

文章编号:1001-4810(2001)01-0017-04

后寨河流域岩溶含水介质结构与地下径流研究^①

杨 勇

(贵州省普定岩溶研究综合试验站, 贵州普定 562100)

摘 要:通过脉冲试验,采用测站脉冲响应曲线及流量衰减曲线分析,对后寨河流域含水介质结构进行了研究。研究结果表明,后寨河流域主要发育有溶隙—溶管网络、较单一溶管以及溶隙网络三种含水介质结构,而且以溶隙、溶孔为主,其占含水介质体积的比率可达 83.1%~96.9%,而岩溶管道含水介质则只有 3.1%~16.8%。不同含水介质的水文地质特征差异很大,溶隙—管道网络水位上升快而衰减慢,水位变幅小;较单一溶管水位上升快而衰减亦快,水位变幅较大;而溶隙网络水位动态变化则介于前二者之间。

关键词:岩溶含水介质;地下径流;水文地质单元;脉冲试验

中图分类号:P642.254

文献标识码:A

贵州省普定县后寨地下河流域是一个复杂、典型的岩溶小流域,其水文径流过程极其复杂。除地貌形态多样性及地形陡缓差异性造成一定影响之外,其根本原因是岩溶含水介质结构的复杂多变造成的。每年除洪水季节中的暴雨引起地下水位上升而使地表短暂积水外,绝大部分的降水到达地面后均迅速转入地下补给岩溶水。

后寨地下河流域岩溶极为发育,上游段无明显的地表河河谷,中、下游虽有河谷,但只形成短暂的季节性径流,河床沿途漏陷坑呈串珠状排列,径流时明时暗。流域的水文径流过程明显地受岩溶地下空间(溶隙、溶管)及展布特征的控制。

1 后寨地下河流域地理地质背景

后寨地下河流域位于黔中高原的普定南部,海拔高程一般在 1220~1400m 之间,最高为 1585m,最低为 1218m,相对高差一般在 250~300m 之间,最高达 363m。多年平均气温 15.1℃,多年平均降雨量 1343.6mm,降雨集中在 5~10 月。流域东北部为峰丛洼地、峰丛谷地,是该流域的上游段,中下游为峰林

盆地区。流域处在普定向斜西南端,地层为中三叠统关岭组第二段(T_2g^2)和第三段(T_2g^3)。第二段可分为三层:第一层(T_2g^{2-1})为中厚层灰岩、泥灰岩;第二层(T_2g^{2-2})为泥质白云岩、页岩、泥灰岩;第三层(T_2g^{2-3})为中厚层灰岩、泥灰岩,夹少量页岩^[1]。其中 T_2g^{2-3} 的泥灰岩、页岩在流域的中部形成相对隔水层,并把该流域相对分隔成东西两个岩溶水文地质单元(图 1)。

2 含水介质空间结构研究概况

岩溶含水介质空间结构的研究是 80 年代后期才引起岩溶科技工作者的重视^[2],但至今尚没有较为准确可行的研究方法。为此有的科技人员曾试图应用流域出口段水质长观资料推算溶蚀、冲刷而带走流域内含水介质的体积来判断流域内岩溶空洞率^[3]。但这种方法在观测时段内由水流带走的介质体积虽然可以求算出来,但对于被水流带走的含水介质的地表、地下部分的划分,以及历史遗留部分的确定均无法完成。

出于开发岩溶地下水资源的需要,有时在一些小

^① 基金项目:贵州省“七五”攻关项目资助(批准号:黔科鉴字(1991)091 号)

