



普通高等教育“十二五”规划教材

道路交通 控制工程案例

陈兆盟 李正熙 刘东波 张永忠 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

道路交通控制工程案例

陈兆盟 李正熙 刘东波 张永忠 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

作者结合在城市道路交通信号控制系统领域的经验编写本书。全书共7章,主要包括交通信号控制的基础理论以及大量的实际案例,案例覆盖了定周期控制、无电缆协调控制、感应控制、需求控制、自适应优化控制系统协调控制等内容。

本书可供交通工程、交通设备与控制工程等专业的一本专科生学习使用,亦可供城市交通控制、交通工程设计等专业的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路交通控制工程案例 / 陈兆盟等编著. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2014.5
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-2075-2

I. ①道… II. ①陈… III. ①公路运输—交通控制—
案例—高等学校—教材 IV. ①U491.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第112795号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 道路交通控制工程案例
作 者	陈兆盟 李正熙 刘东波 张永忠 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 10.25印张 243千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	22.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

随着我国经济社会的高速发展,城镇化、城市机动化的速度不断加快,普通民众日益增长的交通出行需求与城市道路资源的矛盾更加突出。交通拥堵、交通事故及由此引发的交通环境污染等问题日渐不能满足社会的可持续发展以及普通民众对出行便捷性、舒适度的要求。如何做到让城市道路交通系统高效运转,以此来更好地助力于经济社会的发展及满足人民群众的出行需求成为一个亟待解决的难题。在此背景下,以避免对现有不合理的城市道路路网结构改造为前提,而采用智能化的交通信号控制器,优化路网中交叉口、干线及区域的控制效果,达到改善路网交叉口的交通运行状况的目标。

本书归纳了作者多年来在城市道路交通信号控制系统研究、设计、建设、使用和管理等多方面取得的成果和经验,立足于交通信号控制理论与实际工程的结合,在理论分析的基础上以工程项目为背景介绍了不同交通信号控制类型下道路交通信号控制器的使用方法。全书共分7章。第1章主要介绍了交通信号控制的基础知识和基本概念;第2章以西门子股份公司的MCU-6系列交通信号控制器为例,介绍了其发展、特点及参数配置的具体操作流程;第3章从信号阶段的确定、基本控制参数、参数计算等对交叉口的定周期控制详细介绍了交叉口,并附有实际案例操作简述;第4章详细概述对无电缆协调控制的基本概念、配时设计、控制相位的计算方法,并有介绍了3个路口线协调的实际案例;第5章介绍了感应控制的工作原理、感应控制参数的确定,结合实际案例介绍了交通信号控制器的配置方法来实现;第6章以实际案例分析了交通信号控制机实现路网交叉口的需求控制的方法;第7章分析比较了国内外成熟自适应优化控制系统,并着重介绍了SCOOT系统和UTC-SCOOT系统在北京的发展历程,最后详解了UTC-SCOOT系统控制在北京平安大街的应用案例。

在本书的编写过程中,参考和引用了许多国内外资料及学者的相关著作,在此向原作者表示衷心的感谢。同时西门子(中国)有限公司相关交通信号机的技术人员也对本书的编写给予了大量指导性意见和建议,在此,诚挚地

感谢他们的帮助。

本书由陈兆盟担任主编，李正熙、刘东波、张永忠等担任副主编，陈兆盟负责统稿。北方工业大学的郭伟伟、殷学侠参与了本书的资料调研、文字录入和校对等工作，对此表示感谢。

由于时间仓促和作者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，敬请广大读者和同行批评指正。

编者

2013 年 12 月
于北京

目 录

前言

第 1 章 交通信号控制基础	1
1.1 交通信号控制的基本概念	1
1.2 交通信号控制的设置依据	11
1.3 交通信号控制的性能指标	16
第 2 章 交通信号配时软件介绍	18
2.1 交通信号机硬件部分简要说明	18
2.2 交通信号配时软件使用介绍	18
第 3 章 定周期控制案例	25
3.1 定周期控制方法	25
3.2 北京古城南路东口路口控制案例	34
3.3 北京杨庄东口路口控制案例	44
第 4 章 无电缆协调控制案例	54
4.1 无电缆协调控制的基本知识	54
4.2 八角西街北口路口控制案例	65
4.3 八角路中口路口控制案例	69
4.4 八角南路西口路口	73
4.5 3 个路口线协调方案设计	76
4.6 交通信号控制器的实现	79
第 5 章 感应控制案例	89
5.1 感应控制的工作原理	89
5.2 感应控制参数的确定	90
5.3 北京五棵松路口感应控制案例	92
5.4 北京中央机构编制委员会路口感应控制案例	104
第 6 章 需求控制案例	118
6.1 北京北苑东路口需求控制案例	120
6.2 北京北新家园行人过街路口需求控制案例	131

