

论文评阅编号：_____（本项由竞赛组委会填写）

西南交通大学

2016 年大学生数学建模竞赛

题目：_____A_____（填写 A、B 或 C 题）

	参赛队员 1	参赛队员 2	参赛队员 3
姓名	王倩妮	张倩	钱凯
学号	2015112956	2015112913	20132220
学院	交通运输与物流学院	交通运输与物流学院	信息科学与技术学院
专业	交运类	交运类	软件工程
电话	15528222820	18224475974	18682558096
Email	840919745@qq.com	1345039927@qq.com	790280821@qq.com

西南交通大学教务处
西南交通大学资产与实验室管理处
西南交通大学数学建模创新实践基地

论文评阅编号：_____（本项由竞赛组委会填写）

题 目

基于成都二环高架的拥堵消散模型及解决策略

摘 要

近年来，我国城市规模不断扩大，机动车保有量日渐增加。不少城市也像成都一样进行了城市快速路的建设，成都二环高架路就是典型的一条。机动车数量的增加也增大了交通事故率，交通事故导致偶发性拥堵易造成道路交通流紊乱。本文主要是对于类似成都二环高架的城市快速路进行拥堵消散分析并制定合理的解决策略。

首先运用交通波模型与 Van Aerde 模型两种宏观交通流模型对于交通流的主要参数关系进行表示。其次，将拥堵消散过程分为拥堵和消散两个阶段，拥堵过程通过瓶颈效应理论，考虑出口匝道、换道、事故占用车道对交通流量的影响，并进行量化，计算出拥堵速度。同理对消散过程进行分析量化，计算出消散速度。再次，结合拥堵速度、消散速度计算出事故处理时间内波及到的范围并进行预测。

结合成都二环高架的实际数据进行分析，计算拥堵速度、消散速度，并在交警出警、信息预测发布、道路选择等方面提出了具有可行性的建议。

关键词：交通波模型 Van Aerde 模型 拥堵蔓延模型 拥堵消散模型 拥堵消散策略

一、 问题重述

本题针对主线无红绿灯、有多座立交及匝道的成都二环高架路。全长 28.3 公里，成都二环高架路智能监控系统完善，道路信息实现实时传送，为智能交通的实现提供了可能性。二环高架路随车流量增加，交通事故发生可能性增加。收集必要数据利用数学模型分析，在交通事故发生的情况下，对于附件 1 所提供的案例，采取的拥挤消散策略，并对策略的合理性进行分析。

附件一： 事故一：二环路首起事故

事故类型：两车前后追尾，且因故障无法启动，无法进行三快处理

事故时间：晚高峰 7:20 前发生，15 分钟解决

事故地点：光华村路口

造成排行长度：0.5km

解决手段：交警赶往事故现场指挥交通。

事故二：二环路首起伤人事故

事故类型：三车前后追尾，孕妇受轻伤，无法进行三快处理

事故时间：早高峰 20:20 左右

事故地点：成都双桥子立交到龙舟路的二环高架内侧

造成排行长度：2km

解决手段：交警 3min 赶往事故现场指挥交通。

附件二：成都二环路简化地图，对于匝道分布、立交分布进行了标识。

二、 问题分析

此题针对成都二环高架路上的交通事件——追尾事故，目的是提出合理的拥堵消散策略，并说明合理性。针对合理的拥堵消散策略，采取的量化方式是消散时间最短。考虑模型的现实性问题，我们决定将问题分为两个部分分析，一个是拥堵过程，一个是消散过程。考虑将交通流的三大主要因素流量、速度、密度进行联系，通过获取平时的数据，去对交通事故发生时的状况进行预测。考虑人们在遇到交通事故时的换道行为，交通事故发生时占用的车道数，以及出口匝道对流量造成的影响，并对这些因素进行量化，推导出具体公式。再将各个影响因素的公式与交通流模型中的变量关系汇总，整理出典型事件下的拥堵蔓延模型和拥堵蔓延消散模型的具体公式。

