

ITS

智能运输系统 (ITS) 概论

■ 黄 卫 陈里得 编著

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS



■ 人民交通出版社

智能运输系统 (ITS) 概论

Zhineng Yunshu Xitong (ITS) Gailun

黄 卫 陈里得 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了智能运输系统 (ITS) 的兴起、基本概念、基础理论、体系结构及其应用研究, 内容包括: 智能运输系统概述、智能运输系统基础、智能运输系统的体系结构、智能运输系统基本构成、智能运输系统的应用研究等。

本书是国内第一部关于智能运输系统的书籍, 内容新颖、丰富, 可作为大专院校交通信息工程与控制专业及有关专业的教材, 也可作为从事高速公路智能运输系统研究、开发和工程设计、应用的工程技术人员及相关专业师生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能运输系统 (ITS) 概论/黄卫, 陈里得编著. - 北京:
人民交通出版社, 1999. 8

ISBN 7-114-03465-2

I. 智… II. ①黄… ②陈… III. 交通运输管理-自动化系统, ITS IV. 0491

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 31586 号

智能运输系统 (ITS) 概论

黄 卫 陈里得 编著

责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张: 9.75 字数: 257 千

1999 年 9 月 第 1 版

1999 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3500 册 定价: 20.00 元

ISBN 7-114-03465-2

U·02484

前 言

改革开放以来，我国国民经济快速发展，交通基础设施建设初具规模。在修建了中国大陆第一条高速公路——沪嘉高速公路后，先后又建成了沈大、宁合、沪宁、沪杭等高速公路，1998年底高速公路通车里程已达6257km。覆盖全国范围的以高速公路为主骨架的高等级公路网络正在逐步形成，初步缓解了交通在经济建设中的瓶颈制约，提高了道路的通行能力，减少了交通事故，控制了交通污染。

随着经济发展、交通量的持续增加，尽管修建了大量的交通设施，但是，交通拥挤阻塞状况仍然十分严重。多年来，国内外的实践经验与教训证明，单纯依靠修建道路设施和采用传统的管理方式来解决交通问题，不仅成本昂贵，环境污染严重，而且其缓解交通拥挤等的效果也是十分有限的，甚至可以说是不可能的。

随着电子技术、通信技术、计算机技术和自动控制技术等的发展，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技术来对高速公路网络或城市交通进行更有效的控制与管理，提高交通的机动性、安全性，最大限度地发挥现有道路系统的交通效率。同时，必须采用高新技术手段，采用智能运输系统（Intelligent Transportation Systems，简称ITS）。智能运输系统是将先进的信息技术、计算机技术、数据通信技术、传感器技术、电子控制技术、自动控制理论、运筹学、人工智能等有效地综合运用于交通运输、服务控制和车辆制造，加强了车辆、道路、使用者三者之间的联系，从而形成的一种实时、准确、高效的综合运输系统。实践证明，智能运输系统是解决当前交通拥堵、交通事故频发和环境污染严重等

矛盾的有效途径。

与欧美、日本等发达国家相比，我国的交通状况比较复杂，在智能运输系统的研究、开发和实践起步较晚。如何学习、借鉴发达国家在智能运输系统方面的经验，取长补短，结合国情，加速我国智能运输系统的研究、开发和实施，是面临的一个新课题。东南大学智能运输系统研究中心，是一个跨学科的研究机构，一直从事 ITS 项目的研究、工程设计与开发和工程实践工作。为了推进我国 ITS 的研究、开发和工程实践，结合我们从事 ITS 的研究、实践经验，并收集、整理了国外最新的部分资料，特编写了本书，希望它的出版能对我国 ITS 的研究和实现具有推动作用。

本书介绍了智能运输系统的基本概念及其理论基础，系统地介绍了智能运输系统的体系结构，详细介绍了构成智能运输系统各个主要子系统的原理、功能及其实施，最后结合实例介绍了智能运输系统的应用研究。

本书共分五章。由黄卫教授主编，陈里得、柴干、张宁、秦福生参加编写。邵裕森教授协助黄卫教授做了统稿工作。

本书所涉及的主要名词术语，以及当前美国在 ITS 的研究状况作为附录列入书末。

在本书的编写过程中，宁沪高速公路股份有限公司和东南大学 ITS 研究中心的何铁军、高朝晖、余彦翔、朱荣军、杨立峰等同志曾提供了 ITS 的相关研究资料，同时还参考了一些其它资料，在此一并表示衷心感谢。

