

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB 23/T XXXX—2025

寒区聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固桥
梁技术规程

联系单位：东北林业大学
联系人：孙全胜
联系电话：13836007098
联系邮箱：hrbsqs@126.com

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 4 月 1 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 加固用材料 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 聚酯乳液 2

 4.3 钢材 4

 4.4 填充料 5

5 配合比设计 6

 5.1 一般规定 6

 5.2 技术指标 6

6 加固设计 6

 6.1 一般规定 7

 6.2 受弯加固设计 7

 6.3 构造要求 13

7 加固施工 13

 7.1 一般规定 13

 7.2 施工流程 14

 7.3 表面处理 14

 7.4 锚固系统定位安装 15

 7.5 钢丝绳下料及锚固 15

 7.6 界面处理 15

 7.7 U形支护模板制作及立模 16

 7.8 现场配制聚氨酯水泥材料 16

 7.9 聚氨酯水泥材料拌合要求 16

 7.10 现场浇筑聚氨酯水泥材料 16

 7.11 养护 16

 7.12 安全和环保措施 17

8 检验与验收 17

 8.1 一般规定 17

 8.2 聚氨酯水泥质量检验 17

 8.3 钢丝绳检验 18

 8.4 锚固系统检验 19

 8.5 验收 19

前 言

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

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：东北林业大学、哈尔滨荣佳盈标准化咨询服务有限公司、黑龙江省交投峰悦资产经营有限公司、黑龙江黑航航务勘察设计院有限公司、沈阳建筑大学、黑龙江省公路事业发展中心、龙建路桥股份有限公司、哈尔滨市道路桥梁工程处、黑龙江东方学院、哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、黑龙江益通钢波纹装备制造有限公司、黑龙江隆通管业有限公司、哈尔滨学院、齐齐哈尔市交通运输综合行政执法支队。

本文件主要起草人：孙全胜、杨建喜、杨晓光、张可心、于天宁、李绪森、徐江、李军卫、代金良、赵莹、赵运铎、孙明刚、王心智、刘彦程、李晶、黄喜冬、张超、于文、千玉锦、关迎丽、薛兴伟、李建飞、王芳姐、翟登攀、刘正億、关宇翔、高仰轩、隋兴宇、赵胜龙、岳新洸、李国靓、高子腾、张轶涵、王奕琛、曾凡、赵姿琳、李志飞、蒋文字、迟秀峰、赵金阳、荆天宇、邵帅。

寒区聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固桥梁技术规程

1 范围

本文件规定了寒区聚氨酯水泥预应力钢丝绳加固桥梁技术的术语和定义、加固用材料、配合比设计、加固设计、加固施工、检验与验收等内容。

本文件适用于采用聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固公路或市政工程钢筋混凝土梁、板桥等混凝土结构构件的设计、施工及验收，其他形式桥梁的加固可参考执行。

本文件聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固后钢筋混凝土梁、板桥适用于全年不低于-40℃的地区。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 8358 钢丝绳 破断拉力测定方法
- GB 13014 钢筋混凝土用余热处理钢筋
- GB/T 20118 钢丝绳通用技术条件
- GB 50010 混凝土结构设计标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- JG/T 289 混凝土结构加固用聚合物砂浆
- JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
- JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
- JGJ/T 325 预应力高强钢丝绳加固混凝土结构技术规程
- JTG D64-2015 公路钢结构桥梁设计规范
- JTG/T J21-01-2015 公路桥梁荷载试验规程
- JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
- JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范
- DL/T 5126-2021 聚合物改性水泥砂浆试验规程

3 术语和定义

JTG/T J22和JTG/T J23界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

聚氨酯

聚酯多元醇（或聚醚多元醇、聚乙烯醇）（俗称白料）、异氰酸酯（俗称黑料）、消泡剂等原料经过一系列酯化反应形成的聚合物。

3.2

聚氨酯水泥复合材料

以聚氨酯原料为主剂，掺入硅酸盐水泥及填充料聚合形成的具有高强高韧性的聚氨酯水泥复合材料。

3.3

聚灰比

拌制聚氨酯水泥材料时，聚酯乳液质量与水泥质量的比值。

3.4

消泡剂

掺在聚酯乳液中，用以消除聚酯乳液在酯化反应过程中产生过多气泡的外加剂。

3.5

阻燃剂

掺在聚酯乳液中，使聚合物具有难燃性的外加剂。

3.6

界面处理

改善新旧基材之间粘合能力的全过程。

3.7

锚板

与锚具整体焊接，通过胶粘、锚栓或植筋等方法安装在混凝土结构构件的钢板。

3.8

锚具

固定在锚板上，用于固定或调整钢丝绳的装置。

3.9

锚固系统

由锚头、锚具、锚板组成，固定于混凝土结构构件，实现对高强钢丝绳锚固的体系。

4 加固用材料

4.1 一般规定

4.1.1 聚氨酯水泥预应力钢丝绳加固的混凝土结构，其长期使用的环境温度应不高于 60℃。处于特殊环境下（如介质腐蚀、高温、高湿、放射等）的混凝土结构，其加固除应采用耐环境因素的高性能水泥砂浆外，还应遵守 GB 50010 的规定，并应采用相应的防护措施。

4.1.2 聚氨酯水泥预应力钢丝绳应具有产品合格证及性能检测报告。

4.2 聚酯乳液

4.2.1 二苯基甲烷 4, 4'-二异氰酸酯

二苯基甲烷4,4'-二异氰酸酯的技术指标应满足表1的要求。

表 1 二苯基甲烷 4, 4'-二异氰酸酯的技术指标

项目	优等品	一等品	合格品
色度（铂—钴色号）	≤30	≤100	≤120
MDI含量，%（m/m）	≥99.6		≥99.4
凝固点，℃	≥38.1		
水解氯含量，%（m/m）	≤0.003	≤0.005	
环己烷不溶物（24 h）%（m/m）	≤0.3	—	—
环己烷不溶物%（m/m）	≤0.5		≤1.0
色度劣化指标（铂—钴色号）	≤50	—	—
环己烷不溶物劣化指标%（m/m）	≤1.65	—	—

4.2.2 聚酯多元醇

聚酯多元醇的理化性能应满足表2的要求。

表 2 聚酯多元醇的理化性能

项目	优等品	一等品	合格品
项目	≤180	≤250	≤300
色度（铂—钴色号）	≤0.025	≤0.05	≤0.10
水分，%	0.3~0.5		≤1.0
酸值，mg KOH / g	53.5~58.5	53.0~59.0	
羟值，mg KOH / g	230±15	—	—

4.2.3 聚醚多元醇

聚醚多元醇的理化性能应满足表3的要求。

表 3 聚醚多元醇的理化性能

项目	优等品	一等品	合格品
色度号	≤50	≤300	≤400
羟值，mg KOH/g	54.0~58.0	53.0~59.0	
酸值，mg KOH/g	≤0.05	≤0.10	≤0.15
水分含量，%	≤0.06	≤0.10	
粘度（25 ℃），mPa·S	280~320	260~370	—
钠、钾含量，ppm	≤5	≤20	—
不饱和值，mol/kg	≤0.05	≤0.08	—
PH值	5.5~7.5		—

