

公路超高性能混凝土(UHPC)护栏应用技术 规程

2024 - 10 - 08 发布

2025 - 01 - 08 实施

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 基本要求 2

5 材料 2

6 构造 4

7 设计 10

8 施工 10

9 质量控制与验收 11

附录 A（规范性） 抗拉强度试验方法..... 13

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会(SXS/TC37)归口。

本文件起草单位：山西省交通新技术发展有限公司、山西省交通科技发展有限公司、山西交控汾石高速公路有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司、山西省交通规划勘察设计院有限公司。

本文件主要起草人：董旭明、廖霖、杨海滨、魏义强、申力涛、崔东霞、张明欣、曹钰、袁瑞东、侯霖、高国旗、侯泽彪、高炳婧、崔元龙、刘小军、白昀、禹长青、杜力、闫升华、杨远洪。



公路超高性能混凝土(UHPC)护栏应用技术规程

1 范围

本文件规定了公路超高性能混凝土(UHPC)护栏应用的基本要求、材料、构造、设计、施工及质量控制与验收。

本文件适用于新建、改扩建及运营公路，市政道路可参照使用。

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 8076 混凝土外加剂
GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
GB/T 1499 钢筋混凝土用钢
GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB/T 2611 试验机通用技术要求
GB/T 3159 液压式万能试验机
GB/T 14685 建设用卵石、碎石
GB/T 18046 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 28293 钢铁渣粉
GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能
JGJ 63 混凝土用水标准
JTG B05-01 公路护栏安全性能评价标准
JTG D81 公路交通安全设施设计规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
JTG/T D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范
JTG/T D81 公路交通安全设施设计细则
YB/T 151 混凝土用钢纤维
JC/T 572 耐碱玻璃纤维无捻粗纱
JT/T 819 公路工程 水泥混凝土用机制砂
JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
JTG/T 3671 公路交通安全设施施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

外部防护层

由 UHPC 材料预制而成，直接承受车辆撞击的薄壁结构。

3.2

内部填充体

用于现场浇筑节段内部的普通混凝土或固废基混凝土材料。

3.3

节段

组成护栏的基本单元，包含外部防护层和内部填充体。

3.4

传力杆

设在外部防护层伸缩缝处起传力作用的热轧光圆钢筋。

3.5

连接杆

除伸缩缝外，设于外部防护层接缝处起连接作用的热轧带肋钢筋。

3.6

公路超高性能混凝土(UHPC)护栏

由传力杆或连接杆可靠连接的若干节段形成的混凝土护栏结构。

4 基本要求

4.1.1 除本文件涉及的防护等级 SBm、SAm、SSm 外，公路超高性能混凝土(UHPC)护栏需要采用其他防护等级时，应进行实车碰撞试验，防护等级及性能应满足 JTG B05-01 的规定。

4.1.2 公路超高性能混凝土(UHPC)护栏应与其他交通安全设施、公路土建工程和其他设施之间相互协调、配合使用。

4.1.3 公路超高性能混凝土(UHPC)护栏的材料、构造、设计、施工、质量控制与验收除符合本文件的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

5 材料

5.1 UHPC 材料

5.1.1 水泥应符合 GB 175 的有关规定，宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

5.1.2 矿物掺合料中粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定，粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定，硅灰应符合 GB/T 27690 的规定，钢铁渣粉应符合 GB/T 28293 的规定。宜采用 I 级粉煤灰、S95 及以上等级的粒化高炉矿渣粉和 G85 及以上等级的钢铁渣粉。

5.1.3 骨料宜为石英砂，也可使用天然砂或机制砂，机制砂应符合 JT/T 819 的规定，最大粒径不宜超过 2.36 mm；也可使用粗骨料，最大粒径不宜大于 10 mm，且应符合 GB/T 14685 相关规定。

5.1.4 减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定，宜选用减水率不小于 30 % 的高性能减水剂。其他

外加剂应符合国家现行标准的有关规定。

5.1.5 钢纤维应符合 YB/T 151 的规定，宜采用长度为 6 mm~25 mm、直径为 0.10 mm~0.25 mm、抗拉强度不低于 2000 MPa 的微细钢纤维。合成纤维应符合 GB/T 21120 的规定。玻璃纤维应符合 JC/T 572 的规定。

5.1.6 拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.7 UHPC 配合比设计应符合下列规定：

- a) UHPC 水胶比宜为 0.16~0.22；
- b) 纤维体积掺量宜为 1 %~3 %；
- c) UHPC 试配时，首先应进行试拌，检测拌合物工作性能指标。当拌合物工作性能不能满足要求时，应在水胶比不变、胶凝材料用量和外加剂用量合理的原则下，调整胶凝材料和外加剂用量，根据试拌结果，提出 UHPC 基准配合比；
- d) 进行 UHPC 强度试验时，应至少采用三个不同配合比。

