

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G08G 1/01 (2006.01)

G08G 1/052 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810119658.9

[43] 公开日 2009年1月21日

[11] 公开号 CN 101350137A

[22] 申请日 2008.9.4

[21] 申请号 200810119658.9

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学汽车工程系

[72] 发明人 王建强 李国强 张德兆 李升波
连小珉 罗禹贡 郑四发 杨殿阁

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司
代理人 徐宁 关畅

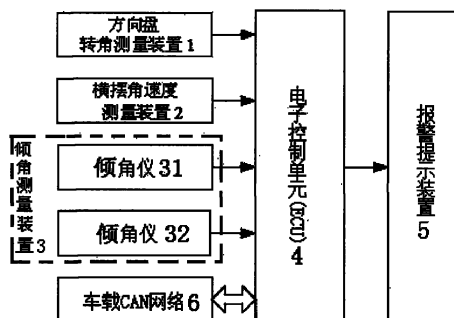
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称

货车弯道防侧翻动态检测方法及预警装置

[57] 摘要

本发明涉及一种货车弯道防侧翻动态检测方法及预警装置，本发明方法包括以下步骤：1) 设置一货车弯道防侧翻动态检测预警装置，它包括方向盘转角测量装置、横摆角速度测量装置、倾角测量装置和包括有单片机的电子控制单元；所述单片机内的固化程序设置有质心高度动态检测算法模块和防侧翻预警算法模块；防侧翻预警算法模块中预置有侧翻报警范围；2) 采集方向盘转角信号，货车沿垂向的横摆角速度信号，货车车厢的侧倾角度信号，货车后轴的侧倾角度信号，货车的纵向车速信号；3) 通过质心高度动态检测算法模块，计算出货车侧向加速度和质心高度；4) 根据质心高度，通过防侧翻预警算法模块，计算出侧翻加速度阈值；5) 依据货车侧向加速度与侧翻加速度阈值的差值和预置的侧翻报警范围，发出相应的报警指令。



1、一种货车弯道防侧翻动态检测方法，它包括以下步骤：

1) 设置一货车弯道防侧翻动态检测预警装置，它包括方向盘转角测量装置、横摆角速度测量装置、倾角测量装置和包括有单片机的电子控制单元；所述单片机内的固化程序设置有质心高度动态检测算法模块和防侧翻预警算法模块；所述防侧翻预警算法模块中预置有侧翻报警范围；

2) 采集方向盘转角信号，货车沿垂向的横摆角速度信号，货车车厢的侧倾角度信号，货车后轴的侧倾角度信号，货车的纵向车速信号；

3) 通过所述质心高度动态检测算法模块，计算出货车侧向加速度和质心高度；

4) 根据质心高度，通过所述防侧翻预警算法模块，计算出侧翻加速度阈值；

5) 依据货车侧向加速度与侧翻加速度阈值的差值和预置的侧翻报警范围，发出相应的报警指令。

2、如权利要求1所述的货车弯道防侧翻动态检测方法，其特征在于：所述步骤1)中的所述预置的侧翻报警范围分为三级：

若 $\hat{a}_y < 0.5A_y$ ，报警级别 $G=0$ ，所述电子控制单元向所述报警提示装置发出不报警指令；

若 $0.5A_y \leq \hat{a}_y < 0.8A_y$ ，报警级别 $G=1$ ，所述电子控制单元向所述报警提示装置发出初级报警指令；

若 $\hat{a}_y \geq 0.8A_y$ ，报警级别 $G=2$ ，所述电子控制单元向所述报警提示装置发出高级报警指令；

其中， \hat{a}_y 为货车侧向加速度， A_y 为侧翻加速度阈值。

3、如权利要求1或2所述的货车弯道防侧翻动态检测方法，其特征在于：所述步骤3)中的所述货车侧向加速度的计算式如下：

$$\omega_{rs}(k) = \frac{u(k)/L}{1 + Cu(k)^2} \delta(k)$$

$$\hat{\omega}_r(k) = (1 - \lambda)\omega_{rm}(k) + \lambda\omega_{rs}(k)$$

$$\hat{a}_y(k) = u(k) \cdot \hat{\omega}_r(k)$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， \hat{a}_y 为货车侧向加速度， $\omega_{rs}(k)$ 为货车理论稳态横摆角速度信号， $u(k)$ 为货车车速信号， L 为货车轴距， $\delta(k)$ 为方向盘转角信号， C 为货车的稳定性因数， $\hat{\omega}_r(k)$ 为校正稳态横摆角速度， λ 为权系数， $\omega_{rm}(k)$ 为横摆角速度。

所述货车质心高度的计算式如下：

$$e(k) = k_{\varphi} |\varphi(k) - \varphi_a(k)| - (H(k-1) - h_a) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]$$

$$Q(k) = \frac{P(k-1) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]}{\varepsilon + P(k-1) m^2 [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]^2}$$

$$P(k) = \frac{1}{\varepsilon} \{1 - Q(k) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]\} P(k-1)$$

$$H(k) = H(k-1) + Q(k) e(k)$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， $H(k)$ 为货车质心高度， $e(k)$ 为 $k-1$ 时刻的估计误差， k_{φ} 为货车悬架的侧倾角刚度， $\varphi(k)$ 为货车车厢的侧倾角度信号， $\varphi_a(k)$ 为货车后轴的侧倾角度信号， $H(k-1)$ 为所述货车质心高度， h_a 为货车车厢底部至路面的高度， m 为货车质量， \hat{a}_y 为所述货车侧向加速度， g 为重力加速度， $Q(k)$ 为增益矩阵， $P(k-1)$ 为对阵矩阵， ε 为遗忘因子， $P(k)$ 为对阵矩阵。

