

第一章 智能交通系统概论

1.1 道路交通面临的挑战与对策

交通是维系人类生存、发展的命脉，其基本功能是实现人和物空间位置的有序移动。古往今来 从步行到以车代步 再到下海、入地、上天 人类不断革新着交通的途径。从手提肩扛、牲畜驮运到现代运输，人类不断变更着运输的方式。展望 21 世纪 交通的发展趋势是 越来越快捷、越来越高效、越来越舒适。

现代交通运输主要是铁路、公路、水路，航空和管道五种形式。它们各有所长，优势互补，共同维系着世界经济的繁荣和发展。

交通系统是一个复杂的巨系统，公路交通系统是它的一个子系统。公路交通系统是由人、车、路、环境四大要素构成的一个总体，又称道路交通系统，它具有以下特点：

1) 系统性：道路交通系统中的人为系统主导，车为交通工具，路为交通基础，环境为影响系统的外在条件。四个组成要素相互联系、相互制约、不可分割，其行为和性质的变化不具有独立性。

2) 开放性：道路交通系统的边界是由道路确定的。它对下受路面的限制，故下界是确定的、清晰的 对上大多是露天高空 没有上界 对左右 在未依山傍水 无护墙、护栏的情况下，往往是无界的或界限模糊的，所以道路交通是个巨型的开放系统。正因为系统的开放性 以致太阳光热 风沙雨雪 飞禽走兽 人、车、物等都可经常地或随机地进出系统，即系统与外部环境之间存在着物质和能量的交换。

3) 动态性：在道路交通系统内，道路是静态的，人与车却是动态的，整个系统远非静止均一 而是有高潮 有低潮 有涨 有落 变化不已。

4) 突变性：当一个系统处于临界状态附近时，控制参数的微小变化就可从根本上改变系统性质的现象，称之为突变现象。在道路交通系统中，突变现象是屡见不鲜的，灯控的平交路口，在交通高潮时，控制参数稍有不妥，就会出现堵塞。参数做微小改正，堵塞即可消失，堵塞变为畅通，混乱变为有序。突变是道路交通中的一种普遍现象。

5) 非线性：在道路交通系统中，人、车、路之间的相互关系是不成比例的，而且是非线性的。这一特性有着重要意义。因为它将使系统的演化具有多种可能。我

们可以利用非线性特征，把握系统从无序到有序的条件、机制和相干行为，研究怎样才能使系统在时间、空间和功能上演变到有序状态，达到安全、畅通、低消耗、低公害和高效益的境界。

从目前我国的交通状况来看，道路交通面临的主要问题是：道路增长跟不上车辆和流量的增长，交通供需矛盾日益加剧。随着经济建设和城市规模的加速发展，对外交流的日益频繁和人们物质文化生活水平的提高，交通需求日益增加，尤其是作为道路交通主要运输工具的汽车数量迅速增加，这就要求铺筑大量的道路，包括城市道路与乡村公路网。但是，由于受到建设资金，道路用地等诸多条件的制约，道路里程的增长速度远远落后于车辆的增长速度。据统计，世界上各种车辆的增长速度为道路增长速度的 2~3 倍。改革开放以来，我国道路里程年平均增长率为 1.55%，但机动车辆拥有量年平均增长率则为 21.7%。由此可见我国道路发展与车辆发展的速度差距更大，道路发展跟不上车辆的发展，车多路少的矛盾日益加剧，交通阻塞必然出现。

为了解决交通面临的问题，除了新建必要的道路，完善路网布局，以及加强对现有道路系统的管理外，从全局与长远发展的眼光出发，治理交通必须更新思路，研究道路交通可持续发展的途径与对策，这就是：

1) 大力发展高效、安全的公共交通系统，包括发展大容量、高速度的轨道交通。

2) 积极研发低污染、低消耗的新型汽车，减少或消除小汽车本身存在的缺点。同时，加强城市停车设施的建设，为小汽车发展提供一个较宽松的环境。

3) 积极发展新一代智能交通系统 (ITS)。传统的交通发展策略主要是依靠增加道路面积，提高路网的总体容量来满足不断增长的交通需求。这种发展模式不仅成本昂贵，环境污染严重，而且其缓解交通拥挤的效果也是有限的。信息技术的发展为解决交通问题提供了新的思路，即不仅应该修建更多的交通基础设施，而且更应该采用先进的信息技术来对道路网络进行更有效的控制与管理，以便最大限度地发挥现有道路系统的交通效率。新一代智能交通系统是借助于计算机、通信和控制等高新技术的应用，通过信息的沟通与连接，使现有交通系统有效地整合，以改善人、车、路等交通要素之间的互动关系，从而形成一种准确、高效、安全的综合运输系统。实践证明，智能交通系统是解决当前交通堵塞、交通事故频发和环境污染严重等问题的有效途径。因此，我们应该把有关 ITS 的设施建设看作道路建设一样，成为道路交通基础设施的一个重要组成部分。

4) 坚持土地规划、开发与交通规划、建设相协调，将上地利用、道路建设与环境保护统一在系统中研究，以路网容量和环境容量作为土地利用的约束条件加以分析，有机地协调三者之间的关系，确保道路交通的可持续发展。

