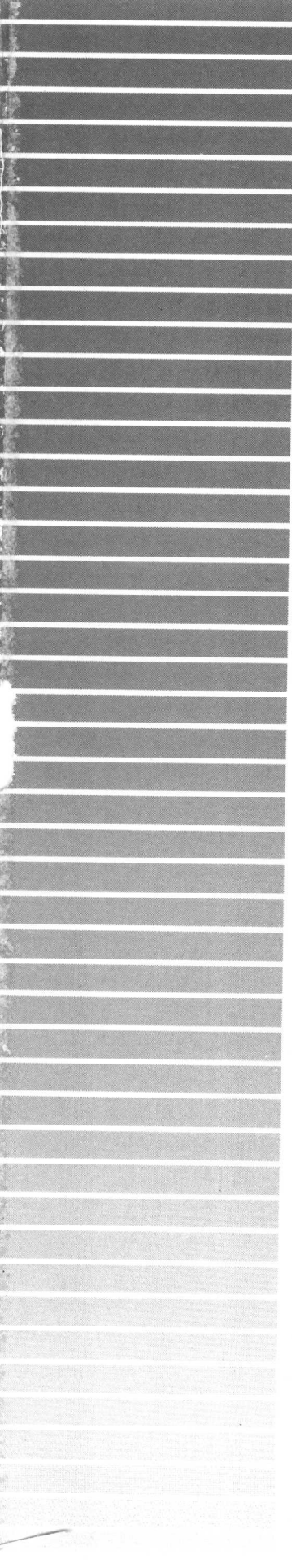


地铁智能交通系统 研究与实践

简 炼 主编
王富章 主审

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



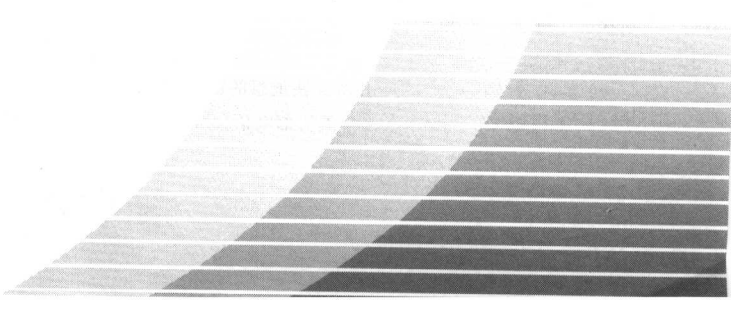
地铁智能交通系统 研究与实践

主编：简 炼

主审：王富章

中国铁道出版社

2007年·北京



内 容 提 要

智能交通系统(ITS)是交通运输领域信息化建设的方向。地铁中采用智能交通系统,将若干分散系统集成起来,实现系统之间的信息交互和共享,使整个系统在一个软件平台上协调高效运作。本书结合深圳地铁智能交通系统,基于 TIS 技术的信息化建设实践,介绍在实施过程中的理念、理论、模式和经验。同时,用 ITS 理论对深圳地铁智能交通的成果建立了评价模型,进行了尝试性评价。

图书在版编目(CIP)数据

地铁智能交通系统研究与实践/简炼,王富章,李平
编著. —北京:中国铁道出版社,2007. 1
ISBN 978-7-113-07667-2

I. 地… II. ①简…②王…③李… III. 地下铁
道运输-交通运输管理-智能控制-研究 IV. U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 164079 号

书 名:地铁智能交通系统研究与实践

作 者:简 炼 王富章 李 平等

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:刘 波

封面设计:冯龙彬

印 刷:北京盛兰兄弟印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15.75 字数:378 千

版 本:2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3 000

书 号:ISBN 978-7-113-07667-2/U·2008

定 价:60.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话(010)83534860 发行部电话(010)51873124

