第三编　古生代地史

第七章　早古生代地史

一、早古生代划分及生物界

（一）早古生代各纪划分和命名

早古生代包括寒武纪、奥陶纪和志留纪，代表显生宙的早期阶段。寒武纪（系）由薛知微（R. A. Sedgwick）于1835年创用，当时泛指泥盆系老红砂岩之下的整个下古生界。“Cambria”是威尔士语“Cymry”（人民）的拉丁化，在英国通常作为威尔士的古称。“寒武”是日文片假名音译，我国沿用。国际地科联地层委员会将寒武纪下限的同位素年龄定为570Ma，近年有人主张采用540Ma，值得引起重视。1835年英国另一位地质学家莫企逊（R.I.Murchison）研究同一地区的下古生界，提出志留纪（系）一名，代表下古生界的大部分。由于重复命名，造成长期争论。1879年拉普华斯（C. Lapworth）调和两种对立意见，提议用奥陶纪（系）代表两人重复的地层部分，获得普遍支持（表7—1—1）。从此才奠定了下古生界三分的基础。奥陶纪虽然命名较早，亦得到广泛使用，但直到1960年第二十一届国际地质大会才正式通过决议，予以确认。所以，在原苏联文献中曾长期使用下志留系代表奥陶系。“奥陶”来源于英国北威尔士古部落名称Ordovices，“志留”来自东南威尔士的古部落Silures名称，也都是日文片假名音译，我国沿用。在欧洲有些地区称志留纪为哥特兰纪（Gotlandian）。奥陶系下限同位素年龄为500Ma，志留纪下限为440Ma，上限为400Ma。

表7—1—1　英国下古生界划分沿革表

国际通用	R.A. 薛知微 1835	R.I. 莫企逊 1835	C. 拉普华斯 1879
400Ma			
志留系	寒武系	志留系	志留系
440			
奥陶系			奥陶系
500		寒武系	寒武系*
寒武系			
570（540）			

* 英国习惯将特马道克阶归入寒武系。

（二）早古生代主要地史特征

从古生代开始，地球历史的发展进入了一个新的阶段，在生物、沉积和地壳构造等方面均有显著的特征。

1. 生物特征

早古生代的生物界以海生无脊椎动物为主。生物分泌硬壳开始于震旦纪末期，从寒武纪起硬壳（骨骼）生物突发辐射式的大量出现和以澄江动物群为代表的生物大爆发是生物演化历史中的重大事件。脊椎动物中的无颌类，多次报导在北美几个地点的晚寒武世地层中有所发现，但均为零散骨片而有不同认识。从奥陶纪开始出现的无颌类直到志留纪晚期才逐渐适应淡水生活。晚志留世开始出现有颌类和适应半陆生生活的裸蕨植物是生物演化史上的重大事件。生物界的重大变革实质上是地壳演化阶段的划分标志。

由于海生无脊椎动物的空前繁育和广泛分布，我们就有可能根据生物群的演变划分地层确定地质年代。并利用不同时期生物群在世界各地区的分布，广泛进行地区间的以及洲际的地层对比。由于不同门类的生物对各种生活环境条件适应能力不同，逐渐发生生态分异，有的适应海底条件营底栖生活，有的营底栖游动或完全的游泳生活，有的则利用海流或特种器官营漂浮或浮游生活。能够适应多种环境或死后能保存于多种岩相地层中的生物称为广相生物。广相生物分布普遍，演化过程在世界上具有同一性，往往成为理想的标准化石。适应于特殊环境的称窄相生物，其特点是能指示特种条件，有利于岩相古地理的分析。从地层划分说，从早古生代起，我们第一次能够根据标准化石及其组合建立年代地层的基本单位时带，这是与前古生代的重要区别。

2. 沉积特征

生物成岩作用较前寒武纪更为普遍，一般还未能形成大型生物礁和介壳滩。除藻礁以外，只有早寒武世的古杯类和晚奥陶世至志留纪的珊瑚类和某些苔藓类形成小型生物礁。尤其重要的是从寒武纪开始碳酸钙的沉积已成为碳酸盐中的主要组分，与前寒武纪的钙镁碳酸盐形成明显对照。同时，代表干热气候的紫红色泥质沉积，含石膏和食盐假晶的钙泥质沉积也十分常见。这些均说明当时大气中和水中已经有相当高的含氧量而显著区别于前寒武纪。早古生代已存在明显的气候分带，在沉积物上有所反映，如在中低纬度温暖气候条件下与寒武纪早期海侵有关的磷块岩及石煤沉积，中晚志留世真正的劣质煤；又如属于冈瓦纳古大陆的非洲、南美晚奥陶世时有大陆冰川沉积，为极地和高纬度地区寒冷气候条件下的产物。

3. 地壳演化特征

在全球板块构造格局及海平面升降方面，整个古生代的历史是联合古大陆形成的历史。一般认为早古生代初期全球存在着五个分离的古大陆，它们是北美、欧洲、西伯利亚、中国和冈瓦纳古大陆。早古生代期间，现在处于北半球的前四个大陆基本上处于低中纬度区，彼此被大洋分隔而呈分离状态，海侵广泛，地层发育。而冈瓦纳大陆当时是一个整体，经历了自中低纬度向南半球高纬度的漂移，海侵局限，地层主要发育在其大陆边缘地区。

全球海平面相对变化周期是全球构造变动的标志。从显生宙Ⅰ级、Ⅱ级全球性海平面相对变化周期中可以知道，Ⅰ级周期反映了古生代联合古大陆的形成；Ⅱ级周期在早古生

代可分为三个，其中三次海平面相对下降为早奥陶世末、晚奥陶世和晚志留世，正好与全球性板块构造变动相符合。三次海平面相对上升以晚寒武世—早奥陶世最为显著，是地史中最大海侵时期之一。

（三）早古生代生物界

1. 带壳海生无脊椎动物的繁盛和寒武纪生物大爆发

海生无脊椎动物各个门类早古生代时均有发育，尤以奥陶纪最为繁盛和齐全。由于各类生物在演化上、生活习性上和保存情况上的不同，不同时代的地层含有不同的化石内容，也就是各个地质时代的地层各有其代表性的生物化石组合。对寒武纪来说最重要的代表性化石是三叶虫，所以寒武纪亦称三叶虫的时代。奥陶纪的重要生物化石是笔石和头足类中的鹦鹉螺，志留纪是单笔石。其它还有早寒武世早期的小壳化石（亦称早期骨骼化石），早寒武世的古杯，腕足类、横板珊瑚和单带型四射珊瑚均有重要的地层意义。

三叶虫 三叶虫是寒武纪最重要的生物化石，也是奥陶志留纪的重要化石。不仅属种繁多，演化迅速，而且生态分异明显。早寒武世三叶虫以莱得利基虫目为主，其主要特征是头大、尾小、眼叶大（多呈新月形）、胸节多。我国最低层位有 *Parabadiella*（拟小阿贝德虫，图 7—1—1，4），相继有 *Eoredlichia*（始莱得利基虫，图 7—1—1，5）、*Redlichia*（莱得利基虫，图 7—1—4 左上角）、*Palaeolenus*（古油栉虫，图 7—1—1，8）等。还有小型浮游的盘虫类，如 *Hupeidiscus*（湖北盘虫，图 7—1—1，7）。黑龙江伊春地区发现有早寒武世的西伯利亚分子 *Proerbia*（原叶尔伯虫，图 7—1—1，10）。中晚寒武世以褶颊虫类为主，中寒武世初常具宽阔的固定颊、头鞍切锥形、平直的眼脊和较小的尾板，如 *Shantungaspis*（山东盾壳虫，图 7—1—1，11），中后期尾板宽大，尾刺发育，如 *Damesella*（德氏虫，图 7—1—1，12）。晚寒武世早期的三叶虫常与中寒武世晚期的相似，如 *Blackwelderia*（蝴蝶虫，图 7—1—1，14），中晚期常见一些头鞍形状特殊的属，如 *Ptychaspis*（褶盾虫）和 *Saukia*（索克虫，图 7—1—1，15）等。中晚寒武世还广泛分布营浮游生活的球接子类，是重要的标准化石，如 *Pseudagnostus*（假球接子，图 7—1—1，17）。其它游泳型三叶虫如中寒武世的 *Xystridura*（木耙虫，图 7—1—1，13），晚寒武世的 *Charchaqia*（却尔却克虫，图 7—1—1，16）等。早奥陶世三叶虫与晚寒武世相似，多具颊刺及两个尾刺，如华南的 *Dactylocephalus*（指纹头虫，图 7—1—2，7），华北的 *Asaphellus*（小栉虫）和我国东南、祁连、天山、兴安等地均有发现的 *Hysterolenus*（后油栉虫）等。还有分节不明显或光滑的类型，如 *Eoisotellus*（始等称虫）。中晚奥陶世有 *Nankinolithus*（南京三瘤虫，图 7—1—2，9）和前颊类的 *Dalmanitina*（小达尔曼虫，图 7—1—2，8）等。志留纪三叶虫明显衰退，以前颊类为主，主要代表有早期的 *Encrinuroides*（似慧星虫）和中期的 *Coronocephalus*（王冠虫，图 7—1—3，12）。

笔石 笔石是奥陶、志留纪的分带化石，可以作为洲际间对比的依据。笔石最早出现于中寒武世，属树形笔石类。我国的晚寒武世中晚期大量出现 *Dendrograptus*（树形笔石）、*Callograptus*（无羽笔石）和 *Dictyonema*（网格笔石）。晚寒武世笔石一般体小、枝少而粗短、横靶少而无规律，反映其具原始特征。如华北凤山组的 *Dictyonema wutinshanensis*（五顶山网格笔石，图 7—1—1，18）。奥陶纪起大量发展。早奥陶世早期主要是树形笔石。有的底栖固着生活，具地方性色彩，如 *Acanthograptus*（刺笔石）等；有的营浮游生活而全

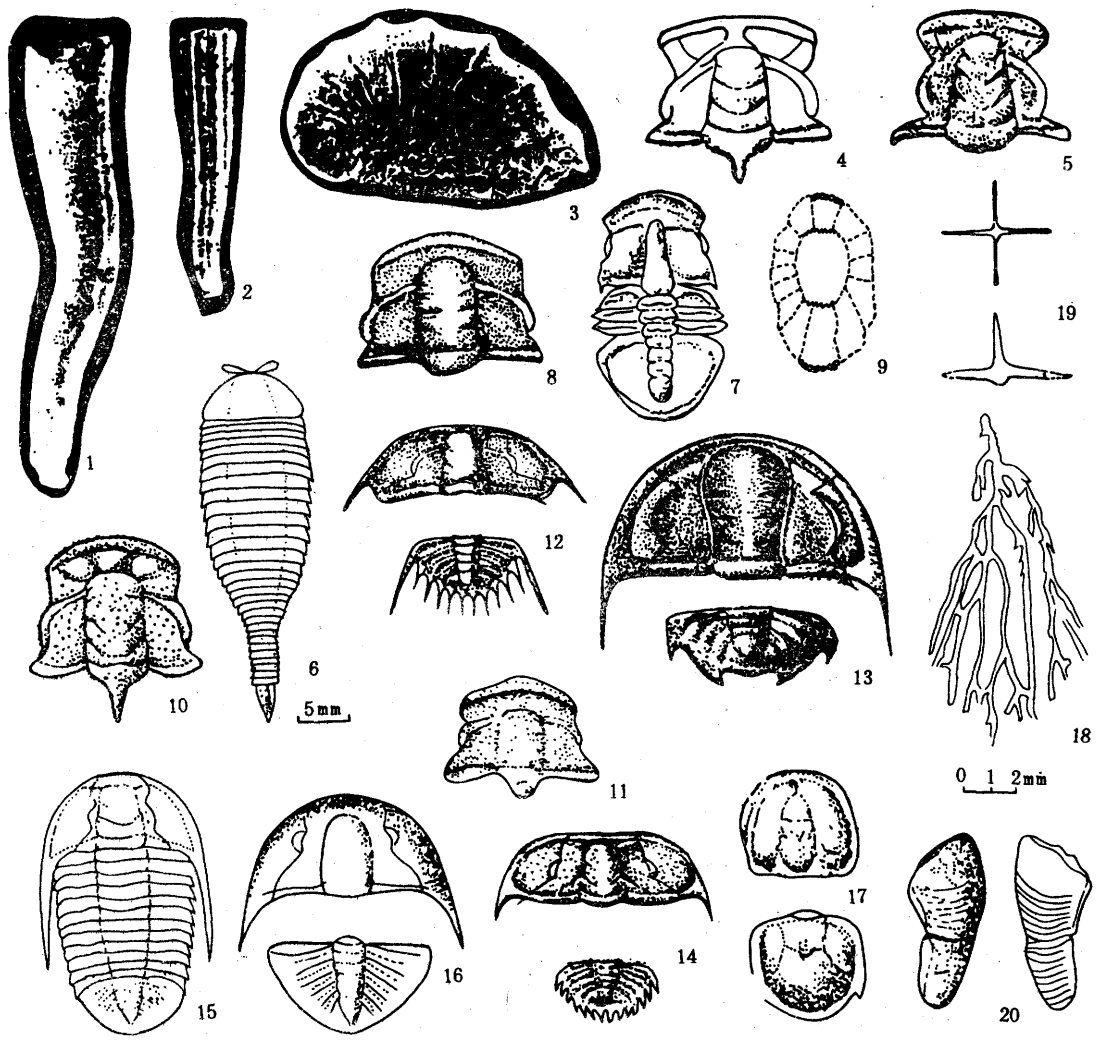


图 7—1—1　寒武纪化石

1—*Anabarites trisulcatus*(三槽阿纳巴管)-ϵ_1
2—*A. sexalox*(六槽阿纳巴管)-ϵ_1
3—*Archaeospira ornata*(艳饰始旋螺)-ϵ_1
4—*Parabadiella huoi*(霍氏拟小阿贝德虫)-ϵ_1
5—*Eoredlichia intermedia*(中间型始莱德利基虫)-ϵ_1
6—*Fuxianhuia protensa*(延长抚仙湖虫)-ϵ_1
7—*Hupeidiscus orientalis*(东方湖北盘虫)-ϵ_1
8—*Palaeolenus lantenoisi*(兰氏古油栉虫)-ϵ_1
9—*Ajacicyathus anabarensis*(阿纳巴尔阿雅斯古杯)-ϵ_1
10—*Proerbia prisca*(原始原叶尔伯虫)-ϵ_1
11—*Shantungaspis aclis*(刺山东盾壳虫)-ϵ_2
12—*Damesella paronai*(帕氏德氏虫)-ϵ_2
13—*Xystridura saintsmithi*(森氏木耙虫)-ϵ_2
14—*Blackwelderia sinensis*(中华蝴蝶虫)-ϵ_3
15—*Saukia acuta*(短尖索克虫)-ϵ_3
16—*Charchaqia norini*(诺林氏却尔却克虫)-ϵ_3
17—*Pseudagnostus cyclopyge*(圆尾假球接子)-ϵ_3
18—*Dictyonema wutingshanensis*(五顶山网格笔石)-ϵ_3
19—*Protospongia erixo*(原始海绵)-ϵ_1
20—*Plectronoceras liaotungensis*(辽东短棒角石)-ϵ_3

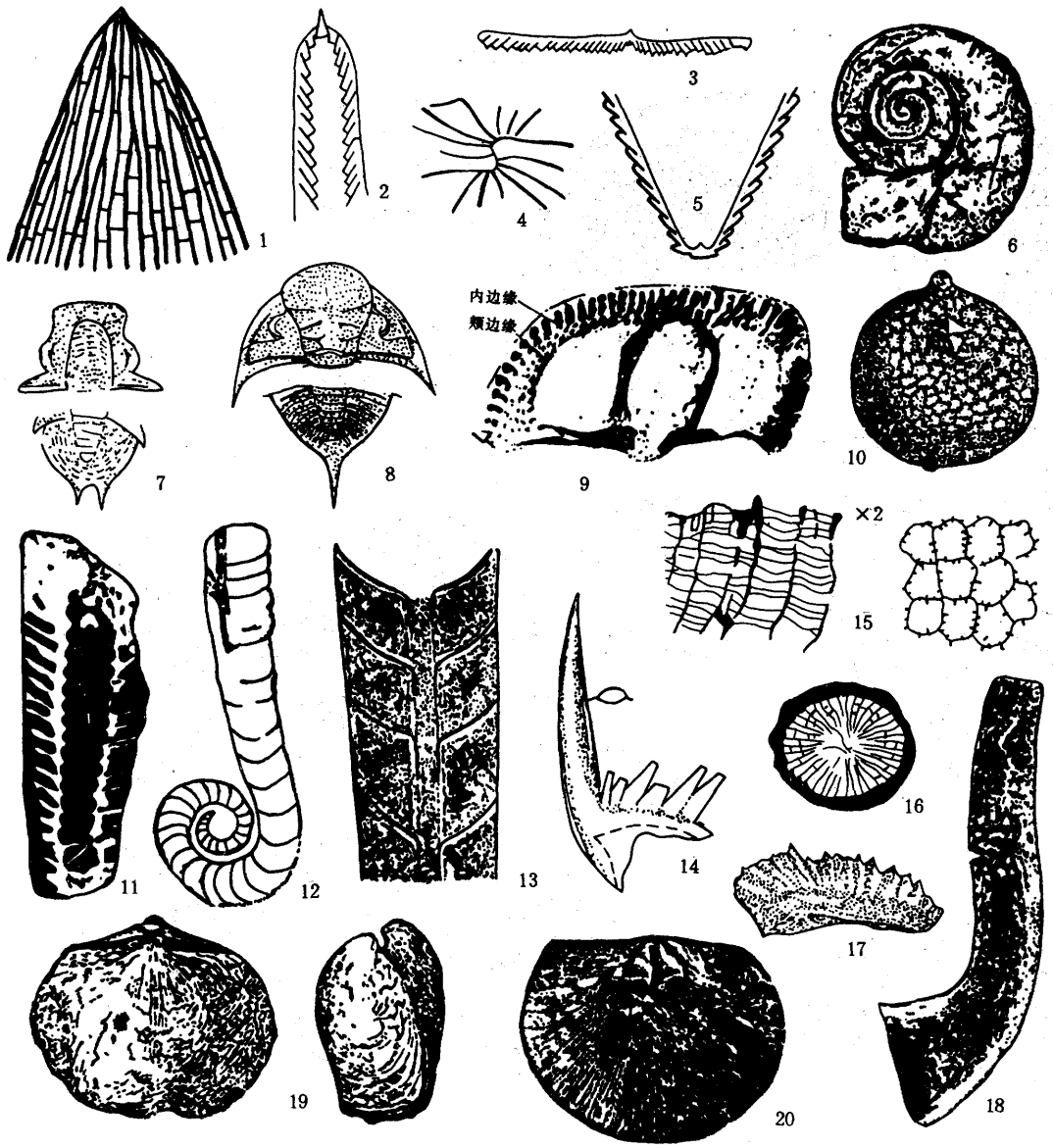


图 7—1—2　奥陶纪化石

1—*Dictyonema sociale*(社会网格笔石)O_1
2—*Didymograptus bifidus*(两分对笔石)O_1
3—*Didymograptus hirundo*(燕形对笔石)O_1
4—*Nemagraptus gracilis*(纤细丝笔石)O_2
5—*Dicellograptus complanatus*(扁平叉笔石)O_3
6—*Ophileta plana*(平蛇卷螺)O_1
7—*Dactylocephalus dactyloides*(指纹形指纹头虫)O_1
8—*Dalmanitina nanchengensis*(南郑小达尔曼虫)O_3
9—*Nankinolithus nankinensis*(南京南京三瘤虫)O_3
10—*Echinosphartes aureatium*(海饰刺海林檎)O
11—*Armenoceras richthofeni*(李氏阿门角石)O_1
12—*Lituites lii*(李氏喇叭角石)O_2
13—*Sinoceras chinensis*(中华震旦角石)O_2
14—*Tangshanodus tangshanensis*(唐山唐山刺)O_1
15—*Agetolites breviseptatum*(短隔壁阿盖特珊瑚)O_3
16—*Streptelasma rusticum*(乡村扭心珊瑚)O_3
17—*Badoudus badouensis*(八陡八陡刺)O_{1-2}
18—*Monocostodus sevierensis*(塞维尔单肋脊牙形石)O_1
19—*Yangtzeella poloi*(波罗扬子贝)O_1
20—*Hirnantia trilobata*(三叶赫南特贝)O_3

