

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.002

城市地下车行环路精细化交通管控研究

——以广州南沙横沥岛尖地下车行环路为例

肖宁¹, 游克思², 孙培翔²

[1.广州市南沙新区明珠湾开发建设管理局,广东 广州 511457;2.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:地下车行环路多与城市中心商务区地下空间相连通,形成规模较大的地下路网结构,整合了区域地下停车资源,已成为改善交通拥堵、空间缺乏等问题的一条较为有效的途径。然而,地下车行环路存在诸多衔接界面,不同系统间的交通流交织频繁,同时,交通出行潮汐效应明显,早晚高峰局部进出环路的交通流集中,易产生交通瓶颈。研究分析了预防和疏解地下环路交通拥堵的基本需求,从建议类和强制干预类角度提出了典型的交通管控对策。在此基础上,总结了几种地下车行环路典型交通管控需求场景,并以南沙横沥岛尖地下车行环路为例,选取突发事件下地块出口控制、地下车行环路-地块出入口一体化联动控制、重点路段的实时监管、地下车行环路洞口控制等几个场景,进行了精细化交通管控对策分析与建议。

关键词:地下车行环路;交通管控;匝道控制;联动控制

中图分类号:U491

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)11-0006-05

0 引言

伴随着城市的不断发展和人口集聚,各大城市特别是中心城区的空间资源正变得越来越紧张,并逐渐成为制约城市进一步健康、良性、可持续发展的瓶颈^[1]。地下空间资源的开发和合理利用可有效缓解城市中心区域土地紧张这一难题,并为改善交通拥堵、空间缺乏、环境恶化等问题提供一条较为有效的途径^[2]。地下空间已被看作新型的国土资源而受到越来越多的重视,许多大城市开发利用地下空间,修建了地铁车站、地下道路等,特别是连通地下商业、办公、娱乐、文化等各种立体综合体的地下车行环路,也越来越成为各大城市缓解中央商务区用地紧张、空间拥挤、交通拥堵等问题的重要手段^[3]。如日本东京品川地下车行通道、美国波士顿中心大隧道,都是在城市中心修建的用于缓解城市交通拥堵的地下通道。近年来,我国一些大城市也规划和修建了地下车行环路来缓解城市用地紧张和交通拥堵等问题,如北京的中关村地下交通环廊、金融街地下交通工程、奥林匹克公园地下交通联系通道、武汉王家墩商务区核心区地下车行环路、天津于家堡金融商务区地下车行环路等。地下车行环路多与中心商务

区地下空间相连通,形成规模较大的地下路网结构,联系并整合了区域地下停车资源,提高了车库利用率,同时有效地集散了出入地下停车库的交通,缓解了地面交通,提升了地面环境品质^[4-5],但同时也给区域的交通运营与安全带来一些新的问题。

现有研究多以交通信号控制的优化算法、匝道出入口控制方法等为主要研究内容^[7-13],且主要以地面道路或一般隧道研究为主,对于地下车行环路这种新型的城市地下道路的研究相对较少,特别是针对城市地下车行环路的精细化交通管控策略研究相对较少。本文以实际运营管理需求为切入点,针对城市地下车行环路的交通特征和管控需求,并以南沙横沥岛尖地下车行环路为例,从不同管控需求场景展开精细化交通管控策略的研究。

1 工程概况

南沙横沥岛规划有地下车行环路。地下车行环路主线布置于横沥岛尖新联路、大元路、新北路、金融大道市政道路下方,首尾相连,形成一闭合环路,单向3车道规模,逆时针交通组织,设计速度20 km/h,全长约2.66 km,主要衔接沿线地块B3层。金融大道下方设置一条辅线联系IFF永久会址,单向两车道规模,设计速度20 km/h,逆时针交通组织,全长约1.92 km,主要衔接沿线地块B3层。

