# 第十章　新生代地史

## 一、新生代地史概述及生物界

### （一）新生代划分和命名

新生代（Cenozoic Era）是地球历史中最近65Ma的地质时期，以其生物界总貌与现代相近而得名。新生代包括第三纪（Tertiary）和第四纪（Quaternary）。

第三纪名称由意大利阿杜依诺（G. Arduino，1760）提出，他将意大利北部的地层分为结晶变质的原始系（Primary）、成层含化石的第二系（Secondary）和层状半胶结的第三系（Tertiary）。原始系实为前寒武系，第二系主要是中生界，早已废弃，而第三系仍保留。1829年法国德努瓦耶（J. Desnoyers）研究巴黎盆地时，将第三纪地层之上的松散沉积物称为第四系。

第三系进一步分统，最初是由莱伊尔（C. Lyell）进行的，他在研究巴黎盆地第三系海生软体动物化石时，按地层中所含现生种的百分含量分为始新统、中新统和上新统。经过后来的不断补充和修正，目前广为采用的第三纪内部划分方案是：早第三纪分为古新世（Paleocene）、始新世（Eocene）和渐新世（Oligocene）；晚第三纪分为中新世（Miocene）和上新世（Pliocene）（表10—1—1）。

第四纪包括更新世（Pleistocene）及全新世（Holocene）。第二届国际第四纪会议（1932）进一步划分为早更新世（下更新统）、中更新世（中更新统）、晚更新世（上更新统）和全新世（全新统），并分别以$Q_1$、$Q_2$、$Q_3$、$Q_4$表示，一直沿用至今。

**表10—1—1　新生代的地质时代划分**

| 代 | 纪 | | 世 | | 代号 | 年龄值（Ma） | 持续时间（Ma） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生代 | 第四纪 | | 全新世 | | $Q_4$ | 0.01 | 0.01 |
| | | | 更新世 | 晚 | $Q_3$ | 1.64（2.48） | 1.63（2.47） |
| | | | | 中 | $Q_2$ | | |
| | | | | 早 | $Q_1$ | | |
| | 第三纪 | 晚第三纪 | 上新世 | | $N_2$ | 5.2 | 3.56（2.72） |
| | | | 中新世 | | $N_1$ | 23.3 | 18.1 |
| | | 早第三纪 | 渐新世 | | $E_3$ | 35.4 | 12.1 |
| | | | 始新世 | | $E_2$ | 56.5 | 21.1 |
| | | | 古新世 | | $E_1$ | 65 | 8.5 |

（年龄值据W. B. Harland等，1989）

## （二）新生代地史特征

新生代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，总体面貌与现代逐渐趋近。第四纪以人类的出现和演化为特征，故称为人类时代。

新生代是地球岩石圈构造演化发生巨大变动的时期。始新世晚期印度板块经过长期漂移终于与古亚洲板块对接碰撞，新特提斯洋盆消失，嗣后印度板块继续向北 A 式俯冲，导致第三纪末期以来青藏高原急剧抬升和世界屋脊的形成。

古太平洋板块运动方向，在始新世晚期（42Ma 前）也发生由北北东变为北西西的重要转折，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谷作用。上述宏观构造格局控制了中国新生代地史演化的基本格局（图 10—1—1）。

