

模糊控制在 交通信号系统中应用的研究

冯泽虎 © 著



九州出版社
JIUZHOU PRESS

模糊控制在交通信号 系统中应用的研究

冯泽虎 著



九州出版社
JIUZHOU PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

模糊控制在交通信号控制系统中应用的研究 / 冯泽
虎著. -- 北京 : 九州出版社, 2017.10
ISBN 978-7-5108-6301-1

I . ①模… II . ①冯… III . ①模糊控制—应用—城市
道路—交通信号—自动控制—研究 IV . ① U491.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 261545 号

模糊控制在交通信号控制系统中应用的研究

作 者	冯泽虎 著
出版发行	九州出版社
地 址	北京市西城区阜外大街甲 35 号 (100037)
发行电话	(010) 68992190/3/5/6
网 址	www.jiuzhoupress.com
电子信箱	jiuzhou@jiuzhoupress.com
印 刷	北京朗翔印刷有限公司
开 本	710 毫米 × 1000 毫米 16 开
印 张	17.5
字 数	454 千字
版 次	2018年6月第1版
印 次	2018年6月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5108-6301-1
定 价	66.00 元

序言

PREFACE

随着我国城市化进程的逐步加快，城市交通问题越来越突出。目前，国内城市大多引进国外的交通控制系统，难以适合我国的交通实际状况。交通控制系统具有随机性、模糊性和不确定性的特点，建立数学模型非常困难。

本书通过对模糊控制在智能交通系统中的应用研究，旨在提出一种交通控制模糊算法，通过可编程控制器实现对交通灯的智能控制，主要包括对交通控制的系统分析、控制系统方案设计、系统软硬件设计、监控组态设计和性能分析。

针对城市交叉口交通流的分布特点，进行系统分析。确定控制器的输入变量和输出变量以及它们的数值变化范围；选择和确定模糊化方法，把输入、输出变量数值，变换成模糊语言变量的论域元素及量化因子，定义模糊子集；建立模糊控制规律库，据输入及输出物理量数目及所需的控制精度确定控制规则，最后求取模糊控制表。

确定控制方案。结合交通控制的相关国家标准，据交通流量控制周期和红绿灯时间比，确定违章标准；使用 PLC 为控制主机，利用模糊控制表，PC 机倒计时显示剩余时间、车流量、违章数和违章率。

软硬件设计。进行系统预算，点数估算，控制板装配；同时确定系统流程图，控制方式设计，资源分配；使用了输入滤波器、软件滤波、缩短引线、

减少交叉等抗干扰措施；使用组态网设计人机界面 HMI。

本系统在交通流较小或接近定时配时的预期量时，模糊控制与定时控制方法并无太大差别，而当交通量逐渐增大时，本系统具有明显优势，可以有效地减少延误车队长和车辆平均延误时间，由于 PLC 联网通信功能强，也便于构成网络交通控制系统。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，希望大家多提宝贵意见。期望这本书能给广大读者带来益处。

冯泽虎

2017年6月于淄博

目 录

CONTENTS

第一章 绪论	1
1.1 交通信号灯的产生	1
1.2 交通信号灯控制的研究现状及发展趋势	2
1.3 本著作的主要研究内容	3
第二章 交通信号控制的理论和方法	5
2.1 交通信号概述	5
2.2 交通信号灯的含义	5
2.3 交通信号的控制	6
2.4 交通信号灯对于减少交叉路口交错点的作用	9
2.5 城市道路智能交通控制系统	10
第三章 交通信号控制系统中常用低压电器	13
3.1 电器的基本知识	13
3.2 刀开关	15
3.3 熔断器	19
3.4 低压断路器	23
3.5 接触器	26
3.6 继电器	30
3.7 主令电器	39

