

文章编号 1001-8166(2004)增-0153-04

中国南方岩溶地下河系形成演变的链式规律

郭纯青,刘景兰,王洪涛,邓欢

(桂林工学院资源与环境工程系,广西桂林 541004)

摘要:在分析中国南方岩溶区地下河系形成与发育的现存问题的基础上,提出了岩溶地下河系形成演变的链式规律,并加以详细评述,为今后岩溶地下河系水能调控空间定位与水资源开发提供相关理论与方法。

关键词:中国南方;岩溶地下河系;链式规律

中图分类号: P642.25 **文献标识码:** A

岩溶地域的地下水来源主要有三:一是经地表渗入补给碳酸盐岩含水层的大气降水(最重要的来源);二是来自地表河水(河床渗漏和伏流)补给碳酸盐岩含水层;三是非岩溶区地下水的补给。上述补给源的水,在碳酸盐岩空隙空间中流动,形成岩溶地下水流。研究岩溶地下水,最重要的是研究碳酸盐岩岩溶化空隙空间体内浅部(地表以下 0~100m)内的中快速水流——岩溶地下河系与岩溶管道水系系统中的地下水流。岩溶地下河系分布广泛,北自黑龙江,南至海南,西抵贺兰山,东临海滨,皆有岩溶地下河系发育,其中尤以中国南方岩溶区最多。

在中国南方岩溶区内,岩溶地下河系结构与功能因地而异,相差甚大。河系主干长度从 $n \times 10^{-1} \sim n \times 10^1$ km (1~n 9)不等;河系汇水面积在 $n \times 10^1 (1 \sim n 9) \sim n \times 10^3$ km² (1~n 2)之间;河系出口流量在 $n \times 10^{-2} (1 \sim n 9) \sim n \times 10^2$ m³/s (1~n 5)之内。随着水文地质调查精度的提高和调查范围的扩大,对中国南方岩溶区岩溶地下河系的总数量(不小于 3 100 条)、总长度(可达 16 000 km)、总流量(可有 1 600 m³/s)及河系之间相互关系等都不断地有新的发现和新的认识。

岩溶地下河系水的量与质的“源”(不同补给的源、量与质)、“流”(各类水流传输与分配方式)、“场”(水动力、水温度、水化学、水同位素等)、“径”(水流运动的主干道或主通道)、“域”(水流贮存空

间)的综合集成为岩溶地下河系形成演变的链式规律。

1 岩溶地下河系的“源”

岩溶地下河系有不同补给条件和补给源,具有不同的补给方式(图 1)。

1.1 降雨

中国南方岩溶区雨量充沛,年降雨量大多在 1 200~1 800 mm 之间。在雨季大量的降水直接补给岩溶地下河系,是其的主要补给源。在不同的地区,具有不同的补给方式。

(1) 点状集中补给。中国南方岩溶区内,岩溶地下河系发育。大气降雨经地表汇集成为暂时性地表径流,通过广泛分布在岩溶峰丛洼地、谷地中的漏斗、落水洞、溶井、溶斗、地下河天窗、脚洞等多重岩溶形态组合,以集中注入和流入式补给岩溶地下河系。

(2) 面状补给(渗入式为主)。在岩溶区,降雨通过地表大量岩溶裂隙,以面状渗入式补给岩溶地下河系。

(3) 线状补给(渗入与注入为主)。在岩溶区内,降雨沿岩溶谷地、串珠状、竖井、天窗、洼地等岩溶形态组合,呈线状补给岩溶地下河系。

1.2 非岩溶区的地表水、地下水

在岩溶区,如有地表主干水系及一级支流流经

收稿日期:2004-04-10。

作者简介:郭纯青(1955-),男,辽宁沈阳人,研究员,主要从事岩溶水文、水资源、生态及其灾害学研究。
E-mail: guochunqing99@yahoo.com.cn.

