

◆ 城市交通丛书 ◆

# 停车诱导信息系统 规划理论与协同诱导策略设计

季彦婕 邓卫 赵德 潘大为 著



科学出版社

城市交通丛书

# 停车诱导信息系统规划理论 与协同诱导策略设计

季彦婕 邓 卫 著  
赵 德 潘大为

U491.7  
08

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以基于可变信息标志的城市停车诱导信息系统为研究对象,从系统协同与信息共享的角度构建了停车诱导信息系统的总体框架和逻辑结构,确定了整个系统的控制模式;分析了停车场有效泊位的变化特性,提出了有效泊位实时预测方法;在停车诱导信息对驾车者停车选择行为影响机理分析的基础上,提出了停车诱导可变信息标志的布设优化方法和版面设计方法;对协同机理进行详细分析,针对不同的交通状态,提出相应的停车诱导协同策略,并着重研究了偏重式和递阶协同式两种停车诱导协同策略;从系统性和可操作性角度出发,构建了停车诱导信息系统评价指标体系,提出成本效益评价方法和基于模糊聚类的综合评价方法;最后,以南京市湖南路商业区为例,应用提出的理论方法进行停车诱导信息系统规划设计。

本书可作为高等院校交通工程、交通运输和城市规划专业高年级本科生、研究生的参考教材,也可供城市交通运输工程领域的科研和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

停车诱导信息系统规划理论与协同诱导策略设计/季彦婕等著. —北京:科学出版社, 2014.11

(城市交通丛书)

ISBN 978-7-03-042131-9

I. ①停… II. ①季… III. ①停车设备—信息系统 IV. ①U491.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 233071 号

责任编辑: 惠 雪 王 苏 / 责任校对: 鲁 素  
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014 年 11 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2014 年 11 月第一次印刷 印张: 16 1/2

字数: 330 000

定价: 79.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 《城市交通丛书》编委会

主任：王 炜

副主任：冉 斌 孙 璐

委员（按姓名拼音排序）：

陈 峻 陈 茜 陈淑燕

陈学武 程 琳 邓 卫

过秀成 季彦婕 李文权

刘 攀 陆 建 任 刚

王 昊 项乔君 杨 敏

叶智锐 张国强

## 《城市交通丛书》序

交通是城市发展的永恒主题。我国不断演变的城市形态、高强度的城市开发、复杂的城市交通构成、中国特色的混合交通流特征，使得城市交通系统成为一个跨领域的复杂开放系统，既具有复杂性、开放性、动态性、随机性和非线性特征，也具有可控性和自组织特征，既产生了很多的现实交通问题，也蕴涵着大量的科学理论问题。

为实现城市交通系统功能优化，欧美发达国家在近 200 年的城镇化过程中，经历了从“交通需求增长—交通供给增加”到“交通需求进一步增长—智能化交通管理与控制”这两个相对独立的发展阶段。人口众多、资源紧缺，工业化、城镇化、信息化同步发展，城市功能高度聚集和城市规模快速扩张同步进行的中国国情，使得我国的城市交通问题兼具“发展中”和“发展后”特点，比发达国家更加复杂。研究解决中国城市交通问题，具有空前的挑战性。

近年来，东南大学交通学院在城市交通领域先后承担了“973”计划、“863”计划、国家科技支撑计划、国家自然科学基金重点项目等多项高层次科研项目，积极参与了“畅通工程”、国家道路交通安全科技行动计划等国家重点工程的科技攻关项目，在城市公共交通系统规划、城市智能公交关键技术、智能交通控制方法、交通安全分析与调控等领域开展了长期不懈的探索工作，取得了较为丰硕的科研成果。自 2000 年以来，学院已获得国家技术发明奖、国家科技进步奖 10 项。基于上述理论研究成果完成了多项交通系统规划、公交优先组织、智能交通管理、交通安全等领域的应用项目，涵盖 30 多个不同地区、不同规模、不同经济水平城市，提供了有力的技术示范，积累了丰富的实践经验。

现由科学出版社将主体成果以东南大学交通学院《城市交通丛书》的形式呈献给广大读者。该丛书旨在探索中国特色的城市交通发展之路，聚焦提升城市交通系统整体效能的核心技术，培养搭建城市交通学术交流、成果展示和技术积累的平台。

