

高速公路隧道集成化智能监控技术与系统开发研究

王文博

天津市天安怡和信息技术有限公司 天津 300000

摘要：为提升高速公路隧道监控系统的智能化水平，基于物联网技术、云平台、大数据及人工智能等先进技术，研发了高速公路隧道集成化智能监控系统。该系统基于隧道现场数据采集、通信网络构建、视频图像识别与处理、环境数据采集及监测、故障检测与处理等功能模块，实现了对高速公路隧道内环境参数及交通状况的实时监测与远程监控。实际应用表明，该系统可对高速公路隧道内交通运行情况进行有效监测，并及时作出相应的决策分析，有效提升了隧道运营管理的智能化水平。

关键词：高速公路；智能化；隧道；监控

本文以某高速公路隧道为依托，对高速公路隧道监控系统进行研究，主要包括系统架构、硬件设备选型、系统软件设计及综合应用等方面。在分析隧道监控现状及发展趋势的基础上，对隧道集成化智能监控技术与系统开发进

行研究，提出了高速公路隧道集成化智能监控技术与系统总体架构，开发了集成化智能监控硬件设备及软件平台。验证了所开发的集成化智能监控技术与系统的有效性。

1 高速公路隧道集成化智能监控系统总体架构



图1 系统总体架构图

本次设计的隧道智能综合监控系统总体架构划分为“五个层次、两大体系”，各层形成一个统一的整体，为监控分中心、隧道养护工区对辖区隧道内交通、照明、通风、环境监测、视频、火灾报警联动、紧急电话及广播联动的交通状况进行全天候管控。自下而上依次为基础支撑层、数据网络层、应用支撑层、系统应用层和用户访问层^[1]。

其中，PLC控制单元负责对现场设备进行数据采集和传输，包括现场智能控制器、模拟量输入模块、数字量输出模块、变频器以及电磁阀等，负责将现场采集到的数据传输到核心控制层；智能控制单元是整个系统的核心部分，主要包括智能控制器、现场控制器以及远程控制器等，负责对隧道内的各种设备进行控制和管理；通信网络主要包括无线通讯网络与有线网络两种方式，无

线通讯网络负责采集数据和传输数据；照明监控系统主要包括照明设备监控单元、现场智能控制器以及照明设备远程控制器等，负责对隧道内的照明系统进行控制；通风控制系统主要包括通风设备监控单元、现场智能控制器以及远程智能控制器等，负责对隧道内的通风系统进行控制；视频监控系统主要包括视频采集单元及视频播放单元等，负责对隧道内的图像进行采集和播放^[2]。以上各个部分相互协作，共同构成了高速公路隧道集成化智能监控技术与系统。

(1) 先进性

系统通过数据采集和视频监控，对隧道内的车辆及机电设备进行实时监控，同时对隧道内的环境进行实时监测，对隧道内的人员进行定位，并对隧道内的机电设备运行状态进行监测，系统由通信系统、数据采集系统、视频监控系统、环境监测系统、人员定位系统和机电设备控制系统等组成。

(2) 可落地性

本文所提出的高速公路隧道集成化智能监控系统基于新一代物联网技术和数字孪生技术，主要包括集成化智能监控、大数据分析和云平台服务三大核心技术。集成化智能监控基于5G通信网络，将传感器数据实时上传至云平台进行数据分析，同时利用物联网技术对隧道内的车辆及机电设备进行实时监测和控制；大数据分析基于云计算技术和数字孪生技术，利用大数据分析功能实现对隧道内的车辆运行状态进行实时监测；云平台服务基于云计算技术和数字孪生技术，利用物联网技术将视频监控数据实时上传至云平台进行分析和处理。通过系统集成化设计思想的应用，进一步提高了高速公路隧道运行的安全等级和管理水平，为进一步提升高速公路隧道交通安全管理水平提供了新的思路。

2 监控技术与系统开发研究内容

(1) 集成化智能监控

高速公路隧道集成化智能监控系统采用了5G通信网络，可以通过5G网络将传感器数据实时上传至云平台，同时利用物联网技术对隧道内的车辆及机电设备进行实时监测和控制，实现了对隧道内车辆运行状态的实时监测和控制。集成化智能监控系统具有以下特点：

