

第十二章 晚古生代的古生物、 古地理和古构造

晚古生代时限为距今 400~250 Ma, 延续时间为 150 Ma。包括泥盆纪 (Devonian) (400~350 Ma)、石炭纪 (Carboniferous) (350~285 Ma) 和二叠纪 (Permian) (285~250 Ma)。目前国际上泥盆纪内部通用三分, 为早、中、晚泥盆世, 石炭纪两分, 为早、晚石炭世。二叠纪传统上为两分方案, 近年也出现三分方案, 本书仍采用两分将其分为早、晚二叠世。

晚古生代为加里东运动之后地史发展的一个新阶段, 全球的有机界和无机界较早古生代均有很大发展。在有机界, 海生无脊椎动物发生了重要变革, 陆生植物也开始大量繁盛, 脊椎动物如鱼类、两栖类及原始爬行类逐渐征服大陆, 呈现出一派生机盎然的局面。在无机界, 早古生代后期北美和俄罗斯板块的碰撞导致劳俄大陆的形成。在中国, 华夏板块与扬子板块的碰撞形成了基本统一的华南板块。柴达木、秦岭微板块与华北板块的碰撞使华北板块扩大了规模, 由此造成了全球构造古地理面貌的重大改观。晚古生代, 更大规模的板块运动导致劳俄板块与西伯利亚板块、华北板块和西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块、非洲板块与劳俄板块等的缝合, 诸多古大洋消失。到晚古生代末期, 全球范围的联合古大陆 (Pangea) 基本形成。晚古生代的沉积类型更加丰富多彩, 沉积矿产类型繁多。海生无脊椎动物的繁盛及高等植物的出现导致森林的形成, 为油气和煤等能源矿产的形成创造了条件。

第一节 晚古生代的古生物

晚古生代生物界发生了重大变化, 其主要表现在: ①脊椎动物相继发生重要进化并逐渐征服大陆; ②陆生植物逐渐繁盛, 改变了陆地的古地理景观; ③海生无脊椎动物丰富多彩, 生物类别发生了重大改观 (图 12-1)。

一、脊椎动物的发展与演化

在晚古生代脊椎动物的演化中, 鱼类的发展令人瞩目。泥盆纪鱼类繁盛, 故称为“鱼类时代”。尤其是淡水鱼大量出现, 它们生活于内陆河流、湖泊或河口地区, 体现了动物界征服大陆的进化过程。早泥盆世鱼类以无颌类为主, 属低等鱼形动物, 中、晚泥盆世以盾皮鱼类为主, 明显的进化使其上、下颌已分化, 如沟鳞鱼。

晚泥盆世, 生物征服大陆又迈出了巨大的一步, 即鱼类向两栖类的演化。晚泥盆世鱼类种类繁多, 其中一类称总鳍鱼类, 具有强大的肉鳍, 在水中用鳃呼吸, 当水体干涸时, 用肉鳍在泥砂上爬行。一般认为, 总鳍鱼可能是两栖类的祖先。格陵兰东部上泥盆统顶部发现的个体长约 1 m 的鱼石螈, 为原始两栖类的代表。两栖类在石炭纪时得到蓬勃发展, 并占据统治地位, 多生活于河湖、沼泽近水地带, 可以始螈为代表。

石炭纪晚期, 原始爬行类的出现是脊椎动物演化史上又一次重大事件。它代表动物界进一步摆脱了对水体的依赖, 可以占领陆上广阔的生态领域。原始爬行类以产于北美的林蜥为

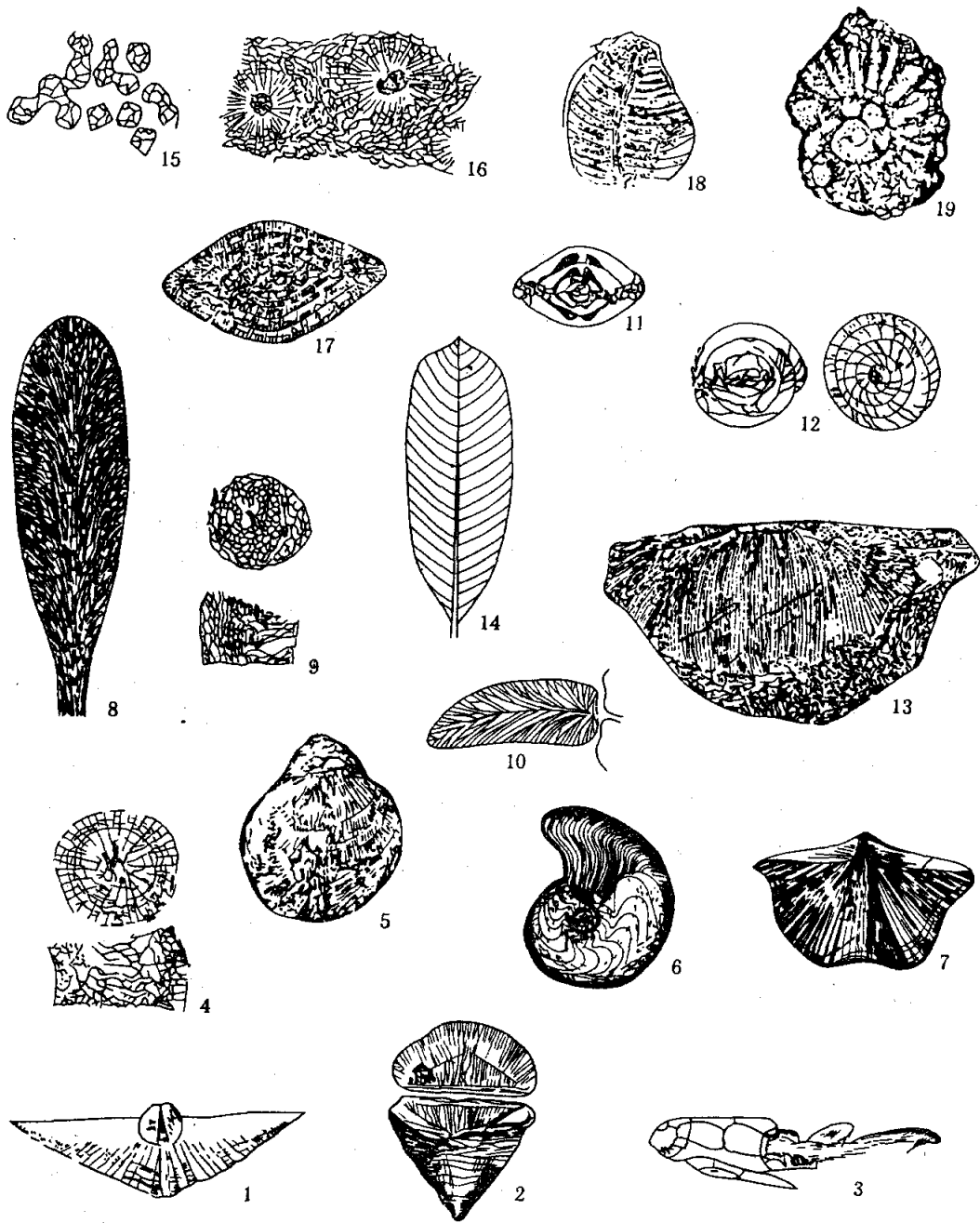


图 12-1 晚古生代化石图

(转引自全秋琦、王治平, 1993)

1. *Euryspirifer* (阔石燕, D_1); 2. *Calceola sandalina* (草履拖鞋珊瑚, D_{1-2}); 3. *Bothrolepis* (沟鳞鱼, D_{2-3}); 4. *Disphyllum* (分珊瑚, D); 5. *Stringocephalus* (号头头贝, D_2); 6. *Manticoceras* (尖棱菊石, D_3); 7. *Cyrtospirifer* (弓石燕, D_3); 8. *Glossopteris* (舌羊齿, C_3-T_1); 9. *Cystophrentis* (泡沫内沟珊瑚, C_1); 10. *Neuropteris giganta* (大脉羊齿, C_2); 11. *Fusulinella* (小纺锤筴, C_2); 12. *Pseudoschwagerina* (假希瓦格筴, C_2); 13. *Gigantoproductus* (大长身贝, C_1); 14. *Gigantopteris* (大羽羊齿, P_2); 15. *Hayasakaia* (早坂珊瑚, P_1); 16. *Wentzellophyllum* (拟文采尔珊瑚, P_1); 17. *Neoschwagerina* (新希瓦格筴, P_1); 18. *Leptodus* (蕉叶贝, P_2); 19. *Pseudotirolites* (假提罗菊石, P_2)

代表。至二叠纪，爬行类有了进一步的发展，类型更加多样，其重要性也显著增加。著名的代表有发现于北美的异龙类和遍布世界各大洲的二齿兽类。另外还有适应水中生活的中龙等。这些生物因演化迅速、分布广泛，常成为陆相地层中的重要化石及大陆漂移的重要证据。

二、陆生植物的繁盛及其地理分异

晚古生代生物征服大陆，不仅表现在动物界，而且也表现在植物界，以裸蕨为代表的陆生植物志留纪晚期已开始出现，至早泥盆世有进一步的发展，主要代表有工蕨。但这类植物尚无真正的根和叶的分化，只能适应于近水沼泽地区生活。早泥盆世晚期—中泥盆世，开始出现根、茎、叶分化明显的原始松类。晚泥盆世裸蕨类绝灭，乔木状植物占优势，并出现小规模森林，原始裸子植物开始出现，表明适应陆地环境的能力增强，标志着植物界演化史上的一次重大飞跃。

石炭纪陆生植物进一步繁荣，地球上首次出现大规模森林，主要代表有石松、节蕨、真蕨、种子蕨和科达类等。晚石炭世，陆生植物的属种数量及所占空间领域均有重要发展，成为全球第一个重要成煤期。而且受古地理和古气候分异的影响，开始呈现明显的植物地理分区(图 12-2)。近赤道的低纬度区为热带植物区，主要包括中国大部、日本、印尼的苏门答腊、中亚、欧洲及北美东部，其特征是高大的石松、节蕨和科达类大量繁盛，树高林密，枝叶繁茂，形成热带森林景观。其中鳞木可高达 30~40 m，直径达 2 m，但树干不显年轮。北亚、我国新疆准噶尔盆地及东北北部，称安加拉植物区，以草本真蕨和种子蕨为主，木本植物具明显年轮，代表北温带气候，其代表有匙叶等。冈瓦纳大陆发育着以舌羊齿为代表的舌羊齿植物群，我国藏南地区已有发现，其特征是植物种类单调，反映了南半球中高纬度区较寒冷的气候。

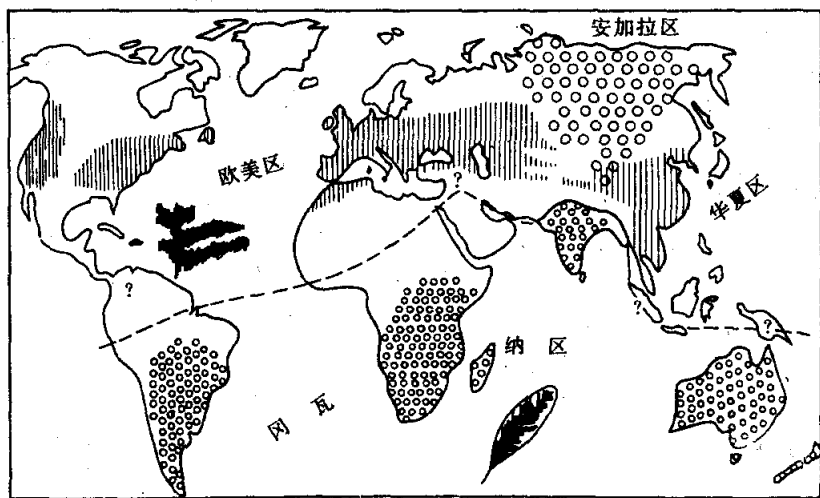


图 12-2 石炭纪—二叠纪世界古植物分区图

(转引自刘本培, 全秋琦, 1996)

