

基于车站客流特征的城市轨道交通就业中心站点识别方法

马亮¹ 周军¹ 张永强²

(1. 深圳市规划国土发展研究中心, 518040, 深圳; 2. 南京林业大学汽车与交通工程学院, 210037, 南京//第一作者, 高级工程师)

摘要 目的: 城市就业中心布局是表征城市中心体系的重要指标, 应从交通视角出发, 研究城市就业中心的空间布局及演变规律, 这对优化城市空间布局 and 综合交通体系均具有重要意义。方法: 基于深圳市城市轨道交通 2015 年和 2021 年的 AFC (自动售检票) 数据, 以深圳轨道交通车公庙换乘站为例分析了该市就业中心周边站点高峰小时的客流特征, 提出了城市轨道交通就业中心站点 (以下简称“就业中心站”) 的定义及城市轨道交通车站就业指数的概念, 进而提出了基于城市轨道交通 AFC 数据识别城市就业中心的技术方法。最后分析了深圳市就业中心站的空间分布特征及其演变规律。结果及结论: 就业中心站分为主要就业中心站、次要就业中心站及一般就业中心站 3 个类别。通过对深圳市就业中心站的识别, 可反映就业中心在该市的空间分布情况。就业中心站的产生与发展受城市轨道交通车站的空间区位、沿线用地开发程度、有无城市轨道交通线路引入等因素影响较大。中心城区就业功能的不断集聚是促进城市就业中心发展的关键因素, 大体量商业办公建筑的使用及城市轨道交通新线开通均可进一步强化既有城市就业中心的功能。

关键词 城市轨道交通车站; 就业中心站; 车站就业指数; 车站客流特征

中图分类号 U293.13:U231.4

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2023.11.011

Identification Method of Employment Center Station in Urban Rail Transit Based on Passenger Flow Characteristics

MA Liang, ZHOU Jun, ZHANG Yongqiang

Abstract Objective: The layout of urban employment centers is an important index to urban center system. From the perspective of transportation, studying the spatial layout and evolution laws of employment centers is significant for optimizing urban layout and transportation system. Method: Based on the AFC (automatic fare collection) data of Shenzhen Urban Rail Transit in 2015 and 2021, the passenger flow characteristics during peak hours at the Chegongmiao transfer station

are analyzed, the definition of urban rail transit employment center stations (hereinafter referred to as ECS) and the concept of station employment index are proposed. Furthermore, a method for identifying urban employment centers based on urban rail transit AFC data is proposed. Finally, the spatial distribution characteristics and evolution rules of ECS in Shenzhen are analyzed. Result & Conclusion: The ECS are divided into three categories: primary employment center, secondary employment center, and general employment center. By identifying the ECS in Shenzhen, it is possible to reflect the spatial distribution of employment centers in the city. The emergence and development of ECS are greatly influenced by factors such as the spatial location of urban rail transit stations, the level of land development along the line, and the introduction of urban rail transit lines. The continuous concentration of employment functions in the central urban area is a key factor in promoting the development of urban employment centers. The use of large-scale commercial office buildings and the opening of new urban rail transit lines can both strengthen the functions of existing urban employment centers.

Key words urban rail transit station; employment center station; station employment index; station passenger flow characteristics

First-author's address Shenzhen Planning & Land Research Center, 518040, Shenzhen, China

就业中心是城市就业岗位主要的承载空间及通勤客流的目的, 准确掌握就业中心的空间布局及演化规律, 对于优化城市空间布局及综合交通体系具有重要意义。我国学者主要采用两种方法开展就业中心识别研究: 一是门槛值法, 即设置就业中心人员密度或数量的门槛, 将高于门槛值的地区定义为就业中心^[1-3], 但该门槛值的定义存在一定的主观性; 二是回归分析法, 即先通过就业密度的门槛值或自然断点筛选出候选的就业中心, 再利用

