

T

ICS 93.080

CCS P 66

团 标 准

T/CWDPA XXX—2025

重载交通公路路面耐久性养护规范

Specifications for durability maintenance of heavy-duty highway pavements

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前言	11
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 路况检测与评价	2
6 养护方案设计	3
7 材料要求	4
8 施工	5
9 质量控制与验收	7
10 安全、环保与长期性能监测	7

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。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：邯郸市交通运输局公路养护管理中心。

本文件主要起草人：安娜。

本文件为首次发布。

重载交通公路路面耐久性养护规范

1 范围

本文件规定了重载交通公路路面耐久性养护的总则、路况检测与评价、养护方案设计、材料要求、施工、质量控制与验收、安全环保及长期性能监测的技术要求。

本文件适用于承受重载交通的高速公路、一级公路及二级公路的路面耐久性养护工程。

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/T 18833 道路交通反光膜
- GB/T 19250 聚氨酯防水涂料
- GB/T 50355 公路工程基本建设项目建设项目概算预算编制办法
- JTG 3410 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG 3441** 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG 5110公路养护技术规范
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范
- 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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 重载交通 **heavy-duty traffic**

单个轴载 $\geq 130\text{ kN}$ ，或统计周期内重载车辆（总质量 $\geq 30\text{ t}$ ）占过往车辆总量的比例 $\geq 30\%$ 的交通荷载。

3.2 耐久性养护 **durability maintenance**

以提升路面结构长期服役性能、延长设计使用寿命为目标，针对重载交通特点实施的预防性养护与修复性养护的系统性养护活动。

3.3 路面预防性养护 **pavement preventive maintenance**

路面技术状况指数（PQI） ≥ 90 且无结构性损坏时，为延缓性能衰减、防止轻微病害发展而采取的主动性养护措施。

3.4

路面修复性养护 pavement corrective maintenance

路面出现影响使用功能或承载能力的结构性损坏 (PQI<90) 时, 为恢复或提升路面性能而采取的修复与补强措施。

3.5

长期性能监测 long-term performance monitoring

对养护后路面的结构强度、使用性能及病害发展情况进行持续跟踪检测, 为养护效果评估和后续养护决策提供数据支撑的活动。

3.6

全寿命周期成本 life cycle cost

路面从设计、施工、养护至废弃处置全过程所发生的全部费用, 包括初期建设成本、养护运营成本及残值等。

4 总则

4.1 目标与原则

耐久性养护应以提升路面长期服役能力、降低病害复发率、延长使用寿命为核心目标, 遵循“精准检测、预防为主、修复及时、全寿命周期经济、绿色低碳”的原则。

4.2 养护层级

4.2.1 预防性养护适用于路面结构完好、仅出现早期功能性衰减的路段, 旨在维持路面良好技术状况, 延缓病害发生。

4.2.2 修复性养护适用于路面出现结构性损坏的路段, 旨在恢复路面承载能力与使用功能, 必要时应进行结构补强。

4.3 决策流程

耐久性养护应建立“检测—评价—设计—施工—监测”的闭环决策流程, 基于路况检测数据和技术经济比选确定养护方案, 优先选用资源循环利用的养护技术。

5 路况检测与评价

5.1 检测内容与频率

5.1.1 应每年开展 1 次常规检测, 按照 JTG 5210 的规定执行, 检测内容包括路面损坏状况、平整度、车辙深度、抗滑性能及结构强度。

5.1.2 应每季度开展 1 次重点巡查, 重点针对长大纵坡、交叉口、收费站等重载车辆集中路段, 排查车辙、裂缝、沉陷等病害。

5.1.3 应每 2 年开展 1 次专项检测, 采用探地雷达 (GPR)、落锤式弯沉仪 (FWD) 等设备, 检测路面层间脱空、深层裂缝及基层强度衰减情况。

5.2 病害调查与分级

5.2.1 病害调查应记录病害类型、位置、范围及严重程度, 建立病害档案并附影像资料。

5.2.2 重载交通公路路面典型病害应按表 1 分为轻度、中度、重度三级。

表 1 重载交通公路路面典型病害分级标准

病害类型	轻度	中度	重度
车辙	深度≤15 mm, 无积水	15 mm<深度≤25 mm, 局部积水	深度>25 mm, 影响行车平稳性
裂缝	宽度≤5 mm, 单条长度≤5 m	5 mm<宽度≤15 mm, 网状裂缝面积≤0.5 m ²	宽度>15 mm, 龟裂面积≥1 m ²
沉陷	沉降量≤5 mm, 不影响通行	5 mm<沉降量≤10 mm, 轻微沉降	沉降量>10 mm, 存在安全隐患

