

# 基于新型网状密封抗裂结构材料的坑槽修补技术

郑刚, 张健

(上海浦江桥隧运营管理有限公司, 上海市 430048)

**摘要:** 基于新型网状密封抗裂结构材料的坑槽修补技术, 结合对某重载高速公路沥青路面的典型坑槽病害的分析应用, 提出新型网状密封型维修技术施工工艺。根据对材料测试和应用跟踪测试的研究发现, 技术的重点材料新型网状密封抗裂结构材料相较于使用传统土工布材料在拉拔性能、剪切性能和抗水损害性能上有显著优势, 该技术具有实施方便、耐久性好等优点, 对于重载交通的高速公路具有较好的适用性。同时, 该研究也为路面维修技术突破单一材料改性实现综合结构提升的思路转变提供了借鉴。

**关键词:** 重载沥青路面; 坑槽维修; 成因分析; 新型网状密封抗裂结构材料

**中图分类号:** U416

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2025)07-0368-04

## Pit-groove Repair Technology Based on New Type of Mesh Sealing Anti-cracking Structural Material

ZHENG Gang, ZHANG Jian

(Shanghai Pujiang Bridge and Tunnel Operation Management Co., Ltd., Shanghai 430048, China)

**Abstract:** Based on the pit-groove repair technology of the new-type mesh sealing anti-cracking structural material, combined with the analysis and application of the typical pit and groove diseases on the asphalt pavement of a heavy-duty expressway, the construction process of the new-type mesh sealing repair technology is proposed. According to the research on material testing and application tracking testing, it is found that the key material of the new-type mesh sealing anti-cracking structural material of the technology has the significant advantages in pull-out performance, shear performance and water damage resistance compared with the use of traditional geotextile materials. This technology has the advantages of convenient implementation and good durability, and has good applicability for expressways with heavy traffic, which also provides a reference for the transformation of the idea of pavement maintenance technology from breaking through single material modification to realizing comprehensive structural improvement.

**Keywords:** heavy-load asphalt pavement; pit-groove repair; cause analysis; new-type mesh sealing anti-cracking structural material

## 0 引言

高速公路建成通车后, 车流量逐年增加, 货车占比增高<sup>[1]</sup>。大流量沥青路面在交通量大、重载交通比例极高的情况下极易出现坑槽等路面病害<sup>[2-13]</sup>。高速公路沥青路面上面层是与通行车辆直接接触的路面结构, 上面层平整度等指标对车辆的正常通行和对驾驶人员的舒适性至关重要<sup>[14]</sup>。更重要的是, 行车道沥青路面一旦出现大量坑塘, 将严重影响行车的速度与安全, 甚至造成行车安全事故<sup>[15]</sup>。

传统沥青路面坑槽修补技术包括冷补法、热补法、喷射修补法等<sup>[16-30]</sup>, 存在强度低、成本高、污染环境等缺陷<sup>[31]</sup>。因此, 研究开发一套可实施性较为完善的沥青路面坑塘快速修补技术方法供高速公路应急维修, 缩短维修时间, 降低维修成本, 并且对社会意义重大。本项目在对网状密封材料优选与现场施工技术研究的基础上提出了基于新型网状密封抗裂结构材料的坑槽修补技术, 为路面维修技术突破单一材料改性实现综合结构提升的思路转变提供了借鉴。

## 1 新型网状密封抗裂结构材料研究

### 1.1 试验原材料

新型网状密封型维修技术是在冷补料维修的基础上, 铺设一层经过专门设计自主研发的新型网状密

收稿日期: 2024-12-12

作者简介: 郑刚(1973—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路养护工作。

通信作者: 张健(1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路养护工作。电子邮箱: zhjian0821@163.com

