

沪蓉高速公路西段喀斯特发育特征及其对工程的影响

刘章捷^{1,2}, 刘玉山^{1,2}, 邓长青^{1,2}

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 湖北省交通规划设计院, 湖北 武汉 430051)

摘 要: 简要介绍了沪蓉国道主干线湖北省高坪—吉心段的喀斯特地貌特征, 分析其发育和形成原因, 并对区域喀斯特发育史作了研究。通过不同地层岩石的溶蚀性、喀斯特发育程度及地下水的赋存情况, 区域水文地质条件及地下水和地表水的补给、径流、排泄运动关系, 研究此区域的集中排泄和分散排泄两大喀斯特水系统的发育规律及规模, 在此基础上探讨了喀斯特对路线工程的影响作用。

关键词: 沪蓉高速公路; 喀斯特地貌; 喀斯特水系统; 工程地质

中图分类号: P642. 25

文献标识码: A

高坪—吉心段是沪蓉国道主干线湖北省宜昌至恩施的一段, 起点位于野三河大桥以西的建始县麻扎坪乡, 终点为恩施市吉心村, 全长 64. 145 km。本段属云贵高原之东北部边缘的“鄂西高原”, 属武陵山、大娄山、八面山的余脉, 为中低山—低中山地形, 地面高程多在 400~1 300 m。

路线区广泛分布三叠纪碳酸盐岩, 在岩性、地貌、构造及水动力条件等共同组合作用下, 溶蚀洼地、落水洞、地下暗河管道系统等十分发育。该区自燕山运动褶皱成山以后, 在晚近期构造整体间歇性抬升运动和外动力地质作用下, 形成了多种地貌形态和多级层状地貌, 后又遭受清江及其支流的切割, 构成了深切峡谷与峰丛洼地、峰丛槽谷交织的地貌景观。

喀斯特地质作用与该段公路工程的关系密切, 对桥梁、隧道及路基的稳定性有重要影响。因此, 喀斯特问题是该段线路的主要工程地质问题。本文重点分析喀斯特发育特征及其发育史。

1 喀斯特地貌类型及其特征

该区自新生代以来, 地壳一直处于间歇性的整体抬升运动, 受长期喀斯特化作用的影响, 形成了较

为典型层状喀斯特地貌景观, 喀斯特地貌形态齐全^[1]。经过调查, 地表喀斯特形态主要有溶沟(溶槽)、石脊、溶蚀漏斗、溶蚀洼地、槽谷、盲谷、溶蚀盆地、喀斯特湖等; 地下喀斯特形态有落水洞、水平溶洞和伏流等。

1.1 溶沟(溶槽)、石脊

溶沟(溶槽)和石脊是研究区最为常见的地表喀斯特形态, 广泛分布在倾斜山坡和洼地的边缘, 贯通方案的起点—K150、K184—K187、K197—终点段。其发育规模和方向主要与碳酸盐岩的化学成分、岩石的单层厚度、岩石中裂隙的发育特征以及地表坡流的流向和坡面长度密切相关。中厚~厚层的纯碳酸盐岩要比薄层或不纯的碳酸盐岩发育, 主要是因为后者在溶蚀过程中机械的剥蚀和侵蚀作用相对较强, 裂隙的差异溶蚀作用没有前者强烈, 故不易形成长而深的溶沟; 当斜坡的坡面较长, 且坡度适中时对溶沟(溶槽)和石脊的发育较为有利, 因为坡面越长汇集的雨水就越多, 有利于溶蚀作用的进行; 地形坡度适中有利于产生地表坡流, 延长坡流在坡面上的流动时间, 有利于溶沟的发育。坡度太缓或太陡则不利于形成相对集中的水流, 同时水流宜发生垂直下渗或使得水流在坡面上的流经时间太短, 从而不利于溶沟(溶槽)和石脊的发育; 溶沟(溶槽)和石脊

收稿日期(Received date): 2004—02—01; 改回日期(Accepted): 2004—03—20。

基金项目(Foundation item): 国家发展改革委员会项目(发改交运[2003]1082号)。[Supported by the national key project of the Planning Commission of China(20031082).]

