



# 关于激光雷达技术在智能交通领域中的 应用与建设

## 1. 概述

### 1.1 建设背景

近年来，随着城市经济的快速发展，城市规模的不断扩大，城市人口和机动车保有量迅猛增长，城市交通秩序混乱，空等空放现象，拥堵和交通事故等问题日益凸显，“停车难”、“行车难”日益成为制约城市经济发展的“瓶颈”。机动车数量的迅速增长，交通管理现状和需求的矛盾进一步加剧，交通事故案件逐年上升，在此情况下，如何利用先进的科技手段，提高交通管理水平，提高城市路网运行效率是亟待解决问题。



图 1.1 交叉口交通现状

解决交通问题的传统办法是修建道路，但对于有限的城市区域来说，可供修建道路的空间越来越小。此外，交通系统是一个复杂的大系统，单独从车辆方面



或者单独从道路方面考虑，都很难解决交通问题。

传统的信号控制系统建设考虑更多的是安全问题，忽视了道路运行效率的影响，因此目前大部分信号控制系统都是非智能化的，缺少相配套的前端感知系统来实现信号控制的智能化。公安部公交管[2016]230 文件指出“推进交通信号灯配时智能化，依法科学分配通行权利，改善通行秩序，提高道路交叉口的通行能力和通行效率，减少交通延误和资源浪费，提升区域和城市路网的承载能力，有效缓解交通拥堵。”因此，近几年来，各地交警部门加大了对信号控制系统的升级改造的投入。

此外，交管部门投入大量资金建设系统硬件，忽视了系统的应用的开发。诱导系统建成之后效果不明显，部分诱导屏变成了警示标语发布平台，交通状态预测精度偏低，指挥调度效率未得到大幅提升，应用局限于各类数据的报表和设备做一些简单的管理，前端感知设备的单一化，数据来源，以及设备的缺少必要的维护是导致目前应用无亮点，各类辅助决策系统精准度偏低的主要原因。

实践证明，建设智能交通系统能有效地提高路网的使用效率，缓解城市拥堵问题以及提高指挥调度的效率。因此，近几年，各地政府都投入了大量的人力、物力、财力对现有智能交通系统进行升级改造，并取得了较好的成效。为建设与经济快速增长相适应的交通运输体系，各地政府每年投入建设智能交通系统的资金比例呈逐年上升的趋势。



## 2. 交叉口综合感知系统

### 2.1 建设思路

建设全天候精准的交叉口综合感知系统，通过对交叉口车辆运行状态的检测，全方位采集交通流信息，通过对接现有信号控制系统，提升信号控制的智能化，同时为诱导系统以及指挥调度等平台提供精准可靠的数据支撑。同时，建设以激光雷达车检器为主的交叉口感知系统，一方面，升级现有检测的模型，促进信号控制模型的升级，为实现区域自适应控制提供多元化准确的数据支持。另一方面，利用激光雷达车检器检测到地多元化数据，对数据进行深入分析，开发新型的交通评价辅助决策系统，同时为交通诱导等其他信号控制平台提供多元化数据支撑，提高系统预测的精准性。交通研判平台通过对多源交通信息、互联网大数据进行融合分析，为交通管理、指挥调度、信息服务提供数据支撑。从而实现交通管理决策高效化和交通指挥调度科学化。

各地交管部门建设先进的智能交通信号控制系统需要满足以下条件：全天候、精准、多维的道路感知系统；适合本地交通的信号控制系统；与信号控制系统相配套的信号评价体系和本地化专业的信号运维服务。

建设以激光雷达车检器为主的交叉口感知系统，是我们首次在国内将激光雷达这项尖端技术推向交通信号控制领域。它所提供数据的准确性，多元性和稳定性可以很好地帮助我们升级信号控制前端采集模型，信号控制平台通过对激光雷达车检器多元化数据的深入分析，建立全新控制模型，实时优化路口信号配时方案，同时，通过对数据的深入分析，开发与信号控制相配套的辅助信号评价应用，实时调优，实时反馈。实现对信号控制的闭环控制。

