



同济大学交通运输工程学院
COLLEGE OF TRANSPORTATION ENGINEERING
TONGJI UNIVERSITY

信号控制方案优化与设备数据分析 (花博会信号柜数据分析项目)

小组成员：赵冠华

指导老师：曾小清 教授、博导

答辩日期：2021年11月2日

目录

CONTENTS

01 背景与问题分析

02 测试评价

03 结果分析与可视化

04 信号控制方案优化

05 结语



➤ 大型活动的举办——机遇与挑战并存

机 遇



良好的发展机会

巨大的经济效益

挑 战



交通量剧增

花 博 会



- 崇明——上海市旅游热门地点
- 花博会——增加崇明吸引力

崇明应该积极应对——**抓住机遇，迎接挑战**

➤ 崇明——世界级生态岛



根据《上海市城市总体规划（2017-2035）》，到2035年，崇明区将基本建设成为具有全球引领示范作用的世界级生态岛，并且构建与世界级生态岛目标相匹配的空间格局、交通模式、基础设施与保障机制。



- 节假日大型活动期间交通拥堵严重
- 上海市实施了多个花博会配套项目，其中，交通通方面目前五条配套道路已全面建成



充分利用现有数据，采用灵活的控制方案有**很大研究价值**

➤ 实习目标

采集系统数据、选取核心交叉口实地调研，分析目前信号控制方案运行情况，针对不同的交通状况，设计信号控制优化方案。

➤ 实施方案

**信号控制方案优化
与设备数据分析
(花博会信号柜数
据分析项目)**

1. 项目分析与
调研方式确认

4.核心交叉口实
地调研

2.系统实际监测
数据采集

5. 数据分析与
可视化

3. 专家咨询

6.控制优化方
案设计

➤ 测试评价过程

整个测试评价过程分SCATS系统数据采集、专家咨询、实地调研、实验室仿真四个板块。

➤ 2.1 SCATS系统数据采集

采集地点:

崇明区交警支队,
崇明区城桥镇南引河路2001号;

采集数据:

2021年6月(系统使用初期)、
中秋假期(2021年9月21日—23日)、
国庆假期前三天(2021年10月1日—3日)
所有研究路口的线圈数据。

数据整理
与分析:

详见4.1

➤ 2.2 专家咨询

向负责该项目的交警咨询系统安装使用的实际情况,

- 得到重点研究的交叉口信号配时与区域协调绿波带的参数信息
- 了解到众多交叉口实际信号配时大多是由交警根据**经验**进行设定,相对而言没有市内交叉口信号配时精细。
- 系统还在**测试调整阶段**,但缺乏对系统整体比较了解的人员,系统出现问题需要调试时要频繁与商家联系。

➤ 2.3 实地调研测试

1 测试时间：2021年10月4日-5日

2 测试地点：建设公路海洪南路路口以及在建设公路此交叉口上下游500m内的道路

3 测试目标：得到选取的核心交叉口交通地理信息细节数据、实际交通状况以及区域协调控制效果。

4 测试对象：

- (1) 核心交叉口地理信息细节以及生态数据
- (2) 区域协调控制下通过多路口的整体停车次数
- (3) 交叉口交通状况包括早晚高峰的流量与排队长度、行程车速
(行程时间)、停车延误
- (4) 交叉口高峰期视频

➤ 2.3 实地调研测试

5 测试工具：计算机、秒表、摄像机、车辆计数器、视觉惯性测距仪、分贝测试仪、浮动车、三脚架

6 测试方法：

(1) 三位调查员使用三个视觉惯性测距仪，对现场几何数据进行测量，并取平均值消除误差。在进出口道使用分贝测试仪，其仪器数据同时包括分贝值与视频，有利于进一步分析。

(2) 在早晚高峰时间，使用浮动车在核心交叉口上下游500m范围内多次行驶，调查员在车内采集真实的行程时间，停车次数，排队长度，交叉口等待时间等数据。

(3) 在核心交叉口陈海公路方向两个进口道架设摄像机，采集视频数据，测试结束返校后对视频数据进行分析，得到早晚高峰的流量与排队长度、行程车速（行程时间）、停车延误等交叉口交通状况信息。

➤ 2.4 实验室仿真

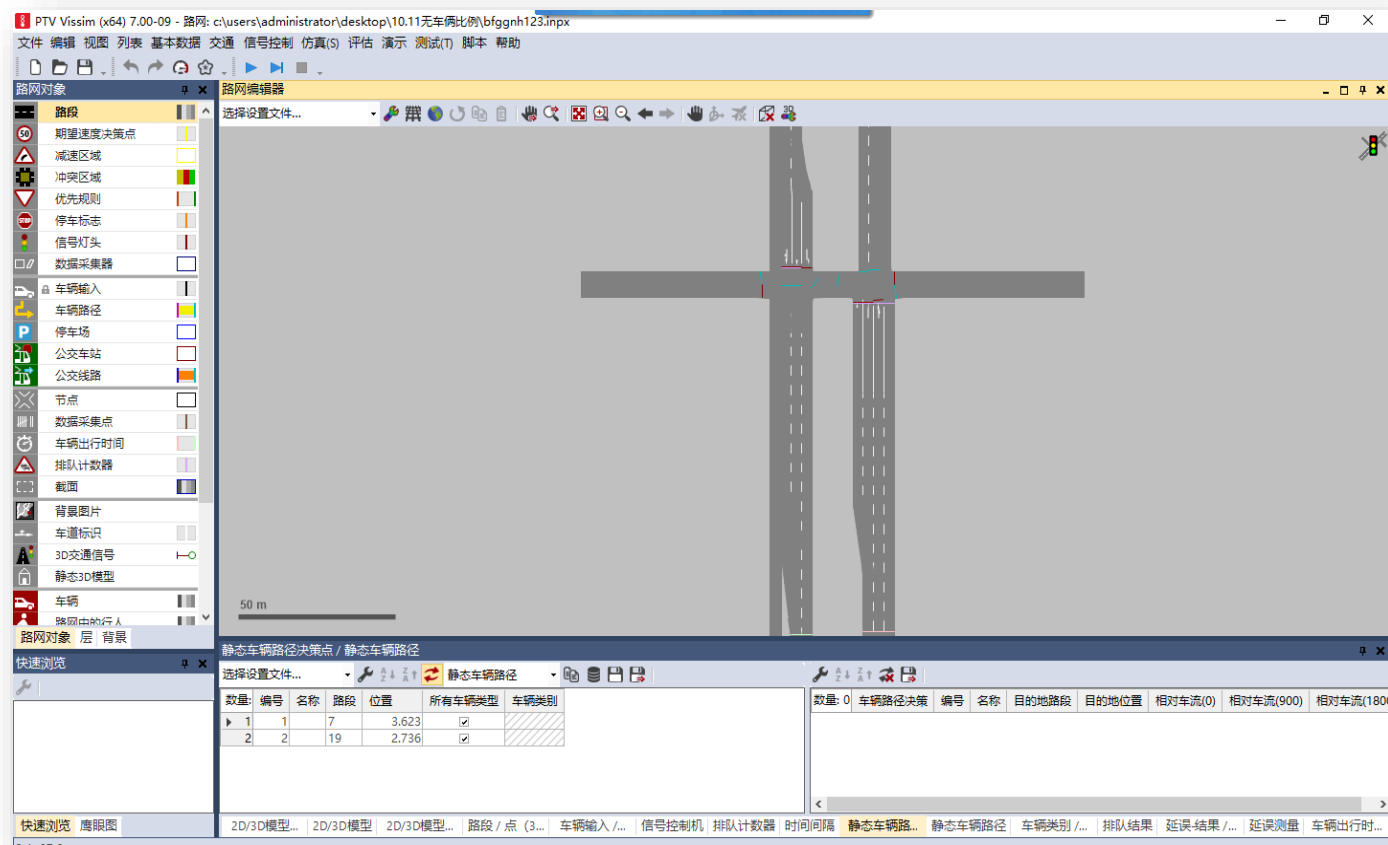
利用微观交通仿真软件**PTV-VISSIM 7.0**，将已知信息作为前提条件对核心交叉口交通状况进行仿真，以便对信号控制方案进行更深入更全面的分析。

➤ 仿真数据来源

实地调研得到的核心交叉口物理几何数据

从交警支队得到的SCATS系统线圈数据
与信号配时数据

依据实际调研结果和对线圈数据所处时刻交通管控措施的研究，推断得到车辆类型组成与比例



➤ 车辆组成设置

在设置车辆组成时，我们注意到崇明花博会设置了许多**交通管制**，并在五月底开通了多条**旅游专线**，同时增设了**岛内公交**（“南东专线”与目标路口相关），因此这里的车辆类型与比例与往常不同。通过借鉴媒体报道的、来源于花博会交通保障现场指挥部的数据，我们设定该路口公交/大巴类型的车辆比例=25%。



