

已建高密度 CBD 区楔入地下空间可行性探讨*

王冬晔^{1,2}, 黄国苏³, 董毓利¹, 林熙², 傅重龙³

(1. 华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门两岸金融中心建设开发有限公司, 福建 厦门 361008; 3. 厦门市市政工程设计院有限公司, 福建 厦门 361001)

摘要: 在高密度的 CBD 区楔入地下空间, 其建设具有不可逆性, 并受到比在新建区域建设地下空间更多的制约, 需花费大量的人力和财力, 细致的可行性研究十分重要。在厦门两岸金融中心启动区一期地下空间工程项目的可行性研究中, 首先论证建设的必要性; 通过交通量调查及建模计算分析车行交通的改善; 根据地方规范计算静态停车需求; 采用 TOD 理论分析人行交通需求; 建设共同管沟以梳理市政管线。其次, 从片区内公共用地、开发形态、停车规模、出入口布置及市政管廊布置等方面论证建设的可实施性。最后, 对建设过程中可能出现的问题, 如开发机制、商业预测、建筑标高衔接、临时交通组织和施工方案等做出预判并提出对策。

关键词: 地下空间楔入; 高密度; CBD; 可行性

中图分类号: TU984

文献标识码: A

文章编号: 1673-0836(2019)02-0326-07

Discussion on the Feasibility of Wedged Underground Space Exploitation in High-density Urban CBD Area

Wang Dongye^{1,2}, Huang Guosu³, Dong Yuli¹, Lin Xi², Fu Chonglong³

(1. School of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen, Fujian 361012, P.R. China;

2. Xiamen Cross-strait Financial Center C&D Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361008, P.R. China; 3. Xiamen Municipal Engineering Design Institute Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361001, P.R. China)

Abstract: Building an underground space in a high-density CBD area proves more difficult than doing a similar construction in a new area. The former faces more constraints, costs more and requires more labor. Therefore, a detailed feasibility study is very important. In the feasibility study for Xiamen Financial Center underground space, we have done the following: 1. Analyze the improvement of traffic through survey and modeling; 2. Analyze the demand for parking lots in accordance with local regulations; 3. Use transit-oriented development planning to calculate the need for pedestrian passing; 4. Jointly build utility pipelines with the government. We also research the construction of a public area and its design, the size of the parking zone, the design of the entrance and exist points, and the layout of public facilities. We draft measures to address problems that could arise in the process of development, in areas of development models, business assessment, building elevation convergence, temporary traffic control and construction.

Keywords: wedged underground space; high density; CBD; feasibility

* 收稿日期: 2018-10-24 (修改稿)

作者简介: 王冬晔(1981-), 男, 福建厦门人, 博士生, 高级工程师, 主要从事土木工程防灾减灾的工程与科研工作。

E-mail: 13944517@qq.com

通讯作者: 董毓利(1965-), 男, 江苏赣榆人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事土木工程防灾减灾研究。

E-mail: DongYL@hqu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金(51178143)

0 引言

当前我国城市中心商务区(CBD)数量及规模不断扩大,产生了交通压力大、停车位严重不足、人车混行、市政管线交叉碰撞等问题,开发地下空间可在一定程度上改善这些问题。大多数城市虽意识到地下空间的主要性,却没有足够的财力、物力与动力实施地下空间的开发利用,客观上造成了“重地面规划、轻地下建设”的事实^[1]。

近年来,国内一些特大城市正积极在新建CBD区建设地下空间,协调整合城市整体空间,释放城市土地和空间利用率。杭州钱江新城、北京中关村西、北京王府井商业区、上海虹桥商务核心区、深圳福田等地下空间开发规模均超过200万 m^2 ^[2]。也有少数大城市思考在已建CBD区内楔入地下空间,如深圳华强北商业区结合地铁建设,对地面建筑与地下市政管线进行更新,对地下空间进行扩建和整合优化^[3]。

