



论文

奥陶-志留纪之交黔中古陆的变迁: 证据与启示

戎嘉余^{①*}, 陈旭^①, 王恽^①, 詹仁斌^①, 刘建波^②, 黄冰^①, 唐鹏^①,
吴荣昌^①, 王光旭^①

① 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;

② 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871

* E-mail: jyrong@nigpas.ac.cn

收稿日期: 2011-01-26; 接受日期: 2011-04-20

中国科学院创新工程重要方向项目(编号: KZCX2-YW-Q05-01)、国家自然科学基金(批准号: 41002001 和 40825006)、国土资源部地质调查局(编号: 1212011120116)资助

摘要 深入的奥陶-志留纪交替期生物地层划分对比使古地理精时研究成为可能. 对滇、川、黔、渝 4 省市、24 个县、58 条剖面的生物地层、群落古生态和古地理资料的分析表明, 晚奥陶世至志留纪早期黔中古陆北缘的海岸带一直处于变动之中: (1) 奥陶纪凯迪晚期, 本研究区广泛接受五峰组沉积, 但五峰晚期黔东北海底出现起伏, 个别孤岛露出海面; (2) 赫南特早中期, 当全球海面大幅下降时, 观音桥层仍广泛沉积, 黔东北出现少数岛屿; (3) 赫南特晚期-鲁丹早期, 全球海面大幅上升, 黔北南部和黔东北不降反升, 隆升速度超过海面上升速度, 更多、更大的岛屿浮出海面; (4) 志留纪鲁丹晚期, 这些岛屿复被海水淹没, 普遍发育龙马溪组沉积. 奥陶纪-志留纪交界时期, 黔中古陆以北海域的东区(黔北南部、黔东北、渝东南)和西区(黔西北、滇东北、川南)在地层发育和古地理格局上发生的重要差异, 体现了黔中古陆北缘的隆升与扩展, 在时空上与发生在湘鄂西的宜昌上升紧密相连, 它们均受华南东部和南部深部大地构造活动的制约.

关键词黔中隆起
奥陶-志留纪之交
生物地层
群落古生态
古地理

1 概述

黔中古陆是晚奥陶世到志留纪早期华南上扬子区南部一个重要的古地理单元^[1-8]. 实际上, 它是这个时期滇黔桂古陆向东延伸到贵州中部的一个半岛, 即“黔中半岛”. 考虑到传统称谓的延续和专题研讨之需要, 统称黔中古陆也非不妥. 这个单元先前是个水下隆起, 后露出海面, 经历了多期升降. 它的成因和形成时间至今众说纷纭, 莫衷一是^[9-17].

提起黔中隆起, 自然会联想起近 70 年前孙云铸

先生^[18]根据鄂西地质资料提出的宜昌上升(Yichang Uplifting)一名. 孙先生当时把五峰页岩与龙马溪页岩视作同一地层单元且都归于志留系, 他的宜昌上升代表“大宝塔”^[19]与上覆地层之间、以升降运动为主的构造事件. 后来, 穆恩之先生^[20]依据鄂西长阳、湘北临湘等地缺失奥陶纪末期和志留纪初期的笔石带而确认宜昌上升是指五峰组和龙马溪组之间的地层缺失. 盛莘夫先生^[21]提出宜昌上升有两幕, 即位于龙马溪组与观音桥层之间和五峰组与“大宝塔”之间. 无论是黔南的都匀运动^[22]还是加里东运动^[23]、太康

运动^[10], 都曾为贵州地质学者为该省晚奥陶世升降活动所使用的构造名称. 鉴于加里东运动和太康运动都发生在国外, 机制和背景与华南的不同, 不宜照搬使用. 尽管宜昌上升一名被尹赞勋、黄汲清等先生^[24]所废弃, 但穆先生厘定的概念, 含义清楚、时间明确, 涵盖了奥陶-志留纪交界期扬子地台的升降构造运动, 仍被广泛使用^[25,26].

为探讨黔中隆起在奥陶-志留纪交界期间的活动特点和态势, 本文根据笔者近半个世纪考察、查询或研究过的黔、渝、川、滇诸省市、24 个县、58 个穿越两系界线地层的剖面点(图 1)和化石资料, 总结分析, 专论两纪交界期间黔中古陆北界变迁的证据及其启示.

研究表明, 黔中古陆北缘在奥陶-志留纪交界期间, 处于不断隆升的过程之中, 但并非一直保持缓慢、均匀的隆升态势. 本文记述了奥陶纪晚期(凯迪晚期: late Katian; 赫南特期: Hirnantian)到志留纪初(鲁丹早期: early Rhuddanian; 鲁丹晚期: late Rhuddanian)的 4 个时期(平均每期少于 2 Ma)^[27]里, 黔中地区以北海域古地理面貌的重要变迁, 特别是黔中古陆北缘的扩展和回缩(相应地即为上扬子海域南部的回缩与扩大)及古岛屿的形成和消失过程.

2 证据分析

黔中古陆在赫南特晚期先向北扩展(近岸海底发育正常浅水生物群), 鲁丹晚期复被海水侵漫、古陆向南回缩, 海面上升、底域缺氧. 这些变迁所波及的范围包括黔北南部和黔东北地区. 为进行横向对比, 本文还涉及了滇东北、川南、黔西北和渝东南的部分资料, 研究区内的奥陶系-志留系分界地层划分与对比如图 2.

2.1 滇东北、川南和黔西北

2.1.1 滇东北

奥陶系-志留系交界地层在威信狮子沟、大关黄葛溪、永善大兴、盐津及镇雄等县都有发育. 笔者经过考察, 发现大关黄葛溪剖面发育甚好, 两系界线地层在田坝子小溪旁出露, 五峰组顶部产 *N. extraordinarius* 带的笔石; 观音桥层(灰黑色厚层碳质泥质灰岩)厚 40~45 cm, 产中等分异度的赫南特贝动物群; 紧邻观音桥层顶界的黑色页岩产笔石 *D. cf. ornatus*; 其上很薄的地层被掩盖, 不能确定属于哪个带; 再往上的地层所产笔石属于 *P. acuminatus* 带^[28]. 由大关往西, 奥陶纪末期的海岸线从镇雄北部、彝良到金阳附近通过, 可惜相关剖面的研究程度还较弱.

