
亚热带生态所西南喀斯特流域水文过程研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11361.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！

西南喀斯特地区生态环境脆弱，土壤浅薄、岩石裸露率高，岩溶作用形成地表和地下双层结构，水文过程迅速且时空异质性高。在全球气候变化背景下，极端气候发生频率增加，旱涝灾害较严重，亟需探明喀斯特流域水文过程及其调控机制。与非喀斯特地区土壤层调控水文过程为主不同，喀斯特地区水文过程主要由植被、土壤、表层岩溶带及管道、裂隙耦合而成的复杂多界面结构控制。然而，如何定量评估土壤-表层岩溶带系统及多重储水/导水介质（管道、裂隙、基质）对径流的调蓄作用，是提升喀斯特流域水源涵养功能面临的主要难题；如何评估流域水文过程对植被变化的响应，是衡量区域生态恢复工程水文效应的重要指标。

中国科学院亚热带农业生态研究所环江喀斯特生态系统观测研究站陈洪松课题组依托木连小流域水文监测系统，结合物探技术和稳

定氢氧同位素/水化学（ NO_3^- 、TOC、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^-

）示踪技术，分析地表溪流水和不同类型泉水的补给过程，评估土壤-表层岩溶带和管道-裂隙-基质系统对溪流水补给的调蓄作用。研究发现，溪流水平均滞留时间为43周，间歇泉（1号泉水）平均滞留时间（23周）明显低于常流泉（2号泉水，201周）。这是因为间歇泉补给区内裸岩率高，土壤和表层岩溶带相对浅薄且管道裂隙发育，导致含水层储水空间小、调蓄能力差，对降雨响应更敏感。虽然在周尺度上，间歇泉、常流泉和溪流水新水补给比例分别可达到80%、60%和55%，但是在年际尺度上溪流水和泉水均主要受到旧水补给（>90%），降雨通过与前期地下水充分混合后补给泉水和溪流水。此外，小流域地表溪流水的主要补给源不是出流泉水（旱季补给比例较高，但最大不超过25%），而是以壤中流和表层岩溶带水为主的地下径流。

研究人员以 NO_3^-

为示踪剂，将溪流水补给来源概化为土壤和表层岩溶带两种储水介质，应用二元混合模型，发现表层岩溶带是溪流水最重要的补给来源。次降雨事件中，土壤水对溪流水的贡献量最大仅为16.8%；而在年尺度，土壤水平均供水量为1.4%。将表层岩溶带进一步细分为管道、裂隙、基质，根据水流在三种导水介质中的滞留时间不同而引起的电导率值的差异，应用电导率频率分布（CFD）方法，发现由于小流域岩溶化发育程度较低，基质流均是溪流水最主要的补给来源（旱季>80%、雨季>55%），而管道在小流域富水阶段也是重要的排水通道（最大10%-15%）。

在区域尺度，研究人员分

析20世纪80年代至2015年龙江流域（1.6万 km^2

）及其3个子流域（环江流域，中洲小江流域和东小江流域）水文要素的时空变化特征及其与植被覆盖变化的关系，定量、半定量区分气候变化和植被恢复对径流的影响。研究发现，4个流域2003年至2015年径流量较1985年至2002年减少，降雨量对年径流减少的贡献率为17.5~52.9%，显著低于非喀斯特流域的研究结果，表明喀斯特流域径流对植被变化的响应更加敏感。植被恢复能够

有效提升区域水文调节功能，退耕还林等人类活动改变径流在季节尺度上的分配，其对非汛期径流增加的贡献率与流域喀斯特地貌占比呈负相关。在喀斯特地貌占比较大的龙江流域（81%）和环江流域（66%），植被恢复是非汛期径流增加的主要原因；而在喀斯特地貌占比较小的中洲小江流域（61%）和东小江流域（26%），植被覆盖未发生突变，非汛期径流增加主要受气候变化影响。

相关研究成果以*Hydrological Response of Karst Stream to Precipitation Variation Recognized through the Quantitative Separation of Runoff*为题，发表在*Science of the Total Environment*上；以*Seasonal Recharge of Spring and Stream Waters in a Karst Catchment Revealed by Isotopic and Hydrochemical Analyses*为题，发表在*Journal of Hydrology*上；以*Separating the Relative Contributions of Climate Change and Ecological Restoration to Runoff Change in a Mesoscale Karst Basin*为题，发表在*Catena*上。研究工作得到国家自然科学基金、中科院国际伙伴计划、广西自然科学基金、中科院西部学者项目的资助。

论文链接：[1](#)、[2](#)、[3](#)