在高密度已建CBD区楔入地下空间,不同于新建城区的一体化开发,也有别于旧城区地下空间改造,是城市发展过程中一个新的课题。地下空间的建造具有不可逆性,且地下空间的楔入将受到诸多制约,细致的可行性研究是十分必要的。本文以厦门两岸金融中心启动区一期地下空间项目为例,重点探讨可行性研究的思路和特殊性。

1 工程案例

厦门两岸金融中心启动区一期位于厦门岛的东部,总面积约21.4 hm^2 ,总建筑面积约为98 hm^2 ,其中地上规划商业面积约15 hm^2 。目前,片区所有地块均已出让,建设已初具规模,其中国贸、海西金融、天地、鼎丰、万科5个地块已建成封顶,众赢投资、赣州银行、厦航、新景地、华辰艺术5个地块正在建设。片区外的万达广场、朗豪酒店、万达SOHO、高林居住区均已建成使用。南侧的8宗地块尚未出让,现状为平整地和部分未拆迁的厂房。位于国贸南侧有公交场站和高林中心小学。根据规划,高林中心小学与用地不符,需搬迁。片区市政道路等基础设施正在建设。然而,因未统一规划,片区内各地块的地下空间各自为建。

建设方考虑到片区未来交通、停车、人行等需求,片区建设运营方对片区内楔入地下空间进行了

可行性研究。研究范围在片区范围基础上适当扩大,以仙岳路、环岛干道、金钟路、金山路围合的区域,总面积约87.2 hm^2 。研究范围和可开发范围如图1所示。



图1 地下空间研究范围和可开发范围

Fig. 1 The research and development scope of underground space

2 建设必要性论证

城市地下空间的主要功能有:交通、商业、文娱、居住、仓储、防灾等^[4]。楔入式的地下空间与新建地下空间在建设必要性论证上的思路基本一致,从车行、停车、人行、管线等几个方面来研究。

2.1 车行交通改善研究

对于车行交通改善的研究,应对研究对象现状交通情况进行充分调研,并采用合理的模型进行预测,判断建设地下空间是否能够改善车行交通问题。

本项目中,片区外围两横两纵骨架道路已形成。片内道路均为在建道路或临时道路。现已建成快速、主干路为仙岳路、环岛干道、金山路、金钟路;次干路为高林中路;支路为金林路和纵三路南段;小区道路为万达广场小区路、高林居住区内道路。

本项目组织人员进行在8:00至9:00以及17:30至18:30的高峰时段对各道路交通量进行调查。交通现状调查结果如表1所示。其中:①仙岳路为快速路;②环岛干道为畅通路;③金山路为主干道;④金钟路为主干道;⑤高林中路为次干道;⑥金林路为支路。可见,早晚高峰仙岳路右转环岛干道匝道及金山路万达广场周边道路存在拥堵。

定量分析中,在研究范围内外建立41个交通小区,外部13个,内部28个。小区划分如图2所示。车辆出行分布采用双约束重力模型^[5],引入

交通小区之间的阻抗,建立各交通小区之间交通量变换的定量关系,确定车辆发生率和吸引率参数,预测各小区高峰小时标准车发生量及吸引量。交通分配预测采用随机用户平衡模型。通过计算,未建设地下空间时,道路平均饱和度为 0.90,建设地下空间后可降低为 0.82,说明地下空间对于车行交通有改善。

表 1 交通现状调查结果

Table 1 Survey of traffic status

编号	单向高峰 小时流量 $/(pcu \cdot h^{-1})$	单向现状断面 通行能力 $/(pcu \cdot h^{-1})$	道路 饱和度	服务 水平
①	5 745	6 400	0.90	四级
②	3 302	4 150	0.81	三级
③	3 709	3 950	0.94	四级
④	2 248	3 550	0.63	二级
⑤	1 634	1 875	0.87	三级
⑥	1 215	1 550	0.78	三级

