

A-PDF Split DEMO : Purchase from [www.A-PDF.com](http://www.A-PDF.com) to remove the watermark

# 车用自适应前照灯系统设计与研究

钱向明

(金华职业技术学院 机电工程学院,浙江 金华 321017)

**摘要:**为了实现前照灯系统能够自动根据车辆行驶状态灵活调整光轴位置和光照形式,结合车辆行驶特点,以国标 GB7454 – 1987 和 CAN2.0 通讯协议为设计准则,综合采用了控制器局域网(CAN)总线技术、传感器技术、控制技术,完成了自适应前照灯系统硬件及软件设计,并进行了实验室 CAN/LIN 台架试验和实车试验。台架试验表明,该系统的测试精度满足国标规定的使用要求,实车试验也表明,装配有自适应前照灯系统比未装配自适应前照灯系统的光照区域范围更加合理,极大地提高了行车安全性。

**关键词:**车辆;自适应前照灯;控制器局域网总线;试验

中图分类号:TH69;U463.65

文献标识码:A

文章编号:1001 – 4551(2010)07 – 0104 – 04

## Design and research of vehicle adaptive front-lighting system

QIAN Xiang-ming

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Jinhua College of Profession and Technology, Jinhua 321017, China)

**Abstract:** Aiming at that beam axle position and illuminating form can be automatically adjusted through the front lighting system according to vehicle traveling state, combined with characteristic of vehicle traveling, GB7454 – 1987 and CAN2.0 protocol were taken as design standard, software and hardware of adaptive front-lighting system (AFS) were designed with integrated application of controller area network (CAN) bus technology, sensor technology and control technology, the system was tested by means of CAN/LIN bench test in the laboratory and real vehicle test. Bench test results indicate that precision of system meet the prescribes of national standard. Real vehicle results indicate that illuminating area with adaptive front-lighting system is more reasonable than without such system, so driving safety is greatly improved.

**Key words:** vehicle; adaptive front-lighting; controller area network (CAN) bus; test

## 0 引言

有统计表明,90% 的交通事故是由于人的因素造成的,危险来源于复杂的交通状况,包括不合理信息、缺少信息以及过度紧张等<sup>[1]</sup>。灯光是夜间和雨雾天气驾驶员仅有的信息载体,它让人们更加清楚地了解交通状况,判断可能存在的危险并及时采取措施。有统计表明,在欧洲由于照明引起的交通事故(即如果在白天或者说照明条件好则交通事故完全可以避免)达到 30% 以上<sup>[2]</sup>。

车辆自适应前照灯系统(Adaptive Front-light System, AFS)是使会车用前照灯(即近光灯)的光照射线

随车辆行进方向作水平方向偏转,并根据车辆的俯仰作垂直方向的调整,为驾驶员在路口、弯道及颠簸不平的路面提供最佳的照明效果<sup>[3]</sup>。在国外,AFS 系统已经开始得到广泛应用,然而由于进口的 AFS 系统大多为生厂商本国道路考虑,而且国内道路状况与国外差别较大,另外,进口的 AFS 系统价格也非常高,因此进口 AFS 系统在国内的普及应用存在的阻力较大<sup>[4]</sup>。

目前,国内对 AFS 系统的研究还较少,基本上还停留在仿真试验阶段,在为数不多的涉及 AFS 系统的试验研究中,主要采用信号单线通讯,线束数量较大,不仅给整车线束集成和分类带来困扰,而且由于需要依赖较多的硬件辅助,导致信号传输存在迟滞现象。

本研究根据车辆行驶状态特点,以 CAN(controller area network)总线为信号传输纽带,进行系统硬件选型和设计,同时,依据通讯协议的规定、参数数学模型、车辆行驶的照明要求进行系统的软件设计,最后,运用台架试验验证系统的可靠性,并在某试验场进行实车装配本系统和未装配本系统的对比试验,为 AFS 系统的设计开发提供了一套系统的方法。

## 1 设计方案

本系统的原理图如图 1 所示。系统传感器实时采集方向盘转角、车速、档位、前后轴高度、执行电机实时位置等信号,信号经调理模块处理后输入到 CAN 数据总线,AFS 控制器的收发器根据预先设定的信号端口定义读入信号,内置的软件模块根据设定的数学模型计算出车辆当前的行驶状态以及前照灯的当前位置,同时调用控制模块发出相应的控制指令,最后由驱动器驱动步进电机转动,达到最佳的照明效果,与此同时,系统实时监测传感器和步进电机的工作情况,对于传感器的故障和电机的丢步、堵转等故障及时判断,并做出相应的处理,通过 CAN 总线发布到车身网络。

