

城市干路穿河隧道总体设计要点研究

——以嘉兴市庆丰路隧道建设工程为例

董占宇

(上海市市政工程设计科学研究所有限公司, 上海市 200092)

摘要:对嘉兴市首条主干路穿河隧道——庆丰路隧道的总体设计及其分析、比选过程进行了详细介绍,结合该工程实例,并在《城市道路路线设计规范》(CJJ 193—2012)中关于总体设计要求的基础上,进一步总结城市干路穿河隧道总体设计要点。

关键词:城市道路;干路;隧道;穿越河道;总体设计;非机动车道

中图分类号: U45

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0024-07

0 引言

随着我国经济与施工技术的发展,隧道凭借自身独特的优势,已经被越来越多的城市道路穿越江河湖海工程所采用。与城市快速路相比,城市干路功能更为复合,一方面,干路在城市交通中兼具“通”与“达”的作用^[1];另一方面,根据沿街建筑的使用功能与活动不同,可能形成不同性质的街道^[2]。因此,干路穿河隧道在总体布置时,需要重点考量的要素也较为多样,如起终点的确定、慢行交通的处理、服务沿线地块等。本文结合嘉兴市首条主干路穿河隧道——庆丰路隧道建设工程的总体设计分析、比选过程,试对城市干路穿河隧道项目总体设计的要点进行总结。

1 工程概况

庆丰路隧道建设工程,南起南溪东路,北至规划角里街,工程范围(见图1)全长约1.15 km。新建隧道穿越平湖塘、嘉善塘,全长约769 m。

2 建设条件

2.1 沿线用地

如图2所示,平湖塘以南道路两侧均规划为居住用地,目前已按规划建成景湖花园、庆丰苑和南湖人才公寓3三个小区。平湖塘与嘉善塘中间规划为凤凰洲公园绿地,目前尚未按规划实施,现状场地以



图1 工程范围示意图

工业厂房为主。嘉善塘以北,道路西侧规划为公园绿地和文化设施用地,东侧规划为医疗卫生用地,目前该段道路两侧用地也未按规划实施,现状场地以工业厂房及农田为主。



图2 工程现状用地图

2.2 区域路网

庆丰路规划为城市主干路,工程沿线主要横向道路包括南溪东路(主干路)、现状角里街(主干路)、规划道路(支路)及规划角里街(主干路)(见图3)。根据相关规划,现状角里街(云东路—老07省道段)远期

收稿日期: 2022-04-12

作者简介: 董占宇(1990—),男,本科,工程师,从事道路交通工程设计工作。



图3 区域路网图

将取消。

2.3 相关河道

本工程共涉及3条河道:平湖塘、嘉善塘及钱家港,如图4所示。

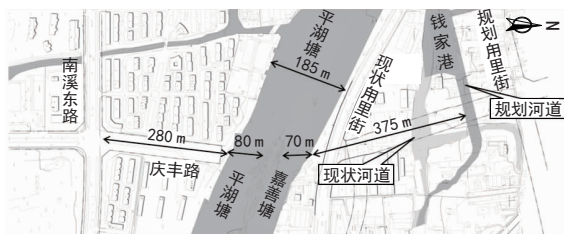


图4 河道平面图

平湖塘:工程线位处平湖塘宽度约80 m,现状河底标高为-2.2 m(1985国家高程,下同),规划河底标高为-2.34 m。目前按Ⅵ级航道管理,航道宽度20 m。

嘉善塘:工程线位处嘉善塘宽度约70 m,现状河底标高为-2 m,规划河底标高为-3 m,不通航。

钱家港:工程线位处现状钱家港宽度约40 m,根据相关规划,与本工程相交段钱家港将向北改线,改线后宽度约为25 m,不通航。本次设计以桥梁形式跨越,桥梁规划梁底标高为3.2 m。

