

团 体 标 准

T/SDHTS XXXX—XXXX

公路工程高性能混凝土预制构件 生产与应用技术规程

Technical specification for production and application of
high-performance concrete prefabricated components in highway
engineering

(征求意见稿)

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。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

山东公路学会 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 分类和标记 2

 4.1 强度等级 2

 4.2 耐久性等级 2

 4.3 产品代号和分类 2

 4.4 标记 3

5 材料 3

 5.1 原材料 3

 5.2 高性能混凝土 5

6 生产与制备 6

7 储存、运输与安装 9

8 质量检验 10

附录 A（规范性） 高性能混凝土预制盖板承载力试验方法（集中荷载） 13

附录 B（规范性） 高性能混凝土预制盖板承载力试验方法（均布荷载） 15

附录 C（资料性） 薄壁空心路缘石 17

附录 D（资料性） 薄壁 U 型槽 18

附录 E（资料性） 薄壁急流槽 20

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。

本文件由山东高速交通建设集团有限公司提出。

本文件由山东公路学会归口。

本文件起草单位：山东高速交通建设集团有限公司、山东大学、山东交建新材料技术有限公司、山东高速基础设施建设有限公司、山东高速股份公路有限公司、山东高速建设管理集团有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司、山东高速菏泽发展有限公司、山东高速济宁发展有限公司、山东高速滨州发展有限公司、济南大学、滨州市公路事业发展中心。

本文件主要起草人：刘国栋、岳红亚、周磊生、庄培芝、李万鹏、钱远顺、袁连旺、宋修广、张钰、朱兴月、王健、厉超吉、曹鑫、周书坤、陈俐企、黄永波、魏琨、王玉伟、李辉、韩海龙、邹肖肖、吕迪、刘力源、任娟。

公路工程高性能混凝土预制构件生产与应用技术规程

1 范围

本文件提出了公路工程高性能混凝土小型预制构件的材料、生产与制备、储存运输与安装、质量检验等要求。

本文件适用于各等级公路工程高性能混凝土小型预制构件生产与应用。

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 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 41054 高性能混凝土技术条件
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验
- GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性试验方法标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- JC/T 539 混凝土和砂浆用颜料及其试验方法

JC/T 899 混凝土路缘石
JC/T 949 混凝土制品用脱模剂
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
JGJ/T 328 预拌混凝土绿色生产及管理技术规程
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

高性能混凝土 high performance concrete

以天然砂或机制砂等为集料，通过掺入水泥、外加剂、矿物掺合料、纤维等材料，采用较低的水胶比制备形成的具有优异工作性能、力学性能和耐久性能的混凝土。

3.2

高性能混凝土小型预制构件 small precast components based on high performance concrete

以高性能混凝土为基本材料预先在工厂加工生产的小型构件，最长边长不大于 1.2 m。

4 分类和标记

4.1 强度等级

公路工程小型预制构件选用的高性能混凝土强度等级按照立方体抗压强度 (MPa) 标准值分为 Cc60、Cc70、Cc80、Cc90、Cc100、Cc110 六个强度等级。

4.2 耐久性等级

4.2.1 高性能混凝土预制构件抗冻性能等级分为 F250、F300、F350、F400 和大于 F400。

4.2.2 高性能混凝土预制构件抗渗透性能等级分为 P8 和大于 P8。

4.2.3 高性能混凝土预制构件抗氯离子渗透性能等级划分应符合 GB/T 41054 的有关规定。

4.3 产品代号和分类

4.3.1 高性能混凝土小型预制构件可分为素混凝土预制构件和钢筋混凝土预制构件两类。

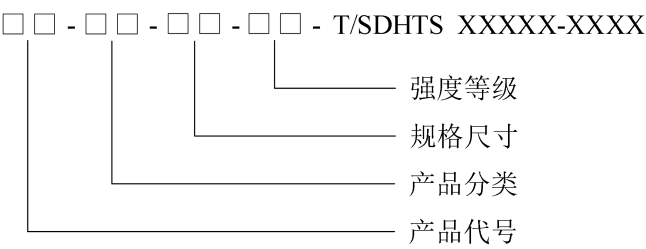
4.3.2 高性能混凝土小型预制构件包括护坡类、排水类、路缘石类和盖板类，产品分类和代号见表 1。

表 1 公路工程高性能混凝土小型预制构件产品分类和代号

分类		构件名称	产品代号	适用场景
素混凝土预制构件	护坡类	高性能混凝土六棱砖	HPCHB	桥台锥坡
		高性能混凝土拱形骨架	HPCAS	边坡护坡
	排水类	高性能混凝土边沟预制块	HPCSD	边沟排水设施
		高性能混凝土 U 型槽	HPCUSG	边沟排水设施
		高性能混凝土急流槽	HPCTD	路堤、路堑排水设施
	路缘石类	高性能混凝土平缘石	HPCFC	路面工程
		高性能混凝土立缘石	HPCVC	
钢筋混凝土预制构件	盖板类	高性能混凝土边沟盖板	HPCSDCP plate	路堑排水沟
		高性能混凝土电缆槽盖板	HPCCTCP	隧道电缆槽

4.4 标记

高性能混凝土预制构件按照产品代号、产品分类、规格尺寸（公称长度×宽度×厚度×壁厚）、强度等级和本规程编号顺序进行标记，标记形式如下：



示例：高性能混凝土 H 型立缘石，规格尺寸 500 mm×240 mm×300 mm×20 mm，抗压强度等级为 C₉₀，标记为：
HPCVC-H-500×240×300×20-C₉₀-T/SDHTS XXXXX—XXXX

5 5 材料

5.1 原材料

5.1.1 水泥

水泥宜选用强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥，并应符合国家标准 GB 175 的有关规定。当采用其他种类水泥时，应通过试验确认满足高性能混凝土的性能要求后方可使用。

5.1.2 矿物掺合料

- 矿物掺和料主要包含粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰，具体规定如下：
- a) 粉煤灰宜选用 I 级粉煤灰，并应符合 GB/T 1596 的有关规定；
 - b) 粒化高炉矿渣粉宜选用 S95 及以上等级，并应符合 GB/T 18046 的有关规定；
 - c) 硅灰中二氧化硅含量不应低于 90%，并应符合 GB/T 27690 的有关规定。

5.1.3 骨料

高性能混凝土骨料宜采用天然砂或机制砂进行配制，其颗粒级配、技术要求、含泥量和石粉含量要

求如下：

- a) 骨料的细度模数应为 2.3~3.2。骨料颗粒级配应符合表 2 的规定。骨料颗粒级配中单个粒级（不含 4.75 mm 和筛底）的分计筛余可略有超出，但不应大于 5%。当石粉亚甲蓝值 MBF>6.0 时，机制砂 0.15 mm 和筛底的分计筛余之和不宜大于 25%；
- b) 骨料的技术要求应符合 GB/T 14684 中 I 类砂的有关规定，其氯离子、硫化物及硫酸盐、云母的含量应符合表 3 的规定；
- c) 天然砂的含泥量不应超过 0.5%；机制砂的石粉含量应符合表 4 的规定。

表 2 骨料颗粒级配要求

方孔筛尺寸/mm	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	筛底
机制砂分计筛余/%	0~5	10~15	10~25	20~31	20~30	5~15	0~20
天然砂分计筛余/%	0~10	10~15	10~25	20~31	20~30	5~15	0~10

表 3 骨料技术指标

项目	技术指标
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 4 机制砂技术指标

亚甲蓝值（MB）	石粉含量（%）
MB<1.0	≤5.0
1.0≤MB≤1.4	≤2.0

5.1.4 外加剂

高性能混凝土用外加剂应符合下列规定：

- a) 减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定。不应使用含氯盐的减水剂，减水剂的减水率不宜小于 30%；
- b) 当使用其他外加剂时，其性能应符合 GB 8076 的规定，且应通过试验确定所配制的高性能混凝土的性能满足设计要求；
- c) 膨胀剂应符合 GB/T 23439 的有关规定，膨胀剂种类和掺量应通过试验确定；
- d) 外加剂进场应提供出厂检验报告等质量证明文件，并应进行检验。检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的有关规定。

5.1.5 纤维

高性能混凝土用钢纤维、合成纤维应符合 JTG/T 221 的有关规定，并满足下列要求：

- a) 钢纤维的抗拉强度等级应为 600 级及以上；
- b) 纤维进场应提供型式出厂检验报告、出厂检验报告等质量证明文件，并应进行检验，检验项目及检验批量应符合 JGJ/T 221 的有关规定。
- c) 高性能混凝土用纤维类型应符合表 5 的规定。

表 5 高性能混凝土用纤维类型

分类		构件名称	纤维类型
素混凝土预制构件	护坡类	六棱砖	合成纤维
		拱形骨架	
	排水类	边沟预制块	
		U 型槽	
		急流槽	
		平缘石	
	路缘石类	立缘石	
钢筋混凝土预制构件	盖板类	边沟盖板	合成纤维或钢纤维
		电缆槽盖板	

5.1.6 拌合用水

高性能混凝土的拌合用水，应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.7 钢筋

受力钢筋宜采用 HRB400 或 CBR550，分布钢筋宜采用 HPB300。受力钢筋保护层厚度应不小于 15 mm。钢筋应平直，表面不应有裂纹、油污和片状老锈，其性能应分别符合 GB1499.1 和表 6 的规定。钢筋的加工质量应符合 JTG F80/1 的有关规定，钢筋型号和配筋率应满足设计要求。

表 6 钢筋技术要求

序号	技术指标	性能要求
1	受力筋等级	HRB400 或 CBR550
2	分布筋、钢丝网等级	HPB300

5.1.8 其他材料

- a) 高性能混凝土用颜料应符合 JC/T 539 的有关规定；
- b) 脱模剂应符合 JC/T 949 和 JTG/T 3650 的有关规定。

5.2 高性能混凝土

5.2.1 工作性能

- a) 高性能混凝土拌合物应具有良好的和易性，坍落度偏差、扩展度偏差、坍落度经时损失应符合 GB/T 14902 的有关规定。拌合物工作性能的试验方法应符合 GB/T 50080 的有关规定；
- b) 高性能混凝土工作性能及凝结时间应满足预制构件生产工艺要求。

5.2.2 力学性能

用于预制构件的高性能混凝土应具有满足设计要求的强度等级，盖板类预制构件还应具有满足设计要求的持久状况承载能力，在设计年限内必须满足构件正常使用功能要求。

5.2.3 耐久性

- a) 高性能混凝土的耐久性能应根据公路工程附属设施的设计使用年限、所处的环境类别及作用等级进行确定。环境类别和作用等级按照 GB/T 50476 划分。当公路工程附属设施受到多种环境类别共同作用时，混凝土应分别满足每种环境类别单独作用下的耐久性要求；
- b) 高性能混凝土的耐久性等级，应按照 JGJ/T 193 对抗盐冻性能、抗水渗透性能、抗氯离子渗透性能进行划分；
- c) 应将工程设计文件规定的耐久性能指标和长期性能指标作为控制目标。工程设计文件未提出混凝土耐久性能设计指标时，须结合工程具体情况，以环境分类、构件部位及相应的耐久性要求作为控制目标。

