

T/CITSA 06-2020

ICS93.080.30

R87

团体标准

T/CITSA 06-2020

城市道路交叉口逆向可变导向车道 设置及信号控制规则

Settings and signal control rules for reversed variable lanes
at intersection of urban road

2020-11-16 发布

2020-11-16 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 设置条件.....	1
5 切换模式.....	2
6 实施流程.....	2
7 运行约束条件.....	3
附录 A.....	4
附录 B.....	8
附录 C.....	9

前 言

本标准按照GB/T1.1-2020给出的规则起草。

本标准由青岛海信网络科技股份有限公司提出。

本标准由中国智能交通协会归口。

本标准负责起草单位：青岛海信网络科技股份有限公司、鹏城实验室、山东理工大学。

本项目的目的是制定一套逆向可变车道通信的信号控制规则，规范逆向可变车道设置的适用场景、设置规则，指导逆向可变车道合理的信号控制方法。可规范各地可变车道的设置，有利于智能交通设施的标准化建设。

本标准可以作为GA/T 527.5-2016《道路交通信号控制方式 第5部分：可变导向车道通行控制规则》的补充，提供了逆向可变车道设置的场景、方法、配套设置等的统一标准。

本标准参加起草单位：浙江大学、青岛市公安局交通警察支队、同济大学、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司。

本标准主要起草人：马晓龙、孙锋、马东方、邱景飞、袁锦宇、马万经、阎冰、韩云晓、陈嫣然、聂增国、高翔、林飞、王玲、程浩、许鹏、陈文娇。

城市道路交叉口逆向可变导向车道设置及信号控制规则

1 范围

本标准规定了城市道路交叉口逆向可变导向车道的设置条件、切换模式、实施流程、运行约束条件等。

本标准适用于城市道路交叉口逆向可变导向车道设置及信号控制的设计与实施。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5768.3 道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线

GB/T 31418 道路交通信号控制系统术语

GA/T 527.1 道路交通信号控制方式 第1部分：通用技术条件

GB 14886-2016 道路交通信号灯设置与安装规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 逆向可变导向车道 reversed variable lane

在城市道路信号控制交叉口，一般设置在对向出口道的最内侧车道，通过标志、标线、预信号控制等管理手段，使其兼具出口行车道和进口左转导向车道的双重功能，在信号周期内随相位绿灯转换而变换车道功能。

4 设置条件

4.1 道路条件

同时满足下列道路条件的，可设置逆向可变导向车道：

- a) 设置逆向可变导向车道的出口车方向车道数至少为2条；
- b) 导向车道及渐变段的总长度满足车辆排队需求，并具备车辆变换车道的转弯半径；
- c) 同方向导向车道数不大于相应的出口车道数。

4.2 交通流条件

逆向可变导向车道的设置适用于以下情形：

- a) 当某一导向方向左转车辆最大排队超过导向车道的2倍时，将会严重影响驾驶人变换车道和路段通行；
- b) 当某一导向方向左转流量较大，不能在30分钟内有效改善车辆排队过长状况时；

- c) 当某一导向方向公交车辆或其他特殊车辆需要在路口获得左转优先权但未设置左转专用道，宜采用特殊车辆专用的逆向可变导向车道。

4.3 信号控制要求

- a) 设置主、预信号灯，指示车辆通行逆向可变车道；
- b) 设置逆向可变车道的左转方向主信号灯相位不应与其它方向信号相位有冲突；
- c) 设置逆向可变车道交叉口的信号周期、相位设置、提前启亮时间、绿灯持续时间应满足本规范设置流程中d)的要求。

4.4 标志和标线设置要求

- a) 在进口道渐变段与导向车道衔接处，应设置逆向可变导向车道指示标志；
- b) 可变导向车道标线应符合GB5768.3的要求；
- c) 可变导向车道停车线前方不应设置待转区。

5 切换模式

5.1 模式分类

逆向可变导向车道控制模式分为定时切换模式和自适应切换模式。

5.2 定时切换模式

同时满足以下情况的，宜采用定时切换模式：

- a) 进口车道出现左转排队超过渠化段长度2倍的时段较为集中，持续时间长；
- b) 进口车道左转交通流的周期性变化规律明显。

5.3 自适应切换模式

同时满足以下情况的，宜采用自适应切换模式：

- a) 进口车道左转交通流量波动大，且经常出现左转排队超过渠化段长度 2 倍的状态；
- b) 进口车道直左转交通流量周期性变化不明显；
- c) 进口车道设有交通流检测器,能够实时准确判别相关车道的通行状态；
- d) 逆向可变导向车道指示标志支持通过交通流检测器、交通信号控制机等动态调整；
- e) 交通信号控制机支持感应或自适应控制方式，并能够实时响应逆向可变导向车道控制方案的切换；

