

南昆铁路典型隧道区溶洞研究

蒋忠信* 秦小林 袁茂林

(铁道部第二勘测设计院)

唐晓春

(西南师范大学)

提 要 南昆线主要通过云贵高原区,沿线岩溶广布,长达375km,溶洞发育。由于高原山区岩溶发育的特殊性和岩溶时空分布的复杂性,二院在设计时高度重视,除采取其它有效措施外,还专门立项对高原溶洞发育规律进行研究,目的是通过实地调查和理论研究,探讨高原山区溶洞发育和分布规律,以期对岩溶隧道的定性预测提出意见。实地调查分两次进行,共调查了五个不同地貌类型的地区,包括十座施工中已碰到溶洞的隧道。本文以其中前三个地区调查资料为基础,对高原山区溶洞发育规律进行了初步研究。

主题词 南昆线 溶洞 研究

对南昆线的一些岩溶地区进行调查研究,其概况列于表1中。

表1 南昆线岩溶区调查情况

调查区	地貌类型	调查隧道	施工单位	调查时间
沙厂坪	深切河谷区	沙厂坪#1隧道、斩龙坡隧道	五局	5月下旬
马岭	平行岭谷区	高寨#1、#2隧道 松林#1隧道	十一局 十八局	6月上旬
以且	切割山区	白石山隧道、砂锅寨#2隧道	十七局	5月下旬
铝厂	断陷湖区	铝厂隧道	十一局	4月下旬
威箐	阶状河谷区	青鱼塘隧道、威箐#1隧道	五局	5月上旬

1 沙厂坪地区

沙厂坪地区属贵州省安龙县,南昆线在该区沿南盘江深切河谷的北坡行进,大部分路段在谷坡上部灰岩与中部砂页岩中通过。从斩龙坡至沙厂坪的主要工程为长2347m的斩龙坡隧道和长3104m的沙厂坪#1隧道。

* 本文收稿日期:1994-10-30 蒋忠信 高级工程师 铁道部第二勘测设计院岩土公司副总经理 成都 邮编:610031

1.1 岩溶地貌平面分带

该段南盘江下切安龙岩溶面阔达 $1\ 000\text{m}^2$ 。安龙岩溶面由三叠系中统关岭组(T_{2g})中厚层至块状白云岩、白云质灰岩构成,产状平缓,构造简易,锥状峰林发育,峰顶标高为 $1\ 500\text{—}1\ 600\text{m}$ 。南盘江水面标高约 400m ,谷坡高达 $1\ 050\text{m}$ 。谷坡上段的岩性相变为厚层块状石灰岩、白云质灰岩,称坡段组(T_{2p})。其下在沙厂坪一带出露不宽的新苑组(T_{2x})灰岩与砂泥岩互层。谷坡中下段主要为中三叠统边阳组(T_{2b})砂泥岩夹灰岩^[1]。

由于南盘江这一侵蚀溶蚀基准的不断下降,在从安龙县城向南至沙厂坪这一与南盘江垂直的剖面上,显示了岩溶地貌的分带性。从安龙县城南至南盘江,可顺序划分以下地貌带(图1)。

I 古溶蚀盆地:安龙城南至巧洞坪,现已切割成垅岗状,代表原始岩溶面。

II 峰林谷地:巧洞坪至么塘,为锥状峰林间长条形谷地。谷底标高由北向南降低,最终潜为伏流。

III 峰丛洼地:么塘至梅子关,串珠状洼地多呈 SSW 向排列,显示地下水系的走向。

以上三带均由关岭组白云岩构成,显示了地下水系由浅到深的岩溶发育类型。

IV 侵蚀溶蚀谷坡:由峰丛洼地外缘至沙厂坪—河头上一石头寨—斩龙坡一线,为由坡段组灰岩构成的南盘江上段陡峭谷坡,呈 NW—SE 向延伸,宽 800m ,标高 $1\ 450\text{—}950\text{m}$,平均坡度 32° ,南昆线主要通过该灰岩谷坡下部。

V 侵蚀丘陵:局限分布于沙厂坪一带,呈宽约 1km 、SE 向长 10km 之梭状,由新苑组薄层灰岩与泥岩、粉砂岩互层构成,呈现丘洼相间的地貌,沙厂坪#1 隧道出口以后通过本带。

