

车辆决策规划方法、装置、设备及介质

本公开要求于 2021 年 8 月 25 日提交中国专利局、申请号为 202110984268.3、发明名称为“避让障碍物的决策方法、装置、设备及介质”的中国专利申请的优先权，以及于 2021 年 9 月 17 日提交中国专利局、申请号为 202111095293.2、发明名称为“车辆可行驶区域生成方法、装置、设备及介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本公开涉及无人驾驶技术领域，尤其涉及一种车辆决策规划方法、装置、设备及介质。

背景技术

随着车辆智能化技术的发展，无人车自动控制技术逐渐成为车辆研究领域的一个热点。自动驾驶系统需要规划出平顺、安全以及车辆可通行的路径，保证车辆与障碍物不会发生碰撞。

通常，自动驾驶系统的感知模块会输出两种类型的障碍物，一种是含有丰富语义信息的凸包障碍物，另一种是不含有语义信息的栅格障碍物。对于凸包障碍物而言，决策规划模块能够比较方便地进行障碍物决策，但是对于离散度较高且数量较为庞大的栅格障碍物而言，决策规划模块难以方便、快速地进行障碍物决策，从而导致决策规划模块对混合类型障碍物进行障碍物决策较为困难。

发明内容

为了解决上述技术问题或者至少部分地解决上述技术问题，本公开提供了一种车辆决策规划方法、装置、设备及介质。

本公开实施例提供了一种车辆决策规划方法，包括：

生成基坐标系；

在所述基坐标系下生成引导线，以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹；

在所述引导线的约束下，进行障碍物决策；

根据障碍物决策生成可行驶区域。

在一些实施例中，进行障碍物决策，包括：

获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物；

将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

在一些实施例中，根据障碍物决策生成可行驶区域，包括：

获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

本公开实施例提供了一种车辆决策规划装置，包括：

基坐标系生成器，用于生成基坐标系；

引导线生成器，用于在所述基坐标系下生成引导线，以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹；

障碍物决策器，用于在所述引导线的约束下，进行障碍物决策；

行驶空间生成器，用于根据障碍物决策生成可行驶区域。

在一些实施例中，障碍物决策器包括：

信息获取模块，用于获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

预处理模块，用于基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物，其中，所述第二栅格障碍物的数量小于所述第一栅格障碍物的数量；

类型转换模块，用于将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

避让决策模块，用于基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

在一些实施例中，行驶空间生成器包括：

感知信息获取模块，用于获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

车道决策语义信息确定模块，用于基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

可行驶区域生成模块，用于基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

本公开实施例提供了一种电子设备，包括：

存储器以及一个或多个处理器；

其中，所述存储器与所述一个或多个处理器通信连接，所述存储器中存储有可被所述一个或多个处理器执行的指令，所述指令被所述一个或多个处理器执行时，所述电子设备用于实现本公开任一实施例提供的车辆决策规划方法。

本公开实施例提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机可执行指令，当所述计算机可执行指令被计算装置执行时，可用来实现本公开任一实施例提供的车辆决策规划方法。

本公开实施例提供的技术方案与现有技术相比具有如下优点：

一、在对第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物之后，通过将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物，即将栅格类型的障碍物转换成凸包类型的障碍物，实现对栅格类型和凸包类型两种类型障碍物（即混合类型障碍物）的统一决策，从而能够简化混合类型障碍物的障碍物决策流程，加速障碍物决策过程，使得决策规划模块能够方便、快速地进行障碍物决策。

二、根据环境感知信息确定每个车道的车道决策语义信息，将车道决策语义信息转换成可行驶区域的约束边界，兼顾通过性和安全性，能够快速生成通过性和安全性高的可行驶区域，加速行驶轨迹的生成，实现对障碍物的快速避让；同时，通过时间代价和安全性代价均能够表征对动态障碍物的通行代价，且通过时间代价还能表征对静态障碍物的通行代价，因此，本公开技术方案基于通过时间代价和安全性代价生成可行驶区域，可以同时实现对动态障碍物和静态障碍物的通行规划，可适用动态环境中障碍物的处理。

附图说明

此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，示出了符合本公开的实施例，并与说明书一起用于解释本公开的原理。

为了更清楚地说明本公开实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，对于本领域普通技术人员而言，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为本公开实施例提供的一种车辆决策规划方法的流程图；

图2为本公开实施例提供的决策规划模块的功能模块框图；

图3为本公开实施例提供的车辆决策规划方法适用场景的示意图；

图4为本公开实施例提供的一种车辆决策规划方法的部分流程图；

图5为本公开实施例提供的障碍物决策器的功能模块框图；

图6为本公开实施例提供的道路包围盒的示意图；

图7为本公开实施例提供的避让决策时的场景图；

图8为本公开实施例提供的另一种车辆决策规划方法的部分流程图；

图9为本公开实施例提供的车道通过时间代价对应的场景图；

图10为本公开实施例提供的车道安全性判断的ST图；

图11为本公开实施例提供的可行驶区域边界离散化的示意图；

图12为本公开实施例提供的车道宽度通行代价对应的场景图；

图13为本公开实施例提供的一种基于预设交通规则更新可行驶区域的示意图；

图14为本公开实施例提供的一种车辆的运动学和动力学约束更新可行驶区域的示意图；

图15为本公开实施例提供的一种障碍物语义信息和预设安全区更新可行驶区域的示意图；

图16为本公开实施例提供的生成frenet包围盒的示意图；

图17为本公开实施例提供的一种静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法更新可行驶区域的示意图；

图18为本公开实施例提供的车辆决策规划装置中的障碍物决策器的功能模块框图；

图19为本公开实施例提供的车辆决策规划装置中的行驶空间生成器的功能模块框图；

图20为本公开实施例提供的适于用来实现本公开实施方式的电子设备的结构示意图。

具体实施方式

为了能够更清楚地理解本公开的上述目的、特征和优点，下面将对本公开的方案进行进一步描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本公开的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本公开，但本公开还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施；显然，说明书中的实施例只是本公开的一部分实施例，而不是全部的实施例。

图1为本公开实施例提供的一种车辆决策规划方法的流程图示意图。该方法适用于无人驾驶汽车的障碍物决策以及可行驶区域的生成的情况。如图1所示，该方法包括如下步骤：

S110、生成基坐标系。

S120、在基坐标系下生成引导线，以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹。

S130、在引导线的约束下，进行障碍物决策。

S140、根据障碍物决策生成可行驶区域。

本实施例中，通过生成基坐标系，使得后续的引导线、障碍物决策数据以及可行驶区域都在该基坐标系下生成，从而为车辆以及障碍物的定位提供基准。基坐标系可以为frenet坐标系。在生成引导线后，根据引导线指示的大致行驶轨迹，对该大致行驶轨迹上的障碍进行障碍物决策，从而对障碍物进行避让。之后，根据障碍物决策可以确定车辆需从障碍物左侧通过，还是从障碍物右侧通过，还是跟随障碍物，从而确定车辆的可行行驶区域。

图2示出了决策规划模块的功能模块框图。如图2所示,决策规划模块1可包括约束生成单元11、轨迹生成单元12和轨迹平滑单元13。

在一些实施例中,约束生成单元11包括基坐标系生成器111、引导线生成器112、障碍物决策器113和行驶空间生成器114。其中,基坐标系生成器111用于生成基坐标系,如frenet坐标系等;引导线生成器112用于生成引导线,以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹;障碍物决策器113用于进行障碍物决策;行驶空间生成器114用于根据障碍物决策生成可行区域。在一些实施例中,轨迹生成单元12用于根据可行区域生成无人驾驶汽车的行驶轨迹;轨迹平滑单元13用于对行驶轨迹进行平滑处理。

在一些实施例中,障碍物决策器113具体用于获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息;基于道路信息和第一栅格障碍物信息,对第一栅格障碍物进行预处理,得到第二栅格障碍物;将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物;基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息,对目标凸包障碍物做出避让决策。

在一些实施例中,行驶空间生成器114具体用于获取环境感知信息;基于环境感知信息,确定每个车道的车道决策语义信息,其中,车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价;基于车道决策语义信息,生成可行区域。

基于上述技术方案,本公开实施例提供了一种车辆决策规划方法,该方法适用于无人驾驶汽车对道路环境下的栅格障碍物和凸包障碍物等静态障碍物和/或动态障碍物进行决策的情况。图3示出了车辆决策规划方法的适用场景,参见图3,无人驾驶汽车100的前方存在凸包障碍物200(包括静态障碍物和动态障碍物)和栅格障碍物300,无人驾驶汽车100可通过获取凸包障碍物200和栅格障碍物300的障碍物信息,将栅格障碍物300的类型转换成凸包类型,从而实现凸包障碍物200和栅格障碍物300的统一决策。该方法可应用于无人驾驶汽车,具体应用于无人驾驶汽车自动驾驶系统中的决策规划模块。基于本公开实施例提供的车辆决策规划方法,可实现混合类型障碍物的统一决策,方便、快速地进行障碍物决策。

基于上述技术方案,图4为本公开实施例提供的车辆决策规划方法的部分流程示意图。如图4所示,进行障碍物决策(或者避让障碍物的决策方法)包括如下步骤:

S210、获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息。

本公开实施例中,栅格障碍物即栅格类型的障碍物,凸包障碍物即凸包类型的障碍物。

在一些实施例中,可通过高精度地图或车载摄像头获取道路信息,道路信息可包括道路边界信息和道路曲率信息等。同时,可通过车辆感知模块(例如车载摄像头和激光雷达等)和定位模块获取障碍物信息,障碍物信息可包括障碍物类型信息、障碍物尺寸信息和障碍物位置信息等。其中,障碍物类型信息可以为障碍物类型标识符,通过预先定义不同的障碍物类型标识符来区分障碍物类型;障碍物类型信息也可以为障碍物数据格式,车辆感知模块在感知到障碍物后,对障碍物数据进行处理,将不同类型障碍物的数据以不同的障碍物数据格式进行存储,决策规划模块从而在获取障碍物信息时,通过障碍物数据格式来区分障碍物类型,例如,栅格障碍物的障碍物数据格式为“ogm”,凸包障碍物的障碍物数据格式为“.mot”。如此,基于障碍物类型信息,确定第一栅格障碍物和第一凸包障碍物,得到第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物信息。