未来二十年仍将是我国城镇化、机动化的快速发展时期，交通问题将会越来越严重。希望本丛书的出版能够发挥服务行业、服务社会、服务国家的积极作用，为构建高效、安全、节约、环保的现代城市交通系统提供理论和技术支持。



2014 年 10 月 31 日

## 前 言

随着国民经济的快速增长、城市化进程的加快和道路交通条件的改善，城市机动车保有量显著增加，由此产生的城市停车供需矛盾也日益突出。此外，经常出现部分停车场昼夜车满为患，而处于相同区位的某些停车场却长期门前冷落的“奇怪”现象。究其原因，除了停车设施布局不合理等客观条件外，缺乏相关的停车诱导信息和设施，也造成了驾车者在目的地周围的迂回巡泊，而由此产生大量无效交通流，加剧了停车场周边道路的交通拥堵状况。如何采用以信息技术为代表的发达的现代科学技术手段合理引导并优化停车选择行为，调节停车供需，使之趋于平衡，已成为现代化城市交通管理领域关注的热点与难点。

停车诱导信息系统正是提高城市停车管理水平、缓解城市停车难问题的主要途径之一。停车诱导信息系统作为一种有效调节停车供需和缓解停车压力的方式，在城市智能交通系统中扮演着极为重要的角色，与其他智能交通子系统密切联系、分工协作，从不同的角度方便居民出行、缓解城市交通问题。它集成了计算机网络技术、信息系统、定位技术和现代无线通信技术等诸多高新技术，参与整个城市的交通管理，可以对管理区域的停车场状况及剩余泊位情况进行整体协调，制定不同的停车诱导策略应对不同区域的停车需求进行监控和调节。

随着计算机和通信技术的迅猛发展，国内的车位检测、通信、动态交通标志等技术已经比较成熟，停车诱导信息系统在技术上实现的困难也逐渐解决。而与应用于停车诱导信息系统的计算机、通信等方面的高新技术形成对照的是，停车诱导信息系统的理论基础研究相对落后，这在很大程度上影响了停车诱导信息系统的应用效果，限制了其进一步发展。因此，本书通过分析国内外停车诱导信息系统的发展现状，对停车诱导信息系统的规划设计方法和诱导策略进行了理论研究。

在国家自然科学基金项目“基于协同理论的停车诱导信息系统规划方法及策略研究(50908051)”的资助下，著者完成了博士学位论文《城市停车诱导信息系统规划及关键技术研究》和《基于协同理论的停车诱导信息系统诱导策略优化模型研究》。本书就是在上述研究成果的基础上，参考国内外同行的最新研究成果撰写而成。

在撰写本书过程中，参阅了国内外大量文献，谨向所有文献作者表示衷心感

谢!在研究过程和书稿撰写过程中,得到了东南大学王伟教授的精心指导和大力支持,在此表示诚挚的谢意!美国加州大学伯克利分校的汤斗南,东南大学交通学院的傅鹏明、陈晓实、胡波、赵琳娜等参加了部分研究工作,对他们的精诚合作和辛勤劳作表示感谢。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评、指正!

季彦婕

2014年4月于南京

# 目 录

## 《城市交通丛书》序

### 前言

<b>第 1 章 停车诱导信息系统概述</b> .....	1
1.1 停车诱导信息系统的基本概念.....	1
1.1.1 停车诱导信息系统的概念.....	1
1.1.2 停车诱导信息系统分类.....	2
1.1.3 停车诱导信息系统的目的和意义.....	3
1.2 停车诱导信息系统在国内外的发展历程.....	4
1.2.1 理论研究现状.....	4
1.2.2 实践应用概况.....	12
1.3 停车诱导信息系统与其他智能交通系统的关系.....	17
1.3.1 停车诱导信息系统与交通流诱导信息系统的关系.....	17
1.3.2 停车诱导信息系统与交通控制系统的关系.....	18
1.3.3 停车诱导信息系统与停车场智能化管理系统的关系.....	19
参考文献.....	20
<b>第 2 章 停车诱导信息系统结构体系设计</b> .....	25
2.1 系统总体框架和逻辑结构.....	25
2.1.1 总体框架.....	25
2.1.2 逻辑结构.....	27
2.2 停车诱导区域划分.....	27
2.2.1 分区的影响因素.....	27
2.2.2 区域划分方法.....	28
2.3 系统控制模式设计.....	29
2.3.1 控制模式选择.....	29
2.3.2 中央控制中心.....	30
2.3.3 分控中心.....	31
2.4 系统功能设计.....	33
2.4.1 出行前停车诱导信息系统功能设计.....	33
2.4.2 出行中停车诱导信息系统功能设计.....	35