6 6 生产与制备

6.1 配合比

6.1.1 高性能混凝土的配合比设计应满足混凝土拌合物工作性能、力学性能、耐久性和长期性能的要求，并应符合 GB/T 41054 的有关规定。

6.1.2 高性能混凝土正式生产前应进行配合比试配，并应符合下列规定：

- a) 应采用工程实际使用材料，混凝土试配每盘最小搅拌量不宜小于 20L；
- b) 进行高性能混凝土试拌，验证高性能混凝土拌合物性能是否符合设计和生产要求。当高性能混凝土拌合物性能不满足要求时，应进行调整，直到满足要求为止；
- c) 采用试拌确定的配合比制作试件，养护至规定龄期进行相应试验；
- d) 试验结果符合要求时，确定该配合比为生产配合比，试验结果有不符合要求的项目时，应重新进行配合比设计和试配。

6.2 搅拌

6.2.1 高性能混凝土搅拌系统应符合 JGJ/T 328 的规定，宜采用立轴行星式搅拌机，搅拌机一次搅拌量不宜大于其额定搅拌量的 60%。

6.2.2 在搅拌高性能混凝土前，搅拌机应用水清洗干净。

6.2.3 高性能混凝土搅拌称量系统的应符合现行计量法规要求，高性能混凝土原材料每盘称量的允许偏差为±1%。

6.2.4 高性能混凝土下料顺序及搅拌时间宜为：预混料（或水泥、矿物掺合料、天然砂或机制砂、外加剂）干拌 2 min～3 min，再加水湿拌 2 min～5 min，最后加入纤维搅拌 2 min～4 min（含纤维投入时间 1 min～2 min）。总搅拌时间不宜小于 8 min。出机拌合物中不得有纤维结团和上浮现象。对于已掺纤维的预混料，应按照厂家产品说明书要求进行搅拌。

6.2.5 高性能混凝土拌合物出机后，不允许添加水或外加剂进行二次调整。

6.2.6 高性能混凝土搅拌均匀后应进行性能测试，拌合物试验项目包括流动度、凝结时间，凝结物试

验项目包括抗压强度、抗折强度、抗盐冻性、抗盐冻性和抗氯离子渗透性能。技术要求和试验方法应符合表 7 的规定。

表 7 高性能混凝土技术要求及试验方法

技术指标	技术要求				试验方法	检测频率
	护坡类	排水类	路缘石类	盖板类		
扩展度（mm）	500~700				GB/T 41054	符合 GB/T 41054 的规定
坍落度（mm）	160~210				GB/T 41054	
凝结时间（min）	初凝时间：≥45，终凝时间：≤600				GB/T 50080	
抗压强度（MPa）	60~80	70~100	70~100	80~110	GB/T 50081	
抗折强度（MPa）	/	/	≥12	≥14	GB/T 50081	
抗冻性能	≥F250	≥F350	≥F350	≥F350	GB/T 50082	
抗盐冻性能	/	经 D50 次抗盐冻性试验质量损失率应不大于 1.0kg/m ² ，任一试样质量损失率应不大于 1.5kg/m ²			GB/T 50082	
抗氯离子渗透性能（电通量，单位：C）	1000~2000	≤1000			GB/T 50082	

6.3 预制构件制备

- 6.3.1 高性能混凝土预制构件应工厂化预制，规范化和信息化管理，自动化和规模化生产。
- 6.3.2 应选用技术先进、环保高效的设备，有条件的宜采用全自动化生产设备。
- 6.3.4 预制构件生产前应编制生产方案，包括生产计划及生产工艺、模具方案、技术质量控制措施等。
- 6.3.5 高性能混凝土预制构件宜采用空心结构或减薄厚度，应按照设计要求进行生产制作，生产条件及设备应满足生产工艺要求。
- 6.3.6 在预制构件生产之前应对各工序进行技术交底，上道工序未经检查验收合格，不应进行下道工序。
- 6.3.7 预制构件施工过程中产生的噪声、废水、粉尘或废气等污染物和固体废弃物排放应符合 GB 12348、GB 8978 有关规定。
- 6.3.8 模具应根据构件生产过程中的各种工况进行设计，应具有足够的承载力和刚度，并应保证其整体稳固性。
- 6.3.9 预制构件浇筑成型步骤如下：

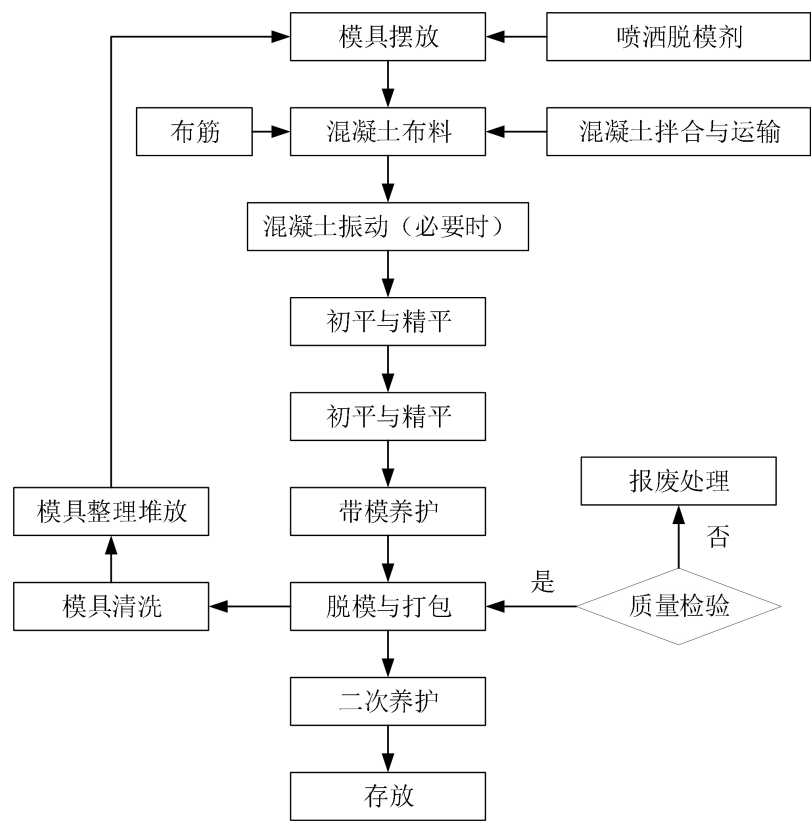


图 1 高性能混凝土预制构件浇筑成型与养生流程图

6.3.10 浇筑成型

预制构件浇筑成型应符合下列规定：

- a) 浇筑前应确认高性能混凝土拌合物的工作性能满足设计和成型工艺要求；
- b) 高性能混凝土应连续浇筑，分层间隔时间不宜超过 30 min；
- c) 高性能混凝土拌合物从搅拌机出料到浇筑完成的时间不宜超过 60 min，并不应超过高性能混凝土的初凝时间；
- d) 高性能混凝土拌合物成型时应采用振动平台振动密实。采用其他成型方式时，应满足混凝土密实及均匀性要求。采用机械振捣时，振捣时间应以不引起纤维下沉为原则确定；
- e) 振捣完成后，应去除多余高性能混凝土拌合物，并及时抹面处理。

6.3.11 养护脱模

预制构件养护脱模应符合下列规定：

- a) 高性能混凝土预制构件养护方式可采用自然养护、蒸养、干热养护，养护方式应依据高性能混凝土性能设计要求确定；
- b) 自然养护应符合 GB 50164 的有关规定；
- c) 蒸养或干热养护前应带模静停 12 h 以上，静停环境温度应不低于 10 ℃，外露表面应覆盖塑料薄膜；养护升降温速率不超过 25 ℃/h，恒温时间 48 h 以上，最高和恒温温度不超过 65 ℃；

- d) 脱模时高性能混凝土构件强度应符合设计要求，设计无要求时不应低于设计强度的 75%；高性能混凝土预制构件起吊吊具及操作应符合现行规范的要求。拆模时高性能混凝土预制构件表面与环境温差不超过 25 ℃。

6.3.12 其他要求

- a) 水泥、砂等原材料应使用同一厂家或同一料场的，同时严格控制配合比，避免因材料及配比变化而产生色差；
- b) 成型的路缘石、薄壁边沟盖板、U 型槽等高性能混凝土预制构件要及时覆盖洒水养生，避免因养生不及时而产生裂缝；
- c) 模具等重复使用的工具应每天进行检查，并满足使用要求；
- d) 试验室每日要对拌制的混合料进行强度检测，检测频率为每班上下午各一组试件。

7 7 储存、运输与安装

7.1 储存、运输

7.1.1 高性能混凝土预制构件应设置临时存放区，场地应符合规划、建设、节约用地和环境保护等要求。

7.1.2 对于存在不影响结构承载力和耐久性的一般缺陷的高性能混凝土预制构件，可以进行修补，并应重新进行检验。

7.1.3 预制构件的储存场地应平坦、坚实、整洁。应按照构件类别、型号、规格、强度等级分别堆放，堆垛应稳定、整齐，层数不宜超过 5 层。

7.1.4 高性能混凝土预制构件储存和运输应稳固、安全，吊运和运输时应采取防止构件损坏措施。清水构件应采取防止边角破坏和表面被污染措施。

7.1.5 小型预制构件出厂前应对打包好的构件再次检查，场外运输宜选择车厢宽敞平整、便于装卸的车辆。

7.2 安装

7.2.1 准备工作

- a) 测量放样，直线段每 20 m 布设一个控制点，曲线段每 5 m~10 m 布设一个控制点；
- b) 施工前应相邻工程进行平面位置和高程的联测；
- c) 安装应采用挂线法控制线形与高程；
- d) 预制构件安装前应再次进行外观质量检查，合格后方可安装；
- e) 需坐浆或勾缝的预制构件安装前应按首件批准的砂浆等材料配合比设计。

7.2.2 护坡类安装

- a) 安装前应修整坡面或按照设计要求铺设找平层。找平层厚度小于 30 mm 时，宜采用水泥砂浆；找平层厚度不小于 30 mm 时，宜采用细石混凝土。找平层应平整密实；
- b) 安装宜采用拉线法控制线形和高程；
- c) 护坡类宜自下而上安装，表面平整、咬合紧密；
- d) 勾缝宜采用凹槽缝，凹槽宜为半圆形，深度宜为 5 mm~8 mm；
- e) 安装后应洒水覆盖养生。

