

# 第十一章 早古生代的古生物、 古地理和古构造

早古生代时限为距今 570~400 Ma, 延续时间 170 Ma。包括寒武纪 (Cambrian) (570~500 Ma)、奥陶纪 (Ordovician) (500~440 Ma) 和志留纪 (Silurian) (440~400 Ma), 三个纪内部均为三分, 即分为早、中、晚三个世。

从早古生代起, 地球进入一个崭新的发展阶段。这一时期的生物界与前寒武纪生物界明显不同, 以小壳动物群的大量繁盛为起点, 各种后生动物迅速发展, 其中海生无脊椎动物十分繁盛并大量保存为化石。从寒武纪开始, 地质年代各阶段的划分, 主要依据生物的演化阶段, 在地层划分和对比工作中, 生物地层学方法也成为十分有效的手段之一。从无机界的演化来看, 早古生代处于加里东构造阶段, 继承了震旦纪的古地理格局。当时北半球的北美、俄罗斯、西伯利亚、哈萨克斯坦、华北和扬子等块体为独立板块, 分布于赤道附近。受加里东构造运动影响, 加里东后期古大西洋闭合使北美板块与俄罗斯板块对接拼合形成劳俄大陆。南半球的大陆可能已经形成一个统一的整体。在中国扬子板块与华夏板块之间经历多次构造运动, 于志留纪末最终拼合转化为造山带, 而柴达木、秦岭微板块与华北板块碰撞, 也使华北板块规模扩大, 该构造阶段在中国表现为陆壳板块的扩大和增生。与这种古构造格局相对应, 早古生代的沉积类型也复杂多样, 华北地区早寒武世含膏盐、石盐假晶的紫红色泥质、钙泥质岩广泛分布, 西伯利亚板块、俄罗斯板块奥陶纪红色沉积及含膏盐沉积等代表了干旱、炎热的氧化条件。奥陶纪晚期以北非为中心广泛分布于冈瓦纳大陆西部的大陆冰盖沉积, 说明南方大陆处于南纬高纬度地区。

## 第一节 早古生代的生物界

早古生代生物界是海生无脊椎动物的繁盛时期, 几乎所有的海生无脊椎动物门类都已出现 (图 11-1)。因此, 早古生代又称海生无脊椎动物的时代。无脊椎动物以三叶虫、笔石、头足类、腕足类、珊瑚及牙形石最为重要。原始脊椎动物的代表——无颌类的 *Astraspis* (星甲鱼) 最早在北美西部中奥陶世发现, 晚志留世原始的陆生植物裸蕨类开始出现。

### 一、重要的生物门类

#### 1. 小壳动物群和澄江动物群

小壳动物群是个体微小 (1~2 mm), 具外壳的多门类海生无脊椎动物, 包括软舌螺、单板类、腹足类、腕足类及分类位置不明的棱管壳等。代表分子有 *Circotheca* (圆管螺)、*Shiphogonuchites* (棱管壳) 等。小壳动物群始见于震旦纪末期, 寒武纪初期大量繁盛。它是继伊迪卡拉动物群之后生物界又一次质的飞跃, 完成了从无壳到有壳的演化历程。从地层学角度看, 小壳动物群是划分前寒武纪和寒武纪界线的最好标志, 目前国内外多数地质学者倾向以小壳化石大量繁盛为寒武系底界的标志。

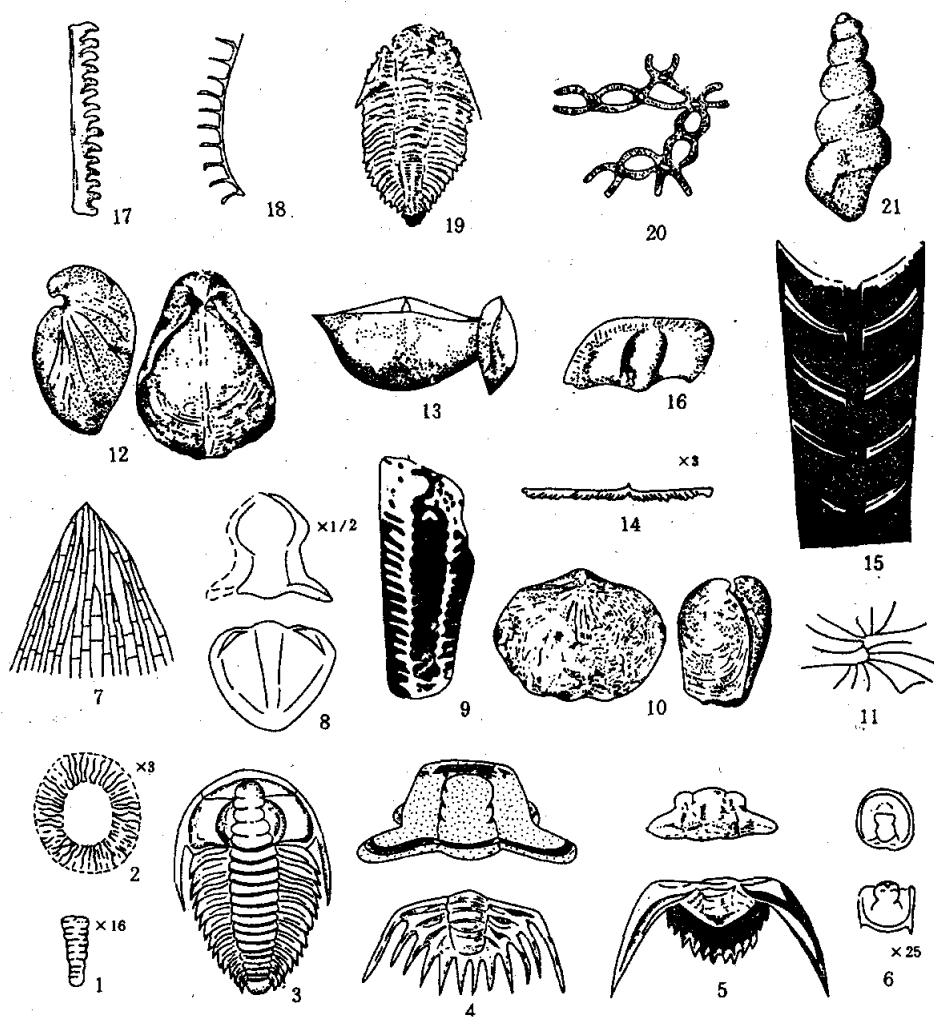


图 11-1 早古生化化石图

(转引自全秋琦、王治平, 1993)

1. *Circotheca* (圆管螺); 2. *Coscinoocyathus* (筛杯); 3. *Redlichia* (莱得利基虫); 4. *Damesella* (德氏虫); 5. *Drepanura* (蝙蝠虫); 6. *Pseudagnostus* (假球接子); 7. *Dictyonema* (网格笔石); 8. *Eoisotelus* (古等称虫); 9. *Armenoceras* (阿门角石); 10. *Yangtzeella* (扬子贝); 11. *Nemagraptus* (丝笔石); 12. *Pentamerus* (五房贝); 13. *Tuvaelia* (图瓦贝); 14. *Didymograptus* (对笔石); 15. *Sinoceras* (中国角石); 16. *Nankinolithus* (南京三瘤虫); 17. *Monograptus* (单笔石); 18. *Rastrites* (耙笔石); 19. *Coronocephalus* (王冠虫); 20. *Halysites* (链珊瑚); 21. *Hormotoma* (链房螺)

80年代在我国云南澄江及晋宁地区寒武系底部发现一无壳和具壳化石混生带,包括三叶虫、水母、蠕虫类、甲壳纲及分类位置不明的节肢动物、腕足类、藻类等,该生物群是继小壳化石出现之后很快出现的一个动物群,称为澄江动物群。该动物群已引起国内外古生物学界的重视,在生物演化上的意义正被加紧研究。

## 2. 三叶虫

三叶虫是继小壳动物后最早繁盛的带壳动物,它在寒武纪属种繁多,演化迅速,生态分异明显,化石丰富,是寒武纪地层划分对比的重要依据。

早寒武世三叶虫以莱德利基虫目为主,具头大、尾小、胸节多、头鞍长、锥形、鞍沟明显、眼叶大等特点,代表分子有 *Redlichia* (莱得利基虫,  $\in_3^1$ )、*Palaeolenus* (古油栉虫,  $\in_1$ ) 等;还有头尾等大,个体较小,营浮游生活的古盘虫亚目,如 *Hupeiidiscus* (湖北盘虫,  $\in_1$ )。中寒武世以褶颊虫目的大量出现为标志。初期常见宽阔的固定颊,头鞍截锥形,具平直的眼脊和较小的尾板,如 *Shantungaspis* (山东盾壳虫,  $\in_2$ ),中后期与晚寒武世初期的三叶虫特征相近,尾板宽大,尾刺发育,如 *Damesella* (德氏虫,  $\in_2$ ), *Blackwelderia* (蝴蝶虫,  $\in_3$ ) 及 *Drepanura* (蝙蝠虫,  $\in_3$ ) 等。晚寒武世中晚期常出现一些头鞍特殊的属,如 *Ptychaspis* (褶盾虫,  $\in_3$ ) 等。中、晚寒武世还广泛分布有营浮游生活的球接子类,这一类头尾等大,头甲和尾甲凸出似球形,是重要的标准化石,如 *Ptychagnostus* (皱纹球接子,  $\in_2$ ) 和 *Pseudagnostus* (假球接子,  $\in_3$ ) 等。

奥陶纪由于新生游泳的鹦鹉螺类和漂浮的笔石类等类别的大量出现和兴盛,三叶虫在海洋中不再占有统治地位,与寒武纪相差较大,以栉虫亚目、斜视虫亚目和三瘤虫亚目占优势,一般尾甲更大,为等尾型,头鞍前叶膨大,代表分子有 *Dactycocephalus* (指纹头虫,  $O_1$ ), *Asaphellus* (小栉虫,  $O_1$ ), *Eoisotelus* (古等称虫,  $O_1$ ), *Nankinolithus* (南京三瘤虫,  $O_2$ ) 和 *Dalmanitina* (小达尔曼虫,  $O_2-S_1$ ) 等。

从志留纪起三叶虫显著衰退,仅镜眼虫目较为重要,代表分子有 *Encrinuroides* (似彗星虫,  $S_1$ ), *Coronocephalus* (王冠虫,  $S_2$ ) 等。

