

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 11 月 17 日 (17.11.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/237392 A1

(51) 国际专利分类号:
B60W 60/00 (2020.01) **G05D 1/02** (2020.01)
B60W 30/02 (2012.01) **B60W 40/06** (2012.01)
B60W 50/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/085370

(22) 国际申请日: 2022 年 4 月 6 日 (06.04.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110510779.1 2021年5月11日 (11.05.2021) CN
202210210929.1 2022年3月4日 (04.03.2022) CN

(71) 申请人: 奇瑞汽车股份有限公司 (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241006 (CN)。雄狮汽车科技(南京)有限公司 (LION AUTOMOTIVE TECHNOLOGIES NANJING CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南京市经济技术开发区红枫科技园D12栋3-5层, Jiangsu 210046 (CN)。芜湖雄狮汽车科技有限公

司 (WUHU LION AUTOMOTIVE TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国安徽省芜湖市经济技术开发区鞍山路8号, Anhui 241006 (CN)。

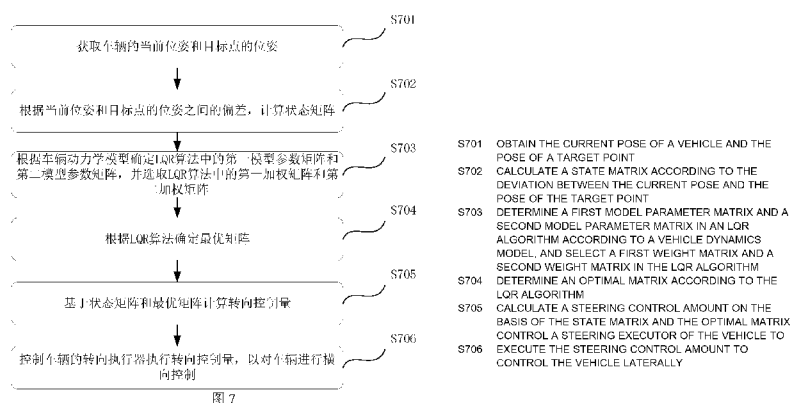
(72) 发明人: 孟宇翔(MENG, Yuxiang); 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241006 (CN)。沈鹏(SHEN, Peng); 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241006 (CN)。马姝姝(MA, Shushu); 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241006 (CN)。汪娟(WANG, Juan); 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241006 (CN)。

(74) 代理人: 北京三高永信知识产权代理有限公司(BEIJING SAN GAO YONG XIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海淀区上地信息产业基地三街1号楼四层C段457, Beijing 100085 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: VEHICLE LATERAL CONTROL METHOD AND APPARATUS, AND VEHICLE

(54) 发明名称: 车辆的横向控制方法、装置及车辆



(57) Abstract: A vehicle lateral control method and apparatus, and a vehicle. The method comprises: obtaining the current pose of a vehicle and the pose of a target point; calculating a state matrix according to the deviation between the current pose and the pose of the target point; determining a first model parameter matrix and a second model parameter matrix in a linear quadratic regulator (LQR) algorithm according to a vehicle dynamics model, and selecting a first weight matrix and a second weight matrix in the LQR algorithm; determining an optimal matrix according to the LQR algorithm; calculating a steering control amount on the basis of the state matrix and the optimal matrix; and controlling a steering executor of the vehicle to execute the steering control amount to control the vehicle laterally. Thus, the stability and comfort of vehicle tracking on a complex road having a large curvature change and in a driving scenario having a fast speed change are ensured, and the control accuracy and adaptability of an LQR controller are improved.

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种车辆的横向控制方法、装置及车辆, 其中方法包括: 获取车辆的当前位姿和目标点的位姿; 根据当前位姿和目标点的位姿之间的偏差, 计算状态矩阵; 根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器LQR算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵, 并选取LQR算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵; 根据LQR算法确定最优矩阵; 基于状态矩阵和最优矩阵计算转向控制量, 控制车辆的转向执行器执行转向控制量, 以对车辆进行横向控制。由此, 保证了车辆在曲率变化大的复杂道路上和速度变化快的行驶场景下跟踪的稳定性和舒适性, 实现了LQR控制器的控制精度和自适应性的提高。

车辆的横向控制方法、装置及车辆

本申请要求于 2021 年 5 月 11 日提交的申请号为 202110510779.1、发明名称为“自动驾驶车辆的横向控制方法、装置及车辆”的中国专利申请，以及于 2022 年 3 月 4 日提交的申请号为 202210210929.1、发明名称为“自动驾驶车辆的横向控制方法、装置及车辆”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及车辆技术领域，特别涉及一种车辆的横向控制方法、装置及车辆。

背景技术

横向控制一般是指根据上层运动规划模块输出的路径、曲率等信息进行跟踪控制，以减少跟踪误差，同时保证车辆行驶的稳定性和舒适性的车辆控制方法；根据横向控制方法是否使用车辆模型同，可以将其分为两种类型：（1）无模型的横向控制方法；（2）基于模型的横向控制方法。其中，基于模型的横向控制方法又可分为：基于车辆运动学模型的横向控制方法以及基于车辆动力学模型的横向控制方法。

主流的 PID（Proportion Integral Differential，PID 算法）控制算法即为无模型的横向控制，将车辆当前的路径跟踪偏差作为输入量，通过对跟踪偏差进行比例（Proportion）、积分（Integration）和微分（Differentiation）控制得到转向控制量。

然而，由于 PID 算法没有考虑车辆本身的特性，因此对外界干扰的鲁棒性较差，无法满足车辆在高速行驶过程中的有效控制需求。

发明内容

本申请提供一种车辆的横向控制方法、装置及车辆。

本申请实施例的第一方面是提供一种车辆的横向控制方法，包括以下步骤：

获取车辆的实际坐标和当前航向角，得到当前位姿和目标点的位置信息；

根据所述当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵；以及

利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并同时选取第一加权矩阵和第二加权矩阵，以根据线性二次型调节器（linear quadratic regulator，LQR）算法

确定最优矩阵，及控制所述车辆的转向执行器执行由所述最优矩阵和所述状态矩阵相乘得到的转向控制量。

可选地，还包括：

根据所述车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量与整车质量确定所述车辆动力学模型。

可选地，所述根据所述当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵，包括：

判断当前道路的类型；

若所述类型为直道类型，则所述目标点为轨迹上距离当前位置最近的点；

若所述类型为弯道类型，则在所述车辆的实际车速大于预设阈值时，所述目标点为相距预瞄距离的点，否则相距由道路曲率确定距离的点。

可选地，所述由道路曲率确定距离的计算公式为：

$$L = kV + lmin,$$

其中， k 为速度的线性变化比例， V 为所述车辆的实际车速， $lmin$ 为预瞄距离的最小设定值。

可选地，所述状态矩阵的计算公式为：

$$\text{state} = \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix},$$

其中， $e1$ 为所述距离偏差， $e2$ 为所述距离偏差变化率， $e3$ 为所述航向角偏差， $e4$ 为所述角度偏差变化率。

本申请实施例的第二方面是提供一种车辆的横向控制装置，包括：

获取模块，用于获取车辆的实际坐标和当前航向角，得到当前位姿和目标点的位置信息；

计算模块，用于根据所述当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵；以及

控制模块，用于利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并同时选取第一加权矩阵和第二加权矩阵，以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵，及控制所述车辆的转向执行器执行由所述最优矩阵和所述状态矩阵相乘得到的转向控制量。

可选地，所述装置还包括：

确定模块，用于根据所述车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量与整车质量确定所述车辆动力学模型。

可选地，所述计算模块，包括：

判断单元，用于判断当前道路的类型；

第一确定单元，用于若所述类型为直道类型，则所述目标点为轨迹上距离当前位置最近的点；

第二确定单元，用于若所述类型为弯道类型，则在所述车辆的实际车速大于预设阈值时，所述目标点为相距预瞄距离的点，否则相距由道路曲率确定距离的点。

可选地，所述由道路曲率确定距离的计算公式为：

$$L = kV + lmin,$$

其中， k 为速度的线性变化比例， V 为所述车辆的实际车速， $lmin$ 为预瞄距离的最小设定值。

可选地，所述状态矩阵的计算公式为：

$$state = \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix},$$

其中， $e1$ 为所述距离偏差， $e2$ 为所述距离偏差变化率， $e3$ 为所述航向角偏差， $e4$ 为所述角度偏差变化率。

本申请实施例的第三方面是提供一种车辆的横向控制方法，包括：

获取车辆的当前位姿和目标点的位姿，所述目标点为当前时刻所述车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点，所述车辆按照所述跟踪轨迹在当前道路上行驶；

根据所述当前位姿和所述目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵；

根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并选取所述 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵，其中所述第一加权矩阵与所述车辆的车辆信息和所述当前道路的道路信息有关；

根据所述 LQR 算法确定最优矩阵；

基于所述状态矩阵和所述最优矩阵计算转向控制量，控制所述车辆的转向执行器执行所述转向控制量，以对所述车辆进行横向控制。

可选地，所述根据所述当前位姿和所述目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵，包

括：

计算所述车辆与所述目标点之间的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率；

将所述距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率作为所述状态矩阵中的元素，以得到所述状态矩阵。

可选地，所述第一加权矩阵为对角矩阵，所述对角矩阵包括位于主对角线上的第一元素、第二元素、第三元素和第四元素，所述第一元素、所述第二元素、所述第三元素和所述第四元素分别与所述状态矩阵中的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率对应；

其中，所述第一元素为所述车辆的偏差系数，所述偏差系数为前轮偏角与所述距离偏差的比值，所述第三元素根据所述车辆信息和所述道路信息确定，所述第二元素和所述第四元素均为 0。

可选地，所述车辆信息包括当前速度，所述道路信息包括当前道路的曲率半径；

根据所述车辆信息和所述道路信息确定所述第三元素，包括：

当所述当前道路的曲率半径小于第一曲率半径阈值时，确定所述当前道路为直道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q_3 = k_q \times q_1; \\ k_q = 0.1 \times V; \end{cases}$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第一曲率半径阈值且小于第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为小曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q_3 = k_q \times q_1; \\ k_q = V; \end{cases}$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为大曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q_3 = k_q \times q_1; \\ k_q = 10 \times V; \end{cases}$$

其中， q_3 是第三元素； q_1 是第一元素； V 是所述车辆的当前速度，m/s；

所述第一曲率半径阈值是用于区分直道和弯道的边界条件，所述第二曲率半径阈值是用于区分小曲率弯道和大曲率弯道的边界条件。

可选地，所述基于所述状态矩阵和所述最优矩阵计算转向控制量，包括：

将所述状态矩阵和所述最优矩阵相乘，得到所述转向控制量。

可选地，获取所述目标点的位姿之前，所述方法还包括：

判断当前道路的类型；

当所述类型为直道类型时，将所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点确定为所述目标点；

当所述类型为弯道类型时，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点，所述瞄准距离与所述车辆的当前车速和所述当前道路的曲率有关。

