

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	AI 辅助下超长海峡隧道通风排烟与智慧防灾关键技术研究	
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）	适用于超长海峡公路隧道（如台湾海峡隧道）的设计、运维阶段，特别是在通风排烟设计、灾害防控、应急救援等场景，以提升隧道运营的安全性和效率。	
“揭榜挂帅”项目需求内容	需求概述	国家公路网规划中约 120km 的台海隧道，通风排烟与防灾救援是关键核心技术难题之一。当下国内外海峡隧道多采用人工启停通风排烟模式，应对突发状况反应迟缓，如英吉利海峡隧道就曾因该模式在运营中面临通风排烟和救援困境。随着 AI 技术兴起，交通领域智能化变革加速，其在智能交通、自动驾驶等方面已成效显著，为解决隧道问题提供新思路。既有和在建公路隧道采用 AI+技术提升通风排烟效能与救援效率迫在眉睫，AI 可实时监测分析隧道环境参数，精准控制通风排烟，还能构建灾害预警系统、规划救援路线等。京台高速公路通道支线闽侯至平潭高速公路闽侯南通至福清阳下段

		（含南通支线）工程，地理位置特殊、交通流量大、安全要求高，可作为 AI+技术在隧道领域应用验证的先行者，积累经验、推动创新，助力打造安全智能的隧道交通环境。 1. 技术难题 （1）当前超长海峡隧道在通风排烟设计计算环节效率低下，难以满足实际防灾需求。具体而言，缺乏基于单车和车流适时数据等多源异构数据构建的低代码可视化 AI 垂直模型，以及与之配套的智慧防灾服务平台。此类平台对于辅助设计计算以及在事故灾害发生时进行应急救援决策至关重要，例如在利用大数据分析车辆行驶状态，通知可能发生事故灾害的车辆或车量群，并结合土建等设施采用 AI 拟定预案进行减灾防灾时，缺乏有效的数据支撑和决策辅助工具。 （2）针对百公里级超长海峡公路隧道，现有的通风方案难以满足长距离通风需求。缺乏基于车隧协同运行模式的长距离通风方案，以及少（无）通风井的新型 AI 通风系统。同时，相应的设计参数和计算方法也处于空白状态，导致无法准确评估和优化通风效果，影响隧道内车辆行驶安全及灾害发生时的排烟效率。
--	--	--

		(3) 在新型交通模式（新能源汽车、车隧协同）下，对超长海峡公路隧道火灾燃烧特性、烟气流动规律的研究存在明显不足。例如，对于新能源车辆的燃烧特性、烟雾形成和扩散特点缺乏深入了解，难以通过场模拟最优匹配硬件（包括土建）设备和疏散方案。同时，缺乏 AI 驱动的灾害动态重构技术，无法实时模拟灾害发展过程，以及智能通风排烟与新能源汽车火灾抑制技术，不能有效应对新能源汽车火灾带来的特殊挑战。 (4) 复杂环境下超长海峡公路隧道火灾快速识别与预警方法不够完善。缺乏多传感器多模态感知网络构建与融合预警技术，难以准确、及时地感知火灾发生并发出预警。此外，基于 AI 模型辅助的动态疏散救援与应急处置技术也较为欠缺，如通过 AI 场模拟分析制定最有效的救援方案时，缺乏有效的数据支持和技术手段。 (5) 超长公路隧道发生事故时，烟雾快速蔓延，能见度极低，人员易迷路踩踏；烟雾中一氧化碳等毒气会致人中毒、行动困难甚至死亡。新能源汽车火灾烟雾毒性更强，加上隧道长、体力消耗大，疏散极为困难。目前，缺乏稳定可靠的智慧化应急救援体系，
--	--	--

	无法在事故发生时迅速、有效组织救援行动，保障人员生命安全。 2. 技术攻关方向 (1)构建基于单车和车流适时数据等多源异构数据的长大海峡隧道 AI 通风排烟垂直模型。通过大数据分析车辆的行驶状态，提前预警可能发生的事故灾害，并通知相关车辆或车量群。同时，结合土建等设施，利用 AI 拟定减灾防灾预案，提高通风排烟设计计算效率和应急救援决策能力。 (2)基于新型交通模式，开展长距离通风方案研究。充分考虑车隧协同运行模式，建立 AI 辅助的少（无）通风井的新型通风系统方案，并提出相应的设计参数和计算方法。通过模拟分析和实际测试，优化通风方案，确保隧道内空气质量符合安全标准。 (3)深入研究新型交通模式下隧道火灾烟气流动和烟气控制特性，特别是新能源车辆的燃烧特性、烟雾形成和扩散特点。通过场模拟分析，最优匹配硬件（包括土建）设备和疏散方案。同时，开发 AI 驱动的灾害动态重构技术，实时模拟灾害发展过程，以及智能通风排烟与新能源汽车火灾抑制技术，有效应对新能源汽车火灾带来的特殊挑战。
--	--

		(4)研发复杂环境下的火灾快速识别预警方法和基于 AI 模型的动态疏散救援与应急救援体系。构建多传感器多模态感知网络,实现火灾的快速、准确识别与预警。通过智能导向系统动态指引逃生路线,避免人员迷路,并通过快速通道逃生;同时,利用智能灾害场感知技术,及时调整救援策略,提升整体救援效能。例如,在通过 AI 场模拟分析制定最有效的救援方案时,充分利用感知网络 and 智能设备提供的数据,提高救援方案的针对性和有效性。 3. 是否“卡脖子”技术及现实应用场景 是行业亟待攻关的“卡脖子”技术。现实应用场景为超长海峡公路隧道的设计、建设和运营维护,通过技术创新提升隧道在通风排烟、灾害防控和应急救援等方面的能力,保障隧道安全高效运行。
	预期目标	(1) 构建辅助隧道通风排烟的 AI 垂直模型及其智能平台,提升超长海峡公路隧道设计数字化及 AI 化水平。 (2) 提出 AI 辅助的超长海峡公路隧道通风与排烟系统方案及设计计算方法、超长海峡公路隧道火灾演变和烟气特性及疏散救

