

普通高等教育规划教材
国家级精品课程教学参考用书

交通管理与控制实验

Experimental Teaching Materials
of Traffic Management and Control

刘澜 罗霞 张骏◎主编
西南交通大学资产与实验室管理处◎主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

普通高等教育规划教材
国家级精品课程教学参考用书

Experimental Teaching Materials of
Traffic Management and Control

交通管理与控制实验

刘 澜 罗 霞 张 俊 主编
西南交通大学实验室及设备管理处 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本教材作为国家级精品课程《交通管理与控制》的配套教材之一,共包括两大部分。第一部分讲述了开展交通信号控制实验的基础理论和交通信息分析技术,以及 Synchro 和 VISSIM 软件的操作概要;第二部分运用上述两个软件,分别设计了单点信号控制、干道协调控制和区域协调控制实验,并通过个性化实验,进一步培养学生的创新应用能力。

本书可作为交通工程、城市规划、公共管理等专业本科生及研究生教学用书,同时也可供交通管理与控制工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通管理与控制实验 / 刘澜,罗霞,张俊主编. —
北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.10
ISBN 978-7-114-13436-4

I. ①交… II. ①刘… ②罗… ③张… III. ①公路运
输—交通管理—实验 ②公路运输—交通控制—实验 IV.
①U49-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 260869 号

书 名:交通管理与控制实验
著 者:刘 澜 罗 霞 张 俊
责任编辑:刘永超 肖 鹏
出版发行:人民交通出版社股份有限公司
地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网 址:<http://www.ccpres.com.cn>
销售电话:(010)59757973
总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部
经 销:各地新华书店
印 刷:北京鑫正大印刷有限公司
开 本:787×1092 1/16
印 张:8.25
字 数:187千
版 次:2017年10月 第1版
印 次:2017年10月 第1版
书 号:ISBN 978-7-114-13436-4
定 价:22.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言

交叉口信号控制是交通管理与控制的主要方式之一,运用现代计算机交通仿真软件对城市道路交叉口进行信号配时方案设计与仿真,已成为交叉口交通管理与控制及其运行效果评价的重要措施。熟练掌握一两种交通工程应用软件是新时期交通工程专业学生的必备技能之一。通过仿真软件进行应用实验,可使学生加深对交通管理与控制理论知识的理解和认识,提高软件操作水平和解决实际问题的能力。

本实验教材是国家级精品课程《交通管理与控制》的配套教材之一,共包括两大部分内容。第一部分是关于开展交通信号控制实验的基础理论知识和交通信息分析技术,以及 Synchro 和 VISSIM 实验系统操作概要;第二部分运用上述两个软件,分别设计了单点信号控制、干道协调控制和区域协调控制实验,并通过个性化实验,进一步培养学生的创新应用能力。实验内容充实、步骤详细,可作为交通工程、城市规划、公共管理等专业高校学生教材及相关设计人员的参考资料。

本教材的编写得到了西南交通大学实验室及设备管理处和交通运输与物流学院各位领导的大力支持,实验室邓灼志老师、黄厚旗老师对实验的开设给予了指导,硕士研究生陈波莅、陈怡乾协助进行了教材初稿的编写,博士研究生丁宏飞参与了第2章的编写,硕士研究生左科进行了教材第3章的修订工作和各章节最

后的整理和完善工作,陈芋宏老师进行了教材的实验教学和修订完善,硕士研究生刘媛进行了教材内容整合和全文校对,西南交通大学实验室及设备管理处对教材修改提出了建议,在此一并向他们致以深深的谢意!

编者

2017年8月

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 课程实验开设目的	1
1.2 基础理论与基本方法	2
1.3 交通信号控制基本理论	3
1.4 Synchro 系统概要	5
第 2 章 交通信息分析平台	7
2.1 交通信息采集技术	7
2.2 交通信息数据类型与特性分析.....	19
2.3 交通信息处理方法.....	25
2.4 交通信息挖掘分析.....	34
第 3 章 Synchro 实验系统与功能操作	54
3.1 图例窗口	54
3.2 常用命令.....	55
3.3 道路与交叉路口.....	56
3.4 运动内容和箭头种类.....	60
3.5 车道窗口	60
3.6 流量窗口.....	61
3.7 信号配时窗口.....	63
3.8 相位窗口.....	69
3.9 时距图表.....	72
3.10 路网设置窗口	75

