



团 体 标 准

T/SDHTS XXXXX-XXXX

隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准

Technical standard for cast-in-place ultra-high performance
concrete based lining reinforcement in tunnels

（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

隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本规定 2

5 材料 2

 5.1 一般规定 2

 5.2 超高性能混凝土 2

 5.3 钢筋 5

6 设计 5

 6.1 一般规定 5

 6.2 加固计算 5

 6.3 构造规定 6

7 施工 8

 7.1 一般规定 8

 7.2 施工准备 8

 7.3 原衬砌表面处理 8

 7.4 钢筋网施工 9

 7.5 制备与运输 9

 7.6 现场浇筑 9

 7.7 养护施工 10

8 质量检验与验收 10

 8.1 一般规定 10

 8.2 材料检验 11

 8.3 施工质量检验 11

 8.4 监控量测 11

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。

本文件由山东大学提出。

本文件由山东公路学会归口。

本文件起草单位：山东大学、济南市道路和桥隧服务中心、山东金日交通发展集团有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司、山东高速交建新材料技术有限公司、济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司、山东高速工程检测有限公司、中国矿业大学。

本文件主要起草人：庄培芝、李君强、张钰、宋修广、钱远顺、岳红亚、袁凯、张长安、张颖、马建华、刘正、莫品强、郑志超、王立明、施晓、吴涛、刘国栋、高庆卫、宋京、徐传昶、何同明、车林、南骁聪、马正、曲岩。

隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准

1 范围

本文件规定了隧道现浇超高性能混凝土套衬加固材料、设计、施工、检验与验收等要求。

本文件适用于采用现浇施工方式的超高性能混凝土套衬结构，不包含喷射混凝土施工方式。

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 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 14684 建设用砂

GB/T 18046 用于水泥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 31387 活性粉末混凝土

GB/T 39147 混凝土用钢纤维

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

JGJ 162 建筑施工模板安全技术规范

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准

JTG H12 公路隧道养护技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

超高性能混凝土 Ultra High Performance Concrete

以水泥和矿物掺合料等为胶凝材料，配合骨料、纤维、外加剂、拌合用水等原料生产的超高力学性能、超高抗渗性能的纤维增韧水泥基复合材料。简称“UHPC”。

3.2

超高性能混凝土套衬 UHPC Strengthening Lining

采用超高性能混凝土材料，在既有隧道衬砌内表面增设的，能够与既有衬砌协同工作、共同承受围岩压力和变形等外部作用、增强隧道结构承载能力和稳定性的高强度结构层。简称“高强套衬”。

4 基本规定

4.1 隧道套衬加固应按检查、设计、施工的程序进行，恢复结构安全性、耐久性及使用功能，满足运营要求。

4.2 加固设计前应充分检查隧道病害情况、地址条件、使用环境等，对隧道原衬砌的安全性能和工作性能等进行综合评价。

4.3 加固设计宜按照技术设计和施工图设计两阶段进行，从安全、技术、经济、环保、交通影响等方面合理选择隧道加固范围。

4.4 加固施工应包括施工准备、组织实施、工程验收等程序。施工过程中应收集原始数据、资料，做好施工记录、技术总结及资料归档。

4.5 加固施工应根据隧道病害情况、地质条件、原结构技术状况、加固方案及设计要求等，编制监控量测方案。对病害严重、成因复杂的隧道，宜在加固施工完成后进行运营期监测。

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 加固材料的性能指标应符合国家、行业现行相关标准的规定，并满足设计要求。

5.1.2 加固材料应满足安全、环保、强度、耐久性等方面的要求。

5.2 超高性能混凝土

5.2.1 材料组成

1 UHPC 的组成部分包括水泥、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂、拌合用水等，其中水胶比宜为 0.16~0.22。

2 UHPC 宜采用现场拌合方式制备成型，水泥、矿物掺合料、骨料、外加剂等宜在工厂预拌成品干粉料，运至现场后与纤维、拌合用水等进行拌合。

5.2.2 胶凝材料

1 水泥宜采用 42.5 级以上硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，并应符合 GB 175 的规定。当采用其他种类水泥时，应通过实验确认满足 UHPC 性能要求后方可使用。

2 硅灰应符合 GB/T 27690 的规定，且二氧化硅含量不应低于 90%。

3 粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定，并宜采用 I 级粉煤灰。

4 粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定，并应选择 S95 及以上等级。

5 当采用其它矿物掺合料时，其性能应符合现行国家标准的有关规定，且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。

5.2.3 骨料

1 骨料宜优先选用连续级配的石英砂和石英粉，也可选用天然砂或人工砂。骨料性能指标应符合表 1 的规定。

表 1 骨料的技术指标

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

2 骨料中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。

表 2 不同粒级石英砂的超粒径颗粒含量限制值要求

粒级要求 (mm)	1.25~0.63 粒级		0.63~0.315 粒级		0.315~0.16 粒级	
	≥1.25	<0.63	≥0.63	<0.315	≥0.315	<0.16
质量百分比 (%)	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5	≤5

3 采用天然砂或人工砂时应符合 GB/T 14684 的规定，其中含泥量、石粉含量、泥块含量、有害物质含量、坚固性应达到 I 类的要求。

4 当采用碎石等粗骨料时，应通过试验验证，满足 UHPC 设计性能要求后方可使用。

5.2.4 外加剂

1 减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定，宜选用减水率大于 30% 的高性能减水剂。

2 减水剂可采用液体减水剂或粉体减水剂。采用粉体减水剂宜与水泥、矿物掺合料、骨料等在工厂预拌成品干粉料运至现场进行拌合成型。采用液体减水剂时应现场采用拌合用水稀释后与粉料混合制备 UHPC。