封抗裂结构材料。本研究制备的新型网状密封抗裂结构材料的铺设可以帮助冷补料形成整体性,并具有防水作用,从而可以有效提升坑槽修复技术的耐久性。

本节对新型网状密封抗裂结构材料的抗拉、抗剪以及抗水损害性能进行分析,并以传统聚酯玻纤布作为对比。两种材料的基本性能参数见表 1。

表 1 不同覆盖材料基本物理性能

| 材料种类         | 密度/<br>( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) | 拉伸强度/<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) |      | 断裂<br>延伸率/% |      |
|--------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|------|-------------|------|
|              |                                         | 横向                                         | 纵向   | 横向          | 纵向   |
| 聚酯玻纤布        | 351                                     | 9.4                                        | 8.1  | 15.9        | 16.1 |
| 新型网状密封抗裂结构材料 | 3 617                                   | 27.7                                       | 28.1 | 20.1        | 22.0 |

1.2 试件制备方案与测试方案

在 10 cm 高模具中成型 5 cm 水泥混凝土板,养护 28 d 强度形成后,均匀撒铺 0.8 ~ 1.2  $\text{kg}/\text{m}^2$  普通冷补沥青黏结层,再分别铺设聚酯玻纤布和新型网状密封复合贴,同时设未加铺覆盖材料的对比试件。铺设时要求材料无褶皱、转向且与黏结层沥青充分粘结,采用轮碾法成型 5 cm 沥青混合料得测试试件。对复合试件取芯  $\phi 10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ ,进行 20  $^{\circ}\text{C}$  拉拔和 45 $^{\circ}$  斜剪试验。仿效冻融劈裂试验条件处理后,再次进行上述拉拔、剪切试验以验证抗水损害性能。

1.3 试验结果及分析

1.3.1 拉拔试验

图 1 展示了三种加铺材料的抗拉性能,其中新型网状密封抗裂结构材料的试件的抗拉强度为最高,比未加铺、加铺聚酯玻纤布的方式高 69.8%、38.3%。图 2 展示的剪切试验的试验结果和拉拔试验的结果相吻合,同样是新型网状密封抗裂结构材料的试件的抗剪切强度最高,比未加铺、加铺聚酯玻纤布的方式高 64.4%、32.0%。

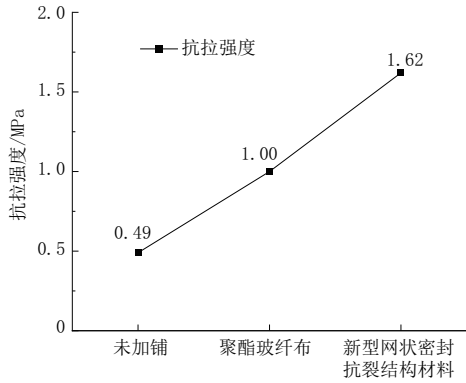


图 1 不同加铺材料下的拉拔强度

这是因为新型网状密封抗裂结构材料底部存在高粘层能够与试件紧密联合,并且其内部存在沥青

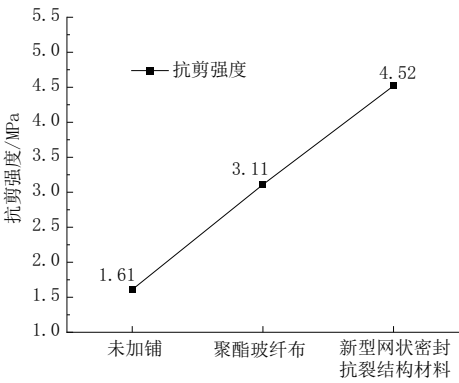


图 2 不同加铺材料下的抗剪强度

层,在温度、荷载作用下沥青能够渗透入试件并与之粘合,从而使得整体抗拉、抗剪切强度更好。

1.3.2 抗水损害性能

图 3 显示无论是拉拔强度还是剪切强度,冻融后其强度都发生了较大的削弱,新型网状密封抗裂结构材料削弱程度最小,其拉拔强度降低了 25.9%,剪切强度降低了 20.8%。

