

长江科学技术奖

项目名称：长江现代水文水资源监测预报预警体系

获奖等级：特等奖

主要完成单位：长江水利委员会水文局、水利部水利信息中心、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、武汉大学、湖北一方科技发展有限公司

立项背景

长江流域降雨时空分布不均，洪涝、干旱等自然灾害频发、多发，衍生流域水安全问题复杂多变；

准确及时的水文水资源监测和预报预警是防治流域水灾害、保障流域水资源、水环境、水生态等水安全的重要非工程措施

受气候变化、大规模水库群运行等因素叠加影响，水文水资源自然特征明显变异；加之流域经济社会发展要求不断提高，导致水文快速监测、准确预报预警异常困难，已成为世界性难题。

面临的问题

实现快速准确监测预报预警，指导水工程智慧调控，面临着监测覆盖面不全、监测要素时效低、预报精度、预见期与需求不匹配等系列难题，需开展适应新形势要求的水文水资源监测和预报预警成套技术研究。

技术路线

针对不同类型河-库特征，开展全要素、全过程、全自动的立体监测技术和覆盖“大中小”“长中短”“年内、年际”的时空全链条预报预警技术及智慧调控关键技术研究，构建现代水文水资源监测预报预警体系。

成果概述

项目以流域水安全面临的具体需求为导向，聚焦水文水资源监测和预报预警领域的技术难点，通过强化技术创新、融合创新、集成创新，在立体监测网络 and 标准、全链条预报预警、实时预报调度互馈、流域级通用业务平台等关键技术取得突破，形成4项创新性成果。



成果效益

项目直接经济效益显著，近五年新增合同额约13.5亿元、新增利润额约6.4亿元。在三峡、大渡河、雅砻江、金中等发电企业，实现了显著的增发电量效益；同时取得了防洪、减灾、生态、供水等方面的显著的综合效益。

项目成果

主编/参编标准、规范32部，其中，国标4部，行标28部；获授权国家专利110项，其中发明专利30项；获计算机软件著作权70项；出版学术专著24部；发表论文400余篇。

成果意义

本项目建立了基于自动化、网络化、智能化的水文监测、预测、决策体系，可极大地推动水文行业数字化转型发展，是智慧水利、数字中国建设的重要基础。

强化技术创新，深化示范应用，为流域水安全保障贡献水文智慧，为中国式现代化奠定基础支撑！

长江科学技术奖

项目名称：堰塞湖形成与致灾机理及风险评估关键技术

获奖等级：一等奖

主要完成单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司、水利部长江勘测技术研究所、四川大学、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、长江水利委员会长江科学院、长江水利委员会水文局

立项背景

堰塞湖是全球性的自然灾害，具有突发性、灾害链长、损失大等特点，堰塞湖发生后，需要对堰塞湖风险进行快速科学评估，前提是准确认识堰塞湖溃决机理、快速获取评估指标值及建立合适的评估方法。项目研究前，国内外都未建立基于堰塞湖形成-溃决-致灾机理的堰塞湖风险评估指标体系及方法，堰塞湖应急处置过程中存在风险评估不够精准等问题，影响了堰塞湖抢险的科学决策。

主要创新

(1) 首次建立了河道堰塞风险预测模型并提出了堰塞体物质结构形态预测方法，为堰塞体堵江判断及堰塞体物质形态预测提供了依据。

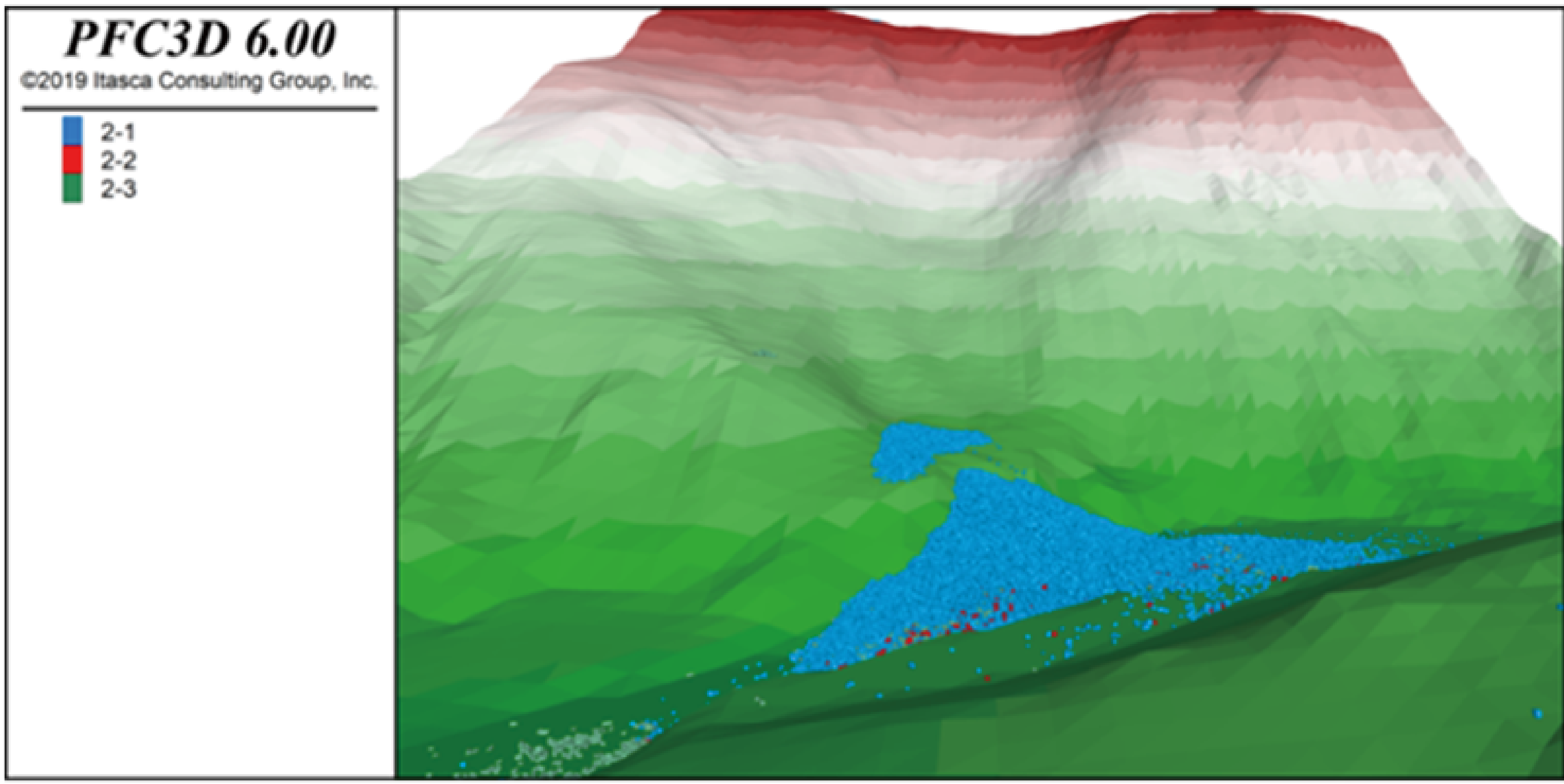


图1 白格滑坡k2变形体失稳堵塞河道形态

(2) 开展了国内外最大规模堰塞湖野外溃决模型试验，首次揭示了溃决发展动力机制，建立了基于携砂水流流-固耦合的洪水模拟技术，解决了堰塞湖溃决洪水快速有效预测难题。