密度分布模型检验各候选就业中心的影响力,以确定就业中心^[4-5]。与门槛法相比,回归分析法更为科学,但技术流程更为复杂。

近年来我国城市轨道交通快速发展,截至 2022 年底,全国共有 55 个城市开通了城市轨道交通运营线路。其中,北京、上海、广州及深圳等 10 个城市的城市轨道交通线网运营里程超过了 300 km^[6],线路大多优先覆盖城市的主要就业中心;此外,北京、上海、广州及深圳这 4 个城市中心城区 2020 年的城市轨道交通出行量在机动化出行总量中的占比均超过 25%,因此,通过城市轨道交通车站的客流特征来反映城市就业中心的空间布局,具有一定的代表性。与就业中心识别常用的经济普查数据和手机信令数据相比,城市轨道交通 AFC(自动售检票)的数据能准确记录了乘客出行的起始时间及进出站点,数据质量较高且易获取,可为就业中心的年度评估及动态跟踪提供良好的数据基础。

基于城市轨道交通 AFC 数据进行就业中心识别的研究较少,文献[7]基于地铁 AFC 数据对城市通勤和就业中心的吸引范围进行了研究,但就业中心识别方法借鉴了前人的研究成果。本文在研究就业中心周边城市轨道交通车站客流特征的基础上,提出了城市轨道交通就业中心站点的定义及识别方法,以城市轨道交通车站为基本单元,反映就业中心的空间布局特征,并以深圳市为案例进行实例应用效果分析。

1 数据基础

2015 年,深圳城市轨道交通线网运营里程为 178.0 km,车站 118 座,换乘站 13 座,共计 5 条线路。2021 年,该线网的运营里程增至 422.6 km,车站增至 237 座,换乘站为 41 座,共计 11 条线路,其线网布局如图 1 所示。

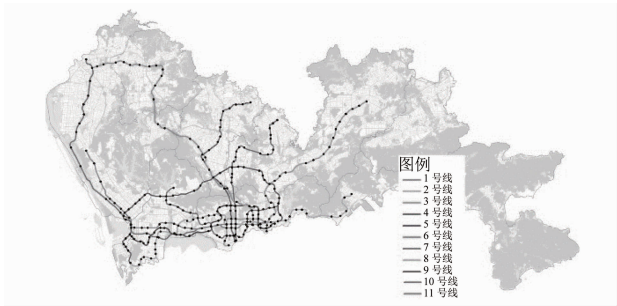


图 1 2021 年深圳城市轨道交通线网图
Fig. 1 Shenzhen urban rail transit network map in 2021

本文采用深圳市 2015 年 12 月 7 日—12 月 11 日(周一至周五)、2021 年 3 月 1 日—3 月 5 日(周一至周五)的 AFC 数据进行分析研究。AFC 数据主要包括卡片编号、进出站类型、刷卡时间及闸机编号等信息。通过闸机编号与车站的对应关系,可以把乘客的出行信息映射在空间上。2015 年 12 月 7 日—12 月 11 日 5 d 内深圳城市轨道交通线网的累计刷卡量为 21 876 760 次,日均刷卡量约为 4 375 352 次;2021 年 12 月 7 日—12 月 11 日 5 d 内深圳城市轨道交通线网的累计刷卡量为 36 352 656 次,日均刷卡量约为 7 270 531 次。

2 基于城市轨道交通车站客流特征的就业中心站定义

2.1 就业中心周边城市轨道交通站点的客流特征分析

通过分析城市公认就业中心地区周边城市轨道交通车站的客流特征,并提炼、总结出这些站点客流的一般规律,可为城市轨道交通就业中心站点(以下简称“就业中心站”)的定义及识别提供数据支撑。定义深圳城市轨道交通的早、晚高峰小时分别为 08:00—09:00、18:00—19:00。图 2 为深圳城市轨道交通线网早高峰小时进出站总量前 20 名的车站。由图 2 可知:车公庙站排名第一,高新园站、深大站紧随其后。