3 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。

4 当使用其他外加剂时，其性能应符合国家现行相关标准的规定，且应通过试验确定所配制的UHPC的性能满足要求。

5.2.5 纤维

1 金属纤维宜采用符合 GB/T 39147 规定的纵向为平直形且表面特征光滑，或纵向为平直形且两端带钩的高强度微细纤维，其技术指标应符合表 3 的规定。

表 3 钢纤维的技术指标

检测项目	技术指标
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

2 非金属纤维可采用聚乙烯醇、聚丙烯腈等有机合成纤维，或经试验验证的其他类型非金属纤维，或与金属纤维复掺使用。非金属纤维应符合现行国家相关标准的规定。

5.2.6 拌合用水

UHPC 拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.2.7 配合比设计

- 1 UHPC 配合比设计应考虑工程设计要求、原材料性能、施工工艺、环境作用等因素。
- 2 UHPC 配合比宜采用最大堆积密实度法进行设计，设计前应先确定固体颗粒组分的粒径分布曲线。
- 3 UHPC 配合比中硅灰用量不宜小于胶凝材料用量的 5%，水泥用量不宜小于胶凝材料用量的 50%。
- 4 UHPC 应开展试配试验，测试混凝土拌合物的工作性能、凝结时间、力学性能、耐久性以及其它必要性能，根据测试结果对配合比进行优化调整得到基准配合比，并根据设计要求进行性能复核后确定最终配合比。

5 当需要改善超高性能混凝土的体积稳定性，宜优先调整膨胀剂和粗骨料的掺量；当需要改善拌合物的工作性能，宜优先调整减水剂的掺量。

5.2.8 工作性能

UHPC 拌合物应具有良好的和易性和自密实性，坍落度不宜小于 240 mm，坍落扩展度不宜小于 600 mm，扩展时间不宜大于 20 s。拌合物工作性能的试验方法应符合 GB/T 50080 的有关规定。

5.2.9 力学性能

UHPC 力学性能指标应满足设计要求，且抗压强度不宜低于 100 MPa、抗折强度不宜低于 10 MPa。UHPC 力学性能的试验方法应符合 GB/T 31387 的有关规定。

5.2.10 耐久性能

1 UHPC 耐久性应满足设计要求，并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

位及相应的耐久性能要求作为控制目标。

2 UHPC 的耐久性等级可依据 JGJ/T 193 对抗盐冻性能、抗水渗透性能、抗氯离子渗透性能、抗碳化性能和早期抗裂性能进行划分。耐久性的测试方法可参照 GB/T 50082 的有关规定。

3 UHPC 抗渗性能技术指标要求应满足表 4 的规定。

表 4 UHPC 抗渗等级要求

隧道埋深 $H(\text{m})$	抗渗等级
$H < 10$	P6
$10 \leq H < 20$	P8
$20 \leq H < 30$	P10
$H \geq 30$	P12

5.3 钢筋

- 5.3.1 高强套衬中的钢筋宜选用 HRB335 级或 HPB300 级普通钢筋，当有工程经验时也可使用 HRB400 级、HRB500 级、HRBF500 级的钢筋。钢筋的质量及技术条件应符合 GB1499.1 和 GB1499.2 的规定。
- 5.3.2 待加固隧道衬砌的表面植筋应采用热轧带肋钢筋，植筋用的钢筋应符合本文件 5.3.1 的规定。
- 5.3.2 高强套衬采用预制格栅钢架时，格栅钢架所用钢筋应符合本文件 5.3.1 的规定。

6 设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 加固设计前应根据隧道病害程度对原隧道结构进行受力计算，并对实施加固后的隧道结构进行受力验算。
- 6.1.2 计算采用的原衬砌材料的性能指标、几何参数等，应取隧道衬砌现状的实测值。
- 6.1.3 加固过程中受力计算应根据施工中荷载的变化分阶段进行，结构加固后的受力计算宜按整体一次性受力进行。
- 6.1.4 套衬加固应采取必要的界面处理措施保证高强套衬与原衬砌紧密连接，结构加固后宜将高强套衬和原衬砌视为共同承载体进行加固计算。

6.2 加固计算

- 6.2.1 高强套衬加固计算时的荷载取值应按照 JTG 3370.1 和 JTG/T 5440 的有关规定进行考虑。
- 6.2.2 高强套衬加固衬砌的荷载效应可采用荷载结构法或地层结构法进行计算，衬砌厚度不足应按隧道衬砌的实际厚度进行考虑。
- 6.2.3 采用荷载结构法时衬砌背后空洞处应不计围岩压力和地层抗力；采用地层结构法计算时，空洞应按实际几何尺寸建模分析。
- 6.2.4 高强套衬荷载效应计算应按实测的材料弹性模量、抗压强度和抗拉强度值进行计算，UHPC 的应

力-应变关系应通过试验方法进行确定，其中受拉应力应变关系宜考虑材料的应变硬化行为。

6.2.5 高强套衬加固衬砌的承载力计算应参考 JTG/T 5440 中增大截面加固法的有关规定，应开展受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受压构件正截面承载力计算等。

6.2.6 原衬砌存在裂缝，贯通裂缝可采用“塑性铰”模拟。素混凝土衬砌受拉区开裂，应采用有效面积计算。钢筋混凝土衬砌受拉区开裂，开裂部分拉应力全部由钢筋承担，混凝土应采用有效面积计算。