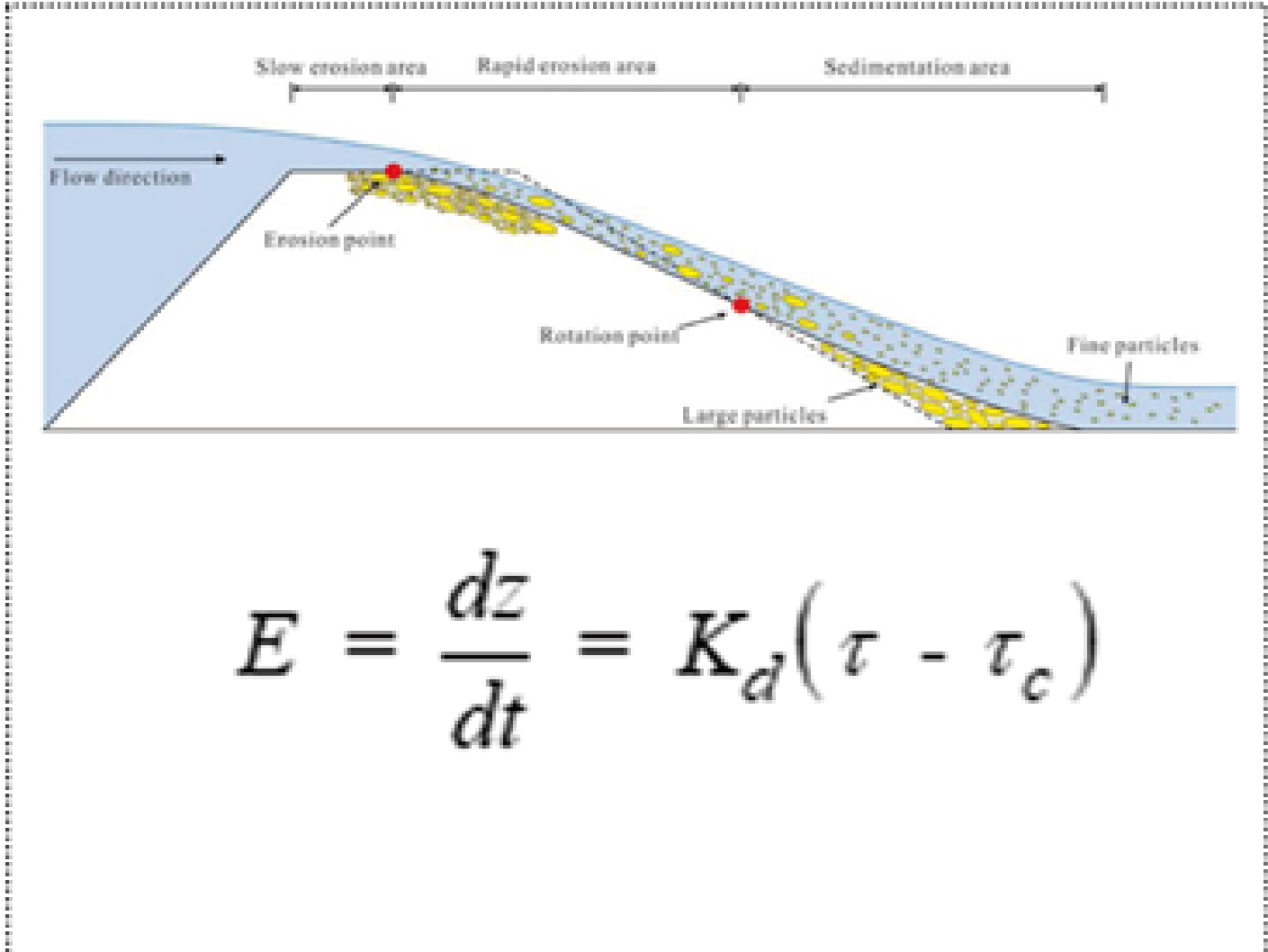


图2 堰塞湖溃决侵蚀特征

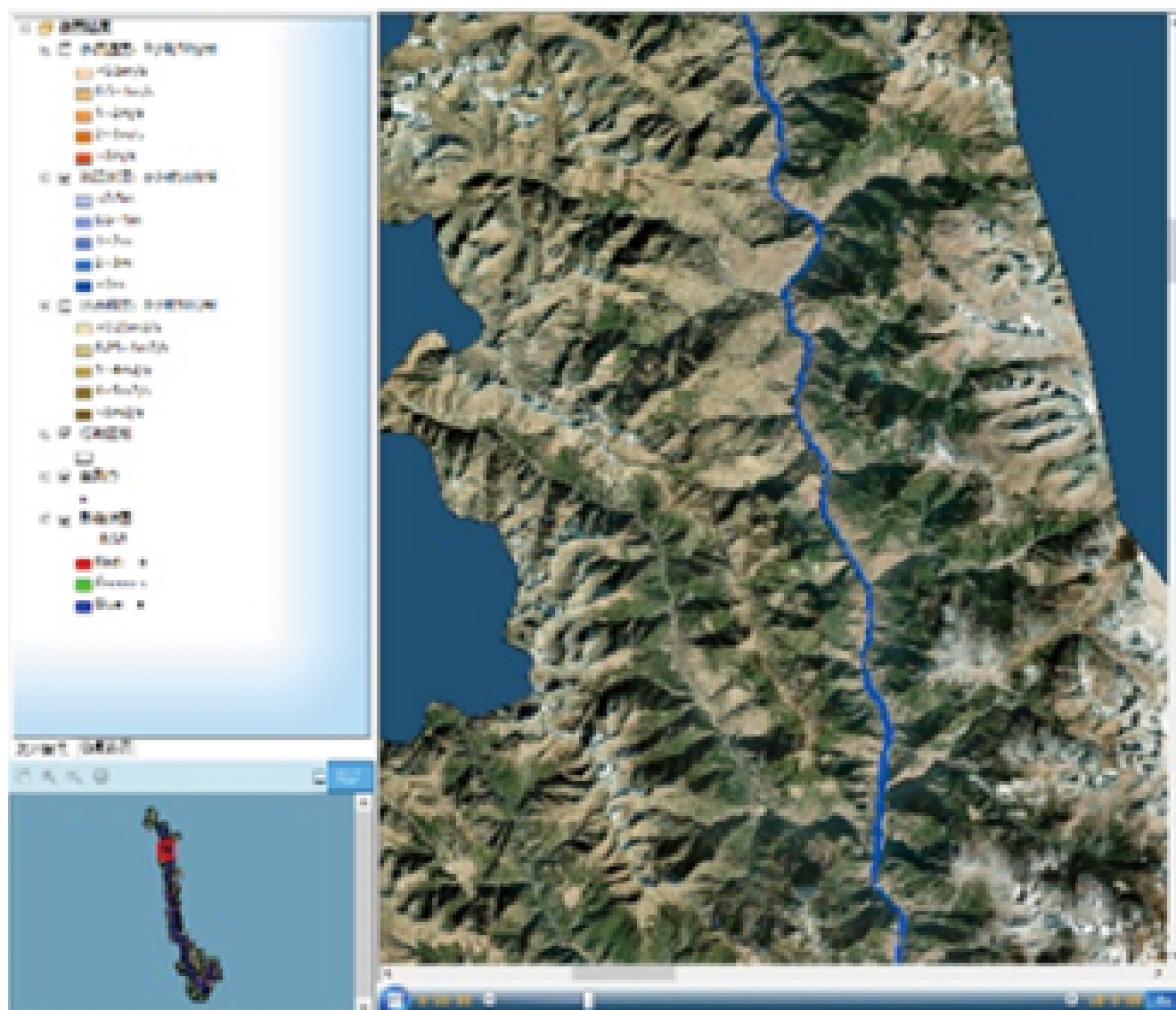


图3 堰塞湖携砂水流动态演进实时预测展示平台

(4) 首次建立了基于堰塞湖溃决机理的风险快捷评估技术，研究成果被行业规范采纳并已颁布实施，配套开发了手机APP，实现溃决洪水快速预警和科学决策评估。



成果效应

2018年-2020年，成果应用于金沙江白格、雅鲁藏布江加拉堰塞湖应急抢险、安全综合评估、金沙江上游滑坡堵江对水电站影响风险评估；2020年-2022年，应用于沙子坝、新华、瓦尕穷、光谢等堰塞湖溃决风险评估，经济社会效益巨大，应用前景广阔。

