

# 交通工程学

## Introduction to Traffic Engineering

### 第 3 节 交通流特性

葛乾

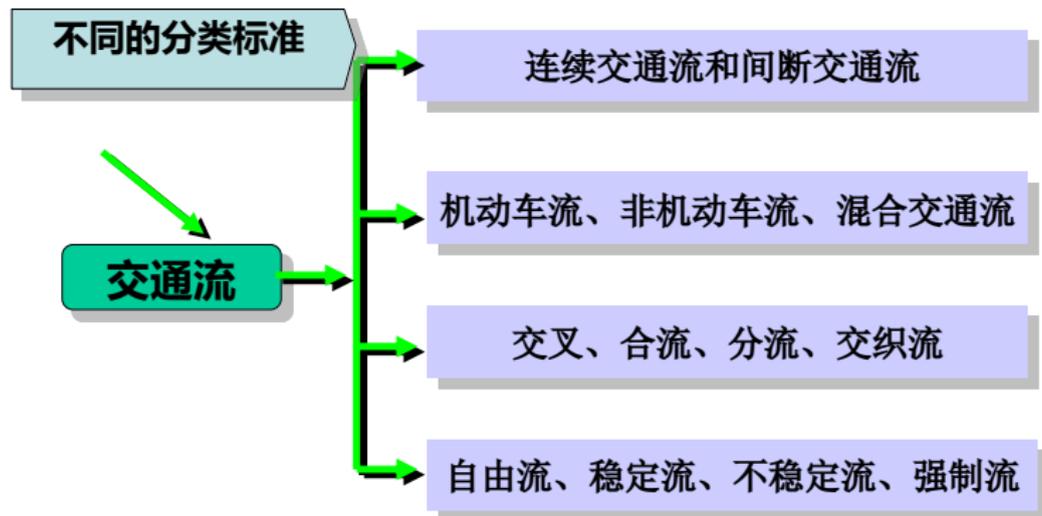
西南交通大学 系统科学与系统工程研究所  
西南交通大学 交通工程系

# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度
- 4 交通流密度
- 5 车头间距和车头时距
- 6 连续流特性
- 7 间断流特性

# 交通流

- 在道路上通行的人流和车流。主要研究车流



# 交通流的参数

- 宏观参数: 用于描述交通流的整体特性, 包括交通量或流率、速度、交通流密度。
- 微观参数: 用于描述交通流中彼此相关的车辆之间的运行特性, 包括车头时距、车头间距。

# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度
- 4 交通流密度
- 5 车头间距和车头时距
- 6 连续流特性
- 7 间断流特性

# 交通量与流率

- 交通量：在单位时间内，通过道路（或道路上某一条车道）指定地点或断面的车辆数<sup>1</sup>。
- 流率：在不足 1h 的时间段内（通常是 15min），通过道路（或道路上某一条车道）指定地点或断面的车辆数经过等效转换得到的单位小时的车辆数。
- 区别：交通量是实际观测值，流率为换算等效值。

---

<sup>1</sup>一般指来往两个方向车辆数

# 日交通量

- 年平均日交通量：(Annual Average Day Traffic, AADT) 一年中，在指定地点的平均每日交通量

$$AADT = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} Q_i$$

式中  $Q_i$  表示某天通过指定地点的车辆数

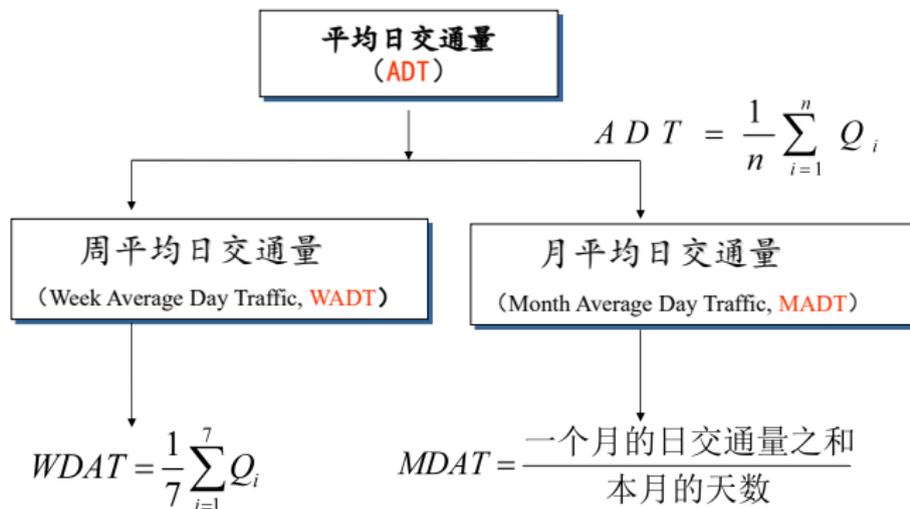
- 年平均工作日交通量 (Average Annual Weekday Traffic, AAWT) : 在全年所有的工作日内，在指定地点的平均每日交通量。
- 平均日交通量 (Average Day Traffic, ADT) : 在少于一年的时间中，在指定地点的平均每日交通量。

$$ADT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

式中  $n$  计算时间段的天数

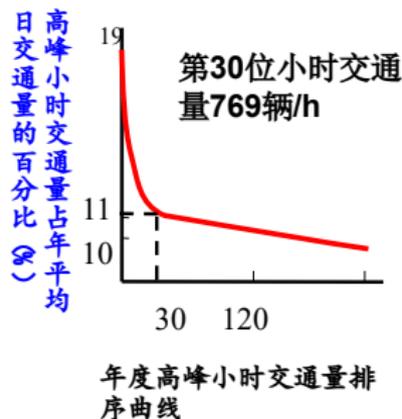
- 平均工作日交通量: 在少于一年的某个时间段内，在指定地点的平均每日交通量。

# 各个平均日交通量间的关系



# 小时交通量

- 高峰小时交通量: 交通量变时变图一般呈马鞍形, 上下午各有一个高峰, 在交通量呈现高峰的那个小时, 叫做高峰小时, 对应的交通量为高峰小时交通量, 并且通常是指单向的, 即上行和下行两个方向的交通量要分别统计。
- 第 30 位高峰小时交通量: 将一年中 8,760h 交通量的观测值依大小顺序排列, 排在第 30 位的小时交通量称为第 30 位高峰小时交通量



# 单向设计小时交通量

- 足绝大多数小时车流量的通过，避免建成后大多数时间车流量很低造成资源浪费、投资效益低。
- 公式为

$$DDHV = AADT \times K \times D$$

式中

- $DDHV$  表示具有方向性的设计小时交通量 (辆/h)
- $AADT$  表示年平均日交通量 (辆/天)
- $K$  表示高峰小时交通量占日交通量的比例 (%)；即设计小时交通量系数,  $K$  随着道路周围地区人口密度的增加而减少； $K$  常取第 30 位小时交通量系数值
- $D$  表示在高峰小时内的总交通量中，高峰方向所占比例 (%)；变化由交通量的方向分布特性决定

# 应用设计小时交通量计算路幅宽度

$$n = \frac{DDHV}{C_1} \times 2$$
$$W = W_1 \times n$$

式中

- $C_1$  表示每一条车道的设计通行能力
- $n$  表示车道数
- $W$  表示路幅宽度
- $W_1$  表示一条车道的宽度

思考：先有设计小时交通量还是先有车道数？

# 交通量的时间分布特性

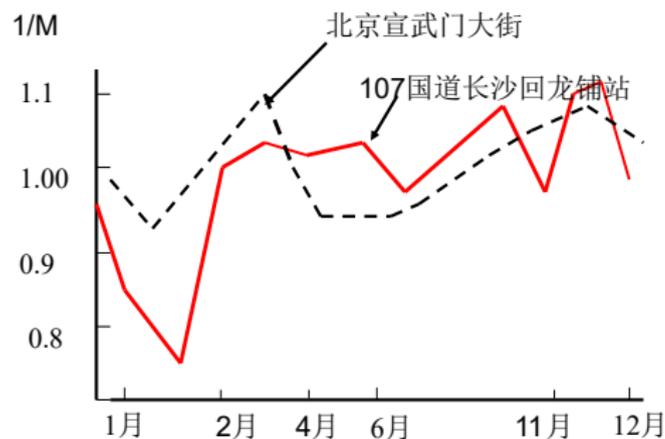
## 交通量的月变化

- 把  $AADT/MADT$  称为交通量的月变化系数（或称月不均衡系数），以  $K_{月}$  表示

$$K_{月} = \frac{\text{年平均日交通量}}{\text{月平均日交通量}} = \frac{AADT}{MADT} = \frac{\sum_{i=1}^{365} Q_i / 365}{\sum_{i=1}^k Q_i / k}$$

