

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

空心板梁维修加固技术规程

Technical specification for maintenance and reinforcement of hollow slab beams

征求意见稿

2024年3月

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	1
5 材料 .....	2
5.1 一般规定 .....	2
5.2 胶黏剂 .....	2
5.3 加固用钢板 .....	3
5.4 预应力碳纤维板 .....	3
5.5 水泥基灌浆料 .....	3
5.6 界面剂 .....	3
5.7 气囊内膜 .....	3
6 铰缝填充加固法 .....	4
6.1 一般规定 .....	4
6.2 技术要求 .....	4
6.3 施工 .....	5
7 桥面补强加固法 .....	5
7.1 一般规定 .....	5
7.2 设计 .....	5
7.3 施工 .....	6
8 粘贴钢板加固法 .....	6
8.1 一般规定 .....	6
8.2 设计 .....	6
8.3 施工 .....	7
9 预应力碳纤维板加固法 .....	7
9.1 一般规定 .....	7
9.2 设计 .....	7
9.3 施工 .....	8
10 增大截面加固法 .....	8
10.1 一般规定 .....	8
10.2 构造设计 .....	8
10.3 施工 .....	9
11 质量检验与验收 .....	10
11.1 铰缝填充 .....	10
11.2 桥面补强 .....	10

11.3 粘贴钢板 .....	10
11.4 预应力碳纤维板 .....	10
11.5 增大截面加固 .....	11
附录 A（规范性） 梁端增大截面法抗剪加固极限承载能力计算方法 .....	12
索引 .....	13

## 前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：河南交通投资集团有限公司、河南省交通规划设计研究院股份有限公司、中德新亚建筑材料有限公司、卡本科技集团股份有限公司、陕西凯达交通集团有限公司、华北水利水电大学、内蒙古交通集团蒙通养护有限责任公司。

本文件主要起草人：



# 空心板梁维修加固技术规程

## 1 范围

本文件规定了空心板梁维修加固的基本规定、材料、设计、施工和质量检验与验收。  
本文件适用于各等级道路空心板梁的维修加固。

## 2 规范性引用文件

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

- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 4171 耐候结构钢
- GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 1267 桥梁用预应力碳纤维板—夹持式锚具
- JT/T 1450 桥梁用预应力碳纤维板(筋)体外束
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准
- JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
- JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范
- CJJ/T 239 城市桥梁结构加固技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 铰缝填充法

使用压力设备将胶液压入空心板铰缝缝隙中，进行铰缝填充修复的方法。

### 3.2

#### 桥面补强加固法

加厚桥面调平层或增强调平层配筋，并采取植筋措施使调平层与主梁形成整体，提高桥梁承载力的方法。

## 4 基本规定

- 4.1 空心板梁经过技术状况评定及承载力鉴定，确认经过加固后能满足结构安全和正常使用方可进行加固。
- 4.2 空心板梁加固改造后的荷载等级应不低于原标准。
- 4.3 承载能力冗余度低的空心板梁不宜提升桥梁荷载等级。
- 4.4 上部结构技术状况较差、承载能力适应性不足的空心板梁，宜采用更换上部结构方案。
- 4.5 增大截面加固和桥面补强加固导致的上部恒载增加，应对支座、下部结构及基础进行承载力验算。
- 4.6 加固设计应考虑支座和铰缝病害对空心板梁造成的不利影响。
- 4.7 空心板结构腹板及顶、底板混凝土厚度尺寸较小，加固时应尽量避免损伤原结构。

