附件1

**2025年度湖南省重大水利科技项目申报指南**

**一、基于自适应学习能力的洞庭湖区洪水AI预报模型关键技术研究与应用**

**（一）研究背景及内容**

洞庭湖承泄长江荆江四口分流、湘资沅澧四水和区间来水，洪水组合复杂、洪量大，历来是洪涝灾害频发区域，传统的水文水动力模型在洪水过程的精确预报、时效性上存在不足，亟需研发精准的洪水预报技术，提升防洪减灾信息化水平，推动水利高质量发展。

针对现有洪水预报AI模型难以准确刻画水流路径及水文过程的空间传递特征，导致预测精度不足等问题，以洞庭湖区为研究对象，构建融合流域拓扑结构的图神经网络架构，通过建立河网-湖泊耦合的空间关系图谱，实现水文过程的空间传递建模。在深度学习模型训练过程中，将水文物理约束作为正则化项融入损失函数，增强模型的物理一致性和泛化能力。构建多尺度时空特征提取网络，融合卫星遥感、地面观测、数值预报等多源异构数据，开发具备自适应学习能力的洞庭湖区洪水预报AI模型。建立包含数据预处理、拓扑结构表征、多模态特征融合、深度学习预测、结果可视化于一体的智能洪水预报系统，并将模拟结果与已有水文水动力学模型的结果进行对比验证，为洞庭湖区精准防汛和智慧水利建设提供关键技术支撑。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）基于近40年的历史水文数据（其中30年以上的历史数据用于模型训练，10年以上的历史数据用于模型验证），研发融合流域拓扑结构的洪水预报AI技术，实现洞庭湖区多站点（5个以上）同时洪水预报，预报水位模拟精度大幅提高，模型达到国内先进水平。

（2）研发融合物理约束的洞庭湖区AI洪水预报模型，单次预报时间和分析可视化时间达到分钟级，支持并发预报任务不少于10个，比传统水动力预报模型计算效率提升5倍以上。

（3）形成包含拓扑结构表征、模态分解、深度学习的洞庭湖区洪水预报系统1套。

（4）开展典型历史（1998年、2017年、2020年）洪水过程反演模拟。

（5）申请/授权国家专利1项以上，发表高水平论文2篇以上，授权计算机软件著作权2项以上。

（6）聚焦“水利+人工智能”深度融合，组建一支高水平创新型人才团队，培养青年技术骨干5名、研究生3名。

（7）开展洞庭湖区多站点（城陵矶、南咀、小河咀、营田、湘阴、石龟山、安乡等）洪水预报示范应用。

**二、湖南省水库扩容增效关键技术研究**

**（一）研究背景及内容**

研究紧扣《国家水网建设规划纲要》及省市县水网建设规划，以“存量优化、增量提质”为目标，针对全省水库数量多、现状工情不一等现状情况，开展扩容增效潜力评估技术研究，建立涵盖工程安全、移民影响、生态约束的全省水库挖潜数据库，构建多尺度潜力识别与分级评价模型；分析水库库区淤积规律；研究库区清淤（淤积物资源化利用）、扩容改造、库群联网（动态智能联调）等工程与非工程协同关键技术；构建防洪-供水-灌溉-发电-生态协同效益评估体系，量化挖潜措施对水资源利用效率的提升效果；针对不同水库类型（大型灌溉枢纽、城市水源工程等），分类制定差异化挖潜方案。成果可广泛应用于水利工程改造与运维市场、智慧水利与水务管理市场等领域。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）建成全省水库挖潜增效数据库，覆盖全省95%以上大中型水库，包含工程参数、淤积数据、扩容潜力等10类核心指标。

