

JTG

中华人民共和国行业标准

JTG /T J23—20XX

公路桥梁加固施工技术规范（修订）

Technical Specifications for Strengthening Construction
of Highway Bridge

征求意见稿

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中华人民共和国交通运输部发布

征求意见稿

前 言

根据交通运输部厅公路字【2014】87号文《关于下达2014年度公路行业技术标准制修订项目计划的通知》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》（JTG/T J23—2008）（以下简称原规范）的修订工作。

本规范是对原规范的全面修订。经批准颁发后以《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23—XXX）颁布实施。

本规范修订中，总结我国多年来公路桥梁加固施工经验和科技成果，借鉴国内外相关标准规范的先进技术方法，按照“安全至上、质量第一、绿色环保”的加固施工理念，在加固施工工法、技术要求、质量控制等方面进行重点修订，力求使本规范技术先进、内容合理、可操作性强。

修订后的规范共有17章和2个附录，修订的主要内容有：

- 1.对规范章节编排进行了调整，原规范第6章拆分为5个章节，原规范第4、5章合并为1章，重新增加了第4章“基本规定”。
- 2.对各类桥型不同构件常用加固方法的对应工法进行的补充完善。
- 3.针对加固内容提出相应的工艺要求与技术要求。
- 4.针对加固过程中的隐蔽工程，提出了质量控制要点和明确的技术指标要求。

请各单位在执行本规范过程中，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，邮编：710075，电话：029—88372356，电子信箱：33830668@qq.com），以便修订时研用。

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

交通部公路科学研究院

山东省高速路桥养护有限公司

中交第二公路工程局有限公司

主 编：王佐

主要参编人员：慕玉坤 牛宏 夏梁斌 宋宁 侯旭 雷波 周江 崔振山

刘继正 李承昌 王技 贾磊 樊茂林

征求意见稿

目 录

1	总则.....	1
2	术语、符号.....	3
3	施工准备与施工组织.....	5
3.1	施工准备.....	5
3.2	施工组织.....	6
3.3	施工安全.....	7
4	基本规定.....	9
5	混凝土表层缺陷处理.....	11
5.1	一般规定.....	11
5.2	现场放样.....	12
5.3	混凝土基面处理.....	13
5.4	钢筋防锈蚀处理.....	13
5.5	混凝土裂缝处理.....	15
5.6	混凝土表面缺陷修补.....	17
5.7	混凝土表面防腐处理.....	19
6	增大截面加固.....	22
6.1	一般规定.....	22
6.2	界面处理.....	22
6.3	钢筋种植与焊接.....	23
6.4	支架与模板.....	23
6.5	混凝土浇筑与养生.....	24
7	粘贴钢板加固.....	25
7.1	钢板制作.....	25
7.2	植螺栓.....	26
7.3	钢板的安装与锚固.....	26

8	粘贴纤维复合材料加固	29
8.1	底层处理.....	29
8.2	涂刷底胶.....	29
8.3	粘贴纤维复合材料.....	30
9	体外预应力加固	32
9.1	预应力筋（束）加工与运输.....	32
9.2	安装及张拉.....	33
9.3	施工监控.....	34
9.4	锚固构造、转向构造、减振装置及滑块.....	35
9.5	预应力碳纤维板.....	36
9.6	防腐与防护.....	38
10	改变结构体系	39
10.1	一般规定.....	39
10.2	增设支撑.....	39
10.3	简支变连续.....	41
10.4	梁式桥变为斜拉体系.....	42
11	梁桥加固	44
11.1	一般规定.....	44
11.2	钢筋、螺杆和化学锚栓种植.....	44
11.3	桥面板加固.....	45
11.4	箱梁、T梁横隔板加固.....	46
11.5	空心板横向联系加固.....	47
11.6	混凝土构件内部增设竖向、斜向预应力精轧螺纹钢.....	48
11.7	主梁更换.....	48
11.8	主梁混凝土置换.....	50
11.9	预应力管道补压浆.....	50
11.10	主梁顶升与纠偏复位.....	51
12	拱桥加固	54

12.1	一般规定	54
12.2	拱上建筑拆除	54
12.3	圯工拱桥加固	55
12.4	钢筋混凝土拱桥加固	56
12.5	钢管混凝土拱桥加固	57
12.6	中、下承式拱桥加固	58
13	斜拉桥、悬索桥的加固	60
13.1	一般规定	60
13.2	斜拉索更换	60
13.3	吊杆更换	62
13.4	悬索桥主缆维修	63
13.5	锚碇加固	65
14	钢桥及钢-混组合结构桥梁加固	66
14.1	一般规定	66
14.2	焊接加固	68
14.3	栓接加固	70
14.4	粘贴钢板加固	72
14.5	粘贴碳纤维复合材料加固	73
14.6	外包钢筋混凝土加固	74
14.7	连接件修复	75
14.8	变形修复	76
14.9	裂纹修复	78
14.10	锈蚀修复	80
14.11	更换杆件	81
14.12	钢混组合桥梁的维修与加固	82
15	下部结构、基础与地基加固	84
15.1	一般规定	84
15.2	现场放样	84

15.3	盖梁加固.....	85
15.4	墩柱加固.....	86
15.5	桥台加固.....	88
15.6	承台加固.....	90
15.7	基础加固.....	91
15.8	地基加固.....	94
15.9	基础冲刷加固.....	96
16	桥梁抗震加固.....	100
16.1	一般规定.....	100
16.2	防止落梁装置.....	100
16.3	防止地基土液化、流动的措施.....	103
17	支座和伸缩装置更换.....	105
17.1	支座更换.....	105
17.2	伸缩装置更换.....	108
附录 A	植筋施工方法.....	112
附录 B	锚栓施工方法.....	115

1 总则

1.0.1 为了满足公路桥梁加固工程施工的需要，提高加固施工技术水平，确保质量和安全，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于各级公路桥梁加固工程的施工。公路桥梁的改建与扩建工程可参照执行。

1.0.3 桥梁的加固施工应遵守国家安全生产、建设工程质量及环境保护方面的有关法律法规，保证施工安全及工程质量，做到绿色环保。（增加）

1.0.4 桥梁加固坚持动态施工原则。

条文说明

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。

1.0.5 桥梁加固施工应积极推广使用成熟的并经主管部门鉴定或批准的新技术、新工艺、新材料、新设备。

1.0.6 桥梁加固施工，除执行本规范外，尚应符合国家及行业现行标准、规范的相关规定。

征求意见稿

2 术语、符号

2.0.1 加固施工 Strengthening construction

对桥梁进行使用功能恢复或承载能力提高及缺陷处理的施工。

2.0.2 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。

2.0.3 自动低压渗注法 The automatic low pressure seeps method

采用低压注射装置，利用注浆体良好的渗透性能处理裂缝的方法。

2.0.4 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。

2.0.5 环氧涂层钢筋 Epoxy coating reinforcement

表面涂有封闭环氧涂层的钢筋。

2.0.6 套拱加固法 Interlink arch strengthening method

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。

2.0.7 更换斜拉索 Stadyed cable replacement

对不能满足正常使用要求的斜拉索进行更换。

2.0.8 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。

2.0.9 栓接加固法 Bolting strengthening method

采用螺栓连接工艺进行加固的方法。

2.0.10 裂纹修理 Restoration of crack

对钢构件产生的裂纹进行的修理。

2.0.11 套箍加固法 Strengthening method with hoops

在桥梁墩身、台身表面缠绕钢带、纤维复合材料条带或浇筑钢筋混凝土形成封闭式套环的加固方法。

征求意见稿

3 施工准备与施工组织

3.1 施工准备

3.1.1 检查核对

在施工前，应对加固桥梁技术状况、病害情况、施工环境进行复查与核对，必要时，将复查结果通知有关单位。在桥梁的加固施工过程中，应加强观测与检查，及时反馈信息指导施工。

3.1.2 施工组织设计

应按照设计文件和技术规范要求编制实施性施工组织设计，施工组织设计应包括以下内容：编制说明、旧桥概况（含技术状况评定结果）、施工准备及施工总体策划、施工组织机构、加固施工方案、交通组织方案、资金计划、总进度计划及进度图、质量管理和质量保证体系、安全生产、环境保护、职业健康等。

3.1.3 方案评审

对技术复杂项目，必要时，应对施工方案进行评估和审查，对交通影响较大项目，必要时，应对交通管制方案进行评审。

3.1.4 施工验算

对临时支架、挂篮等主要施工承重结构，必要时，应对地基承载力、受力构件等进行验算，并应通过按最不利荷载进行的验算。

3.1.5 材料检验

桥梁加固施工使用的主要材料应具有国家相关管理部门认定的产品性能检测报告

和产品合格证，其物理力学性能指标应满足《公路桥梁加固设计规范》第四章的要求。

条文说明

对配套的树脂类粘接材料除满足现行《公路桥梁加固设计规范》有关规定外，还应提供耐久性能指标及施工和使用环境要求。

3.1.6 机具标定

对桥梁各类试验和检测仪器应进行标定，桥梁加固设备应按要求校验，标定和校验应由经有关主管部门认定的计量机构进行。

3.1.7 技术交底

桥梁加固施工前应进行技术交底。

3.2 施工组织

3.2.1 施工中应严格按照施工组织设计的内容安排实施，如施工方案有变更，必要时，应对新方案进行评审，并按规定报相关部门批复。

3.2.2 对体系转换及动载影响较大的项目施工时，应采取断交封闭施工，确保施工质量，应严格落实交通组织方案和应急预案。

条文说明

桥梁加固过程中，部分加固作业项目对动载较为敏感，如粘钢胶、裂缝注射剂固化期间，主梁体外预应力张拉、混凝土浇筑期间，桥梁结构顶升纠偏、体系转换期间。此时，应根据工程需要，适时进行交通管制，必要时进行交通封闭。涉及到通航水域施工时，应提前与相关部门进行沟通协调，需要时应进行必要的船舶通航疏导或管制。

3.3 施工安全

3.3.1 桥梁加固施工，必须严格遵守安全操作规程，建立健全安全生产管理制度。

3.3.2 施工过程中，应采相应取措施，确保桥梁结构及重要构件的稳定和安全。

3.3.3 施工过程中，应检查和评估临时承重结构在工作中的稳定性、安全性，确保施工安全。

3.3.4 桥梁加固施工，应减少对交通的影响；对于不中断交通桥梁的加固施工，必须采取以下安全措施：

1 施工前应与公路及交通相关管理部门办理有关手续，按批准的时间、范围进行施工。

2 严格按现行《公路养护安全作业规程》设置警示牌、限速牌、反光锥和其他安全设施。桥下有通航要求时，应布置航行标志和警示灯。

3 桥梁加固前，作业区路段各公路出入口及作业区前方适当位置应设置公告信息牌，并向社会发布相关公告信息。

4 桥梁加固施工前，应制订由于交通事故、车辆故障等引起的交通堵塞应急预案，在突发事件发生后及时启动。

条文说明

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、胶粘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。

征求意见稿

4 基本规定

4.0.1 桥梁加固施工应严格控制对原结构的损伤，不应损伤原结构主筋，不应削弱原结构截面尺寸，植筋时，应进行主筋位置探测和定位，浇筑时，混凝土新旧结合面应严格按设计要求做凿毛、清理和湿润等界面处理。

4.0.2 各项加固补强措施应在对结构裂缝、空洞等缺陷修复完成后进行，裂缝等缺陷修复分别按本规范第 5 章规定执行。

4.0.3 采取多项措施进行加固时，应按结构安全第一和加固措施贡献最大化为原则，合理安排施工工序。

4.0.4 采用主动措施加固补强且无法严格同步时，应按“联、跨正对称原则”合理安排施工工序。

4.0.5 在役桥梁加固所用混凝土宜采用早强补偿收缩混凝土，加强现场养生，保证混凝土早期强度形成，并减小收缩。

4.0.6 对采取体外预应力加固方法进行施工时，应做好锚固端的安装与检查，确保锚固效果，应做好张拉应力的控制，防止锚固回缩对实际拉力的影响。

4.0.7 对采取粘贴钢板或粘贴碳纤维板加固方法施工时，应做好粘结材料的涂抹或灌注，空鼓率应控制在 5% 以内。

4.0.8 施工期间在原结构上临时钻孔设置吊环、支撑等，应合理选择位置，避免对原有构件造成较大损伤；施工完成后，应及时拆除临时设施，封闭孔眼等。

4.0.9 采用吊架作为施工平台时，应对吊架及附着吊架的构件强度、刚度和稳定性进

行验算，须满足受力要求。

4.0.10 采用桥检车等移动设备作为作业平台时，应严格按设备的承载限额安排作业人员数量和机械设备，并对设备本身的安全性、可靠性进行定期检查。

4.0.11 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。

条文说明

桥梁加固施工一般应在晴天和白天进行。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。

4.0.12 施工中，对隐蔽工程的质量控制与验收，应严格按《公路工程质量检验评定标准》执行。

4.0.13 密闭空间作业时，应监测氧气含量、有毒气体浓度，必要时应采取通风、除尘措施。

4.0.14 采用化学材料施工时，应符合以下规定：

- 1 配制化学浆液的易燃原料，应密封保存，远离火源。
- 2 配制及使用场地必须通风良好，操作人员防护应符合有关劳动保护要求。
- 3 工作场地严禁吸烟、明火取暖，并配备相关的消防设施。
- 4 施工完成后现场及结构内不应遗留有害化学物质。

4.0.15 桥梁加固施工，应采取必要措施保护生态环境。

5 混凝土表层缺陷处理

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于钢筋防锈蚀、混凝土表面缺陷修补、混凝土裂缝、混凝土表面防腐等常见混凝土表层缺陷处理。

条文说明

本章仅适用于桥梁结构混凝土表层缺陷处治，如混凝土的坑槽、蜂窝麻面、钢筋锈蚀，混凝土的裂缝，混凝土表面防腐蚀处理等。

5.1.2 混凝土表面缺陷修补施工过程中，应避免结构物振动。

5.1.3 混凝土表面缺陷处治前，应对裸露的钢筋按照要求进行防腐处理。

条文说明

裸露的钢筋如果不进行除锈防锈处理，可能会引发钢筋的继续锈胀，导致混凝土产生开裂、裂缝等二次病害。

5.1.4 混凝土表面防腐处理前，应对混凝土裂缝按照要求进行处理。

5.1.5 混凝土表面防腐处理，应对混凝土表面进行清理，基面干燥程度满足所用材料需求。

条文说明

环氧基材料要求基面干燥，水泥基材料要求基面湿润，应根据所选择材料的性能需求，对基面进行处理。

5.1.6 混凝土表层缺陷处理，应根据所采用材料性能要求，选取在合适的环境温度及湿度条件下进行，雨、雪、大风天气禁止施工。

条纹说明

一般来说，材料施工环境温度最低不低于 5°C ，最高不高于 35°C ，施工环境特殊的，应由材料供应商对材料进行特殊制作。

5.2 现场放样

5.2.1 混凝土表层缺陷处理，应依据混凝土缺陷调查报告及施工图纸中指定的缺陷部位，现场核实混凝土缺陷的面积及深度，并标注缺陷处理长、宽尺寸。

5.2.2 混凝土裂缝处理，应依据混凝土裂缝调查报告及施工图纸中所标记的裂缝部位，对裂缝进行全面的调查，现场核实裂缝数量、长度、宽度等，并对裂缝编号，绘制裂缝分布图，依据要求确定每条裂缝的处治方案。

条纹说明

对于不同结构部位、裂缝产生的原因不同，裂缝的处理形式是多样的，施工单位应对裂缝进行调查，除记录数量、长度、宽度、分布位置外，有条件时应用钻孔等方法查明主要部位裂缝深度。对裂缝的发展应高度重视，如果结构性裂缝仍在发展，预示桥梁技术状况仍在恶化，可能需要变更加固方案，应及时反馈意见，研究对策。

5.3 混凝土基面处理

5.3.1 基面处理应清除混凝土表面剥落、松散、腐蚀等劣化部分及附着物，表面应平整、干燥、清洁、无粉尘。

条文说明

混凝土表面缺陷处理，可用人工凿毛法、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，应凿除腐蚀混凝土，露出新鲜混凝土面，并用高压淡水进行清洁处理。

5.3.2 对于蜂窝麻面、破损混凝土凿除，宜凿成规则的多边形，并保持一定的槽深，以确保修补材料边缘的厚度。

5.3.3 新旧混凝土结合面应进行凿毛处理，凿成表面平整度不小于 6mm 的新鲜毛面，并清理干净。

5.3.4 局部受油污污染的混凝土表面，用碱液、洗涤剂或溶剂处理，并用淡水冲洗至中性。

5.3.5 严禁使用较大功率的设备凿毛，以减少对原结构物的损伤。

5.4 钢筋防锈蚀处理

5.4.1 混凝土表层缺陷处理前，应凿除裸露钢筋周围的松散混凝土，对锈蚀钢筋进行除锈，除锈等级应满足现行规范《涂覆涂料前钢材表面处理》规定的 St3 级。

条文说明

采用人工凿除的方法清除桥面表面因钢筋锈蚀而损坏的混凝土，使钢筋锈蚀段完全露出；用喷砂枪或钢丝刷等工具除掉钢筋上的铁锈。

5.4.2 依据钢筋锈蚀程度判定是否需要钢筋进行修补、加强，加强可采用增补钢筋、替换钢筋等方式进行。

条文说明

钢筋锈蚀超过原钢筋直径 1/2 或达到设计文件要求的指标时，应采取增补钢筋、替换钢筋等。

5.4.3 钢筋除锈验收合格后，及时喷涂环氧富锌底漆、环氧树脂涂层或钢筋阻锈剂，并对周边混凝土涂刷渗透型阻锈剂。

条文说明

阻锈剂计量和使用方法可按相关说明推荐使用，但应经适配和适应性试验验证。

5.4.4 对结构物关键部位钢筋阻锈，可依据设计埋设牺牲阳极块或阴极防护装置，埋设方式应符合相关规定。

条文说明

牺牲阳极块原材料应满足设计需求，并按照产品说明书进行埋设，牺牲阳极块表面应有足够的混凝土保护层，防止牺牲阳极块暴露在空气中。

5.4.5 钢筋防腐处理检验合格后，应及时采用聚合物砂浆进行填补，钢筋外保护层厚度不应小于 2.5cm。

5.5 混凝土裂缝处理

5.5.1 混凝土裂缝处理有裂缝封闭处理和裂缝灌浆处理两种方式，现场放样时，应确定每条缝的处理方式。

5.5.2 裂缝修补胶黏材料除应遵循《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）第4章的相关规定外，尚应符合下列要求：

- 1 裂缝修补胶黏材料的粘度小，渗透性、可灌性好。
- 2 裂缝修补胶黏材料固化后线性收缩性小；固化时间可调节；灌浆工艺简便；固化后不遗留有害化学物质。
- 3 裂缝修补胶黏材料具有良好的耐候性能，材料湿热老化试验性能满足相关规范要求。

条文说明

对配套的树脂类粘结材料除符合现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22-2008）有关规定外，还应提供耐久性能指标及施工和使用环境要求。

5.5.3 裂缝封闭处理施工应满足以下要求：

1 清理裂缝表面

裂缝缝口表面处理，用电动钢丝刷沿裂缝走向宽30~50mm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面，露出新鲜混凝土表面。

人工擦拭清除灰尘，或用毛刷蘸丙酮、酒精等有机溶液擦拭裂缝表面，使工作面平顺、干燥、无油污。

2 裂缝封闭施工

用调制好的裂缝封闭材料沿裂缝刮抹，在裂缝表面形成宽3~4cm的封闭带。封闭带宜做成中间厚，两侧薄，保证封闭可靠。

3 表面处理

对修补的裂缝进行表面处理，使其外观与原混凝土表面基本一致。

5.5.4 裂缝灌浆施工有高压灌浆和低压渗透两种方式，对于桥梁混凝土裂缝，宜采用低压渗透的方式，以达到更好的灌注效果。

5.5.5 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，并通过对混凝土取芯等方式，验证灌浆效果。

5.5.6 低压渗透裂缝灌浆施工应满足以下要求：

1 清理裂缝表面，其施工技术要求应符合本规范 4.5.3 条第 1 款规定。并观察裂缝表面无杂物堵塞，确保浆液能有效渗透。

2 埋设注浆嘴

①在裂缝交叉处、较宽处、端部以及裂缝贯穿处埋设注浆嘴，其间距分两种情况设置：当缝宽小于 0.5mm 时宜为 300~400mm，当缝宽大于 0.5mm 时宜为 400~500mm。

②在注浆嘴的底盘周边抹一层厚度约 1mm 的裂缝封闭材料，将注浆嘴的进浆孔对正裂缝粘贴在预定的位置上。

③结构物两侧贯通缝的注浆嘴应在构件的两面交错布置。

3 裂缝封闭

用调制好的裂缝封闭材料沿裂缝刮抹，在裂缝表面形成宽 3~4cm 的封闭带。封闭带宜做成中间厚，两侧薄，保证封闭可靠。

4 密封性检查

裂缝封闭材料凝固后，检查封闭带是否封严，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泡沫出现，应对漏气部位再次封闭。

