中 国 公 路 建 设 行 业 协 会 标 准

## T/CHCA xxx-xxxx

半刚性基层沥青路面反射裂缝

注浆修复技术规程

## Technical specification for grouting repair of semi-rigid base asphalt pavement reflection cracks

（征求意见稿）

## 2025-xx-xx 发布 2025-xx-xx 实施

中国公路建设行业协会 发布

中国公路建设行业协会标准

半刚性基层沥青路面反射裂缝

注浆修复技术规程

Technical specification for grouting repair of semi-rigid base asphalt pavement reflection cracks

T/CHCA xxx-202x

主 编 单 位：四川省交通勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：四川遂广遂西高速公路有限责任公司

四川省交通建设集团股份有限公司

河南万里交通科技集团股份有限公司

实施日期：202x年xx月xx日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

本规程按照《公路工程标准编写导则》（JTG A04）给出的规则起草。

本规程共分6章、2个附录。主要内容包括：1 总则；2 术语；3路面检测和评价；4注浆材料；5注浆施工；6质量控制与验收。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人：曹明明(地址：四川省成都市武侯区洗面桥横街26号，邮编：610041，电话：18080148115，电子邮箱：707360021@qq.com），以便下次修订时参考。

主 编 单 位：四川省交通勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：四川遂广遂西高速公路有限责任公司

四川省交通建设集团股份有限公司

河南万里交通科技集团股份有限公司

主编人员：黄晚清 曹明明

主要参编人员：。

目 次

[1 总则 1](#_Toc188043256)

[2 术语与符号 1](#_Toc188043257)

[2.1 术语 1](#_Toc188043258)

[2.2 符号 1](#_Toc188043259)

[3 路面检测和评价 2](#_Toc188043260)

[3.1 一般规定 2](#_Toc188043261)

[3.2 路面反射裂缝特征的无损测试 2](#_Toc188043262)

[3.3 路面反射裂缝病害测试报告 3](#_Toc188043263)

[4 注浆材料 3](#_Toc188043264)

[4.1 一般规定 3](#_Toc188043265)

[4.2 技术要求 4](#_Toc188043266)

[5 注浆施工 5](#_Toc188043267)

[5.1 一般规定 5](#_Toc188043268)

[5.2 注浆设备和机具要求 5](#_Toc188043269)

[5.3 注浆施工工艺 5](#_Toc188043270)

[6 质量控制与验收 7](#_Toc188043271)

[6.1 一般规定 7](#_Toc188043272)

[6.2 施工质量验收 7](#_Toc188043273)

[附录A注浆试件界面剪切强度试验方法 9](#_Toc188043275)

[附录B反射裂缝注浆修复效果的多支点FWD测试法 10](#_Toc188043276)

[本规程用词用语说明 13](#_Toc27786)

**1 总则**

1.0.1 为提高沥青路面半刚性基层反射裂缝修复效果，规范半刚性基层反射裂缝非开挖注浆施工，提高修复效果，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路、市政道路等沥青路面半刚性基层反射裂缝非开挖注浆快速修复工程，路面基层顶部未出现严重脱空、松散等病害，不适用于含级配碎石过渡层的倒装式沥青路面。

1.0.3 半刚性基层沥青路面反射裂缝注浆修复设计应考虑社会、环境与经济效益的协调统一，遵循和体现以人为本、资源节约、环境友好，满足沥青路面的使用性能与安全的设计原则。

1.0.4 半刚性基层沥青路面反射裂缝注浆修复的检测、设计、施工及验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

#

**2 术语**

2.1.1 路面反射裂缝注浆修复技术 pavement reflection cracks grouting repair technology

在一定压力下，将双组分改性聚合物材料自下而上对路面内部裂缝进行填充修复的一种路面深层病害处治方式。

2.1.2 横缝密集度 intensity of horizontal cracks

横缝数量与调查路段长度的比值，单位：条/100m。

**3 路面检测和评价**

3.1 一般规定

3.1.1 施工前应对沥青路面的基本情况进行调研，包括气候条件、路面结构层厚度、历年路况检测数据、路面维修养护历史和交通量等数据。

3.1.2 半刚性基层沥青路面反射裂缝注浆修复施工前，应对沥青路面裂缝病害调查：

1 逐条检查裂缝外观，记录裂缝类型、桩号、车道、方向、裂缝长度、裂缝宽度、裂缝特征；

2 调查裂缝周边的支缝、沉陷、龟裂等病害。

3 计算横缝密集度。

3.1.3 应采用探地雷达、FWD等无损检测方法，在施工前进行注浆方案验证，施工中进行施工质量控制，施工结束后进行工程质量验收。

3.1.4 注浆前应对典型病害点进行钻芯取样，观察基层芯样完整性，记录是否存在松散夹层、脱空等缺陷，宜采用内窥镜辅助观测孔内情况。同时，测试基层无侧限抗压强度、沥青面层试样劈裂强度（含冻融劈裂强度）等强度。

