

团 体 标 准

T/XAZN xxx—2024

智能城市道路车道标线数字化语义表示技术规范

Technical specifications of lane marking digital representation for smart city urban road

(征求意见稿)

2024 - xx - xx 发布

2024 - xx - xx 实施

雄安新区智能城市创新联合会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 车道标线数字化语义表示	4
5 技术要求	7
6 试验方法	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》规定起草。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由雄安新区智能城市创新联合会（XAZN）提出并归口。

本文件起草单位：华中科技大学、北京邮电大学、中电信数字城市科技有限公司

本文件主要起草人：陈加忠、刘紫怡、尚锦龙、付子安、胡智群、张申、邓家寅、刘鹏飞、张振洁、郭璐、朱泊宁、刘富瑞

智能城市道路车道标线数字化语义表示技术规范

1 范围

本标准规定了城市道路车道标线数字化语义表示的术语、定义、数据结构、技术要求和试验方法。本标准适用于智能城市车路协同和全路段交通状态感知系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 5768.1 道路交通标志和标线 第1部分：总则

GB 5768.2-2022 道路交通标志和标线第2部分：道路交通标志

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市道路 urban road

连接城市各地区，供城市内交通运输及行人使用并与市外道路互连承担对内互连对外互通的道路。本标准所指城市道路主要包括城市快速路、主干道、次干道、支路等四类等级。

3.2

车道标线 lane marking

路面上的车道标线，是一种用于指示车辆行驶方向、进行道路分隔的道路标识，引导使用者有秩序地使用道路，以促进道路交通安全、提高道路运行效率的设施。

3.3

车道方向分界标线 lane direction marking

用来分隔反向行驶的交通流的交通标线，一般情况下由黄色实线组成。在本标准中，车道方向分界标线的语义表示，可用于识别车辆行驶的方向是否符合道路规定的方向。

3.4

非机动车横道 non-motorized vehicle crossing

针对电动自行车等画出的非机动车过马路时允许行驶的区域，一般设置在人行横道外侧。

3.5

非机动车道 non-motorized vehicle lane

是指公路、城市道路上的车行道上自右侧人行道牙(线)至第一条车辆分道线(或隔离带、墩)之间或者在人行道上划出的车道，除特殊情况外，专供非机动车行驶。

3.6

机动车道 motorized vehicle lane

是指公路、城市道路的车行道(道路两侧道牙之间或道路两侧非机动车道之间或公路上铺装路面部分，专供车辆通行的)上自右侧第一条车辆分道线至中心线(无中心线的，以几何中心线为准)之间的车道，除特殊情况外，专供机动车行驶。

3.7

语义表示 semantic representation

对用不同颜色、线型表示的具有不同标识含义的车道标线，用数值的形式，赋予车道标线不同的类别编号。

3.8

车道标线标注 lane marking labelling

在拍摄的城市道路RGB图像中，标记出车道标线所在像素的坐标，用数值的形式对同一类车道标线所在的像素重新赋值，非车道标线所在的像素值用0值表示。

3.9

结构化数据 structured data

用结构化数据的形式，存储车道标线的位置信息与类别信息。

3.10

标线颜色渲染 lane marking color rendering

为了更好地在电子设备上显示车道标线，方便人眼的阅读，对不同编号的车道标线用不同的颜色表示。

3.11

车道标线语义拼接 lane marking semantic concatenation

针对路口之间的一段道路，把不同路段拍摄的RGB图像中的车道标线的数字化语义表示，通过在RGB图像中特征点匹配等手段，拼接成连续无重叠的车道标线数字化语义表示。

4 车道标线数字化语义表示

4.1

数字化语义表示的车道标线包含白色实线、黄色实线、双黄实线、白色虚线、黄色虚线、等红灯线、导流线、人行横道、非机动车横道、白色虚实线、借道区、车道方向分界线、路牙线、潮汐车道、减速车道、黄网格、停车让行、非机动车道、机动车道、可变车道。

4.2

车道标线数字化语义类别：

对于摄像头采集的如图1(a)所示的RGB图像，车道标线数字化语义图为与这类RGB图像具有相同的空间分辨率的灰度图，如图1(b)所示。车道标线数字化语义类别用于对车道标线语义图中的每个像素赋值，在应用中通过像素值的解析区分并识别出各种车道标线与各行驶区。

