



第4章 道路交通网络分析



4.0 本章内容

- ◆ 4.1 概述
- ◆ 4.2 交通网络的计算机表达措施
- ◆ 4.3 交通阻抗分析措施
- ◆ 4.4 平衡分配措施
- ◆ 4.5 非平衡分配措施
- ◆ 4.6 交通分配措施的选择

4.1 概述

- ◆ 道路交通系统是一种复杂的综合体，不论是进行交通规划，还是制定和实施交通管理控制措施，都必须从整体的角度考虑其可行性和最优性。就是预测多种交通网络改善方案（如，增长道路、提升既有道路技术原则、变化交通管理措施等）对流量分布的影响。
- ◆ 交通网络分析的关键是分析在特定的外部环境（道路基础设施、交通管理措施、交通控制方案等）下，道路交通流的分布情况。
- ◆ 网络交通流交通分配是交通规划的一种主要环节。

- ◆ **交通分配**：就是将预测得出的 **OD 交通量**，根据已知的道路网描述，按照一定的规则符合实际地分配到路网中的各条道路上去，进而求出路网中各路段的交通流量、所产生的 **OD 费用矩阵**，并据此对城市交通网络的使用情况做出分析和评价。
- ◆ **本章主要简介**：
- ◆ **交通网络的计算机表达措施**：是交通网络分析计算的全体。
- ◆ **交通阻抗分析措施**：交通网络分析的基础
- ◆ **交通分配措施**
- ◆ **交通分配措施的选择**

4.2 交通网络的计算机表达措施

◆把交通网络抽象为点（交叉口）与边（路段）的集合，使计算机能够辨认、存储与处理。

表达措施 {

- 邻接矩阵
- 权矩阵
- 邻接目录表（最有效）

一、道路网络信息化处理

◆道路网路信息化处理是将详细的城市道路交通网络，抽象为便于计算机辨认和处理的信息。

1、道路路段

- 城市高架道路
- 城市迅速路
- 城市主干道
- 城市次干道
- 城市支路
- 郊区一般公路
- 郊区高速公路

2、交叉口

- 信号控制交叉口
- 无控制交叉口
- 环形交叉口
- 立体交叉口
- 交通渠化交叉口
- 优先权交叉口

二、邻接矩阵

- ◆ 邻接矩阵 L 是一种 n 阶方阵，（ n 是网络中节点的数量），其中的元素 l_{ij} 元素表达交通网络中节点的邻接关系。

$$l_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{节点 } i \text{ 与节点 } j \text{ 有边相连} \\ 0 & \text{节点 } i \text{ 与节点 } j \text{ 无边相连} \end{cases}$$

- ◆ 抽象的交通网络如图1所示：

- ◆ 图1所示的交通网络的邻接矩阵如表1所示：

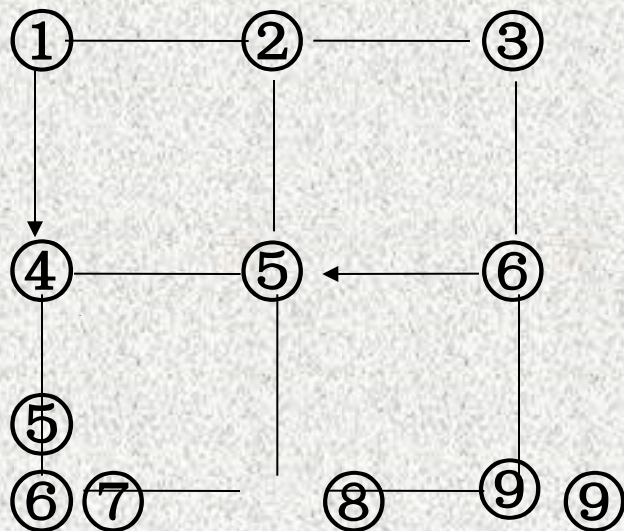


图1 抽象的交通网络

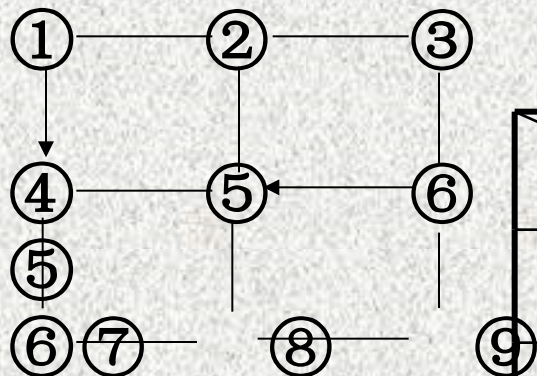


表1 相应的邻接矩阵

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7
1	0	1	0	1	0	0	0
2	1	0	1	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0	1
5	0	1	0	1	0	0	0
6	0	0	1	0	1	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	1
9	0	0	0	0	0	1	0