病害类型	轻度	中度	重度
		影响通行	患

5.2.3 典型病害对应处治措施简化如表 2 所示, 详细方案按本文件第 6 章执行。

表 2 典型病害分级处治对照表

病害类型	轻度处治措施	中度处治措施	重度处治措施
车辙	雾封层喷洒, 改性乳化沥青用量 0.3 - 0.5 kg/m ²	超薄罩面 (20 - 25 mm), 采用高模量沥青混合料	铣刨重铺 (深度≥4 cm), 回铺 SMA 混合料
裂缝	热熔型灌缝胶灌注, 弹性恢复率≥80%	铣刨表层 3 - 5 cm, 喷洒粘层油后回铺细粒式混合料	铣刨至基层, 基层补强后双层沥青面层铺筑
沉陷	表面找平处理, 局部喷洒粘层油	注浆加固 (压力 0.3 - 0.5 MPa), 注浆饱满度≥95%	注浆 + 超薄罩面组合, 基层破损时同步重建
水损害	冷补混合料填补坑洞, 马歇尔稳定度≥3.0 kN	铣刨面层 5 cm, 基层晾晒后回铺密水性混合料	铣刨至基层, 增设排水层及边缘渗沟

5.3 路况评价与养护需求分析

5.3.1 路面技术状况评价应采用路面技术状况指数 (PQI), 计算方法按 JTG 5210 执行, 车辙与结构强度指标权重应不低于 40%。

5.3.2 养护需求应根据 PQI 确定: $PQI \geq 90$ 的路段应实施预防性养护; $75 \leq PQI < 90$ 的路段应实施局部修复性养护; $PQI < 75$ 的路段应实施全面修复性养护或结构补强。

6 养护方案设计

6.1 一般规定

6.1.1 养护方案设计应基于路况检测与评价结果, 明确养护目标、技术路线、工艺参数及质量控制指标。

6.1.2 养护方案应进行技术经济比选, 选择全寿命周期成本最优的方案; 重载交通密集路段的方案应通过荷载验算。

6.1.3 养护方案应明确施工窗口期, 优先避开重载交通高峰期、极端天气时段, 高速公路养护施工窗口期宜选择在夜间或节假日, 单次封闭作业时长不应超过 6 小时。

6.2 预防性养护方案

6.2.1 微表处适用于路面平整度下降、抗滑性能不足的路段, 厚度宜为 5 mm~8 mm, 混合料动态稳定性≥3000 次/mm, 施工环境温度不应低于 10°C。

6.2.2 稀浆封层适用于路面轻微裂缝、松散病害, 厚度宜为 3 mm~5 mm, 矿料级配应符合 JTG 3410 的规定, 初凝时间≤3 h, 终凝时间≤6 h。

6.2.3 超薄罩面适用于路面轻度车辙、平整度不佳的路段, 厚度宜为 20 mm~25 mm, 应采用高模量沥青混合料, 施工前应对裂缝进行灌缝处理。

6.2.4 雾封层适用于沥青路面早期老化路段, 改性乳化沥青喷洒量宜为 0.3 kg/m²~0.5 kg/m², 喷洒后应封闭交通 2 h~4 h。

6.3 修复性养护方案

6.3.1 铣刨重铺适用于重度车辙、面层破损严重的路段, 铣刨深度应不小于 4 cm, 回铺材料应采用高模量沥青混合料, 压实度≥98%。

6.3.2 就地热再生适用于面层老化、轻度裂缝的路段, 旧料再生利用率应不低于 90%, 再生混合料沥青含量宜为 4.5%~6.0%, 路面平整度指数 (IRI) ≤2.0 m/km。

6.3.3 就地冷再生适用于基层强度尚可的中轻度破损路段, 旧料掺配比例应不低于 80%, 养生期不应少于 7 d, 养生期间禁止重载车辆通行。

6.3.4 注浆加固适用于路面沉陷、基层脱空的路段，注浆压力宜为 0.3 MPa~0.5 MPa，浆液扩散半径应不小于 1.5 m，注浆后应静置 24 h 开放交通。