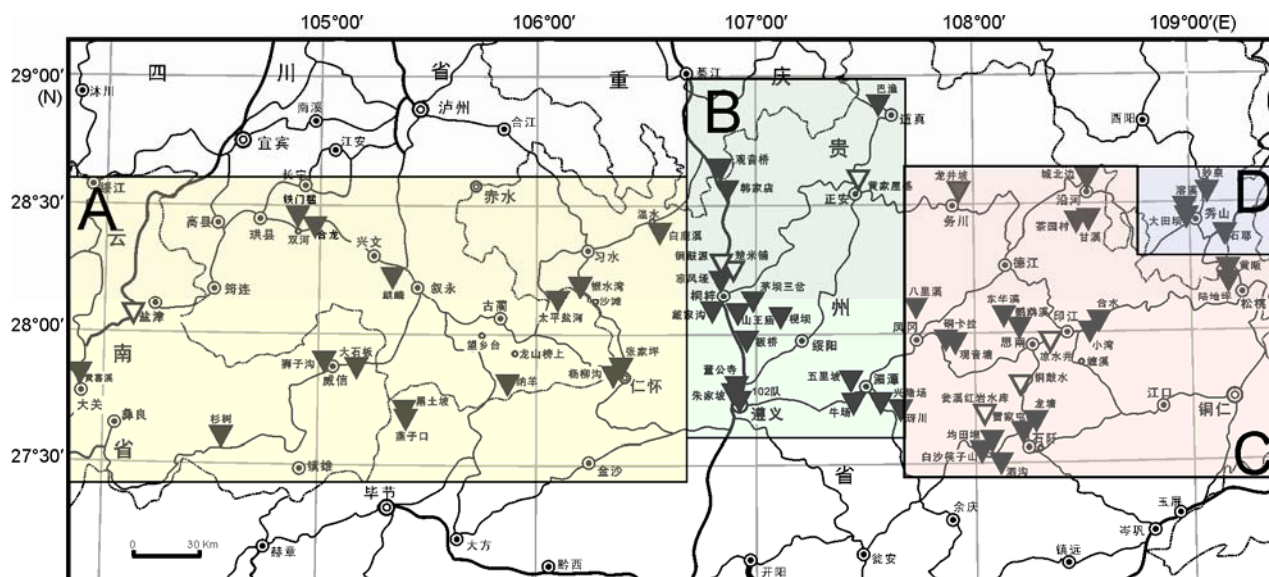


图 1 黔北、滇东北、川南、渝东南奥陶系-志留系界线地层剖面的地理位置图

黑三角表示本文作者测制、参与测制或研究化石的剖面; 空心三角系文献记录的剖面. A, 黔西北、滇东北和川南; B, 黔北; C, 黔东北; D, 渝东南

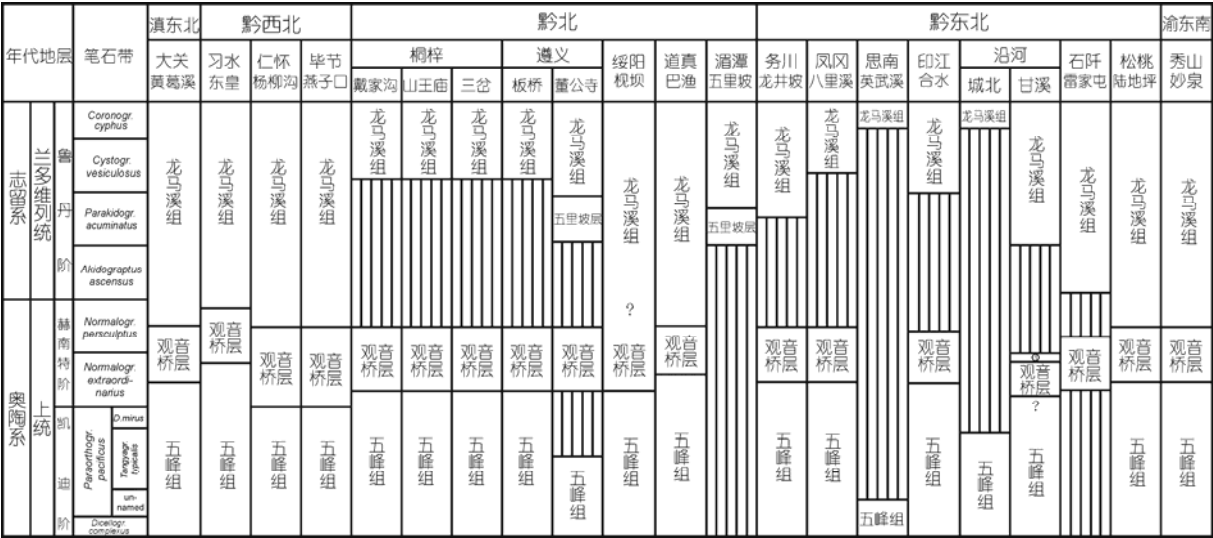


图 2 贵州北部、滇东北、川南、渝东南等 21 条穿越奥陶系-志留系界线地层剖面的岩石地层划分及其与国际标准的对比
①代表沿河甘溪的观音桥层被五峰期页岩所上覆

2.1.2 川南

两系界线地层的资料来自古蔺、兴文、长宁三个县。

(1) 古蔺. 2009 年冬笔者考察太平镇盐河村的两系界线地层。五峰组顶部产 *N. extraordinarius* 带的笔石, 观音桥层灰黑色泥质灰岩(95 cm)富产赫南特贝动物群, 龙马溪组底部的笔石属于 *A. ascensus* 带。这里与黔北习水的情况相近, 没有见到 *N. persculptus* 带笔石的踪迹。