可选地，所述将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点，包括：

获取所述车辆的当前车速；

根据所述当前车速确定所述瞄准距离，其中，

当所述当前车速小于或等于速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = kV + lmin \\ k = \alpha * kp \\ lmin = 2r \end{cases},$$

当所述当前车速大于所述速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = lmax \\ lmax = lmin/2 + V * V/2a, \\ lmin = 2r \end{cases}$$

其中，L 为瞄准距离，m；V 为当前车速，m/s； α 为调整系数；kp 为所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点的曲率；r 为所述车辆的最小转弯半径，m；a 为舒适减速度，m/s²；

沿所述车辆的行驶方向进行瞄准，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距所述瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点。

可选地，所述根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵之前，所述方法还包括：

根据所述车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量和整车质量确定所述车辆动力学模型。

本申请实施例的第四方面是提供了一种车辆的横向控制装置，包括：

获取模块，用于获取车辆的当前位姿和目标点的位姿，所述目标点为当前时刻所述车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点，所述车辆按照所述跟踪轨迹在当前道路上行驶；

计算模块，用于根据所述当前位姿和所述目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵；

确定模块，用于根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并选取所述 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵，其中所述第一加权矩阵与所述车辆的车辆信息和所述当前道路的道路信息有关；

所述计算模块，还用于根据所述 LQR 算法确定最优矩阵，以及基于所述状态矩阵和所述最优矩阵计算转向控制量；

控制模块，用于控制所述车辆的转向执行器执行所述转向控制量，以对所述车辆进行横向控制。

可选地，所述计算模块，还用于：

计算所述车辆与所述目标点之间的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率；以及，

将所述距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率作为所述状态矩阵中的元素，以得到所述状态矩阵。

可选地，所述第一加权矩阵为对角矩阵，所述对角矩阵包括位于主对角线上的第一元素、第二元素、第三元素和第四元素，所述第一元素、所述第二元素、所述第三元素和所述第四元素分别与所述状态矩阵中的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率对应；

其中，所述第一元素为所述车辆的偏差系数，所述偏差系数为前轮偏角与所述距离偏差的比值，所述第三元素根据所述车辆信息和所述道路信息确定，所述第二元素和所述第四元素均为 0。

可选地，所述车辆信息包括当前速度，所述道路信息包括当前道路的曲率半径；

所述计算模块，还用于：

当所述当前道路的曲率半径小于第一曲率半径阈值时，确定所述当前道路为直道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 0.1 \times V \end{cases};$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第一曲率半径阈值且小于第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为小曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = V \end{cases};$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为大曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 10 \times V \end{cases};$$

其中， $q3$ 是第三元素； $q1$ 是第一元素； V 是所述车辆的当前速度，m/s；

所述第一曲率半径阈值是用于区分直道和弯道的边界条件，所述第二曲率半径阈值是用于区分小曲率弯道和大曲率弯道的边界条件。

可选地，所述计算模块还用于将所述状态矩阵和所述最优矩阵相乘，得到所述转向控制量。

可选地，所述装置还包括判断模块，所述判断模块用于：

判断所述当前道路的类型；

当所述类型为直道类型时，将所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点确定为所述目标点；

当所述类型为弯道类型时，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点，所述瞄准距离与所述车辆的当前车速和所述当前道路的曲率有关。

可选地，所述获取模块还用于获取所述车辆的当前车速；

所述判断模块，还用于：

根据所述当前车速确定所述瞄准距离，其中，

当所述当前车速小于或等于速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = kV + lmin \\ k = \alpha * kp \\ lmin = 2r \end{cases};$$

当所述当前车速大于所述速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = lmax \\ lmax = lmin/2 + V * V/2a; \\ lmin = 2r \end{cases}$$

其中，L 为瞄准距离，m；V 为当前车速，m/s； α 为调整系数；kp为所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点的曲率；r 为所述车辆的最小转弯半径，m；a为舒适减速度，m/s²；

沿所述车辆的行驶方向进行瞄准，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距所述瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点。

可选地，所述确定模块，还用于根据所述车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量和整车质量确定所述车辆动力学模型。

本申请实施例的第五方面是提供一种车辆，包括控制器，所述控制器用于执行本申请实施例的第一方面和/或第三方面所述的车辆的横向控制方法。

本申请实施例的第六方面是提供了一种车辆，其包括本申请实施例第二方面和/或第四方面所述的车辆的横向控制装置。

本申请附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本申请的实践了解到。

附图说明

本申请上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为本申请实施例提供的第一种车辆的横向控制方法的流程图；

图 2 为本申请实施例提供的 LQR 横纵向误差的示例图；

图 3 为本申请实施例提供的 LQR 算法的流程图；

图 4 为本申请实施例提供的优化前不同速度下弯道的跟踪效果的示意图；

图 5 为本申请实施例提供的优化后不同速度下弯道的跟踪效果的示意图；

图 6 为本申请的实施例提供的第一种车辆的横向控制装置的方框示例图；

图 7 为本申请实施例提供的第二种车辆的横向控制方法的流程图；

图 8 为本申请实施例提供的第三种车辆的横向控制方法的流程图；

图 9 为本申请的实施例提供的第二种车辆的横向控制装置的方框示例图。

具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，所述实施例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例是示例性的，旨在用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。

下面参考附图描述本申请实施例的车辆的横向控制方法、装置及车辆。

在介绍本申请实施例的车辆的横向控制方法之前，先简单介绍下相关技术中的处理方式。

相关技术中，LQR 算法使用二自由度动力学模型来设计横向控制器，LQR 算法的优点在于，通过与转向反馈进行有效结合，能够有效地减小一部分曲线行驶时的稳态跟踪误差，使得车辆在以中等速度曲线行驶时其稳态误差趋近于零，从而极大提升跟踪性能。

但是，针对一些曲率大和高速情况跟踪效果就会明显降低，对环境 and 参数选择依赖程度高，即当环境突变的情况下不能很好的适应新状态条件下的轨迹跟踪。同时 LQR 参数调节复杂，其不仅需要获取车辆自身的模型参数，还需要调节 LQR 目标函数的 QR 矩阵（包括第一加权矩阵 Q 和第二加权矩阵 R），若是 QR 矩阵的选取不准确，那么 LQR 算法的跟

踪性能会大幅降低，从而导致控制失效，而且相关技术中的 LQR 算法基本采用固定的 QR 矩阵，导致系统自适应能力差，此问题亟待解决。

因此，本申请提供了一种自动驾驶车辆的横向控制方法，在该方法中，可以获取车辆的实际坐标和当前航向角，得到当前位姿和目标点的位置信息，并根据车辆的当前位姿和目标点的位置信息计算当前时刻车辆与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵，并利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并同时选取第一加权矩阵和第二加权矩阵，以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵，及控制车辆的转向执行器执行由最优矩阵和状态矩阵相乘得到的转向控制量，从而保证曲率和速度变化快的复杂道路下车辆跟踪的稳定性和舒适性，实现 LQR 控制器的控制精度和自适应性的提高。

具体而言，图 1 为本申请实施例所提供的一种自动驾驶车辆的横向控制方法的流程示意图。

如图 1 所示，该自动驾驶车辆的横向控制方法包括以下步骤：

在步骤 S101 中，获取车辆的实际坐标和当前航向角，得到当前位姿和目标点的位置信息。

可以理解的是，获取车辆的实际坐标和当前航向角，以及根据实际坐标和当前航向角得到当前位姿和目标点的位置信息的方式可以采用相关技术中的处理方式，为避免冗余，在此不做详细赘述。

在步骤 S102 中，根据当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵。

可选地，在一些实施例中，根据当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵，包括：判断当前道路的类型；若类型为直道类型，则目标点为轨迹上距离当前位置最近的点；若类型为弯道类型，则在车辆的实际车速大于预设阈值时，目标点为相距预瞄距离的点，否则相距由道路曲率确定距离的点。

其中，预设阈值可以是用户预先设定的阈值，可以通过有限次实验获取的阈值，也可以通过有限次计算机仿真得到的阈值。可选地，预设阈值为 60km/h。

示例性地，如图 2 所示， V_x 为车辆纵向车速， V_y 为车辆横向车速， ψ 为车辆的当前航向角， ψ_{des} 为目标点的航向角， δ 为前车轮偏转角度，将车辆方向盘角度和前轮偏角的比值定义为 ratio。由图 2 可知，横纵向误差计算是根据当前时刻点和目标点进行对比得到的，故下文将进行详细阐述如何获取目标点。

具体而言，道路的类型一般可以包括直道类型和弯道类型两种，如果道路的类型为直道类型，则目标点选择为轨迹上距离当前位置最近的点，从而保证直线跟踪的精度；如果道路的类型为弯道类型，则可以根据车辆的实际车速进行判定。例如，当车辆的实际车速大于预设阈值时，速度阈值（即预设阈值）的选取根据轨迹路段最大限速调整，通常选取为限速，选取目标点的预瞄距离 $L=lmax$ ；再如，当车辆的实际车速小于或等于预设阈值时，可以根据道路曲率确定距离，计算公式可以为：

$$L = kV + lmin;$$

其中， k 为速度的线性变化比例， V 为车辆的实际车速， $lmin$ 为预瞄距离的最小设定值。

需要说明的是， $lmin$ 选取为车辆的最小转弯半径的二倍， $lmax = lmin/2 + v * v/2a$ ， a 为车辆设定的舒适减速度，通常设定为 3， $k = \alpha * kp$ ， kp 为轨迹上距离当前位置最近的点的曲率， α 为可调整系数，可根据实际跟踪情况调整，弯道跟踪入弯早且位置偏差大，可减小 α ，反之调大。然后根据上述公式代入得到预瞄距离，沿着车辆前进方向进行预瞄，得到对应目标点，当预瞄距离大于到终点的距离时，选择到终点的距离作为预瞄距离。

进一步地，在一些实施例中， $e1$ 即为当前时刻到目标点的位移，同时由下列公式计算得到状态矩阵 $state$ ：

$$e3 = \theta - \theta1;$$

$$e2 = Vx * e3 + Vy;$$

$$e4 = \varphi - V/R;$$

得到：

$$state = \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix};$$

其中， R 为目标轨迹点曲率半径， $e1$ 为距离偏差， $e2$ 为距离偏差变化率， $e3$ 为航向角偏差， $e4$ 为角度偏差变化率。

在步骤 S103 中，利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并同时选取第一加权矩阵和第二加权矩阵，以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵，及控制车辆的转向执行器执行由最优矩阵和状态矩阵相乘得到的转向控制量。