5.1.8 UHPC 拌合物扩展度和扩展时间应按 GB/T 50080 有关规定进行测定，技术要求见表 1。

表1 UHPC 拌合物性能

项目	指标要求
扩展度 mm	700-800
扩展时间 s	UHPC拌合物不再扩展或扩展持续时间达到90 s

5.1.9 UHPC 力学性能应符合表 2 的规定。

表2 UHPC 力学性能

项目	指标要求
抗压强度 MPa	不小于 120
抗拉强度 MPa	不小于 5
抗弯强度 MPa	不小于 14
弹性模量 GPa	不小于 40

5.1.10 抗压强度应按 GB/T 50081 的有关规定进行测定，并应符合下列规定：

- a) 应采用 100 mm×100 mm×100 mm 的立方体试件，每组 6 个试件。
- b) 加载速率应为 1.20 MPa/s~1.40 MPa/s。
- c) 取与平均值偏差小于 10 %的试件强度平均值作为测定值。当 6 个测值中有 1 个或 2 个与平均值的差值超过平均值的 10 %时，将超出平均值 10 %的测值舍除，取剩余测值的平均值作为该组试件的抗压强度值；当有 3 个或 3 个以上试件强度值与平均值偏差大于 10 %时，则该组试件试验结果无效。
- d) 尺寸换算系数为 1.0。

5.1.11 抗拉强度应按附录 A 进行测定。

5.1.12 抗弯强度应按 GB/T 50081 中抗折强度试验方法的有关规定进行测定，并应符合下列规定：

- a) 应采用 100 mm×100 mm×400 mm 的棱柱体试件，每组 3 个试件；
- b) 应采用四点加载方式，试件支座间的跨度为 300 mm，双点加荷应使两个相等的荷载同时垂直作用在试件跨度的两个三分点处；

- c) 应对试件进行连续均匀加载, 初裂前的加载速率为 0.12 MPa/s~0.14 MPa/s, 初裂后取位移控制, 加载速率为 0.1 mm/min, 初裂后应继续加载至荷载低于最大荷载的 30 %;
 - d) 以试验过程中的最大荷载计算抗弯强度。
- 5.1.13 弹性模量应按 GB/T 50081 的有关规定进行测定, 试件应采用 100 mm×100 mm×300 mm 的棱柱体试件, 加载速率应为 1.20 MPa/s~1.40 MPa/s。
- 5.1.14 UHPC 氯离子扩散系数应按 GB/T 50082 有关规定进行测定, 不应大于 $0.4 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

5.2 普通混凝土材料

- 5.2.1 普通混凝土材料所用水泥、粗细集料、矿物掺合料、拌合用水及外加剂等原料, 应符合 JTG/T 3650 的规定。
- 5.2.2 普通混凝土材料的拌合物性能及力学性能应符合表 3 的规定, 试验方法应参照表中规范执行。

表3 普通混凝土材料性能要求

项目	性能指标	技术要求	试验方法
拌合物性能	坍落度 mm	不小于180	GB/T 50080
力学性能	抗压强度等级	不小于C20	GB/T 50107

- 5.2.3 普通混凝土材料的耐久性应符合 JTG/T 3310 中的相关规定。

5.3 固废基混凝土材料

周边有冶炼废渣、煤矸石、建筑垃圾等固废资源可供利用时, 经试验验证后可用于制备固废基混凝土材料作为充填材料, 其性能指标应满足 5.2 相关规定。

5.4 连接材料

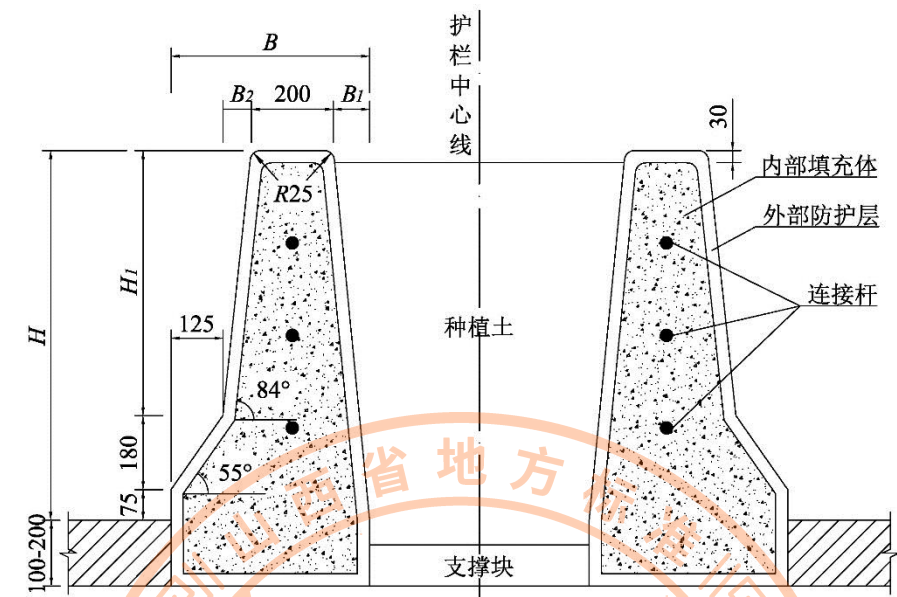
- 5.4.1 传力杆应采用热轧光圆钢筋, 其化学成分、力学性能和耐久性等技术要求应符合 GB/T 1499.1 中的相关规定。
- 5.4.2 连接杆应采用热轧带肋钢筋, 其化学成分、力学性能和耐久性等技术要求应符合 GB/T 1499.2 中的相关规定。

