

广西典型岩溶内涝成因与防治分析*

Analysis on Causes and Prevention of the Typical Karst Waterlogging in Guangxi

杨富军^{1,2}, 蒋忠诚², 罗为群², 祁晓凡², 骆伟^{1,2}

YANG Fu-jun^{1,2}, JIANG Zhong-cheng², LUO Wei-qun², QI Xiao-fan², LUO Wei^{1,2}

(1. 桂林工学院土木工程系, 广西桂林 541004; 2. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西桂林 541004)

(1. Department of Civil Engineering, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:广西岩溶内涝广泛分布于峰丛洼地、峰林(峰丛)谷地、岩溶平原、岩溶区与非岩溶区接触过渡区这几种典型的岩溶地貌中。岩溶内涝的形成除与降雨有直接关系外,还与各种地貌系统的结构特点、岩溶生态环境的脆弱性以及人类活动等因素有关。岩溶内涝的治理应针对不同岩溶地貌的水文地质条件、居民点和耕地的分布情况、治理工程的投资效益比等特点,选用适合的治理措施。常规的水利工程措施与生态措施结合运用对于岩溶内涝和岩溶生态环境的改善具有重要意义。

关键词:岩溶内涝 系统结构 生态环境

中图分类号:P642.25 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2009)02-0119-04

Abstract: The karst waterlogging areas of Guangxi are widely distributed in typical karst landforms such as peak-cluster depression, peak-cluster valley, karst plains, and the transitional zone between karst areas and the other areas. The formation of karst waterlogging is related to rainfall, a wide range of structural features of landform systems, the vulnerability of the karst ecological environment, human activities and so on. The appropriate treatment of karst waterlogging should be selected based on karst hydrogeological conditions, the distribution of settlements and arable land, the investment benefit ratio of the control projects etc. The combination of conventional water conservancy project measures with ecological measures play an important role in improvement of karst waterlogging and ecological environment.

Key words: karst waterlogging, system structure, ecological environment

广西大部分的岩溶区属裸露型岩溶区,旱涝灾害频发,这是亚热带湿润气候条件下岩溶地质环境脆弱的一种表现^[1]。在一些溶蚀洼地、谷地和峰林平原,因水库蓄水或连续降雨条件下,地下岩溶管道排泄受阻,经常发生内涝。这使原本就少有的农田受

淹,成为农村经济发展的障碍。因此有必要查明岩溶内涝灾害发生机理和分布特点,并据此提出灾害的防治措施。

岩溶内涝灾害是岩溶地区特有的,并且是一种与岩溶生态环境和人类活动密切相关的灾害类型。近年来,由于岩溶区人类活动的增强和生态环境的恶化,内涝问题日趋频繁,严重影响国民经济建设和发展。由于岩溶内涝为复杂的地下管道系统所制约,其间水流循环及补排关系错综复杂,具有不确定性,对其形成机理难以判定,故有效治理难度更大。而且中国南方岩溶区的岩溶类型与其他地区和国家有差

收稿日期:2008-08-26

修回日期:2008-12-16

作者简介:杨富军(1982-),男,硕士研究生,主要从事岩溶环境研究。

*“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAC01A10)、中国水土流失与生态安全科学考察——西南岩溶区考察(2005SBKK05)和岩溶所所控项目(200707)资助。

异,其人为活动也更加强烈。因此,在这方面系统的理论研究并解决好实际中的问题,在国外也没有比较好的经验和理论可供借鉴。目前,研究人员主要研究了岩溶水利水电建设引起的岩溶浸没内涝。如光耀华等^[1]将水库诱发的岩溶浸没内涝问题,提高到灾害的高度去评价认识,并结合岩滩等水利水电建设,将理论与具体工程实践相结合,提出了一些防治的方法和途径。但是通过对广西的生态环境调查可知,岩溶内涝不只发生在库区及其周边,其致灾因子也复杂多样。由于在不同的岩溶地貌类型中内涝的形成机制有不同之处,本文结合调查研究资料,分析总结在广西几种典型岩溶地貌中内涝的成因与防治措施。