11 南东专线

▶ 首末班车时间：

南门汽车站：04:55-19:15

前卫村：04:55-19:30

南门汽车站	4:55	5:15	5:35	5:55	6:10	6:25	6:40
	6:55	7:15	7:35	7:55	8:20	8:35	8:50
	9:05	9:25	9:40	10:00	10:25	10:40	10:55
	11:10	11:30	11:45	12:05	12:20	12:40	13:00
	13:15	13:35	13:50	14:10	14:25	14:45	15:05
	15:20	15:40	15:55	16:15	16:30	16:50	17:10
	17:25	17:45	18:00	18:20	18:40	18:55	19:15
前卫村	4:55	5:20	5:45	6:05	6:25	6:45	7:07
	7:22	7:37	7:52	8:12	8:32	8:52	9:17
	9:30	9:45	10:00	10:20	10:35	10:55	11:20
	11:35	11:50	12:05	12:25	12:40	13:00	13:15
	13:35	13:55	14:15	14:30	14:45	15:05	15:20
	15:40	16:00	16:15	16:35	16:50	17:10	17:27
	17:47	18:07	18:22	18:42	18:57	19:17	19:30

▶ 走向：

上行：南门汽车站起经南门路→东门路→育麟桥路→涇洲路→绿海路→青柏路→建设公路→北沿公路→花博大道→林风公路→胜利大道→前卫村

下行：前卫村起经胜利大道→林风公路→涇洲路→东瑞路→北沿公路→建设公路→青柏路→绿海路→涇洲路→育麟桥路→东门路→南门路→南门汽车站

▶ 途经站点：

南门汽车站、东门、北门路、桥镇、丁家桥、东三河口、薑山收费站、绿海路涇洲路、青柏路绿海路、黄家弄、官尖、建设镇政府、建设镇、界山小学、虹桥、红梅、东风十二队、林场、森林公园、北沿公路建设公路、花博园、东平商店、崇明机场、推广站、东风新村、三民文化村、鹿果、前卫村

根据物理几何数据对目标路口建模



设置车辆类型、路径决策点，
根据时间段设置不同的信号方案
输入设定的车流量数据



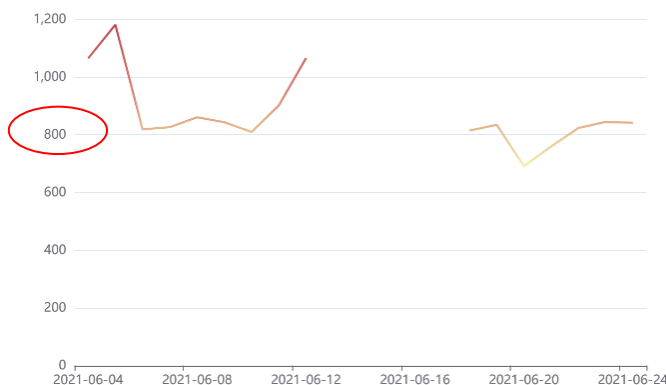
布置数据采集点、节点等工具，
采集排队长度、车辆延误、车辆速度、
停车次数等关键评价指标



