第八章　晚古生代地史

一、晚古生代划分及生物界

（一）晚古生代各纪划分和命名

晚古生代是地质历史时期中自400—250Ma前的地史阶段，延续时间达150Ma之久，包括泥盆纪、石炭纪和二叠纪（表8—1—1）。泥盆纪（Devonian）一名由莫企逊和薛知微（1839）创建于英国西南部德文郡（Devonshire），Devon日文片假名音译为“泥盆”，我国引用，时限为400—350Ma。

石炭纪（Carboniferous）是地质历史中地球上首次出现大规模森林和最早的广泛成煤时期，1822年由康尼拜（R.D. Conybeare）和菲利普（W.Phillips）根据英格兰北部含煤地层而命名，时限为350—285Ma。由于石炭纪延续时限较长，且早、晚石炭世的生物群和地史特征差异明显。因此在欧洲将早石炭世称为狄南纪（Dinantian），晚石炭世称为西里西亚纪（Silesian）；在北美则分别称为密西西比纪（Mississipian）和宾夕法尼亚纪（Pennsylvanian）。我国以往将石炭纪分为早、中、晚三个世，近年也采用二分方案。

二叠纪一名来自德文Dyas一词的意译，德国南部由下部赤底群（Rotliegendes）红色碎屑岩和上部镁灰岩群（Zechstein）组成，马尔谷（J.Marcou）于1859年根据其两分性命名为二叠系（Dyas）。但由于早在1841年莫企逊在乌拉尔山西坡彼尔姆（Perm）一带，将相当于二叠系的地层命名为Permian系，因而1937年的国际地质会议正式采用Permian一名，我国仍译为二叠纪，时限为285—250Ma。近年国际上已出现将二叠纪三分的方案。

表8—1—1　晚古生代划分方案比较表

	国际通用		欧洲	北美
250Ma				
二叠纪	晚二叠世	晚二叠世		
	早二叠世	中二叠世		
		早二叠世		
285Ma				
石炭纪	晚石炭世		西里西亚纪	宾夕法尼亚纪
	早石炭世		狄南纪	密西西比纪
350Ma				
泥盆纪	晚泥盆世 中泥盆世 早泥盆世			
400Ma				

（二）晚古生代地史特征概述

晚古生代是重要地壳运动——加里东运动之后新的地史发展阶段，无论在全球板块构造配置、海陆分布、沉积特征和生物演化方面均具有显著特点。

晚古生代是陆生生物大发展的新阶段。晚志留世至泥盆纪早期的裸蕨类，是生长于近水地区的一种半陆生植物，泥盆纪晚期乔木型陆生植物已占相当优势，并可形成小型森林，标志植物界已完成了脱离水体的变革，是生物发展史上的重要事件。石炭纪晚期，由于气候分异明显，植物界为适应不同气候条件亦发生了纬度分带的现象。至此，植物界完成了征服大陆不同气候环境的历史过程。晚二叠世开始，全球许多地区裸子植物兴起并先后占据主导地位，预示着植物的演化已率先进入中植代（Mesophytic）阶段。

陆生脊椎动物中的鱼类和两栖类，在晚古生代得到重大发展。泥盆纪鱼类极为繁盛，晚泥盆世出现了鱼类向两栖类的转变，标志着动物界征服陆地的开始。石炭、二叠纪两栖类空前大发展，晚石炭世起原始爬行类开始出现，从而完全摆脱了对水体的依赖，真正完成了动物界征服陆地的历史过程。晚古生代海生无脊椎动物进入了新的发展阶段，其中以腕足类中的石燕贝类和长身贝类，三带型四射珊瑚，筵类和棱角菊石类的繁盛为特征。总之，晚古生代期间各门类生物繁荣昌盛，地层中化石丰富，为进行生物演化、生物地层学、古环境和化石燃料等方面研究提供了可靠的信息。

晚古生代的全球气候分带逐渐明显，反映不同气候特征的沉积、生物标志也丰富多样。最令人注目的是晚石炭世至早二叠世，冈瓦纳大陆主体处于南半球高纬度带，形成了地质历史上著名的冈瓦纳大陆冰盖和广泛分布的冰碛物，仅据巴西境内统计其覆盖面积已超过 $4\times10^6km^2$。在热带、亚热带低纬度区，常形成大型的生物礁和介壳滩，对油、气的聚集和多金属矿产的形成提供了有利条件。在陆上暖热潮湿气候区，滨海沼泽规模宏大，首次出现高大热带丛林，形成地史上第一个重要聚煤期。在干旱气候条件下则有利于盐类矿产的形成。

晚古生代期间，全球板块构造格局发生了历史性变化。随着各古大陆板块的运动及其相互间的复杂碰撞作用，造成了一系列古海域闭合消失和大陆面积的明显增加。终于在二叠纪末形成了全球规模的联合古陆基本轮廓，标志着地壳构造进入新的发展阶段。

（三）晚古生代生物界

1. 脊椎动物登陆与演化

泥盆纪鱼类特别繁盛，可称为鱼类的时代。它们主要生活在河流、湖泊或河口地区，鱼类的繁盛是动物征服大陆的启始标志。早泥盆世的鱼类以无颌类为主，它们的“头部”披着骨板组成的骨甲，没有上、下颌的分化，是一类很低等的鱼形动物，如我国常见的多鳃类（图 8—1—2，2）。中、晚泥盆世以盾皮鱼类中的节颈目及胴甲目为主，其前部虽然仍有骨甲，但其上、下颌已分化，如 *Bothriolepis*（沟鳞鱼，图 8—1—2，16）。晚泥盆世的总鳍鱼类（图 8—1—1，1），具有强大的肉鳍，既能用鳃呼吸又能用肺呼吸，从而逐渐演化成两栖类，这是动物征服大陆过程中迈出的巨大一步，格陵兰东部上泥盆统顶部发现的个体长约一米的 *Ichthyostega*（鱼石螈，图 8—1—1，2），就是这种原始两栖类的代表。

早石炭世起两栖类蓬勃发展，其中一支称为迷齿类，牙齿具有迷路构造，由于它具有

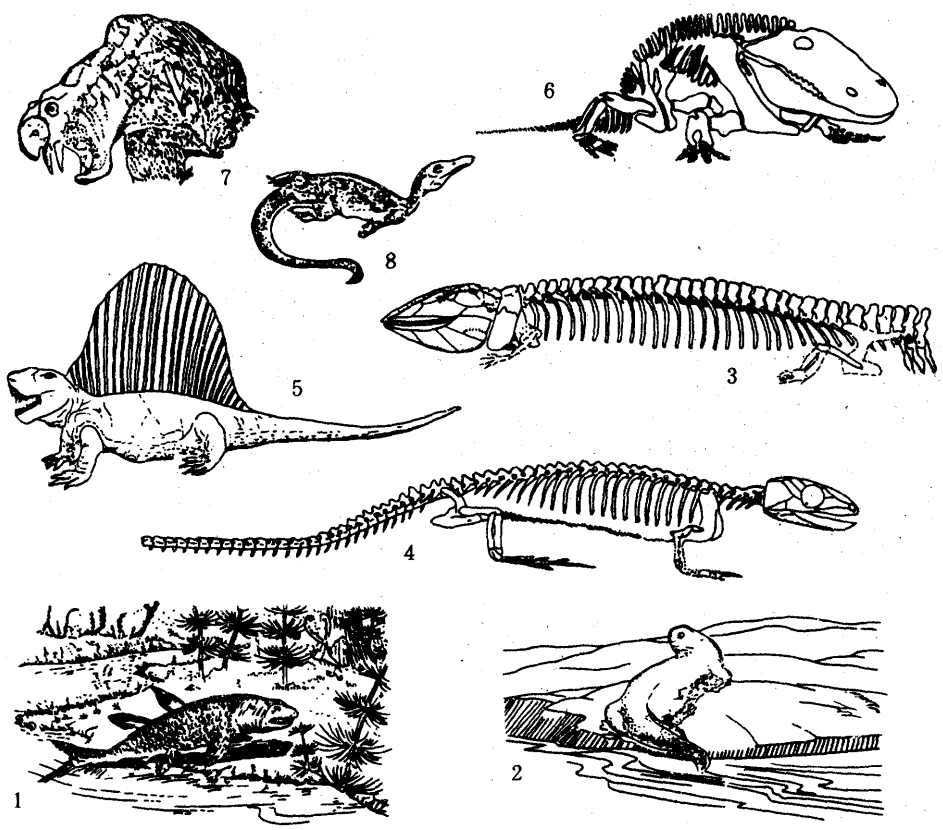


图 8—1—1　晚古生代脊椎动物

1—总鳍鱼类真掌鳍鱼（*Euthenopteron*）D_3 复原图
2—最早的原始两栖类鱼石螈（*Ichthyostega*）D_3 复原图
3—石炭纪的典型两栖类始螈（*Eogyrinus*）C_1
4—已知最早的爬行动物林蜥（*Hylonomus*）C_2
5—背部具帆状结构的异齿龙（*Dimetrodon*）P
6—高级两栖类曳螈（*Eryops*）的骨骼 P
7—二齿兽（*Dicynodon*）P_2
8—最古的水生爬行类中龙（*Mesosaurus*）P_1

坚实的头骨，又可称为坚头类，其肢骨构造原始，只能匍匐行进，生活于沼泽、河湖地带。石炭纪晚期，原始爬行类出现，这是脊椎动物演化史上又一次飞跃，其标志是通过陆生羊膜卵的方式在陆上繁殖后代。从此，陆生脊椎动物的个体生活摆脱了对水体的依赖，适应更加广阔的陆上生态领域，可以北美发现的 *Hylonomus*（林蜥，图 8—1—1，4）为代表。

二叠纪时迷齿类中的块椎类占优势，可以 *Eryops*（曳螈，曾译为蚓螈，图 8—1—1，6）为代表，其体长 1.8m 以上，脊椎骨异常坚强，与现代鳄类的生活习性相似，是两栖动物进化中的高级阶段代表。原始爬行类，其类型也更多样，较著名的是背部具帆状脊椎棘的盘龙类，主要发现于北美地区，可以 *Dimetrodon*（异齿龙，图 8—1—1，5）为代表。兽孔类中的二齿兽类，在二叠纪中、晚期至三叠纪由于演化迅速、遍布世界各大洲，而成为陆相地层中的重要化石，以 *Dicynodon*（二齿兽，图 8—1—1，5）为代表。此外，钜齿龙类中的 *Shihtienfenia*（石千峰龙）在中国山西已有发现。适应于淡水、河口一带水中生活的爬行类，形态特化，如 *Mesosaurus*（中龙，图 8—1—1，8），在南非和巴西早二叠世

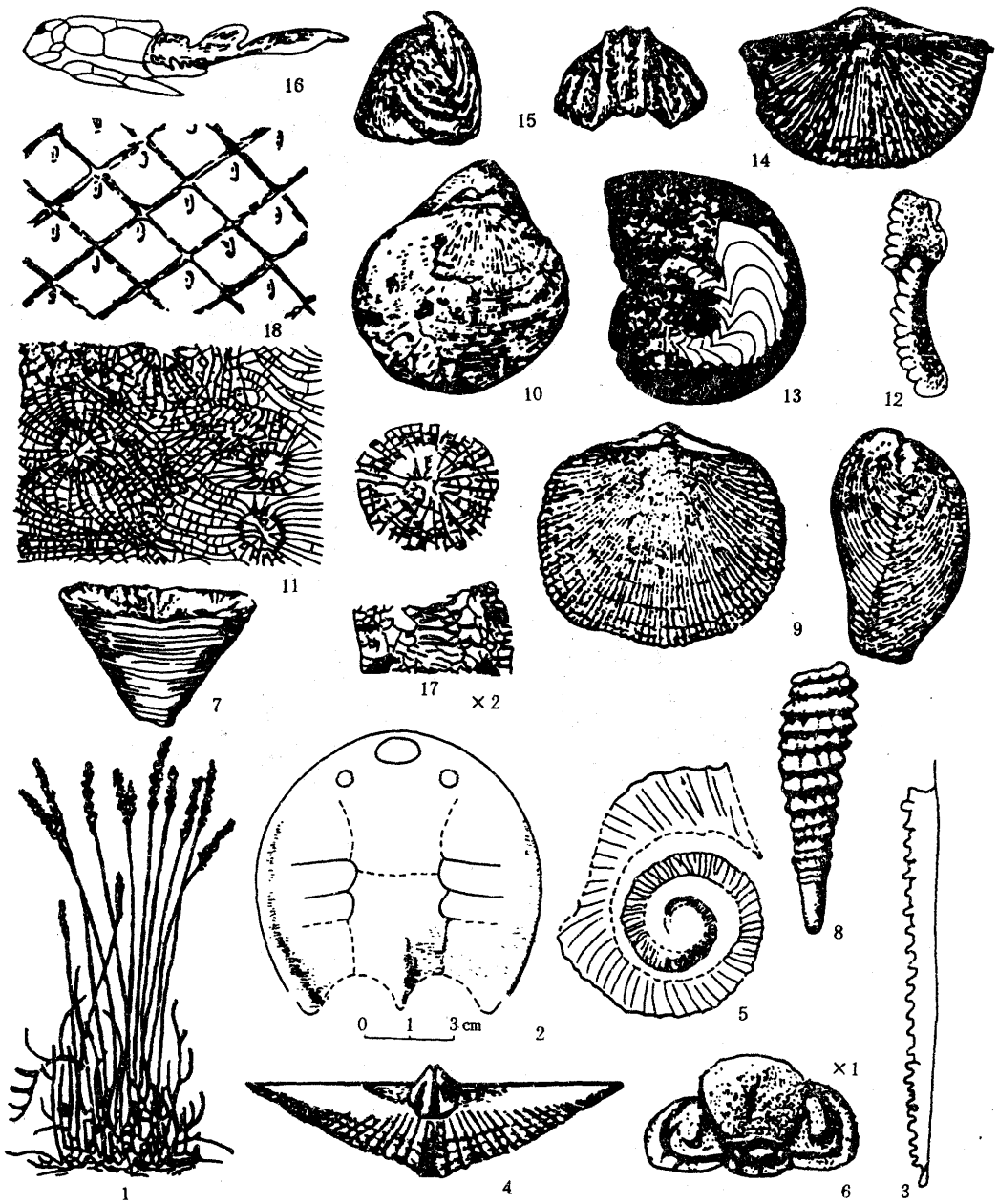


图 8—1—2　泥盆纪化石

1—*Zosterophyllum sinensis*(中国工蕨)D_1
2—*Polybranchiaspis zhanyiensis*(沾益多鳃鱼)D_1
3—*Monograptus uniformis*(等宽单笔石)D_1
4—*Euryspirifer paradoxus*(奇异阔石燕)D_1
5—*Anetoceras recticostatum*(直肋松旋菊石)D_1
6—*Phacops guangxiensis*(广西镜眼虫)D_1
7—*Calceola sandalina*(草履拖鞋珊瑚)D_{1-2}
8—*Nowakia cancellata*(格子塔节石)D_1
9—*Atrypa desquamata*(剥鳞无洞贝)D_{2-3}
10—*Stringocephalus obesus*(肥厚颚头贝)D_2
11—*Phillipsastraea hennahi*(汉纳费氏星珊瑚)D_2
12—*Polygnathus*(多颚刺)D_{1-3}
13—*Manticoceras intumensis*(膨胀尖棱菊石)D_3
14—*Cyrtospirifer chinensis*(中国弓石燕)D_3
15—*Yunnanellina hanberyi*(汉伯小云南贝)D_3
16—*Bothriolepis* sp.(沟鳞鱼)D_{2-3}
17—*Disphyllum caespitosum*(草皮状分珊瑚)D_3
18—*Leptophloeum rhombicum*(斜方薄皮木)D_3

地层中均有发现，可作为这两个大陆在地史上曾经相连的证据。

2. 陆地森林出现和植物分区

生物征服大陆不仅表现在动物界，也表现在植物界。晚志留世已繁盛的裸蕨类，在早、中泥盆世进一步得到发展，是当时最占优势的陆生植物，但还没有真正的根和叶，仅生长于滨海沼泽等近水地区，主要代表为 *Zosterophyllum*（工蕨，图 8—1—2，1）。早泥盆世晚期至中泥盆世，开始逐渐出现根、茎、叶分化明显的原始石松类及有节类，如 Protolepidodendron（原始鳞木），多数为草本植物，部分是灌木。晚泥盆世裸蕨类灭绝，除原始石松类仍繁盛外，还有真蕨类，如 Archaeopteris（古蕨）和原始裸子植物，乔木植物占据优势，已形成小规模森林。说明植物界适应陆地环境的能力增强。

石炭纪，陆生植物进一步繁盛，并逐渐占据内陆腹地，地球上首次出现大规模森林，以石松、节蕨、真蕨、种子蕨和科达类为主。早石炭世有 *Archaeocalamites*（古芦木）为代表。晚石炭世有 *Neuropteris gigantea*（大脉羊齿）、*N. ovata*（卵脉羊齿，图 8—1—3，9）和 *Linopteris brongniartis*（短网羊齿，图 8—1—3，8）等植物群。

二叠纪早期仍以高大的石松、节蕨、科达类及真蕨、种子蕨类为主。中国大部分地区内早二叠世以 *Cathaysiopteris*（华夏羊齿，图 8—1—4，7）及 *Gigantonoclea*（单网羊齿）等较常见。晚二叠世早期以 *Lobatannularia*（瓣轮叶，图 8—1—4，6）和 *Gigantopteris*（大羽羊齿，图 8—1—4，3）最为繁盛。二叠纪晚期裸子植物占据了主导地位，松柏和苏铁类十分繁盛，华南地区发现的 *Ullmannia*（鳞杉，图 8—1—4，18）可为代表，已显示出中生代植物群面貌。西欧地区由于干旱气候出现较早，晚二叠世起即已进入中植代阶段。

需要指出，石炭纪中期发生的重要构造运动导致联合古陆开始形成、地势分异增强、气候分带加剧和大冰期出现。晚石炭世起陆生植物的种类、数量及所占空间领域均有重要发展，在古气候带的影响下开始呈现明显的植物地理分区（图 8—1—5）。在赤道附近的低纬度带为热带—亚热带植物区，包括中国大部、日本、印尼苏门答腊、中亚、欧洲及北美东部，以高大的石松、节蕨和科达类繁盛为特征，还有多种真蕨和种子蕨。树高林密，郁郁葱葱，形成热带丛林景观，其中鳞木高达 30—40m，直径粗达 2m，树干不显年轮。北亚及我国新疆北部—东北北部地区，有草本的真蕨、种子蕨和见到清晰年轮的木本乔木类，以 *Neoggerathiopsis*（匙叶，图 8—1—3，17）等为代表，反映北温带气候特征，称为安加拉植物区。以冈瓦纳大陆为中心，发育以 *Glossopteris*（舌羊齿，图 8—1—3，10）为代表的冈瓦纳植物区，在我国西藏珠穆朗玛峰北坡及拉萨等地均已发现。舌羊齿是一种特化了的乔木状种子蕨（可高达 6m），但种类单调，反映为南半球中、高纬度较寒冷气候带。二叠纪时，热带—亚热带植物区内明显地分化为华夏（Cathaysian）和欧美（Euramerian）两大植物区，前者包括东亚和东南亚地区，以著名的大羽羊齿植物群的繁盛为特征，后者包括欧洲及北美东部，则完全不见大羽羊齿植物群的踪迹。新疆塔里木北缘早二叠世植物群具欧美区特征，晚二叠世则发生安加拉区分子入侵，土耳其中部安纳托利地区存在华夏和冈瓦纳区分子混生现象，都具有重要地质意义。

