

基于路网的换乘强度研究

裴玉龙¹ 张茂民²

(1. 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150090; 2. 大连经济技术开发区规划建设局, 大连 116600)

【摘要】本文通过引入换乘强度指标, 建立了换乘强度模型, 为城市停车换乘规划提供决策依据。通过计算城市中心区轨道交通网可达性与城市道路网可达性两者的比值, 建立基本换乘强度模型; 通过计算轨道交通网与城市道路网密度的比值, 建立静态换乘强度模型, 综合考虑基本换乘强度和静态换乘强度, 给出了换乘强度的计算公式, 确定了基本换乘强度的临界值; 通过对国外实施停车换乘城市的静态换乘强度的统计分析, 确定了静态换乘强度的临界值和合理值。并结合以上取值, 给出换乘强度的临界值与合理值。最后, 探讨换乘强度指标在停车换乘规划和换乘需求定性分析中的实际应用意义。

【关键词】基本换乘强度; 静态换乘强度; 可达性; 停车换乘规划

Study on Park-and-Ride Intensity with the Basis of Road Network

PEI Yulong¹, ZHANG Maomin²

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

2. Dalian E&T Development Zone Planning and Construction Bureau, Dalian 116600, China)

Abstract: In order to provide decision basis for city Park-and-Ride planning, Park-and-Ride Intensity model is set up through adopting Park-and-Ride intensity index. Firstly Basic Park-and-Ride Intensity model is founded by way of calculating the ratio between rail transit accessibility in city center and city road network accessibility. Secondly, Static Park-and-Ride Intensity model is set up by means of calculating the density ratio between rail transit and city road network. Thereby the formula of Park-and-Ride Intensity is brought about, on the basis of which critical value and rational value is obtained. At last, it is discussed that Park-and-Ride Intensity index's practical application in city Park-and-Ride plans and qualitative analyzing of the Park-and-Ride demanding quantity outside of city center.

收稿日期: 2003-10-08

Keywords: basic park-and-ride intensity; accessibility; static park-and-ride intensity; park-and-ride planning

0 引言

停车换乘作为交通需求管理中的重要内容, 是解决大城市中心区交通问题的较好办法, 但是由于小汽车在出行中的便利性, 通常情况下如果中心区轨道交通方式不具备足够的优势, 也就是不具有吸引小汽车进行换乘的能力, 出行者很难放弃原有的出行方式而选择换乘轨道交通方式进入中心区^[1]。而对于一个具体城市而言, 路网规模及合理性等条件不同, 轨道交通吸引小汽车换乘的能力也不同, 只有当这种吸引能力达到一定程度时, 才有必要实施停车换乘^[2]。因此, 需要为城市实施停车换乘规划决策提供指导性指标, 使之在考虑选择停车换乘这一措施来解决城市中心区交通问题时具有理论依据。本文通过引入换乘强度的概念, 建立基于路网的换乘强度模型来解决上面所提出的问题。

1 换乘强度模型的建立

1.1 换乘强度的定义

换乘强度是反映城市中心区轨道交通网相对于小汽车出行方式的城市道路网的优越性指标, 表示城市中心区轨道交通对小汽车换乘的吸引能力。

1.2 基本换乘强度的确定

1.2.1 基本换乘强度的定义

基本换乘强度是中心区轨道交通网可达性与城市道路网可达性的比值。基本换乘强度可以从动态上反映中心区轨道交通对小汽车的换乘吸引能力。

1.2.2 可达性定义

交通可达性从综合角度表征城市交通路网合理程度, 是评价路网的最重要指标之一, 可达性指标能较全面地反映路网的质量和完善程度, 体现路网的出行效率。表示为出行平均运行时间的倒数^[3]:

$$\mu = 100/T \quad (1)$$

式中：T 为平均运行时间(s)。

1.2.3 可达性计算

交通可达性指标值较大，则路网的运输效率较高，出行的便捷性较好。在计算中心区可达性时，先确定等时线，等时线是指到指定中心消耗时间相等的各个点的几何位置。等时线的综合构成分布于整个区域的等时线图。将等时线图与中心区居住规划图相结合，求出到中心区出行重心的平均运行时间，可以计算交通可达性，公式如下：

$$\mu = \frac{100H}{\sum_{i=1}^n \frac{H_{[i,(i+1)]}(T_i+T_{(i+1)})}{2}} \quad (2)$$

