

广西溶洼系统结构特征及其对岩溶内涝的影响*

The Structure Characteristic of Karst Depression System and Its Effect on Karst Depression Waterlogging

裴建国

Pei Janguo

(中国地质科学院岩溶地质研究所岩溶动力学开放研究实验室 桂林市七星路 50号 541004)
(Institute of Karst Geology, CAGS, 50 Qixinglu, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要 阐述广西溶洼系统的结构特征,认为溶洼系统所处的位置高度、地层岩性、岩溶发育程度及地下水埋藏深度,特别是落水洞、竖井、天窗、漏斗、地下河管道发育的形态和大小是形成内涝的内在因素。不合理地平整土地、固体废弃物随意倾倒、修建大型水库、上游洼地不合理的隧洞排洪、破坏森林植被等人类活动也会引发溶洼系统结构变化,导致溶洼系统的输水能力变差,加剧岩溶内涝发生,加重内涝灾害程度。

关键词 溶洼系统 结构特征 岩溶内涝

中图法分类号 P642.25 X43

Abstract The structure characteristic of the karst depression system (KDS) in Guangxi is expounded. The environmental factors of the KDS, such as positional elevation, stratum lithology, karst development and depth of groundwater, particularly the shape and size of avens, silos, dormers, groundwater channels, are the intrinsic factors causing waterlogging. The KDS structure would be changed due to the human improperly activities such as irrationally level off land, unbending placement of solid castoff, establishment of great reservoirs, irrational flood ejection by tunnel in the depression of the upper river, forest breakage. That would lead to poor water flow and aggravate waterlogging disaster.

Key words karst depression system, structure characteristic, waterlogging

溶洼系统是指溶蚀洼地系统,也称岩溶洼地系统,是岩溶区一种常见的形态各异的多边形封闭状负地形^[1]。溶蚀洼地与联座的峰林组成峰丛洼地,是我国岩溶区最具特色的岩溶峰林地貌,主要分布在广西的西部和云贵高原边缘的斜坡地带,以及红水河流域。广西是我国岩溶峰林地貌最发育和最具典型的地区,约有 $6.28 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的岩溶峰林区,占全国岩溶峰林分布面积的 63.63%,并且以峰丛洼地最为发育。据对桂中和桂西南岩溶峰林地貌统计资料^[2],峰丛洼地分布面积约为峰林平原的 3.8倍。广西峰丛洼地分布面积约为 $4.96 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

在封闭的岩溶洼地系统,没有地表排水出路,几

乎所有的大气降水以渗入和注入的方式输入地下河系统,因此,落水洞、竖井、天窗、漏斗、地下河及地下河洞穴系统发育。在溶洼系统与平原、谷地、河流的交界地带,常出露地下河出口和岩溶泉。落水洞、竖井、天窗、漏斗、岩溶泉、地下河及地下河洞穴系统发育的形态和大小,决定着溶洼系统的输水能力,影响着溶洼系统内涝的发生和危害程度。

1 广西溶洼系统类型及其结构特征

根据广西峰丛洼地所处的地势高低、空间分布、成因类型,以及地表和地下岩溶形态特征,可将广西溶洼系统划分为 4 种基本类型^[2]。高峰丛洼地系统、低峰丛洼地系统、边缘峰丛洼地系统和峰簇洼地系统(图 1)。