第 7 章 自适应优化控制系统协调控制案例.....	141
7.1 自适应控制系统的简介及北京应用情况	141
7.2 UTC-SCOOT 系统控制在北京平安大街的应用案例	144
参考文献	156

第1章 交通信号控制基础

随着社会进步与经济发展,城市机动化进程逐步加快。与此同时,机动车消费能力的持续提升、机动车保有数量的持续增加,导致交通供给(即以道路容量为依托的通行能力)已经不能满足交通需求(交通流量)。从理论上讲,可以通过改造不合理的路网结构和信号配时来解决这一问题,但是改造现有路网需要大量的资金和较长的施工周期,反而会加剧交通拥堵。因此,交通信号控制是解决交通问题最经济有效的方式之一。

交通信号控制是指利用交通信号灯,对道路上运行的车辆和行人进行指挥。也可以描述为以交通信号控制模型为基础,通过合理控制路口信号灯的灯色变化,达到减少交通拥堵、保证城市道路通畅和避免交通事故等目的。其中,交通信号控制模型是描述交通性能指标(延误时间和停车次数等)随交通信号控制参数(信号周期、绿信比和信号相位差),交通环境(车道饱和流量等),交通流状况(交通流量和车队离散性等)等因素变化的数学关系式,它是交通信号控制理论的研究对象,也是交通工程学科赖以生存和发展的基础。

本章针对交通信号控制模型涉及的基本概念与基本控制方法,阐述交通信号控制理论基础。

1.1 交通信号控制的基本概念

本书涉及的交通信号控制的对象主要是城市道路平面交叉口。城市道路平面交叉口是道路的集结点、交通流的疏散点,是实施交通信号控制的主要场所。平面交叉口根据分岔数可以分为三岔交叉口、四岔交叉口与多岔交叉口;根据形状可以分为T形交叉口、Y形交叉口、十字形交叉口、X形交叉口、错位交叉口以及环形交叉口等。交叉口类型如图1.1所示。

1.1.1 交通信号与交通信号灯

交通信号是指在道路上向车辆和行人发出通行或停止的具有法律效力的灯色信息,主要分为指挥灯信号、车道灯信号和人行横道灯信号。交通信号灯则是指由红色、黄色、绿色按顺序排列组合的显示交通信号的装置。世界各国对交通信号灯各种灯色的含义都有明确规定,且规定基本相同。下面简述我国对交通信号灯的具体规定。

