

720146

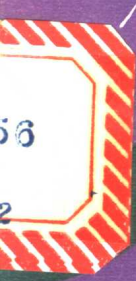
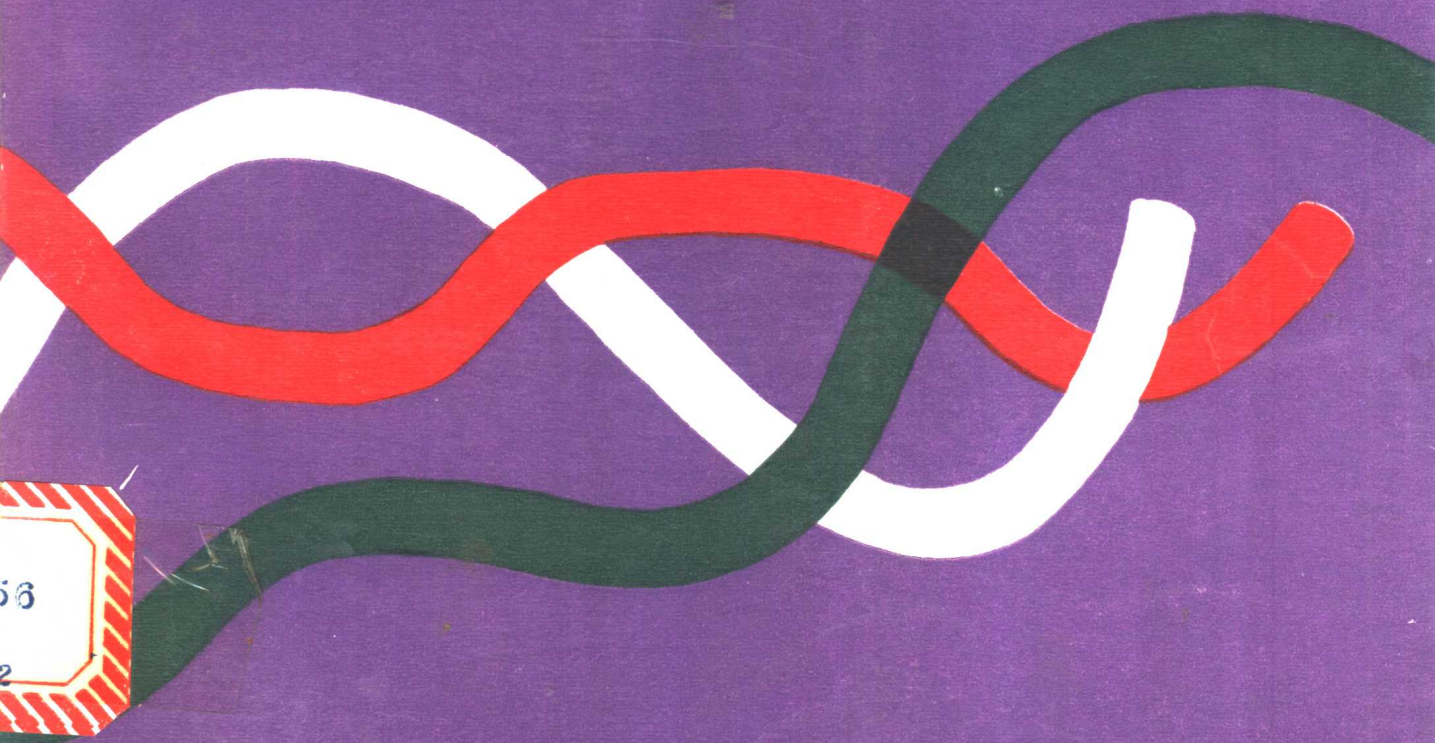
喀斯特地貌与洞穴研究

中国地理学会地貌专业委员会

《喀斯特地貌与洞穴研究》

编辑组编辑

科学出版社



喀斯特地貌与洞穴研究

中国地理学会地貌专业委员会
《喀斯特地貌与洞穴研究》编辑组 编辑

科学出版社

1990

内 容 简 介

本书是我国关于喀斯特地貌与洞穴研究的一部有代表性的著作。书中选编了“第二届全国喀斯特地貌与洞穴学学术讨论会”论文 29 篇,其内容包括:喀斯特地貌、洞穴、喀斯特水文和喀斯特地貌旅游资源。

本书可供从事喀斯特地貌与洞穴研究的科技工作者及高等院校有关专业的师生参考。

喀斯特地貌与洞穴研究

中国地理学会地貌专业委员会

《喀斯特地貌与洞穴研究》编辑组 编辑

责任编辑 朱昇堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1990 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1990 年 8 月第一次印刷 印张: 14 1/2

印数: 001—750

字数: 328 000

ISBN 7-03-001743-9/P·339

定价: 15.10 元

前 言

中国地理学会于 1985 年 11 月在四川省兴文县石林管理所召开了第二届全国喀斯特地貌与洞穴学学术讨论会。出席会议的代表 75 名,提交大会的学术论文和报告有 62 篇。

为了扩大交流范围,会议决定由宋林华、丁怀元、张耀光、林钧枢和徐静芳组成会议论文集编辑组。根据会议期间对论文的审查和评选意见,编辑组把 29 篇有代表性的论文汇编成《喀斯特地貌与洞穴研究》。并按论文的内容,将全文集分为喀斯特地貌、洞穴、喀斯特水文及喀斯特地貌旅游资源 4 部分。