S220、基于道路信息和第一栅格障碍物信息,对第一栅格障碍物进行预处理,得到第二栅格障碍物。

S230、将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物。

图5示出了障碍物决策器的功能模块框图。如图5所示,障碍物决策器113可包括栅格障碍物处理器1131、通行方式决策器1132和凸包障碍物过滤器1133。

其中,栅格障碍物处理器1131执行S220、基于道路信息和第一栅格障碍物信息,对第一栅格障碍物进行预处理,得到第二栅格障碍物;以及S230、将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物。

在S220中,对第一栅格障碍物进行预处理可用于减少数据计算量,简化障碍物决策流程,可包括以下至少一个步骤:生成第一栅格障碍物的栅格障碍物轮廓;生成第一栅格障碍物的障碍物包围盒;过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物;以及对位于道路内的第一栅格障碍物进行聚合处理。

在一些实施例中,对第一栅格障碍物进行预处理,以使预处理后得到的第二栅格障碍物的数量小于第一栅格障碍物的数量,从而便于下游模块对障碍物的计算。

本公开实施例可通过过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物来减少第一栅格障碍物的数量。在一些实施例中,基于道路信息和第一栅格障碍物信息,对第一栅格障碍物进行预处理,得到第二栅格障碍物,可包括如下步骤:

S221、基于道路信息和第一栅格障碍物信息,过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物。

在一些实施例中,基于道路信息和第一栅格障碍物信息,过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物,可包括如下步骤:

S2211、基于道路信息,生成沿道路通行方向的道路包围盒。

在一些实施例中,基于道路信息,将道路边界离散成边界点;基于边界点,生成道路包围盒。本公开实施例对道路包围盒的形状是基于无人车车体右手坐标系的轴对称包围盒,只要可以经过边界点且覆盖道路即可,以便后续进行第一栅格障碍物是否位于道路之外的判断。

具体的,参考图6,基于道路信息,确定道路边界和道路边界曲率;基于道路边界曲率,对道路边界进行离散化,得到沿道路通行方向间隔排布的边界点组,其中,每组边界点组包括在横向上对应的左边界点a和右边界点a',横向垂直于道路通行方向;基于任意相邻两组边界点组,生成经过任意相邻两组边界点组中各边界点的矩形框b,并将矩形框b作为道路包围盒。

在一些实施例中,矩形框b相邻的两条边中,一条边平行于本车行驶方向,即无人驾驶汽车100的行驶方向x,

另一条边垂直于本车行驶方向,即无人驾驶汽车 100 行驶的法线方向 y 。同时,同一道路边界上的相邻两个边界点之间的距离与道路边界曲率负相关,即道路边界曲率越大,弯曲程度越大,道路边界上的相邻两个边界点之间的距离越小。如此,可保证道路包围盒完全覆盖道路,避免后续将部分位于道路内的第一栅格障碍物判定为位于道路之外而使其被过滤掉,从而避免对障碍物决策产生影响。

5 在一些实施例中,基于道路边界曲率,对道路边界进行离散化,得到沿道路通行方向间隔排布的边界点组,包括:以本车当前位置作为起始路点;获取起始路点在横向上对应的一组边界点组;基于道路边界曲率,沿道路通行方向选择下一路点,其中,相邻两个路点之间的距离与道路边界曲率负相关;将下一路点作为起始路点,返回执行获取起始路点在横向上对应的一组边界点组,直至在道路通行方向上下一路点到本车当前位置的距离大于预设距离阈值,将当前获得的所有边界点组确定为边界点组。其中,预设距离阈值可以根据车辆感知障碍物的最大范围确定。

10 基于上述技术方案,在本公开一具体实施例中,每 4 个边界点(道路左侧相邻两个边界点,道路右侧对应相邻两个边界点)能够生成一个道路包围盒 $B_R = \{b_{\min}, b_{\max}, b_{\text{left},0}, b_{\text{left},1}, b_{\text{right},0}, b_{\text{right},1}\}$, 其中, $b_{\min}$ 和 $b_{\max}$ 分别是道路包围盒的最小、最大坐标点, $b_{\text{left},0}, b_{\text{left},1}, b_{\text{right},0}, b_{\text{right},1}$ 分别是道路的左侧和右侧的坐标点,那么可以整个道路可以使用 n 个道路包围盒表示,生成道路包围盒序列 $B_{\text{road_list}} = \{B_{R0}, B_{R1}, \dots, B_{Rn}\}$ 。本公开实施例中,道路可以是车辆行驶路线中的一个路线片段,可根据车辆定位信息确定本车所在的路线片段,对道路边界进行离散化,

15 即为对本车所在的路线片段的边界进行离散化。示例性的,定义道路边界点的列表为 S , 且初始化为空表,道路包围盒序列 $B_{\text{road_list}}$ 也初始化为空,从本车所在的路线片段开始离散道路边界,获取路线片段的第一个路点(可为本车当前位置),然后获取第一个路点在横向上所对应的左边界点和右边界点,将当前的左边界点和右边界点加入列表 S ;基于道路边界曲率,沿道路通行方向选择下一路点,检查第一个路点沿道路通行方向到下一路点的距离是否小于或等于预设距离阈值,如果该距离小于或等于预设距离阈值,则获取下一路点在横向上所对应的左边界点和右边界点并加入列表 S ;基于道路边界曲率,沿道路通行方向继续选择下一路点,以此直至第一个路点沿道路通行方向到下一路点的距离大于预设距离阈值,停止获取左边界点和右边界点,基于最后更新的列表 S ,生成路网包围盒序列 $B_{\text{road_list}}$ 。

S2212、基于第一栅格障碍物信息,生成第一栅格障碍物的栅格障碍物包围盒。

25 在一些实施例中,基于第一栅格障碍物信息,生成第一栅格障碍物的栅格障碍物轮廓;基于栅格障碍物轮廓生成栅格障碍物包围盒。

具体的,基于第一栅格障碍物信息,采用 suzuki 轮廓跟踪算法,将第一栅格障碍物生成封闭的轮廓图形,即栅格障碍物轮廓。如此,可避免对所有的原始点云栅格障碍物数据进行处理,可大大降低对处理器和传感器的硬件要求。示例性的,栅格障碍物轮廓 $\Omega = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$, p_0 是栅格障碍物轮廓的一个坐标点,该栅格障碍物轮廓有 n 个坐标点组成。栅格障碍物包围盒 $B = \{P_{\min}, P_{\max}\}$, 栅格障碍物包围盒的 4 个顶点可以由 2 个坐标点 $p_{\min} = [x_{\min}, y_{\min}]$ 和 $p_{\max} = [x_{\max}, y_{\max}]$ 的坐标值组成,其中:

$$\begin{cases} x_{\max} = \max\{x_0, x_1, \dots, x_n\} \\ y_{\max} = \max\{y_0, y_1, \dots, y_n\} \\ x_{\min} = \min\{x_0, x_1, \dots, x_n\} \\ y_{\min} = \min\{y_0, y_1, \dots, y_n\} \end{cases},$$

$x_0, x_1, \dots, x_n$ 为栅格障碍物轮廓中 n 个坐标点的 x 坐标, $y_0, y_1, \dots, y_n$ 为栅格障碍物轮廓中 n 个坐标点的 y 坐标。

S2213、基于栅格障碍物包围盒和道路包围盒，确定位于道路之外的第一栅格障碍物。

本公开实施例可对第一栅格障碍物进行两阶段的碰撞检测，以快速、准确地确定位于道路之外的第一栅格障碍物。示例性的，可以先对栅格障碍物进行粗糙碰撞检测，从而快速过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物，且减少碰撞检测的计算量；对于粗糙碰撞检测确定的发生碰撞的第一栅格障碍物，再进行精细碰撞检测，从而进一步确定位于道路之外的第一栅格障碍物，以确保过滤之后剩余的第一栅格障碍物均位于道路内。

对于上述粗糙碰撞检测，在一些实施例中，对于每个栅格障碍物包围盒，基于栅格障碍物包围盒和道路包围盒，从道路包围盒中确定到栅格障碍物包围盒欧氏距离最小的目标道路包围盒；将栅格障碍物包围盒与对应的目标道路包围盒进行碰撞检测；如果栅格障碍物包围盒与对应的目标道路包围盒没有碰撞，则确定栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。道路包围盒到栅格障碍物包围盒的欧氏距离相对较小时，表明道路包围盒与栅格障碍物包围盒发生碰撞的可能性越大，如果上述欧氏距离较小时所对应的道路包围盒与栅格障碍物包围盒都没发生碰撞，那么上述欧氏距离较小时所对应的道路包围盒与栅格障碍物更不会发生碰撞。因此，通过从道路包围盒中确定到栅格障碍物包围盒欧氏距离最小的目标道路包围盒，与栅格障碍物包围盒进行碰撞检测，可减少碰撞检测的计算量，从而加快障碍物决策速度。在一些实施例中，只需检测栅格障碍物包围盒的顶点是否位于目标道路包围盒上或目标道路包围盒内即可。例如，当栅格障碍物包围盒的顶点均位于目标道路包围盒之外时，确定该栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外；当栅格障碍物包围盒的顶点位于目标道路包围盒上或目标道路包围盒内时，确定该栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路内。

对于上述精细碰撞检测，在一些实施例中，如果栅格障碍物包围盒与对应的目标道路包围盒发生碰撞，判断栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。在一些实施例中，基于目标道路包围盒的边界点和栅格障碍物包围盒通过向量叉积进行碰撞检测，判断栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。具体的，确定边界点向量；确定栅格障碍物包围盒的顶点向量；当栅格障碍物包围盒的顶点向量与边界点向量的叉积均大于0时，确定栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。当栅格障碍物包围盒的顶点向量与边界点向量的叉积小于或等于0时，确定栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路内。其中，边界点向量包括目标道路包围盒的两个左边界点构成的左边界向量，以及目标道路包围盒的两个右边界点构成的右边界向量，栅格障碍物包围盒的顶点向量为栅格障碍物包围盒的顶点与目标道路包围盒的一边界点构成的向量，且该边界点为参与叉积运算的边界点向量对应的一个边界点，例如，顶点向量与右边界向量叉积时，顶点向量中的边界点为右边界向量对应的一个边界点。示例性的，栅格障碍物包围盒 $B = \{P_{\min}, P_{\max}\}$ ，目标道路包围盒

