

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4919—2025

钢桥面超高性能混凝土铺装技术规范

Technical specification for ultra-high performance concrete pavement on steel bridge
decks

2025 - 10 - 09 发布

2025 - 11 - 09 实施

山东省市场监督管理局 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 2

4 材料 2

 4.1 原材料 2

 4.2 UHPC 基本性能及测试 3

 4.3 钢材 4

 4.4 防腐材料 4

5 设计 4

 5.1 通用要求 4

 5.2 计算 5

 5.3 构造要求 5

6 施工 9

 6.1 通用要求 9

 6.2 施工准备 9

 6.3 桥面预处理 9

 6.4 剪力钉焊接 10

 6.5 防腐涂装 10

 6.6 钢筋网安装 10

 6.7 UHPC 浇筑 10

 6.8 UHPC 接缝施工 11

 6.9 UHPC 养护 12

 6.10 糙化处理 12

 6.11 特殊气候条件下施工 12

7 质量检验与验收 13

 7.1 桥面预处理 13

 7.2 剪力钉焊接 13

 7.3 防腐层涂装 14

 7.4 钢筋网安装 14

 7.5 UHPC 浇筑 14

 7.6 UHPC 接缝浇筑 15

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

钢桥面超高性能混凝土铺装技术规范

1 范围

本文件规定了钢桥面超高性能混凝土铺装的材料、设计、施工及质量检验的技术要求。
本文件适用于钢箱梁桥的超高性能混凝土桥面铺装工程。

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 175 通用硅酸盐水泥

GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋

GB/T 1596—2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 10433—2024 紧固件电弧螺柱焊用螺柱和瓷环

GB 13014 钢筋混凝土用余热处理钢筋

GB/T 13288.2 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分：磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法

GB/T 14684—2022 建设用砂

GB/T 18046—2017 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维

GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰

GB/T 31387 活性粉末混凝土

GB/T 39147—2020 混凝土用钢纤维

GB/T 45594—2025 超高性能混凝土非承重构件性能试验方法

GB/T 50081 混凝土物理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 50917 钢-混凝土组合桥梁设计规范

JGJ 63 混凝土用水标准

JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG/T D64—01 公路钢混组合桥梁设计与施工规范

JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超高性能混凝土 ultra-high performance concrete; UHPC

以水泥和矿物掺合料等活性粉末材料、细骨料、外加剂，高强度微细钢纤维和(或)有机/无机纤维水等原料生产的超高强增韧混凝土。

[来源：GB/T 45594—2025，3.1]

3.2

接缝 joint

超高性能混凝土在分块、分幅或节段铺装过程中，在不同施工单元间设置的连接结构。

3.3

剪力钉 shear stud

起到钢桥面板与UHPC层连接作用的栓钉。

3.4

防腐层 anticorrosion layer

为延缓或防止钢桥面的腐蚀、氧化，在钢桥面板表面涂覆或喷涂的保护层。

3.5

异型加强钢板 shaped reinforcement steel plate

用于增强铺装层接缝的强度和稳定性且具有特殊形状和结构的钢板。

4 材料

4.1 原材料

4.1.1 UHPC 的水胶比宜为 0.15~0.20。

4.1.2 UHPC 宜采用 42.5 级及以上硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥应符合 GB 175 的规定。

4.1.3 矿物掺合料宜采用硅灰，硅灰应符合 GB/T 27690 的规定；同时，宜采用 I 级粉煤灰，I 级粉煤灰应符合 GB/T 1596—2017 的规定；且宜采用 S95 等级以上的粒化高炉矿渣粉，矿渣粉应符合 GB/T 18046—2017 的规定。当采用其它矿物掺合料时，应通过试验进行验证，确定 UHPC 性能满足工程应用要求后方可使用。

4.1.4 细集料宜为石英砂、天然河砂或机制砂，其坚固性应符合 GB 14684—2022 中 I 类的要求，技术指标应符合表 1 的规定。石英砂宜分为粗粒径砂(1.25 mm~0.63 mm)、中粒径砂(0.63 mm~0.315 mm)和细粒径砂(0.315 mm~0.16 mm)三个粒级。不同粒级石英砂的超粒径颗粒含量限制值应符合表 2 的规定。石英粉中公称粒径小于 0.16 mm 的颗粒含量应大于 90%。

表1 石英砂和石英粉技术指标

项目	技术指标	测试依据
二氧化硅含量	≥90%	GB 14684—2022
氯离子含量	≤0.02%	
硫化物及硫酸盐含量	≤0.50%	
云母含量	≤0.50%	

表2 不同粒级石英砂的超粒径颗粒含量

粒级要求	1.25 mm~0.63 mm		0.63 mm~0.315 mm		0.315 mm~0.16 mm		测试依据
	≥1.25 mm	<0.63 mm	≥0.63 mm	<0.315 mm	≥0.315 mm	<0.16 mm	
超粒径颗粒含量	≤5%	≤10%	≤5%	≤10%	≤5%	≤5%	GB 14684—2022

- 4.1.5 高性能减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定，减水率不宜低于 30%。
- 4.1.6 钢纤维宜采用 GB/T 39147—2020 中的钢丝冷拉型镀铜高强钢纤维，性能指标应符合表 3 的规定。合成纤维应符合 GB/T 21120 的规定。

表3 钢纤维的性能指标

项目	性能指标	测试依据
抗拉强度	≥2 000 MPa	GB/T 39147—2020
长度（12 mm~14 mm或6 mm~8 mm纤维比例）	≥96%	
直径（0.18 mm~0.22 mm或0.12 mm~0.16 mm纤维比例）	≥90%	