研究团队

项目团队集中了堰塞湖抢险领域的不同专业研究机构的优势科研队伍，项目主要完成人为：蔡耀军、杨启贵、栾约生、杨兴国、钟启明、彭文祥、徐复兴、黄卫、易杜靓子、高建华、张利民、张娜、张亚年、单熠博、刘海涛；主要完成单位为：长江勘测规划设计研究有限责任公司、水利部长江勘测技术研究所、四川大学、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、长江水利委员会长江科学院、长江水利委员会水文局。

长江科学技术奖

项目名称：长江中上游大型水电站机组智能控制与优化运行关键技术

获奖等级：一等奖

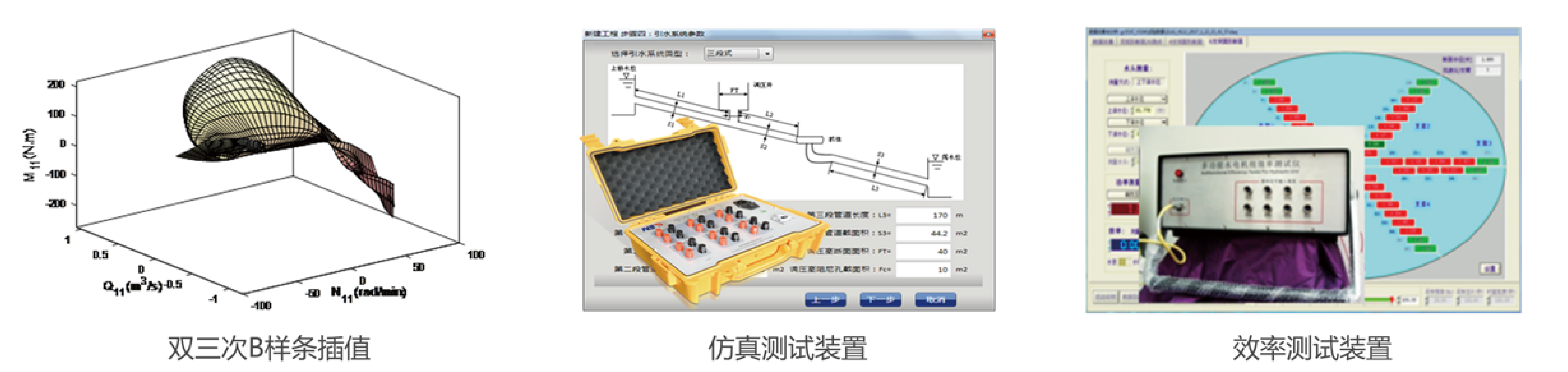
主要完成单位：华中科技大学、武汉大学、长江勘测规划设计研究有限责任公司、三峡智控科技有限公司、中国水利水电科学研究院、大唐水电科学技术研究院有限公司、长江三峡能事达电气股份有限公司

立项背景

水电是长江流域的重要支撑能源，其高效利用事关国家能源发展战略和双碳目标的实现。中国水电数量多规模大，乌东德和白鹤滩等巨型水电站的大型机组陆续投运更是标志着我国水电开发进入了一个崭新的发展阶段。以白鹤滩百万千瓦容量为代表的大型水电机组不仅规模大，而且水力拓扑与并网结构日趋复杂、运行方式多变、水力电力耦合密切。在其优化控制与稳定运行中存在着众多理论难题和技术挑战，使我国水电安全运行面临严峻的考验，因此机组高品质智能控制与安全运行是水电能源开发利用的关键

主要创新

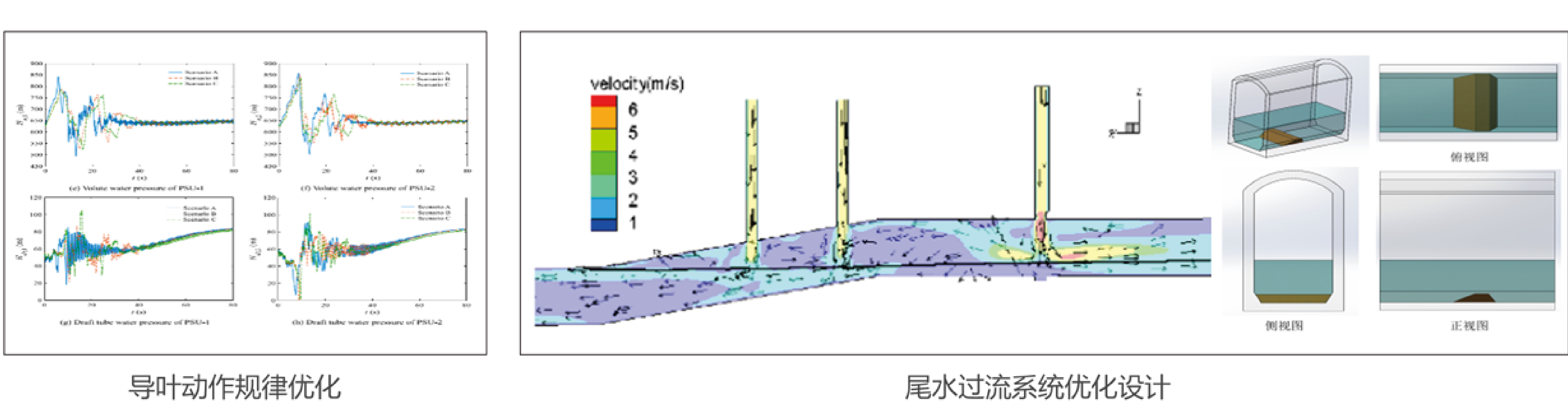
(1) 提出了大型水轮发电机组精细化建模与嵌入式仿真测试技术，解决了我国大型水轮机调节系统复杂非线性特性精确描述和嵌入式仿真模型精度与实时性难以兼顾的瓶颈问题，研发了具有自主知识产权的系统仿真测试和机组效率测试装置，为提升机组控制品质、实现机组运行优化提供科学依据与技术支持。



(2) 提出了大型水轮发电机组智能控制技术，满足了多重约束条件下机组变工况自适应控制需求，有效提高了水轮机调节系统的控制品质，研发了新一代大型水轮发电机组智能调节系统控制优化软件与特大型发电机励磁装备，实现了对国外励磁装备的国产化替代和特大型发电机组励磁装备的自主可控，显著提高了我国大型水轮发电机组控制装备技术水平。



(3) 提出了大型水轮发电机组安全运行多目标优化技术与设计方法，突破了机组结构安全与控制匹配优化的瓶颈，实现了水轮发电机组过渡过程导叶控制规律的高效设计，解决了大型机组功率振荡问题，避免了机组因有功低频振荡被退出电网的风险，确保了电站机组和电网的安全。



成果和效益

研究成果出版专著3部，发表论文196篇，其中SCI收录126篇、获发明专利22项，标准和规范6项，软著3项。成果被国内外研究团队借鉴和跟踪研究，11篇高水平论文入选ESI高引论文，多名主要完成人连续入选中国高被引作者。成果孵化了具有自主知识产权的大型水电机组仿真测试装置、机组智能控制优化软件与新一代发电机励磁装备，实现了产业化和规模化应用，为我国大型水电机组的稳定高效运行与控制装备国产化提供强有力的技术支撑。项目成果已在我国长江流域的白鹤滩、溪洛渡等巨型电站应用，装备出口至多个国家和地区，近年经济效益达24.94亿元。

团队介绍

项目团队由华中科技大学张勇传院士带领，集中了华中科技大学、武汉大学、长江勘测规划设计研究有限责任公司、三峡智控科技有限公司等不同专业研究机构的优势科研队伍。项目主要完成人为：李超顺、张勇传、乐绪鑫、肖志怀、常黎、陈启卷、安学利、郑涛平、张海库、郑阳、刘冬、袁晓辉、黎育红、桂绍波、马小高。主要完成单位为：华中科技大学、武汉大学、长江勘测规划设计研究有限责任公司、三峡智控科技有限公司、中国水利水电科学研究院、大唐水电科学技术研究院有限公司、长江三峡能事达电气股份有限公司。

