

# 第十四章 新生代的古生物、古地理和古构造

新生代包括第三纪和第四纪，是地球历史中最近 65 Ma 以来的地质时期，内部进一步划分为 7 个世（表 14-1）。新生代古生物、古地理、古气候、古构造较中生代均发生了重要变化。生物界以哺乳动物和被子植物大发展为特征，被称为哺乳动物时代或被子植物时代，其中第四纪由于人类的出现和发展，称为人类时代。古气候的重要事件是第四纪冰川的形成。古地理、古构造的重要变革发生在中国古大陆的西南缘和东南缘：在西南缘由于始新世晚期印度板块与古亚洲板块的最终对接碰撞，导致第三纪以来青藏高原的急剧抬升和喜马拉雅山世界屋脊的形成。在东南缘最重要的事件是大陆边缘裂陷和弧后扩张，并形成了许多规模大、沉积厚的盆地，如渤海湾盆地、东海盆地和南海盆地，它们蕴藏了我国重要的油气资源。

表 14-1 新生代的地质时代划分（年龄值据 W. B. Harland 等，1989）

代	纪	世	代号	年龄值 (Ma)	持续时间 (Ma)		
新 生 代	第 四 纪	全新世		Q <sub>4</sub>	0.01	0.01	
		更 新 世	晚	Q <sub>3</sub>			
			中	Q <sub>2</sub>			
			早	Q <sub>1</sub>			
	第 三 纪	晚 第 三 纪	上新世		N <sub>2</sub>	1.64 (2.48)	3.56 (2.72)
			中新世		N <sub>1</sub>		
			渐新世		E <sub>3</sub>		
		早 第 三 纪	始新世		E <sub>2</sub>	23.3	12.1
			古新世		E <sub>1</sub>		
				56.5	8.5		
				65			

## 第一节 新生代的生物界

新生代生物界总貌与现代相近，脊椎动物的哺乳类空前大发展，取代了中生代十分繁盛的爬行类；无脊椎动物以双壳类、腹足类、介形类占主要地位，中生代海洋中繁盛的菊石、箭石等已经绝灭；植物界中被子植物全面发展，而中生代占统治地位的裸子植物大量衰退。

### 一、脊椎动物的变革与演化

新生代新兴的哺乳类占居了地球上各个生态领域，尤其是有胎盘类（真兽）的进化、辐射最为明显，如空中飞行的翼手类，水中游泳的鲸类以及陆地行走奔跑的食肉类、食草类等。无胎盘的有袋类主要繁盛于与其他大陆隔绝的澳洲地区。哺乳动物的演化表现为：早第三

纪以古有蹄类和肉齿类等古老类型较繁盛为特征，含有较多地方性的土著分子；晚第三纪以偶蹄类大发展和象的迅速演化为特点，随着各大陆的沟通，陆生哺乳动物趋同性逐渐明显；第四纪以出现现代生物属种为特征，人类的出现和发展是本阶段的重要事件（图 14-1）。

#### （一）早第三纪古有蹄类及肉齿类的繁盛

古有蹄类是以植物为食的有蹄哺乳动物，它们从原始食虫类祖先演化而来，与现代哺乳动物没有直接系统关系。它们与后来的有蹄类（奇蹄类、偶蹄类）相比，一般个体较小，齿比较原始，四肢和脚粗短，比较笨拙，包含几个平行进化的不同类别，如我国古新世的 *Bemalambda*（阶齿兽），个体大小如狼。早始新世的 *Coryphodon*（冠齿兽），体形笨重，短壮的四肢和宽阔的脚，不能迅速奔跑。此外，亚洲特有的 *Anagalida*（狃兽类）也是已灭绝的古老类型哺乳动物，它在第三纪早期很繁盛，个体与兔相近，我国华南有不少发现。Creodonts（肉齿类）捕食其他原始食草动物，一般构造原始，四肢比较短而粗，趾（指）具爪，但仍像蹄，如始新世的 *Hyaenodon*（鬣齿兽）等。

#### （二）早第三纪中、晚期奇蹄类的高度发展和肉食类的繁荣

进步的有蹄类（奇蹄类、偶蹄类）及肉食类的 Fissipedia（裂脚类）高度发展而替代古老类型的古有蹄类和肉齿类，是本阶段哺乳动物的重要特点。这些肉食类（犬、熊、浣熊、灵猫、鬣狗、猫等）是从晚始新世和早渐新世直到现代一直占优势的陆生肉食类，分布十分广泛。啮齿类、长鼻类和灵长类的发展使动物群更为丰富，现代哺乳动物的祖先已基本出现。本阶段是奇蹄类演化发展的极盛时期，进化很快，分化门类很多（包括马、雷兽、爪兽、犀等）。大部分奇蹄类（如雷兽、爪兽、蹄齿类及两栖犀）在早第三纪末期灭绝，只有那些适应演化非常成功的奇蹄类（如马）才一直生存到现在。马的演化主要表现在体表的增大、脚趾的减少和齿的进化。早始新世的 *Hyracotherium*（始马）个体如犬，前脚四趾，后脚三趾，齿未特化。到渐新世的 *Miophippus*（中新马）个体可达羊大，脚的长度增加，前后肢的侧趾退化均变为三趾，所有趾都着地，但中趾比侧趾大得多。中新世马类开始适应草原生活，*Merychippus*（草原古马）体形开始增大。到中新世结束时，更为进化，仅中趾着地，如 *Hipparion*（三趾马）。到第四纪演化为单趾的 *Equus*（真马）。雷兽类（Brontotheriidae）最终出现于始新世早期，个体很小，与狐狸差不多。到渐新世中期发展到繁盛顶峰时，个体笨重而巨大，肩高可达 2 m 以上，但很快灭绝。两栖犀类（Amynodontidae）是已绝灭奇蹄类的另一代表，从晚始新世兴起的 *Amynodon*（两栖犀）一开始就是粗大而笨重的动物，四肢一般短而宽，前臼齿及门齿极端退化，到渐新世不久即灭绝。

#### （三）晚第三纪偶蹄类的大发展和象的迅速演化

偶蹄类一般每脚有 2 或 4 个趾，脚的中轴是在第三和第四趾上，多数具有反刍功能。偶蹄类与奇蹄类都于始新世兴起，但早第三纪是奇蹄类的繁荣时期，而偶蹄类在晚第三纪大为繁盛。象（长鼻类）的演化主要反映在齿及头骨方面。晚始新世至早渐新世的 *Moeritherium*（始祖象），个体大小如猪，没有巨大的门齿及长鼻，臼齿只有两个横脊，晚第三纪和更新世演化出不同的分支，门齿逐渐增大，臼齿的齿脊数不断增加，上新世以前齿脊大都在 5 个以下，更新世多数在 10 个以上（最多达 30 个）。由于象的演化快，分布广（除澳洲外遍布全世界），具有重要的地层划分意义。本阶段肉食类将继续发展，奇蹄类中的马及犀等在鉴定地层时代上仍比较重要。

#### （四）第四纪哺乳动物的南北分异和属种现代化

第四纪动物群以出现大量现代属种为特色，由于大陆古地理、古气候的变化，本时期动

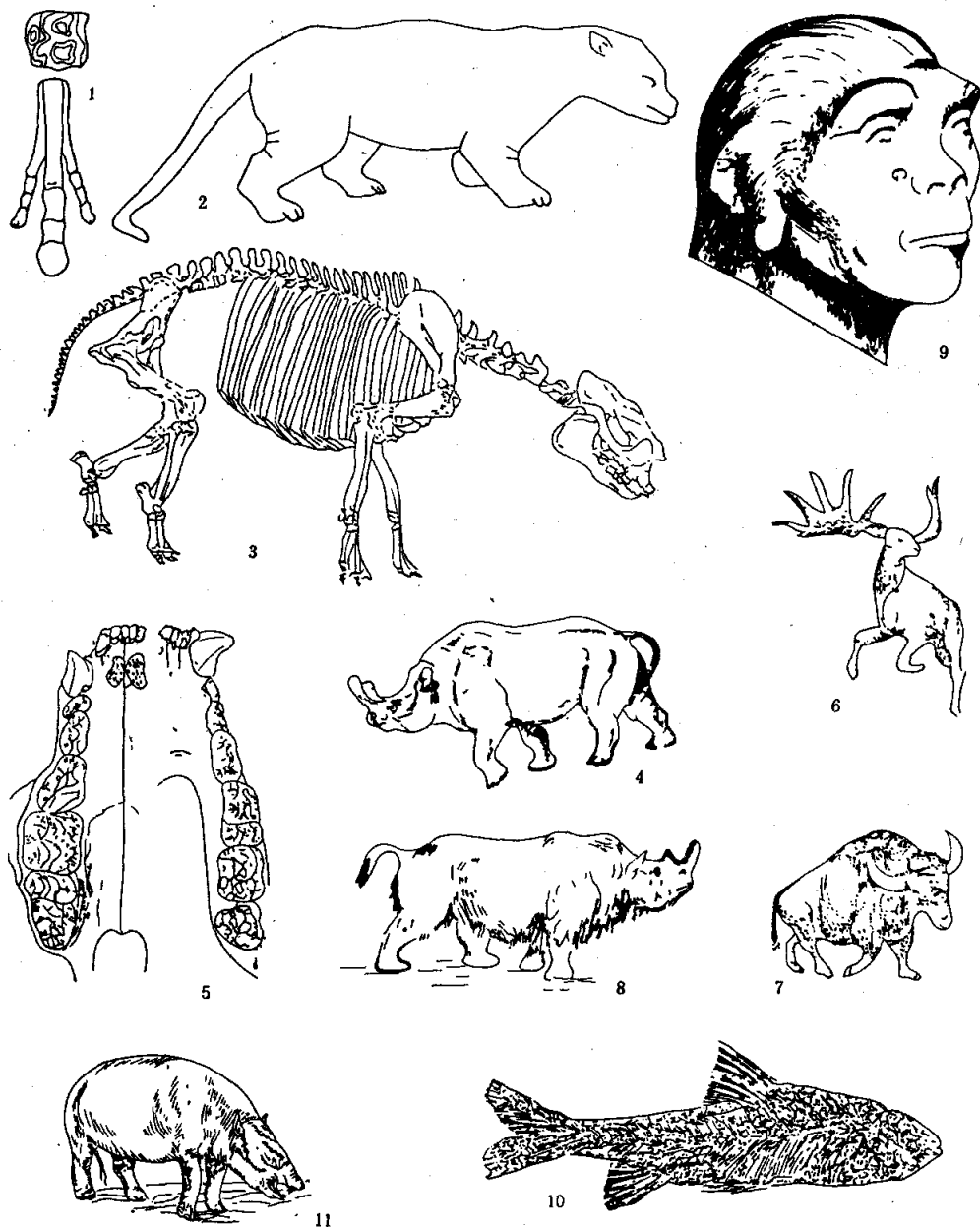


图 14-1 新生代脊椎动物

1. *Hipparion* (三趾马); 2. *Bemalambda pachyosteus* (肿骨阶齿兽, E<sub>1</sub>); 3. *Amynodon mongolinensis* (蒙古两栖犀, E<sub>2</sub>);  
 4. *Eotitanops* (始雷兽, E<sub>2</sub>); 5. *Ailuropoda melanoleuca* (大熊猫, Q); 6. *Megaloceros pachyosteus* (肿骨大角鹿, Q); 7. *Bison*  
 (野牛, Q); 8. *Coelodonta antiquitatis* (古披毛犀, Q); 9. *Homo erectus pekingensis* (北京直立人, Q<sub>1</sub>); 10. *Barbus  
 brevicephalus* (短头鲟鱼, N); 11. *Moeritherium* (始祖象, E)

