****

**研究生学位（毕业）论文文献综述**

研 究 生 ： 刘鹏

指导教师 ： 徐建闽

学 号 ： 202020108312

院 （系）： 土木与交通学院

专 业 ： 交通信息工程及控制

□ 博士研究生 □ 硕士研究生

华南理工大学研究生院

二〇二一年四月

**研究生签名： 指导教师签名： 提交日期： 年 月 日**

**带有分割功能的长距离干道路径同步绿波优化**

**刘鹏**

**摘要：**随着城市现代化程度不断增加，城市交通量不断上升，道路资源已经远远无法满足交通需求，道路资源的过度占用导致交通出行效率降低和出行成本增加，出行效率和出行体验下降。干道协调控制能够有效降低干道出行成本，提高出行效率，已广泛运用于各大城市的主要干道中。但目前的干道协调理论没有考虑相序优化和多种冲突的通行需求下的干道协调问题，无法满足干道不同行驶需求的车辆，无法使干道达到系统最优。

当前，协调路径集的控制方法的主要分为两个步骤：利用关联度模型从干道和网络中提取出适合进行干道协调的交叉口组成协调路径，再利用干道协调理论进行协调。因此，该模式下的研究重点主要集中在关联度模型的建立，而忽略了协调路径选择与干道协调的内在联系。

传统的长干道协调方法将子区划分与干道协调分步进行，导致相邻子区产生影响，造成干道更大的停车次数和延误，无法达到整体最优效果。创新型的长干道协调方法将子区划分与干道协调同步进行，可有效控制干道停车次数和延误，提高干道整体运行效果和通行效率。

针对现有研究所存在的问题，本文拟提出将干道协调路径选择、干道子区划分、干道协调信号优化同步进行的长干道冲突路径同步优化模型。

**关键词：**干道协调；协调路径；干道分割；信号优化；同步优化；

**一、前言**

随着城市现代化程度不断增加，城市交通量不断上升，道路资源已经远远无法满足交通需求，城市交通供需不平衡的矛盾日益凸显，道路资源的过度占用导致交通出行效率降低和出行成本增加，出行效率和出行体验下降。交通信号控制已经成为缓解城市拥堵提高交叉口通行效率的重要手段，利用交通控制方法进行“点”到“面”的控制优化，可实现由“单交叉口”到“交通网络”的出行效率的提升，解决道路资源利用率低、交通拥挤和环境污染等问题。

干道协调控制能够有效降低干道出行成本，提高出行效率，已广泛运用于各大城市的主要干道中。其基本原理为，利用各交叉口的进口流量数据设计单交叉口的信号相位与相序，形成单交叉口的信号配时方案；再利用干道协调的理论和方法对干道交叉口相位差进行协调，生成符合干道车辆运行状态的信号配时参数。

随着城市路网的不断拓展延伸，城市干道交叉口数量逐渐增加，相邻交叉口之间的车辆行驶状态波动性大，传统的干道协调控制方法逐渐无法取得有效的信号控制方案。因此，对含有多个交叉口的干道，应选择合适的方式将干道分割成协调子区，针对协调子区进行干道协调，生成协调方案，以降低干道协调的难度，提高协调效率。

干道协调效果受交叉口间距以及干道交叉口的个数影响。随着交叉口之间的间距增加，车队的离散程度变高、车速波动性变大、运行状态不稳定，干道协调往往无法达到预期的协调效果；而干道协调的最大带宽往往取决于关键交叉口的绿信比和交叉口的位置，随着干道交叉口的个数增加，干道协调模型协调难度增加，带宽逐渐减少，甚至无法取得有效带宽[1]。因此，干道协调应选取合适的协调交叉口作为协调对象，才能取得较好的优化效果。

为选取合适的协调对象，国内外学者采用关联度作为判断相邻交叉口是否适合协调，进而将干道划分为不同的子区。关联度通常受交叉口间距、干道流量等影响，以判断相邻交叉口是否具有强耦合性，提高协调对象的优化效果。利用关联度对干道进行子区划分，能够将干道交叉口划分为多个协调子区，对每个子区分别进行干道协调，进而实现对长干道的协调控制效果。

