

河南省工程建设标准

DB XXX-2024

城市桥梁加固质量评价标准

Construction and quality acceptance standard for
strengthening of urban bridges

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

河南省住房和城乡建设厅 发布

前 言

根据河南省住房和城乡建设厅《关于印发 2022 年工程建设标准编制计划的通知》（豫建科〔2023〕4 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，总结河南省城市桥梁加固的实践经验，参考有关国家标准和行业标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共有 11 个章节和 1 个附录，主要包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 地基与基础加固；5. 墩台加固；6. 混凝土梁桥加固；7. 拱桥加固；8. 钢桥加固；9. 斜拉桥加固；10. 悬索桥加固；11. 支座和伸缩装置更换。

本标准由河南省住房和城乡建设厅负责管理，由中国建筑第七工程局有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑第七工程局有限公司（地址：河南省郑州市经开十五大街 267 号，邮编 450016）。

主编单位

参编单位

目 次

1 总 则	- 1 -
2 术 语	- 2 -
3 基本规定	- 4 -
4 地基与基础加固	- 6 -
4.1 扩大基础加固	- 6 -
4.2 桩基加固	- 6 -
4.3 承台加固	- 6 -
4.4 人工地基加固	- 6 -
4.5 基础冲刷加固	- 7 -
4.6 检验标准	- 9 -
5 墩台加固	- 13 -
5.1 墩柱加固	- 13 -
5.2 桥台加固	- 13 -
5.3 墩台更新	- 13 -
5.4 检验标准	- 14 -
6 混凝土梁桥加固	- 16 -
6.1 增大截面加固	- 16 -
6.2 粘贴钢板加固	- 18 -
6.3 粘贴纤维复合材料加固	- 21 -
6.4 体外预应力加固	- 22 -
6.5 改变结构体系加固	- 25 -
6.6 检验标准	- 25 -
7 拱桥加固	- 36 -
7.1 拱上建筑拆除	- 36 -
7.2 圯工拱桥加固	- 36 -
7.3 钢筋混凝土拱桥加固	- 37 -
7.4 钢管混凝土拱桥加固	- 38 -

7.5	中、下承式拱桥加固	- 38 -
7.6	检验标准	- 38 -
8	钢桥加固	- 39 -
8.1	焊接加固	- 39 -
8.2	栓接加固	- 39 -
8.3	构件更新	- 40 -
8.4	裂纹修复	- 40 -
8.5	钢桥涂装	- 41 -
8.6	检验标准	- 41 -
9	斜拉桥加固	- 42 -
9.1	斜拉索更换	- 42 -
9.2	吊（系）杆更换	- 43 -
9.3	检验标准	- 44 -
10	悬索桥加固	- 46 -
10.1	主缆维修	- 46 -
10.2	锚碇加固	- 46 -
10.3	检验标准	- 46 -
11	支座和伸缩装置更换	- 49 -
11.1	支座更换	- 49 -
11.2	伸缩装置更换	- 49 -
11.3	检验标准	- 50 -
附录 A	城市桥梁加固分部工程和分项工程划分	- 53 -
	本标准用词说明	- 54 -
	引用标准名录	- 55 -
	条文说明	- 56 -

1 总 则

1.0.1 为加强城市桥梁加固工程施工技术管理，规范施工技术标准，统一施工质量检验与验收标准，确保工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市桥梁加固工程的施工与质量验收。

1.0.3 城市桥梁加固施工应积极使用先进、适用的成熟技术，并鼓励采用技术可靠、经济合理的新技术、新工艺、新材料、新设备。

1.0.4 城市桥梁加固施工与验收应在检验、评估、设计之后，遵循动态施工的原则。

1.0.5 城市桥梁加固工程的施工与验收，除应符合本标准外，尚应符合国家、行业和河南省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市桥梁结构加固 structural strengthening of urban bridges

对既有城市桥梁受力结构及其相关部分采取补强、修复、调整内力等措施，从而满足安全性、适用性和耐久性要求。

2.0.2 结构加固工程质量 quality of structural strengthening engineering

反映加固工程满足现行相关标准规定或合同约定的要求，包括其在安全性能、耐久性能、使用功能以及环境保护等方面所有明显和隐含能力的特性总和。

2.0.3 检验批 inspection lot

为实施抽样检验（检查）而指定的受检批次，参照《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2。

2.0.4 增大截面加固法 method of strengthening with enlarged reinforced concrete

在利用原构件已有截面承载力的基础上，通过增大构件截面面积并增配普通钢筋（受力钢筋或构造钢筋），以提高构件承载力、刚度和耐久性的结构加固方法。

2.0.5 粘贴钢板加固法 method of strengthening with bonded steel plate

在混凝土构件表面用胶粘剂粘贴钢板并用锚固螺栓紧固，使钢板与混凝土构件牢固地形成一体，以提高构件的承载力和刚度的结构加固方法。

2.0.6 体外预应力加固法 method of strengthening with prestressing

在原结构混凝土体外增设预应力体系，以改善构件控制截面受力的结构加固方法。

2.0.7 裂缝表面封闭法 sealed surface method

对混凝土构件表面微小裂缝进行封闭处理的方法。

2.0.8 压力注浆法 pressure slip casting method

通过一定的压力将浆液压入混凝土裂缝中的方法。

2.0.9 套拱加固法 method of strengthening with hoops

在原桥主拱圈底面新增拱圈，使新旧拱圈共同受力的加固方法。

2.0.10 焊接加固法 welding strengthening method

采用焊接工艺对钢构件进行加固的方法。

2.0.11 栓接加固法 bolting strengthening method

采用螺栓连接工艺进行加固的方法。

2.0.12 裂纹修复法 crack restoration method

对钢构件产生的裂纹进行修理的方法。

2.0.13 改变结构体系加固法 method of strengthening by changing structural system

通过增设支承结构、简支变连续等改变桥梁结构受力体系，以改善构件截面受力，改变内力分布和传力路径的加固方法。

2.0.14 构件更新法 component update method

对杆件损伤严重、联结角钢出现裂纹的情况进行构件更换或增加的方法

2.0.15 纤维复合材料 fiber reinforced polymer (FRP)

连续纤维按一定规则排列，采用胶粘剂粘结固化后形成的具有纤维增强效应的复合材料。

2.0.16 预应力纤维带 prestressed fiber tape

通过施加预应力使桥梁原结构构件变形和受力得到改善或调整的特定带状纤维材料。

3 基本规定

3.0.1 城市桥梁加固工程施工应遵循国家有关基本建设程序和设计文件的要求。加固施工前，施工单位应对加固桥梁的技术状况进行复查，并将复查结果通知有关单位。

3.0.2 应按照设计文件和相关施工技术规范要求编制桥梁加固工程实施性施工组织设计，并经报批后实施。

3.0.3 桥梁加固工程实施性施工组织设计主要包括以下内容：编制说明、原桥概况（含技术状况评定结果）、施工准备、施工组织、加固专项施工技术方案、交通组织方案、加固进度与资源配置计划、质量保证体系与保证措施、加固工程安全管控与职业健康、环境保护、绿色低碳建造等。

3.0.4 用于桥梁试验与检测的各类仪器具应进行检定、校准。桥梁加固设备应按要求校验。检定、交转和校验应由经有关主管部门认定的计量机构进行。

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

3.0.6 桥梁加固施工，必须加强安全生产管理，建立、健全安全生产责任制和安全生产规章制度。

3.0.7 桥梁加固采用既有结构原位修复方案时，应减少对既有结构的损伤，同时既有结构的受力状态应满足加固设计要求，如设计无要求时，应按照不受力状态进行既有结构修复。

3.0.8 桥梁加固施工，宜结合工程需要进行封闭交通作业。当采取不中断交通加固施工时，应采取以下安全措施：

- 1 施工前与市政、交通等相关管理部门联系办理有关手续，按批准的时间、范围进行作业。
- 2 桥梁加固前，作业区路段各出入口及作业区前方适当位置应设置公告信息牌，并向社会发布公告信息。
- 3 设置施工标志、限速标志、反光锥形交通路标等安全设施。桥下有通航要求时，应布置航行标志和警示灯。
- 4 桥梁加固施工前，应制订由交通事故、车辆故障等突发事件引起的交通堵塞

应急预案，在事件发生后及时启动。

3.0.9 桥梁加固施工宜在晴天和白天进行。必须在不良天气或夜间施工时，应有相应的施工保障措施。

3.0.10 桥梁加固施工应采取必要措施保护生态环境。

3.0.11 桥梁加固施工应进行第三方安全性监测，监测方案内容应符合设计要求；当设计无要求时，监测方案需包括加固结构的位移、沉降、变形等主要监测内容。

4 地基与基础加固

4.1 扩大基础加固

- 4.1.1 基坑应严格按设计要求开挖，不得超深、超宽，避免基坑坍塌。
- 4.1.2 应采取措施保护原基础，使其不受基坑开挖、抽排水的影响。
- 4.1.3 基坑开挖至设计标高后，应对地基承载力进行检测，如达不到要求，应对地基进行加固处理。
- 4.1.4 待加固结构开挖完成后，应根据设计要求完成相关检测，设计无要求时应进行外观检测；当采用待加固结构与新建结构连接加固方案时，钢筋、混凝土施工应满足国家现行规范《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的要求。当采用待加固结构外部新增结构加固时，应按照设计要求施工，并满足国家现行标准要求。

4.2 桩基加固

4.2.1 增补灌注桩施工符合下列规定：

- 1 灌注桩成孔方法的选择应综合考虑原桩基深度、地基类型、原桥结构高度、后期上部结构不均匀沉降等因素，减少施工对原结构的破坏。
- 2 施工过程中应对原桥的沉降、位移进行观测。

4.2.2 增补静压桩施工符合下列规定：

- 1 当静压桩对临近桩基以及地面隆起的影响过大时，应采取可靠措施消除影响。
- 2 压桩架应保持竖直，锚固螺栓的紧固应均衡，并应一直保持紧固状态。
- 3 就位的桩节应保持竖直，使千斤顶、桩节及压桩孔轴线重合，不得偏心加压。
- 4 整根桩应一次连续压到设计高程，当中途必须停止时，桩端应停留在软弱土层中，且停压的时间间隔不宜超过 24 h。
- 5 同一基础压桩施工应对称进行，同一独立基础上不应有数台压桩机同时加压。
- 6 压桩应以压力控制为主，桩长控制为辅。压桩达到设计荷载后应持压稳定 30 min。

4.2.3 对既有桩基加固可采用后压浆的方法，符合下列规定：

- 1 对于上部无建筑的既有桩桩端后压浆,宜在桩中心设置 1 个钻孔孔位,对于上部有建筑的既有桩桩端后压浆,宜沿桩周均匀布设 2 个以上孔位。
- 2 既有桩钻孔孔位偏差不大于 20 mm,孔深应大于桩身长度,在桩身上钻孔的垂直度允许偏差为 1%。
- 3 既有桩钻孔至设计深度后,插入注浆管,封闭注浆管外侧与钻孔孔壁的间隙,再进行注浆。
- 4 既有桩桩侧后压浆应采用直管构造。
- 5 灌注桩后压浆施工前应进行压浆试验,确定浆液配比、压浆量、压浆压力等参数,为优化设计参数及施工工艺提供依据。
- 6 灌注桩后压浆施工前,应结合工程地质、水文资料及现场情况,编制后压浆施工方案。

4.3 承台加固

- 4.3.1 水中承台的加固方案应综合考虑河宽、桥下净空、原桥永久性结构物、航道等因素,确保技术的可行性及施工的安全性。宜采用围堰施工。
- 4.3.2 地面承台加固开挖时应严格控制开挖范围,确保周围土体的稳定。
- 4.3.3 承台增大截面施工符合下列规定:
 - 1 处理原承台存在的缺陷。
 - 2 混凝土表面凿毛处理后冲洗干净,浇注混凝土前保持湿润清洁。
 - 3 对原有钢筋进行除锈处理,并逐根分区分层进行焊接。

4.4 人工地基加固

- 4.4.1 注浆加固施工符合下列规定:
 - 1 施工时应应对原桥梁及其邻近建筑物、地下管线和地面的沉降、倾斜位移和裂缝进行监测。并应采取多孔间隔注浆和缩短浆液凝固时间等措施,减少原桥梁基础因注浆而产生的附加沉降。
 - 2 浆体应充分搅拌均匀后才能开始压注,并应在注浆过程中缓慢连续搅拌,搅拌时间应小于浆液初凝时间。浆液在泵送前应经过筛网过滤。

3 当日平均温度低于 5℃或最低温度低于-3℃的条件下注浆时,应采取保温措施,防止浆液冻结。

4 注浆浆液温度不得超过 35 度,盛浆桶和注浆管路不宜长久暴露于阳光下,防止浆液凝固。

5 对渗透系数相同的土层,首先应注浆封顶,然后由下向上进行注浆,防止浆液上冒。土层的渗透系数随深度而增大时,应自下向上注浆。对互层地层,应先对渗透性大的地层进行注浆。

6 对桥梁的沉降、开裂等进行检测,检测结果超出正常范围,应停止注浆。

4.4.2 旋喷桩加固施工符合下列规定:

1 在制定旋喷施工方案时,应收集相关工程地质、临近建(构)筑物、地下埋设物等资料。旋喷方案确定后应根据工程情况进行现场试验,根据工程经验确定施工工艺参数。

2 旋喷桩施工前应检查高压设备和管路系统,其压力和流量必须满足设计要求。注浆管及喷嘴内不得有杂物,注浆管接头的密封圈应良好。

3 垂直施工时,钻孔的倾斜度不应大于 1.5%。

4 旋喷时,应对压力、流量和喷浆量进行量测,并应按要求逐项记录。

5 钻杆的旋转和提升应连续,不得中断。

6 拆卸钻杆继续旋喷时,应保持钻杆有 0.1 m 的搭接长度,不得使旋喷固结体脱节。

7 应采用速凝浆液、跳孔喷射及冒浆回灌等措施,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 对桥梁的沉降、开裂等进行监测。

4.5 基础冲刷加固

4.5.1 基础冲刷加固应依据水深、河床地质和加固材料选择适宜方法。

4.5.2 河床铺砌宜采用围堰分段疏干排水施工,且砌石应与上游河床顺接。

4.5.3 抛石防护施工前时应测量水流流速、流向,确定抛石位置。石笼应采用铁丝、型钢或钢筋相互连接。抛石结束后,应按设计要求进行理坡。

4.5.4 板桩防护时板桩顶面高程不应高于河床。

4.5.5 采用双层或单层块（片）石做平面防护时，若河床面有淤泥杂物时，应清除淤泥并回填砂砾夯实后再砌石。

4.5.6 采用护坦加固时，应排干冲坑积水，清理坑内杂物，用圬工砌体或混凝土充填，其表面铺钢筋网、浇筑混凝土护坦。

4.6 检验标准

主控项目

4.6.1 基础加固所使用的原材料应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定和设计文件要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查混凝土配合比报告、试件试验报告；检查钢材（筋）的产品合格证、出厂检验报告、试件试验报告、专项检验报告、接头性能检验报告；观察、用钢尺量等方法。