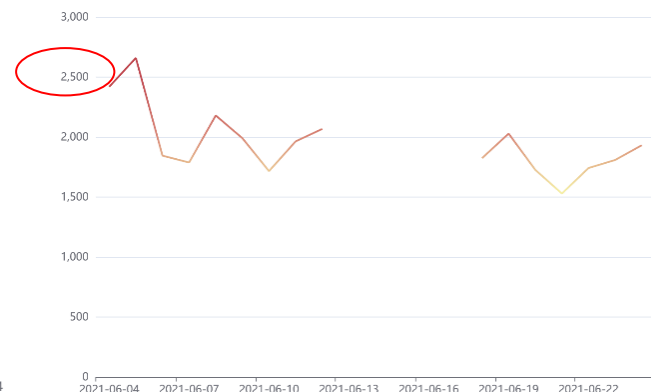
进行数据二次处理与数据分析

➤ 线圈数据分析 (1) : 日总车流量折线图

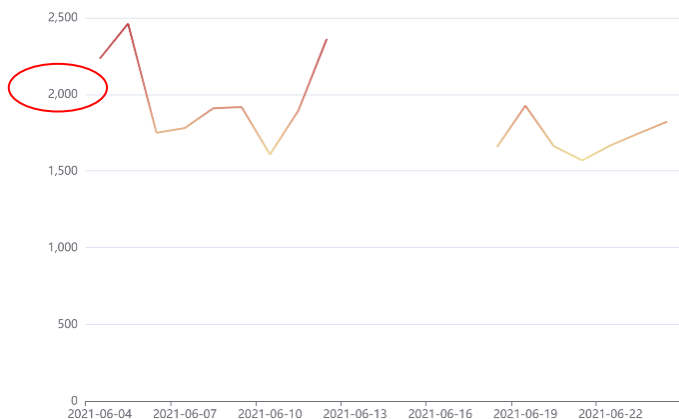
崇明区建设公路海洪南路交叉口DETECTOR1所测车流量



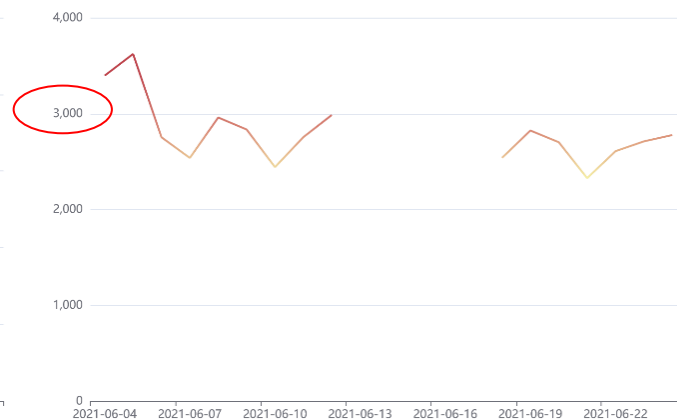
崇明区建设公路海洪南路交叉口DETECTOR4所测车流量



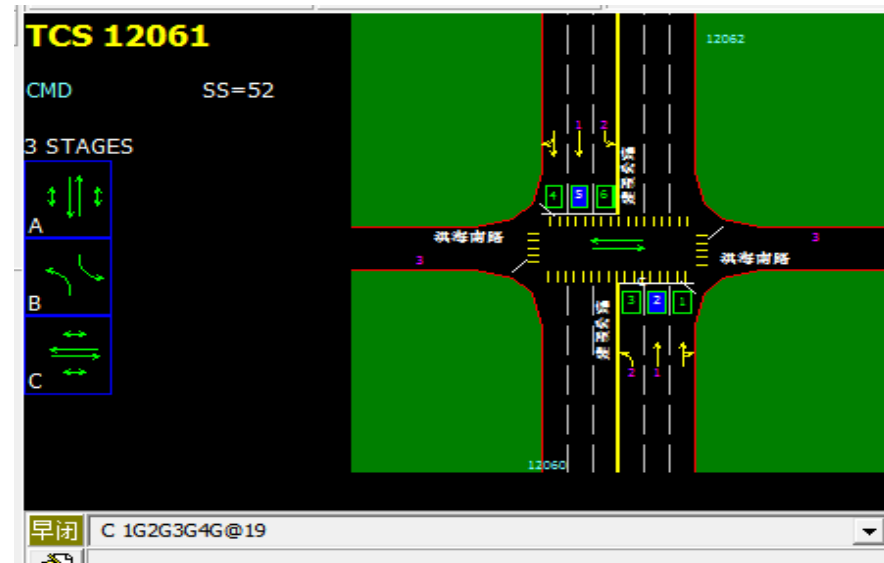
崇明区建设公路海洪南路交叉口DETECTOR2所测车流量



崇明区建设公路海洪南路交叉口DETECTOR5所测车流量

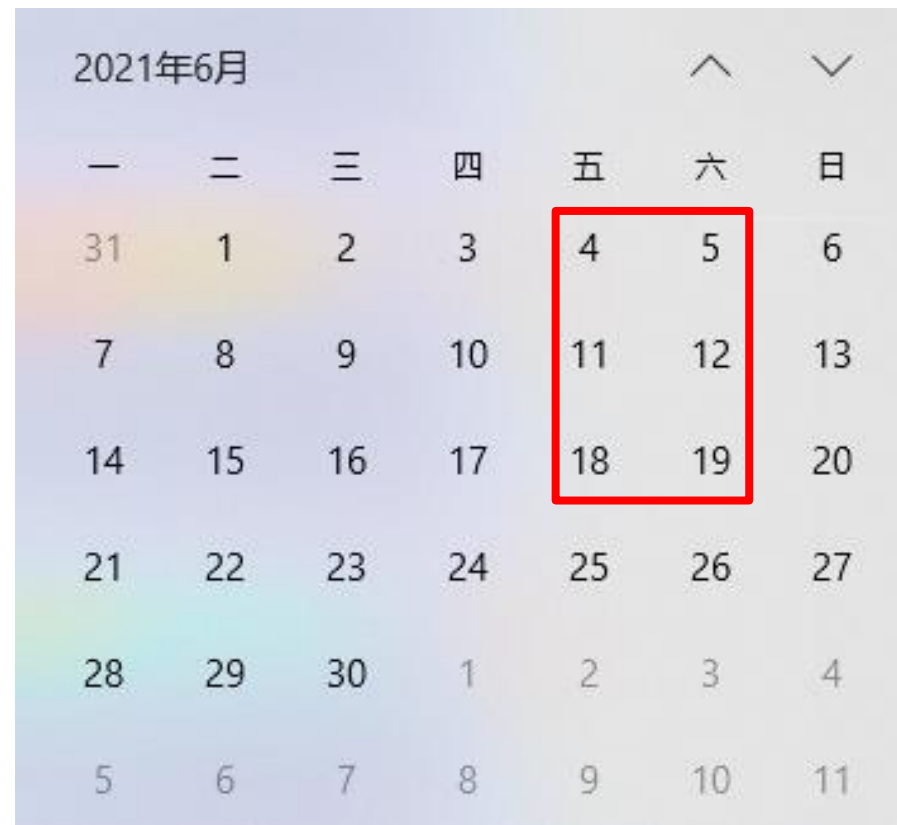
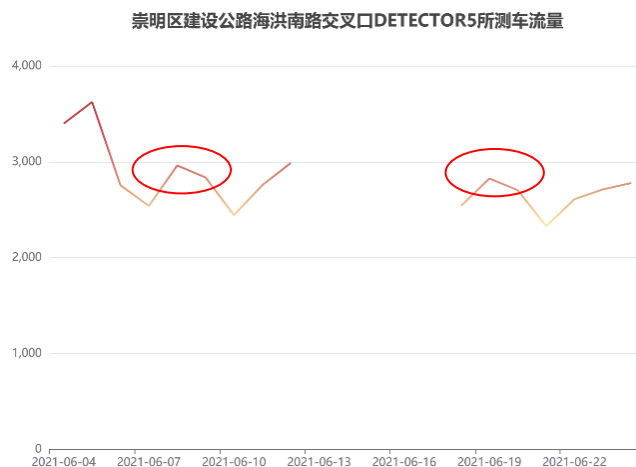
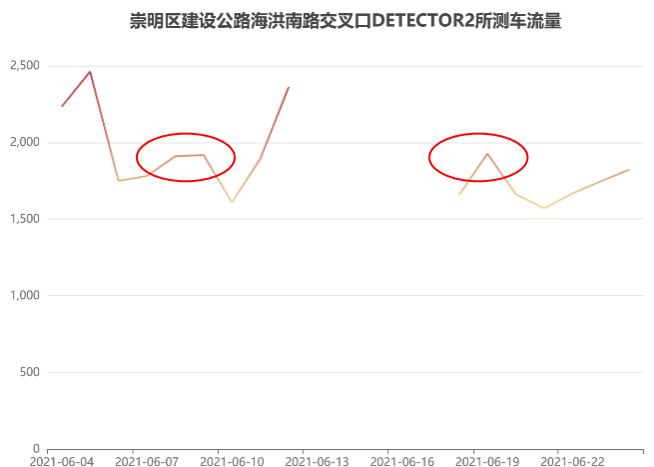
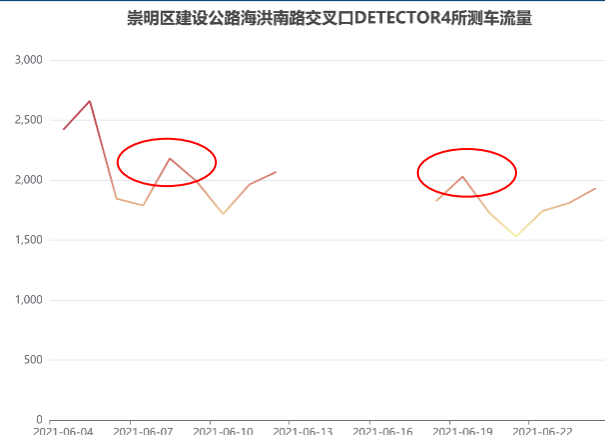
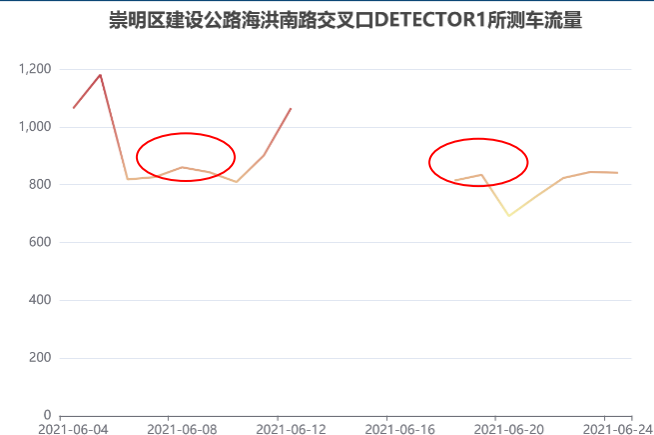


相位时长 (s)	A	B	C	绿波协调时长 (s)
方案一: 07:30-12:00	84	26	30	8
方案二: 12:00-21:00	84	26	30	60
方案三: 21:00-07:30	70	20	30	



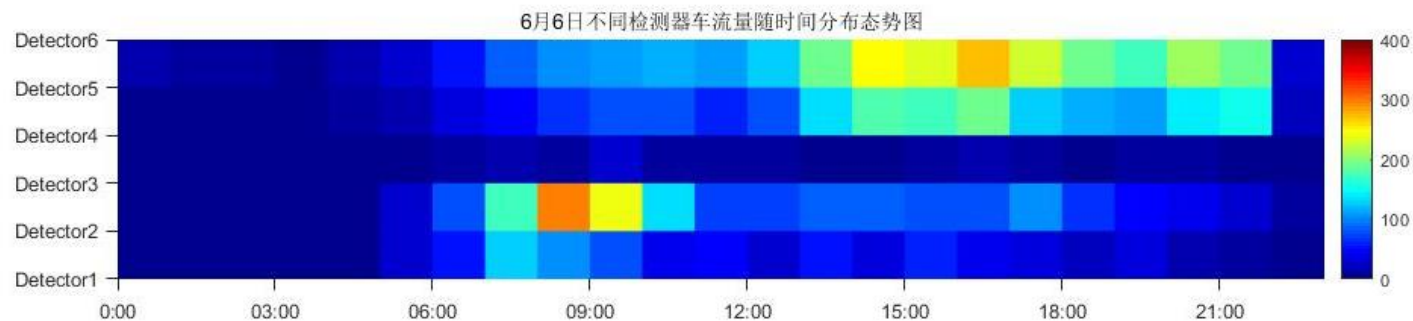
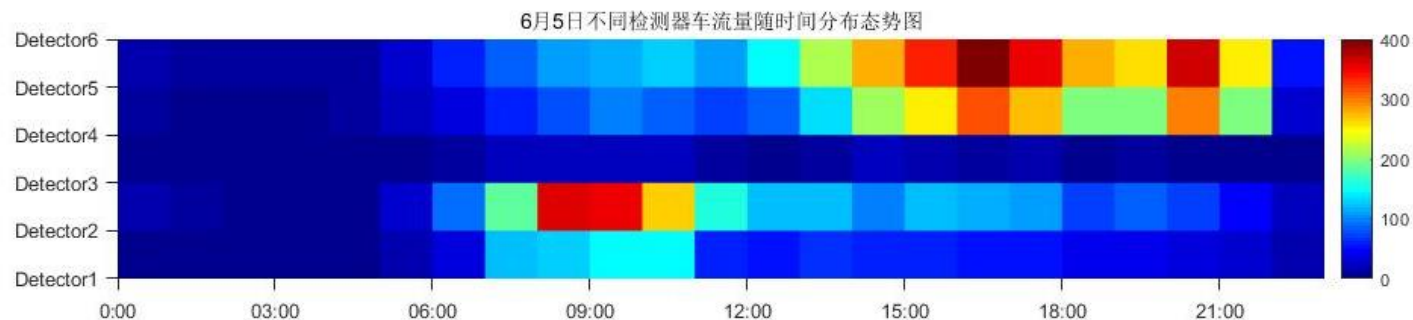
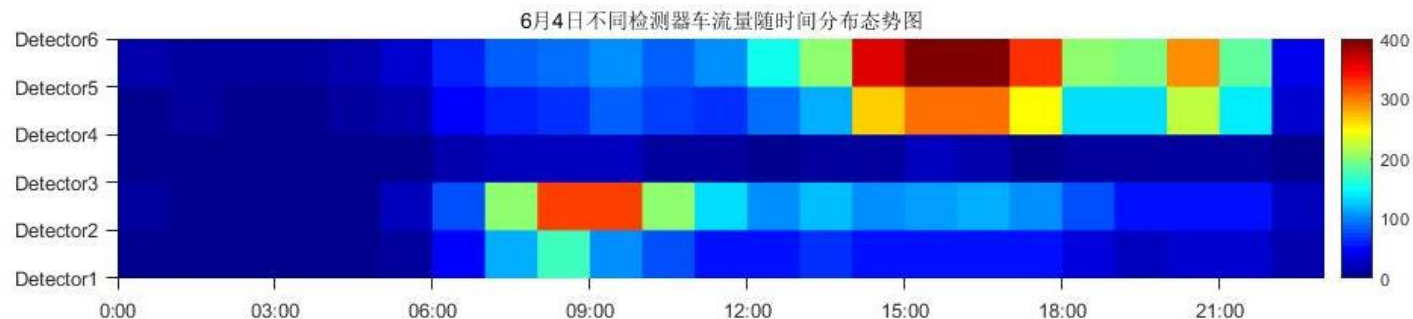
>>直流相关检测器：检测器2、4、5每日车流量约为2000~3000辆上下，而检测器1在800辆/日。