6.2.7 受弯构件正截面、斜截面承载力计算时应考虑受拉区 UHPC 的抗拉强度贡献，UHPC 的抗拉强度利用系数可取 0.4 或通过试验方法获得。

6.2.8 受压构件正截面承载力计算时新增 UHPC 加固层的抗压强度利用系数可取 0.6 或通过试验方法获得。

6.2.9 考虑到 UHPC 与纵筋的高效粘结，新增纵向受力钢筋的强度利用系数可取 1.0 或通过试验方法获得。

6.3 构造规定

6.3.1 高强套衬加固应根据隧道病害程度，综合确定套衬形式、厚度以及加固范围。

6.3.2 套衬内钢筋可设计为现场绑扎，条件受限时也可采用预制格栅钢架洞内拼装的方式。格栅钢架构造如图 1 所示。

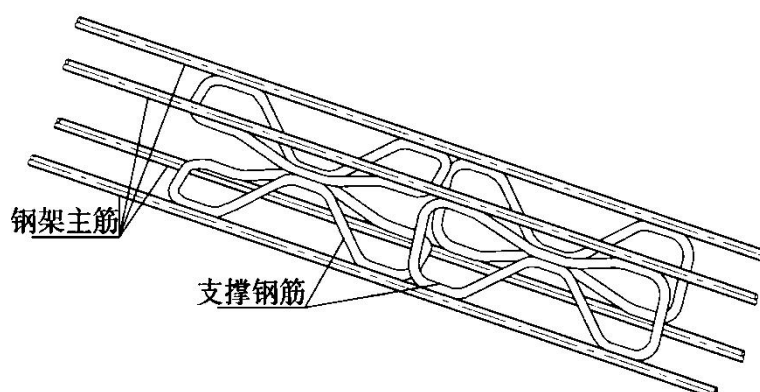


图 1 格栅钢架构造图

6.3.3 模筑混凝土套衬厚度不宜小于 50mm，且加固后隧道建筑限界应满足设计要求。

6.3.4 高强套衬的纵向布设范围宜延隧道轴向延伸至加固段落外 2~3m。

6.3.5 高强套衬应根据衬砌破坏情况和实际加固需求采用整环布设或局部布设（如图 2 所示），并应在套衬端部设置连接措施与主体结构进行可靠锚固和连接。

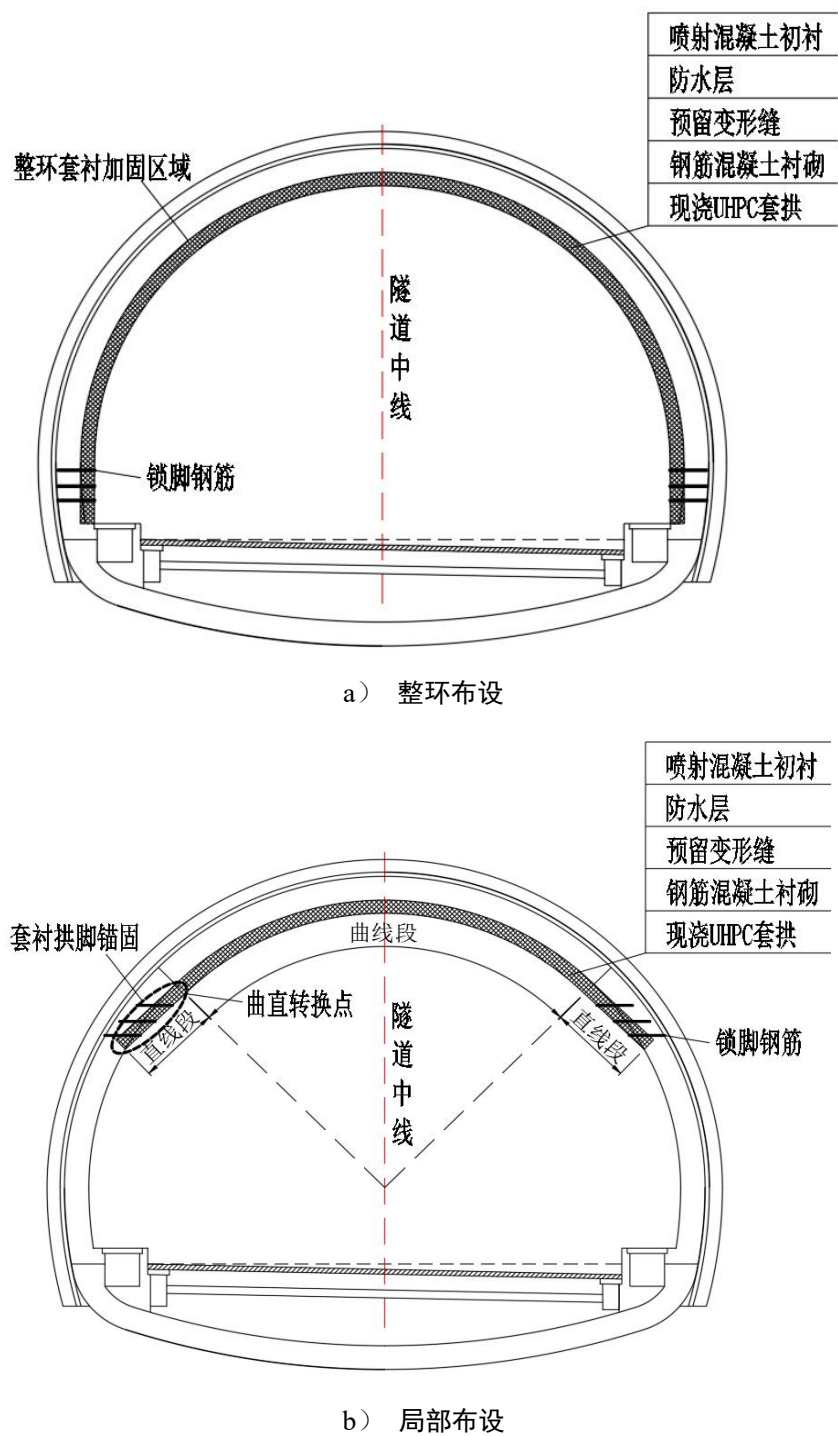


图 2 高强套衬布设范围

6.3.6 高强套衬应采用凿毛、植筋、铺设钢筋网等措施增强新旧混凝土之间的连接性，使新旧混凝土形成整体结构。

6.3.7 高强套衬锚固位置混凝土若存有局部缺陷，应先进行补强或加固处理后再植筋。

6.3.8 高强套衬与原衬砌之间的植筋宜采用梅花形布设，间距不应大于 1m，锚固长度不应小于 10d（d 为锚筋直径）。

6.3.9 高强套衬加固衬砌受到隧道内建筑限界限制时，可凿除一定厚度的原衬砌混凝土后增设高强套衬加固层，凿除厚度应满足设计要求，且承载力计算时应考虑原衬砌混凝土凿除对承载性能的影响。