7.2.3 排水类、路缘石类安装

- a) 安装前应清理基底并保持湿润，安装时应进行坐浆或混凝土垫层施工；
- b) 构件安装应砌筑稳固，顶面平整，缝宽均匀，勾缝密实，线条直顺。

7.2.4 盖板类安装

- a) 盖板底面应与支撑面密贴，不得出现脱空、晃动及翘角现象；
- b) 盖板自一端向另一端顺序安装，安装后不得出现缺棱掉角现象；
- c) 盖板安装应紧凑均匀、平稳牢固；
- d) 板与板之间接缝填充材料性能应满足设计要求，并应填充密实；
- e) 接缝应与沉降缝在同一平面内，吊装孔应填充密实。

8 质量检验

8.1 原材料

8.1.1 原材料进厂应核验生产厂家、品种、规格和数量等内容。质量证明文件应齐全，包装方式和外观质量应符合要求。

8.1.2 原材料进厂后应按照设计要求及相关技术标准进行性能检验，其性能应符合本文件 5.1 的要求，合格后方可使用。

8.2 模具

8.2.1 预制构件模具应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，应能承受生产过程中所产生的各种荷载。

8.2.2 宜采用整体式塑料磨具，空心结构预制构件可采用钢制模具。

8.2.3 模具几何尺寸允许偏差、检验方法和频率应符合表 8 的规定。

表 8 模具尺寸允许偏差、检验方法与频率

序号	检查项目		规定值或允许误差	检验方法和频率
1	长度、宽度（mm）		±2	尺量，取最大值：抽查 5%
2	厚度（mm）		±2	尺量，取最大值：抽查 5%
3	对角线差（mm）		±2	尺量对角线，取最大值：抽查 5%
4	侧向弯曲（mm）		L/1500，且≤5	拉线并用尺量弯曲最大处：抽查 5%
5	翘曲		L/1500	对角拉线测量交点间距值的两倍：抽查 5%
6	表面平整度（mm）		±10	用靠尺或者塞尺量：抽查 5%
7	预留孔洞 （mm）	中心位置	±2	钢尺量测：抽查 5%
		尺寸	+3	钢尺量测：抽查 5%
注：L 为预制构件长度。				

8.3 高性能混凝土

8.3.1 高性能混凝土检验项目、检测方法及其检验结果均应符合本文件 6.2.6 的规定。

8.3.2 高性能混凝土取样和检验频率应符合 GB/T 41054 的有关规定。

8.4 预制构件成品检验

8.4.1 预制构件外观鉴定应符合下列规定：

- a) 构件外形轮廓清晰，线条直顺，不得有翘曲现象；
- b) 构件表面平整，无蜂窝麻面，色泽一致；
- c) 构件不得出现露筋、空洞和裂缝现象。

8.4.2 预制构件成品尺寸允许偏差及其检验方法应符合表 9、表 10 的规定，其他项目的检验应符合 GB 50204 的规定。

表 9 护坡类、排水类、路缘石类构件成品质量检验

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	长度 (mm)	± 3	尺量：两端及中部三个部位，取大值； 抽查构件每批次的 5%
3	宽度 (mm)	± 3	
4	高度 (mm)	± 3	
5	壁厚 (mm)	+2	
6	平整度 (mm)	≤ 2	直尺和塞尺：每侧面不少于 3 处，每处测竖直和水平两个方向
7	对角线差 (mm)	≤ 2	钢板尺测量：抽查构件总数的 5%
注：路缘石类构件每批次按 2000 个，不足 2000 个按一批次。			

表 10 盖板类构件成品质量检验

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	长度 (mm)	± 3	尺量：两端及中部三个部位，取大值； 抽查构件每批次的 10%
3	宽度 (mm)	± 3	
4	高度 (mm)	± 3	
5	平整度 (mm)	≤ 2	直尺和塞尺：每侧面不少于 3 处，每处测竖直和水平两个方向
6	对角线差 (mm)	± 2	钢板尺测量，抽查构件总数的 5%
注：盖板类构件每批次按 500 个，不足 500 个按一批次。			

8.4.3 路缘石类预制构件抗折强度要求及试验方法应符合 JCT 899 的有关规定。盖板类预制构件荷载及其检验方法应符合表 11 的规定，其他项目的检验应符合 GB 50204 的规定。

表 11 盖板类荷载要求

序号	技术指标		性能要求	试验方法
1	破坏荷载	行人（轻型）盖板	集中荷载 $\geq 32\text{kN}$ 或均布荷载 $\geq 20\text{kN/m}^2$	附录 A/附录 B
2		行车（重型）盖板	$\geq 224\text{kN}$	附录 B

8.5 安装检验

8.5.1 预制构件安装后外观鉴定应符合下列规定：

- a) 安装构件边缘直顺，外露表面平整；
- b) 勾缝平顺，缝宽均匀，无脱落现象。

8.5.2 预制构件安装质量应符合表 12 的规定：

表 12 预制构件安装质量检验项目及方法

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率
1	砂浆强度 (MPa)	符合设计要求	按现行行业标准 JTG F80/1 附录 F 检查
2	相邻构件高差 (mm)	2	塞尺量取最大值：每 200 m 测 4 处
3	相邻构件缝宽 (mm)	± 3	钢尺或塞尺：每 200 m 测 4 处
4	顶面安装平整度 (mm)	4	3 m 直尺或塞尺，每 200 m 检查 5 处
5	直顺度 (mm)	10	20 m 拉线量取最大，每 200 m 测 4 处
6	流水坡度 (mm) ^a	不小于设计值	坡度尺：每 200 m 测 2 处
^a 路缘石检验项目。			

附录 A

(规范性)

高性能混凝土预制盖板承载力试验方法 (集中荷载)

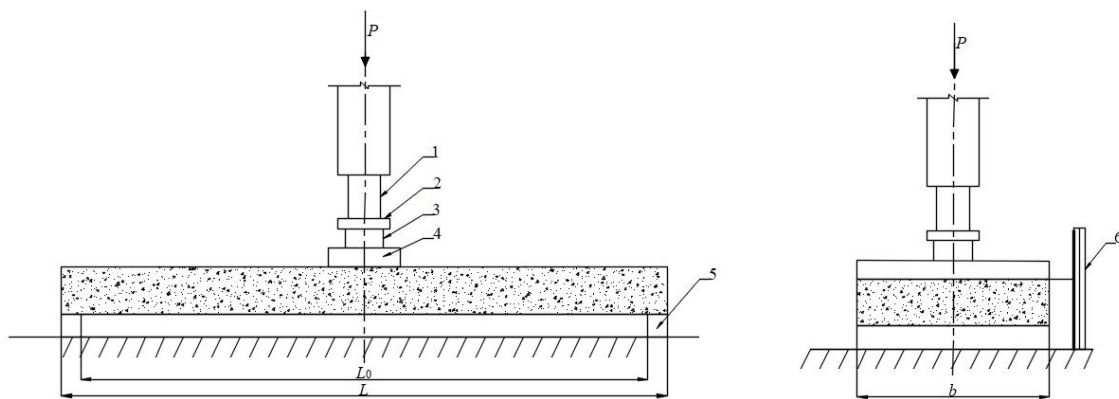
A.1 试验设备及仪器

试验设备及仪器如下:

- a) 千斤顶: 最大压力 30t~50t, 能够平稳控制加载速度 1kN/s~3kN/s, 1 件;
- b) 垫块: $\Phi 100\text{ mm} \times 20\text{ mm}$, 1 件;
- c) 压力传感器配套显示仪, 显示精度 0.1kN, 1 套;
- d) 垫块: $300\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 钢制垫块 1 件;
- e) 支撑垫块 $300\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 50\text{ mm}$, 2 件;
- f) 位移计 1 套。

A.2 加载方式

加载方式如图 A.1 所示。



标引序号说明:

1-千斤顶; 2, 4-垫块; 3-压力传感器配套显示仪; 4-支撑垫块; 5-位移计; L -盖板沿跨度方向的长度; L_0 -盖板计算跨度; b -盖板宽度; P -试验荷载; (按表 11 中试验荷载规定值, 扣减千斤顶、传感器、钢制垫块等装置自重后的值)。

图 A.1 加载示意图

A.3 试验步骤

A.3.1 按 A.2 要求进行支座、垫块试件及测试仪器的安装和固定。

A.3.2 破坏荷载检验: 按表 11 规定的破坏荷载分级加荷, 每级加荷量为破坏荷载的 20%, 恒压 1 min, 逐级加荷至表 11 规定的破坏荷载值, 再继续按 1kN/s~3kN/s 的速度加载至盖板破坏, 读取试件的破坏

T/SDHTS XXXXX—XXXX

荷载值。

A. 4 试验报告

试验报告单应包括如下内容：盖板类型及尺寸、分类、生产单位和日期、试验日期、破坏荷载。

附 录 B
(规范性)
高性能混凝土预制盖板承载力试验方法 (均布荷载)

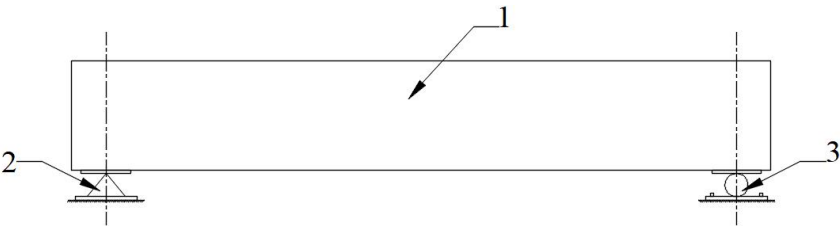
B.1 试验设备及仪器

试验设备及仪器如下:

- a) 称量加载物的衡器: 误差应不大于量程的± 1.0%;
- b) 固定铰支座 1 个;
- c) 滚动铰支座 1 个;
- d) 位移测量仪 (位移计、百分表或千分表);
- e) 电子裂缝观测仪或刻度放大镜, 测量仪表的精度应符合规范的要求;
- f) 散装颗粒材料。