(2) 兴文. 在古宋南约 8 km 的麒麟乡崔家村, 观音桥层灰黑色中层泥质灰岩(38 cm)产较高分异度、较深水的赫南特贝动物群(由 18 属组成); 它介于五峰组顶部(*N. extraordinarius* 带)和龙马溪组底部(*N. persculptus* 带)之间^[29]。

(3) 长宁. 县城以南 34 km 双河镇北 1 km 铁门坎^[30] 的地层剖面是 20 世纪 70 年代初测制的, 现已面目全非。在铁门坎东河对面过桥左拐约 150 m 处和双河以东 9 km 的天塘沱南岸合龙村, 两系界线地层发育完好, 观音桥层(厚度不足 1 m)富产较高分异度的赫南特贝动物群, 龙马溪组底部与五峰组顶部的笔石与双河、古宋南及宜昌王家湾的相同^[29]。

2.1.3 黔西北

毕节、仁怀、习水等市县奥陶-志留系界线地层发育、出露很好。

(1) 毕节. 燕子口镇西北约 3 km 的中沟村, 观

音桥层黑色中厚层含泥质灰岩(厚 1.3 m), 富产四射珊瑚^[31]和浅水、非典型的赫南特贝动物群^[32]。据李荣玉面告, 该层被产 *N. persculptus* 带的笔石地层所覆盖。1992 年笔者在燕子口西北 6 km 的黑土坡观察到的观音桥层以灰黑色灰岩为主, 厚度达 5.7 m, 是黔西北观音桥层厚度最大的地点。

(2) 仁怀. 县城以北约 3 km 的杨柳沟和张家坪之北西约 3 km 的石场, 观音桥层分别为 2.6 和 2.4 m, 上部厚层暗灰色灰岩产浅水、较低分异度的赫南特贝动物群(以富产 *Dalmanella testudinaria* 为特征)^[32]。龙马溪组底部产 *N. persculptus* 带的笔石, 往上依次发育 *A. ascensus* 带和 *P. acuminatus* 带^[29]。

(3) 习水. 2009 年冬, 笔者赴东皇镇白妮到三槐村之间和习酒镇银水湾考察。前者五峰组最顶部的 7 cm 地层内产 *N. extraordinarius* 带的笔石, 而后者五峰组顶部 10 cm 内却未找到关键性化石; 两地观音桥层厚度均为 45 cm 并富产赫南特贝动物群; 龙马溪组底部(均距底界 7 cm)都产 *A. ascensus* 带的笔石, 也没有发现 *N. persculptus* 带的可靠化石; 观音桥层可能与 *N. extraordinarius* 带上部及 *N. persculptus* 带对比, 还待验证。

上述滇东北、川南、黔西北 9 个县、14 条剖面的资料分析表明: 1) 观音桥层与上、下地层常整合接触, 习水和古蔺未见及 *N. persculptus* 带的笔石, 与黔北和黔东北不同; 2) 临近黔中古陆的仁怀、毕节的观音桥

层厚度偏大(1~6 m)、灰岩发育、四射珊瑚常见、腕足类分异度低, 指示较浅、底域灰质含量高的环境, 远离黔中古陆的长宁、兴文等地, 观音桥层厚度较小(不足 1 m)、灰质泥质含量均高、腕足类丰富且多样性高、四射珊瑚稀缺, 反映较深水、灰泥质底域的生存条件。

2.2 黔北

黔北(图 1-B)是黔中古陆北扩波及的主要区域, 涉及遵义、桐梓、道真、正安、绥阳和湄潭 6 市县。奥陶-志留系交界地层在观音桥层之上多有间断, 少数甚至缺失观音桥层。

(1) 遵义市境。由南向北, 逐渐远离黔中古陆, 现分述如下: 1) 董公寺南公路西侧贵州省 102 地质队子弟学校操场旁, 缺失五峰组最上部、观音桥层和龙马溪组底部^[26]; 2) 朱家坡南 0.8 km 处(前一剖面点后山坡旁), 五里坡层产浅水低分异度腕足类, 缺失观音桥层, 是本区五峰组分布的最南点; 3) 朱家坡(距前一剖面点不足 1 km)^[33] 缺失五峰组上部, 观音桥层产特异赫南特贝动物群 (BA2)^[34,35], 是本区该层距黔中古陆最近的点; 4) 十字铺公路旁, 观音桥层之上泥岩产 *C. cyphus* 带的笔石^[33], 缺失鲁丹阶中下部; 5) 董公寺石烛台(距前一剖面点 1.5 km 处), 沿梣槽河往西近 1 km 处, 观音桥层(0.6 cm)产赫南特贝动物群 (BA3 上部)^[36], 上覆褐黄色泥岩(4.2 m)产 *Pristiograptus* sp., 缺失鲁丹阶中下部; 6) 板桥位于遵义与桐梓之间, 那里的两系分界地层过去所知甚少。2008 年黄冰、吴荣昌考察板桥东剖面, 发现观音桥层为泥质灰岩(4.5 m), 产浅水赫南特贝动物群; 龙马溪组底部所产的笔石显示, 在层位上略高于 *P. acuminatus* 带, 此处可能缺失鲁丹阶下部的若干个笔石带。

(2) 桐梓县境。县城以北, 两系界线地层连续(如松坎铜鼓源、凉风垭、韩家店^[33,37,38]); 县城以南, 则序列不完整。1) 县城西南燎原戴家沟, 观音桥层之上缺失近 3 个笔石带^[39,40]; 2) 县城以南沙嘴沙洪和 3) 红花园之西, 龙马溪组与观音桥层之间均为假整合接触^[21]; 4) 茅坝三岔和 5) 红花园山王庙, 龙马溪组底部均缺失 2~3 个笔石带^[40]; 6) 红花园南坝子, 观音桥层顶部深灰色泥质灰岩(AFA800)产赫南特贝动物群常见分子, 龙马溪组底部产 *C. vesiculosus* 带的笔石, 情况与茅坝三岔相同^[40]。