- 年平均日交通量计算： $AADT=12$  个月的月平均交通量总和/12

# 交通量的月变化示例



月交通量变化图

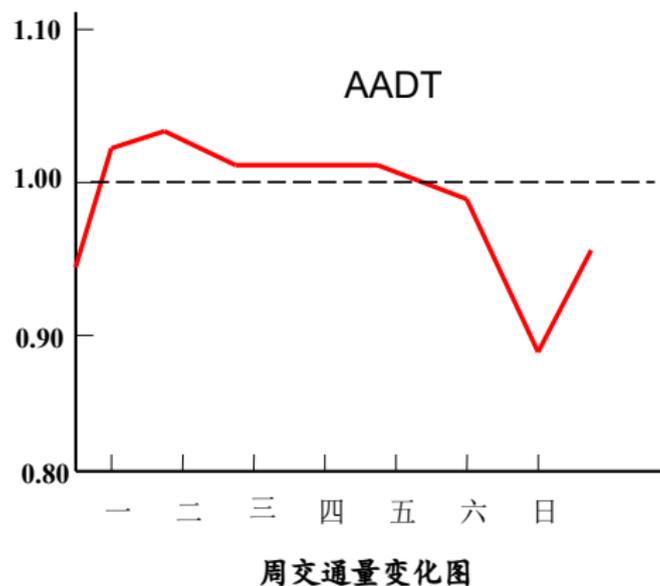
以月份为横坐标，以月变系数的倒数  $1/M$  为纵坐标，绘制的一年内路段观测断面上的交通量变化曲线，这种曲线称为月交通量变化图

# 交通量的日变化

- 交通量在一周内每天是不同的，对城市道路一般工作日变化不大，节假日交通量变化显著。交通量在每周的日变化以**周变系数**  $D$  表示：

$$D = \frac{\text{年平均日交通量 (AADT)}}{\text{全年某周内各天的平均日交通量 (ADT)}}$$

# 交通量的日变化示例

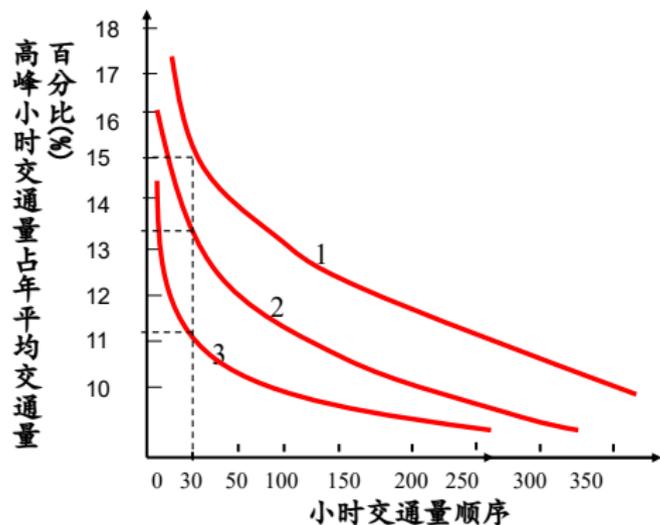


以每周的各日为横坐标，  
周变系数  $1/D$  为纵坐标，  
绘制的曲线称为周  
交通量变化图

# 交通量的时变化

- 高峰小时交通量变化: 日高峰小时交通量占年平均日交通量的百分比
  - 交通设施的设计、运营、控制都是以考虑高峰小时交通量为前提。
  - 在同一地点高峰小时交通量有或多或少的变化, 但高峰小时却每天都几乎发生在同一时间段;
  - 对于一个给定的地点高峰小时交通量大小随日期、季节的不同而不同。

# 高峰小时交通量变化示例



图是一组各种设施日高峰小时交通量对年平均日交通量的百分比。道路 1 的斜度最大，它所反映的是该道路在一年中的某几天有非常大的高峰小时流量。

# 不足 1 小时的变化

- 交通流特性常与短周期内交通流的波动有关，高峰小时内的小时交通量与最大流率的比值，称为**高峰小时系数**

$$PHF = \frac{\text{小时交通量}}{\text{该小时的高峰流率}}$$

- 一般，PHF 值在0.70-0.98 之间，较低的值意味着流量变化较大

# 交通量空间分布特性

- 方向分布: 一条道路往返两个方向的交通量, 在某一特定的时间内, 两方向上的交通量可能不同。
- 方向不均衡性用方向分布系数  $K_D$  表示:

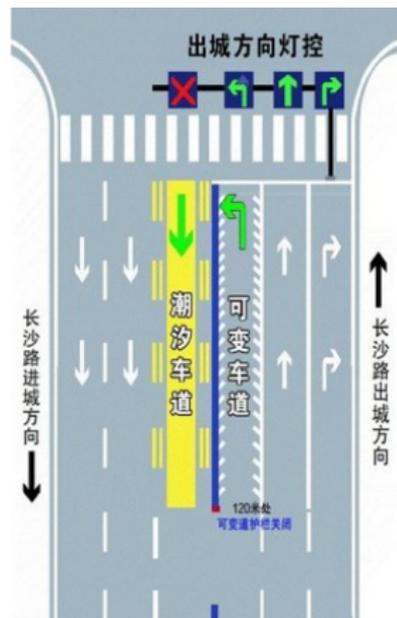
$$K_D = \frac{\text{主要行车方向交通量}}{\text{双向行车方向的总交通量}} \times 100\%$$

- 方向性分布是变通量的一个重要特性, 发生在一个方向上的交通量的饱和值必须在两个方向上都能用设施予以满足

# 方向分布示例



潮汐现象在城市较为明显



# 车道分布

- 当一个方向有多条车道时，各车道上交通量的分布是不同的，慢车和较重车辆趋向于右侧车道。
- 在我国城市道路设计中，分析路段通行能力的影响因素时，认为靠近路中心线的车道受影响小，而靠近路缘石的车道受影响大。其影响用折减系数" $\alpha_{\text{车道条数}}$ "表示。设靠近中心线为第 1 车道，其折减系数  $\alpha_{\text{条}} = 1$ ，则依次第二车道  $\alpha_{\text{条}} = 0.8 - 0.89$ ，第 3 车道  $\alpha_{\text{条}} = 0.65 - 0.78$ 。