4、如权利要求 1 或 2 所述的货车弯道防侧翻动态检测方法，其特征在于：所述步骤 4) 中的所述侧翻加速度阈值计算式如下：

$$A_y = \left(\frac{B}{2H(k)} - \varphi_a(k) \right) g$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， A_y 为侧翻加速度阈值， B 为货车的轮距， g 为重力加速度。

5、如权利要求 3 所述的货车弯道防侧翻动态检测方法，其特征在于：所述步骤 4) 中的所述侧翻加速度阈值计算式如下：

$$A_y = \left(\frac{B}{2H(k)} - \varphi_a(k) \right) g$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， A_y 为侧翻加速度阈值， B 为货车的轮距， g 为重力加速度。

6、一种实现如权利要求 1~5 所述方法的货车弯道防侧翻动态检测预警装置，其特征在于：它包括一方向盘转角传感器，其安装在货车方向盘下方的转向柱上；一横摆角速度传感器，其安装在货车车厢底部两条中轴线的交叉处；一倾角仪，其安装在货车车厢底部纵向中轴线与后轴在车厢上的投影的交叉点处；另一倾角仪，其安装在后轴的中点处；一报警提示装置，其设置在驾驶室的中控台上；一电子控制单元，其内包括有单片机，所述单片机内的固化程序设置有质心高度动态检测算法模块和防侧翻预警算法模块。

7、如权利要求 6 所述的货车弯道防侧翻动态检测预警装置，其特征在于：所述电子控制单元还包括一 CAN 总线收发电路和一串口收发器电路；所述 CAN 总

线收发电路的一端连接货车上原有的车载 CAN 网络，另一端连接所述单片机；所述串口收发器电路一端连接两倾角仪，另一端连接所述单片机。

8、如权利要求 6 或 7 所述的货车弯道防侧翻动态检测预警装置，其特征在于：所述报警提示装置包括一集成电路和由所述集成电路控制的灯光、声音提示装置，所述集成电路至少集成四路复合管驱动集成电路。

货车弯道防侧翻动态检测方法及预警装置

技术领域

本发明涉及一种货车安全监控方法及装置，特别是关于一种货车弯道防侧翻动态检测方法及预警装置。

背景技术

货车在运输货物时，因其装载货物的种类和重量不同，其质心高度时常变化。若质心高度较高、车速较快，货车在弯道行驶时很容易发生侧翻事故，造成重大人员伤亡和财产损失。由此，国内外正在积极开展研究货车的运行安全与监控技术，例如智能车速系统，即根据道路条件和车辆性能参数实现对车辆速度地自动控制，从而使得车辆能够安全地通过弯道；又比如基于车路协调的安全控制技术，通过车路通讯信息、车载雷达信息、车辆运动状态信息等，实时判断车辆的运行安全状态，利用车载安全执行装置如电子辅助制动装置使车辆能够以安全的速度运行。对于这些安全技术来说，车辆自身性能参数是建立正确安全控制算法的基础，而车辆的质心高度又是这些参数中最为重要的参数之一，对车辆质心高度的辨识则是最终能否实现车辆安全控制的关键，所以对车辆质心高度的动态监测具有重要意义。

目前对货车质心高度的检测技术主要是利用称重仪、卷尺、角度仪等仪器对货车质心高度进行静态测量，即必须在货车静止于称重仪器上时才能对其质心高度进行测量，并且当货车载重量及货物种类变化时还必须重复上述过程才能获取其新的质心高度。因此，对于目前的货车质心高度的检测技术而言，主要存在以下问题：第一，由于货车装载的货物种类与重量时常变化，所以现有的检测技术没有针对性，当装载的货物发生变化时就难以获知其实际质心高度；第二，现有技术检测出的货车质心高度很难保证它的实时准确性，从而导致基于此质心高度所建立的车辆安全控制算法不准确，因此无法有效保障货车在弯道上地安全运行。

发明内容

针对上述问题，本发明的目的是提供一种可靠性高，应用广泛，且在货车转弯时能够及时、主动、准确地提供预警信息的货车弯道防侧翻动态检测方法及预警装置。

为实现上述目的，本发明采取以下技术方案：一种货车弯道防侧翻动态检测方法，它包括以下步骤：1) 设置一货车弯道防侧翻动态检测预警装置，它包括方

向盘转角测量装置、横摆角速度测量装置、倾角测量装置和包括有单片机的电子控制单元；所述单片机内的固化程序设置有质心高度动态检测算法模块和防侧翻预警算法模块；所述防侧翻预警算法模块中预置有侧翻报警范围；2) 采集方向盘转角信号，货车沿垂向的横摆角速度信号，货车车厢的侧倾角度信号，货车后轴的侧倾角度信号，货车的纵向车速信号；3) 通过所述质心高度动态检测算法模块，计算出货车侧向加速度和质心高度；4) 根据质心高度，通过所述防侧翻预警算法模块，计算出侧翻加速度阈值；5) 依据货车侧向加速度与侧翻加速度阈值的差值和预置的侧翻报警范围，发出相应的报警指令。