非机动车横道：128

白色虚实线：144

借道区：160

车道方向分界线：176

白色实线：200

白色虚线：201

黄色虚线：203

黄色实线：204

双黄实线：209

人行横道：214

等红灯线：217

导流线：218

路牙线：220

非机动车道：16

机动车道：64

潮汐车道：17

减速车道：18

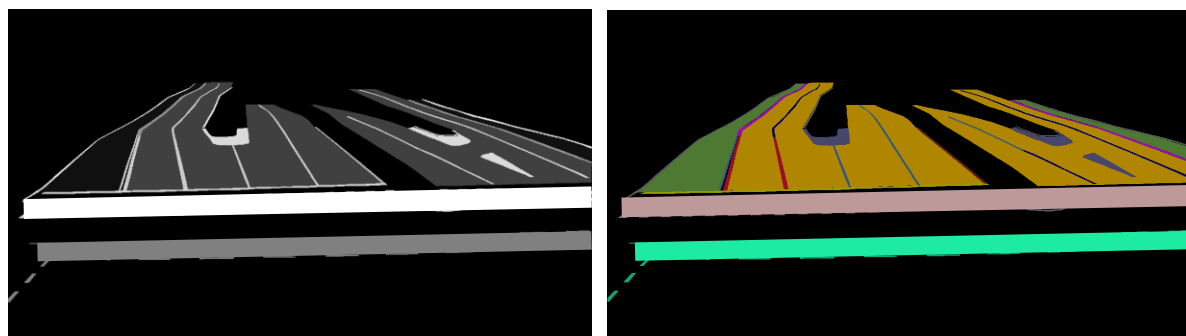
黄网格：19

停车让行：20

可变车道：21
其他：0



(a)



(b)

(c)

图1 车道标线数字化语义表示示例。(a) RGB 图像，(b) 用于机器识别的车道标线数字化语义图，(c) 用于人眼判读的车道标线数字化语义颜色渲染图

4.3

车道标线数字化语义颜色渲染：

对于RGB摄像头采集的图像，车道标线数字化语义颜色渲染图为与这类图像具有相同的分辨率的彩色图，如图1(c)所示。车道标线数字化语义颜色渲染用于对车道标线数字化语义颜色渲染图中的每个像素赋值，在应用中可以帮助人眼更明显地区分并识别出各种车道标线与各行驶区。下述括号中的三个数字表示像素在RGB通道上的三个颜色分量值，如(29,235,161)表示红色分量值为29、绿色分量值为235、蓝色分量值为161，它是图2中所示的非机动车横道线的渲染颜色。为了便于理解，图2给出了20种主要的车道标线数字化语义颜色表达的示例。

非机动车横道：(29,235,161)

白色虚实线：(220,17,247)

借道区：(0,176,240)

车道方向分界线：(153,51,0)

白色实线: (70,130,180)
 白色虚线: (0,0,142)
 黄色虚线: (119,11,32)
 黄色实线: (220,20,60)
 双黄实线: (255,0,0)
 人行横道: (190,153,153)
 等红灯线: (220,220,0)
 导流线: (102,102,156)
 路牙线: (128,128,128)
 非机动车道: (112,173,71)
 机动车道: (252,192,0)
 潮汐车道: (255,153,153)
 减速车道: (204,204,0)
 黄网格: (255,153,0)
 停车让行: (204,153,255)
 可变车道: (0,102,0)
 其他: (0,0,0)

4.4

车道标线数字化语义标签名称:

用于对标注产生的车道标线数字化语义类别的解析。在标注时,在相应的标线区域标注出一个多边形,记录下该多边形的顶点坐标,并根据该多边形所覆盖的车道标线的类型给该多边形取名,以便在语义表达时给该多边形所覆盖的区域分配语义。不同的车道标线类型应分配不同的名称。比如,标注产生的结构化数据为:

```

"label": "c_wy_z",
  "points": [
    [
      119.60396039603961,
      621.3861386138614
    ],
    [
      35.04950495049505,
      681.7821782178218
    ],
    [
      62.97029702970297,
      682.1782178217823
    ],
    [
      147.32673267326734,
      621.3861386138614
    ]
  ]
],

