

高等级城市道路提升改造的决策要素与对策分析 ——以莆田市荔港大道为例

杨 骞

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 随着我国城市化进程的发展,城市道路交通系统日渐成熟和完善。在此发展背景下,新增道路逐渐减少,既有道路改建提升的需求则日益增加。以城市快速路和主干路为主的高等级城市道路,因其重要的功能定位、复合的专业内容、高额的建设投资、广泛的社会影响,成为提升改建工作的重点。从莆田市荔港大道提升改造工程着手,详细剖析高等级城市道路在提升改建过程中所可能面临的复杂问题,并针对性的对每个问题逐一给出详尽的解决方案,以探究高等级城市道路提升改建方案的决策方法。经过具体的案例分析,认为在高等级城市道路提升改造的方案决策时,应重点关注道路主体结构的改建目标,优先解决各专项工程的耦合问题,才能将复杂的改建任务抽丝剥茧,最终高效又经济的完成提升改造工作。

关键词: 道路工程;道路改建;软土地基;城市更新

中图分类号: U41;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)11-0020-07

Analysis of Decision-making Elements and Countermeasures for Upgrading and Reconstruction of High-grade Urban Roads in Putian

YANG Qian

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: With the development of urbanization in China, the urban road transportation system has become increasingly mature and complete. Against this backdrop, the demand for new roads is gradually decreasing, while the need for upgrading and reconstructing the existing roads is rising. High-grade urban roads, primarily comprising urban expressways and arterial roads, have become focal points of upgrading and reconstruction efforts due to their significant functional roles, complex professional contents, substantial construction investments and wide-ranging social impacts. Starting from the Putian Ligang Avenue Upgrading and Reconstrction Project, the complex issues that may arise during the upgrading and reconstruction of high-grade urban roads are analyzed in detail. And the detailed solutions to each problem one by one in a targeted manner are given to explore the decision-making methods for upgrading and reconstruction schemes of high-grade urban road. Through specific case analysis, it is concluded that in the decision-making process for upgrading and reconstruction schemes of high-grade urban roads, the special attention should be paid to the reconstruction goals of the main structure of the road, and the solution to the coupling problems of various special projects should be given priority to. Only in this way can the complex reconstruction tasks be unraveled step by step, and the upgrading and reconstruction work be completed efficiently and economically in the end.

Keywords: road engineering; road reconstruction; soft soil foundation; urban renewal

0 引 言

随着中国城市化进程的不断推进,许多城市已经进入成熟发展阶段,新建道路的需求逐渐减少,而既有道路的存量管理和改建需求则显著增加^[1-2]。我国的城市道路根据其在道路网中的地位、交通功

能等,分为快速路、主干路、次干路和支路四个等级^[3],其中快速路和主干路可以认为是高等级城市道路^[4]。由于高等级道路在城市交通网络中对城市交通和服务均起着关键作用,改建对城市交通服务、居民生活质量等方面会产生重大影响。这类道路的提升改建工程通常面临着诸多复杂的边界条件^[5],且造价昂贵、社会影响面大,这对改建设计方案的适用性和精细化提出了很高要求^[6-7]。在当前我国城市发展的背景下,如何能够较好的对高等级城市道

收稿日期: 2025-03-04

作者简介: 杨骞(1990—),男,硕士,工程师,从事道路工程和智慧交通的设计、研究工作。

路进行提升改造,成为当前城市更新、交通发展中的一个重要课题。

本研究旨在探究在复杂条件下高等级城市道路提升改造的关键问题,通过对一个具体工程案例的分析,展现道路改建主体方案分析和决策的过程,挖掘方案设计时的关键因素,为高等级城市道路改建项目提供理论支持和实践指导,促进我国城市更新工作的发展和优化。