6 构造

6.1 节段

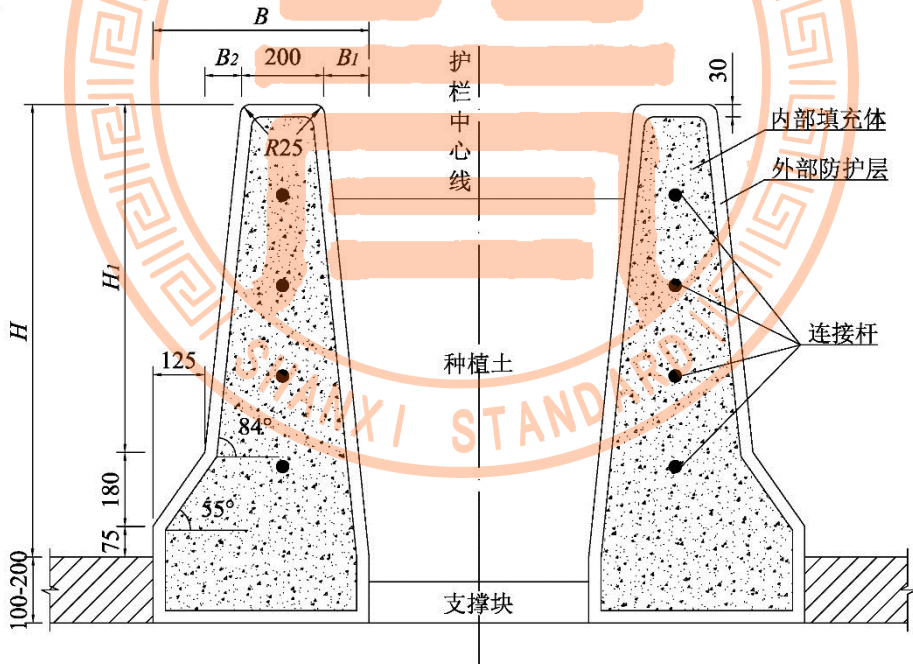
- 6.1.1 分设式公路超高性能混凝土 (UHPC) 护栏的节段构造断面如图 1 所示, 构造要求应符合表 4 的规定。