(3) 绥阳、正安、道真、湄潭等县境。2010 年黄冰与周志强考察绥阳枧坝, 那里的观音桥层厚度

超过 4.7 m, 惜该层与龙马溪组之间的地层被掩盖。在从正安通往道真的公路沿线, 如黄家屋基发育观音桥层, 但与下伏和上覆地层关系不明。道真至巴渔公路左侧, 五峰组顶部(35 cm)黑色页岩产 *N. extraordinarius* 带的笔石; 观音桥层(50 cm)产中等分异度的赫南特贝动物群(以 *Hirnantia sagittifera* 和 *Eostropheodonta parvicostellata* 为主); 龙马溪组底部(45 cm)属于 *A. ascensus* 带。湄潭县的五峰组、观音桥层和龙马溪组底部多有缺失。在五里坡, 临湘组与五里坡层接触; 在牛场和兴隆场, 宝塔组被牛场组所上覆^[41]。

(4) 小结。对上述 6 县、12 条剖面分析表明: 1) 遵义北部、绥阳西部、桐梓南部的观音桥层厚度较大, 与其沉积和构造背景有关; 2) 从遵义北区(距黔中古陆较近)到桐梓南区(距离黔中古陆较远), 观音桥层之上有地层缺失, 最南端缺失 3~4 个笔石带(*persculptus* 带上部到 *vesiculosus* 带), 往北缺失 2~3 个笔石带(*persculptus* 带上部到 *acuminatus* 带), 表明当时黔中古陆北缘海底曾隆出海面, 古陆向北扩展过。

2.3 黔东南

黔东南(图 1-C)地区的奥陶-志留系交界地层, 有连续, 有间断。间断者大致有两类。1) 靠近黔中古陆的类型呈多样性: 临湘组与观音桥层(如石阡白沙均田坝、水田沟、筷子山)分别与五里坡层、牛场组、龙马溪组(如湄潭五里坡、牛场高滩, 思南铜鼓水、文家店红岩水库)接触; 五峰组与牛场组接触(如印江缠溪, 思南鹦鹉溪); 宝塔组与香树园组接触(如石阡白沙、余庆松烟)等。因地层缺失较多, 本文不予讨论。2) 下述 8 个县境距黔中古陆较远, 观音桥层或发育、或缺失, 系本节叙述的重点。

(1) 务川。大坪龙井坡的五峰组上部笔石带发育不全^[42]; 观音桥层呈透镜状, 产赫南特贝动物群; 其上 2~3 cm 厚为红褐色铁质风化壳, 往上为龙马溪组底部, 所产笔石显示缺失志留纪最早期 2~3 个笔石带^[42]。由此说明在观音桥层沉积后曾露出海面, 因而本文图示其为古岛。

(2) 凤冈。硃卡拉的观音桥层厚度最大(11.5 m), 往南 3 km 迅即减薄至 3~5 m, 往北观音塘仅厚 0.5 m, 说明它也呈大的透镜状, 该层顶面凹凸不平, 为褐铁矿结核层(10~20 cm), 贵州省区测队疑其为风化壳; 龙马溪组底部缺失鲁丹早中期笔石^[43]。八里溪的观音

桥层产腕足类和四射珊瑚, 龙马溪组底部产 *C. cyphus* 带笔石, 缺失近 3~4 个笔石带, 推测也存在小型古岛.

(3) 沿河. 两系界线地层的情况更为复杂. 县城以北不远, 缺失观音桥层和龙马溪组底部, 间断有 4 Ma^[30,42]. 甘溪石场坳的观音桥层被 *N. extraordinarius* 带最上部地层所覆盖, 再往上的龙马溪组产 *P. acuminatus* 带或 *C. vesiculosus* 带的笔石, 至少缺失 2 个带^[26], 推测沿河县城以北和以南志留纪初期均有小型古岛存在(图 3).

(4) 思南. 观音桥层发育不稳定. 县城以东的凉水井, 五峰组和龙马溪组之间发育观音桥层(2010 年何心一面告). 县城以南的铜鼓水, 宝塔组之上为龙马溪组, 缺失甚多. 县城西南的文家店瓮溪红岩水库, 发育观音桥层, 是本区该层已知厚度最薄(不足 20 cm)处, 下伏地层为临湘组, 缺失五峰组, 龙马溪组底部为数厘米厚的铁质风化壳^[42]. 据江宗龙记载, 红岩水库旁另一地点则缺失五峰组和观音桥层. 县城西北的鸚鵡溪和东华溪都缺失五峰组上部、观音桥层和龙马溪组底部, 推测本县城周围在两纪交界期间均发育古岛.

(5) 石阡. 县城以北的雷家屯、以西的茨沟及白沙均田坝都发育观音桥层(25 cm~1 m), 夹在临湘组和龙马溪组之间^[42], 此处缺失五峰组. 在县城北约 8 km(龙井)公路西侧, 观音桥层厚度增大(1.9~2.3 m)^[43], 龙马溪组底部发育棕红色铁质风化壳, 其上产 *A.*

ascensus 带的笔石. 白沙筷子山龙马溪组底部也产该带的笔石^[26], 下伏地层为观音桥层, 是否存在间断值得关注.

(6) 印江. 合水杨家寨东南, 五峰组之上缺失观音桥层和龙马溪组底部^[42]; 杨家寨东南约 300 m 小溪边, 龙马溪组底部相当于 *C. vesiculosus* 带, 缺失鲁丹早期地层^[26]; 合水东南小湾的观音桥层呈透镜状, 最厚处超过 2 m, 向旁侧延伸不远即告尖灭^[42], 化石以单调的四射珊瑚为主^[44]. 县城以南缠溪的观音桥层亦呈透镜状, 元坝缺失观音桥层. 周家坝的龙马溪组为中厚层钙质粉砂、细砂岩夹薄层灰岩, 显示近岸浅水、快速沉降的特点. 推测小湾、缠溪和凉水井一带在鲁丹早期也都出现过小型古岛.