2.5	停车诱导信息子系统设计	42
2.5.1	信息采集子系统	42
2.5.2	信息处理子系统	47
2.5.3	信息传输子系统	48
2.5.4	信息发布子系统	49
	参考文献	53
<b>第3章</b>	<b>停车场有效泊位预测方法</b>	<b>54</b>
3.1	有效泊位变化特性分析	54
3.1.1	短时变化特性分析	55
3.1.2	长期变化特性分析	57
3.2	有效泊位离群数据识别方法	58
3.2.1	有效泊位离群数据的分类	58
3.2.2	有效泊位离群数据挖掘算法	60
3.3	有效泊位短时预测方法	67
3.3.1	预测流程	69
3.3.2	小波神经网络预测模型	70
3.3.3	实例分析	73
3.4	有效泊位多步预测方法	75
3.4.1	预测流程	76
3.4.2	预测步长设置	77
3.4.3	多步预测方法	78
3.4.4	实例分析	81
	参考文献	84
<b>第4章</b>	<b>停车诱导信息对驾车者停车选择行为的影响机理</b>	<b>86</b>
4.1	停车诱导信息下停车选择行为和主要影响因素	86
4.1.1	停车诱导信息选择行为模式	86
4.1.2	主要影响因素分析	87
4.2	停车调查与结果分析	91
4.2.1	驾车者停车诱导信息使用意向调查与结果分析	91
4.2.2	驾车者停车行为特性调查与结果分析	97
4.3	基于主观感知的驾车者停车诱导信息使用意向和偏好模型	100
4.3.1	建模思路	100
4.3.2	基于主观感知的驾车者停车诱导信息使用意向分析	101
4.3.3	基于潜在变量的驾车者停车诱导信息选择偏好分析	113

4.4 基于模糊偏好的多目标组合停车选择模型	118
4.4.1 建模思路	118
4.4.2 基于模糊偏好的多目标组合停车选择分析	119
参考文献	132
<b>第5章 基于可变信息标志的停车诱导信息系统规划理论</b>	<b>134</b>
5.1 停车诱导标志的分级	134
5.2 停车诱导可变信息标志布设方法	135
5.2.1 停车诱导可变信息标志布设优化模型	135
5.2.2 停车诱导可变信息标志的具体布设要求	145
5.3 停车诱导可变信息标志版面设计方法	147
5.3.1 停车诱导可变信息标志的版面结构	147
5.3.2 泊位状况显示内容确定方法	151
参考文献	158
<b>第6章 基于协同理论的停车诱导策略设计方法</b>	<b>160</b>
6.1 协同机理分析	160
6.1.1 停车诱导信息系统协同效应分析	161
6.1.2 协同效应的产生机理	162
6.1.3 协同效应的演化机理	166
6.2 不同交通状态下的停车诱导协同策略	171
6.2.1 交通状态的判别	171
6.2.2 停车诱导协同策略分类	179
6.2.3 不同交通状态下的停车诱导协同策略选择	182
6.3 偏重式协同诱导策略设计	187
6.3.1 偏重交通控制式协同优化模型	187
6.3.2 偏重停车诱导式协同诱导策略	190
6.4 递阶协同式诱导策略设计	198
6.4.1 递阶优化协调方法	198
6.4.2 递阶协同式功能级模型建立	201
6.4.3 递阶协同式协调级模型建立	207
参考文献	211
<b>第7章 停车诱导信息系统综合评价方法</b>	<b>212</b>
7.1 停车诱导信息系统评价的基本原则和分类	212
7.1.1 评价的基本原则	212
7.1.2 评价的分类	213