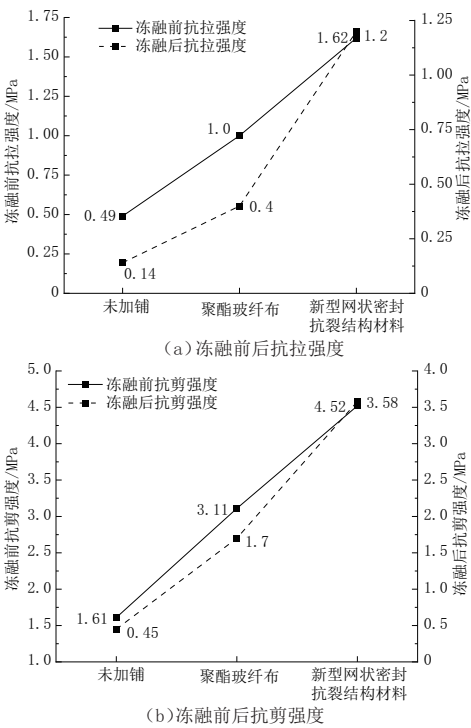


图 3 不同加铺方式下抗水损害性能

新型网状密封抗裂结构材料具有优异的抗拉拔、抗剪切和抗水损害性能,其的铺设可以帮助冷补料形成整体性,并具有防水作用,从而可以有效提升坑槽修复技术的耐久性。

2 新型网状密封型维修技术施工工艺与应用

2.1 新型网状密封型维修技术施工工艺

新型网状密封型维修技术整个施工作业的技术

流程相对简单,由几个前后相续的步骤紧密结合而成,主要包括了:坑槽周边松散集料的清理、吹风机清扫坑塘、沥青冷补料修补、粘贴网状密封抗裂织物、压实后开放交通。具体作业流程结合坑槽实际修复过程,其具体步骤和施工作业时间见表2。

表2 新型坑槽维修技术施工作业时间分解

| 作业内容              | 作业时间   |
|-------------------|--------|
| 铁镐除去坑塘周边松散集料      | ①2 min |
| 吹风机清扫坑塘           | ②1 min |
| 刷黏层油并用沥青冷补料修补     | ③2 min |
| 夯实                | ④2 min |
| 裁剪新型网状密封抗裂结构材料并粘贴 | ⑤2 min |
| 压实                | ⑥1 min |

通过现场实施工程的维修发现本技术施工作业时间可控,能够控制在10 min左右完成一个普通的坑槽修复工作。

此外,在新型网状密封型维修技术施工工艺的实地应用过程中发现,该工艺在实施过程中需要注意以下几个方面:

(1)需要在环境温度10~35℃(推荐25℃以上)的条件下施工,以保证冷补料容易摊铺压实以及网状密封材料与路面的粘结;应选择在干燥、无雨的天气进行施工,避免在雨天或潮湿的环境下施工,以免影响土工布与路面的粘结效果。

(2)土工布的边缘应超出坑槽边缘至少30 cm,以保证修补效果。

(3)将土工布平整地铺设在路面上,不得有褶皱、卷曲或重叠现象。可以使用工具如扫帚、刮板等将土工布轻轻压平,使其与路面紧密贴合。

(4)当需要拼接土工布时,搭接宽度应不小于10 cm。搭接处应采用专用的粘结剂或热焊接等方式进行连接,确保连接牢固。

2.2 新型网状密封型维修技术应用

本研究将新型网状密封型维修技术应用于上海某重载高速公路以验证其优异的效益。对该重载路面坑槽原因调查与分析发现,出现坑塘病害的主要原因有以下几种:(1)行驶车辆轮胎泵吸;(2)路面老化雨水侵蚀;(3)路面修补处压实度不足;(4)其他原因,如由于铁器、石料砸划伤,日渐形成坑塘等。

本文针对上述病因的25个点位的坑塘病害进行处置,经过一个完整雨季的应用发现,路面使用耐久性得到大幅度提升。其中图4展示了部分病害处置前的病害情况。所展示的路面病害的形成原因包括雨水损害、路面压实度不足、行车重载、石料砸划伤

