

钢—超高性能混凝土组合桥面 施工与验收标准

Steel-Ultra High Performance Concrete Deck Construction and
Acceptance Criteria

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	材 料	3
3.1	UHPC 原材料	3
3.2	UHPC 性能要求	4
3.3	钢 材	5
3.4	粘结层材料	6
4	施 工	8
4.1	一般规定	8
4.2	施工准备	8
4.3	栓钉焊接	9
4.4	钢筋网铺设	10
4.5	接缝施工	11
4.6	UHPC 搅拌	12
4.7	UHPC 运输	13
4.8	UHPC 浇筑	14
4.9	UHPC 养护	15
4.10	沥青面层施工	17
5	质量检验与验收	18
5.1	一般规定	18
5.2	进场检验与验收	18
5.3	质量检验与验收	19

附录 A UHPC 用钢纤维性能检验方法	28
附录 B UHPC 试件的制作及试验方法	32
附录 C UHPC 氯离子扩散系数试验方法	33
本标准用词说明	41
引用标准名录	42

1 总 则

1.0.1 为规范钢—超高性能混凝土组合桥面的施工技术要求，统一验收标准，保证工程施工质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于钢—超高性能混凝土组合桥面的施工与验收。

1.0.3 钢—超高性能混凝土组合桥面的施工与验收除应符合本标准外，尚应符合国家及山东省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 超高性能混凝土 ultra-high performance concrete

以水泥、矿物掺合料等活性粉末料、外加剂、高强度钢纤维和水等原材料生产的，兼具超高力学性能和抗渗性能的水泥基复合材料，缩略语UHPC。

2.0.2 钢-超高性能混凝土组合桥面 steel-ultra high performance concrete combined deck

钢-超高性能混凝土组合桥面是在传统钢-混凝土组合桥面基础上发展起来的一种新型组合桥面型式，它主要通过钢梁和超高性能混凝土桥面板之间设置连接件，抵抗两者在交界面处的掀起及相对滑移，使之成为一个整体而共同工作。

2.0.3 栓钉 shear stud

栓钉又名剪力钉，焊接到钢桥面上与钢筋网组合，起到连接钢桥面板与超高性能混凝土层的作用。

2.0.4 粘结层 bonding layer

位于超高性能混凝土层与沥青面层之间，起到粘结作用的沥青质材料，宜采用改性沥青质材料。

3 材 料

3.1 UHPC 原材料

3.1.1 水泥宜采用不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，并符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》**GB 175** 的规定。

3.1.2 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》**GB/T 1596** 的规定，硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》**GB/T 27690** 的规定。宜采用 I 级粉煤灰、S95 等级以上的粒化高炉矿渣粉。当采用其他矿物掺合料时，应通过试验进行验证，确定超高性能混凝土性能满足工程应用要求后方可使用。

3.1.3 细集料宜为石英砂，石英砂的筛分试验和粒径应符合现行国家标准《活性粉末混凝土》**GB/T 31387** 的规定。

3.1.4 减水剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》**GB 8076** 和《混凝土外加剂应用技术规范》**GB 50119** 的规定。宜选用高性能减水剂，减水剂的减水率宜大于 30%。

3.1.5 掺用改善 UHPC 性能的其他外加剂时，其性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》**GB 8076**、《混凝土外加剂应用技术规范》**GB 50119** 的规定，且应通过试验确定 UHPC 性能满足工程应用要求后方可使用。

3.1.6 纤维宜采用高强度钢纤维，其性能指标应符合表 3.1.6 的规定。钢纤维的性能检验应符合本标准附录 A 的规定。其他纤维应符合现行相关标准

的规定。

表 3.1.6 钢纤维的性能指标

项目	性能指标
抗拉强度 (MPa)	≥ 2000
长度合格率 (%)	≥ 96
直径合格率 (%)	≥ 90
形状合格率 (%)	≥ 96
杂质含量 (%)	≤ 1.0

3.1.7 混凝土用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》**JGJ 63** 的规定。

3.2 UHPC 性能要求

3.2.1 UHPC 的强度等级、抗弯拉强度、抗压强度标准值和设计值应按照表 3.2.1 的规定采用。

表 3.2.1 UHPC 强度等级

强度等级	抗弯拉强度/MPa		抗压强度/MPa		
	标准值 f_{fk}	设计值 f_{fd}	立方体抗压强度 标准值 $f_{cu,k}$	轴心抗压强度 标准值 f_{ck}	轴心抗压强度设计值 f_{cd}
UHPC-22	22	15.2	120	77.4	53.4
UHPC-25	25	17.2	140	90.3	62.3