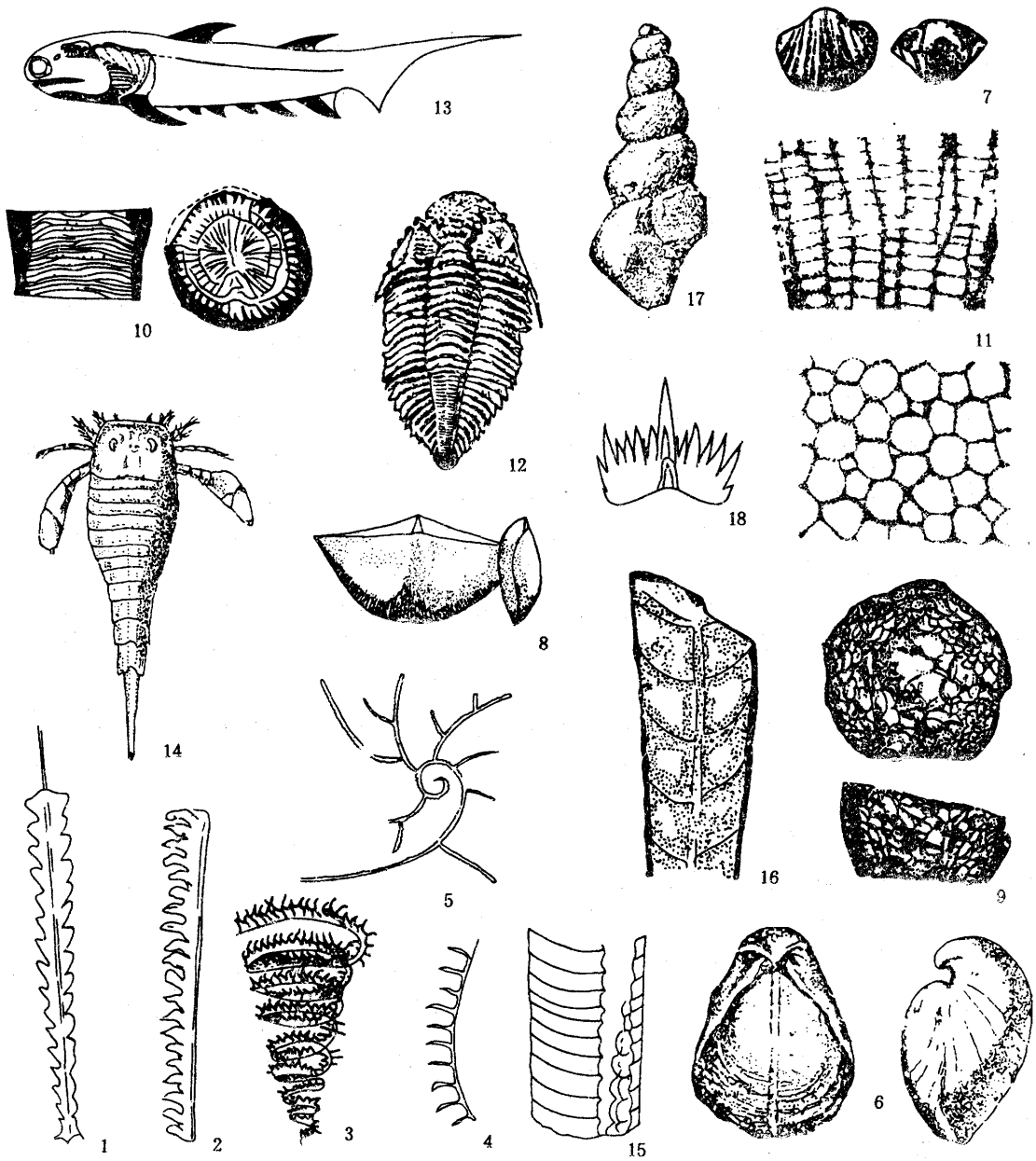


图 7—1—3　志留纪化石图版

1—*Glyptograptus persculptus*(雕刻雕笔石)S_1
2—*Monograptus sedgwicki*(薛知微单笔石)S_1
3—*Spirograptus turriculatus*(塔形螺旋笔石)S_1
4—*Rastrites maxicum*(大型耙笔石)S_1
5—*Cyrtograptus murchisoni*(莫企逊弓笔石)S_2
6—*Pentamerus borealis*(北方五房贝)S_1
7—*Howellella tingi*(丁氏郝韦尔石燕)S_{2-3}
8—*Tuvaella*(图瓦贝)S
9—*Cystiphyllum cylindricum*(柱形泡沫珊瑚)S_1
10—*Pilophyllum tenuiseptatum*(薄隔壁发珊瑚)S_{2-3}
11—*Favosites forbei*(福培蜂巢珊瑚)S_2
12—*Coronocephalus rex*(霸王王冠虫)S_{2-3}
13—*Climatius reticulatus*(网状栅鱼)S_3
14—*Eurypterus fischeri*(费氏板足鲎)S_3
15—*Sichuanoceras cylindricum*(柱形四川角石)S_2
16—*Michelinoceras michelini*(米氏米契林角石)S_2
17—*Hormotoma kütsingensis*(曲靖链房螺)S_{2-3}
18—*Triconodella excavata*(凹入小三锥刺)S_{2-3}

球性分布，如 *Dictyonema*（网格笔石，图 7—1—2，1）等。早奥陶世中晚期正笔石类中的无轴亚目大量繁盛，从 *Dichograptus*（均分笔石）到 *Tetragraptus*（四笔石），以至 *Didymograptus*（对笔石），枝数不断减少，其中 *Didymograptus hirundo*、*D. bifidus*（图 7—1—2，3、2）等种是重要的带化石。早奥陶世晚期还有一些有轴亚目的雕笔石类出现。中晚奥陶世是正笔石类的鼎盛时期，胞管形式多样，最突出的是内弯型，如 *Dicellograptus complanatus*（扁平叉笔石，图 7—1—2，5）。此外还有具次生枝的纤笔石类，如 *Nemagraptus*（丝笔石，图 7—1—2，4）。志留纪除树形笔石继续存在外，正笔石目的无轴亚目和隐轴亚目已经灭绝。有轴亚目的双笔石动物群在早志留世初期继续繁盛，如 *Akidograptus acuminatus*（尖削尖笔石）。随后新兴的单笔石类勃然兴起，胞管形态多变，演化迅速，成为良好的标准化石。其胞管开始为简单直管状，如 *Pristiograptus cyphus*（曲背锯笔石），之后演变为外弯状的 *Monograptus sedgwikii*（薛氏单笔石，图 7—1—3，2），外卷的 *Streptograptus*（卷笔石），分离状的 *Demirastrites*（半耙笔石）和 *Rastrites*（耙笔石，图 7—1—3，4），以及胞管呈三角形的 *Oktavites*（奥氏笔石）等。笔石枝也有直、弯、盘旋及螺旋等各种形状。中志留世以具幼枝的弓笔石动物群为特征，主要代表有 *Cyrtograptus murchsoni*（莫氏弓笔石，图 7—1—3，5）及 *Cyrtograptus rigidus*（劲直弓笔石）等；也有胞管呈弯钩状的单笔石，如 *Monograptus riccartonensis*（瑞卡顿单笔石）。晚志留世的笔石胞管又趋于简单化，呈直管状，如 *Pristiograptus nilssoni*（尼氏锯笔石）。志留纪末正笔石类灭绝，仅有少数单笔石残留到泥盆纪早期。

鹦鹉螺类 最早出现于晚寒武世，其代表是我国华北凤山组下部的 *Plectronoceras*（短棒角石，图 7—1—1，20），壳体细小，长不过 2cm，数量很少。奥陶纪是鹦鹉螺繁盛时期，身体巨大，有的可长达 5m，壳口直径 30cm 以上，是当时海洋中凶猛的食肉动物。壳体构造随地史发展而有明显变化，是重要的标准化石。早奥陶世主要是内角石目及珠角石目，北方有 *Manchuroceras*（满州角石）、*Coreanoceras*（高丽角石）、*Armenoceras*（阿门角石，图 7—1—2，11）等，南方则有 *Protocycloceras*（原环角石）等。中奥陶世南方有 *Lituites*（喇叭角石，图 7—1—2，12）、*Sinoceras*（震旦角石，图 7—1—2，13），北方有 *Fengfengoceras*（峰峰角石）。晚奥陶世北方有 *Yaoxianoceras*（耀县角石），南方有 *Jiangxiceras*（江西角石）。志留纪时鹦鹉螺明显衰退，但仍有重要代表，如 *Sichuanoceras*（四川角石，图 7—1—3，15）是我国中志留世标准化石。*Michelinoceras*（米契林角石，图 7—1—3，16）在滇藏中志留统中仍然繁盛，华南也有少量分布。

腕足类 腕足类在早古生代有一定的重要性。寒武纪以无铰纲为主，多为几丁质壳，如 *Lingulella*（小舌形贝）、*Obolella*（小圆货贝）等；晚期出现具铰纲，如 *Eoorthis*（始正形贝）。奥陶纪开始无铰纲衰落，具铰纲兴盛。早奥陶世以正形贝目、共凸贝目和扭月贝目为主，如 *Sinorthis*（中国正形贝）和 *Yangtzeella*（扬子贝，图 7—1—2，19）。晚奥陶世晚期则有 *Hirnantia*（赫南特贝，图 7—1—2，20），为奥陶系顶界的标准化石。志留纪腕足类进一步繁盛。除正形贝类（如 *Dalmanella* 德姆贝）和扭月贝类（如 *Leptaena* 薄皱贝）外，还出现内部构造更为复杂的类型，如具有中隔板和匙板的五房贝类 *Pentamerus*（五房贝，图 7—1—3，6），具旋状腕骨的原始石燕贝 *Eospirifer*（始石燕）、*Howellella*（郝韦尔贝，图 7—1—3，7），以及 *Tuvaella*（图瓦贝，图 7—1—3，8）等。

珊瑚类 珊瑚最早出现于寒武纪。我国最低层位是下马家沟组的横板珊瑚。中、晚奥

陶世珊瑚大量出现并形成小型礁体。代表的属种有 *Streptelasma*（扭心珊瑚，图 7—1—2，16）和 *Agetolites*（阿盖特珊瑚，图 7—1—2，15）等。志留纪得到飞跃发展，成为地史上第一个全球性繁盛期，常形成小型礁体。主要类型有四射珊瑚、横板珊瑚和日射珊瑚。四射珊瑚以单带型和泡沫型为主。早志留世的主要代表有单带型的 *Brachylasma*（短板珊瑚）、*Stauria*（十字珊瑚）及泡沫型的 *Cystiphyllum*（泡沫珊瑚，图 7—1—3，9）。中、晚志留世有单带型的 *Codonophyllum*（喇叭珊瑚）和泡沫型的 *Holmophyllum*（侯氏珊瑚），双带型的 *Entelophyllum*（全珊瑚）在志留纪后期也已出现。横板珊瑚中蜂巢珊瑚类居优势地位，常见有 *Favosites*（蜂巢珊瑚，图 7—1—3，11）、*Squameofavosites*（鳞蜂巢珊瑚）及 *Halysites*（链珊瑚）。日射珊瑚类主要有 *Heliolites*（日射珊瑚）。晚志留世时横板珊瑚衰落。

小壳动物群 是指寒武纪初大量繁盛，个体微小（1—2mm），具外壳的多门类海生无脊椎动物群。简称小壳化石（Small Shelly Fossils），也有称早期骨骼化石，是确定寒武系底界的重要标志。包括软体动物中的软舌螺、单板类、腹足类、喙壳类以及分类位置不明的管状、骨片类化石。开始为构造简单的锥管状化石及似牙形刺，如 *Anabarites trisulcatus*（三槽阿纳巴管，图 7—1—1，1）、*Protohertzina*（原始赫氏刺）。之后是小壳化石最兴盛的时期，背腹分异的软舌螺、单板类、腹足类及各种骨片大量出现，如 *Shiphogonuchites*（棱管壳）、*Paragloborilus*（拟球管螺）、*Archaeospira*（始旋螺，图 7—1—1，3），三叶虫出现后小壳动物继续发展，如 *Anabarites sexalox*（六槽阿纳巴管，图 7—1—1，2）及构造复杂而体大的软舌螺等。

古杯类 早寒武世早期开始出现，中、晚期达到高峰，中寒武世绝大多数绝灭。常形成小型生物礁，不仅是标准化石，也是良好的指相化石。在地史中有一定的演化规律，低层位以隔板古杯类为主，如 *Ajacicyathus*（阿雅斯古杯，图 7—1—1，9），高层位为曲板古杯，如 *Archaeocyathus*（原古杯），中间层位是两者的共生过渡。

牙形类 牙形类的研究日益受到重视，80 年代初我国南北方奥陶纪牙形类研究取得巨大进展（安泰庠，1983）。寒武、奥陶纪以单锥型为主，如中、晚寒武世的 *Furnishina*（弗氏刺），早奥陶世的 *Drepanodus*（镰刺）。早奥陶世中晚期开始出现台型和分枝型牙形类。后者如 *Badoudus*（八陡刺，图 7—1—2，17）、*Tangshanodus*（唐山刺，图 7—1—2，14）。志留纪牙形类进一步发展，如 *Triconodella*（小三锥刺，图 7—1—3，18）。

除上述重要化石门类之外，还有节肢动物门中的古介形类（又称金臂虫、高肌介），以早寒武世为主。志留纪的 *Eurypterus*（板足鲎，图 7—1—3，14）。腹足类和双壳类是下古生界的常见分子，如 *Ophileta*（蛇卷螺，图 7—1—2，6），*Hormatoma*（链房螺，图 7—1—3，17）。还有海林檎（图 7—1—2，10）、海百合、苔藓虫、层孔虫、海绵类（图 7—1—1，19）等。

最后还需提及两个具有重大科学价值的动物群。一是 1909 年 C. D. Walcott 在加拿大不列颠哥伦比亚省发现的中寒武统布尔吉斯页岩化石群（Fossils of the Burgess Shale），化石产于藻礁陡崖附近的深水泥岩中，保存良好，由 120 余个种组成，分属节肢、软体、腕足、腔肠、蠕虫等 12 个门类（S. C. Morris & H. B. Whittington，1985）。另一个是 1985 年在我国云南澄江下寒武统筇竹寺阶 *Eoredlichia* 化石带中发现的澄江动物群，化石数量和保存程度可与布尔吉斯页岩媲美，其组成除三叶虫外，还有软体三叶虫、水母、蠕虫、古介形虫、腕足、分类位置不清的节肢动物（图 7—1—1，6）（张文堂，1987；陈均远，1989）。澄江动物群的发现证实了生物演化史中出现过寒武纪大爆发事件，已经在全球引起轰动。此外，在贵州台江县中寒武统凯里组中部也发现与上述动物群相似的凯里动

物群（赵元龙，1994）。

2. 最早脊椎动物的出现

最早的无颌类碎片晚寒武世已有报导，而确切的是中奥陶世北美落基山地区发现的原始无颌类 *Astraspis*（星甲鱼）和澳洲中部的 *Arandaspis*（网甲鱼）等。无颌类在志留纪大量繁盛，并于志留纪晚期演化成具颌的盾皮鱼类和棘鱼类，已能适应半淡水生活，如 *Climatius*（栅鱼，图 7—1—3，13）。这是脊椎动物演化史上的重大事件。

3. 植物界概况

早古生代以海生藻类为主，志留纪晚期陆生裸蕨植物开始在滨海低地、沼泽地区逐渐繁盛，与泥盆纪早期的陆生植物群面貌相似。

4. 生物相和生物区系

生物相（biofacies） 是指一些较大的生物组合或生物群的区域面貌（C. O. Dunbar and J. Rodgers, 1957）。不同的生物相反映不同的自然环境条件，用生物相分析判断当时的古地理条件是岩相分析的重要组成部分。奥陶纪时一种典型的浮游生物相是笔石相。大部分正笔石营漂浮生活，分布遍及各区海面，死后下沉。如在较深海域，或在滞流海体，海水对流被破坏而出现还原环境，海底既无其它生物破坏吞噬，又无水流扰动或氧化破坏，往往容易保存，形成暗色的笔石页岩相。在滨海、浅海带底栖介壳生物十分发育，与沉积物一起形成壳相。以碳酸盐为主时称为壳灰岩相。在滨岸带可形成介壳滩。珊瑚、苔藓虫、层孔虫等可形成生物礁或生物滩。此外，在浅海区同样有浮游生物，死后下沉，如未遭破坏，可与底栖生物共同保存，有时随环境变化呈互层保存。这种混合相对不同相区的地层对比具有重要意义。

生物分区（biogeographical provincialization） 早古生代的古生物地理分区以三叶虫的不同组合作为划分标准的早寒武世最为明显。全球可分为两个大区(realm)(图 7—1—4)：一是以

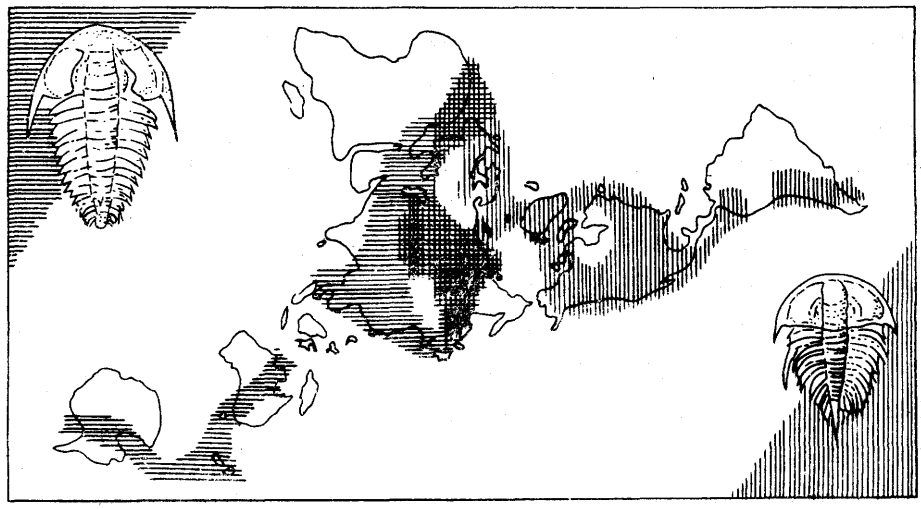


图 7—1—4 早寒武世生物区系图

（引自 Otto F. Geyer, 1977）

水平线—亚澳太平洋（东方）区，即 Redlichids 分布区；竖线—欧美大西洋（西方）区，即 Olenellids 分布区；十字线—混生区，即混合动物群分布区

Redlichia 为代表的亚澳太平洋区（即东方动物群），其范围包括东亚、南亚、东南亚、西亚南部、大洋洲和南极洲；二是以 *Olenellus* 为代表的欧美大西洋区（即西方动物群），包括西欧、北欧、北美和南美。上述两个大区间的过渡地区是两大动物群的混生区（即中间动物群），包括西伯利亚、中亚和地中海沿岸的北非和南欧。在同一生物大区内又因海域性质及环境条件的不同，可以分出代表底栖和浮游的不同生物相类型，卢衍豪（1974）称之为次级生物区，大致与陆架稳定沉积和大陆边缘活动沉积的分布相合。我国华北、扬子地区与江南、东南、天山地区之间的差别就是例证。陆架浅海区常以底栖型生物为主，大陆边缘深海区以浮游型为主。奥陶、志留纪的生物区系，由于生物门类多样，各家划分的生物依据不同，造成众说纷纭的局面，尚未有趋向较为一致的意见。斯克文顿（D.Skevington，1973）根据笔石将奥陶纪的生物区系分为太平洋区（包括中国、澳大利亚、北美、爱尔兰西部和苏格兰西南等）和大西洋区（包括欧洲大陆、英格兰、爱尔兰南部和北非等），两者之间为混合区（包括太梅尔半岛、新西伯利亚群岛、哈萨克斯坦和南美等）。1980 年穆恩之将我国奥陶纪的笔石动物群分为华南区和华中区，分别与太平洋区和大西洋区相当，并认为是生态分异的结果。我国奥陶纪亦可依头足类鹦鹉螺分为以珠角石为代表的北方型和以直角石为代表的南方型。而在滇藏地区早奥陶世为北方型，中奥陶世为南方型，而且扬子地区的下奥陶统中也含有北方型的重要分子，出现南北相混的情况。在生物区系的划分中所以出现各种分歧和问题，实际上反映了划分生物区系的原则和依据的差别。有关志留纪的生物区系中值得提及的是 *Tuvaella* 动物群，其分布自哈萨克斯坦东南起，往东经西伯利亚南部、蒙古直至远东地区，包括我国准噶尔、内蒙古东北和大小兴安岭。这一土著色彩浓厚的动物群，可能代表当时北半球中纬度海域的特殊动物群。

