



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115880884 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 31

(21) 申请号 202211165614.6

(22) 申请日 2022.09.23

(71) 申请人 长安大学

地址 710064 陕西省西安市雁塔区南二环路中段

(72) 发明人 赵祥模 李泽 吴霞 龚思远
闵海根 孙艺菡 孙康 郑国辉
王文静 张聪丽 李成铭 纵佳美

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
专利代理师 王艾华

(51) Int. Cl.

G08G 1/00 (2006.01)

G08G 1/01 (2006.01)

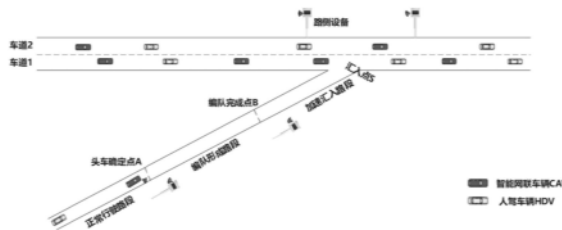
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法

(57) 摘要

本发明涉及智能交通领域,尤其涉及一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,包括以下步骤:S1,将高速公路匝道路段分为正常行驶路段、编队形成路段和加速汇入路段;S2,智能网联车和人驾跟驰车辆在编队形成路段形成车辆编队;S3,计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间 $[t_{min}, t_{max}]$;S4,对主干道智能网联车与匝道路段上的智能网联车进行协同控制,在主干道为匝道上的编队车辆预留出汇入间隙;S5,车辆编队汇入主干道。本发明依靠车联网技术提前获取高速公路主干道和下游合流区的交通状况,通过控制智能网联车的速度引导匝道车辆安全汇入高速公路主干道,避免出现驾驶员仅仅根据自身的驾驶经验和周围的驾驶环境寻找汇入主干道的时机的情况。



CN 115880884 A

1. 一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1,将匝道路段分为正常行驶路段、编队形成路段和加速汇入路段,在匝道路段上标记头车确定点A、编队完成点B和汇入点S;

S2,智能网联车和人驾跟驰车辆在编队形成路段形成以智能网联车为头车的车辆编队;

S3,计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间 $[t_{\min}, t_{\max}]$;

S4,对主干道智能网联车与匝道路段上的智能网联车进行协同控制,在主干道上为匝道上的编队车辆预留出汇入间隙;

S5,车辆编队汇入主干道。

2. 根据权利要求1所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,其特征在于,在S2中,编队完成时,智能网联车与紧跟的人驾跟驰车辆之间满足公式:

$$L_A + \int_0^t v_{\text{head_cav}}(t) dt = \int_0^t v_{\text{follower}}(t) dt + L_H$$

式中, L_A 为头车确定点A在匝道上的位置;

$v_{\text{head_cav}}(t)$ 为形成编队的头车在t时刻的行驶速度;

$v_{\text{follower}}(t)$ 为形成编队的人驾跟驰车辆在t时刻的行驶速度;

L_H 为头车和人驾跟驰车辆形成编队时的车间距。

3. 根据权利要求2所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,其特征在于,在S3中,计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间的具体步骤为:首先计算智能网联车在匝道上行驶的最低速度,再分别计算智能网联车和人驾跟驰车辆完全到达汇入点S的时间,最后计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间。

4. 根据权利要求3所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,其特征在于,智能网联车在匝道上行驶的速度满足公式:

$$L_A + v_{\min} t = v_{\max} t + L_H$$

$$v_{\min} t = L_B - L_A$$

式中, v_{\min} 为车辆在匝道上行驶的最低速度;

v_{\max} 为车辆在匝道上行驶的最高速度;

L_B 为匝道上编队完成点B的位置;

t为车辆在匝道上的行驶时间。

5. 根据权利要求3所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,其特征在于,根据车辆编队完成点计算智能网联车到达汇入点S的时间:

情况一:当车辆编队的编队完成点与匝道上标记的编队完成点B重合时,智能网联车到达汇入点S的时间 $t_{\text{cav_to_S}}$ 满足公式:

$$\frac{L_S - L_B - \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2a_{\text{cav1}}}}{v_{\max}} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{a_{\text{cav1}}} = t_{\text{cav_to_S}};$$

情况二:当车辆编队的编队完成点位于匝道上头车确定点A与编队完成点B之间时,智能网联车到达汇入点S的时间 $t_{\text{cav_to_S}}$ 满足公式:

$$\frac{L_S - L_{Current_HeadCav_Pos} - \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2a_{cavl}}}{v_{\max}} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{a_{cavl}} = t_{cav_to_S}$$