```

以上述结构化数据为例,每组方括号内的为多边形顶点上像素的坐标,四个或四个以上不在一条直线上的顶点坐标构成一个多边形,通过解析"c_wy_z"可知道这个多边形中像素的语义值为人行横道。请注意,采用标注工具得到的结构化文件中的多边形顶点坐标可能为浮点数,因此在生成语义图时,需要先对坐标取整以确定语义区域,再在二维语义图中对该多边形边界及内部所构成的语义区域内的像素做语义表示。通过语义类别的解析与颜色渲染,可以得到如图1(b)与图1(c)所示的一系列车道标线的数字化语义表示及颜色渲染。各类车道标线数字化语义标签的名称为:

非机动车横道: c_y_e
 白色虚实线: d_w_t
 借道区: s_y_b

车道方向分界线: o_i_s
 白色实线: s_w_d
 白色虚线: b_w_g
 黄色虚线: b_y_g
 黄色实线: s_y_d
 双黄实线: ds_y_dn
 人行横道: c_wy_z
 等红灯线: s_w_s
 导流线: s_w_c
 路牙线: r_b_l
 非机动车道: n_mv_l
 机动车道: m_v_l
 潮汐车道: t_d_l
 减速车道: s_b_l
 黄网格: y_g_l
 停车让行: s_y_l
 可变车道: v_a_l
 其他: void

如图1(a)中的RGB图像中的核心道路要素，即路牙线、导流线、非机动车道、白实线、黄实线、白色虚线、黄色虚线、机动车道、方向分界线、人行横道、等红灯线、非机动车横道做语义表示后的结果如图1(b)，上述各要素的颜色渲染效果如图2所示。