3.2 路面反射裂缝特征的无损测试

3.2.1 路面反射裂缝病害无损检测宜使用落锤式弯沉仪、探地雷达、超声仪、道路病害检测机器人等无损检测设备。

3.2.2 应采用探地雷达对裂缝进行逐条检测，结合钻芯取样结果，确定半刚性基层裂缝发展深度及其隐性病害状况，必要时可以借助工业内窥镜、道路病害检测机器人等手段对路面损害情况及内部隐性病害情况进行全面精准检测。

3.2.3 路面结构内部状况精细化检测时，宜采用手持式检测方式，速度不高于5km/h。测线的布设方向，应垂直于目标体的走向。采用探地雷达距离触发连续采集方式时，应对测距轮进行标定。现场探测时应及时校正仪器记录桩号，使其与实际公路桩号保持一致。

3.2.4 探地雷达检测不得在环境温度低于-20℃、高于50℃，环境湿度高于90%以及雨雪天、路面潮湿时作业。

3.2.5 对于一个车道，2D 地质雷达的检测线为左右轮迹带、车道的中线位置，采用 3D 雷达时探测宽度应能覆盖左右轮迹带。同时，应分析雷达图像，描绘缺陷类型，并钻孔取芯对比验证。

3.2.6 应采用多支点FWD测试法测试（附录B）路面反射裂缝两侧弯沉盆，判断路面结构承载能力；通过分析弯沉盆特性，大致确定缺陷存在的层位。

3.2.7 落锤式弯沉仪位移传感器总数应不少于7个，承载板直径为300mm，冲击荷载为50kN±2.5kN，每个测点重复测试应不少于3次。

3.3 路面反射裂缝病害测试报告

3.3.1 路面反射裂缝病害测试报告应包括：检测项目、检测方法、采用的仪器和设备、工作参数、测点（线）布置、检测数量、检测结果、原始数据、检测结论等。

3.3.2 路面反射裂缝病害测试应进行平面分布检测和竖向分布检测，注明病害平面位置、裂缝病害特征、单条裂缝病害长度、裂缝病害总长度、病害层位、竖向坐标等。

3.3.3 探地雷达检测过程应记录测区、标段、测线号、测量方向、测线的起始桩号、天线类型，并随时记录可能对检测产生电磁影响的其他构造物（如桥梁、涵洞、隧道等）。

3.3.4 落锤式弯沉仪报告应记录测试路段信息（桩号等）、测试弯沉时路表温度、弯沉盆数据、注浆前后同一点位弯沉盆数据对比值。

3.3.5 检测报告应统计分析每处深层病害的程度、范围，查明裂缝病害深度，分清基层顶部是否存在松散、脱空等病害，判断病害成因，明确缺陷类型、缺陷范围和适于注浆修复裂缝编号。

**4 注浆材料**

4.1 一般规定

4.1.1 注浆材料进场使用前应提交质量合格证书、检测报告等，注浆材料应放置在避光、阴凉、通风处储存，不同组分材料贮存容器不得混用。

4.1.2 注浆材料应具有适宜的渗透性、流动度、凝结时间，硬化后强度应满足设计要求。

4.1.3 路面反射裂缝非开挖注浆处治修复宜选用不收缩或微膨胀类高分子材料，其应具有良好的粘结性高，能与沥青面层和基层有效结合形成整体，且应具有良好的弹性，能适应沥青路面温缩变形。

4.2 技术要求

4.2.1 路面反射裂缝非开挖注浆材料宜选用双组分高分子材料，A、B组分的技术要求分别应符合表4.2.1-1、表4.2.1-2的规定。

表4.2.1-1 注浆材料A组分技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 外观 | — | 均匀 | 目测 |
| 黏度（25℃） | Pa.s | ≤5.0 | GB/T 22314 |
| 密度（25℃） | g/cm3 | 1.05～1.50 | GB/T 15223 |

表4.2.1-2 注浆材料B组分技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 外观 | — | 均匀 | 目测 |
| 黏度（25℃） | Pa.s | ≤1.0 | GB/T 22314 |
| 密度（25℃） | g/cm3 | 1.05～1.20 | GB/T 15223 |

