水泥混凝土路面断板病害处治技术效果评价

戴　露

湖北省交通规划设计院股份有限公司 湖北 武汉 430051

【摘　要】：水泥混凝土路面在长期服役过程中，由于受到荷载、环境、施工养护等各种因素的影响，很容易发生断板病害，直接影响到路面的通行质量以及结构稳定性，缩短道路的使用寿命。本文以县域干线公路养护工程为例，对混凝土路面断板病害产生的原因及病害等级进行分析，对板块更换、注浆补强、锚固修复、碎石化改造四种主要的处治技术进行施工工艺和适用范围的梳理。利用结构承载力、路面平整度、抗滑性能、病害复发率和经济效益等指标，结合现场检测数据以及长期跟踪观测结果来对比评价不同的技术处治效果。结果表明，轻微断板用锚固修复、中度断板用注浆补强的性价比最高，重度断板和连片破损路面适合用板块更换或者碎石化改造技术。研究结论可以给同类水泥混凝土路面断板病害专项处治和养护方案的优化提供技术上的借鉴。

【关键词】：水泥混凝土路面；断板病害；处治技术；效果评价；路面养护

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.032

引言

水泥混凝土路面由于强度大、稳定性好、养护时间长、造价低等特点，在我国干线公路、县域道路和市政道路工程中得到广泛应用。

在长期的车辆反复荷载、昼夜温差交替、雨水渗透冲刷、早期施工配比不合理、基层压实度不够、后期养护不到位等众多因素共同作用下，路面就会逐渐产生细微裂缝，进而演变成单块断裂、多块破碎的断板病害。断板病害会致使路面平整度变差，行车颠簸，引发行车安全风险，而且还会让雨水不断往下渗，冲刷基层，使基层软化，出现脱空，沉降现象，从而形成一个恶性循环，加大路面的破损情况，明显提升后期养护费用。

目前公路养护工程中对于混凝土路面断板病害的处理技术种类繁多，不同的处理技术施工流程、适用工况、养护周期和使用效果也大相径庭。

由于部分工程所采用的技术不合理、施工工艺不恰当、评价方式单一等原因，造成病害处治不彻底，短期内反复返工，造成资源浪费。

因此，本文根据实际情况进行系统的分析，对各种断板处治技术的工艺特点进行详细的分析，建立综合效果评价体系，对各种技术应用的效果及适用范围进行量化分析，为路面病害精细化养护、技术方案科学选择提供依据。

1 断板病害成因及分级标准

1.1 病害主要成因

水泥混凝土路面断板病害的产生是结构、荷载、环境、施工养护等诸多因素相互影响、共同作用的结果，主要的成因可以分为四类。

一是荷载作用，车辆超载、反复碾压会使得混凝土板块产生疲劳应力，当应力大于混凝土极限抗拉强度时，板块就会出现结构性断裂，重载交通路段断板病害发生率明显高于轻载交通路段。

二是环境影响，温差变化会引起混凝土板块热胀冷缩，产生温度应力，冬季低温冻融、夏季高温暴晒交替作用，会加快混凝土的老化开裂；雨水顺着裂缝、接缝渗入到板底，冲刷基层和路基，造成板底脱空、基层松散，失去支撑的混凝土板块在行车荷载的作用下很容易发生断裂破损。

三是施工因素，混凝土配比不合理、振捣不密实、摊铺厚度不够、接缝处理不规范、养生时间不够等施工缺陷，都会直接影响到混凝土板块的整体强度和耐久性，给断板病害埋下隐患。四为养护因素，日常养护不到位，细微裂缝不能及时封堵，接缝填料老化脱落未及时更换，造成病害不断蔓延，最终产生贯通性断板。

1.2 病害分级标准

根据公路路面养护技术规范和现场病害特点，把混凝土路面断板病害分为三个等级，为后续处治技术选择提供依据。

轻微断板是指板块出现细微贯通裂缝，板块无明显位移、无错台、板底无脱空，路面平整度偏差小，不影响正常行车；中度断板是板块出现多条裂缝或者局部破碎，有轻微错台、板底局部脱空，行车有明显颠簸，病害处于持续发展状态；重度断板是板块完全断裂、破碎成多块，错台高度大，板底大面积脱空、基层松散沉降，路面通行条件极差，存在严重安全隐患。

