

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.240716

烟台市“一横”快速路总体方案研究

秦方方

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要: 为了进一步研究多组团城市长距离快速路的系统方案,以烟台市“一横”快速路为例,作了功能定位分析、交通需求预测,提出了路网均衡、便捷、有效的快速路总体方案。通过梳理沿线控制因素,对穿越老城区快速路路线线位、关键节点进行多方案比选,并针对山岭隧道大断面及小距离隧道交叉/并行、超长隧道的建设、运维和交通安全问题等重难点提出了相应对策和重点设计,为后续相关工程的方案研究和决策提供一定参考。

关键词: 城市快速路;多组团城市;系统方案;超长隧道;隧道群;转体桥
中图分类号: U412 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2025)05-0038-07

Study on Overall Scheme of “One-horizontal” Expressway in Yantai

QIN Fangfang

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

Abstract: In order to further study the system scheme of long-distance expressway in multi-clustered cities, taking the “one-horizontal” expressway in Yantai as an example, the functional positioning analysis and traffic demand prediction are carried out. The overall scheme of expressway with the balanced, convenient and effective road network is proposed. By sorting out the control factors along the route, the multiple schemes are compared for the key nodes and route positions of expressway passing through the old urban areas. The corresponding countermeasures and key designs are proposed to solve the construction, operation, maintenance and traffic safety issues of large-section mountain tunnel, small-distance tunnel, and cross/parallel, ultra-long tunnel. Some references for the subsequent research and decision-making of related engineering schemes are provided.

Keywords: urban expressway; multi-clustered city; system scheme; ultra-long tunnel; tunnel group; swivel bridge

0 引 言

烟台市是我国东部沿海首批开放的 14 座城市之一,是海上丝绸之路重要港口城市、环渤海重要节点城市,区域性的金融、贸易、服务中心。在山东半岛和环渤海地区,烟台市是承接日、韩及欧美产业转移的先进制造业基地和海陆交通枢纽,是联通环渤海、对接东北亚的桥梁和窗口城市,将建设成为资源节约、环境友好的区域性中心城市、港口城市和滨海旅游城市^[1]。

为提升烟台市在环渤海经济圈的核心城市地位,落实国土空间总体规划的发展要求,进一步优化城市发展规划与结构,改善城市交通环境,构建安全高效的道路系统,加强高等级道路对烟台城市空间

发展的支撑,2021 年烟台市系统规划布局了“一轴一横三纵”+“港区环”快速路体系+ I 级主干路系统。

烟台市城市快速路网规划总图见图 1。其中:“一轴”快速路为荣乌快速路;“一横”快速路为沈海高速—红旗路—塔山北路;“三纵”为奇泉路、德润路和山海路;“一环”快速路为港区环,总里程约 196.8 km^[2]。

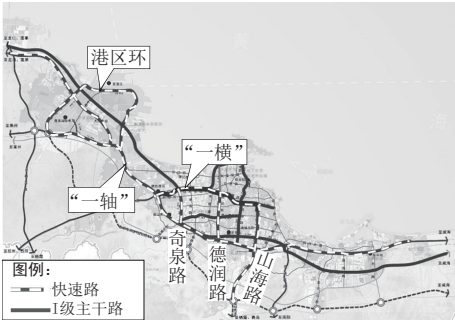


图 1 烟台市城市快速路网规划总图

烟台市为典型的“带状”结构,“一横”贯穿老城区,东西衔接“两翼”开发区、福山区、莱山区,交通功

收稿日期: 2024-07-03
作者简介: 秦方方(1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路设计工作。

能十分重要。但受高速公路、城区建成区以及山体、河道等控制,“一横”快速路工程复杂、实施难度大,本文对其功能定位、通道选线、总体布置以及关键节点方案开展了研究。

1 工程概况

1.1 项目概况

根据功能定位不同,“一横”包含快速路和I级主干路两部分:

