

黎湛线分界村岩溶塌陷

柳州铁路局设计所 方兴付

一九八一年元月四日, 广西玉林县分界村与桥头村之间, 黎湛铁路线K148+000~K148+500右侧发生罕见的大面积岩溶塌陷(见人民日报一九八一年二月十三日第3版)。一日之内, 在一片宽七百米、长一千三百米的平坦稻田内产生了四百多个大大小小的陷坑, 本来一片平整的稻田被无数裂缝切割得七零八落, 对农田破坏之甚, 令人触目惊心。距塌陷中心五百余米的铁路线亦受到影响。塌陷发生时, 笔者曾到现场进行调查, 以后又多次到现场进行勘探, 现根据笔者获得的一些资料, 将此次岩溶塌陷简略分析介绍如下。

一、塌陷区地质特征

塌陷区位于广西东南部玉林盆地边缘, 低山丘陵地形。地质构造为中泥盆系构成的瑶山背斜东南翼, 加里东运动使本地区形成一组北东向的大断裂, 地层被切割成许多长条状的断块, 燕山期岩浆岩多次沿断裂带侵入活动, 使本地区出现了一系列火山岩体构成的北东向低山丘陵。陷区位于一山间带状洼地之上, 基岩为中泥盆系东岗岭组灰黑色石灰岩夹泥质灰岩, 岩层走向北东, 倾向北西, 倾角 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$, 北东 20° 及北西 30° 两组垂直节理发育; 顺节理面及岩层面岩溶发育, 物探推测岩溶发育带深度120米; 塌陷坑内露头的溶井深度最大为72米, 钻探孔遇见溶洞的最大垂直高度为28米; 基岩面溶槽发育, 钻探发现的最深溶槽有21米; 溶洞及溶槽内, 一般都充填半流动状的淤泥。

地区主要含水层为岩溶裂隙含水层, 微承压性, 常水位深度2米, 枯水位深度3米。

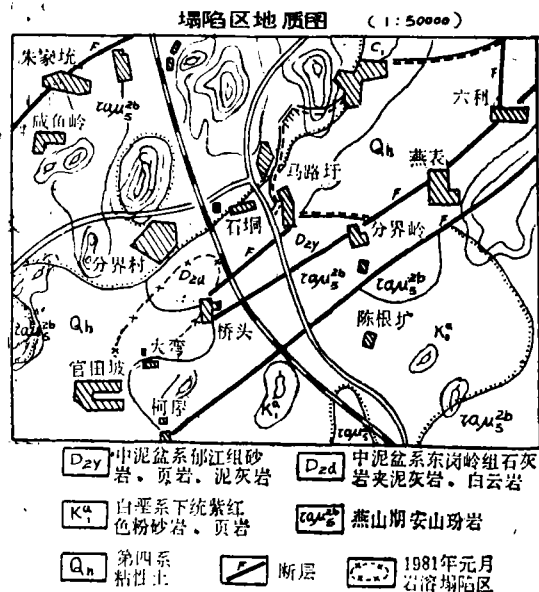


图1 塌陷区地质图

二、现场景观

一九八一年元月四日凌晨三时左右,陷区附近的部分群众就听到地下断续发出闷雷似的响声,并有轻微的震动感,四日凌晨四时左右,桥头村黄玉甲家人被屋架断裂形变声及喷水声所惊醒,醒后看见屋内地面有一道裂缝,一股泥浆水从地面裂缝中喷射出来,喷射高度5.6米,墙壁上出现一道贯通到顶的裂缝,裂缝宽2~5厘米。天微亮,全村男女老少均被惊醒,许多人都以好奇而惊畏之心理跑到村外观看,只看到稻田中央有多股雾状气流断断续续腾空冲起,稻田的东北端及西南端有数股水柱向空中喷射,不久,部分稻田被喷出的水淹没,水柱喷射高度开始较高,最高可达六米左右,以后强度逐渐减弱,到下午1时左右,喷水现象才渐停息,停喷后水又沿喷出口倒流入地下,喷出水中夹带大量的泥砂及少量的卵石和碎石,官田村旁的一处喷水口,喷出物内还夹带着大量半腐朽或炭化的树木残块,停喷后每个喷水口旁都有半月状的泥砂堆积体。上午11时左右,稻田中央原来断断续续喷雾的地方突然大片塌陷,塌陷时发出隆隆巨响,附近地面轻微震动,同时有无数股水气在其四周腾空喷出,随之地面纷纷塌陷,地下不断发出隆隆响声,这时当地群众以为地震来临,纷纷撤出村外,足见当时塌陷现象之可怕。在农田大规模塌陷后不久,发现黎湛铁路K148+260~+290段,轨面下沉0.1米左右,K148+265路肩墙开裂变形,K148+295右侧42米有一个塌陷坑,为了保证行车安全,铁路局命令列车慢行通过,并组织人力在此地段内进行电法勘探及工程地质钻探,经勘探查明认为塌陷对铁路安全没有直接威胁后,到一九八一年八月底列车始恢复正常运行。

