

广西黑水河流域岩溶水系统结构及其概念模型

黄春阳, 孙超 (广西地质勘查总院, 广西南宁 530023)

摘要 以广西黑水河流域为研究单元, 对流域内岩溶水系统进行了划分, 黑水河流域是一个完整的岩溶水系统, 可划分为地下河系统、分散流系统、岩溶大泉水系统和表层岩溶泉系统。然后, 分析论述了各子系统结构特征以及地下水之间、地下水与地表水之间的水力联系, 最后提出黑水河流域岩溶水系统水循环概念模型。

关键词 黑水河; 岩溶水系统; 概念模型

中图分类号 S181.3; P641.12 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)15-06826-03

Structure and Conceptual Model of Karst Groundwater System for Heishui River Basin in Guangxi, China

HUANG Chun-yang et al (Guangxi Institute of Geological Survey, Nanning, Guangxi 530023)

Abstract Taking Heishui River Basin in Guangxi as the study area, the basin is a complete Karst groundwater system which would be divided into underground river system, distributed flow system, large Karst springs and surface Karst spring system. The characteristics of each subsystem, connections of different groundwater flows and relationship between groundwater and surface water were analyzed. Finally, the conceptual model of Heishui River Basin Karst groundwater was put forward.

Key words Heishui River; Karst groundwater flow system; Conceptual model

黑水河流域位于广西西部, 行政区划主要包括国家重点扶持的靖西县、天等县、德保县、龙州县, 以及广西重点扶持的大新县及崇左市江州区, 以靖西县及大新县县域为主。在流域中上游的南面还包括有部分越南的国土。我国境内黑水河流域总面积 5 840.41 km², 其中岩溶区 5 125.44 km² (碳酸盐岩区 4 717.17 km², 碳酸盐岩夹碎屑岩区 408.27 km²), 占流域总面积 87.8%, 碎屑岩区 637.02 km², 火山岩区 77.85 km²。在孔隙、裂隙和岩溶三大类地下水系统中, 岩溶水系统为生态脆弱区, 对气候变化和人类活动的响应十分显著, 成为全球变化研究最为关注的地区之一^[1]。岩溶水系统划分历来为人们所关注^[2-7]。圈定岩溶水系统, 对分析其水量均衡很有帮助^[8], 也便于确定岩溶水的水量^[9]和水质保护区, 为合理开发利用、控制及管理提供依据^[10-11]。

1 岩溶水系统划分

黑水河属珠江水系, 按水利电力部对水系统的划分, 黑水河为四级系统, 具体是: 珠江为一级水系统, 西江为二级水系统, 左江为三级水系统, 黑水河为四级系统。黑水河流域既是一个完整的水文系统, 也是一个完整的岩溶水系统, 并且可以在四级基础上进一步划分岩溶水子系统(五级系统)。根据岩溶发育特征、岩溶地下水赋存条件, 并结合地下水补径排条件等, 黑水河流域岩溶水系统可划分为地下河系统、分散流系统、岩溶大泉水系统和表层岩溶泉系统(岩溶大泉指枯流量 ≥ 50 L/s 的岩溶泉或泉群; 由于表层岩溶泉子系统分布在其他水系统的表面, 在空间分布上不另外划分出表层岩溶泉子系统)。为便于水资源的计算及岩溶水的开发利用规划, 地下河子系统、岩溶大泉子系统划分时以局部地表分水岭及地下分水岭为分区界线。对于分散流子系统, 主要以局部地表分水岭为分区界线, 并结合地表河流进行划分。对于得到碎屑岩裂隙水补给的岩溶区, 为了体现岩溶水系统的

完整性, 把非岩溶区也划入到岩溶水系统内。

测区 29 条地下河中, 玩屯地下河、弄轻地下河、皮屯地下河、桃城地下河位于峰林谷地区, 发育较浅, 流程较短, 同时地表水文网发育与地表水的联系较大, 对其不划分出地下河子系统。据岩溶水系统的划分原则, 测区岩溶地下水可划分为 25 个地下河子系统、12 个岩溶大泉子系统、32 个分散流子系统(图 1)。各子系统的基本特征是, 以局部分水岭为界, 地下水主要通过地下河出口集中排泄, 局部以岩溶泉的形式排泄; 岩溶大泉子系统以局部分水岭为界, 地下河管道不明显, 地下水主要赋存在裂隙溶洞中, 以岩溶大泉形式集中排泄; 分散流子系统地下河管道不明显, 地下水主要赋存在裂隙溶洞中, 以分散流的形式排泄。

