

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2869—2017

高速公路桥梁养护施工标准化指南

Standard Guide for maintenance of highway bridge construction

2017 - 03 - 30 发布

2017 - 04 - 30 实施

安徽省质量技术监督局 发布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 一般规定	4
5 养护施工常用材料	4
5.1 钢筋	4
5.2 钢板、型钢	5
5.3 预应力筋	5
5.4 支座	5
5.5 伸缩缝	5
5.6 混凝土	5
5.7 聚合物砂浆	6
5.8 水泥基灌浆料	6
5.9 锚固件	8
5.10 纤维复合材料	8
5.11 胶黏剂	9
6 混凝土裂缝处理	11
6.1 一般要求	11
6.2 施工工艺和管理要点	12
6.3 施工质量检测与验收	13
7 混凝土表面缺陷处理	14
7.1 一般要求	14
7.2 施工工艺和管理要点	15
7.3 施工质量检验与验收	16
8 粘贴钢板加固施工	17
8.1 一般要求	17
8.2 施工工艺和管理要点	17
8.3 施工质量检验与验收	19
9 粘贴纤维复合材料施工	20
9.1 一般要求	20
9.2 施工工艺和管理要点	21
9.3 施工质量检验与验收	23
10 体外预应力施工	23

10.1	一般要求	24
10.2	施工工艺和管理要点	24
10.3	施工质量检验与验收	28
11	增大截面施工	30
11.1	一般要求	30
11.2	施工工艺及管理要点	30
11.3	施工质量检验与验收	32
12	混凝土桥面病害修补及桥面铺装更换施工	33
12.1	一般要求	33
12.2	施工工艺和管理要点	33
12.3	施工质量检验与验收	37
13	伸缩缝维修与更换施工	38
13.1	一般要求	38
13.2	施工工艺和管理要点	38
13.3	施工质量检测与验收	43
14	桥梁支座维修与更换施工	45
14.1	一般要求	45
14.2	施工工艺及管理要点	45
14.3	施工质量检测与验收	49
15	斜拉桥换索施工	50
15.1	一般要求	50
15.2	施工工艺和管理要点	50
15.3	施工质量检测与验收	53
16	悬索桥更换吊索施工	54
16.1	一般要求	54
16.2	施工工艺和管理要点	54
16.3	施工质量检测与验收	56
附录 A (规范性附录)	种植钢筋施工方法	57
附录 B (规范性附录)	种植锚栓施工方法	59
附录 C (规范性附录)	碳纤维片材加固混凝土结构黏结强度现场检测方法	62
附录 D (规范性附录)	锚固承载力现场检测方法	64

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由安徽省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：安徽省交通控股集团有限公司、中交瑞通路桥养护科技有限公司、芜宣高速管理公司、庐江高速管理公司、青阳高速管理公司、黄山高速管理公司、金寨高速管理公司。

本标准主要起草人：熊亮、韦国志、张志明、崔珊珊、黄媛媛、陈兆龙、夏梁斌、孙贤福、蒲德纯、黄志静、张文钊、刘鹏。

高速公路桥梁养护施工标准化指南

1 范围

本标准规定了高速公路混凝土桥梁养护施工的术语和定义、一般规定、材料性能检验、混凝土裂缝处理、混凝土表面缺陷处理、粘贴钢板加固施工、粘贴纤维复合材料加固施工、体外预应力加固施工、增大截面施工、混凝土桥面病害修补及桥面铺装更换施工、伸缩缝维修与更换、支座维修与更换、斜拉桥更换斜拉索施工、悬索桥更换吊索施工。

本标准适用于高速公路混凝土桥梁养护施工，其它等级公路桥梁养护施工可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)
- GB/T 17955 桥梁球型支座
- GB/T 18365 斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件
- GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
- GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
- JB/T 6402 大型低合金钢铸件
- JG/T 161 无粘结预应力钢绞线
- JG/T 289 混凝土结构加固用聚合物砂浆
- JG/T 507 数显式粘结强度检测仪
- JT/T 4 公路桥梁板式橡胶支座
- JT/T 327 公路桥梁伸缩装置通用技术条件
- JT/T 391 公路桥梁盆式支座
- JT/T 449 公路悬索桥吊索
- JT/T 666 公路工程土工合成材料 轻型硬质泡沫材料
- JT/T 854 公路桥梁球型支座规格系列

JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JTG H30 公路养护安全作业规程
JTG/T J22-2008 公路桥梁加固设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桥梁养护 bridge maintenance

为确保桥梁始终处于正常工作状态，所进行的检查、检测、评估、以及维修加固工作。

3.2

植筋 bonded rebar

以专用的结构胶粘剂将带肋钢筋或螺杆锚固于混凝土基材中。

3.3

锚栓 anchor bolt

将被连接件锚固到混凝土基材上的锚固材料。

3.4

结构胶 structural adhesives

能承受较大荷载，且耐老化、耐疲劳、耐腐蚀，在预期寿命内性能稳定，适用于承重构件，能长期承受外力和环境作用的胶黏剂。

3.5

界面胶（剂） Interface adhesive

为改善粘结材料、修补材料与基材之间的相互粘接性能而在基材表面涂布的胶黏剂。

3.6

阻锈剂 corrosion inhibitor for reinforcing steel in concrete

能抑制混凝土中钢筋电化学腐蚀的抑制剂，一般分为掺入型和喷涂型。

3.7

纤维复合材料 fibre reinforced polymer (FRP)

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

3.8

环氧涂层钢筋（钢绞线） epoxy-coated rebar (steel strand)

表面涂有封闭环氧涂层的钢筋（钢绞线）。

3.9

环氧混凝土 epoxy resin concrete

以改性环氧树脂乳液为主剂，掺入石子、砂等材料形成的高强度混凝土。

3.10

聚合物砂浆 polymer mortar

将聚合物与水泥、细骨料、掺合料、添加剂等按适当比例混合而成的高强度水泥砂浆。

3.11

表面处理 surface preparation

为改善修补材料与原构件之间，或新旧基材之间的粘合能力，而对其表面进行的物理或化学处理。

3.12

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。

3.13

裂缝压力注浆法 pressure slip casting method

对混凝土构件裂缝通过一定的压力将浆液压入裂缝中的方法。

3.14

增大截面加固法 structure member strengthening with R.C & P.C

通过增大原构件截面面积并增配钢筋，以提高其承载力和刚度的方法。

3.15

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

采用结构胶黏剂粘贴钢板（型钢）以提高构件承载力的方法。

3.16

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

采用结构胶黏剂粘贴纤维复合材料以提高构件承载力的方法。

3.17

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

通过施加体外预应力，使原结构、构件的受力得到改善或调整的方法。

3.18

同步顶升 synchronous lift system

利用多点同步千斤顶设备，采用计算机控制，实现多点位移与应力均衡布置，达到结构物同步、平衡抬升的顶升方法。

4 一般规定

4.1 高速公路桥梁养护应按照“预防为主，防治结合，安全可靠”的原则，加强桥梁检查与检测工作，大力提倡桥梁预防性养护，以桥梁主要承重部件为重点进行维修加固，努力提高桥梁结构的耐久性和安全性，确保桥梁运行安全。

4.2 桥梁养护施工作业前，应做好以下准备工作：

- a) 按规定、按程序办理有关手续，报批交通组织方案，并按交通组织方案中的要求，做好准备工作。
- b) 编制实施性的施工组织设计，制订必要的施工工艺细则，采取有效措施，确保养护工程质量。
- c) 对主要材料进行检验，其性能指标满足设计要求后方可用于施工。养护材料的检验，应依据国家及行业现行标准执行。
- d) 对施工、试验、机械、管理等岗位的技术人员和各种技术工人进行培训，未经培训的人员不得单独上岗操作。
- e) 对所使用的设备和仪器进行维修、保养和检验。
- f) 加强桥梁结构物病害的复查，及时向设计部门反馈信息，指导养护施工。

4.3 桥梁养护施工作业应避免对原结构物的损伤。

4.4 桥梁养护施工作业，宜在白天和晴天进行。遇有高温、冰冻、雨雪、大风等不良天气时，不宜作业，必须在不良天气或夜间进行养护施工的，应有相应的施工保障措施。

4.5 高速公路桥梁养护施工作业，对于不中断交通的养护作业，施工前应应与公路及交通相关管理部门联系办理有关手续，按批准的时间、范围进行施工，并向社会发布相关公告信息。应符合 JTG H30 的规定设置施工标志、限速标志、反光锥形标志及其他安全设施，桥下有通航要求时，应布置助航标志、警示灯及防护措施。

4.6 高速公路桥梁养护施工作业除应符合本指南外，尚应符合国家或相关行业有关标准。

5 养护施工常用材料

桥梁养护所用材料应符合设计图纸给出的相应指标要求，设计图纸没有提出具体指标时，应符合以下要求：

5.1 钢筋

5.1.1 桥梁养护用普通钢筋性能指标应符合 GB/T 1499.1、GB/T 1499.2 的规定，普通钢筋的力学性能指标应符合 JTG D62 的相应规定。

5.1.2 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

5.1.3 钢筋分批进行检验时，可由同一品牌、同一炉罐号、同一尺寸的钢筋进行组批，每批次质量不宜大于 60 t，大于 60 t 时，超出部分每 40 t 应增加一组拉伸和弯曲试验试样。

5.2 钢板、型钢

5.2.1 桥梁养护加固用钢板、型钢等钢材应符合 GB/T 700、GB/T 1591 的规定。

5.2.2 钢板、型钢应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

5.2.3 钢板、型钢分批进行检验时，可由同一品牌、同一炉罐号、同一尺寸的钢板进行组批，每批次质量不宜大于 60 t。

5.3 预应力筋

5.3.1 桥梁养护加固用预应力钢丝、钢绞线、螺纹钢筋等材料的性能和指标，应符合相应国家标准的规定。钢丝应符合 GB/T 5223 的规定；钢绞线应符合 GB/T 5224 的规定；螺纹钢筋应符合 GB/T 20065 的规定。

5.3.2 体外预应力索应采用防腐性能可靠的产品，宜采用成品索；采用无粘结预应力钢绞线时，其性能指标应符合 JG/T 161 的规定。

5.3.3 钢丝分批进行检验时，每批次质量不宜大于 60 t；钢绞线分批进行检验时，每批次质量不宜大于 60 t；螺纹钢筋分批进行检验时，每批次质量不宜大于 100 t。

5.3.4 预应力筋的实测强度不应低于现行国家标准的规定，对于养护作业预应力筋使用较少的一般性桥梁，预应力筋力学性能的检测，可仅进行抗拉强度的检验，或由生产厂家提供力学性能试验报告。

5.4 支座

5.4.1 桥梁养护用板式支座、盆式支座、球型支座等材料的性能和指标，应符合相应国家标准的规定。板式支座产品质量及技术指标应符合 JT/T 4、JT/T 666 的规定；盆式支座应符合 JT/T 391 的规定；球型支座产品质量及技术指标应符合 GB/T 17955、JT/T 854 的规定。

5.4.2 支座应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

5.4.3 支座的实测力学性能不应低于现行国家标准的规定，对于养护作业支座使用较少的一般性桥梁，支座力学性能的检测，可由生产厂家提供力学性能试验报告。

5.5 伸缩缝

5.5.1 桥梁养护用伸缩缝材料的性能和指标应符合 JT/T 327 的规定。

5.5.2 伸缩缝材料应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

5.5.3 伸缩缝的实测力学性能不应低于现行国家标准的规定，对于养护作业伸缩缝使用较少的一般性桥梁，力学性能的检测，可由生产厂家提供力学性能试验报告。

5.6 混凝土

5.6.1 混凝土工程所用的各类原材料，均应符合现行国家及行业标准，并应在进场时对其性能和质量进行检验。

5.6.2 养护施工所用混凝土可采用商品混凝土，所添加的粉煤灰应为 I 级灰，且烧失量不应大于 3%。

5.6.3 当桥梁养护作业选用聚合物混凝土、微膨胀混凝土、环氧混凝土或合成短纤维混凝土时，在施工前应进行试配，其性能指标满足设计要求。

5.6.4 混凝土中掺用外加剂时，其质量及相关技术规定应符合 GB 8076、GB 50119 的要求，不能使用含有氯盐、亚硝酸盐、碳酸盐和硫氰酸盐类成分的外加剂，不得使用铝粉作为混凝土的膨胀剂。

5.6.5 混凝土的抗压强度检验，应以标准方式成型的试件，置于标准养护条件下（温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于 95%）进行养生 28 天所测得的抗压强度进行检验。

5.6.6 混凝土标准试件为边长 150 mm 的正方体，3 个为一组。不同混凝土标号、不同配合比的混凝土应分别在施工现场或拌合场地随机制取试件。

5.6.7 养护施工结构物构件所用混凝土方量较少，当原材料、混凝土配比相同，且由同一拌合站拌制时，可几处结构物合并制取试件。

5.7 聚合物砂浆

5.7.1 聚合物砂浆的质量及相关技术规定应符合 JG/T 289 的规定。聚合物砂浆应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同等级及生产厂家分批进行力学性能检验。其性能指标满足设计要求后方可用于施工。

5.7.2 桥梁养护加固所用聚合物砂浆，按聚合物材料状态分为乳液类和干粉类。改性水泥砂浆的聚合物品种，应为改性环氧类、改性丙烯酸酯类、改性丁苯类或改性氯丁类聚合物，不得使用聚乙烯醇类、丙苯类、氯偏类聚合物以及乙烯-醋酸乙烯共聚物。

5.7.3 聚合物砂浆在使用前，应对外包装进行检验，外包装无破损、聚合物干粉类无板结、结块，没有超过使用保质期，方可用于施工。

5.7.4 聚合物砂浆性能指标应符合表 1 中的有关规定。

表1 聚合物砂浆主要性能指标

性能项目		性能等级	
		I 级	II 级
凝结时间	初凝/min	≥ 45	≥ 45
	终凝/h	≤ 24	≤ 24
抗压强度 (MPa)	7d	≥ 40	≥ 30
	28d	≥ 55	≥ 45
抗折强度 (MPa)	7d	≥ 8	≥ 7
	28d	≥ 12	≥ 10
粘结强度 (MPa)	14d	≥ 1.2	≥ 1.0
抗渗压力 (MPa)	28d	≥ 2.5	2.0
收缩率 (%)	28d	≤ 0.1	≤ 0.1
抗冻性能*	强度损失率 (%)	≤ 25	≤ 25
	质量损失率 (%)	≤ 5	≤ 5

注：* 有抗冻性能要求时，应进行抗冻性能检验。

5.7.5 聚合物砂浆分批进行检验时，每 50 t 应为一个检验批次，不足 50 t 时，应按一个检验批次计，每一检验批次应为一个取样单位。

5.7.6 砂浆抗压标准试件为边长 70.7 mm 的正方体，6 个为一组。每工作班组制作两组，养护施工结构物构件所用聚合物砂浆较少时，当原材料、配比相同，且由同一拌合站拌制，可几处结构物合并制取试件。

5.8 水泥基灌浆料

5.8.1 水泥基灌浆材料由水泥、骨料、外加剂和矿物掺合料等原材料在专业化工厂按比例计量配制而成，在使用地点只需按一定比例加水或配套组份拌合，用于螺栓锚固、结构加固、预应力管道灌浆等。

5.8.2 水泥基灌浆料的质量及相关技术规定应符合 GB/T 50448 的规定。水泥基灌浆料应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同等级及生产厂家分批进行力学性能检验。其性能指标满足设计要求后方可用于施工。

5.8.3 水泥基灌浆材料应用于结构物增大截面法施工时，应根据厂家提供的配合比，加入一定比例的细石混凝土。

5.8.4 水泥基灌浆材料在使用前，应对外包装进行检验，外包装无破损、无板结、结块，没有超过使用保质期，方可用于施工。

5.8.5 水泥基灌浆材料性能指标应符合表 2 中的有关规定。

表2 水泥基灌浆材料主要性能指标

性能项目		I类	II类	III类	IV类
最大骨料粒径 (mm)		≤4.75			>4.75且≤25
截锥流动度 (mm)	初始值	—	≥340	≥290	≥650*
	30 min	—	≥310	≥260	≥550*
流锥流动度 (s)	初始值	≤35	—	—	—
	30 min	≤50	—	—	—
竖向膨胀率 (%)	3 h	0.1~0.35			
	24 h 与 3 h 的 膨胀率之差	0.02~0.50			
抗压强度 (MPa)	1d	≥15	≥20		
	3d	≥30	≥40		
	28d	≥50	≥60		
氯离子含量 (%)		<0.1			
泌水率 (%)		0			
注：* 表示坍落扩展度数值。					

5.8.6 用于孔道压浆的水泥基灌浆料性能指标应符合表 3 中的有关规定。

表3 用于孔道压浆的水泥基灌浆材料主要性能指标

性能项目		指标
凝结时间 (h)	初凝时间	≥4
	终凝时间	≤24
流锥流动度 (s)	初始	10~18
	30 min	12~20
泌水率 (%)	24 h 自由泌水率	0
	压力泌水率 (%), 0.22 MPa	≤1
	压力泌水率 (%), 0.36 MPa	≤2
24 小时自由膨胀率		0~3
充盈率		合格
氯离子含量 (%)		≤0.06

5.8.7 水泥基灌浆料分批进行检验时，每 50 t 应为一个检验批次，不足 50 t 时，应按一个检验批次计，每一检验批次应为一个取样单位。

5.8.8 水泥基灌浆料抗压强度检验，最大粒径不大于 4.75 mm 时，抗压强度标准试件应制成 40×40×160 mm 的棱柱体，抗压强度检验应按 GB/T 17671 中有关规定执行。水泥基灌浆料最大粒径大于 4.75 mm 且不大于 25 mm 时，抗压强度标准试件应制成 100×100×100 mm 的立方体，抗压强度检验应按 GB/T 50081 中有关规定执行。

5.9 锚固件

5.9.1 锚固件为钢筋时，其钢筋材料性能应符合本章 5.1 中的有关规定。

5.9.2 锚固件为锚栓时，其材料性能应符合表 4 中的有关规定。

表4 锚栓主要性能指标

性能项目		抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)
碳素钢及 合金钢锚栓	4.8 级	≥400	≥320	≥14
	5.8 级	≥500	≥400	≥10
	6.8 级	≥600	≥480	≥8
	8.8 级	≥800	≥640	≥12
不锈钢锚栓	50 (d≤39 mm)	≥500	≥210	≤0.6d
	70 (d≤24 mm)	≥700	≥450	≤0.4d
	80 (d≤24 mm)	≥800	≥600	≤0.3d

注：表中的 d 表示锚栓的公称直径。

5.9.3 锚栓应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

5.10 纤维复合材料

5.10.1 桥梁养护加固用纤维复合材料应符合 JTG/T J22-2008 的第 4.5 节纤维复合材料要求。其主要力学性能指标应符合表 5 中的有关规定。

表5 纤维复合材料主要力学性能指标

纤维类别	性能项目		抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	伸长率 (%)
碳纤维	布材	I 型	≥3400	≥2.3×10 ⁵	≥1.6
		II 型	≥3000	≥2.0×10 ⁵	≥1.5
	板材	I 型	≥2400	≥1.6×10 ⁵	≥1.6
		II 型	≥2000	≥1.4×10 ⁵	≥1.4
芳纶纤维	I 型		≥1800	≥1.1×10 ⁵	≥2.4
	II 型		≥1500	≥8.0×10 ⁴	≥2.0
玻璃纤维	S 玻璃（高强型）		≥2200	≥1.0×10 ⁵	≥2.5
	E 玻璃（无碱型）		≥1500	≥7.2×10 ⁴	≥2.0

注：表中的纤维性能指标，应根据置信水平 C=0.99、保证率为 95% 的要求确定。

5.10.2 纤维复合材料应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查外观和标识外，尚应按不同规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