二叠纪陆生植物的演化可分为明显的两个阶段。早二叠世与石炭纪植物面貌相似，但热带植物区分化为两个植物区，即华夏植物区和欧美植物区。前者主要包括东亚、东南亚，又可分为北方亚区和南方亚区，以大羽羊齿和单网羊齿大量发育为特征，后者主要指欧洲和北美东部，完全不见大羽羊齿植物群的踪迹。植物区的分异反映了二叠纪古地理和古气候的复

杂化。二叠纪晚期，裸子植物占主导地位，松、柏和苏铁类十分繁盛，渐近中生代植物群面貌，显示出植物又出现一次重大变革，预示着中生代的来临。

三、海生无脊椎动物的变革

从早古生代到晚古生代，海生无脊椎动物发生了重要变化，早古生代繁盛的笔石几乎完全绝灭，三叶虫大量减少，珊瑚、腕足类和筴类则占据重要位置。晚古生代末，发生了重要的生物绝灭事件。

四射珊瑚在晚古生代得到大发展，种类繁多，构造复杂，并于中泥盆世—晚泥盆世早期、早石炭世和早二叠世先后出现三次发展的高潮期。泥盆纪以双带型和泡沫型珊瑚为主，其代表有分珊瑚 (*Disphyllum*)、费氏星珊瑚 (*Phillipsastraea*)、拖鞋珊瑚 (*Calceola*) 等。至石炭纪—二叠纪，四射珊瑚除双带型以外，三带型珊瑚大量出现，常见的有贵州珊瑚 (*Kueichouphyllum*)、棚珊瑚 (*Dibunophyllum*)、拟文采尔珊瑚 (*Wentzellophyllum*) 等，泡沫型珊瑚已经绝灭。床板珊瑚在晚古生代仍占重要地位，并为重要的造礁生物，常见代表为笛管珊瑚 (*Syringopora*)、早坂珊瑚 (*Hayasakaia*) 等。

晚古生代繁盛的另一类腔肠动物层孔虫，营底栖固着生活，常与珊瑚、苔藓虫等一起形成生物礁。

腕足类在整个晚古生代均很繁盛。泥盆纪以大量石燕类出现为特征，如阔石燕 (*Euryspirifer*)、弓石燕 (*Cyrtospirifer*) 等。此外，穿孔贝类 (如鸚头贝 *Stringocephalus*) 及小嘴贝类 (如云南贝 *Yunnanella* 等) 也很发育。石炭纪—二叠纪长身贝类兴起，重要的化石如大长身贝 (*Gigantoproductus*)、网格长身贝 (*Dictyoclostus*) 等。晚二叠世腕足类出现特化的类型 (如蕉叶贝 *Leptodus*)，可能预示着二叠纪后期腕足类大量衰减的征兆。

石炭纪—二叠纪是有孔虫的繁盛期，其中筴类的繁盛和快速演化使其成为重要的分带化石。晚石炭世早期筴类旋壁为三层式或四层式，重要的代表如纺锤筴 (*Fusulina*)。晚石炭世晚期筴类个体增大，旋壁出现蜂巢层，主要代表如麦粒筴 (*Triticites*)、假希瓦格筴 (*Pseudoschwagerina*)。早二叠世为筴类的全盛期，其特点是个体大，拟旋脊和列孔发育，有的出现副隔壁，重要的化石代表如米氏筴 (*Misellina*)、新希瓦格筴 (*Neoschwagerina*)。晚二叠世筴类出现衰减和形态特化 (如喇叭筴 *Codonofusiella*)。二叠纪末筴类全然绝迹。除上述类别外，头足类、竹节石类、牙形类在晚古生代地层划分对比中也具有重要意义。

受板块运动和古纬度的影响，晚古生代的海生无脊椎动物具有明显的分区现象。在赤道附近的古特提斯区，包括我国大部地区及北美东部、西欧、哈萨克斯坦等地，暖水生物群发育，常见珊瑚类、腕足类、层孔虫及苔藓虫、海绵类形成的生物礁，代表低纬度热带、亚热带气候，与欧美—华夏植物区一致。在我国新疆北部、东北北部和北亚地区，不见古特提斯区的造礁生物，泥盆纪发育小型单体珊瑚、二叠纪见小石燕 (*Spiriferella*)、单通道筴 (*Monodioxodina*) 和乌拉尔菊石等，代表北方大区温凉气候条件的生物群。我国滇西、藏南和印度、澳大利亚、非洲、南美等地，晚古生代造礁生物缺乏，小型单体珊瑚 (如厚壁珊瑚 *Lytvolasma*)、厚壳双壳类 (如宽铰蛤 *Eurydesma*) 发育，代表南方生物大区的冷水型生物群。

第二节 晚古生代的古地理

晚古生代时期，中国古大陆的古地理格局较早古生代有重大改观。加里东后期，柴达木

板块、秦岭微板块和华北板块对接碰撞使华北板块规模扩大。在区域性挤压的构造体制下，华北板块内部自中奥陶世开始的隆升一直持续到早石炭世，晚石炭世才开始接受沉积。在华南地区，晚加里东期扬子板块和华夏板块的碰撞形成了南华造山带。泥盆纪之后持续而有节奏的海侵使南海域逐渐扩大，至二叠纪覆盖了华南绝大部分地区。同时华南板块内部的伸展裂隙形成了晚古生代的裂隙槽和小洋盆。扬子板块周缘的金沙江、南秦岭洋也陆续形成，使华南及临区的古地理格局更加复杂。除华北、华南之外的其他板块和微板块仍处于独立的发展状态。

一、泥盆纪的古地理特征

泥盆纪处于加里东向海西—印支期转折的重要时期，与早古生代后期的挤压体制不同，泥盆纪中国大部分地区（尤其是华南及临区）处于伸展的构造体制下。华南陆内裂隙槽、金沙江和南秦岭裂谷盆地相继形成，导致了华南板块及临区复杂的古地理格局。分隔华北、塔里木和西伯利亚板块的古亚洲洋仍为一广阔的多岛洋。冈瓦纳板块与昌都—思茅地块及羌塘地块之间，泥盆纪很可能已形成了古特提斯多岛洋。早古生代以库地蛇绿岩套为代表的古昆仑洋已经闭合，塔里木与冈瓦纳板块之间的新昆仑洋可能南移到喀喇昆仑一带，实际上是古特提斯的组成部分。

（一）华南板块及其大陆边缘泥盆纪古地理特征

1. 华南板块泥盆纪的地层序列和古地理

加里东运动之后，东南加里东造山带隆升，扬子主体上升为陆。因此在泥盆纪初期，除桂东南钦（州）防（城）地区存在残余海槽和滇东一带见到陆相泥盆系与志留系连续过渡外，华南其他地区均为遭受剥蚀的古陆或山地。从早泥盆世开始，华南地区自西南滇黔桂逐渐向东北方向发生海侵。泥盆纪华南总体处于一个张裂的构造背景下，自早泥盆世晚期开始，海盆中出现浅水碳酸盐台地（象州型）和条带状较深水硅、泥和泥灰质台槽（南丹型）的岩相及生物相分异。这种较深水台槽是受同沉积断裂控制的。位于中扬子地区的川东、鄂西、湘西北一带，海侵始于中泥盆世，因此仅见中、上泥盆统的海陆交互及滨浅海相沉积。下扬子地区仅见上泥盆统，总体以陆相沉积为主，但也发现海泛层。因此，华南板块内部可以分为南华海、中扬子和下扬子三个沉积区。

华南南部的南华海区是我国泥盆纪地层分布广泛、类型复杂、研究程度高的地区，可以分为象州型和南丹型。桂中地区泥盆系一直作为我国象州型泥盆系的对比标准，该区泥盆系剖面划分如下：下泥盆统自下而上为莲花山组、那高岭组、郁江组和四排组；中泥盆统为应堂组、东岗岭组；上泥盆统为谷闭组、融县组。该剖面代表南华海区正常滨岸—浅海沉积，即“象州型”沉积（图 12-3）。

莲花山组与下伏中寒武统呈角度不整合接触，代表了早古生代后期的加里东运动。莲花山组以紫红色碎屑岩沉积为特色，向上粒度变细，局部夹灰岩。碎屑岩中见槽状交错层理，生物化石以鱼类、双壳类和介形类为主，并见腕足类碎片等。反映干热气候条件下的河湖及滨岸沉积。那高岭组以细碎屑岩夹灰岩为主，内有腕足、珊瑚等正常盐度的海相化石。郁江组总体为碳酸盐岩，碎屑岩向上减少、粒度变细。四排组为厚层台地碳酸盐沉积。自莲花山组至四排组总体代表一次明显的海平面升降旋回。

中泥盆统应堂组泥质沉积又趋增多，以滨浅海页岩泥灰岩、泥质灰岩为主。东岗岭组下部由浅海相薄层泥灰岩、页岩向上变为台地相厚到巨厚层的生物碎屑灰岩，代表又一次明显

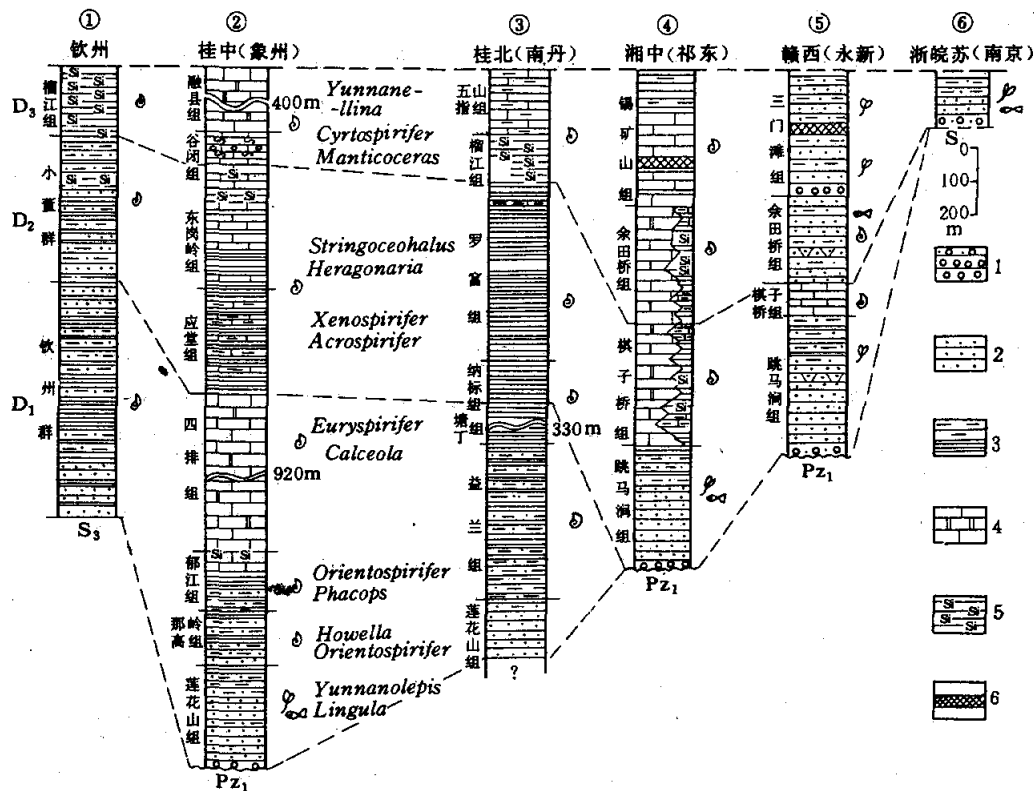


图 12-3 华南地区泥盆系柱状对比图

(转引自刘本培、全秋琦, 1996)