在论文集的编辑过程中,得到了卢耀如、张寿越、刘世青、房金福等大力支持,在此谨表致谢。

鉴于篇幅所限,所选论文在编辑中作了一定的删减,附图和照片也尽量从略。由于编辑组成员水平有限,对编辑中的疏漏和不当之处,请批评指正。

《喀斯特地貌与洞穴研究》编辑组

1987 年 6 月

目 录

前言

喀斯特地貌

喀斯特化基准面的模式·····	陈国亮(1)
喀斯特地区地下地形向地表地形的转变过程·····	张英骏(7)
碳酸盐岩物理力学性质对喀斯特地貌和洞穴形成的影响·····	翁金桃等(13)
古喀斯特形成特征及演化规律·····	缪钟灵(20)
华东喀斯特地貌区域分异特征·····	张耀光等(26)
长江流域喀斯特发育基本特征·····	吴应科等(35)
龙潭一洞河间喀斯特地貌与洞穴特征·····	刘世青等(44)
西双版纳喀斯特地貌发育条件及形态特征·····	梁多俊等(50)
山东淄河中游地区喀斯特地貌·····	赵 建(55)
中国东北的喀斯特地貌及其发育特征·····	李风华(64)
东昆仑山西段古喀斯特地貌浅析·····	艾 东(71)
南盘江天生桥地区区域喀斯特地貌研究·····	邹成杰(77)
水城地区峰林地貌的形态结构分析·····	熊康宁(88)
喀斯特地貌的发生发展机理·····	李友贵(96)

洞 穴

我国灰岩洞穴次生化学沉积物的沉积类型及其主要形态划分·····	朱学稳(99)
多缤洞系的形态与洞石特征·····	杨汉奎等(107)
浙江瑶琳洞形态特征及其发育·····	周宣森(119)
浙江喀斯特溶洞的蜘蛛生态学研究·····	陈樟福等(124)
川南喀斯特洞穴的年代·····	何信禄等(133)
一个砂砾岩流水假喀斯特洞穴——天星洞·····	周绪纶(141)

喀斯特水文

喀斯特洞穴发育过程与三相流·····	卢耀如(146)
厅堂状洞穴的形成机制·····	冯利华(157)
贵州高原喀斯特水文的若干特征·····	宋林华(163)
喀斯特发育过程中的化学溶解和物理破坏作用·····	宋焕荣等(172)
碳酸盐岩地区喀斯特水径流特征与喀斯特水文化学·····	宋林华(182)
南水北调东线某过河隧洞的喀斯特渗漏问题与工程地质研究·····	张兴仁等(191)
北京房山牛口峪坡立谷发育特征及其水文地质意义·····	房金福等(197)

喀斯特地貌旅游资源

喀斯特旅游地貌资源的形成与开发条件·····	张耀光(204)
重庆统景温塘峡喀斯特旅游景观及其开发价值·····	杨世燊(210)
喀斯特地貌研究的回顾与展望·····	《喀斯特地貌与洞穴研究》编辑组(217)

RESEARCH OF KARST GEOMORPHOLOGY AND SPELEOLOGY

CONTENTS

Preface

KARST GEOMORPHOLOGY

Models for base level of karstification.....	<i>Chen Guoliang</i> (1)
The processes of transformation from underground features to surface landforms in karst regions	<i>Zhang Yingjun</i> (7)
The mechanical properties of carbonate rocks affecting the development of karstic features and caverns.....	<i>Weng Jintao</i> and <i>Luo Guirong</i> (13)
Characteristics of development and evolution of paleokarst.....	<i>Miao Zhongling</i> (20)
The regional difference of karst geomorphology in East China	<i>Zhang Yaoguang</i> , <i>Lin Junshun</i> and <i>Huang Yunlin</i> (26)
The basic features of karst development in Changjing basin	<i>Wu Yinke</i> , <i>Lu Donghua</i> and <i>Liu Desun</i> (35)
Characteristics of karst geomorphology and caves in the Longtan-Donghe area of Xingwen County, Sichuan Province	<i>Liu Shiqing</i> , <i>Yang Shishen</i> and <i>Xu Maoqi</i> (44)
The development conditions and characters of karst geomorphology in Xi- shuangbanna, Yunnan Province	<i>Guo Reixiang</i> and <i>Liang Duojun</i> (50)
Karst geomorphology in the mid-upper area of the Zihe River, Shandong Pro- vince.....	<i>Zhao Jian</i> (55)
Karst geomorphology and its characteristics in the Northeast China	<i>Li Fenghua</i> (64)
Analysis of paleokarst phenomena in the west part of the East Kunlun Moun- tains.....	<i>Ai Dong</i> (71)
Regional karst geomorphology in Tianshenqiao area, Nanpan River Guizhou Province.....	<i>Chou Chengjie</i> (77)
Morphometric analysis of peak-forest landscape in Shuicheng area	<i>Xiong Kangning</i> (88)
Mechanism of origination and development of karst landform.....	<i>Li Yougui</i> (96)

SPELEOLOGY

Deposit types and dividing of forms of speleothems in limestones in China...	<i>Zhu Xuewen</i> (99)
Forms and features of speleothems in Duobing Cave, Guizhou Province.....	<i>Yang Hankui</i> and <i>Zhu Wenxiao</i> (107)
Geomorphological characteristics and development of the Yaolin Cave in Tong- lu County, Zhejiang Province	<i>Zhou Xuansen</i> (119)

- Ecological study of limestone cave spiders in Zhejiang, China
 *Chen Zhangfu, Zhang Zhenhua and Jin Zexin*(124)
 Dating of the karst caves in South Sichuan
 *He Xinlu, Chen Xulun, Liu Shiqing, Xia Xianming and He Fuqing*(133)
 Tianxin Cave—a fluvial pseudokarst cave in sandy conglomerate...*Chou Xulun*(141)