(7) 德江. 黄连坝的观音桥层产三叶虫 *Dalmanitina*^[45], 但地层发育情况还不清楚.

(8) 松桃. 陆地坪的五峰组很厚(近 20 m), 顶部 40 cm 和黄巛枫香桥五峰组顶部 25 cm, 均为混合相地层, 产腕足类 *Manosia*, 属于 *D. mirus* 亚带; 观音桥层富含赫南特贝动物群^[29]; 龙马溪组底部厚度增大、岩石颗粒变粗^[46], 最底部依次发育 *A. ascensus* 带和 *P. acuminatus* 带的笔石^[26]. 据贵州省区测队资料, 火烧桥的龙马溪组底部发育中厚层砂质页岩, 表明鲁丹期此处距黔中古陆不远.

(9) 小结. 根据以上 8 个县、28 条剖面资料, 黔东南两系交界地层的特点与黔北北部既有相同特点、又有不同之处. 当观音桥层与龙马溪组之间以假整合接触时, 在野外通常不易观察到, 需要厘米级地逐层采集化石、详细鉴定才能予以识别. 黔东南的地层发育和古地理面貌上复杂多变, 特别是观音桥层分布不均衡(发育时常呈透镜状, 横向展布迅即消失); 而黔北北部的观音桥层的发育则相对稳定, 横向上呈连续展布状. 这些差异很可能是在华南大构造活动背景之下, 黔中古陆以北海域在沉积古地理上的变化产物, 下面还将详细探讨.

2.4 渝东南

渝东南(图 1-D)位于宜昌上升和黔中隆起的波及区之间, 古地理位置很重要. 本文只涉及秀山县, 补充笔者近年考察过的大田坝与妙泉剖面资料.

(1) 2006 年笔者在秀山县城西北约 5 km 大田坝的五峰组顶部采得 *Manosia* 等混合相动物群, 在观音桥层寻获浅水赫南特贝动物群, 龙马溪组底部所产者为

年代地层			生物地层		地区				
系	统	阶	笔石带	沿河县城北	甘溪石场坳	甘溪茶园村			
志留系	三多维列统	鲁丹阶	<i>Coronograptus cyphus</i>	龙马溪组	龙马溪组	龙马溪组			
			<i>Cystograptus vesiculosus</i>						
			<i>Parakidograptus acuminatus</i>						
			<i>Akidograptus ascensus</i>	沿河县境古岛存在期					
奥陶系	上统	赫南特阶	<i>Normalograptus persculptus</i>					?	
			<i>Normalograptus extraordinarius</i>					页岩层	掩盖
		凯迪阶	<i>Paraoithograptus pacificus</i>					观音桥层	
			<i>D. mirus</i>		?				
			<i>T. typicalis</i>	五峰组	五峰组				
			未命名						

图 3 黔东南沿河县境奥陶系-志留系界线地层的发育与古岛屿确认的依据

志留纪最早期的笔石^[42], 说明两系之间为连续沉积。

(2) 2007 年笔者在周志强带领下赴妙泉考察, 在五峰组顶部(距观音桥层底界 7 和 22 cm)黑色碳质泥岩中发现 *Manosia* 混合相化石, 笔石层位不高于 *Tangyagraptus typicalis* 亚带; 观音桥层为深灰色泥质灰岩, 厚 1.33 m, 富产中等分异度的赫南特贝动物群和 *Dalmanitina*; 龙马溪组底部(距底界 3 和 33 cm)黑色页岩中分别产 *Normalograptus avitus*, *N. angustus* 和 *N. avitus*, *N. mirnyensis*, 指示了 *A. ascensus* 带, 此处未见 *N. persculptus* 带的化石, 似与习水、古蔺情况类同。

盛莘夫先生^[21]记载秀山石耶桥南 1 km 和桥西 2 km 平洞溪的观音桥层从 2.7 m 迅速变成 1 m 左右的地层现象, 并认为薄者可能系该层沉积后剥蚀所致。在秀山宋农等地也有缺失观音桥层的情况, 推测赫南特早中期海底不平坦的现象已延展到了渝东南(拟另文叙述)。

3 启示

在年代地层框架下, 将同一时期(时限缩短到 1~2 Ma)区域地质演变史与古地理格局联系起来, 可以使近岸浅海生物相、群落古生态和沉积相、海岸带位置的确定成为可能。

3.1 一个值得思考的问题

在探讨黔中古陆升降背景和控制因素时, 我们立刻联想到这么一个问题: 赫南特最晚期至鲁丹初期本是全球海平面大幅度上升之时, 为什么黔中古陆北缘区非但未被海水淹没、反而隆升成陆并且扩大了呢?

为探讨这个问题, 了解升降前的背景是有益的。凯迪晚期, 扬子陆表海总体处于相对较深水、底域缺氧的环境^[47](BA4-5); 赫南特早中期, 海域水体变浅、水循环和整体环境变得相对正常(BA2-3)^[34,35]。这样的演变可能受控于两种机制: 1) 全球海平面下降(幅度约有 50~100 m)^[34,48]; 2) 黔中古陆北缘抬升。第一种机制是全球性的, 规模宏大, 应该处于主导位置; 第二种则是区域性的, 处于从属位置。

问题在于, 从赫南特晚期起至鲁丹初期全球海平面大幅度上升, 黔中古陆北缘若不抬升, 必遭海水淹没。然而, 情况恰恰相反: 北缘不仅隆升成陆还明显扩大, 近岸海区没有出现黑色笔石页岩, 反而发育单调的浅水壳相生物组合(如五里坡层或少数地点的

龙马溪组底部, 属于 BA2 或 3)。黔中古陆北缘海平面不仅未涨、反而下跌, 足见北缘隆升强势未减、速度甚快, 几乎超过了全球海面上升的速度。这与上扬子其他海域接受同期海侵的现象形成了强烈的反差。

