

高密度城市核心区地下环路功能及出入口设置研究

邢冬冬, 卢志飞, 黄俊, 李奥

(苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 高密度城市核心区地下环路是服务车辆最后一公里到发的地下专用道, 是解决城市核心区交通问题的重要设施, 具有主线成环、车辆行驶速度较低、出入口密集等特点。目前地下环路出入口数量及最小间距等设计指标的取值标准尚不明确, 缺少完善可靠的设计依据。基于现有工程案例的统计分析, 总结归纳城市核心区地下环路的功能定位, 为地下环路主线规划布局提供参考; 采用数理统计方法, 分析地下环路内、外出入口的数量、最小间距、位置布局等参数, 详细探讨环路外出入口的布局特点以及与服务车位数的关系, 进一步总结环路内出入口数量及布局与外出入口和地块之间的关系。结合相关规范要求, 对城市核心区地下环路的出入口设计指标提出合理建议, 为地下环路出入口设计提供参考。

关键词: 地下环路; 功能定位; 出入口; 设计标准; 布局研究

中图分类号: U412.37+3.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)01-0001-05

0 引言

高密度城市核心区地下环路(以下简称城市地下环路)是服务于城市核心区车辆到发的地下专用道, 其将城市核心区各地下车库串联起来, 一方面作为地下车库联络道使用, 集散车辆到发, 另一方面发挥着分流地面交通、缓解地面交通压力的作用。城市地下环路上承城市干道系统, 下接地下车库, 是连接快、慢交通, 解决城市核心区交通问题的重要设施。城市地下环路系统可分为环路主线和出入口, 其中出入口包括联络主线与地下车库的内出入口和联络主线与地面道路的外出入口。对城市地下环路功能定位的分析, 有助于明确地下环路建设的意义, 同时指导城市地下环路主线的规划布局以及合理化建设^[1]。城市地下环路不同于环状地下快速路, 也与一般城市地下道路有所区别, 其本质上是服务于小汽车到发的专用地下道路, 具有服务范围有限、主线成环、车辆行驶速度较低、出入口密集等特点, 因此根据《城市地下道路工程设计规范》进行地下环路的设计往往难以实现预期效果^[2]。

城市地下环路出入口设置是否合理很大程度上决定了地下环路的使用效率, 但国内现有地下环路

出入口的设计尚无统一标准, 对于出入口数量及间距的控制也处于初步阶段, 现有部分城市地下环路利用率未达预期, 在一定程度上也造成了地下空间资源的浪费。出入口设置不合理将造成地下环路交通组织复杂化, 进而导致停车线路混乱, 效率降低, 同时也将对地面交通造成不良的影响。现有研究成果探讨了城市地下环路出入口的衔接模式、交通组织、位置布置等问题^[3-5], 但对于地下环路出入口数量以及最小间距等控制指标的设置尚不明确, 难以指导地下环路的相关设计。

综上所述, 城市地下环路出入口的设置应综合考虑地下环路规模、现状地面交通、居民出行习惯等因素的影响。因此, 本文开展地下环路出入口数量与最小间距等指标的研究, 旨在为城市地下环路的规划、设计提供依据与参考。

1 地下环路的功能简介

城市地下环路作为解决城市核心区交通问题的重要地下设施, 不仅具有改善交通的功能, 同时在市政、枢纽、商业、人防等方面发挥着独特作用(见图1)。城市地下环路的交通功能主要体现在整合区域内停车资源、集散到发交通等方面。国内现有地下环路整合地下停车位绝大多数在5 000以上, 为区域提供了充足的停车资源(见图2)。

城市地下环路的建设增加了区域内部路网容量, 分流部分进出地下停车场的社会车辆, 且地下环路的抗干扰能力较强, 不易受到外界恶劣环境的影响, 通

收稿日期: 2021-06-28

基金项目: 住房和城乡建设部研究开发项目“(2019-K-110)

