

基于陆面水文耦合模式的淮河流域旱涝季节预测方法

【项目编号】GYHY201406021

【研究周期】2014年1月—2016年12月

【国拨经费】316万元

【项目负责人】林朝晖

【项目骨干成员】徐敏，杨传国，刘绿柳，叶金印，唐伟，郝振纯，李莹，程智，张贺，吴成来

【项目承担单位】中科院大气所

【项目协作单位】安徽省气候中心，河海大学，国家气候中心，淮河流域气象中心

【主要研究成果】

项目构建了适合于淮河流域的陆面水文耦合模式 CLHMS 以及参数和驱动数据库；基于国内外已有的短期气候预测系统的集合回报结果，完成了淮河流域夏季降水和温度异常季节预报技巧的系统评估；发展了适合于淮河流域的短期气候预测误差订正系统，以及基于多模式产品的客观预测模型；发展了季节气候预测模式产品的时空降尺度方案，解决了气候模式与陆面水文模式的时空尺度不匹配问题；建成了集成短期数值气候预测系统、CLHMS 陆面水文耦合模式、大气集合预处理分系统和水文集合预报评估分系统的淮河流域月-季节河道流量动力学季度水文集合预测系统 SHEPS，并实现了该预测系统在淮河流域气象中心的业务试应用。

[1] 基于已有自主陆面-水文模式，发展了可考虑次网格非均匀性的地表产流方案，从物理方程的源汇项和边界条件出发，提出了浅层地下水和土壤水的耦合方法；发展了地表水、地下水拦蓄和灌溉利用的模拟方案，显式考虑地下水过程、灌溉因素对陆面水文过程的影响；构建了具有自主知识产权、适用于淮河流域的陆面水文耦合模式 CLHMS 以及参数和驱动数据库，耦合模型包括植被、积雪、河流、土壤、地下水五个物理模块，且对淮河流域干流的蚌埠吴家渡、鲁台子、王家坝等主要水文站的流量具有良好的模拟能力。

[2] 基于气候预测模式系统的集合回报结果，结合观测资料信息，建立了淮河

流域夏季降水、气温的 EOF、SVD 降尺度模型和贝叶斯误差订正模型，研究了 SVD 降尺度模型的预测能力与模态选取个数之间的关系，提出了模态选取的技术方法。在贝叶斯误差订正方法研发方面，分析了采用降水单要素订正和环流多要素订正效果的差异，提出基于降水模态预测的贝叶斯订正方法。在此基础上，研发了基于 B/S 结构的模式产品检验和降尺度、误差订正模型应用模块，实现对模式对淮河流域预测效果实时检验和模型客观化预测实时显示、查询及检验，在气候预测业务系统中得到应用。

[3] 引进贝叶斯理论和方法，综合考虑多种统计降尺度方法，研发了基于季节气候预测模式的适用于淮河流域的日气候测的 Bayesian 融合技术、空间降尺度和随机天气发生器结合的两步法统计降尺度技术，解决了较粗网格尺度的气候模式与陆面水文模式较为精细尺度之间的空间匹配问题，和气候模式日预测信息模型偏差大的问题。以 ROC 为检验指标，评估比较了所研发的 Bayesian 融合技术、空间降尺度+随机天气发生器两步法降尺度技术对淮河流域汛期分月降水预测技巧。结果表明两步法优于贝叶斯融合方法。

[4] 发展了包括贝叶斯合并前处理、历史相似性集合选样前处理以及映射法时间尺度匹配前处理等水文预测所需要的大气集合预处理系统，集成 CLHMS 陆面水文耦合模式、数值气候预测系统以及误差订正系统等，建成了淮河流域动力学季度水文集合预测系统 SHEPS，检验结果表明 SHEPS 预测系统对淮河流域月-季节平均河道流量的预测技巧要优于水文传统的 EPS 长期径流预报技巧。完成了流域水文旱涝预测系统在淮河流域气象中心的移植应用及试运行。

【成果应用情况】

利用本项目建成的淮河流域陆面水文耦合模式 CLHMS，以及气象资料驱动数据库，针对淮河流域开展了陆面水文水循环过程的长时间模拟，并利用观测流量进行了验证。分析结果表明，CLHMS 陆面水文模式模拟的淮河流域蚌埠吴家渡的流量与观测的相关系数达到 0.9 以上，对鲁台子、王家坝水文站流量模拟的时间相关系数达到 0.85 以上，应用精度总体较高。项目研发的陆面水文耦合模式 CLHMS 已应用于淮河流域气象中心进行流域径流

的模拟评估。

[2] 针对取水灌溉等水利工程用水措施对流域水文过程的影响，通过引入工程拦蓄系数和用水回归系数两个人类工程措施影响因子，发展了适合于地表水、地下水的拦蓄方案和灌溉方案，对水量平衡系数的改善达到 10.2%，纳什效率系数改善了 17.2%。上述方法可集成到现有水文模型和陆面模式中，并被德国卡尔斯鲁厄理工学院、中国水利水电研究院等国内外科研院所采用，用于水利气象部门的径流预报预测、农业灌溉蓄水量评估等，相关技术方法申请专利 3 项。