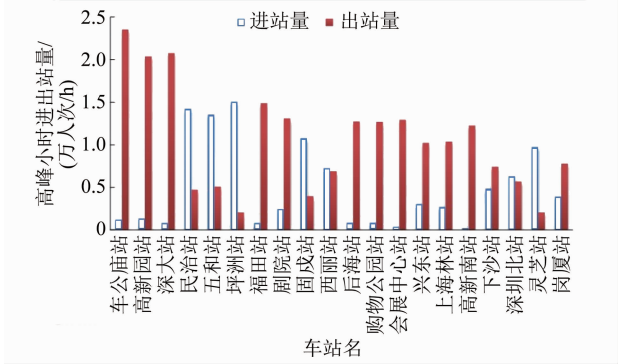


图 2 深圳城市轨道交通线网早高峰小时进出站总量前 20 名的车站

Fig. 2 Statistical chart of Shenzhen Metro network top 20 stations in terms of total inbound and outbound passenger flow in morning peak hours

进一步分析车公庙站的客流特征。该站为深圳城市轨道交通 1 号线、7 号线、9 号线及 11 号线四线交汇的换乘车站,位于深圳主要就业中心车公庙片区内。车公庙片区就业人口密度高、早晚高峰小

时通勤交通联系强度大。对 2021 年 3 月 1 日—2021 年 3 月 5 日的 5 个工作日客流数据进行分析,得到该换乘站的客流特征如下:

1) 早高峰小时出站量大且集中。车公庙换乘站早高峰客流较晚高峰集中,其早高峰小时的出站量高达 2.35 万人次/h,高于晚高峰小时的进站量(1.58 万人次/h)。相应地,该换乘站早高峰小时出站量在该站日出站量中的占比达 37.5%,明显高于该早高峰小时的线网平均占比(即城市轨道交通线网合计小时出站量在线网日出站量中的占比),如图 3 所示。

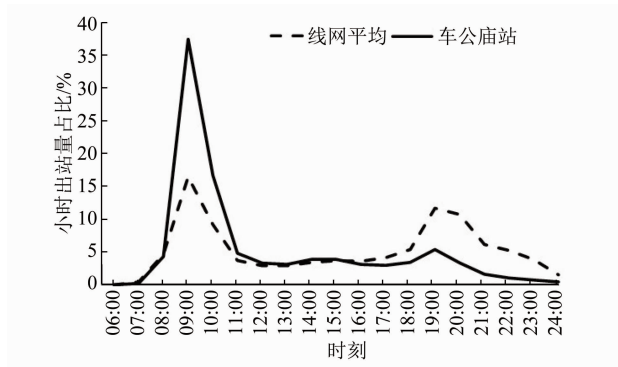


图 3 车公庙站小时出站量占比与线网平均小时出站量占比的对比

Fig. 3 Comparison chart between the proportion of hourly outbound passenger flow at Chegongmiao Station and the average hourly outbound passenger flow of the line network

2) 早高峰小时进出站客流潮汐性特征明显。车公庙站周边地区以就业功能为绝对主导,该站早高峰小时的出站量(2.35 万人次/h)是进站量(0.12 万人次/h)的 19.4 倍,晚高峰小时的进站量(1.58 万人次/h)是出站量(0.34 万人次/h)的 4.6 倍。而深圳轨道交通线网内如西丽站、深圳北站等车站的早高峰小时出站量虽然也较大,但这些车站的进出客流潮汐特征并不显著,这也反映了这些车站的周边地区尚未发展为典型的就业片区。

2.2 就业中心站的定义

基于上文对车公庙站的客流特征分析,就业中心地区的城市轨道交通车站应同时满足早高峰小时出站量大且集中、进出站客流潮汐性强这 2 个特征,因此,将早高峰小时出站量、出站量与进站量的比值均明显高于全市平均水平的城市轨道交通车站定义为就业中心站。