### 3. 笔石

笔石是地史时期的海生群体动物,化石中最常见的有树形笔石目和正笔石目。树形笔石呈树状或丛状,大多数底栖固着生活,常与腕足类、三叶虫类等共生,代表正常浅海环境。树形笔石最早出现于中寒武世,绝灭于早石炭世。正笔石类由一枝至多枝组成,笔石枝从下垂至上斜上攀生长,胞管形态多变,营漂浮生活,从奥陶纪起大量发展,早泥盆世绝灭。正笔石类演化迅速,分布广泛,是奥陶系、志留系划分和对比的主要依据。正笔石类演化线索明显:①笔石枝数从多到少;②笔石枝生长方向的变化由下垂→下斜→平伸→上斜至攀合,至中志留世仅剩单列式;③胞管形态变化:直管状→内弯 ( $O_{2-3}$ )→外弯 ( $S$ )→分离;④笔石体的几次复杂化:中奥陶世 *Nemagraptus* 具次枝,中志留世的 *Cyrtograptus* 具幼枝。

晚寒武世至早奥陶世早期主要是树形笔石类,如 *Acanthograptus* (刺笔石) 和 *Dictyonema* (网格笔石) 等。早奥陶世中晚期以正笔石目中无轴亚目的繁盛为特征,代表分子有 *Didymograptus* (对笔石);中晚奥陶世是笔石发展的极盛时期,胞管以内弯型为主,笔石体复杂化具次枝,以无轴亚目、隐轴亚目和有轴亚目中双列攀合的笔石为主,典型代表有 *Nemagraptus* (丝笔石,  $O_2$ ), *Dicellograptus* (叉笔石,  $O_3$ ), *Glyptograptus* (雕笔石,  $O_3^1-S_1$ ) 和 *Climacograptus* (栅笔石,  $O-S_1$ ) 等。

志留纪无轴亚目和隐轴亚目笔石已消失,双列攀合的笔石在早期仍较繁盛,随后单笔石科兴起,并成为志留系主要分带化石。笔石体形态多样,有直、弯、螺旋状等,胞管以外弯为主,有直管状、三角状、外卷状及分离状等。早志留世代表分子有 *Monograptus* (单笔石,  $S_1$ ), *Rastrites* (耙笔石,  $S_1$ ) 等;中志留世以具幼枝的弓笔石类为特征,代表有 *Cyrtograptus* *murchisoni* (莫氏产笔石,  $S_2$ );志留纪末,正笔石类急剧衰退,只有少量单笔石残留到早泥盆世。

#### 4. 腕足类

腕足类自早寒武世起已有广泛分布, 以具几丁质类的无铰纲为主, 如 *Obolella* (小圆货贝), 也有具铰纲的原始代表。奥陶纪是腕足类发展的高峰期之一, 具铰纲的三分贝目、正形贝目、五房贝目和扭月贝目进入顶峰阶段, 代表有 *Sinorthis* (中国正形贝,  $O_1$ ), *Yangtzeella* (扬子贝,  $O_1$ ), *Hirnantia* (赫南特贝,  $O_3$ ) 等, 石燕贝及小嘴贝类都有代表。志留纪腕足类化石相对减少, 但其内部构造渐趋复杂化, 具中隔板和匙板的五房贝类如 *Pentamerus* (五房贝,  $S_1$ ), 具腕的石燕类如 *Eospirifer* (始石燕), *Howellella* (赫韦尔石燕) 及 *Tuvaella* (图瓦贝) 等。

#### 5. 头足类

头足类从晚寒武世开始出现, 早古生代主要为缝合线简单的鹦鹉螺类。奥陶纪是鹦鹉螺重要发展时期, 壳体增大, 壳内体管构造复杂化, 以直壳类型为主, 代表分子有 *Manchuroceras* (满洲角石,  $O_1$ ), *Armenoceras* (阿门角石,  $O_1$ ), *Sinoceras* (中国角石,  $O_2$ ) 等。志留纪起鹦鹉螺类开始衰落。

#### 6. 珊瑚

最早出现于寒武纪, 我国在早奥陶世发现床板珊瑚。晚奥陶世开始繁盛, 主要为单带型的四射珊瑚和床板珊瑚, 如 *Streptelasma* (扭心珊瑚), *Agetolites* (阿盖特珊瑚,  $O_3$ ), *Plasmoporella* (似网膜珊瑚,  $O_3^2$ )。志留纪是珊瑚的第一个繁盛期, 以单带型、泡沫型四射珊瑚和床板珊瑚为主, 并可造礁, 此时代表分子有 *Cystiphyllum* (泡沫珊瑚,  $S_2$ ), *Stauria* (十字珊瑚), *Favosites* (蜂巢珊瑚), *Halysites* (链珊瑚), *Heliolites* (日射珊瑚) 等。

除此之外, 早古生代还有腹足类、双壳类、苔藓虫、棘皮类、古杯类以及海绵等。尤其是微体古生物牙形石, 近年来已成为早古生代地层划分、对比的重要生物类别。

### 二、生物相和生物分区

地史中的环境是多样的, 各种生物以其各自的生活方式适应不同的环境条件, 造成明显的生态分异, 构成不同的生物相。早古生代的生物相主要有浮游相、底栖相(亮相)和礁相几种类型。浮游相以营漂浮、游泳生物为特征, 共生的岩石类型常常为深水或静水环境的黑色页岩、硅质岩及复理石沉积等, 通常分布于台盆、半深海或深水海槽区。例如晚奥陶世五峰组的笔石页岩相就是一种特殊的浮游相。在缺氧还原环境中无底栖生物生活, 只有在上层水面生活着营漂浮生活的笔石, 笔石死后落入较深水的滞流缺氧环境, 与暗色泥页岩构成这种特殊的浮游相。底栖相(亮相)以正常浅海底栖生物如三叶虫、腕足类等和典型的浅海相灰岩、泥灰岩等为特征, 通常分布于台地区。上扬子浅海早志留世石牛栏组即为典型的亮相。保存的生物有腕足类、珊瑚、海百合茎、苔藓虫、腹足、层孔虫等多种正常浅海底栖生物或生物碎屑, 产出于灰岩、泥灰岩、泥岩等岩石中。礁相通常分布在台地边缘, 呈条带状分布, 以温暖、清澈的浅海底栖固着的造礁生物和纯净的灰岩为特征。

寒武纪全球依据三叶虫的分布特点划分出三个生物大区(图 11-2), 早寒武世最具代表性, 因为此时三叶虫演化处于低级阶段, 以单一的底栖生活方式为主。①亚澳生物大区, 包括东亚、南亚、东南亚、西亚、澳洲和南极洲, 以具 *Redlichia* 为代表。②北美-大西洋生物大区, 包括北美、南美、西欧、西北欧和东欧, 以发育 *Olenellus* 为代表。③西伯利亚生物大区, 包括西伯利亚、中亚、南欧和北非等地, 生物群兼有上述两大区特点, 也有一些独特的生物群。中国早寒武世以艾比湖—居延海—西拉木伦河一线为界, 以北地区属西伯利亚大区, 该

线以南的广大地区占据了亚澳生物大区的主体,后者又可划分为南方生物区、塔里木生物区和华北生物区。

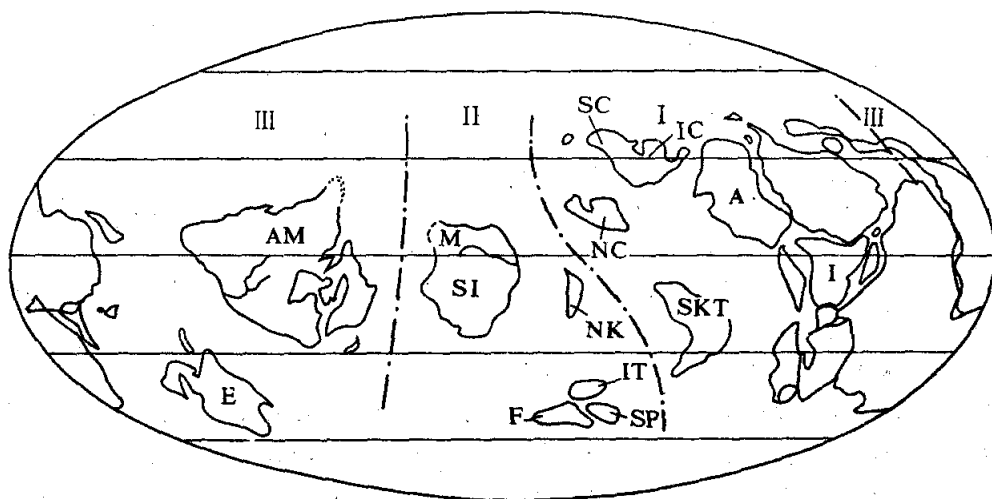


图 11-2 世界寒武纪古生物地理分图区

(据杨家骥, 1990)

IC. 印度支那半岛; AM. 美洲; E. 欧洲 SC. 扬子区; NC. 华北区; NK. 北哈萨克斯坦; SI. 西伯利亚; SP. 西班牙, F. 法国; SKT. 南哈萨克斯坦; I. 印度; A. 澳大利亚; IT. 意大利; M. 蒙古

奥陶纪由于海生无脊椎动物的出现和兴盛,依据不同生物类别所划分的生物古地理分区界线也不尽相同。中国奥陶纪地跨两个大区,分界线在额尔齐斯河—西拉木伦河。从头足类的研究来看,早奥陶世早期中国都处于一个区,晚期南北分异明显,华北区以珠角石类为主,扬子区以内角石—前环角石为主。

志留纪根据底栖珊瑚和腕足类划分出三个大区。①北方大区:包括北欧、北美和西伯利亚地区,我国艾比湖—居延海—西拉木伦河以北地区属北方大区,以含图瓦贝动物群为特点,珊瑚化石稀少。②南方大区包括南美和南非等地,以含单调的克拉克贝动物群和小型单体珊瑚为特点。③特提斯大区位于上述两大区间,我国大部分地区都属特提斯大区,以五房贝、珊瑚的繁盛、广泛分布为特点。

## 第二节 早古生代的古地理

早古生代中国的古地理格局是震旦纪的继承和发展,同属加里东构造阶段。华北板块主体自晚元古代开始的隆升一直持续到寒武纪早期,此后才整体下降接受海侵,形成早寒武世晚期至中奥陶世的滨浅海沉积,受区域性构造挤压作用的影响,从中奥陶世又开始隆升,一直持续到晚古生代。华北板块南、北均为大洋环境,北侧在加里东后期形成一条东西向褶皱带拼贴在华北板块北部,南侧古祁连和北秦岭洋消失,柴达木板块、秦岭微板块与华北板块对接碰撞。华南地区由扬子板块和华夏板块组成,两大板块间为华南裂谷盆地。在早古生代扬子板块内部为相对稳定的滨浅海沉积环境,加里东运动后期主体上升,仅在川、滇一带形成狭窄海湾。扬子板块东南缘和华夏板块西北缘虽然特征不同,但都属被动大陆边缘类型,二者之间的华南裂谷盆地在加里东早期(Z—E)活动性较强,而在加里东中晚期经历了盆地消