1 高等级城市道路提升所面临的重要问题

高等级城市道路改造面临着比一般道路改建更为复杂的局面。

一是技术更新问题。要进行提升改造的高等级城市道路,因其运营期限较长,部分设计理念和方法已与当下有较大差异,设计时要充分考虑技术的迭代^[8],既不能“全盘来过”,也不能“得过且过”。

二是专业复合问题。为了提升建设效率,高等级道路的改建项目往往一次涉及多个专业板块的内容^[9-10],如桥梁、涵洞、给排水管道、照明设施等市政设施的改建^[11-12],每一项设施的改建都有很高的专业性要求^[13]。而不同设施改建方案之间的决策又往往相互影响、相互耦合,这使得方案的总体评估和取舍变得异常困难。

三是工程造价问题。高等级城市道路的提升改造,也需要重点关注其工程造价和工期。在对改建方案进行决策时,建设费用是关键因素之一^[14],如最终工程建设费用接近甚至超过新建一条同等级道路,则违背了项目改建的初衷,也会改变地方政府对项目的支持态度,地方政府会更加倾向于将资金投入新建项目。

四是社会影响问题。需要进行提升改造的高等级道路,往往深入城市的核心区域,由于对城市发展的带动作用,其周边地块建设相对成熟,道路本身即承载着较大的流量,又对周边地块有着重要的服务功能。对这种道路进行中断施工会对社会和经济产生很大的负面影响,因此这类改建项目能够进行封闭施工的时间极其有限^[15]。

综合考虑以上诸多因素,对于高等级城市道路的提升改建,需要更加全面的视角和精细的规划,优先解决边界条件复杂的主体结构问题,以确保改建项目能够顺利进行并达到预期效果。

2 工程案例

2.1 工程背景

本次研究的工程案例为福建省莆田市荔港大道提升改造工程,道路北起荔城区莆仙大剧院附近,南穿秀屿区,是莆田市南北向贯通的城市主干路。荔港大道跨越莆田市的母亲河——木兰溪,沿线与荔园路、天妃路等诸多城市重要道路相交,承担着连接各功能分区、服务中长距离交通的功能,是莆田市城市车流南北向通行极其重要的通道(见图1)。



图1 莆田市荔港大道提升改造工程项目地理位置图

2.2 工程范围及规模

本次荔港大道提升改造项目北起莆仙大剧院旁,南接莆兴路,市政改造段长度约7.4 km。道路标准横断面为主路双向6车道,辅路双向2车道。改建工程涵盖专业包括道路、交通、桥梁、给排水、电力、通信、照明、监控、景观绿化工程等,具体位置见图1。

2.3 运营状况及存在问题

荔港大道于2005年启动设计工作,于2009年建成通车。经过十五年的运营,其路面结构、地下管线和各类附属设施均出现了不同程度的损坏,对道路的使用功能、交通效率和行车舒适性都产生的不同程度的影响。

现状影响道路功能的主要问题有以下几个方面。

(1)道路出现大范围不均匀沉降,沉降差大。不均匀沉降所衍生的病害严重影响行车安全和效率,如桥头跳车、路面开裂、局部积水、排水管道脱节等(见图2)。

(2)道路功能断面缺失。因道路建设初期两侧地块未开发,大部分段落非机动车、人行道未建设。

(3)排水系统建设不完善,已建排水管道存在结构性缺陷和功能性缺陷。现状管道局部破损严重,



图2 荔港大道不均匀沉降和积水照片

雨水口堵塞情况严重,多处雨水管道出水口被河道淹没,出现倒流情况。

(4)设计标准不满足当前防洪排涝要求,路面易积水,排涝困难(见图2)。

(5)路灯设施老化严重,照度不均匀、节能性差。局部路段电缆及箱体设备老化严重,局部管道因沉降等原因暴露出地面,存在安全隐患。

(6)桥梁结构存在一定程度病害。

(7)现状中分带、侧分带和道路外侧种植有大量乔木,密度高、树龄长,对改建方案存在限制。

2.4 总体目标

本次荔港大道提升改造工程,需要针对目前存在的问题,逐一进行解决,并且需要同时满足工程造价和工期的要求,主路在开工8个月后需通车,总工期不超过20个月,建安费不超过6亿。

