

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.04.008

# 武汉市高新大道综合改造路面结构方案设计

程小亮, 王阳, 赵乾文, 赵宇

(中冶南方城市建设工程技术有限公司, 湖北武汉 430223)

**摘要:** 通过介绍高新大道现状路面技术状况, 分析病害原因, 根据检测数据推算设计参数, 采用长寿命路面设计理念, 对老路加铺、全部破除新建、部分破除新建3种路面改造方案进行技术经济比较, 确定老路加铺连续配筋混凝土复合式沥青路面的总体设计方案, 并在此基础上对现状道路局部病害处理和特殊路段路面结构进行深化设计。

**关键词:** 道路工程; 路面改造; 设计方案; 连续配筋混凝土; 复合式路面

**中图分类号:** U416.2

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)04-0026-04

## 1 工程概况

高新大道是武汉市骨干交通网络结构中重要的东向放射线之一, 西接雄楚大道高架, 向东通达鄂州, 是东湖高新区重要的东西向快速通道。现状为主线双向6车道、辅路双向4车道城市主干路, 红线宽65 m。根据区域路网规划、道路功能和定位, 全线按城市快速路标准进行改造, 规划断面为主线双向8车道、辅路双向4~6车道, 建设方式以地面主线+辅路为主, 光谷中心城地铁绕离段采取地下隧道型式建设保证景观要求。沿线与快速路和主干路相交节点, 根据对节点转向流量的预测, 建设互通立交或分离式立交。

本次高新大道综合改造工程西起三环线, 东至外环线, 全长10.754 km, 规划红线宽65~91 m。高新大道现状路面为2009年拓宽改造后形成, 路面结构为4 cm AC-13 细粒式沥青混凝土+5 cm AC-20 中粒式沥青混凝土+7 cm AC-25 粗粒式沥青混凝土+45 cm 水泥稳定碎石。经过10 a 通车运行, 道路存在较多病害。局部基层病害在养护期已采用水泥混凝土进行修复, 同时地铁11号线完工后对前期地铁站施工开挖的路面采用水泥混凝土层和沥青面层进行了恢复。目前道路行车舒适性较差, 路面行驶质量严重下降, 因此路面改造是本次综合改造工程的一项重要内容。

为了做好本次综合改造工程路面结构设计, 通

过调研、比较分析武汉市和国内类似快速路提质改造成功案例, 特别是三环线南段和北段综合改造成功经验<sup>[1]</sup>, 采用长寿命路面设计理念进行路面结构改造方案论证。设计前对高新大道现状路面使用状况进行了充分检测与评估, 主要包含路面破损状况、结构层厚度、路面结构强度、路面平整度、路面抗滑性能等方面<sup>[2]</sup>, 并对检测结果进行系统分析。

## 2 路面使用状况调查

### 2.1 路面损坏状况

高新大道沥青路面病害主要为龟裂、纵横向裂缝等。检测病害总面积为35 175.61 m<sup>2</sup>, 占检测总面积的15.07%。其中, 龟裂病害面积为31 013.43 m<sup>2</sup>, 占检测总面积的13.29%; 松散类病害面积为2 008.99 m<sup>2</sup>, 占检测总面积的0.86%。高新大道沥青路面PCI值为71.9, 评价等级为“B”。

### 2.2 结构层厚度

高新大道沥青面层芯样完好, 芯样厚度范围为85~215 mm, 平均厚度为101.1 mm。水泥稳定碎石基层芯样部分呈现松散或局部松散的状态, 说明该路段部分基层的强度值偏低。水泥混凝土层芯样厚度范围为90~330 mm, 平均厚度244.0 mm。根据钻孔芯样劈裂试验反算水泥混凝土层弯拉强度标准值为3.88 MPa, 低于重交通弯拉强度标准值5.0 MPa的要求。

### 2.3 路面结构强度

从整体路面结构强度来看, 高新大道评定路段路面结构承载能力“足够”等级占比66.7%, “临界”等级占比28.4%, “不足”等级占比4.9%。K6+513~

收稿日期: 2020-08-24

作者简介: 程小亮(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路工程设计工作。

K6+588、K6+762 ~ K6+815 左三车道, K1+515 ~ K1+890、K2+140 ~ K2+265 右三车道局部路段检测弯沉值大于 46(0.01 mm), 结构强度较低。