5 配置灌浆胶液

按厂家提供的材料和配置方法进行配制，浆液一次配备的数量，应根据压浆时温度下浆液的凝固时间和注胶速度来确定。

6 低压渗透注浆

将浆液注入低压注浆器，将注浆器依次间隔安装在注浆嘴上，从裂缝一端向另一端依次注浆（竖向、斜向裂缝压浆应自下而上进行灌注），注浆时要使相邻压浆嘴冒浆后，

及时封闭冒浆的注浆嘴，并保持注浆器继续低压渗透 6 小时以上，确保注浆器内有足够浆液，注浆器内浆液不足，应及时进行补充。

7 封口清理

待浆液固化后，清除注浆嘴，用封闭胶将注浆口封闭，并对修补的裂缝进行表面处理，使其外观与原混凝土表面基本一致。

条文说明

采用压力注浆修补裂缝，应根据浆液流动性选择注浆压力，一般为 0.1~0.4MPa，压力注浆应自下而上进行，最后一个注浆嘴冒浆后，保持恒压继续压灌，注浆持续时间宜保持 6 小时以上，注浆器的安装数量每米应至少有 2 个，排气孔应及时进行封堵。注浆结束，应检查修补效果和质量，发现缺陷应及时补救。

5.6 混凝土表面缺陷修补

5.6.1 当桥梁构件表面出现大面积缺陷及破损时，可采用喷浆修补法进行施工，喷浆材料一般采用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆等。喷浆修补施工应符合以下规定：

- 1 喷浆前应准备充足的原材料；
- 2 喷浆前 1 小时，应洒水以保持受喷面充分湿润；
- 3 当修补要求设置钢筋网时，钢筋应有效固定；
- 4 如需安装模板，应安装牢固，避免喷射作业的冲击力使模板脱落；
- 5 喷浆的压力应控制在 0.25~0.40MPa；喷头与喷面的距离为 0.8~1.2m，喷头与受喷面应保持垂直。

6 分层喷射时，应在第一层没有完全凝固时开始第二层的喷射，每层的间歇时间以 2~3h 为宜；若上层已凝固，应采用铁刷子将层间松层刷除，然后再继续喷射施工。

- 7 喷射完工后应及时进行表面处理，采取遮荫和保湿等养护措施。

条文说明

喷浆修补法所用水泥砂浆应采用小水灰比、加入大剂量速凝剂的硅酸盐类水泥，但其强度不应低于 32.5MPa；也可采用具有快凝、早强、高强性能的专用喷射水泥。砂子应采用无风化的山砂或河砂，其细度模数应在 2.7~3.7 之间，其中直径小于 0.075mm 的细砂含量应低于 20%，因为过细的砂子不但会影响喷射性能，而且还会影响集料和水泥浆的黏结性能。

5.6.2 当桥梁构件表面出现风化、剥落、露筋及小面积的破损等缺陷时，可采用刮涂法进行施工，缺陷修补材料一般采用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆、改性环氧砂浆、环氧混凝土等。刮涂法缺陷修补应符合以下规定：

1 在涂抹砂浆前 2 小时，用水冲洗待修补部位的混凝土表面，使混凝土表面充分湿润，但表面不能有明水。改性环氧砂浆、环氧混凝土施工前，接触面应保持干燥。

2 采用改性环氧砂浆修补前，应先在已凿毛的混凝土表面涂一层改性环氧基液，使老混凝土表面能充分湿润，以保持良好的粘结力。

3 修补砂浆应采用机械拌合，在修补施工前应将拌好的修补砂浆再次人工拌合方可使用，搅拌好的砂浆应在 1 小时内用完。

4 人工修补时，首层应压紧、压实，若修补厚度大于 20mm 时，应分层刮涂，各层之间应间隔 3~4 小时。

5 修补部位的砂浆终凝前，应采取保护措施，避免其表面受雨水、风及阳光直射而造成破坏；终凝后应及时采用人工洒水并用塑料布或湿麻袋覆盖养护。改性环氧砂浆、环氧混凝土应按照厂家提供的技术要求进行养护。

条文说明

1 水泥砂浆的配制应采用与周边混凝土色差较小的配合比。

2 聚合物水泥砂浆等水泥基的材料修补前，应确保基面湿润，改性环氧砂浆修补前，应确保混凝土表面干燥。

5.6.3 当混凝土坑槽深度较大，采用刮涂法不宜保证质量时，可采用模筑法缺陷修补。

修补材料一般采用聚合物砂浆、聚合物混凝土等。模筑法缺陷修补应符合以下规定：

- 1 混凝土表面清理完毕后，应依据设计涂刷新旧混凝土结合剂，采用吊模法、支模法等方式支模板，并预留混凝土浇筑口。
- 2 一般缺陷修补混凝土所需数量较少，混凝土宜在现场进行拌合。搅拌好的混凝土应在 1 小时内用完。
- 3 混凝土浇筑过程中，应采取相应木锤敲击、钢筋插捣等措施，确保混凝土浇筑密实，并使新旧混凝土结合面连接牢固。
- 4 混凝土终凝后，应及时进行拆模，拆除模板时应注意观察混凝土浇筑质量，并避免对混凝土造成损伤。
- 5 混凝土拆模后，应及时采用人工洒水并用塑料布或湿麻袋覆盖养护。

条文说明

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，混凝土浇筑应有足够的灌注高度，确保新旧混凝土黏贴密实。

5.7 混凝土表面防腐处理

5.7.1 混凝土桥梁在使用过程中受环境因素影响发生腐蚀现象，其混凝土表面可进行防腐处理，常见的防腐处理形式有混凝土表面憎水处理、涂刷水泥基渗透结晶型防腐涂层、混凝土表面防腐涂层等。

5.7.2 混凝土表面憎水处理，一般采用混凝土表面大接触角低表面能浸渍材料，施工时应符合以下规定：

- 1 浸渍施工前，应确保混凝土表面处理干净、干燥。
- 2 浸渍施工前，应根据混凝土侧面、仰面等不同部位，不同喷涂设备，进行工艺试验，检验材料性能、喷涂参数等，制定详细实施方案。
- 3 大面积施工应采用高压无气喷涂设备实施，小面积施工可采用刮涂、刷涂或辊

涂方式。

4 水平面施工，应喷涂或涂刷至表面湿润，侧面应自下而上施工，使表面保持湿润状态。侧面或仰面，宜采用硅烷膏体为浸渍材料。

5 浸渍材料的吸收需要一定时间，施工完毕后应至少保持 24 小时内不淋雨，自然风干。

条纹说明

大接触角低表面能浸渍材料实施较为经济，憎水效果可以保持较长年限，无毒无污染，实施方便。目前国内多用于新建混凝土桥梁的预防护。

5.7.3 涂刷水泥基渗透结晶型防腐涂层，施工时应符合以下规定：

1 涂刷前应确保混凝土表面的清洁，特别光滑的混凝土表面需进行打毛处理，用清水进行冲洗。

2 水泥基渗透结晶型防水剂涂刷前，应对混凝土表面进行湿润处理，洒水至混凝土表面无吸水，且无明显积水。

3 涂刷施工时可采用刮涂、刷涂或辊涂，将材料均匀涂刷到潮湿的混凝土基面上，涂刷次数应根据工艺试验和材料性能确定。

4 施工完毕 12 小时后，进行洒水养护，养护时间为 3—7 天。天气过于干燥时，应采用覆盖湿润养护。

条纹说明

渗透结晶性防水涂料，以水为载体，向所涂覆的混凝土内部渗透可达 300mm，形成不溶于水的蔓枝状非溶性晶体，堵塞毛细孔道，使混凝土致密，整体防水。对于结构使用过程中新产生的 0.44~1mm 的细裂缝，会遇水产生新的晶体，对裂缝具有自我愈合密封的作用。

5.7.4 混凝土表面防腐涂层施工时应符合以下规定：

1 混凝土表面防腐涂层材料应满足设计要求，并采用满足环保排放要求非溶剂型的水性涂装材料。

条纹说明

混凝土表面涂层的涂料应具有良好的耐碱性、附着性和耐蚀性。底层涂料尚应具有良好的渗透能力；表层涂料尚应具有抗老化性。选用的配套涂料之间应具有良好的相容性。

2 涂刷施工前，应确保混凝土表面处理干净、干燥，打磨修补混凝土错台，修补混凝土坑槽，并对混凝土裂缝按照设计要求进行维修。

3 混凝土表面涂层施工前，应根据施工环境、不同喷涂设备，进行工艺试验，检验材料性能、喷涂参数等，制定详细实施方案。

4 大面积施工应采用高压无气喷涂设备实施，小面积施工可采用刮涂、刷涂或辊涂方式。

5 喷涂渗透层（底涂）时，涂覆应均匀，不得有漏底现象，对边角部位不易喷涂到的，应采用滚涂等方式进行补涂。

6 对装饰效果要求高的结构，可在渗透层施工完毕后，对混凝土表面局部或整体刮涂腻子。

7 中间层涂料应采用机械搅拌装置搅拌均匀。双组分涂料要按规定比例混合，按产品说明书规定放置一定时间进行熟化。涂膜不得有漏涂、裂纹、气泡等缺陷，允许局部少量流挂，涂膜厚度满足要求。

8 面层涂装前，底涂层的局部流挂应打磨平整。涂膜要求平整光滑，色泽均匀一致，不得有漏涂、裂纹、气泡等缺陷，涂膜厚度满足要求。同一工作面同一颜色时，应选用相同批号的涂料。

6 增大截面加固

6.1 一般规定

6.1.1 增大截面工程的施工，应按下列步骤进行：

- 1 清理、修整原结构、构件；
- 2 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 增大截面加固法应采取下列措施减少构件在新旧材料有效结合前的扰动，新增截面混凝土强度达到设计要求前应封闭交通。

条文说明

减少荷载可采用的措施：减少部分恒载、封闭交通或限载通行、减少作业人员和机械的施工荷载等。减少构件变形可采用的措施：在构件底部搭设支架、用临时体外预应力张拉梁体减少变形等。

6.2 界面处理

6.2.1 增大截面加固施工前应对原构件已有的裂缝、空洞、混凝土剥落等缺陷进行修补，对外露钢筋的锈蚀层及其周边粘结失效的混凝土应清除，并打磨钢筋至其表面露出

金属光泽。

6.2.2 构件结合面的处理应凿除原构件混凝土缺陷部分，构件结合面凿毛凹凸差不宜小于 6mm，并露出粗骨料，在浇筑混凝土前，原混凝土表面应清洗干净并保持清洁湿润。必要时，可在混凝土表面设置剪力槽。

条文说明

当采用增大构件截面的方法对桥梁进行加固时，保证新旧混凝土面良好结合是达到补强效果的关键。因此在施工中应采取必要措施，保证新旧混凝土的整体性。完成打毛或凿槽后，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，并用清洁的压力水冲洗干净。

6.3 钢筋种植与焊接

6.3.1 在原结构上植筋或锚栓，其方法和技术要求应符合本规范附录 A、B 的规定，新增钢筋骨架应与锚筋连成整体。

6.3.2 当钢筋需焊接时，若焊接部位距离原混凝土表面较近，施焊前应采取措施避免烧伤原结构混凝土。

条文说明

新增的钢筋骨架也必须与原结构的骨架可靠连接，一般是通过植筋连接，也有暴露出原结构主筋，采用绑焊连接的。

6.4 支架与模板

6.4.1 新增截面混凝土的模板、支架和拱架满足强度、刚度和稳定性的要求。

6.4.2 当外包混凝土体积较大时，应对支架进行预压，浇筑过程中逐步卸载。

条文说明

对支架进行预压，可消除支架变形对新浇混凝土与旧桥连接的不利影响，其加载量、卸载量和程序应进行设计。

6.5 混凝土浇筑与养生

6.5.1 浇筑混凝土前，应对以下项目按隐蔽工程要求进行检查：

- 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。

6.5.2 新增截面混凝土配制及浇筑施工技术要求按《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）执行。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按现行《自密实混凝土应用技术规程》（JGJ/T 283）执行。

6.5.3 混凝土养生应符合下列规定：

- 1 浇筑混凝土前应清洁表面并保持湿润，新浇混凝土应振捣密实。
- 2 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。
- 3 对采用普通混凝土，养护时间宜不得少于 7d；对为尽快开放交通而采用的特殊性能混凝土的养护时间和方法应按照相应规定进行。

7 粘贴钢板加固

7.1 钢板制作

7.2.1 钢板下料宜采用工厂自动、半自动切割方法，切割边缘表面光滑，无毛刺、咬口及翘曲等缺陷。

条文说明

粘贴用钢板宜采用工厂加工制作，运至现场除锈、清洗后，刷浆粘贴。钢板易在搬运、施工中变形翘曲，应采取相应的防止变形的措施。

7.2.2 钢板粘合面可用喷砂或平砂轮打磨直至露出金属光泽，打磨纹路应与钢板受力方向垂直，钢板粘结面应有一定的粗糙度；钢板外露面必须除锈至呈现金属光泽并保持干燥。

条文说明

为增加表面极性，改善其粘附能力，对粘贴面应进行除锈和粗糙处理。其方法是：用电动磨光机反复打磨粘贴面，至露出金属光泽，再用平砂轮打磨拉毛处理，纹道与钢板受力方向垂直。用丙酮清洗，除去钢板表面附着的油污和杂质，晾干待用。钢板粘结面粗糙度 Ra 宜为 400~800 微米。

7.2.3 按锚栓设计位置对钢板钻孔，孔的边缘应清除毛刺。

7.2 植螺栓

7.2.1 采用植筋法安装螺栓时，应采用与螺栓直径配套的钻头进行钻孔。螺栓的成孔直径参照本规范附录 A 表 A.1.1 1 确定。

7.2.2 钻孔前应探明钢筋位置，并作标记，当钻孔与钢筋位置冲突时，适当调整孔位，并按调整的孔位安装钢板。

条文说明

按设计图的螺栓孔位置在原构件钻孔时，为避免钻孔损伤原构件钢筋（及预应力钢束），可用钢筋探测仪确定钢筋位置，为了避开内部钢筋容许适当移动孔眼位置。待粘合面上锚固螺栓孔全部钻成后，可用透明纸覆盖在混凝土面上画出锚栓孔位置，然后覆盖在钢板粘合面上用电钻钻取相应锚栓孔，把钢板覆盖到原梁混凝土粘合面上进行栓孔校核，如有偏差对钢板上的栓孔进行修正，使原构件上钻孔与钢板钻孔位置吻合。

7.2.3 钻孔应清理干净，保持干燥，不得有油污。

7.2.4 植螺栓的施工工艺参照本规范附录 B 执行。

7.3 钢板的安装与锚固

7.3.1 钢板粘贴应选择干燥环境下进行。

7.3.2 胶粘剂应满足设计要求的各项力学指标和耐久性要求。其质量应符合现行《公路桥梁加固设计规范》的相关规定。

条文说明

为保证胶粘剂质量，原则上采用工厂生产的成品材料，不宜现场试配。

7.3.3 钢板的安装与锚固应符合以下规定：

1 将配好的胶粘剂均匀地涂抹在清洁的混凝土和钢板条粘结面上。立面涂胶应自上而下地进行。

2 钢板条粘结面上的抹胶可中间厚两边薄，板的中央涂抹胶的厚度为3~5mm。将钢板平稳对准螺栓孔并迅速拧紧螺帽，使钢板与混凝土紧密粘合，清除挤出的多余胶粘剂。钢板加压的顺序应由中间向两边对称进行。

3 钢板厚度大于5mm时，采用压力注胶粘结，先用封边胶将钢板周围封闭，留出排气孔，在钢板低端粘贴注浆嘴并通气试漏后，以不小于0.1MPa的压力压入胶粘剂，当排气孔出现浆液后停止加压，并用封边胶封堵，再以较低压力维持10分钟以上。

条文说明

加固构件的粘结面处理及钢板的粘结面处理是最关键的工序，应认真进行。如加固构件局部破损，应先凿毛，然后用不低于原混凝土强度等级的小石子混凝土修补后再进行处理。对于混凝土构件的粘结面，应根据构件表面的新旧、坚实、干湿程度，分别按以下情况进行处理。

对清洁度较差的混凝土构件的粘结面，应先用硬毛刷沾高效洗涤剂刷除表面油垢污物，用清水冲洗，再对粘结面进行打磨，除去2~3mm厚表层，直至完全露出新的混凝土面，并且用压缩空气吹除粉尘。

如果混凝土表面较为清洁，则可直接对粘结面进行打磨，去掉2~3mm厚表层，用压缩空气除去粉尘或用清水冲洗干净后干燥。

对于新混凝土构件的粘结面，可先用钢丝刷将表面松散浮渣刷去，再用硬毛刷沾清洗液洗刷表面，用清水冲洗，待完全干燥即可。

对于湿度较大的混凝土构件，因为在潮湿的基层上，一般树脂类胶粘剂的粘结强度会大幅度降低，所以尚需进行干燥处理。

混凝土表面有松散浮渣要用钢丝刷除去；混凝土粘贴面凹凸不平的应用磨光机打磨进行整平处理，露出新鲜混凝土。经处理后的混凝土表面应粗糙、平整、洁净，不得有粉尘、浮渣、油污等杂物。

将配制好的粘胶剂用抹刀同时涂抹在已处理好的混凝土表面和钢板面上。为使胶液充分渗透扩散在结合面上，宜先用少量胶液在结合面上来回刮抹，再抹胶液至所需厚度，且使中间厚边缘薄，然后将钢板贴于预定位置。粘贴后，应用手锤沿粘贴面轻轻敲击钢板，如无空洞声，表示已粘贴密实，否则应剥下钢板，重新补胶粘结。

钢板粘贴好后用锚固螺栓等加以固定，并适当加压，将钢板与混凝土表面压实，以胶液刚从钢板边沿挤出为度。锚固螺栓一般兼作钢板的永久附件来提高粘接层抗剪强度。

7.3.4 加固所用的钢板应按设计要求进行涂装防护处理。

条文说明

加固所用的钢板应按设计要求进行防腐处理，设计无要求时，应根据使用环境按现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）的要求进行涂装防护处理。

8 粘贴纤维复合材料加固

8.1 底层处理

8.1.1 粘贴纤维复合材料前，应用裂缝修补胶灌注结构裂缝，其施工工艺应符合本规范第5章第2节的相关规定。

8.1.2 底层处理应符合以下规定：

- 1 将混凝土表面剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化部分清除，并进行清洗、打磨，待表面干燥后，用修补材料将混凝土表面凹凸部位修复平整。
- 2 如果底层有毛刺，应用砂纸打磨。找平面用手触摸感觉干燥后，才能进行下一工序的施工。
- 3 粘贴处阳角应打磨成圆弧状，阴角以修补材料填补成圆弧倒角，圆弧半径不应小于25mm。

条文说明

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。水对胶体的粘结作用影响很大，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。

8.2 涂刷底胶

8.2.1 调制好的底胶应及时使用，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。

8.2.2 待底胶固化后检查涂胶面，如涂胶面上有毛刺，应用砂纸打磨平顺，如胶层被磨损，应重新涂刷，固化后方可进行下一道工序。

8.2.3 底胶固化后应尽快进行下一道工序，若涂刷时间超过 7 天，应清除原底胶，用砂轮机磨除，重新涂抹。

条文说明

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，一是灰尘会粘附在胶体表面，二是胶体长时间受到阳光照射会使其表面老化粘附能力降低，影响粘贴效果。底胶如长期暴露，必须将表面一层原底胶打磨清理干净，然后重新涂抹。

8.3 粘贴纤维复合材料

8.3.1 碳纤维片材为导电材料，施工碳纤维片材时应远离电气设备和电源，或采取可靠的防护措施。

8.3.2 施工过程中应避免碳纤维片材弯折。

8.3.3 粘结剂的配制和使用场所应保持通风良好。

8.3.4 粘贴纤维复合材料应符合以下规定：

1 雨天或空气潮湿条件下不宜施工。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，必须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 在待加固的混凝土表面按照设计图纸放样，确定纤维复合材料各层的位置。

4 按照设计尺寸裁剪纤维复合材料，纤维复合材料搭接长度不宜小于 100mm，搭接位置宜避开主要受力区。裁剪的纤维布材必须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，确保粘贴面无粉尘。混凝土表面涂刷胶粘剂时应做到胶体不流淌，胶体涂刷不出控制线，涂刷均匀。

6 粘贴立面纤维复合材料时应按照由上到下的顺序进行。用滚筒将纤维复合材料从一端向另一端滚压，除去胶体与纤维复合材料之间的气泡，让胶体渗透到纤维复合材料，浸润饱满。选用的滚筒应在滚压过程中不产生静电作用。