5.11 胶黏剂

5.11.1 纤维复合材料应与其使用的胶黏剂相适配，其安全性能指标应符合表 6 中的有关规定。

表6 纤维适配性检验相关指标

纤维类别	性能项目		弯曲强度 (MPa)	仰贴条件下纤维复合材— 混凝土粘结正拉强度 (MPa)	层间剪切强度 (MPa)
碳纤维	布材	I 型	≥700	≥2.5 且为混凝土 内聚破坏	≥45
		II 型	≥600		≥35
	板材		/		≥50
芳纶纤维	I 型		≥400		≥40
	II 型		≥300		≥30
玻璃纤维	S 玻璃 (高强型)		≥600		≥40
	E 玻璃 (无碱型)		≥500	≥35	

5.11.2 粘贴纤维复合材料用的浸渍、粘贴胶黏剂安全性能指标应符合表 7 中的有关规定。

表7 纤维浸渍、粘接用胶黏剂安全性能指标

性能项目		性能要求	
		A 级胶	B 级胶
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	≥40	≥30
	抗拉弹性模量 (MPa)	≥2500	≥1500
	抗弯强度 (MPa)	≥50, 且不得呈脆性破坏	
	抗压强度 (MPa)	≥70	
	伸长率 (%)	≥1.5	
粘结能力	钢—钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)	≥14	≥10
	钢—钢不均匀扯离强度 (KN/m)	≥20	≥15
	与混凝土的正拉粘结强度 (MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏	
	不挥发物含量 (固体含量) (%)	≥99	
注1: 表中的胶黏剂性能指标, 应根据置信水平 C=0.90、保证率为 95%的要求确定;			
注2: 表中的性能指标除标有标准值外, 均为平均值。			

5.11.3 粘贴纤维复合材料用的底胶及修补胶黏剂安全性能指标应符合表 8 中的有关规定。

表8 底胶及修补胶的安全性能指标

性能项目		性能要求	
		A 级胶	B 级胶
底胶	钢—钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)	≥14	≥10
	与混凝土的正拉粘结强度 (MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏	

表 8 (续)

性能项目		性能要求	
		A 级胶	B 级胶
底胶	不挥发物含量 (固体含量) (%)	≥99	
	混合后初粘度 (23℃时) (mPa·s)	≤6000	
修补胶	胶体抗拉强度 (MPa)	≥30	
	胶体抗弯强度 (MPa)	≥40, 且不得呈脆裂破坏	
	与混凝土的正拉粘结强度 (MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏	
注: 表中的性能指标除标有标准值外, 均为平均值。			

5.11.4 粘贴钢板、异形钢的胶黏剂安全性能指标应符合表 9 中的有关规定。

表9 粘钢及外粘型钢用胶粘剂安全性能指标

性能项目		性能要求	
		A 级胶	B 级胶
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	≥30	≥25
	抗拉弹性模量 (MPa)	≥3500 (≥3000)	
	抗弯强度 (MPa)	≥45, 且不得呈脆性破坏	
	抗压强度 (MPa)	≥65	
	伸长率 (%)	≥1.3	≥1.0
粘结能力	钢—钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)	≥15	≥12
	钢—钢不均匀扯离强度 (KN/m)	≥16	≥12
	钢—钢粘结抗拉强度 (MPa)	≥33	≥25
	与混凝土的正拉粘结强度 (MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏	
不挥发物含量 (固体含量) (%)		≥99	
注: 表中的抗拉弹性模量指标仅用于灌注粘钢型胶粘剂。			

5.11.5 锚固件所用胶黏剂安全性能指标应符合表 10 中的有关规定。

表10 锚固用胶粘剂安全性能指标

性能项目		性能要求		
		I 级胶	II 级胶	
胶体性能	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥8.5	≥7	
	抗压强度 (MPa)	≥60		
	抗弯强度 (MPa)	≥50	≥40	
粘结能力	钢—钢 (钢套筒法) 拉伸抗剪强度标准值 (MPa)	≥16	≥13	
	约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的黏结强度 (MPa)	C30 φ25 L=150 mm	≥11	≥8.5
		C60 φ25 L=125 mm	≥17	≥14
不挥发物含量 (固体含量) (%)		≥99		

5.11.6 裂缝灌注所用胶黏剂安全性能指标应符合表 11 中的有关规定, 其工艺性能要求应符合表 12 中的有关规定。

表11 裂缝修补胶（注射剂）安全性能指标

性能项目		性能指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	≥20
	抗拉弹性模量 (MPa)	≥1500
	抗压强度 (MPa)	≥50
	抗弯强度 (MPa)	≥30, 且不得呈脆性破坏
钢—钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)		≥10
不挥发物含量 (固体含量) (%)		≥99

表12 裂缝修补胶（注射剂）工艺性能要求

项目	性能指标
混和后初始粘度 (MPa·s)	100~500 (取决于裂缝粗细)
可操作时间 (min)	≥60
施工环境温度 °C	5~40°C
可灌注性	能灌入宽度 0.1 mm 的裂缝

5.11.7 裂缝灌注所用聚合物水泥注浆料安全性能指标应符合表 13 中的有关规定, 其工艺性能要求应符合表 14 中的有关规定。

表13 修补裂缝用聚合物水泥注浆料安全性能指标

性能项目		性能指标
浆体性能	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥5
	抗压强度 (MPa)	≥40
	抗折强度 (MPa)	≥10
注浆料—混凝土正拉粘结强度 (MPa)		≥2.5, 且为混凝土破坏

表14 裂缝注浆料工艺性能要求

项目	性能指标		备注
	环氧类	水泥类	
膨胀率 (%)	≥0.02	≥0.02	经试配确定
流动度 (mPa·s)	≥500	≥300	气温 25°C 下测定
可操作时间 (min)	≥60	≥60	气温 25°C 下测定

5.11.8 胶黏剂应具有出厂质量证明书和试验报告单, 进场时除应检查外观和标识外, 尚应按不同规格及生产厂家分批进行力学性能检验。

6 混凝土裂缝处理

6.1 一般要求

6.1.1 裂缝处理结构面应保持干燥, 裂缝封闭、灌注胶体使用温度应满足材料性能要求, 且不低于 5°C。

6.1.2 施工前, 应对裂缝所处部位、裂缝宽度进行分类, 根据设计文件要求选择正确的处理方案。

6.2 施工工艺和管理要点

6.2.1 工艺流程图

6.2.1.1 裂缝封闭施工工艺流程图如图 1 所示。

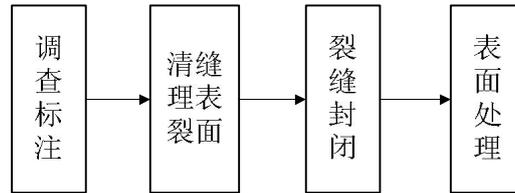


图1 裂缝封闭施工工艺流程图

6.2.1.2 裂缝灌浆施工工艺流程图如图 2 所示。

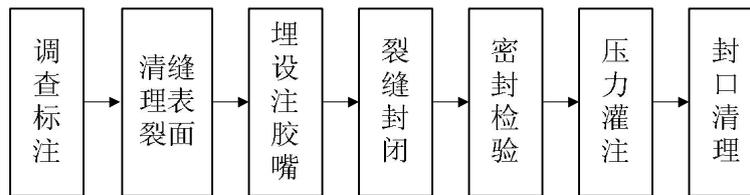


图2 裂缝灌浆施工工艺流程图

6.2.2 裂缝调查及标注

6.2.2.1 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，做好记录，绘制裂缝分布图。依据设计文件确定每条裂缝的处治方案。

设计没有明确时，应按以下原则处理：

- a) 裂缝宽度小于 0.15 mm，采用表面封闭法；
- b) 裂缝宽度大于（或等于）0.15 mm，采用压力灌注法。

6.2.2.2 依据调查结果准备裂缝封闭胶、灌注胶、注胶嘴、注胶器等材料数量，做好施工准备工作。

6.2.3 裂缝封闭处理法

6.2.3.1 清理裂缝表面

6.2.3.1.1 裂缝缝口表面处理，用电动钢丝刷沿裂缝走向宽 30~50 mm 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。

6.2.3.1.2 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。

6.2.3.2 裂缝封闭施工

用调制好的裂缝修补材料涂刷或适当加压刮抹，在裂缝表面形成宽 3~4 cm 的封闭带。

6.2.3.3 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。

6.2.4 裂缝灌浆处理法

6.2.4.1 清理裂缝表面

其施工技术要求应符合本标准 6.2.3.1 条的规定。

6.2.4.2 埋设注胶嘴

6.2.4.2.1 裂缝表面清理完成后，应按照设计文件要求，对裂缝进行刻 V 型槽处理，并清理灰尘。

6.2.4.2.2 在裂缝交叉处、较宽处、端部以及裂缝贯穿处埋设注胶嘴，其间距分两种情况设置：当缝宽小于 1 mm 时为 200~300 mm，当缝宽大于 1 mm 时为 300~400 mm。埋设注胶嘴前，应按照设计文件要求钻制注胶引孔。

6.2.4.2.3 先将注胶嘴粘贴面用砂布擦亮，在注胶嘴的底盘上抹一层厚度约 1 mm 的环氧胶泥，将注胶嘴的进浆孔对正裂缝粘贴在预定的位置上。结构物两侧贯通缝的压浆嘴应在构件的两面交错布置。

6.2.4.3 裂缝封闭

用调制好的裂缝修补材料封缝，先在裂缝两侧 30~40 mm 宽范围内涂抹一层 1 mm 左右厚、30~40 mm 宽的裂缝修补材料，刮涂时应防止产生小孔和气泡，要刮平整，保证封闭可靠。

6.2.4.4 配置胶液

按厂家提供的配方和配置方法进行配制，浆液一次配备的数量，要根据在压浆时的温度条件下浆液的凝固时间和注胶速度来确定。

6.2.4.5 密封性检查

检查封闭带是否封严，在封闭带上及灌胶嘴周围涂上肥皂水，采用压缩气体通过灌胶嘴，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。

6.2.4.6 压力灌浆

将压浆液注入压浆罐，用 0.1~0.4 MPa 的压力自裂缝一端向另一端依次压入浆液（竖向、斜向裂缝压浆应自下而上进行灌注），压浆时要使相邻压浆嘴冒浆后，才能关闭正在压浆的压浆嘴，再在下一个压浆嘴继续压浆，直到最后一个压浆嘴冒浆，关闭该压浆嘴，并保持终压 3 分钟，压浆即可结束。

6.2.4.7 封口清理

待浆液固化后，清除压浆嘴，用封闭胶将压浆口封闭，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。

6.3 施工质量检测与验收

6.3.1 桥梁混凝土裂缝处理工程验收

包括关键工序中间验收和交工验收。

6.3.2 关键工序中间验收

6.3.2.1 裂缝封闭

桥梁混凝土裂缝封闭应对下列关键工序进行验收：

- a) 原材料检验；
- b) 混凝土表面处理；
- c) 裂缝封闭。

6.3.2.2 裂缝灌浆

桥梁混凝土裂缝灌浆应对下列关键工序进行验收：

- a) 材料检验；
- b) 混凝土表面处理；
- c) 裂缝刻槽；
- d) 埋设注胶嘴；
- e) 裂缝封闭；
- f) 密封性检验；
- g) 裂缝灌浆。

6.3.3 交工验收

6.3.3.1 工程完工后，可组织交工验收。

6.3.3.2 桥梁混凝土裂缝封闭交工验收现场实测内容应符合表 15 的要求。

表15 裂缝封闭交工验收检查内容

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	缝口表面处理宽度	>30 mm	最窄处钢尺测量：100%
2	缝口表面涂胶宽度	>30 mm	最窄处钢尺测量：100%
3	外观鉴定	裂缝封闭后应均匀、平整、无鼓包、无露孔、无开裂、无褶皱； 封闭材料表面颜色应与原混凝土颜色基本一致。	

6.3.3.3 桥梁混凝土裂缝灌浆交工验收现场实测内容应符合表 16 的要求。

表16 裂缝灌浆交工验收检查内容

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	灌浆嘴间距	符合设计要求，设计未规定时，间距<40 cm	尺量：30%
2	气检	0.4 Mpa 压力不漏气	检查施工记录：100%
3	灌浆压力	符合设计要求：设计未规定时，化学灌浆压力≥0.2 MPa	检查施工记录：100%
4	持压	0.4 Mpa 压力不小于 3 min	检查施工记录：100%
5	注浆饱满程度	95%	钻芯取样、雷达或超声：每 100 条裂缝检查 3 处，且一个单位工程不小于 3 处
6	外观鉴定	裂缝封闭后应均匀、平整、无鼓包、无露孔、无开裂、无褶皱； 封闭材料表面颜色应与原混凝土颜色基本一致； 结构表面不应遗留注入器、灌浆嘴、胶泥等。	

7 混凝土表面缺陷处理

7.1 一般要求

7.1.1 混凝土表面缺陷修补施工过程中，应避免结构物振动。

7.1.2 混凝土表面缺陷处治前，应对裸露的钢筋按照设计要求进行防腐处理。

7.1.3 所修补混凝土坑槽深度较大时，应采取支模浇筑混凝土的方式处理。

7.2 施工工艺和管理要点

7.2.1 工艺流程图

混凝土表面缺陷处理施工工艺流程图如图3所示。

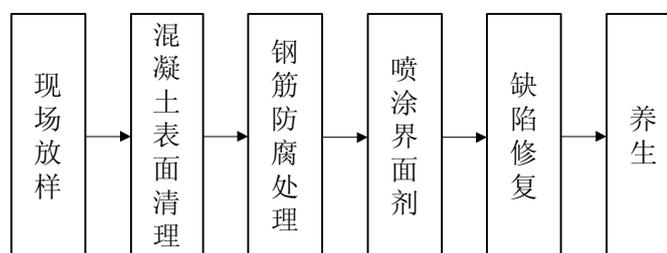


图3 混凝土表面缺陷处理施工工艺流程图

7.2.2 现场放样

依据混凝土缺陷调查报告及施工图纸中所标记的需修复的具体部位，现场核实混凝土缺陷的面积及深度，并标注所需处理混凝土面长、宽尺寸。

7.2.3 混凝土表面清理

7.2.3.1 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凿毛、清理，露出新鲜混凝土面，并将混凝土表面清理干净，要求做到无明水、无污渍及灰尘。

7.2.3.2 混凝土表面清理范围，应尽量凿成规则的多边形，并保持一定的槽深，以确保修补砂浆边缘的厚度。

7.2.3.3 对外露钢筋表面的氧化层利用钢刷予以清除，使之露出光洁部分。

7.2.3.4 严禁使用较大功率的设备凿毛，以减少对原结构物的损伤。

7.2.4 钢筋防腐处理

对需进行钢筋防锈处理的区域，待砼表面清理完成后，采用多功能阻锈剂（表面涂刷型）涂刷或喷涂于该位置钢筋表面，喷刷2层，间隔时间6~8小时。

7.2.5 喷浆修补法缺陷修补

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，喷浆材料应依据设计文件要求确定，一般采用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆等。

喷浆修补法缺陷修补应符合以下规定：

- a) 喷浆前应准备充足的原材料；
- b) 喷浆前1小时，应洒水以保持受喷面充分湿润；
- c) 当修补要求设置钢筋网时，钢筋应有效固定；
- d) 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；
- e) 喷浆的压力应控制在0.25~0.40 MPa；喷头与喷面的距离为0.8~1.2 m，喷头与受喷面应保持垂直；
- f) 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2~3 h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；

- g) 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。

7.2.6 刮涂法缺陷修补

刮涂法缺陷修补适用于混凝土桥梁表面的风化、剥落、露筋及小面积的破损等缺陷的修补，修补材料应依据设计文件要求确定，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：

- a) 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；
- b) 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，以保持有良好的粘结力；
- c) 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；
- d) 人工修补时，首层应压紧、压实，若修补厚度大于 20 mm 时，应分层刮涂，各层之间应间隔 3~4 小时；
- e) 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。
- f) 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。

7.2.7 模筑法缺陷修补

模筑法缺陷修补适用于混凝土坑槽深度较大，采用刮涂法不宜保证质量的混凝土缺陷修补。修补材料应依据设计文件要求确定，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：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 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。

7.3 施工质量检验与验收

桥梁混凝土表面缺陷处理工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

7.3.1 关键工序中间验收

桥梁混凝土表面缺陷处理应对下列关键工序进行验收：

- a) 原材料检验；
- b) 混凝土表面处理；
- c) 钢筋防腐处理；
- d) 喷涂界面剂；
- e) 缺陷修复。

7.3.2 交工验收

工程完工后，可组织交工验收。

桥梁混凝土表面缺陷处理交工验收现场实测内容应符合表17 的要求。

表17 混凝土表面缺陷交工验收检查内容

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、砂浆强度(MPa)	在合格标准内	混凝土、砂浆强度按 JTG F80/1 附录D、F 检查
2	平整度 (mm)	5	2 m 直尺：修补缺陷处总数≤3 处时，全部； 总数缺陷>3 处时，取修补缺陷总数的 50%检查
3	钢筋除锈	符合设计要求	目测：100%
4	新旧材料结合状况	无松动、分离	敲击、目测：100%
5	外观鉴定	缺陷修补完成后表面平整，与原混凝土连接一致； 修补表面不得出现裂缝，并无脱层、起鼓、脱落等； 修补表面与原结构表面色泽应基本一致； 新旧结合面不得出现裂缝、夹杂碎物等； 混凝土表面涂装应无漏喷、流挂、针孔、气泡、色泽不均等异常情况，涂装表面应均匀平整。	

8 粘贴钢板加固施工

8.1 一般要求

8.1.1 粘贴钢板施工工艺应依据设计文件确定，设计文件没有明确时，按照以下原则确定：

- a) 钢板厚度小于 5 mm 时，采取直接抹胶法进行粘贴；
- b) 钢板厚度大于等于 5 mm 时，或钢板面积较大时，且采用抹胶法无法保证施工质量时，应采取压力注胶法进行粘贴。

8.1.2 钢板应采取工厂统一加工，钢板锚栓孔宜采取现场制作。

8.1.3 粘贴钢板应选择在干燥环境下进行。

8.1.4 粘贴钢板应在交通量较小时进行，以减小震动，利于黏结胶粘合固化。

8.1.5 钢板及锚栓的防腐处理应满足设计要求。

8.2 施工工艺和管理要点

8.2.1 工艺流程图

8.2.1.1 抹胶法粘贴钢板加固施工工艺流程图如图 4 所示。

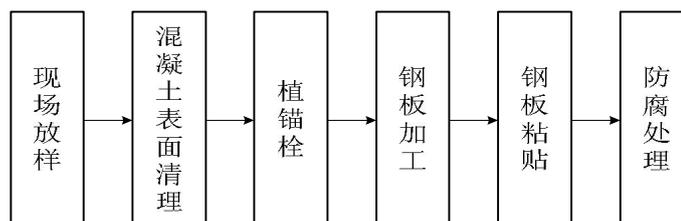


图4 抹胶法粘贴钢板加固施工工艺流程图

8.2.1.2 压力注胶法粘贴钢板加固施工工艺流程图如图 5 所示。

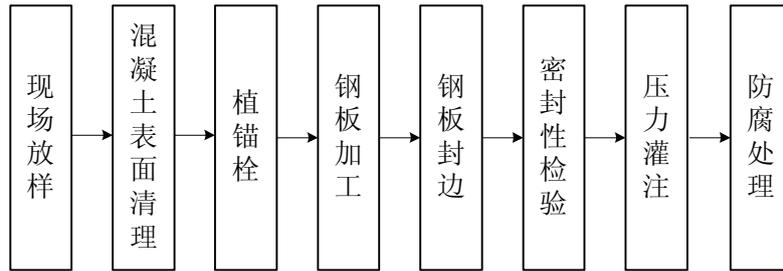


图5 抹胶法粘贴钢板加固施工工艺流程图

8.2.2 现场放样

根据设计图纸的要求并结合现场测量定位，在需粘贴钢板的混凝土表面放出钢板位置大样。

8.2.3 混凝土表面清理

钢板粘贴前，应依据如下要求对混凝土表面进行清理：

- 将原结构表面的松散混凝土及浮渣、污物等予以清除，钻制螺栓预留孔；
- 打磨完毕的部分用压缩空气将浮尘吹净，再用蘸有丙酮的抹布擦净表面；
- 混凝土粘贴面凹凸不平的，应用磨光机打磨进行整平处理，对于较大的缺损用找平胶进行填补修理；
- 严禁使用较大功率的设备凿毛，以减少对原结构物的损伤；
- 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。