2002-01-21收稿, 2002-03-15修回。

* 广西基金项目(桂科回 9920006)、国土资源部重点科技项目(991004 2000208)、地质调查项目(DKD2002008)联合资助。

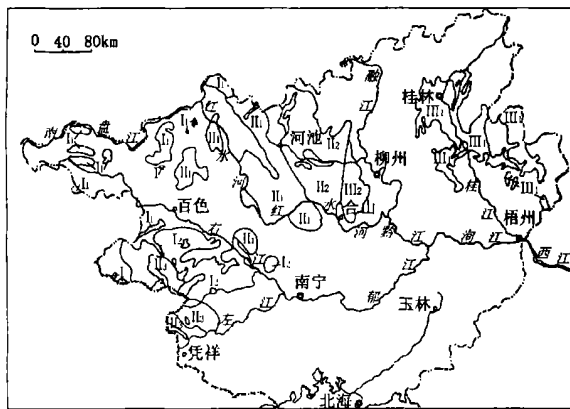


图 1 溶洼系统分布图

Fig. 1 Distribution of karst depression

I_1 为桂西北-桂西高峰丛洼地系统, I_2 为桂西南高峰丛洼地系统; II_1 为桂西北低峰丛洼地系统, II_2 为桂中低峰丛洼地系统, II_3 为桂西南低峰丛洼地系统; III_1 为桂东北峰簇洼地系统和低峰丛洼地系统, III_2 为桂中峰簇洼地系统。

The high place peak cluster depression systems in north-west Guangxi (I_1), and south-west Guangxi (I_2); the low place peak cluster depression systems in north-west Guangxi (II_1), middle Guangxi (II_2), and south-west Guangxi (II_3); the island-form and low place peak cluster depression system in northeast Guangxi (III_1), and the island-form peak cluster depression system in middle Guangxi (III_2).

1.1 高峰丛洼地系统

高峰丛洼地系统主要分布于广西西部地区的中山山地,在峰丛洼地区内还间夹部分谷地。这类洼地系统地形地势特征表现为基座高,海拔高度在 800 m 以上,山峰海拔高度 1 000~ 1 800 m,洼地和山峰高差相对较小,150~ 250 m,洼地面积与山体面积比为 1: 3~ 1: 5.5,洼地密度 0.9~ 2 个/千米²。洼地多沿区域性次级构造发育,呈不规则的盆状,底部面积较大,且有大于 1 m 厚的土层覆盖。在比较大的洼地中常有伏流穿越。

1.1.1 桂西北-桂西高峰丛洼地系统

分布于云贵高原斜坡地带的隆林、西林、乐业、南丹、丹月里等地。由于受地层岩性的控制,峰丛洼地分布不连续,呈块段状,每个块段的面积多为 400~ 600 km²,小者不足 100 km²,主要由泥盆系中统至二叠系中统的纯灰岩间夹部分白云岩、白云质灰岩组成。岩溶发育,地表和地下同时存在多层洞穴和地下河管道,浅部岩溶规模大,深部岩溶规模小,在局部地段 140 m 深度内有 4~ 5 层溶洞发育。地下水位埋深小于 100 m,地下河出口标高 300~ 1 160 m。

1.1.2 桂西南高峰丛洼地系统

主要连片集中分布于德保、靖西、那坡一带的准高原上,峰丛洼地和峰丛谷地同时存在,地层为泥盆系中统至二叠系下统,连续分布面积达 5 000 km²,洼地和谷地都比较宽阔,与桂西北-桂西相比,以大而浅的洼地为主,宽阔的洼地中伏流非常发育,地下河河道规模大,谷地中季节性小溪发育,也存在常年性的明流,山体洞穴发育,分布广泛,存在 4~ 5 层洞穴,地下河及伏流出口分布在 280~ 770 m 之间。

1.2 低峰丛洼地系统

这类峰丛洼地系统以红水河流域为代表,主要分布于桂西北和桂西南,次为桂中和桂东北,基座在 800 m 以下,山峰标高为 700~ 1 100 m,峰丛与洼地高程相差 200~ 500 m。高差大的洼地呈现出分布密集且小而深的现象,成漏斗状,土层厚度小于 0.5 m,洼地密度 2~ 3 个/千米²,高差小的洼地则表现为洼地底面积大,以峰丛浅洼地为特征,洼地分布密度 0.5~ 2 个/千米²。

1.2.1 桂西北低峰丛洼地系统

分布在云贵高原向南倾斜的斜坡地带,属红水河流域,包括凌云、天峨、东兰、巴马、都安、大化、马山一带的峰丛洼地,由泥盆系中统至二叠系纯灰岩组成,大面积连片分布,碳酸盐岩厚度大,是峰丛洼地最集中的分布区之一,山体上很少有成层洞穴发育,地下河密布且规模大,广西最大的地下河—地苏地下河系统就分布于都安境内。地表径流贫乏,地下径流深埋,在地下 140 m 内存在多层地下河管道,其中埋深 60 m 以内的最发育。地下水埋深多在 50~ 100 m 之间,地下河出口标高为 100~ 250 m,个别达 400 m 以上。