编辑委员会名单

编委会主任：陈玉明

编委会副主任：简 炼 王富章

主 编：简 炼

主编组：董向阳 李新文 申香梅 张健保

叶丽娟 高军章 刘 力

主 审：王富章

副主审：赵有明 申金升

主审组：李 平 黄爱玲 李 芳 马继辉

序

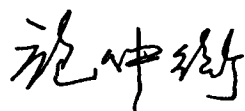
创新是深圳经济特区应运而生并创造了发展奇迹的立身之本,也是引领高新技术产业迅猛发展的不竭动力。深圳地铁秉承了特区勇于开拓的精神,从公司组建伊始,就把创新作为事业发展的动力。进入 21 世纪,人类步入信息时代,智能交通(ITS)已成为交通运输信息化的标志。深圳地铁是深圳市第一个国家重点工程,投资过百亿,市委、市政府高度重视,提出了“高起点、高标准、高水平”、建成一条靓丽风景的要求。深圳地铁率先打破了传统地铁的发展模式,用 ITS 理论指导地铁的建设和运营的实践,向信息技术这一当代的先进生产力要安全、要效益、要节约,在地铁智能交通领域进行了大胆尝试,经过科学的系统筹划,在技术路线、重点系统、创新模式、风险控制等方面做了一系列的有益探索,走出了一条地铁智能化发展的新路。在服务、安全、能耗、效率、节约等 ITS 关键评价指标方面已取得了极为显著的效果。深圳地铁坚持自主创新,实现了从零到国际先进水平的跨越式发展,积累了一些宝贵的经验,已成为引领地铁智能交通发展的范例。

深圳地铁智能交通系统之所以取得成功,关键在于从机电装备系统的规划开始,以 ITS 理论为指导,坚持自主创新,进行地铁智能交通的创业,通过采用信息化技术,利用后发优势,提升了机电装备的水平,在集成创新和引进消化吸收再创新方面进行积极探索,作到了“动员起一切资源”为我所用,实现了“人无我有,人有我新”,同时培育了企业的自主创新能力,提高了企业的核心竞争力。

通过国产化政策的落实,将国家重大工程项目与重大技术装备创新进行对接、互动,成功地解决了重大技术装备创新由谁来组织开展,资金来源问题应如何化解,采用创新成果的风险由谁来承担,以及创新成果如何共享等长期困扰创新实践的棘手问题,为国家依托重大工程项目进行重大技术装备创新提供了借鉴。深圳地铁将创新策略概括为:“提出一流需求,立足高点起步,采用领先技术,利用后发优势,实现跨越发展,兑现自主创新。”深圳地铁用自己的实践闯出

了一种“用户主导,用、企紧密结合”的重大技术装备的创新模式。

当前,我国城市轨道交通系统已经进入大规模建设时期,落实科学发展观,建设节约型地铁的任务非常艰巨,建设更安全、更高效、更节约的轨道交通,只能从信息化、智能化方面进行突破。在轨道交通领域迫切需要先进的理论指导和典型引路。本书较系统地总结归纳了深圳地铁从理论到实践的具体做法并尝试性地进行了评价。希望本书的出版能对未来轨道交通的信息化、智能化建设起到借鉴作用。



中国工程院院士

2007年4月 于北京

前 言

自 20 世纪末以来,智能交通系统(ITS)已成为交通运输界领域研究的热点,在信息化的时代,智能交通已成为信息化交通的重要标志,已成为提升运营效率、安全水平、服务品质以及节约投资的重要途径。

深圳地铁率先从实际需求出发,以运营需求为主线进行基于 ITS 理论的系统创新,提出了地铁智能交通系统理论,突破了地铁传统信息化建设的模式。以优服务、高安全、高效率、低能耗为目标导向,通过集成创新,在服务、安全、能耗、效率等 ITS 关键评价指标方面取得了极为明显的成效,积累了许多宝贵的经验,已成为地铁智能交通系统的典型案例。

本书结合深圳地铁智能交通系统建设的实践,系统介绍基于 ITS 技术的信息化建设的理论和实践,并用 ITS 评价理论对地铁智能交通的成果建立了评价模型,并对深圳地铁进行了尝试性评价。

目前我国城市轨道交通系统已经进入大规模建设阶段。在建设过程中,用信息化技术提升我国的城市轨道交通事业的发展水平,地铁智能交通系统应是一个方向。在未来的地铁建立起安全、高效、节约的智能化系统,已成为我国地铁发展的迫切要求,也是建设节约型地铁、效益型地铁的必然选择。