➤ 线圈数据分析 (1) : 日总车流量折线图



>>直流相关检测器：日总车流量在**周五与周六**出现小高峰，**周中**车流量则相对较低。

➤ 线圈数据分析 (2) :各检测器车流量态势图



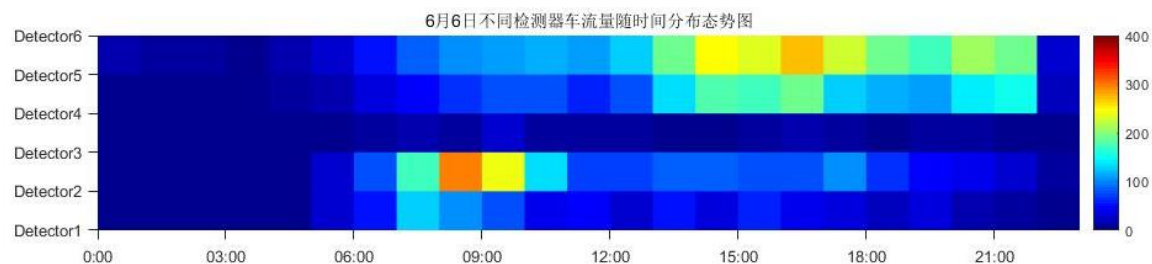
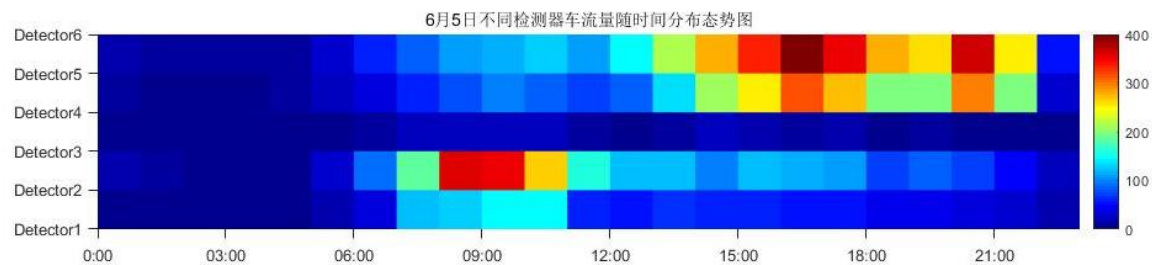
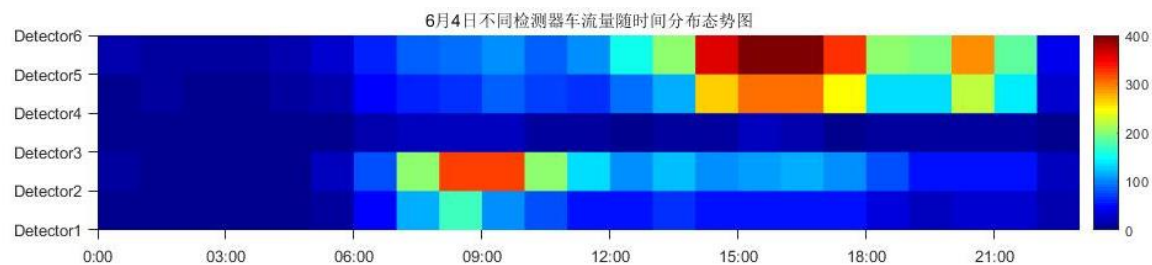
- 车流量：周六 > 周五 > 周日
- 早高峰：9:00
- 晚高峰：16:00 (主) 20:00 (次)
- 周五的小时车流量分布较周六更为集中
- 周日整体车流量更小

2021年6月						
一	二	三	四	五	六	日
31	1	2	3	4	5	6

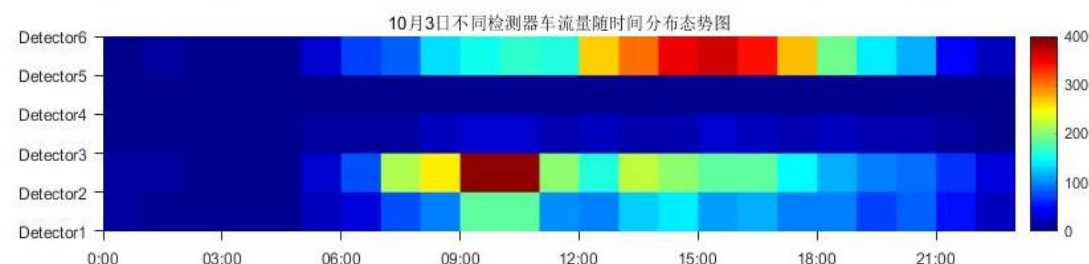
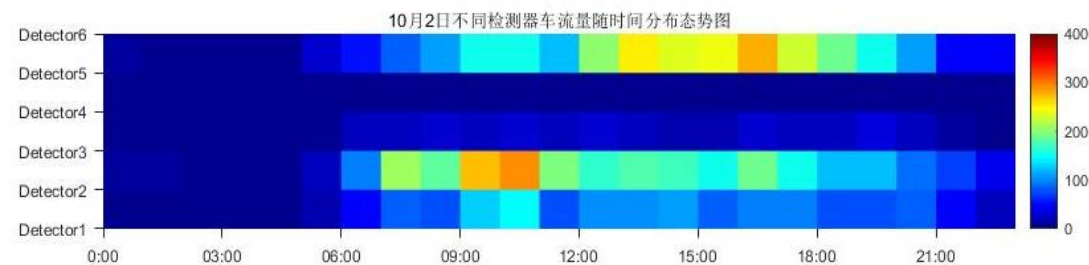
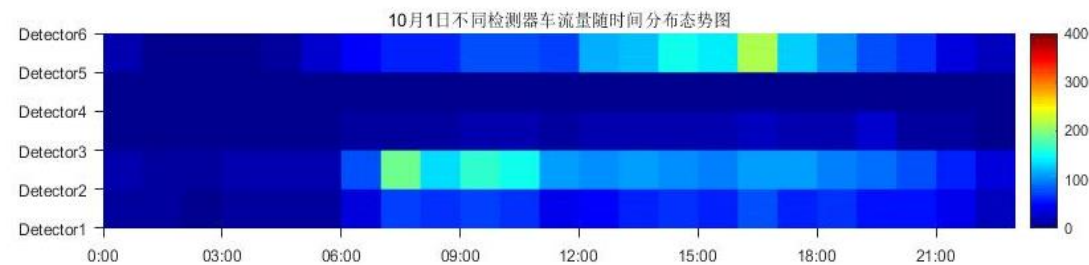
晚高峰**双峰**？

