

智能网联汽车概述

项目要求

学生通过对智能网联汽车概述的学习,提高自身对智能网联汽车技术的学习兴趣。在对智能网联汽车技术有总体认知之后,学生能初步了解智能网联汽车技术的学习内容,同时加深对智能网联汽车技术基础知识的理解。

知识要求

1. 了解智能网联汽车的发展历史、相关概念、技术分级及其系统构成。
2. 了解智能网联汽车的应用和发展。

能力要求

1. 理解智能网联汽车的技术分级及其系统构成的关键技术。
2. 理解智能网联汽车的应用和特点。

相关知识

智能网联汽车是在普通车辆的基础上增加先进的传感器(如雷达、摄像等)、控制器及执行器等装置,通过车载传感系统和信息终端实现“人—车—路—云”等的信息交换,使车辆具备智能的环境感知能力,使之能够自动分析车辆行驶安全情况和及时处理突发状况,通过AI替代人为操作,使车辆按照人的意愿到达目的地,并获得良好的交互体验。智能网联汽车技术主要内容是智能驾驶,主要是利用导航系统对车辆所在道路的位置进行精准定位,并与道路资料库中的数据相结合,使其在智能交通网络的环境下,能够准确寻找到通往目的地的最佳路径,并且利用驾驶控制系统,获取道路状况信息并进行分析,同时通过调整车辆速度来保持车辆与其他车辆的安全距离,避免在行驶过程中与其他车辆发生安全事故。若系统发生故障,则自动启动紧急报警系统,并联络指挥中心报告所处位置及其他关键信息,以便辅助救援行动等。智能网联汽车综合系统主要包括智能驾驶系统、生活服务系统、安全防



护系统、位置服务系统,以及用车服务系统等。智能网联汽车包括三大要素:车辆主体、驾驶系统和服务体系。

基于此,各发达国家早在 20 世纪 70 年代就开始研究智能汽车,随着以互联网、通信技术、云计算、人工智能等技术驱动的产业创新和以清洁能源替代化石燃料的能源创新,汽车产业正迎来第四次重大变革的时代——智能网联汽车时代。

知识链接一 智能网联汽车的发展历史

在以移动互联、大数据及云计算等技术为代表的新一轮科技革命方兴未艾时,我国政府提出了“中国制造 2025”及“互联网+”发展战略,新一轮科技革命正在加速发展。智能网联汽车可以提供更安全、更节能、更环保、更便捷的出行方式和综合解决方案,是国际公认的汽车未来发展方向和关注焦点。

随着汽车智能化、网联化发展大潮的到来,“车联网”“智能网联汽车”等概念被反复提及。“车联网”与“智能网联汽车”的准确定义是什么?它们与“智能汽车”“智能交通”的关系又是如何?

车联网(Internet of vehicles, IOV)概念引申自物联网(Internet of things),实际上是一个国人自创的名词,与其意义对应的英文词汇包括 connected vehicles、vehicle networking 等。国内曾经将“车联网”与“远程信息服务”(telematics)等同,将车辆看作一个简单的信息收发节点,其只看到了车联网在提供信息服务领域的作用,这是对车联网的片面理解。

实际上,现代汽车电子电器系统本身就构成了一个复杂的车内网络系统,同时在车与车、车与路侧设施、甚至车与行人及非机动车之间也可以通过专用短距离通信构成移动自组织车际网络。因此,车联网的完整定义应该是:以车内网、车际网和车云网为基础,按照约定的体系架构及其通信协议和数据交互标准,在车—X(X指车、路、行人及移动互联网等)之间进行通信和信息交换的信息物理系统。车联网能够实现的主要功能包括智能动态信息服务、车辆智能化控制和智能化交通管理等。

智能网联汽车是指搭载先进的车载传感器、控制器和执行器等装置,并融合现代通信与网络技术,使车辆具备复杂环境感知、智能化决策与控制功能,能综合实现安全、节能、环保及舒适驾驶的新一代智能汽车。智能网联汽车是车联网与智能汽车的交集。此外,车联网还能够为驾乘人员提供丰富的车载信息服务,并服务于汽车智能制造、电商、后市场和保险等各个环节。车联网与智能汽车、智能交通的相互关系,如图 1-1 所示。

智能网联汽车本身具备自主的环境感知能力。此外,它也是智能交通系统(intelligent traffic system, ITS)的核心组成部分,是车联网体系的一个结点,通过车载信息终端实现与人、车、路、互联网等的无线通信和信息交换。

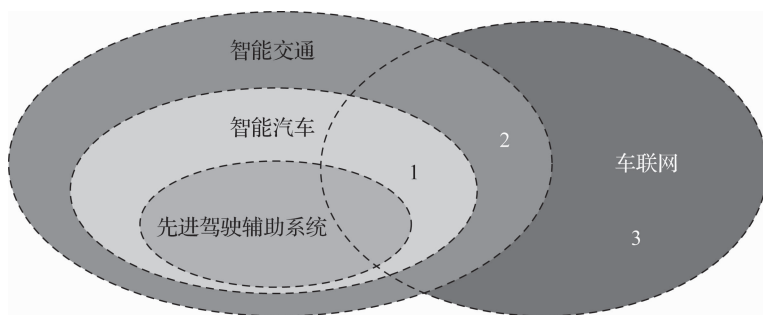


图 1-1 车联网与智能汽车、智能交通的相互关系

1—协同式智能车辆控制(智能网联汽车)；2—协同式智能交通管理与信息服务；

3—汽车智能制造、电商、后服务及保险等

一、智能网联汽车的体系架构

智能网联汽车集中运用了计算机、现代传感、信息融合、模式识别、通信网络及自动控制等技术,它是一个集环境感知、规划决策和多等级驾驶辅助等于一体的高新技术综合体,拥有相互依存的技术链和产业链体系。

1. 智能网联汽车的技术链

智能网联汽车的技术链体系由传感、决策、控制、通信定位及数据平台等关键技术组成,主要包括以下几项。

(1)先进的传感技术,包括利用机器视觉的图像识别技术,利用雷达(激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达)的周边障碍物检测技术,利用柔性电子/光子器件的驾驶员生理状况检测和监控技术等。

(2)通信定位和地图技术(DSRC、3G/4G/5G、GPS/北斗),包括数台智能网联汽车之间信息共享与协同控制所必需的通信保障技术、移动自组织网络技术,以及高精度定位技术、高精地图及局部场景构建技术。

(3)智能决策技术,包括危险事态建模技术、危险预警与控制优先级划分、多目标协同技术、车辆轨迹规划、驾驶员多样性影响分析、人机交互系统等。

(4)车辆控制技术,包括基于驱动、制动系统的纵向运动控制,基于转向系统的横向运动控制,基于悬架系统的垂向运动控制,基于驱动/制动/转向/悬架系统的底盘一体化控制,以及利用通信及车载传感器的车队列协同控制和车路协同控制等。

(5)数据平台技术,包括非关系型数据库架构、数据高效存储和检索、大数据的关联分析和深度挖掘、云操作系统、信息安全保障机制等。

2. 智能网联汽车的产业链

(1)先进的传感器厂商,开发和供应先进的传感器系统,包括机器视觉系统、雷达(激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达)系统等。

(2)汽车电子供应商,研发智能驾驶技术并集中供应技术产品,如自动紧急制动(automatic emergency brake, AEB)、自适应巡航(adaptive cruise control, ACC)系统等。



(3) 整车企业, 提出产品需求, 提供智能汽车平台, 开放车辆信息接口, 进行集成测试。

(4) 车联网相关的供应商, 包括通信设备制造厂商、通信服务商、平台运营商, 以及内容提供商等。

二、智能网联汽车的三个发展阶段

智能网联汽车发展的第一阶段是基于汽车感知与控制技术的先进驾驶辅助系统(advanced driver assistance system, ADAS), 这是智能网联汽车发展的基础阶段; 第二阶段是应用信息通信技术(information and communications technology, ICT)实现车-X 之间的信息共享与控制协同, 即网联化技术的应用; 第三阶段是自动驾驶和无人驾驶的实现, 这是智能汽车发展的最终目标。

目前, 在全球范围内, 基于 ADAS 技术的产品已经开始大规模产业化, 网联化技术的应用已经进入大规模测试和产业化前期准备阶段, 而自动驾驶正处于样车开发与小规模测试阶段。

ADAS 技术是汽车智能化的基础性技术, 也是目前已经得到大规模产业化发展的技术, 主要可分为预警技术与控制技术两类。其中常见的预警类技术包括前向碰撞报警(forward collision warning, FCW)技术、车道偏离预警(lane departure warning, LDW)技术、盲区监测(blind spot detection, BSD)技术、驾驶员疲劳预警系统(driver fatigue monitoring system, DMS)、全景环视(top view)技术和胎压监测系统(tire pressure monitoring system, TPMS)等。常见的控制类技术包括车道保持辅助系统(lane keeping aid system, LKAS)、自动泊车辅助(auto parking assist, APA)技术、自动紧急制动技术、自适应巡航控制技术。

美国、欧洲、日本等发达国家和地区已经开始将 ADAS 引入相应的新车评价体系。美国新车评价规程(U. S. NCAP)从 2011 年起引入 LDW 与 FCW 作为测试加分项, 美国公路安全保险协会(Insurance Institute for Highway Safety, IIHS)从 2013 年起将 FCW 作为评价指标之一, 而欧洲新车评价规程(E-NCAP)也从 2014 年起引入 LDW/LKA 与 AEB 系统的评价。从 2014 年起, 汽车驾驶辅助技术已经成为获取 E-NCAP 四星和五星的必要条件。同时, 我国新车评价规程(C-NCAP)也正在考虑将驾驶辅助系统纳入其评价体系之中。

在引入新车评价体系之外, 各国也纷纷开始制定轻质法规推动 ADAS 的安装。从 2015 年 11 月开始, 欧洲新生产的重型商用车将强制安装车道偏离预警系统及车辆自动紧急制动系统。从 2016 年 5 月起, 美国各车企被强制要求对其生产的 10% 的车辆安装后视摄像头, 这一比例在随后两年中快速提升至 40% 与 100%。此外, 美、日、欧各国及地区均有强制安装胎压监测系统的法规。2020 年 1 月 1 日起, 胎压监测系统强制安装法规开始执行, 我国生产的所有车辆都必须安装直接式或间接式 TPMS。其中, 直接式 TPMS 使用体验更好, 有望成为主流。TPMS 与安全气囊、防抱死制动系统(anti-lock braking system, ABS)构成汽车三大安全系统, 可有效预防发生交通事故。

从产业发展角度, 目前 ADAS 核心技术与产品仍为国外公司所掌握, 尤其是在基础的车载传感器与执行器领域, 博世、德尔福、TRW、法雷奥等企业垄断了大部分国内市场, 一些



台资企业也占有一定的市场份额。近年来,国内也涌现了一批 ADAS 领域的自主企业,在某些方面与国外品牌形成了一定竞争,但总体仍有较大差距。

信息通信技术助推汽车智能化发展。信息通信技术与智能汽车的结合是近年来智能汽车得到快速发展的重要原因。通过现代通信与网络技术,汽车、道路、行人等交通参与者都已经不再是“孤岛”,而是智能交通系统中的信息节点。

在美国、欧洲、日本等汽车技术发达的国家和地区,基于车联网 V2I/V2V 技术的协同式辅助驾驶技术正在进行实用性技术开发和大规模试验场测试。其中最为典型的的就是美国在密歇根安娜堡开展的示范测试,在美国交通部与密歇根大学等机构的支持下,Safety Pilot 项目于 2013 年完成了 3 000 辆车的示范测试,2014 年成立移动交通中心(MTC),开始进行 9 000 辆以上规模的示范测试。美国 MTC 建设了网联自动驾驶测试模拟城市(M-City)。通过此示范测试,得到了车联网技术能够减少 80% 的交通事故的结论,其直接推动了美国政府宣布将强制安装车-车通信系统以提高行驶安全。同时,此示范项目的开展,确定了美国在车联网技术发展与标准制定领域的世界领导地位,对其智能汽车及相关产业的发展起到了巨大的推动作用。

除美国外,欧洲、日本等地都开展了大量对车联网技术的研究与应用示范。欧盟 eCoMove 项目展示了车联网技术对于降低排放和提高通行效率的作用,综合节油效果可达到 20%,simTD 项目 2014 年起开展“荷兰—德国—奥地利”之间的跨国高速公路测试,验证基于车联网的智能安全系统。日本 Smartway 系统 2007 年开始使用,可提供导航、电子收费、信息服务、驾驶辅助等多种功能,基于车路协同的驾驶安全支援系统(driving safety support system,DSSS)2011 年开始使用,可以提供盲区碰撞预警、信号灯预警、停止线预警等多种功能。

我国清华大学、同济大学等高校与长安汽车等企业合作,在国家“863 项目”的支持下,开展了车路协同技术应用研究,并进行了小规模示范测试,各汽车企业也在开展初步研究。自 2015 年开始,在工信部的支持下,上海汽车城、中国汽车工程学会、清华大学、同济大学和上海汽车等单位开始在上海建设智能网联汽车示范区,旨在推动智能化与网联化技术的成熟与应用。

三、自动驾驶技术路线

自动驾驶(automated driving)是智能汽车发展的最终阶段。按信息获取渠道分,自动驾驶的实现方式包括自主式(autonomous)和网联式(connected)两种。根据应用对象不同,自动驾驶又可分为军用型方案和民用型方案两类。

谷歌的自动驾驶汽车始终是吸引眼球的焦点,这主要得益于其大力的宣传,以及谷歌公司本身的高科技形象。实际上,谷歌的自动驾驶汽车代表了军用自主式自动驾驶的技术路线,其技术源自美国国防部先进研究项目局(DARPA)。通过顶置激光雷达等复杂传感系统对周围环境做全面感知,形成高精度数字地图,再根据高精度地图进行轨迹规划与车辆自主决策及控制。其传感系统高昂的成本限制了商业化应用,同时传感器的可靠性与车辆高速性能也有待验证。类似的,我国军事交通学院等单位研制的自动驾驶车辆也属于军用型方



案,其优势是不依赖结构化道路,对环境进行全面感知,可在全地形条件下“找路”。

对于普通民用车辆而言,其行驶环境是相对稳定的结构化道路,道路具有车道线、路沿、路标等明显特征,这些特征可以降低普通民用车辆对于环境感知系统的要求。这也是诸如奥迪、奔驰、沃尔沃等汽车企业在开发自动驾驶车辆中的基本出发点。可以采用较低成本的传感器,充分借助 V2V/V2I 协同技术,进行有效的信息融合,以实现大规模商业化的自动驾驶,这是不同于谷歌汽车的自动驾驶技术路线。同时,由于汽车企业本身对于车辆结构、控制系统等的掌控,其自动驾驶汽车的传感器集成度、可靠性、高速性能等往往优于 IT 企业开发的自动驾驶汽车。

2015 年 7 月,DARPA 在最新发布的无人驾驶技术标准中,提出了要将原谷歌自动驾驶汽车安装的顶置激光雷达进行小型化改造,用多个低成本分布式激光雷达代替原技术方案,实现对车辆周边环境的感知。在福特等公司最新展示的自动驾驶车辆中,有些就已采用了多个小型低成本的激光雷达的技术方案。

四、加快推进汽车智能化与网联化发展的思考

(1) 充分发挥体制优势与后发优势。充分发挥我国政府体制优势,调动国家资源集中突破传感器技术、高精度定位技术、车辆智能控制技术 etc 智能网联汽车核心关键技术,利用我国在长期演进(long term evolution, LTE)、互联网等产业中已有的局部优势,结合我国北斗卫星定位系统等国家发展战略资源,发展特色车联网系统。同时发挥技术与产业的后发优势,认真吸取发达国家发展的经验教训,少走弯路。

(2) 扶持智能汽车基础技术与产业发展。目前我国智能汽车领域基础技术与产品还十分薄弱,尤其是在摄像头、超声波雷达、毫米波雷达等高性能传感器,以及高级驾驶辅助系统等方面,核心技术与产品几乎全被国外企业所掌握,亟需国家大力扶持。

(3) 建设智能网联汽车基础数据交互平台。目前网联汽车并未实现真正“互联”,各类企业级平台,以及政府监管平台数据互不联通。基础数据交互平台通过标准的数据交互方式,与各企业级平台及行业管理平台实现互联互通,实现大数据共享,提供基础数据服务,有利于优化资源配置,并提高行业监管效率。