4.8 采取多项措施对空心板梁进行加固时，应按结构安全第一和加固贡献最大化为原则，合理安排施工工序；且应在裂缝、空洞等缺陷修复完成后进行。

4.9 空心板梁维修加固技术除应符合本规程外，尚应符合 JTG/T J23 和 CJJ/T 239 的有关规定

## 5 材料

### 5.1 一般规定

5.1.1 加固用材料的品种、规格及使用性能应满足设计要求。

5.1.2 加固用新材料必须通过相关管理部门组织的技术鉴定。

5.1.3 进场材料应有生产厂家的质量证明书和抽样复检合格报告。

### 5.2 胶黏剂

5.2.1 铰缝填充用胶黏剂，包括铰缝封闭胶、压注型结构胶，技术性能指标应分别符合表 1、2 的规定。

表 1 铰缝封闭胶技术性能指标要求

检验项目		检验条件	合格指标	检测方法	
胶体性能	抗拉强度/MPa	在 23℃±2℃、50%±5%RH 条件下，以 2mm/min 加荷速度进行测试	≥30	GB/T 2567	
	受拉弹性模量/MPa		≥1.5×10 <sup>3</sup>		
	伸长率/%		≥1.5		
	抗弯强度/MPa		≥40,且不得呈碎裂状破坏		
	抗压强度/MPa		≥70		
粘结能力	钢对钢拉伸抗剪强度/MPa	标准值	23℃±2℃、50%±5%RH	≥14	GB/T 7124
		平均值	60℃±2℃、10min	≥16	
	-45℃±2℃、30min		≥16		
	钢对钢粘结抗拉强度/MPa	在 23℃±2℃、50%±5%RH 条件下，按所执行试验方法标准规定的加荷速度测试	≥40	GB/T 6329	
	钢对钢 T 冲击剥离长度/mm		≤20	GB 50728-2011 附录 F	
钢对 C45 混凝土正拉粘结强度/MPa	≥25,且为混凝土内聚破坏		GB 50728-2011 附录 G		
热变形温度/℃		使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法	≥65	GB/T 1634.2	
不挥发物含量/%		105℃±2℃、180min±5min	≥99	GB 50728-2011 附录 H	

表 2 铰缝压注型结构胶技术性能指标要求

检验项目		检验条件	合格指标	检测方法
胶体性能	初始黏度/(mPa·s)	在 23℃±2℃条件下测试	≤500	GB 50728-2011 附录 Q
	适用期/min		≥30	GB/T 7123.1
	抗拉强度/MPa	浇筑毕养护 7d，到期立即在 23℃±2℃,50%±5%RH 条件下测试	≥25	GB/T 2567
	受拉弹性模量/MPa		≥1.5x10 <sup>3</sup>	
	伸长率/%		≥1.7	

	抗弯强度/MPa			≥30,且不得呈碎裂破坏	GB 50728-2011 附录 P
	抗压强度/MPa			≥50	
	无约束线性收缩率/%	浇筑毕养护 7d, 到期立即在 23℃±2℃ 条件下测试		≤0.3	
粘 结 能 力	钢对钢拉伸抗剪强度 /MPa	浇筑毕养护 12h	23℃±2℃, 50%±5%RH 条件下测试	≥11	GB/T 7124
		浇筑毕养护 7d		≥15	
	钢对钢对接抗拉强度 /MPa	浇筑毕养护 12h		≥12	GB/T 6329
		浇筑毕养护 7d		≥20	
	钢对干态混凝土正拉粘结强度/MPa	浇筑毕养护 7d, 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	GB 50728-2011 附录 G
钢对湿态混凝土正拉粘结强度/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%	GB 50728-2011 附录 L	

5.2.2 粘贴钢板用胶黏剂应符合 JTG/T 22-2008 表 4.6.5 中 A 级胶的性能要求。

5.2.3 粘贴预应力碳纤维板用胶黏剂应符合 JTG/T 22-2008 表 4.6.2 中 A 级胶的性能要求。

### 5.3 加固用钢板

粘贴钢板用钢材宜采用 Q355 钢和 Q355NH 钢, 应分别满足 GB/T 1591 和 GB/T 4171 的有关规定。

### 5.4 预应力碳纤维板

5.4.1 预应力碳纤维板的力学性能指标及规格尺寸应符合 JT/T 1450 的有关规定。

5.4.2 预应力碳纤维板用锚具性能指标的规格尺寸应符合 JT/T 1267 和 JT/T 1450 的有关规定。

### 5.5 水泥基灌浆料

空心板梁端增大截面加固用水泥基灌浆料应符合 GB/T 50448 表 4.1.1 中 III 类、VI 类灌浆料的规定。

### 5.6 界面剂

5.6.1 界面剂宜采用改性环氧类界面剂。

5.6.2 界面剂干态粘结的基本性能、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。

5.6.3 界面剂的剪切粘结性能不小于 3.5MPa, 且为混凝土内聚破坏。

### 5.7 气囊芯膜

5.7.1 充气橡胶芯膜基本尺寸允许偏差值为 ±3%。

5.7.2 充气橡胶芯膜的外径尺寸可通过调整气压来控制, 但最低气压不得低于使用气压。

5.7.3 充气橡胶芯膜的气密性试验气压应为使用气压的 1.15 倍。

5.7.4 充气橡胶芯膜胶料物理机械性能应符合表 3 的规定。

表 3 芯膜胶料物理机械性能

项 目	内外覆盖胶	封口胶	要求
-----	-------	-----	----

拉伸强度, MPa	≥	15	13	符合 GB/T528 的规定
拉断伸长率, %	≥	400		
硬度, 邵尔 A, 度		60±5		符合 GB/T531.1 的规定
脆性温度, °C	≤	-30		符合 GB/T1682 的规定
耐磨性, 阿克隆磨耗, cm <sup>3</sup> /1.61km	≤	0.5	1	符合 GB/T1689 的规定
热空气老化 100°Cx70h	硬度变化, 邵尔 A, 度	≤	10	符合 GB/T3512 的规定
	拉伸强度降低率, %	≤	15	
	拉断伸长率降低率, %	≤	40	