(1)西段快速路:西起“一轴”荣乌高速大杨家立交,沿沈海高速—红旗路—塔山北路布置,东与山海路快速路衔接,长约23.2 km。

(2)东段I级主干路:西起山海路,向东穿越塔山山体至观海路,长约3.5 km。

项目示意图见图2。



图2 项目示意图

1.2 功能定位与服务对象

“一横”快速路是烟台市快速系统的核心组成部分,与“一轴”快速路共同承担拓展城市框架、支撑“两翼”发展、疏解城区交通的作用。但与其他快速路不同,“一横”在综合交通运输网络中承担的功能和服务对象呈现明显的分段特征:

(1)大杨家立交—宫家岛路立交段(见图2)。本段为沈海高速入城段,西端通过大杨家立交衔接高速公路网,东端通过宫家岛路立交衔接烟台港区和主城区,是主城区对外出行、港区货运集散重要通道。同时,本段经行烟台新城区开发区和福山区,也是新老城区融合发展的重要通道。交通特征表现为过境到发并重、客货交通兼顾的特征。

(2)宫家岛路立交—山海路段。本段穿越主城区,串联快速路系统“两纵”,是城区快速系统的“北线”,承担主城区与周边组团快速联系的功能,以服务于中长距离到发交通为主,客车专用。

(3)山海路—观海路段。本段是城区快速路系统的东延伸,主要功能是沟通山体两侧区域,以服务于近海区域的到发交通为主,客车专用。

1.3 建设规模和主要技术标准

1.3.1 建设规模

项目基于城市总体规划、综合交通规划等上位

规划建立了城市交通的宏观模型,并结合“一横”快速路承担的交通功能、在城市路网中的重要性、服务交通特征等因素,采用定量、定性分析相结合方法确定建设规模:

(1)远期“一横”主路承担交通量约4 230~8 602 pcu/h(双向),采用双向4~6车道可满足交通需求^[3]。

(2)与功能定位一致,主路承担的交通量呈现明显分段特征。定量分析结果显示,福海路立交—五指山路段交通量较为集聚,接近双向6车道通行能力的上限;而山海路—观海路段采用双向4车道即可满足要求。

(3)福山立交—宫家岛立交段,因跨越夹河规划通道稀疏,且本段不仅承担了烟台港区、老城区—高速公路网络对外客货联系的功能,同时也承担了老城区与沿线开发区、沿海广大腹地客运交通联系的功能,具有兼顾服务客货运、过境与到发交通的特征,定性分析结果显示本段采用双向8车道较为合适。

(4)山海路—观海路段贯通塔山两侧,不仅承担中长距离交通,同时还承担山体两侧区域交通作用,定性分析结果显示本段采用双向6车道较为可靠。

综合上述分析,“一横”快速路主路以双向6车道为主,其中福山立交—宫家岛立交段采用双向8车道;快速路辅路为城市主干路,考虑沿线到发交通、公共交通、慢行交通等干扰,一般采用双向6~8车道;沿线匝道根据交通需求,采用单向1~2车道规模。

1.3.2 主要技术标准

(1)道路等级和设计速度:根据“一横”功能定位,山海路以西,“一横”主路采用城市快速路标准,设计速度80 km/h;大杨家立交—宫家岛路立交段兼顾高速公路功能,平纵技术指标满足公路要求,辅路为城市主干路,设计速度50 km/h;山海路—观海路段为城市主干路,60 km/h。

(2)最大纵坡取值:烟台市冬季积雪冰冻严重,快速路主路取值3.5%,极限值取4%;匝道取值4%,极限值取4.5%。

(3)最小净高:客运专用主路、匝道、塔山北路东延隧道取值4.5 m;沈海高速段主路(兼顾货车通行)取值5.0 m。

(4)设计汽车荷载:城—A级;大杨家立交—宫家岛路立交段按照公路I级校核。

2 总体方案研究

2.1 通道路由

根据“一横”所承担的功能,通道西端需通过大杨家立交与荣乌高速、沈海高速等高速公路网络衔接,通过官家岛路立交与沈海高速北段(烟台港区)、主城区段衔接,以便捷城区对外交通联系、构建城区货运通道。受经济开发区、福山区城市开发建设控制,大杨家立交—官家岛路立交段仅可沿现状沈海高速布设,无其他路由可供比选,需重点研究快速路与高速公路并线段的总体布置方案。