(4) 开展自主车联网通信系统研发与应用示范。加快基于 LTE 的车联网通信系统发展,加强车载 LTE 通信芯片、模组及设备的研发,实现与高精度车载定位芯片的集成。支持 LTE-V 等车联网专用通信系统产业化,使其成为智能汽车中国标准体系的重要组成,以掌握标准主导权。尽快确定我国车联网通信频谱资源,扶持 LTE-V 芯片、设备与应用相关产业发展,打造完善的基于 LTE 的车联网产业链。

(5) 认清自动驾驶的不同技术路线。分清以谷歌为代表的 IT 企业采用的军用自动驾驶路线及奥迪、奔驰等汽车企业采用的民用自动驾驶路线的区别,明确自动驾驶车辆的应用定位和技术路线,推动自动驾驶汽车的开发与示范测试。

(6) 推进智能网联汽车示范区建设与应用示范。智能网联汽车示范区将极大地推动相关技术成熟与产业发展,为我国政府进行相关决策提供重要依据。同时,示范区的设立还有助于确立当地企业和研究机构在我国智能网联汽车领域的引领地位,对促进区域经济发展



具有重要作用。

(7)加快智能网联汽车标准与规范建设。产业发展标准先行,尤其是网联化技术的发展要求车车、车路、车与平台之间交互时必须有标准的数据格式与协议。应加快研究确定我国智能网联汽车专用短距离通信频段及相关协议标准,规范车辆与平台之间的数据交互格式与协议,制定车载智能设备与车辆间的接口标准,研究制定车辆信息安全相关标准。

知识链接二 智能网联汽车相关概念

随着全球汽车保有量的快速增长,能源短缺、环境污染、交通拥堵、事故频发等现象日益突出,它们成为汽车行业健康可持续发展的限制因素。智能网联汽车被公认为解决这些问题的有效方案,代表着汽车行业未来的发展方向。

智能网联汽车是新一轮科技革命背景下的新兴产业,它能显著改善交通安全,实现节能减排,减缓交通拥堵,提高交通效率,并拉动汽车、电子、通信、服务、社会管理等协同发展,对促进汽车产业转型升级具有重大的战略意义。

与智能网联汽车相关的概念有智能汽车、无人驾驶汽车、车联网和智能交通系统等。

一、智能汽车

智能汽车在一般汽车上增加雷达、摄像头等先进传感器、控制器、执行器,通过车载感知系统和信息终端等装置实现车、路、人等的信息交换,使车辆具备智能环境感知能力,能够自动分析车辆行驶的安全及危险状态,并使车辆按照人的意愿到达目的地,最终实现替代人来操作车辆的目的。

智能汽车是智能交通的重要组成部分,智能汽车的初级阶段是具有先进驾驶辅助系统的汽车,终极目标是无人驾驶汽车。智能汽车与网络相联便成为智能网联汽车。

二、无人驾驶汽车

无人驾驶汽车是通过车载环境感知系统感知道路环境、自动规划和识别行车路线并控制车辆到达目的地的智能汽车。它利用环境感知系统来感知车辆周围环境,并根据感知获得的道路状况、车辆位置和障碍物信息等,控制车辆的行驶方向和速度,从而使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。无人驾驶汽车是传感器、计算机、人工智能、无线通信、导航定位、模式识别、机器视觉、智能控制等多种先进技术融合的综合体。

与一般的智能汽车相比,无人驾驶汽车需要具有更先进的环境感知系统、中央决策系统及底层控制系统。无人驾驶汽车能够实现完全自动的控制,全程检测交通环境,能够实现所有的驾驶目标。驾驶员只需提供目的地或者输入导航信息,在任何时候均不需要对车辆进行操控。无人驾驶汽车是汽车智能化网络化的终极发展目标。



三、车联网

车联网(Internet of vehicles, IOV)是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础,按照约定的体系架构及通信协议和数据交互标准,实现 V2X(V 代表汽车, X 代表车、路、行人及应用平台等)无线通信和信息交换,以实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络,是物联网技术在智能交通系统领域的延伸。车内网是指应用成熟的总线技术建立的一个标准化整车网络;车际网是指基于特定无线局域网的动态网络;车载移动互联网是指车载单元通过 4G/5G 等通信技术与互联网进行无线连接。三网融合是车联网的发展趋势。

车联网技术主要面向道路交通,为交通管理者提供决策支持,为车辆与车辆、车辆与道路提供协同控制,为道路参与者提供信息服务。车联网是智能交通系统与互联网技术发展的融合产物,是智能交通系统的重要组成部分,其更多表现在汽车基于现实中的场景应用,其目的主要停留在导航和娱乐系统的基础功能阶段,在主动安全和节能减排方面还有待开发。

四、智能交通系统

智能交通系统(intelligent traffic system, ITS)是未来交通系统的发展方向,它是将先进的信息技术、计算机处理技术、数据通信技术、传感器技术、电子控制技术、运筹学、人工智能等有效地集成应用于地面通信管理系统而建立的一种在大范围内全方位发挥作用的,实时、准确、高效的综合交通运输管理系统。

智能交通系统范围包含道路上的车辆和各种交通设施,强调系统平台通过智能化方式对交通环境下的车辆及交通设施进行智能化管理和控制,同时也提高了交通效率。

智能交通系统是随着车联网技术的发展而不断发展的,车联网的终极目标就是智能交通系统。

五、智能网联汽车

智能网联汽车(intelligent connected vehicle, ICV)是一种跨技术、跨产业领域的新兴汽车体系,从不同角度、不同背景对它的理解是有差异的,各国对智能网联汽车的定义不同,叫法也不尽相同,但终极目标是一致的,即在路上安全行驶的无人驾驶汽车。

从狭义上讲,智能网联汽车是搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置,并融合现代通信与网联技术,实现 V2X 智能信息交换共享,具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能,可实现安全、舒适、节能、高效行驶,并最终可代替人来操作的新一代汽车。

从广义上讲,智能网联汽车是以车辆为主题和主要节点,融合现代通信和网联技术,使车辆与外部节点实现信息共享和协同控制,以达到车辆安全、有序、高效、节能行驶的新一代多车辆系统。

智能网联汽车、无人驾驶汽车、车联网、智能交通系统有密切相关性,没有明显分界线。智能网联汽车是智能交通系统中的智能汽车与车联网的交集。智能网联汽车是车联



微课

车联网与智能汽车、智能交通的相互关系



网的重要组成部分,其技术进步和产业发展有利于支撑车联网的发展。车联网是智能网联汽车、智能汽车的最重要载体。只有充分利用互联网技术才能保障智能网联汽车真正拥有充分的智能和互联。智能网联汽车更侧重于解决安全、节能、环保等制约产业重要发展的核心问题。

智能网联汽车与车联网应该并行推进、协同发展。智能网联汽车依托于车联网,不仅要通过技术创新连接互联网,还能使 V2X 之间实现多种方式的信息交互与共享,进而提高智能网联汽车的行驶安全性。

智能网联汽车本身具备自主的环境感知能力,也是智能交通系统的核心组成部分,是车联网体系的一个节点,通过车载信息终端实现车、路、行人、业务平台等之间的无线通信和信息交换。智能网联汽车的聚焦点是在车上,发展重点是提高汽车的安全性,其终极目标是无人驾驶;而车联网的聚焦点是建立一个比较大的交通体系,发展重点是给汽车提供信息服务,其终极目标是智能交通系统;无人驾驶汽车是汽车智能化与互联网的完美结合。

六、智能网联汽车的技术路线

智能网联汽车技术路线主要分为基于传感器的车载式技术路线和基于车辆互联的网联式技术路线两种。

1. 基于传感器的车载式技术路线

它基于先进传感技术与传统汽车制造业的深度融合,主要是使用先进的传感器,如立体摄像机和雷达,结合驱动器、控制单元及软件,形成先进驾驶辅助系统,使得汽车能够监测和应对周围的环境。该技术路线的推动者是以奔驰、宝马、沃尔沃、福特等为代表的汽车整车企业,技术发展较为成熟。这种基于传感器的系统能够给驾驶员提供不同程度的辅助功能,但其目前还无法提供完整的、具有成本竞争力的无人驾驶体验。主要原因是要创建车辆环境的 360°视图,必须配置更多的传感器组合,成本较高。

2. 基于车辆互联的网联式技术路线

它表现为互联网思维对传统汽车驾驶模式的变革,推动者主要是以谷歌、苹果等为代表的互联网企业。这类企业重点开发车载信息系统,并与汽车厂商合作开发推广导航、语言识别、娱乐、安全等方面的应用程序和应用技术。该方案使用短程无线通信技术来实现车辆与车辆(V2V)、车辆与道路基础设施(V2I)之间的实时通信,能充分发挥短程无线通信快速部署、低延迟、高可靠等优点,对于主动安全应用尤为重要。但该方案对道路基础设施的要求较高。另一种方案是使用远程无线通信技术及现有的基础设施以获得更大的通信范围,但存在响应延迟、带宽不足等问题,制约了在主动安全领域的应用。

车载式技术路线难以实现 V2V、V2I 之间的通信,大规模应用成本较高,并且缺少城市环境的全方位扫描,网联式技术路线则受限于无法实现车辆与行人(V2P)之间的通信,需要较大的基础设施投资,因此两种方案均不能完全满足未来全工况无人驾驶的需求。对于智能网联汽车,车载式技术和网联式技术将走向技术融合,通过优势互补提供安全性能更好、自动化程度更高、使用成本更低的解决方案。实现这种技术融合需要更先进的定位技术、更



高分辨率的地图自动生成技术、可靠而直观的人机交互界面,以及相关标准、法规等。

知识链接三 智能网联汽车技术分级

各主要国家对智能网联汽车技术的分级是不完全相同的,美国分为 5 级,德国分为 3 级,中国分为 5 级。

一、美国关于智能网联汽车的技术分级

美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)分以下 5 级定义汽车的自动化等级。

(1)无自动驾驶阶段(0 级)。在无自动驾驶阶段驾驶员拥有车辆的全部控制权,在任何时刻,驾驶员都单独控制汽车的运行,包括制动、转向、加速和减速等。

(2)驾驶员辅助阶段(1 级)。在驾驶员辅助阶段,驾驶员拥有车辆的全部控制权,车辆具备一种或多种辅助控制技术,如倒车影像与倒车雷达、电子稳定控制系统、车道偏离预警系统、正面碰撞预警系统、定速巡航系统,以及汽车并线辅助系统等,这些辅助控制系统独立工作,在特定情况下,通过对车辆运行状况及运行环境的检测,提示驾驶员驾驶相关信息或警告驾驶员驾驶中可能出现的危险,方便驾驶员在接到提示或警告后及时做出反应。相对于其他发展阶段,这一阶段的技术发展已经很成熟,已经成为一些汽车的标准配置,随着成本的降低,其应用范围将逐步扩大。

(3)半自动驾驶阶段(2 级)。在半自动驾驶阶段,驾驶员和车辆共享对车辆的控制权。车辆至少有两种先进驾驶辅助系统,而且这些系统能同时工作,如自适应巡航控制系统和车道保持辅助系统的功能相结合,在一定程度上协助驾驶员控制车辆。这一阶段也是当前处于并在快速发展的阶段,在未来几年中,将有更多的驾驶辅助系统应用在量产车上。

2 级和 1 级的主要区别如下:2 级在特殊操纵条件下,自动操纵模式可以让驾驶员脱离对汽车的操纵,而 1 级在任何条件下都不能离开驾驶员对汽车的操纵。

(4)高度自动驾驶阶段(3 级)。在高度自动驾驶阶段,车辆和驾驶员共享对车辆的控制权。在特定的道路环境下(高速公路、城郊和市区),驾驶员完全不用控制车辆,车辆完全自动行驶,而且可以自动检测环境的变化以检测是否返回驾驶员驾驶模式。现阶段已经提出的高度自动驾驶技术有堵车辅助系统、高速公路自动驾驶系统和泊车引导系统等。目前,高度自动驾驶技术尚未应用在量产车型上,在未来几年,部分技术的应用将会实现量产。3 级和 2 级的主要区别:3 级在自动驾驶条件下,驾驶员不必时常监视道路,而且以自动驾驶为主,驾驶员驾驶为辅;2 级在自动驾驶条件下,驾驶员必须一直监视道路,而且以驾驶员驾驶为主,自动驾驶为辅。

(5)完全自动驾驶阶段(4 级)。在完全自动驾驶阶段,车辆拥有车辆的全部控制权,驾驶员在任何时候都不能获得控制权。驾驶员只需提供目的地信息或者进行导航输入,整个驾驶过程无须驾驶员参与。车辆能在全工况、全天候环境下完全掌握所有与安全有关的驾驶功能,并监视道路环境,完全自动驾驶的实现将意味着自动驾驶汽车真正驶入了人们的生



活,也将使驾驶员从根本上得到解放,驾驶员可以在车上从事其他活动,如上网、办公、娱乐和休息等。完全自动驾驶汽车受到政策、法律等相关条件的制约,真正实现量产还任重道远。

驾驶自动化级别越高,应用的先进驾驶辅助系统越多,车辆系统的集成度与融合度越高,软件控制的重要性越大。

二、德国关于智能网联汽车的技术分级

德国联邦公路研究院把智能网联汽车发展划分为3个阶段,即部分自动驾驶、高度自动驾驶、最终的完全自动驾驶。

(1)部分自动驾驶阶段。在部分自动驾驶阶段,驾驶员需要持续监控车辆驾驶辅助系统的提示,车辆无法做出自主动作。

(2)高度自动驾驶阶段。在高度自动驾驶阶段,驾驶员不再需要对驾驶辅助系统持续监控,驾驶辅助系统可以在某些状态下暂时代替驾驶员做出一定的动作,并且驾驶员能随时接管对车辆的操控。

(3)完全自动驾驶阶段。在完全自动驾驶阶段,真正实现无人驾驶。

三、中国关于智能网联汽车的技术分级

中国把智能网联汽车发展划分为5个阶段,即辅助驾驶阶段、部分自动驾驶阶段、有条件自动驾驶阶段、高度自动驾驶阶段和完全自动驾驶阶段。

(1)辅助驾驶阶段(driver assistance driving, DA)。通过环境信息对行驶方向和加速中的一项操作提供支援,其他驾驶操作都由驾驶员来完成。其适用于车道内正常行驶、高速公路无车道干涉路段行驶、无换道操作等。

(2)部分自动驾驶阶段(partial automatic driving, PA)。通过环境信息对行驶方向和加减速中的多项操作提供支援,其他操作都由驾驶员完成。其适用于变道,以及泊车、环岛绕行等市区简单工况;还适用于高速公路及市区无车道干涉路段上换道、泊车、环岛绕行、拥堵跟车等操作。

(3)有条件自动驾驶阶段(conditional automatic driving, CA)。由无人驾驶系统完成所有驾驶操作,根据系统请求,驾驶员需要提供适当的干预。其适用于高速公路正常行驶工况,还适用于高速公路及市区无车道干涉路段上换道、泊车、环岛绕行、拥堵跟车等操作。

(4)高度自动驾驶阶段(high automatic driving, HA)。由无人驾驶系统完成驾驶员能够完成的所有驾驶操作,特定环境下系统会向驾驶员提出响应请求,驾驶员可以对系统请求不进行响应。其适用于有车道干扰路段(交叉路口、车流汇入、拥堵区域、人车混杂交通流等市区复杂工况)上的全部操作。

(5)完全自动驾驶阶段(full automatic driving, FA)。无人驾驶系统可以完成驾驶员能够完成的所有道路环境下的操作,不需要驾驶员介入,其适用于所有行驶工况下的全部操作。

无论怎样分级,从驾驶员对车辆控制权的角度来看,可以分为驾驶员拥有车辆全部控制



权、驾驶员拥有车辆部分控制权、驾驶员不拥有车辆控制权 3 种形式。当驾驶员拥有车辆部分控制权时,车辆 ADAS 的配置和技术成熟程度,决定驾驶员拥有车辆控制权的多少,ADAS 装备越多,技术越成熟,驾驶员拥有的车辆控制权就越少,车辆自动驾驶程度就越高。

知识链接四 智能网联汽车的应用

智能网联汽车在安全行驶、节能环保、商务办公、信息娱乐等方面有着广泛的应用前景。

一、在安全行驶方面的应用

安全行驶是智能网联汽车的主要功能,它通过环境感知技术、无线通信技术和网络技术,综合采用诸如交叉路口的协同驾驶、车辆交通预警、道路危险预警、碰撞预警、交通信息提示等技术手段来减少道路交通事故,保障车辆的安全行驶。