$B_R = \{b_{\min}, b_{\max}, b_{left,0}, b_{left,1}, b_{right,0}, b_{right,1}\}$ ，左边界向量 $v_{left} = b_{left,1} - b_{left,0}$ ，右边界向量 $v_{right} = b_{right,1} - b_{right,0}$ ，然后遍历栅格障碍物包围盒B的四个顶点，构成四个顶点向量，将四个顶点向量分别与左边界向量或右边界向量叉积，根据叉积结果判断栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。例如，B的其中一个顶点 $p_0 = [x_{\min}, y_{\min}]$ ，那么右边界向量和顶点向量叉积 $c_1 = cross(p_0 - b_{right,0}, v_{right})$ ，

如果 $c_1 > 0$ ，那么顶点 p_0 在道路右边界的右侧；否则，顶点 p_0 在道路右边界上或道路右边界的左侧。同理，可判断栅格障碍物包围盒的其他顶点在道路右边界上或道路右边界的左侧或右侧。如此，能够判断栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。

S2214、过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物。

S222、将剩余第一栅格障碍物作为第二栅格障碍物。

另外，本公开实施例也可通过对位于道路内第一栅格障碍物进行聚合处理来减少第一栅格障碍物的数量。在一些实施例中，基于道路信息和第一栅格障碍物信息，对第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物，也可包括如下步骤：

S223、基于道路信息和第一栅格障碍物信息，确定位于道路内的第一栅格障碍物。

本实施例中位于道路内的第一栅格障碍物可通过上述实施例中判断第一栅格障碍物是否位于道路之外的方法确定，此处不再赘述。

S224、对位于道路内的第一栅格障碍物进行聚合处理。

在一些实施例中，基于位于道路内的第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息，生成其中第一栅格障碍物的第一障碍物包围盒；当相邻两个第一障碍物包围盒之间的欧氏距离小于本车宽度时，将相邻两个第一障碍物包围盒进行合并，生成第二障碍物包围盒；将第二障碍物包围盒作为第一障碍物包围盒，返回执行当相邻两个第一障碍物包围盒之间的欧氏距离小于本车宽度时，将相邻两个第一障碍物包围盒进行合并，生成第二障碍物包围盒，直至第二障

碍物包围盒与相邻的第一障碍物包围盒之间的欧氏距离大于或等于本车宽度，或者没有与第二障碍物包围盒相邻的第一障碍物包围盒。

示例性的，可创建一个 CLOSED 表，并将其初始化为空表，从第一障碍物包围盒的集合 $set_{contour}$ 中取出一个第一障碍物包围盒加入到 CLOSED 表中，并且在集合 $set_{contour}$ 中删除这个第一障碍物包围盒，然后遍历集合 $set_{contour}$ ，一旦集合 $set_{contour}$ 中的第一障碍物包围盒与 CLOSED 表中的第一障碍物包围盒的欧氏距离小于本车宽度时，就将集合 $set_{contour}$ 的该第一障碍物包围盒加入到 CLOSED 表中，并与 CLOSED 表中进行欧氏距离比较的第一障碍物包围盒进行聚合，聚合成新的第一障碍物包围盒，再将加入到 CLOSED 表中第一障碍物包围盒从集合 $set_{contour}$ 中删除。如此循环往复，直到集合 $set_{contour}$ 为空，便可完成对位于道路内的第一栅格障碍物的聚合处理。

S225、将聚合处理后的第一栅格障碍物作为第二栅格障碍物。

再者，本公开实施例也可既基于道路信息和第一栅格障碍物信息，过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物，又基于道路信息和第一栅格障碍物信息，确定位于道路内的第一栅格障碍物，并对位于道路内的第一栅格障碍物进行聚合处理。如此，可进一步减少第一栅格障碍物的数量。

基于上述实施例，在得到第二栅格障碍物之后，可采用快速凸包算法，将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物。

S240、基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对目标凸包障碍物做出避让决策。

本步骤可由图 5 中的通行方式决策器 1132 执行。在一些实施例中，基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对目标凸包障碍物做出避让决策，包括：基于目标凸包障碍物信息，对满足预设过滤条件的目标凸包障碍物打上无需避让标签或无需横向避让标签。本公开实施例通过为满足预设过滤条件的目标凸包障碍物打上无需避让标签或无需横向避让标签，可使得图 2 中的轨迹生成单元 12 忽略该目标凸包障碍物，既可以减少轨迹生成单元 12 处理的障碍物的负担，提高轨迹生成速度，又可以提高轨迹生成的合理性。

在一些实施例中，预设过滤条件包括以下至少一种：目标凸包障碍物位于道路之外；目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件；目标凸包障碍物位于本车引导线上。相应的，基于目标凸包障碍物信息，对满足预设过滤条件的目标凸包障碍物打上无需避让标签或无需横向避让标签，包括：当目标凸包障碍物位于道路之外时，为目标凸包障碍物打上无需避让标签；当目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件或目标凸包障碍物位于本车引导线上时，为目标凸包障碍物打上无需横向避让标签。示例性的，参考图 7，当目标凸包障碍物位于道路之外时，例如障碍物 1，目标凸包障碍物对无人驾驶汽车 100 的正常行驶完全没有影响，此时可忽略该目标凸包障碍物，为该目标凸包障碍物打上无需避让标签。当目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件时，例如目标凸包障碍物横穿道路时，如行人横穿马路，无人驾驶汽车 100 只需等待行人通过，无需生成一个在行人附近绕行的轨迹，可为该行人打上无需横向避让标签；又如目标凸包障碍物向本车车道变道，或者目标凸包障碍物的纵向速度大于本车速度（如相邻车道高速行驶的障碍物）时，在不影响本车车道安全的情况下，本车无需横向避让，可为上述目标凸包障碍物打上无需横向避让标签；再如目标凸包障碍物位于本车引导线上时，如障碍物 2 位于本车引导线 c 上，无人驾驶汽车 100 也无需横向避让障碍物 2，选择跟随障碍物 2 即可，可以理解的是，该障碍物 2 应为与无人驾驶汽车 100 同向移动的动态障碍物。

上述实施例中，可通过图 5 中的凸包障碍物过滤器 1133 过滤出满足预设过滤条件的目标凸包障碍物。在一些实施例中，凸包障碍物过滤器 1133 可包括基于障碍物 frenet 包围盒的路网过滤器、行为语义信息过滤器和引导线过滤器中的至少一种。其中，基于障碍物 frenet 包围盒的路网过滤器可快速过滤出位于道路之外的目标凸包障碍物，基于障碍物 frenet 包围盒的路网过滤器可采用上述实施例中通过两阶段的碰撞检测方法来过滤出位于道路之外的目标凸包障碍物；行为语义信息过滤器可根据目标凸包障碍物含有的语义信息，过滤出无需避让和无需横向避让的目标凸包障碍物；引导线过滤器可过滤出与引导线发生碰撞的目标凸包障碍物。

除了上述对目标凸包障碍物打上无需避让标签，以做出无需避让决策，以及对目标凸包障碍物打上无需横向避让标签，以做出无需横向避让决策，本公开实施例还可以对目标凸包障碍物做出跟随、左侧通行或右侧通行的避让决策。在一些实施例中，基于目标凸包障碍物信息和本车引导线，对目标凸包障碍物打上避让标签，也可以包括：如果目标凸包障碍物位于本车引导线上，则对目标凸包障碍物打上跟随标签；如果目标凸包障碍物没有位于本车引导线上，则当目标凸包障碍物的质心位于本车引导线的左侧时，对目标凸包障碍物打上右侧通行标签，当目标凸包障碍物的质心位于本车引导线的右侧时，对目标凸包障碍物打上左侧通行标签。

可继续参考图 7，障碍物 2 位于本车引导线 c 上，此时无人驾驶汽车 100 只需跟随障碍物 2 即可，为障碍物 2 打上跟随标签。障碍物 3 位于道路内，没有位于本车引导线 c 上，且影响到无人驾驶汽车 100 的车道安全，此时需要从障碍物 3 左侧通行或右侧通行来避让障碍物 3。基于本公开的技术方案，检测障碍物 3 的质心与本车引导线 c 的相对位置，如果障碍物 3 的质心位于本车引导线 c 的右侧（如图 7 所示），则需要从障碍物 3 左侧通行，对障碍物 3 打上左侧通行标签；如果障碍物 3 的质心位于本车引导线 c 的左侧，则需要从障碍物 3 右侧通行，对障碍物 3 打上右侧通行标签。

本公开实施例提供的车辆决策规划方法在对第一栅格障碍物进行预处理,得到第二栅格障碍物之后,通过将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物,即将栅格类型的障碍物转换成凸包类型的障碍物,实现对栅格类型和凸包类型两种类型障碍物(即混合类型障碍物)的统一决策,从而能够简化混合类型障碍物的障碍物决策流程,加速障碍物决策过程,使得决策规划模块能够方便、快速地进行障碍物决策。

随着车辆智能化技术的发展,无人车自动控制技术逐渐成为车辆研究领域的一个热点。自动驾驶系统需要规划出平顺、安全以及车辆可通行的路径,保证车辆与障碍物不会发生碰撞。对于基于优化的规划算法中,Julius Ziegler提出的一种迪卡尔空间中的最优化方法,可以将一个规划问题转换成一个最优化问题。然而,该方法极大地增加了规划模块的计算负担,无法解决快速避障问题,降低了轨迹的生成速度,而且,该方法不适用动态环境中障碍物的处理。

针对上述技术问题,图8为本公开实施例提供的另一种车辆决策规划方法的部分流程示意图。该方法适用于无人驾驶汽车针对静态障碍物和/或动态障碍物生成可行驶区域的情况,该方法可由行驶空间生成器执行。如图8所示,根据障碍物决策生成可行驶区域(或者车辆可行驶区域生成方法),包括如下步骤:

S310、获取环境感知信息。

其中,环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个,障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息。在一些实施例中,车道信息可包括车道线信息和道路边界信息,可采用车载摄像头进行获取;障碍物信息可包括障碍物位置信息、障碍物尺寸信息和障碍物运动信息,其中,障碍物位置信息可采用高精地图和车载摄像头/激光雷达进行获取,障碍物尺寸信息可采用车载摄像头进行获取,障碍物运动信息可采用车载摄像头和/或激光雷达进行获取;本车信息可包括本车位置信息和本车运动信息,其中,本车位置信息可采用高精地图和本车定位模块(如GPS)进行获取,本车运动信息可采用本车运动传感器(如速度传感器和加速度传感器等)进行获取。

S320、基于环境感知信息,确定每个车道的车道决策语义信息。

其中,车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价。通过时间代价用于表征车道的通行情况,例如,如果车辆能够快速通过一条车道,则该条车道的通行时间快;安全性代价用于表征车道的安全性。