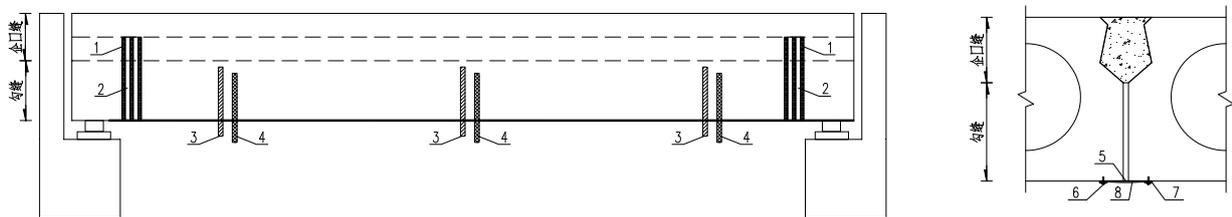
## 6 铰缝填充法

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 本方法适用于空心板梁铰缝加固, 铰缝形式宜为浅铰缝结构和中铰缝结构, 不宜为深铰缝结构。
- 6.1.2 桥面铺装无明显病害, 桥面排水顺畅, 仅铰缝渗水并有轻微泛碱, 可采用铰缝填充法加固。
- 6.1.3 桥面铺装层有轻微纵向裂缝, 铰缝内部有细微裂缝, 影响荷载横向分布, 铰缝填充法应配合其他加固方案一同使用。
- 6.1.4 桥面铺装层出现通长纵向裂缝, 铰缝损坏严重, 宜重做铰缝结构, 不宜采用铰缝填充法。
- 6.1.5 铰缝填充法不宜在冬季施工。
- 6.1.6 铰缝填充用胶应具有粘度低、渗透性强、耐老化, 耐酸、碱、盐等特点, 能够注入宽度为 0.1mm 的混凝土裂缝。

### 6.2 技术要求

- 6.2.1 铰缝注胶管与测量管尺寸选择及布置应满足以下规定:
- 注胶管与测量管尺寸应保持一致, 管径应大于板缝宽度, 且应利于压力注胶;
  - 相邻注胶管与测量管间距不宜大于 20cm, 相邻注胶管(测量管)间距不宜大于 200cm;
  - 注胶管顶面距离企口缝底部宜为 1cm~2cm, 测量管宜低于注胶管 1cm~2cm;
  - 注胶管与测量管直径应不大于 16mm, 每处注胶管与测量管间距不大于 20cm, 相邻注胶管(测量管)间距不大于 200cm。铰缝填充布置可参照图 1。



1—封堵木条; 2—聚氨酯发泡胶; 3—注胶管; 4—测量管; 5—企口缝细微裂缝; 6—封闭胶; 7—塑料板; 8—锚栓;

图 1 铰缝填充设计参考图

### 6.2.2 铰缝注胶分两次进行, 应满足以下规定:

- 第一次注胶采用低压慢注, 注胶压力不应小于 0.2MPa, 注胶高度为测量管顶部, 以测量管向外溢胶液为止, 待胶液固化后再进行第二次注胶;
- 第二次注胶为加压灌注, 注胶压力不宜大于 0.5MPa, 所有注浆管同时注浆, 所有测量管全部封闭, 待胶液不再流动后, 持续注胶 20min 后停止注胶;