4.2.2 A、B组分合成后形成的聚合物技术要求应符合表4.2.2的规定。

表4.2.2 反射裂缝非开挖注浆材料技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 密度 | kg/m3 | 1000～1400 | GB/T 15223 |
| 反应时间（25℃） | 秒 | 20～100 | GB/T 22314 |
| 完全固化时间（25℃） | h | ≤72 | JT/T 280 |
| 粘结强度（25℃） | MPa | ≥1.0 | JG/T 24 |
| 界面剪切强度（25℃） | MPa | ≥1.0 | 附录A |
| 界面剪切强度（40℃） | MPa | ≥0.5 | 附录A |
| 弹性伸长率 | % | ≥20 | GB/T 1040 |
| 耐化学腐蚀 | -- | 不溶解于化学药品（酸、碱） | GB/T13353 |
| 阻燃性 | -- | 空气中难燃 | GB/T2406 |

**5 注浆施工**

5.1 一般规定

5.1.1 注浆材料配方设计应考虑施工气候和服役气候特征的影响，选择适宜的注浆材料；宜在气温较低时施工，雨雪天不得作业。

5.1.2 施工作业面应清洁干净，裂缝周围不应有杂物，施工过程应做好防污染措施。

5.1.3 路面反射裂缝非开挖注浆处治修复方案应通过试验路验证，通过弯沉、雷达、钻芯取样，或其他无损检测方法评价注浆修复效果，确定布孔间距、钻孔深度、密封深度和注浆压力等参数。

5.1.4 作业过程应远离火源。

5.2 注浆设备和机具要求

5.2.1 注浆设备和机具宜包括钻机、高压裂缝注浆设备、料桶、发电机、空压机、吸尘器等。

5.2.2 为保证裂缝注浆施工质量，裂缝注浆设备应具有智能控制系统，主要有压力自动控制系统、配比自动控制系统、智能加热控制系统等。

5.2.3 集成式注浆设备的性能应与注浆材料类型相适应，灌注泵的额定工作压力宜大于注浆压力的1.5倍。

5.2.4 施工前，应对施工设备进行全面检查，确保施工设备满足施工要求。注浆帽应与注浆枪、注浆孔孔径相匹配，并易于安装和拆除。

5.2.5 注浆的计量器具，如压力表、流量计等应经过校核或标定，确保计量准确和正常使用。

5.3 注浆施工工艺

5.3.1 注浆施工工艺流程：裂缝检测→施工放线→钻孔→清孔→注浆管埋设→安装注浆帽→注浆作业→封堵注浆孔→作业面清理→开放交通。

5.3.2 施工前应清扫路面、清理裂缝内杂物，采用大功率吹风机清除施工路段杂物，用高压气枪清理裂缝中的杂物。

5.3.3 施工放线应符合下列规定：

1 注浆孔应沿路面反射裂缝延伸方向布设于裂缝位置上，相邻两钻孔之间的长度应根据试验段注浆效果确定，孔间距宜为30~50cm。

2 根据布孔间距，采用便携式探地雷达检测基层裂缝所在位置，采用与路面颜色相差较大的喷漆或记号标记打孔位置。钻孔孔位应以裂缝为中心，垂直误差不大于5 mm。

5.3.4 钻孔及清孔应符合下列规定：

1 根据路面结构及病害发展层位确定钻孔深度，钻孔深度应与裂缝发展层位等同或采用“深浅交替”控制原则，浅孔应深入上基层至少2cm，深孔应深入裂缝所在层以下至少2cm；