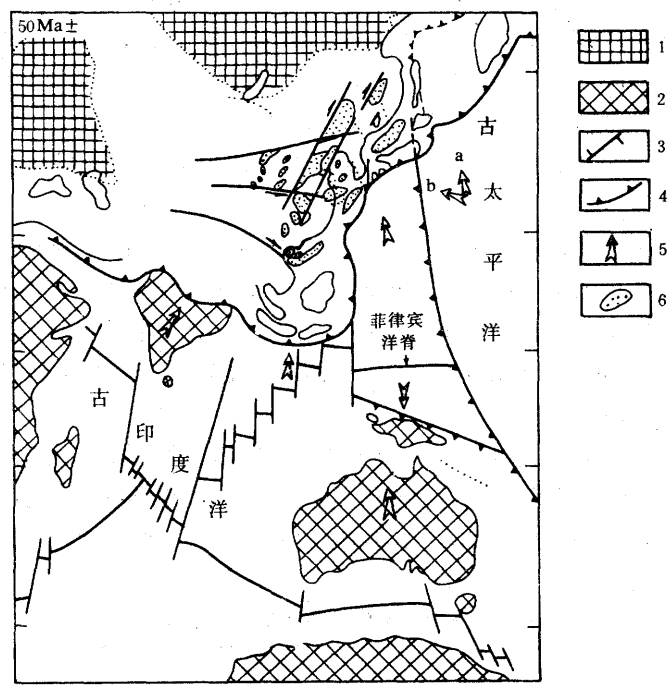



图 10—1—1　中国及邻区早第三纪古板块运动方向及构造格局

（据 E. J. Barron 等，1981；李思田等，1991 综合）

1—北方大陆；2—南方大陆；3—洋中脊及转换断层；4—俯冲带；5—板块运动方向；a. 42Ma 以前，b. 42Ma 以后；6—陆相沉积盆地

新生代也是古气候发生显著变化和出现大冰期的时期。早第三纪气候干旱带横亘亚洲，占据中国西北和东南部，呈现出明显的南北气候分带。晚第三纪气候主要为温暖渐趋寒冷，最终进入第四纪冰期。

## （三）新生代生物界

白垩纪末的生物灭绝事件后，新生代生物界发生了明显的变化。无论在陆地和海洋，动物界和植物界方面都有清晰的反映。中生代十分繁盛的恐龙绝灭后，代之以哺乳动物的空前大发展。哺乳动物的演化表现为：早第三纪哺乳动物多具“古老”类型和土著的特征；晚第三纪随着各大陆的沟通，陆生哺乳动物趋同性逐渐明显，总体面貌逐渐现代化；中生代海洋中的菊石、箭石等无脊椎动物完全绝灭，新生代以双壳、腹足类占统治地位；植物界方面，被子植物的兴盛始于晚白垩世，但新生代时才真正达到花草和蔬果的全面繁荣。

**1. 哺乳动物的繁荣及其演化阶段**

第三纪陆生脊椎动物最突出的特征是爬行类的大量衰亡，而代之以哺乳动物的大发展，尤其是有胎盘类（真兽）的进化、辐射最为明显，它们从陆地向海洋及空中发展，如海洋中的鲸和空中飞翔的蝙蝠。无胎盘类的有袋类主要繁盛于与其它大陆隔绝的澳洲地区。第四纪以出现现代属种为特征，人类的进化和发展是哺乳动物进化史上的突出事件。

（1）早第三纪早期是古有蹄类及肉齿类繁盛时期。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。古有蹄类是以植物为食的有蹄哺乳动物。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。实际包含几个平行进化的不同类别，主要是钝脚类、踝节类、裂齿类和恐角类等。在古新世及始新世早、中期极度发展，到始新世晚期或渐新世大都灭绝。如我国古新世的*Bemalambda*（阶齿兽，图 10—1—2，2），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*（鼩兽类）也是已灭绝的古老类型哺乳动物，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）捕食其它原始食草动物，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）。

（2）早第三纪中、晚期奇蹄类高度发展和肉食类繁荣时期。前一阶段的“古老类型”（古有蹄类和肉齿类）大量灭绝或衰退，被进步的有蹄类（奇蹄类、偶蹄类）及肉食类的Fissipedia（裂脚类）所代替。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。而奇蹄类是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、貘、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（图 10—1—3）主要是体形的增大、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*Miohippus*（中新马）个体可达羊大，腿的长度增加，前后肢的侧趾退化均变为三趾，所有的趾都着地，但中趾比侧趾大得多。中新世起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，则为齿更进化、仅中趾着地，如*Hipparion*（三趾马，图 10—1—2，1）。到第四纪演化为单趾的*Equus*（真马）。雷兽类（Brontotheriidae）（图 10—1—2，4）最初出现于始新世早期，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2m以上，但很快