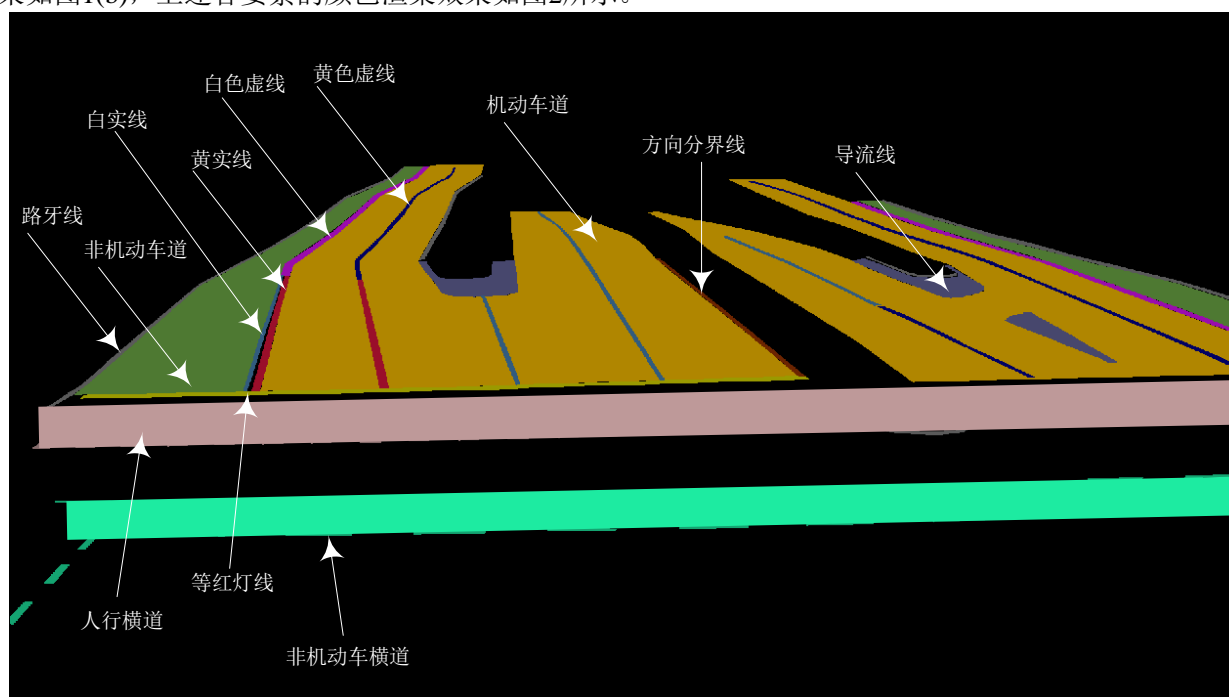


图2 几种主要的车道标线数字化语义的颜色表达示例

5 技术要求

本标准规定通过手工或者其他计算机视觉的方法标注车道标线语义的精度，语义的精度以像素表示。其精度为正负一个像素，即在同一水平或者垂直方向的单像素线上，针对某个标线，该平行的或者垂直的单像素线上，标线之外的非标线像素中最多有一个像素可以标注为道路标线，标线之内的像素中最多只能有1个像素可以标注为非道路标线。以图3为例，图3(a)为RGB图像中真实标线所占的区域的像素，图3(b)中的红色区域为对该车道标线的语义表示区域，其左边界不得多于真实标线左边界一个像素，

其右边界不得多于真实标线右边界一个像素。图3(c)中的红色区域为对该车道标线的语义表示区域，其左边界不得少于真实标线左边界一个像素，其右边界不得少于真实标线右边界一个像素。

给车道标线像素所在区域做标定时，车道标线所在的像素须构成一个封闭的区域。该封闭区域边界上的像素位置的纵坐标与横坐标可以浮点数的形式保存为结构化数据，但在对车道标线所在像素分配语义时，需要对坐标值取整，即先根据整数坐标像素点围成的封闭区域，再做车道标线数字化语义表示。

在实际标注中，车道标线数字化语义表示的宽度与长度，由在RGB图像中车道标线的宽度与长度决定，即语义表示的车道标线宽度等于对应RGB图像中真实车道标线的宽度，语义表示的车道标线长度等于对应RGB图像中真实车道标线的长度。此处的长度与宽度单位为像素。

由于语义类别与渲染颜色之间有唯一的对应关系，因此下述图例中用颜色展示各类车道标线的语义，以便于理解。

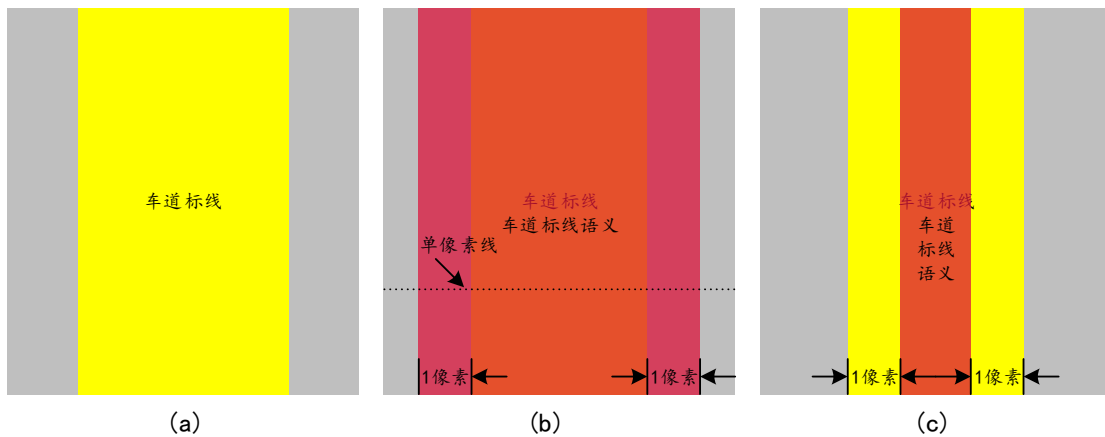


图3 车道标线语义精度示意图。(a) 车道标线，(b) 标注车道语义区域最多只能宽于实际车道标线区域一个像素，(c) 标注车道语义区域最多只能窄于实际车道标线区域一个像素

5.1 白色虚线、黄色虚线、白色虚实线

如图4所示，对于白色虚线、黄色虚线，在做数字化语义表示时，不仅需要对上述标线所在的着色区域的像素做语义表示，而且要对标线所在的非着色区域做语义表示，非着色部分应具有与标线部分相同的语义，其左右两端的宽度应该与相连处标线区域的宽度相同。其目的在于在数字空间中，由物理位置相邻车道标线语义构成左右方向上封闭的行驶区域，便于判定车辆的压线、越线、变道及调头等行为。

