

# 几种不同类型轻轨交通系统的 电子计算机模拟比较

20  
95-100

孟凡力

(重庆建筑大学建筑城规学院 400045)

U491.227

**摘要** 用计算机模拟技术比较了我国轻轨交通的几种可能形式,提出了在轻轨交通方案设计中不容忽视的重要观点。程序设计和模拟运行在加拿大多伦多市交通委员会运行计划部门完成。

**关键词** 轻轨交通系统, 电子计算机模拟, 类型比较, 城市轨道交通  
**中图法分类号** U41

面对日益加剧的城市乘车难问题,我国各特大城市几乎毫无例外地提出了修建地铁的对策。由于建设资金困难,因而修建地铁的计划在不少地方演变为修建轻轨交通的计划。轻轨交通除了在地下或街道上空运行的专用行车通道外,在一些地面路段上必然与其它类型的地面交通(如人、车)共用道路。共用道路的形成一般有两类:一是运行中通过修建的隔网与其它地面交通相隔离,而只是在交叉路口与其交会;二是无隔离混合运行,即与其它地面交通在所有的地面道路上完全交织在一起。建设轻轨交通虽然比建设地铁要节省许多投资,但是同时也出现了各类交通的相互干扰,降低运行效率的严重问题。因此,在建设轻轨交通之前,首先要弄清的一个问题是:所投入建设轻轨交通的巨大投资是否能获得预期的快速大容量运送乘客的效果?或者说,如何保障巨大的投资能产生相应的明显效果。

本文采用电子计算机对三类不同的轻轨系统进行模拟,比较其获得不同的效果,以回答上述问题。这三种系统的主要特点是:

- 1) 第一种系统在地面上运行时与其它交通完全隔离,即全部使用专用车道;
- 2) 第二种系统在地面上运行时有隔离了的专用车道,但在一些交叉路口上与其它交通相交会;
- 3) 第三种系统在地面上运行时无任何隔离设施,与其它交通混合运行。

## 1 模型描述

模型建立的基本依据是我国某市轻轨交通可行性研究。

收稿日期:1998-04-20

孟凡力,男,1944年生,高级工程师

### 1.1 运行情况

1) 轻轨系统中有 20 列车投入运行,有 2 个停车场。停车场之间,在每一个方向上有 10 个车站,其中有 3 个建在地下,7 个建在地面。每列车载客量为 900 人。列车分别从 2 个停车场出发,到达各自的起点站后做相对运行,发车间隔为 180 秒。考虑到均衡运送乘客,采用在中途站发出部分列车的措施(相似于公共交通运行中的区间车形式)。

2) 列车根据额定的载客量和车站上候车乘客的情况逐站运行。各停车上的乘客随机产生,产生的人数基准是:每分钟到达车站候车的人数分别为 60 人(在相对的两个方向上共有 13 个这样的站)、45 人(共有 2 个这样的站)、30~45 人(共有 3 个这样的站)。乘客的去向采用随机抽样来决定。乘客上下车耗用时间设计为:

- (1) 同一列车上下车人数少于 30 人时,耗时 15 秒;
- (2) 同一列车上下车人数少于 60 人,多于 30 人时,耗时 25 秒;
- (3) 同一列车上下车人数少于 90 人,多于 60 人时,耗时 30 秒;
- (4) 同一列车上下车人数少于 150 人,多于 90 人时,耗时 40 秒;
- (5) 同一列车上下车人数多于 150 人时,耗时 60 秒;

显然,这种设计只适用于乘车秩序井然的情形,乘车秩序混乱时,以上时间会增加很多。

### 1.2 系统类型

本模型用于三种不同类型的轻轨交通系统。

1) 系统 1:全封闭式,运行中不与任何其它交通相关;

2) 系统 2:半封闭式,在地下的 3 个站间运行时为全封闭,在地面上的 7 个站中,有 3 个站附近设有交叉路口,经过交通控制信号与其它交通交会;但在 7 个站之间运行时,轻轨交通与其它交通用隔离物相隔;

3) 系统 3:开放式,与系统 2 基本相同,不同处在于:在地面站运行时与其它交通之间无隔离;由于其它交通(人、车)随时可能干扰轻轨列车的运行,因而一般说来,在这些路段上,轻轨列车的速度会大大降低。

### 1.3 三种系统主要差别

1) 系统 2、系统 3 在 3 个交叉路口上须按交通信号的指示运行,系统 1 无这一控制;

2) 系统 3 由于在地面运行时受到外界干扰,速度降低。参考我国公共交通近年来运行速度下降的实际情形,设系统 3 在地面站之间运行的速度比系统 1 下降 2/3。

系统 1 在地下站之间运行每站用时 80 秒,在地面站之间运行每站用时 120 秒,从车场到起点站之间运行时间为 20 秒。

### 1.4 交通信号

信号按照绿色、黄色、红色的次序作周期变化。一个周期中绿色信号持续 55 秒,黄色信号持续 5 秒,红色信号持续 60 秒。红色信号禁止轻轨列车通行。三个交叉路口上的初始信号颜色在模型运行开始时随机置入,之后,按上述规律自行变化。

