

2023 年度中国智能交通协会科技进步奖申报项目的公示

一、项目名称：路-桥-隧快速智能检测技术及综合养护决策关键技术研究及应用

二、申报单位：中国公路工程咨询集团有限公司；公路建设与养护技术、材料及装备交通运输行业研发中心；清华大学；同济大学；长安大学；中交集团公路路面养护技术研发中心；中咨公路养护检测技术有限公司

三、申报类型及申报等级：科技进步奖，三等奖及以上

四、项目简介

1、项目主要技术内容

公路交通作为现代交通运输的重要组成部分，对国民经济和人民生活起着至关重要的支撑和促进作用。而路-桥-隧作为交通运营的主体部分，其优良的技术状况水平是车辆及行人安全的保障。传统养护方式中，路-桥-隧的病害检测以及养护一直是一项繁琐、耗时且效率不高的任务。传统的病害检测技术通常需要人工巡查和测量，往往面临昏暗、狭窄的环境以及较高的工作风险。同时，现有的设备常常贵重且检测周期较长，数据获取不准确以及不连续，给公路的高效养护以及资金的精准拨放带来较大负担。

本项目围绕我国交通强国的发展战略目标，以激光及图像识别技术为突破口，开展了设备研发、软件开发等研究，成功突破了路-桥-隧病害智能检测及养护决策领域的关键技术难题。具体创新成果如下：研发了基于激光点云公路隧道一体化检测技术、装备及平台；提出了基于深度学习的“YOLO 分类+UNET 分割”路面病害检测识别算法，构建了基于道路病害检测的训练与验证数据集；研发了基于数字图像的路面抗滑性能检测及预测技术；提出了基于数据驱动的道路基础设施多目标、自学习的综合养护决策技术。解决了路-桥-隧技术状况检测难、成本高以及决策不全面的技术难题，提高了公路养护检测的效率和准确性。

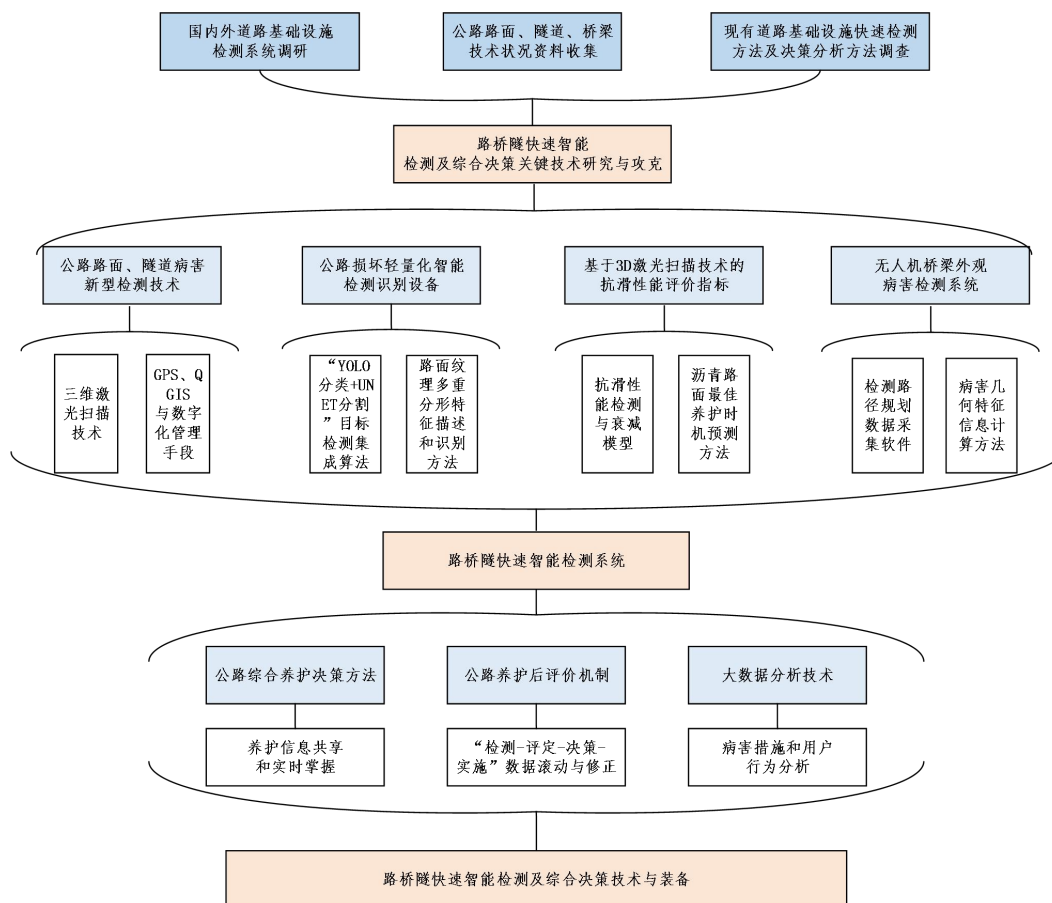


图 1 技术路线图

2、授权专利情况

项目共取得发明专利 21 项、实用新型专利 2 项、软件著作权 5 项、发表 SCI 论文 15 篇，中文核心 7 篇，技术论文 3 篇、出版专著 1 部、主参编标准规范 2 部。

3、技术经济指标

(1)应用一体化全自动病害实时算法识别系统对公路路面及隧道进行分析，通过直接提取激光点云高程信息获取路面破损信息，极大地提高了计算速度和效率，缩短检测数据处理时间 90%，大大增加路面、隧道病害检测的时效性，做到停车出报告。

