

上扬子西部茅口组灰岩顶部古喀斯特地貌 的厘定及地质意义

何 斌^{1,2} 王雅玫² 姜晓玮¹

(1 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2 中国地质大学, 武汉 430074)

摘要: 上扬子西部滇东、黔西茅口组之上多为峨眉山玄武岩所覆盖, 长期以来人们一直认为两者不存在沉积间断和地层剥蚀。作者通过野外实地考察和室内综合研究首次系统地厘定上扬子西部茅口组顶部的古喀斯特地貌, 其形态多种多样, 包括起伏不平的古剥蚀面、溶蚀洼地、溶斗、峰林、溶丘、洞穴以及洞穴充填物和古剥蚀面上红壤土。古喀斯特地貌在一个地区的地质发展中具有重要的意义, 它代表了一次地壳上升运动。本区古喀斯特的系统研究不仅丰富了中国古喀斯特研究的内容, 而且对确定云南地区东吴运动的存在和峨眉山山地幔柱的活动提供了重要佐证。

关键词: 上扬子西部; 茅口组灰岩; 古喀斯特; 峨眉山玄武岩; 东吴运动; 峨眉山山地幔柱

中图分类号: P534.46 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)01-0046-05

上扬子西部滇东、黔西茅口组之上多为峨眉山玄武岩所覆盖, 再加上川滇古陆的存在, 长期以来对茅口组顶部的地层剥蚀缺乏认识和深入研究。如云南省区域地质志认为茅口组和峨眉山玄武岩为喷发接触, 两者之间不存在地层缺失和沉积间断^[1,2]。因此除零星的报道外, 茅口组顶部古喀斯特一直不被人们所认识, 它极大地影响着人们对云南地区东吴运动的理解, 并形成了峨眉山玄武岩喷发西早东晚的结论^[3]。笔者在研究上扬子西缘峨眉山大火成岩省形成机制和峨眉山山地幔柱活动的过程中, 通过收集区域地质资料和野外实地考察, 系统地研究了上扬子西部茅口组顶部的地质记录, 发现古喀斯特地貌的一系列地质证据。本文结合前人的一些研究成果, 从茅口组顶面形态、溶蚀洼地、溶斗、古峰林等方面首次系统地厘定了上扬子西缘茅口组顶部的古喀斯特地貌, 对古喀斯特的空间分布和形成条件进行了分析。

1 古喀斯特的空间分布特征

通过收集区域地质资料和野外实地考察发现, 上扬子西部包括滇东、黔西和川西南茅口组顶部普遍发育古喀斯特地貌, 其形态多种多样, 包括起伏不平的古剥蚀面、溶蚀洼地、溶斗、古峰林、洞穴以及洞穴充填物和古剥蚀面上红壤土, 分布情况见图 1。在空间上古喀斯特地貌的发育与中二叠世末

期的地壳抬升的高度和茅口组灰岩的剥蚀程度密切相关。作者曾通过对上扬子茅口组进行系统而细致的生物地层和厚度对比后提出了上扬子茅口组灰岩的穹状差异剥蚀^[4], 自西到东、自南到北可分为深度剥蚀带(内带)、部分剥蚀带(中带)、古风化壳带(外带)和连续沉积带(图 1)。在空间上古喀斯特主要发育在中带及其与内、外带的过渡地带, 在内带或川滇古陆轴部和外带喀斯特地貌不发育。中二叠世末期地壳抬升的高度自内带到外带分别为 >1 000 m, 400 m 和 100 m。古喀斯特在空间上主要分布在中带和部分外带, 地表抬升高度为 100~400 m, 在地形地貌上属于坡度变化带, 为山区向平原过渡地带。从古剥蚀面的地形起伏高度来看, 各带的最大地形起伏分别为 50 m, 300 m, 几米。这说明古喀斯特地貌受地形、构造和水文地质条件等因素制约。