1. 交叉路口协同驾驶

交叉路口协助驾驶是智能网联汽车最典型的应用之一,它包括:交通信号信息的发布,即通过 V2I 通信系统,向接近交叉路口的车辆发布信息相位和配时信息,判断汽车在剩余绿灯时间内是否能安全通过交叉路口,提醒驾驶员不要危险驾驶,并协助驾驶员做出正确判断,控制车速,防止在交叉路口发生碰撞事故;盲点区域图像提供,即通过 V2I 通信系统,向交叉路口准备停车或者准备转弯的车辆提供盲点区域的图像,进而防止直角碰撞事故和有转弯车辆视距不足引起的事故;过往行人信息传递,即通过 V2I 通信系统,向接近交叉路口的车辆发布人行道及其周围的行人、非机动车信息,以防止事故发生;交叉路口车辆启停信息服务,即在交叉路口通过 V2I 通信系统,前车把起动车信息及时传递给后车,减少后车起步等待时间,从而全面提升交叉路口的通行能力。

2. 车辆交通预警

车辆主动或被动接收周围车辆行车信息,如将要进行或者正在进行减速、加速、制动、停车、变道、超车、转弯等行为的相应信息和正常状态下行车消息等,可以避免或减轻交通事故,并可辅助车辆驾驶。

3. 道路危险预警

在道路危险地段,车辆协同系统可以提供:车辆安全辅助驾驶信息服务,即路侧单元检测前方道路是否发生交通堵塞、突发事件或存在路面障碍物,并通过 V2I 通信系统向驾驶员提供实时道路信息;路面信息发布服务,即向过往车辆发布路面状况信息,提醒驾驶员注意减速,防止事故发生;最优路径导航服务,即路侧单元检测到前方道路拥堵严重,通过 V2I、V2V 通信系统和车载信息显示系统,提醒驾驶员避开拥堵道路,并为其选择最佳的行驶路径。

4. 碰撞预警

当检测到车辆存在碰撞风险时,通过 V2V、V2I 通信系统向车辆发送危险信息,如障碍



物的位置、速度、行驶方向等,帮助避免车辆之间、车辆与其他障碍物之间的碰撞,并避免与相邻车道上变更车道的车辆发生横向碰撞等。

5. 交通信息提示

向车辆发送交通信号和交通标识等安全提示类信息。目前交通信号和交通标识是驾驶员通过目视获得的,这不仅增加了驾驶员的负担,而且从发现到采取应对措施时间短,容易造成交通事故和交通违章。借助 V2I 技术,路侧单元将道路限速、限行、信号灯状态等传输到车载单元上,车载单元根据这些信息及早产生提示信息,如超速提醒、执行提醒等,增加驾驶的舒适性,降低交通违章数量。如安装车道保持辅助系统的智能网联汽车,当车辆偏离行驶道路时,通过道路识别,系统启动介入,将车辆导回原车道,以免发生交通事故。

二、在节能环保方面的应用

智能网联汽车通过雷达、机器视觉等提前预知交通控制信号、前向交通流、限速标识、道路坡度等,从而提前通过车辆控制器实行经济型驾驶策略,最终实现车辆的节能与环保行驶。

智能网联汽车在连续交叉路口通行系统中,通过获取交通信号灯信息、位置信息、车流汇入信息等,车载单元计算出优化的车速,控制电子油门和制动系统,从而在控制车速、保证安全的前提下高效通行并降低油耗。这样,整个系统可在保障车辆通行效率的前提下,提高车辆燃油经济性,减少尾气的排放。

三、在商务办公方面的应用

智能网联汽车可以让人们在行进的汽车内随时随地购物和支付,应用场景包括网上商场、快餐店、加油站及停车场等。

另外,智能网联汽车可以利用无线通信技术和网联技术进行文件传输、视频对话、会议交流等。这样,它就成了移动的办公室。

四、在信息娱乐方面的应用

智能网联汽车可以提供各种信息、娱乐、预约、应急服务等。其中,信息包括车辆信息、路况信息、交通信息、导航信息、定位信息、气象信息、旅游信息、商场信息、活动信息等;娱乐包括下载音乐、电影和游戏等,供乘坐人员娱乐;预约包括活动预约、设施预约、餐厅预约、住宿预约、机票预约、保养预约等;应急服务包括道路救援、救护、消防、保险等。随着各种专用车载 App 的开发,智能手机和车载单元相互连接,信息互联得以实现。

总之,智能网联汽车是无人驾驶汽车发展进程中的产品,它的应用主要在安全行驶和信息服务等方面,随着智能网联汽车向无人驾驶汽车靠近,其应用范围会逐渐扩大,最终将颠覆人们目前的生活方式。



知识链接五 智能网联汽车的系统构成和关键技术

一、智能网联汽车系统构成

智能网联汽车由环境感知层、智能决策层、控制与执行层组成。

1. 环境感知层

环境感知层的主要功能是通过车载环境感知技术、卫星定位技术、4G/5G 及 V2X 无线通信技术等,实现对车辆自身属性和车辆外在属性(如道路、车辆和行人等)静、动态信息的提取和收集,并向智能决策层输送信息。

环境感知层包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达、夜视传感器、GPS/BDS、4G/5G、V2X 等。

2. 智能决策层

智能决策层的主要功能是接收环境感知层的信息并进行融会,对道路、车辆、行人、交通标志和交通信号等进行识别,分析和判断车辆驾驶模式和将要执行的操作,并向控制与执行层输送指令。

智能决策层包括道路识别、车辆识别、行人识别、交通标志识别、交通信号识别、驾驶员疲劳识别、决策分析与判断等。

3. 控制与执行层

控制与执行层的主要功能是按照智能决策层的指令,对车辆进行操作和协同控制,并为智能网联汽车提供道路交通信息、安全信息、娱乐信息、救援信息,以及商务办公、网上消费服务等,保障汽车安全行驶和舒适驾驶。

控制与执行层包括制动与驱动控制、转向控制、挡位控制、协同控制、安全预警控制、人机交互控制等。



微课
智能网联汽车
系统构成

二、智能网联汽车的关键技术

1. 环境感知技术

环境感知包括车辆本身状态感知、道路感知、行人感知、交通信号感知、交通标识感知、交通状况感知、周围车辆感知等。

其中,车辆本身状态感知主要检测行驶速度、行驶方向、行驶状态、车辆位置等;道路感知包括道路类型检测、道路标线识别、道路状况判断、是否偏离行驶轨迹等;交通状况感知主要检测道路交通拥堵情况、是否发生交通事故等,以便车辆选择通畅的路线行驶;周围车辆感知主要检测车辆前方、后方、侧方的车辆情况,以及交叉路口被障碍物遮挡的车辆,避免发生碰撞。



在复杂路况下,单一传感器无法完成全部环境感知,必须整合各种类型的传感器,利用传感器融合技术,才能为智能网联汽车提供更加真实可靠的环境信息。车辆感知技术示意图如图 1-2 所示。环境感知技术示意图如图 1-3 所示。



图 1-2 车辆感知技术示意图



图 1-3 环境感知技术示意图

2. 无线通信技术

长距离无线通信技术用于提供即时的互联网接入,主要用 4G/5G 技术,特别是 5G 技术,有望成为车载长距离无线通信专用技术。短距离无线通信技术有专用短程通信(dedicated short range communication, DSRC)技术、蓝牙、Wi-Fi 等,其中 DSRC 技术重要性较高且亟须发展,它可以实现在特定区域内对高速移动目标的识别和双向通信,如 V2V、V2I 双向通信,实时传输图像、语音和数据信息等。无线通信技术示意图,如图 1-4 所示。



微课
无线通信技术

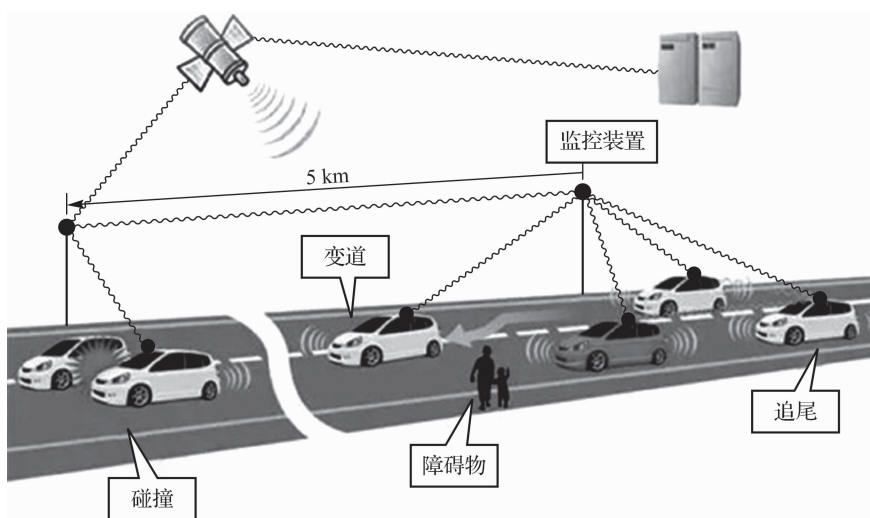


图 1-4 无线通信技术示意图

3. 智能互联技术

当两车距离较远或被障碍物遮挡而无法直接通信时,可以通过路侧单元进行信息传递,构成一个无中心、完全自组织的车载自组织网络。



车载自组织网络依靠短距离无线通信技术实现 V2V、V2I 通信。它使在一定通信范围内的车辆可以相互交换各自的车速、位置等信息和车载传感器感知的数据,并通过自动连接建立起一个移动的网络,典型的应用包括行驶安全预警、交叉路口协同驾驶、交通信息发布,以及基于通信的纵向车辆控制等。

4. 车载网络技术

目前,汽车上广泛应用的网络有 CAN、LIN 和 MOST 总线等,它们的特点是传输速率小、带宽窄。随着越来越多的高清视频应用进入汽车中,如 ADAS、360°全景泊车系统和蓝光 DVD 播放系统等,它们的传输速率和带宽已无法满足需要。

以太网最有可能在智能网联汽车环境下工作,它采用星形连接架构,每一个设备或每一条链路都可以专享 100 M 带宽,且传输速率达到万兆级。同时,以太网还可以顺应未来汽车行业的发展趋势,即开放性、兼容性原则,从而很容易地将现有的技术应用到新的系统中。车载网络技术示意图如图 1-5 所示。



图 1-5 车载网络技术示意图

5. 先进的驾驶辅助技术

先进的驾驶辅助技术通过车辆环境感知技术和自组织网络技术对道路、车辆、行人、交通标志、交通信号等进行检测和识别,对识别信号进行分析处理,传输给执行机构,保障车辆安全行驶。先进的驾驶辅助技术是智能网联汽车重点发展的技术,其成熟程度和使用多少代表了智能网联汽车的技术水平,是其他关键技术的具体应用体现。

6. 信息融合技术

信息融合是指在一定准则下,利用计算机技术对多源信息进行分析和综合,以满足不同应用的分类要求而进行的处理过程,该技术主要用于对多源信息进行采集、传输、分析和综合,将不同数据源在时间和空间上的冗余或互补信息依据某种准则进行组合,产生出完整、准确、及时、有效的综合信息。因为智能网联汽车采集和传输的信息种类多、数量大,所以必须采用信息融合技术才能保障实时性和准确性。



7. 信息安全与隐私保护技术

智能网联汽车接入网络的同时,也带来了信息安全的问题,在应用中每辆车及其车主的信息都将随时随地地传输到网络中被感知,这种显露在网络中的信息很容易被窃取、干扰甚至修改等,从而直接影响智能网联汽车体系的安全,因此在智能网联汽车中,必须重视信息安全与隐私保护技术的研究。

8. 人机界面技术

人机界面(human machine interface, HMI)技术,尤其是语音控制、手势识别和触摸屏技术,在全球未来汽车市场上将被大量采用。

智能网联汽车人机界面设计的最终目的在于提供良好的用户体验,增强驾驶员的驾驶乐趣,改善驾驶过程中的操作体验,它更加注重驾驶的安全性,因此人机界面设计必须在好的驾驶体验和安全之间做好平衡,很大程度上安全始终是第一位的。

智能网联汽车人机界面应集成车辆控制、功能设定、信息娱乐、导航、车载通信等多项功能,方便驾驶员快捷地查询、设置、切换车辆系统的各种信息,从而使车辆达到理想的运行和操纵状态。

未来车载信息显示系统和智能手机将无缝连接,人机界面提供的输入方式将会有多种选择,允许用户根据不同的操作、不同的功能进行自由切换。

知识链接六 智能网联汽车的发展前景

在汽车产业方面,我国总体水平处于国际领先地位,自主品牌市场份额逐年提高,关键零部件供给能力明显增强,新能源汽车产业体系日渐完善,在电池、电机、电控及整车方面具有较强的国际竞争力,这为我国智能汽车的发展奠定了坚实的基础。在网络通信方面,我国互联网、信息通信等领域涌现出一批世界级领军企业,移动通信和互联网运营服务能力位居世界前列,也为我国智能汽车的发展积蓄了重要力量。随着智能汽车、智能驾驶乃至智能交通的全面发展,我国交通也将逐渐实现智能化管理,届时拥堵、停车难、排放和能源消耗大等问题将大为改善。

一、智能网联汽车开启交通运输业新模式

汽车交通事故在很大程度上由人为因素造成,在自动驾驶级数由 L4 演进到 L5 级时将实现真正意义上的无人驾驶。届时,智能网联汽车由行车智能集成装置精确控制,可以有效地减少酒驾、疲劳驾驶、超速等人为因素导致的交通事故,从而大幅改善交通安全。根据谷歌无人驾驶汽车团队的统计,一辆传统汽车约 96% 的时间处于空闲状态,利用率较低,无人驾驶汽车可以按照预约顺序依次供需要的人使用,因此可以更好地统筹安排对车辆的利用,提高车辆的使用率,减少车辆消费总量,最终有效地降低碳排放。另外,智能网联汽车可以



根据实时路况自动选择到达目的地的最优路径,从而降低能源消耗。

二、推动新兴技术的应用与发展

智能网联汽车是汽车技术与信息技术、智能技术等新兴技术的融合,发展智能网联汽车能够带动大数据、云计算、信息通信、人工智能及移动互联网等技术的发展,为我国引领新一轮科技革命和产业革命奠定基础。随着车联网技术最终实用性测试和无人驾驶实用化技术开发的进行,逐步建设相应的通信、道路基础设施,为协调式辅助驾驶技术和无人驾驶技术的大规模推广应用奠定基础。同时,依靠我国自主研发或使用其他算法平台,结合国内大量的相关技术储备,对智能驾驶系统优化升级。随着这些技术的逐渐应用,智能无人驾驶将逐步得以实现。

三、促进相关基础设施的建设

要真正实现汽车的网联化发展,需要政府在基础设施方面的大力支持。我国已经制定了《推进“互联网+”便捷交通,促进智能交通发展的实施方案》。该方案指出,在未来,我国将会加强交通基础设施网络基本状态、交通工具运行运输组织调度的信息采集,形成动态感知、全面覆盖、互联的交通运输运行监控体系;同时推广应用集成短程通信、电子标识、高精度定位、主动控制等功能的智能车载设施;建设智能路侧设施,提供网络接入、行驶引导和安全告警等服务;加强车路协同技术应用,推进自主感知全自动驾驶车辆研发,根据技术成熟程度逐步推动应用。只有在真正实现车-车通信、车-路通信,以及车内联网等网联化之后,才能在将来真正实现智能无人驾驶。未来,车载式技术和网联式技术将走向技术融合,通过优势互补,提供安全性更好、自动化程度更高、使用成本更低的智能汽车解决方案。

总之,汽车的智能化、网联化的发展趋势锐不可当。车内信息安全不可忽视,智能交通及智能网联汽车双系统架构是未来提高无人驾驶安全性能的首选方案。国家在这方面大力支持,包括建设网联化的公共交通设施,实现人与车、车与车、车与交通公共设施之间的互联,真正实现汽车网联化。智能网联汽车创新战略的发布应该是把路网设施、网络服务等环境优势与汽车相结合,形成汽车产业的智能化整合,智能移动空间和智能生活的发展潜力巨大,充分挖掘发挥这些潜力,将大力推进我国建成智能网联汽车强国。在新一轮技术革命方兴未艾、互联网浪潮风起云涌、全球能源危机加重,以及汽车排放引发环境问题的时代背景下,智能化、网联化、新能源化已然成为未来全球汽车行业发展的必然趋势。

项目实施

实施地点和要求:智能网联汽车实训室;智能网联汽车整车性能良好,工作正常。

实施时间和目标:按照教学计划的安排;了解智能网联汽车的结构和特点。

教学要求:根据教学计划要求将学生分成若干小组,每组5人,使用智能网联汽车运行控制系统,指导教师先讲解并现场演示,学生再动手操作。



拓展知识

知识链接 智能无人驾驶汽车实验平台功能认知

根据智能无人驾驶汽车需要完成的自主导航和实时运动控制的要求,在研究工作中以普通汽车为基础搭建软、硬件系统,改装目标为一辆在野外复杂环境下能够自主导航行驶的智能无人驾驶汽车。搭建成的智能无人驾驶汽车实验平台,如图 1-6 所示。