4.6.2 当基础加固采用外包钢材时，应对外包钢材的粘贴质量进行检测，检测方法应符合有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用敲击检测法或超声波检测法、红外线检测法检验。

4.6.3 基础加固结合面处理、预埋件、锚固等应符合设计文件和相关施工技术规范的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测和锤击检查，或辅以超声波检测法、红外线检测法检验。

4.6.4 桩基加固的质量检验符合下列规定：

1 灌注桩的质量检验项目、检查数量和检验方法应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的相关规定。

2 静压桩的质量检验应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的相关规定，并符合下列规定：

1) 最终压桩力或压入深度应满足加固设计文件的要求；

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、用尺量和检查施工原始记录资料。

2) 桩身试块强度和封桩混凝土强度应满足加固设计文件的要求,其性能应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202 的相关规定。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查试验报告

4.6.5 承台加固质量检验应符合以下规定: 1 混凝土所用的水泥、砂、石、水、外加剂及掺合料的品种、规格和质量应符合相关规范及设计要求。按设计和试配确定的配合比拌制混凝土。

2 应采取措施控制水化热引起的混凝土内最高温度及内外温差在允许范围内,防止出现温度裂缝。

3 不得出现露筋和空洞现象。

4 水下修补工程可由潜水员或水下电视检验。

5 修补质量可采用钻芯取样、超声波检测等方法进行检验。

表 4.6.5 承台增加截面检查项目

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	
2	结合面处理	符合设计要求	目测, 全部
3	断面尺寸 (mm)	±30	尺量: 长、宽、高检查各 2 点
4	顶面高程 (mm)	±20	水准仪: 测量 5 处
5	轴线偏位 (mm)	15	全站仪或经纬仪: 纵、横各测量 2 点
6	大面积平整度 (mm)	8	2 m 直尺: 检查两个垂直方向, 每 5 m ² 测 1 处

4.6.6 地基基础注浆加固质量检验项目、检查数量和检验方法应符合加固设计文件和相关质量标准的规定, 并符合下列规定:

1 注浆检验时间应在注浆结束 28 d 后进行。可选用标准贯入、轻型动力触探或静力触探对加固地层进行检测。对重要工程可采用荷载试验检验。

2 注浆检验点应为注浆孔数的 2%~5%。当检验点合格率小于或等于 80%, 或虽大于 80%但检验点的平均值达不到强度或防渗要求时, 为不合格注浆区。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查施工原始记录、质量检查验收资料和检验报告等。

4.6.7 地基基础旋喷桩加固质量检验项目、检查数量和检验方法应符合加固设计文件和相关质量标准的规定，并符合下列规定：

- 1 旋喷桩可采用开挖检查、取芯、荷载试验等方法进行检验，并结合工程测试、观测资料及实际效果对加固效果进行综合评价。
- 2 检验点应布置在下列部位：
 - 1) 有代表性的桩位；
 - 2) 施工过程中出现异常情况的部位；
 - 3) 地基情况复杂时，可能对旋喷桩质量产生影响的部位。
- 3 检验点的数量应为施工孔数的 1%，并不应少于 3 点。
- 4 质量检验宜在旋喷桩成桩 28d 后进行。
- 5 荷载试验应在成桩 28d 后桩身强度满足试验条件时进行，检验数量为桩总数的 0.5%，且每项单体工程不应少于 3 点。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工原始记录、质量检查验收资料、钻芯与荷载试验报告等。

4.6.8 灌注桩后压浆加固应根据设计要求的方法和频率检测压浆效果，检测方法可参照《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106。

一般项目

4.6.9 扩大基础加固应满足下列要求：

- 1 基础表面平整，施工缝平顺，棱角线平直，外露面色泽一致。
- 2 蜂窝、麻面面积不得超过新增面积的 0.5%。深度超过 10 mm 的应处理。
- 3 基础表面不应外观裂缝，裂缝宽度超过设计规定或超过 0.15 mm 应处理。
- 4 增大基础加固允许偏差如 4.6.9 所示。

表 4.6.9 扩大基础加固允许偏差

检查项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
断面尺寸	长、宽	±20	每座基础	4	尺量：长、宽各 2 点
顶面高程		±10		4	水准仪
基础厚度		+10		4	尺量：长、宽各 2 点

	0			
轴线偏位	15		4	经纬仪：纵、横各 2 点

5 墩台加固

5.1 墩柱加固

5.1.1 混凝土套箍施工应符合以下规定：

- 1 墩柱裂缝应压浆封闭处理，其缺陷部分应先凿除并清理干净。
- 2 应将墩柱表面凿毛，凹凸差不宜小于 6 mm，清除松散颗粒，浇筑混凝土前，用水洗净凿毛面，并使其充分湿润。

5.1.2 钢套箍加固墩柱符合下列规定：

- 1 采用注浆法外包钢加固时，构件表面应打磨粗糙、无油污。注浆压力不应低于 0.1 MPa。灌浆后严禁再对型钢进行锤击、焊接。
- 2 采用干式外包型钢加固时，型钢与构件之间应用水泥砂浆填实。施焊钢板（缀条）时，应用夹具夹紧型钢。用螺栓套箍时，拧紧螺帽后可将螺母与垫板点焊。
- 3 钢板应进行防锈涂装。

5.1.3 墩柱修复前应采取支撑措施，使待修复墩柱处于不受力工况。

5.2 桥台加固

5.2.1 浆砌片石桥台采用注浆加固的施工技术要求应符合第 4.4.1 条有关规定。

5.2.2 侧墙及台身前缘采用现浇钢筋混凝土补强，在原石砌台身内植入连接钢筋。

5.2.3 基础因不均匀沉降产生裂缝，应先加固地基基础，再封闭裂缝，必要时根据设计要求加固上、下部结构。

5.2.4 台后填土不密实时，可采用换填、注浆等方法进行处理。换填施工应重做台后防排水系统。

5.2.5 桥台加固时应观测台身的稳定性，必要时增加临时支撑防止滑移或倾覆。

5.3 墩台更新

5.3.1 墩台更新应根据设计要求和现场情况制定施工方案，方案应经建设、设计、监理单位审批后方可实施。

5.3.2 墩台更新过程中的临时支撑体系应满足如下要求：

- 1 临时支撑体系的地基基础承载力和允许沉降值应满足设计要求；
- 2 待拆除墩台自身应处于不受力状态，其上部结构梁体应处于交通封闭的无荷载状态，支撑体系和支撑的梁体垂直投影范围边缘处，应设置防冲撞、防积水等防护设施；
- 3 临时支撑体系应采取多点位、同步顶升支撑系统，顶升到位后应更换具有临时锁定装置的刚性支撑体；
- 4 支撑体系应设置位移、沉降、变形监测装置，监测方案应满足设计和施工要求，并同时满足支撑体系开始受力至达到设计受力状态时，应进行全过程监测，支撑体系稳定受力、监测指标数值稳定 48 h 后，监测时段改为 2 h/次的要求；
- 5 支撑体系与支撑的梁体之间应设置满足梁体自身变形和稳固梁体的装置。

5.3.3 墩台拆除应采取切割等对周边环境影响较小的施工工艺，并制定专项施工方案；

5.3.4 原桩基深入墩台的钢筋应按照设计要求处理，当设计无要求时应保留利用；钢筋剥离选用的施工工艺应避免对桩基产生损伤。

5.4 检验标准

主控项目

5.4.1 套箍加固质量检验

- 1 结构尺寸应满足设计要求。
- 2 宽度和厚度应均匀，混凝土表面平整、密实。
- 3 加固质量检验实测项目应满足表 5.4.1 的要求。

表 5.4.1 套箍加固质量检验实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	套箍位置 (mm)	±20	水准仪测，一周 8-10 点
2	套箍宽度 (mm)	≥设计值	尺量，一周至少 10 点
3	套箍厚度 (mm)	≥设计值	尺量，一周至少 10 点
4	预埋锚筋位置 (mm)	±20	尺量，抽检 20%

5.4.2 外包钢加固质量检验

质量检验以目测和锤击检查为主，重点检查结合面处理、预埋件、锚固等。要求对外包钢材的粘贴质量进行检测，检测方法应符合本规范第 6 章的相关规定。

5.4.3 桥墩增大截面加固质量检验

- 1 混凝土所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格，应符合相关规范及设计要求，按规定的配合比施工。
- 2 按设计要求的程序施工，混凝土结合面的处理、植筋应满足设计及相关规范要求。
- 3 钢筋混凝土桥墩增大截面实测项目见表 5.4.3。

表 5.4.3 桥墩增大截面实测项目

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	
2	结合面处理		结合面凿毛凹凸差不小于 6 mm	粗糙度仪测试：每米不小于 5 点
3	断面尺寸		±15	尺量：每墩检查 2-3 个断面
4	新增构造钢筋（mm）	长度间距	±10	尺量：每构件纵横各查 3-5 根 尺量：每构件查 5-10 个间距尺量：
5		保护层厚度	±5	尺量：每构件沿模板周边检查 8 处

- 4 混凝土表面平整，线形顺直，棱角平直，无明显施工接缝。
- 5 蜂窝、麻面面积不得超过该面新增面积的 0.5%。深度超过 10 mm 的应处理。

6 混凝土梁桥加固

6.1 增大截面加固

6.1.1 混凝土构件增大截面工程的施工，宜按下列步骤进行：

- 1 清理与修整原结构或构件；
- 2 结构或构件界面处理；
- 3 植筋或锚栓施工；
- 4 新增钢筋制作与安装；
- 5 安装模板，浇筑混凝土；
- 6 养护及拆模；
- 7 施工质量检验。

6.1.2 新增截面施工前应对原构件已有的裂缝、孔洞、混凝土剥落等缺陷进行分析、评估和修补，缺陷及裂缝修补符合下列规定：

- 1 根据裂缝出现原因、位置、宽度、长度、深度、稳定性等特征选择合适的裂缝修补方法；
- 2 表面裂缝宜采用封闭修补法，其他裂缝宜采用压力灌浆法；
- 3 对外露钢筋的锈蚀层及其周边粘结失效的混凝土应清除，并应打磨钢筋至其表面露出金属光泽后，方可进行封闭处理。

6.1.3 新旧混凝土结合面的处理符合下列规定：

- 1 结合面处理应按清理、凿毛、界面处理等步骤依次进行；
- 2 清除原构件表面尘土、浮浆、污垢、油渍、原有饰面层、杂物、已风化、剥落、腐蚀、严重裂损的老混凝土及集料；
- 3 花锤打毛凿出麻点宜按深 3 mm、600 点/ m²~800 点/ m² 均匀分布；
- 4 砂轮机或高压水射流打毛宜在混凝土粘合面上打出方向垂直于构件轴线、纹深 3 mm~4 mm、间距 50 mm 的横向纹路；
- 5 人工凿沟槽宜在坚实混凝土粘合面上凿出方向垂直于构件轴线、槽深 6 mm、间距为 100 mm~150 mm 的横向沟槽；
- 6 当采用三面或四面新浇混凝土层外包梁、柱时，应在打毛同时凿除截面的棱角；

7 完成打毛或凿槽后,应采用钢丝刷等工具清除原构件混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘,并应采用清洁的压力水冲洗干净;

8 应按设计文件的要求涂刷结构界面剂。

6.1.4 增大截面加固法采取下列措施减少构件在新旧材料有效结合前的荷载或变形:

1 可采用减少部分恒载、封闭交通减少车辆活载、减少作业人员和机械的施工荷载等措施。

2 可采用在构件底部搭设支撑架、用临时体外预应力张拉梁体减少构件变形等措施。

6.1.5 新增截面混凝土强度达到设计要求前,应封闭交通。

6.1.6 在条件受限制时,新增截面的混凝土施工可选用自密实混凝土,并应按现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T283 的规定执行。

6.1.7 当结构构件新增混凝土与原构件采用植筋、锚栓等后锚固技术施工时,应按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 和《混凝土结构工程无机材料后锚固技术规程》JGJ/T271 规定执行。

6.1.8 新增截面混凝土的模板、支架和拱架应结构简单、装拆方便,应有足够的强度、刚度和稳定性,其设计和施工应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 和《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162 的规定。

6.1.9 浇筑混凝土前,应对下列项目按隐蔽工程要求进行验收:

- 1 界面处理施工质量;
- 2 新增钢筋的品种、规格、数量和位置;
- 3 新增钢筋与原构件的连接构造及焊接质量;
- 4 植筋、锚栓施工质量;
- 5 预埋件的规格、位置。

6.1.10 混凝土养护符合下列规定:

1 在浇筑混凝土完毕后应及时对混凝土采取浇水、覆盖、涂刷养护剂等方法养护。

2 对采用一般性能混凝土,养护时间不得少于 7 d;对特殊性能混凝土的养护时间和方法应符合国家现行有关标准的规定。

6.2 粘贴钢板加固

6.2.1 压力注胶粘贴钢板加固宜按下列步骤施工：

- 1 施工准备；
- 2 粘贴界面处理，标定粘贴位置；
- 3 植入钢板锚固螺栓；
- 4 钢板加工制作；
- 5 钢板安装；
- 6 钢板封边处理；
- 7 配制胶粘剂；
- 8 压力注胶；
- 9 检查有效粘贴面积；
- 10 钢板表面涂装防护；
- 11 施工质量验收。

6.2.2 涂抹胶粘剂粘贴钢板加固宜按下列步骤施工：

- 1 施工准备；
- 2 粘贴界面处理，标定粘贴位置；
- 3 植入钢板锚固螺栓；
- 4 钢板加工制作；
- 5 加压系统设置；
- 6 配制及涂抹胶粘剂；
- 7 加压粘贴钢板；
- 8 检查有效粘贴面积；
- 9 钢板表面涂装防护；
- 10 施工质量验收。

6.2.3 粘贴钢板加固施工环境符合下列规定：

- 1 胶粘剂和混凝土缺陷修补胶应密封，并应存放于常温环境。
- 2 钢板粘贴宜在 5℃~35℃环境温度条件下进行；当环境温度低于 5℃时，应采用低温环境配套胶粘剂或采用升温措施。

3 当环境有露霜凝结时,应采取除湿措施,或采用可带水作业的特种胶粘剂粘贴。

6.2.4 粘贴界面处理符合下列规定:

1 拟粘贴钢板部位的混凝土面应凿除粉饰层、油垢、污物,并应打磨、修补、吹洗干净。

2 构件表面裂缝均应修复和封闭,宽度大于 0.2 mm 的裂缝,应采用压注裂缝修补用胶修复。

3 构件表面可采用电动打磨或高压水冲洗清理,应裸露混凝土结构层新面,清理后的表面应保持干燥。

4 施工现场宜配备防尘吸尘设施。

5 被加固混凝土构件表面的孔洞、麻面、高低差、露筋等缺陷应采用混凝土缺陷修复材料进行修复并打磨平整。

6.2.5 钢板锚固螺栓植入符合下列规定:

1 螺栓直径、有效植入深度、间距、螺栓与钢板的边距应符合设计要求。当设计无要求时,符合下列规定:

1) 根据钢板宽度,可采用 M10 或 M12 锚固螺栓;

2) 螺栓有效植入深度不宜小于 6.5 倍螺栓直径;

3) 螺栓与钢板的边距不应小于 3 倍螺栓直径;

4) 螺栓间距不应大于 500 mm。

2 锚固螺栓成孔直径和施工工艺应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 规定。

3 确定锚固螺栓钻孔位置前应探测粘贴面的钢筋分布,当遇钢筋障碍时,应调整孔位并对原孔采用植筋胶填充密实。

6.2.6 钢板加工制作符合下列规定:

1 钢板开料剪裁宜在工厂自动切割,钢板边缘应光滑无翘曲,边缘缺陷应清除。钢板的不平度应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709 的规定。

2 钢板开料长度符合下列规定:

1) 当板长在 12 m 以内,宜采用无拼接口的整板;

2) 板拼接时连接焊缝的强度不应低于钢材强度;

3) 拼接的接缝应避开结构构件受力最大的位置。

3 钢板粘贴面宜采用喷砂或抛丸除锈清除钢板表层氧化膜,或采用电动角磨机打磨直至露出金属光泽,打磨后的纹路应与受力方向垂直,并应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T8923.1的相关规定。

4 钢板锚固螺栓孔位开孔符合下列规定:

- 1) 应按已植入的锚固螺栓实际位置建立坐标基线,对钢板放样;
- 2) 宜采用机钻钻孔,孔的边缘应清除刺屑,孔缘不得有油污。

5 钢板粘贴完后,应按设计要求对其表面进行防腐处理。

6.2.7 压注粘贴钢板的安装与锚固符合下列规定:

- 1 钢板安装时,钢板应处于已除尘、除锈状态,结构粘贴面应干燥。
- 2 安装紧固钢板时,应在钢板与粘贴界面间适当位置加设垫片。
- 3 当粘贴钢板上设有钢压条通过时,压条与构件间的缝隙应采用涂抹有胶粘剂的钢板填充。
- 4 钢板安装后锚固螺栓的螺帽宜加盖粘结密封。

6.2.8 胶粘剂配制符合下列规定:

- 1 不得在雨中或尘土飞扬的环境中配制胶粘剂。
- 2 胶粘剂配制应按产品使用说明的规定进行,配制的容器不得有油污和杂质,胶粘剂应控制在产品使用说明规定的可操作时间内使用。
- 3 胶粘剂配制应按配比混合主剂和硬化剂,充分搅拌均匀,每次配制的量应在可操作时间内用完。

6.2.9 压力注胶符合下列规定:

- 1 当钢板厚度大于5 mm且小于10 mm时,宜采用压力注胶粘结。
- 2 钢板的周边宜用修补混凝土缺陷的胶粘剂进行封闭,高处位置预埋排气软管,间距不宜超过2 m;钢板低处应设注浆孔和粘装注浆座,间距不宜超过2 m。
- 3 压注胶粘剂前,应对已安装的钢板间隙进行通气密封测试,测试气压宜为0.1 MPa~0.2 MPa。

4 应采用低压注胶，压力应控制在 0.1 MPa~0.2 MPa 之间，直至高处排气管流出胶液不含气泡，封闭排气管，稳压 5 min 后封闭注浆孔。压注压力不得超过 0.3 MPa。

5 胶粘剂厚度宜为 3 mm~5 mm，且不应超过 5 mm。

6 当钢板粘贴长度超过 6 m 时，宜从构件中部对称多点同时压注。

7 当采用压缩空气压注胶粘剂时，空压机应有水油分离器。

6.2.10 涂抹胶粘剂粘贴钢板符合下列规定：

1 当钢板厚度小于或等于 5 mm 时，宜直接涂抹胶粘剂粘贴。在钢板表面宜均匀涂刷胶粘剂，胶断面宜成三角形，板中胶厚宜为 3 mm~5 mm，紧固锚固螺栓，使钢板与界面紧密粘合，并清理板边被挤出的胶粘剂。

2 涂抹胶粘剂粘贴的钢板不应超过 2 层。

3 将钢板粘贴在混凝土表面后应采用加压系统加压，以胶液刚从钢板边缝挤出为控制指标。钢板加压的顺序应由中间向两边对称进行。

4 固化达到 18 h 后方可拆除钢板外表的加压装置，温度低于 10℃时应延长拆除加压装置时间。

5 结构固化期间严禁扰动粘贴钢板。

6.2.11 钢板外露面应除锈，直至露出金属光泽，并按设计要求涂装防护。

6.3 粘贴纤维复合材料加固

6.3.1 粘贴基层处理符合下列规定：

1 应采用裂缝修补胶灌注结构裂缝，其施工工艺应符合相关规定。

2 应将混凝土表面剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化部分清除，并应进行清洗、打磨，待表面干燥后，应采用修补材料将混凝土表面凹凸部位修复平整。毛刺应采用砂纸打磨。当找平面用手触摸感觉干燥后，方可进行下一工序的施工。

3 粘贴处凸角应打磨成圆弧状，凹角应采用修补材料填补成圆弧倒角。

6.3.2 当采用非封闭环形纤维带粘贴加固时，应设置锚栓，并符合下列规定：

1 在待加固的混凝土表面应按设计图纸放样，并应确定锚栓孔位置。

2 锚栓施工工序应按混凝土钻孔、清孔、注胶、植入锚栓进行。

6.3.3 涂刷底胶符合下列规定：

1 调制好的底胶应及时使用,应采用一次性软毛刷或特制滚筒将底胶均匀涂抹于混凝土表面,不得漏刷、流淌或有气泡。

2 底胶固化后应检查涂胶面,毛刺应采用砂纸打磨平顺,磨损的胶层应重新涂刷。

3 底胶固化后应及时进行下一道工序,若涂刷时间超过 7 d,应清除原底胶,用砂轮机磨除,重新涂抹。

6.3.4 粘贴纤维复合材料符合下列规定:

1 雨天或空气潮湿条件下不得施工。对玻璃纤维复合材料,相对湿度不宜大于 80%。如确需在潮湿的构件上施工,应烘干构件表面或采用专门的胶粘剂。

2 纤维复合材料粘贴宜在 5℃~35℃环境温度条件下进行,胶粘剂的选用应满足使用环境温度的要求。

3 应在待加固的混凝土表面按设计图纸放样,确定纤维复合材料各层的位置。

4 应按设计尺寸裁剪纤维复合材料。裁剪的纤维布材应呈卷状妥善摆放并编号。已裁剪的纤维复合材料应尽快使用。

5 粘贴纤维复合材料前,应对混凝土表面再次拭擦,粘贴面应无粉尘。混凝土表面涂刷胶粘剂时,胶体不应流淌,胶体涂刷不应出控制线,涂刷应均匀。

6 当采用非封闭环形纤维带粘贴加固时,把持两端自锁式锚板将纤维带稍许拉紧并贴于构件表面,再拧紧螺帽安装端部锚板。

7 粘贴立面纤维复合材料时,应按由上到下的顺序进行。应采用滚筒将纤维复合材料从一端向另一端滚压,滚压过程中不应产生静电作用。

8 当采用多条或多层纤维复合材料加固时,在前一层纤维布表面用手指触摸感到干燥后,应立即涂胶粘剂粘贴后一层纤维复合材料。

9 当最后一层纤维复合材料施工结束后,应在其表面均匀涂抹一层浸渍树脂,并应自然风干。

6.4 体外预应力加固

6.4.1 施工前,应根据不同预应力体系的加固设计方案确定相应施工工艺,应编制预应力加固桥梁专项施工方案。

6.4.2 预应力加固桥梁结构穿孔孔道，宜采用开孔机成型，开孔前应探测原桥梁结构钢筋位置，钻孔时应避开桥梁中的原有钢筋，当无法避开时，应采取相应措施。

6.4.3 新增预应力钢束或钢筋的制作除应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定外，尚符合下列规定：

1 应根据孔道长度、锚具厚度、千斤顶长度、张拉伸长值、混凝土压缩变形量以及根据不同张拉方法和锚固形式预留的张拉长度等因素计算预应力筋下料长度。

2 制作或组装预应力筋时，宜采用砂轮锯或切断机切断，不得采用电焊或电弧切割，且应避免施工过程中因电火花和电流而造成的预应力损失。

3 当钢绞线采用挤压锚具时，挤压前应在挤压模内腔或挤压套外表面涂润滑油，压力表读数应符合机具操作说明书的规定。

6.4.4 新增预应力钢束或钢筋所用夹具、钢导管及各种锚固件、预埋件与原构件的连接和安装，应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定。

6.4.5 新增预应力钢束或钢筋植筋和锚栓工程的施工及检验应符合国家现行标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的规定。

6.4.6 转向装置和锚固系统安装符合下列规定：

1 体外预应力加固混凝土桥梁结构时，转向装置和锚固系统应坚固、耐久。转向装置的偏角制造误差应小于 1.2° ，安装误差不应超过 $\pm 5\%$ 。

2 转向装置和锚固系统应与梁体连接可靠，其连接强度应进行验算，新浇混凝土与梁体间连接处应凿毛处理，并应配置足够的抗剪抗拔等钢筋。

3 转向装置可采用钢部件、现浇混凝土块体或附加锚箱结构。

4 混凝土转向装置宜采用低收缩、低水化热的混凝土。

5 转向装置宜轻型化。

6.4.7 预应力筋宜整束穿筋。在穿筋过程中应采取防护措施，不得损害其表面防护层。

6.4.8 预应力张拉符合下列规定：

1 张拉设备应满足体外预应力筋的张拉和锚具的锚固要求,设备、仪表应定期维护和校验,标定期限不应超过半年,当在使用过程中张拉设备出现异常现象或千斤顶检修后,应重新标定;张拉设备应配套标定、配套使用。

2 预应力筋应在转向装置和锚固系统安装完成后,且连接材料达到设计强度时,方可进行张拉。

3 体外预应力筋的张拉控制应力 σ 应符合下列公式要求:

1) 钢绞线:

$$0.40 f_{ptk} \leq \sigma_{con} \leq 0.60 f_{ptk} \quad (6.4.8-1)$$

2) 预应力螺纹钢筋:

$$0.40 f_{pyk} \leq \sigma_{con} \leq 0.70 f_{pyk} \quad (6.4.8-2)$$

式中: f_{ptk} ——钢绞线极限强度标准值 (N/mm^2);

f_{pyk} ——预应力螺纹钢筋屈服强度标准值 (N/mm^2)。

4 张拉过程中,应对伸长值和拉力值实施双值控制,实际伸长值与计算伸长值之差应控制在 $\pm 6\%$ 以内,拉力值与设计张拉控制应力相对偏差不应超过 $\pm 5\%$ 。不得发生预应力筋断裂或滑脱。当有断裂时,应进行更换;当有滑脱时,应对滑脱的预应力重新穿筋张拉。

6.4.9 在预应力张拉过程中,应对旧桥控制截面和关键位置进行监控。

6.4.10 预应力纤维带的施工符合下列规定:

1 应根据梁板加固的需要配置合格的锚夹具。

2 施工前应进行基层处理,露出密实层,凿除劣质层后应采用环氧砂浆进行修复。转角安装粘贴处应倒角处理,打磨成圆弧状并粘贴薄铁片。

3 宜采用空压机的风枪将混凝土梁板裂缝清除干净。

4 应按设计要求在相应位置打孔用于预埋螺栓,在锚固钢板和安装夹具处切割部分槽口。应采用压缩空气对裂缝进行清孔,清孔后应采用植筋胶将螺栓植入孔内。

5 应采用胶纸等封住裂缝,留部分注胶口和溢胶口对裂缝进行灌胶。应采用滚筒刷将底胶均匀涂刷于混凝土表面,胶固化后方可进行下一工序施工。

6 应按设计要求的尺寸及层数裁剪纤维布,并应与锚具组装成套,接触处应采用浸渍胶安装纤维布。

7 应待锚固处胶硬化后，方可在纤维布表面抹浸渍胶，封闭纤维束间的空隙，待浸渍胶稍干硬后，用灌注胶在纤维布和混凝土表面间进行灌胶，应同时施加预应力。预应力张拉施工时，应通过测定纤维布的伸长量进行控制。

8 施加预应力至设计控制应力，锚定后卸除张拉设备，再安装压板附加中部锚固，单节纤维带长度宜小于 3 m，充分挤压粘结层，并将挤出的粘胶均匀地涂在纤维布表面，待胶初步硬结后，表面撒中砂。

9 待粘结层养护完毕后，应抹砂浆进行纤维带表面防护处理。

6.4.11 预应力纤维带锚具外露部分应采取防腐措施。

6.5 改变结构体系加固

6.5.1 增设支点法结构加固施工符合下列规定：

1 新增支承结构应满足现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的要求。

2 制作支承结构和构件的材料，应根据被加固结构所处的环境及使用要求确定。当在高湿或高温环境中使用钢构件及其连接时，应采用有效的防锈或隔热措施。

3 当新建桥墩与梁体固结时，固结部分与梁的接触面均应凿毛，清除浮渣，洒水湿润，并用干硬性混凝土浇筑。

6.5.2 简支变连续加固施工符合下列规定：

1 应凿除原桥面铺装和梁端部混凝土，使主筋外露。应连接梁端钢筋，并应在梁顶增设受力钢筋。

2 当简支变连续采用预应力时，可在梁顶凿槽布设波纹管，波纹管应采用胶带缠裹。按设计要求焊接梁端的连接钢筋，安装预应力束和锚具，待连接混凝土达到设计强度后进行张拉。

3 当双支座改为单支座时，墩顶新支座安装宜与接缝底模安装同时进行。

4 浇筑连接缝处混凝土集料粒径不宜大于 20 mm。混凝土浇筑宜选择在温度较低的时间段进行。混凝土浇筑速度宜缓慢，应振动密实。

6.6 检验标准

（一）增大截面加固检验标准

主控项目

6.6.1 增大截面的模板、支架的制作及安装应符合专项施工方案的要求，应稳固牢靠，接缝严密。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，查看方案及记录，用钢尺量。