其中，如图 3 所示，图 3 为 LQR 算法的流程图，主要包括以下步骤：

S301，感知环境和车辆信息。

其中，感知环境和车辆信息包括：车辆坐标和航向角，跟踪轨迹目标点坐标和航向角。

S302，数据处理。

其中，在数据处理之后，将处理后的数据发送至步骤 S309。

S303, 直道弯道曲率判定, 如果是直道, 执行步骤 S304, 如果是弯道, 执行步骤 S305。

S304, 目标点为轨迹上距离当前位置最近的点, 并跳转执行步骤 S308。

S305, 判断辆的实际车速是否大于预设阈值, 如果是, 执行步骤 S306, 否则, 执行步骤 S307。

S306, 目标点选取为预瞄距离 $L = lmax$, 并跳转执行步骤 S308。

S307, 目标点选取为预瞄距离 $L = kV + lmin$ 。

S308, 状态量, 并跳转执行步骤 S310。

其中, 根据实时位姿和目标点位置信息计算当前时刻车辆与目标点的距离偏差 $e1$, 距离偏差变化率 $e2$, 航向偏差 $e3$, 角度偏差变化率 $e4$, 从而得到状态矩阵 $state$ 。

S309, QR 权重矩阵选择器。

也就是说, 本申请实施例可以根据上述的动力学模型参数确定模型参数矩阵 A 和 B , 同时选取加权矩阵 Q 和 R (QR 权重的选择)。

由此即可得到状态矩阵, 并将状态矩阵和 QR 权重矩阵选择器输入至 LQR 控制器。

S310, LQR 控制器。

S311, 车辆转向执行器, 并跳转执行步骤 S301。

由此, 根据上述确定的控制器参数, 计算自动驾驶汽车的转向控制量, 将其传递给转向执行器执行。

可选地, 在一些实施例中, 还包括: 根据车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量与整车质量确定车辆动力学模型。

也就是说, 车辆动力学模型的参数主要包括: 前轮侧偏刚度 Cf 、后轮侧偏刚度 Cr 、前轴到车辆重心的距离 lf 、后轴到车辆重心的距离 lr 、车辆的 z 轴转动惯量 Iz 和整车质量 m 。

需要说明的是, 上述车辆动力学模型的参数可以通过查询车辆的基本信息即可获得, 也可以重新测量获得, 具体地可以由本领域技术人员根据实际情况进行处理, 在此不做具体限定。

进一步地, 利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵 $matrix\_a$ 和第二模型参数矩阵 $matrix\_b$ 的计算公式可以如下所示:

$$matrix\_a\_ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{C_f + C_r}{mV} & \frac{C_f + C_r}{m} & \frac{\ell_r C_r - \ell_f C_f}{mV} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{\ell_r C_r - \ell_f C_f}{I_z V} & \frac{\ell_f C_f - \ell_r C_r}{I_z} & \frac{\ell_r^2 C_r - \ell_f^2 C_f}{I_z V} \end{bmatrix};$$

$$matrix\_b\_ = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{C_f}{m} \\ 0 \\ \frac{\ell_f C_f}{I_z} \end{bmatrix};$$

其中, C_f 和 C_r 为前轮侧偏刚度和后轮侧偏刚度, ℓ_f 和 ℓ_r 为前后轴到重心的距离, I_z 为车辆 z 轴转动惯量, m 为整车质量。

进一步地, 选取第一加权矩阵 Q 和第二加权矩阵 R , 第一加权矩阵 Q , 选取对角矩阵 $matrix\_q\_ = \text{diag}[q1, q2, q3, q4]$, 其中, $q1$ 、 $q2$ 、 $q3$ 和 $q4$ 这四个参数分别对应状态矩阵 $state$ 的四个变量, $q1$ 和 $q3$ 的选择即是 LQR 控制的关键; 第二加权矩阵 R 选择单位矩阵 $matrix\_r\_ = [1]$; 由上述图 3 流程图可知, 跟踪系统通过感知得到环境信息并进行选择:

(1) 首先对道路曲率半径 R 与 $R1$ 和 $R2$ 进行判断, $R1$ 和 $R2$ 分别是区分直道和弯道, 小曲率和大曲率的边界条件;

(2) 当 $R < R1$ 时判定跟踪曲线为直线, 选择 $q3 = kq * q1$, $kq = 0.1 * V$;

(3) 当 $R1 < R < R2$ 时判定跟踪轨迹为小曲率弯道, 选择 $q3 = kq * q1$, $kq = V$;

(4) 当 $R > R2$ 时判定跟踪轨迹为大曲率弯道, 选择 $q3 = kq * q1$, $kq = 10 * V$;

(5) 根据上述公式只需实车单独直线跟踪确定 $q1$ 的初始值即可得到第一加权矩阵 Q 。

进一步地, 根据黎卡提方程的数值迭代求解确定最优矩阵 $matrix\_k$, 由下列公式得到;

```
while(num_iteration++ < max_num_iteration)
{
    matrix_p_next=
    matrix_a_T*matrix_p_*matrix_a_-(matrix_a_T*matrix_p_*matrix_b_)*(matrix_r_+matrix_
    b_T*matrix_p_*matrix_b_).inverse()*(matrix_b_T*matrix_p_*matrix_a_)+matrix_q_;
    matrix_p_=matrix_p_next;
}
matrix_k=(matrix_r_+matrix_b_T*matrix_p_*matrix_b_).inverse()*(matrix_b_T*matrix_p_
```

*matrix_a)

其中, $\max\_num\_iteration$ 为最大迭代次数, 示例性地可选取为 150, $matrix\_a\_T$ 和 $matrix\_b\_T$ 分别为 $matrix\_a$ 和 $matrix\_b$ 的转置矩阵, $matrix\_p$ 为过程迭代矩阵, 初始值为 Q 矩阵。

进一步地, 根据最优矩阵 $matrix\_k$ 和状态矩阵 $state$ 相乘得到前轮转角最后乘以 $ratio$ 输出到执行机构, 实现跟踪。

如图 7 所示, 本申请实施例还提供了一种车辆的横向控制方法, 该方法能够应用于自动驾驶汽车, 包括全自动驾驶汽车和半自动驾驶汽车, 该横向控制方法包括步骤 S701-S706:

S701、获取车辆的当前位姿和目标点的位姿。

目标点为当前时刻车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点, 车辆按照跟踪轨迹在当前道路上行驶。其中, 位姿也可以称为位置信息, 其可以包括坐标信息和方向信息。

S702、根据当前位姿和目标点的位姿之间的偏差, 计算状态矩阵。

其中, 当前位姿和目标点的位姿之间的偏差, 至少包括车辆的实际坐标和目标点的坐标之间的距离偏差, 以及当前航向角和目标航向角之间的航向角偏差。通常来讲, 距离偏差是指车辆的实际坐标和目标点的坐标之间的绝对距离偏差, 但是在一些实施例中, 距离偏差也可以是指车辆的实际坐标和目标点的坐标之间的横向距离, 横向距离是指在车身宽度方向上的距离。示例性地, 横向距离可以通过将绝对距离在车身宽度方向上进行正投影而得到。在本申请的另一些实施例中, 当前位姿和目标点的位姿之间的偏差还可以包括距离偏差变化率和角度偏差变化率。

S703、根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵, 并选取 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵。

其中, 使用 LQR 算法时所用到的第一加权矩阵 Q 和第二加权矩阵 R 中, 第一加权矩阵 Q 为状态权重矩阵, 该矩阵的选取条件与车辆的车辆信息和当前道路的道路信息有关; 第二加权矩阵 R 为控制权重矩阵。

在本申请实施例中, 根据实际情况及需求, 可以在确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵之后选取第一加权矩阵 Q 和第二加权矩阵 R , 也可以在确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵之前选取第一加权矩阵 Q 和第二加权矩阵 R , 还可以在确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵的同时选取第一加权矩阵 Q 和第二加权矩阵 R 。

S704、根据 LQR 算法确定最优矩阵。

其中, 可以通过将第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵代入黎卡提方程进行迭代求

解，得到最优矩阵。

需要说明的是，在本申请实施例中，既可以先执行步骤 S701-S702，然后再执行步骤 S703-S704；也可以先执行步骤 S701-S702，然后再执行步骤 S703-S704；还可以同时执行步骤 S701-S702 和步骤 S703-S704。

S705、基于状态矩阵和最优矩阵计算转向控制量。

S706、控制车辆的转向执行器执行转向控制量，以对车辆进行横向控制。

其中，步骤 S705 可以通过车辆的控制器或者其它具有计算功能的单元执行，在得到转向控制量之后，可以向车辆的转向执行器发送转向指令，从而接收到转向指令的转向执行器可以按照转向控制量控制转向，实现对车辆的横向控制。

综上所述，在本申请实施例中，通过获取车辆的当前位姿和目标点的位姿，并根据车辆的当前位姿和目标点的位姿之间的偏差计算状态矩阵；利用车辆动力学模型确定 LQR 算法的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并选取 LQR 算法的第一加权矩阵和第二加权矩阵；之后根据 LQR 算法对第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵进行处理，得到最优矩阵；基于最优矩阵与状态矩阵进行计算，即可得到转向控制量；通过控制车辆的转向执行器执行该转向控制量，即可实现对车辆的横向控制，从而保证了车辆在曲率变化大的复杂道路上和速度变化快的行驶场景下跟踪的稳定性和舒适性，实现了 LQR 控制器的控制精度和自适应性的提高。

参见图 8，本申请实施例还提供了一种自动驾驶车辆的横向控制方法，该方法能够应用于自动驾驶汽车，包括全自动驾驶汽车和半自动驾驶汽车。下面以自动驾驶汽车为例，对该横向控制方法进行描述。该横向控制方法包括步骤 S801-S808：

S801、判断当前道路的类型，确定目标点；

自动驾驶汽车会预先或者实时规划出行驶路线，然后按照规划出的行驶路线在当前道路上行驶，该行驶路线即为跟踪轨迹。当需要自动驾驶汽车执行横向控制时，会根据当前道路的类型，确定目标点。其中，目标点为当前时刻车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点。

在本申请的实施例中，步骤 S801 进一步可以包括：

当当前道路的类型为直道类型时，将跟踪轨迹上距离车辆最近的轨迹点确定为目标点。

在一些实施例中，跟踪轨迹上距离车辆最近的轨迹点可以是在垂向上与车辆相距最近的点，也可以是横向上（即车梁的宽度方向上）与车辆相距最近的点。

当当前道路的类型为弯道类型，将跟踪轨迹上与车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为目标点，瞄准距离与车辆的当前车速和当前道路的曲率有关。