亡至造山作用阶段,形成华南加里东褶皱带。扬子板块北缘存在南秦岭裂谷,加里东末期东秦岭碰撞对接。中国其他地区为相对独立的板块和微板块。

## 一、寒武纪的古地理特征

### (一) 华南地区寒武纪的古地理特征

华南地区寒武纪继承了震旦纪的古地理、古构造格局。此时扬子板块以稳定型陆表海为特征,其东部为扬子板块的东部被动大陆边缘,而扬子板块与华夏板块之间为裂谷盆地发展阶段。该盆地于早寒武世拉张达到最大规模,以后则以热沉降为主。盆内不具典型洋壳特点,没有形成大洋。因此华南地区寒武系自西向东依次为:扬子克拉通、江南被动大陆边缘及华南裂谷盆地三个沉积区。

#### 1. 扬子板块寒武纪的地层序列和古地理

寒武纪扬子区海侵广泛,地层具明显两分性:下统为泥砂质和碳酸盐沉积,化石丰富,中、上统以镁质碳酸盐沉积为主,化石稀少。滇东晋宁梅树村剖面下寒武统与震旦系为连续沉积,且地层发育完整、化石丰富、研究程度较高,是震旦—寒武纪界限层型的候选剖面。该剖面仅发育中、下寒武统,下寒武统包括梅树村组、筇竹寺组、沧浪铺组和龙王庙组,中寒武统包括陡坡寺组和双龙潭组。双龙潭组与上覆志留系呈平行不整合接触。

梅树村组主要是一套磷块岩,其内小壳化石可富集成生物碎屑层,发育波状、鱼骨状交错层理,顶部白云岩内含鸟眼构造,反映比较典型的滨海潮间—潮下带沉积。筇竹寺组下部黑色粉砂质、泥质沉积,含碳质及稀有元素,为海水流动不畅的弱氧化至还原环境,可能为潮下低能海湾,中上部以泥砂质沉积为主,含有三叶虫及澄江动物群等生物化石,环境已趋于正常浅海,总体代表持续海侵过程。沧浪铺组以砂页岩沉积为主,内含浪成波痕和交错层理,为滨海沉积。龙王庙组的白云岩为咸化海沉积。中寒武世的陡坡寺组和双龙潭组为浅海砂泥、碳酸盐沉积。中寒武世后期滇东地区上升为陆。

由于滇东地区中上寒武统发育不全,湖北宜昌玉峡剖面寒武系发育完整,现补充如下。下统自下而上分为四组:水井沱组、石牌组、天河板组和石龙洞组。水井沱组为黑色碳质页岩夹薄层灰岩,含磷、稀有元素及黄铁矿,化石以浮游的盘虫类为主,推测为滞留还原环境。石牌组和天河板组为正常浅海的砂泥质和碳酸盐沉积,含较多底栖的古杯类。石龙洞组为厚层白云岩。中统罩家庙组由薄—中层白云岩组成,波痕、交错层理、泥裂、食盐假晶发育。上统三游洞组为厚层白云岩,其顶部归属奥陶系。从石龙洞组至中、上统均为干旱的咸化海环境。

寒武纪扬子区为稳定的陆棚海,地势西北高东南低,西部的康滇古陆始终存在,其范围不断扩大。早寒武世扬子区为向东倾斜的混积型缓坡。梅树村期在晚震旦世灯影期古地理基础上发展形成碳酸盐缓坡。筇竹寺期和沧浪铺期则是以陆源碎屑沉积为主,西北康滇古陆边缘的滇东、川西一带为砂砾岩、粉砂岩类白云质灰岩,向东陆源碎屑颗粒逐渐变细,至桂西、黔东及鄂中等地陆源碎屑减少,碳酸盐增多,此时物源区为西部的康滇古陆。龙王庙期为典型的碳酸盐缓坡,仅在古陆东缘的川西南—滇中地区含陆源碎屑,而在川、滇、黔、桂、鄂为大范围的潮下低能碳酸盐沉积。自中寒武世起,扬子区西部古陆不断扩大,形成纵贯西部边缘的康滇古陆,古地理由早期的缓坡发展成镶边型碳酸盐台地。由于西部古陆和东南部水下隆起影响形成半封闭海盆,加之气候炎热干旱,使海水盐度增高,主体发育一套化石稀少的白云岩沉积,在川西南、滇东北等地还有膏盐沉积。

下扬子区下寒武统沿巢县—句容—泰县一带呈北东方向存在一个狭窄的碳酸盐潮坪相

带,主要为白云岩和白云质灰岩,该带的南北两侧由碳酸盐缓坡进入陆坡深水盆地。中上统主体为半局限台地白云岩沉积,南北两侧仍为陆坡较深水盆地。

## 2. 扬子板块大陆边缘及华南裂谷盆地的寒武纪古地理特征

扬子板块东南大陆边缘,包括桂西北、赣北、浙江及苏南等地,为一狭长的、北东向展布的非补偿海盆。早寒武世主要为黑色碳质、硅质页岩夹硅质层,水平纹层发育,含放射虫和海绵骨针,偶见浮游型三叶虫,局部夹磷结核、黄铁矿团块等,代表深水、缺氧的还原环境。中统为深灰、灰黑色碳质页岩、页岩和灰岩相,含漂浮型的球接子类及海绵骨针,上统主要为泥岩、泥质灰岩。中、晚寒武世江南区的还原条件大大减弱,但仍属非补偿海盆。整个寒武纪沉积厚度不超过 800 m。

华南裂谷盆地位于绍兴—江山—萍乡—南宁一线以南地区。华南区内大致以长汀—清远—玉林为界分为西北部的赣粤次深海盆地及东南部的闽粤浅海盆地。粤北曲江及赣南崇义等地寒武纪为砂泥质浊积岩,夹少量灰泥及凝灰质,含深水放射虫和海绵骨针,可能是华南裂谷盆地的主体。而在广东化州、福建永安等地,此期主要是一套砂岩、页岩、碳质页岩等,含磷、锰矿层,在广东郁南、台山、开平一带中寒武世出现紫红色含镁砂岩。闽粤浅海盆地为华夏板块西北部被动大陆边缘。

扬子板块的北部大陆边缘为南秦岭区。寒武纪以商丹古缝合线为界,南、北秦岭分别构成扬子和华北板块的大陆边缘,中间为秦岭洋所阻隔。南秦岭属扬子板块的被动大陆边缘,受板块边缘离散作用影响,中、晚寒武世南秦岭裂陷形成大陆边缘裂谷盆地。盆地内沉积了二道桥组下部的火山岩。裂谷盆地以北,北秦岭活动大陆边缘以南的秦岭微板块为浅水碳酸盐台地沉积。

扬子板块西部大陆边缘寒武系保存很少,推测昌都-思茅、义敦、松潘-甘孜等晚古生代以后的微板块尚未与扬子板块分离,属扬子板块西部边缘的一部分。

## (二) 华北板块及其大陆边缘寒武纪古地理特征

华北板块主体自新元古代后期抬升后一直遭受风化剥蚀,早寒武世开始接受海侵。寒武纪华北地区为稳定的陆表海碳酸盐沉积,其南缘以主动大陆边缘与秦岭洋毗邻。

### 1. 华北板块寒武纪的地层序列和古地理

华北地区是寒武纪稳定沉积类型分布区之一,除早寒武世早期普遍缺失沉积外,其余地层发育完整,化石丰富,岩相厚度稳定。山东张夏是我国中、上寒武统标准剖面,其地层划分如下:下寒武统仅发育馒头组,中寒武统包括毛庄组、徐庄组和张夏组,上寒武统包括崆山组、长山组和凤山组(图 11-3)。

张夏剖面寒武系以角度不整合覆盖于太古宙泰山群之上,剖面总厚 510 m。下统馒头组为紫红色钙质页岩夹泥质灰岩,泥裂、雨痕、岩盐假晶、波痕和鱼骨状交错层理等沉积构造发育,属于干热气候条件下的滨浅海沉积。内含三叶虫中华莱德利基虫,相当于滇东龙王庙组,代表早寒武世晚期的沉积。中寒武统毛庄组,徐庄组均为以紫色泥岩为主的陆源碎屑岩,自下向上碳酸盐含量增高,以滨、浅海沉积为主。中统上部张夏组以鲕粒灰岩为主,含德氏虫等三叶虫化石,但保存破碎,灰岩中波痕、交错层理发育,代表典型的潮下高能环境沉积。上统三个组的岩性基本相同,为灰岩、泥质灰岩和竹叶状灰岩,含蝙蝠虫和蝴蝶虫等三叶虫化石。竹叶状灰岩是一种同生砾岩,为成岩过程中半固结的灰岩遭受浪潮冲击,破碎、磨圆、再沉积而成的,具有风暴作用特点。张夏地区寒武系代表基底遭受长期风化剥蚀夷平后,以碳酸盐沉积为主的陆表海环境。与动荡、强氧化的滨浅海相适应,发育了属种多、演化迅速、但

