

# 城市交通控制与诱导协调模式的系统分析

马寿峰, 李艳君, 贺国光

(天津大学管理学院系统工程研究所, 天津 300072)

**摘要:**交通信号控制系统与车辆路线诱导系统是城市交通流在线管理的两种主要方式. 文章从控制与诱导的工作原理出发, 从控制与诱导的时空特性、实现的目标、完成的功能和输入输出等多方面, 分析了二者进行协调的必要性, 论述了二者之间存在的多层次的关联, 提出了控制与诱导之间可能的协调模式, 并对决定二者协调模式的相关因素进行了分析.

**关键词:**交通控制; 车辆路线诱导; 协调; 智能交通系统

中图分类号: U121

文献标识码: A

文章编号: 1007-9807(2003)03-0071-08

## 0 引言

智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)是近年来兴起的运用各种先进的技术手段解决交通问题的综合系统. 城市道路的交通流实时管理是智能交通系统研究和应用的重要内容之一. ITS中城市交通的在线管理主要是由实时的交通信号控制系统(urban traffic control system, UTCS)和车辆路线诱导系统(vehicle route guidance system, VRGS)来完成的. 从智能交通系统整体的观点出发, UTCS与VRGS是相互联系的, 它们之间的运行不应当是孤立的, 存在某种方式的协调. 只有这样, 才能保证城市交通在线管理的高效性.

交通诱导往往以动态交通分配为理论基础, 交通控制和诱导的协调研究与交通控制与交通分配的结合研究存在着密切的关系. 而最早对后者进行研究的是英国的 Allsop<sup>[1]</sup>, Macher 和 Mkelik<sup>[2]</sup>和美国的 Gartner<sup>[3]</sup>. 近几年来, 随着对动态交通分配研究的不断深入, 对分配与控制的结合越来越受到各国学者的重视, 有一些有关控制与诱导结合的模式与算法的文章发表<sup>[4~8]</sup>.

但是这些研究往往局限于控制与分配相结合的某一种算法以及模型的求解, 对于从交通控制

系统、交通诱导系统的机理上分析两者之间的各种相互关联, 研究二者协调关系的文献所见并不多. 本文首先从 UTCS 和 VRGS 的工作原理出发分析二者的时空特性, 指出了二者进行协调的必要性, 分析了 UTCS 和 VRGS 之间存在的多层次的关联, 提出了控制与诱导之间可能的协调模式, 并对协调内容和决定二者协调模式的相关因素进行了分析.

## 1 交通流及 UTCS 和 VRGS 的时空观

康德哲学认为, 宇宙本体之下最基本的范畴是时间和空间, 时间和空间是描述任何客观事物存在的不可缺少的两个方面, 二者紧密联系才能全面地刻画出该事物的特性、所处的环境以及运动变化规律.

城市交通流分布在城市道路网络中的各条具体的道路上, 不同路段、不同路口的交通流的流量、速度都不相同, 说明交通流的特性与其所在的空间位置密切相关. 空间位置相同的交通流, 由于不同时间段的交通出行的特征、规律不同, 导致该处交通流在不同的时间具有不同的特性和规律.

收稿日期: 2001-12-20; 修订日期: 2003-04-12.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70001003).

作者简介: 马寿峰(1965—), 男, 回族, 天津人, 博士, 副教授.

首先,考察交通流的重要指标和参数,都是与交通流的时间、空间密不可分的,记录了其某一侧面的特性.流量、速度、密度之间的相互关系式(1)表示的就是交通流时空参数之间的定量关系,是标定交通流时空特性的方式之一.

$$q = \rho \cdot v \tag{1}$$

式中:  $\rho$ ——交通密度,  $q$ ——交通流量;  
 $v$ ——速度.

其次,描述交通流运动、变化的各类交通流模型也都是反映了交通流的时间和空间的相互关系.如微观交通流模型中的跟驰模型(2):

$$\ddot{x}_{n+1}(t + \tau) = \frac{1}{\tau} [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] \tag{2}$$

其中: $x_i(t)$ —— $t$ 时刻第  $i$  辆车的位置;  
 $\ddot{x}_i(t)$ —— $t$ 时刻第  $i$  辆车的加速度; $\tau$ ——第  $n + 1$  辆车的司机对第  $n$  辆车速度变化的反应时间.