编著者

1999 年 4 月

目 录

第一章 智能运输系统概述	1
第一节 公路交通面临的问题与对策.....	1
第二节 智能运输系统的起源.....	6
第三节 人工智能的发展	12
第四节 国外智能运输系统的开发与研究领域	16
第二章 智能运输系统基础	21
第一节 信息、信号基础与智能运输系统	21
第二节 计算机技术与智能运输系统	43
第三节 通信基础与智能运输系统	54
第四节 多媒体技术与智能运输系统	71
第五节 智能控制与交通控制系统	90
第三章 智能运输系统的体系结构	102
第一节 概述.....	102
第二节 美国智能运输系统的体系结构.....	108
第三节 日本智能运输系统的体系结构.....	120
第四节 智能运输系统的标准化.....	122
第四章 智能运输系统基本构成	127
第一节 先进的交通信息系统 (ATIS)	127
第二节 先进的交通管理系统 (ATMS)	144
第三节 先进的车辆系统 (AVCS)	172
第四节 先进的公共运输系统 (APTS)	186
第五节 商用车辆运营系统 (CVOS)	193
第五章 智能运输系统的应用研究	200
第一节 自动收费系统.....	200

第二节	宁沪高速公路交通管理系统·····	256
第三节	突发事件检测、预防与监视系统·····	262
第四节	全球定位系统（GPS）在 ITS 中的应用·····	272
第五节	ITS 实时、分布式计算机网络·····	278
附录 A	名词术语索引·····	288
附录 B	美国部分 ITS 研究动向·····	291
参考文献	·····	303

第一章 智能运输系统概述

第一节 公路交通面临的问题与对策

本世纪六七十年代，世界经济发展进入了一个高速增长期。汽车数量急剧增加导致已有的道路远不能满足经济发展的需要，交通状况日益恶化。

在整个工业化世界中，交通阻塞普遍存在。在汽车与商业车辆成为主要因素之前，交通阻塞首先在城市中存在。汽车数量的迅速增加，要求铺筑大量的道路，包括城市道路与乡村公路网。但是，由于道路建设资金的不足，以及道路用地的困难，道路里程的增长速度往往落后于汽车增长的速度，交通问题依然很突出。当汽车与货车的数量增长速度超过了道路的修建速度，交通阻塞总是存在，从而导致需要修建更多的道路。在过去的几十年中，城市地区的交通发展都是通过控制车辆进入，修建多车道道路来避免交通阻塞。例如在美国，前后共花了 30 年修建州际高速公路网。

在高速公路的乡村地区网络中，车速得到提高，出行时间相对减少。但是，在大城市，这些高速公路网的优点却由于交通阻塞而被大大减少。许多大都市，通过修建环形公路，使过境车辆绕过被阻塞地区来缓解问题。但是，这些措施的效果只是暂时的。环形公路的修建重新确定了地区发展模式，新建公路沿线随着商业机构和居民的增加，交通阻塞与土地费用也将增加，从而导致扩展现有公路以提高道路通行能力的费用迅速增加。

为了解决交通阻塞问题，除了修建必要的道路网以外，人们

还尝试了很多新的方法来解决问题。例如，改进道路信号控制，采用道路可变信号，在交通高峰期通过道路改线增加进出车道。而在大城市则成立交通控制中心来监控与显示公路网络的全部交通情况。这在一定程度上缓解了交通拥挤状况。可是在许多地方，这些方法实施的规则是针对预先建立的日常重复的交通模式而制定的。这些方法并不能对交通阻塞作出动态反应，也不能根据具体情况迅速改变交通处理准则。

本世纪 60 年代末期，美国就开始了智能运输系统（Intelligent Transportation Systems，简称 ITS）方面的研究，之后，欧洲、日本等也相继加入这一行列。经过近 30 年的发展，美国、欧洲、日本成为世界 ITS 研究的三大基地。目前，另外一些国家和地区 ITS 研究也有相当规模，如澳大利亚、韩国、新加坡、香港等。可以说，全球正在形成一个新的 ITS 产业，难以计数的大小项目正在开展，发展规模和速度惊人，以“保障安全、提高效率、改善环境、节约能源”为目标的 ITS 概念正逐步在全球形成。