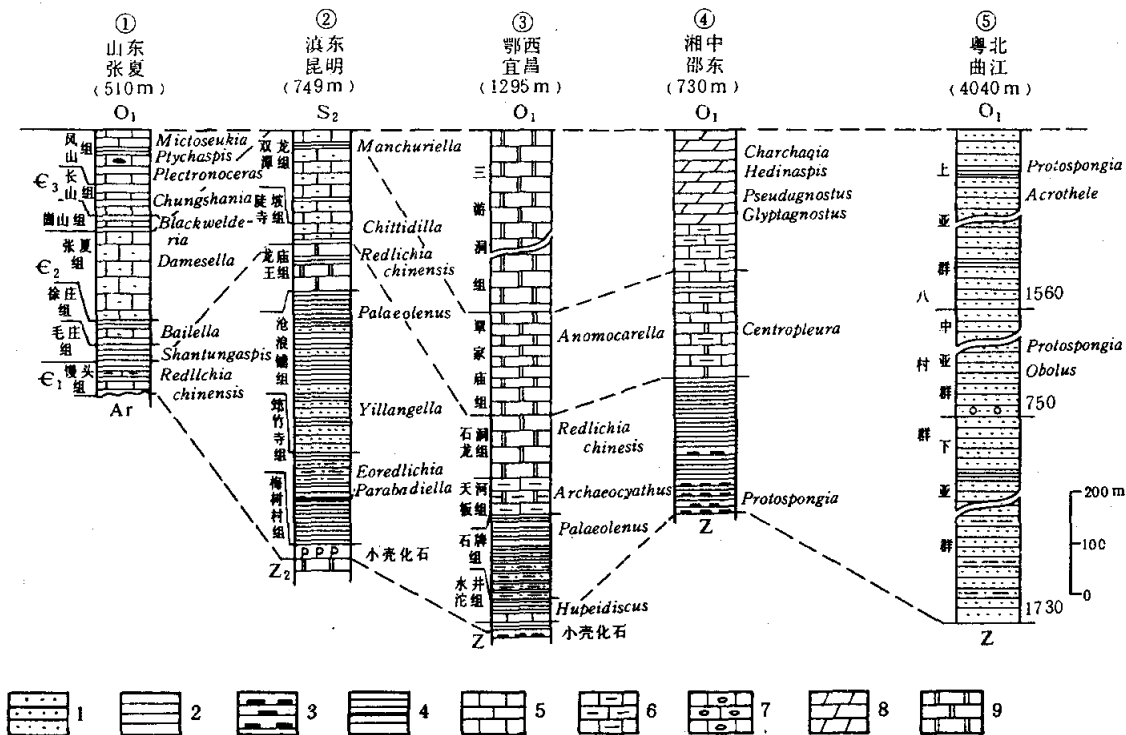


图 11-3 中国东部寒武系柱状对比图

1. 砂岩; 2. 泥页岩; 3. 硅质岩; 4. 碳质页岩; 5. 灰岩; 6. 泥质灰岩; 7. 竹叶状灰岩; 8. 泥灰岩; 9. 白云岩

个体很少完整保存的三叶虫动物群。

华北地区主体缺失早寒武世早期沉积, 中期从南侧秦岭洋向北海侵, 淮南、豫西、陕北陇县和宁县贺兰山地区最早波及, 沉积了滨浅海碎屑岩及含磷砂岩, 称猴家山组或辛集组。沧浪铺晚期海水侵入到燕山、辽南地区, 燕山地区为昌平组, 是含 *Palaeolenus* 的豹皮灰岩。馒头组沉积范围由东向西逐渐扩大到太行山、中条山一线和鄂尔多斯、阿拉善西缘及南缘。

中寒武世毛庄期、徐庄期海侵向西延伸到吕梁山。西部贺兰山一带的海水亦向东扩大到鄂尔多斯中部, 华北古陆进一步缩小。张夏期海侵显著扩大, 除陕北和内蒙古东胜地区仍为古陆外, 华北地区广泛发育了稳定的浅海碳酸盐沉积。

晚寒武世华北板块的古地理格局发生了显著变化, 南部淮南、豫西和晋南一带开始上升, 海水变浅, 形成以白云岩为主的滨海潮上带沉积(三山子组)。白云岩层位由南向北升高。北部燕辽地区相对下降, 为滨浅海灰岩沉积。此时地形南高北低, 与早、中寒武世的地形呈翘翘板式变化, 这种地势特点一直持续到奥陶纪(图 11-4)。

## 2. 华北板块大陆边缘寒武纪古地理特征

华北板块南部寒武纪是主动大陆边缘, 展布于商丹缝合线以北。沿陕西商南—丹凤一带发育蛇绿岩套及丹凤群的岛弧火山岩、河南西峡—南召一带发育二郎坪群的弧后火山岩。向西到甘肃天水一带也发育类似的含火山岩地层李子园群, 其时代为寒武纪—早志留世。证明当时秦岭洋向北俯冲, 在华北板块南缘形成了活动大陆边缘。

华北板块北部寒武纪大陆边缘性质有待进一步研究。在传统上认为古老基底的内蒙古地轴中已报导年龄值在 850~600 Ma 左右的蛇绿岩套及小壳动物群, 推测寒武纪在地台北缘白



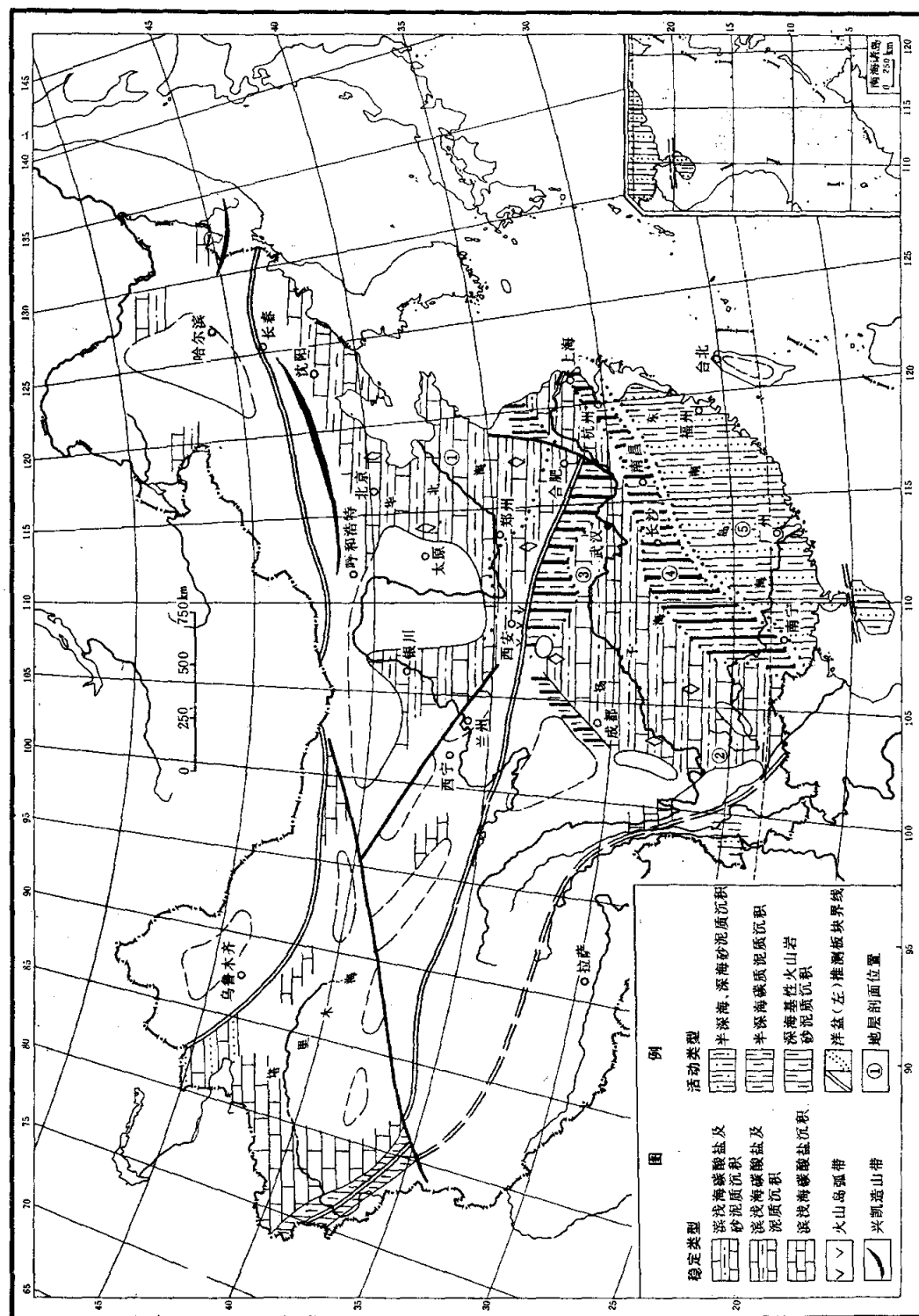


图 11-4 中国早寒武世古地理图 (据刘本培等, 1996)

云鄂博一带处于稳定大陆边缘状态,逐渐向活动型过渡。

板块西南侧与柴达木古陆之间为古祁连洋,早寒武世时未接受沉积,中寒武世起祁连山南北坡都张裂成裂陷海槽。北祁连海槽中发育较深海含放射虫硅质岩、中基性火山岩及砂泥质复理石。

### (三)其他地区寒武纪的古地理概述

中国其他地区包括塔里木板块、古亚洲洋和古特提斯洋中的小块体。

#### 1. 塔里木板块及其大陆边缘

寒武纪塔里木板块内部为稳定类型沉积,以北部柯坪地区发育最好,其沉积特征和生物与扬子区相似,沉积厚度 500~600m,主要为泥质、粉砂质及硅、镁碳酸盐沉积,底部含磷结核,中、下部产三叶虫 *Redlichia*。说明寒武纪塔里木板块与扬子板块关系密切。

塔里木板块北部大陆边缘属于被动大陆边缘类型。板块西南大陆边缘的昆仑海槽研究程度较低。西昆仑寒武系为化石稀少、厚度巨大的砂泥质碳酸盐沉积,西昆仑与喀喇昆仑间有新元古代以来的蛇绿岩,代表原特提斯洋的消减带。

#### 2. 古亚洲洋

古亚洲洋以艾比湖—居延海—西拉木伦河地缝合线为代表,共分为三部分。主体为天山—西拉木伦洋,南侧为华北板块和塔里木板块北部大陆边缘,北侧为西伯利亚板块南部边缘,准噶尔为哈萨克斯坦板块的一部分,松辽是古亚洲洋中的中间陆块。

兴蒙、东北地区寒武纪特征与华北、塔里木板块有明显差异。在黑龙江伊春地区下寒武统为厚度 300 m 以上的碳质泥砂质和碳酸盐沉积,含 *Kootenia* (库迁虫), *Proerbia* (原叶尔伯虫),后者是西伯利亚常见分子。大兴安岭下寒武统中也有西伯利亚的古杯类。这一地区属西伯利亚生物大区,与华北、华南生物特征明显不同。

天山—西拉木伦洋寒武纪为大洋环境,在内蒙古中部的温都尔庙群是温都尔庙蛇绿岩套的组成部分,代表典型的洋壳。在大洋南、北两侧的生物,沉积特征均相差较大,也证明此时有大洋阻隔,限制了生物之间的交往。

#### 3. 古特提斯洋

寒武纪古特提斯洋的主洋盆在班公湖—怒江古缝合线。缝合线以南的冈底斯、江孜地区属冈瓦纳板块的一部分。以北以东的羌塘地区、昌都、思茅、松潘、甘孜地区尚未与扬子板块分离,可能为扬子板块西部一部分。滇西保山地区下、中寒武统为浅变质陆坡砂泥质、硅质浊流沉积,仅见海绵骨针和微古植物,与震旦系连续过渡;上统为砂泥夹钙质浅水沉积,含底栖及浮游混合型三叶虫,总厚度 4 000 余米。藏南地区寒武系为一套透辉石石英片岩和含燧石结晶灰岩,与印度板块关系密切。

