



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107386144 B

(45)授权公告日 2019.10.15

(21)申请号 201710505177.0

G06F 17/50(2006.01)

(22)申请日 2017.06.28

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107386144 A

CN 106960097 A, 2017.07.18,
KR 363488 B, 2002.12.02,
CN 106408956 A, 2017.02.15,

(43)申请公布日 2017.11.24

审查员 郑婉

(73)专利权人 河海大学
地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛
城西路8号

(72)发明人 杜牧青 谭和清 吴季恒 林初染
钱文雯

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200
代理人 姜慧勤

(51)Int.Cl.
E01F 9/594(2016.01)

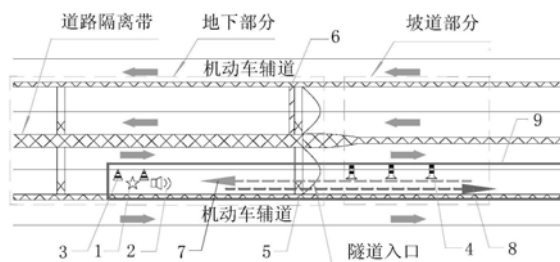
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种用于城市快速路事故救援的可变车道
线设计方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,该方法基于在发生交通事故后,城市道路顺向救援的效率往往因上游拥堵大大降低,但是事故点下游车流量较低,下游道路空间未被充分利用,提出将快速路主线道路部分最外侧行车道设计为可变车道。在事故发生后,运用现有道路交通管控方法,临时封闭事故点下游部分路段的单股车道并改变该车道的行驶方向,从而“开辟”出一段用于清障车和救护车逆向通行的绿色安全通道,有助于及时排除道路障碍,避免拥堵的大面积扩散。



1. 一种用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,其特征在于,包括以下步骤:

在快速路发生事故的事故点周围设置三角锥和语音喇叭,其中,三角锥用于隔离事故车辆,语音喇叭用于提醒路过的驾驶人员;

将快速路主线道路部分路段的最外侧行车道设置为可变车道线,在发生事故后将该段车道隔离供救援车辆逆向行驶到达事故点,可变车道线的起点位于事故点上游,在可变车道线的起点设置可移动提示牌,并显示“右侧车道临时封闭”字样;可变车道线的终点位于事故点下游,且将距离事故点最近的出口或入口作为终点;从起点到终点每隔一段间距设置反光警示柱,且反光警示柱设置于最外侧行车道和与之相邻的行车道之间;

将可变车道线起点上游路段的悬挂式智能显示诱导屏和立柱式智能显示诱导屏都显示“前方右侧车道临时封闭”字样;

所述可变车道线的铺设长度计算方法为:

根据GreenShields模型推算可变车道线长度,GreenShields模型为:

$$V = V_f \cdot \left(1 - \frac{K}{K_j}\right)$$

其中, V_f 为自由流速度, K 为交通密度,阻塞密度 $K_j = \frac{4 \cdot C_a}{V_f}$, C_a 为单车道平均通行能力,

因此,道路交通流量 Q 与交通密度 K 的关系式表达如下:

$$Q = V_f \cdot K - \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \cdot K^2$$

进一步,根据交通流理论,将拥堵引起的车辆排队看作反向传递的冲击波,排队尾部为冲击波面,则冲击波速度 V_w 有:

$$V_w = \frac{Q_1 - Q_2}{K_2 - K_1} = -V_f + \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \cdot (K_2 + K_1)$$

其中, Q_1 为冲击波面上游的交通流量, K_1 为上游交通密度, Q_2 为冲击波面下游的交通流量, K_2 为下游交通密度,根据 Q_1 ,得到 K_1 :

$$K_1 = 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f}$$

将 K_1 表达式代入冲击波速度 V_w 表达式中,得到:

$$V_w = -V_f + \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right)$$

逆向救援更优的等价条件是抵达事故现场的时间更短,即逆向救援时间 $T_{\text{逆}}$ 小于正向救援时间 $T_{\text{正}}$, $T_{\text{逆}} = T + \frac{x}{V_{\text{清}}} + \frac{x}{V_{\text{柱}}} < T_{\text{正}} = T + \frac{V_w \cdot T}{V_2}$,其中, T 为正向抵达事故点的时间, $V_{\text{清}}$ 为清障