作者简介(Biography): 刘章捷(1965—), 男(汉), 湖北仙桃人, 在读博士。主要研究方向: 公路岩土工程勘察与设计工作。[LIU Zhangjie (1965), male senior engineering, post-graduate student mainly work on the design and exploration of the express way.]

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的展布方向主要受裂隙的发育方向控制,当主控构造裂隙的方向与地面坡向一致时,对溶沟(溶槽)和石脊的发育十分有利。因此当上述因素有机地结合到一起时就会形成规模较大的溶槽和石脊。

这种喀斯特地貌形态对公路工程的影响主要是填方路段,由于溶沟(溶槽)中一般被第四系粘土或亚粘土充填,而凸出的石脊则为坚硬的基岩,两者强度差异极大,若施工处置不当,宜产生路基的局部不均匀变形。

1.2 溶蚀洼地、槽谷

是由喀斯特作用形成的封闭的负地形,前者平面上多呈圆形、椭圆形或多边形,后者平面上常呈长条形,本区常见的槽谷一般是由多个小型的喀斯特洼地组成的串珠状槽谷。喀斯特洼地、槽谷的发育规模和空间展布主要受区域构造和各喀斯特发育期的地形和气候控制,洼地和槽谷的方向主要受区域构造控制的地层空间展布方向控制,尤其是后者其延伸方向与地层走向一致,呈北东—南西方向;根据对本区 524 个溶蚀洼地和槽谷谷底高程的统计分析,在垂向上可分为 1 400 m、1 100~1 200 m、950~1 000 m、750~850 m 和 600~700 m 五级,其中 750~850 m 和 600~700 m 两级上的数量最多和规模最大。由于溶蚀洼地、槽谷是地表水集中汇集和入渗的场所,其下常发育地下管道、暗河和落水洞,故对公路工程的隧道、桥梁和路基都有一定的影响。对本路段的隧道而言,隧道上方溶蚀洼地、槽谷的发育高程、规模以及洼地内第四系沉积物和地下水的情况将直接影响到隧道涌水的大小以及突水、突泥的可能性,因此 950~1 000 m、750~850 m 两级溶蚀洼地、槽谷,对本路段隧道工程有影响。由于溶蚀洼地和槽谷是地表水集中汇集和入渗的场所,并通常都有第四系沉积物覆盖,其下又常发育溶蚀管道或地下暗河,故极易发生塌陷,从而引起路基的变形和破坏,这种影响主要位于 750~850 m 和 600~700 m 两级溶蚀洼地内,由于这两级洼地的汇水范围大,又距离地下水面相对较近,因此在雨季易发地面塌陷。

1.3 溶蚀漏斗

是溶蚀洼地或槽谷中伴生的一种小型喀斯特地貌形态,常沿垂直裂隙发育,平面呈圆形和椭圆形,剖面呈锥形,上部直径大小不等,底部直径一般为几米至十几米,深度一般数米至数十米。漏斗底部多充填粘土和碎石,其下有落水洞发育,起汇集和排泄

洼地地表水的作用。溶蚀漏斗对工程的影响通常已在溶蚀洼地和槽谷中一起被考虑,但是溶蚀漏斗的形成,尤其是现代刚刚发育形成的一些溶蚀漏斗分布区,则表明该区是塌陷最易发生的区域,对于这样的路段应该尽可能避免填方,而采用桥或其他形式跨越溶蚀洼地或槽谷。

1.4 溶蚀盆地(坡立谷)

是面积比较宽广的大型溶蚀谷地,由于地形开阔平坦,又是地表水的汇水场所,往往发育有地表河溪,是山区人口密集和主要的粮食产地。本区比较大型的溶蚀盆地有:河水坪、崔坝干龙潭、鸦鹊水滚龙坝、桥头坝和白杨寨角坝等。由于这些溶蚀盆地的地面标高低于线位高程,故对公路工程没有明显的影响。