1.2 ITS 的由来及发展

1.2.1 ITS 的产生

随着道路条件的改善,特别是高速路的建设,要求对交通中的各项要素综合考虑。20世纪40年代与50年代的交通工程学研究已经开始注意人-车-路的相互影响问题。但是,自50年代“汽车化时期”以来,汽车数量的快速增长和道路的慢速建设,道路堵塞、交通事故、环境污染、能源浪费的现象在世界范围内变得越来越严重。据美国运输统计局的预测结果,到2020年,美国每天的交通事故将达到29838起,重大事故也将达到185起,由此造成的经济损失每年将超过1500亿美元。仅马里兰州每天将有400起交通事故,重大事故将达2.5起;由于土地资源的严重制约,道路建设不能无限扩展,高速路里程的增长速度仅为3.2%,而私人车辆的旅行增长速度为86.6%,堵车拥挤的状况将日趋严重。据德克萨斯州运输研究所对美国39个主要城市的研究表明,每年因交通过分拥挤造成的经济损失约为410亿美元,12个最大城市每年的损失均超过10亿美元,而且汽油大量的浪费,汽车的废气排放量成倍增加,造成严重的环境污染。在日本,交通拥挤程度也日趋严重,首都高速公路堵塞严重的路段,拥挤时间长达17小时,路长达9.37km。东京每年因交通拥挤造成的时间损失折合约123000亿日元,故专业运输成本的增加是与交通堵塞分不开的。在英国,因交通拥挤导致的能源浪费达每年10亿英镑,而且未来30年的政府预算将加倍,环境污染也将加剧。因此,从20世纪60年代末开始,世界各国的交通工程师逐渐利用飞速发展的电子、信息、系统工程等高科技手段来改善交通状况,将信息技术和交通系统结合起来研究交通四要素的时空关系。大约历经了20余年的时间,相继在世界范围内建立了新型交通系统,由此产生智能交通系统的概念,相应地一些试验系统和实际应用系统已经在世界许多国家和地区取得了良好的经济和社会效益。

可以说,ITS是现代交通发展到一定阶段必然出现的产物,也是国际交通发展的大趋势。

1.2.2 ITS 是现代交通运输的发展方向

物质、能量和信息是自然界和人类社会赖以生存和发展的三大战略资源。当今世界,正处于工业、农业时代生产力向信息时代生产力发展,从物质型经济向信息型经济过渡的关键时刻。交通运输,这个在物质型经济社会中对经济发展和人类文明有着重要作用的领域,在信息型经济社会中有着崭新的内涵。

以“人和物的载运和输送”为旧有定义的运输，只有和“信息的载运和输送”融为一体，充分利用信息技术的最新成果，挖掘信息资源的最大潜力，才能大幅度提高运输能力和服务质量，满足日益增长的社会需求，因此，ITS 是未来信息化社会中交通运输的理想模型。而在社会由工业化到信息化的转化过程中，交通运输的内涵也在发生改变。现在人们逐渐认识到：ITS 虽以交通基础设施为基础，但在整体结构、设计思想、技术手段和运营管理上都处于更高层次。在整体结构上，ITS 旨在建设社会活动的大范围内包括多种运输方式的实时、准确、高效的道路运输综合管理系统，而这种系统在传统交通运输中是无法实现的。在设计思想上，ITS 更加适应 21 世纪的公众对交通运输安全、快速、舒适的需求，向道路使用者提供各种信息以便选择不同的出行方式，且以诱导为主，这在传统交通中亦是无法实现的。在技术手段上，ITS 使用现代科学技术的最新成就，包括各种尖端技术的系统集成。“信息工程”的特色大大区别于传统交通中以“道路工程”为主的特色。在运营管理上，ITS 带有鲜明的“信息/服务”特征，属于第三产业中的新兴产业，而传统的交通只是第二产业（道路工程）和第三产业（交通运输管理）的混合体。因此，ITS 是现代交通的发展方向。我国《公路、水运交通科技发展“九·五”计划和 2010 年长远规划》中提出：到 2000 年，科技进步对交通增长的贡献率在现有基础上提高到 50% 左右，劳动生产率有较大提高；到 2010 年，科技进步贡献率力争再提高 10~15 个百分点。实现这样的目标仅靠扩大规模是无法做到的。惟一途径就是充分利用科技的发展，在交通领域加强道路运输智能化设施建设和管理体系的信息化进程。

1.2.3 世界各国 ITS 的发展

ITS 最初是在以监控为主体的交通工程（包括交通管理）基础上发展起来的，开始只是进行道路和车辆智能化的研究，而现在已经扩展到交通运输的全部过程及其有关部门，因此在欧洲又称之为道路交通信息通信系统（RTT）。目前其研究范围已逐渐涉及到铁路、水运及航空等各种交通方式，旨在形成一整套为用户及交通管理部门提供道路交通信息的新型交通系统。

1. 日本 ITS 的发展

在日本，ITS 始于 1971 年的 CACS 计划。从 1973 年到 1978 年，日本成功地组织了一个叫作动态路径诱导系统的实验。从 20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期的 10 年时间，相继完成了路车间通信系统（RACS）、先进的管理交通信息控制系统（AMTICS）、交通信息通信系统（TICS）、宽区域旅行信息系统、超智能车辆系统、安全车辆系统及新交通管理系统等方面的研究。1994 年 1 月成立了 VERTIS（路车交通智能协会），1995 年 7 月 AMTICS 和 RACS 结合成立了 VICS（道路交通信

息系统)中心。1996年4月正式启动VICS,先在首都圈内而后推向大阪、名古屋等地,1998年向全国推进。日本的VICS是ITS实用化的第一步,居于世界领先水平同期进行的研究还有高级车辆安全系统(Advanced Safety Vehicle,ASV)、先进道路交通系统(Advanced Road Traffic System,ARTS)以及由日本警察厅发起的通用社会交通管理系统(Universal Traffic Management Society,UTMS)计划。其中,UTMS旨在建立具有交通数据采集、交通信息广播、交通信号控制和动态导航功能的综合交通控制系统。1996年7月,日本警察厅、通产省、邮政电信省和建设省共同发起了智能交通系统综合促进规划(comprehensive organization for the promotion of intelligent transportation system),将所有应用研究项目和发展计划综合在一起,提出了“智能车/智能道路/智能枢纽”(smart-car / smart-way / smart-gateway)的概念,期望推动包括先进交通管理系统、不停车道路电子收费系统、安全驾驶系统、动态实时交通引导系统等在内的核心技术的发展,共同开创新兴的智能交通产业。

2. 美国 ITS 的发展

20世纪60年代末期,美国公路局提出了一种电子路径引导系统(ERGS)这是一种具有无线路径引导功能的导航系统,用于控制和疏导交通,该系统被认为是美国ITS的开始。