塌陷集中发生在元月四日上午11时至下午2时许,零星的小型塌陷延续至元月八日止,据统计共产生陷坑四百零七个。陷坑小者其上口不足1平方米,大者达数千平方米,陷坑深一般有数米,最深有72米。由于原来的隐伏空洞的形状、规模大小及埋藏深度各不相同,塌陷坑也相应地有着各种不同的形状,有碟状、半月状,漏斗状、反漏斗状、竖井状及蟹沟状等各种不同的形状,有的陷坑相互叠连沟通呈河谷状。土洞塌陷形成的陷坑一般呈漏斗状、反漏斗状、碟状及竖井状,塌陷时其四周地面常被牵动开裂,裂缝长度及牵动开裂范围的宽度一般都比陷坑的宽度大数倍。溶洞顶板陷落形成的陷坑,一般呈蟹沟状、竖井状及坑坎状,陷坑周围无牵动裂缝,坑壁陡立,坑壁上半部为粘性土陡壁,下半部为新鲜的石灰岩断壁,其上明显可见有新鲜的错动擦痕。有的坑壁上保留有隐伏空洞的残迹,从残留下来的一些半边溶洞观察,看出有的溶洞是充水的,有的是半充填软土的。几乎所有的塌陷坑的深度都在地下水位线以下,而个别陷坑的深度近百米,远远低于本地区河流的侵蚀基准面以下。因此,可以认为,由于断层的导水作用,本地区的岩溶发育深度,除了受当地河流侵蚀基准面控制之外,可能还受区外侵蚀基准面的控制。

三、塌陷分布规律

如图二,把塌陷波及影响范围划着塌陷影响带、并把其中塌陷强烈密集的区域划为塌陷强烈影响带,则明显可见,塌陷影响带为一纺锤状的似椭圆形,其长轴及短轴长度,分别为

一千二百米和六百米,长轴走向北东 56° ,与构造断裂线的走向大致吻合,这说明本地区岩溶的发育受构造断裂线的主导。

从塌陷出现时间的先后次序看, ZX_1 及 ZX_2 是最先出现的两个较大的塌陷,随之发生的塌陷,都密布在这两个塌陷的周围,形成以塌陷 ZX_2 为圆心,半径约等于300米的圆形的塌陷强烈影响带。 ZX_1 、 ZX_2 、 ZX_3 、 ZX_4 是本次大面积岩溶塌陷最先发生的几处塌陷,也是个体较大、深度较深的塌陷,把它们的中心串连所得的直线,其走向为北西 60° ,在此直线附近出现的塌陷,个体较大,深度较深,其下可能有较良好的岩溶通道。