式中：H为城市中心区内的居民数量；

n为等时线条数；

$H_{[i,(i+1)]}$ 为在第i条和i+1条等时线之间的居民数量；

T_i 为第i条等时线到指定中心的行程时间(s)；

$T_{(i+1)}$ 为第i+1条等时线到指定中心的行程时间(s)。

1.2.4 基本换乘强度的计算

由公式2计算出轨道交通网的可达性 μ_1 和城市中心区小汽车方式道路网的可达性 μ_2 ，两者的比值即为基本换乘强度，表示为 η_1 ，即：

$$\eta_1 = \frac{\mu_1}{\mu_2} \quad (3)$$

1.3 静态换乘强度的确定

静态换乘强度是从静态角度体现路网对轨道交通换乘吸引能力影响的指标，在量上表示为轨道交通网及城市道路网两者密度的比值。

城市中心区轨道交通网可达性与城市道路网可达性之比虽然可以从运输效率和出行便捷性方面体现轨道交通对小汽车换乘的吸引能力，但还不够全面。路网密度体现路网的规模及分布的合理性，可以从静态角度体现轨道交通对小汽车换乘的吸引能力^[4]。

路网密度常用路网面积密度表示，有时也用路网人口密度表示。前者是路网长度与其所在区域的面积之比，表示单位面积上交通路网长度，单位为km/km²；后者是路网长度与所在区域的人口之比，单位为km/万人，表示每万人占有交通路网长度，在本文的研究中取路网面积密度。于是得到静态换乘强度的计算公式如下：

$$\eta_2 = \frac{\rho}{\rho'} \quad (4)$$

式中： η_2 为静态换乘强度；

ρ 为城市中心区轨道交通路网面积密度；

ρ' 为城市中心区城市道路网面积密度。

1.4 换乘强度计算公式

基本换乘强度与静态换乘强度两个指标分别从出行

效率和路网分布合理性及规模方面体现了城市中心区轨道交通的换乘吸引能力，将两者加以综合可以得到全面体现轨道交通对换乘的吸引能力，即换乘强度，计算公式如下：

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (5)$$

式中： η 为换乘强度；

η_1 为基本换乘强度；

η_2 为静态换乘强度。

2 换乘强度指标取值分析

2.1 基本换乘强度临界值的确定

基本换乘强度实际上是轨道交通网与城市道路网出行效率的比较值，小汽车之所以会选择换乘轨道交通，主要是可以提高效率，使出行更加便捷。因此，在动态上轨道交通若对小汽车具有换乘吸引能力，则必须保证基本换乘强度大于1.0，因此将基本换乘强度的临界值确定为1.0，从动态角度表征轨道交通对小汽车是否具有换乘吸引能力。

2.2 静态换乘强度临界值与合理值的确定

采用归纳法，选择已实施停车换乘的城市，通过计算取得它们的基本换乘强度值，从这些数值中找到规律，通过分析确定静态换乘强度的临界值和实施停车换乘的合理值。

欧美主要实施停车换乘的大城市静态换乘强度值见表1^[5]。这些城市的静态换乘强度值基本上都大于0.1，只有斯德哥尔摩和汉堡两个城市的这项指标小于0.1，但也与0.1非常接近，因此，将0.1作为从路网静态角度判断轨道交通是否具有吸引小汽车换乘能力的临界值，并将除斯德哥尔摩和汉堡以外其他城市的静态换乘强度指标的均值0.1333作为静态换乘强度的合理值，其含义是当静态换乘强度达到或大于这一值时，轨道交通对小汽

表1 欧美主要实施停车换乘的大城市静态换乘强度

城市名称	轨道交通网密度	道路网密度	路网静态换乘强度
巴黎	2.48	13.1	0.189
伦敦	1.96	12.9	0.154
纽约	1.84	13.6	0.136
旧金山	1.47	11.6	0.126
汉堡	1.05	10.9	0.096
波士顿	1.34	12.4	0.108
斯德哥尔摩	0.87	8.9	0.097
盐湖城	1.13	9.3	0.122
洛杉矶	1.28	9.6	0.133
维也纳	1.27	10.8	0.118
曼切斯特	0.98	8.6	0.114

