

DOI: 10.14042/j.cnki.32.1309.2021.02.012

# 岩溶水柜集流坡面的径流模式和调控建议

姜光辉, 郭芳

(中国地质科学院岩溶地质研究所自然资源部/广西岩溶动力学重点实验室, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 作为南方岩溶地区水柜水源的坡面径流, 其形成和动态变化缺少精确且详细的解析。选择桂林丫吉试验场峰丛洼地的一个表层岩溶泉为对象, 通过1个水文年多指标的监测, 获得不同降雨条件下坡面径流的水文和水化学动态过程, 以水文分析和水化学示踪解析径流水文特征、产流条件和水源组成。结果表明: 坡面径流的水文过程季节性变化对比强烈, 低水位总时长占全年的一半, 连续时长超过3个月, 全年连续断流有40多天, 显示坡面径流水源不稳定, 具有调控的必要性; 受控于溶蚀作用的水化学动态展示了来自于多种界面的径流汇合过程; 电导率等指标的波动共同指向降雨事件中形成于裸岩区的石面流发挥先锋作用。依据集流场的下垫面结构从3个方向提出调控建议: 减少裸岩区径流渗漏; 改善表层岩溶带通透性; 揭露覆盖区隐伏径流。这些措施将有助于增加水柜蓄水量, 提高径流利用效率。

**关键词:** 集流场; 峰丛洼地; 水柜; 产流; 表层岩溶带

**中图分类号:** P641.8      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-6791(2021)02-0271-08

南方岩溶大石山区采取修建水柜来调蓄山坡径流。大石山的山坡径流持续时间短, 水柜普遍存在季节性储水量不足的问题<sup>[1]</sup>, 加上气候湿热, 极易发生细菌和浮游生物污染<sup>[2]</sup>。目前水柜的研究局限在工程设计建造上<sup>[3]</sup>, 对于集流场关注不够。山坡的蓄水及产流机制不仅在水柜集流管理上发挥重要作用, 同时也是揭示石漠化过程和构建流域水文模型的基础。国内多通过开展水土流失观测分析坡面产流影响因子<sup>[4]</sup>, 而对于包括表层岩溶带和包气带的山坡整体水文过程缺少探索<sup>[5]</sup>。国际上岩溶地区水文建模也由于缺少试验数据, 而多沿用经典产流模式<sup>[6]</sup>。

桂林丫吉试验场以南方裸露型岩溶水文调蓄机制研究为目标, 构建了模拟岩溶泉流量过程的丫吉模型<sup>[7]</sup>。本研究以丫吉试验场为例, 获取一处表层岩溶泉的水文和水化学高密度监测数据, 借此探讨峰丛洼地裸露型岩溶的山坡径流模式, 结合水柜工程有针对性地提出增加集流效率的调控措施。

## 1 研究区概况

桂林丫吉试验场创建于1986年。场地包含1个完整的岩溶泉流域。位于补给区的1号洼地底部标高271 m, 高出作为地下水排泄出口的S31岩溶泉120 m; 其下部地下水水位176 m, 低于洼地底部95 m(图1)。洼地高悬在地下水位之上, 产流经由地表、表层岩溶带、包气带等多种路径汇集至落水洞, 然后进入岩溶管道, 最终排泄于岩溶泉。

山坡汇流过程中, 水流从岩溶洼地的坡顶向坡脚运动, 水量不断漏失, 并反复发生流入和流出坡面的现象, 形成串流和回归流。集中流出时构成了泉水, 称为表层岩溶泉。1号洼地有多处水流复现点, 其流量为0~40 L/s, 维持时间有几天至几个月。在所有表层岩溶泉中S55维持时间最长。

收稿日期: 2020-03-16; 网络出版日期: 2020-09-09

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20200907.1508.004.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41772269); 广西重点研发计划资助项目(桂科 AB18221093)

