

# 陕西省科学技术进步奖公示信息

(2025年度)

## 一、项目基本情况

项目名称	城市雨污管网系统运行风险评估与防控关键技术及应用
主要完成人	卢金锁，张志强，王渲，庞鹤亮，叶婉露，郑才林，杨静，廖邦友，陈尚，房明，付征垚，山琳，余海
主要完成单位	西安建筑科技大学、北京市城市规划设计研究院、安康市住房和城乡建设局、北京城建设计发展集团股份有限公司、北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司、西安市轨道交通集团有限公司

## 二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖 <input type="checkbox"/> 三等奖
<p>提名意见：</p> <p>西安建筑科技大学卢金锁教授团队长期以国家级科技项目、部委计划及企业项目为依托，以国家重大需求为导向，持续开展城市雨污管网运行风险识别、评估与防控关键技术研究，实现了产学研用的协同攻关，揭示了污水管网气流组织特性及有害气体产生机制，识别了有害气体风险发生主要管段和位点；开发了流域分级汇流的内涝风险快速评估模型，创建了场地高精度 DEM 建模方法，建立了城市排水区尺度混合精度洪涝高效模拟方法及风险评估体系；提出了工程与非工程措施协同的城市雨污管网运行风险防控技术体系。研究成果应用于安康市污水管网强化通风工程、列入安康市污水管网规划建设计划，雄安集团“两线一中心”、北京大兴机场、北京城市副中心站、西安地铁全线站点、南宁地铁心圩车辆段、安康排水调蓄泵站内涝防控设计和建设工程，有力地推动了城市排水管网安全运维科学理论和技术方法的进步，产生了巨大的经济效益和社会效益，为我国市政设施安全运行和韧性城市建设做出了重要的贡献。</p> <p>该项目提名材料齐全、规范，经主要完成单位公示，无知识产权纠纷，主要完成人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。</p> <p>提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。</p> <p>说明：省科学技术进步奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖”的评审落选项目不再降格参评三等奖。项目组与提名单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目正式提交后，提名等级建议不得变更。</p> <p>软科学标准计量科普类项目请勾选“二等奖”或者“三等奖”。</p>			

### 三、项目简介

我国排水管网以雨污分流制管网为主体，是城市“生命线”工程和韧性城市建设的突破口。“健康”的雨污管网系统对城市安全稳定运转至关重要，**由于技术经济原因，雨污管网系统建设和建设具有内部空间不足的局限性，其运行过程普遍存在安全风险：**污水管网通风不畅厌氧产生硫化氢、甲烷等危害性气体，在管网内部空间富集引起设施腐蚀、人员中毒和爆炸事件；气候变化显著加剧，超设计重现期降水趋强趋频，管道超负荷冒溢致使城市地面积水及地下设施进水内涝安全事故频发，生命财产损失巨大。目前，我国雨污管网建设里程超过 100 万公里，其运行安全风险点及事故发生概率明显增加，制约着城市安全运转。研发城市雨污管网运行风险评估与防控关键技术，提升城市排水系统韧性具有重大意义和广阔的应用前景。

针对城市雨污管网运行安全风险问题，工程和非工程措施防控技术在实施中面临着以下关键科学技术问题：支撑工程及非工程措施实施的重力流污水管网有害气体产生机制和热点区域尚不明确，缺乏运行经济、效果可持续、环境影响小的污水管网有害气体控制技术体系，相关研发应用缺少理论依据；指导城市积水内涝防控的模型及方法时效性低，重要设施局部小区域内涝评估要求的场地模拟精度差，缺乏内涝风险识别、保护设施安全和指导其设计与建设的技术路线及方法。

项目组面向国家韧性城市建设和雨污管网安全运维的重大需求、瞄准上述关键科学技术问题，依托国家计划、国家基金、省级计划和企业支持持续开展理论技术攻关研究，厘清了污水管网有害气体产生机制及热点管段，研发了强化通风工程措施联合外源药剂投加的危害气体控制理论技术体系，革新了污水管网设计建设拓扑理论；创建了场地高精度 DEM 建模和城市排水区尺度混合精度洪涝高效模拟方法，突破了局部小区域内涝准确评估时效低、精度差的痛点问题，提出了工程与非工程措施协同作用的城市重要设施内涝差异化防控模式。总体技术路线如下：