单位为毫米



a) SBm、SAm 分设式公路超高性能混凝土(UHPC)护栏

单位为毫米



b) SSm 分设式公路超高性能混凝土(UHPC)护栏

图1 分设式公路超高性能混凝土(UHPC)护栏的节段构造断面示意图

表4 分设式公路超高性能混凝土(UHPC)护栏的节段构造要求

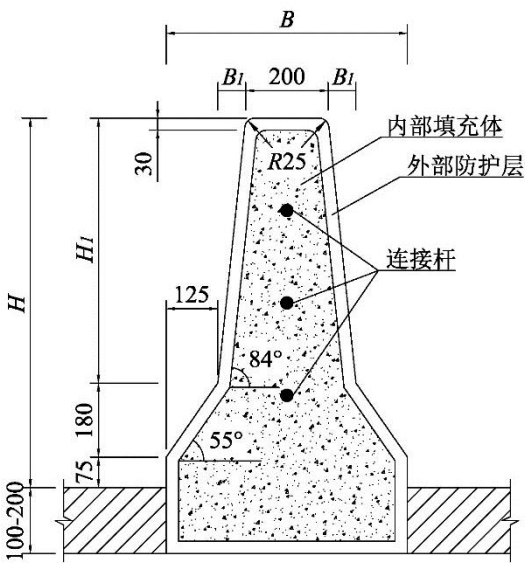
单位为毫米

防护等级	代码	H	H ₁	B	B ₁	B ₂
四	SBm	900	645	483	90	68

防护等级	代码	H	H ₁	B	B ₁	B ₂
五	SAm	1000	745	503	100	78
六	SSm	1100	845	525	110	89

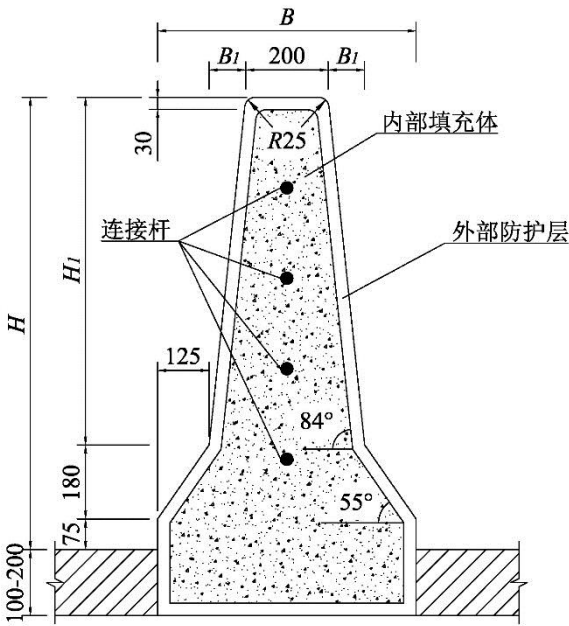
6.1.2 整体式公路超高性能混凝土 (UHPC) 护栏的节段构造断面如图 2 所示, 构造要求应符合表 5 的规定。

单位为毫米



a) SBm、SAm 整体式公路超高性能混凝土 (UHPC) 护栏

单位为毫米



b) SSm 分设式公路超高性能混凝土 (UHPC) 护栏

图2 整体式公路超高性能混凝土 (UHPC) 护栏的节段构造断面示意图

表5 整体式公路超高性能混凝土 (UHPC) 护栏的节段构造要求

单位为毫米

防护等级	代码	H	H ₁	B	B ₁
四	SBm	900	645	586	68
五	SAm	1000	745	606	78
六	SSm	1100	845	628	89

- 6.1.3 外部防护层厚度为 30 mm。
- 6.1.4 外部防护层长度宜为 4 m~6 m。
- 6.1.5 外部防护层顶部应设置内部填充材料的填充预留口，预留口间距宜为 2 m，尺寸宜为 100 mm×300 mm。

6.2 连接

6.2.1 节段间应采用钢筋纵向连接，其纵向布置见图 3。

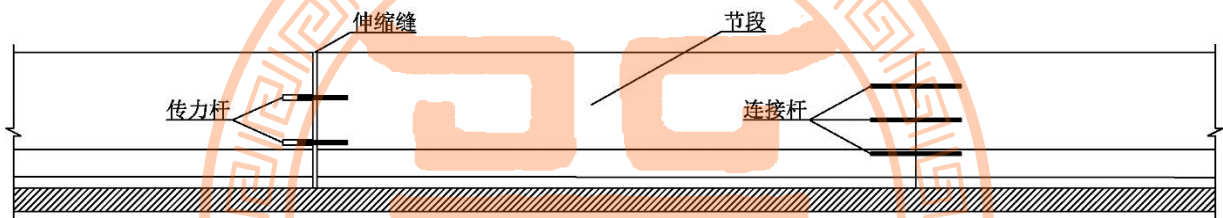
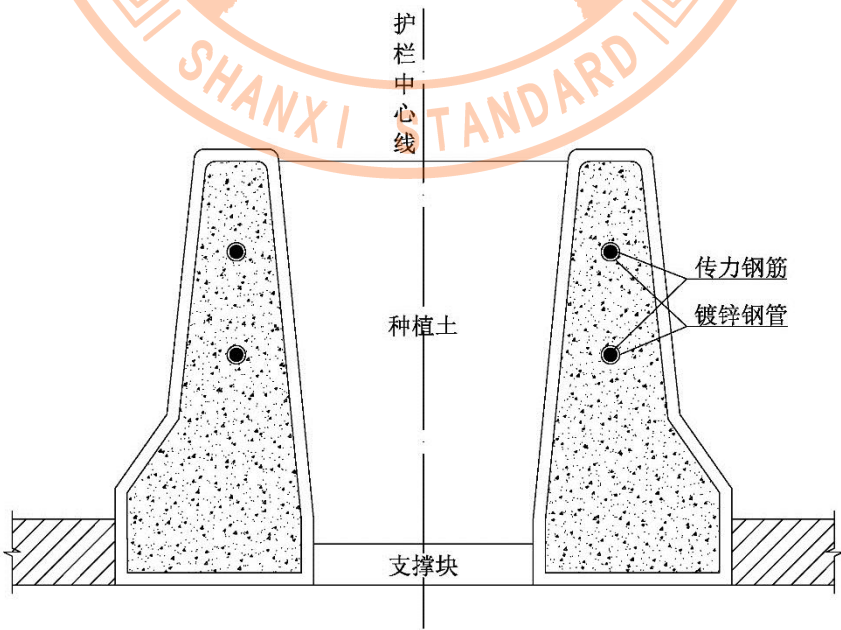
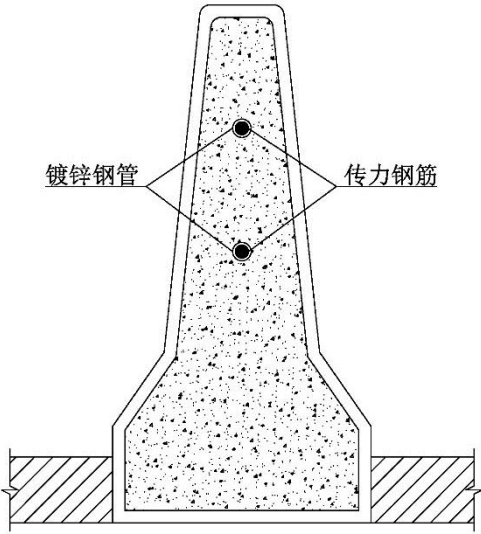