由于交通数据信息并不向社会公开，对于问题所需数据的采集主要摘自对于二环路研究的各种论文之中。

对于交通事故造成的拥堵蔓延速度的计算，可以根据普遍事故的处理时间预测出事故影响范围。结合实际的情况在不同方面提出解决策略。并分析各个解决策略的合理性。

最后可以通过 vissim 仿真系统对于交通事故的发生进行模拟。进行进一步的对比。

三、 符号说明

针对 5.1

v_1 ——在 A 区车辆的区间平均速度

v_2 ——在 B 区车辆的区间平均速度

Q_1 ——A 区间断面流量

Q_2 ——B 区间断面流量

k_1 ——在 A 区车辆的区间密度

k_2 ——在 B 区车辆的区间密度

ΔQ ——A、B 区间的断面流量

Δk ——A、B 区间的密度差

针对 5.2

k ——交通流密度

v ——交通流速度

v_f ——自由流速度

v_c ——临界速度

k_j ——堵塞密度

Q_c ——通行能力

m_1, m_2, m_3 ——中间变量

a, b, c ——中间变量

针对 5.3

Q_0 ——剩余通行能力

Q_s ——饱和流率

R_1 ——交通事故占用车道数

R ——总车道数

Q_e ——驶离出口匝道的交通流流量

Q_r ——出口匝道通行能力容差值

ψ_1 ——出口匝道系数

R_2 ——拥堵范围内出口匝道个数

Q_l ——换道行为影响下的交通流量

ψ_2 ——换道系数

针对 5.4（只附有新增加的参量，其余参量意义相同）

v_s ——典型交通事件下的拥堵蔓延速度

Q_H ——正常状态下单车道流量

Q_h ——拥堵状态下的交通流流量

v_l ——瓶颈上游车辆的平均速度

针对 5.5

v_d ——交通事故发生下的拥堵蔓延消散速度

四、 问题假设

- (1) 假设车辆在交警未到来进行疏散时，都不侵占公交道运行。
- (2) 交通波中假设车辆一直存在，不考虑车辆的产生与离去。
- (3)
- (4)

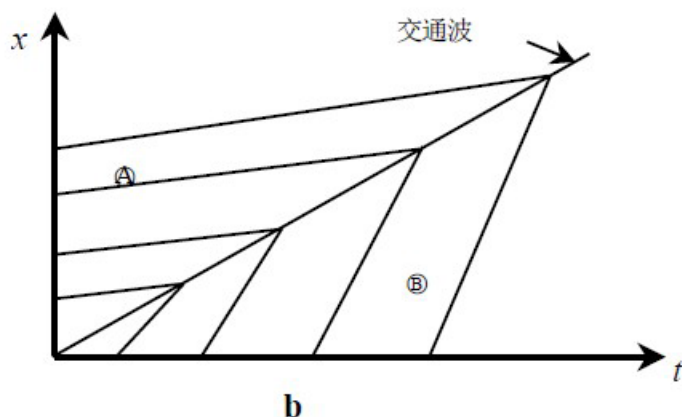
五、 模型建立

5.1 交通波模型

5.1.1 交通波模型概述

交通波，即为车辆集散过程中两种不同密度部分的分界面经过一辆辆车向车队后部传动的现象。

运用宏观的交通波理论将道路上一辆辆汽车看做连续的整体，以水波为类比，将车流化作车流波进行计算，可以构建车流的连续性方程。交通波可以定义为交通流密度和流量发生变化所带来的移动和传递。通过交通波的速度，刻画车流变化过程中车流流量、密度及速度之间的关系。并定量进行描述其内在关系。下图是交通波的含义图。



5.1.2 交通波模型的计算^[1]

交通波模型，通过交通流量守恒和密度-速度-流量三者之间的关系建立起来。对于一般的公路，采取以下分析方法：

假设一条平直的公路，有两个相邻的拥有不同密度的区域，S 将两部分分割，称为波阵面。波阵面前后车流都看作稳定状态且在瞬间完成状态的转化。

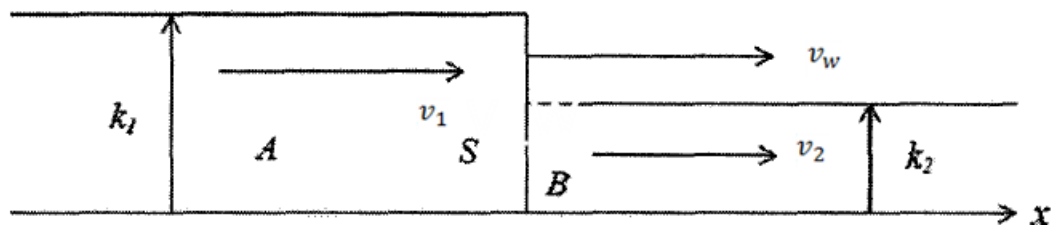
由交通流量守恒即 A、B 区域的车辆变化量相等。所以在 t 时间内通过波阵面 S 的车辆数 n 存在下面的关系：