车逆向行驶速度, $V_{\text{柱}}$ 为反光警示柱的投放速度, x 为事故点距可变车道线终点的距离,

$V_2 = V_f \cdot \left(1 - \frac{K_2}{K_j}\right)$,则有

$$x < \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{V_w \cdot T}{V_2}$$

将冲击波速度 V_w 表达式代入 x 表达式中,得到:

$$x < \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{K_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right]$$

当事故点距可变车道线终点的距离 x 满足上述条件时,采用逆向救援,时间更优,因此,将实际最大交通流量 Q_{max} 代入上式中,得到可变车道线的铺设长度 s :

$$s = \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{K_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_{max} \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right]$$

2. 根据权利要求1所述用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,其特征在于,所述下游交通密度 K_2 表达式为:

$$K_2 = \frac{O_2}{W_k}$$

其中, O_2 为 K_2 对应的时间占有率, $W_k = 1 + d$, l 为车身长度, d 为地感线圈沿行车方向的长度,地感线圈按设定的间距埋设于可变车道线路段。

3. 根据权利要求2所述用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,其特征在于,所述地感线圈设定的间距为100m。

4. 根据权利要求1所述用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,其特征在于,所述可变车道线的铺设长度 s 为:

$$s = \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{O_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a \cdot W_k}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(\frac{O_2}{W_k} + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_{max} \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right]$$

其中, $V_{清}$ 为清障车逆向行驶速度, $V_{柱}$ 为反光警示柱的投放速度, T 为正向抵达事故点的时间, O_2 为 K_2 对应的时间占有率, K_2 为下游交通密度, V_f 为自由流速度, C_a 为单车道平均通行能力, W_k 为车身长度与地感线圈沿行车方向长度之和, Q_{max} 为实际最大交通流量。

一种用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,具体涉及对缺少应急车道的城市快速路路段进行用于救援的可变车道的设计,属于道路交通控制管理技术领域。

背景技术

[0002] 在道路交通事故发生后,快速高效地清除故障车辆、疏导车流是促进车道畅通、缩短拥堵时间的有效方法。对于设置应急车道的高速公路,清障车和救护车可以迅速到达事故现场。但是,对于没有设置应急车道的城市快速路,救护或清障车辆仅能从拥堵的事故点上游缓慢行驶到达事故点,再进行事故处理和交通组织。救护或清障车辆行程时间会因为拥堵大大延长,救援效率显著下降。然而,事故点下游交通流量较低,有充分的空间可以利用。因此,在城市快速路路段设置可变车道从而实行逆向救援具有一定优越性。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,针对缺少应急(安全)车道的城市快速路路段,设置可变车道实行逆向救援,提高救援效率。

[0004] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0005] 一种用于城市快速路事故救援的可变车道线设计方法,包括以下步骤:

[0006] 在快速路发生事故的事故点周围设置三角锥和语音喇叭,其中,三角锥用于隔离事故车辆,语音喇叭用于提醒路过的驾驶人员;

[0007] 将快速路主线道路部分路段的最外侧行车道设置为可变车道线,在发生事故后将该段车道隔离供救援车辆逆向行驶到达事故点,可变车道线的起点位于事故点上游,在可变车道线的起点设置可移动提示牌,并显示“右侧车道临时封闭”字样;可变车道线的终点位于事故点下游,且将距离事故点最近的出口或入口作为终点;从起点到终点每隔一段间距设置反光警示柱,且反光警示柱设置于最外侧行车道和与之相邻的行车道之间;

[0008] 将可变车道线起点上游路段的悬挂式智能显示诱导屏和立柱式智能显示诱导屏都显示“前方右侧车道临时封闭”字样。

[0009] 作为本发明的一种优选方案,所述可变车道线的铺设长度计算方法为:

[0010] 根据GreenShields模型推算可变车道线长度,GreenShields模型为:

$$[0011] \quad V = V_f \cdot \left(1 - \frac{K}{K_j}\right)$$

[0012] 其中, V_f 为自由流速度, K 为交通密度,阻塞密度 $K_j = \frac{4 \cdot C_a}{V_f}$, C_a 为单车道平均通行能力,因此,道路交通流量 Q 与交通密度 K 的关系式表达如下:

$$[0013] \quad Q = V_f \cdot K - \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \cdot K^2$$