3.11	Synchro 界面设置和基本操作认识实验	75
第4章	单点交叉口交通仿真实验	80
4.1	交叉口渠化及交通管制方案设计与仿真实验	80
4.2	基本两相独立交叉口的交通信号配时实验	82
4.3	双循环、八相位独立交叉口的交通信号配时实验	84
第5章	干道交通信号协调控制实验	88
5.1	实验目的	88
5.2	实验原理	88
5.3	实验设施设备	89
5.4	实验内容	89
5.5	实验步骤	89
5.6	实验报告要求	92
5.7	实验注意事项	92
5.8	实验思考与问题	93
第6章	典型交通小区信号协调控制实验	94
6.1	实验目的	94
6.2	实验原理	94
6.3	实验设施设备	94
6.4	实验内容	94
6.5	实验步骤	95
6.6	实验数据记录与分析	97
6.7	实验思考与问题	97
第7章	个性化实验	98
7.1	六进口的独立交叉口信号配时实验	98
7.2	干道交通信号协调控制实验	99
7.3	典型交通区域信号协调控制实验	101
第8章	VISSIM 实验系统与功能操作	105
8.1	VISSIM 软件功能简介	105
8.2	VISSIM 操作界面简介	106
第9章	信号控制交叉口 VISSIM 设计与仿真实验	112
9.1	实验目的	112

9.2 实验原理	112
9.3 实验设施设备	112
9.4 实验内容	112
9.5 实验步骤	113
9.6 实验思考与问题	123
参考文献.....	124

绪 论

1.1 课程实验开设目的

交通管理与控制是交通工程专业的核心课程。课程着重探讨对于现有道路交通设施,如何科学地运用交通管理的各种措施与现代控制技术来提高交通效益与交通安全。通过配时参数设计、孤立交叉口控制和交叉口协调控制设计来优化道路交叉口信号配时方案,并综合运用交通法规、交通渠化、交通标志标线等交通管理措施,实现对交通流运动的指挥和疏导。

交通管理与控制实验一书的编写,是为了配合课程教学,使学生进一步理解在课堂上所学的理论知识,掌握交叉口信号配时设计的方法,并完成信号控制的具体操作过程,通过仿真设计,了解孤立交叉口信号控制及城市路网信号协调控制的思想 and 应用效果,熟悉并初步掌握交通管理与控制系统方案设计方法。

通过实验,学生可进一步加深对理论知识的理解和认识,增强对有关交通仿真软件的认识和实际操作能力;亲身实践交通管理与控制的工程性,对交通管理措施(如管制规则、渠化方案)与信号配时方案的关联性,信号转换的过程性等具有直观的感受;对现场难以直接接触的系统管理和控制建立整体感和应用体验,为以后的实际应用做准备。

1.2 基础理论与基本方法

1.2.1 系统论

系统是由一些相互制约的要素或环节组成,并具有一定功能的整体。交通控制系统论就是要研究交通系统运动控制的模式、性能、行为和规律。它是以系统论的思想方法,结合道路交通系统自身特点,为人们认识交通控制系统的组成、结构、性能、行为和发展规律提供一般方法论的指导。

对于道路交通系统的研究,要从系统思想和观点出发,将所要解决的问题放在系统的模式中加以考察,始终围绕着系统的预期目的,从整体与部分、各部分之间和系统整体与外部环境之间的相互联系、相互作用、相互矛盾、相互制约的关系中综合考察对象,以达到最优处理问题的效果。

1.2.2 控制论

人们研究和认识系统的目的之一,就在于有效地控制和管理系统。控制论则为人们对系统的管理和控制提供了一般方法论的指导,它是数学、自动控制、电子技术、数理逻辑、生物科学等学科和技术相互渗透而形成的综合性科学。

城市交通控制中独立交叉口定时信号控制、感应控制以及区域信号协调控制等,无不围绕着控制理论的两个不变主题,即反馈和优化。就不同交通系统特性及控制需求而言,从经典控制理论到现代控制理论再到智能控制理论,都有其不同的适用性。

(1) 最优控制

最优控制是研究在运动方程和允许控制范围的约束下,对以控制函数和运动状态为变量的性能指标函数(称为泛函)求取极值(极大值或极小值)。对一个受控的交通系统或运动过程而言,是从一类允许的控制方案中找出一个最优的控制方案,使交通系统的运动状态达到(转移到)目标状态,并且其性能指标值为最优。

