩台、基础纠偏施工时，应符合下列规定：

- 1 施工前，应按设计规定进行放样，确定应力释放孔、卸载沟位置。
- 2 钻孔、开挖应按设计规定的程序进行，钻孔或开挖深度应满足设计要求。
- 3 应力释放孔、卸载沟应从基础承受土压力较大的部位向周边依次分批钻孔或分段、分层开挖。
- 4 施工过程中，应对基础复位量及复位速率进行监测。基础复位量或复位速率超出控制值时，应立即停止纠偏施工。
- 5 基础复位完成后，应立即采用砂砾、碎石等对设应力释放孔、卸载沟进行回填。

### 14.3 基础防冲刷加固

**14.3.1** 采用抛石防护进行基础冲刷加固时，施工应符合下列规定：

- 1 施工前，应对冲刷区域的水深或水下地形进行测量、校核冲刷深度和防护构造的尺寸及数量，并应按设计规定的抛石区域确定抛石位置。
- 2 石料应质地坚硬、耐冻、不易崩解和水解，其粒径、强度应满足设计要求。
- 3 正式抛石前，应依据水深和流速进行抛石试验，确定抛石船位置并进行固定。

4 抛石应遵循先上游后下游、先小块后大块的原则分层、分段进行，不得撞击、挤压墩台或基础。水流过大时，应停止抛石作业。

5 抛石过程中应对抛石设备定位、移位、抛投时间、抛投吨位及水文条件等进行记录，并应对抛石积体进行跟踪测量，有漏抛现象应进行补抛。

6 采用石笼防护时，石笼网兜的网丝材料、编织形状及尺寸应符合设计要求，相邻石笼之间应连接紧密。

#### 14.3.2 采用板桩围护进行基础冲刷加固时，施工应符合下列规定：

1 施工前，应对冲刷区域的水深或水下地形进行测量、校核冲刷深度，并应对地下管线情况进行调查。

2 板桩围护前应对板桩位置进行现场放样，打入深度及顶面高程应符合设计规定。

3 打桩设备应根据板桩材质、地质条件、打入深度、作业环境等进行选择，可采用冲击打桩机、振动打桩机、振动冲击打桩机。深水区作业时，应采用驳船配合作业。

4 打桩作业应采取引导梁等有效措施控制打桩垂直度，相邻板桩应可靠连接。

5 板桩围护内填充混凝土时，应在打桩作业完毕后对其进行临时支撑，并将围护内部清理至设计高程后方可进行混凝土填筑。混凝土浇筑应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

#### 条文说明

打桩时，为防止后打入的桩将先打入的桩带斜，需将前一批打过的桩通过焊接等方式连接为整体。打入困难时，需采取高压水刀等辅助下沉措施。

#### 14.3.3 采用护坦进行基础冲刷加固时，施工应符合下列规定：

1 施工前，应调查核实防护区域，并进行现场放样。

2 护坦宜在枯水期进行施工，施工时应在防护区域设置临时围挡，并对河床进行清理。河床有淤泥覆盖层时，应清除淤泥并采用砂砾、碎石等进行回填。

3 河床进行平面防护时，铺筑作业应在基底夯实后进行。

4 钢筋制作与安装、混凝土浇筑与养护、砌体砌筑等应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

#### 条文说明

季节性河流河床护坦施工，需在上游安排专人进行巡视，与水利、河道等有关部门保持通讯，防止因突发大水造成安全事故。

#### 14.3.4 通过增设回淤坝、拦砂坝、丁坝、顺坝、导流堤等河道防护设施进行防冲刷加固时，施工应符合现行《堤防工程施工规范》(SL/T 260) 的有关规定。

## 14.4 地基加固

### 14.4.1 地基注浆加固施工应符合下列规定：

1 注浆用水泥浆液的水灰比宜取  $0.5 \sim 1.5$ ，并应符合设计规定。水泥浆中可适当掺入粉煤灰、膨润土、水玻璃等，外添加剂和掺合料用量应通过试验确定。进行配比实验时，粉煤灰掺量宜为水泥用量的  $20\% \sim 50\%$ ，水玻璃掺量宜为水泥用量的  $0.5\% \sim 3\%$ ，膨润土掺量不宜大于水泥用量的  $5\%$ 。