第四章 交通信号控制系统中常用电子元器件	44
4.1 电阻.....	44
4.2 电容.....	49
4.3 电感和变压器.....	53
4.4 半导体分立元件.....	55
4.5 集成电路.....	60
4.6 开关件、接插件及熔断器.....	64
4.7 电声器件.....	66
4.8 表面安装元器件.....	68
第五章 系统安装常用工具仪器仪表	70
5.1 常用工具.....	70
5.2 专用设备.....	81
5.3 基本材料.....	87
第六章 系统安装制作工艺	95
6.1 识图.....	95
6.2 预加工.....	97
6.3 印刷电路板设计与制作.....	102
6.4 焊接的基本知识.....	106
6.5 手工焊接技术及工艺要求.....	107
6.6 焊点的质量分析.....	109
6.7 现代焊接技术.....	111
6.8 整机结构形式与设计.....	118
6.9 印制电路板的组装.....	120
6.10 测试与调整.....	125

第七章 交通信号控制系统 PLC 基础	135
7.1 初识可编程控制器	135
7.2 PLC 工作过程.....	140
7.3 西门子 PLC 的硬件配置	146
7.4 PLC 的编程语言.....	150
第八章 交通信号控制系统中的电机控制	161
8.1 电动机控制工艺分析	161
8.2 PLC 寻址.....	162
8.3 位操作指令.....	170
8.4 电动机控制系统设计	176
第九章 基于 PLC 的交通灯控制分析	180
9.1 交通灯控制工艺分析	180
9.2 定时器与计数器指令	181
9.3 交通灯控制系统设计	186
第十章 交通信号系统中网络控制分析	192
10.1 西门子工业网络	192
10.2 通信方式与通信参数设置	196
10.3 PLC 的通信指令.....	199
10.4 两台 PLC 间的通信	206
第十一章 变频器控制	209
11.1 变频器工作原理	209
11.2 变频器开关量控制	213

11.3 变频器模拟量控制	216
11.4 S7-200 与变频器的通信	218
第十二章 交通信号的模糊控制策略	228
12.1 模糊控制系统概述	228
12.2 模糊控制系统基本原理	230
12.3 十字路口交通灯控制策略	237
12.4 交通信号灯模糊控制思想	238
12.5 模糊控制系统的总体设计	240
第十三章 模糊控制系统的实现	243
13.1 可编程控制器	243
13.2 基于 PLC 的交通信号灯模糊控制系统编程设计	248
13.3 基于 PLC 的交通信号灯模糊控制系统调试	256
第十四章 结论	258
参考文献	259
附录 1 基于 PLC 的交通信号灯模糊控制程序	262
附录 2 常用缩略语	270

第一章 绪论

由于汽车的发明以及交通量的不断增加，城市交通矛盾的日益突出，已开始影响城市的发展，为了解决这个问题，专家提出了许多建议，如限制私人购车，增加道路宽度，建立交桥，发展城市轨道交通等等。这些措施和办法虽然短期内也能缓解交通压力，但从长远来看，城市的空间毕竟是有限的，这些办法除了需要大量的资金支持外，还要付出惨重的代价。特别是像北京这样的著名历史文化古城，一味地扩展路面，不仅使古建筑和古迹遭到破坏，也破坏了城市独有特征。那么解决城市拥堵的最科学又行之有效的途径在哪里呢？最行之有效的良方或许就是大力发展智能化交通。

1.1 交通信号灯的产生

在19世纪初，位于英国中部的约克城，红、绿装分别代表女性的不同身份。其中，着红装的女人表示已结婚，而着绿装的女人则是未婚者。

英国伦敦议会大厦前经常发生车辆撞人的事故，交通三天两头堵塞，市民对此意见很大。当时，一位名叫德尔·哈特的机械师每天上下班都要经过议会大厦门前，因交通堵塞经常迟到。他受约克城妇女着红、绿服装的启示，设计制造出了信号灯。这种信号灯灯柱高7米，上面挂着一盏红、绿两色的煤气提灯，在灯脚下，一名手持长杆的警察可以牵动皮带转换提灯的颜色，行人和车辆按照“绿灯行、红灯停”的规定有序行驶。一天，信号灯自爆，伤及下面的警察。信号灯就取消了[1]。

