

今之桑田 昔为沧海

——古鱼类化石印证长江流域曾存在古海洋

□文 / 盖志琨 山显任

第一作者简介 盖志琨，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员，博士生导师，主要从事早期脊椎动物的起源、演化及相关生物地层、古动物地理的研究工作。

＞百川入海 赵文琰 / 摄

“沧海桑田”出自东晋葛洪《神仙传·麻姑》，“麻姑自说云，接待以来，已见东海三为桑田。”讲述的是在汉桓帝时，麻姑受神仙王远之召，降于蔡经家中。年十八，却自称“已见东海三次变桑田”，后世将此引申为成语“沧海桑田”。事

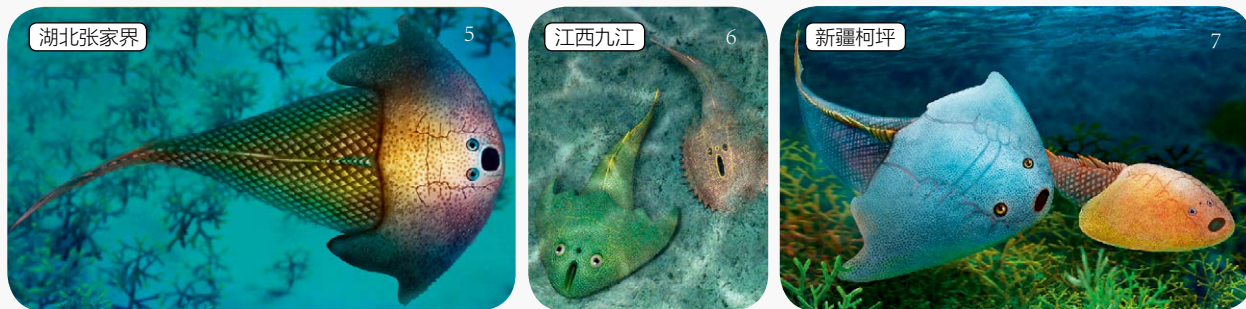
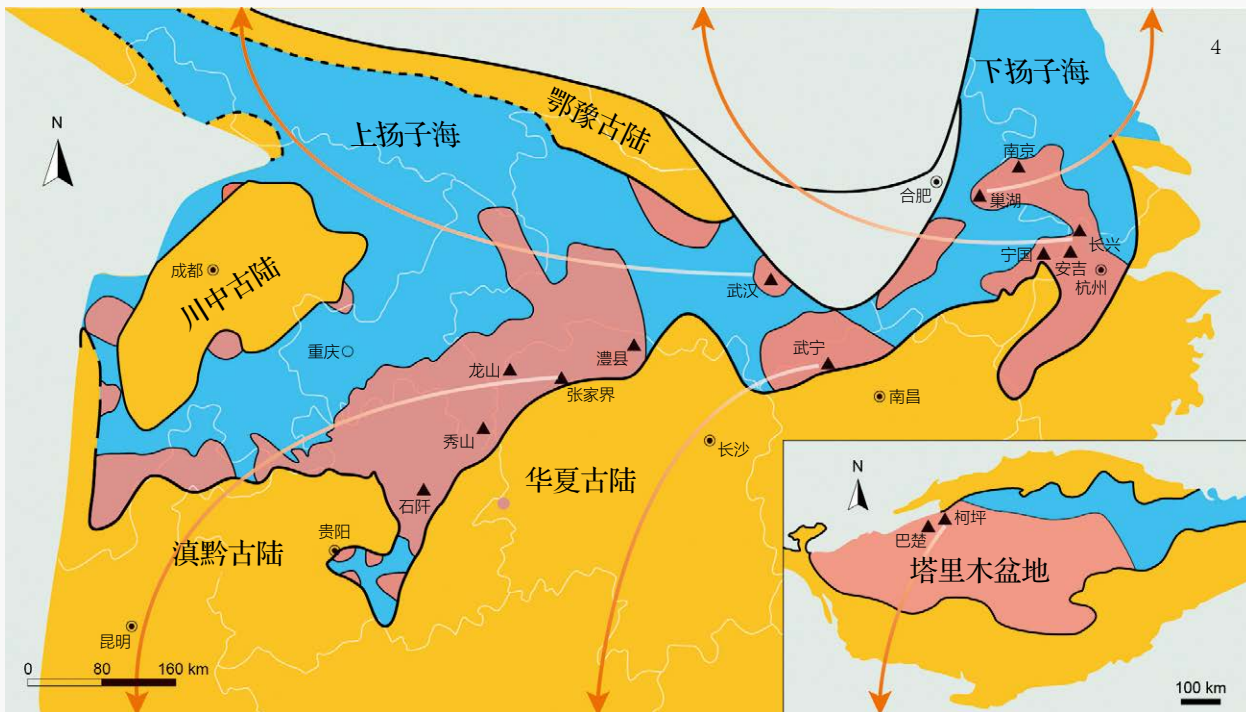
实上，沧海桑田从地球变化角度来看只是地质过程中不起眼的小变化，从时间尺度来说不过是地球历史上“一眨眼的功夫”。长江中下游平原，是指中国长江三峡以东的中下游沿岸带状平原，为中国三大平原之一，地跨鄂、湘、赣、皖、苏、