二、寒　武　纪

寒武纪（Cambrian）是古生代第一个纪。因其生物界显著繁盛和骨骼化石的大量保存，而能进行严格的生物地层学研究，统的划分也才有全球性对比意义。

我国寒武系发育完整，研究程度较高。经孙云铸（1924、1955）、卢衍豪（1953）等的研究，已建立较完整的阶和时带，成为亚澳太平洋区的标准。在全球性的前寒武系—寒武系界线层型工作中我国学者也作出了重要贡献。

中国寒武纪的古地理轮廓基本上与震旦纪相似。稳定沉积类型主要分布于华北板块、扬子板块主体部分和塔里木板块的北缘，以碳酸盐沉积为主，化石丰富层序完整。活动沉积类型分布于上述板块的大陆边缘。在陆棚边缘及斜坡部分，为炭质、硅质和薄层碳酸盐沉积，含浮游型三叶虫；深海部分常为火山岩泥砂质复理石沉积，生物稀少。

（一）扬子板块及其大陆边缘寒武纪地史特征

扬子板块及其大陆边缘寒武系自西向东依次分为两种沉积类型、三个沉积区。即相当于扬子板块主体部位的扬子区，为稳定类型沉积；相当于被动大陆边缘类型的江南区和复杂岛海活动型的东南区。它们在地层特征、厚度和生物组合等方面各有不同特点。

1. 扬子板块寒武系标准剖面及古地理

寒武纪时扬子区海侵广泛。在地层的岩石特征和空间分布上两分性十分明显。下统为

泥砂质和碳酸盐沉积，地层完整，化石丰富，中、上统多为镁质碳酸盐沉积，化石稀少。

（1）滇东和宜昌剖面及其分析

滇东昆明附近是下寒武统标准剖面所在地，层序如下（图 7—2—2②）：

上覆地层	中志留统	
	------ 平行不整合 ------	
中寒武统		
双龙潭组	灰岩、泥灰岩夹页岩、砂岩，含 *Manchuriella* 等	181m
陡坡寺组	上部泥灰岩，下部细砂岩、粉砂岩，含 *Sinoptychoparia*（中华褶颊虫）等	38m
下寒武统		
龙王庙组	白云岩夹页岩、粉砂岩，产 *Redlichia chinensis*（中华莱得利基虫）等	93m
沧浪铺组	砂质页岩夹砂岩，具交错层理及波痕，含 *Palaeolenus*（古油栉虫）等	300m
筇竹寺组	上部灰色细砂岩、砂质页岩，产 *Parabadiella*（拟阿贝德虫）、*Eoredlichia*（始莱得利基虫）和古介形虫、澄江动物群等；下部黑色炭质页岩、粉砂岩，含小壳化石，底部有 20—30cm 厚的含磷结核和海绿石粘土岩	187m
	------ 平行不整合 ------	
梅树村组	磷块岩夹含磷砂质粘土岩，产多门类小壳化石及遗迹化石	13m
	------ 平行不整合 ------	
下伏地层	震旦系上统灯影组白云岩	

上述剖面下统四组岩性特征显著，界线清楚。梅树村阶以小壳化石为准，包括梅树村组及筇竹寺组下部。筇竹寺阶以古老的三叶虫 *Parabadiella*、*Eoredlichia* 等的出现和消失为上下界。沧浪铺阶是三叶虫兴旺阶段，真正的 *Redlichia* 开始出现并延续到早寒武世末。龙王庙阶以油栉虫科大量消失为特征，并出现面线前支平伸的 *Redlichia chinensis*。由此可见组与阶的划分依据不同，在标准剖面上有时可以一致，离开了标准剖面，组的界线往往穿时。

滇东下寒武统层序地层学已有初步研究（图 7—2—1）。梅树村组与下伏灯影组为平行不整合接触。在这个界面上，灯影组白云岩顶部是一个起伏不平的岩溶侵蚀面。而且，昆阳灯影组顶部由纹层状白云岩向上变为具多向交错层理的白云岩，是向上变浅的海退序列，属高水位体系域（HST）。显然与上覆含大量小壳化石磷块岩的梅树村组在沉积环境上有重要差别。这个平行不整合面应是地层结构转换面，反映了岩性和沉积环境的突然变化，属于 2 型界线不整合（SB_2）。

梅树村组下部磷块岩是海侵产物，厚 5m，下部混有陆源碎屑，并夹薄层白云岩，代表海侵体系域（TST）。其下缺低水位沉积体系域，以致海侵面与层序界线重叠（SB/TS）。

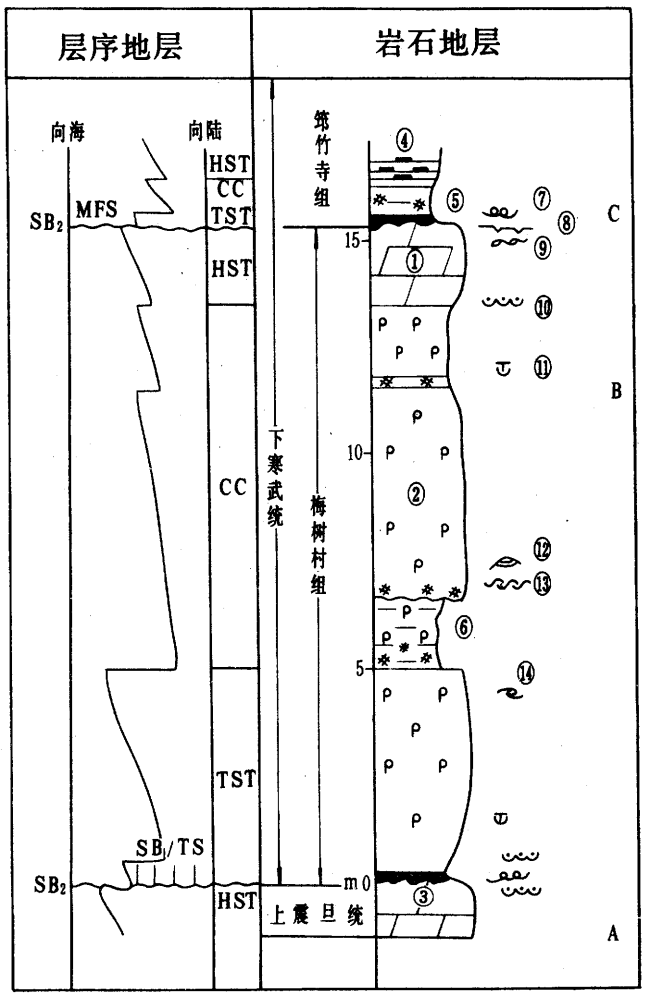


图 7—2—1　滇东昆阳早寒武世层序地层剖面

（据许效松，1991，简化）

①白云岩；②磷块岩；③砂质白云岩；④炭质页岩；⑤海绿石/含海绿石粘土；⑥含磷粘土；⑦虫迹；⑧暴露标志；⑨鸟眼构造；⑩冲刷充填；⑪正粒序；⑫丘状层理；⑬介壳层；⑭滑塌构造；MFS—最大海泛面；A—小壳化石出现点；B—小壳化石Ⅰ、Ⅱ组合分界点；C—铱异常事件界线点

中上部为厚 1m 的含海绿石的蒙脱石或凝灰质粘土岩及厚约 6m 夹有两层海绿石层的上磷块岩，可视为饥饿段（CC）。顶部为厚 1m 多的白云岩，底部冲刷，由纹层状白云岩向上变为具鸟眼构造的块状白云岩，是向上变浅的海退沉积，属于高水位体系域（HST）。在筇竹寺组与梅树村组顶部白云岩之间为平行不整合，白云岩的界面有明显的岩溶充填暴露标志，也是更为显著的地层结构转换面，为 2 型界线不整合（SB_2）。

上述分析说明梅树村组是一个由上下不整合面（SB_2）所限定而缺少低水位沉积的层序，在早寒武世最早期由海平面下降（海退）—上升（海侵）—下降（海退）起主导作用而在一定空间部位上形成的一个层序。

在筇竹寺组底部有 20—30cm 厚的含磷硅质岩和海绿石粘土岩，其间夹蒙脱石粘土岩，是典型的饥饿段沉积。下部为不含三叶虫的黑色粉砂质页岩是持续海侵的沉积。上部

富含三叶虫的灰黑、褐黄色粉砂岩，向上变粗，为高水位海退沉积。沧浪铺组出现新的动物群和典型的滨海沉积，代表一个新层序的海侵体系域，龙王庙组的咸化海湾白云岩是高水位体系域的典型特征。在昆明一带龙王庙组直接为中泥盆世（海口组）砂岩覆盖，往东才出现中寒武世滨浅海砂泥质及碳酸盐沉积（陡坡寺组、双龙潭组）。因此本区早寒武世自身形成一个二级沉积旋回，内部可划分为三个层序（亚二级），与全球海平面变化可以对比。滇东中寒武世后整体升起成陆，是地方性构造上升的结果，与全球中、晚寒武世连续海侵形成另一个二级沉积旋回的情况不同（见表 8—5—1）。

由于滇东地区寒武系发育不全，现以鄂西宜昌剖面补充（图 7—2—2，③）。下统自下而上分为四组：水井沱组为黑色炭质、泥质、粉砂质页岩夹灰岩，底部灰岩夹层含小壳化石，上部含 *Hupeidiscus*（湖北盘虫）等，厚 70—140m；石牌组为灰绿色页岩、砂岩和薄层灰岩互层，含 *Redlichia*、*Ichangia*（宜昌虫）等，厚 160m；天河板组为中层泥质条带灰岩，含 *Palaeolenus* 和古杯类 *Archaeocyathus*（原古杯）等，厚 80m；石龙洞组为厚层白云岩，含 *Redlichia*，厚 128m，与龙王庙组层位相当。石牌组与天河板组与滇东沧浪铺组相当。中统覃家庙组由薄—中层白云岩组成，为纹层状白云岩和叠层石白云岩互层，在灰岩夹层中含少量 *Anomocarella*（小无肩虫）等，厚 190m。上统三游洞组为厚层白云岩，化石稀少，厚 170m，其顶部已属奥陶系。宜昌剖面早寒武世二级沉积旋回以浅海沉积为主，早期海水较深；中、晚寒武世为碳酸盐沉积，形成一个完整二级沉积旋回。

（2）横向变化及古地理

扬子区寒武纪时整体是一个略为西高东低、差异不大的陆表海。康滇古陆始终高出海面，并不断扩大。早寒武世的两个层序在区内均可见到，但发育程度不同，以梅树村组为代表的第一个层序是含磷岩系，自西向东变薄为钙质硅磷质沉积。第二个层序代表扬子区寒武纪的最大海侵期。造成下部为含磷硅质粘土岩和含镍、钒、铀等稀有元素的炭质粉砂质页岩，整个扬子区到处呈现海水缺氧而仅有漂游生物的局面。上部高水位体系域在空间上岩相分异明显，大体以东经 105°左右为界，西部以陆源砂泥质为主夹碳酸盐，生物以底栖三叶虫为主，为近岸滨浅海沉积；东部陆源碎屑变细且含量减少，碳酸盐沉积增多，除底栖三叶虫外还有造礁的古杯，为清澈温暖、含氧充足和盐度正常的陆表海。早寒武世末期为白云岩沉积，是否存在层序顶部古暴露面和不整合尚待研究证实。

扬子区寒武系中、上统岩性分异不明显。主要地层均由白云岩、白云质灰岩组成，化石稀少。整体古地理面貌仍保持西高东低的态势，仍以东经 105°为界，分为东西两部分。西部中寒武世中晚期康滇古陆略有扩大，邻近古陆地带为夹砂岩的白云岩，往东陆源物质逐渐减少。东部则全为白云岩沉积。西部含盐度高，常见膏溶角砾岩。东部与广海相通，多为浅水高能环境，常见鲕粒和核形石。中寒武世至晚寒武世海水略有加深，海侵逐渐扩大。康滇古陆的扩大是局部地区性构造形成的地壳上升而与全球性海平面上升、海侵无关。扬子区当时处于低纬度区，气候干热，在西部的川西南、黔北等地常有膏盐沉积。

总之，扬子区寒武系岩相稳定，厚度不过千米，古地理环境为向东缓缓倾斜的陆表海，属稳定类型沉积。

下扬子区下统为黑色页岩、粉砂岩、底部夹石煤及硅质层。南京一带上部碳酸盐增多，生物群与三峡地区相似，但混有少量浮游型三叶虫 *Arthricocephalus*（节头虫）。中上统亦为白云岩、白云质灰岩，化石稀少，总厚1000m左右。从沉积和生物群特征看，属

稳定类型沉积，但其南北两侧迅速出现以浮游生物为主的较深海沉积类型（见图 7—2—6）。

2．扬子板块东南大陆边缘及华夏地块群寒武纪地史特征

代表扬子板块东南大陆边缘的江南区包括浙西、湘中、桂北的狭长地带，呈北东、南西向分布。以湘中为例（图 7—2—2，④），下统小烟溪组为黑色硅质岩、炭质页岩夹硅质层，底部石煤层含多种稀散元素（U、V、Co、Ga 等），厚二百多米，产少量浮游型三叶虫 *Arthricocephalus*（节头虫）。中统探溪组为白云质灰岩、泥质灰岩及炭质页岩，产 *Centroplura*（中肋虫），厚 200m。上统下部米粮坡组泥质条带灰岩，上部田家坪组纹层状泥质灰岩，厚度变化较大，富产浮游型三叶虫 *Charchaqia*（却尔却克虫）及球接子类，厚 300m。浙西地区的寒武系也是重要的标准剖面，在沉积和古生物特征方面与湘中相似，均为硅质、碳质和钙泥质沉积，层理薄而平整，含浮游生物，厚仅 400—600m。因此，整个江南区应属陆棚边缘斜坡的深水还原和非补偿环境，尤以早寒武世最为典型，中晚寒武世还原环境有所减弱。

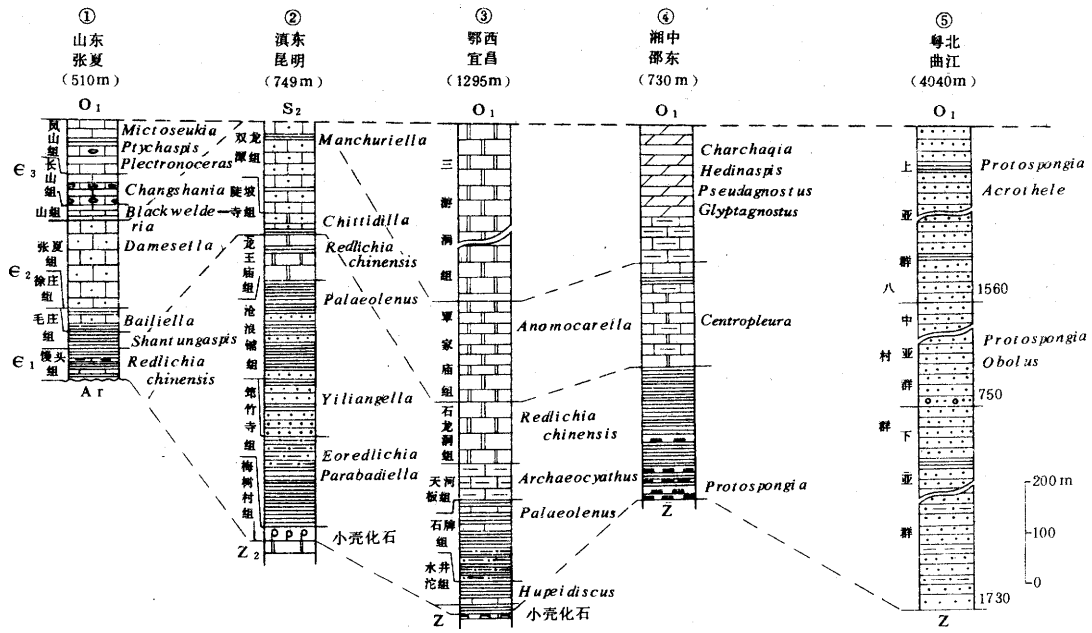


图 7—2—2　中国东部寒武系柱状对比图

东南沿海的闽浙、广东、赣南一带，寒武纪时存在复杂的小型华夏地块群，边缘常见砂泥质类复理石、复理石沉积。闽北邵武、永安地区的石英质浊积岩中，夹硅质岩、泥质岩和少量碳酸盐岩，具典型的被动大陆边缘沉积特征。根据碎屑粗细变化趋势判断，物源区位于东北方向的古陆。粤北曲江地区为八村群（图 7—2—2，⑤），其中部分为真正的浊积岩，厚度一般达千余米，粤东南惠州一带，寒武系内出现紫红色石英砂岩，代表南侧古陆边缘滨浅海沉积。近年来在赣南崇义发现有细粒浊积岩和等积岩，物源来自东侧古陆，说明为深海盆地平原环境。显然，扬子板块和华夏地块群之间寒武纪时存在分隔不同方向陆源碎屑沉积的深水海盆，有可能达到小型洋盆的规模（刘宝珺等，1994）。

