
武汉大学水利水电学院郭生练教授团队——时变P-III型适线法估算三峡水库运行期设计洪水 MDPI Hydrology

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39951.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

武汉大学水利水电学院郭生练教授团队——时变P-III型适线法估算三峡水库运行期设计洪水 MDPI Hydrology。论文标题：A Novel Time-Varying P-III Distribution Curve Fitting Model to Estimate Design Floods in Three Gorges Reservoir Operation Period

论文链接：<https://www.mdpi.com/2306-5338/11/12/203>

期刊名：Hydrology

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/hydrology>



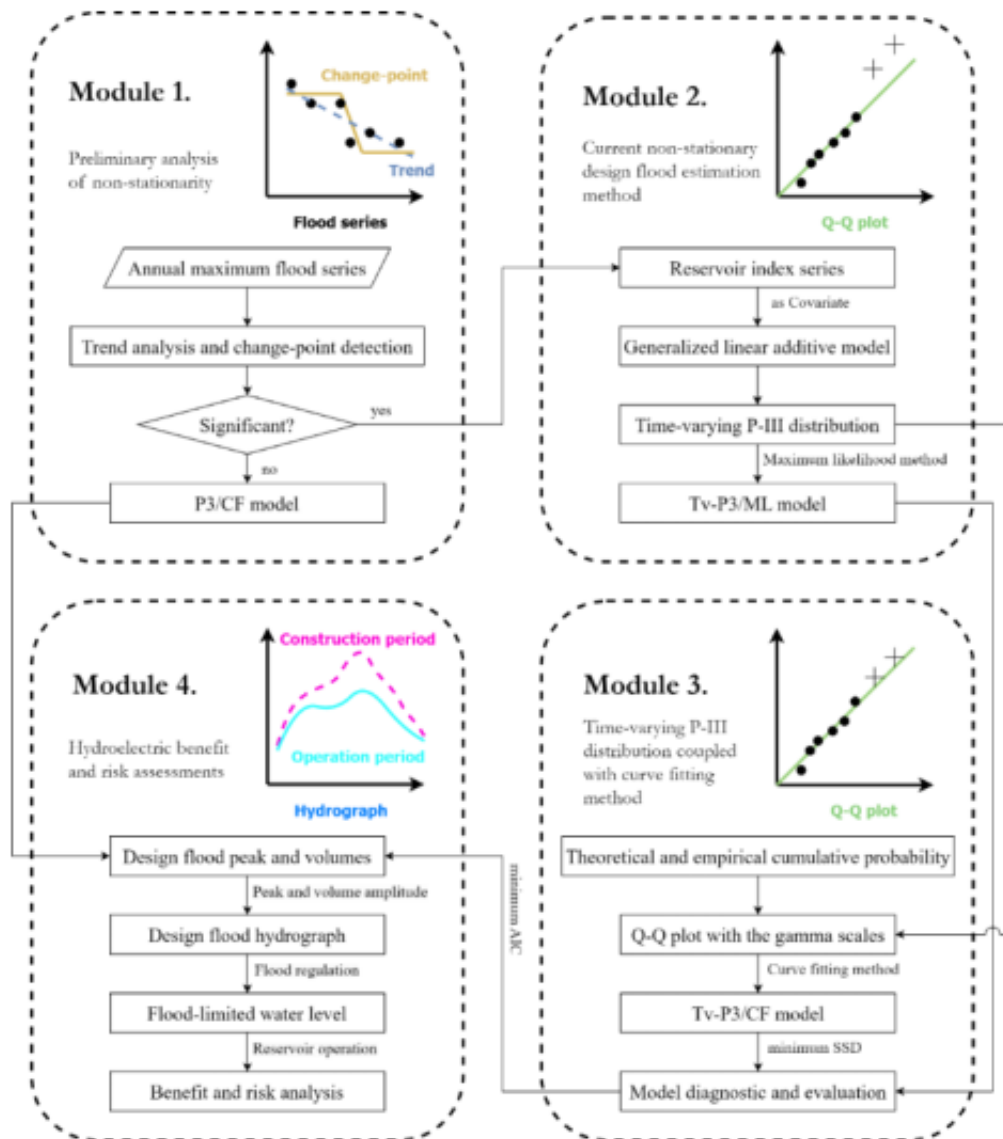
第一作者：谢雨祚，博士，工程师，主要从事水文分析计算方面研究。



通讯作者：郭生练，武汉大学教授、博士生导师、挪威工程院外籍院士。主要从事水文水资源、水利水电工程规划和运行管理等科研工作，主持完成国家级课题30余项和70多项横向课题，指导培养博士后、博士和硕士研究生100多人次；发表学术论文1000多篇，其中SCI/EI论文400多篇，连续多年入选全球前2%顶尖科学家终身科学影响力排行榜和爱思唯尔中国高被引学者。授权发明专利60多项，编著《水库运行期设计洪水及汛期水位动态控制理论方法与应用》等20本著作。研究成果在全国60多座水库电站推广应用，创造了显著的经济和社会效益，有25项成果获省部级和国家科技进步奖。