KARST HYDROLOGY

- Development process of karst caverns and three-phase flows..... *Lu Yaoru*(146)
 Mechanism of chambered cavern development *Feng Lihua*(157)
 Some characteristics of karst hydrology on the Guizhou Plateau
 *Song Linhua*(163)
 Chemical dissolution and physical destruction in the process of karst develop-
 ment *Song Huanrong and Huang Shangyu*(172)
 Relationship between the characteristics of karst water flow and hydrochemis-
 try in carbonate regions *Song Linhua*(182)
 Problems of karst seepage and engineering geology on tunnel penetrate under
 the river of transferring water from the Changjiang River (South)to the Nor-
 th China Plain (North) *Zhang Xingren and Hu Chuting*(191)
 The characteristics of karst poljes and their hydrogeologic significance in Zhou-
 koudian area, Beijing *Fang Jinfu and Song Linhua*(197)

TOURIST KARST GEOMORPHOLOGICAL RESOURCES

- The origin and developing conditions of the tourist karst geomorphological re-
 sources..... *Zhang Yaoguang*(204)
 The value of development of the beautiful karst landscape at Wentang gorge
 of Tongjing, Chongqing..... *Yang Shishen*(210)
 Review and prospect of karst geomorphology research in China.....
 "Research of Karst Geomorphology and Speleology" Editorial Group(217)

喀斯特地貌

喀斯特化基准面的模式

陈 国 亮

(铁道部成都勘测设计院)

喀斯特作用的下限通常称为喀斯特基准面,它制约着喀斯特的发育深度。喀斯特的发育深度又是喀斯特水动力剖面与喀斯特垂直分带的依据。不同的垂直分带,决定着喀斯特洞穴及喀斯特水的大小、规模及特征。在垂直渗流带¹⁾发育的喀斯特洞穴,往往使建筑物悬空,其间充填的泥砂发生突泥与涌水,威胁施工安全。水平流动带²⁾中流量大而稳定的喀斯特地下水和横向延伸的大洞穴,对工程造成危害。深部滞流带中虽没有大洞穴,但仍有喀斯特水的渗流问题等。可见,喀斯特的垂直分带对土建工程尤其是地下工程的位置选择及其工程地质、水文地质的评价,至关重要。

关于喀斯特基准面,国内外曾有过一些论述^[2~4],如:可溶性岩层的底板;最枯潜水面;海平面;当地常年水流的河底等。这些见解,从喀斯特发育的理论和溶蚀作用的最终极限看来,则存在如下问题:

(1) 碳酸盐岩沉积厚度很大的地区,或因构造关系可溶岩向下延伸很深的地方,如何确定实际基准面的位置?

(2) 华南以喀斯特管道水为主的喀斯特上升区,在统一潜水面形成之前,基准面在何处?

(3) 在远离海岸并被不溶岩隔开或包围的喀斯特地区,基准面又在何处?

(4) 有些常年排水的河谷中,喀斯特水出露点(或排泄面)有的高于河水面,有的低于河底,基准面又该如何理解?

(5) 喀斯特作用的下限称为喀斯特基准面,这一概念容易被误解为在基准面以下不存在喀斯特。

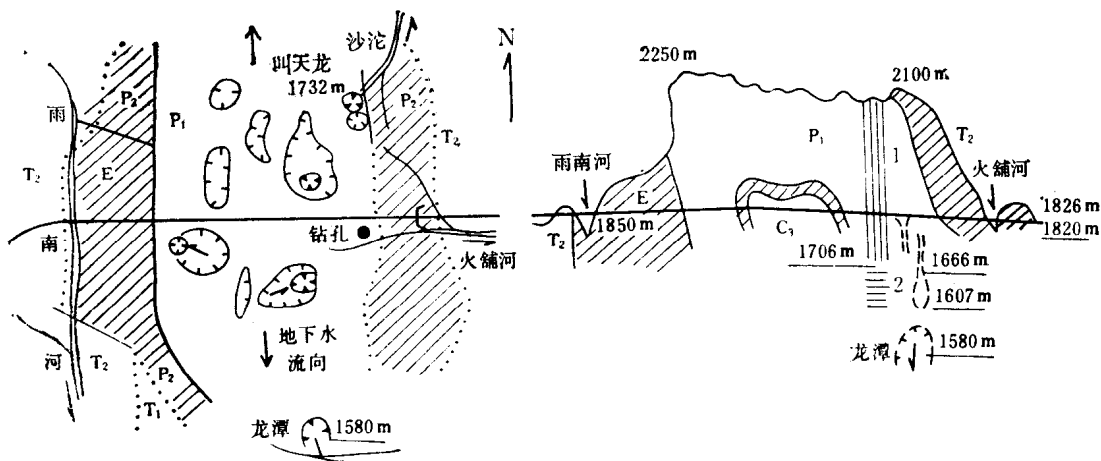
为解决以上问题,作者把涉及工程建设的近代喀斯特作用的下限称为喀斯特化基准面。

一、侧 限 型

当可溶岩的两侧(或一侧)存在非溶岩时,流水因受非溶性岩层阻隔,它与可溶岩层内

1) 这里的垂直渗流带即所谓饱气带。

2) 作者把通常称之为季节变动(或交替)带,划入水平流动带中,见参考资料^[1],第一章第四节。这里的水平流动带即通常所谓的饱水带。



1——垂直渗流带; 2——水平流动带

图1 平关隧道平剖面示意图

的地下水无水力联系,可溶岩层中的地下水沿节理、裂隙或溶蚀管道,在重力作用下向深部渗流,并沿可溶岩展布的方向运动,直至以喀斯特泉或暗河形式排泄出地表。这种喀斯特泉或暗河出口便是喀斯特化的基准面,显然喀斯特化基准面不是从该区流出的主要河流。