1 广西岩溶内涝灾害地貌类型分类与分布

广西各地质时代的碳酸盐岩由于气候、岩性、构造、水等因素形成了典型的热带—亚热带岩溶地貌景观。从宏观上看,地貌形态从云贵高原斜坡地带的峰丛洼地,经东南方向依次过渡为峰林谷地、岩溶平原^[1]。岩溶内涝广泛分布于峰丛洼地、峰林(峰丛)谷地、岩溶平原、岩溶区与非岩溶区接触过渡区这几种典型的岩溶地貌类型。广西地处东南亚季风气候区域,每年的4~9月是广西的汛期,经常出现大雨、暴雨天气过程,此时,岩溶内涝易发生于这些岩溶地貌中(如图1)。



图1 广西岩溶地貌类型与内涝区分布

——:水系; □:县界; ■:内涝区; ▨:岩溶丘陵;
▩:岩溶山地; ▪:岩溶平原; ▫:岩溶槽谷; ▬:岩溶断盆; ▭:峰丛洼地; ▮:峰林洼地。

1.1 峰丛洼地内涝

溶注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^[2]。溶蚀洼地与联座的峰林组成峰丛洼地。峰丛洼地地形表现为四周挺拔的山峰,封闭其间是较平整的洼地,相对高差通常为200~300m,最高可达

600m,呈圆桶状,形如锅底。天然降雨由周边山坡汇集流向洼地,经由洼地中的落水洞、漏斗流入地下。当雨量过大或落水洞(漏斗)流水不畅,就会导致内涝发生。位于广西马山县古寨乡加善村拉断屯,就处于典型的锅底式的洼地之中,全屯33户,127人,靠洼地中6.8hm²耕地生产、生活。但是这里的居民长期经受内涝的疾苦,每隔2~3年的5~8月,就要发生严重的内涝,尤其是2005年的6月19~21日的连续降雨(212mm),造成特大的内涝,水深最大可达18m,大部分房屋浸没,洼地中的集水持续至7月20日才渐渐消退完,农作物颗粒无收。

1.2 峰林(峰丛)谷地内涝

峰林(峰丛)谷地由多个相连的洼地相互连通,贯穿成更大范围的平整洼地,洼地中有落水洞、漏斗及地表有间歇性或长流性的河谷。在凌云县澄碧河流经浩坤谷地,下游有一天然排水洞穴,因其口径小,当降雨较大,上游来水偏多就会引起浩坤村50%的耕地被淹没,每年至少淹2~3次,每次内涝时间10~40d不等。若是处于下游,谷地内涝的时间将持续更长,危害也更大。如马山县百龙滩镇龙昌村丹同片,该片区分布10个自然屯,居住220户,850人,有平整耕地100hm²,虽然谷地中有数量不少的落水洞、漏斗,但是大多被土壤堵塞,主要的排泄内涝水的通道为2个:一个直径不足2.5m的脚洞;另一个是20世纪70年代人工开挖的隧道,在人工隧道的底部,我们发现已有超过25cm厚的土壤沉积层。因此,丹同片目前仍处于年年内涝的状况,持续被内涝所困的当地居民,出行只能靠竹筏。2005年洼地中生长的高杆农作物玉米、甘蔗的产量因内涝分别为750~1500kg/hm²和15~45t/hm²,仅为非内涝区的1/3~1/6。

1.3 岩溶平原内涝

岩溶平原地面起伏平缓,其地表多为溶蚀残余的红土覆盖,局部有峰林和孤峰,有的孤峰峰体已被侵蚀低成为岩溶残丘,相对高度在100m以下。地处桂林岩溶平原的“三条江”流域,地势平坦,河道弯曲,地表地下径流交替变化,错综复杂;雨后河水顶托,无论岩溶地下通道还是地表河流,其排洪能力均有限,当日降雨量达到100mm时,洪水即漫出河槽,淹没田地,泛滥成灾,若遇暴雨则受灾更严重。

1.4 岩溶区与非岩溶区接触过渡带内涝

碳酸盐岩和非碳酸盐岩接触带附近,被长期侵蚀溶蚀,常形成大型长条形岩溶谷地。来自非碳酸盐岩山地的地表水进入岩溶区便没入地下,地表河谷

成为盲谷,但是其排水断面骤然收缩。在汛期,接触带岩溶洼地或谷地经常发生内涝。这种内涝按补给方式的不同又可以分为单向补给和双向补给两种类型。这种内涝在凤山县、天峨县等地常出现。凤山县的坡心地下河号称是广西最大的地下河之一,补给面积760km²,已查明的主流管道长约40km。在其上游有一下旧谷地,内有平整土地80hm²,谷地中有间歇性的地表沟溪,用于来自碎屑岩区雨季的洪水向坡心地下河排泄。与岩溶区不同的是,碎屑岩区有较厚的土壤层碎石块,但是缺乏地下水集中排水管道。因此在雨季,碎屑岩区爆发的山洪,携带大量的泥石,通过地表溪沟向岩溶区大规模搬运。而沙石对岩溶区落水洞、漏斗淤塞,使消水不畅,大量的水和泥沙就在落水洞、漏斗附近低洼处滞留,形成大面积的内涝。