(2) 高速公路隧道集成化智能监控系统采用了物联网技术，可以实现对隧道内的环境监测功能，可以实时监测隧道内的温度、湿度、风速、噪声和烟雾等信息。同时可以根据实际需要设置相关参数，并根据设定的参数对隧道内的环境进行实时调整，从而达到节能环保的目的。

(3) 高速公路隧道集成化智能监控系统采用了数字孪生技术，可以将高速公路隧道物理空间和数字空间进行统一管理，实现高速公路隧道物理空间和数字空间的有机融合。

(4) 高速公路隧道集成化智能监控系统采用了人员定位技术，可以实现对高速公路隧道内的人员进行定位和追踪。

3 云平台服务

本文所提出的高速公路隧道集成化智能监控系统云平台服务基于云计算技术和数字孪生技术，利用物联网技术将视频监控数据实时上传至云平台进行分析和处理。云平台服务主要由两部分组成：第一部分为视频监控服务器，包括5G通信服务器、视频编解码器和IP地址服务器；第二部分为分析服务器，包括智能数据分析模块、智能视频分析模块和智能控制模块。

通过将云计算技术和数字孪生技术的应用，充分利用现有的智慧隧道平台系统，在隧道内设置传感器，收集隧道内的各种环境数据（如温度、湿度、烟雾浓度等）、机电设备数据（如水泵、风机等）以及车辆运行数据（如车速、运行轨迹等）等信息，将信息实时上传至云平台进行数据分析和处理。通过对采集到的各种数据进行实时分析处理，实现对隧道内车辆运行状态进行实时监测。同时，将各传感器采集到的各类数据上传至云平台进行分析和处理，通过分析结果进一步实现对隧道内机电设备运行状态的智能控制。在高速公路隧道集成化智能监控系统中，云平台服务可以与智慧隧道平台系统和智慧运营管理平台相对接，实现数据资源共享。同时可以向上级主管部门提供所需的各类基础数据资源以及运营管理服务信息，提升隧道交通安全管理水平。

4 高速公路隧道集成化智能监控硬件设备及软件平台设计

为了保证隧道安全运营，需要对隧道进行实时监控和故障预警。传统的监控设备大多采用就地控制模式，系统不能对隧道内的关键参数进行采集和传输，无法实现对隧道环境的实时监测和异常预警，不能达到智能控制的效果。因此，需要开发一套基于先进技术的集成化智能监控设备系统，实现对隧道内重要参数进行采集和传输，并通过智能控制模块，对隧道内的环境参数、设备运行状态等进行实时监控和异常预警。在此基础上，集成化智能监控设备系统还需要与其他系统进行互联互通，实现数据共享、资源共用和信息共享。为此提出了几种区别于已有隧道监控系统的优势技术。

(1) 图像智能识别AI技术

图像智能识别AI技术是一种计算机视觉技术，将人工智能和计算机技术结合起来，通过对图像的识别和理解，实现对隧道内部车辆、人员、环境等多个对象的智能管理，是一种在图像中识别、处理和理解目标的方法。高速公路隧道集成化智能监控系统中使用的图像智能识别AI技术主要是基于深度学习的目标检测和跟踪，结合车道线检测算法实现车辆的自动检测，通过分析车辆的运动轨迹实现对隧道内车辆的跟踪，实现对隧道内车辆、人员、环境等多个对象的智能管理。

高速公路隧道集成化智能监控系统中使用图像智能识别AI技术是通过在图像中提取关键信息，如车道线、交通标志等，然后进行分类识别。分割后的图像需要进行特征提取和识别。特征提取是通过提取图像中目标信息中的特征来确定其所包含的信息。在特征提取过程中，需要对交通标志进行识别处理，将交通标志识别为交通信号、车道线等内容。

(2) 数字孪生仿真技术

数字孪生是一种全新的技术理念，它是将物理世界通过虚拟世界映射到虚拟世界中，并基于物理仿真和数据驱动相结合的方式进行模拟仿真，从而实现对物理实体的精准仿真。数字孪生技术是在虚拟世界中对物理实体进行模拟，并通过仿真技术来实现对实体的优化和改进。通过对现实世界的数字建模，可以将现实世界中的设备、设施、场景等信息，在虚拟世界中进行映射，从而构建出与真实世界高度相似的数字孪生体。