## 二、奥陶纪的古地理特征

奥陶纪早期基本承袭了寒武纪的古地理、古构造特征;晚期则发生了变化,华北板块主体抬升,华南盆地规模的收缩加剧。

### (一)华南地区奥陶纪的古地理特征

奥陶纪华南地区自西向东依然为:扬子克拉通、江南被动大陆边缘及华南裂谷盆地三个沉积区。从奥陶纪起华南裂谷盆地逐渐萎缩,特别是中奥陶世以后,萎缩速率加剧,盆地中心向北西迁移,导致晚奥陶世的古地理格局发生明显变化。

#### 1. 扬子板块奥陶纪地层序列和古地理特征

扬子板块内部奥陶系以上扬子地区发育较好，宜昌黄花场剖面最具代表性，是我国奥陶系的标准剖面。该剖面下奥陶统自下而上分为西陵峡组、南津关组、分乡组、红花园组、大湾组、牯牛潭组，中奥陶统分为庙坡组、宝塔组、临湘组、五峰组，上奥陶统分为临湘组和五峰组(图 11-5)。

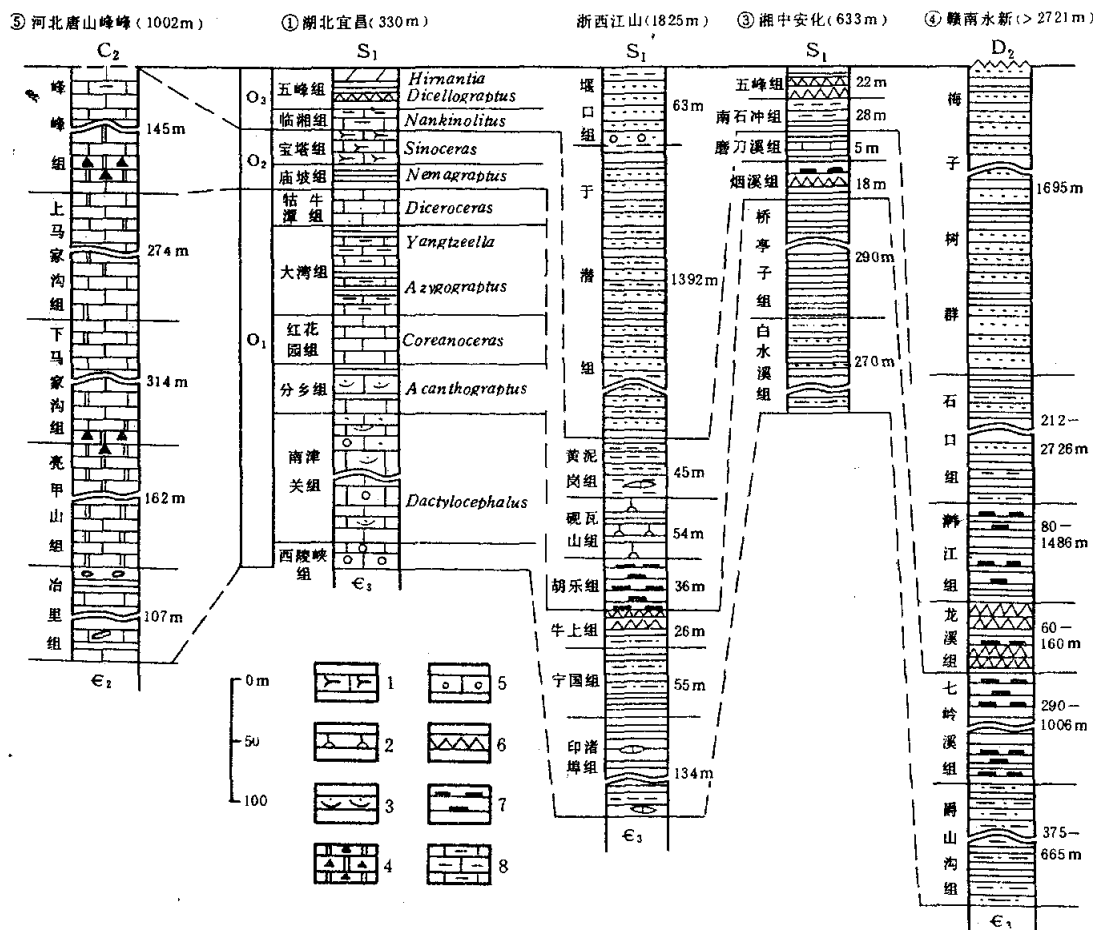


图 11-5 中国东部奥陶系柱状对比图

(转引自刘本培, 1996)

1. 收缩纹灰岩, 2. 网纹状灰岩, 3. 生物碎屑灰岩, 4. 角砾状白云岩, 5. 鲕状灰岩, 6. 硅质岩, 7. 碳质页岩, 8. 竹叶状砾屑灰岩

奥陶纪早期新的海侵开始。西陵峡组的白云岩中与上寒武统三游洞组相似，鸟眼构造、生物扰动构造发育，化石稀少，反映海水循环不畅，属能量较弱的半闭塞台地沉积。南津关组以含鲕粒及亮晶砂砾屑灰岩为主，内碎屑分选、磨圆较好，代表潮间至潮下高能带的产物，该组上段发育大型交错层理，有垂直或倾斜的生物钻孔，异地埋藏的腕足类、三叶虫、双壳类及海百合茎等碎屑，属于台地边缘浅滩相带。分乡组以亮晶灰岩为主，生物类别十分丰富，可形成生物骨架结构，内碎屑分选、磨圆好，反映为台地边缘礁或滩相，但其中夹泥页岩，含笔石和完整保存的小型薄壳腕足类，说明水体逐渐变深，水动力逐渐减弱。红花园组以生物泥晶灰岩、泥晶砂屑灰岩为主，生物既有底栖型，也有游泳型，反映了水体能量较弱的开阔台地环境。大湾组底部也由一套亮晶灰岩组成，属台地边缘浅滩，大湾组和牯牛潭组为瘤状

泥质灰岩夹页岩,发育水平层理,生物种类繁多,保存完整,底栖和浮游生物混生,说明为水能量较弱的浅海陆棚环境。庙坡组以黑色页岩为主,含丰富的笔石,底栖生物含量大大减少,代表半闭塞的陆棚边缘盆地。宝塔组是一套典型的收缩纹灰岩,这种收缩纹不同于潮坪的干裂构造,而是成岩过程中由于上覆的负荷使胶体脱水形成的收缩裂纹,反映较深的浅海陆棚环境。临湘组的环境与宝塔组类似。五峰组是较典型滞流盆地的笔石页岩沉积,上部观音桥层壳相泥质灰岩沉积是晚奥陶世冰川作用造成全球海平面下降的地质记录。

奥陶纪是地史上海侵范围逐渐扩大的时期,在扬子板块内部表现为自中寒武世西部不断扩大的康滇古陆,随着早奥陶世海侵的开始,海水不断向西超覆,造成扬子区内部岩相变化显著。早奥陶世扬子区的古地理面貌与中、晚寒武世相似,为巨大的镶边碳酸盐台地,内部自西向东南方向排列不同的岩相带。在板块西部康滇古陆以东的川西、滇东一带为滨岸相带,沉积了具潮汐层理的砂岩、页岩、钙质页岩,向古陆一侧碎屑增多、粒度变粗。由此向东,陆源碎屑逐渐减少,代之以碳酸盐沉积占主导,在黔北、川南一带以碳酸盐为主夹砂泥质的开放台地相带。再向东至鄂西一带(扬子北缘和东南缘)以碳酸盐沉积为主,夹泥质,生物碎屑、内碎屑、鲕粒等十分发育,形成台地边缘浅滩环境。进一步向东至下扬子区全部为碳酸盐沉积。

中奥陶世西部古陆扩大,早奥陶世的相带分异格局已不复存在,整个扬子区均以碳酸盐沉积为主,夹少量泥质,尤以宝塔组的收缩纹灰岩分布较广。庙坡组黑色页岩是局限的“补钉”式凹陷所形成的水下滞留盆地,而其周围是同时异相的大田坝组浅水碳酸盐沉积。

晚奥陶世早期海侵规模最大,沉积了瘤状泥质灰岩。晚期海平面下降,西部康滇古陆与滇黔桂古陆连成一片,造成五峰期的滞流海盆,沉积了典型的笔石页岩相。

## 2. 扬子板块大陆边缘及华南裂谷盆地的古地理特征

扬子板块东南大陆边缘,呈北东-南西向带状分布,西部为湘桂次深海,东部为浙皖次深海。前者以湘中地区为代表,奥陶系是一套深灰至灰黑色含碳质、硅质的笔石页岩,厚度600m,代表一种非补偿滞流还原环境。后者以浙西为代表,早、中奥陶世也为滞流环境的笔石页岩相,晚奥陶世沉积了一套巨厚的浅水浊积岩,厚度逾千米。

华南裂谷盆地早奥陶世古地理格局与寒武纪相似,也由闽粤浅海相和赣粤桂次深海相二个大相带控制,但由于寒武纪末郁南运动影响,云开地区和粤东地区上升成陆,沿着二个古陆的周缘有规律地出现滨海、陆棚次级环境分布。中奥陶世以后,华南盆地加速萎缩,晚奥陶世为厚度较大的浊积岩充填,到奥陶纪末,整个华南区主体成陆,仅在钦防残余海槽继续沉积(图11-6)。

扬子板块北部大陆边缘与寒武纪相似,南秦岭裂谷盆地安康一带为洞河群的变质细碎屑岩和火山岩。裂谷以北的秦岭微板块(如浙川等地)仍以浅水碳酸盐岩为主,裂谷以南的镇坪—岚皋等地为斜坡相的泥质碳酸盐岩沉积。