传统的交通系统车辆和道路是分离的,交通控制与监视是分开单独进行的。在ITS中,车辆和道路需要双向交换信息,车与路集成为一体,此时的交通系统为Integrated Vehicle-Highway Systems(VHS)。随着人工智能在计算机系统中的应用,Integrated VHS变成为Intelligent VHS(IVHS)。起初,单个州、单个城市开始研究IVHS。1987年成立了非正式组织Mobility2000,1989年形成了一整套计划文件,引导政府支持IVHS的研究,1990年3月,上述文件成为国家研究IVHS的纲领性文件。1990年8月成立了IVHS America技术委员会,人员组成有工业界和学术界人士以及政府官员。1991年12月美国国会制定了ISTEA(综合地面运输效率方案),1994年IVHS更名为ITS,其实施战略是通过实现面向21世纪的“公路交通智能化”,从根本上解决和减轻事故、混杂、低效率、能源浪费等交通中的各种问题。其他如Travtek和ADVANCE的试验和实际应用系统也取得了重大成就。

3. 欧洲 ITS 的发展

在欧洲,ITS始于20世纪70年代后期的ALI工程,此工程和美国的ERGS、日本的CACCS极为相近。80年代中期,ITS的试验计划在欧洲大规模实施起来。1988年由欧洲十多个国家投资50多亿美元,联合执行一项旨在完善道路设施,提

高服务质量的 DRIVE 计划,其含义是欧洲用于车辆安全的专用道路基础设施,现在已经进入第二阶段的研究开发。目前欧洲各国正在进行 Telematics 的全面应用开发工作,计划在全欧范围内建立专门的交通无线数据通信网。智能交通系统的交通管理,车辆行驶和电子收费等都围绕 Telematics 和全欧无线数据通信网来展开。从 1986 年开始,作为 EUREKA 计划的一部分,欧洲民间也联合搞了一个称作 PROMETHEUS 的计划,即欧洲高效安全交通系统计划。

表 1.1 列出了美国、日本以及欧洲 ITS 发展的基本情况,由此可以看出,国际

表 1.1 国际上 ITS 的发展

	早期	发展	近期	国际会议
欧 洲	60 年代末 70 年代初	80 年代中期	90 年代初	1994 年 5 月 在法国巴黎 召开第一届 ITS 世界大 会 1997 年 6 月 在德国柏林 召开第四届 ITS 世界大 会
	RTI(Road Transport Information) 道路交通通信技术	欧洲联盟各国政府共同主持的 DRIVE 计划 (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe)民间组织 PROMETHES 计划 (Program for an Europe Traffic with Highest Efficiency)	1991 年成立 ERTTIO (Europe Road Transport Telematics Implementation Organization)欧洲道路交通通信技术实用化促进协会联络组织,全面开展 ITS 技术在交通运输各个领域的开发和推广以及国际合作	
日 本	70 年代	80 年代中期到 90 年代中期	90 年代中期	1995 年 11 月 在日本横滨 召开第二届 ITS 世界大 会
	1973~1978 年日本组织了一个称作动态路径诱导系统的实验,可以认为是 ITS 项目的雏形	完成了路车间通信系统、交通信息通信系统、宽区域旅行信息系统、超智能车辆系统、安全车辆系统以及新交通管理系统等一系列高新技术的开发	1994 年 1 月,日本警察省、通产省、运输省、邮政省和建设省五个部门联合成立 VERTIS (Vehicle Road and Traffic Intelligence Society)日本道路交通、车辆智能化促进协会,推进 ITS 产业在全国发展	
美 国	60 年代末	80 年代中期以后	90 年代初至 90 年代中期	1996 年 10 月 在美国奥兰 多召开第三 届世界 ITS 大会
	开发了 ERGS (Electronic Route Guidance System) 电子路径导向系统,后来由于种种原因暂停了 10 多年	自加利福尼亚交通部门研究的 PATHFINDER (驾驶员道路系统)获得成功,全国开展了被称为“智能化车辆-道路系统”的研究	1990 年美国运输部成立了美国智能化车辆-道路系统 (IVHS); 1991 年综合提高陆上交通效率,把开发研究智能化车-道系统作为国策并给以充足的财政支持; 1994 年 IVHS 更名为 ITS America,以推广一切交通工具和交通道路所组成的智能化系统,目前主要以道路交通为对象	

上对 ITS 的研究正蓬勃发展，不仅政府支持，而且工业界与学术界也都积极参与新型交通系统的研究和开发。

4. 国内的 ITS 的发展

在我国 ITS 的研究才刚刚起步，但作为城市交通控制系统的开发研究则在 20 世纪 70 年代就已开始。70 年代末交通部和北京市公安局合作首次在中国进行计算机控制交通信号的工程试验，80 年代初国家科技攻关项目“津塘疏港公路交通工程研究”，首次在高等级公路上把计算机技术、通信技术和电子技术用于交通监视和管理方面，开展了一系列科学研究和工程实施，在城市交通管理、高速公路监控系统、收费系统、安全保障系统等方面取得多项科研成果，并开发出了车辆检测器、可变情报板、可变限速标志、紧急电话、分车型检测仪、通信控制器、监控地图板等多种专用设备，制定了一系列标准和规范。北京、上海等城市还建立了交通信号控制和电视监视系统、警车定位系统、交通地理信息系统，以及交通事故、车辆和驾驶员档案等静态信息系统。在某些省市还建立了不停车自动收费系统和 IC 卡驾驶员管理系统。

