



北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY



新线接入条件下城轨网络客流需求预测方法

张永生

北京交通大学
交通运输学院

2016年4月





目录

1 背景

2 新线接入条件下城轨网络客流需求预测方法

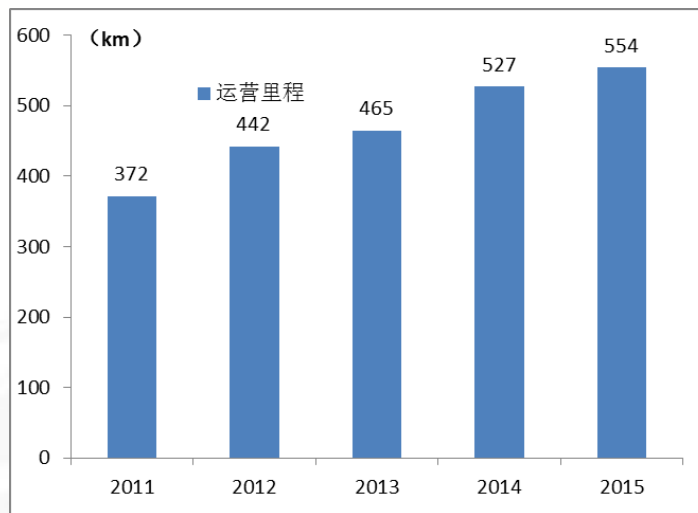
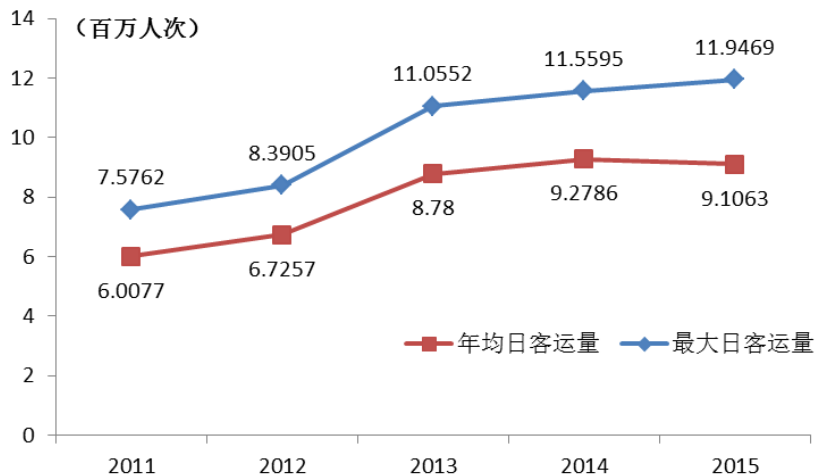
- 新线接入进出站量预测
- 新线接入OD分布量预测
- 基于城轨乘客路径选择模型的随机客流分配

3 模型应用与案例分析

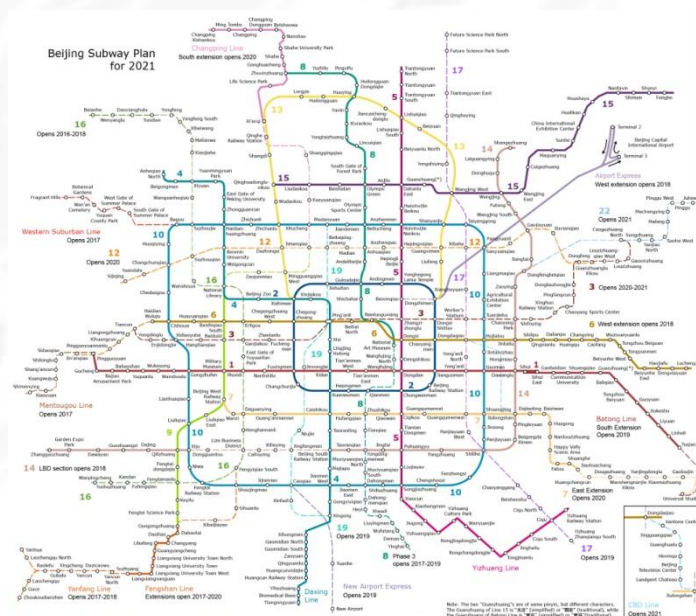


1 背景

北京地铁



到2020年，北京地铁预计有22条运营线路，运营里程将达到约1000km.