在过去 20 年中，汽车与货车车载电子元件发展很快，除了常见的收音机及磁带放音机之类的产品外，更显著的是那些能感应车辆运行情况以提供更好的车辆运行与控制的元件。同时，电子技术也被大量应用在交通信号控制与交通控制中心的核心部分。交通控制中心是用来处理与显示整个公路网络的交通信息的，它能给正在接近阻塞地区的司机作出适当的交通建议，以提醒司机改变路线与降低车速。

在 80 年代，随着计算机技术和软件技术的极大发展，使得人们能用计算机收集并处理大量数据，并按一定的规则给出结论。而这些规则是建立在相似人类经验的基础上。这种人工智能已成功地应用在各类行业上，例如银行、金融、飞机导航以及电子系统的快速诊断。同样的微电子技术也促进了传感器与通信设施的极大发展。相对于传统的录像机，1980 年便携式摄像机出现了。而大家了解较少的是在红外成像传感器技术方面取得了同

样的进展。这种红外传感器能够显示黑暗中的图像。红外传感器技术确保了美国军事力量在海湾战争中夜间的行动。而基于计算机的机器成像通过军事研究也取得了同样的进展。这种技术可以通过车上的计算机处理传感器传来的数据来确定前方是道路还是障碍物。

现在，大部分车辆都装配了收音机，可收听预定频道的有关交通信息。80年代以来，在汽车和货车上使用移动电话得到飞速增长，从而具备了车辆与交通控制中心传输交通信息的能力。

十多年来，在美国与欧洲，人们都热衷于地面运输现代化，包括现有车辆和道路的新技术应用。日本也正在从事一系列革新，可能会带来车辆与道路系统相互作用方式的极大改变。这些措施的目标都是通过使用先进技术，以求得到更高水平的运输效率及安全。目前，部分改进技术已在公路系统中得到应用。而部分车辆改进技术在商业中也已得到应用。

在现有道路系统中，交通控制中心的计算机用于处理并显示各种数据，这些数据来源于交通信号控制机、道路两侧探测器等。交通控制中心并不知道每一辆车的目的地。而有关交通建议或者咨询又必须基于实际或期望的道路情况，因此这就要考虑每日或每周的交通模式。在严重的交通阻塞成形前，交通控制中心也许不能及时知道交通事故的发生或存在其它道路障碍，这一情况直到严重的交通阻塞已成形。目前的车辆也没有装配仪器来探测前方道路的危险情况，例如路障。此外，车上也没有设备把道路情况报告给交通控制中心。换句话说，在目前，车辆和道路系统还是被当成两个独立实体来实施运行与控制。

而将来的车辆—道路系统则是通过双向通信系统来交流信息。车载传感器将提醒司机前方有路障或者在黑暗和大雾中提醒司机存在一些不安全的运行情况。而这些传感器的数据被直接传送到交通控制中心，从而提供了有关存在道路障碍的实时信息。通过车载计算机终端，司机键入他们的当前位置和目的地，便可得到他们各自路线的特定指引。道路系统将知道车辆的目的地和

计划路线，相应的交通建议则传送给司机以求最大限度地降低交通阻塞。而这些仅仅是将来车辆—道路系统全部涵义的一部分。当在此系统中应用更强大的计算机时，它们便能对交通情况的改变作出迅速反应，这就具备智能化了。

这些早期的努力形成了正在创建的新一代公路与车辆的基础。进入 80 年代中期，交通运输的规划和研究人员认识到如果继续依靠传统技术，则道路交通系统中迅速出现的更加严重的问题得到解决的只能是极少数，而不会全部被解决。

随着计算机技术、信息技术、通信技术、电子控制技术等的飞速发展，人们意识到利用这些新技术把车辆、道路、使用者紧密结合起来，不仅能够有效地解决交通阻塞问题，而且对交通事故的应急处理、环境保护、能源的节约等都有显著的效果。于是，人们充分利用系统的观点，对运输系统进行重新审视，从而导致了智能运输系统的诞生。

智能运输系统，是将先进的信息技术、计算机技术、数据通信技术、传感器技术、电子控制技术、自动控制理论、运筹学、人工智能等有效地综合运用于交通运输、服务控制和车辆制造，加强了车辆、道路、使用者三者之间的联系，从而形成一种定时、准确、高效的综合运输系统。