作者简介: 邢冬冬(1988—), 男, 硕士, 工程师, 从事隧道设计工作。

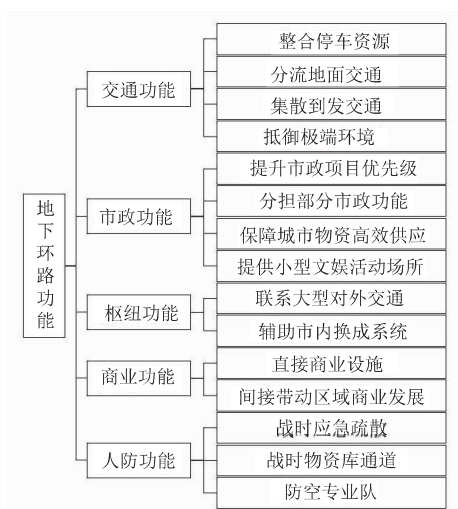


图1 城市地下环路的功能

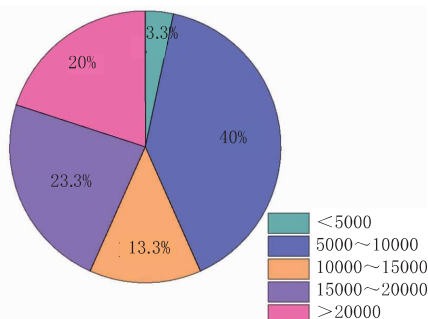


图2 国内部分地下环路服务停车位数量统计

行中独立存在,无需等待红绿灯。因此,地下环路在改善地面交通的同时使得车辆通行的连续性得以保证。城市地下环路的建设不仅优化了地面道路,也为地下空间整合利用提供了新的解决方案。

地下环路可与市政综合管廊等项目共同建设,以提高地下空间资源的利用率,使原本受制于前期投入的市政项目拥有了更高的优先级,对城市建设起到促进作用。此外,对于地下空间资源非常有限的老城区改造工程,见图3,地下环路的顶部空间可以分担部分市政功能,从而避免了单独建立综合管廊对地下空间的侵占。除综合管廊外,地下环路建设所产生的夹空层也可为地下仓储、地下物流廊道、小型文娱活动场所等提供空间。

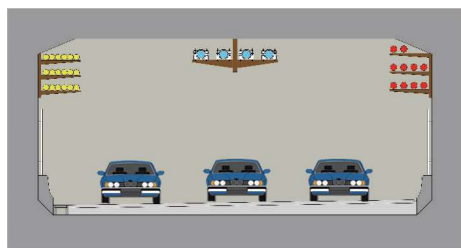


图3 地下环路顶部空间分担市政功能

在城市大型交通枢纽区域设置地下环路,可以起到联系对外交通、辅助市内换乘的作用。此外,地下环路对周边商业起到促进作用,表现为:一方面,

地下环路与地下车库相结合,可以发展收费停车、洗车等附属服务;另一方面,地下环路通过共享停车资源,串联地下空间,可以平衡整片区域的商业发展,实现了不同区域间客流的调剂功能。同时,地下环路在战时将承担一定的人防功能,可以方便物资转移,发挥防空专业队功能。

2 地下环路出入口设置研究

2.1 地下环路外出入口设置研究

城市地下环路主线车道数一般由地下环路联系车位总数、车库平均周转率、停车高峰时段及车辆进出情况等结合单车道理论通行能力计算获得^[3]。主线车道数与环路联系车位总数、主线设计车速密切相关。地下环路外出入口匝道的通行能力与主线通行能力计算方法相同,但需考虑匝道往往选取较大纵坡,因此单车道实际通行能力计算应增加折减系数,通常取0.8,对应环路外出入口匝道理论通行能力见表1^[3]。

表1 地下环路外出入口匝道理论通行能力

车速/(km·h ⁻¹)	40	30	25	20	15	5
理论通行能力/(pcu·h ⁻¹ ·ln ⁻¹)	1 280	1 120	1 040	960	800	400