7 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立即涂胶粘剂粘贴后一层纤维复合材料。

8 最后一层纤维复合材料施工结束后，在其表面均匀涂抹一层浸渍树脂（面层防护），自然风干。

9 对于受弯构件宜在受拉区沿轴向平直粘贴纤维复合材料进行加固补强，并在主纤维方向的断面端部进行锚固处理。

10 当采用碳纤维板加固时，不宜搭接，应按设计尺寸一次完成下料。

11 粘贴完毕后，对纤维复合材料表面应按设计要求进行防护处理，防护材料的粘结性能应与碳纤维片材表面涂刷的胶粘剂相容，并能可靠粘结。

条文说明

根据国内外对碳纤维布材与混凝土间的粘结锚固的实验结果，粘结应力主要集中于端部 100mm 范围内，粘结破坏是脆性的，且粘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 100mm，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 200mm。纤维复合板材不宜搭接。

9 体外预应力加固

9.1 预应力筋（束）加工与运输

9.1.1 预应力所用的粗钢筋、钢绞线等预应力材料在下料安装之前要密封包裹，防止锈蚀。

9.1.2 预应力筋（束）加工与运输应符合以下规定：

1 运输过程中要防止钢材之间相互碰撞而变形损坏。

2 预应力材料必须保持清洁，在存放和搬运过程中应避免机械损伤和锈蚀。如材料进场后需长时间存放，必须安排人员定期进行外观检查。仓储保管时，仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀性气体和介质；室外保管时，时间不宜超过6个月，不得直接堆放在地面上，必须采取下面垫以枕木并在其上用防雨布覆盖等有效措施，防止雨露和各种腐蚀性气体、介质的影响。

3 钢绞线、精轧螺纹钢筋应采用切断机或砂轮锯切断，不得采用电弧切割。预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑张拉设备所需的工作长度、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

条文说明

体外预应力筋一般采用无粘结预应力钢筋材料，其表面涂刷的防腐防锈蚀材料对保护预应力筋起到关键作用，因此在运输和安装过程中不能损伤其表面，如有损伤应及时处理，防止锈蚀发生。

用电弧切割预应力筋，在高温下将使预应力筋的抗拉强度降低，故规定不应该用电弧切割。

9.2 安装及张拉

9.2.1 预应力张拉施工之前，应对原构件主要病害进行修复，并对需要加固的杆件进行加固，修复和加固工作经检验合格后，方可开始对构件或体系的预应力张拉工作。

条文说明

可能影响预应力张拉的原构件主要病害有：裂纹、变形、连接件失效或缺损等。

9.2.2 预应力张拉设备和仪器，应事先进行检验和标定，其负荷范围应与设计张力吨位匹配，必要时应配备专用压力传感器，确保张拉精度。

条文说明

实际张拉力终值与设计值的偏差应满足设计文件的要求。如设计未规定，偏差不应超过设计值的 $\pm 5\%$ 。

9.2.3 按设计要求设置转向构造和锚固构造（齿板），安装锚具。

9.2.4 按现行《公路桥涵施工技术规范》的要求进行张拉，应对称、均衡张拉至设计吨位，施加张拉力次序可为：0→15%→0→50%→80%→100%。

条文说明

当钢绞线采用连续跨布置，而在跨中的转折点设在梁底以上位置时，应尽可能采用两端纵向张拉以减少摩擦力损失；当钢绞线在跨中的转折点设在梁底以下位置时，可采用

一端纵向张拉，但在纵向张拉以后，还应利用设在跨中的张紧螺栓进行横向张拉，以补足由摩擦力引起的预应力损失值。当纵向张拉有困难时，也可将跨中转折点设在梁底，全部采用横向张拉的方法，这种方法一般适用于无外观要求的情况。

9.3 施工监控

9.3.1 体外预应力施工时应进行施工监控。

条文说明

体外预应力加固施工过程中，构件应力、位移通常有较明显变化，必要的监测和控制至关重要，应对各施工步骤主要构件和节点的应力及位移进行实时监测，以便控制施工质量、保证结构安全。

9.3.2 在控制张拉力和伸长量的同时，应对旧桥控制截面和关键位置的应变及主梁挠度进行监控。

9.3.3 预应力张拉施工过程中，应随时对原构件修复过的部位进行检查，确保病害修复工作成功、构件传力可靠。同时还应检查其他关键受力点，确保没有因为预应力张拉原因出现新的病害。

条文说明

原构件修复部位曾经存在缺陷，预应力张拉可能会对其造成不利影响，因此应对此类部位重点检查。对于采取施工监控的项目，因监控数据可能存在反应滞后的问题，必要的现场检查工作应同步进行。

9.4 锚固构造、转向构造、减振装置及滑块

9.4.1 锚固构造施工应符合以下规定：

- 1 按照设计图纸进行锚固构造的放样，若原结构预应力筋与新增锚固构造位置冲突时，应经设计同意后方可调整锚固构造位置。
- 2 凿除混凝土保护层，露出新鲜混凝土面，将混凝土碎渣清理干净，使底板纵向和横向钢筋外露，并对钢筋除锈。
- 3 按照设计要求植筋或种植锚栓。待固化后绑扎锚固构造的钢筋骨架或安装钢板，应调准锚具位置及角度。
- 4 混凝土锚固构造浇筑完毕后，应待混凝土强度达到设计值后方可张拉预应力束。

9.4.2 转向装置与梁体间连接处须凿毛处理，植筋和种植锚栓可分别参照本规范附录 A、B 的相关要求执行。

9.4.3 减振装置应根据设计要求在预应力筋（束）安装前通过种植螺栓与原结构连接，待钢束张拉完毕后，安装减振装置的钢结构和阻尼结构，并保证阻尼结构与预应力筋（束）的密贴。

条文说明

当转向块之间的距离过长时，钢束在桥梁受到荷载振动时，钢束摆动过大和原设计的线性发生改变，影响受力效果，因此当钢束体外段长度超过 8 米时，应在中间设置减振器，固定钢束位置，保证钢束线形和受力效果。

9.4.4 转向块与滑块施工应符合以下规定：

- 1 当转向块为混凝土构件时，应预留预应力钢筋孔道。
- 2 水平滑块的钢垫板需粘贴在梁的底面。当在水平滑块上设置聚四氟乙烯滑板时，

可将其预先粘贴在钢垫板上或滑块的顶面上。水平预应力钢筋的定位座可粘贴在跨中梁底位置。

条文说明

水平滑块多用 18~30mm 厚的钢板焊接而成，如用铸铁加工将更为经济。楔形滑块常用钢材制成，并焊接在型钢斜杆的下端，也可用混凝土直接浇筑在型钢斜杆的下端。水平滑块的垫板由于受斜筋分力的作用将一直处于受压状态，因此，水平滑块的垫板只需用环氧砂浆粘贴在梁的底面上。施工时应先将梁底混凝土凿除 20mm 左右，并在混凝土表面抹一层环氧胶液，再用环氧砂浆找平，然后用临时的吊架将支撑板粘贴在梁底。

9.5 预应力碳纤维板

9.5.1 运输和施工过程中应避免碳纤维板材的弯折。

9.5.2 碳纤维板配套树脂的原料应密封储存，远离火源，避免阳光直接照射，树脂的配制和使用场所，应保持通风良好。

9.5.3 碳纤维板为导电材料，施工时应远离电气设备和电源，或采取可靠的防护措施。

9.5.4 锚具的制作和安装应符合以下规定：

1 锚具钢构件加工的材质、厚度、螺孔位置、螺杆长度应根据《公路桥涵施工技术规范》等相关规范和设计要求确定。

2 按照设计图纸进行锚固构造的放样，应计入伸长量的影响，若原结构预应力筋与新增锚固构造位置冲突时，应经设计同意后方可调整锚固构造位置。

3 锚具安装前对原结构进行底层处理，将混凝土表面剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化部分清除，并进行清洗、打磨，待表面干燥后，用修补材料将混凝土表面凹凸部位修复平整。

4 种植锚栓可参照本规范附录 B 的相关要求执行。植筋胶应满包裹螺栓，顺时针旋转放入孔眼中。固化期间不能扰动，凝固后方可紧固锚具螺栓。

5 张拉端、固定端锚具中心线应与碳纤维板材中心线平行或重叠。

6 锚具安装的容许误差为±10mm。

9.5.5 预应力碳纤维板安装与张拉应符合以下规定：

1 按照设计尺寸裁剪碳纤维板，并应在安装前擦拭干净。

2 碳纤维板、千斤顶和张拉支座安装完成后，应加压张拉至设计应力值的 15%，检查两端锚具之间碳纤维板与结构表面是否有间隙，如碳纤维板与结构表面有高凸的接触点或面，应放张拆卸碳纤维板，打磨结构层表面后，重新安装。

3 胶粘剂应充分浸润、渗透、粘附于碳纤维板材的粘贴面。

4 碳纤维板涂抹胶粘剂并初步固定就位后，安装压紧条，压紧条安装时应与结构层表面保持 1cm 的缝隙。碳纤维板与混凝土的有效粘贴面积不宜小于 95%。

5 预应力碳纤维板采用逐级张拉，间隔 3~5 分钟进行下级张拉。加压或减压时，千斤顶行程速度应控制在 20mm/分钟以内。

6 根据设计要求碳纤维板张拉采用张拉力与伸长值双值控制。

7 预应力碳纤维复合板应涂刷专用胶粘剂，碳纤维板张拉应在胶粘剂固化前完成。

8 在碳纤维板张拉的过程中，应对梁体挠度的变化进行观测，如果挠度变化有异常情况，应停止张拉，并检查原因。

9 张拉完毕后，碳纤维板与结构层之间的缝隙均应填满胶粘剂，碳纤维板边缘胶粘剂应饱满并与结构基层呈 45° 斜角。

条文说明

5 预应力碳纤维板采用逐级张拉，加压张拉至设计张拉应力值的 15%，刻录锚具张拉移动起始线。加压张拉至设计张拉应力值得 30%，检查碳纤维板边缘与结构层表面是否有胶液挤压溢出，如局部未出现胶液挤压溢出现象，应泄压补充胶液后再张拉；并检测锚具行程位移是否对应预张拉时的刻录线。逐级张拉至设计张拉应力值的 50%、70%、90%、

100%，检测张拉端锚具行程位移是否满足理论伸长量的要求，锚具行程位移与理论伸长量其误差应不大于±6%。

6 由于碳纤维板为多层碳纤维布粘结而成，其弹性模量差异系数相对较大，确定其张拉伸长量容许误差为10%。

7 预应力张拉完成后才能固化的环氧胶，即所谓专用环氧胶。碳纤维板专用环氧胶用于施加预应力后碳纤维板与混凝土表面的粘结，辅助传递拉应力，并用于减小预应力碳纤维板应力的松弛损失。环氧碳纤维板胶的技术指标应符合《碳纤维片材加固修复结构用粘结树脂》（JG/T 166-2004）的要求。此外，其拉伸剪切强度值应大于或等于 $25\text{MPa}/\text{cm}^2$ 。施工中不宜采用粘钢胶等常规环氧类结构胶代替。

9.6 防腐与防护

9.6.1 体外预应力筋张拉结束后应按设计要求进行防腐处理。当体外预应力筋采用成品索，可不采取防腐措施。

条文说明

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。

9.6.2 预应力纤维碳纤维板表面应按设计要求进行防护处理，防护材料的粘结性能应与碳纤维片材表面涂刷的胶粘剂相容，并能可靠粘结。对锚具钢结构按设计要求或现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）的要求进行涂装防护处理。

10 改变结构体系

10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于单孔简支梁增设支撑、多孔简支梁变为连续梁、连续刚构或连续梁改变为拉索体系等改变结构体系类的加固施工，采用其他方法改变结构体系施工可参照本章的相关规定执行。

10.1.2 施工前应对原结构技术状况进行检查，并对原构件主要病害进行修复，符合设计要求后方可进行改变结构体系施工。

10.1.3 施工前应根据改变体系的技术要点进行设计及施工计算，对各关键工序应制定专项施工技术方案及安全技术方案。

10.1.4 改变结构体系施工时应编制详细施工控制方案并对其进行全过程的监控。

条文说明

改变结构体系施工过程中，除对结构变形、应力等指标实时监控外，还应加强原结构损伤部位及主要受力部位的检查，确保各构件工作正常、传力可靠，避免因结构体系改变而出现新的病害。

10.2 增设支撑

10.2.1 新增支撑墩柱的放样应根据梁体支撑点的实际位置来确定，施工前应对梁体

的位置进行测量。

10.2.2 新增支撑墩柱、盖梁及基础施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）的相关规定，并应符合以下要求：

- 1 新增基础施工时应考虑对原结构基础的影响，必要时应采取临时支撑及顶升措施；
- 2 墩柱及盖梁施工时应采取有效措施防止施工机具对梁体结构造成损伤。

10.2.3 对支撑点处梁体进行加固补强处理时应符合以下要求：

- 1 施工时应采取有效措施确保原结构的安全与稳定；
- 2 对支撑点梁体采用增大截面加固时应符合本规范第 6 章的相关规定；
- 3 植筋施工时应符合本规范附录 A 的相关规定；
- 4 梁体布设预应力施工时可参照本规范第 6 章的相关规定执行。

10.2.4 梁底增加支座时应符合下列规定：

- 1 增加支座应待新增桥墩混凝土达到设计强度 85%以后进行，并按设计坐标对新桥墩的平面及立面位置进行复核。
- 2 对支撑点梁体加固补强效果及支座顶面楔形块、支座垫石的水平程度进行检查，符合设计要求后方可进行施工。
- 3 在桥墩顶面设置千斤顶按照设计行程同步顶升主梁，顶升速度不宜大于 3mm/min，达到设计顶升高度后应及时采用钢垫块支撑牢靠。
- 4 核对支座规格及型号，按照设计位置安放支座，支座的平面及立面位置应符合设计要求。
- 5 拆除临时钢垫块，千斤顶缓慢同步回落，分次分级将梁体荷载转移至支座上。6 检查支座与梁体确认压紧密贴，位置正确后方可移除顶升设备。

10.2.5 桥墩与梁体固结时应符合下列规定：

- 1 对固结处梁体进行加固补强处理时应符合本章 10.2.3 条的相关要求。
- 2 固结时若须施加顶升力时，应采取有效措施保证施工过程中顶升力的大小。

- 3 固结处梁体须植筋时，应保证植筋的稳固，并与新增墩柱钢筋连接可靠。
- 4 新增桥墩顶面与固结部位梁接触面均应进行凿毛，清除浮渣，洒水湿润，并采用微膨胀低收缩混凝土浇筑。其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50) 规定。

10.2.6 梁底增加钢（拱）支撑时应符合下列规定：

- 1 钢支撑宜采用型钢或钢管结构，所用钢材的质量应符合施工及设计要求。
- 2 钢支撑安装前应对原结构的几何尺寸及高程进行测量及放样，根据结果对钢支撑结构尺寸进行调整，以保证构件尺寸及位置准确。
- 3 钢支撑的安装应根据其构造选择适宜的方法进行，分段、分片安装时应采取有效措施保证钢支撑的稳定性。
- 4 钢支撑安装完成后，应对其平面及立面位置、节点连接及纵横向稳定性进行检查，确保符合设计要求。
- 5 若需在支撑点处反顶，则应按照设计荷载要求分级稳步加载，并采取有效措施对结构进行监控；反顶到位后在持荷状态下立即完成与原结构连接构造，待可靠连接后方可依次分级、分部卸载反顶系统。

10.3 简支变连续

10.3.1 凿除原桥面铺装和梁端部混凝土，使主筋外露。连接梁端钢筋并在梁顶增设受力钢筋，如采用植筋工艺，可参照本规范附录 A 的要求执行。采用挤压套筒连接钢筋时，应按照《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》相关要求执行。

10.3.2 简支变连续采用预应力时，可在梁顶凿槽布设波纹管，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。

10.3.3 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，其施

工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）规定。

10.3.4 浇筑连接缝处混凝土。混凝土骨料粒径不宜大于 20mm。混凝土浇注宜选择在温度较低时间段进行。

10.4 梁式桥变为斜拉体系

10.4.1 梁式桥通过增加索塔、斜拉索变原结构为斜拉组合结构，其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）的相关规定。

10.4.2 新增索塔施工尚应符合下列规定：

1 索塔的施工方法宜考虑原桥技术状况、运营环境等因素，结合设计要求综合确定。不中断交通条件下施工时应采取有效措施保证行人、车辆的通行安全。

2 索塔放样应结合原结构的实际位置及尺寸进行，若发现现场情况与设计不符时应及时报请设计进行调整。

3 在原结构上施工混凝土索塔时，应采取有效措施使塔梁新老混凝土的可靠连接，不产生收缩裂缝；在原结构上施工钢索塔时，应确保所植入原结构混凝土的螺栓的准确定位、锚固可靠，索塔承压板与原桥混凝土保持密贴。

10.4.3 主梁斜拉索锚固区施工尚应符合下列规定：

1 施工前根据设计对锚固区位置及尺寸进行放样，对原结构斜拉索锚固区混凝土质量进行检测，对预应力钢筋及主筋位置进行探测。

2 对锚固区原结构混凝土表面进行凿毛处理，清理干净露出新鲜混凝土骨料。根据设计要求进行植筋，植筋时应避开原结构预应力钢束及主筋。待植筋胶固化后设置钢筋骨架、安装斜拉索锚固套筒，应确保套筒的准确定位。

3 模板应具有足够的强度、刚度且支撑牢固。立模浇筑锚固区混凝土时应采取有效措施保证混凝土的密实性及斜拉索套筒的位置的稳固，浇筑后锚固区混凝土的养护时

间应不小于 7d。

10.4.4 斜拉索施工尚应符合下列规定：

1 斜拉索及其附件应符合设计规定，进场时应进行质量验收。在起吊、运输及存放时应采取有效措施防止其产生破损、变形或腐蚀。

2 斜拉索的安装应按照与设计要求相应的施工方案及安全技术方案进行。张拉拉索所采用的千斤顶、油泵及测力设备应进行配套检验并与拉索所需的能力相配。

3 斜拉索的张拉应严格按照设计及施工控制要求的顺序分级分次进行，张拉宜以索力控制为主兼顾延伸量。张拉完工后应及时对塔、梁端锚固区进行封装及防腐处理。

10.4.5 增设斜拉索时的施工控制宜以主梁的受力及变形控制为主，兼顾索塔的受力及位移。并应符合下列规定：

1 斜拉索张拉时应加强对拉索锚固区、主梁受力复杂区域及已出现裂缝的区域的监测力度，发现异常及异响时应立即停止张拉工作，查明原因并采取措施后方可继续张拉。

2 施工过程中时应保护监控设备及元件不被损坏。并应采取措施确保采集数据的准确、及时与可靠性。

11 梁桥加固

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于钢筋混凝土梁桥、预应力混凝土梁桥加固施工。

11.1.2 主梁采用增大截面、粘贴钢板或纤维复合材料加固前，应首先按本规范第5章要求对裂缝等缺陷进行修补。

11.2 钢筋、螺杆和化学锚栓种植

11.2.1 钻孔前，应预先探明原结构内部的钢筋、钢束及预埋件位置，并标示在构件表面。

11.2.2 钻孔位置与内部钢筋、钢束及预埋件等存在冲突时，应动态调整钻孔位置，调整值宜小于10mm，否则应变更设计。

条文说明

在原结构上钻孔，受原结构内部钢筋等影响需调整钻孔位置时，应确保保护层厚度满足设计要求，严重干扰无法避让时，应进行设计变更。

11.2.3 按设计要求严格控制钻孔直径与深度，孔径偏差不应大于1mm，孔深偏差不应大于5mm。

11.2.4 孔深受构件实际尺寸限制，无法达到设计深度时，应进行变更设计。

11.2.5 化学锚固孔内应严格清孔，清除内部灰尘、油污等，并保持干燥状态。清孔完成后，可用丝绵等临时塞紧孔口，避免再次污染。

11.2.6 化学锚固孔内注胶量以注满 2/3 孔深为宜。当孔口朝下或倾斜向下时，应选择工艺性能满足要求的植筋胶，避免胶体垂落。

11.2.7 钢筋、锚栓表面的浮锈应利用钢丝刷等进行清除，油污、灰尘等应利用丙酮或酒精等进行清洁。

11.2.8 钢筋、螺杆和化学锚栓应缓慢、旋转插入孔内，胶体固化期内应避免扰动。有焊接需求时，孔外预留长度不应小于 15d。

11.2.9 钻孔废孔率不宜超过 5%，废孔可用高标号水泥砂浆或植筋胶填满，修补前按本节 11.2.5 要求清孔。

11.2.10 胶粘剂固化完成后，应进行现场检验，检验合格后方可进行后续施工作业。

11.2.11 采用植筋方法设置锚固钢筋，植筋方法应符合本规范附录 A 规定。

11.3 桥面板加固

11.3.1 桥面铺装铣刨拆除前，应根据需要测量原桥面纵面线形，铣刨拆除后应测量裸梁纵面线形，根据实测桥面线形及裸梁线形调整桥面板加厚层厚度。必要时重新调整纵面线形与桥面铺装厚度。