$$n = (v_1 - v_w)k_1 = (v_2 - v_w)k_2$$

而 A、B 两部分的流量，由交通流三个基本数据的关系可得： $Q_1 = v_1 k_1, Q_2 = v_2 k_2$ ，经整理得到了波阵面的波速 v_w 的计算式

$$v_w = \frac{v_1 k_1 - v_2 k_2}{k_1 - k_2} = \frac{Q_1 - Q_2}{k_1 - k_2} = \frac{\Delta Q}{\Delta k}$$

该模型描述了道路在拥堵正常状态与拥堵状态之间的转化过程。



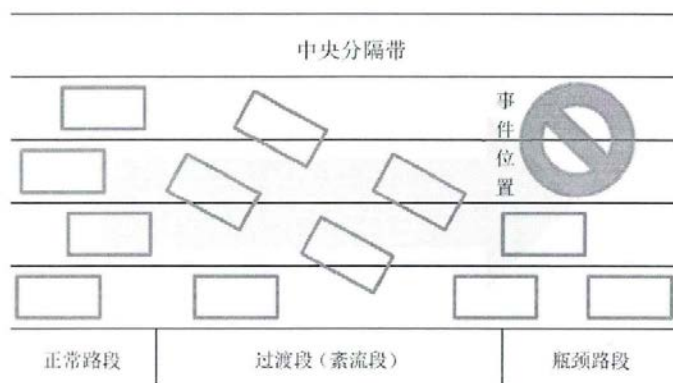
(图 4.1)

5.1.3 在交通事故情境下交通波的分析

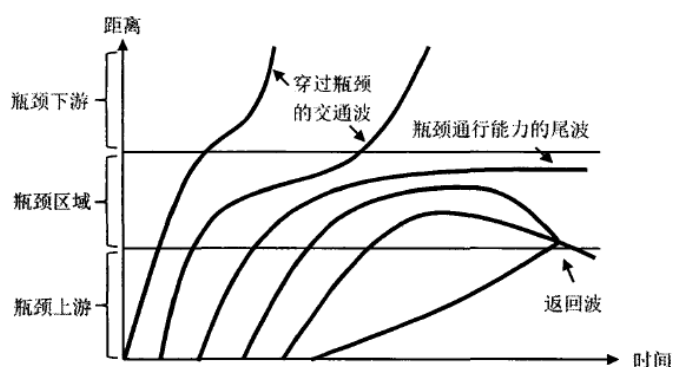
城市路网中，交通事故的发生使交通瓶颈产生，引发了该路段的车辆排队，产生了拥堵现象。交通事故路段，通行能力大大降低，交通波此时呈现集散波。

(列队行驶的车辆在瓶颈路段入口处减缓车速陆续排队而集结成高密度的队列，它所体现的车流波称为集结波；路段瓶颈解除后，排队的车辆又陆续启动而疏散成一系列具有适当密度的车队，它所体现的车流波称为疏散波。) 集散波是集结波和疏散波的统称。

事故发生时，交通波类似管道中突然卡住石头时水流的突然后涌，车流在即将进入瓶颈时会产生与车辆运行方向相反的波，这个波使瓶颈路段之前的路段上出现了过渡区域，又称紊流段。



(4.2.)



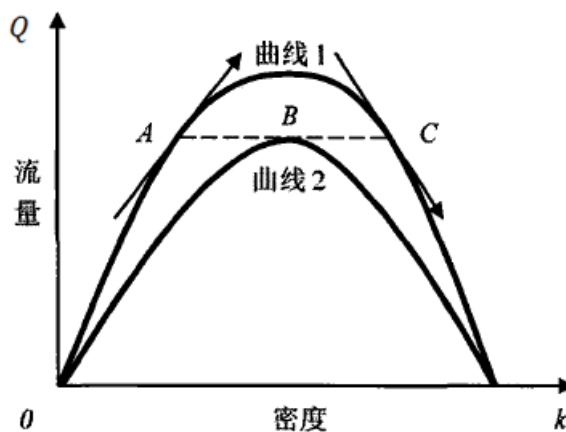
(4.3)