其中，当当前道路类型为弯道类型时，确定目标点的方法进一步可以包括：

S8011、获取车辆的当前车速；

S8012、根据当前车速确定瞄准距离，其中，

当当前车速小于或等于速度阈值时，按如下公式计算瞄准距离：

$$\begin{cases} L = kV + lmin \\ k = \alpha * kp \\ lmin = 2r \end{cases};$$

当当前车速大于速度阈值时，则按如下公式计算瞄准距离：

$$\begin{cases} L = lmax \\ lmax = lmin/2 + V * V/2a; \\ lmin = 2r \end{cases}$$

其中，L 为瞄准距离，m；V 为当前车速，m/s； α 为调整系数；kp为跟踪轨迹上距离车辆最近的轨迹点的曲率；r为车辆的最小转弯半径，m；a为舒适减速度，m/s²；

S8013、沿车辆的行驶方向进行瞄准，将跟踪轨迹上与车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为目标点。

在确定目标点之后，执行步骤 S802。

S802、获取车辆的当前位姿和目标点的位姿。

车辆的当前位姿包括车辆在当前时刻的实际坐标和当前航向角，目标点的位姿包括目标点的目标坐标和目标航向角。获取车辆的当前位姿和目标点的位姿的方式可以采用相关技术中的任意获取方式，为避免冗余，在此不再赘述。

S803、根据当前位姿和目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵。

其中，当前位姿和目标点的位姿之间的偏差，至少包括车辆的实际坐标和目标坐标之间的距离偏差，以及当前航向角和目标航向角之间的航向角偏差，还可以包括距离偏差变化率和航向角的角度偏差变化率。

在本申请的一些实施例中，步骤 S803 进一步可以包括：

步骤 S8031、计算车辆与目标点之间的距离偏差e1、距离偏差变化率e2、航向角偏差e3和角度偏差变化率e4。

如图 2 所示，跟踪轨迹上具有目标点，车辆和目标点之间的距离偏差（一般是指车辆的质心和目标点之间的距离偏差）为e1，车辆的当前航向角为 ψ ，目标点的目标航向角为 ψ_{des} ，航向角偏差 $e3 = \psi_{des} - \psi$ 。

步骤 S8032、将距离偏差e1、距离偏差变化率e2、航向角偏差e3和角度偏差变化率e4作为状态矩阵中的元素，以得到所述状态矩阵。

因此，根据上述元素得到的状态矩阵 $state(1,0) = e1, state(2,0) = e2, state(3,0) = e3, state$

$(4,0) = e4$, 即

$$\text{state} = \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix};$$

步骤 S804、确定车辆动力学模型。

其中, 车辆动力学模型可以根据车辆的前轮侧偏刚度 C_f 、后轮侧偏刚度 C_r 、前轴到车辆重心的距离 l_f 、后轴到车辆重心的距离 l_r 、车辆的 z 轴转动惯量 I_z 和整车质量 m 等参数进行确定。这些参数可以通过查询车辆的基本信息获得, 也可以通过测量获得, 具体地可以由本领域技术人员根据实际情况进行处理, 在此不做具体限定。

步骤 S805、根据车辆动力学模型确定 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵, 并选取第一加权矩阵和第二加权矩阵。

在本申请实施例中, 根据车辆动力学模型确定的第一模型参数矩阵 matrix_a_ 和第二模型参数矩阵 matrix_b_ 的计算公式可以如下所示:

$$\text{matrix\_a\_} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{C_f + C_r}{mV} & \frac{C_f + C_r}{m} & \frac{l_r C_r - l_f C_f}{mV} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{l_r C_r - l_f C_f}{I_z V} & \frac{l_f C_f - l_r C_r}{I_z} & \frac{l_r^2 C_r - l_f^2 C_f}{I_z V} \end{bmatrix};$$

$$\text{matrix\_b\_} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{C_f}{m} \\ 0 \\ \frac{l_f C_f}{I_z} \end{bmatrix};$$

其中, C_f 为前轮侧偏刚度, C_r 为后轮侧偏刚度, l_f 为前轴到车辆重心的距离, l_r 为后轴到车辆重心的距离, I_z 为车辆的 z 轴转动惯量, m 为整车质量。

在使用 LQR 算法进行计算之前, 还需要选取第一加权矩阵 (通常称为 Q 矩阵) 和第二加权矩阵 (通常称作 R 矩阵), 其中, 第一加权矩阵与车辆的车辆信息和当前道路的道路信息有关。

在本申请的一些实施例中, 第一加权矩阵可以选取对角矩阵, 即

$$\text{matrix\_q\_} = \text{diag}[q1 \quad q2 \quad q3 \quad q4];$$

位于对角矩阵的主对角线上的第一元素 $q1$ 、第二元素 $q2$ 、第三元素 $q3$ 和第四元素 $q4$, 分别与状态矩阵中的距离偏差 $e1$ 、距离偏差变化率 $e2$ 、航向角偏差 $e3$ 和角度偏差变化率 $e4$ 对

应。

在本申请实施例中，第一元素 $q1$ 和第三元素 $q3$ 的选择即是 LQR 控制算法的关键。其中，第一加权矩阵中的第一元素 $q1$ 为车辆的偏差系数，偏差系数为前轮偏角与距离偏差的比值，用于调整状态矩阵中的距离偏差 $e1$ 的状态权重。车辆的偏差系数可以根据实车单独直线跟踪确定，例如在自动驾驶汽车出厂之前，由技术人员多次测试车辆沿直线跟踪轨迹行驶时所产生的偏差，并在测试期间实时采集前轮偏角数据和距离偏差数据，在对所采集的数据进行处理后得到前轮偏角与距离偏差的比值，即偏差系数，该偏差系数可以预先存储在车辆中。第一加权矩阵中的第三元素 $q3$ 根据车辆信息和道路信息确定，第二元素 $q2$ 和第四元素 $q4$ 均为 0。在本申请的一些实施例中，上述的“距离偏差”一般可以认为是横向距离偏差，即在平行于车辆的宽度方向上所产生的距离偏差。

因此，第一加权矩阵 $matrix\_q\_$ 可以为：

$$matrix\_q\_ = diag[q1 \quad 0 \quad q3 \quad 0] = \begin{bmatrix} q1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

在本申请的一些实施例中，车辆信息可以包括当前速度，道路信息可以包括当前道路的曲率半径。根据车辆信息和道路信息确定第三元素 $q3$ 的方法，可以是当前道路的曲率半径与第一曲率半径阈值和第二曲率半径阈值进行比较，其中第一曲率半径阈值是用于区分直道和弯道的边界条件，第二曲率半径阈值是用于区分小曲率弯道和大曲率弯道的边界条件。比较之后可能出现以下三种可能的结果之一：

(1) 当当前道路的曲率半径小于第一曲率半径阈值时，确定跟踪轨迹为直道，按照如下公式计算第三元素 $q3$ ：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 0.1 \times V \end{cases};$$

(2) 当当前道路的曲率半径大于第一曲率半径阈值且小于第二曲率半径阈值时，确定跟踪轨迹为小曲率弯道，按如下公式计算第三元素 $q3$ ：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = V \end{cases};$$

(3) 当当前道路的曲率半径大于第二曲率半径阈值时，确定跟踪轨迹为大曲率弯道，按如下公式计算第三元素 $q3$ ：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 10 \times V \end{cases};$$

在上述公式中， $q1$ 是第一元素； V 是车辆的当前速度，m/s。

基于上述方法，可以得到第一加权矩阵。

在本申请的一些实施例中，第二加权矩阵可以选取单位矩阵，即

$$\text{matrix\_r\_} = [1];$$

其中， matrix_r_ 为第二加权矩阵。

S806、根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵。

在选取第一加权矩阵和第二加权矩阵之后，根据线性二次型调节器 LQR 算法对第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵进行计算，得到最优矩阵 matrix_k ，具体可以包括：

根据下列公式，由黎卡提方程的数值迭代求解确定最优矩阵 matrix_k ：

```
while(num_iteration++<max_num_iteration)
{
    matrix_p_next=matrix_a_T*matrix_p_*matrix_a_-(matrix_a_T*matrix_p_*matrix_b_)*(matrix_r_+matrix_b_T*matrix_p_*matrix_b_).inverse()*(matrix_b_T*matrix_p_*matrix_a_)+matrix_q;
    matrix_p_=matrix_p_next;
}
matrix_k=(matrix_r_+matrix_b_T*matrix_p_*matrix_b_).inverse()*(matrix_b_T*matrix_p_*matrix_a_)
```

其中， max_num_iteration 为最大迭代次数，可选地， max_num_iteration 可以为 150； matrix_a_T 和 matrix_b_T 分别为 matrix_a_ 和 matrix_b_ 的转置矩阵； matrix_p_ 为过程迭代矩阵，初始值为第一加权矩阵。

基于上述迭代运算，可以得到最优矩阵 matrix_k 。

步骤 S807、基于状态矩阵和最优矩阵计算转向控制量。

在本申请的一些实施例中，在得到状态矩阵和最优矩阵之后，可以通过将状态矩阵和最优矩阵相乘，得到转向控制量。

步骤 S808、控制车辆的转向执行器执行转向控制量，以对车辆进行横向控制。

需要说明的是，步骤 S808 中得到的转向控制量为前车轮的转向控制量，若是需要计算方向盘的转向控制量，还需要在此基础上进一步计算。例如，可以将前车轮的转向控制量乘以 ratio 的值，得到方向盘的转向控制量。其中， ratio 为车辆的方向盘角度和前车轮角度的比值，该比值可以通过查阅车辆基本信息得到，也可以通过实车测试得到，还可以预存在车辆中。

示例性地，加入初始距离偏差 0.5m 的干扰（模拟环境突变情况）后，车辆按照跟踪轨迹在同一弯道以不同速度行驶的仿真对比验证结果如图 4 和图 5 所示，其中图 4 为优化前

的跟踪误差示意图,图 4 中的线条 1 为 $V=20\text{km/h}$ 的情况,线条 2 为 $V=30\text{km/h}$ 的情况,线条 3 为 $V=40\text{km/h}$ 的情况,线条 4 为 $V=50\text{km/h}$ 的情况,线条 5 为 $V=60\text{km/h}$ 的情况;图 5 为优化后的跟踪误差示意图,图 5 中的线条 6 为 $V=20\text{km/h}$ 的情况,线条 7 为 $V=30\text{km/h}$ 的情况,线条 8 为 $V=40\text{km/h}$ 的情况,线条 9 为 $V=50\text{km/h}$ 的情况,线条 10 为 $V=60\text{km/h}$ 的情况,显然,得到优化过后的车辆在按照跟踪轨迹行驶时,在受到干扰后所产生的误差波动更小,因此能够更快的回复到稳定状态,提高了车辆的舒适性和稳定性。