2 地基注浆应遵循均匀对称、先外围后内部、先疏后密和跳孔间隔的原则进行钻孔灌注，不得采用单向推进的压注方式。注浆范围有地下流动水时，应自水头高的一端开始注浆。注浆土层渗透系数相近时，应先注浆封顶，再由下至上进行注浆。

3 注浆钻孔宜采用回转式钻机成孔，注浆孔直径宜为  $48 \sim 55\text{mm}$ ，钻孔倾斜度不得超过  $2\%$ 。采用套管跟进成孔工艺时，可根据套管尺寸选择注浆孔直径。

4 注浆应按设计规定采用花管、袖阀管或注浆管等进行静压注浆。注浆方式可采用循环钻灌、自下而上灌注等；灌注深度较浅、地质条件较好时，可采用全孔一次注浆。

5 浆体应搅拌均匀后，方可开始压注。注浆过程中，应不停缓慢搅拌，搅拌时间不应大于浆液初凝时间。浆液泵送前，应经过筛网过滤。

6 劈裂注浆的流量宜为  $7 \sim 15\text{L}/\text{min}$ 。充填型灌浆的流量不宜大于  $20\text{L}/\text{min}$ 。

7 高温条件下注浆时，宜对注浆设备进行遮挡，防止浆液凝固。低温条件下注浆时，应采取保温措施避免浆液冻结。

8 地基注浆时，宜采取增加注浆批次与缩短浆液凝固时间等措施，减少基础、地下管线和地面因注浆而产生的附加沉降。

9 地基注浆时，应对桥梁结构及邻近构造物、地下管线和地面的沉降、倾斜、位移和裂缝进行监测。

10 注浆压力、注浆量、注浆孔单位吸浆量或周边环境变化达到设计规定的注浆结束标准时，方可结束注浆。

### 14.4.2 采用旋喷桩进行地基加固时，施工应符合下列规定：

1 制定施工方案前，应收集场地工程地质与水文地质、周边环境条件、临近的地表或地下构造物等资料。

2 旋喷桩宜根据工程实际情况进行现场试验，并应结合类似工程经验确定施工工艺和施工参数。

3 施工前应根据现场环境和地下障碍物的位置等情况复核设计孔位，孔位需要调整时应征得设计同意。

4 旋喷注浆用水泥浆液的水灰比宜取  $0.8 \sim 1.2$ ，并应符合设计规定。水泥浆中可适当掺入粉煤灰、膨润土或过筛黏土等，外添加剂和掺合料用量应通过试验确定。水泥浆

液应采用机械搅拌，并应随拌随用。

5 旋喷桩成孔直径宜为 90 ~ 150mm，并应符合设计规定。钻孔倾斜度不应超过 1.5%，桩位偏差不应大于 50mm。喷射孔与高压注浆泵的距离不宜大于 50m。

6 旋喷注浆应自孔底起由下而上分段注浆。前一段喷射注浆参数达到规定值后方可提升注浆管进行下一段喷射注浆。注浆管分段提升的搭接长度不得小于 100mm。

7 旋喷注浆应采取速凝浆液或跳孔喷射和冒浆回灌等措施，防止喷射过程中地基产生附加变形和地基与基础间出现脱空现象。

8 旋喷注浆施工时，不得在邻近进行抽水作业。

9 旋喷注浆过程中出现压力骤然下降、上升或返浆过多等异常情况时，应查明原因，排除异常后方可继续施工。

10 作业时，应对高压液体和气体管道的耐久性、管道连接可靠性进行检查，人员与喷嘴距离应大于 0.6m，防止发生安全事故。

11 当旋喷注浆完毕，应及时拔出注浆管，并应利用回浆或水泥浆及时进行回灌，直至孔口浆面不再下降。需在原孔位进行补浆时，宜在喷注后 6h 内完成。

12 施工过程中应详细记录用浆量、提升速度、浆液配比、实际孔位、孔深和钻孔内的地下障碍物、洞穴、涌水、漏水及与工程地质勘察报告不符等情况。

## 15 桥梁抗震加固

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 本章适用于桥梁结构增设防落梁装置、减隔震设施及液化地基处理等预防性抗震加固施工。