本文借鉴交通模型校核常用的 GEH 指标,提出

了城市轨道交通车站就业指数的计算方法,用以衡量车站周边地区就业功能的强弱。GEH 指标由英国交通工程师 Geoffrey E. Havers 于 1970 年左右提出^[2],用于检验模型估计值与实际观测值之间的误差,其优点是综合考虑了相对误差、绝对误差 2 个参数。将 GEH 指标中的估计值与观测值替换为早高峰小时出站量、早高峰小时进站量,得到城市轨道交通车站就业指数 t 的计算式为:

$$t = \sqrt{\frac{2(a-b)^2}{a+b}}, \quad a > b \quad (1)$$

式中:

a ——城市轨道交通车站早高峰小时出站量;

b ——城市轨道交通车站早高峰小时进站量。

t 能较好地反映城市轨道交通车站周边地区就业功能的强弱。早高峰出站量大、潮汐性强的车站,其 t 值较高。

3 就业中心站的识别及特征分析

3.1 识别方法

计算各车站的 t , 并确定 t 的阈值, 以实现就业中心站的识别与分类。其识别步骤为:

1) 将 AFC 数据中的闸机编号与车站名进行匹配, 基于进出站类型、刷卡时间的信息, 统计得到深圳市各城市轨道交通车站全日分小时的进出站量。

2) 提取早高峰 08:00—09:00 各站的进出站量, 将出站量大于进站量的车站纳入候选车站范畴, 利用式(1)计算各候选车站的 t , 并计算 t 的平均值 \bar{t} 。

3) 筛选出所有大于 \bar{t} 的 t , 其对应的车站即为就业中心候选车站。2015 年、2021 年的 \bar{t} 分别为 56.2、58.6。为便于类比, 本文选择 58.6 作为计算就业中心站 t 的阈值。

4) 将就业中心站分类三类: 主要就业中心站、次要就业中心站及一般就业中心站。通过多次试算与经验判断, 选择 $t = 150.0$ 、 $t = 100.0$ 作为这三类就业中心站的分类界限, 进而得到深圳市不同功能等级就业中心站的空间分布。

3.2 2015 年和 2021 年的 t 值对比

对 2021 年和 2015 年的数据进行分析。2015 年, 深圳城市轨道交通车站总数为 118 座, 就业中心候选车站数为 59 座(占比为 50%), t 为 0~180.4; 2021 年, 深圳城市轨道交通车站总数为 237 座, 就业中心候选车站数为 108 座(占比为 46%), t 为 0~200.7。由此可知: 与 2015 年相比, 2021 年就业中心候选车站占比有

所下降,但 t 的上限值增加了。其原因主要是2015年以后新开通的城市轨道交通线路以联系城市中心区与外围区为主,且新线在城市中心区设站时进一步强化了对既有就业中心的覆盖功能,在外围区设站时新增了对居住片区的覆盖功能。

3.3 就业中心站的空间分布特征

3.3.1 深圳市就业中心站总数

表 1 为 2015 年和 2021 年深圳市就业中心站数量对比结果。由表 1 可知:与 2015 年相比,2021 年深圳市就业中心站的数量快速增长,增长率为 174%。其中,主要就业中心站、次要就业中心站的数据均增加了 1 倍;一般就业中心站的数量由 2015 年的 13 座增长到 2021 年的 21 座。

表 1 2015 年和 2021 年深圳市就业中心站数量对比

Tab.1 Comparison of employment center stations in 2015 and 2021

项目	就业中心站数量/座		增长率/%
	2015 年	2021 年	
主要就业中心站	3	6	100
次要就业中心站	3	6	100
一般就业中心站	13	21	62
合计	19	33	74

注:增长率=[(2021 年就业中心站数量/2015 年就业中心站数量)-1]×100%。

3.3.2 2015 年深圳市就业中心站的空间分布

2015 年,深圳市 19 座就业中心站除宝华站位于宝安中心区外,其余均分布在中心城区(罗湖区、福田区及南山区 3 个行政区),其空间分布情况如图 4 所示。其中:3 座主要就业中心站(车公庙站、深大站及高新园站)早高峰小时的平均出站量为 1.78 万人次/h,平均进站量仅为 0.15 万人次/h。3 座次要就业中心站(福田站、会展中心站及大剧院