物群又逐渐显露出南北分异(表 14-2)。早更新世可以秦岭、淮河为界分为南、北两个动物群:北方(河北平原)的泥河湾动物群,既有第三纪残留的 *Proboscideipparion* (长鼻三趾马),又有新出现的 *Bison* (野牛)、*Equus sanmeniensis* (三门马)等;南方(广西)的柳城动物群,其中既有残留的 *Stegodon preorientalis* (前东方剑齿象),又有新出现的 *Equus yunnanensis* (云南马)、*Gigantopithecus blacki* (步氏巨猿)等。虽然,早更新世为南、北两个动物群,但南、北动物群中仍有一些共同属种,说明两个动物群之间仍有一定联系。更新世中期动物群特点是:有少量的第三纪残留分子和相当数量的现代类型,南、北动物群差别相当明显,代表北方的周口店动物群,含有 *Megaloceros pachyosteus* (肿骨大角鹿,俗称肿骨鹿)、*Hyaena sinensis* (中国鬃鬣狗)和 *Coelodonta antiquitatis* (古披毛犀)等北方特有的类型;南方以万县盐井沟动物群为代表,包含有 *Ailuropoda melanoleuca* (大熊猫)及 *Stegodon orientalis* (东方剑齿象)等南方特有的属种。更新世晚期,以大量出现现生属种,但尚存有现在已灭绝的属种为特征:北方以萨拉乌苏动物群及丁村动物群为代表,包含有 *Megaloceros ordosianus* (鄂尔多斯大角鹿)、*Crocota ultima* (最后斑鬣狗)、*Bosprimigenius* (原始牛)及披毛犀等。南方仍以大熊猫-东方剑齿象动物群为特征,但产有智人化石。东北与华北在更新世早、中期动物十分相似,但更新世晚期东北地区出现 *Coelodonta antiquitatis* (古披毛犀)及 *Mammuthus primigenius* (普通猛犸象)动物群,这是代表典型的寒冷气候动物群。全新世动物群及其分布与现代十分接近,以不包含已灭绝属种为特征。一些更新世特有的属种,如 *Megaloceros* (大角鹿)、披毛犀和猛犸象均已绝灭,而犀及象等分布范围大为缩小,现在仅限于东南亚及非洲。

表 14-2 中国第四纪动物群

时代		距今年龄 (10 ka)	哺乳动物群	
			北方	南方
全新世				
更新世	晚期	1	山顶洞动物群	柳江动物群
			峙峪动物群	
	萨拉乌苏动物群		长阳动物群	
	许家窑动物群			
中期		周口店动物群	万县盐井沟动物群	
早期		泥河湾动物群	柳城巨猿洞动物群	

164 (248)

#### (五) 人类的出现和发展

人类的出现是第四纪生物进化的重大事件,从猿到人的演化已有大量的证据,可分为三个阶段:①南方古猿阶段,相当于考古学划分的旧石器早期的前一阶段(表 14-3),由于南方古猿能直立行走,其中一部分古猿制造和使用最原始的石器,表明走入了人类发展的最初阶段,或称从猿到人的过渡阶段。南方古猿化石大部分在非洲发现,基本分属三个种 *Australopithecus africanus* (非洲南方古猿), *A. robustus* (粗壮南方古猿)和 *A. boisei* (包氏南方古猿),可能只有比较进步的非洲南方古猿才进化为后一阶段的直立人。最初人们认为人类起源

于 1 Ma 前, 后来化石的发现将人类开始时期推进到 2~3 Ma 前。近年在肯尼亚发现了早达四、五百万年的古猿化石, 我国山西恒曲也发现了古老的始猿化石。所以人类与猿类的分界以及早期人类出现的年代, 到目前为止还是有待进一步研究的重大基础理论课题。②直立人阶段, 相当于考古学划分的旧石器早期的后一阶段, 直立人 (*Homo erectus*) 四肢已与现代人基本相似, 脑量增大, 所制造和使用的石器仍很原始, 直立人名词近二三十年来才提出, 现在已为多数人接受用来取代原来的“猿人”名词。因为从猿到人进化过程中, 最初阶段是南方古猿而不是直立人。早在 20 年代, 我国周口店发现的 *Sinanthropus pekingensis* (北京猿人或中国猿人) 应改为 *Homo erectus pekingensis* (北京直立人或简称北京人)。陕西蓝田发现的 *Homo erectus lantianensis* (蓝田人) 比北京人年代早。云南元谋发现的 *Homo erectus yuanmonensis* (元谋人), 古地磁测定年龄为 17 Ma, 也比北京人年代为早。直立人的年代基本相当于早更新世中、晚期至中更新世, 它的化石分布于亚、非、欧广大地区。北京人洞穴堆积中有灰烬层, 这是北京人使用火的遗迹。蓝田公王岭蓝田人头骨出土层中发现有炭粒, 可能是未充分燃烧的树木枝干。与元谋人时代相当的山西芮城西侯度遗址发现烧过的鹿角, 反映元谋人也有用火的可能性。因此, 直立人已开始用火似无疑问, 我国找到的古人类用火遗迹是目前世界上最早的, 但南方古猿尚无用火的确切证据。③智人阶段, 智人从脑量及直立行走的姿势已与现代相近。智人化石表明, 大约五万年以来, 智人在体质方面进化很少, 而文化方面则突飞猛进。早期智人 (古人) 不仅能制造更进步的石器, 并能取火御寒, 利用兽皮蔽体, 相当于考古学划分的旧石器时代中期, 以德国发现的 *Homo sapiens neanderthalensis* (尼安德特人)、我国广东韶关发现的马坝人和山西襄汾发现的丁村人为代表。晚期智人 (新人) 是现代的直接祖先, 不仅能制造复杂的石器, 做衣服, 并用骨、壳等制成装饰品, 相当于考古学划分的旧石器时代晚期, 以印度尼西亚爪哇岛及加里曼丹岛发现的克鲁马努人 (Cro-Magnon)、我国周口店发现的山顶洞人和广西发现的柳江人为代表。

表 14-3 中国古人类发展阶段

时代		古人类	考古期		海侵
全新世			铁器时期 青铜器时期 新石器时期		I 卷转虫海侵
更 新 世	晚期	新人 { 山顶洞人 柳江人 古人 { 长阳人 丁村人 马坝人	旧 石 器 时 期	晚期 山顶洞文化 萨拉乌苏文化	I 假轮虫海侵 II 星轮虫海侵
	早、中期	直立人 { 北京人 蓝田人 元谋人		早期 北京人文化 西侯度文化	IV 盘旋虫海侵 V 未定名