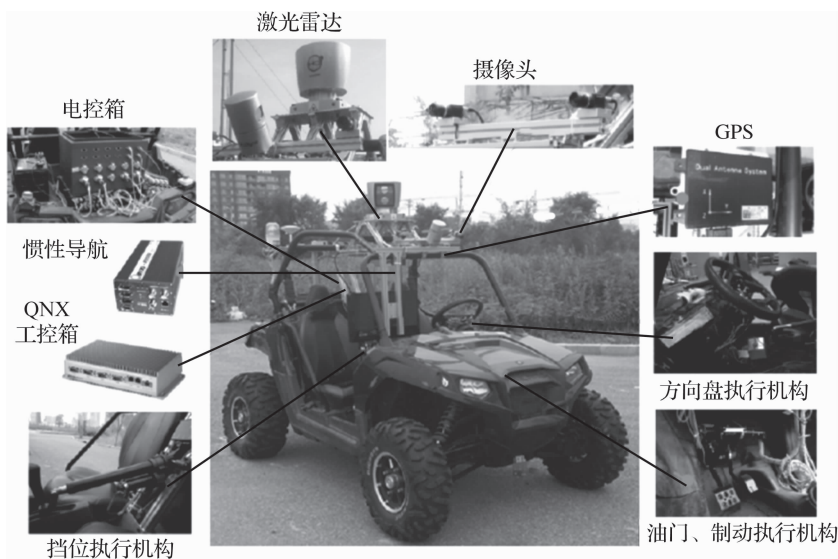


图 1-6 智能无人驾驶汽车实验平台

该实验平台包括智能无人驾驶汽车的硬件系统和软件系统。对于智能无人驾驶汽车来说,硬件系统主要包括汽车车体、传感器系统、计算机系统,以及电控系统等。

(1)传感器系统。该智能无人驾驶汽车的传感器主要用来感知周围环境信息,以及车体自身状态信息。传感器系统主要包括激光雷达、惯性导航、摄像头等。

(2)计算机系统。智能无人驾驶汽车上的计算机系统按照其负责的功能可以分成两个部分:上层自主导航计算机和底层实时运动控制计算机。本车底层实时运动控制计算机采用的是一台由研华公司生产的无风扇嵌入式工业计算机 UNO-2178A。

(3)电控系统。为了保证智能无人驾驶汽车在自主行驶及熄火调试时的整车系统性能及续航能力,在其后部添加了两块 68 Ah 铅酸蓄电池作为设备电瓶,从车载点火电瓶连接至设备电瓶,在自主行驶过程中给设备电瓶充电,从而提高整车的系统性能和续航能力。

小结

本项目以智能网联汽车整体认知为载体,通过实际操作控制智能网联汽车并感受其效



果,激发学生学学习智能网联汽车课程的兴趣,使学生明确本课程的学习任务,以加深对智能网联汽车关键技术的理解,为后面的学习打下坚实的基础。

习题及思考题

【填空题】

1. 智能网联汽车集中运用了计算机、现代_____、信息融合、_____识别、通信网络及_____等技术,是一个集环境感知、规划决策和_____驾驶辅助等于一体的高新技术综合体,拥有相互依存的技术链和产业链体系。

2. 当两车距离较远或被障碍物遮挡而无法直接_____,可以通过_____进行信息传递,构成一个无中心、完全自组织的车载自组织网络。

车载自组织网络依靠短距离_____实现 V2V、V2I 通信。它使在一定通信范围内的车辆可以_____各自的车速、位置等信息和车载_____感知的数据,并自动连接建立起一个移动的网络,典型的应用包括行驶安全预警、交叉路口协同驾驶、交通信息发布,以及基于通信的_____车辆控制等。

3. 控制与执行层的主要功能是按照_____决策层的指令,对车辆进行_____和协同控制,并为_____提供道路交通信息、安全信息、娱乐信息、救援信息,以及_____办公、网上消费功能等,保障汽车安全行驶和舒适驾驶。

从功能角度上讲,智能网联汽车与一般汽车相比,主要增加了_____与定位系统、无线通信系统、车载自组织_____和先进驾驶_____等。

【问答题】

1. 简述智能网联汽车的发展历史。
2. 简述智能网联汽车、智能汽车和无人驾驶汽车的异同点。
3. 论述智能网联汽车的技术分级。
4. 简述智能网联汽车系统构成。

智能网联汽车先进的传感器技术

项目要求

学生通过本项目的学习,了解智能网联汽车先进的传感器技术的分类、工作原理和应用,提高自身对智能网联汽车先进的传感器技术的学习兴趣。学生通过对智能网联汽车先进的传感器技术的总体认知,初步了解智能网联汽车先进的传感器技术的学习内容,同时加深对智能网联汽车先进的传感器技术知识的理解。

知识要求

1. 了解智能网联汽车传感器的结构和应用。
2. 了解智能网联汽车传感器的工作原理和技术、工作特点。

能力要求

1. 在现场对智能网联汽车传感器及其控制系统进行认识和操作。
2. 在现场观察智能网联汽车传感器及其控制系统的工作情况和技术特点。

相关知识

知识链接一 汽车传感器概述

汽车传感器作为汽车电子控制系统的信息源,把汽车运行中各种工况信息转化成电信号输送给中央控制单元,再经过分析和处理传输给执行单元,使汽车发挥最佳性能。

一、汽车传感器的特点

汽车传感器具有以下特点。



(1)适应性强,耐恶劣环境。汽车行驶环境复杂,有低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极寒地区,有超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的酷热地区,也有海拔 $5\ 000\text{ m}$ 以上的高原地区。因此,要求汽车传感器具有极强的环境适应性,要能在这些特殊环境下正常工作。另外,汽车传感器还应具有很好的密封性、耐潮湿性、抗腐蚀性等。

(2)抗干扰能力强。汽车传感器除了能够适应外界的恶劣环境之外,也要能够抵抗来自汽车内部的各种干扰。例如,发动机工作时的高温、汽车行驶时的振动、汽车电源产生的高压电脉冲等,都会对传感器信号产生干扰,因此汽车传感器必须能够抵抗汽车产生的各种干扰。

(3)稳定性和可靠性高。汽车传感器特性对汽车电子控制系统有非常大的影响,因此其必须具有高稳定性和高可靠性。

(4)性价比高,适应大批量生产。随着汽车越来越电子化、智能化、网络化、无人化,汽车所用传感器越来越多,达到数百个,这就要求汽车传感器必须性价比高,否则难以大批量生产、推广使用。

二、汽车传感器的分类

汽车传感器有很多种分类方法,如有按测量对象划分的,有按工作原理划分的,有按功能划分的,有按使用区域划分的,但目前还没有统一的分类方法。

1. 按测量对象划分

汽车传感器按测量对象可以分为温度传感器、压力传感器、流量传感器、气体浓度传感器、位置传感器、转速传感器、加速度传感器、距离传感器等。

(1)温度传感器。温度传感器主要用于检测发动机温度、吸入气体温度、冷却水温度、燃油温度、环境温度等。

(2)压力传感器。压力传感器主要用于检测气缸负压、大气压、涡轮增压发动机升压比、气缸内压、油压等。

(3)流量传感器。流量传感器主要用于检测发动机空气流量和燃料流量等。

(4)气体浓度传感器。气体浓度传感器主要用于检测车辆内气体和废气排放等。

(5)位置传感器。位置传感器主要用于检测曲轴转角、节气门开度、制动踏板位置、车辆位置等。

(6)转速传感器。转速传感器主要用于检测发动机转速、车轮转速和行驶车速等。

(7)加速度传感器。加速度传感器主要用于测量纵向加速度、横向加速度、垂直加速度等。

(8)距离传感器。距离传感器主要用于测量汽车行驶的距离,以及汽车至障碍物的距离等。

2. 按工作原理划分

汽车传感器按工作原理可以分为电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、电磁式传感器、热电式传感器、光电式传感器、电化学式传感器等。



(1)电阻式传感器。电阻式传感器是将被测量变化转换成电阻变化的传感器,如空气流量传感器、压力传感器、节气门位置传感器等。

(2)电容式传感器。电容式传感器是将被测量变化转换成电容量变化的传感器,如机油传感器、碰撞传感器、燃油液位传感器等。

(3)电感式传感器。电感式传感器是将被测量变化转换成电感量变化的传感器,如位置传感器、爆燃传感器、加速度传感器等。

(4)压电式传感器。压电式传感器是将被测量变化转换成由于材料受机械力产生静电电荷或电压变化的传感器,如进气压力传感器、减震器传感器等。

(5)电磁式传感器。电磁式传感器是指利用磁通量的变化,将被测量在导体中转换成电信号变化的传感器,它利用导体和磁场发生的相对运动而在导体两端输出感应电势,如发动机转速传感器、车轮转速传感器、转向盘转角传感器等。

(6)热电式传感器。热电式传感器是将被测量变化转换成热生电动势变化的传感器,如水温传感器、空气流量传感器、进气温度传感器等。

(7)光电式传感器。光电式传感器是将光通量转换成电量的传感器,如曲轴位置传感器、红外传感器等。

(8)电化学式传感器。电化学式传感器是利用被测量的电化学反应,将其变化转换成电位或者电导率变化的传感器,如氧传感器、湿度传感器等。

3. 按功能划分

汽车传感器按功能可以分为汽车控制用传感器和汽车性能检测用传感器。

(1)汽车控制用传感器。汽车控制用传感器又可以分为发动机控制系统用传感器,如流量传感器、压力传感器、气体浓度传感器、温度传感器、爆燃传感器等;底盘控制系统用传感器,如悬架控制用传感器、防抱死制动系统传感器、驱动防滑系统(acceleration slip regulation, ASR)传感器、车身电子稳定系统(electronic stability program, ESP)传感器、自适应巡航控制系统传感器、车道偏离预警系统传感器、车道保持辅助系统传感器、汽车并线辅助系统传感器、汽车自动紧急制动辅助系统传感器、自动泊车辅助系统传感器等;车身控制用传感器,如汽车姿态控制传感器、智能空调传感器、安全气囊传感器、汽车自适应前照明系统传感器、汽车夜视辅助系统传感器、汽车平视显示系统传感器等;导航控制用传感器,如微机械陀螺仪、电子罗盘等。汽车控制用传感器经常把一个传感器用于多个控制系统。

(2)汽车性能检测用传感器。汽车性能检测用传感器主要包括汽车动力性能检测传感器、汽车燃料经济性检测传感器、汽车制动性能检测传感器、汽车操纵稳定性检测传感器、汽车行驶平顺性检测传感器、汽车灯光检测传感器、轮胎压力检测传感器等。

4. 按使用区域划分

汽车传感器按使用区域可以分为发动机传感器、底盘传感器、车身传感器、电气传感器、导航传感器等。

(1)发动机传感器。如流量传感器、压力传感器、气体浓度传感器、温度传感器、爆燃传



传感器等。

(2) 底盘传感器。如悬架控制用传感器、ABS 传感器、ASR 传感器、ESP 传感器。

(3) 车身传感器。如汽车姿态控制传感器、智能空调传感器、安全气囊传感器、汽车自适应前照明系统传感器、汽车夜视辅助系统传感器、汽车平视显示系统传感器等。

(4) 电气传感器。如智能空调传感器、环境温度传感器、汽车灯光检测传感器等。

(5) 导航传感器。如微机械陀螺仪、电子罗盘等。

三、汽车传感器的发展趋势

未来汽车传感器技术研究领域将主要涉及力学传感器技术、影像传感器技术、安全防卫传感器技术、电化学或磁方法传感器技术等方面。

汽车传感器技术的发展趋势是微型化、多功能化、集成化、智能化、网络化。

(1) 微型化。微型传感器具有体积小、成本低、可靠性高等优点，而且它还可以通过机械加工技术和微米/纳米技术，将微传感器、微执行器，以及信号和数据处理装置集成在一个微系统中，以提高系统测试精度，使测量变得更加精准。

(2) 多功能化。多功能化是指一个传感器能检测 2 个或 2 个以上的特性参数或者化学参数，从而减少汽车传感器数量，提高系统可靠性。

(3) 集成化。集成化是指利用集成电路制造技术和精细加工技术制作成集成式传感器。

(4) 智能化。智能化是指传感器与大规模集成电路相结合，带有 CPU，具有智能作用，以减少 ECU 的复杂程度，减小其体积，并降低成本。

(5) 网络化。随着汽车智能化和网络化的发展，各种控制系统间的数据通信变得更加频繁，以分布式控制系统为基础构造汽车车载传感器网络是十分必要的，大量数据的快速交换、高可靠性、抗电磁干扰及低成本是车载传感器网络系统的要求。

另外，功能材料对传感器的发展也起着不可替代的作用。随着材料科学的不断进步，在各种材料的制造过程中，可以有效地控制其成分，设计出多种应用于传感器的功能材料，可有效地降低生产成本。传感器的敏感元件除了由功能材料决定外，加工工艺也对其影响巨大。随着技术的发展，半导体、陶瓷等新型材料广泛应用于传感器的敏感元件，很多现代的制造技术被广泛地引入汽车传感器领域。如微细加工技术、薄膜技术、离子注入技术等，能制造出可靠性高、体积小、质量轻的微型化敏感元件。汽车传感器必定会朝着安全可靠、低功耗及无源化的方向发展。

智能网联汽车与一般汽车相比，车载传感器数量更多，而且需要更先进的传感器，这些先进的传感器主要用于实时性、可靠性非常高的先进驾驶辅助系统。接下来主要介绍与智能网联汽车先进驾驶辅助系统密切相关的车轮转速传感器、加速度传感器、微机械陀螺仪、转向盘转角传感器、超声波传感器、激光雷达、毫米波雷达、视觉传感器、电子罗盘，以及车载传感器网络等。



知识链接二 车轮转速传感器

车轮转速传感器用于测量汽车车轮的转速,转速信号借助于电缆传送给汽车上的 ABS、ASR、ESP 等控制单元,以调节每个车轮的制动力,保证汽车行驶稳定性和操纵性。另外,智能网联汽车的导航系统、车道偏离预警系统、车道保持辅助系统、自适应巡航控制系统等,也需要将采集到的车轮转速信号根据预设的车速计算公式换算成车速信号发送到 CAN 总线,通过 CAN 总线获取车速信号。车速信号的准确与否直接关系到智能网联汽车行驶的安全性及可靠性。

车轮转速传感器的类型主要有电磁式转速传感器和霍尔式转速传感器。

一、电磁式转速传感器

电磁式转速传感器的组成如图 2-1 所示,主要结构是齿圈和永磁体、感应线圈、极轴组成的传感头,其中极轴头部结构有凿式和柱式两种。它属于无源传感器。

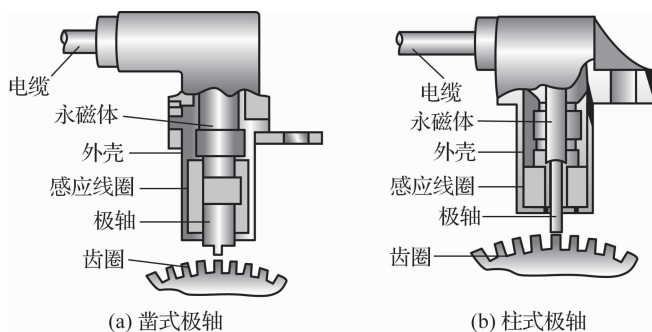


图 2-1 电磁式转速传感器的组成

齿圈是运动的,一般安装在随车轮一起转动的部件上;传感头是静止的,一般安装在车轮附近,一般前轮传感头固定在车轮转向架上,后轮传感头固定在后车轴支架上,如图 2-2 所示。