VI 侵蚀谷坡:从沙厂坪至南盘江的谷坡中下段,由边阳组砂泥岩夹灰岩构成。暗河从本段顶部流出,平行注入南盘江,其间谷坡被切割成长梁状。

1.2 隧道区层状岩溶形态

斩龙坡隧道出口段和沙厂坪#1 隧道主要在坡段组灰岩底部通过,隧道标高在 900m 上下。由于南盘江急剧、持续下切,谷坡岩溶不很发育,成层性也不够明显。调查的岩溶形态大体可分为三层。

上层:以沙厂坪#1 隧道近出口洞顶上的两个椭圆形溶蚀洼地为代表,两洼地标高分别为 $1\ 026\text{m}$ 、 $1\ 010\text{m}$ 。与此相应,隧道中段洞顶附近新开盘百公路边坡上见充填溶洞群,标高 $1\ 015\text{m}$ 。上层溶蚀面标高为 $1\ 020\text{m}$ 上下。

中层:以斩龙坡隧道出口南侧山坡中的厅廊状溶洞为代表。该溶洞高 2m 、宽 5m 、深 10m 以上,洞底标高 960m 。出口北侧山坡上标高 950m 也有一厅状溶洞,并出露岩溶泉。中溶洞层标高为 950m 上下。

下层:以沙厂坪#1 隧道中段外侧的溶洞大厅为代表。该溶洞位于 DK426+250 下方,洞高 30 余米,长 30m ,宽 20m ,洞底标高 865m 。斩龙坡隧道出口段 30m 中遇到两个溶洞,一个长 6m ,洞底标高 870m ;另一个呈斜井状,洞径 1m 多,洞底标高也为 870m 。下溶洞层标高为 865m 上下(图2)。

此外,由沙厂坪#1 隧道中段外侧的盘百公路揭示,在 DK425+700 有一溶蚀槽谷,走向 $N60^\circ\text{E}$,标高 $1\ 005\text{—}950\text{m}$,可能与古地下水系有关。河头上暗河在平面上与沙厂坪#1 隧道交