6.3.5 结构补强适用于路面结构强度不足的路段，沥青加铺层厚度应不小于 6 cm，水泥稳定碎石补强层厚度应不小于 10 cm。

6.4 特殊路段养护方案

6.4.1 长大纵坡路段养护要求如下：

- a) 纵坡坡度 $\geq 3\%$ 且长度 ≥ 500 m 的路段，预防性养护优先采用微表处并增设抗滑构造；
- b) 修复性养护回铺材料应选用动态稳定度 ≥ 6000 次/mm 的高抗车辙沥青混合料，同时在车道外侧增设防滑条，防滑条高度宜为 8 mm~10 mm。

6.4.2 桥面铺装路段养护要求如下：

- a) 桥面养护应采用轻质高强材料，沥青铺装层厚度不宜超过 8 cm，预防性养护采用超薄罩面时需在层间涂刷专用防水粘结层；
- b) 修复性养护不得破坏桥面原有防水层，注浆加固采用低粘度环氧树脂浆液，注浆压力控制在 0.2 MPa~0.3 MPa。

6.4.3 交叉口与收费站路段养护要求如下：

- a) 该类路段应每 1 年开展 1 次专项检测，预防性养护采用稀浆封层并提高骨料耐磨等级（磨耗值 $\leq 28\%$ ）；
- b) 修复性养护采用铣刨重铺，面层采用双层结构，上层为 4 cm 厚 SMA-13 混合料，下层为 6 cm 厚高模量沥青混合料。

6.5 养护时机确定

6.5.1 预防性养护时机应选择在路面性能衰减初期，沥青路面最佳时机为路面技术状况指数(PQI)90~95，水泥混凝土路面为裂缝出现率 $<3\%$ 且平整度指数(IRI) ≤ 1.8 m/km。

6.5.2 修复性养护时机不得晚于路面结构性损坏扩散期。

6.5.3 沥青路面车辙深度超过 20 mm、水泥混凝土路面沉陷超过 8 mm 时，应在 3 个月内启动养护施工。

6.6 养护方案比选

6.6.1 养护方案比选应包含技术可行性、经济合理性、环境友好性及社会影响等维度，比选指标应包括养护效果耐久性、初期投资、年均养护成本、碳排放强度等。

6.6.2 环境友好性评价应重点核算旧料再生利用率、能耗及碳排放，优先选择旧料再生利用率 $\geq 80\%$ 的养护技术。

7 材料要求

7.1 一般规定

7.1.1 养护材料应符合国家现行标准及本文件要求，进场前应提供产品合格证和检测报告，经抽样检验合格后方可使用。

7.1.2 材料运输与存储应采取防护措施，防止受潮、污染或老化。

7.1.3 再生材料应单独存储，不应与新料混杂。

7.2 主体材料性能要求

主体材料核心指标见表 3。

表 3 主体材料核心技术指标表

材料类型	关键指标	要求	检测方法
高模量沥青混合料	动态稳定度	≥ 5000 次/mm	JTG 3410
	冻融劈裂强度比	$\geq 85\%$	JTG 3410
	高温性能等级	\geq PG76-22	JTG 3410

材料类型	关键指标	要求	检测方法
高粘弹改性沥青	针入度 (25°C)	40~60 dmm	JTG 3410
	延度 (5°C)	≥50 cm	JTG 3410
	60°C动力粘度	≥20000 Pa·s	JTG 3410
橡胶沥青	橡胶粉掺量	≥20%	JTG 3410
	软化点	≥60°C	JTG 3410

7.3 再生材料性能

再生材料核心指标见表 4。

表 4 再生材料核心技术指标表

材料类型	关键指标	要求	检测方法
旧沥青路面材料 (RAP)	含水率	≤3%	JTG 3410
	杂质含量	≤2%	手工筛分法
	旧沥青针入度 (25°C)	≥30 dmm	JTG 3410
冷再生混合料	骨料压碎值	≤25%	JTG 3432
	7 d 抗压强度	≥3.0 MPa	JTG 3441

7.4 辅助材料性能要求

辅助材料核心指标见表 5。

表 5 辅助材料核心技术指标表

材料类型	关键指标	要求	检测方法
粘层油 (改性乳化沥青)	粘结强度 (25°C)	≥0.6 MPa	JTG 3450
	喷洒量	0.2 - 0.3 kg/m ²	JTG 3410
热熔型灌缝胶	软化点	≥90°C	JTG 3410
	低温延伸率 (-10°C)	≥150%	GB/T 19250
防水粘结层	拉拔强度 (25°C)	≥1.0 MPa	JTG 3410
	耐水粘结强度保留率	≥85%	JTG 3410