- 4.1.7 拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

4.2 UHPC 基本性能及测试

- 4.2.1 UHPC 的强度等级按抗压强度划分，各个等级中 UHPC 的抗压强度、抗折强度的标准值和设计值应按表 4 采用。

表4 UHPC 强度标准值和设计值

单位为兆帕

强度等级	抗折强度		抗压强度		
	标准值（ f_{td} ）	设计值（ f_{td} ）	立方体抗压强度标准值（ f_{cuk} ）	棱柱体轴心抗压强度标准值（ f_{ck} ）	设计值（ f_{cd} ）
UHPC120	22	15.2	120	77.4	53.4
UHPC140	25	17.2	140	90.3	62.3
UHPC160	28	19.3	160	103.2	71.2

- 4.2.2 UHPC 的抗压强度、抗折强度、轴心抗压强度的试验应按照 GB/T 50081 的规定，试件尺寸与加载速率应按表 5 规定，抗压强度、抗折强度、轴心抗压强度试验值均不乘以尺寸换算系数。

表5 试件尺寸和加载速率

项目	试件尺寸 mm	加载速率 MPa/s
抗拉强度	100×100×100	1.2~1.4
抗折强度	100×100×400	0.08~0.1
轴心抗压强度	100×100×300	1.2~1.4

- 4.2.3 UHPC 应具有轴向抗拉应变硬化特性。UHPC 120、UHPC 140、UHPC 160 的抗拉强度标准值应分别取为 6 MPa、7 MPa、8 MPa，超高性能混凝土轴向抗拉强度和应变应按照 GB/T 45594—2025 通过试验确定。
- 4.2.4 UHPC 的抗压弹性模量不应小于 40 GPa。试件应采用 100 mm×100 mm×300 mm 的棱柱体试件，按 GB/T 50081 或 JTG 3420 通过试验确定。
- 4.2.5 UHPC 的泊松比 μ_c 宜取为 0.2；温度线膨胀系数 α_c 宜通过实验确定，如无试验资料时，宜取为 $1.1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。
- 4.2.6 在不同养护条件下，UHPC 的收缩应变（上限）应按表 6 取值。

表6 UHPC 的收缩应变（上限）

养护条件	收缩应变 $\mu\epsilon$
高温蒸汽养护后	0
自然养护（相对湿度50%~70%）	550

- 4.3 钢材
- 4.3.1 异型加强钢板应选用与钢桥面钢材相同的牌号和等级，焊接材料应与钢桥面钢材相适应。其质量应符合 JTG D64 的规定，剪力钉应符合 GB/T 10433—2024 中抗剪螺柱的规定。
- 4.3.2 普通钢筋宜选用 HRB 400、HRB 500、HRBF 400、HRBF 500 和 RRB 400 钢筋，并应符合 GB 1499.2 和 GB 13014 的规定。
- 4.3.3 普通钢筋的抗拉强度标准值应具有不小于 95% 的保证率，抗拉强度标准值、抗拉/抗压强度设计值和弹性模量按 GB 50917 中的规定采用。
- 4.4 防腐材料
- 钢箱梁桥面中的防腐涂装材料宜采用环氧富锌底漆，其技术指标应符合 JT/T 722 的规定。

5 设计

5.1 通用要求

- 5.1.1 钢桥面 UHPC 铺装层应根据环境、建设条件和结构受力特点等因素进行设计。
- 5.1.2 钢桥面 UHPC 铺装层设计应包含以下内容：

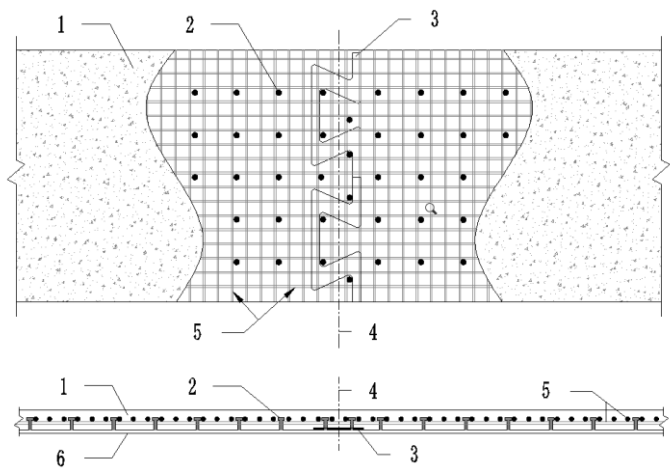
- a) 确定钢桥面 UHPC 铺装层的强度等级与厚度;
- b) 确定钢桥面 UHPC 铺装层内钢筋直径与布置形式;
- c) 确定钢桥面 UHPC 铺装层与钢桥面板之间剪力钉的布置;
- d) 确定钢桥面 UHPC 铺装层接缝形式。

5.2 计算

- 5.2.1 钢桥面 UHPC 铺装层设计计算除应符合本文件的规定外,应符合 GB 50917、JTG D64 和 JTG 3362 中的相关规定。
- 5.2.2 钢桥面 UHPC 铺装层应按持久状况承载能力极限状态进行承载能力计算,其作用(或荷载)组合应采用基本组合,结构材料性能应采用其强度设计值。
- 5.2.3 钢桥面 UHPC 铺装层应按持久状况正常使用极限状态进行裂缝宽度计算,其计算的作用组合应按 JTG 3362 取用,挠度和连接件滑移验算的作用组合应按 JTG/T D64—01 取用。
- 5.2.4 钢桥面 UHPC 铺装层应根据桥面板疲劳等设计确定桥面铺装层厚度等相关参数。
- 5.2.5 采用超高性能混凝土铺装层的钢箱梁整体挠度应按 JTG D64 的规定计算。钢桥面 UHPC 铺装层局部挠度不应超过 $L/1\,000$,其中 L 为纵肋(或横隔板)腹板的中心间距。
- 5.2.6 剪力钉的计算应按照 JTG/T D64—01 和 JTG D64 的相关规定进行。