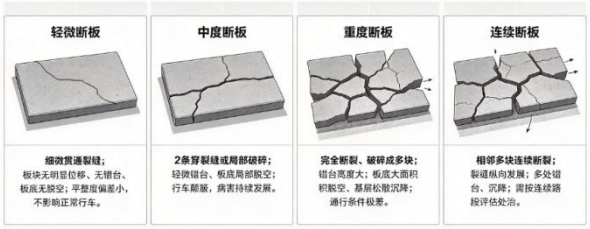


图 1 病害分级标准

2 常见断板病害处治技术及施工工艺

根据目前公路养护工程的应用情况，主流断板病害处治技术主要有锚固补强修复、板底注浆补强、整块板块更换、碎石化改造这四种，不同的技术适合不同等级的断板病害，施工工艺和应用特点也存在很大差别。

（1）锚固补强修复技术：此技术主要是用来处理轻度断板病害，对于贯通裂缝小、板块整体性较好的路面适用。施工核心原理就是用钻孔、植入锚固钢筋、专用修补砂浆填充裂缝的方式来使断裂的混凝土板块重新固结成整体，限制裂缝继续扩大，恢复板块的整体受力性能。施工流程为路面清理、裂缝开槽、钻孔清孔、植入钢筋、砂浆填充、表面整平、保湿养护。该技术施工方便、工期短、成本低，不需要大面积破除路面，对交通通行影响小。

（2）板底注浆补强技术：板底注浆技术适合中度断板病害，主要是解决板底脱空、基层松散造成断板的问题。用压注水泥浆液的方法对混凝土板底脱空处进行压注，填充板底空洞、压实松散基层，固化后形成稳定的支撑结构，消除板块悬空受力状态，封堵裂缝防止雨水下渗。施工流程为病害检测定位、钻孔布设、浆液配制、压力注浆、封孔整平、养护检测。注浆材料大多是早强水泥浆液，可以很快地固化成形，使路面在短时间里恢复到正常承载力，防止断板病害的发展。

（3）整块板块更换技术：板块更换技术适合于重度断板病害，对于板块完全碎裂、严重错台、板底大面积脱空并且基层有损坏的路段适用。施工时需要将破损的混凝土板块整体破除并清运，对下层松散的基层、路基进行压实补强，重新铺设基层垫层，浇筑早强混凝土，做好接缝处理和表面刻槽，养护成型后恢复通行。该技术处治彻底，可以完全恢复路面结构强度和通行性能，但是施工工程量大、养护周期长，对交通通行影响较大，施工成本高。

（4）碎石化改造技术：碎石化改造技术主要适用于连片重度断板、大面积路面破损的路段，是彻底性改造技术。采用专用破碎设备将原损坏的混凝土板块破碎成粒径一致的碎石层，碾压密实后作为基层结构，上面再铺沥青面层或者新混凝土面层。该技术可以彻底消除原路面的裂缝、断板、脱空等病害，利用原有的路面材料，不会造成资源浪费，改造后的路面结构整体性好，可以有效地防止反射裂缝的发生，适合于老旧路面整体升级改造工程。

3 处治技术效果评价体系构建

为了全面、科学地评价各种处治技术的效果，摒弃以往的单凭外观来评价的方法，从路面使用性能、结构性能、经济性能三个方面建立综合评价体系，选择五个主要的评价指标进行量化评价。

（1）评价指标选取：结构承载力用落锤式弯沉仪检测路面弯沉值来反映，弯沉值越小，结构承载力越好，处治效果越好。二是路面平整度，用平整度测试仪检测路面颠簸系数，评价路面通行舒适性，平整度数值越低，路面通行质量越高。第三，路面抗滑性能用摆式仪检测路面抗滑系数，保证行车安全，抗滑系数应满足规范设计要求。四为病害复发率，用 6 个月、12 个月长期跟踪观测路段病害复发的数量来反映处治技术的长效性。五是综合经济效益，即施工造价、养护成本、工期成本等来评价技术应用的性价比。

（2）工程案例检测数据：本次研究以某县域干线公路养护工程为依托，全长 8.2km，通车时间 12 年，为双向两车道水泥混凝土路面，近几年来受到重载交通和雨水侵蚀的影响，出现了大量的断板病害。选取路段内四类典型病害段落，分别采用四种处治技术施工，施工完成后养护达标后进行现场检测和长期跟踪观测，各项指标检测数据见表 1。

表 1 各项指标检测数据

处治技术	适用病害等级	弯沉值 (0.01mm)	平整度值 (m/km)	抗滑系数	12 个月病害复发率 (%)	相对施工成本 (%)
锚固补强修复	轻微断板	22.6	1.82	0.58	3.2	35
板底注浆补强	中度断板	20.3	1.65	0.59	4.5	52
整块板块更换	重度断板	18.1	1.41	0.61	1.1	100
碎石化改造	连片重度断板	17.5	1.36	0.62	0.8	88