◆表1中，22个1，59个0，0元素百分比72.8%；

◆而一种1000节点的邻接矩阵中，约400个1，0元素百分比96%；

◆这种情况挥霍计算机内存，计算效率低下。

三、邻接目录表

◆邻接目录表采用两组数表达网络的邻接关系，即： $R(i)$ 和 $V(i, j)$

◆ $R(i)$ 表达与 i 节点相连接的边的条数； $V(i, j)$ 表达与 i 节点相连接的第 j 个节点的节点号。

表2 相应的邻接目录表

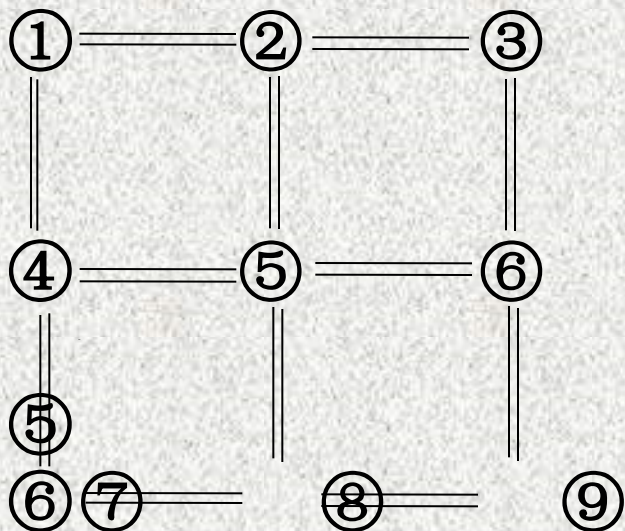


图2 抽象的交通网络

节点 i	$R(i)$	$V(i, j)$
1	2	2 4
2	3	1 3 5
3	2	2 6
4	3	1 5 7
5	4	2 4 6 8
6	3	3 5 9
7	2	4 8
8	3	5 7 9
9	2	6 8

四、权矩阵

◆上述两种措施只能表达节点之间是否存在连接关系，权矩阵能够表达相邻节点之间交通线路的阻抗（权重）（如连接长度、行驶时间、行驶费用）。

◆对带阻抗的交通网络，可定义阻抗矩阵为：

$$d_{ij} = \begin{cases} \omega_{ij} & i, j \text{ 之间的实际阻抗（相邻）} \\ \infty & i, j \text{ 不相邻} \\ 0 & i = j \end{cases}$$

◆权矩阵中的“权”，能够是节点之间的连接长度、行驶时间或行驶费用等指标，根据实际需要而定。

◆带阻抗的交通网络如图3所示，相应的权矩阵如表3所示：

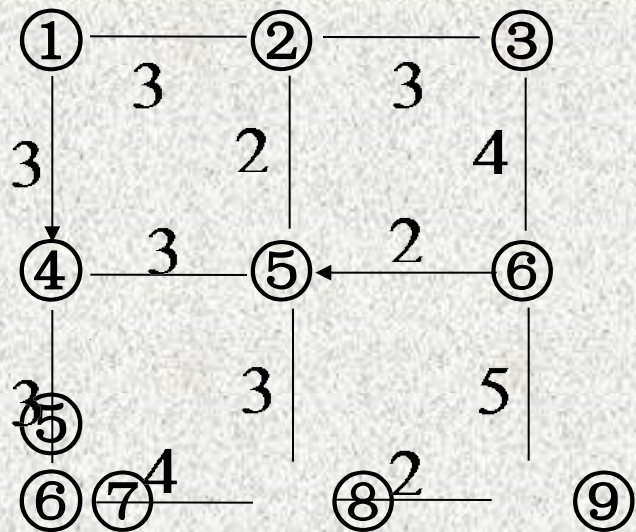


图3 带阻抗的交通网络

表3 相应的权矩阵

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	3	∞	3	∞	∞	∞	∞	∞
2	3	0	3	∞	2	∞	∞	∞	∞
3	∞	3	0	∞	∞	5	∞	∞	∞
4	∞	∞	∞	0	3	∞	3	∞	∞
5	∞	2	∞	3	0	∞	∞	3	∞
6	∞	∞	4	∞	2	0	∞	∞	5
7	∞	∞	∞	3	∞	∞	0	4	∞
8	∞	∞	∞	∞	3	∞	4	0	2
9	∞	∞	∞	∞	∞	5	∞	2	0

