

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

中国东南部白垩系综合地层学研究的新进展

李耀西 汪迎平 丁保良

中国地质调查局南京地质矿产研究所, 210016

内容提要 笔者以盆地分析学、构造-沉积学、事件地层学、层序地层学等多学科手段对中国东南部白垩系进行综合研究,对过去有争议的、特别是关键性的地层问题,从成因机制上进行分析判断,并提出了一些新的看法。研究认为,该区盆地的形成与演化、构造-沉积旋回、地层相序与层序、地质事件等,主要受控于相同的幕式构造运动,是同一诱因形成的、表现形式不同的地质记录,因而彼此间有成因联系和对应关系,可以互相验证和补充,从而达到深化研究的目的。通过对上述手段所获信息的综合研究,对“塘上组”的时代归属、“丽水运动”是否存在、永康群与“天台群”以及方岩组、中戴组、“赤城山组”等类磨拉石建造间的层位关系等有争议的问题提出了新的认识。最后,还提出了中国东南部各省白垩系地层的划分对比方案。

关键词 中国东南部 白垩系 综合地层学 “塘上组” “丽水运动” 类磨拉石建造 层位关系

中国东南部白垩系的研究已有70余年的历史,但由于历来都只靠古生物学和同位素测年,手段有限,遗留问题尚多,浙江省尤甚,研究工作已到了难以深化的地步。近年笔者等在新一轮专题研究中,开展了盆地分析、构造-沉积学、事件地层学和层序地层学等综合地层学研究,旨在开拓思路,多方位获取信息,以期能对过去一些分歧认识,特别是关键性问题,作出正确的判断和提出一些新的看法。

本区白垩系下部为火山岩系;中、上部为沉积岩系,但或多或少地有火山岩夹层。中、下部之间为浙闽运动形成的不整合面所分隔;中、上部沉积岩系被一次区域性抬升运动形成的巨厚的类磨拉石建造一分为二。因此,剖面结构的三分性明显,以致有些论著采用白垩系三分的方案。但因需与国际上白垩系两分的决定接轨,本文仍采纳白垩系两分方案。根据古生物和同位素年龄资料,上、下白垩统的界线划定在类磨拉石建造(方岩组等)的底部。下部火山岩系的时代归属问题,历史上长期存在 J_3 或 K_1 之争,近年已趋向于划归 K_1 ,但不排除寿昌组下部及更老地层属晚侏罗世的可能。

1 盆地分析

幕式构造运动是盆地形成与演化的主控因素,

不同阶段形成不同类型的沉积盆地,因而盆地类型亦隐含着时代的意义,必要时盆序也可以作为层序来对待,有助于疑难地层问题的解决。

早白垩世是火山活动鼎盛期,根据火山活动情况,可以分为始发、高峰和衰竭3个阶段。始发阶段除了正常的沉积岩外,还因火山活动的萌发而具有火山岩夹层,有些地方甚至以火山岩为主,其代表性地层为浙西的劳村组和浙东的大爽组,以及闽、粤、赣等省的同期地层。高峰阶段为主喷发期,岩浆喷溢出来后,由于没有同步沉降的盆地容纳,或容纳量小于喷发量,以致各火山中心喷溢出来的熔岩在填满附近的盆地后,向盆地周围漫溢、流淌;空落相的火山碎屑更是铺天盖地。这些熔岩和火山碎屑互相叠覆,在丽水-政和断裂以东浙闽粤沿海地带连片分布,根本找不到盆地边界,甚至华南陆块和扬子陆块上的“火海”跨越江绍缝合带互相沟通,形成广阔的台型盆地(下文简称“台盆”)。该阶段的代表性地层为浙东的高坞组、西山头组和闽东的鹅宅组、赤水组,及其他同期地层。随后火山活动进入衰竭期,沉积作用局限于一些零星分布的沉积-火山洼地中。作为火山活动的间歇期,初时以沉积岩为主,由于火山尚未休眠,时有喷溢活动,而在中、晚期常出现火山岩段或夹层。本阶段沉积盆地不大,沉积厚度也不大,盆地

注:本文为原地质矿产部地质调查局基础地质专项研究(专题编号 地科专96-31)部分成果。

收稿日期:2000-01-05;改回日期:2000-05-08;责任编辑:王增吉、周健。

作者简介:李耀西,男,1935年生,1958年毕业于中南矿冶学院地质系。现为南京地质矿产研究所研究员,长期从事地层古生物学和沉积学研究。通讯地址:210016,江苏南京市中山东路534号;电话:025-4483533。

