

城市 CBD 建设地下环路定量分析方法研究

池磊

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:随着国内城市开发建设水平的不断提高,很多城市规划了 CBD(中央商务区),以此作为城市社会经济发展的引擎。但是由于 CBD 开发强度高,交通需求旺盛,因此早晚交通拥挤等问题逐渐凸显出来。为此,很多城市规划了地下环路以弥补地面路网的不足。通过对 CBD 路网特征的研究和国内外案例的分析,结合路网容量理论,提出是否需要建设地下环路的计算模型,为规划建设地下环路提供定量分析的理论支撑和技术手段。

关键词:地下环路;城市 CBD;路网容量;定量分析

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)03-0193-03

0 引言

城市 CBD(中央商务区)区域是一个城市的社会、经济活动最为集中的区域,具有土地开发强度高、社会活动频繁、交通需求旺盛、社会关注度高等特点。城市 CBD 往往有一栋或几栋超高层的标杆型建筑,是一个城市对外形象展示的窗口,如上海陆家嘴、广州天河、深圳超级总部、深圳前海等。

城市 CBD 早晚通勤时段的交通拥挤,往往成为影响 CBD 发展和对外联系的重要因素。很多城市为解决上述问题,都规划建设城市地下环路,将车辆通过地下环路直接引入地下车库,减少地面交通量,缓解区域交通拥堵。但是,目前对于城市地下环路建设与否这个问题,往往借鉴其他城市类似经验,并受制于规划建设理念、工程投资预算、产权界面划分等多重因素,一直缺少定量分析的决策方法。本文试图以路网容量理论为技术支撑,结合 CBD 交通规划和运行的特点,研究提出一套切实可行的定量分析方法,用于判断建设地下环路的必要性。

1 国内 CBD 规划特征及地下环路案例分析

1.1 特征一:高密度、小尺度的支路网络

城市 CBD 区域的土地开发强度普遍较高,平均容积率在 4.0 以上,用地类型以办公、商业为主,因此,CBD 区域的交通需求规模庞大,特别是早高峰期间,大量的通勤交通涌入 CBD 区域,仅依靠常规的主干路、次干路难以满足如此庞大的通勤交通。因

此,在 CBD 区域,需要规划比较密集的支路网络,增加地面路网容量和地块的可达性。根据《城市综合交通体系规划标准》的规定,城市商业区与就业集中的中心区,路网密度推荐指标为 10~20 km/km²,相当于支路网的间距为 100~250 m。在控规编制过程中,从土地开发价值、商业街面等角度考虑,CBD 的支路网络一般采用 80~150 m 的路网间距,即长边为 150 m、短边为 80 m 左右的矩形网络^[1]。为提高 CBD 区域内部的社会活力,降低道路对人的观光、购物、休憩等活动的阻隔作用,提供适宜人步行的街道尺度,CBD 内部的支路道路红线一般采用 12~20 m,车道一般为 2~3 条,并可以形成单向 2 车道、双向 3 车道、公交专用道、步行街、非机动车专用道等多种灵活的交通组织形式。

1.2 特征二:高容量、高覆盖的公共交通

为满足庞大的通勤交通需求,CBD 区域往往规划多条轨道交通线路、中运量线路,轨道站点及中运量站点间距往往比较小,从而提供高容量、高覆盖率的公共交通服务,引导上班族采用公共交通方式出行。国内轨道线网比较发达的城市,CBD 区域的公共交通方式出行比重一般在 50%~60%,私家车占 20%左右,出租车占 15%~20%,慢行交通及其他占 5%~10%(见表 1)。

虽然从规划层面,希望公共交通承担更多的出行客流,但是轨道交通线网的建设 and 客流培育需要一个比较漫长的过程,如果在 CBD 建成初期不能提供较好的公交服务,上班族仍将选择私家车或出租车上班,即使后期轨道交通建成,出行习惯也较难改变,地面交通量仍然很大。因此,即使规划了比较理想的出

收稿日期:2022-04-29

作者简介:池磊(1985—),男,硕士,高级工程师,从事交通规划工作。

行结构,CBD在建成初期,其个体化机动出行量可能仍然比较高,对路网的压力仍然很大^[2]。

表1 国内外典型CBD区域轨道交通线网及开发强度

名称	轨道线数目	轨道站数目	CBD占地面积/hm ²	建筑面积/hm ²	容积率
广州天河	8	9	274.10	540.76	1.97
深圳福田	7	6	238.25	567.60	2.38
上海浦东	2	2	150.36	415.22	2.76
上海外滩	4	2	18.81	96.81	5.15
北京朝阳	4	3	112.17	367.81	3.28
首尔	5	3	191.22	644.34	3.37
芝加哥	18	20	363.67	2 569.50	7.07
纽约	21	16	272.93	2 264.41	8.30