## 2.4 路面平整度

高新大道路面平整度评价“A”等级占比 37.7%, “B”等级占比 31.4%, “C”等级占比 18.8%, “D”等级占比 12.2%, 总体较好, 在部分检测路段路面平整度较差。

## 2.5 路面抗滑性能

高新大道路面构造深度评价“A”等级占比 68.3%, “B”等级占比 7.5%, “C”等级占比 5.3%, “D”等级占比 18.9%, 说明检测路段抗滑性能整体一般, 局部路段抗滑性能较差。

## 2.6 路面使用状况综合分析

由于路面局部病害前期经过维修, 地铁施工部分路面进行过破除和恢复, 目前高新大道路面结构形式多样, 基层有水泥稳定碎石和水泥混凝土两种。同时面层、基层厚度变化范围较大, 且分布不规律, 后期处理采用分层破除较为困难。

高新大道路面整体外观质量良好, 局部路段病害较多, 其中占比最大的龟裂病害主要是由水泥稳定碎石基层强度不足导致。基层强度不足与水泥稳定碎石中细料偏多、级配不合理或面层裂缝未及时填封导致雨水下渗有较大关系。左三车道和右三车道为改造帮宽车道, 路基不均匀沉降和外侧重载车辆通行导致路面搭接部位、轮迹带出现较多反射裂缝或 Top-Down 裂缝。

高新大道现状路面结构强度不足和临界占比 1/3。为满足改造升级为快速路后交通荷载发展的需求, 需进行路面结构补强。经检测, 高新大道统计路段代表弯沉值为 44.1(0.01 mm)。根据《城镇道路路面设计规范》<sup>[3]</sup>, 在柔性路面上铺筑水泥混凝土路面时, 旧柔性路面顶面的当量回弹模量按  $E_1=13\ 739 w_0^{-1.04}$  计算, 旧沥青路面顶面的地基综合当量回弹模量为 267.7 MPa。

# 3 改造工程路面结构方案

## 3.1 路面结构设计原则

### (1) 满足交通荷载发展需求

根据高新大道各年份高峰小时交通量预测结果和高峰小时交通量占年平均日交通量比例, 结合现状交通车型分布, 获得高新大道各段累计当量轴次预测结果(见表 1)。

表 1 高新大道各路段累计当量轴次和交通等级

路段	沥青混凝土路面结构		水泥混凝土路面结构	
	Ne/(万次/车道)	交通等级	Ne/(万次/车道)	交通等级
三环线-光谷三路	1 363	重	965	重
光谷三路-隧道西口	1 485	重	1 052	重
隧道段	1 280	重	907	重
隧道东口-光谷七路	1 200	重	849	重
光谷七路-外环线	1 937	重	1 229	重

高新大道采用沥青路面时最大累计当量轴次为 1 937 万次/车道, 采用水泥混凝土路面时最大累计当量轴次为 1 229 万次/车道, 比原主干路沥青路面设计基准期累计当量轴次有较大增加, 交通荷载等级均为重交通。初选路面结构组合方案, 按照规范<sup>[3]</sup>要求进行路面结构验算, 应满足规范相关设计指标要求。

### (2) 符合地方标准要求

《武汉市东湖新技术开发区管委会关于进一步加强市政道路质量管理的通知》(武新管建[2017]20号)中明确要求, 快速路、主干路(特重、重交通)典型路面结构采用连续配筋混凝土复合式沥青路面。

### (3) 借鉴周边已有工程经验

与高新大道相交或相接的三环线南段和雄楚大道均为城市快速路, 其路面结构方案可为高新大道路面改造设计提供有益参考。三环线南段综合改造工程采用旧沥青路面直接加铺连续配筋混凝土复合式沥青路面(4 cm SMA-13+6 cm AC-20C+24 cm 连续配筋混凝土), 2014 年 9 月通车至今, 病害极少, 行驶质量较好。雄楚大道改造工程 BRT 廊道采用新建连续配筋混凝土复合式沥青路面(4 cm SMA-13+5 cm SMA-16+22 cm 连续配筋混凝土+36 cm 水泥稳定碎石), 2015 年 6 月通车至今, 目前路面状况较好。

