

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T XXXX—XXXX

隧道沥青路面高压水雕养护施工技术规范

Technical specification for water-carving construction of tunnel asphalt pavement of
high-pressure water jet

(编制说明)

XXXX – XX –XX 发布

XXXX –XX –XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

《隧道沥青路面高压水雕养护施工技术规范》

编制说明

1 工作概况

1.1 任务来源

本标准计划为陕西省市场监督管理局 2024 年标准计划（SDBXM087-2024），项目由陕西省交通运输厅立项，归口管理单位为陕西省交通运输厅。

23	SDBXM 087-2024	省交通运输厅	隧道沥青路面高压水雕养护施工技术规范	西安公路研究院有限公司	陕西交通控股集团有限公司蓝商分公司 西安华泽道路材料有限公司 西安蓝晓生态环保科技有限公司 陕西交控绿科环保科技有限公司	制定	/	向 蒙
----	----------------	--------	--------------------	-------------	---	----	---	-----

1.2 目的意义

陕西省“十四五”综合交通运输发展规划提出，安全、绿色与经济是当前交通领域恒久的发展目标，也是高速公路运营与养护的重点靶向。隧道沥青路面的表面抗滑功能作为影响行车安全的影响因素，油污、砂砾、灰尘等在潮湿、缓慢的隧道气流作用下，长期积聚于路表，紧密胶黏，封堵路表纹理，填充路面构造，致抗滑功能大大衰减、路表长期湿滑，车辆侧翻风险剧增。目前，隧道沥青路面抗滑功能的提升方法主要分为两类：（1）局部铣刨后加铺抗滑罩面（如超薄磨耗层等）。技术需抬高标高，专业机械施工成本昂贵，其次是铣刨深度及铣刨精度控制要求高，原垢层清除不彻底会致使加铺罩面脱皮；（2）完全铣刨重铺面层。重铺的沥青路面面层为热拌沥青混凝土面层。铣刨重铺面层产生废料多、对原路面损伤大、工期久、造价高，且存在废料占用田地审批及回收运输成本等问题。上述两种方法均需大面积隔断交通、工期久、限制山岭重丘区高速公路正常运营，对民生物流造成较大不便，众多施工人员配合也不利于隧道安全施工作业管理。鉴于此，急需对具有不阻断交通、可快速自动化施工的隧道沥青路面抗滑功能提升技术进行规范化制定工作。

与传统隧道沥青路面抗滑功能提升技术不同，高压水射流雕洗隧道沥青路面是基于学科交叉与融合，将工业机械领域应用广泛的高压水射流，结合隧道沥青路面抗滑衰减状况靶向创新，首创性地将高压水射流作为路面功能修复技术进行应用与改进，高压水射流雕洗（简称高压水雕）是指采用高压水射流技术及相关装置，通过合理设定的高压水射流压力、横向行走速率等参数，清洗旧沥青路面中牢固粘结的泥垢、砂石及油污，恢复原路面的构造深度，不扰动骨料，以期提升路面抗滑功能。具有智能、便捷、绿色、低碳、安全

等优势。

截止目前，此技术国内外暂无相关规范性文件可供执行，本标准拟吸收国内外高压水射流的研究及应用情况，结合课题组 2020~2024 年期间采用高压水射流提升隧道路面抗滑的技术研究与工程应用成果基础，旨在指导高压水射流作为特定环境下路面功能修复技术的设计与施工，解决因封闭交通导致的高速公路运营收入降低的问题，保证公路运营管理部门的管理和社会服务效能；降低隧道内事故发生率，从道路功能层面保证人民的生命财产安全。此外，规范的制定有助于优化、拓宽、调整“双碳”背景下的公路养护产业结构；技术在公路养护领域具有首创性，有助于提升陕西省公路交通养护领域的国内、国际竞争力，形成的配套产业链有助于陕西省交通运输业占据养护行业话语权；同时，拟规范化的本技术高度符合“双碳”政策，对于生态文明领域建设领域的“自然资源节约集约”、“绿色发展”以及社会治理领域的“交通运输”、“公共安全”等从技术层面提供中坚力量。