如图所示，在上上图中情况下，

- { 交通波随持续前进的车流穿过瓶颈路段（瓶颈路段通行能力 > 车辆流入率）
- { 交通波向后传播，与上游车流的来波相遇（瓶颈路段通行能力 < 车辆流入率）

而现实之中大部分情况属于第二种 **瓶颈路段通行能力 < 车辆流入率** 的情况。

通过流量-密度曲线我们可以得到交通事件下的交通波传递过程。随着时间的推移，交通流状态经历了不同的转化进程。上游畅通前移的车流形成低流量波并以较高的速度到达瓶颈路段时，交通流状态从具有较大通行能力的正常路段流量密度关系曲线跳到另一通行能力较低的瓶颈路段流量密度关系曲线，导致车流速度降低。当来到的车流量持续增加时，波速会逐渐减小，最终到。此时，到达车流量稍有增加而超过瓶颈的通行能力就会发生排队现象，波速变为负值，开始向上游传播。一旦瓶颈处的通行能力恢复，交通流状态将从通行能力较低的瓶颈路段流量密度关系曲线跳回到具有较大通行能力的正常路段流量密度关系曲线，车流速度提高，道路最终恢复畅通状态。



由刚才推出的下式：

$$v_w = \frac{\Delta Q}{\Delta k}$$

我们可以通过 Q-k 曲线描述波阵面变化。

图中有 1、2 两条曲线，1 描述正常状态，2 描述瓶颈路段。A 处切线斜率>0，所以波面运动方向与交通流运动方向相同；B 处切线斜率=0，波面维持在原位置；C 处切线斜率<0，描述波面运动方向与交通流运动方向相反。

5.2 速度-流量-密度模型

在对 Greenberg、Greenshields、Underwood 等宏观交通流统计模型进行线性拟合后，发现 Van Aerde 模型具有便捷性高适用范围广的特点，因此选取 Van Aerde 模型分析描述连续路段上交通流流量、速度、密度三者之间的关系。

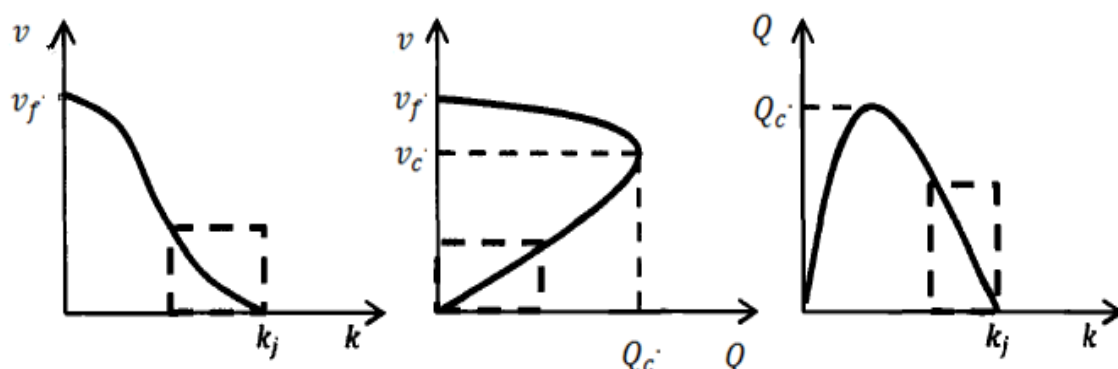
结合 Van Aerde 模型^[2]的具体公式：

$$\begin{cases} m_1 = \frac{v_f(2v_c - v_f)}{k_j v_c^2} \\ m_2 = \frac{v_f(v_f - v_c)^2}{k_j v_c^2} \\ m_3 = \frac{1}{Q_c} - \frac{v_f}{k_j v_c^2} \end{cases}$$

$$k = \frac{1}{m_1 + \frac{m_2}{v_f - v} + m_3 v}$$

由此可以进一步推导出流量-速度关系

$$Q = \frac{v}{m_1 + \frac{m_2}{v_f - v} + m_3 v}$$



上图是由公式得出的模型曲线，交通事故发生后拥堵蔓延过程中，交通流处于低速度高密度的状态，如图中方框内区域。可以发现其类似抛物线轨迹。针对框内区域对数据分布进行回归分析，可以得到拟合性较强的一元二次方程。 $k = aQ^2 + bQ + c$