6 实施流程

逆向可变导向车道与信号控制的实施流程如下：

- a) 调查并分析拟设置逆向可变导向车道交叉口各进口道的交通流量及流向变化特征；
- b) 选择逆向可变导向车道位置、是否为特殊车辆专用等特征；
- c) 设计逆向可变导向车道的指示标志、标线，参照附录 A 的图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4；
 - 在进口道渐变段与导向车道衔接处应设置指示标志，用于指示车辆通行逆向可变导向车道；特殊车辆专用模式应设置某类车型专用指示标志，用于指示某类车型通行逆向可变导向车道；

- 逆向可变导向车道两侧应设置潮汐车道线，应符合 GB5768.3 的要求；
 - 逆向可变导向车道停车线前方不应设置待转区。
- d) 设计逆向可变导向车道的信号控制灯和信号控制方案，参照附录 A 的图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4；
- 设计主、预信号灯，用于指示车辆通行逆向可变车道；
 - 设置逆向可变导向车道的左转方向主信号灯信号相位不应与其它方向信号相位有冲突，参照附录 B。
 - 车辆驶入逆向可变导向车道及等待的过程中，应避免与正在放行相位的车流产生冲突；若路口信号相位为单口放行，则相序应按照逆时针方向执行；若路口信号相位为左直分离放行，则各左转相位应在对应直行相位之前放行。
 - 逆向可变导向车道方向左转信号灯的最小绿灯时间应满足清空可变车道内所储存车辆的要求；
 - 逆向可变导向车道预信号灯的绿灯启亮时间应提前于其车道方向左转信号灯的绿灯启亮时间，提前启亮时间应满足左转车辆占满逆向可变导向车道；
 - 逆向可变导向车道预信号灯的绿灯结束时间应提前于其车道方向左转信号灯的绿灯结束时间，提前结束时间应满足清空可变车道内所储存车辆的要求；
 - 信号周期、其余相位最小绿灯时间、最大红灯时间等应满足 GA/T 527.1 的要求。
- e) 拟定交通信号控制预期的排队状态、平均延误等效益指标，以及实施评估、验证的方法，通行能力计算部分参照附录 C；
- f) 设置逆向可变导向车道指示标志，在逆向可变导向车道两侧设置潮汐车道线；
- g) 将主、预信号控制方案输入交通信号控制系统，并下发给交叉口的信号控制机；
- h) 逆向可变导向车道投入运行后，对交叉口的排队状态、平均延误等指标进行评价，并根据评价结果对信号控制方案做不定期调整。

7 运行约束条件

7.1 启用与结束条件

- a) 当左转交通流量大于原有左转车道通行能力时，启用逆向可变导向车道；
- b) 当左转交通流量低于原有左转车道通行能力时，关闭逆向可变导向车道。

7.2 运行持续时间

逆向可变导向车道可在其左转方向流量过大或排队过长时段持续运行，最小持续时间为 0.5 小时，最大可全天 24 小时运行。

附录 A
(规范性附录)

逆向可变导向车道交通标志标线设置图

A.1 逆向可变导向车道线

在交叉口进口道驶入段，应设置逆向可变车道线，用于指示导向方向随需要可变的导向车道的位置。如图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4 所示。

A.2 逆向可变导向车道指示标志

在逆向可变导向车道线前方适当位置，应设置逆向可变导向车道指示标志，可采用 LED 显示屏等形式，用于指示车道位置。推荐如图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4 所示，可依据实际道路条件进行选择。