由于摄影成像时的形变、透视等原因，或者车道标线本身就是曲线形状，使得RGB图像中的标线边界呈现扭曲、斜线等情况，但其在图像中是何种形状，语义表达的区域就呈现与RGB图像中真实的标线相同的形状。

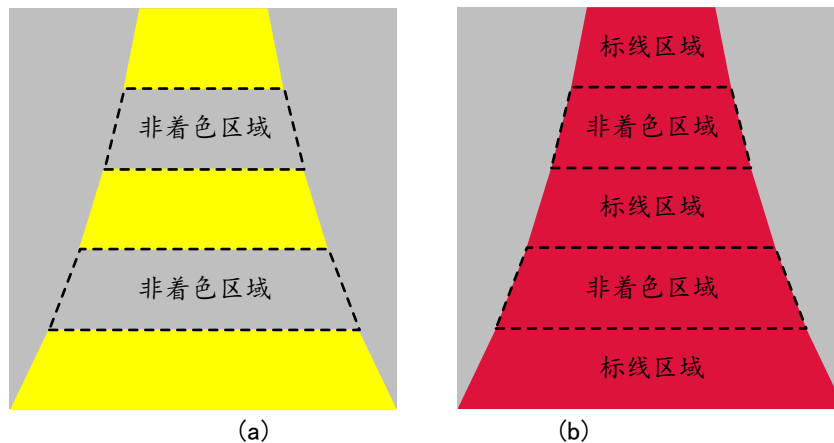


图4 车道虚标线语义示意图。(a) 车道虚标线由于成像原理造成的远窄近宽现象，(b) 虚标线段之间的非标线区域的语义表示

如图5所示，对于白色虚实线，若目的为识别该种标线，则采用图5(b)的语义表示方法，即对虚线、实线以及它们之间的非着色区分配相同的语义，其语义类别为144，渲染颜色为(220,17,247)。

若为了检测车辆的越线行为是否合规，则采用图5(c)的语义表示方法，即：实线部分按照白色实线分配语义，虚线部分按照白色虚线分配语义，语义区间为白色实线的内边界到白色虚线的外边界。在该例图中，这种语义表示方法，有助于识别右边车道车辆向左越过白色实线的行为。

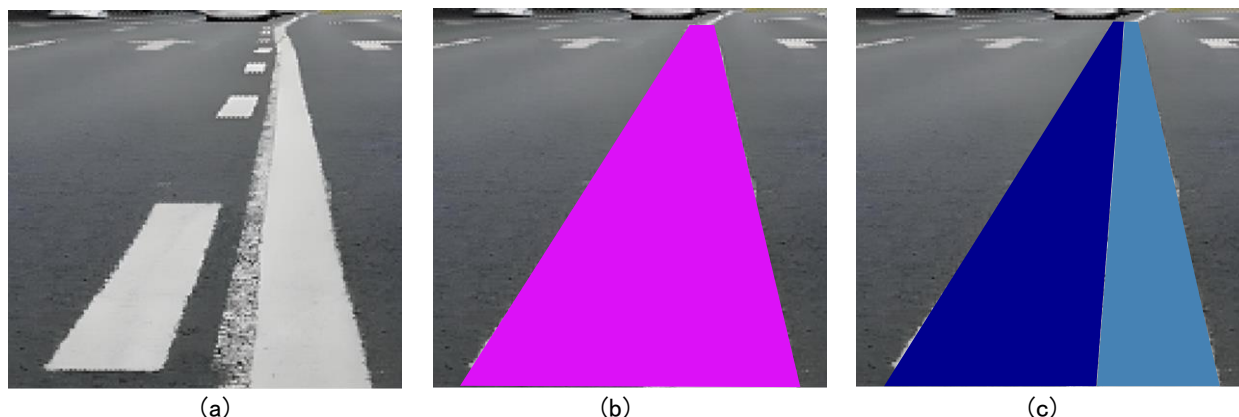


图5 白色虚实线标线语义示意图。(a)原图，(b)白色虚实线作为整体做语义表示，(c)白色虚实线分别作为虚线与实线做语义表示

如按图5(b)做语义表示，其语义区域左边界与真实标线左边界的距离为正负一个像素，其语义区域右边界与真实标线右边界的距离为正负一个像素。如按图5(c)做语义表示，白色虚线语义区域左边界与真实虚线标线左边界的距离为正负一个像素，其右边界与真实实线标线左边界的距离为正负一个像素。白色实线语义区域左边界与真实实线标线左边界的距离为正负一个像素，其右边界与真实实线标线右边界的距离为正负一个像素。