车换乘具有较好的吸引能力。

2.3 换乘强度指标的确定

由上面分析, 确定换乘强度的临界值为0.1。考虑到基本换乘强度的重要性及规划的保守性, 换乘强度的合理值应是一个大于基本换乘强度的临界值与静态换乘强度合理值乘积的值。表1列举的城市中, 静态换乘强度与均值0.1333最为接近的是洛杉矶, 而资料表明洛杉矶城市中心区的基本换乘强度为1.52^[6], 可以得到它的换乘强度值为0.21。同时考虑到该城市的停车换乘实施效果较好, 因此, 将0.21作为换乘强度的合理值, 即当一个城市中心区的换乘强度不小于0.21时, 实施停车换乘会取得较好的效果。

另外, 考虑到一般情况下, 两类换乘强度在临界值附近取值时会出现交错变化的情况, 这样会给决策带来困难, 比如, 基本换乘强度大于临界值, 但静态换乘强度却小于临界值, 而换乘强度值却有可能比两类强度都大于临界值时还大, 因此, 换乘强度在临界取值时, 还应保证两类换乘强度都大于临界值。

3 换乘强度的应用

3.1 为城市实施停车换乘规划提供决策依据

若通过计算得出换乘强度小于临界值0.1, 则表明该城市中心区的轨道交通对于中心区外小汽车出行的换乘吸引力较小, 小汽车通常还会继续采用原来的出行方式进入城市中心区, 这种情况下若进行停车换乘规划, 在城市中心区外设置停车换乘设施, 利用率会很低, 不但造成资源浪费, 同时中心区的交通拥挤等问题也不会得到较好解决, 因此建议该城市不要实施停车换乘; 但是如果换乘强度大于临界值0.1, 则表明城市中心区的轨道交通对小汽车具有换乘吸引能力, 可以考虑通过实施停车换乘来解决城市中心区的交通拥挤等问题。当换乘强度大于合理值0.21时, 表明该城市有必要实施停车换乘, 而且通过实施停车换乘会收到较好的效果。

3.2 对城市中心区外换乘需求进行定性分析

当换乘强度小于0.1时, 理论上该城市中心区内的轨道交通与小汽车出行方式相比不具有优势, 总的来讲, 在城市中心区外小汽车不会产生换乘需求, 即使产生换乘需求也是暂时的个人行为, 数量很少, 不需要进行长期规划; 若换乘强度大于0.1, 考虑到轨道交通本身具有的优势, 理论上该城市中心区外会产生长期的换乘需求, 同时这种需求不是暂时的个人行为, 而是长期行为, 随着换乘强度的进一步增大, 需求量会不断增加, 需要对这一城市的中心区外产生的换乘需求进行预测, 为城市的停车换乘规划提供依据。

4 应用举例

上海市作为我国最发达的城市之一, 近年来轨道交通发展迅速, 但作为一个老城市, 中心区内交通出行量大, 道路狭窄, 通行能力很低, 近年来随着小汽车拥有量的增加, 交通拥挤问题更加严重, 急需寻找解决措施。下面依据上海市2010年的轨道交通规划线网图和城市道路线网图及上海市轨道交通规划线网资料(见表2), 通过计算换乘强度, 对上海市2010年的停车规划决策提出建议。

4.1 上海市中心区轨道交通网可达性计算

根据上海市城市中心区轨道交通网规划图及城市中心区的居民数及分布情况, 通过绘制等时线图(见图1和图2), 并确定等时线间的人口数, 利用公式2, 可以得到轨道交通网的可达性(见表3)。

4.2 上海市中心区道路网可达性计算

通过绘制中心区城市道路网等时线图, 确定等时线间的人口数, 利用公式2可求得上海市中心区城市道路网的可达性(见表4)。

表2 上海市城市中心区轨道交通规划线网资料

路线编号	轨道交通类型	总长度(km)	中心区段长度(km)	规划速度(km/h)
1	地铁	25.2	12.8	60
2	地铁	19.6	12.4	60
3	地铁	16.3	9.5	70
4	轻轨	15.9	6.8	50
5	地铁	16.8	11.3	70
6	轻轨	17.3	8.9	50
7	地铁	25.2	12.8	60
8	地铁	19.6	12.4	60
9	地铁	16.3	9.5	70
10	地铁	17.9	12.1	70
11	轻轨	14.3	8.7	40
12	轻轨	15.5	9.7	40
13	地铁	16.7	10.5	60
14	地铁	18.5	8.5	60
15	地铁	15.8	5.6	60
16	地铁	12.1	7.5	60