1. 砾岩、砂砾岩; 2. 砂岩; 3. 粉砂岩; 泥(页)岩; 4. 灰岩、白云岩; 5. 硅质岩; 6. 赤铁矿

的海平面升降旋回。东岗岭组上部由下向上为薄层灰岩到灰岩夹硅质岩，代表一次新的海侵沉积。

上泥盆统谷闭组以厚层含生物化石灰岩为主，内富含腕足、珊瑚及牙形类化石，为碳酸盐台地沉积。因此东岗岭组上部到谷闭组代表第四次明显的海平面升降旋回。融县组总体为一明显海退过程，但下部以含生物灰岩为主，底具角砾灰岩，中部泥晶到粉晶灰岩，上部以白云质灰岩、白云岩为主，代表泥盆纪最后一次明显的海平面升降旋回。

桂中地区的“象州型”地层以台地碳酸盐为主。其沉积厚度巨大，常达数千米之巨。生物丰度高，分异性强，生物量巨大，尤其以腕足类、珊瑚、层孔虫、苔藓虫大量繁盛为特色，并有双壳类、腹足类、头足类、三叶虫、棘皮类、厚壳竹节石、介形虫、藻类等多门类化石。以层孔虫、复体四射珊瑚和层孔虫为主筑积而成的生物礁广泛分布。反映了“象州型”沉积形成于清洁浅水、动荡富氧的条件下(图 12-4)。

在滇黔桂地区与“象州型”相对应的“南丹型”深水沉积呈北北东或北西向的条带分布，其发育明显受同沉积断裂控制。“南丹型”沉积可以桂西北罗富剖面为代表。其下统莲花山组和益兰组以碎屑岩为主，内有腕足、珊瑚等浅水底栖生物，说明此时沉积分异还不明显。下统上部塘丁组为暗色泥岩，内仅有竹节石等浮游生物，说明同沉积断裂开始活动，沉积分异形成。中、上泥盆统均以黑色泥岩、泥灰岩和硅质岩为特色，内有菊石、竹节石及无眼的三

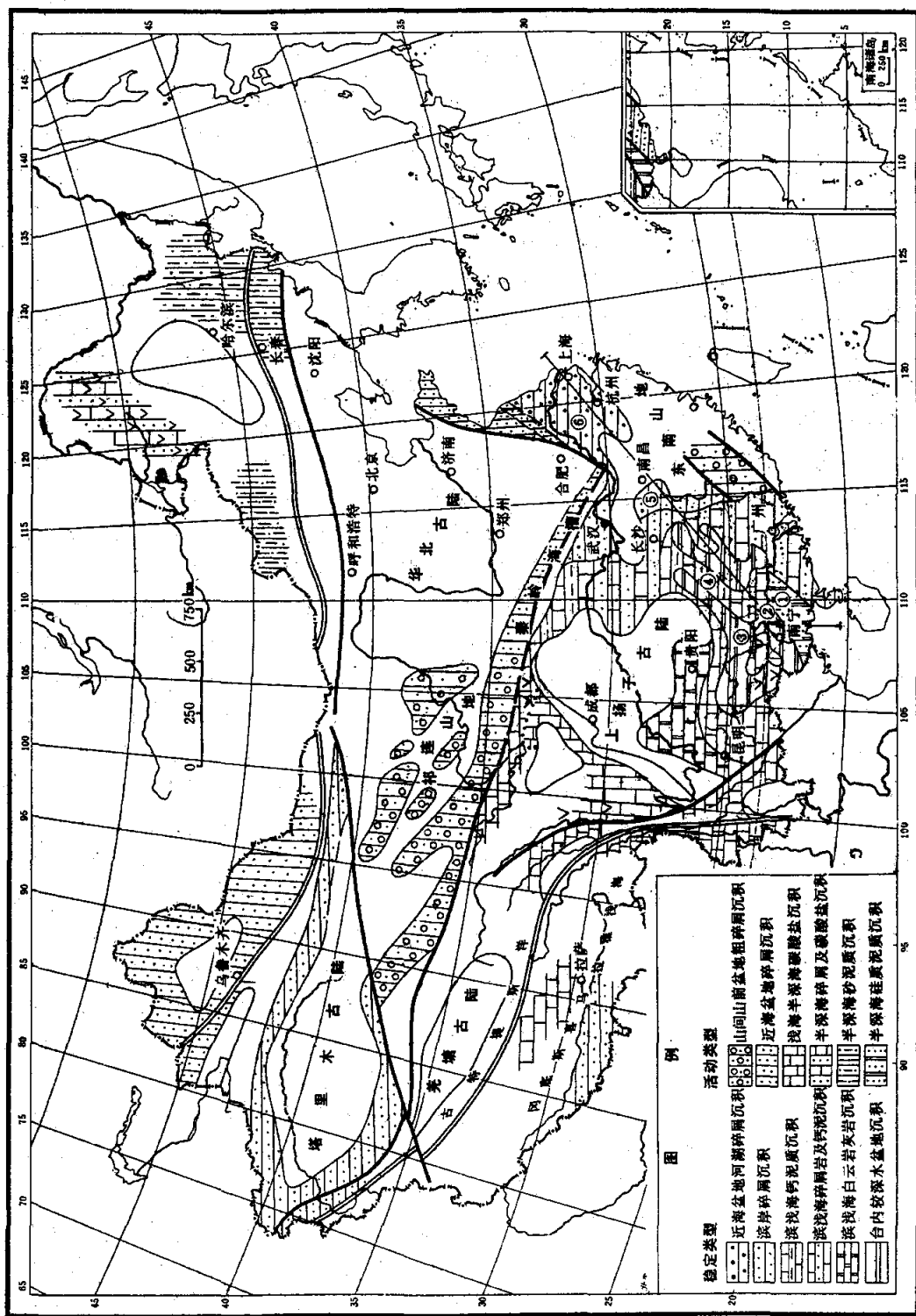


图 12-4 中国晚泥盆世古地理图 (转引自刘本培、全秋琦, 1996)

叶虫化石。因此,所谓“南丹型”是一套暗色的含浮游游泳生物的薄层泥岩、泥灰岩、泥晶灰岩和硅质岩,代表较深水滞流缺氧的微型裂陷槽(台内断槽)沉积。

南华海区深水沉积还见于钦州防城以及滇东南、黔南、桂中—桂西南地区。钦防地区的泥盆系自下而上分为钦州群(D₁)、小董群(D₂)和榴江组(D₃)。由于后期遭受强烈构造变形影响,迄今尚未建立完整的地层顺序。钦州群主体为暗色薄层泥质岩,内有笔石和竹节石等浮游生物化石,与下伏志留系整合接触。小董群以暗色泥岩、泥质粉砂岩、含砾泥岩、砂岩及局部含锰泥岩组成,内有竹节石、介形类、三叶虫等生物。榴江组以暗色泥岩、硅质岩和灰岩为主,富含竹节石、介形虫、菊石等浮游生物。钦防地区泥盆系总体反映了深水、滞流缺氧的海槽环境,为加里东期后残余海槽所在。

南华海区泥盆纪的古地理演化总体以海侵超覆为特征,早泥盆世地层分布不广,仅在滇东和钦防海槽见到与上志留统连续沉积。早泥盆世中晚期,海侵进一步扩展,尤其在北东方向最为明显。早泥盆世后期海侵可达湘南一带。湘南地区下泥盆统已出现陆相和滨岸的沉积。中、晚泥盆世海侵范围更趋广泛(图12-4)。中泥盆世由桂中向东北方向的海侵可达湘中及湘赣交界一带。湘中地区中泥盆统下部跳马涧组以河湖到滨岸碎屑沉积为主,内有植物和鱼类化石碎片。中统上部棋子桥组和上统余田桥组以滨浅海碳酸盐岩为主,内有大量腕足类、珊瑚、层孔虫、棘皮类、软体类化石。上统上部锡矿山组下部为灰岩、泥灰岩及泥质岩,含著名的“宁乡式”鲕状赤铁矿。上部以砂岩、粉砂岩为主,反映泥盆纪末期因海退形成的进积特征。与黔桂相似,湘中地区也同样存在着台间海槽沉积,但规模较前者小,主要形成于棋子桥期和余田桥期。湘赣交界附近中、上泥盆统以碎屑岩沉积为主,内夹灰岩、泥质灰岩及泥灰岩。生物既有海相生物如腕足类、棘皮类、珊瑚等,也有陆生的植物和鱼类,反映海陆交互的特征。上泥盆统上部的鲕状赤铁矿是华南泥盆纪重要的铁矿层。在南华海盆地东缘闽中一带,上泥盆统南靖群为厚达2000m的砾岩、角砾岩、砂岩等粗碎屑沉积,代表陆相活动类型沉积,可能和东南山地的抬升有关,为山前断陷盆地的磨拉石沉积。

除南华海之外,中扬子区的川东、鄂西及湘西北地区于中、晚泥盆世也遭海侵,发育中泥盆统上部到上泥盆统地层,其中中统云台观组为河流到滨海相的纯石英砂岩。上统下部黄家磴组为细砂岩、粉砂岩夹泥岩和泥灰岩,内有腕足 *Cyrtospirifer* (弓石燕) 及植物化石碎片。上部写经寺组下部以碳酸盐岩为主,夹鲕状赤铁矿、鲕绿泥石和菱铁矿,含腕足 *Yunnanella* (云南贝)、*Yunnanellina* (小云南贝) 等,上部砂页岩以植物化石为主。总之川鄂浅海区中晚泥盆世以海陆交互沉积为主,晚泥盆世可能和南华海与秦岭海槽均有连通。

下扬子地区仅见上泥盆统五通组,岩性由灰白、浅灰色的石英砂岩、砂砾岩及浅灰到黄灰色的粉砂岩、泥岩组成,内有植物化石 *Lepidophloeum rhombicum* (斜方薄皮木) 和鱼类 *Sinolepis* (中华棘鱼)、*Asterolepis* (星鳞鱼) 等,代表潮湿气候条件下的近海河湖盆地沉积。近年在皖南、浙西等地陆续发现五通组具滨岸沉积的交错层理,并见有小腕足化石,说明可能晚期有海泛层的存在。中、晚泥盆世川鄂浅海进一步与南华海连通。下扬子区以近海河湖相沉积为主,中夹海相层,表明可能与北侧的海槽连通。