1.1.1.1 指挥灯信号

(1) 绿灯亮时,准许车辆、行人通行,但转弯的车辆不能妨碍直行的车辆和被放行的行人通行。

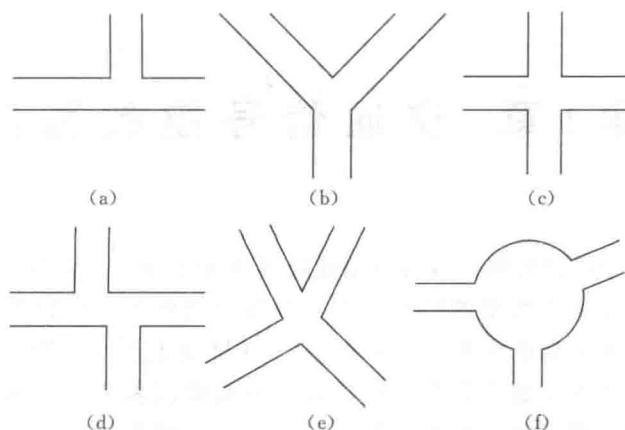


图 1.1 交叉口类型图

(a) T形交叉口；(b) Y形交叉口；(c) 十字形交叉口；(d) 错位交叉口；
(e) X形交叉口；(f) 环形交叉口

(2) 黄灯亮时，不准车辆、行人通行，但已越过停止线的车辆和已进入人行横道的行人，可以继续通行。

(3) 红灯亮时，不准车辆、行人通行。

(4) 绿色箭头灯亮时，准许车辆按箭头所示方向通行。

(5) 黄灯闪烁时，车辆、行人须在确保安全的原则下通行。

1.1.1.2 车道灯信号

(1) 绿色箭头灯亮时，本车道准许车辆通行。

(2) 红色叉形灯亮时，本车道不准车辆通行。

1.1.1.3 人行横道灯信号

(1) 绿灯亮时，准许行人通过人行横道。

(2) 绿灯闪烁时，不准行人进入人行横道，但已进入人行横道的，可以继续通行。

(3) 红灯亮时，不准行人进入人行横道。

如图 1.2 所示，信号灯组是指一个完整的车辆红、黄、绿三头灯或行人红、绿二头灯的组合。

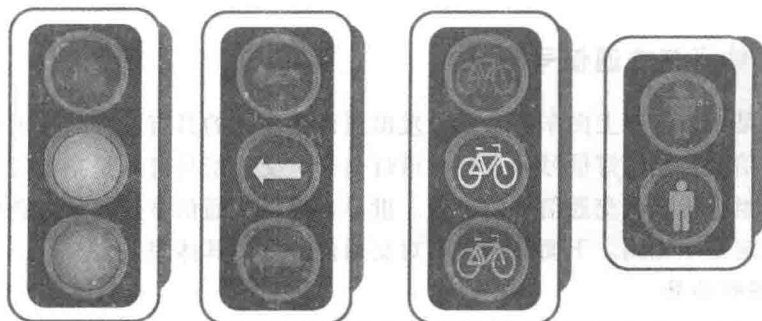


图 1.2 信号灯组

1.1.2 信号相位

1.1.2.1 相位 (Phase)

向一股或多股交通流显示的同一交通信号序列，一个相位可以出现在一个或多个信号阶段中。(例如，北向南直行相位可能出现在北向东左转阶段中，如图 1.3 所示)。

1.1.2.2 交通相位

交通相位驱动红、黄、绿三色信号灯，用于控制机动车和非机动车的通行。

默认信号序列为：红 → 2s 红/黄 → 绿 → 3s 黄 → 红。

信号序列可以灵活配置。

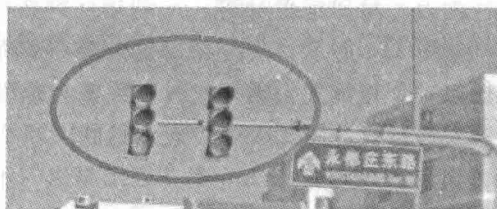


图 1.3 南向北方向相位 (直行和左转混放)

1.1.2.3 行人相位

行人相位由红、绿两个信号灯及行人等待指示灯组成，用于控制过街行人的通行。标准的信号序列为：红 → 绿 → 绿闪 (PBT) → 红。

行人等待指示：可用相位的黄灯输出作为行人等待指示，因为行人灯是二头灯，通常的黄灯输出在行人灯红绿驱动中不用，因此可用在行人等待指示。

1.1.2.4 箭头相位

箭头相位只有一个绿色信号灯，通常与一个交通相位协同工作，用绿箭头信号控制转向车辆的通行。与绿箭头相位协同工作的交通相位被称为前者的“相关相位”。

一般有两种箭头相位：

- (1) 过滤箭头。
- (2) 指示箭头。

1.1.2.5 相位之间的关系

(1) 冲突相位 (Conflict Phase)：因交通安全问题不能同时出现的两个相位定义为冲突相位。冲突相位之间必须有绿灯间隔时间，不冲突和不会同时出现的相位之间没有绿灯间隔时间。

(2) 对立相位 (Opposing Phase)：相互间试图结束对方给出通行权的相位。一般情况下，冲突相位也是对立相位。当两个相位不相冲突且永远不同时出现时可以配置为对立相位。

1.1.3 信号阶段

信号阶段是在信号周期的某一时间段内，为一个或多个交通流同时给出通行权的信号显示状态。一个阶段可以包括一个或多个信号相位，这些信号相位不相互冲突。在空间上无法实现分离的地方（主要是在平面交叉口上），可以通过在时间上给各个方向交通流分配相应的通行权，避免不同方向交通流之间的冲突。例如，为了放行东西向的直行车流且同时避免南北向的直行、左转车流与其发生冲突，可以通过启亮东西向的绿色直行箭头灯将路口的通行权赋予东西向直行车流，启亮南北向的红灯消除南北向直行、左转车流对东

西向直行车流通行的影响。

信号阶段是根据交叉口通行权在一个周期内的更迭来划分的。路口的信号阶段方案应由实际交通流状况决定，十字路口通常采用2~4个信号阶段。如果信号阶段过少，则不能有效地消除冲突，容易导致交通秩序混乱，交通安全性下降等后果；如果信号阶段过多，虽能改善路口的交通秩序与安全性，但信号阶段之间转换会损失部分时间资源，降低通行能力，增加延误时间。