3. 海生无脊椎动物的发展及生物区系

晚古生代的海生无脊椎动物与早古生代相比，也发生了巨大变化。早古生代繁盛的笔石几乎完全绝灭，三叶虫也大量减少，而珊瑚、腕足、筵类和菊石大量繁盛并占据了重要

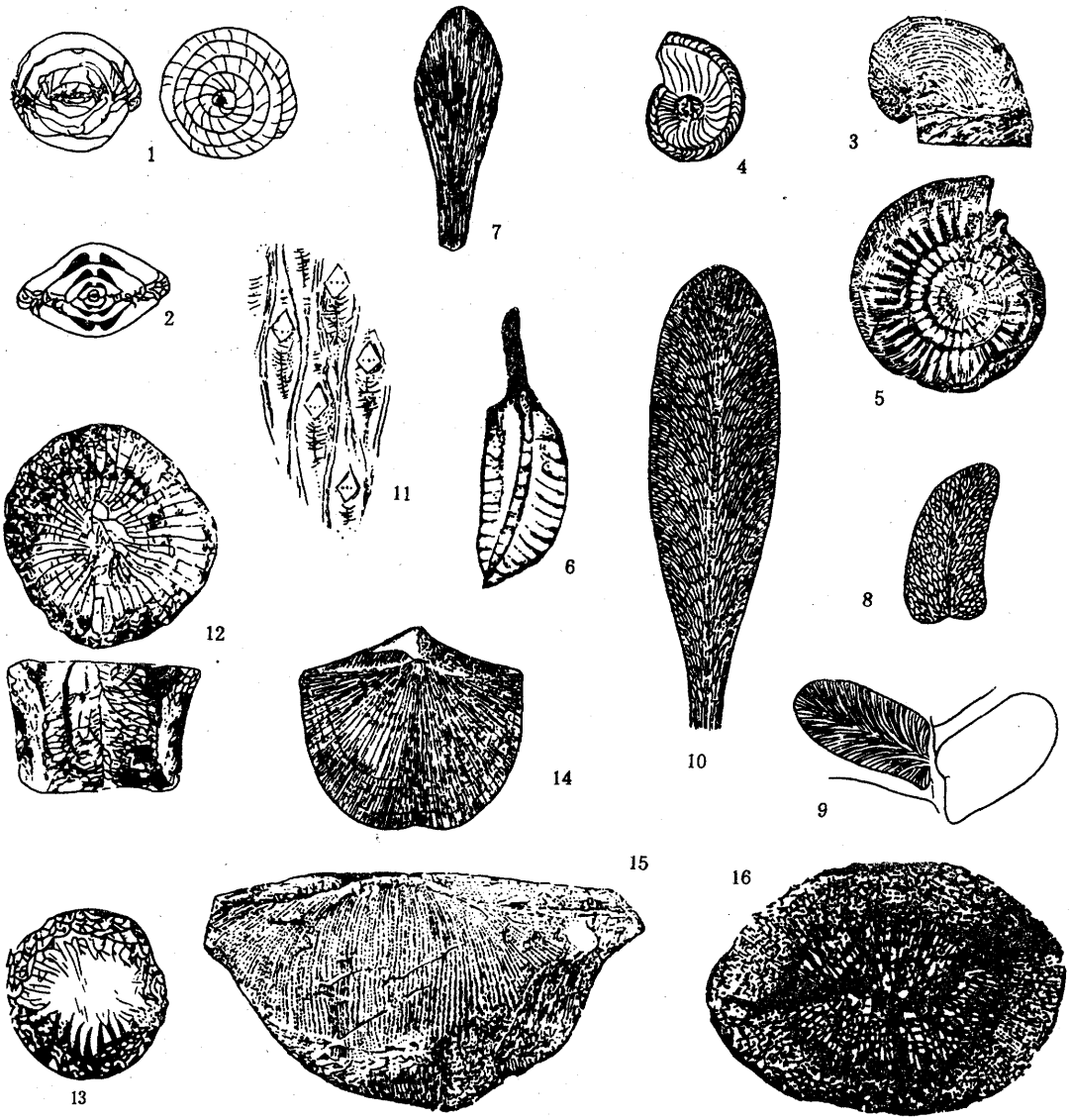


图 8—1—3　石炭纪化石

1—*Sphaeroschwagerina moelleri*(缪氏球希瓦格筵)C_2
2—*Fusulinella bocki*(薄克氏小纺锤筵)C_2
3—*Dictyoclostus taiyuanfuensis*(太原府网格长身贝)C_2
4—*Eumorphoceras*(真形菊石)C_2
5—*Branneroceras peronatum*(靴形布朗菊石)C_2
6—*Siphonodella sulcata*(槽管牙形刺)C_1
7—*Noeggerathiopsis hislopi*(匙叶)C—P
8—*Linopteris brongniartii*(短网羊齿)C_2^1
9—*Neuropteris ovata*(卵脉羊齿)C_2
10—*Glossopteris*(舌羊齿)C_2—T_1
11—*Lepidodendron posthumii*(博茨须鳞木)C_2
12—*Yuanophyllum kansuense*(甘肃袁氏珊瑚)C_1
13—*Pseuduralinia tangpakouensis*(汤耙沟假乌拉珊瑚)C_1
14—*Choristites mosquensis*(莫斯科分喙石燕)C_2
15—*Gigantoproductus*(大长身贝)C_1
16—*Kueichouphyllum sinense*(中国贵州珊瑚)C_1

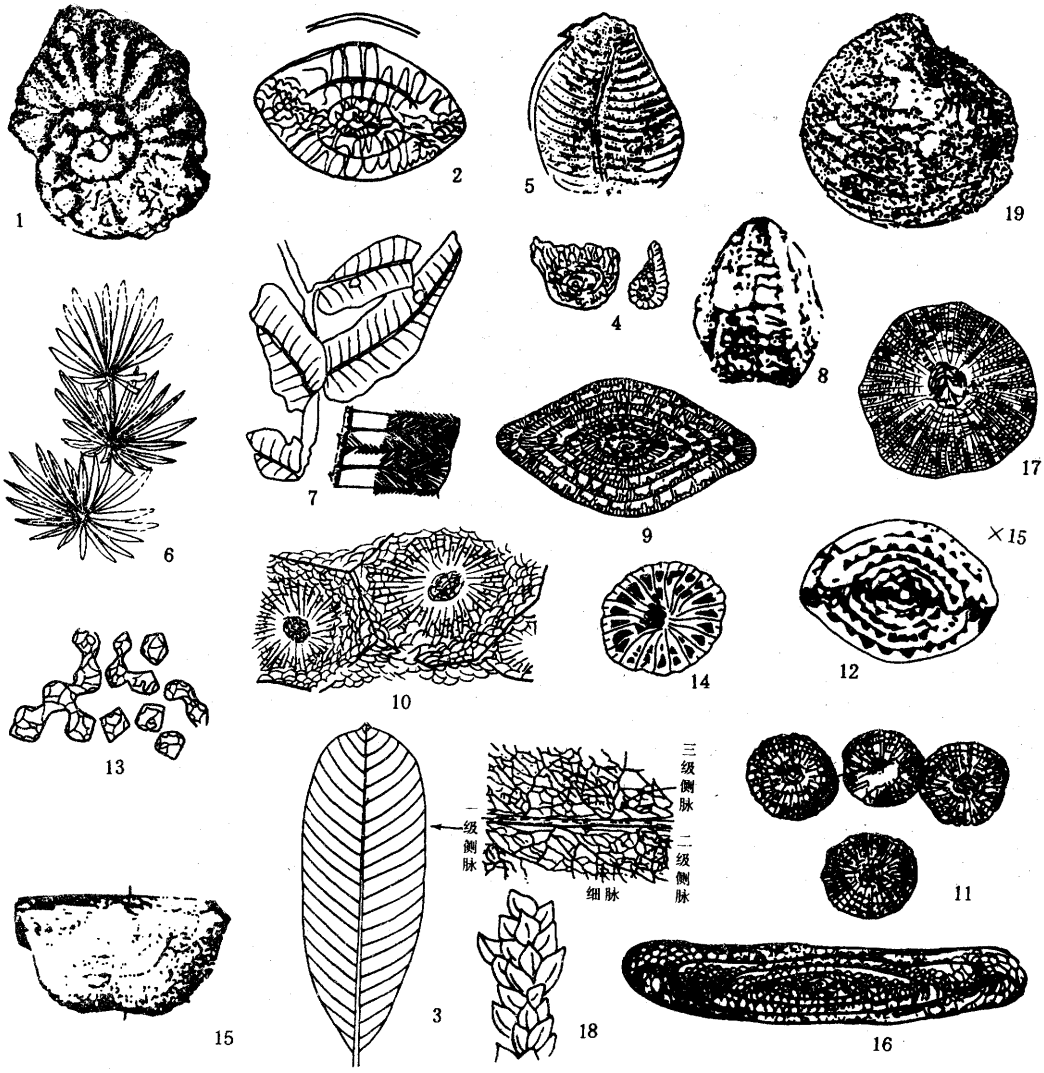


图 8—1—4　二叠纪化石

1—*Pseudotirolites asiaticus*(亚洲假提罗菊石)P_2

2—*Palaeofusulina prisca*(原始古纺锤筵)P_2

3—*Gigantopteris nicotianaefolia*(烟叶大羽羊齿)P_2

4—*Codonofusiella*(喇叭筵)P_2

5—*Leptodus nobilis*(美丽蕉叶贝)P_2

6—*Lobatannularia sinensis*(中国瓣轮叶)P_2

7—*Cathaysiopteris whitei*(怀特华夏羊齿)P_1

8—*Spiriferella persaranaeana*(似超扫帚小石燕)P_1

9—*Neoschwagerina craticulifera*(网格新希瓦格筵)P_1

10—*Wentzellophyllum volzi*(服尔兹拟文采尔珊瑚)P_1

11—*Waagenophyllum indicum*（印度卫根珊瑚）P_1

12—*Misellina claudiae*（喀劳得米斯筵）P_1

13—*Hayasakaia elegantula*（雅致早坂珊瑚）P_1

14—*Lytvolasma*（厚壁珊瑚）P

15—*Yakovlevia mamatiformis*（乳房形雅可夫列夫贝）P_1

16—*Monodiexodina kattaensis*（卡特单通道筵）P_1

17—*Iranophyllum splendens*（华丽伊朗珊瑚）P_1

18—*Ullmannia* cf. *bronnii*（勃氏鳞杉比较种）P_2

19—*Eurydesma cardatum*（心形宽铰蛤）C_3—P_1

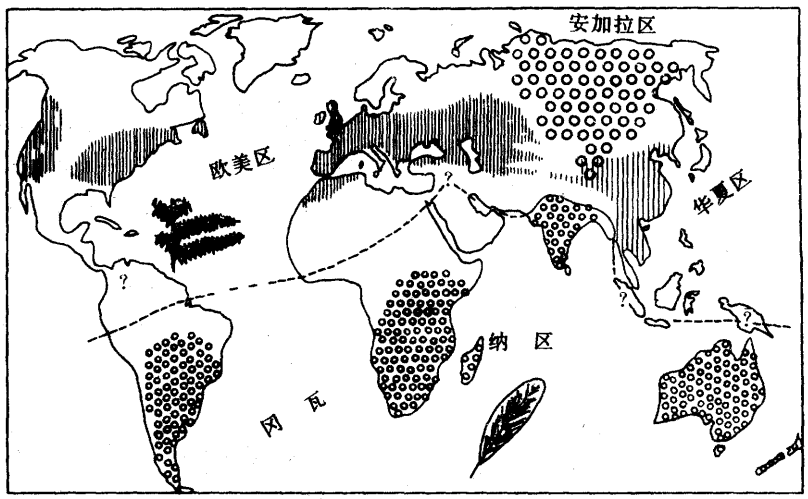


图 8—1—5 石炭、二叠纪世界古植物分区图

(据 W.G.Chaloner & S.V.Meyen,1973; E.P.Plumstead,1973)

位置,在生物地层学研究中起着显要作用。

腕足类在泥盆纪以石燕贝类特别发育,早、中泥盆世以具有展翼状外形和完好的中隆和中槽为特征,如 *Euryspirifer paradoxus*(奇异阔石燕,图 8—1—2,4),晚泥盆世则展翼较短,中槽和中隆内有放射线如 *Cyrtospirifer*(弓石燕,图 8—1—2,14),除石燕类外,中泥盆世后期的穿孔贝类 *Stringocephalus*(鸮头贝,图 8—1—2,10),晚泥盆世的小嘴贝类 *Yunnanellina*(小云南贝,图 8—1—2,15)都很重要。扭月贝类及无洞贝类在泥盆纪仍相当繁盛,如 *Atrypa*(无洞贝,图 8—1—2,9)。石炭纪和二叠纪以长身贝类的繁盛和石燕贝类及扭月贝类继续发展为特征,其中尤以长身贝类最为重要。早石炭世有 *Eochoristites*(始分喙石燕)、*Gigantoproductus*(大长身贝,图 8—1—3,15)。晚石炭世以 *Choristites*(分喙石燕,图 8—1—3,14)和 *Dictyoclostus*(网格长身贝,图 8—1—3,3)较为常见。二叠纪则以网格长身贝和极其繁荣的特化类型 *Leptodus*(蕉叶贝,图 8—1—4,5)和 *Oldhamina*(欧姆贝)等最为显要,其他还有石燕贝类等。

珊瑚类在晚古生代期间极度繁盛,尤其是四射珊瑚出现了三期发展高潮。泥盆纪是四射珊瑚发展的第一高潮期,表现在属种繁多,构造多样,以泡沫型和双带型四射珊瑚为主,特别是中泥盆世晚期和晚泥盆世早期更为繁盛,常形成珊瑚礁,主要代表有 *Calceola*(拖鞋珊瑚,图 8—1—2,7)、*Phillipsastraea*(费氏星珊瑚,图 8—1—2,11)和 *Hexagonaria*(六方珊瑚)。早石炭世是四射珊瑚发展的第二高峰期,除双带型外,新出现大量具有轴部构造的三带型珊瑚,具有重要的分带意义,主要代表有 *Pseudouralinia*(假乌拉珊瑚,图 8—1—3,13)、*Thysanophyllum*(泡沫柱珊瑚)、*Yuanophyllum*(袁氏珊瑚,图 8—1—3,12)和 *Kueichouphyllum*(贵州珊瑚,图 8—1—3,16)。晚石炭世,四射珊瑚显著减少,一般以具简单的或模糊的轴部构造为特征。早二叠世四射珊瑚再度繁盛,以三带型复体珊瑚最为重要,形成晚古生代阶段的第三个发展高潮期,也是古生代的最后一次大规模造礁期。主要代表有 *Wentzellophyllum*(拟文采尔珊瑚,图 8—1—4,10)、*Waagenophyllum*(瓦冈珊瑚,图 8—1—4,11)和 *Iranophyllum*(伊朗珊瑚,图 8—1—4,8),在中高纬度冷温水域则有小型单体四射珊瑚 *Lytvolasma*(厚壁珊瑚,图 8—1—4,14)等。床板珊瑚在晚古生代亦很重要,早石炭世的

Syringopora（笛管珊瑚）、晚石炭世的 *Chaetetes*（刺毛珊瑚）和早二叠世的 *Hayasakaia*（早坂珊瑚，图 8—1—4，13）等都是重要标准化石。晚二叠世珊瑚类大量减少，已不具重要地层意义。二叠纪末四射珊瑚和床板珊瑚全部灭绝。

有孔虫类在石炭纪和二叠纪极其繁盛，早石炭世非蜒有孔虫类极盛，主要代表有 *Endorhyra*（内卷虫）等，从晚石炭世起，蜒类突发性迅速兴起，成为重要分带化石，晚石炭世早期的蜒一般个体小，旋壁为三或四层式，以 *Pseudostaffella*（假史塔夫蜒）、*Fusulinella*（小纺锤蜒，图 8—1—3，2）和 *Fusulina*（纺锤蜒）为代表。晚石炭世晚期蜒类个体较大，旋壁出现蜂巢层，以 *Triticites*（麦粒蜒）为代表。*Sphaeroschwagerina*（球希瓦格蜒，图 8—1—3，1）在国际上已被归属早二叠世初期。早二叠世中期蜒类演化达到全盛期，以壳体大，旋向沟或拟旋脊、列孔发育以及副隔壁的出现为重要特征，主要代表有 *Parafusulina*（拟纺锤蜒）、*Misellina*（米斯蜒，图 8—1—4，12）和 *Neoschwagerina*（新希瓦格蜒，图 8—1—4，9）等。晚二叠世蜒类渐趋衰亡，残存的少数代表不仅个体重新变小，旋壁也变薄仅有致密层和透明层，如 *Palaeofusulina*（古纺锤蜒，图 8—1—4，2）等；甚至形体有特化现象，最后壳圈不再包卷，如 *Codonofusiella*（喇叭蜒），二叠纪末期蜒类完全绝迹。

菊石类在晚古生代也相当繁盛，其中以具棱菊石型缝合线的棱角菊石类尤为重要，形成泥盆纪至早二叠世世界性标准化石和地层的分阶化石。早泥盆世的 *Anetoceras*（松旋菊石，图 8—1—2，5），晚泥盆世的 *Manticoceras*（尖棱菊石，图 8—1—2，13），早石炭世的 *Eumorphoceras*（真形菊石，图 8—1—3，4）、晚石炭世的 *Schistoceras*（裂叶形菊石）以及早二叠世的 *Kufengoceras*（孤峰菊石）等都是重要代表。晚二叠世，以具齿菊石型缝

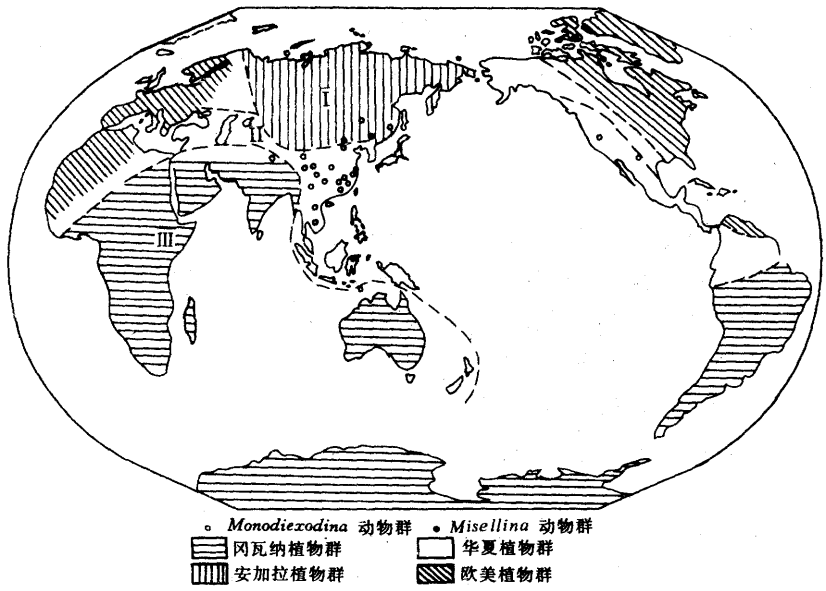


图 8—1—6　二叠纪海生生物分区及植物群分布图

（据盛金章、王玉净，1981，补充）

Ⅰ—北方生物区；Ⅱ—古特提斯生物区；Ⅲ—南方生物区

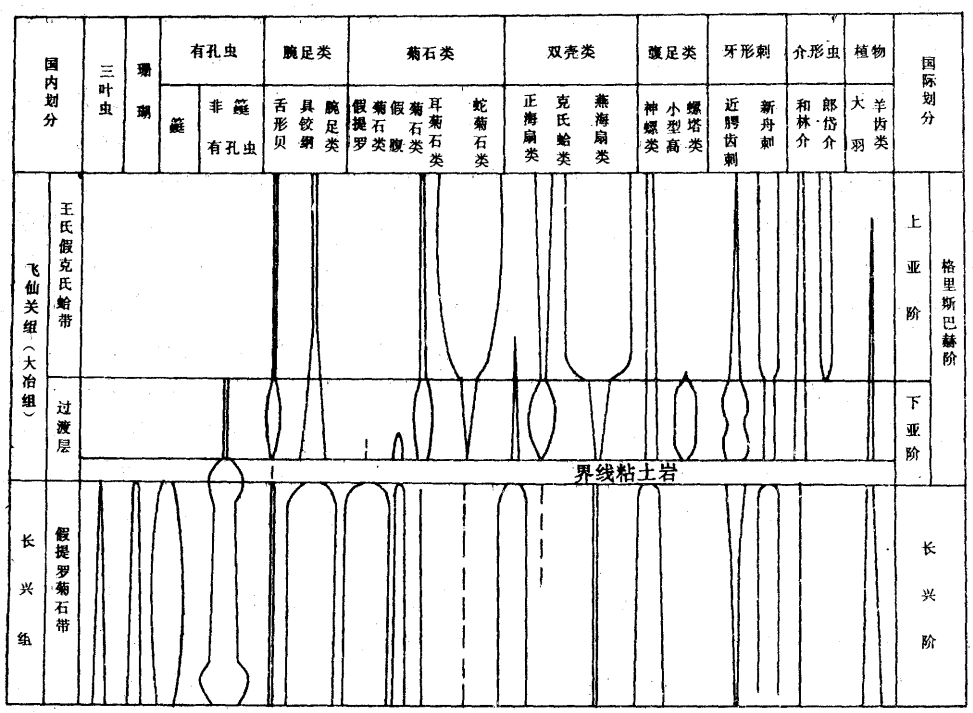


图 8—1—7　华南二叠—三叠系界线附近生物更替示意图

（据殷鸿福等，1984）

合线的为特征，可以 *Pseudotirolites*（假提罗菊石，图 8—1—4，1）为代表。

此外，层孔虫、竹节石、牙形类在晚古生代期间都有重要发展，其中层孔虫营固着底栖生活，常与珊瑚、苔藓虫等一起形成生物礁。竹节石则常与菊石类一起，或分别单独保存在特殊的以硅质岩为主的地层中，代表浮游相生物组合，指示深水或海流不畅的缺氧滞流环境。