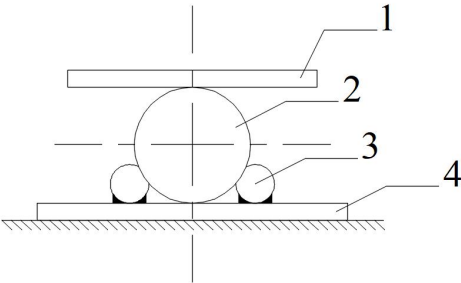
B.2 加载方式

加载方式如图 B.1~图 B.4 所示。



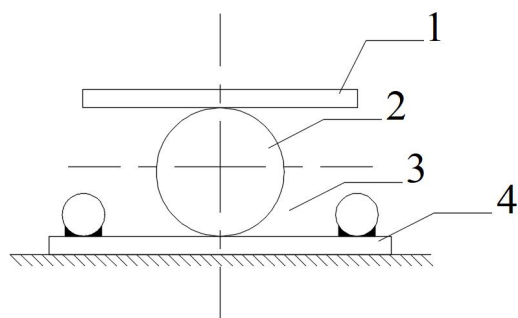
标引序号说明:
1-试件; 2-固定铰支座; 3-滚动铰支座

图 B.1 支撑方式



标引序号说明:
1-上垫板 (-500 mm×200 mm×40 mm); 2-钢滚轴; 3-限位钢筋; 4-下垫板

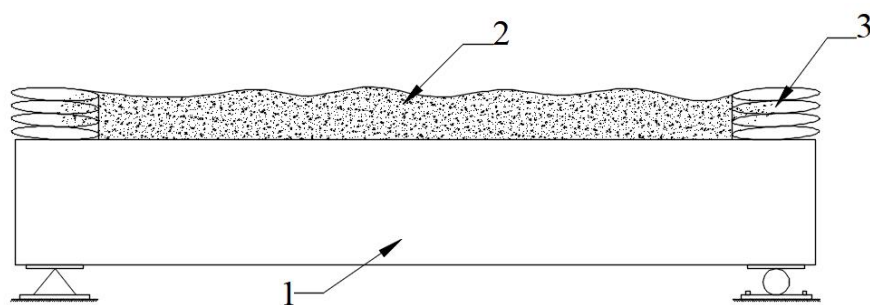
图 B.2 固定铰支座



标引序号说明:

1-上垫板 (500 mm×200 mm×40 mm); 2-钢滚轴; 3-限位钢筋; 4-下垫板

图 B. 3 滚动铰支座



标引序号说明:

1-试件; 2-散体材料; 3-围挡

图 B. 4 加载方式

B. 3 试验步骤

B. 3.1 按 B. 2 要求进行支座、垫块试件及测试仪器的安装和固定。采用荷载分级加载方式对板进行试验。

B. 3.2 预加载: 分三级进行预加载, 每级取试验荷载的 10%, 然后分 3 级卸载, 用于检验支座是否平稳, 仪表是否正常。

B. 3.3 破坏荷载: 在获得裂缝荷载值后, 继续加载, 每级加荷量为计算破坏荷载的 10%, 每级荷载的持续时间为 15 min。达到计算破坏荷载值的 90%, 每级加载值计算破坏荷载的 5%, 直至板被破坏, 读取试件的破坏荷载值。

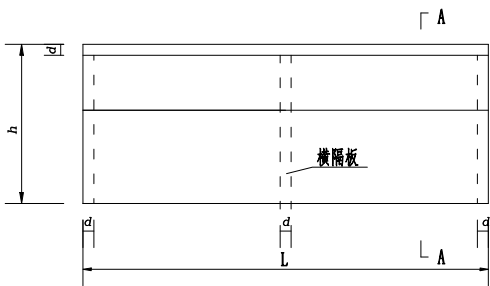
B. 4 试验报告

试验报告单应包括如下内容: 盖板类型及尺寸、等级、生产单位、生产日期、试验日期、实测破坏荷载、是否符合标准要求、试验检测单位、人员签字盖章。

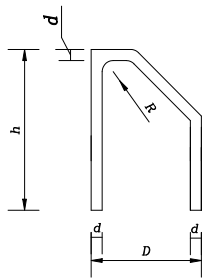
附录 C
(资料性)
薄壁空心路缘石设计

C.1 路缘石结构型式

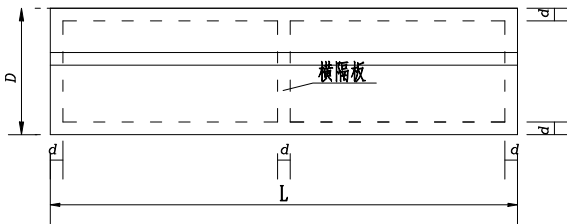
根据工程需要及设计要求，可选择如下路缘石结构型式：



图C.1 H型薄壁空心路缘石立面示意图



图C.2 H型路缘石A-A断面



图C.3 H型薄壁空心路缘石平面示意图

图中： d —薄壁空心路缘石壁厚应根据设计要求确定，且不宜小于20 mm；

h —薄壁空心路缘石高度，应根据设计要求确定；

D —薄壁空心路缘石宽度，应根据设计要求确定；

L —薄壁空心路缘石长度，应根据设计要求确定。

经供需双方协商，也可生产其他规格和尺寸的路缘石。

C.2 路缘石截面尺寸

路缘石规格尺寸及分类应符合JC/T 899的相关规定。

附录 D
(资料性)
薄壁 U 型槽设计

D.1 薄壁 U 型槽结构型式

根据工程需要及设计要求，可选择如下薄壁 U 型槽结构型式：

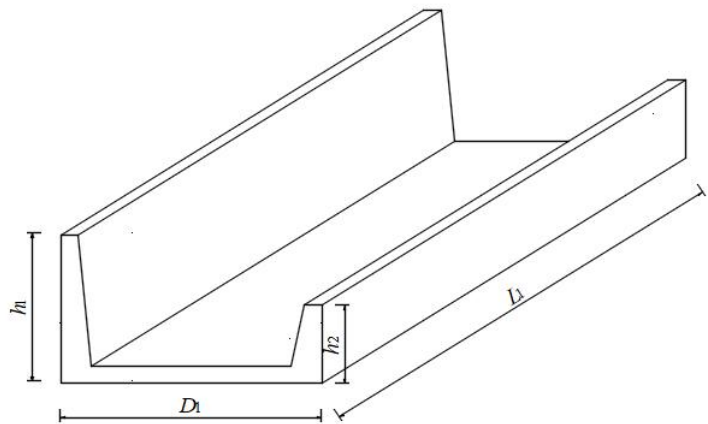


图 D.1 薄壁 U 型槽大样示意图

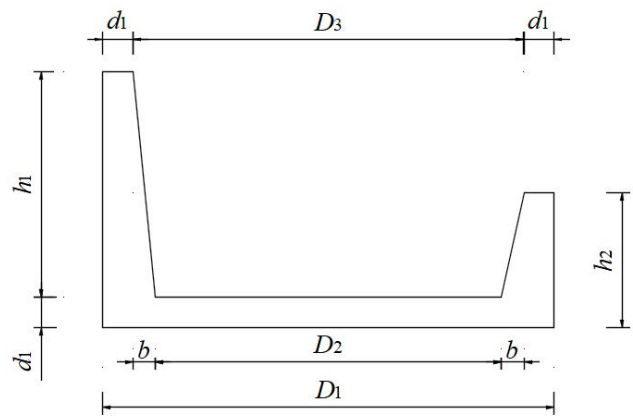


图 D.2 薄壁 U 型槽断面图

图中： d_1 —薄壁 U 型槽壁厚，不宜小于 20 mm，并应根据设计要求确定；

h_1 —薄壁 U 型槽外侧高度，根据设计要求确定；

h_2 —薄壁 U 型槽内侧高度，根据设计要求确定；

D_1 —薄壁 U 型槽外截面宽度，根据设计要求确定；

D_2 —薄壁 U 型槽内截面底部宽度，根据设计要求确定；

D_3 —薄壁 U 型槽内截面顶部宽度，根据设计要求确定；

$$b-b=(D_3-D_2)/2;$$

L_1 -薄壁U型槽长度，根据设计要求确定。

经供需双方协商，也可生产其他规格和尺寸的U型槽。

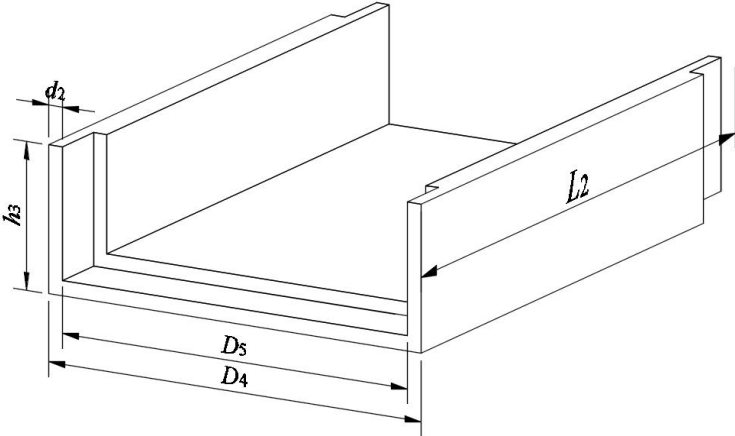
D.2 U型槽截面尺寸

U型槽规格尺寸及分类应满足设计要求。

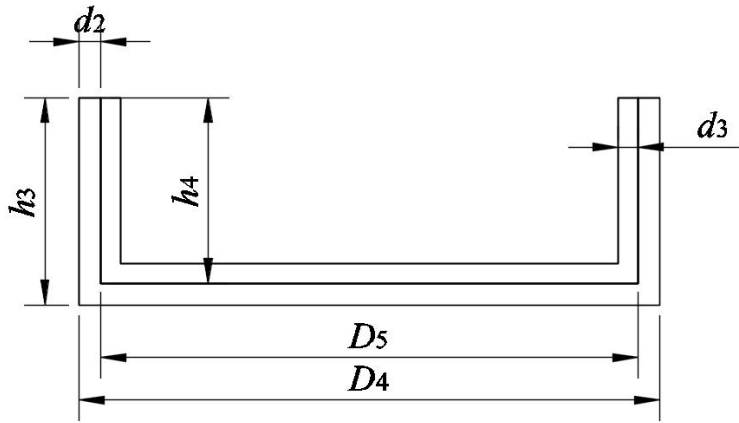
附录 E
(资料性)
薄壁急流槽设计

E.1 薄壁急流槽结构型式

根据工程需要及设计要求，可选择如下薄壁急流槽结构型式：



图E.1 薄壁急流槽大样图



图E.2 薄壁急流槽平面示意图

标引序号说明：

- d_2 —薄壁急流槽外侧壁厚，不宜小于20 mm，并应根据设计要求确定；
- d_3 —薄壁急流槽内侧壁厚，不宜小于20 mm，并应根据设计要求确定；
- h_3 —薄壁急流槽外侧高度，根据设计要求确定；
- h_4 —薄壁急流槽内侧高度，根据设计要求确定；
- D_4 —薄壁急流槽外截面宽度，根据设计要求确定；
- D_5 —薄壁急流槽外截面宽度，根据设计要求确定；

L_2 —薄壁急流槽外侧长度，根据设计要求确定。

经供需双方协商，也可生产其他规格和尺寸的薄壁急流槽。

E.2 薄壁急流槽截面尺寸

薄壁急流槽规格尺寸及分类应满足设计要求。

公路工程高性能混凝土预制构件生产与应用技术规程

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据山东公路学会《关于发布第一批山东公路学会标准立项计划的通知》（鲁公学会〔2023〕6号），《公路工程高性能混凝土预制构件生产与应用技术规程》为团体标准制定项目，立项编号：2023-15。