类型可称为碟型盆地(简称“碟盆”),与下伏台盆为镶嵌型叠置关系。该阶段地层以浙西的寿昌组和闽东的小溪组为典型。中国东南部各省火山活动高峰阶段地层单元之上,多有一个相当于衰竭阶段的岩组,唯一例外的是广东省。笔者认为,官草湖群建组剖面(揭西官草湖)的盆地类型(碟型火山-沉积洼地)和剖面结构(下段沉积岩,上段火山岩)表明它可能是该阶段的代表。广东省境内图上圈定的官草湖群有多处,但岩性差别很大,未必是同一层位。

近代岩浆岩的研究认为,类似中国东南部白垩纪这种中酸性-酸性的岩浆活动,并非是从深部岩浆源和地幔直接喷出,而是从上地壳的高位岩浆房喷出。早白垩世早期大规模火山喷溢,导致地壳内高位岩浆房卸空,而上地壳却承受着喷溢出来的大量火山物质的静压。早白垩世晚期初,当地球动力学机制从挤压转变为拉张后,白垩纪以前形成的各种方向的断层多被拉开而重新活动,使地壳出现诸多的脆弱面,在火山物质的静压超过地壳承重的临界强度的高位岩浆房上方,就会沿断裂发生断陷,形成断陷盆地。盆地沿断层方向延伸,呈狭长状,为槽型盆地(简称“槽盆”)。囿于成因机制,早白垩世晚期没有形成大型盆地。研究区的槽盆面积多在 500 km^2 上下,是一些小型盆地。

地球动力场的改变在一定区域范围内基本上是同时或准同时的,所以各断陷盆地的形成不管其构造线方向如何,都是同时或准同时的。有的地质工作者认为,由于兰江运动、闽浙运动和“丽水运动”的影响,浙江在白垩纪先后形成过3期构造线方向不同的构造盆地,它们依次是早白垩世(过去划归晚侏罗世)NE向的寿昌型盆地、NNE向的永康型盆地和晚白垩世ENE-EW向的金衢型盆地^①。3种盆地中的地层各组成一个构造亚层。

构造的承袭性是常见现象,断层在其形成之后,时而隐而不露,时而重新活动。中国东南部的断裂系,多是华北、扬子、华夏三大板块在四堡期、晋宁期和加里东期、印支期多次斜向碰撞对接与裂离过程中形成的。笔者(张瑛等,1993)在80年代研究中国东南部石炭纪岩相古地理时,曾研究过该区的同沉积断裂,发现扬子陆块和华夏陆块各有其特定方向的断裂系,以ENE向的江绍缝合带为界,其北的扬子陆块上主要呈NE向,其南的华夏陆块上主要呈NNE向(图1),其中不少形成于石炭纪之前,石炭纪时重新活动而成为控盆同沉积断裂。白垩纪时的控盆断裂也是这些前期的老断裂,而不是闽浙运动和

“丽水运动”形成的“新构造线向”。与其说不同时期形成不同型(方向)的盆地,不如说同一时期在不同地区形成不同型(方向)的盆地更切合实际。所谓“寿昌型盆地”、“永康型盆地”和“金衢型盆地”,即分别沉积了寿昌组、永康群、衢江群及与之时代相当的地层的盆地。“寿昌型盆地”之所以呈NE向,是因为寿昌组只分布于扬子陆块上,那里的控盆断裂系呈NE向;而且这些断裂都不是早白垩世才形成的新生断裂。“金衢型盆地”之所以呈ENE-EW向,是因为它受控于江绍断裂带,该断裂带本来就呈NEE-EW向,它不是“丽水运动”形成的新生的控盆断裂,这是地质界人所共知的事,更何况“丽水运动”根本就是子虚乌有。“永康型盆地”之所以呈ENE向,是因为永康群完全分布于华南陆块上,那里的断裂主要呈NNE向。由此可知,这种“型”是地区性的“型”,而不是时代性的“型”,没有层位高低、时代新老关系。