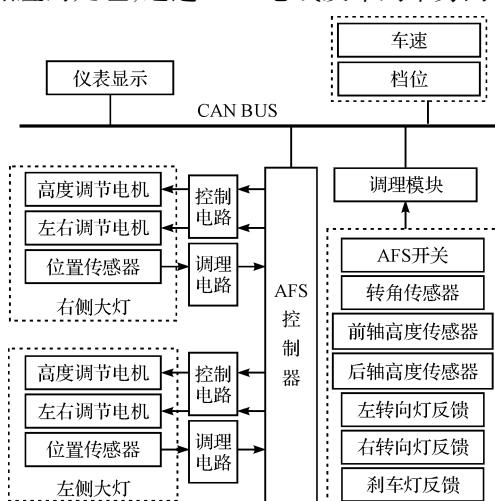


图 1 系统原理图

## 2 设计原理

### 2.1 随动转向角度

弯道上发现危机最极端的应对措施就是制动,前照灯需要旋转的角度就是要保证有效制动距离内的照明<sup>[5-6]</sup>,而且每一款前照灯的等照度曲线是不相同的,其在路面的照明区域也是相异的,此外,不同车辆的弯道制动特性也相差较大,甚至同一款车的负载、车况、路面改变后,制动能力也会受到很大的影响,所以前照灯的转向角度的设计一般由下式得到<sup>[7]</sup>:

$$\Phi = \sin^{-1} \left( \frac{vt + s}{2R} \right) \quad (1)$$

式中  $\Phi$ —前照灯最大转向角;  $v$ —车速;  $t$ —反应时间,  $S$ —制动距离;  $R$ —转弯半径。

转弯半径在车辆行驶过程中难以测量,此处采用下式进行计算:

$$R = L / \sin \beta \quad (2)$$

式中  $L$ —轴距;  $\beta$ —外侧转向轮转角。

通常情况下,方向盘转角与转向轮的转角成一定的比例关系。

对于右行交通,左转弯时,左侧灯具作为主灯工作,右转弯时,右侧灯具作为主灯工作,由于左转弯时的转弯半径比右转弯时大,左转弯时的最大转动角度应该比右转弯时小<sup>[8-10]</sup>。本系统设定:右转弯时,方向盘转角与右侧大灯转角比例关系为 10 : 1,左侧大灯为 25 : 1;左转弯时,方向盘转角与左侧大灯转角比例关系为 25 : 1,右侧大灯不转动。

### 2.2 车身纵倾调光

车身纵倾调光是采用安装在车体前后桥中部的两个车身高度传感器,获取前轴和后轴的高度变化量,并依据轴距计算车身纵倾角度。通过调光机反向调整此角度,就可以使光轴回复到原先的状态<sup>[11]</sup>:

$$a = \tan^{-1} ((dH_r - dH_f) / L) \quad (3)$$

式中  $L$ —前后轮轴距;  $dH_f$ —前轮高度变化;  $dH_r$ —后轮高度变化;  $a$ —车身倾角。

## 3 系统组成

系统由硬件部分和软件部分组成,系统硬件如表 1 所示,主要包括 AFS 控制器、调节电机、信号处理电路、控制电路和前后轴高度传感器构成。其他开关信号和传感器信号来自整车 CAN 总线。

表 1 系统组成

名称	型号
微控制器	dsPIC30F6011A
高度调节电机	SAIA 两相电机
左右调节电机	ST 公司 L9935
方向盘转角传感器	EPC - 755A
轴高度传感器	光电式高度传感器
CAN 控制器	SJA1000
CAN 收发器	PCA82C251
信号处理电路	自制
控制电路	自制

软件设计主要包括 3 个部分:CAN 节点初始化、报文发送和报文接收。报文的中断和接收均采用中断方式进行,输入的 CAN 信息通过验收滤波器滤波,确

保只有预先定义的信息会被验收并保存到接收缓冲器中。如果中断使能,只有这些已验收的信息会产生接收中断,从而减少 CPI 服务于 CAN 的处理时间。软件设计总体思路如图 2 所示,CAN 节点初始化工作流程如图 3 所示,限于篇幅,报文发送和报文接收流程此处略去。