式中, L_B 为匝道上编队完成点B的位置;

L_S 为匝道上汇入点S的位置;

a_{cavl} 为智能网联车的加速度;

$L_{Current_HeadCav_Pos}$ 为编队成功时智能网联车在匝道上的位置。

6. 根据权利要求5所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法, 其特征在于, 基于Newell跟驰模型计算人驾跟驰车辆到达汇入点S的时间, 满足公式:

$$t_n = t_{cav_to_S} + \sum_{i=2}^n \left(\tau_n + \frac{d_n}{v_{\max}} \right)$$

式中, τ_n 为人驾跟驰车辆反应时间;

d_n 为人驾跟驰车辆最小跟车间距;

n 为编队中第 n 辆车, $n \neq 1$ 。

7. 根据权利要求6所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法, 其特征在于, 车辆编队完全到达汇入点S的时间区间为 $[t_{\min}, t_{\max}]$, 其中, 最短时间 t_{\min} 的计算公式为:

$$t_{\min} = \begin{cases} \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_B}{v_{\max}} & \text{(情况一)} \\ \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_{Current_HeadCav_Pos}}{v_{\max}} & \text{(情况二)} \end{cases}$$

最长时间 t_{\max} 的计算公式为:

$$t_{\max} = \begin{cases} \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_B}{v_{\min}} & \text{(情况一)} \\ \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_{Current_HeadCav_Pos}}{v_{\min}} & \text{(情况二)} \end{cases}$$

式中, N 为匝道车辆编队中车辆数量;

L_H 为处于跟驰状态时队列的车间距;

l 为车辆的车身长度。

8. 根据权利要求3所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法, 其特征在于, 在S4中, 当主干道上的智能网联车的位置位于区间 $[M_S - v_{\text{mainlane_max}} t_{\max}, M_S - v_{\text{mainlane_max}} t_{\min}]$ 内, 调整此主干道上的智能网联车的速度为匝道车辆编队预留安全的汇入间隙, 其中, $v_{\text{mainlane_max}}$ 为高速公路主干道最高限速, M_S 为主干道起点到汇入点S的距离。

9. 根据权利要求8所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法, 其特征在于, 在S4中, 主干道上的智能网联车的速度 $v_{\text{mainlane_cav}}$ 满足公式:

$$L_{\text{mainlane_cav}} + \int_0^{t_N} v_{\text{mainlane_cav}}(t) dt < M_S$$

其中, $L_{\text{mainlane_cav}}$ 为当匝道内车辆编队成功时, 主干道上协同控制智能网联车的位置;

t_N 为车辆编队内最后一辆车行驶至汇入点S所需要的时间;

$v_{\text{mainlane_cav}}(t)$ 为主干道上协同控制智能网联车在 t 时刻的行驶速度。

10. 根据权利要求8所述的基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法, 其特征在于, 在S4中, 主干道上, 智能网联车与其前车之间的车间间距 $L_{\text{mainlane_cav_followdist}}$ 满足公式:

$$L_{\text{mainlane_cav_followdist}} > (N-1) L_H + N \cdot l$$

式中, N 为匝道车辆编队中车辆数量;

L_H 为处于跟驰状态时队列的车间距;

l 为车辆的车身长度, 本实施例中假设智能网联车与人驾跟驰车辆的车身长度相同, 均为1。

基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通领域,具体为一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法。

背景技术

[0002] 随着5G通信技术、车联网技术、智能汽车以及路侧设备的发展,智能网联车这一新时代产品逐渐走向人们的视野。智能网联车辆可以依靠其精准的感知、通行和控制能力能够提高管控策略的精度和效果,同时还可避免传统人驾跟驰车辆驾驶人员驾驶行为的随机性和不确定性给交通系统运行带来的负面影响。

[0003] 匝道合流区作为高速公路的汇流节点,由于频繁的换道和驾驶行为的随机性,往往是高速公路交通拥堵的重灾区,交通安全问题也时有发生。当高速公路主干道车流量较大时,若匝道车辆无法寻找到合适的汇入间隙,将导致主干道车辆的强制换道行为,会进一步加剧合流区的交通拥堵。