11.3.2 凿除梁顶面混凝土破损部分，被凿除部分可先行修补或与桥面混凝土补强层同时浇筑，修补完成后应恢复桥面防水层。

11.3.3 装配式组合 T 梁干接缝改造为湿接缝需保留原结构钢筋时，宜采用高压水射流设备切割、破碎需凿除部分的混凝土。采用其他方式时，不得损伤或弯折需保留的原结构钢筋。

11.3.4 桥面铺装拆除和梁间接缝改造期间，T 形梁、I 形梁等稳定性较差主梁应设置必要的横向辅助支撑，避免主梁倾覆。

11.3.5 桥面板补强完成后，应及时完善桥面系，疏通或改造泄水管，按规范要求完善标志标线。如采用水泥混凝土铺装层，尚需设置完善的抗滑构造。

11.3.6 顶板厚度不足引起桥面板破损和开裂，应凿除顶板厚度不足部分，在箱内立模或吊模，按设计厚度重新配筋浇筑混凝土，新浇筑顶板混凝土的强度等级不应低于原空心板混凝土强度等级。

条文说明

装配式组合箱梁、空心板顶板厚度不足的问题较为普遍，在混凝土桥面铺装凿除过程中，易对顶板造成损伤、形成空洞。遇见此类情况时，可通过在梁体空腔内吊模得方式，在桥面混凝土浇筑时，对顶板空洞等病害一并进行修复。

11.3.7 空心板间铰缝或 T 梁、箱梁湿接缝混凝土破损时，应凿除破损处混凝土，使表面整洁粗糙，按设计要求进行植筋和布置钢筋，并浇筑混凝土。

11.3.8 桥面板加强钢筋的施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》的要求。

11.4 箱梁、T 梁横隔板加固

11.4.1 增设或加厚混凝土横隔板时，宜利用原主梁作为模板支架的承力构件，支架

应在主梁上固定牢靠。

11.4.2 增设或加厚全断面混凝土横隔板时，宜在桥面处开设混凝土浇筑孔及排浆孔，并自上而下浇筑混凝土。

11.4.3 新增钢横隔板应首先在横隔板增设位置按 1:1 比例进行放样，再根据放样尺寸进行钢横隔板的制作。

条文说明

通过增设钢横隔板改善箱梁、T 梁荷载横向分布时，为确保达到理想的加固效果，避免使用过程中钢混结合部位松动、脱落，需严格保证钢横隔板的放样尺寸和安装误差，必要时可考虑横向分段安装就位后，再连接成整体。

11.5 空心板横向联系加固

11.5.1 空心板铰缝重修宜采用高压水射流设备进行拆除，拆除过程中应注意保留原铰缝钢筋，并禁止损伤或弯折原铰缝预埋钢筋。

11.5.2 空心板板间缝隙注胶加固，应首先将板间缝隙内的原空心板侧面拉毛，并清洗、干燥处理后，再按本规范 5.2 节规定的工艺进行板间缝隙注胶。

条文说明

该方法在空心板铰缝处治中时有用到，鉴于原相邻空心板间缝隙内部通常存在较多灰尘，且表面较平整，直接注胶难以保证加固效果。

11.5.3 板底增设纵、横向钢—混组合或钢联系梁，应按板间错台等实际尺寸进行钢构件放样或对板底进行修复整平后，方可制作、安装联系梁。

11.6 混凝土构件内部增设竖向、斜向预应力精轧螺纹钢

11.6.1 按设计要求对钻孔位置进行放样，并探明原结构内部钢筋、钢束等分布位置，分析判断是否与孔道位置存在冲突，必要时调整钻孔位置。

11.6.2 钻制孔道时，钻机应固定牢固，避免钻杆进尺方向产生大的偏差，成孔孔道水平偏差应小于 10mm。

11.6.3 锚固齿板钢筋需要与原结构内部钢筋焊接连接时，焊接部位距离混凝土表面距离不应小于 5d，焊接时，应在原结构钢筋根部采取缠包湿毛巾等保护措施。

11.6.4 在锚固齿板混凝土浇筑前，应注意预埋注浆管、锚具及其附属构件。

11.7 主梁更换

11.7.1 主梁拆除时，应预先将待拆除部分与周边相连接构件切割开，切割设备宜选择绳锯或盘锯。

11.7.2 切割前，对 T 形梁、I 形梁等稳定性较差主梁应进行临时支护，避免切割后主梁倾覆。必要时，与待拆除主梁连续的桥跨主梁应设置临时支撑

11.7.3 需保留原结构部分连接钢筋时，切割线与拆除分界线之间应按设计要求留够钢筋搭接所需距离，设计对二者间距无要求的应至少保留 15 倍钢筋直径的距离。

11.7.4 钢筋搭接范围的混凝土宜采用高压水射流设备切割、破碎需凿除部分的混凝土。采用其他方式时，不得损伤或弯折需保留的原结构钢筋。

条文说明

采用高压水射流设备进行混凝土切割破碎时，可较好保留原结构钢筋，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。

11.7.5 需切割预应力钢束时，切割线周围应采取可靠的防护措施，避免钢绞线回缩对人员、设备及结构造成伤害。

11.7.6 主梁经切割并与周边构件完全脱开后，可调离至安全地点进行破碎，再转运至专门的弃土场或弃渣场。

11.7.7 新主梁制作前，应提前调查确定预制场地和运梁路线，保证新梁能够安全、顺利运至现场。

11.7.8 新主梁预制时应按设计要求预留连接钢筋和预应力孔道，预埋预应力锚具及附属构件。

11.7.9 新主梁架设前，应按设计要求恢复相邻孔未拆除主梁负弯矩钢束孔道。

11.7.10 T形梁、I形梁等稳定性较差主梁架设就位后，应进行必要支护，保证梁体稳定，避免倾覆。

11.7.11 新主梁与相邻跨未拆除主梁间连续端的负弯矩钢束，应在墩顶连接段混凝土达到设计强度 90%，且纵向湿接缝未浇筑前进行张拉。张拉完成后应在 48 小时内进行管道压浆。

11.7.12 有体系转换需求时，应在新旧结构连成整体且混凝土达到设计强度 90%后方可进行体系转换。

11.8 主梁混凝土置换

11.8.1 主梁混凝土置换宜在完全卸载的情况下实施，无法完全卸载时，可采用跳仓法分区块、分批次进行施工，区块大小需要经过计算分析确定。

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，宜通过设置支架等措施卸除原结构恒载，使置换区域的混凝土基本维持在零应力状态。否则，应采用跳仓法分区、分批置换，区块大小和每批次置换范围根据仿真分析计算确定。

11.8.2 原结构混凝土凿剔、清除过程中应注意保留原结构钢筋，不得损伤或弯折。

11.8.3 前一批次新浇筑混凝土强度达到设计强度 85%，且养护龄期达到 14d，方可进行后一批次混凝土的凿剔、清除。

11.8.4 腹板混凝土置换时，竖向相邻区块宜设置锯齿状剪力槽，顺桥向搭接宽度不宜小于 20cm，竖向接缝应设置剪力键，剪力键高度应大于骨料最大粒径 2 倍，且不小于 35mm，高宽比宜取为 1:2。

11.9 预应力管道补压浆

11.9.1 根据原桥竣工图纸，结合现场探测，明确钢束位置，探明预应力管道压浆缺陷位置，并在梁体上对缺陷位置进行标示。

11.9.2 在预应力管道缺陷区段低端和高端分别钻孔，安装注浆管和排气管。注浆管和排气管应固定牢靠。

11.9.3 补压浆前应检验管道气密性，并检查注浆口与排气口间的管道是否连通，检查合格后方可补压浆。

11.9.4 补压浆完成后，应通过无损检测方法检验压浆密实性，必要时应开孔校验压浆效果。

11.9.5 为提高补压浆密实性，条件许可时宜采用真空吸浆技术。

11.9.6 浆液制作及压浆工艺详见《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）。

11.10 主梁顶升与纠偏复位

11.10.1 施工前应对主要受力构件的技术状况进行检查，对影响结构安全的缺陷应先行加固处治。

条文说明

受地震、地基蠕变和弯、坡、斜桥爬移影响，桥梁偏位的情况较为常见，且往往伴随着构件开裂等病害，为确保纠偏过程中的结构安全，应根据需要对损伤较为严重的构件进行加固处理。

11.10.2 根据支顶反力、顶升量、纠偏量和作业空间合理选择顶升设备，确定顶升次数和单次顶升行程。

11.10.3 顶升、纠偏用的反力平台应满足下述要求：

- 1 反力平台本身应具备足够的强度、刚度和稳定性。
- 2 千斤顶支顶位置的局部承压须满足受力要求。
- 3 在原桥构件上增设反力平台时，二者应固定、连接可靠。

条文说明

支座更换需顶升梁体时，若支座附近有足够作业空间，且墩台结构如无任何病害，可以直接考虑在盖梁顶面和主梁腹板、横梁下安放千斤顶；若支座附近作业空间不足，可考虑利用抱箍、搭设支架等方式设置反力平台进行顶升作业。为确保顶升安全，应对反力平台、原结构等进行相应验算，必要时进行临时加固。

11.10.4 支顶设备与主梁、反力平台接触部位应根据需要设置垫板和分配梁，保证主梁、反力平台局部受力均匀和支顶设备负载均衡，垫板和分配梁的强度、刚度和稳定性经计算确定。

11.10.5 千斤顶严禁超载、超行程使用，千斤顶单次顶升行程宜控制在其额定行程70%以内，严禁超过额定行程的80%，千斤顶负载不得大于额定负载的50%。

11.10.6 液压同步控制顶升系统使用前应进行同步试验验证，压力和位移误差应控制在5%以内。

11.10.7 正式顶升、纠偏前，应进行试顶。试顶时，千斤顶顶升力和梁体行程应控制在设计目标值10%以内。试顶完成后，应停放5~10分钟进行观察，无任何异常后方可开始正式顶升。

11.10.8 主梁顶升、纠偏时的最大位移速率宜控制在3mm/min以内，各千斤顶应保证同步工作，分级顶升、纠偏，分级控制，各顶点位移差应严格控制在设计限值以内。

11.10.9 主梁水平向纠偏时，主梁与支撑构造、限位构造间应设置滑道，滑道长度应大于千斤顶行程加滑块的长度，宽度应为滑板宽度的1.2~1.5倍，滑动装置摩擦系数宜经试验确定。

11.10.10 纠偏滑道直接安装在原桥构件上时，应验算该构件的强度、刚度，保证其

满足受力要求。

11.10.11 顶升、纠偏过程中，应对主梁位移、千斤顶反力等进行监控，实测值不得超过理论值或设计限值的 5%，否则应停止作业，查明原因并妥当处置后方可继续作业。随支顶位移的增加采取可靠的固定措施。

11.10.12 顶升、纠偏过程中，应在工作千斤顶附近设置专门的临时支撑和限位构造，随主梁位移增加逐渐塞垫垫板，严禁将千斤顶用作临时支撑和限位措施。

条文说明

顶、移梁板过程中应保证梁体稳定，不产生滑移、倾斜，也不应使千斤顶受力时间过长。

11.10.13 梁体顶升、纠偏就位后，应及时闭锁千斤顶，并根据需要采取可靠的支撑和限位措施垫实主梁，核查支座、梁板位置。

12 拱桥加固

12.1 一般规定

12.1.1 本章适用于拱上建筑拆除、圯工拱桥、钢筋混凝土拱桥、钢管混凝土拱桥及中、下承式拱桥加固施工。

12.1.2 钢筋混凝土拱桥、钢管混凝土拱桥及中、下承式拱桥加固前，应首先按本规范第5章、第9章要求对裂缝、变形、裂纹、锈蚀等缺陷进行处理或修复。

12.2 拱上建筑拆除

12.2.1 拱上建筑拆除应严格按设计卸载程序进行。设计无要求时，应按原施工顺序逆序的原则对称、均衡进行拆除。

12.2.2 拱上建筑拆除应根据确定的施工工序、临时荷载、支护措施等进行全过程受力验算。

12.2.3 拱上建筑拆除不得损伤主拱圈、墩台帽、拱座等主要受力部件。拆除至拱上建筑底部、或接近主要受力部件时，不宜采用大型开挖、凿除设备进行拆除施工。

12.2.4 钢筋混凝土拱桥拱上建筑宜采用切割、起吊、落地、远运的工序进行拆除，起吊设备的设置应确保主拱圈受力安全。

12.2.5 大跨径拱桥拱上建筑拆除施工应在有效的监控下进行，监控应包括以下内容：

- 1 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。
- 2 多孔拱桥拱上建筑不能同时对称拆除时，还应监控相邻孔跨拱圈和墩台的变位。

条文说明

大跨径拱桥拱上建筑拆除，对主拱结构的受力状态和稳定性影响较大，为确保安全，应进行有效的全过程施工监控。拆除当前孔跨的拱上建筑时，应监控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。多孔拱桥拱上建筑不能同时对称拆除时，除对当前孔跨进行监控外，还应监控相邻孔跨拱圈和墩台的变位。

12.2.6 拆除施工时如发现异常情况应立即停止施工，查找原因。必要时应增加安全措施或调整卸载程序。

12.2.7 对于圯工拱桥，应采取可靠支护措施，严禁出现裸拱无支护加载工况。

条文说明

修建圯工拱桥时，一般在拱上建筑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。为避免在拱上建筑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，应对主拱圈采取可靠支护措施后方可实施拱上建筑拆除。

12.3 圯工拱桥加固

12.3.1 主拱增大截面加固

1 清除主拱剥落、松散、风化表层。增大截面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 植筋应避免开砌缝，其有效植入深度按设计确定。植筋与主筋焊接时，应采取有

效降温措施；植筋与主筋绑扎时，其搭接长度应不小于设计要求。

3 浇筑增大截面混凝土前，应对主拱与新浇筑混凝土结合面进行凿毛、刻槽，并采用清水充分浸润。

4 按设计规定的程序浇筑增大截面混凝土，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，必要时可沿横向由拱圈中线向两侧对称、分环浇筑。

5 应采取有效措施保证新浇筑混凝土密实以及与原结构密贴。

6 在拱腹侧增大截面（套拱）加固时，宜在新增套拱中预留必要的压浆孔，用于修补主拱与新浇混凝土结合面可能出现的裂缝，裂缝修补施工工艺及技术要求按本规范第5章相关规定执行。

7 在拱腹侧增大截面（套拱）加固时，宜优先采用支架对新增套拱模板进行固定和支撑，并通过预压、反顶措施控制支架变形。

12.3.2 腹拱增大截面加固参照 12.3.1 执行。

12.3.3 更换砌块

1 多层砌体的表层砌块破损需更换时，可逐个或小批量分次进行更换。当需更换的砌块体积占比较大或对墩台身、主拱、腹拱等主要受力部件的砌块进行更换时，应在设计规定的必要支护和卸载条件下进行。

2 新砌块强度等级不应低于原砌块。

3 宜采用速干快硬型砂浆砌筑，砂浆强度等级应至少高于原砌缝砂浆一级。

4 新砌块的材质、色泽应与原结构尽量统一。

5 原砌块拆除后应及时更换，新砌块就位后应采用内卡或外锁方式固定，必要时应进行临时支撑。

12.4 钢筋混凝土拱桥加固

12.4.1 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6~9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12.3节规定。

12.4.2 增设拱肋加固

- 1 预制安装拱肋应在墩台帽或拱座凿出安装槽口，深度不小于原拱肋预留槽。
- 2 安装预制拱肋时，应在原横系梁或横隔板对应部位设置临时横向连接，具体位置以不干扰新增横系梁或横隔板施工为宜。
- 3 支架现浇拱肋时，主筋应植入原墩台帽或埋入新浇筑的墩台帽内。种植钢筋的有效植入深度按设计确定，预埋钢筋的埋入深度不小于受拉钢筋在混凝土中的锚固长度要求。植筋、预埋钢筋与主筋焊接时，应采取有效降温措施；植筋、预埋钢筋与主筋绑扎时，其搭接长度应不小于设计要求。
- 4 新增现浇横系梁或横隔板宜与新增拱肋一并浇筑。新增预制安装横系梁长度应经现场测量确定，留出现浇接头空间。

12.4.3 横向连接加固

- 1 拱肋与现浇横系梁或横隔板结合面应凿毛，并采用清水充分浸润。
- 2 现浇横系梁或横隔板的横向主筋应与拱肋可靠连接，下缘横向主筋宜通长设置。

12.5 钢管混凝土拱桥加固

12.5.1 管内混凝土存在空洞时，开孔灌注自密实补偿收缩混凝土至饱满、密实。

- 1 开孔直径宜为100~150mm，且不大于原设计灌注孔尺寸。
- 2 开孔位置应避开节点、加劲板及隔舱板。孔位尽量设置在管侧，与节点位置距离宜大于0.6m。
- 3 开孔处新灌注的混凝土表面应略高于钢管内壁，混凝土达到设计强度后将其处理平整，复原封口。

12.5.2 管内混凝土脱空或管内混凝土空洞位于节点位置时，采用无收缩灌浆料填充

至饱满、密实。

- 1 在管内脱空段按 1m 左右间距钻孔，孔径 10mm，在孔中插入长约 100mm 钢管作注浆管，用环氧树脂封口固定。
- 2 当管内脱空段范围小于 1m 时，应至少设置 1 个注浆孔、1 个排气孔。注浆孔和排气孔应通过钻孔分别设置于脱空部位的最低处和最高处
- 3 注浆压力应控制在 0.2 MPa~0.6 MPa 之间，注浆应按自下而上顺序进行。
- 4 灌浆料固化时间不小于 3 天且管内脱空部分或空洞经检测填充饱满、密实后，复原封口。

12.5.3 管内混凝土空洞、脱空处理完成后，应对复原封口处进行防腐涂装，防腐材料、涂装后外观与原结构尽量统一，防腐涂层厚度应不小于原设计厚度。

12.5.4 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。栓接和焊接的施工技术要求应符合本规范第 14 章规定。

12.5.5 钢管内浇筑混凝土对拱肋加固时，混凝土施工前，应按本规范 14 章的相关要求首先对钢管缺陷进行修复处理，混凝土浇筑时宜采取必要的卸载措施。

条文说明

内填混凝土主要适用于空心闭口截面轴心受压和偏心受压型钢构件的加固。施工中采取卸载措施，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注浆施工的主要病害之一，施工前应对脱空部位（含周边）的板材表面及焊缝进行严格检查，避免在加压注浆时加剧裂纹开展并漏浆。

12.6 中、下承式拱桥加固

12.6.1 中、下承式拱桥拱肋加固应符合本规范第 12 章第 12.4、12.5 节的要求，吊杆、更换应符合本规范第 13 章第 13.3、13.4 节的要求。

12.6.2 系杆加固前应对系杆进行全面检查，检查内容主要包括：

- 1 防护体系是否渗水、积水、老化或者开裂。
- 2 锚头（锚具）腐蚀情况，以及有无裂纹。
- 3 索力损失或者各束受力是否均匀，以及系杆有无断丝或裂纹。

12.6.3 防护体系出现渗水、积水、老化或者开裂，先清除损坏的防护套，然后再进行修复。

12.6.4 系杆锚头（锚具）出现轻微腐蚀或者锚头防护罩出现损坏应及时修复。

12.6.5 系杆索力损失超过设计容许值或者各束受力不均匀，应按设计要求调整系杆索力。

12.6.6 系杆锚头（锚具）腐蚀严重、出现裂纹或者系杆损伤，应按设计要求更换（增加）系杆，更换（增加）系杆应符合下列规定：

1 更换（增加）系杆时，应对原桥梁和加固后桥梁进行理论分析计算，必要时应做模型试验或荷载检测。

2 系杆运输、安装过程中，应注意保护索套，如有意外损伤应及时修补。

3 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。

4 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。

5 施工过程中，新旧系杆、临时系杆之间的荷载转换应平稳。

12.6.7 系杆张拉应在夜间气温稳定时段进行，并应临时中断交通。

12.6.8 施工过程中，应对拱圈应力和变形、吊杆应力以及拱座变位进行有效监控。

13 斜拉桥、悬索桥的加固

13.1 一般规定

13.1.1 本章适用于斜拉桥斜拉索、悬索桥吊索（杆）和主缆系统、拱桥吊索（杆）及拱桥系杆的加固；锚碇加固。

13.1.2 斜拉桥主梁和索塔加固、悬索桥加劲梁和索塔加固以及拱桥加固执行本规范第4、第5、第6、第7、第9章有关规定。

13.2 斜拉索更换

13.2.1 换索前应对桥梁进行详细的检测，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 拉索振动情况及减震器工作情况；
- 5 锚固区附近以及全桥其它构件混凝土损坏情况；
- 6 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。