图3 护栏纵向布置结构示意图

6.2.2 节段在伸缩缝处以传力杆进行连接，节段在伸缩缝处断面构造及传力杆构造如图 4、图 5 所示，传力杆一端应浇筑在节段中，另一端应插入相邻节段中预留的镀锌钢套管内，其结构尺寸见表 6。



a) 分设式护栏



b) 整体式护栏

图4 节段在伸缩缝处断面构造示意图

单位为毫米

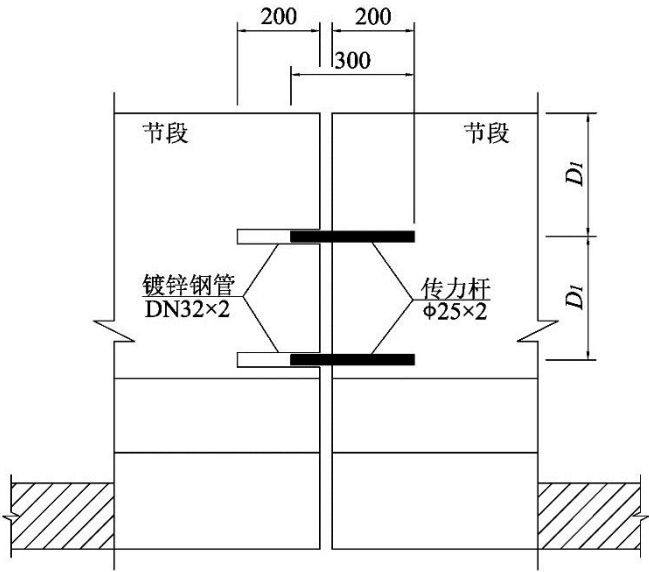


图5 传力杆构造示意图

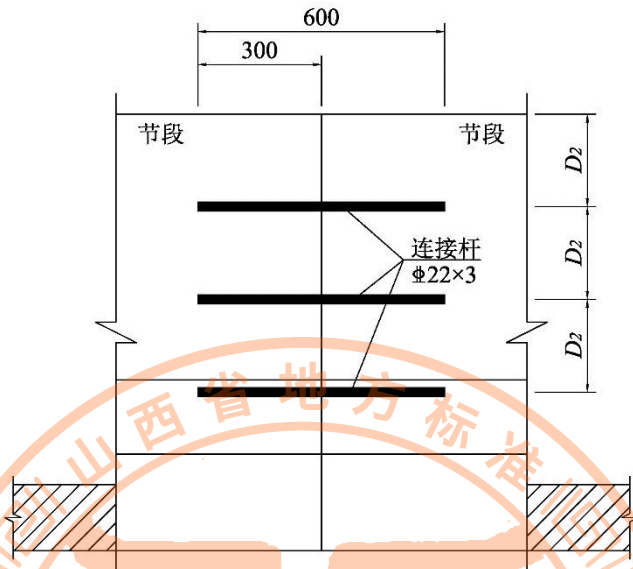
表6 传力杆构造要求

单位为毫米

防护等级	代码	D ₁
四	SBm	300
五	SAm	325
六	SSm	350

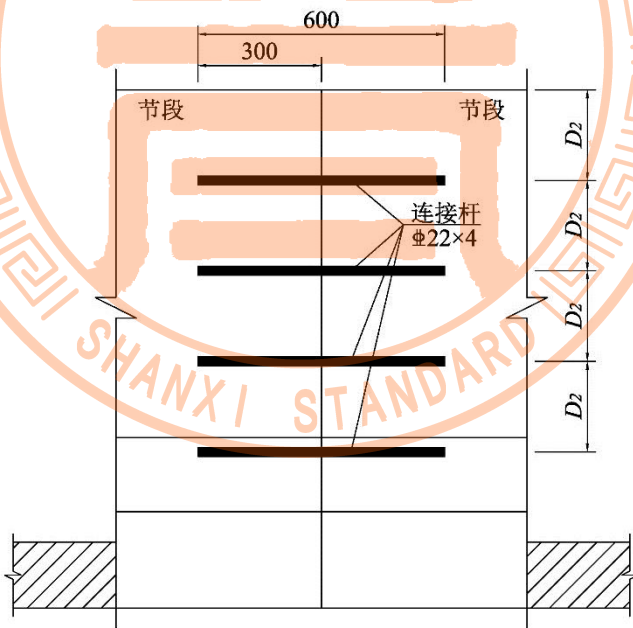
6.2.3 伸缩缝处外，节段间采用连接杆进行连接，其构造如图 6 所示，连接杆两端均应浇筑在节段中，结构尺寸应符合表 7 的规定。