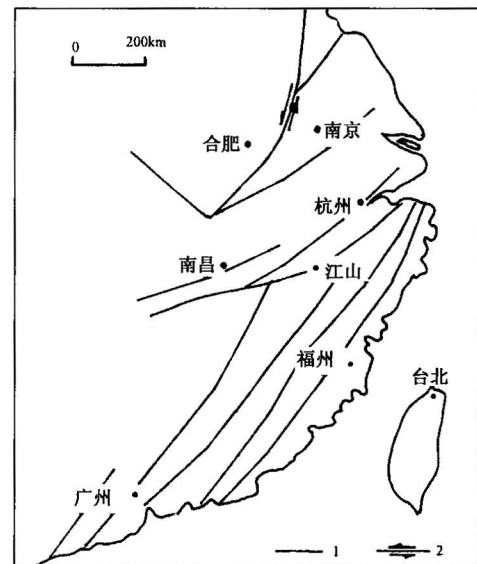


图1 中国东南部陆区石炭纪同沉积断裂系
(据李耀西,1993,简化)

Fig. 1 Sketch map showing Carboniferous synsedimentary fault systems in the continental area of southeastern China (simplified from Li Yaoxi, 1993)

1—石炭纪同沉积断裂; 2—中生代走滑断裂
1—Carboniferous synsedimentary fault;
2—Mesozoic strike-slip fault

晚白垩世初,本区发生重力均衡调整和热沉降作用。由于这两种作用的影响范围都较大,所以形成

① 马武平. 1992. 从浙江中生代晚期三种不同盆地的叠加关系论地层划分的时代归属. 浙江区测, 一、二期合刊.

的盆地面积也较大,称为广型盆地(简称“广盆”)。扬子陆块上的信江盆地和金衢盆地是典型的广盆,面积均在3500 km²以上,几乎是槽盆平均面积的10倍。从中国东部各地情况看,广盆受成因机制的控制,始发于地壳的强烈升降运动,故都从形成类磨拉石建造开始。由于此种沉积建造的堆积速度快,在具晋宁期结晶基底而稳定性较高的扬子陆块上,早白垩世晚期形成的槽型盆地的沉降速度远低于类磨拉石堆积的速度,以致类磨拉石初期在槽盆内充填,整覆于下白垩统上部的横山组之上;随着槽盆被填满和热沉降作用导致广盆的形成而向槽盆外扩展,超覆于早白垩世早期的火山岩系乃至更老的地层之上。这种叠置关系的区域性延伸,就造成广盆披盖型叠置于多个槽盆之上的结果。因而,广盆是槽盆的延续和扩展,而不是因构造迁移而形成的新生盆地(图2)。披盖型叠置的结果,导致广盆中央槽盆没有出露,但广盆边缘却可见槽盆的尾端出现于广盆之外。浙江的金衢盆地正是这种广盆的典型代表,在广盆南缘的金华朱里坞、龙游官头潭、义乌青口等地,均可见广盆底部中戴组类磨拉石建造覆于槽盆的下白垩统之上。赣东北的信江盆地也是一个广盆,但切割较深,盆内已出露槽盆演化阶段的地层。

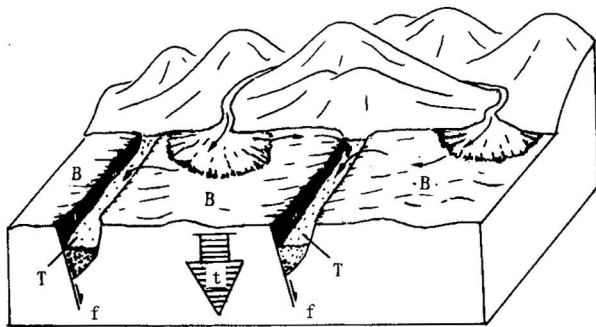


图2 白垩纪盆地演化示意图

Fig. 2 Schematic diagram showing the evolution of sedimentary basins during Cretaceous

T—槽盆(K₁); B—广盆(K₂); f—断陷(K₁); t—热沉降(K₂)
T—Trough-like basin (K₁); B—broad basin (K₂);
f—fault depress (K₁); t—thermal subsidence (K₂)

在华南陆块上,由于加里东褶皱基底的活动性较强和高位岩浆房卸空程度较高,盆地的沉降速度足以容纳地壳均衡调整所产生的类磨拉石建造,所以类磨拉石建造整覆于朝川组之上,其分布范围仍受槽盆控盆断裂所围限,很少见逾越断陷盆地范围现象,而且常常分布于箕状盆地的断陷端,表明盆地沉降中心向控盆断裂的方向转移。广盆与槽盆的分