非岩溶区的径流段,非岩溶山区的地表水在流入岩溶区后,多通过脚洞、落水洞、漏斗等岩溶形态组合注入和流入补给,或通过岩溶裂隙渗入、覆盖层渗入

补给岩溶地下河系,在与非岩溶区相邻的岩溶区,基岩裂隙水、第四系孔隙水的侧向潜流补给岩溶地下河系也很普遍。

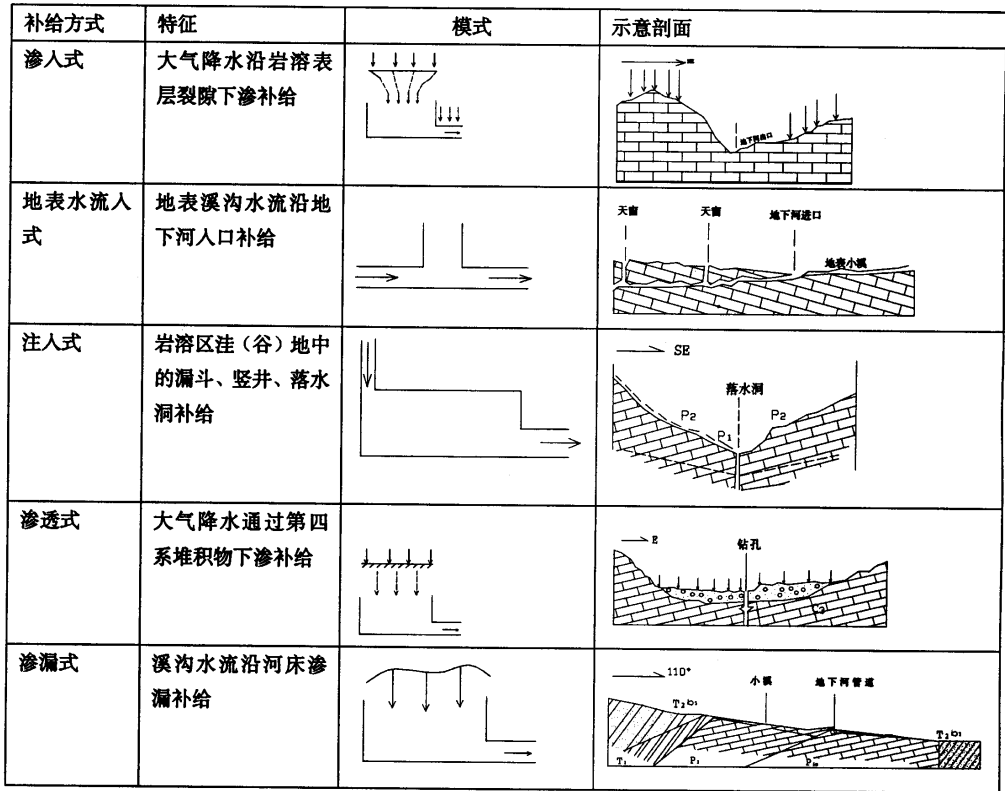


图 1 岩溶水补给方式示意图

Fig.1 the water wupplying pattern in Karst area

1.3 人工蓄水、引水水利工程的渗漏及灌溉水的回渗

在中国岩溶区内已兴建蓄水工程数万处,自流引水工程数万处。因岩溶强烈发育,致使水利效益低下,其渗漏量极大,有相当部分水量补给了岩溶地下河系。

此外,在农田、耕地分布区,岩溶地下河系也接受灌溉水的回流补给。

1.4 地表水的倒灌

中国岩溶区江河一级支流的中、下游坡降平缓,在雨季渲泄不畅,洪涝灾害严重,沿河两岸的岩溶地下河系均可受河水的倒灌补给;尤其是出口位于河岸的岩溶地下河系,因其坡降缓,在雨季接受河水的倒灌补给十分明显。

2 岩溶地下河系的“流”

岩溶地下河系内各类水流传输与分配,受地表水文网的展布、地形的自然倾向和构造(断层、构造裂隙、层面裂隙)具体分布的制约。“流”的性质概括有以下几方面:

(1)“流”的速度。在岩溶地下河系内水流的运动速度,按其大小可分为快速水流、中速水流和慢速水流。

(2)“流”的多相性和改造与搬运用。岩溶地下河系内水流(快速流)在传输过程中夹杂大量的气体和固相物质,构成三相流。另,由于地下通道的随机堵塞,“流”呈现出多变的改造与搬运用,致使地下河道弯曲和河道堆积现象多见。

