

注：国家自然科学基金项目（No.51808027）；北京建筑大学科学研究基金项目（No.ZF14039）；市属高校基本科研业务费项目（No.X18117）

摘要：社会需求驱动着智能道路的进步，新冠肺炎疫情的出现加速了智能交通的发展进程，交通数据信息则是智能道路实现的基础与前提，交通信息采集类传感器作为智能体系中的感知器件，在交通大数据的采集方面发挥着不可忽视的作用，是各种系统功能实现的前提保障。研究收集了目前道路系统中常用的几种交通数据采集传感器的相关信息，如环形线圈探测器、图像传感器、微波雷达传感器、地磁传感器，简述其工作原理，分析其在智能道路工程中的应用现状和存在的问题，最后对交通信息采集类传感器的未来发展趋势进行了探讨。研究发现，交通信息采集类传感器正处于一个发展阶段，打破国外技术垄断，开发微小、高敏、耐久的传感器，以及加强多传感器技术融合，使传感器向更精准、更低成本、更贴合数据采集需求的方向发展是交通信息采集类传感器的未来趋势。

关键词：智能道路；交通信息采集；传感器；工作原理；应用现状

中图分类号：U41 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2020)05-0018-06

收稿日期：2020-04-19

传感器在交通信息采集中的应用现状研究

高畅¹ 金珊珊²

1. 北京建筑大学理学院，北京 102616；2. 北京建筑大学土木与交通工程学院，北京 102616

一、引言

近年来，智能交通日益引起了人们的重视，尤其在新冠肺炎疫情的影响下，智能交通在减少人员接触上发挥着重要作用，智能化的交通运输及管理方式展现出了难以替代的技术优越性。然而智能化的交通运输离不开智能道路的发展，随着“无人驾驶”以及“5G”技术的发展与突破，“V2X”^[1]车与道路设施互联这一新生概念应运而生，而由此“聪明”的路——“智能道路”也再一次进入了大众的视野。智能道路具有感知、辨析、适应、交互等能力^[2]。“传感器技术”是感知网络中关键性的环节，近年来也备受关注。

道路中传感器大致可以分为三大类：交通数据采集类、路面状况采集类和周边环境采集类。其中交通数据采集类传感器是最基础，也是在道路工程中应用最早的一类传感器，该类传感器可为交通管控部门提

供实时的数据采集信息，从而进一步为正在使用道路的驾驶人员提供最新的路况信息，采集到的信息成为线路规划、安全提示、行车注意事项播报的依据，也是真正实现智能交通的基础^[3]。通过对目前交通信息采集类传感器进行梳理发现，现阶段的交通信息采集类传感器大致有环形地感线圈、图像传感器、微波雷达传感器、地磁传感器、超声波传感器、激光传感器和红外传感器七大类。但是由于超声波传感器在灰尘严重的路口使用年限仅为几周，激光类传感器使用中要考虑到安全问题，红外传感器具有红外线污染且对人眼危害较大等原因受限^[4]，目前在实际应用中还未得到推广使用，因此本研究主要只对环形地感线圈、图像传感器、微波雷达传感器和地磁传感器的应用状况、存在问题进行梳理与分析，并对交通信息采集类传感器的发展趋势进行探讨。

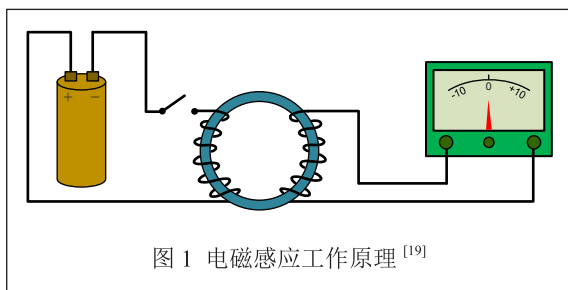
图1 电磁感应工作原理^[19]

图2 利用视频图像采集交通信息

图3 安装在路中的雷达测速传感器^[20]