2 古喀斯特地貌的特征

2.1 起伏不平的古剥蚀面

上扬子西缘茅口组灰岩顶面可见凹凸不平、起伏巨大的古剥蚀面(图 2)。在云南昆明西山一露头上可见茅口组顶部古剥蚀面同茅口组的层理相交, 20 m 内有 5 m 左右的起伏(图 2-a)。在云南大理也常见起伏不平的古剥蚀面, 局部还可见一层厚约 5 m 的红壤土(图 2-b), 红壤土是热带潮湿下碳

收稿日期: 2003-01-14; 改回日期: 2003-09-02

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-101)和中国博士后基金项目(200333420)资助。

作者简介: 何斌, 男, 1963 年生, 博士, 副教授, 主要从事构造地质学和区域地质的研究; E-mail: hebin@gig.ac.cn。



图 1 上扬子西部茅口组顶部古喀斯特地貌平面分布图

- 1—古峰林;2—溶丘;3—溶斗;4—洞穴;5—溶蚀洼地;
6—剥蚀程度分界线;7—峨眉山玄武岩

Fig. 1 Distribution of paleo-karst landforms on top of the Maokou Formation in the west of the Upper Yangtze platform

- 1—Cone karst;2—Tower karst;3—Dolines;4—Caves;
5—Uvalas;6—Boundary of eroded zones;7—Emeishan basalts

酸盐岩岩溶典型的沉积物。茅口组顶部的古剥蚀面在黔西起伏约 20~50 m,黔中可见到在数百米距离内有近百米的起伏^[4]。如在云南罗平一钻孔控制的剖面中在 400 m 的距离内古地形的高差达 110 m(图 2—c)。云南东部该剥蚀面的起伏明显地从峨眉山玄武岩覆盖情况得到说明,路南石林的峨眉山玄武岩分别盖在茅口组的不同层位上,局部盖在栖霞组灰岩上,不同层位之间厚度上的差异最大达 300 m,反映了古地形的起伏在不到 5 km 距离内的高差。古剥蚀面古地形高差在上扬子自西向东、由南向北变小,在贵州西部和川东为数米至 1 m 左右。

云南大理地区峨眉山玄武岩中石灰岩或大理岩透镜体长期以来一直是困惑人们的一道难题,上世纪 80 年代以前多被认为是玄武岩喷发过程中的灰岩夹层,并作为海相喷发的重要证据。最近在一系列区域地质调查中发现玄武岩陆相喷发的证据,如玄武岩系中熔结凝灰岩、熔结角砾玄武岩的红顶、紫红色凝灰岩、火山灰球构造以及柱状节理发育。灰岩透镜体多出现在玄武岩组的下部,以第一、第二段常见,但无固定层位,沿走向不连续,并且普遍见有轻度角岩化或大理岩化热蚀变。因此在 1:5 万大理幅中认为并非原生夹层,而是玄武岩喷溢过程中渗入的邻近坍塌物。这些“灰岩透镜体”厚度为几十厘米至几十米,普遍含茅口组灰岩的化石: *Verbeekina* sp., *Parafusulina*, *Schubertella*, *Pseudofusulina* sp.。笔者认为这些灰岩透镜体原是古剥蚀面地表残留的松散灰岩块,在玄武岩喷溢和流动过