官家岛路立交—山海路段穿越老城区段,控制因素多、征拆难度大,研究过程中针对“一横”通道采用红旗路方案、塔山北路方案、红旗路—塔山北路方案开展了多因素的综合比选,示意图见图3。



图3 官家岛路立交东段路由比选示意图

2.1.1 红旗路方案

自官家岛路立交向东沿现状红旗路布设,至山海路后,快速路主路向南衔接山海路快速路。

方案优点:穿越芝罘区核心区,沿现状道路敷设,与区域路网衔接最便捷,服务效果最好。

方案缺点:穿越老城建成区,现状道路红线不足,拆迁面积达52万 m^2 ;受现状道路已建秦山隧道、塔山隧道、既有互通立交限制,工程复杂、既有构筑物废弃量大、交通影响大、投资规模大,工程费达94亿元;红旗路不仅是车行交通干道,同时也是规划轨道交通走廊,快速路与轨道交通共同敷设于狭小的空间内,众多节点不可协调,导致规划轨道交通改线,弱化了规划公共交通的功能。

2.1.2 塔山北路方案

自官家岛路立交向东沿红旗路走行一段后向南沿冰轮路走行,至塔山北路后向东沿塔山北路敷设至观海路。

方案优点:线位可避让秦山、芝罘区老城区,拆迁量大幅降低,约21万 m^2 ;对已建的隧道、立交等构

筑物影响小、施工期间交通影响小;易与规划轨道交通廊道协调融合。

方案缺点:距离城市核心区过远,服务于老城区时需通过横向通道接驳,但横向主要通道拥堵严重,需进行同步改造;“一横”通道工程费约80亿元,但横向通道配套改造建设安置费约20亿元,拆迁约8万 m^2 ,改造对城区交通影响大,经济效益差。

2.1.3 红旗路—塔山北路方案

本方案自官家岛路立交向东沿红旗路一段后,另辟蹊径新建穿越秦山隧道,接入塔山北路线位。

方案优点:可避让老城区大量拆迁区和既有构筑物区,拆迁和施工影响大幅降低,拆迁量约10万 m^2 ;距离主城区较近,新建隧道可采用隧道匝道便捷衔接至既有路网服务于老城区,配套建设工程少;以隧道工程为主,与山城环境相协调。

方案缺点:秦山穿山隧道、老城区段隧道形成了长约8.5 km的超长快速路隧道,且与山海路以东穿越塔山的主干路隧道(长度约2.5 km)衔接,形成了地下互通体系,工程实施难度大、风险大;工程采用大量隧道结构,工程费约95亿元,配套工程约2亿元。

2.1.4 比选结果

综合比选3个路由方案,红旗路—塔山北路方案虽工程实施难度大、风险高,但通过合理工程措施后工程可行、风险可控,此方案社会效益、经济效益、环境效益均优于其他方案,为推荐方案。

2.2 敷设形式

快速路主要有地面快速路、高架快速路和地下快速路这3种敷设形式,各具优缺点。

地面快速路造价低、环境融合好,但占地大、对城市阻隔严重,适用于建筑密度低、土地富余、相交道路间距大的城市外围区域。

高架快速路交通功能较好,占地较小,造价较低,但噪声、扬尘、废气等环境问题较突出,需配合一定景观和环保措施,适用于用地紧张、交通功能要求高以及环境要求相对较低的区域。

地下快速路土地利用效率高,环境影响较小,但建设运营费用和技术要求均较高,适用于历史风貌保护区、中心商业区、大型建成区等对交通功能和环境要求均较高的区域。

“一横”通道因地制宜,综合采用了地面、高架和地下快速路相结合的形式,见图4。

(1)大杨家立交—福山立交段,长度约5.2 km,

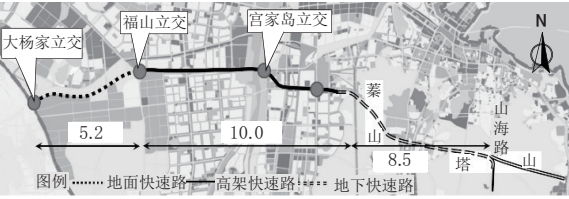


图4 敷设形式示意图(单位:km)