晚高峰车流量 > 早高峰车流量？

➤ 线圈数据分析（2）：各检测器车流量态势图



6.4-6.6



10.1-10.3

>>10.1-10.3日态势图晚高峰为单峰，晚高峰车流量<早高峰车流量，排除道路自身干扰

➤ 线圈数据分析 (2) : 崇明花博会

★ — 目标路口

停车场设置

3个远端停车场

- 免费停放
- 提供免费接驳巴士;
- 8:00前入场、22:00后离场需要超时缴费

9个近端停车场

- 提前预约
- 收费标准:
小汽车20元/天
大客车40元/天

单行道设置



进: 蟠龙公路-北沿公路-林风公路-东风公路
出: 建设公路的南方向离开

地图软件的导向作用



导航软件影响行车者的心理,
影响驾驶员的路径选择

➤ 专家咨询结果分析

相位时长 (s)	A	B	C	绿波协调 时长 (s)
方案一： 07:30-12:00	84	26	30	8
方案二： 12:00-21:00	84	26	30	60
方案三： 21:00-07:30	70	20	30	

- ① 上下午区别：绿波协调时间不同
- ② 夜晚无绿波协调、比白天周期短
- ③ 绿波协调时间的关键是车辆行程速度

处于完善阶段

部分线圈没有
投入正式使用SCATS系统仍
在测试之中预告可能存在
数据缺失现象设置主要依据：
交警经验衡量调整依据：
“不差”，
而非“最优”

找到优化切入点

1

配时方案

2

项目建设程度

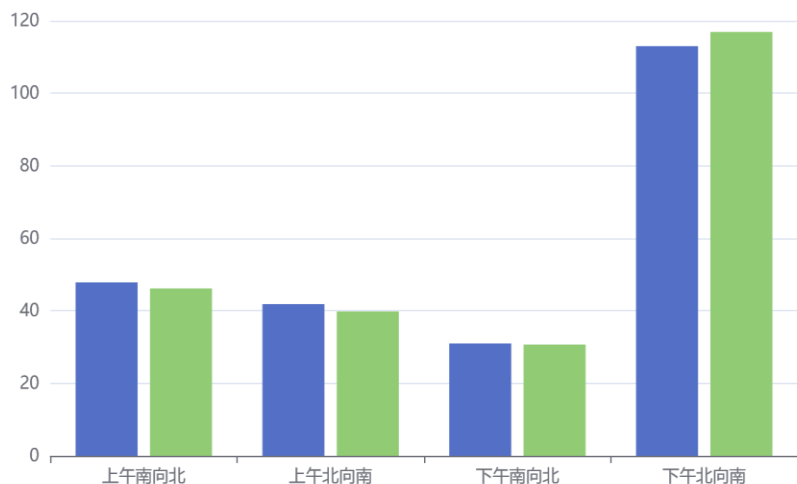
3

方案依据

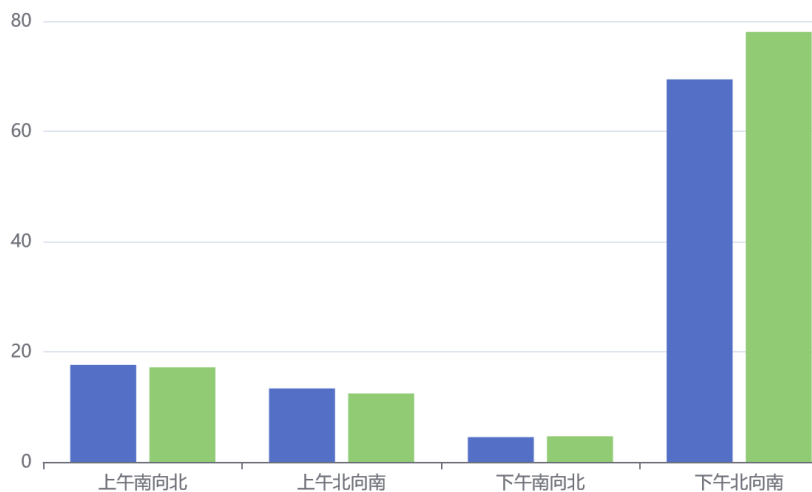
➤ 仿真结果分析

■ A组(实验组/实际比例) ■ B组(对照组/正常比例)

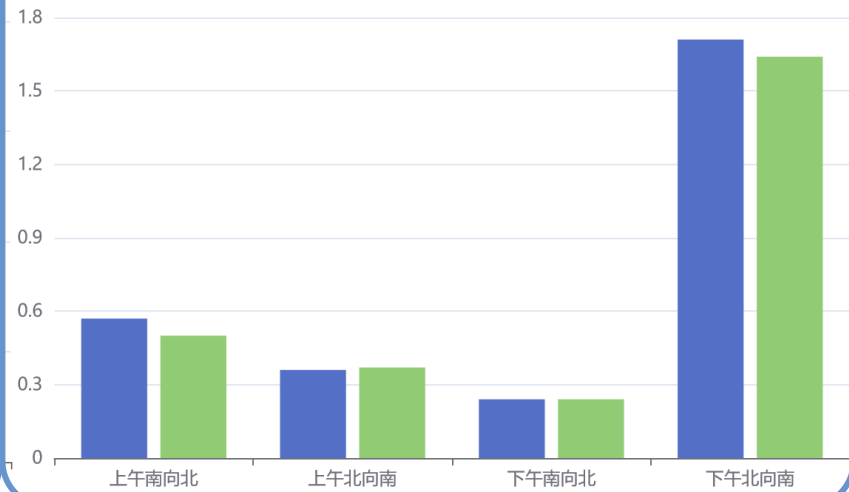
出行时间 (s)



静态停车延误 (s)



停车次数 (次)



- 下午高峰小时车流量更多，目标路口“南向北”与“北向南”流量差异显著，导致其出行时间 (s)、静态停车延误 (s) 与停车次数 (次) 均远大于其他时刻。
- 在车流量较大时，花博会期间采用的交通管制措施及公交专线等会有效减少车辆的平均出行时间与静态停车延误；在车流量较小时，这些举措与正常车辆组成情况下的车辆平均出行时间相差不大。
- 上述举措对平均停车次数的改善效果不大，该路口下午的信号控制方案仍有改善的空间

➤ 数据深度利用——生态指标分析

三级评价体系

一级指标（一个）：
信号协调控制交叉口停车次数不大于1次



二级指标（四个）：
交叉口停车测试；
车辆区域协调控制技术测试；
交叉口延误时间以及环境污染测试；
交叉口信号评价测试



三级指标：
参考生态道路承载功能评价指标体系中涵盖的全部指标

噪声污染 理论分析

道路交通噪声的微观交通流分析方法

通过VISIUM仿真工具，
得到逐车的速度、加速度、位置等信息



应用至日本ASJ-RTN 2008单车噪声排放模型，
计算指定接受点处的噪声评价指标

$$L_{w(i,j)} = a + b \lg v$$

	大型车		小型车	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
稳定状态	53.2	30	46.7	30
非稳定状态	88.8	10	82.3	10



根据仿真结果进行环境污染-噪声方面分析
参考《上海市区域环境噪声标准》（简称《标准》）
《2021上海市综合交通发展年度报告》（简称《报告》）

➤ 数据深度利用——生态指标分析

噪声污染 环境友好
分析比较 原因分析

《标准》

- ✓ 白天7:00-21:00
不超过70dB(A)
- ✓ 早晚 5:00-7:00;
夜晚21:00-23:00
不超过55dB(A)
- ✓ 深夜 23:00-5:00
不超过50dB(A)



《报告》

在过去的一年中:

- ✓ 昼间交通噪声平均声
效等级: **68.2dB(A)**
满足《标准》要求
- ✓ 夜间交通噪声平均声
效等级: **63.4dB(A)**
超过《标准》最大值