作者简介: 姜光辉(1977—), 男, 江苏徐州人, 研究员, 博士, 主要从事岩溶水文学方面研究。

E-mail: bmnxz@126.com

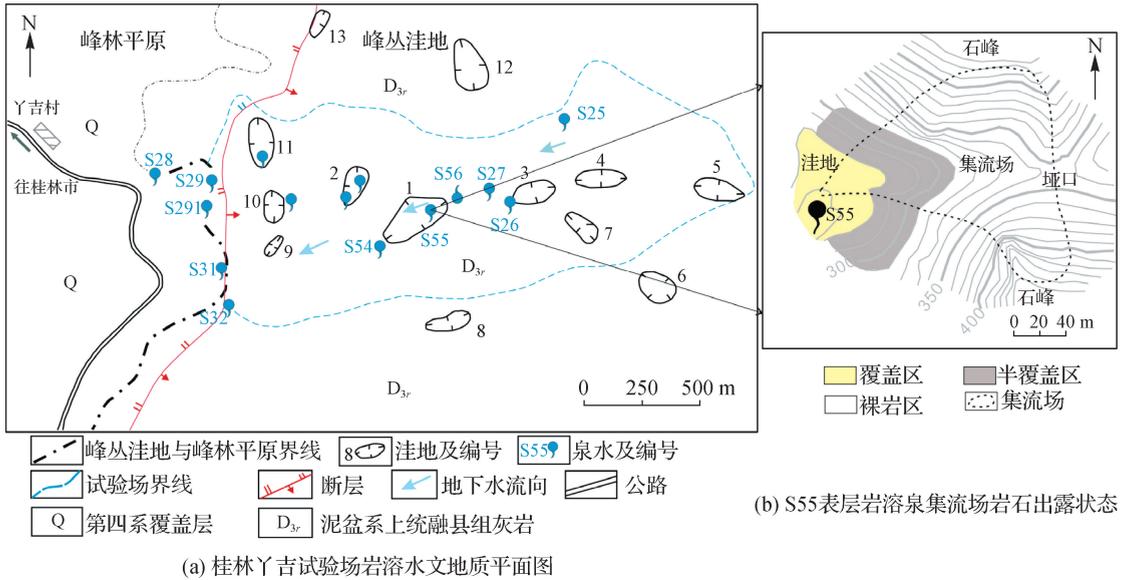


图1 研究区示意

Fig. 1 Sketch map of study area

表层岩溶泉 S55 出露于 1 号洼地底部，泉水补给区位于泉水东边山坡。山坡垭口与泉口的高差达到 80 m，山坡长为 140 m，补给区坡度为  $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。坡面基岩裸露，土壤分布在溶蚀沟、槽、坑、洞等地表负形态之中。在洼地底部则有土层覆盖(图 1(b))。土壤为棕色石灰土，容重  $0.9 \sim 1.4 \text{ g/cm}^3$ 。洼地底部为乔木林，往上逐渐变为灌木林，分水岭地带分布稀疏低矮的灌木。袁道先等<sup>[7]</sup>构建丫吉模型时将 S55 泉作为观测点，用其水位变化校正模型中代表表层岩溶带水箱的参数(丫吉模型是线性水箱模型)。

## 2 研究方法

本研究选择在有工作基础的丫吉试验场地开展，水文地质条件明确，而且有其他的研究成果作为参考。S55 作为表层岩溶泉观测站，泉口利用澳大利亚 GREENSPAN 公司生产的 CTD300 仪器自动记录水温、电导率和 pH 值、水压和降雨量，记录时间间隔为 15 min，测量精度分别为  $0.01 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.01 \text{ }\mu\text{S/cm}$ 、 $0.01$  个 pH 单位、 $0.01 \text{ m}$  和  $0.5 \text{ mm}$ 。自动记录时间为 2004 年 3 月至 2005 年 5 月，期间共有 52 场降雨。后改用 HOBO 水位计监测水位，获得了 2017—2018 年观测数据，作为对照。

在 1996 年丫吉模型的基础上<sup>[7]</sup>，经过野外观察完善表层岩溶泉概念模型。研究还参考了山坡截流沟、洞穴滴水观测站等多种观测设施和试验手段取得的结果，综合不同层次水流的水文及水化学动态，概括成为山坡径流模式。采用历时曲线法进行水情分析。利用 PEAKFIT 软件的正态函数进行电导率分布曲线的分峰拟合，分析径流成分。根据水-岩-气( $\text{CO}_2$ )相互作用原理建立起来的水化学方法在径流分解中得到完善和应用。

S55 表层岩溶泉与溶蚀裂隙连通，暴雨时岩溶管道的排泄能力小于来水量，径流溢流成泉。剧烈的水文动态和复杂的排泄方式使得泉水流量计算困难，而水化学数据完整且分辨率高。虽然在坑内修建了堰(图 2)，但在绝大部分的时间里，水流从堰的底部漏掉，或者淹没堰顶。本研究采用水位来表示径流的水文动态，主要运用水化学方法指示径流来源、组分和过程。

