



中国人工智能系列白皮书 ——智能交通

中国人工智能学会

二〇一六年九月

《中国人工智能系列白皮书》编委会

主任：李德毅

执行主任：王国胤

副主任：杨放春 谭铁牛 黄河燕 焦李成 马少平 刘宏
蒋昌俊 任福继 杨强 胡郁

委员：陈杰 董振江 杜军平 桂卫华 韩力群 何清
黄心汉 贾英民 李斌 刘民 刘成林 刘增良
鲁华祥 马华东 马世龙 苗夺谦 朴松昊 乔俊飞
任友群 孙富春 孙长银 王轩 王飞跃 王捍贫
王万森 王卫宁 王小捷 王亚杰 王志良 吴朝晖
吴晓蓓 夏桂华 严新平 杨春燕 余凯 余有成
张学工 赵春江 周志华 祝烈煌 庄越挺

本书编写组

吴超仲 张晖 褚端峰 吕能超

目 录

第 1 章 引言.....	1
第 2 章 智能交通系统概述	3
2.1 智能交通系统起源	3
2.2 智能交通系统内涵	4
2.3 智能交通系统关键技术	10
2.3.1 交通信息采集技术	11
2.3.2 交通信息预处理技术	13
2.3.3 交通信息传输技术	15
2.3.4 交通信息发布技术	17
2.3.5 交通地理信息系统	18
第 3 章 智能交通系统发展历程	22
3.1 美国智能交通系统发展历程	22
3.2 欧洲智能交通系统发展历程	27
3.3 日本智能交通系统发展历程	33
3.4 中国智能交通系统发展历程	38
第 4 章 智能交通系统发展趋势	46
4.1 总体趋势	46
4.2 车路协同技术动态	49
4.2.1 技术概述	49
4.2.2 国内外最新进展及应用	50
4.2.3 车路协同发展趋势	59
4.3 智能车辆发展趋势	60
4.3.1 技术概述	61

4.3.2 国内外最新进展及应用	63
4.3.3 智能车发展趋势	66
第 5 章 结束语	70
参考文献.....	74

第 1 章 引言

交通是人类社会实现人和物空间位移的最重要的方式之一，是社会体系中的重要组成部分。随着全球经济的发展，社会对交通运输的需求持续增长，交通运输业得到迅速发展。在道路交通发展的同时，也带来了交通事故频发、交通污染严重、交通拥堵等严重的问题。

智能交通系统作为一种将先进的信息技术、通讯技术、传感技术、控制技术及计算机技术等有效率地集成运用于整个交通运输管理体系，而建立起的一种在大范围内及全方位发挥作用的，实时、准确及高效率的的综合的运输和管理系统。其是解决交通供需矛盾、减少事故和改善环境污染的重要途径，也是实现创新型交通系统的具体形式。

智能交通系统作为国内外共同追求的未来交通的发展方向，我国无论在智能交通系统的基础研究和技术实现，还是人才培养和知识更新等诸方面，都始终得到了学者、企业家和政府管理人员的极大关注，他们从不同角度共同推动我国智能交通系统的探索与发展。

我国的智能交通经过10多年的发展,部分技术逐步成熟,如交通监控系统、动态导航系统、电子收费系统,这些系统在我国一线城市得到广泛应用,积累了丰富的建设经验,为中国智能交通系统的全面提升奠定了坚实的基础。近五年来,道路交通智能化发展的同时,综合交通运输领域智能化系统的建设和发展也正在得到广泛关注和重视。除了道路智能交通系统广泛应用外,水运、铁路、民航等行业的智能交通市场也得到了快速发展。

未来智能交通的发展趋势将集中在:(1)交通信息采集、处理和发布技术将快速发展;(2)多种信息、管理平台协同技术是交通智能化的手段;(3)交通安全成为关注的焦点;(4)车载系统与道路设施的协调配合受到重视;(5)综合交通运输协同技术受到关注和重视;(6)车路协同与智能汽车技术是近年的发展热点。

我国已经在智能交通领域取得了一定的成果,目前正处于智能交通发展的关键时期,建议:(1)加强智能交通系统体系框架、大数据挖掘等交叉理论的基础研究;(2)进一步推动智能交通国家标准的制定及宣贯;(3)注重智能交通核心技术的开发及产业化应用;(4)加强对水运、铁路、航空智能交通的支持。

智能交通系统体系庞杂、内容丰富,从智能交通的服务领域分类,包括智能交通管理与规划、电子收费、出行者信息、车辆安全和辅助驾驶、紧急事件和安全、运营管理、综合运输、自动公路等;从智能交通系统的组成分类,包括交通信息采集与融合、智能交通监控与管理、交通信号智能控制、交通信息服务、先进车辆系统及智能车等内容。限于篇幅,本白皮书仅仅包括智能交通系统的概念、关键技术、世界主要国家智能交通发展历程、智能交通发展现状和趋势及对我国智能交通发展的建议等内容。如要了解智能交通系统的详细内容,可以参考相关教材和专著。本白皮书是在收集国内外智能交通系统近年来最新成果的基础上,结合智能交通行业实践而编写的。编写过程中,参考了国内外从事智能交通系统研究工作者的有关资料,在此一并表示感谢。

第 2 章 智能交通系统概述

2.1 智能交通系统起源

随着全球经济的发展，社会对交通运输的需求持续增长，交通运输业得到迅速发展。世界发达国家和地区从 20 世纪 50 年代起大力发展道路基础设施和汽车工业，促进了道路交通的飞速发展。在道路交通发展的同时，也带来了交通事故频发、交通污染严重、交通拥堵等严重的问题。在各种交通方式中，汽车消耗的不可再生能源最多，由此带来的环境污染是其他交通方式的几十倍。交通事故中由道路交通造成的事故也是其他方式的几十倍。交通拥堵更是道路交通特别是城市道路交通特有的现象。交通基础设施的增加依然不能满足交通运输量的增加，道路交通问题成为困扰世界各国的交通难题。

从事交通工程研究的人员很早就想到通过提高车辆、道路的智能来改善交通系统。如果能够及时地检测到交叉路口的车流信息，并动态显示控制策略，则路口的通行能力将大大提高。研究发现，在交通高峰期，城市道路系统和高速公路系统并不是全都发生交通拥堵，有相当一部分道路仍然很畅通。如果能够及时地将道路网的交通信息告诉驾驶员，并提示他们合理使用那些路段，则道路网的资源就可以得到充分利用。如果汽车能够实时检测周围信息，并能正确地做出决策甚至全自动驾驶，则交通事故将大大减少，而效率会大大提高。这种想法在 20 世纪的 60—70 年代就已经提出。但如何采集交叉路口的车流信息？用什么算法来处理这些信息以得到合理的控制策略？如何采集主要道路上的实时交通状况数据？如何传输和处理这些数据？如何将信息传给交通的参与者？汽车如何实时检测周围信息？汽车如何处理这些数据后做出正确的决策？汽车如何来执行所做出的决策？这些问题都成为当时交通工程研究者的难题。

按照这些想法，人们试图让交通系统具有智能化而开展了大量的工作。从国际上智能交通系统的发展历史来看，各国普遍认为起步于 20 世纪 60-70 年代的交通管理计算机化就是智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS) 的萌芽。

什么是智能交通系统？要理解智能交通系统，先要理解智能。智能是指事物能认识、辨析、判断处理和发明创造的能力。工程中的很多系统或产品都具有某种智能，可以称为人工智能系统。人工智能系统就是用传感器、CPU 和执行机构来分别模拟人的五官、大脑和四肢。智能交通系统广义上说也是一种人工智能系统，是用交通类的传感器、带有交通知识的 CPU 和能执行交通功能的执行机构模拟人的五官、大脑和四肢，达到交通智能化的目的。以智能红绿灯为例来看人的智能、人工智能和智能红绿灯之间的对应关系，如图 2-1 所示。

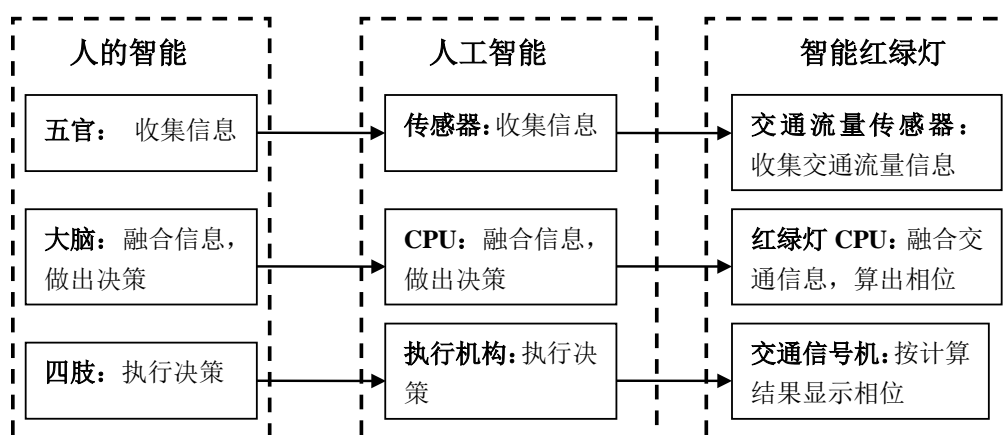


图 2-1 人的智能、人工智能和智能红绿灯之间的对应关系图

目前，关于智能交通系统，比较认可的定义是：将先进的信息技术、通讯技术、传感技术、控制技术及计算机技术等有效率地集成运用于整个交通运输管理体系，而建立起的一种在大范围内及全方位发挥作用的，实时、准确及高效率的复杂的运输和管理系统。

2.2 智能交通系统内涵

交通系统的基本要素是人、车、路和环境。人本身是智能的，但

人在感知和执行方面存在缺陷，如光线不好的情况下视距不够，人在疲劳和分神时的反应能力不够等。如果能增强人在这些方面的能力，同时使车、路和环境也都智能化，那么交通系统的所有要素都是智能的了。ITS 的所有要素都应该是智能的，ITS 与传统概念的交通系统之间的差别在于增强人的感知能力和执行能力及交通工具、环境的智能化。

ITS 的内涵是逐步扩大的，这里可以从 ITS 的一些特点和属性探讨 ITS 的内涵。

（1）先进性

无论是美国、欧洲还是日本，他们在 ITS 的概念还没有形成之前，就在寻求用诸如远程通讯、计算机、电子技术等现代先进技术来改造和武装交通系统，用先进的理论方法来改善交通系统的管理和运营。美国提出的 ITS 子系统更是明确地在名称上加上“先进的（Advanced）”的定语。“先进性”是一个模糊的概念，从总体上来讲，先进性应该是用近几年新出现的一些技术来开发的产品和系统。

（2）综合性

ITS 涉及的关键技术包括：信息技术、通讯技术、计算机技术、电子技术、交通工程、系统理论、控制理论、人工智能、知识工程等。可以说，ITS 是这些技术的交叉和综合，是这些技术在交通系统中的集成应用。

（3）信息化

人们通过各种手段来获取交通系统的状态信息，为交通系统的用户和管理者提供及时有用的信息，只有具有了信息，才能实现智能化。而且，当交通信息达到一定的程度，就会改变交通出行行为、交通管理方式等，进而引起传统交通理论的改变。因此，信息化是 ITS 的基础。

（4）智能化

智能这个词的使用越来越广泛，研究智能的人越来越多，智能技术的应用也越来越多。智能机器人、智能仪器仪表、智能楼宇等名词频繁出现。产品的智能化给众多传统技术带来了生机和活力，其中也包括智能交通系统。智能交通系统与传统的交通相比，其在智能化上有其突出的特点，通过大量的数据采集、模式识别算法以及通行技术的支持，能够满足传统交通中大量的信息化智能处理需求，大大提高工作效率的同时，也能够保证形成安全，能够提升交通感知智能化水平，构建网络化的交通状态感知体系，提高交通信息资源的综合利用水平。尤其是近年来的智能车、智能公路系统等很多子系统正是因为实现了智能化，才体现出与传统交通系统的差别。电子收费系统（**Electronic Toll Collection, ETC**）就是一个典型的例子。传统的道路收费系统设立收费站，车辆经过收费站停车、手工交现金，车辆要排队，而且不利于统计。而电子收费系统使用电子结算、车辆自动识别技术、微波通信技术，可以做到不停车的自动收费，既节约了时间，又提高了准确性，还能提供交通流量统计数据等信息，体现出了智能性。再比如自动公路系统（**Automated Highway System, AHS**），可以实现车辆全自动驾驶，驾驶员一旦进入到系统，只要输入目的地，就可以安全快捷地到达，体现出了较高的智能性。

ITS 的实质就是利用高新技术对传统的交通运输系统进行改造从而形成一种信息化、智能化、社会化的新型交通运输系统。它使交通基础设施能发挥出最大的效能，提高服务质量，使社会能够最有效地使用有限的道路交通设施和资源，同时推动与之相关的通讯、计算机、网络等产业的发展，从而获得巨大的经济效益和社会效益。

目前国内外对智能交通系统的理解不尽相同，但不论从何角度出发，有一点是共同的：**ITS** 是用各种高新技术，特别是电子信息技术

来提高交通效率，增加交通安全性和改善环境保护的技术经济系统。因此，智能交通系统是在较完善的交通基础设施之上，将先进的信息技术、通信技术、控制技术、传感器技术和系统综合技术有效地集成，并应用于地面交通系统，从而建立起来的大范围内发挥作用的，实时、准确、高效的交通运输系统。

(5) 智能交通系统的建设模式

美国注重 ITS 安全设施的建设

目前，美国在 ITS 领域独树一帜，根据本国的交通基础设施特点和实际需要，已建立起相对完善的车队管理、公交出行信息、电子收费和交通需求管理等四大系统及多个子系统和技术规范标准。其中建设和发展较快的分别是：车辆安全系统（占 51%）、电子收费（占 37%）、公路及车辆管理系统（占 28%）、实时自动定位系统（占 20%）、商业车辆管理系统（占 14%）。“9·11”恐怖事件引发了美国政府和交通界人士的反思，认为 ITS 应该而且能够有效预防恐怖袭击，加强基础设施和出行者的安全，并可以用于评价灾难的程度和加快交通的恢复，实现快速疏散和隔离。因此，美国 ITS 今后的建设趋势之一就是研究 ITS 在美国安全体系中维护地面交通安全的作用，重点将集中在安全防御、用户服务、系统性能和交通安全管理方面。

日本注重 ITS 诱导设施的建设

在日本，建设省组织了以丰田公司为首的 25 家公司联合研究开发自动公路系统（AHS）。近几年，日本还投入 15 亿日元开发了全国公路电子地图系统，打开了车辆电子导航市场，已经有近 400 万套车内导航系统在市场上应用。比如，针对人多地少、城市道路狭窄、两侧高楼林立形成的城市峡谷对 GPS 信号的遮挡，日本采用了信标作为信息发布的重要手段，并开发双向信标设备，这在世界上独树一帜，处于先进水平。目前，日本的 ITS 建设主要集中在交通信息提供、电

子收费、公共交通、商业车辆管理以及紧急车辆优先等方面。

欧洲注重 ITS 基础平台的构建

欧洲在 ITS 建设方面的进展,介于日本和美国之间。日前正在进行 Telematic 的全面应用开发工作,计划在全欧洲范围内建立专门的交通(以道路交通为主)无线数据通信网,ITS 的主要功能如交通管理、导航和电子收费等都围绕 Telematic 和全欧洲无线数据通信网来实现。目前,重点开发先进的旅行信息系统(ATIS)、车辆控制系统(AVCS)、商业车辆运行系统(ACVO)、电子收费系统等方面。

其他国家 ITS 注重示范工程的建设

韩国 ITS 示范工程选在光州市,预计耗资 100 亿韩元,选取了交通感应信号系统、公交车乘客信息系统、动态线路引导系统、自动化管理系统、即时播报系统、电子收费系统、停车预报系统、动态侧重系统、ITS 中心等 9 项内容,并以此验证 ITS 在韩国的适用性。目前比较普及的是车辆位置跟踪系统(AVCS)、物流、宅送和货运(CVO)管理信息系统、这些系统能够通过电子地图的控制中心和车辆通过数据通信掌握车辆的位置、货物负荷情况、移动路径等有关信息,提高车辆的运营效率和减少运营的费用。

马来西亚 ITS 建设集中在以美国硅谷为蓝本的多媒体超级走廊(MSC),覆盖区域狭长,从位于吉隆坡 88 层的国油双峰开始,南伸至雪邦新国际机场,达 750 平方公里。MSC 计划目标是利用兆位光线网络,把多媒体资讯城、国际机场、新联邦首都等大型基础设施联系起来,提供世界一流的软硬件设施。