UHPC-28	28	19.3	160	103.2	71.2
---------	----	------	-----	-------	------

注：抗压强度试验试件为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 立方体试件；抗弯拉强度试验试件为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 400\text{mm}$ 棱柱体试件。

3.2.2 UHPC 的弹性模量 E_c 应按照现行国家标准《活性粉末混凝土》**GB/T31387** 的规定通过试验确定，当无相关试验资料时，可按照表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 不同强度等级 UHPC 的弹性模量 E_c （单位：GPa）

UHPC强度等级	UHPC22	UHPC25	UHPC28
弹性模量	37.6	40.7	43.5

3.2.3 UHPC 宜采用蒸汽养护，养护结束后，收缩应变和徐变系数终值可按照表 3.2.3 的规定采用。

表 3.2.3 UHPC 的收缩应变和徐变系数终值

养护条件	收缩应变（ $\mu\epsilon$ ）	徐变系数
蒸汽养护	0	0.2

3.3 钢 材

3.3.1 栓钉的材料性能应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》**GB/T 10433** 的规定。

3.3.2 UHPC 中的普通钢筋宜选用 HRB400 或 HRB500 钢筋，钢筋的材料性能设计指标应按照现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》**JTG 3362** 的规定取用。

3.3.3 组合桥面结构钢材应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》**JTG D64** 的规定。

3.3.4 UHPC 强化接缝处 Z 型钢板的材料性能应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》**JTG D64** 的规定。

3.4 粘结层材料

3.4.1 粘结层材料宜采用高粘高弹沥青、环氧沥青粘结剂等。

3.4.2 高粘高弹沥青除应符合现行国家标准《高粘高弹道路沥青》**GB/T 30516** 的规定外，还应符合表 3.4.2 的要求

表 3.4.2 高粘高弹沥青黏结剂技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
复合试件 层间剪切强度	23±2℃	MPa	≥0.80	JTG/T 3364-02
	60℃	MPa	≥0.35	
粘结强度 (与UHPC层)	23±2℃	MPa	≥0.6	
	60℃	MPa	≥0.20	

3.4.3 环氧沥青粘结层除应符合现行行业标准《公路钢桥面铺装设计与施工技术规范》**JTG/T 3364-02** 的规定外，还应符合表 3.4.3 的要求。

表 3.4.3 环氧沥青粘结剂技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
复合试件 层间剪切强度	23±2℃	MPa	≥1.2	JTG/T 3364-02
	60℃	MPa	≥0.5	
粘结强度 (与UHPC层)	23±2℃	MPa	≥1.5	
	60℃	MPa	≥0.7	

4 施 工

4.1 一般规定

4.1.1 施工前，应提前编制专项施工方案，建立完善的质量控制体系。

4.1.2 施工前，应对路段内施工的钢桥面进行封闭。

4.1.3 施工时，除施工中必需的设备、人员外，不应有任何车辆、机具及人员通行。

4.1.4 正式施工前，应进行试拌并完成试验段的施工，以检验施工设备是否正常有效运转以及各工序质量控制措施是否合理、可控、有效。

4.1.5 超高性能组合桥面结构的工期安排应避开冬雨季和大风天气，并应做好预防措施，施工时气温宜在 10℃ 以上，5℃ 以下不应施工，风力达到 6 级及以上应停止施工。

4.1.6 施工单位应建立各道工序的质量检查制度，并应留有完整的检查记录。

4.2 施工准备

4.2.1 按照专项施工方案要求，提前做好场地规划，组织施工设备、试验仪器进场，并应做好安装、调试及标定工作。

4.2.2 应按工程用量、施工计划等提前预拌干混料，并应做好相应试验、检验及复检工作，且应按下列规定储存：

1 原材料、袋装干混料应搭设专用临时仓库，储存于干燥、通风、防潮、不受雨淋的场所，并按品种、规格、批号分别堆放，不得混堆混用，且应先存先用；

2 粉状材料的堆放应整齐，堆垛高度不宜大于 2m。堆垛应架离地面 0.2m 以上，并距离四周隔壁 0.2m~0.4m，或预留通道。

4.2.3 应根据设计要求、工程经验和原材料性能指标，按拟定初始配合比进行试配、调整及检验，得出施工配合比。

4.2.4 正式施工前应进行试验段施工，通过试验段施工确定 UHPC 的设备、摊铺设备选型及工艺参数。

4.3 栓钉焊接

4.3.1 栓钉施工前，新建钢桥可保留钢面板车间底漆，直接在钢桥面板顶面进行栓钉焊接施工，无需进行喷砂除锈工序，但应对每个栓钉位置进行局部打磨，确保焊接处钢面板表面平整、光滑。