7.2	停车诱导信息系统评价指标体系	215
7.2.1	评价指标体系结构	216
7.2.2	成本评价指标体系	217
7.2.3	效益评价指标体系	218
7.2.4	技术评价指标体系	219
7.2.5	综合评价指标体系	219
7.3	停车诱导信息系统评价方法	220
7.3.1	停车诱导信息成本效益评价方法	220
7.3.2	基于模糊聚类的综合评价方法	222
7.3.3	基于信息熵和强度熵的综合评价方法	226
	参考文献	227
<b>第8章</b>	<b>实例研究——南京市湖南路商业区停车诱导信息系统</b>	<b>229</b>
8.1	背景资料	229
8.1.1	规划范围	229
8.1.2	用地特征	229
8.1.3	路网结构	230
8.1.4	停车场分布	230
8.2	泊位信息采集子系统设计	233
8.2.1	泊位信息采集设备选择	233
8.2.2	固定车位的处理	235
8.3	基于 MapObjects 的综合交通信息平台设计	236
8.3.1	界面设计	236
8.3.2	功能设计	237
8.4	控制中心设计	240
8.5	信息传输子系统设计	241
8.6	信息发布子系统设计	242
8.6.1	基于 Web 的出行前停车诱导信息发布系统	242
8.6.2	基于停车诱导标志的出行中停车诱导信息发布系统	247
	参考文献	249

# 第1章 停车诱导信息系统概述

停车诱导信息系统（parking guidance and information system, PGIS）是提高城市停车管理水平，缓解城市停车难问题的主要途径之一。PGIS 是智能交通系统（intelligent transportation system, ITS）的重要子系统之一，它集成了计算机网络技术、信息系统、定位技术和现代无线通信技术等诸多高新技术，具有多种功能。

作为 ITS 的重要组成部分，PGIS 将参与整个城市的交通管理，可以对管理区域的停车场状况和剩余泊位情况进行整体协调，制定不同的停车诱导策略来对不同区域的停车需求进行间接控制和平衡。它还可以利用 ITS 的各种技术和手段，实现停车场的现代化管理，动态地为出行者提供指定区域附近的停车场泊位、类型和停车费用等信息，为驾车者选择合适的停车场提供决策依据。由此可见，PGIS 已经成为现代城市交通管理中不可或缺的关键内容之一。

本章将对停车诱导信息系统的基本概念、停车诱导信息系统在国内外的发展历程和停车诱导信息系统与其他智能交通系统的关系进行介绍。

## 1.1 停车诱导信息系统的基本概念

### 1.1.1 停车诱导信息的概念

停车诱导信息系统，是以信息为基础，以诱导和预测为关键基础理论，利用系统工程的理论和方法，将现代通信、电子、控制、计算机、网络、全球定位系统（global positioning system, GPS）和地理信息系统（geographic information system, GIS）等高科技综合应用于城市停车的管理，通过多种方式向驾车者提供停车场的位置、使用状况、诱导路线和相关道路交通状况等信息，诱导驾车者最有效地找到停车场的系统。

选择纳入 PGIS 的对象停车场需要考虑多方面的因素，如供需关系、规模、性质、分布和经营的连续性等<sup>[1]</sup>。其中，首要考虑的是停车场的性质和规模。PGIS 对象停车场必须是公共停车设施，即为社会车辆提供服务，服务对象不固定的停车设施，主要包括路内社会公共停车设施、路外社会公共停车设施和对社会车辆开放的公建配建停车设施<sup>[2]</sup>。诱导范围内对象停车场的数目和每个对象停车场的泊位总数都应当具有一定的规模。国外的实践表明，PGIS 针对的对象停车场数量

为 10 个以上, 每个对象停车场的泊位总数应在 20 个以上。

### 1.1.2 停车诱导信息系统分类

按照诱导对象划分, 停车诱导信息系统可分为群体诱导信息系统和单体诱导信息系统。群体诱导信息系统通过可变信息板或交通广播, 向所有驾车者发布实施动态停车信息, 发布的信息内容包括停车场的名称、停车场的位置、停车场空余泊位状况和道路交通条件等。单体诱导信息系统主要通过车载导航设备, 依据道路和停车场的实际情况和各个驾车者的具体要求, 向单个驾车者提供道路状况、车辆位置和交通网络图等信息, 为驾车者提供最优的停车场和最佳的路径。

