

# 广西岩溶塌陷地质灾害特征与防控措施

肖莎 黄彬 陈乘 韦朝运

(柳州城市职业学院, 广西柳州 545036)

**摘要:** 广西地区岩溶发育, 岩溶塌陷成为重要的地质灾害类型, 塌陷发育规模受洞穴大小和开启性、地下水动力条件、外部荷载大小和振动性、上覆盖层岩性和结构等因素影响, 发育特征表现为阶段性、区域性、层段性、持续性、重复性和周期性, 岩溶塌陷发生将造成生命财产损失, 为此, 做好地质勘查、对工程场所的岩洞采取必要的工程治理措施和做好监测预报工作尤为重要, 是预防岩溶塌陷的有效方法。

**关键词:** 地质灾害; 岩溶洞穴; 地质勘查

广西境内碳酸盐岩地层总分布面积达 96372km<sup>2</sup>, 约占全区面积的 41%, 主要产出地层为泥盆纪—三叠纪, 岩溶分布范围广, 主要集中在桂西北、桂中、桂东北及桂西南等地区, 岩溶可分为覆盖型、裸露型和埋藏型三大类, 覆盖型岩溶主要分布在玉林、贵港等桂东南地区, 裸露型岩溶主要分布在桂林、柳州等桂东北地区, 埋藏型岩溶主要分布于桂西北地区, 岩溶塌陷主要发生在覆盖型岩溶区和裸露型岩溶区。随着岩溶的广泛发育, 岩溶塌陷随处可见, 已成为广西地区重要的地质灾害类型, 且成增长趋势, 目前尚未得到有效预防和处理, 增加了工程基础的设计和施工难度, 引发房屋倒塌和破坏、土地破坏、影响工业生产、破坏公路、铁路、水利设施和地下管线、污染地下水等, 严重的还造成人员伤亡, 给人民生命财产安全构成严重威胁。

## 一、岩溶塌陷的类型

岩溶塌陷是指覆盖在溶洞上的覆盖层, 在外力作用下发生突然性的塌陷, 其塌陷坑通常呈圆锥形, 诱发岩溶塌陷的原因包括降雨、洪水、干旱、地震及人类活动抽排水、蓄水等, 可以分为自然塌陷和人为塌陷两大类, 从塌陷发生的位置分析可以分为土层塌陷和基岩塌陷, 基岩塌陷发生规模较大, 通常表现为大面积的崩塌, 同时也称为陷落地震。自然塌陷可由地震引发, 地震波引起岩土体发生破裂, 产生位移, 破坏其结构, 使处于临界状态或稳定性不高的洞穴顶板承受附加力量而失去原有的平衡产生岩溶塌陷, 而且地震作为一种震动荷载, 还可引起地下水动力变化, 造成土体液化和触变, 使其松散, 抗剪强度降低, 综合诱发岩溶塌陷。此外, 还可能由于大幅度的降雨, 地下水补给量大, 与枯水季形成强烈的反差, 导致岩石溶洞洞腔压力变化大, 对洞内颗粒产生冲刷, 从而容易发生溶洞塌陷, 或是地下暗河水流对可溶性岩石长期冲刷, 导致该区域岩溶发育强烈产生塌陷。人为塌陷原因包括人为坑道排水或突水、抽取岩溶地下水、水库畜引水、建筑工地施工、矿山开采、汽车运输等产生的振动和荷载等。

## 二、岩溶洞穴发育的影响因素

碳酸盐岩地区发生岩溶塌陷通常表现为下部地层发育岩溶空间, 上部存在盖层的模式, 溶洞发育规模及开启程度是决定岩溶塌陷的直接原因, 沿断层带和主要裂隙交汇处, 为断裂破碎带,

一般岩溶规模较大, 在向斜轴部垂直和水平岩溶均有发育, 在背斜轴部张裂隙发育, 溶洞以漏斗形和竖井型的为主, 岩溶发育规模越大, 洞穴开启性越好, 岩溶塌陷则越严重。地层的可溶性是岩溶塌陷的物质基础, 大套厚层质纯的碳酸盐岩较容易发生溶蚀形成大的洞穴, 易发生岩溶塌陷。此外, 地下水活动、水动力条件的突变也将影响岩溶塌陷。洞穴上覆盖层的岩性和结构对岩溶塌陷也具有较大影响, 通常砂土盖层最容易发生塌陷, 黏性土和非均质土次之。岩洞大小、盖层厚度和岩性、地下水的变化、气候及外力作用等因素, 单一或综合作用将会发生岩溶塌陷。