在一些实施例中,可根据本车纵向速度和障碍物纵向速度的大小关系确定每个车道的通过时间代价。相应的,当车道决策语义信息包括通过时间代价时,基于环境感知信息,确定每个车道的车道决策语义信息,包括:对于每个车道,基于环境感知信息,确定本车与本车前方第一个障碍物的碰撞时间;将碰撞时间确定为通过时间代价。

具体的,环境感知信息包括本车位置信息和本车纵向速度信息,以及每个车道上距离本车最近的前方障碍物的障碍物位置信息和障碍物纵向速度信息,根据本车位置信息和障碍物位置信息,分别计算本车到各车道距离最近的前方障碍物的纵向距离;根据本车纵向速度信息和障碍物纵向速度信息,判断障碍物纵向速度是否小于本车纵向速度。在障碍物纵向速度小于本车纵向速度时,根据纵向距离、本车纵向速度信息和障碍物纵向速度信息,预测本车与前方障碍物发生碰撞时的碰撞时间,将该碰撞时间确定为通过时间代价。另外,如果本车前方无障碍物或者本车前方第一个障碍物的纵向速度大于或等于本车纵向速度,则将预设时长确定为通过时间代价。基于上述技术方案,可采用如下公式计算通过时间代价:

$$TCC = \begin{cases} \frac{D}{v_{adv} - v_{obs}}, (v_{obs} < v_{adv}) \\ tcc_{max}, (v_{obs} \geq v_{adv} \text{ 或者无障碍物}) \end{cases};$$

其中, TCC 为通过时间代价, v_{adv} 为本车纵向速度, v_{obs} 为障碍物纵向速度, tcc_{max} 为预设时长,其为一

固定值,且大于碰撞时间,例如1000(此处仅为数值,单位与碰撞时间的单位相同,例如秒或毫秒等)。由该公式可知,本车前方第一个障碍物的纵向速度越小,通过时间代价越小,对应车道的通过性越差;当本车前方无障碍物或者本车前方第一个障碍物的纵向速度大于或等于本车纵向速度时,本车在对应车道不会与障碍物发生碰撞,对应车道的通过性最优。

示例性的,如图9所示,在同向车道中,本车车道上,本车前方第一个障碍物为障碍物1,相邻车道上,本车前方第一个障碍物为障碍物2。本车纵向速度为5m/s,障碍物1的纵向速度为1m/s,障碍物2的纵向速度为10m/s。对于本车车道,障碍物1的纵向速度小于本车纵向速度,本车与障碍物1将发生碰撞,此时,确定本车与障碍物1之间的距离 D 为16m,根据上述公式可确定本车与障碍物1的碰撞时间为4s,因此,本车车道的通过时间代价为4。而对于相邻车道,障碍物2的纵向速度大于本车纵向速度,本车与障碍物2不会发生碰撞,此时,相邻车道的通过时间代价为预设时长,如10000。由此,可确定相邻车道的通过时间代价大于本车车道的通过时间代价,即相邻车道的通过性较好。

在一些实施例中,为保证车辆的安全性,同时需确定每个车道的安全性代价。相应的,当车道决策语义信息包括安全性代价时,基于环境感知信息,确定每个车道的车道决策语义信息,包括:基于车道信息和本车信息,确定本车车道和其他车道;对于本车车道,将第一预设安全性代价确定为安全性代价;对于其他车道,如果基于环境感知信息,确定障碍物在预设时间内进入本车危险区,则将第二预设安全性代价确定为安全性代价,如果基于环境感知信息,确定障碍物在预设时间内未进入本车危险区,则将第一预设安全性代价确定为安全性代价,其中,第二预设安全性代价与第一预设安全性代价不同。

具体的,环境感知信息包括车道信息、本车信息和障碍物信息,基于车道信息和本车信息,确定本车车道和其他车道,对于本车车道,默认本车拥有绝对路权,即本车车道的安全性最高。对于其他车道,可对本车观察区内的障碍物进行安全性判断,当预测到本车观察区内的障碍物在未来一段时间(即预设时间)内会进入到本车危险区,则说明障碍物当前时刻所在车道的安全性较低;当预测到本车观察区内的障碍物在未来一段时间内不会进入到本车危险区,则说明障碍物当前时刻所在车道的安全性较高。

可以理解的是,第二预设安全性代价对应车道的安全性低于第一预设安全性代价对应车道的安全性。在一些实施例中,第二预设安全性代价小于第一预设安全性代价。在一些实施例中,可采用惩罚机制为第一预设安全性代价和第二预设安全性代价赋值,例如第一预设安全性代价为0,第二预设安全性代价为-100000。

基于上述技术方案,可采用ST图(纵向位移-时间图)来确定其他车道的障碍物在未来一段时间内是否会进入到本车危险区。在一些实施例中,基于环境感知信息,确定本车ST图曲线和障碍物ST图曲线;基于本车ST图曲线,确定本车危险区;判断预设时间内障碍物ST图曲线是否与本车危险区存在交叠;如果预设时间内障碍物ST图曲线与本车危险区存在交叠,则确定障碍物在预设时间内进入本车危险区;否则,确定障碍物在预设时间内未进入本车危险区。示例性的,如图10所示,本车ST图曲线为图中本车所指示的曲线,障碍物ST图曲线包括图中障碍物1、障碍物2、障碍物3和障碍物4分别指示的曲线。本车危险区包括本车后方危险区(区间L2对应的区域)和本车前方危险区(区间L3对应的区域),本车观察区包括本车后方观察区(区间L1对应的区域)和本车前方观察区(区间L4对应的区域),预设时间为 T_e 。可选的,L1为100米,L2为20米,L3为10米,L4为100米, T_e 为6秒。参见图10,根据本车ST图曲线和各障碍物ST图曲线可知,本车后方观察区的障碍物2对应的障碍物ST图曲线在预设时间 T_e 内与本车后方危险区存在交叠,本车后方观察区的障碍物1对应的障碍物ST图曲线在预设时间 T_e 内与本车后方危险区不存在交叠,本车前方观察区的障碍物3对应的障碍物ST图曲线在预设时间 T_e 内与本车前方危险区存在交叠,本车前方观察区的障碍物4对应的障碍物ST图曲线在预设时间 T_e 内与本车前方危险区不存在交叠。由此可知,障碍物2和障碍物3在预设时间内进入到了本车危险区,障碍物2和障碍物3在当前时刻所在车道的安全性较低,即对应车道的安全性代价为第二预设安全性代价;而障碍物1和障碍物4在预设时间内未进入本车危险区,障碍物1和障碍物4在当前时刻所在车道的安全性较高,即对应车道的安全性代价为第一预设安全性代价。需要说明的是,障碍物ST图曲线与本车危险区存在交叠包括障碍物ST图曲线完全位于本车危险区内,或者障碍物ST图曲线的一部分位于本车危险区内。上述实施例中,为了简化计算,设定障碍物以恒定的速度运动,障碍物ST图曲线是一条直线,本车危险区是一个平行四边形,均为凸包类型的图形,如此,可利用基于Gilbert-Johnson-Keerthi算法的碰撞检测算法,来快速计算障碍物在预设时间 T_e 内是否会进入本车危险区。

S330、基于车道决策语义信息,生成可行驶区域。

针对每个车道,本公开实施例可同时基于通过时间代价和安全性代价,生成可行驶区域,由此可选出兼顾通过性和安全性的车道。

在一些实施例中,可对车道决策语义信息中的各代价进行加权求和;基于加权求和结果,生成可行驶区域。本实施例中,对通过时间代价和安全性代价进行加权求和,得到加权求和结果。例如:

$$f = w_1 f_{pass} + w_2 f_{safe};$$

其中, f 为加权求和结果(或加权求和值), f_{pass} 为通过时间代价, f_{safe} 为安全性代价, w_1 为通过时间代价

的权重, w_2 为安全性代价的权重。 w_1 和 w_2 可根据仿真或实际车辆测试实验得到。基于该技术方案,本公开实施例可将加权求和值最大的车道确定为可行驶区域。

在一些实施例中,为了便于规划器接收这个可行驶区域,将可行驶区域的边界离散化,形成可行驶区域边界点,包括左边界点和右边界点。示例性的,可基于弗雷纳坐标系,以固定的分辨率来离散化可行驶区域。如图11所示,根据车道决策信息,以及车道中心构建的曲线弗雷纳坐标系,以固定分辨率,来生成可行驶区域的左边界和右边界,左边界表示弗雷纳坐标系中L值的上届,右边界表示弗雷纳坐标系中L值的下界。其中,相邻两个左边界点或相邻两个右边界点的纵向距离为上述固定分辨率。图11表示的是车辆在右车道,并且车道决策的结果也是右车道,所以可行驶区域的左边界和右边界如图11所示。如果车道决策的结果是换道,那么此时的可行驶区域就包含两个车道。

本公开实施例提供的车辆可行驶区域生成方法,根据环境感知信息确定每个车道的车道决策语义信息,将车道决策语义信息转换成可行驶区域的约束边界,兼顾通过性和安全性,能够快速生成通过性和安全性高的可行驶区域,加速行驶轨迹的生成,实现对障碍物的快速避让;同时,通过时间代价和安全性代价均能够表征对动态障碍物的通行代价,且通过时间代价还能表征对静态障碍物的通行代价,因此,本公开技术方案基于通过时间代价和安全性代价生成可行驶区域,可以同时实现对动态障碍物和静态障碍物的通行规划,可适用动态环境中障碍物的处理。

基于上述技术方案,当基于车道决策语义信息确定的可行驶区域包括至少两个车道,且至少两个车道均存在静态障碍物时,可进一步根据通行宽度代价选出一条最优车道。在一些实施例中,车道决策语义信息还包括通行宽度代价,基于环境感知信息,确定每个车道的车道决策语义信息,包括:基于车道信息和静态障碍物信息,确定车道的最小通行宽度;将最小通行宽度确定为通行宽度代价。其中,通行宽度代价用于表征本车前方的静态障碍物对车道的堵塞情况。在一些实施例中,基于车道信息和静态障碍物信息,确定车道的最小通行宽度,包括:基于车道