晚古生代的海生无脊椎动物的分布，显示了明显的地理分区（图 8—1—6）。西欧、北美东部、哈萨克斯坦、澳大利亚和我国大部地区，海生生物繁盛，生物的丰度和分异度均较高，常见珊瑚、苔藓虫、层孔虫、海绵等造礁生物以及大量腕足及筵类，组成了暖水生物群，构成了古特提斯生物大区，代表低纬度区热带—亚热带气候，恰好与欧美-华夏植物区一致。北亚、我国新疆北部至东北北部，生物群分异度较低，不见特提斯型生物，缺乏生物礁，泥盆纪时常见小型单体珊瑚，二叠纪则以腕足类 *Yakovlevia*（雅可夫贝，图 8—1—4，15）、*Spiriferella*（小石燕，图 8—1—4，8），筵类 *Monodiexodina*（单通道筵，图 8—1—4，16）和 *Uraloceras*（乌拉尔菊石）动物群组合为特征，代表北方海域的温凉水动物群，称之为北方生物大区，与北温带安加拉植物区范围一致。南方冈瓦纳地区，包括南美洲、非洲、印度、澳大利亚、新西兰和藏南、滇西等地不发育造礁生物，石炭、二叠纪以小型单带型单体珊瑚 *Lytvolasma*（厚壁珊瑚，图 8—1—3，14）和厚壳双壳类 *Eurydesma*（宽铰蛤，图 8—1—4，19）为代表的动物群，构成了冷水型动物群组合，显

示了该区属南半球中、高纬度寒凉气候区，与舌羊齿植物区位置相当，称为南方生物大区。

4. 二叠纪末期生物灭绝事件

晚古生代生物演化中的一个重大事件，是二叠纪末海生生物出现大规模的群集灭绝（图 8—1—7）。有人统计，二叠纪末绝灭的生物科数占 60%（T.Schopf，1974），种数减少了 96%，被认为是显生宙以来最大的灾变。绝灭的主要生物是筵类、四射珊瑚、床板珊瑚、三叶虫、笔石、长身贝等。有些生物数量骤减，如具铰合构造的腕足类及海百合等。我国华南地区二叠纪末，除筵类和四射珊瑚等绝灭外，据统计腕足类有 82%的属，菊石有 94%的属，非筵有孔虫有 95%的属亦绝灭，与全球情况吻合。导致如此大规模生物群集绝灭的原因，虽长期以来许多人作过多方面的研究与探讨，但至今仍争论颇大。有人主张地球本身的因素是主要的，如海平面变化造成的海陆变迁、气候的变化、微球粒火山喷发、Ir 异常偏低等。也有人强调地球以外的因素，如中国湖北黄石发现地外溅射物、南非新发现陨击坑等。如果结合二叠纪末期由于板块拼合所造成的联合大陆基本形成、大规模的海退、迅速变化的古气候条件、重要的古地磁极性倒转、可能存在的一些天外因素的影响，以及各门类生物对演变中的环境条件的适应能力等因素作综合考虑，也许能够对引起生物群集绝灭的复杂原因得出令人信服的结论。

二、泥　盆　纪

中国泥盆纪的古地理面貌受加里东运动影响，柴达木地块与华北板块拼合所形成的祁连加里东造山带使二者成为一体。扬子和华夏板块的碰撞形成范围更大的华南板块。以丹凤蛇绿岩为代表的北秦岭洋此时已经闭合而以勉略蛇绿岩为代表的南秦岭有限小洋盆开始形成。泥盆纪形成了华北-柴达木和华南板块相隔不远而又独立发展的局面。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。冈瓦纳板块与扬子板块及羌塘地块之间，泥盆纪很可能已形成了特提斯多岛洋。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深断裂一带，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地史特征

1. 华南板块泥盆系标准剖面及古地理

（1）桂中泥盆系剖面及其分析

华南地区泥盆纪地层分布广泛、类型复杂、研究程度较高。桂中地区泥盆系一直作为我国海相泥盆系的对比标准。其剖面特征如下：

上覆地层　下石炭统　岩关阶

——————间　　断——————

上泥盆统

融县组　灰白色厚层到块状生物和生物屑灰岩、藻屑灰岩、白云质灰岩和白云岩。含腕足类 *Tenticospirifer*、*Yunnanella* 及牙形类 *Palmatolepis* 等　　厚 300—850m

谷闭组 深灰至灰色中到薄层扁豆状灰岩、含硅质条带和团块泥晶灰岩及泥质条带灰岩，含珊瑚 *Temnophyllum* 和菊石 *Manticoceras* 等 厚 76—97m

中泥盆统

东岗岭组 上部深灰色薄层灰岩、硅质条带灰岩和硅质岩；中部灰色中厚层灰岩泥灰岩夹灰绿色薄层泥质页岩或二者互层；下部灰绿色薄层页岩夹灰色中薄层灰岩、泥质灰岩；内含腕足 *Stringocephalus*，珊瑚 *Hexagonaria*、*Temnophyllum* 和牙形类 *Palmatolepis disparilis* 等 厚 129—907m

应堂组 上部灰绿色页岩夹泥灰岩；中部灰色中厚层泥灰岩、泥质灰岩夹厚层灰岩、硅质条带灰岩；下部灰绿色页岩夹灰色薄层灰岩或两者互层；内含大量生物化石，如腕足类 *Xenospinfer fongi*、*Indospirifer extensus*，珊瑚 *Caloeola* 及牙形类等 厚 150—436m

下泥盆统

四排组 灰色中厚层到厚层状生物及生物屑灰岩、白云质灰岩、白云岩，内夹碎屑灰岩，内含珊瑚、层孔虫、腕足类化石，产牙形类 *Polygnathus costatus*、*Po. serotinus* 等 厚 40—920m

郁江组 上部深灰色中薄层硅质条带灰质白云岩、生物屑灰岩泥灰岩及白云岩；中部灰绿到灰黄色泥质页岩、粉砂岩夹灰色泥晶灰岩、泥灰岩，或二者互层；下部灰到灰绿色粉砂岩粉砂质泥岩和泥岩，中夹灰绿色细砂岩；内含腕足类 *Eurysprifer tonkinensis* 及珊瑚、三叶虫 *Phacops* 等 厚 200—1000m

那高岭组 上部灰绿色泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩；中部深灰色中厚层灰岩、泥灰岩和泥岩互层；下部灰绿到黄绿色细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩；内产腕足类 *Orientospirifer wangi*、*Howella*，及少量珊瑚类、双壳类化石 厚 100—1300m

莲花山组 上部紫红色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩，夹疙瘩状含泥灰岩和含砂灰质白云岩，含鱼类 *Yunnanolepis*、双壳类和介形类化石；下部紫红色灰白色砂岩、粉砂岩，交错层理发育，底部为一米左右的砂砾岩，含鱼类化石及腕足类 *Lingula*、介形虫 *Leperditia* 等 厚 320—1000m

～～～～～～～～～～ 角度不整合 ～～～～～～～～～～

下伏地层 中寒武统 浅变质岩

上述剖面分布于广西横县六景和象州大乐一带，代表南华海区正常滨岸—浅海沉积，即“象州型”沉积。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。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 *Lingula* 等。反映干热气候条件下的河湖及滨岸沉积。莲花山组底部砂砾岩厚仅 1m，并不代表造山后的磨拉石沉积，结合相邻云开大山一带地质历史，该区加里东运动很可能发生于奥陶纪晚期，泥盆纪初地势已经不很高峻，但当时全球性海侵事件未能波及本区。那高岭组以细碎屑岩夹灰岩为特色，内有腕足、珊瑚等正常盐度的海相化石。其下部的海相碎屑岩代表了本区泥盆纪海侵的开始，其中部的碳酸盐反映了海侵的进一步扩大，都代表海侵体系域；而上部的碎屑岩又反映出海平面的持续稳定乃至海退，具高水位沉积体系域特征。因此，那高岭组为该区

泥盆系的第一个层序，反映第一次明显的海平面升降旋回。

郁江组总体为碎屑岩向上变少、粒度变细的趋势，反映了海平面持续上升过程中形成的海侵体系域沉积，四排组以厚层台地碳酸盐沉积为特色，代表高水位期的碳酸盐台地沉积。因此自郁江期至四排期为第二个层序。

中泥盆统应堂组泥质沉积又趋增多，以页岩泥灰岩泥质灰岩为主，为海侵体系域的滨浅海沉积。东岗岭组下部由薄层泥灰岩页岩向上变为厚到巨厚层的生物屑灰岩，反映逐渐变为高水位体系域的碳酸盐台地沉积，自应堂组到东岗岭组下部为第三个层序。

东岗岭组上部由下向上薄层灰岩到灰岩夹硅质岩，代表一次新的海侵体系域及饥饿段沉积。上泥盆统谷闭组以厚层含生物灰岩为主，内富含腕足、珊瑚及牙形类化石。为高水位体系域的碳酸盐台地沉积。因此东岗岭组上部到谷闭组为第四个层序。

以上四个层序均属二级超层序性质，并共同组成一个二级超层序组，代表相应大型的二级海平面升降旋回（见图 8—2—1）。

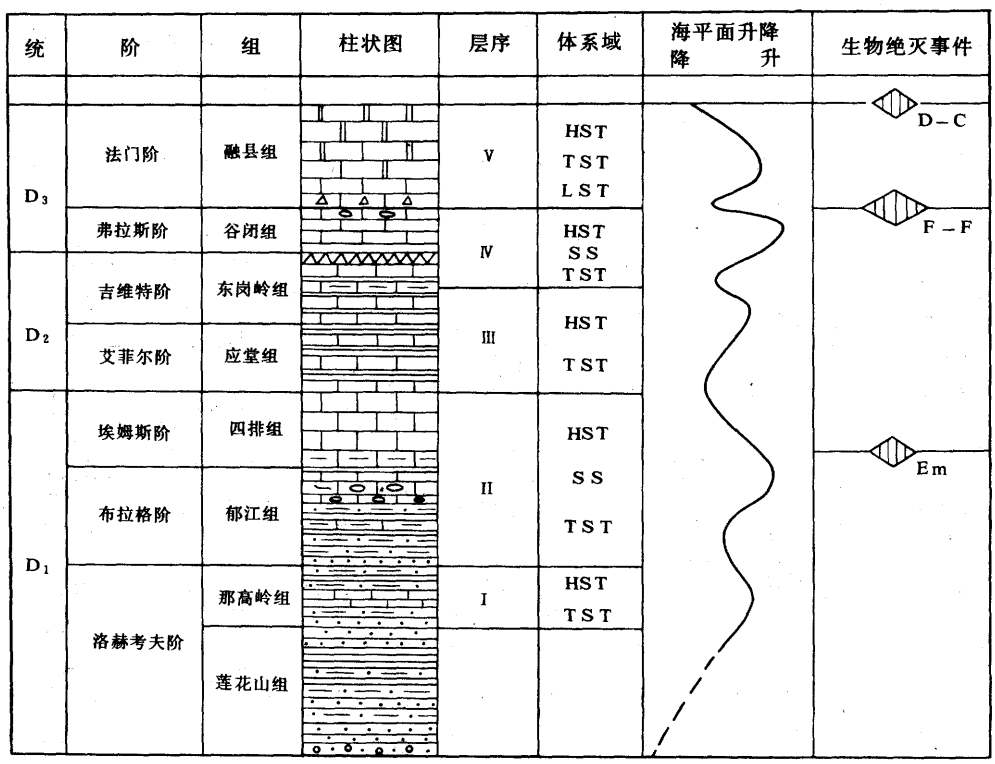


图 8—2—1　桂中泥盆系层序地层、海平面变化及生物绝灭事件

LST—低水位体系域；TST—海侵体系域；HST—高水位体系域

与海平面变化、缺氧事件以及可能的地外天体碰撞造成全球性生物绝灭事件在桂中地区也有明显反映。泥盆系内部至少有 8 次明显的生物绝灭事件，其中特别重要的有：①埃姆斯阶事件（Em 事件），发生于埃姆斯阶内部（四排组下部），以东京石燕动物群的绝灭为标志；②弗拉斯—法门阶事件（F—F 事件），是显生宙以来五大生物绝灭事件之一，反

映在弗拉斯期末大量的珊瑚、层孔虫、腕足、三叶虫、菊石等绝灭，法门期起形成新的动物群，如腕足类小嘴贝类的兴起；③泥盆纪—石炭纪之交生物绝灭事件（D—C 事件），晚泥盆世盛行的海神石、三叶虫 Phacopids（隐头虫类）、盾皮类及无颌类全部绝灭，石炭纪起菊石类、珊瑚类、介形类、牙形类和腕足类都发生了新的辐射。上述事件与海平面变化存在一定联系，如 F—F 事件和 D—C 事件都和层序界面反映的海平面急剧下降一致。F—F 事件和 D—C 事件界线上已发现明显的 Ni、Cr 微球粒和 $\delta^{13}C$ 异常，为外星碰撞成因假说提供了一方面的证据（白顺良等，1987、1994）。

（2）横向变化和古地理

加里东运动之后，东南加里东造山带隆升，扬子板块主体上升为陆。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，华南其它地区均为遭受剥蚀的古陆或山地。南华地区自早泥盆世开始，海侵逐渐由滇、桂向外扩展，尤其在向北东方向最为明显，早泥盆世后期海侵可达湘南一带。中晚泥盆世海侵更加广泛，可达黔中、湘中和赣西一带。早泥盆世后期广西地区开始出现台地（象州型）和台间海槽（南丹型）沉积的分异，这种分异一直持续到晚泥盆世并扩展到湘黔地区。川鄂浅海区中泥盆世也开始海侵，晚泥盆世可能与南北海域相连。下扬子区以近海河湖相沉积为主，中夹海相层，可能与北侧的海槽沟通。

华南地区泥盆系深水沉积见于钦州防城一带（见图 8—2—2），主要岩性为暗色泥岩、

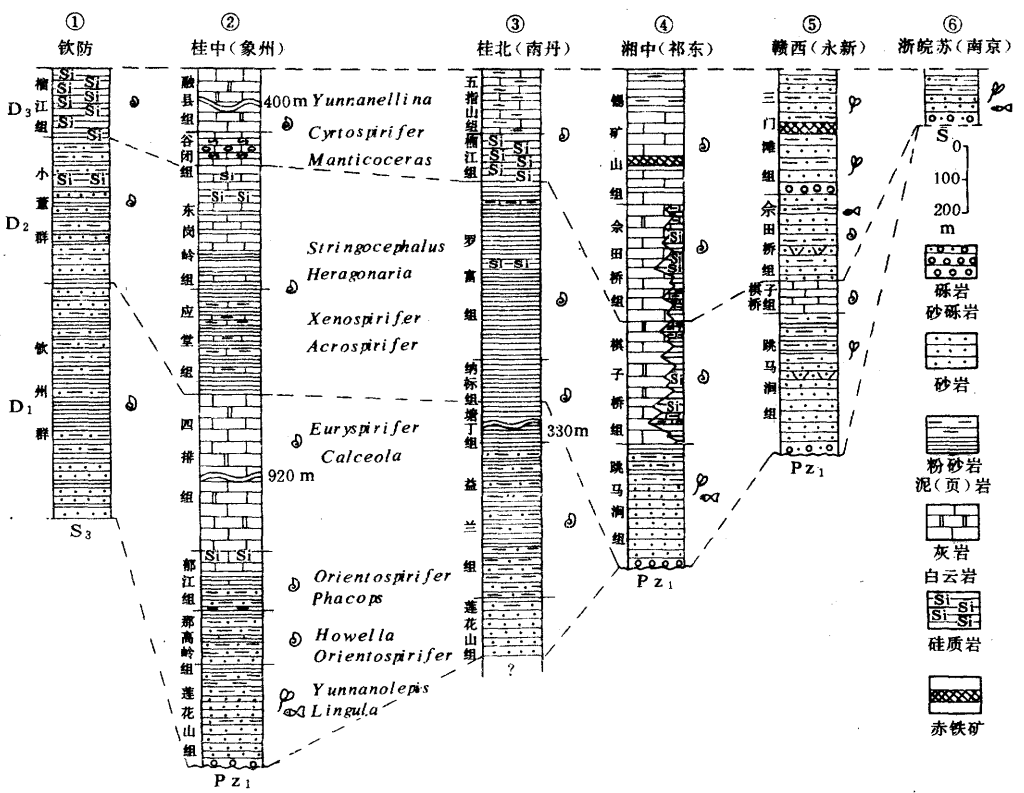


图 8—2—2　华南泥盆系柱状对比图

硅质岩、泥质粉砂岩、含砾泥岩、砂岩及含锰泥岩，内有笔石、竹节石、菊石、介形类、三叶虫等浮游生物。反映为深水海槽环境，显然与华南板块西南侧的古特提斯洋相连。

桂中地区的“象州型”地层以台地碳酸岩盐为主。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、珊瑚、层孔虫、苔藓虫大量繁盛为特色，并有双壳、腹足、头足、三叶虫、棘皮类、厚壳竹节石、介形类、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。

与“象州型”相对应的“南丹型”沉积呈北北东或北西向的带状分布，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（见图 8—2—2）。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，仅有竹节石等游泳生物，说明同沉积拉张裂陷开始活动，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、竹节石及无眼的三叶虫化石，代表较深水滞流贫氧的微型裂陷槽（台内断槽）沉积。

由桂中向东北方向，湘中地区中泥盆统下部跳马涧组以河湖—滨岸碎屑沉积为主，含植物和鱼类化石碎片，中统上部棋子桥组和上统佘田桥组以滨浅海碳酸盐为主，含大量腕足、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，主要形成于棋子桥和佘田桥期。

湘赣交境附近中、上泥盆统以碎屑岩沉积为主，夹灰岩、泥质灰岩及泥灰岩。生物既有海相生物如腕足、棘皮类、珊瑚等，也有陆生的植物和鱼类，反映海陆交错相变的特征。上泥盆统上部的鲕状赤铁矿是华南泥盆纪重要的铁矿层。

江南古陆以北，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* 和鱼类 *Sinolepis*、*Asterolepis* 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碎屑沉积，并见有小型腕足化石，说明晚期有海泛层存在。中扬子区的川东、鄂西及湘西北地区，发育中、上泥盆统，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，内有腕足类 *Cyrtospirifer*、*Tenticospirifer* 及植物化石碎片；上部写经寺组早期以碳酸盐岩为主，夹鲕状赤铁矿、鲕绿泥石和菱铁矿，含腕足 *Yunnanella*、*Yunnanellina* 等；晚期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相沉积为主，晚泥盆世可能和华南海域以及秦岭海槽均有连通。

在华南海盆东缘闽中一带，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。它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。

综上所述，自早泥盆世开始由滇东、钦防等地逐渐向大陆海侵，尤其是向北东向的海侵十分明显，形成明显的地层超覆（图 8—2—3）。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。中泥盆世吉维特期的海侵遍及湘中到赣西地区为第二台阶。晚泥盆世弗

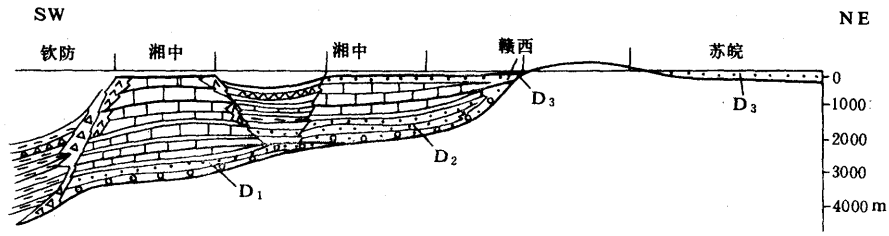


图 8—2—3　华南泥盆纪沉积示意剖面图

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地史特征

华南板块大陆边缘，尤其是西部和北部大陆边缘泥盆系发育良好，二者性质具显著差别（图 8—2—4）。

（1）西缘——古特提斯多岛洋

华南板块西侧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 *Monograptus uniformis* 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，代表了洋盆环境。在该带北部永德铜厂街发现了蛇绿岩并获得 385Ma 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，证明存在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—北澜沧江线以西不复存在，证明该线所代表的古特提斯洋主支对生物阻隔起着重要作用。