（二）任务分工

在《公路工程高性能混凝土预制构件生产与应用技术规程》团体标准的编制过程中，山东高速交通建设集团有限公司作为主编单位，负责总体协调、任务分配和标准汇总；山东大学、济南大学提供技术支持和生产工艺研究；山东交建新材料技术有限公司负责材料性能测试；山东高速基础设施建设有限公司、山东高速股份公路有限公司、山东高速建设管理集团有限公司负责工程场景提供；山东省交通规划设计院集团有限公司负责设计要求的编写；山东高速各区域公司（如菏泽、济宁、滨州等）分别负责实际工程案例收集、区域数据分析和地方性实践经验的提供。各单位分工协作，确保标准的科学性、实用性和可操作性。

单位	任务分工
山东高速交通建设集团有限公司	负责总体协调与组织工作。 制定编制计划，分配任务，并监督进度。 汇总各参编单位的意见，形成最终标准初稿。 组织专家评审和修改工作。
山东大学	提供技术支持，参与技术内容的编写与审核。 负责高性能混凝土预制构件的材料性能研究。 负责高性能混凝土预制构件结构优化设计。 协助解决技术难题。
山东交建新材料技术有限公司	负责高性能混凝土材料性能测试，并负责本章节编写。
山东高速基础设施建设有限公司、山东	负责标准工程示范应用场景提供。

高速股份公路有限公司、山东高速建设管理集团有限公司	
山东省交通规划设计院集团有限公司	负责标准中设计要求的编写。 提供设计规范和技术指导。 参与标准的技术审核。
山东高速菏泽发展有限公司	负责菏泽地区相关工程数据的收集与分析。 参与标准中区域应用部分的编写。 提供地方性实践经验。
山东高速济宁发展有限公司	负责济宁地区相关工程数据的收集与分析。 参与标准中区域应用部分的编写。 提供地方性实践经验。
山东高速滨州发展有限公司	负责滨州沿海地区相关工程数据的收集与分析。 参与标准中区域应用部分的编写。 提供地方性实践经验。
济南大学	负责高性能混凝土预制构件的生产工艺研究。 参与标准中生产工艺部分的编写。 提供技术咨询与支持。
滨州市公路事业发展中心	负责市政及国省道工程示范应用场景提供。

（三）制定背景

2020年7月，住建部、交通运输部等13部门提出《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》，提出要加快建筑工业化升级，大力发展装配式建筑，推动建立以标准部品为基础的专业化、规模化、信息化生产体系。同年8月，住建部再次提出要加快新型建筑工业化发展，以新型建筑工业化带动建筑业全面转型升级，打造具有国际竞争力的“中国建造”品牌，推动城乡建设绿色发展和高质量发展。可见，国家对预制构件装配式施工的赞同及重视。

目前，公路工程上的预制构件（如路缘石、盖板、U型槽等）多采用普通混凝土进行预制，尽管普通混凝土预制构件技术相对成熟，但其抵御冻融循环破坏等自然气候条件和除雪剂所造成的腐蚀破坏能力较差，在服役过程中会发生各种病害，在我国北方地区，这些病害的发生程度更加严重，例如在我国北方寒冷地区的道路喷洒除冰盐时，循环的盐冻作用会加速普通混凝土预制构件的劣化，引发一系列病

害。已有研究表明，普通混凝土单面浸泡在盐溶液中冻融时的表面剥离量是浸泡在普通水中冻融剥离量的 14 倍。当普通混凝土预制构件出现以上病害时，如果不加以维修养护，轻则缩短预制构件使用寿命，重则导致交通事故以及人财损失。然而，预制构件的养护往往会对交通造成严重不便，养护成本以及交通不便造成的经济损失难以预料。因此，延长公路工程中预制构件的服役寿命，降低其养护维修成本已成为我国交通基础设施网络建设亟需解决的难题。

高性能混凝土已广泛应用于重要结构工程，以其具有高强度、高耐久、高工作性和高体积稳定性等特性得到了广泛关注，相关技术和产品正在迅速发展。目前欧美等国家相关技术已相对成熟，中国作为最大的水泥生产与混凝土应用国家，正在紧跟与赶超中。针对传统混凝土类预制构件耐久性差、服役寿命短、养护维修成本高等问题，本规程基于“材料-结构双向优化”一体化设计的理念，提出经济耐久的新型装配式预制构件，提出适应的制备工艺，并形成相应的快速施工方法。但是目前国内针对高性能混凝土预制构件的标准和规范仍处于空白，很大程度的限制了高性能混凝土预制构件设计、制作及现场应用。

本规程的制定将会对高性能混凝土预制构件的制作及施工等相关环节提供技术指导及标准依据，促进我国高性能混凝土预制构件在公路工程中快速应用及发展。

（四）起草过程

1. 立项阶段

组织编制组成员讨论《规程》制订的指导思路与原则，细化制订内容与章节安排，制定调研与测试验证方案，明确预期目标、任务分工与工作进度计划，由主编负责、参编人员按各自任务分工编写编制大纲初稿后，组织编制组成员召开初稿讨论会，根据编制组讨论意见修改形成编制大纲，经主编单位负责质量控制专门人员审核后上报；根据编制大纲初审意见，组织编制组成员进一步讨论、修改与完善编制大纲；根据编制大纲专家审查意见，再次组织编制组成员召开审查意见研究与讨论会，进一步修改与完善形成最终的编制大纲，制定详细的实施方案（含调研方案），并提交全面实施。

2. 初稿审查

根据 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》相关规定，组织编制组成员拟定《规程》编写格式与要求，基于国内外调研分析及专项技术测试验证与分析论证成果，由主编负责、参编人员按各自任务分工编写《规程》制订初稿（含附录和编制说明）后，组织编制组成员召开初稿讨论会，内部讨论完成后，已于 2025 年 5 月 13 日，由山东公路学会邀请了 5 明专家在济南组织召开了《公路工程高性能混凝土预制构件生产与应用技术规程》初稿审查。专家组认为标准制定程

序规范，标准的结构、编写规则、技术要素等符合 GB/T 1.1—2020 的规定。标准编制说明要素完整。

3. 征求意见
4. 送审稿审查
5. 报批、发布

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）编制原则

1. 科学性

以科学研究和技术实践为基础，确保标准内容符合高性能混凝土预制构件的材料特性、生产工艺和工程应用规律。

2. 实用性

紧密结合公路工程实际需求，确保标准内容可操作、易实施，能够有效指导生产与应用。

3. 先进性

吸收国内外先进技术和经验，体现高性能混凝土预制构件领域的最新研究成果和发展趋势。

4. 协调性

与现行国家标准、行业标准及相关规范相协调，避免冲突，确保标准的兼容性和一致性。

5. 可持续性

注重环保和资源节约，推动高性能混凝土预制构件在绿色施工和可持续发展中的应用。

6. 区域适应性

考虑不同地区的环境条件、材料资源和施工特点，确保标准在全国范围内的适用性。

（二）主要内容

1. 范围

本文件提出了公路工程高性能混凝土小型预制构件的材料、生产与制备、储存运输与安装、质量检验等要求。

本文件适用于各等级公路工程高性能混凝土小型预制构件生产与应用。

2. 规范性引用文件

本规程所引用主要标准规范性引用。

3. 术语和定义

规定了高性能混凝土和高性能混凝土小型预制构件的术语及描述；

4. 分类和标记

包含原材料、高性能混凝土拌合物强度等级、耐久性等级、预制构件产品代号和分类、标记方式等内容。

5. 材料

原材料（胶凝材料、骨料、外加剂、纤维、拌合用水、钢筋、其他材料）、高性能混凝土材料（工作性能、力学性能、耐久性能）等常规要求。

6. 生产与制备

高性能混凝土生产配合比的确定、高性能混凝土搅拌、高性能混凝土预制构件制作、养护、脱模以及预制时的注意事项。

7. 储存运输与安装

高性能混凝土预制构件储存运输、安装等要求。

8. 质量检验

规定了原材料、模具、高性能混凝土、预制构件成品、安装质量等检测评价方法。

9. 附录

主要规定了专用预制构件结构形状，截面尺寸，性能试验方法等要求。

（三）确定依据

1. 国家标准与行业规范

参考《混凝土结构设计规范》（GB/T 50010）、《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）等相关标准，确保内容的一致性和权威性。

2. 科研成果与实践经验

依据山东大学、济南大学等科研机构的研究成果，以及山东高速集团及其下属单位的工程实践经验，确保标准的科学性和实用性。

3. 国内外先进技术

借鉴国内外高性能混凝土预制构件领域的先进技术和成功案例，提升标准的先进性。4. 工程需求与反馈：

结合公路工程实际需求，广泛征求设计、施工、监理等单位的意见，确保标准内容贴近实际。遵循国家关于基础设施建设和绿色发展的政策要求，确保标准符合国家战略方向。

三、主要技术内容

（一）试验验证的分析及关键技术条文说明

1. 试验验证的分析

（1） 试验目的

验证高性能混凝土预制构件的材料性能、生产工艺、施工工艺和质量控制措施的可行性和有效性。
为关键技术条文的制定提供数据支持和科学依据。

（2） 1.2 试验内容

依据现行国家标准和行业规范（如《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081、《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 等）进行试验。

采用实验室试验与现场试验相结合的方式，确保试验结果的科学性和代表性。

①原材料性能试验：包括水泥、骨料、外加剂等原材料的性能测试，以及高性能混凝土的配合比优化试验。

②工作、力学及耐久性能试验

试验结果如下：

表1

指标		高性能混凝土 HPC	超高性能混凝土 UHPC
水胶比		0.18-0.22	0.16
最大骨料粒径（mm）		0-5	0-5
力学性能	抗压强度（MPa）	80-110	110~150
	极限抗弯强度（MPa）	8-12	12~25
耐久性能	氯离子扩散系数 （稳定状态扩散）（m ² /s）	0.156×10e ⁻¹²	0.12×10e ⁻¹²
	抗冻融性能	>F600	>F800
	抗渗等级	P8	P10
	吸水特性（kg/ m ² ）	0.4	0.3

③构件耐久性能试验

为验证 HPC 路缘石的耐久性能，设计开展了路缘石盐冻试验，将普通混凝土路缘石和 HPC 薄壁空心路缘石同时放至在 3%氯化钠溶液中浸泡 24 小时，放至在-18℃冷冻冰箱中开始进行冻融试验（如下图所示），每 10 天一个冻融循环，每次冻融循环结束后取出，观察路缘石外观状态。

由图可得，普通混凝土路缘石在第三个冻融循环后表面已出现明显剥落破坏（30 天），持续冻融 15 个循环后（150 天），HPC 薄壁路缘石无任何外观损坏。由此可知，HPC 路缘石的抗盐冻性能远远强于普通混凝土路缘石。