[3] 基于 IAP 陆气耦合模式，结合 ENSO 预测系统的预测海温、大气陆面初始化系统和误差订正系统，构建 IAP 短期气候预测系统（IAP-DCPv3）。该预测系统每年提供降水、气温，以及东亚季风环流的异常等预测结果，经 EOF 误差订正后对淮河中游以上地区夏季降水异常具有良好预测技巧。目前该预测系统及预测产品已经应用于安徽省气候中心，为淮河流域干旱洪涝灾害的季度预测提供了重要依据。

[4] 基于气候模式产品的 SVD、EOF 降尺度预测模型和贝叶斯误差订正模型，自 2016 年起在淮河流域汛期气象服务中得到应用，每年汛期前滚动提供淮河流域汛期客观化的气候预测结果，提升了气候预测的准确率和客观化水平；开发的气候模式检验评估和降尺度应用系统也在安徽省气候中心得到应用，提升了气候模式产品应用的信息化水平。

[5] 建成的淮河流域水文旱涝季节预测系统（SHEPS）可以提前 1-3 个月实现对淮河流域主要水文控制站流量的月-季节预报。对于 RPS 概率预报评分，5 月起报的 SHEPS 对王家坝站流量回报的 RPS 评分为 0.22，比水文传统的 ESP 预报评分提高 12%；对于确定性预报评分，SHEPS 对河道流量预报的相关系数可达 0.35，同样优于水文传统的 ESP 预报技巧。该季节水文集合预测系统已实现在淮河流域气象中心的移植应用及运行，并取得了较好的应用效果。

【成果代表图片】

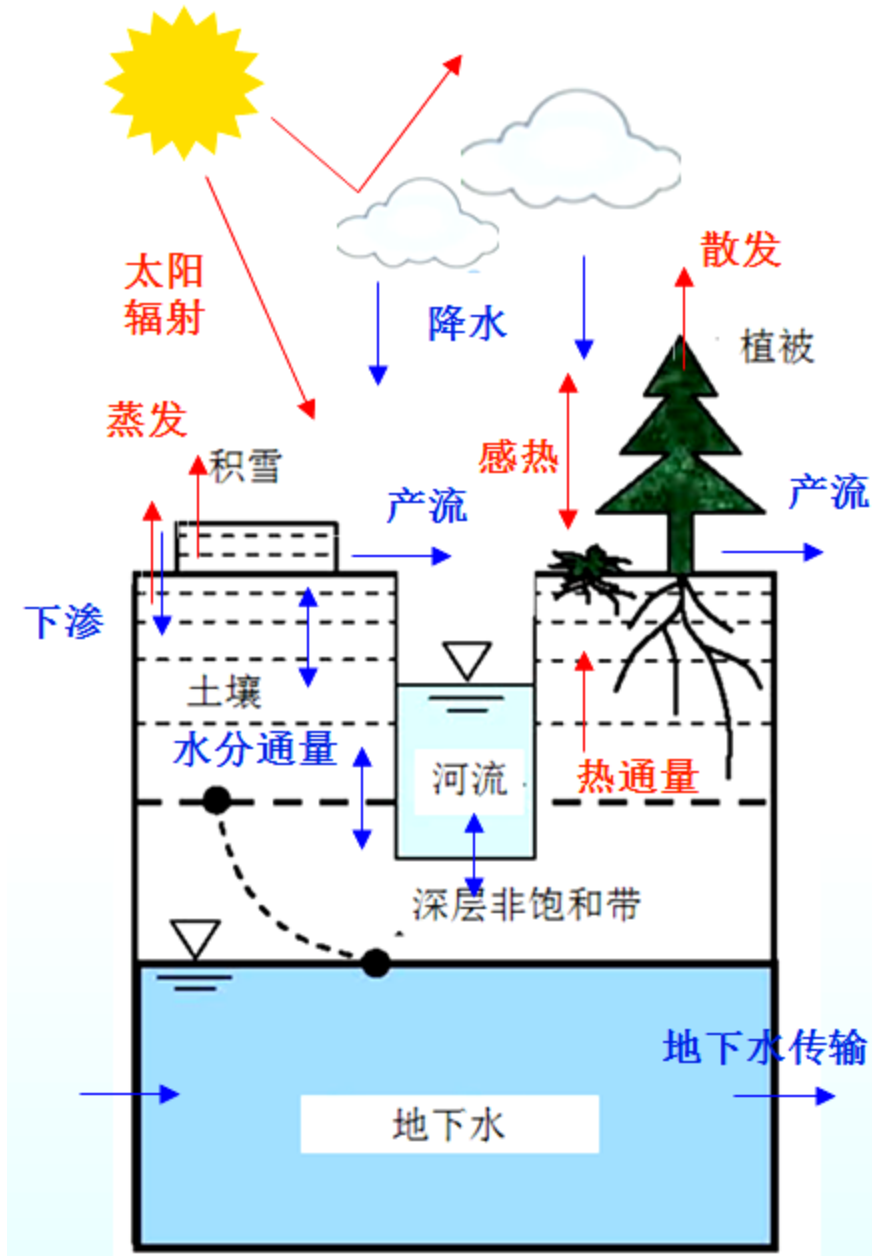


图 淮河流域陆面水文耦合模式示意图