4.3.2 焊接栓钉时，应符合下列规定：

- 1 应按照栓钉的布置位置在钢桥面板上划线定位；
- 2 栓钉焊接点应采用角磨机打磨干净，确保焊接处钢面板表面平整、光滑；
- 3 当栓钉的设计位置与拼接焊缝位置冲突时，应将栓钉偏离焊缝边界 2cm~3cm，不应将栓钉直接焊接在拼接焊缝顶面；

4 应采用电弧螺柱焊机垂直焊接栓钉，焊接前提前进行试焊，确定最佳焊接时间、电流电压；

5 焊接完后应对栓钉进行敲击检查；

6 栓钉焊接完成经检查合格后，安排专人对保护磁环、焊渣、杂物等进行彻底清理，保证桥面清洁无污染物。

4.3.3 设置 UHPC 施工接缝时，应在接缝区域的钢面板顶面焊接加强钢板。该区域附近的栓钉布置时应注意栓钉位置的变化，且该区域内栓钉的焊接位置应预留，待加强钢板焊接完成之后再焊接栓钉。

4.3.4 栓钉焊接完成后，应在钢桥面板四周区域内进行防腐涂装。

4.4 钢筋网铺设

4.4.1 当在桥面堆放钢筋时，应提前铺垫方木，在方木上堆放钢筋，防止损坏栓钉。

4.4.2 钢筋网铺设应根据设计进行纵向、横向定位，钢筋垫块数量、位置应满足要求。

4.4.3 钢筋网铺设完毕后，钢筋直径、搭接长度、钢筋网高度及间距应符合本标准表 5.3.3 的规定。

4.4.4 钢筋应平直，应采用镀锌钢丝绑扎，扎丝末端应朝向钢板，防止扎丝外露。

4.4.5 钢筋网铺设应先铺设纵向钢筋，再铺设横向钢筋。

4.4.6 当钢筋位置与栓钉布置有冲突时，可适当调整钢筋位置。

4.4.7 钢筋在 UHPC 内的锚固长度取值不宜小于 $10d$ ， d 为钢筋公称直径。

4.5 接缝施工

4.5.1 加强钢板的焊接位置应严格按照设计图纸设置。

4.5.2 焊接前应保证该区域钢桥面板清洁、平整、光滑、无水渍。应在接缝区域将加强钢板焊接在钢面板上。

4.5.3 加强钢板与钢面板宜采用间断焊，焊缝高度、宽度、长度应满足本标准表 5.3.2 的要求。

4.5.4 加强钢板焊接完成后，应清除接缝区域的焊渣和杂物。

4.5.5 UHPC 分段接缝处应进行凿毛处理，凿毛施工应符合下列规定：

- 1 以接缝断面露出钢纤维为宜，凿毛宽度不应小于 5cm；
- 2 应保证凿毛面竖直，不应出现明显偏斜的情况；
- 3 接缝处凿毛完成后，应对接缝处进行冲洗，清除接缝区域的混凝土碎渣及钢纤维等杂物；
- 4 UHPC 浇筑前，应对凿毛面进行洒水湿润，但不应有积水。

4.6 UHPC 搅拌

4.6.1 UHPC 的拌合应根据施工效率、施工工艺和进度要求配备搅拌设备，应采用强制式搅拌机。

4.6.2 UHPC 宜采用干混料集中湿拌或现场加水拌和，并应符合下列规定：

- 1 拌和前，应检查搅拌设备状态，并应严格按施工配合比进行拌和；
- 2 采用预拌干混料方式时，干混料的容许计量偏差不应大于 $\pm 2\%$ ，水的容许计量偏差不应大于 1% ；
- 3 拌和时置于同一包装件中的干混料应一次搅拌完成，不应分盘搅拌；
- 4 采用现场集中拌和方式时，钢纤维与水的容许计量偏差不应大于 1% ；
- 5 搅拌前应清理搅拌机，湿润搅拌缸，但不能有积水；
- 6 应通过试验确定材料添加顺序、添加数量、用水量、搅拌时间等参数；
- 7 设备搅拌能力应大于现场摊铺能力；
- 8 搅拌时间应根据混合物的黏聚性、均质性及搅拌机类型，经试拌确定，且每盘混合料的净搅拌时间不宜少于 8min 。待 UHPC 流化之后继续搅拌 2min ；
- 9 搅拌应保证拌和物均匀，出料口拌和物中不应有粉体或钢纤维结团