6.3.10 高强套衬的变形缝位置应与原衬砌变形缝位置一致。

6.3.11 隧道原衬砌渗漏水严重时，应在套衬和原衬砌之间设置完善的防排水系统。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工期间需在原结构上临时钻孔设置吊环、支撑等时，应合理选择位置，避免对原有构件造成较大的损伤；施工完成后，应及时拆除临时构件，封闭孔眼等。

7.1.2 应根据公路等级、加固方案、运营情况确定交通组织方案，施工期间应设立警示和交通标志，并设专人维护、疏导交通。加固施工在不良天气或夜间施工时，应有相应的施工保障措施。

7.1.3 施工期间不得随意排放、丢弃对环境有影响的废弃物，并按环保要求进行处理。

7.1.4 加固施工完成后，应及时对各种临时工程、临时辅助设施，临时用地和弃渣等进行处理，做到工完场清。

7.2 施工准备

7.2.1 加固施工前，应对隧道技术状况进行现场复查，对设计图纸进行复核。应对隧道内管线与设备、相邻设施、施工场地布置、临时设施设置、排污、弃渣等进行调查。

7.2.2 加固施工对通风、照明、消防、供配电、监控等隧道机电附属设施有影响时，应进行临时改迁或采取保护措施。

7.2.3 应按设计文件、技术规范要求，结合现场调查情况选择合理的施工方案，编制施工组织设计。

7.2.4 加固施工前，应对施工风险进行分析、评估，提出防范对策，制订突发事件应急预案。

7.2.5 加固施工应配备满足施工要求的仪器、器具和设备，并完成相应的标定工作。

7.2.6 加固施工用超高性能混凝土材料、钢筋等材料应具有国家相关部门认定的检测机构出具的产品性能检测报告和产品合格证，其性能指标应满足设计要求。

7.3 原衬砌表面处理

7.3.1 施工前对原衬砌表面的剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化部分及附着物应进行清除，衬砌已有的裂缝、空洞、混凝土剥落等缺陷进行分析、评估和修补。

7.3.2 原衬砌与高强套衬结合面应进行凿毛处理，凿成凹凸差不小于 4mm 的新鲜毛面，并清理干净。

7.3.3 加固施工前应对加固段落净空断面进行复查，若不满足隧道安全净空要求时，可凿除部分二衬混凝土，凿除深度应进行设计核算；凿除过程应严格控制对原结构的损伤，不应损伤原结构主筋。

7.3.4 原衬砌表面植筋前应进行主筋位置探测和定位，应避免在主筋位置进行钻孔植筋。

7.3.5 植筋钻孔应先进行定位，保证一次性钻孔完整性，避免同一位置二次成孔，钻孔后应及时清孔。钻孔深度应根据植筋的锚固深度确定，植筋锚固深度应满足 JTG/T 5440 的规定。

7.3.6 植筋胶的性能及使用方法应满足相关国家标准要求，植筋完成后未固化前应避免触碰影响粘结性能。

7.4 钢筋网施工

7.4.1 钢筋网的绑扎应在原衬砌表面处理完成后进行。

7.4.2 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，宜先铺设纵向钢筋，再铺设横向钢筋。钢筋位置与植筋位置有冲突时，可适当调整钢筋位置。

7.4.3 钢筋的搭接长度应符合构造要求的相关规定，不得随意变动；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%。

