

## 干旱气象科学研究-我国北方干旱致灾过程及机理

【项目编号】GYHY201506001

【研究周期】2015年1月-2018年12月

【国拨经费】4999万元

【项目负责人】李耀辉

【项目骨干成员】封国林，李明星，马柱国，侯威，李栋梁，郝立生，冯建英，张宇，王润元，王鹤龄，张凯，赵福年，齐月，周广胜，石耀辉，张铁军，袁星，张宏昇，任余龙，何清，杨兴华，孟宪红，王澄海，黄建平，侯琼，郭锐，王劲松，胡蝶，王芝兰，张存杰，姚玉璧，范广州，张强（信息中心），杨和平，胡正华，陆尔，肖宏斌，张晓煜，肖国举，刘荣花，王志伟，薛晓萍，李春强，唐亚坤

【项目承担单位】中国气象局兰州干旱气象研究所

【项目协作单位】

1、国家气候中心 2、中国科学院大气物理研究所 3、中国气象科学研究院 4、兰州大学 5、南京信息工程大学 6、成都信息工程学院 7、宁夏大学 8、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 9、国家卫星气象中心 10、北京大学 11、国家气象中心 12、国家气象信息中心 13、中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所 14、青海省气象科学研究所 15、河南省气象科学研究所 16、山西省气候中心 17、山东省气候中心 18、内蒙古自治区气象科学研究所 19、天津市气候中心 20、河北省气象科学研究所 21、中国科学院水利部水土保持研究所 22、宁夏回族自治区气象科学研究所

【主要研究成果】

在我国北方构建了干旱气象综合观测试验体系（图 1），形成了从新疆—西北中部—华北广大范围的“V”字型观测布局，开展了“空-天-地”协同观测，构建了我国北方（干旱半干旱）陆-气互馈和干旱致灾过程综合观测试验系统，充分利用了地面-航空-卫星等多尺度监测数据的互补优势，发展了基于多因子驱动的干旱演变过程分析模型；建立了多源遥感数据之间相互订正和尺度转化的方法，实现了干旱发展过程关键参数的定量持续监测和模拟；开展了干旱发展演变的时空特征和形态分析，从量化角度突破现有定性监测的不足，提出了基于多源数据互补的干旱过

程定量监测与模拟分析技术。并针对该区域干旱发生发展过程中陆-气相互作用机理、干旱的致灾和解除过程特征、干旱指数的区域改进等方面进行了连续观测试验，在区域多时间尺度干旱形成的物理机制、重大干旱形成、发展的物理概念模型、农业干旱风险评估模型及干旱风险区划取得了一些新的研究进展。

基于项目典型草原区观测数据建立了气象干旱适宜指标与土壤水分的关系模型，利用项目加密观测资料进行了干旱半干旱区的陆面参数观测分析，基于项目观测试验数据进行了以马铃薯为研究对象的干旱致灾过程及机理研究，根据项目试验数据揭示了干旱对不同品种玉米叶片光合特性的影响机制。同时，提出了北方极端干旱事件的可预报性新思路，揭示了气候变化人为因素加剧骤发干旱的新特征；得到了基于 Copula 方法的中国地区干旱年代际变化新成果；给出了干旱半干旱复杂下垫面地-气交换规律新事实；基于项目观测试验数据，以马铃薯为研究对象进行了干旱致灾过程及机理研究，分析了干旱发生发展过程对马铃薯的影响，阐明不同发生时间、强度和持续时间的干旱对其生理生态、形态特征、产量形成等的影响，初步确认了马铃薯生长对干旱响应的敏感指标；确定了各指标受损的土壤水分下限阈值，提出了适宜的土壤水分亏缺诊断深度；基于项目试验数据揭示了干旱对不同品种玉米叶片光合特性的影响机制，发现复水能在一定程度上缓解玉米干旱胁迫，使光合能力有一定程度的恢复，但仍没有达到其对照的水平；基于项目典型草原区观测数据建立了气象干旱适宜指标与土壤水分的关系模型，探讨了前期气象干旱对后期土壤湿度的影响，构建了不同季节土壤湿度多元线性回归预测模型，初步确定出气象干旱指标阈值，为实现气象干旱与土壤干旱的有机结合提供依据和参考，也为当地牧业旱情的定量监测提供技术支撑；创建了陆面过程模式中水热传输完全耦合新方案，探究了多时间尺度陆-气耦合及其对 S2S 预测的影响，促进了干旱半干旱区域模式系统发展。开展了变暖背景下我国北方干旱灾害风险预估及对策研究，主要包括：未来不同气候变化情景下我国干湿气候变化趋势预估、东北地区干旱危险性预估、我国典型玉米种植区干旱危险性预估（图 2）、淮河流域粮食作物干旱气候风险预估；华北平原冬小麦因旱减产气象保险指数研究；给出了我国未来面临的气象灾害风险以及在灾害风险管理方面需要努力的方向。