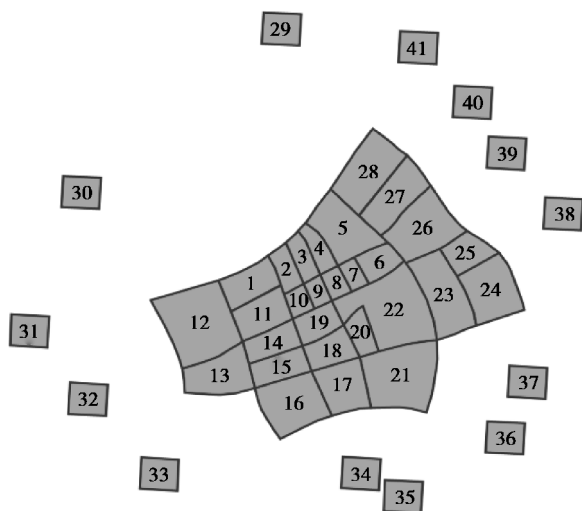


图 2 小区划分示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the plot

2.2 静态停车研究

静态交通需求与供给是相互影响相互决定的矛盾体。供给应既满足需求,又作用于需求,需求是供应的基础影响因素。一方面,需求是决定供给的基础,需求的影响因素也是供应的影响因素;另一方面,供应也会反作用于需求,宽松的供应会刺

激需求,紧缩的供应则会抑制需求。停车供应应该切实满足区域停车需求^[6]。

在可行性研究阶段,对于已建 CBD 区静态停车研究,可对已建成各地块内的停车位进行统计,并根据各地方关于停车配建的规定,确定应建停车位。为促进公共交通出行比例,鼓励尽可能使用轨道交通到发地块,可对轨道交通临近地块适当进行停车位指标折减。通过对比现有停车位与应配建的停车位,确定是否需要增设地下停车位。

本项目中,根据文献[7]规定,对各地块的配建停车位梳理,地块应设的配建停车总数为 8 666 个,实际建设 7 553 个,车位总缺口 1 113 个。

2.3 人行交通

根据新城市主义代表人物 Cathorpe 提出的“公交导向的土地开发模式”,即 TOD 模式理论,对于地铁周边地区,建设地下步行系统除了解决人车混流问题外,还能有机地把步行空间圈和 CBD 产业集聚区有机联系起来,吸引人流进入片区,有效提高片区的土地价值。这种模式在美国已经得到充分发展。旧金山 TOD 区域已经覆盖了最有价值地段,比非 TOD 地段土地利润高出 20%~25%。面向公共空间的人性化设计是 TOD 社区的灵魂。以公共车站为中心,构建连续的步行系统是中国 TOD 社区最基本的人性化设计要求^[8]。

本项目中,片区周边有多个公共车站,其中轨道 2 号线在片区东侧设有高林站正在施工,轨道 5 号线在片区南侧设有万达广场站,目前尚为初步规划阶段;片区西侧为商业综合体万达广场。本片区地处 2 个轨道站点和商业综合体 10 min 步行空间圈(约 2 km 距离)的交汇中心。片区内办公建筑密度大,上下班高峰期,行人与机动车相互干扰问题严重,极大降低了步行的吸引力,从而降低公共交通设施的吸引力,使人们更多选择私人汽车出行。因此,在片区地下建设步行系统十分符合 TOD 模式,可解决人车分流问题并提高土地价值。轨道规划与商业综合体与项目关系如图 3 所示。

2.4 市政管线

市政管线是城市生命线系统的主要载体,建设市政综合管廊可有效推动城市精细化建设,合理布局和优化配置地下市政设施。然而,由于地下管网



图3 轨道规划与商业综合体

Fig. 3 Orbit planning and business complex

的规划、建设与管理涉及市政建设部门、规划行政管理部门、公安消防部门、水务公司、供电公司、燃气公司、移动通信公司等单位,是一项综合性很强且涉及面广泛的工作。一方面,由于规划体系的不完善,城市中缺乏长远科学的市政规划;另一方面,各工程管线专项规划互相独立、兼容性差,要整合成共同沟项目难度较大^[9]。本项目中,片区市政管线正是均为直埋敷设,管线种类繁多,管位紧张,“马路拉链”、管线安全问题将难以避免,与片区高端商务区的定位不符,因此有必要系统梳理市政管线并建设共同管沟。