所述步骤 1) 中的所述预置的侧翻报警范围分为三级：若 $\hat{a}_y < 0.5A_y$ ，报警级别 $G=0$ ，所述电子控制单元向所述报警提示装置发出不报警指令；若 $0.5A_y \leq \hat{a}_y < 0.8A_y$ ，报警级别 $G=1$ ，所述电子控制单元向所述报警提示装置发出初级报警指令；若 $\hat{a}_y \geq 0.8A_y$ ，报警级别 $G=2$ ，所述电子控制单元向所述报警提示装置发出高级报警指令；其中， \hat{a}_y 为货车侧向加速度， A_y 为侧翻加速度阈值。

所述步骤 3) 中的所述货车侧向加速度的计算式如下：

$$\begin{aligned}\omega_{rs}(k) &= \frac{u(k)/L}{1+Cu(k)^2} \delta(k) \\ \hat{\omega}_r(k) &= (1-\lambda)\omega_{rm}(k) + \lambda\omega_{rs}(k) \\ \hat{a}_y(k) &= u(k) \cdot \hat{\omega}_r(k)\end{aligned}$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， \hat{a}_y 为货车侧向加速度， $\omega_{rs}(k)$ 为货车理论稳态横摆角速度信号， $u(k)$ 为货车车速信号， L 为货车轴距， $\delta(k)$ 为方向盘转角信号， C 为货车的稳定性因数， $\hat{\omega}_r(k)$ 为校正稳态横摆角速度， λ 为权系数， $\omega_{rm}(k)$ 为横摆角速度。

所述货车质心高度的计算式如下：

$$\begin{aligned}e(k) &= k_\phi |\varphi(k) - \varphi_a(k)| - (H(k-1) - h_a) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)] \\ Q(k) &= \frac{P(k-1) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]}{\varepsilon + P(k-1) m^2 [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]^2} \\ P(k) &= \frac{1}{\varepsilon} \{1 - Q(k) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]\} P(k-1) \\ H(k) &= H(k-1) + Q(k) e(k)\end{aligned}$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， $H(k)$ 为货车质心高度， $e(k)$ 为 $k-1$ 时刻的估计误差， k_ϕ 为货车悬架的侧倾角刚度， $\varphi(k)$ 为货车车厢的侧倾角度信号， $\varphi_a(k)$ 为货车后轴的侧倾角度信号， $H(k-1)$ 为所述货车质心高度， h_a 为货车车厢底部至路面的高度， m 为货车质量， \hat{a}_y 为所述货车侧向加速度， g 为重力加速度， $Q(k)$ 为增

益矩阵， $P(k-1)$ 为对阵矩阵， ε 为遗忘因子， $P(k)$ 为对阵矩阵。

所述步骤4)中的所述侧翻加速度阈值计算式如下：

$$A_y = \left(\frac{B}{2H(k)} - \varphi_a(k) \right) g$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， A_y 为侧翻加速度阈值， B 为货车的轮距， g 为重力加速度。

所述步骤4)中的所述侧翻加速度阈值计算式如下：

$$A_y = \left(\frac{B}{2H(k)} - \varphi_a(k) \right) g$$

式中， k 表示第 k 步采样时刻， A_y 为侧翻加速度阈值， B 为货车的轮距， g 为重力加速度。

货车弯道防侧翻动态检测预警装置，其特征在于：它包括一方向盘转角传感器，其安装在货车方向盘下方的转向柱上；一横摆角速度传感器，其安装在货车车厢底部两条中轴线的交叉处；一倾角仪，其安装在货车车厢底部纵向中轴线与后轴在车厢上的投影的交叉点处；另一倾角仪，其安装在后轴的中点处；一报警提示装置，其设置在驾驶室的中控台上；一电子控制单元，其内包括有单片机，所述单片机内的固化程序设置有质心高度动态检测算法模块和防侧翻预警算法模块。

所述电子控制单元还包括一CAN总线收发电路和一串口收发器电路；所述CAN总线收发电路的一端连接货车上原有的车载CAN网络，另一端连接所述单片机；所述串口收发器电路一端连接两倾角仪，另一端连接所述单片机。

所述报警提示装置包括一集成电路和由所述集成电路控制的灯光、声音提示装置，所述集成电路至少集成四路复合管驱动集成电路。

本发明由于采取以上技术方案，其具有以下优点：1、本发明通过对货车的各种动力学参数的采集和单片机内预置的质心高度动态检测算法模块的计算，可以较为精确地得到货车侧向加速度和质心高度，为货车发生侧翻的可能性的计算提供了可靠的依据。2、本发明通过防侧翻预警算法模块，可以计算出侧翻加速度阈值，并根据其与侧向加速度的差值，判断是否需要侧翻报警，因此采用本发明方法的预警结果科学准确，有效地防止了货车侧翻的发生，保证了货车行驶和驾驶人员的安全。3、由于本发明采用了LH3-SX-4300A型转角传感器，其测量精度高，宽温区测量，便于安装，可靠性高。4、由于本发明采用了LCG50-00100-100型传感器，其测量精度高，安装方便，可靠性高。5、由于本发明采用的LAM-TD-45D型单轴倾角传感器内置有温度补偿及冲击抑制模块，因此进一步提高了测量精度。

6、本发明在对货车质心高度计算前，由于采用了滤波减噪电路对输入的货车动力学基本参数信息进行滤波处理，更进一步提高了测量的准确性。7、本发明的报警提示装置是由一集成电路控制的三种颜色的发光二极管和蜂鸣器，可以根据报警级别的不同驱动对应颜色的发光二极管，一目了然地提醒驾驶员。本发明可以适合各种车辆，可靠性高，车辆在弯道行驶时，能够主动、及时、准确地发出预警信息，避免交通事故的发生。