研究背景

近几十年来随着人类活动及全球气候变化的影响，河流的水文情势已发生根本性改变。大型控制性水库的建设与运行改变了水文情势和径流序列统计特征，导致观测到的水文序列无法满足一致性假定的要求。因此，考虑上游水库群的调节作用，复核计算水库运行期设计洪水，推求汛期防洪控制水位，指导水库调度运行，对实现洪水资源高效利用具有重要的理论价值与现实工程意义。国际上非一致性洪水频率分析方法主要选用GEV分布和极大似然法估计参数，而我国《水利水电工程设计洪水计算规范》采用P-III型适线法。武汉大学水利水电学院郭生练教授团队在Hydrology期刊上发表了文章，创新性地提出了一种时变P-III型适线法，并估算考虑上游水库群调蓄影响的三峡水库运行期设计洪水。



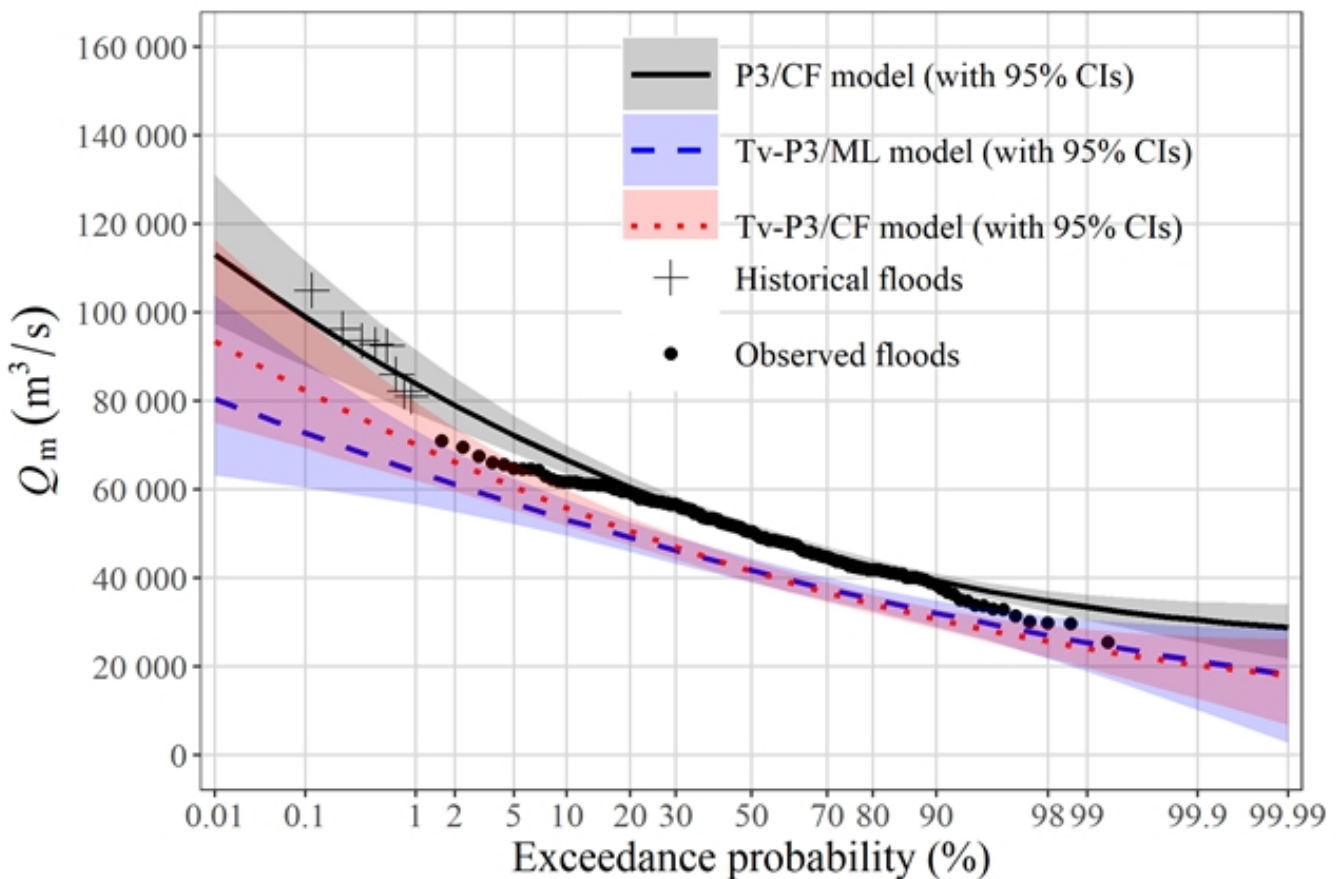
考虑历史洪水信息的水库运行期时变P-III型适线法计算框架图

研究过程与结果

作者在文中提出了一种基于连续随机变量分布函数单调递增特性的时变P-III型适线法（Tv-P3/CF），将我国水利行业规范推荐的P-III型适线法与时变矩概率分布模型深度融合，为非一致性条件下融合历史洪水信息的设计洪水估算提供了系统性解决方案。该方法涵盖洪水序列非一致性诊断、协变量筛选构建、时变分布参数估计、模型性能验证四个核心环节，以经验频率与理论频率点的离差平方和最小为核心准则，重点强化对历史特大洪水事件的拟合精度。为验证Tv-P3/CF模型对非一致性洪水序列的实用性，作者通过Mann-Kendall趋势检验与Pettitt突变点检验，完成了三峡坝址洪水序列的非一致性诊断，采用双样本K-S检验、Akaike信息准则、Q-Q图与百分位曲线等多维度手段，完成了模型理论基础验证与拟合效果评估，通过与传统基于极大似然法（Tv-P3/ML）的模型开展全面对比，证实了Tv-P3/CF能有效解决传统方法对历史洪水拟合不足、极端洪水设计值估算不确定性高的痛点，弥补了极大似然法在P-III分布参数估计上的适用局限，为变化

环境下水库运行期设计洪水复核提供了重要的技术参考。

由于上游梯级水库群的大规模建设运行，三峡入库洪水序列的一致性基本假设已不复成立，传统设计洪水计算方法的适用性受到显著影响，作者基于三峡坝址宜昌站1877-2022年实测年最大洪水序列，以及可追溯至12世纪的8场历史特大洪水资料开展不连序系列分析，分别选取水库指数RI与修正水库指数MRI作为协变量，构建了时变P-III分布的参数拟合方程。模型参数估计与性能验证表明，Tv-P3/CF模型在拟合历史特大洪水信息方面表现更优，其误差赤池信息准则（AIC）值更小，且Q-Q图中经验分位数与理论分位数更贴近1:1参考线。随后，作者基于Tv-P3/CF估计了三峡水库运行期设计洪水，量化了上游水库调蓄对设计洪水的削减幅度，同时开展了防洪风险与发电效益的定量评估。