

福建交通运输科技计划“揭榜挂帅”项目需求榜单详情表

需求名称	低空技术在公路边坡岩土安全韧性提升中的研究与实践	
选题方向	☒ 低空经济 ☐ 大数据综合应用 ☐ 人工智能大模型应用 ☐ 跨海通道技术研究 ☐ 交能融合发展	
应用场景（用途）	本项目聚焦公路边坡岩土安全韧性提升，通过算法优化构建"空域通信动态调度与导航增强体系"，实现两大核心功能：一是，支撑无人机全域自主巡检，并实现巡检实时画面与挂载岩土专业知识的实景模型的同步展示，提升项目管理者对现场岩土状况的直观管控水平；二是，集成人工智能（AI）驱动的岩土智能识别技术与可见光-红外双光谱成像设备，智能判别施工现场岩土特征及水文地质信息，基于判别结果构建高精度边坡三维地质模型，为公路边坡施工方案动态调整及后期管养提供精准岩土数据支撑。市场调研显示，该方案在福清交投、闽侯交投的公路建设项目及潮南高速、泉梅高速等工程中有应用需求。	
“揭榜挂帅”项目需求内容	需求概述	公路边坡施工多位于通信信号弱的山区，需构建有效信号控制方式，保障网络链路稳定，以实现无人机有效飞行与远程控制；

	当前算法资源分散，制约无人机智慧化管理水平，需对算法进行统一调度和标准化管理，确保巡检实时画面与实景模型等空间数据有效融合，以及岩土特征识别的算力稳定；此外，通过构建边坡三维地质模型，为后期管养提供岩土数据支持。本项目需要攻克的技术难点如下： 1. 通信链路不稳定，难以实现远程实时控制与数据传输 公路建设项目往往地处山区、峡谷等复杂地形，存在大量通信盲区，现有无人机主要依赖 4/5G 公网或人工视距内遥控，一旦进入弱网或无信号区域，通信链路易中断，导致： （1）无人机飞行姿态不稳、控制失联； （2）自动化、长航时巡检任务难以开展； （3）高清视频与 AI 识别数据无法低时延、高可靠地回传至云端及多终端系统，严重影响远程监控、智能分析与协同决策效率。 2. 算法资源分散，缺乏统一调度与标准化管理 算法是实现无人机智能识别、自动预警与精准决策的核心。当前针对公路路基、边
--	---

	坡、路面等不同场景应用，缺乏统一的算法管理平台，存在： （1）原始数据处理标准不统一； （2）不同算法接口各异，难以协同调用； （3）算法资源碎片化，复用性差； （4）第三方算法与自研算法难以高效接入与统一调度。 这些问题限制了无人机巡检的智能化水平和整体效率。 3. 巡检数据与空间信息融合不足，难以支撑沉浸式管理 目前，无人机采集的巡检视频与 BIM（建筑信息模型）、GIS（地理信息系统）、实景三维模型等空间数据仅能实现简单的时空同步，存在位置偏移、尺度不一等问题。特别是 BIM 中的设计参数（如边坡及构筑物质量安全及施工工艺参数要求等）往往以“悬浮信息”的形式独立展示，未能与三维模型及实时视频深度联动，导致： （1）无法实现“视频驱动模型、模型反查信息、信息定位模型”的闭环交互； （2）难以构建真正沉浸式、全息化、多维度联动的智能管理体系。
--	--

		4. 实际地质条件动态跟踪缺失，设计信息与现场脱节 公路施工中，实际开挖揭露的地质条件常常与前期勘察设计资料不一致，当前多数设计服务仍基于前期勘察资料，缺乏对施工中实际地质信息的动态采集与反馈机制，导致： (1) 竣工图纸与实际地质情况不符； (2) 养护方案缺乏针对性； (3) 潜在地质风险难以及时发现与精准管控。 5. 边坡预警缺乏实时三维地质支撑，可靠性不足 边坡稳定性预警依赖高精度三维地质模型，但传统模型多基于前期勘察数据，未融合施工中动态更新的地质信息（如节理裂隙、地下水分布等），导致模型与实际地质情况偏差大，预警准确率低。 名词注释： 1. 低时延：指数据从发送端传输到接收端所经历的时间非常短，即通信或数据处理的延迟很低。在通信和计算机网络中，时延是指一个数据包从发出到被接收所花费的时间，包括传播时延、处理时
--	--	---

		延、排队时延和传输时延等。 2. 通信链路：无人机控制端的信号传输通道。
	预期目标	针对上述需求问题，本项目围绕“通信-数据-算法-地质-模型”的关键环节，提出以下预期目标与技术路径，旨在打造适应复杂公路边坡建设环境的低空智能巡检与岩土安全韧性提升体系： 1. 构建异构通信与自主导航系统，解决弱网环境控制难题 融合蜂窝网、低空自组网等多源通信资源，构建空域通信动态调度与导航增强体系，提升弱网/盲区环境下的无人机控制稳定性与任务连续性（任务连续覆盖率$\geq 95\%$）。同时，基于空间网格位置码（精度$\leq 1\text{m}$）与实景三维模型，实现复杂地形下的空域精细划分与路径动态优化，保障飞行安全与作业精度。 2. 构建统一算法中心，实现智能算法协同与调度 打造“端-边-云”协同处理架构，集成轻量化人工智能（AI）算法（如 YOLO-S）与边缘计算节点处理能力，实现秒级识别与报