7.5 材料兼容性与耐久性要求

7.5.1 新老材料应具备良好兼容性，再生混合料中旧料与新沥青的配伍性应通过旋转薄膜烘箱老化试验验证，老化后质量损失≤1.2%，残留针入度比≥65%。

7.5.2 不同类型材料组合使用时，应进行界面粘结试验，沥青混合料与水泥稳定基层的界面粘结强度不应低于 0.5 MPa，防止层间滑移。

7.5.3 材料耐久性应满足：沥青混合料的疲劳寿命≥100 万次（应力比 0.5），水泥基材料的抗冻等级≥F200，抗硫酸盐侵蚀等级≥KS12。

8 施工

8.1 施工准备

8.1.1 施工前应进行图纸会审和技术交底，对施工人员进行培训考核；进场设备应经标定合格，备用设备数量不应少于 1 台（套）。

8.1.2 养护作业区应按 JTG H30 的规定布设，重载路段应设置临时称重监测点；施工前应清理路面杂物，预处理病害区域。

8.1.3 施工前应开展试验段施工，试验段长度不应小于 200 m，通过试验段确定最佳施工参数，包括摊铺速度、碾压遍数、注浆压力等，试验段验收合格后方可开展大规模施工。

8.2 施工设备要求

- 8.2.1 沥青混合料摊铺应采用智能摊铺机，具备自动找平、振捣频率可调功能，熨平板宽度宜为3 m~6 m，振捣频率 ≥ 200 Hz。
- 8.2.2 碾压设备应采用重型钢轮压路机(≥ 12 t)与胶轮压路机(≥ 26 t)组合，钢轮压路机应配备自动喷水装置，防止混合料粘轮。
- 8.2.3 注浆施工应采用高压注浆泵，压力调节精度 ≤ 0.05 MPa，流量控制范围0~100 L/min；就地热再生施工应采用红外加热设备，加热温度控制精度 ± 5 ℃。

8.3 施工工艺控制

- 8.3.1 预防性养护施工应避开雨天。
- 8.3.2 微表处、稀浆封层施工温度应不低于10℃。
- 8.3.3 超薄罩面摊铺速度宜为2 m/min~4 m/min，碾压应采用钢轮压路机与胶轮压路机组合作业，碾压遍数不少于4遍，其中初压1遍、复压2遍、终压1遍。
- 8.3.4 修复性养护施工应按“铣刨—清理—粘层油喷洒—摊铺—碾压”流程进行。
- 8.3.5 注浆加固应采用分段注浆工艺，从病害严重区域向轻微区域推进，注浆孔间距宜为1.5 m~2.0 m。
- 8.3.6 核心施工工艺参数控制如表6所示。

表6 核心施工工艺参数控制表

施工类型	关键参数	控制范围	控制要求
就地热再生	加热温度	140℃~160℃	不大于170℃，防止沥青老化
	铣刨深度误差	± 5 mm	再生后摊铺立即碾压
	终压温度	≥ 90 ℃	采用钢轮压路机静压
注浆加固	注浆压力	0.3~0.5 MPa	分3~4次注浆，单次注浆量 ≤ 50 L/m
	浆液初凝时间	30~60 s	水泥-水玻璃体积比1:0.5~1:1
	静置时间	≥ 24 h	注浆后GPR复检饱满度
超薄罩面	摊铺温度	≥ 165 ℃	熨平板预热至100℃以上
	摊铺速度	2~4 m/min	平整度偏差超5 mm处预先找平

- 8.3.7 超薄罩面施工：原路面平整度偏差超过5 mm的部位应预先找平；摊铺时采用专用摊铺机，熨平板温度预热至100℃以上，混合料摊铺温度 ≥ 165 ℃。

8.4 施工环境适应性控制

- 8.4.1 低温施工(环境温度5℃~10℃)时，沥青混合料出厂温度提高10℃~15℃，运输车辆采用保温篷布覆盖，碾压完成后及时覆盖保温毡养护，养护时间不少于48 h。
- 8.4.2 高温施工(环境温度超过35℃)时，避开中午高温时段(11:00—15:00)，混合料运输过程中加装遮阳棚，摊铺后缩短碾压间隔时间，初压温度不宜超过150℃。
- 8.4.3 雨天施工：不应在雨天或路面潮湿时开展沥青混合料施工；水泥类材料施工遇雨时，应立即覆盖防雨布，已浇筑的混合料应采取防雨措施并加速养护。