布范围基本一致,这种关系被称为复合型叠置,说明这是承袭性的构造盆地。

2 地质事件

地质事件的研究是解决区域地层对比问题的有效且简单的手段。地质事件常会形成特征性的沉积记录,它们本身虽无具体的时间概念,却具有等时性,可以成为区域地层追踪对比的标志。不过这种事件必须是能产生大区域乃至全球影响的事件。

白垩纪期间具有大区域影响的地质事件有早白垩世早期的火山事件,早白垩世晚期的断陷事件,晚白垩世的隆升事件和热沉降事件,它们都属地内事件,其所形成的火山岩系、断陷岩套和类磨拉石建造等,均具岩性上的特征性、分布上的广泛性和形成上的等时性,是理想的区域对比标志层。它们都是互有成因联系的、互为因果的继发性事件,因而也隐含着层序先后的意义。

2.1 早白垩世早期火山事件

这是中国东南部地史时期最具特色的事件。由于其连片分布,尽管其发生与发展区域上有南早、北晚的总趋势,但仍不失为一次准同时的地质事件,各省地质工作者对此并无异议。

2.2 早白垩世晚期初断陷事件

事件的物质表现是形成断陷岩套。包括盆地底部的湖泊扇三角洲亚相砾岩段和其上中深—深湖亚相暗色(或杂色)岩段,典型代表是浙东的馆头组。突然的断陷,强化了剥蚀、堆积作用以及断崖滑塌作用,以致在断层湖边、特别是山区河流出口、相当于三角洲位置上形成水下冲积扇相砾岩。此后,由于盆地快速陷落,其速度快于陆源碎屑沉积的速度,湖水越来越深,形成非补偿型的中深—深湖亚相的暗色岩段。这种断陷岩套普遍见于华南陆块下白垩统上部。在箕状盆地的坳陷边上,那里没有与断层有成因联系的湖泊扇三角洲亚相的砾岩,但具有河流相的半韵律沉积岩段,其上仍有快速沉降所形成的非补偿型暗色层。在白垩系红色建造中出现一套黑或绿色色调的岩层,醒目而特征,且层位固定,可以作为下白垩统上部区域追踪对比的标志层。但例外的情况也有,如浙江天台盆地水南-塘上剖面,那里底部有较厚的湖泊扇三角洲亚相砾岩,但其上并非暗色岩段,而是“塘上组”火山岩。缺失暗色岩段的原因是此时这里发生了火山喷发事件。火山物质的堆积速度远高于盆地构造沉降的速度,迅速将湖盆填浅,甚至变为陆地环境,形成熔结凝灰岩,以致这里没有形

成馆头组所特征的中深—深湖亚相暗色岩段,是“塘上组”置代了馆头组的层位。类似情况还见于舒洪盆地的马鞍山剖面、仙人铺剖面 and 壶镇盆地的沈宅剖面。遂昌蕉川剖面的馆头组,其火山岩厚度占该组总厚的96%,与天台水南-塘上剖面的“塘上组”情况相同。由此可见,除了传统认为存在火山岩型朝川组外,还实际上存在一个火山岩型馆头组。它们都是局部性火山喷发事件的产物。

“塘上组”的创立及因而相继创立的“赖家组”、“两头塘组”、“赤城山组”、“天台群”等配套地层名词以及“丽水运动”的“发现”,特别是部分“塘上组”火山岩之下存在的、与火山爆发有成因联系的砾岩,被误认为底砾岩,使有些地质工作者坚信“塘上组”及其上的红层(合称“天台群”)是“丽水运动”之后形成的、层位高于永康群的“新构造亚层”。由于这种认识已载入《浙江省区域地质志》和《浙江省岩石地层》而成为颇具影响的主流派观点,并已被相关地质学科研究所引用,以致将浙江省白垩系研究乃至奠基于综合地层层序之上的整个中国东南部火山旋回、成矿期和地质发展史的研究,都带入了一个短期内难以脱离的误区。因而“塘上组”问题是中国东南部白垩纪地质研究中一个有争议的、关系重大、影响广泛的关键性问题,应引起地质界的高度重视。笔者在最近一轮白垩系专题研究中对之进行了深化研究,其成果将专文论述,本文仅简略地介绍其主要结论。

