

华东地区早—中三叠世海相地层划分和对比

童金南

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉 430074

摘 要: 华东地区三叠纪海相沉积仅存在于早—中三叠世时期。它们既是区域构造控盆沉积作用下的产物, 也能够反演区域印支构造运动的作用型式和演变历程。华东地区的海相三叠系可以划分为 2 个地层区和 6 个地层分区。各地层分区内的地层序列可以按照地层的时间属性和连续的空间沉积古地理分异, 整合为一套统一的岩石地层单元, 仅局部岩相差异较大的地质体可采用单独的地层名称。借助于生物和环境事件标志, 可以进行区域地层对比。地层序列的时空分异表明, 印支构造运动的第一幕或序幕可能始于早三叠世晚期, 这时在扬子地块的北部已与华北地块对接形成一系列局限的次级边缘海盆, 并于最后于中三叠世晚期彻底关闭; 与此同时, 扬子地块南缘与华夏地块之间也于早三叠世晚期逐步被挤压变陡, 形成台-坡-盆沉积体系, 并且于早三叠世末被关闭, 从而在中三叠世形成统一的沉积盆地。

关键词: 海相三叠系; 地层划分和对比; 地层分区; 印支运动; 华东地区

中图分类号: P534.51; P539.2 **文献标志码:** A **doi:** 10.3975/cagsb.2015.05.05

Division and Correlation of Marine Lower–Middle Triassic Strata in East China

TONG Jin-nan

*State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences(Wuhan),
Wuhan, Hubei 430074*

Abstract: Marine Triassic sedimentation of east China occurred only in the Early-Middle Triassic time. The marine Lower-Middle Triassic successions not only are the depositional products in the sedimentary basins controlled by the regional tectonism but also represent the tectonic pattern and process of the Indosinian movement in the region. The Triassic strata of east China can be divided into two stratigraphic regions and six stratigraphic subregions. The stratigraphic sequences within each stratigraphic region can be unified into a uniform lithostratigraphic system according to the time attribute and lithofacies paleogeographic affiliation of the stratigraphic units, except for some specific geological bodies of quite distinctive lithofacies that can be separately named. The lithostratigraphic sequences can be well correlated on the basis of the integrated study of some characteristic paleontological and environmental events. The spatial and temporal variation of stratigraphic sequence indicates that the first episode or prologue of the Indosinian movement should have taken place in the late Early Triassic period, which resulted in the formation of a series of secondary marginal seas in the northern part of the Yangtze block due to its suturing with the North China block after that time, and the suture zone was finally closed in the late Middle Triassic. In the meantime, the southern margin of the Yangtze block became steepened to form a platform-slope-basin sedimentary system during the late Early Triassic with the compression of the Cathaysia block, and the deep basin was finally closed at the end of the Early Triassic, whereas united clastic sedimentary basins across the blocks occurred in the Middle Triassic.

Key words: marine Triassic strata; stratigraphic division and correlation; stratigraphic regionalization; Indosinian movement; east China

本文由国家自然科学基金(编号: 41272372; 41172312)资助。

收稿日期: 2015-04-16; 改回日期: 2015-06-11。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 童金南, 男, 1962 年生。博士, 教授。主要从事二叠纪—三叠纪古生物学和地层学研究。通讯地址: 430074, 武汉市洪山区中国地质大学地球科学学院。E-mail: jntong@cug.edu.cn。

华东地区跨越华夏、扬子和华北三大构造板块,三叠纪海相沉积物是其在海西—印支构造运动作用背景下形成的特殊沉积产物。因此,华东地区三叠纪海相地层记录是揭示区域海西—印支构造运动作用形式及重建华夏和扬子地块与华北地块拼合过程的关键素材(Shu et al., 2008)。但是,跨越两个重大构造带的海盆闭合不仅使得区域沉积盆地的空间分异复杂,而且在时间上沉积体系和地层结构变化快速,因此给区域地层划分和对比工作提出重大挑战。另一方面,三叠纪初正处于地球历史上最大生物大灭绝后的生态恢复期。由于这一时期十分异常的海洋环境条件,使得三叠纪的生物复苏过程极为迟缓,因而整个早三叠世的海洋生态系统十分萧条,海洋沉积作用和沉积物也十分不同于正常时期的地层记录(Knoll et al., 2007)。这些也为区域地层学研究提出了新的挑战。然而,华东地区却是当前国际上三叠纪初地层学研究最为经典和最受关注的地区。因为作为国际二叠系—三叠系界线定义标准的全球年代地层界线层型剖面(俗称“金钉子”)就位于本区的浙江北部长兴煤山(Yin et al., 2001);该区域北部的安徽巢湖还拥有下三叠统印度阶—奥伦尼克阶界线的“金钉子”候选剖面(Tong et al., 2003),而且巢湖地区的下三叠统也是当前国际上研究最为经典的地层序列之一(Tong and Zhao, 2011)。中国三叠纪年代地层表中,下三叠统两个阶(印度阶和巢湖阶)的定义层型剖面也分别来自于本区的浙江煤山剖面 and 安徽巢湖剖面(童金南等, 2015)。因此,该区域三叠纪初海相地层研究具有良好的基础,也是国际上同期地层学研究工作的中心区域之一,开展本区早—中三叠世海相地层划分和对比研究具有十分重要的科学研究和生产应用价值。

1 华东地区海相三叠系分布及地层分区

受印支运动的影响,华夏和扬子地块在中三叠世后期与华北地块完全缝合,也使得海水完全退出华东地区。因此,本区的海相三叠系仅有下三叠统和中三叠统部分地层,而且下三叠统分布较广,中三叠统则逐步萎缩到一些局限盆地中,并最终演变为海陆过渡相及陆相沉积物。总体来看,海相三叠系在华东地区扬子地块和华夏地块上广泛分布,占据了苏南、皖南、江西全境、浙西北、闽西南和粤东北的主体部分(图 1)。不过,由于印支运动后的区域抬升及更晚期的构造变形作用,使得该区域的海相三叠系在大部分地区沉积记录不完整(或当时的沉积缺失,或为后期剥蚀)。当前本区保存比较完整

且成片出露的海相下—中三叠统主要位于当时的两个构造活动带或由板块构造拼合而产生的次生板缘沉降区域。一是扬子地块北缘的长江沿岸地区,它们是扬子地块与华北地块拼接的陆缘海及随后产生的边缘次级海盆;另一地区是华夏地块与扬子地块的接合带钦(州)杭(州)断裂带(绍兴—江山—东乡—萍乡断裂带)形成的赣中裂陷盆地。此外,闽西南、赣南和苏南地区一些板内构造裂陷带也保存有较完整的海相三叠纪沉积记录,只是部分地区可能受后期隆升剥蚀的影响,地层记录保存不全。唯闽东—浙东南华夏古陆区不仅没有三叠纪沉积作用,而且古陆可能扩大到闽西北和浙南地区,并且为其周缘地区提供了丰富的陆源物。此外,这一时期在扬子地块南缘的赣北和浙东北地区可能至少是一个水下隆起区,其也对区域海盆分异和沉积作用产生了重要影响。

纵观全区三叠纪沉积物和地层的时空分布特点,可以明确地追寻到区域构造体系的空间格局和历史演变历程。区域构造古地理分异和沉积体系的差异演变,产生的沉积地层记录形成了不同的区域地层分区。根据区域地层结构的差异和沉积相分化,可将研究区划分为 2 个地层区和 6 个地层分区(图 1)。其中扬子地层区和华夏地层区的区域分布与其相应的板块格局一致,以钦杭断裂为界,其沉积和地层结构差异是显著的。总体面貌上,扬子地层区以碳酸盐岩和细碎屑岩沉积为主,而华夏地层区则主体为碎屑岩沉积。这种沉积组分的差异,在早三叠世时期最为明显,华夏古陆的粗碎屑物基本没有能够直接到达扬子地层区。但中三叠世后,两地层区的差异逐渐消失,粗碎屑沉积物逐步向北扩展到扬子地层区。其原因可能有二,一是两个地块完成拼合,碎屑沉积盆地由华夏地层区向扬子地层区扩展,因而地层区的界线北移;另一种情况是扬子地块与华北地块对接后发生局部差异隆升,形成的前陆盆地被周缘碎屑物填充,甚至晚期的碎屑物可能有来自华台地块。

在两个地层区内,各地层分区之间的地层序列大同小异,且沉积相分异和沉积体系演变密切相关。地层分区的分划主要与区域构造古地理分异和演变过程有关;也与其初始沉积基底,即二叠纪末期的沉积古地理有一定的联系。在扬子地层区,地层小区的展布主要与扬子地块和华北地块对接带的走向一致,从北往南沉积相逐步由深变浅,大体上可划分为巢湖—含山地层分区、南京—安庆—黄石地层分区、常州—泾县—修水地层分区和湖州—黄山—高安地层分区。但湖州—黄山—高安地层分区