目前，国内的研究与开发还都是就某一地区城市进行的，全国范围的 ITS 研究计划尚没有制定，但有关部门在致力于这方面的研究。

表 1.2 列出了我国 ITS 发展的三个阶段。

表 1.2 我国 ITS 发展的三个阶段

阶段	应用理论研究	应用技术及项目
第一阶段 (70 年代中期至 80 年代初)	交通理论 交通工程学 城市路口自动控制数学模型	点、线、面控计算机软件 北京前门交通控制实验系统 天津线控、面控实验系统 信号机、检测器
第二阶段 (80 年代中期至 90 年代初)	交通运输系统工程在城市交通领域中的发展 高速公路监控系统数学模型 交通阻塞自动判断模型 标志和标线视认性 驾驶心理学	天津疏港公路交通工程技术研究 可变情报板、可变限速标志通信适配器 通信控制器、大型地图板、紧急电话的研制 道路和桥梁管理系统 电子收费系统和不停车收费的实验 交通工程 CAD
第三阶段 (90 年代中期至 20 世纪末)	智能交通系统工程(ITS)的探索 道路通行能力的研究 公路使用者效益分析	ITS 发展战略研究 公交优先策略 GIS、GPS 等在交通信息管理控制系统中的应用 交通运输网络系统关键技术研究

总的来说,我国政府部门非常重视 ITS 的研究与开发,科技部已经正式将 ITS 列入了中国高新技术开发和产业化计划,而且协同交通部、公安部、建设部、铁道部、信息产业部和许多高校及研究机构共同开发与研究。

1.2.4 ITS 的特点

作为新型的交通系统,ITS 除了具有传统交通系统的特点外,还具有智能化和信息化、一体化的特点,其智能化的特点体现在以下几个方面:

(1) 交通基础设施智能化

1996 年 1 月,美国联邦运输部在为推动 ITS 研究而提出的“交通运行时间节约战略”中阐述了 ITI(Intelligent Transportation Infrastructure) 即“智能交通运输基础设施”的概念。要求在新建道路时必须同时进行 ITI 建设 借以加强 ITS 研究成果的实施。在 ITI 基础上,可以进行多个领域的系统集成,如交通信号控制、高速公路管理、交通诱导、事故处理、救援系统、电子收费等等。交通基础设施智能化是 ITS 实施的基础。

(2) 交通工具智能化

交通工具的智能化主要指车辆的智能化,可以确保车辆在道路上安全自由地行驶,避免与道路设施以及其他车辆相撞,其引导功能可使车辆在陌生地方行驶不致迷失方向。

(3) 交通系统智能化

系统的智能化将为交通控制管理中心提供对道路和车辆状态的实时监控,及时处理事故 保障道路畅通。另外 从系统科学的角度看,ITS 的系统智能还体现在以下三方面:

1) 原理上是基于知识的系统;

2) 功能上系统应至少具有判断能力、推理能力和学习能力,并应具有辅助决策的作用;

3) 结构上应由机器感知、机器学习、机器识别、知识库等部分组成。

当然,ITS 并不意味着交通系统的全智能化。在组织或控制交通系统时,只是希望系统运行秩序化,或者说达到尽可能高的组织化程度,利用计算机和其他设备部分地替代交通主体——人 完成部分预测、处理和决策 更重要的还是人的参与。

ITS 信息化的特点主要是指有关交通要素的所有信息可以为交通系统的提供者、维护者以及使用者共享。

ITS 一体化特点指的是道路、车辆驾驶、乘客服务和系统管理的一体化。

1.3 当前 ITS 的研究课题

ITS 是在传统的交通系统基础上发展起来的新型交通系统, 由于各国具体情况不同, 发展交通的重点也不尽一致, 对 ITS 研究的内容更不相同。在美国按照服务功能和用户需求将 ITS 的研究内容分成 7 大类, 每一类又包含若干项目。这 7 大类内容分别是:

- 1) 旅行和运输管理包括: ① 驾驶员中途信息; ② 路径引导; ③ 交通控制; ④ 事故管理; ⑤ 尾气测试与缓解。
- 2) 旅行信息管理包括: ① 出发前的旅行信息; ② 旅客服务信息; ③ 车辆预定; 用户需求管理。
- 3) 公共交通运营管理包括: ① 公交线路信息; ② 个人化的公共运输; ③ 公共旅行安全; ④ 公共运输管理。
- 4) 电子收费。
- 5) 商用车辆管理包括: ① 商用车辆电子放行; ② 车辆路旁自动检查; ③ 车内安全监视; ④ 商业车队管理; ⑤ 危险材料及事故响应。
- 6) 应急管理包括: ① 应急车辆管理; ② 应急通报和个人保安。
- 7) 车辆控制和安全管理包括: ① 车辆防撞管理; ② 视觉增强防撞管理; ③ 自动驾驶; ④ 提高驾驶安全。

相应地, 美国的 ITS 开发项目以及实际应用系统亦分为 7 部分:

(1) 先进的交通管理系统 ATMS

ATMS 用于检测控制和管理公路交通, 在道路、车辆和驾驶员之间提供通信联系。它依靠先进的交通检测技术和计算机信息处理技术, 获得有关交通状况的信息并进行处理, 及时地向道路使用者发出诱导信号, 从而达到有效管理交通的目的。

(2) 先进的驾驶员信息系统 ADIS

在信息类型以及信息接收者方面, ADIS 与 ATMS 有本质差别。ATMS 中同样具有许多向驾驶员提供信息的设备, 如可变信息板、公路咨询广播等, 但它们传递的信息量是有限的, 一个可变信息板一般只能显示 14 个字符, 公路广播的情报也不能超过几分钟, 而且上述设备是为整个交通流总体服务的, 其信息只具普遍性。ADIS 则是以个体驾驶员为服务对象。驾驶员可以通过车载路径诱导系统, 在与控制中心的双向信息传递中使自己始终行驶在最短路径上。不过 ATMS 和 ADIS 的功能十分相似, 都可以缩短旅行时间, 降低燃油消耗和减少废气排放, 使交通拥挤状况得到缓解。

(3) 先进的车辆控制系统 AVCS

AVCS 的目的是开发帮助驾驶员实行车辆控制的各种技术,从而使汽车行驶安全、高效。AVCS 包括对驾驶员的警告和帮助、障碍物避免等自动驾驶技术。实际上,AVCS 具有最长期的潜在效益,同时也是对汽车工程、电子工程等部门提出的最大挑战。

