

河南省交通运输厅科技项目

任 务 书

项目名称：城市地下交通多灾种耦合链演化机理与安全韧性提升关键技术研究

承担单位：华北水利水电大学

郑州交通发展投资集团有限公司

河南北斗博通科技有限公司

洛阳市轨道交通集团有限责任公司

项目负责人：王 晓 睿

起止年限：2026 年 6 月至 2028 年 12 月

河南省交通运输厅制

填写格式及说明

一、格式

纸张规格：A4；页边距：左右各 3.2 cm，上下各 2.8 cm；

字体：宋体四号字；段落间距：1.5 倍行距，段前 0.5 行。

二、主要填写内容及要求

1.本任务书系河南省交通运输厅为组织河南省交通运输科技项目实施而设计；

2.项目任务书编号为年度计划所列的项目编号，由河南省交通运输厅统一编制，密级根据项目情况填写；

3.任务书中甲方为河南省交通运输厅，乙方为项目（第一）承担单位，如为两个及以上的单位时，应在封面并列同时签署。保证方为厅直属单位/厅机关处室/省辖市交通运输局（委）/其他企事业单位；

4.第二项考核目标中技术指标及经济指标必须简明、全面，可作为验收、鉴定（评审）的依据；

5.任务书文本应打印，字迹要清楚。

一、项目主要研究内容

1、项目的主要目的（不超过 300 字）

随着地下交通网络规模的急剧增长，洪涝、火灾等灾害风险日益凸显，呈现出突发性强、链式演化范围广和多灾种耦合叠加等复杂特征。当前防控研究存在对多灾种耦合链演化机理认识不清，防控措施局限于单灾种且被动应对等问题，近年地下交通重大灾害事件频发，安全防控面临严峻挑战。

本项目聚焦洪涝、火灾等典型灾种，系统揭示地下交通多灾种诱发机制和耦合机理，阐明灾害链演化规律，融合多源数据监测、结构变形损伤分析、智能判别与主动干预等技术，构建“智能感知-风险预判-主动干预”的一体化防控体系，推动灾害防控从“被动预警控制”向“主动防控”转变。项目将形成一套多灾种耦合链演化机理与防控关键技术体系，显著增强地下交通的安全韧性。

2、主要研究内容

2.1 深入研究多灾种耦合链演化机理

分析地下交通多种灾害诱发机制，建立极端天气、交通事故、电气故障等致灾因子与地下交通灾害临界状态映射关系，研究灾害、岩土蠕变和结构耦合作用。运用多灾种耦合链式分析方法，阐明灾害链演化机理，构建灾害链演化模型，有效预测灾害放大阈值。

2.2 构建“空-天-地”一体化多源融合监测平台

集成光纤、北斗卫星（毫米级定位）、InSAR（形变反演）、遥感卫星（洪涝识别）等多源数据，建立地下交通沿线动态感知体系；通过多尺度数据耦合算法，实时感知土体蠕变、极端天气区域汇水面积、积水深度、隧道形变、结构裂缝、内部温度、烟气浓度等致灾信

息，实现灾害链全过程动态感知。

2.3 研发主动预警技术与智能决策平台

嵌入极端事件阈值（暴雨强度/烟气浓度）和岩土蠕变参数（蠕变速率）等耦合效应，研发灾害预测模型，根据灾害类型、影响范围、演化趋势主动预警，并健全灾害分级防控应急预案库，智能匹配场景，提供灾害分级防控应急方案及资源调控策略。

2.4 建立“试点验证-模型迭代-装备升级”闭环体系

选取高风险地质区域（黄土、粉黏、卵石不同地层）、高风险地下交通类型（地铁、长大交通隧道）和高风险灾种（洪涝、火灾）开展试点应用。通过试点数据持续优化预测模型和迭代应急预案库，深度融和北斗等已有技术，研发主动预警软件、智能决策平台、应急响应装备等系列创新产品，形成可推广的成套技术方案。

3、项目研究创新点（应分条列举）

3.1 突破单灾种静态理论局限

创新性地将极端事件、岩土蠕变参数与地下工程结构间的复杂耦合作用纳入研究范畴，首次提出多灾种耦合分析方法，深入揭示多灾种灾害链逐级传递演化机理，有效预测灾害链放大阈值。