本项目标准段规划红线宽度60 m,主路为双向6车道,辅路现状为双向2车道,规划改建后为双向4车道(见图3)。现状未设置人行道,改建后在辅道外侧新建非机动车道和人行道。现状辅道下部分路段有给水、雨水、污水管道,本次需进行改建及补全管线系统,并新增综合管道。

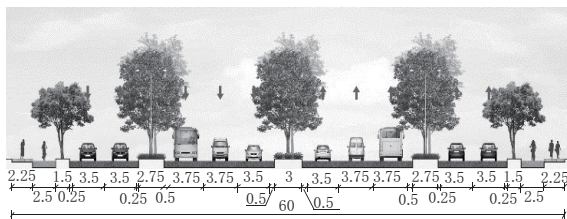


图3 荔港大道标准横断面(远期)(单位:m)

2.5 复杂条件解析

2.5.1 存在问题分析

(1)周边条件及防洪排涝要求

荔港大道建设初期时,两侧地块主要以农田和水系为主,开发强度极低,水系网络发达。经过15 a的发展,目前荔港大道两侧地块建设已相对成熟,有较多住宅和村宅(见图4)。通过卫星影像比较可以发现,随着开发强度的增加,荔港大道沿线水系通道减少,既有河道宽度也显著缩减,地块的开发和硬化

也减少了土壤吸纳和滞留降水的能力。经调查,北段水系30 a一遇洪水位从2006年的4.78 m上升至2018年的5.49 m,这成为荔港大道近些年频繁出现积涝问题的主要原因之一。经复核,当前全线共有7处路段共计约2.8 km低于洪水位线,需对相应路段进行抬升(见图5)。



(a)2010年荔港大道卫星影像资料 (b)2024年荔港大道卫星影像资料

图4 荔港大道影像资料对比图

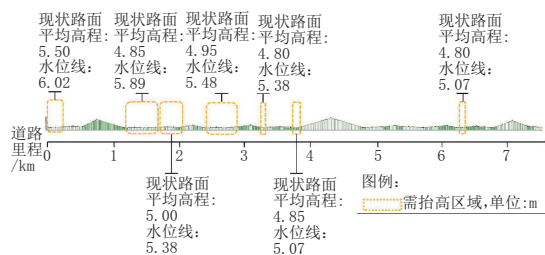


图5 现状道路标高与洪水位标高对比图

(2)地质情况

本工程全线存在层厚7.1~15.5 m厚的软(淤泥)土地基,埋深较浅,淤泥层土质力学性能差。通过对2006年和2024年的地勘数据进行对比(见表1),发现在经过初次地基处理和近15年的运营后,地质情况变化非常不显著。

表1 2006年和2024年淤泥土质地勘数据对比表

指标	2006年地勘	2024年地勘	对比情况
天然重度	15.8 kN/m ³	16.3 kN/m ³	基本一致
抗剪强度(固结)	C=10 kPa $\varphi=6.3^\circ$	C=10.54 kPa $\varphi=5.65^\circ$	基本一致
含水率	67.7%	56.38%	降低
容许承载力	45 kPa	46 kPa	基本一致

(3)局部病害

根据对主路进行地质雷达探测并对检测数据进行分析验证,发现共计9处道路地下病害体,其中脱空2处、疏松7处。

(4)路基沉降

本项目充分收集了项目过往的标高数据资料,结合最新的标高测量数据进行分析对比。通过对原

设计标和现状标高的对比,可以发现全线路基路段沉降严重,路基段沉降量普遍在 20 cm 以上,平均沉降量 31 cm,沉降量超过 50 cm 的占比约 1/3 (见表 2)。桥梁路段沉降量接近于 0,桥头路段沉降量大,造成了严重的桥头跳车的现象。