大多数岩溶地下河系出口的钙华堆积和天窗中的砂、砾石堆积可为佐证。

(3)“流”的袭夺性。岩溶地下河系内水流具有袭夺邻近地表、地下水水流的功能。在中国滇黔桂湘岩溶区内的一些岩溶地下河系的补给面积小,但

径流模数都很大,是袭夺了相邻岩溶地下河系水量的结果。

(4)“流”的分配与互换性。在岩溶区内,岩溶地下河系水流具地表、地下互换的性质,致使地表水系与岩溶地下河系明暗交替,混为一体(图2)。

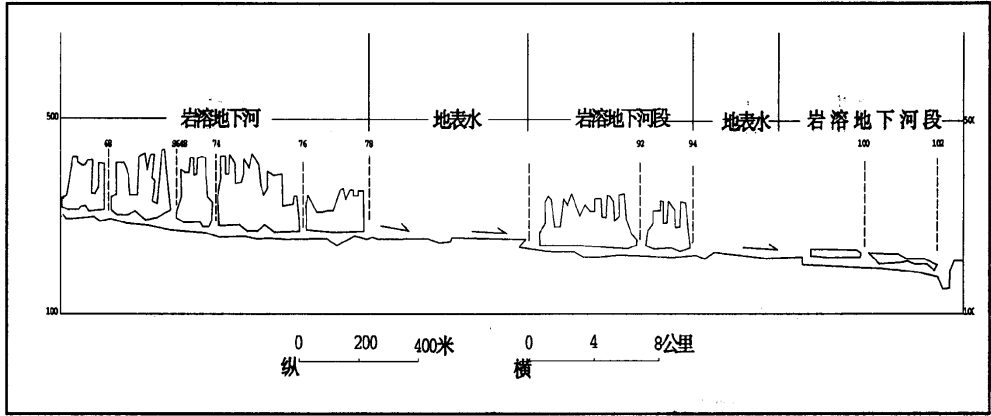


图2 岩溶地下河与地表径流相互转换示意剖面图

Fig.2 Profile of the transformation between Karst underground river and surface seepage flow

(5)“流”的无压与有压、连续与非连续的转化。岩溶地下河系内水流在时空分配上,存在无压与有压、连续与非连续间的相互转换。例如,在河道“瓶颈”处或是雨季,水流呈有压与连续,在河道“开阔”处或是旱季,水流则呈无压与非连续态。

(6)“水流”的传输。受岩溶地下河系内岩溶含水介质个体组合的多重性的影响,水流的传输方式和流态复杂多变,存在由连通岩溶洞穴和岩溶管道传输的“管流”,也存在受裂隙控制传输的“散流”,且水流流态呈层流与紊流相互变化的状态。

(7)“流”的排泄。岩溶地下河系“流”的排泄受地貌与水文网展布的制约。岩溶地下河系“流”的排泄主要有集中排泄、分散排泄、季节排泄和常年排泄等方式。

其中,集中与分散排泄是以空间位置来划分,季节与常年排泄是以时间序列来划分。特别是在雨季,岩溶地下河系“流”的排泄方式复杂多变,许多溢洪天窗、溢洪洞穴、溶井、溶潭、季节泉等都可能是其排泄通道。

3 岩溶地下河系的“场”

岩溶地下河系的“场”的理想模式可以归纳为3种,即渐变型、突变型与混合型。

岩溶地下河系“场”的时空分布特征,受控于其所在地区的地表水系、地层与岩性、地质构造(含褶皱的性质和轴向、断层的性质和走向、裂隙的性质与展布)及气候因素等。特别是地表岩溶形态组合的类型,如岩溶洼地走向与组配(高位岩溶洼地与低位岩溶洼地,深岩溶洼地与浅岩溶洼地)和岩溶竖井、岩溶天窗、岩溶落水洞空间的排布与组配关系等。

岩溶地下河系“场”的性质是河系内物质、能量和信息等要素流动的基础,概括有以下几个方面:

(1)岩溶地貌类型不同,岩溶地下河系“场”梯度复杂多变。从峰丛山区到峰林平原区,“场”的梯度(势)强度减弱。例如在高峰丛洼地、谷地,岩溶地下河系平均坡度为8‰~50‰,而到了峰林平原区,岩溶地下河系平均坡度为1‰~3‰。

(2)岩溶地下河系“场”的趋稳性。由于物质、能量、信息的流动,岩溶地下河系“场”的梯度逐步减弱,最终趋于一致。上述过程在其“水动力场”、“水化学场”和“水温度场”内都有所体现。