13.2.2 拉索未失去使用功能，但索力变化超过设计容许值，应按设计要求调整索力。

13.2.3 拉索防护体系出现裂纹、破损、老化或者积水时应及时修复，拉索锚固系统出现渗水、积水、腐蚀、开裂等情况应及时修复，必要时更换。

13.2.4 拉索减振器应经常保养维修，有损坏时应及时更换，拉索振动发生异常时，

应分析原因并及时处理。

13.2.5 拉索出现钢丝腐蚀严重、断丝、锚头开裂等情况，丧失（或可能丧失）其技术功能，不能满足设计和使用要求时，应及时换索加固，换索施工应在索塔、主梁及锚碇缺陷修复、加固完成后进行。

13.2.6 换索施工应符合下列规定：

- 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。

13.2.7 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。

13.2.8 换索期间严禁把多余的机具、设备、材料、杂物等堆放在换索区域内。

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

13.2.10 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。

13.2.11 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进行卸索。

13.2.12 卸索过程中，应全过程跟踪观测梁顶标高的变化，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。

13.2.13 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。

13.2.14 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。

13.2.15 换索过程监测应符合下列规定：

1 应对影响范围内梁体的标高和索塔位移进行四阶段的桥面标高监测（梁体标高可采用桥面标高代表），分别为换索前、卸索、新索张拉、索力调整完毕。桥面标高监测可采用精密水准仪，为避免日照等对标高的影响，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。

13.3 吊杆更换

13.3.1 吊索（杆）加固前应对吊索（杆）进行全面检查，检查内容主要包括：

1 防护体系是否渗水、积水、老化或者开裂；

2 锚头（锚具）腐蚀情况、有无裂纹以及保护罩密封情况；

3 吊索（杆）的受力及松动情况；

4 吊索（杆）是否腐蚀、断丝（开裂）。

13.3.2 防护体系出现渗水、积水、老化或者开裂，先清除损坏的防护套，然后再进行修复。

13.3.3 锚头（锚具）出现轻微腐蚀应及时做防腐修复，腐蚀严重影响结构受力时应更换锚头（锚具）或吊索（杆），保护罩密封不好应及时修复。

13.3.4 吊索（杆）的受力检查一般采用震动频率法、磁通量法、压力传感器法或油压千斤顶法，吊索（杆）索力变化超过设计容许值，应按设计要求调整索力或更换吊

索（杆）。

13.3.5 吊索（杆）及锚头（锚具）出现腐蚀严重、断丝或开裂等情况应更换吊索（杆），更换吊索（杆）应符合下列规定：

1 吊索（杆）运输、安装过程中，应有可靠的保护措施，防止碰伤锚头（锚具）及防护体系，如有意外损伤应及时修补，并作好记录；

2 更换索（吊）杆前应根据构造形式、施工设备等实际情况，设置工具吊索（杆），工具吊索（杆）应进行设计计算，对工具吊索（杆）施力时，应保证同步张拉，使吊索（杆）受力平衡；

3 更换吊索（杆）过程中，应连续监测桥面高程、吊索（杆）内力及混凝土应力变化，新吊索（杆）张拉应实行双控，以桥面高程控制为主，吊索（杆）内力控制为辅；

4 对新换柔性索及刚性连接杆的尺寸、构造等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。

13.3.6 吊索（杆）加固施工时应针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。

13.4 悬索桥主缆维修

13.4.1 主缆系统加固前应对主缆、索鞍、索夹、加劲梁及索塔进行全面检查，检查内容主要包括：

- 1 主缆缠丝、防腐涂层（或缠包带）的外观情况；
- 2 有除湿系统防腐的主缆应检查除湿机运行情况及锚室、鞍室、除湿管道、索夹等结构密封情况；
- 3 主缆索股钢丝腐蚀情况以及索股鼓丝、断丝情况；
- 4 主缆索股的受力及松动情况；
- 5 索鞍位置、腐蚀情况以及有无裂纹，索鞍锚栓、鞍曹口拉杆及其他固定螺栓情况；
- 6 主缆索夹位置、拉杆紧固情况以及索夹有无裂纹；
- 7 对主缆线形、加劲梁高程、索塔偏位进行测量，并做好记录。

13.4.2 主缆缠丝严重腐蚀或断裂应及时修复，拆除废弃缠丝前应在维修段两端保留缠丝 2~3 圈焊接固定，剪除废弃缠丝后对索股进行防腐处理，新缠丝拉力不小于 2KN，防腐涂层（或缠包带）按原工艺修复。

13.4.3 有除湿系统防腐的主缆，除湿机运行不正常应进行维修或更换，除湿系统有漏气部位应进行修复。

13.4.4 索股钢丝轻微腐蚀应做局部防腐修复，腐蚀严重、鼓丝或断丝时应剪除腐蚀段或鼓丝段，做断丝拼接或索股拼接修复，并按设计要求进行预张拉。

13.4.5 主缆索股间受力有较大偏差时，应按设计要求张拉锚固端，调整索股张拉。

13.4.6 索鞍位置发生偏移，应按设计要求调整索鞍位置，索鞍出现锈蚀应进行除锈，并重新做防腐处理。索鞍锚栓、鞍曹口拉杆及其他固定螺栓出现松动时，应用扭转扳手或张拉千斤顶恢复至设计预拉力，若有裂缝或断裂应及时更换。

13.4.7 索夹位置出现滑移时，应按设计要求调整索夹位置或原位置不动紧固索夹，索夹出现裂纹应更换索夹，更换索夹前应按设计要求安装临时索夹和临时吊索（杆），索夹拉杆紧固力不足时应及时紧固，紧固同一索夹螺栓时应保证各螺栓受力均匀。

13.4.8 当主缆的锚头、锚板、拉杆和连接器的出现病害，应及时作出处理。

13.4.9 采用预应力结构锚固的主缆，可采取无损检测等手段，对预应力管道压浆密实情况及预应力筋锈蚀情况进行检查，如发现压浆不密实或预应力筋出现锈蚀应采取措

13.4.10 更换（增加）构件或改变结构受力体系加固时，应对原桥梁和加固后桥梁进行理论分析计算，必要时应做模型试验或荷载检测，在加固实施过程应按设计规定和监控要求执行。

13.4.11 在对主缆系统加固时，应随时观测主缆线形、加劲梁高程、索塔偏位及索塔应力变化情况，为避免温差变化影响，宜在夜间及温度趋于稳定时段进行观测。

13.4.12 主缆系统加固施工影响结构受力时，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。

13.5 锚碇加固

13.5.1 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粘剂进行处理。

13.5.2 锚洞外的压重体出现空洞、松散、龟裂等缺陷时，应及时修补，压重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连接，施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》相关规定。

13.5.3 当锚碇及基础的裂缝、变位、变形、应力等超出设计允许范围时，应作专门研究，并根据研究结果采取必要的措施。

13.5.4 锚碇的散索鞍和锚固区附近容易出现裂缝部位应加强养护，若锚碇混凝土出现剥落、蜂窝、麻面、裂缝、露筋等病害，可参考桥墩和索塔混凝土病害处理方法处理。

13.5.5 保持锚碇的排水系统正常工作，锚碇内出现积水、杂物时应及时清除，查找原因并及时修复。

14 钢桥及钢-混组合结构桥梁加固

14.1 一般规定

14.1.1 钢桥加固的常用方法有增大截面法、预应力加固法、改变结构体系加固法等；钢构件的修复主要包括连接件修复、变形修复、裂纹修复、锈蚀修复、更换杆件及其它修复等。

条文说明

增大截面法根据采用的材料和工艺不同，一般包括：焊接钢板（型钢）加固法、栓接钢板加固法、粘贴钢板加固法、粘贴碳纤维复合材料加固法、外包钢筋混凝土加固法、内填混凝土加固法等。

预应力加固法根据预应力施加对象的不同，一般分为构件预应力加固和整体预应力加固。

改变结构体系主要指：改变整体结构的边界条件（支撑或限位装置的类型、数量等）、结构内部增设构（杆）件、调整体系内部构件刚度分配等。

连接件修复主要指：铆钉、螺栓等的修复。

变形修复主要指：杆件和板材的局部或整体变形修复。

裂纹修复主要指：板材（型钢）和焊缝的裂纹修复。

锈蚀修复主要指：防腐涂装的修复和板材（型钢）的锈蚀修复。

其它修复主要指：施工临时构件切（拆）除等。

14.1.2 钢桥加固施工应严格按照设计文件中规定的工序、工艺及相关施工技术规范实施；具体施工中如需改变原设计工序和工艺的，应提前上报并在设计单位编制出相应的设计变更后方可实施。

条文说明

钢桥的加固设计计算一般包括了原结构的卸载（加载）方案、施工活载要求、工序步骤和工艺流程等，改变其中的任何一项都可能使最终的加固结果和预期产生偏差甚至失败。因此在具体实施项目之前，如因某种原因必须调整设计文件中拟定的施工方案时，应上报业主和监理单位，在设计单位编制出相应的设计变更后方可开始项目施工。

14.1.3 钢桥加固施工过程中，如发现设计文件未涵盖的隐蔽或遗漏病害，应第一时间上报业主和监理单位，并在设计单位编制出相应的设计变更后方可继续施工。

条文说明

钢桥的病害检查，因环境条件及技术手段的限制，有时可能存在遗漏，其维修加固工程属于动态设计，施工过程中发现隐蔽或遗漏病害时，必须上报，确保维修加固工作全面彻底、不留隐患。

14.1.4 钢桥加固工程中，当设计文件中要求进行施工监控时，应提前制定施工监控方案，监控方案必须经过评审通过方可实施。施工监控单位应具备相应资质。

条文说明

钢桥的加固施工中，经常涉及到体系转换、原桥卸载（加载）、拆除（增加）杆件等工序，必要的监测和控制至关重要，通过实时检测数据与理论计算值的比较分析，可以判定施工中结构状态是否处于安全可控的范围，以便达到控制施工质量和实现预期加固效果的目的。

14.1.5 钢桥加固施工的工作环境，除了应满足现行《公路桥涵施工技术规范》中对

钢桥施工的相关要求外，还应满足设计文件中的相关规定。

条文说明

钢桥的加固施工，主要的工作都属于室外现场作业，以焊接、涂装为例，具体施工时应选择合适的天气条件，必要时应搭设临时施工棚，做好防风、防雨、防尘及保温等工作。

钢构件相对于混凝土构件刚度较小，对活载的反应相对明显，以原位焊接、拆除（增加）杆件等工序为例，施工时应封闭交通，避免桥面活载通行的振动影响。

施工中应根据设计文件的相关要求，确保材料堆放、机具摆放和施工吊架等不会对拟加固构件产生额外的不利影响。

14.2 焊接加固

14.2.1 钢桥采用焊接工艺进行维修加固施工时，首先应遵守现行《公路桥涵施工技术规范》中关于焊接部分的相关要求。

条文说明

现行《公路桥涵施工技术规范》中对焊接施工的材料、设备、工艺及质量控制均进行了全面详细的规定，维修加固施工中涉及到相关内容时应严格遵守。

14.2.2 钢构件焊接施工之前，应进行焊接工艺评定试验，合格后方可正式实施，同时应编制焊接工艺指导书。

条文说明

由于维修加固焊接施工大多数属于现场作业，所以需要提前检验材料、设备、工艺、施工环境及检验方法的适用性，确保达到设计预期目标。

14.2.3 当对原构件采用卸载（加载）措施时，应在原构件变形稳定后，再进行焊接施工，具体应以施工监控数据作为判别依据。

14.2.4 负荷条件下焊接时，当焊缝方向与受力方向垂直时，应考虑焊接高温对构件截面强度的不利影响，必要时应增加临时支撑或卸载，防止发生安全事故。

14.2.5 在原构件上增焊板件或型钢前，首先应对原构件表面进行处理，清除涂层、铁锈、毛刺、污垢等，露出金属光泽。清除的范围应不小于焊缝边缘 50mm。

14.2.6 在原构件上增焊板件（型钢）前，应对原构件表面线形进行测量，如有必要应事先对原构件或后加板件（型钢）进行整形，以便增焊时后加板件（型钢）能够和原构件紧密贴合。

条文说明

后加板件（型钢）和原构件的固定可采用临时支撑、分段焊接固定、夹具连接等方式。

14.2.7 在原构件上施焊时，应合理规划焊接顺序，尽量减少焊接高温对原构件的不利影响。

14.2.8 焊接中需要对板材进行预热时，应根据设计或规范要求严格执行。

14.2.9 采用焊接工艺增大截面加固时，一般可按照如下工序实施：卸载（如需）初次放样→原构件表面清理→详细放样→表面线形测量→构件整形（如需）→增焊构件固定→施焊→清理打磨焊缝→恢复负荷（如需）→工作面清理→防腐涂装。

14.3 栓接加固

14.3.1 钢桥采用栓接工艺进行维修加固施工时，应遵守现行《公路桥涵施工技术规范》及《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 中关于栓接部分的相关要求。

条文说明

加固工程的栓接工艺应严格按照设计文件的要求执行。设计文件未明确的应首选高强螺栓，也可采用栓焊结合工艺。

14.3.2 采用栓接工艺增大截面加固时，宜首先选用卸载方案。

条文说明

栓接工艺需要在原构件上制孔，对原构件的截面削弱较大，为保证施工安全和施工质量，宜对拟制孔的原构件进行卸载，待施工完成后，方可恢复负荷。

14.3.3 负荷条件下采用栓接工艺增大截面加固时，原构件上制孔应分批进行，确保施工过程中构件净截面满足设计要求。

条文说明

负荷条件下，应先在后加板件上完成全部制孔，后加板件和原构件临时固定后，按照后加板件上孔位在原构件上放样，然后从原构件中部向端部分批钻孔、安装，并初拧紧固螺栓，最后进行终拧并检验。

14.3.4 采用摩擦型高强螺栓进行增大截面加固时，应按照规范要求对新老板材接触面进行处理。

条文说明

摩擦型高强螺栓目前在栓接加固工艺中使用最广泛，新老板材接触面的抗滑移系数是影响构件承载能力的最主要参数之一，施工中必需保证其技术要求。接触面处理主要包括：构件表面污物清理、锈蚀清理、防腐涂层清理、矫正整形及糙化处理等。原构件表面清理范围应超出栓接板边缘不小于50mm。

14.3.5 板件制孔，应在精确放样的基础上进行，制孔后应进行试拼，孔洞质量和孔位偏差满足要求后方可进行螺栓安装。高强螺栓安装需满足施工规范要求，终拧扭矩应逐个检验并合格达标。

14.3.6 采用栓焊结合工艺时，应考虑焊接温度对高强螺栓有效扭矩的影响，施工时，应先紧固高强螺栓（初拧），后实施焊接，焊接时应对称均衡施焊，焊缝形式应为贴角焊；在焊接完成24小时后，对高强螺栓进行终拧。前述工序检验合格后，方可恢复构件负荷。

14.3.7 高强螺栓终拧完成并验收合格后，应对施工面进行全面清理，清理后的构件表面应满足现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》及《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923的相关要求。

条文说明

施工面清理完成并检验合格后，应及时进行防腐涂装施工；如因故耽误并延迟后，再次开始涂装施工之前应重新检验施工面，合格后方可施工。

14.3.8 防腐涂装施工完成并检验合格后，应对高强螺栓施画防松标识。

条文说明

高强螺栓防松标识应采用油性长效记号笔施画，其颜色应与防腐涂装易于区别，其标记位置应便于日常养护人员目视观察。

14.3.9 采用栓接工艺增大截面加固时，一般可按照如下工序实施：卸载（如需）→初次放样→构件表面处理→板件整形（如需）→制孔放样→板件制孔→安装螺栓→终拧→恢复负荷（如需）→工作面清理→防腐涂装→施画防松标识。

14.4 粘贴钢板加固

14.4.1 采用粘贴钢板工艺进行增大截面加固时，其施工工艺应严格按照设计文件和现行规范的规定执行。

14.4.2 采用粘贴钢板工艺施工时，宜对拟加固构件采取卸除措施。

14.4.3 在粘贴钢板时，应封闭桥面交通并保证施工荷载的稳定。

条文说明

钢构件相对于混凝土构件刚度较小，对活载的反应相对明显，由于胶粘剂固化和强度形成需要一定的时间，在此期间应保证构件处于静止稳定状态，因此在具体施工时，首先应临时封闭桥面交通，同时也应防止可能对构件产生不利变形的施工荷载变化。

14.4.4 施工时原构件表面和后加钢板表面均应进行表面处理。

条文说明

原构件表面处理主要包括：污物清理、锈蚀清理、防腐涂层清理、矫正整形、糙化处理和专用清洗剂清洗等。后加钢板表面处理主要包括：污物清理、锈蚀清理、糙化处理和专用清洗剂清洗等。原构件表面清理范围应超出粘贴边缘不小于50mm。

14.4.5 在胶粘剂固化和强度形成之前，应采用临时支撑、定位螺栓或夹具连接等方式保证后加钢板和原构件紧密贴合。

14.4.6 当拟粘贴钢板的原构件上，还有诸如焊接等其他施工内容时，应首先完成其他施工内容，最后进行粘贴钢板作业。

条文说明

焊接高温等会对胶粘剂产生非常不利的影响，因此必须在相关工序完成、构件恢复常温且变形稳定后，方可开始粘贴钢板作业。

14.4.7 采用粘贴钢板工艺进行增大截面加固时，一般可按照如下工序实施：卸载（如需）→放样→构件表面处理→板件整形（如需）→专用清洗剂清洗→钢板粘贴→固化和强度形成→恢复负荷（如需）→工作面清理→防腐涂装。

14.5 粘贴碳纤维复合材料加固

14.5.1 粘贴碳纤维复合材料加固工艺的技术要求，可参照本规范混凝土结构粘贴碳纤维复合材料加固工艺及“14.4”相关内容。

14.5.2 采用粘贴碳纤维复合材料加固工艺进行增大截面加固时，一般可按照如下工序实施：卸载（如需）→放样→构件表面处理→专业清洗剂清洗→碳纤维复合材料粘贴→固化和强度形成→恢复负荷（如需）→工作面清理→防腐涂装。

14.6 外包钢筋混凝土加固

14.6.1 采用外包钢筋混凝土工艺进行增大截面加固时，其施工工艺应严格按照设计文件和现行规范的规定执行。施工中宜采用卸载加固措施。

条文说明

外包钢筋混凝土主要适用于轴心受压和偏心受压型钢构件的加固。施工中采取卸载措施，后期恢复负载时可以充分发挥组合截面的承载力。

14.6.2 施工时应应对原构件表面进行处理。

条文说明

为了保证新增混凝土和原钢构件的有效结合，原构件表面应进行全面处理。原构件表面处理主要包括：污物清理、锈蚀清理、防腐涂层清理和矫正整形等，处理范围包括所有结合面。

14.6.3 需要在钢构件上设置抗剪连接件（焊钉、开孔板等）时，应在原构件表面处理完成后进行。

14.6.4 采用外包钢筋混凝土工艺进行增大截面加固时，一般可按照如下工序实施：卸载→原构件表面处理→设置抗剪连接件（如需）→绑扎钢筋→立模板→浇筑混凝土→

拆模、养生、形成强度→恢复负荷→场地清理。

14.7 连接件修复

14.7.1 连接件修复主要包括铆钉、高强螺栓等的修复。

条文说明

本规范仅对钢桥上存量及使用最普遍的铆钉和高强螺栓进行技术要求。其它的连接修复可参照现行相关规范执行。

14.7.2 高强螺栓连接缺陷的修复应符合下列要求：

- 1 高强螺栓更换时的卸载方案及更换工序应严格按照设计文件中的规定执行，不得擅自变更。
- 2 当设计文件未明确规定更换工艺时，在负荷条件下，对于大型节点，每批次更换数量不宜超过螺栓总数量的 10%；对于螺栓数量较少的节点，则需逐个更换。当采用完全卸载时，可对需要更换的旧螺栓一次性拆除。
- 3 在更换摩擦型高强度螺栓时，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，应分析原因并采取相应措施：当扭矩不足时，应逐个进行扭矩检查补拧；当接触面摩擦系数不够时，应在连接部完全卸载状态下拆除连接板并对接触面进行加工处理；不属于前两种情况者，应核查外荷载是否超出连接部承载力的设计值。
- 4 高强螺栓的修复完成后，应对施工面进行全面清理，并进行防腐涂装施工，防腐涂装施工完成并检验合格后，应对高强螺栓施画防松标识。

14.7.3 铆钉连接缺陷的修复应符合下列要求：

- 1 缺陷铆钉的修复，不得采用焊补或加热再铆合的方法。原则上应采用高强度螺栓代替原铆钉。

2 铆钉更换时的卸载方案及更换工序应严格按照设计文件中的规定执行，不得擅自变更；设计文件未规定时，可参照“14.7.2”执行。

3 对松动、钉头受损、钉头严重变形、钉头开裂等铆钉更换时，宜采用角磨机切掉铆钉头，如采用气割切割时应避免烧伤连接板金属。

4 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，铆钉孔内壁应光洁整齐，孔壁应垂直于连接板平面，孔径圆度应规整，大小应能保证螺栓顺利插入，间隙不能过大，螺栓插入后螺栓头和螺帽与连接板表面紧贴。无法满足前述条件时，应进行处理。