二、工作原理

1、地感线圈传感器

地感线圈是一种基于电磁感应原理的车辆检测方式，如图1所示，可以检测交通流量、占有率、速度等交通数据。在路面挖出圆形或矩形的沟槽中埋入导线，构成环形地感线圈，并且通以一定的工作电流形成一个电磁场，车辆具有铁磁性质，通过或者停留在线圈上时切割磁通线，线圈的电感量改变，

使得振荡电路中的振荡频率和相位也发生相应大小的改变。通过变化量可以感知车辆的通过，通过信号产生和结束的时间间隔来测量汽车的速度^[5]。

2、图像传感器

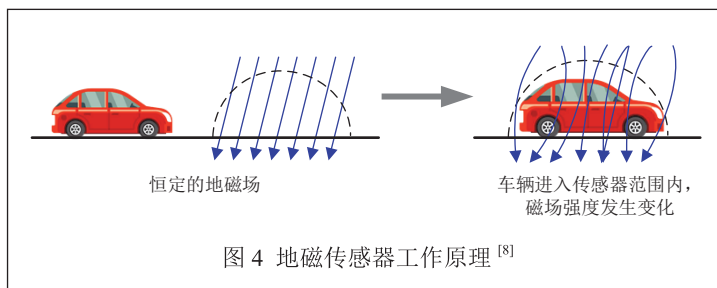
图像检测类传感器普遍安装于车辆速度较慢的进出口，利用视频、计算机和通信等技术手段，实现对指定地点的交通流量、车辆速度、占有率、车辆是否违章等交通信息的采集。视频检测是由摄像机、图像处理器和可以将采集到的图像信息转化为交通流信息的软件构成的系统，通常架设在线杆或桥梁上、对连续视频图像进行分析处理，如图2所示。一台摄像机可观测多车道，一个视频检测系统可同时处理多个摄像机传输的数据。

3、微波雷达传感器

微波雷达检测技术基于多普勒效应，传感器发出的微波在碰到障碍物反射回来时由于物体的运动状态不同而接收到不同频率的反射波，通过频率发生的变化量可以计算出车辆的信息。微波雷达传感器配合高速摄像机一般安装于车辆速度较快且方向单一的高速路上，也可以安装在卡口处、桥梁上、隧道中和红绿灯控制系统上，对移动的车辆进行抓拍，采集车流量、车速、车型、占有率、超速抓拍信息等^[6]，如图3所示。

4、地磁传感器

在一定区域内，地球的磁场强度基本是恒定的。当有车辆进入后，由于汽车是具备导磁能力的铁磁性物质，该区域的磁场强度将会发生变化，如图4所示，这就是地磁传感器的基本工作原理。不论汽车的运动状态如何，汽车具有的铁磁性物质必定会影响地磁场，再经过信号分析，就可以得到想要获得的检测目标的相关信息^[7]。利用地磁传感器可以进行车辆有无、行

图4 地磁传感器工作原理^[8]

驶方向、行驶速度、车辆型号、车流量等数据的采集。

三、应用现状

1、地感线圈传感器

基于电磁感应原理的地感线圈传感器，通过监测电感量的改变来感知车辆信息。环形地感线圈传感器的出现和使用较早，60年代开始被应用于各类相关检测中。作为传统交通信息采集方式^[8]，环形地感线圈以其检测精度较高、稳定性较好、不受气象条件影响等优势，被普遍应用于高速收费站车辆检测、停车场车辆管理、交通信号协调等^[9]。

但是环形地感线圈在使用中的弊端也十分明显。作为一种嵌入式设备，环形地感线圈在安装时需要埋入地面，所以对道路路面结构产生破坏，不仅影响道路交通的正常通行，还影响路面使用年限。当有重型车辆通过，线圈易损坏变形，从而影响检测精确度，在路面质量不高时线圈的使用寿命只能维持两年左右。随着技术的不断发展，目前微型地感线圈技术已出现，具有体积小、对道路破坏较小、安装简单等优势，正在尝试投入实际应用^[10]。