（2）北缘——南秦岭海槽

早古生代末期以南丹蛇绿岩为代表的北秦岭洋已经闭合，并沿北秦岭形成一东西向的加里东造山带。造山带南侧为前陆盆地形成的陆棚和深水盆地及重力流的碎屑、泥质和碳酸盐沉积。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，勉略一带发育典型的蛇绿岩套，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，如龙门山、鄂西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道。

（二）华北-柴达木板块及其大陆边缘泥盆纪地史概述

1. 华北-柴达木板块

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准平原状

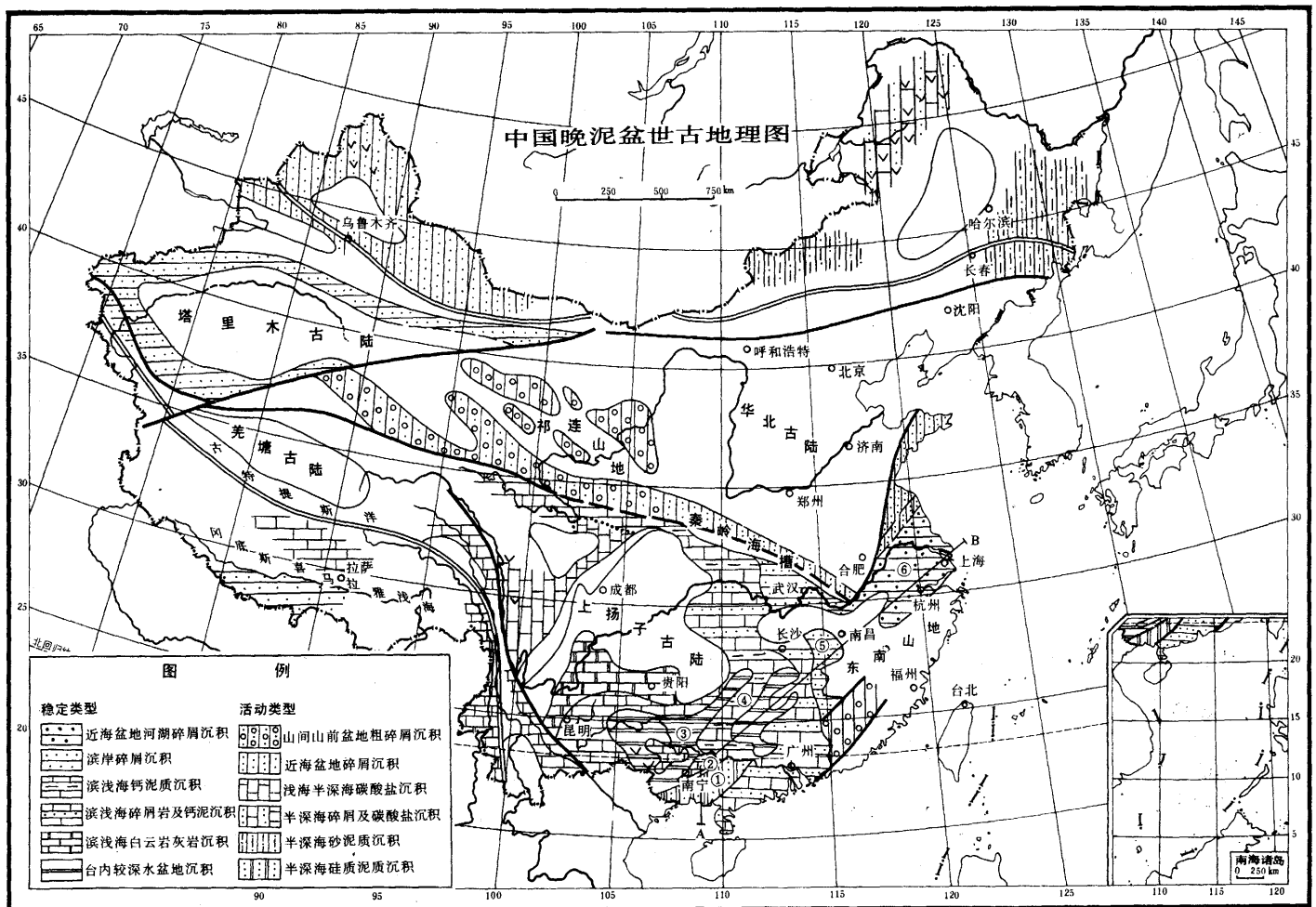


图 8—2—4 中国晚泥盆世古地理图

态。泥盆纪时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，和华南地区甚为相似。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-柴达木板块南缘及北缘

南缘青海布尔汉布达一带泥盆系仅见上统，其下部为紫红至灰绿色安山岩和流纹岩、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。更南到纳赤台为碎屑岩、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。在华北南缘的北秦岭蟒岭一带，零星分布上泥盆统变质石英砂砾岩和片岩，为秦岭加里东造山带山间盆地沉积。

华北-柴达木板块北部大陆边缘泥盆系以碎屑、碳酸盐沉积为主，如内蒙古珠斯楞海尔罕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 *Calceola*、*Tenticospirifer*、*Hexagonaria* 等海相化石，代表华北北缘的被动大陆边缘沉积。

（三）中国其他地区泥盆纪地史概述

1. 塔里木板块

主体在泥盆纪时期已呈古陆状态，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。在板块四周边缘地区有海陆交互和浅海沉积。以板块西北部的柯坪地区为例，下中泥盆统依木干他乌组为砾岩和砂板岩，上泥盆统克孜尔塔格组为棕红色砂岩、粉砂岩夹砾岩；近年由于不同研究者对其中鱼类、几丁虫、牙形类等化石的时代存在不同认识，确切定时尚需进一步厘定。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* 腕足动物群的报道，显示了塔里木和华南两个生物区系之间存在着较密切的联系。

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的格局。南天山独库公路一带已发现晚泥盆至早石炭世放射虫硅质岩、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小洋盆，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. 西伯利亚-蒙古板块南部大陆边缘

新疆北部、内蒙古和兴安岭地区泥盆纪时仍为分隔华北、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*、*Leptaeopyxis*、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-桂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 *Nalivkinella profunda* 等北方型分子，与西拉木伦带以南吉林东部密山地区出现 *Euryspirifer grabaui* 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. 冈瓦纳板块北缘

位于冈马错—丁青一线以南的冈底斯-喜马拉雅地区，为冈瓦纳板块的北部组成部分，泥盆系以稳定的陆棚浅海沉积为主。如珠峰北坡泥盆系为石英砂岩、粉砂岩和泥岩，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、珊瑚、牙形石化石。由此可见，该区由南向北碎屑含量减少，碳酸盐增加，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 *Yunanella* 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主，主要为世界性的生物分子，不含华南特有动物群，鱼类方面出现非海相的异甲类（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。

（四）中国泥盆纪矿产资源

层控多金属矿床 泥盆系是我国层控多金属矿床最重要的含矿层位，通常形成大型超大型矿床，如华南湘粤地区的铅、锌、钨、锡、锑、硫铁矿，秦岭地区的铅、锌、铜、汞、锑及硫铁矿。

铁矿 主要分布于华南海盆边缘海陆交错部位，以湘鄂赣地区上泥盆统“宁乡式鲕状赤铁矿”最为著名。

锰矿 主要分布于华南“南丹型”沉积区，见于上泥盆统榴江组，以菱锰矿、钙菱锰矿为主。

建材、化工原料 华南、秦岭地区的中、上泥盆统，灰岩质地纯，可作为建筑、化工原料。中、下扬子地区中、上泥盆统的云台观组和五通组石英砂岩及滇黔地区中、下泥盆统的纯石英砂岩，均可作为玻璃原料。

旅游地质资源 著名的桂林山水和张家界奇峰峭壁即由泥盆纪碳酸盐岩岩溶地貌和产状平缓的碎屑岩地层风化所形成。

三、石　炭　纪

中国石炭纪的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

峙以及其间的秦岭海槽（小洋盆）继续存在。华南板块东、南缘发生了新的分裂，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，导致构造古地理格局的变革。石炭纪是地史上出现冰期、间冰期交替的时代，海平面升降相对频繁。随着海陆变迁和陆地森林的首次大规模出现，石炭纪也是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地史特征

1. 华南板块石炭系标准剖面及古地理

早石炭世的地层分布、岩相类型和晚泥盆世相似，海侵范围略有扩大，滨岸带出现重要含煤沉积。晚石炭世开始海侵显著加大，滨浅海碳酸盐沉积遍布华南各地，岩相类型趋向均一。

（1）黔东南石炭系剖面及其分析

黔东南独山一带石炭系发育良好，其中下石炭统更是华南标准剖面所在地（图 8—3—1，②），现介绍其传统的地层划分和近年进展如下：

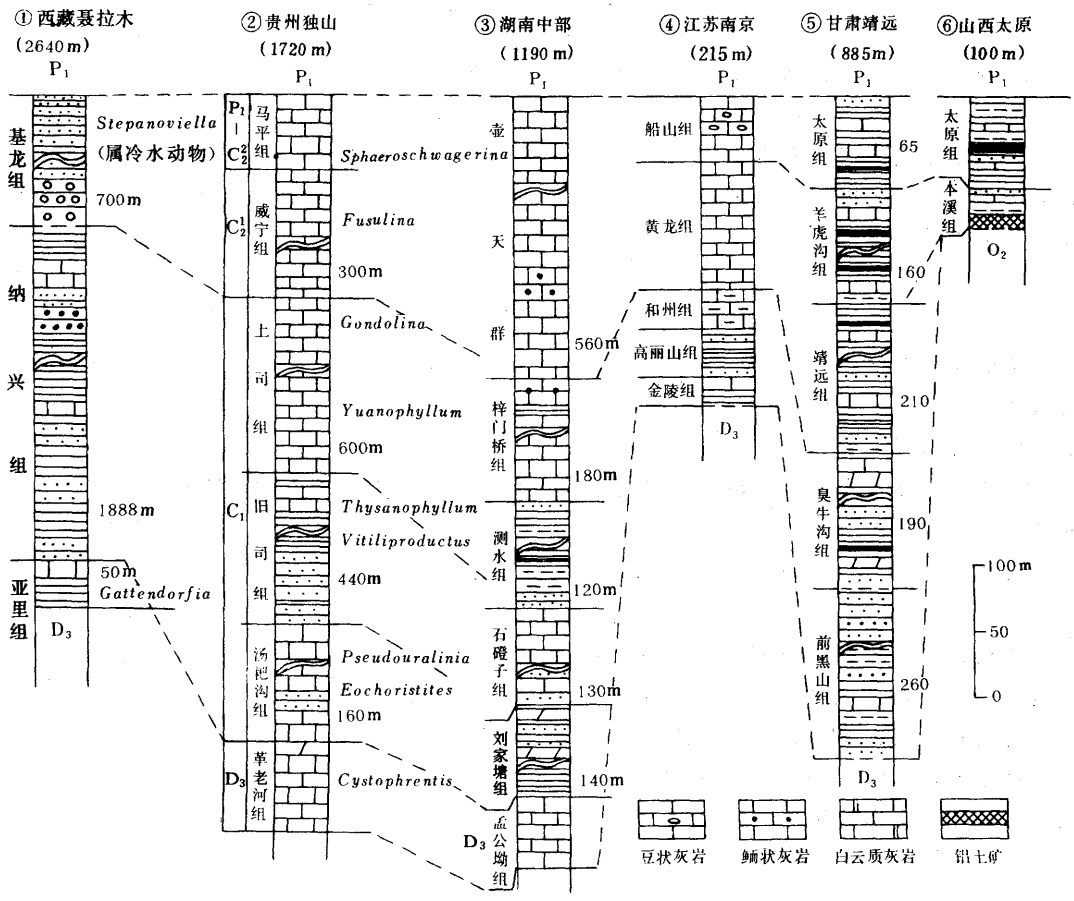


图 8—3—1　中国石炭系柱状剖面对比图

上覆地层 下二叠统 梁山组

------ 平行不整合 ------

上石炭统—下二叠统

马平组 灰色、灰白色厚层纯灰岩及藻球粒灰岩，上部产蜓 *Pseudoschwagerina*、*Sphaeroschwagerina*，下部产 *Triticites* 等 270m

———— 间 断 ————

上石炭统

威宁组 浅灰色灰岩、白云质灰岩及白云岩，产蜓 *Fusulina*、*Pseudostaffella* 及珊瑚、腕足等 171m

———— 间 断 ————

下石炭统

上司组 上部以灰色白云岩、灰岩为主，产腕足 *Gondolina*（舟形贝）及珊瑚 *Koninckophyllum*（康宁珊瑚）等（近年另建为摆佐组）；下部深灰色灰岩夹泥灰岩、砂岩和页岩，产珊瑚 *Yuanophyllum*、*Kueichouphyllum* 及腕足类 *Gigantoproductus* 等 450m

旧司组 上部灰岩夹页岩，产珊瑚 *Thysanophyllum*；下部为灰白色石英砂岩、黑色页岩夹煤层，产植物化石和腕足类（近年另建为祥摆组） 237m

汤耙沟组 深灰色泥质灰岩、瘤状灰岩夹黄色石英砂岩及页岩，产珊瑚 *Pseudouralinia* 和腕足 *Eochoristites* 172m

———— 间 断 ————

下伏地层 上泥盆统 革老河组

独山剖面石炭系的底界传统上置于革老河组底部，将 *Cystophrentis*（泡沫内沟珊瑚）视作石炭纪最早一个化石带。自从 1980 年 26 届国际地质大会以后，以深水型牙形类 *Siphonodella* 演化系列中 *S. sulcata*（凹沟管牙形刺）的首次出现作为石炭纪开始的标准获得普遍承认。经过和浅水珊瑚化石带的对比，含 *Cystophrentis* 带的革老河组应归属泥盆纪（王成源，1987）。

石炭系顶界国际上一般置于 *Pseudoschwagerina* 带之底，我国则长期置于该带之顶，存在明显的矛盾。这年研究趋势已倾向与国际接轨（金玉玕等，1994），马平组应属跨越石炭、二叠系的岩石地层单位。

上述石炭系剖面中海平面升降频繁，可以划分出早石炭世（含革老河组）和晚石炭世（含假希瓦格蜓带）两个二级层序和相应海平面变化旋回（见表 8—5—1，图 8—3—2）。其中各自又可以进一步划分为若干个次级层序。

汤耙沟组底部出现波状细层理的藻球粒灰岩或白云岩，显示极浅的潮坪环境（HST—SMST）和泥盆/石炭纪之间的重要海退事件。汤耙沟组本部代表新的海侵，出现新的假乌拉珊瑚动物群（TST），明显的海退发生在大塘早期，陆源碎屑大规模向海盆进积并形成了旧司组下部（祥摆组）的含煤沉积（HST—LST），构成了跨组的第一个旋回层序。大塘中、晚期出现更大规模海侵，反映在旧司组上部至上司组以碳酸盐为主，顶部的白云岩（摆佐组）代表海水变浅（HST），构成了第二个旋回层序。

晚石炭世早期（威宁组）的大规模海侵带来新的蜓类动物群和巨厚层碳酸盐沉积，顶部厚层白云岩（HST），构成第三个旋回层序，内部还可以进一步划分 2 个次级旋回。

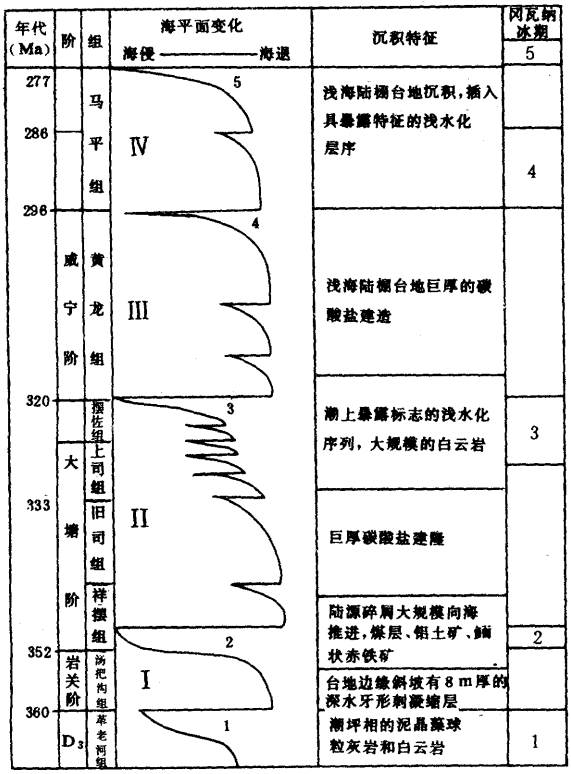


图 8—3—2　黔东南石炭系剖面层序划分及海平面升降
（据崔秉荃等，1993 修改）

Ⅰ—Ⅳ—旋回层序；1—5—海退期，注意与右侧冈瓦纳大陆晚古生代 5 次冰期（J. J. Veevers 等，1987）基本对应；图中的大塘阶和马平阶应进一步解体，见表 8—3—1

晚石炭世晚期至早二叠世初期（马平组）又发生新的海侵，不但引起筵类动物群组分的明显变革，也显示出地层结构的明显转换和碳酸盐地层内的上超现象。野外可以分辨出 4 个次级旋回和 >30 个高频小型旋回，后者各自具有由潮下泥晶灰岩—富筵灰岩—潮坪藻球粒灰岩的向上变浅基本层序，可能与当时冈瓦纳冰盖消长周期引起的海平面频繁波动有关（刘本培等，1994）。马平组顶部明显海退的出现构成了第四个旋回层序的顶界。

综观独山剖面，早石炭世岩关期至大塘初期的海侵规模较小，常见泥质灰岩和砂、页岩夹层。大塘中晚期海侵加大，以碳酸盐沉积为主，晚石炭世早期的海侵以普遍出现岩性纯的厚层灰岩夹白云岩为特征，都启示了石炭纪主要海侵期的特征。马平期海侵规模相对缩小，马平组顶部与上覆早二叠世梁山组之间的平行不整合面十分清晰，代表一次最大的海平面下降事件，很可能和冈瓦纳冰盖的极盛期相当。

（2）横向变化和古地理

早石炭世早期滇黔桂一带海盆范围与泥盆纪相似，为典型的陆表海（黔桂海），以碳酸盐台地沉积为主。珊瑚、腕足、层孔虫等底栖生物都很发育。但在海盆中部出现北西方向硅质、泥质、泥灰质相带，底栖生物不发育，反映较深水的台间海槽环境，大致分布在贵州朗岱、罗甸至广西河池、柳州一线，代表陆壳上的微型张裂作用产物。海盆北缘仍有滨海碎屑相带分布，贵阳以北仍为广阔的上扬子古陆。雪峰古陆以东的湖广一带，沉积特点与黔南相似，如湖南一带的岩关阶（刘家塘组）亦为陆表海碳酸盐和碎屑沉积。下扬子地区也接受海侵，含 *Pseudouralinia* 的金陵灰岩厚仅数米，直接覆盖在五通组之上，与汤耙沟组层位相当。湖广海的东缘自湘赣交境至广西陆丰一带，发育有滨海碎屑沉积。更东的赣东和闽浙一带则以陆相沉积为主。

早石炭世晚期海侵加大，造成超覆，滇黔桂一带出现一套厚达数百米的碳酸盐沉积，以含有大型长身贝类和少量游泳的菊石为特征。由大塘早期旧司组下部代表的短暂海退形成高水位期滨海沼泽成煤环境，在滇东也有反映（万寿山组）。湖广一带的滨海沼泽成煤环境则出现在大塘中期（湘中的测水组、广西的寺门组），代表第三个旋回层序海侵体系域的滨岸带产物。更东至江西境内，以梓山组为代表的滨海含煤沉积代表整个大塘阶层位，反映已接近海盆东缘。再向东侧相变为陆相叶家塘组（浙西）和林地组（闽中），它

们或多或少均有含煤沉积，已接近华夏古陆。下扬子地区的岩关阶（金陵组）和大塘阶（高骊山组、和州组）厚度很小，反映地壳沉降作用微弱，但早石炭世二个旋回层序可以和黔东南对比。该区早石炭世动物群有一定的特殊性，海侵可能来自东北方向。