最优控制是现代控制理论的一个主要分支,其一系列思想方法已在交通系统控制中得到广泛深入的应用。

(2) 随机控制

随机控制是控制理论中把随机过程理论与最优控制理论结合起来研究随机系统的分支。交通运输系统是一个含有内部随机参数、外部随机干扰等随机变量的系统,随机变量不能用已知的时间函数描述,而只能了解它的某些统计特性。在进行随机最优控制中,由于存在不确定性,常常需要采取谨慎控制的策略,即把控制作用取得弱一些、保守一些;同时,为了更好和更快进行参数估计,又须不断获取系统的各种反馈运动,为此需要加入一些试探作用。试探作用的大小根据性能指标、误差的增减等因素加以折中权衡进行选择。谨慎和试探已成为设计随机控制策略的两个重要原则。

(3) 自适应控制

自适应控制是能在系统和环境信息不完备的情况下,改变自身特性来保持良好工作品质

的控制系统。信息不完备表现为系统和环境的特性或其变化规律的不确定性。自适应控制系统中采用有目的搜索和试探等方法,通过对环境不断进行观测和对已有控制品质进行评价和分析,在采集和加工信息的基础上学习和改进关于环境特性的知识,减少不确定性,进而模仿工程师的设计过程,自动地调整系统的结构或参数,达到改善系统品质的目的。

交通控制系统的自适应过程可以克服定时控制方式的局限性。它以检测器实时测量的交通参数为依据,联机生成或选择信号配时方案,对交通流进行实时控制,这一自适应控制过程必须依靠计算机和网络通信技术来完成。由于交通自适应控制系统能适应交通流的动态随机变化,不断修正控制参数,因而具有较高的控制精度和响应速度。

1.2.3 信息论

在信息时代的背景下,交通运动及其控制更直接地表现为信息系统的运动和控制。因此,信息论已成为处理交通运动与控制问题不可或缺的基础思想与技术手段。

在交通控制系统中,既有表示交通动态的各种指标、参数,又有控制交通运行的各种指令、信号,还有各种相关的规范、标准、计划、方案、图表、记录、票据文件等数据,这些信息有数字、文本、图形、视频、音频等多种格式,具有不同的时效性。交通控制涉及信息的生成、检测、识别、变换、传输、存储、处理、再生、表示和施效等运动过程,因而关于信息的属性、信息的描述和信息的测度,以及微电子技术、计算机技术、通信技术、光信息和图形处理技术等信息论思想和方法,必然是实现先进交通控制系统的一般方法论指导和具体技术手段。

1.3 交通信号控制基本理论

交通控制是以分配各个方向交通流通行权的方式,消除或减少交通流冲突,组织交通流安全、稳定、高效运行。根据控制范围的大小,分为单点信号控制、干线信号控制和区域信号控制。根据控制方式又可分为定时控制和感应控制。

1.3.1 单点信号控制

单点信号控制简称点控制,是指对单一交叉口或一条干线上、一个区域内的城市道路平面交叉口、高速公路匝道口独立进行信号控制。各交叉口的信号配时彼此间没有关联,各自独立调整和运行,追求各交叉口本身效率最高,如本交叉口车辆延误和停车次数等指标达到最小。点控制通常采用韦伯斯特配时法确定最佳周期时长和绿信比。

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} \quad (1-1)$$

式中: C_0 ——最佳周期长度(s);

L ——总损失时间(s);

Y ——交叉口交通流量比。

1.3.2 干线信号控制

干线信号控制简称线控制,是指将一条城市交通干线上的多个相邻交叉口视为一个整体

进行信号协调控制,各交叉口的信号配时相互关联、相互协调,以减少不必要的停车和排队延误,保持干线上车流的连续通行。控制参数主要有周期时长、绿信比和相位差,常用同步式、交互式 and 续进式协调控制方式。

线控系统配时步骤如图 1-1 所示。



图 1-1 线控系统配时步骤

1.3.3 区域信号控制

区域信号协调控制简称面控制,是指将一个区域内的多个信号交叉口视为一个整体,进行信号协调控制,综合考虑各交叉口的信号配时方案,各交叉口的信号配时相互关联、相互协调,具有共同系统目标函数,是单点信号、干线信号系统和网络信号系统的综合系统,追求区域路网的总延误最小或平均排队长度最短。主要控制参数也是信号周期、绿信比和相位差。目前运用较多的区域信号控制系统有定时信号协调配时设计系统 TRANSYT、SIGOP 等和自适应协调控制配时设计系统 SCAT、SCOOT 等。