- c) 第一次注胶结束后应对注胶管进行清理，防止第二次注胶时注胶管被固化胶液封堵；  
d) 第二次注胶过程中，企口缝内混凝土裂缝应填充饱满。

表 4 两次注胶时间间隔

施工环境温度/℃	注胶时间间隔/h
10	24
20	18
30	12
40	6

表 5 压力注胶的工艺性能要求

混合后初粘度 (mpa·s)	在各试验温度下测定的可操作时间 (min)		
	10℃	23℃	30℃
100~1000	40~210	≥40	≥30

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。

### 6.3 施工

- 6.3.1 将铰缝内破损松散混凝土清理干净；并对浮渣、粉尘进行清理，保证铰缝粘贴面洁净、干燥、无油污。
- 6.3.2 注胶管、测量管埋置深度满足设计要求，并保证注胶管和测量管的位置稳固。
- 6.3.3 铰缝梁端封闭采用聚氨酯发泡剂+木方方案，梁底封闭采用封闭胶+塑料板方案。
- 6.3.4 注胶前进行气密性检查，保证封闭位置气密性良好；如在注浆过程中，出现局部漏浆，应及时修补。
- 6.3.5 铰缝注胶施工应满足以下规定：
- 当设计文件未明确注胶设备时，可采用最大排气压力为 0.8MPa 的小型空压机，最大压力负荷不小于 1MPa 的注胶罐，注胶压力控制在 0.2MPa~0.3MPa 范围之内；
  - 在封闭胶固化有一定强度后，对注浆设备进行全面检查和试运营，确保浆液顺利实施；
  - 注胶顺序应从较低端向较高端进行；从两侧边板开始向桥梁中线推进。

## 7 桥面补强加固法

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 加厚桥面调平层造成桥面高程增大时，连接路面或桥面纵坡应通过沥青层进行调整。
- 7.1.2 采用桥面补强加固法，应对损坏铰缝一并修复。
- 7.1.3 本方法施工时禁止桥上车辆通行。

### 7.2 设计

- 7.2.1 空心板梁加固后，极限承载力计算可按照 JTG/3362-2018 中 8.1 节规定执行。
- 7.2.2 考虑调平层参与受力厚度应减去顶面保护层。
- 7.2.3 调平层材料应采用防水混凝土，混凝土强度等级不应低于 C40，防水等级不应低于 P8。
- 7.2.4 桥面铺装层应进行桥面防水层恢复和排水系统完善。
- 7.2.5 空心板梁顶板厚度较薄，应在靠近腹板位置进行植筋，钢筋直径不宜大于 12mm。
- 7.2.6 调平层与板顶结合面抗剪钢筋应按下式的要求配置：

$$A_{sv} = \frac{bs}{f_{sd}} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $A_{sv}$ —同一竖向截面的结合面抗剪钢筋的面积（ $\text{mm}^2$ ）

$s$ —竖向结合钢筋的纵向间距（ $\text{mm}$ ）

$f_{sd}$ —竖向结合钢筋的抗拉强度设计值（ $\text{MPa}$ ）

7.2.7 重做调平层厚度宜大于原厚度，且最小厚度不应小于 10cm。

7.2.8 新老混凝土结合面处，空心板顶面应凿成凹凸差不小于 6mm 的粗糙面，并涂刷界面剂。

7.2.9 当调平层厚度大于等于 12cm 时，宜设置双层钢筋网，钢筋直径宜为 12mm，间距不宜大于 100mm；当调平层厚度小于 12cm 时，宜设置单层钢筋网，钢筋直径不应小于 12mm，间距不应大于 100mm。改造后调平层配筋率不应低于原桥面铺装层配筋率。

7.2.10 调平层底部净保护层厚度可为 20mm，顶部净保护层厚度可为 30mm，同时根据环境类别应满足 JTG 3362-2018 表 9.1.1 的要求。

### 7.3 施工

7.3.1 桥面调平层的施工应符合下列规定：

- a) 调平层的厚度、材料、混凝土强度、防水层设置等均应符合设计规定；
- b) 浇筑混凝土调平层之前，应将结合面做成凹凸不小于 6mm 的粗糙面，并清洁作业面涂刷混凝土界面剂；
- c) 施工前应按设计要求进行植筋，植筋的钢筋直径、深度、间距应满足设计要求；植筋工艺按照 JTG/T J23-2008 附录 A 有关规定执行。

## 8 粘贴钢板加固法

### 8.1 一般规定

8.1.1 本方法适用于空心板梁的抗弯承载能力不足加固及边梁的抗剪承载能力加固。

8.1.2 钢板外表面耐久性防护体系，应按照 JT / T 722 中表 1 进行选取。

8.1.3 处于极端气候、介质侵蚀等特殊环境的桥梁，粘贴钢板应采用耐环境作用的胶黏剂。

8.1.4 粘贴钢板加固，宜将钢板受力方式设计成仅受轴向力作用。

### 8.2 设计

8.2.1 采用粘贴钢板法进行抗弯加固设计时，除应符合规范 JTG3362-2018 第 5.1.3 条正截面承载力计算的基本假定，尚应符合下列规定：

- a) 构件达到受弯承载能力极限状态时，外贴钢板的拉应变应符合平截面假定；
- b) 钢板应力等于钢板拉应变与弹性模量的乘积；
- c) 当考虑二次受力影响时，应按构件加固前的初始受力情况，确定粘贴钢板的滞后应变；
- d) 在达到受弯承载能力极限状态前，外贴钢板与混凝土之间不致出现粘结剥离破坏。