1.5 落水洞(消水洞、天坑,暗河进口)

是最为普遍的地下喀斯特形态,尤其是天坑在本区星罗密布。依其形态可分为隙缝状、竖井状和阶梯递降倾斜状三种。本区隙缝状落水洞最为发育,主要分布于溶蚀洼地、槽谷的底部及其斜坡地带,虽然调查仅有 100 多个隙缝状的落水洞,但实际数量要远大于此,因为有许多落水洞地表往往是一条溶蚀裂隙,而其下很有可能发育几十厘米,甚至几米,几十米的落水洞,这些落水洞往往不宜通过地表调查发现。竖井状或阶梯递降倾斜状落水洞虽然规模要远大于前者,通常直径达几米至几十米,深达十几至数十米,但其数量要比前者少得多,且通过本次调查已经基本查明,这种落水洞在本路段常构成地表水的消水点或暗河的进口。

根据对本区落水洞的调查,其发育密度、规模与地层岩性有密切的关系,不同地层落水洞的发育程度依次为: $T_{1j}^3 - T_{1j}^{2-1} - T_{1d}^3 - T_{1d}^2 - T_{1d}^1$, 约有 60% 的落水洞分布于 T_{1j}^3 地层中, T_{1j}^{2-1} 和 T_{1d}^3 地层分布区约占 30%, 而 T_{1d}^3 、 T_{1d}^2 及 T_{1d}^1 地层中的数量要少得多,且规模也不大。

由于落水洞的分布规律极难以掌握,因此对于桥梁工程必须进行逐桩(墩)钻探,来查明其下伏落水洞(包括水平溶洞)的分布,对路基工程可进一步通过施工过程中沿线的地质调查和地质雷达探测来查明其空间分布,并根据其埋藏深度及规模确定相应的处理措施。处理方法一般有灌浆、填埋或两者结合或者直接通过桥、涵跨越。

1.6 水平溶洞

是指在现代或地质历史时期地下水水平径流带

附近形成的近似水平的地下溶蚀通道。根据对本区溶洞的调查和测量, 它在高程上可分为五层: 950 ~ 1 000 m (V)、850 ~ 900 m (IV)、700 ~ 800 m (III)、600 ~ 650 m (II)、430 ~ 500 m (I)。这几层溶洞彼此之间存在密切的联系, 在 K152 以东的区域 IV、III、II 三层溶洞之间在层面和垂直层面裂隙的共同控制下, 形成了顺层的倾斜溶洞, 并使这三层溶洞连通在一起。这些顺层的倾斜溶洞与该段公路工程的关系密切, 有些溶洞即在公路设计标高的附近。尽管目前对能够进入的洞段都进行了测量, 但根据溶洞的形成条件分析这样的溶洞在该路段还会存在, 为此必需加强施工开挖过程中的地质调查和地质雷达探测工作。

1.7 喀斯特湖(溶湖)

在本区发育不多, 仅在红岩寺得秋桂和崔坝得香炉坝两处有分布, 面积分别为 20 000 m² 和 10 000 m², 均分布于巴东组(T_{2b})与嘉陵江组(T_{1j})界线的偏嘉陵江组地层一侧, 其成因为嘉陵江组第三段发育的溶蚀洼地, 后期随着巴东组(T_{2b})外源水所携带的大量巴东组泥岩的风化产物在溶蚀洼地里堆积, 淤塞了其下伏的落水洞而形成。这种湖的湖水面并不代表当地的地下水位, 当地地下水位的埋藏深度都在 100 m 以上, 由于这两个湖附近都没有隧道工程, 线路标高也均高于湖面, 故对工程没有影响。