新加坡 ITS 建设集中在先进的城市交通管理系统方面,该系统除了具有传统功能,如信号控制、交通检测、交通诱导外,还包括用电子计费卡控制车流量。在高峰时段和拥挤路段,还可以自动提高通行费,尽可能合理地控制道路的使用效率。

就我国而言，在《中国 ITS 体系框架研究》中涉及到 8 个服务领域，分别是交通管理与规划、电子收费、出行者信息、车辆安全与辅助驾驶、紧急事件 和安全、

运营管理、综合运输和自动公路。“十五”中建设重点集中在国道主干线电子（收费）系统、现代运营体系和物流体系、高速公路紧急事件管理系统、城市间旅客快速运输管理和信息服务系统、水运综合信息系统、水上交通管制、

事故处理与救援系统、先进的船舶控制系统、船舶自动识别系统。

这些系统都借鉴了国外 ITS 建设的经验，同时也考虑了我国实际情况。面对我国交通基础设施建设、交通需求以及交通发展目标的变化，我国新时期 ITS 建设的重点，即“重点开发综合交通运输信息平台和信息资源共享技术，现代物流技术，城市交通管理系统、汽车智能技术和新一代空中交通管理系统。”今后，我国的 ITS 建设都要围绕这些重点进行，以满足新时期交通发展的目标需要。

（6）决策支持

智能交通系统由于其对信息感知方面的优势，可分别从政府以及个人角度给予决策支持，提高交通系统运行效率。

从政府角度来说：

1) 应用多层次的交通评价技术，通过实时的交通感知评估手段，可从城市路网运行智能化分析角度给出当前路网的拥堵状态和相关参数，可从交通效率方面进行定性定量评估，分析评价结果，给出决策建议；

2) 可通过交通指数的定时获取和分析，构建交通状态与土地利用、就业岗位等参数间的关系，给城市规划提供决策支持。

针对个人的交通决策支持系统，它可以给交通管理人员提供交通管理与交通控制措施的有效方案，并给道路使用者提供路边诱导信息

及车载信息。通过智能交通决策支持系统，交通警察可以通过不同的渠道发布交通信息，可以将实时和预测的交通状况上传至互联网地图，也可以将交通信息发布至智能手机和个人导航设备。

2.3 智能交通系统关键技术

智能交通系统是一个汇集了众多高新技术的大系统，内部又包含了许多子系统，在这些子系统当中，又要用到各种各样的技术，包括传感器技术、信息处理技术、数据库技术、智能控制技术、计算机通讯技术、网络技术以及交通工程学等，只有将这些技术综合应用，才能保证智能交通系统的各个子系统的实现，直至整个系统的实现，从而彻底改变现有的交通运输模式。从系统整体的角度看，智能交通系统可以说是众多技术相结合的体现。但智能交通系统涉及的这些技术并不只是简单的合成和堆砌，而是彼此间有着紧密的联系，这种联系体现在以下几个方面：

（1）技术的集成性

ITS 将先进的信息、控制、通信与计算机技术和交通工程集成，进而形成智能交通系统中各项特有的技术，如城市道路和高速公路智能运输控制技术、交通信息采集和融合技术、路径导航及交通信息服务技术、高速公路联网收费及不停车收费技术、智能车路协同技术等。

（2）技术的系统性

将智能交通系统的各项技术集成，形成一个有机和完整的系统，首先这些技术手段本身符合系统的特定要求，并有助于实现系统功能；另外系统的技术与技术之间有良好的接口和兼容性，整合到一起能真正实现系统的总体功能和目标。这是智能交通系统技术系统性特征的要求。

（3）技术的先进性

智能交通系统的技术基础是新兴发展和迅速革新计算机、网络、通信、控制、人工智能等技术，都是现代信息社会当中的先进技术。如何将这些先进技术应用到传统的交通运输系统领域当中，形成先进的运输管理技术，是智能交通系统应用和开发研究所要集中解决的问题。

(4) 技术的综合性

智能交通系统的定义明确指出要将信息技术、通信技术、自动控制技术、计算机技术以及网络技术有效且综合地运用于整个交通运输管理体系，这一方面说明智能交通系统包含了大量的技术，另一方面这些技术还必须综合利用，而不是简单的叠加，技术与技术之间有很好的分工协作，才能实现一个大范围内、全方位发挥作用的、实时、准确、高效的交通运输综合管理和控制系统。

2.3.1 交通信息采集技术

交通信息采集系统是智能交通系统的重要组成部分之一。通过信息采集系统，可得到反映交通状况的各种实时信息，对这些信息进行合理组织与处理，用户可获取各类所需的对决策有用的信息。本节主要介绍交通信息采集的相关技术，包括交通信息检测技术、浮动车技术、车辆定位技术、气象与道路环境信息采集技术等。

交通信息按照其变化的频率不同可以分为静态交通信息和动态交通信息两大类。

(1) 静态交通信息采集技术

静态交通信息主要包括：城市基础地理信息、城市道路网基础信息及交通管理信息。静态交通信息主要采集方法有：

① 调查法

采用人工或测量仪器进行调查，可获取城市基础地理信息、城市道路网基础信息。

② 其他系统接入

静态交通信息可从其它部门，如规划部门、城建部门、交通管理部门获得。通过调查获得这些基础信息后，一般采用一次性人工录入的方式存入静态交通信息数据库。只有当实际系统发生变化时，才需要对静态交通信息数据库中的数据进行更新。

(2) 动态交通信息采集技术

动态交通信息主要包括：交通流状态特征信息（如流量、车速、密度等）、交通紧急事件信息（各种途径得到的事件信息，如路面检测器信息、人工报告信息等）、在途车辆及驾驶员的实时信息（如各种车辆定位信息等）、环境状况信息（如大气状况、污染状况信息等）及交通动态控制管理信息等。动态交通信息与静态交通信息显著的不同，主要表现在它的实时性，也就是说，动态交通信息反映的是随时变动的交通状况，因此，动态交通信息的采集必需是及时的、准确的。动态交通信息采集技术包括：交通检测技术、浮动车技术、车辆识别技术和车辆定位技术、气象与道路环境信息采集技术等。

与交通信息采集硬件系统相配套的软件系统主要特点包括：硬件系统提供的接口适配器，通过 GPRS/CDMA2000/3G 网络，与数据服务器无线连接。也可以通过局域网，与数据服务器连接，传输介质为光纤（另配光纤收发器）。交通数据存储于数据库服务器中，支持 Oracle / SQL Server / MySQL 数据库。交通数据可以通过 WEB 服务器查看。数据库服务器部署在公安网中，公安网中应用系统和软件访问该数据库。“数据服务器”将数据存储在 Internet 本地数据库。本地数据库定时将交通数据导出到公安网中的数据库。与公安网的数据访问，需通过“安全接入平台”在公安网互联网服务区数据库服务器数据服务器安全接入平台通过“安全接入平台”。在该平台中，需配置“开放数据库的服务端口”。

2.3.2 交通信息预处理技术

实时交通数据往往来自分布在各线路上的各种交通参数检测器，各种检测器各有其优缺点，所能够检测到的交通参数种类和形式可能不相同，而且由于各种误差的存在，首先必须对各个数据源的数据进行检验，排除数据采集系统中的错误数据。此外，在实际的数据采集中，由于检测器故障、天气状况或通信系统故障等原因所造成的数据丢失，也应采用一定的技术方法对其进行修复或提供替代数据。以上两个步骤构成了交通数据预处理的两个阶段：异常数据处理和缺失数据处理。

信息处理技术是交通诱导系统的核心部分，它是把检测器采集的实时交通信息进行相应处理，得出能为诱导系统所用的信息，然后通过各种途径(电台、无线传呼等)传送给道路使用者，指导其选择正确的路径，并最终实现交通流在路网中各个路段上的合理分配。

根据不同需求对数据进行规范化处理分析并提供不同的信息是数据组织处理的一个重要内容。对不同数据类型应采用不同的处理分析方法，主要包括数据抽取、数据挖掘、信息融合、信息预测等。

(1) 数据抽取

由于数据源的多样性和异构性，因此必须进行数据转换和集成，从应用数据库中提取数据，消除不一致的现象，对原有数据进行综合和计算，淘汰一些无用数据，对有效数据作适当调整以后存放在数据仓库中，确保数据的一致性和可用性。

将数据源中数据通过网络进行抽取，并经加工、转换、综合后形成数据库数据，这就是数据库的数据抽取工作。在数据库层次结构中，数据抽取工作具有非常重要的地位，它必须屏蔽底层数据结构的复杂

性和物理结构的复杂性，同时还要实现对数据仓库中数据的自动刷新，要对数据库的元数据和数据进行维护。

（2）数据挖掘

数据挖掘就是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的数据中，提取隐含在其中的、人们事先不知道的、但又是潜在有用的信息和知识的过程。原始数据可以是结构化的，如关系数据库中的数据，也可以是半结构化的，如文本、图形、图像数据；甚至是分布在网络上的异构型数据。发现知识的方法可以是数学的，也可以是非数学的，可以是演绎的，也可以是归纳的。发现了的知识可以被用于信息管理、查询优化、决策支持、过程控制等，还可以用于数据自身的维护。

数据挖掘是实现了多学科技术集成的学科，包括了数据库技术、统计学机器学习、高性能计算机、模式识别、神经网络、数据可视化、信息检索、图像与信号处理和空间数据分析等。一个数据挖掘系统不是多项技术的简单组合，而是一个完整的整体，同时它还需要其它辅助技术的支持才能圆满完成。

（3）信息融合

信息融合又称数据融合，是指多传感器的数据在一定准则下加以自动分析、综合以完成所需的决策和评估而进行的信息处理过程。信息融合技术的最大优势在于它能合理协调多源数据，并充分综合有用信息，从而提高在多变环境中正确决策的能力。它为交通信息加工和处理提供了一种很好的方法。

20 世纪 60 年代，数据预处理技术开始应用于道路交通监视系统中，针对环形线圈数据预处理方法的研究主要分为质量问题数据研判与修复两个方面。问题数据的研判主要是针对道路交通流信息进行有效性的筛选，而问题数据的修复旨在通过对时间与空间序列相关数

据的处理，对存在问题的数据进行修正，使得到的数据更接近道路交通流的实际运行状态。得到的数据更接近道路交通流的实际运行状态。交通信息预处理硬件系统相配套的软件系统主要特点包括：硬件系统提供的接口适配器，在实际应用中，对于线圈检测问题数据的判别规则要求尽量简单清晰，以方便计算机对实时采集数据信息的筛选与处理，故一般对于问题数据的研判规则研究多与实际的应用工程相结合，针对实际的道路交通管理与控制系统应用层面制定详细的判别规则。各种智能交通系统交通采集与处理的应用实例很多，其中最著名的是美国 PeMS (Performance Measurement System)系统。质量问题数据的研判与修复是该系统一个非常重要的组成部分，PeMS 系统制定了实时、简单、清晰的丢失和异常数据研判规则，并基于这些规则开发了实时的数据补齐模型、故障环形感应线圈检测模型，以保障数据的健壮性。针对质量问题数据的修补问题，维吉尼亚大学交通研究中心的报告完整地介绍了各种不同的数据恢复方法，并进行了评价。目前的研究中，对于问题数据，常用的处理方法有如下几种：状态删除、平均值填充、多元线性回归、参数估计等方法，另外，相似性分析、相关性分析、最邻近插值、时间序列模型等方法也应用于缺失数据的插补处理。

2.3.3 交通信息传输技术

通信网可由表示用户设备的端点和端点之间的传输线路或者由表示用户设备的端点和起交换作用的转接交换点及他们之间的连接线路组成。这些用户端点和转接交换点就称为结点。通信网中的结点分为终端结点和交换结点，终端结点指各种终端设备，交换结点指各种交换设备。这样通信网可以定义为由一定数量的结点和连接结点的传输链路相互有机地组合在一起，以实现两个或多个规定点间信息传

输的通信体系。通信网可以分为不同的种类，例如：按所传输的信号形式可分为数字网和模拟网；按业务种类可以分为电话网、电报网、数据网、传真网、广播电视网等；按其服务范围可分为本地网、长途网和国际网等；按运营方式可分为通信网和专用通信网，网络的基本结构和构成要素都是类似的。

（1）通信网的基本结构

通信网的基本结构主要有网状、星状、复合型、总线状和环状五种。

① 网状网

网状网的网内任何两个结点之间均有线路连接。当结点数增加时，传输线路将迅速增大。

② 星状网

星状网也称辐射网，将一个结点作为辐射点，该点与其他结点均有线路连接，这种网的辐射点就是转接交换中心。

③ 复合网

复合网由网状网和星状网复合而成，以星状网为基础，在业务量较大的转接交换中心区间采用网状结构。

④ 总线状网

总线状网所有结点都连接在一个公共传输信道——总线上。

⑤ 环状网

环状网是将总线型网的两个端点连接在一起构成的。

通信网的五种基本结构各有优缺点，因此有不同的适应范围。

（2）通信网的构成要素

通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体，用于实现规定的功能。通信网在设备方面的构成要素是终端设备、传输

链路和交换设备。为使全网协调合理地工作，还要有各种规定，如信令方案、各种协议、网络结构、路由方案、资费制度和质量标准等。终端设备是用户与通信网之间的接口设备，其主要作用是将待传送的信息和在传输链路上传送的信号进行相互转换，终端设备是信源、信宿和变换器与反变换器中的一部分。交换设备的基本功能是完成接入交换结点链路的汇集、转接接续和分配，实现一个呼叫终端（用户）和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择的连接。

（3）通信网的传输链路方式

传输链路是信息的传输电路或传输通道，它对应于通信系统构成模型中的信道及变换设备部分。它不仅包含了具体的传媒媒质，而且包含了发送设备和接收设备。传输链路方式是指传输链路中的信号变换及传递方式。传输媒质可以分为有线线路和无线线路，有线线路又有架空明线、电缆（包括对称电缆和同轴电缆）和光缆，无线线路可分为短波、微波和卫星。

目前，通信网中传输链路的实现方式主要有：

① 实现传输链路方式，即用于短距离、以模拟基带信号方式传输的链路；

② 频分载波传输链路方式；

③ 电缆时分数字传输链路方式，主要是指脉冲、编码调制时分多路复用方式，即 PCM 传输方式；

④ 光缆时分数字传输链路方式；数字微波传输链路。

2.3.4 交通信息发布技术

发布技术可用于公共场所的信息显示，如车站站牌、车内信息显示板；也可以通过大屏幕为管理、决策人员提供信息发布，如在调度中心，有相当一部分信息需要及时、快捷、直观地提供给生产调度人员和经营人员，大屏幕为及时、快捷、直观地反映这些信息提供了有

效的手段。交通信息发布系统的功能如下：

- ① 监控现场情况；
- ② 规划辅助设计系统动态模拟显示；
- ③ 企业经营管理有关信息的显示；
- ④ 显示特定的信息（如欢迎贵宾访问公司信息、重要新闻发布、业务演示和宣传等）。

对大屏幕交通信息发布系统的要求如下：

- ① 能够清晰地显示电子地图信息（城市街道图）；
- ② 能够清晰地显示行驶在街道上的运营车辆；
- ③ 能够按要求任意缩放、组合、切换显示内容；
- ④ 能够显示管理信息系统所支持的数据、表格及图形；
- ⑤ 可扩展与监控系统连接，能够实时显示监控的图像信息。

2.3.5 交通地理信息系统

近年来，GIS 技术应用得到空前的发展，其应用领域由自动制图、资源管理、土地利用等，发展到与地理相关的交通、邮电、军事等各个领域。交通 GIS 是 GIS 重要的一个分支。交通 GIS 是建立在各种交通运输网络基础上，通过数据库与空间分析相结合的方法，描述交通运输网络和网上运输流，并反映运输网络所存在的问题。交通规划、预测等模型与 GIS 结合，使之成为交通辅助决策支持系统。目前交通 GIS 可应用在交通运输规划管理与设计部门，且在智能交通系统的集成中起着重要作用。

（1）交通地理信息系统的定义

交通地理信息系统 (Geographical Information System For Transportation, GIS-T) 是收集、存储、管理、综合分析和处理交通地理的空间信息和交通信息的信息系统。或者说，它是以与等交通关联

的各类空间数据和属性数据为基础，在计算机软硬件技术支持下，实现对道路地理信息和变通信息的收集、存储、检索、处理和综合分析，以满足用户需要的计算机系统。也可以说，它是 GIS 技术在交通领域的延伸，在传统的 GIS 基础之上，加入了交通的几何空间网络概念及线的叠置(Line Overlay)和动态分段(Dynamic Segmentation)等技术，并配以专门的交通建模(Transportation Modeling)手段而组成的专门系统。