新线接入既有线网后，

- 轨道交通**网络拓扑结构**和**全网客流时空分布规律**发生改变；
- 新站点缺少历史数据；
- 既有站点的客流规律在新线的影响下也将发生变化；

...

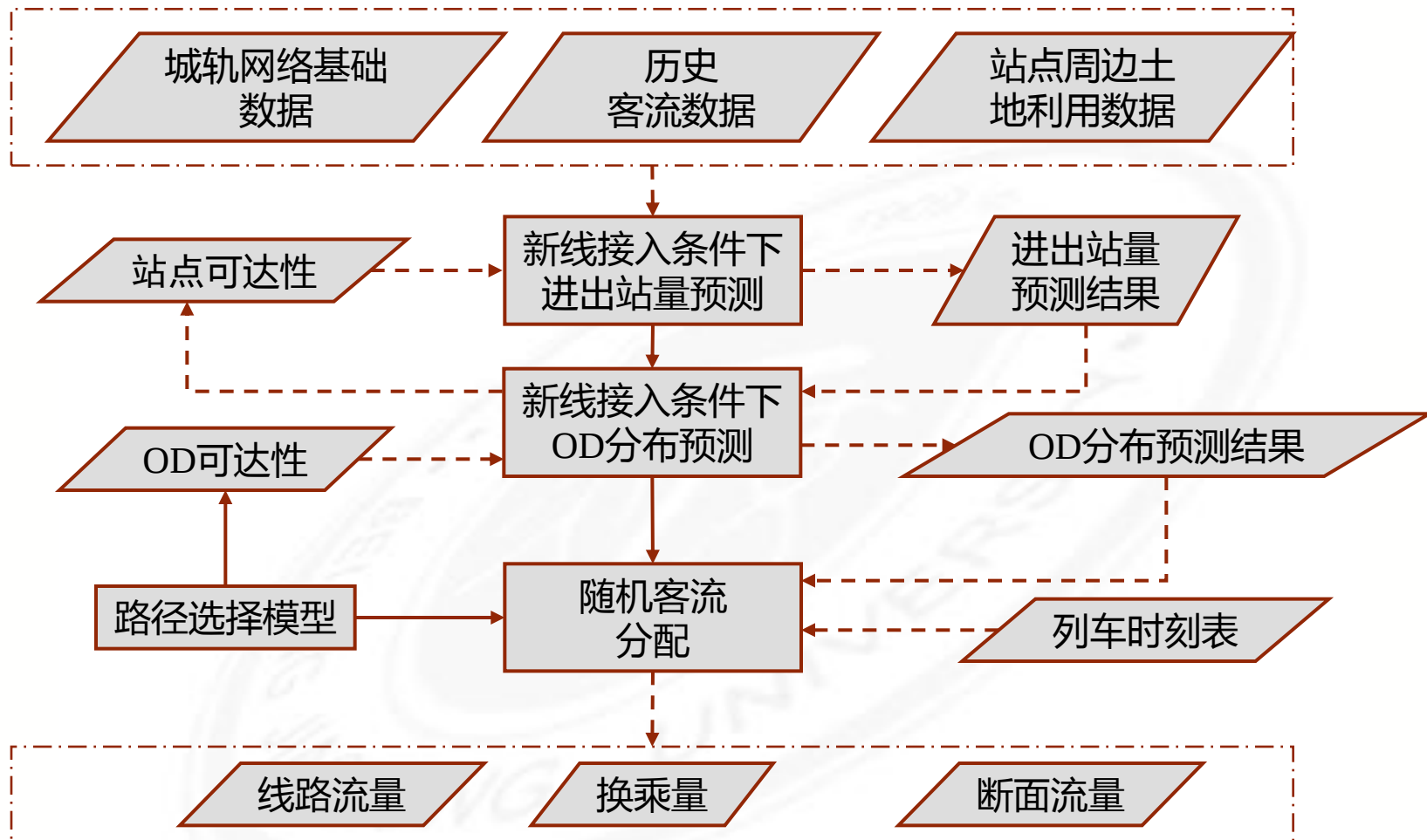
为在新线接入前，

- 分析新线接入对既有线网的影响；
- 预先制定新路网的列车运行计划；
- 预判城轨网络中的拥堵点；
- 制定客流组织预案；

...



构建一种**新线接入条件下城轨网络客流需求预测方法**，实现客流的高精度、小粒度预测。