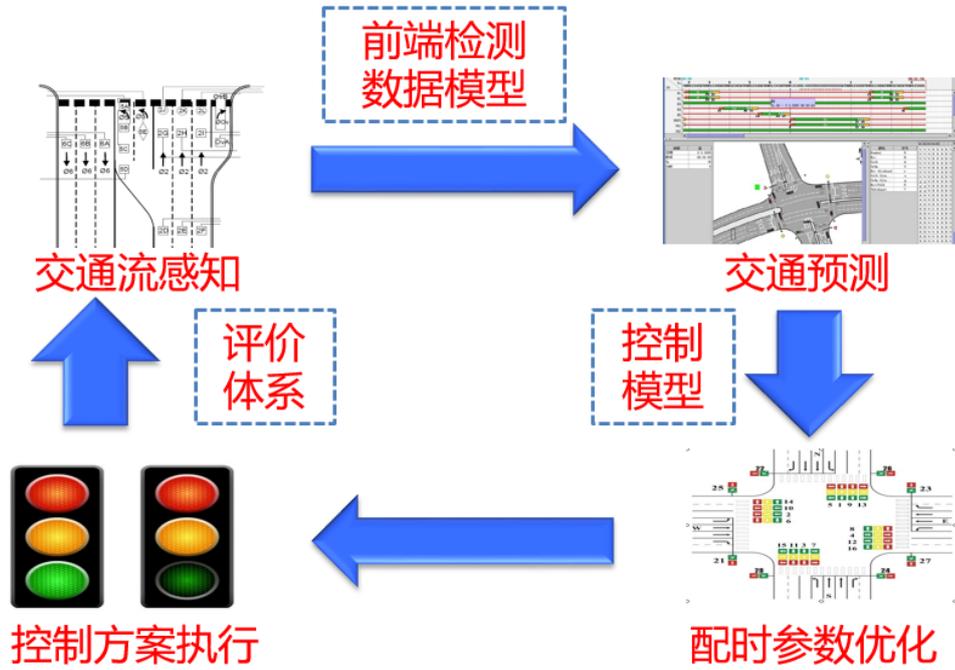


图 2.1 闭环控制示意图

## 2.2 系统架构

系统架构包括数据层、处理层、应用层。

数据层是由在交叉口布设激光雷达检器组成，实现对交叉口运行状态的监测，全天候实时采集车辆运行信息。通过数据处理器对接信号控制系统，为智能信号控制系统提供精准实时的数据支撑。

在数据处理层，实现数据的整合、清洗、交换、计算、存储，包括对各类检测器数据的整合分析，对交通流数据的统计和分析，由数据库服务器和应用服务器支撑上层功能应用。

应用层实现大数据平台的深入应用，在数据管理平台中，实现路口信号控制运行状态的远程监控，建立前端设备电子化方案，规范设备的维护与安全信息管



理，对交通流数据的多维度分析，辅助信号控制评价系统的建设，为交通管理，安全治理提供服务。

大数据平台面向交通管控部门提供与信号控制管理相关服务，用电子化、流程化管理前端控制设备，并基于每个路口前端控制系统中的采集信息和预警信息监控、研判路口运行情况。实现对城市路网的区域协调控制，提高路网运行效率，并与其他交通系统对接，为其他交通系统提供更加多元化的数据分析。

### 2.3 前端感知技术路线

建设全天候、精准、多维反映交通流的交叉口综合感知系统可以为信号控制提供精准的数据支撑，优化信号控制模型，同时，精准的前端感知系统可以反馈信号控制效果评价，为信号控制的持续调优提供数据支撑。