(2)实现路面、隧道信息采集的一体化，丰富了公路隧道自动化检测设备的功能，水平 360° 扫描范围，垂直 26.8° 的扫描范围，病害数据采集效率提升 10%以上；设备成本降低 50%以上，隧道变形精确度在 3cm 左右。

(3)开发出的适用于数值计算的高精度曲面拟合解法步骤，提高病害分析准确度 10%以上。

(4) 公路面轻量化检测设备针对公路路面的裂缝、坑槽及修补识别准确率 $\geq 90\%$ ，坑槽面积测量精度 $\geq 90\%$ ，裂缝宽度识别精度为 2mm，病害精度定位为 $\pm 10\text{m}$ ，基于加速度传感器的路面平整度相关性 $\geq 90\%$ 。

(5) 开发的低成本、轻量化检测设备使道路检测设备成本降低 60%；检测成本降低约 60%。

(6) 提出了抗滑性能评价指标，大大降低传统方法由于人为因素导致的离散性大和不精确等问题，更加精确地反映了沥青路面的抗滑性能。

(7) 精确的预测沥青路面抗滑性能补强养护措施的最佳时机，及时对“事故黑点段”进行抗滑性能改善养护，减少了因抗滑性能不足导致的交通事故。

(8) 改进光束法平差模型实现了无人机对桥梁外观病害快速采集，实现桥梁病害的智能识别关键技术病害尺寸测量精度达到 2mm，单体智能识别精度 ≥ 0.90 ；总体精度 ≥ 0.75 。

(9) 通过面向公路综合养护决策算法，结合自修正的养护措施库、投资分配、数据滚动的多目标决策优化，进行全专业的养护决策设计，决策效率提升 50%以上，多年度养护规划方案可节省养护经费 40%以上。

(10) 研发了路网级和项目级公路综合养护决策方法，实现了对路网级和项目级公路的多目标综合养护决策计算，获得满足公路总体技术状况评定目标的最优养护方案、养护时机和相应的养护资金分配组合方案。

五、全部完成人姓名（含排序）

姜宏维，张艳红，仝鑫隆，侯芸，吕润华，于艳波，裴莉莉，淡丹辉，王志，李瑞平，李宇轩，李伟，田佳磊，余学文，孙天成

六、本校完成人情况

排名	完成人	职称	现工作单位	成果完成单位	对本项目主要贡献
7	裴莉莉	讲师	长安大学	长安大学	（1）负责研发了基于激光点云公路隧道一体化检测技术、装备及平台，实现了隧道衬砌及路面数据一体化动态实时高精度的采集。 （2）提出了一种隧道结构曲面高精度拟合算法，通过测量扫描数据进行三维重构获取隧道全方位的三维模型，在此基础上利用整体最小二乘法完成隧道变形监测和结果可视化展示。

12	李伟	教授	长安大学	长安大学	(1) 提出了基于人工智能算法的多源异构道路性能衰变预测方法,通过融合同质模型构建异质集成学习模型,挖掘不同路域环境对路面性能的内在影响机理,提升路面综合性能预测的准确性。 (2) 开发了智慧道路辅助决策系统,通过分析路网级和项目级路面性能现时检测结果以及未来衰变过程的预测结果,给出基于寿命周期的最佳养护时机以及多级养护决策手段。
----	----	----	------	------	--

七、全部完成单位名称 (含排序)

中国公路工程咨询集团有限公司;公路建设与养护技术、材料及装备交通运输行业研发中心;清华大学;同济大学;长安大学;中交集团公路路面养护技术研发中心;中咨公路养护检测技术有限公司

八、代表性成果目录公示

- [1]长安大学,李伟、沙爱民、孙朝云、谢磊金、郝雪丽、陈瑶、张欣,专利号: ZL 201710648354.0, 基于视频流的路面裂缝动态检测方法。
- [2]长安大学,李伟、孙朝云、张欣、沙爱民、郝雪丽,专利号: 2L201710547605.6, 一种基于合成图的区域生长方法。
- [3]长安大学,沙爱民、李伟、孙朝云、邵娜娜、郝雪丽、张欣、马志丹,专利号: ZL201710653515.5, 基于椭球立体表征的裂缝三维检测方法。
- [4]长安大学,李伟、呼延菊、肖力炆、沙爱民、孙朝云、苏姗、翟军治、徐政超、陈瑶,专利号: ZL201910208224.4, 基于深度神经网络的路面裂缝检测模型构建及检测方法。
- [5]长安大学,冯笑然、高尧、李伟、郝雪丽、贾彭斐、王孟,专利号: ZL201911069593.6, 一种优化双相扫描路面的三维裂缝曲面轮廓检测方法。
- [6]长安大学,李伟、沙爱民、孙朝云、邵娜娜、闫帅、郝雪丽,专利号: ZL201610575120.3, 一种基于 smooth 平滑曲线和拟合曲线的路面裂缝提取算法。
- [7]长安大学,李伟、沙爱民、孙朝云、呼延菊、郝雪丽、赵海伟、苏瑜、谢磊金、邵娜娜、王瑶、王翠,专利号: ZL201410787530.5, 一种基于双尺度聚类算法的路面裂缝识别算法及系统。

[8]长安大学, 李伟、沙爱民、孙朝云、呼延菊、郝雪丽、刘玉娥、任娜娜、赵海伟、刘祝、侯云飞、任青青, 专利号: ZL201410787747.6, 一种路面裂缝识别和特征提取算法及系统