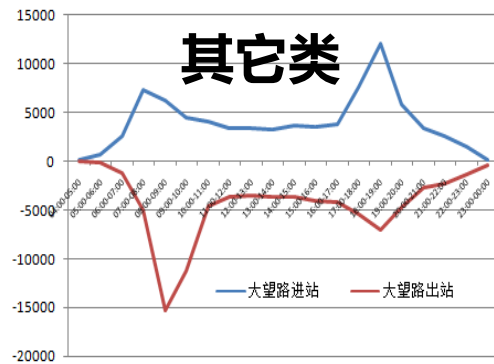
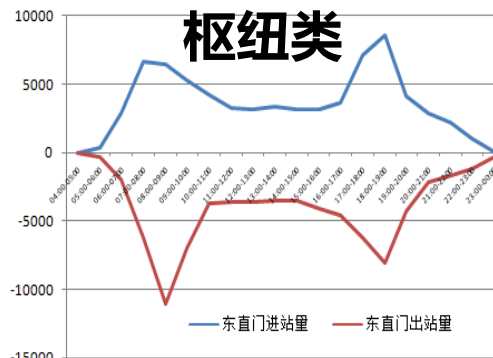
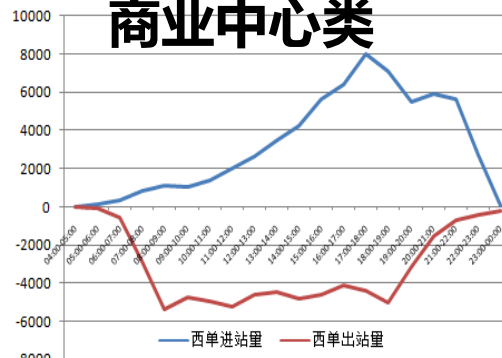
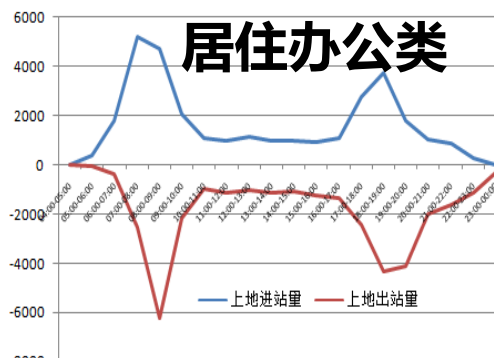
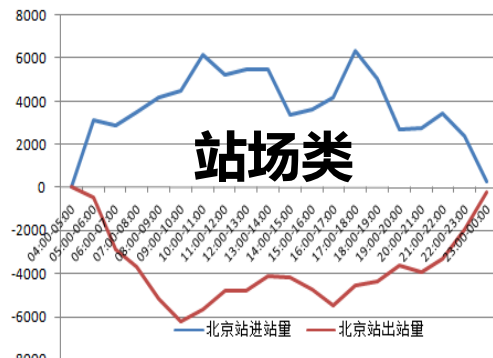
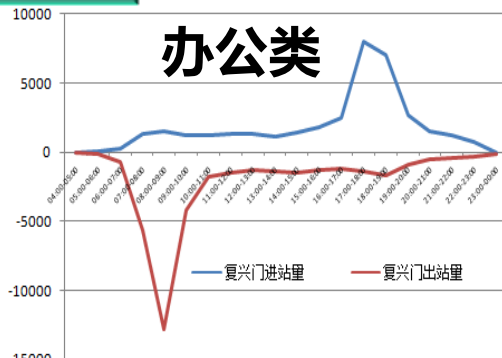
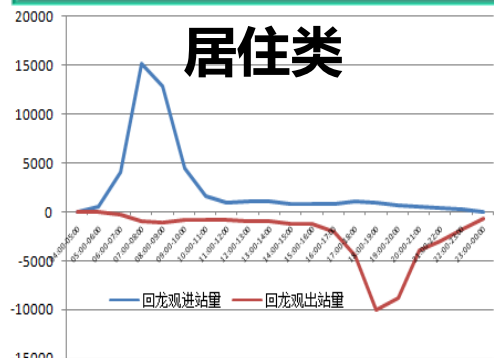