2 区域喀斯特发育史分析

鄂西南地区自白垩纪以来, 地壳处于间歇性的上升状态。在这一漫长的历史进程中, 可溶的碳酸盐岩在不同的地壳变动期, 经历了曲折而复杂的喀斯特化过程, 从而造就了现今的多层喀斯特地貌景观^[2], 本区共发育四级层状的喀斯特台面: 1 300 ~ 1 500 m (S₂)、1 000 ~ 1 200 m (S₃)、800 ~ 900 m (S₄)、500 ~ 700 m (S₅), 根据此次调查, 发育的历史可分为四个阶段。

第一阶段: 自中三叠世末期以后, 区域大面积隆起抬升, 结束了本区漫长的海侵历史, 使中三叠世以前的地层抬升成陆。以后气候逐渐转暖, 至侏罗纪初期, 气候炎热干燥, 雨量充沛, 于低洼处形成积水湖沼, 相继沉积了下侏罗统内陆湖相红色砂泥岩。尔后, 受燕山运动的影响, 本区地层强烈褶皱隆起成山, 并伴以断裂活动, 构成一系列褶皱山地和局部不同规模的断陷盆地, 初步形成现今地质构造的基本

轮廓。与此同时, 大面积裸露在地表的中三叠世以前的巨厚碳酸盐岩, 因受大气降雨作用, 喀斯特开始发育, 至白垩一下第三纪初, 地壳处于相对稳定时期。此时区内气候炎热干燥, 雨量充沛, 于恩施、建始一带局部陷落成内陆湖泊, 接受西北部山地大量侵蚀冲刷物, 溶蚀冲蚀物等机械、化学物质, 沉积湖底, 形成了白垩一下第三系红色砂砾岩的相关堆积。此段时间地壳相对稳定, 河流水系开始形成, 山地剥蚀夷平, 溶蚀、侵蚀加剧进行, 这就造成了区内的一、二级喀斯特台面。本次公路图幅范围内仅西南部有二级喀斯特台面(1 300 ~ 1 500 m)零星分布。

第二阶段: 自新第三纪末至第四纪早更新世初期, 因喜山运动影响, 区内以大面积隆起上升为主。湖泊干涸, 红色砂砾岩抬起成陆, 河流水系已趋形成, 溶蚀基准面亦具雏形。河流下切内陆湖相的红色岩层, 此时清江已具一定规模。这段时期, 地壳稳定时间较长, 这就造就了 1 000 ~ 2 000 m 第三级喀斯特台面(S₃)。同时, 喀斯特作用剧烈, 发育了一系列规模大, 流程长, 流量较大的暗河、槽谷、洼地、水平溶洞、溶湖及溶蚀残余的峰丛、溶丘、残山。

第三阶段: 自第四纪早更新世初期至中更新世初期, 区域复又隆起上升, 河流水系继续下切侵蚀, 山地剥蚀夷平急剧进行。前期形成的各级台面遭受再度改造破坏, 溶蚀基准面为适应地理条件的演变, 复又变迁下移, 红色盆地改造破坏加剧, 清江已具有现在雏形, 地壳相对稳定。这就在石灰岩区塑造了 800 ~ 900 m 左右的第四级(S₄)喀斯特台面, 相应地造就了一系列较大的槽谷、洼地、水平溶洞、溶湖、大型暗河及溶蚀残余的溶峰、溶丘、溶柱, 且均向邻谷或主要河流水系倾斜递降。

第四阶段: 第四纪中更新世以来至今, 地壳仍不断隆起上升, 河流急剧下切加深, 形成了峭壁对峙辉映, 千幛峡谷颠连。于河谷谷肩地带喀斯特发育十分活跃, 形成了高悬的溶蚀槽地, 其上垂直管道的落水洞遍布。这一时期, 地壳在隆起上升过程中仍有短暂的相对稳定时期, 并形成了 700 ~ 750 m、600 ~ 650 m 以及 430 ~ 500 m 三层水平溶洞。