表 2 路基段沉降量统计表

沉降值/cm	比例/%
>50	33.08
20~50	50.75
<20	16.17

通过对 15 年运营期内的路表标高检测数据进行分析,发现有部分路段沉降速率没有明显减小的趋势(见图 6),经统计约 36% 的路段近 2 年的沉降量 >6 cm/a。说明这些段落路基沉降尚未稳定,有较大可能性在未来的运营期内仍然产生较大沉降。

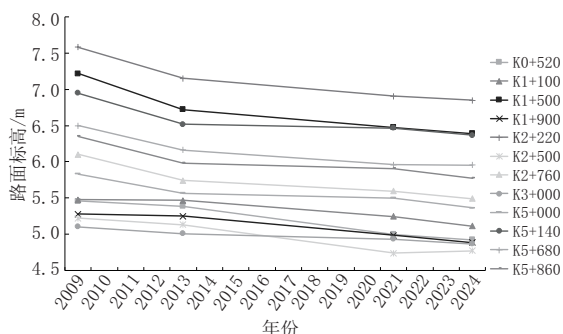


图 6 2009—2024 年各典型位置路面标高变化趋势分析图

(5) 基层破坏

本项目对主路沥青路面进行了弯沉值检测,数据点共 2 439 个,根据最新弯沉检测结果可知,现状主线约 39% 的路段基层的结构强度处于临界或不足的状态,这些路段的基层可能已发生松散和破坏。具体数据如表 3 所列。

表 3 主路路面弯沉数据统计表

弯沉值/(0.01 mm)	点数/个	占比	评价
$L_s < 31$	1 706	61.30%	足够
$31 \leq L_s \leq 46$	593	21.31%	临界
$L_s > 46$	484	17.39	不足

(6) 初次深层路基处治效果不佳

原设计方案在填高大于 2.5 m 的路段采用了水泥搅拌桩处理,但地质勘探结果与理论情况存在较大差异。本工程对桥头路段重点进行了钻芯取样和复勘,结果显示初期建设时桥头路段处置效果欠佳,钻芯和复勘样本中未见水泥搅拌桩桩体材料,仍需进行地基处理。

(7) 排水系统不完善

荔港大道目前雨水和污水系统均存在系统不完

善,建设标准落后的问题。雨水系统末端因河道淤积、水位抬升,排水口长期淹没出流,导致排水缓慢;旧雨水管道设计标准低,破损严重,且管道建设未覆盖道路全线;道路雨水口长期堵塞,排水不畅。污水系统下游泵站及处理厂处理能力有限,导致污水管道排放效率低。

(8) 照明、监控设施老旧

道路沿线现状路灯光源为高压钠灯,节能性能较差,局部路灯布置不均匀,造成局部路面照度不均匀。因使用年限较长、道路沉降等原因,照明、交安、治安等管线破损严重,沿线局部路灯管线外露,电缆及路灯控制箱设备老化程度较为严重,存在安全隐患。

(9) 绿化保护要求

根据政府部门要求,荔港大道沿线的乔木采用“应保尽保”的原则,在改建过程中尽可能对其进行原位维护和保养。这就限制了可采用的改建措施和施工作业面,对改建方案提出了更为精细的要求。

2.5.2 各专业方案耦合关系梳理

由于改建涉及专业多、面临复杂的内外部边界条件,本项目各专业方案以及改建目标间存在较多的耦合关系。为了能够达到改建目标,平衡好各专业间方案内容,需要对耦合关系进行梳理,找到核心的专项工程。