[0004] 现有的针对高速公路匝道交通流管控的方法多为传统的信号灯控制,但是针对高速公路匝道汇流点这样复杂的交通场景,单一的信号配时控制难以应对匝道合流区运行复杂的交通流。此外,智能网联车的控制也是匝道混合交通流管控的难点,对智能网联车不合理的速度控制反而会加剧高速公路下游路段的交通拥堵。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在高速公路匝道汇流点拥堵的管控问题,本发明提供一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法。

[0006] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,包括以下步骤:

[0008] S1,将匝道路段分为正常行驶路段、编队形成路段和加速汇入路段,在匝道路段上标记头车确定点A、编队完成点B和汇入点S;

[0009] S2,智能网联车和人驾跟驰车辆在编队形成路段形成以智能网联车为头车的车辆编队;

[0010] S3,计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间 $[t_{\min}, t_{\max}]$;

[0011] S4,对主干道智能网联车与匝道路段上的智能网联车进行协同控制,在主干道上为匝道上的编队车辆预留出汇入间隙;

[0012] S5,车辆编队汇入主干道。

[0013] 优选的,在S2中,编队完成时,智能网联车与紧跟的人驾跟驰车辆之间满足公式:

$$[0014] \quad L_A + \int_0^t v_{\text{head_cav}}(t) dt = \int_0^t v_{\text{follower}}(t) dt + L_H$$

[0015] 式中, L_A 为头车确定点A在匝道上的位置;

[0016] $v_{\text{head_cav}}(t)$ 为形成编队的头车在t时刻的行驶速度;

[0017] $v_{\text{follower}}(t)$ 为形成编队的人驾跟驰车辆在t时刻的行驶速度;

[0018] L_H 为头车和人驾跟驰车辆形成编队时的车间距。

[0019] 优选的,在S3中,计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间的具体步骤为:首先计算智能网联车在匝道上行驶的最低速度,再分别计算智能网联车和人驾跟驰车辆到达汇入点S的时间,最后计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间。

[0020] 优选的,智能网联车在匝道上行驶的速度满足公式:

$$[0021] \quad L_A + v_{\min} t = v_{\max} t + L_H$$

$$[0022] \quad v_{\min} t = L_B - L_A$$

[0023] 式中, v_{\min} 为车辆在匝道上行驶的最低速度;

[0024] v_{\max} 为车辆在匝道上行驶的最高速度;

[0025] L_B 为匝道上编队完成点B的位置;

[0026] t 为车辆在匝道上的行驶时间。

[0027] 优选的,根据车辆编队完成点计算智能网联车到达汇入点S的时间:

[0028] 情况一:当车辆编队的编队完成点与匝道上标记的编队完成点B重合时,智能网联车到达汇入点S的时间 $t_{cav_to_S}$ 满足公式:

$$[0029] \quad \frac{L_S - L_B - \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2a_{cav1}}}{v_{\max}} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{a_{cav1}} = t_{cav_to_S};$$

[0030] 情况二:当车辆编队的编队完成点位于匝道上头车确定点A与编队完成点B之间时,智能网联车到达汇入点S的时间 $t_{cav_to_S}$ 满足公式:

$$[0031] \quad \frac{L_S - L_{Current_HeadCav_Pos} - \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2a_{cav1}}}{v_{\max}} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{a_{cav1}} = t_{cav_to_S}$$

[0032] 式中, L_B 为匝道上编队完成点B的位置;

[0033] L_S 为匝道上汇入点S的位置;

[0034] a_{cav1} 为智能网联车的加速度;

[0035] $L_{Current_HeadCav_Pos}$ 为编队成功时智能网联车在匝道上的位置。

[0036] 优选的,基于Newell跟驰模型计算人驾跟驰车辆到达汇入点S的时间,满足公式:

$$[0037] \quad t_n = t_{cav_to_S} + \sum_{i=2}^n \left(\tau_n + \frac{d_n}{v_{\max}} \right)$$

[0038] 式中, τ_n 为人驾跟驰车辆反应时间;

[0039] d_n 为人驾跟驰车辆最小跟车间距;

[0040] n 为编队中第 n 辆车, $n \neq 1$ 。

[0041] 优选的,车辆编队完全到达汇入点S的时间区间为 $[t_{\min}, t_{\max}]$,其中,最短时间 t_{\min} 的计算公式为:

$$[0042] \quad t_{\min} = \begin{cases} \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_B}{v_{\max}} & \text{(情况一)} \\ \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_{Current_HeadCav_Pos}}{v_{\max}} & \text{(情况二)} \end{cases}$$