综上所述, 从猿到人的进化, 主要表现在人体的直立行走、脑量的增大和不断改革劳动工具等方面, 反映了劳动创造人的过程。

## 二、水生无脊椎动物的更替与发展

中生代末期, 各种生态领域都有大量的生物类别绝灭和衰退, 代之又有许多新生类别在新生代得到兴起和发展 (图 14-2)。

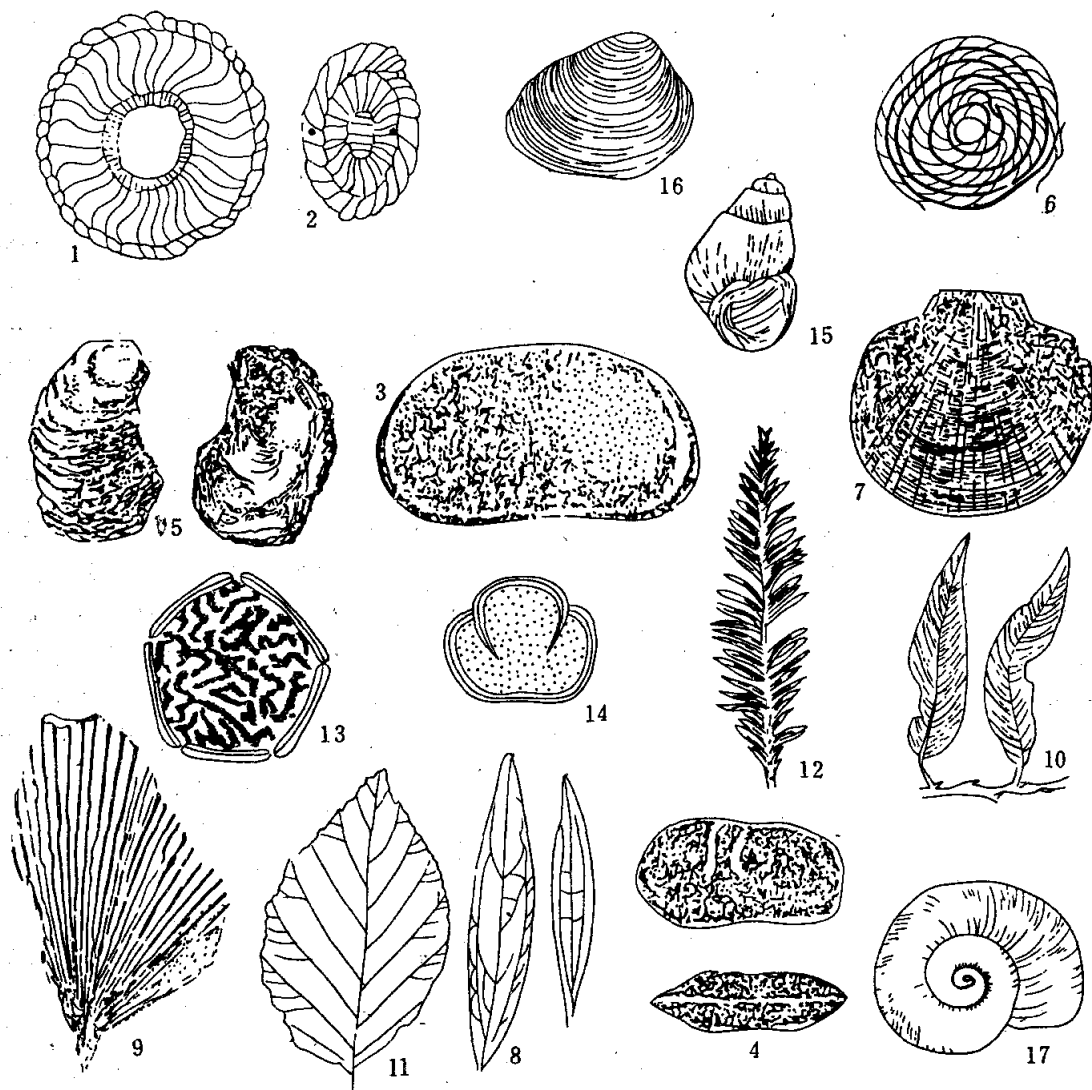


图 14-2 新生代无脊椎动物及植物化石图版

1. *Markalius inversus* (底视) (逆向麦卡球石, E<sub>1</sub>); 2. *Helicopantospaera ampliaperta* (底视) (大孔螺球石, E<sub>1</sub>); 3. *Candoniella albicans* (纯净小玻璃介, E—Q); 4. *Ilyocypris* sp. (土星介, E—Q); 5. *Ostrea* sp. (牡蛎, E—N 常见); 6. *Nummulites* sp. (货币虫, E); 7. *Pecten cristatus* (冠毛海扇, E—N); 8. *Cinnamomum lanceolatum* (披针樟, E—N); 9. *Sabalites nipponicus* (日本似沙巴桐, E); 10. *Salix varians* (精美柳, N); 11. *Alnus kafersteinii* (克氏桤木, E—N); 12. *Sequoia langsdorffi* (朗氏红杉, E—N); 13. *Ulmipollenites* (榆粉, E—N); 14. *Quercoidites* (栎粉, E—N); 15. *Viviparus* sp. (田螺, E—N); 16. *Corbicula* sp. (河蚬, Q); 17. *Planorbis* sp. (扁卷螺, E—N)

在海生无脊椎动物中，中生代繁盛的菊石、箭石已于白垩纪末完全灭绝，原生动物的有孔虫及放射虫极为繁盛，浅海以软体动物的双壳类及腹足类占统治地位，如 *Pecten* (海扇)，*Ostrea* (牡蛎)，*Fusus* (纺锤螺)，*Cerithium* (刺螺) 等，并常与有孔虫、海胆及苔藓虫组成海相介壳灰岩。第三纪晚期以来繁盛的四射珊瑚往往形成大型珊瑚礁。有孔虫可分底栖和浮游两类；底栖有孔虫如大型的 *Nummulites* (货币虫) 等，在早第三纪热带、亚热带海域分布

很广，进化很快，特别是在古地中海区的下第三系灰岩中广布，往往形成特殊的货币虫灰岩，故在欧洲常称早第三纪为货币虫纪。浮游有孔虫如 *Globigerina* (抱球虫)，*Globorotalia* (圆幅虫) 等，一般个体很小，演化快，分布广，是重要的洲际对比化石。

在淡水无脊椎动物中，叶肢介大为衰退，双壳类、腹足类、介形类以及昆虫则进一步发展 (图 14-2)。在不同时期，它们的组合面貌不同，在陆相地层划分、对比和沉积环境研究中有重要价值。常见淡水软体动物有腹足类 *Planorbis* (扁卷螺)，*Viviparus* (田螺)，*Radix* (萝卜螺)；双壳类的 *Lamprotula* (丽蚌)，*Corbicula* (河蚬)，*Cuneopsis* (楔蚌) 等。介形类在新生代极为繁盛，是陆相地层划分、对比的重要门类之一，如 *Cypris* (金星介)，*Eucypris* (真星介)，*Candona* (玻璃介)，*Ilyocypris* (土星介)，*Limmocythere* (湖花介) 及 *Candoniella* (小玻璃介)。

### 三、被子植物的发展及地理分区

在新生代植物界中，被子植物占有统治地位，属种数和个体数都约占整个植物群的 80%~90%，蕨类植物及中生代繁盛的裸子植物在整个植物群中所占的比例很少，据现有资料，中国第三纪植物群有两个发展阶段。早第三纪是木本植物大发展阶段，以木本被子植物的乔木、灌木繁盛为主，如中国东北抚顺植物群 (始新世)、云南景谷 (渐新世) 植物群中木本双子叶植物占有 80% 以上，此外，在早第三纪植物群中古老类型的蕨类和裸子植物仍占一定数量。晚第三纪是草本植物大发展阶段，本阶段草本植物逐渐增多，植物组合比第一阶段复杂，大量现代种属出现，如山东山旺植物群，吉林敦化梨沟植物群等。草本植物的出现和草原的形成，是被子植物演化史上的一次飞跃，对哺乳动物的发展和分化起着极其重要的促进作用。第三纪全球性气候的分带性已十分清楚，季节性变化也甚明显，古植物学家根据古气候带的不同，一般将第三纪植物分为三大植物地理区：泛北极植物区、热带植物区及南极植物区。热带植物区由于东西半球组成不同，又可进一步分为次一级的古热带植物区 (东半球) 和新热带植物区 (西半球)。中国跨越泛北极植物区和古热带植物区。泛北极植物区属温带型，包括北极区、北欧、北美和亚洲北部地区，以落叶乔、灌木为主，包括裸子植物的 *Taxodium* (落羽杉)，*Sequoia* (红杉)，*Glyptostrobus* (水松)，被子植物的 *Fagus* (山毛榉)，*Alnus* (桤木)，*Betula* (桦)，*Populus* (杨) 和 *Salix* (柳)，以及蕨类植物的石松、卷柏等。热带植物区属热带、亚热带型，包括西欧、原苏联南部，南美及非洲，中国南部及东南亚等地，以常绿树为主，包括大型的裸子植物和蕨类植物，被子植物有喜热的 *Cinnamomum* (樟)，*Magnolia* (木兰)、*Sabalites* (似沙巴桐) 等，本植物区的北界在第三纪有逐渐向南迁移的趋势，早第三纪早、中期植物区北界达到阿拉斯加等北纬 70°± 地区，晚第三纪南移至北纬 35°±。南极植物地理区位于南纬 40° 以南的南美大陆和大洋中许多岛屿以及南极洲大陆的周围岛屿。该区植物多为南半球特有类型，在该区的 1 600 种维管植物中有 1 200 种为该区特有，典型植物有山毛榉科的 *Nothofagus* (假山毛榉)、南美杉科及木本植物。

作为植物繁殖器官一个组成部分的孢子和花粉，以其数量多、分布广，在新生代地层、古气候和油气有机地球化学研究方面具有突出作用，根据孢子和花粉化石组合的研究，可恢复植物群面貌。

藻类植物在新生代也有重要发展，常成为地层划分对比的重要化石，海生浮游生物钙藻在第三纪可划分出 40 多个化石带，如古新世初期的逆向麦卡球石 (*Markalius liversus*)，中新世早期的大孔螺球石 (*Helicopantospaera ampliaptera*) 等。淡水轮藻在陆相也很常见，如第

三纪的倍克轮藻 (*Peckichara*)、栾青轮藻 (*Hornichara*) 等。

## 第二节 第三纪的古地理、古构造

新生代是地球岩石圈构造演化发生巨大变化的时期：印度板块在始新世晚期最终与亚洲板块对接碰撞，新特提斯洋盆消失，嗣后印度板块继续向北 A 式俯冲，导致青藏高原急剧抬升；古太平洋板块运动方向在始新世晚期 (42 Ma) 也发生重要转折，即运动方向由北北西变为北西西，从此开始古亚洲大陆东缘形成现代的沟-弧-盆体系，大陆内部出现活跃的弧后或陆内裂陷作用。因此我国新生代的地质演化既受控于印度板块与欧亚板块的相互作用，也与太平洋板块向欧亚板块俯冲引起壳幔深度结构变化有关，他们从宏观上控制了中国新生代构造演化的基本格局。

新生代也是古气候发生显著变化的时期。早第三纪气候干旱带横亘亚洲，占据中国西北和东南部，晚第三纪气候主要为温暖渐趋寒冷，最终进入第四纪冰期。

古地理特点和沉积类型主要受控于上述古构造和古气候背景。中国的第三系以陆相沉积为主，海相沉积只限于西藏南部、塔里木盆地西南缘及中国东南部大陆架海域等局部地区。中国的第三系在宏观上可分为东、西两大部分，其分界在贺兰山—龙门山一线，这条分界是中国区域地质一条重要的经向为主的构造带，东、西两部分的构造格架及主要动力学因素都有明显差异，国际上又将这分界线的东部称为环太平洋带 (广义)。

### 一、中国东部古地理、古构造

中国东部第三纪最为重要的地质事件是大规模的裂陷作用，在时间上可大致分为两大阶段：早第三纪为主裂陷期，盆地沉降快，地层层厚度大，一般为 700~4 000 m，晚第三纪为裂后热沉降期 (或称拗陷期)，地层层厚度相对较小，一般从几百米到 2 000 m。裂陷作用形成盆地宽度几十公里至几百公里不等，内部为沟、垒相间的地堑式，依据大地构造位置又可分为两类：一类是陆块板内裂谷发育的类型，如渤海湾盆地、苏北盆地，另一类为大陆边缘裂谷盆地类型，主要分布于中国东、南部现在大陆架地区，如东海盆地、莺琼盆地，这两类盆地古地理和沉积特征有显著差异，此外，控制着中国东部沉积类型的另一重要因素是气候带的迁移。

