考虑时空非均匀性的随机土壤水模型

实验观察表明降水的各要素通常服从一类指数簇分布。以点尺度土壤蓄水量为枢纽，利用复合泊松过程将降水过程概化，可以得到一系列描述土壤-植被-大气连续体 (SPAC) 特征的随机土壤水模型。由于不能考虑降水随机过程的季节性，且不能考虑流域下垫面不均匀性，模型在实际应用中受到了较大限制。通过引入非平稳季节波动的复合泊松过程降水描述，并利用流域土壤蓄水能力曲线对非均一下垫面进行概化，推导出了考虑时空分布不均匀性的土壤水随机过程描述。通过对非均匀下垫面稳定气象输入土壤水随机微分方程求稳态解，分析得到流域月、季尺度水文形态影响因子，这对加深流域水文-生态过程的理解有重要帮助。

基于信息熵和互信息的流域水文时间尺度分析

在年际尺度，流域的蒸散发流域长期平均蒸散发主要由大气对陆面的水分供给（降水量）和蒸发能力（净辐射量或潜在蒸散发量）之间的平衡决定。在极限边界条件和量纲原理约束下，通过选择偏微分方程的特解，傅抱璞，Choudhury，杨汉波等得到了描述该现象的一系列Budyko曲线。相比分布式模型，这类曲线更便于分析流域长时间尺度水文形态的控制因素再比如，通过引入流域蓄水容量曲线对流域下垫面不均匀性进行概化，新安江模型利用较少观测数据和较低的计算量， 取得了令人满意的流域水文预报结果，并在实际中得到了广泛应用。种种现象表明，水文系统具有如下特性：系统中某些部分的行为趋于抵消另一部分的行为，导致较小时空尺度事件在升尺度后表现出相似的高层行为。文章利用离散化的径流微分信息熵来表征先验的流域水文预测不确定度，利用输入变量与模拟值来表征在输入观测和模型模拟支撑下的后验流域水文预测不确定度。由于需要考虑前期水文过程对当下水文过程的影响，不可避免地需要计算高维互信息。文章结合支持向量回归与k邻近法，开发了高维水文变量互信息计算方法，有效地避免了原有独立成分分析（ICA）方法不适用于高维非线性估算和误差累积的缺陷。通过将该不确定度评估体系应用于从日到年的水文序列中，量化得到随着时间尺度增长，水文过程先验，数据后验和模型后验不确定度的变化。研究结果验证了基于频域分析的土壤水记忆长度处于50天左右的结论，且流域水量能量耦合关系与流域季节形态密切相关。已有的月水量平衡模型在季节尺度上不能充分提取观测数据提供的信息，季节尺度水文过程有待进一步研究。

本人参与了国家自然科学基金委黑河流域上游生态水文过程耦合机理及模型研究项目，承担了实验站建设，土壤取样，以及集总式随机土壤水模型的建模工作。黑河上游流域位于祁连山区，下垫面非均匀性强，通过对非均匀下垫面进行概化，使原有的随机土壤水模型更适用于该流域，取得了点尺度模型不能达到的效果。通过建立完善基于信息熵和互信息的水文观测模拟评价体系，为后续观测站建设，模型评估建立基础。