浙、沪等7省市。近年来，在党中央“全社会共同推动长江经济带发展”的号召下，这里已成为我国最大的稻米和淡水鱼产地。长江中下游平原历来被誉为“鱼米之乡”，是名副其实的“今之桑田”。而早在4.38亿年前的志留纪早期，以我国长江流

域为主的华南板块曾经是一片广阔的海洋，被称为扬子海。该海域又被进一步分为上、下扬子海，两者通过一狭长的水道相连，而今天，与华南板块相隔4000千米的塔里木盆地也不在现在的位置，而是与我国的华南板块相连，因此两地的古鱼类面貌非常相似。

海相红层 诉说往事

“闲云潭影日悠悠，物换星移几度秋。”以人生尺度衡量地质变迁，显得微不足道。平常我们眼中的海洋多是蓝色的，而在地质学研究中，红色是指示海洋存在过的标志之一。志留纪时期，我国华南板块和塔里木板块沉积形成了一系列独特的浅海相红层，主要是一套以紫红色和黄色、灰绿色为主的细碎屑岩。红层沉积主要形成于近岸浅水地带，古陆的存在是红层形成的古地理背景。河流携带的大量含赤铁矿的细碎屑物，堆积在近岸海底，如果当时恰好处在海平面下降的海退阶段，海水则会呈现弱氧化状态，在成岩过程中非常有利于赤铁矿在沉积物中的保存，最终形成标志性的海相红层，因其颜色醒目，很容易在野外进行鉴定和识别。红层发育的特点也与其所处的古地理位置密切相关：靠近古陆者，接受的物源较充足，红层较厚；远离古陆者，接受的物源较少，红层相对较薄且侧向连续性较差。因此，红层的分布一直是重建志留纪古海岸线的重要依据。目前长江中下游地区共识别出了志留纪三套浅海红层，其沉积时期分别为兰多维列世特列奇期早期（距今4.38亿年）、中一晚期（距今4.38亿~4.33亿年）和罗德洛世晚期（距今4.25亿年），根据各自所处的地层位置分别称为“下红层”“上红层”和“罗德洛世红层”。这些以碎屑岩为主的浅海红层中大多缺失笔石、牙形刺等志留纪标准化石，导致



> 扬子海及古鱼化石产地分布（粉色代表浅海）

图 1: 纵瑞文 / 供

图 2、3、5、6、7: 杨定华 / 绘

图 4: 山显任 / 绘

不同学者在一些地区的红层对比和时代问题上分歧很大，至今仍未达成共识。因此，亟待发现其他门类化石来确定红层归属和进行广泛的区域地层对比。

盔甲鱼类 见证变迁

“时间”是化石基本属性之一。早在 1816 年，英国地质学家威廉·史密斯提出化石层序律。史密斯认为：相同岩层总是以同一叠覆顺序排列着，并

且每个连续出露的岩层都含有其本身特有的化石，利用这些化石可以把不同时期的岩层区分开。通俗地讲，就是“不同时代的地层中具有不同的古生物化石组合，相同时代的地层中具有相同或相似的古生物化石组合”。利用这条规律，就可以根据所含化石组合的面貌判断岩层的相对地质年代。