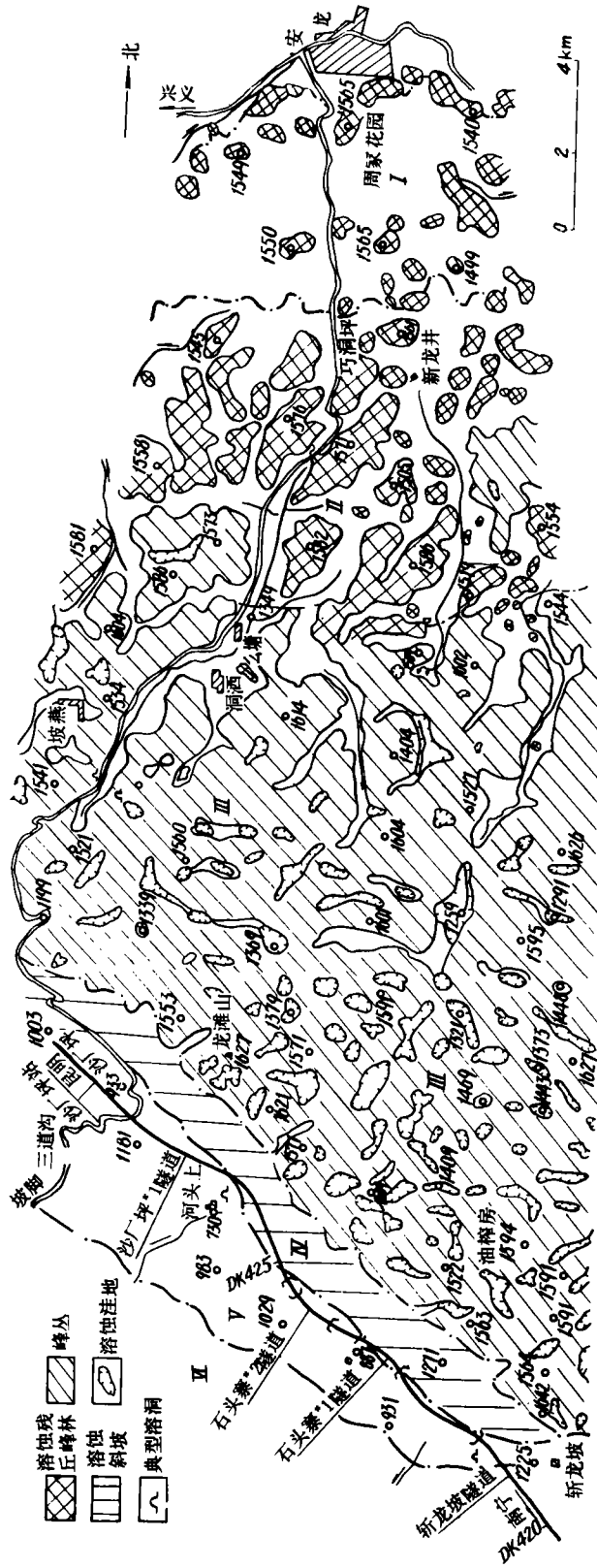


图1 安龙至坡脚地貌类型图
 (I—古溶蚀盆地; II—峰丛洼地; III—峰林谷地; IV—峰丛洼地; V—侵蚀溶蚀谷坡; VI—侵蚀谷坡)

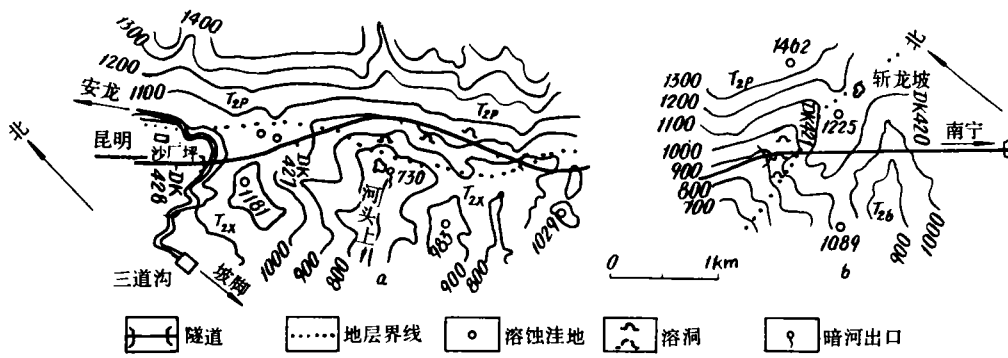


图2 斩龙坡隧道出口段(b)和沙厂坪#1隧道(a)岩溶分布图

(T_{2p} —坡段组灰岩; T_{2x} —新苑组砂泥岩与灰岩互层; T_{2b} —一边阳组砂泥岩夹灰岩)

于DK426附近,在河头上村出流,标高730m,流量440l/s。

1.3 隧道溶洞初步预测

1.3.1 斩龙坡隧道(DK419+118—DK421+465)

隧道出口段在坡段组灰岩中,调查时已掘进50m多。除在距出口30m内遇到两个溶洞外,尚见一些直径小于1m的溶隙,竖直状,泻水如注,标高约875m。

洞顶观察,出口段隧道通过灰岩长近300m,其前有100m余通过砂泥岩与灰岩互层,再前直至进口为砂泥岩。300m灰岩具发育溶洞的物质条件,灰岩夹层因地下水有限而溶洞规模会小。

隧道出口段标高872—870m,仅略高于下溶洞层标高(865m),隧道处曾处于地下水的季节变动带,有发育水平状或斜井状溶洞的机会。但因南盘江下切迅速,处于季节变动带的历时不会太长,溶蚀的规模不会太大。

可见,斩龙坡隧道长400m之出口段(DK421+050—出口)施工中,还可能再遭遇中型水平溶洞(中型指洞径约相当于隧道净空)或小型斜井状溶洞、竖直状溶缝(小型指洞径1m左右)。因砂泥岩隔水,该段地下水较丰富。

1.3.2 沙厂坪#1隧道(DK424+760—DK427+864)

除出口在砂泥岩与灰岩互层中外,隧道通过坡段组灰岩。调查时,隧道进口掘进350m,未遇溶洞;出口进洞不远,也未见溶洞。据区域地表岩溶观察,对隧道溶洞的发育预测如下:

(1)隧道标高为895—931m,界于中溶洞层(950m)与下溶洞层(865m)之间,隧道处曾处于地下水垂直渗流带,因而不大可能发育水平溶洞,隧道仅将遇到小型竖直状溶洞或溶隙。