作者简介:杨勇(1969—),男,大专,助工。

收稿日期:2000-11-22

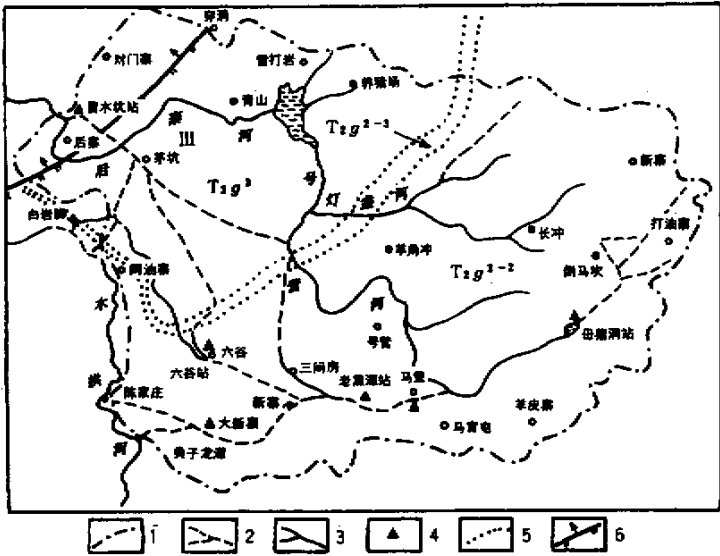


图 1 后寨地下河流域示意图

Fig. 1 The sketch map of Houzai subterranean river basin
1. 流域边界; 2. 地下河; 3. 地表河; 4. 长观站; 5. 地层界线; 6. 逆断层

范围内通过较大的投入也能获得较为接近实际的结果。例如后寨地下河流域的上游母猪洞地下水库, 贵州省“六五”、“七五”岩溶课题攻关期间曾采用脉冲试验法, 较为准确地计算出母猪洞地下水库的储水空洞体积和地下水库容量, 并得出了海拔高程在 1326~1346m 之间的孔隙率为 0.01~0.05。日本宫古岛上的地下水库, 利用工程钻孔、网状布点提取岩心测出不同高程的空洞率, 求出蓄水区域空洞率为 0.032; 而该库蓄水后进行抽水水试验, 得到的空洞率为 0.024^[4]。可见该试验与母猪洞地下水库的试验结果是相当接近的。

在大多数情况下, 可采用较为简易的各种衰减方程, 即利用退水段曲线来计算岩溶地下河流域内含水介质在地下洪水水位线以下至地下河出口高程之间的空洞率和空洞的绝对数值^[2]。但利用该方法很难测定这一高程段以外的含水介质的空洞率。

3 后寨河流域含水介质空间结构分析

后寨河流域含水介质由规模不大, 但较发育的溶管和溶隙组成, 它们在不同的地貌构造和不同的高程中组合关系复杂多变, 这正是该流域岩溶发育空间差异的体现。

笔者在对该流域进行含水介质空间结构分析时, 选择了六谷、老黑潭等水文站资料进行分析。根据 1989 年、1990 年流量实测的资料, 应用衰减方程计算了含水介质空间的比例(表 1), 得出六谷站泉区的溶管容积约占储水空间的 7.47%~9.40%, 而溶隙容积约占 92.53%; 老黑潭站泉区的溶管约占储水空间的 7.49%~11.6%, 溶隙的容积约占 88.4%~92.5%。

为了测算流域内母猪洞地下水库的储水空间体积和地下水库的库容量, 以及流域地下河储水空间,

表 1 流量衰减统计表(天然降雨)

Tab. 1 Statistics of flow recession (natural precipitation)

观测站	年份	第一亚动态			第二亚动态			第三亚动态		
		α_1	$V_1(10^6\text{m}^3)$	$K_1(\%)$	α_2	$V_2(10^6\text{m}^3)$	$K_2(\%)$	α_3	$V_3(10^6\text{m}^3)$	$K_3(\%)$
六谷	1989	0.2420	0.2075	9.4	0.0279	0.2254	10.16	0.0057	1.792	80.44
	1990	0.4998	0.25	7.47	0.1731	0.236	7.06	0.0057	2.862	85.47
老黑潭	1989	0.4294	0.3626	11.6	0.0244	0.5103	16.3	0.0044	2.258	72.1
	1990	0.4394	0.218	7.49	0.0244	0.512	17.59	0.0046	2.182	74.92

注: α 为衰减系数; V 为空隙空间; K 为所占空间百分比

贵州普定岩溶研究综合试验站于 1989 年 10 月 23 日上午 6 时至 25 日上午 6 时利用母猪洞地下水库的储水作为人工脉冲放水试验的源头,并在其下游各观测点每小时进行一次观测的连续监测,主要的试验成果如表 2 及图 2~4 所示。从图及表可看出:

- (1) 流域内含水介质主要以岩溶裂隙、孔隙为主,其所占的比例可达 83.1%~96.9%,而岩溶管道含水介质只有 3.10%~16.81%。
- (2) 流域中上游区岩溶管道含水介质小于中下游区,如老黑潭观测站测得的岩溶管道含水介质的比率为 3.10%,而位于中上游的六谷观测站测得的岩溶管道含水介质的比率则高达 16.81%。

表 2 流量衰减统计表(人工放水)

Tab. 2 Statistics of flow recession (artificial discharge)

观测站	年份	第一亚动态			第二亚动态			第三亚动态		
		α_1	$V_1(10^4\text{m}^3)$	$K_1(\%)$	α_2	$V_2(10^4\text{m}^3)$	$K_2(\%)$	α_3	$V_3(10^4\text{m}^3)$	$K_3(\%)$
六谷	1989	0.1320	1.06	16.81	0.0096	5.24	83.19			
老黑潭	1989	0.0805	0.265	3.10	0.0273	0.851	9.96	0.0107	7.427	86.94

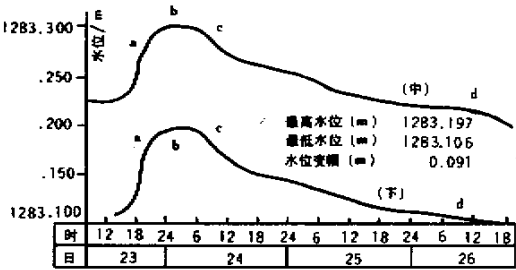


图 2 老黑潭放水脉冲水文过程线(1989 年 10 月 23 日 6 时放水)

Fig. 2 The hydrograph of pulses at Laoheitan station(Oct. 1989)

a. 人工洪水到达的初始波峰;b. 人工洪水正式到达的峰值;
c. 人工洪水开始衰减;d. 人工洪水消退到原背景值

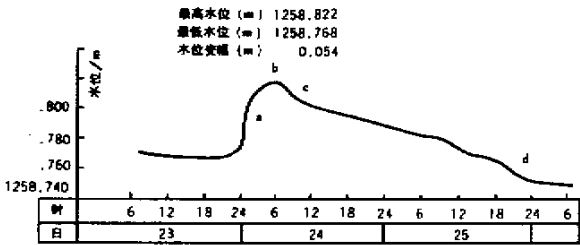


图 3 六谷放水脉冲水位过程线(1989 年 10 月 23 日 6 时放水)

Fig. 3 The hydrograph of pulses at Liugu(Oct. 1989)

a. 人工洪水到达的初始波峰;b. 人工洪水正式到达的峰值;
c. 人工洪水开始衰减;d. 人工洪水消退到原背景值

- (3) 流域内含水介质结构主要有三种类型:①溶隙—管道网络结构。该含水介质结构的特点是水位上升快而衰减缓慢,脉冲试验过程中水位变幅小(即使在汛期也很少超过 1m),但其峰值持续时间却较长,在衰减过程中水位过程线常出现“平台”(见图 2),反映含水岩体具有一定的储水调蓄能力。流域中上游区多属这种含水介质结构类型。②较单一的溶管结构。该含水介质结构的特点是水位上升快而衰减亦快,且变幅较大,峰值持续时间短,反映了其间的地下水径流较为通畅。③溶隙网络结构。其特点是水位上升快,但衰减时段较长,显示出含水岩体的蓄水排泄不畅,地下水径流缓慢。流域的中下游多属此含水介质结构类型。

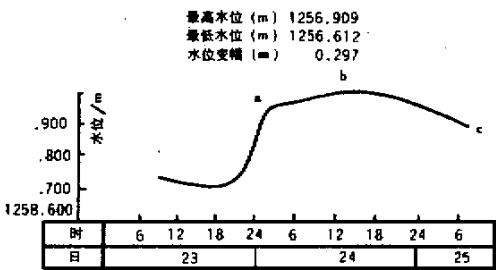


图 4 类子龙潭放水脉冲水文过程线(1989 年 10 月 23 日 6 时放水)