如图1所示,平关隧道长5.1km,穿越云南、贵州边界上SN向延伸的倒转背斜构造形成的分水岭。背斜东西两翼非溶岩中各有一条较大的地表河。核部出露可溶岩,溶丘、洼地、竖井、落水洞、漏斗等比比皆是。隧道中部有马鞍形褶皱的非可溶岩,将喀斯特水文地质条件分为东西两段。东段隧道标高1826m,如将标高为1820m的火铺河谷底定为喀斯特化基准面,则喀斯特作用的深度也为1820m左右,那么隧道应位于水平流动带内。但隧道开挖揭露了垂直带中的喀斯特形态及沿管道下渗的微量喀斯特水。后在隧道平行导坑中作石松孢子示踪试验,证实隧道东段的喀斯特通道与隧道南侧16km处的龙潭暗河出口相通。该暗河是陈家坝河的源头,常流不断,平水期流量 $3-4\text{m}^3/\text{s}$,出口标高1580m。又据隧道附近钻探,揭露一暗河底部标高为1607m,枯水位标高1666m,雨季水位上升20—40m。因此隧道附近的垂直渗流带应在1706m以上,隧道乃位于垂直渗流带中,其下才为水平流动带。再往南因水力坡度关系,各带标高将递减。南侧近代喀斯特化基准面标高应是1580m。以此喀斯特基准面划定的垂直分带,就能正确解释平关隧道工程的地质条件。同理隧道北侧的喀斯特化基准面也不是沙沱河,而是隧道以北7km的叫天龙泉,那里共有7个泉群出露于石灰岩与玄武岩接触处,流量 $0.4-5\text{m}^3/\text{s}$,标高1732m。综合其它地质资料推论,本区地下分水岭位于隧道北侧,在洞身至叫天龙泉之间。

类似这样的长隧道还有中梁山、燕子崖等,其共同点是邻近的地表河流均非喀斯特化基准面。

如图2(a)所示,当分水岭一侧为非可溶岩,另一侧为可溶岩时,如前述,非溶岩一侧的河流A不是喀斯特化基准面,而可溶岩一侧的河流B可夺取山体内河水面以上的大量地下水而成为喀斯特化基准面。当然也可能是别的暗河或喀斯特泉C。图2(b)示盘西线上长4.9km的胜境关隧道,东端的喀斯特化基准面是暗河C,比河流A低10m。西端

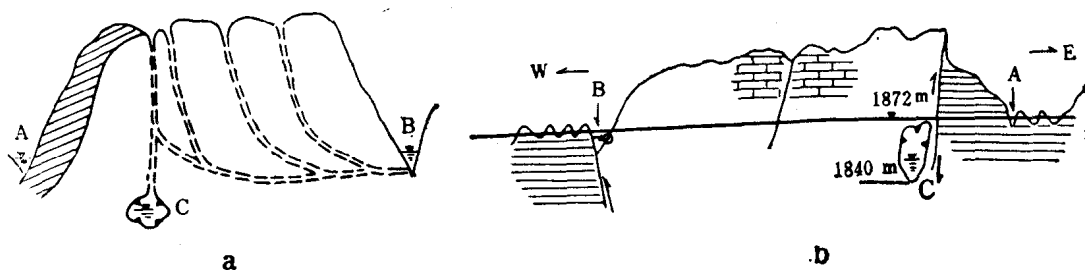


图2 胜境关隧道平剖面示意图

的喀斯特化基准面是受河流B制约的六个大喀斯特泉。类似这样的长隧道有梅花山、卡拉塞等。

二、底限型

理论上可溶岩地块中的喀斯特作用可深达下伏非溶岩顶部，无论它是深埋于地下或出露于当地河谷岸坡之上。

但当非溶岩深埋于地下，而地表河流又排泄了谷底以上山体中大量的地下水时，山体下的下渗水量相对减少，促使地下水向更深部循环的动力及游离 CO_2 含量随深度而递减。因此喀斯特作用的程度和深度是有限的。深埋的非溶岩顶板，能否成为真正喀斯特作用的下限，目前尚无资料证实，而出露于河谷之上的非溶岩层顶板，成为喀斯特化基准面的情况，则较为常见。

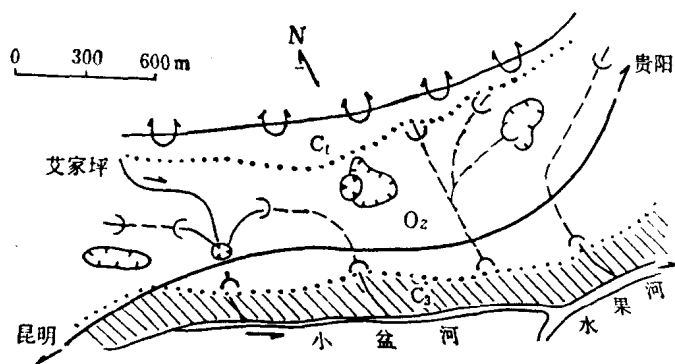


图3 三家寨—艾家坪暗河排泄示意图

图3表示贵昆线三家寨—艾家坪段，四条暗河均流出于非溶岩层顶部，排泄面高悬于北盘江支流木果河之上60—150m。勘探资料暗河中的机械破坏与搬运作用剧烈，现正在不断横向扩展。出口多为块石堆积。可溶岩底面即为该地喀斯特化基准面，铁路施工后揭露的喀斯特证实了这一点。