[0043] 最长时间 t_{\max} 的计算公式为:

$$[0044] \quad t_{\max} = \begin{cases} \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_B}{v_{\min}} & \text{(情况一)} \\ \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_{\text{Current_HeadCav_Pos}}}{v_{\min}} & \text{(情况二)} \end{cases}$$

[0045] 式中, L_B 为匝道上编队完成点B的位置;

[0046] L_S 为匝道上汇入点S的位置;

[0047] N 为匝道车辆编队中车辆数量;

[0048] L_H 为处于跟驰状态时队列的车间距;

[0049] l 为车辆的车身长度。

[0050] 优选的, 在S4中, 当主干道上的智能网联车的位置位于区间 $[M_S - v_{\text{mainlane_max}} t_{\max}, M_S - v_{\text{mainlane_max}} t_{\min}]$ 内, 调整此主干道上的智能网联车的速度为匝道车辆编队预留安全的汇入间隙, 其中, $v_{\text{mainlane_max}}$ 为高速公路主干道最高限速, M_S 为主干道起点到汇入点S的距离。

[0051] 优选的, 在S4中, 主干道上的智能网联车的速度 $v_{\text{mainlane_cav}}$ 满足公式:

$$[0052] \quad L_{\text{mainlane_cav}} + \int_0^{t_N} v_{\text{mainlane_cav}}(t) dt < M_S$$

[0053] 其中, $L_{\text{mainlane_cav}}$ 为当匝道内车辆编队成功时, 主干道上协同控制智能网联车的位置;

[0054] t_N 为车辆编队内最后一辆车行驶至汇入点S所需要的时间;

[0055] $v_{\text{mainlane_cav}}(t)$ 为主干道上协同控制智能网联车在 t 时刻的行驶速度。

[0056] 优选的, 在S4中, 主干道上, 智能网联车与其前车之间的车间间距 $L_{\text{mainlane_cav_followdist}}$ 满足公式:

$$[0057] \quad L_{\text{mainlane_cav_followdist}} > (N-1)L_H + N \cdot l$$

[0058] 式中, N 为匝道车辆编队中车辆数量;

[0059] L_H 为处于跟驰状态时队列的车间距;

[0060] l 为车辆的车身长度, 本实施例中假设智能网联车与人驾跟驰车辆的车身长度相同, 均为 l 。

[0061] 与现有技术相比, 本发明具有以下有益效果:

[0062] 本发明一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法从高速公路匝道控制场景入手, 结合交通流模型、车辆运动学模型, 以匝道混合交通流安全汇入的可控性为目标, 基于智能网联车引导匝道车辆编队汇入的思想, 首先对匝道路段进行分段处理, 在智能网联车可控的前提下, 对匝道车辆编队形成条件进行分析, 通过预测车辆编队到达匝道汇入点所需时间, 利用高速公路主干道上的智能网联车协同控制为匝道车辆编队预留汇入间隙, 保证匝道车辆的安全汇入。

[0063] 当队列中智能网联车与后车成功编队时, 首先要根据车辆编队到达汇入点S的时间区间判断此时高速公路主干道上相应位置区间内是否有可以协同控制的智能网联车辆, 如果有的话, 那么便可以对主干道上的相应的智能网联车辆进行速度控制来保证车辆编队汇入时的安全间隙。即利用主干道上的智能网联车和匝道上的智能网联车, 两辆车协同控制来实现匝道车辆汇入时的安全可控性。

[0064] 本发明方法在不同类型高速公路匝道均适用。在匝道车流量均衡与不均衡下, 均可以有效保证匝道车辆汇入的安全可控性。

附图说明

- [0065] 图1是本发明实施例中高速公路交通场景示意图。
 [0066] 图2是本发明实施例中匝道内编队形成条件分析示意图。
 [0067] 图3是本发明实施例中编队完成时情况一的示意图。
 [0068] 图4是本发明实施例中编队完成时情况二的示意图。
 [0069] 图5是本发明实施例中主干道智能网联车协同控制示意图。

具体实施方式

[0070] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0071] 本发明公开了一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法,包括以下步骤:

[0072] S1,参照图1、2,将匝道路段分为正常行驶路段、编队形成路段和加速汇入路段,在匝道路段上标记头车确定点A、编队完成点B和汇入点S;头车确定点A在匝道上的位置为 L_A ,编队完成点B的位置为 L_B ,汇入点S在匝道上的位置为 L_S ,在主干道上的位置为 M_S 。