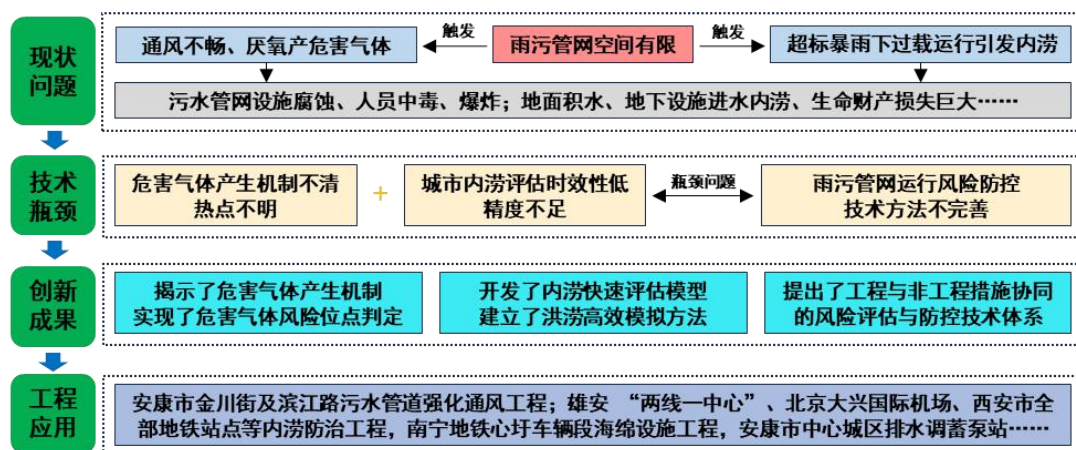


图 3.1 项目总体技术路线图

所取得的城市雨污管网运行风险评估及防控关键技术创新性成果如下：

**(1) 理清了污水管网气流组织特性及气液界面氧传质规律，揭示了污水管网有害气体产生机制，实现了污水管网有害气体风险位点判定。**

针对污水管网有害气体产生热点不清的问题，明确了污水拖曳力、管道气压波动等多因素下的污水管道气流组织特性，获得了差异化通风条件污水管道气液界面氧传质规律及污水溶解氧分布情况；揭示了有害气体产生的物化生化过程机理及扩散规律，建立了污水管网有害气体浓度分布模型，精度达到了 86.5%，实现了有害气体产生及逸散风险点判定，为污水管网有害气体控制技术开发提供了科学依据。

**(2) 开发了流域分级汇流的内涝风险快速评估模型，创建了场地高精度 DEM 建模方法，建立了城市排水区尺度混合精度洪涝高效模拟方法。**

针对城市局部小区域内涝评估难度大、时间长的问題，分析了流域分级汇水区域，开发了内涝积水高程快速评估模型；针对常规场地 DEM 精度低，难以满足精准的径流路径、积水分析问题，创建了空间内插加密数据技术，生成的高精度 DEM 模拟精度提升了 100 倍以上；针对城市排水区尺度面临的精细建模资料缺乏、模型计算耗时等难点，建立了混合精度洪涝高效模拟方法，保证计算精度前提下计算效率提高了 50 倍以上，提升了设施排水韧性及风险快速响应能力。

**(3) 提出了工程与非工程措施协同的城市雨污管网运行风险评估与防控技术体系，支撑了城市污水管网及重要设施安全运行。**

针对污水管网通风不畅厌氧产生有害气体引发的系列风险问题，创新了污水管网气相空间拓扑分区结构，开发了建筑立管直连污水管道的 U 型强化通风联合外源药剂投加技术，有害气体控制率 90% 以上，管网维护费降低 60%；针对超重现期降雨积水引发重要设施内涝风险问题，提出了重要设施露出点防涝标准差异化设计与建设模式；发明了组装灵活、快速的露出点防涝装置，提出了雨水管网动态调蓄方法，实现系统总溢流量削减 10% 以上、关键节点水位下降 30%-50%；研发了雨水有组织导向性下渗技术，雨水侧向阻渗率 45% 以上，有效支撑了城市设施安全运行。