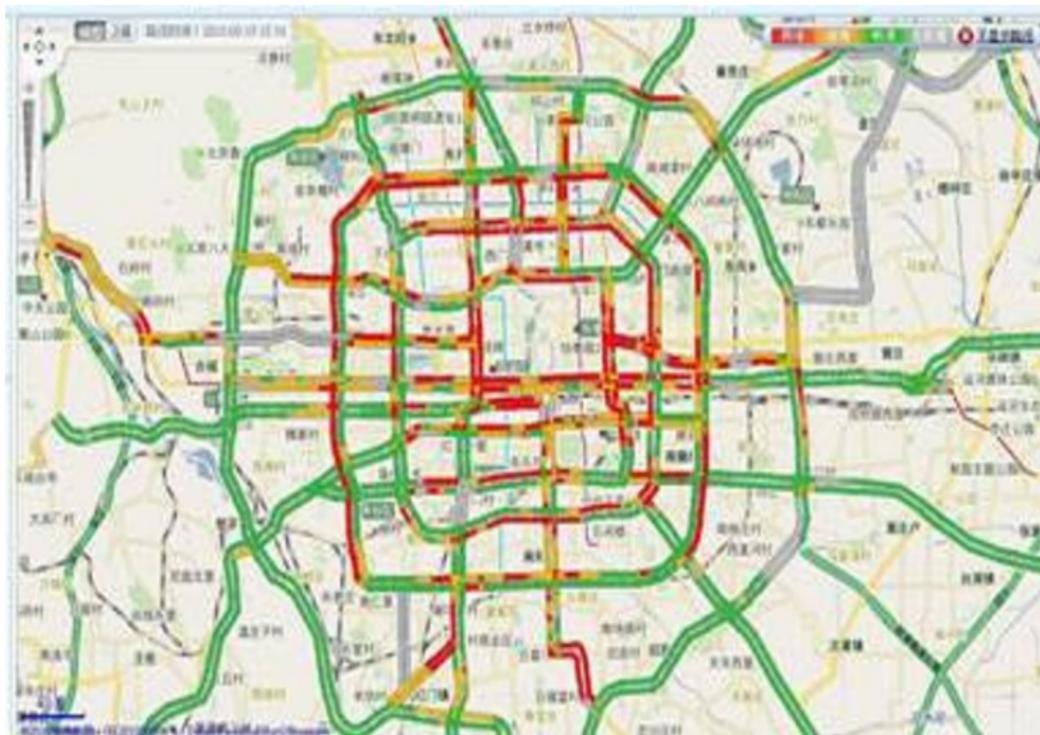
# 车道分布示例

- 与车道的功能、位置、交通管理有关



# 路段分布

- 由道路的等级、功能、区位等因素决定



# 城乡分布

- 通常，城市交通量大于郊区交通量，近郊大于远郊，乡村道路交通量最小

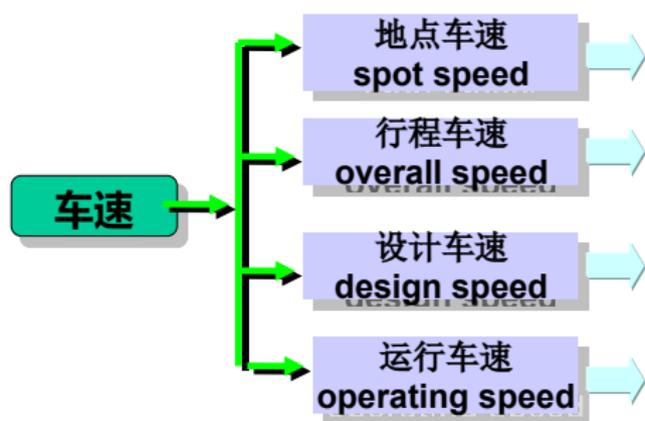


# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度**
- 4 交通流密度
- 5 车头间距和车头时距
- 6 连续流特性
- 7 间断流特性

# 几种速度的定义

- 设行驶距离为  $s$ ，所需时间为  $t$ ，则车速可用  $s/t$  表示。按  $s$  和  $t$  的取值不同，可定义不同的车速。



- 车辆通过道路特定地点的瞬时速度
- 路段长度除以通过该路段的行程时间，又叫区间车速
- 在道路交通与气候条件良好的情况下，仅受道路条件限制所能保持的最大安全车速
- 在不超路段设计车速的情况下，车辆在给定交通流中能够达到的最大安全车速

# 时间平均速度和区间平均速度

- 时间平均车速: 是指在特定的时间区间内, 通过道路某一地点的所有车辆点速度的算术平均值

$$\bar{v}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i = \frac{1}{n} \sum_{c=1}^C n_c v_c$$

式中  $\bar{v}_t$  表示时间平均速度,  $v_i$  为第  $i$  辆车的点速度,  $n$  表示观测的车辆数,  $v_c$  表示第  $c$  分组车的点速度,  $n_c$  表示第  $c$  分组车的数量

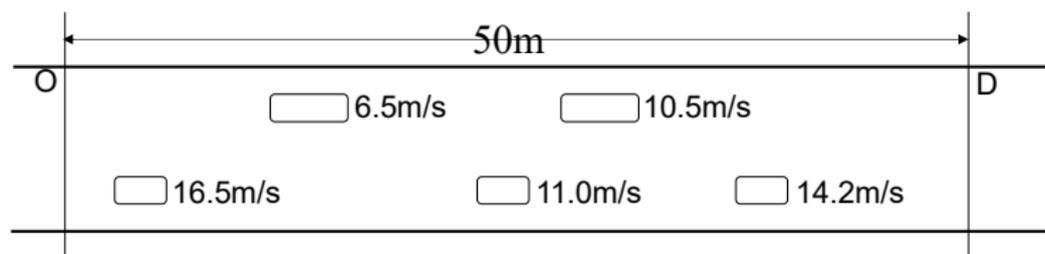
# 区间平均速度

- 是某路段的长度与通过该路段所有车辆的平均行程时间之比。在数学上，区间平均车速是通过路段所有车辆的行程车速的调和平均值

$$\begin{aligned}\bar{v}_s &= \frac{l}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}} \\ &= \frac{1}{K} \sum_{c=1}^C k_c v_c\end{aligned}$$

式中  $\bar{v}_s$  表示区间平均速度， $t_i$  为第  $i$  辆车行驶  $L$  距离所用的时间， $n$  表示观测的车辆数， $L$  表示行驶路段的长度， $K$  为密度  $K = n/l$ ， $k_c$  为第  $c$  组车的密度  $k_c = n_c/l$

# 时间平均速度与区间平均速度的比较

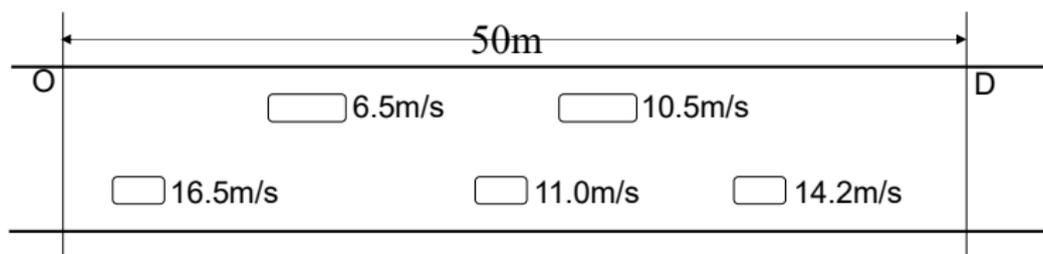


$$\bar{v}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i = \frac{(6.5 + 10.5 + 16.5 + 11.0 + 14.2)}{5} = 11.74 \text{m/s} \approx 42.3 \text{km/h}$$

$$\bar{v}_s = \frac{l}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{50}{\frac{1}{5} \left( \frac{50}{6.5} + \frac{50}{10.5} + \frac{50}{16.5} + \frac{50}{11.0} + \frac{50}{14.2} \right)} = 10.62 \text{m/s} \approx 38.2 \text{km/h}$$

- 区间平均车速在数值上更偏向于速度较低的车辆，这是因为低速车在特定的道路长度内占据空间的时间较长。

# 时间平均速度与区间平均速度的比较



$$\bar{v}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i = \frac{(6.5 + 10.5 + 16.5 + 11.0 + 14.2)}{5} = 11.74 \text{m/s} \approx 42.3 \text{km/h}$$

$$\bar{v}_s = \frac{l}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{50}{\frac{1}{5} \left( \frac{50}{6.5} + \frac{50}{10.5} + \frac{50}{16.5} + \frac{50}{11.0} + \frac{50}{14.2} \right)} = 10.62 \text{m/s} \approx 38.2 \text{km/h}$$

- 区间平均车速在数值上更偏向于速度较低的车辆，这是因为低速车在特定的道路长度内占据空间的时间较长。

# 时间平均速度与区间平均速度的关系

$$\bar{v}_t = \bar{v}_s + \frac{\sigma_s^2}{\bar{v}_s}$$
$$\bar{v}_s = \bar{v}_t - \frac{\sigma_t^2}{\bar{v}_t}$$

式中  $\sigma_s^2$  与  $\sigma_t^2$  分别表示时间平均车速观测值与区间平均车速观测值的均方差

- 性质?  $\bar{v}_t$  与  $\bar{v}_s$  的大小是否可以比较?
- 证明?
  - Wardrop, J. G. (1952). Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1(3), 325-362.

# 时间平均速度与区间平均速度的关系

$$\bar{v}_t = \bar{v}_s + \frac{\sigma_s^2}{\bar{v}_s}$$
$$\bar{v}_s = \bar{v}_t - \frac{\sigma_t^2}{\bar{v}_t}$$

式中  $\sigma_s^2$  与  $\sigma_t^2$  分别表示时间平均车速观测值与区间平均车速观测值的均方差

- 性质?  $\bar{v}_t$  与  $\bar{v}_s$  的大小是否可以比较?
- 证明?
  - Wardrop, J. G. (1952). Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1(3), 325-362.