现象；

10 搅拌结束后，应及时清洗搅拌设备。

4.7 UHPC 运输

4.7.1 UHPC 的运输应根据搅拌站位置及特点、现场施工条件、施工效率等因素选择合理的运输方式，并应保证运输过程中拌合物均匀，不产生分层、离析。

4.7.2 混凝土搅拌车运输过程应符合下列规定：

1 混凝土搅拌车的性能应良好，规格型号满足现场使用要求，其运输能力应大于现场摊铺能力；

2 接料前，应排净混凝土搅拌车罐内的积水；

3 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，不得停转；

4 应根据现场摊铺能力，合理安排混凝土搅拌车数量；

5 卸料前，混凝土搅拌车罐体宜快速旋转搅拌 20s 以上后再卸料；卸料后，应及时采用清水清洗干净罐体；

6 施工现场车辆出入口处应设置交通安全指挥人员，施工现场道路应顺畅；夜间施工时，应有良好的照明。

4.8 UHPC 浇筑

4.8.1 浇筑前采用扩展度仪进行扩展度试验，并按照本标准附录 B 的规定制作试件，试验合格后方可进行浇筑作业。

4.8.2 浇筑前应对钢板表面、模板、钢筋和预埋件进行检查，确认符合设计和施工要求。

4.8.3 浇筑前钢板表面的杂物、积水、钢筋上的污垢应清理干净。

4.8.4 UHPC 摊铺施工宜采用专用摊铺机，布料应均匀，振捣应充分，表面应平整密实,并应符合下列规定：

- 1 摊铺前应检查设备状态，且应使设备处于湿润且无明水状态；
- 2 摊铺前应根据现场条件、摊铺厚度、扩展度大小，确定摊铺机行进速度和振捣频率；
- 3 摊铺前应根据摊铺厚度立模并竖直固定，与 UHPC 相接触的模板表面应涂刷脱模剂；
- 4 摊铺过程中，应指派专人采用喷枪进行喷雾湿润；
- 5 摊铺过程中，应派专人进行摊铺厚度检查并及时反馈修正；
- 6 控制好摊铺速度，应根据布料进度调整，保证连续摊铺作业；
- 7 边角、预留孔等摊铺机无法摊铺的局部位置，采用人工布料，采用平板振动器振捣密实；

8 应按一定的顺序和方向连续浇筑。

4.8.5 摊铺过程中应按照表 4.8.5 中的规定进行摊铺厚度控制。

表 4.8.5 UHPC 层摊铺施工实测项目

检查项目	允许偏差	检测方法和频率
混凝土层厚（mm）	平均值+5，-2 最小值不应小于设计厚度的85%	采用水准仪以同一钢面板产生相同挠度变形的点为基准点，测量STC组合桥面施工前后相对高差。 长度不大于100m每车道测3处，每增加100m每车道增加2处。

4.9 UHPC 养护

4.9.1 UHPC 养护方式可采用高温蒸汽养护的方式，也可采用自然养护方式。

4.9.2 UHPC 摊铺完成后，应立即覆盖养生薄膜进行保湿养护，并应符合下列规定：

- 1 养护薄膜应搭接铺设，搭接位置宜采用压板或木方覆盖，搭接宽度应大于 20cm；
- 2 保湿养护过程中发现 UHPC 表面缺水变干时，应及时补水；
- 3 覆膜过程中，宜保证养生膜完整无损，保证湿养效果。

4.9.3 当采用高温蒸汽养护时，待 UHPC 终凝后，应及时撤除养护薄膜，开始高温蒸汽养护。高温蒸汽养护应符合下列规定：

1 养护前，应根据现场养护面积提前计算好蒸汽锅炉功率、架子及保温棚的规格、数量；

2 应根据现场条件和养护要求确定网架搭设、蒸汽锅炉、管道布置及养护方案；

3 养护温度在 90℃ 及以上时，养护时间不少于 48h；养护温度在 80℃～90℃时，养护时间不应少于 72h；养护过程中蒸汽养护棚内的相对湿度不应低于 95%；