本项目授权国家发明专利 28 项、实用新型专利 6 项；出版学术专著 2 部，发表高水平学术论文 168 篇，其中 SCI/EI 检索论文 67 篇，国内外知名学者在《Water Research》等本领域顶级期刊上给予了积极的评价。项目成果已经应用于安康市污水管道强化通风工程，技术被列入全市污水管网规划建设计划；成功指导了西安地铁全线、雄安“两线一中心”、北京大兴国际机场、雄忻高铁雄安新区地下段、南宁地铁心圩车辆段、安康排水调蓄泵站等内涝防控设施设计与工程建设，为城市重要设施运行提供了技术支持和安全保障，近三年经济效益 7.64 亿元，社会效益显著。

## 四、客观评价

**1、“城市雨污管网系统运行风险评估与防控关键技术及应用”创新性鉴定意见：**省科委西安建筑科技大学查新工作站就本项目提出的主要创新点进行查新，经检索并对相关文献分析对比结果表明：在国内公开发表的文献中，未发现与本委托项目创新点完全相同的文献报道。（附件 2-2-8、2-2-9）

### 2、国内外专家学术评价

本项目在《Environmental Science & Technology》、《中国给水排水》等国内外高水平期刊发表论文 168 篇（SCI/EI 检索论文 67 篇），本领域知名学者在《Water Research》等顶级期刊给予了积极评价，代表性评价如下：

（1）澳大利亚技术科学与工程院院士袁志国教授、国家青年科学基金（A 类）获得者刘艳臣教授等学者在《Water Research》等期刊发表文章中指出：“卢等研发的药剂联用是一种高效控制重力流污水管道中硫化氢和甲烷等危害气体的方法，已成为污水管网硫化物和甲烷同步控制的推荐技术”。（附件 2-2-10、2-2-11）

（2）印度科学研究所 Abhinav Wadhwa 教授发表文章指出：“卢等研发的雨水导向性增强渗透技术有效提高了降雨径流控制和雨水滞留能力”。水利部数字孪生流域重点实验室副主任、国家“万人计划”领军人才刘家宏正高级工程师在评价：“卢等提出的下凹绿地导向渗水理论对极端降雨地下空间淹水和城市内涝防控具有指导意义”。（附件 2-2-12、2-2-13）

**3、中共陕西省委政策研究室批示：**项目完成人执笔提出的“解决我省城市内涝问题势在必行”获中共陕西省委常委、常务副省长重要批示：“我市也存在城市内涝问题……，就城市内涝问题制定系统解决方案”。（附件 2-2-14）

### 4、主要应用单位及验收专家评价意见

（1）安康市市政园林处技术应用意见：“通过强化通风技术臭气整改示范工程建设，臭气浓度降低 90%以上，维护费用由原来的 1500 多万元降低到 600 多万元，经济效益非常显著。相关技术将在新一轮污水管网规划中应用，制定安康市污水管网臭气整治工程建设计划。”（附件 2-1-1）

（2）西安市轨道交通集团技术应用意见：“直接节省工程投资逾 1 亿元，显著降低了地铁系统因内涝造成的运营中断风险，年均避免经济损失约 5000 万元，节省维护成本约 2000 万元，有效防止水患对地铁设施的损害，预计可延长关键设施使用寿命 10%以上，产生的长期经济效益估算超过 3 亿元，成果为我市地铁系统的防涝安全提供了有力保障。”（附件 2-1-12）

（3）雄安“两线一中心”内涝防控专题研究验收专家评价：“综合分析了国内

外防洪排涝研究成果，提出了采用一二维耦合的城市暴雨内涝模型计算出入口积水水位及涝水流量，确定内涝防治高程、评估防排水设施有效性，提出内涝防治应急管理体系的研究方案，理论成熟、技术路线正确。”；“在内涝防治高程控制、预警预报和内涝防治措施等方面的结论，可作为 R1 线建设和运营的内涝防治工作的技术依据。”（附件 2-2-15、2-2-16）

**（4）北京城市副中心站项目内涝防控专题研究验收专家评价：**验收专家组评价：“利用高精度数字高程模型搭建‘地表-管网-河道’耦合城市雨洪模型，精准分析痛点；以实现区域协同高质量发展为目标，全面保障北京城市副中心站安全”（附件 2-2-17）