2、图像传感器

图像传感器即通过摄像机来采集交通信息、经由图像处理器将采集到的图像转化为交通信息的一种交通信息采集类传感器。图像传感器是当前一种主流的交通信息类传感器，因图像识别技术的成熟与计算机运算能力的提升而逐渐发展起来的，最早由美国提出，上世纪70年代便开展了对视觉提取技术的研究，90年代国内也展开了视频图像类数据检测研究，现已发展成一种成熟的交通信息采集技术。视频图像传感器在安装时不破坏地面、不影响交通、维护方便、灵活度高，并且可实现多路口的交通信息采集、车辆检测与车牌号码识别、违章行为抓拍采集等，一个视频图像传感器往往能够替代多个环形地感线圈。作为环形地感线圈取代技术之一，视频图像传感器在实际应用中已得到普及，被广泛应用于动态信息采集的卡口、交通信号控制处、闯红灯超速等违法抓拍处等。

然而由于成本较高、技术受环境影响明显，视频图像传感器实际市场的大量推广与使用受限，并且视

频图像传感器在遇到遮挡时无法采集数据，同时受大雨、大雪、大雾、大风等天气影响明显，识别效果也会受摄像头处的污迹影响。但是随着技术的进步，现有技术可一定程度上降低或者是消除这些因素的影响。视频图像传感器具有大范围检测、大信息量获取、图像可视化等优点，这也使得图像传感器成为了智能交通信息采集方式的主要发展方向^[11]。

3、微波雷达传感器应用现状

微波雷达传感器基于多普勒效应，通过反射回来的波来测出所遇车辆的运动状态。雷达技术具有多年的发展史，技术十分成熟，但是一直以来军用雷达应用较多，随着技术的深入发展，微波雷达传感器开始逐渐应用到智能交通。北美、欧洲、亚洲自1991年开始广泛使用微波雷达传感器检测交通信息，我国也在2002年北京市环路改造中安装了微波雷达传感器。微波雷达传感器具有安装与维修较为便利、对路面不产生破坏，技术受天气环境影响较小、准确率较高，成本低、寿命长、调试便捷等优点。国际上，雷达配合高速摄像头是一种主流的交通信息采集手段，主要用来对超速违章行为抓拍，同时也可以应用于道路测速、卡口抓拍等动态信息采集。

微波雷达检测也具有一定的技术限制，例如在车辆互相遮挡或低速下检测精度较低、受金属或同频率微波影响较大等^[12]。

4、地磁传感器

运动的车辆会影响传感器周围的磁场，通过监测磁场强度的变化可以得到通行车辆信息。地磁传感器作为最新的车辆检测方式，具有安装方便、受气候影响较小、成本低、功耗低、维护简单，能够满足对固定断面的数据采集需求等优势^[13]。随着我国物联网技术的兴起，地磁传感器也得到大范围的应用。在交通信息采集方面，地磁传感器已经被应用在动态和静态交通监管系统中。例如在武汉东湖隧道就利用地磁传感器技术，并且利用与ZigBee技术结合实现了对隧道内部的车流量、车速、占道时长等信息的测量与监控，可以掌握隧道内部的车行情况。在2013年，地磁传感器在新建交通信号路口的使用率可达10%~15%，且仍在逐年增长。

地磁传感器不仅可用于交通信息采集,也可大量应用在智能停车系统中,地磁传感器的应用不仅节约了驾驶员的停车时间、提供了更为精准实时的停车信息,而且也提高了停车位的使用效率,解决了停车难的问题^[14]。利用停车位上的地磁传感器将空车位的数据上传云端,驾驶员可以通过实时更新的数据,准确找到空车位,解决了驾驶者需要一圈圈找停车位的难题。在一定程度上有助于减少交通拥堵和碳排放,促进经济发展,改善城市交通。利用地磁传感器所搭建的智能停车系统在我国也已大量投入了实际应用。

但是由于技术门槛低,各个厂家生产的产品精度、使用寿命差距较大。毫无疑问,地磁传感器驱动了智能道路的发展与进步,今后地磁传感器也将向可靠性度高、准确性更高、更灵敏的方向努力。

四、未来发展趋势

综上,对所述交通信息采集类传感器在应用过程中体现出的优缺点进行总结,汇总于表1中。由表可见,尽管现阶段发展了多种传感器用于交通信息的采集,但任何一种传感器都存在一定的缺陷,面对智能交通的需求仍存在诸多问题有待解决,未来发展空间巨大,主要体现在以下几方面。