综上所述,自早泥盆世开始由滇东、钦防等处的海水向大陆逐渐侵进,尤其是向北东向的海侵十分明显,形成明显的地层超覆。由于受古地形和构造升降的影响,海侵呈台阶状特征。早泥盆世(布拉格期—埃姆斯早期)的海侵范围大致达桂北、湘南一线,为第一台阶。中泥盆世吉维特期遍及湘中到赣西地区的海侵为第二台阶。晚泥盆世弗拉斯期海侵到达湘北,可能淹没江南古陆,与中扬子区连通为第三台阶。这种海侵规程与前述的地层层序和海平面变

化规律是一致的。

2. 华南板块大陆边缘泥盆纪古地理特征

华南板块西部大陆边缘泥盆纪时期已存在古特提斯多岛洋，其主支位于北澜沧江至昌宁—孟连一线。在保山地块和思茅地块之间的昌宁—孟连带已经发现早泥盆世含笔石的暗色泥质页岩和放射虫硅质岩，中、晚泥盆世则出现连续的放射虫硅质岩序列。硅质岩中出现明显的Ce负异常，代表了大洋环境。在该带北部永德铜厂街发现了蛇绿岩并获得385 Ma的年龄值，可以说明该带在早泥盆世进入初始洋盆阶段，晚泥盆世已进入成熟洋盆阶段（大西洋阶段）。往东在思茅地块和华南板块之间的哀牢山—红河一线，也出现早泥盆世的砂泥质浊积岩（墨江）和中泥盆世的硅质岩和基性火山岩（金平）。代表华南板块西侧的被动大陆边缘斜坡和深水海盆沉积，是古特提斯多岛洋的一个东侧分支。金沙江以西的昌都地块上仅见中、上泥盆统碳酸盐岩夹少量碎屑岩，上泥盆统具华南特有的 *Yunnanella* 动物群，反映金沙江泥盆纪时并不是导致生物隔离的广阔海洋。该动物群在昌宁—孟连—北澜江线以西不复存在，反映以该线代表的古特提斯洋主支对生物阻隔起着重要作用。

华南板块北部大陆边缘为南秦岭地区，早古生代末期以商丹蛇绿岩为代表的北秦岭洋已经闭合，并沿北秦岭形成一近东西向的加里东造山带。造山带南侧发育半深海—深浅海的碎屑岩、泥质岩和碳酸盐岩，为前陆盆地背景的复理石和类复理石沉积。南秦岭泥盆纪沿勉略—巴山弧一带开裂形成一个新的小洋盆。略阳到康县一带发育双峰火山岩和碱性玄武岩等火山碎屑沉积组合。勉略—巴山弧小洋盆以北的秦岭微板块则以浅水陆棚碎屑岩和台地碳酸盐沉积为特色。小洋盆以南的扬子板块北缘，如四川龙门山、陕南下高川等地区泥盆系以陆棚碎屑岩和碳酸盐沉积为主。

至于华南板块东部、南部大陆边缘的情况研究较少，目前尚无发现泥盆纪大陆边缘沉积类型的报导。

（二）华北板块及其大陆边缘泥盆纪古地理特征

1. 华北板块泥盆纪的地层序列和古地理

华北板块内部至今尚无发现泥盆系的记录，因此推论泥盆纪时仍处于剥蚀古陆状态。泥盆纪柴达木地块和华北板块已经碰撞相连，其间形成的祁连加里东造山带山前和山间盆地中形成粗碎屑的磨拉石沉积。祁连山北侧甘肃走廊地区，下、中泥盆统雪山群为紫红色砂砾岩，产植物 *Drepanophycus*（镰蕨）及鱼类 *Bothriolepis* 等化石。上泥盆统沙流水群为紫红色砂砾岩、粉砂岩和泥质粉砂岩，含 *Leptophloeum rhombicum* 等植物化石。沙流水群和雪山群呈角度不整合接触，反映祁连造山带的挤压、隆升过程仍在继续进行。柴达木北缘晚泥盆世早期耗牛山组为含 *Leptophloeum rhombicum* 的紫红色砂砾岩、砂岩和中酸性火山岩及火山碎屑岩，晚期阿木尼克组为紫红色砾岩和砂砾岩，代表祁连造山带南部的活动山前盆地沉积。

2. 华北板块大陆边缘古地理特征

华北板块西南缘布尔汉布达一带仅见上泥盆统，其下部为紫红色、灰绿色安山岩和流纹岩及玄武岩夹砂岩和火山角砾岩，上部为紫红色粉砂岩、砂岩及底砾岩。更南到纳合台为碎屑、火山岩及碳酸盐沉积，代表华北—柴达木板块南缘的活动型沉积。在华北南缘北秦岭蟒岭一带，零星分布中、上泥盆统变石英砂砾岩和片岩，此为秦岭加里东造山带山间盆地沉积。

华北板块北部大陆边缘泥盆系以碎屑岩碳酸盐沉积为主，如内蒙古珠斯楞海拉尔地区泥盆系主要为灰褐色到灰绿色砂岩、粉砂岩夹砾岩和生物灰岩，内有拖鞋珊瑚、六方珊瑚等海相化石，代表华北北缘的被动大陆边缘沉积。

(三) 其他地区泥盆纪古地理概述

1. 塔里木板块及其大陆边缘

塔里木板块主体在泥盆纪呈古陆状态, 根据古地磁资料, 该板块当时处于北纬 15°左右位置, 长轴呈南北向延伸。板块仅在四周边缘地区有海陆交互和浅海沉积(图 12-4)。以板块西北部的柯坪塔格为例, 中泥盆统为砾岩和砂板岩, 上泥盆统为紫红色砂岩、粉砂岩夹砾岩。内有植物和腕足类化石, 为海陆交互相沉积。在柯坪北邻的南天山地区, 上泥盆统中已有发现华南型 *Cyrtospirifer-Yunnanella* 腕足动物群的报导, 启示了塔里木和华南地区间存在较密切的生物区系亲缘联系。

塔里木板块南北大陆边缘研究程度较低。板块北部至艾比湖-居延海对接带之间, 存在复杂的洋盆和地块间列格局。南天山地区已发现晚泥盆世放射虫硅质岩、枕状熔岩和超基性岩, 证明为塔里木板块和中天山地块之间的一个洋盆, 向北俯冲于中天山地块之下, 向南至塔里木板块间则存在一个被动大陆边缘。

2. 古亚洲洋

新疆北部、内蒙古和兴安岭地区泥盆纪仍为分隔华北-塔里木和西伯利亚板块之间的古亚洲多岛洋。在艾比湖-居延海-西拉木伦主支洋盆以北, 属于西伯利亚板块南部复杂大陆边缘。

西段北疆准噶尔地区泥盆系以发育大量火山岩、火山碎屑岩为特征, 也夹有碳酸盐岩和放射虫硅质岩。显示了一系列火山岛弧和小洋盆相互间列的复杂构造格局。地层中所产的海生动物群以腕足类 *Paraspirifer*, *Leptaenopyxis*, 珊瑚 *Syringaxon* 和三叶虫最为常见, 古生物区系上和北美、欧洲比较接近, 与华南和塔里木差异明显。新疆最北部的阿尔泰地区, 主要见中、下泥盆统中酸性火山熔岩、凝灰岩、变质碎屑岩及大理岩, 代表西伯利亚大陆南侧的活动大陆边缘。

东段内蒙古和东北北部包括松辽-佳木斯地块及大小兴安岭等地区, 同样存在复杂的构造古地理格局。松辽-佳木斯可能为一独立地块, 南北都存在洋盆。哪一个代表泥盆纪时古亚洲洋主支, 尚有不同认识。大兴安岭一带泥盆系以硬砂岩、硅质岩和中基性火山岩为主, 含 *Nalivkinella profunda* (凹陷纳里夫金珊瑚)、*Platyclymenia* (阔隐头虫) 等北方分子。内蒙古东乌珠穆沁旗泥盆系发育齐全, 以长石砂岩、粉砂岩、泥岩为主, 内有安山质凝灰岩及碳酸盐夹层, 也含凹陷纳里夫金珊瑚等北方型分子, 与西拉木伦带以南吉东密山地区出现 *Euryspirifer grabau* 等华南型分子形成显著差别, 反映西拉木伦一线为造成生物隔离的主支洋盆。

3. 冈瓦纳板块北部大陆边缘

位于冈马错—丁青以南的冈底斯—喜马拉雅地区, 为冈瓦纳板块北部大陆边缘, 泥盆系以稳定的陆棚浅海沉积为主。如珠峰北坡泥盆系石英砂岩、粉砂岩和泥岩沉积, 下部夹灰岩。申扎一带则以碳酸盐岩为主, 中部夹石英砂岩, 内有腕足类、珊瑚、牙形石化石。由此可见该区由南向北碎屑岩减少, 碳酸盐岩增加, 为滨岸—陆棚浅海相沉积。该区所含的 *Ovatia* (长圆贝)、*Cupularestrum* (桶嘴贝) 动物群与华南及昌都的 *Yunnanella* 动物群形成显著差别, 因此喜马拉雅—冈底斯地区为冈瓦纳北部大陆边缘的稳定型陆棚沉积。滇西昌宁—孟连带以西的保山、腾冲地区, 下泥盆统以碎屑岩为主, 中、上统以碳酸盐沉积为主。海生生物群以珊瑚为例, 主要为世界性的生物分子, 不含华南特有动物群, 其非海相的异甲类 (*Heterostraci*) 和华南的多鳃类也有重大差异。同样代表冈瓦纳板块北部边缘的稳定沉积类型。

二、石炭纪的古地理

中国石炭纪古地理面貌是泥盆纪的继续和发展,华北—柴达木和华南板块的相互对峙,其间的秦岭小洋盆继续存在。华北板块西缘的古特提斯多岛洋进一步扩张发展。华北、塔里木和西伯利亚板块间的古亚洲洋内部发生了重要造山运动,导致古地理格局的变革。晚石炭世至早二叠世极地大冰盖几乎覆盖整个冈瓦纳大陆。随着极地冰盖的增长消融变化,海平面升降频繁。由于海陆变迁和陆地森林的首次大规模出现,石炭纪成为中国地史上第一个重要成煤时期。

(一) 华南板块及其大陆边缘石炭纪古地理特征

早石炭世的地层分布、岩相类型和晚泥盆世相似,海域主要分布于滇黔桂湘地区,华夏古陆西缘的浙西—江西大部—粤东一带主要为陆源冲积物。与晚泥盆世不同的是下扬子地区开始出现海相沉积。晚石炭世海侵范围明显扩大,滨浅海成因的白云岩、灰岩广泛分布于除华夏古陆和上扬子古陆以外的广大地区,岩性岩相较为单一。

1. 华南板块石炭纪地层序列和古地理

该区内地层序列完整,不少地方保存有与泥盆系和二叠系连续沉积的剖面,如桂林南边村剖面已被确定为全球界线辅助层型剖面(副层型)。黔东南独山一带为其经典研究地区,该区地层划分如下:下石炭统自下而上分为汤耙沟组、祥摆组、旧司组、上司组、摆佐组;上石炭统为滑石板组、达拉组和马平组(图 12-5)。

独山剖面石炭系的底界传统上置于汤耙沟组之下的革老河组底部,顶界置于马平组顶部。根据与全球泥盆系—石炭系层型界线对比,革老河组应归属泥盆系。国际上石炭系—二叠系的分界一般置于 *Pseudoschwagerina* 带之底,即位于马平组中部。因此马平组属于跨越石炭系—二叠系的岩石地层单位。