（2）研发水库挖潜增效技术1套，探索通过扩容改造、水库清淤、水库联网联调等方式，提出因地制宜的水库挖潜增效方案。

（3）研发水库扩容增效综合评价模型1套，支持防洪、灌溉、供水、发电、生态等多维效益评估，评估精度≥85%。

（4）编制《湖南省水库扩容增效方案》，提出10个典型工程示范案例（覆盖不同区域与功能类型）。

（5）申请/授权国家发明专利1项以上，发表高水平论文2篇以上，授权计算机软件著作权1项以上。

**三、基于多模态时序遥感模型的山区小流域山洪灾害链应急监测及预警技术研究**

**（一）研究背景及内容**

针对当前山洪灾害模拟模型未考虑山区小流域降雨-洪水-滑坡（崩塌）-泥石流的链式成灾影响以及传统手段难以实现低成本、大范围的山区基础数据获取难题，以小流域为单元，构建多模态时序遥感方法，形成多模态卫星遥感的山区地形提取技术和基于深度学习的山区复杂下垫面分类技术，为山洪灾害临近预报技术的研发提供技术支撑。通过增设北斗通讯备用信道、测雨雷达等多种预警与监测方式，补齐山洪灾害雨水情监测站网；采用高精度气象数据采集与分析技术，整合卫星遥感、气象站、无人机等多种数据来源，提高洪水洪峰流量预报精度。进一步充分运用现代技术，系统开展山区小流域山洪灾害链应急监测及复合预警技术研究，延长山洪灾害预警的准确性和时效性，进一步完善山洪灾害监测预警体系，提高山洪灾害预警能力，为防灾减灾工作提供重要的科学依据和技术支撑。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）以我省山区小流域典型“暴雨—洪水—滑坡（崩塌）—泥石流”的链式演化过程为研究对象，开展山洪灾害链应急监测及预警关键技术研究；

（2）生成我省山洪灾害高风险区30m分辨率的数字地表模型（DTM）、下垫面分类、渗透及淹没图数据库，分类精度≥80%；

（3）提出极端暴雨条件下山洪灾害链监测预警技术体系构建方案，并开展示范应用，精度达到国内先进水平，为小流域山洪灾害预警精度提升、预见期延长提供支撑；

（4）基于测雨雷达、气象观测站和气象卫星等监测数据，研发0-2小时短临降水预报算法、强对流天气预报算法，积极应对重点区域如暴雨、强对流等突发性天气事件，有效解决短时临近及强对流天气预报预警的及时性和准确性。

（5）申请/授权国家发明专利2项，发表国家级刊物以上论文3篇以上。

**四、水资源优化配置工程TBM隧洞智能建造关键技术及示范应用**

**（一）研究背景及内容**

湖南省2023年提出“四纵三横、一圈两带”现代化水网及20个重大水利工程建设规划，长距离水工隧洞建设需求大增。TBM在长距离水工隧洞建设中应用前景广阔，且契合国家“机械化减人、自动化换人、智能化管控”的科技强安战略。

在此背景下，聚焦我省水库枢纽、引调水工程、灌溉工程等水资源配置长距离水工隧洞工程场景，针对TBM施工掌子面围岩感知不准确、掘进控制主观依赖性强等智能建造难题，拟构建长距离水工隧洞TBM设备选型与施工安全风险评估体系；采集不少于2km的岩体信息、掘进参数等多源异构数据，提出长距离水工隧洞TBM掘进围岩智能感知及掘进效能智能提升技术；研发TBM管片壁后绿色高效充填材料和工艺；建立超小直径TBM长距离独头施工的安全高效掘进技术，构建基于智能化的超小直径TBM少人化/无人化作业系统及技术体系；形成适用于长距离隧洞的TBM安全高效、绿色的智能建造技术，并进行示范应用，以提升我省水资源优化配置工程长距离隧洞智能建造水平，推动水利新质生产力加快发展。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）研发融合多源异构数据的TBM掌子面围岩智能感知系统一套，满足以下技术指标：感知时间≤1作业循环，感知准确率≥95%。