4.3 交通阻抗分析措施

◆道路交通阻抗函数（路阻函数）：指路段行驶时间（交叉口延误）与路段（交叉口）交通负荷之间的函数关系。

一、路段路阻函数

1、路段路阻函数常用模型

1) 美国联邦公路局路阻函数模型

◆函数模型为：

$$t = t_0 \left[1 + \alpha (V/C)^\beta \right]$$

$$t = t_0 \left[1 + \alpha (V/C)^\beta \right]$$

t — 两交叉口之间的路段行驶时间 (min) ;

t_0 — 交通量为0时的 t ;

V — 路段机动车交通量 (辆/h) ;

C — 路段实用通行能力 (辆/h) ;

α, β — 参数, 提议取 $\alpha = 0.15, \beta = 4$, 也可由实际数据用回归分析求得。

- ◆ 该模型只考虑了机动车交通负荷的影响, 但因为国内城市道路上, 除了机动车的交通负荷外还有非机动车的交通负荷, 所以不合用于城市交通网络分析。

2) 回归路阻函数模型

◆城市道路的路阻函数:

$$t = t_0 \left[1 + k_1 (V_1 / C_1)^{k_3} + k_2 (V_2 / C_2)^{k_4} \right]$$

$$\text{或 } t = t_0 \left[1 + k_1 (V_1 / C_1) + k_2 (V_2 / C_2) \right]$$

V_1 、 V_2 — 机动车、非机动车路段交通量 (辆/h) ;

C_1 、 C_2 — 机动车、非机动车路段实用通行能力 (辆/h) ;

k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 — 回归参数, 根据道路交通量、车速调查数据用最小二乘法拟定。

2、路段路阻函数理论模型

◆速度—交通负荷关系模式图如图4所示：

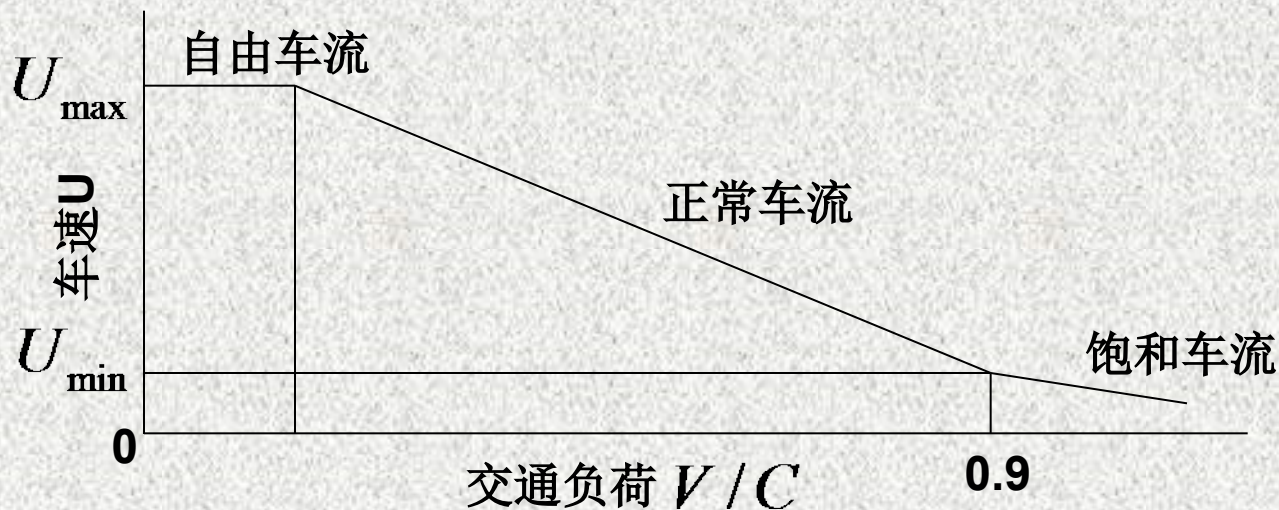


图4 车流速度—交通负荷关系模型

- ◆当有调查资料时，根据实测标定以上3种关系；
- ◆当无调查资料时，根据下列模型标定：

$$U = \begin{cases} U_0(1 - 0.94V/C) & (V/C \leq 0.9) \\ U_0 / (7.4V/C) & (V/C > 0.9) \end{cases}$$