5.3 构造要求

- 5.3.1 UHPC 结构层的厚度应根据桥面板刚度计算确定,最小厚度不应小于 45 mm。
- 5.3.2 对于钢桥面铺装工程,其钢桥面板应进行桥面防腐设计,应满足 JT/T 722 的相关规定。
- 5.3.3 UHPC 结构层上表面应采用抛丸或铣刨糙化处理方式。
- 5.3.4 UHPC 结构层通过剪力钉与钢桥面板连接,剪力钉的设置符合下列规定:
 - a) 剪力钉直径不应大于钢桥面板厚度的 1.5 倍,剪力钉的高度不应小于 30 mm;
 - b) 剪力钉布置形式宜为等距矩阵式布置,且不宜布置于纵肋腹板和横隔板的正上方以及相邻纵肋腹板跨中。剪力钉间距不宜大于 300 mm;当剪力钉间距大于 250 mm 时,应对桥面板外周一圈的剪力钉加密一倍。剪力钉外边缘与钢桥面板外边缘的距离不应小于 100 mm。
- 5.3.5 UHPC 结构层中应设置钢筋网,并符合下列规定:
 - a) 每层钢筋网均应包含横桥向和纵桥向两层钢筋;纵桥向钢筋应置于下层,横桥向钢筋应置于上层;
 - b) 钢筋网的 UHPC 净保护层厚度不应小于 10 mm,宜采用 15 mm;
 - c) 钢筋直径宜采用 10 mm~12 mm,钢筋中心间距不宜大于 100 mm;
 - d) 钢筋纵向接头宜设置在两横隔板中间 1/3 跨处,钢筋横向接头宜设置在两腹板中间 1/3 跨处;搭接处宜采用焊接或绑扎的方式,并应错开布置;钢筋搭接长度不宜小于 15 倍钢筋直径。
- 5.3.6 UHPC 结构层宜尽量减少施工缝设置,施工缝设置满足以下规定:
 - a) 施工缝应设置在主梁顶板拉应力较小或受压的区域。横向接缝应设置在两横隔板之间,纵向接缝应设置在两纵肋之间。施工接缝宜采用矩形企口或异型加强钢板接缝方案;
 - b) 施工接缝宜采用如图 1 所示的异型加强钢板接缝。异型加强钢板厚度宜采用 10 mm~12 mm;异型加强钢板通过间隔焊固定在钢面板上,焊接总长度不宜低于异型加强钢板边缘总长度的 20%;异型加强钢板形式宜根据具体工程条件进行调整;

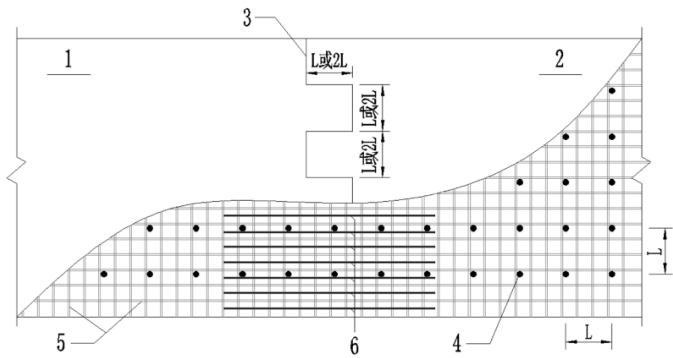


标引序号说明：

- 1——UHPC层；
- 2——剪力钉；
- 3——异型加强钢板；
- 4——UHPC层接缝；
- 5——纵横向钢筋；
- 6——钢桥面板。

图1 UHPC 结构层异型钢板施工缝示意

c) 矩形企口施工接缝构造如图 2 所示，应符合以下要求：企口尺寸应与剪力钉的间距成比例，但不宜大于 2 倍剪力钉间距；剪力钉之间的钢筋应进行加密，加密钢筋的锚固长度不应小于 12 倍钢筋直径。



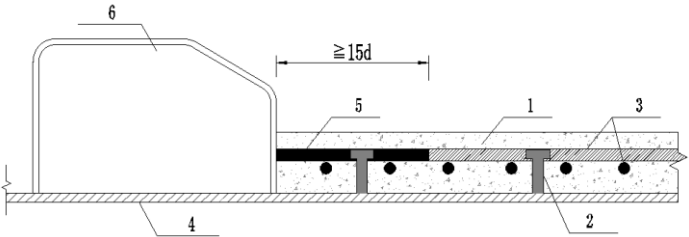
标引序号说明：

- 1——现浇段；
- 2——后浇段；
- 3——矩形企口施工接缝；
- 4——剪力钉；
- 5——纵横向钢筋；
- 6——加密钢筋。

图2 UHPC 结构层矩形企口施工接缝示意

5.3.7 超高性能混凝土层与其他结构连接时设置边界连接构造。边界连接构造设置采用以下处理方式：

- a) 当边界相接部分为钢结构时，边界连接构造设置应采用以下处理方式：
- 钢结构面上焊接U型钢筋，使超高性能混凝土层钢筋与U型钢筋焊接相连，U型钢筋与钢结构和受力钢筋的焊接要求满足JTG 3362的规定；
 - U型钢筋间距不大于150 mm，其布置能使其两肢能和与之相连的受力钢筋正好贴合，U型钢筋与相连钢筋采用同型号；
 - 边界构造横断面和平面示意图见图3和图4。