4.2.4 聚乙烯醇

聚乙烯醇的理化性能应满足表4的要求。

表 4 聚乙烯醇的理化性能

项目	优等品	一等品	合格品
醇解度, %(mol/mol)	85.0~87.0	84.0~88.0	84.0~88.0
粘度, mPa.S	3.4~4.2	3.0~5.0	
挥发分, %	≤5.0	≤5.0	≤6.0
灰分, %	≤0.4	≤0.5	
PH值	5~7	4~7	

4.3 钢材

4.3.1 钢筋

钢筋应采用热轧HPB300、HPB400、HPB500或HPB600钢筋，并应符合GB/T 1499.2的规定。

4.3.2 钢板、型钢及钢管

钢板、型钢及钢管应采用Q235钢、Q345钢、Q390钢、Q420钢；对重要结构的焊件，应采用Q235质量等级C级或Q345质量等级C级等可焊性好的钢材。钢材冲击韧性应符合JTG D64-2015的相关规定。

4.3.3 钢丝绳

4.3.3.1 钢丝绳应采用高强不锈钢钢丝绳和高强镀锌钢丝绳。钢丝绳抗拉强度标准值 (f_{tk}) 不应小于表5的规定。

表5 钢丝绳抗拉强度标准值 (f_{tk})

种类	符号	公称直径 (mm)	高强不锈钢钢丝绳		高强镀锌钢丝绳	
			抗拉强度标准值	材料分项系数	抗拉强度标准值	材料分项系数
			(MPa)	(γ_r)	(MPa)	(γ_r)
1×19	ϕ^S	3.0~7.0	1650	1.47	1650	1.47
			1770	1.47	1770	1.47

4.3.3.2 高强钢丝绳抗拉强度设计值应按本规程表5中的强度标准值除以材料分项系数 (γ_r) 确定。

4.3.3.3 高强钢丝绳的弹性模量、伸长率不应小于表6的规定。

表6 钢丝绳弹性模量、伸长率

类别	弹性模量 E_{rw} (MPa)	伸长率 (%)
不锈钢钢丝绳	1.10×10^5	1.6
镀锌钢丝绳	1.40×10^5	2.1

4.3.3.4 高强钢丝绳强度、弹性模量、伸长率等的试验方法及截面面积计算宜按JGJ/T 325执行。当对试验结果有争议时，应按GB/T 8358规定的仲裁试验方法执行。

4.3.3.5 高强钢丝绳的应力松弛性能试验方法宜符合GB/T 5224的规定。

4.3.3.6 高强钢丝绳的保护层厚度应从钢丝绳外表面算起，并应根据GB 50010规定的环境类别，符合下列规定：

- a) 一类环境，不应小于20 mm；
- b) 二a类以上环境，不应小于25 mm；
- c) 二b类以上环境，不应小于35 mm。

4.3.3.7 高强钢丝绳不得涂有油脂。

4.3.3.8 对处于腐蚀环境的混凝土结构构件进行加固时，应采用高强不锈钢钢丝绳。

4.3.3.9 对处于一般环境的混凝土结构构件进行加固时，可选用高强镀锌钢丝绳，但应采取有效的防锈措施。

4.3.4 焊接材料

- 焊接材料的型号、质量和性能应满足下列要求：
- a) 焊条材料的品种、规格应满足设计要求，其型号应与被焊接钢材的强度相适应、匹配。
 - b) 焊缝连接的设计指标应符合 GB 50661 的相关规定。

4.3.5 高强螺栓

高强螺栓应符合GB 50017的相关规定。

4.3.6 锚固系统

- 预应力钢丝绳的锚固系统由锚头、锚具、锚板组成，且锚具与锚板应通过焊接连接，锚板应通过胶粘剂、锚栓、锚固胶或植筋胶与桥梁结构连接成整体。锚固系统应满足下列要求：
- a) 桥梁加固需要植筋时，宜采用 HPB400 级热轧带肋钢筋，也可采用 RRB400 级余热处理钢筋，并应符合 GB 13014 的规定。
 - b) 锚固件为螺杆时，应采用全螺纹非焊接螺杆，钢材等级应采用 Q345 级钢。
 - c) 锚固件为锚栓时，螺栓主要性能指标应满足表 7 的要求。

表 7 螺栓主要性能指标

螺栓		抗拉强度标准值（MPa）	屈服强度标准值（MPa）	伸长率（%）
碳素钢 及合金 钢螺栓	4.8级	400	320	14
	5.8级	500	400	10
	6.8级	600	480	8
	8.8级	800	640	12
不锈钢螺栓	50（ $d\leq 39\text{ mm}$ ）	500	210	$0.6d$
	70（ $d\leq 24\text{ mm}$ ）	700	450	$0.4d$
	80（ $d\leq 24\text{ mm}$ ）	800	600	$0.3d$
注：表中的 d 表示螺栓的公称直径。				

4.4 填充料

4.4.1 水泥

水泥的品种、性能和质量应满足强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥或快硬硅酸盐水泥；当有耐腐蚀和耐高温要求时，应采用相应的特种水泥。水泥的细度宜小于380 m²/kg；不应将不同品牌或不同强度等级的水泥混合使用。

4.4.2 砂浆

4.4.2.1 砂浆的基本性能指标应符合表 8 规定。

表 8 砂浆的基本性能指标

砂浆等级	劈裂抗拉强度 (MPa)	正拉粘结强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	钢套筒粘结抗剪强度标准值 (MPa)
I	≥7.0	≥2.5, 且为混凝土内 聚破坏	≥12.0	≥50.0	≥12.0
II	≥5.0		≥10.0	≥40.0	≥9.0

注：表中的指标值为龄期 28 d 指标。

- 4.4.2.2 锚固区和反力支撑范围以外可选用 II 级砂浆。
- 4.4.2.3 砂浆粘结剪切性能应经湿热老化检验，且试验方法应按 GB 50367 执行，合格后方可使用。
- 4.4.2.4 砂浆在严寒和寒冷地区使用时，应具有耐冻融性能检验合格证书，且试验方法应按 GB 50367 执行。
- 4.4.2.5 砂浆现场拌制时，应按预先确定的配合比进行拌制，且每次拌合量宜在 30 min 内使用完毕。

5 配合比设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 聚氨酯水泥材料配合比应通过完整的配合比试验确定。

5.2 技术指标

- 5.2.1 常用材料用量应满足表 9 的要求。

表 9 常用材料用量

项目	聚氨酯水泥材料
聚灰比(聚酯乳液占填料质量百分比)(%)	67~200
异氰酸酯用量(占聚酯乳液的百分比)(%)	33~50
外加剂用量(外加剂占填料质量百分比)(%)	0~1

- 5.2.2 聚氨酯水泥材料技术指标应满足表 10 的技术要求。

表 10 聚氨酯水泥材料技术指标

检验项目		技术指标			试验方法依据
		PM-1200	PM-1300	PM-1400	
密度（t/m³）		1.2	1.3	1.4	
凝结时间	初凝/min	≥15			GB/T 1346
	终凝/h	≤25			
抗压强度（MPa）	24 h	≥30	≥40	≥50	DL/T 5126-2021
抗折强度（MPa）	24 h	≥15	≥20	≥25	DL/T 5126-2021
粘结强度（MPa）	24 h	≥2.5且不允许界面破坏			JG/T 289
抗渗压力（MPa）	24 h	≥1.5			JC 474
收缩率（%）	24 h	≤0.1			JG/T 289
抗冻性能	强度损失率/%	≤1.0			JGJ/T 70
	质量损失率/%	≤1.0			