如图1.4所示，阶段开始是指当一个阶段中包含的所有相位均已获得通行权，而阶段中任何一个相位失去通行权时，称其为阶段结束，阶段结束并不意味着这一阶段的所有相位失去通行权。图1.4中1表示迟断（相位延迟），即阶段1向阶段2变化过程中，相位A比相位B延迟。图1.5中2表示早启（不同的绿灯间隔时间），即阶段2开始前，相位C比相位D早启。

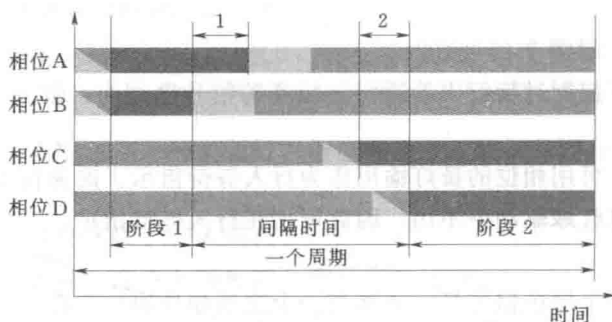


图 1.4 阶段示意图

1.1.4 交通信号控制参数

1. 时间参数

(1) 信号周期。信号周期是指信号灯色按照设定的阶段顺序显示一周所需的时间，即各种灯色显示时间的总和，或是从某阶段的绿灯启亮到下次该阶段绿灯再次启亮之间的一段时间，用 C 表示，单位为秒（s）。周期时长是决定信号控制交通效益的关键控制参数。

从安全性的角度考虑，周期时长一般不少于 25s，但也不能过长，过长周期易引起驾驶员的抱怨，或误以为信号灯出现失灵。合理的周期长度对疏散路口处的交通流、减少车辆等待时间有重要意义。

从疏散车辆的角度来讲，当交通需求越大，周期应越长，否则一个周期内到达的车辆不能在当前周期内通过交叉口，导致交通拥堵。从减少车辆等待时间的角度来讲，过长或过短的周期都是不利的。若周期过短，到达车辆不能在有限的绿灯时间内通过，导致交通拥堵；若周期过长，某一方向的绿灯时间可能大于实际需要，而其他方向的红灯时间被不合理地延长可能导致该方向车流等待时间的增加。合理的周期长度应该是一个方向的绿灯时间刚好使该方向进口道等待的车队放行完毕。

(2) 绿信比。绿信比是指一个信号周期内某信号相位的有效绿灯时间与信号周期的比值，用 λ 表示。即：

$$\lambda = \frac{t_{EG}}{C} \quad (1.1)$$

式中 t_{EG} ——有效绿灯时间。

某信号相位的有效绿灯时间是指将一个信号周期内该信号相位能够利用的通行时间折算为被理想利用时所对应的绿灯时长。有效绿灯时间与最大放行车流率（饱和流量）的乘积应等于通行时间内最多可以通过的车辆数。有效绿灯时间等于绿灯显示时间与黄灯时间之和减去部分损失时间，也等于绿灯显示时间与前损失时间之差再加上后补偿时间（后补偿时间等于黄灯时间减去后损失时间），即：

$$t_{EG} = t_G + t_Y - t_L = t_G - t_{FL} + t_{BC} = t_G - t_{FL} + t_Y - t_{BL} \quad (1.2)$$

式中 t_G ——表示绿灯显示时间；

t_Y ——黄灯时间；

t_L ——部分损失时间；

t_{FL} ——前损失时间；

t_{BC} ——后补偿时间；

t_{BL} ——后损失时间。

部分损失时间是指由于交通安全及车流运行特性等原因，在相位可以通行的时间段内没有交通流运行或未被充分利用的时间。部分损失时间由前损失时间和后损失时间两部分组成。前损失时间是指绿灯初期，由于排队车辆需要启动加速、驶出率较低所造成的损失时间。在绿灯初期车流量由小变大，由零逐渐上升到最大放行车流率。后损失时间是指绿灯时间结束时，黄灯期间停车线后的部分车辆已不许越过停车线所造成的损失时间。后补偿时间是指绿灯时间结束时，黄灯初期已越过停车线的车辆可以继续通行所带来的补偿时间。后损失时间与后补偿时间之和等于黄灯时间，恰恰也正反映了黄灯的过渡性与“两面性”。在黄灯期间车流量由大变小，由最大放行车流率逐渐下降到零。

