

贵州某隧道隧址区岩溶发育特征探讨*

赵帅军, 许模

(成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 隧址区以碳酸盐岩为主, 岩溶发育成为制约该工程的主要地质问题之一。根据现场勘查和收集的地质资料分析, 论述了隧址区的岩溶发育形态、发育规模及空间展布; 分析影响该区岩溶发育的控制因素, 并一定程度上总结其发育的特征; 对隧道施工过程中做好相应的防范准备具有指导性的意义。

关键词: 隧址区; 岩溶; 发育特征

某拟建隧道位于云贵高原东部乌蒙山区, 处于我国地势的第二阶梯高原上, 地形起伏较大, 地势比较险峻。区域出露地层包括石炭系、二叠系、三叠系及第四系, 出露的岩层有碳酸盐岩、碎屑岩、火成岩及松散岩类。构造上, 隧址区处于扬子准地台黔北隆起六盘水断陷的威水背斜中段, 隧道穿越 14 条断层、2 个背斜和 1 个向斜, 断层多呈组出现, 呈平行状排列, 部分相互斜截交错, 多为逆冲断层。

隧址区广泛分布着石炭系、二叠系碳酸盐岩, 岩溶发育强烈。岩溶形态丰富, 地表有石芽、峰林、岩溶洼地、漏斗、溶沟、溶槽; 地下有溶洞、地下暗河和小溶孔等。因此, 查明该区域的岩溶发育特征及影响因素, 对隧道施工做好有效的预防措施, 防治隧道涌突水具有重要的意义。

1. 岩溶形态及分布

1.1 岩溶洼地

威水背斜核部、断层带附近及可溶岩分布区的岩溶洼地普遍发育, 其分布和发育具有以下特点: (1)在威水背斜西翼梅花山附近, 地表的小溶蚀洼地发育强烈, 且分布密集, 背斜的西翼相对东翼发育要强烈; (2)发育的高程一般分布在 2020m~2480m, 其中以 2240~2420m 和 2440~2460m 居多, 分别占 34%和 28%; (3)石炭系下统地层中的洼地占总洼地数量的 64%, 石炭系上统地层中洼地占 24%; (4)岩溶洼地直径大致分布范围为 60m~200m, 直径在 50m~100m 之间分布较多, 占 55%, 汇水深度一般为 5m~50m; (5)岩溶洼地长轴方向与岩层走向大致平行, 部分呈串珠状发育。

1.2 岩溶漏斗、落水洞

* 本项研究得到国家自然科学基金(40672175)资助

在水城—威宁公路两侧的石炭系灰岩中，分布较为密集，平均密度可达到 5 个/km² 以上。在岩溶洼地底部一般都有岩溶漏斗、落水洞，是地表水潜入地下的垂直通道，也是垂直循环带岩溶向深部发展的标志。主要发育在石炭系灰岩及二叠系栖霞、茅口组灰岩区。在梅花山四组前面的耕地中，有一个长轴方向为 310°，长约 50m，宽约 4m~10m，深不可见的狭长形落水洞，雨季地表水汇入，旱季无水。在野窝坪、杨家沟等多个地方发现大的落水洞。

1.3 岩溶槽谷

该类岩溶形态是主要汇集降水的地貌单元，其发育高程变化较大，相对高差达 260m。谷底平坦，常有河流经过，河流一端是暗河出口或泉，流入另一端的溶洞中，或潜入落水洞之下。堆积层厚约 2~3m，呈棕黄色的粘土层，土层不易漏水，地下水位较高。野窝坪和横水塘西北方向的两条岩溶槽谷是沿着 F₃ 断层发育，盐井沟槽谷是沿着 F₂ 断层发育，另外有四条是沿着可溶岩与非可溶岩分界线发育。