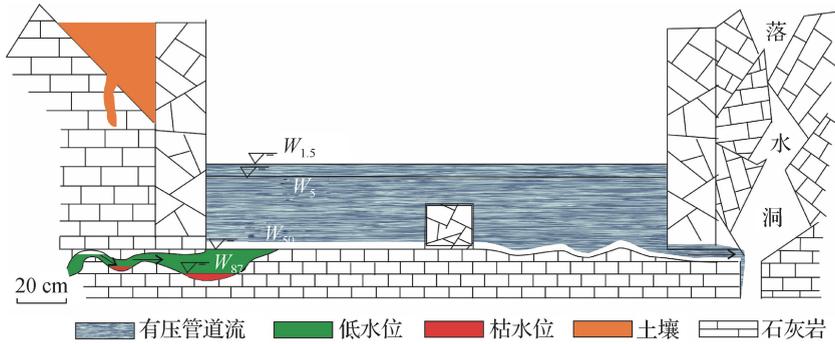


图2 S55 表层岩溶泉的水文动态模式

Fig.2 Hydrological pattern of the S55 epikarst spring

### 3 结果与分析

S55 表层岩溶泉作为岩溶洼地中一处山坡的集总水源, 泉水的水文和水化学动态能够反映岩溶石质山坡产汇流过程。

#### 3.1 山坡产水量动态

在1个水文年内 S55 表层岩溶泉的产水量变化可分为3个阶段: 3—7月属于雨季, 泉水波动频繁; 8—10月进入旱季, 泉水进入持续稳定的衰减阶段; 11—3月为从旱季到雨季的过渡期, 径流处于断断续续的状态(图3)。泉水有6个月时间水位低于全年整体水平(图4)。

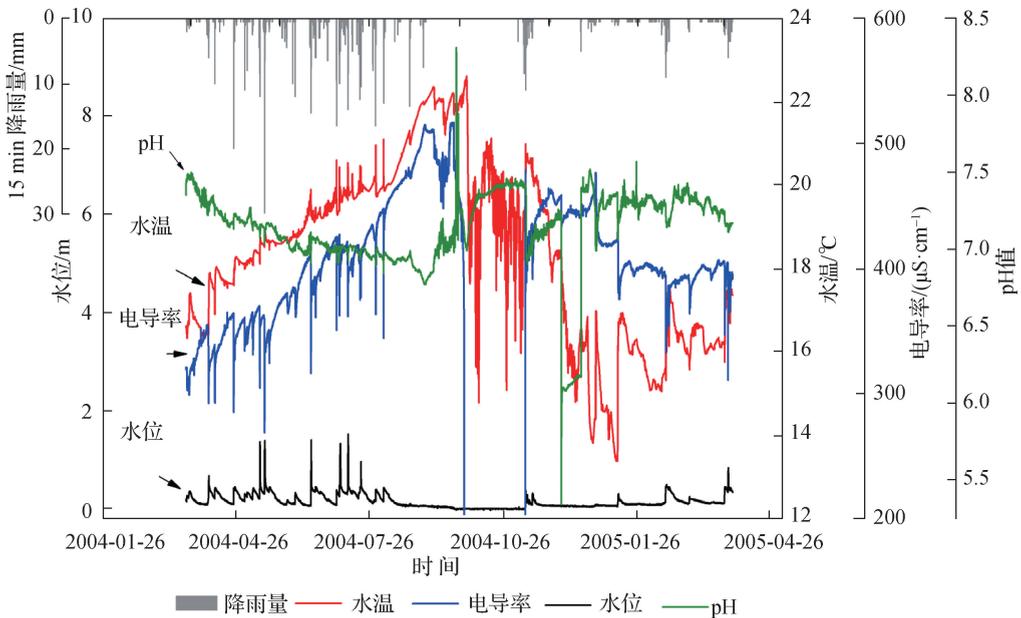


图3 S55 表层岩溶泉水文和水化学的动态

Fig.3 Hydrology and hydrochemical dynamics of S55 epikarst spring

泉管道水位变化范围为0至1.51 m, 但管道处于不同水位的时间并不平均。将发生概率小于5%作为洪水水位, 用  $W_5$  表示, 对于 S55 泉,  $W_5 = 0.41$  m。水位的中位数  $W_{50} = 0.11$  m, 要比0和1.51 m的中间值