表3 轨道交通网的可达性计算数据

等时线	等时线时段(min)	等时线间居民数(万人)	可达性
1	10	143.6	0.15
2	20		

表 4 道路网的可达性计算数据

等时线	等时线时段 (min)	等时线间居民数 (万人)	可达性
1	15	60.7	0.11
2	30		
3	45	68.1	

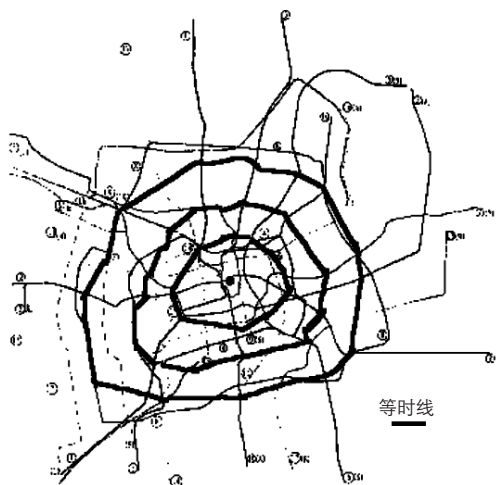


图 1 上海市中心区轨道交通规划网等时线图

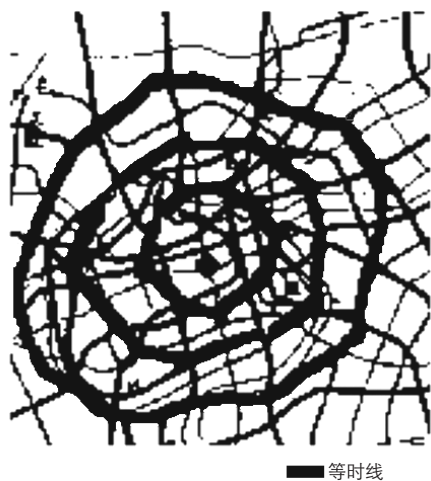


图 2 上海市中心区城市道路规划路网等时线图

4.3 上海市基本换乘强度计算

利用基本换乘强度公式3可以计算出上海市中心区的基本换乘强度为1.36, 大于基本换乘强度的临界值1.0。

4.4 上海市静态换乘强度计算

按规划, 上海市中心区的轨道交通线网密度为1.33,

城市道路网密度为8.2, 利用静态换乘强度的计算公式4, 求得静态换乘强度为0.162, 大于静态换乘强度的合理值。

4.5 换乘强度的计算及规划决策分析

由换乘强度计算公式5, 可以求得上海市的换乘强度值为0.22, 大于换乘强度合理值0.21, 表明到2010年上海市具备实施停车换乘的条件, 因此建议进行停车换乘规划。

5 结语

城市中心区轨道交通网络的相对规模以及合理程度, 是决定小汽车出行者是否会换乘轨道交通的重要因素。本文通过引入路网可达性指标, 给出了反映轨道交通动态换乘吸引能力的基本换乘强度公式。通过引入路网密度指标, 给出了计算轨道交通静态换乘吸引能力的静态换乘强度公式。并且综合考虑两类换乘强度, 给出了全面反映换乘吸引能力的换乘强度公式。在分析的基础上, 确定了换乘强度的临界值和合理值, 并对换乘强度的实际应用意义进行了探讨, 从而使得换乘强度成为城市停车规划决策中的重要理论依据和参考指标。

参考文献

- 1 林卫. 欧洲城市交通的经验与启示[J]. 国外规划研究, 2001, (10): 56~60.
- 2 叶霞飞, 顾保南. 城市轨道交通规划与设计[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- 3 M.C. 费舍里松. 大城市中心区的交通问题[M]. 任福田等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1976.
- 4 蔡君时. 世界公共交通[M]. 上海: 同济大学出版社, 2001.
- 5 Riley D, Maciasaac J. Park-and-Ride operation in metropolitan area[J]. Transportation Engineering Journal of ASCE, 1978,(104): 489-498.
- 6 Robert S. Park-and-Ride planning and design guidelines [M]. New York: Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas Inc., 1997.

作者简介

裴玉龙(1961~), 男, 博士, 哈尔滨工业大学教授、博士生导师。Email: yulongp@263.net

张茂民, 男, 大连经济技术开发区规划建设局高级工程师。