对外出入口方面,明珠湾区横沥岛尖地下车行环

收稿日期:2022-12-30

作者简介:肖宁(1988—),男,硕士,高级工程师,从事城市建设管理工作。

路在大元路、金融大道设置4对衔接地面的进出口匝道,其中大元路匝道可高效联系凤凰大道匝道,4对匝道全长约1.5 km;在大元路及金融大道与星灿路交叉口各设置2对平行匝道衔接明珠湾新建跨江隧道出入口,辅线上在金融大道与安益路交叉口设置预留1对八字匝道,衔接远期安益路跨江隧道出入口。图1为南沙横沥岛尖地下车行环路示意图。



图1 南沙横沥岛尖地下车行环路示意图

2 地下环路交通管控研究

2.1 交通管控需求分析

对地下车行环路进行交通管控的需求主要体现在3个方面:

(1)保障地下车行环路入口处不拥堵,避免过多的车辆集中从地下车行环路某一入口进入,从而造成交通拥堵。

(2)保障地下车行环路内部不拥堵。地下车行环路内部交通运行状态与诸多因素有关。地下车行环路与各地块直接相连,因此,首先需要保证车辆能够从环路快速进入地块,避免地块入口处车辆因等候进入车库而排队,从而造成地块入口处拥堵扩散,影响到环路的交通运行。其次,若环路局部发生交通拥堵,通过交通管控能够提前对车流进行分流或限流。例如,关闭或定时关闭接入环路的各入口,避免在环路发生交通拥堵的情况下,外界车辆仍持续驶入环路,从而造成交通拥堵的延伸和加剧。又例如,间隔放行部分接入口,这样可以有目的地调整各入口进入环路的车流量,从而避免环路内交通拥堵加剧。最后,需要对重点路段进行安全管控,以降低环路内事故发生率。

(3)保障地下车行环路出口处不拥堵,避免在出口外交叉口处发生集中排队情况,并延伸至环路内部,从而影响到环路交通运行状况。

2.2 典型交通管控对策

地下车行环路交通管控策略实施的可行性和精

准性,与地下车行环路中交通信息监测技术和监测内容有关,基于微波检测器、摄像头、毫米波雷达等监测技术设备获取交通流参数、交通事件等数据,在此基础上,开展交通信息分析处理和决策,进而为交通诱导和管控提供决策支持。常见交通诱导和管控措施主要有两类,分别是建议引导类措施和强制干预类措施。其中建议引导类措施的主要控制措施有交通诱导(信息发布)、车速控制、车道控制;强制干预类措施主要有洞口控制和匝道控制。这些控制措施相应使用的诱导和管控设备是车道控制器、可变限速标志、信号灯和可变信息情报板。表1汇总介绍了各种管控措施的基本功能和使用场景。

表1 典型交通管控措施的基本功能及使用场景汇总

主要控制措施	主要功能	使用场景	
交通诱导(信息发布)	通过可变情报板,发布动态信息,包括交通信息、管理信息、应急信息等	常规配置,但当前应用案例缺乏对信息板系统布局以及信息发布策略等的统筹考虑	
建议引导类措施	车速控制——速度建议	发生事故或事件时,采用信息板提出建议车速	
车道控制	通过车道指示器,控制车道使用,当发生事故时,可关闭车道,建议驶离当前车道	应用较少,一般采用限速值	
车速控制——隧道环路限速(违法抓拍)	与违法抓拍结合,交警执法部门设置隧道最大运行速度	常规配置,案例较多	
强制干预类措施	匝道控制	调节主线流量,定时(自适应)控制匝道汇入主线的车流	国内高架快速路有一些应用案例,隧道应用较少,地下车行环路尚无案例
洞口控制(入口关闭管理)	隧道火灾、突发情况、隧道养护等情况,需要关闭隧道	应用较少,未得到重视;地下车行环路尚无案例	

3 地下车行环路交通管控基本场景

地下车行环路交通安全运营管理水平的提升,可以从管控手段的增加、管控精细度的提升以及主动管控和诱导技术几个方面考虑,具体可以从以下几种场景需求进行管控:

- (1)衔接地面路网的交通均衡诱导;
- (2)地下车行环路-地块出入口一体化联动控制;
- (3)重点路段的实时监控;
- (4)地下车行环路出口与地面交叉口信号灯联动控制;
- (5)地块入口处无杆停车。

