

项目主持人：周买春

项目名称：概念性水文模型与分布式水文模型的结合——以新安江模型和 TOPMODEL 模型的互补为例

项目来源：国家自然科学基金面上项目（41171029）

概念性水文模型的参数通过率定降雨径流关系求得，如新安江模型流域蓄水容量曲线是一个集合的统计积分表达式，不能揭示流域具体位置的土壤水分状态；分布式水文模型显式地表达流域内部水文状态，如 TOPMODEL 模型将流域内各点的地下水埋深、补给和出流表达为湿度指数函数，但模型的假定使得该函数并不适用于流域内每一点。

本研究以泗合水流域为研究对象，对流域土壤剖面水分、土壤容重、饱和含水率、土壤饱和水力传导度等参数进行野外测定，对流域的原状土质地和水分特征曲线进行了实验室测定，同时对流域内典型植被根系进行野外调查。采用 Mann-Kendall 检验法和重标极差法(R/S)分析 1965-2010 年期间泗合水流域全年及年内各时期的降雨量、蒸发量和径流量时间序列变化趋势及其持续性，表明径流在一定程度上受人类活动影响，但尚在一定的范围内；实验测得泗合水流域的平均土壤容重 1.45 g/cm^3 、饱和体积含水率 43.1%、体积田间持水率 36.4% 和体积残余含水率 27.2%，土壤水分是影响容重剖面分布的重要因素之一，对容重分布具有 42% 的解释能力。典型植被根系调查发现，4 年龄桉树和幌伞枫的根系大多分布在 80cm 深度土层之上，桉树根表面积对土壤水分的垂直分布具有 82% 的解释能力。使用有序聚类法、地统计学和半变异函数球状模型，对不同地面植被雨、旱两季实测的土壤剖面水分分布分析，泗合水流域包气带土壤水分可划分为表土层（0-20cm）、根系层（20-70cm）、基质势层（70-120cm）、地下水位影响层（120-200cm）和地下水位层（>200cm）五个土层区间。流域土壤有效包气带厚度为从地面到土壤水分零通量面，与植被和土壤类型有关，在泗合水流域平均约为 120cm，流域土壤蓄水容量即为这一区间土壤剖面含水率季节差。进一步完善了 BTOPMC/SCAU 分布式流域水文模型，开发了钟向宁河宽模型，实现 BTOPMC/SCAU 模型的扩展和多核并行计算，在产流模块中，增加了度-日指数积雪/融雪模型、Green-Ampt 超渗产流模型，应用 SCE-UA 全局最优化方法对 BTOPMC/SCAU 分布式水文模型进行改进，实现了 BTOPMC/SCAU 模型参数的自动率定，提高了模型应用效率和模拟精度。采用了数据层、模型层、通信层、数据表达层和用户操作层，按客户端/服务端运行环境，设计了较完