## 三、塌陷发育的基本特征

地层岩性不同, 构造发育的差异性, 地下水动力和人类活动不一样, 综合导致岩溶洞穴发育分布在广西区内具有差异性, 使洞穴塌陷规模大小形状不一, 小者不足 1 平方米, 大者达几百平方米, 整体呈带状、零形状、面状分布, 其发育特征表现为阶段性、区域性、层段性、持续性, 受地下水位变化影响等, 对其特征进行研究分析, 有助于预测岩溶塌陷时间、地点和层段, 为预防的有效性提供保障。

### (一) 时间分布特征

通过调研发现, 碳酸盐岩溶洞在少雨、低温、干燥的气候下发育较差, 规模很小, 地面塌陷现象较少; 在温暖潮湿气候下较为发育, 且广西处于云贵高原及其与四川盆地的过渡地带, 呈斜坡地势, 有利于流体流动, 为岩溶提供了良好的条件, 且广西岩溶地貌从晚侏罗开始发育, 之后的大部分时间里气候温暖湿润, 使岩溶普遍发育强烈, 形成大量洞穴, 导致现阶段岩溶塌陷的现象较多。据统计, 广西岩溶塌陷通常发生在雨季, 即每年 4-9 月份, 暴雨导致大量的雨水侵入盖层, 导致地下水位急剧上升, 形成正压作用发生塌陷, 且雨季地下水位频繁波动, 土体含水抗破坏力降低, 上覆地层含水重量增大, 综合导致广西春夏季为岩溶塌陷高发期。

### (二) 区域分布特征

岩溶发育规模受构造条件的控制, 沿断层带和主要裂隙交汇处, 为断裂破碎带, 一般岩溶规模较大, 地下溶蚀网络沿着裂隙发育, 地表水持续下侵, 溶蚀作用不断扩大, 地层

含水性和导水能力大大增强,从而形成了复杂的岩溶孔隙—裂隙—管道系统,在张性断裂带区岩溶发育强烈,压性断裂带岩溶欠发育,褶皱轴部裂隙发育,纵向溶蚀,可形成落水洞、漏斗等,水平溶蚀,易形成暗河等大型溶洞,或在易溶岩性与非易溶岩层接触带岩溶发育形成大的洞穴,为岩溶塌陷提供有效的空间。

### (三) 层位分布特征

大套厚层质纯的碳酸盐岩较容易发生溶蚀,桂林地区大多为厚层碳酸盐岩发生溶蚀形成大规模溶洞,是塌陷的易发生层段,单层厚度小且夹有酸不溶物的碳酸盐岩,溶蚀难度较大,溶洞发育差,塌陷发生概率较小。纵向上,岩溶发育主要在地表浅部,随着深度的增加,岩溶迅速减弱,通常情况下表现为,岩溶塌陷发育深度小于10米,但岩溶洞穴开口也将影响塌陷与否,通常向上开口的洞穴容易发生塌陷,没有向上开口的洞穴不常发生塌陷。可溶性岩层与不透水层接触的地带,溶洞、暗河发育,同时,岩溶形态与岩层倾向与倾角有关,岩层倾斜较缓,即倾角较小时,地层出露地表面积较大,地表水沿着层理向层面方向渗入,沿着层面方向发育洞穴,当地层水平时,将发生水平岩溶,形成水平洞穴,形成易塌区。

### (四) 受地下水位变化影响特征

地下水位变化是岩溶塌陷的又一原因,包括地下水的流动及其水动力条件的变化影响,地下水径流集中和强烈地带,如:地下水的主径流带和集中排泄带等,容易发生岩溶塌陷,水动力急剧变化原因主要为降雨、水库蓄水等,也易诱发塌陷。其中人为因素引起的地下水活动是发生岩溶塌陷的主要原因,数据统计分析表明,人为因素是广西诱发岩溶塌陷的主要原因,占总岩溶塌陷的77.24%,并以坑道排水或突水,抽取岩溶地下水、水库蓄水为主,共占人为塌陷的92%,塌陷规模按矿坑排水突水、人工抽水、水库蓄水引水、震动加载和地表污水下渗呈依次减弱的趋势。