5.3 拥堵状态下车道数、匝道分布及换道路径选择对交通流的影响模型

通行能力：在一定道路与交通条件下，道路上某一路段单位时间内通过某一断面的最大车辆数

5.3.1 事故占据车道数对通行能力的影响

当事故占据一条车道时，该车道通行能力为 0，整个路段的通行能力减弱。对于发生事故时交通堵塞状况（高密度低速度的车流），剩余的车道数决定了通行能力的大小。由于道路工程设计规范中的流量与现实有一定差距，所以我们用饱和流率代表正常的通行能力。

所以瓶颈处剩余交通能力的计算为：

$$Q_0 = Q_s \frac{R - R_1}{R}$$

5.3.2 出口匝道对流量的影响

由于汽车在出口匝道进行分流，因此，出口匝道的对于流量造成的影响主要由分流造成。

在拥堵状态下，对人们的普遍行为进行总结，出口匝道可以给人们离开拥堵路段的机会，为了尽快脱离拥堵路段，驾驶人大多会决定驶离高架路。处于道路内侧车道的车辆需要首先换道驶入外侧车道，然后才能驶入出口匝道，这样的交织和分流行为会引起主路车辆在各车道间的重新分布，容易导致主路（二环高架路）交通流的混乱。由于拥堵车流密度大且车头时距小，想要从出口匝道驶出高架路的车辆在换道或者抵达出口匝道前都需要进行减速，因此会对高架路上的车流速度造成一定的影响。而换道行为使原本继续行驶的车流分离，车流量减小。

出口匝道具有一定的通行能力，高架路下的道路剩余通行能力也有限，二者取最小时可以确定出离开高架路进入下面的道路的最大车流量，这里我们定义为 Q_r ，但实际情况一般不能保证以最大车流量离开，因此确定出口匝道系数 ψ_1 ，而事故造成影响范围增大时出口匝道也变多，由此又定义了半小时拥堵范围内的出口匝道个数 R_2 。

由上述关系，我们计算出经出口匝道离开的总车流量 Q_e ：

$$Q_e = Q_r \psi_2 \frac{R_2}{R}$$

5.3.3 换道行为对于流量的影响

在事故发生时，会产生变道行为。一部分人选择变道进入畅通的车道继续前行，另一部分人会选择通过变道来靠近出口匝道，进而选择就近出口匝道离开。

拥堵状态下，人们希望最大限度地驶出拥堵路段，因此，此时的交通流流量已接近道路剩余通行能力。我们定义换道系数 ψ_2 体现换道行为引发的道路交通流流量降低。

$$Q_l = Q_0 \psi_2$$

将 5.3.2 与 5.3.3 结合起来，驶离匝道的交通流流量 Q_e ，与换道行为下的交通流流量 Q_l ，共同决定了拥堵状态下的交通流量。

$$Q_h = Q_l - Q_e$$

将上式代入 $k = aQ^2 + bQ + c$ 中，就可以得到相应的密度值。

5.4 拥堵蔓延速度模型

5.4.1 基于历史流量与速度的拥堵蔓延速度模型

通过智能交通（ITS）可以收集到车流量、速度等信息。对历史数据进行分析，我们可以得到正常情况下交通流规律，同时得到每一时段的平均速度。

通过 5.1、5.2、5.3 提供的算式，进行整理，我们可以构建出拥堵蔓延速度模型。

$$v_s = \frac{Q_H - Q_h}{\frac{1}{m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l} - (aQ_h^2 + bQ_h + c)}$$

将上述模型进行进一步整理：得到以下公式：

$$v_s = \frac{(Q_H - Q_h)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}{1 - (aQ_h^2 + bQ_h + c)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}$$

$$m_1 = \frac{v_f(2v_c - v_f)}{k_j v_c^2}$$

$$\text{其中: } m_2 = \frac{v_f(v_f - v_c)^2}{k_j v_c^2}$$

$$m_3 = \frac{1}{Q_c} - \frac{v_f}{k_j v_c^2}$$

$$Q_h = Q_s \psi_1 \frac{R - R_1}{R} - Q_r \psi_2 \frac{R_2}{R}$$

5.4.2 基于速度的拥堵蔓延速度模型^[3]