**（5）西安地铁四号线项目内涝防控专题研究验收专家评价：**验收专家组一致认为：“西安地铁四号线工程内涝防治专题研究技术路线正确，研究方法科学合理，提出的地铁站点设防高程计算模型具有创新性。对地铁四号线工程内涝风险分析、提出的内涝设防高程与措施合理，评价结论可信。”（附件 2-2-18）

**5、获得陕西省教育厅奖项：**陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖：城镇排水触发地下基础设施运行安全风险防控关键技术开发与应用。（附件 2-2-19）

## **6、国家级和省部级科研项目验收结论**

**（1）国家自然科学基金面上项目验收意见：**2022 年国家自然科学基金委准予“污水管自然脉冲通气对生物膜群落结构演变及 MA、SRB 活性抑制机制研究（51778523）”项目结题。（附件 2-2-20）

**（2）国家自然科学基金青年项目验收意见：**2023 年国家自然科学基金委准予“污水管道紊流条件下微纳米气泡溶氧特性及内源性有害类物质生成抑制机制（52000146）”项目结题。（附件 2-2-21）

**（3）陕西省重点研发计划项目验收意见：**2024 年陕西省科学技术厅准予“增强管道通风的沿江中小城镇污水收集系统安全增效技术与示范（2019ZDLSF06-04）”项目结题。（附件 2-2-22）

## **7、相关媒体报道**

**（1）陕西日报“给雨水安家-西安市探索雨水资源收集和综合利用”专题报告：**报道了项目团队关于雨水资源利用的探索实践经验。（附件 2-2-23）

**（2）人民日报、人民网、三联生活周刊等 9 家媒体宣传报告：**报道了项目团队关于污水管道有害气体风险控制方法研究成果与应用情况。（附件 2-2-24）

## 五、应用情况

### 1. 应用情况

本项目面向国家韧性城市建设和雨污管网安全运维的重大需求，针对城市雨污管网运行风险控制面临的重大科学技术问题开展攻关研究，研发了强化通风工程措施联合外源药剂投加的危害气体控制理论与技术，城市排水区尺度混合精度洪涝高效模拟方法及内涝风险评估防控技术，提出了工程与非工程措施协同作用的风险防控模式，形成了完全自主知识产权的城市雨污管网运行风险防控关键技术体系，引领了城市雨污管网及重要设施安全运维理论与技术发展，成果在多个城市得到了广泛应用，经济和社会效益显著。

典型应用如下：

（1）安康市住房和城乡建设局市政园林处主管、陕南地产安康有限公司承建的安康市金川街和滨江路污水管道建设项目中，**直接应用本项目提出的建筑立管直连污水管道 U 型强化通风等危害气体控制系列技术**，有效提升了金川街及滨江路污水管道通风效率，危害气体控制率 90%以上，管道腐蚀、臭味散逸等风险问题得到有效控制，保障了排水管道运行安全，运维费用降低 60%，对维护汉江周边水环境质量及提升安康城市环境品质起到重要作用。（附件 1-2-1、1-3-1、2-1-1）

（2）中铁第一勘察设计院集团有限公司、铁二院工程集团有限责任公司、西安中铁轨道交通有限公司、南宁轨道交通集团有限责任公司等单位**直接采用本项目提出的流域分级汇流的城市暴雨内涝风险快速评估模型、内涝防控及雨水导向性下渗技术**，完成了累计逾 300 处地铁站点、风亭及车辆段的内涝风险评估分析和内涝防控及海绵车辆段建设方案制定，支撑了以上项目的工程设计及建设实施，提升了地铁站点等的内涝风险抵御能力，有力提升了西安市及南宁市地铁工程在运营过程中的安全性与可靠性。（附件 2-1-2、2-1-3、2-1-4、2-1-5）

（3）河北雄安轨道快线有限责任公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、中国铁路设计集团有限公司、广州地铁设计研究院股份有限公司、北京市城市规划设计研究院等单位**直接应用本项目提出的城市排水区尺度混合精度洪涝高效模拟方法、场地高精度 DEM 建模及内涝防控技术**，完成了雄安新区至北京大兴国际机场快线 R1 线、雄安国贸中心综合体、雄忻高铁雄安新区地下段，以及北京新机场（北京大兴国际机场）、北京城市副中心站等国家重点工程项目的内涝评估分析和内涝防控方案制定，支撑了以上项目的工程设计和建设实施，保障了设施运行安全。（附件 1-2-1、2-1-6、2-1-7、2-1-8、2-1-9）