结合南沙横沥岛尖地下车行环路设计方案,形

成以下各类型场景的交通管控思路。

3.1 衔接地面路网的交通均衡诱导

地下车行环路入口衔接地面路网的交通均衡诱导的实现,需要地上地下一体化的交通诱导系统作为支撑,具体体现在交通标识系统和手机移动端的协同诱导,如图2所示。通过交通标识系统对包含地下车行环路在内的整个路网进行分级诱导。其中:一级诱导显示地下车行环路周边地区主干路及环路的实时路况,引导车辆合理选择地下车行环路进入路径;二级诱导显示地下车行环路交通流状况,停车场的名称、位置及车位的剩余数量,引导车辆通过地下车行环路衔接道路,安全有序进入地下车行环路,避开地下车行环路内拥堵路段,并沿着地下车行环路主线行驶至相应目的地;三级诱导主要用于引导车辆顺畅进入各商业体和停车场。

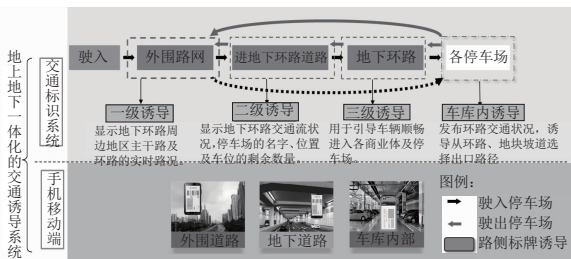


图2 基于交通标识系统和手机移动端的衔接地面路网交通均衡诱导示意图

停车库内诱导系统主要是发布环路交通状况,诱导车辆从环路、地块坡道,选择和规划合理的出口路径。手机移动端主要利用手机网络及导航地图实时接收外围路网、地下道路、地下车库的实时路况及停车场位置、停车位等情况,引导车辆避开环路交通拥堵时区,预防交通拥堵的加剧和延伸。通过交通标识系统形成的多级诱导系统及手机移动端的实时信息发送,引导车辆由不同的入口进入路网或地下车行环路,实现车辆在区域内的流量均衡,从而保障环路所在路网的合理交通诱导与管控。

3.2 地下车行环路 - 地块出入口一体化联动控制

地下车行环路出入口 - 地块出入口一体化联动控制,主要是针对地块出口、匝道以及地下车行环路洞口进行控制。基于地面道路、地下车行环路及地块高效的交通信息采集和态势分析技术,实时监测目标区域的突发交通事件或紧急工况,智能启动相应应急预案,特别是利用目标区域的闸机与其他联动措施进行一体化控制,提升地面道路 - 地下车行环路 - 地块出入口的联合管控,从而提升区域交通总体运行水平。

3.3 重点路段的实时监控

地下车行环路中存在诸多易引发交通事故或交通拥堵的路段,如弯道或不同净空衔接处等,这类路段属于事故或拥堵易发点,需要进行重点监管和实时监控。以南沙横沥岛尖地下车行环路为例,环路辅线存在小半径回形转弯区域,属于小半径弯道,行车视距不太好,转弯半径小,容易发生交通事故或交通拥堵问题,一旦突发交通事件,引发交通拥堵,极易延伸发展至上游区域,从而引发上游整个辅线乃至主线区出现交通拥堵情况,因此需要对该区域进行重点监测,若监测到交通事件或拥堵情况,立即对即将进入该区域的车辆进行风险警示。此外,明珠湾越江隧道与地下车行环路衔接入口区域属于不同净空衔接处,容易出现明珠湾越江隧道中的超高车辆误入地下车行环路的情况,造成车辆撞击地下车行环路顶部,引发交通事故,因此,需要对该区域进行重点监测,实时监测明珠湾越江隧道中拟进入地下车行环路的车辆高度,警示超高车辆进入环路系统。