位于城市外围区域,规划路网稀疏,防护绿带较宽,现状道路两侧以村庄为主,采用地面快速路形式。

(2)福山立交—秦山段,长度约 10.0 km,位于开发区、福山区、芝罘区这几个城市建成区境内,采用高架快速路形式。

(3)秦山—塔山段,长度约 8.5 km,位于城市城区,环境敏感,属山岭重丘地势,采用以地下快速路为主的形式。

2.3 标准横断面方案

根据路网分析、沿线用地及快速路敷设形式特点,道路标准横断面有如下几种分段方案。

2.3.1 大杨家立交—福山立交段

本段为地面快速路,主路双向 6 车道利用现状高速公路高路堤,新建双向 4 车道辅路,预留双向 6 车道条件,辅路两侧设置慢行道。

地面快速路标准横断面图见图 5。

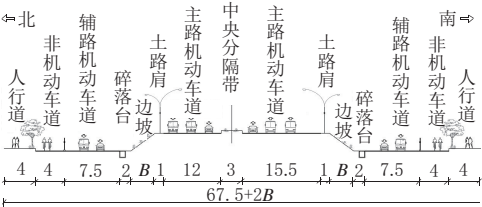


图5 地面快速路标准横断面图(单位:m)

2.3.2 福山立交—夹河段

本段为高架快速路,主路承担对外及沿海片区交通联系功能,近期兼行客货运交通,具有双通道功能,采用双向 8 车道。考虑到本段为规划公交干线的通道,辅路采用双向 6 车道。

沈海高速段高架快速路标准横断面见图 6。

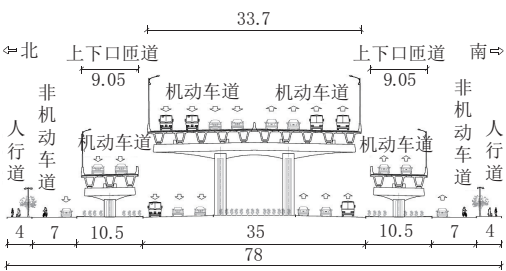


图6 沈海高速段高架快速路标准横断面图(单位:m)

2.3.3 夹河—秦山段

本段为高架快速路,位于老城建成区,沿线建筑

退界相对少,主路双向 6 车道,辅路双向 6 车道。

红旗路段高架快速路标准横断面见图 7。

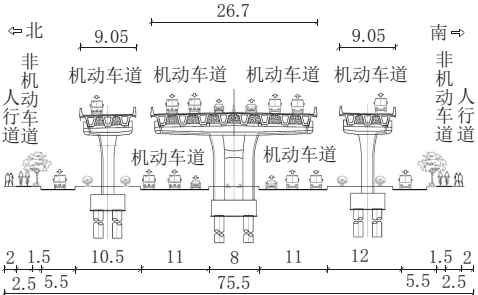


图7 红旗路段高架快速路标准横断面图(单位:m)

2.3.4 秦山—塔山段

本段穿越秦山、世回尧街道以及塔山,以穿山矿山法隧道、明挖地下隧道快速路为主,主路双向 6 车道。

快速路山岭隧道标准横断面图见图 8;明挖段地下快速路标准横断面图见图 9。

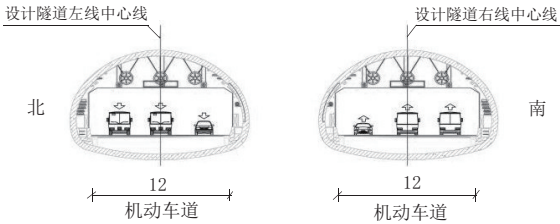


图8 快速路山岭隧道标准横断面图(单位:m)