(2)据地表岩溶推测,可能遭遇小型溶洞的地段主要是DK425+700—DK426+300,此段与地表溶槽、水平溶洞相应,河头上暗河也在此段交叉。此外,隧道近出口段DK427+100—+400的灰岩或灰岩夹层中也可能遇到小型溶洞,此段与地表溶蚀洼地相应。

(3)河头上暗河在DK426附近与隧道交叉,此处隧道标高为909m。根据坡岗地区研究结果^[2],在溶蚀基准急剧下降的地区,暗河纵剖面为上游缓下游陡的上凸型。据此估计交叉处暗河标高约810m,低于隧道100m,隧道当无恙。

2 马岭地区

马岭地区属贵州省兴义市。该区可溶岩与碎屑岩相间出露,被顺向谷切割呈平行岭谷状。南昆线出兴义站后,以高寨#1、#2 隧道穿过平行岭谷至打埂河。松林#1 隧道是本区另一典型岩溶隧道。下面分高寨、松林两小区论述。

2.1 高寨隧道地区

高寨#1 隧道从干道公路北坡进洞至高寨河,长 660m。高寨#2 隧道在打埂河南岸出口,长 1 110m。打埂河发育于上二叠系龙潭组(P_{2L})砂泥岩的短轴背斜轴部,两隧道通过背斜南翼,地层为下三叠系飞仙关组(T_{1f})砂岩、永宁镇组(T_{1y})灰岩与砂页岩,中三叠系个旧组(T_{2g})灰岩间砂页岩^[3]。由于抗蚀性的差异,砂页岩成谷,灰岩成岭,形成顺近东西向的背斜走向发育的平行岭谷,二高寨隧道与之正交。隧道区岩层产状稳定,陡倾南,有一条走向断层。

2.1.1 层状地貌特征

因河流间歇性下切,本区地貌呈现层状特征。在打埂河砂页岩谷坡,于北岸见已切割成一系列山嘴的高谷肩,标高 1 340—1 350m,高于河面 180m,代表本区最早的侵蚀面。于南岸见已切割成一排山咀的高阶地,标高 1 290—1 300m,高出河面 120m,代表较早一次侵蚀期。在灰岩区则为一溶蚀期,高寨#1 隧道顶部标高 1 290—1 310m 之溶蚀面即为其产物。此外,高寨#1 隧道以南的孤峰盆地中,较高一级孤峰的峰顶标高为 1 250—1 260m,代表较晚溶蚀期形成的溶蚀面(图 3)。

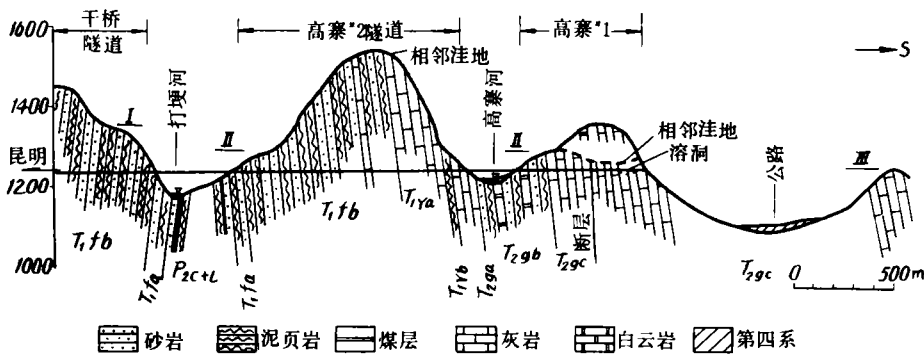


图 3 高寨#1、#2 隧道示意剖面图
(I、II、III 为第一、二、三级侵蚀面或溶蚀面)

2.1.2 地质条件对岩溶发育的控制

高寨#1 隧道(DIK488+060—+720)进口段、中段通过个旧组 C 段灰岩夹白云岩,出口段为个旧组 b 段砂页岩夹白云岩,地表分界于 DIK488+590。故出口段无发育溶洞的物质条件。进口段已进洞 100 多米,岩溶发育。在进洞 70—90m 遇长 20m、宽 15m、高 5—8m 之近水平状溶洞,标高 1 250m。隧道中段交一断层,地表里程为 DIK488+380。顺断层在洞顶左侧地表发育 3 串珠状的长条形溶蚀洼地,呈 SEE 向排列,标高东高西低,山脊呈鞍状。