#### 条文说明

修建年代较早的桥梁通常存在抗震能力不足问题，通过提高构件强度、延性等措施进行加固工程造价较高，通过增加减隔震措施可以降低地震作用下的结构响应，是目前旧桥抗震预防加固常用的方法。

**15.1.2** 新增构件施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定。

**15.1.3** 液化地基处理、复杂桥梁更换隔震支座施工过程中应对承重构件控制截面的应力(应变)、变形、位移及处治区域地面高程变化情况进行施工监控。

### 15.2 防落梁加固

**15.2.1** 墩台盖梁加宽可参照本规范第5章的有关规定进行施工。

**15.2.2** 增设混凝土挡块(限位器)施工除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 新增挡块(限位器)应根据梁板、支座实际位置进行现场放样。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 新、旧混凝土结合面处理、植筋应符合本规范第5章的有关规定。

3 新增挡块(限位器)需对盖梁进行接长时，盖梁接长施工应符合本规范第13.2.1条的有关规定。

4 挡块(限位器)与橡胶垫块等弹性缓冲材料的接触面应平整、清洁，缓冲材料与挡块(限位器)应按设计规定进行连接，并应固定牢靠。

**15.2.3** 增设钢挡块（限位器）施工除应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 新增钢挡块（限位器）应根据梁板、支座实际位置进行现场放样。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 钢挡块（限位器）宜在工厂加工制作。

3 在混凝土构件上安装钢挡块（限位器）时，结合面处理、锚栓种植或安装、钢挡块（限位器）锚板粘贴应符合本规范第6章的有关规定。

4 在钢构件上安装钢挡块（限位器）时，钢挡块（限位器）与原构件连接的焊缝等级应符合设计规定。

5 挡块（限位器）与橡胶垫块等弹性缓冲材料的接触面应平整、清洁，缓冲材料与挡块（限位器）应按设计规定进行连接，并应固定牢靠。

6 新增钢挡块（限位器）应按设计规定进行防腐处理。

**15.2.4** 新增挡块（限位器）的中心位置、与主梁间的间隙和制作尺寸偏差应符合表15.2.4的规定。

表15.2.4 新增设的挡块（限位器）允许偏差

编号	项目	允许偏差
1	中心位置允许偏差 (mm)	±10
2	与主梁间的间隙允许偏差 (mm)	±5
3	混凝土挡块（限位器）尺寸允许偏差 (mm)	±10
4	钢挡块（限位器）制作尺寸允许偏差 (mm)	±2

**15.2.5** 在相邻桥跨主梁或主梁与墩台之间增设连接拉杆时，除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 连接拉杆的安装位置及原结构开孔位置应进行现场放样，拉杆杆体的中心位置偏差不应大于10mm。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。

2 连接拉杆的锚固架宜在工厂加工制作，其尺寸偏差不应大于2mm。锚固架上的拉杆孔位及原结构上的拉杆安装孔位应与拉杆轴线保持一致。

3 在混凝土构件上安装锚固架时，结合面处理、锚栓种植或安装、锚固架粘贴应符合本规范第6章的有关规定；在钢构件上安装锚固架时，锚固架与原构件连接的焊缝等级应符合设计规定。

4 拉杆杆体的下料长度应按锚固架的实际安装位置确定。刚性拉杆安装时不得发生弯曲；柔性拉杆安装时各索股不得发生绞扭，并应按设计规定的程序张紧与锚固。

5 连接拉杆安装完成后，其活动间隙应符合设计规定，并应按设计规定垫塞橡胶垫块、弹簧等弹性缓冲材料。

6 新增连接拉杆各组件应按设计规定进行防腐处理。

#### 条文说明

拉杆分为柔性拉杆和刚性拉杆。柔性拉杆多采用钢绞线索，整束锚固，并在活动端设有弹簧。刚性拉杆一般为钢板、钢棒或型钢，与锚固架采用螺栓、锚固螺母等进行连接，活动端有时设置滑槽，槽的长短按允许位移量控制。