#### (一) 早第三纪古气候和沉积类型

早第三纪中国大陆古气候纬向分带清楚，在东部可划分出四个带：北部温暖潮湿气候带，中北部潮湿、半干旱气候带，中南部干旱气候带，南部热带、亚热带潮湿气候带 (图 14-3)。气候带和构造带的双重作用，导致中国东部存在四种沉积类型：陆内含煤型、陆内含油型、红色碎屑膏盐型、大陆边缘含油型。

陆内含煤型：分布于南、北两个潮湿气候带内，即古阴山—燕山以北和古南岭以南地区 (图 14-3)，该区以含煤为特色，但也见有丰富的泥质油源岩。北部以辽宁抚顺盆地为代表，它是我国重的煤炭基地之一，下第三系抚顺群可进一步分为六个组 (图 14-4②)，以暗色砂岩、页岩为主，煤层位于下部，底部为玄武岩夹煤层及砂页岩，不整合于古老变质岩或下白垩统之上，总厚达 1 000 m，植物化石丰富，主要产于中部古城子组及计军屯组，属于常绿落叶、阔叶混交林组合面貌，反映潮湿的亚热带气候，时代为始新世；下部栗子沟组和老虎台组，据孢粉组合时代定为古新世。古南岭以南的广东茂名、广西百色等盆地，代表另一种潮湿含煤

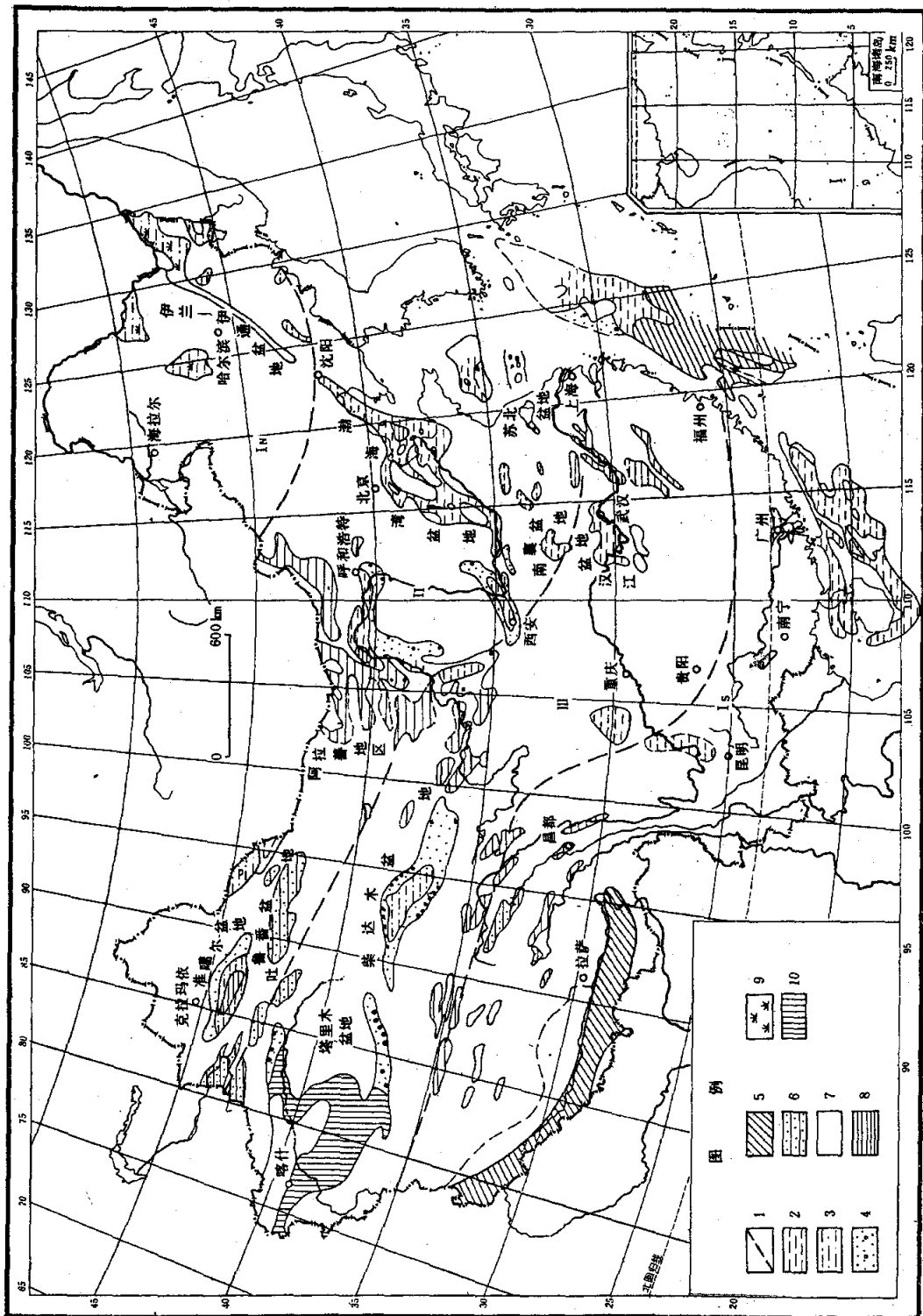


图 14-3 中国早第三纪气候分带和沉积古地理图(据吴崇筠, 1992, 略修改)

1. 潮短暖温带温带; I. 半潮湿半干旱亚热带; II. 干旱亚热带; III. 潮湿亚热带; 1. 气候带界线; 2. 浅湖相; 3. 洪湖相; 4. 河流冲积扇相; 5. 海相; 6. 河湖相; 7. 剥蚀区; 8. 深湖相; 9. 沼泽相(河沼相、湖沼相); 10. 海陆交互相

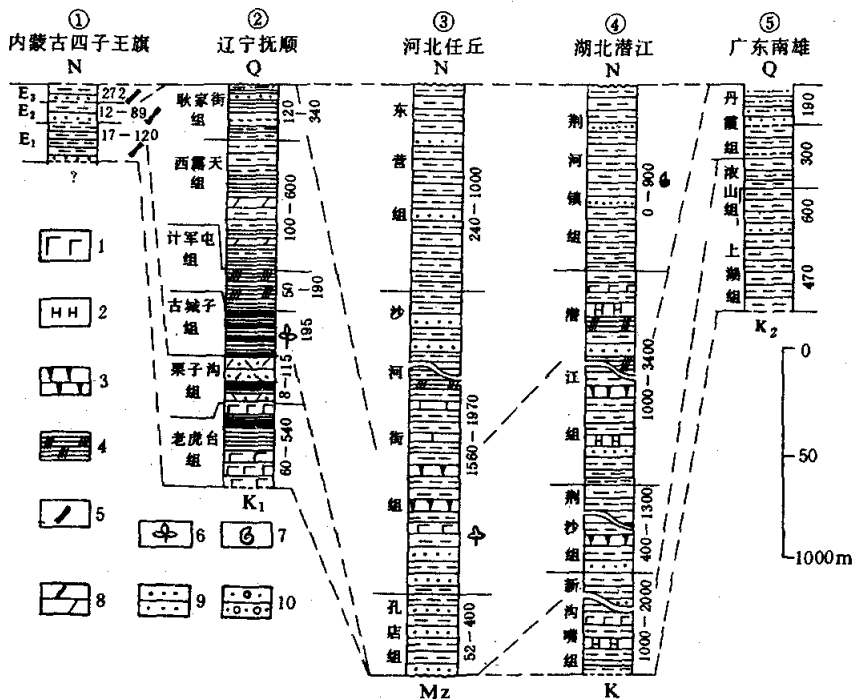


图 14-4 中国东部下第三系柱状对比图

1. 岩盐; 2. 石膏; 3. 油页岩; 4. 脊椎动物; 5. 植物; 6. 有孔虫; 7. 玄武岩; 8. 砂岩;  
9. 砾岩; 10. 泥灰岩

盆地类型。茂名盆地早期仍处于干旱气候条件下，以红色碎屑沉积为主，局部尚可夹石膏层，中、后期气候明显转为潮湿，出现油页岩及煤层。由于在南宁地区见有咸水生物化石，如 *Bythocythere*（深海神介），很可能这类盆地是遭受过海泛影响的内陆盆地。

陆内含油型：分布于半潮湿、半干旱气候带内，即古阴山—燕山以南，秦岭—大别以北地区。灰黑色泥岩、油页岩等生油岩系发育，夹有膏盐和红色碎屑沉积，位于渤海沿岸和冀中、鲁西北一带的渤海湾盆地是该沉积类型的典型代表，它是我国东部的重要含油盆地，由一系列北东向平行的隆起和半地堑型断陷组成，下第三系在断陷区厚度可达 4 000~5 000 m，而在隆起处，厚度很薄以至缺失。渤海湾盆地下第三系不整合覆于中生界或更老地层之上，包括三个组（图 14-4③）：下部孔店组，产介形类 *Eucypris wutuensis*（五图真星介），*Limnocythere weizianensis*（潍县湖花介）等，时代为始新世；中部沙河街组，化石丰富，以 *Huabeinia*（华北介）大量繁盛为特点，时代为始—渐新世；上部东营组介形类 80% 是新属，如 *Dongyingia*（东营介），*Hepheina*（河北介）等，根据东营组与其下伏沙河街组为连续沉积，而其上与上第三系为不整合接触，推测时代为渐新世。整个剖面可以归纳为三个沉积旋回：孔店组从下而上岩性由粗—细—粗，颜色由红—黑—红，构成一个独立的沉积旋回，沙四段至沙二段又出现由杂色—暗色—红色的有规律变化，代表第二个沉积旋回。沙二段至东一段代表第三个沉积旋回。其中，第二个沉积旋回厚达数千米，代表本区裂陷盆地发育最强烈的阶段。从生物化石组合来看，孔店组下部仅见陆生组合，代表典型的内陆河湖环境。沙四段上部及沙三段上部及沙一段出现半咸水化石，如浮游甲藻类 *Deflandrea*（德弗兰藻），钙藻类 *Cladosipho-*

nia (枝管藻), 鱼类的鲈形目和鲱形目等, 这些化石数量不多, 个体小并且常出现变异形成畸形, 具有陆相地层中的海泛层位特征。在本区同一地点的剖面上, 又可见红色岩层与暗色岩层、石膏与煤线、油页岩交替产出, 反映本区属于北部潮湿带与南部干旱气候带间的过渡带。