当条件有限时，只能获取速度数据，正常状态的流量密度可以通过 Van Aerde 模型间接获得。综合以上各式，在仅有速度时：

$$v_s = \frac{v_l - Q_h(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}{1 - (aQ_h^2 + bQ_h + c)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}$$

$$m_1 = \frac{v_f(2v_c - v_f)}{k_j v_c^2}$$

$$\text{其中: } m_2 = \frac{v_f(v_f - v_c)^2}{k_j v_c^2}$$

$$m_3 = \frac{1}{Q_c} - \frac{v_f}{k_j v_c^2}$$

$$Q_h = Q_s \psi_1 \frac{R - R_1}{R} - Q_r \psi_2 \frac{R_2}{R}$$

代入计算时，由于 Q_h 表示的是单车道流量，因此在实际运用中需将获取的断面流量数据化为单车道数据。

5.4.3 拥堵范围内出口匝道个数 R_2 的计算方法

R_2 由拥堵蔓延距离与出口匝道密度共同决定。

计算方法：step1：确定出口间距（获取途径：百度地图测量或查找建筑图纸）

step2：设计时间步长

step3：求解该时间步长下单个出口匝道影响下的拥堵蔓延距离

step4：对比蔓延距离与出口匝道间距，若蔓延距离>出口匝道间距，则进一步计算两个匝道口之间的拥堵蔓延范围。

step5：执行循环，直至拥堵蔓延范围内出口匝道考虑完全。

step6：获取 R_2

5.5 拥堵消散速度模型

拥堵蔓延速度模型用拥堵均质状态取代正常均质状态的快慢程度，与之相对比，拥堵消散模型是拥堵均质状态被正常均质状态稀释的快慢程度。拥堵均质状态是拥堵蔓延过程中正常均质状态的最终状态，又是拥堵消散过程向正常均质状态转化的初始状态。

因此，均质状态是交通事故影响下交通流状态演变过程中的过渡状态。

所以，交通事故下拥堵蔓延速度和拥堵消散速度模型结构大致相同。

由于可能发生拥堵消散的空间位置分为拥堵道路上游（拥堵车队尾端和拥堵车队下游（即事件所处位置）。因此将以下内容分为两种消散模型。

5.5.1 拥堵道路上的消散模型

$$v_d = \frac{(Q_h - Q_h)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}{1 - (aQ_h^2 + bQ_h + c)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}$$

或者

$$v_d = \frac{v_l - Q_h(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}{1 - (aQ_h^2 + bQ_h + c)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}$$

$$m_1 = \frac{v_f(2v_c - v_f)}{k_j v_c^2}$$

$$\text{其中: } m_2 = \frac{v_f(v_f - v_c)^2}{k_j v_c^2}$$

$$m_3 = \frac{1}{Q_c} - \frac{v_f}{k_j v_c^2}$$

$$Q_h = Q_s \psi_1 \frac{R - R_1}{R} - Q_r \psi_2 \frac{R_2}{R}$$

两个计算 v_d 的公式,前者是基于历史流量和速度这两种基础数据所构建的拥堵蔓延消散模型;后者是单独以速度为基础构建的拥堵蔓延消散模型。这种拥堵消散的速度方向与蔓延的速度方向相反。

5.5.2 拥堵道路下游消散速度模型

此模型指由于交通事件的解除而在拥堵车队始端形成消散波并逐渐向上游传播的现象。当事故车辆被移除时,密集的车流以饱和流率驶出瓶颈路段断面。所以,正常状态下的流量要用饱和流率表示。所以,对拥堵消散模型的基础上更正正常状态下的流量值,得到了典型交通事件拥堵道路下游消散速度的具体函数:

$$v_d = \frac{(Q_s - Q_h)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}{1 - (aQ_h^2 + bQ_h + c)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}$$