表 10 聚氨酯水泥材料技术指标 (续)

检验项目		技术指标			试验方法依据
		PM-1200	PM-1300	PM-1400	
密度（t/m³）		1.2	1.3	1.4	
凝结时间	初凝/min	≥15			GB/T 1346
注：有其他特殊性能要求时，进行相关材料性能试验。					

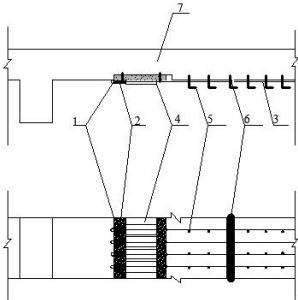
6 加固设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 采用聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固混凝土结构构件前，应按国家现行有关规程对原结构进行检测、鉴定或评估。
- 6.1.2 聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固桥梁结构构件时，在梁、板构件的受拉区施加预应力受弯加固，且将锚具固定在弯矩较小的区域。
- 6.1.3 受弯加固时，被加固桥梁结构构件的实际混凝土强度等级不应低于 C30。
- 6.1.4 采用聚氨酯水泥预应力钢丝绳加固桥梁结构构件时，应按 GB 50010 进行承载力极限状态计算和正常使用极限状态验算。钢筋和混凝土材料强度设计值应根据检测得到的实际强度推算。
- 6.1.5 钢丝绳的自由长度超过 10 m 时，应设置定(限)位装置。
- 6.1.6 钢丝绳张拉时，应采用应力、伸长量双重控制。拉力偏差应在±100 N 范围内，伸长量偏差应在±0.5 mm 范围内。
- 6.1.7 钢丝绳曲线布置时，曲率半径不应小于 4 m。
- 6.1.8 当被加固构件有防火要求时，应采取防护措施，并应符合 GB 50016 的规定。

6.2 受弯加固设计

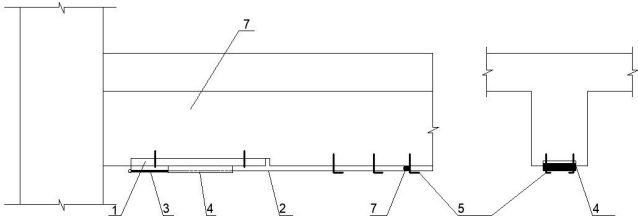
- 6.2.1 聚氨酯水泥预应力钢丝绳受弯加固梁、板构件，梁、板构件加固示意图如图 1 所示，其中聚氨酯水泥预应力钢丝绳受弯加固梁有两种布置形式，分别如图 2 和图 3 所示。承载力计算除应符合 GB 50010 对受弯构件正截面承载力计算的基本假定外，尚应符合下列规定：
- a) 聚氨酯水泥预应力钢丝绳应与钢筋、混凝土变形协调；
 - b) 应验算构件的受剪承载力，且受剪破坏不得先于抗弯破坏发生；
 - c) 加固后受弯承载力的提高幅度不宜超过 60 %。
- 6.2.2 梁侧面布置聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固时，钢丝绳布置高度不应超过梁截面高度的 1/4。
- 6.2.3 聚氨酯水泥预应力钢丝绳对梁、板负弯矩区抗弯加固时（如图 4 所示），锚具位置应设在正弯矩区，加固范围应自支座边缘起计算，且对于板，加固范围不应小于 1/4 跨度；对于梁，加固范围不应小于 1/3 跨度。钢丝绳需绕过柱时，宜在梁两侧的 4 倍板厚 (h_f') 范围内布置。



标引序号说明：

- 1—锚板；
- 2—锚头；
- 3—预应力高强钢丝绳；
- 4—锚具；
- 5—植筋；
- 6—圆钢棒；
- 7—待加固梁、板。

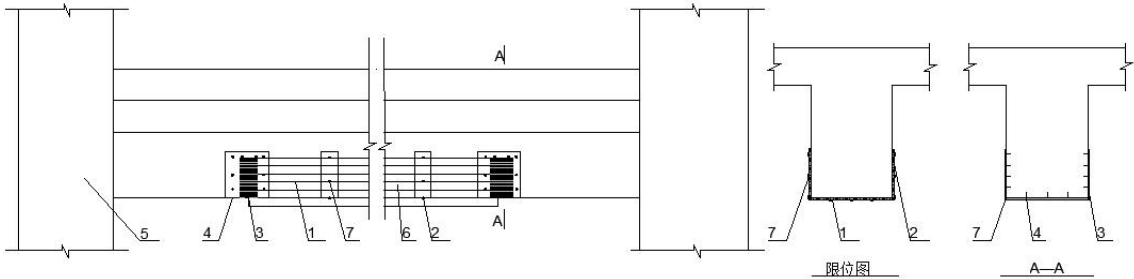
图 1 梁、板构件加固示意图



标引序号说明：

- 1—锚板；
- 2—聚氨酯水泥预应力钢丝绳；
- 3—锚头；
- 4—锚具；
- 5—植筋；
- 6—圆钢棒；
- 7—待加固梁。

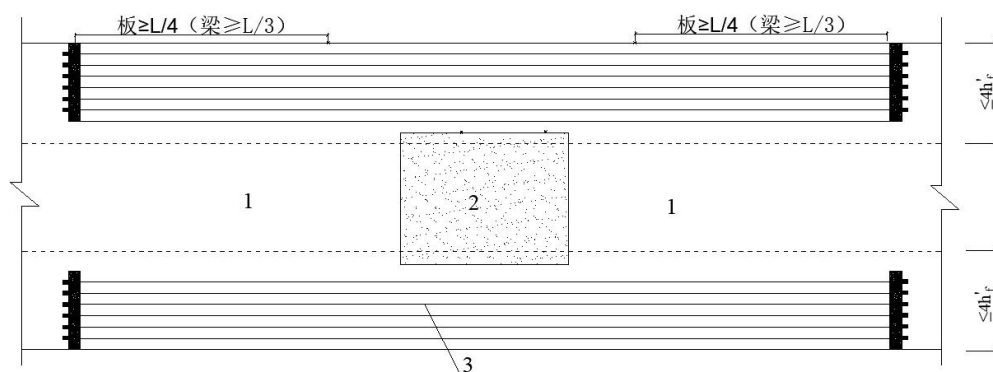
图 2 聚氨酯水泥预应力钢丝绳受弯加固（布置形式一）



标引序号说明：

- 1—钢丝绳；
- 2—限位装置；
- 3—锚具；
- 4—锚板；
- 5—混凝土结构柱；
- 6—待加固梁；
- 7—锚栓。

图 3 聚氨酯水泥预应力钢丝绳受弯加固（布置形式二）



标引序号说明:

1—混凝土梁;

2—混凝土柱;

3—聚氨酯预应力钢丝绳。

图4 梁、板负弯矩区受弯加固示意图

6.2.4 受弯构件加固后相对界限受压区高度 ($\xi_{b,r}$) 应符合下列规定:

- 对于重要构件, $\xi_{b,r}$ 应采用加固前控制值 (ξ_b) 的 0.90 倍;
- 对于一般构件, $\xi_{b,r}$ 应采用加固前控制值 (ξ_b) 的 0.95 倍。

6.2.5 对矩形、T 形或 I 形截面构件受弯加固时, 其正截面受弯承载力计算应符合下列规定 (见图 5):

- 矩形截面或中性轴位于 T 形或 I 形截面翼板内 ($x \leq h_f'$) 时, 正截面承载力应按下列公式确定:

$$\alpha_1 f_{c0} b_f' x + f_{y0}' A_{s0}' = f_{y0} A_{s0} + f_{py0} A_{p0} + f_r A_r \quad (1)$$

$$M \leq \alpha_1 f_{c0} b_f' x (h_0 - x/2) + f_{y0}' A_{s0}' (h_0 - a_s') \quad (2)$$

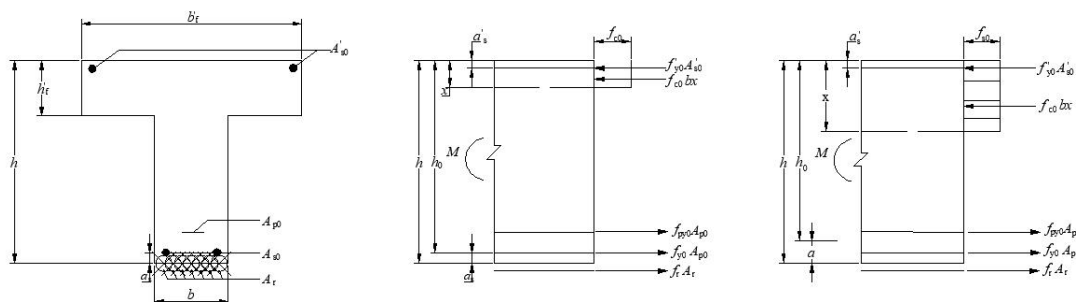


图5 梁、板构件受弯加固

- T 形或 I 形截面且中性轴位于截面腹板内 ($x > h_f'$) 时, 正截面承载力应按下列公式确定:

$$\alpha_1 f_{c0} (b_f' - b) x + \alpha_1 f_{c0} b x + f_{y0}' A_{s0}' = f_{y0} A_{s0} + f_{py0} A_{p0} + f_r A_r \quad (3)$$

$$M \leq f_{c0} b \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_{c0} (b_f' - b) \left(h_0 - \frac{h_f'}{2} \right) + f_{y0}' A_{s0}' (h_0 - a_s') \quad (4)$$

$$h_0 = h - a \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{f_{y0}A_{s0}a_s + f_{py0}A_{p0}a_0 + f_rA_r a_r}{f_{y0}A_{s0} + f_{py0}A_{p0} + f_rA_r} \quad (6)$$

式中：

M —构件加固后弯矩组合设计值；

A_{s0} 、 A'_{s0} —分别为原构件受拉区和受压区普通钢筋截面面积；

A_{p0} —原构件体内预应力钢筋截面面积；

A_r —高强钢丝绳计算截面面积；

f_{c0} —原构件混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{c0,k}$ —原构件混凝土轴心抗压强度标准值；

$f_{t0,k}$ —原构件混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_{y0} 、 f'_{y0} —分别为原构件普通钢筋抗拉强度设计值和抗压强度设计值；

f_{py0} —原构件体内预应力钢筋抗拉强度设计值；

f_{rk} —高强钢丝绳抗拉强度标准值；

α_1 —系数，按 GB 50010 的规定计算；

b —矩形截面宽度或 T 形截面的腹板宽度；

b'_f —受压翼缘的有效宽度，按 GB 50010 的规定取值；

h'_f —受压翼缘的厚度；

h —截面高度；

h_0 —截面有效高度；

a_p 、 a_r —受拉区原预应力筋合力点、聚氨酯水泥预应力钢丝绳合力点至截面受拉边缘的距离，对于钢丝绳布置于梁底时， $a_r = 0$ ；对于钢丝绳布置于梁侧面时，按实际取值；

a_s 、 a'_s —受拉区、受压区原普通钢筋的合力作用点至受拉区、受压区边缘的距离；

a —受拉区原普通钢筋、原预应力筋及聚氨酯水泥预应力钢丝绳合力作用点至受拉区边缘的距离。

6.2.6 聚氨酯水泥预应力钢丝绳加固桥梁结构时，正常使用极限状态下裂缝控制验算应符合 GB 50367 的规定。

6.2.7 正常使用极限状态下的挠度验算，应按荷载效应规程组合并考虑荷载长期作用影响的刚度（B）进行计算，且所计算的挠度值不应超过 GB 50010 的限值，并应符合 GB 50367 的规定。

6.2.8 预应力损失应计算锚具变形损失值（ $\sigma_{l2,r}$ ）、分批张拉损失值（ $\sigma_{l4,r}$ ）、预应力钢丝绳松弛损失值（ $\sigma_{l5,r}$ ），且各项预应力损失值宜根据试验确定，可按下列要求估算：

a) 预应力钢丝绳由于锚具变形引起的预应力损失值（ $\sigma_{l2,r}$ ）应按下列式计算：

$$\sigma_{l2,r} = E_{rw} \frac{a}{l} \quad (7)$$

式中：

$\sigma_{l2,r}$ —预应力损失应计算锚具变形损失值，单位为兆帕（MPa）；

E_{rw} —预应力钢丝绳弹性模量，单位为兆帕（MPa）；

a —张拉端锚具变形，单位为毫米（mm），取1mm，每块后加垫片的缝隙取1mm；

l —张拉端至锚固端距离，单位为毫米（mm）。

b) 分批张拉引起的构件混凝土弹性压缩预应力损失值（ $\sigma_{l4,r}$ ）应按下列式计算：

$$\sigma_{l4,r} = [(m-1)/2] \alpha_{Er} \Delta \sigma_{pc} \quad (8)$$

式中:

$\sigma_{l4,r}$ —构件混凝土弹性压缩预应力损失值,单位为兆帕(MPa);

m —预应力钢丝绳分批张拉次数;

α_{Er} —预应力钢丝绳弹性模量与混凝土弹性模量的比值;

$\Delta\sigma_{pc}$ —在计算截面先张拉的聚氨酯水泥预应力钢丝绳中心处,由后张拉每一批钢丝绳产生的混凝土法向应力。

c) 松弛引起的预应力损失值($\sigma_{l5,r}$)应按下列公式计算:

$$\sigma_{l5,r} = 0.125(\sigma_{con,r}/f_{rk} - 0.5)\sigma_{con,r} \quad (9)$$

式中:

$\sigma_{l5,r}$ —松弛引起的预应力损失值,单位为兆帕(MPa);

$\sigma_{con,r}$ —预应力钢丝绳的张拉控制应力,单位为兆帕(MPa);

f_{rk} —预应力钢丝绳的抗拉强度标准值,单位为兆帕(MPa)。

d) 预应力钢丝绳的应力损失值(σ_{lr})应按下列公式计算,且当计算值小于80MPa时,应取80MPa:

$$\sigma_{lr} = \sigma_{l2,r} + \sigma_{l4,r} + \sigma_{l5,r} \quad (10)$$

e) 预应力钢丝绳的张拉控制应力($\sigma_{con,r}$)应按下列公式确定:

$$\sigma_{con,r} = \sigma_{pe,r} + \sigma_{lr} \quad (11)$$

式中:

$\sigma_{pe,r}$ —预应力钢丝绳的有效预应力;

σ_{lr} —预应力钢丝绳的有效预应力。

$\sigma_{con,r}$ 应符合下列公式的规定:

$$0.4f_{rk} < \sigma_{con,r} < 0.65f_{rk} \quad (12)$$

6.2.9 聚氨酯水泥预应力钢丝绳加固受弯桥梁结构构件时,其应力计算应包括预应力钢丝绳的预加力、原有预应力筋的预加力及作用(荷载)效应规程组合的共同作用,并应符合下列规定:

a) 作用(荷载)效应组合下的法向应力应按下列公式计算:

$$\sigma_{ck} = \frac{M_k}{W_0} \quad (13)$$

式中:

σ_{ck} —作用(荷载)效应规程组合下的法向应力;

M_k —按作用(荷载)效应规程组合计算的弯矩值;

W_0 —原构件换算截面边缘弹性抵抗矩。

b) 由预应力钢丝绳的预加力、原有预应力筋的预加力产生的混凝土法向应力应按下列公式计算:

1) 先张法构件(原预应力筋):

$$\sigma_{pc} = \frac{N_{p0,r} + N_{p0}}{A_0} \pm \frac{N_{p0,r}e_{p0,r}}{I_0}y_0 \pm \frac{N_{p0}e_{p0}}{I_0}y_0 \quad (14)$$

2) 后张法构件(原预应力筋):

$$\sigma_{pc} = \frac{N_{p0,r}}{A_0} \pm \frac{N_{p0,r}e_{p0,r}}{I_0}y_0 \pm \frac{N_p}{A_n} \pm \frac{N_p e_{pn}}{I_n}y_n \quad (15)$$

式中：

σ_{pc} —预应力钢丝绳的预加力、原有预应力筋的预加力产生的混凝土法向应力；

N_{p0} 、 N_p —先张法构件、后张法构件原有预应力筋的预加力；

A_0 、 I_0 —分别为原构件换算截面面积和惯性矩；

A_n 、 I_n —分别为原构件净截面面积和惯性矩；

e_{p0} 、 e_{pn} —分别为原构件换算截面重心及净截面重心至原预应力筋及受拉钢筋合力点的距离；

$e_{p0,r}$ —为原构件换算截面重心至聚氨酯水泥预应力钢丝绳合力点的距离；

y_0 、 y_n —分别为换算截面重心及净截面重心至所计算钢丝绳处的距离；

$N_{p0,r}$ —聚氨酯水泥预应力钢丝绳的预加力。

c) 原有预应力筋合力点处混凝土法向应力等于零时的原有预应力筋应力应考虑预应力钢丝绳的预加力引起原有预应力筋的弹性压缩损失 ($\alpha_{Ep}m\Delta\sigma_{pc}$)，且混凝土法向应力应按下列公式计算：

1) 先张法（原有预应力筋）：

$$\sigma_{p0} = \sigma_{con} - \sigma_l - \alpha_{Ep}m\Delta\sigma_{pc} \quad (16)$$

2) 后张法（原有预应力筋）：

$$\sigma_{p0} = \sigma_{con} - \sigma_l + \alpha_E\sigma_{pc} - \alpha_{Ep}m\Delta\sigma_{pc} \quad (17)$$

6.2.10 计算截面上混凝土法向预应力等于零时，原有预应力筋与普通钢筋合力、聚氨酯水泥预应力钢丝绳的预加力及三者合力作用点的偏心距应按下列公式计算：

a) 原有预应力筋与普通钢筋合力应按下列公式计算

1) 先张法构件（原预应力筋）

$$N_{p0} = \sigma_{p0}A_p - \sigma_{l5}A_s \quad (18)$$

2) 后张法构件（原预应力筋）

$$N_{p0} = \sigma_{pe}A_p - \sigma_{l5}A_s \quad (19)$$

b) 聚氨酯水泥预应力钢丝绳的预加力应按下列公式计算：

$$N_{p0,r} = \sigma_{pe,r}A_r \quad (20)$$

$$\sigma_{pe,r} = \sigma_{con,r} - \sigma_{l,r} \quad (21)$$

式中： $\sigma_{pe,r}$ —预应力钢丝绳的有效预应力。

c) 原有预应力筋、普通钢筋及聚氨酯水泥预应力钢丝绳的合力作用点相对于换算截面重心的偏心距应按下列公式计算：

$$e_{p0} = \frac{\sigma_{p0,r}A_r y_r + \sigma_{p0}A_p y_p - \sigma_{l5}A_s y_s}{\sigma_{p0,r}A_r + \sigma_{p0}A_p - \sigma_{l5}A_s} \quad (22)$$

6.2.11 对于预应力钢丝绳张拉阶段预拉区允许出现拉应力的构件和预压时全截面受压的构件，在聚氨酯水泥预应力钢丝绳的预加力、原有预应力筋的预加力、自重及施工荷载作用下截面边缘的混凝土法向应力宜按下列公式计算：

$$\sigma_{cc} = \sigma_{pc} + \frac{M_k y_0}{I_0} \quad (23)$$

$$\sigma_{ct} = \sigma_{pc} - \frac{M_k y_0}{I_0} \quad (24)$$

$$\sigma_{cc} \leq 0.8 f_{c0,k} \quad (25)$$

$$\sigma_{ct} \leq f_{t0,k} \quad (26)$$

式中：

σ_{cc} —施工阶段计算截面预压区边缘纤维的混凝土压应力；

σ_{ct} —施工阶段计算截面预拉区边缘纤维的混凝土拉应力；

$f_{t0,k}$ 、 $f_{c0,k}$ —分别为原构件混凝土抗拉强度标准值、抗压强度标准值；

M_k —构件自重及施工荷载的规程组合在计算截面产生的弯矩值。

6.3 构造要求

6.3.1 采用纵筋焊接法时，端部槽口的开凿宽度取 10 cm，深度以暴露出待加固混凝土受弯构件内部的已配纵筋并能牢固焊接端部锚具为宜，一般为底部混凝土保护层厚度。

6.3.2 预应力钢丝绳的布置间距应大于等于所用锚头直径，建议不小于 8 mm，层数可设置 1~2 层。

6.3.3 端部锚具的具体结构需根据钢丝绳所承担的拉力荷载进行设定，厚度 20 mm~30 mm，不宜过大，宽度 30 mm~50 mm，开槽深度大于等于锚头挤压后的半径。

6.3.4 预应力钢丝绳的端部锚头由挤压模具、挤压机械对其进行强力挤压，使挤压锚头与钢丝绳形成一体，挤压力大小通过实验确定，以锚头完全挤压密实、无飞边现象为度。

6.3.5 采用化学螺栓法固定端部锚具时，化学螺栓的最小间距应为 50 mm，设置数量按照等强原则按 GB 50017 相关规定计算。

6.3.6 植栓植入深度应符合下列要求：用有机结构胶植剪切销钉，植入深度不应小于 5d（d 为销钉直径），且不应小于 40 mm；用无机材料植剪切销钉，植入深度不应小于 8d，且不应小于 60 mm。