等,病害破损严重。

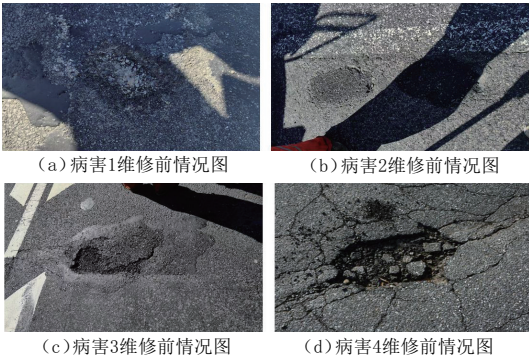


图4 部分病害处置前病害情况

通过使用新型网状密封型维修技术对上述病害进行维修,路面病害得到了很好地解决。修补后的路面通行能力和行车舒适度大幅提高。

经6个多月对采用新型网状密封型维修技术修补的坑塘发展情况的跟踪,发现通过快速修补的坑塘未有破坏,且周边未有反射裂缝,抽查质量合格率至97%。从图5可以看出,修补部位完整性高,即使新型网状密封抗裂结构材料发生变形或者移位,修补位置仍可以依靠压实的冷补料保证行车道的平整。

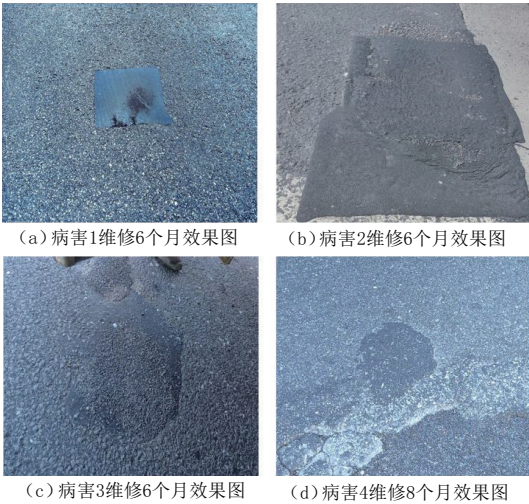


图5 部分病害维修6个月及以上后效果示意图

此外,车辆轮胎泵吸产生的坑塘经本工法快速修补后,返修率仅为1%,发生破坏的主要原因在于现场施工粘贴的新材料尺寸过小等,导致新材料边角再次发生坑塘,二次修复后该坑塘至今未发生损坏,耐久性良好;另外路面老化开裂、雨水冲刷形成的坑塘类病害经新工法快速修补后,返修率仅为2%,究其原因因为路面的老化,加之雨水的冲刷侵蚀,在其他区域发生裂缝延伸到修补坑塘处,以致坑塘病害发展加重,经对附近坑塘、裂缝等病害处理后,该处坑塘病害得到抑制。

新型网状密封型维修技术不仅解决了使用冷补料容易出现夯压不实,填补效果不持久的问题,同时能有效防止反射裂缝,延长路面使用寿命,保持路面平整坚韧、美观耐用。新型网状密封型维修技术在坑塘病害的修补过程无需专用工具设备,施工工艺简单。由于该方法操作极为方便,与传统的坑塘切缝处理工艺相比大大提高了工作效率,同时在修补操作完毕后即可立即开放交通,节省了大量辅助的施工材料、设备支出和人员费用。此外,因为施工周期短,有效节约施工成本,无需开槽施工和的养护,使用新型网状密封型维修技术对路面病害问题维修能够减少因封闭交通造成的损失,进而达到良好的经济效益和社会效益。

### 3 结 语

本研究突破单一的材料改性实现坑槽维修技术体系改进增强,研发了基于新型网状密封抗裂结构材料的坑槽修补技术。该技术结合冷补料和高性能的新型网状密封抗裂结构材料,在不增加维修作业时间的前提下,实现了坑槽维修的快速和耐久。

自主研发的新型网状密封抗裂结构材料是本技术的重点材料。相较于未使用或使用传统土工布材料修补的方式,使用本材料的修补点位的拉拔性能、剪切性能和抗水损害性能能够得到显著提升。经现场施工检验发现,本技术施工工艺简便,修补点位耐久性优越,可以为其他路面维修技术的创新提供参考。