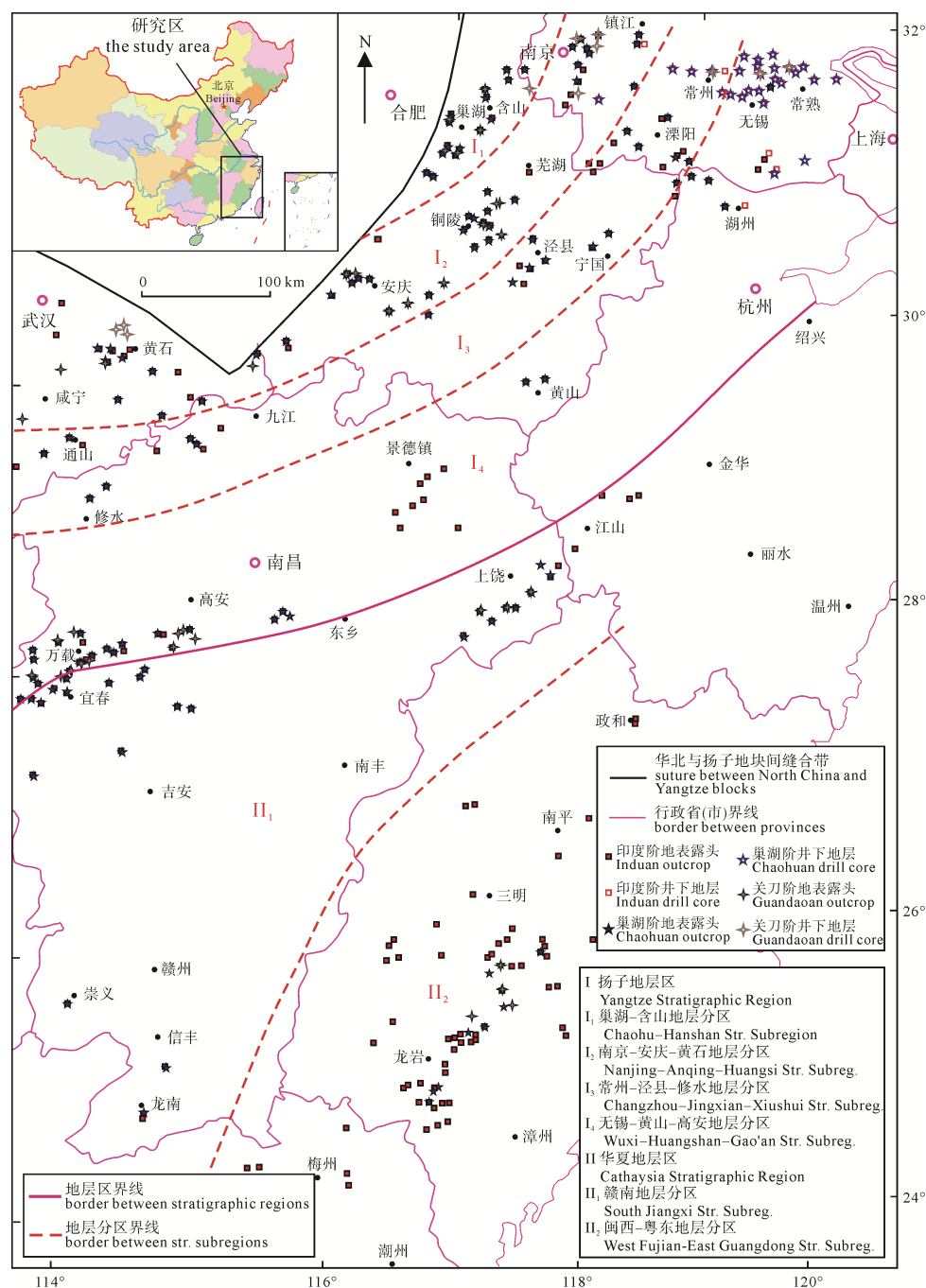


图1 华东地区海相三叠系各时期地表和井下地层分布及地层分区图

Fig. 1 Distribution of the marine Triassic outcrops and drilling sites and the stratigraphic regionalization in east China

的沉积相及地层序列也受到扬子地块与华夏地块对接带的构造古地理演变控制,并且它与北面的3个地层分区之间可能还有一定的阻隔,如赣中北地区的所谓“江南隆起”和苏南二叠纪末期的“江阴—广德古岛”。在华夏地层区,地层分区的展布主要与华夏古陆物源区及其与扬子地块之间的对接带走向有关,但可能与后期剥蚀作用有关,其大部分地区保留地层十分零星,因此只能大致区分为两个地层分区,即闽西—粤东地层分区和赣南地层分区,前者主体可能为台内裂陷盆地沉积,而且后者为古陆边缘—外侧盆地沉积。

扬子地层区内各地层分区的海相三叠纪地层序列主体以碳酸盐岩和泥质岩为主,其底部一般都有显著的二叠系—三叠系界线“过渡层”。该“过渡层”无论在岩相上还是在化石组合上都表现出特征性的二叠纪—三叠纪的时代过渡色彩(殷鸿福和吴顺宝, 1985)。唯在少数二叠纪末期极浅水相(如长兴期礁相)或古隆起区,该“过渡层”全部或部分缺失,如江苏无锡嵩山、安徽广德牛头山、江西乐平沿沟、湖北通山新桥等地。“过渡层”之上,除极少数地区(如无锡嵩山)外,全区基本上都接受以泥质组分为主的低能细碎屑岩和碳酸盐岩混合沉积物。因而印

度阶下部大多数地区以泥岩、泥灰岩或薄层泥岩与泥灰岩交互层为主体, 仅在较浅水地区灰岩占比较高。往上灰质组分逐渐增多, 泥质组分相对减少, 并且在各地层分区逐步发生沉积序列分化。

在巢湖—含山地层分区, 最显著的特点是沉积物中泥质组分含量相对其他地层分区明显偏高, 且地层厚度相对较小。印度阶主体为泥岩和钙质泥岩与薄层灰岩密集互层, 有时呈现为“似瘤状灰岩”。泥与灰质组分具明显的旋回性。巢湖阶(对应于奥伦尼克阶)下部(Smithian 亚阶)以极薄层灰岩与钙质页岩交互或“似瘤状灰岩”为主, 富含分散和草莓状黄铁矿; 上部夹中层状泥晶灰岩, 总体地层厚度也相对较小。巢湖阶上部(Spathian 亚阶)主体为瘤状灰岩和灰-深灰色泥晶灰岩间夹钙质页岩, 上部灰岩常含沥青质, 总体地层厚度也较小。关刀阶(对应于安尼阶)以白云质灰岩和白云岩为主, 夹盐溶角砾岩; 底部还常见重力流滑塌角砾岩和滑动变形构造。本地层分区关刀阶保存不全, 上覆未见连续的新铺阶(对应于拉丁阶)碎屑岩地层。该地层分区下三叠统产化石十分丰富, 其中巢湖剖面早三叠世生物地层序列比较完整, 具有区域乃至全球可对比性, 并且其中部分牙形石带成为国际地层对比参考标准(Tong and Zhao, 2011)。本分区中三叠统中尚未发现具有确切地层学意义的化石。

在南京—安庆—黄石地层分区, 泥质沉积组分仍占有相当比重, 其印度阶与巢湖—含山地层分区基本一致, 唯灰质组分稍有增多, 且由泥岩和灰岩组成的旋回性特征更加明显, 旋回层厚度增大。但“似瘤状灰岩”明显减少。巢湖阶下部泥质组分减少, 但仍是其中显著组分, 故常形成泥质条带状灰岩; 往上灰岩占据主导, 但仍以薄层灰岩夹钙质页岩为主, 且地层厚度明显较北侧的巢湖—含山地层分区大得多。在西部的黄石—咸宁地区, 泥质组分相对更少, 以厚度较大的薄层灰岩为主, 且常见风暴沉积构造。巢湖阶上部以中-厚层灰岩为主, 泥岩相对很少。其底部常见特色的瘤状灰岩层, 上部则发育蠕虫状灰岩和鲕状灰岩; 在西部的黄石—咸宁地区还出现白云质灰岩和白云岩层。关刀阶为典型的半闭塞-闭塞蒸发盆地沉积, 发育白云岩、盐溶角砾岩和膏盐沉积。其上部在许多地区还发育重力流滑塌沉积角砾岩及相关变形构造(董树文等, 1994)。新铺阶主体为碎屑沉积物, 且早期为含海相化石的海陆过渡相, 随后迅速转变为仅含植物或淡水化石的河湖相沉积粗碎屑岩地层。本地层分区印度阶和巢湖阶底部化石比较常见, 可以进行区域和全球对比; 巢湖阶上部和中三叠统海相地层中化石比较稀

少, 且主要为一些地质时限跨度比较大的双壳类, 因此其精确定时比较困难, 但也能大致对比其地质时代。

在常州—泾县—修水地层分区, 泥质组分明显减少, 下三叠统下部主体为灰岩, 上部含有较多白云质灰岩和白云岩。印度阶除底部有泥岩和钙质泥岩层段外, 主体为薄-中层灰岩; 巢湖阶下部主体为薄层灰岩, 局部发育条带状灰岩; 巢湖阶上部主体为厚层灰岩、蠕虫状灰岩和各类浅水相特征性的灰岩, 如鲕状灰岩、风暴砾屑灰岩和白云岩等, 尤其在西部通山—修水地区有较多白云质灰岩和白云岩。关刀阶及之上地层在本地层分区保存很少, 仅在少数地区见有盐溶角砾岩。本分区化石比较少, 主要见于三叠系近底部泥质岩地层中, 其他地层中产有一定量的牙形石, 但研究工作相对较少, 因此地层对比工作主要依据区域沉积相分异特征和与相邻区域沉积地层对比。