# 速度分布和百分位车速

- 地点车速的分布特性采用速度频率分布曲线和累积频率曲线表示，并从累积频率曲线中选取一些特征值作为描述速度特性的指标。
- 频率最高值与最常见车速: 频率最高值为观测速度中出现频率最多的那个速度值，此速度称为最常见车速
- **百分位车速**: 在速度累积频率分布曲线图上，与纵坐标上累加百分数相应的车速称百分位车速
  - **85% 位车速**表示所观测到的车辆中，有 85%的车辆具有这种速度值或者在这个速度以下。在交通管理上常用此速度作为某些路段的最高车速限制标准。
  - **50% 位车速** (常称中位车速) 表示在该车速以下行驶的车辆数等于在该车速以上行驶的车辆数，又称为中值速度。
  - **15% 位车速**表示在该车速及低于该车速行驶的车辆数占被观测车总数的 15%。常用此车速作为观测路段的最低限制车速，认为车速低于该速度时，往往会妨碍交通，导致发生事故的危險。

# 示例

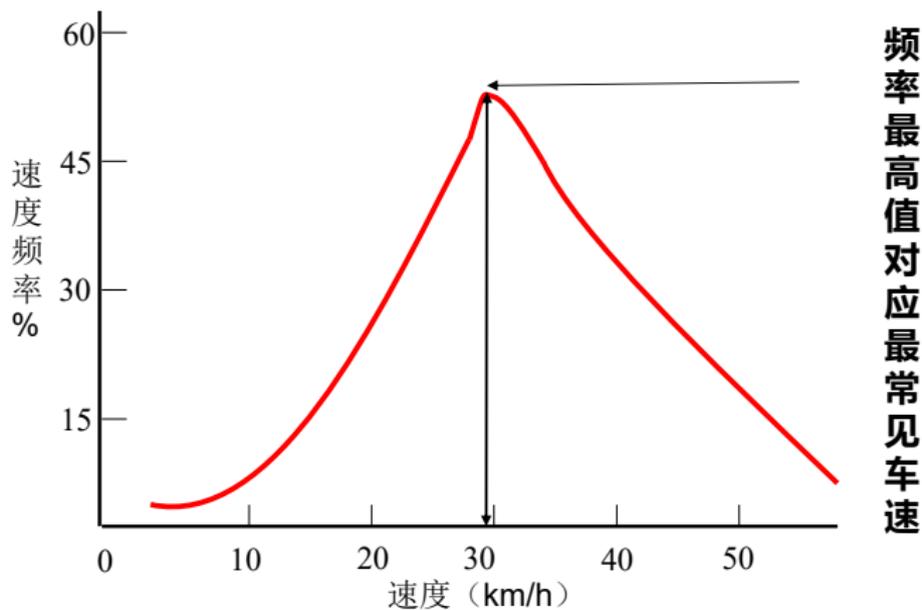


Figure: 频率分布曲线

# 示例 (续)

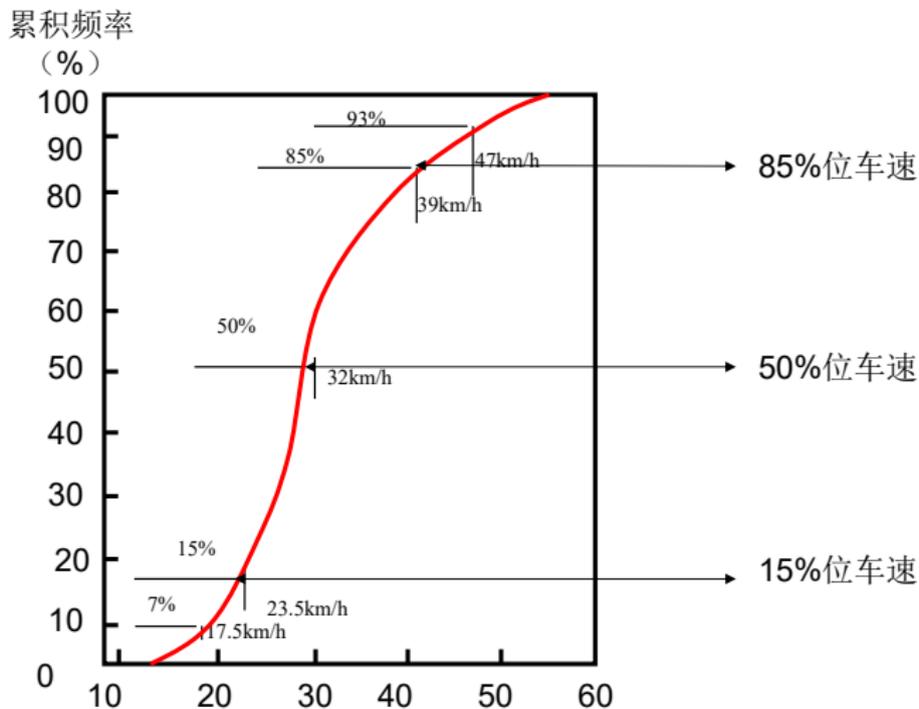


Figure: 累积频率分布曲线

# 影响车速变化的因素

- 驾驶员对车速的影响
- 车辆对车速的影响
- 道路对车速的影响：道路类型及等级，平面线型，纵断面线型，车道数及车道位置，视距，侧向净空，路面
- 交通条件对车速的影响：交通量，交通组成，超车条件，交通管理，交通环境影响

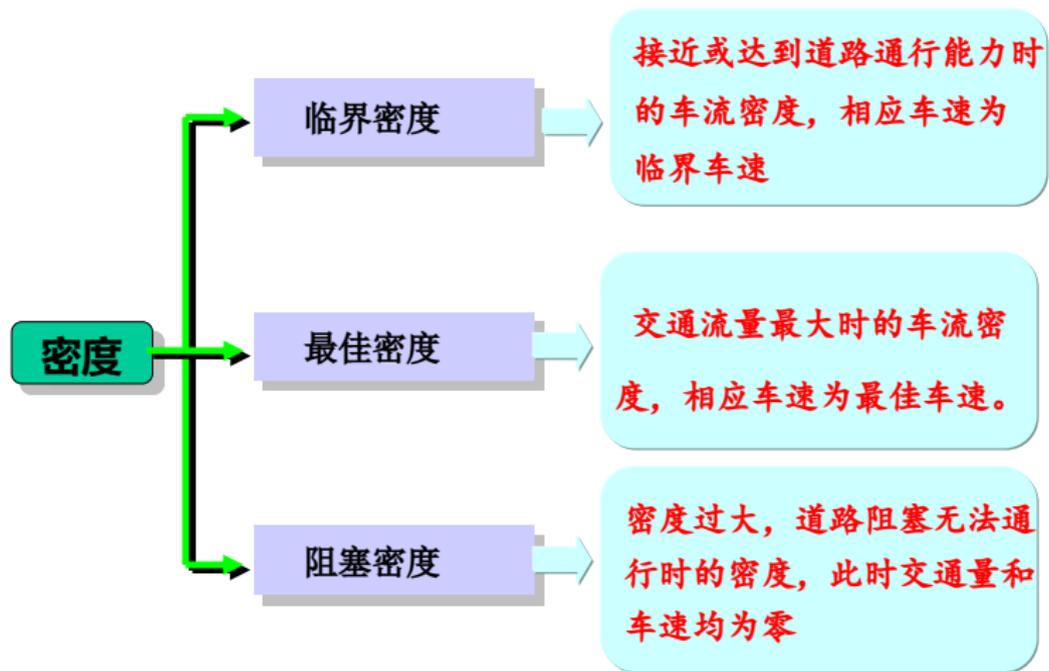
# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度
- 4 交通流密度**
- 5 车头间距和车头时距
- 6 连续流特性
- 7 间断流特性

# 交通流密度

- 在某一瞬间，单位长度道路上存在的车辆数， $K = N/L$ 。式中  $K$  表示某瞬间的交通流密度； $N$  表示车辆数； $L$  表示观测路段长度。
- 密度直接反映了交通需求量。
- 密度是个瞬间值，它随观测的时刻和观测的路段长度而变化，通常用观测的总计时间内的平均值表示。
- 交通流密度应用广泛，还是划分服务水平的依据。

# 密度细分



# 车道占有率-空间占有率

- 空间占有率: 在道路的一定路段上, 车辆总长度与路段总长度之比, 以百分数表示。空间占有率能反映**某路段上车队的长度**。

$$R_a = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^N l_i$$

式中  $R_a$  表示空间占有率;  $L$  表示观测路段总长度 ( $m$ );  $l_i$  表示第  $i$  辆车的长度 ( $m$ );  $N$  表示通过该路段的车辆数。