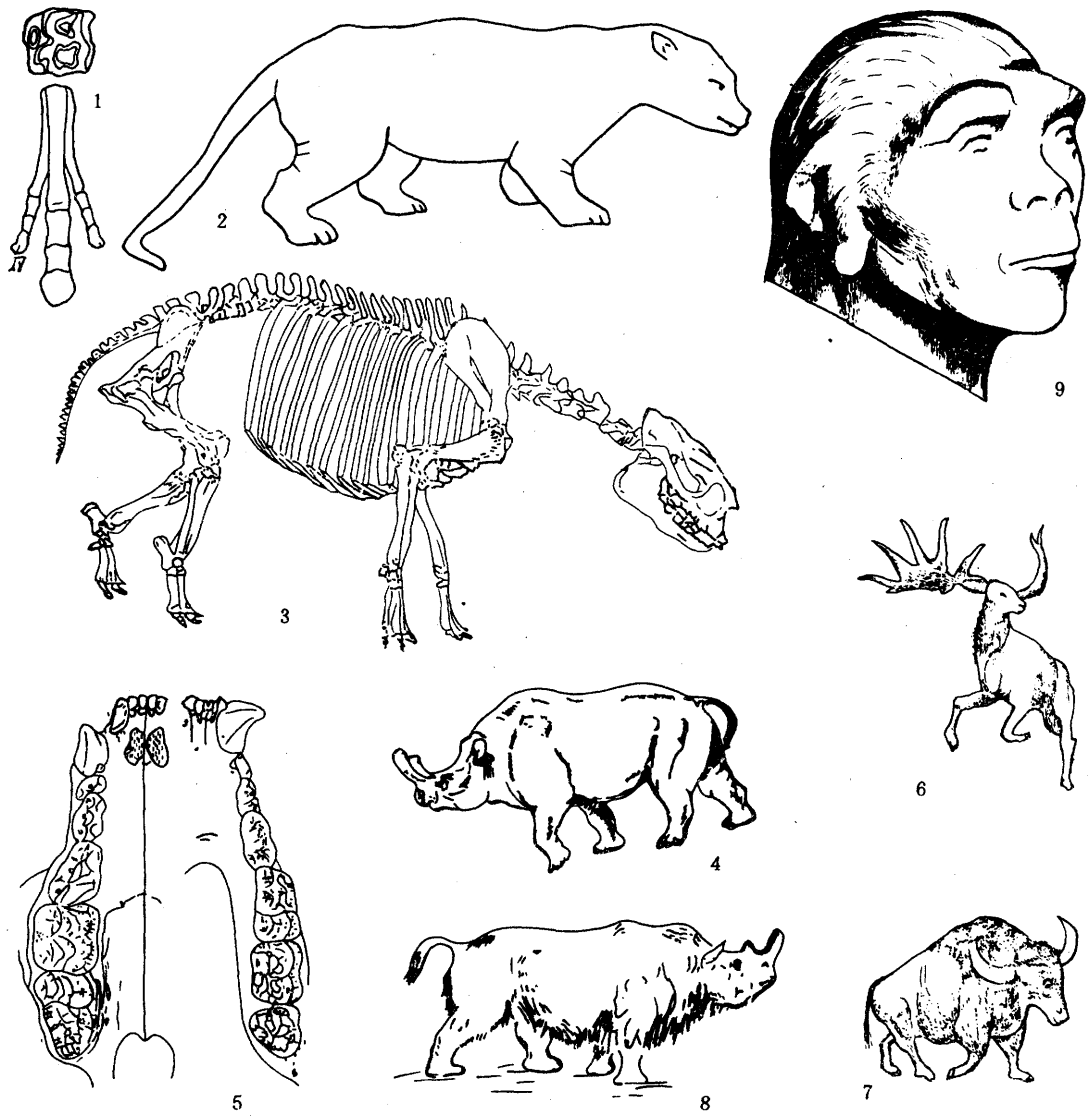


图 10—1—2　新生代哺乳动物

1— *Hipparion*（三趾马）N
2— *Bemalambda pachyosteus*（肿骨阶齿兽）$E_1$
3— *Amynodon mongolinensis*（蒙古两栖犀）$E_2$
4— *Eotitanops*（始雷兽）$E_2$
5— *Ailuropoda melanoleuca*（大熊猫）Q
6— *Megaloceros pachyosteus*（肿骨大角鹿）Q
7— *Bison*（野牛）Q
8— *Coelodonta antiquitatis*（披毛犀）Q
9— *Homo erectus pekingensis*（北京直立人）$Q_1$