3 建设可实施性论证

在已建CBD区楔入地下空间的前提条件是在片区内具备可开发的公共用地,且不同的CBD区都具有其不可复制的特殊性,应因地制宜。在本项目中,在地块之间有总面积约5.4 hm²的中央绿轴、广场用地及部分市政道路可以作为公共用地进行开发,因此具备楔入地下空间的条件。可开发范围如图1所示。

根据城市地下空间的特点,一般有点状、辐射状、脊状、网络状、立体型等几种基本形态^[10]。本项目利用地块之间的线状中央绿地开发地下空间,并与地块地下室连通,符合脊状地下空间的特点。日本难波地下商业街^[6]是脊状地下空间成功的典范。

根据现有条件进行多次论证后,拟地下空间方案为:用地面积约为44 268 m²,共建地下2层,地下1层为人行通道、预留商业及公共车库(车位约290个),地下2层均为公共车库(约970个),总建筑面积71 041 m²,其中地下1层预留商业面积为17 348 m²。总体方案如图4,典型断面如图5。

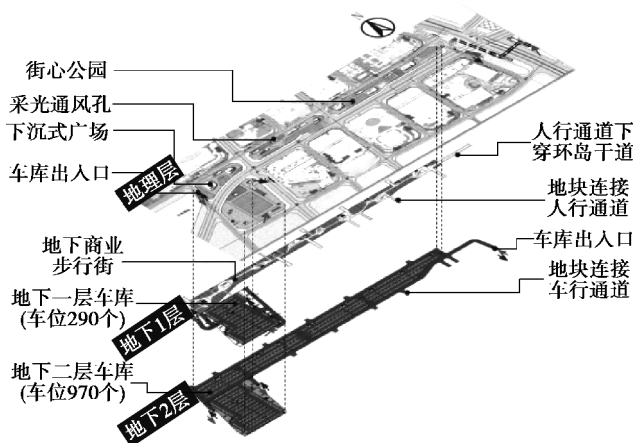


图4 总体方案

Fig. 4 overall plan

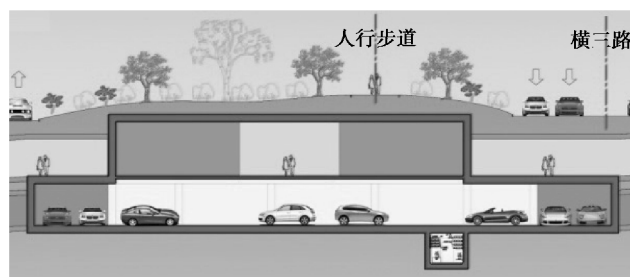


图5 典型断面图

Fig. 5 Typical cross-sectional view

结合实际路网条件和停车位分布情况,在地下空间西侧布置2个出入口,其中1个出入口分开布置;东侧分别在横一路南段布置1个出入口,在环岛干道东侧布置1个入口。入口布置如图6,出口布置如图7。



图6 入口布置

Fig. 6 Entrance arrangement

综合管廊沿东西向布置,与地下空间合建,管廊长度约850 m。入廊市政管线主要有10 kV电



图7 出口布置

Fig. 7 Export arrangement

力管、中水管、通信管、雨水管、污水管、给水管、燃气管、有线电视及路灯缆。采用单舱断面,结构净宽为2.7 m,结构净高均为2.5 m,与地下空间合建,位于地下空间地下2层结构底板以下。

4 建设中关键问题预判及对策

在已建CBD区楔入地下空间,在建设过程的各个阶段都会遇到许多不同于新建地下空间的问题。本项目对于楔入地下空间可能遇到的问题进行了预判并给出对策。

4.1 开发模式研究

目前国内关于地下空间开发机制主要有几种:

(1)独立开发模式。公共地下空间由政府或政府代建企业投资建设,各出让地块的地下空间由各地块开发商独立投资建设。规划阶段确定连接口位置和高程,并列入土地出让条件,各建设主体分别进行地下空间建设,建成后分别进行运营管理。