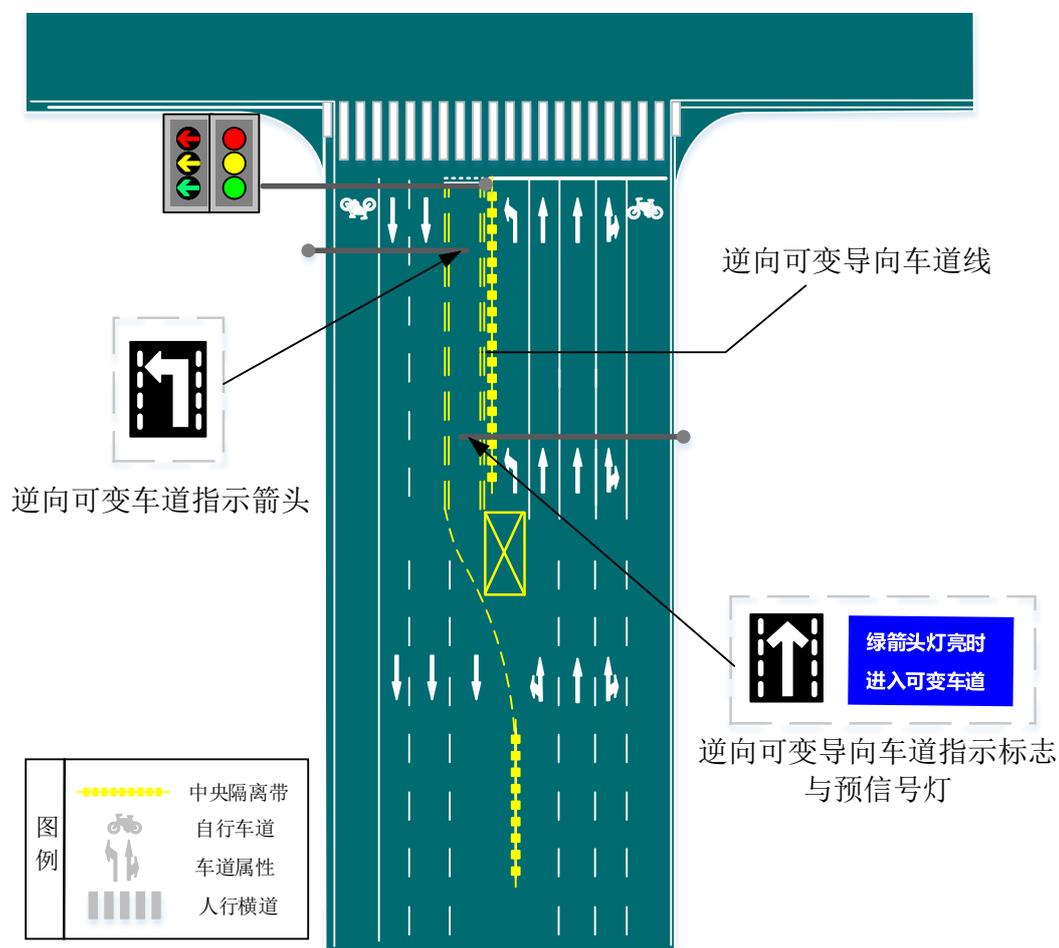


图 A.1

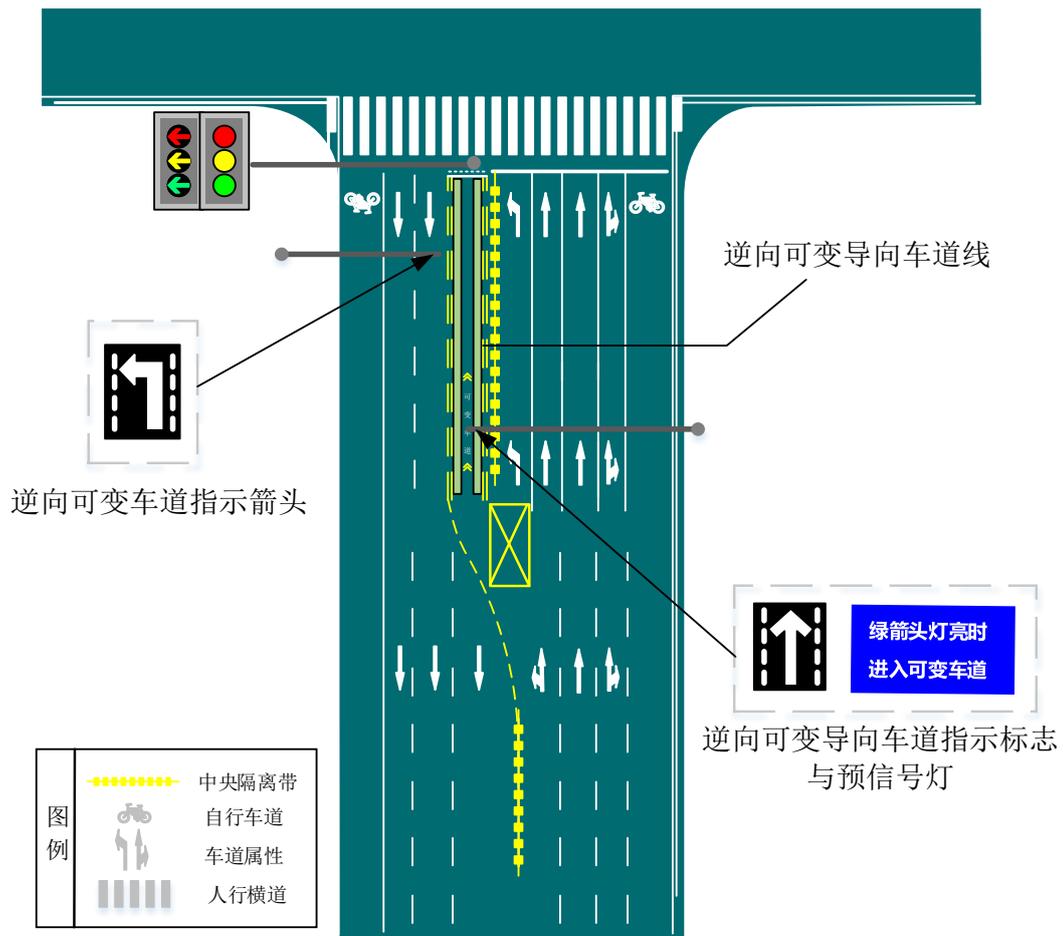


图 A. 2

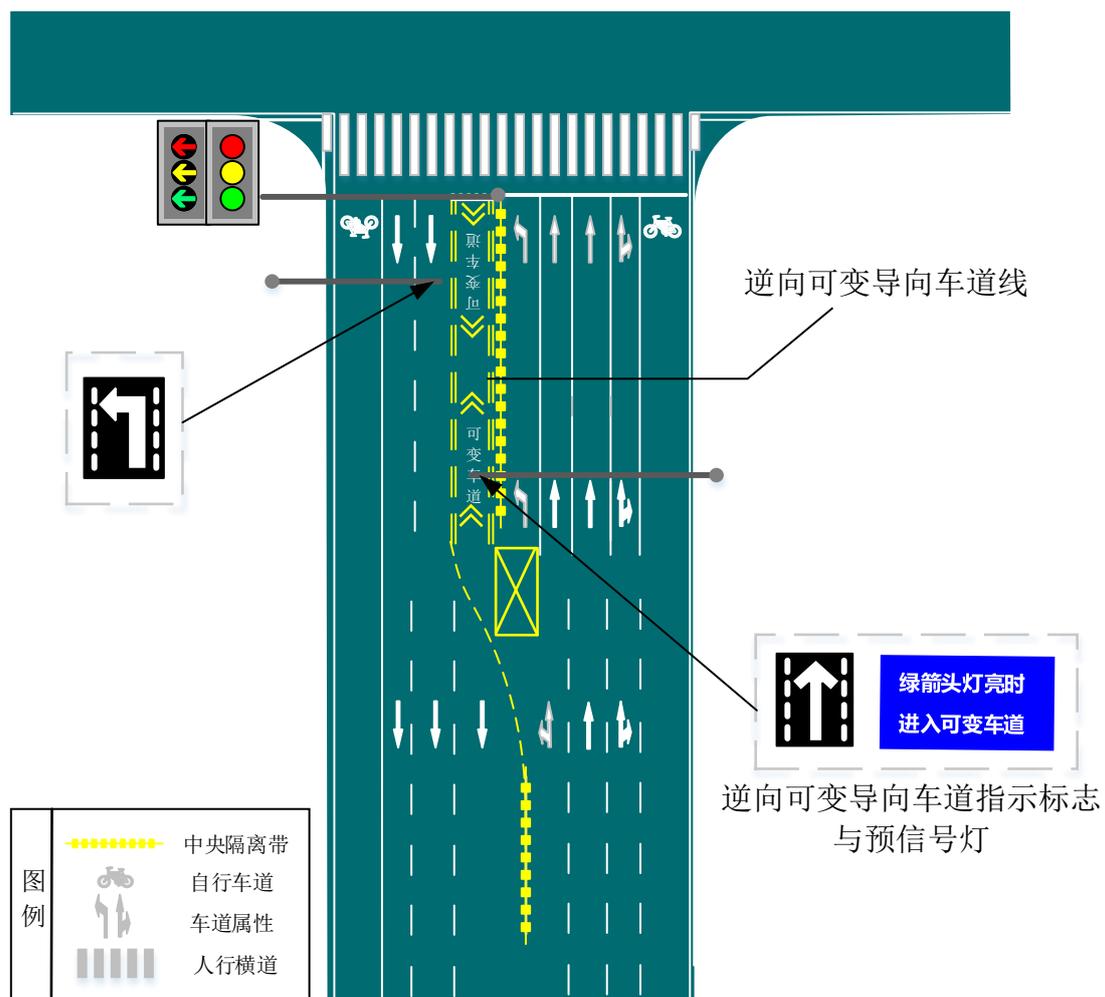


图 A.3

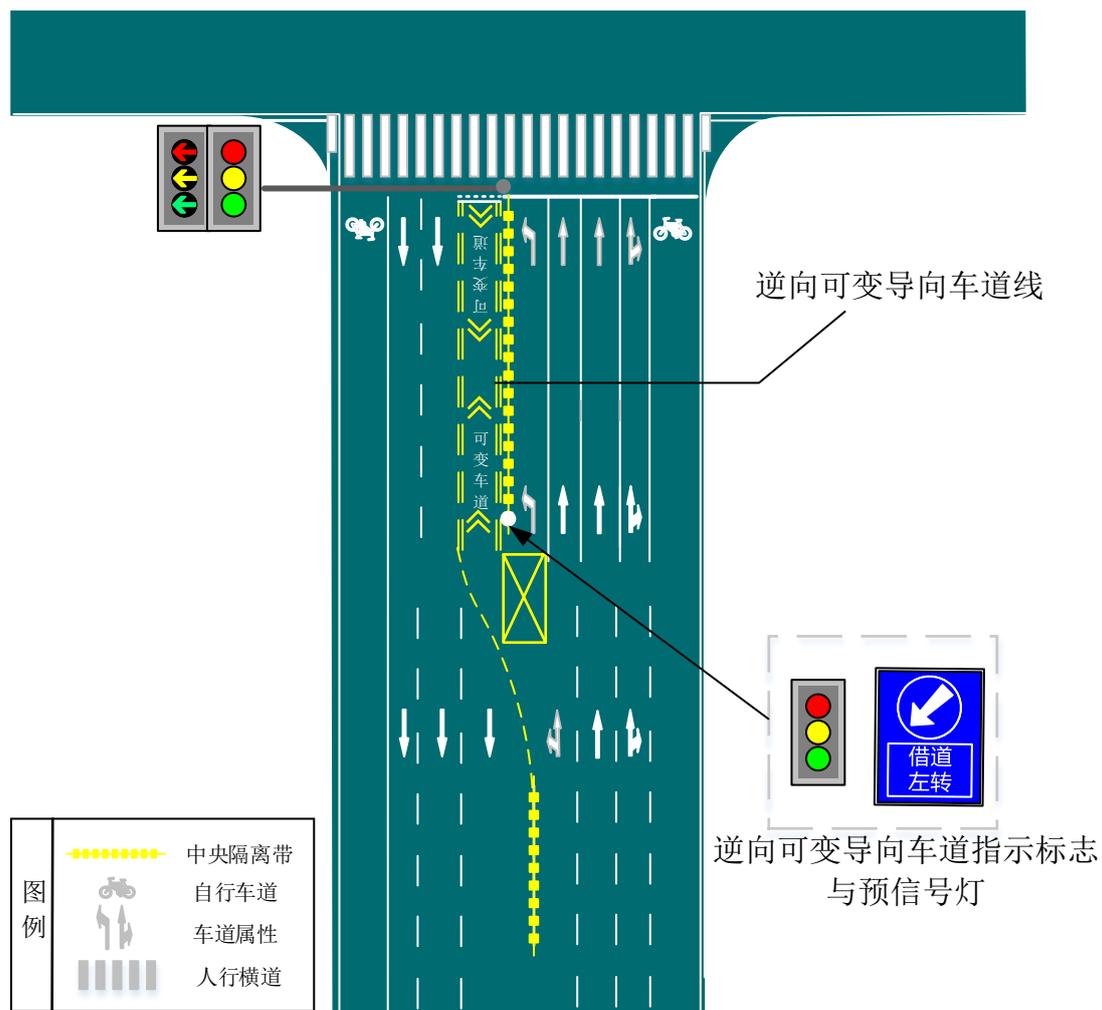


图 A. 4

A.3 逆向可变导向车道预信号灯