附图说明

图 1 是本发明的结构框图

图 2 是本发明的倾角测量装置安装位置示意图

图 3 是本发明电子控制单元的电路原理图

图 4 是本发明报警提示装置的电路原理图

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

本发明方法包括以下步骤：

1) 设置一货车弯道防侧翻动态检测预警装置，它包括方向盘转角测量装置 1、横摆角速度测量装置 2、倾角测量装置 3 和包括有单片机 U1 的电子控制单元 (Electronic Control Unit) ECU4；单片机 U1 内的固化程序设置有质心高度动态检测算法模块和防侧翻预警算法模块；防侧翻预警算法模块中预置有侧翻报警范围。

2) 采集方向盘转角信号，货车沿垂向的横摆角速度信号，货车车厢的侧倾角度信号，货车后轴的侧倾角度信号，货车的纵向车速信号。

3) 通过质心高度动态检测算法模块，计算出货车侧向加速度和质心高度。

4) 根据质心高度，通过防侧翻预警算法模块，计算出侧翻加速度阈值。

5) 依据货车侧向加速度与侧翻加速度阈值的差值和预置的侧翻报警范围，发出相应的报警指令。

如图 1 所示，本发明包括方向盘转角测量装置 1、横摆角速度测量装置 2、倾角测量装置 3、ECU4 和报警提示装置 5。

方向盘转角测量装置 1 采用一方向盘转角传感器，其固定安装于货车方向盘下方的转向柱上，其用于检测方向盘转角信号并输送给 ECU4，且输送给 ECU4 的信号为两路模拟电压信号，一路用于判断方向盘转动的方向及圈数，另一路用于判断方向盘在该圈内所转过的角度。在本实施例中，方向盘转角传感器是 BI 公司的 LH3-SX-4300A 型转角传感器，最大输入电压为 16V，量程为 $-900^{\circ}\sim+900^{\circ}$ ，可抗 10g 的冲击力，适用于车载环境，方向盘转角测量装置 1 也可以采取各种类型

的传感器，其安装位置也是可以变化的。

横摆角速度测量装置 2 采用一横摆角速度传感器，其安装于货车车厢底部两条中轴线的交叉处，其用于检测货车沿垂向的横摆角速度信号并输送给 ECU4，输送给 ECU4 的信号为 0~5V 之间变化的模拟电压信号。在本实施例中，横摆角速度传感器采用 BEI 公司的 LCG50-00100-100 型传感器，额定输入电压为 5Vdc，量程为 $\pm 100^\circ/s$ ，满足货车使用要求，但横摆角速度测量装置 2 的类型不限于此。

如图 2 所示，倾角测量装置 3 采用两倾角仪 31、32，其中倾角仪 31 安装在货车车厢底部纵向中轴线与后轴在车厢上的投影的交叉点处，倾角仪 32 安装在后轴的中点处，分别用于检测货车车厢的侧倾角度 φ 和货车后轴的侧倾角度 φ_a 信号，输出信号 φ 和 φ_a 为数字信号，可以通过倾角仪 31、32 上的串口输送给 ECU4。在本实施例中，两倾角仪 31、32 采用 Lamshine 公司的 LAM-TD-45D 型单轴倾角传感器，其内置有温度补偿及冲击抑制模块，适用于车载环境，但其中任一倾角仪也可以采用两个位移传感器来代替。

如图 3 所示，ECU4 包括一单片机 U1 及相关外围电路，单片机 U1 具有三 A/D 转换电路，且内部设置有一质心高度动态检测算法模块和一防侧翻预警算法模块，其将方向盘转角测量装置 1 及横摆角速度测量装置 2 输出的模拟电压信号转换成数字信号，同时接收倾角测量装置 3 输送的数字信号，且根据被检测货车动力学基本参数信息，及汽车动力学理论运行货车质心高度动态检测算法模块内的算法计算货车侧向加速度和质心高度，在此基础上再运行报警决策算法模块内的算法计算货车侧翻加速度阈值，然后 ECU4 根据比较检测的货车侧向加速度与侧翻加速度阈值的差值和预置的侧翻报警范围向报警提示装置 5 发出报警指令。在本实施例中，EUC4 中的单片机 U1 采用摩托罗拉公司生产、型号为 MC9S08DZ60 的八位单片机，也可以采用其它类似的单片机，在此不作限制。

如图 3 所示，ECU4 还包括一端分别连接方向盘转角测量装置 1 两输出端和横摆角速度测量装置 2 输出端的三滤波减噪电路，其另一端分别连接 ECU4 中单片机 U1 的三 A/D 转换电路的输入端 ADIN0、ADIN1 和 ADIN2。第一滤波减噪电路输入的是方向盘转角传感器 1 输出的方向盘转动方向及圈数的信号，该电路由电容 C11、C12 和电阻 R1 组成，电容 C12 与电阻 R1 串联后，得到的串联支路与电容 C11 并联；该并联电路的一端接地线，另一端同时连接第一 A/D 转换电路的输入端 ADIN0 和一二极管 D1 的阳极，二极管 D1 的阴极连接电源电压 VCC；第二滤波减噪电路输入的是方向盘转角测量装置 1 输出方向盘在该圈内所转过角度的信号，该电路由电容 C13、C14 和电阻 R2 组成，电容 C14 与电阻 R2 串联后，