(1) 道路标高与洪水位

不满足规划洪水位标高的路段,可采用的方案包括提高道路标高、对相应路段设置水泵进行强排等,这决定着路基、路面工程和排水工程等的设计思路。

(2) 路基工程与工期和造价

本项目有大量的路基处治工程量,路基处治方案决定着整个工程能否将工期和造价控制在预期目标内。

(3) 路基与路面工程

因不同段落的路基处治方案可能不同,路面结构应与路基方案相匹配,以满足精细设计的要求。

(4) 路基与管线工程

因本工程全线给、排水管道和监控、照明管道均位于辅道下,辅路路基处理方案应考虑以上管道的管基和井底基础处理,避免处理方案间存在冲突或冗余。并且需要充分考虑施工顺序,减少翻挖、复建,以确保施工的可行性和经济性。

(5)道路与景观工程

如道路标高需要抬高,现状部分乔木树干部分会被土体掩盖,影响乔木存活率和景观效果。并且不同的路基处治方法对作业面需求不同,受限于“应保尽保”原则,部分路基处治方案的施工可行性存在问题。

(6)交通、照明和监控工程

现状交通、照明和监控分杆设置,改建可采用较为成熟的合杆技术。

(7)材料循环使用和施工可行性

为达到改建项目对经济性和环保的要求,应在方案选择时考虑对现状材料利用的情况。而材料利用则要考虑施工工序,避免出现“新基坑已等材料填筑,老材料还未挖出”此类情况。

2.6 主要方案设计

本工程中,道路竖向和路基的设计是提升改建的核心内容。保证道路主体结构工程方案与桥梁、管道、景观、照明等相协调后,可以更为顺利的推动其他专业方案的设计。

2.6.1 道路竖向设计

对于不满足洪水位标高的路段,如全部设置泵站进行强排,占地较多、后期运营成本高,经评估,优先优化道路设计标高,一处无法满足规划洪水位段落,设置雨水提升泵站提升排入河道。

2.6.2 路基处治方案区段划分

根据前述问题,通过将道路设计纵断面与原路基处治方案、沿线构筑物、地质剖面、沉降量、沉降速率、弯沉值、洪水位线的数据在同一图面上进行对比,以进行路基方案的选择及分区(见图7)。

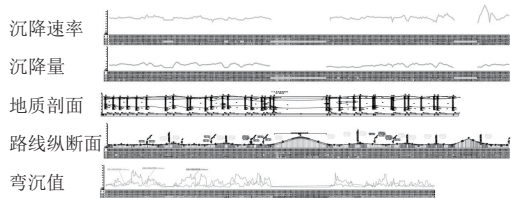


图7 路基处治方案区段划分方法示意图

(1)深层地基处治

因现状全线路基存在深厚软土层,软土层初期处治效果不佳,在运营期内性质变化小,未明显排水固结,且局部路段沉降明显未稳定,为了能够解决桥头路段沉降差大造成的严重跳车问题,必须对桥头路段的软土层进行深层处治。

处治范围为桥头50 m内路段、沉降量大于30 cm及沉降速率大于6 cm/a的路段。为保证处治方案的

连续性,对于两段处治范围间距小于15 m的路段,进行连续处理。根据该原则设计后,需要进行深层地基处治的路段长度共计约1.2 km。

(2)路基非开挖处治

因工程全线地质情况较差,如全部采用深层地基处治方案,会产生巨额的路基处治费用,并极大的延长建设工期,其费用和工期甚至超过新建一条城市主干路,严重违背了改建项目的初衷。因此需要合理并积极的采用非开挖处治技术对本道路进行改建。

处治范围为除去深层地基处治外的其余路段,路段长度共计约3.6 km。

2.6.3 路基处治方案设计

(1)深层地基处治

本工程主要路基病害为不均匀沉降和软土地基承载力低,根据地质勘察成果,综合考虑土体条件、地下水类型及深度、外部水源情况和施工可行性等,复合地基是最为适宜的处治方法。根据比选,能够同时满足工程效果、工期和造价要求的复合地基处治方案只有CFG桩,因此选用CFG桩进行本项目的深层地基处治。