标引序号说明：

1——UHPC层；

2——剪力钉；

3——钢筋网；

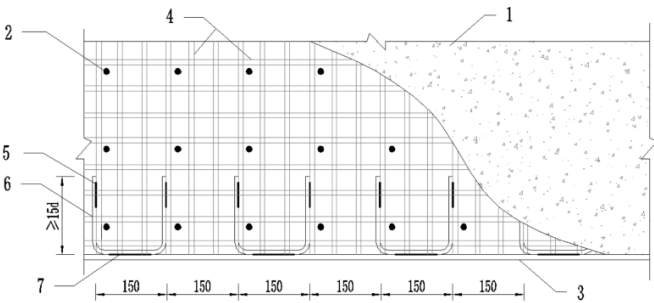
4——钢桥面板；

5——锚固筋；

6——钢护栏基座。

图3 边界构造横断面示意图（相接钢结构）

单位为毫米



标引序号说明：

1——UHPC层；

2——剪力钉；

3——路缘钢板；

4——纵横向钢筋；

5——焊接；

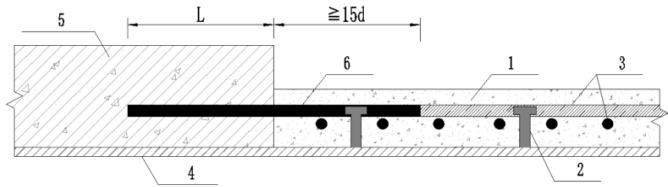
6——U型钢筋；

7——双面焊。

图4 边界构造平面示意图（相接钢结构）

- b) 当边界相接部分为混凝土结构时，边界连接构造设置应采用以下处理方式：

- 混凝土结构中通过预埋或植筋的方式设置锚固钢筋，并使之与超高性能混凝土层中的受力钢筋焊接相连，锚固钢筋的预埋长度及其与受力钢筋的焊接要求满足JTG 3362的规定；
- 锚固钢筋间距不大于150mm，其布置使其能和与之相连的受力钢筋正好贴合，锚固钢筋与相连接的受力钢筋采用同型号；
- 连接构造布置断面和平面示意图5和图6。

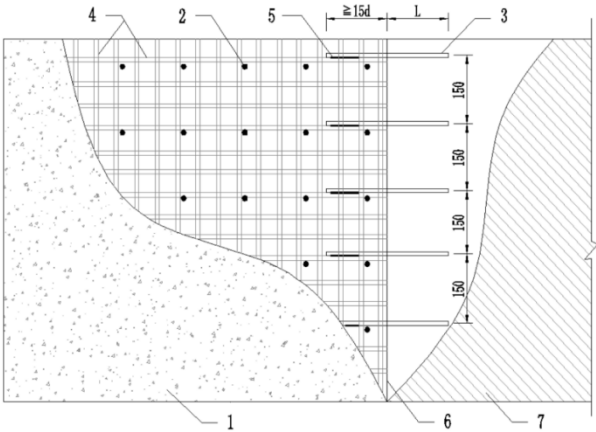


标引序号说明：

- 1——UHPC层；
- 2——剪力钉；
- 3——钢筋网；
- 4——钢桥面板；
- 5——混凝土结构；
- 6——锚固筋。

图5 边界构造横断面示意图（相接混凝土结构）

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——UHPC层；
- 2——剪力钉；
- 3——锚固筋；
- 4——纵横向钢筋；
- 5——焊接；
- 6——接缝；
- 7——混凝土层。

图6 边界构造平面示意图（相接混凝土结构）

6 施工

6.1 通用要求

- 6.1.1 UHPC 层施工包括施工准备、桥面预处理、剪力钉焊接、防腐涂装、钢筋网安装、浇筑、养护、表面糙化、接缝处理等项目。
- 6.1.2 桥面铺装施工期间应对施工区域进行封闭。
- 6.1.3 对于规模大、几何不规则的桥面工程，宜综合考虑施工能力及材料性能，宜进行分幅、分段施工。对双车道桥面铺装应采用全幅施工；对三车道桥面铺装宜采用全幅施工；四车道及以上桥面铺装宜分两幅施工。
- 6.1.4 铺装施工前宜做试验段，试验段应包括施工准备、桥面预处理、剪力钉焊接、钢筋网安装、浇筑、养护等工序，通过试验段宜确定最优扩展度、摊铺设备行走速度、布料长度等参数。
- 6.1.5 剪力钉焊接前钢桥面应清洁干燥，无水、氧化皮、锈蚀、非可焊涂层、油污、灰尘等杂质。
- 6.1.6 桥面预处理、防腐涂装、剪力钉焊接、钢筋网安装应满足 JTG/T 3650 相关要求。
- 6.1.7 预混料在下料和搅拌过程中，应采取防扬尘措施，防止扬尘污染环境。
- 6.1.8 施工前，应预先收集当地月、旬、日天气预报资料。遭遇特殊气候条件时，应按特殊天气专项施工组织方案和应急处理预案采取相应措施；如遇降雨降雪、大风（6 级及以上）、高温（35℃及以上）及低温（气温低于 5℃）时，不应进行 UHPC 浇筑。
- 6.1.9 UHPC 养生材料宜选用高分子吸水保水树脂和不透水塑料面膜制成的节水保湿养护膜，其质量应符合 JTG/T F30 中的规定。