盔甲鱼类是我国志留纪浅水海相红层中的常见分子，其坚硬的膜质骨头甲很容易被保存成化石。中国志留纪时期的盔甲鱼类化石不仅属种繁多，个体数量丰富，而且经历了几次快速的辐射演化，在不同时期呈现出不同的组合面貌，因此，在我国能够根据盔甲鱼化石组合来判断地层的相对地质年代和进行区域地层对比。另外，盔甲鱼的古地理分布广泛，遍布安徽、浙江、江西、武汉、湖南、重庆、云南、新疆等省（自治区），为地层的横向对比提供了条件。近年来，随着盔甲鱼分类学研究的不断深入，其生物地层对比的意义也逐渐突显，发挥出越来越重要的作用。

目前，我国学者已经初步建立起志留纪鱼类生物地层对比序列，其中，3 个各具特色的鱼类组合——温塘组合、茅山组合和扬子组合，分别产自志留纪下红层、上红层和罗德洛世



> 中国志留系特列奇阶下红层含鱼化石的剖面（山显任 / 供）

红层，为这三套浅海红层之间的对比提供了重要的化石证据。

温塘组合是依据产自湖南张家界下红层溶溪组的 2 个盔甲鱼类属种和若干软骨鱼类鳍刺化石建立的。长期以来，由于该组合的古地理分布比较局限，因此难以被应用于广泛的区域地层对比。我们通过十余年来的野外工作取得了新的认识：除湖南地区的溶溪组之外，江西、江苏、

浙江、安徽、湖北、重庆、贵州等地的下红层中也产有丰富的盔甲鱼类和软骨鱼类化石。这一系列新发现证实盔甲鱼类和软骨鱼类在特列奇期早期具有更高的多样性，以及更广泛的古地理分布，表明温塘组合具有更大的区域地层对比的潜力。

我们这项研究对近年来发现的最为关键的志留纪含鱼层位——江西九江地区的清水组进行了报道，并对中国志留纪 5 个下红层沉积区的鱼类化石及鱼化石组合进行了总结及对比分析，丰富了温塘组合的生物多样性，扩大了该组合在扬子地区的古地理分布，为扬子地区溶溪组、清水组、唐家坞组、侯家塘组及新疆塔塔埃尔塔格组等特列奇期早期海相红层的对比提供了可靠的化石证据。

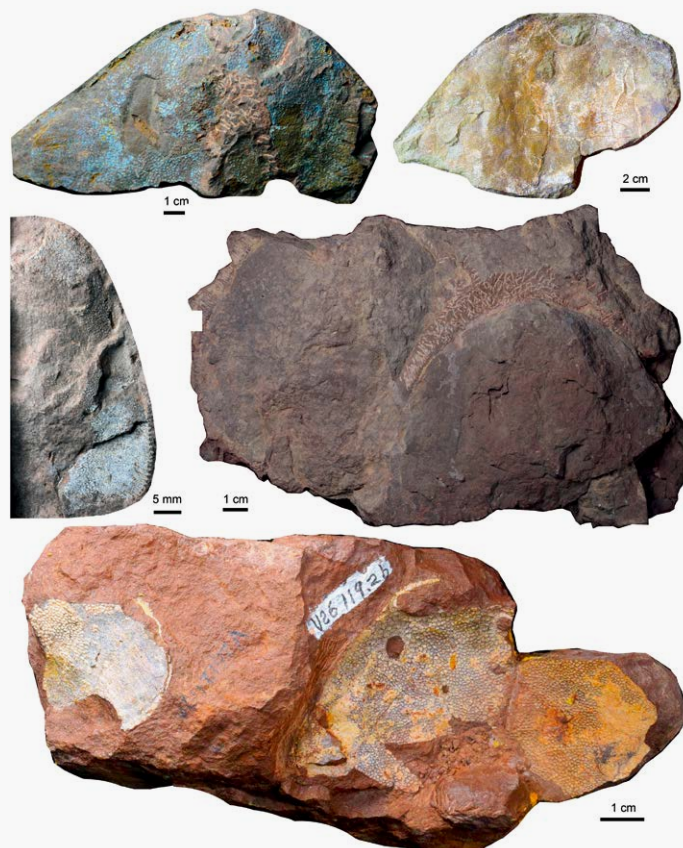
江西九江地区的志留纪地层序列清晰，出露良好。化石产出记录和盔甲鱼分类学研究进展表明，下红层清水组以基干盔甲鱼类和原始真盔甲鱼类（曙鱼科）的共同出现为特征，而上红层西坑组则以较为进步的中华盔甲鱼科的出现为标志。由此可见，江西九江地区下红层清水组与上红层西坑组的鱼类组合面貌截然不同，分别代表了盔甲鱼类两个不同的演化阶段，从而为华南志留纪上、下红层的精确对比提供了参考标尺。