信息和静态障碍物信息，确定车道上各静态障碍物的最大通行宽度；将各静态障碍物的最大通行宽度中的最小值确定为车道的最小通行宽度。

具体的，建立弗雷纳坐标系，将各静态障碍物投影到弗雷纳坐标系中，生成各障碍物的 SL 包围盒。对于每个车道，计算出每个静态障碍物的左侧通行宽度和右侧通行宽度，从左侧通行宽度和右侧通行宽度中确定每个静态障碍物的最大通行宽度，从所有静态障碍物的最大通行宽度选出一个最小的最大通行宽度作为车道的最小通行宽度，将该最小通行宽度确定为通行宽度代价。该通行宽度代价越大，静态障碍物对车道的堵塞程度越小。示例性的，如图 12 所示，本车车道上包括障碍物 1 和障碍物 2，相邻车道上包括障碍物 3（障碍物 1、障碍物 2 和障碍物 3 均为静态障碍物），障碍物 1 的最大通行宽度为 d_1 ，障碍物 2 的最大通行宽度为 d_2 ，障碍物 3 的最大通行宽度为 d_3 ，其中， d_1 小于 d_2 且 d_2 小于 d_3 ，因此，本车车道的最小通行宽度为 d_1 ，即本车车道的通行宽度代价为 d_1 ，相邻车道的最小通行宽度为 d_3 ，即相邻车道的通行宽度代价为 d_3 。此时，相邻车道的障碍物堵塞程度小于本车车道的障碍物堵塞程度。因此，可进一步选取相邻车道生成可行驶区域。

基于上述技术方案，当基于车道决策语义信息中各代价仍无法确定出最优的可行驶区域时，为了保证车辆行驶轨迹的稳定性，通过在车道决策语义信息中增加稳定性代价来优选选择本车车道生成可行驶区域。相应的，在一些实施例中，车道决策语义信息还包括稳定性代价，基于环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，包括：基于车道信息和本车信息，确定本车车道和其他车道；对于本车车道，将第一预设稳定性代价确定为稳定性代价；对于其他车道，将第二预设稳定性代价确定为稳定性代价，其中，第二预设稳定性代价与第一预设稳定性代价不同。该技术方案中，第一预设稳定性代价可大于第二预设稳定性代价，其中第一预设稳定性代价可以为 100，第二预设稳定性代价可以为 0。

基于上述各实施例，对车道决策语义信息中的各代价进行加权求和，得到加权求和结果，可采用如下公式计算：

$$f = w_1 f_{pass} + w_2 f_{safe} + w_3 f_{narrow} + w_4 f_{stable};$$

其中， f_{narrow} 为通行宽度代价， f_{stable} 为稳定性代价， w_3 为通行宽度代价的权重， w_4 为稳定性代价的权重。

基于上述技术方案，在一些实施例中，在基于车道决策语义信息，生成可行驶区域之后，方法还包括如下至少一项：

基于预设交通规则，更新可行驶区域；

基于车辆的运动学和动力学约束，更新可行驶区域；

基于障碍物语义信息和预设安全区，更新可行驶区域，预设安全区与可行驶区域相连；

基于静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法，更新可行驶区域，障碍物决策语义信息包括障碍物左侧通过或障碍物右侧通过。

具体的，在一些实施例中，可基于预设交通规则判断可行驶区域是否违反了交通规则，进而对违反交通规则的可行驶区域进行修剪，以更新可行驶区域。本公开实施例中，预设交通规则可以包括虚实黄线、虚实白线以及车道指示线等常见交通规则。示例性的，如图 13 所示，在车道决策后，车辆会选择换道，所以首先使用换道过程的双车道作为可行驶区域，即原始可行驶区域。但是又由于车道的末端是实线，所以基于预设交通规则会修剪可行驶区域，得到图 13 中黑圆点为边界点限定的可行驶区域，即更新后的可行驶区域。

在一些实施例中，本公开技术方案也可基于车辆的运动学和动力学约束，更新可行驶区域。示例性的，基于车辆的运动学和动力学约束，在车辆临时借道时，通过增加额外可行驶区域来更新可行驶区域。如图 14 所示，本车的航向角与路网的航向角之间的夹角为 $\Delta\theta$ ，本车在本车车道位置点的曲率为 k_r ，本车在弗雷纳坐标系中的 L 坐

标值为 d ，所以根据弗雷纳运动学方程，本车相对于弗雷纳坐标系的横向速度为 $d' = (1 - k_r d) \tan(\Delta\theta)$ ，横向加速度为

$$d'' = -\left(k_r' d + k_r d'\right) \tan(\Delta\theta) + \frac{1 - k_r d}{\cos^2(\Delta\theta)} \left(k_{ADV} \frac{1 - k_r d}{\cos(\Delta\theta)} - k_r \right);$$

其中， k_{ADV} 为使用无人车自行车模型的车轮转角 δ 而计算出的本车轨迹曲率，本车的轴距为 B ，那么

$k_{ADV} = \frac{\tan \delta}{B}$, k_r' 为路网的曲率变化率, 为了近似计算, 令 $k_r' = 0$, 为了计算额外可行行驶区域 d_{extra} , 假设本车

最后的弗雷纳横向速度为 0, 所以基于弗雷纳坐标系运动学有 $d_{extra} = \frac{d'^2}{2d'}$ 。如此, 通过计算得到的额外可行行驶

区域向外扩展可行行驶区域, 以对可行行驶区域进行更新。

在一些实施例中, 考虑到相邻车道上可能存在动态障碍物对可行行驶区域的影响, 导致并不能保证可行行驶区域绝对的安全, 因此, 可将可行行驶区域可能会受到动态障碍物影响的区域修剪掉, 来保证剩余可行行驶区域的安全性。

具体的, 基于障碍物语义信息, 确定需横向避让的障碍物; 如果需横向避让的障碍物的移动轨迹占用了预设安全区, 则修剪占用预设安全区对应位置处的部分可行行驶区域。本实施例中, 障碍物语义信息可以包括障碍物并线、障碍物横穿、障碍物平行行驶和逆向行驶等用于表征障碍物运动状态的信息。本车基于障碍物语义信息, 会自动判断是否需横向避让障碍物。例如, 如果基于障碍物语义信息确定障碍物并线, 则本车不需要横向避让该障碍物, 如果基于障碍物语义信息确定障碍物太靠近本车车道, 则本车需要横向避让该障碍物。示例性的, 如图 15 所示, 在可行行驶区域两侧增加预设安全区 (如果可行行驶区域邻接道路边界, 可在可行行驶区域内侧增加预设安全区), 判断障碍物预测模块 (在前模块, 本公开未涉及) 输出的障碍物的移动轨迹是否占用了预设安全区, 如果移动轨迹占用了预设安全区, 则修剪占用预设安全区对应位置处的部分可行行驶区域, 如图 15 中的修剪区域, 以此更新可行行驶区域。

在一些实施例中, 由于上述各实施例得到的可行行驶区域仍包含静态障碍物所在的区域, 并不满足避障约束, 因此需要进一步将静态障碍物所在的区域从可行行驶区域中修剪掉, 以更新可行行驶区域。本公开技术方案为了避免已有方案利用弗雷纳包围盒来生成近似的可行行驶区域而导致车辆通过性降低的问题, 结合障碍物决策语义信息和光线追踪算法来精确地确定静态障碍物所在的区域。

具体的, 基于静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法, 更新可行行驶区域, 包括: 基于静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法, 确定光线与障碍物的碰撞点, 碰撞点位于可行行驶区域内; 基于碰撞点, 更新可行行驶区域。在一些实施例中, 基于静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法, 确定光线与障碍物的碰撞点, 包括: 基于障碍物决策语义信息, 确定光源点和光线投射方向; 基于静态障碍物信息, 确定光线投射范围; 基于光源点、光线投射方向和光线投射范围, 对障碍物进行光线扫描; 确定光线与障碍物的碰撞点。在一些实施例中, 光线追踪算法可采用基于 Gilbert - Johnson - Keerthi 算法的光线投射算法, 以提高求解精度。

示例性的, 障碍物决策语义信息包括从障碍物左侧通过或从障碍物右侧通过。当障碍物决策语义信息为从障碍物左侧通过时, 确定光源点位于静态障碍物的左侧, 且光线投射方向垂直于车道通行方向且朝向静态障碍物; 当障碍物决策语义信息为从障碍物右侧通过时, 确定光源点位于静态障碍物的右侧, 且光线投射方向垂直于车道通行方向且朝向静态障碍物。基于静态障碍物信息, 如静态障碍物的位置信息和尺寸信息, 可确定静态障碍物所在区域, 从而确定光线投射范围。在确定光线与障碍物的碰撞点之后, 将各碰撞点限定的可行行驶区域修剪掉。本公开实施例对光源点的具体位置不作限定, 在一些实施例中, 光源点可位于可行行驶区域边界点上。

在具体实施例中, 如图 16 所示, 可先确定静态障碍物的 frenet 包围盒 $\text{box_sl} = \{S_min, S_max, L_min, L_max\}$, 基于 frenet 包围盒, 确定静态障碍物在可行行驶区域纵向上的 ID 范围。在可行行驶区域边界点的分辨率为 Δs 时, 上述 ID 范围为 (id_start, id_end) , 即光线投射范围, 其中, $id_start = \text{floor}(s_min/\Delta s)$, $id_end = \text{ceil}(s_max/\Delta s)$, floor 表示对浮点数向下取整数操作, ceil 表示对浮点数向上取整数操作。需要说明的是, 本公开实施例仅以 frenet 包围盒来确定可以包含整个静态障碍物的光线投射范围, 以保证光线对障碍物的完整扫描, 后续确定的碰撞点位于静态障碍物上, 而不是位于 frenet 包围盒边界上。如图 17 所示, 可行行驶区域中包含两个静态障碍物, 即障碍物 1 和障碍物 2。根据障碍物 1 的障碍物决策语义信息可确定本车从障碍物 1 右侧通过, 根据障碍物 2 的障碍物决策语义信息可确定本车从障碍物 2 左侧通过。以障碍物 1 为例, 基于障碍物 1 的障碍物决策语义信息, 确定点光源位于可行行驶区域右侧边界点, 基于障碍物 1 的静态障碍物信息, 确定光源对障碍物 1 的光线投射范围, 即上述 ID 范围, 从而点光源可根据 ID 范围按顺序对障碍物 1 进行扫描。具体的, 当光线与障碍物 1 相撞时, 如果碰撞点位于可行行驶区域内, 则修剪碰撞点远离点光源一侧的可行行驶区域, 如此, 直至完成对光线投射范围的扫描。采用上述技术方案, 在使可行行驶区域满足避障约束的情况下, 可以提高静态障碍物在可行行驶区域中所占区域的求解精度, 提高车辆的通过性。