6.2 施工准备

- 6.2.1 在施工前应应对桥面高程、纵横坡度进行测量，掌握桥面几何因素状况，以指导相关施工方案的制定。
- 6.2.2 应根据设计要求、工程经验和原材料性能指标对超高性能混凝土进行试配、调整及检验，得出施工配合比。原材料及预混料的计量应采用电子计量设备，并应定期校验。
- 6.2.3 应按照施工组织计划，组织施工设备、试验仪器进场，做好安装、调试及标定工作，并应准备足够的工程设备易损易耗配件。
- 6.2.4 应按工程用量、进度计划等提前生产预混料，并按要求妥善运输、储存，运输过程严格做好防潮、防尘措施，且按下列规定储存：
 - a) 现场原材料宜做好标识，放置标识牌，注明材料信息，原材料、预混料、外加剂等应储存于干燥、通风、防潮防冻、不受雨淋的场所，并按品种、批号分别堆放，不应混堆混用，且应先存先用，不应使用超过保质期限的材料；
 - b) 预混料在储存及使用过程中，当对质量有疑问或争议时，应按设计要求进行复检，检验合格后方可使用。
- 6.2.5 应按材料使用计划，组织材料进场，施工前应完成原材料、预混料的试验、检验及复检工作，检验合格后方可施工。
- 6.2.6 开工前应进行专业人员培训，施工现场应路通、水通、电通以及场地平整。

6.3 桥面预处理

- 6.3.1 对于新建钢桥，应对桥面进行清洗；对于没有锈蚀的桥面不应进行喷砂除锈。
- 6.3.2 对于旧钢桥铺装翻修施工时，其施工应符合以下规定：

- a) 除锈前, 检查钢桥面板的外观, 确保表面无锐边、飞溅、不光滑焊缝及切割边缘等缺陷, 否则通过打磨加以消除, 锋利的边角处理成半径为 2 mm 以上的圆角;
- b) 清除原铺装层及粘结层的过程中, 不损伤桥面钢板;
- c) 清除完毕后, 钢桥面板范围内没有孔洞;
- d) 清除桥面的油、油脂、盐分及其它污垢, 并清洗桥面。在桥面达到干净、干燥条件后, 方可进行喷砂除锈施工;
- e) 除锈完成后, 立即检查钢板的清洁度和粗糙度, 对除锈后的钢板进行保护, 防止二次污染。

6.4 剪力钉焊接

- 6.4.1 焊接前应清除剪力钉上的油污、锈迹等杂质。瓷环应保持干燥状态, 受潮瓷环应高温烘干 2 h 以上, 烘干温度宜为 120 °C~150 °C。
- 6.4.2 应按设计的剪力钉布置位置点在钢桥面上划黑线定位。当剪力钉加密时, 定位中应先定位出普通位置点, 再定位出加密位置点。
- 6.4.3 当剪力钉的设计位置与钢主梁拼接焊缝位置冲突时, 应将剪力钉偏离焊缝边界 2 cm~3 cm。
- 6.4.4 应采用电弧螺柱焊机焊接剪力钉。焊接时, 应按要求正确操作, 确保焊接质量。
- 6.4.5 每个工作日(或班)施焊前, 应按规定的焊接工艺参数在试板上试焊 2 个剪力钉并进行检验, 检验结果应符合 7.2 的规定, 检验合格后方可进行施工。
- 6.4.6 焊接完成后, 应清除定位时设置的墨线、焊渣、瓷环和杂物。
- 6.4.7 剪力钉的焊接质量不满足要求时, 应敲除并重新焊接。
- 6.4.8 当环境温度低于 0 °C, 或环境相对湿度大于 80%, 或钢板表面潮湿时, 不应焊接剪力钉。

6.5 防腐涂装

- 6.5.1 剪力钉焊接完成后, 应在超高性能混凝土覆盖的钢桥面及外侧 0.5 m 范围内进行防腐涂装。防腐层施工符合下列规定:
 - a) 防腐涂装层施工应在剪力钉焊接完成后立即进行;
 - b) 防腐涂装层施工前, 应采用高压风机清除基面的杂质或灰尘;
 - c) 防腐涂装层施工应在桥面除锈、清理后 4 h 内完成;
 - d) 喷涂作业宜采用高压无气喷涂法, 局部补涂时宜采用刷涂法, 油漆表面色泽均匀, 漆膜无流挂、针孔、气泡、裂纹等缺陷。

6.6 钢筋网安装

- 6.6.1 钢筋网在界面接头处应与相对应的锚固钢筋准确连接, 搭接方式应符合设计要求。
- 6.6.2 钢筋网铺设符合下列规定:
 - a) 钢筋网铺设前, 应根据设计图纸对钢筋网进行纵向、横向定位, 并放好钢筋垫块;
 - b) 宜先铺设纵向钢筋, 再铺设横向钢筋;
 - c) 钢筋的搭接长度应符合构造要求的相关规定, 不应随意变动; 搭接位置应错开, 同一断面位置, 搭接钢筋的面积不应超过 50%;
 - d) 钢筋位置与剪力钉布置有冲突时, 应适当调整钢筋位置;
 - e) 钢筋网在界面接头处应与相对应的锚固钢筋准确连接;
 - f) 接缝区域的钢筋网应按照设计图纸进行布置, 当无设计要求时, 应符合构造要求相关规定。