4 蒸汽养护时的升温阶段，升温速度不应大于 12℃/h；养护结束后，降温速度不应大于 15℃/h；

5 对于 UHPC 分幅、分段施工，蒸汽养护棚覆盖范围至少应超过接缝部位 2m；

6 应在保温棚内布置温度和湿度传感器测量温度和湿度，对蒸汽量及时调控，保证蒸养温度和湿度满足蒸养要求；

7 蒸汽养护应按照表 4.9.3 中的规定进行温度及湿度监测。

表 4.9.3 UHPC 层蒸汽养护实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
1	养护膜内温度（℃）	+10，-0	温度传感器，每小时检查2次
2	养护膜内湿度（%）	+5，-0	湿度传感器，每小时检查2次

4.9.4 高温蒸汽养护结束后，应及时撤除养护设备并将现场清扫干净。对明显凹凸不平部位，应采用打磨机打磨，确保 UHPC 表面平整。

4.9.5 当采用自然养护的方式时，应在 UHPC 终凝后随即进行。自然养护时的环境平均气温宜高于 10℃，表面应保持湿润不少于 7d。

4.9.6 当环境平均气温低于 10℃或最低气温低于 5℃时，应按期冬期施工处理，采取高温蒸汽养护的方式。

4.10 沥青面层施工

4.10.1 UHPC 表面宜采用抛丸方式处理，抛丸厚度应按照设计文件进行施工，抛丸后应注意 UHPC 表面防污染处理。

4.10.2 粘结层、沥青面层的施工应按现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》**JTG F 40** 的要求实施。

5 质量检验与验收

5.1 一般规定

5.1.1 钢-超高性能混凝土组合桥面应按分项工程进行质量检验与验收，评定应按现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》**CJJ 1** 执行。

5.1.2 沥青混凝土面层的施工检验可按现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》**JTG F 40** 的有关规定执行。

5.1.3 所有与钢-超高性能混凝土组合桥面施工有关的原始记录、影像资料等均应如实保存。

5.2 进场检验与验收

5.2.1 原材料进场时，应按照规定批次评定出厂检验报告或合格证等质量证明文件，外加剂产品应具有使用说明书。

5.2.2 材料进场检验的检验样品应随机抽取。

5.2.3 栓钉、焊接瓷环进场检验项目及要求的按照现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》**GB/T 10433** 执行，同一厂家、同一材质、同一规格型号、同一生产批次的焊钉，检验不应少于一次。

5.2.4 钢筋、钢材进场检验项目及要求的按照现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》**JTG/T 3650** 执行。

5.2.5 工厂预拌 UHPC 混合料的进场检验与验收符合下列规定：

1 同一生产厂家、同一强度等级、同一生产批次的干混料，检验批量不应大于 200t，不足 200t 时，亦按一批计；

2 每批次干混料应提供产品合格证、质量保证书、出厂检验报告及产品使用说明书；

3 应对干混料的外观质量进行检验，包装应完好、无破损，UHPC 混合料应无结团或受潮现象；

4 每批次随机抽取 20 包进行重量偏差检验，袋装 UHPC 混合料的净含量应不少于其标识质量的 99%。

5.2.6 粘结材料的质量及检验除应符合本标准第 3.4 节的规定外，尚应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》**JTG F 40**。

5.3 质量检验与验收

5.3.1 焊接栓钉应符合下列要求：

1 栓钉的规格、技术性能应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》**GB/T 10433** 的规定和设计要求；

2 实测项目应按照表 5.3.1 的规定采用；

表 5.3.1 栓钉焊接实测项目

项次	检查项目	允许偏差	检测方法和频率	要求
1	栓钉高度	≤3mm	钢尺测量，每100m²检测2处	按照设计图纸

2	栓钉间距	$\leq 10\text{mm}$	钢尺测量，每100m ² 检测2处	按照设计图纸
3	焊缝可靠性	$\leq 5\%$	重锤平击钉帽，每100m ² 检测2处	/

3 外观质量应符合下列规定：

- 1) 栓钉无锈蚀，位置准确，磁环应干燥；
- 2) 栓钉保持竖直，无明显倾角；
- 3) 焊缝外形应饱满，无气孔、夹渣、裂纹等明显缺陷。

5.3.2 焊接 Z 型强化钢板应符合下列要求：

- 1 基本要求。Z 型强化钢板的规格、技术性能应符合现行国家标准《公路钢结构桥梁设计规范》**JTG D64** 和设计要求；
- 2 实测项目应按照表 5.3.2 的规定采用；