6.6.2 钢筋进场时，必须按批抽取试件做力学性能和工艺性能试验，其检验结果必须符合国家现行标准的规定。

检查数量：以同牌号、同炉号、同规格、同交货状态的钢筋，每 60 t 为一批，不足 60 t 也按一批计，每批抽检 1 次。

检验方法：检查试件检验报告。

6.6.3 钢筋安装时，其品种、规格、数量、形状、位置必须符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，用钢尺量。

6.6.4 受力钢筋以及新旧钢筋的连接接头形式、接头位置、接头质量应符合设计和国家现行标准的要求。

检查数量：外观质量全数检查，力学性能检验应按现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定抽样。

检验方法：观察，尺量，检查接头性能检验报告。

6.6.5 新增混凝土的强度等级必须符合设计要求。混凝土取样与留置试块符合下列规定：

1 每拌制 50 盘且不超过 50 m³ 的同一配合比的混凝土，取样不得少于 1 次。

2 每次取样应至少留置 1 组标准养护试件；同条件养护试件的留置组数应根据混凝土工程量及其重要性确定，且不应少于 3 组。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录及试件强度试验报告。

6.6.6 植筋、锚栓工程所用的钢筋、锚栓、胶粘剂、灌浆材料及其锚固承载力检验应符合国家现行有关标准及设计的规定。

检查数量：按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 及设计规定。

检验方法：检查材料试验报告、合格证等，检查锚固承载力检验报告。

一般项目

6.6.7 缺陷修补后，构件应表面平整，无裂缝、脱层、起鼓、脱落等，修补外表面与原结构表面色泽应一致。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，用尺量。

6.6.8 构件裂缝修补的表面封缝材料固化后，应平整、均匀、牢固，不得出现裂缝、脱落。

检查数量：全数检查。检验方法：观察，用尺量。

6.6.9 增大截面加固构件模板安装允许偏差应符合表规定。

表 6.6.9 增大截面加固构件模板安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
轴线位置	5	每个构件	2	用全站仪测量，纵横各一点
模内尺寸	±5		3	用钢尺量，长宽高各一点
模板面高程	±5	每个支承面	2	用水准仪测量
垂直度	$H/500$ ，且不大于 6	每个构件	2	用全站仪或垂线和钢尺量
表面平整度	3		4	用 2 m 直尺和塞尺量
相邻两模板的表面高差	2		4	用钢板尺和塞尺量

注： H 是加固构件的竖向高度 (mm)。

6.6.10 增大截面加固构件钢筋安装允许偏差应符合表 6.6.10 的规定。

表 6.6.10 增大截面加固构件钢筋安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
受力钢筋间距、层距	±10	每个构件	3	用钢尺量，两端和中间各一个断面，每个断面连续量取钢筋间距（层距），取其平均值计 1 点
箍筋、水平钢筋间距	±10		5	用钢尺量，连续量取 5 个间距，取其平均值计 1 点
弯起筋弯起位置	±20		50%	用钢尺量
保护层厚度	±10		10	沿模板周边检查，用钢尺量

6.6.11 钢筋表面不得有裂纹、结疤、折叠、锈蚀和油污，钢筋焊接接头表面不得有夹渣、焊瘤。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

6.6.12 混凝土拌合物的坍落度应符合配合比设计及国家现行相关标准的要求。

检查数量：每工作班不少于 1 次。

检验方法：用坍落度仪检测。

6.6.13 采用增大截面加固后的构件成型允许偏差应符合表的规定。

表 6.6.13 增大截面加固后的构件成型允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
结构尺寸	±10	每个构件	6	用钢尺量，沿构件长宽高各 2 点
轴线位置	±10		4	用全站仪测量，纵横各点
垂直度	$H/500$ ，且不大于 4		4	用全站仪或垂线和钢尺量
平整度	4		4	用 2 m 直尺和塞尺量

注：H 为加固构件的竖向高度 (mm)。

(二) 粘贴钢板加固检验标准

主控项目

6.6.14 撤除临时固定设备后，应采用小锤轻轻敲击粘结钢板，根据音响判断粘结效果和超声波法探测粘结密实度。有效粘结面积不得小于总粘贴面积的 95%，否则应采取补救措施。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查检测报告及处理记录。

6.6.15 压注粘贴钢板的胶粘剂性能指标应符合表中的规定和设计要求。

表 6.6.15 压注粘贴钢板的胶粘剂性能指标基本性能项目

基本性能项目		规定指标	试验方法
胶体性能	抗压强度 (MPa) 拉伸强度 (MPa)	满足设计要求	《树脂浇铸体性能试验方法》 GB/T 2567

	拉伸剪切强度 (MPa)		《胶粘剂拉伸剪切强度的测定 (刚性材料对刚性材料)》 GB/T 7124
粘结性能	正拉粘结强度	不小于被加固混凝土的抗拉强度 标准值	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
工艺性能	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550		

检查数量：全数检查。

检验方法：检查出厂合格证、检验报告。

6.6.16 涂抹粘贴钢板的胶粘剂应每 100 kg 抽样检测一次，不足 100 kg 应按 100 kg 计。其性能指标应满足表的要求。

表 6.6.16 涂抹粘贴钢板的胶粘剂性能指标

基本性能项目		规定指标	试验方法
胶体性能	抗压强度 (MPa)	满足设计要求	《树脂浇铸体性能试验方法》 GB/T 2567 《胶粘剂拉伸剪切强度的测定 (刚性材料对刚性材料)》GB/T 7124
	拉伸强度 (MPa)		
	弹性模量 (MPa)		
	拉伸剪切强度 (MPa)		
粘结性能	正拉粘结强度	不小于被加固混凝土的抗拉强度 标准值	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
工艺性能	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550		

检查数量：全数检查。

检验方法：检查出厂合格证、检验报告。

6.6.17 在混凝土裂缝两侧 10 cm 范围内，钢板不应有顺混凝土裂缝方向的焊缝。

6.6.18 粘贴钢板加固检查项目应符合表的规定。

表 6.6.18 粘贴钢板加固检查项目

项目	规定值或允许偏差	检验频率	检验方法
位置 (mm)	中心线偏差≤1	全数	用钢尺量

锚栓植入深度 (mm)	5	全数	用钢尺量
有效粘结面积 (%)	≥95	100%	敲击检测法；超声波检测法； 红外线检测法
钢板厚度、宽度	≥设计值	全数	用钢尺量
混凝土表面粗糙度	光滑	全数	肉眼观察

一般项目

6.6.19 钢板不得有锈蚀，防锈漆应均匀。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

6.6.20 粘贴界面处理后，构件应裸露混凝土结构层新面，清理后的表面应保持干燥。

检查数量：全数检查。检验方法：观察。

6.6.21 缺陷修补后，构件应表面平整，无裂缝、脱层、起鼓、脱落等，修补外表面与原结构表面色泽应一致。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，用尺量。

(三) 粘贴纤维复合材料加固检验标准

主控项目

6.6.22 纤维带与混凝土之间的粘结质量可采用敲击法或其他有效探测法进行检查。根据检查结果确认的有效粘结面积不应小于总粘结面积的 95%。探测时，应将粘贴的纤维带分区，逐区测定空鼓面积；若单个空鼓面积不大于 10000 mm²，可采用注射法充胶修复，或跨过纤维带宽度安装压板并用锚栓锚固；若单个空鼓面积大于 10000 mm²，应割除修补，重新粘贴等量纤维带。当重新粘贴（1~3）层纤维带时，其受力方向每端的搭接长度不应小于 200 mm；当重新粘贴超过 3 层纤维带时，其受力方向每端的搭接长度不应小于 300 mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查检测报告及处理记录。

6.6.23 受力加固用纤维带与基材混凝土的正拉粘结强度，应进行见证抽样检验。其检验结果应符合表 6.6.23 的规定。若不合格，应清除重贴，并应重新检查验收。

表 6.6.23 现场检验加固材料与混凝土正拉粘结强度的合格指标

检验项目	原构件实测混凝土强度等级	检验合格指标	检验方法
正拉粘结强度及其破坏形式	$\geq C15$	$\geq 1.5 \text{ MPa}$ 且为混凝土内聚破坏	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

检查数量：全数检查。

检验方法：检查检验报告。

6.6.24 纤维带胶层厚度 δ 应符合下列规定：

1) 对纤维布： $\delta = (1.5 \pm 0.5) \text{ mm}$ ；

2) 对纤维板： $\delta = (2.0 \pm 0.3) \text{ mm}$ 。

检查数量：全数检查。

检验方法：每根构件检查 2 处，选在胶层最厚及最薄处，用刻度放大镜测量。

一般项目

6.6.25 纤维带粘贴位置中心线偏差不应大于 15 mm；长度负偏差不应大于 15 mm。

检查数量：全数检查。检验方法：钢尺测量。

6.6.26 自锁式开缝锚板与纤维布接触处上下表面应平整，弯转时平面与曲面应相切过渡，弯转半径不小于纤维布厚度的 10 倍，板缝有效宽度范围内锚板长度不应小于纤维布宽度的 0.4 倍，具体尺寸应根据纤维布层数、厚度、宽度、强度和锚点位置选用合适规格。同一块锚板中板缝有效宽度范围内，锚板厚度最大值和最小值相差不应大于 0.1 mm，板缝宽度最大值与最小值相差不应大于 0.1 mm，锚板长度最大值和最小值相差不应大于 0.2 mm。纤维布绕开缝板形成整体时，接触面及板缝中胶均应饱满。

检查数量：按每批锚板数量的 3% 抽样检查，且每批不少于 3 块。

检验方法：卡尺测量。

6.6.27 当纤维带在出锚板截面受拉时，可对该纤维带-钢筋混凝土组合截面取最不利弯矩组合按平截面假定计算拉应力上限值，纤维带-锚板组装件应进行拉伸性能静载试验，纤维带强度取极限荷载除以纤维带横截面面积，要求对于每个组装件，该强度不应低于平截面假定计算拉应力上限值。当纤维带在出锚板截面不受拉时，可不作此检验。

检查数量：同一批纤维带和同一规格锚板任意抽样组成 3 个组装件。

检验方法：检查拉伸性能静载试验报告。

（四）体外预应力加固检验标准

主控项目

6.6.28 预应力筋进场应进行检验，质量应符合国家现行有关标准的规定。

检查数量：按进场的批次抽样检验。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场试验报告。

6.6.29 预应力筋用锚具、夹具和连接器进场应进行检验，质量应符合国家现行有关标准的规定。

检查数量：按进场的批次抽样检验。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场试验报告。

6.6.30 预应力筋的品种、规格、数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用钢尺量、检查施工记录。

6.6.31 预应力筋张拉和放张时，混凝土强度应符合设计规定；设计无规定时，不得低于设计强度的 75%。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查同条件养护件试验报告。

6.6.32 预应力筋张拉控制和尺寸偏差应符合表的规定。

表 6.6.32 预应力筋张拉控制及尺寸偏差实测项目

项目		规定值或允许偏差	检验频率	检验方法
钢索坐标 (mm)	梁长方向	± 30	抽查 50%；各转折点	用钢尺量
	梁高方向	± 10		
张拉力值		符合设计要求	全部	查油压表读数
张拉伸长率		符合设计要求，设计无规定时， $\pm 6\%$	全数	查张拉记录
断丝滑丝	钢束	每束一根，且每断面不超过钢丝总数的 1%	全数	目测：每根（束）

数	钢筋	不允许		并查张拉记录
---	----	-----	--	--------

6.6.33 孔道压浆的水泥浆强度应符合设计规定，压浆时排气孔、排水孔应有水泥浆溢出。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查压浆记录和水泥浆试件强度试验报告。

6.6.34 预应力纤维带的张拉控制应力不宜超过纤维带抗拉强度设计值的 0.5 倍。张拉时可采用力或伸长量进行控制，并应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、用钢尺量、检查施工记录。

6.6.35 预应力纤维带锚固装置的质量检查，各项指标应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查产品合格证和出厂检验报告。

一般项目

6.6.36 预应力加固后构件外观质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应按技术处理方案进行处理，并应重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案。

6.6.37 预应力加固后构件尺寸偏差应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的相关要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：量测，检查施工记录。

（五）改变结构体系加固检验标准

主控项目

6.6.38 主要材料的质量检验应符合本规程相关规定。新增混凝土强度的原位检测可采用回弹法、钻芯法等方法，检测方法应满足现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录和检验报告。

6.6.39 新增结构与原桥梁结构之间的连接应符合设计要求。当连接处钢筋或预埋件采用焊接或机械连接时，接头质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

一般项目

6.6.40 新增构件外观质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应按技术处理方案进行处理，并应重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案。

6.6.41 新增构件外观质量、尺寸偏差及结构性能应符合表 6.6.41 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，量测，检查技术处理方案。

表 6.6.41 新增构件尺寸的允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
长度	板、梁	+10, -5	每个构件	6	钢尺检查
	柱	+5, -10			
	薄腹梁、桁架	+15, -10			
宽度、高 (厚)度	板、梁、柱、薄腹 梁、桁架	±5		6	钢尺量一端及中部， 取其中较大值
侧向弯曲	梁、柱、板	$L/750$ 且 ≤ 20		4	拉线、钢尺量最大侧 向弯曲处
	薄腹梁、桁架	$L/1000$ 且 ≤ 20			
预埋件	中心线位置	10	每个预埋件	2	钢尺检查
	螺栓位置	5			
	螺栓外露长度	+10, -5			
预留孔	中心线位置	5	每个孔	2	钢尺检查
预留洞	中心线位置	15	每个洞	2	钢尺检查

主筋保护层 厚度	梁、柱、薄腹梁、 桁架	+10, -5	每个构件	6	钢尺或保护层厚度 测定仪量测
表面平整度	柱、梁	5		4	2 m 靠尺和塞尺检查
预应力构件 预留孔道位 置	梁、薄腹梁、桁架	3	每个孔	2	钢尺检查

注：1 L 为构件长度 (mm)；

2 检查中心线、螺栓和孔道位置时，应沿纵横两个方向量测，并取其中的较大值；

3 对开头复杂或特殊要求的构件，其尺寸偏差应符合标准图集设计的要求。

7 拱桥加固

7.1 拱上建筑拆除

7.1.1 拱上建筑拆除应严格按设计卸载程序进行。设计无要求时，应按对称、均衡原则进行拆除。对跨径较大的拱桥，拱上建筑拆除应做专门的卸载程序设计与相应的结构验算。

7.1.2 拱上建筑拆除时，应观测 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。多孔拱桥拱上建筑不能同时对称拆除时，还应观测相邻孔跨拱圈和墩台的变位，并详细记录。发现异常情况必须立即停止施工，并及时分析原因。必要时应采取安全措施或调整卸载程序。