在逆向可变导向车道指示标志相同位置，应设置逆向可变导向车道预信号灯，可采用信号球灯或 LED 显示屏等形式，用于指示车辆何时进入逆向可变车道。如图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4 所示。

附录 B (规范性附录)

逆向可变导向车道相位相序设置示意图

提供了一种逆向可变导向车道相位相序设置的方法,为逆向可变车道控制方案设计提供依据。

B.1 单口放行场景

在逆向可变导向车道信号控制方案中,若路口信号方案为单口放行,则相序应按照逆时针方向执行。如图 B.1,以南方向左转逆向可变车道为例,共分为 5 个阶段。南方向左转应在其放行相位的前一相位进入逆向可变车道 (S1),并在其放行结束前一定时间内,禁止左转车辆进入逆向可变车道,进行可变车道内已有车辆的清空 (S3)。

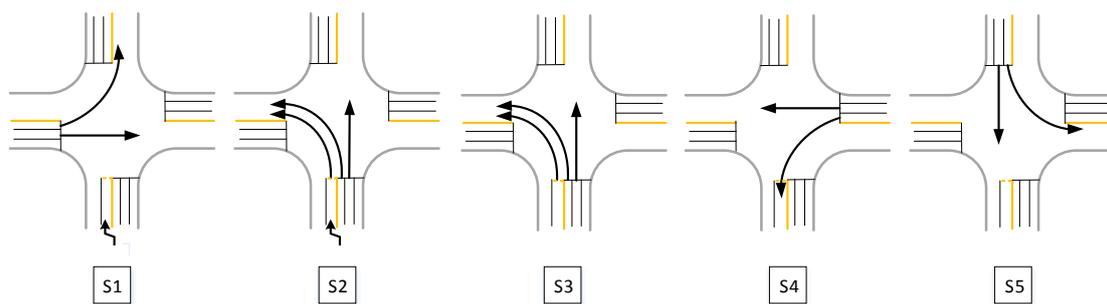


图 B. 1

B.2 左直分离放行场景