该模型表明,后车在前车速度变化  $\tau$  时间后开始反应,且其加速度正比于  $t$  时刻两车平均速度差.该模型反映了两车之间应保持的安全空间距离与车辆行驶速度、以及司机的反应时间之间关系,常用来确定安全的行车间距.该模型的本质是描述了单个车辆的时空关系.

各类宏观交通流模型也同样是对交通流时间、空间关系的定量描述.以连续动态模型(3)为例,该模型说明了路网中的某两个相邻断面间交通流主要参数  $\rho$  和  $q$  将随空间位置、时间变化的规律及其定量关系.

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = s(x, t) \tag{3}$$

式中: $x$ ——空间变量,表示观测点所在的位置;  
 $t$ ——时间变量; $\rho$ ——交通密度; $q$ ——交通流量; $s(x, t)$ ——流量产生率,对于无进出匝道的公路  $s(x, t) = 0$ ,对进口匝道  $s(x, t) > 0$ ,对于出口匝道  $s(x, t) < 0$ .

由于交通流的特性及规律是通过时间、空间两个方面展现的,这就要求对交通流的管理与控制也应相应地从这两方面入手,才能收到好的效果.城市交通信号控制系统与车辆的路线诱导系统正是分别侧重于从时间、空间两个方面对交通流进行管理的主要途径和手段.

在城市交通信号控制系统中,主要将信号灯

作为控制的执行设备,通过信号灯色的改变,控制车流在路口交通流的运动.虽然目前可以采取的交通控制方式和方法很多,但是无论何种方式,其主要手段都是对已经产生的将要通过某个路口的车辆进行控制,改变不同方向的车辆通过路口的时间,从而使车流量在网络上的时间分布发生变化,以减少路口内的交通流的冲突,提高现有道路的通行能力.这种对路网上已经发生的交通流量的时间分布进行的直接调整是交通控制的本质特征.因此,城市交通信号是从时间上对道路交通流进行管理.

路线诱导是对网络上已经或即将发生的具有意向性(方向性)即驶往特定目的地的交通流,在连接其出行起点和终点的各条路径上的数量分布进行调整,通过改变行驶在不同路径上的车辆数,达到网络流量均衡的优化目标,即对路网上未来即将发生的交通流量的空间分布进行直接调整,是实现交通流空间管理的主要手段.

时间、空间的不可分性决定了控制系统和路线诱导系统不是孤立的,而是相互联系的.在建立控制系统和诱导系统时,应当从系统整体的思路出发,研究二者之间的相互关联,实施交通控制和诱导的协调和统一.

## 2 UTCS 和 VRGS 的关联层次

UTCS 和 VRGS 关联的表现形式是多样的,从管理的层次上可以分为以下三种:

1) 数据关联.这种关联是由系统的被控对象特性所决定的.UTCS 和 VRGS 是对同一道路网络(空间范围)上的同一时间段(时间范围)内的交通流进行控制和诱导,控制对象是完全相同的.相同的受控对象决定了 UTCS 和 VRGS 之间在能够客观描述受控对象属性、状态及变化特性等的基础数据方面必然存在相互联系,这种关联表现在控制系统和诱导系统可以建立在共同的基础子系统之上,共享这些基础子系统所提供的数据及相关的各项功能.这些基础系统包括交通流检测系统、各种道路、车辆、出行数据的采集系统及各类的数据通讯系统.