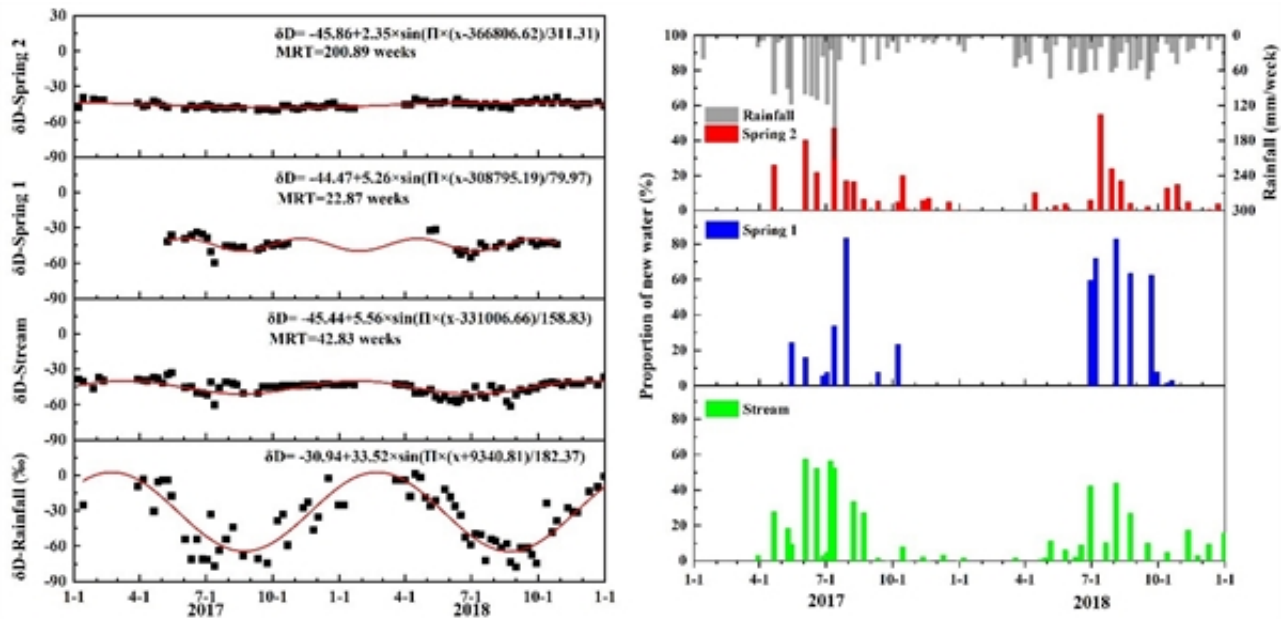
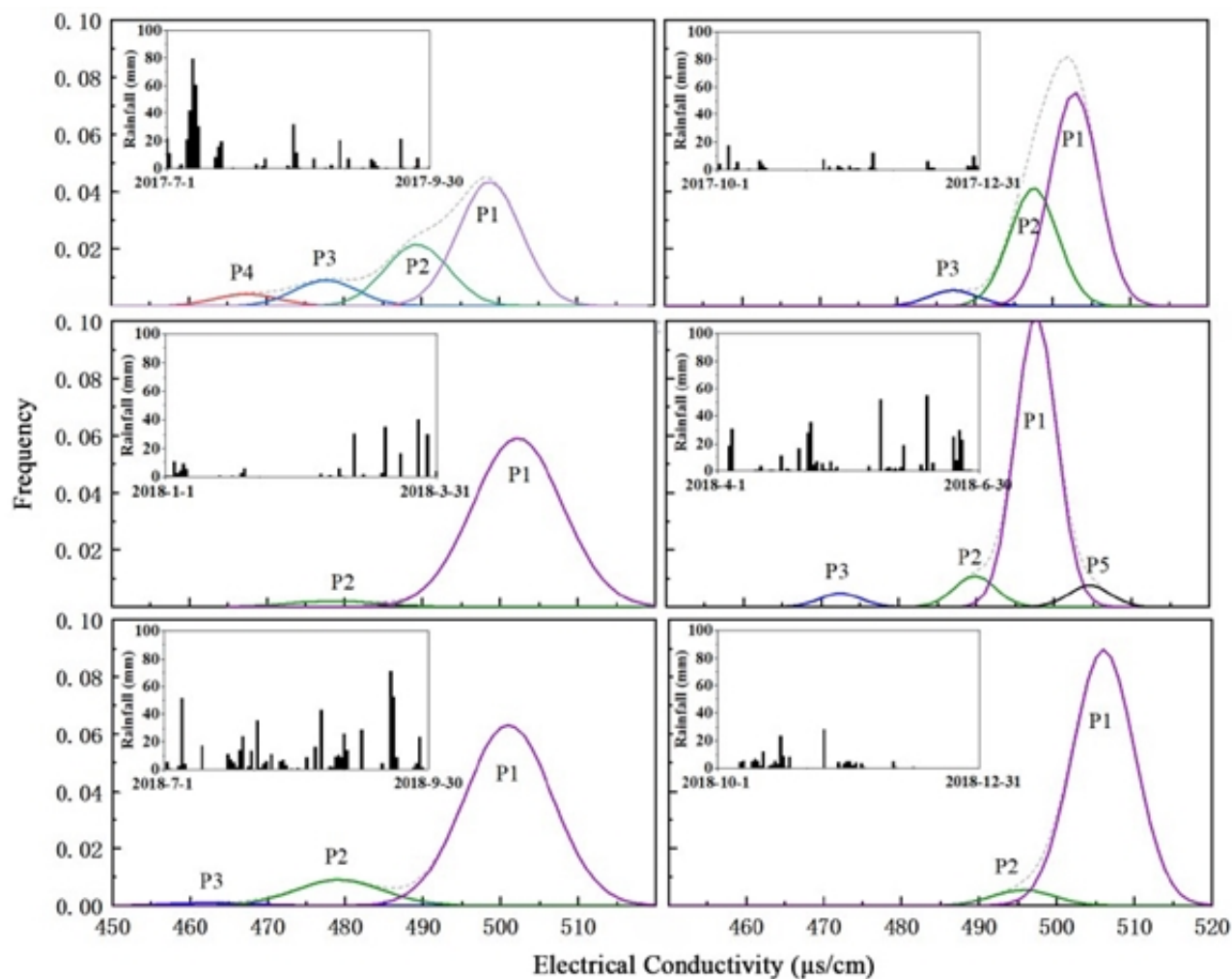