6.7 UHPC 浇筑

- 6.7.1 UHPC 的拌合应根据工程规模、施工工艺和进度要求合理配备搅拌设备, 宜采用立轴行星式搅拌

机。

6.7.2 UHPC 宜采用预混料现场加水拌合，并应符合下列规定：

- a) 搅拌前清理搅拌设备上残存的废渣、垃圾等杂物，确保搅拌设备清洁、干燥；
- b) 拌合时置于同一包装件中的预混料一次搅拌完成，不分盘搅拌；
- c) 搅拌第一盘拌合料前，润湿搅拌机，并排尽积水。拌合时，每台班结束后对搅拌机进行清洗，剔除结硬的混凝土块，并更换严重磨损的搅拌叶片；
- d) 搅拌时先加入预混料进行干拌，再加入水与外加剂进行湿拌，搅拌均匀后缓慢均匀地加入纤维；
- e) 搅拌保证拌合物质量均匀，出机拌合物中没有钢纤维结团现象。

6.7.3 搅拌时间应根据拌合物的黏聚性、均质性及搅拌机类型，经试拌确定。其中，立轴行星式搅拌机搅拌时间不宜少于 6 min，且拌合物流化后继续搅拌不应少于 2 min。

6.7.4 UHPC 拌合物的扩展度，应在搅拌地点和浇筑地点分别随机取样检测，每一工作班不应少于两次。评定时应以浇筑地点的测值为准。

6.7.5 UHPC 运输宜采用混凝土搅拌运输车，并应符合下列规定：

- a) 搅拌车性能应良好；
- b) 对于寒冷、严寒或炎热的气候情况，混凝土搅拌运输车的搅拌罐应有保温或隔热措施；
- c) 接料前，应排净混凝土搅拌车罐内的积水；
- d) 在运输途中及等候卸料时，应保持混凝土搅拌车罐体正常转速，不应停，应保证拌合物均匀，不产生分层、离析；
- e) 卸料前，混凝土搅拌车罐体宜快速旋转搅拌 20 s 以上后再卸料，卸料后，应及时采用清水清洗干净；
- f) UHPC 从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的时间不宜长于 1.5 h。

6.7.6 浇筑前，应对钢桥面板表面及边界接缝处混凝土面进行洒水润湿，但不应有积水。

6.7.7 UHPC 布料应均匀、连续，并应符合下列规定：

- a) 宜采用专用布料机均匀、准确布料；
- b) 无专用布料机时，应采用泵车布料。布料时，应及时移动泵杆，保证布料均匀；
- c) 不宜采用翻斗车直接卸料的方式进行布料；
- d) 当有坡度时应由低处向高处进行布料；
- e) 布料松铺系数宜控制在 1.0~1.1 之间。

6.7.8 UHPC 摊铺整平后应保证混凝土密实、纤维分布均匀。不应出现拌合物离析、分层以及纤维裸露出结构表面等情况。并应符合下列规定：

- a) 宜采用专用高频振动整平机；无专用振动整平机时，宜采用振动梁；
- b) 宜采用高频平板振动器、手执式振动器作为振捣辅助设备、工具；不应采用人工插捣方式振捣；
- c) 摊铺前，应根据摊铺厚度、扩展度大小，通过工艺试验确定摊铺速度、振动频率及振动时间；
- d) 摊铺过程中，应派专人进行摊铺厚度检查并及时反馈，必要时进行修正。

6.7.9 UHPC 浇筑过程中的抹面宜在整平机或覆膜机工作平台进行抹面作业。抹面后混凝土表面应无刮痕痕迹。

6.8 UHPC 接缝施工

6.8.1 应严格按设计要求设置接缝。

6.8.2 浇筑 UHPC 前应在接缝位置设置竖向模板。模板安放后板身应稳固、竖直。

6.8.3 接缝浇筑前，应对接缝面进行糙化处理。糙化施工应符合以下规定：

- a) 接缝糙化断面上有大量钢纤维裸露在外，并无遗留松散残渣和屑末；
- b) 糙化宽度不小于 2 cm；

- c) 浇筑前,对糙化面进行洒水湿润,但没有积水。
- 6.8.4 对于设置异型加强钢板的 UHPC 接缝,加强钢板的焊接宜采用间断焊缝,施工满足以下规定:
 - a) 焊接加强钢板前,该区域的钢桥面板应平整、光滑、洁净;
 - b) 加强钢板在其周边通过角焊缝与钢面板连接;
 - c) 焊接施工完成后,应清除接缝区域的焊渣等杂物;
 - d) 加强钢板严格按照设计图纸设置。设计图纸未明确时,加强钢板宜设置在钢主梁中两道相邻横隔板间的跨中位置;
 - e) 区域内剪力钉的焊接位置应预留,待加强钢板焊接完成之后再焊接剪力钉。
- 6.8.5 UHPC 接缝浇筑的要求应符合 6.7 的规定。

6.9 UHPC 养护

- 6.9.1 UHPC 宜采用常温养护,应采取有效的保温、保湿措施。养护时间不宜小于 7 d,养护期间不应出现振动等外部干扰。
- 6.9.2 当采用蒸汽养生时,应符合 GB/T 31387 要求。