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，图 10—1—2，3）一开始就是粗大而笨重的动物，四肢一般短而宽，而前臼齿及门齿极端退化，到渐新世不久即灭绝。

（3）晚第三纪是偶蹄类大发展和象的迅速演化时期。动物总貌与现代更为接近。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（图 10—1—4）。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。肉食类继续发展，奇蹄类中的马及犀等在鉴定地层时代上仍比较重要。

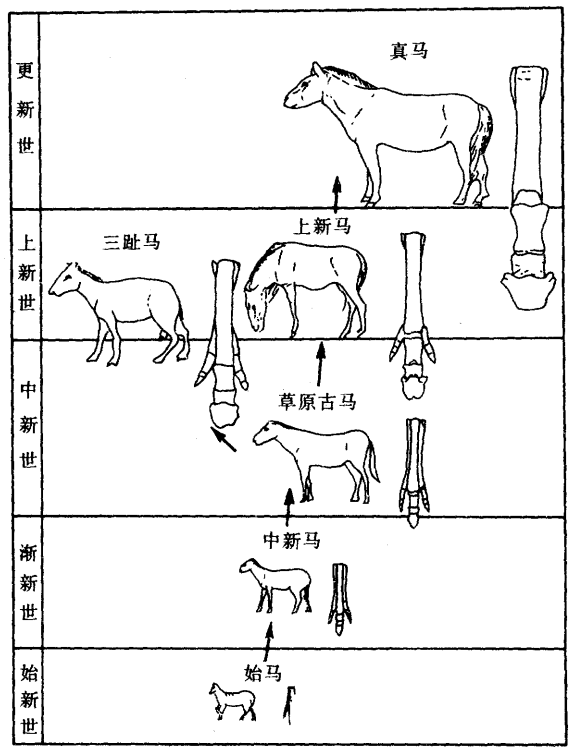



图 10—1—3　马的演化
（据 Ch. Pomerol, 1973 简化）

（4）第四纪是哺乳动物现代化和人类发展时期。更新世早期动物群的特征是既有第三纪关系密切的属种，同时又出现一些现代类型。以中国哺乳动物化石资料为例，早更新世包括南、北两个动物群：北方（河北阳原）的泥河湾动物群（表 10—1—2），其中有残留的 *Proboscidipparion*（长鼻三趾马），又有新出现的 *Bison*（野牛，图 10—1—2，7）、*Equus sanmeniensis*（三门马）等；南方（广西）的柳城动物群，其中有残留的 *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，早更新世可以秦岭、淮河为界分为南、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，图 10—1—2，6）、*Hyaena sinensis*（中国缟鬣狗）和 *Coelodonta antiquitatis*（披毛犀，图 10—1—2，8）等北方特有的类型。南方的万县盐井沟动物群，包含有 *Ailuropoda melanoleuca*（大熊猫，图 10—1—2，5）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。代表北方的萨拉乌苏动物群及丁村动物群，包含有 *Megaloceros ordosianus*（鄂尔多斯大角鹿）、*Crocuta ultima*（最后斑鬣狗）、*Bos primigenius*（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*（披毛犀）及 *Mammuthus primigenius*（普通猛犸象）动物群，（普