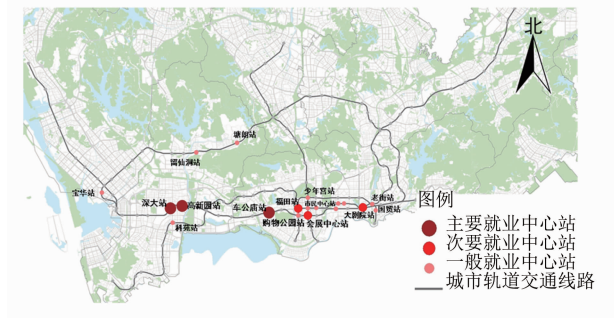


图 4 2015 年深圳市就业中心站空间分布情况

Fig. 4 Spatial distribution map of Shenzhen employment center stations in 2015

站)早高峰小时的平均出站量为 1.21 万人次/h,平均进站量仅为 0.17 万人次/h;相比主要就业中心站,次要就业中心站早高峰小时的出站量明显减少,其客流潮汐性也有所减弱。

3.3.3 2021 年深圳市就业中心站空间分布

2021 年,深圳市中心城区的就业功能进一步加强。33 座就业中心站中,有 29 座位于中心城区,4 座位于外围区(均为一般就业中心站),其空间分布情况如图 5 所示。其中:主要就业中心车站 6 座,在 2015 年基础上新增了福田站、会展中心站及高新南站;次要就业中心车站 6 座,除原有的大剧院站外,新增了后海站、购物公园站、科苑站、市民中心站及留仙洞站 5 座车站。

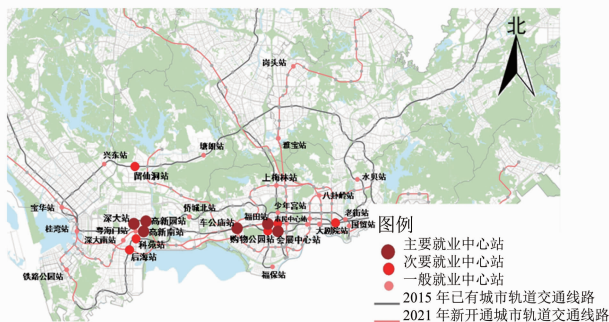


图 5 2021 年深圳市就业中心站空间分布情况

Fig. 5 Spatial distribution map of Shenzhen employment center stations in 2021

4 就业中心站的演变规律

4.1 就业指数增长率

设城市轨道交通车站第 i 年的就业指数为 t_i , 第 $i-1$ 年的就业指数为 t_{i-1} , 则城市轨道交通车站第 i 年就业指数增长率 r 的计算式为:

$$r = [(t_i/t_{i-1}) - 1] \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中: $r \leq 0$ 时表示该城市轨道交通车站的就业指数下降,即该站点的就业功能在衰退;反之,则表示该站点的就业功能在发展。

对比 2015 年、2021 年深圳市就业中心站空间分布情况,以研究该市就业中心站的演变规律。表 2 为 2015 年深圳市就业中心站的空间分布情况。由表 2 可知:在 2015 年识别出的 19 座就业中心站中,就业功能衰退的就业中心站有 4 座,分别为福田区的大学城站和燕南站、罗湖区的老街站和国贸站;其余 15 座就业中心站的就业功能在持续发展,这些站点大多数位于南山区和福田区。

表 2 2015 年深圳市就业中心站的空间分布情况

r/%	各行政区内就业中心站分布			
	南山区	福田区	罗湖区	宝安区
0		2 座(大学城站、燕南站)	2 座(老街站、国贸站)	
>0~10		2 座(会展中心站、深大站)	1 座(大剧院站)	
≥10	4 座(高新园站、少年宫站、科苑站、购物公园站)	7 座(车公庙站、华强北站、华强路站、塘朗站、市民中心站、福田站、岗厦北站)		1 座(宝华站)