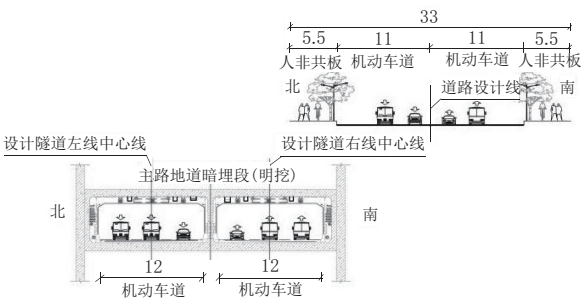


图9 明挖段地下快速路标准横断面图(单位:m)

2.3.5 山海路—观海路段

本段为塔山北路东延伸,城市主干路,是穿越塔山的山岭隧道,双向 6 车道,断面与快速路穿山段(见图 8)相同。

2.4 互通立交方案

快速路是全封闭、控制出入的连续交通,与沿线各等级道路相交处应采用立交形式,包括高速公路出入口立交、枢纽互通式立交、一般互通立交和分离式立交。

“一横”快速路的研究范围内共设有 4 座互通立交,其中大杨家立交和福山立交 2 处是现状沈海高速互通立交,分别衔接荣乌高速、奇泉路快速路,予以保留,实施时贯通辅路系统。宫家岛路立交、德润

路立交分别衔接沈海高速北段和德润路快速路,新建2处枢纽互通。

互通立交布置示意图见图10。



图10 互通立交布置示意图

2.5 出入口布置方案

“一横”快速路沿线区域受现状高速、重要道路、河道、铁路、山体等阻隔,被划分成5个组团。方案依据区域划分设置出入口,服务于区域与快速路主线的联系以及跨组团交通出行,每个组团至少2对出入口进行服务。全线出入口匝道12对(见图11),全线平均出入口间距约1.65 km。

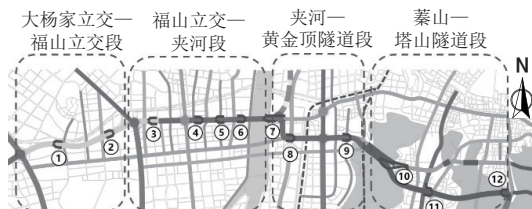


图11 出入口布置示意图

3 部分关键节点方案

“一横”快速路的关键节点较多,本文选取其中3处加以介绍。

3.1 宫家岛互通立交

宫家岛立交是“一横”快速路与沈海高速北段交叉的节点,本节点设计为枢纽型互通立交。

宫家岛立交节点方案平面示意图见图12。其中:红旗路快速主路为双向6车道;北侧沈海高速为双向4车道,西侧沈海快速路双向8车道。

红旗路与沈海快速路为主线分合流。沈海高速与红旗路快速路通过SJ、SC定向匝道联系,沈海快速路与红旗路快速路通过定向匝道红旗路南幅、北路主路衔接。为服务于地面区域交通,同时有效管控货运交通,避免货运交通冲入主城区红旗路快速路,沈海快速路设置接地匝道ZJ、ZC联系只楚路、宫