长江科学技术奖

项目名称：长江经济带城镇排水管道系统效能提升关键技术及工程应用

获奖等级：一等奖

主要完成单位：长江生态环保集团有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司、武汉中仪物联技术股份有限公司、上海誉帆环境科技股份有限公司、上海管丽建设工程有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、长江水利委员会长江科学院、三峡环境科技有限公司（长江经济带生态环境国家工程研究中心（筹））

习近平总书记多次强调要把修复长江生态环境摆在压倒性位置，并要求把管道改造和建设作为重要的一项基础设施工程来抓。城镇排水管道系统效能提升是长江大保护工作的重中之重，是长江流域生态环境质量根本改善的坚实基础。目前，长江沿线城市排水管道普遍面临混接错接、破损、淤积等严重问题，导致污水收集效能低下，城市水体黑臭。

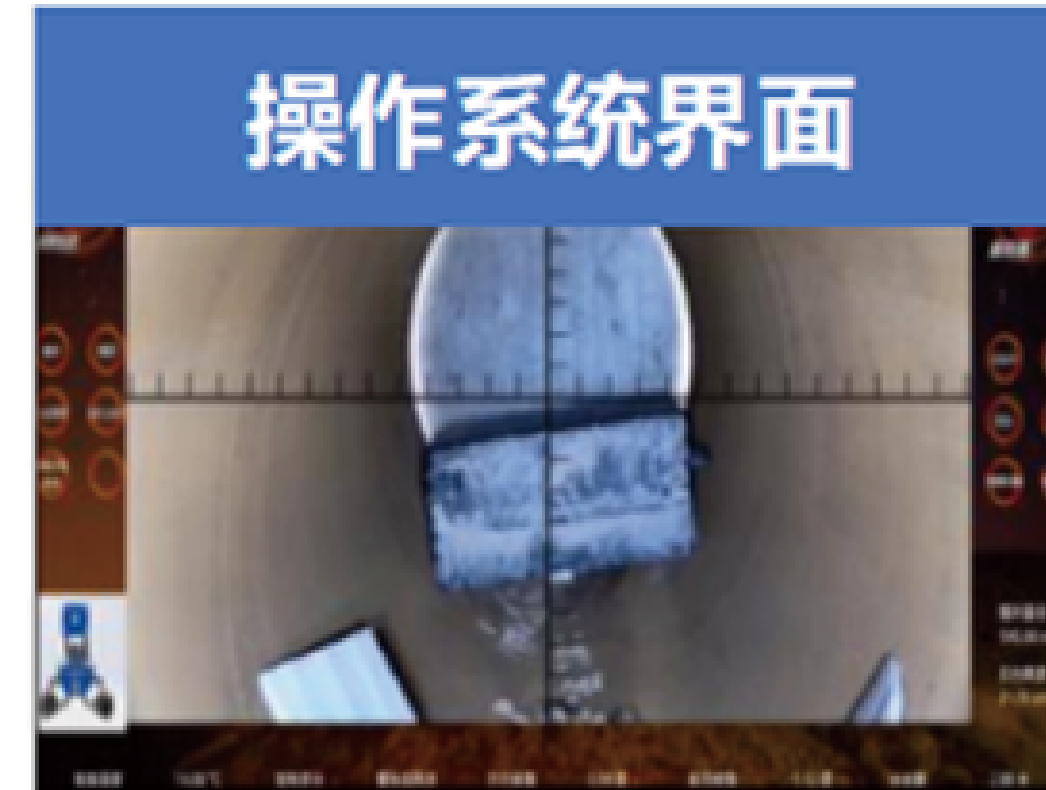
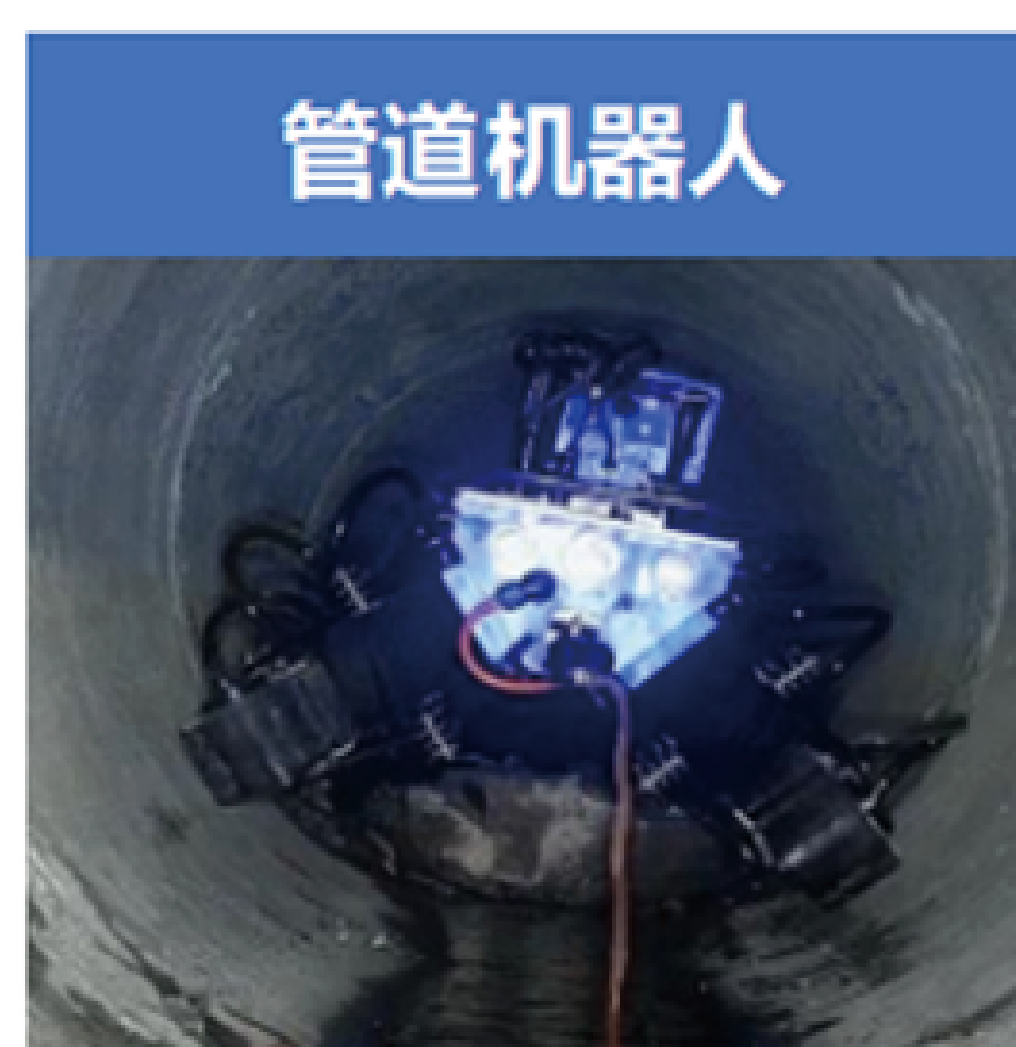
本项目依托多项国家及省部级重点研究项目和长江大保护重大工程，针对城镇排水管网功能退化、复杂环境下检测修复难度大、信息化程度低等问题，开展技术攻关和工程应用验证。

1、研制了复杂环境下超长距离、高精度排水管道缺陷检测系列机器人，实现排水管道检测设备的国产化、产业化，支撑了我国排水管道检测工作高效开展。

2、研发了适应工程需求的排水管道缺陷非开挖修复方法，满足多种工况、特殊管道的修复需求，为排水管道结构性缺陷整治提供高效的工艺技术。

3、开发了适合于全过程管控的排水管道数字化系统及应用平台，实现探测、检测、设计、施工验收、运营全过程数字化管控，支撑了城市排水管道的高效精准管理，进一步实现降本增效。

4、形成了适合于全生命周期管理的排水管道效能提升系列技术标准，首次建立混接调查及治理理论与技术体系，有效支撑了排水管道建设和提质增效的规范开展。



项目取得发明专利、专著、论文等多项知识产权，发布多项行业、地方标准。解决了近850 km困难管道的排查检测，近133 km典型管道的非开挖修复，涉及城市污水收集率明显提升，支撑示范工程所在城市国控断面优良比例超90%。近三年，项目累计完成产值达20亿元，产生利润达3.8亿元，经济效益和环境效益显著。项目成果