以下事实也为上述假说提供证据。凯迪中期(临湘期), 黔北海域南界曾被推测大致在遵义附近, 但遵义董公寺洞草沟组所产腕足动物组合属于 BA3-4 交界(推测水深约 60~70 m)^[49], 说明当时的海岸线还在遵义以南。至赫南特早中期, 遵义朱家坡的腕足类群落被归于 BA2(推测水深不足 20 m)^[34,35]。可见, 从临湘期到赫南特早中期, 黔中古陆北缘的古地理位置发生明显变化。

3.2 黔东北海域古地理的地史演变

奥陶-志留纪交界期, 黔东北海域古地理面貌发生了如下重要的变化:

(1) 凯迪晚期(=五峰期 W_{1-5}), 海岸带由西向东, 从彝良、毕节北、遵义、湄潭、思南至松桃南通过。五峰早期(W_{1-3})沉积在此带以北海域广布。穆恩之等^[47]为五峰晚期(W_{4-5})提出沿河半岛一名。但本文研究表明, 在该半岛范围内仍可发育连续的两系交界地层, 只是部分海底已起伏不平, 甚至个别孤岛(如沿河、思南、务川附近)业已出现, 但并没有足够的证据表明这些孤岛已经相连成为半岛(图 4(a))。

(2) 赫南特期开始, 全球海平面下降, 使本区呈现向北海退的状况, 唯有黔东北中部海岸带的位置更向南移, 甚至移至石阡县城以南。整个黔东北海域原本并不平坦的海底现出许多个小型古岛, 尽管它们的精确边界尚难划定(图 4(b))。

(3) 赫南特期末(相当于龙马溪组最底部沉积时间)-鲁丹初期, 全球海平面大幅度上升, 黔东北海域与众不同, 出现了以下情况: 一是岛屿数目反而比前期更多, 范围更大(图 4(c)), 二是有些地点在观音桥层沉积期间也可能浮出过水面, 因暴露短暂而未被全部剥蚀。上述讨论说明, 这个时期黔中古陆北缘不仅在继续抬升, 还显著扩大。