2 广西岩溶内涝成因分析

降雨虽然与岩溶内涝有直接关系,但是岩溶内涝并非是暴雨的必然结果,这还与各种地貌系统的结构特点及其岩溶生态环境的脆弱性和人类活动等因素有关。

2.1 峰丛洼地内涝成因

首先,峰丛洼地系统结构对内涝具有决定性影响。在封闭的峰丛洼地系统,没有地表排水出路,地下河常常埋藏较深,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的形态和大小,决定着峰丛洼地系统的输水能力,影响着峰丛系统内涝的发生和危害程度。大部分岩溶峰丛洼地系统的排水能力能够适应当地的降水量和降水强度,但是在暴雨或连续降水量过大时,可能排水不畅而使洼地发生内涝。也有少部分峰丛洼地系统由于落水洞的过水断面小、地下河洞穴狭小或某一部位为瓶颈状洞道等内在因素,其排水能力有限,不适应当地的降水量和降水强度,一遇大雨即成内涝。

其次,峰丛洼地生态环境的脆弱性对内涝的影响也不容忽视。岩溶生态环境脆弱性首先决定于双层的岩溶地质结构、碳酸盐岩成土物质先天不足等自然因素,但是也在较大程度上受人类活动的影响,而这又使人类活动对该环境更具影响力或更具破坏力^[3]。这种脆弱性在峰丛洼地表现得更为突出。岩溶区的生态环境破坏主要表现为植被破坏、水土流失和石漠化、地下排水系统淤塞等,它们的生态水文效应对峰丛洼地内涝的影响,即独立发挥作用,又组成

因果链而共同发挥作用。

2.2 峰林(峰丛)谷地内涝成因

峰林(峰丛)谷地切割较深,谷地开阔,多呈长条形,其间有干谷或岩溶地下河系。由于岩溶地下河系的发育,明暗交替,极易发生浸没性内涝。谷地内落水洞常常较多,有些直接与岩溶地下河系相通成为天窗,即起消水作用又起排水作用。每当汛期,谷地本身坡面流入落水洞;与此同时,地下河系上游来水量大、速度快,迫使地下水从落水洞、天窗涌出地表,致使谷地被淹。若是附近存在河水、水库水的顶托,则内涝更加严重。

与峰丛洼地内涝相似,生态环境的破坏同样是峰林(峰丛)谷地内涝的重要影响因素。植被的破坏、退化直接导致植被对强降雨的缓冲能力减小,其下部枯枝落叶层、腐殖质层和土壤层的调蓄水能力减小。随之被诱发的水土流失也会使天然排水管道或人工排水隧洞断面减小,这种淤积现象在地下水水力坡降减小时更加明显。

2.3 岩溶平原内涝成因

岩溶平原区地势平坦,水力坡降较小。虽然地表溪流发育,但是有时被残山阻隔,形成暗流。当地壳上升,早期较宽阔的岩溶输水管道被抬高到山体上方,新的岩溶管道断面狭小,而上游平原地区在集雨面积较大,常形成漫流式内涝灾害。与此原因相似的内涝在平缓的分水岭地区也有发生,这是由于该地区地下排水系统发育不完善,而靠近河道、水库的低洼岩溶平原,则会在水位高于或接近于周边低洼地区的标高时直接导致该地区内涝或顶托而延长内涝时间。

2.4 岩溶区与非岩溶区接触过渡带内涝成因

岩溶区与非岩溶区接触过渡带内涝与其它岩溶内涝相比,都有岩溶系统结构、生态环境脆弱方面的原因,所不同的是其水源主要来自非岩溶山地。非岩溶山地往往坡陡沟密,其洪水来势凶猛,遇到岩溶排水断面骤然收缩而在接触过渡带引起漫溢内涝。而非岩溶区一侧的生态环境破坏对内涝也具有重要影响,尤其是非岩溶区更厚的土壤碎石层随爆发的山洪,通过地表溪沟向岩溶区一侧大规模搬运,导致落水洞、漏斗等排水通道淤塞,使内涝灾情加重。