(2)非开挖处治

目前路基工程中可用的非开挖处治方法,主要为不同方式的注浆。本项目软土层埋深浅,平均在路面标高以下2 m,且地下水条件复杂,外部水源充盈,部分路段外侧紧邻水系,侧向密水条件差,综合考虑以上因素,最终选用地聚合物注浆方案进行一般路段的非开挖处治。注浆最小深度1.2 m,应保证贯穿路床工作深度,注浆顶层面的选择需与路面改建方案相协调(见图8)。

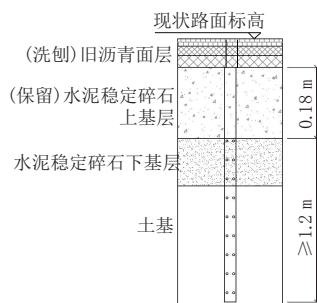


图8 地聚合物注浆深度示意图

为了减轻注浆对现状中分带中乔木和灌木的根系的损伤、保护现状地下管线、同时减少侧向跑浆,对这些路段采用帷幕注浆的方式(见图9、图10)。一般路段注浆孔间距1.5 m,注浆管内径50 mm,梅花形布置。帷幕注浆路段在靠近管线和植被的一侧设

置双排孔,间距 50 cm。

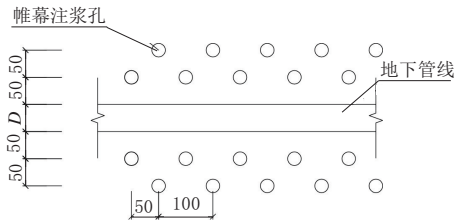


图 9 帷幕注浆平面布置示意图(地下管线保护)(单位:cm)

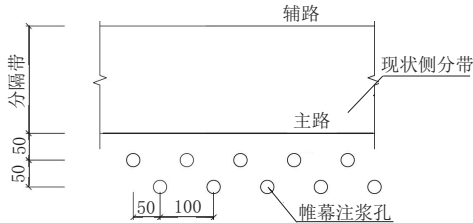


图 10 帷幕注浆平面布置示意图(绿化保护)(单位:cm)

(3)管道基础与路基联合处理

本工程因辅道下需埋设给水、雨水、污水和综合管道,埋设时需开挖管槽,辅路单向宽度 7.5 m,管道处理宽度共计约 4.5 m,占比 60%,如垂直开挖还需大量钢板桩支护,辅道范围内非开挖处治的可行性不高,只能进行路基开挖处理。为满足工程造价及工期的要求,结合淤泥土的地质条件,除桥头路段全断面采用 CFG 桩外,其余路段辅道采用松木桩进行管基和路基联合处理(见图 11)。松木桩稍径要求 ≥ 10 cm,桩长 6 m,桩间距 50 cm,梅花形布置。

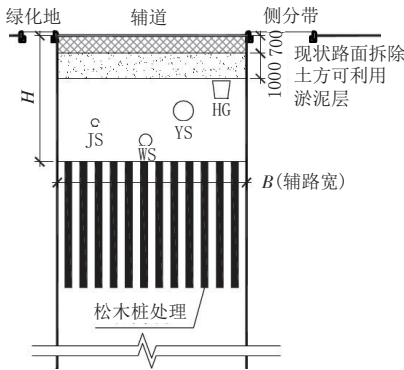


图 11 松木桩横断面布置示意图(单位:mm)