在湖州—黄山—高安地层分区, 下三叠统以碳酸盐岩为主体, 浅水沉积标志较丰富, 泥质组分相对较少, 且主要集中于三叠系底部, 上部含较多白云质或白云岩。因本区域位于扬子地块的南侧, 因此其沉积演变发展史与华夏地块存在重要联系。不过, 在东部的湖州—无锡地区, 因其东侧同期地质记录缺失, 因此其与华夏地块之间的接触关系尚不清楚。已有地层记录表明, 至少在早三叠世时期, 还没有来自于华夏区的碎屑沉积物, 而且在古地理上也还没有钦杭断裂带的沉积记录; 中三叠世保存和揭示的地层记录分布范围十分有限, 仅见于无锡和常熟地区个别钻孔中。为关刀期红色碎屑灰岩和白云岩, 夹鲕粒和石膏, 系盐滩相沉积(陈楚震等, 1988)。往上地层记录缺失。中部黄山—景德镇地区仅有早三叠世早期沉积, 且主要为浅水相碳酸盐沉积, 泥质组分少, 往上地层缺失。西部的上高—万载地区, 早三叠世早期以泥质沉积为主。但早三叠世晚期迅速演变从碳酸盐台地经台缘陡坡到盆的台缘沉积体系, 从而在台上形成以白云岩占主导的浅水局限台地相碳酸盐沉积; 台缘为厚度较大的富碳酸盐岩角砾的台缘楔状体(何伟相等, 2014); 盆地相以碎屑沉积占主导, 属于华夏地块北缘赣南地层分区的一部分。中三叠世盆地迅速转为滨海相碎屑沉积, 可能开始接受来自华夏古陆的陆源物。

华夏地层区内各沉积区的地层以碎屑沉积为主, 碳酸盐沉积物一般较少, 且主要位于下三叠统下部(印度阶)。但在晚二叠世长兴期碳酸盐台地相地区, 下三叠统也含有相对较多的碳酸盐岩。在闽西—粤东地层分区, 下三叠统下部主体为灰绿色砂

泥岩,夹少量灰岩,上部主体为紫红色杂砂岩;在下部地层中有时还与热变质作用有关(或与火山沉积作用有关)的条带状角岩,甚至个别地区夹有火山安山岩(如政和)。中三叠统仅见于漳平—大田一带小区域范围内,以滨海到海陆交互相的杂色碎屑岩为主。三叠系底部双壳类和菊石化石比较丰富,且“过渡层”发育较好,与二叠系呈显著的岩性和生物过渡关系(黄今,1982;梁诗经,2007)。下三叠统除底部产菊石外,主要化石为双壳类,但中三叠统中仅见有少量植物化石。

赣南地层分区海相三叠系保留地层露头比较分散,比较集中的是位于该区北部与扬子地层区交接部位。一是东部的上饶—江山地区,下三叠统主体为砂泥岩,中部夹灰岩。上部含较多紫色杂岩,但分布范围明显缩小。中三叠统分布范围进一步缩小到上饶—铅山一带,仅保存有关刀期的杂色浅海—滨海相砂泥岩。另一个海相三叠系集中分布区是西部的宜春—萍乡地区,下三叠统以碎屑岩为主,中部夹灰岩,上部与其北侧的高安—万载地区的台坡体系一起,构成其盆地碎屑岩相的延伸部分。但可能由于后期华夏地块与扬子地块拼合的构造破坏有关,盆地相区保留范围有限(也或与其南侧地区地层构造剥蚀有关)。赣南其他大部分地区海相三叠系保留露头十分零星,仅见于崇义、信丰、龙南等局限地点,仅存下三叠统,砂泥质碎屑岩为主,夹少量灰岩。本地层分区以双壳类化石为主,底部也有二叠系—三叠系界线“过渡层”化石群(孙存礼,1988),下部产少量菊石,中统除底部产有双壳类外,也见有少量植物化石。这些化石可以对各层段地层的地质时代大致限定,但精确年代地层划分和对比尚有困难。

此外,粤东北部的梅州地区,也零星出露少量海相下三叠统,其主体也以碎屑岩相为主,但局部地区(如丙村、明山嶂一带)灰岩占主体,且时有鲕状灰岩(如兴宁黄泥坪),因此与闽西地区分区的情形较为接近。

2 华东地区海相三叠纪岩石地层划分

华东地区海相三叠系在各个地层区内地层序列基本一致,明显大于其在内部各个地层分区的空间分异,因此除少数特殊的局域性构造和沉积古地理差异导致的地层序列变化外,全地层区基本可以采用同一套地层划分方案(图2,3,4;各组名称后括号内的组名为地方性使用地层单元名称,可作为同义名)。另一方面,虽然一般说来岩石地层单元具有穿时性,因此在精细的地层学研究中一般不能单以岩石地层单元作为时间地层格架。但是,在岩石地层学研究中也必须重视其时间属性特征,其对岩

石地层的影响甚至不亚于岩性本身的特征性变化,因为地质时间也在一定程度上影响甚至决定了地层的沉积岩性特征。否则,一个岩石地层单位在理论上是应该穿越了所有地质年代。事实上,随着地质时间的演变,岩石地层属性特征也跟着发生了改变。因为随着地球历史的发展,地球环境也在演变,因而导致沉积物质也随时间在改变。因此岩性在一定程度上也具有了时间特性,这也是为什么三叠纪的灰岩与二叠纪或石炭纪的灰岩是不同的,一般有经验的地质学者在野外一眼就可以分辨出来。同样地,生物也是岩石地层的重要属性特征,且不说一些特征性的生物成因的岩石,生物与环境本就是一对共同体。生物不仅与沉积体一样适应和反馈了环境,而且其生命活动(和沉积作用)也能够改造环境。因此生物与沉积物也是紧密联系的,生物也是岩石属性的重要组成部分,在岩石地层划分中不应该排斥生物标志,有时可能还会起到更重要的作用。

华东地区由于各行政区同时开展区域地质调查和相关研究工作,因而形成了多套地层划分方案。虽然后期进行过多次交流和协调,但至今未能形成统一为大家接受的方案。本文目的不在于澄清各区域地层划分方案之间的优劣,而旨在建立各区域地层系统之间的联系。

在扬子地层区,下三叠统在岩性上3分比较明显,以铜陵—安庆地区发育较为典型。下部殷坑组主体为泥岩与薄层灰岩互层;中部和龙山组主体为泥质条带灰岩;上部南陵湖组主体为中厚层状灰岩。由本区向北,深水相泥质组分增多,向南浅水相组分逐渐增多,呈有规律变化,且没有大的岩相跳跃,因此岩石地层单位名称可以不变。例如巢湖—含山地区,下部地层中泥岩占主导位置,上部灰岩也明显体现为较深水相的特征,但其基本地层序列与铜陵—安庆地区是容易比较的;在较浅水相的无锡—湖州地区,泥质岩石在下三叠统中成为极其次要组分,而浅水相标志性岩石如蠕虫状灰岩、鲕粒灰岩、厚层-块状灰岩和白云质灰岩,甚至叠层石灰岩和核形石灰岩等成为上部地层的主体,但其地层序列与铜陵—安庆地区有明显的相变关系,因此建议采用统一的地层单位名称。不过,鄂东南赣西北地区,虽然与苏皖地区在同一个地层分区带上,但其基本地层序列有显著的差异,下三叠统上部白云岩占主导,因而可以采用不同的地层序列名称。赣中高安—万载地区是一个相对独立的沉积体系,其发育由碳酸盐台地经陡的台前斜坡到盆地的沉积相分异和地层序列,因此其地层单位应该另建。鉴于其与华夏沉积区的密切关系,因此其下部地层借用铁石口组;上部相城组以碳酸盐岩为主