本剖面下石炭统主要为厚层泥晶灰岩夹砂页岩,含海相底栖生物化石,主体为滨岸—浅海陆棚沉积。汤耙沟组下部具脉状—透镜状层理,含藻球粒灰岩,为潮坪沉积,代表石炭纪海侵的开始。祥摆组的砂页岩夹煤层,上司组下部所夹砂岩及摆佐组上部白云岩反映海平面的变浅。从上述地层在黔桂地区的空间分布看,祥摆组和旧司组及摆佐组分布范围分别大于其下的汤耙沟组和上司组,为两次较大的海侵超覆,组成两个大的沉积旋回。上统基本上由潮坪碳酸盐岩组成。不过马平期海侵规模相对缩小。马平组顶部与上覆梁山组之间的平行不整合代表一次重要的海平面下降,可能与冈瓦纳冰盖的极盛期相当。

早石炭世早期(岩关阶)南华海盆范围与泥盆纪相似,为典型的陆表海,以碳酸盐台地沉积类型为主,珊瑚、腕足类、层孔虫等底栖生物较发育。但在贵州郎岱、罗甸,广西河池、柳州一带出现北西向分布的硅质、泥质灰岩相带,反映较深水的台间海槽环境,为陆壳上微型张裂作用的产物。海盆北缘的黔中南地区发育滨海碎屑相带。贵阳以北仍为广阔的古陆,即上扬子古陆。雪峰古陆以东的湖广一带为陆表海灰岩泥灰岩沉积(刘家塘组),湖广海东缘的湘赣交界至广东陆丰一带为滨海碎屑沉积。更东的赣东和闽浙一带为陆相沉积(如华山岭组和珠藏坞组)。下扬子地区发育厚度为数米的含 *Pseudouralinia* 灰岩(金陵组)。在鄂西长阳、宜都、松滋一带,下部为粉砂岩、页岩,上部为灰岩、白云岩,亦含 *Pseudouralinia*,厚约十余米。

早石炭世晚期(大塘期)海侵范围扩大,造成地层超覆。南华海内主要为碳酸盐沉积,生物以大型长身贝类和少量游泳的菊石为特征。台间海槽环境仍然存在。代表短暂海退形成的

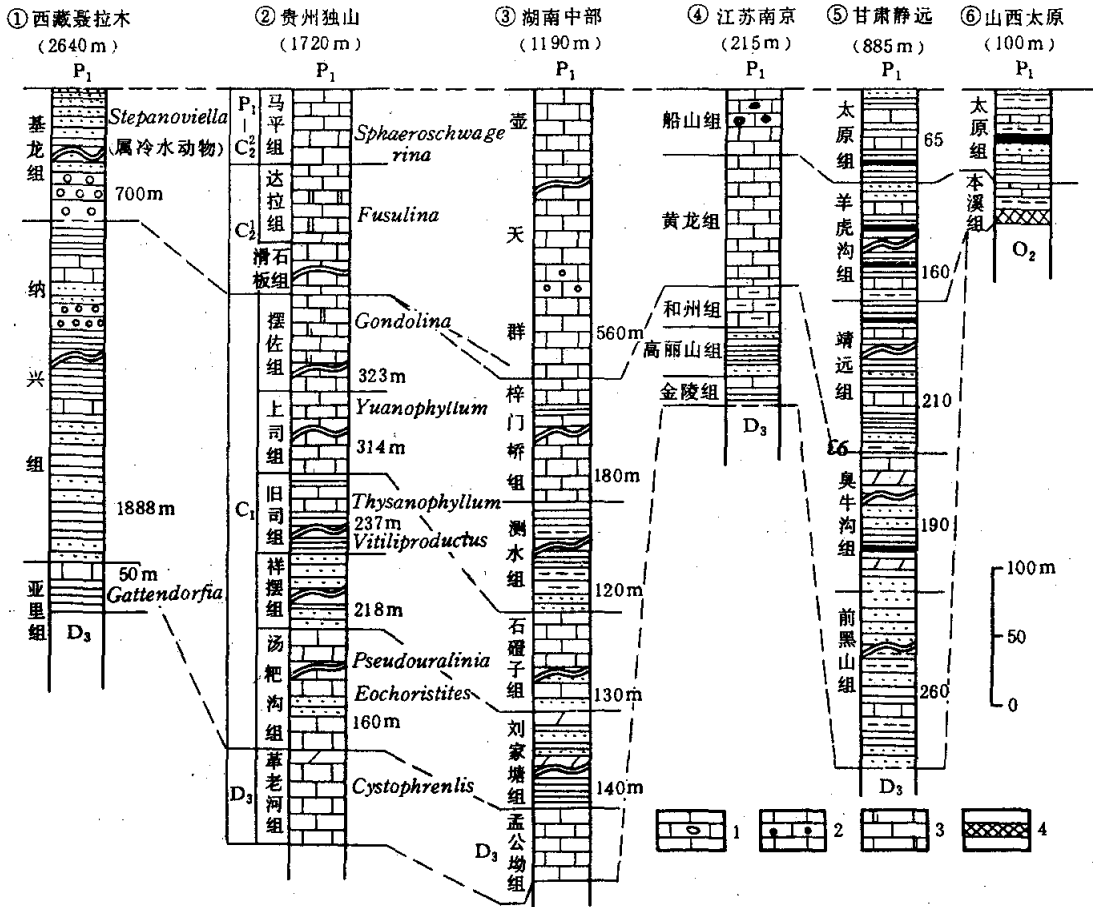


图 12-5 中国石炭系柱状对比图

(转引自刘本培, 全秋琦, 1996)

1. 豆状灰岩; 2. 柱状灰岩; 3. 白云质灰岩; 4. 铝土矿 (其他图例参见图 12-3)

滨海沼泽成煤环境在区内均有表现, 如滇东的万寿山组、黔南的祥摆组、广西的寺门组、湖广一带的测水组及江西境内的梓山组, 其层位向东逐渐升高。梓山组为代表的滨海含煤沉积环境已接近海盆东缘, 再向东则相变为陆相夹薄煤层的叶家塘组 (浙西) 和林地组 (闽中)。下扬子地区, 下部为滨浅海砂岩 (高骊山组), 中部为灰岩 (和州组), 上部为白云岩 (老虎洞白云岩), 总厚度仅数十米。同层位的滨海碎屑沉积亦见于鄂西长阳一带。

晚石炭世海侵范围进一步扩大, 浙西、闽西和中扬子地区均被海水所覆, 岩相相对稳定, 均为碳酸盐沉积, 一般厚 200~400 m。在湘粤桂和下扬子地区称为黄龙组和船山组。滇黔桂一带仍处于沉降中心, 厚度可超过 800 m。靠近雪峰古陆, 上扬子古陆和康滇古陆的滨岸潮坪带, 主要为含镁碳酸盐岩 (白云岩), 可夹少量碎屑沉积 (图 12-6)。

2. 华南板块大陆边缘石炭纪古地理特征

华南板块西部大陆边缘古特提斯多岛洋较泥盆纪有进一步发展, 华南板块西侧的哀牢山—藤条河一线, 早石炭世出现成熟裂谷型枕状玄武岩夹放射虫硅质岩, 代表古特提斯多岛洋的东侧分支。更西的昌宁—孟连带主支洋盆中, 南部孟连曼信一带出露早石炭世洋脊、洋岛型

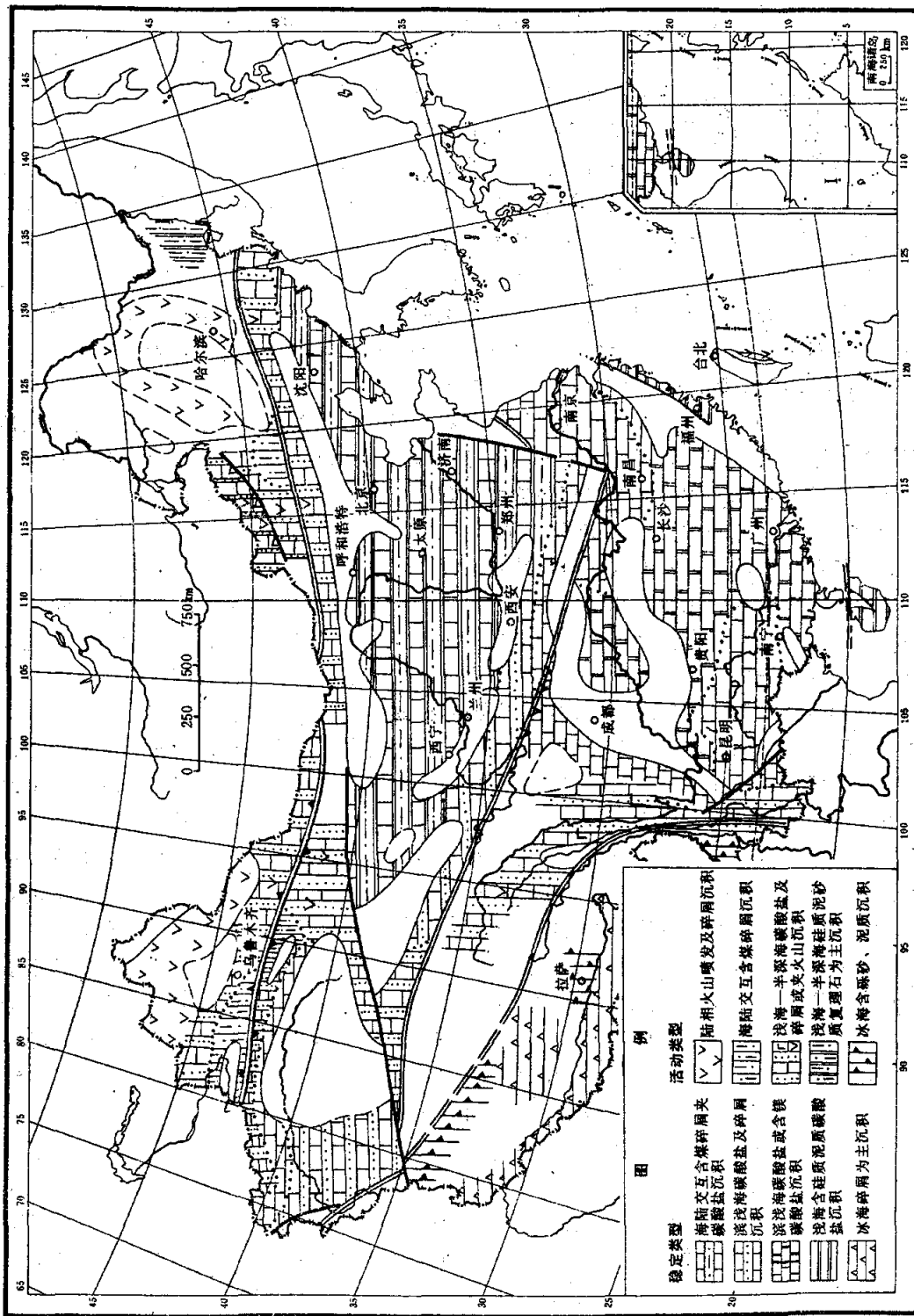


图 12-6 中国晚石炭世古地理图 (转引自刘本培, 全秋琦, 1996)