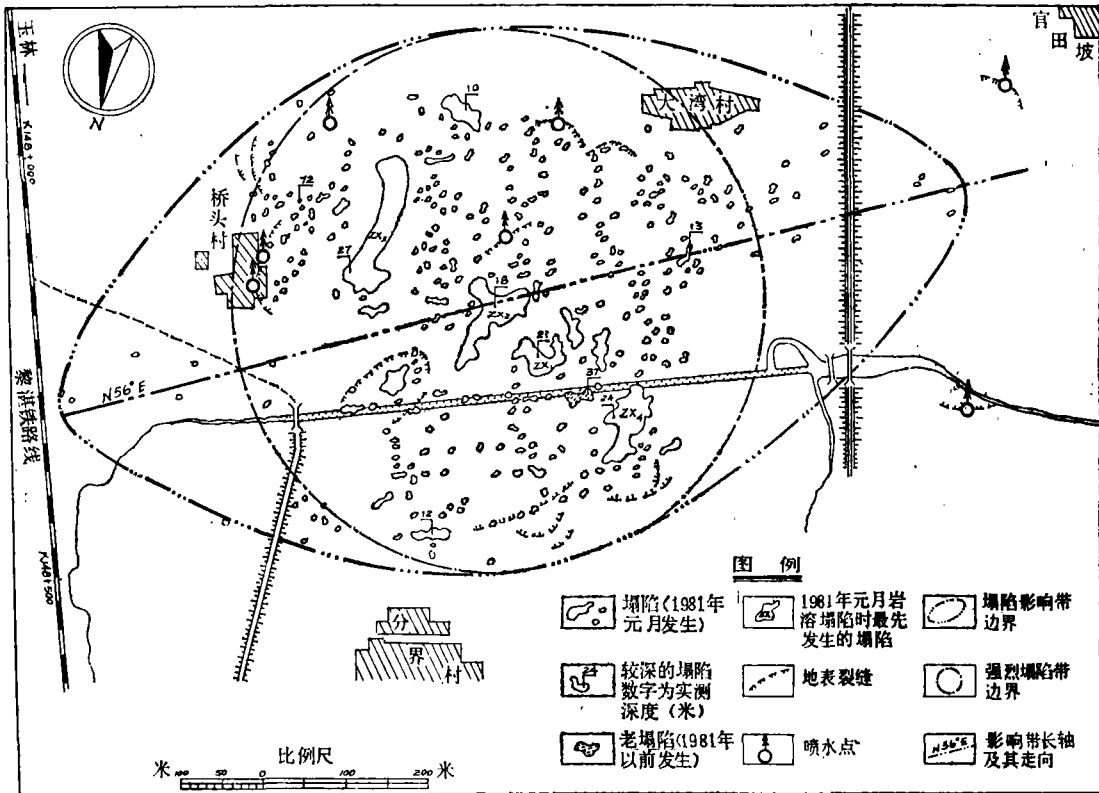


图2 黎湛线分界村岩溶塌陷平面图

从塌陷产生时间的先后关系、平面分布特点及其它各种现象综合分析,可以推测, ZX_1 、 ZX_2 两处塌陷的震动能量,是引起本次大面积岩溶塌陷的主要能源。

除了众多的塌陷之外,在陷区内还出现多处簸箕状的地面倾斜下沉,下沉影响面积从数十平方米至数百平方米,下沉量1米至3米,四周有弧状的裂缝。照片八为一处较大面积的地面下沉景象,从中可看到地面下沉使农村通讯线电杆倾倒破坏及其它现象。

四、塌陷成因分析

长期干旱和大量抽取地下水,使陷区地下水位大幅度下降,是形成此次大面积岩溶塌陷的基本条件。从图三看出,解放后玉林县增经历了五八、六〇、六二、六三、七四、八〇等

几个大旱年,最早年是五八年,降雨量为 944.8 毫米。据调查了解,前几个大旱年中,分界村附近地区没有发生过岩溶塌陷现象,八〇年元月分界村发生岩溶塌陷时,玉林县其它地区也没有产生岩溶塌陷。这说明干旱和地下水下降,不一定就能产生岩溶塌陷。它可能只是形成岩溶塌陷的众多条件中的一个条件或基本条件。

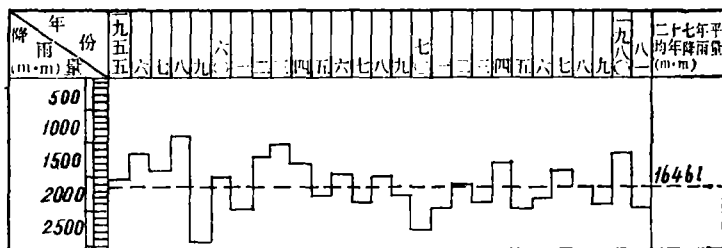


图 3 玉林县1955—1981年降雨量对比图

一九八〇年下半年,玉林县连续几个月干旱无雨,当地主要的河流(南流江)曾两度断流,地区地下水位普遍下降,陷区附近几个生产队连续几个月抽取地下水抗旱,使陷区地下水位较往年同期下降近 7 米,一些常年出露的泉水都相继断流,说明当地地下水位已下降到历史最枯水位线以下。但值得注意的是几乎所有的塌陷都不是在地下水位下降的时候产生,而是在地下水位迅速回升的过程中形成,由此可见,此次塌陷并非单纯的重力塌陷。对此次岩溶塌陷的形成机理,笔者根据此次塌陷的形成过程,及塌陷所表现的一些主要特征,试作如下的分析讨论。