8.2.2 粘贴钢板加固后空心板抗弯承载力计算，应按照 JTG/T J22-2008 中 6.2.2 条规定执行。

8.2.3 受拉钢板应具有足够的延伸长度，传递钢板与被加固构件界面之间的黏结剪应力，延伸长度应按照 JTG/T J22-2008 中 6.2.5 条规定执行。

8.2.4 空心板底板粘贴钢板位置，宜靠近腹板位置；a)类和 b)类断面形式空心板可在梁底中间增加一道钢板，c)类断面形式空心板不宜在梁底中间位置粘贴钢板。

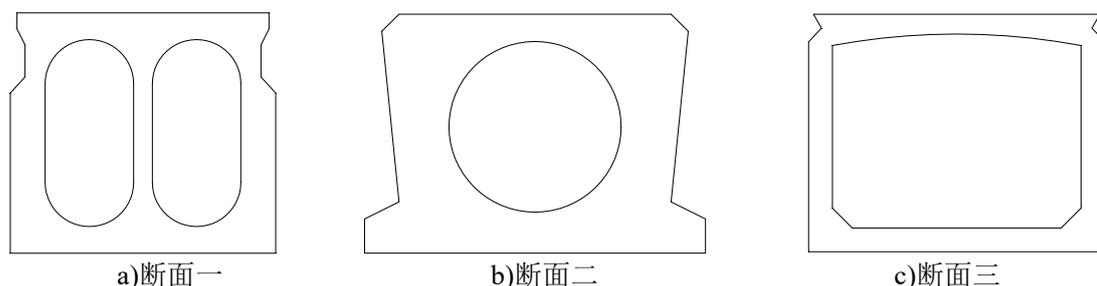


图 2 空心板断面形式图

- 8.2.5 粘贴钢板宽度宜介于 15cm~25cm，厚度不宜小于 5mm，宜采用压力注胶法粘贴。
- 8.2.6 在纵向受力钢板端部和中部宜设置横向钢压条，跨径不大于 20m 空心板跨中可设置 1 道钢压条，跨径大于 20m 空心板宜设置 2 道钢压条，钢压条角度与桥梁斜交角一致，钢压条厚度和宽度宜与纵向钢板保持一致。
- 8.2.7 当钢板延伸至支座边缘仍不满足 8.2.3 条要求时，应在延伸长度范围内均匀布置横向压条。
- 8.2.8 粘贴钢板采用锚栓的布置应满足以下规定：
- 宜采用化学锚栓，锚栓型号不宜大于 M16，锚栓间距最小为 30cm，最大为 50cm；
  - 锚栓中心距离钢板边缘的最大距离为 100mm，最小距离为 2 倍螺栓孔径；
  - 锚栓距离混凝土边缘不宜小于 100mm，且锚栓应在边缘纵向钢筋的内侧。

### 8.3 施工

- 8.3.1 粘贴钢板应在交通量较小时进行。
- 8.3.2 钢板粘贴前，应先进行混凝土表面清理，且应符合下列规定：
- 原结构表面的松散混凝土、浮渣、污渍等，应清理干净；
  - 混凝土粘贴面凹凸不平，用打磨机整平处治，对于缺损位置用找平胶进行填补修理；
  - 处理后的混凝土表面粗糙、平整、洁净，不应有粉尘、浮渣、油污等杂物。
- 8.3.3 压力注胶法粘贴钢板施工应符合下列规定：
- 钢板安装后，应保证钢板与混凝土表面间隙在 3mm 以上；
  - 压力注胶前应进行气密性检验，如发现漏气进行再次封闭；
  - 注胶嘴应设置在钢板的最低位置，间距宜为 30~50mm，排气孔应设置在钢板的最高位置；
  - 注胶压力宜为 0.1~0.4MPa，当排气孔出现浆液后停止加压，以钢板封边胶堵孔，再以较低压力维持 10 分钟以上。
- 8.3.4 预应力空心板中的钢束均布置在底板，在打孔时应先对钢束位置进行探测和标记。

## 9 预应力碳纤维板加固法

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 预应力碳纤维板加固法适用于预应力空心板梁的抗弯承载力不足和底板应力超限处治。
- 9.1.2 被加固构件的混凝土强度等级不得低于原设计强度。
- 9.1.3 采用该方法加固时，预应力碳纤维板只承受单向拉力，混凝土的正拉粘结强度应大于 2.0MPa。
- 9.1.4 预应力碳纤维板宜直接粘贴在混凝土表面，不宜采用嵌入式粘贴方式。
- 9.1.5 预应力碳板的锚固若主要依据锚栓作用，锚栓的设计剪应力应小于材料抗剪强度设计值的 0.6 倍。