2 选用长度合适的螺旋钻杆，钻头直径宜为20mm。

3 钻孔角度应与裂缝垂直。

4 钻孔结束时应再反复回钻几次，保证孔中的灰尘能够尽量排出。

5 在钻孔后对孔深、间距进行检查，当孔深不满足要求时应补钻，保证孔深满足设计要求。钻孔后宜采用内窥镜观测注浆孔外观，记录孔壁密实和脱空情况。

6 钻孔过程中应及时采用吹风机或吸尘器等吸除孔内及表面灰尘。成孔后对孔内应再次吸除。

7 钻孔时产生的芯样和孔渣应用盛样容器装好，待注浆完工后进行集中统一处理，禁止随意乱丢，以免堵塞边沟。

5.3.5 注浆管埋设应符合下列规定：

1 根据路面面层厚度确定注浆管的长度，其长度应足以满足防止注浆材料进入沥青层间，对沥青面层进行破坏。

2 注浆管可采用2cm直径的PVC管等.尺寸应与钻孔尺寸相匹配。

3 注浆管埋设过程应保证其完好无损。

条文说明：钻孔深度采用“深浅交替”控制原则时，注浆管埋设深度应满足：浅孔埋设至沥青下面层中部，深孔应埋设至上基层顶部。

5.3.6 安装好注浆管后应安装注浆帽，把注浆帽凹型边缘使用专业工具清理干净，以便与注射枪更好的结合，注料帽与输料管应紧密结合。

5.3.7 注浆作业应符合以下规定：

1 注浆应按照应先注高处孔、再注低处孔，依次向前推移的顺序进行。

2 注浆设备应具有检测压力及流量的功能；注浆前，先关闭注浆管阀门，注浆压力宜为3~7MPa（实际压力应根据试验段确定），输送到设定值后，停止输送，稳压15s。

3 注浆时，先采用较低的灌浆压力进行试灌，然后逐渐增大灌浆压力。

4 注浆过程中路面出现拱起迹象时，应立刻停止注浆，然后向前间隔两个孔位继续注浆。待注浆固化后,再对两个跳孔进行注浆；宜采用智能设备监测路面隆起情况。

5.3.8 当出现下列现象之一时应结束注浆：

1 注浆压力大于设定压力；

2 出现裂缝溢浆、邻孔窜浆、注浆孔溢浆；

3 注浆帽弹起；

4 裂缝变宽、出现新的微裂缝；

5 注浆作业中，将3m直尺放置于正在注浆孔一侧，当塞尺间隙变化>3mm时,应立即停止注浆。

5.3.9 注浆完成后拔出注浆针头，采用楔形软木塞封孔，3min~5min后拔出软木塞。

5.3.10 作业面清理应符合以下规定：

1 注浆结束后应及时清除路表溢出的注浆材料。

2 采用冷补料或密封胶等材料将钻孔孔洞和路面取芯孔洞进行修补。

3 对溢浆及孔洞表面涂刷乳化沥青。

5.3.11 待注浆材料形成强度后即可恢复交通，养生时间应不小于30min。

**6 质量控制与验收**

6.1 一般规定

6.1.1 施工验收应在注浆材料强度形成后进行，并及时进行注浆修复效果测试，验收不合格的注浆点应进行补注，直至达到质量验收标准。

6.1.2 注浆过程中，应对现场稳压封孔时间进行控制，确保注浆整体质量满足技术要求。

6.1.3 对注浆修复后的路面进行外观检查，路面外观洁净，无新增裂缝，注浆孔应填满并与原路面齐平，平整无隆起，注浆孔浆液饱满。

6.2 施工质量验收

6.2.1 对注浆修复后的路面应进行钻孔取芯，观测芯样浆液修复情况，若裂缝灌注密实，则达到注浆修复效果。

6.2.2 对注浆修复后的裂缝逐条采用落锤式弯沉仪（FWD）进行弯沉检测，如果达到设计要求，则达到注浆修复效果。

6.2.3 对注浆修复后的裂缝逐条采用探地雷达检测，对比注浆前后地质雷达检测图像存在的差异，判断注浆修复效果。

6.2.4 注浆施工过程质量控制应满足表6.2.4的要求。

表6.2.4 实测项目检测要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | 规定值或允许偏差 | 检验频率 | 检查方法 |
| 1 | 钻孔位置偏差（cm） | ±5 | 全部检测 | 钢卷尺测量 |
| 2 | 钻孔深度偏差（cm） | 设定值+5 | 全部检测 | 钢卷尺测量 |
| 3 | 注浆管深度（cm） | 设定值+3 | 全部检测 | 钢卷尺测量 |
| 4 | 外观 | 注浆孔洞封闭且填料与路面基本平齐，路面清洁无杂物 | 全检 | 目测 |

6.2.5 注浆施工质量检验应符合表6.2.5的规定。

表6.2.5 质量检验

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 单位 | 技术要求 | 检验频率 | 检验方法 |
| 外观 | — | 表面平整、无明显凸出或凹陷、无污染 | 全检 | 目测 |
| 平整度 | mm | 不低于原路面平整度要求 | 全检 | 三米直尺 |
| 渗水系数 | mL/min | ≤120 | 总裂缝的5%，每道缝3个点 | JTG E60 T 0971 |
| 芯样修复合格率a | % | 芯样完整、密实、无空隙，≥80 | 总裂缝的5%，每道缝1个点 | 附录C |
| 弯沉 | 0.01mm | 弯沉值下降率≥20%，且弯沉代表值不大于设计弯沉 | 全检 | 附录B |
| 沥青面层冻融劈裂强度比 | % | ≥75 | 分层试验，不少于1组 | T0729 |
| 抗压强度恢复率b | % | ≥70 | 分层试验，不少于1组 | T0805 |
| 备注：a合格芯样判定依据：芯样修复合格率为注浆材料填充范围超过裂缝长度的80%的芯样数量占芯样总数量的比例。取芯过程中宜选用150mm的钻头。b抗压强度恢复率为裂缝注浆处芯样的抗压强度与路面完好处芯样的抗压强度之比。 |