[0014] 进一步,根据交通流理论,将拥堵引起的车辆排队看作反向传递的冲击波,排队尾部为冲击波面,则冲击波速度 V_w 有:

$$[0015] \quad V_w = \frac{Q_1 - Q_2}{K_2 - K_1} = -V_f + \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \cdot (K_2 + K_1)$$

[0016] 其中, Q_1 为冲击波面上游的交通流量, K_1 为上游交通密度, Q_2 为冲击波面下游的交通流量, K_2 为下游交通密度,根据 Q_1 ,得到 K_1 :

$$[0017] \quad K_1 = 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f}$$

[0018] 将 K_1 表达式代入冲击波速度 V_w 表达式中,得到:

$$[0019] \quad V_w = -V_f + \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right)$$

[0020] 逆向救援更优的等价条件是抵达事故现场的时间更短,即逆向救援时间 $T_{\text{逆}}$ 小于正向救援时间 $T_{\text{正}}$, $T_{\text{逆}} = T + \frac{x}{V_{\text{清}}} + \frac{x}{V_{\text{柱}}} < T_{\text{正}} = T + \frac{V_w \cdot T}{V_2}$,其中, T 为正向抵达事故点的时间, $V_{\text{清}}$ 为清障车逆向行驶速度, $V_{\text{柱}}$ 为反光警示柱的投放速度, x 为事故点距可变车道线终点的距离,

$$V_2 = V_f \cdot \left(1 - \frac{K_2}{K_j} \right), \text{ 则有}$$

$$[0021] \quad x < \frac{V_{\text{清}} \cdot V_{\text{柱}} \cdot V_w \cdot T}{V_{\text{清}} + V_{\text{柱}} \cdot V_2}$$

[0022] 将冲击波速度 V_w 表达式代入 x 表达式中,得到:

$$[0023] \quad x < \frac{V_{\text{清}} \cdot V_{\text{柱}}}{V_{\text{清}} + V_{\text{柱}}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{K_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a} \right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right]$$

[0024] 当事故点距可变车道线终点的距离 x 满足上述条件时,采用逆向救援,时间更优,因此,将实际最大交通流量 Q_{max} 代入上式中,得到可变车道线的铺设长度 s :

$$[0025] \quad s = \frac{V_{\text{清}} \cdot V_{\text{柱}}}{V_{\text{清}} + V_{\text{柱}}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{K_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a} \right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_{\text{max}} \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right]。$$

[0026] 作为本发明的一种优选方案,所述下游交通密度 K_2 表达式为:

$$[0027] \quad K_2 = \frac{O_2}{W_k}$$

[0028] 其中, O_2 为 K_2 对应的时间占有率, $W_k = 1 + d$, l 为车身长度, d 为地感线圈沿行车方向的长度,地感线圈按设定的间距埋设于可变车道线路段。

[0029] 作为本发明的一种优选方案,所述地感线圈设定的间距为100m。

[0030] 作为本发明的一种优选方案,所述可变车道线的铺设长度s为:

$$[0031] \quad s = \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{O_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a \cdot W_k}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(\frac{O_2}{W_k} + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_{max} \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right]$$

[0032] 其中, $V_{清}$ 为清障车逆向行驶速度, $V_{柱}$ 为反光警示柱的投放速度, T 为正向抵达事故点的时间, O_2 为 K_2 对应的时间占有率, K_2 为下游交通密度, V_f 为自由流速度, C_a 为单车道平均通行能力, W_k 为车身长度与地感线圈沿行车方向长度之和, Q_{max} 为实际最大交通流量。

[0033] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

[0034] 本发明通过设置外侧道路的车道线为可变车道线,运用现有道路交通管控方法,临时封闭事故点下游部分路段的单股车道并改变该车道的行驶方向,从而“开辟”出一段用于清障车和救护车逆向通行的绿色安全通道,有助于及时排除道路障碍,避免拥堵的大面积扩散。