3 总体设计

3.1 总体设计原则

- (1)在相关规划思想指导下,进行本工程的设计。
- (2)注重道路交通设计理念的研究与应用,以人为本,综合分析区域规划、建设条件,工程方案满足交通需求。
- (3)隧道方案因地制宜,选用适宜的技术标准,并充分结合用地条件,在保证隧道运行安全、通畅的基础上,使工程建设方案经济合理。
- (4)隧道设计方案应与周边环境协调,并保证运营期间安全、经济、适用、环保、节能、低碳。

3.2 项目功能定位

通过对相关规划、建设条件的分析,总结本项目功能定位如下:

- (1)宏观层面,是联系城市各功能分区的交通性干路,是嘉兴站与嘉兴南站连接通道的重要组成部分(见图5)。



图5 路网分析图

- (2)中观层面,是区域内重要的过河通道。
- (3)微观层面,服务于沿线地块出入交通。

3.3 主要技术标准

- (1)道路等级:城市主干路。
- (2)设计速度:40 km/h。
- (3)净空高度:机动车道 ≥ 4.5 m,非机动车道、人行道 ≥ 2.5 m。

3.4 隧道起终点分析

庆丰路、南溪东路、规划角里街都是嘉兴中心城区贯通性较强的重要主干路,连接城市中多个重要组团。

为充分发挥主干路功能,避免车辆绕行,尽量减小河道对路网产生的影响,结合技术标准、建设条件分析,确定将庆丰路隧道布置在南溪东路与规划角里街之间,与南溪东路、规划角里街形成平面交叉,使车辆穿越河道后可以根据目的地方位尽快调整行驶方向。

3.5 建设规模分析

3.5.1 隧道机动车道建设规模分析

(1)交通需求与通行能力分析

采用四阶段法进行交通流量预测,远期庆丰路隧道单向高峰小时流量将达到1380 pcu/h,经与设计通行能力比较,采用机动车双向4车道规模可以满足远期交通需求。

(2)两端接线道路的承受能力

庆丰路(南溪东路以南段)已按机动车双向4车道的规模实施。根据相关规划,角里街以北段庆丰路

规划建设规模也为机动车双向4车道。因此,从两端接线道路的承受能力上看,庆丰路隧道的建设规模不宜过大,取用机动车双向4车道的规模较为合适。

3.5.2 隧道慢行交通需求分析

《城市综合交通体系规划标准》(GB/T 51328—2018)^[1]条文 10.1.4 要求:“……河流和山体分隔的城市分区之间,应保障步行与非机动车交通的基本连接。”条文 10.2.1:“步行交通是城市最基本的出行方式。除城市快速路主路外,城市快速路辅路及其他各级城市道路红线内均应优先布置步行交通空间。”条文 10.3.2:“适宜自行车骑行的城市和城市片区,除城市快速路主路外,城市快速路辅路及其他各级城市道路均应设置连续的非机动车道……”从现行相关规范、标准的要求看,本工程应同步考虑慢行交通过河的需求。

从慢行交通系统规划角度看,嘉兴市将打造“一核三环八射慢行骨架网络”。庆丰路是“三环”中“城区休闲慢行环”中的重要组成。为保证慢行环路系统的连续,本工程应考虑慢行交通过河。

从区域慢行过河通道的密度上看,若庆丰路隧道不设置慢行通道,则在云东路桥(规划)与三环东路桥(现状)间将有约1.6 km范围内没有过河通道(见图6),对慢行交通来说绕行距离较长,不利于南北片区以及凤凰洲公园之间的沟通。故本工程考虑慢行系统同步过河是必要的。

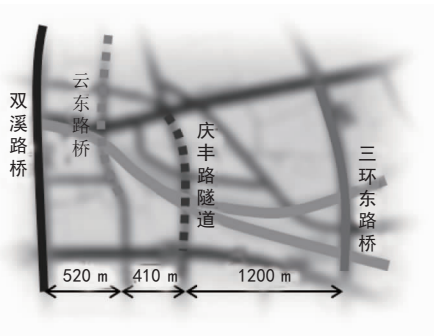


图6 区域慢行过河通道密度分析

根据类似已建工程案例经验,若隧道只设置机动车道,往往会有行人和非机动车为减少绕行,强行闯入机动车隧道,管理难度大、安全隐患大,也因此发生过较为严重的交通事故。故从交通安全的角度考虑,庆丰路隧道应同时设置非机动车道和人行道。