（2）研发物理约束-数据挖掘双驱动的掘进参数智能决策系统1套，满足以下技术指标：掘进效能提升≥30%，刀具磨损降低≥20%。

（3）研发TBM掘进同步注浆新材料及壁后注浆新工艺，满足以下技术指标：一次性充填率≥90%，充填材料成本降低≥20%。

（4）形成湖南省水资源优化配置工程TBM隧洞设计与智能建造技术指南1部。

（5）申请/授权国家专利5项以上，发表高水平论文5篇以上，授权计算机软件著作权2项以上。

（6）培养一支高水平水工隧洞创新型人才团队，培养中青年技术骨干5名。

（7）在湖南省开展不少于10km的水资源优化配置工程TBM隧洞示范应用。

**五、数字孪生水利异构模型智能耦合与协同关键技术研究**

**（一）研究背景及内容**

随着湖南省数字孪生水利建设的深入开展，各项目建设中积累了丰富数据和水利模型，针对项目模型之间存在异构不兼容、耦合适应性不足、多模型协同仿真自适应差等突出问题开展研究。基于我省近3年来数字孪生水利模型建设成果，研发基于统一语义本体与时空基准转换的模型接口标准体系，实现高效、精准的数据交互；攻关水利模型标准化封装技术，确保模型接口的统一性和易用性；研究轻量级服务链技术，以降低模型运行的资源消耗和延迟，提升模型组合与协同的灵活性；研究多源异构模型的智能耦合技术，通过引入AI技术与知识图谱，实现水利专业模型间的智能匹配和语义理解，解决数据语义异构性问题；研究安全可控跨业务模型协同机制，重点解决不同水利业务的协同分析与决策的流程。最终，构建起一个支持高效耦合与跨业务协同的水利模型技术体系。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）形成完整的模型耦合标准体系：涵盖数据接口规范、格式要求、耦合流程等核心内容。标准体系对已接入的常用模型类型（如气象预报、水文预报、一二维水动力、水库调度、灌区调配、河道演进等）的覆盖率达≥90%。

（2）开发模型标准化封装工具，支持主流模型的标准化封装，封装效率提升50%；构建轻量化服务链，降低模型运行资源消耗，模型运行资源消耗降低30%。

（3）实现多模型智能耦合：重点实现气象-水文、测雨雷达-水文、水文-水库调度、水文-灌区调配、水文-河道演进等模型的智能耦合，支撑省级平台对流域的多业务协同。

（4）实现跨业务协同应用示范：基于模型云平台，实现支撑典型跨业务场景（如防汛与灌溉协同、灌溉与供水协同等）的模型协同工作机制。

（5）申请/授权国家专利1项以上，发表论文不少于2篇，授权计算机软件著作权2项以上。

（6）聚焦“水利+数字孪生”深度融合，组建一支高水平创新型人才团队，培养青年技术骨干5名。

**六、复杂赋存条件下输水建筑物隐伏病害形成机理与集成探测装备研究**

**（一）研究背景及内容**

大量隧（涵）洞、渡槽、倒虹吸管、电站引水（尾水）管路等输水建筑物，运行期面临极端天气与超标准载荷叠加等因素影响引发多类病害，针对引起的隐伏病害形成机理不明、早期精准诊断能力不足、目前智能探测技术不成熟等突出问题开展相关研究。建立我省重要输水建筑物近5年的病害样本数据库，重点探明主要隐伏病害形成与演化机理，建立各类隐伏病害评估标准；开展基于电磁法的洞室隐伏病害探测方法与装置研究，完成表观探测车与隐伏病害探测装置元器件选配及系统集成，通过现场适应性试验优化装备性能；构建基于机器视觉技术、深度学习方法的病害智能识别模型，实现病害部位、类型、范围的系统呈现，并快速分析判断隐伏病害的程度、风险，形成检测结论；选取典型工程开展示范应用，形成可推广的隐伏病害智能诊断系统解决方案。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）研制一套适应复杂地形并搭载电磁发射装置和红外可见双光相机的输水建筑物隐伏病害集成探测机器人，主要技术参数达到国内先进水平，可实现三维可视、自主导航、自主避障等功能，洞室隐伏病害有效探测深度≥10m、探测速度≥1km/h、探测覆盖率≥90%、续航能力≥8小时。