2015—2021 年深圳市新增就业中心站的空间分布情况如表 3 所示。根据就业中心站的识别算法,表 2 中福田区的大学城站和燕南站 2021 年起不再属于就业中心站。2015—2021 年新增的就业中

心站为 16 座,其中:2014 年及以前开通的既有城市轨道交通线路的就业中心站有 6 座,2015—2021 年开通的新建城市轨道交通线路的就业中心站有 10 座。新增就业中心站主要分布在南山区和福田区。

表 3 2015—2021 年深圳市新增就业中心站的空间分布情况

站点类别	各行政区内就业中心站分布				
	南山区	福田区	罗湖区	宝安区	龙岗区
2014 年及以前开通线路的站点	2 座(后海站、留仙洞站)	2 座(侨城北站、上梅林站)	1 座(水贝站)	1 座(兴东站)	
2015—2021 年开通线路的站点	5 座(高新南站、桂湾站、深大南站、粤海门站、铁路公园站)	3 座(科学馆站、八卦岭站、福保站)			2 座(岗头站、雅宝站)

4.2 就业中心站的主要影响因素

通过对比发现,就业中心站的产生与发展受城市轨道交通车站的空间区位、沿线用地开发程度、有无城市轨道交通线路引入等因素影响较大。

1) 城市中心区就业功能的不断集聚是就业中心发展的关键因素。深圳城市发展呈现中心持续西移的特征,西部的南山科技中心及福田金融中心的岗位聚集密度明显高于东部的罗湖消费中心,并保持较快的发展速度。2021 年,南山区、福田区分别拥有 11 座、14 座就业中心站,分别较 2015 年分别新增了 7 座、5 座,而罗湖区仅拥有 4 座就业中心站。

2) 大体量商业办公建筑的建成及使用可促进新的就业中心形成。车站周边存在大体量已建成并投入使用的商业办公建筑,则车站的 t 增长较快,该指标反映了产业入驻带来的就业岗位增长。2021 年既有城市轨道交通线路沿线车站新增了 6 座就业中心站,其中:水贝站新增了 42.7 万 m^2 商业办公类建筑, t 由 13.7 增至 60.7,其 r 为 340%;留仙洞站新增 248.6 万 m^2 商业办公类建筑, t 由 48.3 增至 102.6,其 r 为 112%。

3) 城市轨道交通新线开通可进一步强化既有线路站点的就业中心功能。既有城市轨道交通线路就业中心站引入新线后,其 r 较无新线引入车站

大。2021 年,既有城市轨道交通线路沿线的就业中心站共 21 座,除留仙洞站、水贝站这 2 座周边用地功能较大的车站外,其余 19 座车站可以分为两类:第一类是周边有新线引入既有站点,这类就业中心站共有 8 座车站;第二类是周边无新线引入的既有站点,这类就业中心站共有 11 座。经统计,第一类就业中心站的 r 平均值为 57%,明显高于第二类就业中心的 r 平均值(31%)。以车公庙站为例,由于引入了城市轨道交通 7 号线、9 号线及 11 号线,与既有轨道 1 号线共同形成 4 线换乘枢纽,车公庙片区的对外辐射能力得以大幅提升,车站的 r 增至 28%,成为深圳市 t 值最高的城市轨道交通车站。

5 结语

本文基于城市轨道交通车站的客流特征,提出了城市轨道交通就业中心站点的定义及城市轨道交通车站就业指数的概念,提出了基于城市轨道交通 AFC 数据识别城市就业中心的技术方法。深圳市的实例应用验证表明:通过对就业中心站的识别,可反映就业中心在深圳市的空间分布情况。

但是,考虑到不同地区空间区位、交通设施供应能力等方面的差异性,城市轨道交通出行量在机动化交通出行总量中的占比也存在一定的差异,这些都有可能导致城市轨道交通车站就业指数表征