最终路基处理分区形式(见图 12)。

2.6.4 路面工程方案设计

路面结构需根据路基处治方案、设计标高抬升量进行细化设计。根据最新的防洪水位标高要求,全线路面设计标高抬升 30~150 cm。对路面结构进行设计时需要重点考虑。

(1)路面结构自重会影响路基工后沉降,本项目软土层深厚且力学性能较差,应尽可能避免增加较多附加荷载而对路基造成二次扰动。因此需要结合

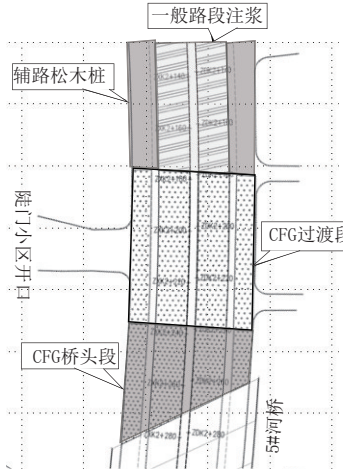


图 12 路基处治分区示意图

路基处治方案来选择是否适用轻质填料。

(2)要考虑对现状路面结构的充分利用,根据其改建后所处工作深度来选择不同的处治方案,优化施工工序,提高改建经济性。

设计标高抬升量可以便捷、直接的反映以上两个问题,所以进行主路路面结构设计时,根据填高高度进行区分,具体设计方案(见图 13)。

2.6.5 排水工程方案设计

针对存在问题,对现状排水系统进行提标、修复、重建、补足等工作。

(1)雨水系统

现状雨水管设计时间为 2006 年,暴雨重现期为 1 a 一遇,且计算公式已不符最新的规范要求。因此,本次雨水设计根据规范采用雨水计算公式,暴雨重现期为 5 a 一遇。

考虑现状雨水管道淤堵、破损情况严重,现状雨水管已失去其功能,本次设计废除现状雨水管后原位重建。

(2)污水系统

本项目木兰溪以北段污水管道运行情况良好,本次设计按保留现状,进行管道修复,根据 CCTV 视频及部门意见反馈,南段主干管道损坏程度严重,按废除并重建进行设计。同时推动下游污水泵站扩容建设,以提升负载,缓解污水管道压力。

2.6.6 合杆工程方案设计

因照明、监控等设施标准老旧、设备老化,本项目对工程范围内的交通信号灯、监控摄像机、交通标志、道路照明等设备进行合杆,并同步设计综合电源箱和综合设备箱,预埋综合管道。