1.3 国内CBD地下环路建设运营概况

从2000年以后,为缓解城市CBD区域交通拥堵问题,国内开始参照国外经验做法,在CBD区域规划建设地下环路。地下环路建成比较早的有北京中关村地下环路、北京金融街地下环路,近十年建成的有武汉王家墩地下环路、苏州中心地下环路、无锡锡东高铁新城地下环路、济南汉峪金谷地下环路、南宁五象地下环路、杭州未来科技城地下环路等(见表2)。

表2 国内主要城市地下环路建设及运营情况一览表

地区	用地规模/hm ²	容积率	地上建筑规模/万m ²	地下道路		衔接泊位/个	是否运营
				主路长度/km	出入口数量		
深圳前海桂湾	295.0	3.22	950.0	1.50	3进3出	6 950	部分运营
杭州未来科技城	150.2	3.45	302.0	1.75	4进5出	11 700	运营
杭州未来科技城文化岛	100.0	1.50	127.0	2.50	6进6出	11 900	待建
苏州中心	23.0	—	130.0	1.70	8进8出	10 000	运营
武汉王家墩	91.8	4.51	413.9	1.90	6进6出	13 556	建成
北京金融街	103.0	3.91	403.0	2.40	2进2出	7 000	运营
北京中关村	51.4	1.95	100.0	1.90	6进4出	15 000	运营
无锡锡东高铁新城	493.0	1.80	886.0	3.10	5进4出	8 200	运营
济南汉峪金谷A区	28.3	6.00	170.0	1.00	3进3出	18 000	尚未运营
济南汉峪金谷B区	16.0	4.40	70.0	1.20	3进3出	7 000	待建
南京江北	63.0	4.88	307.0	2.80	8进8出	15 400	在建

2.1 地面路网容量计算模型

地面路网容量,是指在一定的交通运行状态下,地面各个等级道路能够容纳的最多的车辆数,主要与区域内道路总长度、道路车道数量、车辆行驶速度等有关。总体上,道路长度越长、车道数目越多,路网容量就越大。国内也有很多学者进行了路网容量方面的研究,本文在总结国内外相关研究成果的基础上^[3],针对CBD区域的交通特点,提出CBD区域地面路网计算模型:

$$Q = \sum_{i=1}^3 N_i$$

但是,由于地下环路还涉及产权、管理权、运营维护、统筹周边地块的建筑方案等诸多问题,部分地下环路建成后暂未投入运营,或运营效果较规划之初存在较大差距。如北京中关村地下环路,2007年全面启用后,由于缺少配套的交通指引标识,周边高档写字楼不愿意联通以实现车位共享,致使每日交通量仅为1 000辆,与每日5 000辆的规划目标差距较大;如济南汉峪金谷地下环路,2019年基本建成,但由于相关部门缺少管理运维经验,CBD区域租户至今尚未入住,交通需求较低,地下环路尚未投入运营,目前作为非机动车停车库使用。

2 建设地下环路的决策因素计算模型

以定量分析为主研判是否需要建设地下环路,应重点验证CBD区域的地面路网容量能否满足高峰小时的地面机动车交通总量。如可以满足,则不需要建设地下环路;如不满足,则可以优先考虑支路拓宽、组织单向交通等优化手段;如果仍无法满足交通需求,则应考虑建设地下环路,提高路网容量,解决交通供给不平衡的问题。

式中: Q 为CBD区域地面路网容量,pcu/h; N_i 为第*i*等级道路的路网容量之和,针对CBD区域,主要包括主干路、次干路和支路3个等级,因此*n*=3,pcu/h。

$$N_i = L_{ij} \times K_{ij} \times T / (C \times \alpha_i \times \beta_i)$$

式中: L_{ij} 为第*i*等级道路、第*j*条道路的长度,km; K_{ij} 为第*i*等级道路、第*j*条道路的车道数目,无量纲; T 为服务时间,考虑主要研究早高峰小时路网运行状况,h,取*T*=1; α_i 为第*i*等级道路的路段有效利用系数(见表3),主要考虑不同等级城市道路机动车运行过程中,由于非机动车、行人、不同断面模式等的影