本公开实施例还提供了一种车辆决策规划装置。参考图 2, 该车辆决策规划装置包括基坐标系生成器 111、引导线生成器 112、障碍物决策器 113 和行驶空间生成器 114。

其中, 基坐标系生成器 111, 用于生成基坐标系; 引导线生成器 112, 用于在所述基坐标系下生成引导线, 以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹; 障碍物决策器 113, 用于在所述引导线的约束下, 进行障碍物决策; 行驶空间生成器 114, 用于根据障碍物决策生成可行行驶区域。

图 18 为本公开实施例提供的车辆决策规划装置中的障碍物决策器的功能模块框图。如图 18 所示, 障碍物决策器 (或者避让障碍物的决策装置) 包括信息获取模块 401、预处理模块 402、类型转换模块 403 和避让决策模块 404。

其中, 信息获取模块 401, 用于获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息;

预处理模块 402, 用于基于道路信息和第一栅格障碍物信息, 对第一栅格障碍物进行预处理, 得到第二栅格障

碍物, 其中, 第二栅格障碍物的数量小于第一栅格障碍物的数量;

类型转换模块 403, 用于将第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物;

避让决策模块 404, 用于基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息, 对目标凸包障碍物做出避让决策, 其中, 目标凸包障碍物包括第一凸包障碍物和/或第二凸包障碍物。

5 在一些实施例中, 预处理模块 402 包括:

障碍物过滤单元, 用于基于道路信息和第一栅格障碍物信息, 过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物; 将剩余第一栅格障碍物作为第二栅格障碍物; 和/或,

障碍物聚合单元, 用于基于道路信息和第一栅格障碍物信息, 确定位于道路内的第一栅格障碍物; 对位于道路内的第一栅格障碍物进行聚合处理; 将聚合处理后的第一栅格障碍物作为第二栅格障碍物。

10 在一些实施例中, 障碍物过滤单元包括:

道路包围盒生成子单元, 用于基于道路信息, 生成沿道路通行方向的道路包围盒;

栅格障碍物包围盒生成子单元, 用于基于第一栅格障碍物信息, 生成第一栅格障碍物的栅格障碍物包围盒;

第一栅格障碍物子单元, 用于基于栅格障碍物包围盒和道路包围盒, 确定位于道路之外的第一栅格障碍物;

第一栅格障碍物过滤子单元, 用于过滤掉位于道路之外的第一栅格障碍物。

15 在一些实施例中, 道路包围盒生成子单元具体用于:

基于道路信息, 将道路边界离散成边界点;

基于边界点, 生成道路包围盒。

在一些实施例中, 道路包围盒生成子单元具体用于:

基于道路信息, 确定道路边界和道路边界曲率;

20 基于道路边界曲率, 对道路边界进行离散化, 得到沿道路通行方向间隔排布的边界点组, 其中, 每组边界点组包括在横向上对应的左边界点和右边界点, 横向垂直于道路通行方向。

在一些实施例中, 道路包围盒生成子单元具体用于:

基于任意相邻两组边界点组, 生成经过任意相邻两组边界点组中各边界点的矩形框, 并将矩形框作为道路包围盒。

25 在一些实施例中, 道路包围盒生成子单元具体用于:

以本车当前位置作为起始路点;

获取起始路点在横向上对应的一组边界点组;

基于道路边界曲率, 沿道路通行方向选择下一路点, 其中, 相邻两个路点之间的距离与道路边界曲率负相关;

30 将下一路点作为起始路点, 返回执行获取起始路点在横向上对应的一组边界点组, 直至在道路通行方向上下一路点到本车当前位置的距离大于预设距离阈值, 将当前获得的所有边界点组确定为边界点组。

在一些实施例中, 栅格障碍物包围盒生成子单元具体用于:

基于第一栅格障碍物信息, 生成第一栅格障碍物的栅格障碍物轮廓;

基于栅格障碍物轮廓生成栅格障碍物包围盒。

在一些实施例中, 第一栅格障碍物子单元具体用于:

35 对于每个栅格障碍物包围盒, 基于栅格障碍物包围盒和道路包围盒, 从道路包围盒中确定到栅格障碍物包围盒欧氏距离最小的目标道路包围盒;

将栅格障碍物包围盒与对应的目标道路包围盒进行碰撞检测;

如果栅格障碍物包围盒与对应的目标道路包围盒没有碰撞, 则确定栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。

40 在一些实施例中, 装置还包括:

第一栅格障碍物位置判断模块, 用于如果栅格障碍物包围盒与对应的目标道路包围盒发生碰撞, 判断栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。

在一些实施例中, 第一栅格障碍物位置判断模块具体用于:

45 基于目标道路包围盒的边界点和栅格障碍物包围盒通过向量叉积进行碰撞检测, 判断栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。

在一些实施例中, 第一栅格障碍物位置判断模块具体用于:

确定边界点向量;

确定栅格障碍物包围盒的顶点向量;

50 当栅格障碍物包围盒的顶点向量与边界点向量的叉积均大于 0 时, 确定栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。

在一些实施例中, 第一栅格障碍物位置判断模块具体用于:

确定边界点向量;

确定栅格障碍物包围盒的顶点向量;

55 当栅格障碍物包围盒的顶点向量与边界点向量的叉积小于或等于 0 时, 确定栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路内。

在一些实施例中, 障碍物聚合单元包括:

第一障碍物包围盒生成子单元, 用于基于位于道路内的第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息, 生成其中第一栅格障碍物的第一障碍物包围盒;

- 12 -

第二障碍物包围盒生成子单元,用于当相邻两个第一障碍物包围盒之间的欧氏距离小于本车宽度时,将相邻两个第一障碍物包围盒进行合并,生成第二障碍物包围盒;

返回执行单元,用于将第二障碍物包围盒作为第一障碍物包围盒,返回执行当相邻两个第一障碍物包围盒之间的欧氏距离小于本车宽度时,将相邻两个第一障碍物包围盒进行合并,生成第二障碍物包围盒,直至第二障碍物包围盒与相邻的第一障碍物包围盒之间的欧氏距离大于或等于本车宽度,或者没有与第二障碍物包围盒相邻的第一障碍物包围盒。

在一些实施例中,避让决策模块 404 包括:

第一决策单元,用于基于目标凸包障碍物信息,对满足预设过滤条件的目标凸包障碍物打上无需避让标签或无需横向避让标签;和/或,

第二决策单元,用于基于目标凸包障碍物信息和本车引导线,对目标凸包障碍物打上避让标签,其中,避让标签包括左侧通行标签、右侧通行标签或跟随标签。

在一些实施例中,预设过滤条件包括以下至少一种:

目标凸包障碍物位于道路之外;

目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件;

目标凸包障碍物位于本车引导线上。

在一些实施例中,第一决策单元具体用于:

当目标凸包障碍物位于道路之外时,为目标凸包障碍物打上无需避让标签;

当目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件或目标凸包障碍物位于本车引导线上时,为目标凸包障碍物打上无需横向避让标签。

在一些实施例中,无需横向避让条件包括以下任一种:

目标凸包障碍物横穿道路;

目标凸包障碍物向本车车道变道;

目标凸包障碍物的纵向速度大于本车速度。

在一些实施例中,第二决策单元具体用于:

如果目标凸包障碍物位于本车引导线上,则对目标凸包障碍物打上跟随标签;

如果目标凸包障碍物没有位于本车引导线上,则当目标凸包障碍物的质心位于本车引导线的左侧时,对目标凸包障碍物打上右侧通行标签,当目标凸包障碍物的质心位于本车引导线的右侧时,对目标凸包障碍物打上左侧通行标签。

图 19 为本公开实施例提供的车辆决策规划装置中的行驶空间生成器的功能模块框图。如图 19 所示,行驶空间生成器(或者车辆可行驶区域生成装置)包括感知信息获取模块 501、车道决策语义信息确定模块 502 和可行驶区域生成模块 503。

其中,感知信息获取模块 501,用于获取环境感知信息,其中,环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个,障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息;

车道决策语义信息确定模块 502,用于基于环境感知信息,确定每个车道的车道决策语义信息,其中,车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价;

可行驶区域生成模块 503,用于基于车道决策语义信息,生成可行驶区域。

在一些实施例中,当车道决策语义信息包括通过时间代价时,车道决策语义信息确定模块 502 具体用于:

对于每个车道,基于环境感知信息,确定本车与本车前方第一个障碍物的碰撞时间;

将碰撞时间确定为通过时间代价。

在一些实施例中,车道决策语义信息确定模块 502 还用于:

如果基于环境感知信息,确定本车前方无障碍物或者本车前方第一个障碍物的纵向速度大于或等于本车纵向速度,则将预设时长确定为通过时间代价。

在一些实施例中,当车道决策语义信息包括安全性代价时,车道决策语义信息确定模块 502 具体用于:

基于车道信息和本车信息,确定本车车道和其他车道;

对于本车车道,将第一预设安全性代价确定为安全性代价;

对于其他车道,如果基于环境感知信息,确定障碍物在预设时间内进入本车危险区,则将第二预设安全性代价确定为安全性代价,如果基于环境感知信息,确定障碍物在预设时间内未进入本车危险区,则将第一预设安全性代价确定为安全性代价,其中,第二预设安全性代价与第一预设安全性代价不同。

在一些实施例中,车道决策语义信息确定模块 502 具体用于:

基于环境感知信息,确定本车 ST 图曲线和障碍物 ST 图曲线;

基于本车 ST 图曲线,确定本车危险区;

判断预设时间内障碍物 ST 图曲线是否与本车危险区存在交叠;

如果预设时间内障碍物 ST 图曲线与本车危险区存在交叠,则确定障碍物在预设时间内进入本车危险区;否则,确定障碍物在预设时间内未进入本车危险区。

在一些实施例中,车道决策语义信息还包括通行宽度代价,车道决策语义信息确定模块 502 具体用于:

基于车道信息和静态障碍物信息,确定车道的最小通行宽度;

将最小通行宽度确定为通行宽度代价。

在一些实施例中,车道决策语义信息确定模块 502 具体用于:

— 13 —

基于车道信息和静态障碍物信息，确定车道上各静态障碍物的最大通行宽度；

将各静态障碍物的最大通行宽度中的最小值确定为车道的最小通行宽度。

在一些实施例中，车道决策语义信息还包括稳定性代价，车道决策语义信息确定模块 502 具体用于：

基于车道信息和本车信息，确定本车车道和其他车道；

5 对于本车车道，将第一预设稳定性代价确定为稳定性代价；

对于其他车道，将第二预设稳定性代价确定为稳定性代价，其中，第二预设稳定性代价与第一预设稳定性代价不同。

在一些实施例中，可行驶区域生成模块 503 具体用于：

对车道决策语义信息中的各代价进行加权求和；

10 基于加权求和结果，生成可行驶区域。

在一些实施例中，上述装置还包括：

离散模块，用于在基于车道决策语义信息，生成可行驶区域之后，将可行驶区域的边界离散化。

在一些实施例中，上述装置还包括可行驶区域更新模块，该可行驶区域更新模块在基于车道决策语义信息，生成可行驶区域之后，具体用于以下至少一项更新操作：

15 基于预设交通规则，更新可行驶区域；

基于车辆的运动学和动力学约束，更新可行驶区域；

基于障碍物语义信息和预设安全区，更新可行驶区域，预设安全区与可行驶区域相连；

基于静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法，更新可行驶区域，障碍物决策语义信息包括从障碍物左侧通过或从障碍物右侧通过。

20 在一些实施例中，可行驶区域更新模块具体用于：

基于障碍物语义信息，确定需横向避让的障碍物；

如果需横向避让的障碍物的移动轨迹占用了预设安全区，则修剪占用预设安全区对应位置处的部分可行驶区域。

在一些实施例中，可行驶区域更新模块具体用于：

25 基于静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法，确定光线与障碍物的碰撞点，碰撞点位于可行驶区域内；

基于碰撞点，更新可行驶区域。

在一些实施例中，可行驶区域更新模块具体用于：

基于障碍物决策语义信息，确定光源点和光线投射方向；

30 基于静态障碍物信息，确定光线投射范围；

基于光源点、光线投射方向和光线投射范围，对障碍物进行光线扫描；

确定光线与障碍物的碰撞点。

以上实施例公开的车辆决策规划装置能够执行以上各实施例公开的车辆决策规划方法，具有相同或相应的有益效果，为避免重复，在此不再赘述。

35 本公开实施例还提供了一种电子设备，包括：存储器以及一个或多个处理器；其中，存储器与一个或多个处理器通信连接，存储器中存储有可被一个或多个处理器执行的指令，指令被一个或多个处理器执行时，电子设备用于实现本公开任一实施例描述的方法。

图 20 是适于用来实现本公开实施方式的电子设备的结构示意图。如图 20 所示，电子设备 600 包括中央处理单元（CPU）601，其可以根据存储在只读存储器（ROM）602 中的程序或者从存储部分 608 加载到随机访问存储器（RAM）603 中的程序而执行前述的实施方式中的各种处理。在 RAM603 中，还存储有电子设备 600 操作所需的各种程序和数据。CPU601、ROM602 以及 RAM603 通过总线 604 彼此相连。输入/输出（I/O）接口 605 也连接至总线 604。

40 以下部件连接至 I/O 接口 605：包括键盘、鼠标等的输入部分 606；包括诸如阴极射线管（CRT）、液晶显示器（LCD）等以及扬声器等的输出部分 607；包括硬盘等的存储部分 608；以及包括诸如 LAN 卡、调制解调器等的网络接口卡的通信部分 609。通信部分 609 经由诸如因特网的网络执行通信处理。驱动器 610 也根据需要连接至 I/O 接口 605。可拆卸介质 611，诸如磁盘、光盘、磁光盘、半导体存储器等等，根据需要安装在驱动器 610 上，以便于从其上读出的计算机程序根据需要被安装入存储部分 608。

45 特别地，根据本公开的实施方式，上文描述的方法可以被实现为计算机软件程序。例如，本公开的实施方式包括一种计算机程序产品，其包括有形地包含在及其可读介质上的计算机程序，计算机程序包含用于执行前述障碍物避让方法的程序代码。在这样的实施方式中，该计算机程序可以通过通信部分 609 从网络上被下载和安装，和/或从可拆卸介质 611 被安装。

50 附图中的流程图和框图，图示了按照本公开各种实施方式的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分，模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

描述于本公开实施方式中所涉及到的单元或模块可以通过软件的方式实现，也可以通过硬件的方式来实现。所描述的单元或模块也可以设置在处理器中，这些单元或模块的名称在某种情况下并不构成对该单元或模块本身的限定。

另外，本公开实施例还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质可以是上述实施方式中所述装置中所包含的计算机可读存储介质；也可以是单独存在，未装配入设备中的计算机可读存储介质。计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令，当计算机可执行指令被计算装置执行时，可用来实现本公开任一实施例描述的方法。

基于所述道路信息，生成沿道路通行方向的道路包围盒，包括：

基于所述道路信息，将道路边界离散成边界点；

基于所述边界点，生成所述道路包围盒。

基于所述道路信息，将道路边界离散成边界点，包括：

基于所述道路信息，确定道路边界和道路边界曲率；

基于道路边界曲率，对所述道路边界进行离散化，得到沿道路通行方向间隔排布的边界点组，其中，每组边界点组包括在横向上对应的左边界点和右边界点，所述横向垂直于道路通行方向。

基于所述边界点，生成所述道路包围盒，包括：

基于任意相邻两组边界点组，生成经过所述任意相邻两组边界点组中各边界点的矩形框，并将所述矩形框作为所述道路包围盒。

基于道路边界曲率，对所述道路边界进行离散化，得到沿道路通行方向间隔排布的边界点组，包括：

以本车当前位置作为起始路点；

获取所述起始路点在横向上对应的一组边界点组；

基于道路边界曲率，沿道路通行方向选择下一路点，其中，相邻两个路点之间的距离与道路边界曲率负相关；将所述下一路点作为所述起始路点，返回执行获取所述起始路点在横向上对应的一组边界点组，直至在所述道路通行方向上所述下一路点到所述本车当前位置的距离大于预设距离阈值，将当前获得的所有边界点组确定为所述边界点组。

基于所述第一栅格障碍物信息，生成所述第一栅格障碍物的栅格障碍物包围盒，包括：

基于所述第一栅格障碍物信息，生成所述第一栅格障碍物的栅格障碍物轮廓；

基于所述栅格障碍物轮廓生成所述栅格障碍物包围盒。

基于所述栅格障碍物包围盒和所述道路包围盒，确定位于道路之外的所述第一栅格障碍物，包括：

对于每个所述栅格障碍物包围盒，基于所述栅格障碍物包围盒和所述道路包围盒，从所述道路包围盒中确定到所述栅格障碍物包围盒欧氏距离最小的目标道路包围盒；

将所述栅格障碍物包围盒与对应的所述目标道路包围盒进行碰撞检测；

如果所述栅格障碍物包围盒与对应的所述目标道路包围盒没有碰撞，则确定所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。

所述方法还包括：

如果所述栅格障碍物包围盒与对应的所述目标道路包围盒发生碰撞，判断所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。

判断所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外，包括：

基于目标道路包围盒的边界点和所述栅格障碍物包围盒通过向量叉积进行碰撞检测，判断所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外。

所述基于目标道路包围盒的边界点和所述栅格障碍物包围盒通过向量叉积进行碰撞检测，判断所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物是否位于道路之外，包括：

确定边界点向量；

确定栅格障碍物包围盒的顶点向量；

当栅格障碍物包围盒的顶点向量与所述边界点向量的叉积均大于 0 时，确定所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路之外。

所述方法还包括：

确定边界点向量；

确定栅格障碍物包围盒的顶点向量；

当栅格障碍物包围盒的顶点向量与所述边界点向量的叉积小于或等于 0 时，确定所述栅格障碍物包围盒对应的第一栅格障碍物位于道路内。

对位于所述道路内的所述第一栅格障碍物进行聚合处理，包括：

基于位于所述道路内的所述第一栅格障碍物的所述第一栅格障碍物信息，生成其中所述第一栅格障碍物的第一障碍物包围盒；

当相邻两个第一障碍物包围盒之间的欧氏距离小于本车宽度时，将所述相邻两个第一障碍物包围盒进行合并，生成第二障碍物包围盒；

将所述第二障碍物包围盒作为所述第一障碍物包围盒，返回执行当相邻两个第一障碍物包围盒之间的欧氏距离小于本车宽度时，将所述相邻两个第一障碍物包围盒进行合并，生成第二障碍物包围盒，直至第二障碍物包围盒与相邻的第一障碍物包围盒之间的欧氏距离大于或等于本车宽度，或者没有与第二障碍物包围盒相邻的第一障碍物包围盒。

基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息, 对所述目标凸包障碍物做出避让决策, 包括:

基于所述目标凸包障碍物信息, 对满足预设过滤条件的所述目标凸包障碍物打上无需避让标签或无需横向避让标签; 和/或,

基于所述目标凸包障碍物信息和本车引导线, 对所述目标凸包障碍物打上避让标签, 其中, 所述避让标签包括左侧通行标签、右侧通行标签或跟随标签。

所述预设过滤条件包括以下至少一种:

所述目标凸包障碍物位于道路之外;

所述目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件;

所述目标凸包障碍物位于本车引导线上。

基于所述目标凸包障碍物信息, 对满足预设过滤条件的所述目标凸包障碍物打上无需避让标签或无需横向避让标签, 包括:

当所述目标凸包障碍物位于道路之外时, 为所述目标凸包障碍物打上所述无需避让标签;

当所述目标凸包障碍物的运动状态满足无需横向避让条件或所述目标凸包障碍物位于本车引导线上时, 为所述目标凸包障碍物打上所述无需横向避让标签。

所述无需横向避让条件包括以下任一种:

所述目标凸包障碍物横穿道路;

所述目标凸包障碍物向本车车道变道;

所述目标凸包障碍物的纵向速度大于本车速度。

基于所述目标凸包障碍物信息和本车引导线, 对所述目标凸包障碍物打上避让标签, 包括:

如果所述目标凸包障碍物位于所述本车引导线上, 则对所述目标凸包障碍物打上所述跟随标签;

如果所述目标凸包障碍物没有位于所述本车引导线上, 则当所述目标凸包障碍物的质心位于所述本车引导线的左侧时, 对所述目标凸包障碍物打上所述右侧通行标签, 当所述目标凸包障碍物的质心位于所述本车引导线的右侧时, 对所述目标凸包障碍物打上所述左侧通行标签。

