

市政道路路面结构设计和病害防治研究

文 / 陈子荣 广东省建筑设计研究院集团股份有限公司

摘要：现代市政道路路面结构设计成为了国家基础设施建设与地方经济发展的重要组成部分，探究结构设计方法以及各类病害的防治措施，对道路产业发展具有较大的积极作用。文章以某道路工程为研究对象，分析路面结构的设计要求与设计方

关键词：市政道路；结构设计；路面施工；病害防治

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.061

引言

目前，市政道路路面结构设计得到了社会各界的广泛关注，无论是设计方案还是病害防治方案，都要采取针对性的手段去调整、优化，一方面要融入先进的材料和先进的理念，另一方面要在设计施工方面密切衔接，并加强地方常见病害的科学处理，逐步提高病害的解决效率，确保路面使用过程中得到更好的效果。市政道路路面结构设计时，应加强行业内先进经验的有效积累，调整病害防治机制，按照防患于未然的标准去落实防治工作，对不常见的病害也要积极的防治。

一、工程概况

镜湖大道为城市主干路，改造长度约 1949.6m，规划道路红线宽度约 60m，设计速度为 60km/h，双向 6 车道。建设内容包括：路面病害处理、加铺沥青、新建人行

道、非机动车道和侧绿化带、更换部分侧石、交通标志标线、交通疏解、新建及改造雨水篦子、改造现状工作井、新建口袋公园等。永利路为城市次干路，改造长度约 1120m，规划道路红线宽度约 40m，设计速度为 40km/h，双向 4 车道。建设内容包括：路面病害处理、加铺沥青、新建及改造雨水篦子、改造现状工作井、交通标志标线、交通疏解等。朝胜路为城市支路，改造长度约 1045m，规划道路红线宽度约 20m，设计速度为 30km/h，双向 2 车道。建设内容为照明安装工程、交通疏解等。

二、市政道路路面结构现状

对于市政道路路面结构设计而言，不同路面病害存在一定的差异性，如表 1 所示。通过科学合理的设计方法，不仅可以改善传统设计的局限性，还可以延长路面的服务年限，对道路工程的长期建设发展具有较大的积极影响^[1]。

表 1：常见病害类型

病害类型	表现形式	核心成因	高发路段
荷载裂缝	柔性路面：垂直于行车方向的横向裂缝，裂缝宽度随荷载增加扩大；刚性路面：板角斜裂缝、板中横向裂缝	1. 设计承载力不足（累计轴次超预期）；2. 重载车辆频繁通行（轴载超 100kN）；3. 路基不均匀沉降（软土路基未处理）	主干道、货运通道
温度裂缝	柔性路面：高温季节纵向裂缝（沿车道方向）；刚性路面：低温季节横向短裂缝（长度 < 5m）	1. 柔性路面：沥青高温稳定性差（软化点低），面层收缩受基层约束；2. 刚性路面：低温时混凝土收缩，板体受拉超过抗弯强度	高温地区（柔性路面）、寒冷地区（刚性路面）
反射裂缝	柔性路面：面层裂缝与基层裂缝位置重合，呈“上下贯通”状	1. 基层（水泥稳定碎石）干缩、温缩开裂；2. 面层厚度不足（< 4cm），无法阻断基层裂缝向上反射	半刚性基层柔性路面

经过现场勘察调研，本项目的混凝土路面状况指数 PCI 为 94.74，采取道路技术状况评定后，认定为 A 级。

路面的损坏类型，主要是板角断裂，具体包括线裂问题、接缝料损失（如图 1 所示）问题、边角裂缝问题等。



图 1: 接缝料损坏

本项目存在较多的重型运输车辆行驶情况，交通量比一般的道路更大一些，重交通的存在，是发生路面病害的主要原因。为此，市政道路路面加铺结构设计时，不仅要改善路面的安全性、稳定性，还要对各类病害问题采取针对性的方法去解决。

三、路面修补方案

市政道路路面结构的修补要求较为严格，传统修补方法的应用，不仅无法得到较好的效果，还有可能在修补的过程中造成较多的隐患，这对于路面的长期运营造成了巨大的影响^[2]。路面加铺时需考虑现状侧石的情况，如图 2 所示，现状侧石受损及下沉较为严重，在加铺沥青时应考虑修复或更换现状侧石，以提高路面行车及行人的安全。



图 2: 现状受损侧石

为了在市政道路路面结构的修复中取得较好的效果，对破碎板挖除破碎部分进行差异性的处理。如果基层情况表现良好，则不需要进行特殊的处理；如果发现基层表现出严重损坏的情况，则加强土基的平整处理，并向处理好的基坑，灌注高强度水泥混凝土，选用 C20 强度的混凝土，浇筑层厚度为 20cm 左右。市政道路路面结构的面层，则浇筑 C40 强度的混凝土，浇筑厚度为 25cm 左右，并且要对表面进行刮毛处理，与原有的路面结构保持稳定的衔接状态，提高市政道路路面结构的综合性能。