新线接入进出站量预测



站点周边土地利用

新站点进出站量预测



□ 根据**进出站量**的分时分布规律,将地铁车站分为七种类型。

根据历史数据,通过**模糊聚类**得到每一类别站点的进出站量取值,再通过对新站点的**模式匹配**得到新站点的进出站量



既有站点进出站量预测

新线接入对既有站点进出站量影响分析

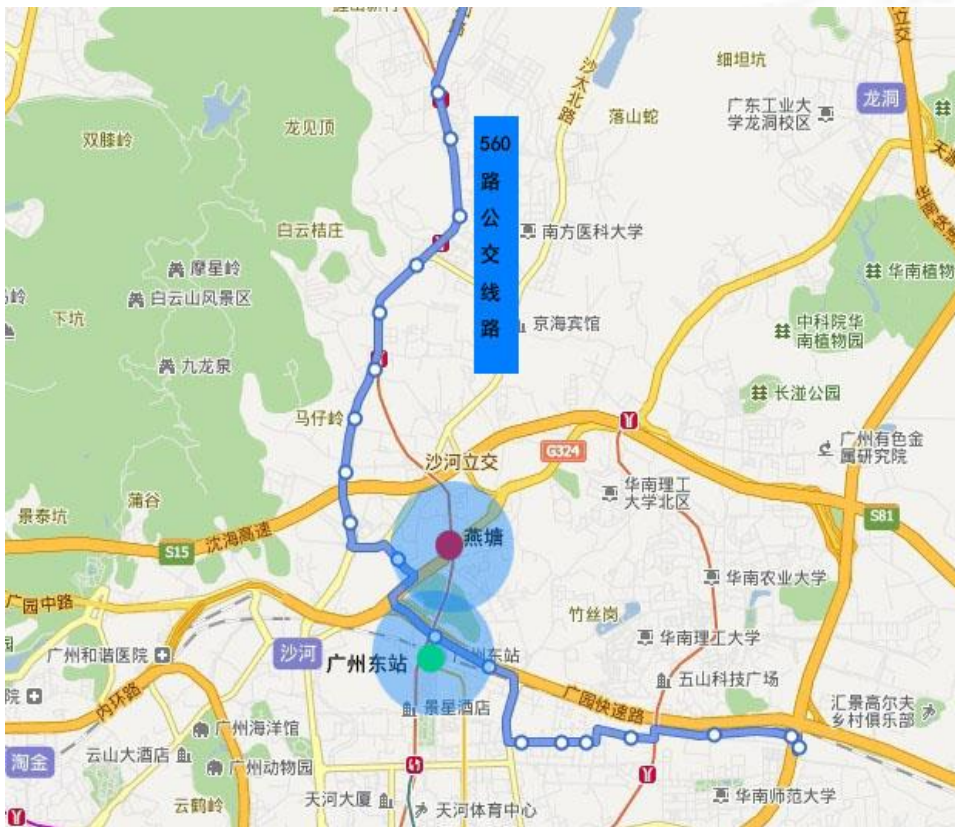
分析新线接入对既有站点进出站量的影响，可归纳出四个既有站点进出站量的修正条件：1.既有站点周边公交线路与新线部分重合或并行或相交，即二次吸引范围重叠；