图 6—2—3 概略表示了自西往东扬子板块至华夏地块群之间的寒武纪沉积示意剖面，反映了地壳构造运动性质对该地区构造古地理特征的明显控制作用。

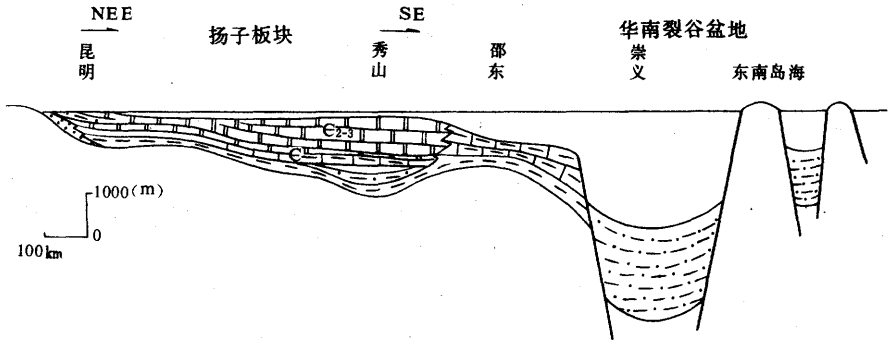


图 7—2—3　扬子板块至华夏地块群寒武纪沉积示意剖面图

3. 扬子板块西北大陆边缘寒武纪地史概况

扬子板块北部大陆边缘在南秦岭研究较好。著名的商（南）丹（凤）缝合带代表当时的秦岭洋。以此为界，南部为扬子板块北部被动大陆边缘；其北为华北板块南部主动大陆边缘。寒武纪时扬子板块北部大陆边缘由伸展断裂造成的台地和海槽相间组成，形成地层和沉积岩相的明显分异（图 7—2—4）。自南而北可分为四个带：①扬子板块上富含底栖生物的陆棚砂泥质碳酸盐沉积；②紫阳、白河一带为深水黑色硅质泥质沉积，并有基性枕状熔岩和基性火山碎屑岩，代表强烈沉陷的深水环境；③陕南宁陕至河南淅川一带为浅水碳酸盐台地，生物化石丰富；④商丹缝合带的丹凤蛇绿岩（年龄 447.8Ma）是秦岭洋存在的重要证据。

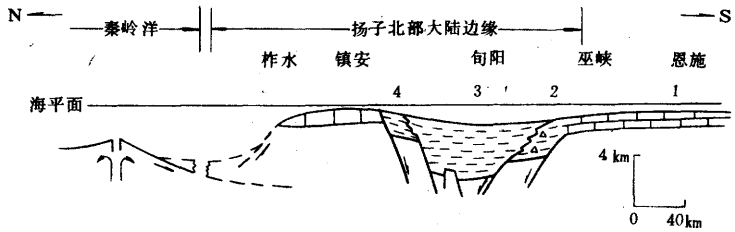


图 7—2—4　扬子板块北部被动大陆边缘寒武纪沉积示意剖面图

（据张国伟等，1988 简化）

1—浅水碳酸盐台地；2—滑塌角砾岩；3—深水硅泥质沉积；4—斜坡浊流沉积

扬子板块西缘金沙江东岸巴塘中咱一带，夹有碱质基性、中基性火山岩，属拉张型海槽。在滇西北中甸地区发现中、上统钙镁碳酸盐及砂泥质沉积，富含底栖三叶虫和叠层石，厚 600 余米，可能是小型台地上沉积。

（二）华北板块及其大陆边缘寒武纪地史特征

1. 华北板块寒武系标准剖面及古地理

华北地区是我国稳定类型寒武系主要分布地区，研究程度高。除普遍缺失早寒武世早期沉积外，其余发育完整，化石丰富，以碳酸盐沉积为主，岩相厚度稳定，属陆表海沉积。山东张夏和河北唐山是我国中、上寒武统的标准剖面所在地。

（1）张夏剖面及其分析

张夏剖面位于山东长清县，其层序如下（图 7—2—2，①）：

上覆地层 下奥陶统灰岩

——————整　　合——————

寒武系上统

凤山组	薄层灰岩、竹叶状灰岩夹白云质灰岩，含 *Saukia*（索克虫）等	114m
长山组	灰岩、泥灰岩、竹叶状灰岩及少量鲕状灰岩，含碎粒海绿石，产 *Kaolishania*（高里山虫）等	52m
崮山组	薄层灰岩、页岩夹竹叶状灰岩含有 *Drepanura*（蝙蝠虫）、*Blackwelderia*（蝴蝶虫）等	27m
中统		
张夏组	鲕状灰岩、灰岩夹少量页岩，有细粒海绿石，含 *Damesella*（德氏虫）等	170m
徐庄组	紫灰、黄绿色砂质页岩夹鲕状灰岩及少量交错层砂岩，含 *Bailiella*（毕雷氏虫）等	50m
毛庄组	紫色砂质页岩夹少量薄层灰岩，含 *Shantungaspis*（山东盾壳虫）等褶颊虫类三叶虫，也有少量 *Redlichia*	32m
下统		
馒头组	紫黄色钙质页岩夹泥质灰岩，含有 *Redlichia chinensis*，底部有 3m 黄灰色页岩，往上为 4m 硅质灰岩	57m

～～～～～～～～～～角度不整合～～～～～～～～～～

下伏地层 太古宇　泰山群

张夏剖面总厚 510m。在地层划分上组与阶的界限基本一致，可代表华北地区寒武系的层序。馒头组相当于滇东龙王庙组，与泰山群为明显的角度不整合。毛庄组的时代归属尚有争论。有一种意见强调由于毛庄组中有 *Redlichia* 等早寒武世分子的存在而将其归于下统。

从沉积相和生物相分析来看，整个剖面可看作一个大型沉积旋回。下统至中统下部馒头组、毛庄组和徐庄组都是紫色泥岩为主的陆源碎屑岩，由下向上碳酸岩逐渐增多，泥裂、雨痕、岩盐晶模、波痕和鱼骨状层理均有发育，属干热气候的滨浅海沉积，是海侵造成的退积序列。中统上部张夏组以鲕状灰岩为主，波痕斜层理发育，且有细粒海绿石，无陆屑加入，鲕粒几经改造迁移，是浅海高能环境下的沉积。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，下部夹页岩，上部含白云质。竹叶状灰岩是一种同生砾岩，是成岩过程中浪潮冲击或风暴形成的扁砾，在燥热环境下强氧化使砾石表面具氧化晕圈，是潮间带或潮下的产物。整个上统属潮间与潮下相间的环境。从中统到上统为加积序列，与下统退积序列相连组成一个Ⅱ级超层序。又可进一步划分为若干个Ⅲ级层序。长山组下部为浪基面下沉积的薄层泥质条带灰岩夹风暴岩沉积，反映其为寒武纪时华北地区沉积环境水最深、海侵范围最广（mfs）的特征。

总之张夏地区的寒武系是基底经长期剥蚀夷平准平原化后，以碳酸盐为主的陆表海沉积。与海水动荡、强氧化及环境多变相适应，发育有属种繁多、演化迅速，但个体很少保

存完整的底栖型三叶虫动物群。

（2）横向变化及古地理

华北地区寒武纪早中期是北高南低的陆表海（见图 7—2—7）。梅树村期和筇竹寺期全区均无沉积，沧浪铺早期从南侧秦岭洋向北海侵，达到淮南、豫西、陕北陇县和宁夏贺兰山地区。淮南地区沧浪铺期的猴家山组，下部为滨海潮间沉积砾岩，含磷砂页岩，含 *Bergeroniellus*（鲍格朗虫）等；上部为滨海沉积的泥灰岩、白云质豹皮灰岩，含 *Palaeolenus*' 总厚 70—160m。豫西地区辛集组岩性层序与淮南相同，厚 120—240m。沧浪铺后期（相当猴家山组上部层位），海水侵入到燕山、辽南地区。燕山地区为昌平组，含 *Palaeolenus* 的豹皮灰岩，厚 30—120m。馒头组沉积范围向西扩大到太行山、中条山一线和鄂尔多斯、阿拉善西缘及南缘（图 7—2—5）。

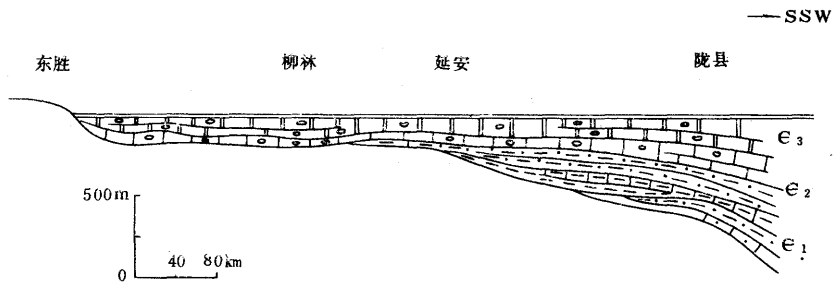


图 7—2—5 华北地区寒武系沉积示意剖面图

中寒武世毛庄期、徐庄期海侵继续延伸到吕梁山。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，古陆仅剩下陕北和内蒙古呼和浩特西南的东胜地区，其余均为稳定浅海碳酸盐沉积。

晚寒武世华北地区古地理有显著的变化，南部淮南、豫西和晋南一带开始相对上升，沉积环境变浅，形成这一地区以白云岩为主的潮上带沉积（三山子组），从崮山期起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。此时所形成的南高北低地形与早中寒武世的地形呈翘板式变化，这种状态一直延续到奥陶纪。

西缘贺兰山和鄂尔多斯地区地层层序、沉积特征与淮南、豫西相似，唯近古陆处碎屑增多，地层自北向南增厚，与祁连海槽相毗邻。

2. 华北板块大陆边缘寒武纪地史特征

华北板块南部寒武纪时是主动大陆边缘。北秦岭带南侧的商丹对接带和丹凤蛇绿岩是当时秦岭洋存在的遗迹。秦岭洋向西与昆仑（库地）洋相接。沿陕南商县至豫西西峡一带，在秦岭群（Pt_1）基底上发育有钙碱中酸性岩浆侵入和喷发的火山岛弧带（见图 6—2—7），代表秦岭洋向北俯冲的地质记录。

华北板块北部寒武纪时大陆边缘性质尚待进一步研究。在传统上认为属前寒武纪变质基底隆起带（内蒙地轴）中已报导发现了大量年龄值为 850—600Ma 左右的蛇绿混杂岩，并在其硅质岩夹层中获得微小的硬壳化石（?），是否可能代表寒武纪早期增生到华北板块北缘的兴凯造山带，尚存在不同意见。

华北板块与柴达木古陆之间的祁连山地区，早寒武世升出海面未接受沉积，中寒武世起祁连山南、北坡都张裂下陷成海槽。北祁连海槽中寒武统为较深海的放射虫硅质岩、中

基性火山岩和砂泥质复理石。柴达木古陆北缘的欧龙布鲁克，寒武系厚700余米，沉积特征和三叶虫动物群与华北地区相似，说明柴达木地块与华北板块关系十分密切。

（三）中国其它地区寒武纪地史特征

中国其它地区包括海南、西藏—滇西、新疆和内蒙古—东北北部，分别属于不同的古板块范畴。

1．冈瓦纳板块及其大陆边缘

在海南岛南端崖县地区出现一套中寒武世含磷矿的砂泥质及碳酸盐沉积（大茅群），产 *Xystridura*（木耙虫）和腕足等化石，厚600余米。无论在沉积类型、地层序列、磷矿层位和动物群性质方面，都与澳大利亚昆士兰西部乔治纳盆地极为相似，说明海南岛南侧当时存在着另一个与冈瓦纳大陆相连的大型稳定地块（南海-印支地块）。海南岛中部存在一套属于早古生代的浊积岩系（陀烈群），代表南海-印支地块北侧的大陆边缘沉积类型。因此，南海-印支地块和扬子地块之间也应存在有限规模的古海洋，推测其位置可能在琼州海峡或/和赣湘桂一带（图7—2—6）。应当说明，由于扬子板块寒武纪动物群与澳大利亚也较相似，说明与冈瓦纳板块关系密切，其间不可能存在广阔大洋。

东南沿海地区如浙南龙泉、闽西建宁都已发现26—27亿年变质岩，温州以东海域钻孔中出现1680Ma片麻岩，台湾东部大南澳群变质岩中也存在1000—1700Ma的古老锆石，显示该区确实存在过相当规模的前寒武纪陆壳基底，前人称为华夏古陆（A. W. Grabau, 1928）。但寒武纪时该区呈现结构复杂的多岛海格局，是否与南海-印支地块同属冈瓦纳板块？更东是否存在古太平洋？均有待进一步研究。

滇西、川西的三江地区寒武纪时可能已存在原特提斯洋（详见奥陶纪部分），其间有小型地块。滇西保山地区，下、中统公养河上亚群为浅变质的陆坡泥砂质、硅质浊流沉积，仅见海绵骨针及微古植物，物源来自西北方向，与震旦系连续过渡厚2000余米；上统为砂泥夹钙质浅水沉积，含 *Saukia*（索克虫）等底栖三叶虫及球接子，具华北型和东南型混生特征，厚2000余米。

更西的西藏珠峰北坡已发现不含化石的变质寒武系肉切村群，由下部透辉石石英片岩和上部含燧石结晶灰岩组成，总厚40—160m。而在相距不远的印度斯匹提（Spiti）地区出露含 *Redlichia* 的寒武系，但动物群分异度和个体丰度远不及扬子区，而与伊朗等地更为相似（杨家骏，1990）。

2．塔里木板块及其大陆边缘

寒武纪时塔里木板块北部与西南部有稳定类型沉积，以北部柯坪地区发育最好，厚500—600m，沉积特征与生物群与扬子地区相似，说明寒武纪时塔里木板块与扬子板块关系密切。东部库鲁克塔格下统还含有丰富的古杯类，局部含火山岩。中、上统动物群面貌有所变化，有大量球接子和 *Hedinaspis*（赫定虫）等浮游三叶虫，而与水体较深的天山、北山海槽关系密切。

古塔里木板块的北界包括伊宁地块在内，北侧为古亚洲洋，现在地表残留的艾比湖—居延海海域消减带即为代表。

塔里木板块的西南大陆边缘研究程度较低。西昆仑寒武系为化石稀少而厚度巨大的砂泥质碳酸盐沉积，应属塔里木西南大陆边缘沉积。西昆仑与喀喇昆仑之间有晚元古至早古

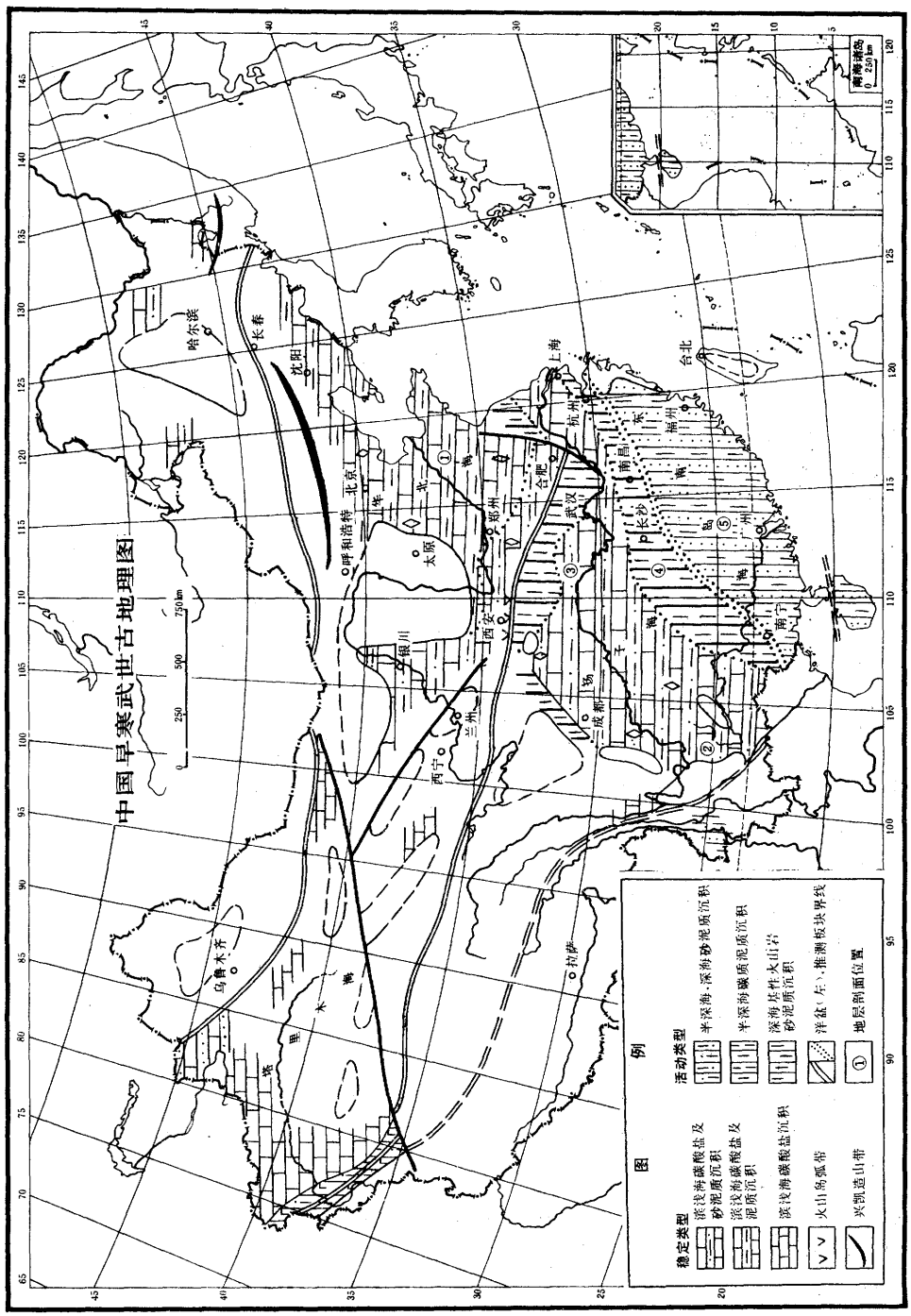


图 7—2—6　中国早寒武世古地理图

生代的库地蛇绿岩带，代表已消减的原特提斯洋。

3. 西伯利亚板块南部大陆边缘

古亚洲洋北侧我国准噶尔地区的早古生代地层强烈变质，未发现可靠的寒武纪化石，推测可能是西伯利亚板块南部大陆边缘复杂的活动海槽，准噶尔盆地是其间的古陆（地块）。

我国东北和内蒙古的西拉木伦河至吉南一线以北，也是西伯利亚的大陆边缘。黑龙江伊春地区的下寒武统为300m以上的炭质泥砂质和碳酸盐沉积，未见顶底，含 *Proerbia*（原叶尔伯虫）和 *Neocobboldina*（新柯坡虫）等底栖三叶虫，其中 *Proerbia* 是西伯利亚常见分子。大兴安岭的下寒武统中也有西伯利亚型的古杯类化石。生物区系属西伯利亚混合生物大区。

鉴于古亚洲洋两侧浅海底栖生物群具有明显的不同生物区系意义，可以推测该洋的空间规模较大（见图7—2—6）。

表7—2—1 中国寒武系地层分区对比表

<table>
<tr><th rowspan="2">统</th><th rowspan="2">阶</th><th colspan="3">扬 子 板 块</th><th>华北板块</th><th colspan="2">冈瓦纳板块</th><th>塔里木板块</th><th>西伯利亚板块</th></tr>
<tr><th>滇东</th><th>鄂西</th><th>浙西</th><th>鲁西淮北</th><th>海南</th><th>滇西</th><th>柯 坪</th><th>黑龙江</th></tr>
<tr><td rowspan="3">上统</td><td>凤山阶</td><td rowspan="6">双龙潭组</td><td rowspan="3">三游洞组</td><td rowspan="2">西阳山组</td><td>凤山组</td><td rowspan="6">大茅群</td><td>保山组</td><td rowspan="3">下丘里塔格群</td><td rowspan="8"></td></tr>
<tr><td>长山阶</td><td>长山组</td><td>柳水组</td></tr>
<tr><td>崮山阶</td><td>华严寺组</td><td>崮山组</td><td>核桃坪组</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中统</td><td>张夏阶</td><td rowspan="3">覃家庙组</td><td rowspan="3">杨柳岗组</td><td>张夏组</td><td rowspan="5">公养河上亚群</td><td rowspan="2">阿瓦塔格组</td></tr>
<tr><td>徐庄阶</td><td>徐庄组</td></tr>
<tr><td>毛庄阶</td><td>陡坡寺组</td><td>毛庄组</td><td>沙依里克组</td></tr>
<tr><td rowspan="4">下统</td><td>龙王庙阶</td><td>龙王庙组</td><td>石龙洞组</td><td>大陈岭组</td><td>馒头组</td><td rowspan="2">吾松格尔组</td><td rowspan="4">五星镇组</td></tr>
<tr><td>沧浪铺阶</td><td>沧浪铺组</td><td>天河板组
石牌组</td><td rowspan="3">荷塘组</td><td>猴家山组</td></tr>
<tr><td>筇竹寺阶</td><td>筇竹寺组</td><td rowspan="2">水井沱组</td><td rowspan="2">肖尔布拉克组</td></tr>
<tr><td>梅树村阶</td><td>梅树村组</td><td>玉尔吐斯组</td></tr>
</table>