(4) 商用车辆运行系统 CVOM/FMS

CVOM 实质上是运输企业应用 IVHS 技术来谋求最大效益的一种调度系统,其目的是利用 IVHS 技术,例如车辆自动识别技术、自动定位技术、自动分类技术等,提高企业内部劳动生产率,增加安全性,改进对突发事件的反应能力,改善车队管理和交通状况。

(5) 先进的公共交通系统 APTS

采用各种智能技术促进公共运输业的发展,如通过个人计算机、闭路电视等向公众就出行方式和时间、路线及车次选择等提供咨询,在公交车站通过显示器向候车者提供车辆的实时运行信息。

(6) 先进的乡村交通系统 ARTS

该系统包括为驾驶员和事故受害者提供援助的无线紧急呼救系统、不利道路和交通环境的实时告警系统以及驾驶员服务设施和旅游路线、景点等信息系统。

(7) 自动高速公路系统 AHS

该系统包括车辆自动导航和控制、交通管理自动化以及事故处理自动化等。

在日本,住友电工、丰田、松下、东芝、富士通等公司都有许多针对 ITS 的开发项目,而 UTMS21 最具代表性,其系统组成称为集成的交通控制系统 ITCS,核心为交通控制中心(TCC),子系统分为:先进的移动信息系统(AMIS)、智能化的集成电视摄像系统(IHS)、安全驾驶支持系统(DSSS)、步行者信息通信系统(PICS)、紧急事故快速处理系统(FAST)、公共安全救助系统(HELP)、环境保护及管理系统(EPMS)、动态路径导航系统(DRGS)、商业车辆管理系统(MOCS)、公交优先系统(PTPS)等 10 个。欧洲各国主要的研究课题包括:旅行和交通信息系统、交通管理操作与控制系统、公共交通系统、货物与车队管理系统、自动公路收费管理系统、辅助驾驶系统等。根据我国目前的状况,ITS 的研究基本集中在 5 个方面:交通监控与管理、信息服务、安全保障、电子收费和运输管理。

1.4 ITS 的框架结构与定义

ITS 是交通系统在信息化的基础上发展的一个更高阶段,是现代交通工程的发展方向,要真正实现 ITS,仅仅从研究内容的角度去认识和开发是远远不够的,

还必须从系统的角度去把握和认识 ITS 即需要了解 ITS 的总体框架结构。在国际标准出台之前,由美国制定的 ITS 结构框架(National Architecture 简称 NA)可以起到规范某些 ITS 活动的作用。NA 能带来的最重要的效益是国家内部产品和技术的兼容性,并降低生产者和使用者的风险。NA 将 ITS 划分为 19 个物理子系统,并规定了如何分配 ITS 的功能需求给各物理子系统。这些子系统与用户、环境以及其他的子系统融为一体,而这种融合是以数据和信息交换为特点的。19 个子系统的相互关系如图 1.1 所示,它代表了 ITS 功能上的划分。从道路交通的四个基本元素:路、车、人及环境出发,19 个子系统又分为四大类:远程接入子系统、车辆子系统、中心子系统和道路子系统。

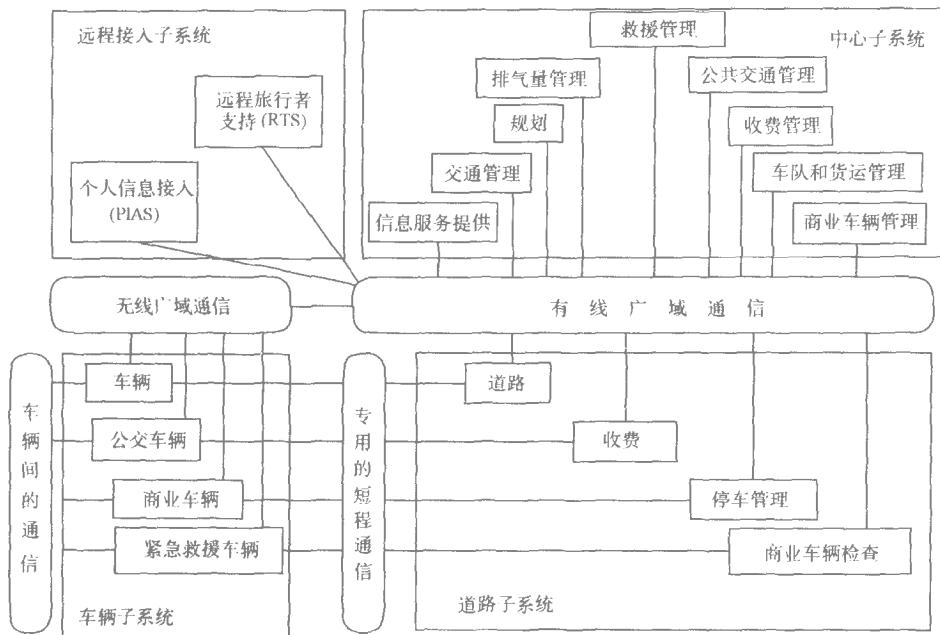


图 1.1 NA 子系统及其相互关系示意图

实质上,ITS 就是利用高新技术对传统的交通运输系统进行改造而形成的一种新型交通系统。可以说 ITS 是将先进的信息采集技术、数据通信技术、控制技术以及人工智能技术等有效地综合运用于整个交通管理体系,在系统工程集成思想的指导下,建立起来的一种在较大范围内发挥作用的,实时、准确、高效的交通运输综合管理系统。ITS 必须是从用户的利益出发,并考虑环保在内的可持续发展的交通工程系统,着重解决交通工程所面临的四大问题:即安全、拥挤、环保、能源等。