[0073] S2,智能网联车和人驾跟驰车辆在编队形成路段形成以智能网联车为头车的车辆编队;

[0074] 考虑极端情况下,假设当智能网联车刚好到达头车确定点A时,匝道入口处恰好驶入一辆人驾跟驰车辆,且两车之间没有任何其它车辆。编队完成时,智能网联车与紧跟的人驾跟驰车辆之间满足公式:

$$[0075] \quad L_A + \int_0^t v_{head_cav}(t) dt = \int_0^t v_{follower}(t) dt + L_H$$

[0076] 式中, L_A 为头车确定点A在匝道上的位置;

[0077] $v_{head_cav}(t)$ 为形成编队的头车在t时刻的行驶速度;

[0078] $v_{follower}(t)$ 为形成编队的人驾跟驰车辆在t时刻的行驶速度;

[0079] L_H 为头车和人驾跟驰车辆形成编队时的车间距。

[0080] 当车辆编队的编队完成点与匝道上标记的编队完成点B重合时,智能网联车与人驾跟驰车辆之间满足公式:

$$[0081] \quad L_A + \frac{v_{A_cav}^2 - v_{min}^2}{2a_{cav2}} + v_{min}t_1 = \frac{v_{max}^2}{2a_{hdv1}} + v_{max}t_2 + \frac{v_{max}^2 - v_{min}^2}{2a_{hdv2}} + L_H$$

[0082] 式中, v_{A_cav} 为头车到达头车确定点A处时的车速;

[0083] a_{cav2} 为智能网联车的减速度;

[0084] a_{hdv1} 为人驾跟驰车辆的加速度;

[0085] a_{hdv2} 为人驾跟驰车辆的减速度;

[0086] t_1 和 t_2 分别为智能网联车和人驾跟驰车辆的匀速行驶时间。

[0087] S3,计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间 $[t_{min}, t_{max}]$,完全到达汇入点S的时间因车辆编队中车辆的行驶速度不同,故而为区间值,具体计算步骤如下:

[0088] S31,首先计算智能网联车在匝道上行驶的最低速度:

[0089] 在不考虑头车和人驾跟驰车辆的加减速过程时,则智能网联车在匝道上行驶的速

度满足公式：

$$[0090] \quad L_A + v_{\min} t = v_{\max} t + L_H$$

$$[0091] \quad v_{\min} t = L_B - L_A$$

[0092] 式中, v_{\min} 为车辆在匝道上行驶的最低速度；

[0093] v_{\max} 为车辆在匝道上行驶的最高速度, 车辆通指智能网联车和人驾跟驰车辆；

[0094] L_B 为匝道上编队完成点B的位置；

[0095] t 为车辆在匝道上的行驶时间。

[0096] S32, 再分别计算智能网联车和人驾跟驰车辆到达汇入点S的时间：

[0097] (1) 根据车辆编队完成点计算智能网联车到达汇入点S的时间：

[0098] 情况一：参照图3, 当车辆编队的编队完成点与匝道上标记的编队完成点B重合时, 智能网联车到达汇入点S的时间 $t_{cav_to_S}$ 满足公式：

$$[0099] \quad \frac{L_S - L_B - \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2a_{cavl}}}{v_{\max}} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{a_{cavl}} = t_{cav_to_S} ;$$

[0100] 情况二：参照图4, 当车辆编队的编队完成点位于匝道上头车确定点A与编队完成点B之间时, 智能网联车到达汇入点S的时间 $t_{cav_to_S}$ 满足公式：

$$[0101] \quad \frac{L_S - L_{Current_HeadCav_Pos} - \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2a_{cavl}}}{v_{\max}} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{a_{cavl}} = t_{cav_to_S}$$

[0102] 式中, L_B 为匝道上编队完成点B的位置；

[0103] L_S 为匝道上汇入点S的位置；

[0104] a_{cavl} 为智能网联车的加速度；

[0105] $L_{Current_HeadCav_Pos}$ 为编队成功时智能网联车在匝道上的位置。

[0106] (2) 基于Newell跟驰模型计算人驾跟驰车辆完全到达汇入点S的时间, 满足公式：

$$[0107] \quad t_n = t_{cav_to_S} + \sum_{i=2}^n \left(\tau_n + \frac{d_n}{v_{\max}} \right)$$