岩溶塌陷形成的原因是错综复杂的,影响因素也是多种多样的。岩溶塌陷的成因,目前主要有“重力渗流潜蚀塌陷(重力塌陷)”、“压缩气团冲爆塌陷(气爆塌陷)”、“洞穴真空吸附潜蚀塌陷(真空吸蚀塌陷)”、“顶板超荷载塌陷(超荷塌陷)”等观点,这实质上是不同条件下表现的四种基本塌陷作用,这几种塌陷作用受不同因素的控制,它们往往在同一个塌陷中综合起作用,或在塌陷的各个阶段中分别起主导作用。玉林分界村岩溶塌陷,是在地下水位迅速回升的时候发生的,所以,此次塌陷是重力塌陷、超荷塌陷及气爆塌陷综合作用的结果。

由于长期的干旱和不断的抽取地下水,地下水位大幅度下降,使陷区水文地质及工程地质条件出现了有利于形成塌陷的变化:一方面是一些长期位于地下水位线以下的溶洞或土洞失水体空,洞顶失去原有的支持力;另一方面,当地下水位下降时,土洞周围原来处于长期饱水带中的一部分土转入充气带,此时,粘土类土由于其给水度很小而能长期保持水分。这样,水位以上的土颗粒所受的重力和水动力压力急剧增长,潜蚀作用增强,土颗粒被带走,土洞不断扩大,而根据M·M·普罗塔吉雅可洛夫的地压理论自然平衡拱学说,拱高是随跨度的增加而增高,这样,潜蚀作用的结果使洞体应力与应变不断变化;跨度和拱高的不断变化,使隐伏空洞得以不断扩大,所以,地下水位的大幅度下降使原来处于比较稳定状态的隐伏空洞变为不稳定的了。当上覆土体的自重压力逐渐趋近于洞体的极限抗压抗剪强度时,在张力作用下,洞体最大应力环扩展到地面,于是地面产生开裂;当上覆土体的自重压力超过了洞体的极限抗压抗剪强度时,地面产生塌陷。一九八〇年十一月底,陷区中心地带地下水位下降到地面以下10米的深度(标高63米左右),十二月初,各抽水站停止抽水,地下水位恢复缓慢,到十二月底地下水位回升高度不足 1 米,在此以前,地面没有产生开裂或塌陷现象。到一九八一年元月三日,水库突然向陷区大量放水泡田,使陷区地下水位急剧上升,这

时,决定着地下隐伏空洞顶板稳定性的两个指标值都在改变:即土的极限抗剪强度减低,土的容重增大。于是到水库放水那天晚上的下半夜(一九八一年元月四日凌晨),开始产生塌陷现象,首批塌陷都是土洞的塌陷。

陷区地表广泛覆盖着厚2~6米的粘性土层,过去一段较长的时期内,没有发现有地面开裂及塌陷现象,也没有开口型的溶井、溶潭或漏斗等出露,地表盖层有较好的密封性能。当水库放水后,地表水沿干枯的泉口倒灌,地下水位急剧回升,原来已干枯了的隐伏空洞迅速充水,密闭在洞内的气体不断被压缩积聚在洞顶形成高压气团,当首批土洞塌陷时,洞内地下水受陷落土体所压缩,并将压力传递给与之连通的溶洞,使溶洞内本来处在高压状态的气团冲爆溶洞顶板使之塌陷。这样,在塌陷压缩形成的高压水及气流的反复冲击破坏下,邻近未塌陷溶洞顶板的土体由于高压气团的正负压力失去平衡,使陷区在短期内产生大规模的塌陷。有的高压水气冲破盖层的薄弱部位喷出地面,造成陷区一些地方强烈喷水喷气的现象如图四所示,绝大多数的喷水口,都位于石灰岩和火成岩接触带附近。