1.3 主导单位

本项目主导单位为西安公路研究院有限公司，参与单位为陕西交通控股集团有限公司蓝商分公司、西安华泽道路材料有限公司、西安蓝晓生态科技环保有限公司、陕西交控绿科环保有限公司。

1.4 主要工作过程

(1) 前期工作阶段

2024 年 05 月，由西安公路研究院有限公司向陕西省市场监督管理局提交了《隧道沥青路面高压水雕养护施工技术规范》的立项申请及相关佐证材料，7 月进行立项评审。

2024 年 9 月，《陕西省市场监督管理局关于下达 2024 年第二批地方标准制修订计划的函》（陕市监函[2024]590 号），明确《隧道沥青路面高压水雕养护施工技术规范》入选 2024 年度地方标准制定计划，项目编号为 SDBXM087-2024。

陕西省市场监督管理局

陕市监函〔2024〕590 号

陕西省市场监督管理局 关于下达 2024 年第二批地方标准 制修订计划的函

省镇有关行政主管部门，各有关单位：

根据《陕西省市场监督管理局关于印发〈2024 年省级地方标准申报指南〉的通知》（陕市监发〔2024〕39 号）要求，依据《中华人民共和国标准化法》和《地方标准管理办法》相关规定，经研究，决定将《政务服务帮办代办规范》等 248 个项目列入 2024 年第二批陕西省地方标准制修订计划（见附件），现将有关事项通知如下。

- 一、凡列入制修订计划的项目，应按照《地方标准管理办法》和《地方标准制定规范》相关要求，完成地方标准制修订工作。
- 二、有关行政主管部门负责本领域地方标准制修订计划项目的管理工作，及时指导、督促承担单位按照要求完成相应工作。
- 三、项目承担单位负责项目制修订的牵头工作，参与单位应积极配合，起草过程中广泛征求意见，确保标准质量，应在本计划下达后 12 个月内完成送审稿报送工作，逾期未完成，该项目计划自动终止。

四、列入本计划的地方标准制修订项目，在制修订过程中如发生项目无法完成或者需要调整承担单位等特殊情况的，有关行政主管部门应及时向省市场监督管理局书面说明。

联系人及电话：标准化管理处 苗杰，029-86138362。

附件：2024 年第二批陕西省地方标准制修订计划项目汇总表



自任务下达后，西安公路研究院有限公司为核心成立了标准起草小组，明确了指导思想，制定了工作原则，确定了起草组成员和任务分工。起草组针对地方标准的编制内容，起草组基于高压水雕实体工程，针对隧道沥青路面靶向养护研究中存在的标准化不足、适用范围、材料、设备与施工、质量控制等方面，进行了进一步的总结和提炼，形成了标准草案和研究大纲。

(2) 编制大纲阶段

2024 年 10 月，陕西省交通运输标准化技术委员会发布了《关于下达 2024 年交通运输地方标准制修订计划的通知》（陕交标函(2024)9 号）；同年 11 月，标委会集中对标准研究大纲开展评审工作，评审会对项目草案的适用条件、材料、设备与施工等方面提出了相关建议，对高压水雕隧道沥青路面的质量控制进行了明确与修正。

陕西省交通运输标准化技术委员会

陕交标函(2024)9号

关于下达 2024 年交通运输地方标准 制修订计划的通知

各有关单位：

根据《陕西省市场监督管理局关于下达 2024 年第二批地方标准制修订计划的通知》（陕市监函〔2024〕590 号），由省交通运输厅推荐的“公路水性环氧乳化沥青抗滑封层施工技术规范”等 26 项交通运输地方标准（详见附件）获准立项。现将有关事项通知如下：

- 一、陕西省交通运输标准化技术委员会具体负责地方标准制修订过程中的管理工作；
- 二、凡列入制修订计划的项目，各项目承担单位应做好相应配套经费的落实工作，确保标准起草工作高质量完成；
- 三、项目承担单位负责项目的牵头工作，参与单位应积极配合，承担单位应及时成立标准起草工作组，按照《地方标准制定规范》和《陕西省交通运输地方标准管理办法》相关要求，制定工作计划，及时开展调查研究、实验验证等工作；
- 四、标准起草过程中，各项目组应广泛征求交通运输行业各