在逆向可变导向车道信号控制方案中,若路口信号方案为左直分离放行,则各左转相位应在对应直行相位之前放行。如图 B.2,以南方向左转逆向可变车道为例,共分为 5 个阶段。南方向左转应在其放行相位的前一相位进入逆向可变车道 (S2),并在其放行结束前一定时间内,禁止左转车辆进入逆向可变车道,进行可变车道内已有车辆的清空 (S4)。

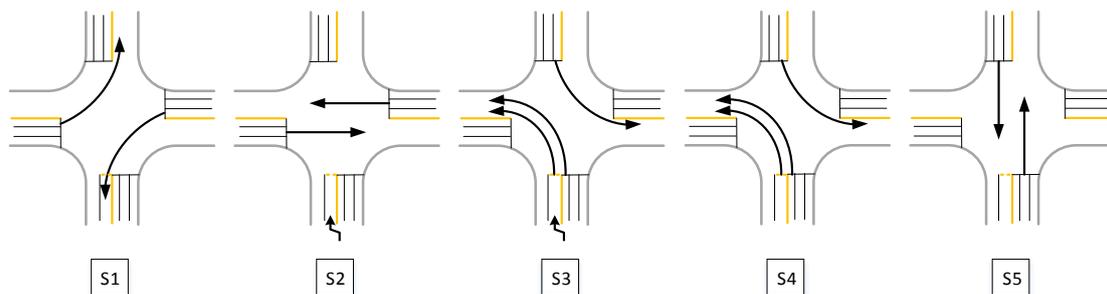


图 B. 2

附录 C
(规范性附录)