本书共分为 12 章。第 1 章、第 2 章为基础理论部分,主要介绍了国内外轨道智能交通系统发展概况以及地铁智能交通系统(MITS)的相关理论。第 3 章至第 9 章为深圳地铁的智能交通系统建设实践部分,分别对深圳地铁的智能交通系统总体框架以及其子系统,包括智能收费管理系统、智能综合监控系统、智能列车自动控制系统、乘客信息系统、通信系统和其他相关信息系统等做了介绍。第 10 章至第 12 章为深圳地铁智能交通系统建设经验和启示,在对深圳地铁智能交通系统进行综合评价的基础上,总结了其成功的创新模式。

本书是深圳地铁公司及相关研究人员,长期以来在 ITS 理论研究和地铁信息化建设实践中经验的结晶,系统反映了作者团队及同仁在地铁智能交通系统领域的开创性工作,其思路 and 理论对我国城市轨道交通信息化、自动化、智能化

建设具有一定的借鉴意义。本书旨在为从事城市轨道交通建设、运营、相关的研究人员及教学研究提供参考。

在深圳地铁一期工程智能化创建的过程中得到了施仲衡、钱清泉、李国杰、江亿等院士的支持、指导和帮助。施仲衡院士非常关注地铁建设中落实科学发展观和创新事业,在百忙中为本书作序。在此对于他们为地铁智能化建设做出的贡献表示衷心的感谢。

由于智能交通的发展在我国处于起步阶段,从理论到实践都存在广阔的探索空间。然而,本书的编写时间较紧,再加上编者水平有限,书中有不足之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2006年9月

目 录

第 1 章 智能交通系统(ITS)概述	1
1.1 国内外智能交通系统的研究现状	1
1.1.1 国外智能交通系统的研究现状	1
1.1.2 国内智能交通系统的研究现状	4
1.2 国内外轨道交通领域智能化的发展现状	5
1.2.1 国内外铁路智能运输系统的发展现状	5
1.2.2 国内外城市轨道交通系统智能化的发展现状	7
1.3 小结	11
第 2 章 地铁智能交通系统(MITS)理论	12
2.1 地铁智能交通系统的内涵及本质特征	12
2.1.1 地铁智能交通系统概念	12
2.1.2 地铁智能交通系统特征	15
2.2 地铁智能交通系统的体系框架	18
2.2.1 MITS 体系框架的制定意义	18
2.2.2 MITS 体系框架的制定原则	19
2.2.3 MITS 体系框架的研究步骤	19
2.2.4 地铁智能交通系统的服务框架	20
2.2.5 地铁智能交通系统的逻辑框架	21
2.2.6 地铁智能交通系统的物理框架	21
2.3 地铁智能交通系统的核心基础平台	23
2.3.1 通信平台	23
2.3.2 信息共享平台	25
2.3.3 地理信息平台	29
2.4 地铁智能交通系统的经济技术评价体系	33
2.4.1 评价的目的	33
2.4.2 评价的意义	34
2.4.3 评价的流程	34
2.4.4 评价的内容	35

2.4.5	评价的阶段	36
2.4.6	评价的方法	37
2.5	小结	38
第3章	深圳地铁智能交通系统框架	39
3.1	深圳地铁建设概况	39
3.1.1	深圳地铁建设规划	40
3.1.2	深圳地铁建设情况	41
3.1.3	深圳地铁运营情况	43
3.2	深圳地铁 MITS 的总体需求	44
3.2.1	高品质的需求	44
3.2.2	高安全的需求	44
3.2.3	高效率的需求	45
3.2.4	基础系统的需求	46
3.3	深圳地铁智能交通系统建设总体目标和创新思路	46
3.3.1	深圳地铁智能交通系统建设的总体目标	46
3.3.2	深圳地铁智能交通系统建设的原则	47
3.3.3	深圳地铁智能交通系统建设的创新思路	48
3.4	深圳地铁的 MITS 层次框架	50
3.5	深圳地铁 MITS 的系统构成	53
3.5.1	面向安全的系统	53
3.5.2	面向效率的系统	55
3.5.3	面向服务的系统	56
3.5.4	基础平台系统	57
3.6	小结	57
第4章	深圳地铁智能收费管理系统	58
4.1	IFCMS 概述	58
4.2	IFCMS 的业务和功能	59
4.2.1	IFCMS 的业务描述	59
4.2.2	IFCMS 的主要功能	62
4.3	IFCMS 的结构	65
4.3.1	IFCMS 的系统构成	65
4.3.2	IFCMS 的网络结构	69
4.4	IFCMS 的接口	72
4.5	IFCMS 的性能	74