晚石炭世，海侵范围进一步扩大，岩性相对稳定，二个旋回层序普遍可以对比，一般厚200—400m左右。滇黔桂一带仍处于沉降中心部位，含燧石团块的灰岩厚度超过800m，生物则以籉类为主。靠近雪峰古陆、上扬子古陆和康滇古陆的滨岸潮坪带，出现含镁碳酸盐（白云岩）或少量陆源碎屑岩沉积。上统上部普遍见到含藻灰岩，显示了冰川作用加强和海平面下降的趋势。向西北至四川龙门山一带，晚石炭世也属碳酸盐沉积，与华南所见相似。晚石炭世的海侵向东达到闽中地区，可直接超覆在前泥盆纪变质岩系或上泥盆—下石炭统陆相地层之上。

2. 华南板块大陆边缘石炭纪地史特征

石炭纪开始，华南板块周边普遍发现不同类型大陆边缘沉积和古生物记录。

（1）西缘——古特提斯多岛洋

较泥盆纪有进一步的发展。华南板块西侧的哀牢山—红河一线，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、籉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（图8—3—3）。

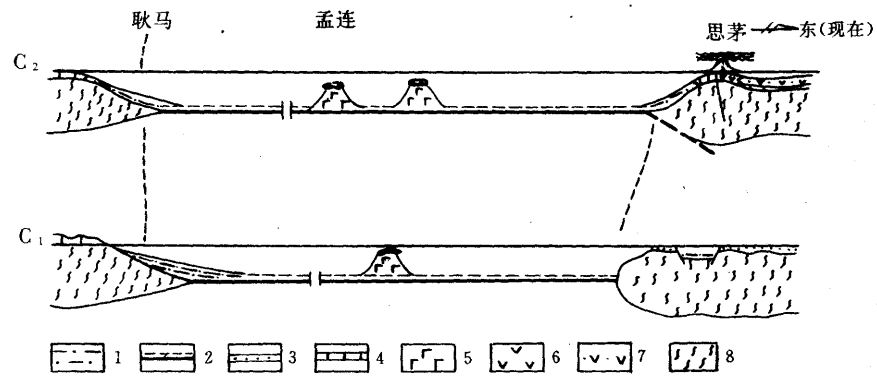


图8—3—3　滇西石炭纪古特提斯多岛洋

（据刘本培等，1993）

1—陆坡浊积岩；2—洋盆硅质岩；3—浅水碎屑岩；4—浅水碳酸盐岩；5—洋岛火山岩；6—岛弧火山岩；7—弧后凝灰岩；8—陆壳地块

（2）北缘——南秦岭海槽

总体构造古地理格局与泥盆纪相似。秦岭中、南带以碳酸盐岩广布为特征，空间上厚度变化较大。近年在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。北带沿合作—礼县—山阳一线早石炭世起发生新的裂陷带，出现粗碎屑重力流、泥质和硅质等深水沉积。

（3）东缘

闽东北福鼎南溪一带，上泥盆统—下石炭统为厚达数百米的炭质千枚岩、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。

(4) 南缘

海南岛中部五指山区已经发现岩关期 *Neospirifer*（新石燕）、*Fusella*（纺锤贝）等具冈瓦纳色彩的腕足动物群，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-柴达木板块及其大陆边缘石炭纪地史特征

1. 华北板块石炭系标准剖面及古地理

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

(1) 山西太原剖面及其分析

山西太原西山的石炭系研究最早最详，可作为华北地区的标准剖面（图 8—3—1，⑥）。

上覆地层 下二叠统 山西组

——————— 间 断 ———————

上石炭统—下二叠统

太原组

第三段 底部七里沟砂岩为灰白色粗粒石英砂岩，中部粘土质黑色页岩、粉砂岩夹煤层，含植物 *Neuropteris* 等，顶部为东大窑灰岩，富含䗴 *Sphaeroschwagerina*、腕足 *Dictyoclostus taiyuanfuensis* 及牙形类 *Streptognathodus elegantulus*（雅致曲颚牙形石）等 约 33m

第二段 底部为灰白色中粒—粗粒石英砂岩，中部为黑色砂质页岩、页岩及煤层，上部出现三层灰岩，生物群面貌和第三段相似 42m

第一段 下部晋祠砂岩为灰白色块状粗粒石英砂岩夹页岩，上部则以深灰页岩为主夹灰岩（吴家峪灰岩），顶部出现煤层，灰岩中含 *Triticites*、*Marginifera*（围脊贝）和 *Martinia*（马丁贝）等，砂页岩中有 *Lepidodendron posthumi* 等 20m

——————— 间 断 ———————

上石炭统

本溪组 下部为铁铝层，底部可见明显古风化壳。风化面上堆有局部分布的鸡窝状褐铁矿或赤铁矿（山西式铁矿），向上出现分布广泛的铝土岩，具鲕状或豆状结构（G层铝土矿）。上部则为砂质页岩、黑色页岩、煤层和深灰色灰岩。灰岩中含䗴 *Fusulina*、*Fusulinella* 和牙形类 *Idiognathodus shanxiensis*（山西异颚牙形石）等 7—36m

- - - - - - 平行不整合 - - - - - -

下伏地层 下奥陶统 碳酸盐岩，顶部为起伏不平的灰黄色风化灰岩

由上述剖面可知华北板块奥陶纪后经历了长期风化剥蚀的准平原化作用，本溪组底部

的平行不整合代表Ⅰ型层序不整合面，起伏不平的古喀斯特面及面上充填的原地残积物大体可与深切谷和低水位体系域比拟。在古风化壳面之上，随着晚石炭世海侵的到来使铁铝物质得到富集，从而在本溪组下部形成有名的“山西式铁矿”和“G层铝土矿”，代表海侵开始时的滨海环境（TST）。上部的含煤碎屑岩与三角洲环境有关（HST）。层序模式中的凝缩段，在极浅水滨岸带内并不明显。所以太原剖面上的本溪组代表一个旋回层序。

太原组的三个段也可相应划分为三个旋回层序，每个层序内部还可划分出次级旋回，总体上以第二段为最大海侵期。太原组顶面代表一次重要的海平面下降事件，和华南马平组顶面的海退事件可以对比。据现有古生物资料，太原组也是跨越石炭—二叠系的岩石地层单位。

应当说明，太原剖面上显示的纵向相序必然与横向相带分布规律一致（瓦尔特定律）。在不厚的地层内如此频繁的岩相交替反映出本区当时是坡度极平缓的陆表海环境，海平面略有升降就会引起大规模的海水进退，也显然与全球正处于冈瓦纳冰期的地史背景有关。

（2）横向变化和古地理

晚石炭世早期本溪组岩性、厚度变化有明显的规律。辽宁太子河流域本溪一带，本溪组厚达160—300m，含海相灰岩多达5—6层，煤层可采。河北唐山厚约80m，只含海相灰岩三层，薄煤二层。至山东中、西部厚约40—65m，不含可采煤层。至山西太原，厚度减至50m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，中石炭世时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100m，灰岩夹层总厚达50m，岩性和所含筵、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为广泛，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计厚度也发生了“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—100m，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，累计共厚80m。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′一带为最好，正好是当时滨海沼泽环境最为广布的地段。

2. 华北-柴达木板块大陆边缘石炭纪地史特征

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-柴达木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（图8—3—1，⑤）。但自晚石炭世晚期起与华北陆表海直接沟通，沉积特征和 岩石地层单位名称也完全一致。

北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3000m，沉积类型以滨浅海碳酸盐岩夹薄层泥质岩为主，也夹火山岩。古生物化石属暖水型生物区系和

华夏植物区。

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（于在平，1993），反映迅速沉陷又旋即填充变浅的大幅度变化。在陕南商南的韧性推覆剪切带中，也获得 315Ma 左右的黑云母变质年龄（许志琴，1988）。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。

（三）中国其他地区石炭纪地史概述

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沿顺时针方向旋转，至晚石炭世晚期已达到北纬 30°位置（图 8—3—4）。

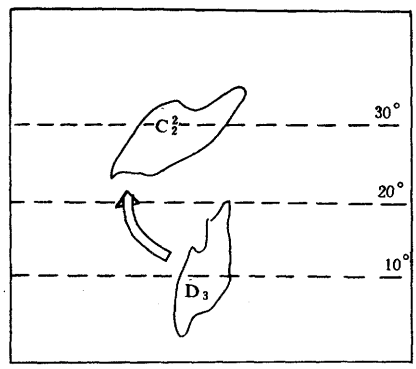


图 8—3—4　塔里木板块的北移及旋转
（据方大钧等，1990）

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，富含筵类化石。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*（陈福明等，1985）却属欧美区分子，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

（1）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，已经根据所含 *Ceratoikiseum*（角状虫）等放射虫化石厘定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 *Brannerceras*（王作勋等，1990），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（表 8—3—1，左二栏）。准噶尔地区早石炭世已属安加拉植物区，产 *Angrapteridium*（安加拉叶）、*Noeggerathiopsis*，海相珊瑚化石也以小型单体、无鳞板构造为主，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间的蛇绿混杂岩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。

表 8—3—1　中国石炭纪地层对比表

		华北-柴达木板块		华南板块			西伯利亚板块	冈瓦纳板块
		晋　中	甘　肃	黔东南	湘　中	苏　南	准噶尔	珠　峰
上覆地层		P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1
P_1	紫松阶	太原组	太原组	马平组	壶天群	船山组		基龙组
C_2	小独山阶							
	威宁阶	本溪组	羊虎沟组	威宁组		黄龙组	吉木乃组	纳兴组
			靖远组					
	德坞阶							
C_1	大塘阶		榆树梁组	上司组	梓门桥组	和州组	那林卡拉组	
			臭牛沟组		测水组		南明水组	
	岩关阶		前黑山组	旧司组	石磴子组	高骊山组		
				汤耙沟组	刘家塘组	金陵组	黑山头组和布克河组	亚里组（上部）
下伏地层		O_2	D_3	D_3	D_3	D_3	D_3	D_3

（2）东段

分隔西伯利亚和华北板块之间的兴蒙多岛洋，也经历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带所代表的古洋盆闭合于晚泥盆世至早石炭世（郭胜哲等，1991）。标志着松辽-佳木斯地块拼贴增生到西伯利亚板块南缘，石炭纪起形成规模宏大的安加拉植物分布区。西拉木伦河沿线蛇绿岩带的年龄已查明属加里东期，目前尚无直接的洋盆残迹发现。但西拉木伦河南侧继续发育石炭纪岛弧型火山岩，在白云鄂博以北见到下二叠统角度不整合覆于石炭系之上，证明沿此线仍存在洋壳板块的向南俯冲（王荃等，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（图 8—3—5）。

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（图 8—3—1，①），以浅海碎屑岩为主，厚达 2600m。下统包括亚里组上部和纳兴组（后者可能包括上统下部）。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，稀密不均，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，可能与冈瓦纳型冰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。

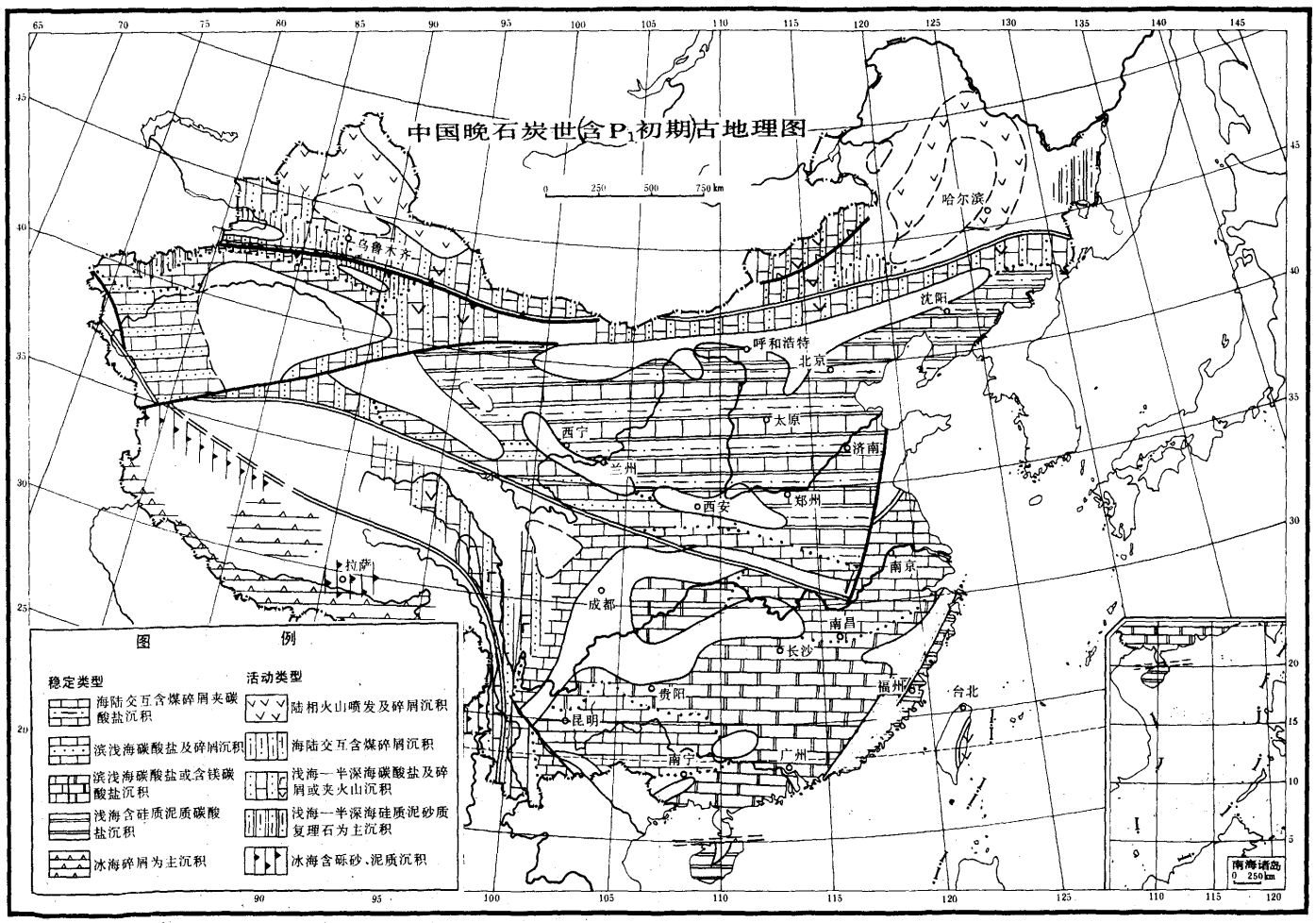


图 8—3—5　中国晚石炭世(含 P_1 初期)古地理图

（四）中国石炭纪矿产资源

煤 华南早石炭世晚期含可采煤层，自滇东、黔南、广西、湘粤向东至赣南、浙西都有分布。华北晚石炭世太原组的煤层质量好，规模大，是我国主要含煤层位之一。

铝、耐火粘土 华北奥陶系古喀斯特面之上，本溪组底部往往出现鸡窝状铁矿和上覆的C_2层铝土矿；后者可见豆状或鲕状构造，铝土层含量丰富，矿质优异。华南黔滇地区，早石炭世大塘阶与下伏寒武系的超覆不整合面上，也有大型铝土矿。华北本溪组及太原组下部，都有耐火粘土广泛分布，尤以本溪组更为重要。

锰 华南广西早石炭世大塘阶中有沉积型菱锰矿，一般与层序中部的饥饿段有关。

石膏 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。湘中、滇、黔等地也有分布。

石灰岩、白云岩 华南晚石炭世的碳酸盐地层分布广，岩性纯，是普遍开采的建筑、冶炼和化工原料。

其它如石油、天然气等近年也已发现线索，如塔里木盆地的石油、川东天然气也有一部分产于石炭系之中。

四、二 叠 纪

二叠纪（Permian）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大陆（Pangea）在二叠纪末期已基本形成。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。联合大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地史特征

1. 华南板块二叠系标准剖面及古地理

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照，呈现出“南海北陆”的古地理新格局。现以黔中贵阳龙里剖面为代表介绍华南海相二叠系发育特征（图 8—4—1）。

（1）黔中贵阳龙里剖面及其分析

上覆地层 下三叠统

——————— 间断（SB_2）———————

上二叠统

大隆组	深灰、黄灰色燧石层、硅质页岩或硅质灰岩为主，常夹页岩，含菊石 *Pseudotirolites asiatica*	0—10m
长兴组	灰、深灰色中至厚层状燧石灰岩，有时夹页岩及薄煤层，含 *Palae-*	

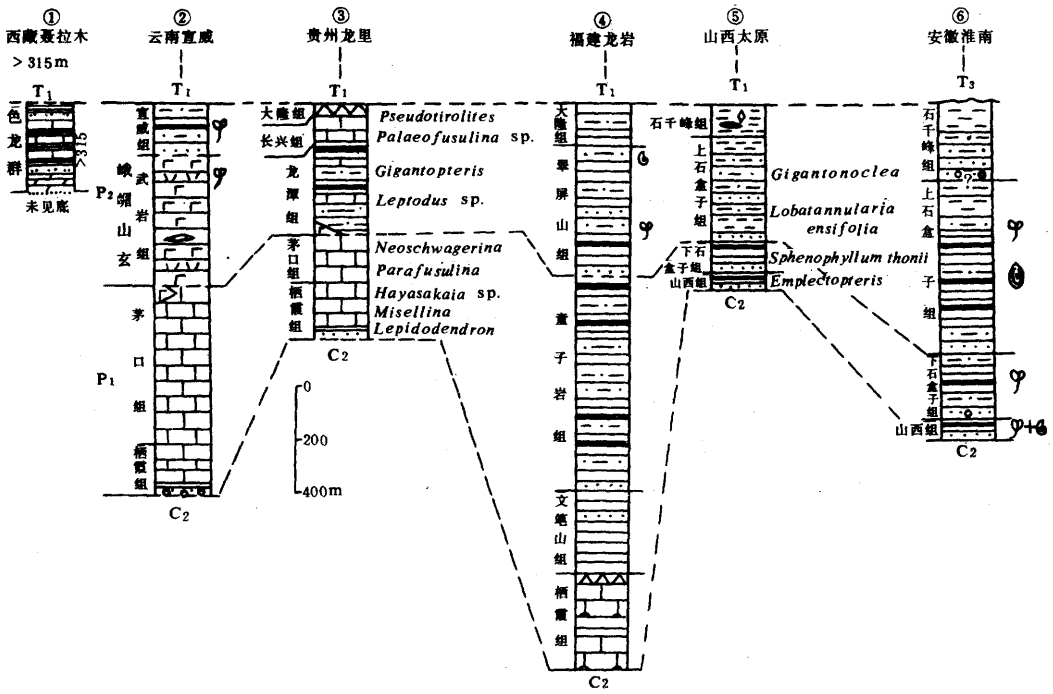


图 8—4—1　中国二叠系柱状剖面对比图

	ofusulina	约 120m
龙潭组	灰黑色页岩、砂岩及燧石灰岩互层，底部有凝灰质砂岩，含 *Gigantopteris*、*Leptodus*	约 350m
	------ 平行不整合（SB_1）------	
下二叠统		
茅口组	浅灰及白色中厚层至块状灰岩，含燧石结核及白云质斑块，含化石 *Neoschwagerina*、*Waagenophyllum*	200m
栖霞组	深灰、灰黑色厚层状灰岩，含多量燧石结核，层间常夹炭质页岩，含化石 *Hayasakaia*、*Wentzellophyllum*、*Misellina* 等	160m
	石英砂岩、页岩，局部夹薄煤层，顶部有时夹灰岩透镜体，底部夹铝土岩。含腕足类及植物化石，称为梁山段	14—64m
	------ 平行不整合（SB_1）------	
马平组上部	产 *Pseudoschwagerina* 灰岩	50m
	———— (SB_2) ————	
下伏地层	上石炭统　马平组下部	

上述剖面栖霞组底部存在平行不整合面，我国以往长期据此把假希瓦格旋带划归上石炭统。黔中剖面自栖霞组至大隆组代表一个大型二级海平面变化旋回（超层序组），其中包括四个二级层序（超层序）（见表 8—5—1，图 8—4—2）。