(2) 交通地理信息系统的功能与特点

交通 GIS 结合了 GIS 和其他通信技术等的优点，具有一定的感知能力与自适应能力即智能性；记忆与逻辑思维能力（即分析性）；表达和判断能力（即可视决策性），等等。除了 GIS 的一些基本功能，在交通规划、建设和管理方面还具有以下一些独特的功能。

① 基本功能

基本功能包括编辑、制图和图形量测等功能。编辑功能允许用户添加和删除点、线、面或改变它们的属性；制图功能可以灵活多样地制作和显示地图、分层和分类输出多种地图，并可放大和缩小地图；量测功能用于在图上量算某一线段长度和指定面积、体积等。另外，除基本常用地图操作功能外，还应具有一些办公自动化的功能。

② 叠加功能

叠加功能主要是线性数据的叠加能力，分为合成叠加和统计叠加。合成叠加得到的新图层可显示原图层的全部特征，彼此交叉的特征区域仅显示共同特征；统计叠加的目的是统计一种要素在另一种要素中的分布特征。此外，以叠加功能为基础，还可进行缓冲区分析，能用于交通设施选址和线路规划设计等。

③ 动态分段功能

为了分析以线为基础的运输系统属性，交通 GIS 中引入了线性特

征的动态分段功能。与静态分段不同的是，动态分段功能是将交通网络中的连线按属性特征分段，分段是动态进行的，且与当前连线属性相对应，如果属性改变，则创建一组新的分段。如在路面管理中，将以路面类型来“自动分段”，使每个类型的路面含在同一个组中。如果需要按路面类型和车道数这两种属性进行分段，那么每类路面中车道数相同的又自动形成一组。

④ 地形分析功能

地形分析功能可建立地表模型和进行等高线计算。它主要是通过数字地形模型(DTM)，以离散分布的点来模拟连续分布的地面高程，为道路设计创建三维地表模型，称为地面数字高程模型(DEM)。这在道路选线和施工设计中是十分需要的。

⑤ 栅格显示功能

栅格显示功能使得交通 GIS 可以包含图片和其他影像，并可将对应的属性数据进行叠加分析，以便对图层更新。例如，通过添加桥梁、交叉路口以及修正线形等新特征，对原有道路图层进行更新；对带状(沿线一定宽度)或多边形(周围一定范围)图层进行叠加，可以标出沿线或周边土地用途和其他交通属性。

⑥ 网络分析功能

主要指路径优化分析，即最短路径分析(或者是最佳路径选择分析)，此外，还有相邻和最近邻分析、网络负载分析、车辆路由选择分析、资源分配分析等能力，这在运输需求分析中很有用处。与网络分析集成化的交通 GIS 具有该模型的功能，而无需与其他软件链接。当然，随着交通 GIS 功能的完善，将来与其他软件(如运输需求规划软件、道路设计软件等)链接也是必要的。

综上所述，空间分析是交通 GIS 的核心。网络分析、叠加分析、地形分析和缓冲区分析等功能，为交通 GIS 进行空间分析提供了强有

力的工具和广阔的应用空间。随着系统多种功能的完善和发展，交通 GIS 将成为交通运输系统及相关部门日常工作不可或缺的工具、手段和工作平台。将为交通现代化建设发挥出越来越巨大的作用。

第 3 章 智能交通系统发展历程

3.1 美国智能交通系统发展历程

纵观美国智能运输技术研究的发展历程，根据其研究目标、特点和关注的重点大体可以分为两阶段。第一阶段从上世纪 90 年代到上世纪末，主要特点为研究的范围全而广，研究领域涉及交通监控、交通信号智能控制、不停车收费、车路协同及自动驾驶等领域，表现为研究内容宽泛，项目相对分散；第二阶段从本世纪开始，在战略上进行了调整，由第一阶段的“全面开展研究”转向“重大专项研究，重点关注车辆安全及车路协调技术”战略，并从综合交通运输体系的角度开展智能运输与安全技术的研究，研究内容包括综合运输协调技术、车辆安全技术等，特点是更加注重实效，推广相关技术产业化。

第一阶段：1990 年，美国正式成立智能车辆道路协会(Intelligent Vehicle Highway Society of America, IVHS America)，作为美国运输部的咨询机构，协助推动全国道路交通智能化工作。1991 年，美国国会通过了“综合地面运输效率法案”(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act ,ISTEA)，正式开始智能车路系统(Intelligent Vehicle Highway System, IVHS)研究。由美国运输部负责全国 IVHS 的开发工作，并在 1991 年以后的 6 年中由联邦政府拨款 6.6 亿美元经费用于研究和开发 IVHS 技术。1994 年，根据国际上的共识，美国将 IVHS 改名为 ITS (Intelligent Transportation Systems)，相应的美国 IVHS 协会改名为美国 ITS 协会，这标志着智能交通系统研究不再仅仅限于车辆和道路，而是以推进整个交通系统智能化为目标。1995 年 3 月，美国运输部首次正式发布“国家智能交通系统项目规划”，明确规定了智能交通系统的 7 大领域和 29 个用户服务功能，并确定了到 2005 年的年度开发计划。1996 年，美国运输部长 Federico

Pena 宣布实施时间节省行动计划(Operation Time Saver, OTS), 10 年内在 75 个都会地区建立智能运输基础结构(Intelligent Transportation Infrastructure, ITI)。美国的 ITS 研究开发在这一时期取得显著的成绩, 主要包括:

(1) 在 75 个最大的都会区中, 有 50 个已经建立了交通管理中心, 这些中心的主要任务是自动监视高速公路的运行状况, 并及时进行事故报警;

(2) 交通信号和高速公路匝道信号控制已经大量用于改善交通运行;

(3) 出行信息已经大量地存在于各种媒体之上, 出行者可以方便地查询到各种出行信息, 以便更好安排自己的出行计划;

(4) 电子收费系统服务已经覆盖了 70% 以上现有收费道路;

(5) 公共交通系统已经安装了计算机卫星通讯调度系统, 能够提供更有效, 更安全的公共交通服务, 同时能够为出行者提供更准确的公交车辆出行信息;

(6) 车载电子装置已经大大增强了人们处理紧急事态、紧急求救的能力; 同时也增强了车辆的导向性能;

(7) 与驾驶失误相关的交通事故死亡人数已经开始随着车辆行驶里程的增加而减少;

(8) 自动公路系统实验。1997 年在美国 San Diego 到 Los Angeles 之间的 12 公里 I-15 州际公路上进行了验证实验。此次公开演示实验展用 10 辆小轿车进行车辆车道自动保持、自动换道、车队编排以及车车、车路通讯等技术的验证。

第二阶段: 1997 年美国加州的自动公路系统演示 (DEMO'97) 结束后, 美国运输部认为日益严重的交通事故是最迫切需要解决的问题, 于是调整了研发重点。1998 年, 美国国会通过《21 世纪交通平

等法案》(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21), 在 1998 年以后的 6 年中由联邦政府拨款 13 亿美元经费用于研究和开发 ITS 技术。其中于 1998 年开始组织实施智能车辆 (Intelligent Vehicle Initiative, IVI) 计划。其基本宗旨和目标为:

(1) 预防交通事故 (特别是碰撞事故) 及其引起的人员伤亡, 提高安全性;

(2) 以人的因素 (Human Factors) 为基础, 防止驾驶员分神;

(3) 促进碰撞防止系统的研发应用

同时, 对轿车 (包括追尾警告、偏离车道警告等)、重型卡车 (包括驾驶员睡意提醒、电子控制制动系统、车辆侧翻警告及控制、追尾警告、偏离车道警告等)、特殊车辆 (包括偏离车道预防系统、交叉路口碰撞预防、信号 (停车信号) 警告、左转防撞警告等) 等进行了研究。

在美国 2002 年颁布的智能交通系统 10 年规划中指出: 实现无缝连接的战略目标, 包括提供多种运输方式、对不同人群、货物的无缝多式联运; 公共政策和私人企业将抓住机遇使 ITS 成为 21 世纪交通的领航者。未来的交通将通过使用综合集成计算机、通信和传感技术的系统提供完整信息, 使交通更加可靠、有消费导向和制度创新。该报告指明未来新技术开发与应用的重点领域主要有:

(1) 建立一个全国性的、整体化的交通运输信息网络, 使公众出行更加方便、更加省时、更加经济, 提高货运效率, 更有效地完成货物运输任务;

(2) 开发先进的车辆防撞技术, 大量地减少撞车交通事故, 将交通安全和运输效率提高到史无前例的水平;

(3) 开发交通事故自动检测、通报和应变技术, 使救护人员尽快到达事故现场, 争取救护伤员、拯救生命的宝贵时间;

(4) 进一步研发先进的交通管理技术，智能地、自适应地管理各种地面交通，区域性交通网络应当在超越地区界限和运输方式的前提下，无间隙地整合起来，实现一体化的运行目标。先进的交通管理系统还应在保障交通安全、防止交通事故、提供事故救援和快速恢复事故现场的交通秩序等方面发挥功能。

美国 2009 年启动了 IntelliDrive 项目。该项目从单一的 5.9G 的 DSRC 通信技术转而考虑采用其它途径，如手机宽带无线通信、WiMAX、卫星通信等方式，建立开放式通信平台，为车辆提供无缝的通信服务。IntelliDrive 提供的服务重点在车辆主动安全方面，同时兼顾多种运输方式和出行模式的解决方案，为驾驶员提供动态、连续的服务。其中实时性和可靠性要求较高的车辆主动安全服务将主要通过 DSRC 专用通信技术来实现，而实时性要求相对一般的出行服务则通过 3G、4G、WiFi 等公共通信技术实现。保证车与车、车与路侧、车与管理中心等主体之间的连接的方便性。

车联网研究（Connected Vehicle Research）是当前美国智能交通系统研究的核心内容。在车联网中，车辆具备信息感知功能，可通过射频识别（RFID）、车载信息服务（Telematics）、无线定位技术（Wireless Location Technology, WLT）等一系列移动式教堂信息采集技术实时感知车辆自身及车辆与周边环境信息，并通过专用短程无线通信技术（Dedicated Short Range Communication, DSRC）使车辆与车辆、车辆与基础设施之间进行信息交互。美国“智能交通系统战略研究计划（2010-2014）”将早期车联网应用范围从轻型车拓展到所有车型，并针对通信过程中由于车辆高速移动以及受道路周边建筑物和树木影响导致车联网无线信道质量不稳定的情况，将通信方式从单一的 5.9GHZ 的 DSRC 通信技术拓展为多种形式，如手机宽带无线通信、WiMAX、卫星通信等，建立了开放式通信平台。

2012年10月，美国交通部发布了《通过连接改变交通：智能交通系统战略研究计划：2010-2014》，对2010年智能交通系统战略研究计划做了更新。该计划总结了过去两年各研究项目的进展、关键研究、经验教训，提出了下一步行动计划。其亮点是新增“相互连接车辆的安全试点项目”，对车辆与车辆应用和技术原型的安全性进行论证，并提供更加详细的政策研究、连接车辆道路天气应用、变革的环境概念等内容。同时将重点促进车辆自动驾驶、电动汽车的发展，抓住新兴第四代移动通信和IPv6带来的机遇，推动ITS更广泛的应用。

美国运输部投入大量资源进行车联网技术的开发，建立了大量测试基地。2012年，美国密歇根大学和美国能源部交通运输部在密歇根、加利福尼亚、佛罗里达、纽约等州车联网测试基地进行实验测试，内容包括车辆系统、通讯系统和售后设施，重点评估驾驶人反应和通讯技术。

Car-to-Car智能通讯系统在美国也有较好的发展，该系统可以实现车与车之间的随时通讯，方便了解车与车之间的距离，从而及时防止交通事故的发生。该项技术自2013年12月31日在美国通过后，已在密歇根的安娜堡等多个城市的多个街道进行试运营。对于汽车厂商来说，car-to-car通讯系统的研发成本过于庞大，但出于对交通安全的考虑，相关部门认为该系统是非常有必要的。美国国家交通部门NHTSA表示每年用来解决交通拥堵的费用高达880亿美元，使用这项技术后，可预防80%的交通事故。car-to-car通讯系统将于2017年在美国全面使用。

无人驾驶汽车是美国智能交通部分中车辆行驶安全方面的重要研究，通过引入成熟的机器人技术和自动控制、人工智能、视觉计算等技术实现车辆的无人驾驶。具有代表性的是谷歌公司将上述技术运用到实践，其研制的无人驾驶汽车李勇摄像机、雷达和激光测距仪感

知车辆周边环境，并通过车载传感器获得前车距离、相对速度和障碍物等数据信息传递给车载主控计算机，通过计算机软件对数据进行处理，并将处理结果反馈给主控计算机。自动驾驶控制软件根据反馈的信息对方向盘、油门和刹车控制器等发出动作命令，控制车辆的转向、加减速和超车、变道等行为，从而使车辆能够安全、可靠的在道路上行驶。

美国在交通管理方面，大量采用先进的监控管理技术，通过道路监控中心和路边的可变标志牌等系统，为驾驶员提供实时路况和车辆违章情况。截止 2013 年，目前 ITS 在美国的应用已达 80% 以上，而且相关的产品也较先进。美国 ITS 应用在车辆安全系统(占 51%)、电子收费(占 37%)、公路及车辆管理系统(占 28%)、导航定位系统(占 20%)、商业车辆管理系统(占 14%)方面发展较快。

3.2 欧洲智能交通系统发展历程

欧洲的智能运输与安全的研究基本与美国和日本同期起步，发展历程也经历了两个阶段。第一阶段从上世纪 80 年代到本世纪初，研究领域涉及先进的旅行信息系统(Advanced Traveller Information System, ATIS)、车辆控制系统(Advanced Vehicle Control System, AVCS)、商用车辆运营系统(Commercial Vehicle Operations System, CVOS)、电子收费系统等方面。重点关注道路和车载通信设备、车辆智能化和公共运输。其特点与美国第一阶段比较相似，即研究的范围比较广，项目相对分散；第二阶段从本世纪初开始，转移到重点研究安全问题，更加重视体系框架和标准、交通通信标准化、综合运输协同等技术的研究，并推动智能运输与安全技术的实用化。

第一阶段：欧盟 19 个成员国为共同推进 ITS 发展，于 1985 年成立欧洲道路运输信息技术实施组织，实施智能道路和车载设备的研究发展计划；1986 年欧洲民间联合制定了欧洲高效安全交通系统计划，

在政府介入下，1995 年启动了该计划，1996 年 2 月底，欧共体事务总局 13 局第一次公布了 T-TAP 征集的具体 74 个子项目。欧盟标准化组织于 1990 年开始 CEN/TC278 的工作，与 ISO 订立了维也纳协议。1991 年成立欧洲道路运输远程通讯实施组织（European Road Transport Telematics Implementation Organization, ERTICO）。本阶段进行 Telematic 的全面应用开发工作，在全欧洲范围内建立专门的交通(以道路交通为主)无线数据通信网，ITS 的主要功能如交通管理、导航和电子收费等都围绕 Telematic 和全欧无线数据通信网来实现。研究支持开发智能的约束系统、制定采用信息与通信系统的道路安全长期计划、开展为优化人机界面和道路安全的远程信息处理“智能道路”的研究和示范、通过标准和使用者信息提高隧道中的安全、建立卫星定位事故警示系统等。

第二阶段：欧洲 ITS 组织 ERTICO 于 2003 年 9 月提出 eSafety 的概念标志着第二阶段的开始。其主要内容是充分利用先进的信息与通信技术（Information and Communication Technology, ICT），加快安全系统的研发与集成应用，为道路交通提供全面的安全解决方案。除自主式的车载安全装置外，还须考虑车路协调合作方式，即通过车车以及车路通信技术获取道路环境信息，从而更有效地评估潜在危险并优化车载安全系统的功能。具体研究项目如表 1.1 所示。

另外，除了关注安全问题外，在 ERTICO 组织 2005 年 5 月颁布的智能交通系统战略框架中指出关注的重点领域还有：

- （1）智能交通系统体系框架与标准；
- （2）智能运输信息基础技术，包括构建网络信息交换平台、智能化区域交通控制、伽利略计划车载定位技术和 RDS/TMC 通信技术以及 3G、GSM 技术等；
- （3）综合运输协同技术，包括物流优化、一体化电子收费、全

欧盟的运输协同等。

表 3-1 eSafety 计划研究内容

类别	子 类	描 述
启动项目	事故原因分析	
	道路基础设施	研究车路通信的可行性；调研车辆新技术对道路设计的影响；制定路侧信息的 HMI 标准；道路管理及运营的技术支持
	电信基础设施	Galileo 系统、UMTS 以及其它电子设备对预防安全技术的影响评价
	驾驶员行为	驾驶员对新技术的行为适应性分析；驾驶员对新技术的接受性研究
安全功能	车辆预防安全与保护系统	面向 eSafety 的车辆安全体系结构；车车、车路通信协议；车载系统与道路设施的相互作用；车辆零部件的可靠性
	事故后紧急呼救	eCall 的技术结构体系；紧急时的及时处理
成本效益分析	影响的量化分析	安全方案及系统的效果评价方法研究，综合成本效益分析