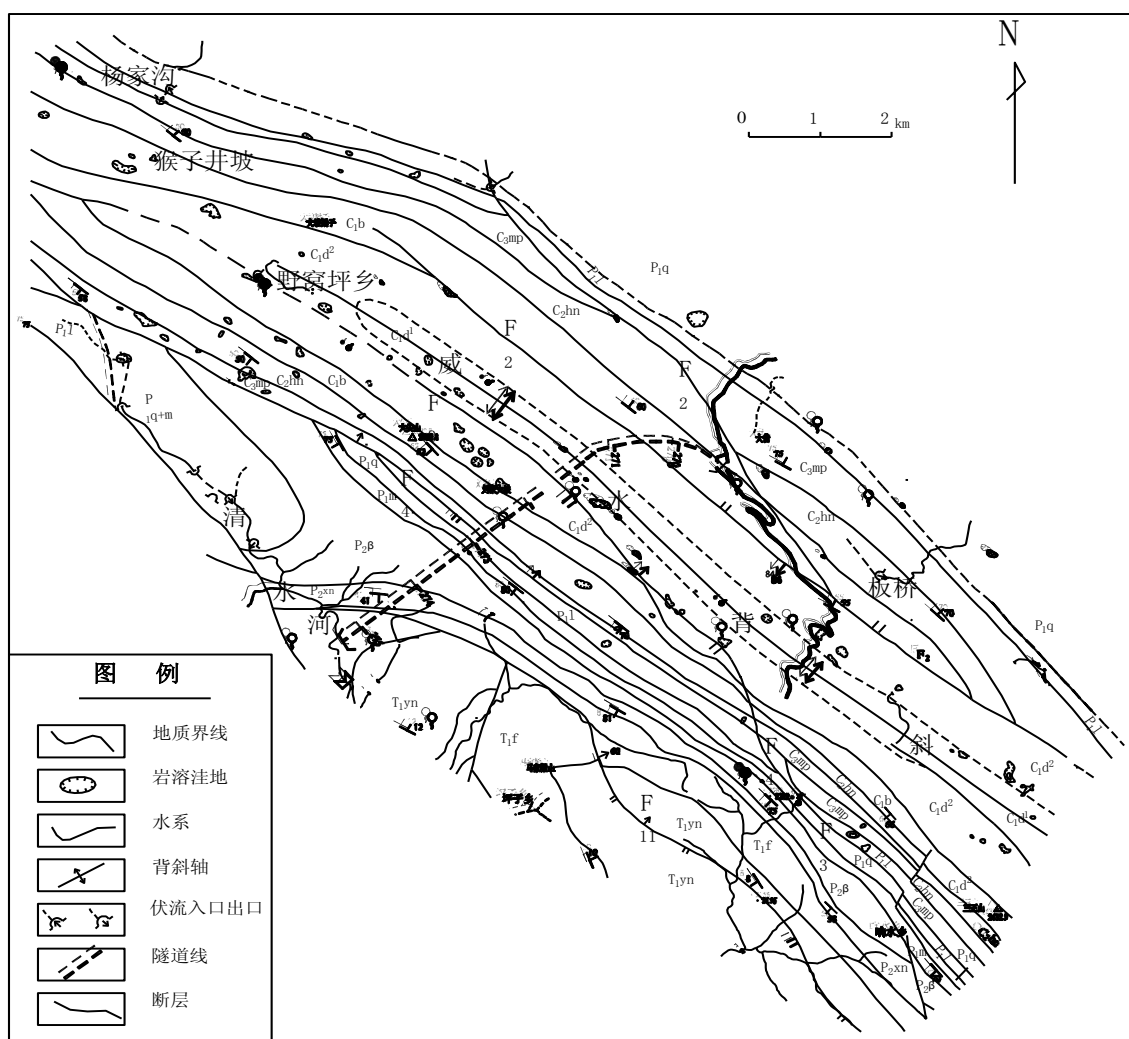


图 1 隧址区岩溶水文地质图

1.4 地下暗河

区内发育有野窝坪、清水河、板桥三条规模较大的地下暗河，其中野窝坪地下暗河发育于威水背斜核部岩溶槽谷中，北东方向延伸，是区内最大的地下河。野窝坪地下暗河进口位于野窝坪乡梅花村北西方向约 800m 处（标高 2325m），沿着断层途径猴子井坡、冷家坡、杨家沟，在杨家沟洼地北东侧（标高 1964m）排泄，经地表径流约 90m 后，通过落水洞再次潜入地下，在雨多保出露以明流的方式排泄到大河中。

清水河地下暗河进口在底拉沟落水洞（标高 2235m）潜入地下，向南西方向径流 750m 后在说白厂（标高 2054m）出露，然后基本沿着 F_6 断层方向汇到清水河主流中，中间在出水洞附近有一小段伏流出现，最终汇到底拉河。