3.2 创建多源监测数据动态融合机制

集成光纤、北斗卫星（毫米级定位）、InSAR（形变反演）、遥感卫星（洪涝识别）等，构建“空-天-地”一体化多源监测平台，通过多尺度数据耦合算法，实现致灾信息全过程感知。

3.3 主动预警技术与智能决策创新

采用先进算法，嵌入极端事件阈值和岩土蠕变参数，根据灾害类

型、影响范围、演化趋势，实现灾害发生前或者灾害前期主动预警；根据灾害链分级防控应急预案库，智能匹配应急方案，推动地下交通防灾向“主动干预”跃升。

3.4 科研-工程实践双向迭代优化机制创新

创新“科研-工程”双向迭代优化机制，选取代表性的地铁和市政长大隧道试点应用，持续优化主动预警模型，迭代防控应急预案库。并依托示范工程，推动主动预警软件、智能决策平台等系列装备与技术的标准化应用与产业化推广。

4、项目研究的重点和难点问题

4.1 项目研究的重点

（1）针对当前地下交通灾害诱发机制不明确、防控理论静态、研究对象单一等问题，本项目重点建立多种致灾因子与地下交通灾害临界点对应关系，揭示岩土蠕变参数与极端事件耦合作用的灾害链演化机理，实现有效预测。

（2）针对当前监测数据采集与处理不准确、不及时、信息单一等问题，本项目重点深度融合北斗等技术，构建“空-天-地”一体化多源融合监测平台，整合气象（极端天气）-地质（岩土体蠕变）-结构（隧道形变）多学科监测数据，实现灾害链全要素感知。

（3）针对灾害响应滞后、防控决策依赖人工经验等问题，本项目重点研发灾害预测模型，根据灾害类型、影响范围、演化趋势主动预警；健全灾害链分级防控应急预案库，智能匹配分级防控应急方案，主动有效干预。

（4）针对地下交通多灾种耦合链演化试点验证的代表性与普适性不足、缺乏技术标准等问题，本项目重点选取郑州、洛阳等地分布

于黄土、粉黏、卵石等不同地层中地下交通设施为试点，持续优化预测模型和迭代防控应急预案库，编制企业、行业或地方标准及企业地下交通灾害监测预警防控技术指南等，为成果推广提供标准支撑。

4.2 项目研究的难点

(1) 难点 1：多灾种诱发机制量化分析，需要广泛收集整理全国地下交通灾害典型案例，通过大数据分析和案例研究，建立极端天气（暴雨强度）、交通事故（碰撞能量）、电气故障（短路概率）等致灾因子与地下交通灾害临界状态映射关系。

(2) 难点 2：多灾种耦合灾害链演化机理研究，需要通过原位蠕变监测试验+室内物理模拟，研究高风险地层岩土蠕变参数与极端事件耦合作用，量化岩土蠕变参数与灾害链逐级放大阈值关系，采用先进算法构建灾害链演化模型。

(3) 难点 3：集成岩土体和隧道内预设的分布式光纤监测数据，融合北斗卫星、合成孔径雷达（InSAR）技术等，通过多尺度数据耦合算法，动态感知土体蠕变、汇水面积、积水深度、隧道形变、结构裂缝、内部温度、烟气浓度等灾害链全要素信息。

(4) 难点 4：研发主动预警技术与智能决策平台，嵌入极端事件阈值、岩土蠕变参数与地下结构耦合作用，采用先进算法，在灾害发生前或者灾害前期主动预警，智能匹配应急方案与资源调配策略。

5、本项目的依托工程应用情况

郑州交通发展投资集团拥有 5000 平米中试基地和 450 公里轨道交通线网试验环境；洛阳市轨道交通集团建设并运营洛阳地铁 1 号线、2 号线，拥有洛阳地铁隧道相关监测数据；河南北斗博通科技有限公司在北斗及遥感技术应用领域的深厚技术积累，具备灾害场景数