该战略框架同时制定欧盟智能运输与安全领域的发展目标。其中短期发展目标是获取高质量的数据、大部分车辆装备通讯装置；中期发展目标是构建开放、可靠的交通信息平台，提供更丰富的服务；远期目标是实现车车、车路的实时通信。

欧盟于 2009 年 8 月要求其 27 个成员国加入交通事故自动紧急呼救系统（eCall 计划）。该项系统致力于减少交通事故的死亡率，当汽车发生重大交通事故时，通过车上的 GPS 将急救呼叫信号以及事故车辆所在位置信息通过无线网络以最快的速度传送给最接近出事地点的紧急事故处理中心。根据 eSafety 计划，欧盟从 2008 年开始陆续实施 Car2car、I-way 等一系列重点子项目，并加强了在信息通信技术方面的投资，推动了车-车、车-路通信技术的发展，提高交通的安全性和工作效率。

目前正在进行 **Telematic** 的全面开发，计划在全欧洲建立专门的交通(以道路交通为主)无线数据通信网，正在开发先进的出行信息服务系统(ATIS)，先进的车辆控制系统(AVCS)，先进的商业车辆运行系统(ACVO)，先进的电子收费系统等。部分欧洲国家也在发展交通通讯信息高速公路 (TIH) 和视频信息高速公路 (VIH)。具体来说，目前欧洲智能交通的发展主要包括：(1) 自动车辆定位系统；(2) 可变信息系统；(3) 智能停车系统；(4) 旅行信息高速公路；(5) 视频信息高速公路；(6) 国家交通控制中心；(7) 城市交通管理和控制系统；(8) SCOOT 系统；(9) 电子收费系统；(10) 数字交通执法系统；(11) 射频识别技术；(12) 物联网等。为了促进智能交通的发展，欧洲开展了以下几个项目：

(1) VIAJEO 项目

VIAJEO 是交通规划数据和出行信息采集协调解决方案的国际示范项目，以改善城市交通效率为宗旨，致力于发展开放的信息平台并示范其应用，提供以下服务：支持实时的交通疏导和控制，提供大范围、多媒体的交通信息服务；融合和管理不同的交通数据，包括融合浮动车数据和传统传感器数据；提供动态的多媒体交通信息和乘客信息服务；提供跨模式的全程信息服务，动态路径引导将保证乘客高效的换乘不同交通方式，电子支付服务将为乘客换乘提供便利；支持灵活的数据交换服务，为不同的数据源提供共享界面。

运用这些集成数据，VIAJEO 项目能给交通规划者和运营者提供决策支持，并未雅典、圣保罗、北京、上海地区的用户提供广泛的出行信息。该项目在 2012 年维也纳智能交通世界大会上进行技术展示。

(2) Instant Mobility (2011-2013)

Instant Mobility 是未来互联网为智慧、高效、绿色出行提供平台项目，主要探索未来互联网技术如何改变城市出行，主要关注三种自

主创新应用：个人出行伙伴，城市智能物流，交通基础设施服务。

该项目定义了未来互联网公交功能要求和技术要求，以便能够为上网用户提供相关服务。这些要求以一套技术规范为基础，并为未来互联网技术在交通和出行领域应用可行性验证提供原型。2012 年维也纳智能交通世界大会上，该项目运用未来的互联网技术展示了多模式出行规划的理念，项目在 2013 年公布和展示了城市智能物流和交通基础设施服务的构想。

（3）MOBiNET（互联出行服务平台）

MOBiNET 项目于 2012 年末启动，为欧洲全面推广互联出行服务提供运营平台，在 8 个国家进行示范应用。MOBiNET 包含一个智能出行的应用程序，一个 B2B 的电子商务平台，一个欧洲范围内的出行数据库和服务系统，以及一个安全的中介软件环境为用户提供一对一的身份验证和账户。该项目为 B2B 和 B2C 用户提供以下服务：全面的欧洲交通数据库和服务信息；一个连接终端用户，信息提供商，服务提供商的电子商务平台；MOBiNET 注册会员和终端用户的付款账户；MOBiNET B2B 供应商会员，供应商可以加入第三方的信息和服务；面向终端用户的独立平台，用户可以进入 MOBiNET 应用商店下载相关程序等。

（4）SATIE 项目

SATIE 项目支持行动为创造安全、高效、可持续发展的出行环境，在欧洲广泛推广和应用 ICT 技术做好准备。通过推广 ICT 技术，道路安全、环境保护、出行效率都能得到极大提升。2012 年，项目展现了欧洲主要区域在城市智能出行、智能通道、智能区域的自主创新解决方案。

（5）SmartCEM

SmartCEM 是互联的智能电动出行项目，通过在驾驶、信息共享、

收费服务领域应用信息通信技术，提高电动汽车的效能，并在西班牙巴塞罗那、西班牙巴斯克、英国纽卡斯尔、意大利都林四个城市试运行。该项目制定了针对城市具体需求的五大服务框架：电动汽车导航系统；电动汽车高效驾驶系统；电动汽车路径管理系统；电动汽车充电管理系统；电动汽车共享管理系统。

在不同城市试运行关注点不同。西班牙巴塞罗那：关注电动汽车共享系统；西班牙巴斯克：整合城市、城际汽车共享设施和电动公共汽车服务；英国纽卡斯尔：整合电动汽车和相关基础设施满足公共服务需求；意大利都林：整合送货车辆和汽车共享服务。

从 2012 年开始，已成功和其他三个 CIP（欧洲竞争与创新计划）示范项目合作，确保泛欧地区电动汽车通信通信服务的互操作。

（6）ecoDriver（支持技能减排的驾驶方式）

ecoDriver 项目系统通过鼓励绿色驾驶行为，减少 20% 的二氧化碳排放和能耗。驾驶人在驾驶过程中会受到针对他们本人和车辆特性的各种生态驾驶建议，包括驾驶习惯、能耗方式（传统、混合动力、纯电动）、汽车类型（载客汽车、厢式货车、卡车、公共汽车）在内的各种信息和数据将被分析和测试，目的是为了优化驾驶环境。生态驾驶郑州研发任何环境下最适合的生态驾驶方式并提出驾驶建议。

（7）UDRIVE（欧洲自然驾驶研究项目）

UDRIVE 集成项目在 2012 年启动，应用最新的信息和通信技术观察和分析驾驶行为，目标是提高道路安全并减少能耗。2012 年开始欧洲智能交通协会已经为在欧洲七个成员地区大规模采集自然驾驶数据做好了相应的准备工作。该项目目标包括：在欧洲不同地区，用量化的方法分析道路使用者在正常情况以及即将发生交通事故时刻的行为，对于安全相关的驾驶行为进行量化评估；用量化的方法分析和排放等级、能源消耗相关的道路使用者行为；研究新的方法，

提高交通系统的安全性和可持续性。

3.3 日本智能交通系统发展历程

日本智能运输技术研究的发展历程也经历了两个阶段。第一阶段从上世纪 90 年代到本世纪初，研究领域虽然涉及交通安全辅助驾驶、导航系统、电子收费、交通管理优化、道路管理效率化、公共交通支援、卡车效率化、行人辅助、紧急车辆的运行辅助等方面，但重点集中在导航系统、自动收费系统和先进车辆系统，并在这些技术上都取得了突破，尤其是导航系统和自动收费系统已经得到广泛应用；第二阶段从本世纪初开始，研究重点转移到道路交通安全性的提高、交通顺畅化及环境负荷的减轻、个人便利性与舒适性的提高、地方活力的发挥和公共平台建设以及国际标准化促进，更加注重系统集成与人性化的交通服务以及技术的推广应用。

第一阶段：1994 年 1 月日本成立由民间企业、团体参加的汽车道路交通智能化协会（Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society, VERTIS）。作为该协会的支撑，还设立了由警察厅、通产省、运输省、邮政省和建设省等 5 个政府机构负责人参加的五省厅联络会议，完善日本 ITS 研究开发的统一体制。1995 年 6 月，日本政府在内阁会议上确定了“面向先进信息化社会的基本方针”。根据这一方针，同年 8 月，以警察厅为主的有关 5 省厅发表了“道路、交通、车辆领域信息化实施方针”，制订了发展 ITS 的基本国策。该文件明确了 9 个开发领域，确定了 11 项推进措施，预计在 21 世纪初完成 ITS 的建设目标。据此，以前由各有关省厅分别开展的 ITS 工作都统一纳入国家项目加以推进。1996 年 7 月，5 个政府部门联合制定、发表了“关于推进智能交通系统的整体构想”，具体制订日本 ITS 发展战略，明确列出 ITS 的国家功能、长远发展方向和 ITS 的系统架构，定义了 20 个服务内容。整体构想推出了一个投资预算 7.8 兆亿日元、为期 20 年

的发展计划，分别明确了各 ITS 功能的开发、推进的大致时间，并按 ITS 开发领域，分别规定了企业、政府部门和研究机构在研究开发、推广上的努力目标，成为日本 ITS 工作的主要计划。

本阶段研究成果集中在导航系统、自动收费系统和先进的车辆系统等技术上的突破。其中自动导航系统累计出厂 1450 万台、车辆信息与通信系统（Vehicle Information and Communication System, VICS）累计超过 1500 万台；2004 年 9 月 ETC 使用车辆累计 370 万台，普及率 20%，拥堵减半；自适应巡航控制系统（Adaptive Cruise Control, ACC）累计出厂 17 万台，事故回避系统投放市场；各种交通信息采集设施、交通控制中心遍布全国；道路状况的检测装置及信息发布以及利用公交车的 Proble 系统服务开始；77 家公司导入公交定位系统，34 都道府县导入公交车优先系统；大型运输企业利用 GPS、电子标签进行卡车运营管理及货物跟踪管理；利用移动电话提供交通信息及车辆换乘诱导服务等。

第二阶段：日本经过第一阶段的发展，进行了总结，结合日本面临的交通事故频发、交通拥挤严重、手机和网络的迅速增长、更加关注环境、老年化社会的来临、个人隐私保护的增强、经济低迷期的社会环境和部分 ITS 系统（车载导航系统、信息服务系统和电子收费系统）得到广泛应用的交通环境，制定了新的发展战略。提出了 10 年内交通事故死亡人数减半；20 年后交通拥堵量降低 80%；30 年后汽车燃油消费量及 CO₂ 消减 15%、城市 NO_x 消减 30%；2015 年 ITS 市场规模累计 60 兆日元的目标。为完成上述目标，提出了① 构建安全可靠的“ITS 区”；② 促进物流和运输车辆自动驾驶的发展；③ 导航系统商业化，使交通更舒适；④ 构建 ITS 综合平台等具体措施，并制定了 21 世纪 ITS 发展的四个阶段。

（1）2000 年前后：交通信息主要提供给已经运行 ITS 相关系统，

交通堵塞信息和最佳路线信息将提供给车载导航系统，使驾驶员能够减少出行时间并提高旅行的舒适性。在本阶段的后半段，通过使用电子收费系统，达到减少收费站拥堵的目的。

(2) 2005 年前后：通过逐步引入用户服务的思想开始交通系统的革命，ITS 将有关目的地的服务信息和公共交通信息直接提供给用户。在这一阶段，通过驾驶员安全驾驶系统和行人安全保护系统来减少交通事故的发生。另外，公共交通的舒适性和便利性也将得到极大的提高。

(3) 2010 年前后：ITS 将被推进到一个更高的水平，基础设施，车载装置，法律和社会系统将促使 ITS 成为一个稳固的社会系统。ITS 的作用将是全国性的，通过对 ITS 更多更高级功能的认识，自动驾驶将全方位地发挥作用，汽车将成为一个安全和舒适的处所。

日本的 ITS 主要应用在交通信息提供、电子收费、公共交通、商业车辆管理以及紧急车辆优先等方面。截止 2013 年，在日本已有超过 1800 万人的汽车导航系统用户。

日本 ETC（不停车收费系统）、车载导航系统、还有车载导航上配的 VICS（道路交通信息通讯系统）等已成为世界上最大的智能交通应用系统，均已达到 4-5 千万的用户规模。日本的 ETC 于 2001 年 4 月开始应用，2013 年 3 月日本 ETC 利用台数达到 7115000 台/日、ETC 利用率达到 88.2%，现在日本已经全国普及 ETC，高速公路上大概有一千五百多处 ETC 收费站。应用推广的速度非常快，普及率也非常高。日本 ETC 的高普及率得益于两方面：一方面车辆通过卡口的速度较快，另一方面，使用 ETC 付费的优惠率比较大，车辆装上该系统，可节省不少通行费。目前日本约 50% 的新车都已经事先安装 ETC 的车载单元。日本对于物联网技术的发展也比较重视，2007 年，政府与民间 23 家知名企业共同发起 Smartway 计划，该计划用于促进

道路基础设施、交通运输、旅游和先进安全汽车等方面的发展。Smartway 发展重点在于将现有的各项 ITS 功能如 ETC、网络支付和 VICS 等整合于车载单元 OBU 上,使道路与车辆实现双向连接而成为 Smartway 与 Smartcar,以减少交通事故、缓解交通拥堵。2011 年 1 月,在 SmartWay 的研究成果的基础上,一个新的 ITS 服务“ITS Spot Service”开始在东京湾岸线(Bay Shore Routes)上实施。到 2011 年 3 月,这项服务已经扩展到了 1600 个点,主要集中在高速公路上。同时日本政府也积极支持交通物联网的发展,2009 年,日本制定“i-Japan 战略 2015”,在实现交通电子政务的同时,致力于通过物联网技术减少交通拥堵、提高物流效率和减少 CO2 的排放。2010 年,日本制定了“新 IT 战略”,推动绿色出行,短期计划目标是通过利用车辆探测技术来保证交通的畅通,提高物流效率,利用公共汽车优先系统和公共汽车定位等系统增强公共交通系统使用的便利性,从而提高其使用率。2013 年 9 月,日产(Nissan)公司获得了日本第一个可以实地测试先进辅助驾驶系统的政府执照,可以在日本的公共道路上进行先进辅助驾驶系统的测试。测试的主要功能有六个方面,包括车道自动进入、自适应巡航控制两个已应用的功能(这两个功能在 Nissan 的高级车上已经实现,如 Infinity 豪华车),以及自动驶离高速公路、自动车道变换、超过一辆停着的或慢行的车辆、红灯前自动停车四个新的系统。Nissan 希望能够在 2020 年推出自动驾驶的车辆。

日本也在努力建设新一代交通管理系统 UTMS。UTMS 是利用光信标传感器使车辆与交通指挥中心之间实现双向通信,通过信息交互,提高驾驶安全、减少交通拥堵、削减交通污染,构筑以安全、舒适和低环境污染为目标的交通社会。日本在 UTMS 主要推动工作体系在以下几个方面:

交通信息服务系统 AMIS。AMIS 利用可变情报板和交通广播等,

通过光信标传感器对车载设备提供交通信息服务，以达到分散交通流和缓解道路交通拥堵的目的。该系统在 2012 年在日本全国推广，并在后续时间进行了不断的完善和推广应用。

紧急救援车辆保障系统 FAST。FAST 在紧急救援车辆出动和通行次数比较频繁的区域，通过光信标传感器检测执行任务的紧急救援车辆，对其实施信号优先控制，缩短该车辆达到目的地的时间，同时防止紧急救援车辆因高速行驶产生的交通事故。

另外，VICS 系统作为日本智能交通管理系统应用的一部分在日本得到了广泛应用，交通管理者和道路管理者（道路公团等）无偿提供交通信息，经日本道路交通信息中心集中到 VICS 中心，然后这些信息再由 VICS 中心通过多种方法传送给驾驶员和车载装置。

这个系统在日本普及率很高，主要得益于一种成功的商业模式。在日本，VICS 系统的服务是免费的，使用者只需购买带有 VICS 系统的车载导航器，便可享受 VICS 系统提供的无偿服务，之后的日常使用中不再需要交其他的费用。但装载 VICS 系统的导航器通常会较普通的更贵一些，每销售一台带有 VICS 功能的导航仪，VICS 中心会得到导航仪厂家或车厂返回来的技术支持费，随着 VICS 普及台数的大量增长，每年 VICS 中心的这笔入账足够支撑中心的运营开支。