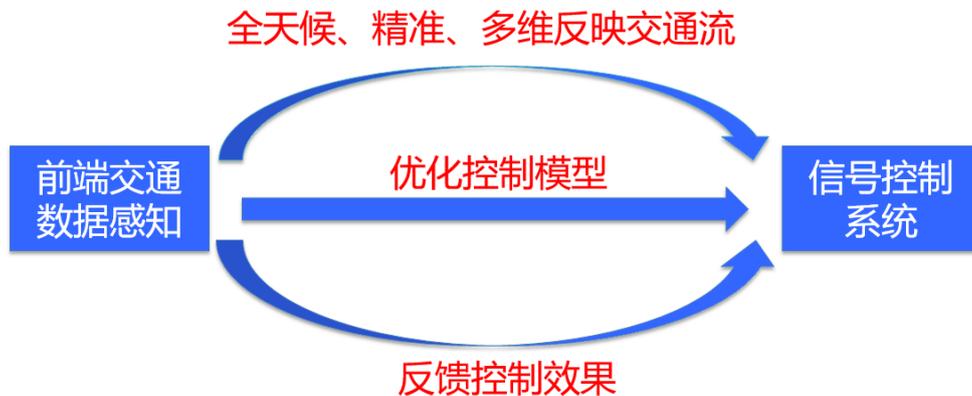


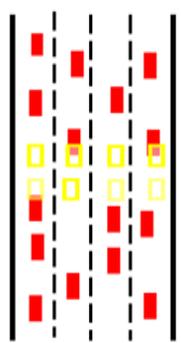
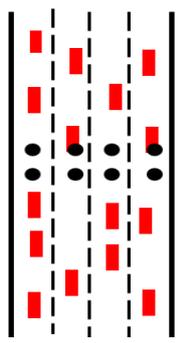
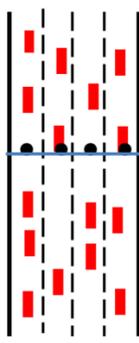
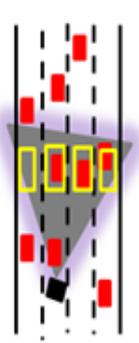
图 2.3 前端感知与信号控制关系图

现代化智能交通管理系统的建设过程中，交通状况的实时检测和判别是基础也是最关键的环节。交通信息采集传感器是交通信息获取的重要来源。交通信息采集传感器伴随着智能交通系统技术的快速发展而渐趋成熟。我国从上世纪 90 年代初开始逐步引入以线圈检测技术为代表的车辆检测器，经过二十几年的发展，



国内形成以地磁和线圈为代表的点检测交通信息采集传感器、以视频车检器为代表的检测器交通信息采集传感器和近几年较为流行的互联网数据来采集交通流信息。近但这几种检测方式都或多或少的在稳定性、抗干扰、检测精度和数据单一等方面还有所欠缺。

激光雷达车检器相较于其他检测器的对比

类别	线圈检测器	地磁检测器	激光雷达车检器	视频检测器
检测方式	“点”检测 定点检测	“点”检测 定点检测	“点”检测 位置检测	“面”检测 区域检测
	单车道检测	单车道检测	单车道检测	区域 4 车道检测
				
检测功能	即时数据： 目标存在信息	即时数据： 目标存在信息	即时数据： 通行车辆计数，车 型分类，车辆通行 速度，车道平均速 度；	即时数据： 目标存在信息、车 型分类，部分有实 时数据监测
	统计数据： 交通参数（流量、 速度、占有率）	统计数据： 交通参数（流量、 速度、占有率）	统计数据： 交通参数（流量、 速度，车道使用率）	统计数据： 每车道虚拟线圈检 测，交通参数（流 量、速度、占有率）
	排队数据： 无	排队数据： 无	排队数据： 无	排队数据： 排队从电警杆后计 算，精度差



检测精度	检测精度有局限	检测精度有局限	检测精度高，检测频率高达 1000Hz	检测精度有局限
	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 检测精度较高;</li> <li>2) 检测参数少;</li> <li>3) 检测精度会受到其他信号的干扰</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 对低速目标不敏感，容易漏检;</li> <li>2) 堵车时无法准确区分车辆;</li> <li>3) 单点检测速度、占有率等精度偏低;</li> <li>4) 雨雪、电磁干扰等因素影响准确性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 1000Hz 的采样率精确覆盖低速以及高速目标;</li> <li>2) 堵车时可以准确区分车辆，不会出现连车漏检;</li> <li>3) 对比其他检测器激光雷达每秒高达 1000 次的采样率可以准确检测出车辆速度，数量;</li> <li>4) 智能算法帮助车检器应对各种天气环境的干扰</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 检测区域范围小，精度受限;</li> <li>2) 天气因素、光线干扰容易造成漏检</li> </ul>
安装调试	路面切割安装，破坏程度大	路面钻孔安装，调试复杂	安装灵活，调试简单	受杆件限制，调试复杂
	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 每个车道安装，破坏路面，影响交通;</li> <li>2) 安装时需要封闭道路，影响交通;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 每个车道安装，破坏路面，影响交通;</li> <li>2) 需要安装中继器，每个点均需取电;</li> <li>3) 灵敏度需反复调节，调试不便</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 可以借用现有的电警杆件进行安装;</li> <li>2) 采用倒置安装，保证雷达不受积灰以及其他干扰物影响，极大减少了产品维护周期;</li> <li>3) 自适应调节检测阈值，及装及用;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 只能选带横臂杆件安装，高度一般 6 米左右;</li> <li>2) 杆件选择范围小，一般需要独立杆;</li> <li>3) 车道、检测区域需手动划定，反复调节配置;</li> <li>4) 检测区域需参考过车情况做标定，检测精度调节复杂</li> </ul>

激光雷达车检器作为精准检测的代表，弥补了上述传统交通信息采集系统存在的欠缺，可以在极端气象条件下、全方位的精确检测包括交通流量、速度、占有率、车辆高度等多元化数据，同时可以在进行交通流检测的同时与视频进行融合，将雷达检测到的精确占位信息、车辆速度信息与视频所提供的“面”数据，既