2) 信息关联.无论 UTCS 还是 VRGS 都要以路网实时交通流为基础对路网的主要状态指标和

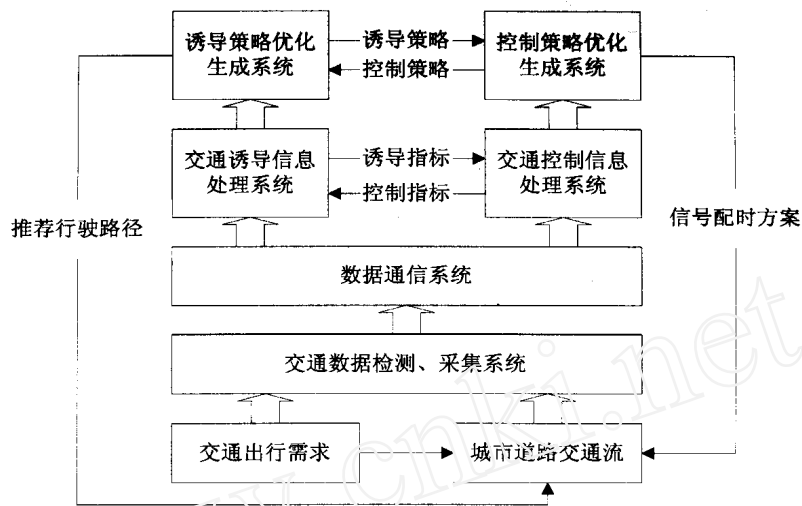


图1 UTCS和VRCS的关联层次

参数的当前值及策略执行期内的预测值进行估算,以作为确定控制策略或诱导策略的前提和基础,这就是控制与诱导的信息处理过程。

由于UTCS和VRCS的目标和手段的差异,二者需要的指标和参数有所区别。UTCS侧重于交通流流动过程的性能参数,如路口和路段的车流到达率、车辆通过路口的延误时间、路口各方向的排队长度、以及路段的占有率和饱和度;VRCS侧重于描述路网实时状态以及车流流向的描述性参数,如车辆的旅行时间、路段的饱和度、路网的均衡度、车流的OD分布等。这些信息的获得一方面决定于交通流基础数据,也取决于将数据加工为信息的处理方法,如各指标的计算方法、采用的预测方法、模型等,这也同样会导致UTCS和VRCS在信息层次上的差异。

尽管上述差异的存在,UTCS和VRCS在该层次仍密切地关联,这些关联主要表现在两个方面:第一,某些信息是两个系统共有或共享的,尽管可能的获取方式和处理方法可能不同。如道路的占有率和饱和度,控制系统往往通过路段和路口上的车辆检测器直接获得,而诱导系统则要通过车辆反馈的信息以及路段的静态参数通过计算而得到。通过系统间信息的交互,可以使这些共有信息得以相互验证,以提高信息的准确性和可靠性。第二,一个系统某类信息的获取需要对方系统的支持,这样才能保证信息的真实性。如车辆的旅行时间与路口的延误时间密切相关,只有依赖控制系统提供的延误信息,诱导系统得到的旅行时间才

更接近于客观实际,同样,路口车辆的到达率也与车流的OD分布存在着密切的关系。

3) 策略关联。对于UTCS或VRCS,一个正确的决策过程必须考虑对方的行为,研究双方决策行为之间的相互关系,才能使产生的控制或诱导策略更能够体现交通管理者的管理思想和目标,更符合交通实际。

首先是由于控制与诱导互为输入和约束,是不可分割的(见图2)。对交通诱导,各类交通诱导方法的依据都是一定的道路通行能力下车辆在各路段上的行驶时间。由于各个路口实施交通信号灯控制,使得车辆的行驶时间除了包括车辆在路段上的行驶时间以外,还包括在路口排队的等待时间以及通过路口的行驶时间,而后者不仅仅取决于本路段的车辆流量,还要受到其它方向车辆数的影响,特别是受到路口实施的灯色控制配时方案的影响。即使在各方向车辆数完全相同的情况下,由于执行的控制方案不同,车辆的延误时间也会存在差异。另外,由于交通控制效果的优劣,会使道路上堵塞减轻或加重,从而影响道路的实际通行能力,必然会影响司机对行驶线路的选择。因此,在制定交通流诱导策略时必须考虑交通控制的影响作用。对于交通控制,交通控制实施优化控制的前提是能够获得各个方向即将通过路口的车辆数,而各个路口车流的到达率很大程度上是由诱导策略下驾驶员的线路选择所决定,即交通诱导直接决定了各个路段和路口车辆到达的时间和数量,同时当交通流量超过一定限度时,道路上会出现交通堵塞,此时只有通过诱导,才能减少驶入堵

塞路段的车流,减轻交通压力,这种情况下单纯依靠控制难以取得疏导交通的目的。

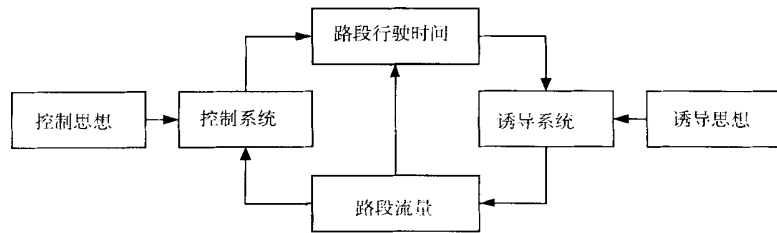


图2 控制与诱导间互为输入的关系

其次,诱导和控制是分别从空间、时间两个方面对网络交通流进行有效管理的两种不同手段,是相辅相成的。对于一个特定的网络上的交通流,其时间、空间两方面的管理与控制是不可分离的。