(2)统一代建模式。土地出让为带方案出让,各地块由不同开发商拍得。公共地下空间和各地块由一家政府性质的投资公司统一代建,并收取代建费。后期运营管理也可成立一家物业公司统一运营。

(3)整合建管模式。把地下空间剥离出来单独进行招拍挂,由政府性质的投资公司拍得。地上部分出让前建筑方案基本确定,出让后各开发商限期优化方案,与地下部分设计协调确定最终方案。

地下空间建成后,人防、公共部分的停车位作为公共停车位,只租不售,其余停车位按成本价出售给各业主,并委托物业公司统一管理。

(4)企业联合模式。各地块开发商共建、共享地下空间,由相关企业自行协商建设、管理事宜,且无带方案土地出让的前置条件。

(5)1.5级土地开发模式,采用BOT(建设-经营-转让)建设模式,以“零”地价的方式向政府租赁地下空间一定年限的经营权,以从事商业开发和租赁业务。特许权期限届满时,建筑将无偿移交给政府。如深圳世界之窗北侧的地下空间,由益田集团负责建设和经营,经营期过后将项目无偿移交深圳地铁集团^[11]。

对各种开发机制进行分析,发现前3种模式主要采用财政投融资形式,不适用于楔入地下空间。第4种模式,需建立简化审批等保障机制,政府需对各企业开展大量的协调工作,不利于项目快速推进。第5种模式,无论从生产建造还是投产使用,其开发效率和价值都体现得十分明显,若本项目采用此种模式,在开发机制上具备可行性。

4.2 商业功能配置研究

商业预测是地下空间建设的一个重要内容,商业面积的大小直接影响到地下空间的形态。但商业设施不是必须的地下空间功能设施,在地面空间商业设施满足规模需求的条件下,可以不考虑建设地下商业设施。

传统的地下商业预测法,如功能比例估算法、人均指标估算法等,均是基于经验总结得到的计算方法。如今,电子商务对实体商业造成巨大冲击,传统估算法在新形势下需加以论证和修订。另外,地下空间楔入之前,CBD的商业模态已形成,无法在地上地下统一开发模式下进行商业统一策划。上述原因导致商业预测成为地下空间楔入可行性研究中的一个难题。

本项目在可行性研究阶段采用参照典型案例法结合市场调研法,初步估算地下空间的商业面积。

国内较成功案例中,作为区域商业中心,商业与商务功能比例可达到30%~60%,同时满足地下商业面积占总商业面积宜介于20%~25%之间。

目前片区的商业比例为21%,与推荐比例30%存在较大差距。经测算,暂定公共地下空间商业开发需求面积为3.2~4.8万 m^2 。对于片区周边3个地面商业综合体进行现场调研,发现其经营状况均不佳。

因此,本项目中考虑约3万 m^2 商业面积,但商业设施建设分近远期2个阶段实施:近期建设中暂不配置商业面积,将商业面积作为停车面积使用;在项目实施阶段,对商业面积进行深入测算后,根据商业需求,将一部分停车面积改造为商业面积。

4.3 建筑标高衔接

楔入公共地下空间往往遇到与已建地块地下室标高冲突的问题,设计连续有高差的整体化楼板,是化解这一矛盾的方法之一。法国巴黎德方斯地下空间利用缓坡自然地形,将高差达22 m的东西两端的不同功能分区联成整体。

本片区内除第2个地块地下室层数为4层外,其他地块的地下室均为3层。地块的标高、层高各不相同,整体呈西高东低的走势。部分地块的地下室在中央绿轴侧预留有通道接口,地下第1层有4个地块预留,地下第2层有5个地块预留。