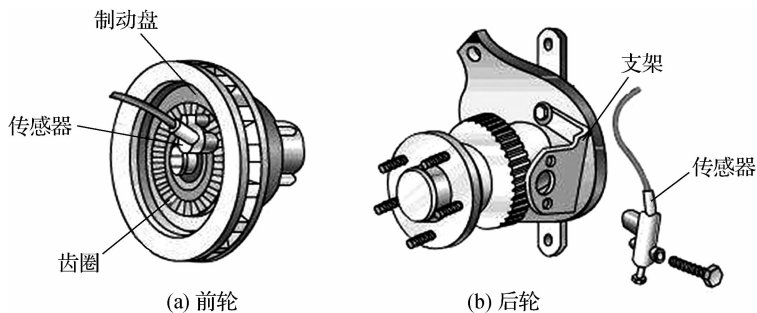


图 2-2 电磁式转速传感器在车轮上安装的位置



车轮的旋转引起传感头和齿圈的齿顶与齿隙间距不同,引起磁通量的交替变化,从而产生感应电动势,此信号通过感应线圈末端的电缆输入 ABS 的电控单元。当齿圈的转速发生变化时,感应电动势的频率也变化。ABS 电控单元通过检测感应电动势的频率来检测车轮转速。感应电动势的频率为

$$f=Zn/60 \quad (2-1)$$

式中, f 为感应电动势的频率; Z 为齿圈齿数; n 为齿圈转速,即车轮转速。

电磁式转速传感器的优点是结构简单、成本低。

电磁式转速传感器具有以下缺点。

(1)输出信号的幅值随转速的变化而变化,当转速比较低时,电控单元可能检测不到信号。

(2)频率响应低,当汽车速度超过规定值时,容易产生错误信号。

(3)抗电磁波干扰能力差,输出信号弱时比较明显。

目前,国内外 ABS 的控制速度范围一般为 15~160 km/h,如果要求控制速度范围扩大到 8~260 km/h,乃至更大,电磁式转速传感器就很难适应。

二、霍尔式转速传感器

霍尔式转速传感器也是由传感头和齿圈组成的。传感头由永磁体、霍尔元件和电子电路等组成,永磁体的磁力线穿过霍尔元件通向齿圈,如图 2-3 所示。它属于有源传感器。

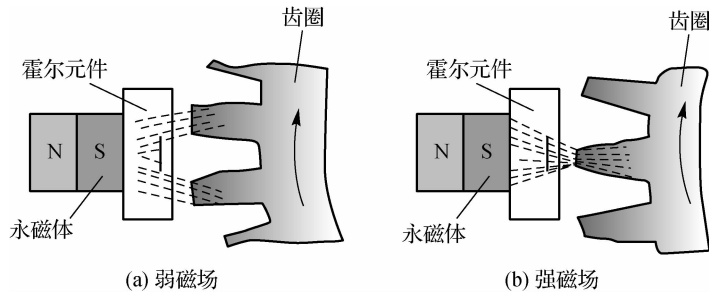


图 2-3 霍尔式转速传感器的磁路

当齿圈位于图 2-3(a)所示位置时,穿过霍尔元件的磁力线分散,磁场相对较弱;而当齿圈位于图 2-3(b)所示位置时,穿过霍尔元件的磁力线集中,磁场相对较强。当齿圈转动时,传感头在齿圈齿顶和齿隙之间交替变化,使得穿过霍尔元件的磁力线密度发生变化,从而引起霍尔电压的变化,霍尔元件将输出一个毫伏级的准正弦波电压,此信号还需由电子电路转换成控制单元要求的输入信号。

霍尔式转速传感器可以把永磁体、霍尔元件和电子电路等用塑料密装,其体积小,质量轻,为选择安装位置提供了极大的灵活性。图 2-4 所示为霍尔式转速传感器安装在车轮轴承上。

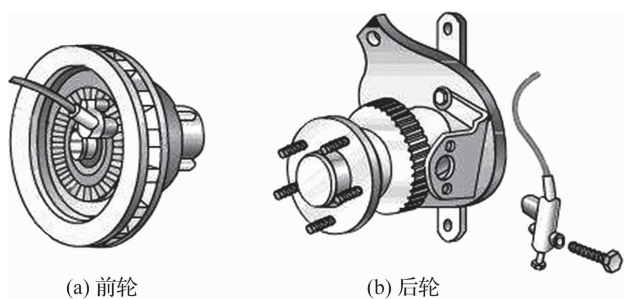


图 2-4 霍尔式转速传感器安装在车轮轴承上

霍尔式转速传感器具有以下优点。

(1) 输出电压信号稳定, 在车轮转速范围内和蓄电池标准电压下, 传感器输出电压能稳定在 11.5~12 V, 输出电压幅值不受转速的影响。

(2) 频率响应高, 其响应频率高达 20 kHz, 相当于车速为 1 000 km/h 时所检测的信号频率, 最高响应频率能够保证汽车高速运行时的测量精度。

(3) 抗电磁波干扰能力强。

当然, 霍尔式转速传感器也有不足之处, 如与电磁式转速传感器相比, 霍尔式转速传感器制造成本高。

霍尔式转速传感器不仅广泛应用于 ABS 轮速检测, 也广泛应用于其他控制系统的转速检测。

知识链接三 加速度传感器

具有 ABS、ASR、ESP 的汽车, 除了车轮转速传感器外都装有加速度传感器, 用于测量汽车行驶时的纵向和横向加速度。另外, 为了保持汽车行驶舒适性, 也需要测量垂直加速度, 用于控制汽车的垂直振动。

一、加速度传感器的分类

加速度传感器有多种分类方式。例如, 按检测方式可以分为电容式加速度传感器、压阻式加速度传感器和压电式加速度传感器; 按敏感轴数量可以分为单轴加速度传感器、双轴加速度传感器和三轴加速度传感器; 按输出信号可以分为模拟式加速度传感器和数字式加速度传感器。

1. 电容式加速度传感器

电容式加速度传感器是通过将电容的可动电极用运动的质量块来代替, 当质量块在加速度的作用下发生位移时, 质量块与固定极板间的电容量也随之发生变化, 通过外围的检测电路, 即可测出这种电容的变化量, 由此便可间接地测量出物体的加速度大小。典型的电容



式加速度传感器的结构示意图如图 2-5 所示。

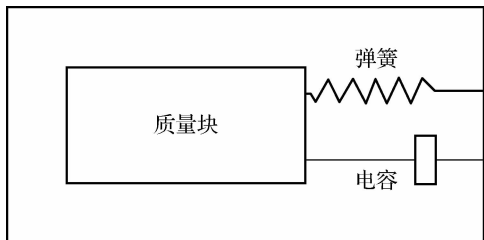


图 2-5 电容式加速度传感器的结构示意图

与其他类型的加速度传感器相比,电容式加速度传感器具有较高的灵敏度和测量精度、良好的稳定性、较小的温度漂移、极低的功耗等优点,但它也存在着工作带宽窄、信号处理电路复杂、抗电磁波干扰能力差等缺点。

2. 压阻式加速度传感器

压阻式加速度传感器是利用敏感材料的压阻效应制成的,当敏感材料在敏感轴方向因受到压力的作用而发生形变时,敏感材料的电阻率也将随之发生变化,该现象被称为压阻效应。利用该效应制成的加速度传感器被称为压阻式加速度传感器,其结构示意图如图 2-6 所示。

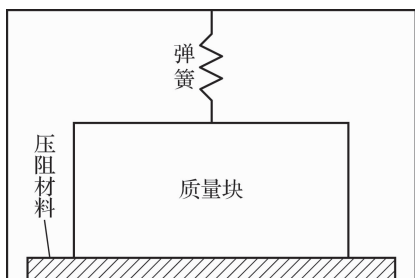


图 2-6 压阻式加速度传感器的结构示意图

当质量块在材料敏感轴方向受到加速度作用而对敏感材料施加一定的压力时,相应的敏感材料的电阻值就会发生变化,通过惠斯通电桥电路就可以对电阻值变化进行测量,以达到间接测量物体所受加速度大小的目的。

压阻式加速度传感器具有加工工艺简单、成本低、结构和输出电路简单、线性度好等优点,但同时也存在温度漂移过大、灵敏度较低的缺点。

3. 压电式加速度传感器

如图 2-7 所示,压电式加速度传感器与压阻式加速度传感器类似,只是将压阻材料替换为压电材料,以此来完成对物体所受加速度的测量。压电式加速度传感器的工作原理是应用敏感材料的压电效应。

当质量块在受到加速度作用以后,其会对敏感材料产生一定的压力,该压力使得压电材料的表面积累一定量的电荷,通过外围放大电路可检测这些电荷,输出电荷信号与物体所受的加速度大小成比例,因此便可达到测量物体所受加速度大小的目的。

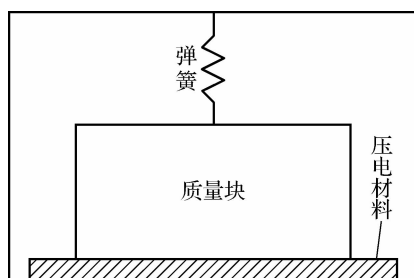


图 2-7 压电式加速度传感器的结构示意图

压电式加速度传感器具有结构简单、稳定性好、耐高温、输出线性好等优点；但由于压电材料极化产生的是直流电荷，故在低频下进行压电测量就变得很困难，而且很难对压电材料进行 COMS 工艺集成。

除上述 3 种应用较为广泛的加速度传感器之外，还有一些新型的加速度传感器也正在成为人们关注和研究的对象。

谐振式加速度传感器是通过作用在谐振器上的应力大小随着加速度的不同而发生变化，导致该谐振器频率也会相应地发生变化，以此来测量传感器所受到的加速度大小。此类传感器的优点是可以直接数字化输出测量结果，测量精度高，但热激励源偶尔引起的热应力会影响测量精度，而且结构复杂。

隧道电流式加速度传感器是通过质量块因加速度作用导致其尖端和衬底间的常电流发生变化，以此来测得输入加速度的大小。它具有极高的灵敏度、固有频率和测量精度，但在低频下却存在噪声。

光纤加速度传感器是利用加速度导致光纤形变而引起反射光的强度、偏振面、光波长等随之改变的原理研制的。

电磁式加速度传感器是通过利用磁钢、铜环及线圈之间的相对振动来感生出与加速度成正比的电压信号，以此来完成对加速度的测量。

二、霍尔加速度传感器

霍尔加速度传感器结构示意图如图 2-8 所示，主要由霍尔传感器、永磁体、弹簧、阻尼板等组成。图中， a 为检测到的横向加速度， Φ 为磁通， U_0 为供电电压， U_H 为霍尔电压， I_w 为阻尼板上的电流。

霍尔加速度传感器有一个竖放的带状弹簧，一端夹紧，另一端固定着永磁体，以作为振动质量。在永磁体上面是带有信号处理集成电路的霍尔传感器，在下面有一块铜阻尼板。若传感器感受到横向加速度，则传感器的弹簧质量系统离开它的静止位置而偏移，偏移程度与加速度大小有关。运动的永磁体在霍尔元件中产生霍尔电压，经过信号处理集成电路处理后输出信号电压，它随加速度增加而线性增加。加速度范围为 $-g \sim g$ ，传感器频率很低，只有几赫兹，并具有阻尼作用。

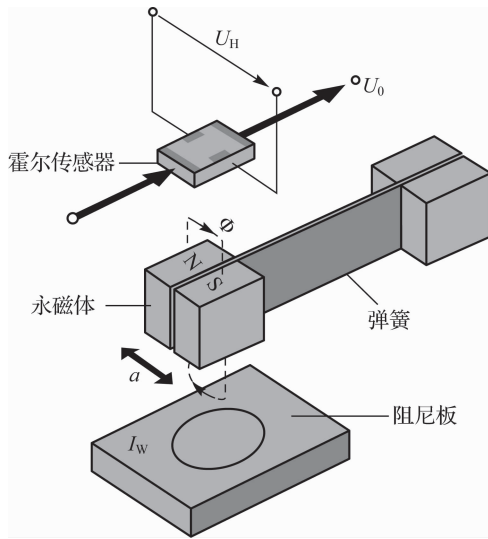


图 2-8 霍尔加速度传感器结构示意图

三、加速度传感器的选用

加速度传感器已被广泛应用于汽车电子领域，主要集中在车身操控、安全系统和导航，典型应用如汽车安全气囊、ABS、ASR、ESP、电控悬挂系统、导航等。

加速度传感器针对不同的应用场景，在特性上体现为不同的规格。用户需根据自身的具体需要选取最适合的产品。加速度传感器的选取还需要考虑满量程、灵敏度及解析度等元件的特性。满量程表示传感器可测量的最大值和最小值间的范围；灵敏度与模数转换器等级有关，是产生测量输出值的最小输入值；解析度则表示了输入参数最小增量。除此之外，模拟式加速度传感器输出值为电压，还需要在系统中添加模数转换器；数字式加速度传感器的接口芯片中已经集成了模数转换电路，可直接以 SPI(串行外设接口)或 I2C 总线等实现数字传输。

知识链接四 微机械陀螺仪

陀螺仪是一种能够敏锐感知载体角度或角速度的惯性器件，在姿态控制和导航定位等领域有着非常重要的作用。陀螺仪正朝着高精度、高可靠性、微型化、多轴测量和多功能测量的方向发展。

微机械陀螺仪属于微电子机械范畴，它是利用科里奥利力现象研制而成的。科里奥利力现象是对旋转体系中进行直线运动的质点由于惯性相对于旋转体系产生直线运动偏移的一种描述。

科里奥利力来自物体所具有的惯性。在旋转体系中进行直线运动的质点，由于惯性的



作用,有沿着原有运动方向继续运动的趋势,但由于体系本身是旋转的,在经历了一段时间的运动之后,体系中质点的位置会有所变化,而它原有的运动趋势的方向如果以旋转体系的视角去观察,就会发生一定程度的偏离。

一、微机械陀螺仪的分类

微机械陀螺仪可以根据制作材料、振动方式、有无驱动结构、检测方式及加工方式等进行分类。

(1)按制作材料可将微机械陀螺仪划分为硅陀螺仪和非硅陀螺仪。非硅陀螺仪包括压电陶瓷陀螺仪和压电石英陀螺仪。压电陶瓷陀螺仪不采用微加工工艺,但需要微光刻技术来保证陀螺的几何尺寸,其尺寸大小与微加工陀螺的尺寸大小相当;压电石英陀螺仪精度高,但生产加工工艺复杂、成本高。因此,硅陀螺仪是发展方向,硅材料又分单晶硅材料和多晶硅材料。

(2)按振动方式可将微机械陀螺仪划分为角振动陀螺仪和线振动陀螺仪。角振动陀螺仪是围绕一个轴来回振动,线振动陀螺仪是沿一条线来回振动。

(3)按有无驱动结构可将微机械陀螺仪划分为有驱动结构的和无驱动结构的两种形式。有驱动结构的又根据驱动方式不同分为静电驱动陀螺仪、电磁驱动陀螺仪和压电驱动陀螺仪。静电驱动陀螺仪是在驱动电极上施加变化电压,将其产生的变化的静电力作为驱动力;电磁驱动陀螺仪是在电场中给陀螺内部的质量块施加垂直于电场方向的变化电流,将其产生的力作为驱动力;压电驱动陀螺仪是在陀螺的驱动电极上施加变化的电压,陀螺随之发生形变。无驱动结构的主要是利用旋转体自身旋转作为动力来源,省略驱动装置,其结构简单,成本低,可靠性高,是专用于旋转体的陀螺仪。

(4)按检测方式可将微机械陀螺仪划分为压电式陀螺仪、压阻式陀螺仪、电容式陀螺仪和光学陀螺仪。

(5)按加工方式可将微机械陀螺仪划分为体加工微机械陀螺仪、表面加工微机械陀螺仪及微电子工艺微机械陀螺仪。体加工工艺和表面加工工艺与微电子工艺兼容,是可以与微电子电路实现单片集成制造的工艺,适合低成本、大批量微型零件和微系统器件的加工制造;但可用的材料种类相对比较少,能加工的零件尺寸范围窄,适合尺度在 $0.1\sim 100\ \mu\text{m}$ 范围内的零件加工,能制造的零件形状也相对简单。形状复杂的结构和部件则需要用微电子工艺等其他加工工艺来制造。

二、微机械角速度传感器

微机械角速度传感器是目前市场上能够进行批量生产的最复杂的传感器之一。它由在真空中做复杂运动的惯性质量块和驱动该设备、分析其响应的多种复杂电路组成,并集中在一个极狭小的空间内。

这里介绍的是由奥地利 Sensor Dynamics 公司研制的一种微机械角速度传感器,它可以满足现代应用的全部要求,尤其是汽车工业所要求的小尺寸、坚固的机械结构、长期稳定性、



无限制的故障自动防护性能和 AEC-Q100 认证(集成电路的汽车级质量认证)。这种角速度传感器特别适用于对汽车的危险情况做出判定,如刹车或翻车,即使在 GPS 信号接收不到的区域内,也可以自动启动自动驾驶功能。