因此,诱导系统与控制系统这种既相互联系又相互独立、功能互补、各有侧重的特性,决定了在交通管理特别是城市交通管理中,都应当正确地把握、处理好实时交通控制与实时诱导的关系,实现控制与诱导的协调。

### 3 UTCS 和 VRGS 的协调模式

协调是指交通控制与诱导系统的相互配合的运作方式,以获得优于各自的交通管理效果或效率。对应于控制与诱导关联的层次,控制与诱导的协调包括数据、信息、策略以及策略优化生成过程的交互,可在数据、信息、策略等三个层次上实现。但是最能体现效果的是策略生成的协调即策略层的交互,本文后面所指的协调主要指这一类协调。

策略协调是指综合控制系统、诱导系统的各相关因素,考虑控制系统与诱导系统之间的动态实时的相互影响和作用,而获得效果更佳的控制策略、诱导策略的优化过程。

控制与诱导之间的协调方式在不同的环境和条件下是不同的,即使对同一个交通网络,在不同的时段中,交通状态不同、管理的目标不同,二者之间协调的具体实现方式也会不同。从目前的理论和技术分析,控制系统和诱导系统之间的协调模式可以有以下几种:

#### 3.1 独立式

UTCS 和 VRGS 之间不存在策略和方案间的关联,与孤立的 UTCS 和 VRGS 不同的是系统之间

可以共享基础数据和交通信息,即 UTCS 和 VRGS 之间的协调只以低层次上的数据信息关联的形式存在。这种协调的目的是提高各种数据采集、传输、处理系统的利用率,以及数据和信息的共享度和可靠性。这种低层次协调虽然对提高控制和诱导效果所起的作用有限,却是其他方式协调实现的基础。

#### 3.2 偏重式

在这种方式下,独立运行的 UTCS 和 VRGS 之间关系是非对称的,存在着主从关系,其中一个作为主导系统,它在生成策略时,将另外一个系统所

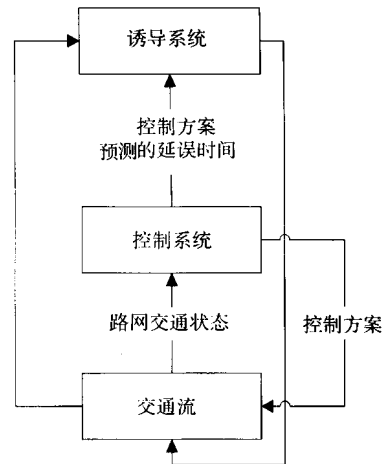


图3 以诱导为主的偏重式结构

产生的实时策略作为本系统优化模型的外生变量或约束条件加以应用,而另外的系统需要将每个决策周期生成的新的策略和方案及时地报告给主导系统,以使主导系统的决策建立在对从属系统的行为全面洞察的基础上。这样的方式将动态的双向的关联问题简化为静态的单向的关联,其实质是一种改进的控制(或诱导)方法,而不是真正的二者的结合与协调。图3中给出了一个以诱导为主的系统示意图。目前,国内外许多协调方法的

研究属于这一类。

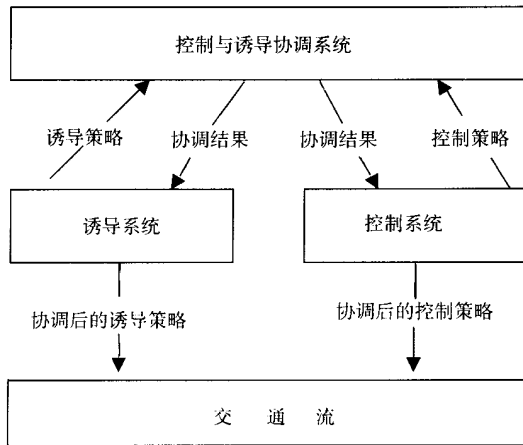


图4 递阶协调式结构

### 3.3 协作式

在这种模式下,首先制定控制和诱导协作的总体目标.在该目标的指导下,控制系统和诱导系统处于对等的地位,分别依据控制与诱导模型独立运行,对控制、诱导优化问题分别求解.控制和诱导的模型不仅要遵循协作目标,而且要将对方的优化结果和决策行为作为实现协调目标、求解模型的不可缺少的信息来源或外来参数.这样,一个控制策略、诱导策略的生成需要双方多次信息交互,才可能获得各自都能够接受的满意解.