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	主要应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	联系人
1	安康市住房和城乡建设局	污水管道直连强化通风系列有害气体防控技术	安康市金川街和滨江路污水管道强化通风工程	2018/7-2021/12	胡战营
2	中铁第一勘察设计院集团有限公司	流域分级汇流的内涝风险快速评估模型、两级内涝防治防控技术	西安地铁 1、2、3、5、8、14、16 号线一期工程	2017/7-2020/8	吕昕明
3	铁二院工程集团有限责任公司	流域分级汇流的内涝风险快速评估模型、两级内涝防治防控技术	西安市地铁 6 号线工程	2017/10-2017/12	黄 庆
4	西安中铁轨道交通有限公司	流域分级汇流的内涝风险快速评估模型、两级内涝防治防控技术	西安市地铁临潼线（9 号线）一期工程	2017/12-2018/2	孙明英
5	南宁轨道交通集团有限责任公司	流域分级汇流的内涝风险快速评估模型、雨水导向性下渗技术	南宁轨道交通“心圩车辆段”工程	2017/4-2017/12	苏拥军
6	河北雄安轨道交通快线有限责任公司	混合精度洪涝数值模拟方法、两级内涝防治防控技术	雄安新区至北京大兴机场快线 R1 线工程	2022/4-2022/5	李 宁
7	北京城建设计发展集团股份有限公司	混合精度洪涝数值模拟方法、两级内涝防治防控技术	雄安国贸中心综合体工程	2022/5-2023/2	雍晓东
8	中国铁路设计集团有限公司	混合精度洪涝数值模拟方法、两级内涝防治防控技术	雄忻高铁雄安新区地下段工程	2023/6-2024/6	姚亚茹
9	广州地铁设计研究院股份有限公司	混合精度洪涝数值模拟方法、两级内涝防治防控技术	西安地铁 5 号线一期工程西安东站、4 号线工程	2023/4-2023/12	唐 杰
10	北京市城市规划设计研究院	场地高精度 DEM 建模方法、两级内涝防治防控技术	北京新机场场内排涝风险评估、北京城市副中心站内涝风险防控系统规划	2016/08-2022/02	易 魏



## 六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	专著	排水管网有害气体控制原理及技术	中国	ISBN 978-7-03-067304-6	2021 年 02 月 01 日	科学出版社	西安建筑科技大学	卢金锁、张志强、王社平、袁宏林
2	专利	雨污直连系统有组织除气的装置	中国	ZL201811130836.8	2020 年 09 月 15 日	3987455	西安建筑科技大学	卢金锁、周亚鹏、王晓祎、王子健、陈军、廖邦友、陈尚、宋光顺
3	专利	一种下凹绿地导向性虹吸排水下渗系统	中国	ZL201910516924.X	2021 年 06 月 09 日	4246506	西安建筑科技大学	卢金锁、王子健、丁艳萍、王社平、张志强
4	专利	一种污水管道的通风方法和设备	中国	ZL201510144317.7	2017 年 03 月 08 日	2407962	西安建筑科技大学	卢金锁、刘 飞、柴守宁、闫帅军、吴迪
5	专利	一种改善管道内有毒气体的装置和方法	中国	ZL201910753362.0	2022 年 02 月 18 日	4946647	西安建筑科技大学	张志强、李亚芹、卢金锁、柴守宁、周亚鹏
6	专利	具有抑制 H <sub>2</sub> S 功能的净化装置、化粪池及 H <sub>2</sub> S 抑制方法	中国	ZL202110641353.X	2023 年 02 月 03 日	5722259	西安建筑科技大学、西安益维普泰环保股份有限公司	卢金锁、何宛泽、苏林东、张志强、庞鹤亮、杨 静
7	论文	Emission Characteristics of Aerosols Generated during the Micro-Nano Bubble Aeration Process in Wastewater	中国	DOI10.1021/acs.est.4c00986	2024 年 8 月 28 日	Environmental Science & Technology	西安建筑科技大学、哈尔滨工业大学	Zhiqiang Zhang, Jin Li, Yijin Jiang, Lei Zhao, Langming Bai, Jing Yang, Heliang Pang, Jinsuo Lu
8	论文	Investigation on the lateral anti-seepage capacity of a vertical soil sand layer (VSSL) in a sunken lawn	中国	DOI10.1016/j.jher.2020.12.001	2020 年 12 月 12 日	Journal of Hydro-environment Research	西安建筑科技大学	Zhiqiang Zhang, Zijian Wang, Kunyun Chen, Sheping