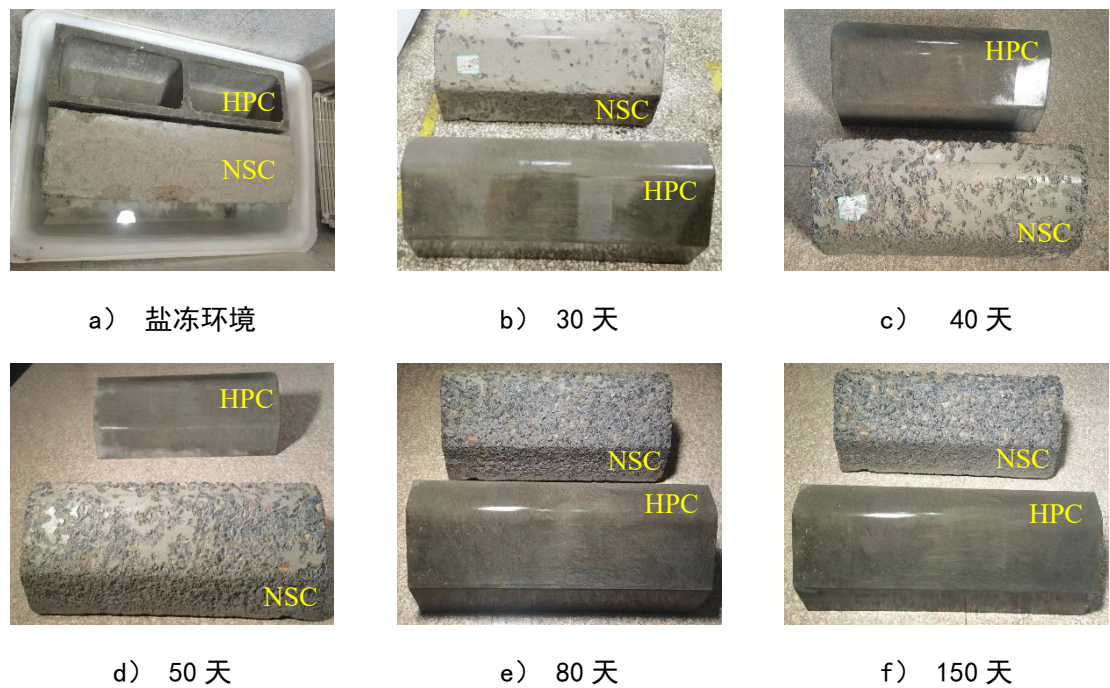


图1 路缘石盐冻对比图

（3） 现场示范应用

①预制长耐久性路缘石示范应用

基于 HPC 材料研发的长耐久型路缘石已成功中试，并完成了中试生产线建设，生产线地点：山东省菏泽市郓城县唐庙镇济广高速郓城收费站养护中心。目前，项目成果已成功在菏泽市 G3511 荷宝高速及 2023 年度养护维修专项工程和 G2516 东吕高速排水设施增设项目中成功应用，具体如下：

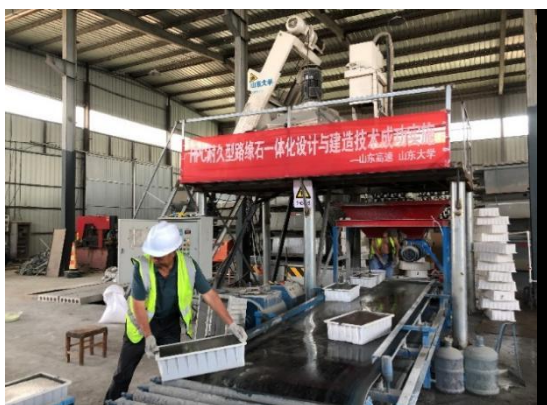


图2 中试生产

a) 薄壁空心路缘石现场应用

G3511 荷宝高速部分路段路缘石年久失修，功能减弱。因此，为保障道路安全，2022 年养护专项路面工程中对部分路缘石进行了拆除、替换，其中在部分路段设计采用了本项目研发的长耐久型薄壁路缘石。现场施工流程可总结为：封闭交通-施工准备-旧路缘石挖除-测量放线-场地清理-铺筑砂浆-路缘石定位-勾缝-打扫清理-洒水养生-开放交通。



a) 旧路缘石挖除



b) 测量放线



c) 场地清理



d) 路缘石定位



e) 勾缝



f) 打扫清理

图3 现场路缘石施工

G3511 荷宝高速示范应用结果证明：与普通混凝土路缘石相比，整体施工成本持平；薄壁路缘石质

量轻薄，运输安装方便，利于节省运输成本和人工成本；此外，因采用 HPC 材料，研发的薄壁空心路缘石具有良好的抗冲击性能、耐久性和稳定性。现已服役一年，表面没有任何破损及损坏，后续将持续跟踪观察。



图3 HPC路缘石运行一年前后对比

b) 过水缘石现场示范应用

G2516 东吕高速滨州段及东营段存在高速超高位排水困难的问题，之前采用的排水方式是路缘石“平凸交错”的结构形式。行车一旦撞上路缘石，易造成车胎报废问题，存在很大的安全隐患。因此，在现有平缘石的基础上改进结构形式，采用一种既能满足排水需求，又能排除安全隐患的过水路缘石结构。

所研发的过水缘石在 2023 年养护专项 G2516 东吕高速积水路段处治工程成功应用(东营段 1.5 km, 滨州段 1 km)。通过使用本项目产品绿色高性能混凝土过水缘石, 在保证排水功能的情况下, 有效降低了构件自重和耐久性能。经测算对比, 本过水缘石质量轻薄, 运输安装方便, 节省了大量运输成本和人工成本, 有效缩短了施工工期; 过水缘石还具有高抗冲击性、耐久性和稳定性, 保障了道路通行安全, 有效降低了全寿命周期维护成本。



a) 原有“平凸交错”路缘石

b) HPC 过水路缘石

图4 过水路缘石安装前后

2. 关键技术条文说明

1 范围

本条文明确了标准的核心适用对象和覆盖环节，主要基于以下考虑：

聚焦“小型预制构件”是因为该尺寸范围的构件在公路工程中应用最广泛（如护坡砖、路缘石、盖板等），且符合工厂化预制、规模化生产的技术特点，同时便于运输和现场安装。

覆盖“材料、生产与制备、储存运输与安装、质量检验”全流程，是为了形成闭环管理，确保高性能混凝土预制构件从源头到应用的质量一致性，避免因某一环节缺失导致整体性能不达标。

适用于“各等级公路工程”，是考虑到高速公路、一级公路等重载、高耐久性需求工程，与二、三级公路等常规工程对构件性能的要求可通过强度等级、耐久性等级的选择灵活适配，无需按公路等级单独制定标准。

2 规范性引用文件

本规程引用文件的选择遵循“必要且适配”原则，核心逻辑如下：

引用 GB 系列国家标准（如 GB 175、GB 1499.1），是因为这些标准是原材料、混凝土性能、施工质量等方面的基础性通用标准，确保构件生产符合国家通用技术要求，保障材料和产品的通用性。

引用 JTG 系列公路行业标准（如 JTG F80/1、JTG/T 3650），是为了衔接公路工程现有质量检验、桥涵施工等专用规范，避免标准冲突，确保构件应用与公路工程整体施工要求一致。

引用 JGJ 系列建筑行业标准（如 JGJ 63、JGJ/T 193），是因为混凝土材料性能、耐久性检验等技术具有行业通用性，这些标准的技术要求经过长期实践验证，可直接借鉴用于公路工程预制构件。

3 术语和定义

3.1 高性能混凝土

定义中明确“天然砂或机制砂为集料”，是考虑到公路工程建设中天然砂资源短缺的现状，机制砂已广泛应用，需兼顾两种集料类型的适用性。

强调“较低的水胶比”，是高性能混凝土区别于普通混凝土的核心特征，低水胶比能显著提升混凝土的强度、耐久性和体积稳定性，满足公路工程长期服役需求。

列出“水泥、外加剂、矿物掺合料、纤维”等材料，是因为这些组分的合理搭配是实现“优异工作性能、力学性能和耐久性能”的关键，矿物掺合料可改善工作性和耐久性，纤维能提升抗拉和抗裂性能。

3.2 高性能混凝土小型预制构件

限定“最长边长不大于 1.2 m”，除考虑生产、运输、安装的便利性外，还因为该尺寸以下的构件多为公路工程附属设施（护坡、排水、路缘石、盖板等），功能以防护、排水、分隔为主，受力相对明确，适合采用标准化生产。

明确“工厂化预制”的属性，是为了突出本规程对生产模式的要求，区别于现场浇筑构件，工厂化生产能更好地控制施工环境、材料配比和养护条件，保证构件质量均匀性。

4 分类和标记

4.1 强度等级

划分 Cc60、Cc70、Cc80、Cc90、Cc100、Cc110 六个等级，是基于公路工程小型预制构件的受力特点：护坡类、排水类构件以抗压为主，强度需求相对较低（Cc60-Cc80）；路缘石类、盖板类构件需承受车辆冲击或荷载传递，强度需求更高（Cc70-Cc110），覆盖不同场景的性能需求。

采用“Cc”作为强度等级代号，其中“C”代表混凝土强度，“c”特指高性能混凝土（high performance concrete），与普通混凝土强度等级代号“C”区分，便于工程中识别和选用。

4.2 耐久性等级

抗冻等级设定 F250 及以上，是因为公路工程构件多暴露在自然环境中，北方地区冻融循环频繁，高抗冻等级能避免混凝土因冻融破坏导致性能下降，F250-F400 及以上的分级可适配不同冻融环境强度。

抗渗透等级设定 P8 及以上，针对公路工程中排水构件的构件，防止水分渗透导致钢筋锈蚀、混凝土风化，保障构件长期耐久性。

明确抗氯离子渗透性能符合 GB/T 41054，是因为沿海地区、盐碱地公路的构件易受氯离子侵蚀，该指标能有效评估混凝土抵抗氯离子侵入的能力，避免钢筋锈蚀引发结构破坏。

4.3 产品代号和分类

按“素混凝土/钢筋混凝土”划分，是基于构件的受力需求：护坡类、排水类、路缘石类构件以抗压为主，素混凝土可满足要求；盖板类构件需承受弯曲荷载，配置钢筋能提升抗拉性能，避免开裂。