火山岩及其火山碎屑浊积岩，也夹有放射虫硅质岩。这套火山岩系之上覆盖有大塘期晚期至早二叠世的碳酸盐岩，以成分纯净、筳类化石属种单调为特征，代表洋盆内海山碳酸盐台地特殊沉积类型。因此，昌宁-孟连带在石炭纪时已进入多岛洋发展的成熟期。

华南板块北部大陆边缘为南秦岭洋盆，其总体构造古地理格局与泥盆纪相似。中秦岭以碳酸盐岩广布为特征，空间上厚度变化较大。南秦岭勉略蛇绿岩带的硅质岩中已发现早石炭世深水放射虫，证明存在结构复杂的构造古地理格局。

华南板块东部边缘的闽东北福鼎—南溪一带，下石炭统为厚达数百米的碳质千枚岩、粉砂岩夹结晶灰岩透镜体，与闽中地区陆相至近海盆地粗碎屑沉积类型显然不同，可能代表华南大陆东侧大陆边缘狭窄的活动陆棚带，海侵直接来自东侧的古太平洋海域。

华南板块以南，海南岛中部五指山地区已发现岩关期 *Neospirifer* (新石燕)、*Fusella* (纺锤贝) 等具冈瓦纳色彩的腕足类动物群，与华南大陆之间应存在一定的空间隔离。海南岛石炭纪时可能呈独立的地块状态，与华南大陆间的古海洋分隔带可能在琼州海峡一线。

(二) 华北板块及其边缘石炭纪古地理特征

华北板块自奥陶纪晚期开始。一直处于隆起状态遭受缓慢剥蚀。早石炭世除大别山北麓出现较厚的近海和海陆交互含煤碎屑堆积以及辽东地区可能接受沉积之外，主体部分仍然是一个近乎准平原的低地，到晚石炭世开始缓慢沉降，普遍接受海陆交互沉积。

1. 华北板块石炭纪的地层序列和古地理

华北板块内部石炭系主要发育上石炭统，以山西太原西山剖面研究最早最详。该剖面自下而上分为两个组：本溪组和太原组（图 12-5）。石炭系和二叠系界线位于太原组下部。

华北地区在中晚奥陶世—早石炭世一直处于风化剥蚀及准平原化作用过程中。随着晚石炭世海侵的到来，铁铝物质在古风化壳上大量富集，因而在本溪组下部形成著名的“山西式铁矿”和“铝土矿层”。其上含有薄煤层的砂页岩和含筳类灰岩为滨海沼泽至浅海环境的产物。太原组内分三段，每段底部均以粗碎屑沉积开始，粗碎屑沉积中含硅化木化石，发育大型板状、槽状或楔状交错层理，局部发育浪成交错层理，为平原河流至三角洲沉积相组合；中部变细，出现页岩及煤层；上部为灰岩，含海相底栖生物。旋回现象十分清楚，反映陆相（平原河流至三角洲沉积相组合）和海相（滨海沼泽至浅海）交替出现的环境。从整体上看，华北地台整个上石炭统厚度仅百余米，表明当时华北地区地势平坦、地壳运动幅度和沉积速度都相对缓慢。上述旋回可能与陆源碎屑物质供应速度变化或全球海平面频繁变化有关。

晚石炭世早期本溪组岩性、厚度在空间上的变化有明显规律，反映古地理的分异。辽宁太子河流域本溪一带，本溪组厚达 160~300 m，含海相灰岩多达 5~6 层，煤层可采。河北唐山厚约 80 m，只含海相灰岩 3 层，薄煤二层。至山东中、西部厚约 40~65 m，不含可采煤层。至山西太原，厚度减至 50 m 以下，仅含海相灰岩一层，也不含重要煤层。太子河流域本溪组包含两个化石带，上部为 *Fusulina-Fusulinella* 带，下部为 *Eostaffella* 带。到河北唐山及山西太原一带，仅见上部化石带。由此可以证明，晚石炭世早期华北具有东北低西南高的地形。当时海水先到达东北的太子河流域，而后逐渐向华北推进。再往南至河北峰峰、河南焦作以及豫、皖大部地区，缺失本溪组沉积。但在苏北贾汪一带本溪组厚约 100 m，灰岩夹层总厚达 50 m，岩性和所含筳、有孔虫化石与华南地区很相似，证明当时苏北一带的海侵来自南方，很可能与南秦岭海槽东延部分的古海域有关。

晚石炭世晚期华北南部海侵范围更加广泛，在皖北、豫南及鄂尔多斯一带均有明显的超覆。但在北部的本溪、北京、大同以及鄂尔多斯东胜地区，却出现陆相含煤沉积区。与此同

时, 南北方向上海相灰岩夹层的数量和累积厚度也发生了“翘板式”变化。河北唐山仅有少数海相灰岩夹层, 往南至晋东南沁水盆地和冀南磁县一带, 太原组厚 80~100 m, 灰岩层数增多至六层, 海相化石丰富。更南至皖北、淮南地区, 灰岩层数可达 12 层, 累积共厚 80 m。由此可以看出, 晚石炭世晚期华北已转变为北高南低的地势, 海岸线也逐渐南移, 太原组的含煤性一般以北纬 34°30′~37°30′一带最好, 正好是当时滨海沼泽环境最为广布的地段(图 12-6)。

2. 华北板块大陆边缘石炭纪古地理特征

华北板块西缘的河西走廊地区, 石炭系发育较全。自早石炭世至晚石炭世早期, 海侵来自华北板块西南缘的古特提斯海域, 与华北板块本部的陆表海并不沟通, 沉积类型、岩石地层单位和地层厚度也有明显区别。整体以砂页岩为主, 下部可夹薄层石膏(前黑山组、臭牛沟组), 上部夹灰岩、泥灰岩及煤层(榆树梁组、靖远组)。但自晚石炭世晚期起与华北陆表海直接沟通, 沉积特征和岩石地层单位名称基本一致(图 12-5)。

华北板块北部大陆边缘的吉中和西拉木伦河以南地区石炭系上、下两统都有出露, 总厚逾 3 000 m, 沉积类型以滨浅海碳酸盐岩为主夹薄层泥质岩, 也夹火山岩。古生物化石属暖水型生物区系和华夏植物区。

华北板块南缘的北秦岭地区沿商丹缝合带石炭纪时出现小型走滑拉分盆地, 其中出现由碎屑岩—薄层深水灰岩—砂板岩—含煤岩系和石膏的沉积序列。在陕南商南的韧性推覆剪切带中, 也获得 315 Ma 左右的黑云母变质年龄。都证明华北板块南缘由于相对华南板块作向西旋转, 发生左行平移走滑运动, 显示了板块边缘的复杂构造发展史。向南沿合作—礼县—山阳一线早石炭世起出现粗碎屑重力流, 泥质和硅质等深水沉积。

(三) 其他地区石炭纪古地理概述

1. 塔里木板块

古地磁资料反映该板块自早石炭世起迅速北移并作顺时针方向旋转, 至晚石炭世晚期已达到北纬 30°位置。本区石炭纪海侵范围扩大, 仍以西北部柯坪地区发育最好, 下统为滨浅海碎屑岩和灰岩, 产 *Kueichouphyllum*, *Striatifera* (细线贝), 和华南地区同属热带类型。上统以碳酸盐岩为主, 富含筴类化石。在柯坪以北南天山托木尔峰南坡, 上统下部碎屑岩中发现的植物化石 *Neuropteris*, *Pecopteris* 却属欧美区分子(陈福明等, 1985), 也反映与华南、华北板块华夏植物区之间存在海洋隔离。

2. 西伯利亚-蒙古板块南部大陆边缘

该区可以分为东西两段。在西段分隔西伯利亚和塔里木板块之间的北疆多岛洋在石炭纪中期先后发生一系列重要的洋壳消减和板块碰撞事件, 因在天山地区最为明显, 称为天山运动。

艾比湖-居延海对接带沿线为著名的北天山巴音沟蛇绿岩。根据所含放射虫化石, 其时代为早石炭世至晚石炭世最早期, 说明当时处于洋盆发展成年阶段。上覆的深水浊积岩物源主要来自岛弧火山喷发和半远洋沉积, 其中已发现晚石炭世早期菊石, 反映洋盆进入了衰退阶段, 向南俯冲于中天山岛弧之下。再上出现晚石炭世晚期的灰绿色砂砾岩磨拉石沉积组合, 标志着中天山岛弧和西伯利亚板块之间发生了拼贴碰撞。石炭纪末期北疆准噶尔和中、北天山地区多岛洋格局已经消失。准噶尔地区早石炭世已属安加拉植物区, 产 *Angrapteridium* (安加拉叶), *Noeggerathiopsis*。海相化石也以小型单体、无鳞板构造为珊瑚为主。石炭纪晚期安加拉植物群向南侵入中天山地区。南天山与塔里木板块之间的蛇绿混杂带迄今未见早石炭世后的放射虫硅质岩, 推测早石炭世后洋盆已经闭合, 但安加拉植物群直至早二叠世时仍未侵

入塔里木板块，其间可能仍有海域隔离。

东段分隔西伯利亚和华北板块之间的兴蒙多岛洋，也经历了较复杂的板块碰撞历史。内蒙古东乌珠穆沁旗以南贺根山蛇绿岩所代表的古洋盆闭合于晚泥盆世至早石炭世（郭胜哲等，1991）。同时沿西拉木伦带南北两侧石炭纪的陆生植物明确分属安加拉和华夏两大植物区系（黄本宏，1991）。也支持西拉木伦带可能存在古亚洲洋残余洋盆的推论。

3. 冈瓦纳板块北部大陆边缘

珠穆朗玛峰北麓石炭系也较完整，以浅海碎屑岩为主，厚达 2 600 m。下统包括亚里组上部和纳兴组（后者可能包括上统下部）（图 12-5）。上统基龙组由砂岩粉砂岩和多层杂砾岩组成，产 *Stepanoviella*（斯切潘诺夫贝）等冷水生物群。杂砾岩的砾石大小不一、稀疏不均，表面具有擦痕、压坑。砾石成分有花岗岩、火山岩、石英岩、灰岩和大理岩等，可能与冈瓦纳型海相及其再次改造的水下碎屑流沉积有关。近年研究表明，从喀喇昆仑、冈底斯到滇西腾冲一带，已多处发现杂砾岩和冷水动物群，证明上述地区当时都属冈瓦纳板块的北侧陆缘带。

三、二叠纪的古地理

二叠纪是古生代最后一个纪，地壳运动又趋活跃，全球范围内一系列板块的碰撞导致地史中著名的联合古陆（Pangea）在二叠纪末期基本形成。该大陆几乎由北极延伸至南极，跨越了不同的古气候带。这种全球古构造、古地理环境的巨变，造成了陆相、泻湖相沉积类型的广泛发育，气候带的明显分异和生物界的重要变革。联合古陆东南缘继续存在结构复杂的古特提斯多岛洋，导致中国二叠纪地史既反映全球共性又有自身特色。

（一）华南板块及其大陆边缘二叠纪古地理特征

1. 华南板块二叠纪地层序列和古地理

华南板块二叠纪时遭受了晚古生代中最大的海侵，与华北-柴达木板块的大陆面貌形成鲜明对比。华南海相二叠系发育特征以黔中地区为代表。黔中地区下二叠统包括马平组上部、梁山组、栖霞组和茅口组，上二叠统包括龙潭组、长兴组、大隆组（图 12-7）。