### 9.2 设计

- 9.2.1 预应力碳纤维板加固后持久状况承载能力极限状态下抗弯承载力计算，持久状况正常使用极限状态的抗裂验算及应力验算，锚具变形、纤维内缩、纤维松弛、混凝土收缩徐变、温差等因素引起的预

应力损失可按 CJJ/T239-2016 第 8 章规定进行计算。

- 9.2.2 预应力碳板锚固点至梁端距离不应小于 3m。
- 9.2.3 加固设计中预应力碳纤维板的宽度不宜大于 100mm。
- 9.2.4 碳纤维板与混凝土之间的填胶厚度不宜小于 3.5mm。
- 9.2.5 锚具在梁底的开孔位置应避开主梁底板的钢筋。

### 9.3 施工

9.3.1 锚具、碳板的安装应符合以下规定：

- a) 施工放样时将锚具和碳板中心线及边缘线位置、锚栓孔位置进行标记；
- b) 施工放样后对打孔位置进行钢筋探测；
- c) 锚具安装位置严格按照图纸施工，两端锚具的中心线误差不大于 $\pm 5\text{mm}$ ，角度偏差不大于 $0.1^\circ$ ；
- d) 锚具及碳纤维板安装前对粘贴位置混凝土表面进行处理，露出坚实骨料，且粘贴基面平整度达到 $5\text{mm/m}$ 的要求；
- e) 在碳板涂抹胶黏剂之前，对碳板进行预张拉，对基面平整度进行检查，如局部平整度不满足要求，对基面进行重新处治；
- f) 锚栓钻孔植筋应符合 JTG/T J23-2008 附录 A 的有关规定。

9.3.2 预应力碳纤维板的张拉应符合以下规定：

- a) 在结构胶未固化之前，可对固定端支座和张拉端支座位置进行调整，确保千斤顶中心线与碳纤维板中心线重合；
- b) 预应力碳纤维板张拉采取逐级张拉，每级持荷时间不应低于 3min，千斤顶行程速度不应大于 $20\text{mm/min}$ ；
- c) 预应力碳纤维板应严格按照设计要求张拉，设计未作出要求时，宜采取分批对称张拉；
- d) 张拉过程中对张拉设备、梁体变形及应力进行监测，如出现不利于继续张拉现象立刻停止张拉，按照 b) 条款进行卸载；
- e) 张拉至设计应力，且持荷无异常现象后，进行张拉辅助设施的拆除；并对胶黏剂的饱满程度进行检查，如胶黏剂不饱满应进行压浆处治；
- f) 碳纤维板张拉采用张拉力与伸长量双重控制。