3.5.3 沿线地块、路网连通需求分析

经调查,平湖塘以南沿线3个小区与庆丰路均有不同程度的连通需求。景湖花园规划有小区出入口;南湖人才公寓设有唯一出入口,兼作庆丰苑消防

通道出入口。故庆丰路(南溪东路—平湖塘段)需设置地面辅路与小区出入口连接,以服务沿线地块。

凤凰洲公园主要供公众游览、观赏、休憩、锻炼身体等活动,故隧道方案应考虑两岸慢行交通系统(尤其是行人)与凤凰洲公园的连通,以提高公园的可达性,扩大公园辐射范围,提升区域活力,增强基础设施建设给附近居民带来的获得感。

为保证路网高效运行,避免出现断头路、减少车辆绕行,庆丰路(嘉善塘—规划角里街)应设置地面辅路,与现状角里街及规划道路连通。

3.5.4 可实施性分析

庆丰路(南溪东路—平湖塘段)两侧地块已按规划建成居住用地,道路实施宽度需严格按照红线宽度42 m控制。在42 m红线宽度内,设置隧道机动车道(双向4车道)及慢行道主体结构后,剩余宽度基本能满足服务沿线地块所需的地面辅路及人行道的布置。

庆丰路(嘉善塘—规划角里街段)沿线地块尚未开发,用地条件较为宽松,可以满足上述分析的各种功能需求。

3.5.5 分析结论

综上所述,庆丰路隧道采用机动车双向4车道的建设规模是合适的。隧道应设置慢行道,满足慢行交通过河及出入凤凰洲公园的需求。同时设置地面辅路,满足沿线地块出行及路网连通的需求。

3.6 隧道施工方法

根据工程性质及建设条件,庆丰路隧道可能采用的施工方法主要有盾构法、沉管法和明挖法。

本工程建设条件较为紧张,若采用盾构法,根据施工覆土要求,隧道在南溪东路以北接地需采用8%以上纵坡,不满足相关规范中对于40 km/h设计速度时最大纵坡的要求^[3]。

平湖塘、嘉善塘现状河底标高都在-2 m左右,区域多年平均水位约0.87 m,河道水深无法使沉管法的预制管段浮起,故本工程不具备沉管法的实施条件。

综合比较,明挖法工艺成熟,满足本工程功能需求,相对于本工程隧道规模来说也更为经济。施工过程中可以采取一定措施,满足通航及防洪的要求。本工程隧道推荐采用明挖法施工。

3.7 总体方案比选

3.7.1 控制因素

隧道工程的总体布置方案受平面、纵断面及横

断面约束条件的共同影响,通过前述对建设条件的分析,庆丰路隧道总体布置主要约束条件如下:

(1)隧道南端接地点与南溪东路交叉口需保持一定距离。

隧道接地点与平面交叉口的距离主要考虑两点因素:

a.对于从隧道驶出的车辆,需预留足够的距离,使驾驶员能够识别、判断平面交叉口的情况,并进行相应的操作;对于驶入隧道方向的车辆,需预留足够距离,使驾驶员可以辨别和驶入隧道或地面辅路。

b.应满足平面交叉口车辆排队长度,以及隧道与地面辅路转换车道所需交织长度的要求。

关于a点,相关规范中已有明确规定:城市地下道路出口接地点处与下游地面道路信号控制平面交叉口的停车线距离不宜小于1.5倍停车视距,条件受限时不得小于1倍停车视距^[3]。