绿信比是信号配时设计的关键参数，对于疏散交通流、减少车辆在交叉口的等待时间与停车次数都起着举足轻重的作用。信号相位的绿信比越大，则越有利于该信号相位车辆的通行，却不利于其他信号相位车辆的通行，这是因为所有信号相位的绿信比之和必须小于1。

(3) 相位最小/最大绿灯时间。相位最小绿灯时间是指出于安全原因，当某相位开始绿灯时所需保持的最短绿灯时间。如果绿灯信号持续时间过短，停车线后面已经启动并正在加速的车辆会来不及刹车或者会使驾驶员在缺乏思想准备的情况下急刹车，容易酿成交通事故。

在定时信号控制交叉口，需要根据历史交通量数据确定一个周期内可能到达的排队车辆数，从而决定最短绿灯显示时间的长短；在感应式信号控制交叉口，则需要根据停车线与车辆检测器之间可以容纳的车辆数确定最短绿灯显示时间的长短。

相位最大绿灯时间是指相位绿灯信号允许开启的最长时间。

(4) 绿灯间隔时间。绿灯间隔时间是指冲突相位间通行权转换的过渡时间，如图1.5所示。设置绿灯间隔时间主要是为了确保已通过停车线驶入路口的车辆，均能在下一相位的首车到达冲突点之前安全通过冲突点，驶出交叉口。绿灯间隔时间，通常表现为黄灯时

间或黄灯时间加上全红时间。全红是指路口所有方向均显示红色信号灯，全红时间是为了保证相位切换时不同方向行驶的车辆不发生冲突、清除交叉口内剩余车辆所用时间。

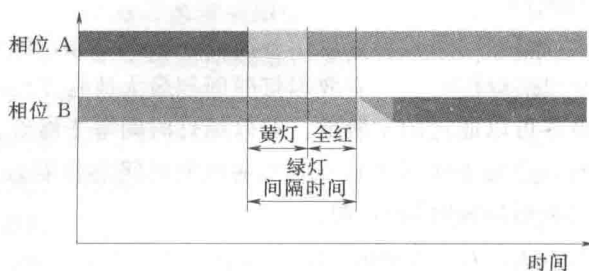


图 1.5 绿灯间隔示意图

为了避免前一相位最后驶入路口的车辆与后一相位最先驶入路口的车辆在路口发生冲突，要求它们驶入路口的时刻之间必须存在一个时间间隔，这个时间间隔由基本间隔时间和附加路口腾空时间两部分构成。其中，基本间隔时间是由车辆的差异性和运动特性决定的时间量，一般取值为 $2\sim 3\text{s}$ ；附加路口腾空时间则是由路口特性决定的时间量，可以根据两股冲突车流分别从各自停车线到达同一冲突点所需行驶的时间差来确定。在定时控制中，绿灯间隔时间可取为末首车辆实际时间间隔；而在感应控制中，如果在停车线前埋设了检测线圈，则该线圈可以测量到前一相位最后车辆离开停车线与前一相位绿灯结束之间的时间差，从而可以得到绿灯间隔的可压缩时间，因此此时的绿灯间隔时间可取为末首车辆实际时间间隔与绿灯间隔可压缩时间之差，从而提高路口的通行能力。

图 1.6 中全红是指所有信号灯组灯色均显示为红色的信号状态。有两种方法可以达到全红状态：

1) 调用全红阶段：当相位有效时，所有相位处于全红状态。阶段 0 一般被定义为全红阶段。

2) 绿灯间隔延伸到全红：阶段切换时，延长绿灯间隔达到全红，如图 1.6 所示。

(5) 损失时间。损失时间是指由于交通安全及车流运行特性等原因，在整个阶段时间段内没有交通流运行或未被充分利用的时间，用 l 表示。损失时间等于绿灯显示时间与绿灯间隔时间之和再减去有效绿灯时间。

对于一个信号周期而言，总的损失时间是指所有关键车流在其信号阶段中的损失时间之和，用 L 表示。而关键车流是指那些能够对整个交叉口的通行能力和信号配时设计起决定作用的车流，即在一个信号相位中交通需求最大的那股车流。

2. 交通流参数

(1) 交通流量。交通流量是指单位时间内到达道路某一截面的车辆或行人数量，用 q 表示。到达交叉口的交通流量是指单位时间内到达停车线的车辆数，其主要取决于交叉口上游的驶入交通流量以及车流在路段上行驶的离散特性。交通流量通常随时间随机变化，且变化规律比较复杂，既包括规律性的变化，也包括非规律性的变化。换句话说，交通流量在不同的时间段内将围绕某一平均值上下波动。