高寨#2 隧道(DIK489+040—DIK490+150)进洞于个旧组 a 段灰岩,地表在 DIK489+

100—+135 为永宁镇组上段砂页岩, DIK489+135—+430 为永宁镇组下段灰岩构成的陡坡, DIK489+430 至出口由飞仙关组砂页岩构成山脊和打埂河南坡, 其中 DIK489+560—+590 为一厚层灰岩。在永宁镇组与飞仙关组接触的灰岩一侧, 有若干溶蚀洼地发育, 如 DIK489+410 右侧 60m 的洼地和 DIK489+460 左 145m 的洼地。在飞仙关组的灰岩夹层中, 也有作线状排列的洼地形成。这些洼地分布在山脊地带, 是岩性控制的产物。隧道进口已进洞 60m, 尚未遇到溶洞。

2.1.3 隧道溶洞预测

高寨#1 隧道标高 1 245—1 242m, 接近于 1 250—1 260m 标高的峰顶面, 表明曾处于形成该级溶蚀面的地下水水平循环带, 有发育水平溶洞的条件。DIK488+130—+150 的厅式大型溶洞(大型指洞径 10m 以上)即其产物。故隧道下一步施工中还可能在中段遇到大中型水平溶洞, 以 DIK488+380 前后遇到循断层发育的溶洞之可能性较大。

高寨#2 隧道标高 1 241—1 243m, 低于 1 250m 溶蚀面, 无形成大型溶洞之条件, 以遭遇中小型溶洞的可能性为大。可能遇到溶洞的地段主要有: (1) DIK489+300—+350 永宁镇组灰岩与飞仙关组砂页岩的接触带。下卧砂页岩隔水而使地下水富集于灰岩中, 地表形成溶蚀洼地, 地下发育溶洞。(2) DIK489+480—+150 飞仙关组中灰岩夹层, 也是地下水富集而形成洼地和竖直溶洞的部位。

2.2 松林#1 隧道(DK493+930—DK496+260)

线路过干桥隧道和清水河车站后, 以长 2 330m 的松林#1 隧道正穿卡路溶蚀山地。隧道进口的河谷为个旧组 b 段砂页岩, 隧道本身全通过个旧组 C+d 段厚层块状灰岩与白云岩。本区属卡路向斜, 岩层产状平缓, 未见明显断裂。

隧道区广泛发育一溶蚀面, 漏斗、洼地、落水洞密布其上。进口段溶蚀面宽 1km, 标高 1 250—1 310m, 向河谷微倾, 隧道进口至 DK494+950 在溶蚀面下通过。卡路暗河约在 DK494+365 与隧道交叉。出口段溶蚀面在 DK496 前后, 标高 1 280—1 310m, 发育有长 250m 的大型溶蚀洼地, 卡路向斜轴部约在 DK495+850 处。

清水河车站也布于此级溶蚀面上, 并有两个标高 1 270m 的大型溶蚀洼地。干桥隧道出口段地表线状分布的一系列洼地、落水洞也发育在这级溶蚀面上。打埂间南岸标高 1290—1300m 高阶地则与此溶蚀面呼应。可见, 这级标高 1 270—1 300m 的溶蚀面是本区地貌的突出特征。

松林#1 隧道标高为 1 224—1 212m, 低于本区标高 1 270—1 300m 溶蚀面, 曾处于地下水垂直渗流带, 无发育大中型溶洞的条件。但隧道仍可能遇到作为溶蚀面上众多洼地、漏斗、落水洞向下排水通道的较多中小型竖直状溶洞、溶缝。

隧道施工揭示的情况与上述分析基本吻合。已掘进数百米的隧道进口段, 所遇主要溶洞在距进口 200m 处, 为宽 4m、高 10m 顺岩层面发育的斜井状溶洞, 标高 1 230m。已进洞 910m 的出口段, 在距出口 300m 内见多处小型溶缝、溶槽, 均顺节理面或层理面发育, 与隧道斜交, 缝宽仅 1~2m, 但延伸斜穿整个隧道断面, 部分已被土充填, 是垂直溶蚀的结果。

相邻长 904m 的松林#2 隧道已贯通, 在 DK497+001、+034 的拱角碰到洞径 2m 以内的小型溶洞, 在 DK497+084—+099 拱顶遇到长 15m 的中型溶洞, 标高均约 1 212m, 主要是地下水垂直渗流带之产物。