日本也在实用化基于车路协同的辅助安全驾驶系统 DSSS。DSSS 通过路侧检测器检测危险因素并进行信息服务的“DSSS-I（信息服务型）”已在东京、埼玉县等地进行应用。判断型 DSSS 车载机根据信息判断是否需要为驾驶人进行信息服务和服务的时机，并通过声音和图像等提醒驾驶人注意。该系统进行了大规模的实证性试验。通过该系统，不仅获得了在路测检测器设置区段的交通事故预防效果，而且获得了利用学习功能对驾驶人驾驶行为的整体改善效果。2012 年，利用电波连续向车载机提供信息服务，且不与交通指挥中心连接的简

易 DSSS 进行了实证性试验，简易 DSSS 的特点是不需要与交通指挥中心连接，可以削减成本。

为了减少车辆交通拥堵中频繁启动造成的燃料浪费和 CO₂ 的排放，日本从 2008 年就开始了无人驾驶和列队行驶的研究开发和 CO₂ 削减效果评价方法构建等。无人驾驶和列队行驶研究开发作为应对汽车节能的对策之一，利用 ITS 技术组织汽车列队行驶，并尽量缩短多辆车之间的间隔，使其入列行驶，以及在市内道路上的生态行驶所需要的关键技术研发。2012 年试验成功了 4 辆卡车，以 80km/h 车速、4m 间隔的列队行驶，该工程得到了 4 家卡车厂家支持，生产了“车-车通信间距系统 CACC”试验车。CO₂ 削减效果评价方法的构建。2014 年完成 ITS 对 CO₂ 削减效果定量评价方法、技术开发中的评价工具确立和改进，要求该方法受到国际上的广泛认可。该项目进行了广泛的国际商讨合作，与欧美同领域研究人员对评价工具和方法的验收进行了商讨，完成并出版了国际合作研究报告，并且将柏市和丰田市作为示范城市，对生态驾驶和生态路径诱导，以及对 CO₂ 削减效果评价工具等进行了有效性验证。

3.4 中国智能交通系统发展历程

我国在 20 世纪 70 年代末就已经开始在交通运输和管理中应用电子信息技术。在此后 20 多年里，在政府的支持与坚持自主开发的基础上通过广泛的国际交流与合作，在 ITS 领域进行了初步的理论研究、产品开发和示范应用，并取得了一定的成果。一批从事 ITS 研究开发的研究中心和生产企业通过理论与实践相结合正在成长。国家科技部 1999 年批准建立了国家 ITS 工程技术研究中心（ITSC），2000 年又批准建设了国家铁路智能交通系统工程技术研究中心。许多大学和研究机构也纷纷组建 ITS 研究中心，从事 ITS 的理论研究和产品研发，例如东南大学的 ITS 中心、武汉理工大学 ITS 研究中心、吉林大

学 ITS 研究中心、北京交通大学 ITS 研究中心、同济大学 ITS 研究中心、华南理工大学 ITS 研究中心等。中国交通领域和 IT 行业的很多企业被 ITS 巨大的高新技术市场所吸引，纷纷涉足 ITS 领域进行其产品的开发研究和推广应用。为协调和引导中国 ITS 的发展，2001 年初国家科技部会同当时的国家计委、经贸委、公安部、铁道部和交通部等部门，联合成立了全国 ITS 协调指导小组及办公室，并成立了 ITS 专家咨询委员会，负责组织研究制定中国 ITS 发展的总体战略、技术政策和技术标准，积极支持有关部委、地方、企业及科研单位，根据行业和地区特点开展 ITS 的关键技术研究与应用示范工程，促进 ITS 研究成果的产业化。下面从国家层面、相关部委层面和地方政府层面分别进行介绍。

（1）国家的科技研究计划

① 国家科技攻关项目：科技部从 1995 年开始关注国际上智能交通系统的发展，在国家“九五”科技攻关项目中增加了有关 ITS 的内容，重点研究了“国家智能交通系统体系框架”和“国家智能交通系统标准体系”等内容，为发展打下了良好的基础。在“十五”期间，科技部将 ITS 关键技术开发和示范工程列入“国家‘十五’科技攻关计划”，并于 2001 年 12 月在全国范围内组织了“ITS 关键技术开发和示范工程”项目的公开招标。在全国各高校、科研单位和从事 ITS 技术开发的企业部门范围内召集优秀人才从事 ITS 关键技术的研究，同时促进其产业化。这次专项的研究在浮动车信息采集技术、数据管理技术、汽车安全辅助装置技术、快速路系统通行能力研究等方面，均获得了国内领先或国际先进的科研成果。在该项目中，科技部还选择 10 个城市进行了 ITS 应用示范，包括广州、中山、深圳、上海、天津、重庆、济南、青岛、杭州和北京。

在上述课题研究的基础上，从 2004 年下半年开始，国家科技部

又组织开展“现代中心城市交通运输与管理关键技术研究”，该项目以缓解中心城市交通拥堵、提高交通运输安全、解决重大事件交通组织的部分内容为目标，设置了 13 个研究课题，预计 2006 年底完成研究开发工作。

“十一五”期间，科技部首次在 863 计划中设立了现代交通技术领域，其中“综合交通运输系统与安全技术”专题以“提高交通运输的效率和安全”为指导思想，按照综合交通运输和服务的网络优化与配置技术，智能化交通控制技术，综合交通信息采集、处理及协同服务技术，交通安全新技术和新型载运概念技术等 5 个技术方向进行了总体部署。同时，科技部在“十一五”期间还相继组织实施了“智能交通综合集成技术及示范”、“重特大道路交通事故综合预防与处置集成技术开发与示范应用”等支撑计划项目。这一系列部署和安排，有力促进了我国智能交通与安全技术的发展和智能交通系统的建设，取得了积极的成效。863 计划首次对智能交通技术立项支持，从总体上对国内智能交通系统建设与发展起到了良好的引领作用，促进了国内智能交通与安全技术的研究与发展，研究成果部分已经成功应用，从技术上对我国智能交通系统的建设和产业发展起到了积极的支撑作用。

② 国家其他部委科技项目：为支持智能交通系统的研究和开发，其他国家部门也在“九五”、“十五”和“十一五”期间安排了部分研究和开发工作。

例如，国家自然科学基金委员会在“九五”期间安排了有关交通诱导的基础研究重点项目，就群体诱导和个体诱导的基础问题进行了研究，并在部分内容上安排了小规模工程验证试验。在“九五”和“十五”还安排了有关智能运输基本理论、智能运输控制基本理论、诱导算法等方面的研究，如 2002 年开始实施的重点项目“城市交通集成

控制系统”，2004年开始实施的重点项目“新一代智能交通综合信息系统及关键技术研究”，这些研究全部是由高等院校承担的。“十一五”期间，基金委在城市道路交通系统规划和地理信息科学领域，开展多项重点项目的研究，如2008年开始实施的“信息环境下的城市道路交通规划理论与方法”，2009年开始实施的重点项目“基于浮动车/固定传感器城市交通数据融合研究”。

近年来，为了推进智能交通的发展，国家开展了多项支持计划，重点组织实施了“国家智能交通综合技术集成与应用示范”、“重特大道路交通事故综合预防与处置集成技术开发与示范应用”等科技支撑计划项目。

① 国家智能交通综合技术集成与应用示范

“国家智能交通综合技术集成与应用示范”科技支撑计划项目，面向大型国际活动的城市智能化交通管理和出行服务、面向国家综合交通智能化服务与管理，对综合智能交通关键技术进行研究，实现了智能交通技术的集成应用，构建形成了我国智能交通技术集成的核心支撑体系，在为百姓出行服务、为政府管理服务、实现技术创新和带动产业发展等方面取得了显著成果，对提高既有交通设施的服务水平和效率，提高国家应对重大、突发事件的能力具有积极的意义。

面向大型国际活动的城市智能化交通管理和出行服务，针对2008年北京奥运会、2010上海世博会和广州亚运会的交通保障重大需求，实施了北京奥运智能交通管理与服务综合系统、上海世博智能交通技术综合集成系统、广州亚运智能交通综合信息平台系统项目，研究实施了智能化交通信号与诱导系统、综合性智能化公共交通调度管理系统及综合交通信息集成服务系统，在北京和上海重点进行了城市交通智能化控制、城市主干线道路交通诱导和公交信息服务等技术开发与集成示范，广州进行了区域性综合交通信息平台的应用示范，探索了

区域性综合交通信息平台的建设和运营模式。项目主要成果在 2008 年北京奥运会、2010 年上海世博会，以及 2010 年广州亚运会的交通保障中发挥了突出作用，提高了我国应对国际大型活动交通保障的能力，提升我国在国际上的声誉和地位。

以国家高速公路和远洋运输为背景，组织实施了国家高速公路联网不停车收费和服务系统、远洋船舶及货物运输在线监控系统，突破了跨区域网络化不停车收费、远洋船舶及货物运输在线监控等关键技术，建立了国家高速公路联网不停车收费示范与服务系统，研究开发了远洋船舶及货物运输在线监控技术与系统。

② 重特大道路交通事故综合预防与处置集成技术开发与示范应用

“重特大道路交通事故综合预防与处置集成技术开发与示范应用”科技支撑计划项目，围绕科技行动计划确定的“通过一段时间的努力，实现道路交通事故死亡人数逐年下降，特大道路交通事故进一步减少，万车死亡率接近中等发达国家水平的目标，最大限度保障人民群众生命财产安全”战略需求，针对遏制重特大道路交通事故、减少交通事故伤亡的目标需求，并结合公安部、交通运输部当前面临的交通安全方面的主要工作，以多部门合作、采取综合措施的途径，重点突破交通安全信息集成平台构建技术、山区公路网安全保障体系化技术、国家高速公路安全和服务技术、营运车辆运行安全保障技术、全民交通行为安全性提升综合技术、区域公路网交通安全态势评估及应急指挥技术，以及道路交通安全执法技术；研制相应的装置、设备和系统；通过实施规模化示范工程，形成行业标准和规范体系；实现示范区道路安全状况的明显好转，初步构建我国道路交通安全技术支撑体系。

(2) 与运输相关部委的科技研究计划

从“九五”开始，与运输有关的部委也在智能交通领域安排了研究和开发项目，例如交通部在 1997 年开展了智能交通系统发展战略研究，在国内首先就发展 ITS 的方针、重点、步骤进行了研究；1998 年又根据国内高速公路联网收费的需求，安排了网络环境下电子收费的研究，对引导和规范我国联网电子收费起到了重要作用。交通部从 1997 年开始，在两个五年计划中均安排专项资金，在交通部公路交通试验场建设了国家 ITS 中心实验室，为 ITS 的研究开发打下了良好的物质基础。铁道部在“十五”期间对国家铁路智能交通系统工程技术研究中心进行了支持，并在铁路信息化项目中重点开展了有关电子化售票、智能化调度的研究和工程应用，为铁路运输的智能化管理打下了基础。在“十一五”期间，交通部开展了国家高速公路联网不停车收费的专项研究，并于 2007 年组织开展京津冀和长三角区域高速公路联网不停车收费示范工程，为我国智能交通迈进实际应用阶段做出了贡献。2008 年，科技部、公安部、交通运输部三部联合签署了《国家道路交通安全科技行动计划》，将智能交通技术集成应用示范列入其中，该项行动计划现阶段将围绕山区公路、高速公路以及营运车辆的安全保障问题开展工作，最终目标是建立符合中国国情的道路交通安全保障标准和规范体系。

（3）地方政府对 ITS 研发的支持

从“九五”末期开始，部分地方政府也开始关注智能交通的发展，以北京、上海和广州为代表的城市主要关注的是用智能交通技术缓解大城市遇到的交通拥堵，北京在“十五”期间就北京市智能运输规划、交通流研究、智能化交通管理、综合交通信息平台等开展研究，并在北京市的交通管理系统和交通信息服务系统中得到了应用，其交通管理系统的设备水平已经达到国际先进水平，而交通信息服务则处于起步和试验阶段；上海市在“九五”末期和“十五”前期也安排了有关

智能运输的项目，研究的重点是上海市智能运输管理和高架路的智能化控制，其中高架路智能控制的研究与国家科技攻关项目结合在一起，在城市快速路的智能控制方面取得了突破，成果达到国际先进水平，应用效果突出。“十一五”期间，北京、上海、广州等城市针对各自承办的大型赛事和活动，建成了面向国际大型活动和出行服务的智能交通集成应用示范系统，快速推动了智能交通的发展。北京市将综合信息平台 and 智能交通控制系统作为城市交通发展的重点，对公共交通、交通管理、交通应急、电子收费等 7 个应用领域开展研究，并取得了丰硕的成果，其中面向公众出行服务的综合交通信息服务网站的建立，市政交通一卡通系统的开通，体现了北京交通向信息化的迈进。广州市在“十一五”末期，结合国家支撑计划，建立了广州亚运智能交通综合信息平台系统，实现了羊城通系统、线网规划系统、车辆监控调度系统、出租车综合管理平台、联网售票系统等多个子系统的连接，提高了广州地区交通运输的安全性、路网通行能力和运输效率。

“十五”期间中国的高速公路建设取得了突破性进展，随着经济的发展，高速公路已经成为交通运输的大动脉。东部地区的交通部门针对高速公路的智能化管理和特殊气象条件下的通行保障技术开展了一系列研发和工程应用工作，例如江苏省全面启动了省级智能运输规划工作，安排了区域交通诱导、省域联网收费、省域交通广播服务等项目；在京珠高速广东境内的北段，广东省高速公路公司联合交通部公路科学研究所和华南气象研究所开展了山区高速公路雾区监控系统的研究，该成果在工程中应用以后，该路段没有因为大雾关闭过，也没有因为大雾发生过死亡交通事故。“十一五”期间，高速公路不停车收费系统建设取得巨大进展，并在长三角区域率先实施，上海市、江苏省、安徽省和江西省推进 ETC 车道设计、省域联网运行模式、

ETC 设备的互换性测试等工作,确保了长三角区域不停车收费联网运行。

第 4 章 智能交通系统发展趋势

4.1 总体趋势

美国、日本和欧盟等发达国家和地区从 20 世纪 90 年代初开始进行智能运输和安全领域的研究，通过应用交通信息采集与发布技术、先进的车辆技术、电子收费技术、交通事故自动检测与报警技术等技术，大大缓解了交通拥挤、安全和环保等问题。在总结近年来交通科技成就的基础上，美国联邦运输咨询小组提出了《美国综合运输系统 2050 年发展构想》的报告，明确新的交通系统发展思路将不同于“20 世纪 50 年代规划修建州际公路系统以增加供给和物理设施能力”的做法，“需要创新的解决方案”，“着眼于新技术和新概念，如信息技术、纳米技术、再生燃料以及高效清洁能源技术等”。美国联邦运输咨询小组的报告特别指出，智能运输与安全技术是交通运输发展中最典型、最活跃和最具潜力的全面应用信息技术的一个技术领域。

通过分析日本、欧盟和美国的研究现状和发展战略，国际上在智能运输与安全领域具有如下趋势：

(1) 交通信息采集、处理和发布技术将快速发展

交通信息服务带动了采集、处理、发布等技术手段的发展，主要体现在以下两方面：首先，各种信息采集技术的发展，为交通信息技术和设备的进步提供了基础，因此今后一段时间在视频、电磁波（包括红外和激光）和电磁感应等技术方向，将出现更多的实用性强的信息采集设备。同时定位技术、车辆自动识别（Automatic Vehicle Identification, AVI）技术和特殊用途通信技术的发展，将使浮动车技术得到更快发展。其次，信息技术的进步和成本的降低，使得交通信息处理能力成倍增加，为 ITS 数据的综合应用提供了基础，但是经处理的交通信息必须以适当方式提供给交通参与者，因此开发成本低、

使用经济的交通信息发布技术和设备将是各国 ITS 建设的重要内容。

(2) 多种信息、管理平台协同技术是交通智能化的手段

融合多种交通信息，实现多源信息的车辆定位、交通流量监测、车辆安全评估等功能，创建跨模式的电子支付系统（互用性停车、运输、定价、收费等），利用交通信息平台系统管理是交通智能化的重要技术手段。

(3) 交通安全成为关注的焦点

安全是现今社会的一大焦点问题，一些发达国家对安全的重视甚至超过了对交通效率的关注，也是近几年来国际 ITS 界的新热点。除了在基础设施、法律和教育等方面采取措施外，智能运输与安全技术的开发和应用是重要手段，其中包括：利用先进的信息与通信技术，加快安全系统研发与集成应用，为道路交通提供全面的安全解决方案。除自主式的车载安全装置外，还须考虑车路协调合作方式，即通过车车以及车路通信技术获取道路环境信息，从而更有效地评估潜在危险并优化车载安全系统的功能，促进碰撞防止系统的研发应用。