获得主流媒体广泛报道，院士、全国工程勘察设计大师等专家认为本项目整体技术达到国际领先水平，具有广阔的应用前景。



长江科学技术奖

项目名称：土石坝渗漏探测与除险加固关键技术

获奖等级：一等奖

主要完成单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司、长江地球物理探测（武汉）有限公司、武汉大学、中国水电基础局有限公司、南京帝坝工程科技有限公司、山东大学

成果第一完成单位组建了我国最早的病险水库治理专业机构——“水利水电病险工程治理咨询研究中心”，先后经国家科技部、水利部和湖北省科技厅批准，组建了“国家大坝安全工程技术研究中心”、“水利部水工程安全与病害防治工程研究中心”、“湖北省大坝安全诊断及加固工程技术研究中心”，与高校、施工、设备制造等单位联合开展科技攻关，依托28项国家和行业研究课题、2300多座土石坝病害评估和治理经验，历经20多年持续研究和实践，在土石坝渗漏路径演化细观机理、精准探测技术、靶向治理技术、智能检测装备等方面取得了系统突破性成果。

1、土石坝渗漏路径形成演化机理。构建“应力-渗流-损伤”耦合模型，揭示“水楔效应”引发土石坝黏土心墙产生渗漏通道的细观机制；建立全解流的三维格子玻尔兹曼和离散元流固耦合模型，揭示均质土坝渗透破坏的触发准则和演化机理；发现过渡料不满足反滤准则及水力过渡不合理是导致面板堆石坝渗漏破坏的重要原因。

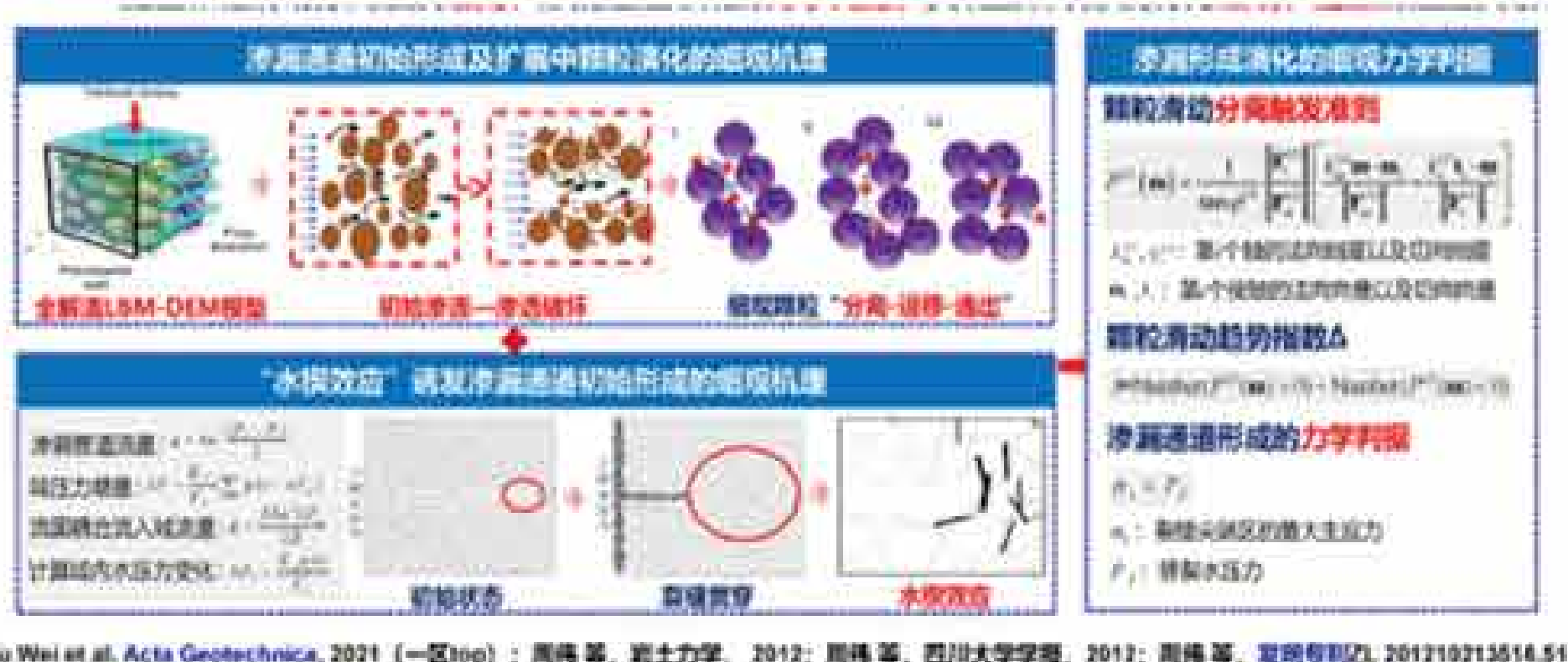


图1 揭示土石坝渗漏发生机理的细观过程

2、土石坝渗漏隐患精准探测技术。研发渗漏精准探测系列技术，解决了土石坝渗漏检测易“漏诊”的问题。研发渗漏路径双源磁场精准定位技术、阵列式三维跨孔电阻率CT精细成像技术、浑水钻孔电视高清全景成像技术。

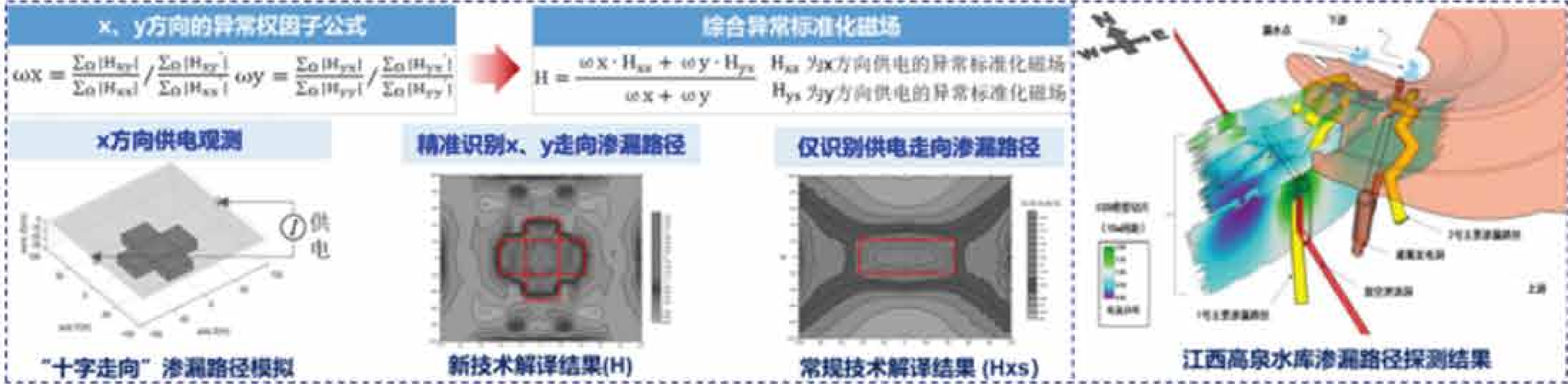


图2 渗漏路径双源磁场精准定位技术

3、土石坝渗漏靶向治理系列技术。研发土石坝渗漏靶向治理成套技术，“根治”了土石坝渗漏。研发水库不放空条件下心墙土石坝防渗体重构、“递减粒径料渐进式充填”重构反滤体、土石坝土岩接触段“新型隔管灌浆”防渗等渗漏靶向治理成套技术。