全国干旱信息集成与数据共享平台（图 3）的研发，是在整合了集成干旱试验区内的全部气象台站长期业务观测资料、科学考察试验资料、融合和同化分析产品、卫星遥感气候产品的基础上，对信息进行分类，采用数据库技术，构建基于分布式计算环境的干旱监测早期预警及多源干旱信息专题数据库，研发数据管理系统。该平台利用了中国气象局已建的气象云（CMA-Cloud）基础 IT 资源，

与气象云共享硬件资源和系统软件资源。

### 【成果应用情况】

建立了气象干旱综合监测指标 MCI，发展了基于作物模型、地面观测、卫星遥感观测的干旱综合监测评估技术，开展了我国北方主要农作物干旱灾害影响定量化评估。具体成果包括：发布《气象干旱等级》国家标准，制定《区域性干旱过程监测》行业标准，建立了干旱监测评估业务系统，开展全国气象干旱逐日监测；基于 EPIC 作物生长模型，运用全局优化算法，分别建立了华北地区冬小麦、夏玉米以及北方地区春玉米旱灾损失定量评估模型；基于 SVDI 指数，开展了吉林省中西部地区干旱识别及干旱危险性分析；利用遥感信息对 WOFOST 模型的参数进行优化，建立了遥感信息与作物模型相结合干旱监测评估技术。构建了我国干旱灾害动态风险评估模型和指标体系，发布《玉米干旱灾害风险评价方法》行业标准，开展了我国北方主要农作物干旱灾害风险评估，建立了农业旱灾风险区划技术。具体成果包括：我国北方冬小麦和春玉米干旱灾害风险评估；中国北方干旱灾害脆弱性评估；东北地区玉米旱灾危险性和脆弱性评价；基于 CERES-Maize 模型的吉林西部玉米干旱脆弱性动态评估；西北半干旱区玉米干旱脆弱性分析；黄淮海区域冬小麦和夏玉米干旱灾害风险评估；甘肃省、陕西省、河南省等地干旱灾害综合风险分析；基于 Copula 函数及 EPIC 作物模型的农业旱灾风险区划研究。2015 年 7 月 30 日中国气象局上报给国务院的决策服务材料《我国贫困地区气候资源及气象灾害特点分析》中引用了张存杰等人的“全国干旱危险性评估”研究结果，该材料获得中央领导批示。2015 年 8 月 22 日中国气象局上报国务院办公室的《重大气象信息专报》，题目为“夏季华北降雨偏少，部分地区出现旱情，预计未来降水仍较少，旱情将持续发展”，该材料获得中央领导批示，张存杰为该材料的主要完成人。在总结干旱监测预警和灾害风险评估成果的基础上，2019 年 6 月 12 日主笔编写完成的《全球变暖背景下我国干旱灾害风险增大，应高度重视对粮食安全的影响》决策咨询报告经中国气象局应急管理办公室上报，该材料获得中央领导批示。“气候变化影响评估与服务系统”已经在中国气候公报、气候变化监测公报、中国气候变化蓝皮书、气象灾害影响评估、全国气候影响评价、气象应急服务材料等日常业务中得到广泛应用，为 IPCC 等气候变化外交谈判提供技术支撑，为中国气象局的气候通、气候业务网等提供 1000 多种定常产品。2016 年 6 月该系统部署在国家气候中心云平台服务器上，业务人员只需通过桌面显示终端，可随时随地的连接到远程服务器开展业务工作。该系统通过云平台已推广应用到全国 31 个省级气候中心，在我国气象灾害的监