4.6 IFCMS 的自主开发创新	76
第5章 深圳地铁的综合监控系统	78
5.1 综合监控系统概述	78
5.2 综合监控系统的功能	79
5.2.1 系统综合监控功能	79
5.2.2 中央监控功能	79
5.2.3 车站监控功能	80
5.3 综合监控系统的结构	80
5.3.1 中央级监控系统	80
5.3.2 车站级监控系统	82
5.3.3 就地设备自动化系统	83
5.4 深圳地铁综合监控系统子系统	83
5.4.1 ISCADADA 系统	83
5.4.2 IFAS	95
5.4.3 IEMCS	101
5.5 深圳地铁综合监控系统的集成方式	122
第6章 深圳地铁智能列车自动控制系统	128
6.1 IATC 系统概述	128
6.2 深圳地铁 IATC 系统	128
6.2.1 列车自动监控子系统 ATS	128
6.2.2 列车自动防护子系统 ATP	132
6.2.3 列车自动驾驶子系统 ATO	133
6.3 深圳地铁 IATC 系统的结构	136
6.3.1 列车自动监控子系统 ATS	136
6.3.2 列车自动防护子系统 ATP	139
6.3.3 列车自动运行子系统 ATO	142
6.4 IATC 系统的接口	143
6.4.1 ATP 子系统的接口	143
6.4.2 ATO 子系统的接口	144
6.4.3 ATS 子系统的接口	145
6.4.4 与屏蔽门等系统的接口	145
6.4.5 与 IPIS 的接口	145
6.4.6 车载 IATC 设备和列车无线系统之间的接口	145

第7章 深圳地铁智能乘客信息系统	146
7.1 IPIS 概述	146
7.2 深圳地铁 IPIS 的主要特征及功能	147
7.2.1 深圳地铁 IPIS 的主要特征	147
7.2.2 深圳地铁 IPIS 的功能	148
7.3 深圳地铁 IPIS 的结构	150
7.3.1 中央级 IPIS 监控中心系统构成	150
7.3.2 车站级 IPIS 监控中心系统构成	150
7.3.3 IPIS 现场设备构成	151
7.4 IPIS 的接口	152
7.5 IPIS 的信息与显示	153
第8章 深圳地铁通信系统	156
8.1 地铁通信系统概述	156
8.2 深圳地铁通信系统的需求	157
8.3 深圳地铁通信系统的主要功能	159
8.3.1 深圳地铁通信传输子系统 I 的系统功能	159
8.3.2 深圳地铁通信传输子系统 II 的系统功能	161
8.4 深圳地铁通信系统的结构	162
8.4.1 深圳地铁通信传输子系统 I 的结构	162
8.4.2 深圳地铁通信传输子系统 II 的结构	164
8.5 深圳地铁通信系统的接口	166
第9章 深圳地铁其他相关信息系统	171
9.1 资产管理系统	171
9.1.1 资产管理系统概述	171
9.1.2 资产管理系统的主要功能	173
9.1.3 资产管理系统的效益	176
9.2 办公自动化系统	178
9.2.1 基本业务功能	178
9.2.2 办公业务功能	179
9.3 企业信息门户系统	180
9.4 财务管理系统	183
9.5 人力资源管理系统	183
9.6 工程建设管理系统	184

