**基于精准感知的高速公路（隧道）运行****监测及****智能预警系统**

胡明晖（1983.03.05），男（汉族），山西省太原市，山西省交通信息通信有限公司，工程师，硕士研究生，研究方向：高速公路机电系统。

**摘要：**目前高速公路隧道监控以视频监控为主，数据准确性与实时性受环境影响较大，同时国内道路安全管理主要以静态管理为主，缺乏实时、有效的动态预警系统。通过基于全向广域毫米波雷达精准感知技术的高速公路隧道运行监测及智能预警系统，可以对隧道交通数据进行实时、精准的监测，并形成高效准确的交通流数据分析和控制策略，在向监控管理人员报警的同时，通过道路可变信息标志向车辆驾驶员进行智能预警，有效减少交通流速度差，最大程度上预防了二次事故和次生事故，降低交通事故率，提高道路通行能力。

**关键词：精准感知、隧道控制系统、高速公路主线控制**

随着我国高速公路总规模快速增长，新的山区高速公路不断建成，隧道数量和总长度迅速增加，长大隧道的长度不断刷新纪录。同时由于高速公路隧道的半封闭性、车道数量大多为单向2车道的现状，隧道安全管理在高速公路运行管理中的重要性不断提高。

但目前国内高速公路隧道交通安全管理采用的形式主要以视频监控为主，且存在“监而不控”和事后调取相关视频录像取证的方式，究其原因是因为隧道视频监控在气候异常、设备积灰、光线变化、扬尘等情况下存在极高的漏报、误报率，数据准确性与实时性无法保证，已经不符合当下智能交通的发展理念和安全管理的需求。同时，国内道路安全管理主要以静态管理为主，缺乏实时、有效的动态预警系统。因此需要开发高速公路主线控制系统，基于精准的交通数据和实时气候数据，按照预定的准则和数学模型算法确定最佳速度目标值来调节高速公路主线交通流状态，来实现高速公路自动保持最佳运行状态的目的。

考虑已有的视频监控建设实际情况，高速公路隧道管理局限于视频监控和隧道环境监测。我们正在研究将传统视频监控技术与毫米波雷达技术进行融合、创新，通过基于精准感知的智能运行安全动态监测及主线控制技术，解决目前视频监控技术易受光线、天气、环境等影响的实际应用状况，实现对隧道交通量进行调节、警告和诱导，解决国内高速公路缺乏主线交通流监控和管理的现状，提升高速公路运行安全水平与道路通行能力。

基于全向广域毫米波雷达精准感知技术应用的隧道控制系统有利于高速公路隧道的运行安全动态监测及安全运营管理，可以对导致隧道运行安全风险的各种事件及交通数据进行实时、精准的监测，并形成高效准确的交通流数据分析和控制策略，在向监控管理人员报警的同时，通过道路可变信息标志向车辆驾驶员进行智能预警，有效减少交通流速度差，最大程度上预防了二次事故和次生事故，降低交通事故率，提高道路通行能力。

毫米波雷达精准感知技术与现有视频事件检测相比的运行质量及维护保养优势：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **全向广域毫米波雷达****与视频事件检测的比较** | | |
| 技术对比 | 全向广域毫米波雷达 | 视频事件检测 |
| 误报率 | 全天候低误报：  24小时≤1 次 | 传统系统的高误报率造成实际应用中“狼来了” 效应，致使系统缺乏可信度，无法为管理提供支持。改进型AI智能方式很大程度降低了误报率，但气候、光照、环境仍然是影响其检测准确性的重要因素。 |
| 工作条件 | 全天候、全照度条件：不受眩光、黑夜、雨、雪、雾、烟、尘、尾气、油污、火灾等条件影响（70%交通事故发生在上述环境下） | 气候及照度影响– 在眩光、黑夜、雨、雪、雾、烟、隧道油污、尾气、烟尘条件影响下无法实现准确检测。 |
| 维护 | 不受气候、油污、烟尘影响，五年免维护。 | 需要人工定期清洗摄像头（欧洲标准6-8周），并交通管制，增加维护成本及安全管理风险。 |
| 监测距离 | 远距离监测–600米监测范围 | 有限距离覆盖 – 单个摄像头覆盖单侧100-120米（欧洲标准80米）。 |

**表1：全向广域毫米波雷达与视频事件检测的运行质量比较**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **全向广域毫米波雷达与视频事件检测设备维护保养对比** | | |
| 维护保养对比 | 毫米波雷达传感器(单个) | 视频摄像机(单个) |
| 覆盖范围 | 600米 | 100-120米 |
| 1公里所需设备数量 | 2台 | 10台 |
| 单次维护耗时 | 45分钟 | 100分钟 |
| 维护周期 | 每5年1次 | 每6-8周1次(欧洲标准) |
| 五年清洗摄像机次数 | 1次 | 400次 |
| 交通管制次数 | 1次 | 40次 |
| 五年维护总耗时 | 45分 | 4000分钟 |
| 交通管制潜在危险 | 1 | ＞40倍 |