1、打破技术垄断,向国产化发展

国内的传感器发展仍存在较大的发展空间,首先

是要突破技术壁垒,打造中国自主研发设计的传感器。我国公路的发展速度远远超过了路面传感器的发展速度,但市场上销售的传感器往往以欧美等发达国家为主,价格的昂贵限制了路面传感器的大范围应用。打破国外的技术垄断是迈向智能道路发展的关键性一步。

2、攻关高敏度、强耐久、微小型

打造灵敏度更高、耐久性更强、尺寸微型的传感器是交通信息检测的发展需要^[15]。传感器的灵敏度直接关系到采集数据的准确性,传感器的耐久性影响了传感器的使用年限、后期维护的成本与稳定性,微型尺寸的传感器更适合在路面中铺设与工作。注重实现传感器的高灵敏度、强耐久性与微小尺寸规格成为发展中的重要部分^[16]。

3、多传感器融合技术服务智能道路

要向传感器多功能集成的方向不断尝试与发展。伴随着物联网、5G技术和大数据的进步,人、车、路之间的互联变得更加便捷,道路智能化必将会前进一步,传感器如何实现融合为人车提供更多的道路信息成为发展中关键性的一步^[17]。

各种采集技术都具有其优势与劣势,适合的地点与环境不同,多种传感器组合、互相弥补不足、采集更为精准多样的交通信息成为了未来的焦点方向。并且随着光学传感器工艺和图像处理技术的提高,计算机、通信、信息技术的不断发展,交通信息采集类传感器将会实现更长远的发展目标^[18]。

表1 多种交通数据采集传感器优劣势比较

传感器类型	优势	劣势
环形地感线圈	检测精度较高、稳定性较好、不受气象条件影响	安装耗时、对路面产生破坏、影响路面使用年限、易损坏变形
图像传感器	安装时不破坏路面、不影响交通、维护方便、灵活度高	成本昂贵、易受恶劣天气、光线影响
微波雷达传感器	安装时不破坏路面、准确率较高、适应恶劣环境、抗干扰能力强、调试便捷	在车辆互相遮挡或低速下检测精度较低、受金属或同频率微波影响较大
地磁传感器	准确率较高、安装施工便捷、成本低、功耗低、维护简单	产品精度、使用寿命差距较大

五、结语

交通数据采集是智能道路工程的最基本需求,因此交通信息采集类传感器对于实现智能交通有着至关重要的作用。道路服务于人们的出行生活,智能化道路设施也是为了服务于终端用户一出行者,交通信息采集类传感器将采集的数据通过云计算平台的云储存及大数据分析,以可视化的方式实现路面数据的智能化信息共享。交通信息采集传感器在路面上的使用现状应该与车载传感器同样引起人们的重视,因为智能交通系统各种功能都是以交通信息为核心的基础上实现的,

最基础的信息直接为智能交通提供保障与服务,真正的智慧城市、智能出行、无人驾驶都离不开道路信息的收集与处理。交通信息采集类传感器的应用影响着智能道路的发展水平,可以为建成一个出行更安全、行车更便捷的智能交通运输体系贡献力量。

参考文献

[1] 郭冰. 基于 V2X 的自动驾驶技术优化思路 [J]. 电子技术与软件工程, 2019(4):85.

[2] WANG Linbing, 王含笑, 赵千等. 智能路面发展与展望 [J]. 中国公路学报, 2019, 32(4): 50-72.

[3] Xiaoquan Chen, Jihong Zhang, Shao Qian, et al. Applied Research on Traffic Information Collection Based on Wireless Sensor Networks[J]. Energy Procedia, 2012(17): 602-606.

[4] Wei Huang. Wireless vehicle detection node based on tunnelling magneto resistance sensor[J]. COMPUTER MODELLING & NEW TECHNOLOGIES, 2014, 18(11): 1132-1137.

[5] 高艺嘉. 车辆检测及感知技术应用研究 [J]. 工程技术研究, 2017(4): 56-57.