程中被捕获的。

2.2 古喀斯特的溶蚀洼地

上扬子茅口组为典型的碳酸盐台地沉积,岩性和厚度较为稳定。如在遭受剥蚀程度较小的贵州西部茅口组的厚度为 500~600 m。因此茅口组的顶部形态可以通过茅口组的厚度差异来反映,即现今茅口组的厚度差异是古喀斯特差异溶蚀作用产生的。昆明地区茅口组的厚度变化较大,在昆明市 60 km×60 km 的范围内所测的 9 个茅口组的地层剖面中,厚度分别为 191.51 m(昆明化肥厂)、324.2 m(海口滇池边)、153.5 m(大青山)、195 m(呈贡三家村)、315.2 m(西山)、174.0 m(松华坝)、135.14 m(沙朗大村头)、367.21 m(雷打石)、236.5 m(甸尾东),茅口组厚度的变化范围为 135.14~367 m,在大理地区茅口组的厚度为 21~456 m。这些充分说明茅口组顶部可能存在起伏不平的古溶蚀洼地,然而由于本区印支运动、燕山运动强烈的构造变形,茅口组大多为倾斜岩层,精确确定茅口组的古溶蚀洼地的空间展布是极为困难的。在四川盆地西南部通过钻井揭露见有长度大于 20 km,宽约 5 m、起伏 30 m 的封闭负地形存在^[4]。

2.3 古喀斯特的溶斗

在云南路南县东侧一南北长 20 km,东西宽 8 km 范围内零星分布 60 多个溶斗(图 3),溶斗规模不大,一般为 20 m×40 m,最大为 0.1 km²,最小者仅为 5 m×4 m。由于茅口组的产状十分平缓,多为水平岩层,其上的峨眉山玄武岩遭受剥蚀,溶斗中残留的玄武岩被保留下来形成斑状分布的特点,玄武岩的底部可见坡积、残积成因的砾岩堆积,通过磁法勘探发现有些玄武岩延伸到地下深处,可能是落水洞。在可能为落水洞四川西南古、叙永等地在古喀斯特的溶斗中堆积了高岭土矿体^[4],含矿层底板灰岩在与矿层接触处普遍氧化,氧化深度最大达 60 cm,结构疏松,呈粉砂状。矿体一般直径 1~5 m,深 2~10 m,个别深度达数十米。

2.4 古喀斯特的峰林平原

大理东部祥云县西南近 100 km² 范围内,峨眉山玄武岩中可见一系列规模较大的“灰岩透镜体”(图 3),前人多认为是海相灰岩夹层或捕掳体,也有人解释为断裂所致。本区茅口组的产状平缓,大的“灰岩透镜体”长几千米,宽为几百米,最大规模可达几个平方千米,并且普遍见有轻度角岩化或大理岩化热蚀变。由于峨眉山玄武岩为陆相喷发,“灰岩透镜体”的规模较大,产状稳定,不可能是海相灰岩夹层或捕掳体。根据本区地层剥蚀、古地形和构造条件,结合岩溶组合形态研究,把它们解释为古喀斯特的丘峰或峰林更为合理。以玄武岩第一段的厚度为 710 m 推算峰注的最大高差为几百米。另外宾川上仓峨眉山玄武岩底部的灰岩透镜体,经鉴定不但有下二叠统的化石 *Schwegerina* sp., *Parafusulina* sp., 也有标准的上石炭统化石 *Pseudoschwagerina* sp.。这可能说明下蚀作用已经到达了石炭纪的地层,从另一侧面说明该区古丘峰或峰林存在的可能性。茅口组顶部的古溶丘地貌还见于四川泸州地区,黄华梁等^[4]根据下二叠统地层残厚法和上二叠统地层补偿法提