扬子板块西缘早、中奥陶世是被动大陆边缘砂泥质浊积岩沉积,滇南金平地区晚奥陶世转化为浅海碳酸盐台地。

## (二) 华北板块及其大陆边缘奥陶纪古地理特征

华北地区奥陶系主要是碳酸盐沉积,下奥陶统发育齐全,岩相稳定;中、上奥陶统发育不全,仅在少数地区有沉积。

### 1. 华北板块奥陶纪的地层序列和古地理

华北板块内部主要发育下奥陶统,中、上奥陶统大部缺失。河北唐山地区下奥陶统发育

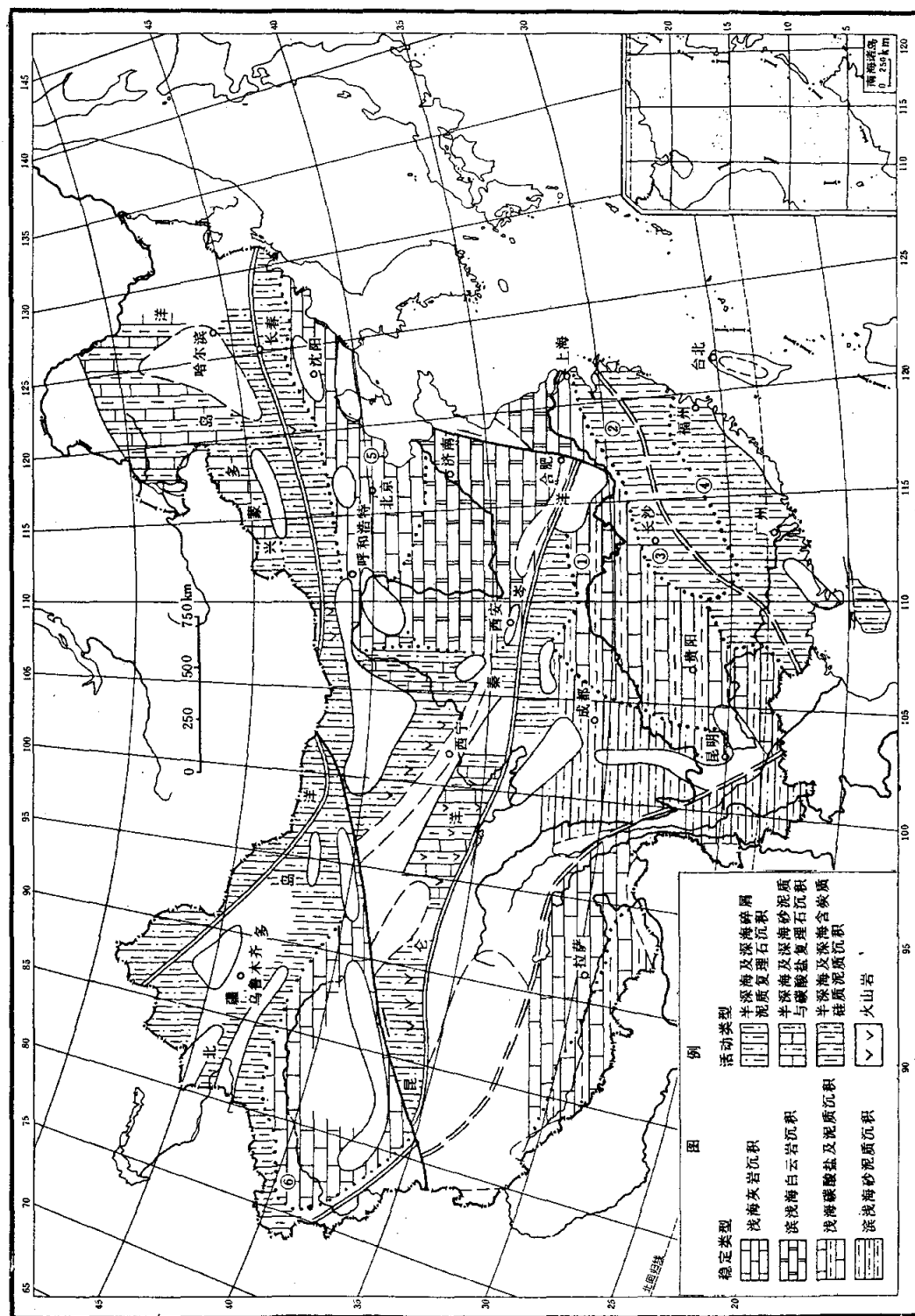


图 11-6 中国早奥陶世古地理图 (据刘本培等, 1996)

完整,化石丰富,研究程度高,是华北型奥陶系标准剖面。该剖面包括冶里组、亮甲山组、下马家沟组 and 上马家沟组(图 11-5)。冶里组与寒武系之间为连续沉积,岩性为厚层灰岩夹竹叶状灰岩及页岩,含有三叶虫、腕足类和树形笔石等底栖型生物,砾屑灰岩中的灰岩砾石表面无氧化圈,说明环境为潮下浅海,没有暴露出水面。亮甲山组下部为灰岩,含底栖的腕足类、腹足类、古杯和海绵等,仍为正常浅海环境,向上逐渐变为白云岩,且化石稀少,代表潮上蒸发环境。上、下马家沟组都是由灰岩、灰质白云岩、白云岩组成,上马家沟组局部出现膏溶角砾岩,均代表浅海—潮上环境。

华北板块早奥陶世早期以德州—石家庄—保德一线为界,北部以正常浅海环境为主;南部环境主要是潮间—潮上蒸发环境,地层沉积厚度从北向南减薄,说明此时华北区地势北低南高。早奥陶世中期南部继续抬升成陆上剥蚀区,而代表潮间—潮上蒸发环境的白云岩向北迁移,在晋南和鲁西北一带形成膏盐沉积。早奥陶世晚期海侵范围扩大,下马家沟组向南、向西北方向超覆。早奥陶世末期至中奥陶世岩相稳定,海侵仍比较广泛,在太行山中段和南段、吕梁山、中条山等地,中奥陶世峰峰组是一套厚层灰岩与泥质灰岩、白云岩、含直角石类及牙形石,厚约 140 m,同期沉积在山东西部和苏北一带也常见。晚奥陶世地壳上升,发生大规模海退,使华北板块再次成为古陆剥蚀区,仅在西南缘的陕西耀县及宁夏固原一带有沉积,是一套含底栖珊瑚、腕足类、三叶虫、腹足类和海百合等正常浅海碳酸盐沉积,称背锅山组。

## 2. 华北板块大陆边缘奥陶纪古地理特征

奥陶纪华北板块南部大陆边缘是活动型大陆边缘,发育了丹凤群岛弧型和二郎坪群边缘海型蛇绿岩。与此相对应,板块北缘从白乃庙至西拉木伦河一带见有早古生代的蛇绿岩套,代表奥陶纪古亚洲洋向南的俯冲消减带。南北两侧洋壳同时相向的俯冲作用与华北板块晚奥陶世整体抬升关系密切。

### (三) 其他地区奥陶纪的古地理概述

#### 1. 塔里木板块及其大陆边缘

塔里木板块奥陶系以西北缘柯坪地区发育最好,下统为浅海灰岩,中上统为泥灰岩,夹钙质粉砂岩和页岩,含头足类、三叶虫等底栖生物群,属板块内部稳定浅海沉积。板块北部边缘的西准噶尔地区奥陶纪属古亚洲洋,发育富含泥质的碎屑岩与火山碎屑岩。而在板块西南边缘也见有含中基性火山岩和灰岩的砂泥质复理石沉积及蛇绿岩,反映昆仑洋向塔里木板块的俯冲作用。

#### 2. 古亚洲洋

奥陶纪古亚洲洋主体转换到额尔济斯—居延海—西拉木伦河一带,此时洋壳板块向南北两侧的陆壳板块下俯冲,在大洋北部由于板块的俯冲,在新疆北部、内蒙古及东北地区构成西伯利亚板块南部复杂大陆边缘,如在新疆阿尔泰地区奥陶系是一套砂质板岩、火山岩、火山碎屑岩及碳酸盐,厚达数千米。

#### 3. 古特提斯洋

奥陶纪在滇西保山、潞西地区为稳定浅海碎屑泥质夹碳酸盐沉积,中奥陶世有直角石类与珠角石类混生,晚奥陶世特殊的海林擒动物群,与扬子区有一定差异。在越南北部马江带已发现早古生代蛇绿岩和蓝片岩,证明沿金沙江—红河—马江一线奥陶纪有一定规模的洋盆。

喜马拉雅地区奥陶系主要是稳定浅海的灰岩沉积,也出现直角石类和珠角石类混生现象。

### 三、志留纪的古地理特征

志留纪处于加里东构造阶段的晚期，是构造运动相对活跃的时期，处于挤压构造体制之下，此时的古构造格局与古地理面貌发生了明显变化。板块内部稳定地区因受边缘造山运动的影响，沉积和古地理格局显著改变；板块之间碰撞拼合，如华北板块与柴达木地块，扬子板块与华夏板块等。

#### (一) 华南地区志留纪的古地理特征

志留纪是华南裂谷盆地萎缩、消亡的时期。受其影响，扬子板块早、中志留世海域仅限于北部，晚志留世海退，海水仅残存于川滇及钦防残余海盆，其他地区均抬升成陆。志留纪后期华夏板块与扬子板块对接拼合形成统一的华南海板。

#### 1. 扬子板块志留纪的地层序列和古地理特征

鄂西宜昌剖面是扬子区研究较早、较深入的地区之一，该区志留系包括下志留统龙马溪组、罗惹坪组、石屋子组和中志留统纱帽组（图 11-7）。

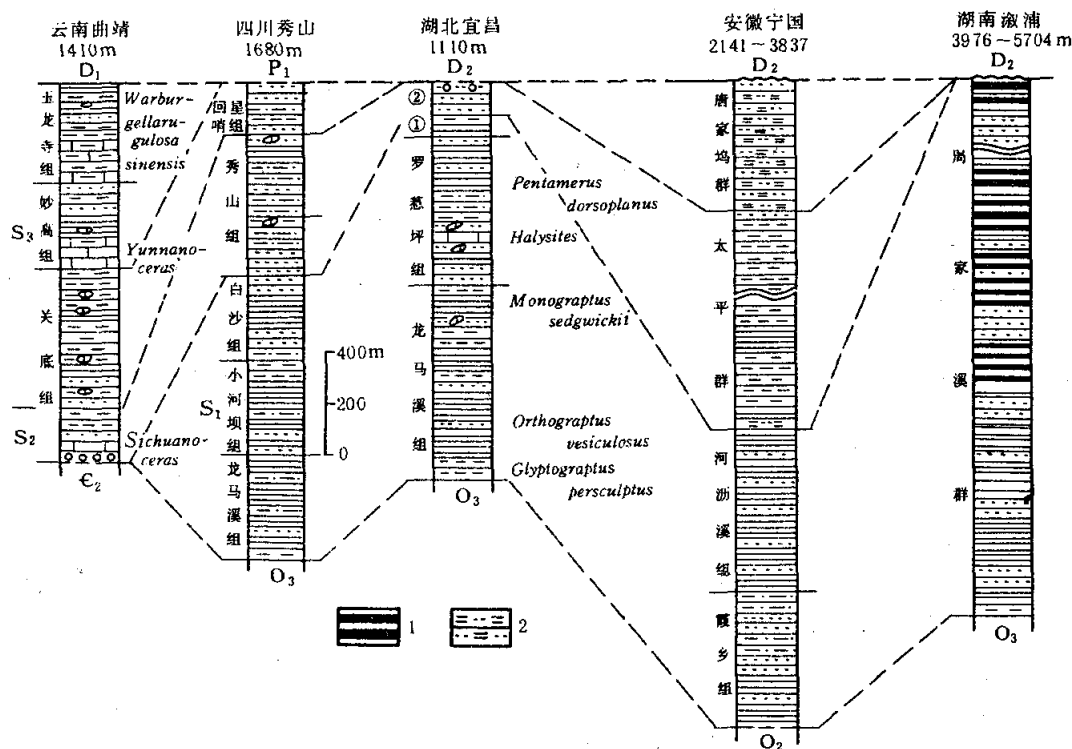


图 11-7 中国东部志留系柱状对比图

(转引自刘本培等, 1996)