按照诱导空间划分, PGIS 可分为停车场外部诱导信息系统和停车场内部诱导信息系统。其中, 停车场外部诱导系统又可按照驾车者信息获取的时间划分为出行前停车诱导信息系统和出行中停车诱导信息系统。

#### 1) 出行前停车诱导信息系统

出行前停车诱导信息系统使驾车者在出行前通过互联网、公共信息亭、电视或移动电话等多种媒体访问出行前停车信息发布子系统, 获得有关目的地附近的停车设施位置、费用、泊位情况和开放时间等信息, 为规划最佳出行提供辅助决策信息服务; 或是根据驾车者的个人偏好、实时停车信息和道路交通状况, 为驾车者预选停车设施和相应的出行路径, 做好充分的出行准备, 有效消除驾车者出行以后搜寻停车场的顾虑。

#### 2) 出行中停车诱导信息系统

出行中停车诱导信息系统是通过可变信息标志或交通广播等方式向出行途中的驾车者提供目的地附近的停车状况和道路交通状况信息, 或是通过车载诱导设备直接向驾车者提供路径向导的功能, 引导驾车者尽快找到停车泊位, 从而减少因寻找停车泊位造成的无效低速行驶, 缓解驾车者因寻找停车泊位而可能产生的焦虑情绪。

按照诱导对象的不同, 又可将出行中停车诱导信息系统细分为两类: 群体诱导和个体诱导。其中, 群体诱导主要采用可变信息标志或交通广播等信息发布方式, 提供停车场的名称、泊位状况和行驶方向等信息, 驾车者获得信息后, 根据自己对路网的了解程度决定停车选择。个体诱导主要采用车载诱导设备信息发布方式, 利用车载显示设备自动显示车辆位置、交通网络图和道路状况, 为驾车者提供从出发地点到目的地的最佳停车选择和最佳路径选择。

### 3) 停车场内部诱导信息系统

停车场内部诱导信息系统(或称为车位引导系统)是指大型停车场内部的停车入位的诱导,主要适用于政府办公楼、高级宾馆、高级写字楼、火车站、机场和购物中心等大型停车场。该系统的主要作用是将已经进入停车场的车辆有序、快速地引导到空余的有效泊位,减少停车者搜寻泊位的时间和由此产生的烦躁情绪,并能提高泊位利用率,加快停车场吸收停车车流的速度。

#### 1.1.3 停车诱导信息系统的目的和意义

中华人民共和国科学技术部(简称国家科技部)已于2000年3月组织起草完成了中国智能运输系统体系框架。交通诱导信息系统参与整个城市的交通管理,它可以对诱导区域的停车场状况和空余泊位情况进行整体协调,基于不同的停车诱导策略来对不同区域的停车需求进行间接控制和平衡。目前,国内很多大城市(如北京、上海、广州等)都已在中心城区规划建设了城市停车诱导信息系统,初步实施已取得一定的诱导效果。

停车诱导信息系统是交通出行诱导信息系统的重要组成部分之一,在城市智能交通系统中扮演着极为重要的角色,作为一种有效调节停车供需和缓解停车压力的方式,它与其他智能交通子系统密切联系、分工协作,从不同的角度方便居民出行、缓解城市交通问题。

停车诱导信息系统的目的在于促进停车场和周边道路的有效利用,通过多种可识别方式向驾车者提供停车场的位置、使用状况、行驶路径和相关道路交通状况等信息,诱导驾车者最直接有效地找到停车场。在对车辆进行停车诱导时,不可避免会对道路交通造成影响,路段行车时间、交叉口延误等也将因此改变,而这些改变也将影响到交通控制系统方案的制定。可见,停车诱导信息系统与交通控制系统之间存在着密切的反馈协作关系。因此,利用协同学思想,将停车诱导信息系统与智能交通中的交通控制系统结合起来,统筹兼顾,协同考虑,可以实现以下优点。

(1) 实现交通信息数据的共享,避免交通信息的重复采集和交通设施的重复建设,减少系统方案的计算和响应时间,提高交通管理者的管理效率和决策的科学性,提高驾车者的便利性和停车场的使用效率。

(2) 统筹考虑驾车者的停车场选择和道路交通流的实际情况,优化驾车者的行驶路径。一方面,减少驾车者寻找停车场的的时间,减少车辆因搜索泊位而产生的无效低速行驶,降低城市环境污染;另一方面,减少部分道路交通流,避免由于寻找或者等候停车泊位造成的无效行驶,有助于维护交通秩序。