2 岩溶水系统结构

2.1 地下河水系统结构特征 地下河是由一条主流和数条支流或是无数裂隙脉流汇流组成的具有同一补给、迳流、排泄系统的岩溶地下水系统, 测区内共发育了 29 条地下河。岩溶水系统的划分结果为 25 个地下河水系统, 地下河系统具有明显的以区域分水岭或局部分水岭为系统的边界, 地表分水岭与地下分水岭基本一致, 只有在局部地段由于修建水库的影响, 存在地表分水岭与地下分水岭不一致的情况。在不同区段, 由于地质条件的不同, 地下河的结构特征存在差异。在平面上, 有的地下河呈单管型, 有的呈树枝型; 在剖面上, 有的地下河呈阶梯型, 局部地段产生明显的跌水, 有的呈缓坡型, 水流较平缓。

2.2 岩溶大泉系统结构特征 岩溶大泉的结构以岩溶裂隙、溶洞为主, 面状补给, 无明显的岩溶管道, 地下水沿岩石裂隙径流、汇集, 最后以大泉的形式集中排泄。大多数岩溶泉都有明显的泉域界线, 即以局部地表分水岭为泉域界线, 部分岩溶大泉由于受导水断层的影响, 则泉域界线与局部地表分水岭界线不一致, 其补给来源还包括上游导水断层所经过的区段, 该类岩溶泉的泉域界线则很难划出。岩溶大泉的结构主要受新构造运动及水动力条件的影响。测区内所出

作者简介 黄春阳(1983-), 男, 湖南衡阳人, 工程师, 本科, 从事水文学、工程地质、环境地质研究工作, E-mail: 79601738@qq.com。

