

2. 一等奖成果

2.1 气候变化对旱涝灾害的影响及风险评估技术

➤ 简要信息

【获奖类型】应用一等奖

【任务来源】全球变化研究国家重大科学计划，国家重点基础研究发展计划（973计划）

【课题编号】2010CB951102

【课题起止时间】2010年6月~2014年8月

【完成单位】中国水利水电科学研究院

河海大学

东北师范大学

东华大学

南京水利科学研究所

【主要完成人】严登华、王浩、张建云、杨志勇、钟平安、赵勇、宋新山、张继权、翁白莎、鲁帆

➤ 立项背景

黄淮海地区是我国重要的经济中心和粮食生产基地，由于独特的地理位置和气候条件，黄淮海地区洪涝和干旱灾害频发、损失较大。近五十年来，在以全球变暖为主要背景的气候变化下，黄淮海地区的海河和黄河流域出现了降水的大幅度衰减，同时气候系统稳定性下降，使黄淮海地区干旱、洪涝等极端气候水文事件的发生频率、影响范围和影响程度都有所增加，造成了较大的灾害损失，成为影响国家中长期发展战略的重要风险之一。

为了科学评估气候变化对黄淮海地区旱涝的影响、预估未来风险，以保障气候变化背景下黄淮海地区的可持续发展，2010年科技部在“全球变化研究国家重大科学研究计划”中启动了“气候变化对黄淮海地区水循环的影响机理和水资源安全评估”项目，并将“气候变化对旱涝灾害的影响及风险评估”作为独立课题开展研究，重点针对气候变化背景下旱涝灾害发生了什么变化、为什么会发生

这样的变化、将来会怎么变、会产生什么影响、如何应对等几个问题开展理论与技术研究。

➤ 详细科学技术内容

围绕项目总体研究目标,本课题构建了气候变化背景下旱涝灾害识别及风险应对理论与方法体系,深入开展气候变化对黄淮海地区旱涝灾害的驱动机制研究,并据此进行区域旱涝灾害的风险评估与风险综合应对,取得了四项最主要成果:

(1) 黄淮海地区多尺度旱涝灾害演变规律

基于 500 年历史文献记录构建了百年尺度旱涝灾害评价指标及等级标准;从水资源系统的角度,综合考虑区域供水与需水特性,提出了“适宜需水量”的概念,并构建了干旱评价的通用模式,该模式既可以用于评价雨养区、灌溉区、河湖湿地等典型类型区的干旱情况,还可以评价区域整体的干旱特征,此外,该模式的评价结果具有时间和空间上的可比性。研究淮河流域洪涝时空分布规律,并分析降水集中度和降水集中期与洪涝的关系。

(2) 黄淮海地区旱涝灾害演变的驱动机制

本成果通过实验室模拟、田间尺度观测、区域尺度等多尺度实验研究,揭示黄淮海地区典型生态系统的旱涝孕灾机理,为旱涝灾害机理模拟、旱涝灾害风险评估提供机理型参数和基础数据,为构建基于孕灾机理的旱涝灾害应对策略提供理论依据。

以变化环境下“自然—人工”二元水循环过程为主线,构建基于水资源系统的广义干旱及灾变模式,并选取典型流域对旱灾的驱动机理进行分析;提出基于产汇流过程与水动力过程相耦合的洪涝灾害全过程孕育理论,选取唐乃亥、东湾、滹沱河、平山、淮河上游息县为典型流域,分别利用相应的模型进行洪涝灾害的驱动模拟研究,并采用数字信号处理的方法,对黄淮海地区三级区的洪涝事件和洪涝灾害形成机理进行分析。

(3) 气候变化背景下黄淮海地区旱涝灾害风险评估与预估

本成果通过对气候模式模拟的历史降水量特征与实测值的对比分析,评估了不同模式在黄淮海地区对降水量均值和极值的模拟效果,提出了未来生长季降水和暴雨的预估方法;基于 RCPs 情景下多模式预估成果,以水资源三级分区为基

本单元，分析了未来黄淮海地区暴雨、生长季降水的可能演变趋势，评估了典型流域设计洪水、干旱的可能变化。阐述灾害风险区划理论和区划方法，基于不同情景制订黄淮海地区旱涝灾害风险的等级区划和类型区划，并在此基础上制订黄淮海地区旱涝灾害的风险综合区划，为旱涝灾害风险应对提供技术支撑。

(4) 黄淮海地区旱涝灾害风险综合应对

结合黄淮海地区旱涝演变规律、驱动机制和未来风险预测结果，构建了气候变化背景下黄淮海地区基于旱涝灾害孕育过程的三层风险调控理论和思路，提出了黄淮海地区旱涝风险的整体和分区应对策略，从灌区水资源利用效率、水库库容、蓄滞洪区、堤防、预警预报能力、水资源应急调度、洪涝调度等方面提出风险应对具体措施，并针对各流域不同旱涝风险区特点，提出了相应的具体工程措施和非工程措施，经三层风险调控后，基本能实现未来黄淮海地区旱涝风险有所降低，应对气候背景下旱涝风险的能力增强，旱涝高风险区对国民经济影响程度小，中风险区灾害风险在可控范围内，低风险区灾害损失最小，并尽量减少成灾几率的目标，为黄淮海地区旱涝风险应对提供了重要依据。