得到的串联支路与电容 C13 并联；该并联电路的一端接地线，另一端同时连接第二 A/D 转换电路的输入端 ADIN1 和一二极管 D2 的阳极，二极管 D2 的阴极连接电源电压 VCC；第三滤波减噪电路输入的是横摆角速度测量装置 2 输出的信号，该电路由电容 C15、C16 和电阻 R3 组成，电容 C16 与电阻 R3 串联后，得到的串联支路与电容 C15 并联；该并联电路的一端接地线，另一端同时连接第三 A/D 转换电路的输入端 ADIN2 和一二极管 D3 的阳极，二极管 D3 的阴极连接电源电压 VCC。滤波减噪电路用于滤掉模拟信号中的高频噪声，以防止后续 A/D 采样过程中发生信号混叠。滤波减噪电路除上述电容式的滤波电路外，还可以采用其它的电容式滤波电路，在此不限。若采用本实施例中的滤波减噪电路时，电容 C11、C12、C13、C14、C15 和 C16 为 1 μ F 的电解质电容，也可以是其它类型的电容，当为电解质电容时，上述电容的负极接地。电阻 R1、R2 和 R3 为 50 k Ω 。二极管 D1、D2 和 D3 用于保证单片机 U1 中的三 A/D 转换电路的输入端 ADIN0、ADIN1 和 ADIN2 的输入电压不超过电源电压 VCC。

如图 3 所示，ECU4 中还包括一 CAN 总线收发电路连接一货车原有的车载 CAN（Controller Area Network）网络 6，用于从车载 CAN 网络 6 中接收货车纵向车速信号。该 CAN 总线收发电路采用 PCA82C250 芯片 U2 作为驱动器，PCA82C250 是专用的 CAN 驱动芯片，分别为 CAN 总线和 ECU5 提供差动发送和差动接收能力，并且完成 CANH 和 CANL 与 CAN 总线发送、接收之间的转换。U2 的 1 脚和 4 脚分别与单片机 U1 的 29 脚和 30 脚相连，U2 的 7 脚和 6 脚分别接车载 CAN 网络 6 的高端 CANH 和低端 CANL，用于接收车载 CAN 网络 6 输入的货车纵向车速信号。电容 C21 和 C22 并联连接构成 U2 的滤波稳压电路，该滤波稳压电路的一端与 U2 的 3 脚相连，另一端与 U2 的 2 脚相连，同时 U2 的 3 脚还与电源电压 VCC 相连，U2 的 2 脚与地线相连。

如图 3 所示，ECU4 中还包括一串口收发器电路，该电路采用 Max232 芯片 U3 作为串口收发驱动芯片，其包括 2 路发送器、2 路接收器和一个电压发生器电路提供 TIA/EIA-232-F 电平，符合 TIA/EIA-232-F 标准。其中每一个接收器将 TIA/EIA-232-F 电平转换成 5V TTL/CMOS 电平，每一个发送器将 TTL/CMOS 电平转换成 TIA/EIA-232-F 电平。本实施例中，U3 只采用其中一路发送器及一路接收器。U3 的 10 脚与单片机 U1 的 15 脚相连，9 脚与单片机 U1 的 16 脚相连，7 脚与倾角仪 3、4 的串口线中的发送线相连，8 脚与倾角仪 3、4 的串口线中的接收线相连。U3 的 1 脚和 3 脚之间连接一电容 C31，1 脚接 C4 的正极；4 脚和 5 脚之间连接一电容 C32，4 脚接 C32 的正极；2 脚和 16 脚之间连接一电容 C33，2 脚接

C33 的正极，且 16 脚与电源电压 VCC 相连；6 脚与一电容 C34 的正极相连，C34 的负极接地线；15 脚接地线，同时与一电容 C35 的负极相连，C35 的正极与电源电压 VCC 相连；U3 的其它管脚悬空。本实施例中，U2 是德州仪器公司（TI）推出的一款兼容 RS232 标准的芯片，电容 C31、C32、C33、C34 和 C35 为 1uF 的极性电容，但不限于此。

现记经过滤波减噪电路并由单片机 U1 进行 AD 采样处理后的方向盘转角信号为 $\delta(k)$ 和横摆角速度信号为 $\omega_m(k)$ ，记由串口接收到的由倾角仪 31、32 输出的货车车厢的侧倾角度为 $\varphi(k)$ 和后轴的侧倾角度为 $\varphi_a(k)$ ，记由车载 CAN 网络 6 中接收的货车纵向车速信号为 $u(k)$ ，其中 k 表示第 k 步采样时刻。

然后，单片机 U1 根据采集的信息运行货车质心高度动态检测算法计算货车质心高度，其具体步骤如下：

(1) 计算理论稳态货车横摆角速度 $\omega_{rs}(k)$ ：利用车辆稳态转向模型，根据实时测量的方向盘转角信号 $\delta(k)$ ，车载 CAN 网络 6 中接收的货车纵向车速信号 $u(k)$ ，其计算表达式如下：

$$\omega_{rs}(k) = \frac{u(k)/L}{1 + Cu(k)^2} \delta(k)$$

其中， L 为货车轴距， C 为车辆的稳定性因数。本实施例中， $L=4.5\text{m}$ ， $C=0.0019\text{s}^2/\text{m}^2$ 。