又如图4，贵州北部芙蓉江支流的某一段，上部可溶岩中的地下水，在非溶岩层顶板处排泄。麻湾洞泉A的流量 $0.2\text{—}2\text{m}^3/\text{s}$ 。芭蕉洞B，人能进入1000余米，近水平，具喀斯特湖，洪水期涌水。石碗洞C地下水从不外溢，洞内有许多石珠。鱼泉D则与河水位标高一致，常年流水不断。

饶有趣味的是，由于喀斯特发育的不均匀性，即使在非溶岩层顶板上，也未必能形成统一的自由水面，显示出潜水面即为喀斯特基准面的作用。尽管如此，出露于地表或埋深不大的非溶性岩层的顶板，仍是无可争辩的喀斯特化基准面。

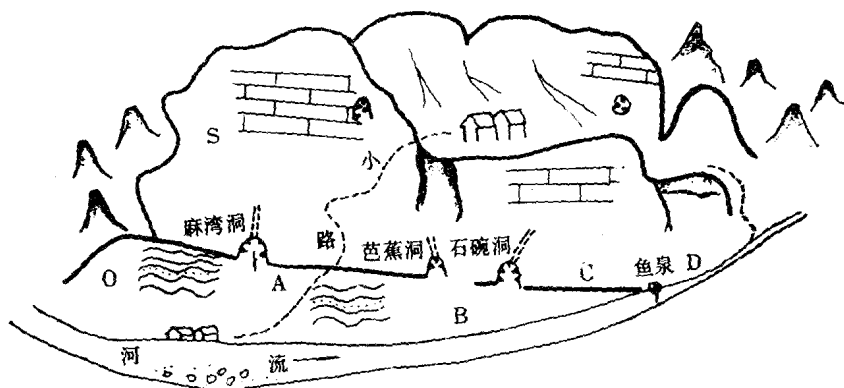


图 4 芙蓉江的支流顺河场剖面图

三、河谷裸露型

当可溶岩分布区的地壳处于长期稳定条件下,流经可溶岩地块的主河谷底一般具有喀斯特基准面的作用。但在河流下切速度显著大于喀斯特垂直发育速度的地区,则是例外。这时高悬的暗河或泉,往往呈瀑布奔泻于谷坡之上。此类暗河或泉由于喀斯特发育的不均匀性,未能形成统一的自由水面,各自拥有一定范围的地下水系,支配着相互独立