红色碎屑膏盐型: 分布于干旱气候带内, 即古秦岭至古南岭之间的中南地区, 盆地规模相对较小, 以红色碎屑岩及膏盐充填为主, 如粤北南雄盆地 (图 14-4⑤) 下第三系都是红色碎屑岩, 下部上湖组产古老类型的哺乳动物化石如 *Bemalambda nanhsiungensis* (南雄阶野兽), *Linnania lofoensis* (罗佛岭南野兽), *Dissacusium shanghouensis* (上湖中兽) 等, 应为古新世。中部的浓山组据哺乳动物组合特征, 时代为晚古新世, 上部的丹霞组未得化石, 一般置于始新世。位于本气候带北部的江汉盆地, 下第三系膏盐层与油页岩交互出现, 具有干旱与半潮湿交替、过渡的色彩。这一沉积类型呈带状向北西方向延伸, 直至柴达木盆地和塔里木盆地。

大陆边缘含油型: 中国东部第三系大陆边缘裂谷盆地主要位于现今南黄海、东海、南海一线; 为较潮湿的海洋性气候, 早第三纪以陆相为主, 同时又发育有海陆交互互相沉积为特色, 暗色生油岩系发育, 是我国现今海上的重要油气基地, 如莺琼盆地下第三系崖成组, 早期以陆相砂、泥岩沉积为主, 晚期属海相交互相, 生油岩系厚度超过 1 000 m。

## (二) 晚第三纪古气候和沉积类型

晚第三纪中国东部古气候发生了显著变化, 早第三纪横贯中国东部广大范围的干旱、半干旱气候带消失, 使中国东部基本为潮湿半潮湿气候覆盖 (图 14-5)。晚第三纪中国东部大陆裂谷盆地进入裂后热沉降拗陷期, 盆地范围普遍扩大, 地层厚度相对较小, 构成早第三纪主裂陷盆地之上的披盖式拗陷, 上、下第三系之间大多为不整合接触。在大陆板块内本阶段沉积特点主要表现在两个方面: 广泛的褐煤层分布和沿海地区大范围的玄武岩喷发。由于中国东部晚第三纪基本由潮湿、半潮湿气候组成, 在很多地区分布有褐煤层, 如孙吴地区小吴组 ( $N_1$ ), 三江平原富锦组 ( $N_{1-2}$ ), 渤海湾盆地东明凹陷的馆陶组 ( $N_1$ ), 潜江凹陷广华寺组 ( $N_1$ ) 和江西广昌头坡晚第三纪地层内等都见有褐煤或泥炭层, 琼北长昌的长昌组 ( $N_1$ ), 云南开远小龙潭组 ( $N_1$ ) 都含工业价值的褐煤层, 尤以小龙潭盆地上第三系含煤地层剖面最为典型, 中新统小龙潭组由白色粘土夹褐煤组成, 上部多泥灰岩, 下部多碎屑岩 (图 14-6) 产 *Listriodon* (利齿猪) 等哺乳动物化石, 厚 300~400 m。上新统河头组由灰色砂质粘土夹褐煤组成, 厚 150 m。晚第三纪时沿海地区的玄武岩喷发是突出现象。如东北的长白山区、渤海海峡的庙岛群岛、沿庐江—郟城深大断裂两侧、浙东嵊县、福建漳浦、台湾海峡中的澎湖群岛以及广东雪州半岛、海南岛北部等地, 都有大片玄武岩流, 其时代多属上新世。

大陆边缘带沉积盆地在晚第三纪地层厚度仍很巨大, 莺歌海盆地晚第三纪地层最大厚度近万米, 本阶段沉积特征与早第三纪明显不同, 表现在: 晚第三纪海相层明显多, 海侵加大, 如北部湾晚第三纪下洋组、角尾组、灯楼角组和望楼组以浅海沉积为主, 莺琼盆地晚第三纪全为浅海、滨海的白云质灰岩以及砂泥岩沉积。

## 二、中国西部古大陆古地理、古构造

控制着中国西部大陆古地理、古构造的主导因素是印度板块与欧亚板块的碰撞 ( $E_2$ ) 和演化, 它使得中国西部第三纪整体处于挤压构造应力背景, 盆地与山系相间, 延伸方向近东西向, 盆地边缘因相邻山系强烈上升而形成巨厚的磨拉石式粗碎屑堆积, 这种古地理和古构造格局与中国东部有明显不同。

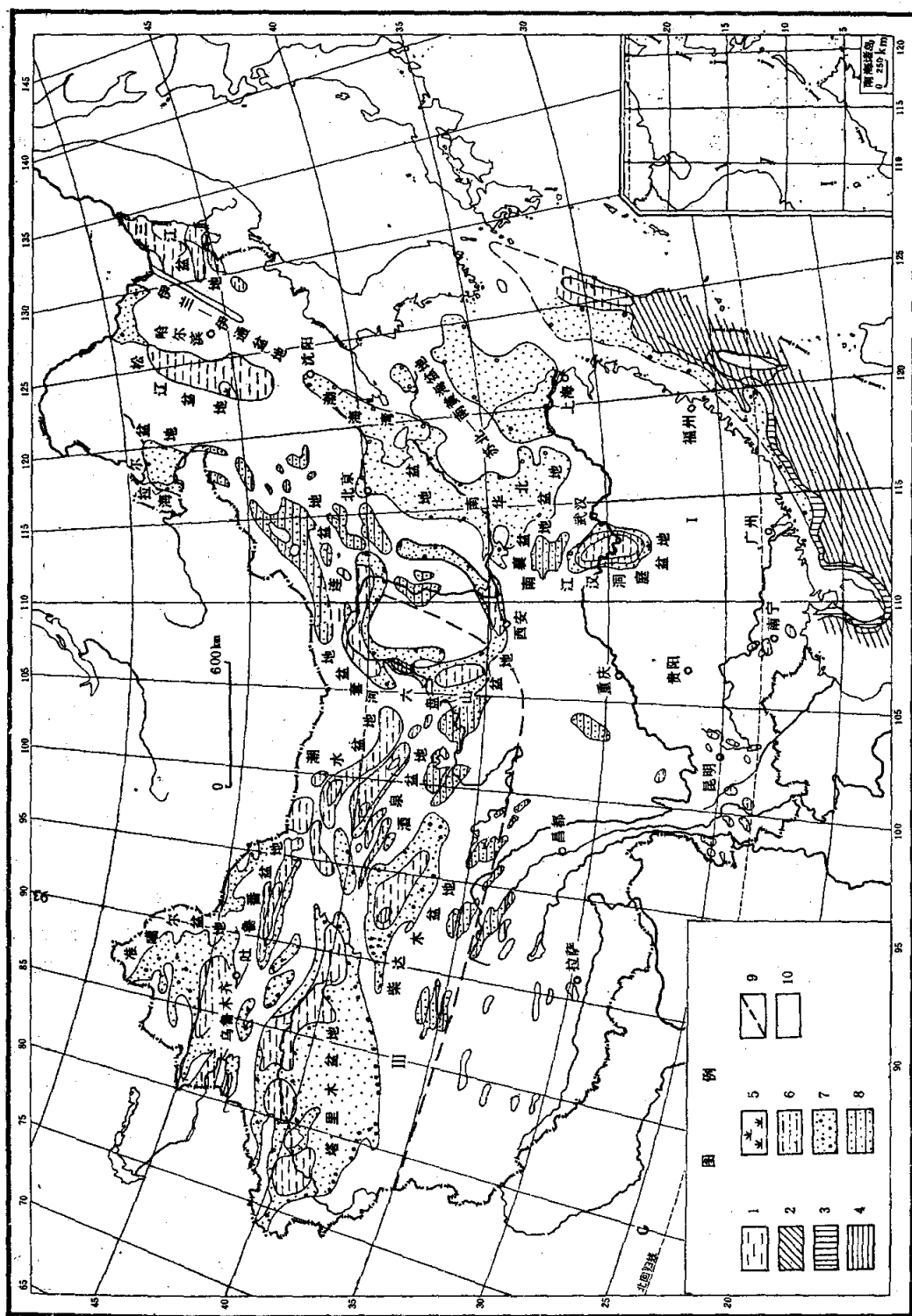


图 14-5 中国晚第三纪气候分带和沉积古地理图(据吴崇筠,1992,略修改)

1. 浅湖相;2. 海相;3. 海陆交互相;4. 深湖相;5. 沼泽相;6. 河沼相;7. 滨湖相;8. 冲积扇相;9. 气候带界线;10. 剥蚀区 I. 潮湿带;II. 干旱带

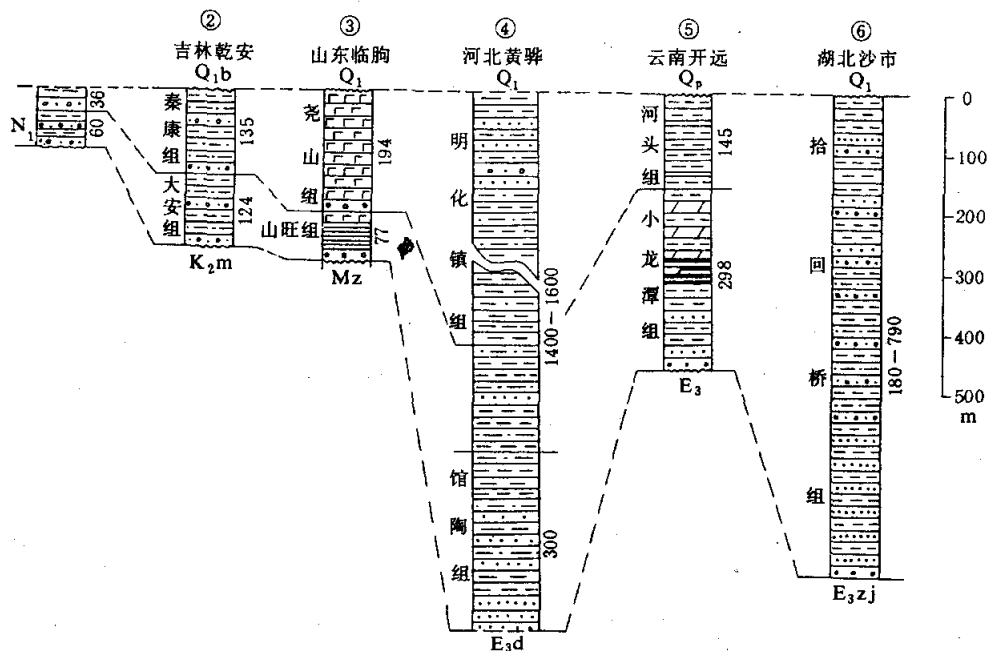


图 14-6 中国东部上第三系柱状对比图

(图例参考图 14-4)