地层分区		巢湖—含山地层分区	南京—安庆—黄石地层分区		
			南京—镇江	铜陵—安庆	黄石—咸宁
上三叠统			范家塘组：泥质粉砂岩及细砂岩	拉犁尖组：砂岩、粉砂岩	九里岗组：细砂岩、铝土质页岩
拉丁阶	新铺阶		黄马青组 上部为紫红-灰紫色钙泥质粉砂岩、泥岩夹长英质砂岩。仅含植物化石 下部为灰绿-黄绿色泥岩、粉砂岩夹青灰色泥灰岩。含海相双壳类化石	黄马青组(铜头尖组+月山组) 上部为紫红色钙质粉砂岩和细砂岩夹含砾砂岩。产淡水双壳类化石 下部为紫色钙质泥岩、粉砂岩和细砂岩夹含铜砂岩和泥灰岩透镜体。产海相双壳类及植物化石	蒲圻组 上部为紫红色砂泥岩为主夹少量灰绿色砂泥岩和砂砾岩。仅产淡水双壳类和植物化石 下部为灰绿色砂质泥岩夹紫红色砂质泥岩和黄绿色粉砂质泥岩。产海相双壳类及植物化石
安尼阶	关刀阶	周冲村组(东马鞍山组) 灰白色白云质灰岩、白云岩、盐溶角砾岩,底部夹角砾状灰岩。未见化石。 本组上部保存不全	周冲村组 灰色白云质灰岩、泥灰岩、白云岩及盐溶角砾岩夹石膏、硬石膏,下部夹角砾状灰岩。产双壳类化石	周冲村组(东马鞍山组) 灰白、黄紫色白云岩、白云质灰岩、盐溶角砾岩及角砾状灰岩。产双壳类化石	陆水河组 灰色中厚层灰岩夹薄层泥质灰岩及生物碎屑灰岩。产海相双壳类化石
奥伦尼克阶	巢湖阶	南陵湖组 灰-深灰色中-厚层状灰岩和灰、紫色瘤状灰岩夹黄绿色页岩及少量蠕虫状灰岩。产丰富菊石和双壳类化石 和龙山组 灰色中-薄层灰岩与灰绿色泥岩互层及似瘤状灰岩。产丰富菊石和双壳类化石 殷坑组	南陵湖组(沧波门组) 灰色中-厚层状灰岩夹紫红、灰绿色瘤状灰岩、钙质页岩和蠕虫状灰岩。产菊石和少量双壳类化石 和龙山组(湖山组) 灰色薄-中层状灰岩与黄绿色泥岩互层,夹似瘤状灰岩。产双壳类和菊石化石	南陵湖组 灰色中-厚层状灰岩夹紫红、灰绿色瘤状灰岩。产少量菊石和有孔虫化石 和龙山组 灰黑色薄层灰岩、条带状灰岩夹泥岩。产菊石和双壳类化石	嘉陵江组(小河组) 上部灰色白云岩、白云质灰岩夹砾状白云岩,化石少见。 下部灰-浅灰色中-厚层状灰岩夹白云岩,含少量菊石化石 大冶组—狭义(瑞坪组) 底部黄绿色泥岩夹透镜状灰岩,产丰富双壳类和菊石化石;往上主体为灰色薄层状灰岩和泥质条带灰岩,产少量菊石化石
印度阶	印度阶	黄绿、灰绿色钙质泥岩与灰色薄层状灰岩或似瘤状灰岩互层。产丰富菊石和双壳类化石	殷坑组(青龙组—狭义) 灰黄色泥岩与薄层灰岩互层。产丰富双壳类和菊石化石	殷坑组 上部灰色中-薄层灰岩夹黄绿色钙质泥岩,下部黄绿色泥岩夹透镜状灰岩。产丰富菊石和双壳类化石	
上二叠统		大隆组：硅质泥岩	大隆组：硅质泥岩	大隆组：硅质泥岩	大隆组：硅质泥岩

图2 华东地区早—中三叠世地层划分和对比(巢湖—含山地层分区, 南京—安庆—黄石地层分区)
Fig. 2 Lower-Middle Triassic divisions in various areas of east China and their correlation
(Chaohu—Hanshan stratigraphic subregion, Nanjing—Anqing—Huangshi stratigraphic subregion)

(孙存礼, 1988), 但它是一套比较复杂的沉积地层序列, 包含了浅水台地相和台缘角砾岩楔状体等(何伟相等, 2014)。

扬子地层区中三叠统岩石地层2分性特征显著, 即下部蒸发岩相和上部碎屑岩相, 以南京—镇江(宁镇)地区最有代表性。下部周冲村组为半闭塞—闭塞碳酸盐盆地相的白云质灰岩到蒸发石膏沉积序列, 在整个下扬子地区基本都可以追索对比。但在鄂东南地区沉积相和演变历程稍有不同, 其半闭塞—闭塞沉积相主体发育于早三叠世晚期, 形成了嘉陵江组, 而到中三叠世初可能是一些残留的海湾相灰泥质沉积(陆水河组)。在扬子地层区西南缘的高安—万载地区更是与扬子其他区域显著不同, 而

与华夏地层区成为一体, 形成残留滨岸相碎屑沉积序列(杨家组)。中三叠统上部全区均转变为碎屑岩相, 但分布范围明显缩小, 且逐步由灰绿色转为紫红色, 由海相转变为陆相沉积。受构造控制沉积盆地及物源供给的影响, 各地区沉积盆地转变的过程和沉积物充填存在一定的差异, 因此地层单元有所分化, 因而在各个沉积区采用了不同的岩石地层名称。

在华夏地层区, 整个三叠系以碎屑岩沉积占主导, 比较完整的地层序列仅见到闽西南龙岩的大田—漳平一带, 可以作为整个地层区的代表。下三叠统两分明显, 下部溪口组主体为灰-灰绿色泥岩和粉砂岩, 夹泥灰岩和细砂岩。在侧向变化上, 局

地层分区		常州—泾县—修水地层分区			无锡—黄山—高安地层分区	
		常州—溧阳	泾县—宁国	修水—通山	无锡—湖州	黄山—景德镇
上三叠统					范家塘组: 泥岩、粉砂岩夹细砂岩	安源组: 底部石英砂砾岩
拉	新			蒲圻组 紫红色粉砂质泥岩和浅黄色粉砂岩夹细砂岩。产植物化石。未见底	黄马青组 暗紫—紫红色泥岩、粉砂岩夹石英砂岩。未见化石。	
丁	铺				仙鹤门组 青灰、灰色钙质泥岩、泥灰岩。未见化石	
阶	阶					
安	关	周冲村组 灰白、粉红色厚层—块状灰质白云岩、白云岩、盐溶角砾岩、层纹状白云岩、夹石膏、硬石膏。底部产双壳类和菊石化石。本组上部保存不全		未知	周冲村组 浅灰—粉红色厚层—块状砂屑灰岩、灰岩、白云岩夹角砾白云岩、盐溶角砾岩。未见化石	
尼	刀					
阶	阶					
奥	巢	南陵湖组(沧波门组) 上部灰白、灰紫色厚层—块状灰岩、白云质灰岩、白云岩夹蠕虫状灰岩和鲕状灰岩; 下部灰—浅灰色中—厚层状灰岩夹少量瘤状灰岩。少见化石	南陵湖组 浅灰—灰色中厚层—块状灰岩夹角砾状灰岩和蠕虫状灰岩, 底部夹瘤状灰岩。产少量菊石化石	嘉陵江组 浅灰—灰色中薄—中厚层状白云质灰岩、灰岩和白云岩夹鲕状白云岩、角砾白云岩。未见顶, 下部产双壳类化石	南陵湖组(沧波门组) 上部黄灰—粉红色厚层—块状灰岩、砾屑灰岩和砂质灰岩; 下部灰色中厚层状灰岩夹薄层灰岩、砂屑灰岩、核形石灰岩和砾屑灰岩。化石少见	南陵湖组 灰白—青灰色中—厚层状灰岩、条带状灰岩夹鲕状灰岩和白云岩。未到顶
伦	湖					
尼	阶	和龙山组(湖山组) 灰色中—薄层状灰岩、条带状灰岩, 夹瘤状灰岩和蠕虫状灰岩。少见化石	和龙山组 灰色薄—中薄层状灰岩、泥质灰岩夹少量钙质页岩。产双壳类和少量菊石化石	大冶组—狭义 上部中薄—中厚层灰岩夹少量页岩; 下部浅灰、黄绿色泥岩和薄层灰岩。下部产双壳类和菊石化石	和龙山组(湖山组) 灰—浅灰色中薄层灰岩夹砾屑灰岩和鲕状灰岩	和龙山组 灰色薄—中厚层泥灰岩与灰岩互层。产双壳类和腹足类化石
克						
阶						
印	印	殷坑组(青龙组—狭义) 底部黄绿色泥岩, 含丰富双壳类和菊石化石; 往上灰色薄层灰岩夹少量页岩, 含双壳类化石	殷坑组 底部灰色中薄层状泥灰岩、灰岩夹黄绿色钙质泥岩; 往上为浅灰—灰色薄层状灰岩夹中厚层状角砾灰岩及少量钙质页岩。产菊石和双壳类化石		殷坑组(青龙组—狭义) 上部灰色中薄层状灰岩夹钙质页岩; 下部黄绿—灰绿色钙质泥岩夹薄层灰岩。产丰富的双壳类和菊石化石	殷坑组 灰—深灰色中薄层泥灰岩夹钙质泥岩和鲕状灰岩。产双壳类和菊石化石
度	度					
阶	阶					
上二叠统		大隆组: 硅质、粉砂质泥岩	大隆组: 硅质泥岩	长兴组: 灰色含燧石灰岩	长兴组: 浅灰—深灰色含硅灰岩	长兴组: 灰色含燧石灰岩

图3 华东地区早—中三叠世地层划分和对比(常州—泾县—修水地层分区, 无锡—黄山—高安地层分区)

Fig. 3 Lower-Middle Triassic divisions in various areas of east China and their correlation (Changzhou-Jingxian-Xiushui stratigraphic subregion, Wuxi-Huangshan-Gaoan stratigraphic subregion)