(3) 有助于合理化道路网上的交通流量分布,平衡各个与停车诱导系统相关

联的停车场(库)的车位利用率。

(4) 调节驾车者的车内情绪,缓解其因寻找泊位而可能产生的焦虑急躁心情,减少违章停车行为,降低交通安全隐患。

然而,针对我国城市交通特点,构建适合我国国情的停车诱导信息系统所需要的规划理论和关键技术还有许多未能解决的问题。例如,如何在协同的基础上,从智能交通系统的整体出发,对包括停车诱导信息系统在内的协同系统进行规划和框架结构设计,来提高停车诱导与交通控制的协同性;如何在协同的基础上,正确地把握协同前后,协同系统对整体交通状况的影响;如何在协同的基础上,利用从协同系统获得的共享信息,来制定合理的协同策略;如何在协同的基础上,依据所制定的协同策略,建立合理的优化模型。

## 1.2 停车诱导信息系统在国内外的发展历程

### 1.2.1 理论研究现状

#### 1. 理论研究现状

20世纪90年代初,我国交通工程学界开始引进智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)的概念和技术。目前,ITS尚处于发展的初级阶段。作为ITS子系统的PGIS在国内的研究起步较晚,接近20世纪末才呈雏形。国外关于PGIS的研究在广度和深度上都领先于目前国内的研究水平,已总结了一批有价值的成果。目前关于PGIS的理论研究主要涉及PGIS系统架构、PGIS关键技术和PGIS模拟与评价三方面。下面就这三方面的国内外理论研究概况进行简要阐述。

#### 2. PGIS系统架构

PGIS系统架构主要包括PGIS的结构框架、功能设计和控制原理等内容。由于我国正处于PGIS建设的初级阶段,需要从宏观上把握PGIS的系统结构和设计理念,所以,国内学者对这方面的研究较多。

徐岩宇<sup>[3]</sup>定性论述了PGIS的概念、实施目标和基本结构,认为PGIS由信息提供设备、信息收集设备、通信控制设备和中心处理单元4部分组成,并针对常规的PGIS的局限性,提出新一代PGIS的概念模型,认为PGIS应与先进的驾车者信息系统(advanced traveler information system, ATIS)和交通控制系统(traffic control system, TCS)紧密相连,才能提供详细的引导信息,使之更先进、全面、有效。

袁文平等<sup>[4]</sup>对建立PGIS的意义、规划步骤、系统的形式、总体构思和控制原

理进行了初步的定性分析,提出“一个较大的停车诱导系统应能够把停车区域内的停车库集结在一起”;按照停车场所在的区位,“停车诱导系统可以按3个等级来显示信息”;认为“停车诱导系统里的交通引导不能单独考虑,而应与其他规划联系起来看待。交通流的转移不能期望通过停车诱导系统来实现”。

邹贞元等<sup>[5]</sup>参照国外经验和我国城市的经济、交通现状,提出了我国停车诱导系统的建立方案。建议将PGIS的阶段方案分论证、储备、试验、推广4个阶段进行;PGIS的技术方案采取将技术引进和自主开发结合起来的方式;PGIS的资金方案应针对不同的实施阶段采用从政府财政收入中划拨专项建设基金,从各运营停车场所得收入中提取,对车辆征收一定金额的专项费用以及前三者综合的4种资金来源方案;在PGIS的系统使用方案中,探讨了PGIS的使用率很难达到100%的原因,并指出数据控制中心的管理是PGIS最重要的内容;在PGIS的系统匹配方案中,提出PGIS应与停车-换乘系统、动态交通系统和静态交通设施相匹配。

吴涛<sup>[6]</sup>介绍了PGIS在欧洲、日本和美国等地的应用情况,分析了PGIS的结构、设计和控制方法,提出了预报系统、车载引导系统、预出行信息系统和预定系统等4个子系统的发展方向。

张翔等<sup>[7]</sup>将PGIS作为ATIS的子系统,从交通驾车者、交通管理者和城市规划者三方面进行需求分析,确定了系统的基本框架,初步定性讨论了信息采集、信息处理与分析、信息提供和信息服务等功能设计;比较了驾车者出行前和出行中信息需求的内容,提出了按区域处理停车信息、分层次发布停车信息的构想。