综上所述，传统针对长干道的处理方法，首先利用关联度系数求解干道各交叉口之间的耦合性，再根据耦合性对干道进行协调子区划分，最后对各协调子区利用干道协调控制理论进行协调优化，生成长干道协调控制的信号控制参数，以达到长干道信号协调控制，优化协调控制效果的目的。

然而，传统的长干道协调优化的方法主要包括以下几个方面的问题：

（1）当前最为常用的交叉口绿波协调控制主要是人为根据路口关联度进行分区，协调子区内部两股直线路径相位差得到协调绿波宽度；该方法仅考虑直线行驶车辆的绿波协调问题，对非直线形式和多股带冲突的车流无法产生协调。

（2）以交叉口之间的关联度作为判别标准划分干道的协调子区，存在一定的主观因素，划分结果无法保证干道协调取得最优效果。

（3）没有将干道协调过程与子区划分过程动态结合起来，仅利用子区划分结果作为协调输入对象，无法利用协调结果对子区划分进行动态调整，模型求得的协调方案往往不是最优解。

（4）模型针对不同的干道、不同时间的交通状况，需要重新求解干道分割与协调方法，求解过程较繁琐，模型使用困难，鲁棒性较差。

**正文**

（1）干道协调控制方法

干道协调是在单口优化的基础上，考虑相邻交叉口的联动协调，对多个交叉口的相位差及其他信号配时参数进行优化，实现车辆不停车通过干道交叉口，减少交叉口的停车次数和延误。干道协调的控制理论主要包括数解法以及模型法。

数解法主要以最小化实际交叉口的间距与理想交叉口的间距为目标，优化干道交叉口相位差，实现干道的协调[2]。王殿海等[3]分析了经典数解法的不足，改进了绿波带宽和相位差计算方法，使其能够更好的实现实际交叉口和理想交叉口的匹配，结果表明，模型能够实现各实际交叉口与理想交叉口的最佳匹配，计算得到的绿波带宽和相位差更加准确。卢凯等为提高数解法的适用范围，针对不同的相位相序模式，提出了进口单独放行的数解法协调模型[4]和非对称放行条件下的数解法干道协调模型[5]。荆彬彬等[6]提出一种基于双向绿波带宽最大的通用数解法模型，以解决传统数解法的绿波带宽设计速度固定取值的局限性，更易于获得理想的绿波协调控制效果，提高了数解法的通用性与实用性。

模型法主要通过标定车辆到达交叉口的时间与绿灯启亮时间的相对时间关系，来动态协调相位差，实现双向干道协调优化。Morgan等[7]提出在给定的交叉口数据的情况下，建立半整形线性规划模型，能够为单向或双向提供双向最大绿波带宽的模型。Little等[8]在此基础上提出了混合整形干线协调优化方法，并以双向流量为权重的MAXBAND带宽求解模型。Gartner等[9]在MAXBAND模型的基础上，考虑上下行方向的交通状况的差异和各路段之间的速度差异，提出了各交叉口之间的带宽不相等的MULTIBAND模型。Zhang等[10]提出带宽中心线左右带宽不相等的带宽模型，模型能更好的利用各方向的绿灯时间，为车辆通行提供更多的机会。Dai等[11]分析小汽车与公交车在路段行驶状态与运营方式的差异，将公交到站停靠时间考虑进入模型，提出了针对公交的MAXBAND模型。An等[12]针对交通条件不确定情况下的速度波动，提出基于速度均值和方差优化单向城市信号控制参数，评估结果表明，该方法能够产生比基于带宽的模型产生更好的效果。马楠等[13]为改进现有干道协调控制算法，讨论影响干道协调的重要因素，建立了干道协调模型和90000组仿真场景，结果表明，不等距交叉口相较于等距交叉口更容易获得干道协调优化方案。