部地区下部相变为条带状角岩, 或者上部夹有稍多的灰岩。上部溪尾组以紫红色为主的杂色碎屑岩为特征, 但其在闽西南分布范围更加局限。在赣中—赣南广大地区, 虽然下三叠统出露地点有限, 但整个下三叠统层序与闽西南有一定的共性, 也可以明确划分为上下两部分。下部铁石口组以灰绿色碎屑岩为主, 唯上部夹较多灰岩; 上部原溪组以杂色砂泥岩为特征。浙西衢州—江山一带少量出露的“政策组”系华夏地块北部赣东上饶地区早三叠世沉积盆地的东延部分。粤东北梅州一带少量残存的下三叠统露头以灰—深灰色薄层灰岩、泥灰岩和粉砂质泥岩为主, 夹鲕粒灰岩和粉砂岩。该岩性特征与闽西

南地区的溪口组和溪尾组有一定的差别, 与赣南的铁石口组和原溪组也明显不同, 因此广东省岩石地层研究建四望嶂组(凌秋贤和林剑南, 1995), 但由于研究工作较少, 其与广东省其他地区同期地层关系有待进一步厘定。

华夏地层区的中三叠统分布范围十分局限, 仅闽西南漳平—大田地区有较连续的沉积, 为灰色—紫色砂岩和粉砂岩(安仁组)。其他地区仅在与扬子地层区交界的赣中地区的残留盆地区有以紫红色为主的杂色碎屑沉积(杨家组), 且多数地区保存不全。该区域中三叠世早期为滨海—海陆过渡相碎屑岩沉积, 晚期逐步脱离海相环境转为剥蚀区或山间河湖

地层分区		无锡—黄山—高安 地层分区	赣南地层分区		闽西—粤东地层分区	
		高安—万载	上饶—江山	宜春—龙南	闽西南	粤东北
上三叠统		安源组：石英砂岩 及粉砂质泥岩	安源组：块状砂砾岩	安源组：砂砾岩夹页岩	大坑组：细砂岩、粉 砂岩及泥岩	小坪组：粉砂岩、 砂砾岩
拉 丁 阶	新 铺 阶				安仁组 底部灰绿色细砂岩， 下部钙质砂岩和粉 砂岩，上部紫红色 粉砂岩夹长英质砂 岩。仅见植物化石	
	安 尼 阶	杨家组 紫红色泥页岩、粉 砂岩，下、中部为 细砂岩为主。下、 中部产海相双壳类 及少量植物化石。 顶部保存不全	杨家组 褐灰—紫红色石英 砂岩、钙质粉砂 岩、粉砂质泥岩。 上部保存不全。含 海相双壳类化石			
奥 伦 尼 克 阶	巢 湖 阶	相城组 浅灰—灰白色中厚 层—块状白云质灰 岩、白云岩，夹鲕 粒灰岩或砾屑灰 岩。产少量双壳类 化石 铁石口组 底部深灰色钙质页 岩夹灰岩透镜体； 往上为灰色薄层状 灰岩、泥质灰岩， 夹少量钙质泥岩， 顶部夹钙质细砂岩。 下部产双壳类和菊 石化石	原溪组 杂色中薄层状细砂 岩、粉砂岩、粉砂 质泥岩，夹少量泥 灰岩和钙质结核。 产双壳类化石 铁石口组(政棠组) 黄褐、灰绿色粉砂 质泥岩、泥质粉砂 岩和粉砂岩，上部 夹灰色厚层状灰 岩、泥灰岩及鲕粒 灰岩。产双壳类化 化石	原溪组 黄紫色粉砂岩和粉 砂质泥岩，夹灰色 薄层灰岩和砾屑灰 岩。产双壳类化石 铁石口组 上部黄褐色泥质砂 岩、粉砂岩和粉砂 质泥岩夹少量灰岩； 下部黄绿、灰绿色 粉砂质泥岩、钙质 粉砂岩。产双壳类 和菊石化石	溪尾组 以紫红色为主的杂 色细砂岩、粉砂岩 和粉砂质泥岩。产 双壳类化石 溪口组 上部灰色钙质砂 岩、粉砂岩和泥岩， 夹透镜状灰岩；下 部灰—灰绿色泥岩、 粉砂岩、泥灰岩夹 细砂岩，局部相变 为条带状角岩。产 丰富双壳类和菊石 化石。产双壳类化石	四望嶂组 灰—深灰色薄层 灰岩、泥灰岩和 粉砂质泥岩为主， 夹鲕粒灰岩和粉 砂岩。下部泥岩 为主，上部未见 顶。产少量双壳 类和菊石化石
上二叠统		长兴组：含燧石灰岩	大隆组：粉砂岩、粉 砂质泥岩	长兴组：生屑灰岩	大隆组：泥 质粉砂岩	长兴组：生 屑灰岩
						大隆组：粉砂质 泥岩及灰岩

图 4 华东地区早—中三叠世地层划分和对比(无锡—黄山—高安地层分区, 赣南地层分区, 闽西—粤东地层分区)

Fig. 4 Lower-Middle Triassic divisions in various areas of east China and their correlation (Wuxi-Huangshan-Gaoan stratigraphic subregion, South Jiangxi stratigraphic subregion, South Fujian-east Guangdong stratigraphic subregion)

相盆地沉积。

3 华东地区早—中三叠世海相地层对比

三叠系底界即二叠系—三叠系界线，其国际划分和对比标准(GSSP, 也称为“金钉子”)位于华东地区的浙江长兴煤山剖面，它以牙形石 *Hindeodus parvus* 的首现位置作为定义(Yin et al., 2001)。在煤山剖面上，该界线十分接近岩石地层单位殷坑组的底界(高出约 20 cm)。但根据 GSSP 的定义标准，该界线必须位于单相连续的岩层中(Walsh et al., 2004)，因此它不可能选择在岩石地层单位界线上。于是，要确切进行各区域和剖面上界线的精确标定必须进

行细致的地层古生物学研究，显然这是不现实也不可能的。即使在当前有关二叠系—三叠系界线地层学研究精度比较高的华东地区，这项工作也未能全面展开。因此必须寻求一些更为有效并便于实际应用的地质界线划分和对比的方法和标志。事实上，对于二叠系—三叠系界线来说，这项工作难度并不是太大。一方面当前对于二叠纪—三叠纪之交的地层学及相关地质研究工作积累比较多，另一方面更重要的是由于该界线与二叠纪—三叠纪之交的重大生物灭绝事件相关，因而一些重要的生物和环境标志都可以作为该界线确定的辅助标志(童金南等, 2014)。如果不需要精确厘米级地标定该界线位置，

通过一些特征性的生物和环境事件,甚至岩性转换面就可以比较容易地大致确定该界线位置。主要的辅助标志包括二叠系—三叠系“界线层组”(彭元桥和童金南, 1999; Peng et al., 2001)、化石“混生层”(Sheng et al., 1984)、“过渡层”(殷鸿福和吴顺宝, 1985)、“界线粘土层”(Yin et al., 1992; Tong et al., 2007a)和碳同位素负偏(曹长群等, 2002; Korte and Kozur, 2010), 等等(Yin et al., 2007, 2012; 童金南等, 2014)。当前在本区域研究过的大多数剖面上几乎都能比较好地识别出二叠系—三叠系界线“过渡层”(如黄今, 1982; 徐家聪和夏广胜, 1983; 胡福仁, 1985; 殷鸿福, 1985; 杨遵仪等, 1987; 孙存礼, 1988; 吴顺宝等, 1988; 陈楚震等, 1988; 杨守仁和孙存礼, 1990; 朱相水等, 1994; 梁诗经, 2007), 其中最为典型和可靠的标志是“混生”化石群。除特征性的牙形石外, 主要是一些小型的“残存”腕足类如 *Paryphella*, *Waagenites*, *Crurithyris*, *Paracrurithyris* 等某些种, 与一些新生的双壳类 *Claraia* 和 *Eumorphotis* 种共生, 尤其是一些特征性的“过渡层”化石类别如双壳类 *Pteria ussurica variabilis*, *Towapteria scythica*, *Promyalina schamara*, 菊石 *Hypophiceras* 等。事实上, 该界线与相关的岩石地层单位的界面都比较接近, 因为它与古、中生代之交的重大地质突变事件相关。因此在华东地区, 它与殷坑组、大冶组、铁石口组、溪口组和四望嶂组的底界线十分接近。

三叠系内部各年代地层界线的划分和对比则难度要大得多, 目前在本区基本上还没有像三叠系底界一样可以进行比较确切划分和对比的标志。当前国际上三叠系已经确定的“金钉子”有 3 个, 除三叠系底界, 即印度阶的“金钉子”在浙江煤山外, 另两个分别是中三叠统上部拉丁阶和上三叠统下部卡尼阶的底界, 均位于阿尔卑斯地区, 且均以菊石作为界线首选标志。但目前在本区, 甚至在中国都还没有找到这些菊石化石(童金南等, 2015), 因此在中国尚不能采用其标准。鉴于我国地层发育的特点和相关研究工作的迫切需要, 早在 20 世纪末全国地层委员会就组织专家提出了中国的年代地层建阶方案(全国地层委员会, 2002), 以弥补我国和国际相关研究工作的不足(王泽九等, 2014)。事实上, 我国对下三叠统上部奥伦尼克阶和中三叠统下部安尼阶两个“金钉子”的确定是能够做出贡献的(童金南等, 2015)。当前下三叠统以牙形石化石为基础的生物地层序列以浙江煤山剖面 and 安徽巢湖剖面最为完整也研究最为深入(Zhang et al., 2007; Zhao et al., 2007; Tong and Zhao, 2011), 且巢湖平顶山西剖面也是奥伦尼克阶底界的层型候选剖面(Tong et al., 2003),