8.2.4 植锚栓

用于桥梁结构加固的锚栓通常有机械型自切底锚栓、注射式化学锚栓及管式化学锚栓等三种，粘贴钢板一般采用注射式化学锚栓或管式化学锚栓，锚栓材料性能应符合设计要求。

植锚栓施工，其施工技术要求参照附录A 植筋的相关规定。

8.2.5 钢板加工

钢板加工应按照如下要求进行：

- 钢板应按照设计要求的钢种、型号及线形进行加工，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；
- 钢板预留锚栓孔直径应按照设计文件确定，预留锚栓孔宜在混凝土基面种植锚栓完成后，在施工现场依据锚栓实际位置，采用电磁金刚钻、激光钻等现场制作；对于植筋工程量大，或混凝土内钢筋密度较小的，也可采取工厂加工制作预留锚栓孔；
- 钢板的粘贴面可采用喷砂除锈、磨光砂轮机或电动钢丝刷进行除锈打磨处理，打磨纹路应与钢板受力方向垂直；
- 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。

8.2.6 抹胶法粘贴钢板

8.2.6.1 将配好的胶黏剂均匀地涂抹在清洁的混凝土和钢板条黏结面上。

8.2.6.2 钢板黏结面上的抹胶厚度为 3~5 mm，胶黏剂厚度宜沿着钢板轴线中间厚两边薄涂抹，将钢板平稳对准锚栓，并迅速拧紧螺帽，使钢板与混凝土紧密黏合，清除挤出多余的胶黏剂，及时刮走钢板四周挤出的胶黏剂。

8.2.6.3 钢板条的加压顺序应从中间向两边对称进行。施工完成后应保证钢板表面整洁，无胶黏剂残留。

8.2.7 压力注胶法粘贴钢板

8.2.7.1 钢板安装

将钢板固定在螺栓上，并保证钢板与混凝土表面的间隙在 3 mm 以上，以确保灌注胶层的厚度在 3 mm 以上。

8.2.7.2 钢板封边

将注胶嘴粘结在钢板的注入孔上，在钢板边缘插入排气管，在膨胀螺栓头上罩上盖碗，然后用钢板封边胶封闭钢板边缘，完成封边，注胶嘴间距一般为 30~50 cm。

注入孔宜在钢板的最低处位置，排气孔宜在钢板的最高处位置。

8.2.7.3 密封性检验

检查封闭带是否封严，在钢带两侧及灌胶嘴周围涂上肥皂水，采用压缩气体通过灌胶嘴，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。

8.2.7.4 压力注胶

8.2.7.4.1 配制胶黏剂

按照供应商提供的产品说明书要求的比例配制胶黏剂，将钢板封边胶及粘钢灌注胶，用低速搅拌器搅拌均匀，在适用期内用完。灌注胶应在封边完成，且钢板封边胶达到完全固化有足够的强度后再进行配制和使用。

8.2.7.4.2 灌注

用泵将灌注胶从注入嘴灌注到钢板和混凝土的空隙中，灌注工作持续到所有排气管均有胶液流出。在灌注过程中，用橡皮锤敲打钢板以确认是否灌注密实。

要求灌浆之前先通气试压，以 0.1~0.4 MPa 的压力将灌注胶从注入嘴压入，当排气孔出现浆液后停止加压，以钢板封边胶堵孔，再以较低压力维持 10 分钟以上。

8.2.7.4.3 清理

经检验确认粘贴钢板固化密实效果可靠后，去除所有注入嘴和排气管，并清除钢板表面污垢。

8.2.8 表面防腐涂装

加固钢板应按设计要求进行涂装防护处理，钢板防腐处理前应对钢板进行除锈。

8.3 施工质量检验与验收

粘贴钢板加固工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

8.3.1 关键工序中间验收

粘贴钢板加固施工应对下列关键工序进行验收：

- a) 原材料检验；
- b) 混凝土表面处理；
- c) 种植锚栓；
- d) 钢板加工；
- e) 密封性检验；
- f) 压力注胶；
- g) 粘贴有效面积检查；
- h) 防腐涂装。

8.3.2 交工验收

8.3.2.1 工程完工后，可组织交工验收。

8.3.2.2 粘贴钢板加固工程交工验收现场实测内容应符合表 18 的要求。

表18 粘贴钢板交工验收检查内容

项次	检测项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	钢板有效粘贴面积		≥95%	超声或敲击法：抽样
2	钢板	平面尺寸 (mm)	±3	尺量：抽查 20%，每块钢板检查 3 处
3		厚度 (mm)	+0.5, -0	
4		粘贴位置 (mm)	±5	尺量：抽查 20%
5	锚栓	钻孔直径 (mm)	+2, -1	尺量，抽查 20%，且不小于 3 个
6		锚固深度 (mm)	+5, -0	
7		钻孔垂直度 (°)	3	
8		钻孔位置 (mm)	5	
9	钢板封边处理		符合设计要求	目测
10	钢板防腐涂装		符合设计要求	漆膜测厚仪检测
11	外观鉴定		钢板、锚栓表面防腐涂层应涂刷均匀，无漏涂、气泡、裂纹、流挂、针孔、凹陷、麻点、皱皮等缺陷； 抹胶法粘贴钢板时，固化后应清除挤出的多余胶黏剂； 防腐涂装的颜色应一致。	

9 粘贴纤维复合材料施工

9.1 一般要求

9.1.1 粘贴纤维复合材料之前，必须先对原构件进行表层缺陷修补和裂缝处治。

9.1.2 采用粘贴纤维复合材料进行结构加固时，宜卸除作用在结构上的荷载。

9.1.3 施工宜在 5℃以上环境温度条件下进行，并应符合配套树脂的施工使用温度，环境温度低于 5℃时，应使用适用于低温环境的配套树脂或采用升温处理措施。

9.1.4 当养护结构处于特殊环境时，应依据设计文件选择有效的防护材料，表面防护材料应与浸渍树脂或粘结树脂可靠粘结。

9.1.5 纤维复合材料及其胶黏剂均为易燃品，存储、施工时应采取可靠的防火措施。

9.2 施工工艺和管理要点

9.2.1 工艺流程图

9.2.1.1 粘贴纤维复合材料片材加固施工工艺流程图如图 6 所示。

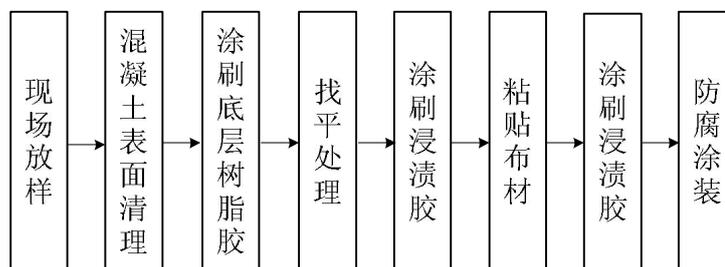


图6 粘贴纤维复合材料片材加固施工工艺流程图

9.2.1.2 粘贴纤维复合材料板材加固施工工艺流程图如图 7 所示。

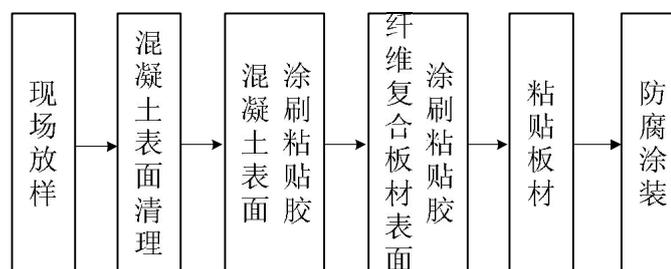


图7 粘贴纤维复合材料板材加固施工工艺流程图

9.2.2 现场放样

根据设计图纸的要求并结合现场测量定位，在需粘贴纤维复合材料的混凝土表面放出大样。

9.2.3 表面处理

纤维复合材料粘贴前，应依据如下要求对混凝土表面进行清理：

- 被粘贴混凝土表面应打磨平整，除去表层浮浆、油污等杂质，直至完全露出混凝土结构新面；粘贴纤维复合材料片材时，转角粘贴处要进行倒角处理并打磨成圆弧状，圆弧半径不应小于 25 mm。
- 打磨完毕的部分用压缩空气将浮尘吹净，再用蘸有丙酮的抹布擦净表面；
- 混凝土粘贴面凹凸不平的，应用磨光机打磨进行整平处理，对于较大的缺损用找平胶进行填补修理；
- 经处理后的混凝土表面应粗糙、平整、洁净，并保持干燥，不得有粉尘、浮渣、油污等杂物；
- 应按设计要求对裂缝进行灌缝或封闭处理。

9.2.4 涂刷底层树脂胶

涂刷底层树脂胶应按照如下要求进行：

- a) 用滚筒刷将底层树脂均匀涂抹于混凝土表面, 不应有遗漏, 胶黏剂不能出现流淌、气泡现象。应在树脂表面指触干燥后立即进行下一步工序施工;
- b) 调制好的底胶应及时使用, 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;
- c) 确保底胶渗入接触混凝土, 厚度涂刷须均匀, 必要时须做防尘措施。

9.2.5 粘贴纤维复合材料片材

粘贴纤维复合材料片材应按照如下要求进行:

- a) 按设计要求的尺寸裁剪纤维复合材料片材。
- b) 找平处理
——底胶固化后应及时检查涂胶面, 若胶面有毛刺应用砂纸打磨平顺, 胶层破损部位应重新涂刷。粘贴表面有高差的部位, 应用找平胶将其修补, 用铲刀抹平, 直到没有明显的刮痕为止。找平面用手触摸感觉干燥后, 才能进行下一工序的施工。
——找平前须确认底胶已干透, 不粘手, 找平后须确认底胶表面平整。
- c) 按产品供应商提供的工艺规定配制浸渍树脂并均匀涂抹于所要粘贴的部位。
- d) 粘贴纤维复合材料片材, 用专用的滚筒顺纤维方向多次滚压, 挤出气泡, 使浸渍树脂充分浸透纤维复合材料片材。
- e) 滚压时不得损伤纤维片材, 纤维片材应该按设计方向顺序粘贴; 顺着纤维片材粘贴方向, 将气泡完全挤出; 脱泡作业后, 须确认纤维片材无皱折, 无歪斜。
- f) 多层纤维片材粘贴时, 重复上述步骤, 应在纤维表面浸渍树脂指触干燥后立即进行下一层的粘贴。
- g) 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。
- h) 所使用的滚筒应在滚压过程中不产生静电作用。
- i) 纤维片材表面再次均匀涂刷树脂, 保证纤维片材与树脂完全渗透。

9.2.6 粘贴纤维复合材料板材

粘贴纤维复合材料板材应按照如下要求进行:

- a) 应按设计要求的尺寸裁剪纤维复合材料板材;
- b) 按产品供应商提供的工艺规定配制胶黏剂并均匀涂抹于所要粘贴的部位;
- c) 将纤维板材表面擦拭干净至无粉尘, 并立即涂刷粘结树脂, 胶层应呈突起状, 平均厚度不小于 2 mm;
- d) 将涂有粘结树脂的纤维板材用手轻压贴于需粘贴的位置, 用橡皮滚筒顺纤维方向均匀平稳压实, 使树脂从两边溢出, 保证密实无空洞;
- e) 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。

9.2.7 纤维复合材料表面防护

纤维复合材料粘贴完毕后, 应按照如下要求进行表面防护:

- a) 当需要做表面防护时, 应按设计文件的规定处理, 并保证防护材料与碳纤维片材之间有可靠的粘结;
- b) 涂装前应检查树脂与纤维布的粘结情况, 确认无破损或空洞后再涂刷防护涂料。

9.2.8 施工安全及注意事项

粘贴纤维复合材料时, 应注意以下安全事项:

- a) 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及电源，或采取可靠的防护措施；
- b) 施工过程中应避免碳纤维片材的弯折；
- c) 碳纤维片材配套树脂的原料应密封储存，远离火源，避免阳光直接照射；
- d) 树脂的配制和使用场所，应保持通风良好；
- e) 现场施工人员应采取相应的劳动保护措施。

9.2.9 其他施工要点

粘贴纤维复合材料时，还应注意以下事项：

- a) 纤维复合材料粘贴宜在 5℃~35℃ 环境温度条件下进行，尽量避免在过高或过低温度下进行施工，并符合配套树脂的使用温度；
- b) 雨天或空气潮湿条件下，不宜施工；
- c) 按照设计尺寸裁剪纤维布材，搭接长度不应小于 100 mm；
- d) 裁剪的纤维布材必须呈卷状妥善摆放并编号，裁剪下料的纤维布应以当天用量为准，已经裁剪的纤维布应尽快使用。

9.3 施工质量检验与验收

粘贴纤维复合材料加固工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

9.3.1 关键工序中间验收

粘贴纤维复合材料应对下列关键工序进行验收：

- a) 原材料检验；
- b) 混凝土表面处理；
- c) 粘贴纤维复合材料（胶体涂刷质量，片材、板材粘贴质量）；
- d) 表层防腐涂装。

9.3.2 交工验收

工程完工后，可组织交工验收。

粘贴纤维复合材料交工验收现场实测内容应符合表19 的要求。

表19 纤维复合材料粘贴交工验收检查内容

序号	检验项目	合格标准	检验方法和频率
1	阴阳角圆化半径 (mm)	≥25	量规：全部
2	找平处理后平整度 (mm)	5	2 m 直尺：每构件 3-5 处
3	平面位置 (mm)	±10 mm	钢尺测量：100%
4	粘贴数量 (m ²)	≥设计数量	钢尺测量：100%
5	有效粘结面积 (%)	大于 95%	激光扫描或敲击法：100%
6	现场正拉粘结强度 (MPa)	符合设计要求	按照本指南附录B 进行检验
7	外观鉴定	纤维边缘无起角、无卷边现象； 所贴纤维片材应平整、密实，无局部坑洼、无跳丝； 胶粘剂固化后，胶层应均匀饱满、无胶瘤。	

10 体外预应力施工

10.1 一般要求

- 10.1.1 体外预应力碳纤维板施工宜在 5℃ 以上环境温度条件下进行，并应符合配套胶黏剂的施工使用温度。
- 10.1.2 体外预应力张拉施工时，宜在封闭交通的情况下进行实施。
- 10.1.3 体外预应力施工，宜对桥梁结构进行全过程施工监控。
- 10.1.4 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。

10.2 施工工艺和管理要点

10.2.1 工艺流程图

10.2.1.1 体外预应力钢绞线加固施工工艺流程图如图 8 所示。

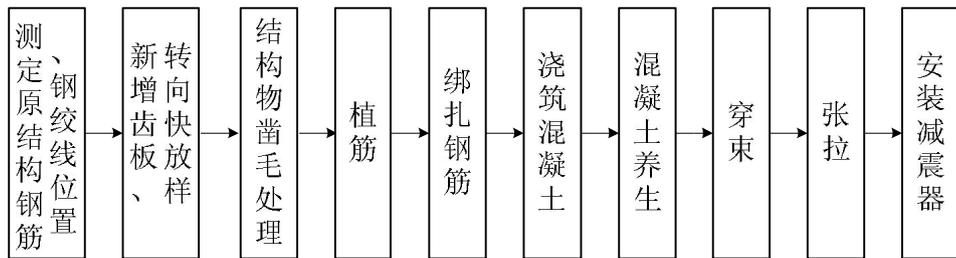


图8 体外预应力钢绞线施工工艺流程图

10.2.1.2 体外预应力碳纤维板加固施工工艺流程图如图 9 所示。

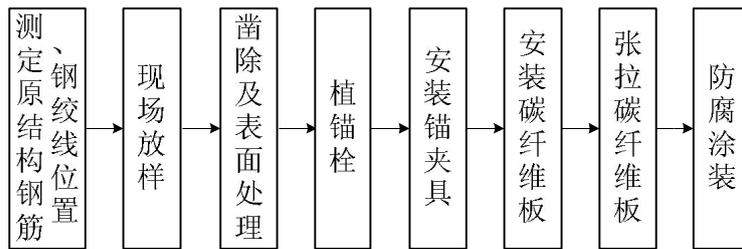


图9 体外预应力碳纤维板施工工艺流程图

10.2.1.3 体外预应力钢丝网加固施工工艺流程图如图 10 所示。

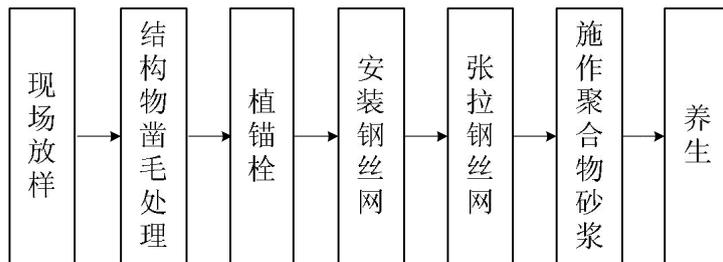


图10 体外预应力钢丝网施工工艺流程图

10.2.2 体外预应力钢绞线施工

10.2.2.1 测定箱梁原顶板、腹板、底板钢筋、钢束位置

根据设计图纸所标明的新增齿板、转向块、加劲肋板在箱梁中的位置，先用钢筋探测仪测定顶板原预应力束在该处的位置（同时对照原设计竣工图的标注），并标识清楚。

10.2.2.2 新增齿板、转向块、加劲肋板放样

根据实际探明的原钢筋、预应力束在新增齿板及转向块、加劲肋板的位置，按设计图纸所给出齿板的位置及尺寸进行放样，并标识清楚。

10.2.2.3 混凝土表面凿毛

10.2.2.3.1 凿毛新增齿板、转向块、加劲肋板范围内旧混凝土表层，将凿除的混凝土块及碎屑清理干净，露出新鲜混凝土表面，并用高压水将混凝土表面清理冲洗干净。

10.2.2.3.2 对齿板、转向块位置，应按照设计文件要求，施做剪力槽，剪力槽的尺寸及凿除深度、表面粗糙度应满足设计文件要求。

10.2.2.4 植筋

10.2.2.4.1 依照设计图纸的要求，放出需钻孔的位置，用钢筋测试仪查明原结构物混凝土钢筋布置，避免碰及原结构钢筋与钢绞线；

10.2.2.4.2 植筋施工，其施工技术要求应符合本指南附录 A 的相关规定。

10.2.2.4.3 植筋在固化期间严禁扰动，以免影响其粘结性能；

10.2.2.4.4 机械型自切底锚栓应采用配套工具，施工工艺应按照产品说明书实施。

10.2.2.5 绑扎钢筋

胶粘剂固化后，方可焊接和绑扎钢筋网。与植入的钢筋进行焊接时，应采用可靠的保护和降温措施，避免焊接时产生的热量烧伤和损坏植入孔内的胶粘剂，降低胶粘剂性能。

10.2.2.6 浇筑混凝土

10.2.2.6.1 骨架形成后，按照齿板、转向块、肋板的结构尺寸立模，注意锚具、转向器、预埋钢管的正确位置，并安装牢固，然后浇筑混凝土，形成构造块件。

10.2.2.6.2 浇筑时注意振捣，使混凝土密实，避免孔洞及蜂窝麻面的发生。振捣时振捣器应与预埋件保持一定的安全距离。

10.2.2.7 混凝土养生

浇筑好新增构造后应加强养生，保持湿润时间最少不低于 7 天。

10.2.2.8 穿束

应依据设计预应力束坐标位置穿束，穿束时注意不要损坏钢绞线外的 PE 护套。

10.2.2.9 张拉

10.2.2.9.1 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。

10.2.2.9.2 张拉方式采用对称张拉，张拉应力分级实施，分级次序为：0→初应力→50%→80%→100%，具体张拉步骤按照设计文件要求进行，张拉过程中注意保证持荷时间和延伸量的准确测量。预应力采用伸长值与张拉力双控，以张拉力为主，张拉伸长值误差应在±6%范围内。