综上所述，绿波协调控制模型大多在交叉口现有相位上对相位差以及车辆行驶速度进行协调优化，不涉及交叉口的相位设计和相序优化，从而得到的信号配时参数并非整体最优的效果。而针对单交叉口的相位设计理论已相当成熟，其充分考虑了行人、机动车和环境等方面的效益[14]，能够充分协调道路参与者的利益，虽然使用干道协调理论对相位进行优化有益于协调目标，但对其他对象将产生较大的影响。但对干道交叉口的相序进行合理的调整，将不会对其他对象的通行权产生影响，对其他交通参与者影响不大，不会降低交叉口的整体性能。因此，在干道协调模型中考虑相序优化，能够更进一步的提高干道交叉口的通行效果，提高车辆出行效率，降低交叉口延误。

此外，干道上车辆车流OD不是单一的，而是多源、多态的。干道上的车流往往是从多个方向驶入干道，又从多个方向驶出，车流中包括直行、左转、右转等方向的需求，且在部分城市干道中，转弯需求甚至更大。传统的双向最大带宽进程的干道协调模型无法有效解决这类问题，为含有多种转向需求的车流提供一个有效的干道协调方案变得尤其重要。

（2）协调路径集优选及协调方法

传统的干道协调主要针对干道双向直行方向进行协调，无法针对转弯车辆或冲突方向进行协调。然而干道车辆行驶路径可能会存在多种选择形式，当车辆通行权发生冲突时，传统的干道协调模型便无法取得较好的协调效果。而随着干道交叉口数量逐渐增加，车辆路径更是呈指数性增加，为了提高干道协调的效果，选择合适的协调路径作为协调对象十分重要。

美国《交通控制手册》[15]收录的Whiston关联度计算模型，从交叉口间距和路段流量两个方面对相邻交叉口之间的相关性进行分析，提出了关联度计算模型。卢凯等[16]从交叉口间距、路段流量、交叉口信号配时参数等三个方面进行分析，提出相邻交叉口关联度的量化模型，并制定了基于关联度的协调子区划分的原则。杨洁等[17]建立离散性关联性指标和阻滞性关联指标，以考虑交叉口群拓扑结构、交叉口渠化、配时方案、道路流量以及车辆离散性等多个因素对干道的影响。李岩等[18]利用小波变换对关联交叉口群的数据进行处理，并利用系统聚类方法识别关键交叉口群的关键路径，实践结果表明，该方法所识别的关键路径跟实际的交通情况相符合。马万经等[19]将信号相位、路段流量、交叉口间距和交叉口排队长度引入关联度计算模型，并利用该模型对交叉口间的关键路径进行识别，结果表明，模型能够准确的描述交叉口之间的关联性和准且的判断交叉口间协调控制的关键路径。

Tugba Arsava等[20]对干道OD点对之间的路径均引入MAXBAND，对所有的路径求解带宽，并以所有路径带宽和作为求解目标，得到干道最优协调模型。Yan等[21]提出一种NMBSC模型，能够为车辆轨迹数据中提取的关键路径提供双向均匀或不均匀带宽，同时，该方法在有限轨迹数据情况下具有较强的鲁棒性。Yao等[22]建立车辆到达交叉口停车线时间与从车辆轨迹数据中提取得到车辆到达信息和排队状态的函数关系，并引入干道协调控制模型，以干道总延误最小为目标求解模型。Yang等[23]提出三层模型，分别在MAXBAND的基础上考虑多条车辆路径、相序优化以及自动选择最佳路径条数，以达到干道总体带宽最大的目的，仿真结果表明，该方法能够较好的适用与干道具有多个冲突路径的复杂情况。Zhang等[24]利用轨迹探针数据估计实际行驶速度、队列形成和消散等交通参数，然后逐个周期地调整干道协调的偏移量，仿真结果表明，该方法能够减少交通流的旅行时间。