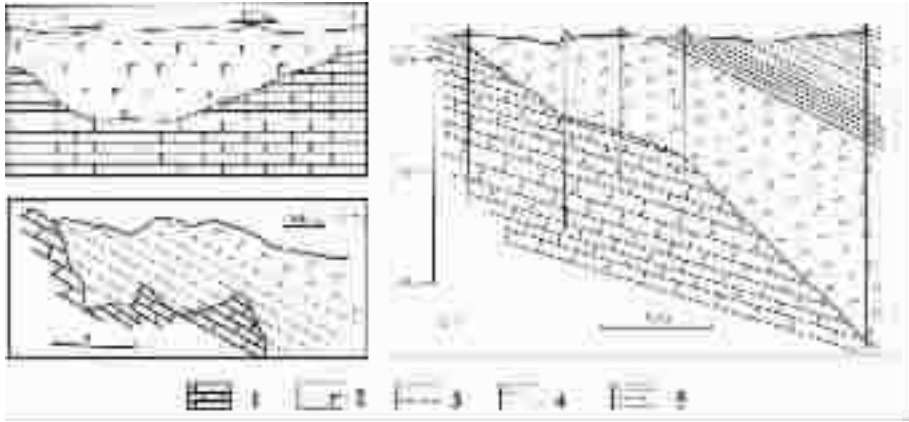


图2 上扬子西部茅口组顶部古剥蚀面素描图

a—云南昆明;b—云南大理;c—云南罗平;1—茅口组灰岩;2—峨眉山玄武岩;3—红壤土;4—页岩;5—砂岩

Fig. 2 sketch showing erosion surfaces on the top of the Maokou Formation in the west of Upper Yangtze platform

a— Kunming, Yunnan; b— Dali, Yunnan; c— Luoping, Yunnan

1—Limestone of the Maokou Formation; 2—Emeishan basalts; 3—Red soil; 4—Shale; 5—Sandstones

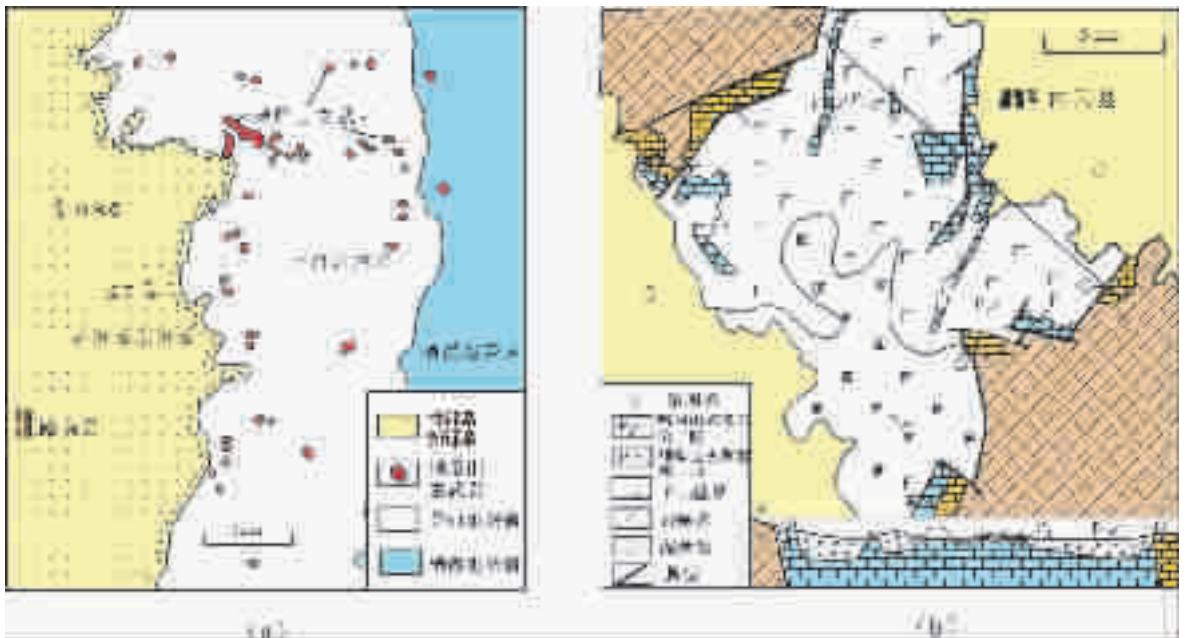


图3 云南地区中二叠世末古喀斯特地貌地质图

a—云南路南;b—云南祥云

Fig. 3 Geological maps showing paleo-karst landforms at the end of the Middle Permian in Yunnan Province

a—Lunan, Yunnan;b— Xiangyun, Yunnan

出泸州地区周围有岩溶平原和溶丘两种岩溶地貌,其中溶丘当时的高差约100m,可能为古峰林地形。

2.5 古喀斯特洞穴

在四川盆地茅口组的天然气勘探中对溶蚀洞穴进行了系统研究,古岩溶洞穴的证据包括钻井的放空、井漏、洞穴充填物等。钻井中的放空是古喀斯特的洞穴最确切的标志之一,它表示地层中存在相当规模的空洞。在四川盆地南部约