微机械角速度传感器的基本结构如图 2-9 所示,图中 $F(t)$ 代表由旋转角速度 ω 和平面运动速度 $v(t)$ 所引起的科里奥利力。

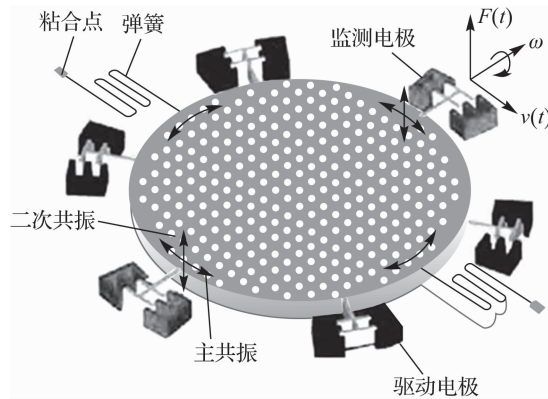


图 2-9 微机械角速度传感器的基本结构

微机械角速度传感器由弹簧支承的极板质量块组成,它能够在基底上自由地移动,传感器工作所必需的梳状驱动电极附着于极板之上。在驱动电极上施加可变电压使极板进入由静电力而引起的主共振,共振的幅值靠监测电极来测量和修正。在外界旋转的影响下,共振极板在科里奥利力的作用下偏离平面,引发二次共振,其幅值和外界角速度有严格的比例关系。二次共振的幅值由位于极板下面的电极测量。

微机械角速度传感器的运动结构非常小,运动极板的直径只有十分之几毫米,厚度只有百分之一毫米,因此必须有效排除外界机械效应的影响才能保证测量的精度,如需要用密闭封装来排除灰尘的影响。图 2-10 所示为微机械角速度传感器封装的一个横截面,传感器内部必须是绝对的真空,因为残存的空气会在一定程度上阻碍极板质量块的运动,这将导致不能产生合适的共振。

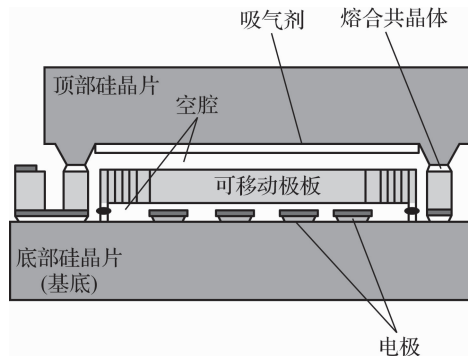


图 2-10 微机械角速度传感器封装的一个横截面



微机械角速度传感器使用一个专用集成电路(ASIC)来驱动,它能够检测到由极板运动而引起的电容的微小变化。ASIC 的制造过程要求漏电流非常小,噪声特性非常好,同时还能提供高于 50 V 的电压能力和承受超过 125 °C 的温度。电路元件的这种耐高压特性意味着敏感元件能够接受更高电压的驱动,相应地可以产生高静电力来驱动敏感元件,由此可以设计成更坚固的机械结构,这对于敏感元件的高冲击强度是很重要的。

图 2-11 所示为 ASIC 简化原理图。可以看出,监测电极的输出信号是如何在输入 1 阶段被放大,然后由模数转换器 ADC 1 完成数字化的。该信号的频率为质量块的机械共振频率 f_n 。数字 PLL 生成一个具有相同频率的规范化幅值信号 f_r 。信号 f_r 通过幅值控制与 f_n 进行比较,因此,它能够保持等幅值。

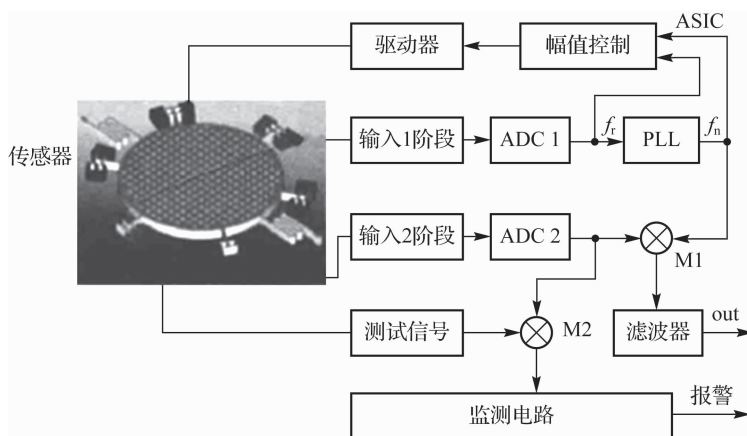


图 2-11 ASIC 简化原理图

监测电路监测模拟和数字模块,当有参数超出定义范围时,电路立即产生报警信号。例如,当 PLL 超出范围时,极板停止共振,这种情况可以很容易被监测电路监测到。

实际的测量信号通道由基底电极、输入 2 阶段、模数转换器 ADC2 和混合器 M1 组成。基底电极监测第二极板的偏差,该偏差与角速度存在函数关系。测量信号用 f_r 进行调制。因此能够通过混合 f_n 信号解调。二次极板共振由一个测试信号监测,该信号以接近 A 值的频率周期性偏转极板。为了达到这个目的,又增加了与信号通道隔绝的基底电极。因此 ADC2 的输出信号包含测试信号和待测量信号,在混合器 M2 中混合后生成了一个直流信号,对该信号可以很容易地进行连续监测。滤波器在输出端从测量信号中滤掉了测试信号。在 ASIC 中有超过 20 个参数一直处于监测中,以保证从始至终的故障自动防护性。

故障自动防护性不只局限于传感器和 ASIC 等芯片级别,也同样支持模块级别。图 2-12 所示是在模块级别的微控制器上说明了故障自动防护的概念。

当第一次测量时,微控制器通过 SPI 接口,以及硬连接线位(HW-BIT)与 ASIC 进行通信,这种方法通过增加冗余性提高了产品的安全级别。当第二次测量时,就可以执行 SPI 的握手协议。因此,如果微控制器本身出现错误,ASIC 就能够通过 SPI 检测到这一情况并在必要时关闭微控制器故障线路上的 CAN 收发器。这样可以防止有故障的模块干扰 CAN 总线。SD721 角速度传感器的主要参数见表 2-1。

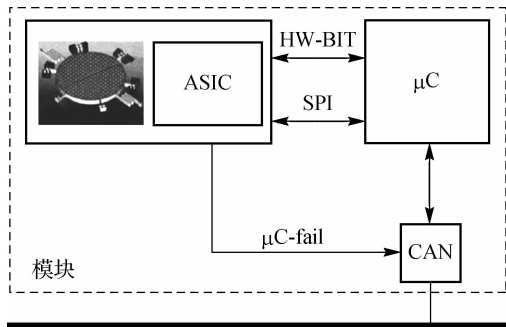


图 2-12 模块级别的故障自动防护

表 2-1 SD721 角速度传感器的主要参数

主要参数	数 值
测量范围/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)	± 100
敏感轴(平面陀螺仪)	X-轴
分辨率/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)	0.003 9
信噪比(带宽=25 Hz)/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)	0.1
总漂移误差(包含老化)/($^{\circ} \cdot s^{-1}$)	± 2
相对于其他轴的交叉灵敏度/%	2
相对于加速度的交叉灵敏度/($g^{\circ} \cdot s^{-1}$)	0.1
线性误差(最佳拟合)/(%FS)	± 0.2
灵敏度误差/%	± 2
正常工作的耐冲击性/g	$\pm 1\ 500$
100g 冲击 5 ms 后的恢复时间/ms	5
环境温度范围/ $^{\circ}C$	$-40 \sim +125$

微机械陀螺仪的发展方向是将多维角速度传感器和加速度传感器集成于一个封装中，并进一步提高产品的抗冲击能力，其目标是能够在三维空间里检测任意方向的角速度和加速度的通用传感器。

知识链接五 转向盘转角传感器

汽车转向盘转角传感器用于测量汽车转向时转向盘的旋转角度，其主要应用于车道保持辅助系统、自适应前照明系统、自动泊车辅助系统等。

一、转向盘转角传感器的分类

转向盘转角传感器根据工作原理可以分为霍尔式转角传感器、磁阻式转角传感器、光电



式转角传感器和电阻分压式转角传感器等;根据原始信号编/解码方式的不同,转向盘转角传感器可以分为绝对值转角传感器和相对值转角传感器。

1. 绝对值转角传感器

绝对值转角传感器输出转向盘的绝对转动角度,能够直接为控制系统的 ECU 所使用。但是,这种传感器对于安装空间有一定的要求。同时,这种传感器的成本高,信号处理电路也比较复杂,限制了绝对值转角传感器的应用。

传统的绝对值转角传感器基于电阻分压原理,通常使用导电塑料作为电阻器来分压。在电阻器的两端施加一直流电压,一个滑动接触点随着转向盘的转动在电阻器两端内运动,当转向盘转动到 2 个端点位置时,滑动接触点刚好运动到电阻器两端。测量接触点和电阻器一端的电压即可求得转向盘的绝对转角位置。

由于电阻分压式绝对值转角传感器是接触式传感器,在滑动接触点和电阻器的相互运动过程中两者会产生磨损,这影响了传感器的使用寿命。因此,材料的合理选择、润滑的合理使用都是这种传感器设计过程中必须认真考虑的问题。

2. 相对值转角传感器

相对值转角传感器包括光电感应式转角传感器和电磁感应式转角传感器。

(1)光电感应式转角传感器。光电感应式转角传感器包括至少 2 个光敏元件、1 个透光胶片,以及对应的信号处理电路。透光胶片指的是在不透光的基片(通常做成圆环形)上均匀分布着一些透光矩形孔的胶片。透光胶片一般固定在转向管柱上,可以随着转向盘的转动而转动。在透光胶片的转动过程中,光线通过矩形孔入射在透光胶片后面固定的光敏元件表面。光敏元件表面的光强可以通过转换电路转换成不同幅值的输出电压。由于矩形孔均匀分布,因而输出的电压呈现方波形状。通过合理的设计,让 2 个光敏元件输出的两路电压存在一定的相位差(通常为 90°),通过比较两路信号的相位关系就可以判断转向盘的转动方向。

转向盘转动一周,输出的方波信号数就是矩形孔的个数,因此,每个方波周期对应的转向盘转角可以求出。在 2 个时刻之间,知道了转向盘的转动方向,以及方波的个数,就可以知道 2 个时刻之间转向盘转动的相对角度。

因此,这种传感器被称为相对值转角传感器。通过一定的算法判断出转向盘的中间位置,再由相对值转角传感器求出相对于中间位置转动的角度,就可以求出转向盘的绝对转动角度了。

(2)电磁感应式转角传感器。电磁感应式转角传感器利用永磁体和电子线路来产生方波信号,使用的工作原理包括霍尔效应、磁阻效应,以及可变磁阻效应。这种传感器需要各种电子线路将传感器原始信号转换为适合应用的信号形式。这种传感器内部有比较多的电子部件,它们对于温度比较敏感,因此工作温度一般不超过 125°C ,同时,由于永磁体的存在,外部磁场可能会对这种传感器造成影响。

此外,目前又出现了一些新型转向盘转角传感器,如 AMR(各向异性磁阻)转向盘转角



传感器、GMR(巨磁阻)转向盘转角传感器,应用较为广泛。

二、AMR 转向盘转角传感器和 GMR 转向盘转角传感器

1. AMR 转向盘转角传感器

AMR 转向盘转角传感器基于各向异性磁阻效应工作。磁性薄膜在平行于膜面的外磁场作用下达到饱和磁化时,薄膜的电阻将随外磁场方向和电流方向的变化而变化,这种效应就是各向异性磁阻效应。AMR 转向盘转角传感器是用于测量角度和转速的非接触式传感器,它应用氧化硅晶体作为载体,传感器元件的电阻随着外加磁场方向的变化而变化,应用测量所得的电阻变化可以求得角度变化或依据电阻变化规律可以求得角速度。这种传感器的量程一般为 180° ,经过特殊设计,这种传感器的量程可以满足转向盘转角测量的要求。德国博世公司的转向盘转角传感器 LWS3 系列就是 AMR 类传感器。

LWS3 型磁阻式转向盘转角传感器的结构如图 2-13 所示。

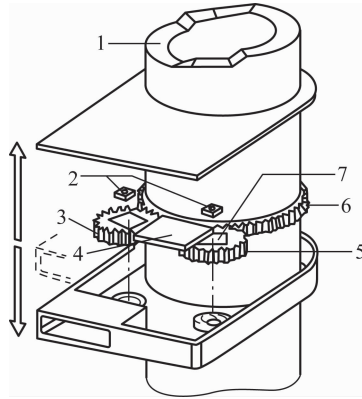


图 2-13 LWS3 型磁阻式转向盘转角传感器的结构

1—转向轴; 2—AMR 测量单元; 3—带有 m 个齿的小齿轮; 4—电子分析装置;
5—带有 $m+1$ 个齿的小齿轮; 6—大齿轮; 7—磁铁

2 个小齿轮由转向轴上的一个大齿轮驱动,这 2 个小齿轮之间差 1 个齿,通过测量 2 个小齿轮的角度就可以得到转向盘的角度信号。按一定的计算流程,在微处理器中计算出转向盘转角,以供控制系统使用。

2. GMR 转向盘转角传感器

GMR 转向盘转角传感器应用的是磁性多层膜的巨磁阻效应,由一系列磁性多层膜叠加而成,这些层只有纳米级厚度,它对最微弱的磁场也会有反应。这意味着这种传感器的量程物体。这种传感器的量程达到 360° 转角,经过特殊设计,这种传感器的量程可以满足转向盘转角测量的要求。博世公司的转向盘转角传感器 LWS5 系列就是 GMR 类传感器。



知识链接六 超声波传感器

频率高于人类听觉上限频率(约 20 000 Hz)的声波称为超声波。超声波传感器是利用超声波的特性研制而成的传感器,是在超声频率范围内将交变的电信号转换成声信号或者将外界声场中的声信号转换为电信号的能量转换器件。

一、超声波传感器的特点

超声波传感器具有以下特点。

(1) 超声波的传播速度仅为光波的百万分之一,并且指向性强,能量消耗缓慢,因此可以直接测量较近目标的距离,一般测量距离小于 10 m。

(2) 超声波对色彩、光照度不敏感,可适用于识别透明、半透明及漫反射差的物体。

(3) 超声波对外界光线和电磁场不敏感,可用于黑暗、有灰尘或烟雾、电磁干扰强、有毒等恶劣环境中。

(4) 超声波传感器结构简单,体积小,成本低,信息处理简单可靠,易于小型化与集成化,并且可以进行实时控制。

超声波方法作为非接触检测和识别的手段,已引起人们越来越多的重视。

二、超声波传感器的结构

超声波传感器的典型结构如图 2-14 所示,它采用双晶振子(压电晶片),即把双压电陶瓷片以相反极化方向粘在一起,在长度方向上,一片伸长,另一片就缩短。在双晶振子的两面涂覆薄膜电极,上面用引线通过金属板(振动板)接到一个电极端子,下面用引线直接接到另一个电极端子。双晶振子为正方形,正方形的左右两边由圆弧形凸起部分支撑着。这两处的支点就成为振子振动的节点。当金属振动板的中心有圆锥形振子,发送超声波时,圆锥形振子有较强的方向性,因而能高效地发送超声波;在接收超声波时,超声波的振动集中于振子的中心,因此能产生高效率的高频电压。超声波传感器采用金属或塑料外壳,其顶部有屏蔽栅。

超声波传感器通过超声换能结构,配以适当的收发电路,就可以使超声能量定向传输,并按预期接收反射波,实现超声测距、遥控、防盗等检测功能,如图 2-15 所示。

超声波传感器有一个发射头和一个接收头,安装在同一面上。在有效的检测距离内,发射头发射特定频率的超声波,遇到检测面反射部分超声波;接收头接收返回的超声波,由芯片记录声波的往返时间,并计算出距离值。超声波测距传感器可以通过模拟接口和 IIC 接口两种方式将数据传输给控制单元。

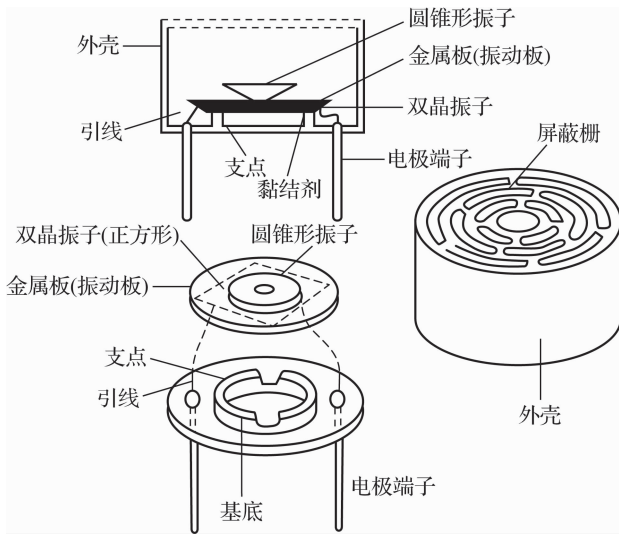


图 2-14 超声波传感器的典型结构



图 2-15 超声波传感器

三、超声波传感器的测距原理

超声波传感器的测距原理是超声波发射头发出的超声波脉冲,经介质(空气)传到障碍物表面,反射后通过介质(空气)传到接收头,测出超声波脉冲从发射到接收所需的时间,根据介质中的声速,求得从探头到障碍物表面之间的距离 L 。如图 2-16 所示,设探头到障碍物表面的距离为 L ,超声波在空气中的传播速度为 v (约为 340 m/s),从发射到接收所需的传播时间为 t ,当发射头和接收头之间的距离远小于探头到障碍物之间的距离时,则有 $L=vt/2$ 。由此可见,被测距离与超声波传播时间之间具有确定的函数关系,只要测出传播时间,即可求出被测距离。