7.1.3 大跨径拱桥拱上建筑拆除施工应在有效的监控下进行。

7.2 圯工拱桥加固

7.2.1 拱腹增设钢筋混凝土拱圈（套拱）加固应符合以下要求：

- 1 凿除拱圈剥落、松散、风化表层。套拱施工前应对拱圈的其他缺陷，如砌缝砂浆脱落、裂缝、掉块、空洞等进行修补。
- 2 严格按照设计进行原拱腹及拱座植筋，套拱新增钢筋应与原拱圈连接牢固。植筋深度按设计确定。植筋与主筋焊接时，应在外露长度 15 d 外施焊。
- 3 浇筑套拱混凝土前应充分湿润原拱腹面。
- 4 应按设计程序浇筑混凝土，设计程序无明确规定时应按对称、均衡原则进行浇筑。
- 5 应采取有效措施保证新浇混凝土密实以及与原结构密贴。

7.2.2 拱背增大截面加固应符合以下要求：

- 1 对拆除拱上建筑后的拱背应进行清理，避免松散砂浆或破损砌体的存在。
- 2 对拱圈缺陷应进行修补。
- 3 应按照设计进行原拱背及拱座植筋，新拱圈新增钢筋应与原拱圈连接牢固。植筋要求按照规范执行。
- 4 浇筑混凝土前应充分湿润原拱背面。

5 应按设计程序浇筑混凝土，设计无规定时，宜由两拱脚向拱顶对称浇筑。对跨径或宽度较大的拱桥，必要时可沿横向由拱圈中线向两侧对称、分环浇筑。

6 应按设计要求恢复拱上建筑。

7 应采取有力措施加快施工进度，做好交通分流工作。

7.2.3 更换砌块应符合以下要求：

1 更换破损的砌块应逐个或小批量分次进行。修补用砌块强度指标不应低于原砌块。

2 修补砌块的材质、色泽与原拱应尽量统一。

3 清理破损的砌块后应及时进行修补，必要时应采用临时支撑，临时支撑拆除应不影响外观和功能要求。

4 新砌块就位后应用楔子固定，并用干硬性砂浆砌筑，砂浆强度等级应高于原砂浆一级。

7.3 钢筋混凝土拱桥加固

7.3.1 桁架拱、刚架拱等采用增大截面、粘贴钢板、粘贴纤维复合材料、体外预应力等方法加固时，施工技术要求应符合本规范第 6 章规定。双曲拱、箱板（肋）拱增大混凝土截面加固时，其施工技术要求应符合本规范 6.1 节规定。

7.3.2 增设拱肋加固应符合以下要求：

1 安装新拱肋时，应在原拱肋拱顶部位等处设临时横向联系，保证施工过程的横向稳定。

2 支架现浇拱肋时，主筋应埋入墩台帽内，埋入深度按受拉钢筋计算确定。预埋钢筋与主筋焊接时，应在外露长度 15 d 外施焊。

3 预制安装拱肋应在墩台帽凿出预留槽，深度与原拱肋预留槽一致。

7.3.3 横向连接加固应符合以下要求：

1 拱肋与横系梁或横隔板结合面应凿毛至露出粗骨料，凹凸差不小于 6 mm。

2 横系梁或横隔板底面钢筋应通长设置，其余横向主筋应与拱肋主筋可靠连接。

7.4 钢管混凝土拱桥加固

7.4.1 管内混凝土存在空洞时，通过钻孔浇筑聚合物混凝土进行处理。处理后应复原封口，打磨平整，并涂油漆，油漆颜色应与原涂料基本一致。

7.4.2 管内混凝土脱空时，应用无收缩灌浆料填充，应符合以下要求：

1 在管内脱空段按 1 m 左右间距钻孔，孔径 10 mm，在孔中插入长约 100 mm 钢管作注浆管，用环氧树脂封口固定。

2 注浆压力应控制在 0.2~0.6 MPa 之间，注浆应按自下而上顺序进行。

3 灌浆料固化 3 d 后，应用超声波检测。脱空部分填充饱满后，应复原封口，打磨平整，并涂油漆。

7.4.3 增设构件加固时，加固构件与主拱圈应采用高强螺栓连接，当需要焊接时，应进行工艺试验，并应采取有效措施避免高温损伤混凝土。

7.5 中、下承式拱桥加固

中、下承式拱桥拱肋加固应符合本规范第 7.3、7.4 节规定，吊杆、系杆更换应符合本规范相关规定。

7.6 检验标准

加固混凝土、钢筋、模板、焊接等的质量要求应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的相关规定。

8 钢桥加固

8.1 焊接加固

8.1.1 焊接加固前，应先进行焊接工艺评定，编制焊接工艺指导书。

8.1.2 恒载下用焊接加固钢桥，应尽量避免采用长度垂直于受力方向的焊缝，否则应采取专门措施和施焊工艺，确保桥梁安全。

8.1.3 恒载下用增加非横向焊缝长度连接时，原有焊缝中的应力不得超过焊缝的强度设计值。

8.1.4 焊接环境温度不应低于 5℃，如确需要在低于 5℃的环境下施焊，应采用预热措施，预热温度 80~100℃，预热范围为焊缝两侧宽 500~800 mm。

8.1.5 施焊前，零件、部件应经检查合格；连接接触面和焊缝边缘每边 30~50 mm 范围内的铁锈、毛刺、污垢、冰雪等应清除干净，露出金属光泽。

8.1.6 施焊可采用埋弧自动焊或手工焊两种方法。手工焊采用的焊条直径不应大于 4 mm，焊接电流不应超过 220A；每焊道的焊脚尺寸不应大于 4 mm，前一焊道温度冷却至 100℃以下后，方可施焊下一道。长度小于 200 mm 的焊缝增加长度时，首焊道应从原焊缝端点以外至少 20 mm 处施焊。多层焊接宜连续施焊，应注意控制层间温度，每一层焊缝焊完后应及时清理检查，清除药皮、熔渣、溢流等缺陷后，再焊下一层。

8.2 栓接加固

8.2.1 高强螺栓的更换，对于大型节点，更换数量不宜超过 10%；对于螺栓数量较少的节点，则要逐个更换，以防止节点滑动，如板面（摩擦面）不满足要求，应进行处理。

8.2.2 恒载下采用栓接加大截面加固构件，加固件与被加固件相互压紧后，应从加固件中间向端部逐次钻孔、安装，并拧紧螺栓，尽可能减少加固过程中截面的过大削弱。

8.3 构件更新

8.3.1 杆件损伤严重时应予以更换，当拆卸杆件进行更换时，应先消除杆件的恒载内力。可采取下列方法：

- 1 在梁下设临时支架，支撑节点进行卸载。
- 2 用临时杆件（工具杆件）或装置代替原杆件受力的方法卸载。如用带有调整螺栓的拉杆或高强度钢丝束，拉紧受压杆件；用千斤顶顶开受压杆件等。

8.3.2 纵梁与横梁联结角钢出现裂纹，当修补条件受限时，可采用更换厚角钢、增大螺栓直径等方法。

8.3.3 钢梁连接系杆交叉处，连接杆件与主梁或纵梁翼缘连接处铆钉不足，应增大节点板、增加螺栓进行加固。

8.4 裂纹修复

8.4.1 钢桥构件上发现裂纹时，作为临时应急措施，可于板件裂纹端外（0.5~1.0）倍板厚处钻孔，防止其进一步扩展，并及时根据裂纹性质及扩展走向采取适当措施修复加固。

8.4.2 修复裂纹应优先采用焊接方法。一般按以下顺序进行：

- 1 清洗裂纹两边 80 mm 以上范围内板面油污至露出洁净金属面。
- 2 用碳弧气刨、风铲或砂轮将裂纹边缘加工出坡口，直达纹端钻孔，坡口形式应按设计要求及根据板厚和施工条件按现行《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB 985 的要求选用。
- 3 将裂纹两侧及端部金属预热至 100 ~ 150℃。
- 4 采用与钢材匹配的低氢焊条或超低氢焊条，以小直径焊条分段分层逆向施焊。

8.4.3 焊接一般要求如下：

- 1 按设计要求检查焊缝质量。
- 2 堵焊后表面应磨光，使之与原构件表面齐平，磨削痕迹线应大体与裂纹切线方向垂直。
- 3 对主要承重构件或厚板构件，堵焊后应立即进行退火处理。

8.4.4 用附加盖板修补裂纹时，宜采用双层盖板，此时裂纹两端仍须钻孔。当盖板用焊接连接时，应设法将加固盖板压紧，其厚度与原板等厚。焊脚尺寸等于板厚；

当用高强螺栓连接时，宜采用小直径螺栓，在裂纹的每侧用双排螺栓，盖板宽度以能布置螺栓为宜，盖板长度每边应超出裂纹端 150 mm。

8.4.5 对网状、分叉裂纹和有破裂、过烧、烧穿等缺陷的梁、柱腹板、钢箱等，宜采用嵌板修补，修补顺序如下：

1 用矩形标出缺陷的区域，在缺陷区域每边向外扩展 100 mm 画出带圆角的矩形进行切割。

2 用等厚度同材质的嵌板嵌入切除部位，嵌板长短边均应比切口小 2 ~ 4 mm，其边缘加工成对焊接缝要求的坡口形式。

3 嵌板定位后，将孔口四角区域预热至 100 ~150℃，并由一侧长边中心开始，对称向两侧的顺序，采用分段分层逆向焊法施焊。

8.4.6 检查焊缝质量，若焊缝质量不合格，应刨去焊缝、清根，重新施焊。焊缝质量合格后，打磨焊缝余高，使之与原构件表面齐平。

8.5 钢桥涂装

8.5.1 加固构件涂装标准应符合设计要求，若需变更应征得设计单位同意。面漆应尽量选用原型号产品，外观色泽应基本一致。

8.5.2 加固部件采用现场涂装时，应将相近加工区的受损旧涂装全部清除，并且每边扩大范围不少于 50 mm。

8.5.3 加固构件一般应采用厂内涂装。运输、安装过程中应采取保护措施，防止涂装损坏。若发生损坏，应在现场涂装时进行修补。

8.5.4 若加固范围较大，可将加固构件的涂装与全桥更换涂装一并进行。

8.5.5 涂装的质量检验应符合《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1 钢梁防护相关章节的规定。

8.6 检验标准

焊接、栓接的质量检验及更换（增加）构件的尺寸允许偏差应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的相关规定。涂装的质量检验应符合现行有关标准、规范的规定。

9 斜拉桥加固

9.1 拉索更换

9.1.1 换索前应对桥梁进行详细检测，检测应包括下列内容：

- 1 索力变化及与设计值的偏差；
- 2 梁、塔的变位、内力变化及与设计值的偏差；
- 3 防护体系损坏程度，拉索及锚固系统锈蚀程度及具体部位、钢丝断裂状况、拉索的损坏程度；
- 4 锚固区附近以及全桥其他构件混凝土损坏情况；
- 5 测量桥面控制点高程随温度的变化情况，分析桥面高程随温度变化的规律。

9.1.2 换索施工应在索塔、主梁及锚碇缺陷修复、加固完成后进行。

9.1.3 换索施工符合下列规定：

- 1 换索前，应检查新旧索工具锚口是否匹配。
- 2 对换索过程进行结构分析计算，确定合理换索顺序，控制结构内力在允许范围内。严格按设计或施工监控给定的换索顺序换索，并严格控制换索区内的荷载。
- 3 调整索力时，宜避开日照对结构的影响，并避开交通量高峰时段。

9.1.4 换索施工时应应对桥上交通实行三限（限载、限量、限速），必要时应短暂中断交通。

9.1.5 换索期间严禁将多余的机具、设备、材料、杂物等堆放在换索区域内。

9.1.6 换索施工应严格执行设计规定的程序及工艺要求，对梁、塔的变形和相邻索索力变化应进行全面监测。

9.1.7 卸索时应严格控制索力，分级同步卸载，分级荷载级差按设计要求进行。

9.1.8 卸索时应记录锚具大螺母松开时的千斤顶油表读数，并进行两次放张，满足设计要求后方可卸索。

9.1.9 卸索过程中，应全过程跟踪观测梁顶高程的变化，并与理论监控计算值进行比较，如有异常，应立即停止卸索，待查明原因并处理后方可继续施工。

9.1.10 拉索张拉的顺序、级次和量值应按设计规定和监控要求执行。拉索张拉可于塔端或梁端单端进行。平行钢丝拉索应整体张拉。

9.1.11 拉索更换后,应立即在拉索钢套管处采取有效密封措施。拉索锚具在梁内及塔上的外露部分应予以防护。

9.1.12 换索过程监测符合下列规定:

1 对影响范围内梁体的高程和索塔位移应进行四阶段桥面高程监测(梁体高程可采用桥面高程代表,分别为换索前、卸索、新索张拉、索力调整完毕。桥面高程监测可采用精密水准仪,为避免日照等对高程的影响,宜在夜间及温度趋于稳定时段进行观测。

2 必须跟踪测试被换拉索前后 3~5 组拉索索力,并与理论计算值进行比较。

3 换索过程中应监测主梁、索塔混凝土应变及裂缝变化情况。

4 换索工程竣工后,应对全桥拉索的索力及主梁高程进行测定,以检验换索效果,并作为验收的依据。

9.2 吊(系)杆更换

9.2.1 吊杆运输、安装过程中,应有可靠的保护措施,防止碰伤锚具及 PE 索套,如有意外损伤应及时修补,并做好记录。

9.2.2 更换吊杆前应根据构造形式、施工设备等实际情况,设置工具吊杆。工具吊杆应进行设计计算,对工具吊杆施力时,应保证同步张拉,使吊杆受力平衡。

9.2.3 更换吊杆过程中,应连续监测桥面高程、吊杆内力及混凝土应力变化。新吊杆张拉应实行双控,以桥面高程控制为主,吊杆内力控制为辅。

9.2.4 对新换柔性索及刚性连接杆的尺寸构造等根据现场情况应进行核对调整。当采用刚性连接杆时,应考虑吊杆长度、重量、索管长度的差别。

9.2.5 施工过程中新旧吊杆、工具吊杆之间的荷载转换应平稳。

9.2.6 系杆运输、安装过程中,应注意保护 PE 索套,如有意外损伤应及时修补。

9.2.7 对可更换系杆,拆除前应设置临时系杆,临时系杆应通过设计计算确定。旧系杆拆除、临时系杆及新系杆张拉应交叉分级进行。

9.2.8 对不可更换系杆,旧系杆拆除及新系杆张拉应交叉分级进行。转换过程中,系杆合力的位置应基本保持不变。

9.2.9 施工过程中,新旧系杆、临时系杆之间的荷载转换应平稳。

9.2.10 系杆张拉应在气温稳定时段进行,并应临时中断交通。

9.2.11 施工过程中，应对拱圈应力、变形以及拱座变位进行监控。

9.3 检验标准

主控项目

9.3.1 加固所用的拉（吊）等材料应符合现行相关标准、规范的规定，满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查产品合格证和出厂检验报告、检查进场验收记录和复验报告。