此外，本课题累计发表学术论文 273 篇，其中 SCI 检索论文 68 篇，EI 检索论文 66 篇；出版论著 9 部，编撰图集 1 册；培养博士后、博士、硕士共 81 人；申报专利和软件著作权 22 项。主要参加人员有 1 人入选国家高层次人才特殊支持计划青年拔尖人才，有 1 人担任 IPCC/AR5 作者，7 人获国家级荣誉称号，10 人获得晋职，形成了一支年轻的气候变化流域研究团队。

➤ 发明及创新点

本成果在理论方法、技术应用等方面取得了三项主要的创新性成果：

(1) 基于广义水平衡演化的区域旱涝事件评价理论与方法体系。通过流域水循环、多类型干旱、暴雨-产汇流-防洪工程调度-风险分析的全过程综合研究，实现了气象干旱、水文干旱、农业干旱以及联系社会经济的统一评价，科学的反映旱涝事件的特征；

(2) 基于“分解—耦合”模式的黄淮海地区旱涝灾害系统多尺度孕育机理。通过实验模拟、田间原型观测以及区域数据统计分析，定量分析了单因子对旱涝灾害演变的驱动，识别了多因子对旱涝灾害演变的耦合驱动，科学揭示了多因子耦合的旱涝灾害孕育机理；

(3) 基于三层风险评估的黄淮海地区旱涝灾害风险应对。基于旱涝事件演变规律、驱动机理及发展趋势预估,通过充分暴露旱涝灾害风险、调整社会经济布局和降低脆弱性、优化工程布局与调度管理等三层风险评估,明晰了区域旱涝灾害风险应对重点,提出了整体风险的应对策略。

委托水利部信息研究所进行的查新结果表明,这三项成果在国内外公开文献中均未见相同的文献报道。水利部组织的鉴定中,一致认为该成果“整体达到国际领先水平”。

➤ 与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较

与国内外同类技术比较,本成果在旱涝多时空尺度演变规律、气候变化下旱涝灾害的驱动机理、旱涝灾害的风险评估和风险应对等三个方面具有显著优越性,具体表现为:

(1) 旱涝多时空尺度演变规律

本成果与国内外同类技术比较优势体现在三个方面:在研究对象方面,以往以干旱或者洪涝单一类型事件分析较多,对气象、水文等自然过程关注较多,本成果基于“自然—人工”二元水循环系统,以多尺度多类型干旱、暴雨过程-产汇流-防洪工程调度-风险分析全过程、大范围的旱涝急转为研究对象;在研究范围方面,以往对区域笼统的干旱洪涝分析较多,本成果针对不同生态类型进行分布式分析;在研究资料方面,以往以单一的观测资料或单一历史记录、树轮等代用资料研究较多,本成果基于多类资料集成、多元数据同化、多种情景模拟。

(2) 旱涝灾害演变驱动机制

本成果与国内外同类技术比较优势体现在三个方面:在研究对象方面,以往研究主要考虑气候变化本身影响,本成果综合考虑了气候变化,旱涝灾害形成的农作物天然生态系统抗旱抗涝能力,水利工程调节和水资源开发利用对旱涝灾害的调节能力;在研究方式方面,以往研究往往基于典型实验分析,本成果综合了实验模拟、田间原型观测、区域数据统计和数字信号系统分析;在研究尺度方面,以往研究是宏观、微观尺度单独研究,本成果是“宏观—中观—微观”多尺度耦合研究。

(3) 气候变化下旱涝灾害的风险评估与风险应对

本成果与国内外同类技术比较优势体现在两个方面:在风险预估方面,以往

研究主要集中于水资源量等平均量的预估，基于单因子风险概率评估，针对单一的干旱或洪涝风险，本成果集中于对干旱、洪涝等极端过程的研究，针对多尺度多因子灾害，是对干旱和洪涝风险的统一评估；在风险应对方面，以往研究多以管理措施为主，本成果是对水资源系统整体角度的干旱、洪涝综合应对的研究。

➤ 成果应用情况及社会效益

课题主要针对“气候变化对旱涝灾害的驱动机制”这一关键科学问题开展研究，成果已经被七大江河流域、部分内陆河区的水利主管部门、水利设计单位以及国家气候中心参考和应用，初步显现了该项成果的科学支撑作用，取得了显著的经济效益和社会效益。

成果还能够应用于流域综合规划、河道整治与蓄滞洪区规划、干旱和洪涝灾害防治规划等领域，具有广泛的推广应用前景，有望在气候条件类似的国家和地区推广应用。