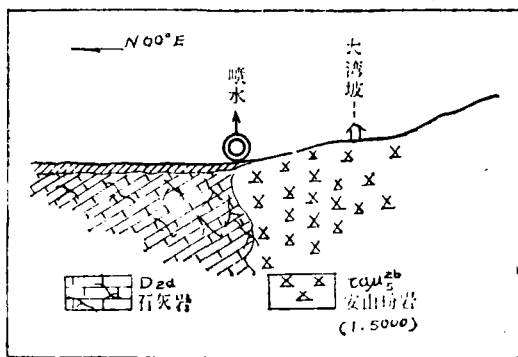


图4 大湾坡喷水口地质图

对陷区内铁路沿线进行工程地质勘探结果,在路基塌陷影响下沉地段,电探获得明显的低阻反应带,钻探发现溶槽及溶洞发育,溶槽及溶洞内都充填半流动状的淤泥。同时,对塌陷强烈影响带内的两处塌陷及一处地面下沉点进行钻探发现,塌陷及下沉点地下,都发育有较大的溶槽(图五),其内充填半流动状的淤泥或淤泥质粘土。在一些塌陷口旁,还看到有大量淤泥沿裂缝被挤压流出地表,这些迹象及勘探结果说明,这次岩溶塌陷与基岩面的溶槽及浅部溶洞有直接关系,尤其与充填有半流动或流动状淤泥的大型溶槽密切相关。

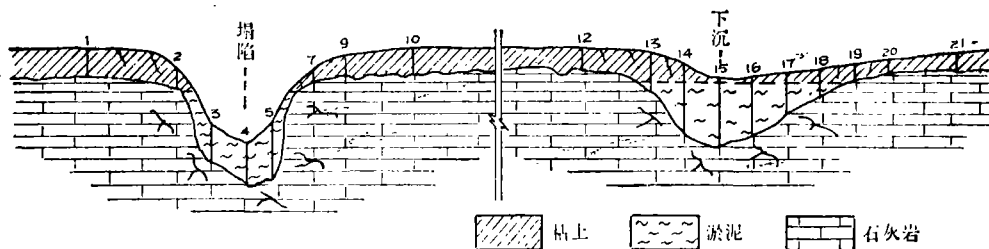


图5 塌陷及下沉点钻探剖面图(1:1000)

岩溶塌陷的必要条件之一,是地下存在隐伏的空洞(土洞或溶洞)。黎湛线分界村岩溶塌陷出现的四百余处陷落坑,塌陷前地下就该有四百余个隐伏空洞与之相对应。前面已指出,此次塌陷前一段相当长的历史时期内,陷区地表没有发生过岩溶塌陷现象,如果,这些空洞在很久以前就存在,那么,在塌陷前一段较长的历史时期内,陷区地表就很难保持如此的稳定状态。因此,可以认为绝大多数的隐伏空洞,特别是较大型的空洞,是在当年陷区地

下水位持续大幅度下降过程中, 溶洞及溶槽内水土大量流失酿成的。

五、陷区环境变化

这次岩溶塌陷给当地工农业生产造成灾害性的损失, 给当地自然环境带来变化, 主要表现在以下几个方面。

(1) 切割破坏自然地面的平整性, 塌陷前陷区本是一片平坦的稻田, 塌陷后地面陷坑星罗棋布, 裂缝纵横交错, 使陷区地貌大为改观。

(2) 由于塌陷裂缝的影响, 使很多稻田失去保水的能力, 部分水利沟渠受到破坏, 十多间民房下沉开裂, 小段铁路路基下沉。

(3) 塌陷破坏了浅层岩溶含水层的结构, 使部分泉水断流, 个别民井干枯无水, 一些沼泽干涸。相反, 在一些地方出露新的泉水。

六、体会与建议

两点体会: (1) 从这次岩溶塌陷和解放后在玉林县境内发生的几次岩溶塌陷(鸭掌窝塌陷、范村塌陷、西园塌陷等)看到, 在相同的地质及地理条件下, 人类生产活动影响形成的岩溶塌陷, 其规模往往比自然形成的岩溶塌陷大得多, 造成的灾害也大得多; (2) 鉴于现代人类活动能量的不断增强, 岩溶塌陷除了与自然条件有关外, 还与各种人为因素息息相关。因此, 对岩溶地区的稳定性进行评价时, 应综合考虑天然与人为两方面的因素。

一点建议: 人类的一些生产活动, 可以不同程度地改造着地质环境, 使地质条件发生变化。在岩溶地区则可能激发产生岩溶塌陷, 因此, 防止岩溶塌陷的产生, 是岩溶地区环境保护工作的一项重要内容。在岩溶地区进行各种生产活动时, 必须考虑岩溶塌陷的可能性和危害性。为了确保岩溶地区已有建筑物的安全, 应根据建筑物的重要性和地质条件, 在建筑物周围划出一定范围的安全防护带, 对各种可能引起岩溶塌陷的一些人为活动, 从法律上给予必要的限制。