3.4 地下车行环路出口与地面交叉口信号灯联动控制

地下车行环路出口与地面交叉口信号灯联动控制是地下车行环路及周边路网进行交通管控的有效措施之一。同样,基于地面道路、地下车行环路及地块高效的交通信息采集和态势分析技术,实时监测和分析地下车行环路及衔接地面道路的交通运行状态,若衔接地面道路某处突发交通事件,可利用地面道路交叉口信号灯进行车流的限流与引导,同时联动控制地下车行环路出口闸机,禁止环路中车辆驶入事件发生道路,降低突发事件对周边道路的影响范围和影响程度。

3.5 地块入口处无杆驶入

地下车行环路一般连接多个商业体及停车库,当车辆经由环路主线驶入各地块时,若在入口处等待闸机开放后再驶入地块,极易在入口处造成排队,甚至蔓延至环路主线,从而引发环路交通拥堵,影响环路主线的交通运行状态。特别是早晚高峰时间,车流集中驶入某些地块,极易发生上述排队情况。因此,在地块入口处可以实施无杆驶入,避免车辆在地块入口处等候排队。

4 基于场景的精细化交通管控策略

以南沙横沥岛尖为例,结合上述主要管控场景,选择突发事件下地块出口控制、地下车行环路洞口控制等场景进行精细化交通管控对策分析,并提出建议。

4.1 突发事件下地块出口管控场景

环路中的各地块出口在地下车行环路突发火灾、交通事故或进行养护管理时,需要进行一定的交通管控,主要通过地块出口处自动闸机及信号灯,对由地块进入环路的车辆进行管控,避免地块车辆进入环路,造成更大交通事故或误入火灾发生点。若地下车行环路发生火灾,则在闸机关闭的同时,需要关闭地块出口卷帘门,严禁车辆和人员进入地块或防止火灾浓烟进入地块,如图3所示。

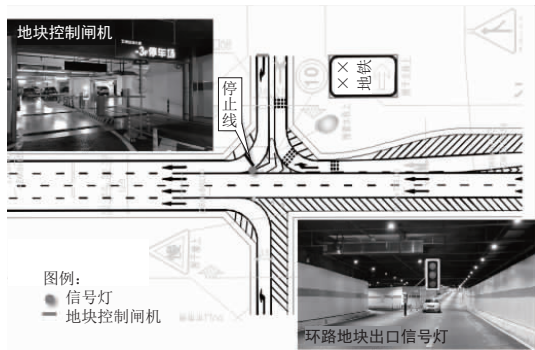


图3 突发事件下地块出口管控场景示意图

4.2 地下环路匝道洞口管控场景

地下车行环路突发火灾、水淹、交通严重拥堵、交通事故等情况时,需要对地下车行环路洞口进行交通管控,关闭洞口闸机,临时管制进入环路的交通流,同时利用洞口处的可变情报板、信号灯、定向声广播及声光报警器对洞口前的车流进行引导和疏散,引导车流通过洞口前的地面道路绕行,避免继续驶入地下车行环路。场景案例如图4所示。洞口处各管控设备的安全建议如图5所示。基于这些设备对地下车行环路洞口进行有效交通管控,避免地下车行环路在突发火灾、水淹、交通严重拥堵、交通事故等情况时二次事故的发生,降低事故严重程度和影响范围。