图1.泉水和溪流水平均滞留时间估算（左）和新旧水补给比例的季节性变化特征分析（右）



Notes:

Dotted grey line: electrical conductivity frequency distribution with corresponding Probability Density Function;

Colored line: normally distributed component populations.

P1: matrix flow; P2: fissure flow; P3: conduit flow; P4: surface flow generating from rainfall;

P5: piston flow stored in the matrixes with longest residence times

图2.溪流水补给来源（管道、裂隙、基质）季节性变化特征

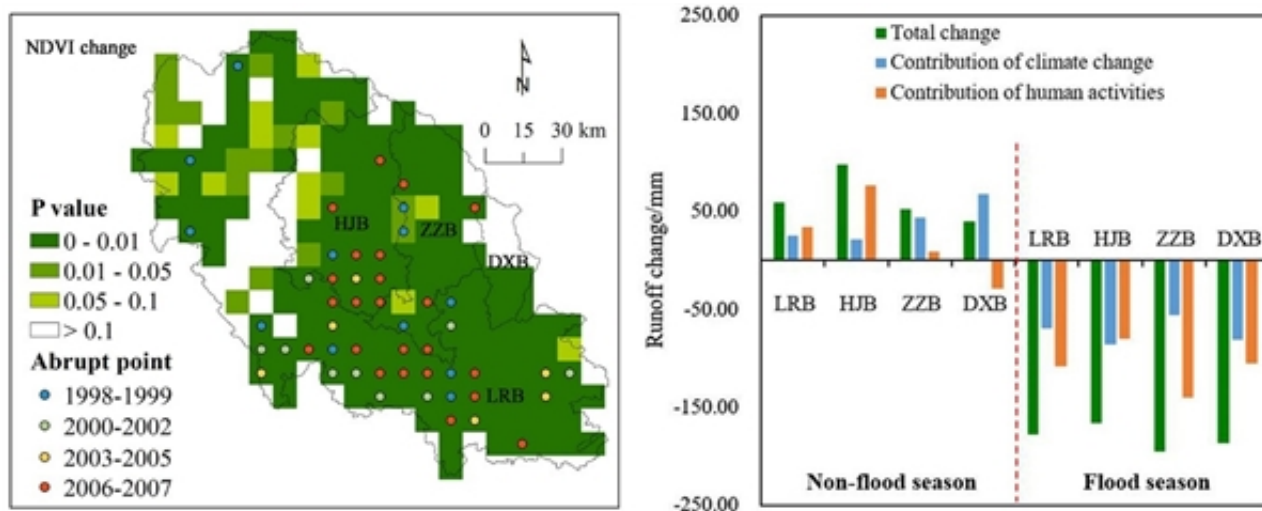


图3.1985至2015龙江流域植被变化（左）及气候变化和人类活动对季节尺度径流变化的贡献（右）

研究团队单位：亚热带农业生态研究所

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