

分类号:U46

10710-09122084



長安大學

硕士 学位 论文

汽车自适应前照灯照明系统的仿真及控制研究

贾培峰

导师姓名职称

王生昌 教授 张新锋 讲师

申请学位级别

工学硕士

学科专业名称

载运工具运用工程

论文提交日期

2012年5月10日

论文答辩日期

2012年5月31日

学位授予单位

长安大学

The simulation and research on control of Automobile Adaptive front-light system

A Dissertation Submitted for the Degree of Master

Candidate: Jia peifeng

Supervisor: Prof. Wang shengchang

Tutor. zhang xinfeng

Chang'an University, Xi'an, China

论文独创性声明

本人声明：本人所呈交的学位论文是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除论文中已经注明引用的内容外，对论文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本论文中不包含任何未加明确注明的其他个人或集体已经公开发表的成果。

本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名: 贾培峰

2012年6月5日

论文知识产权权属声明

本人在导师指导下所完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属学校。学校享有以任何方式发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为长安大学。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名: 贾培峰

2012年6月5日

导师签名: 之空昌

2012年6月5日

摘 要

随着社会的进步、科技的发展，人们对行车安全有了更高、更迫切的要求，汽车安全的智能化逐渐受到世界各国汽车制造商的广泛关注，并为此投入大量精力。为了提高夜间行车的安全性，针对传统汽车前照灯存在的照明不足，以及会车时给迎面行车驾驶员带来眩目等诸多问题，围绕汽车自适应前照灯研究逐步被展开，并受到了各界的高度重视。

汽车自适应前照灯照明系统能够根据车辆行驶状况，以及所处的环境提供合理的照明光束，为驾驶员提供最佳的视野范围，减少交通事故的发生。论文主要研究了汽车夜间行驶时的弯道照明、车身的俯仰照明，上坡时车灯的照明光束调整规律，以及汽车前照灯智能化控制方面的内容。

论文首先研究了汽车自适应照明控制系统国内外的发展现状以及发展趋势，根据前照灯照明系统的实现功能要求，以及目前的相关法律法规，提出了系统的总体设计方案，对传感器进行了选择；然后依据车辆参数建立自适应前照灯的水平偏转以及俯仰调整的数学模型，并运用 labview 软件对其进行仿真分析，得到了车辆行驶参数与车灯偏转角的定量关系。

论文采用模糊控制理论详细研究了汽车自适应前照灯控制系统的控制策略。对汽车前照灯的水平偏转以及俯仰高度调整采用了模糊控制策略，并与传统的计算机控制策略进行了对比分析，结果表明对汽车前照灯采用模糊控制策略能实现更有效的实时的控制需求，控制的基理更符合人们对控制过程作用的直观描述和思维逻辑。这一结论为以后的进一步深入研究汽车自适应前照灯控制策略奠定了基础。

关键词：汽车前照灯；智能照明；仿真分析；模糊控制

Absract

With the social progress and technological development, traffic safety has been higher and more urgent demands, Therefore, the manufacturers of countries all over the world have concentrated so much efforts on the intelligence research on automobile over the years. In order to improve the safety driving at night, Based on the problems of traditional front-light system which is can't provide good lighting in time and bring dazzling to driver when the car passing . The research of automobile adaptive front-light system was the high valued.

Automobile adaptive front-light system can provides the reasonable lighting beams according to the vehicle status and its environment, it can provide a good the best view for the driver and prevent traffic accidents. This paper considers the adjustment of front-light when the vehicle driving on the corner, meet slope and the car body pitch at night,As well as intelligent control aspects.

This paper first study the current situation and development at home and abroad and the development trend of AFS, according to the correlative legal basis and the function requirement to puts forward the design of the whole system solutions and choice more important sensor which are used. Then the paper set up the the mathematical model of horizontal deflection and the height adjustment of the adaptive front-light based on the vehicle parammeters, and with labview software to simulation analysis, the vehicle parameters and the lights deflection angle of the quantitative relationship.

The paper detailed study of the control strategy of AFS of Automotive uses the fuzzy control theory, the AFS adopting the fuzzy control strategy, and compared with the traditional which depends on precise mathematical model. the fuzzy control strategy can help to achieve effective and more in line with of the intuitive control of the process of role descriptions. This conclusion laid the foundation for further research of AFS.

Keywords: AFS; simulation analysis; fuzzy control

目 录

第一章 绪论	1
1.1 论文研究背景	1
1.2 国内外前照灯相关法律法规	2
1.3 国内外研究现状及其发展趋势	3
1.3.1 国内外研究现状	3
1.3.2 发展趋势	6
1.4 论文研究的目的和意义	7
1.5 论文研究的主要内容	7
第二章 AFS 系统的总体设计	9
2.1 AFS 系统的功能	9
2.1.1 基础照明模式	9
2.1.2 高速公路照明模式	10
2.1.3 乡村照明模式	11
2.1.4 城市照明模式	12
2.1.5 弯道照明模式	12
2.1.6 恶劣天气照明模式	13
2.2 AFS 系统的总体构成	14
2.3 AFS 的传感器组	15
2.3.1 车速传感器	15
2.3.2 转向盘位置传感器	16
2.3.3 车身高度传感器	17
2.3.4 红外测距传感器	19
2.3.5 光检测传感器	19
2.4 传输电路	21
2.5 AFS 电子控制单元	21
2.6 驱动执行机构	22
2.7 本章小结	24
第三章 AFS 系统的设计需求及数学模型的建立	25
3.1 AFS 系统设计需求	25
3.1.1 AFS 的左右偏转设计需求	25
3.1.2 AFS 的垂直偏转设计需求	26

3.2 AFS 数学模型的建立.....	26
3.2.1 汽车前照灯水平方向偏转的数学模型.....	27
3.2.2 汽车前照灯垂直方向偏转的数学模型.....	29
3.3 本章小结	33
第四章 AFS 系统的仿真分析.....	34
4.1 汽车前照灯水平方向偏转的仿真.....	34
4.2 垂直方向偏转的仿真分析	38
4.2.1 车身俯仰时车灯垂直偏转.....	38
4.2.2 上坡时前照灯垂直方向偏转仿真.....	39
4.3 本章小结.....	40
第五章 AFS 系统控制策略的研究	41
5.1 模糊控制策略的选择	41
5.2 模糊控制器的系统组成.....	42
5.3 汽车前照灯水平偏转控制器的设计	42
5.3.1 确定输入输出变量以及量化因子.....	43
5.3.2 模糊集合和模糊控制隶属函数的确定.....	44
5.3.3 模糊控制规则的建立.....	45
5.3.4 解模糊.....	47
5.4 汽车前照灯垂直方向控制策略	49
5.4.1 汽车车身俯仰车灯垂直输出角控制策略的研究.....	49
5.4.2 汽车上坡时车灯垂直输出角控制策略的研究.....	52
5.5 本章小结.....	53
结论与展望	54
参考文献	55
致 谢	58

第一章 绪论

1.1 论文研究背景

随着汽车产业的不断扩大，人均保有量的显著增加，重大交通事故的频繁发生，越来越多的人们对汽车带来的弊端产生了强烈的忧患意识，因此，汽车的交通安全成为当今世界最为关注的一大主题。

据公安部交通管理局的统计，2009年，全国共发生道路交通事故238351起，造成67759人死亡、275125人受伤，直接财产损失9.1亿元，2010年，全国共发生道路交通事故3906164起，同比上升35.9%。其中，涉及人员伤亡的道路交通事故219521起，造成65225人死亡、254075人受伤，直接财产损失9.3亿元。2011年，全国共接报涉及人员伤亡的道路交通事故210812起，共造成62387人死亡，其中营运客货车辆肇事50296起，占23.9%，造成20648人死亡，占33.1%。全国共发生一次死亡10人以上的特大交通事故27起，造成451人死亡，其中营运客货车肇事的事故23起，造成390人死亡，分别占85.1%和86.5%^[1-3]。研究表明，汽车在夜间发生交通事故大约是白天发生交通事故的1.5倍，而在夜间的交通事故分析中得出，80%的事故是由于传统前照灯照明系统存在的一些缺陷，如照明不足和弯道处存在的照明暗区，数据显示其中60%的事故发生在照明不佳的弯道处^[4]。

减少交通事故，是我国道路交通安全最为迫切的需求。而减少交通事故的首要问题是主动安全出发，因此，汽车本身的安全性能是汽车运行的重要前提条件。作为汽车安全的三大部件之一，汽车的照明系统是最主要的主动安全装置之一，它可以在夜间或是阴雨天等能见度较低的环境下照亮道路，让驾驶员看清路况并及时的做出反应，是汽车的重要安全部件^[5]。然而，在实际的行车过程中，传统的汽车前照灯照明系统已不能满足现代汽车智能化以及汽车行驶安全的发展需求，传统前照灯系统存在着很多的问题，例如在行车转弯时，汽车光束呈静态分布，它的光束照射方向是与汽车车身的纵向平面平行的，只能照亮前方路面，而不能对弯道内侧实现较好的照明，即存在照明暗区；在环境、气候恶劣的行车状况下，对汽车的照明需求也有着较强的要求，例如，车辆在雨天行驶时，路面存积的雨水会对车灯发出的光线产生反射，会车时，使对面驾驶员对灯光产生眩光反应。

针对现有汽车照明系统存在的照明不足以及眩光等问题，本论文研究了汽车自适应

前照灯控制系统，它的功能是根据车辆的行驶状况以及所处的环境提供合理的照明光束，为驾驶员提供最佳的视野范围，是一个和行车安全息息相关的主动式安全系统，同时也是未来汽车照明系统的主要发展方向。

1.2 国内外前照灯相关法律法规

汽车前照灯灯光的设计和研究程序都需依据一定的法规基础，目前关于前照灯照明系统较为完善的行业标准是欧洲标准和美国标准。而我国的汽车车灯法规在综合考虑我国道路复杂的基础上，借鉴了欧洲标准而制定的，且正在不断修订其完善程度。

目前，欧洲标准和美国标准两种不同的行业标准由于各国的道路状况存在着一定的差别，因此在其规定上主要的侧重点有所不同。例如，美国由于道路比较宽广，因此对眩光的要求相对较低；而欧洲标准根据其道路特点，对会车时给对面驾驶员带来的眩光则严格控制，它要求前照灯在配光上存在 15°的明暗截止线，由于目前汽车行业的迅速发展，生产厂商迫切的要求能够建立一个统一的国际标准^[6]。经过不断的协调与研究，建立了一个包括多种功能的智能前照灯行业标准。

1994 年，欧洲开始了 EU1403 (Eureka project) 计划，欧洲经济委员会 ECE (Economic Commission for Europe) 联合许多家研究智能照明系统的厂商共同研究其相对应的汽车车灯照明法规，到目前为止 ECE 在其下属的内陆运输委员会、道路交通分委会专门成立的车辆结构工作组—WP29 共制定 126 项 ECE 汽车技术法规，其中包括汽车前照灯相关法规的有：ECE R112 法规，发射不对称远光和近光装有白炽灯泡的机动车前照灯的统一规定；ECE R98 法规，关于批准装用气体放电光源的机动车前照灯的统一规定；ECE R123 法规，即针对自适应前照灯的技术法规^{[6-8][26]}。其中 ECE R123 《关于机动车自适应前照灯照明系统 (AFS) 认证的统一规定》法规，源于 1994 的 EU1403 计划，经过十多年的努力研究，于 2007 年正式发布，这一法规对 AFS 智能照明系统进行了明确的定义以及要求，并正式认证了 AFS 这类灯具。

AFS 系统相应法规 ECE R123 很多条款与传统前照灯 ECE R98 法规基本相同，但与传统前照灯相比，AFS 系统的智能程度更高，功能模式更强大和环境适应能力更强，因此，与之相应的 ECE R123 法规也更全面一些，该法规定义了 AFS 系统的各种照明模式以及对应于各种不同模式的配光要求，并对于灯具的材料尤其是配光材料提出试验规定。

在 ECE R123 发布后, ECE R48/02 即《关于照明和光信号装置安装方面对机动车辆认证的统一规定》取消了 ECE R48/01 法规中规定的近光灯不应随转向角度转动的这一规定, 也相应的增加了 AFS 条款^{[6-8][22]}。ECE R48 法规规定了各类灯具在汽车上安装位置, 安装布局、可见度、电路布置等多方面要求, 并涉及了 AFS 系统的配备要求, 各种照明模式的开启条件等。

世界大部分汽车生产厂均采用欧洲 ECE 体系, 我国关于前照灯照明系统的法规制定相对于欧洲以及美国较晚些, 而且大部分都是借鉴欧洲标准制定的。目前, 我国的汽车前照灯国家标准主要包括 GB4599 和 GB21259^[9-11]。其中, GB4599-94 《汽车及挂车外部照明信号装置的数量、位置和光色》是参照联合国欧洲经济委员会 ECE R48/01 法规而制定的, 同时随着 ECE R48/02 法规的修改, 国标也进行了相应的修订, 增加了弯道照明即可以改变近光灯的照明方向等。GB4599-2007 《汽车用灯丝灯泡前照灯》参照联合国欧洲经济委员会 ECE R112 法规而制定的^[11]。同时在 2007 年, 中国国家标准化管理委员会 (SAC) 发布通报, 制定 GB21259-2007 《汽车用气体放电光源前照灯》和 GB21260-2007 《汽车用前照灯清洗器》标准。其中, GB21259-2007 《汽车用气体放电光源前照灯》对应于联合国欧洲经济委员会 ECE R98 法规。虽然在 2007 年完成了 GB4599-2007 《汽车用灯丝灯泡》和 GB21259-2007 《汽车用气体放电光源前照灯》标准的制定工作, 但从其内容上来说均属于普通前照灯的范畴。因此, 我国的 AFS 智能前照灯的国家标准的制定仍处在不断的研究过程中。

1.3 国内外研究现状及其发展趋势

1.3.1 国内外研究现状

汽车智能前照灯的发展历程最先兴起于欧洲、美国、日本等一些发达国家, 早在 2003 年度, 具有体积小, 寿命长, 环保, 聚焦距离短优势的 LED 灯受到了普遍的关注。但是 LED 灯只能工作在一种模式下, 只能在一种固定的光型下工作, 由于道路状况和气候环境的复杂多变, 使得汽车生产厂商不断的在寻求着一种能够跟随外界道路状况和气候环境的变化, 自适应的来调节车灯的偏转以及光型的变化的一种智能照明系统, 来满足汽车智能化的发展需求。

国外欧洲、美国、日本的一些公司研发的自适应前照灯控制系统的技术较为成熟, 早在 2003 年意大利一家被称作玛涅蒂玛瑞利的车灯公司首次在汽车上安装随动照明车灯, 为自适应车灯的应用奠定了基础。之后包括福特汽车公司, 海拉公司等汽车生产厂

相继开始推出了自己的智能车灯控制系统，这些公司的智能前照大灯虽然在实现上有着一定的差别，但均改善了传统前照大灯的照明缺陷。2005 年意大利玛涅蒂玛瑞利车灯公司生产了大量的发光二极管后车灯，鉴于其光效高，体积小，寿命长，节能等优势该公司不断对其进行研发，并且随着欧盟委员会颁布的 ECE No.48/02 法规的出现，在 2006 年该公司开始投放自适应前照大灯的生产。

目前，德国 Hella 公司双氙气前照灯的研发较为成熟，它的工作原理是运用高压气体放电集成远光，依据此技术，该公司已经新开发出动态转弯车灯，他们正不断的考虑如何让车灯在各种复杂路段并已初步实现了 AFS 的各种功能，恶劣气候下为驾驶员提供更好的照明^[13]。目前，一种被称作 VARILI (Variables Intelligent Light-system) 的多功能可变智能灯光系统新技术即将诞生，它能更好的体现智能照明系统想要实现的所有功能，它不仅能在弯道处，调节车灯水平偏转，而且还具备了“斜视”和“拓宽”等被称为“动态城市照明”的功能^[13-15]。其利用光源和透镜之间的可旋转柱体的不同表面形状而产生五种不同分布的光型来适应不同的路况和恶劣气候。如乡间，城市，高速，弯道，恶劣气候等，见下图所示可提供的不同照明模型。



图 1.1 AFS 城市道路照明

Fig 1.1 Town passing Beam of AFS



图 1.2 AFS 高速公路照明
Fig 1.2 Motor-way passing Beam of AFS



图 1.3 AFS 弯道照明
Fig 1.3 The passing Beam Beading of AFS

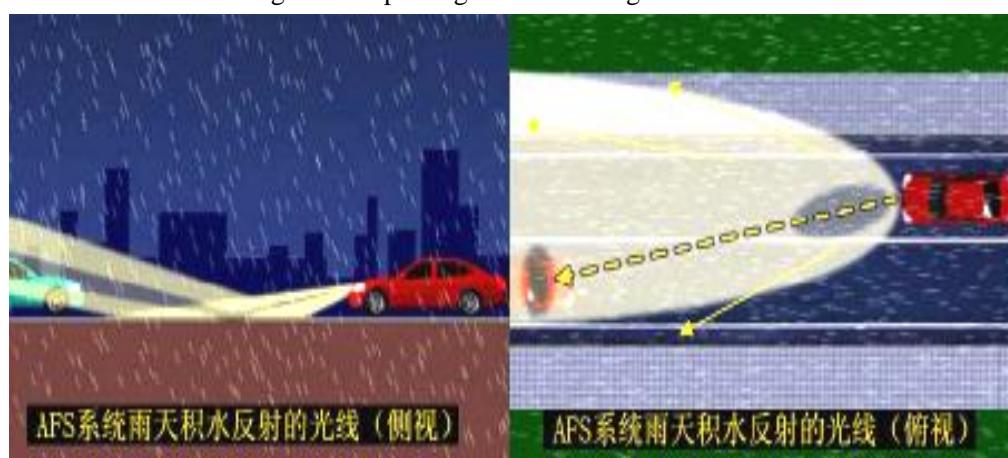


图 1.4 AFS 恶劣天气照明
Fig 1.4 Wet Road passing Beam of AFS

另外,日本的 DENSO 公司,法国的 VALEO 公司在 2003 年也相继推出了自己的 AFS 系统,其研发改进技术也不断完善^[17,18]。

近些年来，国内汽车工业飞速发展，并通过引进消化吸收国外先进的技术，AFS 系统的开发备受关注，而且在一些汽车生产厂以及灯具商公司中智能照明系统研发方面已经取得了一定的成果。目前，我国正在自主研发的公司包括上海小系车灯有限公司，沈阳北方汽车大灯自动转向器厂以及北京恒润科技有限公司等。其中，北京恒润科技有限公司对智能前照灯控制系统的研究处于领先地位，恒润科技作为本领土先进的 AFS 控制系统供货商，与国内知名灯具厂合作，已经成功为包括通用 (GM)、上海通用 (SGM) 在内的多家国内外客户进行了 AFS/ALS/DHL 控制系统的配套，其智能以及安全性均得以体现，是第一家实现 AFS 控制系统出口的自主品牌，其产品新君越的 Bi-Xenon 随动转向氙气前照灯的具体功能体现在可以随动的调节光照角度，并能实现智能调光照的功能^[19]。国内的一些中高级轿车已经配置了智能随动控制系统，例如，宝马 530li，宝马 330i，奔驰 E 级轿车，奥迪 A8，广州丰田凯美瑞，一汽大众迈腾，丰田锐志以及东风日产新天籁等。但仍然存在着一些缺点，例如奔驰公司研发的 AFS 系统，其控制车灯的偏转角度基本与车轮旋转角度相等的限制；而奥迪公司的智能控制车灯，只有在速度高达 70Km/h 时才能自动调节车灯偏转角度。由此可知国内自主研发的智能照明系统只取得了阶段性成果，依然处在一个初级阶段，若要使 AFS 智能控制系统更加市场化，依然存在着很多的问题。但其发展前景受到了汽车生产厂以及许多研究院的重大关注。