准噶尔盆地位于天山与阿尔泰山之间，盆地南部第三系发育好，整合于上白垩统之上。下第三系下部紫泥泉子组，为红色砂质泥岩、砂岩夹砾岩，产介形类及轮藻化石；上部安集海河组，为灰绿色泥岩夹砂砾岩及介壳灰岩，产偶蹄类 *Bothriodon* (沟齿兽)，总厚 1 600 m，但向北逐渐减薄，到盆地北部厚度减至 400 m。上第三系在准噶尔盆地南缘称晶吉河群，包括下部沙湾组，为褐色砂泥岩夹砾岩；中部塔西河组，为砂泥岩夹介壳灰岩，产 *Trilophodon* (三棱齿象)；上部独山子组，为砂泥岩夹砾岩，产三趾马化石。总厚 3 000~5 000 m。这种巨厚的含粗碎屑堆积，是晚第三纪时，由于天山强烈上升，而准噶尔盆地南缘强烈下陷而形成的山前类磨拉石堆积。

塔里木盆地第三系的发育，同样说明相邻山系上升运动愈来愈强烈。昆仑山北部的盆地西南缘下陷尤为明显，下第三系为海相泥质、灰质及膏盐沉积，称喀什海湾 (图 14-3)，最厚约千米，海侵来自特提斯海域，但上第三系陆相粗碎屑沉积总厚可达 6 000 m，属山前类磨拉石堆积。塔里木盆地北缘的库车地区下陷幅度也很大，第三系总厚达 4 000~5 000 m，但整个盆地由边缘向内部厚度变薄，盆地内部差异升降不很明显。这种情况与准噶尔盆地相似，是邻近山系上升，山前盆地边缘下陷，差异升降运动愈来愈强烈的结果。

其余如西宁-民和盆地和柴达木盆地等，虽规模大小不同，但也都出现下第三系厚度较小，上第三系厚度激增的现象，盆地构造演化史与上述各盆地有相似之处。

上述磨拉石沉积的规模和厚度在中国西部从南往北出现有规律性变化：在喜马拉雅山前分布最广，从克什米尔至阿萨姆，东西长约 2 500 km，平均宽约 20 km 都有分布，厚度达 3 000 多米；昆仑山前从莎车之西至民丰以东，长 1 300 km，宽 50 km 的范围内均有分布，厚度达 3 000 m；天山南麓的库车山前拗陷中长 600 km，最宽为 70 km 的纺锤形地带中分布有厚

2 000 m的磨拉石；天山北麓长 400 km，最宽处 50 km 的范围内发育磨拉石，厚 1 800 m；祁连山北麓长 400 km，40 km 宽的范围内分布的磨拉石，厚约 1 500 m。根据磨拉石建造由南而北分布范围逐渐减小，厚度也逐渐减小的事实，进一步说明强大的水平压力来自南方，来自印度板块与亚洲板块的碰撞。

### 三、西藏第三纪古地理、古构造

西藏南部地区，早第三纪早、中期有海相沉积。但早第三纪中期发生的印度板块和劳亚大陆碰撞，导致特提斯海域的最后封闭，此后不再有海侵波及，而发育陆相沉积。

下第三系露头主要见于西藏南部岗巴、定日一带。下部宗浦组以灰岩为主，富含孔虫，如 *Miscellanea miscella*（混合崎壳虫）和 *Nummulites laevigatus*（光滑货币虫），代表古新世—始新世层位。上部遮普惹组以灰岩及页岩为主，产 *Nummulites*、*Assilinia* 等有孔虫，化石的最高层位为始新世中期。这些海相地层均未变质，代表印度地块北缘的陆棚海沉积，是特提斯货币虫海的东延部分。

近年在雅鲁藏布江以北的仲巴县麦拉山口和拉萨以北的林周地区，也发现古新世和始新世早期的有孔虫化石，表明早第三纪海侵也波及劳亚大陆的南部边缘地带。

雅鲁藏布江缝合线北侧日喀则一带，存在一套磨拉石堆积（秋乌组），由紫红色砾岩、砂砾岩组成，不整合覆于冈底斯燕山期花岗闪长岩之上，产热带常绿型被子植物和淡水双壳类化石，近年证实应属晚始新世。应当指出，磨拉石沉积组合的出现标志着特提斯海域的最后封闭，与藏南地区始新世中期以后不再见有海相层的事实相吻合。

晚第三纪喜马拉雅地区主要处于剥蚀状态，到后期才有零星盆地沉积。如希夏邦马峰北坡吉隆盆地，上新统卧马组不整合于侏罗系之上，为河湖碎屑沉积，厚 580 m。据上部含有 *Quercus*（高山栎）植物群，与现生植物群生长环境对比，推测当时海拔高度应在 2 500 m 左右。说明晚第三纪后期该区地壳逐渐上升已达一定高度。喜马拉雅南坡发育锡瓦利克（*Sivalic*）群的磨拉石堆积，也表明喜马拉雅地区强烈上升发生在晚第三纪至第四纪。从晚第三纪末，随着整个青藏高原地区的普遍强烈上隆和东部现代边缘海的形成，古长江、古黄河等水系也逐渐孕育发展，奠定了中国现在西高东低的地势轮廓。

## 第三节 第四纪的古地理、古构造

第四纪由于印度板块继续向北俯冲，诱发青藏高原的急剧抬升及其周缘山系的进一步发展，形成中国西部高原、山系与盆地相间的地势；东部太平洋板块向西继续俯冲，导致中国东部拉张断陷的再次出现，形成一系列北北东向的沉积盆地、断块山脉和长白山等近期火山喷发；第四纪冰期和间冰期的交替，引起冰川型海平面升降，造成海岸线的明显摆动。

### 一、地质变化与沉积类型

#### （一）青藏高原隆升与沉积响应

包括喜马拉雅山在内的青藏高原，整体急剧上隆主要是在第四纪完成的，由于青藏地区的强烈上升，在喜马拉雅山区及昆仑山、喀喇昆仑山等地，发育有山岳冰川及冰川堆积。据近年科学考察，证实曾有过多次数冰川活动。此外，高原内部相对平坦地区，也出现一些小型湖泊盆地（图 14-7）。更新世早期主要是淡水湖盆，范围稍大；后期气候变干，湖水变咸，

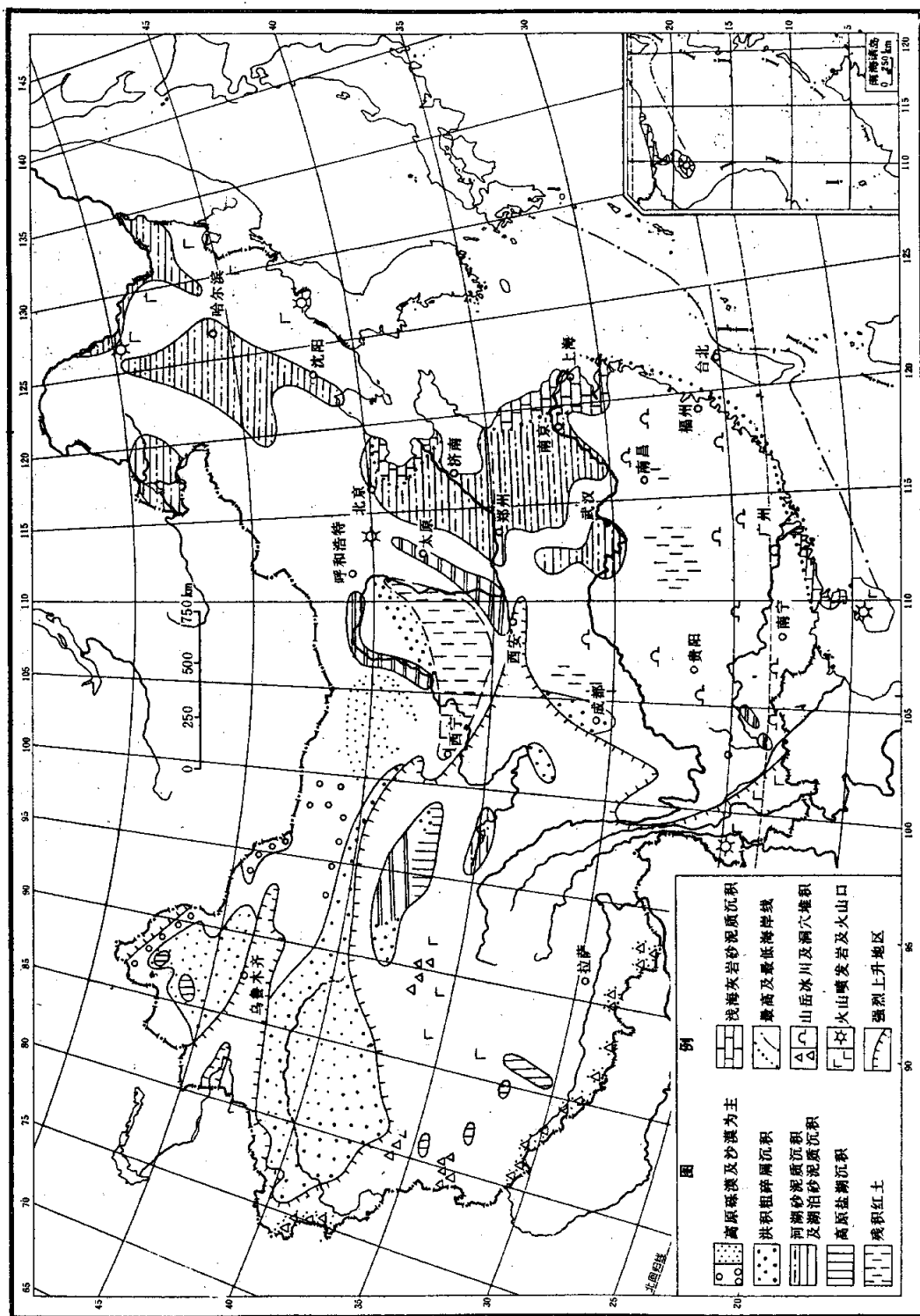


图 14-7 中国更新世古地理图 (转引自刘本培、金秋琦, 1996)