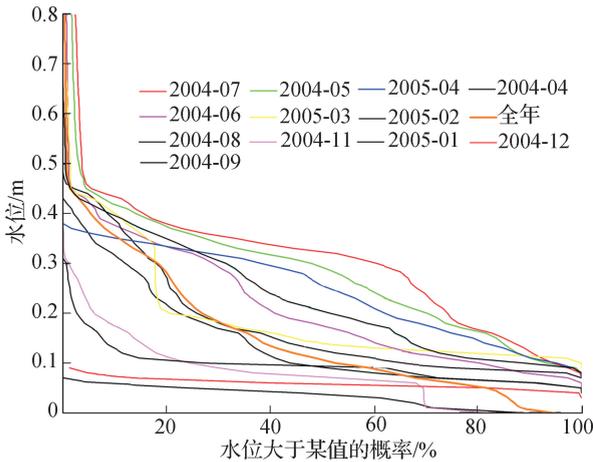


图4 S55 泉水水位历时曲线

Fig. 4 Water level duration curves of S55

因断流未显示)。在1个月内S55泉水水位可以经历从有压管道流水位( $W_{1.5}$ )至枯水位( $W_{87}$ )的变化。在1个水文年中水资源的分配高低悬殊。8月有64%的时间处于低水位之下。9月、10月和12月,这3个月泉水的水位完全处于低水位之下,其中10月的水位完全处于枯水位。泉水的水文动态说明山坡存在较长的干早期,需要采取人工调控。

### 3.2 水化学对径流的指示作用

借助于水温、pH和电导率指标来判断径流组成和来源的变化。水温总体走势曲线的峰值出现在9月(图3),与气温之间存在1个月时间的延迟。峰值开始形成的时间正好是泉水水位持续降低的时间。降雨补给引起水温波动,显示坡面快速的产汇流过程。降雨补给的水化学效应表现为电导率、pH与水温的同步变化。在季节尺度上电导率和pH代表岩溶作用的强度,它们的变化受地表层生物活动强度和土壤 $\text{CO}_2$ 浓度的控制<sup>[7]</sup>。

水化学指标对坡面径流来源具有指示作用。由于不同来源的径流滞留时间以及水化学特征的差异,使得水化学曲线出现明显的波动信号,对波动信号的解译可以推断出其中的成分或来源。以电导率指标为例,通过对全年电导率分布曲线的分峰拟合<sup>[8]</sup>,分离出包含的6类径流组分(图5)。电导率从低到高表示径流在山坡上停留的时间逐渐增加。处于中间位置的峰体为主峰,代表泉水处于低水位时期的水化学状态,所占的比例最大。而在其左边的2个峰体代表了大雨或暴雨的影响。处于峰体右边的3个峰体则是处于枯水位附近的水化学状态,主峰左右5个峰的占比较低。

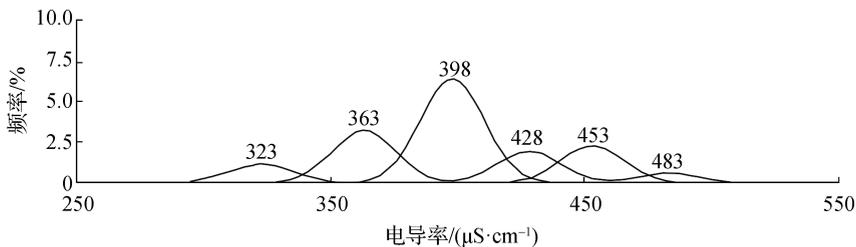


图5 S55 表层岩溶泉电导率分布曲线的分峰拟合结果

Fig. 5 Peak fitting results of conductivity distribution curve of S55 epikarst spring

### 3.3 山坡的产流和汇流

本次试验观测到S55泉在10月断流,至11月复涌。经历近1个月的断流后集流场的水分亏缺接近其最大值。根据径流复出的降雨量条件判断集流场的水分亏缺量为38 mm,表示山坡覆被层都达到饱和或者田间

0.76 m低得多,同时也低于洪水位。在这里定义低于 $W_{50}$ 的水位为低水位,此时水流缓慢,水量较小。当水位接近零时( $H \leq 0.02$  m),水流为残留水,定义此时的状态为枯水位。在这里水位大于枯水位发生的概率是87%, $W_{87} = 0.02$  m,比通常采用的枯水概率标准95%要小。泉水连续处于枯水状态长达40多天。在水位超过0.45 m的时候,水位随流量增大呈现急剧上升,反映径流从明渠流到有压管道流状态的转变。在1个水文年中S55泉处于有压管道流的概率是1.5%,表示为 $W_{1.5} = 0.45$  m。当泉水处于最高水位1.51 m时,泉水溢出地表,形成地面径流(图2)。

水位处于不同状态的概率凸显了集流场径流的水文模式(图4,2004—2005年数据,2004-10曲线

持水量所需要的降雨量。这里存在一个假设的条件是整个集流场满足饱和产流的模式。集流场各种下垫面的产流有先后顺序, 所以观测到的结果比理论上的最大蓄水容量偏小。该观测结果与中国南方其他峰丛洼地地区可对比<sup>[9]</sup>。