岩溶内涝灾害的形成是自然因素和人类活动共同作用的结果。其致灾因素除水文地质结构影响外,还包括气象与水文、地形与地貌、地质与水文地质、植被与水土流失,以及人类活动等。自然因素固然重要,但是在一定的降水条件下,人类活动似乎强于自

然因素。森林植被的破坏,水土流失和石漠化等人类活动造成的影响因素构成一个复杂的具有因果关系的致灾链,它们既共同作用于岩溶内涝,又独立对岩溶内涝发挥着作用^[4]。生态环境的破坏,加剧了内涝灾害的发生,加重了灾害程度,内涝的发生又对岩溶生态环境造成破坏。

3 岩溶内涝治理措施

由于导致内涝的因子众多,治理时应针对不同岩溶地貌的水文地质条件、居民点和耕地的分布情况、治理工程的投资效益比等,选用适合的治理措施。目前,除了被动性的随机补偿、移民搬迁等措施,主动性的内涝治理措施包括利用水利工程措施和生态环境措施两大类。水利工程措施包括排水隧洞、导流明渠、扩大落水洞、汛期适当限制部分水库水位等。生态环境措施包括封山育林、水土保持、防止泥石堵塞地下岩溶管道等。此外,在岩溶区兴建大型工程前,应进行生态环境破坏及内涝灾害的风险性评价,并提出应对措施。主动性的内涝治理措施已使用在广西的部分岩溶内涝区,并且取得了显著的效果。

在峰丛洼地内涝区,峰丛洼地地形封闭,没有地表排水出路,地下河常常埋藏较深是其主要特点。因此,宜采用扩大落水洞入口、在地下河系瓶颈段扩大其过水断面、在地形有利处开挖明渠和排水隧洞疏导、在排水入口(落水洞、天窗、竖井)修建拦石坝来防治。而生态环境保护措施也对其防治有重要意义。如马山县弄拉屯为典型的峰丛洼地,该屯地势高,地表径流贫乏,地下水深埋,以前的旱季常造成水荒,而到了汛期,由于其天然林已于1958~1963年全部砍光,调蓄能力下降,水土流失及石漠化加剧,落水洞和地下河可能遭淤积,偶遇连续暴雨就会导致大量雨水汇集于洼地内而不能及时消水,形成内涝。近年来在该屯主要采用了生态环境治理和修复的方法,居民对几个岩溶泉的补给区的森林发展和保护十分重视,并结合土地整理、退耕还林种草、土壤改良、水资源开发等工程来共同治理^[5]。经过长期的保护和综合治理,使生态环境有了很大改善,森林的生态水文功能增强,居民的饮用水得到了保证的同时,内涝灾害的可能性和规模都有减小的趋势。随着后续的导流明渠、排水隧洞等工程设施的完成,该屯的内涝灾害将基本可以消除。生态环境治理与修复的方法不仅对岩溶内涝防治具有显著成效,而且对于耕地资源保护、干旱治理、流域地表地下水道淤塞预

防、土地生产力和人们收入提高都具有重要意义。

峰林(峰丛)谷地内涝区的内涝与峰丛洼地内涝区在成因方面有很大的相似性,都可以根据其岩溶系统结构和生态环境提出相似的治理措施。但是峰林(峰丛)谷地内涝区切割较深,地形更开阔,水利坡度更小,地下河系埋藏更浅。在有地表河流或水库存在的地区,河水、水库水对地下河的顶托作用非常明显。因此,可以应用实地观测、物理(数学)模拟方法,确定内涝水位与大气降水、地下河出口水位等因素的关系,据以对可能出现的浸没内涝进行预测,并合理限制部分河流和水库的水位。东兰县的拉平谷地由于地下河管道连通性差、部分淤塞,天然内涝常发生;而该县巴纳谷地地下河管道畅通,因岩滩水库蓄水后库水淹没地下河出口,导致地下河水位抬升,排泄能力降低,使洪水沿巴纳溢留天窗漫溢到巴纳谷地形成岩溶内涝。为此,在进行内涝治理时,施工人员在两个谷地开凿了两条总长10119m的排水隧洞,设计排涝标准为 $P=0.2,3$ 日暴雨219.4mm,最大泄洪流量为 $81.1\text{m}^3/\text{s}$,解决了岩滩水库附近的拉平、巴纳谷地近 700hm^2 的农田内涝问题^[4]。