(4) 车载系统与道路设施的协调配合受到重视

首先，由美国联邦公路局、各州运输部、汽车工业联盟、ITS America 等组成的特殊联合机构，致力于通过信息与通信技术实现汽车与道路设施的集成，并以道路设施为基础，计划 2005 年推出可以实施的产品。各州将采用统一的实施模式，采用 Probe Vehicle 获取实时交通数据信息，支持动态的路径规划与诱导，提高安全和效率。其次，美国车路自动系统合作组织 (Cooperative Vehicle-Highway Automation Systems, CVHAS) 正致力于提供驾驶的辅助控制或全自动控制，信息获取方式包括车载传感器、车路或车车间通信等，近期研究重点的是公共汽车自动化以及交叉路口安全支持。另外，根据日本的“Intelligent Road Schema/Smartway 2001”计划，日本政府、企业

以及研究机构正在积极推动日本 ITS 进入新的发展阶段。这一阶段中，将遵循 ITS 的理念，利用 ITS 相关技术，如 VICS、ETC 先进的公路巡航/辅助系统（Advanced Cruise-Assist Highway System, AHS）以及信息与通信技术，进行道路基础设施整合，实现 ITS — Integrated Infrastructure，即“Smartway”。

（5）综合交通运输协同技术受到关注和重视

世界发达国家已开始把注意力从修建更多交通基础设施、扩大交通网络规模转移到采用高新技术来改造现有运输系统及其管理体系，交通运输信息化和智能交通系统（ITS）建设，已成为 21 世纪现代化交通运输体系的发展方向。ITS 的广泛应用，将有助于实现由单一的基础设施扩张向集约型交通发展的转变，是解决现代交通发展问题的重要手段。美国和欧盟的智能交通系统技术研究规划中都开始关注综合交通的协调问题。智能交通技术正在应用到物流、应急救援、公共安全、军事交通等多个领域，在定位、跟踪、路径规划、人员疏散等方面发挥巨大的作用，有效降低物流的运输成本、减少突发事件中的生命财产损失、保障大规模物资运输。

（6）车路协同与智能汽车技术是近年的发展热点

车路协同技术是当今国际智能交通领域研究的技术热点和前沿，主要发达国家和地区都在致力于建立基于车路协作的智能人车路协同，以实现更高效、安全、环保的目标。随着信息技术的不断发展，车路协同技术的研究重点已发展成为通信技术为主的车载系统与道路系统协调研究，包括车-车通信技术、专用短程通信技术（DSRC）、高精度的数字地图和 GPS 技术等。其中智能汽车技术致力于提高汽车的安全性、舒适性和提供优良的人车交互界面，是目前各国重点发展的智能车路系统中一个重要组成部分，机器视觉技术、雷达技术和数据融合技术成为智能汽车技术的发展趋势。

其中车路协同与智能车是未来发展趋势中最值得关注的热点问题，下面从这两方面分别论述。

4.2 车路协同技术动态

车路协同是采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，全方位实现车车、车路和人车动态实时信息交互，并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上，开展车辆协同安全和道路主动控制，充分实现人、车、路的有效协同，保证交通安全，提高通行效率，从而形成安全、高效和环保的道路交通系统。该系统是智能交通系统发展进入第三阶段的标志性产物。它通过建立包括交通参与者、运载工具和交通基础设施在内的人、车、路一体化的交通协同管控系统，基于数据实时、管控协同和服务集成，借助无线通信、云计算和大数据分析，可以完成实时交通信息的提取、融合和交互，实现全景交通信息环境下的智能交通管理和服务的集成与协同。

车路协同将智能车、智能路、智能网以及智能服务有机结合，并进行系统化应用，与车联网、网联车等概念相比，侧重强调智能交通的系统性与整体性，具有以下特点：交通要素的实时化和信息化，海量信息的简明化和精确化，用户参与的主动化与协同化，服务组织的柔性化与绿色化。

车路协同技术已经成为当今智能交通领域发展的趋势和热点，是满足现代道路交通发展需要，提升道路交通智能化水平和通行能力的有效解决方案。目前，世界各国正在积极进行车路协同技术的研究与实验，并将其作为改善道路交通安全和效率的重要手段，其中北美、日本与欧洲处在较为领先的地位。

4.2.1 技术概述

尽管世界各国对车路协同的称谓和内容不尽相同，但都是以道路和车辆为基础、以传感技术、信息处理与通信技术为核心、以出行安

全和行车效率为目的，将道路交通基础设施的智能化及其与车载终端一体化的协调合作作为研发方向和突破重点。车-路/车-车通信、基于车路协同的交通安全技术以及基于车路协同的交通控制技术已经成为现阶段各国发展的重点。

(1) 多模式车-车/车-路通信技术

3G/4G、WiFi、DSRC 等三种不同的通信模式，具有不同的覆盖范围、传输速率、通信带宽等属性。在车载移动环境下，针对不同的应用业务需求，不同的通信模式具有不同的优缺点。单一依靠某一种通信模式，不可能满足车载移动环境下所有业务对通信的要求。因此，融合不同通信模式的多模通信终端，是未来车载通信的发展方向。

(2) 基于车路协同的交通安全技术

基于车-车/车路协同的车辆主动避撞、交叉口车辆安全通行等关键技术已取得了突破，但这些技术最终走向应用还需进行深入研究，如车-车协同避撞系统的实现尚受制于高精度定位和地图匹配技术的制约，现有系统大多实现的是危险预警，主动避碰功能尚不够完善。

(3) 基于车路协同的交通控制技术

车路协同技术的发展将推动交通控制技术的全面革新，如无信号交叉口车-车协同通行控制、车速自适应控制、自动驾驶、车辆编队控制等。同时，车路协同交通控制技术不再局限于一个路口或单个路段，而是多时空的大规模控制，这种控制模式将提升整体通行能力，为缓解交通拥堵带来新的契机。

4.2.2 国内外最新进展及应用

(1) 美国

2014年是美国车路协同发展具有里程碑意义的一年。2014年2月3日美国交通部发表声明，决定推动V2V技术在轻型车上应用。声明中

强调了在轻型车上使用车车（V2V）通信技术避免碰撞、提高行车安全性的有效作用，表示基于V2V安全应用能解决大部分车辆碰撞问题。美国交通运输部长Anthony Foxx将V2V技术认为是继安全带、安全气囊之后的第三代安全技术，是维持美国处于全球汽车工业领导者地位的重要角色。同年8月25日，美国交通部发布“关于V2V车联网的法规制定”预告，表示政府将制定关于V2V的相关法律并提交国会，预计立法程序于2016年完成。立法完成后，新增乘用车均须搭载V2V车载装置。美国政府已将车路协同技术的应用及推广上升到国家决策层面，并希望通过立法形式强制推广，这一政策是美国全面推进车路协同技术的重要步骤，也将成为世界范围内智能车路协同技术发展和应用的里程碑和助推器。

2015年7月20日，位于美国密歇根州的专门用于测试智能互联驾驶技术的封闭式实验街区——Mcity正式开放。Mcity是世界上第一座专为测试无人驾驶汽车、V2V/V2I技术而打造的模拟小镇，经过环境变量控制设计，如图4-1所示。该事件标志着无人驾驶、车路协同技术在从实验研究项目到向市场大规模推广迈出了坚实的一步。Mcity位于密西根大学的北校区，占地32英亩。街区内建造了模拟城市交通的主要环节。其中包括高速公路及其出入口、有信号灯的十字路口、桥梁、铁路交叉口、环形路口、自行车道、上下坡道、甚至地下通道等，如图1所示。计划将在未来八年内投入一亿美元，分阶段进一步完善已经在安娜堡市内特定的街区道路上安装的智能交通传感网络系统，同时将已经参与V2V/V2I实验的车辆增加到一万辆以上。目前，Mcity有48家合作企业，其中15家核心领导企业中包括了通用、福特、丰田、本田等一线汽车厂商。中国的长安汽车也在当前Mcity的合作伙伴之列。



图 4-1 Mcity 实验区现场图

(2) 日本

日本的车路协同研究主要通过Smartway计划来开展。Smartway计划由政府与民间23家知名企业共同发起。项目利用智能交通系统技术将人、车、路通过信息联系起来，道路与车辆能因为信息交互双向传输而成为Smartway与Smartcar。Smartway计划为日本的车路协同发展提出了明确的体系框架和目标，开发了功能高度集成的车载单元，

建立了以DSRC为主的多模式车路通信，形成了全国范围内的车路协同接入点的高度覆盖，并提供了多样性的车路协同应用与服务。目前日本车路协同的建设重点主要在平台建设和应用推广两个方面。除了政府主导之外，日本汽车企业也在积极参与促进车路协同技术的发展。丰田、本田、日产等车企也先后开发了基于车路协同技术的产品。2011年12月，22名来自政府部门和工业界的代表共同成立了智能交通系统发展促进委员会，该委员会旨在促进交通安全支持系统方面的合作和信息共享，促进车路和车车协同系统的发展。近年来，日本也逐渐加强了与美国和欧洲在车路协同发展方面的合作，美、日、欧三方都认为在未来智能交通发展方面，尤其是在车路协同与技术的发展方面，必须进一步加强国际合作与交流。

（3）欧洲

欧洲ITS的相关研究和应用与美国和日本同期起步，其研究和开发主要由官方（欧盟）和民间（企业）并行进行。当前欧洲ITS的研究重点也转向了面向交通安全的车路协同方面，包括道路交通安全的体系框架和标准、交通通信标准化和综合运输协同技术等，以推动综合交通运输系统和安全技术的实用化。在不同的合作框架下和不同合作者之间，欧洲的车路协同启动了8个重要计划，包括CVIS、SafeSpot、Coopers、COMesafety、SEVECOM、Drive C2X, PRE-DRIVEC2X和CAR2CAR等，希望通过这些计划的实施，扩展车载设备的功能和车路协同技术，以最终提升交通效率、缓解交通拥堵、改善交通安全、提高交通控制和管理水平。

欧洲在发展车路协同的过程中非常注重协议和标准的制定，并且与美国交通部门合作，正在制定全球范围内统一的智能车路协同通信协议。为此，美国和欧洲成立了美欧标准协调工作项目组，在完成美欧通信标准的异同分析、通信标准的协同性测试、车路协同信息的标

准分布等的基础上，专门负责全球车路协同通信协议标准的制定。

具体应用方面，2013年6月，荷兰、德国和奥地利由政府合作联合成立European cooperative ITS corridor，项目为世界上第一个由三个国家共同合作进行部署的智能交通项目（见图4-2）。2014年11月，项目5辆试验车通过车路协同技术，完成1300km的驾驶实验，其中包括慕尼黑、维也纳以及海尔蒙德的测试场地，演示功能包括道路施工提醒、周围车辆信息、路口交通信号提示等。项目经过第一期建设后，计划将各国国内已经建成的智能道路与廊道相连，法国、波兰和捷克将会是第一批国家。



图 4-2 European cooperative ITS corridor 示意图

(4) 加拿大

加拿大也在积极进行车路协同技术的研究与应用，阿尔伯塔大学

和英属哥伦比亚大学联合建立了“阿尔伯塔交通设施和车载环境协同—可重构和最优化无线接入车辆实验平台”项目

(ACTIVE-AURORA, Alberta Cooperative Transportation Infrastructure and Vehicular Environment-Automotive testbed for Reconfigurable and Optimized Radio Access)。项目始建于2014年10月，是加拿大最早进行车路协同研究的实验平台。该项目是加拿大政府“亚太门户与走廊计划(Asia Pacific Gateway and Corridor Initiative)”的重要组成部分。包括联邦政府、阿尔伯塔省政府及埃德蒙顿市等地方政府在内的多方部门均支持并参与此项目。

ACTIVE-AURORA项目拥有四个车联网道路实测平台和两个实验室平台，分别位于阿尔伯塔省埃德蒙顿市(ACTIVE项目)及英属哥伦比亚省温哥华(AURORA项目)。

在追求交通安全与运输效率平衡的同时，项目实验平台主要进行动态交通及交通需求管理模型开发、方法仿真和技术实验。具体目标为：确定对现有技术方案性能起限制作用的因素；开发新的模型、仿真方法和实验技术，根据实际道路环境来评估可选的技术方案；确定并展示易于被采纳、商业化和转化为产品成果的最佳的技术方案；帮助并支持政府制定有关车路协同的政策标准和技术协议等。

综合来看，美国以车路协同的实际部署为主要目标，欧洲以标准制定为主导，日本以应用为导向，加拿大围绕实验和实测积极推进。尽管各国对车路协同称谓不一，内容也不尽相同，但都是以道路和车辆为基础，以传感技术、信息处理与通信技术为核心，以出行安全和行车效率为目的，并将道路交通基础设施的智能化及其与车载终端一体化系统的协调合作作为研发方向和突破重点，车路、车车协同系统已经成为现阶段各国发展智能交通的重点。

(5) 中国

中国的车路协同研究起步较晚，在“十五”、“十一五”期间对车路协同基础进行探索性研究的基础上，2011年9月，863计划现代交通技术领域围绕提高我国道路交通安全保障水平的重大需求，率先在“十二五”初期设立了我国第一个与车路协同相关的主题项目“智能车路协同关键技术研究”，由清华大学牵头，联合北京交通大学、同济大学、北京航空航天大学、东南大学、武汉大学、武汉理工大学、国家智能交通系统研究中心、中国汽车技术研究中心、长安汽车股份有限公司等共10家单位共同参与，清华大学姚丹亚教授担任首席专家。该项目的设立，标志着国家启动了直接面向智能车路协同技术与系统的攻关工作。随后，与车路协同技术相关的物联网及其在交通系统中应用的车联网，均列入《国家“十二五”科学和技术发展规划》，促进了车路协同技术在中国的研究与发展。

2014年2月20日，“智能车路协同关键技术研究”主题项目在河北清华发展研究院顺利通过验收（见图4-3）。在河北清华发展研究院及其附近试验场地进行的实验演示展现了智能车路协同实施后的交通出行场景：10辆安装了车路协同的“智能车”，在“智能道路”上成功完成了车车协同换道、车车/车路协同避撞、车辆主动安全辅助、行人避撞、盲区预警、障碍物预警、紧急车辆信号优先、车队控制和速度引导、车队协同路口通行等15个典型应用场景。项目研究设计了以信息为核心、提供不同层次功能的五层平台和一个支撑体系组成的车路协同总体方案和体系框架，对比目前的国家ITS体系，设计完成了车路协同用户服务定义、逻辑结构设计、物理结构设计和标准与协议规划。此外，还开发了基于多模式无线通信的数据交互平台，解决了多种通信模式之间的兼容问题，该数据交互平台隔离了应用软件和通信硬件，目前能支持802.11p、LTE-V、Wi-Fi、3G等多种通信模式，待符合中国国内标准的设备推出后，只需要在平台上增加新通信装置

的驱动即可运行。



图 4-3 “智能车路协同关键技术研究”主题项目验收现场

作为我国智能车路协同的首个预研项目，“智能车路协同关键技术研究”，对我国智能车路协同做出了详细的规划与设计，确定了发展模式，清晰地指明了我国车路协同的发展方向。项目中的关键技术对我国开发具有自主知识产权的智能车路协同信息采集、处理、应用和集成系统具有重要意义，对发展我国车路协同技术框架起到支撑作用。项目的成功实施引领了我国道路交通系统技术的发展，促进了智能交通系统技术的进步。

“智能车路协同关键技术研究”课题科技成果演示发布会后，社会反响热烈，《科技日报》在内的众多主流媒体均进行了报道。2014年9月22日交通运输部总工程师周海涛率队赴清华调研智能车路协同的研究和发展，对项目取得的成果给予了充分肯定，并希望相关技术成果能在国家交通运输领域尽快推广运用。2014年10月，研究团队在青岛举办的2014年国际电气与电子工程师协会（IEEE）智能交通系统国际会议上（ITSC2014），成功组织了车路协同专题研讨会和典型应用系统的现场演示活动，在社会、科研院所和企业界引起了强烈反响，并应邀于2015年4月在南京举办的第十四届亚太智能交通论坛期间再次进行实际道路现场演示（见图4-4）。项目开发的我国智能车路协同，简称i-VICS（Intelligent Vehicle-Infrastructure Cooperation Systems）是我国近十年来智能车路协同相关研究和技术发展的产物，也是相关技术形成系统的标志。该系统的成功实现，标志着我国智能车路协同技术的发展已进入可实用的阶段，并开始向世界发达国家和

地区的技术和服务水平靠近。因此，下一阶段，特别是“十三五”期间，需要通过国家相关部门、科研机构和相关企业的共同努力，进行适合我国国情的智能车路协同关键技术的研究，突破车路协同共性基础技术和系统集成关键技术，研制支持典型应用的系统装备，建立智能车路协同技术体系框架，形成我国基于车路协同的道路交通主动安全保障技术基础，并最终产生一批具有自主知识产权的产品与系统。