10.2.2.9.3 在采用两台以上千斤顶实施对称和两端张拉时，各千斤顶之间同步张拉力的允许误差宜为±2%。

10.2.2.9.4 张拉至控制应力时，应保证千斤顶具有足够的持荷时间，张拉控制应力的精度宜为±1.5%。

10.2.2.9.5 张拉过程中应对新增锚固端、转向块区域进行观测，以防止意外发生，如有异常情况发生，应立即停止张拉。

10.2.2.9.6 张拉时应检查有无滑丝与断丝现象，如发生滑丝，应查明原因并采取措施后方可继续进行施工。每一截面的断丝率不得大于该截面总钢丝数的1%，且不允许整根钢绞线拉断。

10.2.2.9.7 设计有压浆要求的，压浆采用真空吸浆工艺，在压浆前对孔道进行抽真空，真空度宜稳定在-0.06~0.10 MPa范围内，真空度稳定后，应立即开启孔道压浆端的阀门，同时启动压浆泵进行连续压浆。

10.2.2.9.8 设计为可调节锚夹具的，在张拉端应设置保护套。

10.2.2.9.9 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。

10.2.2.10 安装减震器

10.2.2.10.1 在预应力束安装后，应严格按照设计要求进行减震装置安装。可用木锤慢慢将减振器沿预应力束纵向滑向索道管内的理论位置，严禁用铁器敲打、搬撬橡胶圈就位，以防橡胶圈损伤。

10.2.2.10.2 减振器安装就位后，紧固锚栓。

10.2.2.11 其他注意事项

10.2.2.11.1 预应力束的力筋应梳理顺直，不得扭伤，表面不应有损伤；

10.2.2.11.2 预应力束的下料应用砂轮机或切断机切断，不应用电弧切割；

10.2.2.11.3 外露钢结构及体外预应力索的防腐处理应符合设计要求。

10.2.3 预应力碳纤维板施工

10.2.3.1 测定箱梁原钢筋、钢束位置

根据设计图纸所标明的预应力碳纤维板的位置，先用钢筋探测仪测定原预应力束在该处的位置，并标识清楚。

10.2.3.2 测量放样

在加固梁体表面按照设计图纸放样，确定碳纤维板和两端锚具位置。放样采用钢尺定位。

10.2.3.3 凿除及表面处理

根据施工放样确定固定锚具和张拉端锚具的位置凿除梁体表面混凝土厚度2.5~3 cm（即锚具钢板厚度），以保证粘贴锚具表面与梁体表面水平。在碳纤维板位置处采用角磨机对梁体混凝土表面进行打磨，再用丙酮拭擦，确保粘贴面平整且无粉尘。

10.2.3.4 植锚栓

10.2.3.4.1 依照设计图纸的要求，放出需钻孔的位置，用钢筋探测仪查明原结构物混凝土钢筋布置，避免碰及原结构钢筋与钢绞线。

10.2.3.4.2 种植锚栓施工，其施工技术要求应符合本指南附录 A 的相关规定。

10.2.3.5 安装锚夹具

10.2.3.5.1 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。或使用工厂生产的成品锚夹具。

10.2.3.5.2 锚具黏合面采用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，锚具黏结面应有一定的粗糙度。

10.2.3.5.3 锚具与梁体混凝土间采用胶黏剂粘贴，将配好的胶体涂抹在清洁的混凝土和锚具黏结面上。

10.2.3.5.4 锚具黏结面上抹胶应中间厚两边薄，中间涂抹胶的厚度为 5 mm 左右，将锚具预留孔平稳对准螺栓并迅速拧紧螺帽，使锚具与混凝土紧密黏合，清理挤出的多余胶体。

10.2.3.6 安装碳纤维板

10.2.3.6.1 用丙酮将碳纤维板接触混凝土构件的表面擦洗干净。

10.2.3.6.2 把碳纤维板与梁底接触的部位范围内涂上胶黏剂。

10.2.3.6.3 在碳纤维板上抹 2~3 mm 的胶黏剂。

10.2.3.6.4 先在固定端安装上碳纤维板，然后在张拉端安装上碳纤维板和转向板。

10.2.3.7 张拉碳纤维板

10.2.3.7.1 碳纤维板安装完毕后，应立即对碳纤维板进行张拉施工。

10.2.3.7.2 在张拉端安装千斤顶，确保千斤顶中线与碳纤维板中线重合。

10.2.3.7.3 对碳纤维板张拉应分级进行，分级次序为：0→20%→50%→80%→100%。每一级张拉结束后用扳手拧紧螺帽，每一级之间持荷 5 分钟，记录张拉端夹具的位置，比较实测值与计算值之间的偏差。

10.2.3.7.4 张拉结束后用双螺帽固定死张拉螺杆，卸除千斤顶。

10.2.3.7.5 切除过长的锚具张拉螺杆。

10.2.3.8 防腐涂装

锚夹具及碳纤维板应按设计要求进行涂装防护处理。

10.2.3.9 注意事项

10.2.3.9.1 碳纤维板为易燃材料，使用碳纤维板时应尽量远离火源。使用中应避免碳纤维板的弯折。

10.2.3.9.2 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，并查明原因。

10.2.4 预应力钢丝网施工

10.2.4.1 现场放样

在加固梁体表面按照设计图纸放样，确定钢丝网和两端锚具位置，放样采用钢尺定位。

10.2.4.2 结构物凿毛处理

- 10.2.4.2.1 将原结构表面的松散混凝土及浮渣、污物等予以清除，钻制螺栓预留孔；
- 10.2.4.2.2 打磨完毕的部分用压缩空气将浮尘吹净，再用蘸有丙酮的抹布擦净表面；
- 10.2.4.2.3 混凝土粘贴面凹凸不平的，应用磨光机打磨进行整平处理，对于较大的缺损用找平胶进行填补修理。
- 10.2.4.2.4 严禁使用较大功率的设备凿毛，以减少对原结构物的损伤。
- 10.2.4.2.5 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。

10.2.4.3 植锚栓

- 10.2.4.3.1 依照设计图纸的要求，放出需钻孔的位置，用钢筋混凝土保护层测试仪查明原结构物混凝土钢筋布置，避免碰及原结构钢筋与钢绞线；
- 10.2.4.3.2 植锚栓施工，其施工技术要求应参照附录 A 植筋的相关规定。

10.2.4.4 安装钢丝网

依据设计文件提供的位置安装锚夹具，并挂钢丝网。钢丝网安装时，应注意其与混凝土界面保持一定距离，该距离应满足设计文件要求。

10.2.4.5 张拉钢丝网

采用专用工具对钢丝网逐侧进行张拉，张拉应力应满足设计要求。

10.2.4.6 施做聚合物砂浆

- 10.2.4.6.1 采用喷浆修补法施做聚合物砂浆时，其施工技术要求应符合本标准第 7 章桥梁混凝土表面缺陷处理第 7.2.5 条相关工艺要求施工。
- 10.2.4.6.2 采用刮涂法施做聚合物砂浆时，其施工技术要求应符合本标准第 7 章桥梁混凝土表面缺陷处理第 7.2.6 条相关工艺要求施工。

10.2.4.7 养生

混凝土浇筑好后应加强养生，宜使用保湿膜、土工布等覆盖物保湿养生并及时洒水，保持混凝土表面始终处于潮湿状态，养生时间最少不低于7天。

10.3 施工质量检验与验收

体外预应力加固工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

10.3.1 关键工序中间验收

- a) 体外预应力钢绞线施工应对下列关键工序进行验收：
 - 1) 原材料检验；
 - 2) 混凝土表面处理；
 - 3) 新增齿板、转向块施工；
 - 4) 钢绞线穿束；
 - 5) 绞线张拉。
- b) 体外预应力碳纤维板施工应对下列关键工序进行验收：
 - 1) 原材料检验；
 - 2) 混凝土表面处理；
 - 3) 锚夹具安装；

- 4) 碳纤维板安装;
 - 5) 碳纤维板张拉;
 - 6) 防腐涂装。
- c) 体外预应力钢丝网施工应对下列关键工序进行验收:
- 1) 原材料检验;
 - 2) 混凝土表面处理;
 - 3) 锚夹具安装;
 - 4) 钢丝网安装;
 - 5) 钢丝网张拉;
 - 6) 聚合物砂浆施工。

10.3.2 交工验收

10.3.2.1 工程完工后,可组织交工验收。

10.3.2.2 体外预应力钢绞线加固工程交工验收现场实测内容应符合表 20 的要求。

表20 体外预应力钢绞线加固交工验收检查内容

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法
1	新增混凝土强度		在合格标准内	按 JTG F80/1 附录D 检查
2	新增混凝土构件尺寸	长 (mm)	+10, -0	尺量
		宽 (mm)	+10, -0	
		高 (mm)	+5, -0	
3	剪力槽 (齿板)	宽 (mm)	±5	尺量
		深 (mm)	+5, -0	
		壁与底夹角 (°)	90	
4	钢锚固块、钢转向块尺寸 (mm)		+5, -0	尺量
5	钢索坐标 (mm)	构件长方向	±30	尺量
		构件高方向	±10	
6	张拉应力 (MPa)	单根(束)应力	符合设计要求	查油压表读数
		预应力不均匀度	±2%	
7	张拉伸长率		符合设计规定,未规定时,±6%	尺量
8	限位器纵向间距 (mm)		±30	尺量
9	外观鉴定		新增混凝土构件表面平整,不得出现蜂窝、麻面; 新增混凝土构件不得出现裂缝等病害; 钢锚固块、钢转向块等钢构件轮廓线顺直,无明显折变; 钢构件防腐涂层应完整光洁,均匀一致,无破损、气泡、裂纹等缺陷; 体外预应力索防护完好; 钢束与导向管(限位器)间的橡胶垫块(圈)不得出现缺失或破损。	

10.3.2.3 预应力碳纤维板加固工程交工验收现场实测内容应符合表 21 的要求。

表21 预应力碳纤维板加固交工验收检查内容

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	预应力碳纤维板尺寸 (mm)	+5, -0	尺量
2	锚夹具安装位置 (mm)	±5	尺量
3	平面位置 (mm)	±5	尺量
4	有效粘结面积 (%)	大于 95%	激光扫描或敲击法
5	张拉应力 (MPa)	符合设计要求	查油压表读数
6	外观鉴定	预应力碳纤维板表面应平整无胶溜； 锚夹具及预应力碳纤维板的防腐处理应符合设计要求。	

10.3.2.4 预应力钢丝网加固工程交工验收现场实测内容应符合表 22 的要求。

表22 预应力钢丝网加固交工验收检查内容

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	预应力钢丝网尺寸 (mm)	+5, -0	尺量
2	锚夹具安装位置 (mm)	±5	尺量
3	混凝土、砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	按本指南第 5 章相关规定检验
4	平面位置 (mm)	±5	尺量
5	平整度 (mm)	5	2 m 直尺
6	新旧材料结合状况	无松动、分离	敲击、目测
7	张拉应力 (MPa)	符合设计要求	查油压表读数
8	外观鉴定	聚合物砂浆施工完成后表面平整，与原混凝土连接一致； 修补表面不得出现裂缝，并无脱层、起鼓、脱落等； 修补表面与原结构表面色泽应基本一致； 新旧结合面不得出现裂缝、夹杂碎物等； 混凝土表面涂装应无漏喷、流挂、针孔、气泡、色泽不均等异常情况，涂装表面应均匀平整。	

11 增大截面施工

11.1 一般要求

11.1.1 新增混凝土一般采用模筑施工，当新浇筑混凝土厚度小于 10 cm 时，可采用小石子混凝土或喷射高性能复合砂浆；在新浇筑混凝土施工条件差的情况下可使用微膨胀混凝土或自密实混凝土。

11.1.2 凿除原有结构混凝土缺陷的松散部分，并对结合面凿毛处理，处理过程中不得对原构件造成损伤。

11.1.3 在对原结构进行表面凿毛及植筋施工过程中，应根据病害情况对原结构进行必要的临时防护。

11.2 施工工艺及管理要点

11.2.1 施工工艺流程图

增大截面加固施工工艺流程图如图 11 所示。

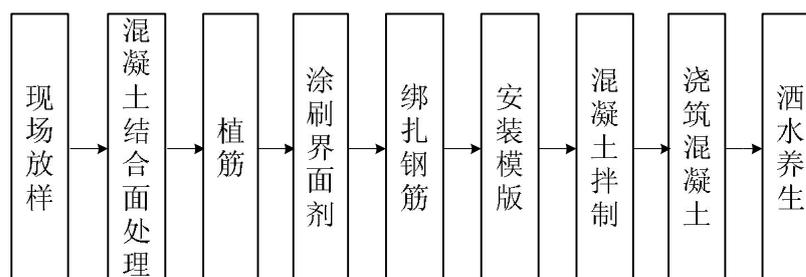


图11 施工工艺流程图

11.2.2 现场放样

根据设计图纸的要求并结合现场测量定位，在原构件表面放样出截面加大的部位，标记出截面加大的长度、宽度、厚度。

11.2.3 混凝土结合面处理

增大截面法施工前，应对混凝土结合面按照如下要求进行处理：

- 凿除混凝土表面松散、蜂窝、麻面、空洞、露筋等缺陷混凝土，并对混凝土表面进行凿毛处理，露出粗骨料，表面凹凸差不应小于 6 mm；
- 严禁使用较大功率的设备凿毛，以减少对原结构物的损伤；
- 经处理后的混凝土表面应粗糙、洁净，不得有粉尘、浮渣、油污等杂物。

11.2.4 植筋

种植钢筋施工应按如下要求进行：

- 依照设计图纸的要求，放出需钻孔的位置，用钢筋探测仪查明原结构物混凝土钢筋布置，避免碰及原结构钢筋与钢绞线；
- 植筋施工，其施工技术要求应符合本标准附录 A 的相关规定；
- 植筋在固化期间严禁扰动，以免影响其粘结性能；
- 机械型自切底锚栓应采用配套工具，施工工艺应按照产品说明书实施。

11.2.5 涂刷界面剂

涂刷界面剂施工应按如下要求进行：

- 施工环境须干燥，相对湿度应小于 70%，通风良好。基面及环境的温度不应低于 +5℃；
- 混凝土基面应干净、不松动、无灰尘，松动及开裂部位应事先凿除并修补好；
- 须用电动设备进行搅拌，搅拌成均匀的稀浆状；
- 依据设计要求，用滚筒或毛刷涂刷界面剂，不能漏刷，然后让涂面干燥。

11.2.6 绑扎钢筋

胶粘剂固化后，方可焊接和绑扎钢筋网。与植入的钢筋进行焊接时，应采用可靠的保护和降温措施，避免焊接时产生的热量烧伤和损坏植入孔内的胶粘剂，降低胶粘剂性能。

11.2.7 安装模板

安装模板施工应按如下要求进行：

- a) 安装模板前应对混凝土及钢筋表面灰尘、杂物进行清理；
- b) 控制截面尺寸、钢筋保护层厚度；
- c) 模板和支架应有足够的刚度、强度和稳定性，应能承受施工过程中所产生的各种荷载；
- d) 模板的表面应平整，接缝处严密且不漏浆，模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，但不得采用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土。

11.2.8 混凝土拌制

混凝土拌制应按照如下要求进行：

- a) 施工前，应对混凝土配合比进行验证；
- b) 混凝土的拌制宜在搅拌站拌制，如施工条件限制也可现场拌制；
- c) 普通混凝土应根据设计要求加入膨胀剂，膨胀剂宜采用钙矾石系或复合型膨胀剂，不得使用以铝粉为膨胀源的膨胀剂或总碱量 0.75%以上的高碱膨胀剂；
- d) 自密实混凝土拌制时宜使用强制式搅拌机，禁止人工搅拌；自密实混凝土的搅拌时间应比普通混凝土延长，具体时间应根据现场试拌试验确定；
- e) 当自密实混凝土在现场拌制时应严格控制加水量，及时测定砂石中含水率，根据测定含水率调整施工配比；
- f) 采用自密实混凝土施工前宜进行工艺试验，检验混凝土是否密实、内部有无空洞、外观质量、强度是否符合要求；试验时通过模拟施工条件（如截面加大部位的横坡、纵坡，钢筋的密集程度）验证自密实混凝土的填充性能、间隙通过性能、抗离析性能是否能够满足施工，强度、外观质量能否达到要求，若无法满足施工应及时调整施工配合比。

11.2.9 浇筑混凝土

混凝土浇筑应按照如下要求进行：

- a) 设计无涂刷界面剂要求时，浇筑前应对原混凝土表面进行湿润处理；
- b) 自高处向模板内倾卸混凝土时，应防止混凝土离析。直接倾落时高度不宜超过 2 m，超过 2 米时，应通过串筒、溜管（槽）等设施下落；
- c) 采用自密实混凝土浇筑时，应合理分层、分段浇筑。自密实混凝土在浇筑过程中不得使用振捣器振捣；根据现场实际情况合理设置浇筑口，保证浇筑的连续性。为消除混凝土表面气泡及加快流动，在浇筑过程中可用橡胶锤适度对模板进行敲击；
- d) 采用普通混凝土时应根据施工空间合理选用振捣器。
 - 1) 插入式振动器的移位间距应不超过振动器作用半径的 1.5 倍，与侧模间距应保持 5~10 cm 的距离，且插入下层混凝土中的深度宜为 5~10 cm；
 - 2) 表面振动器的移位间距应使振动器平板能覆盖已振实部分不小于 10 cm；
 - 3) 附着式振动器的布置距离，应根据结构物形状和振动器的性能通过现场试验确定；
 - 4) 每一振动点的振捣延续时间宜为 20~30 s，以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为度。

11.2.10 养生

拆模后宜使用保湿膜、土工布等覆盖物保湿养生并及时洒水，保持混凝土表面始终处于潮湿状态，养生时间不得少于 7 天。

11.3 施工质量检验与验收

增大截面法工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

11.3.1 关键工序中间验收

增大截面法施工应对下列关键工序进行验收：

- a) 原材料检验；
- b) 结构面处理；
- c) 植筋；
- d) 绑扎钢筋；
- e) 混凝土浇筑。

11.3.2 交工验收

工程完工后，可组织交工验收。

增大截面法施工交工验收现场实测内容应符合表23 的要求。

表23 增大截面交工验收检查内容

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	新增混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1 附录D 检查
2	混凝土结合面处理 (mm)	凹凸差大于 ≥ 6	尺量
3	加固截面几何尺寸 (mm)	+10, -0	尺量
4	新旧混凝土结合面状况	无松动、分离	敲击、目测
5	平整度	5	2 m 直尺
6	外观鉴定	新增混凝土表面平整、无明显施工缝，颜色与原构件基本一致； 新增混凝土表面不得出现蜂窝、麻面； 新增混凝土表面不得出现裂缝； 新旧混凝土结合面不得出现裂缝、夹杂物。	