# 车道占有率-时间占有率

- 在道路的任一路段上，车辆通过时间的累计值与观测总时间的比值，以百分数表示

$$O = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \frac{l_i + d}{v_i}$$

式中  $O$  表示时间占有率； $T$  表示观测总时间； $t_i$  表示第  $i$  辆车通过观测路段所用的时 (s)； $N$  表示通过该路段的车辆数。 $d$  表示检测器本身长度 (m)

# 密度计算方法

- 计算公式

$$K = \frac{N}{L} = \frac{Q}{\bar{v}_s}$$

- 假设车身长度相同，且都为  $l$ ，则占有率与密度的换算公式

$$O = (l + d)K$$



Figure: 航拍：计算面

# 交通密度资料的应用

- 交通流密度与流率和速度唯一对应，因此从车流密度的大小，可以判定交通状态和拥挤情况，从而决定应采取何种管理措施；
- 交通流密度也是快速道路智能交通控制算法中的关键变量。



# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度
- 4 交通流密度
- 5 车头间距和车头时距**
- 6 连续流特性
- 7 间断流特性

# 车头间距和车头时距

- 车头间距和车头时距是交通流的微观参数，二者应用于对交通流中每对车辆间的关系描述
- 车头间距  $h_s$ ：同向行驶的一列车队中，相邻车辆车头之间的**空间距离**
- 车头时距  $h_t$ ：同向行驶的一列车队中，相邻车辆车头之间的**时间间隔**
- 平均车头时距  $\bar{h}_t$  和平均车头间距  $\bar{h}_s$ ：对观测路段上所有车辆的车头时距和车头间距的平均值。

# 车头间距和车头时距 (cont.)

$$h_s = 1000/K$$

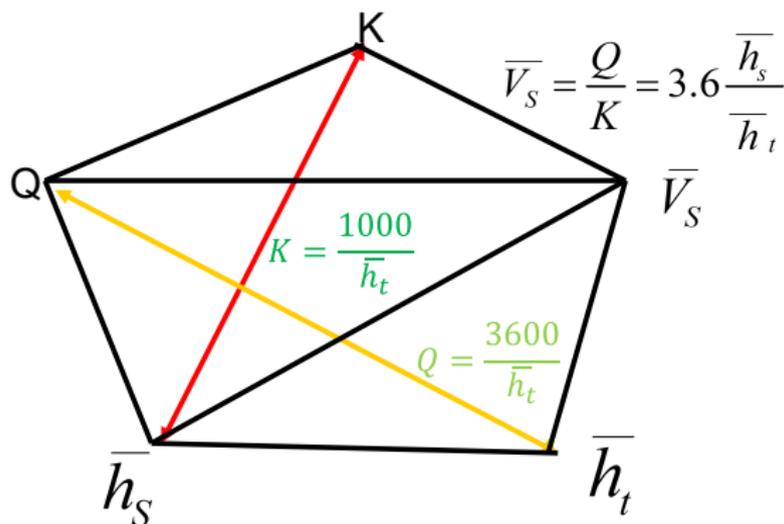
$$h_t = 3600/Q$$

$$h_s = \frac{V}{3.6} h_t$$



# 宏观参数与微观参数的关系

- 宏观参数：密度、流量、（空间）平均速度
- 微观参数：车头间距、车头时距



Figure

# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度
- 4 交通流密度
- 5 车头间距和车头时距
- 6 连续流特性**
- 7 间断流特性

# 连续流概述

- 连续流 (uninterrupted traffic flow): 没有外部固定因素 (如交通信号) 影响的不间断交通流
- 连续交通流的特性: 交通流量  $Q$ , 平均车速  $\bar{v}_s$ , 交通流密度  $K$  表征交通流特性的三个基本参数描述
  - 速度和密度: 反映交通流从道路获得的服务质量
  - 交通量: 量度交通设施的负荷程度
  - 其基本关系

$$Q = \bar{v}_s \times K$$

# 模型曲面图

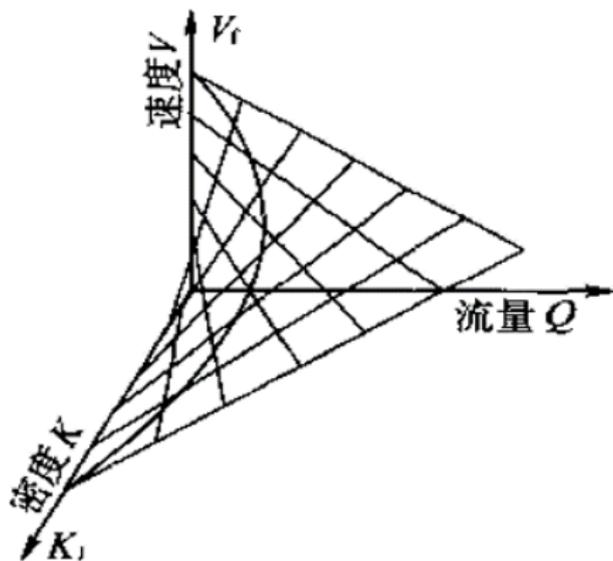
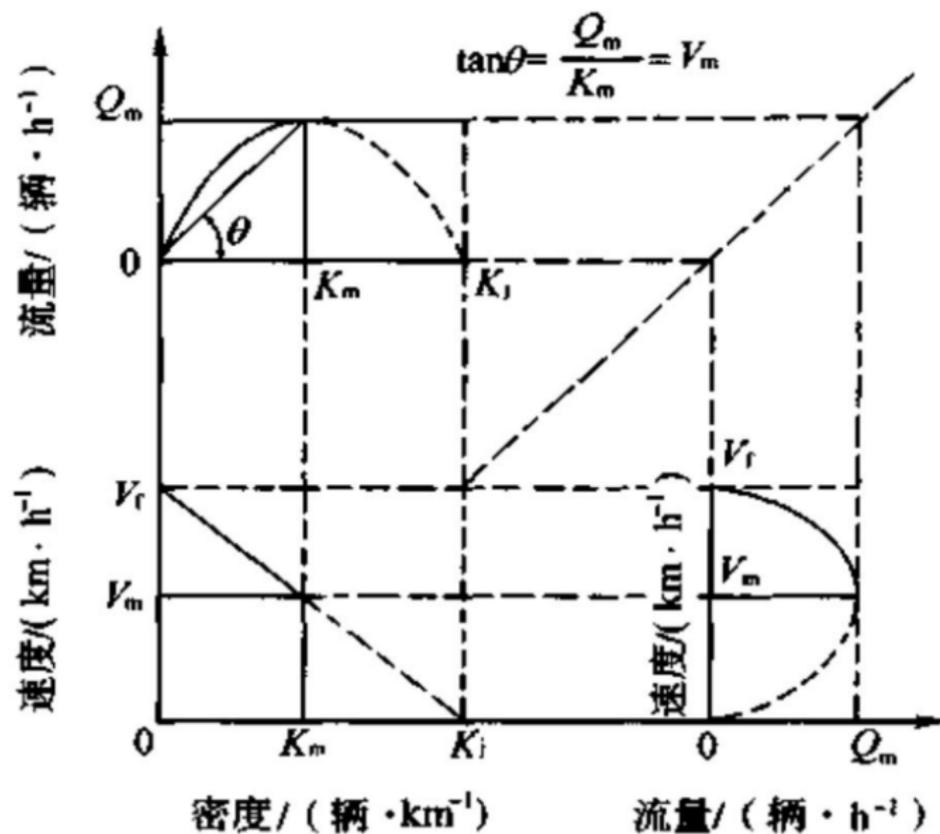


Figure: 格林希治 (Greenshields) 假设的曲面图

# 投影到二维空间



# 变量性质

- 临界速度  $V_m$ : 自由流速度的一半, 而自由流速度是速度—密度曲线上速度的轴截距
- 临界密度  $K_m$ : 阻塞密度的一半
- 阻塞密度  $K_j$ : 速度—密度曲线上密度的轴截距
- 饱和流量: 最大流量可以由临界速度和临界密度得到
- 低于饱和流量的交通流: 高速度低密度流和低速度高密度流