早二叠世早期（“马平期”，尚无公认名称）的马平组上部灰岩应属一个独立二级层序，底部与马平组下部之间的 SB_2 不整合面已在独山地区发现，并与下伏上石炭统碳酸盐岩共同组成一个大型海平面变化旋回。顶部明显的 SB_1 不整合面，代表二个超层序组

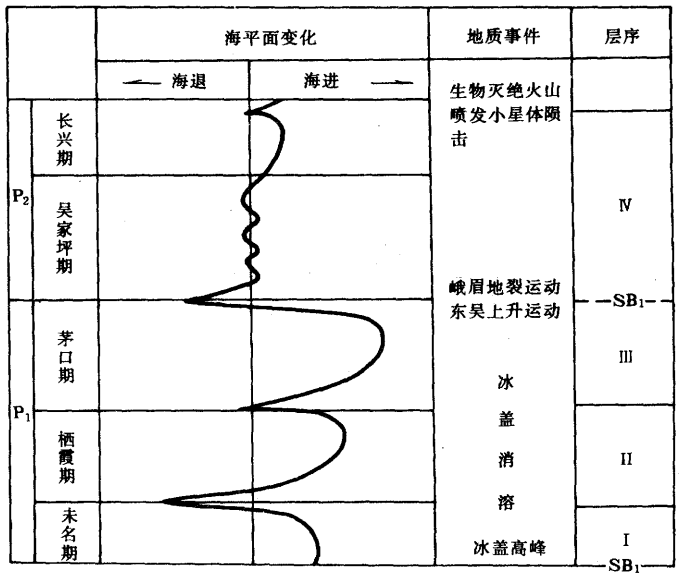


图 8—4—2　华南板块二叠纪海平面变化地质事件和层序划分

（据 E.U.Leoen，1992；刘宝珺等，1993；Jin Yu-gan et al.，1994 综合）

未名期近年已提出紫松期（下）和隆林期（上）名称

之间的重要海退事件。

早二叠世中期（栖霞期）在平行不整合面上沉积了栖霞组底部的梁山段（即“栖霞底部煤系”）属滨海沼泽环境，向上逐渐过渡为栖霞组浅海碳酸盐沉积。另一次新的重要海侵发生在早二叠世晚期（茅口期）。栖霞组和茅口组都富含群体造礁珊瑚和厚壁蜓类化石，反映热带—亚热带广阔陆表海的清水碳酸盐台地环境，含盐度正常，供氧良好，有利于底栖生物繁盛。但栖霞组沉积时水深有逐渐变深的趋势，而茅口组呈变浅趋势，两者各自形成一个二级层序。

早二叠世末期因构造隆升发生海退，并造成茅口期最高蜓带的缺失。晚二叠世早期（吴家坪期）出现海陆交互环境的含煤沉积，其底部的凝灰质砂岩反映邻区有火山喷发。晚期（长兴期）开始为碳酸盐沉积（长兴组），代表了新的小规模海侵，随后出现仅含浮游菊石等化石的硅质岩（大隆组），后者为滞流缺氧的静水或较深水环境的低速沉积。整个上二叠统组成一个二级层序，长兴组与大隆组在空间上可呈横向相变关系。

（2）横向变化及古地理

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，普遍发育以梁山段为代表的“栖霞底部煤系”，属滨海—湖沼相陆源碎屑沉积；在川南一带，含菱铁矿、黄铁矿层的梁山段超覆于志留系之上，其间断时间之长可与华北下、中奥陶统之上的侵蚀面比拟。

栖霞中期起华南板块发生地史中最大的海侵，使晚古生代以来一直遭受剥蚀的扬子古陆沉陷为上扬子浅海（图 8—4—3）。在自南京向西至四川的沉积示意剖面图（图 8—4—3）上，显示了栖霞期地层自东向西不断超覆（上超）的现象。栖霞组灰岩是向上变深的沉积物，代表海平面上升速率大于碳酸盐的加积作用，顶部可有最大海侵面。组成了以碳

酸盐为主的海进体系域（TST）。栖霞组灰岩以深灰色富含沥青质燧石结核为特征，野外用铁锤敲击后可嗅到臭味故有“臭灰岩”之称。厚度大体稳定在150m左右，显示华南板块内部构造差异升降微弱，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。

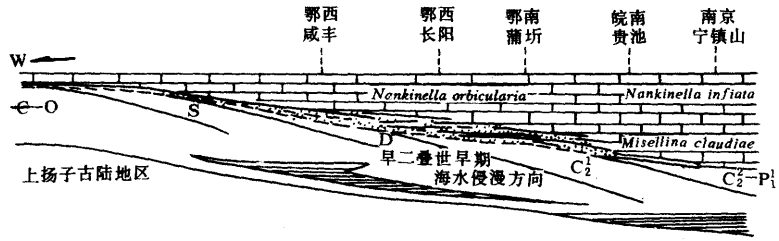


图 8—4—3　下扬子地区栖霞期海侵示意图

（据韩德馨等，1980，修改）

扬子海域内茅口组碳酸盐岩向上变浅的层序代表海平面上升速率减弱的高水位体系域。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，其中极少底栖生物，而富含浮游的菊石类及放射虫，代表缺氧条件下较深的滞流静水环境。这种现象可能与同时期冈瓦纳大陆冰盖的最后消融导致海平面上升和区域性裂陷沉降叠加作用有关。

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），为该区特有的重要含煤层位（图 8—4—1，④）。根据在闽浙沿海及温州以东海底钻孔中发现的前寒武变质基底岩系可以证实华南板块东缘存在一个相当规模的华夏古陆，它从茅口中期起率先抬升，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。扬子西缘地幔柱上拱诱发了著名的峨眉地裂运动（罗志立，1983），以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*（新米氏筵）化石带为特征。东部下扬子和东南区传统上称为东吴运动（李四光，1931），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。但龙潭组底部的平行不整合面仅见于次级隆起部位，反映了地区性构造差异作用的影响。

早二叠世末期的隆升运动延续至晚二叠世早期，这期间海平面快速下降造成上、下二叠统之间为假整合接触，构成Ⅰ型层序界线不整合（SB_1）扬子西部为陆上沉积区，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，以陆上喷发为主，在康滇古陆西侧的滇北丽江地区厚达3300m，往东逐渐减薄，在贵阳附近尖灭，是典型的时间上跨时和空间上穿时的岩石地层单位（图 8—4—4）。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（图 8—4—1，②）河流冲积平原相碎屑岩夹煤层，海陆过渡带为龙潭组（图 8—4—1，③）含煤碎屑岩夹海相碳酸盐夹层，离康滇古陆较远的海域部分为吴家坪组生物碎屑灰岩和礁灰岩（图 8—4—6）。总体上看为海侵、海平面上升过程的沉积组合。在川东、鄂西，吴家坪组中、上部的含放射虫泥晶灰岩、薄层硅质岩代表深水低能条件下形成的凝缩层。

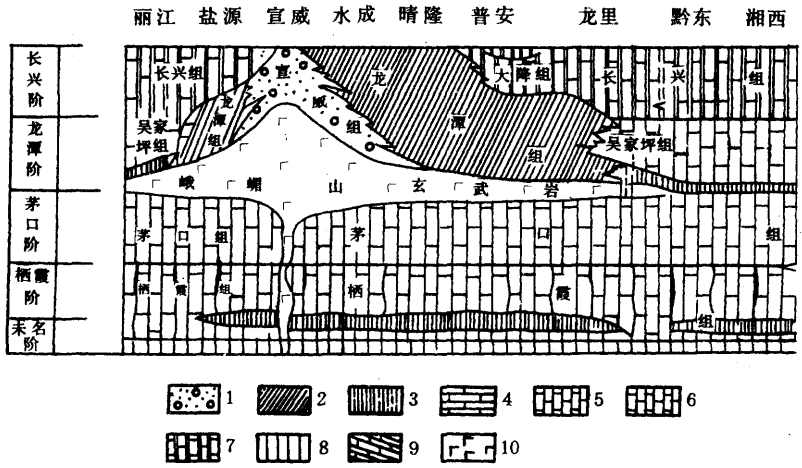


图 8—4—4 上扬子区二叠纪岩石地层单位时空分布格局

（据顾谷声，1992）

1—陆相含煤地层；2—海陆交替相含煤地层；3—滨海沼泽含煤地层；4—海相含煤地层；5—灰岩；6—含燧石灰岩；7—硅质灰岩；8—硅质岩、硅质页岩；9—泥灰岩；10—玄武岩；垂直比例尺只表示层位时限，不表示地层厚度

而该组上部及长兴组的浅水碳酸盐属高水位体系域沉积物。长兴期中后期所形成的灰岩局部相变为较深水硅质岩（大隆组）。可看作凝缩层，反映了二叠纪最晚期的另一次小规模海侵事件，长兴期末海平面一度下降曾有过陆上暴露，造成与三叠系间的平行不整合。

东部下扬子和东南地区，在东吴上升运动末期仍保持北东向隆起和坳陷带间列格局。华夏古陆从龙潭期起上隆幅度增大，导致西侧闽中、赣东一带出现陆相为主的翠屏山组，已不含可采煤层，平行不整合覆于童子岩组之上。华夏古陆以西的下扬子和赣湘粤一带，龙潭期出现的近海沼泽沉积普遍含有可采煤层，显示了聚煤带由东向西的迁移规律。长兴

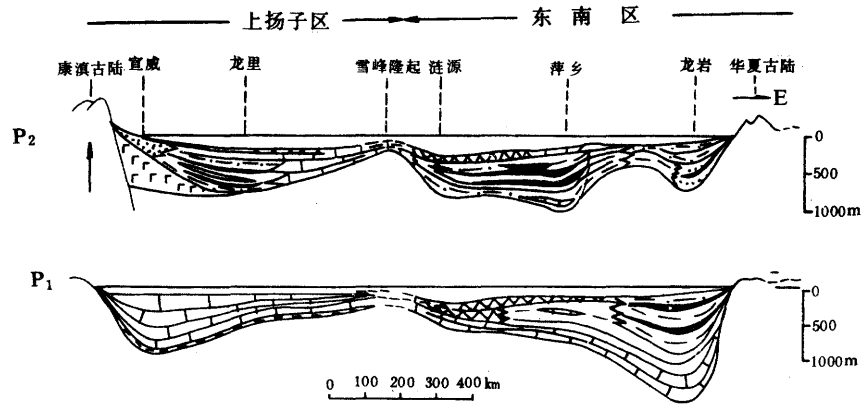


图 8—4—5 华南地区二叠纪沉积示意剖面图

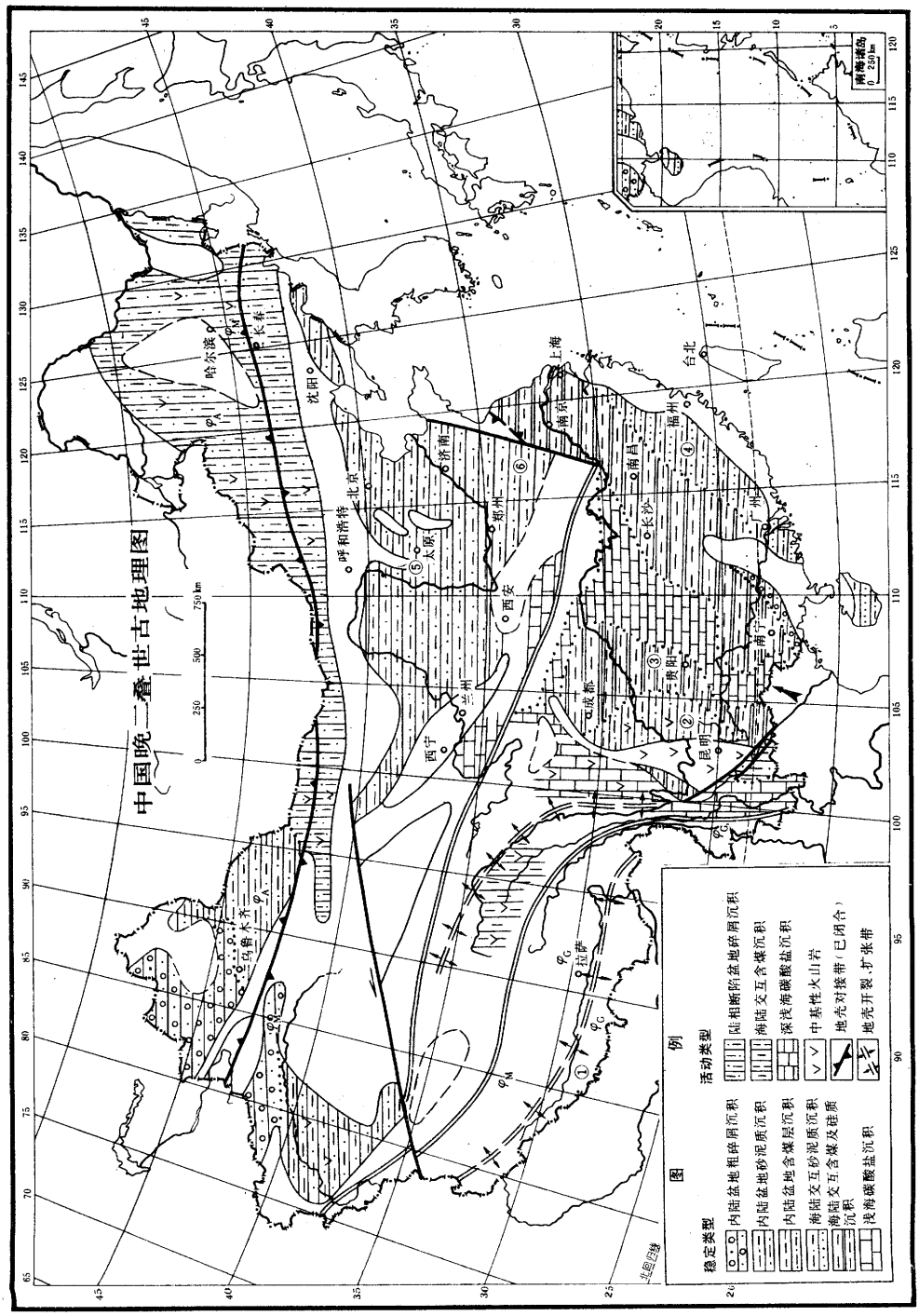


图 8—4—6　中国晚二叠世古地理图

期的海侵事件造成的古生代最高层位的动物群和大隆组硅质岩相的分异，较上扬子区更为明显。长兴期沉积中已发现少量火山凝灰岩夹层，反映了邻区存在较微弱的火山喷发。

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变粗，陆相和近海沼泽相发育，中间部位碳酸盐为主的对称格局，是一种双向陆源的局限陆表海盆地类型（图 8—4—5）。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地史特征

（1）西缘

华南板块西南缘为著名的金沙江—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也都与华南板块相似，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，更往西在昌宁—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（见下节），应代表古特提斯多岛洋主支部位（图 8—4—6）。

（2）东缘

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*? 等茅口期籁化石，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达到环太平洋地区，值得进一步研究。

（二）华北-柴达木板块及其大陆边缘二叠纪地史特征

1. 华北-柴达木板块二叠系标准剖面及古地理

华北-柴达木板块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，本区二叠系以陆相沉积为主。位处华北中部的山西太原地区二叠系发育最好，研究也最详，是公认的标准剖面。

（1）山西太原西山剖面及其分析

上覆地层 下三叠统 刘家沟组

…… 间 断 ……

上二叠统

石千峰组	灰紫、灰白色长石砂岩与紫红色泥岩互层，夹淡水泥灰岩及石膏层，未见化石	约 100m
上石盒子组	紫红、黄绿、杂色砂岩、泥岩为主，顶部夹燧石层，下部夹锰铁及铝土层；含化石 *Gigantonoclea*、*Lobatannularia haianensis* 等	约 300m

下二叠统

下石盒子组	黄绿、灰绿色砂岩、页岩为主，夹杂色页岩，顶部有铝土质泥岩，下部有黑色页岩及不规则煤层，底部为灰绿色具交错层理中粒长石	

石英砂岩（骆驼脖砂岩）；含植物化石 *Taeniopteris multinervis*、*Cathaysiopteris* 约 170m

…… 间　　断 ……

山西组　深灰黑色页岩、砂岩和可采煤层互层夹钙质页岩，下部为灰白色厚层含砾石英砂岩（北岔沟砂岩，厚 35m）；富含植物化石 *Emplectopteris*、*Taeniopteris*、*Callipteridium* 等 约 70m

…… 间　　断 ……

太原组中上部（详见石炭纪部分）

…… 间　　断 ……

下伏地层　上石炭统　太原组下部

本剖面的山西组以往根据植物化石定为早二叠世早期。近年在晋南、豫西等地相应层位的灰岩夹层中，采到 *Paraschwagerina mira*、*Rubustoschwagerina schellwieni* 等筵类化石，相当国际通用的萨克马尔期。上、下石盒子组合称石盒子群富含大羽羊齿植物群，上、下两部分的植物化石组合面貌又有区别，代表一个跨统的岩石地层单位。石千峰组在晋陕地区已发现二叠石千峰龙等化石，属晚二叠世晚期。

本剖面总厚约 640m，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源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。

（2）横向变化及古地理

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 200m 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。但在黄河一线（北纬 34°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（图 8—4—1，⑥），豫西禹县上石盒子组中也发现硅质海绵岩等海生化石，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，在整个华北广布干旱气候的红色河湖碎屑沉积（石千峰组）（图 8—4—6）。

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-柴达木板块大陆边缘二叠纪地史特征

（1）北缘

西拉木伦河一线以南的华北-柴达木板块北缘带，可以吉林中部九台地区（表 8—4—1，左二栏）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筵、珊瑚为主，也有少量北方区冷温型分子单通道筵和安加拉羊齿混生。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，含海相及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-柴达木板块与西伯利亚-蒙古板块间进一步接近、拼合和海槽逐渐消失的演化过程。

（2）南缘

华北-柴达木板块南缘即文献中经常提到的秦岭海槽，二叠纪时向西经青海中部阿尼马卿山与昆仑海槽相连，应属古特提斯洋的东北侧分支海域。秦岭海槽的北带可以陕甘交境的凤县、徽城地区为代表，已发现厚达七千余米的二叠纪板岩和砾状灰岩（十里墩群），属于华北板块南缘斜坡带的深水滑塌堆积。鉴于秦岭海槽中可能存在海西—印支期蛇绿混杂岩（张国伟等，1988），上述二叠纪深水沉积证据以及豫西桐柏地区二叠纪深水放射虫化石的发现（冯庆来等，1994），有理由认为秦岭深水海槽继续存在并在分隔华北和华南板块方面起重要作用。

（三）中国其他地区二叠纪地史特征

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褒的北亚古大陆。

（1）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。乌鲁木齐东邻的博格达山属北天山范围，地层发育最齐（表 7—4—1，左栏）。下统称下芨芨槽群，以灰绿色粗碎屑岩夹泥岩、炭质页岩为代表，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。上统下部称上芨芨槽群，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等化石，最大厚度逾 5000m。晚二叠世晚期北天山已升起，沉积区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—800m。准噶尔、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。

（2）东段

西拉木伦北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 *Monodiexodina* 、*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贴相连，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，青藏高原北部龙木错—冈玛错—双湖断裂带南侧日土多玛地区，在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（表8—4—1，右二栏）。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—冈玛错—双湖断裂带可能代表古特提斯洋盆的地缝合线残迹（李才，1987）。

表8—4—1　中国二叠纪地层对比表

地区 / 地层			北亚古大陆	华北-柴达木板块		华南板块		冈瓦纳板块	
			新疆北部	板缘（吉中）	板内（晋中）	黔中西	湘中南	藏北日土	藏南定日
上覆地层			T_1	Q	T_1	T_1	T_1	T_1	
上统	乐平统	长兴阶	下仓房沟群	杨家沟组	石千峰组（狭义）	大隆组 / 长兴组	大隆组	吉普日阿组	
		龙潭阶（吴家坪阶）	上芨芨槽群	拉溪组	石盒子群 上组	龙峨眉山玄武岩组 / 吴家坪组 / 龙潭组	斗岭组		
下统	阳新统	茅口阶	下芨芨槽群	范家屯组	石盒子群 下组	茅口组	当冲组	龙格组 吞龙共巴组	色龙群 曲布日嘎组
		栖霞阶		大河深组 寿山沟组	山西组	栖霞组	栖霞组	霍尔巴错群 曲地组 展金组 擦蒙组	曲布组
	乌拉统	隆林阶			太原组中上部	包磨山组			
		紫松阶							
下伏地层			C_2	C_2	C_2	C_2	C_2	C_1	未见底

滇西保山地块的早二叠世同期地层中也发现 *Oriocrassatella*（莺厚壳蛤）、*Glossopteris*？等冷温型生物群和冰海成因杂砾岩，该地块特有的卧牛寺组玄武岩中已获得南纬 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相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步消融，原来的冷水或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藤条河带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末才结束生命，与新特提斯洋的扩张大体呈同步关系。

（四）中国二叠纪矿产资源

华北太原组中、上部和山西组普遍含重要煤层，石盒子群下部仅豫西、淮南一带仍有可采煤层，显示了聚煤层位向南穿时抬升的特点。华南至青藏地区聚煤层位存在由东往西穿时抬升现象。例如茅口期（童子岩组等）限于闽浙粤一带；龙潭期是华南主要聚煤期；分布也最广，富煤带位于黔西六盘水地区；长兴期煤层出现于藏东妥坝和藏北双湖，规模较小。至于栖霞组底煤系主要受海平面升降控制，限于上扬子地区。

煤系中的铝土矿和耐火粘土以华北石盒子群下部和山西组较为重要，华南滇、川、湘一带也有分布。华南茅口期硅质岩相中的铁锰矿层见于黔桂和湘粤地区。

华北石千峰组及塔里木南缘和田一带下二叠统上部有石膏或岩盐薄层。北疆准噶尔盆地中二叠系是找油目的层之一，川中二叠系产天然气。

著名的峨眉山金顶风景区坐落在柱状节理发育良好的峨眉山玄武岩峭壁之上，蔚为壮观。

晚古生代课外阅读文献

1. 王成源，1987，论 *Cystophrentis* 带的时代。地层学杂志，11（2）：120—125。

2. 吴祥和，1986，黔南泥盆—石炭系界线层序和海退事件。地层学杂志，10（3）：204—211。

3. 钟坚、吴诒等，1992，广西的泥盆系。中国地质大学出版社。

4. 曾允孚等，1992，华南泥盆纪沉积盆地类型和主要特征。沉积学报，10（3）：104—113。

5. 龚一鸣、吴诒、杜远生，1994，黔桂泥盆纪层序地层及海平面变化的频幅速度和相位。地球科学，19（5）：575—586。

6. Bai, S. L.（白顺良），Bai, Z. Q.（白志强）et al., 1994, *Devonian Events and Biostratigraphy of South China*. Peking Univ. Press.