9.3.2 防护必须符合设计要求。

检查数量：涂装遍数全数检查；涂层厚度每批构件抽查 10%，且同类构件不少于 3 件。

检验方法：观察、检查施工记录；用干膜测厚仪检查。

9.3.3 拉索的索力符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：测力仪。

9.3.4 主梁高程、索塔坐标测量

检查数量：全数检查

检验方法：全站仪

9.3.5 主梁高程、索塔坐标测量

检查数量：全数检查

检验方法：全站仪

9.3.6 斜拉索更换应符合表 9.3.6 中的技术要求。

表 9.3.6 斜拉索更换技术要求

序号	检查项目	允许偏差（mm）	检查数量和方法
1	锚具轴线与孔道 轴线偏位	5	抽查 25%，用钢尺量
2	梁锚固点或梁顶高程	主跨跨径 $L \leq 200\text{m}$ 时， ± 20 主跨跨径 $L > 200\text{m}$ 时， $\pm$ $L/10000$	水准仪或全站仪：测量每个 锚固点或每梁段中点

3	索力	符合设计规定，设计未规定时与设计值相差小于 10%。	测力仪：测每对索索力
---	----	----------------------------	------------

9.3.7 吊索（杆）更换应该符合表 9.3.7 中的技术要求。

表 9.3.7 拉（吊）索更换技术要求

序号	检查项目		允许偏差（mm）	检查数量和方法
1	吊杆长度		$\pm 1/1000$ 及 ± 10	每吊杆 1 点，用钢尺量
2	吊杆拉力	允许	符合设计要求	用测力仪检测每吊杆
		极值	符合设计规定，设计未规定时与设计值相差小于 10%。	
3	吊点位置		10	全站仪：每吊杆检查
4	吊点高程	高程	± 10	水准仪：每吊杆检查
		两侧高程	20	

10 悬索桥加固

10.1 主缆维修

10.1.1 主缆修复前应对主缆以及吊杆进行全面检查，检查内容主要包括：

- 1 主缆索股的受力及松动情况；
- 2 主缆索夹位置及固定情况；
- 3 主缆缆套的外观情况；
- 4 吊杆的连接、外观以及受力情况。

10.1.2 主缆缆套损伤时，应采取同样的材料进行修补。

10.1.3 若主缆索股间受力有较大偏差时，可通过索端拉杆螺栓进行调整。

10.1.4 紧固同一索夹螺栓时应保证各螺栓受力均匀。

10.2 锚碇加固

10.2.1 未做衬砌的岩石锚室或锚洞表面风化或开裂时，应先将表面风化层及开裂部分凿除，然后用钢丝网水泥砂浆或结构胶黏剂处理。

10.2.2 锚洞外的压重体出现空洞、松散、龟裂等缺陷时，应及时修补，压量不足时应增加圬工以补足重量。采用圬工增加锚洞外压重时应做好新老压重体的联结，施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 相关规定。

10.2.3 加厚结构加固锚室时，应先处理裂缝及表面缺陷，然后进行锚室表面扩大截面施工。如有渗水，应先处理渗水，增加防水层。

10.3 检验标准

主控项目

10.3.1 主缆的索力符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：测力仪。

10.3.2 索股高程允许偏差 $L/10000$ mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：全站仪。

10.3.3 检查项目允许偏差以及数量和方法应符合表 10.3.3 的技术要求。

表 10.3.3 主缆维修技术要求

序号	检查项目	允许偏差	检查数量和方法
1	主缆孔隙率（%）	± 2	量直径和周长后计算：测索夹处和两索夹间，抽查 50%
2	主缆直径不圆度（%）	≤ 2	卡尺：紧缆后测两索夹间，抽查 30%
3	缠丝间距（mm）	1	插板：每两索夹间随机量测 1 m 长
4	防护涂层厚度（mm）	符合设计要求	测厚仪：每 200 m 测一点
5	缠丝张力（kN）	± 3	标定检测：每盘抽查 1 处

10.3.4 锚室、锚洞修复应符合以下要求：

1 聚合物混凝土、砂浆强度满足设计要求。

检查数量：按现行规范抽样检验。

检验方法：查看试验报告。

2 胶黏剂性能满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：查看试验报告。

3 结合面处理满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测，查看施工记录。

一般项目

10.3.5 主缆观感质量检查应符合以下要求：

1 钢丝缝隙不得欠填缠丝腻子，裹覆层处无残留腻子；

2 缠丝不得出现重叠、交叉；

3 防护层表面涂装应无针孔、裂纹、脱落、漏涂；

4 索夹密封应无开裂、气泡、缝隙；

5 主缆内不得出现积水。

10.3.6 锚室、锚洞修复观感质量检查应符合以下要求：

1 表面平整，棱角平直，无明显施工接缝。

- 2 表面不应出现蜂窝、麻面，如出现应修补。
- 3 表面不应出现非受力裂缝；裂缝宽度超过设计规定或设计未规定时超过 0.15 mm 应处理。
- 4 锚室、锚洞内不得出现积水、漏水。

11 支座和伸缩装置更换

11.1 支座更换

11.1.1 支座更换应根据现场环境、老支座类型等情况选择合理的顶升更换方案，同一墩位的支座更换时应同步顶升。

11.1.2 应对顶升梁体的临时支撑设施进行受力计算，且应满足强度、刚度及稳定性要求。

11.1.3 梁体的顶升和回位顺序应按设计要求进行。

11.1.4 应根据环境温度进行支座偏移量的验算，并宜选择在有利的温度条件下施工。

11.1.5 支座更换过程中应采取交通组织和安全防护措施。

11.2 伸缩装置更换

11.2.1 应根据施工环境温度确定新伸缩装置伸缩量。

11.2.2 更换前应清理伸缩装置。

11.2.3 更换伸缩装置时，宜临时封闭交通；当采用分幅施工时，新伸缩装置横向连接应平顺、可靠。

11.2.4 伸缩缝两侧保护带尺寸应满足新伸缩装置的安装连接要求，同时应控制开口深度及宽度。

11.2.5 伸缩装置的锚固预埋件有缺损时，应按本规程规定的方法先行处理。

11.2.6 在浇筑保护带混凝土前，应封闭开口。

11.2.7 顶升符合下列规定：

- 1 顶升前应对桥梁基础、下部结构、梁体、桥面系和附属工程的技术状况逐一进行检查。
- 2 应对基础、下部结构及上部承重结构的缺陷按本规程规定的方法先行处理。
- 3 操作平台应有足够的操作空间。
- 4 在千斤顶与梁体之间应用垫板扩大接触面，千斤顶顶面、垫板、梁体底面之间应密合、平稳，不得损伤梁体结构。

- 5 检查、校正顶升设备并就位，支座整体顶升更换的系统宜选用可编程逻辑控制液压同步顶升系统。
- 6 顶升装置验收合格后方可进行试顶加载，顶至梁体脱空 2 mm~5 mm 时应停止，并应停放 5 min~10 min 进行观察，无任何异常后方可进行后续顶升。
- 7 千斤顶同步顶升应控制起梁速度，宜采用观测梁体起顶高度和千斤顶的起顶力施行双控。
- 8 顶升到设计高度后应垫实梁体，回落千斤顶应使梁板支承于临时支撑设施上。
- 9 在梁体顶升完成后，应修整、更换支承垫石、梁底钢板和支座。
- 10 支座更换完成后，应同步顶起梁体，逐步撤除垫块，同步缓慢回落梁板至更换好的支座，并应详细检查垫石及支座，确认压紧密贴、位置正确后，方可撤除顶升系统。

11.3 检验标准

11.3.1 支座更换质量检验符合下列规定：

主控项目

- 1 支座应进行进场检验。
检查数量：全数检查。
检验方法：检查合格证、出厂性能试验报告。
- 2 支座安装前，应检查跨距、支座栓孔位置和制作垫石顶面高程、平整度、坡度、坡向，确认符合设计要求。
检查数量：全数检查。
检验方法：用经纬仪、水准仪与钢尺量测。
- 3 支座与梁底及垫石之间应密贴，间隙不得大于 0.3 mm。垫层材料和强度应符合设计要求。
检查数量：全数检查。
检验方法：观察或用塞尺检查，检查垫层材料产品合格证。
- 4 支座锚栓的埋置深度和外露长度应符合设计要求。支座锚栓应在其位置调整准确后固结，锚栓与孔之间隙应填捣密实。
检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

5 支座的粘结灌浆和润滑材料应符合设计要求。检查数量：全数检查。

检验方法：检查粘结灌浆材料的配合比通知单，检查润滑材料的产品合格证和进场验收记录。

一般项目

6 支座安装允许偏差应符合表 11.3.1 的规定。

表 11.3.1 支座安装允许偏差

支座安装允许偏差				
项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
支座高程	±5	每个支座	1	用水准仪测量与墩台上基准点比对
支座偏位	3	每个支座	2	用全站仪、钢尺量与墩台上基准点 比对

11.3.2 伸缩装置更换质量检验符合下列规定：

主控项目

1 伸缩装置的形式和规格应符合设计要求，缝宽应根据设计规定和安装时的气温进行调整。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺量测。

2 伸缩装置安装时焊接质量和焊缝长度应符合设计要求和规范规定，焊缝应牢固，严禁用点焊连接。大型伸缩装置与钢梁连接处的焊缝应采用超声波检测。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查焊缝检测报告。

3 伸缩装置锚固部位的混凝土强度应符合设计要求，表面应平整，与路面衔接应平顺。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查同条件养护试件强度试验报告。

一般项目

4 伸缩装置安装允许偏差应符合表 11.3.2 的规定。

表 11.3.2 伸缩装置安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
顺桥平整度	符合道路标准	每条缝	每车道 1 点	按道路检验标准检测
相邻板差	2			用钢板尺和塞尺量
缝宽	符合设计要求			用钢尺量, 任意选点
与桥面高差	2			用钢板尺和塞尺量
长度	符合设计要求		2	用钢尺量

5 伸缩装置应无渗漏、无变形, 伸缩缝应无阻塞。检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

附录 A 城市桥梁加固分部工程和分项工程划分

序号	单位工程	分部工程	分项工程
1	城市桥梁 加固工程	地基与基础加固	扩大基础加固、柱基加固、人工地基加固、基础冲刷加固、承台加固
2		墩台加固	墩柱加固、桥台加固、墩台更新
3		混凝土梁桥加固	增大截面加固、粘贴钢板加固、粘贴纤维复合材料加固、体外预应力加固、改变结构体系加固
4		拱桥加固	拱上建筑拆除、圯工拱桥加固、钢筋混凝土拱桥加固、钢管混凝土拱桥加固、中、下承式拱桥加固
5		钢桥加固	焊接加固、栓接加固、更换（增加）构件、裂纹修复、钢桥涂装
6		斜拉桥加固	斜拉索更换、吊（系）杆更换
7		悬索桥加固	悬索桥主缆维修、锚碇加固
8		支座和伸缩装置更换	支座和伸缩装置更换

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按…执行”或“应符合……的规定(或要求)”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 2 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 3 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 4 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB 50550
- 5 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T 709
- 6 《树脂浇铸体性能试验方法》 GB/T 2567
- 7 《建筑工程施工质量评价标准》 GB/T 50375
- 8 《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》 GB/T 8923..1
- 9 《胶粘剂拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）》 GB/T 7124
- 10 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 CJJ 2
- 11 《城市桥梁结构加固技术规程》 CJJ/T 239
- 12 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
- 13 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 14 《建筑施工模板安全技术规范》 JGJ 162
- 15 《混凝土结构工程无机材料后锚固技术规程》 JGJ/T 271
- 16 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283
- 17 《公路桥梁加固施工技术规范》 JTG/TJ23
- 18 《公路桥涵施工技术规范》 JTG/T 3650
- 19 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1

河南省工程建设标准

城市桥梁加固质量评价标准

DB XXX-2023

条文说明

目 次

1 总 则	- 59 -
3 基本规定	- 60 -
4 地基与基础加固	- 61 -
4.1 扩大基础加固	- 61 -
4.2 桩基加固	- 61 -
4.3 承台加固	- 61 -
4.4 人工地基加固	- 61 -
4.5 基础冲刷加固	- 62 -
5 墩台加固	- 63 -
5.1 墩柱加固	- 63 -
5.2 桥台加固	- 63 -
6 混凝土梁桥加固	- 64 -
6.1 增大截面加固	- 64 -
6.2 粘贴钢板加固	- 65 -
6.3 粘贴纤维复合材料加固	- 66 -
6.4 体外预应力加固	- 66 -
6.5 改变结构体系加固	- 67 -
6.6 检验标准	- 67 -
7 拱桥加固	- 68 -
7.1 拱上建筑拆除	- 68 -
7.2 圯工拱桥加固	- 68 -
7.3 钢筋混凝土拱桥加固	- 69 -
7.4 钢管混凝土拱桥加固	- 69 -
8 钢桥加固	- 70 -
8.3 构件更新	- 70 -
8.4 裂纹修复	- 70 -
9 斜拉桥加固	- 71 -
9.1 拉索更换	- 71 -

9.2	吊（系）杆更换	- 72 -
10	悬索桥加固	- 73 -
10.1	主缆维修	- 73 -
10.2	锚碇加固	- 73 -
11	支座和伸缩装置更换	- 74 -
11.1	支座更换	- 74 -

1 总 则

1.0.1 在未来 10 年~20 年内，城市新建桥梁工程将逐渐减少，桥梁的养护、维修、加固以及改造工程将逐渐成为主流。鉴于桥梁加固工程已经越来越多，规范桥梁加固施工与验收，为加固工程提供必要的技术依据已势在必行。

1.0.2 界定本规范的适用地域和工程性质、规模。城市桥梁工程包括高架桥、立交桥、人行天桥等工程。

1.0.4 桥梁加固工程施工是对在役桥梁缺陷和病害的处理，与新、改建相比，情况更复杂，动态施工在加固工程中尤为重要。必须加强施工前的复查和施工中的观测与检查，及时反馈信息指导施工。在施工前，若发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷或与设计不相符的情况，应通知设计单位修改方案。施工过程中若出现异常变形、裂缝有较大较快发展，应立即停止施工，采取有效措施进行处理，经确认后方可继续进行。加固完工后，应检验加固效果，特大桥与技术复杂桥梁应进行荷载试验。