**附录A注浆试件界面剪切强度试验方法**

A.1适用范围

A.1.1 本方法适用于注浆试件界面剪切强度测试。

A.2试验仪器

A.2.1 试验机宜采用有伺服系统的万能试验机，荷载由传感器测定，最大荷载应满足不超过其量程的80%且不小于量程的20%的要求，分辨率为0.01kN；同时应配有环境保温箱，控温准确至±0.1℃。

A.2.2 钢板厚度宜为5~12mm。

A.3试件制备

A.3.1 按JTG E20规范要求成型马歇尔试件后居中切成上下两个部分后，自然风干，以实现切割面表面清洁、干燥，无污染物。

A.3.2 将上、下两个部分试件固定在专用模具上后，向缝隙（无特别说明时，采用3mm）内灌注注浆材料，确保注浆材料灌满缝隙且密实，并在常温条件下放置至固化。

A.3.3 评价现场路面反射裂缝注浆修复效果时，采用现场注浆后的钻芯取样试件。

A.3.4 每组试验至少要求4个试件。

A.4试件步骤

A.4.1 将4个试件在要求试验温度条件下保温 4h±1h，然后将试件取出，放入压力试验机，采用直剪试验夹具，确保剪切面位于裂缝界面上，试件取出后尽快开动试验机开始试验。试验加载速度为 10mm/min，直至试件界面破坏。

A.4.2 记录试验过程的最大破坏荷载及滑移位置。

A.5 结果计算

A.5.1 剪切强度按式（A.5-1）计算：

P=F/A （A.5-1）

式中：P—剪切强度，MPa； F—拉拔力，N； A—粘结面积，mm2。

A.5.2 每组试验选择四个试件进行，去除四个数据中偏离平均值最大的值，取三个试件的平均值作为测量值，精确到 0.01MPa。

**附录B****反射裂缝注浆修复效果的****多支点FWD测试法**

B.1适用范围

B.1.1 本方法适用于现场采用FWD测试反射裂缝注浆修复前后裂缝两侧的路面弯沉盆。

B.2试验仪器

B.2.1 落锤式弯沉仪技术要求同《落锤式弯沉仪》（JT/T 1125-2017）。

B.2.2 落锤式弯沉仪位移传感器总数应不少于7个，且应包括0mm、30mm、60mm、90mm等位置。

B.2.3 承载板直径为300mm，冲击荷载为50kN±2.5kN，每个测点重复测试应不少于3次。

B.3方法与步骤

B.3.1 将FWD牵引至测试裂缝处，输入测试位置信息，设定好状态参数。并用红油漆标出承载板加载点，注浆前后测试定位重合。

B.3.2 将承载板中心位置对中第一个测点（裂缝前侧15mm处），测点一般布置在车道轮迹带处。落下承载板，放下弯沉检测装置的各传感器，测试此处弯沉盆，具体测试步骤同T 0953规定。



**图B-1 测点布设图**

B.3.2 将承载板中心位置对中第二个测点（裂缝后侧15mm处），其余传感器大多与测试第一个测点时传感器位置重合，重复上述步骤测试此处弯沉盆。

B.3.3 依次将承载板中心位置对中第3~7个测点，测试相应弯沉盆。

B.4数据处理

B.4.1 舍去承载板中心位移传感器的首次弯沉盆测试值，计算其后几次弯沉盆测试值的平均值作为该测点的弯沉盆。

B.4.2 按照《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2017）的规定，对弯沉值进行温度修正。

B.4.3 根据多支点FWD测试结果，结合各点弯沉盆形状和测值判断反射裂缝注浆修复前后弯沉盆的影响范围，分析裂缝影响范围和修复效果。

**本规程用词用语说明**

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4） 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

2 引用标准或规程的用语采用下列写法：

1） 在规程总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；

2） 在规程条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应 符合《××××××》（×××）的有关规定”；

3） 当引用本规程中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应 符合本规程第×.×的有关规定”、“应符合本规程×.×.×的要求”、“应符合本规程第×.×.×的有关规定” 或“应按本规程第×.×.×的有关规定执行”等。