第二章 智能车辆定位导航系统的组成与原理

2.1 车辆定位导航系统的发展概况

在人类文明史上，车辆定位与导航系统的研究及发展已经有相当长的历史。最早的发明可以追溯到几千年前中国古代的指南车和计里鼓车，其原理类似于现代的磁罗盘和差分里程计。指南针也是最早出现的导航设备之一，几个世纪以来它经过不断的改进，一直被广泛使用。从 19 世纪开始，类似磁罗盘和里程计这样最基本的定位和导航技术被逐渐应用到了现代车辆上。美国于 1895 年出版了第一张用于汽车驾驶的交通图，并在 20 世纪初开始在公路上建立路标和为道路编号。1910 年，第一台机械路径引导装置问世。在随后 10 年中，许多类似的具有精确路径指示功能的专利装置相继出现。然而在 20 年代后，由于公路标志的日益完善和地图绘制精度的提高，人们对路径引导装置的兴趣逐渐减弱，这方面的研究工作也随之停顿下来。进入 60 年代，随着主要部件和相关技术的逐渐成熟，车辆定位和导航系统的发展进入了一个崭新阶段。美国、日本、欧洲等主要发达国家和地区都积极开展相关的研究并投入大量资金，展开了一系列研究。60 年代末期美国公路局（现联邦公路局）提出了电子路径引导系统 ERGS(Electronic Route Guidance System)。这是一种用于交通控制和疏导的无线路径引导系统，它利用短距离信标 (beacons) 网络作为通信媒介。驾驶员可以通过车载控制台输入目的地码。当车辆接近主要交叉路口时，目的地码经车载无线收发机发出，由埋在路面下的环形天线接收并传送到路边的控制器中。控制器与中央计算机系统相连，可以获得实时的交通信息。在接收到目的地码后，控制器将其与交通数据结合为车辆规划最佳的行驶路径，并在车辆驶离环形天线附近区域前将路径引导指令通过信标发送到车上。ERGS 的试验系统获得了极大成功，但最终还是由于资金限制而未能实现。不过，此项目首先提出了中央动态导航的概念，为以后类似系统的发展打下了良好的基础。70 年代，类似的系统分别在日本和德国进行了试验。与此同时，美国又开发出了一种自主式路径导航系统 (automatic route control system) 它能够利用航位推算 (Dead Reckoning, DR) 技术和地图匹配 Map Matching, MM 算法进行定位。一旦确定车辆在行驶路径中的位置就产生引导指令并显示在车载等离子显示器上。80 年代中期，一种称为 Navigator 的汽车自主导航系统在市场上出现。它配有数字地图数据

库,采用推算定位和地图匹配技术,能够把车辆当前的位置直接显示在电子地图上。不过此时的汽车定位与导航产品仍然有许多缺点,主要是由于传统的定位系统结构比较复杂,设备体积庞大、价格昂贵,无法获得广泛的应用。进入 90 年代随着计算机和通信技术的飞速发展,车辆定位与导航系统开始进入真正的实用阶段,特别是美国全球卫星定位系统(GPS)的建立,为全球范围内的用户提供了一种廉价、实用的定位手段,使车辆定位与导航系统的发展进入了高潮。1994 年第一种装有 GPS 接收机的自主式导航系统 Guidestar 投入市场。与此同时,定位与导航系统的概念和相关的研究范围也开始扩展,从单一的车辆定位和导航发展到能够进行道路和车辆双向信息交换的智能车辆/道路系统,进而演变成集交通基础设施智能化、交通工具智能化、交通管理智能化概念为一体的智能交通系统。目前,智能交通系统已经成为国际上最引人注目、研究最深入和最集中的高新科技领域之一。从 20 世纪 90 年代开始,美国相继完成了多项 ITS 实验计划如 Pathfinder, Travtek 和 ADVANCE,更多的实验还在进行中。这些项目大部分是由美国政府和私营企业共同开发,目的是对车载导航系统、动态导航系统、旅行信息服务系统、通信媒介以及其他智能交通系统的概念进行可行性和可用性评估。

日本是当今车辆定位与导航系统和智能交通系统发展最为成功的国家之一,它的研究计划开始于 1971 年的综合车辆交通控制系统(Comprehensive Automobile Traffic Control System, CATCS) 该计划与美国的 ERGS 极为相似。80 年代,日本生产出了配有彩色显示器并使用 CD-ROM 存放数字地图的自主式导航系统。此后随着 GPS、地图匹配、语音引导等新技术的应用,各式各样的车载导航系统产品不断被推向市场。到 1995 年,导航系统在日本的销量已经超过了 120 万台。

在欧洲,80 年代名为 CARIN 和 EVA 的自主车辆导航系统先后推出。CARIN 是第一种使用 CD-ROM 存储数字地图的导航系统,它使用推算定位和地图匹配技术,并采用彩色显示地图。EVA 早在 1983 年就成功地进行了演示,除了能使用推算定位和地图匹配技术外,它还可以用图形化指令和合成语音为司机提供路径转向引导。80 年代中期,两项智能交通系统实验计划:欧洲高效交通及安全系统规划(programme for a European traffic with highest efficiency and unprecedented safety)和欧洲红外道路交通安全体系 Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe, DRIVSE)开始在欧洲大规模实施。前者由汽车工业界发起,主要研究车内导航系统和安全装置;后者由欧共体各国政府联合主持,主要研究和改进交通基础设施。两计划一直联手合作,从 90 年代中期开始,PROMETHUS 逐渐演变为欧洲交通系统规划(programme for mobility in transportation in Europe)而 DRIVE 也变成了交通电信技术应用规划(transportation-telematics applications programme),主要开发电信技术在交通系统及环境中的应用项目。

在车辆定位导航系统中，定位是实现导航功能的前提与基础。目前移动目标定位技术主要有三种：独立定位、地面无线电定位和卫星定位。与后两种技术相比，独立定位技术的突出优点是完全自主，不需要使用通信设备，因此受外界因素的影响小。最典型的独立定位技术是惯性导航，它依据牛顿力学原理进行定位，通过利用各种惯性传感器测量载体的速度、加速度、位移、航向等信息，解算出载体在惯性坐标系中的相对位置。惯性导航的定位精度主要取决于磁罗盘、陀螺仪、加速度计等惯性传感器的测量精度。如果不考虑设备的体积、成本和安装校准的复杂度，采用精密惯性器件可以使惯性导航系统达到并长时间保持很高的定位精度。惯性导航系统的最大缺点是具有误差累积效应，其定位精度会随定位过程的进行不断下降。