[0108] 式中, τ_n 为人驾跟驰车辆反应时间；

[0109] d_n 为人驾跟驰车辆最小跟车间距；

[0110] n 为编队中第 n 辆车, $n \neq 1$ 。

[0111] S33, 最后计算车辆编队完全到达汇入点S的时间区间：

[0112] 车辆编队完全到达汇入点S的时间区间为 $[t_{\min}, t_{\max}]$, 其中, 假设车辆编队中相邻的两辆车之间的车距相同, 最短时间 t_{\min} 的计算公式为：

$$[0113] \quad t_{\min} = \begin{cases} \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_B}{v_{\max}} & \text{(情况一)} \\ \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_{Current_HeadCav_Pos}}{v_{\max}} & \text{(情况二)} \end{cases}$$

[0114] 最长时间 t_{\max} 的计算公式为：

$$[0115] \quad t_{\max} = \begin{cases} \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_B}{v_{\min}} \text{ (情况一)} \\ \frac{(N-1)(L_H + l) + L_S - L_{\text{Current_HeadCav_Pos}}}{v_{\min}} \text{ (情况二)} \end{cases}$$

[0116] 式中, L_B 为匝道上编队完成点B的位置;

[0117] L_S 为匝道上汇入点S的位置;

[0118] N 为匝道车辆编队中车辆数量;

[0119] L_H 为处于跟驰状态时队列的车间距;

[0120] l 为车辆的车身长度, 本实施例中假设智能网联车与人驾跟驰车辆的车身长度相同, 均为1。

[0121] 对于编队中车辆数量 N 可利用智能网联车和路侧设备协同计算求得, 具体算法步骤如下:

[0122] 步骤(1), 如图2所示, 当车辆行驶至头车确定点A时, 路侧设备首先判断其车辆类型, 如果是智能网联车, 则将其确定为头车并执行步骤(2)。如果是传统人驾车辆, 则执行步骤(3)。

[0123] 步骤(2), 判断此时编队形成路段内是否有其它头车, 如果有的话, 编队形成路段内的头车和其后面车辆自动编队成功, 此时编队内车辆数量 $N = \text{Count}$, Count 的值由该编队期间内A点处的车辆计数器确定, 获得上一编队内的车辆数量 N 后, 对 Count 重新赋值, 令 $\text{Count} = 1$, 回到步骤(1) 继续执行; 如果没有的话, 对 Count 赋值, 令 $\text{Count} = 1$, 回到步骤(1) 继续执行, 并且循环执行步骤(4)。

[0124] 步骤(3), 判断此时编队形成路段内是否有头车在等待形成编队, 如果有的话, 令A点处的车辆计数器的值 $\text{Count} = \text{Count} + 1$, 顺序执行步骤(4); 如果没有, 则回到步骤(1) 继续执行。

[0125] 步骤(4), 判断编队形成路段内未形成编队的头车是否行驶至编队完成点B, 如果是, 则头车与B点处路侧设备进行通信, 车辆计数器停止计数, 此时车辆计数器 Count 的值就是队列中的车辆数量 N , 回到步骤(1) 继续执行。

[0126] S4, 对主干道智能网联车与匝道路段上的智能网联车进行协同控制, 当主干道上的智能网联车的位置位于区间 $[M_S - v_{\text{mainlane_max}} t_{\max}, M_S - v_{\text{mainlane_max}} t_{\min}]$ 内, 调整此主干道上的智能网联车的速度为匝道车辆编队预留安全的汇入间隙, 其中, $v_{\text{mainlane_max}}$ 为高速公路主干道最高限速, M_S 为主干道起点到汇入点S的距离。

[0127] 对于在该区间内确定的协同控制智能网联车辆, 要确保给匝道车辆编队留够足够的汇入间隙, 如图4、5所示, 主干道上的智能网联车辆必须晚于车辆编队最后一辆车到达汇入点S处, 即主干道上的智能网联车的速度 $v_{\text{mainlane_cav}}$ 满足公式:

$$[0128] \quad L_{\text{mainlane_cav}} + \int_0^{t_N} v_{\text{mainlane_cav}}(t) dt < M_S$$

[0129] 其中, $L_{\text{mainlane_cav}}$ 为当匝道内车辆编队成功时, 主干道上协同控制智能网联车的位置;

[0130] t_N 为车辆编队内最后一辆车行驶至汇入点S所需要的时间;