相关单位（部门）的意见，并于 2025 年 9 月 10 日之前完成评审

反馈工作，逾期未完成，该项目计划自动终止；

五、在标准制修订过程中如发生项目无法完成或需要调整承担单位、项目负责人等情况的，承担单位应及时向委员会说明情况，同时按照省市场监管局要求进行调整变更；

六、所有立项的单位请提前准备地方标准编制大纲的编写工作，大纲评审时间另行通知。

附件：1. 陕西省市场监督管理局关于下达 2024 年第二批地方标准制修订计划的通知
2. 2024 年立项陕西省交通运输地方标准制修订项目汇总表

联系人及：程吉星元 029-88811558 18192202728



(3) 征求意见稿阶段

基于编制大纲评审会的修改基础，编制组成员对比、分析了其他省份、地市的类似标准文本，评估及技术与我省气候区划环境的差异性，同时持续向国内工程建设单位一线技术人员了解现状，并邀请相关领导和知名专家提供建设性的意见和建议，经讨论修改，于 2025 年 4 月底形成了标准征求意见稿，待网络公开征集意见。

1.5 标准起草工作组成员及任务分工

起草组组长：向豪。主要工作：对标准编制进行全面审核；参与室内试验，对一些关键指标进行研究；组织定期召开标准编制讨论会议，研究进展和实施深度，并根据标准编制进展情况对下阶段重点工作进行布置。

起草组副组长：xxx。主要工作：对标准编制进行全面审核；负责室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件；负责试验段现场指导，对一些关键指标进行研

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导与室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导与室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导与室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导与室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导与室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导与室内试验，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导，对一些关键指标进行研究。

起草组成员：xxx。主要工作：参与编制本文件，参与试验段现场指导，对一些关键指标进行研究等.....

2 标准编制主要原则和主要内容

2.1 标准编制原则

文件立足于陕西省交通运输厅 2 项科研项目的科研成果，积极采用国内外先进标准与规范，遵循“科学性、实用性、统一性、规范性”的原则，重点突出隧道沥青路面高压水雕养护的适用条件、材料、类型、施工工艺及质量控制要求，注重标准的指导性、合理性、可操作性，能广泛适用于隧道沥青路面高压水雕养护施工，提升抗滑功能修复质量。

2.1.1 已有标准优先原则

本规范的制订遵守国家有关的法律法规开展，规范的编写按照 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，与其他相关标准未见冲突。

2.1.2 可操作性原则

可操作性原则是标准规范研究中最重要的基本原则，规范充分考虑操作的便利性、可行性进行编制。本文件充分调研了国内外相关标准，根据陕西省隧道沥青路面的抗滑功能应用现状，依托2022~2024年工程实践制定《隧道沥青路面高压水雕养护施工技术规范》地方标准，标准产生的基础是科学技术和实践的综合成果，具有较强的可操作性。

2.1.3 公平开放性原则

本文件的编制并没有局限于具体的厂商与成品材料的知识产权，基于公平开放的原则编制，使得文件的执行能够公开、透明。

2.2 主要内容

本文件包含以下主要内容：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 符号；5 基本要求；6 材料；7 施工；8 质量控制。

2.3 与原标准主要差异情况

本文件为首次发布。

3 主要技术要求的说明

3.1 试验（或验证）准确度、可靠性、稳定性的分析和说明

本文件根据陕西省不同道路自然区划特性、道路交通条件和养护相关标准化研究成果制定，在行业推荐性标准《公路沥青路面预防养护技术规范》（JTG/T 5142-01—2021）与非交通运输领域的国家标准《高压水射流清洗作业安全规范》（GB/T 26148-2010）、《小型电动高压清洗机安全规范》（GB/T 37916-2019）等基础上，首次提出了基于高压水射流原理的隧道沥青路面水雕养护技术的规范化文件，可有效指导陕西省、施工工艺与质量控制，指导运营单位、施工单位的隧道沥青路面抗滑功能修复工程的设计与施工。