(1) “塘上组”是浙东下白垩统上部的火山岩夹层,其层位在不同盆地中乃至同一盆地不同喷发中心附近高低不一,从馆头组下部(已如前述)→朝川组下部(天台盆地九里坪剖面和舒洪盆地谢山头剖面)→朝川组上部(舒洪盆地郑坑口剖面)。

(2) “塘上组”底部的砾岩不是底砾岩,而是与火山爆发有成因联系的重力流成因砾岩。火山爆发常有两种前兆,即地震和喷气。火山地震属浅源地震,震级低,但烈度大,破坏力极强,常引起山崩、崖裂,产生大量岩石碎块;火山气体(主要是水蒸汽)爆发时会将顶盖掀起,也形成大量岩石碎块。同时,水蒸汽以立方公里/秒的数量级冲上高空,遇冷凝聚成雨,导致强降水,将各种成因的岩石碎块席卷而下,形成洪暴型重力流沉积而在湖泊中形成厚薄不一的砾岩层,常见者为湖槽型水道亚相重力流砾岩,分布区狭长状。随后堆积的火山碎屑岩,有的分布在重力流流经的地带,其下部有砾岩层,被称为“塘上组”,以前划归上白垩统;有的堆积在重力流分布带外,底部没有砾岩,被称为“小平田组”,以前划归下白垩

统。同一层火山碎屑岩,却分别被人为地划归两个构造亚层。溢流型火山喷发由于喷气强度低,未形成洪暴型重力流,因而熔岩相火山岩系之下亦无砾岩(如缙云谢山头剖面、丽水老竹下桥剖面等)。

(3) 由于“塘上组”层位高低相差大,不是等时的岩层,不宜视作岩石地层单位,应予废弃。由“塘上组”的创立而随后派生的配套名词“赖家组”、“塘上组”和“小平田组”,视其具体层位改称火山岩型馆头组或火山岩型朝川组。“赖家组 a 段”和“两头塘组”实际上是朝川组的同物异名;“赖家组 b 段”和“赤城山组”即方岩组。

闽西下白垩统上部“白牙山组”与“塘上组”有相似之处,其上段火山岩也属火山事件产物,是河流相沉积阶段所形成的火山岩夹层。火山喷发暂时中断了河流相沉积环境;火山停息后,原先的河流相环境恢复和延续,以致火山岩层的上、下均为河流相地层。这种设想导致一个重要结论,即火山岩之上的砾岩并非底砾岩。因此,《福建省岩石地层》的编者认为白牙山组与其上的均口组之间曾发生过一次构造运动,两者为假整合接触关系的论断值得商榷。“白牙山组”亦应在废弃之列。

除此之外,浙东新昌盆地镜岭白垩系剖面馆头组底部扇三角洲亚相砾岩中也夹有60 m 玄武岩。当然,这也是一次局部性火山事件夹层。浙江省区调大队未在玄武岩之上划一个假整合,也未将玄武岩与其下砾岩单独建组,这无疑是正确的。

马武平(1992)宣称在丽水盆地发现“近东西向走向的塘上组,以明显的交角不整合关系,超覆于北东向延伸的朝川组和方岩组层位之上”,因而创建了“丽水运动”,更加强了“天台群”是一个“新构造亚层”的概念,使不明真相者更加相信在永康群之上还有一个白垩纪的“新构造亚层”。俞云文等(1997)^①在进行现场观察后,对“丽水运动”持否定意见。笔者稍后亦到现场考察,完全同意俞氏的认识。马氏所宣称的“方岩组”只是夹于朝川组浅湖亚相粉砂岩中的一层数十米厚的湖槽型水道亚相重力流砾岩,与真正的方岩组无论是厚度、成因和相序上均明显不同。方岩组是厚数百米至约2000 m 的类磨拉石建造,属冲积扇相(旱扇)砾岩,形成于地壳均衡调整作用引起的快速隆升运动过程中。隆升运动有个起始→高峰→弱化的演变过程而相应地出现辫状河亚相→冲

① 俞云文, 1997. 论陆相盆地火山-沉积岩的不整合——兼对“丽水运动”评述. 浙江地质科技情报, 1.