1914年，美国的克利夫兰市政府面向社会征集解决交通拥堵问题的方案，几名科学家想到40多年前在英国街头出现的信号灯。于是，他们分析了煤油信号灯自爆的原因，研制出“电气信号灯”，并安装在市区的主要交通路口。没多久，在纽约和芝加哥等城市也陆续出现了这种交通信号灯[2]。

1918年，中国的胡汝鼎怀着“科学救国”的抱负到美国深造。一天，他站在繁华的十字路口等待绿灯信号，当他看到绿灯亮正要过去时，一辆转弯的汽车“呼”的一声擦身而过，吓得他出了一身冷汗。回到宿舍，他反覆琢磨，终于想到在红、绿灯中间再加上一个黄色信号灯，用以提醒人们注意危险。他的建议立即得到有关方面的肯定，并



很快研制出样品,安装在纽约市五号街的一座高塔上。此时,红、黄、绿三色信号灯正式诞生 [3]。

1.2 交通信号灯控制的研究现状及发展趋势

1.2.1 现状

1. 国外发展现状

20世纪80年代中叶以来,ITS作为将先进的信息技术、数据传输技术、电子控制技术及其计算机处理技术等有效的运用于整个运输管理系统,建立一种在大范围内、全方位发挥作用的实时、准确、高效的运输综合管理系统,已经在世界范围内竞相开发与研究 [4]。尤其在美国、欧洲、日本等国外发达国家,统一制定了研究开发计划并投入大量经费,并已经取得了重要成果 [5]。无论是高速公路、公路、还是城市道路,车辆智能监控系统研究都很深入,主要从交通控制系统、道路信号系统、车辆监控、公共信息服务等方面来实现 [6]。在国外发达国家,交通路口很难看到交警的身影,但交通十分顺畅。即使在最繁忙的时间和地段,汽车也能以50 km左右的时速行驶,很少发生交通堵塞,主要得益于遍布大街小巷、十字路口和主要公路干线的24 h值勤的固定的和随机的车载电子监控系统,使城市的交通井然有序。安装电子监测系统的目的是保障交通网络的通畅。交通控制中心通过公路上和汽车上布设的摄像机传来的信号在屏幕上监视公路交通情况,及时指挥交通应急分队前往清除故障和疏导交通。此外,这些信息还会出现在公路的显示设备上,向司机提供实时警告,帮助他们选择顺畅的行车路线。可以说形式多样的移动式电子监控系统已在发达国家的城市中应用较广,但都存在着功能单一的问题,基本上都处于只能测速、测流量阶段,还不能对超限车辆进行监控,而超载、超长、超宽往往也是造成交通事故的主要原因之一。

2. 国内发展现状

近年来随着我国国民经济的日益发展,各种车辆迅速增加,公路,特别是高速公路的里程数逐年增长,这些在使人们生活便利的同时,也引发了新的问题,超速、超载等违章现象以及汽车犯罪等事件剧增,伤亡事故不断发生。交通违法违规行,是造成交通事故、交通拥堵的主要原因,也是交通管理的重点之一。尤其是高速公路,一旦发生交通事故,大都是重大和特大交通事故 [7]。通过对公路、高速公路的交通流量,超速、超载等交通违法行为以及路况信息进行监测、取证,建立交通违章自动监测系统是非常必要的。自动监测系统具有强大的威慑效果,可以促使广大驾驶员不敢随意违章,从而

既保障了交通安全,减轻了民警的劳动强度,又解放了大量的纠违警力用于处置突发事件。因此,建立有效的自动监测系统是交通管理现代化的重要标志之一。目前由于对交通监控、安全管理的要求日益增高,采用智能交通管理系统(ITS)已成为当前公路交通、城市交通管理的主要手段和发展方向,而车牌识别技术作为智能交通管理系统的核心技术,将在今后城市和公路交通管理中发挥举足轻重的作用[8]。它在高速公路、公路、城市道路和停车场等项目管理中具有不可取代的地位,自动监测、自动报警、智能处理,大大提高智能化管理水平,减少人力物力,降低劳动强度,提供了较先进的技术管理手段。