[0131] $v_{\text{mainlane_cav}}(t)$ 为主干道协同控制智能网联车在 t 时刻的行驶速度。

[0132] 主干道上, 智能网联车与其前车之间的车间间距 $L_{\text{mainlane_cav_followdist}}$ 满足公式:

[0133] $L_{\text{mainlane_cav_followdist}} > (N-1)L_H + N \cdot l$

[0134] 式中, N 为匝道车辆编队中车辆数量;

[0135] L_H 为处于跟驰状态时队列的车间距;

[0136] l 为车辆的车身长度,本实施例中假设智能网联车与人驾跟驰车辆的车身长度相同,均为1。

[0137] S_5 ,车辆编队汇入主干道。

[0138] 本发明一种基于可控智能网联车的高速公路匝道混合交通流管控方法依靠车联网技术提前获取高速公路主干道和下游合流区的交通状况,利用智能网联车的可控性,通过对智能网联车进行速度控制,来完成引导匝道车辆安全汇入高速公路主干道,避免出现驾驶员仅仅根据自身的驾驶经验和周围的驾驶环境寻找汇入主干道的时机的情况。

[0139] 以上所述的仅仅是本发明的较佳实施例,并不用以对本发明的技术方案进行任何限制,本领域技术人员应当理解的是,在不脱离本发明精神和原则的前提下,该技术方案还可以进行若干简单的修改和替换,这些修改和替换也均属于权利要求书所涵盖的保护范围之内。