9.7 经营资源管理系统	184
第10章 深圳地铁 MITS 评价	185
10.1 评价目的和意义	185
10.2 评价的内容	186
10.3 评价的流程	187
10.4 评价指标体系的设计	189
10.5 深圳地铁 MITS 建设的单项评价	189
10.5.1 技术性能评价	189
10.5.2 经济效益评价	193
10.5.3 服务水平评价	195
10.5.4 社会效益评价	197
10.5.5 自主创新性评价	201
10.6 深圳地铁 MITS 建设的综合评价	203
10.6.1 综合评价模型的建立	203
10.6.2 计算及结果分析	207
10.7 总体评价结论	210
第11章 深圳地铁 MITS 建设实践	212
11.1 深圳地铁 MITS 创新的动力	212
11.2 深圳地铁 MITS 的目标	213
11.3 深圳地铁 MITS 的实施	214
11.4 深圳地铁 MITS 的成果	215
11.5 深圳地铁 MITS 的启示	218
11.6 深圳地铁 MITS 创新总结	219
11.7 深圳地铁 MITS 的升级	221
11.8 小结	222
第12章 MITS 建设的展望	223
12.1 MITS 的战略	223
12.2 MITS 的理念	224
12.3 MITS 规划	225
12.4 MITS 建设	227
12.5 小 结	229
名词术语	230
参考文献	233

第 1 章 智能交通系统(ITS)概述

随着世界经济的不断发展,各国交通运输领域的建设得到了极大的发展,但是交通需求的快速增长已经远胜于交通基础设施建设的增长速度。由此带来的环境污染、交通拥堵等一系列问题,制约了经济的良性发展。这些问题在发达国家尤为严重。一系列实践证明:单纯靠增加交通设施建设并不能彻底解决交通问题,而必须从系统角度出发,针对人、车、路这三大方面,采用信息化、集成化、综合化的方法来解决交通问题。20 世纪 80 年代后期,美国、日本以及欧洲等发达国家分别运用当代的高新技术和理论,开始研发以提高效率、提高安全性和减轻环境影响为目标的交通系统,即智能交通系统(Intelligent Transport System,简称 ITS)。

“智能交通系统”是国际公认的全面解决交通运输领域问题的根本途径。其含义是“综合运用先进的信息、通信、网络、自动控制、交通工程等技术,改善交通运输状况,提高运输效率和安全性,减少交通事故,降低环境污染,从而建立一个智能的、安全、便捷、高速、舒适和环保的新型运输体系”^[7]。欧美日等发达国家投入了大量人力、物力和财力对 ITS 的诸多领域进行了广泛研究和开发,取得了显著的效果。实践证明,智能交通利用现代科学技术在道路、车辆和驾驶员(乘客)之间建立起智能的联系,优化和调整交通流量的空间分布,充分利用现有道路资源,实现了人、路、车的统一,极大地提高了运输效率、增强了交通运输的安全性、改善了环境质量、提高了能源利用率。

1.1 国内外智能交通系统的研究现状

1.1.1 国外智能交通系统的研究现状

目前,以美国、欧洲、日本为代表,在 ITS 领域取得了较为突出的成绩。图 1-1 是对美、欧、日 ITS 发展历程的粗线条回顾。从图中可以看出 ITS 发展的基本概貌:20 世纪 60 年代末至 80 年代初为初期发展阶段;20 世纪 80 年代初至 90 年代中为研究开发阶段;20 世纪 90 年代中至今是 ITS 系统集成和国际标准开发的阶段。进入 21 世纪以来,美、欧、日已经从 ITS 的理论研究迈向实用化,

开始大规模实施 ITS。

美国的 ITS 系统在 1994 年以前称为智能车辆道路系统(Intelligent Vehicle-Highway System, 简称 IVHS), 后因为研究内容的不断扩大而改名为“智能交通系统”, 即 ITS。美国推进智能交通系统是从 1992~1997 年的综合陆地运输效率法(Integrated Surface Transportation Efficiency Act, 简称 ISTEA)开始的, 之后又延伸到 1998~2003 年的 21 世纪交通运输公平法(Transportation Equality Act for the 21st Century, 简称 TEA21, 又称为 21 世纪冰茶法案)。目前美国 ITS 研究集中在 7 个领域共 32 项研究内容。