关宏志等<sup>[8]</sup>从PGIS总体规划设计的角度,结合ITS,讨论了PGIS的结构、功能和作用,提出了PGIS规划时对象区域分区的必要性和基本原则、PGIS服务停车场规模和停车诱导信息的设置标准。

刘红红<sup>[9]</sup>以停车管理的智能化为目的,就PGIS的关键理论和实施技术进行了深入研究,构造了适合中国国情的PGIS结构框架和实施框架。

杨晓光等<sup>[10]</sup>从提供公共信息服务的角度,进行PGIS的设计。首先探讨了系统的功能要求和设备要求,之后建立其工作原理、信息流结构体系、软件结构体系和包括停车诱导信息的处理算法、停车场车辆检测算法两部分的系统算法设计,最后从直接的经济效益、间接的经济效益和社会效益三方面定性预测了PGIS产生的效益。

方芳<sup>[11]</sup>着重介绍了PGIS的功能和关键技术;阐述了PGIS的总体解决方案和数据管理中心的系统结构;分析完成数据管理中心功能模块的数据库结构设计和具体实现的方法;提出使用通用分组无线服务(general packet radio service, GPRS)的无线上网技术和不建立连接的用户数据报协议(user datagram protocol, UDP)完成系统功能所遇到的问题和解决办法。



刘照恒等<sup>[12]</sup>结合智能运输系统,讨论了先进的 PGIS 的设计目标和准则、系统构成、子系统功能,并根据国内外发展的情况,提出了基于因特网的停车信息服务网的工作流程和所具备的功能。

马旭辉<sup>[13]</sup>在对北京市商业中心区停车问题进行初步研究分析的基础上,给出了 PGIS 的总体结构、可变信息情报板的规划设置方法和系统信息提供的注意事项等定性分析结果。

陈峻等<sup>[14]</sup>针对城市机动车停车设施的类型划分,分别提出路内停车、路外停车、建筑物配建停车、换乘停车设施的设置方法和相关要求,并基于驾车者车辆停放的全过程,分别构建出行前、出行中和出行后的停车诱导信息系统的功能设计和关键技术。

鲍晓东<sup>[15]</sup>从系统功能和结构出发,对系统进行了规划设计,进而提出了各组成部分的实施方法。信息采集分为停车场车位采集和路边车位采集,就信息采集对象和功能对各种采集方式的特点进行了论述和适应性分析;信息处理是停车诱导系统的核心部分,就车位误差处理提出了自己的见解;信息发布主要就发布内容、发布屏的分级形式、区域划分、发布屏的设计和选址等进行了研究;根据数据传输特点,以 3 种通信方式实例阐述了信息传输方案。

熊卫士<sup>[16]</sup>介绍了驾车者的停车选择行为模型、停车场纳入停车诱导系统的适应性研究、停车诱导小区划分的优化方法、诱导显示屏的设置方法和显示屏的版面设计方案,以及停车诱导系统的经济评价等内容。

Geng 等<sup>[17-18]</sup>提出了一种新的“智能停车”系统,并给出了具体的设施布设方法。该系统基于资源的分配与预定,减少驾车者寻找停车泊位的时间,并且提高了停车场的利用效率。

### 3. PGIS 关键技术

#### 1) 停车泊位预测

杨兆升等<sup>[19]</sup>提出将基于历史数据和实时数据的两种神经网络方法用于预测有效停车泊位,但模型输出值仅为模糊化程度较高的“空”、“满”信息,无法得出较为准确的停车泊位预测数据。

王泽河<sup>[20]</sup>认为停车场的车辆数基本呈正态分布,提出选用最小二乘法意义上的多项式方程对车位历史曲线进行拟合,并考虑了停车需求增长因子,建立了车位预测模型。但文中并未给出停车需求增长因子的确定方法,所提出的车位预测模型的通用性有待讨论。

陈晓东<sup>[21]</sup>建立了基于 BP (back propagation) 神经网络的停车位占有率时间序列预测模型,并开发出了预测软件。潘敏<sup>[22]</sup>对基于 BP 神经网络的有效泊位预测