踪的对比标志。后者与下白垩统馆头组暗色岩段宏观上有相似之处,区别在于其下不可能有湖泊扇三角洲亚相砾岩;此外层序不同,它远离下白垩统下部火山岩系,而且处于类磨拉石建造之上。

由上述可知,几个地质事件所形成的特征性岩层,已经组成一个区域地层对比的框架,可以将有争议的地层,按标志层直接往这个地层框架中对号定位。例如浙西层位归属意见分歧较多的横山组,整合于火山事件形成的建德群与均衡调整事件形成的中戴组之间,完全可以确定其为下白垩统上部层位,相当于馆头组与朝川组。但由于扬子陆块有晋宁期结晶基底,比较稳定,盆地沉降速度与陆屑加积速度相当,未形成饥饿盆地,所以未见相应的深湖亚相的暗色层而不具有馆头组的特征。

3 构造-沉积旋回

沉积盆地从其形成到消亡,都在地壳幕式运动的控制下,沿一定方向演化,可分为几个演化阶段,每个阶段有其各自的特点和物质表现,形成一个个客观地反映着古构造环境与古地理环境,在成因上互相联系而又各有特色的、可以在区域上追踪的沉积总体的叠覆,组成若干个构造-沉积旋回。由于构造运动在一定范围内具有同时性或准同时性,因而其形成的沉积旋回、阶段,可以通过其物质表现进行区域追踪对比,并视作同期地层。

白垩系存在4个构造-沉积旋回,除下白垩统下部为火山旋回外,其余为沉积旋回。每个沉积旋回均可分为沉降、稳定、抬升3个阶段,各有其相应的沉积总体,可以在各盆地内追踪到相应的岩石地层单元,从而提高了地层划分对比的分辨率。每个沉积旋回纵向上均出现岩石结构上粗→细→粗,颜色上红→暗(杂)→红,岩相上冲积相→湖泊相→冲积相的旋回性。

第一旋回是火山旋回,时间跨度是早白垩世早期,根据火山活动的情况又可分为始发、高峰、衰竭3个阶段。各阶段特征前文已述,从略。

第二旋回为构造-沉积旋回,从早白垩世晚期初断陷盆地的形成开始,到晚白垩世初冲积扇相砾岩形成结束,时间跨度包括早白垩世晚期和晚白垩世初期。其沉降阶段又分初始充填和快速沉降2个分阶段。前一分阶段的物质表现是底部湖泊扇三角洲亚相(断陷盆地中)或河流相(坳陷盆地中)沉积。后一分阶段是中深—深湖亚相非补偿型暗色岩系。此阶段以浙东馆头组为典型代表。其后构造活动弱化,甚

至趋于平静,进入盆地演化的稳定阶段,盆地沉降速度小于陆源碎屑加积速度,湖盆逐渐淡化,直至填满,处于补偿沉积状态。此阶段以浙东朝川组中、下部为典型代表。早白垩世末期,地壳均衡调整作用启动,地壳开始隆升,进入盆地演化的抬升阶段。抬升阶段又分初始分阶段和高峰分阶段。初始分阶段由于地壳开始抬升,切割和剥蚀作用逐渐强化,形成辫状河亚相半韵律沉积,其典型代表是浙东朝川组上部地层;高峰分阶段是强隆升、快剥蚀阶段,形成巨厚的冲积扇相地层,处于超补偿沉积状态,其典型代表是浙东的方岩组下段。本旋回各阶段在各省形成的地层如表2所列。

第三、四旋回为构造-沉积旋回,都发生在晚白垩世,第四旋回延入古近纪。由于这两个旋回的沉积均形成于热沉降作用形成的坳陷盆地中,且均衡调整作用已经弱化,所以旋回之初没有湖泊扇三角洲亚相砾岩,旋回之末没有冲积扇相砾岩而不同于第二构造-沉积旋回。由于后期剥蚀,第三、四旋回残缺不全。

4 层序地层

陆相盆地的形成、演化及各级层序、层序界面的形成与叠覆关系主要取决于幕式构造运动,而不是全球性的海平面变化。因为构造运动在全球范围内的不同步性,决定了陆相地层不可能建立起全球性的层序地层系统,而只有区域性的等时意义。

笔者发现浙、闽、赣地区白垩纪各陆相盆地具有相序的共同性和盆地演化的准同时性,究其原因都是受同一个幕式构造运动的控制,构造-沉积旋回各阶段的沉积总体,大致上与层序地层学中的沉积体系域相当,而三级层序与构造-沉积旋回基本相当,有条件建立起区域性的层序地层系统,湖泊相地层层序与海相地层层序有较强的对应性,尤其如此。