(3)受岩溶多重介质环境影响,岩溶地下河系的空间分布呈垂直地带性。岩溶地下河系“场”的垂直地带性的主要成因是高度差别。受地势影响,岩溶高峰丛山区,地下水位埋深最大者可达200 m;

而在峰林平原区,地下水位埋深一般小于10 m。岩溶地下河系“场”的垂直地带性的特征主要是叠加性、分界性和复杂性。

4 岩溶地下河系的“径”

岩溶地下河系主干或主管道是其“流”运动的主要通道,也是其“场”存在的主要区位。岩溶地下河系“径”的空间分布受岩溶多重介质环境影响,其“径”的形态与规模呈距离衰减规律,即与距离平方成反比。

(1)“径”位置的综合性。受岩溶多重介质环境的影响,岩溶地下河系“径”位置集成岩性、气候、地形、地段、地貌等多种因素。

(2)“径”位置的确定性。在某一特定时间里,岩溶多重介质环境内,岩溶地下河系“径”的位置是确定的、唯一的。

(3)“径”位置的层次性。岩溶地下河系“径”的位置可以用不同的距离尺度表述。根据尺度大小,岩溶地下河系“径”的位置大体可分为小尺度、中尺度、大尺度3个层次。

(4)“径”位置的历史性。在岩溶多重介质环境中,岩溶地下河系的主干或主管道是一定时间内岩溶建造与改造的结果;同时,“径”的位置也是岩溶发育的主向迁移与整体兴衰的体现。因此,岩溶地下河系“径”是岩溶发育过程中继承与发展的综合产物。岩溶多重介质环境的变化引起岩溶地下河系“径”位置的变化,并引起岩溶地下河系整体变化,岩溶地下河系“径”位置含有岩溶发育史的信息。

5 岩溶地下河系的“域”

岩溶地下河系的“域”主要是指水资源赋存空间和岩溶地下河系整体的时空分布范围,是在岩溶地下河系“场”与“径”的基础上探索“线”、“面”、

“体”的问题。

(1)“域”的同界。岩溶地下河系“域”的周界分渐变型与突变型两大类。通常突变型周界易定,渐变型周界难寻。大多数岩溶地下河系之间没有泾渭分明的界线,在“域”与“域”间存有一个过渡地带。

(2)“域”的面积。岩溶地下河系“域”面积一般有地表与地下两个数值,通常二者并不相等,有时相差具大,为时间与空间的函数。

(3)“域”的体积。因“域”面积有二值性,其体积亦存二值性,且受控于时空,亦为时间与空间的函数。

6 结 语

本文详细阐述和建立了岩溶地下河系形成演变的链式规律。通过讨论与分析,可以清晰看出,确定和把握岩溶地下河系形成演变的链式规律,是岩溶地下河系水能合理转换、空间有效定位、水资源安全开发的基本保证。同时,岩溶地下河系形成演变的链式规律的研究仍需进一步深化,特别是在定量化研究方面进展有限,在今后的科研实践中,应给予充分地重视。

参考文献(References):

- [1] 卢耀如等·岩溶水地质环境演化与工程效应研究[M]·北京:科学出版社,1999,87-112.
- [2] 何宇彬等·中国喀斯特水研究[M]·上海:同济大学出版社,1997,91-197.
- [3] 袁道先·蔡桂鸿·岩溶环境学[M]·重庆:重庆出版社,1988,13-37.
- [4] 郭纯青等·岩溶含水介质与地下水系统理论探讨[M]·桂林:广西师范大学出版社,1996,1-25.
- [5] 袁道先等·中国岩溶学[M]·北京:地质出版社,1993,1-30.
- [6] 郭纯青·中国岩溶地下河系及其水资源[J]·水文地质工程地质,2001,28(5):43-45.

THE CHAIN - RULES OF FORMING AND EVOLUTION OF UNDERGROUND RIVER SYSTEM IN KARST AREAS IN SOUTH CHINA

GUO Chun-qing, LIU Jing-lan, DENG Huan, WANG Hong-tao

(Dept. of Resources and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: on the basis of the analysis of the existing problem of the forming and development of underground rivers in Karst areas in South China, the chain rules of forming and evolution of underground rivers in Karst areas are put forward and remarked elaborately, so as to provide concerned theories and methods for water energy adjust and control of underground river system and water resources development.

Key words: South China; Underground river system in karst areas; Chain-rule.