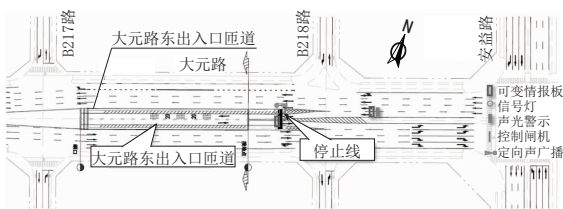


图4 地下车行环路洞口控制场景下的管控路段

5 结论

地下空间资源的开发和合理利用为改善交通拥堵、空间缺乏、环境恶化等问题提供了一条较为有效的途径。地下车行环路多与中心商务区地下空间相

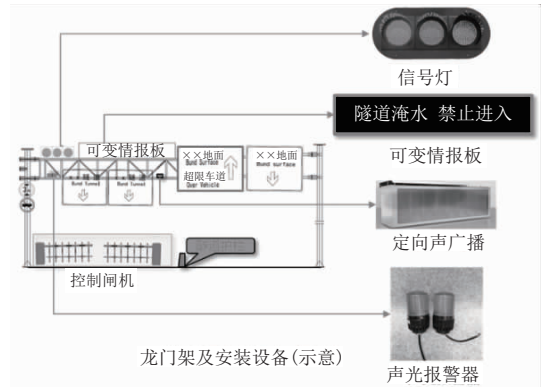


图5 管控路段环路洞口龙门架管控设备安装示意图

连通,形成规模较大的地下路网结构,联系并整合了区域地下停车资源,缓解了地面交通,提升了地面环境品质。但是,地下车行环路衔接城市地面道路、隧道、车库联络道、地下商业体等,存在诸多衔接界面,存在不同系统间的交通流频繁交织。同时,大部分地下环路位于城市CBD区域,交通出行潮汐效应明显,早晚高峰局部进出环路交通流集中,易存在交通瓶颈。

本研究以地下车行环路实际运营管理需求为切入点,针对环路的交通特征,分析了环路交通拥堵预防和疏散的基本需求,从建议类和强制干预类角度提出了典型的交通管控对策。在此基础上,总结了几种地下车行环路中典型交通管控需求场景,并以南沙横沥岛尖地下车行环路为例,选取突发事件下地块出口控制、地下车行环路-地块出入口一体化联动控制、重点路段的实时监控、地下车行环路洞口控制几个场景,提出了精细化的交通管控对策建议。相关场景分析及管控对策对于改善地下车行环路交通运行状态和提升环路运营安全管理水平具有较好的指导意义。

然而,研究存在一定的不足之处,主要有两点:一是地下车行环路属于新型城市地下道路,难以调查到较多的实际运营数据和交通流数据,文中所采用的交通量数据属于工程设计阶段的预测数据,对管控需求的分析和对策建议的提出具有一定的局限性;二是文章缺乏对各管控对策的具体验证,将在后续的研究中针对每个场景下的精细化管控对策进行进一步的验证与分析。

参考文献:

- [1] 钱七虎. 城市可持续发展与地下空间开发利用[J]. 地下空间, 1998, 18(2):6-8.
- [2] 中国工程院课题组. 中国城市地下空间开发利用研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.

[3] 卢方伟,胡湘晖,杨卫星,等.武汉王家墩商务区道路与地下空间建设时序研究 [C]/2009 中国城市地下空间开发高峰论坛论文集.北京:《市政技术》杂志社,2009.

[4] 章华金.因地制宜的商务核心区地下车行环路[J].交通与运输,2017,33(5):16-18.

[5] 袁延朋,姚坚.国内外地下车行环路工程建设案例与启示[J].上海建设科技,2011(5):10-13.

[6] 郭晓东,罗钧韶.城市新型产业集聚区地下车行环道交通运行评估探索[J].交通与运输,2022,35(Z1):119-125.

[7] STEVANOVIĆ A, STEVANOVIĆ J, KERGAJE C. Optimization of traffic signal timings based on surrogate measures of safety[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2013(32):159-178.

[8] DI GANGI M, CANTARELLA G E, DI PACE R, & MEMOLI S. Network traffic control based on a mesoscopic dynamic flow model[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2016(66):3-26.

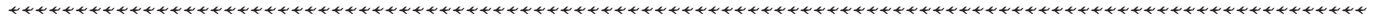
[9] SMITH M J. Traffic control and route-choice; a simple example[J]. Transportation Research Part B:Methodological.1979,13(4):289-294.

[10] DICKSON T J. A note on traffic assignment and signal timings in a signal-controlled road network [J]. Transportation Research Part B: Methodological, 1981,15(4):267-271.

[11] YANG H, YAGAR S. Traffic assignment and signal control in saturated road networks [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 1995,29(2):125-139.

[12] 林志,苏培循,肖丽,等.城市地下道路智能控制潮汐匝道及其可行性研究[J].隧道建设,2021,41(4):613-619.

[13] 杨旻皓.基于运营安全的超长地下道路车速控制方法研究[J].中国市政工程,2020(5):38-41.



《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