1.2.2 桂中低峰丛洼地系统

分布于云贵高原斜坡向桂中丘陵平原的过渡地带,主要有环江、罗城、宜山、忻城、上林等县。岩溶地貌组合形态为峰丛洼地和峰丛谷地交错分布。洼地主要分布在北部,而南部以谷地为主,也有较大型的洼地存在。地势较高,标高多在 600~ 800 m,高出河谷平原面 200 m 以上,碳酸盐岩厚度大,山麓面积广。山体有 4~ 5 层溶洞发育,地面下 300 m 内有 6~ 7 层溶洞,以浅层为主。岩溶大型洼地和地下河非常发育,而地表水相对贫乏。地下河出口标高 160~ 540 m,北部峰丛洼地地下水埋深大于 50 m,谷地 10~ 15 m,地下河流量多小于 1 000 L/s,南部谷地地下水埋深小于 10 m,地下河流量大于 1 000 L/s。总体而言,地表和地下均发育多层溶洞,地下河发育,明暗交替频繁出现。

1.2.3 桂东北低峰丛洼地系统

分布于越城岭以南,大瑶山、驾桥岭以东地区,以

桂江中上游和贺江中上游为主体,包括兴安、全州、灌阳、桂林、临桂、阳朔、灵川、永福、荔浦、平乐、恭城、富川、钟山、贺县等地,展布于盆地、谷地和河谷的斜坡地带,以及与非碳酸盐接触的向盆地倾斜的斜坡地带。山体洞穴成层发育,有5层以上,水洞普遍分布,常见穿洞,地下仍有多层洞穴发育,以浅部为主,峰丛洼地地区规模较小,地下水埋深普遍小于10 m,峰丛洼地大于10 m,地下河和岩溶大泉相对较少,地下河的规模也小。

1.2.4 桂西南低峰丛洼地系统

主要分布于靖西准高原向左江平原的过渡带,大致包括大新以南、崇左以西、龙州以北地段和靖西一带。峰丛洼地与峰丛谷地相间分布,洼地浅而宽阔,地下河洞穴发育,明流与暗流交替出现,地下200 m内仍二层溶洞发育。西部峰丛洼地地下水埋深大于50 m,东部谷地地下水埋深小于10 m,地下河出口标高为260~760 m,流量多在1 000 L/s以上。

1.3 峰簇洼地系统

峰簇洼地亦称岛状峰丛洼地,主要分布于峰林平原中和山地的边缘,呈小块状或岛状,其面积一般不超过2 km²,连座的山峰呈簇状山体。峰簇洼地至少由4个山峰和1个洼地组成,在广西各地均有分布,但多分布于桂东北和桂中,在桂西南、桂南和桂东南等地的谷地两侧和峰林平原中也有分布。峰簇洼地多属低峰丛洼地。

1.3.1 桂东北峰簇洼地系统

分布于越城岭以南,大瑶山、驾桥岭以东地区,以桂江中上游和贺江中上游为主体,包括兴安、全州、灌阳、桂林、临桂、阳朔、灵川、永福、荔浦、平乐、恭城、富川、钟山、贺县等地,碳酸盐岩连片分布。峰簇洼地系统主要零星分布于峰林平原中,峰林平原与峰丛洼地交替出现,平行发育,或呈条带状宽谷型散布于峰丛洼地中。峰林山体洞穴成层发育,有5层以上,水洞普遍分布,常见穿洞,地下仍有多层洞穴发育,以浅部为主,峰林平原区规模较大,峰丛洼地地区规模较小。峰林平原地下水埋深普遍小于10 m,峰丛洼地大于10 m,地下河和岩溶大泉相对较少,地下河的规模也小。