的就业功能强弱与实际有所偏差。下一阶段应对城市轨道交通车站就业指数的修正方法进行更为深入的研究。

参考文献

- [1] 蒋丽, 吴缚龙. 广州市就业次中心和多中心城市研究[J]. 城市规划学刊, 2009(3): 75.
JIANG Li, WU Fulong. A study on Guangzhou's employment subcentres and polycentricity[J]. Urban Planning Forum, 2009(3): 75.
- [2] 胡瑞山, 王振波, 仇方道. 基于普查单位的北京市就业中心识别与功能定位[J]. 人文地理, 2016, 31(4): 58.
HU Ruishan, WANG Zhenbo, QIU Fangdao. Identification and function orientation of employment centers in Beijing based on the census unit analyzing[J]. Human Geography, 2016, 31(4): 58.
- [3] 丁亮, 钮心毅, 宋小冬. 上海中心城就业中心体系测度: 基于手机信令数据的研究[J]. 地理学报, 2016, 71(3): 484.
DING Liang, NIU Xinyi, SONG Xiaodong. Measuring the employment center system in Shanghai central city: a study using mobile phone signaling data[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(3): 484.

- [4] 谷一桢, 郑思齐, 曹洋. 北京市就业中心的识别: 实证方法及应用[J]. 城市发展研究, 2009, 16(9): 118.
GU Yizhen, ZHENG Siqi, CAO Yang. The identification of employment centers in Beijing[J]. Urban Studies, 2009, 16(9): 118.
- [5] 谢智敏, 甄峰, 张姗姗. 基于大数据的城市就业空间特征与影响因素研究: 以南京市中心城区为例[J]. 城市发展研究, 2021, 28(10): 48.
XIE Zhimin, ZHEN Feng, ZHANG Shanshan. Research on spatial characteristics and influencing factors of urban employment based on big data[J]. Urban Development Studies, 2021, 28(10): 48.
- [6] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通 2022 年度统计和分析报告[R]. 北京: 中国城市轨道交通协会, 2023.
China Association of Metros. Annual statistical and analysis report of urban rail transit in 2022[R]. Beijing: China Association of Metros, 2023.
- [7] 许园园, 塔娜, 李响. 基于地铁刷卡数据的城市通勤与就业中心吸引范围研究[J]. 人文地理, 2017, 32(3): 93.
XU Yuanyuan, TA Na, LI Xiang. Analysis of commuting behavior and employment center using subway smart card data[J]. Human Geography, 2017, 32(3): 93.

(收稿日期: 2023-05-26)

(上接第 58 页)

成本与收益随时间增加存在极大的不确定性。实物期权提供了一种衡量和估计这种不确定性的框架, 可以增强高铁项目建设时机考察的理论支撑, 使项目评价更加客观全面, 使评价结果更有参考价值, 使高铁项目评估的系统性得到进一步提升。

参考文献

- [1] ODIN K K, PASQUALE L S. Real options and project evaluation: a primer[EB/OL]. (2011-09-20)[2022-10-12]. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/300761468275362646/pdf/624870WP0P08720June090201100PUBLIC0.pdf>.
- [2] 桂妹. 基于实物期权的市域铁路建设时机研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2019.

南交通大学, 2019.

- GUI Shu. Research on the timing of regional railway construction based on real options[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2019.
- [3] KE W. Real options models for better investment decisions in road infrastructure under demand uncertainty[D]. Irvine: UC Irvine, 2017.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 铁路建设项目经济评价方法与参数[M]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China. Economic evaluation method and parameters of railway construction projects[M]. Beijing: China Planning Press, 2012.

(收稿日期: 2023-01-10)

敬请关注《城市轨道交通研究》微信视频号

《城市轨道交通研究》微信视频号聚焦轨道交通行业内的热点问题、焦点问题, 以及新技术、新成果, 邀请相关专业领域内的专家学者及高级管理人员以视频方式解读和评述, 是您及时获知行业资讯深度了解轨道交通各专业领域的最佳平台。您还可以通过该平台查阅往期论文、查询稿件进度、开具论文录用通知书。敬请关注。