5.2 导流线

如图1(a)所示，导流线一般为不规则形状。在对导流线做语义表示时，根据其形状标注出导流线的语义区域，导流线的语义区域需尽可能与图像中的导流线所在区域重合。语义区的外边界与RGB图像中的导流线所在区域的外边界之间的距离不超过正负一个像素。导流线外边界内的像素，不管是否画有导流线，都用同样的语义表示，表示的语义效果如图1(b)所示。其颜色渲染结果如图1(c)，为了更加直观地了解导流线的标注的效果，可参照图2。

5.3 人行横道、非机动车横道

如图1所示，对于人行横道、非机动车横道，在做数字化语义表示时，根据采集图像中的横道区域，一般呈现进宽远窄，考虑到感知设备的视角，一般横道与采集设备视角方向垂直。对横道区域做语义表示，语义表示区的边界尽可能接近真实横道区域的边界。为了检测道路运动目标是否在指定的车道行驶，识别机动车是否闯红灯、行人是否在人行横道上跨越道路、非机动车是否在非机动横道上跨越道路，语义表达的横道区域需表示为封闭的区域，其外边界与真实横道的外边界之间的距离为正负一个像素。横道标线中非着色部分，也需分配相同的语义。语义表示区的下边界与真实的横道标线下边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的上边界与真实的横道标线下边界之间的距离为正负一个像素。

5.4 白色实线、黄色实线、双黄实线、路牙线、等红灯线

在图1(a)中包含白色实线、黄色实线、双黄实线、路牙线、等红灯线等实线标线。在标注时，要考虑这类标线在RGB图像中的可观察性，又要考虑部署在路侧采集RGB图像的感知设备的可感知距离。对于白色实线、黄色实线、双黄实线、路牙线等平行于感知设备视角的标线，主要考虑其左右两侧的语义表示精度，其左边界与真实的标线左边界的距离不超过正负一个像素，其右边界与真实的标线右边界的距离不超过正负一个像素。对于等红灯线等实线标线等垂直于感知设备视角方向的标线，其上边界与真

实的标线上边界的距离不超过正负一个像素，其下边界与真实的标线下边界的距离不超过正负一个像素。这类实线型标线的语义表示可见图1(b)，颜色渲染图可见图1(c)，为了更好地理解，还可参考图2。

当道路没有马路牙时，也需要用马路牙语义标出道路两边的边界线，用于识别人行道上的停车或车辆行驶等异常行为。

如图6所示，对于双黄实线、有填充区的双黄实线，按照其在RGB图像中真实的所占的区域，得到标线的边界形成封闭区间，并对该区间做语义表示，即两条黄实线之间的非着色区域也分配相同的语义。两条不平行的黄实线、有填充区的两条不平行的黄实线也按照该方法做语义表示。请注意在图6右边例图中，还包含有黄色虚线与黄色实线，它们边界之间的区域不做语义表示，而只对黄色虚线与黄色实线做语义表示。其中，黄色实线的语义表示请见图6。图6中还可以看到，黄色虚线需表示为连续的语义区间，包括黄色虚线到黄色实线之间的空白区间。其语义表示精度为正负一个像素。利用这两种不同线型的语义，可以检测调头等行为是否正常。



图6 双黄实线、有填充区的双黄实线语义表示示意图

5.5 机动车道、非机动车道、潮汐车道、可变车道、借道区、减速车道、

对于机动车道、非机动车道，其语义边界到真实车道边界的距离不超过正负一个像素。其车道标线根据实际线型，做相应的语义表示。机动车道、非机动车道的语义表示的效果，可参照图1。



图7 不作用时潮汐车道及物理隔离装置语义表示示意图

如图7所示，当潮汐车道不起作用时，对于潮汐车道左边的车道标线，由于其可以跨越，因此分配和黄色虚线一样的意义，两条黄色虚线之间的空白区间也分配和黄色虚线一样的语义。对于潮汐车道右边的车道标线，由于其不可以跨越，因此分配和黄色实线一样的意义，如是双黄实线，两条黄色实线之间的空白区间也分配和黄色实线一样的语义，标线语义区域左边界区真实标线左边界之间的距离不超过正负一个像素，标线语义区域右边界区真实标线右边界之间的距离不超过正负一个像素。