1.3.2 桂中峰簇洼地系统

主要分布于忻城以东、柳江和来宾以西地带,岩溶地貌以峰林谷地和峰林平原为主,峰丛洼地混合于其中,多数为峰簇洼地,呈岛状,也有浅平宽阔的较大型洼地分布,山体中有5层洞穴,脚洞十分发育,地下也存在多层溶洞,规模以小型为主,偶有大型溶洞被揭露。地下河管道发育较差,多为明暗流交替出现。地下水埋深小于10 m,峰丛洼地10~50 m。

1.4 边缘峰丛洼地系统

边缘峰丛洼地在这里专指其边界的一部分与非碳酸盐岩组成的山体相连,有来源于非可溶岩地区的外源水参与其演化的峰丛洼地。

边缘峰丛洼地系统,多属低峰丛洼地系统,分布于非碳酸盐岩组成的山地向碳酸盐组成的斜坡倾斜地带,呈块状或条带状展布。在桂东北碳酸盐岩与岩浆岩接触带、在桂中北部碳酸盐岩与碎屑岩接触带等地段的边缘峰丛洼地最具典型。

边缘峰丛洼地与纯碳酸盐岩组成的峰丛洼地的最大不同是其所处的环境条件的差异,即在其一侧分布为非碳酸盐岩组成的山地,在洼地靠近山地的一侧中(甚至整个洼地),常有较厚的松散碎屑堆积物,且有侵蚀性较强的碎屑岩区的裂隙水和地表水的输入,作用于岩溶的发育和演化。

2 溶洼系统结构对内涝的影响

广西地处东南亚季风气候区域,是我国降水量较多的省区之一,每年的4~9月是广西的汛期,常出现大雨、暴雨天气过程,易发生洪涝灾害,也是岩溶内涝的多发期。暴雨虽然与岩溶洼地内涝有直接关系,但岩溶洼地内涝并非是暴雨的必然结果,这还与岩溶洼地系统地理环境条件、森林植被状态、地下河系统排水通道是否畅通等因素有关。溶洼系统的结构是溶洼内涝发生的内在因素。

2.1 溶洼系统结构对内涝的影响

(1)落水洞是溶洼系统的重要组成部分。落水洞是地表的封闭洼地与地下河管道的连接纽带,起着排泄洼地汇流水的功能。大部分岩溶洼地系统的落水洞的排水能力能够适应当地的降水量和降水强度,只有当大暴雨或连续降水量过大时,才可能排水不畅而使洼地发生内涝,只有少部分岩溶洼地系统的落水洞的过水断面小,排水能力有限,不适应当地的降水量和降水强度,一遇大雨即成内涝。

(2)地下河洞穴是峰丛洼地的主要泄水通道,其过水断面基本固定,大小各异,有的地下河洞穴高大且宽阔,输水能力强,有的矮小且狭窄或某一部位为瓶颈状洞道,输水能力较差,狭小的地下河洞穴的过水断面就是岩溶内涝形成的内在因素。在地下河系统的过水断面基本固定的状态时,在适宜的降雨条件下,岩溶洼地的汇水量大,而地下河洞穴输水能力小而排泄不及时,岩溶洼地必然形成内涝。

(3)降水在溶洼系统的汇流过程中,不断地溶蚀和侵蚀地表的固体物质,并将这些固体物质从地表带入地下,一部分通过地下河管道运移最终从地下河出

口或岩溶泉又排出地表,一部分在地下河管道中或落水洞中淤积下来,减小了落水洞或地下河的过水断面,使溶洼系统的排水能力减弱,以至于不适应当地降水量和降水强度,造成洼地内涝发生

(4)当汛期遇到大暴雨或连续大雨时,河流水位上涨,淹没了地下河出口或岩溶泉出口,在水头压力作用下,河水就会通过地下河出口和泉口沿着岩溶管道倒灌,顶托补给岩溶地下水,在洼地中形成滞流现象,使内涝加重,甚至倒灌的河水从落水洞和天窗中涌出,使封闭的洼地发生内涝。红水河沿岸的这种内涝现象经常发生。如果在河流上筑坝修建水库,抬高河水位,这种内涝现象会更加严重,主要表现在内涝淹没范围增大,时间延长,灾害加重。红水河上有6个梯级电站属于这种现象。