对于b点,往往需要根据具体建设条件及工程方案,相应调整交叉口渠化方案,以满足车道转换所需的交织段长度要求。

(2)隧道穿越平湖塘段,规划航道下方顶板覆土深度不小于1 m^[4]。

(3)隧道穿越嘉善塘段,顶板应具有一定覆土深度。

(4)钱家港桥梁底标高需达到规划要求。



图7 隧道总体布置主要控制因素示意图

根据上述约束条件进行隧道总体布置,可以发现隧道北端建设条件相对宽松,即第(3)、(4)约束条件较易满足。南溪东路与平湖塘之间距离较短,所要求的高差又较大,同时满足第(1)、(2)约束条件难度较大,而隧道接地点与交叉口间距离又影响交叉口交通组织设计,故隧道南端的布置方案是影响本工程总体布置的关键所在。

城市道路中机动车道与慢行道的净高、纵坡等技术标准有所差异,且机动车产生的尾气使隧道内空气质量较差,对慢行不利,故考虑对机动车道与慢行道分孔布置。慢行道虽然净高要求较低,但相关规范中对于骑行道的坡度要求也较缓,非机动车道采用骑行还是推行的方案,直接影响隧道长度,即

接地点与交叉口的距离,进一步又影响平面交叉口的交通组织设计方案。采用骑行方案,坡度缓,隧道长,接地点距交叉口较近。采用推行方案,坡度可适当增大,隧道稍短,可以增加隧道接地点与交叉口间的距离。故本工程总体方案主要对非机动车骑行及推行方案进行分析、对比。

3.7.2 总体方案一

隧道内非机动车道采用骑行方案(主要指自行车),为满足相关规范对非机动车道骑行的坡度要求(表1)^[5],并综合考虑前述各约束条件的要求,隧道南端非机动车道接地点与平面交叉口距离按1倍停车视距(40 m)^[5]控制。

表1 非机动车道最大坡长

纵坡 /%		3.5	3.0	2.5
	最大坡长 /m			
	自行车	150	200	300
	三轮车	—	100	150

在南溪东路交叉口的进口道,隧道与地面辅路的机动车交织需在非机动车道接地点以后进行(见图8),隧道机动车道过早与地面道路衔接并不能使有效的车道转换长度增加,故隧道机动车道南端接地点与交叉口停车线距离按1.5倍停车视距(60 m)^[5]控制即可。此时隧道机动车道南端敞开段坡度为5.5%,无需采用更大的纵坡。



图8 隧道总体方案一

3.7.3 总体方案二

考虑尽可能为南溪东路交叉口进口道预留足够长的交织段,隧道南端机动车道敞开段采用相关规范中允许的最大纵坡,即6%^[3]。此时隧道南端接地点与交叉口停车线距离约78 m。

此时隧道非机动车道南端接地点也应与交叉口保持一定距离(不小于78 m),以为机动车留出足够长的交织段。受建设条件限制,此时非机动车道纵坡无法满足相关规范对骑行的要求,只能采用推行方案。但非机动车道纵坡也不应过大,主要考虑两点因素:(1)手推自行车坡道坡度要求,不大于1:4^[6];(2)电动自行车爬坡能力,应特别注意防止出现电动自行车“骑不动也推不动”的情况。

考虑实际运行安全,为尽量减小非机动车道纵

坡,本方案非机动车道南端接地点位置与机动车道一致(见图9)。此时非机动车道纵坡为4.1%,满足手推自行车坡道坡度要求。现行规范中并未对电动自行车道纵坡进行规定,通过对电动自行车性能及部分陡坡道路运行情况的调研,该纵坡也可满足电动自行车骑行坡度要求。