新线接入对既有站点进出站量影响分析

2.既有站点和新站点一次吸引范围重叠





既有站点进出站量预测

既有站点进出站量修正

条件一：二次吸引范围重叠；

条件二：既有线站点和新线站点一次吸引范围重叠；

条件三：既有线站点为新增换乘站；

条件四：其他既有线站点。

基于以往城轨新线接入前后既有站点进出站量数据分析，按照以下公式对既有站点进出站量进行修正：

$$Q' = \begin{cases} Q \cdot (1 + \alpha_i) & Q < \frac{q_i}{\alpha_i} \\ Q + q_i & Q \geq \frac{q_i}{\alpha_i} \end{cases}$$

式中， Q' 表示新线接入后既有站点的进出站量预测值； Q 表示新线接入前既有站点的进出站量； α_i, q_i 为符合条件 i 的修正系数和修正量， $i = 1, 2, 3, 4$ 。



新线接入OD分布量预测



OD分布预测

目的地选择模型构建

对于某一OD而言，存在的可行路径往往不只一条，乘客未必完全选择最短路径出行，以OD可达性描述起讫站点间出行便利程度。

$$U_{ij} = \alpha \cdot D_j + \varphi \cdot C_{ij} + \eta \cdot XZ_{ij} + \lambda \cdot GM_{ij} + \mu \cdot TX_{ij} + \omega \cdot AOD_{ij}$$

吸引量 票价 性质哑元 规模哑元 同线哑元

OD可达性

$$AOD_{ij} = \ln\left(\sum_{k=1}^n \exp(V_{ij}^k)\right)$$

其中， AOD_{ij} 为OD对 OD_{ij} 的可达性； V_{ij}^k 为乘客选择 OD_{ij} 间路径 k 的效用值； n 为 OD_{ij} 间可行路径的条数。



OD分布预测

模型估计

以广州市三号线北延段及广佛线接入城轨路网为例

参数	备注	基于可达性
		系数值(t 值)
D 站吸引力	终点站全天出站量 (单位：万人)	0.2370(37.386)
乘车时间	OD 对间乘车时间(单位：h)	——
换乘时间	OD 对间总换乘时间(单位：h)	——
换乘次数	OD 对间总换乘次数(单位：次)	——
票价	OD 对间票价(单位：元)	-0.0665(-4.535)
性质哑元	描述起讫站点性质的 0-1 变量	0.2287(8.104)
规模哑元	O 进站量+D 出站量>5 万为 1，否则 0	0.1276(3.822)
同线哑元	起讫点同线时为 1，否则为 0	0.4560(14.140)
OD 可达性	描述起讫站点间出行便利程度的变量	0.3485(20.780)
调整 ρ^2	——	0.20568

OD分布数据



集计数据非集计化



加权的极大似然估计法





基于路径选择模型的随机 客流分配



路径选择模型

影响因素

乘车时间

换乘次数

换乘时间

舒适程度

角度费用

对于 OD 对 rs , 乘客 n 选择路径 k 的概率为 :

$$P_{nk}^{rs} = \sum_{l=1}^L P(k | M_{nl}^{rs}) P(M_{nl}^{rs} | Z^{rs})$$

$$P_n(k | M^{rs}) = \frac{e^{V_{nk}^{rs}}}{\sum_j e^{V_{nj}^{rs}}} = \frac{1}{\sum_j e^{V_{nj}^{rs} - V_{nk}^{rs}}}$$