3.2 试验结果综述

3.2.1 范围

“本文件适用于隧道受污沥青路面的抗滑功能修复工程”，起草组已采用TRIZ分析、科学研究、工程应用等全流程验证了技术的可靠性。一方面，起草组基于TRIZ创新方法

解决理论以及现场调研、室内试验，验证了隧道沥青路面受污是导致隧道路面抗滑功能快速衰减的根本原因，针对这种特定环境成因，首次提出了采用高压水射流可提升隧道沥青路面的抗滑功能。技术 2021~2022 年在蓝商高速李家河三号隧道、秦岭隧道应用，2023 年分别在宝天高速冯家塬隧道与王家梁隧道、汉宁高速棋盘关隧道应用，总实体工程实施面积超过 15 万 m^2 。



图 1 隧道沥青路面普遍受污

图 2 露天表面磨耗层

【来源】：本技术采用 TRIZ 创新思维方法，对比了高速公路露天沥青路面和隧道沥青路面抗滑功能不足的成因差异性，具体表现为——油垢砂覆层顽固裹覆致纹理构造损失、长期湿滑似镜面，明确了隧道沥青路面抗滑功能提升系统的需求：①油污团去除率 100%。②对路面无损伤。③效率高。④成本低。

通过问题的功能分析、因果链分析、九屏幕法、矛盾分析法、“物-场”模型等多个创新方法指向，综合成本、可实现性、质量可靠性的方案评价，提出“高压水射流雕洗”，这也是专门针对隧道环境路面抗滑提升而研发的技术方案。另一方面，高压水雕养护也适用于所有表面层存在垢物裹覆层的抗滑功能修复工程。

项目组将高压水雕养护应用在 2021~2024 年度的陕西省交控集团高速公路隧道沥青路面铣刨重铺工程（抗滑功能修复），经工程应用、专家调研与跟踪检测，适用范围可靠。

3.2.2 术语和定义

“3.1 高压水射流”重点明确了适用于隧道沥青路面抗滑功能提升的雕洗压力范围（100~130MPa），基于室内试验与现场试验段得出，低于 100MPa 压力下限范围的水雕质量不稳定，存在漏洗与不均匀现象，也不能保证完全清除垢层；高于 130MPa 压力上限范围的高压水雕存在清除填料过多的隐患，形成的构造深度普遍高于 1.25mm，存在破坏微观纹理构造的风险。

3.2 定义了这一特殊养护施工的动作名称，3.3 定义了实施高压水雕养护的设备名称与组成、功能目标。

3.2.3 基本要求

基于多个工程应用的用户反馈与创新性技术研究成果，明确了较传统加铺型预防养护技术、面层铣刨技术，高压水雕养护更加低碳、无损、节能，但相对的，本技术的实施效果受原路面技术状况影响更高，故对高压水射流雕洗技术适用的原路面公路技术状况指标范围较为严格，见文件草案表 2。

基于试验段总结出的经验教训，高压水雕对于因集料严重磨光、集料耐磨性不足而导致的重载交通行车道抗滑严重衰减的特殊情况，可提升的横向力系数幅度指标较为有限。本技术特性为：（1）可显著稳定提升超车道横向力系数 SFC；（2）可显著稳定提升构造深度指标 TD。基于此，推荐适用条件见条文 5.1~5.2。

3.2.4 材料

高压水雕养护的材料仅为水，现有实体工程均采用管道引自来水装供水车，故无特殊情况均推荐采用生活饮用水，技术要求应符合 GB 5749 的规定。

“6.3 雾封材料”是基于回收的雕洗后残渣级配与液体组成分析，课题组研究得出，高压水雕后，部分实体工程存在填料与油污混合形成的砂浆被一同雕洗的现象，其中 0.3~0.6mm 细集料损失占比高，但不影响路面结构渗水性能。基于此，编制组从功能耐久出发，推荐采用沥青质材料进行面层稳固，增加表层结构粘结。技术指标均通过室内试验与现场应用论证。