实地测量

对于目标路口

- ✓ 有车通过时:
55-60dB(A),
均值为**56.9dB(A)**
- ✓ 无车通过时:
45-50dB(A),
均值为**49.3dB(A)**。



VISSIM仿真

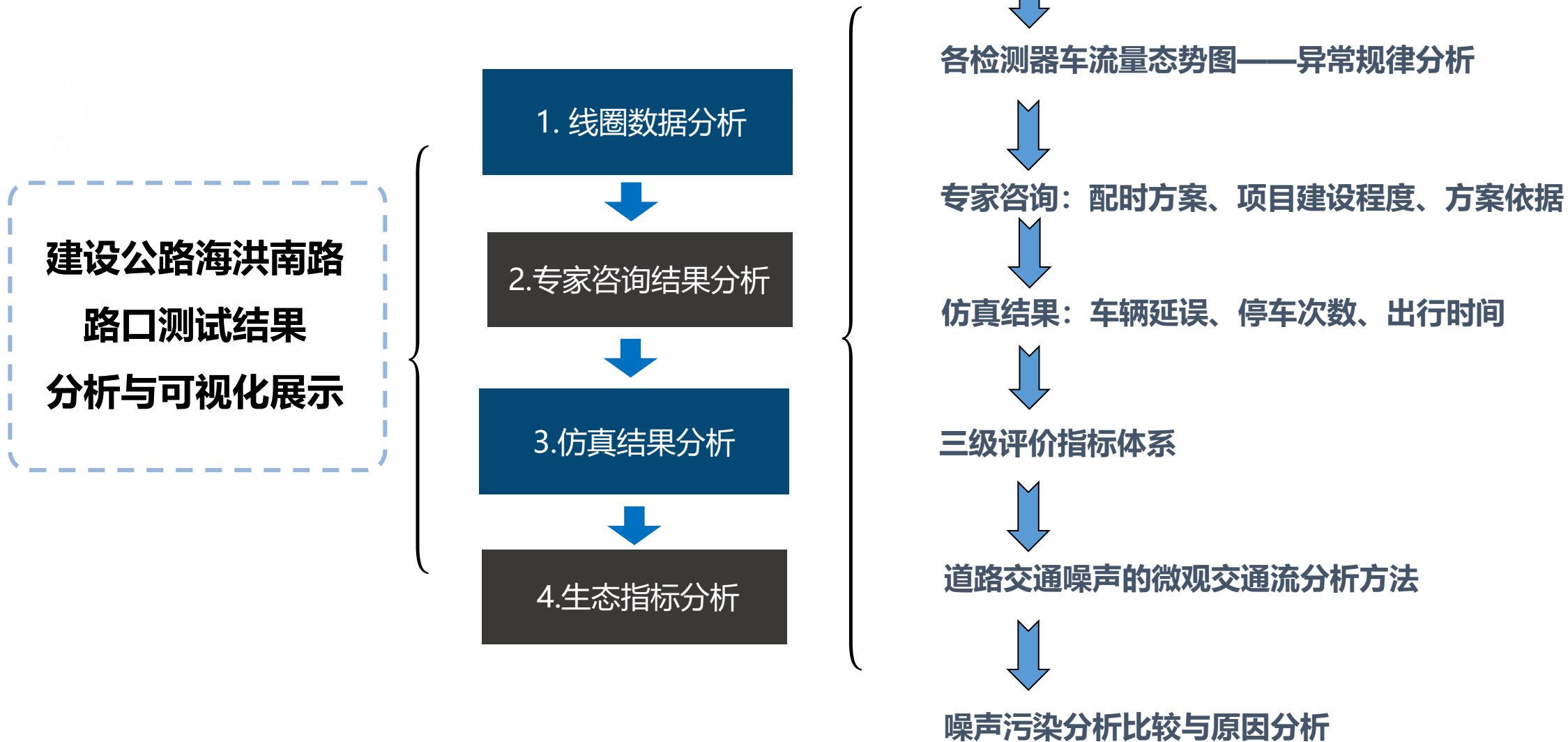
根据模型计算

- ✓ 上午高峰小时噪声
平均声效等级:
56.58dB(A)
- ✓ 下午高峰小时噪声
平均声效等级:
58.47dB(A)

- ✓ 采用半透式双层排水路面
- ✓ 降噪性能和微观孔隙特征
参数具有较好相关性;
- ✓ 应用降噪低维护生态+型
无伸缩装置桥梁关键技术
采用满足低环境影响要求
的桥梁结构形式;
- ✓ 绿波带的设置使车辆不遇
红灯或少遇红灯, 降低其
停车次数、减少其加减速
过程, 降低噪声污染。

说明目标路口与崇明岛生态道路建设在**环境污染-噪声评价**方面的成功

➤ 结构



➤ 系统简介

SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System: 悉尼交通自适应协调系统) 是一种**实时自适应控制系统**, 该系统寻求一种能最大限度减少路网上车流延误和停车次数的配时参数优化算法。

➤ 控制策略

交通条件	反应对策
繁忙交通要求	使通行量最大
正常交通要求	使延误最小
轻微交通要求	使停车次数最少

- 以子系统为基础控制单位
- 在交叉口进口布设车辆检测器
- 根据车辆检测器提供的实时交通特征, 选择恰当的信号控制方案, 并考虑相邻子系统合并的可能。

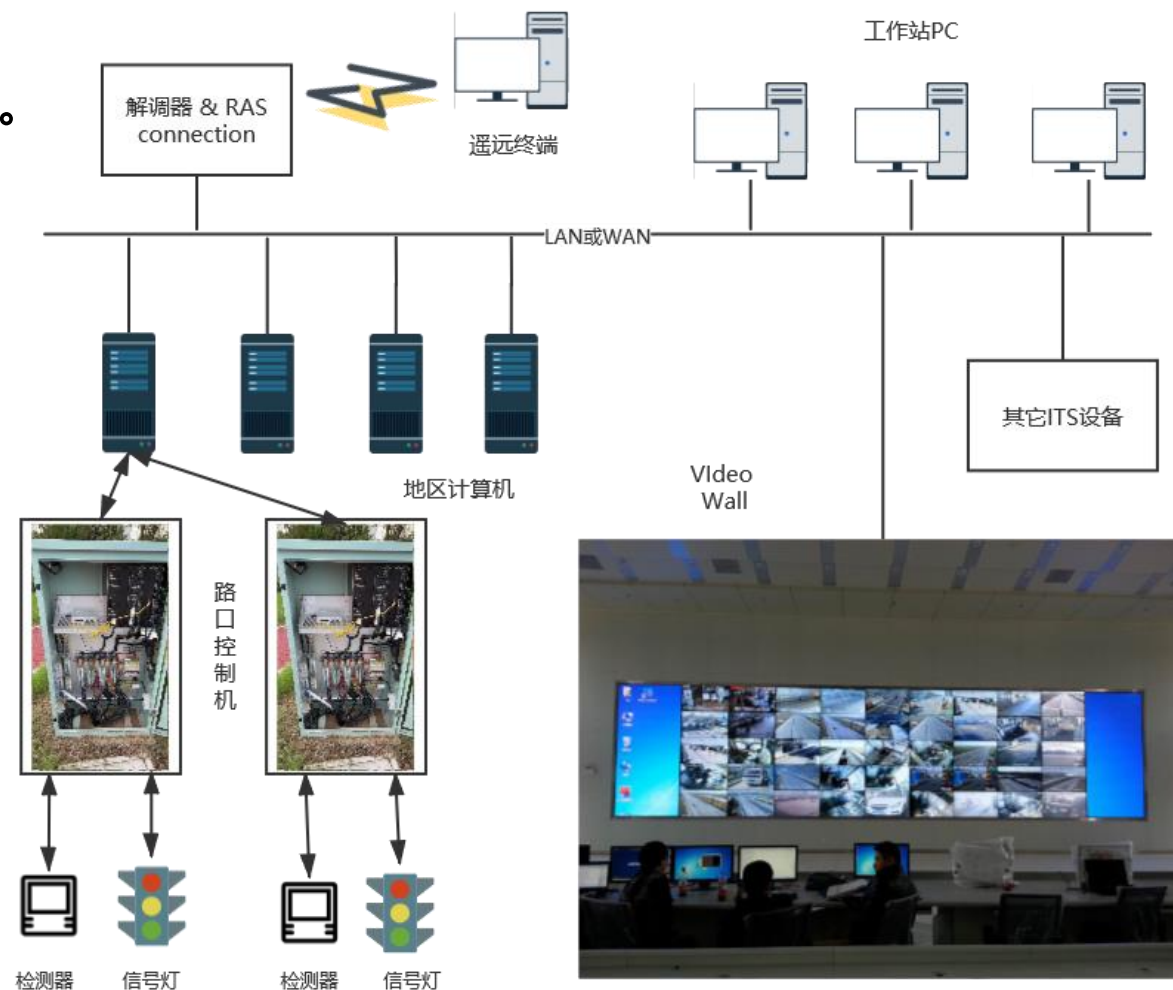
➤ 系统组成

根据**受控路口多寡及系统需求**采用**二级或三级控制方式**。

- **二级控制**：路口控制与地区控制；
- **三级控制**：路口控制、地区控制与中央控制。

➤ 系统结构示意图

- **路口控制**：信号控制机对具体路口的控制。
- **地区控制**：采集各路口信号控制机信息，综合计算得出优化最佳控制方案，及时送回信号控制机执行。
- **中央控制**：完成与各地区计算机的联系，与中央管理计算机的连接；实现数百路口的集中监控、数据修改与命令发布。