基于目前国内各界人士的关注，国内 AFS 系统方面的研究发展较为迅速，但是由于国内道路状况较为复杂，导致 AFS 系统在国内的应用显得较为不灵活，仍有许多方面需要进一步完善。

1.3.2 发展趋势

纵观目前国内外智能照明系统的发展情况，智能前照灯控制技术已经日趋成熟，其应用范围从最初的奥迪 A8，宝马 5 系等高级轿车发展到现在的长安福特等一些中级轿车，具有很多方面的优势，而且随着广泛地应用，也得到了驾驶员的肯定，自适应前照灯在汽车行车安全方面起着绝对的作用，其未来的发展趋势围绕着更安全、更环保、更舒适的发展需求。具体体现在：

(1) 预瞄型AFS

与 GPS 导航系统结合使用，根据导航信息，识别车辆行驶所处的地理位置，依据地理位置预测可能存在的道路状况，并在可以预测的行驶路线范围内，依据车速传感器以及相应的算法模块计算出行驶路线的最可能弯曲度，然后根据需要驱动步进电机调整灯

光照射范围,为驾驶员提供更宽更合理的视野范围,使得汽车的行车安全更加有保障^[20]

（2）高性能LED大灯

随着LED技术不断发展,全球各大汽车车展中,都能看到以LED作为汽车前照灯的概念车型,即研究一种和氙气大灯一样的多片式LED大灯。与传统前照灯相比,LED大灯节能的优势非常明显,灯具寿命可达到10000h,可与整车同寿命^[21],拥有低的维修费用,可靠性更为突出并且更环保。同时,LED大灯运用在AFS系统中,对多个LED车灯采取不同的控制模式,即可实现AFS各种功能所需的不同光型,为行车安全驾驶提供保障。因此,AFS智能照明系统中运用高性能LED大灯是未来的发展趋势。

1.4 论文研究的目的和意义

目前,汽车安全、环保和节能是汽车发展的三大主题,交通安全作为三大研究课题之一,是目前人们最为关注的研究主题,从主动安全出发是汽车行业立足之本,而车灯作为汽车的三大主动安全装置之一,对行车的安全起着至关重要的作用^[22]。作为照明系统应该具备的基本条件为:能够为驾驶者提供前方路段足够的视野范围,以便驾驶员有时间做出相应的措施来避免交通事故的发生;驾驶员获取外界视野信息时,不带来巨大的疲劳感;驾驶员获取景象信息及时、准确,不造成其它行车的麻烦,也尽可能少的保证驾驶员判断失误。根据欧洲汽车照明研究机构曾经做过的专项调查,欧洲司机们最希望改变的是阴雨天气积水路面的照明模式,排在第二位的是乡村公路照明模式,其次是弯道照明模式^[24]。

智能照明系统能够根据车辆驾驶员的操纵状况、行驶状况,不同道路的路况来自动的调节前照灯的水平和高度偏转,为驾驶员提供良好的视野范围,对汽车的行车安全具有极其重要的意义。尤其在我国汽车保有量不断增加,而交通事故居世界前列这样的国情下,智能照明系统的应用显得更加重要,对提高行车安全,保障国民的生命财产安全和经济稳定,尤其是对我国的交通事业发展具有极为重要的意义。

1.5 论文研究的主要内容

本论文根据目前国内外对AFS系统研究现状,分析了AFS存在的一些问题。借鉴当前国内外在这方面的技术设计经验和设计思想,建立了AFS系统的数学模型并进行了仿真分析,并进一步分析了控制策略,以便汽车前照灯能提供更合理的照明光束,为

夜间行车安全提供保障。论文的主要内容有以下几个方面：

- (1) 介绍了智能前照灯系统的基本功能以及总体构成，并详细分析了工作原理以及实现过程。
- (2) 针对智能前照灯系统基本功能的实现，研究智能前照灯系统所需的各种传感器工作原理，并选择了适用于本系统的重要传感器以及 MC 912XEPMAL 单片机作为 AFS 电子控制单元，驱动步进电机对前照灯进行控制。
- (3) 建立了智能前照灯水平偏转以及垂直偏转的数学模型，并运用 labview 仿真软件进行了系统仿真分析。
- (4) 根据 labview 软件环境下仿真分析结果，研究智能前照灯的控制策略，确定了模糊控制策略隶属函数以及控制规则，并与传统计算机控制策略做了简单的对比分析。

第二章 AFS 系统的总体设计

2.1 AFS 系统的功能

AFS (Adaptive front-light system) 自适应照明系统，它的功能是根据车辆的行驶环境，不同道路的路况来主动的改变前照灯光线射向以适应车辆行驶条件变化的一种智能照明系统，是一个和行车安全息息相关的主动式安全系统，同时也是未来汽车照明系统的主要发展方向。

AFS 系统主要是根据车速传感器，转向盘转角传感器，车轴高度传感器，悬架压缩传感器，光检测传感器等来检测车辆的行驶状况，把检测到得信号转换为电信号，传给电子控制单元进行处理判断，电子控制单元根据相应的控制策略，来驱动旋转电机或调高电机等执行机构使得车灯实现左右水平偏转或高度调整，从而实现车灯的自动控制。

与传统的汽车照明系统相比，AFS 系统依据道路状况以及气候环境的变化，具体采用着不同的照明模式，体现着相应的 AFS 功能。

2.1.1 基础照明模式

车辆在行驶过程中，当道路状况及环境气候均处于正常状况时，前照灯的工作模式相当于传统的汽车照明系统，其照明模式为基础照明模式。

在这种模式下，AFS 的功能体现在它根据光检测传感器所感知的光线变化而自动的打开或关闭前照灯以提供最佳的照明光束。如当车辆在隧道中行驶时，由于光检测传感器所感知光线强度的下降，AFS 中前照灯将会自动打开并根据所感知的光线强度来适时的补充光强度；而在传出隧道时，则同理依据光检测传感器感知的光线强度的增强，自动关闭前照灯。

当车辆在道路状况正常以及周围环境气候正常行驶时，汽车本身由于载重或汽车加速时加速度变化的原因，汽车车身会倾斜，汽车车身的倾斜势必会造成前照灯俯仰角度的变化，如图 2.1 所示：

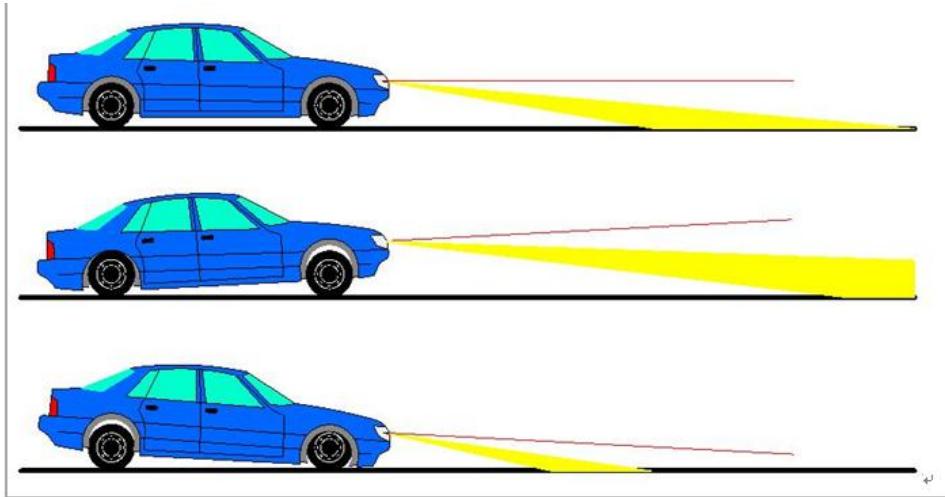


图 2.1 汽车倾斜时车灯照明状况

如图 2.1 中所示：当汽车前倾时，车灯垂直照明高度则会下降，照明范围不足，这样将会使驾驶员视觉范围不够宽敞，不能及时发现迎面而来的车辆以及行人，严重影响行车安全。

在这种基准模式下，AFS 的功能体现在会根据汽车前后轴高度传感器检测前轴和后轴高度差的变化量，然后根据轴距计算出车身纵倾角的变化量，从而进一步自动地调整前照灯垂直方向输出的俯仰角度，尽可能地使前照灯光轴回复到原先设定的水平位置，以能提供最佳的照明模式，达到最好的照明效果。确保驾驶员能够准确及时的了解判断前方路况及行车行人信息，及时躲避危险，避免事故的发生。

2.1.2 高速公路照明模式

当车辆行驶在高速公路路况时，相对行驶在一般道路时，其行驶特点是：速度大，行车密度低，侧向干扰也比较少。因此，与普通前照灯照明光线相比，AFS 的功能是根据车速以及实际行驶状况调节照明光线，使得其车灯的照明光线窄而长，照明距离足够的远，以保证在汽车制动距离内能够获得足够的视野来做出适时而准确的判断。在实际行车过程中，汽车的制动距离不论是驾驶员反应时间还是踩下汽车制动器踏板开始制动的时候均与汽车行驶速度有关，因此，当汽车行驶速度越高，则要求其前照灯光型越长。

当车辆行驶在高速公路，AFS 由车速传感器检测到其行驶速度大于 70km/h，并根据 GPS 判断其为高速行驶模式时，即根据需求调节车灯输出角度，使其光型呈高速公路所需的长而窄的照明模式，提供具有足够的照明深度及视线距离的照明光线，增强驾驶员对前方路况的预判力，提前发现前方行驶路况或障碍物，提高驾驶安全系数，避免交通事故的发生。图 2.2 (b) 为汽车行驶在高速公路时的照明光线，

与普通照明系统相比，AFS 为驾驶员提供的照明光线窄而长，照明距离较远，其照明效果明显强于普通照明模式。



图 2.2 (a) 传统前照灯高速公路照明模式



图 2.2 (b) AFS 高速公路照明模式

2.1.3 乡村照明模式

当车辆行驶在乡村公路路况时，相对行驶在城市道路时，其行驶道路特点是：路况复杂多变，路口、岔路较多；路段普遍狭窄，且交易出现凹凸不平、沟沟壑壑、起伏不定的路面。这些乡村道路特点使得其传统前照灯的照明显得尤为不足，不能够及时发现路况特点以及其周围障碍物。如夜晚行车时，突然在岔路口出现行车或行人时，由于其光线狭窄，照明范围不足，交通事故的发生将是难以避免。

与传统前照灯照明光线相比，AFS 的功能是根据光监测传感器、车身传感器以及 GPS 判断是否进入乡村行车模式，并根据车速传感器判断其实际行驶状况，输出足够的照明显度及视线宽度的照明光线，以确保光线能够照射到足够宽广的边缘路面，提高驾驶安全系数，尽可能的避免交通事故的发生。

当车辆行驶在乡村道路时，AFS 根据车身传感器、车速传感器、光检测传感器确定其行驶实际状况时，AFS 将控制左右近光灯的驱动功率，使其有所增大，从而进一步增加照明显度来补充照明。在我国车辆均依据右行交通法规，因此当车辆行驶在乡村道路时，AFS 将驱动右灯的左右偏转步进电机使得偏转一定角度，使得其照射到足够宽阔的边缘路面。其照明光线如图 2.3 (b) 所示：



图 2.3(a) 传统前照灯乡村道路照明模式



图 2.3(b) AFS 乡村道路照明模式

2.1.4 城市照明模式

当车辆行驶在城市公路路况时，相对行驶在其它道路时，其行驶特点是：道路状况较好，十字路口多，但行车密度大，人流也较多。这样的行驶特点即要求照明时尽可能小的产生直接眩光，不为行人以及对面行车产生交通障碍。一般要求会车时车灯的照明强度不能超过 1000cd 而射向迎面而来的光照强度。

当车辆行驶在城市道路时，AFS 根据车速传感器、光检测传感器以及 GPS 确定其行驶状况时，识别车辆是否进入城市照明模式，当光强达到一定值，并且车速不超过 60km/h 时，AFS 将控制左右近光灯的驱动功率，使其有所减小，降低照明亮度，且驱动高度调节电机使得前照灯在垂直方向上向下偏转一些，从而进一步降低直接眩光强度，以防止对迎面行车司机造成眩目困扰。

2.1.5 弯道照明模式

当车辆在弯道处行驶时，由于传统前照灯的光线同车辆前进方向一致，所以在弯道处照明不足，形成照明暗区，使得驾驶员不能及时发现弯道处的路况特点以及障碍物，使得行车存在着很大的安全隐患^[25]。

AFS 根据转向盘转角传感器、车速传感器或者是 GPS 判断其行驶实际状况时，确定车辆是否行使在弯道处。当转向盘转角超过 12° ，速度超过 30km/h 时，AFS 将根据电子控制单元内置控制模块，计算出车灯所需的偏转角度，驱动左右偏转步进电机控制车灯偏转一定的角度，使得车辆在转弯时外侧的照明范围更宽广一些。并且使得外侧要亮度大些，而内侧车灯要暗些，防止使对面司机眩目。如图 2.4 (b) 所示：



图 2.4(a) 传统前照灯弯道照明模式



图 2.4(b) AFS 弯道照明模式

当车辆右转弯时, AFS 驱动右前照灯的左右偏转电机使得车灯向右侧旋转, 同时, 若根据车身高度传感器检测到车身侧倾角较大时, AFS 驱动车灯垂直方向上调高电机使得左侧前照灯向上偏转一定的角度, 右侧前照灯向下偏转一定角度。同时, 左右两侧的近光灯最大调节角度也存在着一定的差异。在我国车辆均依据右行交通法规, 因此, 当车辆行驶在弯道处时, AFS 电子控制系统外侧灯光变化可以 15 度偏转, 内侧灯光可以实现 7 度的水平偏转^[19]。为了确保行车安全, AFS 弯道照明模式应尽可能的保证照明距离大于安全刹车距离, 依据此计算出车灯所需偏转的角度。

2.1.6 恶劣天气照明模式

汽车在行驶过程中, 难免会遇到各种恶劣天气, 如阴雨天、可见度较低的放雾天气或者是沙尘暴, 在这样的行驶环境中, 传统的前照灯无法满足驾驶员对光线的需求, 会产生各种不良的视觉以及心理反应。如当汽车行驶在阴雨天气时, 地面的积水将行驶车辆车灯射出的照明光线反射, 这种反射眩光使得迎面而来行车驾驶员眩目, 如图 2.5 (a) 所示:



图 2.5(a)雨天积水反射的 AFS 光线 (侧视)

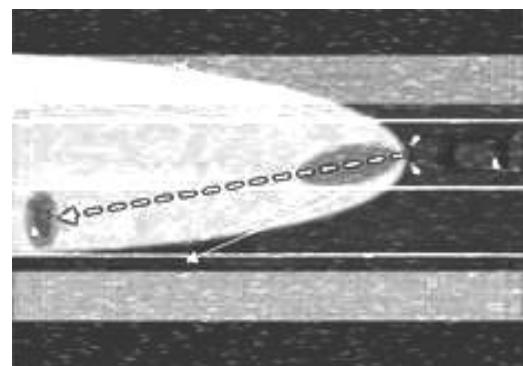


图 2.5(b)雨天积水对 AFS 光线的反射 (俯视)

在阴雨天气下行驶的车辆，AFS 根据检测路面湿度、轮胎滑移以及雨量传感器判断系统状态为雨天模式，AFS 驱动垂直调高电机，降低前照灯垂直输出角，并调节其照射强度，避免反射眩光在 60m 范围内对迎面行车驾驶员造成眩目，如图 2.5 (b) 所示，提高驾驶员行车舒适性^[26]。

当车辆行驶在雾天或者是沙尘暴天气时，相应的 AFS 根据感知雾、风速传感器、颗粒物传感器以及光敏检测传感器感知光线强弱，判断是否遇到雾天或是沙尘暴天气，从而驱动垂直调高电机，增大前照灯垂直输出角，使得照明光线有所提升，同时，开启车灯清醒装置，尽可能的使驾驶员获得较好的视觉，可以安全的行驶在可见度较低的恶劣天气中。

2.2 AFS 系统的总体构成

AFS 智能控制系统主要由四大部分组成，即传感器组、传输电路；AFS 电子控制单元、驱动机构。其中驱动机构包括左右旋转步进电机和调高电机。基本工作原理是：AFS 系统主要是根据车速传感器，方向盘转角传感器，车身高度传感器，悬架压缩传感器，光检测传感器等来检测车辆的行驶道路状况，把检测到的信号转换为电信号，通过传输通路传给 AFS 电子控制单元进行处理判断，电子控制单元根据相应的算法以及控制策略，来控制旋转电机或调高电机驱动执行机构使得车灯实现左右水平偏转或高度调整，从而实现车灯的自动控制。AFS 控制器会自动控制远光或近光灯的开启与关闭，目的是为了实现汽车在不同行驶工况下给驾驶员提供更加良好的照明环境，实现操纵方面和视野舒适的效果达到行车安全的目的。AFS 系统的总体结构如图 2.6 所示：

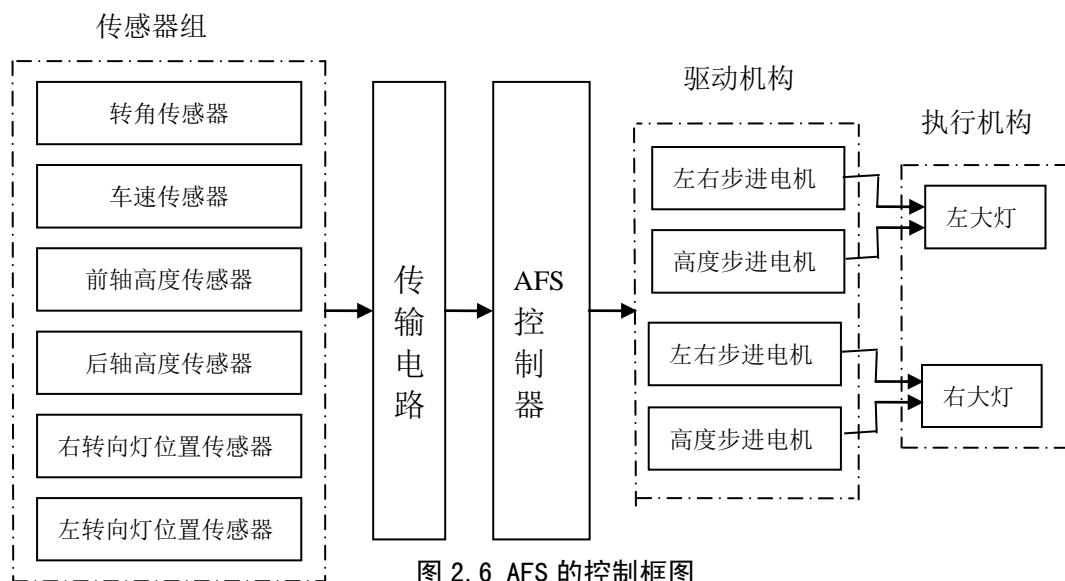


图 2.6 AFS 的控制框图

2.3 AFS 的传感器组

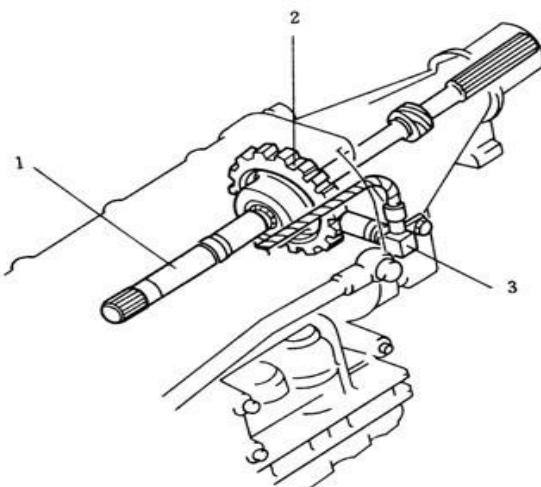
AFS 传感器组中所包括的传感器主要有车速传感器、转向盘转角传感器、车身高度传感器、红外测距器、车灯位置传感器、光检测传感器以及雨量传感器等一些能够判断车辆行驶状况的传感器，下面分析 AFS 中所涉及到的主要传感器的工作原理，并对 AFS 系统中关键传感器进行选取。