牙形石 *Neospathodus waageni* 作为该界线的首选定义标志也为多数学者所接受。不过, 由于该界线处没有像二叠纪—三叠纪之交那样的重大生物和环境事件发生, 因此可作为界线辅助标志的环境事件不十分突出。通过反复比较研究, 目前发现有重要参考意义的辅助标志除菊石 *Flemingites-Euflemingites* 带外, 主要是碳同位素正向峰值事件(Tong et al., 2007b), 其具有区域乃至全球对比意义(Horacek et al., 2009)。不过, 由于不可能在所有地区和剖面上开展如此精细的牙形石生物地层和碳同位素地层学研究, 因此仅借助这些标志尚无法进行区域范围内的地层对比。至少在华东地区, 目前在大多数地区和剖面上尚未开展这些研究工作, 而且多数者也不具有进行这些研究工作的客观条件。因此目前只能依据可获得的相关化石组合材料, 如双壳类和菊石化石, 结合区域沉积相古地理变化特征进行宏观的地层划分和对比。在巢湖地区, 该界线位于殷坑组中部, 位于菊石 *Flemingites-Euflemingites* 带之下(童金南等, 2004, 2005b), 并且奥伦尼克阶(对应于中国的巢湖阶)内 Smithian/Spathian 亚阶的界线位于和龙山组近顶部(梁丹等, 2011); 而在较浅水的煤山地区, 以牙形石标志化石确定的奥伦尼克阶的底界则位于和龙山组的近顶部(童金南等, 2005a)。碳同位素地层研究也得出同样的结果(左景勋等, 2006; Tong et al., 2007b)。由此可见, 殷坑组上部到和龙山组在扬子地层区由北往南时代变老, 因此也可以大致进行各地层分区的岩石地层对比(图 2)。不过, 华夏地层区的确切对比尚未找到好的标志, 只能大致推测从铁石口组向原溪组或相城组的转变是一个重要的环境事件界面, 该界线应该与溪口组与溪尾组的重要转变一致。在巢湖剖面上, Smithian/Spathian 之交有一次重要的碳同位素漂移(梁丹等, 2011; Tong and Zhao, 2011)。它代表的是早三叠世最大一次生物和环境事件, 即生物灭绝、大气和海洋降温 and 充氧等重大转变(Stanley, 2009; Song et al., 2012; Sun et al., 2012)。因此, 该地层界线应该与巢湖—含山地区的龙山组/南陵湖组界线对比。

下、中三叠统界线, 即安尼阶底界, 虽然其“金钉子”尚未确定, 但目前倾向性意见是以牙形石 *Chiosella timorensis* 作为界线标志(童金南等, 2015)。该化石在中国西南地区一些剖面上存在, 且能够较好地进行界线地层定义, 但目前华东地区还没有被发现, 因此在本区尚无法确定该界线具体位置。作为界线辅助标志的菊石 *Paracrochordiceras-Japonites* 带的标志化石在中国西南地区也存在, 但在华东地区也没有找到。可见要对本区下、中三叠统界线精确确定是十分困难的,

只能借助于一些参考标志进行大致确定。由于印支运动的影响,本区在早三叠世晚期盆地显著收缩并逐渐被封闭,从而形成半局限-局限环境,以致生物生存和发展受到严重制约。因此,早、中三叠世之交,本区不仅生物类群贫乏,而且所能找到的一些为数不多的化石类群主要也是一些地层对比能力有限的广适性生物。李金华和丁保良(1981)和陈楚震等(1988)对本区下、中三叠统界线化石标志进行了比较好的论述。主要根据上、下地层中所发现的为数不多的牙形石、菊石和双壳类化石,将界线大致划在周冲村组底部。此后,没有关于该界线地层研究新的重要进展。但根据区域构造活动事件来看,早、中三叠世之交可能在华南应该也有重要反应。在西南地区,下、中三叠统界线附近广泛分布的火山作用产物“绿豆岩”是很重要的界线辅助标志。而此时期在华夏地块与扬子地块之间的钦防地区有重要的构造和火山活动,可能是印支运动的第一幕或先期对接(董树文等, 1994)。因此沉积盆地的重要转换,即蒸发盆地的出现,可能是该界线地层划分和对比的宏观事件标志。如此,各地层区的重要地层结构转换界线也可以大致对比,即周冲村组底界、杨家组底界和安仁组底界是相关的构造沉积盆地转换界线。

中三叠统内部安尼阶(关刀阶)与拉丁阶(新铺阶)界线在本区尚无研究,也没有典型的生物和环境事件标志。同样地,中、上三叠统的界线也缺少可靠的界定标志。因此,本段地层只能根据含有的少量化石材料和区域构造盆地沉积发展历程及地层发育和保存特征进行大致分析和对比。周冲村组的 *Asoella illyrica*-*Costatoria radiata* 组合、陆水河组的 *Asoella illyrica*-*Entolium discites* 组合和杨家组下部的 *Neoschizodus laevigatus*-*Entolium discites* 组合,可与鄂西地区巴东组的 *Asoella illyrica*-*Entolium discites* 组合对比,应该同为安尼期的产物。黄马青组下部海陆过渡相的 *Mytilus-Promyalina* 组合、蒲圻组下部的 *Mytilus-Promyalina-Pteria* 组合和杨家组上部的 *Mytilus-Myalinella* 组合,从地层层序上应该同属于拉丁期。福建的安仁组未见海相动物化石,但从层位上来看也应该属于中三叠统。

4 结论

1) 华东地区海相三叠纪沉积地层序列及其地层分区明显受到区域构造分异格局和活动历程的控制;同样地,华东地区早—中三叠世区域地层分异和沉积序列差异特征也完整地反演了本区海西—印支期构造格局的演变历史和构造作用方式。从地层记录来看,印支构造运动在华东地区作用的第一幕或者

是序幕可能在早三叠世晚期就已经开始,其初始形成的陆缘陡坡碳酸盐重力流沉积在巢湖—含山地层分区周冲村组底部已有良好记录。而本区域并不是原始扬子地块北部的最边缘,其更北侧的边缘块体部分已经在与华北地块的对接中被消减掉。事实上该区域早三叠世晚期的南陵湖组上部已经是一个半局限富含沥青质的碳酸盐沉积盆地(未完全封闭可能与郯庐转换断层使得东部地区对接滞后有关),因此它当时就是一个次级边缘海盆。与此同时,在与华北地块前缘大别山区直接交接的鄂东南—赣东北地区,早三叠世晚期已经演变为一个局限蒸发盆地。随后在安尼期的中晚期,扬子北缘的陆缘陡坡带推进到铜陵—池州地区,形成了周冲村组中上部的重力碎屑流沉积,并且使得整个扬子北缘地区形成了板缘局限蒸发膏盐盆地。几乎与此同时,在扬子地块南缘与华夏地块之间也于早三叠世晚期(可能从奥伦尼克早期开始)盆地被强烈挤压,从而形成了赣中西部地区(高安—万载一带)的台缘陡坡,并且在早三叠世末期(钦杭断裂带)迅速被关闭。

2) 岩石地层的划分虽然首要关注的是岩性特征,但其时间属性也切不可忽视,甚至在一定程度上其应该放在与岩性特征同样重要的位置来考虑。因为岩性明显地受控于沉积环境和沉积古地理,而沉积环境会随时间而不断改变,其必然导致岩性特征也会随时间发生变化,因此其也具有时间特征。与此同时,沉积古地理在空间上总是有分异的,而随古地理变化其岩性特征也会发生分异,但这种岩相的空间分异就具有时间属性,因为如果不考虑它们的的同时性,就无所谓空间分异。因此,在各个地层区,如果考虑到地层的时间属性和连续的古地理沉积相分异,其海相三叠系可以统一为一套岩石地层单元序列。根据典型地层岩性特征、岩石地层单位名称的有效性及其层型剖面地层序列的完整性和代表性,建议扬子地层区的代表性地层序列单元为:下统殷坑组、和龙山组、南陵湖组,中统周冲村组、黄马青组。局部岩相差异比较大的地区可采用其他地层单位,如鄂东南—赣西北地区采用中扬子地区的大冶组(狭义)、嘉陵江组、陆水河组、蒲圻组;赣中西部地区采用与赣南地层分区相关的铁石口组和杨家组,但其下三叠统上部特殊的古地理背景条件形成的沉积物宜单独建区域地层单元——相城组。华夏地层分区由于各地沉积物分异显著,沉积相不连续,因此宜单独分别建立各自的岩石地层系统。

3) 华东地区拥有三叠系底界的全球年代地层界线层型(金钉子),同时也有下三叠统印度阶/奥伦尼克阶界线的全球层型候选剖面,但年代地层界线层型的使用除了采用界线定义化石外,更有效的地层

对比手段是相关的生物和环境事件辅助标志。在下扬子地区,借助于有关生物和环境事件标志,下三叠统底界及其内部的印度阶/奥伦尼克阶界线和 Smithian/Spathian 亚阶的界线基本能够大致确定并用来进行区域地层对比;下、中三叠统的界线也可以借助不多的化石材料,结合区域构造环境控制沉积盆地和沉积地层序列演变的特点,进行初步对比。其他碎屑岩为主的沉积地层,包括中三叠统上部和华夏地层区,除三叠系的底界可以借助“过渡层”的相关生物和环境标志进行对比确定外,其地质时代的确定和地层对比主要还得依据化石材料来解决。可见生物地层学研究对于岩石地层、沉积盆地分析和区域构造演变重建具有十分重要的作用。

Acknowledgements:

This study was supported by National Natural Science Foundation of China (Nos. 41272372 and 41172312).