板桥地下暗河，调查过程中没有找到进口，出口标高为 1880m，在板桥坡脚排泄后以地表明流的方式流入大河。

2. 岩溶发育的控制因素

2.1 地形地貌

区内威水背斜呈北西—南东方向展布，地势总体为核部高，两翼低，北东高，南西低。东北部梅花山——野窝坪北西一线高耸的山原面，为长江水系与珠江水系的分水岭，其海拔高程一般为 2350~2500m，大尖山最高达 2620.80m。山原面地形起伏平缓，地形高差多大于 150m；其东侧地面海拔高程骤降至 1900~2000m，地形相对高差 400~600m，西侧地面海拔高程相对平缓，地形相对高差 300m 左右，南部。该区域属于剥蚀中低山地貌，分布于背斜的东南部，分散着林立的锥峰、丘峰及宽浅的溶蚀洼地和谷地。其延伸方向严格的受背斜构造控制影响。大小不一，高低不齐的锥峰密布在海拔 2400~2500m 的山原面上。锥峰个体高 30~150m，其间遍布长条形洼地、漏斗和落水洞。地形地貌条件是影响地下水的循环交替条件的重要因素。区域地貌表征着地表水文网的发育特征，反映了局部和区域性的侵蚀基准面和地下水排泄基准面的性质和分布，控制地下水的运动趋势和方向，从而也控制了岩溶发育的总趋势。

2.2 岩性组合

因受背斜控制，本区出露地层基本呈对称分布，主要为石炭系、二叠系和部分三叠系地层。其中二叠系梁山组和宣威群、峨眉山玄武岩组为含煤砂页岩、玄武岩，岩溶不发育；另外石炭系大塘组旧司段为泥岩、页岩夹灰岩，岩溶发育中等。其余地层均为灰岩、白云岩夹泥灰岩，但因岩性结构、成分和灰岩纯度不同，岩溶发育强度相差悬殊。如大塘组上司段灰岩夹白云岩、泥灰岩，方解石的含量经化学分析为 92.87%，岩溶洼地占全区的 41%；栖霞、茅口组灰岩夹燧石灰岩，方解石的含量为 96.03%，岩溶洼地占全区的 11%；主要原因是前者地层中含有石膏、角砾岩，受膏溶作

用的影响，岩溶化十分强烈，富水性很强；后者主要是其两侧是非可溶岩 P₁ 组，属于砂页岩中夹碳酸盐岩类型，因砂页岩透水性差，形成相对隔水层，构成了本区灰岩越纯，单层越厚相对杂质多、单层薄岩溶发育弱的反常现象。

2.3 地质构造

区内以 NW 向构造为主，碳酸盐岩与碎屑岩、火山岩相间成层，可溶岩在 NW 向褶皱中成条带状展布。根据野外调查和区域资料，区内的暗河管道和溶洞的展布方向与构造线基本一致。F₂、F₃、F₄ 为三条充水逆断层，破碎带有断层角砾岩、方解石组成，断层两侧的裂隙极为发育，为良好的储水构造。该组断裂活动性明显，落水洞、漏斗、洼地常沿断裂带呈串珠状分布。其中特别是 F₃、F₄ 断裂，一盘为碳酸盐岩岩溶含水岩组，另一盘为碎屑岩及火山岩裂隙含水岩组（相对隔水层），致使断裂一侧碳酸盐岩中岩溶强烈发育，地下水富集。更有甚者，该组断裂沟通了北西部海拔 1400~1500m 高原面上岩溶地下水的水力联系，致使该组断裂构造岩溶发育更强烈。背斜两侧的岩层倾角较大，有的近直立状态，有利于地表水垂直入渗，促进深部岩溶的发育。

以上各控制因素不是单方面起作用的，常常是各因素综合作用的结果。

3. 岩溶发育特征

根据野外调查资料，结合岩溶发育现象和发育程度的分析，将隧址区的岩溶发育特征概括为以下几个方面。

(1)沿构造线包气带中垂直岩溶发育较为强烈。大气降水沿着 NW 向断层和纵张裂隙入渗，受水流的重力作用主要做垂直运动，NE 向横张裂隙对溶蚀有明显的拓宽作用，形成大量的漏斗、落水洞、洼地和垂直溶蚀裂隙等。