由于地下环路外出入口与地面道路相连接,受地面道路整体宽度影响,出入口宜设置为单车道模式。因此,结合环路主线通行能力与外出入口通行能力,可将地下环路外出入口数量计算公式修正为:

$$N_1 = \frac{(Q_i \times u_i \times t_i \times P_i)}{C_1 \times n} \quad (1)$$

式中: N_1 为环路出入口数; Q_i 为地下环路联系的车库泊位总数; u_i 为车库平均泊位利用率,一般取50%~60%; t_i 为泊位周转率,一般取50%~60%; P_i 为车辆进出比例系数,一般取2; C_1 为出入口单车道理论通行能力; n 为出入口单向平均车道数,一般取1。

本文搜集了国内已建成与规划中的40条地下环路案例,对部分地下环路的出入口数量设置进行统计分析,通过式(1)计算获得地下环路出入口理论区间,与实际地下环路出入口数对比(见图4),分析可得部分地下环路外出入口数未达到理论计算标准,其原因可能是地表交通环境的局限所致。

地下环路外出入口数量与服务车位数之间的关系见图5,分析可得,外出入口数量与服务车位数整体成负指数分布趋势,随着地下环路服务车位数的增多,理论上应设置更多的外出入口,但受制于地面

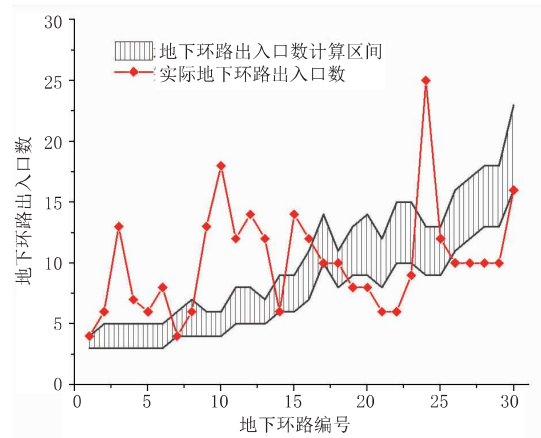


图4 地下环路外出入口理论计算区间与实际值分布

道路的分布情况,外出入口数量不宜设置过多。进一步从图中可见,地下环路外出入口数量最少为4(2进2出),当地下环路服务车位数大于10 000时,外出入口数量不宜超过14个(7进7出)。

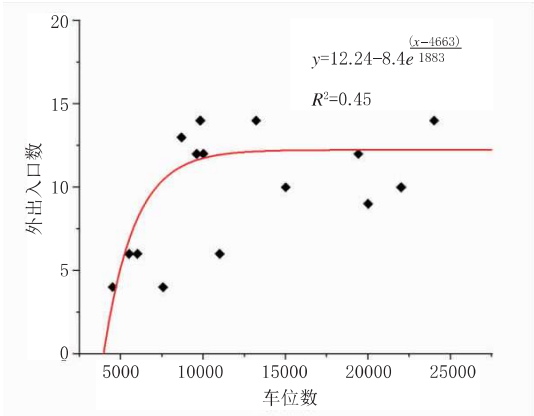


图5 地下环路外出入口数与服务车位数之间的关系

由图6地下环路外出入口平均间距与服务车位数之间的关系可见,外出入口平均间距与服务车位数整体呈指数关系分布,随着地下环路服务车位数的增加,外出入口平均间距随之减小。考虑到环路主线车辆的通行效率,外出入口间距不宜过小,国内现有地下环路案例中,外出入口平均间距在150~400 m之间。