（四）寒武系的底界

寒武系的底界也是古生界的底界，历来受到地质界的关注。自寒武系建立以来，其底界从未得到统一，国内也不例外。当前，寒武系底界的确定主要有两类意见：一是以多门类小壳化石出现为界，即界线层型的划分方法；二是以地质事件为界，根据在筇竹寺组底部发现铱异常和 $\delta^{13}C$ 负异常的薄层粘土，建议将寒武系底界置于筇竹寺组的底部。看来，界线的确定既要准确地反映地质历史的演变阶段，又要便于空间上精确对比，才是人们乐

以接受的界线。从我国情况看，一般仍以传统的梅树村组的底界作为寒武系底界。首先，从梅树村组开始就爆发式地大量出现小壳化石，是地史中最早的骨骼化石群，理应归入寒武纪。其次，灯影组与梅树村组之间存在不整合或较长时间的侵蚀，沉积环境有明显不同，是地层结构转换面。最后，梅树村组本身是一个完整的层序，而且是Ⅱ级旋回的开始，与灯影组分属不同的沉积体系域，反映了地质历史进程中的重大变化。

（五）中国寒武纪矿产资源

中国寒武系的沉积、层控矿产比较丰富，主要有磷、石煤、多金属稀有元素、膏盐和汞等。

磷 华南寒武系底部几乎普遍含磷，以康滇古陆东侧（滇东、川中、黔西）的浅海区成矿条件最好，形成层状磷块岩大型矿床。

石煤及多金属稀有元素（钡、钒、铀等） 主要富集在扬子板块边缘寒武系底部较深水黑色页岩相区，其中重晶石已达到超大型矿床规模，石煤以浙西、陕南、黔东和湘西地区最为富集。

湘黔、川鄂边境中寒武统灰岩则是后期热液作用叠加形成汞（辰砂）的主要产地，单个辰砂晶体色泽鲜艳时具有宝石价值。

三峡一带的中、晚寒武世碳酸盐岩地层，由于后期岩溶作用往往形成风光独特的旅游景点，如西陵峡中的牛肝马肺峡、三游洞等。

三、奥 陶 纪

中国的奥陶系分布广泛，地层发育完整且出露良好，生物群丰富，沉积类型多样，是世界上研究奥陶系的重要地区之一。

中国奥陶纪沉积类型的分布与寒武纪时相同。华北板块、塔里木板块和冈瓦纳板块的喜马拉雅—滇西地区以稳定类型碳酸盐沉积为主，生物组合既有游泳的鹦鹉螺类，也有底栖的三叶虫、腹足类和树形笔石类。扬子板块则以碳酸盐和泥质沉积为主，仅西缘出现碎屑泥质沉积，总的厚度不大，仍属稳定类型沉积，生物组合则兼有底栖为主的介壳类和浮游型笔石类。华北板块西缘、扬子板块东南缘等被动大陆边缘区以碎屑泥质复理石和类复理石沉积为特征。古亚洲洋、昆仑-秦岭洋、原特提斯洋及其相邻活动大陆边缘区则以火山-碎屑岩沉积为特征，夹有泥质岩、硅质岩和碳酸盐岩，生物群以浮游笔石类为主，也含有游泳或游动底栖的壳相生物。

奥陶纪早期的古地理轮廓与寒武纪相似，但是晚期由于地壳运动加强，冈瓦纳冰川发育，导致大规模海退（图 7—3—1），因而古地理轮廓有重要改变。

（一）扬子板块及其大陆边缘奥陶纪地史特征

中国南方早、中奥陶世古地理轮廓与寒武纪没有重要差别，但晚奥陶世发生了重要变化，导致沉积类型、生物群面貌明显不同。自西向东仍按扬子区、江南区和东南区分别介绍。

1. 扬子板块奥陶系标准剖面及古地理

扬子板块的奥陶系以宜昌分乡黄花场剖面为代表。

(1) 宜昌分乡黄花场剖面及其分析

上覆地层 下志留统 龙马溪组

——————(SB2)——————

上统

五峰组 上部观音桥层，黄灰色泥灰岩及粘土岩，含腕足类 *Hirnantia magma*（大赫南特贝）、三叶虫 *Dalmanitina*（小达尔曼虫）等 厚 0.30m

下部灰黑色硅质岩及炭质页岩、含笔石 *Dicellograptus szechuanensis*（四川叉笔石） 厚 5.30m

临湘组 黄绿色瘤状泥质灰岩，含 *Nankinolithus* sp.（南京三瘤虫）、牙形类、头足类及腕足类 厚 15.10m

中统

宝塔组 灰紫色中厚层状收缩纹灰岩，产 *Sinoceras chinense*（中华震旦角石）及三叶虫、牙形类、腕足类等 厚 12m

庙坡组 灰黑色碳质粉砂质页岩夹灰岩透镜体，产 *Nemagraptus gracilis*（纤细丝笔石）及腕足类、头足类、三叶虫 厚 2.48m

——————(SB2)——————

下统

牯牛潭组 灰色中—厚层状含泥质灰岩，产 *Michelinoceras* sp.（米契林角石）、*Yangtzeella poloi*（波罗扬子贝）和三叶虫、牙形类等 厚 23.30m

大湾组 灰绿色及灰紫色薄层瘤状泥质灰岩夹黄绿色页岩，含海绿石，产腕足类 *Yangtzeella poloi*、笔石、三叶虫、头足类、牙形类等 厚 63m

红花园组 深灰色厚层状含生物碎屑泥晶灰岩、砾屑生物碎屑灰岩，产头足类、腕足类、三叶虫等 厚 24m

分乡组 上部深灰色厚层亮晶含砂砾屑生物灰岩夹数层厚度很小的含生物泥岩，厚约 10m；中部为灰绿色钙质粘土岩与生物灰岩互层，厚约 20m；下部为鲕状或砂砾屑灰岩夹黄绿色泥岩，厚 38m；产 *Acanthograptus* sp.（刺笔石）及腕足类、头足类、三叶虫等 厚约 68m

南津关组 灰色中厚层状砾屑灰岩、鲕状灰岩，产 *Dictyonema* sp.（网格笔石）及三叶虫、腕足类 厚 99m

西陵峡组 浅灰色中—厚层状含砾屑砂屑灰岩及白云岩、白云质灰岩，中部夹硅质岩及微—细晶白云岩，产 *Monocostodus* sp.（单肋脊牙形石） 厚 17.20m

——————整　　合——————

下伏地层 三游洞组，厚至巨厚层亮晶白云岩夹硅质白云岩

上述剖面层序完整，化石丰富，研究程度高，是中国奥陶系的标准剖面之一。奥陶系分统历来存在不同意见（二分、三分、四分），最近陈旭（1996）提出奥陶系划分为五统的方案（见图 7—3—1）。本书仍采取国内习用的三分方案（表 7—3—1）。奥陶系的下界过去一般以 *Dictyonema - Asaphellus* 带的出现为准，即置于南津关组之底。但是80年代初

在原寒武系“三游洞群”顶部厚约17m的地层（西陵峡组）内发现奥陶系底部的牙形类组合 *Monocostodus sevierensis*（塞维尔单肋脊牙形石）-*Hirsutodontus simplex*（简单刺瘤牙形石），因此从年代地层单位角度应将奥陶系底界置于原“三游洞群”内部。下统与中统的界线置于牯牛潭组与庙坡组之间，中、上统界线置于宝塔组与临湘组之间。奥陶系顶界一般根据笔石带来划分，置于 *Diplograptus bohemicus*（波希米亚双笔石）带之顶。

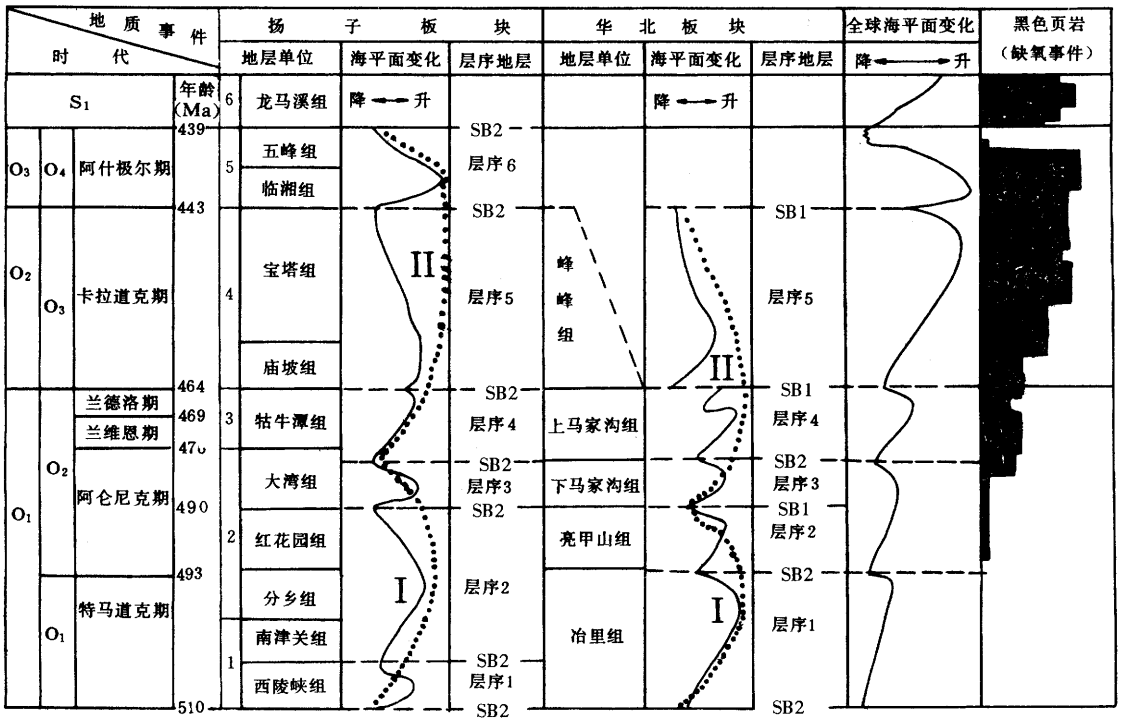


图 7—3—1　奥陶纪主要地质事件与海平面变化

（全球海平面变化黑色页岩资料据 J. K. Leggett 等，1981）

1—宜昌统；2—玉山统；3—浙江统；4—艾家山统；5—钱塘江统（据陈旭，1996）；6—龙马溪组

就沉积环境和海平面变化来看，宜昌地区奥陶纪经历了二次二级海平面升降旋回（见表8—5—1），第一个二级旋回发生于早奥陶世初至中晚期，第二个二级旋回发生于早奥陶世末至晚奥陶世末；其中各自又叠加了多个三级海平面变化旋回（图7—3—1）。

西陵峡组（原三游洞组顶部）下部为砾屑灰岩，以SB1类不整合与下伏寒武系三游洞组的高水位体系域接触，代表奥陶纪海侵的开始。上部的白云质灰岩和白云岩应与三级旋回的高水位期沉积有关。南津关组代表新的次级海侵期，带来新的生物群，常见到厚层状含鲕粒及砂砾屑亮晶灰岩，内碎屑呈圆状，分选好，代表潮间至潮下高能带沉积的产物。分乡组为灰绿色钙质粘土岩与薄层生物灰岩互层，含鲕绿泥石及海绿石，化石丰富，代表浅海环境。红花园组厚层生物碎屑灰岩代表三级旋回的高水位期沉积。大湾组下部以骨屑亮晶灰岩为主，骨屑磨圆度好，代表海侵期沉积；大湾组中部（HST）和上部间存在重要的海退事件，代表奥陶纪第一个二级海平面变化旋回的结束。

表 7—3—1　中国奥陶系地层对比简表

分统		中国习用分阶	扬子板块及其大陆边缘			华北板块		塔里木板块	冈瓦纳板块	北疆-兴蒙多岛洋	
三分	四分		鄂西	浙西	赣南	河北	陕甘交境			北疆洋	兴蒙洋
O_3	钱塘江统 O_4	五峰阶	五峰组	堰口组					红山头组	白哈巴组	裸河组
				于潜组	梅子树群		背锅山组	印干组			
		临湘阶	临湘组	黄泥岗组	石口组					东锡勒克组	
O_2	艾家山统 O_3	宝塔阶	宝塔组	砚瓦山组	漕江组	峰峰组	银川组	其浪组	甲村群上组	哈巴河群（$Z—O_2$）	
								坎岭组			
		庙坡阶	庙坡组	胡乐组	龙溪组		山字沟组	萨尔干组			
O_1	扬子统 O_2	牯牛潭阶	牯牛潭组	牛上组	七岭溪组	上马家沟组	樱桃沟组	丘里塔格群上亚群	甲村群下组		多宝山组（未见底）
		大湾阶	大湾组	宁国组		下马家沟组	中梁子组		肉切村群上组		
		红花园阶	红花园组			亮甲山组	前中梁子组				
	宜昌统 O_1	两河口阶	分乡组	印渚埠组	爵山沟组	冶里组	下岭南沟组				
			南津关组								
			西陵峡组								

大湾组上部为页岩和薄层泥灰岩，腕足类、三叶虫、牙形类、笔石等化石很丰富，根据腕足动物群生态学研究表明水深可达到 60m 左右，代表新海侵期的开始，牯牛潭组为高水位期沉积，共同组成一个独立三级旋回。中、晚奥陶世海侵进一步加广，中奥陶世早期（庙坡组）以黑色页岩为主，夹不规则含骨屑泥灰岩，生物群特征也与牯牛潭组有较大差别，含丰富的笔石动物群和少量的底栖三叶虫、腕足类，代表一种半局限的较深水盆地沉积，属海侵体系域。宝塔组为含骨屑的泥质泥晶灰岩，生物群主要为营底栖—游泳生活的大型鹦鹉螺类，所以仍为潮下浅海环境，代表高水位期。其中的似龟裂纹构造代表固结成岩过程中胶体脱水形成的收缩裂纹，而不是潮坪环境的干裂构造。临湘组以瘤状泥质灰岩为特征，含 *Foliomena* 腕足动物群，代表陆棚浅海较深水域的沉积，属海侵体系域，水深在 60—200m 之间，代表本区奥陶纪最大海泛期的沉积。五峰组为半封闭的滞流盆地笔石页岩沉积，属高水位期沉积，末期海水明显变浅，出现含冷温水型腕足类和三叶虫等底栖生物的泥质灰岩沉积，是冈瓦纳冰川高峰期全球海平面明显下降背景下的地质记录。

（2）横向变化与古地理

奥陶纪时，扬子板块内部岩相变化比较显著。总的趋势是西部碎屑岩较多，东部碳酸盐为主，特别是早奥陶世表现更为明显（图 7—3—8）。在扬子板块西部，由于中寒武世以后抬升，使康滇古陆范围扩大。早奥陶世发生新的海侵，在扬子板块西部形成上超，川西、滇东一带沉积了具交错层的砂岩与页岩（红石崖组），代表滨岸沉积环境。由此带向

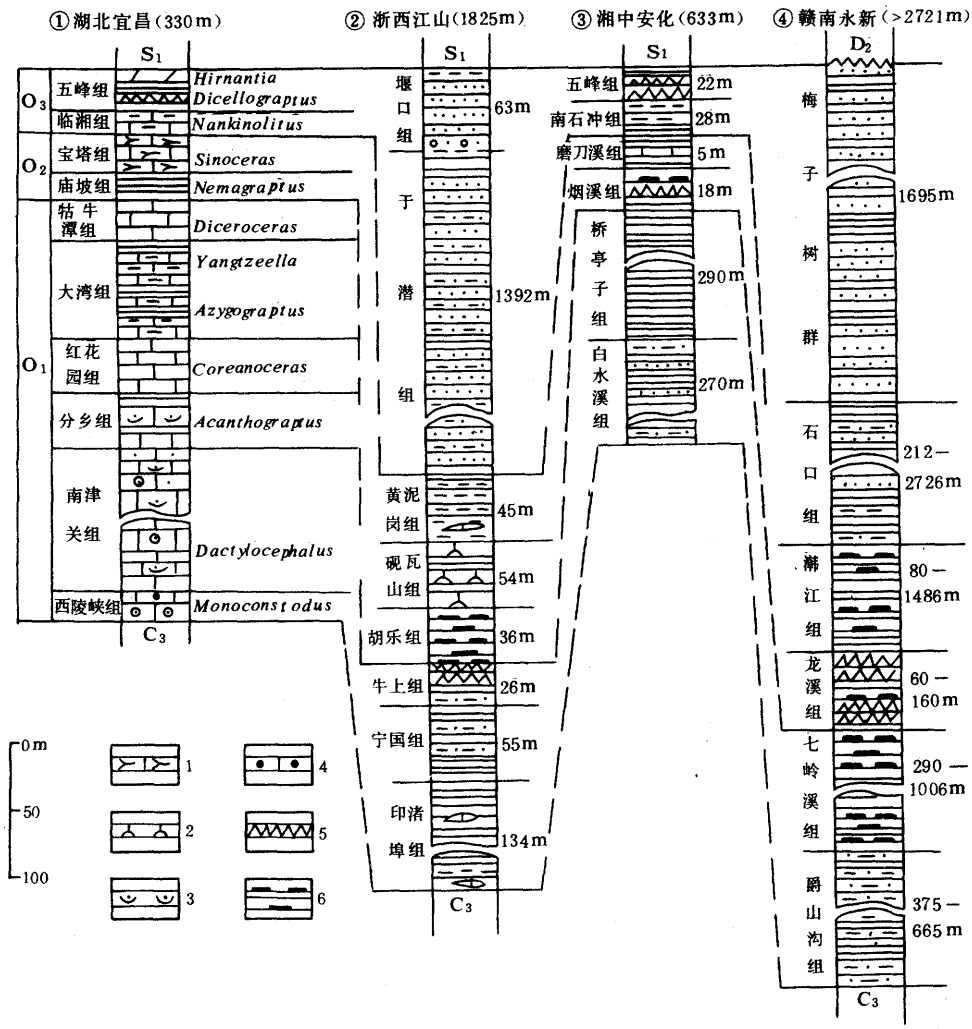


图 7—3—2　扬子板块及其大陆边缘奥陶系柱状对比图

1—收缩纹灰岩；2—网纹状灰岩；3—生物碎屑灰岩；4—鲕状灰岩；5—硅质岩；6—炭质页岩

东，陆源物质逐渐减少，在黔北、川南主要为砂泥质及碳酸盐沉积，至鄂西则相变为碳酸盐及泥质沉积，进一步向东至长江中、下游一带则几乎全部为碳酸盐沉积。

中奥陶世，滇东、黔西南一带隆起与康滇古陆南段相接组成滇黔古陆，康滇古陆北段向北扩展与松潘古陆融为一体。早奥陶世由西向东依次排列的南北向延伸的相带已不复存在，整个扬子区均以碳酸盐沉积为主，夹少量泥质，尤以宝塔组收缩纹灰岩及临湘组瘤状泥质灰岩分布最广。庙坡组黑色页岩的分布则呈补丁式，代表平坦的碳酸盐台地上局部坳陷形成的滞流盆地，其周围则为同时异相的浅水碳酸盐沉积（大田坝组）。