欧洲在 1986 年就开始了大规模的 ITS 研究, 其组织和协调主要由欧洲社团委员会(The Commission of European Communities, 简称 CEC)和 EUEKA (包括 19 个国家的工业研究创始单位)共同完成。欧洲的 ITS 研究主要是基于两个道路基础设施建设计划而开展起来的。

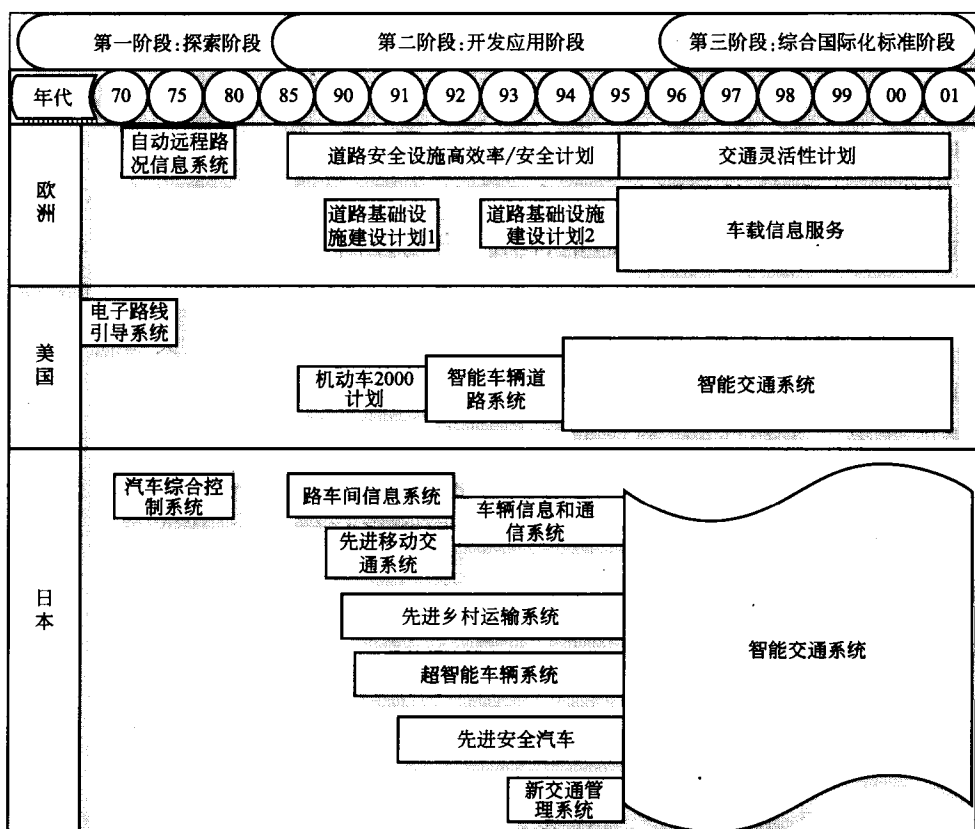


图 1-1 欧洲、美国、日本 ITS 发展历程

日本是较早开始进行 ITS 研究的国家。1973 年, 以通产省为主开发的“汽车综合(交通)控制系统”被认为是日本最早的 ITS 项目。其后, 陆续开发了“路

车间信息系统”、“先进的道路交通系统”、“先进的安全汽车”、“超智能车辆系统”、“车辆信息与通信系统”、“新交通管理系统”、“自动公路系统”、“车辆信息与通信系统 VICS”等。

目前日本的 ITS 研究与应用开发工作主要围绕三个方面进行,他们分别是:车辆信息与通信系统、不停车收费系统、先进道路支援系统。为推广应用 ITS 的研究成果,引进先进技术,实现 ITS 的多元化,发挥先进技术的优越性,日本还先后制定了 Smart Way(智能道路)计划和 Smart car ASV(Advanced Safety Vehicle,先进安全型汽车)计划。计划的目的是创造综合 ITS 技术的高效、安全的通行环境。

结合上述各国 ITS 研究和开发情况,国外智能交通系统研究包括的范围大概划分为如下:

①先进的交通管理系统(ATMS):该系统利用监测、通信及控制等技术,将交通监测所得的交通状况,经由通信网络传输到交通控制中心,中心再结合其他方面所获得的信息,制定及评估交通控制策略,执行整体性的交通管理,并将相关信息传送给出行者,以达到运输效率最大化及运输安全等目的。系统主要特色是强调子系统间协调与实时控制的功能,提供匝道控制、信号配时方案、事件管理以及替代路线引导参考等。

②先进的出行者管理信息系统(ATIS):ATIS 由先进的信息、通信及其他相关技术组成,提供出行者必要的信息,使其能在车内、家里、办公室、车站、途中等地点方便地取得所需的出行信息,为出行方式与路线选择提供决策参考,以顺利到达目的地。

③先进的公共交通管理系统(APTS):APTS 采用各种智能技术促进公共交通的发展,如通过个人计算机、闭路电视等向公众就出行时间和方式、路线及车辆选择等提供咨询,在公交车站通过显示屏向候车者提供车辆的实时运行信息。

④电子付费与电子收费系统(EPS&ETC):电子收费系统应用各种通信和电子技术使得出行者和交通营运管理者之间的交易变得更容易。电子收费利用车载电子卡片与路侧单元通信,通过电子卡片登录的方式进行收费,以取代现行人工收费方式。

⑤商业车辆营运系统(CVO):CVO 系统利用上述的各个系统技术应用于商业营运车辆,例如电子通关系统、路边安全检查的自动化系统、车载安全监控系统、商业车辆的行政管理系统、商业车队管理系统、危险品应急响应系统等,以提高企业内部劳动生产率,减少运输成本,提高生产力。所谓商用车辆不仅包括大型与重型车辆(货车),也包括紧急救援用车辆(如救护车、拖吊车),以及每日

运作的商用车(如出租车)等。

⑥紧急救援管理系统(EMS):当紧急事件发生时,求援车辆如何求援、救援车辆如何救援、救援车辆如何在最快时间内到达现场,以及如何警示其他驾驶员的系统。本系统包括车辆故障与事故救援派遣和救援车辆优先通行等部分,目的在于使事故能在短时间内得到解决,减少伤害程度。

⑦先进的交通控制和安全系统(AVCSS):AVCSS将传感器、计算机、通信、电机及控制技术应用于车辆和道路设施上,帮助驾驶员提高行车安全性,增加道路容量,减少交通拥挤。系统的主要特点是利用传感器弥补人类感官功能的不足,减少危险的发生,提高自动控制的程度,实现更安全、更准确、更可靠的控制,避免驾驶员因判断错误或技术不熟练所造成的损失。

1.1.2 国内智能交通系统的研究现状

我国 ITS 研究起步于 2000 年,至今已经取得了较好的效果。2000 年科技部会同相关部门成立了全国智能交通系统(ITS)协调指导小组及办公室,并成立了 ITS 专家咨询委员会,组织研究和制定了中国智能交通系统发展战略、体系构架和技术标准^[13]。计划确定了“十五”科技攻关项目智能交通系统试点城

表 1-1 中国 ITS 研究领域体系结构^[6]

研 究 领 域	用 户 服 务	研 究 领 域	用 户 服 务
交通管理与规划	交通法规监督与执行	紧急事件和安全	紧急情况确认及人身安全
	交通运输规划支持		紧急车辆管理
	基础设施维护管理		危险品及事故通告
	交通控制		公共出行安全
	需求管理		易受伤道路使用者安全措施
	紧急事件管理		交汇处的安全服务
电子收费	电子收费	运营管理	公交规划
出行者信息	出行前信息服务		车辆监视
	行使中驾驶员信息服务		公交运营管理
	在途公共交通信息服务		一般货物运输管理
	个性化信息服务		特种运输的管理
	路径诱导及导航	综合运输	交换客货运信息资源
车辆安全和辅助驾驶	视野范围的扩展		提供旅客联运服务
	纵向防撞		提供货物联运服务
	横向防撞		
	交叉路口防撞		
	安全状况(检测)	自动公路	自动公路
	碰撞前乘员保护		
	自动车辆驾驶		