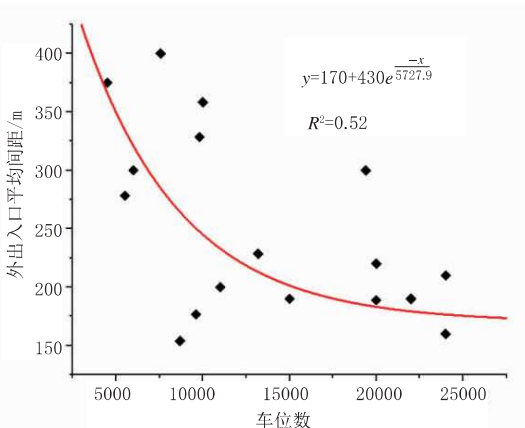


图6 地下环路外出入口平均间距与服务车位数之间的关系

地下环路服务车位数通常在5 000~20 000之间,根据前述规律,环路外出入口合理设置数量为5~12个,平均间距为180~350 m。在实际工程中应综合考虑周边环境的影响,因地制宜布置地下环路外出入口。

城市道路根据其在路网中的地位、交通功能以及对沿线的服务功能,可以分为快速路、主干路、次干路和支路四个等级。城市快速路设计速度为80~100 km/h,且出入口、交叉点严格控制,因此城市地下环路的外出入口一般不与快速路相连接^[6]。图7统计了部分地下环路外出入口连接地面道路等级情况,分析可知,地下环路外出入口以连接城市次干路为主。城市主干路与地下环路主线的设计车速相差较大,车辆进出需要较长的加速段,且易造成主干路拥堵。城市支路与地下环路主线的设计车速较接近,但支路一般车道数较少,额外设置地下环路出入口将占用有限的路面空间。因此,地下环路外出入口宜与城市次干路相连接(见图8)。

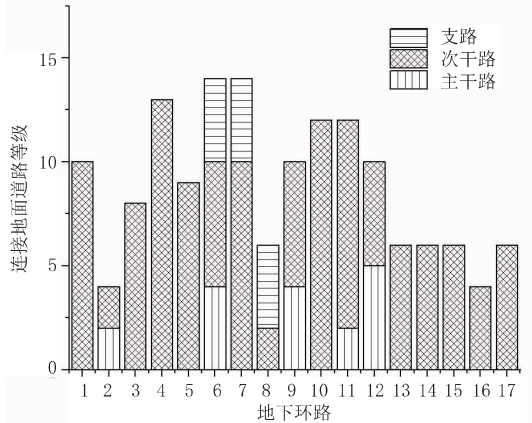


图7 地下环路外出入口连接地面道路等级统计



(a)北京中关村地下环路入口



(b)北京中关村地下环路出口



(c)北京金融街地下环路入口



(d)北京金融街地下环路出口

图8 地下环路外出入口布置案例

地下环路外出入口在路网中的布置位置对整个路网的服务水平及地下车库的疏散能力均有较大影响。通常情况下,为减少对地面道路周边地块的影响,地下环路出入口匝道宜独立布置,且应保持一定间距。

2.2 地下环路内出入口设置研究

现有地下环路案例中,内出入口设置主要受地下环路服务地块分布情况的影响(见图9)。内出入口通常为双向行驶,设置于环路主线两侧。当主环内出入口过多时,一方面可能提高地下环路工程造价和施工难度,另一方面也可能对地下环路主线的通行条件产生不利影响。