下白垩统下部是火山岩系,无法进行层序地层学的研究。

早白垩世馆头早期地层在断陷盆地中为湖泊扇三角洲亚相砾岩,在坳陷盆地中为河流相半韵律沉积层。这套冲积层本文称之为初始充填体系域,为初始充填阶段的沉积,它与海盆层序中的低水位体系域相当,但此时尚未形成覆水盆地。随着盆地沉降和汇水,形成覆水盆地,进入湖扩展阶段,形成了与海盆中海侵面相应的湖侵面及其上与海侵体系域相当的退积型的湖扩展体系域(或称湖侵体系域),相当于馆头组中部层位。湖侵面成了进积与加积作用的

表 2 中国东南部白垩纪地层划分对比表

Table 2 Division and correlation of Cretaceous strata in southeastern China

构造-沉积旋回			事件	盆地类型	层序地层		扬子陆块				华南陆块				地区/地层/时代							
旋回	阶段	沉积相			层序	体系域	赣东北	浙西	浙东	闽西	广东	闽东	地区	地层	时代							
4	稳定	湖泊	热沉降	广盆	湖扩张	莲荷组	桐乡组	上部				上湖组	坪岭段	上部	石牛山组	上段	马斯特里赫特期 (Maastrichtian)	K ₂				
	沉降	辫状河			初始充填		下部							下部								
	3	抬升			准曲流河	4	冲积	主群	衢县组					上部					淡水段		下段	赛诺曼期 (Cenomanian)
		稳定			湖泊	3	湖萎缩 湖扩张	峰群	塘边组	衢江组	金华组	方岩组	上段	赤石组					中部	南雄组		
2	沉降	辫状河	隆升	槽盆	2	洪积	河口组	上部						大风段	上部	石帽山群	阿尔必期 (Albian)	K ₁				
	抬升	冲积扇 辫状河			1	冲积	周家店组	上部	横山组	永康群	朝川组	上部	沙县组	上部	叶塘组							
	稳定	滨浅湖			湖萎缩	中部	馆头组	中部			均口组	中部	合水组									
	快速 沉降	中深湖 扇三角洲			湖扩张	下部	下部	下部			下部											
1	衰竭	火山	断陷	碟盆 台盆	1	初始充填	冷水坞组	上部			磨石山群	九里坪组	吉山组	高基坪群		小溪组	上部	巴列姆期 (Barremian)	贝里阿斯期(?) Berriasian(?)			
	高峰				鹅湖岭组	中部	茶湾组	坂头组	下部	下部		下部	下部									
	始发				打鼓顶组	下部	西山头组	下渡组	高坞组	园盘组		赤水组	鹅宅组									
					劳村组	下部	大爽组	园盘组	长林组													

分野面。在湖扩展体系域中,由于加积的速度逐渐低于构造沉降的速度,变成饥饿盆地,形成一套暗色地层,其中含有机质很高的黑色页岩,代表最高水位时形成的凝缩层。由于古气候和构造因素的影响,引起水位的波动,这种页岩多次再造,形成一个凝缩段。向湖泊边缘带追索,凝缩段逐渐地隐蔽于滨浅湖亚相的红层中。其后由于地壳活动渐趋稳定,加积的速度逐渐大于湖盆的沉降速度,使湖盆逐渐浅化,进入湖萎缩阶段,在凝缩段之上形成与海盆中高水位体系域相当的湖萎缩体系域(亦可称之为高水位体系域或湖退体系域),直至湖盆填满封闭。湖萎缩体系域包括馆头组上部和朝川组中、下部。一个湖泊相层序即告结束。

随着均衡调整作用的启动和强化,在湖泊相层序上叠置了一个隆升起始分阶段形成的冲积体系域(相当浙东朝川组上部)和隆升高峰分阶段形成的洪积体系域(相当浙东方岩组下段)。白垩纪第二个构造-沉积旋回至此结束,它包括了2个层序和5个沉积体系域。这些有序叠置的层序在中国东南部各省的

各盆地中可以进行区域追踪,组成一个等时的层序地层格架。第二旋回的时间跨度约为28 Ma(86~114 Ma),层序地层学的分辨率达到平均5.6 Ma的精度,与同期海相白垩系相比,分辨率要低得多,但与生物地层相比却高出几倍,甚至比上石炭统蜓带的分辨率还略胜一筹。晚白垩世包括第三旋回和第四旋回的前半部,层序和体系域的划分与第二旋回相似,但没有洪积体系域。沉积体系域与构造-沉积旋回的对应关系如表2所列。