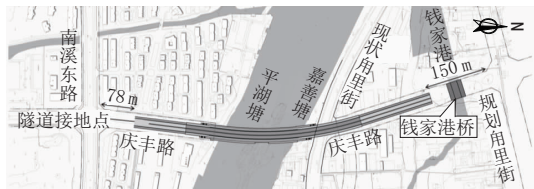


图9 隧道总体方案二

3.7.4 方案比选

方案一兼顾各种交通参与群体的需求,虽然隧道接地点距交叉口较近,为交叉口进口道车辆预留的交织段长度较短,但一方面平湖塘以南的地面辅路平时仅连接两个小区,且南溪东路—平湖塘之间没有横向道路与庆丰路连接,所以地面辅路交通量并不大。另一方面,在交叉口交通组织设计上,可以采取隧道主线和地面辅路各自独立渠化的方式,减少或者避免两者之间车辆的交织。故总体而言,方案一的布置方式基本不会影响庆丰路—南溪东路交叉口的功能。

方案二采用非机动车推行方案,但参考类似工程案例,在实际运行中对于非机动车推行的管理难度较大,这种情况下对于电动自行车的管理方式也存在争议,存在安全隐患。虽然该方案增加了隧道接地点与交叉口的距离,但由于建设条件的限制,增加幅度有限,仍需要采取特定措施以保证交叉口功能。

综上所述,方案一在满足隧道交通功能的基础上,兼顾各种交通参与群体的需求,充分体现人性化设计理念,运行安全,便于管理。方案二牺牲非机动车骑行功能带来的收益有限,且增加了运行、管理风险。故本工程总体布置方案推荐采用方案一非机动车骑行方案。

3.8 总体布置

工程总体布置如图10所示。隧道自庆丰路—南溪东路交叉口以北约40m处开始,下穿平湖塘、凤凰洲公园、嘉善塘、现状角里街,在规划钱家港以南约50m处与地面道路接顺,隧道全长约769m(南侧敞开段165m+暗埋段426m+北侧敞开段178m)。隧道同时设置机动车道、非机动车道与人行道,机动车道与慢行道分孔布设。在河道南、北两岸及凤凰洲公园

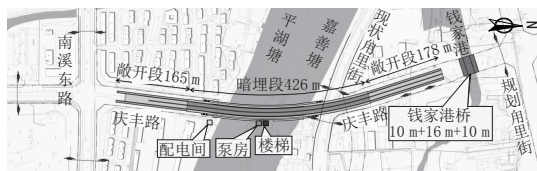


图10 工程总体布置图

设置人行梯道。

凤凰洲公园设置泵房一座。平湖塘南岸绿化带新建配电间一座。

3.9 平面、纵断面及横断面设计

3.9.1 平面设计

隧道平面走向与规划红线一致,隧道内设置一处平曲线,半径为800m,满足40km/h设计速度时,不设缓和曲线、超高及加宽的要求。

3.9.2 纵断面设计

纵坡过大不利于行车安全,同时增加汽车油耗,不利于资源节约及环境保护。为使工程安全、经济、适用、环保、节能、低碳,同时满足非机动车道骑行技术要求,本工程采取了以下措施尽可能降低隧道纵坡:

(1)嘉善塘为不通航河道,对隧道顶板采用细石混凝土、浆砌块石护底等保护措施后(防止河道疏浚作业破坏结构防水层),设计最小覆土厚度采用0.5m。

(2)河道底部路段的慢行孔中,非机动车道与人行道间设置立柱,以减小孔内横向跨度,进而减少顶板厚度。同时取消人行道侧石,降低孔内结构高度。

(3)河道底部路段压缩竖向设备空间,照明等设施尽量布置于建筑限界两侧,以降低结构高度。

经各专业反复协调、优化,最终隧道机动车道南侧敞开段采用5.5%纵坡,北侧敞开段采用4.2%纵坡;非机动车道最大纵坡3.5%,坡长按相关规范要求执行。隧道内最小纵坡0.3%,满足排水要求。隧道与地面道路接线处设置“驼峰”,防止地表水进入隧道(见图11)。