	警（<1 秒响应，定位精度<5 米）。构建统一化低空算法管理中枢，支持多源异构数据与多类型算法的灵活适配、自研算法及第三方算法标准化接入，显著提升算法的复用效率、环境适配能力与系统整体智能化水平。 3. 多源数据深度融合，实现沉浸式可视化联动管理 打通无人机视频与 BIM、GIS、实景模型之间的映射通道，通过高精度坐标耦合与动态配准，实现“视频-模型-信息”闭环联动（融合时间同步误差 $\leq \pm 2s$），构建全息化、多维度、沉浸式的智能管理平台，提升管理直观性与决策科学性。 4. 基于深度学习动态修正地质模型，实现岩土精准识别 通过大量岩芯样本的学习，研究一种基于深度学习的高精度岩芯特征识别方法，对岩芯样本及开挖断面岩土进行高精度识别（准确率$\geq 90\%$），并结合无人机实时数据，动态修正边坡三维地质模型，使其更贴近真实地质模型，为稳定性分析与风险预警提供精准支撑。 5. 研究双光谱识别技术，提升边坡渗水
--	--

	监测精度 研究可见光-红外双光谱成像技术,构建智能分析模型,实现边坡渗水区域的非接触式、高精度识别(目标$\geq 90\%$),为水文地质异常预警提供可靠依据。 6. 构建高精度动态三维地质模型,支撑主动预警与高效处置 融合无人机巡检影像、施工地质数据等多源信息,构建可动态更新的高精度三维地质模型,真实反映边坡工程地质条件,显著提升边坡预警响应速度与风险处置效率,为公路建设与管养提供准确、科学的地质信息支撑。 名词注释: 1. 空间网格位置码:基于规则网格划分,对地球表面或三维空间内任意位置赋予唯一数字/字符标识的编码,可快速定位位置、关联多源空间数据并实现跨系统兼容。 2. 可见光-红外双光谱成像技术:红外双光谱成像技术是同时采集目标场景的可见光图像与红外热成像图像,并通过数据融合实现目标细节与状态同步观测的技术。
--	---

现有工作基础	1. 无人机巡检 当前公路建设无人机巡检仅采用直播视频查看施工进展及质量安全，未实现巡检实时画面与实景模型同步实时展示，难以形成沉浸式管理。我司已完成巡检实时画面与实景模型融合的初步研究并获建设方认可，但同步性仍需进一步优化。 2. 岩土特征自动识别 现有国内外研究基于卷积神经网络（CNN）、U-Net、注意力机制等深度学习模型开展了岩土图像理论分析，但针对福建地区特殊岩土特征的自动识别尚属空白。我司依托自主开发的全省地质信息一张图，已积累覆盖全省各地市县约 70% 公路工程地质勘察资料及上百万张勘探钻孔岩芯照片，可为 AI 智能学习提供丰富样本支撑。 3. 可见光-红外双光谱成像技术 国内外学者采用可见光与红外热成像技术在高陡边坡岩体的裂缝识别、水库渗漏检测中进行相关理论研究，并取得部分应用成果，但在边坡渗水检测领域尚未见相关研究。福建部分公路边坡地质复杂且地下水发育，采用该技术实时监测边坡水文地质异常，为边坡方案处置提供科学依据。
时限要求	项目周期三年，预期 2028 年 12 月完成

产权归属		福建省交通规划设计院有限公司		
需求单位一		福建省交通规划设计院有限公司		
需求单位二		/		
项目负责人	姓名	谢裕平	手机	13959199882
	学历	硕士	学位	硕士研究生
	职务	工勘院 院长	职称	正高级工程师
联系人	姓名	谢裕平	手机	13959199882
计划研究经费	计划研究经费投入总预算 <u>700</u> 万元（原则上不低于 500 万元） 其中：需求单位提供资金 <u>500</u> 万元，申请资金补助 <u>200</u> 万元，揭榜单位自筹资金 <u>0</u> 万元。			
出资承诺	本单位愿意为该“揭榜挂帅”项目提供研发资金不少 于 <u>500</u> 万元。			
需求单位 (一) 意见		 主要负责人（签名） <u>杨金松</u> 申请单位：（公章） 日期： 年 月 日		

需求单位 (二) 意见	主要负责人（签名）： 申请单位：（公章） 日期： 年 月 日
归口管理单位意见	归口管理单位：（公章） 日期： 年 月 日 

备注：以上需求单位栏目可据实增减。

2018.8.1