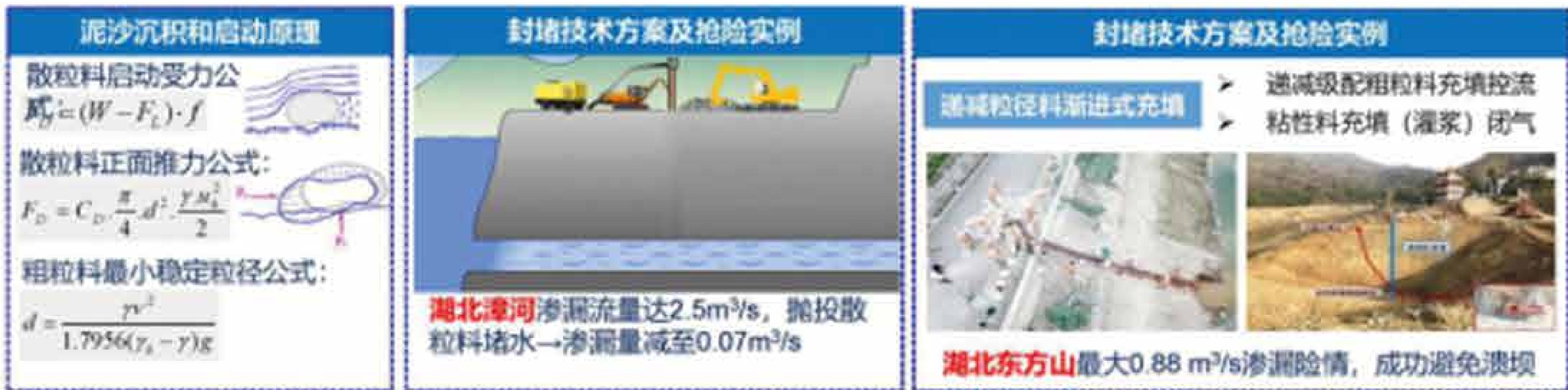


图3 大漏量管道型渗出处置技术及典型应用案例技术

4、土石坝渗漏隐患智能检测装备。研发土石坝渗漏智能精准检测装备。自主研发国内首台渗漏三维探测仪，破解弱磁信号探测装备的美国垄断“卡脖子”；研发集可见光、双目、红外与激光测距于一体的五目协同智能化巡检装备，实现土石堤坝表观“裂缝-变形-渗漏”的大范围、一体化高效检测；研发物联网、北斗、云存储一体化时移分布式电法远程在线监测装备，实现重点区域渗漏演化过程远程高效、动态智能追踪监测。



图4 土石坝隐患日常巡检与远程在线监测装备

成果获授权专利26项（含发明专利13项），施工工法1项，列入“水利部水利先进实用技术重点推广指导目录”5项，计算机软件著作权6项，出版专著7部，发表论文60篇（其中SCI/EI收录17篇），成果被8部行业规范采纳。成果实现了规模化应用，支撑了湖北东方山、柬埔寨达岱等大坝漏水抢险、湖南白云等300余座病险土石坝加固和2000余座三类坝核查，推广应用前景广阔。

中国水利学会组织专家对本项目成果进行了科技评价，由汪洪、王复明、孔宪京等权威专家组成的鉴定委员会一致认为：“项目成果的应用提升了我国水库大坝整体安全水平，保障了水库长期稳定安全运行，并在水库大坝应急抢险中起到了关键作用，为避免水库溃坝成灾提供了多项实用技术支撑。项目成果提升了我国土石坝的安全保障能力，取得了显著的经济社会效益，推广应用前景广阔，达到国际领先水平”。

长江科学技术奖

项目名称：适应长江洪水时空演变的水库群防洪精准调控关键技术

获奖等级：一等奖

主要完成单位：中国长江三峡集团有限公司、华中科技大学、长江勘测规划设计研究有限责任公司、长江水利委员会水文局

全球气候变化和人类活动等变化环境的影响导致洪涝灾害频发，洪水是对社会经济影响最严重的自然灾害，已成为人类的共同挑战。长江洪水复杂多变，危害范围广、破坏力强，为长江安澜和长江经济带高质量发展，长江上中游已建成超大规模梯级水库群，水库群防洪与洪水资源协同利用，是多区域、多阶段、多目标的复杂系统调控决策难题。本项目通过多学科交叉理论研究及工程应用，解决了“洪水演变智能模拟、防洪库容精准调控、洪水资源协同利用、调度运行智慧决策”四个方面的关键技术难题，创建了适应长江洪水时空演变的水库群防洪精准调控理论与方法体系，取得了以下创新成果：

1. 构建了长江干支流洪水“时空演变-分期分类-智能模拟”的全景预测体系

创建了流域性大洪水对应暴雨类型指标体系与多组合多变量洪水遭遇分析模型，构建了洪水分期推求方法与洪水分类定量匹配识别技术，提出了多站点洪水智能生成模拟技术与自适应变参数河道流量预测方法，为梯级水库群防洪调度提供历史和未来洪水的时空演变场景。