智能运输系统这个称呼是日本最先于 1990 年提出的，但当时并未得到公认。在日本，有关智能运输系统的活动曾经称为路车间通信系统（Road/Automobile Communication System, RACS），先进的机动车交通信息和通信系统（Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems, AMTICS），通用交通管理系统（Universal Traffic Management System, UTMS），先进的道路交通系统（Advanced Road Traffic Systems, ARTS），超级智能车辆系统（Super Smart Vehicle System, SSVS），先进的安全车辆（Advanced Safety Vehicle, ASV）。在欧洲，最初称为道路运输信息技术（Road Transport Informatios, RTI），后来又称为先进的运输技术（Advanced Transport Telem-

atics, ATT)。而在美国,智能运输系统起初称为智能车一路系统(Intelligent Vehicle-Highway Systems, IVHS)。

1994年春,为了筹备在日本横滨召开的第二次智能运输系统世界大会,日本道路交通车辆智能化推进协会(Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society, VERTIS)提出采用简洁、更加准确的名称“ITS(Intelligent Transport Systems)”的建议,得到了欧美的赞成。美国IVHS(IVHS America)组织,也于1994年9月更名为ITS AMERICA。

近年来,ITS年会每年举办一届,智能运输系统世界大会有力地推动了世界各国智能运输系统的发展。

目前,大致的研究方向主要集中在交通控制与管理、车辆安全和控制、旅行信息服务、交通中人的因素、交通模型开发、行政和组织问题、通信与广播技术、系统等方面。另外,美国还很重视研究框架、通讯协议、使用周波范围和不法行为处理等方面的研究。总体而言,这些主要的研究方向是希望通过ITS的研究开发,用系统的观点来对待运输系统,使现在独自存在的车辆和道路设施及使用者能结合成一个整体,协同作用,最终形成一个快速、安全、方便、舒适、准时的大交通运输体系。

实际上,我国学者是在90年代初开始关注国际上ITS的发展的,并且参加了ITS世界会议的指导委员会和国际标准化组织的部分工作。尤其是1995年之后,ITS的研究、试验、国际交流活动日益频繁。交通部也将ITS列入“九五”科技发展规划和2010年长期规划中,并从1995年开始组织代表团参加ITS世界会议。同时,交通部公路科学研究所成立了ITS工程研究中心,东南大学也利用多学科优势成立了ITS研究中心,进行我国的ITS研究。

智能运输系统的主要目标就是比以往在更广泛形式上将信息技术运用到公路运输系统,以及利用最新的有用信息将驾驶者、车辆、道路设施集合成为一个广泛的综合系统。这类信息技术的运用如今在航空、铁路和海运领域已相当平常。尽管在整个工业

化的世界里，汽车运输占主导地位，然而信息技术在公路运输中的运用却相对少见。

为了解决现代交通问题，为推进智能运输系统的研究、开发和应用，自 1994 年在法国巴黎召开了第一次 ITS 世界会议（当时称 ATT & IVHS 世界会议）以来，每年召开一次，至今已开了五次 ITS 世界会议。在我国至今也已先后召开过多次 ITS 多国会议或 ITS 世界研讨会。

第二节 智能运输系统的起源

关于车辆道路系统的相关工作并没有单一显著的起源，它们可以追溯到 70 年代到 80 年代的一系列项目，这些项目在一定的程度上显示了车辆—道路系统中部分新技术的因素。许多国家都从事了相关研究工作，它们中包括了政府、企业、学术机构以及某些商业与专业组织。这些不同的组织通过合作逐渐对车辆和道路系统形成了统一的车辆—道路系统概念。随着计算机系统中人工智能的发展，有关智能车辆道路系统（IVHS）的影像也就浮现出来了。

在美国，这些早期的研究工作和试验均由各州或各城市分别来做。1987 年，许多对此有兴趣的人员成立了一个非正式团体，叫做 Mobility 2000，目的是促进在后来称之为 IVHS 的主要国家计划的建立。这个组织成了向政策制订者和国会议员游说的临时角色，直到后来成立了更加持久的组织来承担这个角色。Mobility 2000 组织成功地使国家把注意力集中到许多正在进行的项目上。在 1989 年，他们的努力导致通过有关指引国家支持 IVHS 计划发展的一系列文件。这些文件促成 IVHS 计划全国工作小组的成立。

美国 IVHS 全国工作小组成员包括了联邦政府和各州政府机构的代表、企业和学术机构的代表。美国交通部（USDOT），通过它的联邦公路管理局（FHWA），动员联邦政府对全国合作计