所述方法还包括:

如果基于所述环境感知信息, 确定本车前方无障碍物或者本车前方第一个障碍物的纵向速度大于或等于本车纵向速度, 则将预设时长确定为所述通过时间代价。

所述方法还包括:

基于所述环境感知信息, 确定本车 ST 图曲线和障碍物 ST 图曲线;

基于所述本车 ST 图曲线, 确定本车危险区;

判断所述预设时间内所述障碍物 ST 图曲线是否与所述本车危险区存在交叠;

如果所述预设时间内所述障碍物 ST 图曲线与所述本车危险区存在交叠, 则确定所述障碍物在预设时间内进入本车危险区; 否则, 确定所述障碍物在预设时间内未进入本车危险区。

所述车道决策语义信息还包括通行宽度代价, 基于所述环境感知信息, 确定每个车道的车道决策语义信息, 包括:

基于所述车道信息和所述静态障碍物信息, 确定车道的最小通行宽度;

将所述最小通行宽度确定为所述通行宽度代价。

基于所述车道信息和所述静态障碍物信息, 确定车道的最小通行宽度, 包括:

基于所述车道信息和所述静态障碍物信息, 确定所述车道上各静态障碍物的最大通行宽度;

将各静态障碍物的最大通行宽度中的最小值确定为所述车道的最小通行宽度。

所述车道决策语义信息还包括稳定性代价, 基于所述环境感知信息, 确定每个车道的车道决策语义信息, 包括:

基于所述车道信息和所述本车信息, 确定本车车道和其他车道;

对于所述本车车道, 将第一预设稳定性代价确定为所述稳定性代价;

对于所述其他车道, 将第二预设稳定性代价确定为所述稳定性代价, 其中, 所述第二预设稳定性代价与所述第一预设稳定性代价不同。

基于所述车道决策语义信息, 生成可行驶区域, 包括:

对所述车道决策语义信息中的各代价进行加权求和;

基于加权求和结果, 生成可行驶区域。

在基于所述车道决策语义信息, 生成可行驶区域之后, 所述方法还包括:

将所述可行驶区域的边界离散化。

在基于所述车道决策语义信息, 生成可行驶区域之后, 所述方法还包括如下至少一项:

基于预设交通规则, 更新所述可行驶区域;

基于车辆的运动学和动力学约束, 更新所述可行驶区域;

基于障碍物语义信息和预设安全区, 更新所述可行驶区域, 所述预设安全区与所述可行驶区域相连;

基于所述静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法, 更新所述可行驶区域, 所述障碍物决策语义信息包括从障碍物左侧通过或从障碍物右侧通过。

基于障碍物语义信息和预设安全区, 更新所述可行驶区域, 包括:

基于障碍物语义信息, 确定需横向避让的障碍物;

如果所述需横向避让的障碍物的移动轨迹占用了所述预设安全区, 则修剪所述占用所述预设安全区对应位置处

的部分可行驶区域。

基于所述静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法，更新所述可行驶区域，包括：

基于所述静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法，确定光线与障碍物的碰撞点，所述碰撞点位于所述可行驶区域内；

基于所述碰撞点，更新所述可行驶区域。

基于所述静态障碍物信息、障碍物决策语义信息和光线追踪算法，确定光线与障碍物的碰撞点，包括：

基于所述障碍物决策语义信息，确定光源点和光线投射方向；

基于所述静态障碍物信息，确定光线投射范围；

基于所述光源点、所述光线投射方向和所述光线投射范围，对障碍物进行光线扫描；

确定光线与所述障碍物的碰撞点。

一种避让障碍物的决策方法，包括：

获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物；

将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

一种车辆可行驶区域生成方法，包括：

获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

以上所述仅是本公开的具体实施方式，使本领域技术人员能够理解或实现本公开。对这些实施方式的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本公开的精神或范围的情况下，在其它实施方式中实现。因此，本公开将不会被限制于本文所述的这些实施方式，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

工业实用性

本公开将栅格类型的障碍物转换成凸包类型的障碍物，实现对栅格类型和凸包类型两种类型障碍物的统一决策，从而能够简化混合类型障碍物的障碍物决策流程，加速障碍物决策过程，使得决策规划模块能够方便、快速地进行障碍物决策，具有很强的工业实用性。

- 17 -
权利要求书

1、一种车辆决策规划方法，其特征在于，包括：

生成基坐标系；

在所述基坐标系下生成引导线，以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹；

在所述引导线的约束下，进行障碍物决策；

根据障碍物决策生成可行驶区域。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，进行障碍物决策，包括：

获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物；

将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物，包括：

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，过滤掉位于道路之外的所述第一栅格障碍物；将剩余所述第一栅格障碍物作为所述第二栅格障碍物；和/或，

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，确定位于所述道路内的所述第一栅格障碍物；对位于所述道路内的所述第一栅格障碍物进行聚合处理；将聚合处理后的所述第一栅格障碍物作为所述第二栅格障碍物。

4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，过滤掉位于道路之外的所述第一栅格障碍物，包括：

基于所述道路信息，生成沿道路通行方向的道路包围盒；

基于所述第一栅格障碍物信息，生成所述第一栅格障碍物的栅格障碍物包围盒；

基于所述栅格障碍物包围盒和所述道路包围盒，确定位于道路之外的所述第一栅格障碍物；

过滤掉位于道路之外的所述第一栅格障碍物。

5、根据权利要求1-4任一项所述的方法，其特征在于，根据障碍物决策生成可行驶区域，包括：

获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

6、根据权利要求5所述的方法，其特征在于，当所述车道决策语义信息包括通过时间代价时，基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，包括：

对于每个车道，基于所述环境感知信息，确定本车与本车前方第一个障碍物的碰撞时间；

将所述碰撞时间确定为所述通过时间代价。

7、根据权利要求5所述的方法，其特征在于，当所述车道决策语义信息包括安全性代价时，基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，包括：

基于所述车道信息和所述本车信息，确定本车车道和其他车道；

对于所述本车车道，将第一预设安全性代价确定为所述安全性代价；

对于所述其他车道，如果基于所述环境感知信息，确定障碍物在预设时间内进入本车危险区，则将第二预设安全性代价确定为所述安全性代价，如果基于所述环境感知信息，确定所述障碍物在所述预设时间内未进入本车危险区，则将所述第一预设安全性代价确定为所述安全性代价，其中，所述第二预设安全性代价与所述第一预设安全性代价不同。

8、一种避让障碍物的决策方法，其特征在于，包括：

获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物；

将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

9、根据权利要求8所述的方法，其特征在于，基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物，包括：

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，过滤掉位于道路之外的所述第一栅格障碍物；将剩余所述第一栅格障碍物作为所述第二栅格障碍物；和/或，

基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，确定位于所述道路内的所述第一栅格障碍物；对位于所述道路内的所述第一栅格障碍物进行聚合处理；将聚合处理后的所述第一栅格障碍物作为所述第二栅格障碍物。

10、一种车辆可行区域生成方法，其特征在于，包括：

获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

11、根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，当所述车道决策语义信息包括通过时间代价时，基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，包括：

对于每个车道，基于所述环境感知信息，确定本车与本车前方第一个障碍物的碰撞时间；

将所述碰撞时间确定为所述通过时间代价。

12、根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，当所述车道决策语义信息包括安全性代价时，基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，包括：

基于所述车道信息和所述本车信息，确定本车车道和其他车道；

对于所述本车车道，将第一预设安全性代价确定为所述安全性代价；

对于所述其他车道，如果基于所述环境感知信息，确定障碍物在预设时间内进入本车危险区，则将第二预设安全性代价确定为所述安全性代价，如果基于所述环境感知信息，确定所述障碍物在所述预设时间内未进入本车危险区，则将所述第一预设安全性代价确定为所述安全性代价，其中，所述第二预设安全性代价与所述第一预设安全性代价不同。

13、一种车辆决策规划装置，其特征在于，包括：

基坐标系生成器，用于生成基坐标系；

引导线生成器，用于在所述基坐标系下生成引导线，以决策车辆未来的一个大致行驶轨迹；

障碍物决策器，用于在所述引导线的约束下，进行障碍物决策；

行驶空间生成器，用于根据障碍物决策生成可行驶区域。

14、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，障碍物决策器包括：

信息获取模块，用于获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

预处理模块，用于基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物，其中，所述第二栅格障碍物的数量小于所述第一栅格障碍物的数量；

类型转换模块，用于将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

避让决策模块，用于基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

15、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，行驶空间生成器包括：

感知信息获取模块，用于获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

车道决策语义信息确定模块，用于基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

可行驶区域生成模块，用于基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

16、一种避让障碍物的决策装置，其特征在于，包括：

信息获取模块，用于获取道路信息、第一栅格障碍物的第一栅格障碍物信息和第一凸包障碍物的第一凸包障碍物信息；

预处理模块，用于基于所述道路信息和所述第一栅格障碍物信息，对所述第一栅格障碍物进行预处理，得到第二栅格障碍物，其中，所述第二栅格障碍物的数量小于所述第一栅格障碍物的数量；

类型转换模块，用于将所述第二栅格障碍物转换成第二凸包障碍物；

避让决策模块，用于基于目标凸包障碍物的目标凸包障碍物信息，对所述目标凸包障碍物做出避让决策，其中，所述目标凸包障碍物包括所述第一凸包障碍物和/或所述第二凸包障碍物。

17、一种车辆可行驶区域生成装置，其特征在于，包括：

感知信息获取模块，用于获取环境感知信息，其中，所述环境感知信息包括车道信息、障碍物信息和本车信息中的至少两个，所述障碍物信息包括静态障碍物信息和/或动态障碍物信息；

车道决策语义信息确定模块，用于基于所述环境感知信息，确定每个车道的车道决策语义信息，其中，所述车道决策语义信息包括通过时间代价和安全性代价；

可行驶区域生成模块，用于基于所述车道决策语义信息，生成可行驶区域。

18、一种电子设备，其特征在于，包括：

存储器以及一个或多个处理器；

其中，所述存储器与所述一个或多个处理器通信连接，所述存储器中存储有可被所述一个或多个处理器执行的指令，所述指令被所述一个或多个处理器执行时，所述电子设备用于实现如权利要求 1-12 中任一项所述的方法。

19、一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机可执行指令，其特征在于，当所述计算机可执行指令被计算装置执行时，可用来实现如权利要求 1-12 中任一项所述的方法。