7.4.4 当采用预制格栅钢架替代钢筋网架时，格栅钢架宜采用预制节段拼装施工方式，节段之间采用法兰板及高强螺栓进行连接。

7.5 制备与运输

7.5.1 UHPC 宜采用干混料集中湿拌或者现场加水拌合。

7.5.2 应根据工程规模、施工工艺和进度要求合理配备搅拌设备，宜采用具有计量系统的行星式搅拌机。搅拌前，应检查搅拌设备状态，确保搅拌设备清洁、无积水。

7.5.3 搅拌应保证拌合物的均匀性，不得有钢纤维结团现象。

7.5.4 UHPC 运输可采用混凝土搅拌运输车、混凝土泵、吊斗、自动布料机等。运输设备在装料前应清洁、湿润、无积水。

7.5.5 拌和物的运输能力应保证浇筑的连续性，拌合物从搅拌机卸料、运输至浇筑，时间应满足施工需求，并通过浇筑试验确认。

7.5.6 高强套衬正式浇筑施工前宜进行浇筑试验，宜在与施工环境和设备相同条件下进行，可采用足尺、代表性局部或比例模型。

7.5.7 浇筑试验过程应检验 UHPC 拌合物的施工性能、施工装备和施工工艺的适用性以及现场浇筑结构的质量。

7.6 现场浇筑

7.6.1 高强套衬浇筑模板应结构简单、拆卸方便，应具有足够的强度、刚度、稳定性和密封性，其设计和施工应符合 JGJ 162 的规定。

7.6.2 模板施工前，应对原衬砌表面进行喷淋处理，浇筑前保证原衬砌表面处于湿润状态。

7.6.3 浇筑前应检查模板支撑的稳定性和接缝的密合密封情况，模内不得有积水。应保证模板在浇筑过程中不位移、不涨模和不漏浆。

7.6.4 UHPC 高强套衬宜采用泵送施工，浇筑过程中应注意观察模板和钢筋的情况，如有变形、位移、漏浆等情况应及时处理。

7.6.5 浇筑时，拌合物的下料口和流动方向应考虑对纤维分布和取向性的影响，宜使 UHPC 拌合物沿隧道环向流动。

7.6.6 浇筑过程应对拌合物进行振动密实，振动设备宜选用平板式振动器或附着式振动器。当采用插入式振捣器时应，应通过试验性浇筑验证振捣方法的可行性。

7.6.7 套衬加固范围包含隧道拱顶时，应在浇筑完成后进行拱顶注浆填充密实，注浆过程应满足设计要求和相关国家标准规定。

7.6.8 模板、支架的拆除期限和拆除程序等应严格按施工图设计要求进行，设计未要求时应在同条件养护 UHPC 试件抗压强度达到 80MPa 及以上方可拆除。

7.6.9 拆模时，构件表面温度与环境温度的温度差不应大于 15℃。

7.6.10 UHPC 拌合物采用钢纤维时，拆模后应及时对构件转角处露出的钢纤维进行抹面处理，防止纤维锈蚀。

7.7 养护施工

7.7.1 高强套衬的养护应在套衬终凝并拆模后进行，可选择自然养护或者蒸汽养护。

7.7.2 自然养护的环境平均温度不应低于 5℃，若环境温度处于 5~10℃，应按冬季施工处理，采取有效保温措施。

7.7.3 采用自然养护时高强套衬养护时间不得少于 7d，有抗渗要求的 UHPC 养护时间不得少于 14d。

7.7.4 采用高温蒸汽养护时，现场应配备蒸汽锅炉、蒸汽管道和针对隧道结构特殊设计的蒸汽养护棚等设备设施。

7.7.5 蒸汽养护温度恒定在 80~90℃时，养护时间不应少于 72h；养护温度恒定在 90℃及其以上时，养护时间不少于 48h。

7.7.6 采用其他养护方式应通过试验和试验性浇筑进行确定。

7.7.7 高强套衬施工完成投入运营后，应按照 JTG H12 规定对套衬结构进行长期养护。

8 质量检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 高强套衬的施工应根据全面质量管理要求，建立健全有效的质量保护体系，对原材料进场、试验室试配、试验性浇筑、施工等环节及硬化后的高强套衬质量进行全过程检验。

8.1.2 高强套衬现场浇筑施工有关的原始记录应如实保存。

8.1.3 高强套衬的材料性能和质量检验应符合设计、施工、合同要求。

8.2 材料检验

8.2.1 工程开工前必须检查所有原材料的来源和质量，并按有关的检验项目和批次规定，严格实施进场检验。

8.2.2 原材料进场应核验以下内容：生产厂家、品种、规格和数量等信息应正确无误。质量证明文件应齐全，包装方式和外观质量应符合合同要求。

8.2.3 原材料进厂后应按照设计要求及相关技术标准进行相应性能检验，合格后方可使用。

8.2.4 水泥、矿物掺合料、骨料、外加剂、纤维、钢筋等原材料进场检验应符合本文件第5章的要求。

8.2.5 UHPC的检验批次应符合下列规定：

1 UHPC每一工作班，同一工程、同一配比的混凝土不超过50 m³为一检验批。

2 UHPC性能检验应在搅拌现场随机抽样。

3 UHPC拌合物抽样检验项目应包括坍落度、凝结时间、离析、泌水、黏稠性、保水性，每工作班应至少检验2次。

4 UHPC检测批次、检验项目、检测方法、检验结果均应符合设计要求。

8.2.6 施工前应对打砂机具、拌和厂、运输搅拌罐、施工机具和设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行认真检查及标定。

8.2.7 各种原材料试验结果及混合料配合比设计结果、施工机具和设备的检查结果，应在使用前规定的期限内向有关单位提出正式报告，待取得正式认可后方可使用。

8.3 施工质量检验

8.3.1 高强套衬应开展现场施工质量检测，检验数据应满足JTG/T 5440的有关规定。

8.3.2 混凝土内部钢筋、背部密实状况等其他项目质量控制应符合JTG F80/1的要求。

8.3.3 对原衬砌进行植筋时，应对植筋施工质量进行检验，钻孔直径、直径允许偏差、钻孔深度、垂直度和位置允许偏差等应满足JTG/T 5440的有关规定。

8.4 监控量测

8.4.1 加固施工过程中存在原衬砌开裂或破损严重、结构拆除（包括局部拆除）、有害气体溢出等情况时，应进行施工监控量测。

8.4.2 施工监控量测可包括结构状况观测、变形监测、受力监测等，应根据病害原因、病害等级、加固处治措施选择监测项目。

8.4.3 对病害严重、成因复杂的隧道，宜在加固施工完成后进行运营期监测。

8.4.4 高强套衬监控量测的点位布置、监控频次等，应满足设计要求及JTG/T 5440的有关规定。

隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准

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），《隧道现浇超高性能混凝土高强套衬加固技术标准》为团体标准制定项目，立项编号：2023-15。后经标准初稿审查会，按照专家意见将标准名称修改为《隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准》

(二) 任务分工

《隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准》由山东大学作为主编单位，负责总体协调、任务分配和标准汇总；中国矿业大学、山东省交通规划设计院集团有限公司、济南市政设计院集团有限公司提供技术支持和生产工艺研究；山东大学负责设计要求的编写；济南市道路和桥隧服务中心、山东金日交通发展集团有限公司、山东高速工程检测有限公司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。

序号	单位	任务分工
1	山东大学	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。
2	济南市道路和桥隧服务中心	提供技术支持，参与技术内容的编写与审核；负责高性能混凝土现浇构件的材料性能研究；协助解决技术难题。
3	山东省交通规划设计院集团有限公司	负责实际工程应用案例的收集与分析；提供生产与应用中的实践经验；参与标准中生产与应用部分的编写。
4	山东金日交通发展集团有限公司	负责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。
5	济南市政设计院集团有限公司	负责高性能混凝土现浇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。
6	中国矿业大学	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和条文修改。
7	山东高速工程检测有限公司	负责相关工程数据的收集与分析；参与标准中生产工艺部分的编写；参与标准的技术审核和条文修改。

(三) 制定背景

随着我国经济快速发展，我国交通基础设施建设规模不断扩大，公路里程逐年增加，形成了桥隧相连、路网纵横的壮观格局。而隧道是公路的重要组成部分，是穿山越岭、跨越河海的重要交通形式，尤其在提高山区通行效率中发挥了至关重要的作用。截止 2024 年底，全国公路隧道 28724 处、3259.66 万延米，与 2023 年相比增加 1427 处、236.48 万延米，其中特长隧道 2261 处、1032.87 万延米，长隧道 8047 处、1410.18 万延米。随着隧道工程数量的快速增长和运营年限的持续累积，对隧道运营养护技术提出了更高要求。在长期服役过程中，隧道结构病害呈现多发性、复杂性特征，亟需发展新型高性能加固修复技术以应对日趋增长的工程需求。特别是自然灾害引发的隧道突发性损毁，对应急抢修技术提出双重挑战：既要确保结构修复的高效性，又要满足灾后交通快速恢复的紧迫性。