晚奥陶世早期（临湘组）海侵达到最大，沉积了薄层瘤状泥质灰岩，晚期海平面下降，扬子板块上的川滇古陆急剧向东扩大与滇黔桂古陆相连，形成五峰组滞流海盆，沉积范围缩小（图 7—3—3），同样反映了冈瓦纳冰川作用的影响。

2．扬子板块大陆边缘奥陶纪地史特征

代表扬子板块东南大陆边缘的江南区呈北东—南西向狭长带状分布，包括湘中、皖

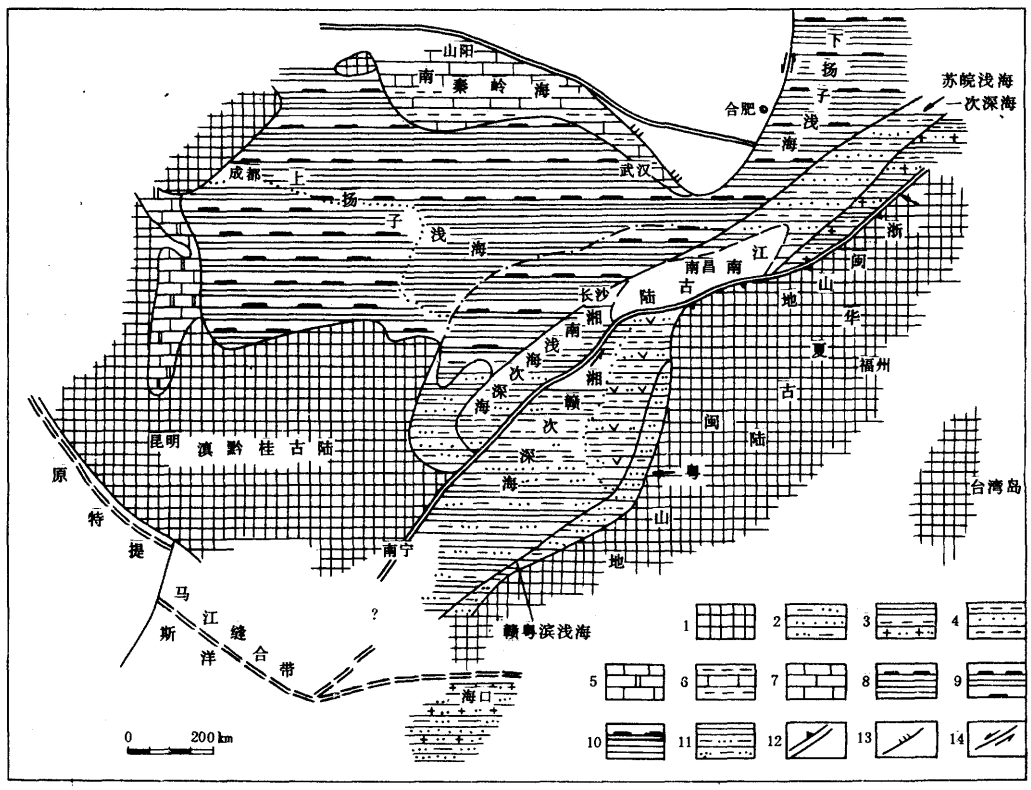


图 7—3—3　中国南方奥陶纪五峰期岩相古地理图

（据刘宝珺等，1994 补充）

1—古陆；2—砂岩、页岩相；3—泥岩、长石石英砂岩相；4—砂岩、泥岩相；5—白云岩、灰岩相；6—灰岩、泥岩相；7—灰岩相；8—炭质页岩、页岩相；9—页岩、炭质页岩相；10—硅质岩、页岩相；11—页岩、粉砂质页岩相；12—板块缝合带及俯冲方向；13—后期逆冲推覆边界；14—后期走滑断裂

南、浙西等地。湘中地区奥陶系为深灰及灰黑色含炭质、硅质笔石页岩，总厚 600 余米，代表半深海非补偿滞流还原环境（图 7—3—2，③）。浙西地区早中奥陶世仍为滞流还原环境的笔石页岩相，晚奥陶世则沉积了一套巨厚的浅水浊积岩（于潜组），厚度 1400 余米，至皖南一带浊积岩厚度变小，向西则与湘中半深海相连。东南区的赣南、闽西、粤北、桂北等地，晚奥陶世与早、中奥陶世地史特征仍有较大差异。早、中奥陶世为深海或半深海炭质、硅质、泥质沉积，仍为非补偿环境；晚奥陶世则沉积了巨厚的浊积岩系（图 7—3—2，④），表明晚奥陶世地壳运动加强，华夏古陆面积扩大，为赣南、闽西海盆提供了大量的岩屑。

扬子板块西部陆缘，在金沙江—红河一线的藏东昌都青泥洞和滇南金平一带，早、中奥陶世都出现被动陆缘砂泥质复理石沉积，金平地区晚奥陶世转化为浅海碳酸盐台地，显示了被动陆缘向南进积的趋势。

（二）华北板块及其大陆边缘奥陶纪地史特征

1. 华北板块奥陶系标准剖面及古地理

华北板块范围内奥陶系主要为灰岩和白云岩，局部含少量泥质。下奥陶统发育齐全、

岩相稳定；中上奥陶统发育与保存不全，仅在太行山中、南段和山东保留有中奥陶统下部，上奥陶统仅见于宁夏固原和陕西陇县、耀县一带。河北唐山一带的奥陶系层序清楚、化石丰富、研究程度高，是华北奥陶系的标准剖面（图 7—3—4）。

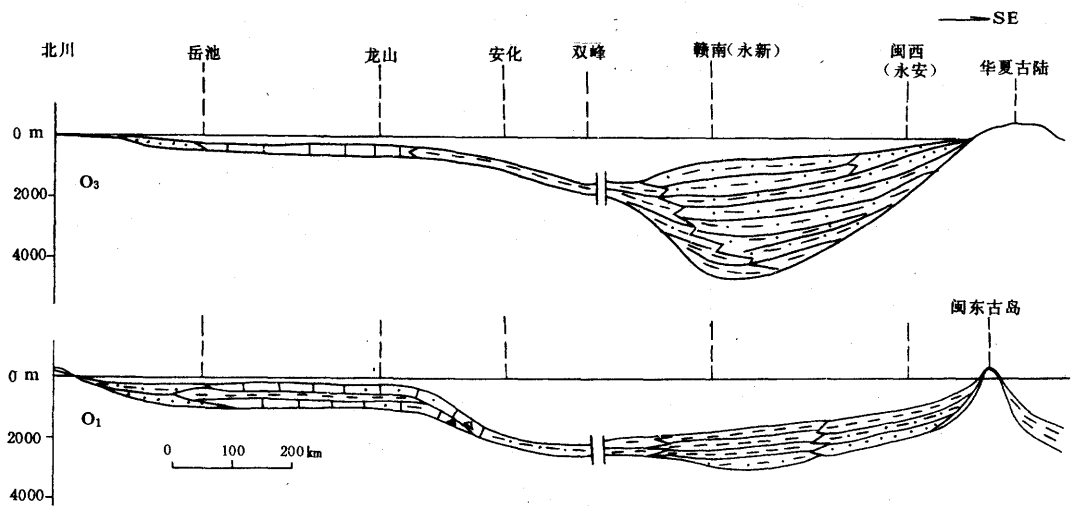


图 7—3—4　华南地区奥陶纪沉积示意剖面图

（1）河北唐山剖面及其分析

上覆地层　中石炭统　本溪组

- - - - - - 平行不整合（SB1）- - - - - -

下统

上马家沟组　灰色厚层状豹皮灰岩、白云质灰岩及灰质白云岩，底部含数层角砾状灰质白云岩，含 *Armenoceras* sp.（阿门角石）、*Bellodella rigida*（小针牙形石）、*Scolopodus eburus*（尖牙形石）及层孔虫等。　274m

- - - - - - 平行不整合（SB2）- - - - - -

下马家沟组　下部为灰及灰黄色中—薄层状泥质白云岩、泥质灰岩及白云质灰岩，底部含角砾；上部为灰色中厚层状灰岩、灰质白云岩，含燧石结核；产 *Polydesmia* sp.（多泡角石）、*Actinoceras* sp.（珠角石）、*Tangshanodus tangshanensis*（唐山唐山刺）　314m

——————（SB1）——————

亮甲山组　下部灰色厚层状灰岩，中部灰岩与白云岩互层，顶部为白云岩，含 *Manchuroceras* sp.（满洲角石）、*Ophileta* sp.（蛇卷螺）、*Serratognathus* sp.（锯颚刺）和古杯海绵等　162m

——————（SB2）——————

冶里组　灰色厚层状灰岩夹竹叶状灰岩及黄绿色页岩，含 *Dictyonema flabelliforme*（扇形网格笔石）和简单镰牙形石 *Drepanodus simplex*　107m

——————（SB2）——————

下伏地层　上寒武统　凤山组

唐山地区奥陶系研究历史悠久，下部冶里组和亮甲山组的时代为早奥陶世，历来意见一致。上、下马家沟组以往曾视作中奥陶世，后来在华北西缘内蒙古桌子山地区与上马家沟组层位相当的克里摩里组下部发现早奥陶世笔石化石 *Amplexograptus*（围笔石）和 *Pterograptus*（翼笔石），因而划归下奥陶统。近年来牙形类生物地层学研究取得了重要进展，上马家沟组中所产的 *Eoplacognathus*（始盾牙形石）、*Belodella*（小针牙形石）等可与扬子区大湾组上部和牯牛潭组牙形石带对比，也可与北大西洋区、纽芬兰和北美早奥陶世牙形类的标准分子对比。

唐山剖面下奥陶统总厚 850m，由四个沉积旋回（层序）组成，以亮甲山组和下马家沟组之间的不整合（SB1）为界分属于两个二级层序。冶里组与亮甲山组共同构成二级层序，又与下伏的寒武纪地层共同构成一个一级巨层序（见表 8—5—1）。上、下马家沟组与峰峰组共同组成另一个二级层序。冶里组与下伏上寒武统为 SB2 型不整合，岩性主要为厚层灰岩夹竹叶状砾屑灰岩与页岩，含三叶虫、腹足类等底栖生物，砾屑灰岩中的灰岩砾不见氧化晕圈，说明为潮下浅海环境，可能代表海侵体系域沉积。亮甲山组下部为灰岩和竹叶状灰岩，含底栖生物腕足类、腹足类、古杯海绵与头足类，仍为正常浅海环境。向上逐渐变为白云岩为主，而且化石稀少，出现潮上蒸发和陆上暴露环境构成高水位体系域，并遭受剥蚀，在华北地区形成区域性平行不整合，这一不整合面代表重要的二级层序界面。上、下马家沟组各自独立构成一个沉积层序。其下马家沟组下部一般为厚层灰岩上部为白云岩，代表正常浅海—潮上环境，代表海侵体系域—高水位体系域沉积，上马家沟组一般为灰岩和灰质白云岩，局部可出现膏溶角砾岩，为浅海—潮上蒸发环境沉积，构成海侵体系域—高水位体系域。

（2）横向变化与古地理

在太行山中段和南段、吕梁山、中条山等地，上马家沟组之上还有一套厚约 140m 的厚层灰岩与泥质灰岩、白云岩，含直角石类 *Protocycloceras*、*Fengfengoceras* 及牙形类 *Microcoelodus* 等，称峰峰组，时代为中奥陶世。与峰峰组同期沉积在山东西部和苏北一带称阁庄组和八陡组。唐山地区及华北区北部未见中奥陶世地层，可能是后期剥蚀作用的结果。上奥陶统仅见于华北板块的西南部陕西耀县及宁夏固原一带，称背锅山组，以碳酸盐沉积为主，含珊瑚、腕足类、三叶虫、腹足类和海百合茎等，仍为正常浅海环境。

早奥陶世早期，华北板块内部岩相分异明显，大致以德州—石家庄—保德一线为界，北部以正常浅海环境为主，偶见潮间浅滩；南部自晚寒武世开始至早奥陶世早期均以白云岩和灰质白云岩沉积为主（三山子白云岩），地层厚度从北向南有减薄的趋势，表明此时华北区南部受怀远运动的影响已开始抬升。早奥陶世中期（亮甲山期），海平面进一步下降，南部抬升至陆上遭受剥蚀，徐州一带亮甲山组厚仅 20m，含石膏和白云岩的潮上蒸发带向北向盆地方向迁移，下超在早期正常浅海沉积之上，又在晋南和鲁西北一带形成膏盐沉积。亮甲山末期，华北区大部暴露地表，形成重要的二级层序界面。早奥陶世晚期发生新的海侵，下马家沟组向南及西北方向上超。在内蒙古桌子山地区、豫西熊耳伏牛山古陆北缘及徐淮地区，下马家沟组均上超于冶里组或上寒武统之上。早奥陶世末期至中奥陶世，岩相稳定，表明海侵仍比较广泛。晚奥陶世地壳上升，发生大规模海退，使华北板块成为持久的古陆剥蚀区（Ⅰ类不整合），仅在西南缘仍有海侵。

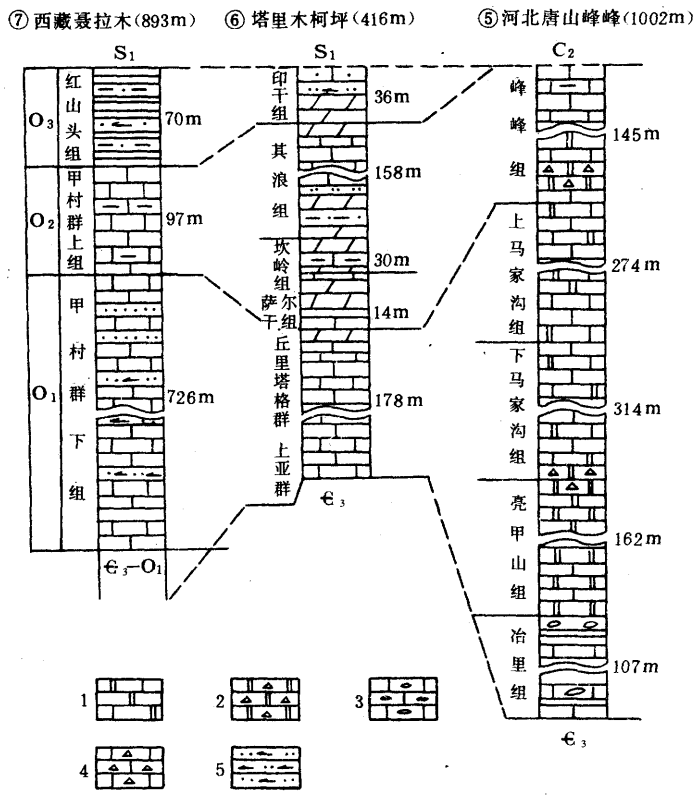


图 7—3—5　华北板块、塔里木板块与冈瓦纳板块（喜马拉雅区）奥陶系柱状对比图

1—白云质灰岩；2—角砾状白云岩；3—竹叶状砾屑灰岩；4—角砾状白云岩；5—钙质砂岩

2. 华北板块大陆边缘奥陶纪地史特征

华北板块南部大陆边缘（北秦岭带）的奥陶系称草滩沟群，为一套巨厚的变质中酸性火山-沉积岩系。其中获得晚奥陶世珊瑚化石 *Plasmoporella*（网膜珊瑚）和 457Ma 的火山岩同位素年龄，代表秦岭洋向北俯冲形成的火山岛弧带。与此对应，华北板块北缘自白云鄂博向东经四子王旗直至呼兰、桦甸有一个连续、狭窄的加里东褶皱带，其中奥陶系包尔汉图群为火山-沉积岩系，产有 *Desmograptus*（绞结笔石），其上为中、上志留统所不整合覆盖。在西拉木伦河一带见有含早古生代化石的蛇绿岩套，并且向东西延伸，代表晚奥陶

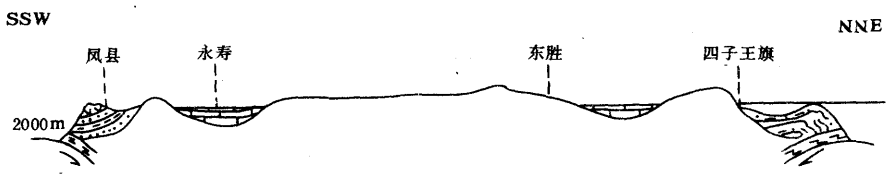


图 7—3—6　华北板块奥陶纪晚期的抬升与板块俯冲

（据王鸿祯，1985）

世洋壳向南的俯冲消减带。这种南北两侧洋壳相向的俯冲作用与华北板块中奥陶世后的整体抬升有密切关系（图 7—3—6、图 7—3—7）。

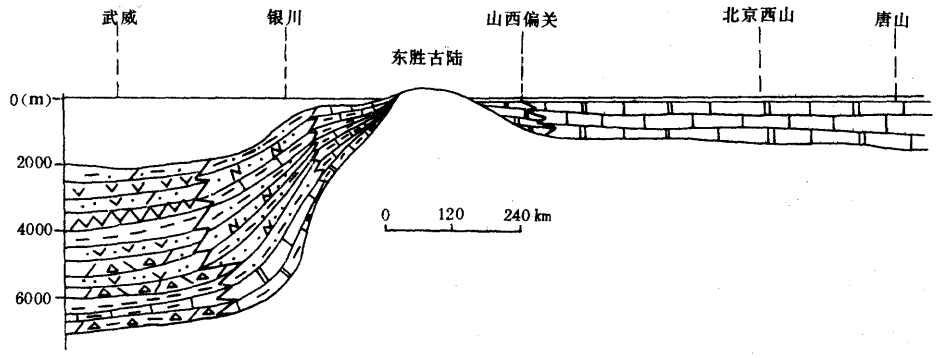


图 7—3—7 华北板块早、中奥陶世沉积示意剖面图

（三）中国其它地区奥陶纪地史概述

1. 冈瓦纳板块及其大陆边缘

滇西金沙江—红河一线以西奥陶纪古生物群面貌与扬子区有明显差别。以保山、潞西地区为例，奥陶系同属稳定浅海碎屑泥质夹碳酸盐沉积，但中奥陶世出现直角石类与珠角石类混生，晚奥陶世出现特殊的海林檎动物群和笔石动物群，显示与扬子板块之间有一定的隔离因素。鉴于越南北部红河南侧的马江（Song Ma）带已发现早古生代蛇绿岩和年龄值 455Ma 的蓝片岩，证明金沙江—红河—马江一线奥陶纪时存在一定规模的洋盆。沿澜沧江西侧（藏东左贡）也发现早古生代岛弧型火山岩和浊流沉积组合（西西群），据此推测三江地区早古生代已存在一定规模的原特提斯（Proto-Tethys）多岛洋。奥陶纪时其主支大致沿金沙江—红河—马江一线。显然扬子板块与海南-印支地块之间的深海洋域应属原特提斯的东延部分，其主支位置尚待确定。

喜马拉雅地区的奥陶系主要由灰岩组成，厚约 900m，属稳定的浅海沉积，也出现直角石类和珠角石类动物群的混生现象，以聂拉木剖面为代表（图 7—3—5，⑦）。原特提斯洋在藏北的踪迹尚不明了，推测可能与昆仑洋相连（图 7—3—8）。