范围缩小,形成有经济价值的含硼盐矿床。由于青藏地区的强烈上升,青藏高原周缘的山前盆地边缘形成粗碎屑巨厚类磨拉石堆积,如天山北麓的准噶尔盆地南缘,下更新统西域组以砾岩为主,厚达1350m;中更新统乌苏组仍以砾石为主,厚30m;上更新统新疆组为砾石及砂质粘土,厚150m。塔里木盆地也有类似的巨厚粗碎屑堆积。这是当时山系急剧上升和盆地边缘强烈下陷的物质记录。

### (二) 黄土堆积与古环境记录

黄土是中国西北部一种特殊的沉积类型,它几乎连续覆盖了中国东经 $103^{\circ}\sim 113^{\circ}$ ,北纬 $34^{\circ}\sim 38^{\circ}$ 的广大地区,最厚可达百余米,这种长期连续稳定堆积的黄土,很可能与地处大陆板块内部,存在相对稳定的古构造环境有关。经近年来大量的综合研究工作,在黄土剖面进行详细分层,证实黄土层中夹有多层古土壤,这为第四纪古环境变化的研究提供了很好场所。一般认为黄土是冰碛物和冰水沉积中的粉砂颗粒被风吹扬,携带到冰川作用区外围堆积而成,黄土是冰期(干冷气候条件下)堆积的。间冰期(湿热气候条件下)成壤作用显著而形成古土壤。因此,黄土与古土壤的互层,是气候冷(干)、热(湿)变换的物质记录。

通过对陕西洛川黄土剖面的综合研究,特别是对所含小型啮齿类(主要是鼯鼠)等生物地层学研究,证实该黄土剖面代表整个第四纪的堆积,并进行了地层时代的划分:下更新统午城组,以黄红色土为特征(可能部分是水成黄土);中更新统离石组,为淡棕色黄土;上更新统马兰组,以黄灰色黄土为主,总厚约130m。

### (三) 中国东部差异升降与南北地貌分异

中国东部的松江、华北、江汉平原,是第四纪的大面积沉降区,接受相邻上升山系剥蚀而来的物质充填,是差异升降的反映。如华北平原钻井揭示:平原西部太行山麓为粗碎屑沉积,向东主要为河湖相砂泥质沉积,并部分夹玄武岩,再东部还夹数层含海相化石层。华北第四系一般分为下更新统固安组;中更新统杨柳青组;上更新统欧庄组;全新统为河湖沉积夹泥炭,总厚300~400m。

秦岭以南、青藏高原以东直至闽、浙沿海,除江汉-南阳盆地外,只有零星分布的小型盆地(图14-7)。沉积类型以残积红土及其搬运再沉积为主,并有不少溶洞堆积,可能与地处灰岩发育区、地壳持续不断上升及温热气候等环境有关。

### (四) 海平面升降与海陆变迁

我国东、南部海岸在第四纪经历了很不寻常的沧桑变化。第四纪冰期和间冰期更替引起海平面高低波动十分强烈,海岸线进退可达数百公里(图14-7)。当间冰期海面升高时,东部海水西进可达白洋淀、洪泽湖和太湖,南部的雷州半岛可没入海底;冰期海面下降最低时,约在现在海面以下150m,渤海、黄海、东海及南海北部(原陆棚部位)均为辽阔滨海平原,还可形成古土壤、风化壳及泥炭等,当时台湾与大陆直接相连,陆生动物自由来往。大约距今1万年左右(末次冰期消溶后),海面逐渐到达现在的位置。近年来我国沿海各地第四系钻孔中,发现含有孔虫等化石的层位不少于4~5个,说明第四纪海水曾多次侵入大陆内部。至于山西运城一带发现有孔虫化石以及西安地区钻井下800m处发现半咸水双壳类 *Potamocrochula amiwensis* 等海生生物伸入内地近千公里的奇特现象,认为可能是风成作用搬运或鸟类携带的产物,或与汾渭裂谷进一步发展有关。

## 二、第四纪气候波动与米兰科维奇周期

随着近来对深海沉积物氧同位素及大陆上连续黄土剖面研究,证实第四纪气候变化频繁,

冷(干)、暖(湿)多次更替,这比早期经典的冰期、间冰期划分的气候变化周期更为细致。

在深海沉积  $\delta^{18}\text{O}$  同位素变化研究中,以太平洋深海钻孔 V<sub>28</sub>-238 最具代表性(图 14-8),在近 13 m 深海钻心(代表距今 90 万年以来的沉积物)中氧同位素含量变化可划分出 22 个阶段,代表 11 个全球气候波动的冷暖旋回。从加勒比海和赤道大西洋不同海域同时期深海沉积的氧同位素变化研究,表明 11 个冷暖旋回完全可以一一对比。但遗憾的是迄今尚无比 90 万年更早的深海钻孔沉积记录和氧同位素资料。

研究和揭示第四纪气候变化规律,大陆上连续沉积的黄土剖面是又一个理想的对象。因为在黄土剖面中,黄土与古土壤的互层代表气候冷暖的交替变化。总观全球,黄土以中国和欧洲发育最为完好,尤其中国,其黄土分布广、出露好,而且剖面连续完整、研究程度高,以陕西洛川剖面研究最为详细(图 14-9)。该剖面总厚 130 m,可划分为:下更新统午城黄土(组),包括 3 个古土壤组合(WS<sub>1</sub>、WS<sub>2</sub>、WS<sub>3</sub>);上更新统马兰黄土(组)有 14 层古土壤夹于黄土(L)之中;中更新统离石黄土(组)不易细分,但黄土中部有较强的成壤作用(S<sub>0</sub>)。洛川剖面中黄土-古土壤旋回可与深海沉积据氧同位素曲线所划分的气候旋回进行对比(图 14-9)。近年发现陕西宝鸡黄土剖面沉积厚度更大(约 160 m)、古土壤夹层更多,该剖面午城组黄土中夹 18 个古土壤层,离石组黄土中夹 14 个古土壤层。宝鸡剖面与洛川剖面可以对比(图 14-10)。

关于第四纪气候波动原因有多种主张,但目前国际上广为流行的是古气候的天文学理论,即“米兰科维奇理论”。认为第四纪冰期-间冰期的波动是由地球轨道三要素(图 14-11),即偏心率(eccentricity)、倾斜轴(obliquity,或译斜度)和岁差(precession)的准周期性变化引起的。虽然,太阳辐射能达到地表的总量不变,但因这三要素的变化可引起不同纬度和不同季节的相对数量发生变化,从而造成在同一地区不同时期的气候作准周期性变化。据数学推算,偏心率有两个特征周期,分别是 400 ka 和 100 ka;倾斜轴的特征周期集中在 41 ka;岁差的特征周期为 21 ka,它可分为两个峰值区,分别是 23 ka 和 19 ka。大量研究表明,地球轨道三要素的几个特征性周期,存在于第四纪古气候的时间系列中

(Hays 等, 1976; Berger, 1988)。如我国第四纪地质工作者(余志伟等, 1992)采用有效的黄土沉积气候替代性指标(磁化率)对宝鸡黄土剖面研究表明:地球轨道三要素的几个特征周期(400 ka、100 ka、40 ka、20 ka)在中国黄土剖面中均有明显反映,而且偏心率的 400 ka 与 100 ka 周期是控制 2.5 Ma 以来黄土地层结构(黄土-古土壤)的最重要因素。

虽然古气候的天文学理论在实际地质记录中得到不少印证,但仍然存在一些困难:例如如何解释据不同地点、不同时间段和不同沉积物所测得的第四纪古气候周期的时间长短的不一致,如中国黄土剖面中,在 2.5~1.5 Ma 间气候旋回以 100 ka 周期为主;1.5~0.8 Ma 间则以 40 ka 为主;80 ka 至今又以 100 ka 为主,少量为 42 ka。这就是不同时间段古气候周期的时间长短是不一致的。又如理论计算的偏心率的二个特征周期中,400 ka 的周期最重要,但在实际古气候时间系列中并不明显。因此,有关古气候的天文学理论与古气候记录中的变化

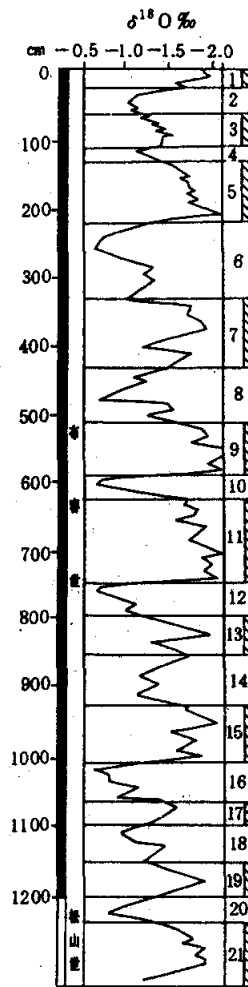


图 14-8 钻孔 V<sub>28</sub>-238 深海沉积的氧同位素曲线 (据刘东生等, 1982) 左边数字为钻孔深度(cm), 右边数字为划分的阶段

周期出现的差异尚待今后进一步研究。

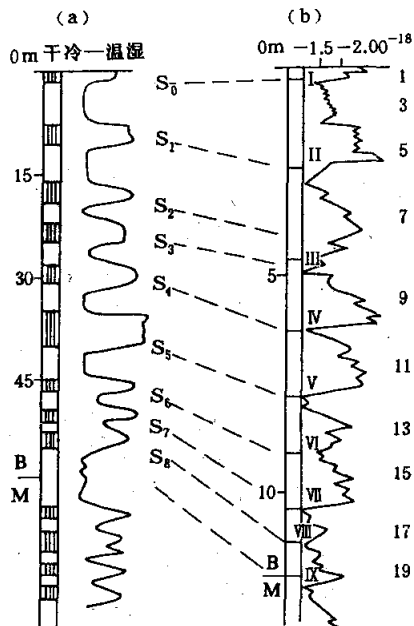


图 14-9 黄土剖面古气候旋回与深海沉积古气候曲线对比图 (据刘东生等, 1982)

a. 中国洛川黄土剖面, 自布容期(B)以来出现 8 层古土壤( $S_1-S_8$ ), 顶部还夹一层黑垆土( $S_0$ ); b. 深海钻孔  $V_{28-238}$ , I-VII 为自布容期至今的 8.5 个气候旋回