随机客流加载

断面流量

换乘量

线路流量

城轨乘客对出行时间和换乘次数等时空双维度上有容忍限制 , 则某路径有效的概率为 :

$$p_{nk}^{rs} = P(T_k^{rs} \leq TY_n^{rs}) \cdot P(HC_k^{rs} \leq HY_n^{rs})$$

路径总集合 Z 中有效路径集合 M 被考虑到的概率为 :

$$P(M_n^{rs} | Z^{rs}) = \frac{\prod_{k \in M^{rs}} p_{nk}^{rs} \prod_{k \notin M^{rs}} (1 - p_{nk}^{rs})}{1 - \prod_{k \in Z^{rs}} (1 - p_{nk}^{rs})}$$

其中 , $V_{nk}^{rs} = \theta \sum_{i=1}^m \beta_i X_{ik}^{rs}$

对出行时间的容忍阈值 :

$$TY = \min(T_0 + a, b * T_0)$$

对换乘次数的容忍阈值 :

$$HY = HC_0 + h$$



路径选择模型

高峰

平峰

变量	半补偿模型（高峰）	半补偿模型（平峰）
	系数(t 值)	系数(t 值)
乘车时间/h	-6.7752 (-6.423)	-5.3029(-10.034)
换乘次数/次	-0.4859(-7.752)	-0.6234(-10.629)
换乘时间/h	-11.2519(-10.034)	-9.6731(-10.477)
角度费用/km	-2.5352(-4.187)	-3.1199(-7.049)
舒适程度	--	0.1774(3.279)
a/h	0.4	0.7
b	2.8	3.4
h/次	1	2
调整 ρ^2	0.6889	0.6523
样本量	5453	9946

平峰时乘客更愿意
选择出行舒适的路径

高峰时乘客出行目的比较单一，会习惯性的选择熟悉的路径，可选方案相对较少。



新线接入条件下城轨网络客流需求预测方法 方法特点

利用**站点可达性**和**OD可达性**等指标将随机客流分配、OD分布预测和进出站量预测等环节关联到一起，构建了成网条件下新线接入既有线网后客流预测一体化模型，**缓解了现有预测理论各环节相互割裂的理论不足**。充分利用AFC刷卡数据进行模型构建，**避免了大规模的数据调查，提高了模型实际应用的可行性**。

提出了新线接入进出站量预测方法。引入**站点可达性指标**量化新线接入对轨道交通进出站量的影响；通过**模糊化土地利用指标**以方便数据收集，在扩大模型应用场景的同时，**提高了对新线和既有线站点进出站量的预测精度**。

在考虑城轨站点间的**土地利用性质的匹配性、站点规模、站点间轨道交通服务水平、站点间的线位关系**等与客流分布之间的关系的的基础上，从**行为解释的角度**揭示乘客对目的地的选择机理，提出了一种基于非集计理论的轨道交通客流分布预测方法。该方法能**有效利用AFC集计数据**，准确预测成网条件下**网络发生变化时**的客流分布。

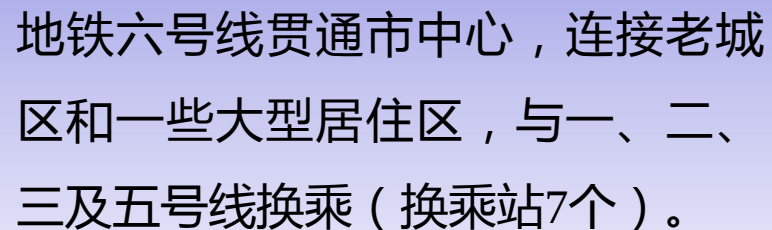
考虑乘客对**出行时间和换乘次数**的容忍限制以及**首末班车时间限制**，构建了**半补偿路径选择模型**，提高了随机客流分配的合理性和路径流量估算精度。



模型应用与案例分析

背景介绍

广州地铁六号线接入线网





新路网进出站量预测

输入数据

新站点进出站量预测输入数据

站名	可达性	站点类型	站点强度
浔峰岗	郊区站点	居住占优类	4类
横沙	市区站点	居住类	3类
如意坊	市区站点	综合类	5类
...	...	...	...