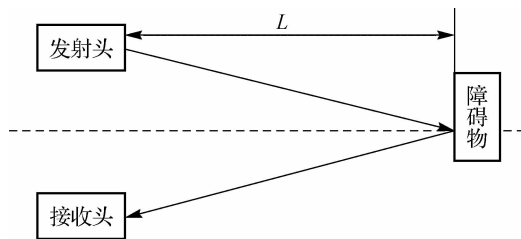


图 2-16 超声波传感器测距原理

四、超声波传感器的主要性能参数

超声波传感器主要有以下性能参数。

(1)测量范围。超声波传感器的测量范围取决于其使用超声波的波长和频率。波长越长,频率越小,检测距离越大,如具有毫米级波长的紧凑型传感器的测量范围为 300~500 mm,所



用波长大于 5 mm 的传感器测量范围可达 10 m。

(2)测量精度。测量精度是指传感器测量值与真实值的偏差。超声波传感器测量精度主要受被测物体体积、表面形状、表面材料等影响。被测物体体积过小、表面形状凹凸不平、表面材料吸收超声波等情况都会降低超声传感器的测量精度。测量精度越高,感知信息越可靠。

(3)波束角。传感器产生的超声波以一定角度向外发出,超声波沿传感器中轴线方向上的超声射线能量最大,能量向其他方向逐渐减弱。以传感器中轴线的延长线为轴线,到一侧能量强度减小一半处的角度称为波束角。波束角越小,指向性越好。一些传感器具有较窄的 6° 波束角,更适合精确测量相对较小的物体。一些波束角为 $12^\circ\sim 15^\circ$ 的传感器能够检测具有较大倾角的物体。

(4)工作频率。工作频率直接影响超声波的扩散和吸收损失、障碍物反射损失、背景噪声,并直接决定传感器的尺寸。一般选择在 40 kHz 左右,这样传感器方向性尖锐,且避开了噪声,提高了信噪比;虽然传播损失相对低频有所增加,但不会给发射和接收带来困难。

(5)抗干扰性能。超声波为机械波,使用环境中的噪声会干扰超声波传感器接收物体反射回来的超声波,因此要求超声波传感器具有一定的抗干扰能力。

五、超声波传感器的应用

超声波传感器可实现 360° 探测,主要用于近距离测距。例如,泊车系统利用超声波传感器帮助汽车停车入位,如图 2-17 所示。超声波传感器可监控汽车前方或后方 10 m 范围的情况,它可以辨认障碍物并通过光或声的形式报警。



图 2-17 基于超声波传感器的泊车系统

超声波传感器安装在汽车前、后保险杠上,一般前部安装 4 个超声波传感器,后部安装 4~6 个超声波传感器。当挂上倒挡或汽车前进速度低于阈值(一般为 15 km/h)时,超声波传感器被激活,泊车系统开始工作。在系统工作时,自检功能保证一直监控系统所有的部件。传感器发射频率约为 40 kHz 的超声波,并探测超声波遇到障碍物后反射回来的声脉冲的时间间隔,结合声速,便可得到汽车距最近一个障碍物的距离。



知识链接七 激光雷达

激光雷达是以发射激光束来探测目标位置的雷达系统,其功能包含搜索和发现目标,测量距离、速度、角位置等运动参数,测量目标反射率、散射截面和形状等特征参数。

激光雷达根据扫描机构的不同,有二维和三维两种。它们大部分都是靠旋转的反射镜将激光发射出去,并通过测量发射时刻与接收障碍物表面反射光时刻的时间差来测距。三维激光雷达的反射镜还附加一定范围内俯仰,以达到面扫描的效果。

二维激光雷达和三维激光雷达在先进驾驶辅助系统上得到了广泛应用。与三维激光雷达相比,二维激光雷达只能在一个平面上扫描,结构简单,测距速度快,系统稳定可靠;但当二维激光雷达用于地形复杂、路面高低不平的环境时,由于它只能在一个平面上进行单线扫描,故不可避免地会出现数据失真和虚报的现象。同时由于数据量有限,用单个二维激光雷达也无法完成越野环境下的地形重构。

一、激光雷达的特点

激光雷达以激光作为载波,激光是光波波段电磁辐射,波长比微波和毫米波短得多。激光雷达具有以下特点。

- (1)全天候工作,不受白天和黑夜的光照条件的限制。
- (2)激光束发散角小,能量集中,有更好的分辨率和灵敏度,探测精度高。
- (3)可以获得幅度、频率和相位等信息,且多普勒频移大,可以探测从低速到高速的目标。
- (4)抗干扰能力强、隐蔽性好,激光不受无线电波干扰,能穿透等离子鞘套,低仰角工作时,对地面的多路径效应不敏感。
- (5)激光雷达的波长短,可以在分子量级上对目标进行探测,且探测系统的结构尺寸可做得很小。
- (6)激光雷达具有三维建模功能,能够检测周围 360° 范围内的所有物体。

二、激光雷达的组成

激光雷达是由发射系统、接收系统、信号采集处理系统、控制系统等组成,其简化结构如图 2-18 所示。

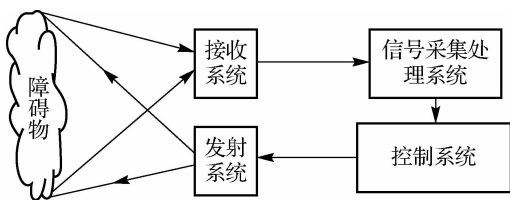


图 2-18 激光雷达的简化结构



微课

激光雷达结构
和工作原理



激光雷达发射系统主要负责向障碍物发出激光信号;接收系统主要负责接收经障碍物反射回来的激光信号;信号采集处理系统主要负责将接收回来的信号进行处理,使它能够符合下一级系统的要求,它是激光雷达最关键的环节,将直接影响激光雷达的测量精度;控制系统的主要作用是提供信号并且对接收回来的信号进行数据处理。

三、激光雷达的测距原理

激光雷达测距的基本原理是通过测算激光发射信号与激光回波信号的往返时间,从而计算出目标的距离。首先,激光雷达发出激光束,激光束碰到障碍物后被反射回来,被激光接收系统接收和处理,从而得知激光从发射至被反射回来并接收之间的时间差,即激光的飞行时间,根据飞行时间可以计算出障碍物的距离。

根据所发射激光信号的不同形式,激光测距方式可分为脉冲激光测距和连续波相位激光测距两大类。目前,主要用到的测距方法有脉冲测距法、干涉测距法和相位测距法等。

1. 脉冲测距法

用脉冲法测量距离时,首先激光器发出一个光脉冲,同时设定的计数器开始计数,当接收系统接收到经过障碍物反射回来的光脉冲时,停止计数。计数器所记录的时间就是光脉冲从发射到接收所用的时间。光速是一个固定值,因此只要得到从发射到接收所用的时间就可以算出所要测量的距离,如图 2-19 所示。

脉冲测距激光雷达所测的距离比较远,发射功率较高,最大射程可达几十千米。脉冲激光测距的关键之一是对激光飞行时间的精确测量。脉冲测距激光雷达的精度和分辨率与发射信号带宽或处理后的脉冲宽度有关,脉冲越窄,性能越好。

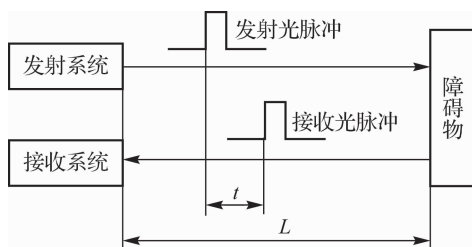


图 2-19 脉冲测距法工作原理

2. 干涉测距法

干涉测距法的基本原理是利用光波的干涉特性实现距离的测量。根据干涉原理,产生干涉现象的条件是两列有相同频率、相同振动方向的光相互叠加,并且这两列光的相位差固定。

干涉测距法工作原理如图 2-20 所示,激光器发射出一束激光,通过分光镜分为两束相干光波,两束光波各自经过反射镜 M1 和 M2 反射回来,在分光镜处又汇合到一起。由于两束光波的路程差不同,通过干涉后形成的明暗条纹也不同,因而传感器将干涉条纹转换为电信号之后,就可以实现测距功能。

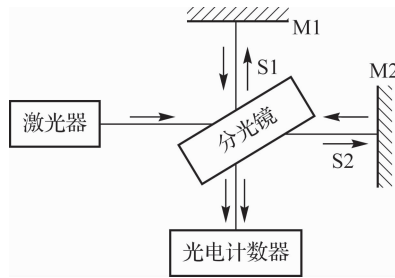


图 2-20 干涉测距法工作原理

干涉测距技术虽然已经很成熟,并且测量精度也很好,但是它一般用于测量距离的变化,而不直接用于测量距离。因此,干涉测距一般应用于干涉仪、测振仪、陀螺仪中。

3. 相位测距法

相位测距法是利用发射波和返回波之间所形成的相位差来测量距离的。首先,经过频率调制通过发射系统发出一个正弦波的光束,然后,通过接收系统接收经过障碍物反射回来的光束。只要求出这两束光波之间的相位差,便可通过此相位差计算出待测距离。相位测距法工作原理如图 2-21 所示。

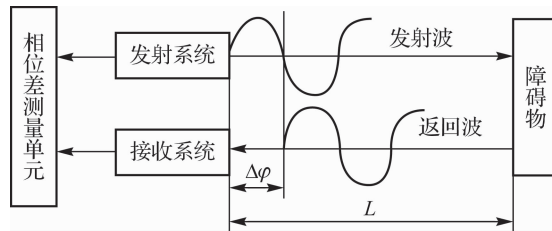


图 2-21 相位测距法工作原理

激光从发射到接收的时间为

$$t = \frac{\Delta\varphi}{2\pi f} \quad (2-2)$$

式中, t 为激光从发射到接收的时间; $\Delta\varphi$ 为发射波和返回波之间的相位差; f 为正弦波频率。

待测距离为

$$L = \frac{1}{2}ct = \frac{c\Delta\varphi}{4\pi f} \quad (2-3)$$

相位测距激光雷达由于精度高、体积小、结构简单、昼夜可用的优点,被公认为最有发展潜力的距离测量技术雷达。相较于其他类型的测距雷达,相位测距激光雷达朝着小型化、高稳定性、方便与其他仪器集成的方向发展。

4. 激光雷达技术指标

目前,汽车上应用的激光雷达主要型号及参数见表 2-2。



表 2-2 激光雷达主要型号及参数

公司/型号	主要参数			
HDL-64E- Velodyne(64 线)	扫描距离/m	120	分辨率/cm	<2
	水平扫描角度/(°)	360	分辨率/(°)	0.09
	垂直扫描角度/(°)	-24.8~2	分辨率/(°)	0.4
HDL-64E-Velodyne(32 线)	扫描距离/m	70	分辨率/cm	<2
	水平扫描角度/(°)	360	分辨率/(°)	0.16
	垂直扫描角度/(°)	-30.67~10.67	分辨率/(°)	1.33
IBEO LUX(8 线)	扫描距离/m	200	分辨率/cm	10
	水平扫描角度/(°)	110	分辨率/(°)	0.125
	垂直扫描角度/(°)	6.4	分辨率/(°)	0.8
IBEO LUX(4 线)	扫描距离/m	200	分辨率/cm	4
	水平扫描角度/(°)	110	分辨率/(°)	0.125
	垂直扫描角度/(°)	3.2	分辨率/(°)	0.8
SICK LMS511(单线)	扫描距离/m	26~80	分辨率/cm	1
	水平扫描角度/(°)	190	分辨率/(°)	0.25

IBEO LUX(4 线)激光雷达是德国 IBEO 公司借助高分辨率激光测量技术推出的第一款多功能的汽车智能传感器。它拥有 110°的宽视角,0.3~200 m 的探测距离,是绝对安全的 1 等级激光雷达。它在有限的空间内,集 7 种功能和低成本于一体,能轻松应对路面上的多种危险交通路况,可轻易集成到任何车体并观察到任何角度。因此,IBEO LUX(4 线)激光雷达不仅保证了使用的便利性,而且提高了安全性。

知识链接八 毫米波雷达

毫米波雷达是指工作频率介于微波和光波之间,选在 30~300 GHz 频段(波长为 1~10 mm,即 1 mm 波波段)的雷达。

一、毫米波雷达的特点

毫米波雷达具有以下优点。

(1)优异的探测性能。毫米波波长较短,其探测不受颜色与温度的影响。并且汽车在行驶中的前方目标一般都是由金属构成的,这会形成很强的电磁反射,尤其要求雷达具有较好的探测性能。

(2)快速的响应速度。毫米波的传播速度与光速一样,并且其调制简单,配合高速信号处理系统,可以快速地测量出目标的角度、距离、速度等信息。



(3)对环境适应性强。毫米波具有很强的穿透能力,在雨、雪、大雾等恶劣天气,依然可以正常工作,由于其天线属于微波天线,相比于光波天线,它在大雨及轻微上霜的情况下依然可以正常工作。

(4)抗干扰能力强。毫米波雷达一般工作在高频段,而周围的噪声和干扰处于中低频区,基本上不会影响毫米波雷达的正常运行,因此,毫米波雷达具有抗低频干扰特性。

毫米波雷达最主要的缺点是毫米波在空气中传播时会受到空气中的氧分子和水蒸气的影响,这些气体的谐振会对毫米波产生选择性吸收和散射,导致大气传播衰减严重。因此,在实际应用中,应找到毫米波在大气中传播衰减极小的频率。

二、毫米波雷达的测量原理

车载毫米波雷达的测量原理一般分为脉冲方式和调频连续波方式两种。

1. 脉冲方式

脉冲方式测量原理简单,但由于受技术、元器件等方面的影响,在实际应用中很难实现。采用脉冲方式的毫米波雷达需在很短的时间(一般都是微秒数量级)内发射大功率的脉冲信号,通过脉冲信号控制雷达发射装置发射出高频信号,因此,在硬件结构上比较复杂,成本高。除此之外,在高速路上行驶的车辆,其回波信号难免会受到周围树木、建筑物的影响,使回波信号衰减,从而降低接收系统的灵敏度。同时,若收发采用同一个天线,在对回波信号进行放大处理之前,应将其与发射信号进行严格的隔离,否则会因为发射信号的窜入,导致回波信号放大器饱和或者损坏。为了避免发射信号窜入接收信号中,需进行隔离技术处理。通常情况下,采用环形器或者使用不同的天线收发以避免发射信号的窜入,但这样就导致硬件结构的复杂性增加,产品成本高。故在车用领域,脉冲方式毫米波雷达运用较少。



微课
毫米波雷达的
测量原理

2. 调频连续波方式

目前,大多数车载毫米波雷达都采用调频连续波方式,其测量原理如图 2-22 所示。

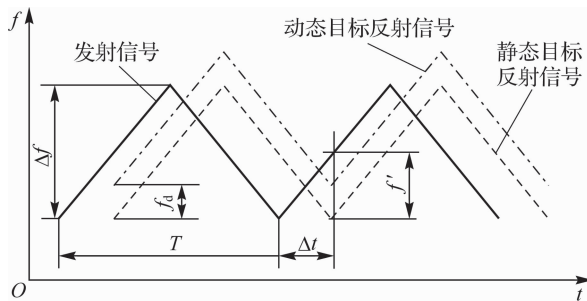


图 2-22 调频连续波方式测量原理

采用调频连续波方式的毫米波雷达结构简单,体积小,可以同时得到目标的相对距离和相对速度。它的基本原理是当发射的连续调频信号遇到前方目标时,会产生与发射信号有一定延时的回波,再通过雷达的混频器进行混频处理,而混频后的结果与目标的相对距离和相对速度有关。毫米波雷达采用调频连续波方式测距和测速的计算公式为



$$s = \frac{c\Delta t}{2} = \frac{cTf'}{4\Delta f} \quad (2-4)$$

$$u = \frac{cf_d}{2f_0} \quad (2-5)$$

式中, s 为相对距离; c 为光速; T 为信号发射周期; f' 为发射信号与反射信号的频率差; Δf 为调频带宽; f_d 为多普勒频率; f_0 为发射信号的中心频率; u 为相对速度。