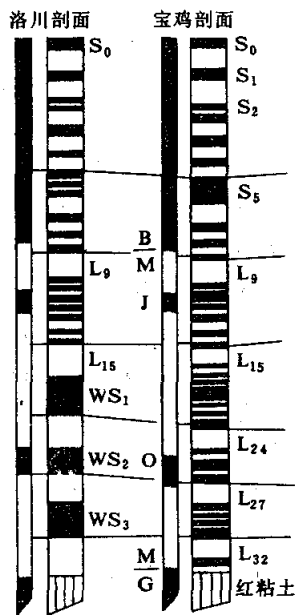


图 14-10 陕西洛川、宝鸡黄土—古土壤剖面  
S. 古土壤; L. 黄土; B. 布容正极性时; M. 松山反极性时; G. 高斯正极性时; J, O. 贾拉米格、奥尔杜威正极性亚时; 红粘土为上新统

### 三、气候变化与人类可持续发展

气候是人类赖以生存的自然环境中一个重要因素, 不仅是因为地球上生物(包括人类)的生存要依赖于适宜的气候。而且全球海平面升降及海侵范围也直接受气候变化制约, 气候的变化将直接影响生态平衡。对未来气候变化趋势, 目前尚无一致的认识。据各方面研究资料表明, 气候冷暖周期有  $10^5$  a,  $10^4$  a,  $10^3$  a 等不同等级。例如据一种热带气候形成的海滩岩的产出时间, 推算出冷暖周期为 500 a, 它与竺可桢根据我国历史文献、考古和气候资料, 对我国 5 000 a 来所做气候的总结符合较好 (表 14-4), 与中国东部全新世以来的海平面升降周期也基本一致。因此, 未来气候变化肯定仍有冷暖波动。那么对今后气候变化的趋势能否进行预测?

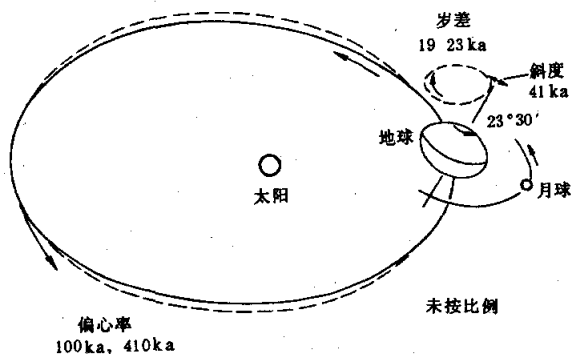


图 14-11 米兰科维奇轨道周期示意图

偏心率是地球绕太阳旋转的变化周期, 有 100, 410 ka 等不同等级。倾斜轴是地球自转轴与黄道面的夹角 (现在为  $23.5^\circ$ ) 大小的变化周期, 平均 41 ka。岁差是地球自转轴因颤动而在天体上呈圆周状摆动, 平均 21 ka 一个周期

表 14-4 海滩岩、物候证据及古气候演变 (据毕福志、袁又申, 1987)

地层系统	沉年积代 (a)	<sup>14</sup> C 年代代表的值	沉积物	海岸升降 (m)			气温	物候证据及其所反映的气候特征 (据竺可桢, 1972)
				周期	沉降	抬升		
晚全新统 (Q <sub>1</sub> )						6		20 世纪中期气温有明显的升高
	100 350	380	贝壳 古树根	11	8		冷暖	中国在 17 世纪是最寒冷期, 暖冬是 1720~1830 年, 寒冬是 1620~1720 年和 1840~1890 年
								公元 1400~1900 年的最暖期也没达到隋唐时的气温, 寒冬是 1470~1520 年, 温冬是 1550~1600 年
	600 850	745	贝壳层	10	9		暖	12 世纪结束时杭州冬天气温回暖, 延续到 13 世纪后期。公元 1329~1353 年太湖冰达数尺
						5	冷	著名诗人苏轼 (公元 1037~1101 年) 在诗中哀叹梅在关中消失, 12 世纪初中国气候加剧转寒
	1100 1350	1120 1300 1379	牡蛎层 海滩岩	9	5.5		热	隋唐期 (公元 589~907 年) 的 7 世纪气候变暖, 8、9 世纪长安广种梅树、柑橘, 表明是亚热带气候
							冷	南北朝 (公元 420~589 年) 以秦岭、淮河为界, 南朝都城建业 (南京) 的覆舟山建立冰房
	1600 1850	1620 1805 1870	海滩岩	8	33		热	汉代天文学家张衡 (公元 78~139 年) 著《南都赋》有穠橙邓桔之句, 表现豫南柑橘多
						22	冷	东汉 (公元初) 天气趋于寒冷, 几次冬寒, 晚春时国都洛阳还在降霜降雪
	2100 2350	2090 2310 2350	海滩岩	7	1.5		热	战国 (公元前 480~222 年) 气候比现在暖得多, 根《荀子·富国篇》等农作物在山东等地一年两熟
					16.5	冷	无气候证据	
2600 2850	2 600 2 850 2 880	海滩岩	6	11.5		热	春秋时期 (公元前 770~481 年) 又暖和了, 《左传》说鲁国冬天得不到冰, 竹子、梅树等亚热带植物在《左传》、《诗经》中也提过	
中全新统 (Q <sub>2</sub> )							冷	《竹书·记年》上记载, 周孝王时汉江两次结冰 (公元前 903, 897 年) 周成王时《诗经》也证实了, 寒冷期延续了一二个世纪
	3100 3350	3 100 3 300 3 390	海滩岩	5	19		热	在河南安阳市, 殷代 (公元前 1400~1100 年) 遗址考古发现有亚热带的竹鼠、猿、水牛和水獭等动物
				4		6	冷	

70年代初出现气候变冷说,认为全新世是最末一次冰期之后的间冰期(或冰后期)。全新世已过去了10~12 ka,依照10.4 a变换周期,应进入结束期,新的冷期将会即将到来;有人推测今后6 000~7 000年的海面将会下降几十米。

但是,在上世纪末和本世纪初,科学家们发现了大气层中由于CO<sub>2</sub>含量增加而导致温度上升的“温室效应”。随着工业化的进程,特别是大量使用化石燃料(包括煤、油、天然气)使大气中CO<sub>2</sub>含量成倍增长。据南极冰心和树木年轮的研究,工业化前的19世纪中期,大气中CO<sub>2</sub>含量为(260~280)×10<sup>-6</sup>,但是从1955~1980年间,CO<sub>2</sub>含量从315×10<sup>-6</sup>增加到340×10<sup>-6</sup>。而当大气层中CO<sub>2</sub>含量增加一倍时,会使地球大气圈的温度上升1.2℃。因此,对日益增加的燃烧化石燃料和砍伐森林(特别是热带雨林)现象如任其发展,气温将会有明显上升,从而引起海面的上涨(表14-5)。1985年10月联合国环境署、世界气象组织和世界科学联合会共同召开的奥地利菲拉赫(Villach)会议认为:到2030年前后CO<sub>2</sub>倍增,全球平均温度将增暖1.5~4.5℃,全球海面将上升20~140 cm。总之,普遍认为由于温室效应,下一世纪气候将会继续增温,由此而引起的海平面上升问题的严重性不容忽视。但是,持不同观点者认为,人类的作用是有限的,自然规律难以改变。因此未来气候变化这一课题仍有待进一步研究。

表 14-5 21 世纪海面上升的预测

预测方案	预测时段(年、公元)				
	2000	2025	2050	2075	2100
EPA* (1983)					
低方案(cm)	4.8	13.0	23.8	38.0	56.2
高方案(cm)	17.1	54.9	116.2	211.5	345.0
据目前趋势估计(cm)	2.3~3.0	4.5~6.8	7.0~10.5	9.5~14.3	12.0~18.0
J. S. Hoffman等(1986)					
低方案	3.5	10	20	36	57
高方案	5.5	21	55	191	368

\* EPA. 美国国家环保局。

由于全球气候变化对当前人类可持续发展有直接影响,人类是经不起在不同学术观点争论中去冒一次风险的。因此科学家们提醒人们重视“温室效应”的潜在恶果。呼吁从长计议,采取有效措施,从而使人们不至于在灾变性恶果发生时处于措手不及的境地。由此可见,大力开展近100 ka来全球自然地理环境变化规律的研究,预测今后100 a内的发展趋势,已成为当代地球科学研究的热门课题。而地质历史中多次发生的生物界集群绝灭及其与地内外多种灾变事件之间的耦合关系,对比研究不同灾变事件对不同生态类型生物绝灭的影响特点,对于人类预防自然灾害和尽量减少损失也有重要意义。

#### 第四节 新生代的沉积矿产

中国中、新生代主要矿产以煤、石油、油页岩及各种盐类为主,有重要经济价值。

煤:第三系是全球重要的含煤地层之一,我国也不例外。早第三纪早期(古新世至始新

新世)聚煤区主要分布在东北、鲁东一带,可以辽宁抚顺群下部为代表。晚期(晚始新世—渐新世)的聚煤区转移至河北、山西境内,也见于南岭以南的广东沿海和广西百色盆地一带。

石油:第三系是我国重要的含油岩系,无论海相、陆相或过渡相地层中都已发现有工业价值的石油资源。不同时期聚油区又有差别:晚古新世—早始新世,主要见于江汉、苏北和三水盆地;晚始新世—渐新世,主要分布于渤海湾、江汉和南阳盆地;晚渐新世—中新世,主要出现有准噶尔、柴达木和塔里木盆地。海相含油层位在台湾西部、塔里木西南部的喀什海湾和东海、南海地区。

膏盐:早第三纪干旱气候带广布,膏盐产地较普遍。西起喀什海湾,南达滇西兰坪、思茅地区和广东三水盆地,东至江汉、衡阳等盆地都有膏盐矿床。山东大汶口附近还发现有钾盐存在。晚第三纪的盐类沉积仅见于西北柴达木、吐鲁番等盆地。第四纪青藏高原咸湖中含硼盐矿床也是我国西部的重要矿产资源。