由此,通过使用本申请实施例提的横向控制方法对车辆的横向控制性能进行优化,保证了车辆在速度变化快的情况下以及曲率变化大的复杂道路上进行轨迹跟踪的稳定性和舒适性;同时本申请实施例总结出了自适应公式来解决 LQR 算法中的 Q 矩阵和 R 矩阵在选取时所引起的误差较大的问题,并且通过仿真对比验证试验的结果可以看出,在采用本申请实施例所提供的自适应公式后,车辆的跟踪效果有了明显的提升。

因此,根据本申请实施例提出的车辆的横向控制方法,可以获取车辆的实际坐标和当前航向角,得到车辆的当前位姿,并获取目标点的位姿;之后根据车辆的当前位姿和目标点的位姿,计算当前时刻车辆与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率,得到状态矩阵;利用车辆动力学模型确定 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵,并选取 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵,以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵,最后控制车辆的转向执行器执行由最优矩阵和状态矩阵相乘得到的转向控制量,从而保证车辆在曲率变化大的复杂道路上和速度变化快的行驶场景下进行跟踪的稳定性和舒适性,实现 LQR 控制器的控制精度和自适应性的提高。

下面,参照附图描述根据本申请实施例提出的自动驾驶车辆的横向控制装置。

图 6 是本申请实施例提供的一种自动驾驶车辆的横向控制装置的方框示意图。

如图 6 所示,该自动驾驶车辆的横向控制装置 10 包括:获取模块 100、计算模块 200 和控制模块 300。

其中,获取模块 100 用于获取车辆的实际坐标和当前航向角,得到当前位姿和目标点的位置信息;

计算模块 200 用于根据当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率,计算状态矩阵;以及

控制模块 300 用于利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵,并同时选取第一加权矩阵和第二加权矩阵,以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵,及控制车辆的转向执行器执行由最优矩阵和状态矩阵相乘得到的转向控制量。

可选地，在一些实施例中，上述的自动驾驶车辆的横向控制装置 10，还包括：

确定模块，用于根据车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量与整车质量确定车辆动力学模型。

可选地，在一些实施例中，计算模块 200 包括：

判断单元，用于判断当前道路的类型；

第一确定单元，用于在判断出当前道路的类型为直道类型时，将轨迹上距离车辆的当前位置（即车辆坐标）最近的点确定为目标点；

第二确定单元，用于在判断出当前道路的类型为弯道类型时，若车辆的实际车速大于预设阈值，将与车辆的当前位置相距预瞄距离的轨迹点确定为目标点，否则将与车辆的当前位置相距由道路曲率确定距离的轨迹点确定为目标点。

可选地，在一些实施例中，由道路曲率确定距离的计算公式为：

$$L = kV + lmin,$$

其中， k 为速度的线性变化比例， V 为车辆的实际车速， $lmin$ 为预瞄距离的最小设定值。

可选地，在一些实施例中，状态矩阵的计算公式为：

$$state = \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix};$$

其中， $e1$ 为距离偏差， $e2$ 为距离偏差变化率， $e3$ 为航向角偏差， $e4$ 为角度偏差变化率。

需要说明的是，前述对自动驾驶车辆的横向控制方法实施例的解释说明也适用于该实施例的自动驾驶车辆的横向控制装置，此处不再赘述。

根据本申请实施例提出的自动驾驶车辆的横向控制装置，可以获取车辆的实际坐标和当前航向角，得到当前位姿和目标点的位置信，并根据当前位姿和位置信息计算当前时刻与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率，计算状态矩阵，并利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并同时选取第一加权矩阵和第二加权矩阵，以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵，及控制车辆的转向执行器执行由最优矩阵和状态矩阵相乘得到的转向控制量，从而保证曲率和速度变化快的复杂道路下车辆跟踪的稳定性和舒适性，实现 LQR 控制器的控制精度和自适应性的提高。

图 9 是本申请实施例提供的另一种车辆的横向控制装置的示意图，该装置可以应用于自动驾驶车辆，包括全自动驾驶车辆和半自动驾驶车辆。如图 9 所示，该横向控制装置 90

包括:

获取模块 901, 被配置为获取车辆的当前位姿和目标点的位姿, 其中目标点为当前时刻所述车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点, 车辆按照跟踪轨迹在当前道路上行驶。

计算模块 902, 被配置为根据当前位姿和目标点的位姿之间的偏差, 计算状态矩阵。

确定模块 903, 被配置为根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵, 并选取 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵, 其中第一加权矩阵与车辆的车辆信息和当前道路的道路信息有关。

其中, 车辆信息可以包括当前速度, 道路信息可以包括当前道路的曲率半径。

计算模块 902, 还被配置为根据 LQR 算法确定最优矩阵, 以及基于状态矩阵和最优矩阵得到转向控制量。

控制模块 904, 被配置为控制车辆的转向执行器执行该转向控制量, 以对车辆进行横向控制。

在本申请的一些实施例中, 计算模块 902 还被配置为:

计算车辆与目标点之间的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率; 以及将距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率作为状态矩阵中的元素。

在本申请的一些实施例中, 第一加权矩阵为对角矩阵, 对角矩阵包括位于主对角线上的第一元素、第二元素、第三元素和第四元素, 第一元素、第二元素、第三元素和第四元素分别与状态矩阵中的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率对应。其中, 第一元素为车辆的偏差系数, 偏差系数为前轮偏角与距离偏差的比值, 第三元素根据车辆信息和道路信息确定, 第二元素和第四元素均为 0。

确定模块 903 还被配置为根据车辆信息和道路信息确定第三元素, 其中,

当当前道路的曲率半径小于第一曲率半径阈值时, 确定跟踪轨迹为直道, 按照如下公式计算第三元素:

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 0.1 \times V \end{cases};$$

当当前道路的曲率半径大于第一曲率半径阈值且小于第二曲率半径阈值时, 确定跟踪轨迹为小曲率弯道, 按如下公式计算第三元素:

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = V \end{cases};$$

当当前道路的曲率半径大于第二曲率半径阈值时, 确定跟踪轨迹为大曲率弯道, 按如下公式计算第三元素:

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 10 \times V \end{cases};$$

其中, q_3 是第三元素; q_1 是第一元素; V 是车辆的当前速度, m/s; 第一曲率半径阈值是用于区分直道和弯道的边界条件, 第二曲率半径阈值是用于区分小曲率弯道和大曲率弯道的边界条件。

在本申请的一些实施例中, 计算模块 902 还被配置为将状态矩阵和最优矩阵相乘, 得到转向控制量。

在本申请的一些实施例中, 该横向控制装置 90 还可以包括:

判断模块 905, 被配置为判断当前道路的类型;

当当前道路的类型为直道类型时, 将跟踪轨迹上距离车辆最近的轨迹点确定为目标点;

当当前道路的类型为弯道类型时, 将跟踪轨迹上与车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为目标点, 瞄准距离与车辆的当前车速和当前道路的曲率有关。

在本申请的一些实施例中, 获取模块还用于获取所述车辆的当前车速;

根据当前车速确定瞄准距离, 其中,

若当前车速小于或等于速度阈值, 则按如下公式计算瞄准距离:

$$\begin{cases} L = kV + l_{min} \\ k = \alpha * kp \\ l_{min} = 2r \end{cases};$$

其中, L 为瞄准距离, m; V 为当前车速, m/s; α 为调整系数; kp 为跟踪轨迹上距离车辆最近的轨迹点的曲率; r 为车辆的最小转弯半径, m;

若当前车速大于速度阈值, 则按如下公式计算瞄准距离:

$$\begin{cases} L = l_{max} \\ l_{max} = l_{min}/2 + V * V/2a; \\ l_{min} = 2r \end{cases};$$

其中, a 为舒适减速度, m/s^2 ;

沿车辆的行驶方向进行瞄准, 将跟踪轨迹上与车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为目标点。

在本申请的一些实施例中, 确定模块 903 还被配置为根据车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量和整车质量确定车辆动力学模型。

此外, 本申请实施例还提供了一种车辆, 该车辆包括上述的任一实施例中所提到的车辆的横向控制装置。

本申请实施例还提供了另一种车辆, 该车辆包括控制器, 该控制器用于执行上述任一实施例所述的车辆的横向控制方法。通过执行上述横向控制方法, 保证了车辆在曲率变化

大的复杂道路上和速度变化快的行驶场景下跟踪的稳定性和舒适性,实现了 LQR 控制器的控制精度和自适应性的提高。

根据本申请实施例提出的车辆,通过上述的车辆横向控制装置,可以获取车辆的实际坐标和当前航向角,得到当前位姿和目标点的位姿,并根据当前位姿和目标点的位姿计算当前时刻车辆与目标点的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率,计算状态矩阵,并利用车辆动力学模型确定第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵,并选取第一加权矩阵和第二加权矩阵,以根据线性二次型调节器 LQR 算法确定最优矩阵,之后控制车辆的转向执行器执行由最优矩阵和状态矩阵相乘得到的转向控制量,从而保证曲率变化大的复杂道路上和速度变化快的行驶场景下车辆跟踪的稳定性和舒适性,实现 LQR 控制器的控制精度和自适应性的提高。

在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或 N 个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本申请的描述中,“N 个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为,表示包括一个或更 N 个用于实现定制逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分,并且本申请的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本申请的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

应当理解,本申请的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中, N 个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。如,如果用硬件来实现和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或它们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离

散逻辑电路，具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路，可编程门阵列（PGA），现场可编程门阵列（FPGA）等。

本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，该程序在执行时，包括方法实施例的步骤之一或其组合。

权利要求书

1.一种车辆的横向控制方法，包括以下步骤：

获取车辆的当前位姿和目标点的位姿，所述目标点为当前时刻所述车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点，所述车辆按照所述跟踪轨迹在当前道路上行驶；

根据所述当前位姿和所述目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵；

根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并选取所述 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵，其中所述第一加权矩阵与所述车辆的车辆信息和所述当前道路的道路信息有关；

根据所述 LQR 算法确定最优矩阵；

基于所述状态矩阵和所述最优矩阵计算转向控制量，控制所述车辆的转向执行器执行所述转向控制量，以对所述车辆进行横向控制。

2.根据权利要求 1 所述的方法，所述根据所述当前位姿和所述目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵，包括：

计算所述车辆与所述目标点之间的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率；

将所述距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率作为所述状态矩阵中的元素，以得到所述状态矩阵。

3.根据权利要求 2 所述的方法，所述第一加权矩阵为对角矩阵，所述对角矩阵包括位于主对角线上的第一元素、第二元素、第三元素和第四元素，所述第一元素、所述第二元素、所述第三元素和所述第四元素分别与所述状态矩阵中的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率对应；

其中，所述第一元素为所述车辆的偏差系数，所述偏差系数为前轮偏角与所述距离偏差的比值，所述第三元素根据所述车辆信息和所述道路信息确定，所述第二元素和所述第四元素均为 0。