1. 黑色页岩, 2. 粉砂岩及泥页岩; ①石屋子组; ②纱帽组

受晚奥陶世海退的影响，在扬子区奥陶系与志留系之间普遍形成一不整合界面，但在宜昌地区龙马溪组与五峰组之间连续沉积。龙马溪组下部 100 m 厚的黑色页岩和硅质页岩内，包含了五个笔石化石带，笔石呈聚集式保存，属典型的笔石页岩相，代表滞流、非补偿海盆。上部黄绿色砂质页岩厚度较大，但只含三个笔石带，笔石分散保存。根据岩性变粗、颜色变浅及笔石的保存情况等，推测上部为弱还原环境，反映沉积速率加快，逐渐转化为补偿盆地。

罗惹坪组内产有大量的珊瑚、腕足类、三叶虫等底栖生物化石,代表正常浅海环境。石屋子组及纱帽组是一套滨海相碎屑岩堆积。纱帽组自下而上砂岩含量增加,粒度变粗,交错层理发育,化石稀少,代表周围碎屑物质供应充分的超补偿海盆。中志留世后期,宜昌地区升出海面遭受剥蚀,与上覆中泥盆统云台观组石英砂岩呈平行不整合接触。

志留纪扬子区主要为碎屑陆棚海,随着加里东运动的强化,其海域面积不断萎缩(图 11-8)。龙马溪期是继晚奥陶世海退之后又一新的海侵开始,此时沉积范围限于扬子北部,扬子区南部是大范围的古陆。龙马溪早期的古地理环境与五峰期相似,属于典型的笔石页岩相。从龙马溪晚期开始,扬子区属正常陆棚浅海环境,海侵范围扩大到黔中南一带。在黔东北至川南一带,早志留世沉积与宜昌地区相似,但在相当于罗惹坪组下部的地层内碳酸盐沉积发育,各种生物十分繁盛,由四射珊瑚和床板珊瑚组成小型点礁,在贵州石阡一带称雷家屯组;中统为秀山组和回星哨组,秀山组为正常浅海陆棚相,回星哨组是一套紫红色、灰绿色砂岩、粉砂岩及页岩,含有腹足类、双壳类和鱼类等化石,代表滨海相沉积。由此可见,至中志留世晚期,扬子板块内部受扬子板块与华夏板块拼接的影响,主体环境逐渐上升而成为陆上剥蚀区。

向东南至江西修水流域,志留系发育完整,下统为笔石细碎屑岩相,中统为正常浅海相,上统为陆相。再向东至下扬子区,情况与修水地区相似。下统高家边组为笔石相碎屑岩,中统坟头组为壳相碎屑岩,上统茅山组为含鱼化石的滨海—过渡相碎屑岩,厚度在 3 000 m 以上。

扬子板块早、中志留世为浅海沉积,富产土著色彩浓厚的四川角石等头足类、彗星虫等三叶虫和各种珊瑚类土著分子,据统计横板珊瑚属的地方性分子达 30% 以上,说明志留纪扬子区为独立的板块。

在扬子板块西缘的滇东一带,从晚寒武世隆升成陆后直到中志留世晚期才开始接受沉积。关底组以泥灰岩及页岩为主,含 *Sichunoceras*。其上妙高组岩性由黄绿、灰绿色页岩及瘤状泥灰岩、灰岩所组成。再上为黑色页岩夹薄层瘤状泥灰岩组成的玉龙寺组,含腕足类、三叶虫和牙形石化石,与上覆下泥盆统地层整合接触,由此可见,晚志留世滇东地区为扬子板块的沉降中心。

华南地区晚志留世仅滇东和钦防地区有沉积,长江下游有过渡相沉积外,其他地区均上升成陆。

## 2. 扬子板块大陆边缘及华南残余盆地志留纪古地理特征

扬子板块东缘的志留系仅有下统,在湘中一带称周家溪群,主要为泥砂质类复理石沉积,厚度巨大。中晚志留世江南区未接受沉积,较板块内部更早结束了沉积作用。

华南裂谷盆地自中奥陶世起萎缩加剧变为残余盆地,到志留纪仅在钦防地区残留海水,其他地区已上升成陆。钦防地区志留系发育齐全,下统为含丰富笔石的页岩,中统为泥质粉砂岩、页岩,上统是泥质粉砂岩夹砂岩、页岩,属深水海槽复理石沉积组合,代表原特提斯洋的分支海。钦防海槽未受加里东运动影响。

扬子板块北部大陆边缘的南秦岭地区早志留世与奥陶纪相似,南秦岭裂谷盆地的安康、随州一带具玄武岩,早志留世晚期以后为笔石页岩相,厚度巨大,与泥盆系是平行不整合接触。裂谷盆地以北秦岭微板块仅见早、中志留世复理石沉积,晚志留世地层缺失,反映受加里东晚期北秦岭造山运动的影响。西秦岭迭部地区,下、中志留统以碎屑岩为主,内含笔石,上统为碎屑岩夹碳酸盐类,含珊瑚、腕足类及牙形石等化石。

扬子板块西缘构造环境比较复杂,活动性较强。在金沙江地区,志留系代表逐渐收缩变浅的裂陷海槽沉积特点,义敦地区为一套夹基性火山岩的较深水沉积,滇西墨江的志留系、泥



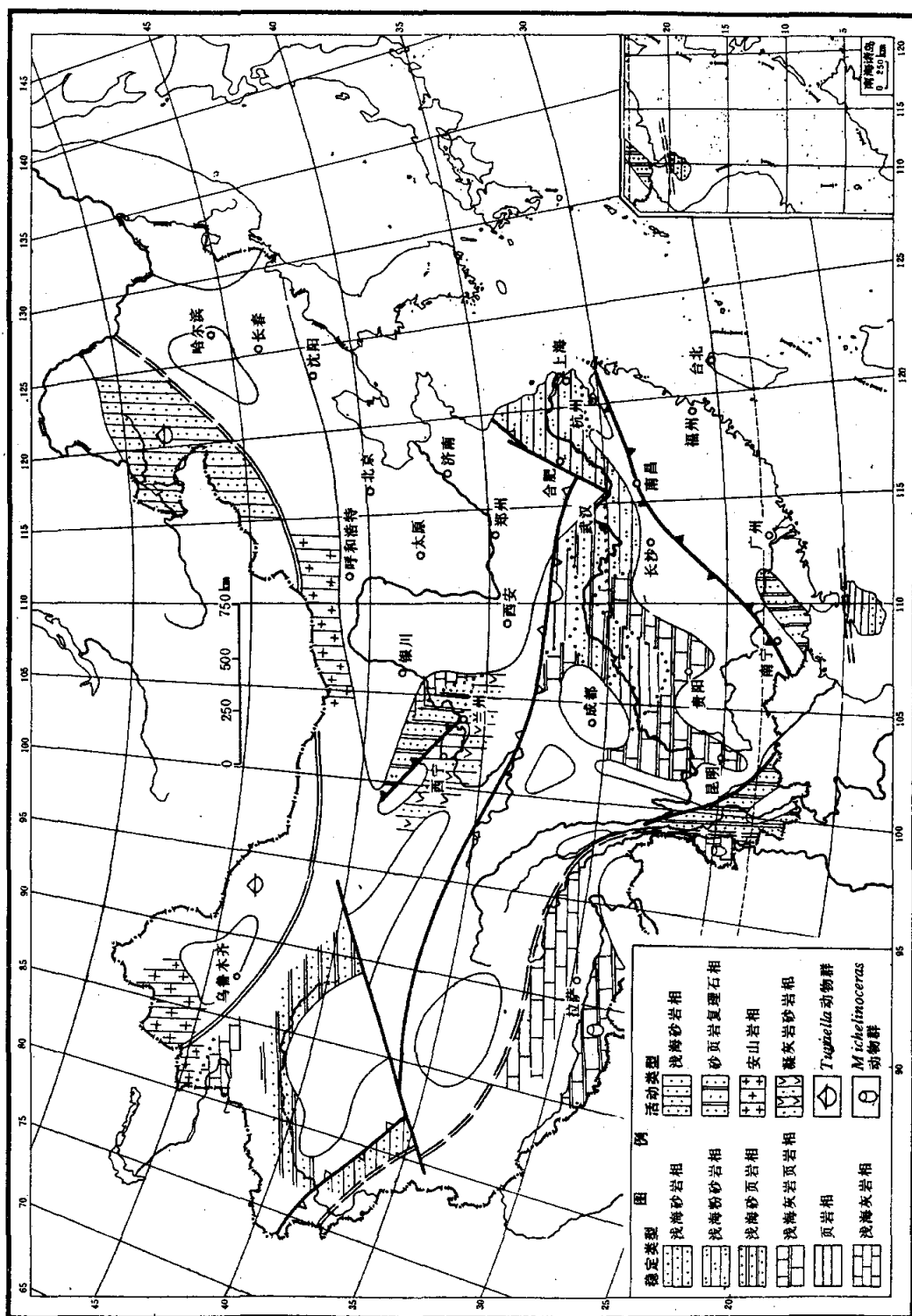


图 11-8 中国志留世古地理图 (据刘本培等, 1996)

盆系为深水连续沉积。

## (二) 华北板块及其大陆边缘志留纪古地理特征

华北板块志留纪主体仍为古陆剥蚀区, 缺失志留系沉积, 但大陆边缘地区志留系相当发育。

### 1. 华北板块志留纪的地层序列和古地理

板块内部志留纪地层仅发现于板块西南宁夏同心地区, 只有中、上统。中统照花井组, 主要由灰岩、泥灰岩构成, 含大量造礁生物, 厚仅 100 m 左右, 属稳定浅海沉积。上统旱峡群, 为紫红色砂砾岩, 厚度 500 m, 代表西侧造山带山前的前陆盆地沉积。此外, 在河南固始下石炭统灰岩砾石中还发现了志留纪珊瑚化石, 表明此地应有志留系沉积。