TRANSYT 的英文全称是“Traffic Network Study Tools”,意为交通网络研究方法,基本结构如图 1-2 所示。

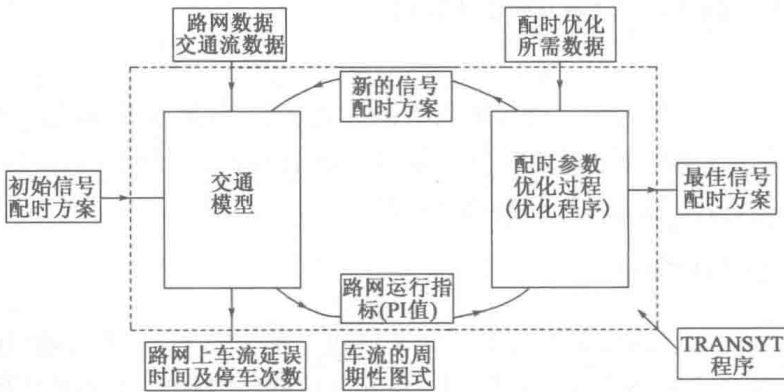


图 1-2 交通网络研究方法结构图

SCAT 与 SCOOT 是当今世界上公认比较成功的动态交通控制方式,SCAT(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)为方案选择式,是一种优选配时方案与单点感应控制作调整相结合的控制系统;SCOOT(Split - Cycle - Offset Optimization Technique)即“绿信比—信号周期—相位差优化技术”,是一种对交通信号网络实行实时协调控制的自适应控制系统,为方案形成式。SCATS 系统适用于以干道为主的都市或路口间距较大的路段,SCOOT 系统适用于交通需求与路口容量接近、交通需求难以预知且路口间距小的场合。

1.3.4 定时控制和感应控制

定时控制是根据观测到的历史交通状况,按预先设定的周期和绿信比进行控制,不能适应

交通流的随机、突发变化,适用于到达交通流稳定的交叉口。感应控制根据现场观测的实际交通状况,以实时检测的交通数据为依据来确定信号灯色时间,可以在一定程度上克服定时控制的弊病,适用于交通流量变化大且无规律的路口。

点控、线控、面控都可根据路网、交通条件选择定时控制或感应控制方式。

1.4 Synchro 系统概要

1.4.1 Synchro 系统运行参数

Synchro 交通信号协调及配时设计软件是根据美国交通部标准 HCM(1997)规范编制的,是一个建立和优化交通信号配时的完整的软件包。Synchro 系统运行参数包括设计参数和目标参数。

(1) 设计参数

- ①路口地面渠化;
- ②每方向相位上的交通流量;
- ③车道宽度;
- ④车道坡度;
- ⑤地区类型(CBD 或其他);
- ⑥路边停车区长度;
- ⑦路边停车区车道数;
- ⑧转弯速度;
- ⑨每小时每方向行人数量;
- ⑩每小时公共汽车数量;
- ⑪重型车辆比例;
- ⑫是否设置右转控制相位;
- ⑬车辆行驶速度。

(2) 目标参数

- ①单一路口配时方案;
- ②线控道路路口配时方案及相位差;
- ③车辆行驶延误时间;
- ④路口配时设计方案的服务水平;
- ⑤燃料(汽油等)消耗量;
- ⑥废气(CO、NO 等)排放量;
- ⑦路口配时方案仿真。

1.4.2 Synchro 功能简介

(1) 能力分析

除了计算能力,Synchro 还可以优化周期长度和绿信比,消除了为寻找最优结果尝试多个

配时方案的必要。同时, Synchro 中所有的数值都是在易于使用的表格中输入, 而且计算便捷, 其结果能马上显示到同一个表格中。

如果交叉口是联动控制的, Synchro 能明确计算队列要素, 并能自动而精确地计算联控所造成的影响。

(2) 协调控制

利用 Synchro 能够迅速生成优化的配时方案, 它能优化绿信比、周期长度、相位差。Synchro 优化的出发点是为了减少延误。这一点使 Synchro 的配时方案与以减少停车次数与延误为目标的 TRANSYT 比较相似, 而 PASSER 和其他主干交通软件则以最大限度满足主干道交通需求为目标。与 PASSER 和 TRANSYT 等联控软件不同, Synchro 是完全交互式的。当改变所输入的数值的同时, 整个计算结果将相应地自动更新。新配时方案会展现在易于理解的时距图表上。