有65.8%的钻井有放空现象,绝大部分见于茅口组灰岩中,放空量为0.1~2.42m,最大规模可达4.45~4.88m。钻进过程中,井漏现象也屡见不鲜,如四川盆地南部最大漏失量达5985m³,漏失总量较大、漏速较高的井漏应与溶蚀洞穴有关。另外在岩心和砂样中经常见到洞穴的充填沉积物,如方解石晶体、铝土物质等。放空和井漏在剖面上呈层状分布,主要发育于茅口组顶部古剥蚀面以下40~80m范围内,可能代表着古

潜水面的岩溶发育带。在云南宜良峨眉山玄武岩灌入到茅口组顶部的溶洞中,两者呈不整合接触。在川南金阳、会东和滇东巧家等地,茅口组上部有“玄武岩夹层”,厚多在几米左右,最厚为十几米,走向上延伸不远。然而在区域上上扬子广大地区峨眉山玄武岩覆盖在茅口组顶部古剥蚀面上,茅口中晚期并没有玄武岩的喷发,因此该“玄武岩夹层”可能是充填于茅口组上部古岩溶洞穴的充填物。

3 古喀斯特形成条件分析

可溶岩是喀斯特发育的必要条件和物质基础,上扬子西缘茅口组岩性为浅色中厚层的生物碎屑灰岩,岩性纯,厚度稳定,平均约为 400 m。茅口末期东吴运动是一次快速的地壳抬升,并形成穹状隆起,同隆起断裂活动强烈,这为古喀斯特的形成提供了地形和构造条件。在气候水文条件方面,大量的古地磁资料表明二叠纪上扬子处于赤道附近,属于热带潮湿气候,降雨充沛,为岩溶发育提供了外营力。沉积间断是古喀斯特形成的另一个必要条件,作者通过对上扬子茅口组进行系统而细致的生物地层和厚度对比发现上扬子茅口组的确存在沉积间断,其表现为茅口组的剥蚀,茅口组剥蚀的厚度为 50~350 m。综上所述,茅口末期上扬子西部茅口组顶部具备古喀斯特地貌形成的基本条件。

4 地质意义

古喀斯特地貌在一个地区的地质发展史中具有重要的意义,它代表了一次地壳抬升运动和沉积间断。过去由于对茅口组的古剥蚀面缺乏认识,云南省的东吴运动一直被忽略,本次研究成果为云南省的东吴运动提供了确切的证据,为西南三省茅口组的地层对比提供了构造背景的支持。长期以来人们根据上扬子西缘峨眉山玄武岩下伏的茅口组灰岩地层厚度较薄和玄武岩中灰岩透镜体的化石推断峨眉山玄武岩的喷发时间西早东晚,由于茅口组的缺失是抬升剥蚀造成的,灰岩透镜体是古喀斯特上的残留岩块,因此原先对峨眉山玄武岩喷发时间的推断需要重新认识。上扬子西部另一重大地质问题是峨眉山玄武岩的形成机制,长期以来人们一直认为峨眉山玄武岩是裂谷成因,并与攀西裂谷相联系。最近不少学者提出峨眉山大火成岩省的概念^[6],玄武岩喷发前地壳抬升是大火成岩省地幔柱构造的重要特征和鉴定标志^[7~10],本区古喀斯特地貌的厘定及空间变化规律表明上扬子西部峨眉山玄武岩喷发前地壳发生了快速抬升,它为峨眉山玄武岩或峨眉山大火成岩省的地幔柱成因提供了重要佐证。