6.10 糙化处理

- 6.10.1 宜采用抛丸法糙化 UHPC 表面以满足沥青面层要求的粗糙度,并符合下列规定:
 - a) 大面积抛丸施工前应通过抛丸工艺试验,确定最佳丸料规格、丸料流量即最佳电机负载、抛丸设备行走速度等关键工艺参数;
 - b) 抛丸过程应连续作业,如因特殊原因造成抛丸停机,在下次重抛之前应将机器倒退 30 cm 左右,再重新开始抛丸,待机器行走过去后,应及时检查搭接区域抛丸质量,如有遗漏再进行补抛;
 - c) 抛丸施工时,抛丸设备两次施工行车道之间搭接 1 cm~5 cm 宽度;
 - d) 抛丸后应清理桥面,UHPC 表面具有良好的清洁度,无浮灰、浮浆、碎屑等杂物;并对桥面进行保护,不二次污染桥面;
 - e) 抛丸施工宜在面层施工前 3 d 内进行。

6.11 特殊气候条件下施工

- 6.11.1 UHPC 浇筑施工时,应有专人负责接收和报告气象预报工作,如遇突然降雨和突起大风(6 级及以上)时,应符合下列规定:
 - a) 当降雨影响 UHPC 层表面质量时停止施工,并对已浇部分 UHPC 层进行防雨遮挡,等待雨停后继续施工;若需不停顿继续进行浇筑施工,搭设防雨棚,保证 UHPC 浇筑不受下雨影响;
 - b) 对已被雨水冲刷的 UHPC 层及时修补、整平,保证其质量满足要求。对局部破坏较严重的面层,在 UHPC 尚未初凝前铲除重新浇筑;
 - c) 随 UHPC 浇筑过程,及时覆盖养生材料进行保湿养护。养护膜表面采取防风稳固措施,防止节水保湿膜被大风吹破或掀起;
 - d) 养生过程中,有专人负责巡视和检查,发现养护膜有被风掀起或吹破的情况,重新洒水,并及时恢复覆盖。
- 6.11.2 夏季施工:当铺筑现场连续 4h 平均气温高于 30℃时,UHPC 钢桥面施工符合下列规定:
 - a) 高温期宜选择在早晨或傍晚施工,避开中午高温时段施工。若不能避开,应及时对成型后覆盖保湿薄膜的 UHPC 层洒水保湿;
 - b) 施工中应随时检测气温、桥面温度和拌合物温度,监控 UHPC 面层温度,温度过高时应及时采取防高温和降温措施;
 - c) 保湿养护时,应控制养生水温与超高性能混凝土层表面的温差不大于 12℃;

- d) 冬季施工，当施工气温低于 5℃时，应立即停止施工，当施工气温处于 5℃～10℃时，应采取适当的保温覆盖措施施工，施工时应检测气温、拌合物及桥面温度。

7 质量检验与验收

7.1 桥面预处理

钢桥面除锈的质量检验应符合表7中的规定。

表7 桥面清理除锈检验项目及规定

项次	检验项目	要求	检验方法和频率桥面清理除锈检验项目及规定
1	大气相对湿度	≤85%	湿度计测量，每班测1次
2	氯化物含量	≤0.014%	试纸测试，每200m ² 检测1处
3	锈蚀情况	无蓝点	氰化钾试纸测试，每100m ² 检验1处
4	桥面清洁度	≥Sa 2.5级或满足	按GB/T 8923.1描述的方法测定，每200m ² 检验1处
5	桥面粗糙度	设计要求	按GB/T 13288.2描述的方法测定，每200m ² 检验1处

7.2 剪力钉焊接

7.2.1 剪力钉和瓷环的品种、规格、尺寸及偏差应符合设计及 GB/T 10433—2024 的要求。

- a) 检验数量：按总量抽检 1%，且不少于 10 套。
b) 检验方法：检查产品合格证和出厂检验报告等，并采用钢尺和游标卡尺量测。

7.2.2 剪力钉进场应抽取试件进行机械性能和焊接端的焊接性能评定，其质量应符合 GB/T 10433—2024 的规定。

- a) 检验数量：同一规格，同一材料来源的剪力钉应按 GB/T 10433—2024 规定的抽检频率进行检验。
b) 检验方法：机械性能试验和焊接性能试验。

7.2.3 剪力钉焊接后应获得完整的 360° 周边焊缝。焊缝外形应饱满，表面无气孔、夹渣、裂纹等明显缺陷，不应有未焊接或熔透的部分。

- a) 检验数量：按剪力钉总量抽检 1%，且不少于 10 个。
b) 检验方法：观察。

7.2.4 剪力钉焊接的允许误差应符合表 8 中的规定。

表8 剪力钉焊接允许偏差及检验规定

项次	检验项目	允许偏差	检验方法和频率
1	剪力钉焊接后高度	≤2 mm	钢尺测量。检查1%，且不少于10个
2	剪力钉倾角	≤5°	钢尺及量角器测量。检查1%，且不少于10个
3	剪力钉间距	≤10 mm	钢尺测量。检查1%，且不少于10个

7.2.5 剪力钉焊接质量的检验应采用现场抽样进行弯曲试验的方法。弯曲试验以重锤平击钉帽，使剪力钉沿原轴线弯曲 30° 时，焊接部位不产生裂纹为合格。

- a) 剪力钉焊接质量的检验数量应符合下列规定：
- 同一工程、同一规格、同一焊接工艺的剪力钉焊接接头，每5 000个为一批，不足5 000个按一批记；
 - 每批抽样比例不小于已焊剪力钉总数的1%，且不少于10个；
 - 抽样检查的结果当不合格率小于2%时，该批验收定为合格；
 - 不合格率为2%～5%时，加倍检查；
 - 不合格率大于5%时，该批验收定为不合格；
 - 当所有抽检剪力钉中不合格率不大于3%时，该批验收定为合格；大于3%时，该批验收定为不合格；
 - 当批量验收不合格时，对该批余下的剪力钉全数进行检查。
- b) 检验方法：按照 GB 10433—2024 中附录 A 描述的方法进行检测。