1

现有方案

信号配时固定
绿波协调时间固定

不同交叉口交通流量
空间分布特征明显
信号配时多由专家按
经验设计

2

存在问题

虽然针对不同时段有不同的信号配时方案与绿波协调时间，但时间间隔跨度很大，同一时间间隔内交通状况差异大，区域协调控制并没有发挥出全部优势。

建设公路银企地理位置，交通流量日变化与小时变化差异较大，定时信号控制会出现次路无流量但主路排队较长或者主路流量较少，但次路红灯时间依然很长等现象，时间资源利用率波动较大。

3

优化方案设计

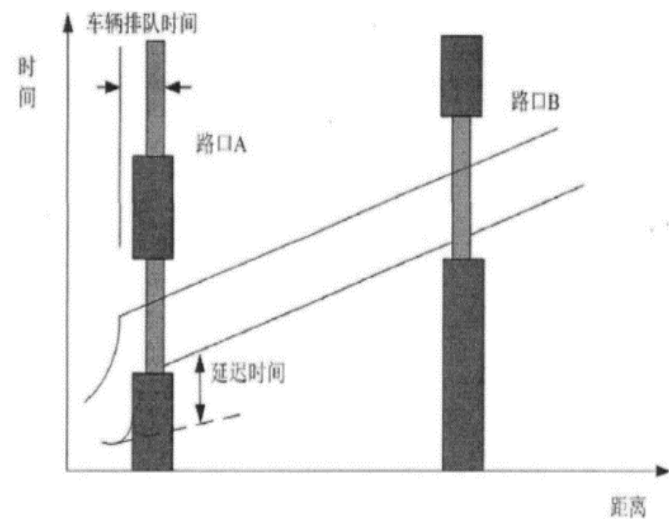
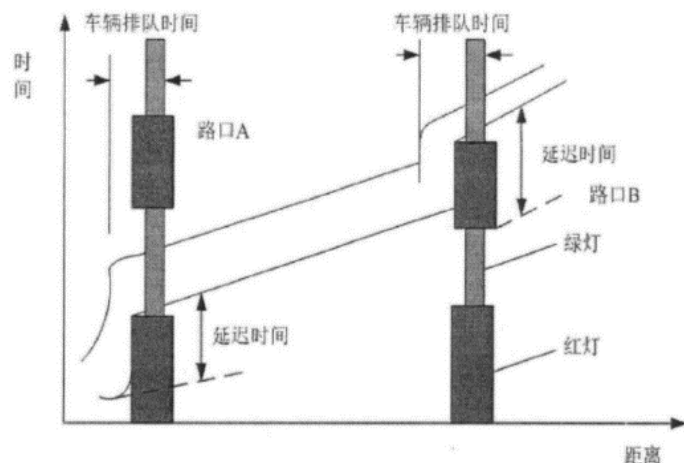
目标：符合1+4+n评价指标要求

基于定时控制的区域协调控制方案

基于可变控制的区域协调控制方案

综合考虑 **现有方案** 与 **存在问题**，提出优化控制策略

➤ “绿波带” 原理与优化方案



- 结合绿波带实现方案，依照交通状态特点将时间重新划分并重新设计绿波协调时间
- 依据实际交通量状况调整信号周期与绿信比
- 基于SCATS系统数据的信号配时设计优化提议

时段名称	时段时间	绿波协调时间
早平峰	7:00-8:30、10:30-12:00	8
早高峰	8:30-10:30	9
晚平峰	12:00-15:00、18:00-22:00	60
晚高峰	15:00-18:00	58
夜间	22:00-次日7:00	0

➤ 交叉口三状态划分

结合崇明岛SCATS系统在交叉口和路段中都布置线圈的线圈布设方式，根据进口道排队长度对主路状态进行划分，定义交叉口的排队长度为 L_q ，根据上述原则确定的饱和点与溢出点，可以将交叉口进口道划分为三个状态：

- 状态一：排队长度位于饱和点之前，即 $L_q < L_1$ ，此状态称为不饱和状态，该状态排队长度在原有配时的情况下能够在一个周期的绿灯时间内消散
- 状态二：排队长度介于饱和点和溢出点之间，即 $L_1 \leq L_q < L_2$ ，此状态称为饱和不溢出状态（状态二）该状态排队长度在原有配时的情况下不能在一个周期的绿灯时间内消散，因此需要进行调整
- 状态三：排队长度超过溢出点位置，即 $L_q > L_2$ ，此状态成为饱和和溢出状态，该状态排队长度会对上游交叉口造成较大影响，因此需要系统在状态二的时候进行充分协调调整，避免状态三饱和和溢出状态的出现



图 1 不饱和状态（状态一）示意图

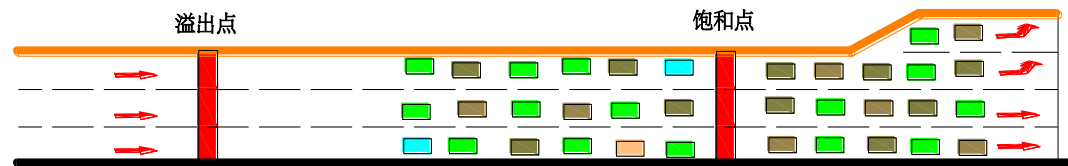


图 2 饱和不溢出（状态二）示意图

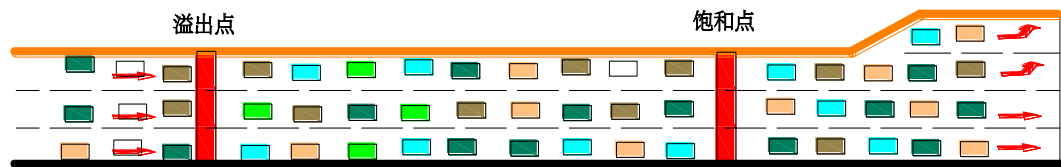
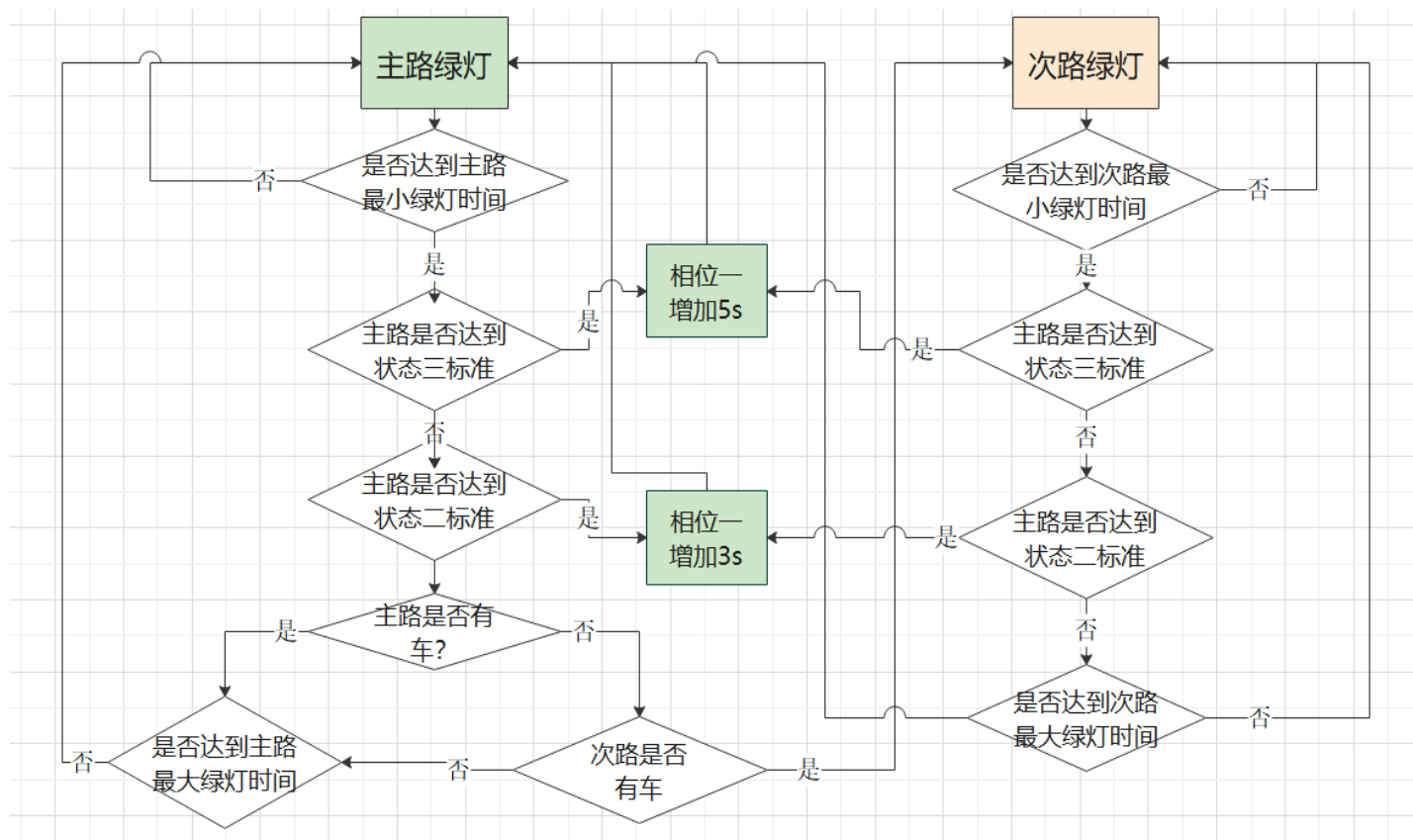