收稿日期 2013-04-17

露的岩溶大泉均属下降泉,且多出露在峰丛谷地、峰林谷地,说明其发育于新构造运动相对稳定的时期,此时期岩溶纵向发育减弱,垂向与水平方向岩溶发育较均衡,各向异性不明

显,岩溶地下水以溶洞、脉状裂隙流为主,地下水表现为以岩溶大泉出露为主,泉眼多呈溶洞状,只有少数出露在断层带上。

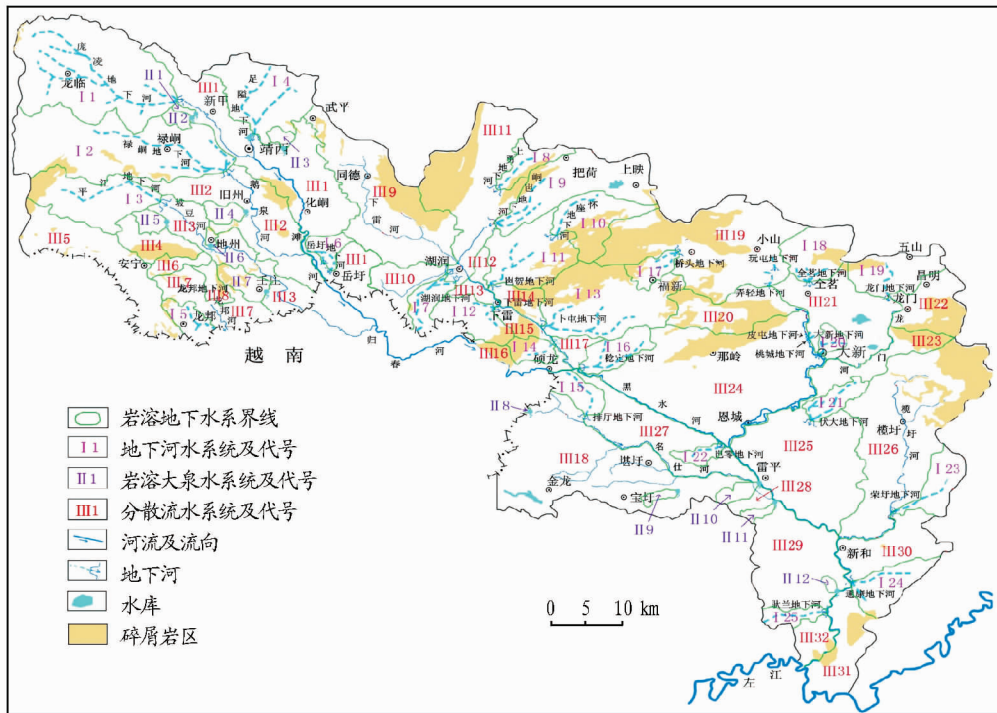


图1 研究区岩溶水系统分布

2.3 分散流系统的结构特征 分散流系统的结构以岩溶裂隙、溶洞为主,面状补给,无明显的岩溶管道,无集中排泄口,以散流的形式直接或间接排入地表河。

2.4 表层岩溶泉系统结构特征 表层岩溶泉是表层岩溶带的地下水在表层岩溶带内运移过程中,沿着下部相对隔水层(面)集中溢出地表而形成。流域内地貌以峰丛洼地、峰林谷地为主,在洼地、谷地周边的斜坡地带常形成表层岩溶带,其岩溶形态以溶沟、溶槽、溶隙、溶孔等为主,分布较普遍但不连续。表层岩溶带的厚度视下部相对完整的隔水面位置而不同,一般是5~20 m,有的可达30 m以上。表层岩溶带的地下水主要来自大气降雨的入渗补给,部分地区还有来自冲沟等水体的入渗补给,在与碎屑岩接触区还得到碎屑岩区基岩裂隙水的侧向补给。由于构造等的影响,在表层岩溶带密集发育了裂隙、溶沟、溶槽等多种岩溶空隙。高的空隙率和渗透性,使表层岩溶带易接受丰富的大气降雨的入渗补给,进入表层岩溶带的入渗补给水,分两部分继续运移:一部分地下水通过中间弱岩溶发育带的深部裂隙等继续向下运移补给下部的地下河系统(下部岩溶强发育带),另一部分则因表层岩溶带底部的相对隔水层的阻挡改变迳流方向,从而延缓、滞留在表层岩溶带,构成了表层岩溶带岩溶地下水,表层岩溶水沿相对隔水底板汇集、迳流,以表层岩溶泉的形式排出地表。流域内表层岩溶泉流量一般5~10 m³/h,大的可达30 m³/h,有的甚至更大。在峰丛洼地区,表层岩溶泉一般出露在洼地边缘或山峰斜坡中、下部,具有快速补给、迳流途径

短、就地补给、就地排泄的特点,表层岩溶带中地下水的赋存空间,主要为碳酸盐岩的构造裂隙、溶蚀裂隙、溶孔等,其结构形态主要表现为裂隙溶孔组合型。表层岩溶泉绝大多数为季节泉,只有少数常年流水,但在枯季水量已大大减小。根据表层岩溶带的剖面特征,表层岩溶带可分为一元结构和二元结构。一元结构为表层岩溶带的基岩全裸露,该类表层岩溶泉降雨入渗补给快,流量动态变化大,开始时流量大,但大多数雨后2~4 d就断流了,少部分6~10 d断流,属于动态不稳定型;二元结构为表层岩溶带及其上覆厚度不一的土层,该类表层岩溶泉由于有覆盖层,相应也有一定的植被覆盖,降雨入渗补给相对较慢,同时由于有植被覆盖,能增加近地面空气的湿度,截留部分降雨和迳流,减缓地表迳流速度,加强了下渗作用,利于大气降雨的入渗补给,泉流时间较长,动态变化较小,雨后一般可出流2~6个月,有的常年流水,属于动态相对稳定型。

2.5 地下水之间以及地下水与地表水的水力联系

2.5.1 地下水之间的水力联系。 岩溶水主要以管道流为主,表现为流域内地下河(系)发育,各地下河(系)存在局部分水岭,分别形成相对独立的小流域岩溶水系统。在各岩溶小流域内,地下水主要赋存于地下河管道及岩溶裂隙、构造裂隙中,地下水主要沿裂隙、溶洞往地下河管道汇集,并主要通过地下河出口排泄,少部分则从溢流天窗或沿构造裂隙以岩溶泉的形式排出地表。由于受岩溶含水介质各向异性的影响,在横向上,在各地下河(系)之间,地下水的水力联系

差;在纵向上,由于各岩溶水系统发育高程的差异,上游岩溶水系统可成为下游岩溶水系统的补给源。一方面是通过深部的岩溶水径流补给,另一方面是通过地下河出口、岩溶泉、溢流天窗、溢洪天窗等排出地表成为地表河后,地表河又通过下渗或落水洞等补给下游的岩溶水系统。如庞凌地下河水系统,其出口为庞凌河源头,庞凌河在靖西县城附近通过入渗又可成为当地岩溶水系统的补给源。表层岩溶水与下部地下河的水力联系主要有两种方式,一种是表层岩溶水通过深部裂隙或深部溶隙垂直下渗补给下部的岩溶水系统,另一种是表层岩溶水沿表层岩溶带底部的相对隔水层汇集、径流,以表层岩溶泉的形式排出地表后,再通过落水洞、天窗等补给下部岩溶水系统。

2.5.2 地下水与地表水的水力联系。在流域内,岩溶地下水与地表水关系密切,二者之间可以较快地转换,尤其是在丰水期,地表水可以通过裂隙、溶隙、落水洞、天窗等补给岩溶地下水,而岩溶地下水又通过地下河出口、岩溶泉、溢流天窗、溢洪天窗等排出地表,常成为一些地表河的源头。黑水河流域由于地面封闭洼地等岩溶形态发育,缺乏完整的地表水文网,地表水(包括降雨形成的地面坡流等)主要通过落水