“6.4 抗滑雾封材料”中首次提出了隧道用抗滑雾封材料，目标是为了丰富路面宏观与微观纹理，进一步提升横向力系数指标，保证高速公路隧道内全车道抗滑功能指标（SFC、TD）的质量稳定性。在条文 6.4.1 中强调重载交通、行车道体现。技术指标均经过室内试验与工程验证，应用 1 年半后横向力系数 SFC 不低于 55，彻底解决了“含砂雾封材料应用半年后抗滑功能不及实施前效果”的传统理念。

3.2.5 施工

“7.3 施工准备”首次明确了技术采用的设备及设备参数，水雕设备的核心为高压水泵。设备不排除其他类似装置，满足表 6 中关键雕洗参数的装置均可用于施工（施工宽幅的设定是为了确保半幅临时封闭交通施工），下图为高压水雕养护工程的多种应用设备。

7.4~7.8 首次提出了高压水雕养护的施工步骤和关键施工要素。其中，7.6 为核心要

素，经近十座隧道的工程研究与技术改进而推荐；试验段要求是考虑到连续隧道单个隧道里程短、水雕质量参数调控较易的特性；另一方面基于技术可复制、可推广需求，未明确浮渣必须机械同步回收。

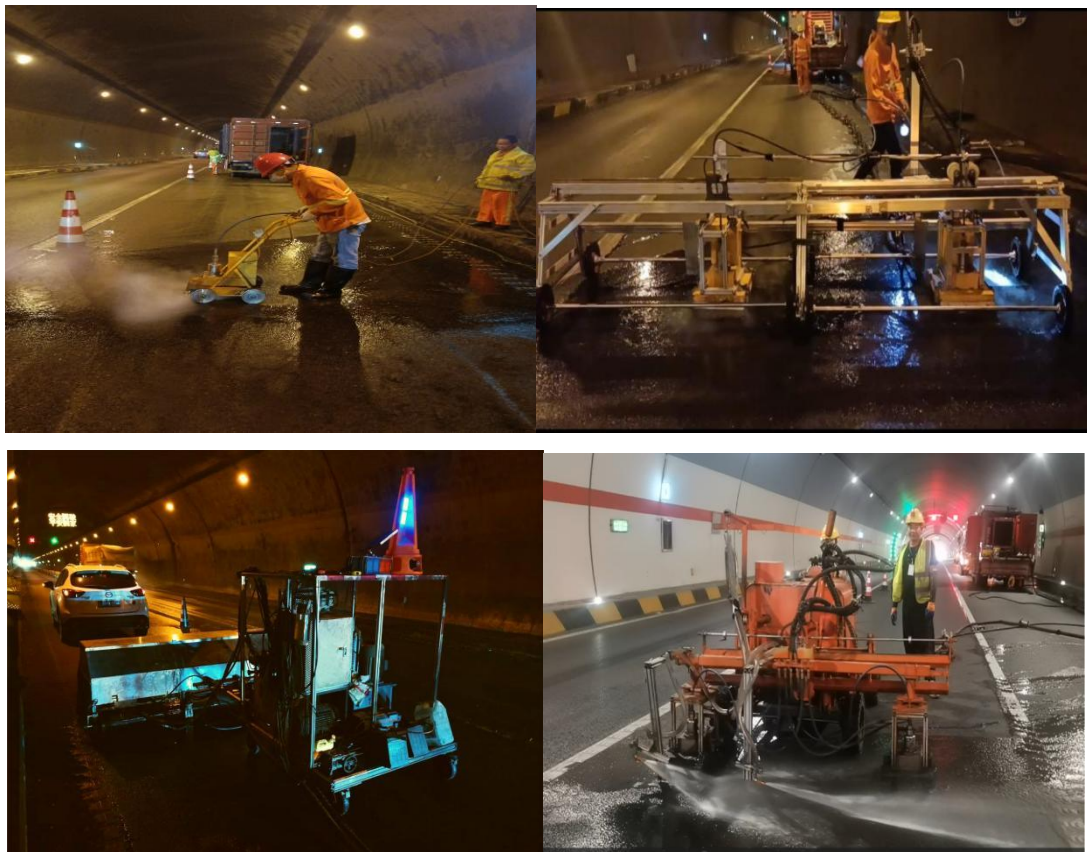


图 3~图 6 各水雕养护工程采用的不同水雕机

3.2.6 质量控制

表 10 中的构造深度 TD 为核心控制指标，数据综合多条隧道一年半后的现场路检结果推荐。

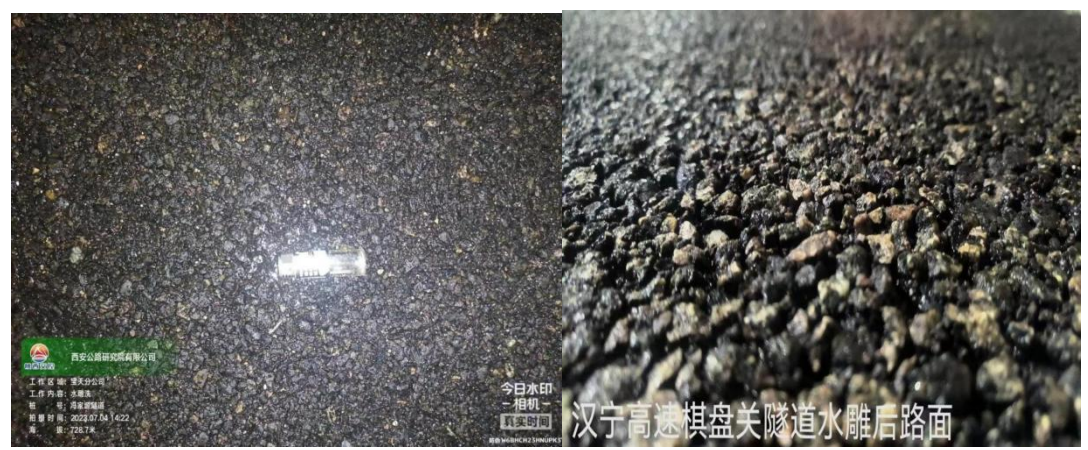


图 7 隧道路面水雕洗的后芯样表面

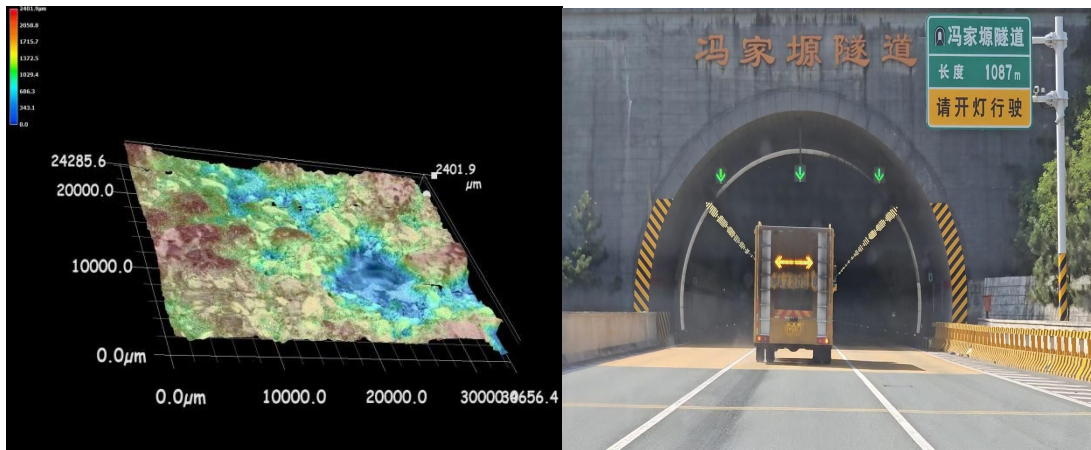


图 8 水雕养护后的路面芯样扫描微观纹理



图 9~图 11 工程应用路检与现场检测

另一方面，考虑到不同运营年限、不同路面结构类型的隧道沥青路面，经高压水雕养护后沥青路面的横向力系数指标不可控，如汉宁高速水雕后的 SFC 与加铺型罩面持平甚至更优秀，而李家河三号隧道的横向力系数指标 SFC 最优可提升至 44~50 不等，冯家塬隧道的横向力系数指标则均匀提升至 46~48。考虑到设计前现场测试横向力系数指标的适用性