表 5.3.2 强化钢板焊接实测项目

项次	检查项目	允许偏差	检测方法和频率
1	焊缝高度	$\leq 1\text{mm}$	钢尺测量，每5m强化钢板检测1处
2	焊缝宽度	$\leq 1\text{mm}$	钢尺测量，每5m强化钢板检测1处
3	焊缝长度	$\leq 1\text{mm}$	钢尺测量，每5m强化钢板检测1处

3 外观质量应符合下列规定：

- 1) 接缝处加强钢板的摆放平齐，无明显偏差，各加强板块间相互紧靠；

2) 间断焊缝外形应饱满，无气孔、夹渣、裂纹等明显缺陷。

5.3.3 钢筋网铺设应符合下列规定：

1 基本要求。钢筋、焊条等的品种、规格和技术性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》**GB/T 1499.2** 的规定和设计要求；

2 实测项目应按照表 5.3.3 的规定采用；

表 5.3.3 钢筋网铺设实测项目

项次	检查项目	允许偏差	检测方法和频率
1	钢筋直径	$\leq 0.2\text{mm}$	游标卡尺测量，每100m ² 检测2处
2	钢筋搭接长度	$\leq 10\text{mm}$	钢尺测量，每100m ² 检测2处
3	钢筋网高度	$\leq 3\text{mm}$	钢尺测量，每100m ² 检测2处
4	钢筋网间距	$\leq 10\text{mm}$	钢尺或游标卡尺测量，每100m ² 检测2处

3 外观质量应符合下列规定：

- 1) 垫块应布置合理，密度均匀；
- 2) 钢筋网纵、横桥向间距均匀；
- 3) 钢筋搭接布置合理，位置错开，搭接长度满足要求，搭接绑扎应牢固。

5.3.4 UHPC 与边界的连接钢筋焊接应符合下列规定：

1 基本要求。连接钢筋的规格、技术性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》**GB/T 1499.2** 的规定和设计要求，连接钢筋的布置位置应准确；

2 实测项目应按照表 5.3.4 的规定采用；

表 5.3.4 UHPC 与边界的连接钢筋焊接实测项目

项次	检查项目	允许偏差	检测方法和频率
1	焊缝高度	$\leq +1\text{mm}$	钢尺测量，每5m连接钢筋检测1处
2	焊缝宽度	$\leq +1\text{mm}$	钢尺测量，每5m连接钢筋检测1处
3	焊缝长度	$\leq +1\text{mm}$	钢尺测量，每5m连接钢筋检测1处

3 外观质量应符合下列规定：

- 1) 连接钢筋应与 UHPC 中的受力钢筋在同一水平面上，无明显偏差；
- 2) 连接钢筋焊缝外形应饱满，无气孔、夹渣、裂纹等明显缺陷。

5.3.5 UHPC 层摊铺施工应符合下列规定：

1 基本要求应符合下列规定：

- 1) 接缝的位置、规格及尺寸的设置应满足设计要求；
- 2) 模板高度和安装位置应符合设计规定；

3) 施工完后按照本标准的规定进行养护。

2 实测项目应按照表 5.3.5-1、表 5.3.5-2 的规定采用；

表 5.3.5-1 UHPC 性能实测项目

项次	检查项目	检测方法和频率	性能要求
1	抗压强度	100 mm×100 mm×100 mm立方体试件 抗压试验，每100m³检测1组	$f_{cu,m} - 1.1S_{fcu} \geq f_{cu,k}$ $f_{cu,min} \geq 0.95f_{cu,k}$
2	抗弯拉强度	100 mm×100 mm×400 mm棱柱体试件 抗弯拉试验，每100m³检测1组	$f_{f,m} \geq 1.05f_{tk}$ $f_{f,min} \geq 0.95f_{tk}$
3	弹性模量	100 mm×100 mm×300 mm棱柱体试件 轴压试验，每100m³检测1组	按照设计要求
4	坍落扩展度	水泥混凝土坍落扩展度试验标准方法， 每100m³检测1次频率太低，每天或每次	≥450mm；≤700mm

注：* $f_{cu,m}$ 和 $f_{cu,min}$ 分别为 UHPC 立方体抗压强度的平均值和最小值， $f_{f,m}$ 和 $f_{f,min}$ 分别为 UHPC 的抗弯拉强度的平均值和最小值。