大石山地区集流面裸岩大片出露的地方蓄水容量最小, 径流也最先出现, 并且所产生的径流的水化学与其他径流类型差别显著, 是所有径流中最活跃的组分。2004至2005年观测到的降雨有52场, 时间跨度超过1个水文年(图3)。期间水化学的变化有季节和场雨2个周期, 季节变化对水化学初始状态影响较大, 这使得利用水化学指标判断径流来源不宜采用1个固定的阈值, 可分为枯季和雨季分别讨论。

枯季山坡集流场土壤干燥, 裸岩分布区相比其他下垫面类型更易产流。选取2004年12月的1次降雨事件为例说明枯季土壤初始蓄水量小的情况下集流场的产流模式(图6)。12月水位一直处于低水位, 此次降雨量为12.5 mm, 降雨历时17 h, 属于降雨强度小的中雨。降雨引起水位有小幅度的升高, pH值下降, 温度出现峰值。电导率变化范围430~480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 根据电导率分峰拟合的结果(图5), 判断此时水流滞留时间较长。电导率在开始有升高的现象, 反映“滞留水”的干扰, 随后电导率降低, 并且因为“老水”被新水不断推出, 电导率会不断下降。水位的变化与水化学的变化同步。在水分含量少且降雨量和强度都低的情况下, 坡面流、壤中流很难发生, 泉水的变化由石面流引起。