结果显示，修正水库指数MRI作为协变量的模型拟合效果更优，基于Tv-P3/CF的三峡水库1000年一遇设计洪峰、3d与7d洪量，较建设期原设计值削减约20%，15d与30d洪量较原设计值削减约16%，这一结果直观反映了上游水库群对下游设计洪水的显著削减效应；研究进一步评估了调整汛期运行水位的可行性，在确保荆江河段及城陵矶地区防洪标准不变的前提下，三峡汛期运行水位可从建设期的145 m提升至154 m，年均汛期发电量可增加32亿kWh（+6.8%）。



三峡水库坝址设计洪峰流量 Q_m 的P-III型分布频率曲线对比（MRI=0.01843）

研究总结

本文创新性地提出的时变P-III型适线法（Tv-P3/CF），全面探讨了不同协变量、不同参数估计方法对模型性能的影响，明确了修正水库指数对洪水序列非一致性的优异捕捉能力，证实了Tv-P3/

CF模型相较于传统极大似然法在历史洪水拟合、极端值估算上的显著优势。研究量化了上游水库群调蓄对三峡设计洪水的削减幅度（15d、30d洪量减少约16%），提出了三峡汛期运行水位的优化方案，在不增加防洪风险的前提下实现了汛期发电量+6.8%的提升。该研究不仅完善了非一致性洪水频率分析的理论体系，为我国水库运行期设计洪水复核计算提供了与行业规范项兼容的新方法，同时也为流域水库群联合调度、水安全保障与水资源高效利用提供了重要的科学支撑。

引用格式：

Xie, Y.; Guo, S.; Zhong, S.; Wang, X.; Tian, J.; Liang, Z. A Novel Time-Varying P-III Distribution Curve Fitting Model to Estimate Design Floods in Three Gorges Reservoir Operation Period. *Hydrology* 2024, 11, 203. <https://doi.org/10.3390/hydrology11120203>

期刊介绍

主编：Ezio Todini, Italian Hydrological Society, Italy

期刊主题涵盖了河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、雪水文学、水文气象学、地下水水文学、区域水文学和海洋水文学等水文领域。目前，期刊已被 ESCI、Scopus 等其他数据库收录。

2024 Impact Factor：3.2

2024 CiteScore：5.9

Time to First Decision：17.9 Days

Acceptance to Publication：2.8 Days

来源：Hydrology

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发