→ 交通量为0时的行驶车速 (km/h)

3、零流车速的拟定：

$$U_0 = v_0 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3$$

→ 交叉口影响修正系数

→ 车道宽度影响修正系数

→ 自行车影响修正系数

→ 路段设计车速

→ 交通量为零时的路段车速

◆ 当 U_0 不小于城市道路限制车速时，取 U_0 等于城市道路限制车速。

◆ 1) 路段设计车速的拟定:

表4 设计车速与道路等级的关系

道路等级 (<i>km/h</i>)	◆ 迅速干道	主干道	次干道	支路
设计车速	60 ~ 80	40 ~ 60	40	30
单向机动车道数	2 ~ 4	2 ~ 4	1 ~ 3	1 ~ 2

◆ 2) 自行车影响修正系数 r_1 的拟定:

◆ 自行车对机动车的影响分以下几种情况:

◆ 有分隔带 (墩) 时, $r_1 = 1$ 既无影响;

◆ 无分隔带 (墩) 时且自行车道负荷没有饱和, 取 $r_1 = 0.8$;

- 若自行车道负荷饱和可根据自行车侵占的机动车道的宽度与单向机动车道宽度之比拟定。当无调查资料时，则按下式拟定。

$$r_1 = 0.8 - \left(\frac{Q_{bic}}{[Q_{bic}] + 0.5 - W_2} \right) / W_1$$

Q_{bic} → 自行车交通量 (辆/h)
 $[Q_{bic}]$ → 每米宽自行车道的实用通行能力 (辆/h)
 W_2 → 单向非机动车道宽度 (m)
 W_1 → 单向机动车道宽度 (m)

- 当有分隔带或墩时: $[Q_{bic}] = 2200(\text{辆}/h)$
- 当无分隔带或墩时: $[Q_{bic}] = 2200 \times 0.82 = 1800(\text{辆}/h)$
- 当无分隔带或墩，考虑平面交叉口的影响时:

$$[Q_{bic}] = 1800 \times 0.5 = 900(\text{辆}/h)$$

3) 车道宽度影响修正系数确实定 r_2 :

- 城市道路原则车宽 $W = 3.5m$ 。
- 车道宽度 W_0 ，当 $W_0 > W$ 时，车速提升；当 $W_0 < W$ 时，车速降低，而且降低的程度比提升的程度大。
- 当不足量为 $1m$ 即 $W_0 = 2.5m$ 时，车速几乎下降至正常车速的二分之一；当充裕量 $W_0 = 6.0m$ 时，车速提升约 30% ，且伴随继续增长车道宽度，因为车辆本身的性能限制，车速不再继续提升。
- 车道宽度与车速呈上缓下陡的曲线关系，车道宽度影响系数 r_2 可用下式拟定：

$$r_2 = \begin{cases} 50(W_0 - 1.5) \times 10^{-2} & (W_0 \leq 3.5m) \\ (-54 + 188W_0/3 - 16W_0^2/3) \times 10^{-2} & (W_0 > 3.5m) \end{cases}$$

◆ 当车道宽度为标准宽度3.5m时, $r_2 = 1$, r_2 与 W_0 关系如表5所示:

表5 $r_2 - W_0$ 关系表

$W_0 (m)$	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
$r_2 (\%)$	50	75	100	111	120	126	129	130

◆ 4) 交叉口影响修正系数的拟定 r_3 :

◆ 交叉口影响修正系数, 取决于交叉口控制方式及交叉口间距。

◆ r_3 可按下式计算:
$$r_3 = \begin{cases} S_0 & (l \leq 200m) \\ S_0 (0.0013l + 0.73) & (l > 200m) \end{cases}$$

当 $r_3 > 1$, 时
取 $r_3 = 1$

↘ 交叉口间距 (m)

交叉口有效通行时间比, 在信号交叉口为绿信比, 绿信比指在一种周期内显示的绿灯时间与周期长之比, 用百分比表达。

二、交叉口延误（节点处阻抗）

- ◆ 交叉口阻抗与交叉口的形式、信号控制系统的配时、交叉口的经过能力等原因有关。
- ◆ 在城市交通网络的实际出行时间中，除路段行走行驶时间外，交叉口延误占有较大的比重，尤其是在交通高峰期，交叉口拥挤阻塞比较严重时，交叉口延误可能会超出路段行驶时间。