选取2004年4月的1次降雨事件说明雨季土壤水分含量高且降雨量大条件下的产流机制(图6)。此次

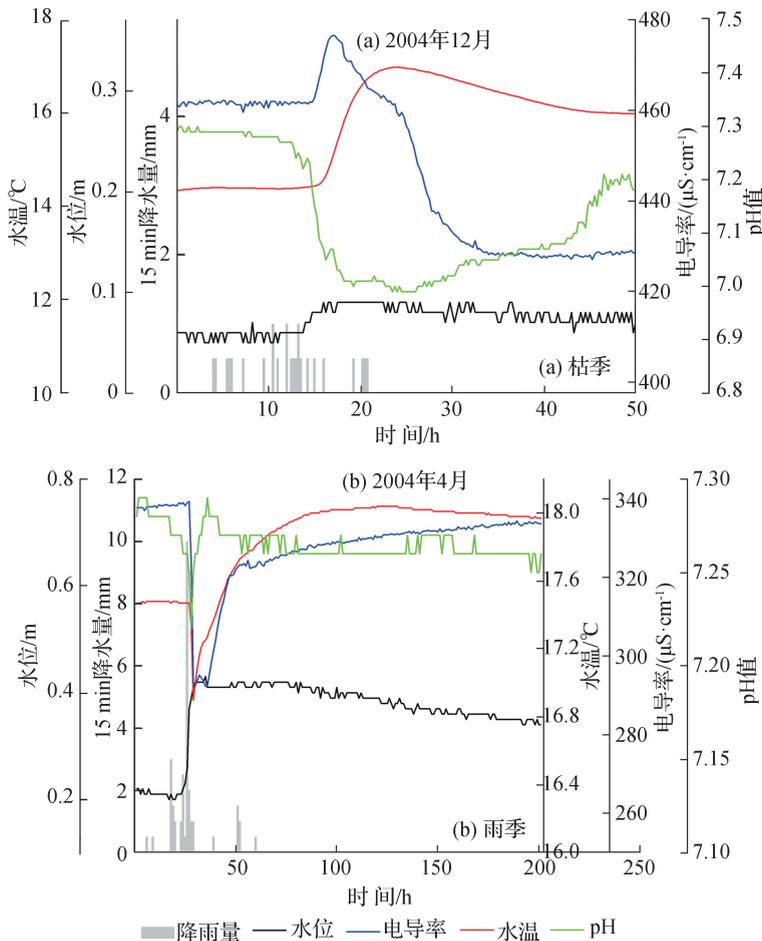


图6 S55 泉水化学曲线显示径流来源变化

Fig. 6 S55 spring chemographs show the change of runoff source

降雨前4 d 经历1次暴雨过程,集流场满足上述条件。此次降雨过程在2 h 45 min 内降雨量达23.5 mm。S55 泉的初始水位高于低水位,降雨后水位升高迅速,同时电导率、pH 值和水温快速下降,表明石面流出现。电导率变化范围290~340  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,根据电导率分峰拟合的结果(图5),此时水流为滞留时间较短的新水。电导率和水温的变化基本一致,但是pH 值在出现短暂的降低后出现一个峰值。原因是石面流中含有的少量的侵蚀性 $\text{CO}_2$ 很快被岩溶作用消耗掉,造成pH 的升高;从水化学变化判断石面流影响持续了约20 h。此后电导率恢复的速度减慢,而温度曲线和水文曲线出现了一个缓慢的峰值,pH 值保持稳定,表示壤中流逐渐占主导地位。在石面流和壤中流交替的时候,水位变化并没有出现显著的波动。主要原因是降雨过程中形成的所有径流都要经过岩溶管道排泄,在汇流的过程中管道形成了一定的缓冲作用。

综合分析坡地径流的水化学和水文曲线,可以推断降雨时石面流快速形成,且其水化学的特点是具有较低的电导率和pH 值,水温与其他类型径流有较明显的差异。水文曲线的峰值与水化学曲线的变化在时间上对应,表示洪峰是由石面流组成的。在水文曲线的衰减阶段,径流主要是由壤中流构成。

山坡集流场在降雨后主要产生2种来源的径流。第1种是石面流,它能够顺利进入表层岩溶带,并引起水化学显著的变化,并且其产生条件容易满足;第2种为壤中流,多发生在土壤与岩石的界面附近,它产生的条件较高,但能维持较长的时间。2种径流产生后都进入表层岩溶带,汇集成表层岩溶带径流。

### 3.4 山坡集流场径流模式的形成和调控方法

2004 和 2005 年桂林市降雨量分别为 1 843 和 1 877 mm,接近多年平均降雨量 1 885 mm(1951—2014 年)。2004 年 9 月和 10 月的降雨量偏低,这直接导致同期泉水断流。2004 年泉水断流并非偶然现象,与桂林发生秋旱有关。有关研究显示桂林 20 世纪 90 年代秋旱发生的年份占到了 40%<sup>[15]</sup>。2004 年华南多个地区出现了秋旱,本次研究获得的数据是受到了干旱的影响。2017—2018 年 S55 泉处于枯水位的时长达到 84 d,是 2004—2005 年的 2 倍(图 7),这主要是因为该时段秋冬季降雨量偏低。2004—2005 时段的观测结果受到干旱影响,但还不属于最严重的情况。

大石山坡地集流场的径流模式的形成与前期山坡水分状态、降雨类型以及下垫面物理结构有关。地质、地貌、植被等条件决定了集流场结构多样,可以采取物探的手段对此进行详细的勘探<sup>[10]</sup>。从产汇流功能上坡地集流场的结构概括为 3 种基本类型的组合。第 1 种类型称为裸岩区,岩石的溶蚀程度特别高,地表透水性非常好,主要分布在山脊和陡坡;第 2 种类型是岩石和土壤的组合,称之为半覆盖区,主要分布在山坡中部至坡脚;第 3 种类型土壤在上层,岩石在下层,称为覆盖区,分布在洼地(图 1(b))。

裸岩区超渗产流的门槛容易满足,但径流形成后很快形成下降流转移至溶蚀裂缝中形成深层渗流,只有小部分能够顺着坡面往下运动。半覆盖区坡地的蓄水容量和入渗率增大,超渗产流减少。而土壤厚度和体积一般较小,在下伏基岩的顶托下易形成饱和径流,石面流汇集到土壤,进一步促使土壤达到饱和。在覆盖区土壤的厚度超过 1 m,产流门槛进一步增加。顺坡而下的径流汇集在岩土界面附近,形成滞水或岩溶管道流<sup>[11]</sup>。

发挥集流面的水源潜力、增加水柜的储水量关键在于提高山坡产水效率并且延长径流在表层岩溶带中的停留时间。根据大石山坡地的径流模式,提出以下调控措施:①裸岩区调控目标为减少径流深层渗漏,采取人工防渗和表面固化并举的措施。②半覆盖区调控的目标为保持土壤水分,避免水分快速消耗。参考已