图 4-4 我国车路协同青岛·南京演示现场

4.2.3 车路协同发展趋势

(1) 车路协同将成为未来交通发展方向

车路协同已经成为现阶段各国发展智能交通的重点，人车路协同一体化将代表未来交通的发展方向。车路协同将变革现有智能交通系统体系框架，将分散孤立的交通业务及服务进行合并整合。基于智能车路协同，可以构建现代智能交通系统的新模式、新平台与新应用，形成新的智能交通系统体系框架，提供基于车路协同平台的车辆安全与控制、行人与非机动车安全、信息服务、交通管理、运营管理以及应急救援等六大领域的业务服务。车路协同技术与应用的实施将变革现有交通系统，改变交通出行方式，并进一步改变人们的生活，使出行更美好。

(2) 车路协同将成为跨领域多技术集成的重要平台

车路协同技术的发展需要无线通信、精确定位、云计算、大数据分析、信息安全等技术的支撑，交通需求的多样化快速发展也在吸引越来越多的科技企业加入交通系统的创新发展，但各项技术需要结合交通系统的具体特色和 demand 进行适应性创新与应用，以推动车路协同和相关技术本身的进步。

(3) 车路协同将逐步进入大规模试验阶段

车路协同的发展前沿已经从实验室研发和模型试验阶段走向了实车部署大范围试验阶段。当下，以美国为代表的一些国家已经开始开展大规模试验。我国需要在战略层面系统重视和组织标准化工作，制定发展和推进车路协同技术的系统性战略规划，逐步推进相关标准协议制定以及大规模实验环境的搭建部署。

(4) 车路协同推广应用应高度重视信息安全问题

车路协同伴随着海量交通信息的获取，需要处理面向大数据的交通信息融合与服务问题。不同层面的交通数据均需要注重云端信息安

全问题：在车辆层面，需要重视隐私信息保护；在系统层面，需要重视系统运行保护；在服务层面，需要重视防控安全保护。如何在实现车路协同应用功能的同时保障各个环节的信息安全也是未来车路协同技术需要面对的重要问题。

4.3 智能车辆发展趋势

智能车辆是搭载先进的车载传感器、控制器、执行机构与通信装置，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，以实现“安全、高效、舒适、节能”行驶为目标，并最终替代驾驶员操作的新一代汽车。智能汽车在传统汽车的基础上，集成了先进的传感技术、控制技术、人工智能技术、通信技术，是智能交通系统的重要组成部分。

对于汽车的智能化程度，美国高速公路安全局（NHTSA）、美国汽车工程学会（SAE）、德国汽车工业协会（VDA）等部门和机构分别在近年间给出了分级标准。中国汽车工业协会、汽车工业学会等机构也在积极筹划相关标准的编写组织工作。NHTSA将汽车自动化定义为5个阶段，即无自动驾驶(Level 0)、具有特定功能的自动驾驶(Level 1)、具有复合功能的自动驾驶(Level 2)、具有限制条件的无人驾驶(Level 3)和全工况无人驾驶(Level 4)。目前，全世界绝大部分已量产的汽车都处于Level 1和Level 2这2个阶段，包括各种量产的汽车辅助驾驶系统，如电子稳定控制系统ESP、自适应巡航控制系统ACC等。谷歌、意大利帕尔玛大学和中国国防科技大学的智能车辆原型系统，以及2015年发布的沃尔沃XC90和特斯拉新一代Model S等仍处于Level 3阶段，尚未出现真正意义上处于Level 4阶段的智能车辆。根据当前智能交通系统的体系框架和发展规划，Level 4阶段的智能车辆不仅应具备局域范围内的无人化，还应在V2X技术支持下与道路基础设施建立连接，实现广域范围内的高度自动化，甚至由云端机器人来进行全局管理和服务。总体上讲，车辆智能化的程度大致经历“特定功

能智能化”、“多项功能智能化”、“有条件的自动驾驶”几个阶段，最终实现“全工况无人驾驶”。

4.3.1 技术概述

目前，世界各国对智能车辆的研发竞争已处于白热化程度，各类与智能车辆相关的演示、比赛和产品也逐渐被人们所关注，但要真正实现 Level 4 阶段的无人驾驶，还须大力完善智能车辆的复杂环境感知、运动规划与决策控制、V2X、高精度定位与导航等关键技术。

(1) 复杂环境感知

复杂环境感知是限制智能车辆完全实现无人驾驶应用的瓶颈之一。环境感知技术指通过一系列传感技术，实现对周边环境的识别与定位，包括道路、其他车辆、行人、交通标志标线，以及非结构化障碍等。目前，应用较为广泛的传感器包括毫米波雷达、激光雷达、计算机视觉传感器等。虽然各类传感器在感知效果上优劣不一，功能也各有侧重，但由于计算机技术、智能控制等相关领域的快速发展，多传感器信息融合已成为国内外的研究热点，其为环境感知提供了强有力的技术支撑，是未来智能车辆进行复杂环境感知的主要方向，研究重点包括激光雷达、毫米波雷达等传感器与计算机视觉的信息融合。

(2) V2X

V2X 表示 Vehicle to X，即车辆同其他事物之间的相互通信，X 代表了其他车辆（Vehicle）、交通基础设施（Infrastructure）、行人（Pedestrian）、云端（Cloud）等所有的交通参与者。V2X 技术为协同式自动驾驶提供可靠的信息交互平台，使智能车辆获取更全面的实时交通信息，可广泛应用于信号灯状态感知、弯道车速预测、远程交通信息获取等。2013 年，本田公司在第 19 届世界智能交通系统展览会上展示了汽车的 V2X 技术，演示了汽车是如何通过与道路基础设施之间的信息互通，达到提升道路交通安全的目的。此外，车辆局域

网与云端的相连，不仅能够满足当前智能交通海量数据的发展要求，也为更多的“大数据”应用创造了条件，如基于位置的服务、交通咨询等。丰田公司已与微软达成合作意向，计划在其车载智能通讯服务系统中采用微软的 Windows Azure 云服务平台，并携手共建新一代全球云服务平台。随着 V2X 技术的最终测试和无人驾驶实用化技术开发的不断进行，建立和完善 V2X 技术标准也日趋重要。

(3)运动规划与决策控制

运动规划与决策控制是自动驾驶的“中枢神经”，其在环境感知的基础上，对当前交通状况进行分析和逻辑推理，并为自动驾驶提供决策，在路径选择、车辆避障、冲突避免等领域起着举足轻重的作用。典型的智能决策方法包括机器学习、模式识别等。由于道路环境、驾驶行为的不确定性，设计带有自诊断、自学习及高容错性等特征的复杂自动驾驶系统，是自动驾驶车辆未来要解决的问题之一。例如，谷歌就利用机器学习算法帮助 Google Car 进行行人识别，并具有强大的学习纠错能力。此外，充分利用人工智能、智能计算中的相关理论和方法来解决车辆决策问题，将是提高智能车辆自主能力的关键，而针对驾驶行为建模的研究也对决策控制系统研究起到了促进作用。

(4)高精度定位与导航

高精度定位与导航技术是智能车辆的关键技术之一，是实现自动驾驶路径规划与决策控制的基础。目前，全球各主要定位系统，包括 GPS、北斗的民用定位精度基本在米级，经过优化处理后也只能达到亚米级。如果没有昂贵的惯导系统辅助，无法实现车道级定位。因此，当前出现了一些辅助定位导航技术，如视觉导航、激光导航等。其中，视觉导航以其造价低、适应性广的特点成为定位导航技术中的研究热点。视觉导航的出现得益于近年来飞速发展的图像处理和计算机视觉技术，借助视觉设备捕捉道路交通图像并识别，然后做出相应的导航

决策，主要应用包括道路检测与障碍物检测、特定交通标志识别等。高精度定位系统不仅能弥补视觉导航在非结构化道路与光线昏暗情况下的不足，其与数字地图的结合也为智能车辆的应用提供了广阔的发展空间，如环境交互、车道保持等。

4.3.2 国内外最新进展及应用

(1) 国内外最新进展

美国、日本、欧洲等国家和地区在车辆自动驾驶、辅助驾驶系统等方面的研究起步较早，很多汽车厂家与科研机构都进行了深入研究。其中，美国以创造应用环境为主，包括支持自动驾驶技术的研究、相关的法律政策的制订以及基础设施的建设。欧盟依托历次框架计划项目对自动驾驶开展了长期持续的资助，开发了一系列试验车型（如 Cyber Cars 系列、HAVE-IT 等）。日本则依托优势资源，发挥大型汽车企业的主体作用，鼓励其开展国际研发合作。

早在 1995 年，美国卡内基梅隆大学就研发了基于 PALPH 视觉导航的 NavLab-5 系统，并进行了横穿美国的试验。全程 4587km，其中自动驾驶部分占 98.2%，最长自动驾驶距离为 111km，全程平均速度为 $102.72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。1997 年，美国在 San Diego 到 Los Angeles 之间的 12 km I-15 州际公路上成功进行了自动公路系统的实车演示 (DEMO'97)，此次公开演示试验用 10 辆小轿车对车辆车道自动保持、自动换道、车队编排以及车-车、车-路通讯等技术进行了验证。演示结束 1 年后，美国国会便通过《21 世纪交通平等法案》，开始组织实施 IVI 计划。德国联邦国防军大学研发了基于视觉检测道路和障碍物的 VaMP 系统，并进行了从德国慕尼黑到丹麦欧登塞的长距离试验，全程 1600km，其中 95% 的部分是自动驾驶。意大利帕尔马大学 VisLab 实验室研制的无人车利用太阳能作为辅助动力源、配备激光雷达、摄像机、GPS 全球定位设备、惯性测量设备和线控驾驶系统等装置，于

2010 年经过意大利、斯洛文尼亚等到达中国上海。2013 年，该实验室研制的无人车在无人驾驶的情况下成功识别了交通信号灯、有效避开行人，成功驶过十字路口、环岛等常见的城市危险路况。日本丰田公司在 2000 年研发了一套公共汽车自动驾驶系统，主要由道路诱导、车队行驶、追尾防止和运行管理等方面组成。安装在车辆底盘前部的磁传感器将根据埋设在道路中间的永久性磁石进行导向，控制车辆行驶方向。谷歌公司利用激光测距仪、GPS、视频摄像头、车载雷达、微型传感器等技术成功研制出自动驾驶汽车，其能够实现躲避障碍物与遵守交通法规，并与谷歌数据中心相连接实现导航功能，其无人驾驶汽车于 2012 年在美国内华达州获得上路牌照，总行驶里程已超过 160 万 km。

在研究战略制定方面，2014年5月，美国交通运输部ITS联合项目办公室发布了《ITS 战略计划2015—2019（ITS Strategic Plan, 2015—2019）》，提出智能交通在车辆智能化方面的两大重点——实现车辆网联化和先进自动化，以及五大主题——行车安全、高效灵活、节能减排、提升创新和信息共享；2014年6月，日本国土交通省在2013 年制定的技术路线图和时间表的基础上，发布了《SIP（战略性创新创造项目）自动驾驶系统研究开发计划》，旨在推进政府和民间协作智能汽车技术的开发与实用化，并明确提出了具体的市场化目标时间，即“2017年实现部分自动驾驶系统市场化，2020年代后期实现完全自动驾驶系统市场化”；2014年11月，欧盟智能车辆自动驾驶应用与技术（Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles, AdaptIVe）项目组发布了自动驾驶技术《分级及术语手册》，旨在进一步组织并推动欧洲智能汽车相关研究的发展。

中国从 1980 年代开始着手自动驾驶汽车的研制开发，虽与国外相比还有一些距离，但目前也取得了阶段性成果。1992 年国防科技

大学研制出了国内第1辆自动驾驶汽车，清华大学、同济大学、上海交通大学、军事交通学院、西安交通大学等都开展过无人驾驶汽车的研究项目。此外，国内各汽车企业如上汽、一汽、广汽、比亚迪、长安等以及部分互联网企业均在积极促进智能车辆的研发。

国防科技大学和中国一汽联合研发的红旗无人驾驶轿车红旗HQ3在高速公路上试验成功，其在从长沙到武汉的高速公路环境下，完成286km无人驾驶试验，自主超车67次，人工干预里程不到自动驾驶总里程百分之一。一汽红旗研制的CA7460自动驾驶轿车采用国防科技大学研制的视觉系统，于2003年6月在湖南长沙进行高速公路试验，自动驾驶最高时速达到130km。同济大学建立的无人车研究平台，实现环境感知、全局路径规划、局部路径规划及底盘控制等功能的集成，从而使无人车具备自主“思考—行动”的能力，使无人车能完成融入交通流、避障、自适应巡航、紧急停车（行人横穿马路等工况）、车道保持等功能。清华大学的THMR-V系统于2003年3月在公路上进行了视觉导航试验，车道线自动跟踪平均速度 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ，最高速度 $150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。上海交通大学2005年成立了智能车实验室，在欧盟框架计划国际合作项目的资助下开展区域交通中的Cybercars无人车研究，先后开发了4辆CyberC3无人电动车和一辆CyberTiggo无人汽车。2013年，中科院合肥物质科学研究所完成了“自动驾驶仪”的控制系统和执行机构研制，在汽车匹配试验中顺利实现对车辆转向、制动、油门、挡位、灯光和喇叭的智能化控制。2012年，军事交通学院研制的“军交猛狮3号”在北京至天津高速公路顺利完成测试，实现了巡线行驶、跟车行驶、自主换道、邻道超车、自主超车等功能。2014年，比亚迪宣布携手新加坡科技研究局通信研究院（I2R）开始共同研发自动驾驶技术。双方将整合各自在电动车和自动驾驶领域的优势，联合研发自动驾驶电动汽车技术，共同建立实验室，打造智能化

电动车。同年在中国TD-LTE产业发展研讨会上，长安汽车展示了一辆自动驾驶智能汽车。该车装配9个相机、7个雷达，以实现环境感知，并通过车载工控机实现自动驾驶。在北京举行的GMIC 2014上，腾讯公司发布了车载自动诊断系统“路宝盒子”。盒子通过OBD接口，获取汽车行驶数据（发动机温度、车速、进气量等）和故障码，并通过蓝牙将信息传回手机APP，结合手机的GPS和网络信号等数据，为车主提供油耗分析、驾驶行为分析、行车记录以及出现故障时的救援服务。2015年8月，李德毅院士等与宇通公司研制的全球第1台无人驾驶大客车，在开放道路交通环境，及全程无人工干预的条件下首次成功运行，自主完成了路口自动辨识红绿灯、定点停靠等一系列试验科目。

国内相关部门同样也非常重视智能汽车的研究发展。2014年间，国家自然科学基金委、国家工信部、科技部以及地方政府等部门对于国内智能汽车相关领域的研究提供了各类支持。特别的，由国家自然科学基金委主办的第六届“中国智能车未来挑战赛”于2014年11月15~16日在江苏常熟市举行，来自国内不同研发单位的22辆无人驾驶智能车辆参加了该项比赛；工信部在2014年完成了相关调研工作，并推进智能网联车辆技术架构以及智能车辆路线图的整理，致力于提升车辆的自动化和实现道路信息的网联化；解放军总装备部组织了“跨越险阻—2014”首届地面无人平台挑战赛，考验了基于智能车辆技术的各类无人机动平台在复杂越野环境下应用。

4.3.3 智能车发展趋势

来自麦肯锡全球研究所最新发布的研究报告显示，在未来12项可能改变生活、企业与全球经济的颠覆性科技中，“自动或半自动导航与驾驶的交通工具”（即智能汽车）位列第六。国内主要汽车生产商都分别针对未来的智能车发展与市场应用列出了各自的方案计划。中国一汽集团的互联智能汽车“挚途”战略明确指出中国一汽将在2025

年实现智能商业服务平台运营；上汽计划在2020年左右推出能在高速公路、公园道路、崇明岛环岛公路等结构化道路上行驶的无人驾驶汽车；北汽集团规划从2015年到2020年，逐步实现车道偏离、半自动泊车、自适应巡航、前碰预警、车道保持、主动刹车等功能系统的量产，并同时进行底盘平台搭建、高速自动驾驶、车间协调控制、路径规划综合控制等前瞻性研究；长安汽车工程研究总院总工程师黎予生表示，长安汽车计划到2025年组建起1500人的研发队伍，提高汽车的智能化水平；吉利集团董事长李书福表示，吉利汽车也正在研制无人驾驶汽车。

随着计算机视觉、激光雷达、高精度定位与导航、专用短程通信、信息融合等新技术和新装备的应用，智能车辆技术已取得了突破性进展。当今的车辆辅助驾驶系统性能已经达到相当高的水平，一旦这些辅助驾驶系统开始搭载日渐成熟的环境感知技术，必然会加速自动驾驶时代的来临。同时，智能交通领域炙手可热的 V2X 技术，也在促使智能车辆朝着协同化、网联化迈进，人们期待已久的协同式自动驾驶也呼之欲出。