4.根据权利要求 3 所述的方法，所述车辆信息包括当前速度，所述道路信息包括当前道路的曲率半径；

根据所述车辆信息和所述道路信息确定所述第三元素，包括：

当所述当前道路的曲率半径小于第一曲率半径阈值时，确定所述当前道路为直道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 0.1 \times V \end{cases};$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第一曲率半径阈值且小于第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为小曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = V \end{cases};$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为大曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 10 \times V \end{cases};$$

其中， $q3$ 是第三元素； $q1$ 是第一元素； V 是所述车辆的当前速度，m/s；

所述第一曲率半径阈值是用于区分直道和弯道的边界条件，所述第二曲率半径阈值是用于区分小曲率弯道和大曲率弯道的边界条件。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，所述基于所述状态矩阵和所述最优矩阵计算转向控制量，包括：

将所述状态矩阵和所述最优矩阵相乘，得到所述转向控制量。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，获取所述目标点的位姿之前，所述方法还包括：

判断所述当前道路的类型；

当所述类型为直道类型时，将所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点确定为所述目标点；

当所述类型为弯道类型时，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点，所述瞄准距离与所述车辆的当前车速和所述当前道路的曲率有关。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，所述将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点，包括：

获取所述车辆的当前车速；

根据所述当前车速确定所述瞄准距离，其中，

当所述当前车速小于或等于速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = kV + l_{min} \\ k = \alpha * k_p \\ l_{min} = 2r \end{cases};$$

当所述当前车速大于所述速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = l_{max} \\ l_{max} = l_{min}/2 + V * V/2a; \\ l_{min} = 2r \end{cases}$$

其中，L 为瞄准距离，m；V 为当前车速，m/s； α 为调整系数； k_p 为所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点的曲率；r 为所述车辆的最小转弯半径，m；a为舒适减速度，m/s²；

沿所述车辆的行驶方向进行瞄准，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距所述瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点。

8.根据权利要求 1 所述的方法，所述根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵之前，所述方法还包括：

根据所述车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量和整车质量确定所述车辆动力学模型。

9.一种车辆的横向控制装置，包括：

获取模块，用于获取车辆的当前位姿和目标点的位姿，所述目标点为当前时刻所述车辆在跟踪轨迹上对应的轨迹点，所述车辆按照所述跟踪轨迹在当前道路上行驶；

计算模块，用于根据所述当前位姿和所述目标点的位姿之间的偏差，计算状态矩阵；

确定模块，用于根据车辆动力学模型确定线性二次型调节器 LQR 算法中的第一模型参数矩阵和第二模型参数矩阵，并选取所述 LQR 算法中的第一加权矩阵和第二加权矩阵，其中所述第一加权矩阵与所述车辆的车辆信息和所述当前道路的道路信息有关；

所述计算模块，还用于根据所述 LQR 算法确定最优矩阵，以及基于所述状态矩阵和所述最优矩阵计算转向控制量；

控制模块，用于控制所述车辆的转向执行器执行所述转向控制量，以对所述车辆进行横向控制。

10.根据权利要求 9 所述的装置，所述计算模块，还用于：

计算所述车辆与所述目标点之间的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率；以及，

将所述距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率作为所述状态矩阵中的元素，以得到所述状态矩阵。

11.根据权利要求 10 所述的装置，所述第一加权矩阵为对角矩阵，所述对角矩阵包括位于主对角线上的第一元素、第二元素、第三元素和第四元素，所述第一元素、所述第二元素、所述第三元素和所述第四元素分别与所述状态矩阵中的距离偏差、距离偏差变化率、航向角偏差和角度偏差变化率对应；

其中，所述第一元素为所述车辆的偏差系数，所述偏差系数为前轮偏角与所述距离偏差的比值，所述第三元素根据所述车辆信息和所述道路信息确定，所述第二元素和所述第四元素均为 0。

12.根据权利要求 11 所述的装置，所述车辆信息包括当前速度，所述道路信息包括当前道路的曲率半径；

所述计算模块，还用于根据车辆信息和道路信息确定第三元素，其中，

当所述当前道路的曲率半径小于第一曲率半径阈值时，确定所述当前道路为直道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 0.1 \times V \end{cases};$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第一曲率半径阈值且小于第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为小曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = V \end{cases};$$

当所述当前道路的曲率半径大于所述第二曲率半径阈值时，确定所述当前道路为大曲率弯道，按照如下公式计算所述第三元素：

$$\begin{cases} q3 = kq \times q1 \\ kq = 10 \times V \end{cases};$$

其中，q3 是第三元素；q1 是第一元素；V 是所述车辆的当前速度，m/s；

所述第一曲率半径阈值是用于区分直道和弯道的边界条件，所述第二曲率半径阈值是用于区分小曲率弯道和大曲率弯道的边界条件。

13.根据权利要求 9 所述的装置，所述计算模块还用于将所述状态矩阵和所述最优矩阵相乘，得到所述转向控制量。

14.根据权利要求 9 所述的装置，还包括判断模块，所述判断模块用于：

判断所述当前道路的类型；

当所述类型为直道类型时，将所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点确定为所述目标点；

当所述类型为弯道类型时，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点，所述瞄准距离与所述车辆的当前车速和所述当前道路的曲率有关。

15.根据权利要求 14 所述的装置，所述获取模块还用于获取所述车辆的当前车速；

所述判断模块，还用于：

根据所述当前车速确定所述瞄准距离，其中，

当所述当前车速小于或等于速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = kV + lmin \\ k = \alpha * kp \\ lmin = 2r \end{cases};$$

当所述当前车速大于所述速度阈值时，按照如下公式计算所述瞄准距离：

$$\begin{cases} L = lmax \\ lmax = lmin/2 + V * V/2a; \\ lmin = 2r \end{cases}$$

其中，L 为瞄准距离，m；V 为当前车速，m/s； α 为调整系数；kp为所述跟踪轨迹上距离所述车辆最近的轨迹点的曲率；r 为所述车辆的最小转弯半径，m；a为舒适减速度，m/s²；

沿所述车辆的行驶方向进行瞄准，将所述跟踪轨迹上与所述车辆相距所述瞄准距离的轨迹点确定为所述目标点。

16.根据权利要求 9 所述的装置，所述确定模块还用于根据所述车辆的前轮侧偏刚度、后轮侧偏刚度、前轴到车辆重心的距离、后轴到车辆重心的距离、车辆的 z 轴转动惯量和整车质量确定所述车辆动力学模型。