1.2.2 发展趋势

交通控制系统的目的是使用现代化的检测和控制手段调整交通状态,使其达到安全、舒适、快捷的运输目的。现有的道路交通控制系统主要是基于超声波检测器、视频摄像机等各种固定检测设备来实现交通信息的数据采集;基于光纤、电话线和微波等传输手段实现数据传输;基于大屏幕、电视机等显示装置实现图、文和视频信息的显示;基于交通拥挤特性的分析实现对交通事件和交通拥挤的监控。这在一定程度上提高了道路交通的运行管理水平,改善了道路运输过程中的“安全、快速、高效、舒适、环境”状况。然而,与交通管理的目标相比,目前的道路交通控制系统还存在着相当的差距,在一定程度上影响和制约着道路运行效率的发挥[9]。因此;要实现真正意义上的智能化道路交通控制,还必须加大对现代化管理手段的研究以及对先进科学技术的综合运用,探索和构建智能化程度更高的道路交通控制系统。智能交通系统的发展归根到底是交通信息化。道路形成了网络,要发挥最大的社会效益,最终手段就是靠交通信息化,只有信息化才能使之智能化,达到人、车、路融为一体,以人为本,个人信息化,无论何时何地均能获取任何信息、与任何一方通信,车变成了一个流动办公室,路变为综合信息平台,信息无处不在。随着新技术的发展和运用,如地理信息系统(GIS),全球定位系统(GPS),车辆自动识别系统,车辆自动防碰撞系统,自动驾驶系统,辅助驾驶系统,多媒体宽带通信系统等,人对交通信息的要求越来越高,依赖性也越来越强,道路智能化、信息化是发展的必然趋势[10]。

1.3 本著作的主要研究内容

本著作结合城市拥挤的交通现状,设计了一种根据前后交通相流量来决定信号灯配时的模糊控制系统,其主要内容如下:



1. 分析交通信号灯控制发展现状；
2. 分析模糊控制理论在交通信号灯控制方面的应用；
3. 开发基于 PLC 的交通信号灯模糊控制器以及控制程序；
4. 基于 PLC 的交通信号灯模糊控制系统试验测试。

内容仅供参考 版权归作者所有

第二章 交通信号控制的理论和方法

2.1 交通信号概述

交通信号是指在道路上用来传递具有法定意义指挥交通流通行或停止的光、声、手势等。

交通信号主要用在在两条或两条以上道路的交叉口上,用来指挥行人和车辆的通行或停止。众多交通信号中,灯光信号和手势信号是道路上常用的交通指挥信号。灯光信号是通过不同颜色的交通信号灯来指挥交通;手势信号是交通警察或其他交通管理人员通过法定的手势、动作、指挥旗、指挥棒等指挥交通。交通信号灯在城镇的街道上广泛使用,它主要是用轮流显示不同灯色来指挥交通的通行或停止。手势信号现在主要在三种情况下使用:一是在交通信号灯出现故障的时候使用;二是在无交通信号灯的地方使用;三是在上下班时间或其他特殊时间段拥挤的交叉路口使用[11]。

2.2 交通信号灯的含义

道路交通信号灯是交通安全产品中的一个类别,是为了加强道路交通管理,减少交通事故的发生,提高道路使用效率,改善交通状况的一种重要工具。适用于十字、丁字等交叉路口,由道路交通信号控制机控制,指导车辆和行人安全有序地通行。