三、毫米波雷达的应用

目前, 汽车上应用的毫米波雷达主要型号及参数见表 2-3。

表 2-3 毫米波雷达主要型号及参数

公 司	型 号	主要参数				
Continental	ASR308	远距离	探测距离/m	200	分辨率/m	2
			视角/(°)	56	分辨率/(°)	1
		中距离	探测距离/m	60	分辨率/m	0.25
			视角/(°)	17	分辨率/(°)	0.1
Delphi	ESR	远距离	探测距离/m	175	分辨率/m	0.5
			视角/(°)	±10	分辨率/(°)	±0.5
		中距离	探测距离/m	60	分辨率/m	0.25
			视角/(°)	±45	分辨率/(°)	±0.2

美国德尔福公司开发的 ESR 高频电子扫描毫米波雷达采用连续调制方式, 应用多普勒测试原理, 能够扫描最远范围 175 m 以内的 64 个目标。

ESR 毫米波雷达能够提供目标的相对距离、角度和速度等信息。它从 CAN 总线获取所需的车速、横摆角速度、转向盘转角等本车信息, 扫描后将目标的信息, 如距离、相对速度等同样通过 CAN 总线传递给车载计算机。

ESR 毫米波雷达同时具有中距离扫描和远距离扫描的功能, 并将所扫描的目标数据存入相应的内存地址, 其性能参数见表 2-4。

表 2-4 ESR 毫米波雷达性能参数

参 数		长 距 离	中 距 离
系统特性	频段/GHz	76~77	
	尺寸/mm	130×90×39	
刷新率/ms		50	
可检测的目标数		通过长距离和中距离目标的合并, 总共 64 个目标	
覆盖范围	距离/m	1~175	1~60
	相对速度/(m·s ⁻¹)	-100±25	-100±25
	水平视角/(°)	±10	±45



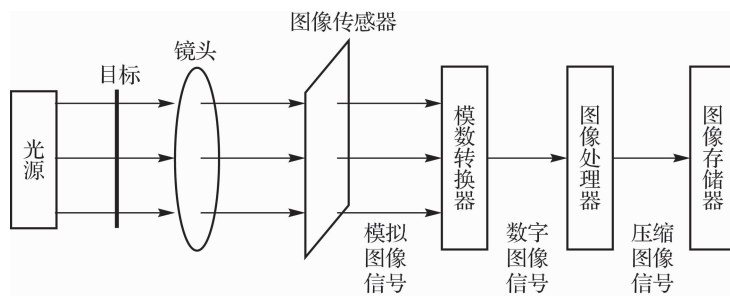
续表

参 数		长 距 离	中 距 离
精确度	距离/m	±0.5	±0.25
	相对速度/(m·s ⁻¹)	±0.12	±0.12
	角度/(°)	±0.5	±0.2

毫米波雷达因其硬件体积小,且不受恶劣天气影响,被广泛应用在智能网联汽车先进驾驶辅助系统或无人驾驶汽车上。

知识链接九 视觉传感器

广义的视觉传感器主要由光源、镜头、图像传感器、模数转换器、图像处理器、图像存储器等组成,如图 2-23 所示,其主要功能是获取足够的机器视觉系统要处理的原始图像。通常把光源、摄像机、图像处理器、标准的控制与通信接口等集成一体的视觉传感器称为一个智能图像采集与处理单元,如图 2-24 所示。内部程序存储器可存储图像处理算法,并能使用 PC,利用专用组态软件编制各种算法将图像信息下载到视觉传感器的程序存储器中。视觉传感器将 PC 机的灵活性、PLC 的可靠性、分布式网络技术结合在一起,用这样的视觉传感器和 PLC 可以更容易地构成机器视觉系统。



微课
视觉传感器

图 2-23 视觉传感器的组成

狭义的视觉传感器是指图像传感器,它的作用是将镜头所成的图像转变为数字或模拟信号输出,是机器视觉系统的核心部件,主要有 CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器。



图 2-24 智能图像采集与处理单元



一、CCD 图像传感器

CCD(charge-coupled device)中文全称为电荷耦合元件。CCD 图像传感器主要由一个类似马赛克的网格、聚光镜片,以及垫于最底下的电子线路矩阵组成,其外形如图 2-25 所示。

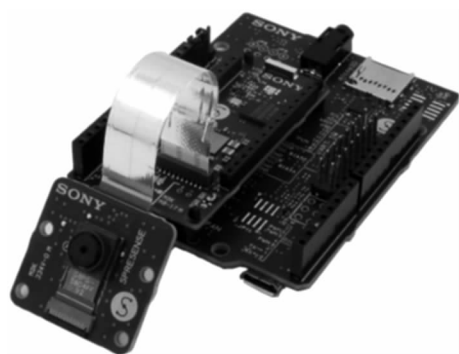


图 2-25 CCD 图像传感器外形

CCD 是一种特殊的半导体器件,能够把光学影像转化为数字信号。CCD 植入的微小光敏物质称作像素。一块 CCD 上包含的像素数越多,它所提供的画面分辨率也就越高。CCD 的作用就像胶片一样,但它是把光信号转换成电信号。CCD 上有许多排列整齐的光电二极管,其感应光线,将光信号转变成电信号,电信号经外部采样放大及模数转换电路转换成数字图像信号。

CCD 由于体积小、成本低,因而被广泛应用于扫描仪、数码相机及数码摄像机中。目前大多数数码相机采用的视觉传感器都是 CCD 图像传感器。

二、CMOS 图像传感器

CMOS(complementary metal-oxide semiconductor)中文全称为互补金属氧化物半导体。CMOS 图像传感器是利用 CMOS 工艺制造的图像传感器,它主要利用了半导体的光电效应,其外形如图 2-26 所示。

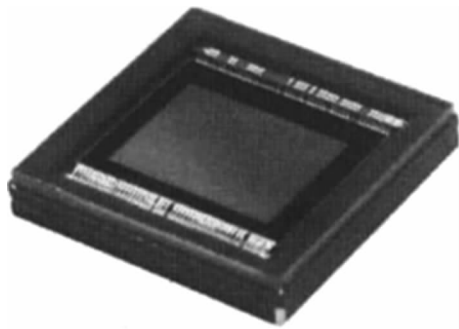


图 2-26 CMOS 图像传感器



CMOS 图像传感器与 CCD 图像传感器一样,可用于自动控制、自动测量、摄影摄像、视觉识别等各个领域。

三、图像传感器的主要参数

CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器的主要参数有像素、帧率、靶面尺寸、感光度、信噪比和电子快门等。

(1)像素。图像传感器上有许多感光单元,它们可以将光信号转换成电信号,从而形成对应于景物的电子图像。每个感光单元都对应着一个像素。因此,图像传感器像素越多,代表它能够感测到的物体细节越多,从而图像就越清晰。

(2)帧率。帧率代表单位时间所记录或者播放的图片的数量。连续播放一系列图片就会产生动画效果。根据人的视觉系统特性,当图片的播放速度大于 15 幅/s 时,人眼就基本看不出图片的跳跃;当播放速度达到 24~30 幅/s 时,人眼已经基本觉察不到闪烁现象。用帧率表示图像传感器在处理图像时每秒钟能够更新的次数。高的帧率可以实现更流畅、更逼真的视觉体验。

(3)靶面尺寸。靶面尺寸也就是图像传感器感光部分的大小。一般用英寸(1 in = 0.025 4 m)来表示,通常该数据指图像传感器感光部分的对角线长度,如常见的有 1/3 in。靶面越大,意味着通光量越多,而靶面越小,则比较容易获得更大的景深。如 1/2 in 有较大的通光量,而 1/4 in 容易获得较大的景深。

(4)感光度。感光度代表通过 CCD 或 CMOS,以及相关的电子线路感应入射光线的强弱。感光度越高,则感光面对光的敏感度就越强,快门速度就越高,这在拍摄运动车辆、进行夜间监控时尤为重要。

(5)信噪比。信噪比指信号电压对噪声电压的比值,单位为 dB。一般摄像机给出的信噪比值均是 AGC(自动增益控制)关闭时的值,因为当 AGC 接通时,会对小信号进行提升,使得噪声电平也相应提高。信噪比的典型值为 45~55 dB;若为 50 dB,则图像有少量噪声,但图像质量良好;若为 60 dB,则图像质量优良,不出现噪声。信噪比越大,说明对噪声的控制越好。

(6)电子快门。电子快门用来控制图像传感器的感光时间。由于图像传感器的感光值就是信号电荷的积累,因而感光时间越长,信号电荷积累时间也越长,输出信号电流的幅值也越大。电子快门越快,感光度越低,因此适合在强光下拍摄。

四、CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器的差异

CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器具有以下差异。

(1)制造上的差异。CCD 和 CMOS 同为半导体,但 CCD 集成在单晶半导体材料上,CMOS 集成在金属氧化物半导体材料上。

(2)工作原理的差异。两者主要区别是读取视觉数据的方法不同:CCD 图像传感器从光电二极管阵列的一个角落开始读取数据;CMOS 图像传感器对每一个像素采用有源像素传感器及晶体管,以实现视觉数据读取。



(3)视觉扫描方法的差异。CCD 图像传感器连续扫描,在最后一个数据扫描完成之后才能将信号放大;CMOS 图像传感器的每个像素都有一个将电荷转化为电子信号的放大器。

(4)感光度的差异。CMOS 图像传感器每个像素包含了放大器与 A/D 转换电路,过多的额外设备压缩单一像素的感光区域的表面积,因此在相同的像素下,同样大小的感光器尺寸,CMOS 的感光度会低于 CCD 图像传感器。

(5)分辨率的差异。CMOS 图像传感器每个像素的结构比 CCD 图像传感器的复杂,其感光开口不及 CCD 大,相对比较相同尺寸的 CCD 与 CMOS 感光器时,CCD 感光器的分辨率通常会优于 CMOS。

(6)噪声的差异。CMOS 每个感光二极管旁都搭配一个 ADC 放大器,如果以百万像素计,那么就需要百万个以上的 ADC 放大器,虽然是统一制造下的产品,但是每个放大器或多或少都有微小差异存在,很难达到同步放大的效果,对比仅一个放大器的 CCD,CMOS 最终计算出的噪声就比较多。

(7)成本的差异。CMOS 应用半导体工业常用的 MOS 制程,可以一次将全部周边设施整合于单芯片中,节省加工芯片所需负担的成本和良率的损失;相对地,CCD 采用电荷传递的方式输出信息,必须另辟传输信道,如果信道中出现一个像素故障,就会导致一整排的信号壅塞,无法传递,因此 CCD 的良率比 CMOS 低,加上另辟传输通道和外加 ADC 等,CCD 的制造成本相对高于 CMOS。

(8)耗电量的差异。CMOS 的影像电荷驱动方式为主动式,感光二极管所产生的电荷会直接由旁边的晶体管做放大输出;但 CCD 却为被动式,必须外加电压让每个像素中的电荷移动至传输通道。而这外加电压通常需要 12 V 以上,因此 CCD 还必须要更有精密的电源线路设计和耐压强度,高驱动电压使 CCD 的电量远高于 CMOS。

CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器的比较,见表 2-5。

表 2-5 CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器的比较

比较项目	CCD	CMOS
设计	单一感光器	感光器连接放大器
灵敏度	同样面积下灵敏度高	感光开口小,灵敏度低
解析度	连接复杂度低,解析度高	解析度低
噪点比	单一放大,噪点低	百万放大,噪点高
功耗比	需外加电压,功耗高	直接放大,功耗低
成本	线路品质影响程度高,成本高	CMOS 整合集成,成本低

CCD 摄像机和 CMOS 摄像机在使用过程中还涉及诸多工作参数。就当前技术现状,CCD 摄像机的灵敏度和解析度均比 CMOS 高,为了能够确保视觉识别的精度和准确度,一般选用 CCD 摄像机作为图像传感器。

五、视觉传感器的应用

视觉传感器在智能网联汽车上的应用是以摄像头的方式出现的,它主要用于自适应巡



航控制系统、车道偏离预警系统、车道保持辅助系统、汽车并线辅助系统、紧急自动制动辅助系统中的障碍物检测和道路检测等。摄像头有单目摄像头和双目摄像头之分,如图 2-27 所示。



(a) 单目摄像头



(b) 双目摄像头



微课
视觉传感器的应用

图 2-27 单目摄像头和双目摄像头

单目摄像头用于采集车辆前方的路况信息,并依靠数据库中保存的物体标志性特征轮廓识别前方物体,从而依靠独立的算法计算出物体与车辆的距离和接近速度。单目摄像头的优点是成本低廉,能够识别具体障碍物的种类,并且识别准确;缺点是无法识别没有明显轮廓的障碍物,工作准确率与外部光线条件有关,并且受限于数据库,没有自我学习功能。

双目摄像头可以通过视频接收信号计算出汽车与其他物体间的距离。双目摄像头的优点是功能较单目摄像头更强大,探测更准确,探测距离更远;缺点是成本高于单目摄像头。

摄像头还可以分为红外摄像头和普通摄像头。红外摄像头既适合在白天工作,又适合在黑夜工作;普通摄像头只适合在白天工作,不适合在黑夜工作。目前使用的主要是红外摄像头。

目前,汽车上使用的视觉传感器主要型号及参数,见表 2-6。

表 2-6 视觉传感器主要型号及参数

公 司	型 号	主要参数	
		Point Grey	Firefly
		像素	6.0 μm×6.0 μm
		分辨率	752×480 dpi
IDS	uEye XS	帧率	30 幅/s
		像素	1.4 μm×1.4 μm
		分辨率	2 592×1 944 dpi

超声波传感器、激光雷达、毫米波雷达和视觉传感器作为主要的环境感知传感器,它们的选择需要综合考虑其性能特点和性价比。它们之间的比较,见表 2-7。



表 2-7 环境感知传感器的比较

传感器类型	一般测量性能			环境影响
	测量范围/m	测量精度/m	测量频率	
超声波传感器	0.2~10	±0.1	10~20 Hz	不受光照影响,测量精度受物体表面形状、材质影响大
激光雷达	1~200	±0.1	10~20 Hz	聚焦性好,易实现远程测量,能量高度集中,具有一定危害性
毫米波雷达	0~100	±0.5	20~50 Hz	角度分辨率高,抗电磁干扰强
视觉传感器	3~25	0.3	30~50 帧/s	测量精度不受物体表面材质、形状等因素的影响,受环境光照强度影响大

知识链接十 电子罗盘

电子罗盘是利用地磁场固有的指向性测量空间姿态角度的,它是一种重要的导航器件。

一、电子罗盘的类型

电子罗盘通过测量地球磁场确定方位,按其测量磁场的传感器种类不同,电子罗盘主要分为磁通门式电子罗盘、霍尔效应式电子罗盘和磁阻效应式电子罗盘。

(1)磁通门式电子罗盘。磁通门式电子罗盘根据磁饱和原理制成,输出的可以是电压,也可以是电流,还可以是时间差,其主要用于测量稳定或低频磁场的大小或方向。从原理上讲,它通过测量线圈中磁通量的变化来感知外界的磁场大小,为了达到较高的灵敏度,必须增加线圈横截面积,因此,磁通门式电子罗盘的体积和功耗较大,响应速度较慢,处理电路相对复杂,成本高。

(2)霍尔效应式电子罗盘。霍尔效应是指施加外磁场垂直于半导体中流过的电流,就会在半导体中垂直于磁场和电流的方向产生电动势。霍尔效应式电子罗盘是根据霍尔效应原理制成的,适用于强磁场且精度要求不高的场合。

(3)磁阻效应式电子罗盘。磁阻效应是指某些金属或半导体在磁场中电阻值随着磁场大小的增加而升高的现象,这种现象在横向和纵向磁场中都能被观察到,因此,可以通过测量电阻的变化来间接测量磁场的大小。磁阻效应式电子罗盘是利用具有磁阻效应的传感器感知周围磁场变化,这些传感器在线性范围内输出电压与被测磁场成正比,其在灵敏度和线性度等方面优于霍尔器件,同时体积小,功耗低,抗干扰能力强,温度特性好,易与数字电路相匹配;在测量弱磁场,以及基于弱磁场的地磁导航、磁航向系统研制、位置检测等方面显示出巨大的优势,在航天、航空、航海、无人驾驶汽车等诸多领域有着广泛的应用前景。

电子罗盘也可以分为平面电子罗盘和三维电子罗盘。