整的 BTOPMC/SCAU 计算机模型系统。

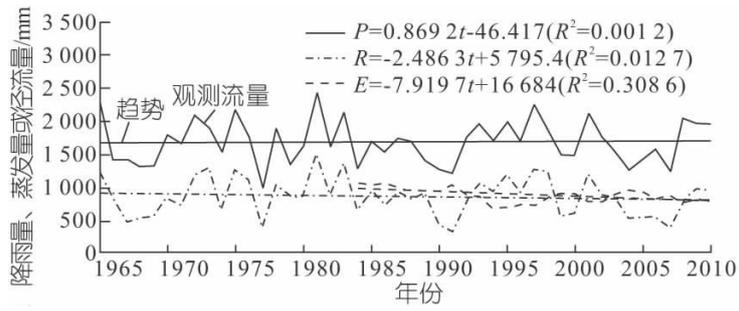


图 1 泗合水流域降雨量、蒸发量和径流量变化过程及其趋势

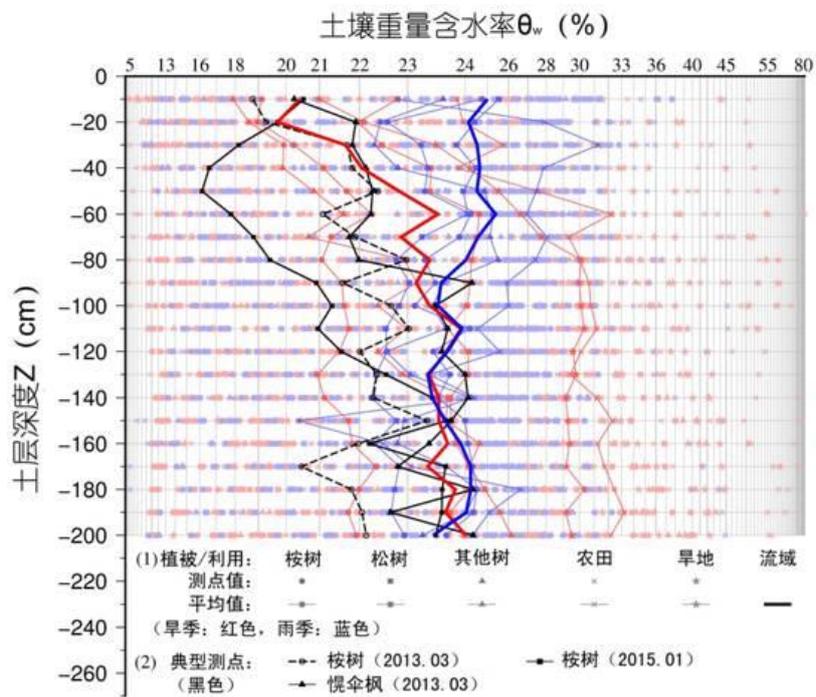


图 2 泗合水流域旱季和雨季不同植被测点的土壤剖面含水率及其平均值



(a) 桉树



(b) 幌伞枫



(c) 松树

图3 典型植株根系断面照片

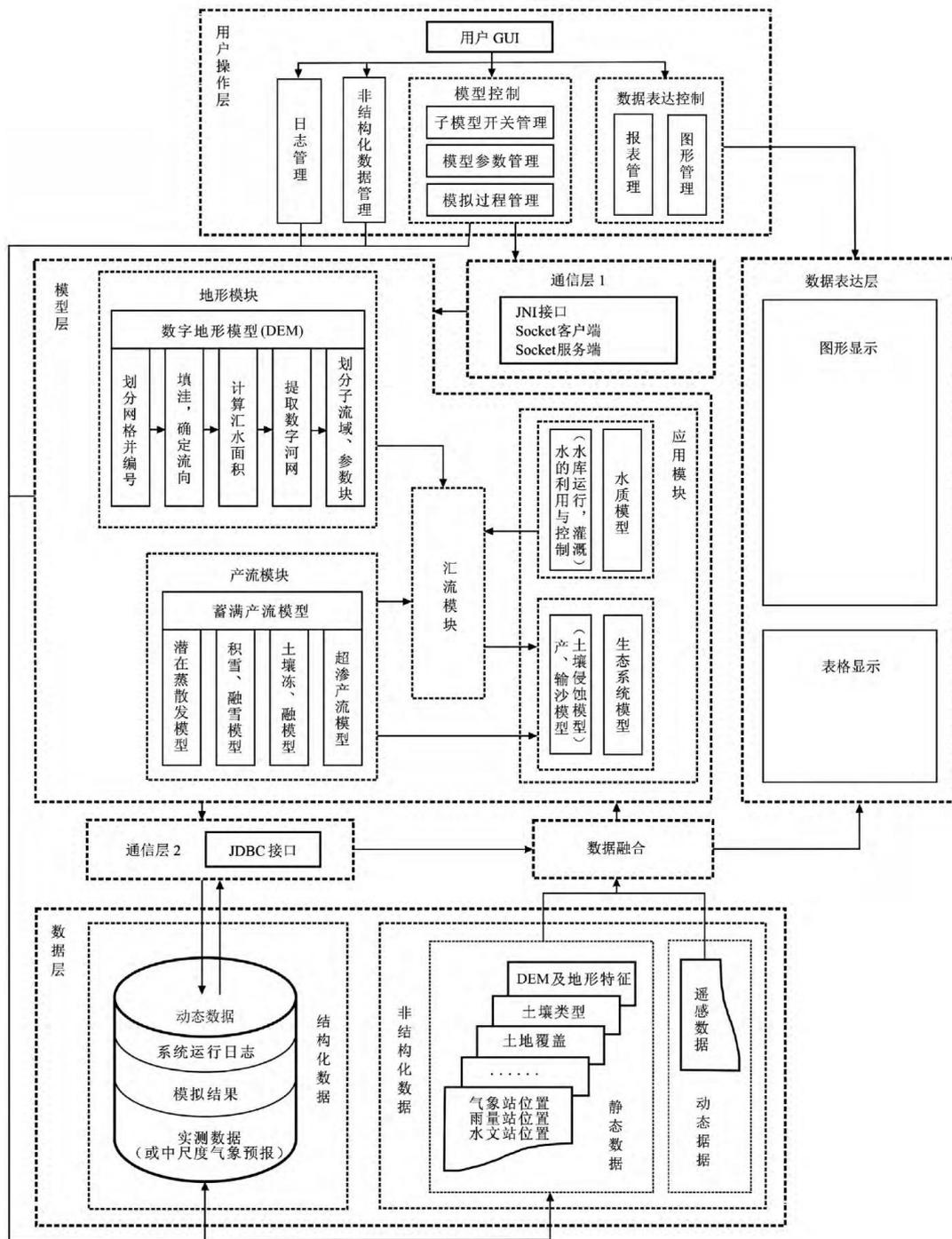


图 4 BTOPMC/SCAU 模型系统架构

关键词：新安江模型；TOPMODEL 模型；蓄水容量曲线；湿度指数；土壤水分

项目研究成果：

- (1) 刘远, 周买春*. 基于 HYDRO1K、SRTM3 和 ASTER GDEM 的韩江流域水文地形信息对比[J]. 中国农村水利水电, 2017, (2): 98-107.
- (2) 刘远, 周买春*. 空间插值气象数据在 Shuttleworth-Wallace 潜在蒸散发模型中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2017, 37 (1): 9-16.

- (3) 叶植滔, 周买春*. 广东丘陵区小型河流生态需水量多种方法估算[J]. 人民长江, 2016, 47 (19): 6-11, 71.
- (4) 朱炬明, 周买春*. 不同水文模型在双桥流域的应用比较[J]. 人民黄河, 2016, 37 (4): 22-26.
- (5) 周买春, 肖红玉, 胡月明, 刘远. BTOPMC/SCAU 分布式流域水文模型原理和系统设计. 农业工程学报, 2015, 31 (20): 132-139. (EI)
- (6) 王煌, 周买春*, 李思颖, 朱炬明. 基于水文模拟计算山区小水电站减脱水河段生态需水量的水文学方法及静水域生态补水机制. 水力发电学报, 2015, 34 (3): 29-37.