2.6.7 景观工程方案设计

因现状植被受路基处置方式影响,道路绿化方

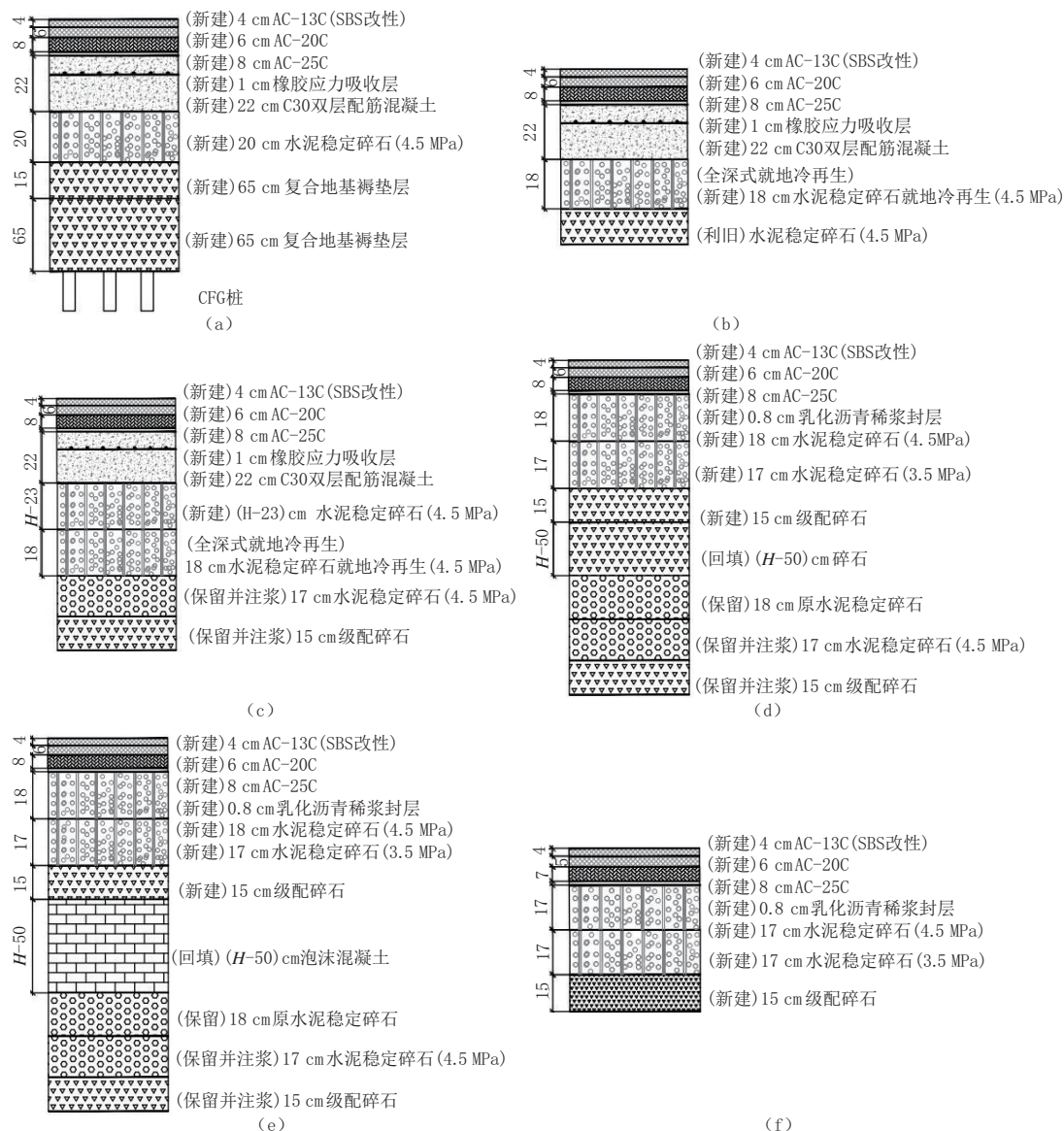


图13 路面结构设计图

案需结合道路路基分段方案进行设计。尽可能保留原有中分带、侧分带乔木,对道路标高提升超过1 m的路段,需对乔木采取原位提升措施,遵循乔木“应保尽保”原则。

3 结 语

高等级城市道路提升改建项目区别于一般的新建项目,往往面临着更为复杂的边界条件。应优先解决各专项工程的耦合问题,抓住核心内容,解决各专项方案间的“来回拉扯和掣肘”,最终达成提升改造目标。这对方案设计的综合性和精细化提出了非常高的要求,一个成熟可行的方案必然需要反复推敲。

我国的城市建设刚经历了一段高潮期,随着使用年限的增加,越来越多的高等级城市道路将要面

临提升改建的情况。随着城市和科技的发展,道路作为城市公共设施的重要载体,承载着越来越多的市政设施,设施的更新迭代以后也会逐渐增加到道路的改建项目中,使得高等级城市道路改建的综合性更加增强。在对高等级城市道路进行提升改建时,如何能够有效提升改善其主体结构性能,兼顾经济性和社会影响,显著延长运营服务年限,是今后需要不断探索和实践的课题。

参考文献:

- [1] 王士林,董猛.国内城市道路建设发展综述[J].城市道桥与防洪,2024(11):1-3;16.
- [2] 田莉,陶然,梁印龙.城市更新困局下的实施模式转型:基于空间治理的视角[J].城市规划学刊,2020(3):41-47.
- [3] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].
- [4] 汤宇轩,辛月.我国城市道路分级方式的演变历程与思考[C]//人民城市,规划赋能——2023中国城市规划年会论文集(06城市交通规划).北京:中国城市规划学会,2023:890-902.

(下转第65页)