附图说明

[0035] 图1是本发明可变车道线的布局图。

[0036] 图2是利用本发明可变车道线进行救援的流程图。

[0037] 图3是本发明可变车道线与各种距离的关系。

[0038] 图4是交通流理论中冲击波流量与交通密度图。

具体实施方式

[0039] 下面详细描述本发明的实施方式,所述实施方式的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施方式是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0040] 本发明在充分调研城市快速路路段交通运行条件的基础上,利用事故发生后事故点“上游交通流量大、下游交通流量低”的特点,提出了设计一条事故点下游的可变车道方法来实现逆向救援。

[0041] 可变车道线设计:

[0042] 对于快速路路段,仅需将最外侧的行车道设置为可变车道即可满足一般事故救援所需,故仅将外侧行车道的行车线画为可变车道线即可。可变车道线采用现有的双黄虚线形式的潮汐车道线。可变车道线设计方案主要体现清障和救援车辆的路线、各种救援设施的布设位置、逆向隔离路段三方面,如图1所示。

[0043] 图1中,1-事故点,2-语音喇叭,3-三角锥,4-反光警示柱,5-隧道车道灯,6-悬挂式智能显示诱导屏,7-救援到达方向,8-救援返回方向,9-逆向封闭路段。

[0044] 利用可变车道实施救援流程与隔离方案:

[0045] 目前实际快速路段包括地面路段、隧道路段、高架路段,三种路段的救援流程与方案都非常类似,在这里介绍隧道路段的救援流程与隔离方案,其他路段可参照隧道路段来进行。救援流程如图2所示:

[0046] 1) 上游预警:接到报警后,将事故点上游的悬挂式、立柱式智能诱导屏屏幕显示设

置为“前方右侧车道临时封闭”；

[0047] 2) 事故点附近隔离:事故发生后,两名骑警到达现场维持秩序,获取预存于隧道的隔离、预警装置,并在事故现场上游30~50m处安放可移动提示牌。可移动提示牌摆放在在最右侧封闭车道内,LED屏幕显示“右侧车道临时封闭”。同时现场采取语音广播喇叭提示路过的驾驶人员,并用安全锥隔离出事故车辆等待清障车到达;

[0048] 3) 事故点下游单股封闭车道警示:由警用摩托在事故点下游的单股封闭车道边沿每隔一定距离放置反光警示柱,放置反光警示柱的原则为:驾驶员看到反光警示柱时,保证下一个反光警示柱在其视距之内,鉴于城市快速路的线形设计指标以停车视距为控制指标,故相邻反光警示柱的间距可根据快速路的停车视距设置,反光警示柱间距如表1,该路段的悬挂式、立柱式智能诱导屏显示“右侧车道临时封闭”。

[0049] 表1反光警示柱间距

[0050]

快速路设计车速 (km/h)	100	80	60
反光警示柱间距 (m)	160	110	75

[0051] 4) 穿越逆向进出口隔离:部分须逆行的出入口应在救护车和清障车通过时段由交警利用三角锥封闭。(仅在通过出入口时短暂封闭)。

[0052] 可变车道线铺设长度与适用条件计算方法:

[0053] 设该路段的单车道平均通行能力为 C_a ,自由流速度为 V_f ,事故发生时刻为0,离出口最近的地感线圈与出口距离为 D ,地感线圈间距也为 D ,事故点位置距离出口距离为 x ,可变车道线长度为 s ,相邻出入口间距为 L 。城市快速的出入口具体表现为:地面路段的主路出入口,隧道路段的隧道出入口或长隧道的车行横洞,高架路段的进口或出口匝道。可变车道的铺设应当以上述某一出入口为终点,逆行车方向延伸距离 s ,其长度不超过相邻出入口间距,即 $s < L$ 。上述距离的测量可参考图3所示。

[0054] 事故点上游开始形成拥堵车流,基于交通流理论,随着时间推移,冲击波向后传递,设冲击波面上游流量为 Q_1 ,交通密度为 K_1 ,冲击波面下游流量为 Q_2 ,交通密度为 K_2 ,交通波的传递速度为 V_w ,如图4所示。

[0055] 本发明根据GreenShields模型推算可变车道长度。具体地,GreenShields模型为:

$V = V_f \cdot (1 - \frac{K}{K_j})$,其中,自由流速度为 V_f ,阻塞密度 $K_j = \frac{4 \cdot C_a}{V_f}$,故流量 Q 与交通密度 K 的关系