在长期天然地质环境的作用下，运营期的隧道出现渗漏水、衬砌厚度不足、衬砌开裂、拱顶脱空、塌落、混凝土强度劣化、边墙起皮剥落等现象等病害，甚至引起局部坍塌等严重事故，对正常运营的隧道有着重大的安全隐患，危害人员和车辆安全。如今我国早期修建的公路隧道处于亚健康状态，维修养护不可或缺，根据相关数据显示，我国已有约 70% 的隧道出现衬砌开裂、表面剥落和掉块、渗漏水等现象，极大的危害着公路隧道运营安全。

隧道相较其他形式的交通设施有其特殊性，应根据现场调查结果、隧道衬砌破坏形式、运营期病害成因及隧道衬砌承载特性等因素进行综合分析，选取恰当的维修加固方式进行维修。对于衬砌破损严重的隧道，在对隧道病害情况进行整体评估后，根据病害特点，常采用的维修加固方式有注浆加固、补强加固、置换法、加大截面法等，在综合考虑长期运营需求的情况下，也可选择在既有基础上对隧道进行改建或扩建等。隧道原位改扩建投入成本高，施工周期长，严重影响隧道所处线路的整体运营。隧道补强加固因其施工难度小、加固成本低、施工周期短被广泛应用到隧道的病害治理中。

目前，对于运营期隧道病害加固处置方式主要为在衬砌结构内表面增设加固层形成复合结构体系，来提高衬砌结构的性能。这种策略易于形成标准化的加固技术，而且影响因素相对单一，主要受加固材料的影响，目前已有的加固材料主要包括纤维布、纤维复合材料增强聚合物水泥砂浆、钢环、复合腔体以及钢-混凝土组合结构、纤维编织网增强混凝土等。纤维布加固的优点在于加固材料轻便，施工便捷；但是其耐火性能极差，且对控制结构变形、防渗堵漏的作用不明显。粘贴钢环加固方法有效地提高了结构的刚度，有利于控制结构变形；但是，安装钢板需要专用举重设备，焊缝多、焊接质量波动大。复合腔体加固方法弥补了钢圈加固在施工上的不足，但加固后结构呈现脆性破坏，耐火性能极差，不具备防渗堵漏的作用。钢板-混凝土组合结构加固法基本克服了上述缺点，具有较为广阔应用前景；但是这种方法未能克服钢板安装复杂、焊接质量波动大、易腐蚀和高温软化的缺陷。纤维复合材料增强聚合物水泥砂浆、纤维编织网增强混凝土加固在一定程度上延续了水泥基材料相对钢材的优势，但在衬砌结构尺

度的加固效果方向尚未得到验证。

超高性能混凝土（UHPC）具有高强、高韧、高弹模、低孔隙的超高强水泥基材料，已经在建筑结构以及桥梁结构加固中得到了广泛的应用。在工程实践中，使用 UHPC 材料对隧道进行高强套衬加固，由于 UHPC 具有高强高耐久等性能，可有效提高套衬结构承载能力，相较于传统混凝土套衬结构，使用 UHPC 高强套衬结构，可减少套衬结构厚度，降低结构自重；采用现浇方式加固可使套衬结构与原衬砌结构结合成一体，通过协调变形及共同受力有效提高隧道衬砌结构的安全性。

目前现浇隧道超高性能混凝土高强套衬加固技术在中缺乏统一标准，导致工程实践中存在技术应用不规范、质量参差不齐等问题。编制技术标准有利于规范市场，促进技术的健康发展，推动行业技术进步，提高我国隧道工程建设与维护的整体水平。

（四）起草过程

1. 立项阶段

组织编制组成员讨论《标准》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至山东省公路学会，于 2025 年 3 月 6 日进行立项申请汇报及答辩，并于 2025 年 3 月 11 日获得山东省公路学会标准立项批复。

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《标准》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《标准》制订初稿（含附录和编制说明）后，于 2025 年 5 月 13 日组织编制组成员及本领域权威专家召开初稿审查会。

3. 征求意见

编制组系统梳理《标准》初稿审查会专家提出的修改意见与技术建议，逐一明确每项意见的责任归属与整改方向。依据分工，针对技术参数优化、条款表述规范、内容逻辑完善等核心问题开展专项修订，反复核验修改内容的科学性与适用性，确保专家意见落到实处。经过多轮内部研讨与打磨，正式形成符合团体标准编制要求、具备广泛征求意见条件的标准征求意见稿，于 2025 年 10 月提交至山东公路学会。

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，确保标准内容符合超高性能混凝土的材料特性、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，确保标准兼容性和一致性。

5. 可持续性

注重环保和资源节约，推动超高性能混凝土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

规定了标准的目的、适用范围。

2. 规范性引用文件

规定了本标准所引用的国内主要技术标准。

3. 术语和定义

规定了常用术语及其定义。

4. 基本规定

规定了高强混凝土套衬加固设计、施工等过程中的常规要求。

5. 材料

规定了超高性能混凝土水泥、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂、拌合用水等原材料的基本要求；规定了高强混凝土套衬所采用钢筋的基本要求。

6. 设计

规定了隧道现浇超高性能混凝土套衬加固计算及验算等；规定了高强套衬的构造要求。

7. 施工

规定了隧道现浇超高性能混凝土套衬加固施工方法、注意事项等。

8. 质量检验与验收

规定了隧道现浇超高性能混凝土套衬的材料检验、施工质量检验、监控量测等方面的要求。

（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 50010）、《公路隧道加固技术规范》（JTG/T 5440-2018）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、中国矿业大学等科研机构多年来在超高性能混凝土材料和隧道加固领域的研究成果，以及济南市道路和桥隧服务中心、山东金日交通发展集团有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司、济南市政设计院集团有限公司及山东高速工程检测有限公司的工程实践经验，确保标准的科学性和实用性。