# 速度与密度的关系

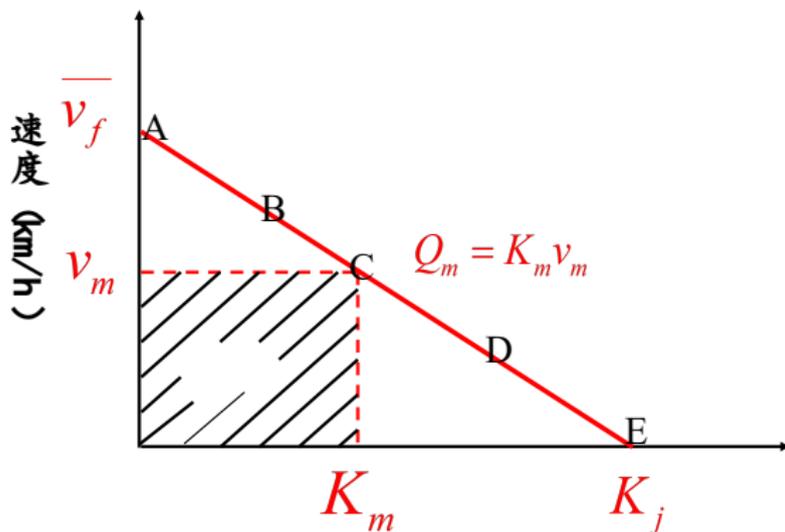


Figure: 格林希治模型

## 根据交通量 密度不同

密度很大时

$$\bar{v}_s = v_m \ln \left( \frac{K_j}{K} \right)$$

格林泊**对数模型**

通常

$$\bar{v}_s = v_f \left( 1 - \frac{K}{K_j} \right)$$

格林希治**线性模型**

密度很小时

$$\bar{v}_s = v_f e^{-K/K_m}$$

安德伍德**指数模型**

# 流量与密度关系

$$Q = \bar{v}_s \times K$$

$$\bar{v}_s = v_f \left(1 - \frac{K}{K_j}\right)$$

可推出

$$Q = K v_f \left(1 - \frac{K}{K_j}\right)$$

# 流量-密度曲线

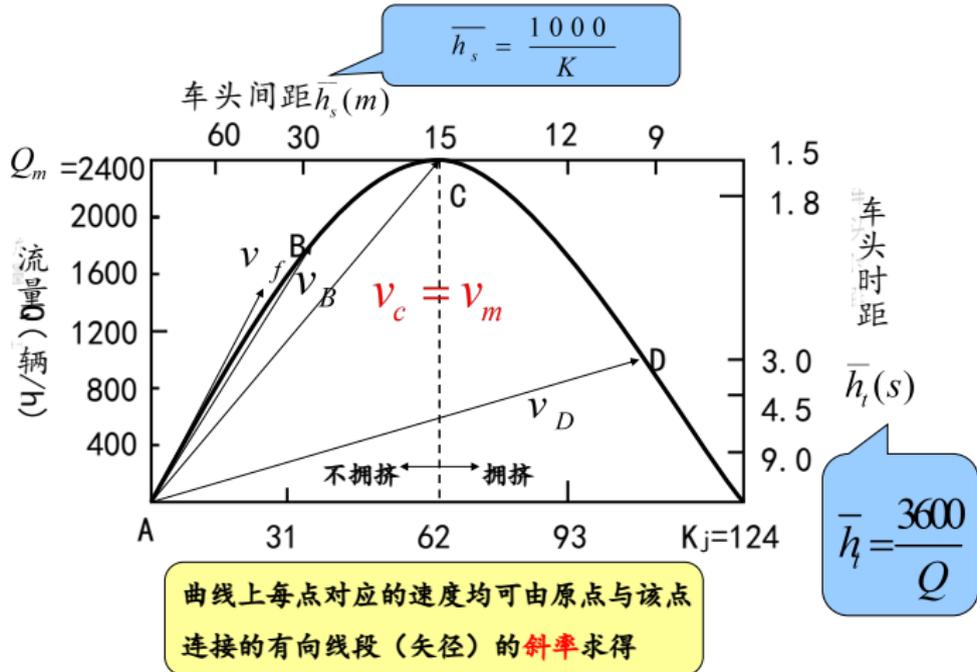


Figure: 曲线上每点对应的速度均可由原点与该点连接的有向线段 (矢径) 的斜率求得, 如 B 点对应的流量  $Q=1800$  辆/小时, 密度为  $31$  辆/公里, 则 B 点速度为:

$$v = 1800 / 31 = 58 \text{ km/h}$$

# 流量与速度关系

由  $\bar{v}_s = v_f(1 - \frac{K}{K_j})$  可知

$$K = K_j(1 - \frac{\bar{v}_s}{v_f})$$

经过变换可得

$$Q = K_j(\bar{v}_s - \frac{\bar{v}_s^2}{v_f})$$

# 流量-速度曲线

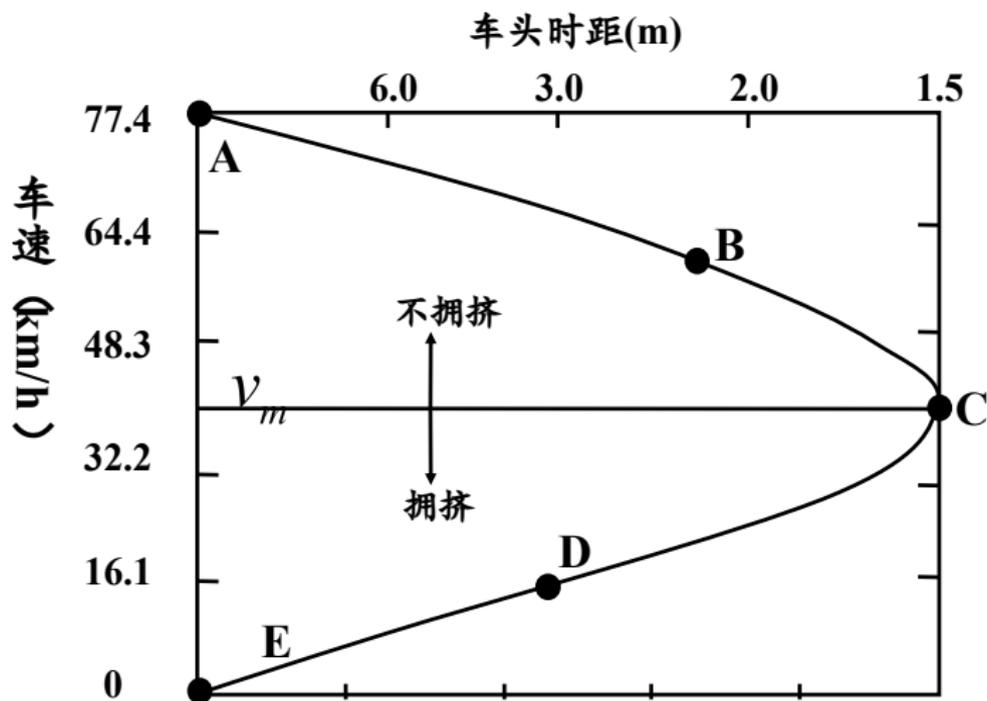
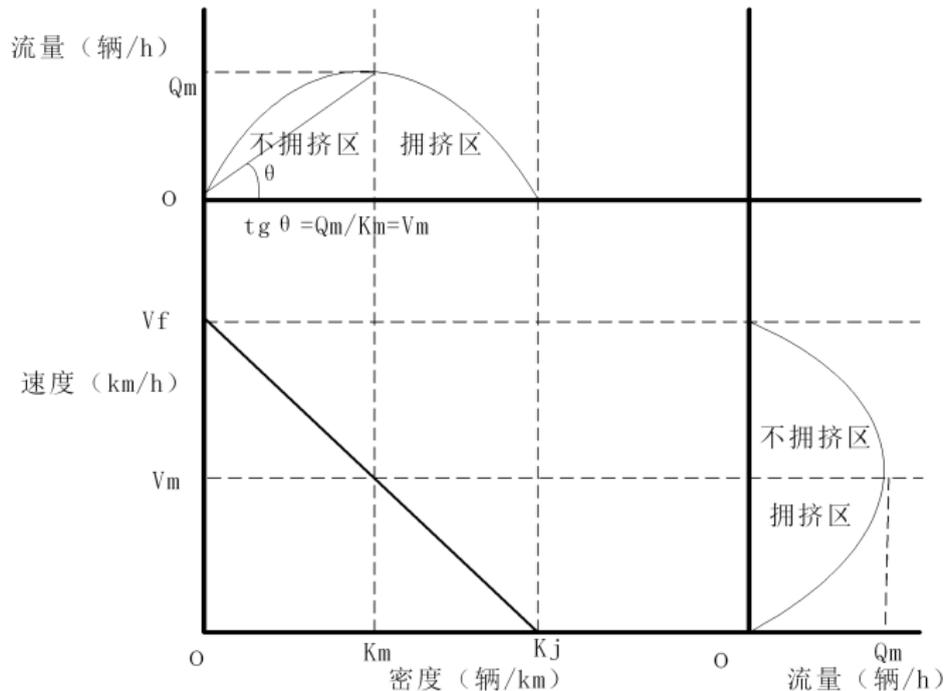