7. 刘本培、李儒峰等，1994，黔南独山石炭系层序地层及麦粒嵴带冰川型全球海平面变化。地球科学，19（5）：553—564。

8. Ross, C. A., Ross, J. R. P., 1987，晚古生代时的海进、海退沉积。见：威尔格斯 C.K. 主编，《层序地层学原理》中译本，1993，石油工业出版社。

9. Jin Yu-gan（金玉玕），et al., 1994, An operational scheme of Permian Chronostratigraphy. *Palaeoworld*, 4, special issue, 1—13.

10. 梁定益、聂泽同等，1983，西藏阿里喀喇昆仑南部的冈瓦纳—特提斯相石炭二叠系。地球科学，（1）：9—27。

11. 江新胜、潘桂棠、李兴振，1996，晚古生代特提斯区热带、亚热带植物群的东西分异。见：《献给第三十届国际地质大会地质科学研究论文集》，104—109 页。中国经济出版社。

12. 李子舜、詹立培、张舜新，1996，二叠、三叠系界线问题。同上，1—3。

13. Xu Xiaosong（许效松），Liu Baojun（刘宝珺），Zhao Yuguang（赵玉光），1995, Sequence Boundary and Sea Level

Changes in Western Margin of Upper Yangtze Platform during Permian and Triassic. *Jour. of China Univ. of Geosciences*, 7 (1): 105—111.

14. 曾学鲁、徐钰麟、魏真鑫等，1996，新疆塔里木盆地北部层序地层及其古生物学研究。地质出版社。

15. 黄汲清、陈炳蔚，1987，中国及邻区特提斯海的演化。地质出版社。

16. 刘本培、冯庆来、方念乔等，1983，滇西南昌宁－孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化。地球科学，18 (5)：529—538。

17. 殷鸿福，杨逢清、赖旭龙，1991，秦岭晚海西—印支期构造古地理发展史。见：叶连俊等，《秦岭造山带学术讨论会论文选集》，68—77，西北大学出版社。

18. 张国伟等，1988，秦岭造山带的形成及其演化。西北大学出版社。

19. 王荃，1986，内蒙古中部中朝与西伯利亚古板块间缝合线的确定。地质学报，60 (1)：31—43。

20. 王五力、郑少林、张立君等，1995，中国东北环太平洋带构造地层学。地质出版社。

21. 刘本培、王自强、张传恒，1996，西南天山构造格局与演化。中国地质大学出版社。

22. 肖序常、汤耀庆，1991，古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化。北京科技大学出版社。

23. 何国琦、李茂松、刘德权等，1994，中国新疆古生代地壳演化及成矿。新疆人民出版社·香港文化教育出版社。

24. 姜春发等，1992，昆仑开合构造。地质出版社。

25. 李永安、李向东等，1995，中国新疆西南部喀喇昆仑羌塘地块及康西瓦构造带构造演化。新疆科技卫生出版社。

五、古生代地史概述

不少地质学家，如 A. M. Ziegler (1979)、王鸿祯 (1990)、C. R. Scotese 等 (1986、1990)，根据对地质构造、古地磁、生物古地理、古气候等方面的综合研究，重塑了古生代各时期大陆与大洋的分布（图 8—5—1）。在古生代期间，地球上存在大小不等被古大洋隔开的古陆块，它们是冈瓦纳 (Gondwana)、劳伦 (Laurentia，又称古北美)、西伯利亚、俄罗斯（又称古欧洲）、哈萨克斯坦、华北和扬子古大陆。这些古大陆的形状、大小和位置与现代大不相同。当时的冈瓦纳大陆占全球大陆总面积的一半以上，其主体由现在的南美洲、非洲、澳大利亚、印度、南极洲和阿拉伯半岛组成。劳伦和俄负斯在早古生代都是独立的大陆，泥盆纪起已拼合成统一的劳俄大陆 (Laurussia)。

(一) 加里东构造阶段全球海陆分布及演变

1. 古大陆和古海洋分布格局

早古生代期间除冈瓦纳作为一个整体大陆存在外，其余五个古大陆都被古海洋相隔而分散地存在（图 8—5—1，1、2、3、4）。在劳伦与俄罗斯大陆之间存在古大西洋 (Iapetus)，俄罗斯与哈萨克斯坦—西伯利亚之间为前乌拉尔洋，西伯利亚与华北、塔里木之间的古大洋称为古亚洲洋（或蒙古洋），冈瓦纳与劳伦、俄罗斯及华北、扬子诸大陆之间很可能存在原特提斯洋 (Proto-Tethys)。不少学者推测在扬子、澳大利亚板块东侧及北美板块西侧在早古生代时可能存在一个原始大洋 (Panthalassa)。

早古生代阶段中，除冈瓦纳大陆以外，这些彼此分离的古大陆在构造古地理演化方面存在着两种类型：①单个古大陆边缘的增长造成稳定区扩大，如在寒武纪早期萨来伊尔—萨彦岭加里东造山带的形成使西伯利亚大陆西南缘增生从而使稳定区扩大，中国东南地区加里东造山带的形成使扬子大陆和华夏古陆拼合从而形成华南大陆（板块）等；②两个古大陆板块之间的大洋经过演化最终闭合造成大洋两侧大陆相互碰撞，如早古生代末期由于

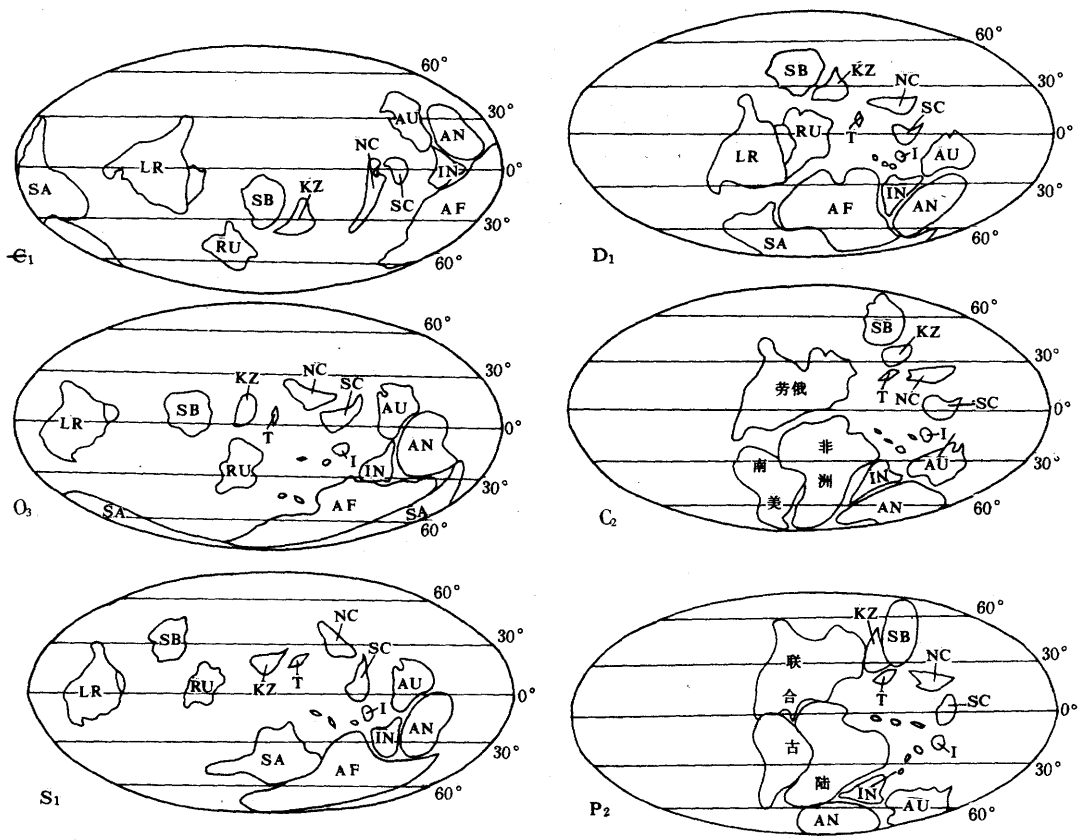


图 8—5—1　古生代全球古大陆分布及其组合形式演变

（据王鸿祯等，1966，1989；C. R. Scotese 等，1990 综合）

冈瓦纳大陆：AN—南极洲，AU—澳大利亚，IN—印度，AF—非洲，SA—南美；劳亚大陆：LR—劳伦，RU—俄罗斯，KZ—哈萨克斯坦，SB—西伯利亚，NC—华北，SC—华南，T—塔里木，I—印支

古大西洋闭合造成了劳伦大陆与俄罗斯大陆的碰撞、对接，形成了劳俄大陆（Laurussia）。

2. 古大西洋闭合和劳俄大陆形成

早古生代期间存在于劳伦与俄罗斯大陆之间的古大西洋，从现今的纽芬兰、爱尔兰、英格兰岛的中部通过（图 8—5—2）。该大洋大约在 800—700Ma 前张开，寒武纪起古大西洋已达到相当大的规模，造成了寒武、奥陶纪时大洋两岸陆棚浅海区内三叶虫、笔石群的差异，其北岸的浅海区为太平洋型（或北美型）生物群，其南岸浅海区发育了大西洋型（或称欧洲型）生物群。说明由于古大西洋的阻隔它们分属不同生物区系。目前在南苏格兰高地发现的早奥陶世巴兰垂（Ballantrae）蛇绿岩套，由超铁镁质蛇绿岩、铁镁质枕状玄武岩、放射虫硅质岩、笔石页岩组成，是古大西洋强烈扩张的直接证据。中奥陶世起，南苏格兰和英格兰北部湖区都出现岛弧火山岩和碎屑岩，说明古大西洋开始向南北两侧俯冲，进入洋盆演化的衰退期（图 8—5—3）。奥陶纪末期起古大西洋的宽度已大为缩小，生物分区现象已不明显，其两侧的劳伦和古欧洲大陆板块已相距不远，火山活动也已明显减弱，进入残留洋盆阶段。至晚志留世古大西洋完全封闭，该地的早古生代地层遭受挤压

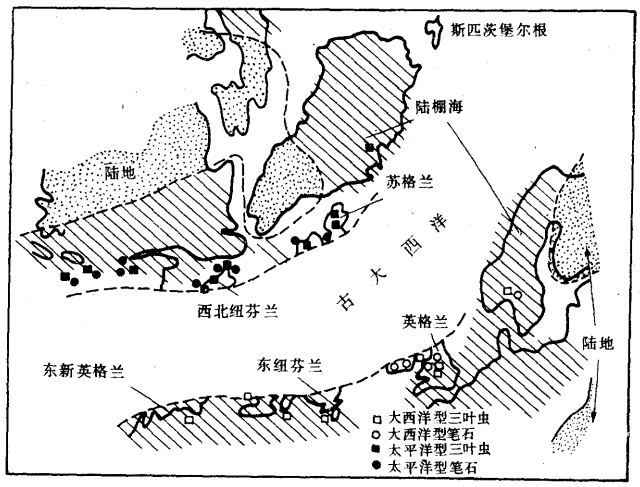


图 8—5—2　寒武—奥陶纪古大西洋位置及两岸生物分区示意图

（据 B. F. Windley, 1984）

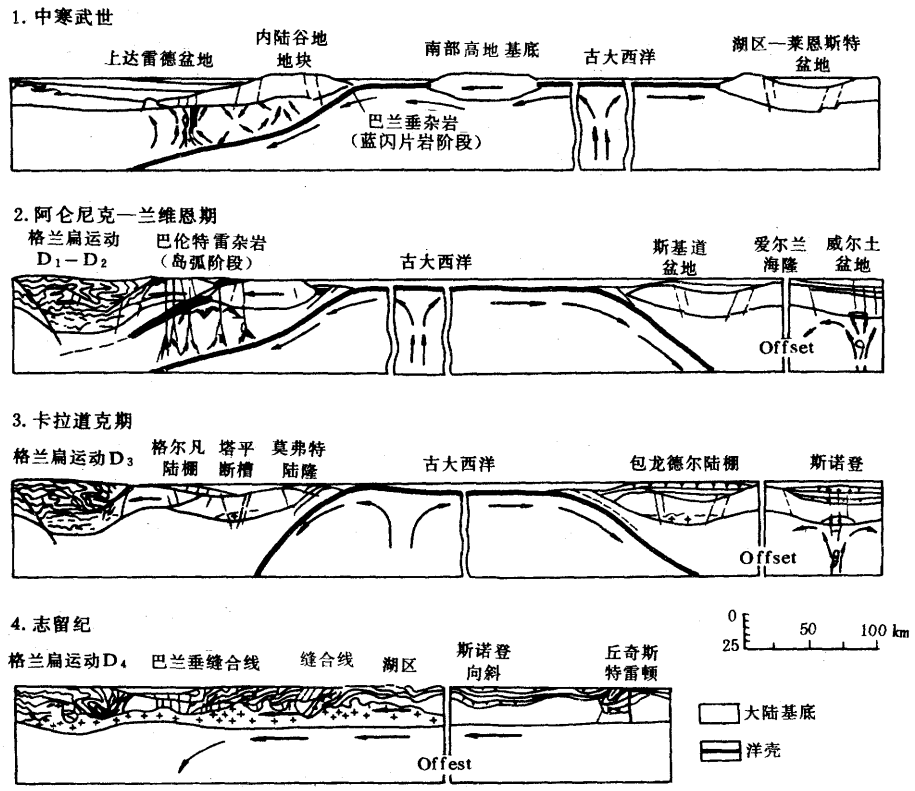


图 8—5—3　解释英国加里东带构造演化的板块构造模式

（据 J. V. Watson 和 P. W. Dunning, 1979）

褶皱变形，志留纪末期的造山运动称之为加里东（或格兰扁）运动，与此相伴有花岗岩侵入和区域变质作用，形成了著名的加里东褶皱带，两大陆终于碰撞拼合，形成了统一的劳俄大陆。泥盆纪时该大陆上广泛分布了陆相红色砂岩，故也称为老红砂岩大陆。

（二）海西构造阶段全球海陆分布及演变

1. 古大陆和古海洋分布格局

晚古生代起，南半球冈瓦纳大陆东、西两部分的差异已经消失，相互聚集成一个整体并发生明显的顺时针方向旋转，石炭、二叠纪时主体部分进入南半球中高纬度带（图 8—5—1）。

北半球的众多古大陆，除劳伦（Laurentia）和俄罗斯从泥盆纪起已经连结成为劳俄大陆（Laurussia）外，一般仍处于独立发展状态。晚古生代中的一系列板块构造作用，导致北半球不同古大陆之间逐步碰撞、合并，在二叠纪末形成了大型的劳亚大亚（Laurasia）。由于劳亚大陆和冈瓦纳大陆的西侧（即北美、西欧和非洲之间）也在古生代末期相互联接，就形成了全球统一的巨型联合古陆（Pangea，图 8—5—4）。

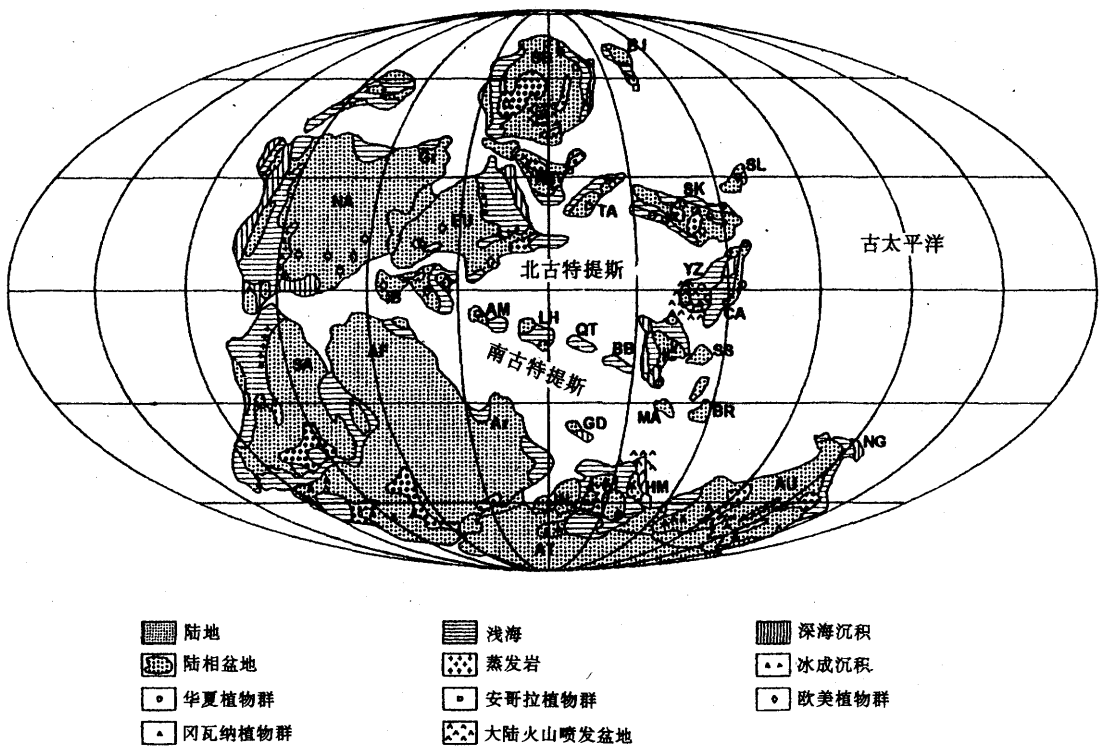


图 8—5—4　联合古陆 250（230—290）Ma 再造图

（据王鸿祯等，1996）

NA—北美；EU—东欧；SA—南美；AF—非洲；SB—西伯利亚；KZ—哈萨克斯坦；TA—塔里木；YZ—扬子；CA—华夏；SK—中朝；AT—南极洲；N—印度；AU—澳大利亚

在北半球劳亚大陆和全球联合古陆的形成过程中，伴随有一系列古大洋的消失。至古生代末，只剩下南北大陆之间呈环状分布的古特提斯多岛洋以及包围联合古陆的巨型原始大洋（Panthalassa）（图 8—5—1，P）。