发现裂缝破坏问题时，如果裂缝表现为轻度，则对裂缝内部的杂物进行有效的清理，而后选用沥青材料进行灌缝处理；如果裂缝表现为中度，则采用条带面罩进行修补处理；如果裂缝表现为重度，采用换板方法进行处理。发现边角剥落的现象后，同样要先对角内杂质进

行快速的清理，然后才能使用沥青等材料开展修补作业。发现板角断裂病害，如果断裂情况并不严重，建议采用横向挖除断裂部位进行切割修补，并通过混凝土修补进行辅助。断裂比较严重的情况下，采用换板方法处理，减少市政道路路面结构的隐患。

针对脱空现象，主要是采取钻孔灌浆的方法去处理，钻孔深度应以钻穿面板 2cm 左右为宜，不可钻孔过深。如果采用换板的方法去处理陈旧的混凝土路面，要提前采用液压镐进行凿除作业，凿除的过程中要按照精细化的方法操作，注意不能对相邻的板块造成不利影响，不能严重破坏原有的接缝钢筋。施工单位重新铺筑混凝土板的时候，要进行表面拉毛处理，而后再增加沥青层，对于特殊情况的应对，要求新铺筑的混凝土板，在大小形态上与原来的混凝土板保持高度的一致性，提高市政道路路面结构的美观度。

四、市政道路路面结构的关键参数

近几年的市政道路路面结构设计以及病害防治，开始从参数层面进行调整、优化，目的在于减少结构的各类隐患，确保在结构运行过程中得到较好的效果，为地方道路项目的发展奠定坚实的基础。现代市政道路路面结构的参数设计，从传统的经验模式，转变为力学分析的精细化设计，不仅可以减少参数不标准的问题，还可以在参数应用的过程中得到更好的效果。根据市政道路路面结构的寿命要求，应按照高受力区强化原则设计参数，针对轮载下部 100mm 左右的区域，设定为重点受力层。按照分层功能设计，对 75mm 左右的高质量沥青混凝土层面，搭配设计抗滑耐磨界面，增加市政道路路面结构的安全防护效果；针对 100mm 左右的高模量沥青混凝土中间层，用来承担荷载扩散；针对 75mm 左右的高柔性基层，用来抵抗疲劳破坏。由于大部分的病害集中在市政道路路面结构的表层位置，建议通过周期性的铣刨罩面方法，恢复结构的相关性能，还可以借此减少结构性大修问题的影响。

市政道路路面结构的材料参数也非常重要，各类材料的应用不仅要遵守创新要求，还要逐步减少材料的风险和漏洞。比如，高粘高弹改性沥青的应用，通过新型改性剂的处理，在 60℃ 环境下，动力粘度可以提升到 10 万以上，相比传统的改性沥青混凝土，性能提升大约 10 倍左右。将该沥青应用到超薄罩面以后，针对材料的损耗问题，可以降低 50% 左右，造价方面可以降低 30% 左右，还可以增强材料的低温稳定性，对于天气的极端变化进行有效的处理。

五、路面病害防治

(一) 优化结构设计，实现源头预防

对于市政道路路面结构而言，病害防治的要求较高，建筑企业针对结构设计的优化应从多个角度思考，比如在重载路段，建议选用刚性路面和半刚性基层联合结构，将水泥混凝土板厚提升到 24cm 以上，基层方面则使用水泥稳定碎石，在 7d 以后强度可以达到 4.5MPa 以上。也可以选用柔性路面联合柔性基层结构，基层结构同样是应用沥青稳定碎石，充分提高路面的抗裂性能。

对于多雨地区而言,应加强排水系统的设计,建议选用透水性基层与盲沟联合设计,对于盲沟的间距应控制在15m以内。市政道路路面结构的病害设计,应加强材料的科学选型,比如在沥青面层选型时,重载路段要加强SBS改性沥青的应用,该类型的沥青在软化点方面保持在60℃以上,集料则建议选用玄武岩,将压碎值控制在12%以内。水泥混凝土材料的选用,建议选用C40混凝土,同时可以适当的添加聚丙烯纤维,充分降低收缩裂缝带来的影响。优化结构设计后,市政道路路面结构的病害问题得到了良好的预防效果。

(二) 改进施工方法, 加强过程管控

市政道路路面结构的病害问题在防治过程中,应从施工阶段进行良好的优化,持续提高病害的处理效果,推动结构的综合优化。路基施工方面,建议加强换填法的应用,可以换填碎石材料,厚度方面保持在80cm以上;也可以使用注浆方法,但是要注意对水泥注浆压力控制在0.4MPa左右,对于路基回弹模量应控制在30MPa以上。沟槽回填时,要加强级配碎石回填方法的应用,按照分层压实的方法操作,每一层压实的厚度应控制在30cm以内,压实度则要提升到96%以上,可搭配实施重型击实的方法。回填结束以后,还要加强弯沉检测分析,对一些细节问题有效的调整。考虑到市政道路路面结构的影响因素较多,因此在病害防治时,还要对面层施工进行科学的管控。比如,水泥混凝土面层施工时,要加强滑模摊铺机的应用,每分钟的摊铺速度应控制在1.5m左右,振捣的过程中要提高密实度,将振捣频率控制在60Hz左右。通过改进施工方法,病害问题得到了有效的处理。