Figure: 图中拥挤部分，流量和速度同时降低；不拥挤部分，随着流量的增大，速度将慢慢降低，直达到通行能力的流量  $Q_m$  为止，此时对应的速度为最佳速度  $v_m$

# 小结



**Figure:**  $Q_m$ 、 $K_m$ 、 $V_m$  是划分交通拥挤得重要特征值：当  $Q < Q_m, K > K_m, V < V_m$ ，交通拥挤；当  $Q \leq Q_m, K \leq K_m, V \geq V_m$ ，交通不拥挤

# 连续流的拥挤

- 连续交通流不一定是拥挤的，因为它受到内部的干扰。连续交通流的拥挤可以分为两种类型。
  - 周期性的拥挤。在同一地点和同一时间，例如每个工作日的早晨或夏季的每个星期日，重复出现的交通拥挤。
  - 非周期性的拥挤。是由某种偶然事件造成的，例如交通事故或关闭一条道路所引起的交通拥挤。

# 瓶颈

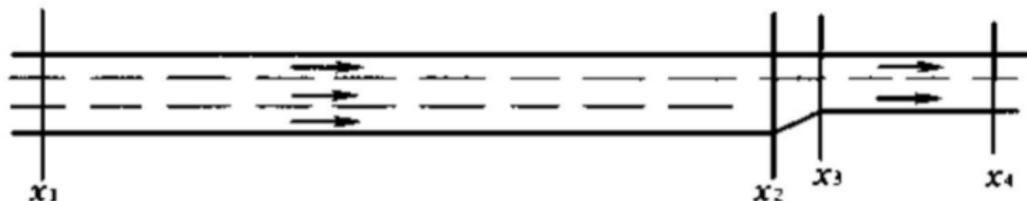
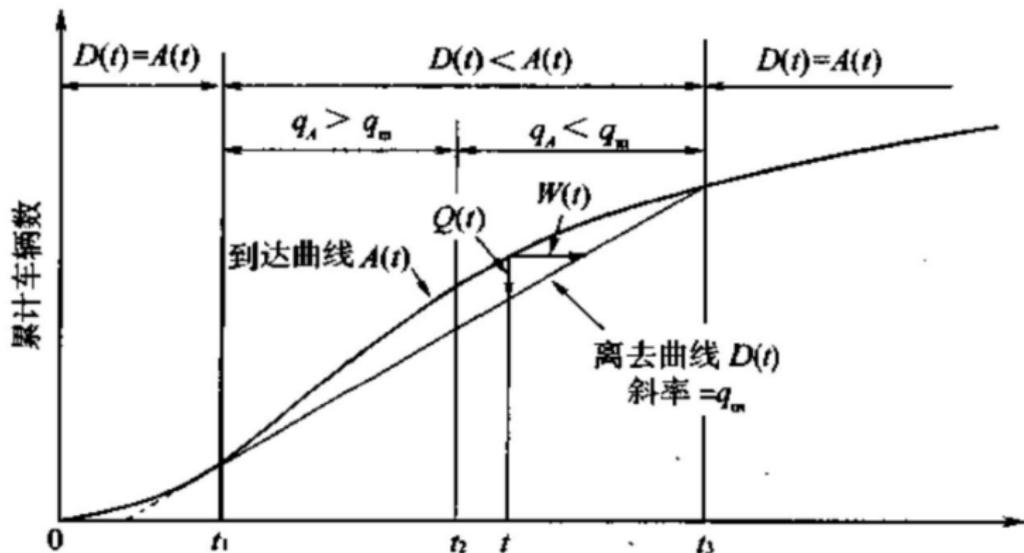


Figure: 一条高速公路中去掉一个车道的情况

- 当进入某路段上游端的车辆数超过下游端道路通行能力时，在连续交通流中就会出现交通拥挤

# 周期性的瓶颈拥挤分析



**Figure:** 车辆排队在  $t_1$  时开始形成, 直至  $t_3$  开始消散。在  $t_1$  至  $t_3$  间的任一时刻  $t$ , 排队长度  $Q(t) = A(t) - D(t)$ , 时刻  $t$  到达的车辆经过  $W(t)$  时间后才离去;  $t_2$  时, 排队长度达到最大, 此时来车率恰好等于  $q_m$ ; 排队总延误等于曲线  $A(t)$  与  $D(t)$  之间的面积。

# 多瓶颈分析

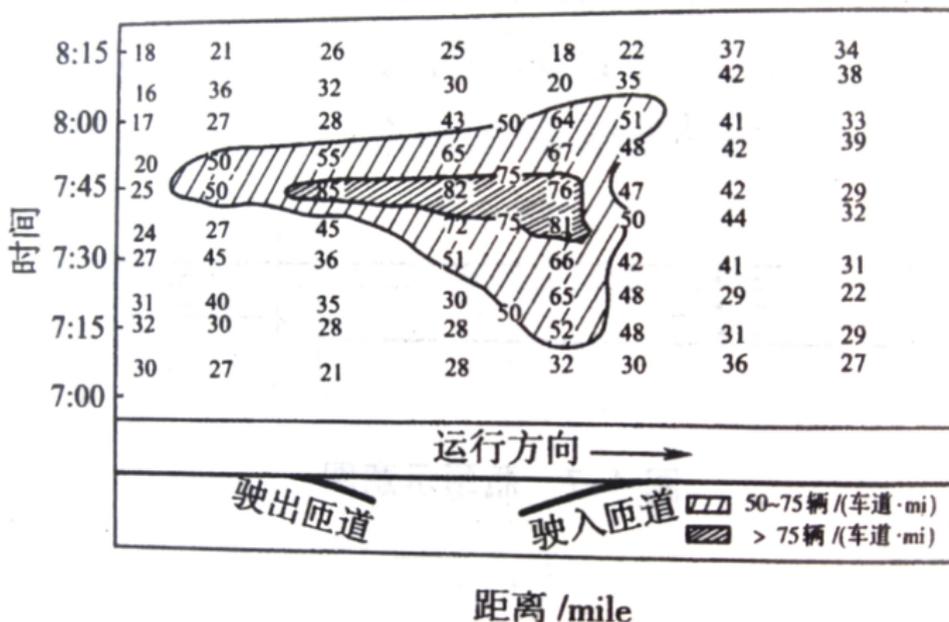


Figure: 图上的数据可以用航空摄影法获得，每一道路断面间隔 5-10min 拍摄一次 (通常是将 35mm 的航空摄影彩色胶卷投影到屏幕上或用显微阅读器数出车辆数)。将等值线图密度大于 50 辆/mile 的区域涂成阴影，便能马上识别出瓶颈后面的排队情况

# 本节目录

- 1 概述
- 2 交通路与流率
- 3 速度
- 4 交通流密度
- 5 车头间距和车头时距
- 6 连续流特性
- 7 间断流特性**

# 间断流概述

- 间断流 (interrupted traffic flow): 有外部固定因素影响的周期性中断交通流
- 本节将分别介绍信号交叉口的交通流特性及其描述参数, 即饱和流率、损失时间、交通流运行效率的指标——延误

# 信号交叉口的间断流

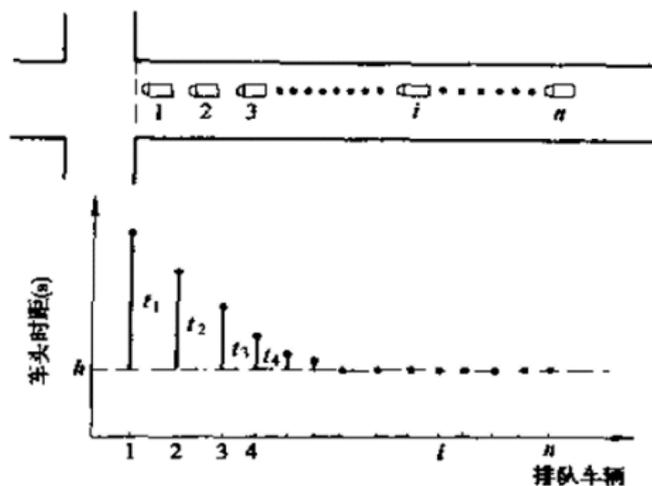


图 3-14 车队通过信号交叉口示意图

**Figure:** 车头时距从第一车开始往后依次减小，直到车辆到达停车线前已充分加速，车头时距不再减小为止，此时车头时距也称**饱和车头时距**

# 信号交叉口的间断流 (cont.)

- 信号交叉口的交通流一般采用饱和车头时距、饱和流率和损失时间来描述。
- 饱和车头时距：稳定行驶连续流的车头时距  $h_t$
- 饱和流率：是每条车道能进入交叉口的车辆数  $S = \frac{3600}{h_t}$
- 只有该方向车道总是绿灯信号，车辆通过交叉口无需停车，该式才是正确的。所以，这个  $S$  是理论值，它被用作对交叉口及与之相连的几何道路进行几何设计时的依据