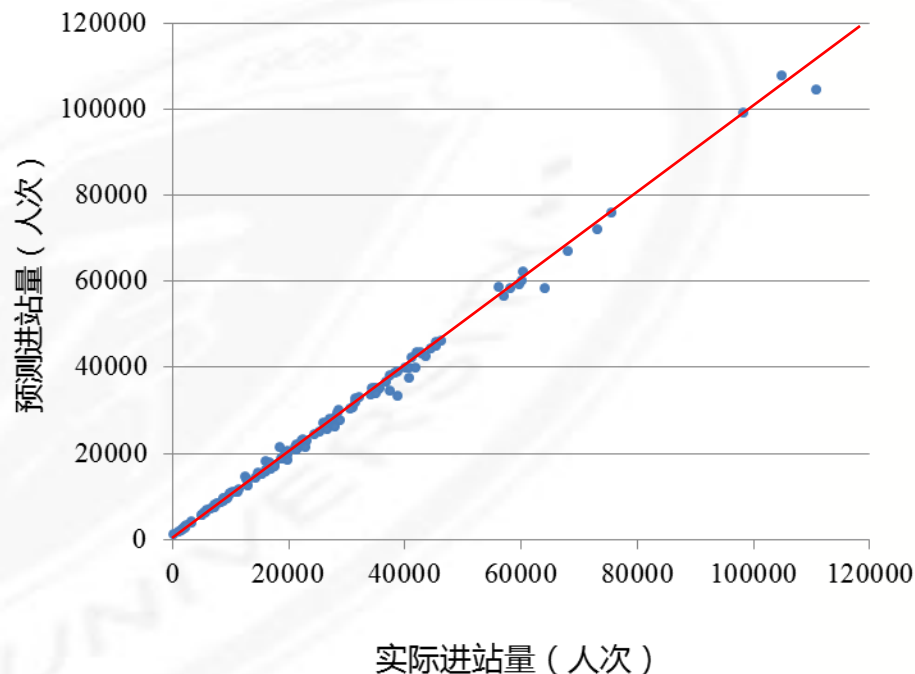
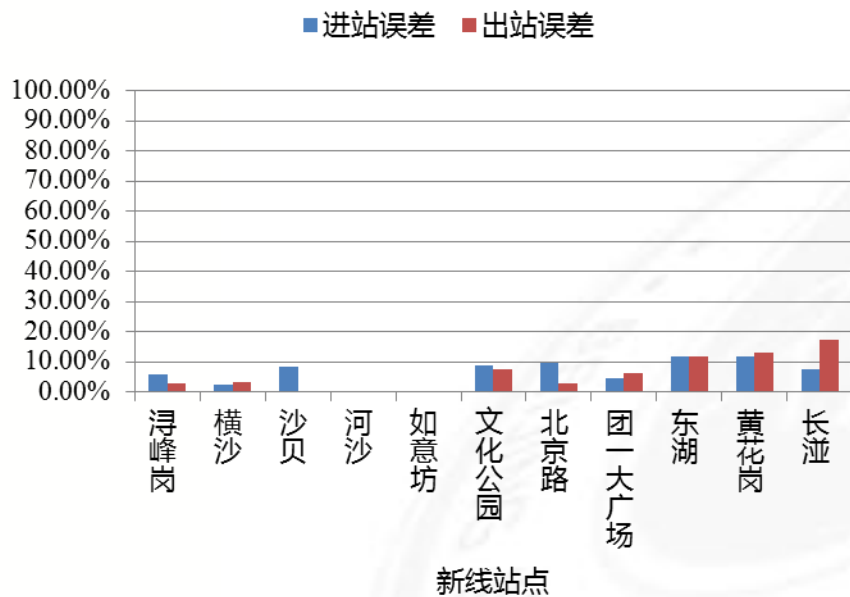
既有站点进出站量预测输入数据

站名	所属线路	开通前进站量	开通前出站量	修正条件
陈家祠	一号线	45299	47179	条件一
长寿路	一号线	64075	66998	条件二
黄沙	一号线	22173	22516	条件三
花地湾	一号线	15751	15048	条件四