通猛犸象）动物群，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。

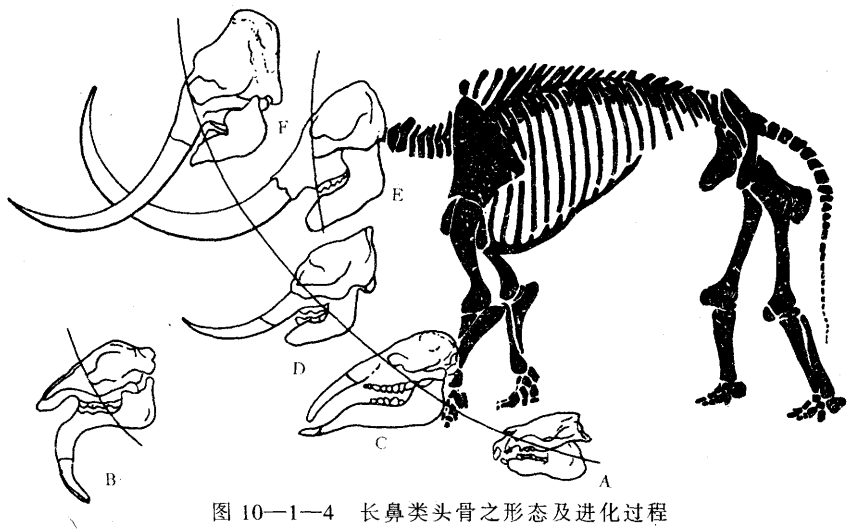



图 10—1—4　长鼻类头骨之形态及进化过程

（据《中国脊椎动物化石手册》，1979）

A—始新世—渐新世早期的 *Moeritherium*（始祖象）；B—新生代中、晚期的 *Deinotherium*（恐齿象）；C—中新世的 *Serridintinus*（锯齿象）；D—更新世的 *Stegomastodon*（剑齿乳齿象）；E—更新世美洲的 *Mastodon americanus*（美洲乳齿象）；F—更新世的 *Parelephas*（副象）

**表 10—1—2　中国第四纪划分**

| | | 距今年龄（万年） | 哺乳动物群 北方 | 哺乳动物群 南方 | 古人类 | 考古期 | | | 海侵 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 全新世 | | 1 | | | | 铁器时期<br>青铜器时期<br>新石器时期 | | | Ⅰ卷转虫海侵 |
| 更新世 | 晚期 | | 山顶洞动物群<br>峙峪动物群<br>萨拉乌苏动物群<br>许家窑动物群<br>丁村动物群 | 柳江动物群<br>长阳动物群 | 新人：山顶洞人、柳江人<br>古人：长阳人、丁村人、马坝人 | 旧石器时期 | 晚期 | 山顶洞文化<br>萨拉乌苏文化 | Ⅱ假轮虫海侵 |
| | | | | | | | 中期 | 丁村文化 | Ⅲ星轮虫海侵 |
| | 中期 | | 周口店动物群 | 万县盐井沟动物群 | 直立人：北京人、蓝田人、元谋人 | | 早期 | 北京人文化 | Ⅳ盘旋虫海侵 |
| | 早期 | 164（248） | 泥河湾动物群 | 柳城巨猿洞动物群 | | | | 西侯度文化 | Ⅴ未定名 |

**2. 从猿到人的演化**

关于从猿到人的进化已有大量化石证据，可分为三个阶段。

**南方古猿或南猿阶段** 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，相当于考古学划分的旧石器早期的前一阶段，从而进入人类发展的最初阶段，或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*（粗状南方古猿）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1Ma前，后来化石的发现使人类开始时期推进到2—3Ma前。近年在肯尼亚发现了早达四、五百万年的古猿化石，我国山西垣曲也发现古老的始猿化石。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研究课题。

**直立人阶段** 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，相当于考古学划分的旧石器早期的后一阶段。关于直立人名词是近二、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，图10—1—2，9）。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1.7Ma，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（图10—1—5），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。而南方古猿尚无用火的确实证据。