3 喀斯特含水岩组特征及对工程影响

3.1 喀斯特含水岩组类型

根据研究区不同地层岩石的溶蚀性、喀斯特发育程度及地下水的赋存情况, 可以将该区出露的地

层划分如下:一种碎屑岩含水岩组和四种喀斯特含水岩组类型。(1)三叠系中统巴东组第一、二段(T_{2b}^{1-2})及二叠系上统大隆组(P_2d)碎屑岩岩组,主要由页岩、泥岩、硅质岩组成,夹有泥质粉砂岩,相对而言其透水性极弱,可视为隔水岩组;(2)大冶组第一段不纯碳酸盐岩岩组,主要为页岩与中厚层灰岩互层,其中的灰岩虽然可溶蚀性较强,但受页岩阻隔,喀斯特不发育,含水介质以裂隙和溶蚀裂隙为主,为弱含透水岩组;(3)大冶组第二段及巴东组第三段(T_{2b}^3)不纯碳酸盐岩岩组,前者主要为薄层灰岩,夹页岩,页岩厚一般仅几毫米—几厘米,由于页岩层很薄,已经无法起到隔水层的作用,表生喀斯特泉发育,含水介质以溶隙为主,喀斯特管道不发育,为中等含透水岩组;后者为泥质—白云质灰岩,溶蚀性也较差,喀斯特管道不发育,为中等含透水岩组;(4)大冶组第三段、嘉陵江组第一、二段纯碳酸盐岩岩组,以中厚层状灰岩为主,局部为薄层或厚层灰岩,岩石的可溶蚀性强,喀斯特发育,含水介质以溶蚀裂隙和喀斯特管道为主,地表溶蚀洼地、槽谷广布,地下落水洞、喀斯特管道发育,为强含透水岩组;(5)嘉陵江组第三段纯碳酸盐岩岩组,该岩组以厚层—巨厚层白云岩为主,岩石溶蚀性强,加上其分布位置紧靠巴东组碎屑岩,能够获得更多的外源水补给,喀斯特极为发育,大型溶洞、地下暗河十分普遍,含水介质以管道为主,为极强含透水岩组。^[3]

3.2 地下水和地表水的补给、径流、排泄

本区地下水补给主要来之于高原喀斯特台面上的大气降水入渗,降雨至地面后除少部分消耗于蒸腾作用外,大部分入渗补给地下水。降雨入渗的形式主要有以下两种形式:(1)直接通过坡面上的裂隙或溶蚀裂隙入渗补给;(2)先形成地表片流、沟流以及一些小型的季节性河流,然后在溶蚀洼地、溶蚀槽谷、溶蚀漏斗中汇集,通过落水洞或倾斜溶洞集中注入式补给下伏喀斯特含水层,后者是本区地下水获得补给的主要方式。地下水的径流与排泄主要受地下水的排泄基准面控制,即清江一、二级支流,也就是野三河、马水河及马口河控制,地下水在最优水力梯度控制下分别向这三条河流运移,于河床两侧以侵蚀下降泉或地下暗河的形式集中排泄。

3.3 喀斯特水系统特征及其对线路工程的影响

本区喀斯特地下水在接受大气降雨的入渗补给后,在区域构造和地下水势的控制下,在清江的一、二级支流两岸以地下暗河或喀斯特泉的形式排泄,

根据各排泄点的位置及其控制流域范围,将全区划分成了八个喀斯特水系统,根据系统的规模可细分为集中型排泄(A)和分散型排泄(B)两大类。对工程影响重大的喀斯特水系统如下。

3.3.1 高坪喀斯特水系统

该系统位于崔坝—红岩寺向斜的东北部,向斜的东南翼。西起红岩寺西嵩坝,东止高坪龙洞子野三河,东南部和西北部边界分别为地表分水岭,平面上呈北东—南西向展布,宽5~8 km,长约22 km,面积约150 km²,其中喀斯特含水岩组的分布面积约90 km²,主要由三叠系下统大冶、嘉陵江组碳酸盐岩组成,分布于318国道及其东南侧;318国道西北侧则主要为三叠系中下统巴东组碎屑岩。