交通信号灯的类别有:机动车道信号灯,人行横道信号灯,非机动车道信号灯,方向指示信号灯,移动式交通信号灯,太阳能闪光警告信号灯,收费站天棚信号灯。

LED(发光二极管)是近年来开发生产的一种新型光源,具有耗电小(电流只有10~20mA)、亮度高(光强可达上万个mcd)、体积小(直径最小可达3mm)、重量轻(一颗发光二极管仅重零点几克)、寿命长(平均寿命10万小时)等优点。现已逐步代替白炽灯、低压卤钨灯制作道路交通信号灯[12]。

交通灯的分类和功能:

红灯:当红灯亮起时,往红灯方向走的人或汽车要停下,等待红灯变成绿灯时才可通行。

绿灯：当绿灯亮起时，往绿灯方向走的人或汽车可以通行。

黄灯：临时灯，在红灯和绿灯来不及转换的时候才变成黄灯。过 2 ~ 3 秒后，则变成红灯或绿灯。

2.3 交通信号的控制

交通信号控制，是运用现代的信号装置、通信设备、遥测及计算机技术等对动态的交通进行实时的组织与调整。通过交通信号控制，在未饱和交通条件下，降低车辆行驶延误，减少红灯停车次数，缩短车辆在路网内的行驶时间，提高路网的整体通行能力；在饱和交通条件下，使交通流有序行进，分流车辆，缓解堵塞 [13]。

2.3.1 信号控制的基本概念

1. 信号相位。信号机在一个周期有若干个控制状态，每一种控制状态对某些方向的车辆或行人配给通行权，对各进口道不同方向所显示的不同灯色的组合，称为一个信号相位。我国目前普遍采用的是两相位控制和多相位控制。

2. 信号周期。是指信号灯各种灯色显示一个循环所用的时间，单位微秒。信号周期又可分为最佳周期时间和最小周期时间。

3. 绿信比。是指在一个周期内，有效绿灯时间与周期之比。周期相同，各相位的绿信比可以不同。

4. 相位差。是指系统控制中联动信号的一个参数。它分为相对相位差和绝对相位差。相对相位差是指在各交叉口的周期时间均相同的联动信号系统中，相邻两交叉口同相位的绿灯起始时间之差，用秒表示。此相位差与周期时间之比，称为相对相位差比，用百分比表示。在联动信号系统中选定一个标准路口，规定该路口的相位差为零，其他路口相对于标准路口的相位差，称为绝对相位差 [14]。

5. 绿灯间隔时间。从失去通行权的上一个相位绿灯结束到得到通行权的下一个相位另一方向绿灯开始的时间，称为绿灯间隔时间。在我国，绿灯间隔时间为黄灯加红灯或全红灯时间。当自行车和行人流量较大时，由于自行车和行人速度较慢，为保证安全，需进行有效调整，可以适当增加绿灯间隔时间。