如上节所述，马平组为跨越石炭纪、二叠纪的岩石地层单位，早二叠世早期马平组上部由潮坪碳酸盐向上变浅沉积序列组成。梁山组和马平组之间的平行不整合代表一次较大规模的海退和较长时间的沉积间断。梁山组以陆源碎屑沉积为主，局部夹薄煤层，时有海相灰岩透镜体，含腕足类及植物化石，属滨海沼泽环境。向上逐渐过渡到栖霞组浅海碳酸盐沉积，内含大量燧石结核、丰富的筳类及珊瑚化石，代表海侵扩大过程。茅口组为浅海相灰岩，具构造复杂的筳类和大量造礁的复体珊瑚，反映热带—亚热带陆表海碳酸盐台地沉积环境。早二叠世末期，因构造隆升发生海退，导致茅口期最高筳带的缺失。龙潭组由砂页岩及灰岩组成，夹煤层，含海相动物化石及植物化石，属海陆交互相沉积。其底部的凝灰质砂岩反映邻区有火山喷发活动。晚二叠世晚期的长兴组以灰岩为主，含筳类等海相化石，代表龙潭组之后新的海侵，但规模较小。大隆组硅质沉积中仅见浮游类型的菊石化石，代表滞留还原条件下的沉积。长兴组与大隆组在空间上可呈横向相变关系。

华南板块早二叠世初期的大面积海退主要发生在昆明、贵阳至江南古陆一线以北的上扬子地区，栖霞组底部有明显沉积间断，普遍发育梁山组滨海—湖沼相陆源碎屑沉积；在川南一带，含菱铁矿、黄铁矿层的梁山组超覆于志留系之上。栖霞中期起，华南板块发生大的海侵，使长期遭受剥蚀的扬子古陆沦为浅海。自南京向西至四川栖霞期地层自东向西不断超覆。大规模的海平面上升可能与全球气候转暖导致冈瓦纳大陆冰盖融化有关。

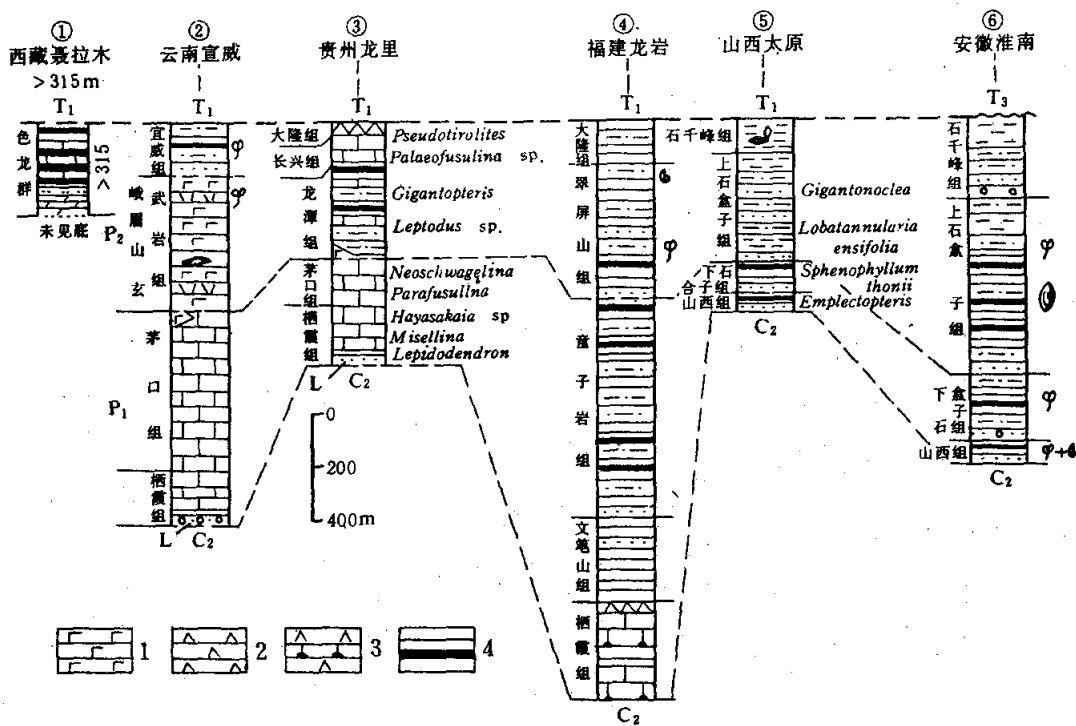


图 12-7 中国二叠系柱状对比图

(转引自刘本培、全秋琦, 1996)

L. 梁山组。图例：1. 火山岩，2. 硅质岩、硅质泥岩，3. 硅质团块灰岩，4. 煤层（其他图例参图 12-3, 5）

茅口期起岩相分异明显。湘中、下扬子地区以当冲组或孤峰组为代表的硅质、泥质沉积，极少含底栖生物，而富含浮游的菊石类及放射虫，反映缺氧条件下较深的滞留静水环境。华南板块东部闽浙赣地区出现茅口期近海碎屑含煤沉积（童子岩组）。华夏古陆从茅口中期起抬升，成为古陆西侧含煤沉积的陆源碎屑供应区。茅口晚期华南板块构造分异普遍增强。扬子西缘峨眉地裂运动表现为地壳开裂引起大量玄武岩喷发和全区海退缺失茅口期顶部 *Neomisellina* 化石带的沉积。东部下扬子和东南区传统上称为“东吴运动”。晚二叠世早期以龙潭组近海沼泽沉积广泛发育为特征，反映了隆升运动所造成的显著的海退事件。

峨眉地裂运动在康滇古陆两侧强度最大，持续时间也最久。峨眉山玄武岩组的时代包括了茅口晚期和龙潭期，以陆相喷发为主。晚二叠世龙潭期自西而东可见由陆向海方向的明显相变。在西部陆上部分为宣威组河流冲积平原相碎屑岩夹煤层，海陆过渡带为龙潭组含煤碎屑岩夹海相碳酸盐岩夹层。离康滇古陆较远的上扬子海东部及北部为吴家坪组生物碎屑灰岩和礁灰岩。雪峰古陆以东地区，龙潭期自西北向东南存在显著的岩相厚度分带现象。湘赣—粤北一带为海陆交互含煤沉积，含重要的可采煤层。向东南至粤东、闽中一带，则以陆相为主，粒度变粗，不含重要煤层，代表华夏古陆边缘的沉积类型（图 12-8）。

长时期华南地区发生一次新的海侵。康滇古陆东侧仍保持陆相含煤沉积类型。其余地区海相沉积出现两种类型：一是长兴组浅海碳酸盐沉积，含筳类、腕足类、珊瑚等底栖生物，主要分布于上扬子浅海。另一类为大隆组硅质沉积，仅含假提罗菊石等浮游生物，代表较深水的非补偿环境。从总体上看，上述两种类型互为相变，有时可见上下关系。

综上所述，华南板块的晚二叠世沉积类型总体上呈现东西两侧古陆边缘粒度较粗，陆相

和近海沼泽相发育,中间部位以碳酸盐岩为主的对称格局,是一种双向陆源的局限陆表海类型。从华南二叠纪聚煤作用来看,不同地区的含煤层位自东往西有从茅口期逐渐转移到长兴期的穿时现象。

2. 华南板块大陆边缘二叠纪古地理特征

华南板块西南边缘为著名的金沙江-藤条河缝合带,再西出现羌塘、昌都、思茅小地块。这些小地块二叠纪时出现暖水型动物群和华夏植物群,聚煤期层位和古地磁资料指示的赤道带古纬度都与华南板块相似,代表从华南板块边缘裂离漂移不远的小型地块群,因此金沙江-藤条河缝合带代表古特提斯多岛洋北侧分支小洋盆性质,但该洋盆在二叠纪时仍处于拉张开裂状态,与华南板块西部上扬子区的峨眉地裂运动间存在密切关系。

滇西思茅地块西侧存在二叠纪火山岛弧带。更西在昌宁-孟连缝合带中已发现包括二叠纪洋岛型玄武岩、海山型碳酸盐岩和深海放射虫硅质岩的蛇绿混杂带,证明存在一个向东俯冲的消减带。鉴于该缝合带以西的保山地块在地层序列、古生物区系和古地磁方面都具备亲冈瓦纳色彩,应代表古特提斯多岛洋主支部位。

华南板块北缘的南秦岭地区二叠系分布局限于西秦岭南带文县-南坪一带。主要为深水相暗色泥质岩、灰岩。在勉略带目前未见确凿的二叠纪地层,但考虑到勉略洋关闭尚需一定时间,推测当时勉略洋尚未关闭。在中秦岭陕西镇安-甘肃舟曲、迭部一线见二叠系浅海-台地相碳酸盐,为秦岭微板块的小型克拉通盆地沉积。

华南板块东缘由于现代海洋淹没无法直接追索,但台湾东部中央山脉出露一套变质片岩、结晶灰岩和基性火山碎屑岩(大南澳群)。在结晶灰岩中产 *Neoschwagerina?* 等茅口期筳类化石,具有海山碳酸盐台地的特征(马文璞,1993),与板块西缘的古特提斯洋盆颇为相似。古特提斯带是否绕过华南板块南缘到达环太平洋地区,值得进一步研究。

(二) 华北板块及其大陆边缘二叠纪古地理特征

1. 华北板块二叠纪的地层序列和古地理

华北板块主体自二叠纪起已基本脱离海洋环境,仅局部地区遭受短期海侵影响。因此二叠系以陆相沉积为主。位于华北中部的山西太原地区二叠系发育最好,研究历史悠久,是公认的华北地区二叠系标准剖面。该剖面下二叠统包括太原组中部和上部、山西组、下石盒子组,上二叠统包括上石盒子组和石千峰组(图12-7)。

该剖面太原组中、上部与石炭系整合接触。主要岩性为海陆交互相的碎屑岩、泥质岩及煤层,下部夹含筳灰岩。山西组下部为具交错层理的含砾石英砂岩,上部砂页岩中夹可采煤层,含丰富的植物化石,并有厚仅2.6m、含舌形贝等化石的海相夹层。代表海退背景下的三角洲平原泥炭沼泽环境和热带潮湿气候条件。

石盒子群(下石盒子组和上石盒子组)为一套岩性复杂的河、湖相沉积,下石盒子组下部仍夹不规则煤层,往上逐渐变为杂色和紫红色,不再出现煤层但夹有铁锰及铝土层,显示潮湿气候减弱和氧化环境增强。本群厚度显著增大并出现长石石英砂岩,指示相邻陆源区的结晶岩、变质岩已暴露地表遭受剥蚀。

石千峰组已属红色地层,化石稀少,偶夹石膏,代表干旱气候条件下的内陆河湖沉积。因此本剖面反映了气候由潮湿逐渐转变为干旱,地形由近海三角洲平原沼泽逐渐转变为内陆盆地和构造分异逐渐增强的演变过程。