或

$$v_d = \frac{v_l - Q_h(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}{1 - (aQ_h^2 + bQ_h + c)(m_1 + \frac{m_2}{v_f - v_l} + m_3 v_l)}$$

$$m_1 = \frac{v_f(2v_c - v_f)}{k_j v_c^2}$$

$$\text{其中: } m_2 = \frac{v_f(v_f - v_c)^2}{k_j v_c^2}$$

$$m_3 = \frac{1}{Q_c} - \frac{v_f}{k_j v_c^2}$$

$$Q_h = Q_s \psi_1 \frac{R - R_1}{R} - Q_r \psi_2 \frac{R_2}{R}$$

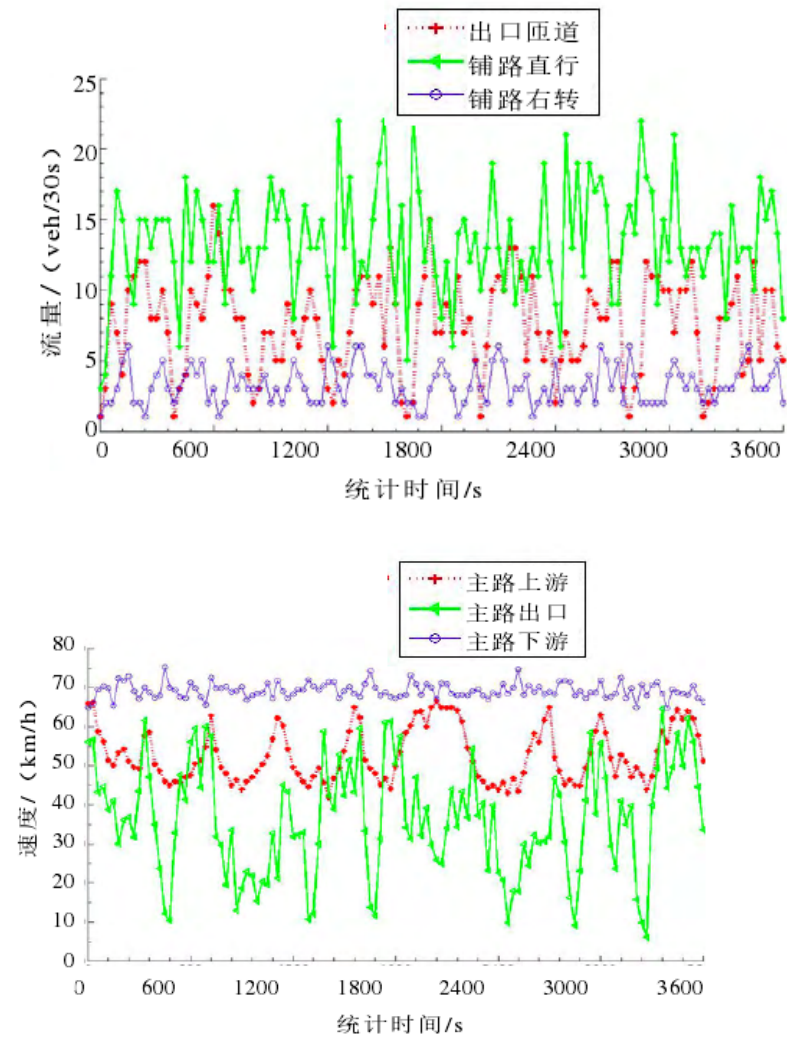
同样,两个描述 v_d 的式子,第一个是基于历史流量和速度这两种模型数据构建的拥堵蔓延消散模型。第二个则是单独以速度为基础数据构建的拥堵蔓延消散模型。此类拥堵消散的速度方向与拥堵蔓延的速度方向相同。

5.6 模型求解

本题目发生地点均位于成都二环路,因此,首先对二环路的相关数据进行收集。

事故发生时间位于高峰期，因此对于高峰期的成都二环上的车流量进行收集。^[4]

时间	主路 流量	主路 比例	辅路 直行 流量	辅路 比例	辅路 右转 流量	辅路 比例	出口 匝道 流量	出口 比例
2月10日	3352	0	1798	0.08	430	0.02	1508	0
3月10日	3398	0	1824	0.07	452	0.02	1634	0
平均	3375	0	1811	0.08	441	0.02	1571	0



上图所示的主路流量数据数据是利用摄像机等设备选取 2015 年 2 月 10 日和 3 月 10 日两天，晚高峰 17: 30~18: 30 时段在红牌楼东段主路（二环高架路）及辅路（地面道路），进行连续 1h 的数据采集，采集的内容包括：主路的速度、流量、占有率，辅路的流量、车辆排队，出口匝道的流量、车辆排队。数据每隔三十秒进行一次统计。由该图表我们可以得知晚高峰二环路在没有事故发生时流量平均为 3375 辆/h，出口匝道流量平均为 1571veh/h。