此外，信号控制的基本参数还有饱和流率、有效绿灯时间、信号损失时间、黄灯时间、交叉口的通行能力与饱和度等。

2.3.2 交通信号灯的分类

1. 交通信号灯,按用途可分为车辆交通信号灯、行人交通信号灯、方向交通信号灯和车道交通信号灯等。

2. 交通信号灯,按操作方式可分为定周期控制信号灯和感应式控制信号灯。感应式控制信号灯又分为半感应控制和全感应控制两种。

3. 交通信号灯,按控制范围可分为单个交叉路口的交通控制、干道交通信号联动控制和区域交通信号控制系统,即“点控”、“线控”、“面控”三种。

另外,有点信号灯可以设计成信号灯色倒计时显示屏,或者黄灯闪烁屏以提高绿灯时间的利用率。还要一种太阳能信号灯,在交通量少、位置偏远的地方使用比较方便。

2.3.3 交通信号点控制

交通信号单点信号控制,又称“点控”,用于单个信号的路口,属于孤立交叉路口的信号控制。根据交叉路口的流量和流向,确定最佳配时方案,可保证最大通行能力或最小延误。

1. **定时控制。**定时信号控制也称周期控制,定时周期控制属于自动控制。配时参数的各种组合,构成不同的信号配时方案。

(1) 单点定时周期控制。预先调整信号机的控制相位、周期长度和绿信比,根据设计好的程序轮流给各方向的车辆和行人分配通行权,控制不同方向的交通流。

(2) 多段定时周期控制。若一天当中各时间段的交通量相差较大,则应采用多套配时方案。根据一天内不同时段交通量的变化,选择相应的配时方案,以适应交通流变化的需要。

定时控制方式适用于那些交通量不大、变化较稳定、相隔距离较远的交叉口。

2. **感应式信号控制。**根据车辆感应器提供的信息调整周期长度和绿灯时间。它可更好地适应交通量的变化,减少延误,提高交叉路口的通行能力。特别适用于各方向交通量明显随时间变化较大且无规律的交叉路口。它的主要型式有以下两种:

(1) 半感应式信号控制。在部分进口道上设置车辆感应器,通常设在次要路口。平时主干道维持长绿信号,只有当支路上有车辆到达交叉口时,才给以通行权。这种控制适用于主干道上交通量特别大,而支路上流量较小的交叉口。

(2) 全感应式信号控制。所有进口道上都安装车辆感应器。当主干道和支道的交通量都比较小时,主、支道入口的信号均维持最短绿灯时间,此时它相当于定时周期控制,当交通量较大时,可自动延长绿灯时间。全感应式信号控制适用于相交道路的交通流量都比较大、且都不稳定的情况。



3. 按钮式信号控制。按钮式信号控制，属于人工控制，它适用于支线路口或非交叉路的人行横道处，平时主干道路是绿灯信号，支线路口来车或有行人横穿道路时，可按一下路旁与信号机相连的开关（有的设计为遥控开关），则绿灯变为红灯。这种控制方式，适用于支线路口车辆或行人较少的道路 [15]。

2.3.4 交通信号线控制

交通信号线控制，也称“绿波控制”，是把干道上若干连续交叉路口的交通信号连接起来，同时对各交叉路口设计一种相互协调的配时方案，各交叉路口的信号灯联合运行，使车辆通过第一个交叉路口后，按一定的车速行驶，到达后面各交叉路口时均可遇到绿灯，大大减少车辆的停车次数与延误。线控制往往是面控制系统中的一个组成部分，是面控系统的一种简化形式。采用这种控制一般要具备下列条件：

1. 纳入控制系统的交叉口，应采用相同的信号周期；
2. 必须具有相同的时间基准，保证相位差的稳定；
3. 交叉口之间应有较大的关联性。通常相邻交叉路口之间的距离不超过 800m；
4. 信号协调控制器分为主控制器的协调控制和无电缆协调控制两类。

2.3.5 面控系统

交通信号面控制也称“区域控制”或“网络协调控制”，是把某一区域内的全部交通信号纳入一个指挥中心管理下的一套整体控制系统，是单点信号、干道信号和网络信号系统的综合控制系统 [16]。其优点是：可获得全区域整体控制效益；可因地制宜地选用合适的控制方法；可有效、经济地使用设备。

交通信号面控制系统，从控制策略上可分为定时式脱机操作控制系统和感应式联机操作控制系统；按控制方式可分为方案选择方式和方案形成方式；按控制结构可分为集中式计算机控制结构和分层式计算机控制结构。

1. 定时式脱机操作控制系统。国际上应用较广的是 TRAN - SYT，即“交通网络研究方法”。这种系统的基本原理，是利用交通流历史及现状统计数据，进行脱机优化处理，得出多时段的最优信号配时方案，编入计算机控制程序，对整个区域交通实施多时段定时控制。它由交通模型和优化程序两部分组成。

2. 感应式联机操作控制系统。感应式联机操作控制系统是一种能够适应交通流量变化的“自适应控制系统”，也叫“动态响应控制系统”。在控制区交通网中设置车辆感应器，实时采集交通数据并实施联机最优控制。自适应控制结构复杂、投资高，对设备可靠性要求高，但能较好地适应交通流的随机变化。目前，国内使用的自适应控制系