综上所述，针对协调路径集的控制方法主要分为两个步骤：（1）从交叉口的基础数据中，利用关联度模型或轨迹数据提取协调路径，生成协调对象。（2）针对每一条协调路径，利用干道协调方法，以协调带宽总和最大为目标，同步求解干道协调模型，得到信号配时参数。

（3）子区划分及干道协调模型

传统的干道协调方法无法对长干道提出一个较好的解决方案，为提高干道协调的优化能力，使干道协调理论能够在长干道中得到更好的使用，国内外学者对这类问题做了大量的研究。

长干道的处理方法主要是利用子区划分准则[25]，将多个交叉口的长干道划分为3-5个交叉口的协调子区[26]，再利用干道协调理论对协调子区进行协调优化，最终针对各协调子区分别生成信号配时参数。曲大义等[27]为弥补初始的路径关联性单一性指标的不足，综合考虑车辆离散性、阻滞性和局部路网交通流空间特征规律，建立了相邻交叉口间的路径关联性模型，实现了对信号交叉口群的动态划分。杨庆芳等[28]在分析交通流特性的基础上，提出了周期子区、相位差、绿信比子区的概念，并在此基础上提出协调子区动态划分的方法。别一鸣等[29]从交通控制系统的整体角度出发，对子区划分和信号配时方案的内在联系进行了研究，建立了协调子区的划分原则，提出了关联度模型与划分算法的建立思路。田秀娟等[30]综合考虑路网中相邻交叉口之间的距离、交通流量、行程时间、车流离散特性、信号周期和路段交通流密度等因素，提出了基于改进的Newman社团快速划分的动态子区划分方法，实现了依据不同时段交通特性实现动态子区划分。Bie等[31]对上下游信号交叉口的信号周期、路段长度和路段流量等方面的差异进行分析，提出关联度指数（CI）与影响因素之间的关系，并用关联度指数（CI）对相邻交叉口的关联度进行预测与验证。Hu等[32]基于车辆检测器的监测数据建立了干线相邻交叉口的相关性计算模型，并用该方法将一条包含12个交叉口的主干道划分为5个子单元。Lan等[33]从分析车队的离散性对协调控制效果的影响出发，运用层次分析法设计了交通子区划分的原理和流程，提出了交通分区划分的模型。Wang等[34]在Bie提出的关联度指数（CI）的基础上引入交叉口数量对干道协调和孤立交叉口控制的影响，提出了能够自动判断相邻交叉口是否应该划分为一个子区的动态子区划分模型了。Zhang等[35]利用聚类方法对干道交叉口进行子区划分，并设置无分区、二分区、三分区三个实验对比判断什么时候采用干道子区划分更有益，实验发现，在某些情况下，虽然子区划分能够提供更多的带宽和带宽效率，但是可能带来更多的延误和停车次数。

综上所述，传统的长干道协调方法主要分为两个阶段，首先分析相邻交叉口之间的信号周期、交叉口间距、路段流量、干道交叉口数量等因素对干道协调的影响，提出关联度计算模型。其次，利用关联度计算模型对干道进行划分，并利用干道协调理论对协调子区进行分段协调。然而，这种模式下的干道协调方案存在以下几个方面的问题：

（1）模型将子区划分与干道协调分步进行，没有考虑干道协调结果对子区划分的影响，无法实现控制子区的动态调整，进而无法实现系统整体最优。

（2）没有考虑相邻子区之间的影响，在实际交通系统中，当上游协调子区的车辆获得绿波带宽，不停车到达下游协调子区时，因相邻子区之间没有交互影响，车辆无法顺利通过交叉口，导致车辆在该交叉口形成较长排队长度和较大的延误。