(2)可溶岩与非可溶岩层面是岩溶发育的良好部位。岩层层面是整个地层最脆弱的部位，一般发育着层面裂隙，尤其在可溶岩层面常被水溶蚀成沿层面发育的溶洞裂隙。地下水受到威水背斜两翼的 P₁ 组砂页岩、煤线阻滞，对界面处的 C₃mp 可溶岩产生冲刷和溶蚀，形成串珠状的岩溶洼地、落水洞和地下暗河等。如背斜东翼有两条暗河便是顺着可溶岩与非可溶岩层面发育的。

(3)地质构造控制着岩溶发育。据溶洞发育方向和构造优势方向统计比较，区内的大型溶洞、洼地、落水洞的长轴发育延伸方向和构造结构面基本趋于一致。威水背斜的核部比两翼岩溶发育强烈，西翼比东翼强烈。

(4)岩溶发育程度随着深度增加而减弱。受水动力条件和地质构造的控制，岩溶发育程度与规模随着深度增加而减弱。岩溶发育深度 2200m 高程以上，标高 2050m 以上垂直岩溶形态与水平岩溶形态均比较发育，标高 2050m 以下岩溶不发育。根据四个深钻孔揭露的溶洞个数比和发育高程、发育深度见图。

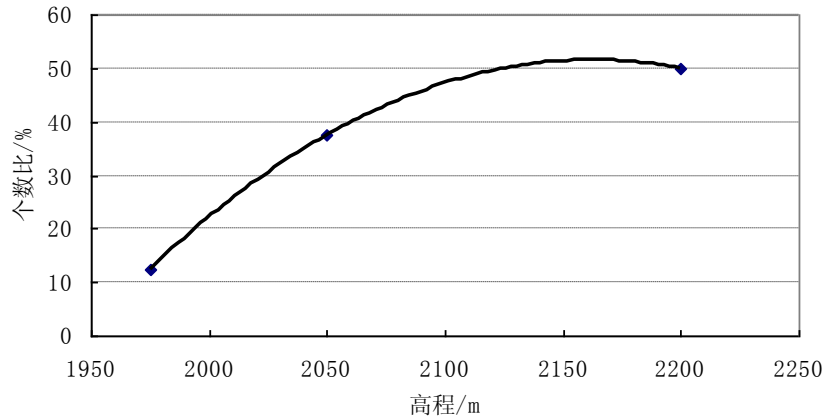


图2 溶洞个数比与发育高程对比图

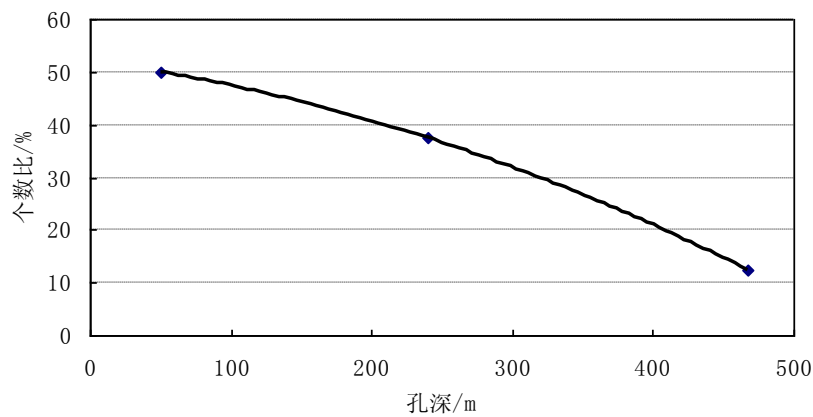


图3 溶洞个数比与孔深对比图

4.结束语

在岩溶地区修建地下隧道工程,通过研究岩溶发育的发育形态及特征,摸索其控制因素和规律,可以在隧道施工时做好有效的预防措施,具有很好的指导意义。

参考文献:

- (1)王大纯,等。水文地质学基础[M]。北京:地质出版社,1986。
- (2)王永利,等。北川县通口水电土程区岩溶发育特征探讨[J]。沉积与特提斯地质,2006,26(3):90~92。
- (3)邢爱国,胡厚田。韩城矿区奥灰岩溶发育规律及环境水文地质问题的研究[J]。矿业安全与环保,1999,(6):13~16。
- (4)曾德志。沙湾水电站环库岩溶发育基本特征[J]。四川水利,2007,(6):59~61。
- (5)陈文理,等。构皮滩水电站坝址区岩溶发育特征[J]。人民长江,2006,37(3):11~13。
- (6)邱文才。广东某石灰岩矿区岩溶发育规律研究[J]。西部探矿工程,2006,(9):115~117。