通过一系列早期鱼类化石的新发现和对长江中下游地区下红层的广泛识别，本项研究对下红层中的温塘组合进行了补充和修订。修订后的温塘组合以盔甲鱼类中的基干盔甲鱼类（汉阳鱼科、修水鱼科、大庸鱼科）、原始的真盔甲鱼类（曙鱼科）、原始的多鳃鱼类（古木鱼科），以及软骨鱼类中的中华棘鱼类的共同出现为标志。其涵盖的分类单

元从之前的 3 科 5 属扩展到 6 科 14 属和若干未定属，其古地理分布从湘西北地区扩展到黔东南、鄂东南、赣西北、浙西北、皖东南、皖东等地区。温塘组合的进一步深化为我国长江流域志留纪下红层的对比提供了最直接的化石证据，能够在今后为解决志留纪浅海红层的时代问题提供来自古鱼类化石的证据。

无字之书 讲述秘密

古生物化石在证明大陆漂移假说的过程中起了非常关键的作用。1910 年，德国著名气象学家、地球物理学家魏格纳发现大西洋两岸形状能够互补，从而受到启发，提出了大陆板块漂移学说。他认为：全球的陆地在 2 亿年前还是彼此相连的一个整体，后来由于受到力的作用，才不断分离并漂移到现在的位置。为了验证这一假说，科学家



＞ 温塘组合真盔甲鱼目化石代表



找到了许多证据，其中颇具说服力的证据之一就是来自于水龙兽的化石证据。水龙兽是一种生活在约 2 亿年前的一种似哺乳爬行动物，主要生活在陆地上，无法进行跨海迁徙。然而，它们的化石却广布于我国新疆、非洲南部、印度、南极州等地的二叠纪末—早三叠世地层中，其跨大洋的广泛分布，有力地证明了这类动物，当时可能生活在同一个联合大陆——冈瓦纳大陆。

盔甲鱼类化石在证明板块漂移学说中同样起着举足轻重的作用。盔甲鱼是一类营底栖滤食性生活的鱼类，主要生活环境为靠近古陆边缘的浅海地带。从现有的化石记录来看，特列奇期早期的鱼类化石总体上沿华夏古陆和滇黔古陆边缘分布，进一步印证了在 4.38 亿年前的志留纪早期，我国以长江流域为主的广大地区曾是一片广阔的海洋——扬子海。此外，盔甲鱼类头甲均扁平，