无线电定位的依据是电磁波的恒定传播速率和路径的可预测性原理。常用的无线电定位技术有三种：到达时间（TOA）、到达角度（AOA）和到达时间差（TDOA）。TOA 通过测量从多个已知位置的发射机传来的无线电信号到达接收端的时间来确定接收机的位置。AOA 通过三角测量法定位，信号由车载发射机发射，处在已知位置的天线阵列接收信号并计算信号到两个或多个天线单元的入射角，车辆位置由入射角的交叉点确定。TDOA 采用三边测量法定位，由多个已知位置的发射机发送时间同步信号，移动接收机接收信号并测量至少两组信号的到达时间差，由此确定接收机的位置。目前地面无线电导航系统已经在航海和航空领域获得了广泛应用，大约有 100 种不同类型的系统正在世界各地运营，如著名的 Loran-C、DECCA 和 OMEGA。然而地面无线电定位技术很少应用于陆地车辆导航，这是因为无线电信号受地面障碍物的干扰，从而产生信号衰落和多径效应，造成定位精度下降或失效。例如，Loran-C 的陆用定位误差大于 500 m 对车辆导航系统而言这是无法接受的。

1957 年 10 月，世界上第一颗人造卫星发射成功。这不仅标志着人类航天科技发展的划时代突破，也使电子导航技术的发展进入了一个崭新的时代。卫星技术使人类在空间建立导航无线电发射基准站的设想变成了现实，星基无线电导航系统也随之应运而生。与传统定位方法相比，卫星导航不但能够在全球范围内为陆地、海洋以及近地空间的用户提供连续准确的位置、速度和时间信息，而且用户设备体积小、重量轻、功耗小、价格低、易于操作从而给导航技术带来了革命性的变化。自问世以来，卫星导航的用途已迅速扩展到了军事、遥感、交通、测绘等各个领域，其应用范围之广、用户数量之多、使用方式之多样、效用之大，都是前所未有的。由于要花费巨额的固定设施投资，目前已投入运营的星基无线电导航系统数量还很有限。对普通民用用户而言，可供选择的卫星导航系统主要有两种：GPS 和 GLONASS。

GPS（全球定位系统）全称为授时与测距导航系统/全球定位系统（Navigation

Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System (NAVSTAR/GPS) 是美国研制并建立的新一代精密星基无线电导航系统。它由三大部分组成：空间星座、地面监控系统和用户接收设备。其中，空间星座部分由均匀分布在 6 个轨道平面内的 24 颗卫星组成，包括三颗备用卫星。地面监控系统由分布在全球的 1 个主控站、3 个注入站和 5 个监测站组成，负责完成数据采集、故障诊断、跟踪监测、卫星调度、导航电文编辑和注入等工作。空间星座和地面监控系统由美国政府管理并维护，普通用户并不关心。用户端使用 GPS 接收设备即可实现定位导航功能。GPS 系统的主要特点是：①全球地面连续覆盖。由于 GPS 卫星数目较多且分布合理，在地球上的任何地点都可以连续同时观测到至少 4 颗卫星，从而保证了全球、全天候连续实时定位的需要。功能多，精度高。GPS 系统可为用户精确、连续地提供动态目标的三维位置、三维速度和时间信息。实时定位速度快。目前 GPS 接收机可在一秒甚至更少的时间内进行一次定位和测速。抗干扰性好，保密能力强。由于 GPS 采用了伪码扩频通信技术，因而所发送的信号具有良好的抗干扰性和保密性。GPS 系统一旦工作，就不间断地向全球发送导航电文。这是一种可供无数用户共享的信息资源，位于陆地、海洋和近地空间的广大用户可以在任何时候接收 GPS 信号以完成定位解算或授时。可以说，GPS 系统的建立从根本上解决了全球范围内的导航和定位问题。现在 GPS 已成为世界范围内应用最为广泛的卫星导航系统，有关 GPS 系统的应用技术研究和相关设备的开发在短时间内得到了迅速发展。

GLONASS 的全称是全球轨道卫星导航系统 (Global Orbiting Navigation Satellite System)，它是前苏联研制并为俄罗斯继续发展的第二代全球卫星导航系统。GLONASS 系统在整体结构、信号组成、定位原理和系统功能等方面都与 GPS 系统相似，同样由空间卫星网、地面支持网和用户设备组成，可用于海上、空中、陆地等各类用户的定位、测速及精密授时。与 GPS 相比，GLONASS 的主要区别在于信号分割体制不同：GLONASS 使用 FDMA (频分多址) 扩频体制区分不同的卫星，即不同的 GLONASS 卫星发射频率不同的信号，但所有卫星信号上调制的伪随机码都相同。而 GPS 采用 CDMA (码分多址) 方式，所有卫星都使用相同的频率，而在载波上调制的伪随机码随卫星不同而不同。另外，由于 GPS 系统使用的伪码速率比 GLONASS 的相应码速率高一倍，其分辨率也高一倍，所以从理论上讲 GPS 系统的定位精度比 GLONASS 高。从星座分布的情况比较，GLONASS 系统能为高纬度地区提供更好的覆盖，而 GPS 的优势在中低纬度地区。GLONASS 系统最初的设计目的是为了满足不同俄罗斯国防的需要，目前它的目标已扩展为向全球范围内的用户提供陆、海、空和近地空间范围内的连续导航定位和授时服务。俄罗斯政府已向国际民航组织和国际海事组织承诺，将 GLONASS 系统向全球用户开放，并公开了其导航信号和控制接口，为其在世界范围内的广泛应用提供了方便。