## 公益性行业（气象）科研专项项目成果信息速递

测、预测、影响评估等方面发挥了重要的作用，从多个方面提升了我国气候变化影响评估与服务能力。该系统在内蒙古、甘肃、新疆、辽宁、西藏等多个省级业务单位推广应用，效果良好。遥感干旱监测背景数据集和 FY-3 微波土壤水分干旱监测指标在国家卫星气象中

心国内外重大干旱事件及“一带一路”域内的监测与决策服务中发挥了重要作用，参与编写或监测信息被国家卫星气象中心参与国家气象中心牵头撰写的决策服务材料“阿富汗干旱及影响分析”（本材料报送阿富汗大使馆，2018 年 10 月 16 日）、中央气象台《两办刊物信息》133 期和 148 期、国家气候中心《重要气候信息》2015 年第 113 期、国家卫星气象中心《气象卫星监测综合分析报告》，2018 年第 1 期、国家卫星气象中心《一带一路遥感服务专报》，2017 年第 5 期。

### 【成果代表图片】

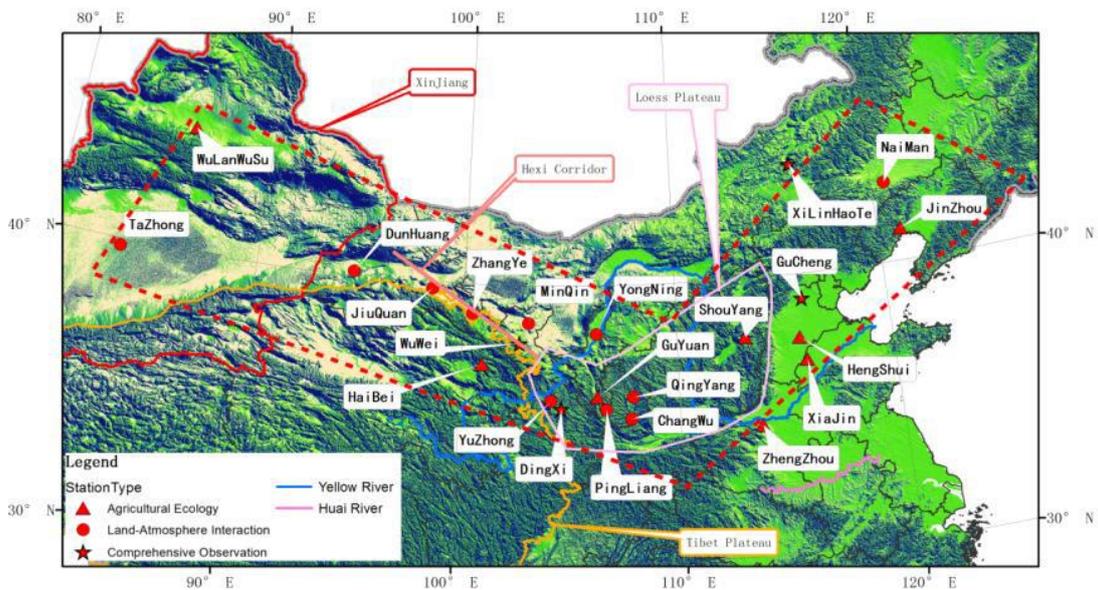


图 1 干旱气象科学研究外场观测试验站网布局

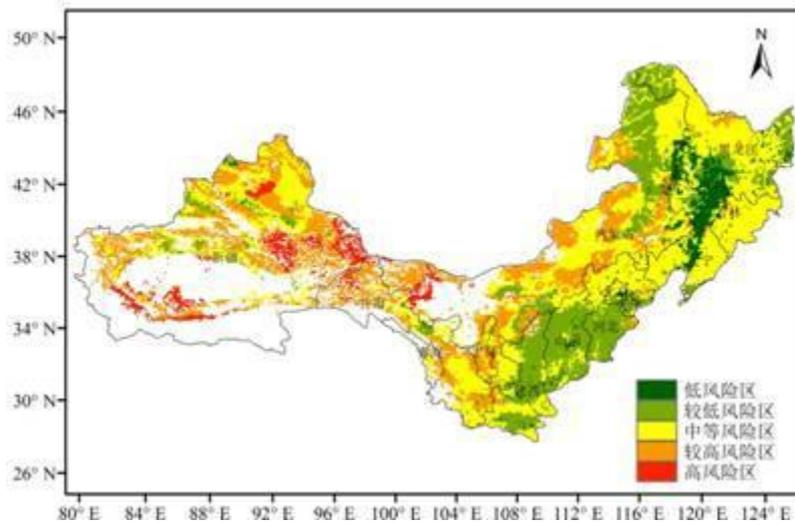


图2 我国北方玉米干旱风险分布特征

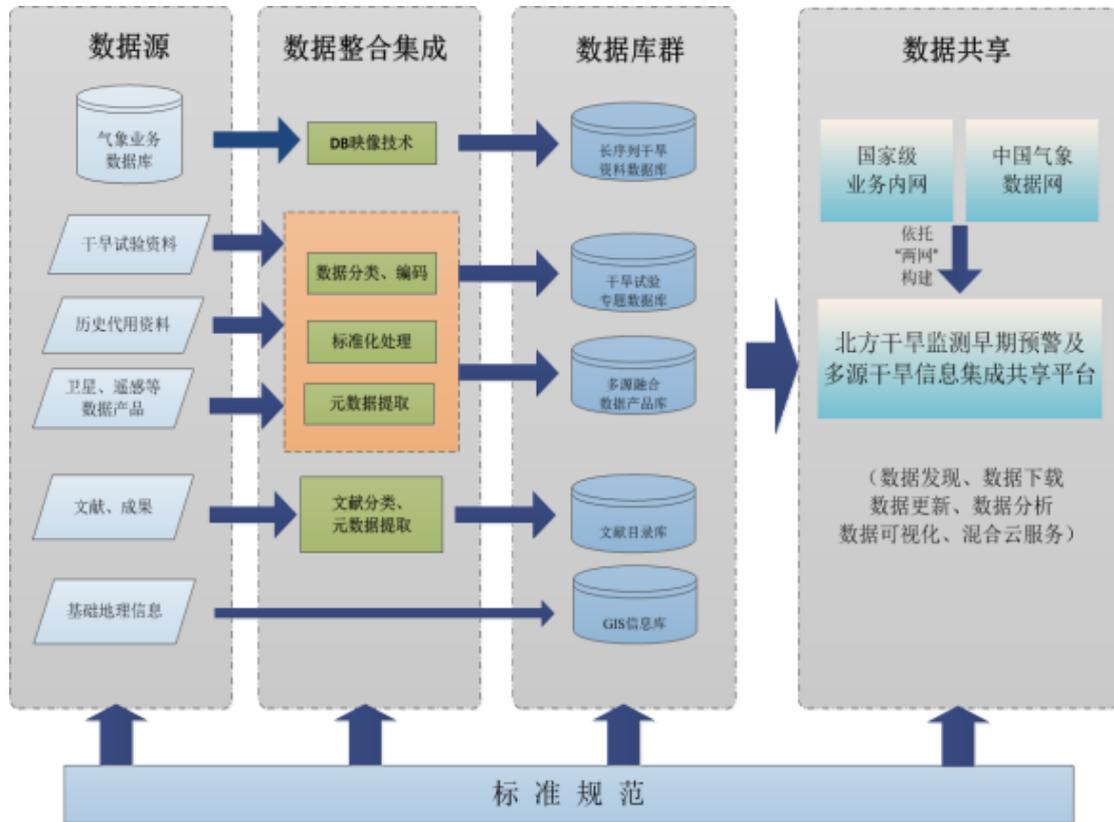


图3 干旱监测早期预警及多源干旱信息集成共享平台