浙江省向来是东南沿海诸省白垩系研究的重点区,科研、教学、生产部门曾组织过多轮的专题研究,积累了大量古生物和同位素年龄资料。但由于古生物群产层分布的局限性,分辨率也较低,而同位素年龄值准确度欠佳,以致在解决一些疑难地层问题上处于低能状态。更因对“塘上组”的真相、特别是湖槽型水道亚相砾岩的认识失误,导致浙江省白垩系层序的极度混乱,比相邻诸省都多出一个构造亚层。

根据综合地层学研究的认识,本文所作中国东南部陆区白垩系的层序和区域对比方案(表2),与

闽、赣、粤诸省主流派基本一致,但与浙江省主流派的认识有重大分歧(表1)。孰是孰非,有待同行们进一步工作鉴别。为了开拓思路,广集信息,笔者在常规学科之外、前人研究本区白垩系时未曾涉足的学科领域中探索,特别是从成因机制的研究深度入手,对一些争议最大的地层问题进行了多学科综合地层学研究,并提出了一些与传统观念和当代主流派观点不同的新认识。这些新认识也许有助于中国东南部、特别是浙江省白垩系有争议地层问题的解决,无疑,也需在再实践中检验和完善。

参 考 文 献

- 马武平. 1994. 论浙江中生代晚期地层划分. 地层学杂志, 18(2): 91~101.
- 张瑛, 李耀西, 陈宏明, 等. 1993. 中国东南部石炭纪沉积地质及矿产. 北京: 地质出版社.
- 福建省地质矿产局. 1997. 福建省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 广东省地质矿产局. 1989. 广东省区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 江西省地质矿产厅. 1997. 江西省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 浙江省地质矿产局. 1989. 浙江省区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 浙江省地质矿产局. 1996. 浙江省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.

References

- Ma Wuping. 1994. Division of Late Mesozoic strata in Zhejiang. *Journal of Stratigraphy*, 18(2): 91~101 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Ying, Li Yaoxi, Chen Hongming, et al. 1993. Carboniferous sedimentary geology and mineral resources of southeastern China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Fujian Province. 1997. Multiple classification and correlation of the stratigraphy of China (35), Stratigraphy (lithostratic) of Fujian Province. Wuhan: China University of Geoscience Press (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangdong Province. 1989. Regional geology of Guangdong Province. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Jiangxi Province. 1997. Multiple classification and correlation of the stratigraphy of China (36), Stratigraphy (lithostratic) of Fujian Province. Wuhan: China University of Geoscience Press (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Zhejiang Province. 1989. Regional geology of Zhejiang Province. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Zhejiang Province. 1996. Multiple classification and correlation of the stratigraphy of China (33), Stratigraphy (lithostratic) of Zhejiang Province. Wuhan: China University of Geoscience Press (in Chinese).

New Advances of the Study of Cretaceous Strata in Southeastern China Based on Comprehensive Stratigraphy

LI Yaoxi, WANG Yingping, DING Baoliang

Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing, 210016

Abstract

Some problems of Cretaceous strata in southeastern China especially the key horizons which are still in controversy were studied based on comprehensive stratigraphy including basin analysis, tectono-sedimentology, event stratigraphy and sequence stratigraphy, and some new understandings were put forward through synthetic analysis and judge on their genetic mechanism. It is recognized that the formation and evolution of basins, tectono-sedimentary cycles, sedimentary facies sequences and stratigraphic sequences, geological events are mainly controlled by the same episodic tectonic movement, so all of them are the geological records resulting from the same cause and expressed in different styles. There are close genetic connections and corresponding relationships among them and can be examined and complemented by each other, thus deepening relevant studies. New ideas about the following problems were proposed: the age of "Tangshang Formation", the existence of "Lishui Movement", the horizontal relationship between Yongkang Group and "Tiantai Group", as well as among the molassoid formations such as Fangyan Formation, Zhongdai Formation and "Chichengshan Formation". Eventually, a regional correlation scheme of Cretaceous strata in southeastern China was suggested.

Key words: southeastern China; Cretaceous; Comprehensive stratigraphy; "Tangshang Formation"; "Lishui Movement"; horizontal relationship among molassoid formations