对于潮汐车道，在做数字化语义表示时，根据采集图像中的车道区域，一般呈现进宽远窄，对车道区域做语义表示，语义表示区的底部尽可能接近真实车道区域的底部，顶部尽可能接近真实车道的顶部。考虑到感知设备对目标跟踪、识别的距离，语义表示区不必覆盖到车道的顶部尽头与底部尽头。为了检测道路运动目标是否在指定的车道行驶，或检测压线、变道、逆行、违停等行为，在图7中，语义表示区的左边界与真实的车道标线右边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的右边界与真实的车道标线左边界之间的距离为正负一个像素。当潮汐车道的车道标线在车道的右边时，语义表示的方法类似。

对于存在物理隔离装置的潮汐车道，需对潮汐车道标线至水马等物理隔离装置之间的区间语义表示，如图7中左边的潮汐车道标线与黄色虚线的语义相同。潮汐车道语义区间左边界和真实车道标线左边界的距离控制在正负一个像素，语义区间右边界和物理隔离装置的左边界像素之间的距离控制在正负一个像素。图7中潮汐车道右边的物理隔离装置的作用等同于黄色实线，因此按照黄色实线做语义表示，由于存在视觉遮挡，对隔离装置不可见边界的语义表示不做像素精度要求。

如图8所示，当潮汐车道起作用时，车道左边的潮汐标线虽然为双虚线，但需标注为黄色实线，且两条标线之间的区间也分配黄色实线的语义。车道右边的潮汐车道标线此时作用等同于黄色虚线，因此给该标线分配黄色虚线标线语义。

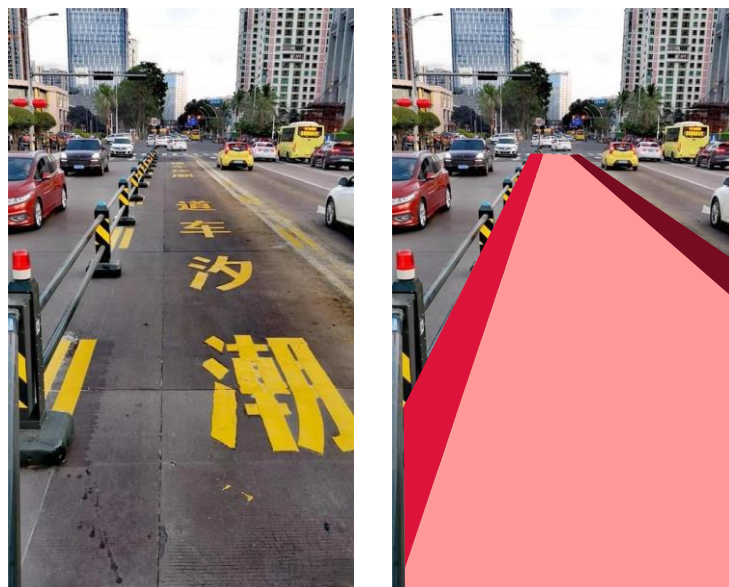


图8 作用时潮汐车道及物理隔离装置语义表示示意图

潮汐车道语义区的左边界与左边车道标线的右边界之间的距离不超过一个像素，潮汐车道语义区的右边界与右边车道标线的左边界之间的距离不超过一个像素。左边的潮汐车道标线语义区域的左边界与真实标线的左边界之间的距离不超过正负一个像素，右边的潮汐车道标线语义区域的右边界与真实标线的右边界之间的距离不超过正负一个像素。



图9 可变车道及其车道标线语义表示示意图

如图9所示，对于可变车道，语义表示区的左边界与其左边的真实车道标线右边界之间的距离不超过正负一个像素，语义表示区的右边界与其右边的真实车道标线左边界之间的距离不超过正负一个像素。可变车道内的“非”字状标线不做语义表示。图9中的可变车道标线实线部分按照白色实线做语义