Fig. 4 The hydrograph of pulses at Leizhilongtan(Oct. 1989)

a. 人工洪水到达的初始波峰;b. 人工洪水正式到达的峰值;
c. 人工洪水开始衰减;d. 人工洪水消退到原背景值

4 含水介质空间对地下水文过程影响

如前面所述,后寨河流域中游段属峰林洼地、峰林盆地,其间分布的页岩、泥灰岩条带,把流域分为东西两个水文地质单元(见图 1),使地下水运移过程中在中游地段受阻隔而不能顺畅通过,地下水只能部分地在个别被断裂切穿的部位(如六谷—二官—冯家)通过,其余的则只能冒出地表并通过地貌上的缺口通道,如地表河道,进入西部单元(主要是下游段)。这就是说尽管流域的上游及下游段岩溶地下空间均很发育的,但由于中间分布一道相对隔水层(T_2g^{2-3})把流

域分为东西两个单元(尤如两个地下水库),东部水文地质单元(上游段)的地下水,流入西部单元(下游段),是不顺畅的。当降雨进入地下后,水流大致由东向西经过两个串联的地下水库,最后由下游的冒水坑溢出地表流出区外。这种地下含水介质空间系统对地下径流均起到较大的调蓄作用,因而各暴雨事件在上、中、下游各观测点的水文过程经各种水流特性叠加后,表现出既有地表河流的特性,又有经过较强地下河调蓄后的特性。

5 结 论

- (1) 后寨河流域岩溶极为发育,河床多有陷落坑分布,地表地下河水力联系密切。
- (2) T_2g^{2-3} 将流域分隔成东西两个水文地质单元区,并造成流域地下水径流受阻,使得上游(东水文地质单元)地下水只能部分通过六谷—二官—冯家断裂、部分通过冒出地表利用地貌缺口进入下游区(西水文地质单元)。
- (3) 流域含水介质结构主要有溶隙—管道网络、

较单一溶管、溶隙网络三种。溶隙—管道网络主要发育于流域中上游;而溶隙网络则主要发育于流域中下游。

(4) 溶隙—管道网络具水位上升快而衰减缓慢,水位变幅小等水文特点;较单一溶管则具水位上升快而衰减亦快,水位变幅大的特点;溶隙网络水位动态变化特点则介于前二者之间。

致 谢:本文在撰写过程中,得到周济祚副研究员、王腊春副教授的指导和帮助,在此深表诚挚的感谢。

参考文献:

[1] 万洪涛,谢传节,杨勇等. 贵州后寨河喀斯特小流域水化学特征[J]. 中国岩溶,1999,18(4):329—337.

[2] 梁虹,杨明德. 喀斯特流域水文地貌系统分析[J]. 中国岩溶,1995,14(2):186—192.

[3] 何字彬,徐超. 喀斯特隙流水与管流水的耦合及转化关系研究[J]. 中国岩溶,1995,14(2):150—160.

[4] 杨长瑞夫,黑川睦生,矾山奇义正. 地下水库与地下水补给方法——宫古岛试验地下水库概况[J]. 水文地质工程地质译丛,1993,(1).

A STUDY ON THE STRUCTURE OF KARST AQUIFER MEDIUM
AND THE GROUNDWATER FLOW IN HOUZHAI
UNDERGROUND RIVER BASIN

YANG Yong

(Puding Karst Comprehensive Experiment Station of Guizhou Province,Puding 562100,China)

Abstract:Based on pulse test, the pulse response curve and flow recession curve are analysed for studying the structure of karst aquifer medium. It is proved that there are three types of aquifer medium, i. e. karst fissure and conduit net, unitary karst conduit and karst fissure net. Among the three kinds of medium, the karst fissure and pore take the predominant place, which may make up 83.1% to 96.9% of the total aquifer medium volume. But karst tube only makes up 3.1% to 16.8% of the total volume. Hydrogeological features differentiate greatly in different types of aquifer mediums. Water level in karst fissure and conduit net medium rises fast but falls slow, so the fluctuation of the water table is quite gentle. Water level in the unitary karst conduit not only rises fast but also falls fast, correspondingly, the fluctuation of the water table is quite violent. And the fluctuation of the water table in karst fissure net medium is between the above-mentioned two media types.

Key words: Karst aquifer medium; Groundwater flow; Hydrogeologic unit; Pulse test