＞ 温塘组合基干盔甲鱼类化石代表



温塘组合多鳃鱼目化石代表

缺少成对的偶鳍，表明其游泳能力较弱，扩散、迁移的能力有限，宽广的陆地和宽阔的海洋是其扩散、迁移的障碍，因此盔甲鱼类化石具有重要的古地理意义。新疆柯坪—巴楚地区的志留纪特列奇期早期浅海红层中同样产有丰富的盔甲鱼类，该鱼群面貌涵盖了基干盔甲鱼类的三大类群和原始的多鳃鱼类（古木鱼科），与同时期华南地区，尤其是浙江长兴、安徽巢湖一带的鱼群面貌高度一致，这不仅为华南板块和塔里木板块特列奇期早期浅海红层之间的对比提供了直接证据，同时表明如今相隔 4 000 千米的两块板块，在当时可能属于同一片海域。

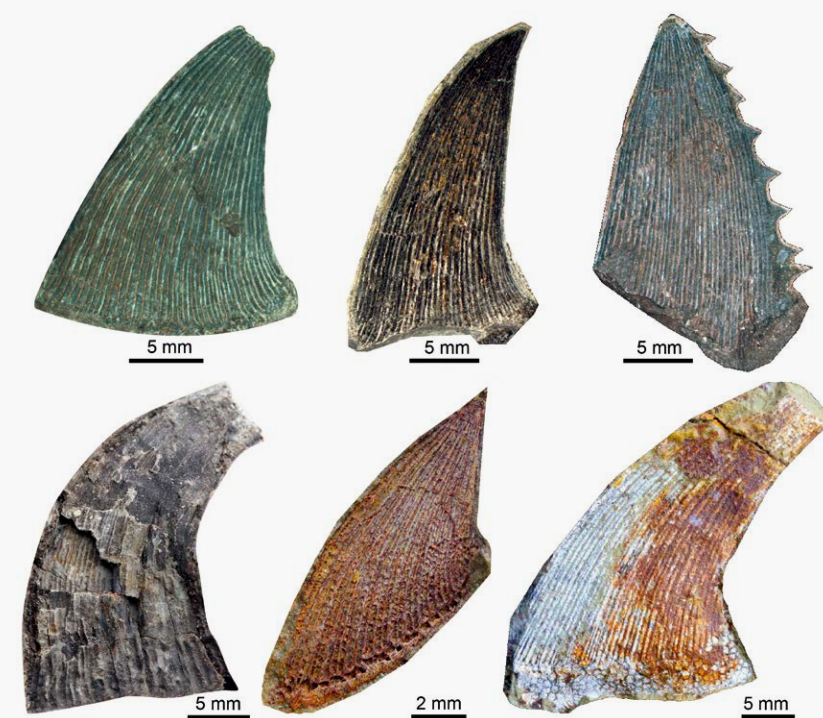
除了古鱼类化石证据外，无脊椎动物化石的研究也表明：我国华南板块和塔里木板块可能属于同一动物地理区系。两者在志留纪早期的沉积环境也基本一致，均属于在干旱环境下的浅海形成的红色碎屑岩系。再者，两者在志留纪时期的地层架构基本相同，即底层和盖层的时代大致相同。在这一时期，两个板块上的志留纪地层均盖在晚奥陶世的地层上面，而其上均被晚泥盆世的地层所覆盖。对古地磁的研究认为，早在志留纪时期（约 4.43 亿 ~ 4.19 亿年前），塔里木板块大约位于北纬 15° 以南，即赤道附近，且位置偏东。当时它可能与华南板块连在一起的，

被称为塔里木—华南联合板块。

那么塔里木盆地后来为什么从赤道附近跑到了 4 000 千米之外的西部边陲了呢？目前尚没有统一的看法。不同的学者根据自己手中所掌握的材料分别给出不同的解释。目前，根据古生物化石材料的研究并结合古地磁学、地层学和古环境学等方面的综合分析得出的最新观点是：塔里木—华南联合板块是在志留纪晚期的罗德洛世（4.23 亿 ~ 4.19 亿年前）开始分离的，并各自成为一个独立的板块。也就是说在这个时期塔里木板块才开始从联合板块脱离出去。这个联合板块解体的主要原因可能是由于羌塘、昌都陆块从南向北带着巨大的能量冲过来，从而把联合板块撞开。联合板块解体之后，塔里木板块开始按着顺时针方向缓慢地向西北方向漂移，大约在晚二叠世时才到达现在的位置。也就是说塔里木盆地原来并不位于现在的位置，而是经过漫长的地质历程，才从华南地区慢悠悠地漂到这里来。随着印度板块继续向北俯冲，它是否还要向北漂移，尚待观察。而华南板块则向东平移滑动了 800 千米。