(1) 先进驾驶辅助系统

先进驾驶辅助系统 ADAS 是智能车辆发展的技术基础。自适应巡航控制 ACC、自动紧急刹车 AEB、前向碰撞预警 FCW、车道偏离预警 LDW 等，这些广泛应用的 ADAS 均能在某些驾驶任务中部分或全部代替人类，减轻驾驶人的驾驶操作负担。在 ADAS 中，车辆动力学控制历经几十年发展，已趋于成熟。而 ADAS 在向自动驾驶的转变过程中，迫切需要提高车辆对复杂环境和驾驶人状态的感知能力。

因此，ADAS 的主要发展趋势还在于通过视频、激光雷达、毫米波雷达等车载传感器，利用模式识别和信息融合方法，自动识别交通

标志标线、周边障碍物，以及驾驶人状态等。ADAS 必将走向无人驾驶，这个时间“拐点”不管是 2025 年，还是 2040 年，都会出现人工驾驶与无人驾驶并存的一个过渡期。在这个过渡期，人们迫切需要让车辆更充分、更准确地理解人的行为特性，做到所谓的“人车合一”，这对于行车安全无疑至关重要。

(2) 自动驾驶

自动驾驶是智能车辆发展的终极目标。目前，围绕自动驾驶的谈论话题不仅仅在于该项技术的成熟度，也包括随之而来的安全监管与伦理道德问题。自动驾驶汽车引发的交通事故责任主体将由驾驶人转移至汽车本身，而问题在于汽车属于高度集成化的商品，它所涉及的企业不仅包括汽车制造商，还包括众多的零部件供应商。自动驾驶汽车的安全性问题不在个体程序部件，而在汽车系统的整合，这些技术风险问题将会影响到未来交通事故定责和保险的发展。

世界各国已开始关注自动驾驶汽车的相关政策和制度建设，并通过允许自动驾驶汽车的上路行驶来发现并解决其所可能带来的一系列问题，美国、德国、西班牙已相继为正在开发的自动驾驶汽车发放了公路试验牌照。可见，我们在提升自动驾驶汽车技术性能的同时，还应出台相关政策为其创造试验条件，重点关注自动驾驶汽车所可能带来的社会问题。

(3) 协同式自动驾驶

协同式自动驾驶是自动驾驶领域的一个重要组成部分，其是在高可靠的无线通信基础上，完成多车自主协同驾驶。目前，协同式自动驾驶最有应用前景的领域在于物流运输中，利用多辆货车之间的列队控制，大幅提高货运安全性，还可提高道路资源利用率。此外，通过对车辆列队行驶的空气动力学分析，发现列队行驶还可以降低车辆所受阻力，进而降低油耗，达到节约能源的目的。

美国于 20 世纪 90 年代底，就已提出协同式自适应巡航控制系统 CACC (Coordinated adaptive cruise control system) 的原型构想。近年来，与 CACC 具有相似性的智能网联汽车，在物联网与云计算的推动下迅速发展起来，人们期待智能车辆不仅能够自动驾驶，还应同外界建立连接以实时共享和交换信息。但从目前来看，智能网联汽车的推广亟待数据交换协议与标准的建立健全。可以预见，协同式、高度自动化的智能网联汽车将成为未来智能交通系统中最为重要的环节。

第 5 章 发展建议与展望

我国目前处于智能交通系统发展的关键时期，需要在基础理论研究、技术开发及产业化应用方面全面布局，才能抓住机遇，赶超世界发达国家。

5.1 我国智能交通发展建议

（一） 加强智能交通基础理论研究

加强新一代智能交通体系框架研究。我国现有智能交通体系框架于 2001 年发布，随着智能交通技术的迅猛发展，该体系框架已经不适应智能交通发展的新趋势。而智能交通子系统多，且相互之间关联性强，需要有国家体系框架的指导，才能发挥出系统的最大作用。因此需要加强我国智能交通系统框架研究，早日发布中国智能交通体系框架 2.0，促进智能交通的良性发展。

重点关注智能交通交叉理论方法研究。智能交通系统是一个典型的交叉学科，涉及到交通工程、车辆工程、人工智能、信息及自动化等学科，如使用模式识别、机器学习等方法用于目标的感知和分类；使用虚拟现实技术、系统仿真技术、工业过程建模、用于智能交通系统的方针；使用机器博弈、神经网络等技术实现系统的优化；语音识别与合成、图像处理、计算机感知、计算机神经网络等技术实现安全辅助驾驶和自动驾驶。因此需要重点关注智能交通交叉理论方法研究。

依托高等院校和科研院所建设智能交通大数据研究中心。随着信息采集手段的日益增多，尤其是智能手机等移动互联终端用着新型采集交通信息传感器，使得交通数据量呈井喷式增长，产生了交通大数据。但是大数据的挖掘工作需要运用多种人工智能的方法，只有依托高等院校和研究所建设智能交通大数据研究中心才能使交通数据的附加价值最大化。美国等发达国家各州政府交通管理部门依托大学建

立了若干交通数据分析与研究中心，起到了很好的效果。因此建议我国政府部门依托高等院校和科研院所建设智能交通大数据研究中心。

（二） 进一步推动智能交通国家标准的制定及宣贯

智能交通作为一个新兴的产业，在国内的发展表现出明显的不均衡性。各子系统间存在不兼容、可扩展性差等缺点，因此需要有国家统一的标准进行规范。我国成立了智能交通标准化技术委员会，秘书处依托国家智能运输系统工程技术研究中心，承担了我国智能运输系统标准体系的组织工作，近年来制定了一系列国家标准，起到了一定的效果。但由于智能交通系统庞杂，涉及的标准很多，因此还需要加快智能交通国家标准制定的进度。同时，加强对已经颁布实施标准的宣传与贯彻执行。

（三） 注重智能交通核心技术的开发及产业化应用

目前智能交通的核心技术装备（如道路交通自适应控制系统、各种交通感知传感器、车载安全辅助驾驶系统、水运智能交通管理系统、船舶自动识别系统等）主要靠进口，缺乏具有自主知识产权的核心产品。需要组织国家及省部级工程技术中心开展智能交通核心技术装备的研发。重点研发具有中国特色的智能交通应用产品，如公用移动通信技术、车路协同技术、电子收费技术、路径诱导及导航服务、视野范围扩展技术、交叉路口防撞系统、横向纵向避撞系统、碰撞前乘员保护系统、安全状况检测系统、智能前照灯随动技术、安全车距预警，主动避撞、自适应巡航、智能泊车辅助系统等。同时需要开展前沿性核心技术原型产品，如车路协同、车联网、自动公路、停车场停车引导系统、车队管理系统、运输需求管理系统、公交优先系统、紧急情况管理系统、旅游和出行者信息服务系统、商业车辆的电子通关系统、车载安全监控系统、路边安全检查的自动化系统、危险品的应急响应系统、驾驶员视野加强系统、车载路线诱导系统、协作驾驶

系统、基于车辆智能化的自动驾驶、基于公路基础设施智能化的公路控制自动驾驶等。尤其应该特别加强对智能交通前沿技术研发和对新兴战略产业支持，如新一代国家交通控制网、车路协同、智能汽车、列车自动运行、综合枢纽协同、高速宽带无线互联和高速无线局域网等。应围绕国家发改委和交通运输部联合发布的《推进“互联网+”便捷交通 促进智能交通发展的实施方案》以三个系统（智能运输服务系统、智能运输管理系统、智能决策支持系统）、两个支撑（智能交通基础设施、标准和技术）、一个环境（宽松有序发展环境）作为主要发展内容，在基础设施建设、产业发展、运行服务和技术应用等多个方面开展产业化推动工作。

（四）加强对水运、铁路、航空智能交通的支持。

我国从上世纪九十年代末开始关注智能交通系统的发展，主要以道路交通为主，并且在道路交通领域取得了大量的研究成果及示范应用。然而，国家对其他运输方式智能交通的发展并没有引起足够的重视。随着综合运输的发展，要实现一体化的交通运输，必须也加强水运、铁路和航空等智能交通技术的研究，因此国家应该加强对水运、铁路、航空智能交通的支持。

5.2 总结与展望

智能交通系统是人工智能领域的重要应用。智能交通系统中用到了很多人工智能技术，如各种数据挖掘方法、模式识别算法、数学优化模型等。随着人工智能的快速发展，深度学习与挖掘方法等还将有更多的人工智能方法逐渐应用到智能交通系统中。

智能交通具有很大的发展前景，是 21 世纪交通运输发展中最典型、最活跃和最具潜力的全面应用信息技术的一个技术领域。随着智能交通系统的深入研发和实际应用，已有很多智能交通技术得到发展并趋于成熟，在实际交通系统中大量应用。这是一个藏金千亿但仍欠

挖掘的市场，对于在智能交通中扮演最重要角色的 IT 系统集成来说是一个名副其实的朝阳行业。由于该系统可以使交通的功能智能化，并且它是在当代科学技术充分发展的背景下产生的，因此它是目前国际公认的解决城市以及公路交通拥挤、改善行车安全、提高运行效率、减少空气污染等的最佳途径，也是全世界交通运输领域研究的前沿课题。

智能交通是一个交叉学科，需要数学、物理学、材料学、交通运输学、心理学、车辆工程、物流、计算机、互联网、电子信息、电气工程、机电一体化等多方面的人员共同开展研究，将先进的信息技术、通信技术、电子控制技术和系统集成技术等有效地应用于交通运输系统，从而建立起大范围内发挥作用的实时、准确、高效的交通运输管理系统。希望有更多的人员参与到智能交通系统的研究、开发与产业化推广应用。

参考文献

- [1] 严新平, 吴超仲. 智能交通系统—原理、方法与应用 (第二版). 武汉: 武汉理工大学出版社, 2014
- [2] 金茂菁. 我国智能交通系统发展现状及展望. 交通信息与安全, 2012 (30): 1-5.
- [3] 李蕊. 日本智能交通系统介绍及其借鉴. 中国交通信息化, 2011 (4): 142-144.
- [4] 徐华峰, 夏创, 孙林. 日本 ITS 智能交通系统的体系和应用. 公路, 2013(9): 187-191.
- [5] 王铁滨. 浅谈美国的智能化交通. 北方交通, 2013 增刊.
- [6] 曹建林. 这十年—现代交通领域科技发展报告. 北京: 科学技术文献出版社, 2012.
- [7] 陆化普编著. 智能交通运输系统. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [8] 张国伍编著. 智能交通系统引论. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [9] 杨兆生著. 基础交通信息融合技术及其应用. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [10] 储浩, 杨晓光, 吴志周等. 交通移动采集技术及其适用性分析, 2005 全国博士生学术论坛 (交通运输工程学科) 论文集, 2005.
- [11] 姜桂艳等. 动态交通数据故障识别与修复方法, 交通运输工程学报, 2004(1).
- [12] 李存军, 杨儒贵等. 基于神经网络的交通信息融合预测方法, 系统工程, 2004(3).
- [13] 翁小雄编著. 高速公路机电系统. 北京: 人民交通出版社, 2000.
- [14] 姜桂艳著. 道路交通状态判别技术与应用. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [15] 唐克双, 姚恩建. 日本 ITS 开发和运用的实例——名古屋基于浮动车信息的 P- DRGS 简介, 城市交通, 2006(3).
- [16] [Http://www.itsc.com/](http://www.itsc.com/).
- [17] 刘学军, 徐鹏编著. 交通地理信息系统. 北京: 科学出版社, 2006.
- [18] 王英杰, 袁勘省, 李天文编著. 交通 GIS 及其在 ITS 中的应用. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [19] 章先阵, 初秀民, 毛喆等. 道路标线图像采集中的几何畸变校正研究. 交通与计算机, 2005(06).
- [20] 初秀民, 严新平, 章先阵等. 道路交通标志标线视认性虚拟测试系统设计. 武汉理工大学学报, 2005(04).
- [21] 初秀民, 王荣本. 基于神经网络的沥青路面破损图像识别研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2004(3).
- [22] 吕植勇. 基于轮廓法线上亮度的极小、极大值边缘检测. 中国图像图形学报, 2001(04).
- [23] 肖旺新, 张雪, 黄卫, 严新平. 路面破损自动识别的一种新算法. 公路交通科技, 2005(11).
- [24] 张黎光, 严新平, 初秀民等. 道路标志尺寸图像测量方法的研究. 武汉理工大学学报,

2006(5).

[25] 严新平,褚端峰. 海峡两岸 ITS 的发展现状与展望——海峡两岸智能交通系统学术研讨会综述. 交通信息与安全,2013,06:1-5.

[26] 彭理群,吴超仲,黄珍. 基于变精度粗糙集的汽车碰撞危险态势评估. 交通运输系统工程与信息,2013,05:120-126.

[27] 张良力,吴超仲,黄珍,王斌. 汽车驾驶行为试验系统信息采集模块设计与实现. 武汉理工大学学报,2012,05:76-81.

[28] 杨兆升,莫祥伦,于尧等. 非常态下路段行程时间估计方法. 吉林大学学报(工学版),2013,06:1459-1464.

[29] 王建强,王海鹏,刘佳熙等. 基于车路一体化的交叉口车辆驾驶辅助系统. 中国公路学报,2013,04:169-175+183.

[30] 中国智能交通协会. 中国智能交通行业发展年鉴(2014). 电子工业出版社. 2015

[31] Chia-Yu Hsu, Chin-Sheng Yang, Liang-Chih Yu, Chi-Fang Lin, Hsiu-Hsen Yao, Duan-Yu Chen, K. Robert Lai, Pei-Chann Chang, Development of a cloud-based service framework for energy conservation in a sustainable intelligent transportation system, *International Journal of Production Economics*, Volume 164, June 2015, Pages 454-461.

[32] Hsin-Hung Pan, Shu-Ching Wang, Kuo-Qin Yan, An integrated data exchange platform for Intelligent Transportation Systems, *Computer Standards & Interfaces*, Volume 36, Issue 3, March 2014, Pages 657-671,

[33] Krzysztof Małeckki, Stanisław Iwan, Kinga Kijewska, Influence of Intelligent Transportation Systems on Reduction of the Environmental Negative Impact of Urban Freight Transport Based on Szczecin Example, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 151, 30 October 2014, Pages 215-229.

[34] Giulio Erberto Cantarella, Day-to-day dynamic models for Intelligent Transportation Systems design and appraisal, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 29, April 2013, Pages 117-130.

[35] Sergey Satunin, Eduard Babkin, A multi-agent approach to Intelligent Transportation Systems modeling with combinatorial auctions, *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 15, 1 November 2014, Pages 6622-6633.

[36] Lucia Janušová, Silvia Čičmancová, Improving Safety of Transportation by Using Intelligent Transport Systems, *Procedia Engineering*, Volume 134, 2016, Pages 14-22.

[37] Yingjie Xia, Luming Zhang, Yuncai Liu, Special issue on big data driven Intelligent Transportation Systems, *Neurocomputing*, Volume 181, 12 March 2016, Pages 1-3.

[38] Rahul Kala, 14 - Intelligent Transportation Systems With Diverse Vehicles, In *On-Road*

Intelligent Vehicles, Butterworth-Heinemann, 2016, Pages 420-458.

[39]Rahul Kala, 13 - Basics of Intelligent Transportation Systems, In On-Road Intelligent Vehicles, Butterworth-Heinemann, 2016, Pages 401-419.

[40]Rahul Kala, 15 - Reaching Destination Before Deadline With Intelligent Transportation Systems, In On-Road Intelligent Vehicles, Butterworth-Heinemann, 2016, Pages 459-488.

[41]Chao Wang, Xi Li, Xuehai Zhou, Aili Wang, Nadia Nedjah, Soft computing in big data intelligent transportation systems, Applied Soft Computing, Volume 38, January 2016, Pages 1099-1108.

[42]S.A. Shaheen and R. Finson, Intelligent Transportation Systems☆, In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 2016, Current as of 9 June 2016.

[43]Victor Sucasas, Georgios Mantas, Firooz B. Saghezchi, Ayman Radwan, Jonathan Rodriguez, An autonomous privacy-preserving authentication scheme for intelligent transportation systems, Computers & Security, Volume 60, July 2016, Pages 193-205.

[44]Karel Schmeidler, Ivan Fencl, Intelligent transportation systems for Czech ageing generation, Perspectives in Science, Volume 7, March 2016, Pages 304-311.

[45]D. Gregor, S. Toral, T. Ariza, F. Barrero, R. Gregor, J. Rodas, M. Arzamendia, A methodology for structured ontology construction applied to intelligent transportation systems, Computer Standards & Interfaces, Volume 47, August 2016, Pages 108-119.