#### 参考文献:

[1] 陈磊磊,马雯琦,钱振东,等.沥青路面坑槽修补界面失效机理分析[J].东南大学学报(自然科学版),2022,52(3):571-577.  
[2] 慕德军,刘光辉.沥青路面坑槽病害原因探讨[J].山东交通科技,2023(1):108-109.  
[3] 梁德强,谢严君,王凯,等.沥青路面早期车辙病害影响因素分析[J].建材世界,2024,45(6):102-105.  
[4] 张欢.高速公路沥青路面常见病害及养护对策分析[J].时代汽车,2024(23):190-192.  
[5] 王延民,杨森.高速公路沥青路面早期病害养护施工管理[C]/2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(三).北京:《中国建筑金属结构》杂志社有限公司,2024.  
[6] 张小军.高速公路水泥混凝土路面病害分析与治理对策[J].中国水泥,2024(12):88-90.  
[7] 钟春晓.道桥工程中路面病害类型及养护技术研究[J].运输经理

世界,2024(33):124-126.  
[8] 武飞.西北地区高速公路沥青路面病害分析与自愈合修复技术[J].交通科技与管理,2024,5(22):81-83.  
[9] 杨洪广.海城市农村公路路面技术状况评价分析[J].黑龙江交通科技,2024,47(11):67-70;74.  
[10] 王雨.高速公路路基路面病害特征及养护技术[J].汽车周刊,2024(12):47-49.  
[11] 庄昌波.福州某国道沥青混凝土路面病害成因及对策分析[J].交通世界,2024(31):44-46.  
[12] 王国卿.国道养护大中修沥青路面病害处治探讨[J].交通世界,2024(31):63-65.  
[13] 马泽超,刘小明,夏汗青,等.基于图神经网络的路面病害态势预测方法[J].浙江大学学报(工学版),2024,58(12):2596-2608.  
[14] 王超群.高速公路沥青路面养护坑槽修补工艺[J].交通建设与管理,2022(2):86-87;139.  
[15] 韩传玉,袁英爽.沥青路面坑槽破坏快速修补技术研究[J].中外公路,2013,33(6):59-63.  
[16] 潘尚启.沥青路面坑槽修复材料与效果评价技术研究[D].南京:东南大学,2017.  
[17] 杨择.再生沥青冷补料的耐久性及老化性能探究[J].建材发展导向,2024,22(22):4-6.  
[18] 刘默.冷补料在路面养护中的应用实践[J].交通世界,2024(29):109-111.  
[19] 廖梓钧,周婷娜,韩会生.反应型坑槽冷补料强度增长特性研究[J].西部交通科技,2024(6):42-43;92.  
[20] 徐松,徐康义,王叶飞,等.沥青路面坑槽修补材料特性及评价标准[J].南昌大学学报(工科版),2024,46(1):69-75.  
[21] 李黔豫.沥青路面养护维修中冷补料技术的应用[J].交通科技与管理,2023,4(17):120-122.  
[22] 孙梦青,王琛锐,王军礼,等.沥青路面坑槽冷补料及界面黏结料研究综述[J].山东交通科技,2023(2):48-53.  
[23] 周元.冷补料在道路沥青路面养护维修中的应用[J].交通世界,2023(11):29-31;34.  
[24] 徐心硕.沥青冷补液及其冷补料性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2023.  
[25] 张强,范鹿华.沥青路面坑槽快速养护技术研究[J].运输经理世界,2022(26):140-142.  
[26] 李雪.公路路面坑槽及应对策略对交通的影响[D].北京:北京交通大学,2022.  
[27] 鞠鹏,王浩,丁寅南.沥青路面坑槽修补材料研究现状分析[J].内蒙古公路与运输,2021(5):43-46.  
[28] 尉晓宁.浅谈沥青混凝土路面坑槽修补喷射技术[J].四川建材,2021,47(10):164-165.  
[29] 阙瑜.沥青路面冷补料浅谈[J].西部皮革,2018,40(8):3.  
[30] 翟殿钢,赵健,郭昕,等.一种新型沥青冷补料应用研究[J].中外公路,2017,37(6):280-283.  
[31] 庄亚芳,武鹏,者东梅.聚丙烯长丝土工织物的耐久性能[J].塑料,2023,52(3):126-129;134.