(2) 饱和流量。饱和流量是指单位时间内车辆通过交叉口停车线的最大流量，即排队

车辆加速到正常行驶速度时,单位时间内通过停车线的稳定车流量,用 S 表示。饱和流量取决于道路条件、车流状况以及配时方案,但与配时信号的长短基本无关。具体而言,影响道路饱和流量大小的道路条件主要有车道的宽度和车道的坡度,影响道路饱和流量大小的车流状况主要有大车混入率、转弯车流的比率及车道的功能,影响道路饱和流量大小的配时方案主要指信号相位的设置情况。

饱和流量应通过实地观测获取。在某些特殊情况下,尤其是在设计一个新的交叉口时,无法实测获取饱和流量,可以使用经验公式或图表近似求取饱和流量。常用的计算方法有韦伯斯特法、阿克塞立科法、折算系数法、停车线法和冲突点法等。

(3) 通行能力。对于交叉口而言,通行能力是指在一定的道路条件和交通管制条件下,单位时间各进口道以能够接受的行车速度通过的最大车辆数,用 Q 表示。其中,“道路条件”指道路的几何特征,包括车道数,车道、路肩和中央分隔带等的宽度及平、纵线形和视距等,对于交叉口而言,道路条件直接影响饱和流率,“交通管制”主要是指交叉口的绿信比配置方案,而“能够接受的行车速度”指大多数驾驶员能够接受的行车速度,也会影响饱和流率。通行能力与饱和流量、绿信比之间的关系可以用公式 (1.3) 表示,即

$$Q = S\lambda = S \frac{t_{BG}}{C} \quad (1.3)$$

可以看出,交叉口各方向入口道的通行能力是随其绿信比的变化而变化的,是一个可以调节的参量,具有十分重要的实际意义。加大交叉口某信号相位的绿信比也就是加大该信号相位所对应的放行车道的通行能力,使其在单位时间内能够通过更多数量的车辆,然而值得注意的是,某一信号相位绿信比的增加势必造成其他信号相位绿信比的下降,从而导致其他信号相位所对应的放行车道的通行能力相应下降。

(4) 车道交通流量比。车道交通流量比是指道路的实际流量与饱和流量之比,用 y 表示。

$$y = \frac{q}{S} \quad (1.4)$$

可以看出,车道交通流量比几乎不受信号配时影响,在一定程度上反映了道路的拥挤状况,是信号配时设计的重要依据。

(5) 临界车道组交通流量比。临界车道组交通流量比又称相位交通流量比,是指某信号相位中车道交通流量比的最大值,即关键车流的交通流量比。将信号周期内所有相位所对应的关键车流的交通流量比累加,即为交叉口的总交通流量比,用 Y 表示。交叉口的总交通流量比与临界车道组交通流量比是影响信号配时设计的两个重要因素,前者将决定信号周期大小的选取,后者则决定各相位绿灯时间的合理分配。

(6) 饱和度。道路的饱和度是指道路的实际流量与通行能力之比,用 x 表示。

$$x = \frac{q}{Q} = \frac{q}{S} \times \frac{C}{t_{EG}} = \frac{y}{\lambda} \quad (1.5)$$

从式 (1.5) 可以看出:

(1) 当道路具有足够的通行能力,即 $Q > q$ 时,其饱和度 $x < 1$; 当道路不具有足够的通行能力,即 $Q \leq q$ 时,其饱和度 $x \geq 1$ 。兼顾到路口通行效率与绿灯时间利用率,通常在

交叉口的实际设计工作中为各条道路设置相应的可以接受的最大饱和度限值, 又称为饱和度和实用限值, 用 x_p 表示。饱和度实用限值一般设置在 0.9 左右。实践表明, 当饱和度保持在 0.8~0.9 之间时, 交叉口可以获得较好的运行条件; 当交叉口的饱和度接近 1 时, 交叉口的实际通行条件将迅速恶化。

(2) 增大交叉口某信号相位的绿信比, 也即是降低该信号相位所对应的放行车道的饱和度。当然, 某一信号相位绿信比的增加势必造成其他信号相位绿信比的下降, 从而将会导致其他信号相位所对应的放行车道的饱和度相应上升。因此, 研究整个交叉口的总饱和度和很关键。

交叉口的总饱和度是指饱和程度最高的相位所达到的饱和度值, 而并非各相位饱和度之和, 用 X 表示。对于某一确定的信号周期, 当调节各个信号相位的绿信比使得各股关键车流具有相等的饱和度时, 交叉口的总饱和度将达到最小值, 此时式 (1.6) 成立, 即:

$$X = x_1 = \frac{y_1}{\lambda_1} = x_2 = \frac{y_2}{\lambda_2} = \cdots = x_n = \frac{y_n}{\lambda_n} = \frac{\sum_{k=1}^n y_k}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} = \frac{Y}{\frac{C-L}{C}} \quad (1.6)$$