作为目前惟一能够同 GPS 抗衡的系统, GLONASS 的公开化打破了由美国在卫星导航领域一统天下的局面。对民用用户来说, GLONASS 系统不但可以单独用来获取定位和导航服务, 还可用来与 GPS 结合, 同时利用两个系统的信息来提高定位精度 增强系统的可靠性 具有很大的发展前途。由于 GLONASS 系统的信号接收技术比较复杂, 增大了接收机开发的难度, 因此与 GPS 系统相比, 生产 GLONASS 接收机的厂家很少, 相应的市场占有率比较小, 技术支持也不成熟, 从而影响了 GLONASS 的广泛应用。从长远利益来看, 为了避免美国政府对卫星导航系统的垄断性控制, 研究和发展 GPS/GLONASS 组合定位技术是非常必要的。

2.2 智能车辆定位导航系统的组成与原理

智能车辆定位与导航系统 (Intelligent Vehicle Location and Navigation System 简称 IVLNS) 是应用自动车辆定位技术、地理信息系统与数据库技术、计算机技术、多媒体技术和现代通信技术的高科技综合系统, 并能为车辆驾驶员提供以下重要功能:

1) 自动车辆定位。可在出行时准确、实时地确定出车辆当前的位置 并以图形化方式显示在电子地图背景中。

2) 行车路线设计。可依据驾驶员提供的起点、终点和途经点 自动规划出旅行代价最少的最佳行驶路线。

3) 路径引导服务。可在出行过程中产生语音或图形的实时引导指令, 帮助驾驶员沿预定行车路线顺利抵达目的地。

4) 综合信息服务。可向用户提供与电子地图有关的信息检索与查询服务, 如按用户要求显示停车场、主要旅游景点、宾馆饭店等服务设施的位置的数据资料, 并在电子地图中指示其所处的位置。

5) 无线通信功能。可接收实时交通信息广播, 使用户及时掌握最新的道路状况 同时还可将车辆状况报告给交通控制中心 实现报警、求助和通信功能。

典型的智能车辆定位与导航系统由 8 个主要功能模块组成, 参见图 2.1。其中, 电子地图数据库是现代车辆导航系统必不可少的组成部分, 它包含以预定格式存储的数字化导航地图 为系统提供诸如地理特征、道路位置及坐标、交通规则、基础设施等多种重要信息。地理信息引擎是操作和查询电子地图数据库的接口, 提供电子地图的显示、浏览、动态刷新、缩放等功能和相关的信息检索与查询服务。定位模块由定位传感器和数据处理及滤波电路组成, 其功能是提供实时、连续的车辆位置估计, 以使系统能够正确辨别车辆当前的行驶路段和正在接近的交叉路口。地图匹配模块将定位模块输出的位置估计与地图数据库提供的道路位置信息进行比

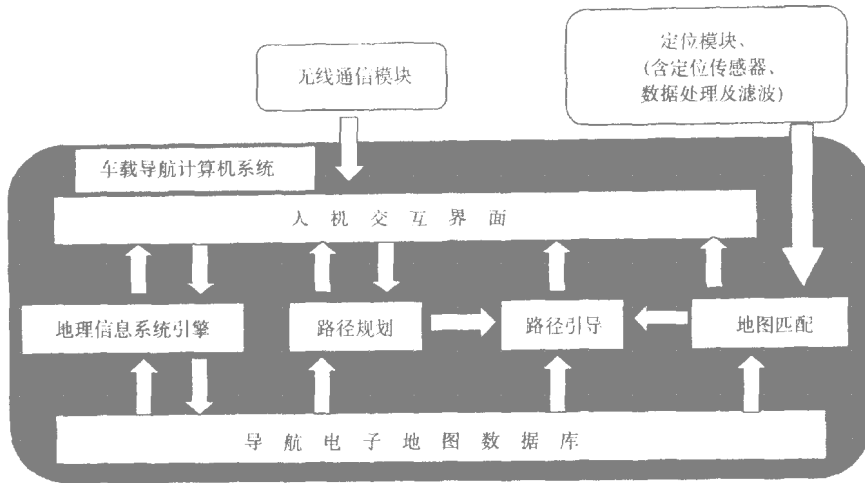


图 2.1 智能车辆定位与导航系统原理框图

较，并通过适当的模式匹配和识别过程确定车辆当前的行驶路段以及在路段中的准确位置。如果数字地图具有较高的位置坐标精度，这一技术将极大地改善系统的整体定位精度，并为实现路径引导提供可靠依据。路径规划是帮助车辆驾驶员在旅行前或旅途中选择合适的出行路线的过程，通常是依据电子地图中的交通路网信息，提供从车辆当前位置到目的地之间总旅行代价最小的路线供用户参考。旅行代价可以是时间、距离、收费等用户关心的因素。如有可能，在进行路径规划时还应考虑从无线通信网络中获取的实时交通信息，以便对道路交通状况的变化作出及时反应。路径引导是帮助驾驶员沿预定路线行驶从而顺利到达目的地的过程，它根据地图数据库中的道路信息和由定位模块及地图匹配模块提供的当前车辆位置产生适当的实时驾驶指令。无线通信模块能够进一步增强车载导航系统的功能，通过无线通信网络（目前有多达 12 种不同的技术）车辆及其使用者和交通管理系统之间能够互相交换实时交通信息，使车载系统和公路网络工作更加安全和有效。除定位和无线通信模块外，其他功能模块都必须以车载导航计算机系统为硬件平台、借助应用软件来实现。另外，车载计算机系统也是包括定位和通信装置在内的所有车载设备的控制平台。人机交互界面提供用户与车载计算机系统间的交互接口，用户通过它将地图显示、信息查询、路径规划等操作指令输入到计算机系统中，计算机系统也通过它将以数字地图为背景的车辆位置、最优路径规划结果、实时驾驶引导指令等用户需要的信息以语音提示、可视图形等多媒体方式返回。

考虑到实际应用的复杂性，具体的车载装置结构可能会与图 2.1 有所不同。目前智能车辆定位与导航系统在 ITS 中的应用可划分为三个层次：自主导航系统、