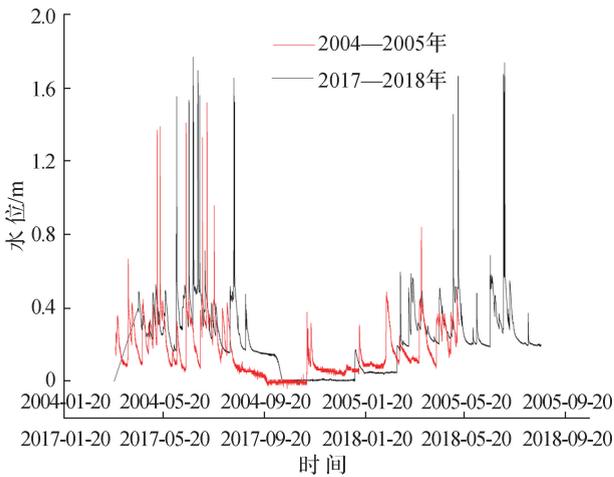


图7 2004—2005 时段与 2017—2018 时段水位曲线的对比

Fig. 7 Comparison of water level curve between 2004—2005 and 2017—2018

有研究提出可用的措施为恢复植被、增加石面附着生物量和凋落物层,提高表面缓冲能力<sup>[12]</sup>;改变土壤的持水性,提高土壤的蓄水能力<sup>[13]</sup>。③覆盖区调控以截留更多径流为目标,通过植物根系的发育改善含水介质的通透性<sup>[14]</sup>,延长含水体内水流的滞留时间。3种措施同时开展能够提高山坡产水率和水资源利用效率。

## 4 结 论

本研究对位于桂林峰丛洼地发育在纯灰岩上的表层岩溶泉进行了2个水文年2个时段的自动化观测,揭示了山坡水文动态和不同降雨条件下的坡地产汇流过程,为大石山缺水地区水利开发提供支撑。主要结论如下:

(1)大石山坡地以表层岩溶泉的形式向水柜提供水源。水源动态极不稳定,存在累计长达半年的低水位期,其连续时长超过3个月,枯水期连续时长超过40d,这可作为水柜容量设计的依据。

(2)大石山坡地能够提供的水流是不同界面和介质中由降雨转化形成的多种径流成分的组合。在岩溶高度发育的地质条件下,不论是在雨季还是枯季石面流成为最活跃的因素。大石山坡地蓄水容量小,径流容易得到补充同时也易干涸,未来有必要采取工程蓄水措施并对坡地集流面进行管理。

(3)大石山坡地分为裸岩区、半覆盖区和覆盖区,对此应该分别设置不同的管理目标。裸岩区管控石面流的漏失,半覆盖区通过生态手段增强土壤保水能力岩溶介质通透性,覆盖区采用水文地质手段揭露地下径流,多种措施并举提高坡地径流的利用率。

### 参考文献:

- [1] JIANG G H, GUO F, LO K F A, et al. Utilization status of rainwater harvesting and its improvement techniques in bare karst areas for domestic use and ecological restoration [J]. *Carbonates and Evaporites*, 2019, 34: 1381-1390.
- [2] 罗毅. 西南岩溶地区水窖水质及水体中微生物群落的年动态研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008. (LUO Y. Studying on the annual dynamic of microbial community and water quality of the water cellar in the karst mountainous area of southwest China [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008. (in Chinese))
- [3] 丘志青, 吴卫熊. 广西大石山区农村饮水安全巩固提升工程的探索与实践[J]. *广西水利水电*, 2020(2): 93-95, 103. (QIU Z Q, WU W X. Exploration and practice of rural drinking water safety consolidation and upgrade project in rocky mountainous area of Guangxi[J]. *Guangxi Water Resources & Hydropower Engineering*, 2020(2): 93-95, 103. (in Chinese))
- [4] 吴泽, 蒋勇军, 姜光辉, 等. 中梁山岩溶槽谷区不同土地利用方式坡地产流规律[J]. *生态学报*, 2019, 39(16): 6072-6082. (WU Z, JIANG Y J, JIANG G H, et al. Characteristics of different land-use types of slope runoff in a karst trough valley located in Zhongliang Mountain, Chongqing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(16): 6072-6082. (in Chinese))
- [5] 吕玉香, 胡伟, 杨琰. 岩溶关键带水循环过程研究进展[J]. *水科学进展*, 2019, 30(1): 123-138. (LYU Y X, HU W, YANG Y. Research progress of hydrological cycle in karst critical zone[J]. *Advances in Water Science*, 2019, 30(1): 123-138. (in Chinese))
- [6] HARTMANN A, GOLDSCHIEDER N, WAGENER T, et al. Karst water resources in a changing world: review of hydrological modeling approaches[J]. *Reviews of Geophysics*, 2014, 52(3): 218-242.
- [7] 袁道先, 戴爱德, 蔡五田, 等. 中国南方裸露型岩溶峰丛山区岩溶水系统及其数学模型研究: 以桂林丫吉村为例[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 1996. (YUAN D X, DAI A D, CAI W T, et al. Karst water system and its mathematical model of bare karst peak cluster mountain area in southern China: a case study of Yaji village, Guilin[M]. Guilin: Guangxi Normal University Press, 1996. (in Chinese))
- [8] 郭芳, 姜光辉, 刘绍华, 等. 利用泉水电导率频率分布辨别岩溶含水系统的水源组分[J]. *水科学进展*, 2018, 29(2): 245-251. (GUO F, JIANG G H, LIU S H, et al. Identifying source water compositions of karst water systems by quantifying the conductance frequency distribution of springs[J]. *Advances in Water Science*, 2018, 29(2): 245-251. (in Chinese))
- [9] 姜光辉, 吴吉春, 郭芳, 等. 森林覆盖的喀斯特地区表层岩溶带的产流阈值[J]. *水科学进展*, 2008, 19(1): 72-77. (JIANG G H, WU J C, GUO F, et al. Threshold value of epikarst runoff in forest karst mountain area[J]. *Advances in Water*