（2）构建隐伏病害历史数据库，结合监督学习和非监督学习的方式建立神经网络的隐伏灾害智能评估模型，开发输水建筑物隐伏病害智慧识别系统，快速探测模式下分辨力≥90%、病害定位精度±0.25m、裂缝识别精度为毫米级。

（3）开展典型工程示范应用2项以上。

（4）发表高水平学术论文3~5篇；申请专利或登记软件著作权3项以上。

**七、堤坝坝体-坝下涵管智能感知巡检装备研发与数字化运维应用**

**（一）研究背景及内容**

我省已建成水库1.3万余座，堤防总长1.26万公里，历年防汛抢险工作表明，堤坝渗漏、管涌、滑坡等险情时有发生。堤坝巡查是防汛工作的重要基础，主要依赖人工，存在巡检效率低（3km/人/天）、盲区多（如坝下涵管/水下区域）、风险高（汛期恶劣环境）等问题，难以有力支撑堤坝巡查工作，加之堤坝险情隐患往往发展迅猛，将堤坝安全防守关口前移，掌握抢险的主动性，是我省科技赋能防汛和保障水库安全的迫切需求及发展趋势。

针对现有堤坝巡检查险技术手段地形适应性差、隐患识别样本少、智能化程度低等问题，通过机器人搭载可见光、红外热成像、温度和压力感知设备，实现堤坝坝体及坝下涵管环境的全面快速感知；根据堤坝及涵管表观典型隐患特征，构建多源融合隐患识别体系，建立表观隐患特征数据库；研制复杂环境机器人自适应底盘，适应泥泞、碎石、淤泥等复杂地形；开发基于深度学习的隐患智能识别系统，融合可见光、热红外、温度、压力等多模态数据，支持表观隐患精准定位、隐患评估；开展示范应用，选取省内典型堤坝及坝下涵管进行现场试验和人工比测，检验机器人的地形适应能力和系统可靠性。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）研制适用多种坝型及涵洞的智能巡检设备一套，主要技术参数达到国内先进水平，支持搭载可见光、红外热成像、激光雷达和压力传感等感知设备，巡检效率≥8000m2/h。

（2）研制适用于复杂环境（陡坡、泥泞、急流、坑洼、淤泥）的机器人底盘，采用轮腿复合驱动，支持不少于45°泥泞陡坡（打滑率≤10%）、浅滩水域抗缠绕推进。

（3）开发可见光-红外-温度-压力多模态融合采集系统，突破阴雨反光及植被遮挡限制，达成2mm裂缝分辨率（检出率≥95%）及0.2℃级渗流温差灵敏度（误判率≤8%）。

（4）构建北斗、超宽带、惯性导航多源融合定位平台（精度±0.1m），研发基于实时风险熵值地图的路径规划算法，避障成功率≥90%。

（5）研发基于深度学习的智能识别模型一套，实现堤坝及涵管表观渗漏（渗水）、裂缝、坑洞的有效识别，识别准确率≥85%，并支持准实时成图。

（6）申请/授权国家发明专利3项以上，发表高水平论文3篇以上，授权计算机软件著作权3项以上。

（7）培养青年技术骨干2~3名。

（8）开展不同类型堤坝及坝下涵管示范应用

**八、基于一体化推进水土保持工程建设的生态产品价值实现及投入循环机制研究**

**（一）研究背景及内容**

立足一体化推进水土保持工程建设，针对我省水土保持生态产品价值实现存在的制度、产品培育、实现路径及基础研究等方面的薄弱环节，进一步推动水土保持投入循环，揭示典型水土保持措施对生态产品价值实现的影响机制，研发水土保持生态产品价值提升关键技术。聚焦物质供给、调节服务、文化服务三类生态产品功能，凝练水土保持生态产品培育模式；以水土保持生态产品供给能力提升为核心，创建水土保持生态产品培育评估体系；创新机制，探索建立水土保持生态产品价值实现、投入循环机制；开展水土保持生态产品价值转化交易应用示范，实现转化交易。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）研发湖南省水土保持生态产品价值提升关键技术不少于10项，提升水土保持生态产品价值不低于5%。