(3) 感应信号

Synchro 是唯一一个能模拟感应信号的交互式软件包。Synchro 可以模拟跳跃与间断等行为, 并能将这些信息应用到延误模型中。

(4) 时距图表

Synchro 带有彩色的、信息丰富的时距图表, 绿信比和相位差能够在图上直接修改。

Synchro 拥有两种特色的时距图表。带宽方式能够显示交通流如何无停顿地通过主干道; 车辆流方式则能反映单个车辆停车、排队、运行的情况, 这种方式生动地反映出了实际交通流的状况。

时距图表可通过打印机打印出来。

交通信息分析平台

2.1 交通信息采集技术

从交通信息的采集到处理的过程中,交通信息分析平台是建立在一个对静态和动态交通信息进行采集、预处理、存储、综合、分析的平台。因此交通信息分析平台是由交通数据采集系统、交通数据储存系统和交通数据处理系统、交通信息分析系统四个部分组成的,四个系统互不相同,但互相依托。整个交通信息分析平台框架如图 2-1 所示。

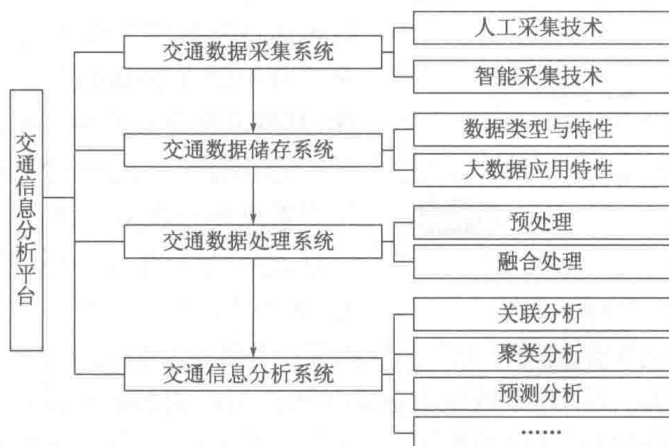


图 2-1 交通信息分析平台框架图

交通数据采集系统即对各种交通信息采集技术的集合,包括人工采集技术的相关数据以及智能交通信息采集技术的各种数据,是平台的数据来源和分析前提;交通数据储存系统即根据各交通信息采集技术的原始数据类型与特性分类储存的部分,为之后的预处理和分析做好准备;交通数据处理系统即对各交通采集技术的原始数据进行预处理和相关融合处理,将不符合规律的数据或者缺失的数据做出剔除或者替换等处理,为之后的交通信息分析提供合理的数据源;交通分析系统及对经过处理的交通数据进行相关分析,例如关联分析、聚类分析、预测分析等。交通信息分析平台就是在以上四个系统有机联系的基础上结合而成的。

2.1.1 人工交通信息采集技术

人工采集技术是指调查人员在指定地点按调查工作计划进行交通调查。这种交通信息采集技术需要事先设计调查表格,配合计时器以画正字记录来往车辆,或者用机械或电子式的简单计数器记录时间,并按传统要求将记录结果登记于记录表格上。根据调查计划要求,一般应分车型、来去方向进行记录,有时还要分车道记录。一般人工采集技术能够得到短期、临时的交通量,车辆的瞬时速度以及某一路段上的行程速度和密度等交通信息。从理论上来看,人工观测无论在车型的分辨或是技术方面都应比仪器观测准确和机动灵活方便,调查方法易于掌握,调查资料整理方便,而且调查地点、环境也不受限制,较其他的智能采集技术而言,不需要额外的交通检测设备,且技术要求不高,容易实现,但由于受人员素质、管理水平的影响较大,致使精确度反而不高,优势不明显。

2.1.2 智能交通信息采集技术

随着城市经济的不断发展和城市化进程的加速,交通拥堵问题日益加剧,城市功能难以得到正常发挥。通过智能控制合理优化现有交通设施,深度挖掘其运营潜力是缓解城市交通拥堵的重要手段,而交通数据采集是这一手段实施的首要环节。

1) 固定检测器采集

(1) 感应线圈式的交通信息采集技术

电磁感应检测技术属于接触式被动检测技术,是目前应用最广泛的传感器检测技术。该技术通过电磁感应线圈检测器作为检测传感器来检测指定道路区域是否通过或存在车辆,因此,其组成部分通常由三个部分:感应线圈、馈线及检测处理单元,如图 2-2 所示。而完整的车辆检测系统则是将多个感应线圈检测器检测到的信息,通过控制单元并经调制解调器传给控制中心,如图 2-3 所示。