单位为毫米



a) SBm、SAm 级护栏连接杆构造

单位为毫米



b) SSm 级护栏连接杆构造

图6 连接杆构造示意图

表7 连接杆构造要求

单位为毫米

防护等级	代码	D_2
四	SBm	225

防护等级	代码	D ₂
五	SAm	250
六	SSm	220

7 设计

7.1 一般规定

除本文规定外，公路中央分隔带护栏设计应符合 JTG D81、JTG/T D81 和 JTG/T D80 的规定。

7.2 公路超高性能混凝土（UHPC）护栏

7.2.1 外部防护层抗压强度不低于 120 MPa。SBm、SAm 级护栏内部填充体强度不低于 C20，SSm 级护栏内部填充体强度不低于 C30。

7.2.2 护栏嵌入路面的深度宜为 10 cm~20 cm。

7.2.3 护栏节段纵向连续长度应按伸缩缝设置要求确定，宜为 16 m~30 m。

7.2.4 伸缩缝宽度宜为 2 cm~4 cm，其他接缝宽度宜为 1 cm~2 cm。

7.3 附属结构

7.3.1 分设式护栏背部每隔 2 m 应在节段中央及相邻节段连接处设置支撑块。

7.3.2 位于超高路段的护栏节段底部应设置横向排水通道，排水通道断面宜为矩形，排水通道设置位置、尺寸依路段降雨量和公路实际条件进行设计。

8 施工

8.1 一般规定

8.1.1 除本文件规定外，公路中央分隔带护栏施工应符合 JTG/T 3671 的规定。

8.1.2 护栏施工应在护栏底面承载层满足安装要求后进行。

8.2 预制

8.2.1 UHPC 的搅拌应根据生产需要合理配置搅拌设备，宜采用行星式搅拌机，并配备纤维分散装置。

8.2.2 模具应能满足外部防护层的脱模要求。

8.2.3 UHPC 宜采用预混料直接进行搅拌，加水后搅拌时间不宜小于 6 min，纤维加入后继续搅拌 2 min~4 min，使纤维分散均匀。

8.2.4 外部防护层的浇筑应从一侧均匀浇筑，浇筑过程中应进行振捣以排出气泡。

8.2.5 外部防护层可根据需要选择洒水、覆盖、喷涂养护剂养护，或采用蒸汽养护、电加热养护。采用蒸汽养护时，应合理控制升温、降温速度和最高温度，构件表面宜保持大于 95 %的相对湿度。

8.3 安装

8.3.1 护栏的安装宜连续有序进行，应与公路的平、纵线形相协调。

8.3.2 安装前应保证护栏底面承载层平整密实，严禁护栏底部脱空。

8.3.3 护栏连接杆、传力杆的位置应安装准确。

8.3.4 护栏安装完成后，应在伸缩缝处填充富有弹性、不透水的材料，其他接缝处应做封闭处理。

8.4 浇筑

- 8.4.1 填充体的浇筑应在支撑块施工完成后进行，填充混凝土宜选用低热缓凝混凝土。
- 8.4.2 相邻伸缩缝间的护栏应分层连续浇筑，严禁一次性完成浇筑并密封浇筑口。
- 8.4.3 填充体浇筑完成后应及时封闭浇筑口，采用自然养护方式进行养护。
- 8.4.4 雨季及冬季施工应制定专项施工方案。

8.5 更换

- 8.5.1 护栏出现断裂、基础滑移倾覆等现象时，应及时更换。
- 8.5.2 更换时将受损节段与相邻节段连接处混凝土及钢筋切开，并对切开面进行凿毛植筋处理。
- 8.5.3 新护栏安装前应按照植筋位置及尺寸对护栏底部两端开槽。
- 8.5.4 安装就位后浇筑内部混凝土，混凝土应符合 5.2.2 条规定。

9 质量控制与验收

9.1 一般规定

公路中央分隔带护栏的质量控制与验收应符合 JTG F80/1 的相关规定。

9.2 质量控制

- 9.2.1 外部防护层成品出厂前应进行检验，并附有合格证书。
- 9.2.2 外部防护层成品进场时应进行质量检验，其检验项目应满足表 8 的规定。

表8 外部防护层成品质量检验项目

项次	检验项目		规定值或允许偏差	检验方法	检验频率
1	外部防护层强度 MPa		不小于120	参照5.1.9	每1批次检测1次
2	规格尺寸 mm	高度	±10	尺量：两端及中部 三处最大值	2 %
3		顶宽	±5		2 %
4		底宽	±5		2 %
5		厚度	±3		2 %