9.3.3 碳纤维板涂抹胶黏剂遵循中间厚两边薄的原则，碳板张拉后碳板与基面的有效粘贴面积不应小于 95%，胶体厚度不小于 3.5mm。

9.3.4 预应力碳纤维板张拉完成后，在两端锚具及纤维板表面涂刷有效防腐涂装。

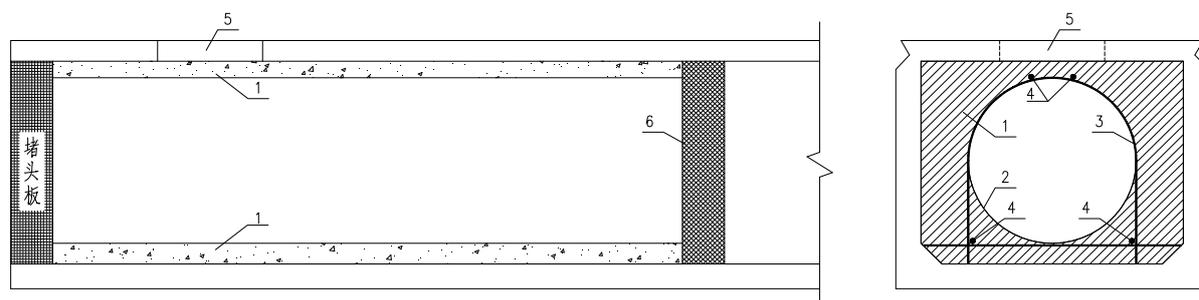
## 10 增大截面加固法

### 10.1 一般规定

- 10.1.1 本方法适用于空心板梁端抗剪承载能力加固。
- 10.1.2 空心板斜截面抗剪承载力验算应以现场实测混凝土强度为准。

### 10.2 构造设计

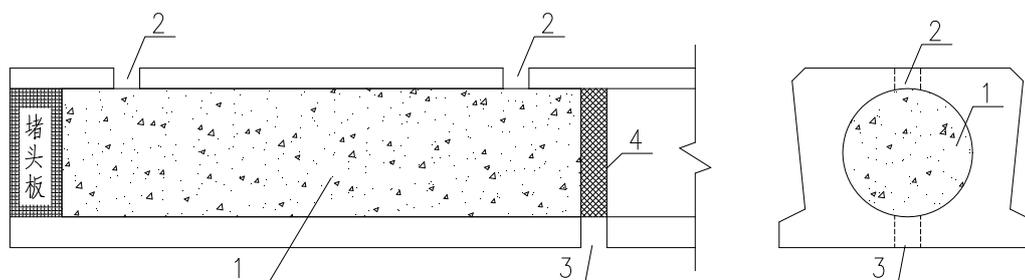
10.2.1 30m 空心板梁端抗剪加固，可采用空心浇筑法，如图 3 所示。



1-灌浆料；2-气囊芯模；3、4-气囊定位钢筋；5-灌浆孔；6-封头挡板

图3 30m 空心板梁增大截面加固法构造示意图

10.2.2 跨径小于30m 空心板梁端抗剪加固，可采用实心浇筑法，如图4所示。



1-灌浆料；2-灌浆孔；3-操作孔；4-封头挡板

图4 跨径小于30m 空心板梁增大截面加固法构造示意图

10.2.3 灌浆料强度等级宜比空心板梁混凝土强度提高一级，灌浆料应具有微膨胀性。

10.2.4 30m 空心板梁加固新老混凝土结合面处，原构件的表面应凿成凸凹差不小于6mm的粗糙面。

10.2.5 气囊直径应根据空心板腔内空间尺寸而定，顶底板加固厚度不宜小于8cm，两侧腹板加固厚度不宜小于15cm。

10.2.6 空心板梁端抗剪承载力计算，可按照附录A执行。

### 10.3 施工

10.3.1 30m 空心板施工应满足以下规定：

- 空心板顶板开孔尺寸应满足施工人员进出，并对其内原有钢筋进行保留；
- 封头挡板应具有较好的密实性、牢固性，在灌浆施工中不得出现漏浆、爆浆现象。
- 清除腔内混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘，露出新鲜混凝土，新鲜混凝土表面应干净、无明水、无污渍及灰尘；
- 腔内混凝土结合面应进行凿毛处治，凹凸差不宜小于6mm；凿毛过程中应尽量减少对混凝土的扰动；
- 气囊放入梁体内之前，应先检查气囊是否漏气。气囊工作气压以出厂参数为准，在浇筑过程中，气压不够时及时补压，确保施工质量；
- 为防止气囊上浮，灌浆料应分层浇筑，待上一次灌浆料初凝后，浇筑下一次灌浆料；
- 在灌浆料浇筑过程中，注意检查封堵口是否出现流浆、爆浆等现象。

10.3.2 跨径小于30m 空心板施工应满足以下规定：

- a) 对空心板内部采用高压水枪清除腔内松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘；并待凝土表面干净、无明水后进行下一道工序；
- b) 封头挡板应具有较好的密实性、牢固性，在灌浆施工中不得出现漏浆、爆浆现象；
- c) 为防止堵头板压力较大，灌浆料宜分层浇筑，宜待上一次灌浆料初凝后，浇筑下一次灌浆料；
- d) 在灌浆料浇筑过程中，注意检查封堵口是否出现流浆、爆浆等现象。

## 11 质量检验与验收

### 11.1 铰缝填充

#### 11.1.1 基本要求

- 11.1.1.1 铰缝施工所用的胶黏剂质量应符合设计文件及本标准的要求。
- 11.1.1.2 铰缝处理、缝隙封闭、注胶等施工工艺应符合本标准的要求。
- 11.1.1.3 施工程序应符合设计文件和本标准的规定。

11.1.2 实测项目见表 6 的规定。

表 6 铰缝填充法质量检验实测项目

检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
铰缝清理深度	与设计值偏差不应大于5mm	尺量：抽查不少于铰缝总长的20%
注胶饱满度	90%以上	取芯法：单幅一跨取芯3处

#### 11.1.3 外观质量

封口边缘的溢流胶体，色泽应均匀，胶体应固化。

### 11.2 桥面补强

- 11.2.1 调平层施工质量可按照 JTG 5220-2020 中 6.2 章节规定进行验收。
- 11.2.2 植筋施工质量应按照 JTG 5220-2020 中 6.11 章节规定进行验收。