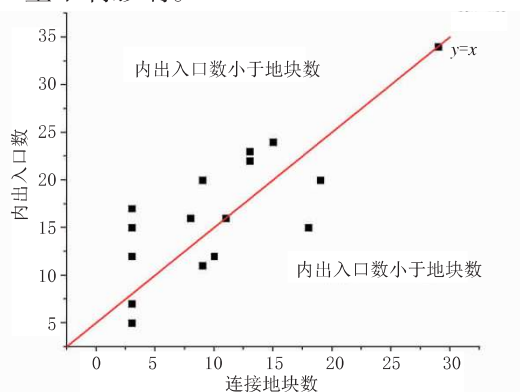


图9 地下环路内出入口数与连接地块数关系

本文总结了地下环路内出入口与地块对应关系的3种布置形式,见图10,对于地块分布以及地下车库规模较均匀的地下环路,其内出入口应根据地块分区情况对应布置(见图10(a));当地块分布较密集、地下车库规模较小时(见图10(b)),间距过短、排列密集的内出入口不利于车辆的正常行驶,因此在设计地下车库时会采用设置车库间联络通道的方式减少地下环路内出入口的数量;当地下环路服务区间内存在较大地块,单一地下车库规模较大时(见图10(c)),为提升地下车库内车辆到发效率,可设置多个内出入口,通常设置2个内出入口。

本文统计了部分地下环路内出入口数与外出入口数的对应关系,由图11可见,地下环路内、外出入口数量在总体上呈线性变化趋势。通过案例分析,地下环路外出入口一般不少于4个(2进2出),对应内出入口数为11个。因此,地下环路主线外出入口为4个时,内出入口量不宜超过11个。因此,当地下环路内外出入口数比值过小时,一方面可考虑增设内出入口以提高地下车库的到发效率;另一方面也可减少外出入口以节约建设成本。当地下环路内外出入口数比值过大时,可设置车库间联络通道进而减少内出入口的设置。

2.3 地下环路出入口最小间距设置研究

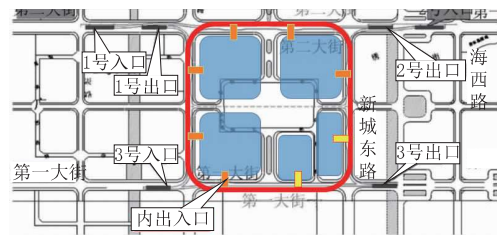
城市地下环路出入口相对位置关系见图12(不考虑双侧设置出入口的情况)。总结地下环路相邻出入口的交通流特点,获得“出-出、入-入、出-入、



(a) 地下环路内出入口与地块对应(内出入口数等于地块数)



(b) 设置车库间联络道以减少内出入口(内出入口数小于地块数)



(c) 一个地块设置多个内出入口(内出入口数大于地块数)

图10 地下环路内出入口与地块对应关系示意

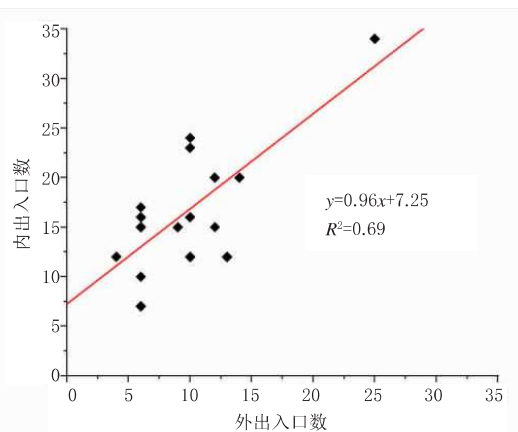


图11 地下环路内出入口与外出入口数量关系

入-出”四种基本相对关系,对应的出入口安全间距见图13^[7]。

根据现有地下道路及城市道路设计规程中的要求,出入口间距应考虑安全停车视距、接入口识别视距、交通标志设置距离以及车辆变道距离等因素,通常情况下以驾驶员反应时间来确定最小间距^[2]。根据国内相关规范中对驾驶员辨认标志以及汽车移向临近车道所需时间的规定,参考美国各州公路工作者协会对驾驶员辨认标志反应时间的控制标准,取10 s