2. 塔里木板块及其大陆边缘

塔里木盆地由于大量中、新生代地层覆盖，奥陶系仅在盆地边缘有出露，以西北缘柯坪地区发育最好（图 7—3—5，⑥）。下奥陶统为浅海灰岩沉积，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，代表板块内部稳定类型浅海沉积。东北缘的库鲁克塔格地区，奥陶系为砂泥质沉积，夹少量碳酸盐岩，厚度增至 2700m。

塔里木板块以北的西准噶尔地区，奥陶系为一套富含泥质的碎屑岩与火山碎屑岩，在唐巴勒一带已有奥陶纪蛇绿岩的报道，说明已属古亚洲多岛洋的范围。塔里木板块西南缘叶尔羌河上游一带含中基性火山岩和灰岩的砂泥质复理石沉积，厚度达 3500m 以上。新藏公路的库地一带也发育有早古生代的蛇绿岩，表明昆仑洋有向塔里木板块的俯冲作用，

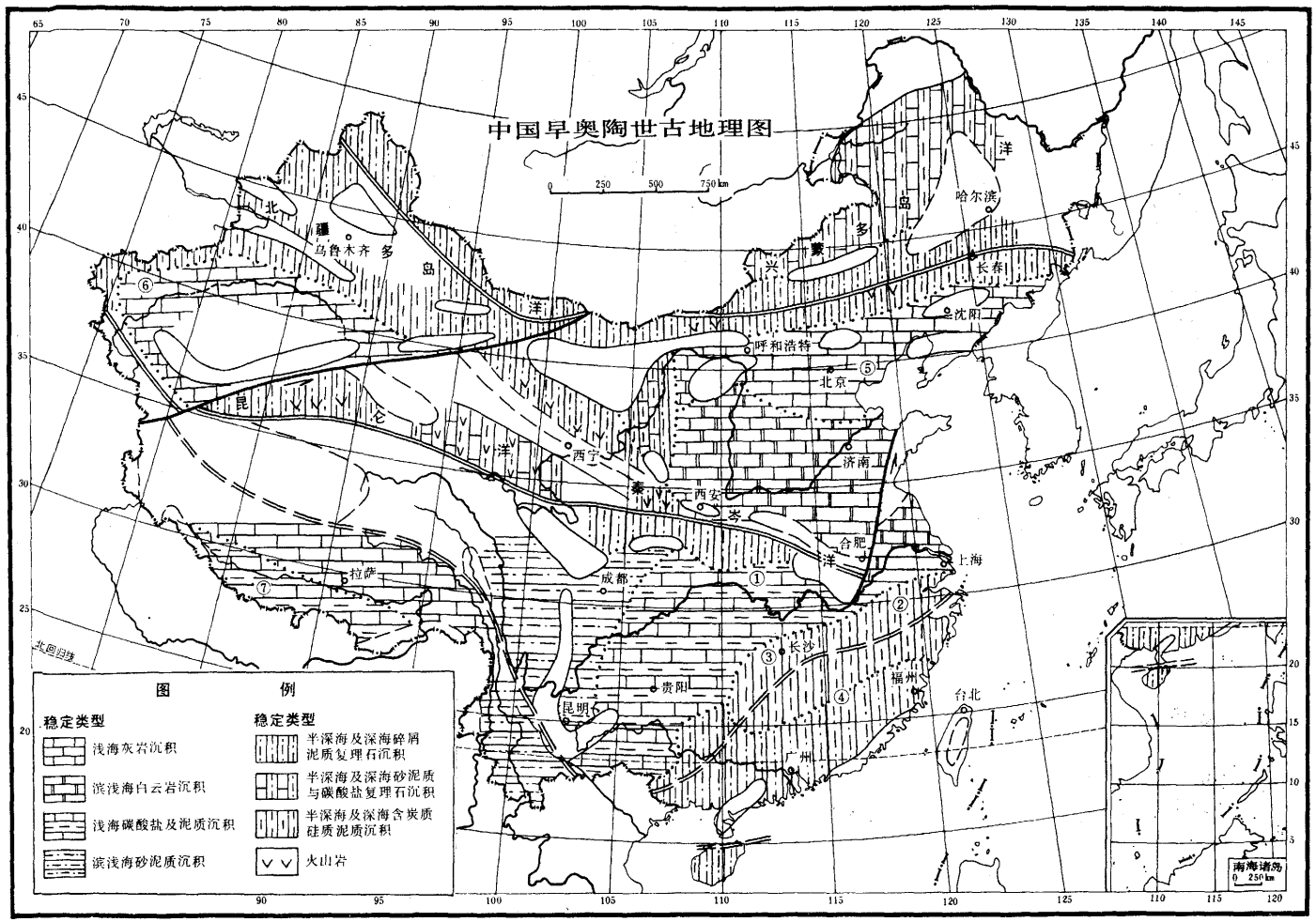


图 7—3—8 中国早奥陶世古地理图

向东可能与秦岭洋相连。

3. 西伯利亚板块南部大陆边缘

古亚洲多岛洋西段，奥陶纪时主支大致转移到额尔济斯—居延海一线，东段主支仍在西拉木伦河一线。此线以北的北疆和内蒙古、东北地区均属西伯利亚板块南部的复杂大陆边缘。北疆阿尔泰地区的奥陶系厚数千米，中、下统为砂质板岩、火山岩与火山碎屑岩，上统为火山岩及碳酸盐岩，其中所产的弓珊瑚-里亨珊瑚组合常见于蒙古和西伯利亚板块，中、上统之间的角度不整合接触代表北疆洋壳向西伯利亚板块俯冲的产物。大、小兴安岭与内蒙古一带，奥陶系为砂泥质及碳酸盐沉积组合，含有各种成分的火山岩，上奥陶统分布范围缩小是奥陶纪后期海退的反映。

（四）中国奥陶纪矿产资源

奥陶纪的矿产资源主要有铁矿、铅锌矿、石膏与建材等。如河北邯郸式铁矿产于马家沟组富铁的碳酸盐岩地层中，青海锡铁山大型层控铅锌矿床产于上奥陶统滩间山群中，山西太原、临汾等地上、下马家沟组中石膏矿层最厚可达45m。华北、华南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，富含头足类的宝塔组灰岩等还可用作工艺石材。

四、志　留　纪

志留纪处于加里东构造阶段的晚期，许多大陆板块及古海洋经历了复杂的构造运动，有些发生俯冲、碰撞造山作用。因此，志留纪是一个地壳运动活跃的时期，也是全球构造格局及古地理面貌发生明显变化的时期。中国的情况也不例外，许多板块发生了重大的构造古地理变化，例如华北板块与柴达木地块的碰撞拼合、扬子板块与华夏地块的碰撞对接。同时，板块内部因受边缘造山运动的影响，在沉积、古地理方面也有显著的改变。

（一）扬子板块及其大陆边缘志留纪地史特征

扬子板块志留纪时的构造古地理轮廓基本上继承了晚奥陶世的格局。早、中期海侵局限于板块的北部，晚期发生海退，海水仅残存于钦防地区及滇东地区，长江下游有陆相沉积。除此以外皆上升成为受剥蚀的古陆。

1. 扬子板块志留系标准剖面及古地理

（1）鄂西宜昌剖面及其地史分析

扬子板块的志留系研究较好，其中尤以鄂西宜昌以北罗惹坪纱帽山剖面研究最早，也最深入，它不但成为我国的标准剖面，而且也是世界上重要的志留系剖面之一（图7—4—1，③）

上覆地层　中泥盆统

------ 平行不整合 ------

中志留统

纱帽组　灰黄色、灰绿色砂岩、页岩、砂岩中交错层理发育　　180—720m

下志留统

石屋子组	黄色、土黄色泥岩、页岩夹少量红色石英砂岩，含腕足类 *Striispirifer*（条纹石燕）、三叶虫碎片及虫管化石	345m
罗惹坪组	黄绿色灰质泥岩、页岩、粉砂岩、瘤状灰岩及薄层灰岩，产珊瑚 *Tryplasma*（刺壁珊瑚）、*Halysites*（链珊瑚）；腕足类 *Stricklandia*（斯特兰贝）、*Pentamerus*（五房贝）；三叶虫 *Ecrinuoides*（似慧星虫），笔石 *Monoclimacis*（单珊笔石）	210—900m
龙马溪组	上部黄绿、蓝灰、黑色砂质页岩和页岩互层，局部夹薄层细砂岩，厚约500m，包含两个笔石带，上带为 *Monograptus sedgwickii*（薛氏单笔石）带，下带为 *Demirastrites convolatus*（盘旋半耙笔石）带；下部为黑色页岩和硅质页岩，厚仅100m，含五个笔石带，自上而下为：*Demirastrites triangulatus*（三角半耙笔石）带、*Pristiograptus leei*（李氏锯笔石）带、*Orthograptus vesiculosus*（泡沫直笔石）带、*Akidograptus acuminatus*（尖削尖笔石）带和 *Glyptograptus persculptus*（雕刻雕笔石）带	600m

------ 平行不整合 ------

下伏地层　上奥陶统　五峰组

龙马溪组下部为黑色页岩及硅质页岩与晚奥陶世五峰组之间存在Ⅱ型不整合面。页岩中仅见极为丰富的笔石化石，在百余公尺的厚度内，包括志留纪早期的五个笔石带。黑色页岩的颜色是因含黄铁矿细粒所致，反映当时南极冰盖刚开始消融，海平面虽有回升但海侵范围小，仍保持着闭塞环境。其中笔石保存完好而密集（聚集式），说明处于沉积作用非常缓慢的非补偿海盆环境。龙马溪组上部以黄绿色页岩为主，夹有砂质页岩，化石仍以笔石为主，但数量较少（分散式），在五百余公尺的厚度内，只包括两个笔石带。根据岩性变粗，颜色变浅，应属弱还原环境，反映了沉积速度加快，已变成补偿充填海盆。整个龙马溪组可视作为陆棚边缘体系域。

罗惹坪组已含有大量的珊瑚、腕足类等化石，说明气候已由寒冷转为温暖。由于冰川的进一步融溶，海平面上升，闭塞滞流环境被破坏，正常底栖生物大量发展，代表海侵体系域。在罗惹坪组上部灰岩中含斯特兰贝底栖生物组合，说明海水已加深到100m左右，大体相当饥饿段层位。

石屋子组至纱帽组是一套碎屑岩系，为滨海相堆积。纱帽组自下而上砂岩增多，颗粒变粗，厚度显著增大，代表周围剥蚀区岩屑供应加速的超补偿海盆，应视为高水位体系域。中志留世后期升出海面遭受剥蚀，与上覆中泥盆统石英砂岩呈平行不整合接触。

总的看来，宜昌剖面由早志留世早期的闭塞、滞留非补偿海盆，转变为晚期的水流畅通、补偿的正常浅海。中志留世起进入超补偿状态，出现滨海相甚至陆相沉积，中志留世后期上升为受剥蚀的古陆。总体呈现一个二级海平面变化旋回（见表8—5—1）。显然，志留纪初期的海平面上升与南极冰盖的消溶有关，具有全球的一致性；中志留世开始的海平面下降与扬子板块东南缘的板块碰撞有关，只有地方性意义。

（2）横向变化及古地理

由宜昌向东南，沿江南古陆北侧至修水流域，志留系发育完整，下统包括霞乡组及河

沥溪组，两者为笔石相细碎屑岩，中统太平群为壳相碎屑岩，上统唐家坞群为含 *Sinacanthus*（中华棘鱼）等化石的陆相碎屑岩，全系厚度巨大，可达 3000—4000m 以上（图 7—4—1，④）。更东至长江下游苏南一带，情况与修水流域相似，志留系三个统发育齐全，下统高家边群为笔石相碎屑岩，中统坟头群为壳相碎屑岩，上统茅山群为含鱼化石的陆相碎屑岩，厚度也在 3000m 以上。由此可见在江南古陆北侧存在着一个沉积厚度巨大的沉降带，此带可看成是华夏地块向扬子板块仰冲，在碰撞带北侧形成的前陆盆地，这个前陆盆地可能一直延伸到鄂西南地区。

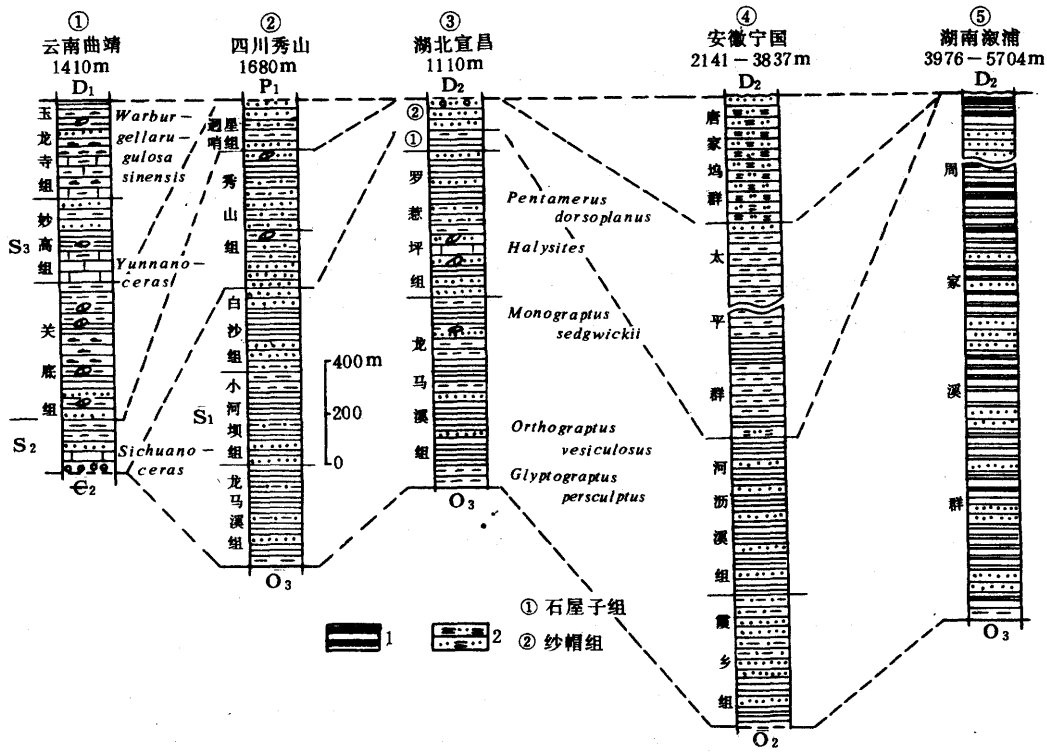


图 7—4—1　扬子板块志留系柱状剖面对比图

1—黑色板状页岩；2—粉砂岩及泥板岩

由宜昌向西南，志留系发育逐渐完善，在川南酉阳、秀山一带，下志留统与宜昌剖面近似（图 6—4—1，②），中志留统称秀山组，含有丰富的笔石、头足类、床板珊瑚、腕足类、牙形刺等化石，其时代不但包括中志留世早期（相当宜昌剖面的纱帽组），而且还包括中志留世晚期。秀山组以上是一套紫红、灰绿色砂岩、粉砂岩及页岩，含有腹足、双壳，翼肢鲎、鱼类等化石，称回星哨组，代表过渡相至陆相沉积，时代可能属晚志留世早期。由此可见，至中志留世晚期，扬子板块内部沉积中心已转移至川南、黔北一带，而宜昌附近地区因受江南古陆上升的影响而升起成为剥蚀区了。总体上体现了随着江南古陆上升，前陆盆地向北西方向迁移的趋势（图 7—4—2）。

扬子板块早、中志留世正常浅海中，富产土著色彩浓厚的四川角石等头足类、慧星虫等三叶虫和各种珊瑚类土著分子，平均比例高达 45％以上（李志明，1991）。鉴于志留纪

全球生物分区并不明显，上述特殊现象说明扬子板块当时已和冈瓦纳板块分离，可能处于海洋包围中又接近华北板块的独立状态。

在扬子板块西缘的滇东一带，中志留世晚期—晚志留世早期的关底组（广义）直接不整合覆盖在中寒武统之上。关底组的岩性以泥灰岩及页岩为主，含 *Sichuanoceras*（四川角石）等化石（图 7—4—1，①）。关底组以上是由黄绿，灰绿色页岩及瘤状泥灰岩、灰岩所组成的妙高组。再上即为滇东地区层位最高的玉龙寺组，为黑色页岩夹薄层瘤状泥灰岩，含腕足类、三叶虫和牙形刺等化石，顶部腕足类个体变小，显示海水趋向淡化，与上覆含无颌类化石的陆相下泥盆统翠峰山群砂页岩呈整合接触。滇东剖面说明在早志留世—中志留世早期，本区均为上升的剥蚀区，从中志留世晚期起才下降遭受海侵，发生沉积，而在晚志留世时成为扬子板块的沉降中心（图 7—4—2）。由于滇东地区已远离江南古陆，本区晚志留世的沉降可能与西侧原特提斯带的构造演化有关。

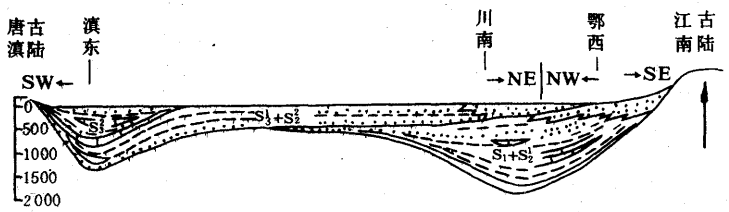


图 7—4—2　扬子板块志留纪沉积示意图

综观华南地区晚志留世时，仅在滇东、川南黔北（仅限于晚志留世早期）和钦防地区继续被海水所淹没，长江下游有陆相沉积（唐家坞群、茅山群）外，其他地区皆上升成为受剥蚀的古陆（图 7—4—3）。

2. 扬子板块大陆边缘志留纪地史特征

（1）东南缘

中奥陶世以后，由于扬子板块与华夏地块的碰撞，华南裂谷盆地主体已上升成陆，仅在湘中及钦防地区仍有残留海水。湘中地区的志留系仅有下统，称周家溪群（图 7—4—1，⑤），主要为泥砂质类复理石沉积，厚度巨大，代表大陆边缘部位海平面下降时的低水位楔形体和浊积扇（刘宝珺等，1993）。很可能在早志留世末本区已上升成陆不再接受沉积，较板块内部更早结束了盆地的沉积作用。

桂东南的钦防地区，志留系三统发育齐全，下统包括连滩组及文头山组，它们由黑色、灰黑色、黄绿色页岩构成，含丰富的笔石化石，中统称合浦群，由黄灰、灰白色泥质粉砂岩、页岩构成，上统称防城群，由黑色泥岩、黄灰、灰绿色泥质粉砂岩夹砂岩和页岩构成。全系厚度可达 1400—2200m，属深水海槽复理石沉积组合，代表扬子板块西侧原特提斯洋的一个东北方向分支海域。值得注意的是钦防海槽未受加里东运动的影响，志留系与泥盆系为连续深水沉积，至晚古生代连续演化为原特提斯洋的一个旁侧分支。

东南沿海的华夏板块虽无志留系沉积记录，但沿龙泉—南平—大浦碰撞带，奥陶纪形成的混杂蛇绿岩套此时连续俯冲，并加入陆壳性基底和沉积盖层碎块，还发生变质变形作用。在龙泉、建阳—泰宁附近还有 K-Ar 年龄值为 490—330Ma 的碰撞型花岗岩侵入，这些情况说明华夏地块可能有更复杂的构造史（汪新、杨树锋，1992），志留纪时已经和扬