3. 国内外先进技术

借鉴国内外超高性能混凝土材料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

1. 超高性能混凝土材料性能及施工工艺

标准主编单位多年来从事超高性能混凝土试验研究，验证了隧道加固套衬超高性能混凝土材料的力学性能、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。

试验过程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。所开展的试验内容包括以下几个方面：

①材料性能试验：包括水泥、骨料、外加剂等原材料的性能测试，超高性能混凝土的配合比优化试验。试验结果表明，超高性能配合比设计宜采用最大堆积密度法进行设计，通过调整固体颗粒的集配分布优化混合料的堆积密度。

②生产工艺试验：验证搅拌、成型、养护等工艺参数对混凝土材料质量的影响。为保证纤维均匀分布，超高性能混凝土宜采用行星式搅拌机进行搅拌，浇筑过程需要考虑纤维分布对力学性能的影响，宜优先使纤维流向与结构主受力方向相同。同时，超高性能混凝土材料的养护采用自然养护或蒸汽养护皆可。

③力学性能试验：通过测试超高性能混凝土试件的抗压强度、抗折强度、弹性模量等力学指标，验证超高性能混凝土作为隧道现浇套衬结构的可靠性。

④耐久性试验：评估现浇超高性能混凝土在冻融循环、氯离子侵蚀、碳化等环境条件下的耐久性能。

⑤施工工艺试验：验证构件的运输、安装和连接技术的可行性和可靠性。

除此之外，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。通过数据分析，确定高性能混凝土现浇构件的最佳配合比、生产工艺参数和质量控制指标，提出隧道现套衬浇超高性能混凝土材料的优化建议。验证关键技术条文的合理性和可操作性，为标准的制定提供依据。

2. 超高性能混凝土套衬承载性能

标准编制单位长期从事灾病害隧道加固与韧性提升方面的研究工作，依托国家重点研发计划项目（2023YFB2604000）“长大线形交通基础设施应急抢修与快速保通关键技术”、山东省交通运输厅科技计划项目（2024B61-02）“城市隧道群典型病害靶向注浆处置与高强套衬加固关键技术与应用研究”等省部级重点研究项目，开展了超高性能混凝土套衬加固隧道方面的相关试验。

试验方案广泛参考国内外现有隧道加固技术及相关研究现状，依据国家标准或行业标准（如《公路隧道加固技术规范》JTG 3370、《公路隧道加固技术规范》JTG/T 5440 等）进行实验，试验过程包括方案编制、试验准备、试验开展、结果分析、仿真计算、优化提升等。试验研究变量包括隧道套衬加固材料（不同强度和纤维掺量的超高性能混凝土、普通高强混凝土等）、套衬加固厚度、界面处理方式（是否带锚筋、是否凿毛等）等，系统性研究了隧道现浇超高性能混凝土套衬的加固性能。

研究表明，现浇高性能混凝土套衬结构能有效提升裂损隧道管片的承载性能，提升幅度可达30%以上。同时，在隧道衬砌进行凿毛处理并进行植筋的情况下，试验结果显示现浇超高性能混凝土套衬与二衬可以有效连接。

基于试验结构，高强套衬研究成果在济南市开元隧道加固工程当中进行实际应用，环向加固范围包

括拱顶和拱肩（非整环加固），纵向加固长度为 20m。进一步验证了本标准中隧道现浇超高性能混凝土套衬在灾病害隧道加固工程当中的可靠性。

上述试验的开展以及工程应用，为隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准的编制提供了有利支撑，验证了标准关键技术条文的可靠性、合理性和可操作性。

（二）关键技术条文说明

5.2.1 在普通混凝土中常常需要加入较多的水，一般通过降低水胶比的方式提升混凝土的强度。而在超高性能混凝土用水量较少，水胶比一般不高于 0.25，在一定范围内降低水胶比会增加材料中的胶凝材料，拌合物的包裹性和连接性更强，提升了材料基体的均质性和降低了基体内部的孔隙率，从而会提升超高性能混凝土的抗压强度。但是当水胶比降低至某一水平以后，会造成拌合物的流动性减少和黏度的增大，导致含气量和孔隙率增大，进而降低超高性能混凝土的强度。经试验发现，超高性能混凝土的水胶比为 0.16~0.22 时，能够最大程度发挥胶凝材料的性能。

5.2.8 条文说明：超高性能混凝土制备的原则是优化颗粒级配以形成堆积密度的基体，并通过需要加入钢纤维进行增韧。改进的 Andreasen 和 Andersen (Modified Andreasen and Andersen, MAA)模型是一种经典的连续颗粒堆积模型。相比于其他堆积模型，MAA 模型由于其具有理论性与实用性，被广泛应用于混凝土的配合比设计中。

5.2.9 条文说明：与普通混凝土有所不同，超高性能混凝土通常具有良好的和易性和自密实性，为方便浇筑，其坍落度不宜小于 240mm，坍落扩展度不宜小于 600mm。

6.2.5 条文说明：现浇超高性能混凝土套衬是原普通混凝土套衬结构的改进，其承载力计算方法可参照《公路隧道加固技术规范》JTG/T 5440 中增大截面加固法的有关规定，但超高性能混凝土的材料利用系数与普通混凝土材料有所不同。

6.2.7 条文说明：UHPC 抗拉强度利用系数是根据国内外配筋 UHPC 受拉区加固混凝土结构受弯试验反算而得。同时，考虑到隧道衬砌可能已经存在损伤开裂，且由于施工、养护条件等外界因素不确定性，UHPC 抗拉强度可能得不到充分发挥。因此 UHPC 抗拉强度利用系数参考《超高性能混凝土结构设计规程》、《超高性能混凝土加固既有混凝土结构技术规程》取为 0.4。在试验数据支撑的情况下，通过试验实测数据进行反算确定。

6.2.8 条文说明：UHPC 抗压强度利用系数采用编制组收集得到的超高性能加固轴压试件的试验数据反演推算而得，取值为 0.6。在试验数据支撑的情况下，通过试验实测数据进行反算确定。