表中用整块板块更换技术成本作为基准值，其他的用实际造价比例来计算。所有的检测指标都是养护

达到标准之后的常规检测数据，病害复发率是 12 个月全线跟踪统计结果。

4 处治技术效果综合分析

4.1 结构性能效果分析

从结构承载力指标来看，四种处理技术都可以有效地改善路面结构性能，处治后的路面弯沉值都满足规范的设计要求。碎石化改造技术与板块更换技术弯沉值最低，结构承载力最好，主要是由于两种技术彻底清除掉了原有的破损结构，重新建立起稳定的路面基层和面层结构，从根本上解决了板底脱空、结构松散的问题。板底注浆技术可填充板底空洞，固化松散基层，提高板块支撑稳定性，结构修复效果较好。锚固补强技术只对裂缝进行修补，没有对基层的隐患进行处理，弯沉值比其他方法稍高一些，但是可以满足轻微病害路段的通行承载要求。

从平整度和抗滑性能来说，碎石化改造和板块更换技术施工后路面平整度、抗滑性能最好，路面整体均匀性好，行车舒适性、安全性最高。注浆补强、锚固修复技术施工后保留原路面主体结构，只对破损部位进行修补，局部存在轻微平整度偏差，各项指标均达到公路通行标准，可以满足日常行车要求。

4.2 长期使用效果分析

根据 12 个月的跟踪观测数据可知，碎石化改造技术病害复发率最低，长效性最好，改造后路面结构整体性强，彻底消除了原有的病害隐患，没有出现反射裂缝和二次断板问题。板块更换技术病害复发率为第二，施工处治彻底，只有少数板块接缝处有细微裂缝。板底注浆技术存在一定的复发率，主要是由于部分深层松散基层注浆填充不到位，在长期荷载的作用下容易再次出现轻微脱空。锚固补强技术的复发率较高，只适合于轻度病害，后期荷载超过设计荷载或雨水长时间浸泡时，裂缝很容易再扩大。

5 技术选型原则与施工优化建议

5.1 技术选型原则

根据本次评价结果，路面断板病害处治要遵循按需选型、经济高效、长效稳定的三个原则。零星轻微断板病害优先使用锚固补强修复技术，在保证通行质量的基础上，尽可能地减少养护成本。存在板底脱空、基层松散的中度断板病害，首先采用板底注浆补强技术，迅速恢复结构承载力，防止病害扩大。单点重度断板、板块完全破损路段，采用整块板块更换技术进行修复。连片大面积的重度断板、老旧路面整体破损路段首先采用碎石化改造技术，对路面结构整体进行升级，保证长期服役性能。

5.2 施工优化建议

各类处治技术施工时要控制好关键工序，提高处治质量。锚固修复施工要保证钻孔精度、钢筋植入深度，使新旧结构紧密接触，裂缝填充密实，无空隙。注浆施工前应检测板底脱空范围，控制注浆压力和浆液配比，防止出现注浆不饱满、路面抬升过量等现象。板块更换施工要彻底清除松散基层，严格控制混凝土配比和养护时间，做好接缝防水密封处理。碎石化施工要严格控制破碎粒径和碾压密实度，保证改造后的基层结构均匀稳定。施工完毕后要建立常态化的巡查制度，对细微的病害及时发现并予以处理，防止路面早期出现损坏情况。

6 结论

本文通过对水泥混凝土路面断板病害成因及分级标准进行分析，对目前常见的四种断板处治技术进行工艺特点和适用范围的分析。研究表明不同的处治技术具有不同的适应性以及效果，没有通用最优的技术，只有最合适的处治方案。轻微断板适配锚固补强技术、中度断板适配板底注浆技术、单点重度断板适合板块更换技术、连片重度破损路面适合碎石化改造技术。各种技术规范施工之后都可以有效地改善路面的通行性能，符合公路运营的要求。碎石化改造和板块更换技术结构修复效果好、病害复发率低、长效性好，但是施工成本高。锚固补强和注浆补强技术成本低、工期短，适合于日常零星养护。根据路面养护工程病害等级、破损范围、交通流量和养护预算等实际情况，选择合适的处治技术，严格控制施工质量，实现路面断板病害的精准高效处治，提高道路通行稳定性、耐久性，降低全生命周期养护成本。

参考文献：

[1] 聂晶,唐正光,陈颖娜,等.单车道水泥混凝土路面车辆荷载断板病害防治措施[J].材料导报,2025,39(S1):198-203.

[2] 蔡鹏,尹文锋.水泥混凝土路面早期断板病害成因研究[J].工程技术研究,2021,6(21):145-146.

[3] 刘佳,杜荣耀,倪应谦,等.水泥路面断板关键影响因素调查及分析[J].西部交通科技,2020,(3):43-45+116.