从本质上看,这种对等协调模式是对偏重方式的一种改进,将以一种管理方式为主转换为控制和诱导双方平等,按照两个系统之间既定的目标准则和交互规则,实现控制与诱导的相互协作,避免二者决策行为的冲突和矛盾.

### 3.4 递阶协调方式

这种方式基于大系统递阶协调控制的思想.首先在较低的层次上,分别对诱导、控制的优化问题进行求解的,将在较高的层次上对二者的优化结果进行协调,并将协调的结果及其他信息返回到低层上,作为新的初始条件下,重新对诱导、控制进行新一轮的优化.这样通过反复迭代,直至得到一个满足整体目标的协调方案为止.

这种方法是在现有 ITS 的基本框架下,在控制系统、诱导系统的基础上,增加一级诱导和控制的协调系统,从更高的层次上协调二者的工作.在这一层次上需要建立控制与诱导的协调模型,将初始的控制与诱导策略作为协调模型的输入,确定控制和诱导系统优化的方向和调整的步长,直

到收敛为止.这种协调的结果,得到的往往是满意解,而不是系统的最优解.

### 3.5 一体化方式

在这种方式下,系统通过建立完整的统一的系统优化模型,将诱导方案与控制方案作为系统控制方案的分量,综合控制与诱导的所有约束作为系统约束,以路网的总体指标为最优目标,并通过各种静态的或动态的优化方法进行求解,一次性获得控制、诱导的最优策略.

从系统结构而言,这种方式在 ITS 中以一个崭新的子系统替代现行的控制系统、诱导系统,将其合二为一,由一个系统完成原来的诱导与控制的所有功能,以弥补彼此分离、独立所造成的缺陷.

## 4 UTCS 和 VRGS 协调的对象和内容

控制与诱导协调的对象是在特定的路网上行驶的、具有一定时间分布和空间分布的各种车辆即交通流.这就决定了控制和诱导协调的内容是多方面的.

### 4.1 空间的协调

从交通网络的空间结构来看,道路网络是由相互连接的路段与路口相互连接而构成的.在实际的控制中,为了避免系统过于复杂,便于模型求解,往往采取将路网分割为多个子区,以子区为单位进行策略优化的方法.

从诱导角度出发,各个上、下游路段之间的流量互为因果关系,存在着较大的相关性,因此,可以依据各个路段间相关流量的大小、关联的强弱,将诱导区域划分成若干子区,对各个子区内的流量进行动态均衡诱导,同时将各子区间关联流量作为变量,进行子区之间的优化协调即区域交通流的诱导.从控制的角度来看,往往以路口为核心,对路网进行子区划分,对子区内的路口信号进行协调控制.但是由于控制是以通过路口的交通流量作为控制对象,因此,与诱导系统相比,交通流的子区之间的流量(关联)对控制信号的影响相对较小,控制主要是由子区内的流量所决定的.这样形成的结果是控制子区与诱导子区在空间覆盖

范围的差异,控制子区的划分主要由路网结构所决定,而诱导子区在考虑路网结构的同时,还由出行的终止点所决定的。一般情况下,诱导子区的范围要大于控制子区。因此,控制与诱导的协调首先要解决子区的空间协调问题。

对于空间协调可以通过两种方法去解决。第一,通过强制性地采用控制子区和诱导子区统一划分的方法,保证协调的空间对象的一致,这种方法适合一体化协调方式;第二,将一个诱导子区定义为若干个两两交集为空的控制子区的并集。在后一种情况下,非一体化式的协调可以有两种实现方法,一是通过一个子区诱导系统同时与多个子区控制系统交互实现,二是在子区控制系统上建立区域控制系统,子区诱导系统与区域控制系统交互,而不再直接与子区控制发生关联。

#### 4.2 时间的协调

从时间的跨度来看,控制或诱导所考虑的时间段的长短,也同样决定了问题的复杂性。对于相同的被控对象,随着控制诱导所研究的时间跨度延长,要求对系统输入特性和被控制对象的时间特性掌握得就越全面,对路网的动态特性把握就要越深刻,同样,系统的模型和求解过程就越复杂。因此,在能够满足要求的前提下,应当尽可能缩短一次求解所覆盖的时间区间,将一个长期管理控制问题,从时间上分解为多时段管理控制问题。无论实时的交通控制还是在线的路线诱导,其控制和诱导策略的产生、执行都是以一个时间周期为单位的,这样既可以使策略与交通流的变化相适应,又可以保证控制和诱导的平稳,防止剧烈变化。