(三) 加强动态检测, 及时修复病害

从市政道路路面结构的角度分析,很多病害并不会突然出现,而是因为各类因素的影响,导致结构内部、外部遭受到长期的侵袭,最终产生了严重的病害隐患,对结构的安全和稳定产生了巨大的影响。为此,应积极开展病害的检测分析,发现任何病害都要及时的修复处理。日常巡查时,每天要进行1次检查,重点分析裂缝、坑槽、沉陷等病害,并加强记录。每年开展1次大型检测,要通过自动化检测设备,对路面的平整度、抗滑性、结构承载力进行检测分析。与此同时,每三年要进行1次钻芯检测,了解面层厚度、强度等参数,对内部不易发觉的病害快速处理。不同类型的病害处理时,应加强分级养护方法的操作。轻度病害(裂缝宽度<5mm、坑槽面积<0.1m²):采用“微养护”技术——裂缝采用灌缝胶灌缝(加热型聚氨酯灌缝胶,灌注温度180-200℃);坑槽采用冷补沥青修补(冷补料压实度≥95%);中度病害(裂缝宽度5-10mm、沉陷量10-20mm):采用“局部修复”技术——裂缝采用贴缝带(宽度10-15cm)粘贴;沉陷路段采用注浆加固(水泥浆+水玻璃,注浆压力0.2-0.4MPa);重度病害(裂缝宽度>10mm、坑槽面积>0.5m²):采用“挖补修复”技术——沥青面层挖补(开挖深度至基层,涂刷粘层油后重铺面

层);水泥混凝土板裂缝采用“压力注浆+碳纤维布加固”(碳纤维布粘贴宽度20cm)。

六、 施工成果及效益

本项目作为市政道路路面结构的典型项目,不仅加强了结构的现场勘察、调研,同时针对结构的各类病害问题仔细分析,无论是传统病害还是新型病害,均采取针对性的方法去解决,不仅优化了结构的综合性能,还在结构施工的过程中得到了较多的保障,经过测试以后,市政道路路面结构的各个位置,合格率为100%,充分满足国家的相关规范、标准,未出现严重的大型病害问题。

项目针对不同情况的现状路面采用了相应的路面结构设计,人行道路面结构设计方面,为响应海绵城市等政策,面层为8cm混凝土透水砖;找平层为3cm 1:3干硬性透水水泥砂浆;基层为15cm C20透水水泥混凝土;总厚度26cm;E0≥40Mpa。新建非机动车道路面结构设计时,上面层设计的是4cm原色透水沥青混凝土PAC-10;粘层设计为机械喷洒水性环氧改性乳化沥青0.25kg/m²;下面层设计为6cm原色透水沥青混凝土;PAC-16下封层设计为机械喷洒水性环氧改性乳化沥青0.25kg/m²;基层设计为15cm C20透水水泥混凝土;总厚度:25cm,E0≥40Mpa。车行道加铺路面结构方面,加铺厚度10cm;上面层是4cm细粒式改性沥青混凝土AC-13C;粘层喷洒型快裂SBS改性乳化沥青0.5kg/m²;中面层是6cm中粒式改性沥青混凝土AC-20C;下封层是SBS改性乳化沥青+SBS改性热沥青+撒布瓜米石现状水泥混凝土路面修补、清洗、干燥并拉毛0.5cm。通过加铺结构层,充分提高了路面结构的承载能力及行车的舒适性、安全性等,在大交通量的条件下,能有效减少严重的裂缝和不均匀沉降等问题。市政道路路面结构的设计与病害防治,还进行了阶段性的检测分析,对各类细节问题、细节参数开展阶段性的调整,逐步减少了隐患问题,对结构稳定的长期发展提供了较多的保障,创造的综合价值比较高。

结语

通过在市政道路路面结构设计中进行系统化的调整,各地方的道路体系不断完善,路面结构的相关设计、施工、维护等,都可以根据客观情况灵活的调整,各类不足的综合弥补效果比较好,减少了交通安全事故的影响,并提高了行车的舒适性。病害防治问题处理时,各地方基本上能够灵活调节防治措施,各项防治方法的应用给出了明确的依据,一定程度上带动了交通产业的发展。市政道路路面结构设计的创新意识不能放松,项目单位要积极研究新的材料、新的技术、新的平台,对路面结构的细节不断优化。

参考文献

- [1] 王晓威, 刘晓瑜. 无缝水泥混凝土路面ECC连接段结构设计[J]. 公路, 2025, (07): 1-7.
- [2] 郭馨. 高速公路大修工程路面结构及材料设计应用分析[J]. 工程建设与设计, 2025, (12): 81-83.
- [3] 肖得高. 基于节能减排技术的高速公路路基路面设计研究[J]. 科技与创新, 2025, (11): 107-110.