2.3.1 车速传感器

车速传感器主要是用来检测车辆行驶速度的传感器，主要组成元件是永磁铁、铁心及线圈，一般安装在汽车变速器输出轴上，检测变速输出轴转速，并将计算测得车辆行驶车速。车速传感器安装在变速轴输出轴上，其顶端靠近带齿的转子处，当转子转动时，感应转子就会切割永久磁铁周围的磁感应线，传感器与转子之间的磁通量就会变化，所以线圈上就会产生交流信号。车速传感器将这种交流信号转化成为电压信号传给电子控制单元，电子控制单元将根据接受到的电压脉冲信号计算出此刻行驶的车速。

目前，最常见的车速传感器有电磁感应式传感器、光电式和霍尔式车速传感器^[27]。AFS 系统中通常采用电磁感应式车速传感器，这种传感器上采用了元件电阻随磁场而变化的磁阻元件，通过磁阻元件来检测车速。其性能稳定，可以同时输出磁电和霍尔信号，而且适用国内外各种车型。

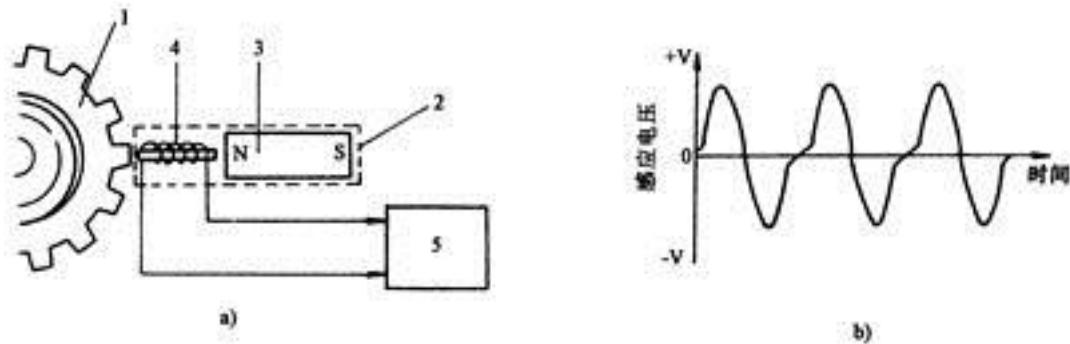
电磁感应式车速传感器由永久磁铁和电磁感应线圈组成，安装在自动变速器输出轴壳体上。如图 2.7 所示：



1—输出轴；2—停车锁止齿轮；3—车速传感器

图 2.7 电磁感应式车速传感器的安装位置

当输出轴转动时, 感应转子的突齿不断靠近或离开车速传感器, 如图所示: 当齿轮旋转时, 由于齿轮赤峰和齿谷与永久磁铁之间的气隙不断发生变化, 导致通过线圈的磁力线发生变化, 导致通过线圈的磁力线发生变化, 在线圈中就会产生图 2.8 (b) 的感应电压, 并以交流形式输出^[27,28]。



1—轮毂; 2—车速传感器; 3—永久磁铁; 4—磁感应线圈; 5—电控组件

图 2.8 车速传感器的工作原理

2.3.2 转向盘位置传感器

转向盘位置传感器的主要功能是用来检测转向盘的转动方向和转动角度, 并将采集到的机械几何位移量通过光电转换成脉冲或数字量。根据输出信号和应用方式, 转向盘转角信号可以分为绝对值转角传感器和相对值转角传感器^[29]。绝对值方向盘传感器即可以将绝对的方向盘转角输入 ECU, 但其信号处理比较复杂, 安装要求高, 并且价格昂贵。目前, 常见的方向盘转角传感器一般为相对转角传感器, 包括有光电式转向传感器, 电磁感应式传感器和霍尔式传感器。

AFS 系统中通常采用光电式转向盘转角传感器, 它安装在转向盘转向柱上, 其重要组成元件是发光二极管以及光敏晶体管。当转向盘转动时, 转向轴带动遮光盘转动, 遮光盘的作用, 发光二极管导通或截止光敏晶体管, 经过整形电路产生相位差为 90°的电压信号^[27-29]。

转向盘转角传感器输出电压信号与方向盘转向角的输出关系如图 2.9 所示, 是成线性比例关系。

图 2.9 中, p_1 和 p_2 代表该转向盘传感器的输出信号, 均为电压量, 纵坐标表示转向盘转角输出电压量占输入电压的比例, 当所占比例为 100% 时, 即表明输出信号电压为其电源供电电压^[28,32]。当转向盘转动时, p_1 和 p_2 的电压值的不断变化, 显示出其转向

盘转角的变化，其转动的角度与 p_1 和 p_2 的电压值的对应关系如图中所示。当转向盘没有转动时，转向盘转角转角相应地处于正中位置，即以 0 表示其正中位置；当转向盘顺时针转动时，转向盘转角为负值；当转向盘逆时针转动时，转向盘转角为正值。例如当传感器供电电压为 5V，转向盘传感器的输出信号 p_1 为 5V， p_2 为 2.5V 时，可知其转向盘是顺时针转动了 180°。

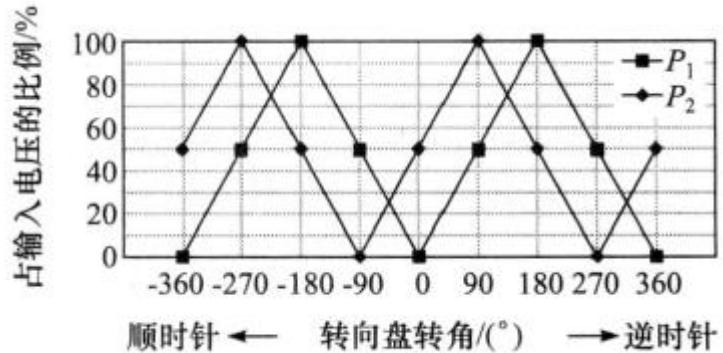


图 2.9 转向盘转角传感器输出信号

本论文采用的光电式方向盘传感器，非接触式，其性能相对稳定，寿命长，抗干扰性能强，应用广泛。

2.3.3 车身高度传感器

车身高度传感器的主要功能是用来检测车身前后轴高度变化，它装在车辆前后悬架与车体之间，感知悬架振动的幅度，反应了前后悬架与车体间相对于车架的移动角度^[27]。将车辆行驶时由于道路、车速和车辆装载的变化，引起的车身高度的变化旋转信号转换成电压信号输出，电控单元根据车身高度传感器传来的电信号来确定车身的高度变化，当计算的车身高度差超过 AFS 控制器设定值时，AFS 控制器就驱动调高步进电机调整前照灯垂直输出角，确保车辆行驶时的照明距离。目前，常见的车身高度传感器有光电式车身高度传感器、电感式高度传感器和霍尔式高度传感器^[27,28]。

光电车轴高度传感器把车高转换成传感器轴的旋转信号，并将旋转信号转换成电压信号，输送到电控单元来确定车身高度的变化。这种传感器的结构如图 2.10 (a) 所示。其主要工作原理遮光盘或者遮光或者透光其两侧的光电耦合元件，使得光敏三极管或者导通或者截止，这样将会输出高低电平，将此信号输入到 AFS 控制器就会检测出圆盘转动角度。如图 2.10 (b) 所示利用这四组光电耦合元件导通与截止的组合，就可以把

车高的变化范围分多个区域进行检测^[19]。

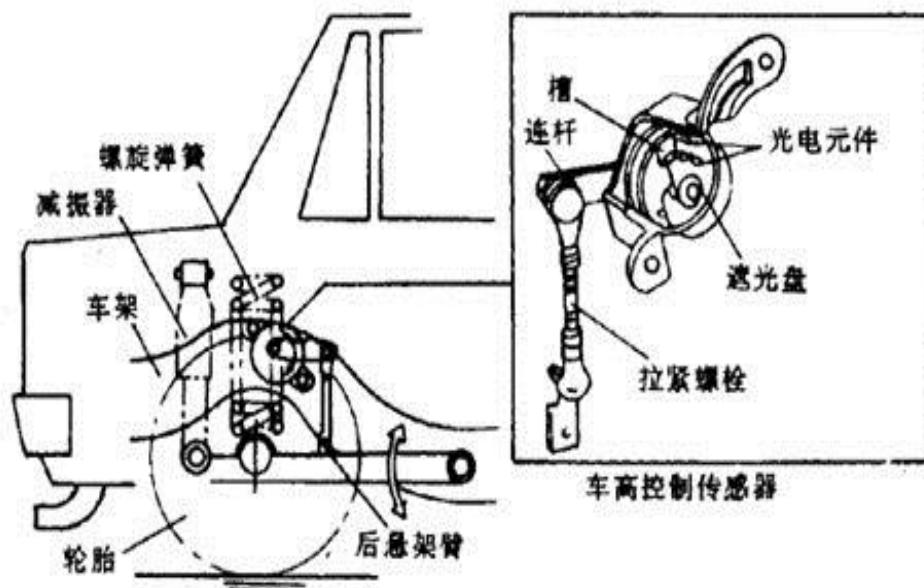


图 2.10(a) 车身高度传感器结构安装位置

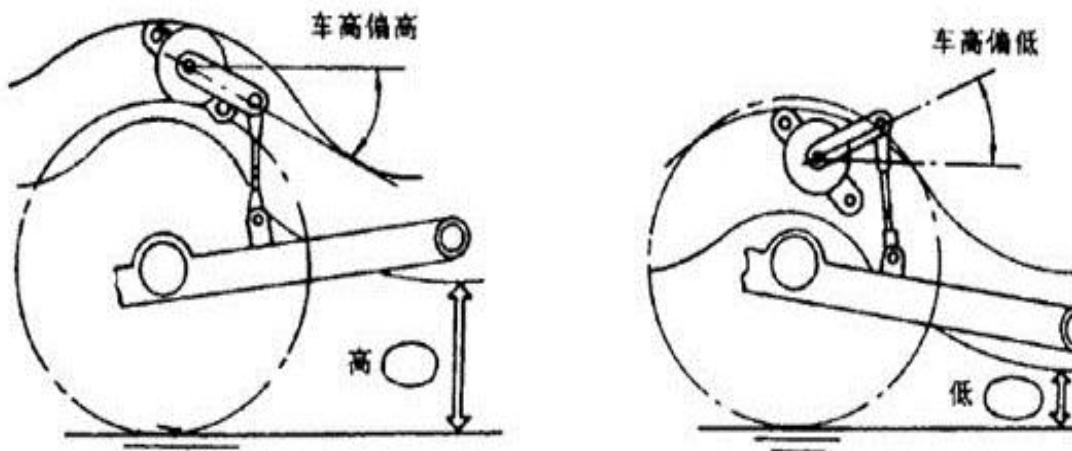


图 2.10(b) 车身高度传感器的工作状况

车辆在行驶过程中悬架总是在振动状态，尤其是遇到了道路状况极差的路面（如凹坑路面），所以必须采用有源抗干扰，非接触理论寿命无限的传感器。为了避免 AFS 控制器不断的发出调整车灯垂直输出角信号，AFS 电控单元需要每隔一段时间检测，并且将这段时间内所检测到得车身高度变化信号取平均值，以此来判断此时汽车行驶时的车身高度变化，当计算的车前后轴高度差超过 AFS 控制器设定值时，AFS 控制器就驱动调高步进电机调整前照灯垂直输出角。确保车辆行驶时的照明距离。

2.3.4 红外测距传感器

将不可见的红外辐射光探测出并将其转换为可测量的信号的技术就是红外探测技术。红外探测器与雷达和激光探测器相比，具有许多优点，如安全和保密性强，不易被干扰，安装所需空间不大，重量轻，功耗低，但其需要冷却及成本较高。作为红外整机系统的核心关键部件，红外探测器的研究始终是红外物理与技术发展的中心^[27]。

AFS 系统选用红外测距传感器来测量距离。它的工作原理是测定在被测距离上电磁波（光波）在空气中的往返传播时间，根据其已知的光波传播速度和测得的往返传播时间来求得其距离值，具体计算方法为： $L = \frac{1}{2}ct$ ，其中 c 为光波在空气中的传播速度， t 为光波的往返传播时间。

根据以上的红外探测距离原理，目前主要采用的测距方法有相位差法、脉冲法和变频法三种，最常用的、精度较高的红外测距方法是相位差法，它是通过测定调制波往返与被测距离上的相位差，来间接计算距离^[31,32]。其计算公式如 2.1 所示：

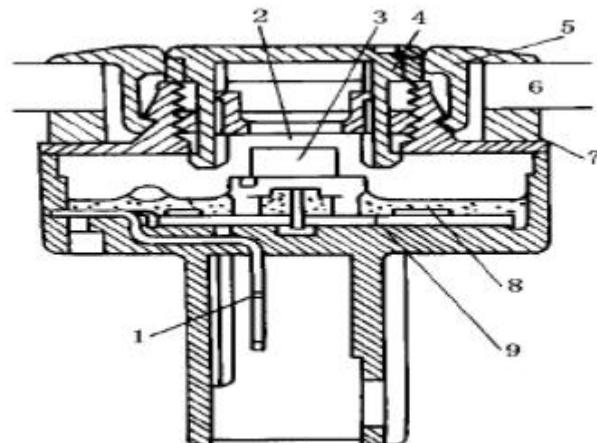
$$L = \frac{\lambda}{2} \left(N + \frac{\Delta\phi}{2\pi} \right) = L_s (N + \Delta N) \quad (2.1)$$

其中， N 为整波数； ΔN 为不足整波的尾数； L_s 为测尺长度； $\lambda = c/f$ 。

为了使得检测计算出的路面坡度较为准确，红外测距传感器需用多个调制频率多次测量并通过一定的数学方法进行计算，确定前面路况为坡道，并与其 AFS 控制器设定的坡道值 θ_0 进行比较，若计算的坡道值大于 θ_0 ，AFS 控制器就驱动调高步进电机调整前照灯垂直输出角。

2.3.5 光检测传感器

光检测传感器是用来检测车辆周围亮度，从而自动控制前照灯或尾灯的开启与关闭。目前常用的光敏检测传感器主要是利用光敏二极管这种感光元件具有的光电变换效应，将光信号转化为电信号来检测出昼夜之间不同的照度。如图 2.11 所示：



1—4 端直联式插接器 2—照度调节环；3—光敏二极管；4—滤波器；5—罩盖；
6—车仪表板；7—垫片；8—专用集成电路；9—混合集成电路

图 2.11 周围光传感器的结构

光敏二极管是利用硅 PN 结光电动势的一种部件，工作原理如图 2.12 所示：

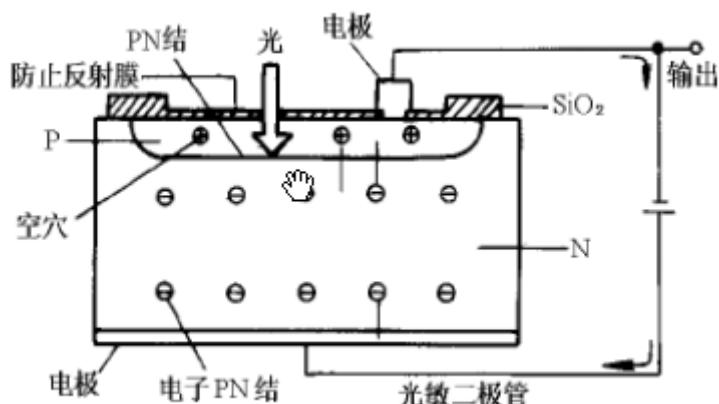


图 2.12 光敏二极管的工作原理

当光照射在 PN 结上时，PN 结将吸收到光线产生的光能，产生大量的电子，并由 P 型半导体上产生的电子流向 N 型半导体，因此，在 P 测电极和 N 测电极之间就会产生电流。光检测传感器就是利用光敏二极管的这一特点，将光照强度转换为电信号，输入 AFS 控制器，AFS 电子控制单元根据所检测到的光信号，判断是否需要自动开启或关闭前照灯。

以上是 AFS 较为重要的几种传感器结构及其工作原理，而在实际 AFS 传感器组中仍有许多不可缺少的传感器，如加速度传感器，车身侧倾传感器、车灯位置传感器和雨滴传感器等。

2.4 传输电路

传输通道是将传感器组检测到的各种汽车行驶状况的大量数据传输给电子控制单元，实现内部控制与各种传感器检测以及执行机构之间的数据通信。AFS 中通常选择 CAN (controller area network) 即为控制器局域网作为传输通道，CAN 是德国 BOSCH 公司为汽车监测与控制而设计的，用来解决汽车众多控制设备与仪器仪表之间的大量数据交换用硬件接线带来的问题^[34]。

CAN 总线作为网关获取有关控制车灯的信息，同时将该信息转换为 LIN 信息帧，通过 LIN 总线传输到各节点^[34,35]，它将汽车内部控制系统所需要检测的各种数据资源接受，并可以将信息发送给所需的其它电子模块，实现资源共享。