### 11.3 粘贴钢板

粘贴钢板施工质量应按照 JTG 5220-2020 中 6.14 章节规定进行验收。

### 11.4 预应力碳纤维板

#### 11.4.1 基本要求

- 11.4.1.1 锚具、碳纤维板、张拉辅助设施、防腐涂装等材料的规格、性能应满足设计要求。
- 11.4.1.2 胶黏剂厚度及有效粘贴面积应符合设计文件及本标准的要求。
- 11.4.1.3 碳纤维板的张拉顺序及预应力的张拉分级应满足设计要求。

11.4.2 预应力碳纤维板实测项目应符合表 7 的规定

表 7 预应力碳纤维板实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	正拉粘结强度(MPa)	在合格标准内	按 JTG 5220 附录 N 检查

2△	空鼓率(%)	≤5	红外线或敲击：抽查 50%
3	张拉力 (kN)	满足设计要求	查油压表读数：全部
4	张拉伸长率(%)	±6	尺量：全部
5	锚具安装位置 (mm)	±5	尺量：全部
6	预应力碳板粘贴偏差 (%)	±1	尺量：全部

### 11.4.3 外观质量

11.4.3.1 板材各边缘胶体应饱满无空洞。

11.4.3.2 板材表面应无气泡、凸起、劈裂。

### 11.5 增大截面加固

#### 11.5.1 基本要求

11.5.1.1 所用材料应符合相关技术规范的规定并满足设计要求。

11.5.1.2 施工工艺及相关技术操作应符合设计文件及本标准的要求。

11.5.1.3 结合面处理应符合设计要求，处理过程中不得对原结构造成损伤。

#### 11.5.2 增大截面加固实测项目应符合表 8 的规定

表 8 增大截面加固实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG 5220 附录 D 检查
2	断面尺寸 (mm)	厚度	尺量：2 个断面
		内径	
3	长度	±10	

#### 11.5.3 外观质量

11.5.3.1 新增混凝土表面应平整，不得出现蜂窝、麻面、孔洞、露筋和宽度超过设计规定限制的裂缝。

11.5.3.2 新旧混凝土结合面不得出现裂缝、脱空，无明显施工接缝。

## 附录 A

(规范性)

## 梁端增大截面法抗剪加固极限承载能力计算方法

A.1 增大截面加固前空心板的斜截面抗剪承载力，可按下列公式计算：

$$\gamma_0 V_d \leq 2 \times (0.45 \times 10^{-3}) \psi_{cs} b h_0 \sqrt{(2 + 0.6P) \sqrt{f_{cu,k} \rho_{sv} f_{sv}} + (0.75 \times 10^{-3}) f_{sd1} \sum A_{sb1} \sin \theta_s} \quad (\text{A.1})$$

式中： $V_d$ —剪力设计值(kN)，原空心板构件验算截面位置，按斜截面剪压区对应正截面处取值；

$\psi_{cs}$ —原梁斜裂缝有关的修正系数；加固前未出现斜向裂缝，取0.9；斜裂缝宽度小于0.2mm，取0.84；斜裂缝宽度大于0.2mm，取0.78；

$b$ —原主梁腹板宽度(mm)；

$h_0$ —加固前梁斜截面剪压区对应正截面处的有效高度(mm)、主梁腹板加固高度(mm)；

$P$ —加固前梁端斜裂缝内纵向钢筋的配筋百分率， $P=100\rho$ ， $\rho=A_s/b_1 h_0$ ，当 $P>2.5$ 时，取 $P=2.5$ ；

$\rho_{vs}$ —原梁斜截面内箍筋配筋率；

$f_{sv}$ —原梁箍筋抗拉强度设计值；

$f_{cu,k}$ —原构件混凝土强度等级；

$f_{sd1}$ —加固前梁普通弯起钢筋的抗拉强度设计值(MPa)；

$A_{sd1}$ —加固前梁斜截面内在同一弯起平面的普通弯起钢筋的面积

$\theta_s$ —普通弯起钢筋的切线与水平线的夹角，按斜截面剪压区对应正截面处取值。

A.2 增大截面加固后空心板的斜截面抗剪承载力，可按下列公式计算：

$$\gamma_0 V_d \leq 2 \times (0.45 \times 10^{-3}) \psi_{cs} b h_0 \sqrt{(2 + 0.6P) \sqrt{f_{cu,k} \rho_{sv} f_{sv}} + (0.75 \times 10^{-3}) f_{sd1} \sum A_{sb1} \sin \theta_s + \alpha_{cv} \alpha_c f_{td} A} \quad (\text{A.2})$$

式中： $\alpha_{cv}$ —斜截面混凝土受剪承载力系数，取0.7；

$\alpha_c$ —新增混凝土强度利用系数，取0.7；

$f_{td}$ —新增混凝土的轴心抗拉强度设计值；

$A$ —新增截面面积。

## 索 引

---