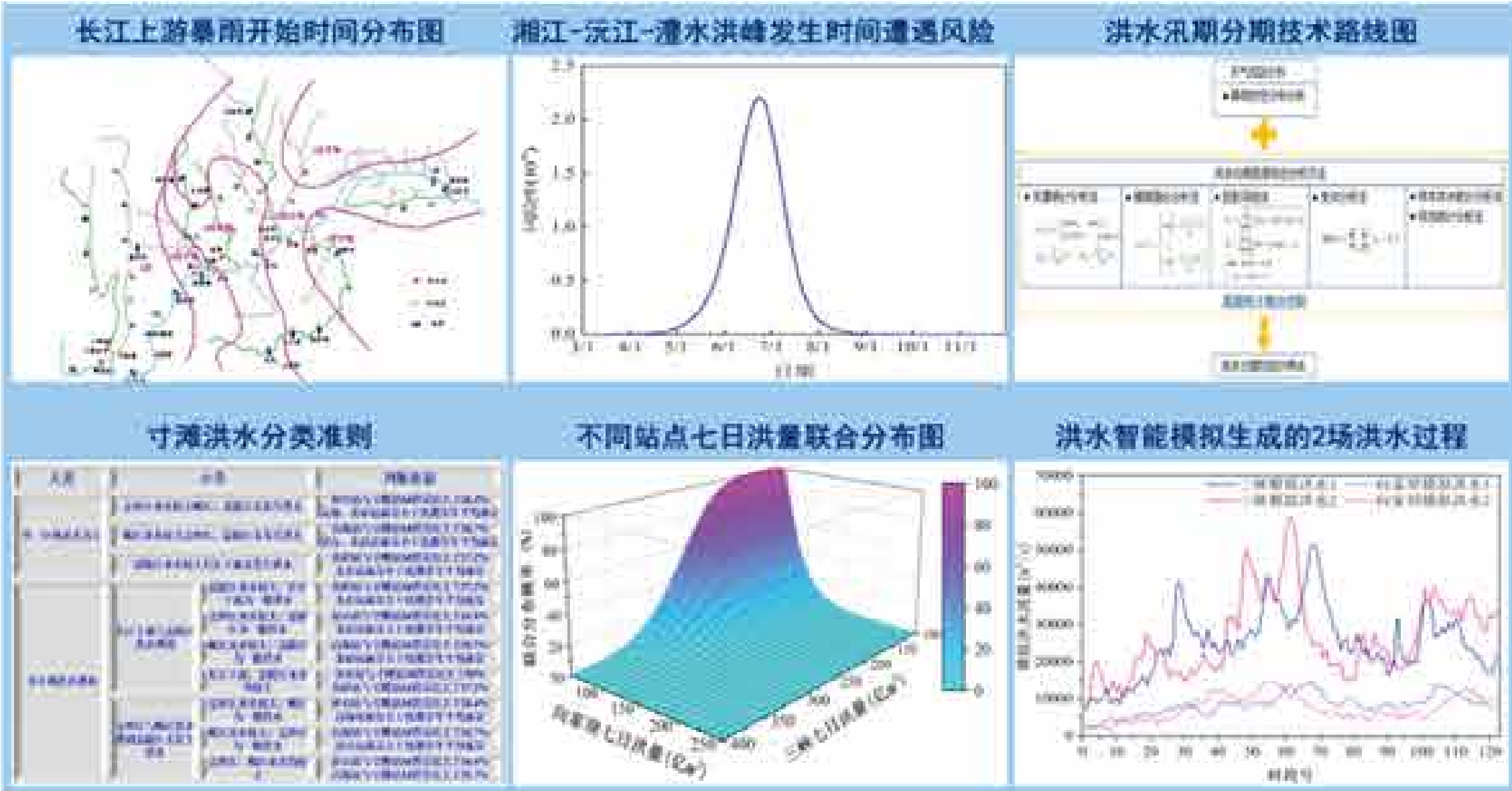
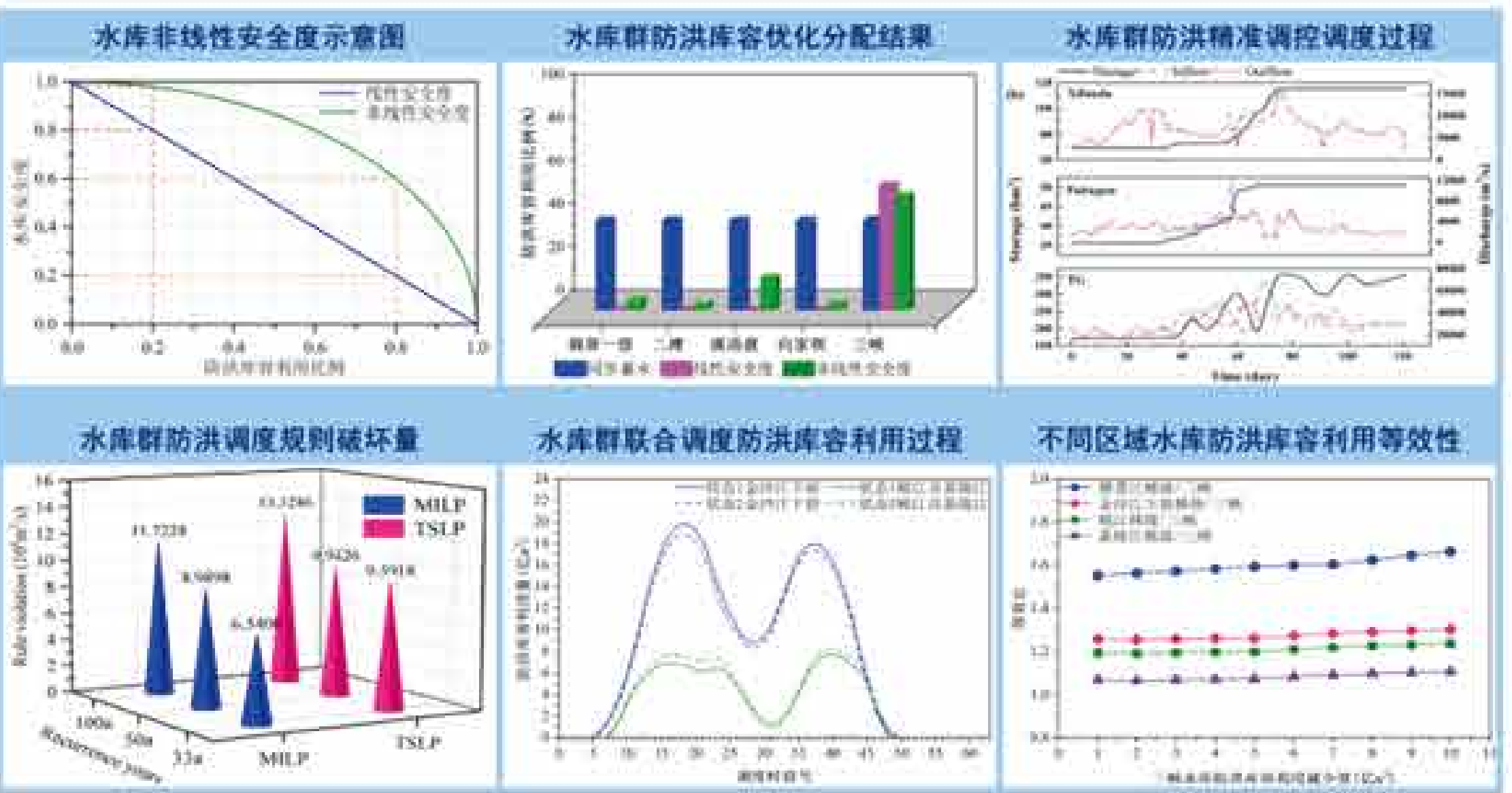


图1 揭示土石坝渗漏发生机理的细观过程

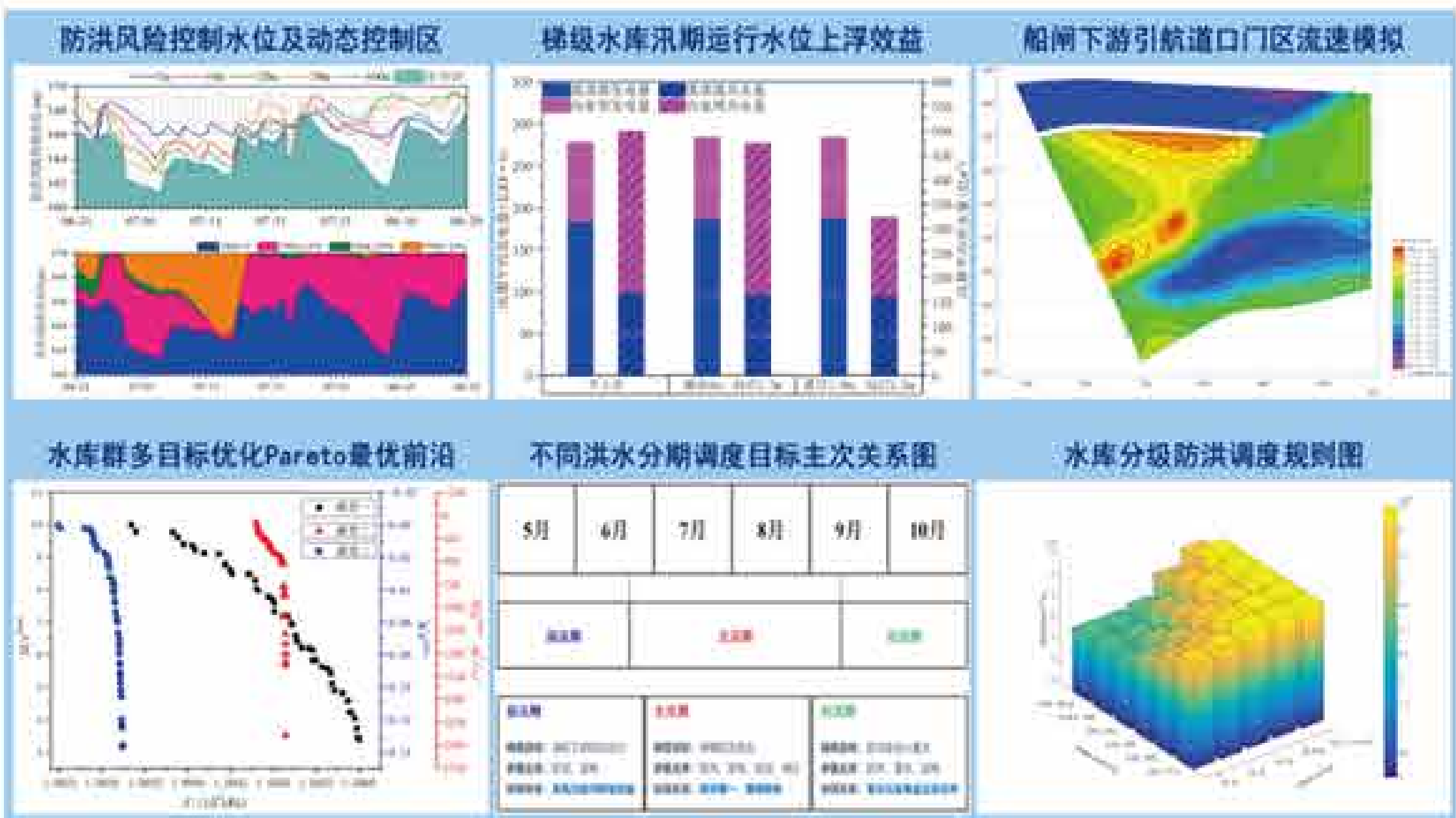
2. 创建了适应洪水演变特性的水库群防洪库容分配利用精准调控方法



首创了水库群非线性安全度防洪库容优化分配方法，构建了耦合洪水预测和调度规则知识的水库群防洪精准调控技术，提出了水库群防洪库容利用等效性定量分析方法，突破了大规模水库群防洪库容精准调控的理论障碍，支撑水库群防洪库容的高效利用。