以上是中国科学院古脊椎动物与古人类研究所早期脊椎动物团队在全国范围内志留纪浅海红层中长达 20 年野外工作的重要成果。特别是近十余年来，笔者带领的野外团队东至江浙，西至西藏，南到海南，北达新疆，跑遍了苏、皖、浙、鄂、赣、湘、渝、黔、川、新、藏等省（自治区、

直辖市）近 50 个县（市），对志留纪早期浅海红层进行了深入研究，最终在江苏南京、浙江长兴、安徽宁国、巢湖、江西九江、湖北武汉、湖南张家界、重庆秀山、新疆塔里木等地区的志留纪早期海相红层中发现大量早期鱼类化石，从而为这些地区志留纪海相红层的对比提供了重要的古鱼类化石证据。目前该成果已经以封面文章的形式在《地层学杂志》上发表。该成果主要针对中国志留纪早期的含鱼层位进行梳理及对比分析，再次证实在志留纪特列奇期早期，我国以长江流域为主的广大地区是一片海洋——扬子海，并揭示了扬子海中生活的盔甲鱼类以基干盔甲鱼类、



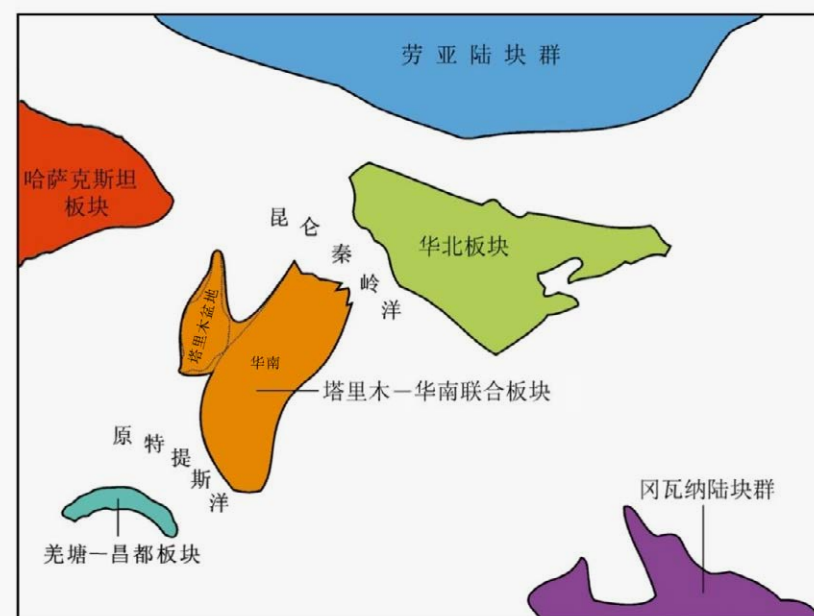
温塘组合软骨鱼类鳍刺化石代表

原始真盔甲鱼类和原始多鳃鱼类为主。这一鱼类“大家庭”在江西、浙江、安徽、湖北、湖南等多地

的浅海红层中同时出现，从而为这些地区之间含鱼地层的对比提供了关键的化石证据。在新疆的塔里木盆地，盔甲鱼化石的总体面貌与同一时期华南地区的鱼群面貌高度一致，同时这两个地区都产有中国特有的软骨鱼类——中华棘鱼，因此，推断在志留纪特列奇期，现在塔里木盆地所在的塔里木板块和长江流域所在的华南板块是一个统一的生物区，在古地理上两个板块是相连的。

第一作者单位 / 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

（本文编辑：张佳楠）



根据古鱼类化石复原的塔里木盆地在志留纪时期的相对地理位置示意图（与华南板块一起形成一个塔里木—华南联合板块，赵文金 / 供）