6.2.9 条文说明：考虑到 UHPC 与纵筋的高效粘结，新增纵向受力钢筋的强度利用系数可取 1.0 或

通过试验方法获得。

6.3.6 条文说明：现浇超高性能混凝土加固层的承载力提升依赖新增套衬层与原混凝土二衬之间的连接性能，经标准编制单位所开展的试验发现，二衬表面采用凿毛、植筋和铺设钢筋网等措施进行处理后，新旧混凝土之间可实现有效连接。

6.3.9 条文说明：采用高强套衬加固隧道二衬时，套衬加固层厚度一般不小于 5cm，当承载力验算不满足设计要求时，可凿除一定厚度的原衬砌混凝土后增设高强套衬加固层，以套衬加固效果。同时，凿除原衬砌混凝土后浇筑超高性能混凝土套衬层，可增强套衬与二衬之间的连接性能。

7.3.2 条文说明：现浇超高性能混凝土加固层的承载力提升依赖增强套衬层与原混凝土二衬之间的连接性能，浇筑套衬之前需要对原二衬进行凿毛处理，参考《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010 中“混凝土构件增大截面工程”的有关规定，确定二衬凿毛深度不小于 4mm。

7.5.2 条文说明：考虑到超高性能混凝土通常需要加入钢纤维或非金属纤维，因此超高性能混凝土现场浇筑施工宜选用行星式搅拌机实现物料均匀混合与纤维充分分散，避免因搅拌不均导致工程质量隐患。采用传统滚筒式或圆盘式搅拌机均无法实现纤维在超高性能混凝土拌合物中的均匀分布。

7.5.6 条文说明：超高性能混凝土套衬在正式浇筑前建议进行试验性浇筑，通过模拟实际工程的施工环境、设备条件（如采用行星式搅拌机）与操作工艺，提前验证关键施工参数（搅拌时间、浇筑速度、振捣方式等）的适配性，排查设备运行（如搅拌机、输送泵）与工艺衔接（模板密封性、钢筋定位）的潜在问题，同时可通过制作试块检测混凝土强度、韧性等核心性能是否符合设计标准。

7.6.5 条文说明：纤维是超高性能混凝土中的重要组成部分，通过对纤维取向进行优化，可大大提高纤维在主拉应力下的性能。经标准编制单位前期试验分析以及总结国内外超高性能混凝土纤维取向方面的研究结论，合理的纤维定向可提升超高性能混凝土抗弯强度 10~80%、抗拉强度 30~90%。因此本条文规定超高性能混凝土拌合物的下料口和流动方向应考虑对纤维分布和取向性的影响，宜使 UHPC 拌合物沿隧道环向流动，提升套衬环向强度。

7.6.6 条文说明：超高性能混凝土具有良好的和易性和自密实特性，无需经过振捣密实即可通过自身流动成型，但由于纤维的加入会使纤维表面增加气泡，增大超高性能混凝土拌合的孔隙率，因此标准规定宜采用平板式振动器或附着式振动器进行振动密实，同时利于纤维表面气泡的排除。

8.2.5 条文说明：超高性能混凝土材料的力学性能和工作性能直接影响套衬的加固效果，因此在施工过程中需对超高性能混凝土的质量进行严格检验。

（三）综述报告

《隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准》团体标准的编制，基于公路工程建设对隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术的迫切需求，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、验收标准及环保安全等内容，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，为隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术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。

（一）技术经济论证（包括预期的经济效益、社会效益和生态效益等）

1. 经济效益

（1）降低工程成本

现浇超高性能混凝土套衬加固构件具有高强度、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

标准的实施将促进现浇超高性能混凝土套衬加固技术产业的规范化、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

现浇超高性能混凝土套衬加固技术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，确保现浇超高性能混凝土套衬加固技术的质量，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现浇超高性能混凝土套衬加固技术的研发与创新，提升行业整体技术水平。

（3）推动标准化建设

填补现浇超高性能混凝土套衬加固技术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）广泛适用性

现浇超高性能混凝土套衬加固技术能原位施工，适用于曲面、狭窄空间、异形构件等传统加固技术难以施工的场景。

3. 生态效益

(1) 减少资源消耗

超高性能混凝土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

现浇超高性能混凝土套衬加固技术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

与相关国标、行标、地标技术水平的对比，山东公路学会标准《隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准》填充了国标、行标、地标在隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术在公路工程中应用的空白，超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 80MPa，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，超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。同时，由于超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。超高性能混凝土的原材料技术指标、配合比设计、制备、检验等方面均与普通混凝土存在较大差别，采用超高性能混凝土制作的高强套衬与常规套衬构件在构件品种、结构型式、使用环境等方面也具有鲜明的特点和区别。因此，超高性能混凝土现浇套衬的设计、生产与安装技术不宜沿用传统现浇混凝土套衬工程标准（如《公路隧道加固技术规范》JTG/T 5440）的套路，必须开拓新的编制思路，体现出现浇超高性能混凝土套衬加固技术的性能特点和工艺特性。

五、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

山东公路学会标准《隧道现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准》是国标、行标、地标的补充，本

标准的特点体现在以下几个方面：

1. 必要性，目前针对超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，针对隧道套衬结构仅在《公路隧道加固技术规范》JTG/T 5440-2018 中存在部分技术规定，而对于现浇超高性能混凝土套衬加固技术在公路工程中应用的相关标准及规范目前还处于空白状态。因此，制定此标准非常必要。

2. 紧迫性，随着现浇超高性能混凝土套衬加固技术不断的工程应用，迫切需要制定相应的公路工程现浇超高性能混凝土套衬加固技术标准，满足工程实践的要求，加快现浇超高性能混凝土套衬加固技术在公路工程中的应用。

3. 创新性，此标准基于超高性能混凝土材料-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现浇超高性能混凝土套衬加固技术，并提出适应的现浇及拼装施工工艺，具有明显的创新性。

4. 广泛性，现浇超高性能混凝土套衬具有耐久性强、节约材料、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，本标准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。