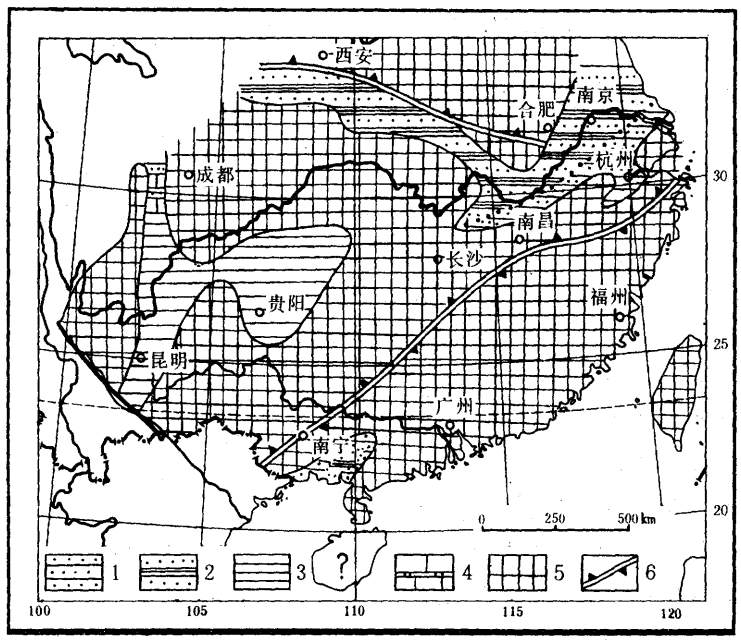


图 7—4—3　华南晚志留世岩相古地理图

（据刘宝珺等，1994，简化）

1—砂岩；2—砂页岩互层；3—页岩；4—粉砂岩及灰岩；5—剥蚀区；6—碰撞带

子板块碰撞相连。

海南岛南端的崖县发现有志留纪的三叶虫 *Coronocephalus* sp.，说明海南-印支板块同样也有志留纪地层发育。

（2）北缘

南秦岭地区的志留系为笔石碎屑岩相，厚度可达 5000m 以上，与泥盆系呈平行不整合接触。近年区域地球化学研究证明，南秦岭从志留纪开始物源区和海水成分具有与华北板块及北秦岭相同的特征（低的 La/Y 值），反映华北板块与扬子板块间志留纪时已不存在大洋，两者的靠拢和对接发生在志留—泥盆纪（张本仁，1993）。

由南秦岭向西至西秦岭迭部、若尔盖等地，下、中志留统以碎屑岩为主，含笔石化石，上统白龙江群为碎屑岩夹碳酸盐岩，含珊瑚、腕足类及牙形刺等化石。值得注意的是，根据牙形刺化石的研究，志留系与泥盆系的界线应从白龙江群上部穿过。由此证明，西秦岭地区未受加里东运动的影响，继续保持被动边缘的构造环境。

（3）西缘

在松潘-甘孜地区，志留系下部为笔石页岩夹火山岩，上部为碳酸盐沉积。向西至金沙江地区，志留系代表逐渐收缩变浅的裂陷海槽沉积特点，巴塘以北局部夹基性火山岩。再向西至澜沧江带，由于古澜沧江洋（原特提斯洋的一支）向西俯冲引起附近古陆上升，而缺乏志留系沉积（罗建宁等，1992）。但滇西墨江带的志留、泥盆系为深水连续沉积，昌宁—孟连带内泥盆系最底部已出现放射虫硅质岩与笔石页岩，指示了原特提斯洋并未完全封闭。

（二）华北板块及其大陆边缘志留纪地史特征

华北板块志留纪的构造古地理情况与奥陶纪相似，主体仍为受剥蚀的古陆，绝大部分地区缺失志留系沉积，然而在它的大陆边缘地区志留系却相当发育。

1. 华北板块志留纪地史概述

在华北板块内部，目前能肯定的志留纪地层仅发现于板块西南缘宁夏同心地区，且只有中、上统发育。中统称照花井组，主要由灰岩、泥灰岩构成，含大量造礁生物，厚度不大，仅在100m左右，显然属于稳定浅海类型。上统称旱峡群，由一套紫红色砂砾岩构成，厚度可达500m，代表西侧造山带山前的前陆盆地沉积（图7—4—4，②）。

在华北板块其他地区，目前值得注意的是在河南固始下石炭统杨山组的灰岩砾石中，发现有志留纪的珊瑚化石 *Paraheliolites* cf. *anhuiensis*（拟日射珊瑚安徽近似种），这个发现表明志留纪时在固始附近曾经有过沉积（安太庠、马文璞，1993）。

2. 华北板块大陆边缘志留纪地史特征

（1）北缘

在内蒙古白云鄂博一带，下、中志留统为泥砂质复理石沉积，夹安山岩；上统由砾岩、砂岩、灰岩构成，含丰富的海相化石，属海相磨拉石沉积组合（图6—4—4，③）。上统与中—下统为明显的角度不整合接触，说明本区曾发生过强烈的加里东运动。这次运动结果形成一条东西向的加里东褶皱带，增生在华北板块北缘。

向东至西拉木伦河一带，加里东期蛇绿岩套（最可能属奥陶纪）已经得到确认，代表蒙古洋向南俯冲消减的残迹。更东到吉中伊通一带，下志留统的桃山组由安山岩、流纹岩构成，夹少量黑色板岩，板岩中含丰富的 *Monograptus sedgwickii* 等笔石化石，厚度可达1127m（图7—4—4，④；表7—4—1），证明仍然具有活动大陆边缘的性质。

（2）西南缘

以祁连山地区的志留系较为发育，研究程度也较高。本区在构造古地理上可分为南、北、中三带。中祁连在志留纪一直为隆起带。北祁连海槽在志留纪继承了奥陶纪强烈坳陷的发展趋势，沉积厚度达7000m，但火山活动已趋微弱，出现了大量砂泥质碎屑沉积，反映了北祁连小洋盆因俯冲碰撞作用而逐渐被抬升填满的过程。以甘肃肃南、祁连一带志留系为例（图6—4—4，①），下统以含笔石的杂色砂页岩为主，偶夹火山岩；中统由粉砂岩、页岩及泥灰岩构成，含许多壳相化石；上统以紫红色粉砂岩、细砂岩为主，夹少量砂质页岩。上覆的泥盆系已属造山运动后的磨拉石沉积组合，志留系与泥盆系呈角度不整合接触，说明本区志留纪末曾发生过重要的造山运动。南祁连海槽在早、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、晚志留世沉积以硬砂岩为主，愈上颗粒愈粗，不含化石，厚约5000m，反映海槽缩小，并不断被填满的过程。志留纪末，由于柴达木板块与华北板块的互相碰撞、挤压，南、北祁连两个海槽相继褶皱成为典型的加里东褶皱带，从而使柴达木板块和华北板块拼合成一个整体大陆。

（三）中国其他地区志留纪地史特征

1. 冈瓦纳板块

我国藏南、滇西地区属于冈瓦纳板块的北缘。其中珠峰地区的志留系发育完整，下统

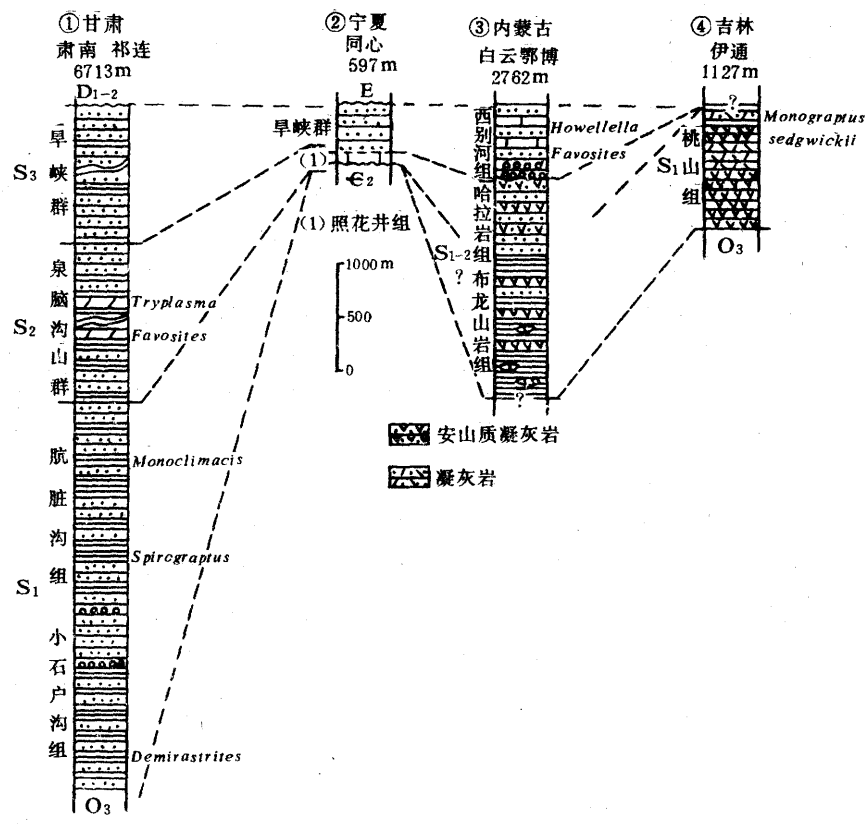


图 7—4—4　华北板块及其大陆边缘志留纪地层柱状剖面对比图

鹅那组为灰黄色石英岩，中统荣吉嘎组为灰色页岩，含笔石 *Streptograptus*、*Orthograptus*，上统科亚组为灰色含泥质条带灰岩，含丰富的头足类、牙形刺化石，全系厚度不超过 100m，属典型的板块内部稳定浅海沉积。向北至申札地区，灰岩增多，厚度略大，可达 250m。

滇西保山地区的志留系主要为浅海泥质和碳酸盐沉积。下统称下仁和桥组，仅出露 15m，为笔石页岩，含笔石 *Streptograptus crispus*、*S. turriculatus* 及 *Monograptus sedgwickii*；中统上仁和桥组，为黑色灰岩和泥岩，厚约 280m，产较多的壳相化石，如头足类、腕足类、三叶虫、海百合等；上统为紫红色泥岩及泥灰岩，称粟柴坝组，产牙形刺及海林檎化石。这说明保山地区当时属稳定地块。

值得指出，在上述地区志留系中，未见扬子区常见的 *Sichuanoceras*，而 *Michelinoceras* 却甚为常见。这说明冈瓦纳板块和扬子板块之间存在着较明显的生物隔离因素，两板块之间仍有原特提斯洋相隔。

2. 塔里木板块

塔里木板块的志留系主要出现在板块的东北、西北两部分，如西北部柯坪地区的下统柯坪塔格组为含笔石及三叶虫的杂色碎屑岩，中、上统塔塔埃尔塔格组为含 *Sinacanthus* 的紫红色砂岩和泥岩，总厚约 1000m，证明与扬子板块关系密切。塔里木北缘南天山一带，志留系厚达6000m左右，上统称科克铁克达坂组，主要为中性火山碎屑岩、火山岩

及碎屑岩、灰岩、硅质岩，代表典型的活动类型沉积，反映南天山洋继续存在。

3. 西伯利亚板块南部大陆边缘

西伯利亚板块南缘包括我国艾比湖—居延海对接带以北的准噶尔-兴安地区，在西准噶尔，奥陶纪以后发生过大规模的洋壳俯冲，产生了唐巴勒蛇绿岩套，蛇绿岩套之上的早志留世复理石、类复理石则代表了板块聚合期残留盆地中的沉积（肖序常等，1991）。

东准噶尔北部的洋盆可能在中志留世以后闭合，并发生蛇绿岩套的侵位，不整合在奥陶系—中志留统之上的晚志留世地层为含有 *Tuvaella*（图瓦贝）的紫色灰岩、钙质砾岩、杂色凝灰质砂岩、安山质火山角砾岩（李锦轶，1991）。

东部兴安岭地区志留纪海域范围与奥陶纪相似。但松辽地块两侧沉积特征有明显差异，东侧为富含硅质和碳酸盐的碎屑泥质沉积，同时伴有多次火山喷发活动；西侧则以碎屑复理石沉积为主。在大兴安岭中段，志留系与泥盆系及奥陶系均为连续沉积，厚约千公尺，主要为硬砂岩和板岩，有时夹火山岩。

值得提出的是，小兴安岭西北部、大兴安岭的北段和中段、内蒙古东部及东准噶尔等地均发现有常见于西伯利亚地区的 *Tuvaella* 动物群，这表明我国准噶尔-兴安地区的生物群与北亚关系密切应同属古西伯利亚大陆南部边缘地带。志留纪时分隔西伯利亚和华北板块的蒙古洋主支可能在艾比湖—居延海—西拉木伦一线（图 7—4—5）。

表 7—4—1　中国志留纪地层对比简表

传统时代	国际推荐标准（1985）		华南板块					*	华北板块		冈瓦纳板块	塔里木板块	西伯利亚板块南缘	
			西秦岭	滇东	川南	鄂西	湘中	钦防	北缘吉中	南缘北祁连	喜马拉雅	柯坪	兴安	西准噶尔
S_3	S_2	普里多利统	白龙江群	玉龙寺组				防城群	?	旱峡群	科亚组	塔塔埃尔塔格组	古兰河组	克克雄库都克组（广义）
		罗德洛统		妙高组	回星哨组								卧都河组	
				关底组（广义）										
S_2		文洛克统	舟曲群		秀山组	纱帽组		合浦群		泉脑沟山群	荣吉嘎组		八十里小河组	沙尔布尔组
S_1	S_1	兰德维里统	尖尼沟组		白沙组	石屋子组	周家溪群	文头山群	桃山组	肮脏沟群	鹅那组	柯坪塔格组	黄花沟组	布龙组
					小河坝组	罗惹坪组								
			安子沟组		龙马溪组	龙马溪组		连滩群		小石户沟群				

* 原特提斯残留分支。

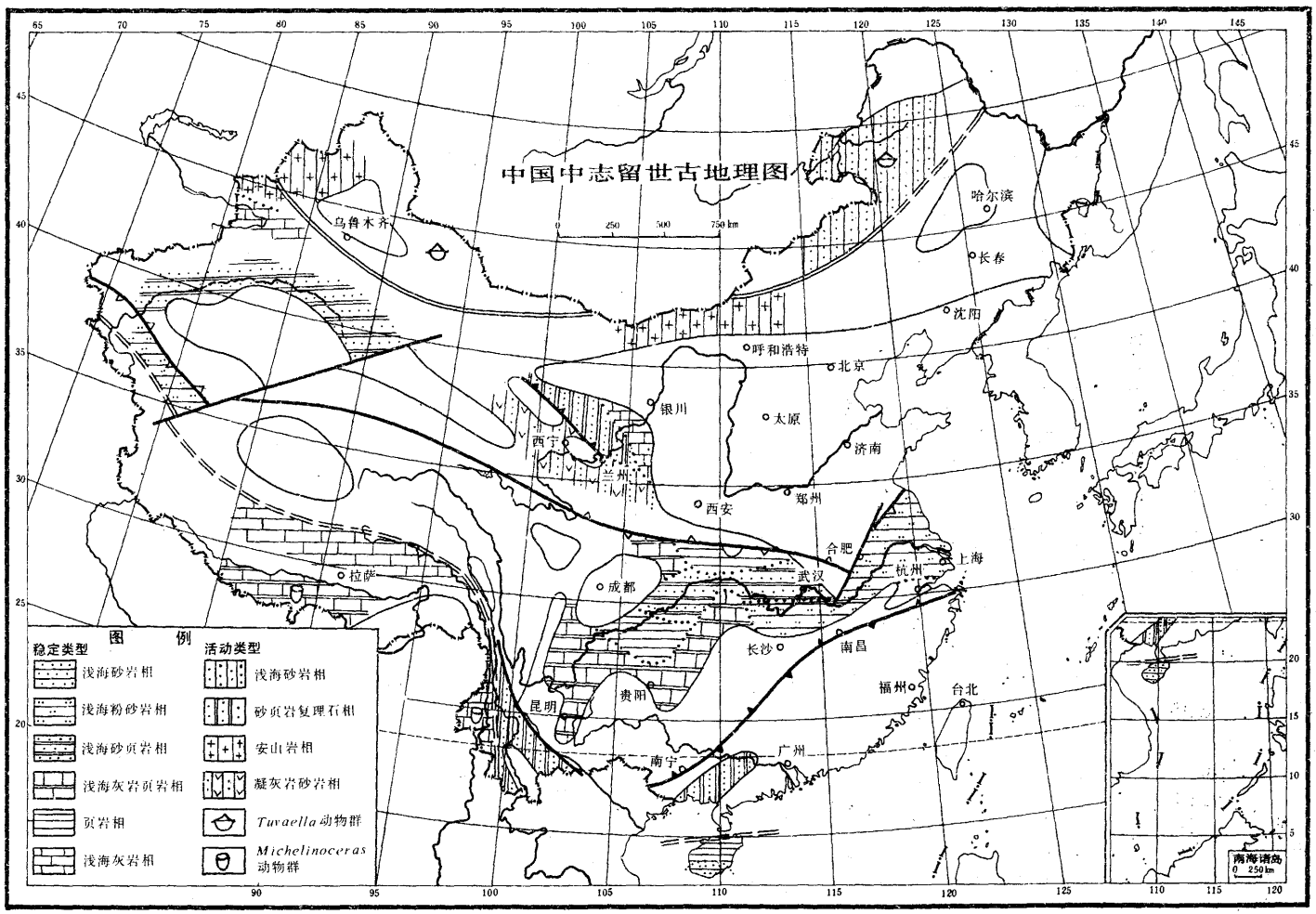


图 7—4—5　中国中志留世古地理图

（四）中国志留纪矿产资源

志留纪是一个沉积矿产相对贫乏的时期。西秦岭迭部、武都地区下统黑色页岩中放射性元素富集。东秦岭相当层位有可开采的石煤，系由海生藻类形成，伴生有铀、钡、钼、镍、钴等元素。陕南大巴山区宁强县以产志留纪床板珊瑚工艺品闻名国内。有关磷块岩或磷结核的报道见于下扬子、塔里木柯坪等地区。

早古生代课外阅读文献

1. Seilacher, A., 1984, Late Precambrian and Early Cambrian Matazon: preservation of real extinction? In: H. D. Holland and A. F. Trendall (eds.), Patterns of Change in Earth Evolution. p. 159—168. Dahlen Konfernzen.

2. 罗惠麟、蒋志文等，1984，中国云南晋宁梅树村震旦系—寒武系界线层型剖面。云南人民出版社。

3. 张文堂，1987，澄江动物群及其中的三叶虫。古生物学报，26（3）：223—235。

4. 陈均远、侯先光等，1989，早寒武世带网状鳞片的蠕形海生动物。古生物学报，28（1）：1—26。

5. 赵元龙，袁金良等，1994，贵州台江中寒武世凯里动物群，古生物学报，33（3）：263—271。

6. 陈旭，戎嘉余等，1993，中国奥陶纪生物地层学研究的新进展。地层学杂志，17（2）：89—99页。

7. 汪啸风，1993，全球奥陶系年代地层学的研究——进展与问题。地球科学进展，8（1）：28—34。

8. 陈旭、丘金玉，1986，宜昌奥陶纪古环境演变。地层学杂志，10（1）：1—15。

9. 戎嘉余，1984，上扬子区晚奥陶世的生态地层证据与冰川活动影响。地层学杂志，8（1）：19—29。

10. 冯增昭等，1990，华北地台早古生代岩相古地理。地质出版社。

11. 朱洪发，张渝昌等，1990，论浙皖赣闽地区早古生代盆地沉积特征及其构造环境。石油实验地质，12（2）：121—134。

12. 陈均远，1983，中国志留纪头足类序列及地理分区。见：《中国古生物地理区系》，43—47页，科学出版社。

13. C. H. Holland，1985，志留系统和阶的划分（中译文，1987）。见：《国际地层界线研究新进展》，43—49页。西北大学出版社。

14. 张爱云、伍大茂、郭丽娜等，1987，海相黑色页岩建造地球化学与成矿意义。科学出版社。