3. 提出了变化环境下水库群多目标洪水资源协同利用与风险适应性技术

提出了不同洪水分期阶段水库群多重风险评估与运行水位动态调控方法，建立了水库群泄洪、发电、通航多目标联合优化调控方法，构建了面向多区域、多阶段、多目标的水库群洪水资源利用互馈协同调度方法，解决了泄洪、发电、通航、泥沙多目标协同利用调控难题，促进梯级水库群综合效益充分发挥。



4. 研发了长江流域梯级枢纽综合调度运行智慧管理决策系统及应用平台



创新了梯级枢纽综合调度运行多源异构大数据融合与分布式存储管理方法，构建了高可用弹性分布式云原生应用体系及多业务调度模型库，建成了实时多维水模拟与流域梯级枢纽运行管理智慧决策应用平台，突破了决策支持数据管理与多业务模型库微服务及可视化技术瓶颈，支撑水库群调度管理智慧决策及多业务集成应用。

项目成果获授权发明专利13项、软件著作权12项、水利先进实用技术1项，制修订标准规范6项，出版专著6部，发表相关领域学术论文139篇，其中SCI/EI收录71篇，取得了重大的理论突破和技术创新。成果已成功应用到以三峡为核心的长江干支流控制性水库群，其中2019~2021年汛期（7~9月）溪洛渡-向家坝-三峡梯级水库增加发电量94.9亿kW·h，增加经济效益24.9亿元，在洪水防御、洪水资源利用、泥沙调控、通航安全等方面取得了显著的经济和社会效益，有力支撑了长江经济带高质量发展，对其他流域也具有极强的引领示范和推广价值。

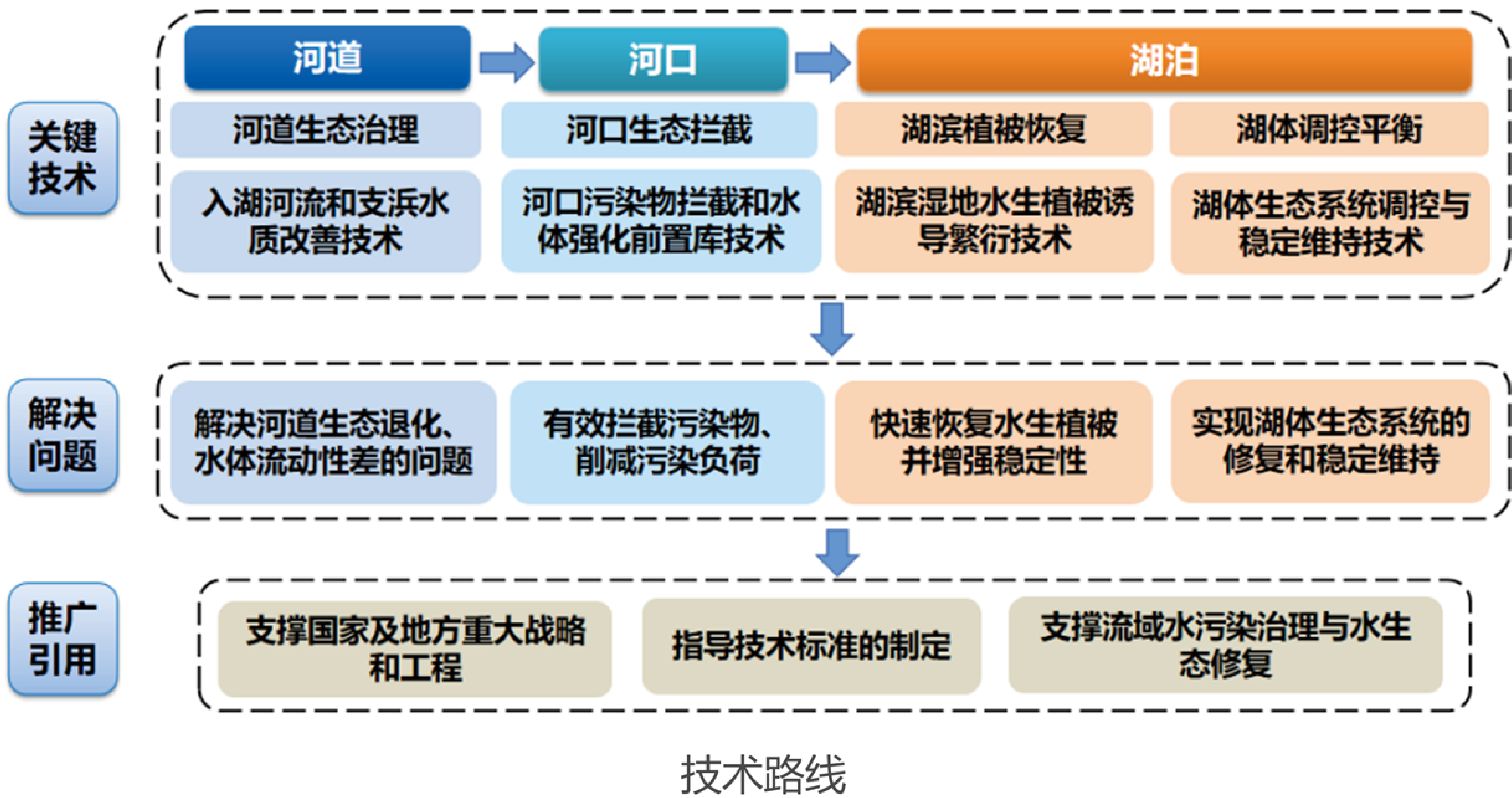
长江科学技术奖

项目名称：平原河网区河湖治理技术与应用
获奖等级：一等奖
主要完成单位：生态环境部南京环境科学研究所、南京中科水治理股份有限公司、中交上海航道勘察设计研究院有限公司

平原河网区水系水污染成因复杂，水污染治理难度大，项目组从河道支滨、入湖河口、湖滨湿地、湖体生态系统四个方面，建立了“入湖河流和支滨水质改善-入湖河口污染物拦截和水体强化净化前置库系统-湖滨湿地制备修复和湿地重建-湖体生态系统调控与稳定维持”技术体系。

项目在河道治理上研发了生态护坡、去除底泥污染及恢复河道水生态环境的技术，解决河道生态退化、硬质驳岸、物种单一的问题；在入湖河流治理上研发了生态导流坝水力调控技术，突破了平原河网区河口前置库系统构建引流、水量分配、净化效率提升技术难点；在湖泊治理上建立了水位波动下湖滨湿地系统构建与稳定维持技术，改良湖滨生境并提高生态系统抗逆幅度，降低了自然风险过后湖滨湿地恢复的管理和维护成本，结合湖体水生植物与生物操纵技术，实现湖体的生态系统修复和稳定维持，为平原河网区水生态环境治理与保护工作提供技术支撑。

项目研发技术在漏湖得到成功示范应用，示范工程TN、TP去除效果提高20%以上，COD达到Ⅲ类水标准，有效削减示范工程区水体叶绿素a浓度，水体生物多样性显著增加。技术成果在安徽十里河、浙江嘉兴南湖、南京江北新区和莫愁湖等地成功推广应用，累计工程影响面积达上万公顷，实现水质提升、生境改善等功能，为水生态文明建设做出重要贡献。



专利：授权发明专利33项，实用新型56项，其中国际专利6项；
论文：代表性论文77篇，其中SCI收录27篇，EI收录15篇，发表中文核心期刊55篇；