5 修复完成后，应对施工面进行全面清理，并进行防腐涂装施工，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。

14.8 变形修复

14.8.1 变形修复主要包括杆件和板材的局部或整体变形矫正，变形修复可采用原位矫正或拆卸矫正，矫正时可采用冷加工法或热加工法。

条文说明

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

14.8.2 变形修复应根据变形产生的原因、变形的种类、严重程度及构件的重要性等选择合适的矫正方法。一般情况下变形修复宜和构件的加固联合使用。

条文说明

钢构件常见变形一般有：1、持久状况下的弯曲变形、扭转变形或屈曲变形，2、偶然

状况下的突发变形，3、地震状况下的变形。情况1应与构件的加固共同进行；情况2在评估后保证安全的前提下可仅进行矫正；情况3变形较大宜进行更换。

冷加工法会使材料产生冷作硬化并引起附加应力，热加工法会引起金属脆化并影响冲击韧性，对于主要受力构件和承受疲劳荷载的构件，应在变形修复的基础上，合理采用截面补强的加固工艺，一些受力复杂的板件（例如节点板等），宜进行更换。

14.8.3 变形修复应在分析变形的原因和测量变形大小的基础上制定合理矫正顺序：一般应先矫正整体变形，后矫正局部变形；先矫正角变形，后矫正凹凸面变形。

14.8.4 冷加工法适合板件较薄（厚度小于10mm）和变形较小的情况，杆件和板件的矫正应在无裂纹、缺口等缺陷的条件下进行。冷加工法一般应在常温下（大于 -12°C ）采用机械进行矫正，常用工具有千斤顶、刚性垫梁、拉杆等。施工中应采用对称、均衡、渐进加压的方式，从变形的边缘开始逐步向中间进行。

14.8.5 热加工法应评估施工中高温对构件截面强度的影响，必要时应采取卸载措施或进行拆卸矫正。施工中加热时应避开关键受力部位，且不应在同一位置反复多次加热，加热面积在一个截面上不宜过大，可选择多个截面同时加热。施工中也可根据需要采用冷加工法或热加工法协同矫正。

14.8.6 热加工法施工时，应严格控制加热温度，构件表面温度应控制在 $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ ；冷却应采用自然缓慢冷却，不允许采用水冷。

条文说明

热加工法施工中，应采用红外测温仪进行温度监控，矫正温度应保持稳定，不可骤升骤降。

14.9 裂纹修复

14.9.1 裂纹修复主要包括板材和焊缝的裂纹修复。

14.9.2 钢构件板材上发现裂纹时，作为临时应急措施，可在裂纹端头外 0.5~1.0 倍板厚处钻孔，防止裂纹进一步扩展，同时根据裂纹性质及扩展走向采取适当措施修复加固。

条文说明

发现构件板材上有裂纹时，一般先在裂纹端头外约一倍板厚距离处钻直径 $d = t$ （ t 为板厚）的孔，以阻止其扩展。在进一步观测、研究并确定其扩展趋势和性质后，可采取修复或加固方案，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。

14.9.3 修复裂纹应优先采用焊接方法，可按下述工艺修复。

- 1 清理裂纹两边 80mm 以上范围内板面污物及防腐涂装至露出洁净金属面。
- 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，坡口形式应满足设计及现行《气焊、手工电弧焊及气体保护焊缝坡口的基本形式与尺寸》(GB 985)的要求。
- 3 将裂纹两侧及端部金属预热至 100~150℃，并保持。
- 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。

条文说明

用对接焊缝修补板材裂纹时，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。

14.9.4 裂纹通过焊接修复后应满足下列要求：

- 1 按设计及规范要求检查焊缝质量。
- 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。

条文说明

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，不利于抗疲劳性能。

14.9.5 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，应将加固盖板与构件压紧，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 150mm。

14.9.6 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 100mm 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 2~4mm，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。

14.9.7 焊缝的裂纹修复时，应先采用无损探伤或钻孔探伤的方法探明裂纹的深度和范围。如裂纹未扩展至板件，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，之后再采用气体保护焊进行补焊；如裂纹较深扩展至板件，

应对板件裂纹一并修复。

14.9.8 裂纹修复完成并处理好表面后，应采用无损探伤进行质量检验。检验合格后按相关技术要求完成防腐涂装。

14.10 锈蚀修复

14.10.1 锈蚀修复主要包括防腐涂装修复和母材锈蚀修复。

条文说明

钢构件锈蚀的修复应根据构件锈蚀程度确定。当仅存在防腐涂层劣化、破损或脱落等表面病害而母材基本完时，可只进行防腐涂层的修复；当构件截面因锈蚀而削弱较大且经评估影响结构安全时，应首先对母材进行加固，然后进行表面防腐涂层修复。

14.10.2 防腐涂装修复的施工技术要求应遵照现行《公路桥涵施工技术规范》及《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》等规范执行。

条文说明

根据《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）中的规定，旧桥的锈蚀修复一般属于“维修涂装”或“重新涂装”，施工时应根据设计文件确定的分类按照相应技术要求执行。

14.10.3 钢构件锈蚀修复一般可按照如下工序实施：原涂装清除→原构件加固（如需）→表面处理→涂装施工→质量检验→场地清理。

14.11 更换杆件

14.11.1 更换杆件应严格按照设计文件中规定的工序、工艺实施，施工时宜全部卸除拟换杆件的内力。

条文说明

施工时严禁对原有杆件不卸载直接切割拆除，这样会改变整个结构体系的受力模式，甚至会造成安全事故。

14.11.2 杆件的内力卸除应采用内力和变形双控方法。

条文说明

卸载时应根据设计文件提供的数据，采用反向加载的方式，使拟换杆件实现外力卸除。施工时应采用内力和变形双控方法，对反向加载力和杆件两端节点的相对位移进行监控。相对位移监控可通过精密激光测距仪对预先设定的观察点进行测量来实现。

14.11.3 旧杆件拆除后，应根据需要对两端节点进行修复、改造或加固。

条文说明

旧杆件拆除后，应根据实际需要，清除表面污物、防腐涂层及铁锈，清理残留焊缝、加固（更换）节点板、重新制孔、表面处理等。

14.11.4 更换杆件一般可按照如下工序实施：杆件卸载→两端节点位置锁定→拆除杆件→修复、改造或加固两端节点（如需）→安装新杆件→恢复负荷→防腐涂装施工→质

量检验→场地清理。

14.12 钢混组合桥梁的维修与加固

14.12.1 钢混组合桥梁的维修与加固施工，主要应按照现行《公路桥涵施工技术规范》和《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》等的相关规定执行。

条文说明

现行《公路桥涵施工技术规范》和《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》对新建钢混组合桥梁的施工技术要求进行了全面详细的规定，在维修与加固中涉及到相关工艺流程时，应严格遵照执行。

对于混合梁，其混凝土梁和钢梁的维修与加固施工，可分别参照本规范对应章节的技术要求；混合梁结合部的构造相对较为复杂，除了涉及钢材和混凝土两种材料外，一般还设有预应力束、抗剪连接件及钢承压板等特殊构造，在维修加固施工时，其技术要求应主要满足设计文件的规定，并可参照现行相关规范。

14.12.2 钢混组合梁的混凝土板典型病害有：钢混结合面开裂、钢混结合面相对滑移及混凝土板开裂破损等。施工中应根据不同病害类型严格按照设计文件和规范要求与维修加固。

条文说明

对于组合梁，本规范仅选取典型病害的维修与加固施工技术要求进行表述，此处列出了混凝土板的典型病害，钢构件部分参照前述相关内容。

14.12.3 钢混结合面开裂采用注胶工艺进行修复时，应参照本规范混凝土构件裂缝注

胶封闭的相关工艺执行，在埋设注胶嘴时，应避免对钢构件造成损伤。

14.12.4 钢混结合面相对滑移的维修一般可按照如下工序实施：凿除旧混凝土→钢板件（翼缘板、顶板等）及连接件（焊钉、开孔板等）检查→修复钢板件及连接件→重新浇筑混凝土→清理（修复）。

条文说明

在凿除旧混凝土时，应选择合适的工艺，避免对钢板件及连接件造成破坏。例如可选择高压水射流等方法进行旧混凝土凿除施工。

在清理完旧混凝土后，应对板件及连接件进行全面检查，对板材及焊缝的裂纹应进行修复；对板件及连接件的锈蚀应进行处理；对存在变形的板件应根据设计要求进行矫正或更换；对变形过大、根部开裂或断裂的连接件应进行更换。前述工作在验收合格后，方可进行后续施工。

浇筑新混凝土时，应做好结合面边缘缝隙的密封，防止水泥浆渗漏到下方钢构件的表面上。

混凝土施工结束后，应及时清理施工作业面下方钢构件上的油污、水泥浆等，并对破损的防腐涂装进行修复。

14.12.5 钢混组合梁混凝土板开裂破损的维修，根据病害严重程度，一般分为局部修复和整体更换。局部修复可按照本规范相关章节混凝土构件局部修复的技术要求进行；整体更换的拆除工艺应参照“14.12.4”相关要求进行，拆除后的重建工艺应按照《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》的规定执行。

15 下部结构、基础与地基加固

15.1 一般规定

15.1.1 本章适用于盖梁、墩柱、桥台、承台、基础及地基等桥梁基础及下部结构常见病害的加固施工。常用的加固方式有粘贴钢板加固、粘贴纤维复合材料加固、增设体外预应力加固、增大截面、桩周、基底注浆等。

15.1.2 对结构物进行加固之前，应先对原构件表层进行缺陷修补和裂缝处治。

15.1.3 对墩柱等结构物外表面凿毛时应选用专用凿毛设备，严禁使用较大功率设备凿毛，避免对原结构造成损伤。

15.1.4 盖梁、墩柱施工为高空作业时，作业人员上下通道及作业平台应搭设专用爬梯及脚手架，采取必要的防护措施，确保施工安全。

15.1.5 基础、承台等开挖基坑作业时，应严格控制开挖范围，深基坑开挖应编制专项方案，采取临时支撑、注浆帷幕等方式，对周边土体进行处理，确保周围土体的稳定。

15.1.6 受潮汐影响的混凝土结构，应做好结构的防腐蚀工作。

15.1.7 新增体外预应力张拉所用千斤顶及其配套压力表应经有资质的计量机构检验校准。

15.2 现场放样

15.2.1 根据设计图纸的要求并结合现场测量定位，在需加固混凝土表面放出相应位置大样。

15.2.2 在进行植筋放样时，应用钢筋探测仪探明原钢筋位置，植筋时应尽量避开原钢筋位置。

15.3 盖梁加固

15.3.1 盖梁加固形式主要有粘贴钢板、粘贴纤维复合材料、增大截面或增设体外预应力等。

15.3.2 粘贴钢板加固，可用普通钢板，也可采用耐候钢，施工除应满足本规范第7章相关规定外，还应满足以下规定：

1 钢板焊接接长时，为增大钢板焊接有效面积，接缝宜采用垂直钢板方向斜向 45° 角焊接或采用搭接钢板等进行焊接。

2 灌注法粘贴钢板时，应保证钢板与混凝土表面的间隙在 3 mm 以上，以确保灌注胶有一定厚度。

15.3.3 粘贴纤维复合材料可以粘贴碳纤维片材、碳纤维板材等，加固施工除应满足本规范第8章相关规定外，还应满足以下规定：

1 应按照设计尺寸裁剪纤维材料，纤维复合材料片材搭接长度不应小于 100 mm ；纤维复合材料板材不允许搭接使用。

2 粘贴立面纤维片材时，应按照由上到下的顺序进行，用滚筒将纤维片材从一端向另一端滚压，确保浸渍胶将纤维复合材料片材浸透。

3 粘贴纤维复合材料板材，若为底板仰贴或侧面粘贴，应采用木条加临时支撑对刚粘贴的复合纤维板进行支撑固定，以防止其脱落。

15.3.4 盖梁增大截面加固，可以采用普通混凝土、钢纤维混凝土或自流平混凝土等，混凝土流动性及强度应满足设计要求。其施工除应满足本规范第6章相关规定外，还应满足以下规定：

- 1 接长盖梁时应凿除连接部位的混凝土保护层，露出钢筋，新接长的钢筋应与原钢筋焊接。
- 2 新旧混凝土连接表面应粗糙，宜做剪力槽。加宽盖梁应植筋。

条文说明

盖梁的接长、加宽能否与原结构整体受力，是结构加固的关键，凿毛、做剪力槽、植筋等均是确保结构整体受力的重要举措，施工时应予以重视。

15.3.5 新增体外预应力可以采用预应力碳纤维板、预应力钢丝网或预应力钢绞线，其施工除应满足本规范第9章相关规定外，还应满足以下规定：

- 1 新增体外预应力碳纤维板，锚夹具钢板制作应采用工厂自动、半自动切割方法，切割边缘表面光滑，无毛刺、咬口等现象。
- 2 预应力钢丝网张拉应采用专用工具逐侧进行张拉，张拉应力应满足设计要求。
- 3 预应力钢绞线施工，预应力束穿束就位，且混凝土强度达到设计要求后，方可进行张拉，张拉前先用千斤顶从两端对预应力钢束进行试张拉，以确保钢绞线在管道内平行且能自由滑动。
- 4 设计为可调节锚夹具的，在张拉端应设置保护套。
- 5 设计有封锚要求的，应按照设计要求的材料对锚端进行封锚。

15.4 墩柱加固

15.4.1 墩柱加固形式主要有增大截面、钢套管内灌注混凝土、粘贴纤维复合材料或钢板等。

15.4.2 墩柱增大截面加固，可以采用普通混凝土、钢纤维混凝土或自流平混凝土等，混凝土流动性及强度应满足设计要求。其施工除应满足本规范第6章相关规定外，还应满足以下规定：

1 墩柱外包施工前，应对施工范围内的混凝土表面进行凿毛，并将表面松散层和石屑清理干净。海洋环境下浪溅区墩柱混凝土表面应采用高压淡水进行清洁处理。浇筑施工前，应将混凝土表面充分湿润，且无明水。

2 分节浇筑施工时，对接缝处也应进行凿毛处理。

3 上一节段施工时，已浇筑节段混凝土强度应不低于 2.5MPa。各节段混凝土浇筑间歇期应控制在 7d 以内。

4 对于墩身高度大于 40m 的，施工前应编制专项施工方案，对各项临时受力构件和临时设施进行必要的计算和应力分析。

条纹说明

凿毛是为了保证原结构与新增混凝土的可靠连接，使之能协同工作，以确保力的可靠传递，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、台的棱角敲击成圆顺的弧面，这有利于混凝土联合。

15.4.3 墩柱加固采取钢套管内灌注混凝土的，可以采用灌注水泥砂浆或自流平混凝土等，混凝土流动性、膨胀性及强度应满足设计要求。其施工应满足以下规定：

1 墩柱外包施工前，应对施工范围内的混凝土表面进行凿毛，并将表面松散层和石屑清理干净。灌注施工前，应将混凝土表面充分湿润，且无明水。

2 混凝土灌注时，应采取敲击、振捣等方式，确保灌注饱满，无空洞。

3 外露钢板应采用防腐材料进行防护，海洋环境下浪溅区墩柱钢套管应依据设计进行专项防腐处理。

条文说明

自流平混凝土浇筑应采取敲击等方式促使其流动，避免采用振动棒等对自流平混凝土造成过振现象。

15.4.4 墩柱粘贴纤维复合材料一般粘贴碳纤维片材，加固施工除应满足本规范第 8 章相关规定外，还应满足以下规定：

- 1 粘贴纤维复合材料加固墩柱，应注意纤维粘贴方向符合设计要求；
- 2 环向粘贴纤维复合材料，纤维复合材料的浸渍滚刷应延纤维方向进行。

条文说明

多层纤维复合材料粘贴时，应注意每层纤维复合材料的方向与设计一致。

15.4.5 墩柱粘贴钢板可采用普通钢板，也可以采用耐候钢，粘贴钢板材料可采用高性能无收缩材料或采用结构胶，粘贴钢板施工除应满足本规范第 7 章相关规定外，还应满足以下规定：

- 1 采用注浆法粘贴钢板加固时，构件表面应打磨粗糙无油污。混凝土外表面干燥程度应依据所选注浆材料性能分别处理。
- 2 环向粘贴钢板套箍，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 钢板与构件之间用高性能无收缩材料或采用结构胶填充密实，灌浆后禁止再对钢板进行锤击、焊接。
- 4 外露钢板应采用防腐材料进行防护。

15.4.6 在桥墩周边增设防撞岛、柔性消能设施等进行防撞加固时，其施工技术要求应符合本章及现行《公路桥梁施工技术规范》规定。

15.5 桥台加固

15.5.1 桥台加固主要形式有增大截面、台后填土加固、增设辅助挡土墙、增设框架梁并辅以锚杆注浆或拉杆等。

15.5.2 桥台增大截面加固，可以采用普通混凝土、钢纤维混凝土或自流平混凝土等，混凝土流动性及强度应满足设计要求。其施工除应满足本规范第 6 章相关规定外，还应满足以下规定：

- 1 桥台加固在开挖周边土体时，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。
- 2 浆砌片石桥台侧墙及台身前缘采用现浇钢筋混凝土补强，应在原石砌台身内植入连接钢筋。

条文说明

- 1 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。
- 2 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，应先加固桥台地基基础。

15.5.3 台后填土不密实时，可采用换填、注浆等方法进行处理。换填施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》规定，注浆施工除应满足本规范第 15.8 款相关规定外，还应满足以下规定：

- 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。并应采取缩短浆液凝固时间等措施，减少桥台填土注浆产生的附加沉降。
- 2 路面注浆作业时应，应采取有效措施，防止注浆浆液污染路面，影响行车安全。
- 3 换填施工应重做台后防排水系统。

条文说明

台背换填材料宜采用透水性材料。U 型桥台应做好排水系统。

15.5.4 桥台增设辅助挡土墙，可以采用普通混凝土、片石混凝土等，其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》规定。

15.5.5 桥台增设框架梁并辅以锚杆注浆或拉杆施工，其施工应满足以下规定：

1 钢筋混凝土框架梁施工，应注意框架梁坡度与原接触面坡度一致，并凿毛原混凝土接触面，确保框架梁与原混凝土贴合密实。

2 原接触面为土质时，应将框架梁镶嵌在土体内。

3 框架梁混凝土浇筑时应振捣密实，混凝土表面无蜂窝麻面，浇筑后应进行洒水养生。

4 框架梁施工应与原结构同步设置沉降缝。

5 有锚杆或拉杆时，应在框架梁上预留锚杆锚头或注浆孔，便于锚杆（拉杆）施工。

6 锚杆成孔应垂直于框架梁面，钻孔设备应满足施工需求，带水钻进应考虑采用泥浆进行护壁。成孔经检验合格后，应及时安装锚杆。

7 压浆材料配置应依据设计采取单浆液、双浆液等不同方案按照设计配比进行配置，配置好的浆液应在规定的时间内使用。

8 注浆压力应依据设计采取高压注浆或低压注浆。预应力锚杆应分阶段进行注浆。

9 预应力锚杆（拉杆）张拉时应加强原结构观测。

10 锚杆施工完毕后，应进行封锚处理。

15.6 承台加固

15.6.1 承台加固主要形式有增大截面、增设预应力、粘贴钢板等方法加固等。

15.6.2 承台增大截面加固，可以采用普通混凝土、钢纤维混凝土或自流平混凝土等，混凝土流动性及强度应满足设计要求。其施工除应满足本规范第6章相关规定外，还应满足以下规定：

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，确保施工方案的可行性及施工的安全性。宜采用围堰施工，围堰施工应编制专项施工方案，并对围堰结构稳定性进行计算。

2 地面承台加固开挖时应严格控制开挖范围，深坑基础应编制专项方案，采取临时支撑、帷幕加固等方式，对周边土体进行处理，确保周围土体的稳定。

3 应先处理原承台存在的缺陷。

4 混凝土结合面凿毛处理后，应冲洗干净，浇注混凝土前应保持湿润清洁。

条文说明

在原承台基础边缘开挖基坑，会对基础产生不利影响，施工时必须谨慎。既要保持原结构稳定，又要防止基坑坍塌事故发生。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。

15.6.3 结构水下部分加固应符合下列要求：

- 1 加固材料宜采用水下环氧砂浆、水下不离析混凝土以及其它水下混凝土。
- 2 加固前应对原结构结合面进行清理。
- 3 加固宜采用立模灌浆法。

15.6.4 承台增设预应力，可以采用预应力钢丝网或预应力钢绞线，其施工除应满足本规范第9章相关规定。

15.7 基础加固

15.7.1 基础加固主要形式有增大基础截面积、增大桩头面积或增加基桩、增设支撑梁等。

15.7.2 基础增大截面施工，可以采用普通混凝土、钢纤维混凝土或自流平混凝土等，混凝土流动性及强度应满足设计要求。基础立模可用钢套筒或玻纤套筒，施工除应满足本规范第6章相关规定外，还应满足以下规定：