据稳定传输技术研究潜力。上述均为地下交通灾害防控研究提供了重要工程依托，可作为试点开展验证和工程示范，为试验研究、现场监测、实践应用提供真实场景和数据支持。

二、项目的考核指标

1、主要技术指标（如形成的新技术、新产品、新装置、专利、论文专著等数量、指标及其水平等，应分条列述）；

1.1 开发新产品 4 项

研发基于“光纤、北斗、遥感、InSAR”多源监测技术的地下空间应急传输产品 2 项；研发基于多源监测技术的地下空间变形监测产品、火灾监测产品各 1 项。

1.2 开发新算法 1 项

开发基于多任务相互约束神经网络的多灾种耦合链式新算法 1 项，并形成灾害链分级预警模型。

1.3 形成新技术 2 项

（1）突破灾害防控静态局限，攻克多灾种耦合效应，构建灾害链演化模型，形成有效预测灾害链放大阈值新技术 1 项。

（2）攻克灾害预测不准确、灾害响应滞后、严重依赖人工经验等卡脖子问题，形成灾害发生前或者灾害前期主动预警新技术 1 项。

1.4 专利、论文及其他

申请专利 6 项以上，其中发明专利 3 项；发表高水平论文 4 篇（SCI、科技核心或中文核心期刊）；申请软件著作权 2 项以上。

1.5 指标及其水平

上述新技术、新产品在地下交通形变监测精度和灾害监测预警反应时间等方面有重大提升，地下空间应急通信传输时长 ≥ 24 小时；沉降监测精度优于 5 毫米；灾害监测预警反应时间 ≤ 10 分钟；地下交通

形变监测精度大幅提升；达到国内领先水平。

2、主要经济指标（如技术及产品应用所形成的市场规模、社会效益及经济效益等，应分条列述）

2.1 预期市场规模

随着城市化进程持续发展，地下交通已成为缓解土地资源紧缺、解决交通拥堵的重要发展方向。本项目在提升地下交通灾害防控能力、提高安全韧性领域具有广泛的应用前景。项目深度围绕北斗等核心技术，通过构建多元监测平台，研发主动预警软件、智能决策平台、应急响应装备等系列创新产品及技术方案，可面向全国地铁、市政隧道推广应用，产业化规模可达千万级。

2.2 预期社会效益

项目构建地下交通防灾体系，可显著提升多灾种耦合灾害链下的安全韧性。集成多元技术的监测平台，可根据灾害链演化趋势主动预警，智能提供分级防控应急方案，推动防灾模式从“被动处置”向“主动干预”跃升。项目不仅直接提升试点地区地下交通的灾害防控能力，并且对全国的地下交通安全韧性提升产生深远影响。同时，项目涵盖技术研发、设备制造、系统运维等多个领域，为推动地方经济发展注入新的活力。

2.3 预期经济效益

项目以地下交通洪涝和火灾典型灾种为切入点，构建基于光纤、北斗卫星、InSAR、遥感卫星的多元监测平台，研发主动预警、智能防控技术。项目在未来通过构建灾害链演化模型，预测灾害放大阈值，

实现主动预警与分级应急防控。直接经济效益体现在减少设备损毁、救援支出及伤亡损失。间接经济效益围绕北斗等技术，研发创新产品和技术方案，涵盖灾害链及结构评估、维修与加固等，预计可新增年销售收入数千万元。

3、提交的成果及形式

(1) 提交专利申请 6 项以上，其中发明性专利 3 项，验收时提交专利证书或受理通知书（实质性审查阶段）。

(2) 发表高水平论文（SCI、科技核心或中文核心期刊论文）4 篇，验收时提交录用通知或期刊原文。

(3) 申请软件著作权 2 项以上，验收时提交软件著作权登记证书。

(4) 形成企业、行业或地方标准及企业地下交通灾害监测预警防控技术指南等 3 项；验收时提交标准草案（或征求意见稿）及技术指南正式稿。

(5) 编制研究报告 1 份。

4、成果转化方案

(1) 建立“试点验证-模型迭代-装备升级”科研服务工程实际闭环机制。选择郑州、洛阳等地高风险地质区域（黄土、粉黏、卵石不同地层）、高风险地下交通类型（地铁、长大交通隧道）和高风险灾种（洪涝、火灾）进行验证，持续优化预测模型和迭代防控应急策略。