对于出口匝道通行能力容差值的获取，我们通过论文获得数据，出口匝道流量从 500 veh/h 增加到 1 000 veh/h 时，主路出口速度迅速降低，车辆占有率迅速增加，说明该

阶段出口处处于自由流动状态（自由流）状态；出口匝道流量在1 000 ~1 500 veh/h 范围时，主路出口在车速降低和占有率增加两方面的趋势有所减缓，说明该阶段出口能保持较稳定的运动状态；当出口匝道流量增加到1800 veh/h 时，1 800 veh/h 之后，速度与占有率基本保持不变，说明出口匝道流量1800 veh/h 是影响主路出口车速的极限流量。因此，我们取1800veh/h作为出口匝道的容差值。

对于高峰期的主路流量，结合上述论文数据和对于专业老师的询问结果。二环路高峰时期流量大约为3200veh/h。

下面利用 Van Aerde 模型进行计算：

位置	自由流速度	临界速度	通行能力	阻塞密度
	v_f (km/h)	v_c (km/h)	Q_c (veh/h/lane)	k_j (veh/h/km)
成都二环高架路	80（因最大限速要求）	40	1600(单车道)	144

阻塞密度的计算公式：

$$k_j = \frac{1000}{Hd} \quad Hd \text{ 表示车身长+车间距。}$$

将以上交通流参数的数值代入 Van Aerde 模型中，可算出中间变量的值。

由于掌握的数据量有限车流，交通部门可以在大数据的情况下抽取高峰时段的数据，利用 Van Aerde 模型绘制出密度-流量曲线，确定密度-流量关系式中 a,b,c 的值，根据出口匝道的能力容差，二环路的车道数为 2 车道，附件 1.2 事故造成单车道堵塞，计算出交通事故状态下的拥堵蔓延速度和消散速度。根据严重程度不同，对交警应答、赶到、撤离事故车辆所需的时间大致进行预测，计算出事故处理时间内对于二环路的影响范围，并通过电子显示屏对事故波及范围的预测结果进行播报。提醒市民调整出行路线。

除此之外，还可以对事故发生附近路段的匝道进行调控。一般方法为：交警通过监控中心观察排行长度，通过匝道红绿灯的调控，关闭事故点附近 1-2 个入口匝道，停止车辆进入二环路。以减少排队长度。

通过查阅资料，我们得知了二环高架清障车的位置，清障车位置如图中黑色五角星所示。成都二环高架清障拖车全天定点待命，准备了 4 辆清障拖车分别安排在人南立交、成温立交、北新立交、双桥子立交导流区等不影响交通的位置停放备勤，一旦接到快速清障指令，实行高架道路清障车辆的就近调度和快速出警。

经过百度地图测距，两个最远的清障车之间的距离为 8.2km,也就是说事故发生地点距离清障车最远只有 4.1 公里，清障车可以快速利用公交车道前往事故发生地点，假设清障车以 60km/h 运行，则 5min 内必能到达现场进行事故处理。经过询问相关部门的专业人员，在发生事故时，最有效的手段现阶段来说仍是交警现场疏导交通，交警以最快的速度抵达事发地点仍是最有效的举措。



六、模型优缺点分析

6.1 优点分析

优点：(1) 把拥堵消散事件分为拥堵和消散两个阶段解决。

(2) 把拥堵消散的速度与不同因素联系起来，确立表达式。

(3) 在不同的交通流三大关系模型中选择适用于成都二环路的 Van Aerde 模型。

(4) 不强行进行交通管制及不强行组织车辆下高架，符合人的心里愿望。

6.2 缺点分析

缺点：(1) 对于匝道的具体调控措施没有给出计算模型。

(2) 需要以大数据为依托，进行计算。

(3) 对于在事故发生拥堵范围内的车辆的消散措施说明不够具体、细致。

七、参考文献

- [1] 姜启源，数学模型（第四版），交通流与道路通行能力，高等教育出版社。
- [2] 邹娇；陶刚；刘俊；闫永刚，基于 Van Aerde 的城市主干路速度-流量模型研究，2014。
- [3] 张晓燕，基于交通波理论的典型交通事件下拥堵蔓延消散模型，2014。
- [4] 曹俊强，成都二环高架出口匝道与辅路对主路出口交通流特性的影响分析，2015。