（2）凝练水土保持生态产品培育模式不少于3种，须涵盖物质供给、调节服务、文化服务3类。

（3）创建湖南省水土保持生态产品培育评估体系，包含评估方法、评估指标等。

（4）建立基于水土保持一体化建设的创新机制，包含生态产品价值转化、水土保持投入循环等。

（5）开展水土保持生态产品价值转化交易应用示范，其中培育水土保持生态产品不少于6个，完成水土保持生态产品转化交易不少于3笔。

（6）制定湖南省一体化推进水土保持工程建设项目全过程指导手册1套，须包含工程建设思路、举措、项目储备指导意见、实施方案编制要求等。

（7）申请/授权国家发明专利不少于1项，发表高水平论文不少于3篇。

（8）聚焦“水土保持+生态产品培育”特色领域，组建一支高水平实践创新型人才团队，培养青年技术骨干5名。

**九、环洞庭湖区水稻节水灌溉制度优化及灌溉预报技术研究与示范**

**（一）研究背景及内容**

灌溉制度优化和灌溉预报是落实“藏粮于地、藏粮于技”和“节水优先”战略的具体举措。环洞庭湖区水稻生产面临极端气候频发、灌溉方式粗放、水分生产效率低、灌溉需水预报模型缺失等突出问题。以环洞庭湖区为研究区，基于水稻稳产保产和提质增效，探寻灌溉对粮食生产的贡献率，通过2年田间水稻“控灌中蓄”节水灌溉制度试验，开展水稻“控灌中蓄”节水灌溉制度技术与经济评价，提出水稻关键生育阶段灌溉水层深度和灌溉上下限参数，以及适合环洞庭湖区的水稻“控灌中蓄”优化节水灌溉制度；阐明水稻关键生育期旱涝胁迫下灌溉制度，优化提出持续旱涝胁迫下水稻关键生育期灌排上下限等参数阈值及应急灌溉制度；定量分析水稻关键生育期控制灌溉（田间水层深、土壤含水量）和控制排水（田间水层深）等对其生理生长、光合作用与干物质、产量与品质的响应规律，揭示水稻需耗水及耐旱耐淹特征，阐明水稻稳产提质增效和节水保产机制；基于不同灌溉制度，耦合水文气象资料、田间水层深、土壤墒情与蒸散发模型等，引入深度学习算法、神经网络等技术构建水稻灌溉需水预测模型和灌溉预报模型；综合考虑环洞庭湖区水稻干旱胁迫情境，建立和完善该区域水稻节水服务体系，开展水稻“控灌中蓄”优化节水灌溉制度和关键技术集成示范。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）提出水稻“控灌中蓄”关键生育阶段灌溉水层深度和灌溉上下限参数，以及适合环洞庭湖区水稻“控灌中蓄”节水灌溉制度和应急灌溉制度各1项；

（2）阐明水稻生理生长、光合特性、产量品质与其需耗水、耐旱耐淹胁迫的响应规律，揭示水稻需耗水及耐旱耐淹特征，阐明水稻稳产提质增效和节水保产机制；

（3）实现水稻灌溉水分生产效率提升10%以上，节约用水10%以上；

（4）基于10年以上历史数据，研发环洞庭湖区灌区精准灌溉预报模型1套，模型达到国内先进水平；

（5）发表高水平论文5篇以上，其中SCI/EI论文2篇，申报专利4件；

（6）建立环洞庭湖区水稻高效节水灌溉技术示范基地2个；

（7）组建一支专业化农业节水技术服务队伍，培养青年技术骨干5名，研究生2名。

**十、湖南省水生态产品价值实现路径及示范研究**

**（一）研究背景及内容**

习近平总书记在党的二十大报告中明确提出“建立生态产品价值实现机制”，中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》也强调加快完善实现路径。但湖南省水生态产品价值实现存在“度量难、抵押难、变现难”三大困境。