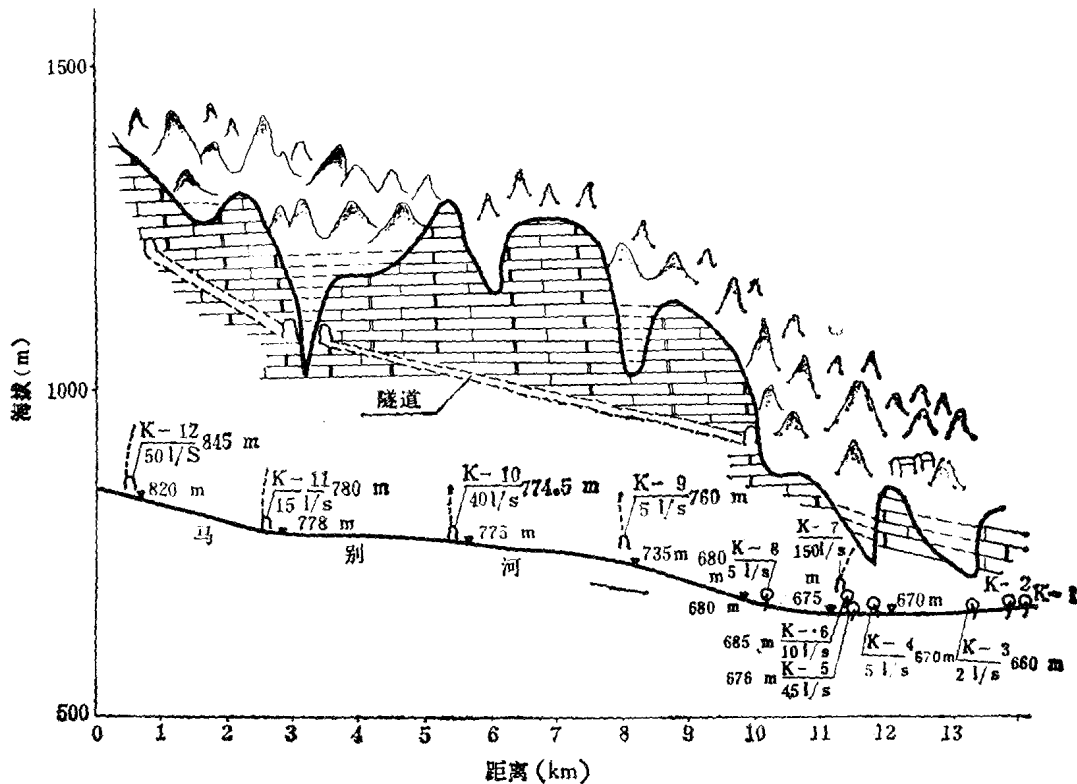


图 5 乐耳玉赵家渡口剖面图

的溶蚀范围,并互相争夺,各自形成一个局部喀斯特化基准面¹⁾。河谷底作为区域性喀斯特基准面,只是这类喀斯特化基准面中的一种。

图5示贵州兴义南盘江支流的马别河谷剖面,在石林期形成的喀斯特峰丛洼地底座上,到南盘江期由于地壳急剧上升,被切割成峡谷。在长13km的河谷东岸,有12个排泄点(包括五条暗河的出口)。K-7, K-9, K-12三个暗河出口高于马别河水面20—25m。流量最大的K-7分上、中、下三层排入河谷中。上层流量 $Q = 150\text{L/s}$,高于河水面25m;中层流量 $Q = 10\text{L/s}$,高于河水面10m;下层 $Q = 4.5\text{L/s}$,高于河水面1m。三层泉水终年不断。这表明这三个排泄点虽在同一横剖面上,但溶蚀作用强的反高于溶蚀作用弱的,且高于河水面,未能适应主河谷这一溶蚀基准。五条暗河或泉的出露位置,最近的只相距250m。排泄点高差竟达30m,这些现象都证明喀斯特发育的不均匀性,不具有统一的自由水面,而各自形成局部喀斯特化基准面,支配着一定的溶蚀范围。作为排泄基准面马别河并未对所有的喀斯特发育起制约作用。红布井、花底湾及王家垌3座铁路隧道的位置就是作了喀斯特化基准面的分析而决定的。

四、河谷覆盖型

喀斯特区内的宽阔平坦河谷,谷底往往被河流沉积物覆盖,谷底之下一定深度内发育的喀斯特,多被松散物质充填。在这种地带一般很容易将河水面简单地认作喀斯特基准面。其实在这种情况下,不仅河水面以下的部位,因洞穴被充填和上覆土层隔离封闭,地下水径流十分微弱,几乎不受溶蚀影响。而且两岸河水面以上的可溶性岩层,也因地表有沉积物覆盖,溶蚀非常微弱或几乎不受溶蚀。那么喀斯特基准面在何处?

由勘探资料表明:河水面以下的喀斯特一般属于早期喀斯特或新生代前的古喀斯特。由于区域性地壳下降,溶蚀基准面抬升,古喀斯特便被第四纪沉积物充填,而处于衰退、停止的状态。现今的河面可能是变迁后的早期喀斯特基准面,对下伏的喀斯特已经失去了基准面的意义。

但是河面仍是河水位以上喀斯特作用的基准面,因此如果把现今的河流水面作为溶蚀基准面,势必认为河水面以下的喀斯特是深部滞流带中的溶蚀裂隙,而对溶蚀的严重性有所忽视。对河面以上的喀斯特垂直分带,又会把河水面作为喀斯特化基准面,将水平流动带划得过低,使工程可能遭受预想不到的地下水危害。

广西小董河大桥河床,宽500—800m,为厚5—10m的砂卵石覆盖。常年河水位标高15.9m。如果认为现今的小董河水位,仍支配着其下喀斯特发育,起到溶蚀基准面的作用,则河床下只能有溶隙存在。可是5次钻探,证实下伏石灰岩中溶洞相当发育,无钻孔不遇串珠状的洞穴。最大洞穴高达12m,发育深度至海平面下21m,全被砂卵石及粘土充填,无崩塌的碎块石。此处距北部湾海岸40km,其间为非可溶性岩层,在平原上有较厚的河流沉积物覆盖,显然海平面不可能直接控制这里的溶蚀。因此,这类河谷覆盖型喀斯特基准面,只能是相应的早期河水面,而后经过变迁转化为现今的河水面。但它已不能制约其下的喀斯特发育规模与深度,失去了喀斯特化基准面的作用。

1) 苏联 Л. В. 雷日科夫称此为暂时基准面或局部基准面。

五、河谷深喀斯特型

人们常把目前地表水排泄基准面以下的喀斯特称之为深喀斯特。深喀斯特可能是古代的,也可能是近代发育的。古喀斯特可以埋藏很深,也可出露地面,而后经过改造。

这里不讨论沿深大断裂、深部冷热水循环、热液作用以及受硫化矿体影响而发育的深部喀斯特,也不讨论埋藏的古喀斯特的基准面,仅讨论与上部河谷有水力联系的深喀斯特的基准面问题。

在这类喀斯特地区,地表河谷不论宽窄,大部可溶岩是裸露的,地表水沿着出露的陡倾层面和断裂,向下逐渐渗流,在一定深度范围内进行溶蚀。喀斯特在发展过程中未被充填的部分通道,便形成虹吸循环。最终的溶蚀深度取决于水的压力差、地质构造条件以及可溶岩的底板位置等。理论上喀斯特作用的最终深度可达可溶性岩层底板。但为解决工程问题,需认识近代的喀斯特化基准面。

京广复线南岭双线隧道,长 6.1km,穿越珠江与长江水系的分水岭——横亘东西的南岭。隧道埋深 35—60m,进出口地段埋深 100 余米。隧道穿越复式背斜,进出口为 C_1d^2 砂页岩,中部为 C_1d^1 、 C_1y^1 石灰岩。地表径流发育,浅层洞穴、暗河随处可见。连溪河水常年不断,喀斯特发育深度在河谷下 40m 内。勘测设计中,为分析隧道所处喀斯特垂直分带的部位和选择涌水量计算办法¹⁾,曾对该区的喀斯特化基准面进行了多次探讨与实地调查。但在较广的范围内,从地质构造与排泄条件分析,均不存在上述类型的溶蚀基准面。隧道开挖后揭露了几处喀斯特洞穴,发生了大量的涌水和泥沙。个别涌水具有承压性。地面发生了 30 多处喀斯特塌陷,河水曾几次断流灌入隧道。回填压浆后地下水位回升较高,充分显示了地表连溪河水与其下喀斯特的联系。因此,可以认为,在喀斯特地区,当河流与其底下有水力联系时(河流以上的情况已在前面河谷裸露和覆盖型中予以讨论),则河谷底即为该区近代喀斯特化基准面,连溪河就是其中之一例。河谷下的喀斯特则属于该基准面下的深部滞流带或虹吸循环带。