洞、天窗等以注入式集中补给地下水,常造成管道式地下河流量的暴涨暴落,同时地下水也可通过溢流天窗、溢洪洞等流出地表成为地表水,常造成内涝。

3 岩溶水系统的概念模型

岩溶水系统是水循环系统在岩溶地区的一个子系统,首先来自非岩溶区的外源水进入岩溶水系统后,同岩溶系统的水汇合,再经过岩溶水系统内部的调蓄,又以不同形式流出岩溶系统。黑水河流域岩溶水系统的水循环总体过程是,外源水进入岩溶水系统后,总体上由北西向南东径流,在靖西一带谷地形成了局部的排泄场地,形成了地下河出口的集中分布区,同时也发育有较多流量较大的岩溶泉,甚至岩溶大泉,排泄场地的高程约700~750 m。在中游的湖润镇一带,由于地形的突变,地下水也产生了约300 m的跌水,地下水往更低的排泄面(大新县城一带的谷地)排泄,在大新县城一带排泄场地的高程约200~250 m。在东南部,地下水向当地最低的排泄基准面——左江排泄。地下水通过直接蒸发或流入地表河流后,通过蒸发又进入大气层,再通过大气降雨重回到岩溶水系统,进入新一轮的岩溶水循环过程。黑水河流域岩溶地下水循环过程可以概化为图2的概念模型。

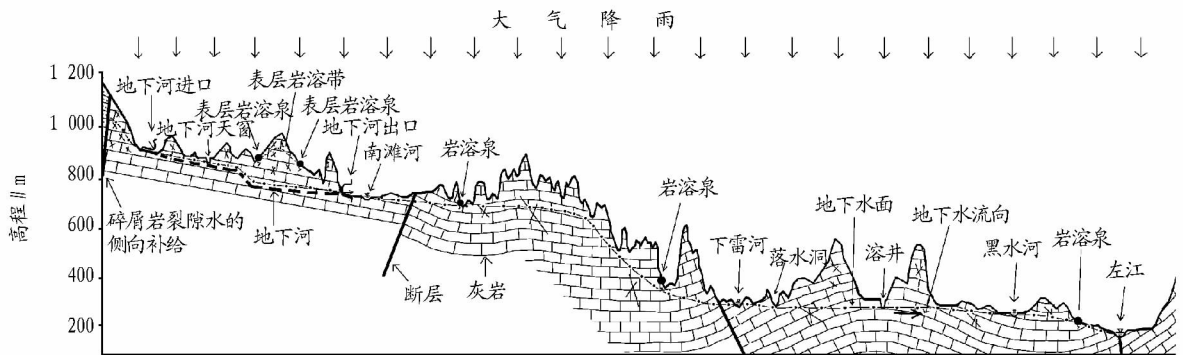


图2 黑水河流域岩溶水系统概念模型示意图

4 结语

黑水河流域位于广西西部,该流域包含地下河系统、岩溶大泉系统、分散流系统和表层岩溶泉系统4个岩溶水子系统,其中表层岩溶泉水系统位于各个水系统的表面,不同的岩溶水系统具有不同的结构特征。在以后岩溶地下水的开发利用及管理上,要针对不同的岩溶水系统采取不同的措施,增加岩溶地下水的利用效率,为人们的生活用水提供有力保障。

参考文献

[1] 张江华. 娘子关泉岩溶水系统演化再认识[J]. 太原理工大学学报, 2007(5): 420-423.
[2] 梁永平, 王维泰. 中国北方岩溶水系统划分与系统特征[J]. 地球学报, 2010(6): 860-868.

[3] 梁杏, 韩冬梅, 靳孟贵, 等. 忻州盆地边山岩溶水系统与盆地孔隙水补给分析[J]. 水文地质工程地质, 2007(6): 28-32.
[4] 王宇. 西南岩溶石山区断陷盆地岩溶水系统分类及供水意义[J]. 中国地质, 2003(2): 220-224.
[5] 王宇. 西南岩溶地区岩溶水系统分类、特征及勘查评价要点[J]. 中国岩溶, 2002(2): 44-49.
[6] 万军伟, 沈继方. 高坝洲地区岩溶水系统的研究方法与其意义[J]. 水文地质工程地质, 1998(6): 3-6.
[7] 张人权, 周宏, 陈植华, 等. 山西郭庄泉岩溶水系统分析[J]. 地球科学, 1991(1): 1-17.
[8] 陈植华. 岩溶水系统泉流量系统分析——以山西郭庄泉为例[J]. 地球科学, 1991(1): 51-60.
[9] 劳文科, 蓝芙宁, 蒋忠诚, 等. 石河河流域岩溶水系统及其水资源构成分析[J]. 中国岩溶, 2009(3): 255-262.
[10] 许绍倬, 王恒纯, 李勇, 等. 山西龙子祠泉岩溶水系统分析[J]. 地球科学, 1991(1): 19-33.
[11] 袁道先, 蔡桂鸿. 岩溶环境学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1998.