只有控制周期与诱导周期保持某种同步关系,才能保证控制与诱导协调的可实现性。控制策略与诱导策略的有效性区间存在较大差异,诱导策略至少应当保证几分钟或十几分钟的稳定不变,否则会产生路网车流的不稳定性和停车时间的延长,而控制周期仅在两分钟(100~150秒左右),这样自然的直接的同步关系是不存在的,必须从管理思想出发,去协调控制与诱导周期同步。一般可以取诱导周期为控制周期的整数倍。最简单的方法是在控制与诱导同周期的条件下实现二者的协调,这也是与实际情况差距较大的。

#### 4.3 不同管理思想、行为和方法的协调

如前所述,控制与诱导在交通管理中所起的

作用不同和实现的目标不同,控制侧重通畅,诱导侧重均衡,一方面二者是互补的,另一方面也存在某种程度上的矛盾。控制诱导协调的前提是实现不同的管理思想的综合和统一即协调。这种综合和统一既是体现了管理者的行为的指导思想,也要与路网的状况相适应,并通过控制与诱导的不同协调模式加以实现。

实现控制与诱导的协调不仅要从交通管理者的目标出发,对管理者的系统行为进行建模和优化,同时也要充分考虑出行者、驾驶员的个体出行行为,使系统的追求管理目标和出行者要到达的出行目标和要求,趋于一致或接近,实现管理者和出行者(即系统和用户)的协调,以保证系统提出的控制和诱导策略,出行者乐于接受,具有较高的服从率。

控制、诱导策略的产生和优化是通过对控制、诱导过程的建模完成的,因此理论上讲,控制与诱导的协调是通过对各类控制、诱导方法和模型的协调来完成的。从这一观点来看,二者协调的内容,就是模型的协调即确定协调系统模型的目标函数、约束条件、关联变量、协调变量,并寻找高效率的模型求解算法。

## 5 影响协调模式的因素分析

不同的协调模式并非是互不相容的,某些协调模式(如1~4种)完全可以在一个系统结构下同时实现,并可以根据需要,由管理者人为地或由系统自动地在不同协调方式之间进行选择或切换。原则上讲,控制与诱导的协调模式是由城市交通的管理者所决定。交通管理者为了选择正确的协调模式,就必须了解影响协调模式选择的各相关因素。

### 5.1 主观因素

主观因素是指交通的参与者(主要是交通出行者和交通管理者)的主观愿望和期望达到的目标。出行者决定了路网流量的基本流向,同时出行行为特征对于控制与诱导的实施效果有较大的影响。交通管理者是交通政策的制定者和执行人,交通诱导和控制是实现管理者的目标的具体手段和途径。(本文的交通管理政策是指对当前路网交通流进行疏导的微观政策)。管理者的决策水平和偏好对协调模式的选择起着决定性的作用。一个理

智的、成功的管理者在决定管理目标时,不仅考虑管理者一方的利益,还要兼顾出行者的利益,对其它各类因素进行全面的分析。只有了解交通的环境和实际状态,结合管理者的经验,才能制定出具有针对性的目标。

## 5.2 客观因素

这一类主要指决定当前路网状态的因素。主要包括路网上具有方向性的交通需求、路网上各路口、路段的流量,路段上车辆的行驶速度及路段的占有率(或饱和度),车辆在路段上的行驶时间以及车辆通过路口的延误时间、各路口的排队长度等因素。这些因素直接反映了路网的状态,能够揭示当前路网发生拥挤和堵塞的主要范围以及存在的主要问题,是管理者和系统决定协调模式的主要依据。

## 5.3 环境因素

环境因素包括路网上各路口、路段之间的邻接关系、路段走向和长度等路网空间结构、各路段和路口的车道数、设计时速和通行能力等设计参数,以及协调时所处的工作日、当前的工作时段,路网的天气条件等。这些因素会对协调模式的确定起一定的作用。

## 5.4 技术因素

技术因素包括系统中交通数据采集、通信技术,各类控制和诱导设备、信息发布设备和车载设备的技术性能,将控制与诱导系统整合后的一体化程度,控制模型、诱导模型以及二者之间关联协调模型反映客观过程的真实程度,以及模型求解算法的实时性和准确性,系统所具有的适应环境不断改进效果的智能化水平等。这些因素决定了协调的可实现性,保证了系统的可操作性。