响,给道路通行能力带来的折减^[4]; β_i 为第 i 等级道路的交叉口折减系数,主要考虑不同等级城市道路在交叉口处,由于信号灯配时的影响,给通行能力带来的折减(见表4); C 为单车运行占据的时空资源。

$$C = l_p / c$$

式中: l_p 为机动车平均出行距离, km; c 为路段设计通行能力, pcu/h。

表3 不同等级城市道路的路段有效利用系数

快速路	主干路	次干路	支路
1.00	0.85 ~ 0.95	0.80 ~ 0.90	0.70 ~ 0.75

表4 不同等级城市道路的交叉口折减系数

快速路	主干路	次干路	支路
0.75	0.55 ~ 0.60	0.45 ~ 0.50	0.35 ~ 0.40

2.2 地面路网交通量计算模型

CBD 区域用地主要以办公、商业为主,高峰小时一般出现在工作日的早高峰期间。虽然在综合交通规划的交通方式划分中,私家车及出租车的交通方式比例较低,但由于 CBD 区域开发强度很大,个体化机动出行的总量仍然较高。早高峰期间地面路网交通量计算模型如下:

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} R_{ij} (A_i + P_i) \times (D_{私} + D_{出}) / 1.5 \times 1.0$$

式中: V 为早高峰地面路网交通总量,本文为简化计算模型,暂不考虑常规公交车、中小型货车、过境交通等对路网资源的占用, pcu/h; M_{ij} 为 CBD 区域内,用地性质为 i 、地块编号为 j 的占地面积, m^2 ; R_{ij} 为用地性质为 i 、地块编号为 j 的容积率; A_i 为用地性质为 i 的早高峰交通吸引率, 人次 / m^2 ; P_i 为用地性质为 i 的早高峰交通生成率, 人次 / m^2 ; $D_{私}$ 为私家车的交通方式比例, %; $D_{出}$ 为出租车交通方式比例, %; 1.5 为私家车、出租车的车均载客系数, 人次 / 车; 1.0 为私家车、出租车的标准车折算系数, pcu / 辆。

2.3 判定标准及优化方案

通过计算 CBD 区域地面路网早高峰时段的负荷度 (V/Q), 可以判断既有规划路网是否可以满足高峰

小时的交通需求。

(1) 当 $V/Q \leq 0.70$ 时, 规划路网基本可以满足高峰小时的运行需求, 同时说明规划路网容量远高于高峰时段路网上运行的车辆数量, 并具有一定的通行能力冗余来满足地面公交车辆、中小型货运车辆的通行需求, 路网整体服务水平较高, 运行稳定。

(2) 当 $V/Q \in (0.70, 1.3)$ 时, 规划路网难以满足高峰小时的运行需求(即 $V/Q \geq 1$), 或交通运行的可靠度较低 [$V/Q \in (0.70, 1.0)$], 需要考虑增加路网容量或降低地面交通量。增加路网容量的规划手段主要包括增加地面路网数量、增加车道数目, 以及组织单向交通以降低交叉口的影响等; 降低地面交通量的规划手段主要包括增加轨道交通线路及站点、增加中运量或常规公交站点覆盖率, 以及错峰出行、延迟下班等。

(3) 当 $V/Q > 1.3$ 时, 通过前述章节的手段已经难以满足高峰小时的运行需求, 需要考虑降低开发强度, 或规划地下环路, 增加路网容量。

3 结论

本文在对国内外典型 CBD 区域用地开发特征、交通规划特征及地下环路案例进行分析的基础上, 采用路网容量理论和交通四阶段模型, 通过计算 V/Q 值判断规划路网是否可以满足高峰时段的交通需求, 并提出交通系统优化手段, 即提出了是否需要建设地下环路的判定标准, 为地下环路的规划和建设提供了理论支撑和技术指导, 期望为国内 CBD 区域的地下环路规划、建设提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 黎立冠, 徐惠农. 特大城市 CBD 支路网规划方法研究[J]. 现代交通技术, 2016, 13(3): 70-75.
- [2] 蔡军, 程茂春, 朱峰杰. 路网规划关键指标对开发强度的影响作用分析[J]. 城市规划学刊, 2017(1): 79-88.
- [3] 陈文鑫, 施翔匀, 韩红艳, 等. 城市 CBD 路网容量分析[J]. 江西建材, 2015(2): 186-187.
- [4] 李朝阳, 王正. 城市道路时空资源供求模型及其应用[J]. 应用基础与工程科学学报, 1998, 6(3): 241-247.