17.一种车辆，包括控制器，所述控制器用于执行如权利要求 1-8 任一项所述的车辆的横向控制方法。

18.一种车辆，包括如权利要求 9-16 任一项所述的车辆的横向控制装置。

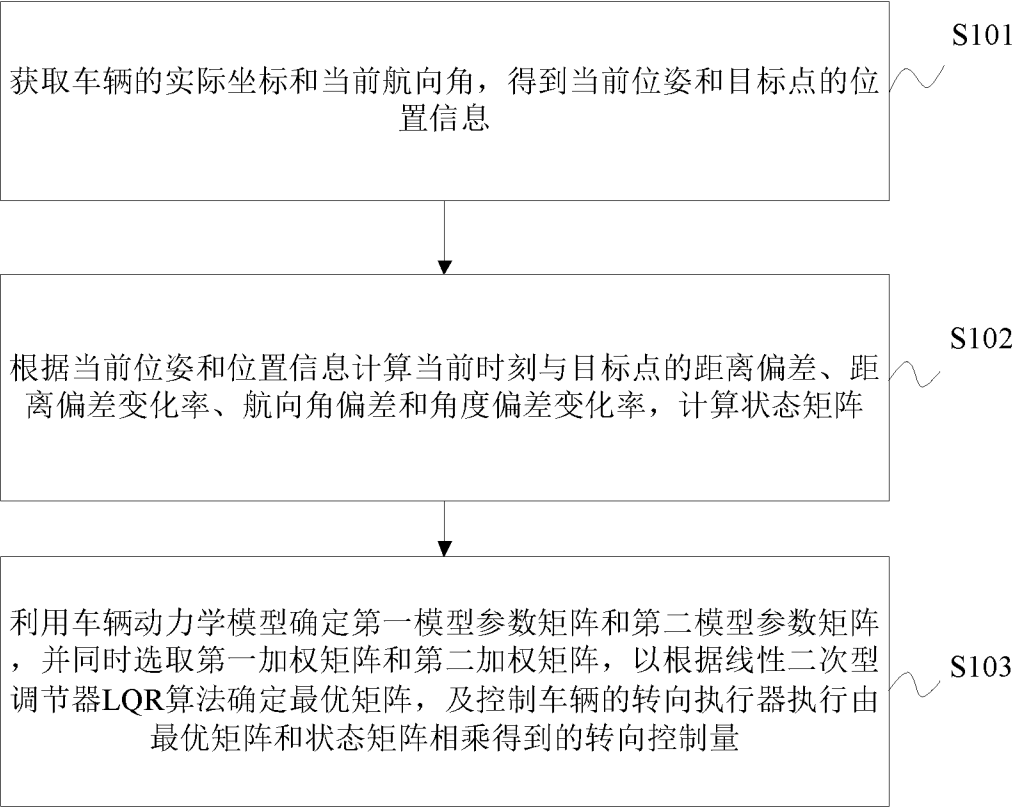


图 1

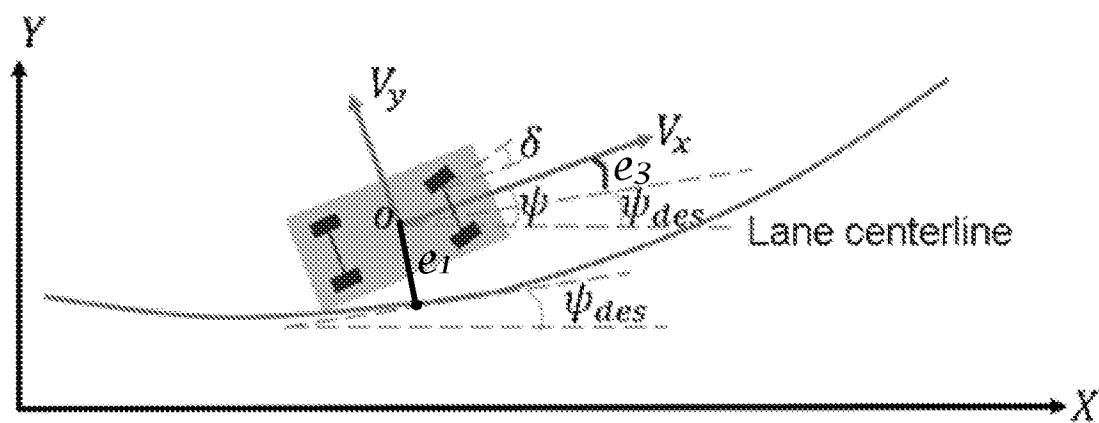


图 2

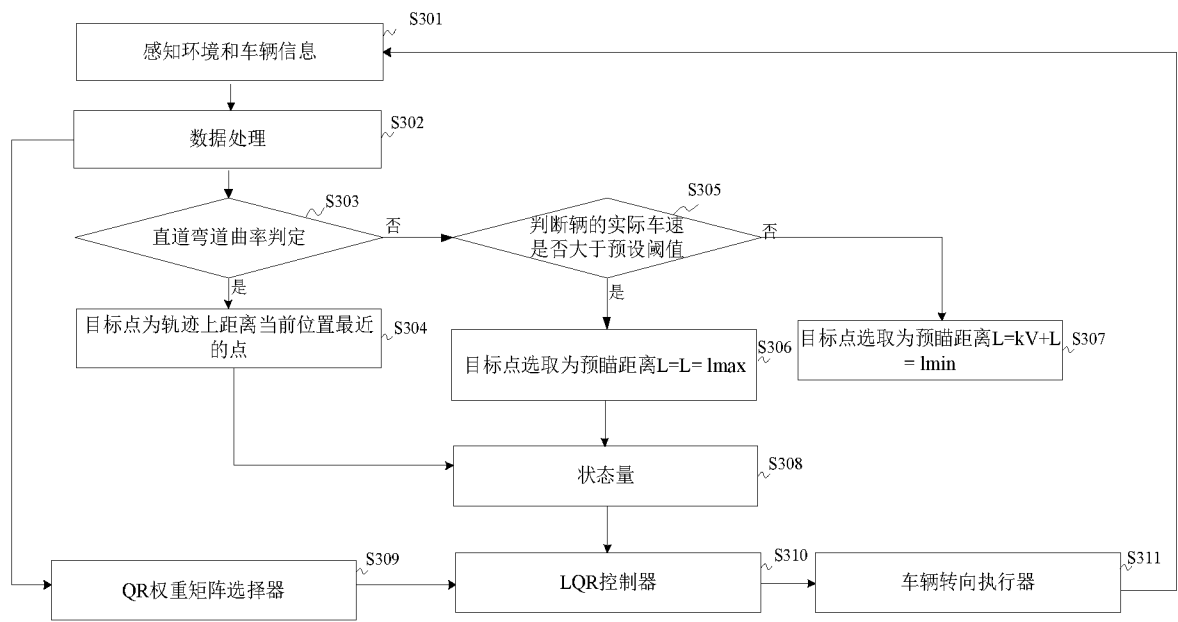


图 3

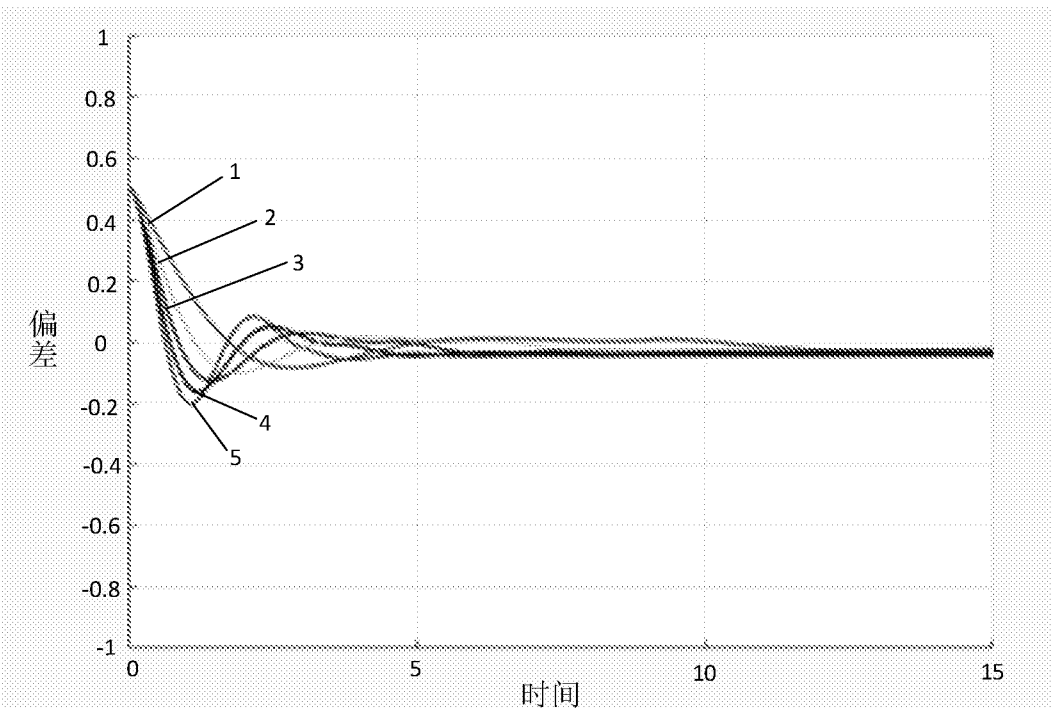


图 4

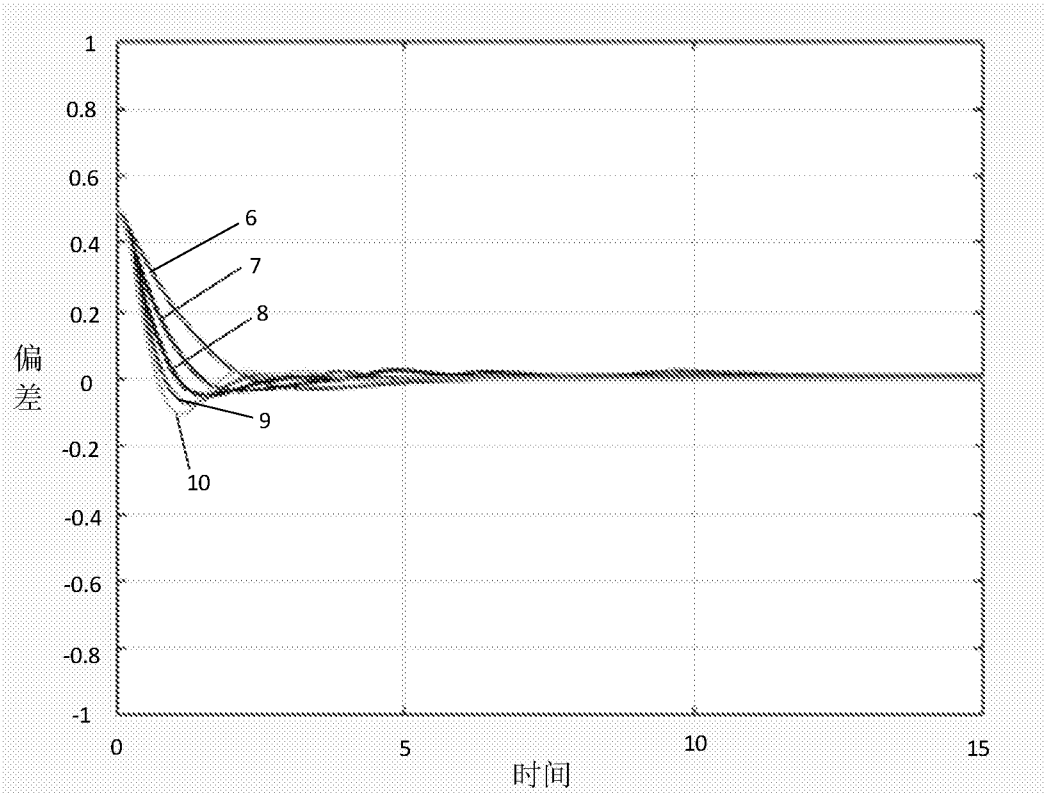


图 5

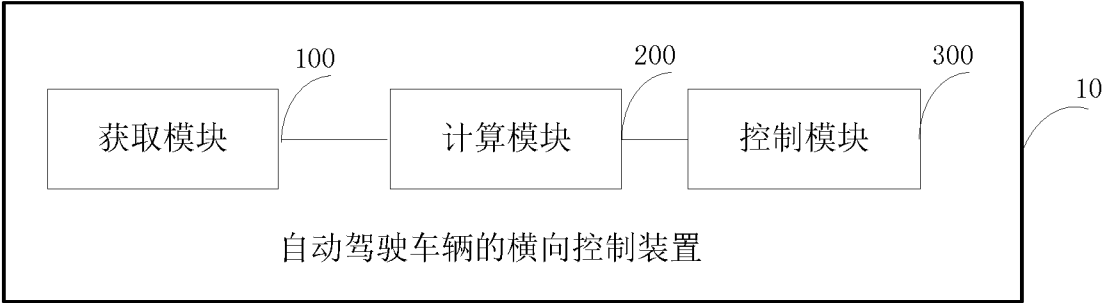


图 6

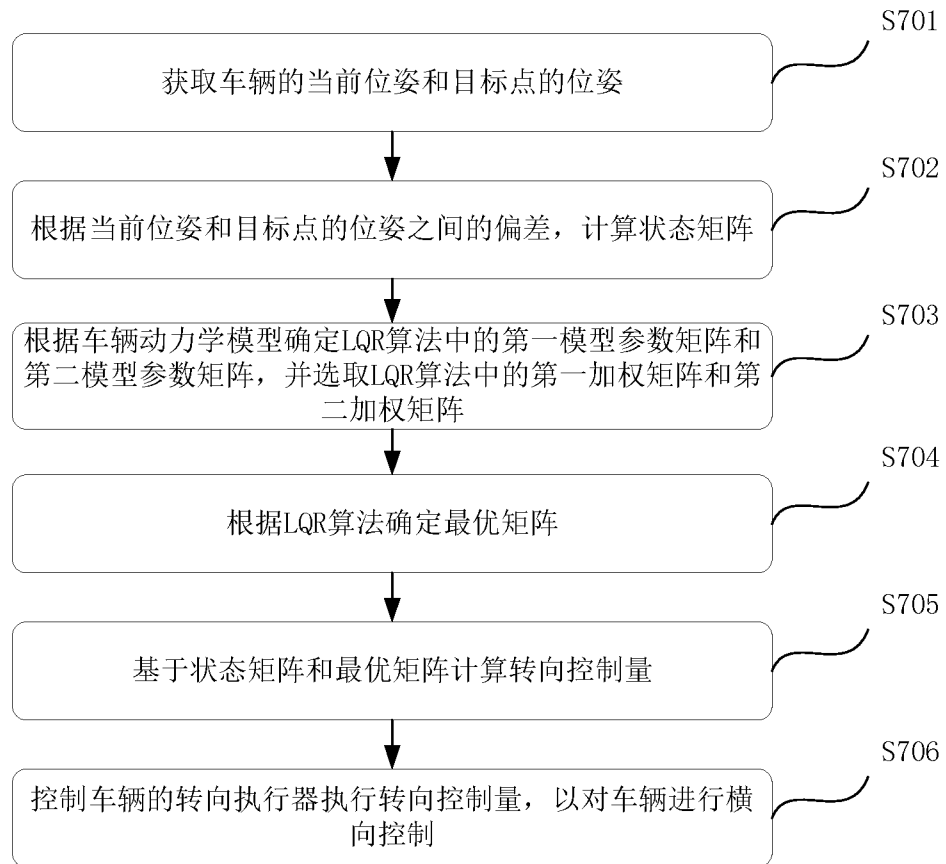


图 7

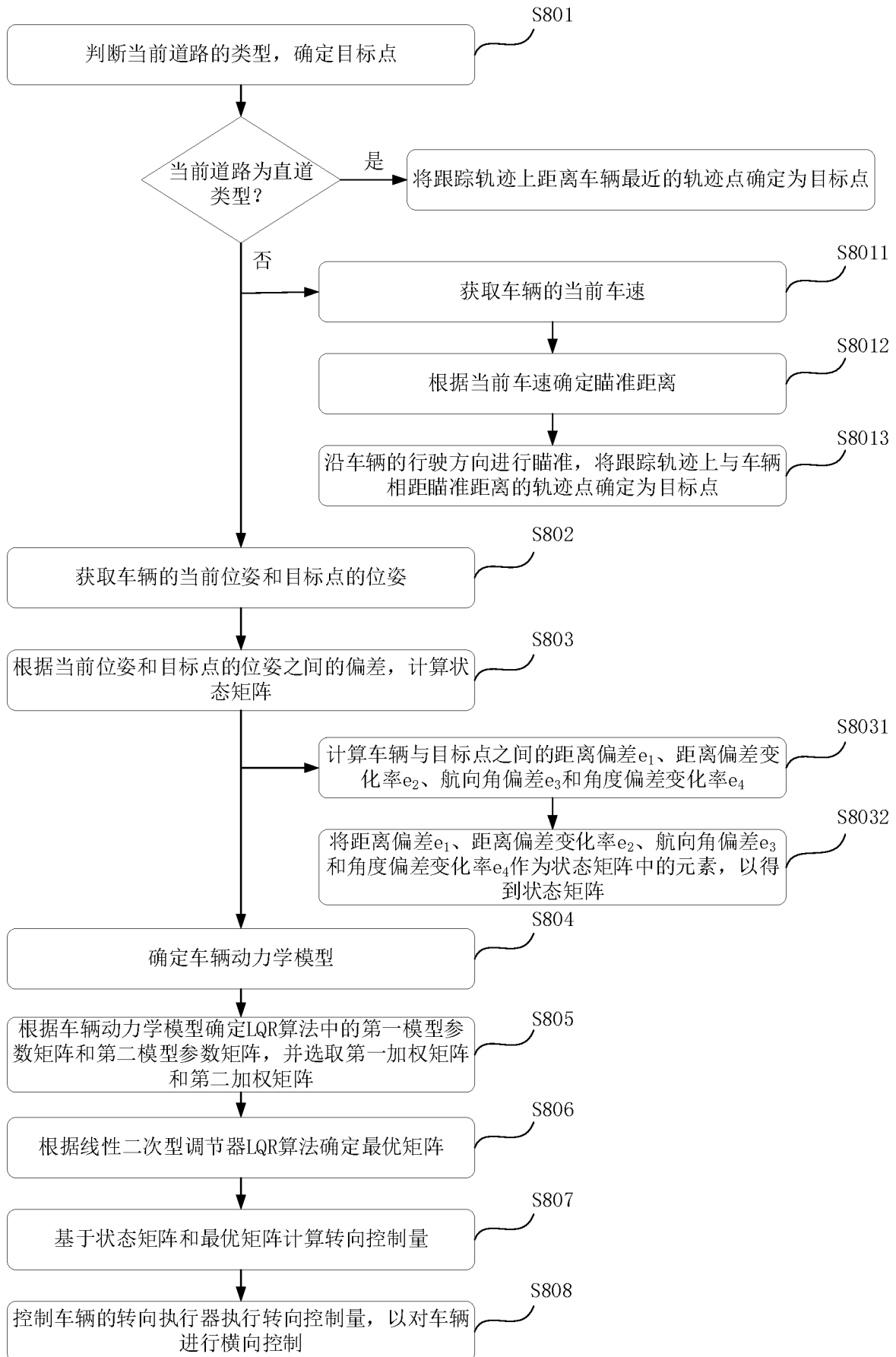


图 8

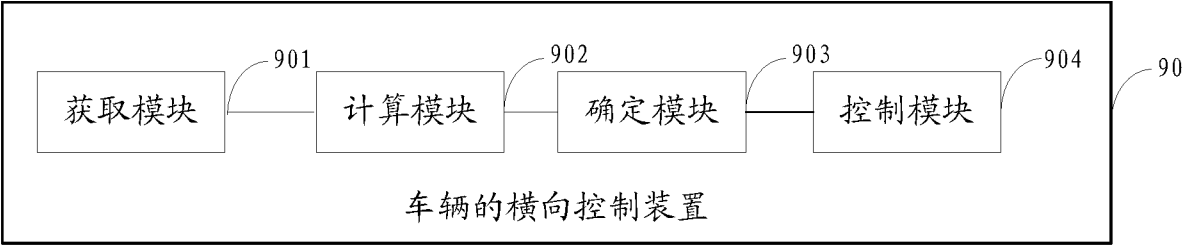


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/085370

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60W 60/00(2020.01)i; B60W 30/02(2012.01)i; B60W 50/00(2006.01)i; G05D 1/02(2020.01)i; B60W 40/06(2012.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60W,G05D,G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, WPABSC, VEN, DWPI, ENTXTC, CJFD: 横向, 控制, LQR, 偏差, 误差, 加权矩阵, 曲线, 曲率, 拐弯, 转弯, 弯道, 预瞄, 距离, lateral, transverse, control, deviation, error, matrix, LQR, curv+, turn+, preview, pre-aim+, kinetic model, distance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113120001 A (LION AUTOMOTIVE TECHNOLOGY (NANJING) CO., LTD. et al.) 16 July 2021 (2021-07-16) description, paragraphs [0050]-[0142], and figures 1-6	1-18
X	CN 110568758 A (CATARC TIANJIN AUTOMOTIVE ENGINEERING RESEARCH INSTITUTION CO., LTD. et al.) 13 December 2019 (2019-12-13) description, paragraphs [0056]-[0095], and figures 1-4	1-5, 8-13, 16-18
Y	CN 110568758 A (CATARC TIANJIN AUTOMOTIVE ENGINEERING RESEARCH INSTITUTION CO., LTD. et al.) 13 December 2019 (2019-12-13) description, paragraphs [0056]-[0095], and figures 1-4	6-7, 14-15
Y	CN 104670233 A (HYUNDAI MOBIS CO., LTD.) 03 June 2015 (2015-06-03) claims 1-9	6-7, 14-15
A	CN 107015477 A (TONGJI UNIVERSITY) 04 August 2017 (2017-08-04) entire document	1-18
A	CN 111638712 A (SANY SPECIAL PURPOSE AUTOMOBILE CO., LTD.) 08 September 2020 (2020-09-08) entire document	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 June 2022

Date of mailing of the international search report

07 July 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/085370**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108791289 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 13 November 2018 (2018-11-13) entire document	1-18
A	CN 104571112 A (HEFEI INSTITUTES OF PHYSICAL SCIENCE, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 29 April 2015 (2015-04-29) entire document	1-18