参考文献:

- 曹长群,王伟,金玉玕. 2002. 浙江煤山二叠—三叠系界线附近碳同位素变化[J]. 科学通报, 47: 302-306.
- 陈楚震,王义刚,王志浩,黄嫫. 1988. 江苏南部的三叠纪生物地层[C]//江苏地区下扬子准地台震旦纪—三叠纪生物地层. 南京: 南京大学出版社: 315-363.
- 董树文,方景爽,李勇,朱洪吉, SCHNEIDE W, BREITKREUZ H, MATTERN F. 1994. 下扬子中三叠世—中侏罗世沉积相与印支运动[J]. 地质论评, 40: 111-119.
- 何伟相,周矿水,喻晓平,余若同,余江. 2014. 江西萍乐坳陷带西段早三叠世地层划分与对比及沉积环境分析[J]. 中国地质, 41: 148-161.
- 胡福仁. 1985. 安徽南陵丫山发现二叠、三叠纪混生生物群[J]. 地层学杂志, 9: 233.
- 黄今. 1982. 福建二叠系与三叠系之间的“过渡层”[J]. 福建地质, (2): 13-25.
- 李金华,丁保良. 1981. 下扬子区中、下三叠统的分界[J]. 地层学杂志, 5: 70-75.
- 梁丹,童金南,赵来时. 2011. 安徽巢湖平顶山西坡剖面早三叠世 Smithian-Spathian 界线地层研究[J]. 中国科学: 地球科学, 41: 149-157.
- 梁诗经. 2007. 福建漳平岬顶二叠纪—三叠纪界线划分[J]. 福建地质, (4): 235-247.
- 凌秋贤,林剑南. 1995. 广东三叠纪岩石地层划分[J]. 广东地质, 10: 49-53.
- 彭元桥,童金南. 1999. 扬子地台二叠—三叠系界线综合地层学研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 24: 39-48.
- 全国地层委员会. 2002. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书[M]. 北京: 地质出版社.
- 孙存礼. 1988. 江西早三叠世地层[J]. 地层学杂志, 12: 39-47.
- 童金南, ZAKHAROV Y D, 吴顺宝. 2004. 安徽巢湖地区早三叠世菊石序列[J]. 古生物学报, 43: 192-204.

- 童金南,黄云飞,梁蕾. 2014. 早三叠世生物—环境—年代地层研究[J]. 地学前缘, 21: 144-156.
- 童金南,赵来时,左景勋, HANSEN H J, ZAKHAROV Y D. 2005b. 安徽巢湖地区下三叠统综合层序[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 30: 40-46.
- 童金南,赵来时,左景勋. 2005a. 下三叠统殷坑阶和巢湖阶及其界线研究[J]. 地层学杂志, 29: 548-564.
- 童金南,殷鸿福. 2015. 三叠纪年代地层与中国建阶[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 40: 189-197.
- 王泽九,黄枝高,姚建新,马秀兰. 2014. 中国地层表及说明书的特点与主要进展[J]. 地球学报, 35(3): 271-276.
- 吴顺宝,陈贵英,刘馨兰. 1988. 福建雁石二叠—三叠系界线地层及动物群[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 13: 529-535.
- 徐家聪,夏广胜. 1983. 安徽宿松地区二叠、三叠纪混合生物群及其岩性特征[J]. 地层学杂志, 7: 159-160.
- 杨守仁,孙存礼. 1990. 江西信丰县铁石中地区二叠—三叠纪牙形石动物群的发现及其地质意义[J]. 北京大学学报(自然科学版), 26: 243-256.
- 杨遵仪,殷鸿福,吴顺宝,杨逢清,丁梅华,徐桂荣. 1987. 华南二叠—三叠系界线地层及动物群[M]. 北京: 地质出版社.
- 殷鸿福,吴顺宝. 1985. 过渡层——华南三叠系的底界[J]. 地球科学, 10(特刊): 163-172.
- 朱相水,王成源,吕桦,穆西南,张遴信,覃兆松,罗辉,杨万容,邓占球. 1994. 江西二叠—三叠系界线[J]. 微体古生物学报, 11: 439-452.
- 左景勋,童金南,邱海鸥,赵来时. 2006. 下扬子地区早三叠世碳酸盐岩碳同位素组成的演化特征[J]. 中国科学(D辑), 36: 109-122.

References:

- CAO Cang-qun, WANG Wei, JIN Yu-gan. 2002. Carbon isotope excursions across the Permian-Triassic boundary in the Meishan section, Zhejiang Province, China[J]. Chinese Science Bulletin, 47: 1125-1129.
- CHEN Chu-zhen, WANG Yi-gang, WANG Zhi-hao, HUANG Bin. 1988. Triassic biostratigraphy of southern Jiangsu Province[C]//Sinian-Triassic Biostratigraphy of the Lower Yangtze Penneplatform in Jiangsu Region. Nanjing: Nanjing University Press, 315-363(in Chinese).
- China Stratigraphic Commission. 2002. Instruction Book for the Regional Chronostratigraphic (Chronologic) Chart of China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- DONG Shu-wen, FANG Jin-shuan, LI Yong, ZHU Huang-jia, SCHNEIDE W, BREITKREUZ H, MATTERN F. 1994. Middle Triassic-Middle Jurassic sedimentary facies and Indosinian Movement in the Lower Yangtze region[J]. Geological Review, 40: 111-119(in Chinese with English abstract).
- HE Wei-xiang, ZHOU Kuang-shui, YU Xiao-ping, YU Ruo-tong, YU Jiang. 2014. Stratigraphic classification and correlation and sedimentary environment analysis of the Early Triassic in western Pingxiang-Leping depression, Jiangxi Province[J]. Geology in China, 41: 148-161(in Chinese with English abstract).