划进行支持。有关参加企业则包括一些来自各主要汽车、通信、信息系统、交通装备等生产商及一些咨询公司的代表。学术机构则由一些大学交通研究中心选取的代表组成。

更有意义的是，Mobility 2000 也导致了美国智能车辆道路协会的诞生。(IVHS America) 协会成员和它的技术委员会成员则由联邦政府、州政府、地方政府的代表以及企业与学术机构的代表组成，IVHS America 也因此成为美国运输部 (USDOT) 的一个顾问委员会。由于处于这种地位，使得协会的主要任务之一是向交通部提供有关 IVHS 计划的需求、目标、目的、计划及进展等。

始于 1987 年的 Mobility 2000 会议，使得一些大学科研人员、咨询者、企业专家、以及联邦交通委员会权威人士走到一起来，其中一部分则与电子及先进的计算机科学相联系，另一部分则与土木工程相联系。这些不同专业的融合对于认识 IVHS 计划的目标是很必要的。

IVHS America 已向美国运输部 (USDOT) 提供了一份有关完成 IVHS 的战略计划。对于这个非同一般的公共——私人团体，IVHS America 既是 USDOT 的顾问机构又是涉及企业及学术机构的合作者。

联邦政府在 IVHS 计划上的合作与支持则在法律上加速了地面协同联运效率行动 (ISTEA) 文件的签署。这使得联邦政府得以被授权出资 6 亿美元来支持 IVHS 计划的实施。后来，这笔资金增加到 9 亿美元。

1996 年 1 月 10 日，美国运输部部长范德里克·佩纳 (Federico Pena) 公布了 ITS 的目标，要在未来的十年内，在美国 75 个最大城市加强智能运输系统基本设施建设。佩纳曾在华盛顿特区举行的运输研究年会上提出了“缩短运营时间计划”，这一目标的实现将为该计划的实施奠定基础。佩纳还承诺将改进郊区公路和州际公路上其它 450 个地区的技术设施。在与以前美国所确定的修建州际公路系统和登月计划进行比较时，佩纳说，现在是

地面运输方面建立下一个新领域的时候了，既然成千上万的美国人能通过信息高速公路利用信息，为什么 1.75 亿美国公民不能在技术先进的公路上驾驶呢？针对由于交通阻塞而造成的时间和金钱的浪费，佩纳指出，“缩短运营时间计划”将能减少美国公民至少 15% 的出行时间，而无论他们驾驶轿车或乘坐公共汽车、火车还是地铁。

在美国，把先进计算机和通信技术应用到道路交通中，在 80 年代后期发展很快。这些项目主要在州政府一级或地方政府一级进行。汽车制造商、道路提供者、货车制造商一直在资助这些研究。而当这些工作主要通过 USDOT 资助与合作时，却一直没有得到联邦政府的支持。这种情况直到通过了 ISTEA 法案才改变。ISTEA 法案除了使这些研究工作为国家政策外，还授权联邦政府提供主要资金。在 1990 年 8 月份，合并产生了公共——私人组织 IVAS America，从而实现了为车辆道路系统的开发与实施融合各个分散组织与所需技术。

当美国政府降低国防开发时，IVAS 得到加速发展。防卫部门注意到把他们在计算机、传感器及通信方面的技术应用到 IVHS 中，具有极佳的机会。IVHS 从政府国防费用的变化中受益。这些因素都极大地促进了 IVHS 事业的发展。IVHS 不仅作为一个综合目标，而且也是一个特定道路与车辆的变化而不断改进变化的动态过程。

IVHS America 于 1994 更名为 ITS America (Intelligent Transportation Society of America)。美国的 ITS 研究从过去的以州政府或地方政府为主的方式进入到以联邦政府宏观指导调控、共同投资的方式。美国联邦公路局在全美建立了 3 个 ITS 研究中心，中心的经费由联邦政府和地方政府共同提供。目前，美国共有 ITS 的现场试验场近百个，总投资达 7 亿多美元。ITS America 组织机构和美国运输部 ITS 规划协调机构以及美国 ITS 推进体制如图 1-1，图 1-2，图 1-3 所示。