### 1.5 运行中的参数输出与输出时刻

每一列车从一个停车场出发,运行经过 10 个站,到达另一个停车场时为完成一个运行班次。为比较三种系统的不同效果,规定在上述条件下的不断连续运行过程中,第 20 个班次

完成时和第40个班次完成时均输出以下参数(输出参数时系统仍在运行中)

- 1) 系统开始运行时到这时所用时间总计(单位:秒);
- 2) 系统运行到此时总运送的人数(单位:人);
- 3) 平均每一个班次所用的时间——包括上下客时间、站间运行时间、等待交通信号时间(单位:秒);
- 4) 在有乘客来到的车站上(除双方向上的终点站之外,20个站中一共有18个这样的站),运行期间各站上留站乘客数量的最大数值(单位:人)。

三种系统的输出参数和参数输出时刻条件完全相同,以便于比较。

## 2 模拟原理

任何动态系统都可以用历经多种状态变化的各种事物来描述,事物在改变其状态的那一瞬间被称为可发生事件。动态系统的模拟可以表示为不连续系统的模拟,这一系统的运动由一系列的事件所构成,每一事件的发生都会使相应事物发生状态改变。在这一原理下的模拟过程中有2类事件:B类和C类。B类事件为可以预见其发生的事件,C类事件的发生则需要具备一定的事物于特指的状态之中的条件。

模拟过程可以简单地表示为以下几个步骤:

- 1) 模拟时间指向按时间顺序排列在事件表中的下一个B类事件,从模拟程序的事件表中取出这一事件;
- 2) 计算机执行该事件的逻辑;
- 3) 事件逻辑使得相应的事物发生状态变化,并可能把又一个B类事件置入事件表中待取用;
- 4) 由于上述状态变化,可能导致C类事件发生,因而须逐一调用每一个C类事件,判别其是否具备发生的条件,若是,则执行事件逻辑,引起事物状态的继续变化,也可能把又一个B类事件置入事件表中待用,若不是,过程则转向上述第1步。

模拟过程如此不断循环地进行。

## 3 程序设计及其特点

### 3.1 程序的构成

模拟模型使用CENETIK模拟软件包建立,程序由3个B类事件单元,1个C类事件单元,20个功能单元,3个图形单元,3个窗口单元,1个屏幕单元,1个事件表单元,4个事物表单元,71个状态表单元,2个直方图表单元,7个特徵描述单元,共计116个单元构成。模型在IBM-PC型微机上运行。模型运行中,屏幕上显出车站位置、轻轨车及其运行过程、乘客到站的情形、交通信号位置及信号状态、模拟时间计时、列车运行班次计数、平均每班次所需时间、运客人数等等。乘客留站情况在直方图表中随模拟过程呈现动态变化,各站留站人数变动情形一目了然。

### 3.2 程序设计特点

1) 在事件表中按时间顺序排列的 B 类事件及功能单元执行后, 一般要导致 C 类事件的发生, 当事件表中的 B 类事件和功能单元的数量较多, C 类事件的逻辑内容较为复杂时, 执行过程要占用较多的机时, 这往往导致模拟运行速度下降, 有时模拟过程变得很长, 速度十分缓慢。为了提高模拟过程的速度, 程序设计中特别注意到分析 B 类事件和功能与 C 类事件的关系, 采取措施, 使凡是与 C 类事件肯定无关的 B 类事件单元功能单元执行后, 绕过 C 类事件 (即不执行 C 类事件), 从而减少机时的浪费。这种措施大大提高了模型的运行速度。

对三种系统分别模拟 40 个班次运行, 总计时间过程不超过 50 分钟。

2) 动态直方图用于留站乘客数量的形象显示, 使运行计划人员可以直观地了解各站乘客到来和被运送走的情形。因此, 本程序还可以用于调整列车运行方式和运行隔离时间等营运方案的模拟比较。

## 4 模拟结果与分析

### 4.1 模拟结果

以下 4 个表中分别给出三个系统列车运行参数和乘客留站人数最大值的变化比较。

表 1 第 20 个班次结束时列车运行参数的变化比较

| 比较系统名称  | 总运行时间变化  | 每班平均运行时间变化 | 单位时间内运客数量变化 |
|---------|----------|------------|-------------|
| 系统2/系统1 | 上升0.57%  | 上升4.22%    | 下降4.63%     |
| 系统3/系统1 | 上升60.58% | 上升103.04%  | 下降24.44%    |
| 系统3/系统1 | 上升59.67% | 上升94.83%   | 下降20.78%    |

表 2 第 40 个班次结束时列车运行参数的变化比较

| 比较系统名称  | 总运行时间变化  | 每班平均运行时间变化 | 单位时间内运客数量变化 |
|---------|----------|------------|-------------|
| 系统2/系统1 | 上升5.11%  | 上升6.44%    | 下降2.25%     |
| 系统3/系统1 | 上升79.39% | 上升107.56%  | 下降25.66%    |
| 系统3/系统2 | 上升70.67% | 上升95.00%   | 下降23.95%    |