6.3.7 采用焊接纵筋法固定端部锚具时，灌注锚固砂浆强度应比待加固桥梁混凝土等级提高一级。

6.3.8 聚氨酯水泥加固层厚度宜为 25 mm~45 mm，且钢丝绳的水泥保护层厚度不宜超过 25 mm。

7 加固施工

7.1 一般规定

7.1.1 加固工程施工前应进行以下技术准备：

- 钢筋混凝土桥梁结构维修加固工程施工现场质量管理，应有相应的施工技术规程、健全的质量管理体系、施工质量控制与质量检验制度以及综合评定施工质量水平的考核制度；
- 钢筋混凝土桥梁结构维修加固工程根据其加固材料种类和施工技术特点应划分为若干子工程；每一子工程应按施工过程控制和施工质量验收的需要，划分为若干检验批；
- 钢筋混凝土桥梁结构维修加固工程应按下列规定进行施工质量控制：
 - 结构加固设计单位应按审查批准的施工图，向施工单位进行技术交底。施工单位应据以编制施工组织设计和施工技术方案，经审查批准后组织实施，其中施工技术方案内容应

- 包括：施工范围和结构部位、施工技术要点、原材料质量要求、施工场地布置（原材料存放、施工机具、布置等）、机具配备方案、脚手架搭设方案，施工安全和环保措施等；
- 2) 黑料和白料进场时，供货方应提供企业产品质量检验合格证。国标材料必须提供有资质检测单位出具的有效形式检验报告；
 - 3) 加固工程施工前，施工单位应会同施工监理工程师进行聚氨酯水泥材料的现场配合比试验，各项技术指标应满足设计要求；
 - 4) 加固材料中凡涉及安全、卫生、环境保护等问题，应按本规程规定的抽样数量进行见证取样复验，其送样应经监理工程师签封，复验不合格的材料和产品严禁使用；
 - 5) 结构加固工程施工前，应对原结构或构件进行清理、修整和干燥处理；
 - 6) 聚氨酯水泥材料必须在环境温度 -5°C 以上且湿度 70%以下的自然条件下施工；
 - 7) 桥梁结构维修加固工程的每道工序均应按企业的施工技术规程及本规程进行质量控制；每道工序完成后应进行检查验收；必要时应按隐蔽工程的要求进行检查验收；合格后方可允许进行下一道工序的施工；
 - 8) 相关各专业工种交接时，应进行交接检验，并应经过监理工程师检查认可。
- 7.1.2 聚氨酯水泥预应力钢丝绳加固桥梁结构构件时，应完全卸除被加固构件上的作用，并应计算加固对结构中其他构件可能产生的影响。
- 7.1.3 当施工环境温度低于 -5°C 时，应停止胶粘剂、锚固胶或植筋胶的施工或采取有效的保温措施。
- 7.1.4 施工材料进场应进行检验，并按说明书要求使用或操作。
- 7.1.5 胶黏剂、锚固胶或植筋胶的施工界面应干燥，每次的拌合量宜在 30 min 内使用完毕。
- 7.1.6 施工控制量应按采用的施加预应力方法计算。若采用千斤顶张拉，可按张拉力 $\sigma_{con}A_{p,e}$ 控制；若按伸长率控制，伸长率中应计入裂缝闭合的影响。
- 7.1.7 预应力钢丝绳张拉顺序不应使构件产生扭转、侧弯，宜采用对称张拉的原则。

7.2 施工流程

聚氨酯水泥材料加固公路桥梁的施工流程如图6所示。

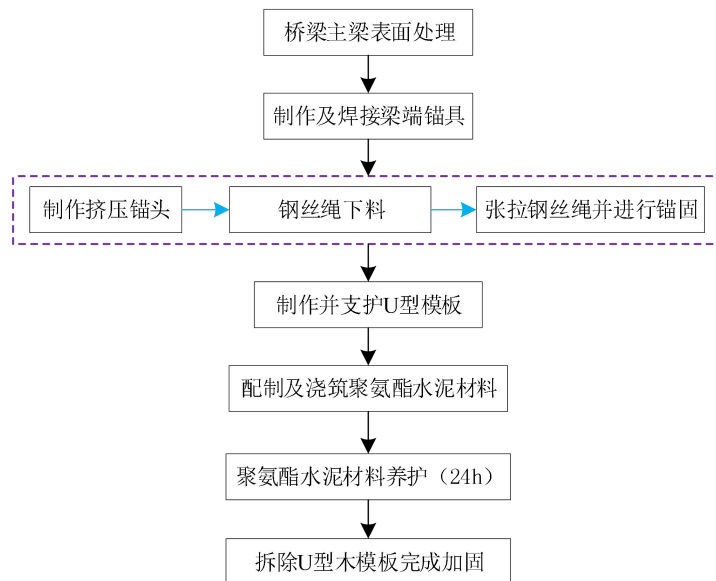


图 6 聚氨酯水泥材料加固公路桥梁的施工流程

7.3 表面处理

7.3.1 加固施工前应进行现场清理、修整。

7.3.2 加固施工前，应清除被加固结构构件表面的剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化混凝土，并应凿毛处理，露出混凝土新鲜骨料，表面粗糙度不应小于 5 mm。

7.3.3 混凝土结构构件经凿毛处理后，应去除浮浆、浮尘等杂质，并应在涂抹砂浆前涂刷界面剂。

7.4 锚固系统定位安装

7.4.1 锚具应按设计制作，并应与锚板焊接，且焊接应在锚板锚固施工前完成。

7.4.2 锚板锚固位置应按设计放线、定位、开槽。

7.4.3 锚板与混凝土接触面应采用涂抹或灌注的方式满涂胶粘剂，并应通过锚栓或植筋将锚板与原结构锚固成一体。

7.4.4 胶粘剂、锚固胶、植筋胶等应在完全固化并达到强度要求后，进行聚氨酯水泥预应力钢丝绳的张拉施工。

7.5 钢丝绳下料及锚固

7.5.1 钢丝绳抗弯加固混凝土梁施工时，应按下列规定进行聚氨酯水泥预应力钢丝绳下料及张拉：

- a) 钢丝绳下料前，应先通过试验实测张拉控制应力下拉应变 (ε)、锚具外缘尺寸 (L_i)，并按下式计算预应力高强钢丝绳的下料长度 (L_0)

$$L_0 = L_i / (1 + \varepsilon) + 2L_e \quad (1)$$

式中：

L_0 —预应力高强钢丝绳的下料长度，单位为毫米 (mm)；

L_i —锚具外缘尺寸，单位为毫米 (mm)；

ε —试验实测张拉控制应力下拉应变；

L_e —聚氨酯水泥预应力钢丝绳锚固端预留长度，单位为毫米 (mm)。

- b) 每根钢丝绳应在其设置的槽道内预紧，并应编号与锚具槽道一一对应；

- c) 钢丝绳端部应折成双股穿入套管内孔，采用挤压模具对套管强力挤压，使钢丝绳与挤压套管形成整体。套管挤压前，模具接合面及膜腔应预先清洁；挤压时，套管截面长轴应与加压方向一致，且套管应与膜腔槽口完全对齐后再实施挤压；挤压锚头应一次压制完成，且在挤压过程中不得损伤钢丝绳。