上述各类因素按照其动态特性可以分为长期

保持不变的、一段时间内(如某个工作日内)保持相对稳定的和时变的三类。三类因素所起的作用不同,应当区别对待。在确定实时控制与在线诱导的模式时,应将不变因素视为系统固定常数,将相对稳定的因素作为系统可变参数,将时变的因素作为系统的输入变量通过定性与定量结合的方法确定协调模式。

## 6 结论和展望

城市交通的实时控制和在线诱导的特性和在城市交通管理中所起的作用决定了要提高交通管理的效率和效果,必须将 UTCS 和 VRCS 统一起来,实现二者的相互协调。控制与诱导之间关联是密切的、多层次的、无法分割的。对二者关联的分析,决定了 UTCS 和 VRCS 可能的协调模式,而在各层次上的协调又有多种的实现手段和方式。在信息和策略层次上,主要有偏重式、协作式、递阶协调式和一体化等四种模式。需要指出的是这些模式没有高级、低级之分,具体模式的选择应以被管理路网的实际情况为依据,选择具有最好效果的模式,而协调模式的选择又涉及多方面的因素。

城市交通流过程的复杂性,决定了交通控制和诱导的复杂性。目前控制与诱导的结合研究处于理论研究的起步阶段,尚有大量的工作有待开展,应从简入手逐步深化,从控制和诱导等周期、同子区的协调研究开始,逐步过渡到非等周期、不同子区的协调;以智能化的建模方法为主,通过研究控制系统、诱导系统、出行者行为之间的相互关系建立控制与诱导的协调模型;分析、发现各相关因素、协调的实际效果与协调模式之间的定量关系,为协调模式的选择提供客观标准和依据。

## 参考文献:

- [1]Allsop R E. Some possibilities for using traffic control to influence trip destinations and route choice[A]. Proceedings of 6th International Symposium on Transportation and Traffic Theory[C]. Sydney, Australia: 1974. 345—374
- [2]Mather MJ, et al. The re-distributional effects of an area control policy[J]. Traffic Engineering and Control, 1975, 16(9): 383—385
- [3]Gartner N H. Area traffic control and network equilibrium[A]. Proceedings of International Symposium on Transportation Equilibrium Method[C]. West Germany: 1976. 95—110
- [4]Smith MJ, Veuren T V. Traffic equilibrium with responsive traffic control[J]. Transportation Science, 1997, 27(2): 118—132
- [5]Wie B W. A convex control model of dynamic systems assignment for traffic assignment[A]. 8th IFAC/IFIP/IFORS Symposium on

- Transportation Systems [C]. Chania, Greece: 1997. 525—530
- [6] Hai Yang, Sam Yagar. Traffic assignment and signal control in saturated road networks[J]. Transportation Research A, 1995, 29 (2): 125—139
- [7] Gartner N H, Mohammed Al-Malik, Combined control and route assignment in traffic signal network[A]. 8th IFAC/ IFIP/ IFOR Symposium on Transportation Systems[C]. Chania, Greece: 1997. 615—620
- [8] Claudio Meneguzzer. Review of models combining traffic assignment and signal control[J]. Journal of Transportation Engineering, March/ April, 1997, 123(2): 148—155
- [9] 马寿峰. 智能交通系统中控制与诱导问题的研究[D]. 天津: 天津大学, 1999
- [10] 贺国光. 智能交通系统的发展历程与现状分析[J]. ITS 通讯, 2001, (1): 25—32
- [11] 贺国光. 论交通运输系统的一体化和智能化[J]. 电子与金系列工程, 1999, (3): 24—27

## System analysis for coordination modes between urban traffic control and vehicle route guidance

MA Shou-feng, LI Yan-jun, HE Guo-guang

Institute of Systems Engineering, School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China

**Abstract:** Traffic signal control and route guidance are the two main ways of on-line administration for urban traffic. Upon the basic principle of traffic control and guidance, the necessity and requirement of coordination between control and guidance are analyzed based on their spatio-temporal quality, systems goal, function, input and output. The possible coordination modes between them are proposed after the relationship in difference levels is discussed, and the factors that impact on the mode choice are given at last.

**Key words:** traffic control; vehicle route guidance; coordination; ITS