### (4) 全寿命周期技术经济合理

在考虑初期建设成本的同时, 还应考虑设计使用年限内需投入的养护维修成本, 并在此基础上优选全寿命周期经济合理的结构组合方案。按照全寿命周期费用净现值分析方法, 考虑初期建设投资、日常养护费用、大中修费用, 连续配筋混凝土复合式沥青路面全寿命周期综合单价只有传统半刚性基层沥青路面的 85% 左右<sup>[4]</sup>, 符合全寿命周期技术经济合理的要求。

### 3.2 路面结构方案拟定

对高新大道路面结构进行补强可采用老路加铺或破除新建两种方式,其中破除新建又可细分为全部破除新建和部分破除新建两种<sup>[5]</sup>。根据以上路面结构设计原则,总体采用连续配筋混凝土复合式沥青路面方案,按照重交通等级进行路面结构计算分析,提出了老路加铺、全部破除新建、部分破除新建3种路面改造方案。由于老路当量回弹模量比新建水泥稳定碎石层和C20水泥混凝土层较低,老路加铺方案需采用更厚的连续配筋混凝土下面层。

#### (1)老路加铺方案

根据道路检测缺陷图和病害明细表,对现状道路局部病害提前处理,之后进行调平、整体加铺。拟定加铺结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +8 cm AC-25C 粗粒式沥青混凝土 +24 cm 连续配筋混凝土 +2.5 cm AC-10 细粒式沥青混凝土调平层。

#### (2)全部破除新建方案

破除现状道路面层、基层至路基,路基碾压整平并符合设计要求后新建路面结构。拟定新建结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +6 cm AC-20C 中粒式沥青混凝土 +22 cm 连续配筋混凝土 +18 cm 水泥稳定碎石(5:95)+18 cm 水泥稳定碎石(4:96)+15 cm 级配碎石。

#### (3)部分破除新建方案

破除现状道路面层、上基层,对剩余水泥稳定碎石基层或水泥混凝土基层局部病害进行处理,整平之后新建路面结构。拟定新建结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +6 cm AC-20C 中粒式沥青混凝土 +

22 cm 连续配筋混凝土 +20 cm C20 水泥混凝土。

### 3.3 路面结构方案比选

上述3种路面结构方案各有优缺点,原则上均能满足道路使用要求。其优缺点比较见表2。

高新大道红线外侧主要为30 m宽防护绿地,人行道高程抬升后高差较容易消化,同时设计中应尽量利用既有路面结构性能,减少不必要的开挖,综合考虑节约投资、减少工期、环境友好等因素,推荐采用老路加铺方案,即对高新大道现状道路局部病害处理后整体加铺连续配筋混凝土复合式沥青路面。

### 3.4 路面结构方案深化

路面结构设计总体方案确定后,需对现状道路局部病害处理和特殊路段路面结构进行深化设计。

(1)对面层纵向、横向裂缝类病害,裂缝宽度在10 mm 及以下时,采用热沥青或沥青砂灌缝,裂缝宽在10 mm 以上且分布较为集中时,破除局部沥青面层后重新铺筑16 cm 沥青稳定碎石 ATB-25 (分两层)。对龟裂类和坑槽类病害,破除病害范围内沥青面层和上基层,重新铺筑20 cm C20 水泥混凝土 +11 cm 沥青稳定碎石 ATB-25。对沉陷类病害,破除病害范围内沥青面层和基层,重新铺筑15 cm C20 水泥混凝土 +20 cm C20 水泥混凝土 +11 cm 沥青稳定碎石 ATB-25。

(2)鉴于部分路段平整度较差,道路存在不均匀沉降,同时局部病害修复后,平整度更难以保证,整体加铺前需对现状路面进行调平。调平层采用AC-10 细粒式沥青混凝土,平均厚度控制在2.5 cm。