做到了大区域的精确检测，同时做到了检测场景的直观可视，是当前城市道路交通信息采集的理想组合，真正意义上做到了“点”和“面”的完整融合。

## 2.4 系统应用功能

### 2.4.1 交通流均衡控制

交通流失衡导致城市路口出现排队过长，各方向排队长度差异明显，直接反映当前信号配时方案的不合理性。在城市时变的交通流条件下，传统的检测器也无法提供更加精准多元的数据，激光雷达车检器的出现，弥补了前端检测器的不足，支撑信号控制模型的升级，共同构建交通流均衡控制。解决单方向排队过长，均衡各方向流量。

### 2.4.2 建立闭环交通评价体系

报警投诉的过程中发现，不同的交通参与者对同一路口的信号配时往往会提出截然相反的意见——行人认为过街时间过短，司机认为等待时间过长，究其原因，很大程度上是本位思想作祟。然而，现行的信号灯相关国家标准、行业标准虽然对灯具的规格性能、设置方式以及信号机的结构性能、控制功能等都有详细的要求，但是对信号配时却没有提出具体的指导意见，仅表示“绿信号、红信号持续时间应根据路口实际情况设置”。由于缺乏可靠的依据来自证合理性，交管部门在应对相关投诉时往往底气不足，只能凭借经验反复尝试优化配时，不仅花费了大量的时间和精力，也无法保证优化效果能够令所有交通参与者都满意。



### ➤ 系统特点

建立一系列基于传统交通工程专业的路口评价体系，分为三类：

#### 1) 对单个路口优化工作进行评价

通过激光雷达车检器提供通行流量，平均通行速度以及车道通行率，判断路口信号灯是否存在空放、等待时间过长、溢出等具体问题。

#### 2) 对路段干线协调工作进行评价

通过激光雷达车检器提供车辆占位时间和车道空放时间，判断路段行驶车辆是否损失时间多长、停车次数过多等具体问题。

#### 3) 对区域协调控制工作进行评价

通过激光雷达车检器提供的车道平均行驶速度以及各种行为车辆的通行效率，判断区域内车辆行驶效益是否提升，判断定期出具相应报告以供交管部门决策参考，并利用评价数据反馈优化信号控制系统，反复迭代，使信号配时管理进一步精细化。

### 2.4.3 交叉口精细化运行检测

通过对检测数据的实时利用，为交通管理人员和交通规划人员提供展示界面查看当前区域交通的运行状况。针对路网内交叉口车检器采集到的交通流数据，平台会定时进行服务水平评估，通行效率分析，历史流量速度展示，及时为交通管理者提供第一手交通运行状况评估，针对可能出现的问题及早做出相关预案安排，提高通行效率。同时我们平台还具备模拟城市交通的仿真功能，与信号机平台实现对接以后，可以实时展示信号机相位状况，可以室内远程评估配时方案合



理性，为交通管理与控制、交通规划方案的比较及效果评价提供决策依据及技术支持。

信息技术持续发展，使得行为预测、流量仿真、事故预警、交通引导策略等高级功能的实现成为了可能。可实现交叉口以下精细化分析：

### 1) 交叉口精细化分析

#### 交叉口拥堵排名

通过对路网内交叉口拥堵进行评估并排名展示，用精准的过去和当下来预测、设计未来的可能性，针对拥堵区域有的放矢，集中整治，提高工作效率。

#### 交叉口空放排名

通过对接入信号机平台的路口进行空放状态统计和分析并排名展示，从侧面直观反应了信控方案的优化程度，为后续信控方案改进提供了技术支撑。

#### 交叉口失衡排名

进口道与出口道之间的状态失衡，会导致出口道排队溢出，进而引发路口甚至区域连锁拥堵，通过对失衡状态数字化处理，可视化排名，使得交通管理者能够对辖区内所有交叉口存在的问题一目了然。

### 2) 交通流量溢出检测

通过实时检测进口道各车道的车辆通行速度、通行数量以及各车道的车流分布状态，并于道路设定的存车阈值比较，实现交叉口道路管道流量溢出预警；

### 3) 交叉口信控方案仿真



实时模拟交叉口运行状态，包括当前相位展示，车辆排队展示，车辆放行展示，设置出车点，车库，小区以及商城等车辆存放区域，及实时城市路网模拟等功能，为交通管理部门提前制定区域信控方案以及优化效果提供技术支撑。