表 5.3.5-2 UHPC 层摊铺施工实测项目

项次	检查项目	允许偏差	检测方法和频率
1	UHPC厚度	≤3mm	摊铺过程中，将直钢丝插入 UHPC的底部， 以直尺测量钢丝的浸润深度，每 40m² 检测

			1 处
2	UHPC表面纵、横坡	$\leq 0.2\%$	水准仪、皮尺测量，每40m ² 检测1处
3	平整度	$\leq 5\text{mm}$	3m铝合金直尺，每40m ² 检测1处

5.3.6 UHPC 的抗渗性能应按表 5.3.6 的规定进行分级，试验方法应符合本标准附录 C 的规定。

表 5.3.6 UHPC 耐久性实测项目

等级		UD1	UD2
1	$D_{cl}(\times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s})$	$D_{cl} \leq 2.0$	$2.0 \leq D_{cl} \leq 5.0$

注：采用电量法测试 UHPC 的抗氯离子渗透性时，试件不应掺入钢纤维等电介质。

3 外观质量应符合下列规定：

1) 养护结束后，UHPC 层应均匀完好，且目视观测 UHPC 表面无收缩裂缝；

2) UHPC 层的边角处、不同浇筑时期接缝处等位置应衔接良好，无脱空、错台现象。

5.3.7 UHPC 表面抗滑构造设置应符合下列规定：

1 抛丸施工应进行工艺试验，确定抛丸机器行走速度、丸料粒径等参数；

2 实测项目应按照表 5.3.7 的规定采用；

表 5.3.7 UHPC 表面构造深度实测项目

项次	检查项目 (mm)	规定值 (mm)	检测方法和频率
1	构造深度TD	0.40~0.55	铺砂法，每500m ² 检测1处

3 外观不应遗留光滑的 UHPC 表面，纹理和构造深度应均匀一致。

5.3.8 粘结层应符合下列要求：

1 UHPC 层表面处理后应注意成品保护，并尽快进行粘结层施工；

2 实测项目应符合表 5.3.8 的规定：

表 5.3.8 粘结层的实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	材料用量 (kg/m ²)	满足设计要求	按设计要求检查；或采用单位面积称重法：每洒布段检查10处，每处测3点
2	粘结强度（与UHPC层）（MPa）	≥设计值	按设计要求检查；或采用拉拔仪检查：每1000m ² 检查3点，且每洒布段不少于3点。

3 粘结层外观质量应符合下列规定：

1) UHPC 层表面应满涂粘结层。

2) 粘结剂色泽均匀、无鼓泡和起皱，表面无污染。

5.3.9 沥青面层铺筑应符合下列规定：

1 基本要求应符合下列规定：

1) 黏结材料的质量和技术性能应符合设计和有关技术规范的要求；

2) 对 UHPC 层表面进行糙化处理后，人工采用吹风机将表面尘土、碎屑等清理彻底，清理完成后应进行防护，防止灰尘、油污和其他污物，并及时进行粘结层施工；

3) 当桥面潮湿或环境温度低于 5℃时，不应洒布粘结层；

4) 严格控制粘结层材料的加热温度和洒布温度；

5) 沥青混合料的矿料质量及矿料级配应满足设计要求、符合施工规范的规定；

6) 沥青材料及混合料的各项指标应满足设计要求、符合施工规范的规定；

7) 严格控制各种矿料和沥青用量及各种材料和沥青混合料的加热温度，碾压温度应符合要求。

2 实测项目应按照表 5.3.9 的规定采用；

表 5.3.9 沥青面层的允许偏差及检验规定

项次	检验项目	偏差	检验频率	检验方法
1	压实度	实验室标准密度的96%(98%) 最大理论密度的92%(94%)	每200m检验1处	T 0924

		试验段密度的98%(99%)		
2	厚度	设计值的-5%	每200m检验1处	T 0912
3	平整度	满足设计要求	全桥每车道连续检验，每100m计算一次	T 0932
4	桥面横坡	$\pm 0.3\%$	每200m测4处	T 0911
5	抗滑构造深度	满足设计要求	每200m检验1处	T 0961

注：检测方法参照现行行业标准《公路路基路面现场测试规程》**JTG 3450** 执行。

3 外观质量应符合下列规定：

- 1) 厚度均匀，压实紧密，无松散料，且不应出现泛油现象；
- 2) 边角位置的沥青面层铺装应良好，且无脱空现象；
- 3) 桥面应整体整洁干净，且应达到通车要求；
- 4) 表面应平整密实，不应有泛油、裂缝、粗细料集中等现象。有上述缺陷的面积之和不应超过受检面积的 0.03%，其中单条裂缝应按照其长度乘以 0.2m 宽度，折算成面积；
- 5) 表面无明显碾压轮迹；
- 6) 搭接处应紧密、平顺；
- 7) 沥青面层与其他构筑物应接顺，不应有积水现象。