为解决上述问题，部分学者将子区划分与干道协调模型有机结合在一起，实现干道子区划分与绿波参数优化的同步建模。唐小军等[36]在MAX-BAND模型上，建立了干线分子区协调控制模型。模型自动地将干线分为若干控制子区，每个子区具有3-6个交叉口，同时追求子区最大化绿波带宽，不同子区协调方向的直行车辆享有尽可能均等的绿波通行时间，但该模型只适用于两相位的路段。Liu等[37]改进了Newman快速算法，新算法可以划分加权交通网络，仿真实验表明，改进的Newman快速算法可以取得较好的子网划分结果。赵靖等[38]基于宏观图理论建立控制子区间的交通量控制模型，以相邻子区间的目标效益最大化为目标求解。乐浩成[39]使用“粗-细”划分方法对交叉口进行动态子区划分，“粗”划分是依据距离、流量、周期三原则的综合指标，“细”划分以绿波带带宽达到率指标来衡量路段是否需要协调。Hao等[40]在干道协调模型中引入二进制变量控制干道子区划分，并将子区划分集成至目标函数，并用路段流量作为权重将干道分割点约束至流量较小的位置，进而实现求解过程中同步进行干道子区划分与干道协调。Zhang等[41]基于MAXBAND模型提出MAXBANDLA和MAXBANDGN模型,MAXBANDLA模型能够同时优化干道子区划分和干道协调,MAXBANDGN能够直接优化网络所有信号交叉口的相位差。Ma等[42]考虑到公交与小汽车的运行模式的差异，提出在协调过程中同时优化小汽车和公交在停靠站的停靠时间的混合整形线性规划模型，模型能够在求解过程中同时实现干道子区划分和干道协调。

将干道子区划分与信号协调优化同步进行能够更进一步使系统达到整体最优，通过将车辆的停车次数模拟为干道分割点的个数，可有效控制干道分割的次数和等待时间，减少干道整体延误。然而长干道车辆路径并非完全按照干道走向行驶，车辆路径往往包含左转、右转等多种状态，如何对冲突路径车辆进行同步协调，使干道整体效益最大愈发关键。

**三、总结与展望**

目前研究中，干道协调理论已相当成熟，数解法能够以较少的计算资源获得干道带宽，模型法具有良好的可拓展性，可实现不同需求下的不同功能。然而，数解法受限于实际交叉口位置与理想交叉口位置的偏差，无法取得最大带宽，模型鲁棒性不强；模型法需要消耗大量的计算资源，对于复杂的协调任务，往往需要更长的计算时间，模型实用性较低。且目前的干道协调理论没有考虑相序优化和多种冲突的通行需求下的干道协调问题，无法满足干道不同行驶需求的车辆，无法使干道达到系统最优。

协调路径集的控制方法的主要分为两个步骤：利用关联度模型从干道和网络中提取出适合进行干道协调的交叉口组成协调路径，再利用干道协调理论进行协调。然而，该模式计算的带宽往往无法解决带有冲突路径的通行需求，导致部分关键路径无法获得带宽。且协调路径集中的带宽往往存在相互影响，即某条路经的带宽将限制其他路径获得更大的带宽，当出现这种情况时，应当进行合理的抉择，以保证干道能够获得系统最优。

传统的长干道协调方法将子区划分与干道协调分步进行，导致相邻子区产生影响，造成干道更大的停车次数和延误，无法达到整体最优效果。创新型的长干道协调方法将子区划分与干道协调同步进行，可有效控制干道停车次数和延误，提高干道整体运行效果和通行效率。

针对现有研究所存在的问题，本文拟提出将干道协调路径选择、干道子区划分、干道协调信号优化同步进行的长干道冲突路径同步优化模型。模型拟解决以下几个方面的问题：

（1）分析干道协调路径的特征，建立干道协调路径的优选模型，实现自动选择使系统达到最优的路径集合，自动舍弃影响干道整体协调效果的路径，以保证信号协调结果能够使系统达到最优，提高模型的有效性和鲁棒性。

（2）将协调路径选择与干道协调模型相结合，实现路径选择能够根据干道协调结果进行动态调整，使路径选择结果能够使干道整体达到最优。

（3）分析不同协调路径的出行规律，建立多路径干道协调模型，使不同行驶方向的车流路径和带有冲突请求的路径能够享受干道协调带宽服务。

（4）将干道子区划分与信号协调相结合，建立长干道子区划分与干道协调模型，实现在信号协调过程中对干道进行子区划分，使划分结果能够降低干道停车次数和延误。通过约束干道分割的次数和分割点的位置选择能够有效的减少干道分割对车辆行驶的影响，提高干道整体运行效率。