12 混凝土桥面病害修补及桥面铺装更换施工

12.1 一般要求

12.1.1 桥面病害修补

12.1.1.1 修补用材料可根据情况使用与原路面同标号的普通混凝土、短纤维混凝土或路面快速修补材料。

12.1.1.2 当采用成品材料时，如路面快速修补材料，应在使用前对材料进行检验，其抗压、抗折、抗渗等性能指标满足规范要求。

12.1.2 桥面铺装更换

12.1.2.1 桥面凿除施工一般应封闭交通施工。

12.1.2.2 无法封闭交通施工的，采用分车道施工时，应限制行车速度，降低对新增混凝土的影响。

12.1.2.3 凿除旧桥面混凝土时，严禁使用大功率凿除设备，避免对原结构梁体造成损伤。

12.1.2.4 桥面拉毛或刻纹等抗滑措施，其构造深度应符合设计文件要求。

12.2 施工工艺和管理要点

12.2.1 施工工艺流程图

12.2.1.1 桥面病害修补施工工艺流程图如图 12 所示。

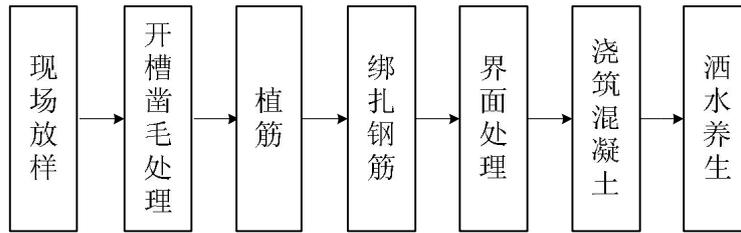


图12 桥面病害修补施工工艺流程图

12.2.1.2 桥面铺装更换施工工艺流程图如图 13 所示。

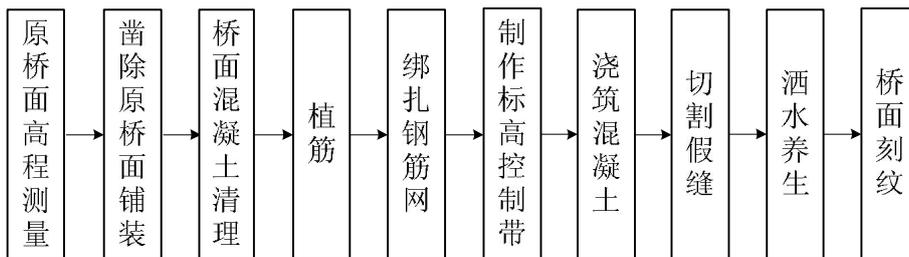


图13 桥面铺装更换施工工艺流程图

12.2.2 桥面病害修补

12.2.2.1 测量放样

根据设计图纸的要求，仔细对桥面病害进行调查，确定处理范围，并做好书面记录。

12.2.2.2 开槽凿毛处理

根据病害调查结果及确定的处理范围，利用混凝土路面切割机、风镐等设备开凿槽口。槽口开凿深度根据铺装层厚度确定，一般宜凿至梁板顶面为宜。尽量避免对原桥面钢筋的破坏。

12.2.2.3 绑扎钢筋

依据设计文件要求，布置槽口内桥面钢筋。

12.2.2.4 界面处理

对槽口四边及底边进行清理，要求无灰尘、油渍、碎渣等，干净、整齐。在接触面涂刷界面剂，以利于新旧混凝土粘结良好。

12.2.2.5 浇筑混凝土

使用路面快速修补材料或混凝土浇筑槽口，使其顶面与原桥面平齐。路面快速修补材料的使用应参照其使用说明，混凝土浇筑过程中注意对混凝土的振捣。

12.2.2.6 混凝土养生

快速修补材料浇筑的路面按照其性能要求养生。对普通混凝土洒水保湿养生时间不宜少于 7 天。

12.2.2.7 其他注意事项

混凝土浇筑其他注意事项如下：

- a) 浇筑混凝土前，应清洁坑槽并保持湿润，新浇筑混凝土应振捣密实并及时养生；
- b) 对梁板顶面凿毛时应避免损坏梁板，保证混凝土凹凸差大于 6 mm；
- c) 运营中的桥梁，宜配置早强混凝土，并通过加强现场养生等有效措施来保证混凝土早期强度的增长；
- d) 槽口切割表面应粗糙，保证界面新旧混凝土有效粘结，减少界面混凝土开裂；
- e) 新增混凝土强度达到设计要求后，方可开放交通。

12.2.3 桥面铺装更换处理

12.2.3.1 测量放样

根据设计文件的要求，测量原桥面标高，复核设计桥面标高，报监理工程师与设计单位，确定最终标高数据，并对设计标高进行加密，计算标高控制带各点位设计标高，测量精确度应满足相应规范的规定。

12.2.3.2 凿除原桥面铺装混凝土

凿除原桥面铺装时应注意以下事项：

- a) 人工使用空压机配合风镐凿除旧桥面混凝土，凿至梁板顶面或其他设计标高，并应及时清理凿除混凝土及其他垃圾；
- b) 严禁使用较大功率的设备凿毛，以减少对原结构物的损伤；
- c) 经处理后的混凝土表面应粗糙、洁净，不得有粉尘、浮渣、油污等杂物。

12.2.3.3 植筋

种植钢筋施工应按如下要求进行：

- a) 依照设计图纸的要求，放出需钻孔的位置，用钢筋混凝土保护层测试仪查明原结构物混凝土钢筋布置，避免碰及原结构钢筋与钢绞线；
- b) 种植钢筋施工，其施工技术要求应符合本指南附录 A 的相关规定；
- c) 种植钢筋在固化期间严禁扰动，以免影响其粘结性能。

12.2.3.4 绑扎钢筋

胶粘剂固化后，方可焊接和绑扎钢筋网。与植入的钢筋进行焊接时，应采用可靠的保护和降温措施，避免焊接时产生的热量烧伤和损坏植入孔内的胶粘剂，降低胶粘剂性能。

12.2.3.5 标高控制带的制作与安装

标高控制带采用槽钢制作，槽钢型号以能满足承受整平机自重为宜。用植筋的方法将槽钢直接固定在梁板上，防止施工中扰动钢筋网导致高程产生变化。标高带应严格按照设计标高进行控制，制作完成后及时进行复查。拆装时应轻拿轻放，防止变形。

12.2.3.6 混凝土的拌和与运输

采用强制式搅拌机拌合，混凝土罐车运输。

混凝土浇筑现场和拌合场之间应建立快速有效的通信网络，及时进行生产调度和指挥，确保新拌且质量符合要求的混凝土在规定时间内运到浇筑现场。

12.2.3.7 混凝土的摊铺

混凝土摊铺施工应按照如下要求进行：

- a) 应有专人指挥均匀布料。布料点横桥向按照 3 m 每点均匀布料，布料速度应与摊铺速度相适应，出泵坍落度为 140~160 mm 的拌合物，松铺系数为 1.12~1.15。坍落度大时取低值，坍落度小时取高值。
- b) 单次混凝土拌合物布料长度 5~6 m，可开始振捣作业。其作业速度以拌合物表面不露粗集料，混凝土表面不再冒气泡并泛出水泥浆为准。振捣速度应缓慢而均匀，连续不断行进。
- c) 整平机按作业单元分段整平，作业单元长度宜为 5~10 m，振捣棒振实与整平机整平两道工序之间的时间间隔不宜超过 15 min。
- d) 整平机滚压振实料位宜略高于标准带顶面 2 mm 左右，过高时应铲除，过低时应及时补料。
- e) 整平机在一个作业单元长度内，应采用前进振动、后退静滚方式作业，宜分别 2~3 遍。最佳滚压遍数应经过试铺决定。同时，三辊轴每次停止位置前后应重复 1 m 以上，不得在同一位置停机。
- f) 整平机作业时，应有专人处理轴前料位的高低情况，过高时，应辅以人工铲除，轴下有间隙时，应使用混凝土补平。
- g) 整平机滚压完成后，用整平轴前后静滚整平，直到平整度符合要求，表面砂浆厚度均匀为止。
- h) 整平机前方表面过厚过稀的砂浆必须刮除丢弃。
- i) 应采用刮尺再纵向进行精平饰面，不少于两遍。刮尺、刮板、抹刀饰面的时间必须在铺筑完毕 1~1.5 小时内进行。严禁操作人员直接站在新铺筑混凝土上进行收面等施工作业。
- j) 要保证所铺装桥面混凝土均匀密实、平整连续。同时，应对桥面铺装厚度实行平均厚度代表值和极限最薄厚度两项指标双控措施，并加强对平整度的控制。

12.2.3.8 切割假缝

切割假缝应按照如下要求进行：

- a) 为防止新浇筑的桥面混凝土由于温度、干缩等产生裂纹，宜在混凝土强度达到设计强度的 40% 时，切割假缝；
- b) 假缝切割宽度 3~5 mm，深度 20~40 mm，以不切到桥面铺装钢筋为宜，假缝应横桥向布置，斜角桥应沿盖梁走向布置；
- c) 假缝切割位置宜布置在墩顶，间距 5 m 左右，整跨均衡布置；
- d) 假缝切割完成后，应及时清理干净，并用乳化沥青灌注。

12.2.3.9 养生

混凝土养生应按照如下要求进行：

- a) 覆盖养生：
 - 宜使用保湿膜、土工布等覆盖物保湿养生并及时洒水，保持混凝土表面始终处于潮湿状态，并由此确定每天的洒水遍数。
 - 或使用养生液进行养生。
- b) 养生时间：
 - 不宜少于 7 天。
 - 同时，应留足同期养生试件。

12.2.3.10 桥面刻纹

桥面刻纹应按照如下要求进行：

- a) 设计文件没有刻纹要求时，混凝土表面宜在浇筑时进行拉毛处理；
- b) 若有刻纹要求时，混凝土强度应不小于设计强度的 80%，采用硬刻槽，刻纹深度宜为 2~4 mm，槽宽 3~5 mm，槽间距 15~25 mm；
- c) 一般路段可使用横向槽或纵向槽，在弯道或要求降低噪音的路段宜使用纵向槽。

12.2.3.11 其他注意事项

桥面铺装更换处理应注意以下事项：

- a) 凿除全部桥面铺装，并对结合面进行凿毛处理，结合面凿毛处理不得损伤原结构物；
- b) 浇筑混凝土前，应清洁梁顶表面灰尘、碎渣，可用吹风机或高压水枪冲洗并保持湿润，新浇筑混凝土应振捣密实并及时养生；
- c) 桥面泄水孔的布置应有利于排水，其数量不得少于设计要求。

12.3 施工质量检验与验收

桥面病害处理工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

12.3.1 关键工序中间验收

- a) 桥面病害修补应对下列关键工序进行验收：
 - 1) 原材料检验；
 - 2) 开槽凿毛处理；
 - 3) 植筋；
 - 4) 绑扎钢筋；
 - 5) 混凝土浇筑。
- b) 桥面铺装更换施工应对下列关键工序进行验收：
 - 1) 原材料检验；
 - 2) 桥面标高测量；
 - 3) 凿除原桥面混凝土；
 - 4) 植筋；
 - 5) 绑扎钢筋；
 - 6) 制作标高控制带；
 - 7) 混凝土浇筑；
 - 8) 切割假缝；
 - 9) 桥面刻纹。

12.3.2 交工验收

12.3.2.1 工程完工后，可组织交工验收。

12.3.2.2 桥面铺装局部处理工程交工验收现场实测内容应符合表 24 的要求。

表24 桥面病害修补交工验收检查内容

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	补强混凝土强度 (Mpa)	在合格范围内	按照按 JTG F80/1 附录D 检查
2	补强混凝土厚度 (mm)	≤5%的设计补强厚度	高程测量：每跨检查 3-5 处

表24 (续)

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
3	结合面处理	符合设计要求	目测: 100%
4	平整度 (mm)	5	3 m 直尺: 检查水平方向, 每跨各检查 3-5 处
5	横坡 (%)	±0.15%	水准仪: 每跨检查3个断面
6	外观鉴定	要求接触面无开裂, 混凝土表面无裂纹, 和周边高差不大于 2 mm; 新浇筑混凝土应表面平整, 颜色一致, 无明显施工接缝; 新浇筑混凝土表面不得出现裂缝; 施工完成后现场不得遗留建筑垃圾、杂物、临时预埋件。	

12.3.2.3 桥面铺装全部更换处理工程交工验收现场实测内容应符合表 25 的要求。

表25 桥面铺装更换处理交工验收检查内容

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1	强度		在合格标准内	按照按 JTG F80/1 附录D 检查	
2	厚度 (mm)		+10, -5	对比桥面浇筑前后标高检查: 每 100 m 测 5 处	
3	平整度	高速、 一级公路	IRI (m/km)	3.0	平整度仪: 全桥每车道连续检查, 每100 m 计算 IRI 或 σ
			σ (mm)	1.8	
		其他公路	IRI (m/km)	4.2	
			σ (mm)	2.5	
		最大间隙	5	3 m 直尺: 每 100 m 测 3 处×3 尺	
4	横坡	水泥混凝土	±0.15%	水准仪: 每100 m 检查 3 个断面	
5	抗滑构造深度		符合设计要求	砂铺法: 每 200 m 检查 3 处	
6	外观鉴定		桥面排水良好, 泄水孔无堵塞现象; 桥面混凝土表面脱皮、印痕、缺角掉边等缺陷面积不得大于受检面积的 0.2%; 桥面铺装接缝处平整, 无明显高差; 桥面线形良好, 无突变, 无明显折变。		

13 伸缩缝维修与更换施工

13.1 一般要求

13.1.1 高速公路桥梁常用的伸缩缝结构形式主要有: 异形钢单缝式伸缩缝、模数式伸缩缝、梳形板式伸缩缝。

13.1.2 伸缩装置安装前, 应按照现场的实际气温调整其定位值。

13.1.3 缝体安装长度应与桥面同宽。施工时, 若具备交通封闭条件, 应采取整条伸缩缝更换施工, 若不具备交通封闭条件, 也可采取单车道封闭施工。

13.1.4 模数式缝体安装时, 宜将其支撑横梁 (位移箱) 安装布设于桥面行车轮轨迹带区域。

13.2 施工工艺和管理要点

13.2.1 施工工艺流程图

13.2.1.1 模数式伸缩缝更换施工工艺流程图如图 14 所示。

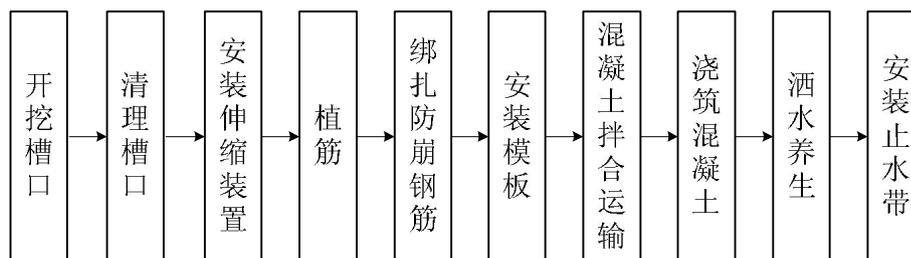


图14 模数式伸缩缝更换施工工艺流程图

13.2.1.2 梳形板式伸缩缝更换施工工艺流程图如图 15 所示。

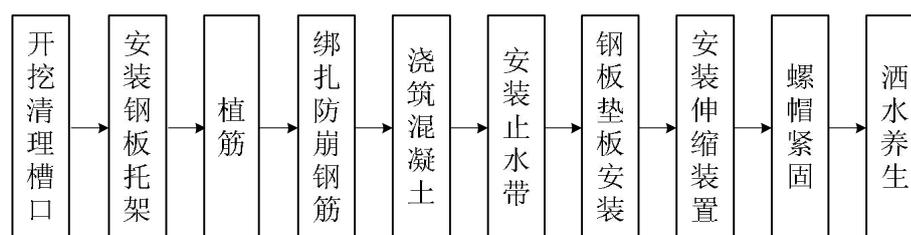


图15 梳形板式伸缩缝更换施工工艺流程图

13.2.2 异形钢单缝式伸缩缝

施工工艺参见 13.2.3 模数式伸缩缝。

13.2.3 模数式伸缩缝

13.2.3.1 开挖槽口

13.2.3.1.1 使用空压机及高压水枪对槽口进行全面清理。确保预留槽内的深度和宽度。

13.2.3.1.2 槽口凿除时注意不应损伤原梁体混凝土。

13.2.3.1.3 槽口凿除干净后，应继续清理梁端掉落的垃圾，伸缩缝下两侧梁体间直至盖梁顶应通透无杂物。

13.2.3.2 清理槽口

槽口内的所有垃圾清除干净，用水清洗干净，将原梁端预埋钢筋清理干净、调整顺直。

13.2.3.3 安装伸缩装置

13.2.3.3.1 确定安装参数

- 现场施工安装温度应与缝体预设出厂温度相符合。当缝体的施工安装温度不同于产品出厂定位时，安装参数应予以调整。
- 模数式伸缩缝常见型号缝体施工安装温度对应的型钢间隙参考值见表 26。

表26 模数式伸缩缝常见型号缝体施工安装温度对应的型钢间隙参考值表

缝体型号	施工安装温度				
	5℃以下	5~15℃	15~25℃	25~35℃	35℃以上
80型	60	50	40	30	20
160型	60×2	50×2	40×2	30×2	20×2
240型	60×3	50×3	40×3	30×3	20×3
320型	60×4	50×4	40×4	30×4	20×4

注：一般应在 5~25℃的气温范围内安装缝体。

13.2.3.3.2 缝体就位

- 就位前，应在缝体两侧锚环内穿放通长横向联接水平钢筋；
- 采用水平吊装法就位；
- 就位后缝体中心线应调整与梁端间隙中心线相吻合；
- 校正缝体顶面标高及平整度，使之与两端路面标高相吻合；
- 缝体支撑横梁（位移控制箱）应尽量布设在桥面行车道轮迹带区域，位移控制箱下应预留不小于 5 cm 的间隙。

13.2.3.3.3 缝体固定

- 调整缝体直线度，控制型钢顶面标高，沥青路面应使其比两侧桥（路）面的标高低 2~3 mm；
- 采用定位角钢与槽内预埋钢筋进行临时固定；
- 固定焊接应沿一个方向、每隔 2~3 个边梁上的锚固环先将缝体与槽口内的预埋钢筋进行点焊，两侧对称施焊。点焊中应控制缝体平整度在 0~2 mm 范围；
- 如遇槽口内缺失预埋钢筋或预埋钢筋与边梁锚固环位置不符，应采用植筋进行加固连接。

13.2.3.3.4 缝体分段更换

- 根据高速公路交通组织或养护方案实际需要，伸缩缝更换施工可分段进行。
- 依据现场桥面行车道分布，提前加工相应长度缝体，宜使每段缝体的支撑横梁（位移控制箱）布设于行车轮迹带区域，并宜在拼接缝处就近布设支撑横梁和位移控制箱，减少缝体型钢悬挑长度。
- 分段施工前，各段缝体应置于同一水平面进行对接预拼装，必要时进行校直调正。
- 下一段缝体固定焊接前，应与上一段已安装缝体钢梁进行焊（拼）接。焊缝接头应设置在受力较小处，且各钢梁间焊缝宜错开布置，错开距离不小于 80 mm。
- 对于同一断面附近存在多根钢梁焊（拼）接时，除钢梁间采用坡口焊接外，还应在钢梁单侧或两侧的外侧面跨焊缝采用厚度大于 20 mm 的钢板加强。
- 钢梁焊（拼）接应逐条施焊。焊接时应采用打坡口全渗透、从下往上分层焊接，并及时清除焊渣。

13.2.3.4 植筋

- 根据缝体边梁锚固环和位移控制箱的位置，应对原有伸缩缝槽口内缺失的预埋钢筋进行补植。
- 植筋宜采用经加工的 L 型钢筋，严禁采用植入膨胀螺丝替代钢筋植筋。
- 植筋施工，其施工技术要求应符合本指南附录 A 的相关规定。
- 植筋在固化期间严禁扰动，以免影响其粘结性能。

13.2.3.5 安装防崩钢筋

缝体安装固定后，宜在两侧槽口内、连接锚固混凝土浇筑区域的上部制作安装防裂钢筋网。

13.2.3.6 安装模板

- a) 模板应采用厚度不小于 2 mm 钢板或厚度适当的聚苯乙烯塑料板，按缝体外形和槽口的实际尺寸进行现场制作，材质应坚固、严密，确保混凝土振捣时不变形、漏浆；
- b) 安装模板前，应采用相应厚度的泡沫板塞实梁端构造缝和缝体型钢间隙；
- c) 模板安装完成后，应再次验槽、清槽，复核缝体顶面标高。

13.2.3.7 混凝土拌制

- a) 混凝土应按照设计配合比进行集中厂拌生产，局部混凝土修补也可采用现场拌合；
- b) 在考虑气温对施工影响的前提下，混凝土生产过程中应严格控制外加剂掺量和水灰比大小，混凝土坍落度宜控制在 5 cm 左右；
- c) 混凝土拌合生产地点与施工现场距离较近时，应尽量降低混凝土水灰比，可采用自卸翻斗车运输。运距较远时，一般采用混凝土搅拌罐车运输。

13.2.3.8 浇筑混凝土

- a) 浇筑前，应采用塑料布铺垫于伸缩缝两侧路（桥）面，并应采用防水胶带密封缝体型钢顶面；
- b) 再次复查缝体的平整度（偏差不大于 2 mm）、标高、中线位置、型钢间隙宽度等；
- c) 槽内应洒水湿润；
- d) 浇筑过程中应采用两侧同步振捣，振捣应密实；
- e) 浇筑完成后应根据施工气温，采用人工抹板及时抹压、平整、收光，并控制混凝土顶面标高和平整度。