附录 A UHPC 用钢纤维性能检验方法

A.1 钢纤维形状与尺寸检验

A.1.1 钢纤维形状合格率检验应符合下列规定：

1 每批次钢纤维中用感量 0.1g 的天平称取 1000g 钢纤维，从中随机取 50 根钢纤维，目视逐根检查其形状。记录钢纤维形状呈弯曲和其他形状等的纤维根数 N_f ；

2 钢纤维形状合格率按照下列公式计算，计算结果精确至 0.1%；

$$P_f = \frac{50 - N_f}{50} \times 100 \quad (\text{A.1.1})$$

式中：

P_f ——形状合格率，单位为百分数（%）；

N_f ——形状不符合要求的纤维根数，单位为根。

A.1.2 钢纤维长度和直径合格率检验应符合下列规定：

1 每批次钢纤维中用感量 0.1g 的天平称取 1000g 钢纤维，从中随机取 50 根钢纤维（纤维长度为 L ，直径为 d ），用游标卡尺（分辨率 0.01mm）逐根测量其长度，用千分尺（分辨率 0.001mm）测量其直径。记录长度不在 $0.9L-1.1L$ 范围内的钢纤维根数和 $(d-0.02\text{mm}) \sim (d+0.02\text{mm})$ 范围内的钢纤维根数；

2 钢纤维长度和直径合格率按照下列公式计算，计算结果精确至

0.1%。

$$P_l = \frac{50 - N_l}{50} \times 100 \quad (\text{A.1.2-1})$$

$$P_d = \frac{50 - N_d}{50} \times 100 \quad (\text{A.1.2-2})$$

式中：

P_l ——长度合格率，单位为百分数（%）；

N_l ——长度不在 0.9L-1.1L 范围内的钢纤维根数，单位为根；

P_d ——直径合格率，单位为百分数（%）；

N_d ——直径不在（ $d-0.02\text{mm}$ ）～（ $d+0.02\text{mm}$ ）范围内的钢纤维根数，

单位为根。

A.2 杂质含量检验

A.2.1 每批次钢纤维中用感量 0.01g 的天平称取 500g 钢纤维两份；

A.2.2 对每份样品用目视观察钢纤维的表面是否污染，用人工挑拣出杂质（包括粘连的钢纤维束、锈蚀钢纤维及其他杂质等），并用感量 0.01g 的天平称重。杂质含量按照下列公式计算，计算结果精确至 0.1%。两次结果的平均值作为评定结果。

$$W = \frac{m}{500} \times 100 \quad (\text{A.2.2})$$

式中：

W ——杂质含量，单位为百分数（%）；

m ——杂质质量，单位为克（g）。

A.3 抗拉强度试验

A.3.1 钢纤维抗拉强度采用母材大试样进行试验。每批次钢纤维随机取 600 mm 长的母材试样 5 根；

A.3.2 采用分辨率为 0.001mm 千分尺，在试样的断面相互垂直方向测量试样的截面直径，取平均值计算圆形钢纤维的截面积 A （单位为 mm^2 ），计算时应保留到小数点后四位；

A.3.3 采用量程为 100N~200N 的电子拉力试验机，加载速度（ 1 ± 0.2 ）mm/min，测得极限拉伸荷载 $P_{\max}$ ；

A.3.4 钢纤维的抗拉强度按照下列公式计算：

$$f_u = \frac{P_{\max}}{A} \quad (\text{A.3.4})$$

式中：

f_u ——钢纤维抗拉强度，单位为兆帕（MPa）；

$P_{\max}$ ——钢纤维极限拉伸荷载，单位为牛顿（N）；

A ——钢纤维截面面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）。

A.3.5 五根试样抗拉强度测定值的算术平均值作为评定结果，精确至 0.1MPa。如 5 个测定值中有一个超出平均值的 $\pm 10\%$ ，应剔除该值，再以

剩下 4 个测定值的平均值作为抗拉强度评定结果。如果这 4 个测定值中再有超过其平均值 $\pm 10\%$ 的，则该组试验结果作废。单根试样的抗拉强度不应低于 2000MPa。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/435200010210011034>