- 1 桩基加固前，应彻底清理被腐蚀的混凝土，露出新鲜的混凝土面，然后进行植筋、绑扎钢筋、立模工作。立模可用钢套筒或玻纤套筒。
- 2 应对凿出的钢筋进行保护，并按照本规范第4.5条对锈蚀钢筋进行补强及防腐处治。
- 3 混凝土浇筑完毕后，应对混凝土表面喷涂防腐材料，玻纤套筒可作为永久保护屏障留在混凝土表面。
- 4 桩基混凝土加固的同时，应对同一部位的立柱下部、水中立柱、受浪溅区影响的立柱混凝土进行同步防腐处治。

条文说明

无机纤维套筒是目前较为适用，施工较为简洁有效的桩基防腐处治方案。将无机纤维套筒作为抗渗耐蚀灌注材料的模板，工后亦作为保护屏障。

15.7.3 水下桩基增大截面施工，其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》规定，还应符合以下要求：

- 1 水下桩基增大截面施工，应综合考虑水深、流水速度、病害处治范围等因素，确保施工方案的可行性及施工的安全性。宜采用围堰施工，围堰施工应编制专项施工方案，并对围堰结构稳定性进行计算。
- 2 围堰内抽排水后，应按照桩基防腐处治工艺，对腐蚀混凝土进行凿除剥离，对锈蚀钢筋进行补强及防锈蚀工作，浇筑混凝土时，可采用钢套筒、纤维套筒等抗腐蚀材料对混凝土进行包裹。
- 3 直接在水中进行桩基缺陷处治，应由水下专业人员进行作业，水下作业人员应持有潜水员证、健康证和潜水作业个人记录。潜水监督员应具有潜水监督员证，生命支持员应具有生命支持员证。

4 直接在水中进行桩基缺陷处治，腐蚀混凝土凿除剥离应采用专用设备，钢筋补强焊接应采用水下电焊机和焊条，种植钢筋应采用亲水性的植筋胶，混凝土浇筑应采用水中可凝结混凝土。

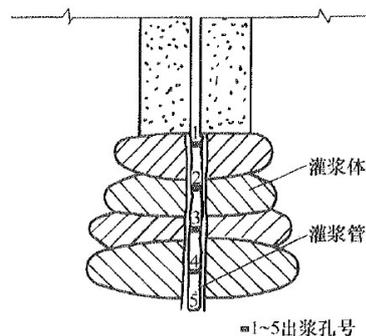
5 水下桩基混凝土浇筑完毕后，应按对基础进行防冲刷处理，部分围堰材料可留作防冲刷设施，但不应高于河床顶面或设计防护面标高。

条文说明

可依据现场实际情况，因地制宜，采用土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰、钢套筒围堰等。为确保结构及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。

15.7.4 增大桩头面积加固，其施工应满足以下要求：

- 1 增大桩头面积可通过桩基底部定向分段压浆来实现。
- 2 灌浆方法采用袖阀管法。施工工艺详见本规范第 15.8 款。
- 3 有条件时，可以从桩基顶部采用潜孔钻钻孔，应确保钻孔的垂直度。也可以采用从桩基旁边斜向钻孔至桩基底部。
- 4 压浆浆液中可增加化学浆液，使浆液获取更高早期强度。
- 5 灌浆压力应进行控制，防止由于压力过大导致桩基上浮。



15.7.5 增补桩基（灌注桩、静压桩）施工应考虑新增桩基施工过程中对原桩基的影响。其施工应满足以下要求：

- 1 灌注桩成孔方法的选择应综合考虑桩基深度、地质类型、桥下净空、与原结构距离等因素，选择对原结构影响小的设备成孔，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。
- 3 灌注桩施工应按现行《公路桥涵施工技术规范》执行。

15.7.6 增补静压桩施工应符合下列要求：

- 1 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。
- 2 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。
- 3 整根桩应一次连续压到设计标高，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 小时。
- 4 同一基础压桩施工应对称进行，不应数台压桩机在一个独立基础上同时加压。
- 5 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 分钟。

15.8 地基加固

15.8.1 桥梁台背、台前地基、桩侧土体等可通过注浆进行加固，地基加固主要形式有高压旋喷注浆、土体注浆等。

15.8.2 高压旋喷注浆加固地基，其施工应满足以下要求：

- 1 高压旋喷注浆施工方法可根据设计需求选择单管法、二重管法或三重管法。
- 2 单管法和二重管法施工，其成孔可喷射管本身的喷射或振动贯入，必要时，可在地基中预先成孔（孔径为 $\phi 6\sim 10\text{cm}$ ），三重管法施工，需在地基中预先钻制直径为 15cm 的预留孔。
- 3 在制定旋喷施工方案时，应搜集相关工程地质、临近建筑物、地下埋设物等资料。旋喷方案确定后应结合工程情况进行现场试验，根据工程经验确定施工工艺参数。
- 4 喷射注浆作业时，高压液体和气体管道的耐久性和管道连接可靠性应进行检查，防止发生安全事故。作业时，人员距离喷嘴最小不能小于 60cm。

- 5 垂直施工时，钻孔的倾斜度不应大于 1.5%。
- 6 旋喷时，应做好压力、流量和喷浆量的量测工作，并按要求逐项记录。
- 7 钻杆的旋转和提升应连续，不得中断。
- 8 拆卸钻杆继续旋喷时，应保持钻杆有 0.1m 的搭接长度，不得使旋喷固结体脱节。
- 9 应采用速凝浆液或跳孔喷射和冒浆回灌等措施，以防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。
- 10 高压旋喷施工结束后，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。

条文说明

2 单管法施工，将水泥和水按照比例搅拌均匀，然后通过高压泵输在土体内进行喷射。二重管法施工，将水泥浆和压缩空气同时喷射。三重管法施工，同时将水、水泥浆和压缩空气进行喷射。

3 施工作业前应调查地基是否有管线等，避免对地下埋设物造成破坏。

10 桥台、路面施工高压旋喷桩，会伴随较多的孔口反浆，施工时应采取有效措施，控制浆液流向，防止对通行车辆通行造成影响。

15.8.3 土体注浆加固地基，其施工应满足以下要求：

- 1 土体注浆加固地基应遵循先疏后密的原则，把一排中的灌浆孔分成若干批次，按先疏后密、中间插空的方式进行钻孔灌注。
- 2 对于多排孔，也应遵循先疏后密的原则，跳排打孔，逐渐加密，逐步钻孔灌注。
- 3 钻孔方法可采用回转式、回转冲击式、冲击式钻机成孔。
- 4 注浆孔直径可选择 48~55mm 小孔径，需跟管钻进的，可根据套管尺寸选择注浆孔直径。
- 5 钻孔过程中有塌孔现象的，可考虑泥浆护壁。
- 6 土体注浆工艺可采用袖阀管法注浆、循环钻灌法、自下而上灌注法等方式，对于灌注深度较浅，地质条件比较好，也可以采取全孔一次注浆方式。

7 袖阀管法注浆施工工序为：钻孔、插入袖阀管、浇筑套壳料、逐段灌浆。其优点是可以根据需要灌注任何一个灌浆段，还可以进行重复灌浆。

8 循环钻灌法是自上而下钻一段灌注一段，直至预定深度为止。其优点是自上而下分段灌浆，全孔同时受压，对各灌浆段都可以起到多次复灌作用。

条文说明

6 一般灌注深度在 12m 以内，或地质条件较好的，可以采用全孔一次注浆的方式。

7 套壳料材料可采用膨润土混凝土等。

15.9 基础冲刷加固

15.9.1 基础冲刷处治前应核实需处理部位实际的冲刷深度，计算所需材料数量及尺寸。基础防冲刷处治不应影响原河道通航条件。

15.9.2 基础防冲刷加固的主要形式有抛石防护、板桩防护、护坦加固或修筑河道防护设施（如回淤坝、拦砂坝、丁坝、顺坝、导流堤等）。

15.9.3 抛石防护一般用于深水墩台，其施工应满足以下要求：

- 1 施工前应办理水上运输、水上作业及海事等相关手续。
- 2 依据设计抛石区域，确定抛石的位置。并将抛石区域分为墩台上游、墩台与河堤之间、墩台下游三个区域。
- 3 应根据现场勘察区域，利用测深仪对整个抛石区域进行水下地形测量，并将测量数据与原始地形数据进行比对。
- 4 所选抛石原材料粒径、强度应满足设计要求。不得使用易水解石、风化石、泥岩等。
- 5 抛石应分层分段进行抛注，抛石设备、船坞应满足施工需求。

6 正式抛石前，应依据水流速和水深，进行抛石试验，以确定抛石船位置并进行固定。水流过大时，应停止抛石作业。

7 抛石顺序应遵循先上游后下游，先小块后大块，力争将大块石料压在小块石料上。

8 抛石过程中应及时进行水下断面测量，使积体断面接近设计断面。有漏抛现象应及时进行补抛。

9 抛石过程中应做好抛石施工记录，包括船只定位、移位、船只编号、抛投时间、吨位、复核记录以及水文条件等。

10 墩台防护抛石宜采用散抛。需采用抛石笼防护时，应用钢丝网兜有效包裹，浮吊作业时注意安全，抛石作业应确保桥梁结构的安全。

11 抛石结束后，应按设计要求进行理坡。

条文说明

一般可选直径为 30~50cm 块石，最大粒径不应大于 80cm，有级配要求时，应对原材料级配进行检验。

15.9.4 板桩防护施工对环境破坏小，施工便捷，工期短。墩台基础防冲刷一般采用钢板桩围护、工字钢桩围护、钢筋混凝土板桩围护等，配合有浇筑水下混凝土、片石混凝土等作业。其施工应满足以下要求：

1 施工前，应对墩台附近地基下水位、地形进行测量，并对地面、地下管线情况进行摸排，避免对既有埋设物造成损伤。

2 根据设计板桩围护形式，现场进行放样，确定板桩位置、打入深度、顶面标高，计算所需维护材料数量。

3 钢板桩、工字钢围护一般直接采取插打的方式进行，钢筋混凝土板桩围护一般通过预制场预制，现场静压插打的方式进行施工，只适用于砂性土中。

4 打桩设备可采用冲击打桩机械、振动打桩机械、振动冲击打桩机械和静力压装机械。应根据不同板桩材质、打入深度和不同地质条件、不同作业环境选择合适的打桩设备。深水打桩应配合驳船作业。

5 打桩作业应采取引导梁等有效措施，控制打桩垂直度，并确保相邻板桩有效连接。可采取逐段梯形打入，也可采取一次性打到设计标高。

6 板桩围护内有填充混凝土设计的，应在打桩作业完毕后，增加临时支撑，清理内部基底至设计标高。

7 依据现场作业条件，浇筑水下混凝土、混凝土或片石混凝土等。其施工技术要求应满足现行《公路桥涵施工技术规范》相关要求。

条文说明

打桩方式可根据地质情况进行判定，一般采取一次性打到位的，打桩的垂直度较难控制，打桩时，可将前一批打过的桩焊接在一起，防止后打入的桩将原桩带斜。

打桩遇到地质条件较硬，打入困难时，可采取高压水刀辅助下沉的方式。

15.9.5 对于季节性河流，汛期水流湍急，在墩台基础前宜形成较深的冲击坑，可考虑在枯水期采取临时围挡等方式，改变流水方向，裸露出基础前河床，对上下游河床进行护坦加固。其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》规定，还应符合以下要求：

1 河床内施工前，应办理河道作业手续，并与水利管理部门组成联防组，在上游安排专人观测河流水位情况，防止由于上游泄洪造成安全事故。

2 现场放样，确定需护坦区域，并排干冲坑积水，清理坑内杂物，河床面有淤泥杂物时，应清除淤泥，回填砂砾等。

3 采用双层或单层块（片）石做平面防护时，基底应夯实后再砌石。

4 用圬工砌体或混凝土充填冲坑，表面依据设计铺钢筋网，浇注混凝土护坦，并进行洒水养生。

15.9.6 基础防冲刷加固采取增设河道防护设施（如回淤坝、拦砂坝、丁坝、顺坝、导流堤等），其施工技术要求应符合现行《堤防工程施工规范》规定。

条文说明

季节性河流河床内施工，一定要在上游安排专人进行巡视，并确保通讯工具有效联系。向当地水利管理部门汇报每天的作业内容，防止突发大水造成伤害。

河道防护设施具体方案应根据现场实际情况确定，在进行基础开挖、砌石、围堰等作业时，应确保结构物的安全。

征求意见稿

16 桥梁抗震加固

16.1 一般规定

16.1.1 本章主要适用于地震前加固，震后病害处理按本规范相关章节执行。

16.1.2 对可能导致的倾斜、开裂或局部倒塌等现象，应预先采取安全措施。发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时，应采取有效处理措施后，方可继续施工。

16.2 防止落梁装置

16.2.1 防止落梁装置的主要类型

- 1 增设钢筋混凝土挡块。
- 2 采用拉杆连接相邻孔主梁，主梁与墩、台帽。
- 3 增设钢挡板支架（限位器、挡块）。
- 4 加大桥梁墩台帽宽度。

条文说明

在墩、台帽上增设钢筋混凝土挡块，是常用的型式。可承受地震时梁的冲击，用于保护支座，防止落梁。按功能可分为防止纵向落梁的挡块和防止横向落梁的挡块，其施工技术要求是相同的。

用钢索将相邻孔主梁，或主梁与墩、台帽连接起来，可增加对位移的约束，以减少落梁或梁体冲击桥台胸墙等震害。据对美、日等国的调研，梁与梁、梁与墩台以用钢索作柔性连接较好。也可采用钢板连接，钢板螺栓连接一般只用于相邻孔主梁之间，钢板一端用螺栓固定在梁上，另一端螺孔成槽形，用螺杆与相邻孔主梁连接，可在槽孔中填弹

性材料，允许在正常使用荷载和温度变化时钢板螺栓发生相对位移。以往也采用过普通钢丝绳连接主梁，是用普通钢丝绳在梁间缠绕，对限制位移的作用不明显，所以本规范未予采用。

钢挡板支架可安装在墩台帽上作防落梁挡块，也可固定在梁上作为限制上部结构发生过位移的限位器。

16.2.2 增设钢筋混凝土挡块应符合下列规定：

1 挡块宜采用直接测量放样。应以支座、梁（板）的实际位置为基准，保证挡块与支座、梁（板）之间的间隙及几何尺寸均符合设计要求，并使各挡块外缘排列基本整齐。

2 清除混凝土表面并植锚筋，其施工技术要求应符合本规范 6.1 条规定。

3 浇筑钢筋混凝土挡块，有关要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）规定。

4 将钢筋混凝土挡块与缓冲材料的接触面整平、清洁，加装缓冲材料并固定。

条文说明

钢筋混凝土挡块属小型构件，一般均可使用卷尺直接丈量放样。由于实桥支座、梁、板的位置及尺寸均不可能完全与设计图吻合，在旧桥墩、台帽上加作挡块时，必须依据实际丈量结果来适当调整挡块位置。保证挡块与支座、梁板之间的适当间隙是十分重要的。抗震设计在间隙中填塞橡胶等弹性缓冲材料，其厚度与间隙大小要相互匹配。因此在放样中既要满足挡块的几何尺寸，又要保证挡块与支座，梁、板的间隙。对防止横向落梁的挡块，一般只设于边梁（板）的外侧，而防止纵向落梁或支座脱落的挡块，则沿墩（台）帽横向设置。从美观考虑，应尽可能使挡块的外缘排列整齐。故本条强调放样时应兼顾间隙、截面尺寸、外缘位置三个因素，以前两个因素为主。

连接挡块与墩、台帽之间的锚固钢筋，主要承受剪力。放置锚固钢筋的孔位必须避开旧墩台中的钢筋。

清除旧混凝土表面的深度应露出粗骨料的表面，以保证新老混凝土可靠粘结。

16.2.3 连接相邻孔主梁或主梁与墩、台帽的拉杆分为柔性拉杆和刚性拉杆，分别采用钢索和钢板。安装时应符合下列规定：

1 钻锚栓孔。锚栓孔的位置应与原结构的钢筋错开，深度和直径应符合设计要求。

2 锚栓、钢索、钢板、锚固架的加工和进场检查

1) 锚栓应符合产品质量标准。钢索一般为预应力钢索。钢索、钢板、固定钢索(钢板)的锚固架可以在工厂或现场加工，其材质、尺寸应满足设计要求。锚固架应具有可靠的锚固性能。

2) 钢索的加工包括放样、下料、制作锚头等工序，施工应满足现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50)的规定和设计要求。由于连接钢索很短，下料和制作锚头时要注意扎好索端头、防止散索。

3) 钢板及锚固架的加工包括放样、下料、刨边、钻孔、焊接等工序，施工应满足现行《公路桥涵施工技术规范》的规定和设计要求。

4) 采用防落梁装置成品，应符合设计和相关的技术标准和产品质量要求。

3 植锚栓

植锚筋的施工技术要求应符合本规范附录 A 规定。

4 安装锚固架

将安装锚固架处的构件表面应清理修整平顺，在锚栓的粘结胶完全固化，且经检测抗拔力符合设计要求后安装锚固架。安装锚固架应位置准确，表面贴紧，用普通螺栓或高强螺栓将锚固架固定。用高强螺栓连接时应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50)规定。

5 穿拉杆并锚固

对于柔性拉杆，将事先准备好的钢索，穿入锚固架索孔，将钢索拉伸至设计长度或设计张力并进行锚固；对于刚性拉杆，钢板与锚固架之间用高强螺栓连接。先将固定端、活动端螺杆穿入螺孔和滑槽稍加紧固，调整好钢板位置，在活动端螺杆周围填充弹性材料，然后拧紧螺栓。高强螺栓的预张力应符合现行施工规范要求。

6 表面涂装

对安装好的锚栓、钢索、钢板、锚固架外露部分进行表面涂装以防止锈蚀。锚固架与原结构表面接触处宜进行封闭处理，以防止雨水浸入缝隙。

条文说明

用拉杆连接相邻孔主梁或将主梁与桥梁的墩、台帽相连接,可能出现以下几种不同情况,钢索拉杆所连接的两端同为混凝土、钢筋混凝土类的结构,其中一端为钢结构或另一端为混凝土、钢筋混凝土类结构。这两种结构上加装锚固架等附属物的施工技术要求是不相同的。本条针对混凝土、钢筋混凝土类结构作出相应规定。

拉杆分柔性拉杆和刚性拉杆。柔性拉杆采用钢索(多为钢绞线),两端采用锚碇管将其整束锚固,并用螺母锁紧,活动端设有弹簧。钢索采用多层防锈热塑外护套。刚性拉杆采用钢板,用螺栓连接,活动端的螺孔做成滑槽,槽的长短依允许位移量设计。滑槽中填以弹性材料。钢构件一般在加工时即进行涂装,若设计有外露面或在安装过程中原涂装有破损,则在现场进行涂装。

16.2.4 增设钢挡板支架应符合下列规定:

1 钢挡板支架一般作为上部结构的限位装置或防落梁挡块,钢挡板支架的施工工艺要求同本章第 16.2.3 条第 4 款。可先植锚栓,在准确丈量锚栓位置后,依其位置放样加工支架底板锚孔。

2 加装缓冲材料,将钢挡板支架挡板与缓冲材料的接触面整平清洁,加装缓冲材料并固定。如设计为胶结,应按设计的胶结工艺操作。

16.2.5 加宽桥梁墩台帽。用钢筋混凝土加宽墩、台帽的施工工序及技术要求应符合本规范第 15 章规定。

16.3 防止地基土液化、流动的措施

16.3.1 防止地基液化的加固施工应符合下列规定:

1 在基础周围增加封闭的地下连续护壁由钢板桩、混凝土地下连续墙或加固土构成。钢板桩、混凝土地下连续墙的施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》规定。加固土的施工技术要求可参照本规范第 15 章第 15.7 节规定。

2 固化地基。从承台底面到持力层用高压旋喷桩等对地基进行加固。施工技术要

求应符合本规范第 15 章规定。

3 增加桩基。增加桩基应穿过可能液化土层，施工技术要求应符合本规范第 15 章规定。

条文说明

在基础周围增加封闭的地下连续护壁，是为了抵抗地基的剪切变形、隔断间隙水压上升，局部防止基础下面的地基液化。

固化法是将承台底面直到持力层的地基进行固化，以防止在地震时液化。加固后的基础由固化后的土体的竖直、水平承载力来承受作用于承台的外力。该方法为高压旋喷桩施工方法，即在承台及周围钻孔，高压注入水泥浆进行机械搅拌，形成旋喷桩。为了检测固化后的强度，又需从承台往下钻取岩芯。这有可能钻断承台内的钢筋，若钢筋损伤较多，应按实际状况进行承台的检算并采取相应加固措施。由于是用水泥压浆加固，本法不适合于软弱粘土层和腐植土层，较适宜于砂土及持力层较浅的地基。