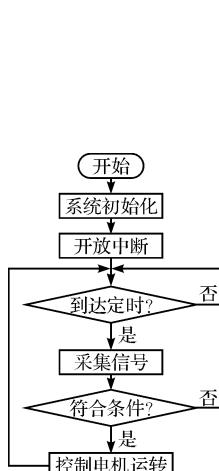


图 2 系统软件设计总流程

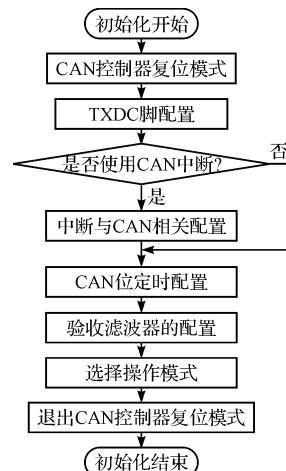


图 3 CAN 节点初始化流程图

系统数据链路层的参数设定遵循 CAN2.0 的应用层协议,动态分配通道建立的报文格式如表 2 所示,表中 ID 为发送节点的通道建立环节的 ID,DA 为接收节点的地址,Opcode 为通道建立请求,参数的解释根据通讯协议的相关定义,此处不详述。通过通道标识符进行传输的信息帧协议数据单元格式如表 3 所示(表中标有“-”的字节不能发送,信息帧的长度必须同控制器匹配)。表中 TPCPI 字节定义如表 4 所示(表中:DT 为数据传输帧,EOM 为信息发送结束标志(0 - 尚未结束,1 - 结束),Ack 为确认帧,CT 为连接测试帧,BR 为中断通信帧,DC 为断开连接信息帧,CS 为建立连接请求帧)。

表 2 动态分配通道报文格式

ID	Byte1	Byte2	Byte3……Byte7
	DA	Opcode	参数

表 3 信息帧协议数据单元格式

TPDU 类型	TPDU 的字节							
DT	0	1	2	3	4	5	6	7
DT	TPCPI	D/-	D/-	D/-	D/-	D/-	D/-	D/-
Ack	TPCPI	-	-	-	-	-	-	-
CS	TPCPI	TPC12	T1	0xFF	T3	0xFF	-	-
CA	TPCPI	TPC12	T1 *	0xFF	T3 *	0xFF	-	-
CT	TPCPI	-	-	-	-	-	-	-
BR	TPCPI	-	-	-	-	-	-	-
DC	TPCPI	-	-	-	-	-	-	-

表 4 TPCPI 字节定义

TPDU 类型	7	6	5	4	3	2	1	0
DT	0	0	AR	EOM			SN	
Ack	1	0	RS	1			SN	
CS	1	0	1	0	0	0	0	0
CA	1	0	1	0	0	0	0	1
CT	1	0	1	0	0	0	1	1
BR	1	0	1	0	0	1	0	0
DC	1	0	1	0	1	0	0	0

## 4 试验研究

### 4.1 台架试验

本研究运用实验室的 CAN/LIN 网络试验台模拟了实际车辆的行驶状况(如图 4 所示)。将上述数学模型按照软件设计的工作流程转换成 C 代码后写入 AFS 控制器。根据国标《GB7454 - 1987 机动车前照灯使用和光束调整技术规定》的要求,系统初始参数的设置如表 5 所示(其中状态 1 为转向系统右偏时,左侧灯光保持原位,状态 2 为转向系统左偏时,右侧灯光保持原位)。



图 4 CAN/LIN 网络试验台

表 5 初始参数设置

启动车速	25 km/h
停止车速	10 km/h
开始时方向盘最小角度	13°
关闭时方向盘最小角度	8°
状态 1 时最大转动范围	16°
状态 2 时最大转动范围	5°

测试在特定方向盘角度和车速时前照灯的自适应调整转角,试验数据如表 6 和表 7 所示。其中,方向盘角度及对应车速下的前照灯设计角度均依照《GB7454 - 1987 机动车前照灯使用和光束调整技术规定》的要求设定。对比表 5 数据可知,启动车速转角满足设定要求,且在系统转向一侧时,另一侧的光轴维持在原位,试验值和理论计算值之间的最大误差为 0.4°,满足 GB7454 - 1987 规定的使用要求<sup>[12]</sup>。

表6 左侧前照灯转角试验

试验号	方向盘转角 /deg	车速 /(km/h)	设计角度 /deg	试验角度 /deg
1	-30	5	0	0
2	-210	25	4.8	4.6
3	-60	40	3.8	3.7
4	-115	60	4.2	4.0
5	-5	80	0	0
6	-30	100	2.3	2.5
7	30	30	0	0