广西溶洼系统中,高峰丛洼地系统地下水埋藏深度大,内涝多是因地表水消泄不及而积水成涝,内涝程度较轻。低峰丛洼地系统或因地下河上游来水量大,水位上升溢出地表淹没洼地;或因地表河流水位上涨和修建水库抬高了河水位,河水淹没地下河或岩溶泉出口,顶托补给岩溶地下水,通过地下河天窗、落水洞溢出地表而成内涝;或因岩溶洼地四周的季节性岩溶泉和季节性地下河雨后大量涌水而造成内涝。边缘峰丛洼地系统多属低峰丛洼地系统,外源水携带着大量的泥沙在系统中淤塞,使内涝灾害加重。峰簇洼地系统很少发生内涝。

2.2 人类活动导致结构变化而引发内涝

人类活动直接引起的岩溶洼地内涝问题,主要是人为填堵落水洞致使洼地积水而形成内涝和水库引起的浸没性内涝,以及人类活动引发森林植被破坏、水土流失和石漠化严重、地下河淤塞,导致和加剧岩溶内涝的发生^[3]。

(1)不合理地平整土地,有意或无意地把落水洞填堵而造成内涝。例如,在很多岩溶山区,曾大搞群众性的造田、造地运动,将洼地中的落水洞、漏斗、天窗、沟渠等进行人工填埋,企图变为平地,然而每到汛期,洼地积水,无法排泄或排泄不畅而产生内涝。

(2)固体废弃物随意倾倒造成落水洞或地下河堵塞而成内涝。固体废弃物、塑料垃圾、枯枝落叶等生活和生产的废弃物,内涝灾害发生时,在水面上到处飘浮,随泄水进入地下河管道,堵塞或减少过水断面,甚至直接堵塞落水洞,成为岩溶内涝加剧发生的主要原因,可使突发性内涝发展成为周期性内涝。如河池地区某医院住院部因公路施工乱到废渣堵塞落水洞导致严重内涝。

(3)修建大型水库引发的浸没性内涝。广西在红

水河开发梯级水电站,已建成大化、岩滩、白龙滩等水电站,这些水电站水库水位比原河水位高出数十米,如大化为37m,岩滩44m,水库水位升高浸没了周边的地下河出口,使地下河水力坡度变缓,水库回水倒灌及泥沙淤塞地下河,一到雨季,汇流于洼地中的水无法排泄而造成内涝。

(4)上游洼地不合理的隧洞排洪,使下游洼地发生内涝或内涝灾害加重。如马山县古寨乡古棠—古郎串珠状分布的洼地。上游古棠洼地年年发生内涝,而下游的拉仁、古欧、古郎等洼地只有突发性内涝发生,几年一遇。古棠村为治理内涝灾害,发动群众开挖人工排洪隧洞,减轻了洼地内涝灾害,而下游的几个洼地由突发性内涝转变成周期性内涝,而且内涝灾害逐年加重,并影响了上下游洼地村民之间的团结和社会安定。

(5)植被是溶洼系统的一个重要的生态要素,它在水分大循环的基础上起着重要的生物小循环作用,具有良好的水文生态效应,具有防御洪涝发生和减轻洪涝灾害的功能。植被还是一个易变的因素,如森林的砍伐、草地的垦殖等,常常容易被破坏。在岩溶石山区,植被(特别是森林)被破坏后,水土流失和石漠化问题严重,水土保持能力锐减,使森林的贮水量转化为石山的坡面流并形成洪峰流,汇流于岩溶洼地,因地表无排水出路,通过落水洞经地下河管道又排泄不及,而发生岩溶内涝。另一方面,由于水土流失,大量的泥沙在地下河系统中淤积,减少了地下河管道的过水断面,或者直接堵塞地下河进口和落水洞,甚至堵塞地下河管道的某一部位,使岩溶内涝的发生频率增高,淹没水深加大,淹没时间延长,从而使岩溶内涝灾害的危害程度更加严重。