产品代号采用“HPC+构件类型缩写”（如 HPCHB 为高性能混凝土六棱砖），简洁易记，便于生产标识、库存管理和工程现场核对，避免构件混用。

明确适用场景，是为了帮助使用者根据工程部位快速选择对应的构件类型，提高标准的实用性。

4.4 标记

标记顺序按“产品代号、产品分类、规格尺寸、强度等级、规程编号”设计，逻辑清晰，能完整反映构件的核心信息，便于质量追溯（如生产批次、性能指标）和工程档案管理。

示例中明确规格尺寸包含“公称长度×宽度×厚度×壁厚”，是因为薄壁构件（如 U 型槽、路缘石）的壁厚是关键尺寸，直接影响构件强度和耐久性，需在标记中单独体现。

5 材料

5.1 原材料

5.1.1 水泥

规定“强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥”，是因为该等级水泥的强度发展、水化热特性更适合高性能混凝土的配制，能为低水胶比混凝土提供足够的胶凝强度基础；允许采用其他种类水泥但需试验确认，是为了兼顾特殊场景的材料需求，同时保证性能不达标。

5.1.2 矿物掺合料

限定粉煤灰为 I 级，是因为 I 级粉煤灰的细度、需水量比等指标更优，能有效改善混凝土工作性、降低水化热、提升耐久性；粒化高炉矿渣粉选用 S95 及以上，是因其活性较高，可与水泥水化产物反应生成更多胶凝物质，提高混凝土强度和致密性。

硅灰二氧化硅含量 $\geq 90\%$ ，是因为硅灰的高活性和微填充效应，能显著降低混凝土孔隙率，提升抗渗性和抗氯离子渗透性能，适配高性能混凝土的耐久性要求。

5.1.3 骨料

细度模数限定 2.3~3.2，是该范围的砂颗粒级配合理，能减少空隙率，降低胶凝材料用量，同时保证混凝土的和易性；机制砂和天然砂的分计筛余要求，是为了控制骨料的颗粒组成均匀性，避免因级配不良导致混凝土工作性差或强度不足。

天然砂含泥量 $\leq 0.5\%$ 、机制砂石粉含量按亚甲蓝值分级控制，是因为泥和劣质石粉会降低混凝土的强度和耐久性，吸附外加剂导致工作性下降，需严格限制。

骨料的氯离子、硫化物等指标限制，是为了避免有害离子侵入混凝土内部，引发钢筋锈蚀或混凝土体积膨胀破坏。

5.1.4 外加剂

减水剂减水率 $\geq 30\%$ ，是高性能混凝土低水胶比配制的关键，高减水率能在保证工作性的前提下减少用水量，提升混凝土强度和耐久性；禁用含氯盐减水剂，是因为氯离子会加速钢筋锈蚀，严重影响钢筋混凝土构件的使用寿命。

要求外加剂进场提供质量证明文件并检验，是为了防止不合格外加剂（如含杂质、性能不稳定）影响混凝土性能，符合 GB 50164 的质量控制要求。

5.1.5 纤维

钢纤维抗拉强度 ≥ 600 级，是为了保证纤维能有效承担混凝土内部拉力，提升构件的抗裂性和韧性；纤维类型按构件分类规定，是因为素混凝土构件（如六棱砖）采用合成纤维即可满足抗裂需求，而盖板类构件受力更复杂，可选用钢纤维进一步提升承载能力。

要求纤维进场提供检验报告并检验，是为了确保纤维的性能符合设计要求，避免因纤维质量问题导

致混凝土增强、增韧效果不佳。

5.1.6 拌合用水

引用 JGJ 63 的规定，是因为拌合用水的水质（如氯离子、硫酸盐含量）直接影响混凝土的凝结硬化、强度发展和耐久性，需符合混凝土用水的专用标准，避免使用污水、含杂质水导致混凝土性能劣化。

5.1.7 钢筋

受力钢筋选用 HRB400 或 CBR550，分布钢筋选用 HPB300，是因为这些等级的钢筋在公路工程中应用成熟，强度和延性匹配混凝土构件的受力需求；保护层厚度 ≥ 15 mm，是为了防止钢筋受外界环境侵蚀，保证钢筋混凝土结构的耐久性。

钢筋表面质量要求（无裂纹、油污、老锈），是为了保证钢筋与混凝土的粘结性能，避免因粘结不良导致构件受力时出现滑移破坏。

5.1.8 其他材料

颜料符合 JC/T 539，是为了保证颜料的耐候性、耐碱性，避免因颜料褪色或变质影响构件外观和耐久性；脱模剂符合 JC/T 949 和 JTG/T 3650，是为了确保构件脱模时表面完整，不产生缺棱掉角，同时避免脱模剂污染混凝土表面或影响后续施工。

5.2 高性能混凝土

5.2.1 工作性能

坍落度 160~210 mm、扩展度 500~700 mm，是基于预制构件的生产工艺（如振动平台振捣）设定，该范围的工作性能能保证混凝土顺利填充模具，密实成型，同时避免坍落度过大导致离析、泌水。

凝结时间要求“初凝 ≥ 45 min、终凝 ≤ 600 min”，是为了给混凝土搅拌、运输、浇筑、振捣留出足够的操作时间（初凝 ≥ 45 min），同时避免终凝时间过长影响生产效率和后续养护、脱模工序（终凝 ≤ 600 min）。

5.2.2 力学性能

强度等级对应原材料和配合比设计要求，是构件承载能力的核心保障；强调盖板类构件的“持久状况承载能力”，是因为盖板类构件直接承受行人或车辆荷载，需在设计年限内保持稳定的力学性能，避免因强度衰减导致安全隐患。

5.2.3 耐久性

按 GB/T 50476 划分环境类别和作用等级，是为了实现耐久性的针对性设计，不同环境（如冻融环境、氯盐环境）对混凝土的耐久性要求不同，需分别满足对应指标。

明确“工程设计文件未规定时，结合环境、构件部位确定控制目标”，是为了避免因设计文件缺失

导致耐久性指标不明确，确保构件适配实际服役环境。

6 生产与制备

6.1 配合比

要求配合比设计符合 GB/T 41054，是为了保证高性能混凝土的配合比设计科学合理，兼顾工作性能、力学性能和耐久性。

试配采用工程实际使用材料，是因为不同厂家、批次的原材料性能存在差异，实际材料试配能确保配合比的适用性；每盘最小搅拌量 $\geq 20\text{L}$ ，是为了保证试配混凝土的均匀性，避免因搅拌量过小导致试验结果失真。

试配后制作试件并试验，是为了验证配合比的实际性能（如强度、耐久性）是否符合设计要求，不合格时调整配合比，确保生产用配合比可靠。

6.2 搅拌

推荐采用立轴行星式搅拌机，是因为该类型搅拌机搅拌均匀度高，能有效分散纤维，避免纤维结团；一次搅拌量 \leq 额定搅拌量的 60%，是为了保证搅拌空间充足，进一步提升搅拌均匀性。

搅拌前清洗搅拌机，是为了避免残留的混凝土结块或杂质影响新拌混凝土的性能。

称量允许偏差 $\pm 1\%$ ，是严格控制原材料用量精度，高性能混凝土对配合比敏感，微小的用量偏差会导致性能显著波动，需符合计量法规要求。

规定下料顺序和搅拌时间，是为了保证各组分充分混合：预混干料（2~3 min）让胶凝材料与骨料初步混合，加水湿拌（2~5 min）形成均匀浆体，最后加纤维搅拌（2~4 min）确保纤维分散均匀；总搅拌时间 $\geq 8\text{ min}$ ，是避免纤维结团和混凝土拌合物不均匀。

禁止出机后二次加水或外加剂，是因为二次调整会改变水胶比，导致混凝土强度、耐久性下降，同时破坏拌合物的均匀性。

拌合物性能测试项目（流动度、凝结时间等）和硬化混凝土性能测试项目（抗压强度、抗冻性等），是为了实时监控混凝土质量，及时发现问题并调整。

6.3 预制构件制备

要求“工厂化预制、规范化和信息化管理、自动化和规模化生产”，是因为工厂化生产能控制环境因素（温度、湿度），自动化设备能提高生产精度和效率，信息化管理便于质量追溯，规模化生产降低成本，符合预制构件的发展趋势。

编制生产方案，是为了明确生产流程、技术要点和质量控制措施，确保生产过程有序进行；上道工

序验收合格后方可进行下道工序，是实施过程质量控制，避免不合格工序流转。

污染物排放符合 GB 12348、GB 8978，是响应环保要求，避免生产过程中产生的噪声、废水污染环境。

模具设计要求“足够的承载力和刚度、整体稳固性”，是为了保证模具在混凝土浇筑、振捣过程中不变形、不位移，确保构件尺寸精度。

浇筑成型规定：连续浇筑、分层间隔时间 ≤ 30 min，是为了避免混凝土出现冷缝，影响构件整体性；出料到浇筑完成时间 ≤ 60 min 且不超过初凝时间，是为了保证混凝土在工作性能良好的状态下成型；振动平台振捣，是为了保证混凝土密实，避免蜂窝、麻面，同时防止纤维下沉。

养护脱模要求：蒸养或干热养护前带模静停 ≥ 12 h，是为了让混凝土初步凝结，形成一定强度，避免养护时因温度变化导致裂缝；升降温速率 $\leq 25^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，是为了减少混凝土内部温度应力，防止开裂；脱模强度 \geq 设计强度的 75%，是为了保证脱模时构件能承受自重和脱模力，避免损坏；表面与环境温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ ，是为了防止脱模后构件因温度骤变产生裂缝。

其他要求：原材料选用同一厂家或料场，是为了避免材料性能波动导致构件色差；及时覆盖洒水养生，是为了防止混凝土表面失水过快产生裂缝；模具每日检查，是为了保证模具状态良好，避免因模具磨损或变形影响构件尺寸；试验室每日检测强度，是为了实时监控混凝土强度发展，及时调整生产参数。

7 储存、运输与安装

7.1 储存、运输

储存场地要求“平坦、坚实、整洁”，是为了避免构件放置时受力不均导致开裂、变形；按类别、型号、规格、强度等级分类堆放，是为了便于管理和取用，避免混用；堆垛层数 ≤ 5 层，是基于构件的自重和强度，防止下层构件被压坏。

允许修补“不影响结构承载力和耐久性的一般缺陷”，是为了提高构件利用率，降低成本；修补后重新检验，是为了保证修补后的构件性能符合要求。

储存和运输时采取防损坏、防污染措施，是为了保护构件外观和性能，避免运输过程中因碰撞导致缺棱掉角，清水构件表面污染影响外观。

出厂前再次检查、选用合适运输车辆，是为了确保出厂构件质量合格，运输过程中构件稳定，避免损坏。

7.2 安装

7.2.1 准备工作

测量放样时直线段每 20 m、曲线段每 5~10 m 布设控制点，是为了保证安装的线形和高程精度，

曲线段加密控制点是因为曲线段线形控制难度更高。

与相邻工程联测，是为了保证预制构件安装与相邻工程（如路面、桥涵）的衔接平顺，避免出现错台、间隙过大等问题。

挂线法控制线形与高程，是一种简单有效的现场控制方法，能确保安装精度。

安装前再次检查外观质量，是为了避免不合格构件（如裂缝、缺棱掉角）用于工程；坐浆或勾缝材料按首件批准配合比设计，是为了保证坐浆或勾缝的强度和耐久性，避免因材料不合格导致安装不牢固或渗水。