表7 右侧前照灯转角试验

试验号	方向盘转角 /deg	车速 /(km/h)	设计角度 /deg	试验角度 /deg
1	30	5	0	0
2	210	25	14.7	14.5
3	60	40	8.8	8.4
4	115	60	12.1	12.5
5	5	80	0	0
6	-30	100	5.8	6.1
7	30	30	0	0

## 4.2 实车试验

本研究将系统安装到某国产轿车上,并分别在某试验场进行弯道试验和高速试验。弯道行驶状态下,安装有前照灯自适应系统和未安装前照灯自适应系统的灯光效果对比如图5所示,由图可知,安装有前照灯自适应系统者能提供更好的视觉效果,消除了传统方式直线照明在弯道上的部分盲区。车辆高速行驶状态下,安装有前照灯自适应系统和未安装前照灯自适应系统的照明效果对比如图6所示,可以看出有前照灯自适应系统者在高速行驶状态能够自动识别并给出更为宽广的照明,方便驾驶员更早地发现前方的障碍物,从而避免了交通事故,提高了驾驶安全性。

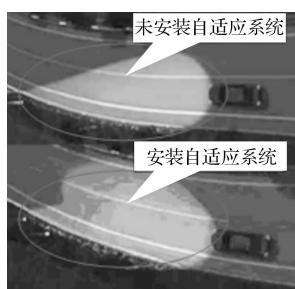


图5 弯道行驶

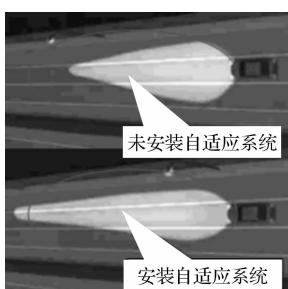


图6 高速行驶

## 5 结束语

(1) 自适应前照灯系统能够自动根据车辆的具体行驶状态调整前照灯的偏转角度和位置,因此,提高了光源的利用率、避免了光污染,极大地提高了车辆行驶安全性。

(2) 本研究采用CAN总线技术进行整体信号的传输和控制,根据CAN2.0通讯协议进行通讯帧定义,不仅避免了大量线束的运用,而且有益于确保信号传递同步性。

(3) 实验室CAN/LIN台架试验表明,系统的前照灯试验偏转角度和设计角度的最大误差为0.4°,满足国标的要求。

(4) 实车试验表明,装配有自适应前照灯系统的车辆相对于未装配有自适应前照灯系统的车辆在弯道行驶时能够消除部分盲区,具有更好的视觉效果,在高速行驶时,装配有自适应前照灯系统的车辆能够使驾驶员更早地发现前方障碍物。

## 参考文献(References):

- [1] 郑志军. 智能前照灯系统的发展[J]. 中国照明电器, 2006(6):8-11.
- [2] 雷雨海. 前照灯智能化控制[J]. 交通科技与经济, 2004(5):42-43.
- [3] 侯小梅, 刘建勋, 李洋. 车辆前照灯随动转向控制系统边界条件研究[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版, 2009, 28(2):298-301.
- [4] 崔惠中, 关志伟. 智能前照灯(APS)系统研究现状[J]. 天津工程师范学院学报, 2008, 18(1):47-54.
- [5] 房旭, 姚勇, 刘军, 等. 智能汽车前照灯系统(APS)研究[J]. 天津汽车, 2006(4):17-20, 24.
- [6] FUKAD Y. Slip-angle estimation for vehicle stability control [J]. *Vehicle System Dynamic*, 1999, 32(4):375-388.
- [7] 刘建勋, 邓天民, 杨磊. 车辆前照灯随动转向规律分析与研究[J]. 客车技术与研究, 2008(3):9-13.
- [8] ZUCCARELLO F, BATTIATO V, CONTARINO L, et al. AFS dynamics in a short-lived active region[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2005, 442(2):661-671.
- [9] 戎辉, 龚进峰, 曹健. 自适应前照灯运动学建模及系统开发[J]. 车辆工程, 2008, 30(12):1079-1082.
- [10] DUBROVIN A, LELEVE J, PREVOST A, et al. Application of real-time lighting simulation for intelligent front-lighting studies[J]. *Vehicle System Dynamics*, 2000, 25(17):333-345.
- [11] LIU Xiao-dong, ZHANG Qing-ling, WANG Yan. AFS fuzzy logic system and its applications to fuzzy information processing [J]. *Journal of Northeastern University*, 2002, 23(4):321-324.
- [12] 国家标准化工作委员会. GB7454-1987, 机动车前照灯使用和光束调整技术规定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.

[编辑:李辉]