(2) 计算校正稳态横摆角速度 $\hat{\omega}_r(k)$ ：读取横摆角速度实际测量值 $\omega_m(k)$ ，考虑到横摆角速度的实际测量存在一定的误差，因此将实测横摆角速度值 $\omega_m(k)$ 和理论稳态横摆角速度值 $\omega_{rs}(k)$ 进行加权平均，从而得到一个校正横摆角速度值，其计算式如下：

$$\hat{\omega}_r(k) = (1 - \lambda)\omega_m(k) + \lambda\omega_{rs}(k)$$

其中， λ 为权系数，具体数值根据横摆角速度测量装置 2 的精度和具体安装方式而定，也可由实验进行标定。本实施例中，取 $\lambda=0.5$ 。

(3) 计算货车当前的侧向加速度 $\hat{a}_y(k)$ ：根据校正横摆角速度 $\hat{\omega}_r(k)$ 和当前纵向车速 $u(k)$ ，其计算式如下：

$$\hat{a}_y(k) = u(k) \cdot \hat{\omega}_r(k)$$

本实施例中，侧向加速度 $\hat{a}_y(k)$ 也可以通过在货车上安装一侧向加速度传感器直接测取。

(4) 估计货车质心高度 $H(k)$ ：根据货车动力学参数 k_φ 、 ε 、 h_a 、 m ，及当前

侧向加速度 $\hat{a}_y(k)$ 和倾角 φ 、 φ_a ，利用车辆稳态侧倾模型，建立车辆质心高度 $H(k)$ 的回归最小二乘估计算法，其计算式如下：

$$e(k) = k_\varphi |\varphi(k) - \varphi_a(k)| - (H(k-1) - h_a) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]$$

$$Q(k) = \frac{P(k-1) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]}{\varepsilon + P(k-1) m^2 [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]^2}$$

$$P(k) = \frac{1}{\varepsilon} \{1 - Q(k) m [\hat{a}_y(k) + g \cdot \varphi(k)]\} P(k-1)$$

$$H(k) = H(k-1) + Q(k) e(k)$$

其中， $e(k)$ 为 $k-1$ 时刻的估计误差， $Q(k)$ 为第 k 时刻的增益矩阵， $P(k)$ 为第 k 时刻的对阵矩阵， $H(k)$ 为质心高度估计值， ε 为遗忘因子， h_a 为货车车厢底部至路面的高度， k_φ 为货车悬架的侧倾角刚度， m 为货车质量， g 为重力加速度。本实施例中， g 取 9.8m/s^2 ， ε 取 0.99 ， h_a 取 0.536m ， k_φ 取 6739Nm/deg 。

采用上述步骤得出货车当前的质心高度 $H(k)$ 后，单片机 U1 继续运行防侧翻预警算法模块中的算法，计算货车开始侧翻时所受的侧向加速度即侧翻加速度阈值。根据车辆的准静态侧翻计算理论，货车侧翻加速度阈值计算式为：

$$A_y = \left(\frac{B}{2H(k)} - \varphi_a(k) \right) g$$

其中， B 为货车的轮距，在本实施例中， B 取 1.865m 。

当货车以某一速度驶过弯道或改变行驶方向时，步骤（3）中测得的侧向加速度 \hat{a}_y 越接近侧翻加速度阈值 A_y ，其发生侧翻的危险系数越高。防侧翻预警算法模块中预设侧翻报警范围，其分级别对驾驶员给予报警提示，报警级别 G 及级别的划分规则如下：

若 $\hat{a}_y < 0.5A_y$ ，报警级别 $G=0$ ，ECU4 向报警提示装置 5 发出不报警指令；

若 $0.5A_y \leq \hat{a}_y < 0.8A_y$ ，报警级别 $G=1$ ，ECU4 向报警提示装置 5 发出初级报警指令；

若 $\hat{a}_y \geq 0.8A_y$ ，报警级别 $G=2$ ，ECU4 向报警提示装置 5 发出高级报警指令。

上述报警级别的划分规则不仅能在货车出现侧翻的危险之前对驾驶员发出报警，及早提示驾驶员减速慢行，还能根据货车的运行危险程度对驾驶员发出不同级别的报警提示信息，符合大部分驾驶员的驾驶特性。

如表 1 所示，根据上述报警规则得出报警级别的大小之后，ECU4 将根据报警级别的不同驱动报警提示装置 5 以不同的方式向驾驶员提供预警信息。报警提示装置 5 能实现灯光报警和声音提示报警等功能。对应于报警级别 G 的大小，报警

提示装置 5 的报警方式也对应有三种状态。

表 1

报警级别 G	描述	灯光形式	报警声音描述
0	安全	绿灯亮	无报警
1	初级报警	黄灯闪烁	频率为 1Hz 的蜂鸣声
2	高级报警	红灯闪烁	频率为 2Hz 的蜂鸣声