新路网进出站量预测

预测结果及误差分析

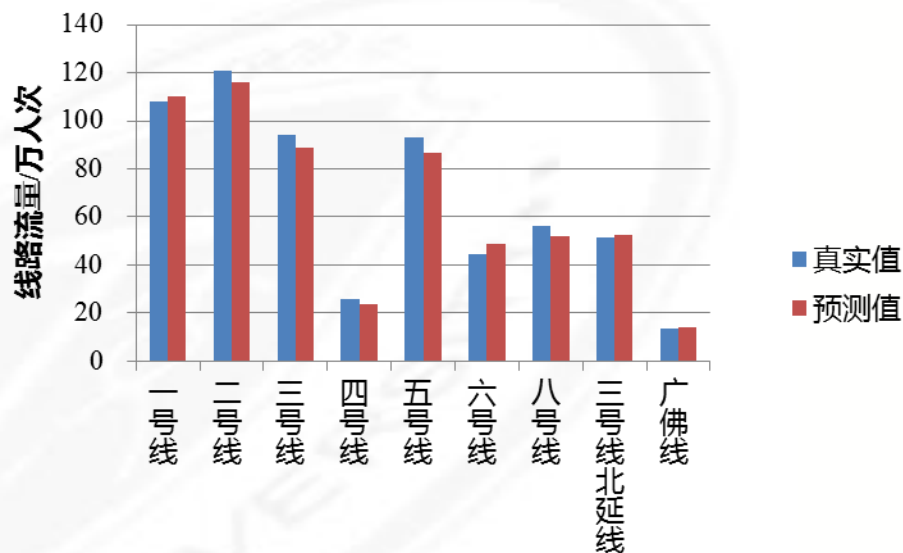
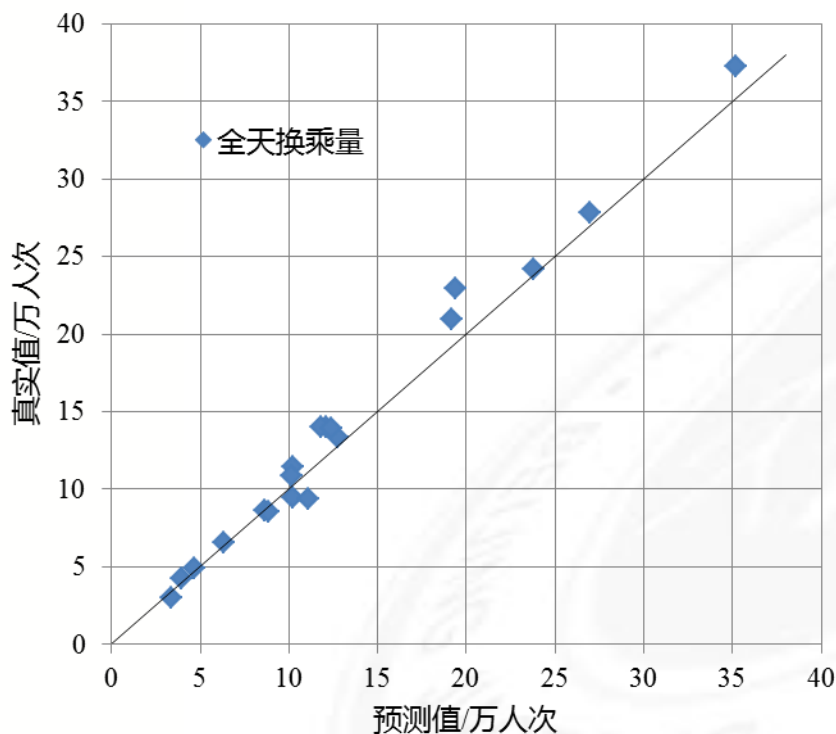


	新站点		既有站点	
	进站量	出站量	进站量	出站量
平均MAPE	8.01%	9.11%	7.59%	8.18%



新路网换乘量、线路流量预测

预测结果及误差分析





北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY



谢 谢!