3 结束语

岩溶内涝的控制,首先要充分认识其危害性,针对不同岩溶洼地的水文地质条件、地下河溶洞形态、居民点和耕地面积及分布情况,排涝工程投资效益比等,进行分析后对内涝加以分类,把握岩溶内涝的发生发展规律。

岩溶内涝灾害的防治应坚持以防为主、防治结合的原则,因地制宜地采取有针对性的防治措施,包括生态工程措施、土建工程措施和非工程措施,以达到消灾或降低灾害程度的目的。

岩溶内涝的防治,不能只局限于(隧洞、明渠等)排涝工程,要从整个岩溶生态环境的高度考虑,加强非工程措施和生态工程建设,不仅有利于岩溶内涝的防治,而且有利于岩溶环境的改善。

目前,岩溶内涝灾害呈逐年加重的趋势,其原因除降水和溶洼系统结构影响外,主要是人类活动和生态环境破坏所致,因此,防治岩溶洼地系统内涝不能只局限于(隧洞、明渠等)排涝工程,要从整个岩溶生态环境的高度考虑,加强非工程措施和生态工程建设,提高人们的防涝抗灾意识,加强森林保护和建设,充分发挥森林的水文功能和防涝抗灾作用;调整土地利用结构,加强土地整理,促进土地资源的优化配置,特别是水土资源的开发利用与内涝灾害的防治一起抓,改善岩溶生态环境,减少内涝灾害的发生,实现土地利用的可持续发展

参考文献

1 袁道先主编.岩溶学词典.北京:地质出版社,1988.8.

- 2 广西壮族自治区地方志编纂委员会编.广西通志.岩溶志.南宁:广西人民出版社,2000.2.
- 3 裴建国,李庆松.生态环境破坏对岩溶洼地内涝的影响——以马山古寨乡为例.中国岩溶,2001,18(2):297~300
- 4 中国地质科学院岩溶地质研究所.桂林岩溶地貌与洞穴研究.北京:地质出版社,1988.2.
- 5 光耀华,项式均.水库周边岩溶浸没—内涝灾害研究.中国岩溶,1997,14(1):25~33

(责任编辑:邓大玉)

(上接第 192页 Continue from page 192)

中—晚元古代中、晚期,地壳伸展作用使狼山群发生以分层剪切、固态流变为特征的韧性变形,成矿物质在韧性剪切带中富集、成矿。

4 结论

综上所述,一方面,伸展作用提供了成矿的动力、成矿热液、矿质运移通道,及成矿物质来源(斜长角闪岩),另一方面,顺层韧性剪切带及 S₁面理控制矿体的产出,是成矿的有利贮集空间。而海西期及印支—燕山期构造的控矿作用是在此基础上对矿体形态的进一步变形改造及破坏。过去认为霍各乞矿床是“层控矿床”,现在看来,“层控”并不是沉积成因,而是受顺层的面理及韧性剪切带控制。

致谢

专题研究过程中,得到项目组王钟副教授、刘康怀教授、巩正基高级工程师的大力支持和帮助,在此一并致谢

参考文献

- 1 池三川,王海明,王思源等.内蒙狼山霍各乞矿田并外围铜多金属成矿控制及找矿研究.北京:中国地质大学,1991.10~14,163~171.
- 2 内蒙有色地质勘查局.内蒙狼山地区铜多金属矿成矿规律找矿方向研究.呼和浩特:内蒙有色地质勘查局,1990.2~5.
- 3 王春增,张明华,曾剑.狼山群的层序划分与霍各乞矿区复式倒转向斜的厘定.大地构造与成矿学,1996,20(3):212~219.
- 4 张明华,王春增.内蒙古狼山霍各乞矿田控矿构造特征.桂林工学院学报,2001,2(1):62~67.
- 5 王春增,张明华.幔源基性岩席在某些层状铜矿成矿过程中的作用及机理.桂林工学院学报,1996,16(4):344~352.
- 6 杨海明,苏尚国.内蒙古狼山北侧中元古代变基性岩特征及其成矿意义.矿床地质,1992,11(2):142~152.

(责任编辑:邓大玉)