地下空间在地下第1层与各地块之间采用人行通道连通,其中下坡坡度最大为14.3%,上坡坡度最大为7.4%。人行通道的坡度大于8%时,设置台阶。

地下空间在地下第2层与各地块之间采用车行通道连通,其中下坡坡度最大为9.6%,上坡坡度最大为9.4%。车行通道的坡度均小于10%,满足地下车库坡道设置要求。

4.4 临时交通与施工方案

地下空间的楔入施工,应尽量考虑施工组织的合理性,保证施工期间的交通通畅及管线的正常使用,减少对已建CBD区的正常运营的影响。

考虑到施工期间交通组织,本项目拟采用明挖结合部分交叉口位置盖挖的施工方法,盖挖施工处分别为纵一路、纵三路、横一路的交叉口。施工平面如图8所示。

施工分为5个阶段。各阶段示意如图9所示。

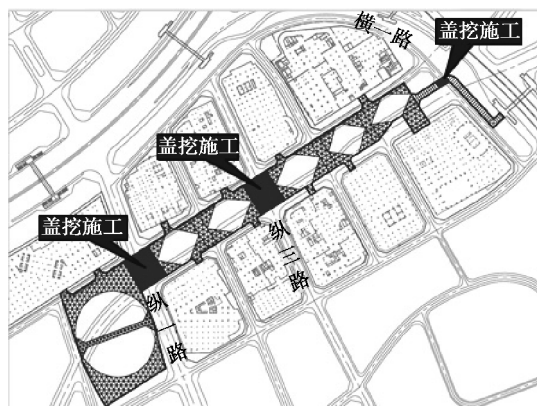


图8 施工平面布置

Fig. 8 Construction plane layout

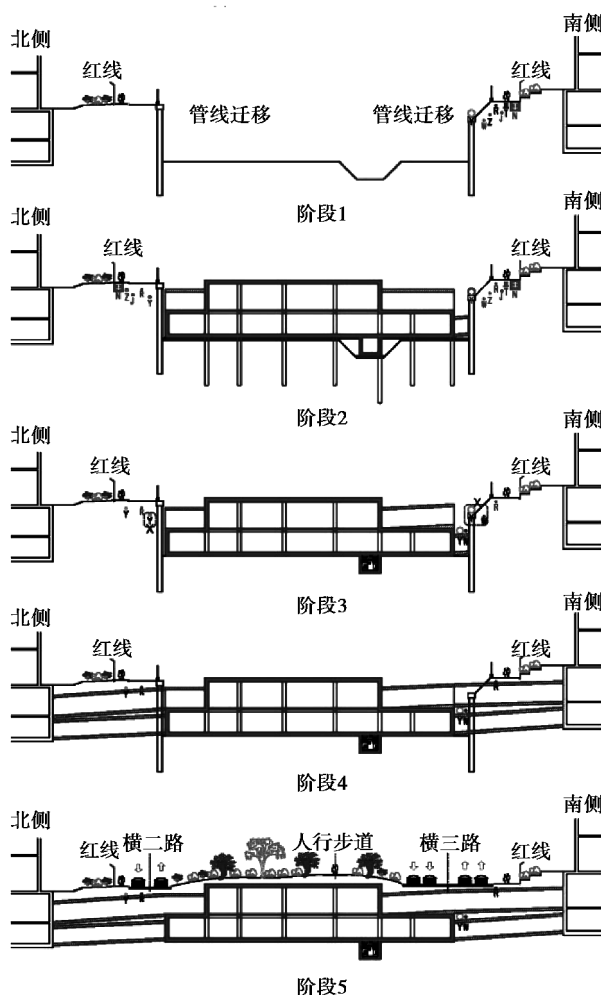


图9 各阶段示意图

Fig. 9 Schematic diagram of each stage

阶段1:现有地下管线迁改至围护桩冠梁顶外侧;施工围护结构;开挖基坑。

阶段2:施工地下空间工程桩;施工地下空间结构,南侧地下第2层外墙与围护结构之间预留雨

污水管管位。

阶段3:除雨水、污水、燃气以外的其他管线迁入综合管廊;南侧雨污水管迁改至车行通道顶板上;北侧现状雨水管迁改至人行通道顶板以上。

阶段4:施工与地块地下室连通的车行通道和人行通道;