表 3 第 20 个班次结束时留站乘客数量最大值变化比较

| 比较系统名称  | 乘客数量上升的<br>车站数量 | 上升的幅度   |         |         | 乘客数量下降的<br>车站数量 | 下降的幅度  |       |        |
|---------|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|--------|-------|--------|
|         |                 | 最大      | 最小      | 平均      |                 | 最大     | 最小    | 平均     |
| 系统2/系统1 | 6               | 38.71%  | 2.44%   | 22.44%  | 11              | 47.27% | 1.67% | 19.54% |
| 系统3/系统1 | 18              | 364.52% | 65.79%  | 173.53% | 0               | —      | —     | —      |
| 系统3/系统2 | 18              | 403.70% | 115.91% | 185.97% | 0               | —      | —     | —      |

表4 第40个班次结束时留站乘客数量最大值变化比较

| 比较系统名称  | 乘客数量上升<br>的车站数量 | 上升的幅度   |         |         | 乘客数量下降<br>的车站数量 | 下降的幅度  |       |        |
|---------|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|--------|-------|--------|
|         |                 | 最大      | 最小      | 平均      |                 | 最大     | 最小    | 平均     |
| 系统2/系统1 | 5               | 126.90% | 5.88%   | 33.00%  | 12              | 38.33% | 1.82% | 11.32% |
| 系统3/系统1 | 18              | 457.69% | 125.00% | 262.99% | 0               | —      | —     | —      |
| 系统3/系统2 | 18              | 347.34% | 142.31% | 265.59% | 0               | —      | —     | —      |

(注:表3、表4中人数无变化的车站情况未列出。)

## 4.2 结果分析

无论从列车运行参数的变化或是从乘客留站人数的变化来看,系统2比系统1只发生很微小的变化,但是系统3比系统1、系统2发生的变化就显得十分突出了。特别是从单位时间内运客人数和乘客留站数量最大值这两个反映客运服务质量的重要指标的变化来看,系统3的服务效果比系统1、系统2要差得很多,单位时间内运客人数减少1/4。值得强调的是:在系统3的情况中,留站乘客数量急剧成倍增长,实际经验告诉我们,这种情况会引起乘车秩序混乱,其后果必然影响列车的运行,即系统的服务质量还会进一步下降。此外,系统3是一个开放系统,人、车、列车混流,万一遇到偶然突发事件,后果更不堪设想。

所以,从任何角度考虑,系统3都是不可取的,它只会产生“投资大,效果差”的结果,巨大的投资只能得到与现有公共交通相同的服务效果。这种情况应当引起我们高度重视。

尽管系统2比系统1的效果显得差一些,但与系统3相比较,这种差别完全可以忽略,就其差别的绝对值看也并不太大。这反映有限几个交叉路口并不会对系统的服务带来大的影响。这使我们有理由认为,当客观条件有限时(指资金条件,地理条件),轻轨交通与其它交通平面相交也是可以的。使用系统2并不会影响“大容量快速”运送的目标实现。重要的是系统2比系统1的投资要少得多。从投资来源,城市中地理条件的限制和“快速大容量”运送乘客诸方面考虑,系统2都是比较符合我国特大城市的实际情况的,所以,系统2的方案是可取的。

## 5 结 论

在我国特大城市中,使用系统1效果最理想,但需要在地下、地面、地上修建全部专用车道并与其它交通完全隔离,投资极大(若投资条件许可,实际上应建造地铁而不是轻轨,这是因为两者用于道路建设的投资几乎相同的缘故),这与建设轻轨交通的指导思想相违,更不符合现实条件。本文的结论是:有条件修建轻轨交通的城市,如果限于投资和地理条件,不可能建设足够多的立体通道,那么轻轨列车在地面行驶时,也可以在某些交叉路口与其它地面交通相交汇,这并不会使轻轨交通的服务质量降低很多。但是,在交叉路口以外的地面上,一定要设置轻轨交通与其它地面交通的隔离屏障,否则,所建的系统达不到“大容量、快速”运送乘客的目的。

## 参 考 文 献

- 1 Principles of simulation, by Insight International Ltd
- 2 GENETIK Simulation Extension, by Insight International Ltd
- 3 重庆市公用事业设计研究所编. 重庆市轻轨交通系统可行性研究

## The Computer Simulation of Several Light-Rail Transit Systems in China

*Meng Fanli*

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jianshu University, 400045)

**Abstract** According to the plan for building Light-Rail Transit system in China, this paper proposes the relevant computer simulation model, and gives several important conclusions for building LRT system, using GENETIK simulation package by IBM - PC in TTC of Canada.

**Key Words** light-rail transit system, computer simulation, Transit system simulation

(编辑:刘家凯)

---

(上接 65 页)

## Ecological Periphery Definition——on Fengshui Pattern

*Xing Zhong*

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jianshu University, 400045)

**Abstract** Traditional settlements pay much attention to fengshui pattern and pursue the unity of people and nature. Such settlements are often abundant in liveliness. Through the study of the pattern of the settlements, it is found that ecological periphery definition plays an important role in the pattern. If we absorb its scientific idea and put it into the planning and construction, it will benefit the urban environment.

**Key Words** fengshui, ecology, periphery definition, environment

(编辑:陈蓉)