- HORACEK M, KOIKE T, RICHOS S. 2009. Lower Triassic $\delta^{13}\text{C}$ isotope curve from shallow-marine carbonates in Japan, Panthalassa realm: Confirmation of the Tethys $\delta^{13}\text{C}$ curve[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 36: 481-490.
- HU Fu-ren. 1985. Permian-Triassic mixed fauna found in Yashan, Nanling, Anhui Province[J]. *Journal of Stratigraphy*, 9: 233(in Chinese).
- HUANG Jin. 1982. "Transitional Beds" between Permian System and Triassic System in Fujian Province[J]. *Geology of Fujian*, (2): 13-25(in Chinese with English abstract).
- KNOLL A H, BAMBACH R K, PAYNE J L, PRUSS S, FISCHER W W. 2007. Paleophysiology and end-Permian mass extinction[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 256: 295-313.
- KORTE C, KOZUR H W. 2010. Carbon-isotope stratigraphy across the Permian-Triassic boundary: A review[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39: 215-235.
- LI Jin-hua, DING Bao-liang. 1981. Boundary between Lower and Middle Triassic in Lower Yangtze region[J]. *Journal of Stratigraphy*, 5: 70-75(in Chinese).
- LIANG Dan, TONG Jin-nan, ZHAO Lai-shi. 2011. Early Triassic Smithian-Spathian Boundary at West Pingdingshan Section in Chaohu, Anhui Province[J]. *Science China: Earth Sciences*, 54: 372-379.
- LIANG Shi-jing. 2007. On division of Permian and Triassic borderline in Xiading, Zhangping City, Fujian Province[J]. *Geology of Fujian*, (4): 235-247(in Chinese with English abstract).
- LING Qiu-xian, LIN Jian-nan. 1995. Lithostratigraphic division of the Triassic in Guangdong[J]. *Guangdong Geology*, 10: 49-53(in Chinese with English abstract).
- PENG Yuan-qiao, TONG Jin-nan, SHI G R, HANSEN H J. 2001. The Permian-Triassic boundary set: characteristics and correlation[J]. *Newsletters on Stratigraphy*, 39: 55-71.
- PENG Yuan-qiao, TONG Jin-nan. 1999. Integrated study on Permian-Triassic boundary bed in Yangtze Platform[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 24: 39-48(in Chinese with English abstract).
- SHENG Jin-zhang, CHEN Chu-zhen, WANG Yi-gang, RUI Lin, LIAO Zhuo-ting, BANDO Y, ISHII K, NAKAZAWA K, NAKAMURA K. 1984. Permian-Triassic boundary in middle and eastern Tethys[J]. *Journal of Faculty of Sciences, Hokkaido University, Series IV*, 21: 133-181.
- SHU L, FAURE M, WANG B, ZHOU X, SONG B. 2008. Late Palaeozoic-Early Mesozoic geological features of South China: Response to the Indosinian collision events in South-east Asia[J]. *Tectonics*, 340: 151-165.
- SONG H, WIGNALL P B, TONG J, BOND D P G, SONG H, LAI X, ZHANG K, WANG H, CHEN Y. 2012. Geochemical evidence from bio-apatite for multiple oceanic anoxic events during Permian-Triassic transition and the link with end-Permian extinction and recovery[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 353-354: 12-21.
- STANLEY S M. 2009. Evidence from ammonoids and conodonts for multiple Early Triassic mass extinctions[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 15264-15367.
- SUN Cun-li. 1998. Early Triassic stratigraphy in Jiangxi Province[J]. *Journal of Stratigraphy*, 12: 39-47(in Chinese).
- SUN Y, JOACHIMSKI M M, WIGNALL P B, YAN C, CHEN Y, JIANG H, WANG L, LAI X. 2012. Lethally hot temperatures during the Early Triassic greenhouse[J]. *Science*, 338: 366-370.
- TON Jin-nan, HUANG Yun-fei, LIANG Lei. 2014. Early Triassic biological-environmental-chronological stratigraphy[J]. *Earth Science Frontiers*, 21: 144-156(in Chinese with English abstract).
- TON Jin-nan, ZAKHAROV Y D, WU Shun-bao. 2004. Early Triassic ammonoid succession in Chaohu, Anhui Province[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 43: 192-204(in English with Chinese abstract).
- TON Jin-nan, ZHAO Lai-shi, ZUO Jing-xun, HANSEN H J, ZAKHAROV Y D. 2005b. An integrated Lower Triassic sequence in Chaohu, Anhui Province[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30: 40-46(in Chinese with English abstract).
- TON Jin-nan, ZHAO Lai-shi, ZUO Jing-xun. 2005a. Study on the Lower Triassic Yinkengian and Chaohuan stages and their boundary[J]. *Journal of Stratigraphy*, 29: 548-564(in Chinese with English abstract).
- TONG Jin-nan, YIN Hong-fu. 2015. Triassic chronostratigraphy and Chinese stages[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 40: 189-197(in Chinese with English abstract).
- TONG Jin-nan, ZAKHAROV Y D, ORCHARD M J, YIN Hong-fu, HANSEN H J. 2003. A candidate of the Induan-Olenekian boundary stratotype in the Tethyan region[J]. *Science in China (Series D)*, 46: 1182-1200.
- TONG Jin-nan, ZHANG Su-xin, ZUO Jing-xun, XIONG Xin-qi. 2007a. Events during Early Triassic recovery from the end-Permian extinction[J]. *Global and Planetary Change*, 55: 66-80.
- TONG Jin-nan, ZHAO Lai-shi. 2011. Lower Triassic and Induan-Olenekian boundary in Chaohu, Anhui Province, South China[J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 85: 399-407.
- TONG Jin-nan, ZUO Jing-xun, CHEN Z Q. 2007b. Early Triassic carbon isotope excursions from South China: proxies for devastation and restoration of marine ecosystems following the end-Permian mass extinction[J]. *Geological Journal*, 42: 371-389.
- WALSH S L, GRADSTEIN F M, OGG J G. 2004. History, philosophy, and application of the Global Stratotype Section and Point (GSSP)[J]. *Lethaia*, 37: 201-218.
- WU Shun-bao, CHEN Gui-ying, LIU Xin-lan. 1988. Permian-Triassic boundary strata and fauna of Yanshi Section, Fujian Province[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 13: 529-535(in Chinese with English abstract).
- XU Jia-cong, XIA Guang-sheng. 1983. Permian-Triassic mixed fauna and lithology in Susong, Anhui Province[J]. *Journal of Stratigraphy*, 7: 159-160(in Chinese).
- YANG Shou-ren, SUN Cun-li. 1990. Discovery of Per-

- mian-Triassic conodont fauna in Tieshikou area, xinfeng, Ji-
angxi and its geological significance[J]. Acta Scientiarum
Naturalium Universitatis Pekinensis, 26: 243-256(in Chinese
with English abstract).
- YANG Zun-yi, YIN Hong-fu, WU Shun-bao, YANG Feng-qing,
DING Mei-hua, XU Gui-rong. 1987. Permian-Triassic
Boundary Stratigraphy and Faunas of South China[M]. Bei-
jing: Geological Publishing House(in Chinese with English
Summary).
- YIN H, XIE S, LUO G, ALGEO T J, ZHANG K. 2012. Two epi-
sodes of environmental change at the Permian-Triassic
boundary of the GSSP section Meishan[J]. Earth-Science Re-
views, 115: 163-172.
- YIN Hong-fu, FENG Qing-lai, LAI Xu-long, BAUD A, TONG
Jin-nan. 2007. The protracted Permo-Triassic crisis and
multi-episode extinction around the Permian-Triassic bound-
ary[J]. Global and Planetary Change, 55: 1-20.
- YIN Hong-fu, HUANG Si-ji, ZHANG Ke-xin, HANSEN H J. 1992.
The effects of volcanism on the Permo-Triassic mass extinction
in South China[C]//SWEET W C, YANG Z Y, DICKINS J M,
YIN H F (Eds), Permo-Triassic events in the Eastern Tethys.
Cambridge: Cambridge University Press, 146-157.
- YIN Hong-fu, WU Shun-bao. 1985. Transitional Bed—the basal
Triassic unit of South China[J]. Earth Science—Journal of
China University of Geosciences, 10(special issue): 163-172
(in Chinese with English abstract).
- YIN Hong-fu, ZHANG Ke-xin, TONG Jin-nan, YANG Zun-yi, WU
Shun-bao. 2001. The Global Stratotype Section and Point
(GSSP) of the Permian-Triassic boundary[J]. Episodes, 24:
102-114.
- ZHANG Ke-xin, TONG Jin-nan, SHI G R, LAI Xu-long, YU
Jian-xin, HE Wei-hong, PENG Yuan-qiao, JIN Ya-li. 2007.
Early Triassic conodont–palynological biostratigraphy of the
Meishan D Section in Changxing, Zhejiang Province, South
China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,
252: 4-23.
- ZHAO Lai-shi, ORCHARD M J, TONG Jin-nan, SUN Zhi-ming,
ZUO Jing-xun, ZHANG Su-xin, YUN Ai-ling. 2007. Lower
Triassic conodont sequence in Chaohu, Anhui Province, China
and its global correlation[J]. Palaeogeography, Palaeoclima-
tology, Palaeoecology, 252: 24-38.
- ZHU Xiang-shui, WANG Cheng-yuan, LÜ Hua, MU Xi-nan,
ZHANG Lin-xin, QIN Zhao-song, LUO Hui, YANG
Wan-rong, DENG Zhan-qiu. 1994. Permian-Triassic bounda-
ries in Jiangxi, China[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica,
11: 439-452(in Chinese with English abstract).
- ZUO Jing-xun, TONG Jin-nan, QIU Hai-ou, ZHAO Lai-shi. 2006.
Carbon isotope composition of the Lower Triassic marine
carbonates, Lower Yangtze Region, South China[J]. Science
in China (Series D), 49: 225-241.

地下水(重碳酸钙镁型)无机成分分析国家一级 标准物质获国家质量监督检验检疫总局批准发布

National Standard Reference Samples of Inorganic Components Analysis in Groundwater (Ca(HCO₃)₂ and Mg(HCO₃)₂ type) Approved and Promulgated by General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China

中国地质科学院国家地质实验测试中心研制完成的地下水(重碳酸钙镁型)无机成分分析国家一级标准物质获国家质量监督检验检疫总局批准发布(国质检量函[2015]16号),同时获得中华人民共和国制造计量器具许可证(国制标物10001381号)。3个地下水标准物质编号为GBW 08677-GBW 08679。

地下水(重碳酸钙镁型)无机成分分析国家一级标准物质是地质调查工作项目《地下水测试技术能力建设与质量监控》(1212011121171)的研究成果之一。国际上目前仅有1组,但定值元素只有5项。本项目研制的系列标准物质定值元素15项,包括Ca、K、Mg、Na、B、Be、Cd、Cu、Fe、Mn、Mo、Pb、Sr、Tl、Zn等主微量元素,主要用于实验室地下水样品相关元素分析测试能力考核、人员能力确认、质量监控、分析方法确认和仪器校准核查,易于消除基体干扰,提高质量监控的有效性。该标准物质为我国地下水污染调查中地下水样品的分多组分同时检测提供了可靠的量值溯源保证和检测结果国际互认的技术依据,为确保全国地下水污染调查评价样品测试质量和数据的准确性和可比性提供了有效的技术支撑。

目前,地下水(重碳酸钙镁型)无机成分分析国家一级标准物质已广泛应用于实验室地下水分析、实验室能力考核等项工作中。