阶段5:恢复地面道路;施工街心公园及人行步道。

5 结语

在已建 CBD 区楔入地下空间,需要花费大量的人力和财力,同时,由于地面空间形态已定型,地下空间开发滞后于地面空间,开发将受到众多因素的影响,难度远超新建区域。在可行性研究阶段,首先要从多角度论证建设的必要性,重点考虑建设地下空间对应片区车行交通和静态停车的改善程度;通过人行交通的重新规划,探讨对地段价值的提高程度;考虑地下管线是否需重新梳理等方面,同时考察片区内是否具备可开发的公共用地及项目规划的可操作性。可行性研究中还需对建设过程各个阶段可能遇到的不同于新建地下空间的问题进行预判并给出对策,如开发模式、商业配置、竖向衔接、临时交通组织及施工方案等。希望笔者初步探索的成果,能够为我国其他大中城市在已建 CBD 区楔入地下空间的建设和提供借鉴。

参考文献 (References)

- [1] 万汉斌. 城市高密度区地下空间开发策略研究[D]. 天津: 天津大学, 2013. (Wan Hanbin. The strategy research on urban underground space in high-density area [D]. Tianjin: Tianjin University, 2013. (in Chinese))
- [2] 彭芳乐, 赵景伟, 柳昆, 等. 基于控规层面下的 CBD 地下空间开发控制探讨—以上海虹桥商务核心区一期为例[J]. 城市规划学刊, 2013(1): 78-84. (Peng Fangle, Zhao Jingwei, Liu Kun, et al. Underground development control in cbd based on the regulatory plan: the case of phase of Shanghai Hongqiao CBD[J]. Urban Planning Forum, 2013(1): 78-84(in Chinese))
- [3] 深圳市福田区城中村(旧村)改造办, 深圳市城市规划设计研究院有限公司. 华强北片区地下空间资源开发利用规划研究[R]. 2010. (City Village (Old Village) Reform Office of Futian District, Shenzhen City, Urban Planning & Design Institute of Shenzhen. The planning of the development and utilization of underground space resources huaqiang north area [R]. 2010. (in Chinese))
- [4] 陈志龙, 王玉北. 城市地下空间规划[M]. 南京: 东南大学出版社, 2004. (Chen Zhilong, Wang Yubei. The planning of city underground space [M]. Nanjing: Southeast University Press, 2004. (in Chinese))
- [5] 刘灿齐. 现代交通规划学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001. (Liu Chanqi. Modern traffic planning [M]. Beijing: China Communications Press, 2001. (in Chinese))
- [6] 张平, 陈志龙. 城市地下停车需求比例规划研究—以深圳地下停车场为例[J]. 地下空间与工程学报, 2007, 7(11): 9-16. (Zhang Ping, Chen Zhilong. Research on dem proportion planning of urban underground parking—A case study of underground parking in Shenzhen China [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2007, 7(11): 9-16. (in Chinese))
- [7] 厦门市规划委员会. 厦门市建设项目停车设施配建标准[S]. 2016. (Xiamen Municipal Planning Commission. Construction standard for parking facilities in Xiamen City[S]. 2016. (in Chinese))
- [8] 王有为. 适于中国城市的 TOD 规划理论研究[J]. 城市交通, 2016, 14(6): 40-48. (Wang Youwei. Suitability of TOD planning theory for Chinese cities. Urban Transport of China, 2016, 14(6): 40-48. (in Chinese))
- [9] 胡海柯, 吴荣兴, 邱耀, 等. 浅析当前城市地下共同沟的建设问题[J]. 地下空间与工程学报, 2017, 13(增1): 11-15. (Hu Haike, Wu Rongxing, Qiu Yao, et al. Analysis on the construction problem of underground common trench of contemporary city [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2017, 13(Supp.1): 11-15. (in Chinese))
- [10] 童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005. (Tong Linxu. Underground space and urban modernization development [M]. Beijing: China Construction Industry Press, 2005. (in Chinese))
- [11] 梁衡义, 李涛, 黄垚. 城市轨道交通地下商业空间经营管理模式研究[J]. 地下空间与工程学报, 2014, 10(2): 265-269. (Liang Hengyi, Li Tao, Huang Yao. Study on the management of urban rail transit underground commercial space [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2014, 10(2): 265-269. (in Chinese))