7.5.2 锚头外观及尺寸应逐一检验，表面应光滑，无裂纹、飞边和毛刺，尺寸应符合规定。

7.5.3 钢丝绳张拉前，应检查钢丝绳非张拉锚头在锚具槽道内准确就位。

7.5.4 聚氨酯水泥预应力钢丝绳张拉时应横向对称，对称轴两边张拉完成的高强钢丝绳的数量之差不应多于 3 根。

7.5.5 抗弯加固桥梁结构构件的下表面与钢丝绳之间应设置直径大于等于 12mm 的圆钢棒。

7.6 界面处理

7.6.1 清除钢筋混凝土构件表面的尘土及其它饰面层，人工剔除已松动、风化表层，针对蜂窝麻面、混凝土脱落等部位应按照设计要求对残损部分进行局部维修；

7.6.2 当钢筋混凝土结构加固部位的配筋有锈蚀现象时，钢筋表面应进行除锈、脱脂并打磨至露出金属光泽。当锈蚀造成的配筋截面面积削弱达原截面的 1/10 以上时，应补配钢筋；

7.6.3 为保证界面处理的均匀性，可采用压缩空气净洁原结构表面；

7.6.4 采用聚氨酯水泥材料维修加固钢筋混凝土桥梁时，若原构件表面处于潮湿或渗水状态，修补前

应先进行疏水、止水和干燥处理。

7.7 U形支护模板制作及立模

7.7.1 根据设计聚氨酯的截面积制作U形模板，立模时应满足下列要求：

- a) 施工单位应按照模板加工图纸制作模板，其挠度不应超过模板构件跨度的1/400；
- b) 板与板之间的接缝应保持严密，必要时可采用压条、封缝胶等措施，以防漏料；
- c) 模板内侧可涂刷脱模剂或粘贴塑料薄膜胶带。

7.7.2 将U形模板固定在梁底，模板两端部与混凝土接触位置进行封闭，防止浇筑过程中聚氨酯水泥材料流出。

7.8 现场配制聚氨酯水泥材料

7.8.1 应根据一次浇筑体积来确定聚氨酯水泥材料的用量：

$$W_P = 1.05\rho_P V_P \dots\dots\dots (1)$$

式中：

W_P —聚氨酯水泥材料的用量，单位为吨(t)；

ρ_P —聚氨酯水泥材料的密度，单位为吨每立方米(t/m³)；

V_P —一次性浇筑聚氨酯水泥材料的体积，单位为立方米(m³)。

7.8.2 组成聚氨酯水泥材料的聚酯乳液、填充剂等各组原材料的用量应根据现场配合比试验确定的最佳配合比计算、下料，用量误差精度不大于0.5%。

7.8.3 作业区应具备良好的通风和照明条件。

7.9 聚氨酯水泥材料拌合要求

7.9.1 水泥炒干脱水时，将水泥放入炒炉中，在炒炉下方点火加热，保持炒炉匀速转动，翻炒时间约为90 min~120 min，炒干的目的是尽可能的消除水泥中自由水和结合水，防止与聚氨酯胶液反应的时候出现气泡。

7.9.2 聚氨酯胶液混合应均匀，将异氰酸酯（黑料）和组合聚醚（白料）按照设计的比例进行混合，在混合过程中进行搅拌保证胶液均匀混合，采用搅拌机可以减少搅拌时间，搅拌2 min~5 min即可搅拌均匀，可通过观察黑料和白料混合后胶液的颜色是否一致判定两种液体是否混合均匀。

7.9.3 制备聚氨酯水泥胶体时，将炒干脱水的水泥和均匀混合的聚氨酯胶液混合在一起，高速搅拌3 min，使聚氨酯胶液和水泥均匀混合，形成聚氨酯水泥胶体。

7.9.4 将聚氨酯水泥胶体浇筑到预先准备好的模具中，抹平试模表面残留的胶体，常温下约60 min聚氨酯水泥胶体可以凝固完毕，在常温下养生24 h，可进行试件脱模。

7.10 现场浇筑聚氨酯水泥材料

7.10.1 在浇筑作业前应保证界面干燥、净洁。

7.10.2 现场浇筑充分搅拌均匀的聚氨酯水泥材料，应保证无结块、无沉淀，并严防水、油、灰尘等混入。

7.10.3 浇筑作业应按施工技术方案要求分片、分段、自下而上施工。

7.10.4 分段浇筑时，应严格控制分段浇筑的时间间隔，保证前后两次浇筑的时间间隔不少于24 h。

7.11 养护

聚氨酯水泥材料自然条件下养护时间应不少于24 h，养护期间严禁雨水淋湿或浸泡。

7.12 安全和环保措施

- 7.12.1 加固施工操作安全应满足现行相关规范、规程的要求。
- 7.12.2 施工用各种架子搭设及脚手板满铺应符合安全规定，经安全部门、监理单位检查验收合格。用于聚氨酯水泥材料加固桥梁的作业台架、必须牢固可靠，并应设置安全护栏。
- 7.12.3 施工中应经常检查输料管、接头和出料弯头的磨损情况。当有磨薄、击穿或松脱等现象时应及时处理。
- 7.12.4 应定期检查电源线路、设备的电器部位，确保用电安全。在夜间或光线不足的地方施工时，移动照明应使用 36V 低压设备。
- 7.12.5 施工中检修机械或设备故障时，必须在断电、停风条件下进行。检修完毕后，向机械或设备送电送风前应先通知有关人员。
- 7.12.6 采用空气压缩机清理凿毛表面的人员应佩戴目镜、防尘口罩防尘帽等防护用具，防止灰尘进入口鼻眼内。进入施工现场作业人员必须带好安全帽，高空作业必须系安全带并应穿防滑鞋。
- 7.12.7 浇筑作业区应有良好通风和有效降低粉尘量的措施。
- 7.12.8 材料的运输和贮存应符合产品说明和环保要求。
- 7.12.9 加固构件下方应铺设塑料布，防止溅出聚氨酯水泥材料流入地面或河流中。
- 7.12.10 需要基层凿毛的构件，工作面应进行封闭，减少扬尘。
- 7.12.11 盛装水泥和聚酯乳液的桶使用后，应集中统一处理。

8 检验与验收

8.1 一般规定

采用聚氨酯水泥预应力钢丝绳抗弯加固梁、板结构构件的设计、施工及验收，除应符合本规程外，尚应符合JTG/T J23的规定。

8.2 聚氨酯水泥质量检验

8.2.1 加固工程用原材料检验应遵守下列规定：

- a) 每批材料均应进行质量检查，合格后方可使用；
- b) 聚酯水泥砂浆材料进场时必须有企业出具的质量合格证明书，并应对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查；
- c) 加固材料进场后应进行最佳配合比试验，实验项目包括凝结时间、抗压强度、抗折强度以及与混凝土界面之间的粘结强度。

8.2.2 模板制作及密封应符合下列规定：

- a) 模板表面要求平整光洁，无疤痕，无锈蚀损伤。钢模焊缝处应平整且无明显痕迹。平整度偏差不大于 2 mm（用 2 m 直尺加塞尺检测），模板边缘应整齐直顺。
- b) 模板接缝应采用企口形式，塑料胶带或发泡胶，模板设计中应充分考虑接缝的形式，拼缝处板间差应小于等于 1 mm。
- c) 梁端头模板与混凝土梁接缝处采用塑料胶带后再用发泡胶进行密封。
- d) 模板可采用优质木质胶合板，木质胶合板应储存在干燥环境中，禁止雨淋，根据实际情况安排模板使用次数。