(2) 编制企业、行业或地方标准及企业地下交通灾害监测预警防控技术指南等标准化手册，深度融和北斗等已有技术，主动预警软件、智能决策平台、应急响应装备等系列创新产品，依托郑州、洛阳等示

范点，向国内其他城市地下交通领域进行推广。

(3) 加强技术标准化与知识产权保护，系统梳理研究成果，完善多灾种耦合防控技术指南，加强专利申报与保护，开展技术交流会，构建完整的知识产权体系。

5、其他考核指标

本项目推动高等院校与科研企业深化产学研合作，推进科技创新与人才培养。牵头单位与合作单位协同，加速产学研融合，提升了科技创新效率与成果转化速度。预计该项目培养博士生 2 人以上，硕士生 6 人以上，培养高级工程师 5 人以上，该项目将进一步推动地下交通灾害防控科技创新持续发展。

三、项目的进度计划及季度目标

年度	项目的年度计划及季度目标
2026 年	第三季度（2026 年 6 月～2026 年 9 月）：调研全国地下交通历史灾害监测数据，分析灾害类型、灾害范围、链式传递演化与区域地质勘察情况、水文地质情况、气象监测情况关系。建立典型灾害数据库，分析多灾种耦合诱发机制，形成研究框架与技术路线。 第四季度（2026 年 10 月～2026 年 12 月）：建立极端天气（暴雨强度）、交通事故（碰撞能量）、电气故障（短路概率）等致灾因子与地下交通灾害临界状态映射关系，完成一篇综述性论文。
2027 年	第一季度（2027 年 1 月～2027 年 3 月）：开展物理模型试验，研究黄土、粉黏、卵石等高风险地层岩土蠕变参数与极端事件耦合作用，量化岩土蠕变参数与灾害链逐级放大阈值关系。 第二季度（2027 年 4 月～2027 年 6 月）：开展高风险区现场相关试验，深入研究多灾种灾害链传递演化机理，构建灾害链演化模型，提出多灾种耦合链式理论分析方法。 第三季度（2027 年 7 月～2027 年 9 月）：调研全国地下交通光纤（应变/应力/温度）监测、北斗卫星（毫米级定位）

	监测、InSAR（形变反演）监测、遥感卫星（洪涝识别）监测等应用案例，分析监测方法优缺点。 第四季度（2027 年 10 月~2027 年 12 月）：深度融合光纤、北斗卫星、InSAR、遥感卫星等多源监测数据，构建“空-天-地”一体化多源融合监测平台。通过多尺度数据耦合算法，整合多源监测数据，实现灾害链全要素动态感知。
2028 年	第一季度（2028 年 1 月~2028 年 3 月）：开展试点工程原位监测试验，围绕北斗等已有技术，通过现场监测反馈并优化算法，迭代计算模型。 第二季度（2028 年 4 月~2028 年 6 月）：研发主动预警技术，嵌入岩土蠕变参数与极端事件阈值，采用先进算法，根据灾害类型、影响范围、演化机理等实现主动预警。 第三季度（2028 年 7 月~2028 年 9 月）：研发智能决策平台，健全各类灾害分级应急预案库，根据主动预警的灾害特征、灾害场景，智能匹配灾害应急方案与资源调配策略。 第四季度（2028 年 10 月~2028 年 12 月）：选择高风险地质区域、高风险地下交通类型和高风险灾种进行验证，持续优化预测模型和迭代防控应急预案库。完成相关论文、专利的撰写与申请，积极申报相关奖项。总结和编写项目报告，进行课题验收。