致谢:在研究过程中,引用了大量云南省和四川省 1:20 万和 1:5 万区域地质调查资料;野外工作过程中得到四川攀西地质大队和云南第三地质大队的大力协助,在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990. Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. Regional Geology of Yunnan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990 (in Chinese with English abstract).
- [2] 冯增昭, 金振奎, 杨玉卿, 等. 滇黔桂地区二叠纪岩相古地理[M]. 北京:地质出版社, 1994. Feng Zengzhao, Jin Zhenkui, Yang Yuqing, et al. Lithofacies Paleogeography of Permian of Yunnan-Guizhou-Guangxi Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994 (in Chinese with English abstract).
- [3] 何斌, 徐义刚, 肖龙, 等. 峨眉山大火成岩省的形成机制及空间展布: 来自沉积地层学研究的新证据[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 194-202. He Bin, Xu Yigang, Xiao Long, et al. Generation and spatial distribution of the Emeishan large igneous province: new evidence from stratigraphic records[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 194-202 (in Chinese with English abstract).
- [4] 中国地质科学院岩溶地质研究所. 中国岩溶研究[M]. 北京: 科学出版社, 1979. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences. Study of Karst in China [M]. Beijing: Science Press, 1979 (in Chinese).
- [5] 黄华梁, 吴葆青. 川南阳新统气藏岩溶成因与气藏分布[J]. 中国岩溶, 1985, 4(4): 308-313. Huang Hualiang, Wu Baoqing. Origin and distribution of gas reservoir formed by karst in the south Sichuan[J]. Karst of China, 1985, 4(4): 308-313 (in Chinese with English abstract).
- [6] Chung S L, Jahn B M. Plume-lithosphere interaction in generation of the Emeishan flood basalts at the Permian-Triassic boundary [J]. Geology, 1995, 23: 889-7892.
- [7] Cox K G. The role of mantle plumes in the development of continental drainage patterns[J]. Nature, 1989, 342: 873-7877.
- [8] Campbell I H, Griffiths R W. Implications of mantle plume structure for the evolution of flood Basalts [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1990, 99: 79-793.
- [9] Griffiths R W, Campbell I H. Interaction of mantle plume heads with the Earth's surface and onset small-scale convection [J]. Journal of Geophysical Research, 1991, 96: 18275-18310.
- [10] White R, McKenzie D. Mantle plumes and flood basalts[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100: 17543-17758.

Paleo-karst landforms on top of limestone of the Maokou Formation in the west of the Upper Yangtze platform and its geological significance

HE Bin^{1,2}, WANG Ya-me², JIANG Xiao-wei¹

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guangzhou 510640, China;*

2.China University of Geosciences, Wuhan 430030, Hubei, China)

Abstract: The Middle Permian Maokou Formation is generally overlain by the Late Permian Emeishan basalts in eastern Yunnan and western Guizhou in the west of the Yangtze platform. It has long been taken for granted that there are no sedimentary breaks or erosion between the Maokou Formation and Emeishan basalts. On the basis of the field investigation and indoor integrated study, the authors present various evidence of the paleo-karst landforms on top of the Maokou Formation, including rugged ancient erosion surfaces, uvalas, dolines or holes, cone karst, tower karst and caves, as well as cave fillings and red soils on the ancient erosion surfaces, and suggest that paleo-karst landforms have great significance in the geological development in an area, which represent a crustal uplift. The systematic study of the paleo-karst not only enriches the content of the study of paleo-karst in China, but also affirms the existence of the Dongwu movement in Yunnan, and also provides important evidence for the activity of the Emeishan mantle plume.

Key words: west of the upper Yangtze platform;limestone of the Maokou Formation;paleo-karst;Emeishan basalts;Dongwu movement;Emeishan mantle plume