- e) 模板与聚氨酯水泥材料接触面应清理干净并涂刷脱模剂，脱模剂应不污染混凝土与聚氨酯水泥材料间的接触面。

8.2.3 加固层厚度的检验方法及允许偏差应符合下列规定：

- a) 施工结束后应检查加固层厚度；
- b) 加固层厚度的检查部位，应根据不同构件的加固面确定。检查点间距不得大于 2 m，单个构件每一加固面的检查点不宜少于 3 个；
- c) 加固层厚度正偏差应小于等于 5 mm。表面平整度应小于等于 0.3 %，当设计有特殊要求时，应符合其规定值，但设计规定的允许偏差值，不得大于本规程的规定值。

8.2.4 聚氨酯水泥材料强度的检验应遵守下列规定：

- a) 采用聚氨酯水泥材料加固钢筋混凝土桥梁的不同部位时，必须进行抗折强度检验。当设计有特殊要求时，应增加相应性能要求的试验；
- b) 采用同材料、同配合比、同工艺的聚氨酯水泥砂浆可划分为一个验收批，在同一验收批中检验次数应不少于 3 次；
- c) 用于检验聚氨酯水泥砂浆的试块，应会同监理人员随机取样制作。规程养护试块每次取样应至少留置一组；同条件养护的试块留置组数应根据实际需求确定；
- d) 抗折试件尺寸为 40 mm×40 mm×160 mm，采用规程试验方法测得其强度。同条件养护的试块，其抗折强度值不应低于表 7 规定值的 90 %。

8.2.5 每组 3 个试块中有明显缺陷的试块应予以舍弃。每组试块的强度代表值应按下列规定确定：

- a) 取 3 个试块抗折强度的平均值；
- b) 当 3 个试块抗折强度的最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15 %时，取中间值；
- c) 当 3 个试块抗压强度的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值 15 %时，该组试块不应作为强度评定的依据。

8.2.6 现场拉拔试验参照 GB 50367 进行。

8.3 钢丝绳检验

8.3.1 钢丝绳应在加固工程现场取样检验，并应符合下列规定：

- a) 钢丝绳应每 5 000 m 作为一检验批次，每批次取样不应小于 10 根，不足 5 000 m 时，应按一批取样；
- b) 钢丝绳的尺寸、外形、重量、锌层质量应按 GB/T 20118 验收。

8.3.2 锚固系统检验应符合下列规定：

- a) 锚具与锚板的材料应符合本规程的相关规定，锚具与锚板焊接宜在工厂完成，焊接质量应按 GB 50661 的规定进行检验；
- b) 胶粘剂、锚固胶及植筋胶的类别、规格应符合设计要求，安全性指标应分别符合 GB 50367 对粘钢用胶粘剂的规定和对锚固用胶粘剂 A 级胶的规定；
- c) 锚孔质量检查应包括锚孔位置、直径、深度、垂直度以及清孔情况等，按 JGJ 145 的规定检验；
- d) 群锚纵横排列应符合设计规定，安装后的锚栓外观应排列整齐、外露部分长短一致。

8.3.3 聚氨酯水泥预应力钢丝绳及锚固系统应符合下列规定：

- a) 应确定聚氨酯水泥预应力钢丝绳的应力—应变关系曲线，试验方法及其力学性能应按本规程规定执行；
- b) 锚头应进行静拉力试验检验，对于承受动力荷载的结构还宜进行振动冲击试验检验，并应符合下列规定：
 - 1) 锚头应制成钢丝绳锚固试样进行静拉力试验，且每 1 000 根钢丝绳随机抽检 5 根，不足 1 000 根时，按 5 根取样；

- 2) 锚头静拉力试验应在预应力锚具试验机上进行, 并应采用与实际工程相同的锚头、锚具; 在加载至钢丝绳破断前, 锚头应无滑移; 加载至钢丝绳破断时, 锚头不得损坏;
 - 3) 振动冲击试验在疲劳机上进行, 锚头应承受沿钢丝绳轴向的交变应力, 交变应力值应为钢丝绳最小破断拉力的 15 %~30 %, 试验频率不得超过 250 次/min, 振动冲击次数不得小于 1×10^5 次, 锚头应无滑移、裂纹;
 - 4) 任一根试样静拉力试验或振动冲击试验不合格时, 应加倍抽样检验, 再不合格时, 应判定为不合格, 并应重新选料。
- c) 聚氨酯水泥预应力钢丝绳张拉控制应力应采用拉力计检验、校核, 拉力值偏差应在 ± 100 N 范围内, 且拉力计应每张拉 2 000 根标定一次;
 - d) 聚氨酯水泥预应力钢丝绳张拉后, 应逐根检查预应力度是否张拉到位, 锚头有无滑移, 发现异常应及时更换处理。
- 8.3.4 砂浆涂抹检验应符合下列规定:
- a) 砂浆在施工过程中应留样检验, 应每 200 m² 取样一批, 不足 200 m² 按一批取样, 每批取样测试抗折强度、抗压强度两个指标, 每个指标试件留样不得少于 1 组;
 - b) 砂浆涂抹质量可用小锤敲击法检查, 单块空鼓面积超过 10 cm², 应凿除表层砂浆, 重新涂抹密实。

8.4 锚固系统检验

8.4.1 加固工程验收时, 应提供下列文件:

- a) 施工图设计文件及材料检验报告、施工质量检验记录等文件;
- b) 钢丝绳、砂浆、锚栓、胶粘剂等材料的出场合格证书、检测报告、进场后的复验报告;
- c) 施工过程记录。

8.4.2 锚固系统验收应符合下列规定:

- a) 锚具及槽道尺寸应符合规程规定;
- b) 锚具与锚板之间焊缝应饱满, 表面无裂纹、气孔、夹渣等, 焊缝高度不应小于设计要求;
- c) 锚栓或植筋的直径、位置及植入深度等应复核设计要求;
- d) 锚板边缘的溢胶应色泽均匀, 胶体应完全固化;
- e) 隐蔽工程应检查过程控制质量检查记录, 包括锚具及槽道尺寸检查、焊缝检查、锚孔质量检查、胶粘剂均匀性检查记录等。

8.4.3 钢丝绳及锚头验收时, 应检查下列内容:

- a) 钢丝绳力学性能检验报告;
- b) 锚头外观;
- c) 锚头静拉力试验检验报告;
- d) 预应力钢丝绳伸长量、张拉力值记录。

8.5 验收

8.5.1 聚氨酯水泥性能指标应符合本规程规定。聚氨酯水泥涂抹现场验收时, 应检查聚氨酯水泥涂抹层厚度检查记录、空鼓检验结果及整改记录。

8.5.2 工程验收时, 除应对检验项目的文件资料进行检查与验收外, 还应到工程现场进行逐项检验、验收。

8.5.3 工程竣工验收时, 应通过桥梁荷载试验评定加固后桥梁结构技术状态及承载能力, 宜按 JTG/T J21-01-2015 的规定验收。