以上讨论了 5 种喀斯特化基准面的模式。在海岸附近和我国的华北某些地区,分别以海平面和潜水面为喀斯特基准面,它们也属近代喀斯特基准面的模式,这里未予讨论,总之上述 5 种喀斯特化基准面的模式,在生产实践中具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 任美锬、刘振中, 1983, 岩溶学概论, 商务印书馆。
- [2] 中国科学院地质研究所岩溶组, 1979, 中国岩溶研究, 科学出版社。
- [3] Л. Б. 雷日科夫著, 唐永奎等译, 1956, 喀斯特的性质及其发育的基本规律, 地质出版社。
- [4] Davis, W. M., 1930, Origin of limestone caverns, *Geol. Soc. Am. Bull.*, (41), 475—628.
- [5] 铁道部第二勘测设计院, 1984, 岩溶工程地质, 中国铁道出版社。

1) 通过近几年的研究,我们在《岩溶工程地质》^[5]一书中曾提出在垂直带中的隧道应用注地渗入量法,在垂直带以下的隧道则用水均衡法计算涌水量。

喀斯特地区地下地形向地表地形的 转变过程

张 英 骏

(贵州师范大学地理系)

喀斯特地区的地下地形是指洞穴,地表地形则类型多样,如峰丛、峰林、石林,喀斯特洼地和峡谷等。洞穴伏流因塌顶演变为峡谷,峡谷中有残留天生桥,这种由地下地形转变为地表地形的模式,已被早期的喀斯特地貌学者指出^[1]。地下地形向地表地形转变是喀斯特地区地貌演化中经常发生的,转变后的地表地形是多样的,峡谷及天生桥不过是其中的一类。

在贵州高原的深切河谷地区,洞穴伏流 → 伏流及天窗 → 峡谷及天生桥 → 喀斯特峡谷,这种由地下地形向地表地形的转变序列是完全可以证明的。在远离深切河谷地区,由于地下水位浅和近期地壳间歇性抬升,发育了另一种演化序列:潜流洞穴阶段 → 渗流洞穴开始阶段 → 干涸渗流洞穴阶段 → 穿洞形成阶段 → 洞穴崩溃阶段。这在贵州高原上也是典型的地下地形转变为地表地形的模式^[1]。

喀斯特由地下地形转变为地表地形常以险峻壮观、气势雄伟为特征,在喀斯特平原上或盆地中的孤山穿洞,往往成为古人类文化的遗址,如普定穿洞是旧石器时代的文化遗址,平坝飞虎山的洞穴是新石器时代的文化遗址。我国明代著名的喀斯特地貌及洞穴学家徐霞客就考察过广西孤山穿洞。他对广西宾阳北面的独山岩作了如下生动的描述:“独山岩今名砥柱岩,在城南四里。此地有三独山,皆以旁无附丽得名:一在溪东岸,……一在此山南五里,……独此山既高而正当其中,与向武之瑯山岩相似,省中之独秀无此峭拔,亦无此透漏也。其岩当山之腹,南北直透;南门高进如裂阙,……岩中如合掌而起,高数丈,阔一丈五尺,平通山后者五、六丈……分窍西透,亦转而北,又通一门,……此一洞四门相通,山甚小而中甚幻也”^[2]。

孤山穿洞地形如何从喀斯特地块中解体出来的?洞穴伏流地形向峡谷地形转化的过程如何?这些转变过程的探讨在喀斯特地貌发育理论方面有着重要意义。

一、洞穴崩塌在喀斯特地块解体过程中的作用

平坝羊昌河喀斯特河谷平原上的长洞山是一个典型的孤山穿洞地形。它是一个腰有一穿洞的塔状孤丘。

1) 张英骏等, 1984, 贵州洞穴的类型、分布与演化特征, 贵州科学进展, 169—183。

长洞山南面约 200m 一带是近东西向排列的羊昌河喀斯特宽谷的边沿丘陵。长洞山穿洞的南口和其南边的丘陵带中的一条南北向干谷相对。干谷北端的垭口(悬谷口)高出宽谷底部 20 余米,这与长洞山穿洞洞底高程大致相当。这条干谷与长洞山穿洞很可能同属于早期的一条地下河。当早期伏流大部分变为明流之后,地壳抬升和地下水位的下降,把干谷与穿洞抬高到现在位置。长洞山与边沿丘陵带的解体,很可能与地表水的侵蚀切割作用有关,也可能有崩塌作用。

在平坝县城南西 10 余公里处有一由三叠纪薄层灰岩构成的塔状石峰。灰岩岩层倾角小,垂直节理发育。峰顶高出附近谷底约 70m。在其西面 200 余米处,另有一个较矮塔状石峰,它与前一个石峰以一垭口相连。垭口高出谷底约 30m。垭口下面有一顺南北向节理发育的穿洞。洞口横剖面呈垂向裂隙状,洞内横剖面呈不规则的菱形。洞穴廊道长 40m 左右,中段低矮。南北两段洞顶高,其下部崩石特多,说明近期崩塌作用盛。显然,不断崩塌将使这个裂隙状穿洞塌顶,导致西侧较矮石峰与东侧较高石峰分离,形成两孤立的塔状石峰。这说明在垂直节理发育的缓倾角薄层灰岩中,穿洞的不断崩塌而使孤山解体。