		援方法、超长海峡公路隧道火灾 AI 快速识别预警及应急救援体系。 (3) 显著提升设计计算效率 (缩短至原来的 50%)、灾害应急处置效率 (从火灾发生到发出预警信号的时间不超过 30 秒、从灾害发生到平台给出应急救援决策方案的时间不超过 2 分钟)，减轻灾害及其对通行的影响。
现有工作基础		我国隧道工程规模持续扩大，运营安全要求不断提高，通风排烟与防灾救援技术已成为交通基础设施安全保障的核心课题。在铁路隧道领域，全长约 38 公里的广惠城际铁路松山湖隧道采用“定点救援+纵向通风”技术，通过多组竖井与风机系统实现火灾工况下的烟气控制与人员疏散，成为国内最长铁路隧道通风排烟的成功案例。公路隧道方面，秦岭终南山公路隧道（全长 18.02 公里）采用分段纵向通风与重点排烟相结合的模式，配备智能检测与风机联动系统，代表了公路隧道通风排烟技术的最高水平。然而，面对百公里级海峡隧道的特殊环境与复杂工况，现有通风排烟技术仍存在响应滞后、系统协同性不足等问题，亟需引入新一代信息技术进行升级优化。 国内外学者围绕水下隧道火灾防灾疏散救援的

	关键技术开展了多层次研究。在智能通风控制技术研究方面，深中通道中通过全尺寸火灾试验与数值模拟相结合的方法，系统研究了超宽断面下的火灾发展规律，验证了“主隧道顶部横向排烟联络道+中间管廊纵向排烟”方案的可行性。在港珠澳海底沉管隧道的研究中，学者运用数值模拟方法，对不同区段的通风排烟方案进行了具体设计，给出了排烟量、诱导风速和排烟阀开启数量等关键参数。在控制算法层面，提出了基于线性自抗扰（LADRC）的先进控制策略用于隧道火灾通风控制，有效提高了通风系统的响应性能和控制精度。采用 PSO-SVM 等智能算法研究了随时间变化的风道阻力与气流分配问题。 在新能源汽车火灾研究方面，现有大量研究表明新能源汽车火灾具有火灾规模大、燃烧时间长、毒性高、高温烟气层下降迅速等特点，其危害可能超过传统燃油汽车。此外还有研究表明传统消防手段难以扑灭新能源汽车火灾，需要大量水持续冷却，且存在复燃风险。 在智能疏散与应急救援研究方面，数值仿真与智能算法得到广泛应用。构建了“人-AI 交互”框架用于智能疏散安全分析，强调方法学构建、形式化分析及基于 AI 的决策支持，将方法学与数据处理列为重点工作。无人值守或准无人值守条件下的智能
--	---

	监测、救援预案编制与平台化管理等进行了探索性工作。 在 AI 辅助安全管理与决策方面，提出了以 AI 辅助隧道火灾安全管理与决策支持为方向的研究思路与框架，将人工智能与传感器网络、人机交互等技术深度融合，开展了利用数值数据库与人工智能进行火源检测的探索，建立了基于计算机视觉的隧道火险与疏散安全实时评估系统，形成以仿真/数值数据库与视觉感知为核心的检测与风险评估路径。 尽管现有研究取得了显著进展，但面对百公里级超长海峡隧道的极端挑战，仍存在以下不足：（1）现有研究虽提出了 AI 辅助决策的框架思路，但缺乏能够深度融合单车和车流实时数据、隧道环境参数、土建设施信息等多源异构数据的低代码可视化 AI 垂直模型及配套的智慧防灾服务平台；（2）缺乏基于车隧协同运行模式的长距离通风方案以及少（无）通风井的新型 AI 通风系统，对通行新能源汽车的隧道火灾特性的研究也较为薄弱；（3）虽已开展计算机视觉等火险检测研究，但缺乏多传感器多模态感知网络构建与融合预警技术，基于 AI 模型的动态疏散救援与应急处置技术尚不成熟；（4）现有研究多聚焦局部技术优化，缺乏贯穿“防灾-减灾-救灾”全过程的智慧化应急救援体系。因此有必要开展 AI 辅助下超长海峡隧道通风排烟与智慧防灾关键技术
--	--

	研究，提升超长海峡隧道安全运维水平。			
时限要求	项目周期三年，预期 2028 年 12 月完成			
产权归属	1. 各合作单位在执行本项目之前已取得的知识产权如应用于本项目，其归属不变。 2. 合作各方独立研发所产生的知识产权归各自所有，共同研发的知识产权由合作方共同拥有。未经授权，共同拥有的知识产权不得向合作方以外的单位或个人转让，或擅自对外发布。			
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	林梓梁	手机	15859387189
	学历	博士研究生	学位	博士
	职务	创研院副院长	职称	高级工程师
联系人	姓名	林梓梁	手机	15859387189
计划研究经费	计划研究经费投入总预算 <u>670</u> 万元（原则上不低于 500 万元） 其中：需求单位提供资金 <u>470</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>470</u> 万元。			

需求单位 (一) 意见	 主要负责人 (签名) <u>郑金松</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。