式可表达如下:

$$[0056] \quad Q = V_f \cdot K - \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \cdot K^2 \quad (1)$$

[0057] 进一步,冲击波速度 V_w 有:

$$[0058] \quad V_w = \frac{Q_1 - Q_2}{K_2 - K_1} = -V_f + \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \cdot (K_2 + K_1) \quad (2)$$

[0059] 由于上游属于非拥挤区,且上游流量为 Q_1 ,故由(1)可得 K_1 :

$$[0060] \quad K_1 = 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \quad (3)$$

[0061] 将(3)式代入(2)式:

$$[0062] \quad V_w = -V_f + \frac{V_f^2}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right) \quad (4)$$

[0063] 设清障车进入排队的时刻为T, 骑警正向抵达事故点的时刻也近似为T, 清障车逆向行驶速度为 $V_{清}$, 反光警示柱的投放速度为 $V_{柱}$, 则正向救援时间有: $T_{正} = T + \frac{V_w \cdot T}{V_2}$, 逆向救援

抵达时间有: $T_{逆} = T + \frac{x}{V_{清}} + \frac{x}{V_{柱}}$, 逆向救援更优的等价条件是抵达现场的时间更短, 即 $T_{逆} < T_{正}$, 即

$$[0064] \quad x < \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{V_w \cdot T}{V_2} \quad (5)$$

[0065] 将(4)式代入(5)式, 于是得到逆向救援适用条件:

$$[0066] \quad x < \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{K_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right] \quad (6)$$

[0067] 将实际最大交通流量 Q_{max} ($Q_{max} \leq C_a$) 代入(6)式, 此时的x即为可变车道线的铺设长度s:

$$[0068] \quad s = \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{K_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(K_2 + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_{max} \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right] \quad (7)$$

[0069] 由于实际中, 交通密度直接获取较困难, 一般通过地感线圈测量道路时间占有率进而推算交通密度, 地感线圈的放置如图3所示, 可逆车道线未铺设的路段不需埋设地感线圈, 地感线圈间距D的确定考虑事故发生时刻到驾驶员完成报警时刻冲击波向后传递的距离, 这个时间段大致为2~3min, 在冲击波传递速度较低时, 冲击波向后传递的距离大致为100m, 故D取100m. 通过时间占有率推算交通密度的具体方法如下:

[0070] 对于一实际路段利用地感线圈测算交通密度 K_b , 若地感线圈沿行车方向的长度为d, 在检测时间t内一共有N+1辆小汽车通过检测地点, 即可以得到N个车头时距, 设第i个车头时距为 h_i , 第i辆车的车身长度为 l_i , 第i辆车通过地感线圈的速度为 u_i , 则平均车头时距

$$\bar{h} = \frac{1}{N} \sum_i h_i, \text{ 交通量 } q = \frac{1}{h}, \text{ 车队经过感应线圈的区间平均速度 } \bar{u}_s = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{u_i}}, \text{ 时间占有率}$$

$$O = \frac{1}{h} \sum_i \frac{l_i}{u_i} + d \cdot K_b。$$

[0071] 若车身长度为定值l, 则时间占有率 $O = l \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{u_i} + d \cdot K_b = l \cdot \frac{q}{u_s} + d \cdot K_b = (l + d) \cdot K_b$,

即交通密度有:

$$[0072] \quad K_b = \frac{O}{W_k} \quad (8)$$

[0073] 式中： W_k 为车身长度与地感线圈沿行车方向长度之和。

[0074] 设 K_2 对应的的时间占有率为 O_2 ，将(8)式分别代入(6)、(7)式得：

$$[0075] \quad x < \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{O_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a \cdot W_k}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(\frac{O_2}{W_k} + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_1 \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right] \quad (9)$$

$$[0076] \quad s = \frac{V_{清} \cdot V_{柱}}{V_{清} + V_{柱}} \cdot \frac{T}{\left(1 - \frac{O_2 \cdot V_f}{4 \cdot C_a \cdot W_k}\right)} \cdot \left[\frac{V_f}{4 \cdot C_a} \left(\frac{O_2}{W_k} + 2 \cdot \frac{C_a - \sqrt{C_a^2 - Q_{max} \cdot C_a}}{V_f} \right) - 1 \right] \quad (10)$$