(4) 鲁丹晚期, 本研究区广泛接受了龙马溪组黑色笔石页岩的沉积, 推测前期存在的古岛全部消失(图 4(d))。

3.3 黔中古陆北缘上升的基本特征

奥陶纪末赫南特早中期, 黔中古陆西部以北海

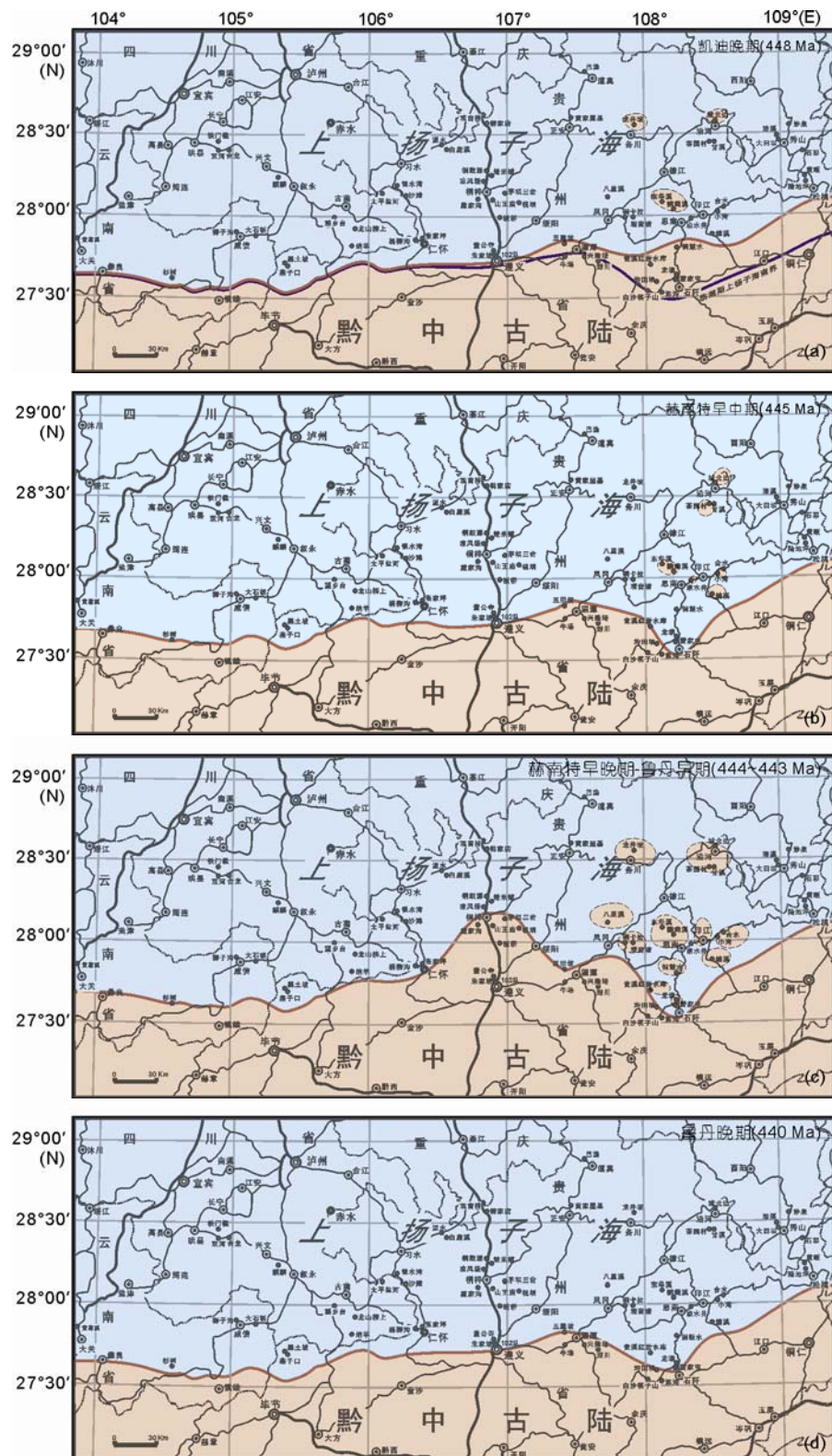


图 4 黔北、滇东北、川南、渝东南奥陶纪凯迪晚期(a)、奥陶纪赫南特早中期(b)、赫南特晚期-鲁丹早期(c)和志留纪鲁丹晚期(d)海陆分布古地理图

域(黔西北、滇东北、川南)沉积的观音桥层, 横向上多均衡展布, 指示海底相对平坦和沉积连续的特点. 黔中古陆正北海域(黔北南部)的观音桥层, 发育普遍, 但厚度变化显著. 黔中古陆以北的东部海域(黔东北、渝东南)的观音桥层, 或呈透镜状, 或缺失, 指示海底凹凸不平、古岛发育的特点.

当奥陶纪最末期 *N. persculptus* 带晚期全球回暖、海面之上, 黔中古陆北缘强烈升降并露出海面. 当时它地处热带-亚热带^[50], 阳光充足、雨水丰多, 无植被覆盖, 先期沉积的观音桥层(厚度多在 0.5 m 之上)若被全部剥蚀也无需很长时间. 黔中古陆北缘升出海面及那些古岛存在的时间长度也许不足 2 Ma^[27], 至 *C. vesiculosus* 带-*P. cyphus* 带时复被海水淹没.

志留纪最初期(即鲁丹早期), 黔东北和黔北的很多地方发生沉积缺失现象, 往北到黔北北部和渝南、向西到黔西北、川南等地, 则多表现为连续沉积.

4 结束语

高精度的地层划分和对比, 使古地理的精时研究,

包括识别黔中古陆北缘升降事件成为可能. 奥陶-志留纪交界期本研究区东部(黔东北、黔北南部、渝东南)、西部(黔西北、滇东北、川南)海域呈现不同的特点. 1) 西部: 临湘期海岸线相对稳定, 五峰期沉积发育完整, 赫南特阶观音桥层横向连续分布, 与龙马溪组之间常为连续沉积, 海底相对平坦, 目前尚未见有古岛的证据. 2) 东部: 临湘期海岸线变化增大、海底开始起伏不平^[51], 局部地区五峰晚期出现个别孤岛; 观音桥层多呈透镜状或缺失, 与龙马溪组之间常有间断, 可能多个岛屿浮出水面; 鲁丹早期全球海面快速上升之时, 岛屿反而出现更多, 充分说明黔中古陆东北缘外海底, 显著起伏不平, 甚至露出海面; 到鲁丹较晚期, 上述岛屿以及该古陆东北缘地区才被海水全部淹没.

为此, 笔者推断: 1) 黔中古陆以北海域的东部和西部的奥陶-志留系分界地层和古地理格局的差异, 在时空上是与湘鄂西的宜昌上升运动有着紧密联系的; 2) 上述研究区东部海域的海底地形和古地理变化, 很可能受控于奥陶纪晚期华南的深部到浅部大地构造活动的制约. 对这个问题的探讨, 笔者拟另文探讨.

致谢 张国伟教授、舒良树教授对本文提出了宝贵的修改意见; 周志强、王成源、张元动、樊隽轩等在野外考察期间给予大力帮助; 何心一教授、焦惠亮教授分别提供思南和松桃的相关资料. 20 世纪 60~70 年代贵州、四川(含重庆)、云南等省地质局区测队完成的部分 1:20 万地质图及其说明书对本文有重要的参考价值.

参考文献

- 1 尹赞勋. 志留纪之中国. 澳大利亚地质学会学报, 1966, 13: 277-297
- 2 Mu E Z, Boucot A J, Chen X, et al. Correlation of the Silurian rocks of China. Spec Pap Geological Soc Amer, 1986, 202: 1-80
- 3 周明魁, 王汝植, 李志明, 等. 中国南方奥陶-志留纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 1993. 111
- 4 刘宝珺, 许效松, 潘杏南, 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1993. 236
- 5 梅冥相. 论“黔中古陆”. 贵州地质, 1994, 11: 199-205
- 6 文玲, 胡书毅, 田海芹. 扬子地区志留纪岩相古地理与石油地质条件研究. 石油勘探与开发, 2002, 29: 11-14
- 7 万方, 许效松. 川滇黔桂地区志留纪构造-岩相古地理. 古地理学报, 2003, 5: 180-186
- 8 Rong J Y, Chen X, Su Y Z, et al. Silurian paleogeography of China. In: Landing E, Johnson M E, eds. Silurian Lands and Seas-Paleogeography Outside of Laurentia. New York State Museum Bull, 2003, 493: 243-298
- 9 刘特民. 黔中何时隆起. 贵州地质, 1987, 4: 65-71
- 10 沈志达, 梅冥相, 曾羽. 贵州太康运动的地层学效应——兼论“黔中古陆”的形成. 贵州地质, 1990, 7: 91-98
- 11 周希云. 对“黔中隆起”的几点初步认识. 贵州工业学院学报, 1990, 19: 78-79
- 12 戴新春, 黄友庄. 刍议黔中隆起及其形成过程中的均衡沉降作用. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 1998, 27: 23-26
- 13 鞠天吟. 黔中隆起之窥见. 贵州地质, 1999, 16: 180-184
- 14 何熙奇, 肖加飞, 王尚彦, 等. 黔中隆起研究. 贵州地质, 2005, 22: 83-89