8.5 施工接缝处理

- 8.5.1 横向接缝应采用垂直切割，切割后清理干净并涂刷粘层油，相邻两幅摊铺接缝重叠宽度为5 cm~10 cm，碾压时先压实接缝处再向中间碾压，接缝处压实度 $\geq 98\%$ 。
- 8.5.2 纵向接缝应采用热接缝施工，前后摊铺间隔时间不应超过2 h，搭接宽度宜为10 cm~15 cm，接缝处平整度偏差 ≤ 3 mm/3 m。

8.6 施工过程质量控制

8.6.1 沥青混合料出场温度应逐车检测，出厂温度偏差 $\leq \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；摊铺温度每 100 m 检测 1 次，低于规定温度时混合料不得使用。

8.6.2 碾压过程应采用智能压实监测系统，实时监控压实遍数、压实温度及压实度，压实度不足区域应及时补压。

8.6.3 注浆加固施工中，浆液配比应每工作班检测 1 次，注浆压力实时记录，每 50 m 检测 1 个注浆饱满度测点，饱满度 $\geq 95\%$ 。

9 质量控制与验收

9.1 一般规定

9.1.1 质量控制应建立“材料—过程—成品”全过程体系，实行“自检—互检—交接检”三级检验制度，上道工序不合格不得进入下道工序。

9.1.2 工程验收分为分项工程验收、分部工程验收和竣工验收，验收合格后方可开放交通。

9.2 材料质量控制

材料进场抽样检测比例不应低于 5%，关键材料（如改性沥青、再生混合料）抽检合格率应达到 100%；混合料配合比调整应经监理单位批准。

9.3 施工过程质量控制

9.3.1 沥青路面压实度应实时检测，每 2000 m² 不应少于 1 个测点；平整度应采用连续式平整度仪检测，每车道每 1 km 检测 1 次，IRI $\leq 2.0 \text{ m/km}$ 。

9.3.2 注浆加固施工的注浆饱满度每 50 m 检测 1 个测点；结构补强施工的基层压实度每 1000 m² 不应少于 1 个测点，强度检测每批次不应少于 3 组。

9.4 工程质量验收

9.4.1 验收内容包括外观质量、实测项目及资料完整性；外观质量应无明显病害，色泽均匀，边线顺直，接缝平顺。

9.4.2 实测项目合格率应达到 100%，关键指标不得有不合格项，具体要求见表 7。

表 7 重载交通公路路面养护工程实测项目验收标准

项目	验收标准	检测方法
沥青路面压实度	$\geq 98\%$ （实验室标准密度）	JTG 3450
国际平整度指数（IRI）	$\leq 2.0 \text{ m/km}$	JTG 3450
车辙深度	$\leq 15 \text{ mm}$	JTG 3450
注浆饱满度	$\geq 95\%$	探地雷达检测
抗滑性能（BPN）	≥ 50	JTG 3450

9.4.3 验收资料应包括设计文件、施工记录、检测报告及竣工图，归档保存期限不应少于 10 年。

10 安全、环保与长期性能监测

10.1 安全作业

10.1.1 养护作业区应按 JTG H30 的规定设置警告区、过渡区、缓冲区、作业区及终止区，标志标牌应规范清晰，重载路段作业区长度应增加 20%。

10.1.2 施工人员应穿戴反光防护服和安全帽。

10.1.3 夜间施工应增设警示灯与反光标识。

10.1.4 临时用电及机械作业应遵守安全操作规程。

10.2 环境保护

10.2.1 施工区域应采取洒水降尘、物料覆盖等措施，作业区周边大气总悬浮颗粒物（TSP）浓度应不

大于 0.5 mg/m^3 。

10.2.2 旧路面材料应优先再生利用，不可再生废弃物应分类处置。

10.2.3 施工废水应经沉淀达标后排放，悬浮物含量 $\leq 30 \text{ mg/L}$ 。

10.2.4 夜间 22:00 至次日 6:00 宜不进行高噪声作业（噪声 $\geq 85 \text{ dB}$ ）；养护工程单位能耗宜较传统工艺降低 10% 以上，碳排放强度 $\leq 80 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ 。

10.3 长期性能监测

10.3.1 监测项目应包括路面弯沉值、PQI、车辙深度、裂缝发展速率及抗滑性能，同步记录交通量与荷载数据。

10.3.2 监测频率：竣工后第 6 个月和第 12 个月各监测 1 次；竣工后每年监测 1 次；PQI 年下降速率 >5 时，应启动专项监测。

10.3.3 应建立数字化监测平台，存储监测数据并动态分析，基于监测结果优化养护策略；监测数据保存期限不应少于路面剩余设计使用寿命。