13.2.3.9 洒水养生

- a) 浇筑、收光后的槽口混凝土，应进行覆盖，并定时浇水保湿养生或使用养生液养生；
- b) 养生期间，应进行交通管制；
- c) 养生完成后，拆除缝体型钢顶面防水胶布和型钢间填塞的泡沫板，并检查缝体下部混凝土密实情况。

13.2.3.10 安装止水带

磨平钢梁顶面临时固定夹具、定位角钢等气焊切割割点，涂刷防腐漆，安装橡胶止水条。

安装橡胶止水条应符合以下要求：

- a) 应整条通长安装，且长度应伸出护栏外侧；
- b) 安装应平整、牢固、无破损。

13.2.4 梳形板式伸缩缝

13.2.4.1 施工准备

13.2.4.1.1 对施工所用材料（水泥、砂、碎石、水、外加剂、钢筋、钢纤维、胶黏剂、伸缩缝、成品及半成品材料等）进行检验，其质量和性能应符合设计文件要求。

13.2.4.1.2 施工前应对混凝土配合比进行验证。

13.2.4.2 开挖槽口

13.2.4.2.1 使用空压机及高压水枪对槽口进行全面清理。确保预留槽内的深度和宽度。

13.2.4.2.2 槽口凿除时注意不应损伤原梁体混凝土。

13.2.4.2.3 槽口凿除干净后，应继续清理梁端掉落的垃圾，伸缩缝下两侧梁体间直至盖梁顶应通透无杂物。

13.2.4.3 清理槽口

槽口内的所有垃圾清除干净，用水清洗干净，将原梁端预埋钢筋清理干净，调整顺直。

13.2.4.4 安装缝体

13.2.4.4.1 确定安装参数

——根据现场施工安装温度以及生产厂家推荐的安装参数，精确调整缝体安装时两侧钢板间隙。

——梳形板式伸缩缝常见型号现场施工安装温度对应的齿端与齿根间隙参考值见表 27。

表27 梳形板式伸缩缝常见型号不同施工安装温度对应的齿端与齿根间隙参考值表

缝体型号	施工安装温度			
	5℃以下	5~15℃	15~25℃	25~35℃
80型	80-70	75-55	60-40	45-25
160型	150-140	130-110	100-80	70-50
240型	215-205	185-165	150-130	115-95
320型	290-270	250-210	190=150	130-90

注：一般应在 5~25℃的气温范围内安装缝体。

13.2.4.4.2 安装槽口托架

- 根据钢板安装间隙（施工温度）、槽口尺寸和更换缝体长度，应先在工作台上预组装缝体。
- 若厂家未配套生产钢板托架，应按照缝体两侧钢板尺寸和螺栓孔位，在工作台上加工制作两条整体钢板托架，并将两侧钢板的锚固螺栓分别精准焊接在相应钢板托架上。
- 钢板托架应分别与两侧槽口内预埋（植入）钢筋焊接牢固。原则上钢板托架定位焊接应利用原桥梁预埋钢筋，在预埋钢筋缺失时，可采取补植钢筋。
- 在复核钢板托架安装标高后，应将钢板托架钢筋与预埋（植入）钢筋焊牢。焊接应一次完成，应沿托架一端向另一端依次焊接或由中心部位依次对称向两侧焊接。
- 钢板托架安装就位后，活动梳齿板的主钢板（不含端部梳齿）应能满足跨越梁端构造缝的基本安装要求。

13.2.4.5 植筋

- 根据钢板托架的钢筋位置和安装要求，检查槽口内剩留预埋钢筋的规格、间距、位置和外露尺寸等。
- 种植钢筋施工，其施工技术要求应符合本标准附录 A 的相关规定。
- 种植钢筋在固化期间严禁扰动，以免影响其粘结性能。

13.2.4.6 安装防崩钢筋

钢板托架安装后，宜在两侧槽口内连接锚固混凝土浇筑区域的上部制作安装防裂钢筋网。

13.2.4.7 安装模板

- a) 模板应采用厚度不小于 2 mm 钢板或厚度适当的聚苯乙烯塑料板，按缝体外形和槽口的实际尺寸进行现场制作，材质应坚固、严密，确保混凝土振捣时不变形、漏浆；
- b) 安装模板前，应采用相应厚度的泡沫板塞实梁端构造缝和缝体型钢间隙；
- c) 模板安装完成后，应再次复核钢板托架标高与钢板顶面安装标高。

13.2.4.8 混凝土拌制

- a) 混凝土应按照设计配合比进行集中厂拌生产，局部混凝土修补也可采用现场拌合；
- b) 在考虑气温对施工影响的前提下，混凝土生产过程中应严格控制外加剂掺量和水灰比大小，混凝土坍落度宜控制在 5 cm 左右；
- c) 凝土拌合生产地点与施工现场距离较近时，应尽量降低混凝土水灰比，可采用自卸翻斗车运输。运距较远时，一般采用混凝土搅拌罐车运输。

13.2.4.9 浇筑混凝土

- a) 浇筑前，应采用塑料布铺垫于伸缩缝两侧路（桥）面，并应采用防水胶带密封缝体型钢顶面；
- b) 再次复查缝体的平整度（偏差不大于 2 mm）、标高、中线位置、型钢间隙宽度等；
- c) 槽内应洒水湿润；
- d) 浇筑过程中应采用两侧同步振捣，振捣应密实；
- e) 浇筑完成后应根据施工气温，采用人工抹板及时抹压、平整、收光，并控制混凝土顶面标高和平整度。

13.2.4.10 安装止水带、钢垫板、伸缩装置

- a) 混凝土平整、收光完成后，应及时安装橡胶密封带。橡胶密封带安装应整条通长、平顺、牢固，且长度伸出桥梁护栏外侧。
- b) 橡胶密封带安装就位后，立即安放钢垫板（滑板），并在钢垫板上安装梳形钢板。
- c) 沿纵、横向调平梳形钢板，并调整钢板横向间距，采用人工初拧锚固螺母。
- d) 混凝土养生应符合 13.2.3 第 9 条规定。
- e) 养生完成后，且混凝土强度达到要求后，采用专用工具对螺母进行二次紧固。磨平突出的螺栓端头，采用点焊焊牢螺母与螺栓，并在螺母内灌注环氧树脂进行封闭。

13.3 施工质量检测与验收

伸缩缝更换工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

13.3.1 关键工序中间验收

13.3.1.1 模数式伸缩缝

模数式伸缩缝应对下列关键工序进行验收：

- a) 原材料检验；
- b) 压缩量复核；
- c) 槽口清理；
- d) 构造缝复核；

- e) 缝体安装;
- f) 混凝土浇筑;
- g) 橡胶密封带安装。

13.3.1.2 梳形板式伸缩缝

梳形板式伸缩缝应对下列关键工序进行验收:

- a) 原材料检验;
- b) 钢板托架加工;
- c) 槽口清理;
- d) 构造缝复核;
- e) 钢板托架安装;
- f) 混凝土浇筑;
- g) 钢板、垫板安装;
- h) 螺母紧固。

13.3.2 交工验收

13.3.2.1 工程完工后,可组织交工验收。

13.3.2.2 模数式伸缩缝更换交工验收现场实测内容应符合表 28 的要求。

表28 模数式伸缩缝更换交工验收检查内容

序号	检查内容	固定值/允许偏差		检查方法和频率
1	长度(mm)	符合设计/安装要求		尺量:每道
2	缝宽(mm)	符合设计/安装要求		尺量:每道 2 处
3	与桥面高差(mm)	±2		尺量:每侧 3~5 处
4	纵坡(%)	中小型 (<480 mm)	±0.5	水准仪:沿纵向测量两侧槽口混凝土区 3 处
		大型 (≥480 mm)	±0.2	水准仪:沿纵向测量两侧槽口混凝土区 3 处
5	横向平整度(mm)	±3		3 m 直尺:每道
6	槽口混凝土	满足设计/安装要求		回弹仪:测区不小于 5 个; 也可采用同条件养生试块验证强度
7	外观质量	缝体无变形; 型钢表面平整光洁、无开裂现象; 橡胶密封带安装牢固、无破损和阻塞,且伸出护栏外; 槽口混凝土表面平整密实、无裂纹,与路(桥)面衔接顺直、无错台。		

13.3.2.3 梳齿形伸缩缝更换交工验收现场实测内容应符合表 29 的要求。

表29 梳齿形伸缩缝更换交工验收检查内容

序号	检查内容	固定值/允许偏差	检查方法和频率
1	长度(mm)	符合设计/安装要求	尺量:每道
2	齿端间隙(mm)	±2	尺量:每道 5 处
3	与桥面高差(mm)	±2	尺量:每侧 3~5 处

表 29 (续)

序号	检查内容	固定值/允许偏差		检查方法和频率
4	纵坡 (%)	中小型 (<480 mm)	±0.5	水准仪: 沿纵向测量两侧槽口混凝土区 3 处
		大型 (≥480 mm)	±0.2	水准仪: 沿纵向测量两侧槽口混凝土区 3 处
5	横向平整度 (mm)	±3		3 m 直尺: 每道
6	槽口混凝土	满足设计/安装要求		回弹仪: 测区不小于 5 个; 也可采用同条件养生试块验证强度
7	外观质量	缝体钢板表面平整光洁、无开裂; 齿板间隙均匀, 高程衔接平顺, 无错台、无纵横向顶死、无扭曲变形; 钢垫板完好、平整; 橡胶密封带伸出桥梁护栏外侧; 外露混凝土表面平整密实、无裂纹。		

14 桥梁支座维修与更换施工

14.1 一般要求

14.1.1 在桥梁支座更换前, 应对桥梁主要构件进行必要的验算, 确定顶升位置、顶升顺序、支座顶升力和顶升高度。桥梁采用局部顶升法更换支座时, 应考虑顶升高度对梁体的不利影响, 对不同结构形式、不同跨径的桥梁应通过计算确定各项升点的局部顶升高度允许值。

14.1.2 墩顶顶升空间和支承面不满足顶升要求时, 应另设顶升支架, 并对支架结构进行承载力和稳定性验算。

14.1.3 顶升千斤顶支承部位局部承压钢垫板的接触面平整。

14.1.4 支座更换时, 宜采用同步顶升设备, 正式顶升前, 应进行试顶。

14.1.5 支座更换一般应在封闭交通情况下进行。若不封闭交通, 应采取可靠的安全保障措施。

14.1.6 支座更换时应配备桥梁顶升监控系统, 并进行全过程施工监控。

14.2 施工工艺及管理要点

14.2.1 施工工艺流程图

桥梁支座顶升更换施工工艺流程图如图16 所示。

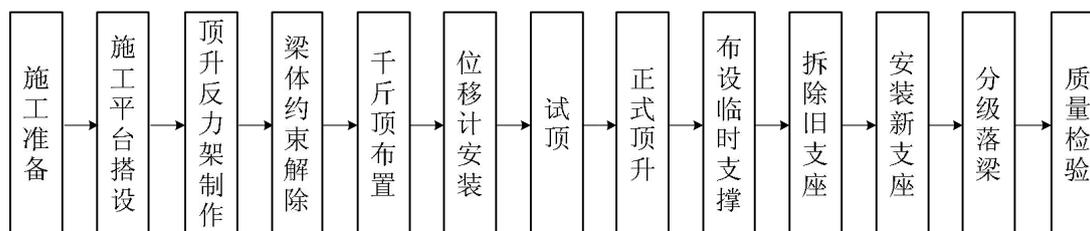


图16 桥梁支座顶升更换施工工艺流程图

14.2.2 施工平台搭设

14.2.2.1 顶升施工前应搭设支座更换的脚手架和工作平台, 操作平台应与梁底面保持一定高度的操作空间。

14.2.2.2 操作平台周围应安装护栏，保证操作人员安全。

14.2.2.3 施工平台只用于施工人员通过，不得作为大吨位物件起重支架或堆放使用。

14.2.3 顶升平台搭设

若墩顶顶升空间和支承面不满足顶升要求时，应另设顶升反力支架，顶升支架应有足够的强度、刚度、稳定性，并对支架结构进行承载力和稳定性验算。

14.2.4 梁体约束解除

14.2.4.1 对于部分顶升高度需求较高的，或梁体被固结的，在顶升前，应按照规划好的顶升方案，对梁体固结部位的纵、横向约束进行解除，以降低顶升时的反作用力，确保结构安全。

14.2.4.2 对于拉压式盆式支座，顶升前应先解除上下钢板与混凝土的连接锚栓。

14.2.4.3 进行对纵坡、横坡较大以及需解除固结墩（或固定支座）的弯桥等桥梁，根据设计要求和实际情况，须设置纵、横向限位装置，防止梁体位移和变形过大。

14.2.5 千斤顶布置

14.2.5.1 应依据顶升专项方案计算所需的千斤顶的个数，均衡布置千斤顶。

14.2.5.2 千斤顶布置应注意预留出支座拆除安装的工作区间。

14.2.5.3 千斤顶布设应整联对称布置，千斤顶顶升面应接触在梁体腹板、端横梁等密实混凝土部位，不得顶升在板梁底板中心、T 梁横隔梁等混凝土较薄弱部位。

14.2.5.4 为确保顶升时梁体混凝土局部不受破损，在千斤顶上下各设置一块钢板，保证单位面积上的顶升力小于混凝土的抗压强度，钢板面积大小根据计算确定。

14.2.6 位移计安装

位移计的作用是进行各项升点位移同步测量，以确保同步顶升，避免造成梁体附加应力或梁体倾斜。

- a) 同一片梁应在两端对称布置位移计，位移计的安装位置应与千斤顶对应，以利控制。
- b) 多片梁同时顶升时，应在各片梁交接处加设位移计。
- c) 位移计应采用磁座安装在千斤顶上下支垫钢板之间，位移计活动端与上垫板通过锚栓连接，另一端根据安装空间情况通过磁座固定在下垫板上。
- d) 位移计安装时，其初始位移不宜超过总位移量的 1/3。
- e) 位移计引出电缆应固定在盖梁或桥墩上，并最终引入同步顶升控制系统。应注意传感器接头防水。

14.2.7 应力计安装

应力计的作用是进行梁体关键部位混凝土表面应力的检测，避免顶升不同步或桥面瞬间增加重荷载，局部应力突然加大而产生应力集中现象。

防止应力达到极限状态，在梁体薄弱部位造成破坏。一般在对大型或重要的桥梁及多片箱梁同步顶升时布设。

14.2.8 试顶

14.2.8.1 保压试验

正式顶升前，应对顶升系统按如下要求进行保压试验：

- a) 油缸、油管、泵站操纵台、监测仪等安装完毕检查无误；

- b) 按计算荷载的 70%~90% 加压, 进行油缸的保压试验 5 小时;
- c) 检查整个系统的工作情况, 油路情况。

14.2.8.2 称重

保压试验结束后, 应按照计算荷载对系统按如下要求进行称重试验:

- a) 为保证顶升过程的同步进行, 在顶升前应测定每个顶升点处的实际荷载情况, 依据称重数据与计算荷载数据进行对比分析, 观察其差异并分析产生原因;
- b) 称重时依据计算顶升荷载, 采用逐级加载的方式进行, 在一定的顶升高度内 (1~4 mm), 通过反复调整各组的油压, 可以设定一组顶升油压值, 使每个顶点的顶升压力与其上部荷载基本平衡;
- c) 将每点的实测值与理论计算值比较, 计算其差异量并分析原因。如差异较大, 将作相应调整。

14.2.8.3 试顶升

为了观察整个顶升施工系统的工作状态以及对称重结果的校核, 在正式顶升之前, 应进行试顶升, 试顶升高度 2 mm。试顶升结束后, 分析整体状态、结构位移等情况, 为正式顶升提供依据。

14.2.9 正式顶升

正式顶升应按照如下要求进行:

- a) 顶升速度应缓慢平稳, 不得大于 1 mm/min, 各项升点的同步位移同步精度应达到 0.5 mm。
- b) 顶升位移量控制
 - 1) 板式支座更换顶升位移量应以脱开支座或满足更换操作空间为限, 一般控制在 5 mm 左右;
 - 2) 盆式支座更换或遇其它特殊情况需增加顶升位移时, 不得超过设计位移允许值。
- c) 顶升力控制应以计算顶升力分级控制, 不宜超过计算允许值。
- d) 贴合
 - 1) 为使千斤顶同时受力, 共同承受梁体重量, 应先使各千斤顶活塞抵住梁底支垫钢板, 并贴合紧密;
 - 2) 贴合应力不应过大, 一般设置 3 MPa 即可, 开启设备顶升到位, 观察千斤顶伸长量是否超出允许范围。
- e) 顶升
 - 1) 完成贴合工作后, 开始梁体正式顶升工作;
 - 2) 顶升宜分级进行, 每级 3 mm 左右, 同步顶升设备以位移量作为顶升主控参数, 设置顶升分级量, 开启油泵, 启动顶升, 顶升到位后, 设备自动停止;
 - 3) 顶升过程中应注意每个千斤顶位置的应力分布情况, 若某一千斤顶应力超过其他千斤顶应力数值的 5% 时, 应停止顶升, 并分析原因;
 - 4) 使用临时钢垫块支垫梁体, 保证每块垫板稳固, 并且支垫到位, 保持千斤顶油压, 临时支垫布置应保证梁体支垫安全和支座更换的可操作空间;
 - 5) 重复①-④步骤, 顶升梁体到设计标高, 进一步用钢垫块支垫梁体, 并支垫到位。

14.2.10 简易支座拆除更换

简易支座拆除更换应按照如下要求进行:

- a) 更换简易支座时, 应将梁板顶升脱离墩、台帽并临时支撑;
- b) 清除破损支座, 换成新橡胶支座;

- c) 鉴于简易支座已经淘汰, 更换时基本改用橡胶板式支座, 若两种支座的总厚度不同, 需要调整桥面高程。

14.2.11 板式支座拆除更换

板式支座拆除更换应按照如下要求进行:

- a) 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;
- b) 按设计要求放置橡胶支座, 支座中心线应与支座垫石中心线重合;
- c) 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查;
- d) 新更换的矩形板式支座安装应以短边尺寸顺桥向放置;
- e) 新支座四氟板与不锈钢板间应涂抹 5201-2 硅脂润滑油, 并设置防尘罩。

14.2.12 盆式支座拆除更换

盆式支座拆除更换应按照如下要求进行:

- a) 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。橡胶板块密封在钢盆内, 应排除空气、保持紧密。
- b) 活动支座更换安装前, 清洗滑移面, 在储油槽内注满 5201-2 硅脂润滑油。
- c) 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, 其外露螺杆的高度不应大于螺母的厚度。
- d) 活动支座安装时, 应按安装时温度对位移的影响, 考虑预偏量的位置安装支座。
- e) 双向支座和单向支座安装时, 应特别注意检查聚四氟乙烯板, 聚四氟乙烯板的主要滑移方向应与桥梁顺桥向一致, 或依据设计给定的方向安装。
- f) 盆式支座中心线与主梁中心线应重合或平行, 单向活动支座安装时, 顶板导向块和中间钢板的导向滑条应保持水平, 交叉角不得大于 5'。
- g) 盆式橡胶支座更换工序及要求:
 - 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) 若更换或加大原支座垫石, 其施工技术要求应符合设计规定;
 - 4) 安装盆式橡胶支座。下支座板四角用楔形钢块调整, 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, 并用聚合物砂浆填塞;
 - 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罩。

14.2.13 分级落梁

14.2.13.1 支座更换检查无误后, 千斤顶同步顶起梁体, 逐步拆除临时支承的钢垫板, 千斤顶同步缓慢回落, 使梁体落在新更换的支座上, 盆式支座应进一步旋紧四角锚栓。

- a) 千斤顶必须按设计的行程同步回落, 应控制回落速度在 1 mm/min 左右, 各项升点的位移同步精度应达到 0.5 mm。
- b) 应同时观测梁体回落高度和千斤顶的起顶力, 施行双控。总回落量与千斤顶起顶力不能超过设计值或计算值。
- c) 落梁时按先拆后降的原则拆除临时支撑。注意避免碰撞支座, 以保证支座位置。落梁工艺采用逆顶升法缓慢同步降落同一幅的梁体。