四、本项目科技成果及其形成的知识产权的归属与保护

本项目科技成果及其形成的知识产权，其归属、管理和使用按照交通运输部《交通运输行业知识产权管理办法》（交科技发[2010]78号）的有关规定执行。

（其他约定）

五、项目承担单位、主要研究人员

项目承担单位							
1、华北水利水电大学 2、郑州交通发展投资集团有限公司 3、河南北斗博通科技有限公司 4、洛阳市轨道交通集团有限责任公司							
	姓名	性别	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	签名
负责人	王晓睿	男	1975.8	华北水利水电大学	教授	地质资源与地质工程	王晓睿
	于怀昌	男	1978.3	华北水利水电大学	教授	地质资源与地质工程	于怀昌
主要研究人员	张昕	女	1977.11	华北水利水电大学	教授	地质资源与地质工程	张昕
	王安明	男	1975.12	华北水利水电大学	教授	地质资源与地质工程	王安明
	王文学	男	1985.5	华北水利水电大学	副教授	地质资源与地质工程	王文学
	徐荣超	男	1988.1	华北水利水电大学	副教授	地质资源与地质工程	徐荣超
	高启程	男	1988.8	华北水利水电大学	无	地质资源与地质工程	高启程
	张翼鹏	男	2000.3	华北水利水电大学	无	资源与环境	张翼鹏
	黄春晖	男	1984.1	郑州交通发展投资集团有限公司	正高级工程师	道路与桥梁工程	黄春晖
	任磊	男	1980.1	郑州交通发展投资集团有限公司	正高级工程师	建设管理	任磊

	栾红涛	男	1978.11	郑州交通发展投资集团有限公司	正高级工程师	建设管理	栾红涛
	赵晗	男	1984.1	郑州交通发展投资集团有限公司	正高级工程师	轨道交通工程	赵晗
	丁兴明	男	1977.2	河南北斗博通科技有限公司	总经理	卫星导航	丁兴明
	田华军	男	1969.9	洛阳市轨道交通集团有限责任公司	董事长/正高级工程师	机械	田华军
	王杭	男	1986.12	洛阳市轨道交通集团有限责任公司	工程师	交通运输	王杭

注：主要研究人员原则不超过 14 人。

六、项目经费

河南省交通运输厅科技计划项目预算表

金额单位：万元

科目	合计	厅补经费	自筹经费
一、经费来源	300	140	160
1.厅补经费	140	140	/
2.自筹经费	160	/	160
其中：其他财政拨款	0	/	0
单位自筹	160	/	160
其他（注明来源）	0	/	0
二、经费支出	300	140	160
（一）直接费用	274	127	147
1.设备费	182	90	92
2.业务费	62	22	40
3.劳务费	30	15	15
（二）间接费用	26	13	13
1.管理费	16	8	8
2.绩效支出	10	5	5

注：①本预算表不留空白，如无该部分费用，填入“0”；

②预算编制按照《关于进一步深化省级财政科研经费管理改革优化科研生态环境的若干意见》（豫财科〔2021〕57号）要求。

本项目总经费 300 万元，其中厅补经费 140 万元，自筹经费 160 万元。项目开题评审后，甲方拨付厅补经费 42 万元。后续资金拨付时间与拨付比例，以河南省交通运输厅最新下发的科研项目管理办法相关规定为准执行。

七、签订各方意见

甲方：河南省交通运输厅

负责人：(签字)

李明珠

联系人：(签字)

杜玉良

电 话：

0371-87166537



乙方1：华北水利水电大学

单位负责人：(签字)

刘俊同

财务负责人：(签字)

张志刚

联系人：(签字)

王明

电 话：

131 3772 7377



开户银行： 中国农业银行股份有限公司郑州郑东新区分行

帐号：16060101040007091

乙方2：郑州交通发展投资集团有限公司

单位负责人：(签字)

李俊南

财务负责人：(签字)

张瑞敏

联系人：(签字)

黄春晖

电 话：

17838715021



乙方3：河南北斗博通科技有限公司

单位负责人：(签字) 丁兴明

2026年



财务负责人：(签字) 秦露

(公章)

联系人：(签字) 丁兴明

电 话： 13366759272

乙方4：洛阳市轨道交通集团有限责任公司

单位负责人：(签字) 田峰

2026年 8 月 5 日

财务负责人：(签字) 李峰



(公章)

联系人：(签字) 王航

电 话： 18039666950

保证方：

负责人：(签字)

年 月 日

联系人：(签字)

(公章)

电 话：

八、共同条款：

签约各方共同遵守河南省交通运输厅科技项目管理办法。

1. 项目执行过程中，乙方如需调整任务，应根据相关管理办法中有关规定，向甲方提出变更内容及说明的申请报告，经甲方审定批准后实施。未接到正式批准书以前，双方须按原任务书履行，否则后果由自行调整的一方负责。