早二叠世早期(太原组中、上部和山西组)华北及东北南部普遍出现聚煤环境。相当于山西组层位时期,由于华北板块北部古陆的抬升,太原以北全属陆相河湖沉积,最有利聚煤

的近海泥炭沼泽环境已迁移到华北中部一带；更南至豫西、两淮地区，该层位含多层海相灰岩。本期地层的总厚度仅 200 m 左右，显示了稳定的构造环境。

早二叠世晚期至晚二叠世早期，普遍以杂色至紫红色内陆盆地河湖沉积为主（石盒子群），厚度增大，一般不含可采煤层，指示地势差异增强和气候渐趋干旱的过程（图 12-8）。但在黄河一线（北纬 $34^{\circ}30'$ ）以南的淮南地区，整个石盒子群都含重要可采煤层，并常见富含 *Lingula* 的夹层。豫西禹县上石盒子组中也发现硅质海绵等海相化石，说明华北地区南部为近海沼泽环境且常遭受来自南侧秦岭海槽的海泛影响。晚二叠世晚期，整个华北广布于旱气候成因的红色河湖碎屑沉积（石千峰组）。

在甘肃祁连山（走廊南山）西段，相当石千峰组的层位（肃南组）为紫红色陆相碎屑沉积，局部绿色夹层中含安加拉和华夏植物群的混生（植物群）。说明二叠纪中期的晚海西运动已使华北-柴达木板块和西伯利亚-蒙古板块最终碰撞拼合，其间的北方海槽基本消失，从而促进了不同区系陆生植物的迁移和混合。

2. 华北板块大陆边缘二叠纪古地理特征

西拉木伦河一线以南的华北板块北缘带可以吉林中部九台地区为代表。早二叠世以厚度巨大的浅海碳酸盐岩、碎屑岩和大量中酸性火山岩为特征，底部与石炭系之间存在角度不整合，反映了华北板块北缘发生过板块挤压作用，与华北盆地北侧古陆的抬升有密切关系。古生物区系以特提斯暖水型筳类、珊瑚为主，也有少量北方区冷温型分子单通道筳类和安加拉羊齿。晚二叠世以中酸性火山碎屑岩和黑色板岩为主，平行不整合于下统之上，含海相和非海相双壳类等化石，已接近北方生物区面貌，代表陆相及残留海沉积。九台剖面总体上反映了华北板块与西伯利亚-蒙古板块间进一步接近拼合和海槽逐渐消失的演化过程。

华北板块南部大陆边缘的中秦岭北缘，二叠纪裂陷海槽依然存在。陕甘交界的凤县、徽成地区，已发现厚达七千余米的二叠纪板岩和砾状灰岩（十里墩群），属于华北板块南缘裂陷带的深水盆地和斜坡相滑塌堆积。

（三）其他地区二叠纪古地理概述

1. 北亚古大陆南缘

经过早海西期西伯利亚板块在西、东两段分别和哈萨克斯坦-伊宁板块、布列亚-松辽板块对接拼合，二叠纪起已经形成广袤的北亚古大陆。西段北疆地区二叠系以陆相为主，仅局部地区和层位有残留海域存在。乌鲁木齐东郊的博格达山属北天山范围，二叠纪地层发育齐全。下统称下茛苳槽群，以灰绿色粗碎屑岩夹泥岩、碳质页岩为代表，厚逾千米。下部见叠层石灰岩和 *Neospirifer*，代表该区海退的最后阶段，上部含安加拉植物群。横向上可迅速相变为一套杂色粗碎屑岩与火山岩。上统下部称上茛苳槽群，属内陆河湖碎屑及油页岩沉积，产安加拉植物群、古鳕鱼和淡水双壳类化石，最大厚度逾 5 000 m。晚二叠世晚期北天山已升起，沉积区已转移至准噶尔和吐鲁番盆地，称为下仓房沟群，属内陆河湖粗碎屑沉积类型，产安加拉植物群及二齿兽等动物化石，厚约 600~800 m。准噶尔及吐鲁番地区从晚二叠世开始形成内陆盆地，并一直延续到中、新生代。

早二叠世的安加拉植物群已经越过艾比湖-居延海缝合带，向南达到伊宁地块。但塔里木板块北缘阿克苏附近已发现的同期植物群既没有安加拉区系分子，也缺乏华夏区系最标准的大羽羊齿类分子，总体面貌与欧美区系更为接近。结合阿克苏早二叠世地层中获得北纬 28° 古地磁资料，有理由推测塔里木地块当时不属于北亚古大陆，与华北板块（北纬 19° ）也相互分离。晚二叠世时该区植物群中已混入安加拉区分子，南天山带也不再遭受海侵，证明塔里木

板块已经和北亚古大陆拼合相连。东段西拉木伦缝合带北侧的内蒙古、黑龙江和吉林北部地区,早二叠世仍有较广海侵,生物群以冷温型 *Monodioxodina*, *Lytvolasma*, *Yakovlevia* 和安加拉植物分子为主。但在茅口期出现一些特提斯暖水分子混入,反映了北亚古大陆与华北-塔里木板块逐渐靠近和全球气候转暖趋势。晚二叠世起本区普遍海退,发育陆棚巨厚粗碎屑堆积和大规模中酸性火山喷发,富含安加拉植物群和淡水双壳类化石,可能反映华北-柴达木板块和北亚古大陆已经拼合相连,导致沿板块对接带的地形升高和古气候的重要变化。

2. 冈瓦纳板块北缘

80年代初期,在青藏高原北部龙木错-冈马错-双湖断裂带南侧日土多玛地区的早二叠世的霍尔巴错群中,发现 *Eurydesma*, *Lytvolasma*, *Costiferina* (粗肋贝) 冷水动物群和冰海成因的含砾板岩,具有典型的冈瓦纳色彩。证明藏北西羌塘地区和雅鲁藏布江两侧的喜马拉雅(珠峰)和冈底斯(申扎、拉萨)地区都应属冈瓦纳板块范畴,龙木错-冈马错-双湖断裂带可能代表古特提斯洋盆的地缝合线残迹。

滇西保山地块的早二叠世地层中也发现 *Oriocrassatella* (莺厚壳蛤), *Glossopteris?* 等冷温型生物群和冰海成因杂砾岩,该地块石炭系卧牛寺组玄武岩中已获得 34.2° 古地磁数据,反映出冈瓦纳板块边缘独立小地块的特征。据此,昌宁-孟连缝合带及其北延的北澜沧江带应当古特提斯多岛洋的主支位置。

应当指出,古特提斯多岛洋南侧一系列亲冈瓦纳微地块自二叠纪中期起向北漂移,加上冈瓦纳大陆冰盖逐渐消融,原来的冷水和冷温型生物面貌开始减弱,呈现冷暖水生物混合现象。思茅地块与华南板块的拼合导致金沙江-藤条河小洋盆在晚二叠世闭合,但古特提斯多岛洋盆的演化直到三叠纪才结束,与新特提斯洋的扩张大体呈同步关系。

第三节 晚古生代的古构造

一、全球构造背景

晚古生代海西构造阶段,地球表面分为三个大陆板块群,即北方大陆群,包括劳俄大陆(Laurussia)、西伯利亚大陆及哈萨克斯坦板块等,冈瓦纳大陆(Gondwana)和界于北方大陆群和冈瓦纳大陆之间的华夏陆块群。中国的华北板块、华南板块、塔里木板块、羌塘板块及昌都-思茅微板块等均为华夏陆块群的一部分,准噶尔属哈萨克斯坦板块的一部分,保山、冈底斯、拉萨等位于冈瓦纳大陆的北缘,尚未与冈瓦纳大陆分离。

二、中国及邻区古板块格局

生物古地理和古地磁资料表明,早古生代华夏陆块群与冈瓦纳大陆关系密切,并于早、中泥盆世开始与冈瓦纳大陆脱离。

加里东运动之后,柴达木地块、秦岭微板块和华北板块碰撞相连成为一整体,北秦岭和祁连洋消失。泥盆纪-石炭纪,沿南秦岭勉县-略阳一线裂陷形成南秦岭洋盆。二叠纪以后南秦岭洋逐渐闭合并于三叠纪碰撞形成南秦岭造山带。

华夏板块群包括中朝板块、华南板块和塔里木板块及其他诸多小的地块,如柴达木地块、秦岭地块、松潘甘孜地块、昌都-思茅地块、羌塘地块等。其中扬子板块与华夏板块在早古生代后期碰撞形成规模较大的华南板块。华南洋仅留下钦防海槽一隅,该海槽一直持续到早二

叠世末期。晚古生代华南板块内部又发生两次显著的裂隙：泥盆纪—早石炭世和二叠纪中晚期。表现为华南板块内部浅水碳酸盐台地和深水盆地的相间。也有迹象（赣东北晚古生代放射虫硅质岩）表明晚古生代扬子板块和华夏板块又有张裂，但是否形成晚古生代洋盆和两个相互独立的板块尚有争议。

塔里木板块、华北板块与西伯利亚、哈萨克斯坦板块之间的古亚洲洋在晚古生代逐渐闭合消失。塔里木板块在晚泥盆世至晚石炭世之间快速北移至北纬 30°左右，其北缘逐渐与哈萨克斯坦板块碰撞拼合，以致晚二叠世时安加拉植物群分子侵入该区。华北板块也于二叠纪后期逐渐与西伯利亚板块拼合，古亚洲洋最终消失。

华南板块西北缘的松潘甘孜地块为扬子板块的一部分，该区晚古生代地层以碳酸盐岩为主，在生物群和岩相上也与扬子板块近似。思茅—兰坪—昌都—羌塘一带在晚古生代期间可能是由微地块群组成的条带，它们在泥盆纪时由华南板块分离出来，形成金沙江-哀牢山初始洋盆，至晚石炭世—早二叠世形成开放洋盆。

晚古生代，班公湖-澜沧江（或昌宁-孟连）洋是分隔华夏陆块群与冈瓦纳陆块群的主洋盆。在我国境内冈瓦纳陆块群主要包括拉萨地块，冈底斯地块、保山地块等。它们在沉积特征和生物古地理特征上与冈瓦纳古陆有着极大的相似性。

第四节 晚古生代的沉积矿产

我国晚古生代地层中与沉积有关的矿产较为丰富，分布也极广，主要包括以下几种。

与海侵超覆及其对古风化壳改造有关的沉积矿产：主要为铁、铝和耐火粘土。如华南泥盆系底部的赤铁矿和菱铁矿。随着海侵由南西向北东推进，含矿层位逐渐升高。滇黔地区大塘阶下部的大型铝土矿。华北石炭系本溪组底部的山西式铁矿和 G 层铝土矿等。

与深水、较深水沉积环境有关的沉积矿产：主要为磷和锰。主要见于华南地区泥盆纪—石炭纪台间海槽沉积环境中及黔桂地区茅口组上部和湘粤地区当冲组。

能源矿产：主要包括煤、石油和天然气。煤在我国石炭纪—二叠纪地层中分布极为广泛。主要含煤层位包括华南早石炭世上部地层、东南沿海茅口期地层、华南地区龙潭期地层、华北地区太原组及山西组等。新疆准噶尔盆地二叠系是找油的目的层之一，川中地区二叠系中产大量天然气。

蒸发岩类矿产：早石炭世晚期的石膏矿产广泛分布于西起新疆喀什，经南天山、河西走廊至宁夏中部的狭长地带。冀陕等地石千峰组中也以发现石膏矿产。

层控多金属矿产：在华南泥盆纪碳酸盐岩中常产层控型铅锌、钨、锡、锑、铀和黄铁矿矿床。

此外，广泛分布的华南上古生界碳酸盐岩亦是重要的冶炼、化工和建筑材料。