[0077] 式中各参数含义同上，但须注意由于时间占有率和交通密度都是对于某条车道的概念，故多车道的通行能力须先转换为每车道的平均通行能力再代入上式进行计算。

[0078] 下面结合实际条件对参数进行取值来说明：

[0079] 清障车速度 $V_{清}=20\text{km/h}$ ，反光警示柱投放速度为 $V_{柱}=10\text{km/h}$ ，救援车辆正向行驶开始排队的时刻 $T=0.3\text{h}$ ，车辆车身长度取小轿车的平均车身长度，即 4.5m ，实际中地感线圈沿行车方向长度一般取值为 1m 。

[0080] 对于一双向四车道的某行驶方向的两车道，设 $Q_{max}=C_a$ ，自由流车速 V_f 为 80km/h （实际中采用道路设计时速），通行能力为 4000veh/h ，故平均单车道的通行能力为 $C_a=2000\text{veh}/(\text{h} \cdot \text{车道})$ ，时间占有率 $O_2=0.4125$ ， $W_k=0.0055\text{km}$ ，则由式(9)可得适用条件 $x < 2 - \frac{1}{10} \sqrt{1600 - 0.4Q_1}$ ，此时铺设长度 $s=2\text{km}$ 。

[0081] 根据不同快速路段的 V_f 、 C_a 、 Q 取值，在 $V_{清}$ 、 $V_{柱}$ 、 T 、 W_k 按上述取值的情况下，行车道的铺设长度 s 取值可参考表2，其中 V_f 表示自由流速度(km/h)， O_2 表示交通波下游车道时间占有率(无量纲，表中取值根据交通流基本状态拥挤区域的典型密度所对应的时间占有率)， C_a 表示路段单车道平均通行能力(veh/(h·车道))（根据《城市快速路设计规程(CJJ129-2009)》中对于不同设计车速的一条车道设计通行能力进行取值，并伴随一定波动）。

[0082] 表2可变逆向车道线的铺设距离 s (单位:km)

[0083]

$V_f = 60 \text{ km/h}$					
$O_2 \backslash C_a$	1000 veh/(h·车道)	$O_2 \backslash C_a$	1200 veh/(h·车道)	$O_2 \backslash C_a$	1400 veh/(h·车道)
0.23	0.34	0.28	0.38	0.32	0.33
0.28	1.12	0.33	1.00	0.39	1.08
0.32	2.93	0.39	3.40	0.45	3.05
$V_f = 80 \text{ km/h}$					
$O_2 \backslash C_a$	1400 veh/(h·车道)	$O_2 \backslash C_a$	1600 veh/(h·车道)	$O_2 \backslash C_a$	1800 veh/(h·车道)
0.24	0.33	0.28	0.34	0.31	0.34
0.29	1.03	0.33	1.00	0.37	0.98
0.34	3.28	0.39	3.40	0.43	2.81
$V_f = 100 \text{ km/h}$					
$O_2 \backslash C_a$	1600 veh/(h·车道)	$O_2 \backslash C_a$	1800 veh/(h·车道)	$O_2 \backslash C_a$	2000 veh/(h·车道)

[0084]

0.22	0.33	0.25	0.36	0.28	0.38
0.26	0.91	0.30	1.06	0.33	1.00
0.31	3.19	0.35	3.30	0.39	3.40