- d) 降落时,亦按顶举时同一步长步阶缓慢降落,有利于梁就位准确且与支座密贴;若梁就位不准确或与支座不密贴,应查明原因,采取有效措施予以纠正后,重新调整。

14.2.13.2 梁体复位后应对梁体进行观测,检查支座和垫石无异常情况,顶升设备及临时支承方可拆除。

14.3 施工质量检测与验收

支座顶升更换工程验收包括关键工序中间验收和交工验收。

14.3.1 关键工序中间验收

支座顶升更换应对下列关键工序进行验收:

- a) 原材料检验;
- b) 顶升反力架制作;
- c) 梁体约束解除;
- d) 千斤顶布置;
- e) 梁体顶升;
- f) 支座更换;
- g) 分级落梁。

14.3.2 交工验收

工程完工后,可组织交工验收。

桥梁支座维修与更换交工验收现场实测内容应符合表30 和表31 的要求。

表30 支座垫石实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按附录D检查
2	轴线偏位 (mm)	5	全站仪或经纬仪: 支座垫石纵向方向检查
3	断面尺寸 (mm)	±5	尺量: 检查 1 个断面
4	顶面高程 (mm)	±2	水准仪: 检查中心及四角
	顶面四角高差 (mm)	2	
5	预埋件位置 (mm)	5	尺量: 每件
6	外观质量	支座垫石不应有裂缝等缺陷; 修复后的支座垫石表面应平整、光洁、棱角线平直。	

表31 支座安装实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	支座中心与主梁中心线偏位 (mm)	3	经纬仪、钢尺: 每支座
2	支座顺桥向偏位 (mm)	10	经纬仪或拉线检查: 每支座
3	支座高程 (mm)	±5	水准仪: 每支座
4	支座四角高差 (mm)	承压力≤500 KN	水准仪: 每支座
		承压力>500 KN	

表 31 (续)

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
5	外观质量	板式橡胶支座受力状态正常, 不应有偏压、裂纹、脱空和不均匀外鼓现象; 支座更换后, 垫石模板应拆除, 不得留有任何垃圾; 支座的防腐涂层应完整、均匀; 支座应与支承面密贴, 不应有脱空现象; 支座表面应保持清洁, 支座附近的杂物灰尘应及时清除。	

15 斜拉桥换索施工

15.1 一般要求

15.1.1 本章适用于斜拉桥斜拉索更换施工。

15.1.2 换索施工应在索塔、主梁缺陷修复、加固完成后进行。

15.1.3 为保证桥梁结构、人员、车辆的安全, 换索施工时宜封闭交通施工。不具备封闭条件, 应对桥上交通实行限载、限量、限速措施。张拉和测量索力时段, 应中断交通。

15.1.4 换索时段选择, 宜避开日照对结构的影响, 并避开交通量高峰时段。换索的准备工作, 如安装千斤顶和支架、清理索孔道等, 一般应在白天进行。换索和张拉工作, 为避免日照对结构的影响和避开交通高峰时间, 一般应在晚上至次日凌晨之间进行。

15.1.5 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。

15.1.6 换索施工应严格执行设计规定的程序及工艺要求, 建立监控系统, 应对梁、塔的变形和相邻索索力变化进行全过程监控。

15.2 施工工艺和管理要点

15.2.1 施工工艺流程图

斜拉桥换索施工工艺流程如图17所示。

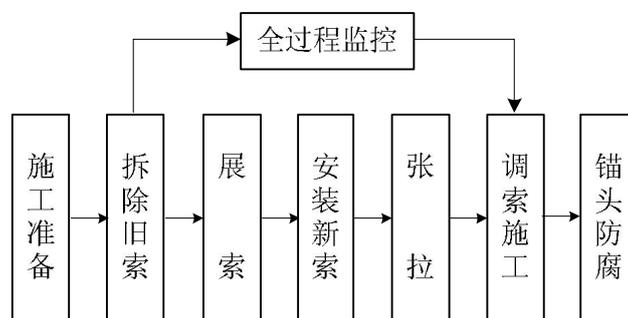


图17 斜拉桥换索施工工艺流程图

15.2.2 施工准备

换索施工前, 应按如下要求做好施工准备:

- a) 换索前应对桥梁进行详细的复查, 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) 固区附近以及全桥其它构件混凝土损坏情况；
 - 5) 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。
- b) 根据施工要求进行作业平台搭设和施工机具准备。需设塔柱工作平台及塔下的箱斗式防护平台，塔柱上锚区可上下移动的挂篮，工作电梯，以及为下锚箱卸、挂索及检测用的主箱梁下桁车。换索中应配套的机具，如起重机具、牵引机具、张拉机具和检测设备等。
 - c) 换索前，应检查新旧索工具锚口是否匹配。时间较久的桥，由于塔中预埋管和梁中预埋管与现在锚具的预埋管不一致，所以要求检查新旧索锚口是否匹配，调查清楚后才能确定锚具。选择的拉索及锚具类型应符合常规的型号与规格，以便于生产和采购。
 - d) 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。换索顺序应根据结构分析计算确定。一般由内索开始逐索更换至外索（短索开始至长索）。同一索号的斜拉索，每次于塔柱两侧对称各更换一束，更换完成后，于另一塔柱两侧再对称更换一束，交替进行，直至该索号全部束更换完毕后，再进行下一索号的更换。

15.2.3 拆除旧索施工

拆除旧索施工应按照如下要求进行：

- a) 作好相关清理工作，并进行换索设备安装。
 - 1) 换索施工前，先拆除上下锚头的防护罩，清理锚杯内外螺栓的油脂、尘屑、锈渣，变形损坏的螺牙进行修复，将锚垫板上锈渣、混凝土渣屑清理干净。
 - 2) 换索设备安装主要是反力架、千斤顶、卷扬机、起重机械等的安装。
- b) 安装有阻尼器的斜拉索，在更换索前拆除阻尼器。
- c) 卸索时，利用反力架、连接器张拉丝杆、接力螺母、千斤顶等进行分级松张。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。
- d) 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，差别不大时方可进行卸索。放张时密切注意索塔的变化，以保证索塔两侧不产生偏载，受力平衡。
- e) 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。
- f) 拉索松张后，进行拉索的降落、拆除与回收。
 - 1) 拉索松张后，单根索重量较小的，可用卷扬机降落；单根索重量较大的，可采用承重导索降落。应防止拉索突然下降，造成安全事故。
 - 2) 拉索回收有水面回收和桥面回收两种形式，水面回收是拉索下停泊一艘船，船上安装卷索盘，边降落拉索边卷曲成盘，直至全部降落至船上。
 - 3) 桥面回收是先将梁端锚头牵出索道钢护筒口，摆放在桥面，塔端边降落，梁端边平移、边卷盘，直至拉索全部降落桥面，卷至盘上运离桥面。

15.2.4 展索施工

展索施工应按照如下要求进行：

- a) 拉索和锚具的制作应按下列各项执行：
 - 1) 拉索及其附件应委托有资质的专业单位制作，其产品应符合 GB/T 18365、GB/T 5224、GB/T 14370 的规定，并应进行检测和验收；
 - 2) 平行钢丝拉索成品、钢绞线、锚具、夹片、附属部件交货时应提供下列资料：

- 产品质量保证书、产品批号、工程项目名称、设计索号（平行钢丝拉索）及型号、生产日期、数量、长度、重量等。
 - 产品出厂检验报告及有关技术参数。
 - 平行钢丝拉索成品索、PE 钢绞线出厂时索体需采用三层包装；环氧钢绞线、锚具需采用两层包装；拉索、钢绞线、锚具及其附件的运输和堆放应无破损、无变形、无腐蚀。
- b) 新索运抵工地后，进行验收核对，堆放时应采取防潮措施，并加盖防雨，编号待用；
- c) 拉索的展放。用起重设备将新索吊至索盘上，慢慢展放新索，每间隔 4~5 m 固定在落地平车上，应避免拉索触地拖磨破损。放索时索体应在柔软的滚轮或皮带输送机上拖拉，并应控制索盘的转速，防止转速突变或倾覆。

15.2.5 安装新索施工

安装新索施工应按照如下要求进行：

- a) 宜根据塔高、布索方式、索长、索径、索的刚柔程度、起重设备和施工现场状况等综合选择安装方法；
- b) 安装前应根据索长、索重、斜度和风力等因素，计算其安装过程中锚头距索管口不同距离以及锚头带锚环时的牵引力，以综合选择设备。
- c) 施工中不得损伤索体保护层和索端锚头及螺纹，不得堆压弯折索体；
- 1) 不得用起重钩或容易对索体产生集中应力的吊具直接挂扣拉索，宜用带胶垫的管形夹具尼龙吊带或设置多吊点起吊。
 - 2) 应在管口处设置对中控制的限位器调控，以防止锚头和索体穿入塔、梁索管时的偏位和损伤。
 - 3) 安装过程中锚头螺纹应包裹，及时清除拉索的包护物。拉索防护层和锚头损伤应及时修补。
- d) 施工中，拉索抗振的约束环和减振器未安装前，必须确保索管（特别是梁上索管）和锚端的防水、防腐和防污染。施工过程中应设置临时减振设施；
- e) 根据下锚管的长度确定吊点，用起重设备吊起，将下锚杯缓缓放入下锚管中，按设计要求将下螺母安装到指定的位置。用卷扬机起吊已装好连接器张拉杆的斜拉索的上端吊点，吊至塔柱上锚管下口处，上好引出杆，当卷扬机牵引到底后，用倒链将锚杯向锚管内推进，随着将张拉端张拉引向杆向外拖出。

15.2.6 斜拉索的张拉

斜拉索的张拉应符合以下要求：

- a) 张拉施工的设备和方法应根据设计的索型、锚具、布索方式，塔和梁的构造确定；
- b) 拉索张拉的级次和量值应按设计规定和监控要求执行，采用张拉力和伸长值双控；
- c) 拉索张拉可于塔端或梁端单端进行，平行钢丝拉索应采用整体张拉；
- d) 拉索锚固时不宜在锚环与承压板间加垫，需要加垫时，其垫圈材料和强度应符合承压要求，并应设成两个密贴带扣的半圆；
- e) 拉索施工中，应作好施工过程张拉记录。

15.2.7 调索施工

调索施工应符合如下要求：

- a) 全桥拉索逐根更换、张拉完成后，根据桥面设计线形，需要时，对部分索进行调整。调索时应应对塔和相应梁段进行位移观测，并做好记录，记录内容包括日期、时间、环境温度、索力、索伸缩量、桥面荷载状况、塔梁的变位量及主要相关控制断面应力等；

- b) 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。

15.2.8 锚头防腐

当全桥斜拉索索力调整到位后,在上、下锚头内浇注防腐剂,安装防护罩。

15.2.9 换索过程监测

换索过程中,应按如下要求对桥梁进行监测:

- 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;
- 必须跟踪测试被换拉索相邻两根索的索力,并与理论计算值进行比较;
- 换索过程中应监测主梁、索塔混凝土应变及裂缝变化情况;
- 换索工程完工后,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。

15.3 施工质量检测与验收

斜拉桥换索施工验收包括关键工序中间验收和交工验收。

15.3.1 关键工序中间验收

斜拉桥换索施工应对下列关键工序进行验收:

- 斜拉索、锚具等原材料检验;
- 旧索索力测定;
- 拆除旧索;
- 安装新索;
- 新索张拉;
- 调索。

15.3.2 交工验收

斜拉索更换质量检验实测项目应符合表32 的要求。

表32 斜拉索更换质量检验实测项目

项次	检查项目		规定值和允许偏差		检查方法和频率
1	索力 (kN)	允许	满足设计要求		测力仪:测每对索索力
		极值	符合设计规定,设计未规定时与设计值相差小于10%		
2	梁锚固点或梁顶高程(mm)		$L \leq 200$ m	± 20	水准仪或全站仪:测量每个锚固点或每梁段中点
			$L > 200$ m	$\pm L/10000$	
3	锚具轴线与孔道轴线偏位(mm)		5		尺量:抽查 25%
4	外观鉴定		斜拉索表面应密实光滑。无畸形,颜色一致 斜拉索表面无碰伤或擦伤; 锚头无伤痕、锈蚀		
注:本表中 L 为斜拉桥主跨跨径。					

16 悬索桥更换吊索施工

16.1 一般要求

16.1.1 本章适用于悬索桥更换吊索施工。

16.1.2 更换吊索施工应在索塔、主缆、主梁及锚碇缺陷修复、加固完成后进行。

16.1.3 更换吊索施工时宜封闭交通，不能封闭交通时，应对桥上交通实行限载、限量、限速措施，必要时应短暂中断交通。

16.1.4 更换吊索时段选择，宜避开日照对结构的影响，并避开交通量高峰时段。

16.1.5 更换吊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。

16.1.6 有计划地做好构件的加工、特殊机械设备的设计制作和必要的试验工作。吊索、索夹应严格执行 JT/T 449 规范标准制作，并应进行检测和验收。

16.1.7 施工过程中应建立监控系统，对施工进行全过程监控。

16.2 施工工艺和管理要点

16.2.1 施工工艺

更换吊索施工工艺如图18 所示：

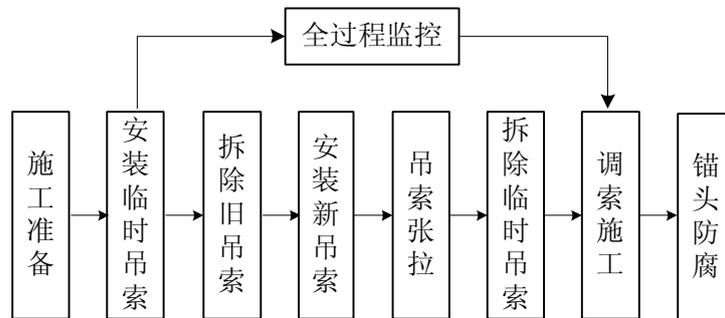


图18 更换吊索施工工艺图

16.2.2 施工准备

吊索更换施工前，应按如下要求做好施工准备：

- 测量主缆与加劲梁需更换吊索处的高程，检测需更换吊索的现存索力；
- 制备临时索夹和临时吊索，制备工具梁和高强度拉杆；
- 制备加长螺杆、连接螺杆螺母等；
- 准备相关的起重机具、牵引机具、张拉机具等；
- 施工监测桩点的布控。

16.2.3 安装临时吊索

为确保结构安全，应按如下要求安装临时吊索：

- 更换吊索前应根据构造形式、施工设备等实际情况，设置临时吊索，临时吊索应进行设计计算；
- 临时吊索设置位置应符合设计要求；
- 安装反力架、工具梁，采用起重机具、牵引机具安装临时吊索；
- 对临时吊索施力时，应分级张拉，使吊索受力均衡。

16.2.4 拆除旧吊索

拆除旧吊索应符合以下要求：

- a) 将旧吊索索力放松为零后，方可拆除旧吊索；
- b) 解开吊索锚头，卸下锚板，拆除旧吊索；
- c) 对主缆索夹处、桥面预埋管和加劲梁锚管进行清理，并达到设计要求。

16.2.5 安装新吊索

安装新吊索应符合以下要求：

- a) 索夹制造，索夹钢铸件技术指标应符合设计文件和 JB/T 6402 的规定。螺杆、螺母和垫圈的表面宜进行磷化或发蓝处理。高强螺栓应抽样进行楔负载拉力试验，螺母应抽样进行保证荷载和硬度试验；
- b) 吊索运输、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，并作好记录；
- c) 索夹安装前，须对原设计的索夹位置进行确认。然后在温度稳定时在主缆上放样定出索夹的具体位置，清除索夹位置处主缆表面的油污及灰尘；
- d) 索夹安装方法应根据索夹结构型式、施工设备确定。当索夹在主缆上精确定位后，即可紧固索夹螺栓。索夹位置要求安装准确，纵向误差不应大于 10 mm；
- e) 紧固同一索夹螺栓时，须保证各螺栓受力均匀，高强螺栓只能张拉，不能强拧，螺栓需多次张拉，并使索夹两半合缝间隙均匀；
- f) 吊索上端同索夹结构配套，下端除结构必须满足便于安装、张拉、养护维修和便于更换等要求外，其工作螺母的调整范围必须满足主梁设计线形调整工艺的要求；
- g) 采用起重机具、牵引机具安装新吊索。

16.2.6 吊索张拉

吊索张拉应符合以下要求：

- a) 张拉施工的设备和方法应根据设计的索型、锚具确定；
- b) 更换吊索过程中，应连续监测桥面高程、吊索索力变化，新吊索张拉应实行双控，以桥面高程控制为主，吊索索力控制为辅；
- c) 吊索必须分级逐步张拉达到设计值。

16.2.7 拆除临时吊索

拆除临时吊索应符合以下要求：

- a) 新增吊索安装张拉完毕后，方可拆除临时吊索；
- b) 拆除临时吊索时，新增吊索与临时吊索之间的荷载转换应平稳。

16.2.8 调索施工

调索施工应符合以下规定：

- a) 在施工过程中，通过必要手段进行观测对张拉力加以修正，确保张拉时每一根吊索的索力于设计吻合；
- b) 在全部吊索更换完毕后，通过对桥面标高线形及吊索索力的监测，提供吊索索力调整值和张拉顺序，对需要调整的吊索进行补张拉，如此反复，直到桥面标高符合设计线形要求；

- c) 整个调索过程中，必须对索塔的变形、主缆线形、吊索拉力和伸长量、主梁标高、应力进行严格的测量记录。

16.2.9 锚头防腐

当全桥吊索索力调整到位后，在上、下锚头内浇注防腐剂，安装防护罩。

16.3 施工质量检测与验收

悬索桥更换吊索施工验收包括关键工序中间验收和交工验收。

16.3.1 关键工序中间验收

悬索桥更换吊索施工应对下列关键工序进行验收：

- a) 吊索、索夹、锚具等原材料检验；
- b) 旧索索力测定；
- c) 安装临时吊索
- d) 拆除旧吊索；
- e) 安装新吊索；
- f) 吊索张拉；
- g) 调索施工。

16.3.2 交工验收

吊索更换交工验收质量检验实测项目应符合表33 的要求。

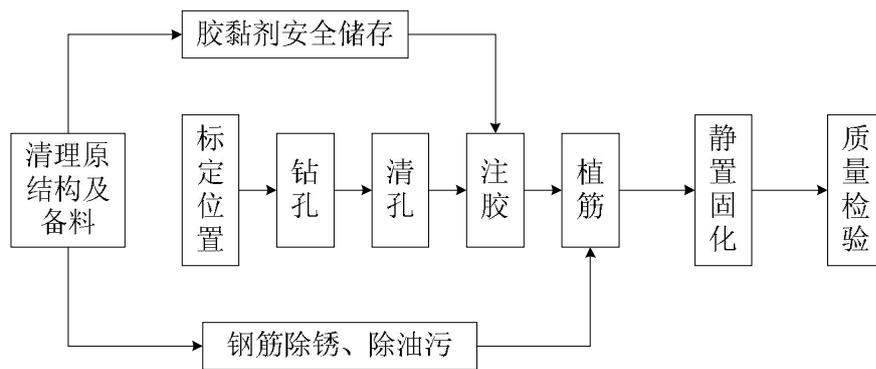
表33 吊索更换质量检验实测项目

项次	检查项目	规定值和允许偏差		检查方法和频率
1	吊索长度 (mm)	±0.001 L 及 ±10		用钢尺量
2	吊索拉力 (kN)	符合设计要求		测力仪：每吊杆检查
3	吊点位置 (mm)	10		全站仪：每吊点检查
4	吊点高程 (mm)	高程	±10	水准仪：每吊点检查
		两侧高差	20	
5	外观鉴定	吊索顺直，无扭转现象 防护层完好，无破损、污物		
注：本表 16.3.2 中 L 为吊索长度。				

附 录 A
(规范性附录)
种植钢筋施工方法

A.1 植筋施工

A.1.1 施工工艺流程 (图A.1)



图A.1 植筋施工工艺流程框图

A.1.2 植筋用胶黏剂

植筋用胶黏剂分管装式、机械注入式两种，其性能应符合《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22)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黏剂。