增加桩基同时需扩大承台，除扩大承台截面外有的还同时采取对承台施加预应力的加固措施。承台的扩大部分应与旧承台可靠连接，根据增加抗弯或抗剪能力的要求，加固的部位和配筋有所差异。其施工技术要求 and 一般结构加固相同。

增加的桩基应穿过液化土层到持力层。

16.3.2 防止地基土流动的加固施工应符合下列规定：

1 在可能产生流动的地基土的附近采用插打钢板桩，或作混凝土地下连续墙等方法，抑制地基变形，承受流动力作用。

2 在流动方向侧上方，用轻质土等轻质材料置换，形成缓冲区，以减轻作用于基础上的流动力，其施工技术要求应符合本规范第 15 章规定。

条文说明

当地基土液化并有土压力偏载作用时，可能发生地基土流动。在处理液化的同时，还应采取防止流动的措施。

17 支座和伸缩装置更换

17.1 支座更换

17.1.1 一般规定

1 更换支座施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》的规定。新支座的构造应符合设计要求及相关行业规定。

2 整体更换支座施工方案，应通过计算，确定更换支座的批次，顶、落梁的位移量及工序。

3 顶升梁体的临时支架应满足强度、刚度及稳定性要求。

4 梁的顶升和落梁应按设计要求进行，并满足本规范 11.10 节的相关技术要求，顶升作业期间宜临时封闭交通。

5 支座更换时应依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。

6 测量原支座和新支座的高度差，调整施工确保梁体、桥面标高符合加固设计要求。

7 同墩台的支座应一排全部更换。

条文说明

更换支座装置应符合现行《公路桥涵施工技术规范》的规定。支座的构造按设计规定办理。更换安装各种支座时，一般需要计算校核支座位移量。

整体更换支座施工一般应通过结构分析确定：千斤顶顶梁位置离开原支座的允许距离、是否需要解除梁间纵向连接及解除位置、顶落梁的批次、顶落梁的高度及工序；按更换时的气温条件计算支座安装的偏移值。

因为安装旧桥支座与更换新支座的温度不一，梁的长度发生变化，新支座的安装位置

应作相应调整。准确计算偏位值是必不可少的。如果差异较大，往往需要增大支座垫石的面积。

顶升梁体的临时支架应进行设计，其强度、刚度和稳定性必须满足规范要求。必要时可进行预压试验。

梁体的同步顶升，是施工操作保证安全的重要原则。梁板横向各支座处的顶升高程应相同，纵向各墩、台之间的顶升高度不宜相差过大。

17.1.2 板式橡胶支座的更换应符合下列要求：

- 1 检查、处理原支座垫石的缺陷，使结构完好，顶面标高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、斜桥的支座垫石标高应按桥梁纵横坡要求逐个进行核算。

条文说明

板式橡胶支座包括橡胶支座和滑板支座，橡胶支座主要利用橡胶的不均匀弹性压缩适应转角，利用其剪切变形适应水平位移。滑板支座则利用四氟乙烯板与不锈钢板之间很小的摩阻力来适应水平位移。当更换支座与原安装温差较大时，安装支座应考虑偏位值。保证支座安放水平是更换支座施工的重要控制指标。支座下设置的垫石应注意顶面平整，使两端支承垫石尽量处于同一水平面，其相对误差小于等于 3mm，避免支座发生偏斜、不均匀受力和脱空现象，如有间隙应用钢板填塞。弯坡斜桥的各支座标高不一，应根据纵横坡度逐一核对，如原支座垫石设置不当，应进行修理调整。

17.1.3 盆式橡胶支座可按下列工序进行更换。

- 1 顶升梁体，拆除旧支座并清理支座垫石、梁底钢板。
- 2 核对支座位置并放样。
- 3 若更换或加大原支承垫石，其施工技术要求应符合设计规定。
- 4 安装盆式橡胶支座。下支座板四角用钢楔块调整，使支座水平。
- 5 在支座底面环氧砂浆或无收缩砂浆硬化后，拆除支座四角临时钢楔块，并用砂浆填塞。

6 拆除上下支座连接板后，检查支座外观并且及时安装支座防尘围板。

17.1.4 盆式橡胶支座的更换应符合下列要求：

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 0.3mm 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拴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，其外露螺杆的高度不应大于螺母的厚度。

4 按考虑预偏量的位置安装支座。

条文说明

盆式橡胶支座分固定支座和活动支座，常用盆式橡胶支座由上支座板不锈钢板、聚四氟乙烯(PTFE)板、圆钢盆、橡胶板、紧箍圈、防水圈和下支座板等组成，构造较复杂。更换时应检查支座各部件质量。

17.1.5 支座上钢板与梁底固定、支座下钢板与垫石固定采用结构胶固定。

17.1.6 钢筋混凝土摆柱式支座更换时，宜用橡胶支座等进行替换，由于两种支座的高度不一，与梁、墩（台）的连接方式不同，更换时应重做支承垫石及梁底垫板，其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》规定。

17.1.7 更换减（隔）震支座

1 减（隔）震支座的更换应符合现行《公路工程抗震设计细则》的相关规定。

2 铅销橡胶减（隔）震支座应满足该产品的经过认证的技术要求。其成品力学性能检测应按照现行《公路桥梁板式橡胶支座成品力学性能检测规程》执行；技术要求、

试验方法、检测规则以及标志、包装、储存、运输要求按现行《公路桥梁板式橡胶支座》执行。

3 摩擦摆式减（隔）震支座应满足该产品经过认证的技术要求。并执行国家标准及行业标准的相关规定。

17.2 伸缩装置更换

17.2.1 一般规定

1 新伸缩装置应符合现行《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》（JT/T 327）标准的规定。伸缩装置的构造和材料应满足设计要求。更换各种伸缩装置时，应通过计算校核定位值。

2 更换伸缩装置时应根据施工环境温度确定新伸缩装置开口量。

3 更换前应认真做好伸缩装置的清理工作。

4 若采用半幅施工，应确保新伸缩装置横向连接平顺、可靠。

5 伸缩缝两侧槽口尺寸应满足新伸缩装置的安装连接要求。桥面板（梁）上锚固预埋件有缺损时，应补植连接锚筋；采用焊接时，应保证连接筋与锚筋的有效搭接长度，严禁点焊连接。

6 在浇注槽口混凝土前，应封闭开口，以避免混凝土流入伸缩缝构件内。

条文说明

桥梁伸缩缝装置属于桥梁的易损部件，修理、更换的频率较高。更换伸缩缝装置应考虑安装时温度对伸缩装置的影响，以实际温度计算开口量，如设计更换的伸缩装置不具备或很难具备初始位移量，则应要求调整伸缩装置的型号。

伸缩装置更换一般不中断交通，采用半幅施工，应注意作好两半幅伸缩装置的连接。

清除原伸缩装置时，尽量不破坏梁端混凝土和锚固钢筋，若因安装新伸缩装置需裁切原锚筋时，可留足连接长度。

安装伸缩装置，一般在开放状态浇筑槽口混凝土，槽口混凝土多采用高强、抗冲击韧

性好的材料。浇筑混凝土时，应在梁间安放塑料泡沫板等材料以防止混凝土渗入模数式伸缩装置位移控制箱内，也不允许混凝土溅填在密封橡胶带缝中，如果发生此现象，应立即清除。

安装伸缩装置在调整好线形标高后，应临时固定。临时固定可采用专用卡具，或用短钢筋点焊。点焊应两侧对称进行，防止构件翘曲。

17.2.2 嵌固对接式伸缩装置更换，应清除已破损对接型伸缩装置橡胶条，按设计要求选材重新填塞。若钢构件或锚固部件破损，应进行修理、更换。

17.2.3 梳齿板式伸缩装置更换

1 对有损伤的梳齿板应予以清除并更换新齿板，其规格型号应符合设计要求。锚固筋有损坏的应加接，如损坏严重无法加接时，应补植锚固筋。

2 防水系统有破损时，应拆除梳齿板伸缩装置进行修补。

3 梳齿板伸缩装置更换的间隙，应按更换安装时的梁体温度确定。

4 连接螺杆损坏时，应更换同型号的螺栓。螺母脱落时，应及时更换防松螺母，做数值封孔处理。

5 变位系统功能失效时，应拆除梳齿板进行检查、清理或零部件更换。

条文说明

1 常用的梳齿板式伸缩装置有普通型和多向变位型。普通梳齿板型无多向变位装置，适用于梁变形量在 40~160mm 之间的桥梁。当变形量大时，多采用多向变位型伸缩装置。这种装置具有变位系统，分轴转式、球转式、预应力式等构造，结构本身刚度较大，抗冲击力强，变位系统容易失效，需定期检查，清理杂物。

锚固件弯曲、缺失或损坏时，应进行除锈处理，并修补、植筋及补强，植筋时应灌植筋胶。

2 防水系统的角钢连接件、橡胶止水带、排水管有松动、裂痕、老化现象时，应及时修补，防止污染桥底其他构件。

3 更换梳形钢板伸缩装置时的间隙应按梁体温度决定，计算式为：

$$\Delta 1 = l - l_1 + l_2$$

式中： $\Delta 1$ ——安装时的梳形板间隙；

l ——梁的总伸缩量；

l_1 ——施工时梁的伸长量，应考虑混凝土干燥收缩引起的收缩量，预应力混凝土梁还应考虑混凝土徐变引起的收缩量；

l_2 ——富余量。

4 连接螺杆有损坏或断裂情况时，用同型号的螺栓更换。螺母松动或脱落时，应清理沉孔，采用防松特制螺母进行更换，并进行树脂封孔。树脂要求密实，无气泡，且不得污染梳齿板面。

5 变位系统失效时，应分析病因，备好修补材料。拆除梳齿板后，清除变位系统杂物，用硅脂润滑转动系统，更换有损伤的零部件。

17.2.4 模数式伸缩装置更换

1 伸缩装置应在工厂进行组装。组装钢构件应进行防锈蚀处理，吊装位置应用明显颜色标明，出厂时应附带有有效的产品质量合格证明文件。

2 伸缩装置运输中应避免阳光直接暴晒、雨淋、雪浸。保持清洁、防止变形。

3 清除原有损坏的伸缩装置时，避免损坏桥面结构及锚固筋。

4 伸缩装置更换应符合下列规定：

1) 按照设计核对预留槽口尺寸。预埋锚固筋有损坏或不符合设计要求应补植锚固筋。

2) 伸缩装置安装前，应按照安装时气温，调整安装开口量，用专用卡具固定。

3) 浇筑槽口混凝土前应凿毛旧混凝土面并清洗，确保新旧混凝土连接。并应将间隙填塞，防止混凝土渗入位移控制箱及橡胶带槽缝。如有渗入应及时清理干净。

条文说明

模数式伸缩装置适用于伸缩量为 80mm~1200mm 的桥梁工程。这种伸缩装置易出现纵梁开裂、晃动、伸缩缝不均匀、密封橡胶条脱落、锚固系统破坏等缺陷。模数式伸缩装置必须在工厂进行组装，其钢构件不允许变形扭曲。更换安装时应注意伸缩装置的中心线

与桥梁中心线重合，并使其顶面标高与设计标高吻合，按桥面横坡定位、焊接。

征求意见稿

附录 A 植筋施工方法

A.1 植筋施工

A.1.1 施工工艺流程

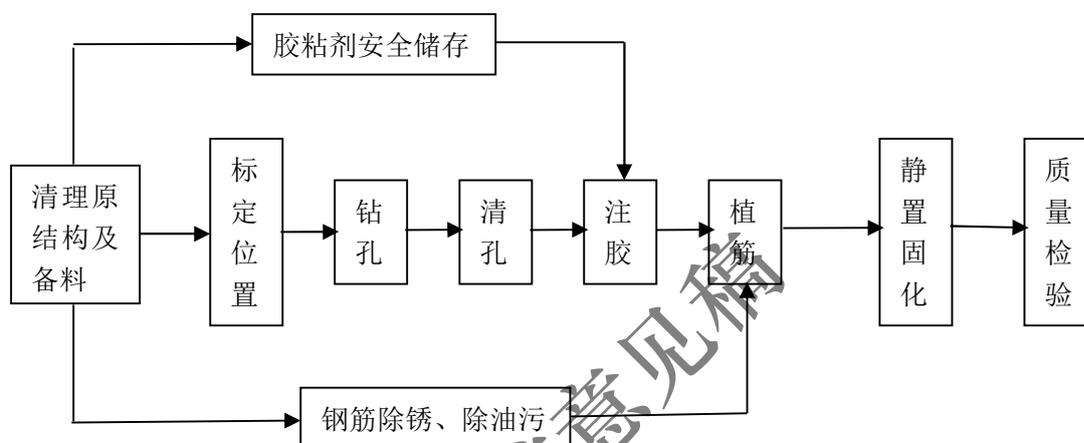


图 A.1.1 植筋施工工艺流程框图

A.1.2 植筋用胶粘剂

植筋用胶粘剂分管装式、机械注入式两种，其性能应符合《公路桥梁加固设计规范》第4章的相关规定。施工时应注意材料和配胶方式的相互配套，不得在现场配置植筋用胶粘剂。

A.1.3 植筋定位、钻孔

1 钻孔前可用钢筋探测仪探测桥梁构件植筋部位钢筋位置，或凿去保护层暴露钢筋，若植筋孔位处存在钢筋，则应适当调整钻孔位置。

2 钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻，并适当移动钻孔孔位，若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。

A.1.4 清洁孔壁、钢筋

清洁孔壁、钢筋可采用下列方法：

1 先将喷嘴伸入成孔底部并吹入洁净无油的压缩空气，向外拉出喷嘴，反复3次；

- 2 将硬毛刷插入孔中，往返旋转清刷 3 次；
- 3 再将喷嘴伸入钻孔底部吹气，向外拉出喷嘴，反复 3 次；
- 4 对要植入钢筋上的锈迹、油污进行除锈与清理；
- 5 植筋前用丙酮或工业用酒精擦拭孔壁、孔底和植入钢筋。

A.1.5 植筋

1 植筋用胶粘剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注，灌注量一般为孔深的 2/3，并应保证在植入钢筋后有少许胶粘剂溢出。

2 注入胶粘剂后应立即单向旋转插入钢筋，直至达到设计的深度，并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀，校正钢筋的位置和垂直度。

A.1.6 静置固化

胶粘剂完全固化前，不得触动或振动已植钢筋，以免影响其粘结性能。

A.2 植筋施工质量检验

A.1.1 钻孔要求

钻孔直径应符合表 A.1.1-1 的要求，直径允许偏差为+2mm、-1mm；钻孔深度、垂直度和位置的允许偏差应符合表 A.1.1-2 的要求。

表 A.1.1-1 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	22	28
10	14	22	28
12	16	25	30
14	18	28	35
16	20	32	38

表 A.1.1-2 植筋钻孔深度、垂直度和位置允许偏差

植筋位置	钻孔深度允许偏差 (mm)	钻孔垂直度允许偏差	位置允许偏差(mm)
上、下部结构	+10, 0	3°	5

承台与基础	+20, 0	5°	10
连接节点	+5, 0	2°	5

A.1.2 植筋要求

- 1 锚孔内胶粘剂应饱满，不得有未固结现象。
- 2 植入钢筋不得有松动，表面不应有损伤，钢筋不得弯曲 90°以上。

A.1.3 施工应注意的问题

- 1 严禁采用将胶粘剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式。
- 2 废孔处理：施工中钻出的废孔，应采用高于构件混凝土一个强度等级的水泥砂浆、聚合物水泥砂浆或锚固胶粘剂进行填实，必要时应插入钢筋。

征求意见稿

附录 B 锚栓施工方法

B.1 锚栓施工

B.1.1 施工工艺流程图

用于桥梁构件加固的锚栓通常有机械型锚栓、注射式化学锚栓、管式化学锚栓三种，其施工工艺流程框图见图 B.1.1-1~B.1.1-3。

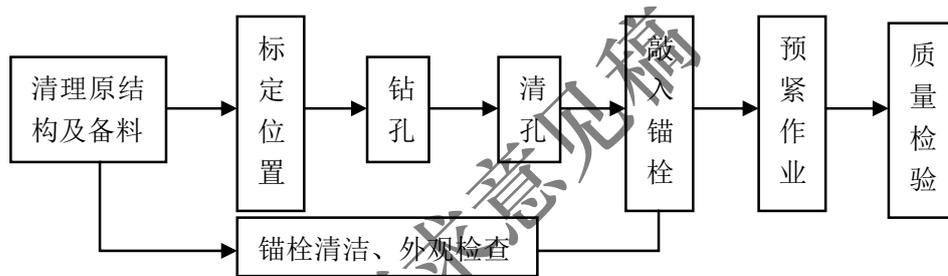


图 B.1.1-1 机械型锚栓施工工艺流程框图

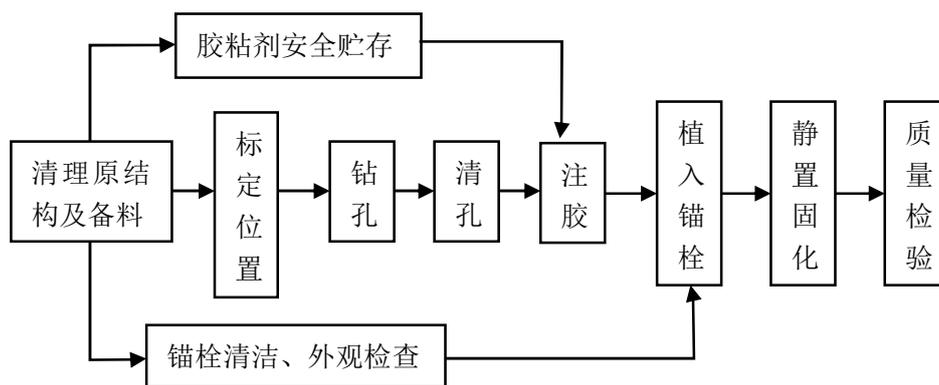


图 B.1.1-2 注射式化学锚栓施工工艺流程框图

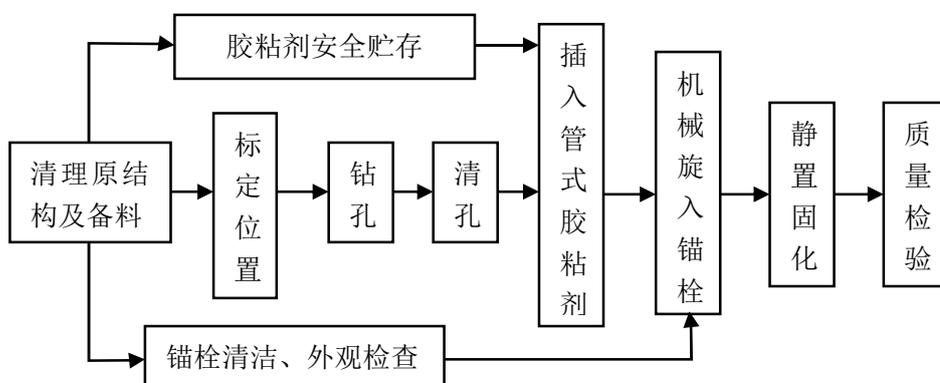


图 B.1.1-3 管式化学锚栓施工工艺流程框图

B.1.2 锚孔的定位与钻孔按照本规范附录 A 的相关要求执行，锚孔直径和孔深应和锚栓的要求相配套。

B.1.3 锚孔的清理应符合下列要求：

- 1 对机械型锚栓的锚孔，应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；必要时应用丙酮擦拭干净锚孔。
- 3 孔壁应无油污，其干燥程度应达到设计要求。
- 4 锚固的基材表面应光滑平整，无粉尘、碎屑。

B.1.4 机械型锚栓的安装应符合下列规定：

自切底、切底锚栓应采用专用工具进行安装；安装就位后其套筒顶端至混凝土表面的距离应约为 1mm。

B.1.5 化学锚栓的安装应符合下列规定：

- 1 注射式化学锚栓的安装，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；以孔口有胶粘剂溢出作为目测检验注胶合格的标志。
- 2 玻璃管式化学锚栓的安装，应将玻璃管插入锚孔，用电锤以低速（小于 750r/分钟）

将螺杆旋入至锚固深度，目测以有少量胶粘剂外溢为合格。

- 3 化学锚栓在固化时间内严禁扰动，以免影响其粘结性能。

B.2 施工质量检验

B.2.1 锚固质量应符合设计的规定，当设计无要求时，应符合表 B.2.1 的要求。

表 B.2.1 锚固施工允许偏差

锚栓种类	预紧力	锚固深度 (mm)	位移 (mm)
扭矩控制式型锚栓	+15%	0, +5	—
扭矩控制式扩孔型锚栓	+15%	0, +5	—
位移控制式型锚栓	+15%	0, +5	0, +2

B.2.2 化学锚栓的粘胶剂的性能应符合《公路桥梁加固设计规范》第 4 章的相关规定。

B.2.3 施工应注意的问题

- 1 机械型锚栓和化学锚栓应整套使用，不得替换任何部件。
- 2 废孔应按附录 A 中 A.1.3 条方法处理。