图 3 饱和溢出状态（状态三）示意图

➤ 可变信号逻辑控制

- 设置最小绿灯时间保证行人过街需求，减少频繁变换相位对交通状态的干扰
- 设置最大绿灯时间保证单方向等待时间不会无限增加。状态一、二、三指的是核心交叉口主路建设公路上的进口道状态数据。
- 上午由南向北（进城方向）为判断依据
- 下午以由北向南（出城方向）为判断依据。



可变信号控制逻辑图

➤ 现有设备支持与原理

- 路段中布设线圈，增加了流量监测点，使采集流量的基础上还可以采集到流量差数据。
- 具体原理如下：在车辆排队长度测量区间起始端，根据使用要求布设线圈检测器。检测器采集车辆通过检测器时所产生的信号脉冲，计算出通过检测器的流量差、车速、车辆长度等信息，利用区间两端检测器的流量差，通过模型迭代推算出区间内的排队长度。
- 如右图所示线圈 I 通过了 Q_1 辆车，线圈 II 通过了 Q_2 辆车，则排队的车辆数为两检测器脉冲信号的差值，排队长度为应用模型推算迭代的每辆车长度与车距之和。

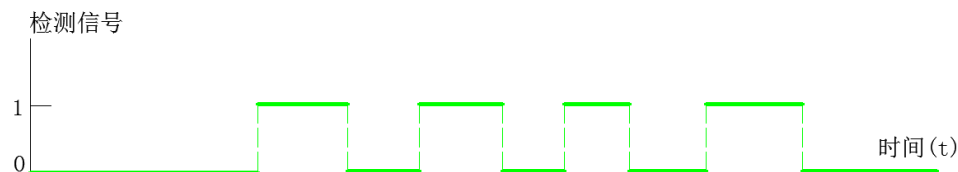
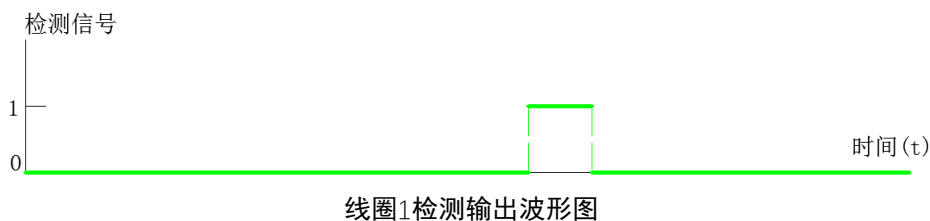
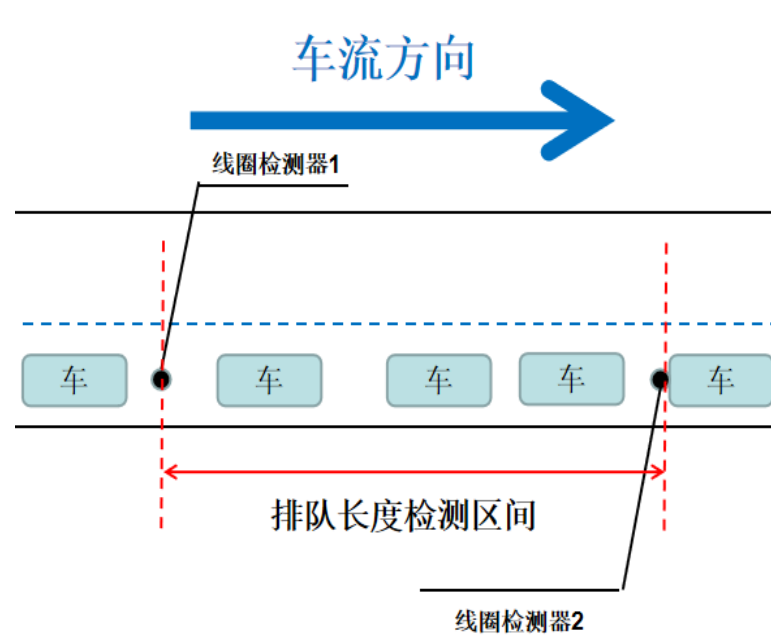
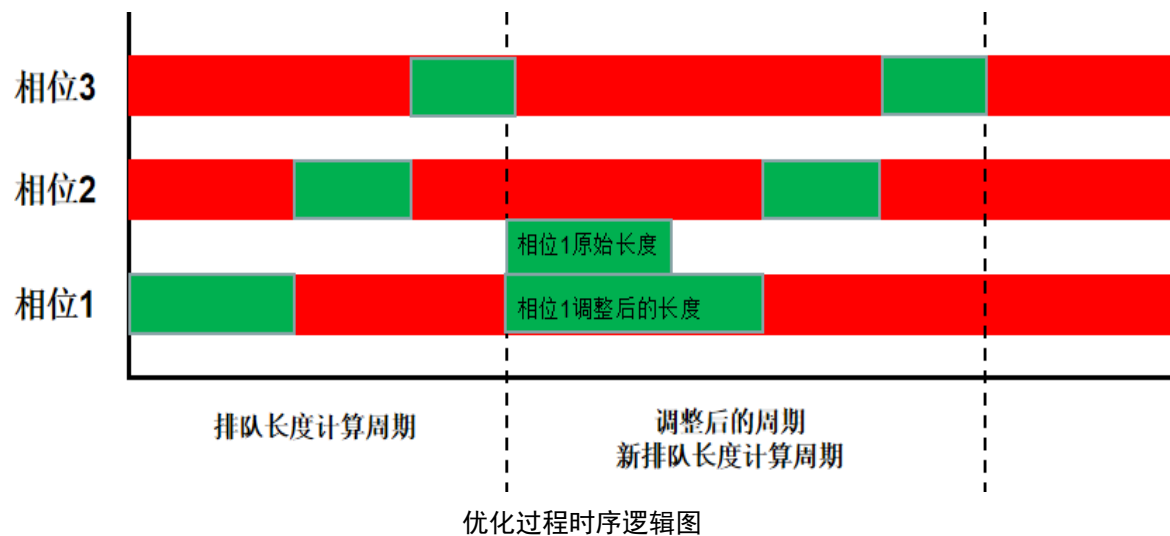


图 2线圈2检测输出波形图

➤ 时序图与局限

- 针对全局，由于“绿波带”绿波协调时间的固定，可变信号控制改变信号周期，会影响到下游绿波控制，甚至使绿波失效，影响车辆正常行驶。
- 如果对绿波协调时间也进行可变设计，需要算法较复杂，一旦出现故障，其结果可能远远低于定时信号控制下的协调控制结果。
- 即使设计出较完美的算法，考虑到现有通信设备计算控制设备成本情况下，其实用性不强。
- 但在未来，智能交通进一步发展，该设想完全可以实现



- 针对核心交叉口，可变信号控制能大幅度提升交叉口通行能力

通过现场实地测试、专家咨询、仿真分析等一系列方法对现有上海市崇明区SCATS系统运行情况进行分析，可以看出目前该系统使用情况较好，区域协调控制下交通状况良好，基本满足生态指标的要求。



仍存在可以改进的地方，比如协调方式时间区段划分过大，信号配时方案设计不够精细化等，针对目前不足之处提出目前可行以及未来可行的两种改进方案。

实习虽然告一段落，但交通建设**与**优化**永远不会停止
希望我们的分析结果以及优化方案设计能对工程实践有所帮助**



同济大学交通运输工程学院
COLLEGE OF TRANSPORTATION ENGINEERING
TONGJI UNIVERSITY

感谢观看和聆听！

信号控制方案优化与设备数据分析（花博会信号柜数据分析项目）

指导老师：曾小清 教授、博导

赵冠华 郭宇峥

2021年10月19日