在岩溶平原内涝区,由于地势较平坦,可以根据地形修建导流明渠,以强制排水来治理。而对于那些每年必发、且程度重的内涝区,可将灾区人口全部迁出,异地安置。但是考虑到搬迁的成本较大,此项措施只能适用于受灾人口数量小的地区。

在岩溶区与非岩溶区接触过渡带内涝区,由于缺乏地下水集中排水管道,排水断面骤然收缩。可以采用的方法有:扩大落水洞入口、拓宽岩溶地下河系过水断面、开挖排水隧洞、在排水入口修建拦石坝。由于非岩溶区一侧生态环境破坏对岩溶内涝具有重要影响,这一侧也必须封山育林,进行水土保持工作,减少水土流失导致的排水管道堵塞。

4 结束语

岩溶内涝是岩溶区频发的一种自然灾害,岩溶内涝的防治首先要根据不同的岩溶地貌类型,分析其具体的致灾因子,找出其发生发展的规律,做好灾害的预测预报工作。岩溶内涝防治措施的选择不应局限于水利工程,应该认识到生态工程在防治岩溶内涝的同时,也有利于整个岩溶区域生态环境的改善。因此,在今后的岩溶内涝防治工作中应更加注重

(下转第126页)

拌湿,然后将饲料分堆撒在料盆内或塑料布上,分批将鸭赶入进食。鸭在吃食时有饮水洗嘴的习惯,鸭舍中要设有长形的水槽或在适当位置放几只水盆,及时添换清洁饮水。

在管理上,一是要保持鸭舍内清洁干燥。中鸭容易管理,要求圈舍条件比较简易,只要有防风、防雨设备即可。但是圈舍一定要保持清洁干燥。夏天运动场要搭凉棚遮荫,冬天要做好保温工作。二是密度适当。中鸭的饲养密度每平方米为8~10只为宜,随日龄增大,不断调整密度,以满足不断生长的需要,不至于过于拥挤,从而影响其摄食生长,同时也要充分利用空间。三是要分群饲养。将雏鸭根据强弱大小分为几个小群,尤其对体重较小、生长缓慢的弱中鸭应强化培育,集中喂养,加强管理,使其生长发育能迅速赶上同龄强鸭,不至于延长饲养日龄。四是鸭子要洗浴。靖西大麻鸭具有喜水性,应定时让鸭子下水洗浴,这样不仅可促进中雏的新陈代谢,而且有利于中鸭体格的锻炼和羽毛生长。鸭子下水的次数和时间应根据季节气温的不同而定;在夏季可以自由下水,春冬季可以减少下水次数,特别寒冷时则应不

下水;每次在水中活动时间天热可长一些,天冷则短一点,然后让鸭子上岸理毛,待羽毛干后再赶进鸭舍。五是要给鸭子进行一定的光照。一般要坚持每天16h的光照,适当的光照有益于中鸭的生长发育。此外,为满足中鸭生理机能的需要,应在中雏鸭的运动场放有沙砾,或在精料中加入一定比例的沙砾,这样不仅能提高饲料转化率,节约饲料,而且能增强其消化机能,有助于提高鸭的体质和抗逆能力。

参考文献:

- [1] 广西家畜家禽品种志编辑委员会. 广西家畜家禽品种志[M]. 南宁:广西人民出版社,1987.
- [2] 尹兆正. 养鸭实用新技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,1999.
- [3] 岳永生. 养鸭手册[M]. 北京:中国农业大学出版社,1999.
- [4] 李昂,郑腾. 肉鸭饲养[M]. 福州:福建科学技术出版社,2004.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第122页)

多种方法的结合运用。

参考文献:

- [1] 光耀华,郭纯青. 岩溶浸没内涝灾害研究[M]. 桂林:广西师范大学出版社,2001.
- [2] 袁道先. 岩溶学词典[M]. 北京:地质出版社,1988:8.
- [3] 覃小群,蒋忠诚. 广西岩溶县生态环境脆弱性评价[J].

地球与环境,2005,33(2):45-51.

- [4] 裴建国,李庆松. 生态环境破坏对岩溶洼地内涝的影响[J]. 中国岩溶,2001,20(4):297-300.
- [5] 蒋忠诚. 广西弄拉峰丛石山生态重建经验及生态农业结构优化[J]. 广西科学,2001,8(4):308-312.

(责任编辑:韦廷宗)