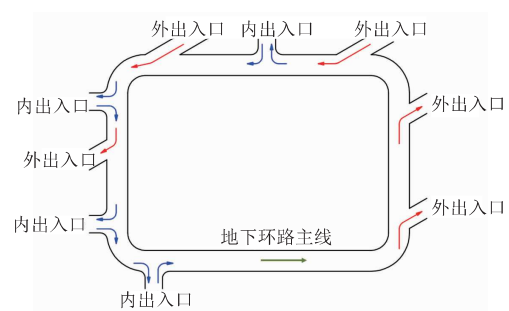


图 12 地下环路出入口相对位置关系示意

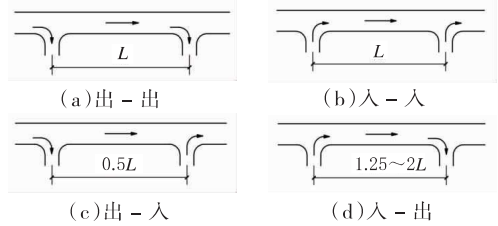


图 13 地下环路相邻出入口交通组织关系

为最低反应时间。

对于“出-出”、“入-入”两种形式出入口,采用正常行驶速度下 10 s 时间的行驶距离作为最小间距控制标准,对于“出-入”、“入-出”两种形式出入口,可分别取标准值的 0.5 倍与 1.5 倍。如图 12 所示,由于内出入口多为双向车道设置,实际地下环路中相邻出入口交通组织关系多为“出-出、入-入、入-出”三种模式。通过调查,相邻内出入口之间“入-出”模式较少,且当车辆从车库出发后立即进入相邻内车库时,其行驶速度较低。因此,相邻内出入口的最小间距取值可仅考虑“出-出”、“入-入”交通模式。通过计算,本文得出地下环路主线出入口最小间距设计建议值见表 2。

表 2 地下环路主线出入口最小间距设计建议值 单位:m			
设计车速		20 km·h ⁻¹	30 km·h ⁻¹
相邻内出入口 最小间距 /m	极限值	30	45
	建议值	60	90
存在外出入口 时最小间距 /m	极限值	45	65
	建议值	90	130

3 结 论

城市地下环路将区域内地下车库串联在一个闭环之内,共享停车资源,为车辆提供最后一公里点对

点服务,显著提高车辆进出地下车库的效率,同时减小对地面交通的影响。目前,城市地下环路仍存在出入口设计标准不统一,环路整体利用率未达预期等问题。本文基于文献调研与案例分析,在总结城市地下环路特点及功能的基础上,揭示了地下环路内、外出入口设置的特性,对出入口数量、布局及最小间距等指标提出建议,相关结论如下:

- (1)城市地下环路具有整合停车资源、分流地面交通、集散车辆到发、保障极端环境下交通正常运行等作用,同时在市政、枢纽、商业、人防等方面发挥独特功能,为城市地下空间建设提供了新思路。
- (2)本文给出外出入口数量与环路服务车位数之间的预测公式,对不同规模地下环路的外出入口数量提出合理建议,提出地下环路外出入口数宜控制在 4~14 之间,且以连接地面次干路为主布置。
- (3)地下环路内出入口设置主要受地块数量及布局的影响,同时需考虑内出入口与外出入口之间的数量关系。通过回归分析给出地下环路内出入口数的合理取值区间,当不满足于外出入口的数量关系时,可考虑设置车库间联络道或增加单一车库的出入口的形式,将地下环路内出入口总数控制在标准范围内。
- (4)基于现有设计规范对道路交叉口的最小间距规定,结合地下环路的交通及布局特点,给出了城市地下环路出入口的最小间距建议值。

参考文献:

[1] 郑岐.地下车库联络道总体设计研究[J].上海建设科技,2016(4):12-15.

[2] CJJ 221—2015,城市地下道路工程设计规范[S].

[3] 陈劼.地下车库联络道交通组织与内部出入口布置研究[J].交通与运输(学术版),2018(1):32-36.

[4] 李尚.地下车库联络道出入口设计研究[J].隧道建设(中英文),2019,39(2):261-267.

[5] 章华金,余朝玮.地下车库联络道外部出入口布置位置研究[J].城市道桥与防洪,2017(7):24-28.

[6] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].

[7] CJJ 152—2010,城市道路交叉口设计规程[S].