A.1.3 植筋定位、钻孔

A.1.3.1 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。

A.1.3.2 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：

- a) 先将喷嘴伸入孔底部并吹入无油污的压缩空气，向外拉出喷嘴，反复3次；
- b) 将硬毛刷插入孔中，往返旋转清刷3次；
- c) 再将喷嘴深入孔底部吹气，向外拉出喷嘴，反复3次；
- d) 对要植入钢筋上的污渍、锈迹进行除锈清理；
- e) 植筋前用丙酮或工业酒精溶液擦拭孔壁、孔底和植入钢筋。

A.1.5 植筋

A.1.5.1 植筋用胶黏剂应采用专用灌注器进行灌注，灌注量一般为孔深的2/3，并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出；

A. 1. 5. 2 注入胶黏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的间隙均匀，校正钢筋的位置和垂直度。

A. 1. 6 静置固化

胶黏剂完全固化前，不得触动或振动已植钢筋，以免影响其黏结性能。

A. 2 质量检查与验收

A. 2. 1 钻孔要求

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

表A. 1 植筋钻孔直径

钢筋公称直径 (mm)	钻孔直径 (mm)	钢筋公称直径 (mm)	钻孔直径 (mm)
6	10	18	22
8	12	22	28
10	14	25	30
12	16	28	35
14	18	32	38
16	20		

表A. 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 (°)	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. 2. 2 植筋要求

A. 2. 2. 1 钻孔内胶黏剂应饱满，不得有未固结现象。

A. 2. 2. 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. 2. 3 施工应注意的问题

A. 2. 3. 1 严禁采用将胶黏剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式。

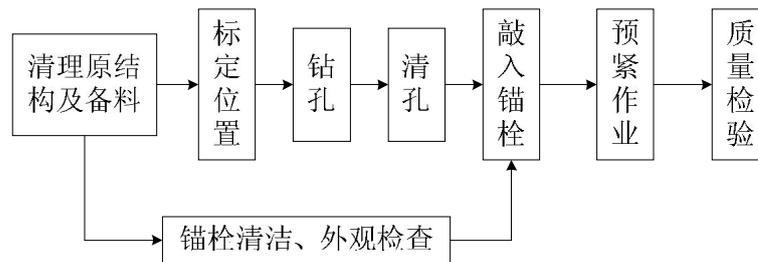
A. 2. 3. 2 废孔处理：施工中钻出的废孔，应采用高于构件混凝土一个强度等级的水泥砂浆、聚合物水泥砂浆或锚固胶黏剂进行填实，必要时应插入钢筋。

附 录 B
(规范性附录)
种植锚栓施工方法

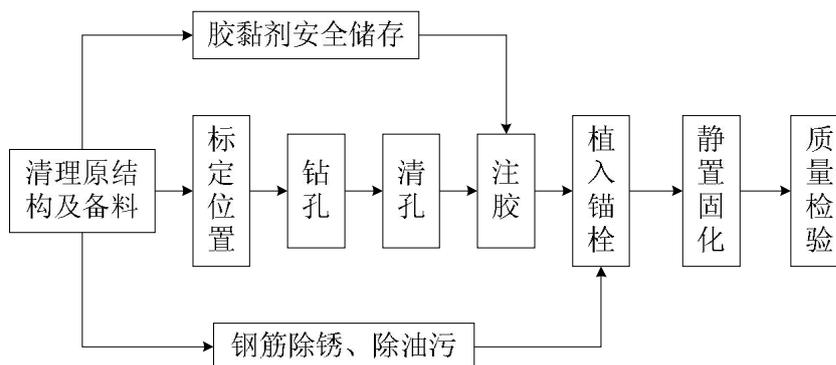
B.1 种植锚栓施工

B.1.1 施工工艺流程图

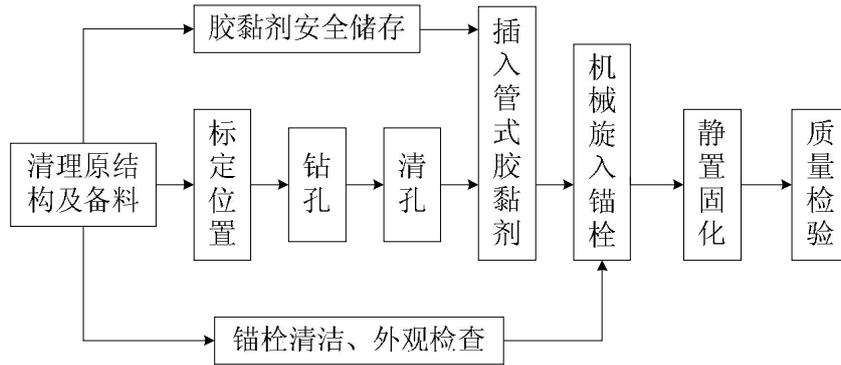
用于桥梁构件加固的锚栓通常有机械型锚栓、注射式化学锚栓、管式化学锚栓三种，其施工工艺流程框图见图B.1～图B.3。



图B.1 机械型锚栓施工工艺流程框图



图B.2 注射式化学锚栓施工工艺流程框图



图B.3 管式化学锚栓施工工艺流程框图

B.1.2 锚孔的定位与钻孔可按照本标准附录A 的相关要求执行，锚孔直径和孔深应和锚栓的要求相适应。

B.1.3 锚孔的清理应符合下列规定：

- a) 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。
- b) 清孔的次数不应少于3次；必要时应用丙酮擦拭干净锚孔。
- c) 孔壁应无油污，其干燥程度应达到设计要求。
- d) 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：

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

B.1.5 化学锚栓的安装应符合下列规定：

- a) 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黏剂至孔深的2/3；以孔口有胶黏剂溢出作为目测检验注胶合格的标志。
- b) 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750 r/min）将螺杆旋入至锚固深度，目测以有少量胶黏剂外溢为合格。
- c) 化学锚栓在固化时间内严禁扰动，以免影响其黏结性能。

B.2 施工质量检验

B.2.1 锚固质量应满足设计要求，当设计无要求时，应符合表B.1 的要求。

表B.1 锚固施工允许偏差

锚栓种类	预紧力	锚固深度 (nun)	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 化学锚栓的胶黏剂的性能应符合 JTG/T J22-2008 中第 4 章的相关规定。

B. 2. 3 施工应注意的问题：

- a) 机械型锚栓和化学锚栓应整套使用，不得替换任何部件。
- b) 废孔按附录 A 中 A. 2. 3. 2 条方法处理。

附录 C
(规范性附录)

碳纤维片材加固混凝土结构黏结强度现场检测方法

- C.1 本方法适用于碳纤维片材加固混凝土结构粘贴强度施工质量的现场检测。
- C.2 检验用黏结强度检测仪可参照 JG/T 507 的规定。黏结强度检测仪应每年检定一次，发现异常时应随时维修、检定。
- C.3 现场检测应在已完成碳纤维片材粘贴加固的结构表面上进行。按实际粘贴碳纤维片材的加固结构表面面积计，每 500 m² 工程取一组 3 个试样，不足 500 m² 时按一组计。检测点应由随机抽取，试样间距不得小于 1 m。
- C.4 被测部位的加固表面应清除污渍并保持干燥；从加固表面向混凝土基体内部切割预切缝，切入混凝土深度 2~3 mm，宽度 1~2 mm，预切缝形状为直径 40 mm 的圆形；采用取样黏结剂粘贴直径为 40 mm 的圆形钢标准块（图 C.1）。取样黏结剂的正拉黏结强度应大于碳纤维片材粘贴树脂的正拉黏结强度。钢标准块粘贴后应及时固凝。

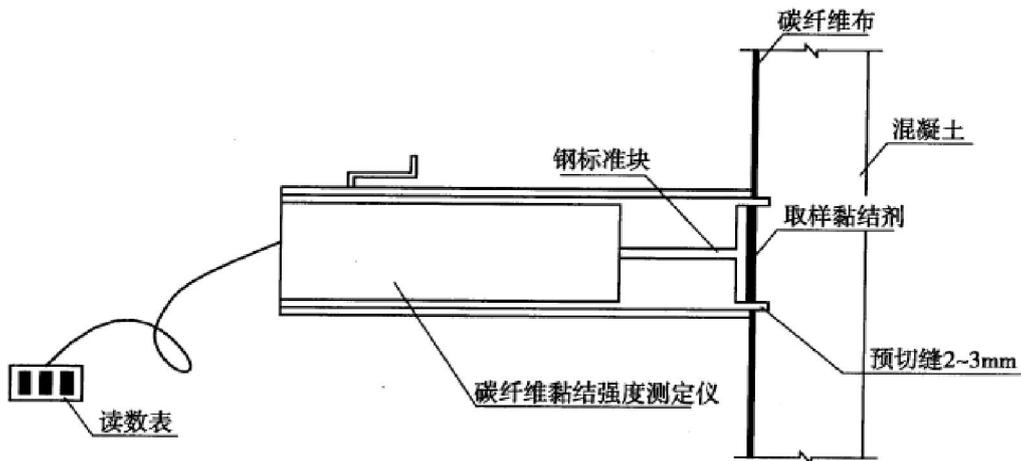


图 C.1 碳纤维片材黏结质量现场检测示意

- C.5 按照黏结强度检测仪生产厂提供的使用说明书，连接钢标准块；以 1500~2000 N/min 匀速加载，记录破坏时的荷载值，并观察破坏形态。
- C.6 正拉黏结强度应按公式 (C.1) 计算：

$$f = P/A \quad \dots \dots \dots (C.1)$$

式中：

f —— 正拉黏结强度 (MPa)；

- P —— 试件破坏时荷载值 (N) ;
A —— 钢标准块的黏结面面积 (mm^2) 。

C.7 破坏形式判别

- 破坏类型 A: 混凝土破坏——混凝土试块破坏;
- 破坏类型 B: 层间破坏——树脂与混凝土间复合涂层界面破坏;
- 破坏类型 C: 碳纤维片材破坏——碳纤维片材内部破坏;
- 破坏类型 D: 黏结失效——碳纤维片材与钢标准块之间破坏。

C.8 试验结果

每组 3 个被测试点,以算术平均值作为该组正拉黏结强度的试验结果。试验结果应包括破坏形式、3 个试样的正拉黏强度值和该组正拉黏结强度的试验平均值。

C.9 施工质量判定

- 破坏形式为 A 时,施工质量判定为合格;
- 破坏形式为 B、C、D 时,如满足每组试样的正拉黏结强度试验平均值不小于 2.5 MPa,且其中单个试样的正拉黏结强度最小值不小于 2.25 MPa 的要求,施工质量判定为合格;
- 破坏形式为 B、C,如不满足每组试样的正拉黏结强度试验平均值不小于 2.5 MPa,且其中单个试样的正拉黏结强度最小值小于 2.25 MPa 的要求,施工质量判定为不合格;或根据实际工程情况加大样本数量重新检验;
- 破坏形式为 D 时,如不能满足每组试样的正拉黏强度试验平均值不小于 2.5 MPa,且其中单个试样的正拉黏结强度最小值不小于 2.25 MPa 的要求,应重新制备试样和检验。

附录 D
(规范性附录)
锚固承载力现场检测方法

D.1 适用范围及应用条件

- D.1.1 本方法适用于混凝土结构锚固工程质量的现场检验。
- D.1.2 锚固工程质量应按其锚固件抗拔承载力的现场抽样检验结果进行评定。
- D.1.3 锚固抗拔承载力现场检验分为非破损检验和破坏性检验。
- D.1.4 下列场合应采用破坏性检验方法对锚固质量进行检验：
- a) 对该工程锚固质量有重大怀疑，且征得相关部门同意；
 - b) 仲裁性检验。
- D.1.5 对设计安全等级为一级的桥梁锚固工程质量采用破坏性检验方法确有困难时，可在征得业主和设计单位同意的情况下，改用非破损抽样检验方法，但必须按表C-1确定抽样数量。
- D.1.6 对设计安全等级为二级及以下桥梁，其锚固工程质量的现场检验可采用非破损检验方法。
- D.1.7 受现场条件限制，无法进行原位破坏性检验操作时，允许在工程施工的同时(不得后补)，在被加固结构近旁，以专门浇筑的同强度等级的混凝土块体为基材种植锚固件，并按规定的时间进行破坏性检验。但应事先征得设计和监理单位的书面同意，并在场见证试验。但本条规定不得应用于仲裁性检验。

D.2 抽样规则

- D.2.1 锚固质量现场检验抽样时，应以同品种、同规格、同强度等级的锚固件安装于锚固部位基本相同的同类构件为一检验批，并应从每一检验批所含的锚固件中进行抽样。
- D.2.2 现场破坏性检验的抽样，应选择易修复和易补种的位置，取每一检验批锚固件总数的 1%。且不少于 5 件进行检验。若锚固件为植筋，且种植的数量不超过 100 件时，可仅取 3 件进行检验。仲裁性检验的取样数量应加倍。
- D.2.3 现场非破损检验的抽样，应符合下列规定：
- a) 锚栓锚固质量的非破损检验：
 - 1) 对设计安全等级为一级的桥梁构件，应在检查该检验批锚栓外观质量合格的基础上，按表 D.1 规定的抽样数量，对该检验批的锚栓进行随机抽样。
 - 2) 对设计安全等级为二级及以下的桥梁构件，可按一级桥梁构件的抽样量的 50%，且不少于 5 件进行随机抽样。

表D.1 一级桥梁构件锚栓锚固质量非破损检验抽样表

检验批的锚栓总数	≤100	500	1000	2500	≥5000
按检验批锚栓总数计算的最小抽样量	20%，且不少于 5 件	10%	7%	4%	3%

注：当锚栓总数介于两栏数量之间时，可线性内插确定抽查数量。

- b) 植筋锚固质量的非破损检验：
 - 1) 对设计安全等级为一级的桥梁构件，应按其检验批植筋总数的 3%，且不少于 5 件进行随机抽样。

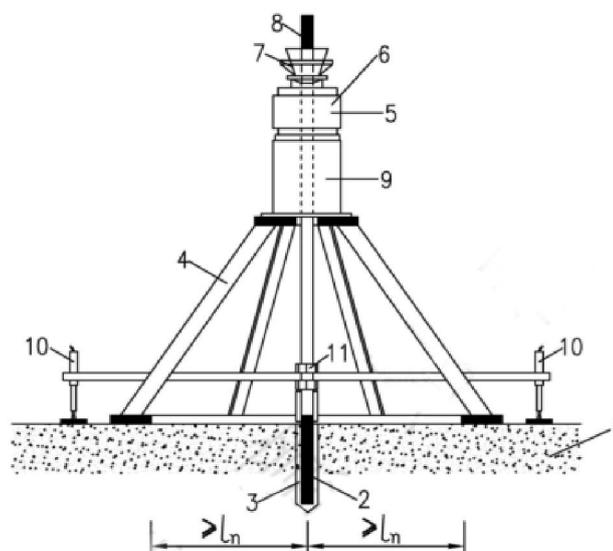
2) 对设计安全等级为二级及以下的桥梁构件, 应按 1%, 且不少于 3 件进行随机抽样。

D.2.4 胶粘的锚固件, 其检验应在胶粘剂达到其产品说明书规定的固化时间的当天进行。若因故需推迟抽样与检验日期, 应征得有关部门同意, 且不得超过 3 d。

D.3 试验设备

D.3.1 现场检测用的加载设备, 可采用专门的拉拔仪或自行组装的拉拔装置(图D.1), 但应符合下列要求:

- 设备的满量程值应比预计的最大拉拔力至少大于 20%, 且应能连续、平稳地加载。其误差不得超过 1.0%。
- 设备的液压加载系统在短时 (5 min) 保持荷载, 其降荷值不得大于 5%。
- 设备的夹持器应能保持力线与锚固件轴线的对中。
- 设备的支承点与植筋中心之间的净间距 l_n , 不应小于 $5d$ (d 为植筋或锚栓的直径), 且不应小于 100 mm; 设备的支承点与锚栓的净间距不应小于 2hef (hef 为有效埋深)。



图D.1

图中:

- 1 —— 混凝土基体;
- 2 —— 钻孔;
- 3 —— 受检胶粘剂;
- 4 —— 支撑架;
- 5 —— 压力传感器;
- 6 —— 连接数据采集仪;
- 7 —— 夹具;
- 8 —— 受检锚固件;
- 9 —— 油压穿心千斤顶;
- 10 —— 位移传感器;
- 11 —— 位移传感器连接支撑。

D.3.2 位移采集系统，包括位移传感器、连接支架和力一位移数据同步采集仪及笔记本电脑和适用的绘图程序，用于测定拉拔过程的位移。

注：若受条件限制，允许采用百分表，以手工操作进行分段记录。此时，在试样到达荷载峰值前，其位移记录点应在 12 点以上。

D.3.3 现场检验用的仪器设备应定期地送检定机构检定。当其读数出现异常或仪器经过修整的应重新进行检定，检定合格后方可使用。

D.4 拉拔检验方法

检验锚固拉拔承载力的加载制度分为连续加载和分级加载两种，可根据实际条件进行选用，但应符合下列规定：

a) 非破损检验

- 1) 连续加载：应以均匀速率在 2 min~3 min 时间内加载至设定的检验荷载，并在该荷载下持荷 2 min。
- 2) 分级加载：应将设定的检验荷载均分为 10 级，每级持荷 1 min 至设定的检验荷载，且持荷 2 min。
- 3) 非破损检验的荷载检验值应符合下列规定：
 - 对植筋，应取 1.15 N_t 作为检验荷载；
 - 对锚栓，应取 1.3 N_t 作为检验荷载。

注： N_t 为锚固件连接受拉承载力设计值，应由设计单位提供。检测单位及其他单位均无权自行确定。

b) 破坏性检验

- 1) 连续加载：对锚栓应以均匀速率控制在 2 min~3 min 时间内加载至锚固破坏。对植筋应以均匀速率控制在 2 min~7 min 时间内加载至锚固破坏。
- 2) 分级加载：应按预估的破坏荷载值 N_u 作如下划分：
 - 前 8 级，每级 0.1 N_u ，且每级持荷 1 min~1.5 min。
 - 自第 9 级起，每级 0.05 N_u ，且每级持荷 30 s，直至锚固破坏。

D.5 检验结果的评定

D.5.1 非破损检验的评定，应根据所抽取的锚固试样在检验荷载的持荷期间状态，按下列规定进行：

——当试样在持荷期间锚固件无滑移、基材混凝土无裂纹或其他局部损坏迹象出现，且加载装置的荷载示值在 2 min 内无下降或下降幅度不超过 5% 的检验荷载时，应评定其锚固质量合格，否则为不合格。

D.5.2 破坏性检验结果的评定，应按下列规定进行：

a) 当检验结果符合下列要求时，其锚固质量评为合格：

$$N_{u,m} \geq [\gamma_u] N_t$$

$$\text{且 } N_{u,\min} \geq 0.85 N_{u,m}$$

式中：

$N_{u,m}$ —— 受检验锚固件极限抗拔力实测平均值。

$N_{u,\min}$ —— 受检验锚固件极限抗拔力实测最小值。

N_t —— 受检验锚固件连接轴向受拉承载力设计值。

$[\gamma_u]$ —— 破坏性检验安全系数，按表 D.2 取用。

b) 当 $N_{u,m} < [\gamma_u] N_t$ 或 $N_{u,\min} < 0.85 N_{u,m}$ 时，应评定试件锚固质量不合格。

表D.2 检验安全系数[γ_u]

锚固种类	破坏类型	
	锚固件本体破坏	非锚固件本体破坏
植筋	≥ 1.45	-
锚栓	≥ 1.65	≥ 3.5

D.5.3 试验报告应包括下列内容：

- a) 受检锚固件的型号和批号；
- b) 试验性质、抽样规则及抽样数量；
- c) 钻孔、清孔及锚固方法；
- d) 锚固件实测的埋深及锚固件编号；
- e) 试验环境的温度和相对湿度；
- f) 仪器设备的型号、量程和检定日期；
- g) 加载方式及加载速度；
- h) 试件破坏荷载、破坏形式、拉拔力一位移曲线及评定结果；
- i) 试验人员、校核人员及试验日期。