二、峡谷形成过程中的崩塌作用

在水城市区东北约 10km 的岔河附近,三岔河自西流来,在此处向东北转折。从转折点开始,向下游形成谷壁直立的峡谷。峡谷向东北延伸 800 多米后,三岔河流入地下,伏流 1km 许,出洞后向东南方转折。

峡谷西口宽不足 100m,其东端的伏流入口处,谷宽也和西口相当,峡谷的中段较宽一些。从谷底到两侧峰顶的相对高度可达 300m 以上。这一带分布下二叠统(阳新统)中厚层灰岩,倾向东北,倾角 12° ,垂直节理发育。

伏流入口处的横剖面为上部略尖的穹形,洞口底宽 35m 左右,洞口顶部的相对高度约 30m。

这段峡谷地形的特征为:第一,谷壁直立,谷底崩石甚多,石块大。谷壁基部有基岩台阶及岩屑堆积,谷壁上常见倒阶梯状塌痕。第二,伏流入口处的洞口纵剖面呈外高内低的倒阶梯形。横剖面为外张内缩的倒阶梯状穹形。

根据上述特征判断这段峡谷为崩塌而成。崩塌过程是由伏流入口向下游方向(东北方向)后退,同时洞口向两侧拓宽,这样,导致洞顶崩塌及峡谷的形成。

洞顶崩塌过程首先与岩石的产状有关,即岩层倾角平缓,垂直节理发育易于崩塌。其次,鉴于水城地区的洞穴大都崩塌严重,特别在洞口附近。这可能与气候条件有关,即反复的冰冻与融解特别有利于崩塌。

由上例可以初步提出一种在类似的地质和自然地理环境条件下由洞穴伏流向峡谷转变的过程模式:

1. 洞口崩塌后退

图 1 说明洞口每一阶段的崩塌都形成一个倒阶梯面。崩塌后退可以从伏流入口及出口两个洞口相向进行。在伏流洞穴中段地质条件适宜之处,如节理交叉部位,则出现局部

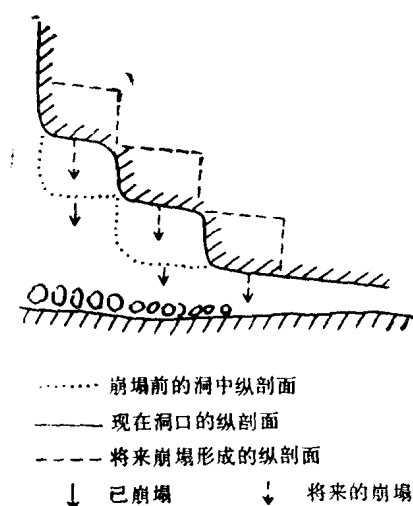


图1 洞穴进口处的纵向崩塌过程

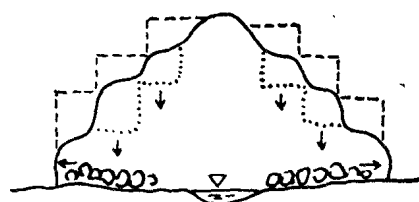


图2 洞口横向崩塌拓宽示意图

崩塌形成的穹形大厅,以至形成天窗。这样就加速了峡谷形成过程。

2. 洞口横向崩塌与拓宽

在洞口两壁的基部,因掏蚀作用而加宽,并使洞口的横向倒阶梯状崩塌拓宽。每一阶段的崩塌形成一个新的倒阶梯状面(图2)。这种洞口横向拓宽作用也逐步向洞内发展。

3. 峡谷的形成及拓宽

(1) 初期阶段 由于洞口的横向崩塌拓宽和纵向崩塌后退,使洞顶的跨度增大,顶板的厚度变薄,导致逐步塌顶而转变为地表地形。这时洞壁呈倒阶梯状。谷壁岩石除受重力作用外,还受侧向压力作用。因谷底宽度还不够大,掏蚀作用仍甚活跃,洞壁崩塌盛行(图3)。

(2) 中期阶段 洞壁的崩塌使谷壁上部迅速变宽。谷壁基部虽掏蚀作用继续进行,但已经变慢,因此就形成了直立谷壁。以后将可能进行以板状崩塌为主的谷壁平行后退作用。

(3) 晚期阶段 峡谷继续以谷壁平行后退的方式拓宽,掏蚀作用更为减弱,谷底崩塌岩块不能及时由溶蚀、侵蚀及搬运作用移去,愈积愈多。这时谷壁平行崩塌后退,只在较高部位进行,谷壁基部可能留下岩石台阶并为崩石或岩石碎块所覆盖(图3)。当然,新

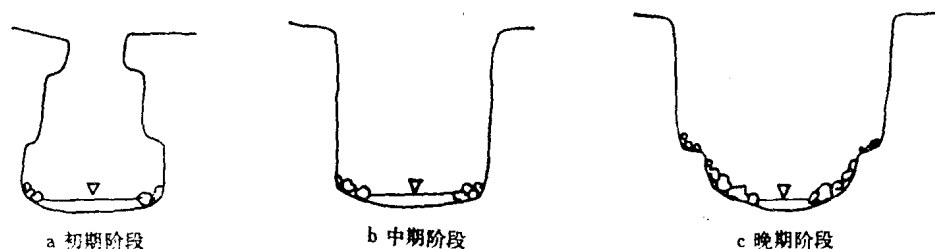


图3 峡谷发育阶段图