								Wang, Yanping Ding, Yuxiang Huang, Jinsuo Lu
9	论文	Upstream Natural Pulsed Ventilation: A simple measure to control the sulfide and methane production in gravity sewer	中国	DOI10.1016/j.scitotenv.2020.140579	2020 年 06 月 29 日	Science of the Total Environment	西安建筑科技大学	Ruyue Gao, Zhiqiang Zhang, Tingwei Zhang, Junzhuo Liu, Jinsuo Lu
10	论文	In-situ sewer sediment self-cleaning by plant ash-driven hydrolysis: Impairing adhesion and hydraulic erosion resistance from gelatinous biopolymer molecule deconstruction	中国	DOI10.1016/j.scitotenv.2023.168276	2024 年 1 月 15 日	Science of The Total Environment	西安建筑科技大学、哈尔滨工业大学	Heliang Pang, Xingwang Li, Qiwen Qin, Qiao Wei, Yuyao Zhang, Dong Xu, Yumeng Xu, Zhiqiang Zhang, Jinsuo Lu

## 七、主要完成人情况表

姓 名	卢金锁	排 名	1
行政职务	院长		
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、2、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）揭示了污水管网气液界面氧传质规律及气流组织特性，建立了污水管网有害气体浓度分布模型，开发了流域分级汇流的内涝风险快速评估模型、建立了城市排水区尺度混合精度洪涝高效模拟方法及风险评估体系，提出了建筑立管直连污水管 U 型强化通风技术和重要设施露出点防涝标准差异化设计与建设模式，支撑了城市排水管网可持续运行和重要设施安全。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	张志强	排 名	2
行政职务	系副主任		
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）揭示了污水管网气液界面氧传质规律、有害气体产生及扩散机制，开发了外源药剂联合投加的污水管网有害气体控制技术，建立了雨水有组织导向性下渗理论与技术体系，为项目提出的工程和非工程措施协同的城市雨污管网运行风险防控技术成果的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	王 渲	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 2、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）针对城市排水区尺度面临的精细建模资料缺乏、模型计算耗时等难点，建立了混合精度洪涝高效模拟方法及风险评估体系，为城市重要设施内涝风险评估与防控技术成果的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	庞鹤亮	排 名	4
行政职务	院长助理		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）主要参与揭示了污水管网有害气体产生机制及扩散规律，建立了外源药剂联合投加的污水管网有害气体控制技术体系，为项目提出的污水管网有害气体控制技术系列成果的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	叶婉露	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司		
完成单位	北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 2、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）针对常规场地 DEM 精度低，难以满足精准的径流路径、积水分析问题，创建了空间内插加密数据技术及高精度 DEM 模拟技术，为城市重要设施内涝风险评估与防控技术成果的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	郑才林	排 名	6
行政职务	站长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	安康市住房和城乡建设局		
完成单位	安康市住房和城乡建设局		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）主要参与揭示了污水管网气流组织规律及有害气体产生机制，提出了污水管网系统有害气体控制技术，为项目提出的建筑立管直连污水管道 U 型强化通风等系列有害气体控制技术成果的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	杨静	排 名	7
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）主要参与揭示了污水管网气流组织规律、气液界面氧传质规律及有害气体产生机制，提出了污水管网系统有害气体抑制及管道腐蚀防控技术，为项目提出的建筑立管直连污水管道 U 型强化通风等系列有害气体控制技术成果的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	廖邦友	排 名	8
行政职务	副处长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	安康市住房和城乡建设局		
完成单位	安康市住房和城乡建设局		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）主要参与提出了污水管网系统有害气体控制技术，指导了建筑立管直连污水管道 U 型强化通风等系列有害气体控制技术成果的推广应用和后期维护工作，取得了显著的社会和经济效益。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	陈尚	排 名	9
行政职务	科长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	安康市住房和城乡建设局		
完成单位	安康市住房和城乡建设局		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 1、3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）主要参与提出了污水管网系统有害气体控制技术，参与指导了建筑立管直连污水管道 U 型强化通风等系列有害气体控制技术成果的推广应用和后期维护工作，取得了显著的社会和经济效益。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	房明	排 名	10
行政职务			
技术职称			
工作单位	北京城建设计发展集团股份有限公司		
完成单位	北京城建设计发展集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）为城市内涝模拟与风险评估防控技术成果在雄安国贸中心综合体防涝设计和建设工程中的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	付征垚	排 名	11
行政职务	副所长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	北京市城市规划设计研究院		
完成单位	北京市城市规划设计研究院		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）为城市内涝模拟与风险评估防控技术成果在北京城市副中心站防涝设计和建设工程中的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