（5）建立交叉口相序优化方法，并与长干道自动分割模型相结合，实现在干道协调过程中对各交叉口的相续进行优化，提高干道协调的整体效果。

**参考文献(格式要求：黑体小四)**

1. Lin Liangtay, Tung Liwei(Chris), Ku Hsinchuan. Synchronized signal control model for maximizing progression along an arterial[J]. Journal of Transportation Engineering. 2009, 136(8): 727.
2. 卢凯,徐建闽,叶瑞敏.经典干道协调控制信号配时数解算法的改进[J].公路交通科技,2009,26(01):120-124+129.
3. 王殿海,杨希锐,宋现敏.交通信号干线协调控制经典数值计算法的改进[J].吉林大学学报(工学版),2011,41(01):29-34.
4. 卢凯,徐建闽,李轶舜.进口单独放行方式下的干道双向绿波协调控制数解算法[J].中国公路学报,2010,23(03):95-101.
5. 卢凯,刘永洋,吴焕,黄江辉.非对称通行条件下的双向绿波协调控制数解算法[J].中国公路学报,2015,28(06):95-103.
6. 荆彬彬,鄢小文,吴焕,徐建闽.基于双向最大绿波带宽的通用干道协调控制数解算法[J].交通运输系统工程与信息,2017,17(02):76-82.
7. MORGAN J T, LITTLE J D C. Synchronizing Traffic Signals for Maximal Bandwidth [J]. Operations Research,1964,12(6):896-912.
8. Little J D C, Kelson M D, Gartner N H. Maxband: a versatile program for setting signals on arteries and triangular networks[J]. Transportation Research Record, 1981(795):40 - 46.
9. Gartner N H, Assmann S F, Lasaga F, et al. A multi-band approach to arterial traffic signal optimization[J]. Transportation Research Part B, 1991, 25(1):55 -74.
10. ZHANG C, XIE Y, GARTNER N H, et al. AM-Band: An Asymmetrical Multi-Band model for arterial traffic signal coordination [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015, 58: 515-31.
11. DAI G, WANG H, WANG W. Signal optimization and coordination for bus progression based on MAXBAND [J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2015, 20(2): 890-8.
12. An Chengchuan, Xia Jingxin, Lu Zhenbo, Huang Wei, etl. A New One-Way Bandwidth-Based Traffic Signal Coordination Approach Based on Travel Speed Variations[C]. Transportation. Research. Board 93rd Annu. Meeting,2015,17
13. 马楠,邵春福,赵熠.干道信号交叉口群协调控制系统中的影响因素[J].哈尔滨工业大学学报,2011,43(06):112-117.
14. 马莹莹,杨晓光,曾滢.信号控制交叉口周期时长多目标优化模型及求解[J].同济大学学报(自然科学版),2009,37(06):761-765.
15. 美国运输部联邦公路局. 交通控制系统手册[M]. 李海渊, 译. 北京: 人民交通出版社, 1987.
16. 卢凯,徐建闽,郑淑鉴.相邻交叉口关联度分析及其应用[J].华南理工大学学报(自然科学版),2009,37(11):37-42.
17. 杨洁,过秀成,李岩,何赏璐,刘迎.城市信号控制交叉口群路径关联度模型[J].交通运输系统工程与信息,2012,12(01):55-62.
18. 李岩,杨洁,过秀成,严亚丹.基于小波变换的关联交叉口群关键路径识别方法[J].中国公路学报,2012,25(01):135-140.
19. 马万经,李晓丹,杨晓光.基于路径的信号控制交叉口关联度计算模型[J].同济大学学报(自然科学版),2009,37(11):1462-1466.
20. ARSAVA T, XIE Y, GARTNER N H. Arterial Progression Optimization Using OD-BAND: Case Study and Extensions [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2016, 2558(1): 1-10.
21. YAN H, HE F, LIN X, et al. Network-level multiband signal coordination scheme based on vehicle trajectory data [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2019, 107: 266-86.
22. YAO J, TAN C, TANG K. An optimization model for arterial coordination control based on sampled vehicle trajectories: The STREAM model [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2019, 109: 211-32.