式中 x_1 、 x_2 、 $\cdots$ 、 x_n ——各关键车流的饱和度。

从交叉口总饱和度的定义可以推知, 如果交叉口总的绿信比小于交叉口的总交通流量比, 则说明该交叉口的总饱和度必将大于 1, 不具备足够的通行能力。

1.1.5 交通信号控制类别

交通信号控制方式的设计首先要确定交通信号控制设计的战略, 即交通信号控制设计的指导思想。要从提高整个交通系统性能的高度出发, 进行交通信号控制方式的设计。对一个城市或者一个区域进行交通信号控制方式的设计, 要根据该城市或者该区域交通路网(路段)的交通特性和规模来确定控制方式。

信号控制有各种各样的方式, 交通信号控制分类也有很多种, 按照控制范围可分为单点交叉口交通信号控制、干线交叉口交通信号协调控制和区域交通信号控制; 按照控制方式可分为定时控制、感应控制和自适应控制。

1. 按控制范围分类

(1) 单个交叉口的交通控制。各交叉口的交通控制信号根据本交叉口的交通情况独立运行, 不与其邻近交叉口的控制信号发生联系, 这种方式被称为单个交叉口交通控制, 也称为单点信号控制, 俗称“点控制”, 这是交叉口交通信号控制最基本的形式。该控制方式适用于相邻信号机间距较远、线控无多大效果时; 或者因各相位交通需求变动显著, 交叉口的周期长和绿信比的独立控制比线控更有效情况。

(2) 干道交叉口交通信号协调控制。将干线上若干连续交叉口的交通信号通过一定的方式联系起来, 同时对各个交叉口设计一种相互协调的配时方案, 使得各交叉口的信号灯按此协调方案联合运行, 以便车辆通过这些交叉口时不致经常遇上红灯, 进而减少车辆停车次数, 称为干道信号联动控制, 也称“绿波信号控制”, 俗称“线控制”。

干道交叉口交通信号协调控制的思想是希望使车辆通过第一个交叉口后, 按一定的车

速行驶,到达后续各交叉口时就不再遇到红灯。但实际上,由于各车在路上行驶时车速不一样,且随时有变化,交叉口又有左、右转弯车辆进出等因素的干扰,所以很难达到一路上都是绿灯的效果,但是还是可以使车辆在路上少遇几次红灯,减少大部分车辆的停车次数与延误。

根据相邻交叉口间信号灯连接方法的不同,干道信号联动控制可分为:

1) 有电缆线控。有电缆线控是指由控制中心计算机通过传输线路通知现场信号机操纵各信号灯的协调运行。在此线控系统中,线控系统各信号控制机配时方案间的连接,使用电缆作信息传输的介质。

a. 用主控制机的控制系统。在一个用定时信号控制机的线控系统中,设一台主控制机每周期发送一个同步脉冲信号通过电缆传输给各下位机,时差被预先设定在各下位机内,各下位机均在各自的时差点上转换周期,所以下位机从主控机接到同步脉冲信号后会在各自的时差点上转换周期,因此可保持各控制机间正确的时差关系。这是一类使用十分广泛的控制系统,其特点是主控机每个周期都会自动地对其各下位机进行时间协调。

传输脉冲信号的电缆可以是专用的,也可利用沿路的公用电缆。用电话线时,在传送信号的瞬间,自动切断电话通话,传送信号结束后立即恢复正常通话。因传送信号的时间极短,所以对正常通话不会产生不良影响。由于现代交通控制系统中传输的信息量很大,多采用专用的光纤线网。

这种系统可执行多时段的配时方案,配时方案的数目视各下位机而定。在主控机中可设置一个由定时时钟操纵的配时方案的转换点,当时间达到这个转换点时,主控机发出一个转换信号,指定系统中各下位机同时相应地改变配时方案。

这是系统的一种改进方式,是把主控机改为一台同信号控制机完全分开的系统协调机,这台系统协调机并不控制某个交叉口的信号灯,而只是用来发送同步脉冲信号和配时方案的改变指令。这台系统协调机,没必要一定安装在某个交叉口上,它可安装在交通工程师的办公室、信号维修站或其他合适的地点。