基于本论文 AFS 的控制方案，CAN 节点连接图如图 2.13 所示：

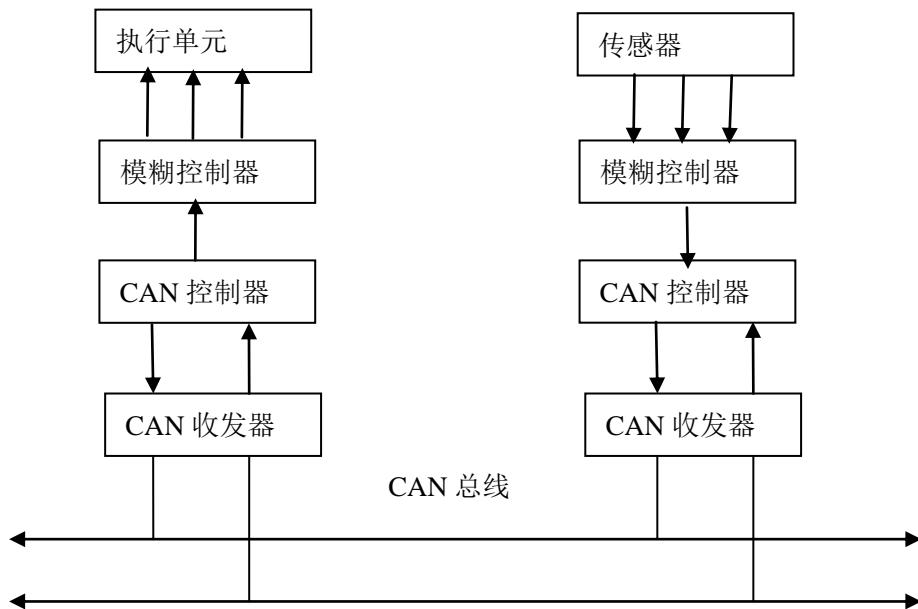


图 2.13 CAN 传输线路

2.5 AFS 电子控制单元

电子控制单元是 AFS 系统的关键。电子控制单元（简称 ECU）主要由微处理器、信号接口电路、驱动电路、监测电路等组成。控制器的微处理器为单片机，信号接口电路用于采集由 CAN 总线传来的车灯偏转信号，以及处理车速信号、方向盘转角信号、车身高度变化信号以及红外测距信号等。

目前销售的控制器可分别实现动态自动调光和弯道转向的两种功能，图 2.14 所示

AFS 控制器原理图中包括了动态调光、弯道转向功能，与动态调光控制器相比，AFS 控制器增加了变速箱档位信号、方向盘转角信号，即在倒车状态不启动弯道转向功能。车速为零时，执行静态调光功能，车速高于某个值的时候，启动 AFS 系统功能。输出多路 PWM 脉冲，控制水平旋转步进电机转动，并可的封装在电机内的霍尔角度传感器反馈的前灯转角信号。同时电子控制单元会检测传感器和执行器的工作情况，若传感器检测出现故障或电机出现丢步、停转以及不规则来回转等故障会及进行相应的处理判断，通过 CAN 总线通知车身网络。

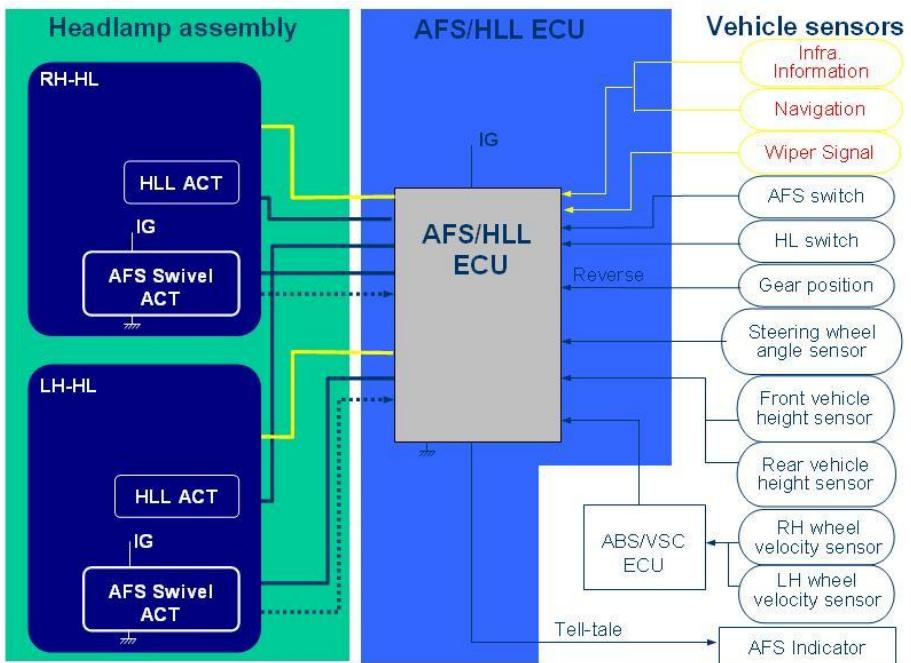


图 2.14 AFS 控制器原理图

在该 AFS 中，选用 MC 912XEPMAL 单片机作为电子控制器，来控制左右步进电机和调高步进电机，以实现车灯的自适应功能。

2.6 驱动执行机构

AFS 系统以实现不同功能为目的，驱动电路包括车灯水平转角和高度调整的驱动。电动机驱动电路中还设置有继电器，当系统出现异常后，迅速切断开关，断开电磁离合器，以保证系统安全。监测电路用于对系统进行保护，提高系统的安全可靠性，并且将故障用代码的形式存储记忆，方便以后分析故障原因。由于汽车的工作环境比较差，行驶工况复杂多变，因此还要求 ECU 应该具有良好的抗振动和抗噪声干扰能力等。其驱动执行机构选择性配装，每个公司都会有独特的设计。整体结构如图 2.15 所示：

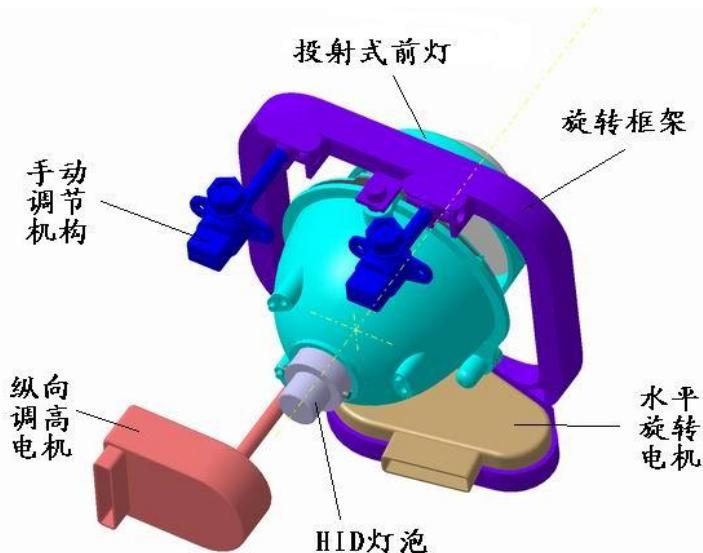


图 2.15 AFS 驱动执行安装结构图

步进控制系统主要由控制器，步进驱动器和步进电机组成，步进驱动器收到控制器传来的电脉冲信号，对脉冲进行分配和功率放大，控制步进电机的每一线圈是否导通，然后拖动工作台使其旋转。AFS 系统中主要的执行机构是四台步进电机，左前灯右前灯的左右偏转及调高角度分别由一台左右步进电机以及一台垂直调高步进电机控制。本论文选用四相反应式步进电，型号为 57BYG450-56，步距角为 $0.9/1.8^\circ$ 。

步进电机是一种特种电机，将控制器的电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环元件，作用于光轴对其前照灯左右或者上下角度进行调整，提供良好的照明光线^[40]。在非超载情况下，电机的转速、停止位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲信号数，脉冲数越多，电机转动的角度越大^[41]。步进电机的运行方向与定子的通电相序有关，改变通电方向，步进电机的运行方向改变。四相步进电机的工作原理如图 2.16 所示：

反应式步进电机的工作原理实际上是电磁铁的作用，当某相定子励磁后，它吸引转子，转子的齿与定子磁极上的齿相对齐，转子转动一个角度，换一相得电，转子又转动一个角度。当四相双四拍步进电机的得电顺序为：AB→BC→CD→DA→AB 时，步进电机顺时针旋转，当得电顺序为：AD→DC→CB→BA→AD，步进电机则逆时针旋转。

步进电机具有动作及时、平稳、寿命较长、不累计误差且适合单片机控制等优点。AFS 系统中步进电机控制的汽车前照灯的水平偏转角度调整范围为 $0\sim15^\circ$ ，垂直方向输出俯仰角调整范围是： $-3^\circ\sim5^\circ$ （规定车灯水平面为 0° 平面）^{[38][41-44]}。

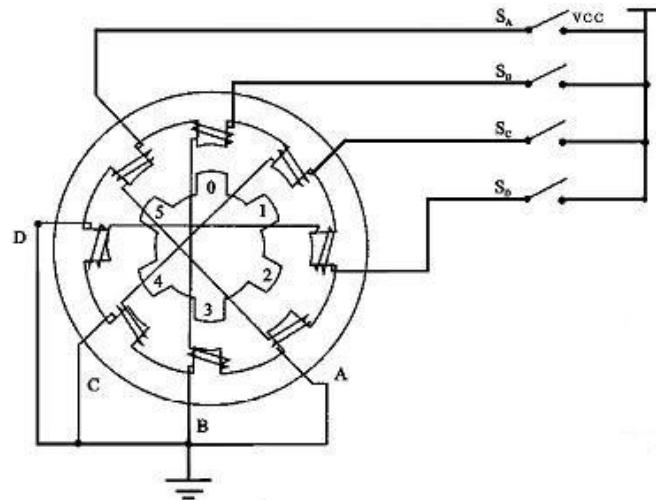


图 2.16 四相步进电机工作原理图

另外，为了防止步进电机出现丢步、停转或不规则来回转情况的发生，会在车灯光轴上安装霍尔式位置传感器，它可将车灯的位置实时的以电压形式反馈给 ECU，进而对步进电机工作情况进行实时的检测。

2.7 本章小结

本章介绍了 AFS 系统能够实现的各种功能，并与传统前照灯照明系统在几种照明模式下作了对比，设计了 AFS 系统实现前照灯偏转的整体控制方案。分析了 AFS 系统中所涉及到的硬件及软件组成，介绍了各种传感器以及驱动步进电机的工作原理，并选取了车速传感器，转向盘转角传感器以及车身高度传感器等关键传感器以及 MC912XEPMAL 单片机作为 AFS 电子控制器。

第三章 AFS 系统的设计需求及数学模型的建立

汽车在实际行驶过程中，行驶工况相当复杂而且不具预测性，AFS 在设计过程中，要满足各种工况以及路况的需求比较复杂而且任务艰巨。因此，汽车的数学模型以及仿真的设计显得尤为重要，从满足汽车的智能照明功能的需求出发，各种照明模式主要涉及到前照灯的左右偏转调光以及垂直方向上的调光。

3.1 AFS 系统设计需求

车辆夜间行驶时，为满足车辆在各种行驶状况都能得到较好的照明效果，确保安全行驶，论文从车灯的左右偏转调光以及车灯的垂直俯仰调光设计需求出发。

3.1.1 AFS 的左右偏转设计需求

汽车夜间行驶在弯道处时，传统前照灯由于无法调节车灯的照明范围，容易产生照射盲区，为行车带来了巨大的安全隐患。因此，AFS 的左右偏转设计主要是根据车速及转向盘转角来调整车灯转角，自动消除照明暗区，确保弯道处的照明距离及亮度。如图 3.1 所示：装有 AFS 的汽车照明光线明显有所加宽，改进弯道照明不足现象，提高弯道内侧可见度。



图 3.1 前照灯转弯时照明光线

目前，较为先进的 AFS 安装了非对称的近光灯，如下图 3.2 所示，汽车在右侧行驶时，其左侧光束的明暗截止线可以调整为大灯安装高度的 100 倍（假设大灯的安装高度为 65mm，其明暗截止距离可达 65m），这样可以看清路边的行人以及障碍物，但明暗截止线不允许由于大灯摆动而超过向左的预计车道^[46]。如图 3.2 所示：

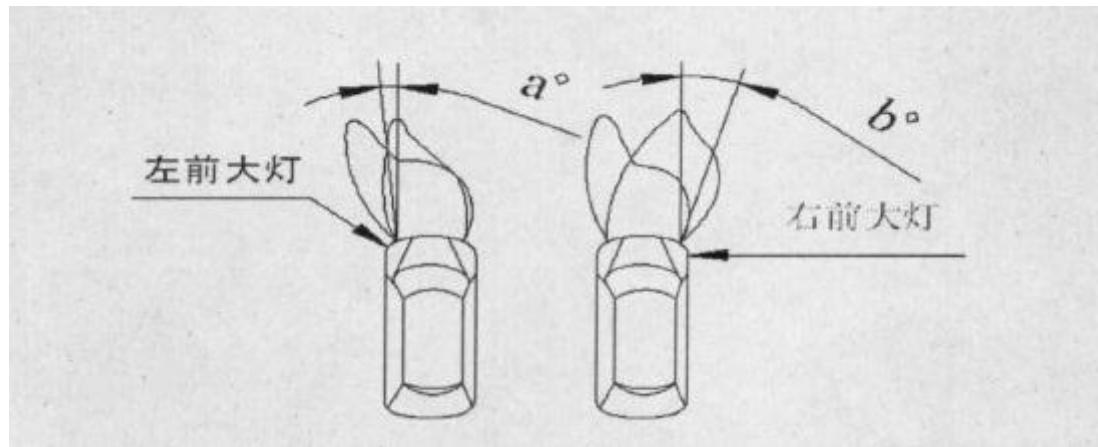


图 3.2 非对称近光灯照明光线

对于左右车灯属于不对称光源而言，依据我国车辆右行交通原则，左侧前大灯的转向范围是： $-15^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ，右侧前照灯的转向范围是： $-8^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。

3.1.2 AFS 的垂直偏转设计需求

车辆在转弯或者在上坡过程中，由于前后负载的变化，前照灯的照明光线也会有所变化，而且可能会给对面车辆造成眩光，给夜间行车带来了很多不便。

目前，为了解决会车时，前照灯照明光线给驾驶员带来的眩目影响，一般国内外车辆均采用简单的关闭远光灯、开启近光灯和脉冲照明的方法。在 AFS 系统中，车灯会依据车身高度传感器所感知的车身高度变化自动的调节车灯垂直俯仰角，眩目这一问题便可消除，使得夜间行车更加安全^[47]。根据国内外相关车灯法规的要求，并通过大量参考文献得出结论：车灯垂直的俯仰角范围是： $-3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ （规定车灯水平面为 0° 平面）。

在确定了前照灯自动调节的设计需求以及调节范围后，前照灯的自动控制需根据车速、转向盘转角以及车身高度信号等许多可检测车辆行驶状况的传感器信号共同对车灯进行实时调节。建立数学模型，设计仿真平台，并研究其主要的控制策略，使得执行机构根据车灯偏转要求能够快速及时的执行命令，达到行车安全的目的。

3.2 AFS 数学模型的建立

AFS 系统数学模型的建立是用来描述车辆行驶状况与实际照明需求的关系，可以输出最佳照明光束，为驾驶员提供良好的照明视野，数学模型的建立是试验台进行仿真分析的基础。建立正确合理的数学模型是非常重要的一个环节，论文用数学分析的方法分别建立了汽车前照灯水平方向和垂直方向的数学模型。

3.2.1 汽车前照灯水平方向偏转的数学模型

在汽车行驶时,为了避免发生交通事故,驾驶员需要及时的控制车速、转动方向盘来躲避危险并同时对汽车进行制动,汽车前照灯在水平方向发生偏转的数学模型与汽车的速度和弯道半径有关,根据阿克曼原理可得出弯道半径与外侧前轮转角的关系。然后依据外侧前轮转角与方向盘转角的转向关系可以推导出汽车前照灯的水平偏转模型。

车灯水平转角的模型推导:

依据上述介绍中可知,AFS智能照明的关键是在汽车的安全制动距离范围内为驾驶员提供最佳的照明光线,即前照灯的水平偏转模型是以安全制动距离为基础,推导车灯转角与车速、方向盘转角之间的关系。如图3.3所示:

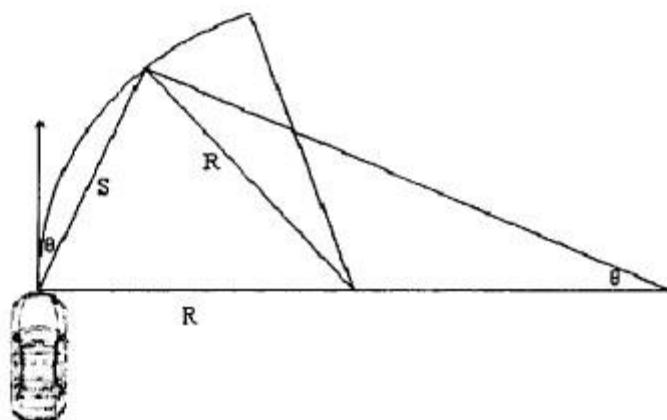


图3.3 车辆与弯道半径几何关系图

由图3.3可知:

$$\sin \theta = S/2R \quad (3.1)$$

其中: θ 为车灯转角;

S 为车辆的制动距离;

R 为弯道半径

车辆的制动距离与车辆的行车速度以及驾驶员的反应操作时间有着密切的关系,本模型的建立中不考虑驾驶员反应时间这一特定因素,只根据实际中车速与制动距离的经验总结拟合一定的车速与安全距离关系式,车速与安全制动距离经验表,如表3.1所示:

表3.1 车速与安全制动距离的关系

车速 (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
制动距离(m)	9	14	22	32	44	58	76	93	112

表3.1中,制动距离与车速的关系是离散的,为了表述车速与安全距离关系式,我们需对其进行拟合,得到制动距离和车速的表达式。本论文运用最简单最小二乘法进行

拟合, 设其曲线多项式为: $s = (a_2 v^2 + a_1 v + a_0)$

运用 labview 编程便可得出车速与安全制动距离的拟合关系式:

$$s = (0.0102v^2 + 0.0803v + 2.746)$$

其拟合曲线如图 3.4 所示:

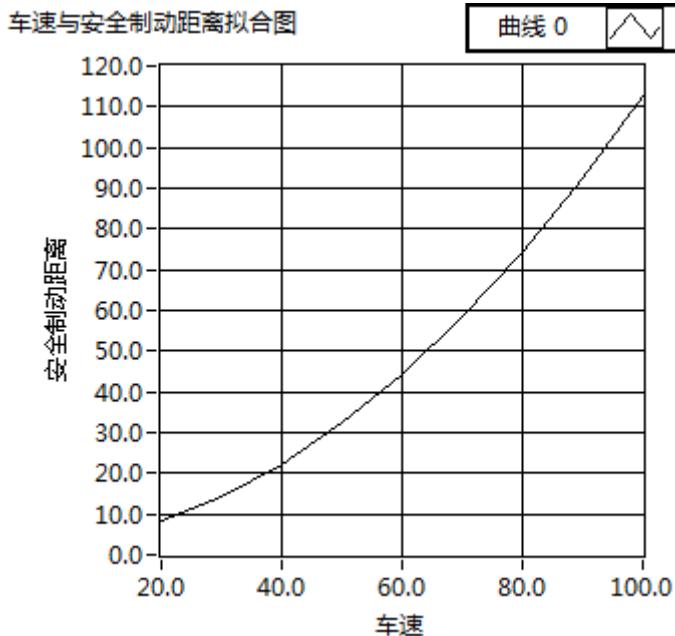


图 3.4 车速与安全制动距离拟合图

依据阿克曼转向几何原理推导外侧前轮与弯道半径的关系式:

根据图 3.5 可得:

$$\sin \delta_0 = D/R, \text{ 即 } R = \sin \delta_0 * D \quad (3.2)$$

其中: δ_0 为外侧前轮转角;

D 为汽车车身的参数即轴距;

而外侧前轮转向角与转向盘转角的关系如下:

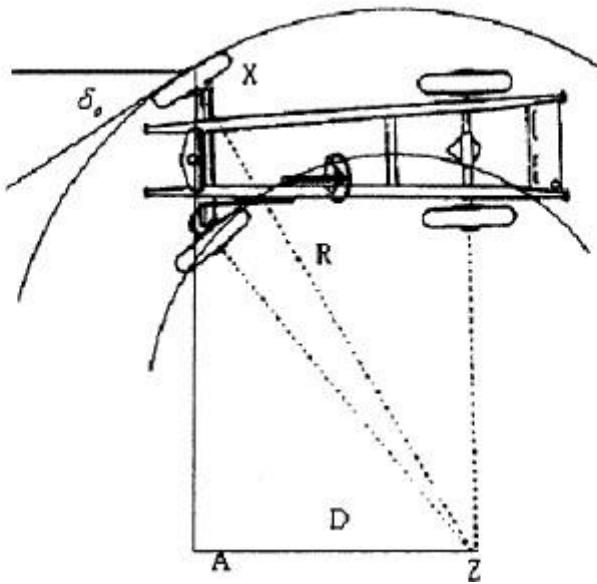
$$\delta_0 = k\varphi \quad (3.3)$$

其中: φ 为方向盘转角:

k 为转向特征系数。

综上可得, 汽车前照灯水平方向的偏转角与外侧前轮的转角和车速的关系为:

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\sin \delta_0}{2D}(0.0102v^2 + 0.0804v + 2.7476)\right) \quad (3.4)$$



3.5 阿克曼转向几何原理

3.2.2 汽车前照灯垂直方向偏转的数学模型

车辆在实际行驶过程是一个复杂的动态过程，仿真中需要考虑路谱输入对整个汽车系统的影响。因此其数学模型的建立相对较为复杂，鉴于现有研究条件，将车灯垂直方向偏转视为在两种特殊的情况下，即一种是由于载荷或道路状况，车身重心偏移，发生前后轴高度变化，另一种是遇到坡度时车灯需要调节照射距离，为满足驾驶员视觉需求，车灯垂直偏转角需相应的调整输出角。

3.2.2.1 车身俯仰时车灯垂直偏转的数学模型

汽车在行驶时，由于汽车载荷变化和路面的不平度引起车身高度的变化，前照灯的照射距离有所变化，智能车灯垂直方向的调整依靠车身高度传感器来实现。

模型推导如下：

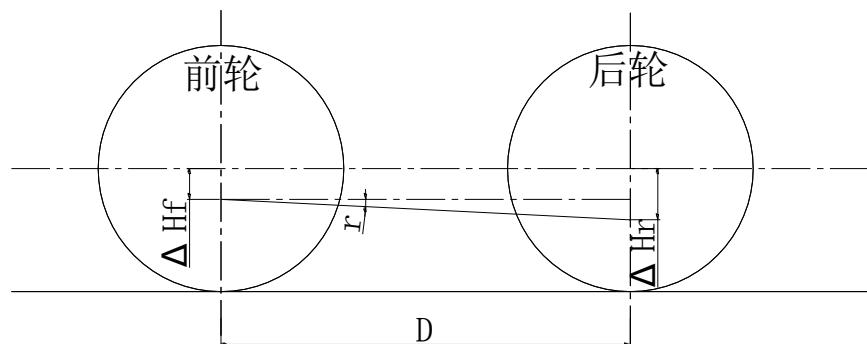


图 3.6 车身俯仰时车灯垂直偏转模型图

由图 3.6 可知：

$$\tan r = \frac{\Delta H_r - \Delta H_f}{D} \quad (3.5)$$

$$r = \arctan\left(\frac{\Delta H_r - \Delta H_f}{D}\right) \quad (3.6)$$

其中： r 表示车身俯仰角度；

ΔH_r 表示车辆后轴的高度变化；

ΔH_f 表示车辆前轴的高度变化；

$$\tan r_0 = \frac{H}{L} \quad (3.7)$$

其中： r_0 为车灯垂直输出角

H 为车灯光轴距离地面的高度

L 为车灯安装固定的照射距离

综上所述 车灯垂直输出角度

$$\delta = r + r_0 = \arctan\left(\frac{\Delta H_r - \Delta H_f}{D}\right) + \arctan\frac{H}{L} \quad (3.8)$$

3.2.2.2 上坡时车灯垂直方向偏转的数学模型

当汽车在行驶过程中遇到坡度时，前照灯的照明光线对行车安全有很大的影响，其车灯的调整与车速以及坡度的大小有着密切的关系。

建立一上坡时车灯垂直偏转的数学模型，该模型基于红外探测器探测到的距离计算坡度值，在车辆行驶过程中，每隔一时间差之内计算出一个坡度值，然后再不断的修正取平均值，使得接近实际路面的坡度，根据预先设定的车灯调整角度计算车灯是否需要做垂直调整。

上坡时垂直方向偏转的数学模型的建立：

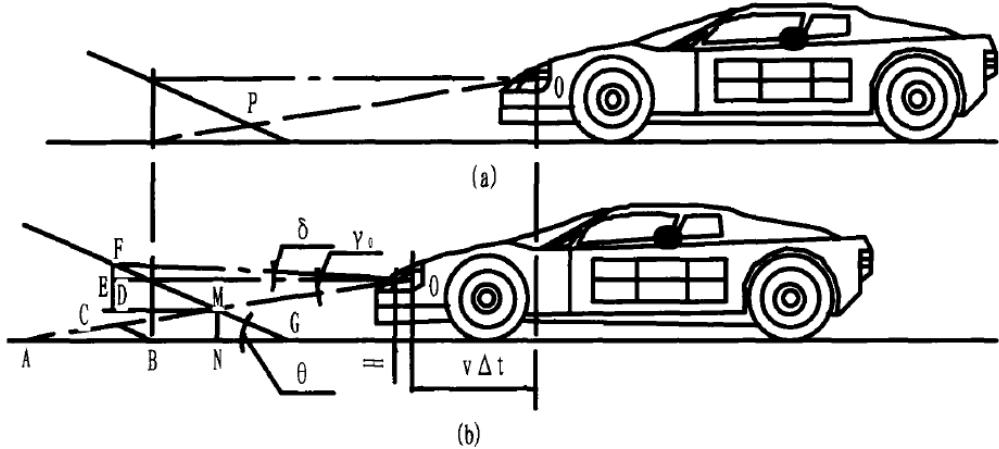


图 3.7 上坡时车灯垂直方向偏转模型示意图

由3.7 可知：

$$\tan \delta = \frac{EF}{OE} \quad (3.9)$$

$$EF = DF - DE \quad (3.10)$$

$$DF = FM \times \sin \theta \quad (3.11)$$

$$OE = L_2 \times \cos r_0 + FM \times \cos \theta \quad (3.12)$$

在 ΔAMG 中，根据正弦定理可得出：

$$\frac{AM}{\sin \theta} = \frac{MG}{\sin r_0} = \frac{AG}{\sin(\pi - \theta - r_0)} \quad (3.13)$$

$$AG = \frac{\sin(\theta + r_0)}{\sin \theta} AM \quad (3.14)$$

$$MG = \frac{\sin r_0}{\sin \theta} AM \quad (3.15)$$

$$AM = L - L_2 \quad (3.16)$$

$$FM = FG - MG = AG - MG = \frac{\sin(\theta + r_0) - \sin r_0}{\sin \theta} (L - L_2) \quad (3.17)$$

$$\delta = \arctan \left(\frac{(\sin(\theta + r_0) - \sin r_0)(L - L_2) - L_2 \sin r_0}{(\sin(\theta + r_0) - \sin r_0)(L - L_2) \operatorname{ctg} \theta - L_2 \cos r_0} \right) \quad (3.18)$$

其中： δ 为车灯垂直方向调整角度；

r_0 为车灯垂直输出偏转角；

θ 为道路坡道值；

L 为红外探测器探测光束与前照灯远光光束中心位置一致时的探测距离；

L_1 为在图 a 位置时红外探测器探测的距离；

L_2 为在图 b 位置时红外探测器探测的距离；

坡度的大小根据红外探测器的探测距离推导得出，其推导如下：

在 $\triangle ABC$ 中，根据正弦定理得出：

$$\frac{AC}{\sin \theta} = \frac{BC}{\sin r_0} \quad (3.19)$$

$$\theta = \arcsin \left(\frac{AC}{BC} \sin r_0 \right) \quad (3.20)$$

再根据余弦定理可求出：

$$BC = \sqrt{AC^2 - AB^2 - 2AC \times AB \cos r_0} \quad (3.21)$$

$$AC = L_1 - L_2 \quad (3.22)$$

$$AB = vt \quad (3.23)$$

$$\theta = \arcsin \left(\frac{L_1 - L_2}{\sqrt{(L_1 - L_2)^2 - (vt)^2} - 2(L_1 - L_2)(vt) \cos r_0} \sin r_0 \right) \quad (3.24)$$

$$\tan r_0 = \frac{H}{L} \quad (3.25)$$

$$r_0 = \arctan \left(\frac{H}{L} \right) \quad (3.26)$$

其中： H 为车灯中心轴距离地面的高度

v 为汽车行驶速度

t 为汽车从位置 1 (图 a) 到位置 2 (图 b) 经过的时间

上述推导出的道路坡度值只是一个短暂的时间段估测出的坡度值，它具有很大的局限性，存在着一定的误差，在车辆实际行车过程，需将每隔一时间检测到的坡道值取其平均值，已达到所计算的坡道值更加接近实际路面的坡道值。即公式：

$$\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n}{n} \quad (3.27)$$

综上所述，根据红外探测器探测距离我们可计算出前方路面坡道值，以及车灯垂直方向需调整输出的角度 $r = r_0 + \delta$

前照灯自动控制的关键在于控制模型的建立，基于以上数学模型的建立，本论文进行系统仿真，并分析仿真结果，为以后的进一步研究奠定基础。

3.3 本章小结

分析了 AFS 系统设计需求，依据阿克曼转向原理建立了汽车前照灯水平偏转的数学模型，并将汽车前照灯垂直方向的偏转视为车身俯仰和上坡时两种情况来研究，建立了汽车前照灯垂直方向上两种不同的数学模型，为以后的仿真分析奠定了一定的数学基础。

第四章 AFS 系统的仿真分析

基于对前照灯自动控制模型的建立，本论文运用对汽车前照灯水平偏转以及前照灯垂直方向输出角进行了仿真。

4.1 汽车前照灯水平方向偏转的仿真

为仿真程序更为简单易懂，且分析容易论文运用 labview 对以上数学模型进行图形化编程，Labview 是一种面向对象的图形化编程语言，它是一个使用图形符号来编写程序的编程环境，不同于传统的编程语言，如 C 以及 C++，这些语言使用文本方式编程。运用 Labview 功能强大的图形编程 G 语言，其操作简单、易懂，能够成倍地提高工作效率，且拥有功能强大的图形用户界面易于编程，数据流程容易理解，没有复杂的语言编程，而且它对仿真、结果显示都简单易懂^[49,50]。

在 labview 仿真软件中进行仿真，其车灯水平偏转前面板程序显示如图 4.1 所示：

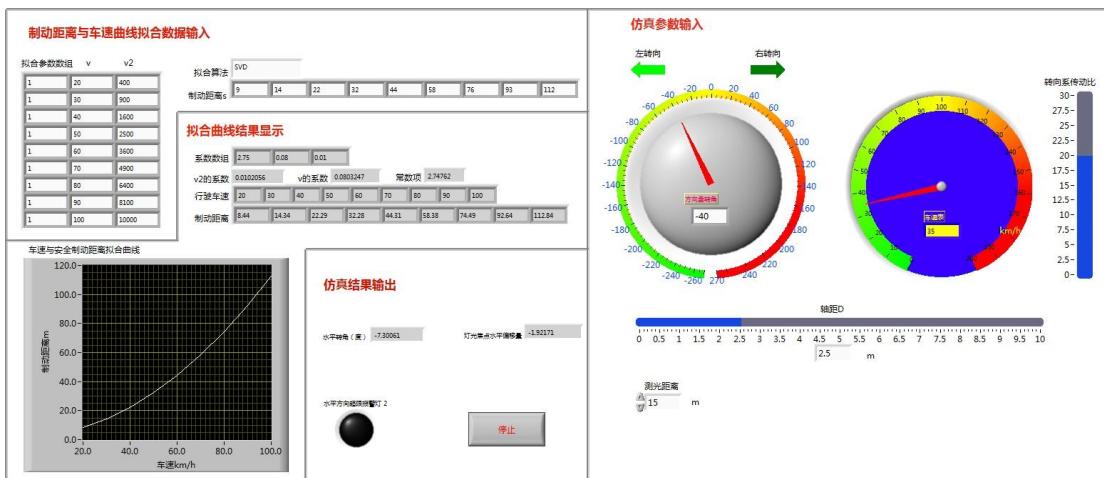


图 4.1 车灯水平偏转仿真前面板

若方向盘转角为定值时，而车速在 0~70km/h 之间变化时，其车灯水平偏转角度随车速变化的仿真框图如 4.2 所示：

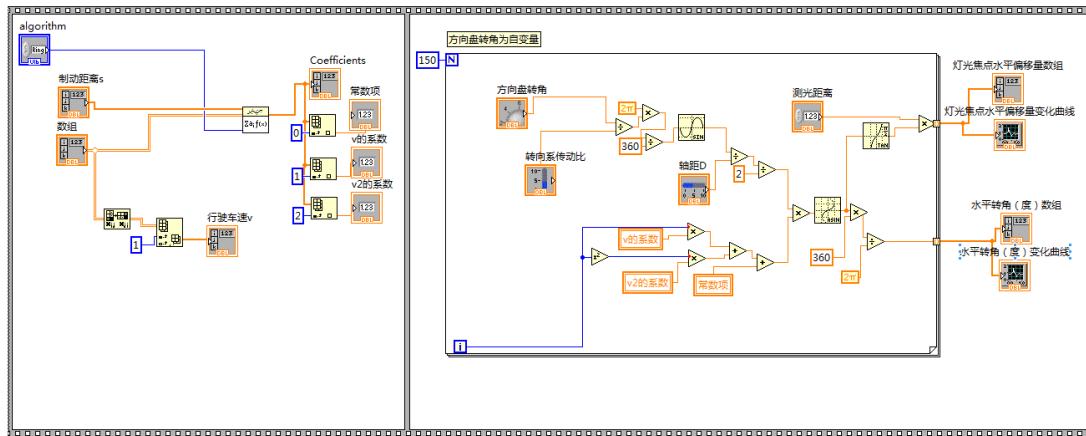


图 4.2 车速随车灯水平转角变化仿真框图

若方向盘转角为 40 时, 针对某一具体车型, 取转向传动比为 20, 而轴距等于 2.5 时, 其车速与车灯水平转角变化曲线如图 4.3 所示:

由图中可以看出, 当方向盘转角一定时, 汽车前照灯偏转随速度的增加而增大, 且速度越大, 车灯对转向盘转角的变化幅度越大。然而, 当汽车在弯道行驶时, 其转弯速度一般不超过 70km/h, 故车灯的偏转一般不会超过 15°。

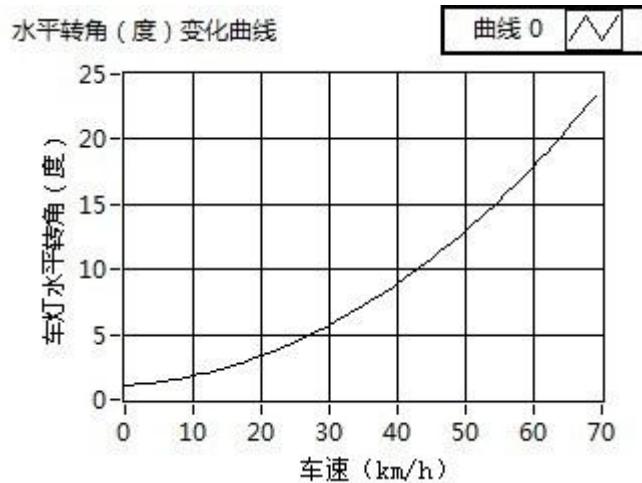


图 4.3 灯水平转角随车速变化曲线图

若车速为定值时, 其车灯水平偏转角度与转向盘转角变化的仿真框图如 4.5 所示:

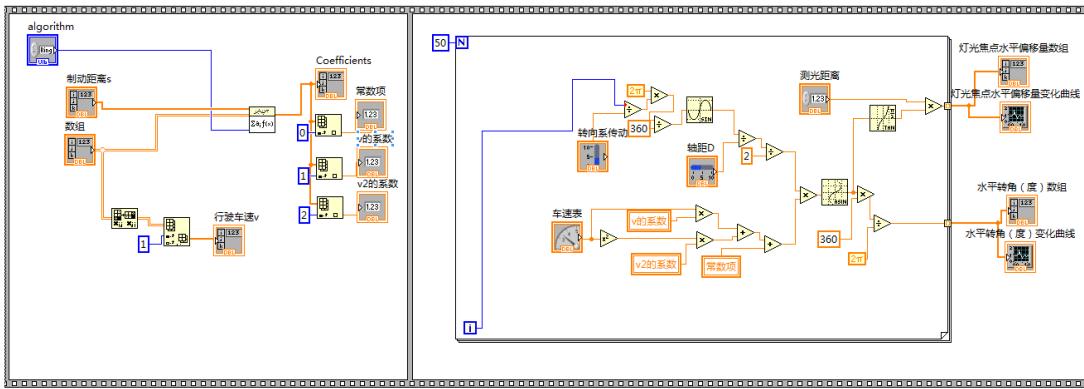


图 4.4 车灯水平转角随方向盘转角变化的仿真框图

如车速为 30km/h 时, 针对某一具体车型, 取转向传动比为 20, 而轴距等于 2.5 时, 其车灯水平偏转的角度与方向盘转角的变化曲线如图 4.5 所示:

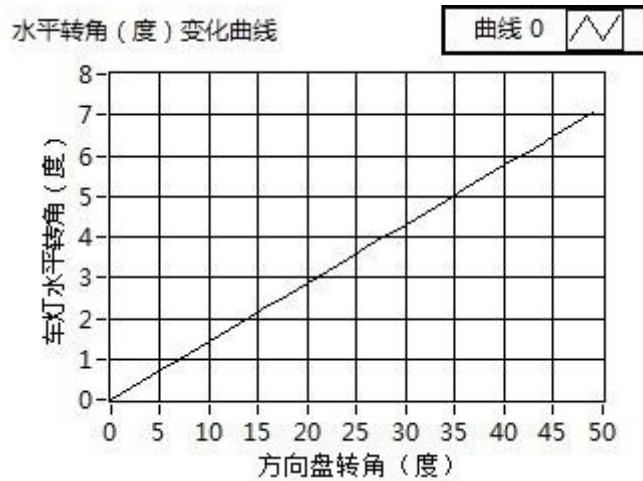


图 4.5 车灯水平转角随方向盘转角变化的曲线

从图 4.5 中可以看出, 若汽车在转弯时车速保持不变, 当方向盘转角越大, 车灯需偏转的角度就越大, 在方向盘角度不是很大的情况下, 这与实际行车过程中, 转方向盘角度越大, 表明弯道越大, 则需车灯偏转角度越大相符合。

在实际行车过程中, 当汽车转弯时, 其转弯速度不会超过 70KM/h, 因此在以下框图中, 我们设定车速在 0~70KM/h 之间变化, 将其转向盘转角方向盘设定在 0~180° 之间变化, 对车灯的偏转与转速、转向盘转角进行实时仿真, 其仿真框图如图 4.6 所示:

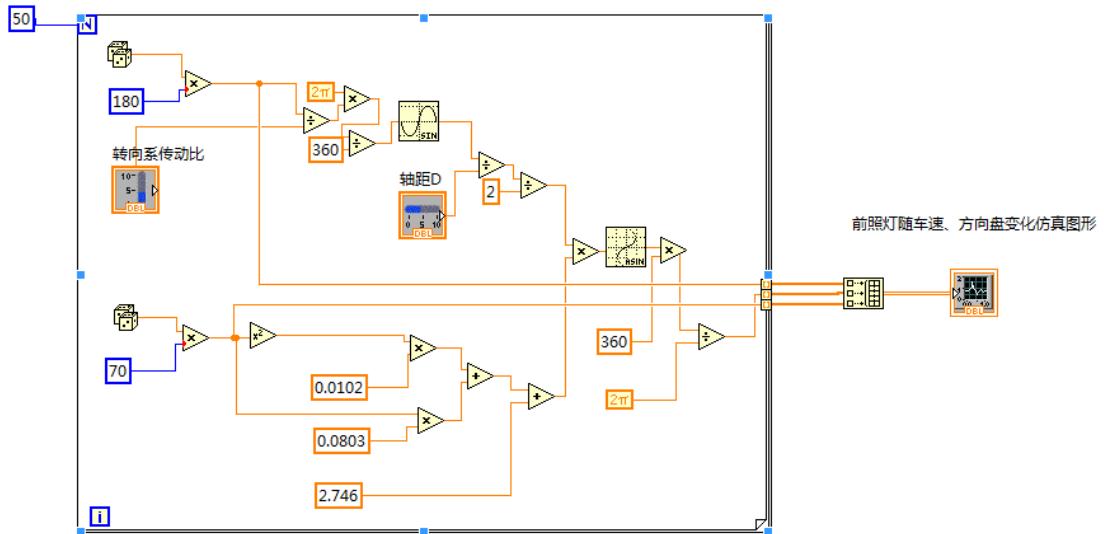


图 4.6 前照灯水平偏转程序框图

针对某一具体车型，取转向传动比为 20，轴距等于 2.5 时，

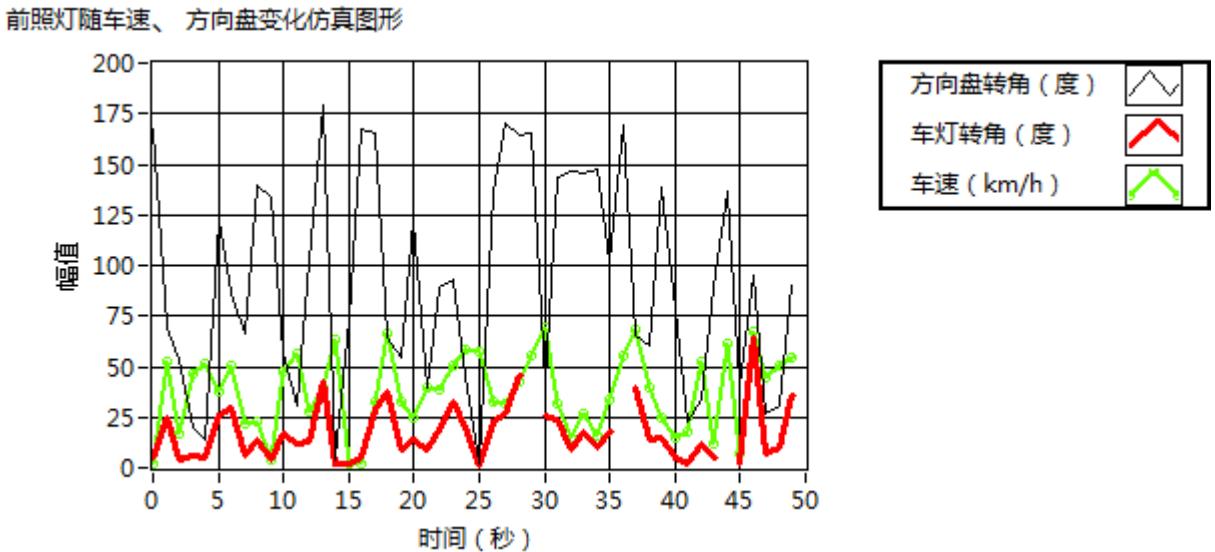


图 4.7 前照灯水平偏转仿真

图 4.7 中是以转向盘顺时针转动来仿真，反映汽车前照灯与车速、方向盘转角之间的实时动态变化关系。从图中可以看出车灯偏转与车速、方向盘转角变化规律与实际行车经验相符合。例如，当车辆转弯速度为 30KM/h，方向盘转角 50 时，车灯偏转转角为 7°。

在仿真过程中，由于我们将车速与方向盘转角设定为在某一范围内的随机变化值，因此得到的是一条连续平滑的曲线，从图中 4.8 中可以看出当车速同转向盘转角同时都很大的情况下，车灯转角也很大，然而在实际行车过程中，车速与方向盘转角是瞬间变化而呈阶跃式，这种情况的出现可能极其小，这样的状况下车灯的偏转角度则意义不大。

以上仿真基于较为简单的阿克曼转向几何原理得出的，同其他汽车前照灯水平偏转模型存在着一定的差距，因而结论也会具有一定的差异性。

4.2 垂直方向偏转的仿真分析

4.2.1 车身俯仰时车灯垂直偏转

根据上一章建立的车身俯仰静态模型即公式 3.8，其中 L 是汽车前照灯车灯安装时的固定照射距离，而实际车灯的照射距离是与车速有关的，在车身俯仰时车灯垂直偏转的仿真分析仅考虑汽车本身由于载重、汽车加速时加速度变化以及颠簸路面使得汽车车身会前后俯仰，造成前照灯俯仰角度的变化。

当汽车重心位置后移即汽车后倾时，运用 labview 进行仿真可得出其车灯垂直输出角度与车身高度变化的曲线对应关系，其仿真框图如图 4.8 所示：

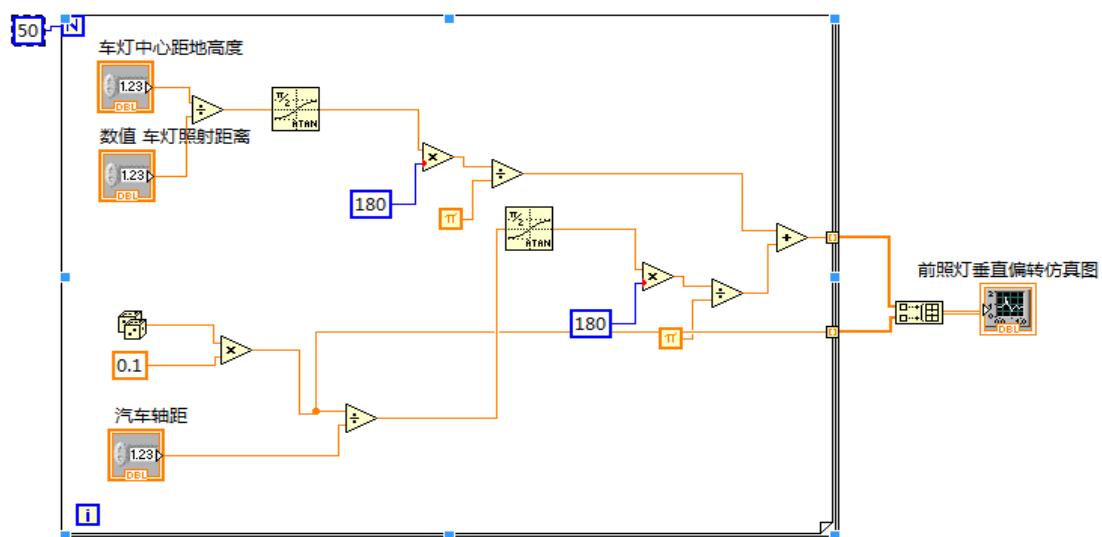


图 4.8 车灯俯仰时车灯垂直偏转角仿真框图

根据实际行车经验，可知其车身前后轴高度传感器变化范围在 $-10 \sim 10\text{cm}$ 之间，故当汽车重心位置后移即汽车后倾时，前后轴高度变化差设定在 $0 \sim 10\text{cm}$ ，而前照灯安装中心距离地高度，应在 $500\text{mm} \sim 1200\text{mm}$ 之间，具体的数值因车型的不同而不同。针对某一具体车型，令 $H=0.5$ ， $D=2.5\text{m}$ ， $L=110\text{m}$ ，汽车车身高度变化差与车灯垂直俯仰角实时动态仿真如图 4.9 所示：

从图 4.9 中可以看出，车身高度变化在较小的范围内变化，车灯的照射俯仰角度变化较大，例如，当车身前后轴高度变化差为 9cm 时，车灯垂直调整角度大约 2.3° ，由此可知夜间行车时，车身由于载重、汽车加速时加速度变化以及颠簸路面使得汽车车身会前后俯仰，汽车智能前照灯及时调整垂直输出角，以改变照明光线不足的现象，及时避

免交通事故的发生。

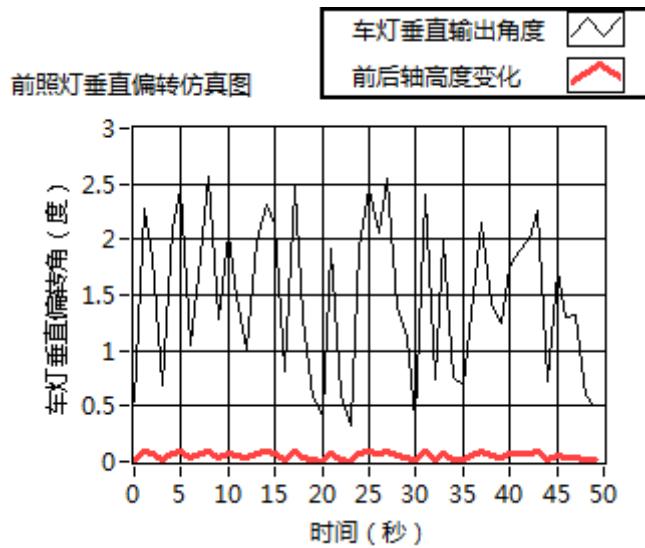


图 4.9 车身俯仰时车灯垂直输出仿真

4.2.2 上坡时前照灯垂直方向偏转仿真

基于前一章上坡时车灯垂直偏转数学模型的建立，根据公式

$$\delta = \arctan \left(\frac{(\sin(\theta + r_0) - \sin r_0)(L - L_2) - L_2 \sin r_0}{(\sin(\theta + r_0) - \sin r_0)(L - L_2) \operatorname{ctg} \theta - L_2 \cos r_0} \right)$$

我们运用 Labview 进行编程仿真，分析坡道与车灯垂直偏转之间的变化关系。

由于该编程框图较为复杂，论文将不显示具体编程方式，数据流程，在仿真过程中我们设定红外探测器探测距离在 0~120m 之间变化，当车速为 60KM/h 时，则可得出坡道与车灯垂直偏转输出角的仿真图形，如图 4.10 所示：

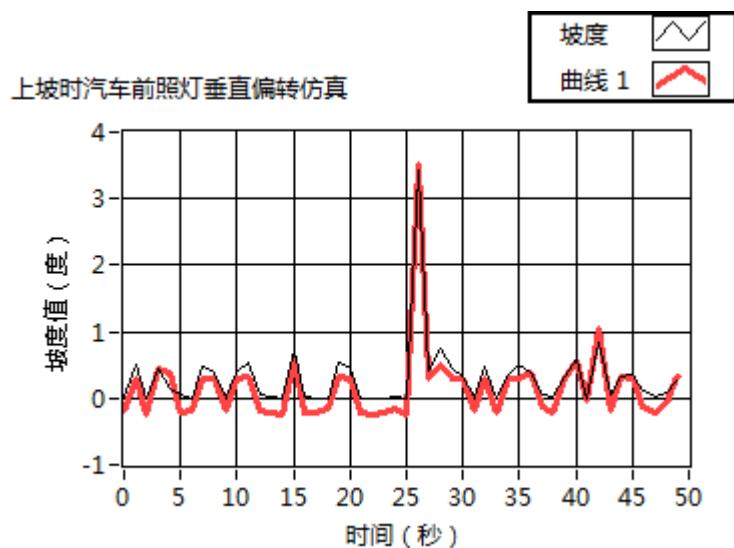


图 4.10 上坡时车灯垂直输出仿真图

根据红外探测器在一定的时间间隔内探测到的距离，汽车自适应照明系统根据系统内置模块预测出前方道路变化，及时调整车灯垂直输出角度的变化，由图 4.10 可知，车灯垂直偏转角与坡度值几乎保持一致。

上述是车灯垂直偏转仿真是基于车辆的静态分析，在实际仿真过程中需考虑道路路谱输入对整个汽车系统的影响，且实际行车是一个动态的过程，是一个较为复杂的仿真过程，由于条件限制，论文只是定量的将其车灯偏转与行车过程中的各种影响因素做了仿真分析，得出了与实际情况相符合的分析结果，为以后的进一步研究奠定了坚实的基础。

4.3 本章小结

本章首先运用 Matlab/simulink 对水平偏转模型进行线性定量的仿真分析，确定模型的可行性，并基于 Labview 仿真软件的强大功能以及编程容易等优点，利用其对车灯的水平以及垂直偏转进行实时仿真，并对其仿真结果进行分析，得出模型建立相对较为符合实际状况的结论。

第五章 AFS 系统控制策略的研究

在前面章节中，建立了汽车前照灯水平偏转以及垂直偏转的数学模型，并基于所建立的数学模型，进行了仿真分析。目前，传统的控制系统，对数学模型的建立要求较高，及要求有精确的传递函数或状态方程。而在实现汽车前照灯控制过程中，需考虑振动，车身固有参数等重要影响因素。因此在实际控制过程中，控制方法的选取对其输出精度以及响应特性有着很大的影响。

5.1 模糊控制策略的选择

智能控制将传统的控制理论方法和人工智能技术灵活地结合起来，具有学习、抽象、推理、决策等功能，并能够根据环境信息的变化做出适应性反应，从而实现类似于人的控制，它是自动控制发展的最新阶段。随着神经网络、模糊数学、专家系统、进化论等学科的进一步发展，产生了各种智能控制方法，常规的智能控制方法有模糊逻辑控制、神经网络控制、专家控制和仿人工智能控制^[51-54]。

本系统中，根据建立的数学模型以及仿真分析可得出，在实际行车过程中，车灯的水平偏转角度与汽车本身的一些固有特性有很大的关联，如方向盘转角灵敏度、汽车本身的避震程度、车辆底盘的调校等。为了能够对车灯实现更有效的控制，本系统采用了模糊控制策略对步进电机进行控制。

模糊控制的基本思想是将人类专家对特定对象的控制经验，运用模糊数学这一理论基础，把人的控制策略的自然语言描述转换为计算机所接受的算法语言并模拟人的思维以及一些数学模型对被控对象进行有效的控制^[56-59]。具体优点如下：

(1) 模糊控制是依据操作员经验对被控对象实现控制，无需建立被控对象精确的数学模型；

(2) 模糊控制运用人类思维产生的模糊量及语言决策规则，模拟人工控制的过程和方法，控制系统的适应能力强，更加智能化。

(3) 模糊控制是以语言决策规则为核心设计的，利用这些控制规律间的模糊连接，容易找到折中的选择，符合人们控制过程的直观描述，使控制效果优于常规控制器。

(4) 模糊控制具有很好的鲁棒性以及适应性，外界干扰以及参数变化对控制效果的影响不大，尤其适合于非线性、时变及纯滞后系统控制。

其控制原理框图 5.1 所示：

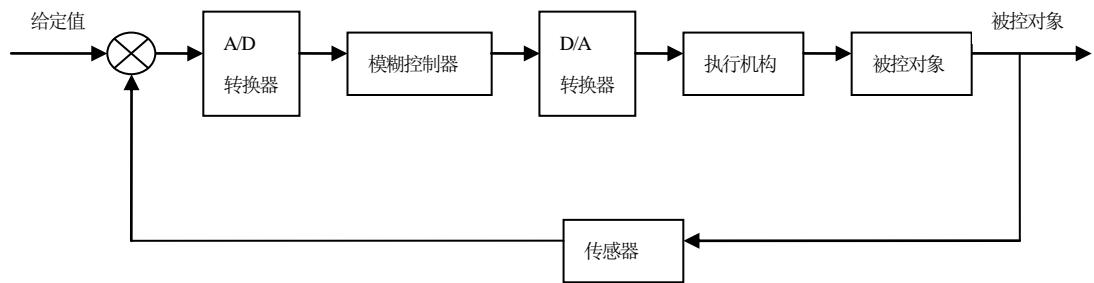


图 5.1 模糊控制原理框图

5.2 模糊控制器的系统组成

模糊控制过程中，关键是对模糊控制器核心的设计。其结构如图 5.2 所示：

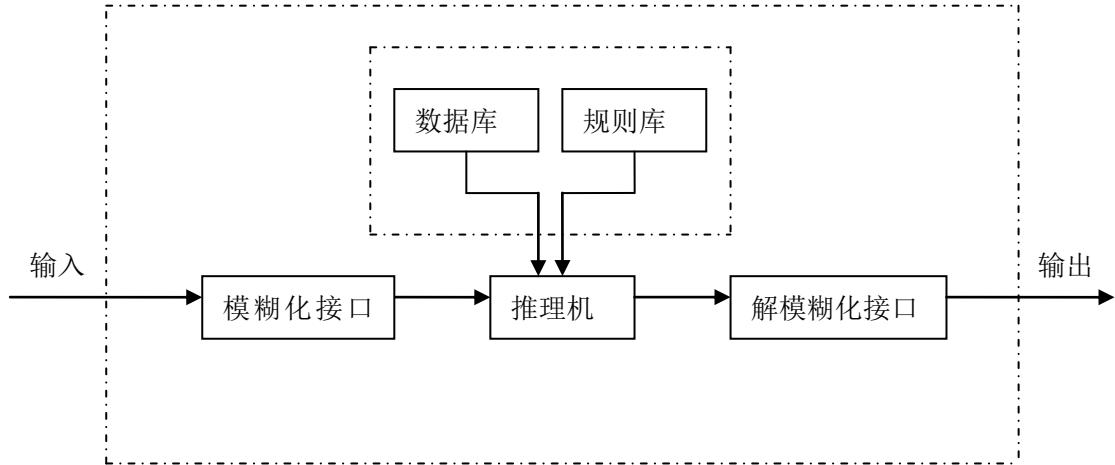


图 5.2 模糊控制器组成

从图 5.2 中可以看出模糊控制器的基本工作原理是：将测量得到的被控对象的状态经过模糊化接口转换为人类语言描述的如大中小等模糊集合，然后依据控制决策进行模糊推理，然后再将输出的模糊量经过解模糊接口转换为精确量，再将精确量加入到执行器。

5.3 汽车前照灯水平偏转控制器的设计

根据前面分析所建立的车灯水平偏转控制模型，本论文确定输入变量为车速和转向盘转角 φ ，输出为车灯偏转角度 θ ，由输入输出参数构成了一个单变量二维控制模糊器。该模糊控制不需要反馈信号，因此只考虑其输入输出之间的定量关系^[57]。其控制结构图