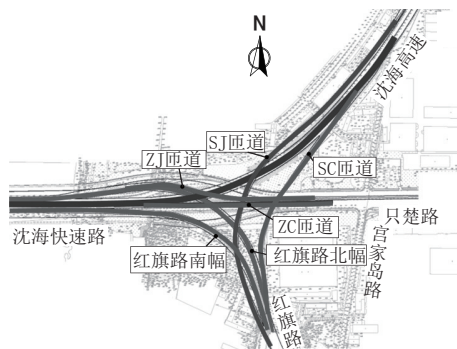


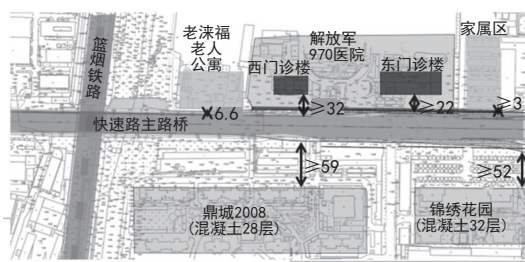
图12 宫家岛立交节点方案平面示意图

家岛路。

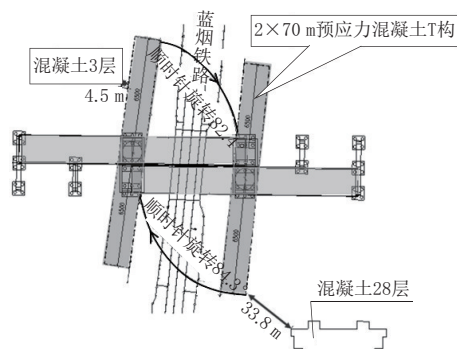
3.2 红旗路上跨蓝烟铁路节点

蓝烟铁路是山东省境内连接青岛和烟台的国铁I级客货共线铁路。现状红旗路框架桥下穿蓝烟铁路,双向6车道,限高4.5 m,两侧各有宽5 m、限高3.6 m的辅路孔。节点周边包括老年公寓、解放军970医院和高层居住小区。

方案利用既有箱涵作为辅路通道,主路高架桥上跨铁路,转体施工。通过对路中整幅上跨、路中分幅上跨、路南侧整幅上跨、路两侧分幅上跨方案进行比选,综合考虑施工和运营期间主路高架桥对两侧控制建筑的影响、占地、实施难度、造价、工期和施工期间交通组织以及本节点与东侧红旗路—德润路互通立交关系等方面因素,选取了线形条件较好、对控制建筑影响较小、征地面积较小的路中分幅转体上跨方案(见图13)。



(a) 节点平面图



(b) 路中分幅转体上跨

图13 蓝烟铁路节点方案平面示意图(单位:m)

3.3 塔山北路—机场路节点

塔山北路以山岭隧道形式穿越秦山和塔山,两山之间为世回尧街道老城区。城区段进行了浅埋暗挖方案、叠层明挖方案和平铺明挖方案的比选。

浅埋暗挖方案施工期间的影响较小,管线迁改和建筑拆迁规模较小,但造价高,且实施难度和风险较高。叠层明挖基坑较窄,拆迁和管线迁改规模较小,但下层隧道设置匝道的条件不佳。平铺明挖方案的管线迁改和拆迁规模较大,优点是可以结合两山夹一城的V形地势,在机场路设置一段跨线桥,将超长隧道分解为长、特长隧道,从而降低施工和运维的风险和难度。经综合比选后,将平铺明挖方案作为后续实施的推荐方案。推荐方案效果图见图14。



图14 塔山北路—机场路节点方案效果图

4 项目关键技术研究

4.1 快速路与高速公路并线段技术

该工程宫家岛路立交以西为城市快速路与高速公路并线段,主要设计要点有以下3点。

(1)技术标准选取。通过研究,快速路与高速公路(入城)并线段道路等级和设计速度应以城市快速路为主,可更灵活设置互通立交和出入口匝道服务区域交通。但考虑货运车辆的特点,构筑物荷载、线形标准等应按高速公路标准进行选取。

(2)客货交通管理。交通管理措施应与区域交通管理措施相协调。与普通高速公路客运靠内、货运靠外组织不同,该工程并线段为经济开发区和福山区,禁止大型货运进入,沿线无货运上下通道需求。为确保交通安全,减小交通交织,并线段内侧2车道为客货混行车道。

(3)衔接节点处理。宫家岛路立交以西通道需同时服务于客货交通需求,而以东老城区段为更好管制货运车辆,确定为客运交通专用通道。该工程在宫家岛路立交设计时(见图12),内侧车道设置为直连式匝道衔接沈海高速北段,以减少货运车辆变道带来的安全隐患;在立交上游设置多级引导标志