如图 4 所示，报警提示装置 5 包括一集成电路 U4 及其控制的灯光、声音提示装置，集成电路 U4 可以直接驱动灯光、声音提示装置。集成电路 U4 的输入端 1 脚 (IN1)、2 脚 (IN2)、3 脚 (IN3) 和 4 脚 (IN4)，分别与单片机 U1 的 4 个输出端即 43 脚、45 脚、47 脚和 52 脚相连。其中 1 脚输入质心高度动态检测工作指示信号，2 脚输入初级报警信号，3 脚输入高级报警信号，4 脚输入初或高级报警信号，并且集成电路 U4 的 9 脚 (K) 接电源电压 VCC，8 脚 (GND) 接地线。与 1 脚对应的输出端 16 脚 (OUT1) 依序通过一绿色发光二极管 LED (Light Emitting Diode) 1、一电阻 R4 与 9 脚相连，LED1 为一绿色发光二极管；与 2 脚对应的输出端 15 脚 (OUT2) 依序通过一红色 LED2、一 R5 与 9 脚相连，LED2 为红色发光二极管，作为初级报警灯；与 3 脚对应的输出端 14 脚 (OUT3) 依序通过一黄色 LED3、一电阻 R6 与 9 脚相连，LED3 为红色发光二极管，作为高级报警灯；与 4 脚对应的输出端 13 脚 (OUT4) 通过一蜂鸣器 LS1 与 9 脚相连。另外，一电阻 R7 和一 LED4 串联，接在 9 脚与地线间，LED4 为电源指示灯，用于指示系统供电是否正常。本实施例中，集成电路 U4 为型号为 MC1412、集成了 7 路的复合管驱动专用集成电路，也可以为其它至少集成 4 路的复合管驱动专用集成电路。R4、R5、R6 和 R7 为 $1.2k\Omega$ 的限流电阻，用于防止通过各 LED 的电流过大，以保护 LED。

报警提示装置 5 是这样工作的：当 ECU4 驱动报警提示装置 5 发出不报警信息时，ECU4 中单片机 U1 的 43 脚向报警提示装置 5 中的集成电路 U4 的 1 脚发出高电平信号，集成电路 U4 的 1 脚为高电平，16 脚与 8 脚连通，指示灯 LED1 所在回路闭合，此时 LED1 亮。当 ECU4 驱动报警提示装置 5 发出初级报警信息时，即 ECU5 中的单片机 U1 的 45 脚和 52 脚向报警提示装置 5 中的集成电路 U4 的 2 脚及 4 脚发出频率为 1HZ 的方波信号，此时，集成电路 U4 的 2 脚和 4 脚的电平以频率 1Hz 高低交替变化，1 脚和 3 脚为低电平，集成电路 U4 的 13 脚和 15 脚与 8 脚以频率 1Hz 交替通断，14 脚和 16 脚悬空，对应的 LED2 和 LS1 所在回路以频率 1Hz 交替通断，则初级报警灯 LED2 灯以频率 1HZ 闪烁，且蜂鸣器 LS1 发出频率 1HZ 蜂鸣声；当 ECU4 驱动报警提示装置 5 发出高级报警信息时，即 ECU4 中

的单片机 U1 的 47 脚和 52 脚向报警提示装置 5 中的集成电路 U4 的 3 脚及 4 脚发出频率为 2HZ 的方波信号，此时，集成电路 U4 的 3 脚和 4 脚的电平以频率 2Hz 高低较低交替变换，1 脚和 2 脚为低电平，此时集成电路 U4 的 13 脚和 14 脚与 8 脚以频率 2Hz 交替通断，15 脚和 16 脚悬空，对应的 LED3 和 LS1 所在回路以 2Hz 交替通断，则高级报警灯 LED3 灯以频率 2HZ 闪烁，且蜂鸣器 LS1 发出频率 2HZ 的蜂鸣声。