[0085] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明保护范围之内。

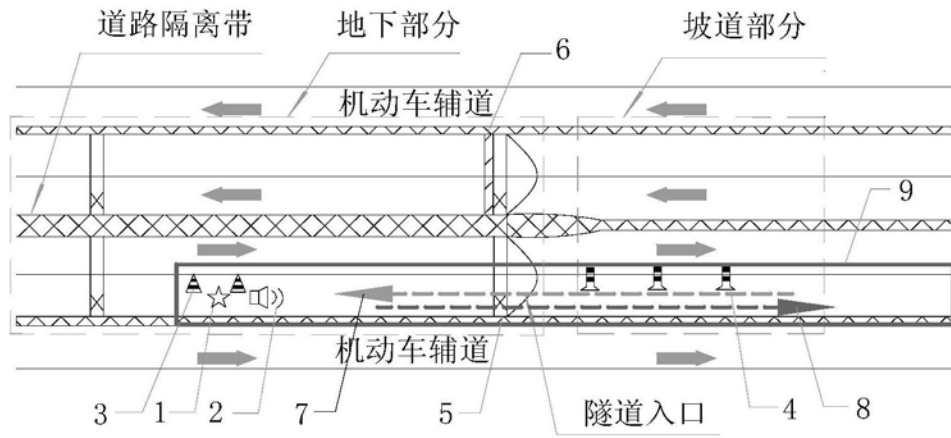


图1

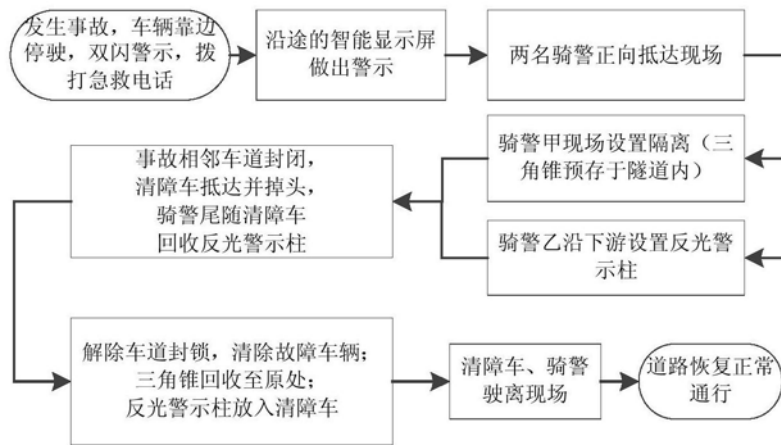


图2

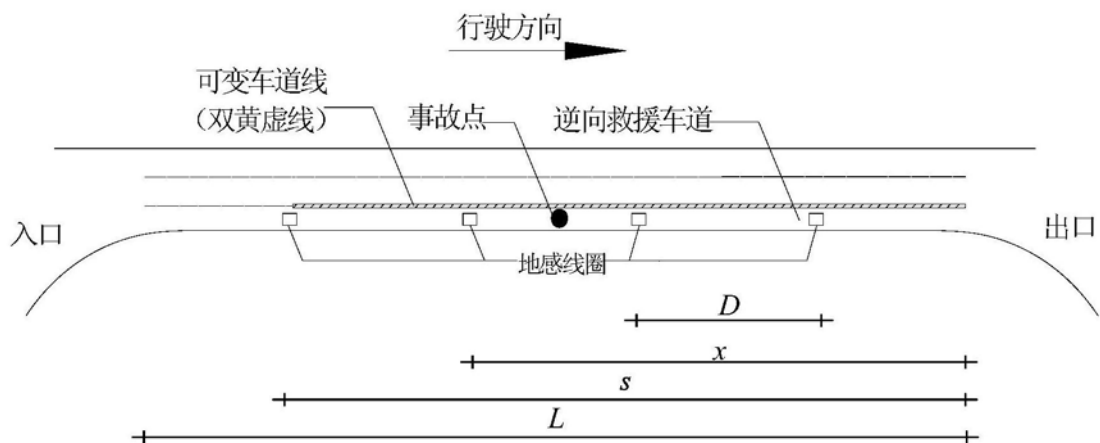


图3

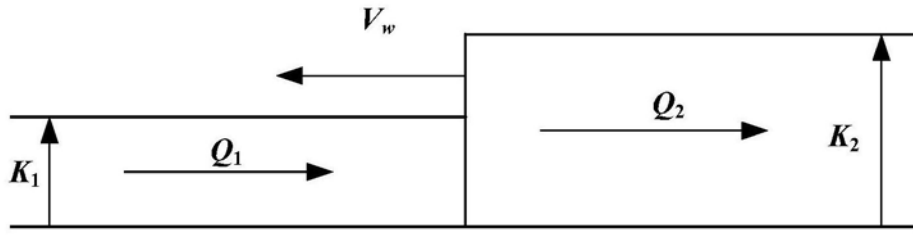


图4