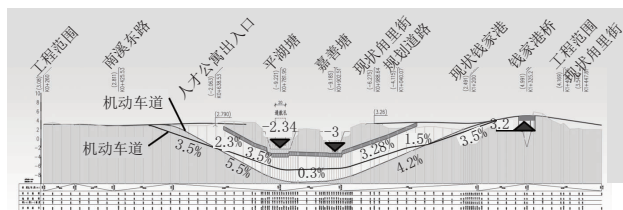


图11 纵断面示意图

3.9.3 横断面设计

隧道标准横断面设计如图12~图14所示。

3.10 交通组织设计

3.10.1 机动车交通组织

平湖塘以南,隧道与南溪东路形成平面交叉,车

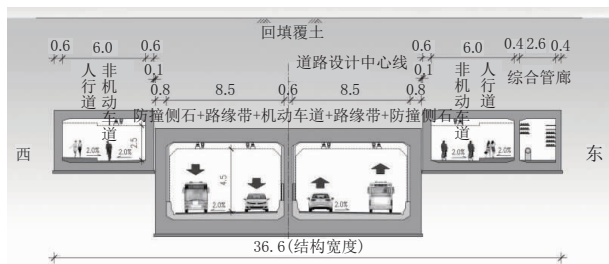


图 12 暗埋段标准横断面

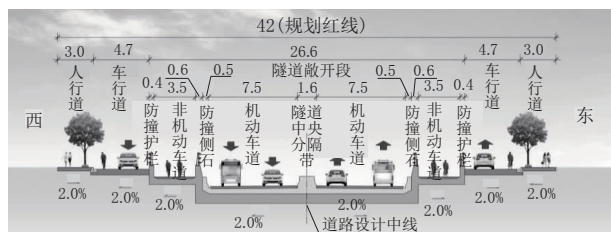


图 13 南侧敞开段标准横断面

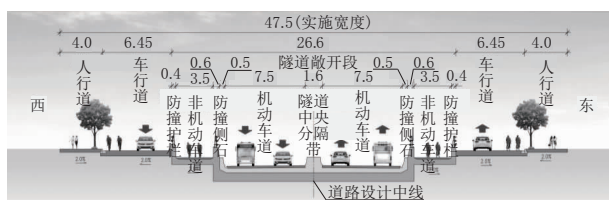


图 14 北侧敞开段标准横断面

辆通过平面交叉口实现交通方向的转换。出入南湖人才公寓和景湖花园的车辆可以由地面辅路通行,受隧道结构影响,南湖人才公寓和景湖花园小区的车辆在辅路上“右进右出”。平湖塘南侧机动车交通组织如图 15 所示。