### 15.3 减、隔震加固

**15.3.1** 增设阻尼器进行减震加固时，阻尼器安装施工应符合下列规定：

- 1 阻尼器产品进场后，应核查其各项技术参数是否符合设计规定。
- 2 阻尼器的安装位置应进行现场放样，阻尼器基座的纵向位置偏差不应大于20mm，横向位置偏差不应大于5mm，并应满足产品安装要求。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。
- 3 阻尼器基座的制作与安装可参照本规范第15.2.4条中锚固架制作与安装的规定进行施工。
- 4 阻尼器基座安装完成后，应按设计规定进行防腐处理，阻尼器应按产品安装要求进行安装。

**15.3.2** 更换隔震支座时，施工应符合下列规定：

- 1 隔震支座产品进场后，应核查其各项技术参数是否符合设计规定。
- 2 更换支座前，应对原结构总支撑高度、新隔震支座与原支座的高度差等进行测量，并应确定上部结构顶升高度、原支座垫石减薄改造厚度等。现场实际情况与设计不符时，应征得设计同意后进行调整。
- 3 上部结构顶升应符合本规范第9.4节的有关规定。
- 4 上部结构顶升就位并进行临时支撑后，方可拆除原支座。
- 5 新隔震支座安装前应按设计规定对支座垫石、梁底调平构造进行改造。
- 6 新隔震支座宜在设计规定的温度条件下进行安装。安装温度与设计规定不符时，应对安装时的支座初始位移量进行修正。
- 7 新隔震支座安装完成后，支座与调平构造应密贴、无偏压。

### 15.4 防地基液化处治

**15.4.1** 通过在基础周围增加封闭钢板桩、地下连续墙进行防地基液化加固时，钢板桩与地下连续墙的施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

**15.4.2** 采用加密法（碎石桩、水泥碎石桩）进行防地基液化加固时，施工应符合下列规定：

1 施工前应进行成桩工艺和成桩挤密试验，确定施工工艺、速度、投料数量等。

2 碎石桩宜采用级配好、不易风化的碎石或砾石，最大粒径不宜大于50mm，含泥量不应大于5%；干拌水泥碎石挤密桩所用石屑粒径宜为0~5mm，碎石粒径宜为5~20mm，含泥量不应大于5%；水泥粉煤灰碎石桩集料可采用碎石或砾石，泵送混合料时砾石最大粒径不宜大于25mm，碎石最大粒径不宜大于20mm，水泥宜选用32.5级普通硅酸盐水泥，粉煤灰宜选用Ⅱ、Ⅲ级粉煤灰。

3 挤密桩可采用预钻孔法进行成孔。钻孔时，宜从中间向外围间隔跳打。临近结构物时，应按由近及远的顺序进行施工。相邻水泥粉煤灰碎石桩的施工间隔时间不应少于7d。

4 碎石桩或干拌水泥碎石桩填料前应夯实孔底，成桩回填应分层投料、分层夯实，填料的压实度不宜小于93%，其密实度抽查频率应为2%，用重Ⅱ型动力触探测试，贯入量100mm时，击数应大于5次。