可见,松林^{#1}隧道下一步施工中可能遇到小型溶洞、溶缝,遭遇中型溶洞的可能性不大。卡路暗河入口落水洞标高1 250m,在马岭河岸出口的标高约1 000m。估算与隧道交叉处暗河标高约1 150m,隧道(标高1 222m)高出暗河约70m,当属安全。

3 以且地区

调查的以且至米车地区属云南省师宗县。该区地层为永宁镇组、个旧组的可溶岩夹砂页岩,断裂纵横,属间有溶蚀台地的侵蚀溶蚀中低山地貌,水系短小,谷坡陡峭。南昆线高挂于罗平至师宗公路北侧谷坡上,主要工程为长1 750m的白石山隧道和长1 734m的砂锅寨^{#2}隧道。两隧道施工中遇到溶洞和地下水,影响了施工进度,发生了人员伤亡,灾害典型。

3.1 层状地貌特征

在本区地壳间歇性抬升的稳定期,侵蚀溶蚀强烈,形成多级侵蚀面或溶蚀面,在中低山背景上叠加了明显的层状地貌。

在本区北部冕者至斗筒一带,广泛发育了最高一级溶蚀面,其上残丘、漏斗、洼地密布,为古溶蚀平原。标高2 020—2 040m,微向南倾。第二级侵蚀溶蚀面分布局限于西部,主要见于砂锅寨^{#2}隧道中段,呈宽400m、长1 000m的南北带状,标高1 950—1 960m,如落洞坡、杨四窝山。隧道出口西南侧与此相同标高的若干峰顶以及斗筒下寨以西三大溶蚀洼地,也属本级溶蚀面。第三级溶蚀面以砂锅中寨为代表,标高1 880m,面积近1km²,其上点缀溶蚀残丘和洼地,为古孤峰盆地,中寨车站即设于此溶蚀面外缘陡坡上。砂锅寨^{#2}隧道出口西北侧的落洞坡台地,面积0.15km²,标高1 870m,有大型溶蚀洼地,地表石芽丛生,属本级溶蚀面。隧道出口段洞顶标高1 866m的山咀,也系该溶蚀面的残峰。此外,标高与此相当、隧道出口西南侧的豹子洞和大型溶蚀洼地以及隧道中段以南的残丘、大洞和洼地,也属本期溶蚀面。

以上三期溶蚀面在本区统一发育,其后受侵蚀切割而残存。后期切割使全区分属两个流域,即白石山隧道所在的以且地区水系流入罗平坡立谷,砂锅寨隧道所在的米车地区的米车河迅速转入伏流。作为前者的侵蚀溶蚀基准的罗平坝子,标高比作为后者基准的暗河入口低得多,故以且地区后期侵蚀下切比米车地区要深,形成的侵蚀溶蚀面比米车地区标高要低,级数也多。

米车地区,在标高1 870m溶蚀面之下,尚见两级阶地。较低一级米车河阶地标高1 800m,基座型,高7m,基座由第三系泥岩构成,上覆棕色砂粘土,分布于砂锅寨^{#2}隧道以远的米车盆地中。与此阶地相应,隧道出洞后即通过的溶蚀洼地,标高亦为1 800m,长300m,有两个漏斗泄水。米车盆地中点缀了众多第三系泥岩残丘,丘顶标高1 825—1 835m,代表高一级侵蚀面。

以且地区,在1 870m标高以下,见三级侵蚀溶蚀面。较高一级是以白石山隧道南侧上以且村溶蚀台地为代表的溶蚀面,标高1 760m,其上大型洼地与低矮残丘相间。该溶蚀面东西向长1km,南北宽0.4km,面积0.4km²。中间一级为以白石山隧道进口南侧的溶蚀台地为代表的溶蚀面,标高1 660m,其上落水洞、漏斗甚多。台地位于与砂页岩分界线附近,面积300m×200m。最低一级为侵蚀面,表现为砂页岩残丘,丘顶标高1 610—1 620m,分布于以且村一带。

本区层状地貌结构汇总于表2。

表2 以且一米车地区层状地貌特征

层状地貌分级	以且地区			米车地区		
	性质	标高	典型区	性质	标高	典型区
I	溶蚀面,为密布残丘、洼地之溶原,标高2 020—2 040m,广布于本区以北					
II				侵蚀溶蚀面	1 950—1 960m	砂锅寨“2”隧道地表缓丘
III	溶蚀面,以砂锅中寨孤峰溶盆为代表,标高1 870—1 880m					
IV	溶蚀面	1 760m	上以且村溶蚀台地	侵蚀面	1 825—1 835m	下米车盆地泥岩残丘
V	溶蚀面	1 660m	白石山隧道进口南侧溶蚀台地	堆积面、溶蚀面	1 800m	米车河基座阶地
VI	侵蚀面	1 610—1 620m	以且村砂页岩残丘			