- 15 周明辉. 论“黔中隆起”的形成与演化. 南方油气, 2005, 18: 6–9
- 16 牛新生, 冯常茂, 刘进. 黔中隆起的形成时间及形成机制探讨. 海相油气地质, 2007, 12: 46–50
- 17 邓新, 杨坤光, 刘彦良, 等. 黔中隆起性质及其构造演化. 地学前缘, 2010, 17: 79–89
- 18 孙云铸. 就中国古生代地层论划分地史时代之原则. 中国地质学会志, 1943, 23: 35–56
- 19 周志强, 周志毅, 袁文伟. 扬子区奥陶纪宝塔组的划分. 地层学杂志, 1999, 23: 283–286
- 20 穆恩之. 论五峰页岩. 古生物学报, 1954, 2: 153–170
- 21 盛莘夫. 中国奥陶系划分和对比. 北京: 地质出版社, 1974. 153
- 22 余开富, 王守德. 贵州南部的都匀运动及其古构造特征和石油地质意义. 贵州地质, 1995, 12: 225–232
- 23 沈建伟, 梅冥相, 曾羽. 贵州加里东运动的地层学效应. 贵州地质, 1987, 4: 461–467
- 24 黄汲清, 尹赞勋. 中国地壳运动命名的几点意见(草案). 地质论评, 1965, 23(Z1): 2–4
- 25 赖才根, 赵国柱, 项礼文. 青海乌兰石灰沟地区寒武、奥陶系新材料. 地质论评, 1984, 30: 311–319
- 26 陈旭, 戎嘉余, 周志毅, 等. 上扬子区奥陶纪-志留纪之交的黔中隆起和宜昌上升. 科学通报, 2001, 46: 1052–1056
- 27 Sadler P M, Cooper R A, Melchin M. High-resolution, early Paleozoic (Ordovician-Silurian) time scales. Geol Soc Am Bull, 2009, 121: 887–906
- 28 金淳泰, 叶少华, 江新胜, 等. 四川二郎山地区志留纪地层及古生物. 中国地质科学院成都地质矿产研究所所刊, 1989, 11: 1–224
- 29 Rong J Y, Chen X, Harper D A T. The latest Ordovician *Hirnantia* fauna (Brachiopoda) in time and space. Lethaia, 2002, 35: 231–249
- 30 穆恩之, 朱兆玲, 陈均远, 等. 西南地区的奥陶系. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 主编. 西南地区碳酸盐生物地层. 北京: 科学出版社, 1979. 108–154
- 31 何心一. 贵州毕节晚奥陶世观音桥层四射珊瑚动物群. 见: 中国地质科学院, 主编. 地层古生物论文集, 6 辑. 北京: 地质出版社, 1978. 1–45
- 32 Rong J Y, Li R Y. A silicified *Hirnantia* fauna (latest Ordovician brachiopods) from Guizhou, southwest China. J Paleontol, 1999, 73: 831–849
- 33 张文堂, 许汉奎, 陈旭, 等. 贵州北部的奥陶系. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 主编. 黔北地层现场会议——贵州北部的古生代地层. 1964. 33–78
- 34 戎嘉余. 上扬子区晚奥陶世海退的生态地层证据与冰川活动的影响. 地层学杂志, 1984, 8: 19–29
- 35 戎嘉余. 生态地层学基础——群落生态的研究. 见: 中国古生物学会, 主编. 中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文集. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1986. 1–24
- 36 Rong J Y. Distribution of the *Hirnantia* fauna and its meaning. In: Bruton D L, ed. Aspects of the Ordovician System. Palaeontological Contribution from the University of Oslo: Universitets Forlaget, 1984, No. 295: 101–112
- 37 张鸣昭, 盛莘夫. 川黔边境的奥陶纪地层. 地质学报, 1958, 38: 326–342
- 38 戎嘉余. 中国的赫南特贝动物群(*Hirnantia* fauna)并论奥陶系与志留系的分界. 地层学杂志, 1979, 3: 1–29
- 39 Zhan R B, Jin J S. Ordovician-Early Silurian (Llandovery) Stratigraphy and Palaeontology of the Upper Yangtze Platform, South China. Beijing: Science Press, 2007. 169
- 40 戎嘉余, 陈旭, 詹仁斌, 等. 贵州桐梓县境南部奥陶-志留纪界线地层新认识. 地层学杂志, 2010, 34: 225–236
- 41 戎嘉余, 詹仁斌. 牛场组-上扬子区南部志留系兰多维列统的一个新地层单位. 地层学杂志, 2004, 28: 300–306
- 42 葛治洲, 戎嘉余, 杨学长, 等. 西南地区的志留系. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 主编. 西南地区碳酸盐生物地层. 北京: 科学出版社, 1979. 155–220
- 43 胡兆珣, 龚联瓚, 杨绳武, 等. 贵州石阡奥陶-志留系分界地层新知. 地层学杂志, 1983, 2: 140–142
- 44 何心一, 陈建强. 黔北晚奥陶世和早志留世四射珊瑚新资料. 古生物学报, 2003, 42: 174–188
- 45 贵州地层古生物工作队. 西南地区古生物图册贵州分册(一). 北京: 地质出版社, 1978. 843
- 46 Chen X, Rong J Y, Mitchell C E, et al. Late Ordovician to earliest Silurian graptolite and brachiopod zonation from Yangtze Region, South China with a global correlation. Geol Mag, 2000, 137: 623–650
- 47 穆恩之, 李积金, 葛梅钰, 等. 华中区晚奥陶世古地理图及其说明书. 地层学杂志, 1981, 5: 165–170
- 48 Brenchley P J. Late Ordovician extinctions and their relationship to the Gondwana glaciation. In Brenchley P J, ed. Fossils and Climate. Wiley: Chichester, 1984. 291–315
- 49 Rong J Y, Harper D A T, Zhan R B, et al. *Kassinella-Christiania* Association in the early Ashgill *Foliomena* brachiopod fauna of South China. Lethaia, 1994, 27: 19–28
- 50 Boucot A J, 陈旭, Scotese C R. 显生宙全球古气候重建. 北京: 科学出版社, 2009. 1–173
- 51 赵明胜, 王约, 陈洪德, 等. 渝南-黔北奥陶系五峰组的同生变形构造及其地质意义. 地质论评, 2010, 56: 174–178