主控机或独立的系统协调机也可做成可编程序式的、具有存储功能的设施,可将各种配时方案及各方案转换点以程序的方式储存其中。这种连接方式可以简便地在一个地方集中改变全系统各个控制机的配时方案,但其安装费用随所需使用电缆的长度而增加。

b. 逐机传递式系统。在逐机传递式系统内各控制机中设有时差控制设施,对各控制机分别预先设定各机的配时方案及时差,用电缆将系统中各控制机逐一连接。开始运转时,当第一交叉口绿灯启亮时,发一个信号传给下一个交叉口的控制机;第二个控制机接到信号后,按先置的时差推迟若干秒改亮绿灯,再按预置显示绿灯时间改变灯色,并发一个信号传给下一个交叉口的控制机,这样依次把信号逐个传递到最后一个控制机。第一个交叉口绿灯再启亮时,信号仍按次逐个传递一遍,以保持各控制机间的时差关系。

2) 无电缆线控。无电缆线控是指通过电源频率及信号机内的计时装置来操纵各信号机灯按时协调控制。在此线控系统中,线控系统各信号控制机配时方案间的连接,不用电缆作信息传输的介质。

a. 靠同步电动机或电源频率连接。从第一个控制机开始,按先后次序逐一把各机的配时方案,由人工根据各控制机间的计算时差,设置到信号控制机中。设定的各控制机间

的时差关系,靠控制机中的同步电动机或电源的频率来保持。

这是线控系统各信号控制机间在时间上取得协调的一种最简单的连接方式。其设施简单,安装维护费用低;但这样的连接方式,无法在各控制机中设置分时段的不同配时方案,只能限于只有一种配时方案的系统,而且当有信号失调,或电源频率不稳定时,很容易导致整个系统失调。系统失调后,就必须由人工到现场重新调整,所以这种方法只能是没有其他方法可用时的一种权宜措施。

b. 用时基协调器连接。用时基协调器(Time-based coordinator)是十分精确的数字计时和控制设施,把各控制机的配时方案连接起来,实现各机间的时间上的协调。系统中每个控制机的机箱内,都需装一个时基协调器,保持系统中各交叉口之间的正确时差关系。

时基协调器本身也需与当地电源连接,但在供电发生问题时,自备电池可使它继续保持精确的时间。时基协调器可执行每天各时段和每周各天的不同配时方案,所以可用在多时段配时的线控系统中。用时基协调器的连接方式,也不必使用电缆。在配时方案有改变时,也必须由人工到现场逐一对各控制机进行调整。

c. 用石英钟连接。在信号控制机内装有准时的石英钟和校时设施,设定在线控系统各控制机的配时方案就靠各机内的石英钟连接协调。

(3) 区域交通信号控制。区域交通信号控制是对设置在大面积道路网上的多台信号机采用集中控制的方式,即以某个区域中所有信号控制交叉口作为协调控制的对象,俗称“面控”。

在这种交通信号控制方式中,控制区域内各被控交通信号都由交通控制中心进行集中控制。对范围较小的区域,可以整个区域实行集中控制;而对于范围较大的区域,可以实行分区分级控制。分区的结果往往使面控成为一个由几条线控制组成的分级集中控制系统,其中,可认为各线控制是面控制中的一个单元,有时将整个被控区域分区成为一个包括点控、线控、面控的综合性分级控制系统。

2. 按控制方法分类

(1) 定时控制。交叉口交通信号控制机均按事先设定的配时方案运行,也称为定周期控制。一天只用一个配时方案的称为单时段定时控制;一天对应不同时段交通量采用几个配时方案的称为多时段定时控制。

定时控制中最基本的控制方式是对单个交叉口的定时控制。实际上在进行线控制或面控制时,也都可以使用定时控制方式,此时,称为静态线控系统和静态面控系统。

(2) 感应控制。感应控制是指信号配时随设置在交叉口不同方向车辆检测器检测的车流信息而随时改变的一种控制方式,其配时方案由计算机或智能化信号控制机计算。感应控制的基本方式是单个交叉口的感应控制,简称单点感应控制。单点感应控制随检测器设置方式的不同,可分为:

1) 半感应控制:只在交叉口部分进口道上设置检测器的感应控制。

2) 全感应控制:在交叉口全部进口道上设置检测器的感应控制。

(3) 自适应控制。在自适应控制方法中,一般把交通系统作为一个不确定系统,通过连续测量其状态,如车流、停车次数、延误时间和排长队等,逐渐了解和掌握交通流对象,把它们与希望的动态特性进行比较,并利用差值以改变系统的可调参数或产生一个控制,从而保证无论环境如何变化,均可使控制效果达到最优或次最优的一种控制方式。