逆向可变车道的信号交叉口通行能力计算模型

本附录提供了一种设置逆向可变车道的信号交叉口左转通行能力计算的建议方法,为逆向可变车道控制方案设计提供依据。

目前无法确定逆向可变车道的设置能提高多少交叉口左转通行能力,导致对交叉口信号管控配时确定缺乏有效依据。因此,通过对当前交叉口逆向可变车道运行特征进行深入研究分析,提出一种设置逆向可变车道的信号交叉口左转通行能力计算方法,为逆向可变车道控制方案设计提供依据。

在设置逆向可变导向车道的交叉口,其左转车道组的通行能力计算公式如下:

$$C_0 = \left[\frac{(m_l - 1) * S_l * g_{el}}{c} + 2 \left(\frac{L_r}{l_0} + 1 \right) + x_T' + x_T'' \right] * \frac{3600}{c} \quad (1)$$

式中: C_0 —交叉口左转车道组通行能力; c —信号周期; m_l —左转专用道数; g_{el} —有效绿灯时间; L_r —逆向可变车道的长度; S_l —进口道左转车道饱和流量; x_T' —逆向可变导向车道通过的最大左转车辆数; x_T'' —左转专用车道通过的最大左转车辆数; l_0 —饱和车头时距,通过下式计算:

$$l_0 = l_j + l_c \quad n = \frac{L_r}{l_0}$$

式中: l_c —车辆的车身长度; l_j —停车队列中相邻两车之间的停车间距;

在公式(1)中,参数 x_T' 、 x_T'' 的计算原理如下:当左转车辆进入导向车道时,需要在左转专用车道和逆向可变导向车道之间进行一个选择,选道的原则是通过交叉口停车线的时间最短,即:通过比较逆向可变车道与左转专用车道的通行时间 T_i' 与 T_i'' ,可以确定第 i 辆左转车的行驶车道,从而进一步得到参数 x_T' 、 x_T'' 。因此,计算方法如下:

(a) 首先,求解逆向可变车道的通行时间 T_i' ,公式如下:

$$T_i' = \begin{cases} \sqrt{\frac{2L_r}{a_f}} + t_n^{\text{决}} + t_r + G_1 + \frac{(i-1)l_0}{|u_w|}, & \text{当 } L_r < \frac{V_l'^2 - V_o^{d2}}{2a_f} \\ \frac{V_l' - V_o^d}{a_f} + \frac{L_r - l_\beta}{V_l'} + t_n^{\text{决}} + t_r + G_1 + \frac{(i-1)l_0}{|u_w|}, & \text{当 } L_r \geq \frac{V_l'^2 - V_o^{d2}}{2a_f} \end{cases} \quad (2)$$

式中: T_i' —选择逆向可变车道通行时间; t_r —车辆通过开口时间; a_f —自由流下加速度(约为 2.8 m/s^2); V_l' —自由流下最大速度(约为 60 m/s); L_r —逆向可变车道的长度; h_0 —最小安全车头时距; G_1 —车辆启动损失时间; u —对应于饱和车头时距的行驶速度; h —饱和车头时距; k_j —车流阻塞密度; V_o^d —车辆到达逆向可变车道后速度。通过下式计算:

$$V_o^d = \begin{cases} 3 + 0.3 \left(n - \frac{L_r}{l_0} - 1 \right), & \text{当 } l_\theta \geq (nl_0 - L_r - l_0) \\ \frac{4}{7} V_d, & \text{当 } l_\theta < (nl_0 - L_r - l_0) \end{cases}$$

式中: l_θ —跟驰状态最大加速距离; V_d —到达决策点车速,计算公式如下:

$$V_d = \begin{cases} a_g t_n^q, & \text{当 } l_\theta \geq (nl_0 - L_r - l_0) \\ V_l^1, & \text{当 } l_\theta < (nl_0 - L_r - l_0) \end{cases}$$

式中: t_n^q —后续排队车辆到达决策点时间,通过下式计算:

$$t_n^a = \begin{cases} t_\theta + \frac{nl_o - L_r - l_o - l_\theta}{V_l^1}, & \text{当 } l_\theta < (nl_o - L_r - l_o) \\ \sqrt{\frac{2(nl_o - L_r - l_o)}{a_g}}, & \text{当 } l_\theta \geq (nl_o - L_r - l_o) \end{cases}$$

式中： t_θ —排队车辆启动后加速到最大行驶速度所用的时间，计算公式如下：

$$t_\theta = \frac{V_l^1}{a_g}$$

若前后两车能够以跟随状态驶出交叉口，那么前后两车的车头时距为 h_o ，发生此种情境的极限状态是：两车经过不同的变速过程后，在停车线处的车头时距恰好缩小至 h_o 。