- Science, 2008, 19(1): 72-77. (in Chinese))
- [10] GAO Q S, WANG S J, PENG T, et al. Evaluating the structure characteristics of epikarst at a typical peak cluster depression in Guizhou plateau area using ground penetrating radar attributes[J]. *Geomorphology*, 2020, 364: 107015.
- [11] WANG S, FU Z Y, CHEN H S, et al. Mechanisms of surface and subsurface runoff generation in subtropical soil-epikarst systems: implications of rainfall simulation experiments on karst slope [J]. *Journal of Hydrology*, 2020, 580: 124370.
- [12] 王电杰, 沈有信, 黄金. 石林 3 种喀斯特生态系统的石面有机质和养分含量[J]. *山地学报*, 2015, 33(1): 16-24. (WANG D J, SHEN Y X, HUANG J. Epilithic organic matter and nutrient contents in three different karst ecosystems[J]. *Mountain Research*, 2015, 33(1): 16-24. (in Chinese))
- [13] 张喜, 薛建辉, 生原喜久雄, 等. 黔中山地喀斯特森林的水文学过程和养分动态[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(5): 757-768. (ZHANG X, XUE J H, KIKUO H, et al. Nutrient dynamics and hydrological process of karst forests in mountains area of central Guizhou Province, China[J]. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(5): 757-768. (in Chinese))
- [14] 魏强, 凌雷, 柴春山, 等. 甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质[J]. *生态学报*, 2012, 32(15): 4700-4713. (WEI Q, LING L, CHAI C S, et al. Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinglong Mountain of Gansu [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(15): 4700-4713. (in Chinese))
- [15] 周文志, 蒋丽娟, 廖铭燕, 等. 桂林秋旱成因及其短期气候预测的研究[J]. *广西气象*, 2003(1): 18-22. (ZHOU W Z, JIANG L J, LIAO M Y, et al. Study on the causes for autumn drought in Guilin and its forecast on a short-term basis [J]. *Journal of Guangxi Meteorology*, 2003(1): 18-22. (in Chinese))

## Runoff pattern and adjusting measure of the karst slope for tanks\*

JIANG Guanghui, GUO Fang

(MNR&GZAR Key Laboratory of Karst Dynamics, Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004, China)

**Abstract:** The formation and dynamics of slope runoff as karst aquifer recharge process are rarely described specially for the karst area of South China. A spring which discharge epikarst in Yaji experimental site was selected as the research point. The hydrological and hydrochemical dynamic process under different precipitation conditions were obtained through multi-parameter monitoring for a hydrological year. Understanding the dynamic characteristics of runoff formation conditions as well as water source composition of slope flow were formed using hydrological and hydrochemical analyzes. According research there are strong seasonal changes which reflected on the hydrological processes for slope runoff. The total duration of low water level is half of the year, the continuous duration is more than 3 months, and more than 40 days are continuous dry-up throughout one hydrological period. All this indicates instability and variability in slope runoff, and it is necessary to apply certain measures in regulating this process. The hydrochemical dynamics controlled by carbonate dissolution show the merging of runoff from different geological formation. The oscillation of electrical conductivity as well as other indicators show that the runoff formed in bare rock surface plays vary important role. According to the geological structure of slope area regulation through three approaches is proposed: reducing runoff leakage in bare rock area; improving permeability of the epikarst zone; exploring karst conduits in dolines. These measures will help to increase the storage capacity of water tank and improve the utilization efficiency of runoff.

**Key words:** runoff collecting; peak cluster; water tank; runoff generation; epikarst zone

\* The study is financially supported by the National Natural Science Foundation of China (No.41772269).