2. 乙方因某种原因（如：与任务书约定研究内容有出入、挪用经费、技术措施或实施条件不落实等）致使项目无法执行而要求中止任务，甲方可根据调查结果中止研究任务，停止拨款并收回已拨付经费，对情节严重的项目负责人加罚3年不得承担研究项目的处分，或依法移交有关部门处理。

3. 甲方根据科技经费的财务管理制度规定，监督经费的使用情况。

4. 项目执行过程中，甲方提出变更任务书有关内容时，要与乙方协商达成书面协议。

5. 任务书签订各方均负有相应的责任。若有争议或纠纷时，按河南省交通运输厅科技项目有关管理办法有关条款处理。

6. 任务书正式文本甲方和乙方各存一份，保证方存一份。

信 息 表

项目编号		2025-15										
项目名称		城市地下交通多灾种耦合链演化机理与安全韧性提升关键技术研究										
密 级		(4) 1.绝密 2.机密 3.秘密 4.公开					参加单位总数		4 个			
第一承担单位	单位名称	华北水利水电大学										
	所在地	郑州市					代码					
	通讯地址	郑州市金水区金水东路 136 号					邮编		450045			
	单位性质	(1) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其它					代码		1			
	任务书保证方							代码				
承担单位	序号	单 位 名 称										
	1	郑州交通发展投资集团有限公司										
	2	河南北斗博通科技有限公司										
	3	洛阳市轨道交通集团有限责任公司										
项目负责人		姓 名	王晓睿		性别 (1) 1.男 2.女		出生年份		1975 年			
		学 历	(1) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其它									
		职 称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其它									
		联系电话	13137727377 0371-65790626				电子邮箱		wangxiaorui@ncwu.edu.cn			
项目联系人		姓名	王晓睿				性别		男			
		联系电话	13137727377 0371-65790626				电子邮箱		wangxiaorui@ncwu.edu.cn			
项目组人数		15	高级	12	中级	3	初级	0	其它	0		
起始时间		2026 年 2 月					终止时间		2028 年 12 月			
项目活动类型		(2) 1.基础研究 2.应用研究 3.研究与开发 4.产业化开发 5.其它										
项目技术来源		(1) 1. 国内技术 2.国外技术 3.本单位自主开发										
主要研究内容 (100 字以内)		项目聚焦洪涝、火灾等典型灾种，分析地下交通多种灾害诱发机制和耦合机理，揭示灾害链演化规律，融合多源数据、结构变形损伤分析、智能判别与主动干预等技术，构建“智能感知-风险预判-主动干预”一体化防控体系。										
预期成果形式		(1、3、5、6、7、8、9) 1.新技术 2.新工艺 3.新产品（含计算机软件）4.新材料 5.新装备 6.论文论著 7.研究（咨询）报告 8.标准与规范 9.其它										
预期取得专利		(2) 1.国外发明专利 2.国内发明专利 3.其它										
经费投入		总经费 300 万元				拨款		140 万元				

信息表填表说明

1. 带（ ）的条目，根据条目后所列选项，请在“（ ）”内填写相应的数字即可。

2. 第一承担单位：指项目任务书乙方排名第一的单位。项目承担单位所在地：所在地只填到所在省辖市。

3. 第一承担单位性质，按所列数字选填。

4. 参加单位总数：包括第一承担单位、承担单位在内的单位总数。

5. 承担单位名称：按公章的详细名称填写。地址应详细到县（区）、街（路）、门牌号。

6. 项目负责人：按项目任务书负责人填写。

7. 项目组人数：包括项目负责人在内的参加该项目研究工作的所有人员。

承诺书

我与课题组成员将恪守科学道德准则，遵守科研活动规范，践行科研诚信要求，按照科研项目任务书开展研究工作，不抄袭、剽窃他人科研成果或者伪造、篡改研究数据、研究结论，承诺项目经费全部用于与本项目研究工作相关的支出，不截留、挪用、侵占和虚假套取，不用于与研究无关的支出。如产生争议，将积极配合调查处理工作。

项目负责人：（签字）



2026年7月16日

我单位将严格遵守科研项目及经费管理等各项规定，切实保证工作时间，按计划及进度认真开展研究工作。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。

项目承担单位：（公章）



2026年7月16日