姓 名	山琳	排 名	12
行政职务			
技术职称			
工作单位	北京城建设计发展集团股份有限公司		
完成单位	北京城建设计发展集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）为城市内涝模拟与风险评估防控技术成果在雄安新区至北京大兴机场快线 R1 线防涝设计和建设工程中的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			



姓 名	余海	排 名	13
行政职务	副主任		
技术职称	高级工程师		
工作单位	西安市轨道交通集团有限公司		
完成单位	西安市轨道交通集团有限公司		
对本项目技术创造性贡献：（1）对第 3 项科技创新做出了创造性贡献；（2）为城市内涝模拟与风险评估防控技术成果在西安地铁全线站点、风亭等露出点防涝设计和建设工程中的推广应用做出了重要贡献。（3）佐证材料：见附件。			

## 八、主要完成单位情况表

单位名称	西安建筑科技大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为第一完成单位，西安建筑科技大学完成了本项目主要科技创新中的创新点一的全部工作，以及创新点二和创新点三的主要工作，其中包括：（1）理清了污水管网气流组织特性及气液界面氧传质规律，揭示了污水管网有害气体产生机制，实现了污水管网有害气体风险位点判定；（2）建立了流域分级汇流的内涝积水高程计算方法和混合精度的内涝灾害水文模型，解决了内涝风险评估时效低的问题；（3）提出了工程与非工程措施协同的城市雨污管网运行风险防控技术体系，在安康市污水管网通风工程、西安市地铁全线站点内涝防控工程、雄安“两线一中心”内涝防控工程等项目的推广应用方面做出了重要贡献，支撑了城市雨污管网及重要设施安全运行。</p>	

单位名称	北京市城市规划设计研究院
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为第二完成单位，北京市城市规划设计研究院参与完成了本项目主要科技创新点二和创新点三的主要工作，主要参与了城市内涝风险评估模型建立与防控技术应用推广工作，其中包括在北京新机场（大兴机场）内涝防控工程、北京城市副中心站内涝防控工程等项目的推广应用方面做出了重要贡献。</p>	

单位名称	安康市住房和城乡建设局
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为第三完成单位，安康市住房和城乡建设局参与完成了本项目主要科技创新点三的部分工作，主要参与了污水管网有害气体控制理论技术研究与应用工作，其中包括：（1）参与提出了建筑立管直连污水管道的 U 型强化通风联合外源药剂投加技术，（2）在安康市金川街和滨江路污水管道通风工程等项目的推广应用方面做出了贡献。</p>	

单位名称	北京城建设计发展集团股份有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为第四完成单位，北京城建设计发展集团股份有限公司参与完成了本项目主要科技创新点三的部分工作，主要参与了城市内涝风险评估与防控技术应用推广工作，其中包括雄安新区至北京大兴机场快线 R1 线、雄安国贸中心综合体内涝防控工程等项目的推广应用方面做出了贡献。</p>	

单位名称	北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为第五完成单位，北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司参与完成了本项目主要科技创新中的创新点二和创新点三的部分工作，主要完成了内涝风险评估及防控技术研究与应用推广工作，其中包括，构建场地高精度 DEM 建模方法，在北京新机场（大兴机场）内涝防控工程、北京城市副中心站内涝防控工程等项目的推广应用方面做出了贡献。</p>	

单位名称	西安市轨道交通集团有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为第六完成单位，西安市轨道交通集团有限公司参与完成了本项目主要科技创新点三的部分工作，主要参与了城市内涝风险评估与防控技术应用推广工作，其中包括在西安地铁全线站点、风亭等露出点内涝防控设计和建设工程中的推广应用做出了重要贡献。</p>	