即若 $T_i' - T_{i-1}' \leq h_o$ ，则实际车辆选择逆向可变车道通行时间为：

$$T_i' = T_{i-1}' + h_o \quad (3)$$

反之，使用公式 (2) 所求 T_i' 。

(b) 再求解选择左转专用车通行时间 T_i'' ，公式如下：

若前车为排队跟驰状态行驶，通行时间为：

$$T_i'' = \begin{cases} G_1 + \frac{(i-1)l_o}{|u_w|} + \sqrt{\frac{2(L_r + l_o)}{a_g}} + \frac{L_r + l_o - l_\theta}{V_l^1}, & \text{当 } l_\theta < (i-1)l_o \\ G_1 + \frac{(i-1)l_o}{|u_w|} + \sqrt{\frac{2(L_r + l_o)}{a_g}}, & \text{当 } l_\theta \geq (i-1)l_o \end{cases} \quad (4)$$

若前车自由流状态行驶，通行时间为：

$$T_i'' = \begin{cases} \frac{V_l^1 - V_d}{a_f} + \frac{L_r + l_o - l_\theta}{V_l^1} + G_1 + \frac{(i-1)l_o}{|u_w|}, & \text{当 } L_r \geq \frac{V_l^2 - V_o^{d2}}{2a_f} \\ \sqrt{\frac{2(L_r + l_o)}{a_f}} + G_1 + \frac{(i-1)l_o}{|u_w|} + t_n^{\text{决}}, & \text{当 } L_r < \frac{V_l^2 - V_o^{d2}}{2a_f} \end{cases} \quad (5)$$

式中： T_i'' —选择逆向可变车道通行时间； t_n —车辆通过开口时间（约为 2-3.8s，第一辆启动驶入逆向可变车道的车辆时间最高）； a_g —排队车辆加速度（约为 1.3m/s^2 ）； a_f —自由流下加速度； V_l^1 —自由流下最大速度； t_β —自由流下加速时间； L_r —逆向可变车道的长度； G_1 —车辆启动损失时间； h_o —最小安全车头时距；计算公式如下：

同公式 (3) 所示，即若 $T_i'' - T_{i-1}'' \leq h_o$ ，则实际车辆选择左转专用车道通行时间为

$$T_i'' = T_{i-1}'' + h_o; \quad (6)$$

反之，使用公式 (4)、(5) 所求 T_i'' 。

式中： V_l^1 —排队跟驰行驶最大速度（约为 28m/s ）； l_θ —排队跟驰状态最大加速距离，计算公式如下：

$$l_\theta = \frac{(V_l^1)^2}{2a_g}$$

(c) 比较选择逆向可变车道通行时间 T_i' 与左转专用道通行时间 T_i''

对公式 (3)、(6) 进行对比，根据通行时间最短为选道决策依据，求车辆实际选道情况：

$$T_i^s = \min\{T_i', T_i''\} \quad (7)$$

式中： T_i^s —车辆最短通行时间。

通过比较第 i 辆左转车在逆向可变车道与左转专用道的通行时间，得出最短通行时间（7），车辆进行左转选道决策，进一步得出选道逆向可变车道车辆数 x_T' 与选道左转专用道车辆数 x_T'' 。

即通过以上各式，结合实际场景数据，可得出：

（1）饱和排队释放过程中，后续到达中央隔离护栏开口处的车辆，选择逆向可变车道与左转专用车道的车辆数为 1: 3。

（2）左转车道组（逆向可变车道+左转专用车道）通行能力是 1.4-1.8 倍单个左转专用车道，受逆向可变车道长度与左转绿灯时长的影响。

参考文献

- [1]焦方通.基于多源数据的逆向可变车道动态控制方法[D].山东：山东理工大学，2018.
- [2]徐建闽.基于逆向可变车道的交叉口公交左转优先方法[J].重庆交通大学学报, 2017, 36(2): 78-84.
- [3]徐书东.城市交叉口逆向可变车道设置研究[J].内蒙古公路与运输, 2018, 168: 5-11.
- [4]孙锋.交叉口逆向可变车道与信号配时协同优化方法[J].公路交通科技, 2019, 36(11): 83-96.