如 5.3 所示：

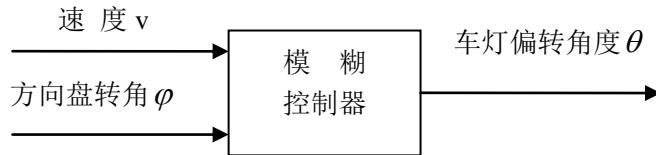


图 5.3 模糊控制器结构图

5.3.1 确定输入输出变量以及量化因子

前照灯水平偏转模糊控制器的输入是将速度、方向盘转角传感器检测到得信号模糊化，将精确量模拟成人所能感知的大中小模糊矢量。

汽车前照灯模糊控制器的车速和方向盘转角以及车灯偏转角度的实际变化范围及为我们要确定的基本输入输出变量的基本论域。它是根据车速、方向盘转角以及车灯偏转角的实际输出经验值来适当选取的变化范围，其中的量均为精确量。其基本论域确定如下：

车速的基本论域：由实际行车经验可得汽车转弯时速度一般低于直线行驶时速度，根据车辆右转弯速度的预报方法的研究表明，85%的车辆在转弯口的速度是 27.4 到 46.7 km/h，而转弯速度是 20.9 到 33.8 km/h^[60]。于此我们取速度的基本论域为{0, 60}，将

其量化为 9 个等级{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}，其车速的量化因子为 $k_v = \frac{L}{v_{\max}} = 8/60 = 0.133$ ，

这样即可得对应于实际检测到得车速与量化论域车速的关系式： $x_v = \text{int}(k_v v + 0.5)$ 。

方向盘的基本论域：方向盘的转角为 $\pm 540^\circ$ ，故取方向盘转角的基本论域为{ -540° , 540° }，量化其为 13 个等级{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}，即方向

盘转角量化因子为 $k_\varphi = \frac{M}{\varphi_{\max}} = 6/540 = 0.01$ 。这样即可得对应于实际检测到得方向盘转角

与量化论域方向盘转角的关系式： $x_\varphi = \text{int}(k_\varphi \varphi + 0.5)$ 。

车灯水平偏转的基本论域：基于车灯水平偏转模型的建立，本论文取车灯水平偏转角度范围为{-15, 15}，将其为 13 个等级{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}，其车灯输出转角的比例因子为： $k_\theta = \frac{\theta_{\max}}{N} = 15/6 = 2.5$ 。

其控制的精确量为经过模糊控制决策计算的模糊控制量，乘以量化因子，再根据实

际经验加以修正（根据大量参考文献一般是加 $3\sim 5^\circ$ ），得到最佳的控制量。

在确定其输入输出的基本论域过程以及实际的控制系统中，量化因子和比例因子是至关重要的选择，控制器设计好坏的评价，与控制规则、量化因子以及比例因子有着密切的关系。

在车灯模糊控制器实际量化因子和比例因子的确定过程中，若增大车速、方向盘转角量化因子，则其车速、方向盘转角的基本论域就缩小。反之，若减小量化因子，则基本论域就增大，这样将影响控制器误差控制的灵敏度，若车灯偏转比例因子选择太小，则系统响应速度变慢，系统的稳态偏差增大。

5.3.2 模糊集合和模糊控制隶属函数的确定

模糊集理论是模糊控制的基础，模糊集一般在 0 与 1 连续变化间取其逻辑值。传统的控制方法是运用数据信息解决人类实际问题，而人类面临的许多实际问题是模糊的，是一种经验性的语言信息。因此，运用模糊语言来解决许多实际问题是当前发展的智能需求，早在 1965 年 L.A.Zadeh 教授便提出了模糊集合这一模糊数学工具，它是把人的模糊思维概念有效充分的用较为简单的数学形式表述的语言信息转换工具。

模糊控制的是以模糊集合为数学基础的，它引用了隶属函数这一概念，描述事物对模糊概念的从属度。在 Matlab 中已经开发出了 11 种隶属函数，在模糊控制中应用较多的隶属函数有以下 6 种隶属函数。其中包括高斯型隶属函数、广义钟型隶属函数、S 形隶属函数、梯形隶属函数、三角形隶属函数和 Z 形隶属函数。

本论文中我们选用的是等腰三角形隶属函数，它能简单有效的表述车速、转向盘转角模糊子集的隶属度，能够反映出其模糊现象的具体特点。

速度模糊子集的确定：将速度建立为 5 个模糊子集：{很小，小，适中，大，很大}，即{VS, S, M, B, VB}；隶属函数为等腰三角形。

在 matlab 的 command 中输入 fuzzy 命令，即可打开模糊控制器界面。其速度模糊控制器界面如图 5.4 所示：

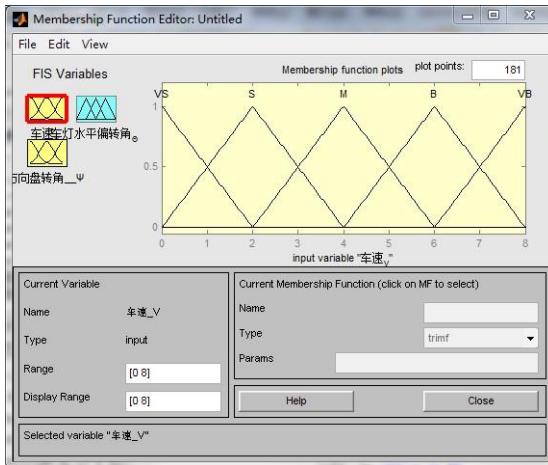


图 5.4 车速模糊论域隶属函数

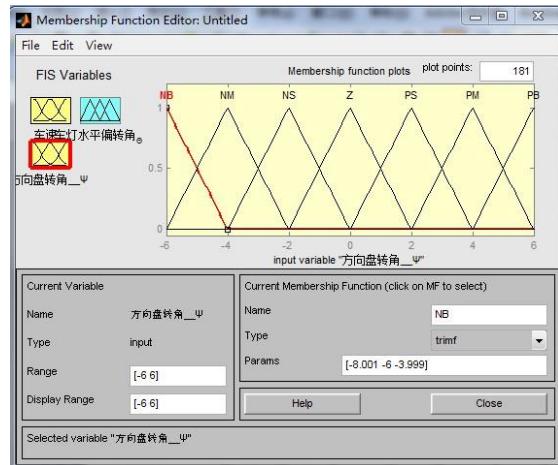


图 5.5 方间盘转角模糊论域隶属函数

根据其隶属函数图可知其车速的模糊变量 v 的赋值表, 如表 5.1 所示:

表 5.1 车速 V 的模糊赋值表

隶属度	0	1	2	3	4	5	6	7	8
VS	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
VB	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1

方向盘转角模糊子集的确定: 将方向盘转角建立 7 个模糊子集, {负大, 负中, 负小, 零, 正小, 正中, 正大}, 即 {NB, NM, NS, Z, PS, PM, PB}

在 Matlab 的 command 中输入“fuzzy”命令, 将打开模糊控制编辑器, 设定语言变量及属性, 使得其方向盘转向角的隶属函数曲线曲线图, 如图 5.5 所示:

根据其隶属函数图可知其车速的模糊变量 v 的赋值表, 如表 5.2 所示:

表 5.2 方方向盘转角 φ 的模糊赋值表

隶属度	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
NB	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Z	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	

5.3.3 模糊控制规则的建立

模糊控制器的主要工作是依据控制语言规则进行模糊决策推理, 控制规则是基于专家经验或操作者长期积累的储存在操作者头脑中的一种技术知识集合来确定的。它是模

拟人类控制特征的一种语言控制器，体现人的某种思维控制方式，它的建立需要考虑模糊器设计的结构，并要依据大量的实验数据以及专家经验，需经过长期实验并不断去粗存精，形成一系列具有模糊控制条件语句的语言控制规则。

模糊控制规则是模糊控制的核心，它的优劣直接影响着模糊控制器性能的好坏，要求控制规则合理，规则具有一致性等。确定模糊控制规则是要保证控制器的输出能使系统的输出响应的动静态特性达到最佳。

根据转向盘转角、车速与汽车前照灯水平偏转的仿真分析以及在实际中行车经验，本论文建立以下模糊控制决策，如表 5.3 所示：

表 5.3 车灯水平偏转控制规则表

车灯水平偏转角		车速				
		VS	S	M	B	VB
方向盘转角	NB	Z	NM	NB	NB	NB
	NM	Z	NM	NM	NB	NB
	NS	Z	NS	NS	NM	NM
	Z	Z	Z	Z	Z	Z
	PS	Z	PS	PM	PM	PM
	PM	Z	PM	PB	PB	PB
	PB	Z	PM	PB	PB	PB

模糊控制规则实际上所表示的是从输出基本论域 X 到输出控制量基本论域 Y 的一种模糊控制关系 \underline{R} ，在论域有限的情况下， \underline{R} 可用矩阵形式表示。

根据以上控制规则，采用数学符号进行描述，本论文选用 Mamdani 控制规则为模糊控制规则：

建立模糊控制推理语句：

If $v = X_i$ and $\varphi = Y_j$ then $\theta = Z_k$

其中， $i=1,2,3,\dots,9$ ； $j=1,2,3,\dots,13$ ； $k=1,2,3,\dots,7$

控制规则模糊关系表示为

$$\underline{R} = \bigcup_{\forall x_i y_j z_k} (X_i \times Y_j) \times Z_k$$

$$Z = (X \times Y) \circ \underline{R}$$

在模糊控制器高级属性设置框中编辑模糊规则，编辑完模糊规则后，利用二维模糊控制器高级属性设置框中的 View 命令查看规则观察器，以及输入输出曲面关系，分别如图：

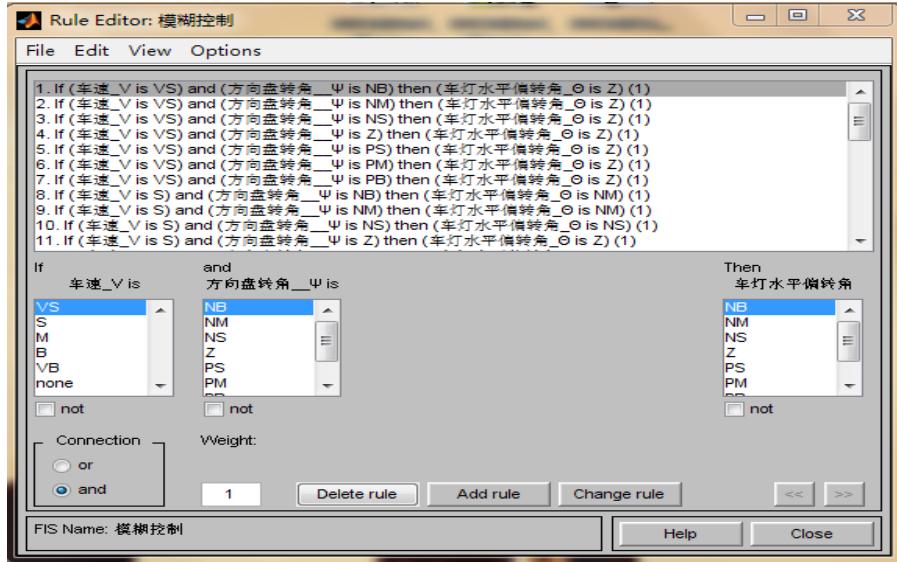


图 5.6 车灯水平偏转模糊控制规则



图 5.7 车灯水平偏转模糊控制规则查看器

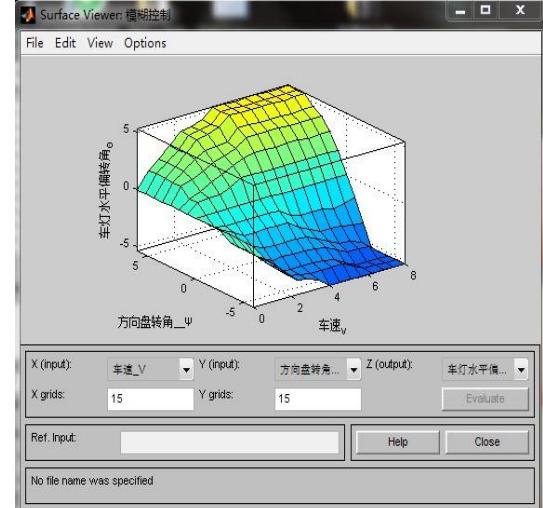


图 5.8 车灯水平偏转控制输出曲线

将该文件命名为: chedengmohuzkongzhi.fis. 保存, 以备调用或嵌入到模糊控制器单片机中, 在 matlab 的 command 中输入 readfis('chedengmohukongzhiqi')即可得出文件结构列表。

5.3.4 解模糊

根据模糊推理所决定的控制量是一个模糊矢量, 在实际控制过程中, 必须将输出的模糊量恢复到精确的数值作为输出控制量, 即为解模糊^[56]。通常有以下几种算法:

(1) 最大隶属函数法:

最大隶属函数法是在模糊结合中取隶属度最大的元素作为输出量。如果最大点不止一个, 则取它们的平均值。

(2) 重心法:

重心法就是取隶属函数曲线与横坐标围城面积的重心作为输出值之一，其具体

计算公式为： $\varphi = \frac{\int \varphi_k \mu(\varphi_k) dy}{\int \mu(\varphi_k) dy}$

最常用的计算模糊控制精确量的方法为重心法。

(3) 系数加权平均法：

系数平均加权法的关键是对式 $U = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i}$ 中系数的选择，在计算过程中要

根据实际情况选择系数 K_i ，系数的选择不同决定了其响应特性的不同。式中，当选
择 $K_i = \mu_N(x_i)$ 时，就转变为重心法。

本论文采用的计算模糊控制精确量的方法为重心法，得出相应的车灯水平输出
控制量，表 5.4 为车灯水平偏转的模糊控制表：

表 5.4 汽车前照灯水平偏转模糊控制

车灯水平 偏转角		车速								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
转向 盘 转 角	-6	0	-2	-4	-4.27	-5.25	-5.25	-5.25	-5.37	-5.37
	-5	0	-2	-4	-4.27	-4.27	-4.27	-5.25	-5.25	-5.37
	-4	0	-2	-4	-4	-4.27	-4.27	-5.25	-5.25	-5.25
	-3	0	-2	-3	-3	-3.27	-3.27	-4.27	-4.27	-4.27
	-2	0	-1	-2	-3	-3	-3	-4	-4	-4
	-1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2
	2	0	1	2	3	3	3	4	4	4
	3	0	2	3	3	3	3.27	4.27	4.27	4.27
	4	0	2	4	4	4	4.27	5.25	5.25	5.25
	5	0	2	4	4.27	4.27	4.27	5.25	5.25	5.37
	6	0	2	4	4.27	5.25	5.25	5.37	5.37	5.37

综上所述，在实际车辆行驶过程中，依据当前时刻模糊控制器输入基本论域的量化值，并参考模糊控制规则所对应的控制输出计算输出最终的车灯精确值，来实现快速实时的控制。

支持模糊控制研究、开发用的工具实际上是微机（或单片机），模糊控制用的通用芯片是模糊控制器的基本硬件单元，将模糊控制器中的模糊控制策略调用，并结合使用C语言编程，按模糊逻辑原理来计算一个优化控制作用，将控制策略置于本系统选用的MC 912XEPMAL单片机中，从而通过驱动步进电机来控制车灯水平偏转角。

当速度或转向盘转角为零时，通过模糊决策推理车灯水平转角也为零，当车速为30km/h时，经过模糊计算， $x_v = \text{int}(k_v v + 0.5) = 4$ ，从车速隶属函数图中可以确定该车速属于模糊论域中的适中，这与实际转弯时驾驶员操作经验相符合，为了与数学模型相比较假设此时转向盘转角为50°时，经过模糊计算 $x_\varphi = \text{int}(k_\varphi \varphi + 0.5) = 1$ ，从转向盘转角隶属函数图中可以确定该转角属于模糊论域中的正小，这与实际转弯时驾驶员操作经验相符合，根据模糊控制表并依据车灯的量化论域可以计算得出车灯大约需相应的偏转6°，这一结论与我们所建立的数学模型仿真分析具有少许偏差，因为数学模型的建立是一种理想状况与实际行车存在着一定的区别，实际行车过程中车灯的实际安装位置、车身的防振动能力等都与车灯偏转角有关系，因此该模糊控制策略运用可以进一步优化控制参数，得到更广泛的运用。

5.4 汽车前照灯垂直方向控制策略

前照灯垂直方向偏转角的输出控制包括汽车车身俯仰和上坡时车灯的垂直方向调整控制，其具体控制策略具有以下两种不同的控制策略。

5.4.1 汽车车身俯仰车灯垂直输出角控制策略的研究

前照灯垂直偏转角的输出是根据采集到的前后高度传感器的高度变化而改变的，因此模糊控制器的控制指令的输入控制是前后轴高度传感器信号，而输出控制即为车灯的垂直偏转角度 r ，该模糊控制不需要反馈信号，因此只考虑其输入输出之间的定量关系，如图5.9所示：

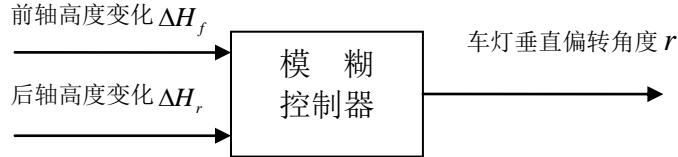


图 5.9 车灯垂直输出角的模糊控制结构图

(1) 确定模糊控制器的输入输出变量论域范围

在该控制模型中, 首先确定先输入变量的论域范围, 即根据前后轴高度传感器的信号变化规律以及汽车垂直方向的运动规律, 可得车辆前后轴高度传感器的变化范围在-10cm~10cm 之间变化, 即输入的前后轴高度传感器的基本论域范围 $\Delta H_f = \{-15, 15\}$, 将其量化为 9 个等级{-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4}, 其量化因子为 $K_h = 4/15 = 0.27$, 这样即可得对应于实际检测到得车速与量化论域车速的关系式: $x_h = \text{int}(k_h \Delta h + 0.2)$,

车灯垂直偏转的基本论域: 基于车垂直偏转四自由度模型的建立, 以车辆的水平面为基准面, 车灯的上下调节角度应在-3~5°之间, 输出角度的变化范围在-3~5°之间变化。故取车灯的垂直偏转输出论域为{-8,8}, 将其为 9 个等级{-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4}, 其比例因子为: $k_\theta = 8/4 = 2$ 。其控制的精确量为经过模糊控制决策计算的模糊控制量, 乘以量化因子, 再根据实际经验加以修正, 得到最佳的控制量。

(2) 模糊集合和模糊控制隶属函数的确定

根据实际汽车行驶规律, 我们将前后轴的高度传感器的变化情况分为 5 个模糊子集: {负大, 负小, 零, 正小, 正大}, 即{NB, NS, Z, PS, PB}; 其中 PB 表示汽车前倾至最大值, NB 表示汽车后倾至最大值
隶属函数的选择仍然是等腰三角形。如图 5.10, 5.11 所示:

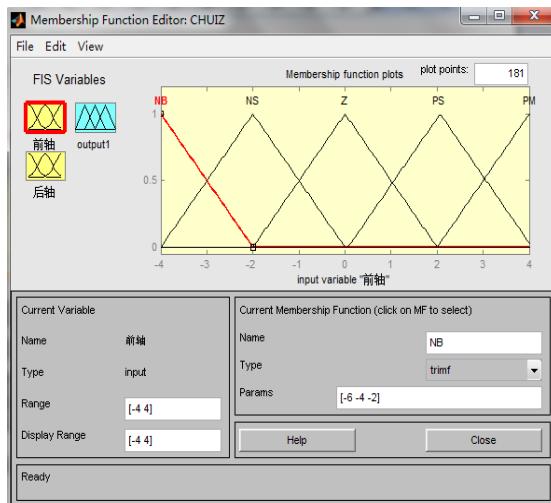


图 5.10 汽车前轴模糊论域隶属函数图

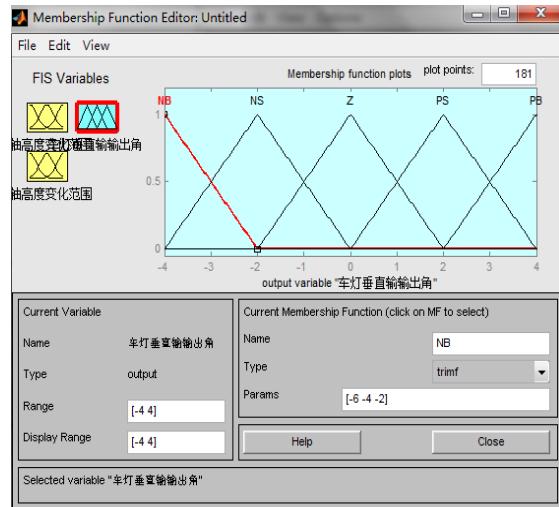


图 5.11 车灯垂直输出角模糊论域隶属函数

(3) 模糊控制规则的建立

根据实际行车经验如当汽车后倾重心后移时, 车灯照明光束需向下调节一定角度, 以及一些专家、驾驶员经验所得, 我们建立的控制规则如表 5.5 所示:

表 5.5 车灯垂直偏转控制规则表

车灯垂直输出角度		前轴高度传感器变化率				
		NB	NS	Z	PS	PB
后轴高度传感器变化率	NB	Z	NS	NS	NB	NB
	NS	PS	Z	NS	NS	NB
	Z	PS	PS	Z	NS	NS
	PS	PB	PB	PS	Z	NS
	PB	PB	PB	PS	PS	Z

根据模糊规则表在 matlab 中建立模糊控制规则, 其模糊控制规则查看器如图 5.12 所示, 车灯垂直偏转模糊控制输出曲线如图 5.13 所示:

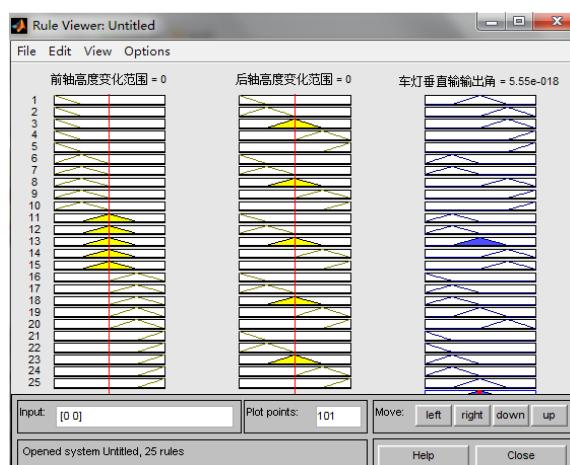


图 5.12 车灯水平偏转模糊控制规则查看器

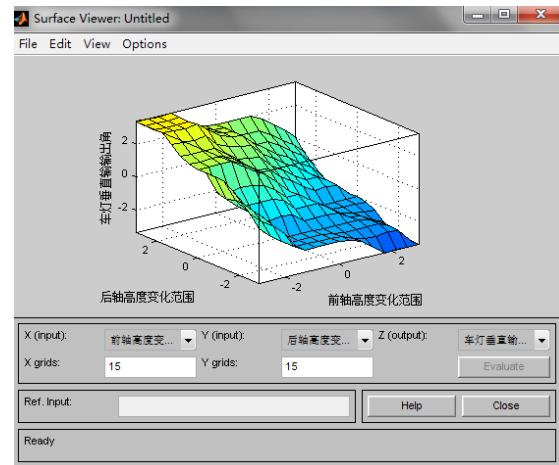


图 5.13 车灯垂直偏转模糊控制输出曲线

运用重心法计算出车灯垂直模糊控制精确量, 如表 5.6 所示:

表 5.6 汽车前照灯俯仰垂直偏转模糊控制

车 灯 垂 直 偏 转 角		前轴高度变化差								
		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
后 轴 高 度 变 化 差	-4	0	0	-2	-2	-2	-3.25	-3.67	-3.67	-3.67
	-3	0	0	-1.67	-1.67	-2	-2.75	-3.25	-3.25	-3.67
	-2	2	1.67	0	0	-2	-2	-2.75	-3.25	-3.25
	-1	2	1.67	0	0	-1.67	-1.67	-2	-3.25	-3.25
	0	2	2	2	1.67	0	0	-2	-2	-2
	1	3.25	3.25	2.75	1.67	0	0	-1.67	-1.67	-2
	2	3.67	3.25	2.75	2	2	1.67	0	0	-2
	3	3.67	3.67	3.25	3.25	2	1.67	0	0	-1.67
	4	3.67	3.67	3.67	3.25	2	2	2	1.67	0

依据下表以及前一章的数学模型分析, 当前轴高度变化 4cm, 后轴高度变化为-5cm 时前后轴高度变化差为 9cm 时, 根据以上模糊集合以及模糊规则表, 得出车灯相应下调大约 3.5° , 这与简单的数学模型仿真存在着较大的差异。

在实际行车过程中, 车身本身的垂直俯仰角度变化要考虑系统许多的设置参数, 而本论文的数学模型仅仅是一静态模型, 没有考虑汽车振动给系统带来的影响, 数学模型的建立较显粗糙, 因此采用模糊控制策略尤为重要。

5.4.2 汽车上坡时车灯垂直输出角控制策略的研究

汽车上坡行驶时车灯的垂直偏转控制策略, 是依据红外测距器测到得距离, 根据红外测距器每隔一时间差之内计算并修正得到最佳坡度值。然后根据预先设定的车灯调整角度计算车灯是否需要做垂直调整。当预测到得坡度值大于车灯需要调整的最小坡度角时, 车灯垂直方向的输出控制驱动步进电机输出行驶路面所设计的最大坡度的坡底时所需要调整的角度。

当车辆在实际行驶过程中, 速度超过 60km/h , 且预测到的坡度值大于车灯需要调整的最小坡度角时, 单片机发出脉冲指令控制步进电机驱动执行机构向上调节汽车前照灯所需要调整的角度, 保证良好的视野范围。

当单片机根据采集的数据以及所建立的上坡偏转数学模型计算车灯需要调整时, 就将汽车前照灯在垂直方向向上直接调整设定角度 δ , 如图 5.14 所示:

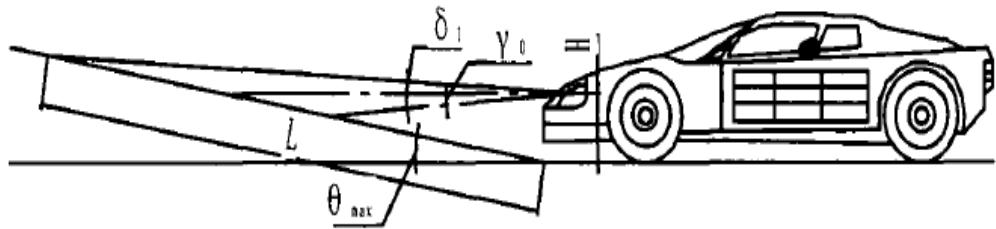


图 5.14 车灯上坡时垂直调整角度简图

其中, θ_{\max} 为高速公路所设计的最大坡度, L 为红外探距器探测距离, r_0 为车灯初始垂直输出角。

从图中的几何关系求解可得:

$$\delta = \frac{(L \sin \theta_{\max} - H)}{L \cos \theta_{\max}} \quad (5.1)$$

然后再根据不同汽车生产厂商所设计的车型参数计算出相应的车灯垂直偏转输出角度, 最后根据所计算的角度发出相应的脉冲指令, 使得步进电机驱动执行机构调整车灯垂直输出角度。

5.5 本章小结

本章依据目前汽车前照灯数学模型的仿真分析结果, 考虑到实际行车中仍有许多车身固有参数以及外界影响因素, 综合模糊控制具有的控制优点, 本文对车灯的模糊控制做了更深入的研究, 并与传统的依据数学模型的计算机控制做了对比分析, 得出对汽车前照灯垂直方向上的调整采取模糊控制更符合现代智能发展的需求的结论。

结论与展望

从主动安全考虑,汽车智能照明控制系统是汽车生产厂商目前研究的主要热点之一,但由于我国在该方面起步较晚,很多技术多引用国外先进技术且运用在中高档车上,不能形成较完善的技术体系。本论文通过对国内外智能前照灯控制系统的深入分析研究,得出了以下几点结论:

(1) 根据本系统的设计需求分析,构建了 AFS 系统的整体布置方案,选取了本系统中所涉及到得各种传感器、驱动步进电机以及基于 MC 912XEPMAL 单片机的电子控制单元。

(2) 建立了智能前照灯的水平偏转以及高度调整的数学模型,并借助 labview 软件对其进行仿真分析,得出了车辆行驶参数与车灯偏转角的定量关系。

(3) 对车灯的水平偏转以及车灯俯仰高度调整采用了模糊控制策略,将模糊算法置于 MC 912XEPMAL 单片机中对步进电机进行控制。

(4) 分析智能前照灯的模糊控制策略,并与传统的计算机控制对比分析,得出模糊控制策略可以较好的实现有效实时的控制需求。

汽车 AFS 智能照明系统是提高夜间行车安全的重要研究方向,要求对车灯的控制实时精确有效。就目前国内自主研发的智能照明系统而言,AFS 智能系统的研究依然处于初级阶段。为使 AFS 智能控制系统具有完善的技术体系,需要经过长时间的试验分析。

在对本课题研究过程中,由于个人能力以及各种客观条件的限制,本论文的研究仍然存在许多不足,根据自己对本课题的研究体会,提出以下几个方面作为进一步的研究发展方向。

(1) 进一步改善 AFS 系统功能,如自动提前或推迟前照灯的启动,根据道路行驶状况自动完成近远光灯的控制,恶劣环境下自动打开车灯等。

(2) 由于车辆在实际行驶过程是一复杂的动态变化,车灯垂直方向上的调整应考虑到更多的影响因素,因此需建立一个适当自由度的悬架模型。

(3) 由于客观条件限制,本论文模糊控制规则的确定是基于驾驶员操作经验建立的,需在以后的试验中不断的进行修正,得到较为理想的模糊控制设计器。

参考文献

- [1] 2009 年全国道路交通事故情况.[2010-01-09]
<http://wenku.baidu.com/view/d314634df7ec4afe04a1dfd7.html>
- [2] 2010 年全国交通事故情况.[2011-07-05]
http://www.tranbbs.com/Techarticle/TInformation/Techarticle_83994.shtml
- [3] 2011 年全国道路交通事故情况.[012-2-28]
<http://www.gxqzjj.cn/jiaoguang/sjjt/xgxj/cgtj/2510.html>
- [4] 忠敏. 现代轿车车灯的流行趋势[J]. 汽车情报,2003,20(4):27-29.
- [5] 张春化,蹇小平. 汽车电器与电路[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.11
- [6] ECE R48,uniform provisions concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Installation of Lighting and light-signalling Devices[S],2009
- [7] 豪彦. 我国汽车强制性标准发展动态 (二) —主动安全标准 (灯光) [J]. 汽车与配件,2004(5)
- [8] 卜伟理. AFS (前照灯自适应) 系统相关法规的研究分析[D]. 上海:上海交通大学,2009
- [9] 中国国家标准化管理委员会. 机动车前照灯使用和光束调整技术规定[M].
北京:中国标准出版社,1988.
- [10]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
- [11]中国国家标准化管理委员会. 汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定[M].
北京:中国标准出版社, 2008.
- [12] 顾柏良,唐振声,等译. BOSCH 汽车工程手册[M]. 北京:北京理工大学出版社,1998.
- [13] Hella Corp. Technical Information Electronics—Lighting Electronics.2003.
- [14] H.SHADEED,J.R'ALLASCHEK.Concept of an Intelligent Adaptive Vehicle Front lighting Assistance System, Proceeding of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium2007[C]. Turkey: Istanbul
- [15] D.DECKER,C.SCI-INIIDT.Adaptive Systems for Motor Vehicle Lighting First Steps and Future,SAE World Congress,2005[C].USA:Detroit,Michigan
- [16] LMIKIZ A,LOPEZ L N, LACALLE J A, et al.Cutting force estimation in sculptured surface milling [J] . International Journal of Machine Tool Manufacture,2004,44:1511—1526.
- [17] DENSO's Lighting Technologies.Denso Corp Company Profiles.22 Oct 2004.
- [18] Valeo Sylvania.Company Profiles.Adaptive Front Lighting System (AFS)—Bending Light.

- [19] 恒润科技. 自适应前照灯控制系统. 汽车电子动态.2011
- [20] 崔惠中,关志伟. 智能前照灯系统 (AFS) 研究现状[J]. 天津工程师范学院,2008
- [21] 白光LED.头灯技术发展与目前研究现状[EB/OL].[2006-09-19].
<http://www.ledcac.com/info/detail/27-17119.html>.
- [22] 徐大伟. 世界汽车安全性技术法规与标准的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2007
- [23] 赵炳强. 驾驶员动态视觉特征及其影响[J] 公路交通利一技,1998,15(1):29-31
- [24] Eureka Project EU 1403.Adaptive Front Lighting System. Presentation to 48t Session of GRE. 9-12 April 2002
- [25] 方英兰,朱向冰. 自适应前照灯的功能即实现[J]. 灯与照明,2010,34(2):15-17
- [26] 何云堂. GB25991-2010 《汽车用 LED 前照灯》介绍. 中国标准导报,2011(7)
- [27] 董辉. 汽车用传感器[M]. 北京:北京理工大学出版社.2000:182-184
- [28] 齐志鹏. 汽车传感器和执行器的原理与检修[M]. 北京:人民邮电出版社,2002
- [29] 杨财,周艳霞. 方向盘转角传感器研究进展[J]. 传感器与微系统.2007,26(11):1-4
- [30] 王俊. 汽车方向盘转角传感器系统设计及算法研究[J]. 2011.3
- [31] 钟勇,姚剑锋. 现代汽车的四种测距方法[J]. 汽车工业研究,2001(2):28-40.
- [32] 杨德麟. 红外测距仪原理及检测[M]. 北京:测绘出版社,1989.
- [33] 李希文,赵建,李智奇等. 传感器与信号调理技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2008.
- [34] 王旭东. 汽车电子控制装置与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2007:307-407
- [35] 郑志军. 带 CAN 总线的汽车智能前照灯系统设计[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [36] 卫修明,张晓玲. 随动转向汽车前大灯定位控制研究[J]. 安徽工程科技学报,2009,24(4):23-27
- [37] 房旭,姚勇. 智能汽车前照灯系统(AFS)研究[J]. 汽车技术学报,2006(4):17-24
- [38] 戎辉,龚进峰,曹健等. AFS 系统关键技术研究[J]. 汽车电器,2008(5):15-18.
- [39] 胡博,王旭东,王力等. 基于 CAN/LIN 总线的车灯控制其设计与实现[J]. 2007,21(4):46-48
- [40] 谭砥. 步进电机的单片控制系统设计[J]. 中国外资.2009(16)
- [41] 张新荣. 基于单片机的步进电机控制系统设计[J]. 自动化应用,2010(9)
- [42] 李礼夫,邓前. 汽车自适应前照灯的夜间转弯特性研究[J]. 照明工程学报,2006,21(4):33-35
- [43] 盛敬,林谋有. 汽车弯道自动转向照明系统的研究[J]. 拖拉机与农用运输车,2007,34(6):18-19
- [44] 钱向明. 车用自适应前照灯系统设计与研究[J]. 机电工程,2010,27(7):105-107
- [45] Ippei yamamoto. AFS Light Distribution control[J]. SAE,2004-01-0438
- [46] 李祥兵. 汽车自适应前大灯系统仿真实验[D]. 武汉:武汉理工大学,2010

- [47] 于万海. 汽车电气设备原理与检修[M]. 北京: 电子工业出版社,2005
- [48] 余志生. 汽车理论[M].北京: 机械工业出版社, 1989
- [49] Jeffrey Travis,Jim Kring,乔瑞萍译.Labview 大学实用教程[M].北京:电子工业出版社, 2008
- [50] 国一南,程建, 陈颖.基于LABVIEW和MATLAB过程的控制虚拟仿真平台研究[J].
电气电子教学学报,2006(2):61-64.
- [51] 刘金锟. 智能控制[M]. 北京:电子工业出版社,2005
- [52] 王耀南,孙炜. 智能控制理论及运用[M]. 北京:机械工业出版社,2008
- [53] 罗均. 智能控制工程及其应用实例[M]. 北京:化学工业出版社,2004
- [54] 司利增. 汽车计算机控制[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [55] 刘少军. 现代控制方法及计算机辅助设计[M]. 长沙:中南大学出版社,2003
- [56] 诸静. 模糊控制原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005
- [57] 王金莲. 模糊控制技术及其应用[M]. 江西:江西科学技术出版社, 1997.
- [58] 何平,王鸿绪. 模糊控制器的设计及应用[M]. 科学出版社,1997:277-300.
- [59] 张化光. 模糊自适应控制理论及其应用. 北京:北京航空航天大学出版社.2002
- [60] 车辆右转弯速度的预报方法的研究.[2006-02-28].
<http://www.cutech.edu.cn/cn/gjkj/jxygcjs/webinfo/2006/02/1180315714849560.htm>
- [61]雷应届,张善文,李续武. 周创明.Matlab遗传算法工具箱及应用[M]. 西安电子科技大学出版社,2005:146-207.

致 谢

三年的研究生活转瞬即逝，回望过去岁月中的点点滴滴，心中充满了无以言语的感恩之情。三年来，我的指导老师王生昌在生活和学习上都给予了我许多关怀和指导，给予了我良好的学习环境和科研环境，同时老师渊博的知识和严谨的治学态度，给我以深深的教诲和启迪。尤其是他对待工作的认真严谨态度，一直影响着我，使我坚定着一个信念：踏踏实实做人，认认真真做事。

在本论文完成之际，我特别要感谢我的导师王生昌老师和张新锋老师对我的悉心指导，感谢张老师不断的发现和探索问题并给予耐心的指导，使我在论文创作过程中学习到了许多知识，并培养了一些创新思维。同时他的严谨的治学态度也为我指引了正确的前进方向。

同时，感谢范例同学在我所研究领域给予的帮助，并感谢同门学弟学妹们，在过去三年来对我学习生活上给予的帮助。

除此之外，特别感谢我的亲人，是他们一直以来所给予我精神上和物质上无微不至的关怀和无私的奉献，才使我能够圆满完成学业。

限于本人水平，在论文中还存在许多缺陷和不足，真诚希望各位专家、学者对本论文提出宝贵意见。