3.2 岩溶发育的地质条件分析

本区岩溶发育受断裂和岩性的明显控制。主要表现如下:

(1)砂锅寨“2”隧道近出口处(DK613+680),有一走向N25°E的逆断层穿过个旧组灰岩。沿断层发育了线状溶蚀槽谷,其中的串珠状溶蚀洼地几乎在一直线上。表明断层破坏带因利于地下水富集和活动而促进了岩溶的发育。

(2)砂锅寨“2”隧道洞顶月牙坡东侧,有一NNE向逆断层通过,地表里程为DK613+150。断层两盘都是个旧组地层,但岩性截然有别。西盘为质纯灰岩,东盘直至隧道进口主要是白云岩。该段白云岩岩体破碎,风化严重,侵蚀剧烈,洼地、漏斗、石芽等岩溶地貌发育微弱,与断层西盘灰岩区的岩溶地貌形成明显反差。表明可溶岩的岩性、结构对岩溶发育有影响。

(3)白石山隧道洞顶于DK608+550附近,有一断层与隧道斜交,断层东盘为个旧组a段灰岩,西盘为永宁镇组砂页岩与可溶岩互层,产状平缓。由于泥页岩隔水且产状缓,其间的可溶岩中地下水难以富集和运动,故西盘溶蚀微弱。东盘灰岩溶蚀强烈,石芽、洼地、漏斗众多,位于断层东侧的上以且村溶蚀台地更为典型。

3.3 隧道溶洞的发育规律

白石山隧道和砂锅寨“2”隧道施工中遇到的溶洞和地下水,与区域溶蚀面和地质条件相关。

3.3.1 白石山隧道(DK607+750—DK609+500)

隧道长1 750m,标高1 751—1 770m。据地表断层推算,进口至DK608+500为灰岩。DK608+500至出口为砂页岩与可溶岩互层。

隧道进口已进洞735m,在DK608+410—+485遇到沿隧道长75m、宽10m、最高达30m的溶洞厅廊,规模居调查的隧道溶洞之冠。该溶洞发育在中厚层灰岩中,洞底标高1 760m,高于该段隧道标高2m。该洞结构复杂,分叉甚多,洞顶泻水或坍塌严重,洞底曾见卵石堆积。

可见,该洞为早期的暗河。因溶洞标高与上以且村溶蚀面标高一致,均为1 760m,故该暗

河正是形成于当时的地下水水平循环带。溶洞发育于紧邻断层的上盘、下盘泥页岩隔水促进了上盘岩溶的发育。

据上分析,断层东盘即隧道进口段具备形成溶洞的岩性、构造条件,隧道标高又与第四级溶蚀面一致,故从隧道进口至断层(DK408+500 前后)长约 750m 地段有发育大型溶洞之条件。好在隧道已进至 DK408+485,再遇到大型溶洞的几率不大。断层西盘,至隧道出口段,其岩性、产状不利于岩溶的发育,隧道几乎不会遇到大中型溶洞。

3.3.2 砂锅寨#2 隧道(DK612+055—DK613+789)

隧道长 1 734m,标高 1 786—1 806m。月牙坡断层陡倾西,从地表下推,在 DK613+230 穿过隧道。东盘(隧道进口段、中段)以白云岩为主,西盘(出口段)为灰岩。

隧道进口段已掘进 600 多米,未遇溶洞。仅进口右侧仰坡灰岩夹层中见一直径约 2m 之小溶洞。出口段已掘进 430m,遇多个溶洞。进洞约 60m,右边墙下遇长 4m、宽 2m 的溶洞,底部积水。下洞探测时,有 4 人因 CO₂ 气窒息身亡。溶洞标高高约 1 803m。DK613+433 左侧起拱线遇高 5m、宽 3m 之倾斜状充填溶洞,标高 1 806m,施工中砸死 1 人。DK613+355—+368,拱顶遇高 7m、长 13m 之溶洞,标高 1 806m。这些溶洞多为缝状或斜井状,是地下水季节变动带之产物。当时溶蚀基准面相当于米车河阶地,标高 1 800m。