2. 古洋盆的演化和联合大陆的形成

（1）古亚洲洋的闭合和北亚大陆的形成

早石炭世末期的早海西运动导致了哈萨克斯坦和西伯利亚大陆（板块）间的古亚洲洋北支封闭，使两个大陆相连（图 8—5—1，C_2）。石炭纪末至二叠纪初哈萨克斯坦—准噶尔与塔里木大陆板块相互碰撞，致使古亚洲洋西段闭合。大致沿西拉木伦北一线的古亚洲洋东段直到早二叠世后才基本闭合，晚二叠世可能还有一些残留海湾，但在二叠纪末西伯利亚与华北板块已基本碰撞拼合（图 8—5—1，P_2）。

（2）乌拉尔洋闭合劳伦大陆形成

乌拉尔洋位于俄罗斯大陆与哈萨克斯坦-西伯利亚大陆之间。在这两个大陆上测得的极迁移轨迹表明，它们在寒武纪和奥陶纪时遥遥相隔，中间存在着前乌拉尔洋，至泥盆纪和石炭纪彼此靠拢，二叠纪时碰撞拼合。

俄罗斯大陆东缘在奥陶、志留纪时为大西洋型大陆边缘，志留纪时在其东边的大洋中存在一火山岛弧带，该岛弧与俄罗斯大陆的东缘之间也有洋盆相隔，岛弧西侧的蓝闪石片岩带所标志的俯冲带向东潜没于岛弧之下，俄罗斯大陆与岛弧之间的洋盆逐渐变窄，至泥盆纪闭合，俄罗斯大陆增生扩大，沿此扩大了的边缘又发育了向西俯冲的消减带。沿大洋的东缘，从前寒武纪晚期开始便有倾向西伯利亚板块的俯冲带存在。在俯冲作用下，西伯利亚板块由于大洋物质沿陆缘的刮削堆聚以及岩浆物质的累加而扩展增生，俯冲带逐渐向洋侧退却。随着大洋两缘的俯冲作用，至石炭、二叠纪，前乌拉尔洋终于封闭转化为乌拉尔造山带，劳俄大陆与西伯利亚大陆碰撞镶接在一起。

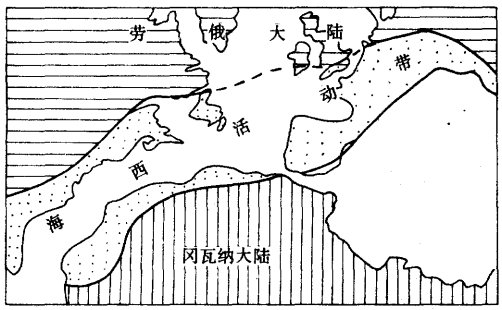


图 8—5—5　横亘欧美的海西（华力西）活动带（据 L.W.Stokes，1982）

古亚洲洋和古乌拉尔洋的相继闭合，导致劳俄大陆、哈萨克斯坦-西伯利亚大陆、华北-柴达木大陆和塔里木大陆相互连接，在晚古生代后期这些相互连接的大陆称为劳亚大陆（Laurasia）。

（3）联合古陆的形成

晚古生代存在于劳俄大陆与冈瓦纳大陆之间的海域，是总体上呈现西窄东宽的古特提斯洋的西段。又称为海西阶段活动带（图 8—5—1，C_2；图 8—5—5）。该带包括了现今北美南部阿巴拉契亚山、西班牙、德比交境莱茵海西山及阿尔卑斯山区。

活动带的东段处于俄罗斯（又称古欧洲）大陆与南欧小型陆块（如莫尔丹努布地块等）之间，包括英国最南部、西班牙、法国中西部、德国西南部及捷克波希米亚等地区。古生代时期，俄罗斯大陆与南欧小型陆块之间存在中欧洋（亦称 Rheic ocean），它的历史可追溯至奥陶纪。其后沿中欧洋南缘发育了一列俯冲带，中欧洋洋壳向南潜没于南欧陆块

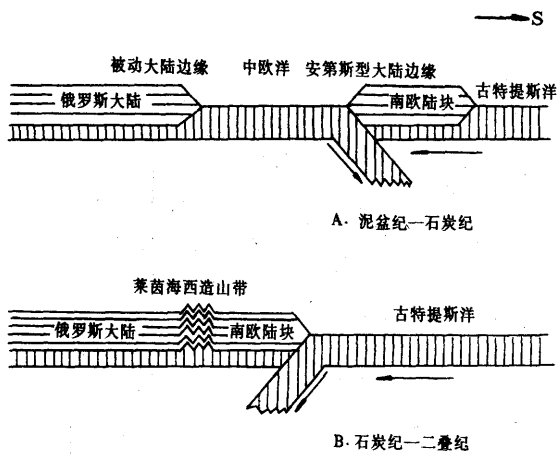


图 8—5—6　中欧洋的关闭和海西褶皱带的形成

（据 G. A. L. Johnson, 1978）

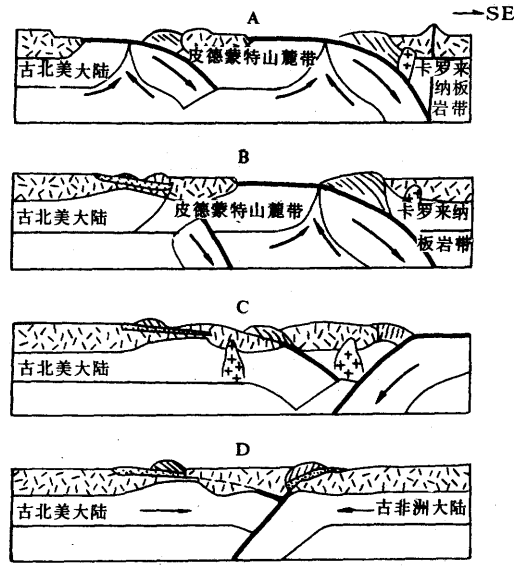


图 8—5—7　前阿巴拉契亚洋关闭与南阿巴拉契亚褶皱带形成的主要事件

（据 F.A.Cook 等，1980，简化）

A—寒武纪；B—奥陶纪；C—泥盆纪；D—石炭—二叠纪

之下，洋盆逐渐收缩关闭（图 8—5—6，A）。西欧石炭纪动物区系的研究表明，中欧洋作为自东向西的海道在晚石炭世早期已开始关闭，至石炭纪末完全闭合。在这期间，俄罗斯大陆与南欧陆块相遇，形成了碰撞型海西褶皱山系（图 8—5—6，B）。随着中欧洋的关闭，在二叠纪，也可能包括晚石炭世，沿南欧陆块南缘（古特提斯洋北缘）形成向北倾的新俯冲带（图 8—5—6，B），俯冲活动又在南欧陆块上引起了岩浆活动。

海西活动带西段处于劳伦大陆与冈瓦纳大陆之间，包括北美南部的阿巴拉契亚山和非洲北部的阿特拉斯山南部。

劳伦（古北美）大陆与冈瓦纳非洲部分之间，前寒武纪晚期就开始形成阿巴拉契亚多岛洋，其中散布着一些微型陆块或岛弧，如皮德蒙特陆块、卡罗来纳陆块等。寒武纪时，皮德蒙特陆块和卡罗来纳陆块之下各有一向东倾斜的俯冲带（图 8—5—7，A），致使其间洋盆收缩。奥陶纪时，古北美与皮德蒙特陆块之间的洋盆闭合，皮德蒙特陆块增生拼贴于古北美大陆东缘（图 8—5—7，B），这就是著名的塔康造山运动。约在泥盆纪，皮德蒙特陆块与卡罗来纳陆块之间的洋盆在俯冲作用下关闭，卡罗来纳陆块也碰撞焊接于扩大了的古北美大陆东缘，同时，俯冲带“反弹”，形成向西倾斜的新俯冲带（图 8—5—7，C）。这次碰撞引起的造山运动称为阿卡德运动。晚石炭世至早二叠世期间，古北美与古非洲之间的大洋最终闭合，二大陆碰撞接合（图 8—5—7，D），这次碰撞事件引起的造山运动称为阿勒格厄运动，随着该期运动的结束，阿巴拉契亚造山带形成。

劳亚大陆与冈瓦纳大陆由此直接相连接，自二叠纪晚期起基本形成了全球范围的超级大陆——联合古陆（Pangaea）。该超级大陆在三叠纪早期达到全盛，造成二叠、三叠纪期间 陆生爬行动物在联合古陆上自由迁移，遍布世界各大洲（图8—5—8）。联合古陆分布

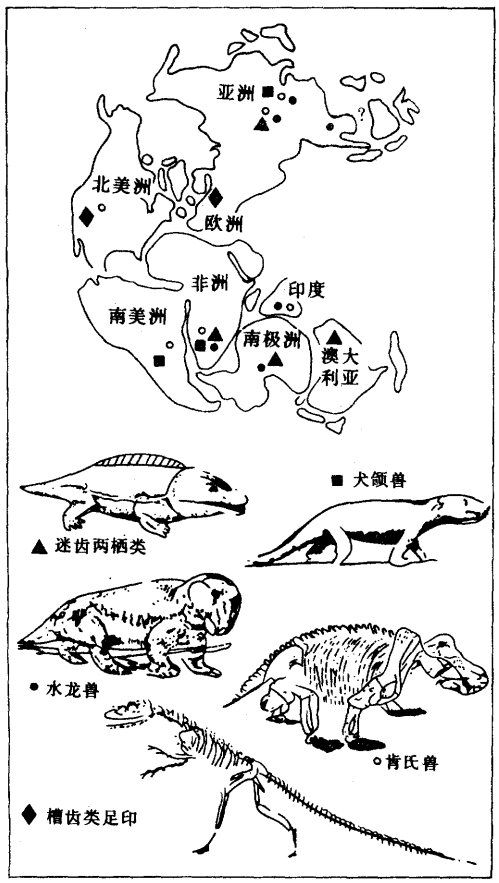


图 8—5—8　二叠、三叠纪（距今 200—270Ma）的联合古陆及水龙兽、肯氏兽等动物群的分布
（据 W. Sullivan，1974，修改）

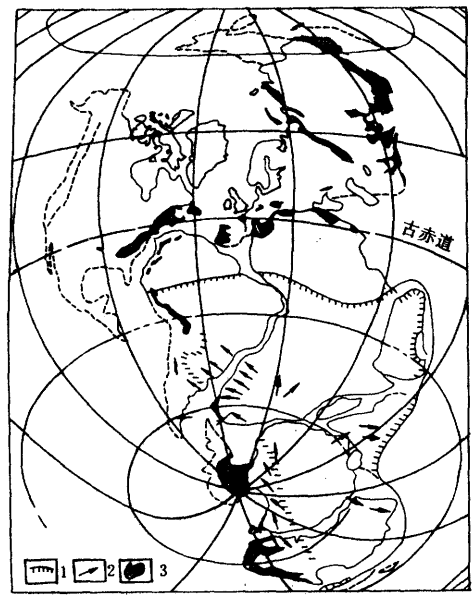


图 8—5—9　280Ma 前的联合古陆
（据 P.Morel 和 E.Irving，1981；E.P.Plumstead，1973；J.C.Crowell 和 L.A.Frakes，1970 综合）
1—舌羊齿分布区；2—冰川运动方向；3—海西造山带

自北极到南极跨越了各种类型的气候带（图 8—5—1，P_2），劳亚大陆大部、南美北部及非洲北部大都处于中、低纬度区，冈瓦纳大陆大部则处于中、高纬度区内，石炭、二叠纪时发育了适应于寒冷气候的舌羊齿植物群及冰川活动（图 8—5—9）。

（三）古生代的气候演变

地史时期所保存下来的特殊沉积是恢复各时期古气候的重要依据，例如红层膏盐代表炎热干燥气候下的沉积，煤层代表温暖潮湿气候，冰碛层则代表寒冷气候。但在进行分析时还应考虑板块的运动、各大陆所处的古纬度，古生物群和古地理等进行综合分析。

震旦纪曾出现过全球性冰期，寒武纪时全球气候转暖，各个分散的大陆块体几乎都处于赤道附近的低纬度区内（图 8—5—1，ϵ_1），在西伯利亚、澳大利亚、印度盐岭地区及我国扬子地区都有蒸发岩沉积。奥陶纪晚期至志留纪初期冈瓦纳大陆向南移动，西冈瓦纳（北非、南美、南欧）处于寒冷气候条件下，有大规模的大陆冰盖及冰海沉积，其余各大

陆仍处于低纬度区内（图8—5—1，O_3、S_1），在北美及西伯利亚有蒸发岩沉积。志留纪起西冈瓦纳脱离极地气候区，而处于南方温凉气候区内，东冈瓦纳（澳大利亚、印度、南极洲）、扬子和北美等均处于赤道附近，有蒸发岩、盐类沉积和珊瑚礁等，而西伯利亚向北移动至北纬30°—40°左右，处于北方温和气候带内，可以土著型图瓦贝动物群为代表。

晚泥盆世至早石炭世早期全球生物分区不明显，说明气候分异较弱，冈瓦纳大陆内仅局部地区有冰川存在。晚石炭世至早二叠世早期（栖霞期），冈瓦纳大陆冰盖进入全盛期，全球气温显著降低，生物的纬度分异相应增强，第一次出现类似于现代地表生物纬度分异现象。当时北方西伯利亚-哈萨克斯坦大陆区，以安加拉植物群为代表，艾比湖—居延海—西拉木伦北一线以北的海区为以 *Lytvolasma*、*Yakovlevia* 等代表的冷温型动物群，说明处于北方温凉气候区。欧洲、北美、中国大部及东南亚大部当时处于低纬度热带、亚热带气候区内，陆生植物以发育高大、无年轮的乔木为特征，海区则发育了以造礁生物和高分异度的暖水动物群。而在南方冈瓦纳大陆发育单调的舌羊齿植物群和海生 *Eurydesma* 为代表的冷水动物群，代表了南方寒凉气候区。非洲南部、南美东南部、印度及澳大利亚南部的石炭、二叠纪冰碛岩更是寒冷气候的标志（图8—5—9）。这种南北半球冷暖气候区的对称分布（图8—5—1；C_2、P_2）是晚古生代古气候的重要特征。

早二叠世晚期（茅口期）起温暖气候带有向南、北扩展的趋势，在中国境内表现尤为明显。根据四射珊瑚、腕足及双壳类生物群和陆生植物群的分布，中国青藏地区在早二叠世早期以冈玛错—澜沧江一线为界，其北属暖水型动物群分布区，其南出现冷水型 *Eurydesma* 和冷温型 *Lytvolasma* 动物群，显示了凉温气候带特征。早二叠世晚期，暖水动物群的代表分子如 *Neoschwagerina*、*Iranophyllum* 等越过冈玛错—澜沧江线向南侵入到拉萨、仲巴等地，反映了冈瓦纳冰川消退和全球性气候转暖趋势。

（四）古生代层序地层划分及海平面变化

第三章中曾指出层序地层划分和相应海平面变化都存在不同级别的旋回现象。在深入的科学研究和指导油气等矿产资源生产工作时，需要详细研究三级基本层序以及更小级别的高频地层旋回。但在综合地史学研究和教学中，应把注意力集中在一、二级高级层序划分和全球性海平面变化旋回方面。

关于古生代的层序地层划分和海平面变化旋回方面，目前国际上还没有成熟的统一方案。对于是否存在全球一致的海平面变化旋回和全球性可对比的层序地层单位，国内外也都有不同认识。本书介绍国际上一些跨国石油公司习用的古生代一、二级高级层序的划分和命名，可以代表90年代初期的研究现状（表8—5—1）。应当说明，由于美国学者L.L.Sloss于1949年最早提出层序（sequence）术语，并将北美板块（克拉通）的古生代地层作了层序划分，所以目前国际上一般沿用他创立的命名系统，但在级别概念和研究程度上又都有了巨大的进展。

L.L.Sloss（1949）将北美古生界划分为4个层序（sequence），自下而上为：索克（Sauk，ϵ_1—O_1^1）、蒂普坎努（Tippecanoe，O_1^2—S_3）、卡斯卡斯基（Kaskaskia，D_1—C_1）和下埃布萨罗卡（Lower Absaroka，C_2—P_2）。目前已明确应属4个一级巨层序（megasequence），延续时限一般为90±25Ma。二级层序的划分情况较为复杂，本身又区分为大、小两类级别，国际上流行的术语是超层序（supersequence，时限一般为10Ma±）和超层序组（su-

表 8—5—1　古生代层序地层划分及海平面变化

时代	一级 巨层序	二级 超层序组 中层序	二级 超层序 正层序组	三级 层序 正层序	Ma	中国重要海退事件
					250	P末海退
P_2 | C_2	下埃布萨罗卡 Lower Absaroka（LA） 75Ma	LAB 17Ma	LAB3	5个	259	东吴运动及海退
			LAB2	3个	270	栖霞期末海退
			LAB1	4个	275	船山期末海退
		LAA 58Ma	LAA4	4个	285	C末海退
			LAA3	2个	296	威宁期末海退
			LAA2	2个	305	
			LAA1	2个	320	C_1末海退
C_1 | D_1	卡斯卡斯基 Kaskaskia（K） 90Ma	KB 45Ma	KB5	1个	327	大塘期末海退
			KB4	2个	336	
			KB3		348	岩关期末海退
			KB2	2个	360	D末海退
			KB1	2.5个	368	F/F界线海退
		KA 45Ma	KA4	2.5个	376	D_2末海退
			KA3	5个	389	D_1末海退
			KA2	4个	397	
			KA1	4个	408	S末海退
S_3 | O_1^2	蒂普坎努 Tippecanoe（TP） 62Ma	TPB 27Ma	TPB2	1个	428	
			TPB1	6个	440	O末海退
		TPA 35Ma	TPA2	3个	456	
			TPA1	4个	475	O_1内部海退
O_1^1 | ϵ_1	索克 Sauk（S） 115Ma	SC 30Ma	SC3	4个	481	
			SC2		495	
			SC1		505	ϵ末海退
		SB 36Ma	SB4	4个	512	
			SB3		522	ϵ_2末海退
			SB2	4个	535	
			SB1		541	ϵ_1末海退
		SA 49Ma	SA3	7个	555	
			SA2		566	
			SA1		570（540）	Z末海退

persequence set，时限大体为36±10Ma）。由于汉字习惯中“超”的级别高于“巨”，容易引起误解，王鸿祯等（1996）提出用中层序（mesosequence）术语代替超层序组，将正层序（orthosequence）术语专门使用于三级基本层序（时限约2—5Ma），因此用正层序组（orthosequence set）术语代替超层序，两套名词体系的对应关系见表8—5—1。

据上述古生代各纪层序划分和海平面变化历史来看，一级巨层序和二级中层序（超层序组）在全球范围内总体上可以很好对应。二级正层序组（超层序）在全球范围内原则上也能相互对比，但不同地区由于遭受构造运动的影响从而产生了增强或减弱的海平面变化地质记录，有的地区表现十分明显（如259Ma前后华南地区的东吴运动），有的地区则只表现为微弱的层序界面。至于三级正层序（基本层序）能否进行全球或大区域对比？情况比较复杂。由于海平面变化旋回级别越低，延续时间越短，越易受到区域性或地方性构造背景、气候条件和陆源物质供应速率因素的干扰，很可能原则上只能在构造背景相似的范围内进行三级层序的直接对比。因此，同一板块范围内的不同部位如果客观条件有差异，相同时间间隔内三级层序的数量和发展趋势可以有别；而相隔遥远的不同板块之间只要构造运动相对微弱，三级层序往往可以对比。目前全球古生代三级层序的划分尚处开始工作阶段，表8—5—1中列出的三级层序数目主要根据我国近年（1992—1996）“中国古大陆及其边缘层序地层与海平面变化研究（SSLC）”重大项目的研究成果，二级层序划分参考了国外石油公司内部材料，但古生代起迄年龄值则按近年获悉的新成果作了修订。以上内容均有待今后工作继续检验和修正。

课外阅读文献

1.B.F.Windley，1984，进化中的大陆（第二版，赵锡文、杜宽平等译，1989）。中国地质大学出版社。

2.G. A. L. Johnson，1978，European plate movement during the Carboniferous. In: D. H. Tarling (ed.)，*Evolution of the Earth's Crust*，p. 343—360，Academic Press.

3.J. V. Watson and P. W. Dunning，1979，Basement-cover relations in the British Caledonides. In: A. L. Harris et al. (Eds)，*The Caledonides of the British Isles—Reviewed*. Scottish Academic Press，Edinburgh.

4.D. V. Ager，1980，欧洲地质（马丽芳、刘训等译，1989）。地质出版社。