该系统地下暗河的高程在650~700 m,地下水水位埋深除桑园坝一带较低约在50~100 m外,其余地区水位埋深一般都在100 m以上。该系统在318国道东南侧广福桥—沙子坝—麻坑塘一线为早期的主喀斯特管道,其高程约750~800 m,该高程的喀斯特洞穴主要分布在K140~K150路段,对路基和桥梁基础有一定影响。

3.3.2 马天坑、蓼叶湖喀斯特水系统

这两个系统位于马水河以西,北以马水河为界,南至张家槽西南分水岭,西与桥头坝喀斯特水系统以六坑槽、槽塘坡、桑树淌一线为界。汇水面积分别为1.9 km²和9.6 km²。这两个系统由大冶组第二段和嘉陵江组第三段碳酸盐岩组成。大水井隧道从这两个系统的分水岭地段穿越而过,因此,相对来说喀斯特发育程度更低。另外由于隧道高程在615 m以上,高于地下水位,隧道施工时不会遇到喀斯特突水和突泥问题,但由于薄层泥质灰岩和页岩局部隔水层的阻隔,会发生局部的涌水问题,一般流量小于10 l/s,但在暴雨后会出现较大涌水,短时流量可能会达到50~100 l/s,它主要发生在K180+380~K180~800的硐段。施工过程应尽可能在旱季通过该硐段,并做好排水措施。

3.3.3 桥头坝喀斯特水系统

系统位于客坊背斜的西翼,南起熊家岩洞下槽,北至马口河,东邻马天坑—蓼叶湖喀斯特系统,以客坊背斜核部为界;西与鲁竹坝喀斯特水系统以白杨坪向斜核部巴东组地层分布区的地表分水岭为界,面积约80 km²。系统南部主要为巴东组碎屑岩,以地表水流为主,向北东方向运移至桥头坝一带,进入嘉陵江组碳酸盐岩地层后逐渐开始向下入渗,于桥

头坝以北鳍孔坝溶蚀盆地东北角全部潜入地下,形成伏流。

路段 K183+500~K187 段即位于该伏流上方的串珠状喀斯特槽谷内,推测暗河的高程约为 500~540 m,低于线位标高 80~170 m,故地下水对公路影响不大,但由于该路段正位于主喀斯特管道的上方,地下水动态变化大,常在地表溶蚀槽谷内形成一些漏斗,是地表塌陷易发路段,对公路填方工程有较大影响,易发路基塌方和沉陷。因此,建议该路段要避免填方,而改用桥涵形式跨越溶蚀槽谷或洼地。

3.3.4 大鱼泉喀斯特水系统

该系统位于客坊背斜东南翼,北起中坦乡严家垭,南至马水河小溪口,呈北东—南西向的带状分布长约 12 km,宽 1~3 km,汇水面积 25 km²,系统主要由三叠系大冶组碳酸盐岩地层组成。

系统对公路工程的影响主要是小溪口马水河大桥,桥位位于大鱼泉喀斯特水系统的排泄区,受多期喀斯特发育的影响,该暗河曾经历了多期发育过程,形成了 470~500 m、600~630 m 和 700~720 m 三层小型的水平溶洞,洞径一般小于 1 m,其中下层水平溶洞为现代地下暗河的出口,为有水溶洞;中层(600~630 m)和上层(700~720 m)水平洞穴主要为干溶洞,无稳定地下水。因此对该桥位基础稳定性存在影响的主要是中层水平洞穴和近地表发育的隙缝状落水洞,但规模一般不大,其喀斯特发育情况不会对桥位构成决定性的影响,但对桥的基础型式和尺寸会有明显影响。建议下阶段加密勘探孔,孔深应深入 600 m 高程以下。

4 结论

该线路区的喀斯特系统发育特征及其对工程的影响,可概括如下:

1. 线路区地处崔坝—红岩寺向斜及白杨坪向斜的东南翼,在整个喀斯特发育演化过程中,受地壳整体抬升的控制,向斜核部巴东组碎屑岩地层逐渐

被剥蚀,范围逐渐变小,即向斜东南翼巴东组与嘉陵江组的地质界线不断向西北方向迁移,而向斜的西北翼,该界线不断向东南方向迁移,碳酸盐岩的出露范围越来越大,由于受碳酸盐岩有利的汇水和入渗条件的控制,整个区域的喀斯特发育程度在逐渐增加,喀斯特形态的规模越来越大,受构造、岩性及汇水条件的共同作用,使得嘉陵江组地层分布区的喀斯特发育程度及规模均要大于其他地层分布区,嘉陵江组地层中又以其上部第三段厚—巨厚层灰岩、角砾状白云岩分布区喀斯特最为发育,大型溶蚀洼地、溶槽、坡立谷、地下暗河均主要集中在这—区域,呈北东—南西向带状分布。从研究区喀斯特的这一特点分析,高速公路的线位应尽可能避免沿嘉陵江组第三段地层展布。

2. 根据上述野外调查和初步研究,沪蓉高速公路线路西段的喀斯特水系统共分布有 8 个。其中,对公路危害作用较大的如下:桥头坝喀斯特水系统、大鱼泉喀斯特水系统、高坪喀斯特水系统、马天坑喀斯特水系统。因此,在公路施工中应加强对喀斯特系统的监测和处理。

参考文献(References):

- [1] Zhou Youyou, Tang Xiaochun. Features and rehabilitating ways for sub-tropic karst mountain ecosystem[J]. *Journal of mountain science*. 2003, 21(3): 293~297. [周游游,唐晓春.亚热带喀斯特山区的生态系统特征和恢复途径[J]. *山地学报*. 2003, 21(3): 293~297.]
- [2] Li Dewen, Cui Zhijiu, Liu Gengnian. Feature and origin of covered karst on Hunan, Guangxi, Guizhou, Yunnan and Tibet[J]. *Journal of mountain science*. 2000, 18(4): 289~295. [李德文,崔之久,刘耕年.湘桂黔滇藏—线覆盖型岩溶地貌特征与岩溶(双层)夷平面[J]. *山地学报*. 2000, 18(4): 289~295.]
- [3] Yang Yinhu, Huang Zhengfa. Karst geological problems and their countemeasures in southern Hubei Section of Beijing-Zhuhai speedway[J]. *Earth Science Journal of China University of Geosciences*. 2001, 26(4): 361~364. [杨银湖,黄正发.京珠线湖北省南段岩溶地质问题与勘察对策[J]. *地球科学—中国地质大学学报*. 2001, 26(4): 361~364.]

Karst Systems and Their Influence upon the Engineering in the Western Section of Hu-Rong Expressway

LIU Zhnagjie^{1, 2}, LIU Yushan^{1, 2}, DENG Changqing^{1, 2}

(1. *China University of Geosciences, Wuhan, 430074; 2. Hubei Traffic Layout Department, Wuhan, 430051*)

Abstract: This paper discusses the influence of the Karst development on the planning project in the western section of Hu-Rong Expressway. Firstly, the characteristic of the karst landform in the section from Gaoping to Jinxin of Hu-Rong Expressway is introduced, the cause of the Karst development is analyzed, and the development history of the regional Karst is studied. Secondly, the development regularity and the scale of two Karst water systems, centralization runoff and decentralization runoff system, are studied through the analysis of the development of the karst and the underground water stock of different strata, regional hydro-geologic conditions and the relation of recharge, runoff and discharge of the ground and underground water. Based on the characteristic of different Karst water system, the Karst landform and Karst water system influence is evaluated, and recommendations are given for use of different engineering methods. Finally, the main Karst system characters and their influence on the project is summarized. These results show that the Karst in the third section of the Jialinjiang complement is deep and the expressway line should be kept away from it.

Key words: Hu-Rong freeway; karst landform; karst water system; engineering geology