不强，故在征求意见稿中暂不体现该指标。

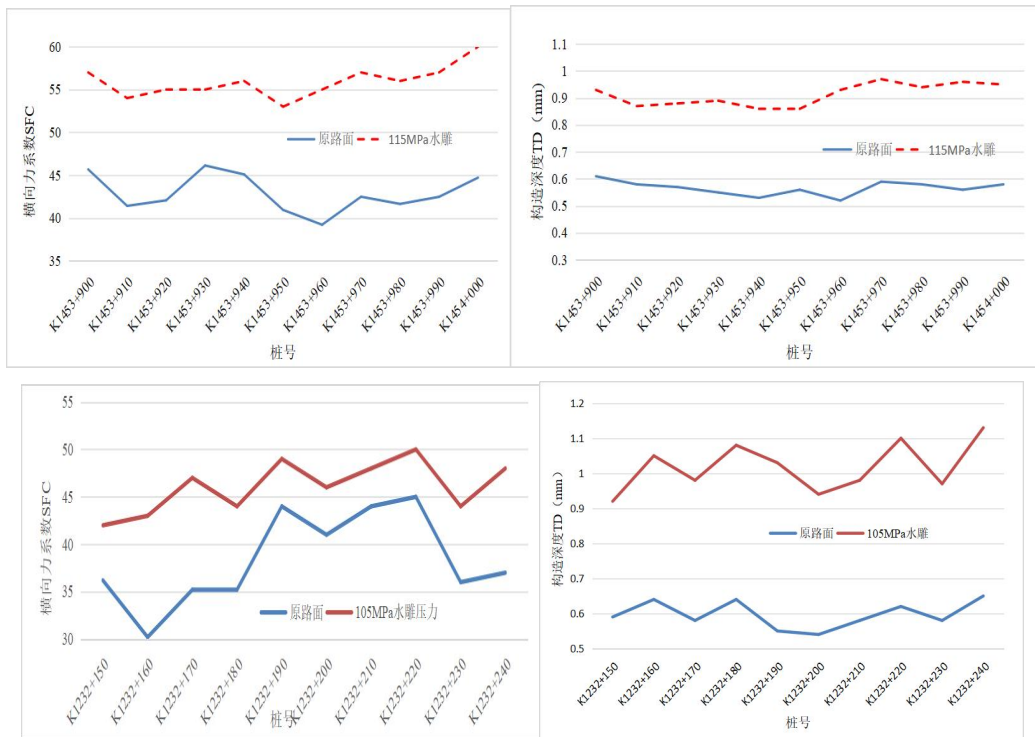


图 12 (a) ~ (c) 高压水雕养护前后的抗滑功能指标对比

4 知识产权说明

本文件的最终知识产权归西安公路研究院有限公司所有。

5 采标情况

本文件为首次起草的陕西省地方标准，未采用国际标准和国外先进技术。

6 重大分歧意见的处理经过和依据

无

7 标准性质的建议说明

本文件对隧道沥青路面高压水雕的基本要求、材料、用量、施工及质量控制进行了详细而明确的规定，为陕西省隧道沥青路面抗滑功能修复技术的实施提供有力的技术指导，建议本文件审批发布为推荐性行业标准。

8 其他应予以说明的事项

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 19923 城市污水再生利用工业用水水质

GB/T 26148 高压水射流清洗作业安全规范

GB/T 37916 小型电动高压清洗机安全规范

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG H30 公路养护安全作业规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG 5210 公路技术状况评定标准

JTG/T 5142-01 公路沥青路面预防养护技术规范