A	US 2017101094 A1 (MAGNA ELECTRONICS INC.) 13 April 2017 (2017-04-13) entire document	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/085370

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113120001	A	16 July 2021	None			
CN	110568758	A	13 December 2019	None			
CN	104670233	A	03 June 2015	KR	20150061781	A	05 June 2015
CN	107015477	A	04 August 2017	None			
CN	111638712	A	08 September 2020	None			
CN	108791289	A	13 November 2018	None			
CN	104571112	A	29 April 2015	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/085370

A. 主题的分类

B60W 60/00(2020.01)i; B60W 30/02(2012.01)i; B60W 50/00(2006.01)i; G05D 1/02(2020.01)i; B60W 40/06(2012.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B60W, G05D, G05B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNXT, WPABSC, VEN, DWPI, ENTXTC, CJFD: 横向, 控制, LQR, 偏差, 误差, 加权矩阵, 曲线, 曲率, 拐弯, 转弯, 弯道, 预瞄, 距离, lateral, transverse, control, deviation, error, matrix, LQR, curv+, turn+, preview, pre-aim+, kinetic model, distance

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 113120001 A (雄狮汽车科技南京有限公司等) 2021年7月16日 (2021 - 07 - 16) 说明书第【0050】-【0142】段、附图1-6	1-18
X	CN 110568758 A (中汽研天津汽车工程研究院有限公司等) 2019年12月13日 (2019 - 12 - 13) 说明书第【0056】-【0095】段、附图1-4	1-5, 8-13, 16-18
Y	CN 110568758 A (中汽研天津汽车工程研究院有限公司等) 2019年12月13日 (2019 - 12 - 13) 说明书第【0056】-【0095】段、附图1-4	6-7, 14-15
Y	CN 104670233 A (现代摩比斯株式会社) 2015年6月3日 (2015 - 06 - 03) 权利要求第1-9项	6-7, 14-15
A	CN 107015477 A (同济大学) 2017年8月4日 (2017 - 08 - 04) 全文	1-18
A	CN 111638712 A (三一专用汽车有限责任公司) 2020年9月8日 (2020 - 09 - 08) 全文	1-18

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年6月21日

国际检索报告邮寄日期

2022年7月7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

陈云

电话号码 (86-10) 62089484

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 108791289 A (华为技术有限公司) 2018年11月13日 (2018 - 11 - 13) 全文	1-18
A	CN 104571112 A (中国科学院合肥物质科学研究院) 2015年4月29日 (2015 - 04 - 29) 全文	1-18
A	US 2017101094 A1 (MAGNA ELECTRONICS INC) 2017年4月13日 (2017 - 04 - 13) 全文	1-18

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/085370

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	113120001	A	2021年7月16日	无			
CN	110568758	A	2019年12月13日	无			
CN	104670233	A	2015年6月3日	KR	20150061781	A	2015年6月5日
CN	107015477	A	2017年8月4日	无			
CN	111638712	A	2020年9月8日	无			
CN	108791289	A	2018年11月13日	无			
CN	104571112	A	2015年4月29日	无			