项目聚焦水生态资源资本化与市场化领域，通过水生态资源产权交易市场、绿色金融市场、生态旅游与环境服务市场等多个场景，开展水生态产品分类与价值实现研究。明确水生态产品定义、界定范围、优化分类方法，建立标准化分类体系；构建价值核算体系，融合实物量和价值量核算方法，搭建覆盖物质供给、调节服务、文化服务三大服务的多项细分指标价值核算模型，实现价值核算精准量化；探索多元价值实现路径，从市场化交易、金融产品创新、产业融合发展、生态补偿机制等维度，提炼适配湖南的价值转化模式；选择典型产品或典型区域开展示范研究，为全国水生态产品价值实现提供“湖南方案”。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）建立“固定+可选”目录更新机制，编制一份全省的水生态产品目录清单。

（2）建立省域统一水生态产品价值核算体系，为市场化交易提供精准“价值标尺”，编制《湖南省水生态产品价值核算指南》。

（3）开发一套标准化、本地化的湖南省水生态产品价值核算模型，实现对湖南省水生态产品物质供给、调节服务、文化服务价值的精准量化。

（4）研究河道砂石资源等生态产品的全链条价值实现路径和转化机制。

（5）发表高水平论文5篇以上，申请国家专利或计算机软件著作权3项以上。

（6）组建一支高水平创新型人才团队，培养青年技术骨干5名。

（7）选择典型产品或典型区域进行水生态产品价值实现示范研究，为水生态产品价值实现提供实证参考与示范。

**十一、闸坝型智能大坝建设质量管控关键技术研究**

**（一）研究背景及内容**

面对目前闸坝建设中高质量发展要求，针对目前劳动力密集型建设管理模式下质量提升瓶颈，综合运用BIM、IOT、AI、大数据、数字孪生等新一代信息技术，开展基于依托物联网、AI算法的智能监测研究，提升现场施工进度、安全隐患、质量问题的识别效率；开展闸坝混凝土“一条龙”智能质量管控体系研究，针对混凝土浇筑过程中的问题，研发基于视觉的混凝土备仓智能验收、骨料自动拌合上料系统，以及面向闸板的智能振捣、温控、验评等关键技术，实现混凝土从备仓验收，到拌和、入仓、振捣、温控、验收评价的全过程智能化监管；研究机电设备安装控制技术，深度融合BIM与VR/AR/MR等视觉处理技术，构建沉浸式、交互式、精准化的机电设备虚拟安装环境，实现安装流程可视化预演，降低错误率。开展闸坝智能建造规模化示范应用，实现区域推广。

**（二）技术要求及预期成果**

（1）研发形成此类坝形智能大坝建设质量管控的理论体系一套，成果可直接用于其他闸板工程建设，可赋能工程质量管理。

（2）研发可直接推广应用的基于AI的工程施工进度和安全隐患的识别系统一套，实现施工现场各类元素（闸墩浇筑高度、安全帽佩戴）的有效识别，识别精度≥85%。

（3）研发一套可直接推广应用的混凝土备仓智能验收系统，实现钢筋网绑扎中的绑扎间距、漏绑节点等的准确识别，识别精度≥80%，研究成果达到国内先进水平。

（4）发表核心期刊级别以上论文5篇以上。

（5）申报专利1-2项，软件著作权3-5项。

（6）培养一批高层次科技人才，联合培养研究生1-2名。

（7）相关关键技术直接应用于1个及以上的闸坝型大坝。