表2 高新大道路面结构方案比选

方案	优点	缺点	综合单价/(元/m <sup>2</sup> )
老路加铺方案	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 最大限度利用老路结构强度;</li> <li>2. 除病害处理部分,基本不产生建渣,对环境更友好;</li> <li>3. 利用现状道路,利于施工期交通组织;</li> <li>4. 工期短,交通影响小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中线高程抬升36 cm,跨线桥梁高程最高,桥梁工程量相对增加;</li> <li>2. 人行道高程抬升26 cm,与道路周边出入口高程顺接需特殊考虑;</li> <li>3. 对老路结构强度要求较高,老路病害处理量最大</li> </ol>	630
全部破除新建方案	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中线高程抬升7 cm,人行道高程降低3 cm,跨线桥高程最小,桥梁工程量最小,与道路周边出入口高程顺接最简便;</li> <li>2. 路基拓宽施工简便,路面不需要搭接;</li> <li>3. 无路面病害处理,结构安全储备高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工程投资最大;</li> <li>2. 工期长,交通影响大;</li> <li>3. 产生大量建渣,难以处理,对环境不友好;</li> <li>4. 存在还需处理原路基的风险</li> </ol>	730
部分破除新建方案	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可部分利用老路基层结构强度,将其作为路基,老路病害处理量大为减少;</li> <li>2. 中线高程抬升21 cm,人行道高程抬升11 cm,跨线桥高程较小,桥梁工程量较少;</li> <li>3. 结构安全储备高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 产生较多建渣,对环境不友好;</li> <li>2. 人行道高程抬升11 cm,与道路周边出入口高程顺接需特殊考虑;</li> <li>3. 老路结构形式多样、分布不规律,分层破除困难</li> </ol>	680

(3)路线起终点高程顺接段的路面结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +8 cm AC-25C 粗粒式沥青混凝土 +24 cm 连续配筋混凝土 +20 cm C20 水泥混凝土 + 级配碎石调坡层。

(4)新建桥梁引道段、新建隧道敞口段和路面拓宽部分采用新建连续配筋混凝土复合式沥青路面,新建结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +8 cm AC-25C 粗粒式沥青混凝土 +24 cm 连续配筋混凝土 + 20 cm C20 水泥混凝土 +15 cm 级配碎石。

(5)新建桥梁段桥面铺装结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +6 m AC-20C 中粒式沥青混凝土 + 聚合物改性沥青防水层。对于现状老桥面铺装,按照不增加桥梁恒载的原则,铣刨 4 cm 面层后加铺 4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石。

(6)隧道段新建路面结构为:4 cm SMA-13 沥青马蹄脂碎石 +8 cm AC-25C 粗粒式沥青混凝土 +24 cm 连续配筋混凝土 +10 cm C20 水泥混凝土整平层。

#### 4 结 语

高新大道综合改造工程路面结构方案设计过程中,对现状道路技术状况进行了详细调查,得到设计

相关参数,为病害原因分析、设计方案确定提供了依据。经过技术经济比较分析,研究采用了旧沥青路面加铺连续配筋混凝土复合式沥青路面的总体方案。此种路面结构既充分发挥了连续配筋混凝土板在承载能力、耐久性、整体性等方面的优势,又有效地利用了沥青面层行车舒适、维修养护方便的优点,是今后重载交通长寿命沥青路面的发展方向之一<sup>[6]</sup>。因此,在后续工程建设中,将开展试验路研究,为该种路面结构在武汉市乃至湖北省的推广应用积累更多工程经验。

#### 参考文献:

[1] 王阳,叶春,程小亮,等.CRC+AC 复合式路面在武汉市三环线南段改造中的应用[J].中外公路,2016,36(6):51-54.

[2] C JJ 36—2016, 城镇道路养护技术规范[S].

[3] CJJ 169—2012, 城镇道路路面设计规范[S].

[4] 周刚,张颖,王祺.柔性基层长寿命沥青路面全寿命周期成本分析[J].公路交通技术,2009(6):60-64.

[5] 吴超凡,黄治湘,张继森.G4 高速公路湖南耒宜段大修工程路面结构方案设计[J].公路工程,2014,39(8):153-156.

[6] 刘朝晖,郑健龙,华正良.CRC+AC 刚柔复合式路面结构与工程应用[J].公路交通科技,2008,25(12):59-64.

## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)