注：以件为单位产品，每 180 件为一个批次。

- 9.2.3 外部防护层安装完成后，应进行抽样检查，检测项目及检验频率见表 9。

表9 护栏外部防护层安装质量检验项目

项次	检验项目	允许偏差	检验方法	检验频率	项次
1	连接杆安装质量	伸入长度 mm	±10	尺量	每1 km测5处
		钢筋长度 mm	±10	尺量	
		间距 mm	±20	尺量	
2	传力杆安装质量	伸入长度 mm	±10	尺量	每1 km测1处
		钢筋长度 mm	±10	尺量	
		钢套管埋入长度 mm	±10	尺量	
		间距 mm	±20	尺量	

项次	检验项目	允许偏差	检验方法	检验频率	项次
3	安装允许偏差	中心线偏位 mm	± 20	尺量	每1 km测5处
		相邻预制件垂直偏位 mm	≤ 5	尺量	
		相邻预制件水平偏位 mm	≤ 5	尺量	

9.2.4 浇筑过程中应对浇筑混凝土的抗压强度进行抽样检测，检测标准及检验方法按本标准第 5.2.2 条的规定，检验频率应符合 GB/T 50107 的相关规定。

9.2.5 浇筑内部填充体的过程中应对混凝土填充密实程度进行检查，当护栏标高较低处浇筑口溢出混凝土时，可判定填充密实。

9.3 验收

9.3.1 护栏的外观质量应符合下列要求：

- 护栏表面的蜂窝、麻面、裂缝、脱皮等缺陷面积不应超过该面面积的 0.5 %；深度不应超过 10mm。
- 护栏块件的损边、掉角长度每处不应超过 20 mm。
- 护栏线形应无凹凸、起伏现象。

9.3.2 护栏验收检验项目应符合表 10 的规定。

表10 护栏验收检验项目

护栏验收检验项目	护栏验收检验项目		护栏验收检验项目	护栏验收检验项目
1	护栏断面尺寸 mm	高度	± 10	尺量：每1 km测5处
2		顶宽	± 5	
3		底宽	± 5	
4	钢筋架尺寸 mm		满足设计要求	过程检查，尺量：每1 km测5处
5	横向偏位 mm		± 20 或满足设计要求	尺量：每1 km测5处
6 Δ	护栏外部防护层强度 MPa		不小于120	按JTG F80/1-2017附录D评定
7 Δ	护栏填充体抗压强度 MPa		满足设计要求	按JTG F80/1-2017附录D评定
8	护栏之间的错位 mm		≤ 5	尺量：每1 km测5处