- (7) 刘远, 周买春*. AVHRR, SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 遥感数据在韩江流域的对比分析. 华南农业大学学报, 2015, 36 (01): 106-112.
- (8) 肖红玉, 刘远, 黄韩英, 周买春*. 分布式流域水文模型 BTOPMC/SCAU 地形模块的可视化. 江苏农业科学, 2014, 42 (11): 410-414.
- (9) 钟向宁, 周买春*, 刘远, 黄韩英. 河宽模型对 Muskingum-Cunge 方法汇流的影响. 水力发电学报, 2014, 33 (5): 28-35.
- (10) 王煌, 周买春*, 刘远, 李思颖. 水力学法估算广东省山区小水电站减脱水河段生态需水量的探讨. 水力发电学报, 2014, 33 (2): 154-161.
- (11) 崔珏, 周买春*, 刘远, 黎裕文. 泗合水流域径流变化趋势及其影响因素分析. 水电能源科学, 2013, 31 (8): 22-26.
- (12) 刘远, 周买春*, 陈芷菁, 李绍文. 基于 Shuttleworth-Wallace 模型的韩江流域潜在蒸散发的气候和植被敏感性分析. 农业工程学报, 2013, 29 (10), 92-100. (EI)
- (13) 曹启桓, 刘远, 周买春*, 钟向宁. 基于 AVHRR NDVI 的 Shuttleworth- Wallace 模型在韩江流域的应用. 中山大学学报 (自然科学版), 2013, 52 (2): 10-17.
- (14) 刘远, 周买春*, 陈芷菁, 李绍文. 基于不同 DEM 数据源的数字河网提取对比分析——以韩江流域为例. 地理科学, 2012, 32 (9): 1112-1118.
- (15) 刘远, 周买春*. 关于 DL5108-1999 和 SL319-2005 《混凝土重力坝设计规范》的讨论. 水力发电, 2012, 38 (6), 40-43.