5 挤密桩桩距偏差不应大于100mm，桩长、桩径、粒料灌入率、混合料强度及地基承载力应符合设计规定。

**15.4.3** 采用固结法（注浆、旋喷桩）进行防地基液化加固时，可参照本规范第14.4节的有关规定进行施工。

**15.4.4** 采用加密法、固结法加固时，处理范围、深度及处理后复合地基的标准贯入锤击数应符合设计规定。

**15.4.5** 通过增加桩基进行防地基液化加固时，新增桩基、承台可参照本规范第14.2节的有关规定进行施工。钻孔施工过程中应采取有效措施防止地层液化、缩颈或坍孔。

## 附录 A 锚固承载力现场检验方法

### A.1 适用范围及应用条件

**A.1.1** 本方法适用于混凝土结构后锚固工程质量的现场检验。

**A.1.2** 后锚固工程质量检验分为破损性检验和非破损性检验。对于一般结构构件，应采用非破损性检验方法；对于下列结构、构件中的受拉钢筋或锚栓，应采用破损性检验方法：

- 1 承重结构构件；
- 2 悬挑结构、构件；
- 3 对锚固质量有怀疑时。

**A.1.3** 当采用破损性检验造成结构修复困难时，若钢筋或锚栓种植完全符合本规范的有关规定，可在构件旁边，在同强度等级的混凝土块体上同期种植同类钢筋或锚栓（不得事后补种）作为检验之用，不得采用非破损性检验方法。

### A.2 抽样规则

**A.2.1** 锚固质量现场检验抽样时，应以同品种、同规格、同强度等级的锚固件安装于锚固部位基本相同的同类构件为一检验批，并应从每一检验批所含的锚固件中进行抽样。

**A.2.2** 现场检验的抽样数量，应符合下列规定：

- 1 锚栓应取每一检验批植筋总数的5%且不少于5件进行检验。
- 2 植筋应取每一检验批植筋总数的3%且不少于5件进行检验。

**A.2.3** 胶粘的锚固件，其检验宜在锚固胶达到其产品说明书标示的固化时间的当天进行。若因故需推迟抽样与检验日期，应征得监理单位同意，且推迟不应超过3d。

### A.3 仪器设备要求

**A.3.1** 现场检测用的加荷设备应为专门的拉拔仪，并应符合下列规定：

- 1 设备的加载能力应比预计的检验荷载值至少大 50%，应能连续、平稳、可靠、速度可控地运行。
- 2 加载设备测力系统整机的允许偏差应不超过全量程的  $\pm 2\%$ 。
- 3 设备的液压加载系统持荷时间不超过 5min 时，其降荷值不应大于 5%。
- 4 设备夹持器应能保持与植筋或锚栓轴线对中。
- 5 设备支承点与植筋或锚栓的净距应不小于植筋或锚栓直径的 12 倍，且不小于 250mm。

#### A. 3.2 现场测定仪器应定期送检定机构检定，遇到下列情况时应重新检定：

- 1 读数出现异常。
- 2 被拆卸检查或更换零部件后。

**A. 3.3 非破损性检验应取 1.2 倍的拉拔力设计值作为检验荷载，以均匀速率在 2 ~ 3min 内加载至检验荷载，且在该荷载下持载 2min。锚栓破损性检验应以均匀速率在 2 ~ 3min 内加载至锚栓破坏，植筋破损性检验应以均匀速率在 2 ~ 7min 内加载至植筋破坏。**

**A. 3.4 现场检验用的仪器设备应定期由法定计量检定机构进行检定。遇到下列情况之一时，还应重新检定：**

- 1 读数出现异常；
- 2 拆卸检查或更换零部件后。

### A. 4 检验评定

#### A. 4.1 非破损性检验评定应符合下列规定：

- 1 试样在持荷期间，锚固件无滑移、基材混凝土无裂纹或其他局部损坏迹象出现，且加载装置的荷载示值在 2min 内无下降或下降幅度不超过 5% 的检验荷载时，该试样拉拔承载力应评为合格，否则为不合格。
- 2 一个检验批所抽取的试样全部合格时，该检验批拉拔承载力应评定为合格。
- 3 一个检验批中不合格试样不超过 5% 时，应另抽不合格数量的 2 倍且不少于 3 根试样进行非破损性检验，当另抽试样的拉拔承载力均合格时，该检验批拉拔承载力评为合格。
- 4 不符合上述条件时，该检验批应评定为不合格。

#### A. 4.2 破损性检验评定应符合下列规定：

- 1 当检验结果全部为钢筋或锚栓破坏时，该检验批的拉拔承载力评为合格。
- 2 设计约定锚栓极限状态破坏模式为混凝土破坏，且混凝土破坏时的锚栓拉力不小于锚栓设计拉拔力的 1.4 倍时，该检验批的拉拔承载力评为合格。
- 3 不符合上述条件时，植筋拉拔承载力评为不合格。

## 本规范用词用语说明

1 本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 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”。
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。
- 3) 当引用本规范中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”、“应符合本规范第×.×节的有关规定”、“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。