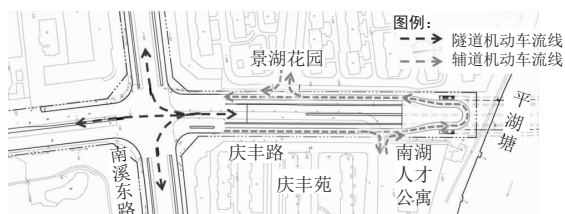


图 15 平湖塘以南机动车交通组织

嘉善塘以北,隧道与规划角里街形成平面交叉口,车辆可通过平面交叉口实现交通方向的转换。地面辅路与现状角里街形成平面交叉,满足路网连通需求,如图 16 所示。

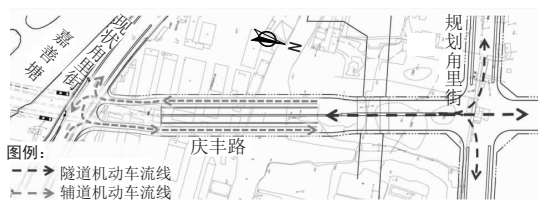


图 16 嘉善塘以北机动车交通组织

未来规划道路实施、现状角里街取消后,地面辅路与规划道路直接连通,机动车交通流线如图 17 所示。

另外,隧道内不允许载有危险化学品机动车通行。该类车辆可通过周边已建双溪桥、三环东路桥过河。

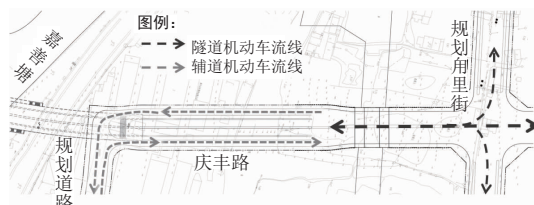


图 17 规划道路实施后与庆丰路辅路直接连通

3.10.2 非机动车交通组织

非机动车可从隧道两端的敞开段出入。对于人才公寓、沿河绿道、现状角里街的非机动车交通,可以由设置在河岸边的人行梯道推行出入隧道,减少绕行,如图 18 所示。



图 18 隧道非机动车交通组织

3.10.3 行人交通组织

庆丰路、沿河绿道及现状角里街上的行人可由设置在河道岸边的楼梯出入隧道。在凤凰洲公园设置一处楼梯,并在隧道顶板以上设置垂直于隧道走向的连接通道,连接两侧人行道,使隧道两侧行人均可以通过楼梯出入凤凰洲公园。由此可实现河道两岸及凤凰洲之间步行交通的沟通。行人交通组织如图 19 所示。

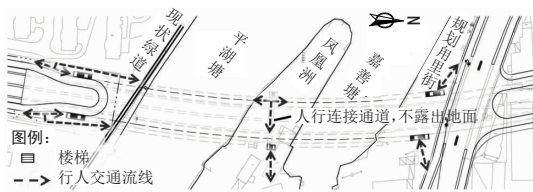


图 19 隧道行人交通组织

4 总体设计要点总结

结合庆丰路隧道总体设计的分析、比选过程,城市干路穿河隧道总体设计要点如下:

- (1)应根据交通特性、路网结构、沿线用地等因素,多层次综合分析确定道路性质、功能定位、服务对象。
- (2)应基于交通分析,综合考虑道路功能、建设条件、通航与防洪要求、工程造价等因素,合理确定隧道起终点及施工方法。
- (3)应多角度分析隧道建设规模,特别是要秉持人性化设计理念,充分考虑非机动车与行人的过河交通需求。
- (4)注意分析沿线地块、横向道路与路网的连通

需求,论证设置辅路的必要性。

(5)线形设计应综合考虑交通组织、河道覆土、施工方法、避让地下管线及障碍物的要求,注意各专业之间的协调,合理安排隧道结构尺寸、设备布置,并应统筹布置隧道平面、纵断面及横断面,保证车辆行驶的安全性、舒适性。

(6)应注意各类机动车、非机动车及行人的交通组织设计。

5 结 语

与城市快速路相比,城市干路穿河隧道具有服务对象广、功能复合、交通流为间断流等特点,其总体布置往往受到河道、土地、交叉口、管线、沿线地块等诸多因素的制约。本文对其总体设计要点进行了总结,为同类工程设计提供参考。庆丰路隧道总体设计中采用的具体方法,如关于慢行通行需求的多角度论证、非机动车骑行与推行方案的研究、降低纵坡

的措施等,也可应用于类似项目。但实际工作中不应局限于以上方法,更为重要的是参考设计要点,根据项目具体情况,灵活采用各种设计手段,完善工程方案。另外,本文总结的部分设计要点,也适用于跨河桥梁工程的总体设计。

需要注意的是,《城市道路路线设计规范》(CJJ 193—2012)^[5]中已经对城市道路总体设计进行了规定,工程实践中应首先对照相关规范,满足总体设计的一般性要求。

参考文献:

- [1] GB/T 51328—2018,城市综合交通体系规划标准[S].
- [2] 上海市规划和国土资源管理局.上海市街道设计导则[M].上海:同济大学出版社,2017.
- [3] CJJ 221—2015,城市地下道路工程设计规范[S].
- [4] GB 50139—2014,内河通航标准[S].
- [5] CJJ 193—2012,城市道路路线设计规范[S].
- [6] CJJ 69—95,城市人行天桥与人行地道技术规范[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

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smmedi.com