$Y = \sum y$ → 同相位全部进口道饱和度中的较大者

$y = \max(Q/S)$

→ 进口道通行能力

→ 进口道交通量

$L = \sum d_0 + \sum (I - A)$

→ 黄灯时间, 取3s

→ 绿灯间隔时间, 取5s

→ 车辆开启延误, 取2s

◆ 两相位信号交叉口: $L = 2 \times 2 + 2 \times (5 - 3) = 8s$

$T_0 > 120s$, 取 $T_0 = 120s$; $T_0 < 40s$, 取 $T_0 = 40s$

◆ 把每一种控制状态, 即对各进口道不同方向所显示的不同灯色的组合, 称为一种信号相位。

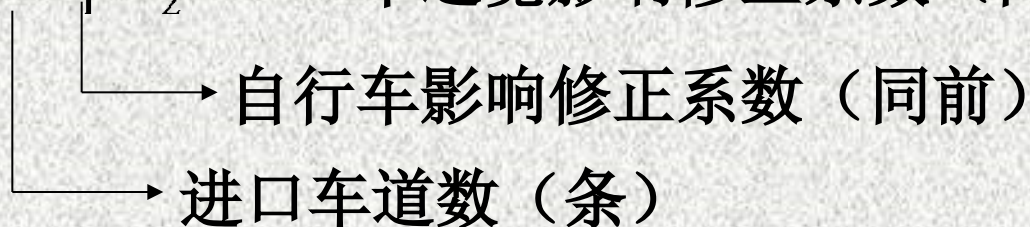
◆ 2) 进口道通行能力的拟定

◆ 一个进口道的理论通行能力 (辆/绿灯h) :

$$S_0 = 3600 / \beta \longrightarrow \text{饱和车流车头时距}$$

◆ 交叉口进口道的实用通行能力:

$$S = S_0 \cdot n \cdot r_1 \cdot r_2 \longrightarrow \text{车道宽影响修正系数 (同前)}$$



◆ 3) 进口道延误的拟定

◆ 当进口道饱和度较小时, 按韦伯斯特 (Webster) 计算:

$$d(i, j) = 0.9 \left[\frac{T(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2Q(1-x)} \right]$$

信号周期长度
 饱和度
 进口道交通量
 进口道有效绿灯时间/周期长度
 在 i 交叉口与 j 交叉口相邻进口道上的车辆平均延误

- ◆ $x = Q/(\lambda S)$
- ◆ 若已考虑绿信比，则取 $x = Q/S$ 。
- ◆ 合用范围饱和度 $x = 0 \sim 0.67$ 。

◆ 当进口饱和度较大时，按下式计算进口道延误：

$$d = d_1 + d_2$$

$$d_1 = 0.38T \frac{(1-\lambda)^2}{(1-\lambda x)}$$

$$d_2 = 173x^2 \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + 16x/S} \right]$$

d_1 — 均匀延误；

d_2 — 过饱和延误。

合用范围饱和度 $x = 0 \sim 1.2$ 。

2、其他交叉口延误计算：

- ◆ 无控交叉口、环形交叉口：采用唐纳（Tanner）提出的间隙理论分析。与实际情况差距大。
- ◆ 用作交通分配路权值的无控、环交、立交的延误：根据交通量的大小与信号交叉口延误对比分析，以增长各类交叉口延误的可比性。
- ◆ 在交叉口进口道几何条件及交通负荷相同步，可取各类交叉口的平均延误为信号交叉口平均延误的某一倍数，即：

$$d(i, j)(\text{无控}) = K_1 d(i, j)(\text{信号})$$

$$d(i, j)(\text{环交}) = K_2 d(i, j)(\text{信号})$$

$$d(i, j)(\text{立交}) = K_3 d(i, j)(\text{信号})$$

K_1 、 K_2 、 K_3

实测延误

三、路权的计算

- ◆ 交通分配中的路权 $T(i, j)$ (即两交叉口之间的出行时间) 等于路段行驶时间与交叉口延误之和, 即:

$$T(i, j) = t(i, j) + d(i, j)$$

$t(i, j)$ 路段 $[i, j]$ 的行驶时间
 $d(i, j)$ i, j 交叉口相邻进口道上的车辆平均延误

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/828107022101006131>