3 基本规定

3.0.1 加固工程与新建工程的一个重要区别是：新建工程是一次设计、一次施工，加固工程是两次设计、两次施工，并且两次时间相差很远（十余年或数十年以上）。增大截面法加固工程是在充分发挥原结构构件强度的基础上作出的增强受力措施，故在加固前应对原结构构件进行有关截面尺寸、裂缝、外观等的复核，如发现有与设计不符之处，应及时通知设计单位，以分析相关原因并采取相关措施。

3.0.7 桥梁加固不得对原结构损伤，主要是避免不必要的拆除及更换。

3.0.8 为保证桥梁加固施工的质量，尽可能封闭交通组织施工。在预应力张拉、监测等重要工序阶段时，必须短时间中断交通。因特殊原因需在开放交通情况下进行桥梁加固施工时，应采取限载、限速措施，并充分利用交通量较小或夜间时段组织施工。为缩短影响交通时间，混凝土、胶黏剂等宜采用早强材料。在开放交通情况下进行桥梁加固时，必须制订突发事件应急预案。突发事件主要是指由于交通事故、车辆故障等引起的堵车、压车现象。突发事件一旦发生，应及时通知交警和路政管理单位进行处理。尽快将事故车辆或故障车辆驶离或拖离交通管制区段，并注意防止社会车辆进入施工封闭区域。疏导交通可根据施工作业面的情况，临时收缩封闭车道的空间，包括减少封闭长度和宽度。交通阻塞严重时，应采取应急疏导措施，包括借道分流交通、地方道路分流交通、收费站入口控制等。

3.0.9 桥梁加固施工宜在晴天和白天进行。对于不受雨天影响的部位可在雨天进行作业，否则应采取防雨、防湿、防滑等保障措施。夜间施工应保证作业区照明效果良好，以及设置管制夜间交通的频闪灯、反光标志，标线、警示牌等，在警告区，过渡区、缓冲区及终止区，宜采用高杆灯照明。

4 地基与基础加固

4.1 扩大基础加固

4.1.1、4.1.2 在原基础边缘开挖基坑，会对基础产生不利影响，施工时必须谨慎。既要保护原结构稳定，又要防止基坑坍塌事故。应严格按设计进行，并加强现场监控。一旦出现异常应及时进行处理。

4.2 桩基加固

4.2.1、4.2.2 增补桩基施工对原地基产生扰动是不可避免的，在制定施工方案、选择成孔方案时应优先选用对地基扰动较小的钻孔桩、静压桩方案。钻孔桩的技术普及程度高，易于掌握；静压桩对土层扰动小，且有挤密土体作用。施工时应对原桥、周围土体进行变形监控。

灌注桩的成孔工艺主要有回旋钻成孔、冲击钻成孔、旋挖钻成孔、人工挖孔等。选择成孔工艺时除考虑地质水文条件、桩长、净空、周边环境等因素外，尚应考虑成桩对原桩的影响，鉴于旋挖桩技术进步快，宜优先使用旋挖桩，若受到环境与地质条件限制，也可采用对桩周土体加固后，采用人工挖孔桩等对原桩影响小的成桩工艺。静压桩应充分考虑压桩对临近桩基及周边环境的影响，选择合适桩断面尺寸、桩长、桩形。

4.3 承台加固

4.3.1 在水中承台，桩基的加固施工过程中，为确保桥梁、水上交通的正常运营及施工过程的安全，应综合考虑现场实际情况，优化加固施工方案。为确保水中承台、桩基加固质量，宜采用围堰施工。围堰沉至设计高程后，还应进行围堰沉降及围堰内基底渗水量观测。如渗水量上升速度小于或等于 6 mm/min，在清基后按普通混凝土浇筑方法进行封底；若渗水量大于上述规定时，宜采用水下混凝土施工方法进行封底。

4.4 人工地基加固

对地基进行加固时，沉降观测是一项必须要做的工作，它不仅是施工过程中进

行监测的重要手段，而且是对地基加固效果进行评价和工程验收的重要依据。由于地基加固过程中容易引起周围土体的扰动，因此，施工过程中对邻近建筑和地下管线也应进行监测。

4.5 基础冲刷加固

4.5.3 抛石防护具有施工容易、柔性防护的优点，除用作冲刷回填外，还可作为抢险加固措施。行洪过程中抛石可防止对桥墩的过度冲刷，铅丝石笼、钢石笼还可作为便桥的临时墩台。

4.5.4 因板桩高出河床面，会产生阻水，在板桩前造成局部冲刷，影响护桩安全，所以应限制板桩不得高于河床。

5 墩台加固

5.1 墩柱加固

5.1.1 根据桥墩、桥台的受力特性，桥墩采用环形套箍，桥台采用 U 形套箍的方式加固。套箍的分布、密度可根据墩台的病害程度进行调整，亦可将整个墩台进行整体套箍加固。凿毛是为了保证原构件与新增混凝土的可靠连接，使之能协同工作，以保证力的可靠传递，从而收到良好的加固效果。若结合面不紧密，可通过注浆管注浆，使之结合牢靠。表面凿毛时，宜将墩、台身的棱角敲击成圆顺的弧面，这有利于混凝土联结。采用混凝土套箍加固墩台身时，在混凝土未达到设计强度之前，应尽可能限制活载，其目的是减少二次受力的影响，保证套箍混凝土与老混凝土的黏结质量和新混凝土自身的强度。

5.1.2 钢套箍施工质量控制要点：1) 原混凝土表面应打磨平整，目的是最大限度地减小套箍与原结构间的空隙；2) 应做好钢板的防腐处理，避免钢板锈蚀。

注浆法外包钢加固墩柱禁止在灌浆后焊接和敲击钢板，避免焊接的高温及敲打冲击损坏化学结构胶。

5.2 桥台加固

5.2.1 当砌体桥台结构存在较大安全隐患时，可采用注浆加固以提高砌体桥台的整体性。在加固砌体桥台之前，若地基基础需要加固时，应先行加固桥台地基基础。

5.2.4 台背换填材料宜采用透水性材料。U 形桥台应做好排水系统。

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

6 混凝土梁桥加固

6.1 增大截面加固

6.1.1 混凝土构件增大截面工程的施工程序与一般现浇新建工程混凝土施工相比，增加了原构件清理修整、界面处理、新旧钢筋连接等步骤。这些工序对保证新增截面与原构件的共同工作至关重要，在施工过程中应强调对这几道工序的质量监督与检查。对一般构件，增大混凝土的加厚层通常采用安装模板、浇筑混凝土的形式；对于桥面板加厚加固则可直接利用原构件作为支撑面，无须安装底模；对于拱桥拱圈顶面加厚也可利用原拱圈作为底模。

6.1.2 对原构件存在的表层缺陷及裂缝应进行鉴定分析和危害性评定，应依据评定结果在进行增大截面加固之前进行缺陷与裂缝修补工作。

1 裂缝深度分类。目前对裂缝深度分类没有统一的规定，工程界通常按下表进行结构裂缝的分类：

表 1 结构裂缝深度分类

裂缝分类	表面裂缝	浅层裂缝	纵深裂缝	贯穿裂缝
裂缝深度	$h \leq 0.1H$	$0.1H < h < 0.5H$	$0.5H \leq h < H$	$h = H$

注： H 为结构厚度， h 为裂缝深度。

2 不同宽度的裂缝宜按如下方法处理：

- 1) 对于宽度小于 0.1 mm 的裂缝适合采用表面封闭法处理；
- 2) 对于数量较多、宽度在 0.1 mm~0.15 mm 间的裂缝适合采用自动低压渗注法处理；
- 3) 对于较深，宽度在 0.15 mm~0.5 mm 的裂缝适合采用压力灌注法。
- 4) 对于宽度大于 0.5 mm 的裂缝适合采用填充密封法处理。

3 封闭修补法应满足下列要求：

- 1) 填缝修补前应先将裂缝清理干净，根据裂缝宽度不同分别用勾缝刀、抹子、刮刀等工具进行操作，灰浆宜采用 1：2.5 或 1：3 水泥砂浆。
- 2) 表面涂刷修补采用水泥浆、水泥砂浆材料时，涂刷前应将裂缝用水冲净，使构件表面清洁湿润；采用沥青、环氧基液或环氧砂浆时，涂刷前应要求构件表面清

洁干燥。

3) 凿槽嵌补对于稳定裂缝宜采用水泥砂浆、膨胀砂浆、环氧树脂砂浆等刚性材料填充；对于活动裂缝则宜采用弹性嵌缝材料进行填充。

4 压力灌浆工艺如下：

1) 水泥灌浆工艺流程为：裂缝检查及处理→钻孔及清孔→止浆或堵漏处理→压水或压气实验→灌浆→收尾处理。

2) 化学灌浆工艺流程为：裂缝检查及处理→钻孔埋嘴→嵌缝止浆→压水或压气实验→灌浆→收尾处理。

3) 壁可法灌浆工艺流程为：裂缝检查及处理→封闭裂缝、粘胶注入→采用注入器灌注胶体→胶体硬化后敲掉注入器，打磨混凝土表面。

6.1.3 结合面处理一般包括：1) 表面处理；2) 浇粘结层或涂胶粘剂；3) 植筋或锚栓。表面处理是使表面粗糙度增加，提高新旧混凝土的机械咬合力；胶粘剂是提高新旧混凝土的化学粘结力；植筋或锚栓是增加新旧混凝土之间的“抗剪销”销结，极大地提高界面的结合力。

6.1.4 增大截面加固法属于被动加固方法，根据受弯或受压构件加固的分阶段受力特点，在施工前，应拆除部分恒载，减少活动荷载和施工荷载，这样就可有效减少新旧材料有效结合前原构件的变形，从而提高新旧材料有效结合后增加截面的加固效果（主要是在控制构件挠度和裂缝宽度方面）。如果构件增大截面加固时，设计同时要求对桥面铺装更换、拱上填料更换或实腹拱改为空腹拱，这时可以先进行桥面铺装层凿除、拱上建筑减轻施工，然后再进行构件增大截面施工，这就可以使加固效果更有效。如果在桥底、构件底部或侧边采用支架或构件支撑，千斤顶预顶，临时体外预应力预拉等措施，使原构件处于无负荷加固或少负荷加固状态，可以非常有效地减少新旧材料有效结合前构件的受力变形，从而更有效地保证加固效果。

6.2 粘贴钢板加固

6.2.4 构件表面裂缝均应修复和封闭，以保证注胶后不因胶液渗出而形成空隙；宽度 0.2 mm 以上裂缝如未经压注修复，将无助于恢复和提高结构刚度。

构件表面可采用电动打磨或高压水冲洗，清除粘贴界面的污迹和松散、剥落的混凝土；清除打磨残余的混凝土粉末和混凝土表面碳化层（酚酞检验合格）。混凝土粘钢加固时，其含水率不得大于 6%，含水量过高时应采用人工方法加速干燥。

6.2.5 锚固螺栓成孔直径和施工工艺应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 - 2010 第 20.2 节的规定。

植入锚固螺栓前应探测粘贴面的钢筋分布位置，并以此确定锚固螺栓钻孔位，当遇到钢筋障碍需另选孔位时，原孔应用植筋胶填充密实。

6.2.7 螺帽宜加盖粘结密封用，以避免压注胶粘剂泄漏而形成粘贴层空隙，影响粘贴效果；采用镀锌钢板压制的帽盖，同时可美化外观。

6.2.9 压注粘贴钢板的胶粘剂宜具有快速固化的性能，以避免受环境振动的影响。

6.2.10 在粘贴钢板部位的底表面应采用千斤顶、垫板、顶杆所组成的加压系统。在侧表面应采用膨胀螺栓、角钢、垫板所组成的加压系统。

6.3 粘贴纤维复合材料加固

6.3.1 由于混凝土表面薄弱松散受腐蚀的部分强度较低，在该薄弱层粘贴纤维材料很容易破坏，所以混凝土表面的薄弱层和杂质必须凿除并清理干净，才能进行修补。水对胶体的黏结作用影响很大，如果有渗水现象，必须进行处理，待混凝土表面完全干燥后才能施工。纤维材料如果直接粘贴在棱角上，棱角部位的纤维材料容易断裂，所以要将棱角打磨或填塞，并以圆弧过渡。

6.3.3 底胶在涂刷完成并指触干燥后要尽快进行纤维材料的粘贴，保证粘贴效果。长时间将底胶暴露在外面，一是灰尘会黏附在胶体表面，二是胶体长时间受到阳光照射会使其表面老化、黏附能力降低，影响粘贴效果。底胶如长期暴露，必须将表面-层原底胶打磨清理干净，然后重新涂抹。

6.3.4 根据国内外对碳纤维布材与混凝土间的黏结锚固的试验结果，黏结应力主要集中于端部 100 mm 范围内，黏结破坏是脆性的，且黏结应力一般不会产生扩展。因此若碳纤维复合材料需要搭接时，其搭接部位应该避开构件应力最大区域，搭接长度不应小于 100 mm，且搭接端部应平整、无翘曲。多层搭接时，各层搭接位置不应在同一截面，每层搭接位置的净距应大于 200 mm。纤维复合板材不宜搭接。

6.4 体外预应力加固

6.4.11 成品索一般自身带有防腐措施，不需要进行专门的防腐保护措施。当采用非成品束或钢束本身没有防腐功能时，预应力筋的保护措施：如是粗钢筋，可采用二度防锈漆的方法进行防护，也可采用聚乙烯套管进行防护；如是钢绞线则事先套入

套管，然后采用压浆处理。同时为防止桥下船只碰撞预应力筋，可采用在预应力筋下加设钢板防护罩进行保护。

6.5 改变结构体系加固

6.5.2 简支变连续加固采用单支座时，墩顶支座安装应该在连接缝钢筋连接之前完成，与连接缝底板模板同时进行安装。底模采用泡沫板时应该考虑预留一定的压缩沉降量，一般取 2 mm 即可。钢筋连接中采用焊接时容易烧伤，为防止焊渣烧伤泡沫板，浇筑混凝土前应将残渣清理干净。底板与支座之间的缝隙用胶布或砂浆封住，防止浇筑混凝土时漏浆。

6.6 检验标准

6.6.5 在《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 中，混凝土取样与留置试块的规定是“每拌制 100 盘且不超过 100 m³ 的同配比的混凝土，取样不得少于 1 次”，考虑到加固工程的混凝土工程量不大的特点，并结合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的有关规定，将混凝土取样的规定有所严格，对保证加固工程的混凝土质量是必要的。

6.6.15 压注粘贴钢板的胶粘剂性能指标应符合表 6.6.15 中的规定和设计要求。其中正拉粘结强度应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 - 2010 附录 E 试验；工艺性能应参照《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 - 2010 表 4.4.6 执行。