### 2. 华北板块大陆边缘志留纪古地理特征

华北板块北缘的内蒙古地区, 下志留统为中酸性火山岩夹砂泥质沉积, 中、上志留统为砂泥质复理石沉积, 志留纪末属磨拉石建造。磨拉石建造与下伏地层间具明显的角度不整合, 说明本区发生强烈的加里东运动, 形成板块北缘的早古生代褶皱带。向东至西拉木伦河及吉林中部, 仍然具有活动大陆边缘的性质。

华北板块南部的北秦岭地区没有志留系的记录, 推测受加里东运动的影响已形成古陆或山地。西南部祁连山地区志留纪的研究程度较高。北祁连海槽在志留纪仍然为强烈拗陷区, 沉积厚度达 7 000 m, 主要是砂泥质碎屑沉积, 火山活动微弱, 反映北祁连小洋盆逐渐抬升填满的过程。中祁连在志留纪一直为隆起带。南祁连海槽早、中志留世仍处于张裂、下陷阶段, 有海底火山活动和巨厚含火山碎屑和硅质的泥砂质沉积。中、晚志留世海槽缩小, 沉积了巨厚的硬砂岩。志留纪末, 由于柴达木板块与华北板块的碰撞、挤压, 南、北祁连海槽相继形成褶皱带, 从而使柴达木板块和华北板块拼合成一个大陆。

## (三) 其他地区志留纪的古地理概述

### 1. 塔里木板块及其大陆边缘

塔里木板块的志留系主要出现在西北、东北部, 与扬子板块关系密切。柯坪地区的下志留统为含笔石及三叶虫的杂色碎屑岩, 中上统为含中华棘鱼的紫红色砂岩和泥岩。塔里木北缘南天山一带志留纪厚度巨大, 为中性火山碎屑岩、火山岩及沉积岩, 代表活动的古构造环境。

### 2. 古亚洲洋

志留纪古亚洲洋北部的准噶尔—兴安地区各段活动性不同。西准噶尔早志留世的复理石、类复理石是洋壳大规模俯冲后残余盆地的产物。东准噶尔晚志留世含 *Tuvaella* 的紫色灰岩、钙质砾岩、中酸性火山角砾岩等不整合于奥陶纪—中志留世蛇绿岩套之上。再向东至兴安岭地区, 志留纪海域范围与奥陶纪相似, 均具有一定活动性。天山—西拉木伦洋志留纪仍然为大洋环境, 其向华北板块俯冲形成沟-弧-盆体系。

在东准噶尔、内蒙古东北部、大兴安岭中段和小兴安岭北部等地均发现 *Tuvaella* 动物群, 该动物群分布在西伯利亚南部及蒙古西部的图瓦盆地, 说明志留纪这些地区同属西伯利亚板块南缘。

### 3. 古特提斯洋

滇西保山地区志留纪主要为浅海泥质和碳酸盐沉积, 为古特提斯洋中稳定的小型地块。藏南珠峰地区的志留系发育完整, 下统为灰黄色石英岩, 中统是灰色页岩, 含笔石 *Streptograptus*、*Orthograptus*, 上统为灰色含泥质条带灰岩, 内产丰富的头足类、牙形石, 总厚度不足 100 m。向北至申札地区, 灰岩增多, 厚度达 250 m。两地均属板块内部的稳定浅海沉积。在

上述地区的角石类以 *Michelinoceras* 最为常见,与扬子区明显不同,证明当时冈瓦纳板块与扬子板块间有特提斯洋阻隔。

### 第三节 早古生代的古构造

#### 一、全球构造背景

早古生代期间,地球上存在冈瓦纳(包括南美洲、非洲、印度、澳大利亚、南极洲)、北美、俄罗斯、西伯利亚、哈萨克斯坦、华北和华南等古大陆板块。冈瓦纳大陆为规模较大的板块,北美、俄罗斯、西伯利亚及哈萨克斯坦板块关系相近,但各自独立发展,彼此间有古大洋相隔。俄罗斯与北美板块之间是古大西洋,俄罗斯与哈萨克斯坦-西伯利亚之间为古乌拉尔洋,西伯利亚与华北板块之间是古亚洲洋等。中国主要的一些板块、微板块正是处于上述两大板块群之间,一般称之为泛华夏陆块群,它们散布于原特提斯洋之中。

#### 二、中国及相邻地区古板块格局

早古生代泛华夏陆块群由华北、扬子、华夏、塔里木等几个分离的板块和微板块(如柴达木、羌塘、秦岭等)组成。准噶尔属哈萨克斯坦板块的一部分。青藏高原的保山、冈底斯、拉萨等微板块为冈瓦纳板块的一部分。华北板块、秦岭微板块与扬子板块间为古秦岭洋,扬子与华夏板块间为古华南洋,华北、塔里木板块以南,扬子板块西南的大洋是原特提斯洋主要分支。华北板块以北的新疆北部与内蒙古大部及东北地区为古亚洲洋。

华北板块与扬子板块之间的秦岭地区早古生代处于复杂的构造格局下,大致沿北秦岭的信阳—丹凤—武山一线发育北秦岭古洋盆和活动大陆边缘,其标志为陕西商南—丹凤一带的蛇绿岩套及丹凤群的岛弧火山岩、二郎坪群的弧后火山岩等。南秦岭沿随县—安康—略阳一线为南秦岭裂谷盆地或初始洋盆,其标志为该带发育的早古生代的碱性火山岩、中基性火山岩(如随县的古城畈群、兰家畈群,陕南的洞河群、白水江群等)。上述两线之间为秦岭微板块,微板块内部下古生界以稳定的滨浅海沉积为主。志留纪时,由于秦岭微板块与华北板块的碰撞使北秦岭洋闭合,并形成北秦岭加里东造山带,南秦岭洋虽有所萎缩但终未闭合。

华北板块西南缘与柴达木微板块之间为古祁连洋,元古宙后期,祁连山南北坡都张裂下陷成海槽。早古生代海槽中发育深海含放射虫硅质岩、中基性火山岩及砂泥质复理石。志留纪后期,由于柴达木板块与华北板块的碰撞、挤压,南、北祁连海槽相继闭合形成造山带,从而使柴达木板块和华北板块拼合成一个大陆。

扬子板块与华夏板块之间的古南华洋位于绍兴—江山—萍乡—南宁一线以南地区,为元古宙俯冲、消减残留的残余盆地,在早古生代早期又有所分离形成华南裂谷,寒武纪—奥陶纪盆地内部以深水硅质岩、碳泥质岩、砂泥质浊积岩为主,奥陶纪后期该盆地逐渐闭合,并在该线以西形成志留纪的复理石沉积,志留纪后期复理石盆地也最终闭合形成南华造山带,仅广西钦州—防城一带形成一残余海槽。扬子板块以西,由于早古生代地层出露较少,研究也较差。昌都—思茅、义敦、松潘—甘孜等地可能仍未与扬子板块分离,保山微板块为亲冈瓦纳板块的一部分。冈底斯—喜马拉雅地区早古生代以稳定的浅海沉积为主,也属冈瓦纳板块的一部分。原特提斯洋大致位于羌塘微板块和冈瓦纳板块之间,大致在班公湖—澜沧江一线。

古亚洲洋以艾比湖—居延海—西拉木伦河地缝合线为代表,内蒙古中部的温都尔庙群蛇绿

岩套代表典型的洋壳。南侧为华北板块和塔里木板块北部大陆边缘,北侧为西伯利亚板块南部边缘,准噶尔是其间哈萨克斯坦板块的一部分。奥陶纪古亚洲洋主体转换到额尔齐斯河—居延海—西拉木伦河一带,此时洋壳板块向南北两侧的陆壳板块下俯冲,在新疆北部、内蒙古及东北地区构成西伯利亚板块南部复杂大陆边缘。志留纪天山-西拉木伦洋仍然为大洋环境,其向华北板块俯冲形成活动大陆边缘。东准噶尔,内蒙古东北部,大兴安岭中段和小兴安岭北部等地均发现西伯利亚生物大区的 *Tuvaella* 动物群,说明志留纪这些地区仍属西伯利亚板块南缘。

综上所述,早古生代时期华夏陆块群各板块和微板块主要分布在赤道—南半球中低纬度地区,各块体之间的排列、方向不同,并为规模不同的洋盆或裂谷盆地所分隔。早古生代后期,受加里东运动的影响,柴达木微板块、秦岭微板块与华北板块拼合使之范围扩大,华夏板块和扬子板块对接碰撞形成更大规模的华南海块。塔里木板块一直处于南、北纬低纬度地区附近。

#### 第四节 早古生代的沉积矿产

早古生代的沉积、层控矿产比较丰富,主要有磷、石煤、铁矿、铅锌矿、多金属稀有元素、膏盐和汞等,赋矿层位主要集中于寒武系和奥陶系,而志留系矿产相对贫乏。

中国南方早古生代发育了一系列黑色岩系,如下寒武统、上奥陶统五峰组及下志留统龙马溪组。早寒武世早期的黑色岩系由黑色页岩、碳质页岩、碳硅质页岩、结核状磷块岩、粉砂质页岩等组成,厚度变化大,20~950 m,但层位稳定,分布在浙江、安徽、江西、湖南、广西、湖北、贵州、四川、陕南等地。在这套黑色岩系内蕴藏着丰富的石煤、钒、磷、钡及多金属富集层等矿产资源。五峰期和龙马溪期主要是一套黑色的笔石页岩相,其为华南地区重要的生油层。

华南寒武系底部普遍含磷,以滇东、川中、黔西的浅海区成矿条件好,形成磷块岩大型矿床。在扬子板块各边缘寒武系底部黑色页岩中富集石煤及多金属元素,其中重晶石已达到超大型矿床规模。河北邯郸式铁矿产于马家沟组富铁的碳酸盐岩地层中,山西等地马家沟组中富含石膏。华南、华北地区广泛分布的奥陶系碳酸盐岩可作为水泥、石灰、熔剂和建筑业的原材料等。

此外,山东及湖南等地晚寒武世含三叶虫灰岩可加工成精美的化石工艺品——燕子石雕。宝塔组含头足类的瘤状灰岩可用作工艺石材,长江三峡一带中、晚寒武世地层经后期岩溶作用形成风景独特的旅游资源。