**表2：全向广域毫米波雷达与视频事件检测设备维护保养对比**

具体的实现方案如下：

1.雷达监测系统

在高速公路隧道出入口以及隧道内部设置车辆检测装置，用以测量通过的车辆数及相应时刻车辆占有检测装置的时间，由这些参数计算出在某时间间隔内某处的交通参数以及堵塞程度，作为控制中心分析判断、做出控制方案的主要依据。

2.服务器中心数据处理系统

交通流的基本参数有交通量、行车速度和车流密度。服务器对接收到的原始数据参照现行的国内通行能力标准、相关机构提出的建议值、国外最新的通行能力标准，通过建立数学模型、仿真研究和试验测试对通行能力进行定量研究，计算相关交通参数，计算出有效的交通流参数，从而感知路段交通情况，结合预先设置的行为规则（例如：当隧道内车速连续低于设定值20公里每小时，表示道路已经拥堵），一旦隧道内部任意点位监测到行驶车辆异常，系统自动形成道路运行管理指令及建议方案，通过警报及信息提示的方式通知监控人员，同时调取最新的视频监控系统图像，并以弹窗的方式予以提示，监控人员可以通过视频图像对交通状况予以验证，确认后，该指令及方案自动通过监控中心经由通信线路子系统返回到前端可变信息情报板。

3.可变速度控制系统

通过可变限速标志、隧道入口LED大屏等建立主线控制中的驾驶员信息系统。可以给驾驶员提供有关高速公路路况的信息和建议，为驾驶员提供最新的路况紧急情况，警告驾驶员路上有危险，并为其采取相应的策略提供依据。同时驾驶员信息系统还可向驾驶员提供强制性命令，例如减速限制或者由于某高速公路路段或某车道关闭，要求驾驶员改道行驶。从而使主线上的交通流的速度能随车流密度的改变而变化，以保证交通流的均匀和稳定，同时还能提高道路通行能力。

其中隧道入口前的LED大屏，不仅发布文字进行预警提示，同时分梯度显示最大行驶速度建议值，对驶入隧道车辆进行预警提示，隧道内外设备系统实时联动，自动实现安全预警管理。信息实时上传至高速控制中心，并显示事件路段图像、发生位置、时间等相关重要信息，以便高速管理部门能及时采取措施处理。当隧道内交通事件解除，全系统自动恢复正常状态。系统实现了对高速公路隧道全路段实时监控和自动安全预警文字提示，降低事故率、提高道路通行能力，提升了高速管理部门的安全管理效率和水平。

鉴于目前我国高速公路路网中，并行路线数量有限，实施路径诱导的条件不完备，因此选用可变限速控制方式作为高速公路的主线控制方式，提高路段运行效率。

目前全系统已进行了现场试验调试，在隧道入口及隧道内部共计安装两台检测范围为600米的全向毫米波雷达用于采集现场道路车流量、车速、车流密度、车辆大小等数据，安装方式采取侧壁安装，高度在3.5—8m之间可选。采集到的数据通过通信线路子系统回传给监控数据中心中央控制设施，监控中心所接收到的众多交通参数是外场毫米波雷达检测到的，在用于计算形成高速公路控制方案时要经过适当的处理,使之成为高速公路某个方向的交通流参数。

全向广域毫米波雷达精准感知系统的发展方向：

（1）精准感知技术与其他平台的联动对接

将毫米波全向广域交通监测雷达与其他交通采集设备如视频监控、气象要素仪等其他系统进行平台联动对接，对采集到的交通信息进行分析、分类、汇总，实现路网的全息全景感知与智能化的综合交通控制，作为高速公路大数据建设的基础数据沉淀，为道路的安全管理、应急指挥、辅助决策等提供有力支撑。

（2）用于高速公路匝道控制系统

高速公路交通控制分为入口匝道控制、主线可变限速控制、通道控制三种方式。相较通过在原有高速公路上附加支线而言，通过对入口匝道控制、主线控制、通道控制等途径来对高速公路运行的进行综合交通控制，其成本仅占公路全部投资的5%-10%。可以采用理论研究、模型算法、仿真分析和试验测试相结合的方法，从多角度分析全向广域毫米波雷达精准感知系统对匝道分流诱导产生的实际影响，以及对提高常发瓶颈区通行能力的实际作用，使系统规模化推广应用。

（3）可全面提升高速公路信息化水平

基于精准感知的高速公路智能运行安全动态监测及主线控制系统在路段全线推广应用后，后台系统可获得各路段实时车流、车速、事件等信息与数据，与其他平台联动后结合GIS地图，获取更多诸如路段气象信息、养护作业信息等更加全面的数据，作为高速公路大数据建设的基础数据沉淀，为道路的安全管理、应急指挥、辅助决策等提供了有力的支撑，从而全面提升高速公路信息化水平。