6.6.16 涂抹粘贴钢板的胶粘剂性能指标应符合表 6.6.16 中的规定和设计要求。其中正拉粘结强度应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 - 2010 附录 E 试验；工艺性能应参照《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 - 2010 表 4.4.6 执行。

7 拱桥加固

7.1 拱上建筑拆除

拱上建筑拆除应进行设计，给出逐级拆除的顺序和拆除荷载量，其拆除的顺序与修建时的顺序相反。若拆除拱上建筑不当，可能使拱的压力线严重偏离拱轴线，使某些截面弯矩过大，造成截面破坏或使拱圈失稳。对于小跨径拱桥未进行拆除设计的，施工时可补充验算，根据对称、均衡的原则，从拱顶开始，对称向拱脚进行，也可对称分段进行。

拆除拱上建筑应加强观测，实行施工监控，拱圈变位观测一般不应少于 5 点。拆除多孔拱桥的拱上建筑，使各孔恒载推力不平衡，还应加强相邻孔拱圈、桥墩的观测，视原结构情况一般需观测三孔或五孔。若出现异常，应及时调整卸载程序，多孔拱桥也可能要采取支撑等措施承受不平衡推力。

因为拆桥施工不当而造成桥梁垮塌的事故，曾不止一次发生，应予以高度重视。

7.2 圯工拱桥加固

7.2.1 套拱加固即在原拱圈腹面增设混凝土拱圈，是圯工拱桥（及混凝土板拱）加固的常用形式。有按全宽加固或宽于原拱圈加固及采用肋式加固等形式，新拱圈宽于原拱圈除了因使用功能要求加宽外，还便于浇筑混凝土时材料入模（从两侧竖向注入混凝土）。若采用拱肋套拱时，套拱拱肋之间同时浇筑横系梁。

圯工砌体上植筋应避开砌缝，植筋数量不宜过多。

在腹面浇筑混凝土时，由于混凝土塑性流动、收缩及支架变位的影响，易造成新旧拱圈在拱顶部位脱开。采取的对应措施有：

- 1 支架实施预压，浇筑混凝土时逐步卸载以消除支架变形的影响。总预压量可取为混凝土重量的 1.1~1.2 倍。

- 2 拱顶段预留压浆孔，在浇筑混凝土强度达到设计值的 70%以上时，高压注入水泥胶浆。

- 3 拱顶段 2~4 m 范围的支架设计为可顶升，在拱顶浇筑完混凝土且尚未初凝前，顶升该段支架模板，以消除塑性流动产生的空隙。

套拱加固一般不中断交通，对交通干扰最小。

7.2.2 拱背加大截面加固法的优点是加固施工条件好，安全度较高，主拱和拱上建筑同时得到处理，上部结构加固比较彻底。拱背加大截面加固法，要先拆除拱上建筑，必须中断交通。在加固施工中，应采取有效措施组织交通分流，同时实施快速施工方案，缩短工期。

7.2.3 更换砌块适用于需要保持旧桥历史风貌，且原结构技术状况尚可的拱桥。

7.3 钢筋混凝土拱桥加固

7.3.2 增加拱肋加固是加宽桥梁的措施，施工时应保证其横向稳定性，需要在拱顶、L/4 等处架设临时横系梁与原拱连接。若跨径不大，也可利用拱肋和横系梁的钢筋骨架来连接。增加拱肋与加宽桥墩（台）是一并进行的，应按设计做好拱座及预埋钢筋。

7.3.3 横向连接加固往往采用加大原横系梁（板）截面或增加新的横系梁（板）的方法。横系梁的主筋尽可能通长设置，当在底面加大拱肋截面时，可使横系梁的底面与拱肋同高，能方便布置通长钢筋可靠连接，以保证整体性。

7.4 钢管混凝土拱桥加固

钢管混凝土拱桥常见缺陷是钢管内混凝土有空洞或与钢管有脱空。修补空洞一般采用聚合物混凝土，修补脱空缝隙则采用压力注浆的方法，常用改性环氧胶黏剂。为了灌注混凝土，应在钢管上钻孔，若孔径较大，可用钢板补焊，焊接时应减少对原结构的损伤。孔径较小时用灌注胶液抹平即可。

8 钢桥加固

8.3 构件更新

8.3.2、8.3.3 修补的纵梁与横梁联结角钢裂纹受条件限制不便直接修补时，可采用更换厚角钢、增大螺栓直径等方法。钢梁连接系杆交叉处、连接杆件与主梁或纵梁翼缘连接处铆钉偏少，则用更换大节点板，增加螺栓进行改善。

8.4 裂纹修复

8.4.1 发现构件上有裂纹时，一般先在裂纹端点外约一倍板厚距离处钻直径 $d=t$ (t 为板厚) 的孔，如对裂缝观测很仔细、准确，也可在其末端钻孔，以应急暂时阻止其扩展，再进一步研究、观测其扩展和性质，以决定修复或加固方案，不宜直接补焊，以免恶化金属的品质、增加附加焊接应力及产生新的有害裂纹。

8.4.2 钢结构板件中的裂纹，多源于构件应力集中、残余应力或作用应力高、工艺或构造缺陷、材质差或材质恶化等。一般用对接焊缝修补焊接时，应沿裂纹清边、剖口，并采取减少焊接残余应力的施焊工艺。本条给出了一般堵焊修复裂纹的顺序，复杂情况应专门研究。用对接焊缝堵焊之后，对于焊缝表面的磨平应特别注意，切忌使砂轮旋转的切线方向与受力方向垂直，以免砂粒刻痕形成新的类裂纹性缺陷，有害于抗疲劳性能。

9 斜拉桥加固

9.1 拉索更换

9.1.1 斜拉桥换索前的结构体系受力形态和斜拉索、索塔及主梁的损坏程度是制定换索施工工艺和施工方法的前提和依据。

准确把握当前斜拉桥受力状态及与原设计的偏离程度可较好地修正换索计算模型，是施工监控分析计算的基础。

9.1.2 索塔、主梁和锚碇等的缺陷直接影响换索期间桥梁结构安全。一般应先于换索进行修复。

9.1.3 斜拉桥属多次超静定结构体系，任何一根斜拉索索力变化、桥面荷载变化、温度影响都会引起全桥结构内力变化，换索施工中，应采取措施减小变化幅度，并控制在结构允许限值范围内。

9.1.4 对桥上交通实行限制，以不影响换索期间的结构安全、张拉和索力调整精确度为准，为了保证拉索张拉和索力调整时的精度，在调整索力等关键工序时应短暂封闭桥上交通。

9.1.5 桥上临时荷载对桥面线形及索力，索塔变位均产生直接影响，多余施工荷载的随意堆放，致使所监测的桥梁应力、变形数据失真，施工监控计算分析所得出的数据将无法指导施工，所以在施工中必须严格控制。

9.1.6 换索程序和施工工艺直接影响换索过程主梁线形和结构应力变化，特别在斜拉索拆卸和安装过程中桥面线形和结构应力变化最明显。换索过程中，变化后的主梁线形、结构应力是否在允许的安全限值范围之内，需监控单位全程跟踪监测，并据此给出每组拉索更换的控制指令。

9.1.7 卸索应保持桥梁均衡受力，不致产生过大的附加作用。

9.1.8 锚具大螺母的松动瞬间索力即为拉索实际索力，能较好地反映索的受力状态，可作为计算新索张拉控制目标值依据之一。索力测试的方法有：频率计法、穿心式压力传感器法、千斤顶油表读数法。分次放张的目的是为了荷载平稳转换。

9.1.9 梁顶高程变化是卸索索力变化的直接反映，该变化值在可控的预期范围内，是梁体受力在正常范围内的表征。

9.1.10 设计和监控所确定的张拉顺序、级次和量值应满足桥梁安全要求，施工中不

得随意更改。

9.1.11 做好施工过程中拉索防护,有效减少拉索锚具外露时间,是做好锚头防腐的第一步。

9.1.12 换索过程监控是保障换索过程中桥梁结构安全的关键,换索过程应全面监测拉索索力变化,梁体(桥面)高程变化,索塔、主梁的变位和应力变化及裂缝变化情况,准确反映桥梁结构受力状态,以指导施工。

9.2 吊(系)杆更换

9.2.1 新换吊杆多采用成品索,生产、运输过程中难免发生碰撞,进场及安装后应对吊杆进行检查,对破损 PE 索套进行修复。

9.2.2 更换吊杆时,通过主动张拉工具吊杆,使旧吊杆的受力转换到工具吊杆上,如果张拉不同步,工具吊杆容易发生失稳而倾覆。

9.2.3 经过多年的营运,原桥面系和吊杆系统已形成了受力平衡,以桥面高程控制变形,吊杆的结构内力不会发生太大变化,保证了原桥结构的受力的连续性,且对原桥面铺装层影响较小。

9.2.5 吊杆的解除和张拉过程中,桥梁各部分的应力有一个逐步变化的过程,一般采用分级张拉使荷载转换平稳,如不分级张拉,容易发生应力集中,导致桥梁结构发生损坏。

9.2.7、9.2.8 拱桥系杆分可更换与不可更换两类。对于不可更换系杆,新老系杆位置发生了改变,系杆位置的改变会导致拱受力的变化,施工时系杆的拉力直接在新旧系杆间转换;对于可更换系杆,新老系杆在同一部位,索力是通过增加临时系杆进行转换,临时系杆应通过设计计算。转换过程中,既要维持系杆拉力值不变,又要使合力位置与原系杆位置一致,以避免产生附加弯矩影响结构受力。

9.2.9 系杆索力转换的原则:分级张拉、对称施工、平稳转换,其目的是尽量减少桥梁的不平衡受力。

10 悬索桥加固

10.1 主缆维修

10.1.2 主缆缆套出现裂缝后，雨水，大气侵入将使主缆钢丝产生锈蚀，影响桥梁使用耐久性和承载能力。

10.1.3 索股受力调整应同时检测索力。

10.2 锚碇加固

10.2.1 由于未做衬砌的岩石锚室或锚洞，其表面极易在潮湿、酸性环境下风化、腐蚀，因此岩石的表面风化或开裂应及时处理，以保证岩石周壁的寿命。消除表面裂缝和龟纹最常用的措施就是用结构胶黏剂或钢丝网水泥砂浆进行封闭。

10.2.2 如锚洞外的压重体表面有空洞、松散、龟裂等缺陷，应及时将受损部分清除并将周围表面凿毛，再对其空洞用水泥砂浆或混凝土填满及处理其他缺陷。如果压重不足，应增加压重砌体，新砌体与原压重体应有可靠联结。

10.2.3 锚室渗水是常见病害之一，它将引起锚索及锚具锈蚀。可采用水泵及时抽出积水。解决渗水的根本办法是增加或重做防水层以及处理渗水水源，使锚室拉索处于干燥环境中，确保拉索不因浸水而锈蚀。

11 支座和伸缩装置更换

11.1 支座更换

11.1.1 支座整体顶升更换的方法可分为三种。

1 按联逐联整体顶升：即将一联梁体作为一个整体进行顶升，该方法特点是能够大大降低桥面板顶升的次数，对道路交通的干扰可适当降低，整个工期相对较短，但顶升时支点多、设备复杂，人员协调较困难，工程不可预测性较大，具有较大的不确定性和风险性。

2 按单墩逐墩整体顶升：在不断开桥面联系（不包括栏杆）的前提下，只在单个桥墩处使用顶升设备抬升桥面板，待桥面板抬升到一定高度后再进行支座更换。该方法的优点在于施工时间较短，施工时不需封闭交通，不足之处是由于没有断开桥面铺装联系，对桥面板的抬升类似于连续梁的强制位移，因此需要较大的顶升力，对顶升设施的下部基础要求较高。但这种方法对交通影响很小，施工简便，可采取流水作业施工。

3 按跨逐跨整体顶升：即断开每跨之间的桥面联系（包括铺装层、栏杆及照明线路），使被顶升的桥跨成为完全简支，再使用顶升设备将整跨顶升后更换支座。这种方法施工时间较长，整个工程对交通的干扰较大。

11.1.2 PIC 控制液压同步升降是一种力和位移综合控制的顶升方法，这种力和位移综合控制方法，建立在力和位移双闭环的控制基础上。由液压千斤顶，精确地按桥梁的实际荷重，平稳地顶举桥梁，使顶升过程中桥梁受到的附加应力下降至最低，同时液压千斤顶根据分布位置分成组，与相应的位移传感器组成位置闭环，以便控制桥梁顶升的位移和姿态，这样可以保证顶升过程的同步性，确保顶升时板、梁结构安全。

支座主要有三种类型。

1 板式橡胶支座的更换要求：

- 1) 检查、处理原支座垫石的缺陷使结构完好，顶面高程及平整度符合设计要求。
- 2) 按设计要求放置橡胶支座，支座中心线应与支承垫石中心线重合。
- 3) 弯、坡、斜桥的支座垫石高程应按桥梁纵、横坡要求逐个进行核算。
- 4) 梁板落梁时应位置准确，且与支座密贴。

2 盆式橡胶支座的更换要求:

1) 支座组装时其底面与顶面的钢垫板应埋置密实。垫板与支座间平整密贴, 支座四周不得有 0.3 mm 以上的缝隙。活动支座的四氟板和不锈钢板不得有刮痕、撞伤。氯丁橡胶板块密封在钢盆内应排除空气、保持紧密。

2) 活动支座更换安装前, 清洗滑移面, 在储油槽内注满清洁的硅脂类润滑剂。

3) 盆式橡胶支座的顶板和底板可用焊接或锚固螺栓栓接在梁体底面和墩台顶面的预埋钢板上。采用焊接时, 应防止烧坏混凝土; 安装锚固螺栓时, 其外露螺杆的高度应不大于螺母的厚度。盆式橡胶支座的顶板与梁体底面也可采用胶粘剂连接。

4) 按考虑预偏量的位置安装支座。

3 球形支座的更换要求:

1) 制作出厂时, 应由生产厂家将支座调平, 并拧紧连接螺栓, 防止运输安装过程中发生转动和倾覆。支座可根据设计需要预设转角和位移, 但需在厂内装配时调整好。

2) 支座安装前应开箱检查配件清单、检验报告, 支座产品合格证及支座安装养护细则。施工单位开箱后不得拆卸、转动连接螺栓。

3) 当下支座板与墩台采用螺栓连接时, 应先用钢楔块将下支座板四角调平, 高程、位置应符合设计要求, 用环氧砂浆灌注地脚螺栓孔及支座底面垫层。环氧砂浆硬化后, 方可拆除四角钢楔, 并用环氧砂浆填满楔块位置。

4) 当下支座板与墩台采用焊接连接时, 应采用对称、间断焊接方法将下支座板与墩台上预埋钢板焊接。焊接时应采取防止烧伤支座和混凝土的措施。

5) 当梁体落梁归位后, 应拆除上、下支座板连接板。