7.2.2 护坡类安装

安装前修整坡面或铺设找平层，是为了保证护坡构件安装的基础平整，避免构件受力不均；找平层材料根据厚度选择（ ≤ 30 mm 用水泥砂浆， ≥ 30 mm 用细石混凝土），是为了保证找平层的强度和稳定性。

自下而上安装，是符合护坡的受力逻辑，下层构件为上层构件提供支撑，确保安装稳固；拉线法控制线形和高程，是为了保证护坡表面平整、线形顺直。

勾缝采用凹槽缝（半圆形，深度 5~8 mm），是为了提高勾缝的美观度和密封性，防止雨水渗入坡体。

安装后洒水覆盖养生，是为了保证坐浆或勾缝材料的强度发展，避免因失水导致开裂、脱落。

7.2.3 排水类、路缘石类安装

安装前清理基底并保持湿润，是为了保证坐浆或混凝土垫层与基底的粘结性能；坐浆或混凝土垫层施工，是为了调整基底高程，保证构件安装平整、稳固。

要求“砌筑稳固、顶面平整、缝宽均匀、勾缝密实、线条直顺”，是为了保证构件安装质量，排水类构件需缝宽均匀、勾缝密实以防止渗水，路缘石类构件需线条直顺以保证外观和功能。

7.2.4 盖板类安装

盖板底面与支撑面密贴，是为了保证盖板受力均匀，避免脱空、晃动导致局部应力集中，引发开裂；顺序安装、避免缺棱掉角，是为了保证安装过程中构件不受损，安装后整体平整。

接缝填充材料性能符合设计要求且填充密实，是为了防止雨水渗入下方结构（如排水沟、电缆槽），保护内部设施；接缝与沉降缝在同一平面，是为了适应结构沉降，避免盖板因沉降产生裂缝；吊装孔填充密实，是为了保证盖板表面平整，防止杂物进入吊装孔。

8 质量检验

8.1 原材料

进厂核验生产厂家、品种、规格、数量及质量证明文件，是为了确保原材料符合采购要求，避免错

供、不合格材料进厂。

进厂后按要求检验，是为了验证原材料的实际性能是否符合本规程 5.1 的要求，不合格材料禁止使用，从源头控制构件质量。

8.2 模具

要求模具“足够的强度、刚度和整体稳定性”，是为了保证模具能承受生产过程中的各种荷载（如混凝土自重、振捣力），避免变形。

推荐整体式塑料模具，是因为塑料模具成型精度高、表面光滑、脱模方便，适合小型预制构件批量生产；空心结构采用钢制模具，是因为钢制模具刚度更高，能更好地保证空心结构的形状精度。

模具尺寸允许偏差严格控制（如长度、宽度 $\pm 2\text{ mm}$ ），是为了保证构件尺寸精度符合后续安装要求；检验方法和频率（抽查 5%），是为了在保证检验效果的同时，提高生产效率。

8.3 高性能混凝土

检验项目、方法符合 6.2.6 的规定，是为了统一混凝土性能的检验标准，确保检验结果准确可比。

取样和检验频率符合 GB/T 41054，是为了保证检验的代表性，及时发现混凝土性能波动，调整生产参数。

8.4 预制构件成品检验

8.4.1 外观鉴定

要求“外形轮廓清晰、线条直顺、无翘曲”，是为了保证构件外观质量和安装适配性，翘曲会导致安装困难或受力不均。

要求“表面平整、无蜂窝麻面、色泽一致”，是为了保证构件外观美观，同时蜂窝麻面会降低构件的密实性和耐久性。

禁止“露筋、空洞和裂缝”，是因为这些缺陷会严重影响构件的力学性能和耐久性，露筋会导致钢筋锈蚀，空洞和裂缝会降低承载能力和抗渗性。

8.4.2 成品尺寸允许偏差

构件尺寸允许偏差控制在 $\pm 3\text{ mm}$ （如长度、宽度、高度），是为了保证构件之间的衔接精度，避免因尺寸偏差过大导致安装间隙不均、无法安装。

护坡类、排水类、路缘石类每批次按 2000 个划分，盖板类每批次按 500 个划分，是基于不同构件的生产批量和重要性，盖板类构件受力更关键，检验频率更高（抽查 10%），确保质量更可靠。

8.4.3 专项性能检验

路缘石类抗折强度符合 JC/T 899，是为了保证路缘石能承受车辆冲击等侧向荷载，避免断裂。

盖板类荷载要求（行人盖板集中荷载 ≥ 32 kN 或均布荷载 ≥ 20 kN/m²，行车盖板 ≥ 224 kN），是根据盖板的实际使用场景设定，确保盖板能承受相应荷载，避免坍塌；采用附录 A、B 的试验方法，是为了统一荷载检验标准，保证检验结果准确。

8.5 安装检验

8.5.1 外观鉴定

要求“边缘直顺、表面平整”，是为了保证安装后的整体外观美观，同时表面平整能避免积水、影响使用功能。

要求“勾缝平顺、缝宽均匀、无脱落”，是为了保证安装的密封性和稳定性，避免雨水渗入导致基础沉降或构件松动。

8.5.2 安装质量检验

相邻构件高差 ≤ 2 mm、缝宽偏差 ± 3 mm，是为了保证构件衔接平顺，避免出现错台、间隙过大影响外观和使用。

顶面安装平整度 ≤ 4 mm（3 m 直尺），是为了保证构件顶面平整，适应行车、行人或排水需求。

直顺度 ≤ 10 mm（20 m 拉线），是为了保证构件安装的线形顺直，符合公路工程的线形要求。

流水坡度不小于设计值，是为了保证路缘石的排水功能，避免积水影响公路使用。

（二）综述报告

《公路工程高性能混凝土预制构件生产与应用技术规程》团体标准的编制，基于公路工程建设对高性能混凝土预制构件的迫切需求，结合国内外先进技术和工程实践经验，通过系统研究、试验验证和广泛征求意见形成。标准涵盖了材料要求、配合比设计、生产工艺、质量控制、施工安装、质量检测标准等内容，体现了科学性、实用性和先进性。其制定填补了技术标准空白，规范了生产与应用，提升了工程质量和耐久性，推动了行业技术进步和绿色发展，为高性能混凝土预制构件在公路工程中的推广应用提供了重要技术支撑，助力交通基础设施的高质量建设和可持续发展。

（三）技术经济论证

1. 经济效益

（1）降低工程成本

高性能混凝土预制构件具有高强度、高耐久性和施工便捷性，能够减少施工周期和人工成本，同时降低后期维护费用，从而降低工程全生命周期成本。

(2) 提高资源利用率

通过优化配合比和生产工艺，减少原材料浪费，提高资源利用效率，降低生产成本。

(3) 推动产业升级

标准的实施将促进高性能混凝土预制构件产业的规范化、规模化发展，带动相关产业链（如原材料供应、设备制造等）的经济增长。

(4) 提升工程效益

高性能混凝土预制构件的应用能够提高工程质量，延长工程使用寿命，减少因质量问题导致的返工和维修费用。

2. 社会效益

(1) 提升工程质量

通过规范生产与应用，确保高性能混凝土预制构件的质量，提高公路工程的结构安全性和耐久性，保障公众出行安全。

(2) 促进技术进步

标准的制定与实施将推动高性能混凝土预制构件技术的研发与创新，提升行业整体技术水平。

(3) 推动标准化建设

填补高性能混凝土预制构件在公路工程领域的技术标准空白，完善标准体系，促进行业规范化发展。

(4) 提高施工效率

预制构件的工厂化生产和现场装配化施工，能够显著缩短施工周期，提高工程效率，缓解交通压力。

3. 生态效益

(1) 减少资源消耗

高性能混凝土预制构件的生产与应用能够减少水泥、砂石等原材料的消耗，降低资源浪费。

(2) 降低环境污染

通过优化生产工艺和施工技术，减少施工过程中的粉尘、噪音和废水排放，降低对环境的污染。

(3) 推动绿色发展

高性能混凝土预制构件的应用符合绿色施工和可持续发展的要求，助力交通基础设施的绿色转型。

(4) 减少碳排放

通过提高工程效率和质量，减少因返工和维修产生的额外碳排放，助力实现“双碳”目标。

四、与国家标准、行业标准、地方标准同类标准技术内容的对比情况。

本规程填充了国标、行标、地标在高性能混凝土预制构件在公路工程中应用的空白，高性能混凝土是一种以硅酸盐水泥和多种工业废渣为胶凝体系，以纤维为增强相，采用常规制备技术，抗压强度大于80 MPa，同时具有良好流动性能、力学性能和耐久性能的低能耗生态型绿色环保建筑材料。与普通混凝土相比，高性能混凝土可不使用粗骨料，采用低水胶比，孔隙率低，具有优良的力学性能和耐久性。且由于高性能混凝土中分散的细纤维可大大减缓材料内部微裂缝的扩展，使材料表现出高韧性和高延性。高性能混凝土的原材料技术指标、配合比设计、制备，高性能混凝土预制构件浇筑成型及养护工艺，质量检验等方面均存在较大差别，采用高性能混凝土制作的预制构件与常规预制构件在构件品种、结构型式、使用环境等方面也具有鲜明的特点和区别，因此，高性能混凝土预制构件生产与安装技术规程不宜沿用传统混凝土和普通预制构件工程标准的套路，必须开拓新的编制思路，体现出高性能混凝土预制构件的性能特点和技术工艺特性。

五、与有关法律、行政法规及相关标准的关系。

本规程是国标、行标、地标的补充，特点体现在以下几个方面：

1. 必要性, 目前针对高性能混凝土仅从材料、性能等方面在《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054—2021、《高性能混凝土评价标准》JGJ/T 385—2015 有相关要求，针对高性能混凝土预制构件的生产及在公路工程中应用的相关标准及规范还处于空白。因此，制定此标准非常必要。
2. 紧迫性, 随着高性能混凝土预制构件不断的工程应用，迫切需要制定相应的公路工程高性能混凝土预制构件生产制作与施工标准，满足工程实践的要求，加快高性能混凝土预制构件在公路工程中的应用。
3. 创新性, 此标准基于高性能混凝土材料-结构型式一体化设计，提出了耐久性高、自重小（便于运输和施工）、全寿命周期费用成本低的新型高性能混凝土预制构件，并提出适应的预制及拼装施工工艺，具有明显的创新性。
4. 广泛性, 高性能混凝土预制构件具有耐久性强、节约材料、施工简便、有效降低全寿命周期造价等优点，顺应公路工程高质量、低成本的发展趋势，因此，本规程必将得到广泛的应用。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况

无。

七、重大分歧意见的处理经过和依据。

无。

八、涉及专利情况说明

无。

九、其他应当说明的事项

无。