在欧洲，对 IVHS 的合作努力是伴随着 PROMETHEUS

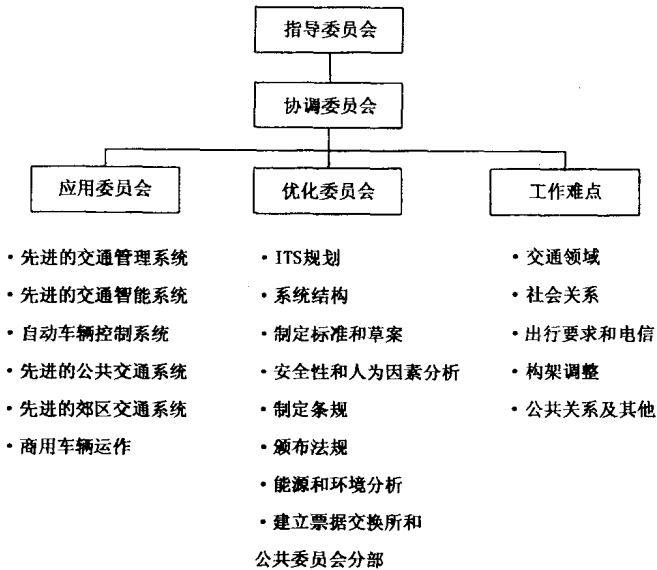


图 1-1 ITS America 组织机构

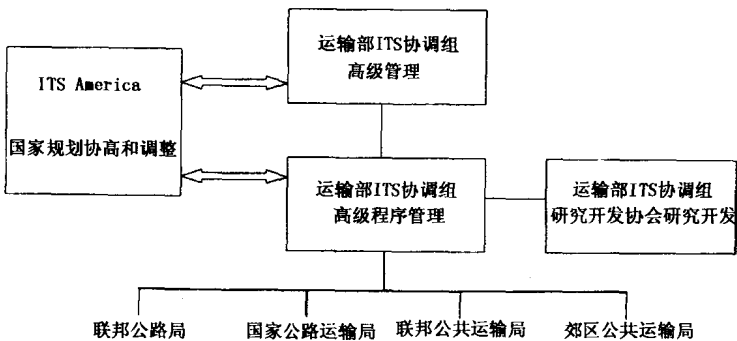


图 1-2 美国运输部 ITS 规划协调机构

(Program for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) 和 DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe) 计划而开始的。PROMETHEUS 是由西欧汽车产业界组织的项目，这项为期 8 年的计划是致力于改进

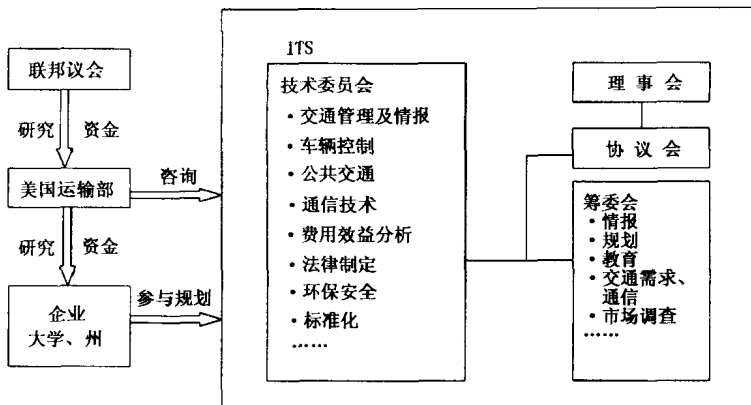


图 1-3 美国 ITS 推进体制

欧洲的交通系统和交通问题。通常做法是使用先进的信息、通信汽车技术。该计划包括对公路系统的改进和把公路交通与其它形式的交通合成一体，其中各个项目的重点还是放在对车辆的改进上。

欧洲智能公路系统的计划及实施需要各参与国的合作以及服从统一标准。合作是由欧盟委员会来领导的，1988 年，委员会批准了 DRIVE 计划。这个计划的第一阶段是致力于研究、规划、试验、尝试实施人工智能与公路系统一体化，该工作已在 1991 年完成。这次尝试，以及后来的工作都在欧洲交通部长会议中得到肯定。在 1991 年，DRIVE II 计划的实施使得这种努力得以持续下去。DRIVE II 计划由 57 个项目组成，主要致力于运行测试与评价研究，并继续支持科研与发展研究。

在欧洲，车辆和道路被作为一个整体系统认识之前，有关 PROMETHEUS 和 DRIVE 计划已实施了数年。PROMETHEUS 计划是面向于汽车技术，而 DRIVE 计划是面向于道路与交通控制技术。然而，组织机构并没有手段把这两种行动统一起来。为了满足统一这两种行动的要求，在 1991 年晚期成立由私人、公共团体组成的欧洲道路交通通信合作委员会（ERTICO）。成立