表示，其左边界与真实的标线左边界的距离不超过正负一个像素，其右边界与真实的标线右边界的距离不超过正负一个像素。

如图10所示，对于借道区，语义表示区的左边界与真实的车道标线左边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的右边界与真实的车道标线右边界之间的距离为正负一个像素。语义表示区的下边界与真实的车道标线下边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的上边界与真实的车道标线上边界之间的距离为正负一个像素。语义表示区覆盖借道区车道标线，即借道区标线不做语义表示。



图10 借道区语义表示示意图

如图11所示，对于减速车道，语义表示区的左边界与其左侧真实的车道标线右边界之间的距离不超过正负一个像素，语义表示区的右边界与其右侧真实的车道标线左边界之间的距离为正负一个像素。可变车道内的“鱼骨”状标线不做语义表示。图11中的减速车道边界标线按照实际的标线做语义表示，图11中所标注的减速车道的左边为白色实线，则该标线按照白色实线做语义表述；图11中所标注的减速车道的右边为黄色实线，则该标线按照黄色实线做语义表述。实线标线的语义区间的左边界与真实的标线左边界的距离不超过正负一个像素，其右边界与真实的标线右边界的距离不超过正负一个像素。



图11 减速车道及其车道标线语义表示示意图

5.6 停车让行与黄网格

如图12所示，对于停车让行标线，一般用汉字“停”表示。在做数字化语义表示时，根据采集图像中的标线区域，用不规则四边形包裹该标线，语义表示区的左边界与真实的车道标线左边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的右边界与真实的车道标线右边界之间的距离为正负一个像素。语义表示区的下边界与真实的车道标线下边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的上边界与真实的车道标线上边界之间的距离为正负一个像素。

对于黄网格标线，一般用用网格状的黄线表示。在做数字化语义表示时，根据采集图像中的标线区域，用不规则多边形包裹该标线，语义表示区的左边界与真实的车道标线左边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的右边界与真实的车道标线右边界之间的距离为正负一个像素。语义表示区的下边界与真实的车道标线下边界之间的距离为正负一个像素，语义表示区的上边界与真实的车道标线上边界之间的距离为正负一个像素。对于语义区内部的作色与非着色部分，填充和语义区边界一样的语义。



图12 停车让行与黄网格的语义表示示意图

5.7 车道方向分界线

车道方向分界线的语义主要用于判定车辆的行驶方向。对于单向道路，不对车道方向分界线做道路标线的语义表示。对于双向道路，有些道路没有黄实线，如图1所示，而是以物理隔离带划分两个方向的车道，此时需在可见的隔离带下沿处做车道方向分界线的语义表示。此时，由于在对应的RGB图像中不存在方向分界线，该标线的宽度参考同一RGB图像中其他实线或者虚线的宽度。

对于有黄实线的双向道路，用黄实线的语义代替车道方向分界线的语义。在交通状态感知中，利用方向分界线的语义解析，可以判断各车道上车辆的行驶方向是否符合规范。

6 试验方法

6.1

路侧设备采集道路RGB图像。

6.2

对RGB图像中的道路各元素做语义标注，得到以车道标线数字化语义标签名称为索引、语义区间顶点坐标为内容的结构化数据文件。并把RGB图像的长度与宽度记录在该结构化数据文件中。

6.3

对结构化数据文件做解析，根据解析的图像长度与宽度信息得到一张像素灰度值全为零的初始化语义灰度图像。对结构化数据文件做解析，根据解析的图像长度与宽度信息得到一张像素颜色值全为零的初始化语义彩色渲染图像。

6.4

根据解析的车道标线数字化语义标签名称，以及语义区间顶点坐标，在初始化语义图像中为各语义区间分配语义类别，得到单颜色通道的道路标线语义的灰度图像。

6.5

根据解析的车道标线数字化语义标签名称，以及语义区间顶点坐标，在初始化语义彩色渲染图像图像中为各语义区间分配颜色类别，得到三颜色通道的道路标线语义的颜色渲染图。

6.6

根据检测出来的道路各目标在图像中的位置及所占的框区，求取框区与所在语义区域的交并集，以判断各目标是否存在违规变道等异常交通行为。通过路侧雷达获取各车辆的速度信息，进一步检测是否存在逆行、违停、超速等异常交通行为。根据识别出的道路目标类型比如行人，通过计算其与车道的交并集，以判断是否存在横穿马路等行为。