各部件的结构、设置位置、及其连接都是可以有所变化的，在本发明技术方案的基础上，对个别部件进行的改进和等同变换，不应排除在本发明的保护范围之外。

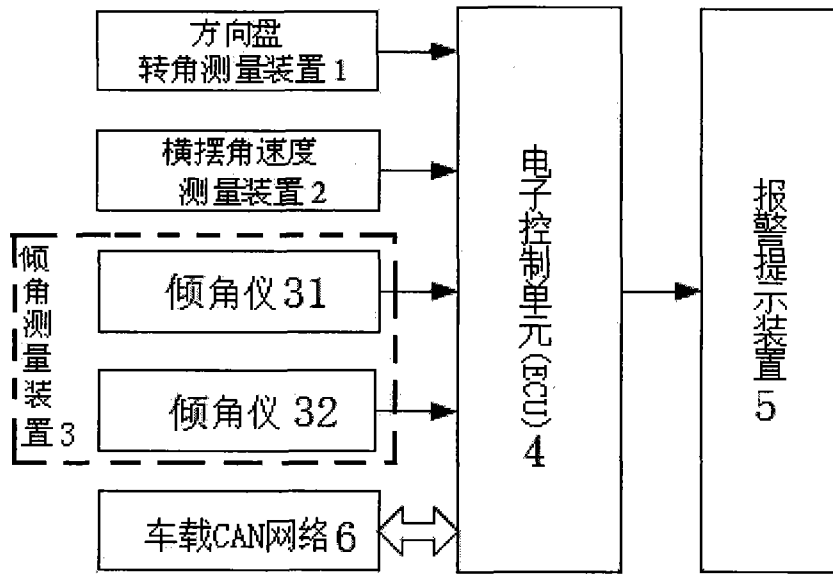


图 1

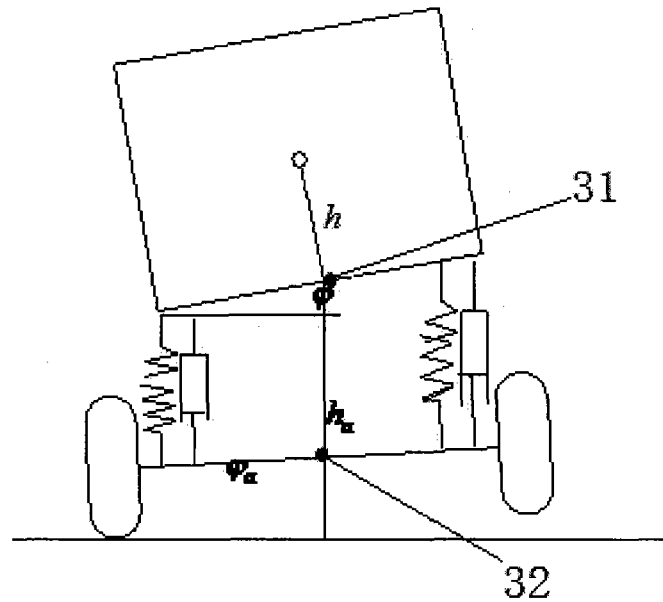


图 2

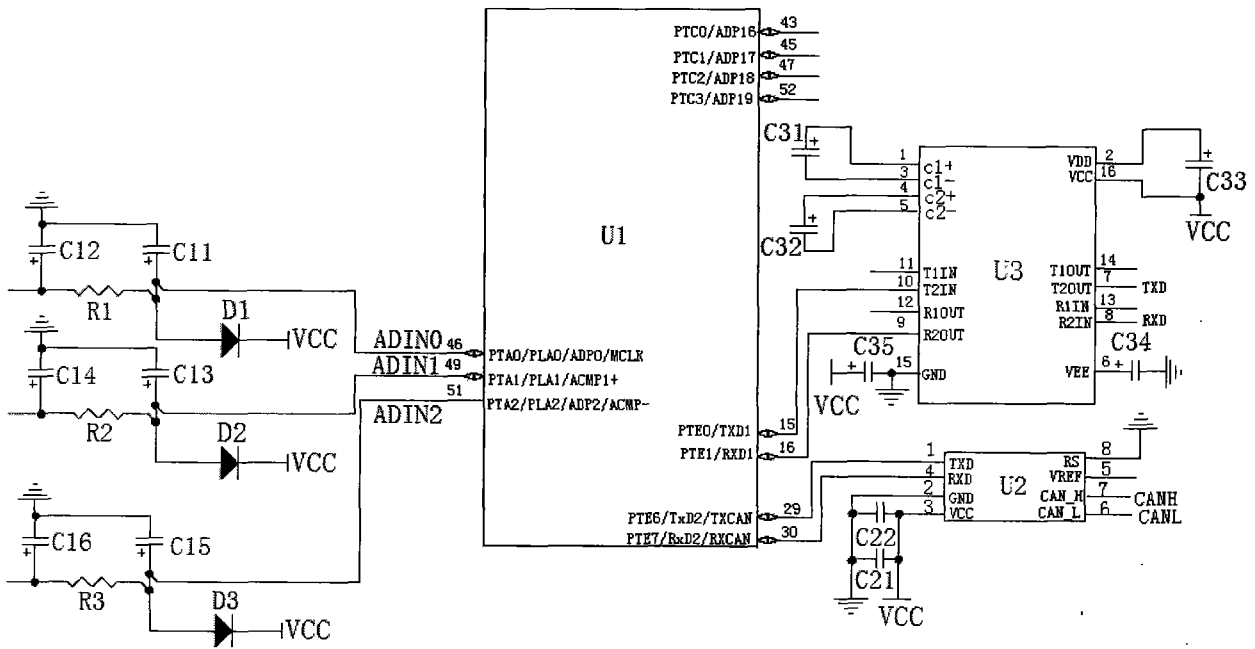


图 3

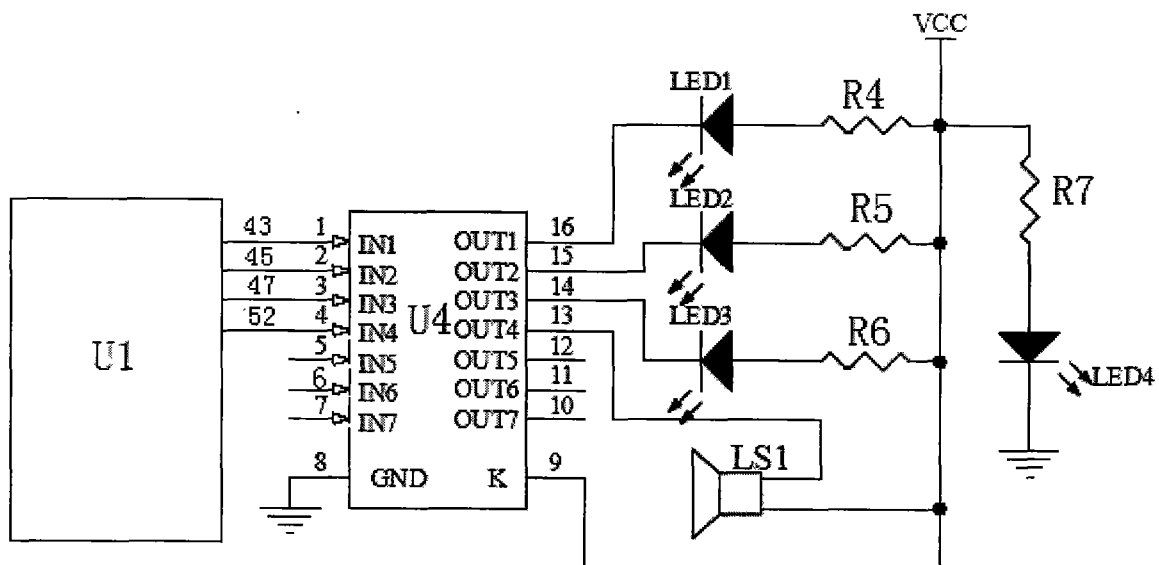


图 4