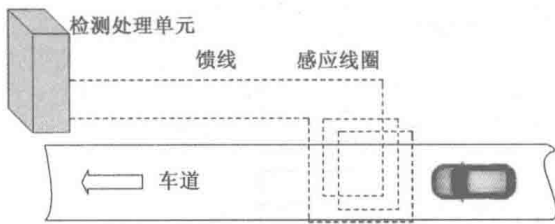


图 2-2 感应线圈布置示意图

感应线圈检测器的工作原理即为利用线圈某一特性变量的变化来感应并检测车辆的相关信息。首先,在车道的路面下埋设数匝由金属导线绕制而成的空心线圈;然后,将馈线与检测处理单元连接,用高频信号驱动环形线圈,若有车辆通过感应线圈,则线圈上的电感量会发生变化,进而引起线圈阻抗的变化,从而导致信号幅度、相位、频率等变化;最后,控制中心通过分析线圈的变化信息得到道路上的相应交通信息。

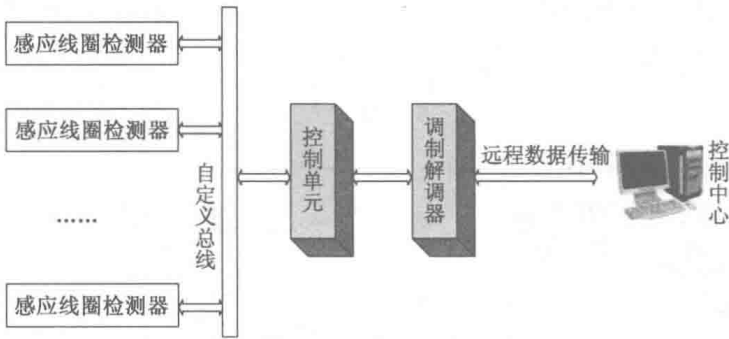


图 2-3 感应线圈的车辆检测系统示意图

感应线圈检测器中的处理检测单元可以输出感应信号,通过对感应信号的处理,即可获得相关的交通参数。感应线圈主要应用在车流量统计、车辆分类识别和车速估计三方面。

①车流量统计的应用

感应线圈检测器最基础的功能就是流量统计,其工作原理是在控制单元设置一个计数器来统计线圈所感应到通过的车辆数,如此,即可获得单位时间内通过该路段的车辆数。

②车辆识别的应用

车辆通过感应线圈时,线圈频率变化量的大小与线圈本身特性、电源频率和通过车辆的特征有关。其中,感应线圈本身特性与电源频率是在线圈设置的时候就已确定的,即可认为是不变量。而车辆本身特征中,车辆底部的材料基本相同,故也不会使线圈本身的电导率和磁导率发生变化。因此,与车辆有密切关系的车辆底部的构造形状、底盘高低就成为识别车辆类型的关键特征,故可利用车辆检测卡高速采集感应线圈频率变化数据,运用模式识别方法对车辆进行正确分类。感应线圈车辆识别流程如图 2-4 所示。

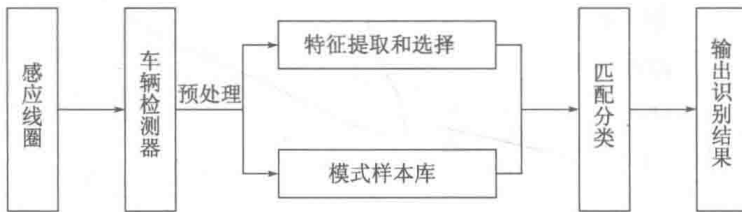


图 2-4 感应线圈车辆识别流程图

③车速估计的应用

车速估计可采用单线圈和双线圈两种模式,单线圈模式的车速估计可通过车辆长度加线圈的总长度与车辆通过线圈所需时间之比来获取,但是由于车辆实际长度未知而采用车辆的平均长度,这会导致较大的误差。因此,一般采用双线圈模式估算车辆的速度,其布置如图 2-5 所示。

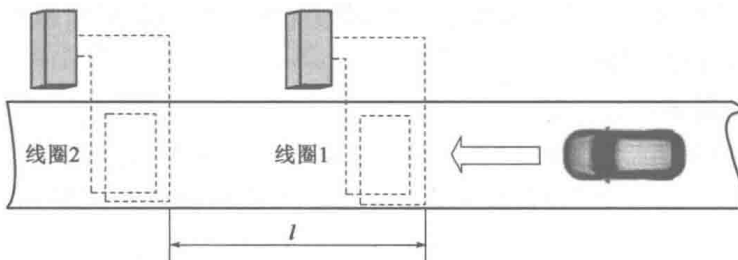


图 2-5 车辆越过双线圈示意图