## 完成人合作关系说明

本项目由卢金锁（西安建筑科技大学）、张志强（西安建筑科技大学）、王渲（西安建筑科技大学）、叶婉露（北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司）、郑才林（安康市住房和城乡建设局）、杨静（西安建筑科技大学）、庞鹤亮（西安建筑科技大学）、廖邦友（安康市住房和城乡建设局）、陈尚（安康市住房和城乡建设局）、房明（北京城建设计发展集团股份有限公司）、付征垚（北京市城市规划设计研究院）、山琳（北京城建设计发展集团股份有限公司）、余海（西安市轨道交通集团有限公司）13人主要完成。

第一完成人卢金锁是西安建筑科技大学教授、博士生导师、环境与市政工程学院院长，自2015年以来全面主持和领导本项目科技创新成果研发与应用工作。

第二完成人张志强是第一完成人卢金锁教授科研团队核心成员、教授，共同获得知识产权，合作发表论文，共同获奖，共同推进产业化和工程应用工作。

第三完成人王渲是第一完成人卢金锁教授科研团队核心成员、讲师，共同开展雨水内涝风险与防控技术研发，共同推进产业化和工程应用工作。

第四完成人庞鹤亮是第一完成人卢金锁教授科研团队核心成员、副教授，共同获得知识产权，合作发表论文，共同推进产业化和工程应用工作。

第五完成人叶婉露是北京市首都规划设计工程咨询开发有限公司高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同推进产业化和工程应用工作。

第六完成人郑才林是安康市住房和城乡建设局高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同获奖，共同推进产业化和工程应用工作。

第七完成人杨静是第一完成人卢金锁教授科研团队核心成员、副教授，共同获得知识产权，合作发表论文，共同获奖。

第八完成人廖邦友是安康市住房和城乡建设局高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同获得知识产权，共同获奖，共同推进产业化和工程应用工作。

第九完成人陈尚是安康市住房和城乡建设局高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同获得知识产权，共同推进产业化和工程应用工作。

第十完成人房明是北京城建设计发展集团股份有限公司高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同推进产业化和工程应用工作。

第十一完成人付征垚是北京市城市规划设计研究院高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同推进产业化和工程应用工作。

第十二完成人山琳是北京城建设计发展集团股份有限公司高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同推进产业化和工程应用工作。

第十三完成人余海是西安市轨道交通集团有限公司高级工程师，与第一完成人卢金锁教授团队共同推进产业化和工程应用工作。

## 完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同获奖	卢金锁/1 张志强/2 郑才林/6 杨 静/7 廖邦友/8	2019 年 1 月	2023 年 12 月	城镇排水触发地下基础设施运行安全风险防控关键技术开发与应用	附件 2-2-19
2	共同知识产权	卢金锁/1 张志强/2 庞鹤亮/4	2021 年 1 月	2024 年 12 月	In-situ sewer sediment self-cleaning by plant ash-driven hydrolysis: Impairing adhesion and hydraulic erosion resistance from gelatinous biopolymer molecule deconstruction	附件 2-2-7
3	共同知识产权	卢金锁/1 廖邦友/8 陈 尚/9	2018 年 7 月	2023 年 12 月	雨污直连系统有组织除气的装置	附件 1-1-2
4	产业合作	卢金锁/1 张志强/2 王 渲/3 庞鹤亮/4 杨 静/7	2022 年 1 月	2023 年 12 月	西安地铁 5 号线一期工程西安东站及其相邻区间内涝专题研究	附件 2-1-8
5	产业合作	卢金锁/1 房 明/10 山 琳/12	2019 年 1 月	2023 年 12 月	雄安新区至北京大兴机场快线 R1 线、雄安国贸中心综合体工程内涝风险评估防控	附件 2-1-6
6	产业合作	卢金锁/1 付征垚/11	2017 年 1 月	2023 年 12 月	北京城市副中心站工程内涝风险评估防控	附件 2-1-9
7	产业合作	卢金锁/1 叶婉露/5	2018 年 1 月	2023 年 12 月	通惠河、清河等流域溢流污染控制	附件 2-1-11
8	产业合作	卢金锁/1 余 海/13	2017 年 7 月	2023 年 12 月	西安市地铁全线站点、风亭内涝风险评估与防控	附件 2-1-12