在高速公路隧道集成化智能监控系统开发中，采用数字孪生仿真技术可以模拟出隧道内部环境情况，如温度、湿度等。通过数字孪生仿真技术可以准确地对隧道

内的实时温度、湿度进行采集和显示，为后续数据处理提供有力支撑。

数字孪生技术是对实体设备进行数字化建模后，再将其与虚拟世界中的数据相结合，实现对实体设备性能的模拟与预测。在高速公路隧道集成化智能监控系统开发中，采用数字孪生仿真技术可以精准地将实体设备、设施、场景等信息进行模拟，并利用虚拟技术实现对实体设备性能的预测和控制。在高速公路隧道集成化智能监控系统开发中应用数字孪生技术可以减少因实验数据不足导致的设计缺陷和设计失误，提高设计质量和效率。

在数字孪生技术的支持下，高速公路隧道集成化智能监控系统可以模拟出不同状态下隧道内车辆、设备等信息的运行状态和性能参数，进而为后续数据处理和决策分析提供依据。

(3) 对隧道视频画面的动态分析技术

对接视频事件监测服务，实现对视频事件结果的及时预警、告警展示，并可联动视频弹窗和大屏幕自动定位；支持对告警事件分等级、分类统计，告警记录可查询。

系统提供视频事件检测结果的实时和历史数据的展示。通过列表、图形化的展示方式实时展示视频分析系统上传的视频事件分析的异常数据信息，并通过弹窗+声光报警的方式进行告警，提醒用户及时确认分析的异常事件信息。同时用户可直观的看到具体视频分析的异常事件和具体异常事件的分类及占比。

智能监测。系统根据事件位置自动定位，按照事件等级对事件影响范围进行预判，重点展示辐射区域内相关监控资源，同时进行告警展示。

具体界面展示效果如下图所示：



另外,在客户端设备上也可以访问主服务器的数据和资源。本系统主要由监控主站、设备监控子系统、管理子系统三个部分组成。

(1) 监控主站。在本系统中,监控主站是整个系统的核心。由于高速公路隧道内空间范围大、交通环境复杂,因此需要采用高性能的监控主站进行信息采集和数据传输。同时,在本系统中还可以实现对多种设备进行管理和控制,例如视频监控、照明控制、火灾报警等。

(2) 设备监控子系统。设备监控子系统是整个系统的重要组成部分。本系统采用现场总线技术对现场设备进行实时监测和控制;采用工业以太网技术对网络节点进行管控;采用数字视频技术对设备运行状态进行实时监测和控制;采用无线传输技术对现场环境参数进行实时监测和控制;采用无线通信技术与其他子系统进行互联互通;通过网络接入到中心计算机网络中实现数据共享、资源共用和信息共享^[5]。

(3) 管理子系统。管理子系统是整个系统的辅助部分,主要完成对隧道内现场数据和设备运行状态进行综合管理。本系统采用集中管理模式对整个隧道进行统一

管理,实现数据集中存储和分析,方便用户对数据进行查看、统计、分析以及导出等操作。

结语

随着我国高速公路建设规模不断扩大,隧道监控系统建设需求也不断增加,本文所研究的集成化智能监控技术与系统能够实现对隧道环境参数、设备运行参数的实时监测、故障预警及报警等功能,能为隧道运营管理提供有力支持。

参考文献

- [1]蔡小平.基于BIM+GIS的高速公路智慧监控系统优化研究[J].粘接,2022,49(12):165-168.
- [2]陈兆志,翟佳,金鑫.高速公路隧道智能管理系统应用进展[J].市政技术,2022,40(06):227-235.
- [3]吴格馨.隧道平行交通系统[J].物联网技术,2021,11(03):54-56.
- [4]杨明辉,王晓龙.山西省道平长线隧道多终端监控系统的研发与应用[J].山西交通科技,2020(03):93-96.
- [5]刘洁.公路隧道施工期智能实时监测及预警系统[D].长安大学,2020.