和“软型”车道限高架,指引货运车道驶向车道内侧;同时,结合立交条件设置接地匝道,增加货运车辆容错功能和区域服务功能。

4.2 大断面山岭隧道及小距离隧道穿越/并行技术

4.2.1 山岭隧道分岔段大断面技术

该工程山岭隧道总长约11 km,需设置多处地下立交与区域路网衔接,共有5处超大断面和分岔段,最大断面延米开挖 415 m^3 ,最大跨度31.5 m,是目前国内已知最大快速路暗挖断面,且分叉段结构形式多样、地质条件复杂、施工条件受限严重,开挖和支护难度大,施工风险高。方案针对分岔段大断面、连拱断面、小净距断面等不同工况进行了研究,依据围岩条件和施工条件选取合适的施工方法,应用先进的施工技术和设备,制定科学的施工计划和应急预案,确保施工安全和工程质量。

4.2.2 近距离隧道跨越/并行技术

山岭隧道(及匝道)与3座现状隧道产生4处近距离跨越或并行:B匝道距现状黄金顶隧道最近约31 m;主线隧道上跨现状胜利路隧道,最小间距约12.5 m,距塔山隧道最近约30 m;D匝道距塔山隧道最近约为17 m。方案依据围岩条件和距离关系,提出通过制定合理的施工开挖方式和支护顺序、加强监控量测、控制爆破装药量,动态调整施工措施,以减少扰动、确保围岩完整,降低对临近隧道影响,保障现状隧道与工程自身的安全。

4.3 “隧道群”技术

塔山北路快速路长约8.5 km、塔山北路东延伸隧道长约2.5 km,若直接相连将形成11 km的超长隧道。超长隧道通风、消防、应急救援要求高、运维难度大、风险高。为了降低安全风险,减小运维难度和风险,该工程通过系统设计、综合比选论证,结合地形地势特点,在满足交通功能需求的条件下,将超长隧道优化为“隧道群”的方式,同时应用智慧隧道技术来简化运维难度、提高消防安全。具体措施有。

(1)在机场路节点,通过优化工法设计,利用地形设置一段跨线桥,将8.5 km超长快速路隧道简化为2段长约4 km的隧道。

(2)在山海路节点,结合地形地势和功能需求,合理设置主路和匝道位置,将塔山北路快速路隧道与塔山北路东延主干路隧道通过一段地面道路进行衔接,进一步简化地下系统。

(3)引入智慧隧道设计,在隧道内应用运行状态全息感知和风险研判技术,通过智慧化设施和平台,

更好地服务于隧道的运维管理和防灾救援。

(4)采用“统一管理,分段运营防灾”理念,针对该工程隧道设置多条地下匝道,“多点进出”特征明显,结合匝道具体布置,将主路隧道划分为多个运营分段,各运营分段安全疏散救援相对独立。在“一横”通道中控联动的控制下,确保一个运营分段发生灾害关闭应急救援时,相邻运营分段可正常运营,确保隧道运营安全、可靠、可控。

5 结 语

“一横”快速路长度较长,行经烟台市多个重要组团,是国内最长的多点进出型城市快速隧道,同时也是山东省内第一条“高改快”工程,项目技术难度大、经济效益高、环境敏感度高、社会关注度高,技术引领和示范意义显著,目前项目已开始实施。该项目研究方案构建了宏观交通模型,采用定性、定量交

通分析,分段确定建设规模、技术标准和总体方案;通过梳理边界条件、明确控制因素要求,多方案比选,深化工程方案设计,协调工程与沿线城市组团、铁路、环境、人防军事设施等关系;对山岭隧道的大断面和小距离隧道交叉及并行进行了重点设计;采用长、特长隧道群代替超长城市隧道,同时应用“智慧隧道”以提升隧道运维的安全性。研究思路、方法可为后续相关工程的方案研究和决策提供一定参考。

参考文献:

- [1] 王文静.社会空间视角下城乡社会福利的分割与融合研究——以胶东ZC社区为例[D].济南:山东大学,2019.
- [2] 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司,上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.烟台市快速路体系专项规划[R].深圳:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司,2021.
- [3] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范(2016版)[S].

《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

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadbridgeflood@163.com