7.3 防腐层涂装

- 7.3.1 防腐涂装材料的品种、规格、性能等应符合 JT/T 722 和设计要求。全数检验出厂合格证和厂方提供的材料性能试验报告，并按 JT/T 722 规定抽样复验。
- 7.3.2 防腐层表面应平整、均匀一致，无漏涂、起泡、裂纹、气孔和返锈等现象，允许轻微结皮和局部轻微流挂。防腐层表面质量检验数量和检验方法应符合下列规定：
- a) 检验数量：全数检验；
- b) 检验方法：观察。
- 7.3.3 钢桥面板防腐层施工质量应符合表 9 中的规定。

表9 钢桥面板防腐施工检验项目及规定

项次	检验项目	要求	检验方法和频率
1	漆膜厚度	满足设计要求	干膜测厚仪检验，每100 m ² 检验1处
2	粘结强度（25 ℃）	≥7 MPa	拉拔仪检验，每100 m ² 检验1处

7.4 钢筋网安装

钢筋网铺设的允许偏差应符合表10中的规定。

表10 钢筋网铺设允许偏差及检验规定

单位为毫米

项次	检验项目	允许偏差	检验方法和频率
1	钢筋直径	≤0.2	游标卡尺测量，每100 m ² 检验1处
2	钢筋搭接长度	≤10	钢尺测量，每100 m ² 检验1处
3	垫块高度	≤2	游标卡尺测量，每100 m ² 检验1处
4	钢筋网高度	≤3	钢尺测量，每100 m ² 检验1处
5	钢筋网间距	≤10	钢尺或游标卡尺测量，每100 m ² 检验1处

7.5 UHPC 浇筑

7.5.1 UHPC 预混料进场时除应检查出厂合格证、厂方提供的材料性能试验报告单等合格证明文件，还应制作试件进行立方体抗压强度试验、抗弯强度试验、轴心抗压强度试验，其质量应符合 4.2 的相关规定。检验数量和检验方法应符合下列规定：

- a) 检验数量：同生产厂家、同批号、同品种、同强度等级、同出厂日期且连续进场的储装预混料以每 200 t 为一批，当不足上述数量时，按一批计，每批抽样不少于 1 次；
- b) 检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告检验等合格证明文件并进行力学性能试验，试验方法符合 4.2 的规定。

7.5.2 预混料中的原材料计量允许偏差应符合表 11 的规定。

表11 配料计算允许偏差

原材料品种	水泥	骨料	外加剂	掺合料	纤维材料
允许偏差	±2%	±3%	±1%	±2%	±1%
注：骨料主要为石英砂；掺合料主要为矿渣粉、粉煤灰、硅灰等。					

检验数量和检验方法应符合下列规定：

- a) 检验数量：每工作班抽查不少于 1 次；
- b) 检验方法：复称。

7.5.3 UHPC 应在浇筑现场随机取样制作试件进行力学性能检验，检验指标宜包括抗压强度、抗弯强度。取样与试件留置应符合下列规定：

- a) 每拌制 50 m³ 的同配合比的 UHPC，取样不少于 1 次，不足 50 m³ 时，按 50 m³ 计；
- b) 每工作班次，取样不少于 1 次；
- c) 每次取样至少留置两组试件进行同条件养护；
- d) 同条件养护试件所对应的浇筑部位，随机确定，且同条件养护试件的取样均匀分布于工程施工周期内；
- e) 每组同条件养护试件的强度值按照 4.2 进行检测。

7.5.4 UHPC 层施工的允许偏差应符合表 12 中的规定。

表12 UHPC 层施工的允许偏差及检验规定

项次	检验项目	允许偏差	检验方法和频率
1	混凝土总层厚	0~+3 mm	摊铺过程中，将直钢丝插入到UHPC的底部，以直尺测量钢丝的浸润深度，每40 m²检验1处
2	桥面横坡	±0.15%	水准仪、皮尺测量，每40 m²检验1处
3	平整度	±3 mm	3 m铝合金直尺测，每40 m²检验1处

7.6 UHPC 接缝浇筑

7.6.1 加强钢板的形状、大小、安装位置等应符合设计要求。检验数量和检验方法应符合下列规定：

- a) 检验数量：全数检验；
- b) 检验方法：观察、钢尺测量。

7.6.2 UHPC 接缝糙化处理应表面粗糙，断面上有大量钢纤维裸露在外。检验数量和检验方法应符合下列规定：

- a) 检验数量：全数检验；
- b) 检验方法：观察。

7.6.3 焊缝外形应饱满，表面无气孔、夹渣、裂纹等明显缺陷，不应有未焊接或未熔透的部分。检验数量和检验方法应符合下列规定：

- a) 检验数量：全数检查；
- b) 检验方法：观察。

7.6.4 加强钢板焊接的允许偏差应符合表 13 中的规定。

表13 加强钢板焊接的允许偏差及检验规定

项次	检验项目	允许偏差	检验方法和频率
1	焊缝高度	≤0.5 mm	钢尺测量，每5 m加强板检测1处
2	焊缝宽度	≤0.5 mm	钢尺测量，每5 m加强板检测1处
3	焊缝长度	≤1 mm	钢尺测量，每5 m加强板检测1处

7.6.5 接缝 UHPC 浇筑施工的质量检验要求应符合 7.5 中的相关规定。