23. YANG X F, CHENG Y, CHANG G L. A multi-path progression model for synchronization of arterial traffic signals [J]. Transport Res C-Emer, 2015, 53: 93-111.
24. ZHANG J, CHENG Y, HE S, et al. Improving method of real-time offset tuning for arterial signal coordination using probe trajectory data [J]. Advances in Mechanical Engineering, 2017, 9(1).
25. Walinchus R J. Real-time network decomposition and subnetwork interfacing[J]. Highway Research Record, 1971, 366: 20-28.
26. TIAN Z, URBANIK T. System Partition Technique to Improve Signal Coordination and Traffic Progression [J]. Journal of Transportation Engineering, 2007, 133(2): 119-28.
27. 曲大义,贾彦峰,刘冬梅,杨晶茹,王五林.考虑多特性因素的路网交叉口群动态划分方法[J].吉林大学学报(工学版),2019,49(05):1478-1483.
28. 杨庆芳,陈林.交通控制子区动态划分方法[J].吉林大学学报(工学版),2006(S2):139-142.
29. 别一鸣,王琳虹,王殿海,宋现敏.城市路网交通控制子区动态划分策略[J].中国公路学报,2013,26(06):157-168.
30. 田秀娟,于德新,周户星,邢雪,王世广.基于改进Newman算法的动态控制子区划分[J].浙江大学学报(工学版),2019,53(05):950-956+980.
31. BIE Y, WANG D, QU X. Modelling correlation degree between two adjacent signalised intersections for dynamic subarea partition [J]. IET Intelligent Transport Systems, 2013, 7(1): 28-35.
32. HU Y, WANG Y, ZHANG J, et al. Correlation degree analysis of arterial adjacent intersections for coordinated control subunit partition [J]. Advances in Mechanical Engineering, 2018, 10(1).
33. LAN H, WU X. Research on Key Technology of Signal Control Subarea Partition Based on Correlation Degree Analysis [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 2020: 1-12.
34. WANG L, BIE Y. An Adaptive Model for Calculating the Correlation Degree of Multiple Adjacent Signalized Intersections [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2013, 2013: 1-13.
35. Zhang T, Zhang Y, System partition method to improve arterial signal coordination, in Proc. Transportation. Research. Board 93rd Annu[C]. Meeting, 2014, 1–19.
36. 唐小军,赵胜川,章立辉.基于带宽最大化的城市干线子区划分技术研究[J].交通运输系统工程与信息,2015,15(03):100-106+139.
37. Liu Qiang, Wang Qing, Liu Shu`an. An Improved Sub-Networks Partitioning Method for Urban Traffic Networks[C] 2019 Chinese Control And Decision Conference (CCDC), Nanchang, China, 2019, 6405.
38. 赵靖,马万经,汪涛,廖大彬.基于宏观基本图的相邻子区协调控制方法[J].交通运输系统工程与信息,2016,16(01):78-84.
39. 乐浩成. 基于子区动态划分的城市交通信号协调控制[D].浙江工业大学,2013.
40. HAO W, LIN Y, CHENG Y, et al. Signal Progression Model for Long Arterial: Intersection Grouping and Coordination [J]. IEEE Access, 2018, 6: 30128-36.
41. ZHANG L, SONG Z, TANG X, et al. Signal coordination models for long arterials and grid networks [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2016, 71: 215-30.
42. MA W, ZOU L, AN K, et al. A Partition-Enabled Multi-Mode Band Approach to Arterial Traffic Signal Optimization [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2019, 20(1): 313-22.