[6] 余稳, 汤维昌. 新一代微波交通雷达的应用 [J]. 电信快报, 2018, (11): 22-24.

[7] 张增超, 李强, 孙红雨等. 基于地磁传感器和 UWB 技术的停车位车辆检测方法与应用 [J]. 传感技术学报, 2019, 32(12): 1917-1922.

[8] 吕鲜, 戚湧, 张伟斌等. 基于单轴地磁传感器的车辆参数检测算法研究 [J]. 交通信息与安全, 2018, 36(6): 90-97+122.

[9] 贺宇. 智能交通系统在动态交通数据采集中的应用 [J]. 数字技术与应用, 2017(6): 114.

[10] 童亮, 李隐, 谷云秋. 基于微型地感线圈检测器在交通流量调查系统中的研究与应用 [J]. 公路交通科技, 2015, 11(4): 271-272.

[11] 王倩. ITS 交通信息采集及处理技术在乐山市交通中的运用探究 [J]. 现代商贸工业, 2017(19): 174-175.

[12] 吴剑文, 蔡东升, 徐德胜. 基于雷达应用原理的车辆检测方案 [J]. 中国交通信息化, 2019(6): 134-137.

[13] 祁海禄. 地磁传感器在交通数据采集中的应用研究 [J]. 舰船电子工程, 2018, 38(7): 122-125.

[14] Liangliang Lou, Jinyi Zhang, Yong Xiong, et al. An Improved Roadside Parking Space Occupancy Detection Method Based on Magnetic Sensors and Wireless Signal Strength[J]. Sensors, 2019, 19(10): 2348.

[15] Zhoujing, YeLinbing Wang, Wen Xu, et al. Monitoring Traffic Information with a Developed Acceleration Sensing Node[J]. Sensors, 2017(17): 2817.

[16] 童亮, 李隐, 谷云秋等. 基于微型地感线圈检测器在交通流量调查系统中的研究与应用 [J]. 公路交通科技, 2015, 11(4): 271-272.

[17] Hasan Omar Al-Sakran. Intelligent Traffic Information System Based on Integration of Internet of Things and Agent Technology[J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2015(2): 37-43.

[18] 刘利频, 温慧英, 徐建闽. 多类型传感器实时交通数据采集和车型自动分类系统设计 [J]. 交通与计算机, 2004(8): 71-74.

[19] <https://www.electricalcurrentandvoltage.com/2020/03/electromagnetic-induction.html>

[20] <http://www.tsmtc.com/index.php/Index/newslist/cid/47>

Research on the Application Status of Sensor in Intelligent Road

GAO Chang¹, JIN Shan-shan²

(1.School of Science, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 102616, China;
2.School of Civil Engineering and Transportation, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 102616, China)

Abstract: Traffic data information is the foundation and prerequisite for the realization of intelligent roads. The outbreak of Corona Virus Disease 2019(COVID-19) has accelerated the development of intelligent transportation and driven the progress of intelligent roads. As a sensing device in the intelligent system, traffic information

collection sensors play a non-negligible role in the collection of traffic big data and are the prerequisite guarantee for the realization of various system functions. The research collects relevant information of several traffic data acquisition sensors commonly used in current road systems, such as toroidal coil detectors, image sensors, microwave radar sensors, and geomagnetic sensors. The working principle is briefly described, and its application status and existing problems in intelligent road engineering are analyzed. Finally, the future development trend of traffic information acquisition sensors is discussed. The study found that traffic information acquisition sensors are in a development stage. The future development trend of traffic information collection sensors is to break the monopoly of foreign technologies, develop small, high-sensitivity, durable sensors, and strengthen the integration of multi-sensor technology, so that sensors can be more accurate, lower cost, and more in line with data collection needs.

Key words: Intelligent road; traffic information collection; sensor; working principle; application status

作者简介

高畅: 北京建筑大学理学院, 本科生, 研究方向为智能化道路技术。

通信地址: 北京市大兴区黄村镇永源路 15 号

邮编: 102616

邮箱: gc188010@126.com

金珊珊: 北京建筑大学土木与交通工程学院, 副教授, 研究方向为路面管理系统—智能道路。