本隧道溶洞发育受岩性、标高控制,趋势预测如下:

(1)隧道进口至 DK613+230 白云岩段,溶蚀微弱,无发育大中型溶蚀的条件,只可能在灰岩夹层中遇零星小型溶洞,易于处理。

(2)DK613+230 至隧道出口灰岩段,溶蚀剧烈,且隧道标高为 1 800—1 806m,曾处于地下水季节变动带,具备发育中小型溶洞的地质、水力条件。因此该段隧道还可能遇到中小型溶洞,邻月牙坡断层时也有遇到大型溶洞之可能。

该隧道标高仅略高出米车暗河入口,故现今仍处于地下水季节变动带,与地下水系有水力联系。因此一到雨季,出口段便涌水严重,危及施工及运营。

4 结 论

(1)本次调查包容了云贵高原各种典型地貌区,研究结果应是有代表性的。然而,由于溶洞发育的复杂性和隐蔽性,这一研究结果还是初步的,有待下一步施工的验证。

(2)在溶蚀基准查对固定的条件下,岩溶地貌具有平面分带性,如安龙地区所显示的。各地貌带对应于不同的地下水活动带。由于暗河纵剖面形态的差异和演化、岩溶地貌带的平面排序会不一样,并随时间而变化。

(3)高原区溶蚀基准一般是间歇性下降的。在基准稳定期,地下水水平循环带造就的大型溶蚀通道经后期抬升而表现为水平溶洞,并呈层状分布,高度与区域溶蚀面、侵蚀面相当。基准下降期,地下水以垂直运动为主,形成的溶洞小且分布零星,以竖直形态为主。溶蚀基准稳定与下降的交替,决定了岩溶地貌和溶洞分布的成层性。

(4)地质条件是控制岩溶发育的重要因素,但情况比较复杂。既是都是可溶岩,米车地区薄层、破碎、含泥质的白云岩有利于侵蚀而非溶蚀。可溶岩夹层薄且平卧时,不利于溶蚀;夹层厚且产状陡时则利于岩溶发育。断层破碎带溶蚀剧烈,下盘为非可溶岩时紧邻断层的上盘溶蚀更

集中。溶洞形态还受岩层产状和节理控制,溶洞常顺层面和节理面发育。

(5)调查区隧道的标高与区域某级溶蚀面相当者,往往遇到大型溶洞,如白石山隧道。隧道标高介于两级溶蚀面之间者,一般只遇到零星小型溶洞,如沙厂坪#1隧道。因此,通过确定区域溶蚀面高度并与隧道标高对比来估计隧道中溶洞发育的研究方法,是行之有效的。根据岩性、构造判定隧道溶洞发育的地段也是可能的。但这些研究结果还是定性的和可能性的,满足施工求还有一段距离。

5 参 考 文 献

- 1 安龙福. 区域水文地质普查报告(1:20万). 贵州省地质局. 1982
- 2 蒋忠信. 南昆铁路坡岗峰丛洼地区暗河纵剖面形态及其工程意义. 铁二院科学技术通讯. 1988(3)
- 3 罗平福. 区域水文地质普查报告(1:20万). 云南省地质局. 1979

RESEARCH OF TYPICAL SOLUTION CAVE IN TUNNEL REGION ON NANNING-KUNMING RAILWAY

Jiang Zhongxin Qin Xiaolin Yuan Maolin

Geotechnical Engineering Corporation, Second Survey and Design Institute of MOR, Chengdu 610031

Tang Xiaochun

Geology Dept., Southwest Teachers University, Chengdu

Abstract Along the Nanning-Kunming Railway Line passing mainly through the Yunnan-Guizhou Plateau, there are widely dispersed soluble rocks in growing stage with a length of 375km. During design, the Second Survey and Design Institute gives special attention to the speciality of the growing soluble rocks and the complexity of its distributions in this plateau mountain area. A special research subject has been established for exploring the regularity of the growth of the solution caves and its distributions, so that the qualitative forecast of the tunnels with soluble rocks may be suggested. The investigation and research works proceed in five regions having ten tunnels with solution caves and it has two working stages. Based on the obtained data of the first three regions, the preliminary research work on the regularity of the growth of the solution caves has been proceeded.

Keywords Nanning-Kunming Railway Line; solution cave; research