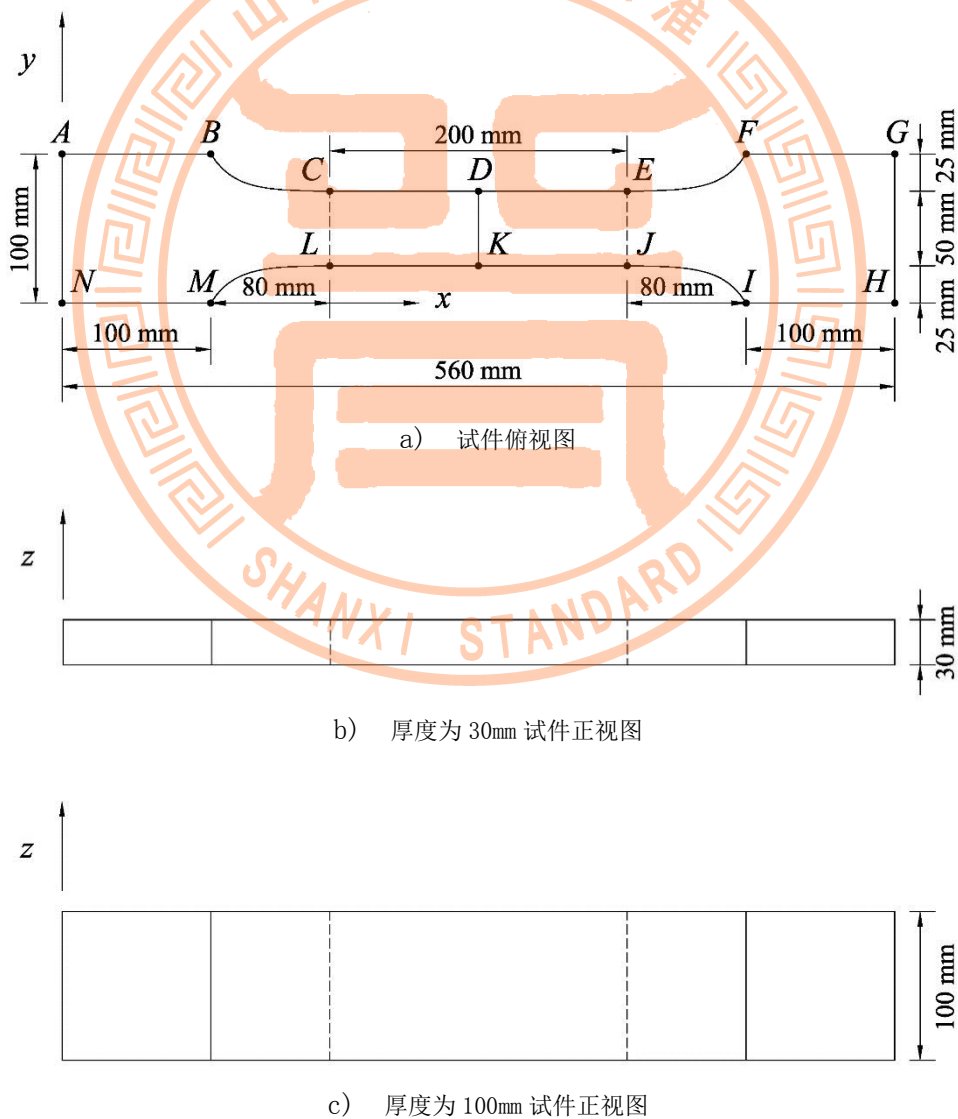
附录 A
(规范性)
抗拉强度试验方法

A.1 试件尺寸和数量

抗拉强度试件尺寸如图A.1所示，其中B-C弧段由包括B点、C点在内的21个点连接而成的20条线段组成，每个点的坐标见表A.1，F-E、I-J、M-L弧段构成同B-C弧段。

抗拉强度试件厚度分为30mm和100mm两种，设计单位或供需双方可根据需要选择抗拉强度试验试件的厚度。当UHPC中纤维长度不大于13mm且不含粗骨料时，宜采用厚度为30mm的试件；当UHPC中纤维长度大于13mm或含有粗骨料时，宜采用厚度为100mm的试件。不同厚度试件的测试结果在进行合格评定时不考虑尺寸效应。

每组试件数量为6个。



图A.1 抗拉强度试件尺寸示意图

表A.1 B-C 弧段内各连接点坐标

点	1 (B点)	2	3	4	5	6	7
X/mm	100.0	104.0	108.0	112.0	116.0	120.0	124.0
Y/mm	100.0	94.4	90.0	86.6	84.0	81.9	80.4
点	8	9	10	11	12	13	14
X/mm	128.0	132.0	136.0	140.0	144.0	148.0	152.0
Y/mm	79.1	78.2	77.4	76.8	76.4	76.0	75.8
点	15	16	17	18	19	20	21 (C点)
X/mm	156.0	160.0	164.0	168.0	172.0	176.0	180.0
Y/mm	75.6	75.4	75.3	75.2	75.1	75.0	75.0

A.2 试验仪器

拉力试验机应符合下列规定：

- a) 试件破坏荷载宜大于拉力试验机全量程的 20 %且宜小于拉力试验机全量程的 80 %；
- b) 示值相对误差应为±1 %；
- c) 应具有加荷速度指示装置或加荷速度控制装置，并能均匀、连续地加荷；
- d) 其拉伸间距不应小于 800 mm~1000 mm；
- e) 其他要求应符合 GB/T 3159 和 GB/T 2611 的有关规定。

A.3 试验步骤

到达试验龄期前，将试件从养护室取出，待表面水分干燥后，将试件放置于试验机上下夹具中，保证上下夹具连接件与混凝土试件的中轴线一致并对中。在试件弧形段与夹具接触部位放置0.5 mm~1 mm 厚的橡胶垫片。将试件上端与试验机上夹头固定，升降拉力试验机至合适高度，调整试件方向，将试件下端固定。

开动试验机进行预拉，预拉荷载相当于破坏荷载的15 %~20 %。预拉时，应测读应变值，计算偏心率，计算方法参考GB/T 50081的轴向拉伸试验方法。当试块偏心率大于15 %时，应对试块重新进行对中调整。

预拉完毕后，应重新调整测量仪器，进行正式测试。拉伸试验时，对试件进行连续、均匀加荷，宜采用位移控制加荷，加荷速率宜控制在0.2 mm/min。

当满足下列条件之一时，应终止加载，停止试验：

- a) 试件进入拉伸应变软化阶段后拉应力低于抗拉强度的 30 %时；
- b) 试件的拉应变达到 10000×10^{-6} 时；
- c) 拉断。

A.4 结果计算及确定

抗拉强度应按式（A.1）进行计算：

$$f_{tu} = \frac{F_{max}}{A} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

f_{tu} —— 抗拉强度，单位为兆帕（MPa），计算结果精确至0.01MPa；

F_{max} —— 抗拉试验加荷过程中的最大荷载，单位为牛（N）；

A —— 抗拉试件中部截面积，单位为平方毫米（mm²）。

A.5 试验结果的处理

开裂位置位于标距内的试件为有效拉伸试件，有效拉伸试件数量不应小于4个。当有效拉伸试件数量小于4个时，该组试件无效。以所有有效拉伸试件测值的平均值确定抗拉强度的最终试验结果。