### (五) 具有持续性

塌陷在发生后,至其诱发因素消失之前,并将产生一个持续的过程,经过一定的时间后,才能达到新的平衡,表现为在塌坑附近地表一系列牵连的裂隙。

## 四、防治对策

岩溶塌陷对人们的生活影响很大,对于交通和住房都具有重要影响,同时还会破坏地表环境,改变水文地质,给人们生活带来损失,为避免岩溶塌陷出现,可通过查明岩溶塌陷的原因,消除或消减主导因素实现预防作用,通过调整抽排水方案和系统,建立监测网,工程选址避开岩溶洞穴发育区,采用深基础法和灌浆法等,增强岩溶化岩体强度,减少上部荷载,控制水动力条件,预防岩溶洞穴坍塌。

### (一) 做好地质勘查

在施工或人类频繁活动区域,进行详细工程地质勘查,查明

地下地质情况,确定溶洞分布位置和发育规模,洞穴中是否有充填物,明确洞穴盖层岩性结构特征和厚度,预测其承受上部载荷的能力,确定地层构造的发育情况,地层结构是否稳定,地下水流动和水动力发育情况。后期工程载荷若超过其承受量,可考虑对地层进行工程处理或采取绕开策略,避免岩溶塌陷的危害。

### (二) 采取工程治理措施

若岩溶洞穴发育区不可避免,可通过增强岩溶化岩体或土体强度进行工程控制,对规模较小、不连通的洞穴可考虑用混凝土进行充填,消除岩溶洞穴塌陷隐患,当溶洞多层发育或溶洞较大、塌陷漏斗很深或溶洞发育规模较大时,可考虑采用桩基础或跨越法等进行处理,避免诱发溶洞塌陷,造成损失。

### (三) 降低人类活动影响

减少溶洞上部荷载,严禁在溶洞周边大量抽取地下水,降低地下水开采量,控制水动力条件,防止地下水水位频繁上下大幅度波动,在溶洞发育区内严禁进行强烈的爆破及冲击振动活动,可有效避免岩溶洞穴塌陷。

### (四) 监测预报,做好预测工作

岩溶塌陷发生前,周边物质将会发生变化,一般先在地面出现弧形断续展布的拉张裂缝,发展后成环状裂缝且宽度加大,地面出现环状裂缝且不断延展,产生局部地鼓或下沉现象等,部分内侧下错,有时出现房屋开裂、水塘、农田突然漏水、冒水、水色突然浑浊或翻砂、冒气等情况,地下有响声,井、泉水位骤然升降,水量忽大忽小变化异常等现象,可通过这些异常现象对岩溶塌陷进行预测。此外,随着科技发展,可用精密水准测量高精度地获取水准测量点(基岩标和分层标)的沉降值,或用GPS进行全方位的地面沉降监测,当出现岩溶塌陷的趋势时,及时逃离危险区,并对危险区域进行封锁。

## 参考文献:

- [1] 朱真. 广西岩溶塌陷特征及防治对策[J]. 水文地质工程地质, 2002, 29(3): 2.
- [2] 林鲁生, 徐华礼等. 岩溶地区高层建筑地基基础设计与施工[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- [3] 肖莎, 高志前. 广西东兰—凤山地区石炭纪—二叠纪碳酸盐岩洞穴发育特点及其控制因素[J]. 现代地质, 2019, 33(6): 12.
- [4] 邓永光, 张小礼, 陆鹏. 广西塌陷地质灾害的防治研究[J]. 绿色科技, 2015(11): 2.
- [5] 陈展为, 吴绍强. 广西环江县岩溶区岩崩地质灾害特征及防治对策[J]. 大众科技, 2008(11): 3.
- [6] 杨仕升, 蒙雷, 何声, 等. 广西岩溶区工程地质灾害及场地处理[J]. 震灾防御技术, 2015(4): 8.