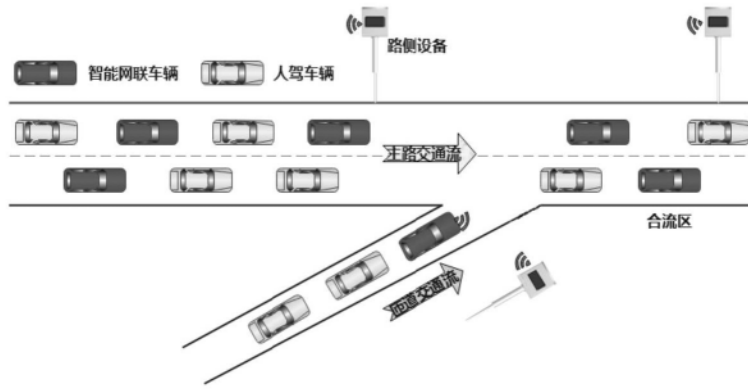


图1

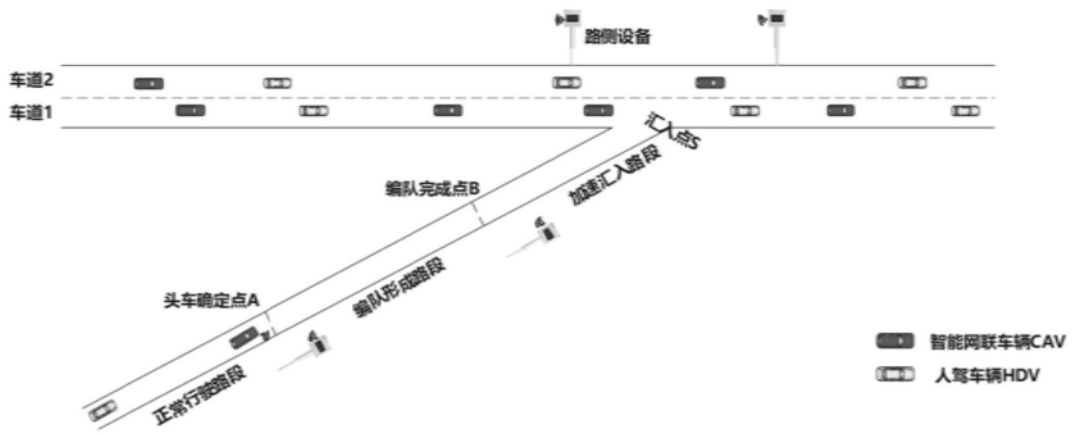


图2

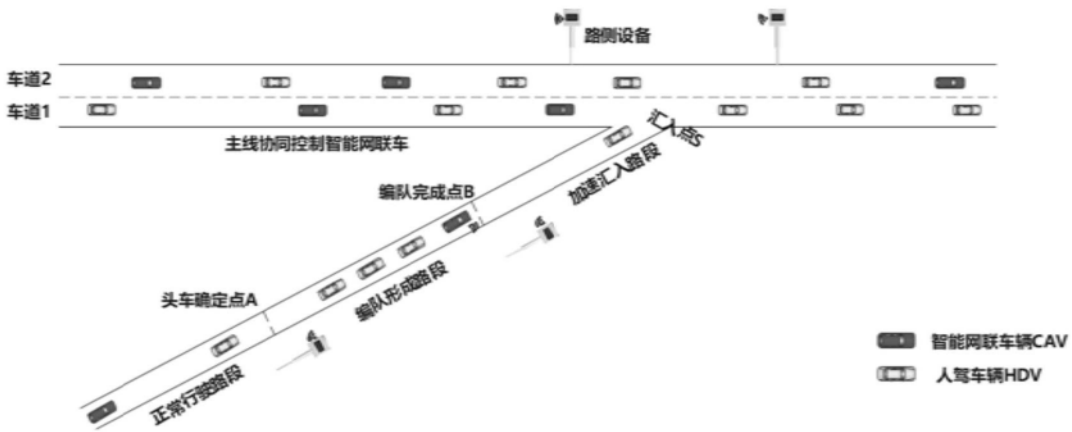


图3

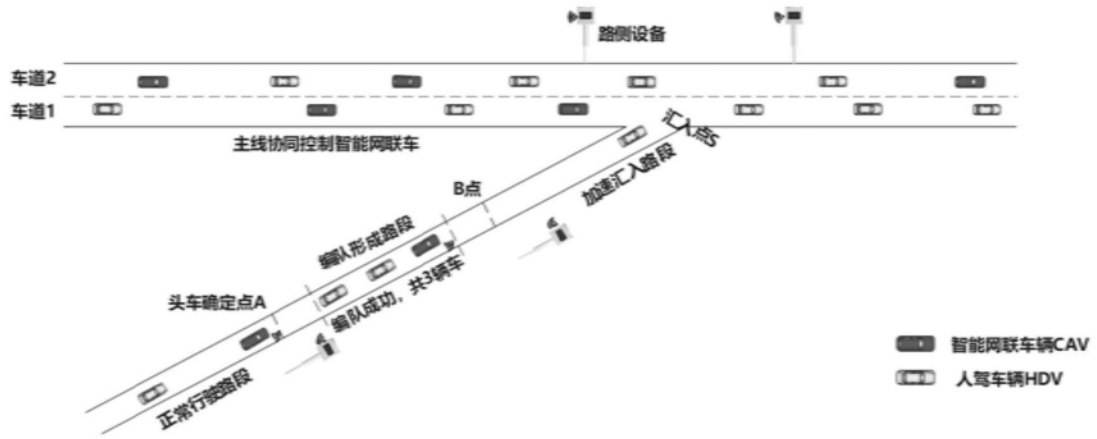


图4

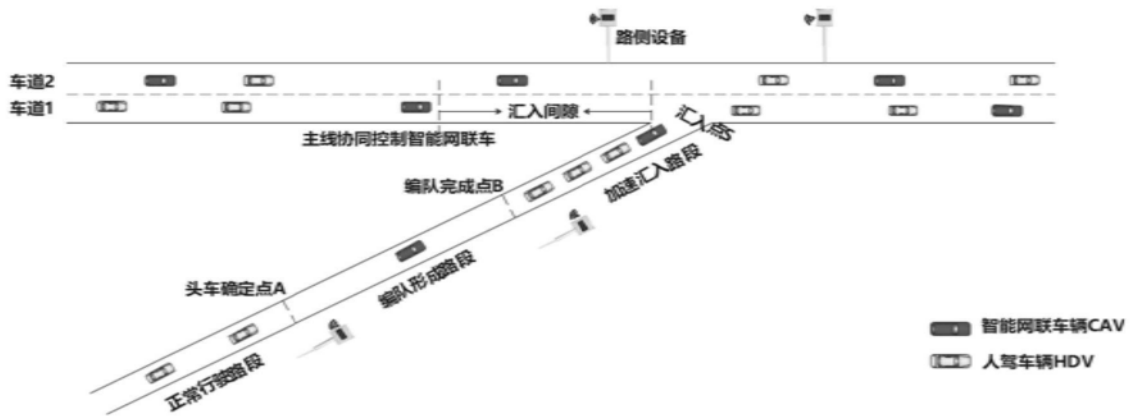


图5