# 损失时间

- 启动损失时间：信号交叉口的信号变为绿灯时，车辆由停止状态开始运动，前几辆车的车头时距是大于  $h_t$  的。将前几辆车的超时（即消耗的大于平均车头时间  $h_t$  的时间）加在一起，称为启动损失时间 (start-up time loss)  $l_1$

$$l_1 = \sum_{i=1}^n t_i$$

式中  $t_i$  表示第  $i$  辆车的启动损失时间

- 清尾损失时间  $l_2$ ：是指从一个方向最后一辆车进入交叉口的时刻与另一方向变为绿灯的时刻之间的时间差
- 损失时间 = 启动损失时间 + 清尾损失时间
- 有效时间 = 红灯时间 + 损失时间

# 示例

给定的交叉口某一方向车道的交通信号下列参数： $h_t=2.0$  (s/辆)， $l_1=1.5s$ ， $l_2=1.5s$ ， $t=60s$ ， $t_{绿}=27s$ ， $t_{黄}=3s$ ， $t_{红}=30s$ 。计算其交通流的损失时间及饱和流率

- $1h$  可通行时间： $3600 \times 30/60 = 1800s$
- 每车通行时间 =  $2s$ ，
- $1h$  总损失时间 =  $60 \times (1.5 + 1.5) = 180s$
- 有效通过时间 =  $1800 - 180 = 1620s$
- 饱和流率 =  $1620/2.0 = 810(\text{辆}/h)$

# 示例

给定的交叉口某一方向车道的交通信号下列参数： $h_t=2.0$  (s/辆)， $l_1=1.5s$ ， $l_2=1.5s$ ， $t=60s$ ， $t_{绿}=27s$ ， $t_{黄}=3s$ ， $t_{红}=30s$ 。计算其交通流的损失时间及饱和流率

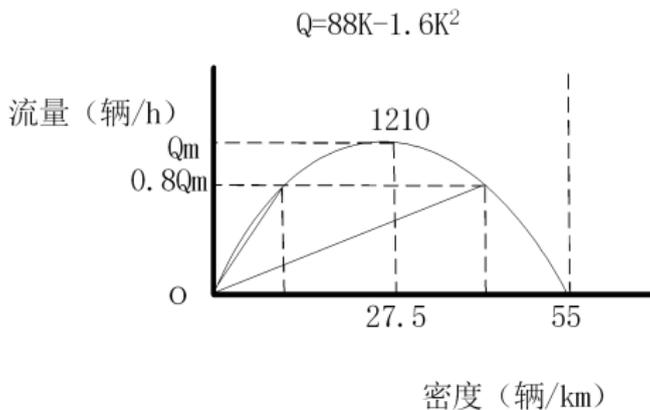
- $1h$  可通行时间： $3600 \times 30/60 = 1800s$
- 每车通行时间 =  $2s$ ,
- $1h$  总损失时间 =  $60 \times (1.5 + 1.5) = 180s$
- 有效通过时间 =  $1800 - 180 = 1620s$
- 饱和流率 =  $1620/2.0 = 810(\text{辆}/h)$

# 延误

- 延误 (delay): 指行驶在路段上的车辆由于受到道路环境、交通管理与控制及其他车辆的干扰等因素的影响而损失的时间.
- 延误的分类
  - 停车延误: 一辆车通过道路设施的某一部分所用的全部停车时间
  - 行程时间延误: 一辆车通过道路设施的某一部分所用的实际时间与无延误时间的差值, 包括停车延误和慢行延误
  - 固定延误: 由交通控制信号、停车标志等装置引起的延误, 与交通量大小及交通干扰无关
  - 运行延误: 由各种交通组成部分之间相互干扰而引起的延误, 可分为称为侧向干扰引起的延误和内部干扰引起的延误
  - 排队延误: 车辆排队时间与车辆按自由行驶车速驶过排队路段的时间 (自由行驶时间) 之差

# 示例

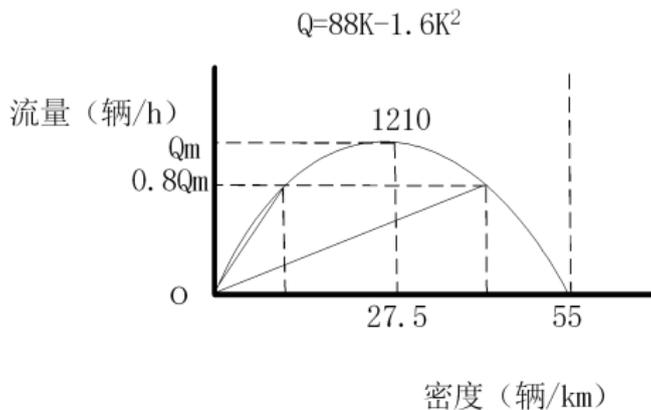
设车流速度—密度关系为  $V = 88 - 1.6K$ ，如限制车流的实际流量不大于最大流量的 0.8 倍，求速度的最低值和密度的最高值？（假定车流的密度  $K <$  最佳密度  $K_m$ ）



由题意可知：当  $K = 0$ ， $V = V_f = 88 \text{ km/h}$ ；当  $V = 0$ ， $K = K_j = 55 \text{ 辆/km}$ 。则  $V_m = 44 \text{ km/h}$ ， $K_m = 27.5 \text{ 辆/km}$ ， $Q_m = K_m V_m = 1210 \text{ 辆/h}$ 。  
由  $Q = KV$  和  $V = 88 - 1.6K$ ，得  $Q = 88K - 1.6K^2$ ，见上图。当  $Q = 0.8Q_m$  时，由  $88K - 1.6K^2 = 0.8Q_m$  得， $K = 15.2$  或  $39.8$ 。  
取非拥挤区的  $K^* = 15.2 \text{ (辆/km)}$ 。在非拥挤区，速度得最低值对应于密度的最高值，因此  $V^* = 88 - 1.6K^* = 63.68 \text{ (km/h)}$ 。

# 示例

设车流速度—密度关系为  $V = 88 - 1.6K$ ，如限制车流的实际流量不大于最大流量的 0.8 倍，求速度的最低值和密度的最高值？（假定车流的密度  $K <$  最佳密度  $K_m$ ）



由题意可知：当  $K = 0$ ， $V = V_f = 88 \text{ km/h}$ ；当  $V = 0$ ， $K = K_j = 55 \text{ 辆/km}$ 。则  $V_m = 44 \text{ km/h}$ ， $K_m = 27.5 \text{ 辆/km}$ ， $Q_m = K_m V_m = 1210 \text{ 辆/h}$ 。

由  $Q = KV$  和  $V = 88 - 1.6K$ ，得  $Q = 88K - 1.6K^2$ ，见上图。当  $Q = 0.8Q_m$  时，由  $88K - 1.6K^2 = 0.8Q_m$  得， $K = 15.2$  或  $39.8$ 。

取非拥挤区的  $K^* = 15.2 \text{ (辆/km)}$ 。在非拥挤区，速度得最低值对应于密度的最高值，因此  $V^* = 88 - 1.6K^* = 63.68 \text{ (km/h)}$ 。

# 复习思考

- 1 交通量和流率是怎样定义的？二者有何区别？
- 2 时间平均速度相区间平均速度是怎样定义的？二者有何区别？相互关系如何？
- 3 交通流密度怎样计算？研究交通流密度的意义是什么？
- 4 微观参数车头间距和车头时距与宏观三参数——流量速度、密度之间有什么关系？
- 5 交通流宏观三参数——流量、速度、密度之间有什么关系？
- 6 描述信号交叉口的参数——饱和流率和损失时间是怎样定义的？

# 课下训练

- 王炜等. 第 2&4 章
- Mannering&Washburn. Chapter 5 (Section 5.1-5.2)

# 谢谢!