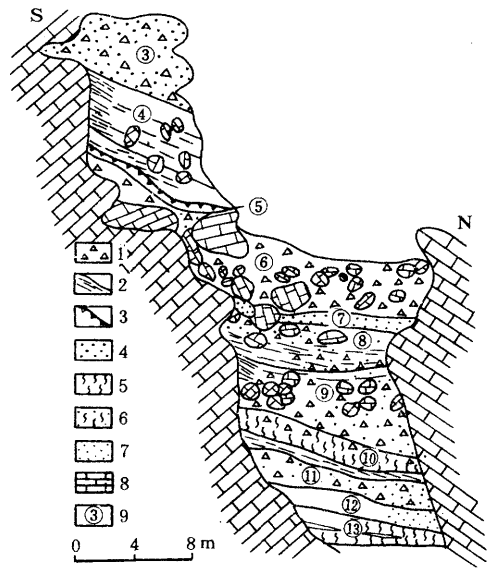



图10—1—5 北京人化石产地剖面

（据贾兰坡，1959）

1—角砾岩；2—灰烬；3—石灰华；4—沙；5—红色土；6—泥沙；7—砾岩；8—石灰岩；9—分层编号

**智人阶段** 智人从脑量及直立行走的姿势已与现代人相近。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。可以德国发现的 *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）是现代人的直接祖先，不仅能制造复杂的石器，做衣服，并用骨、壳等制成装饰品，相当于考古学分期的旧石器时代晚期。可以印度尼西亚爪哇岛及加里曼丹岛发现的克鲁马努

(Cro - Magnon) 人、我国周口店发现的山顶洞人和广西发现的柳江人为代表。

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。

**3. 被子植物的发展及地理分区**

被子植物在新生代占主要地位并得到突发演化，裸子植物和蕨类等只占次要地位。早第三纪被子植物基本上是乔木，在景观上比中生代具有明显的多样性。到晚第三纪植物界已基本上由现代属组成，并有大量的现生种。第四纪时高等植物与现代几乎没有区别。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、灌木繁盛为主，古老类型的蕨类和裸子植物仍有一定数量。晚第三纪是草本植物大发展阶段，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，而古老的蕨类、裸子植物和原始被子植物相对减少。

第三纪的植物地理分区，一般分为泛北极植物区、热带植物区及南极植物区（图10—1—6）。而热带植物区由于东西半球组成不同，有人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）。泛北极植物区属温带型，以落叶乔、灌木为主，

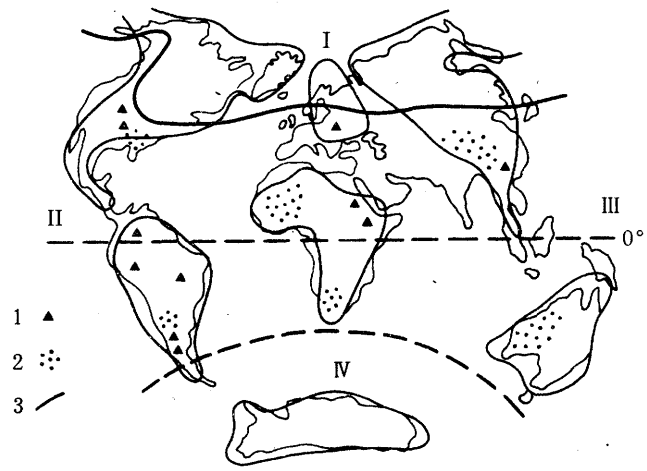



图 10—1—6　第三纪植物分区

（据《中国新生代植物》，1973 简化）

Ⅰ—泛北极植物区；Ⅱ—新热带植物区；Ⅲ—古热带植物区；Ⅳ—南极植物区

1—棕榈；2—干旱区；3—古海陆界线

包括被子植物的 *Fagus*（三毛榉）、*Alnus*（桤木，图 10—1—7，12）、*Betula*（桦）、*Populus*（杨）和 *Salix*（柳，图 10—1—7，11），裸子植物的松柏类如 *Sequoia*（红杉，图 10—1—7，13），以及蕨类植物的石松、卷柏等。热带植物区以热带、亚热带常绿树为主，包括喜热的被子植物 *Cinnamomum*（樟，图 10—1—7，9）、*Magnolia*（木兰），棕榈科的 *Sabalites*（似沙巴榈，图 10—1—7，10），已绝灭的槲叶及大型的裸子植物和蕨类植物。热带亚热带常绿型植物分布的北界，早第三纪早、中期达到阿拉斯加等北纬 70° ± 地区，晚第三纪南移至北纬 35°左右。

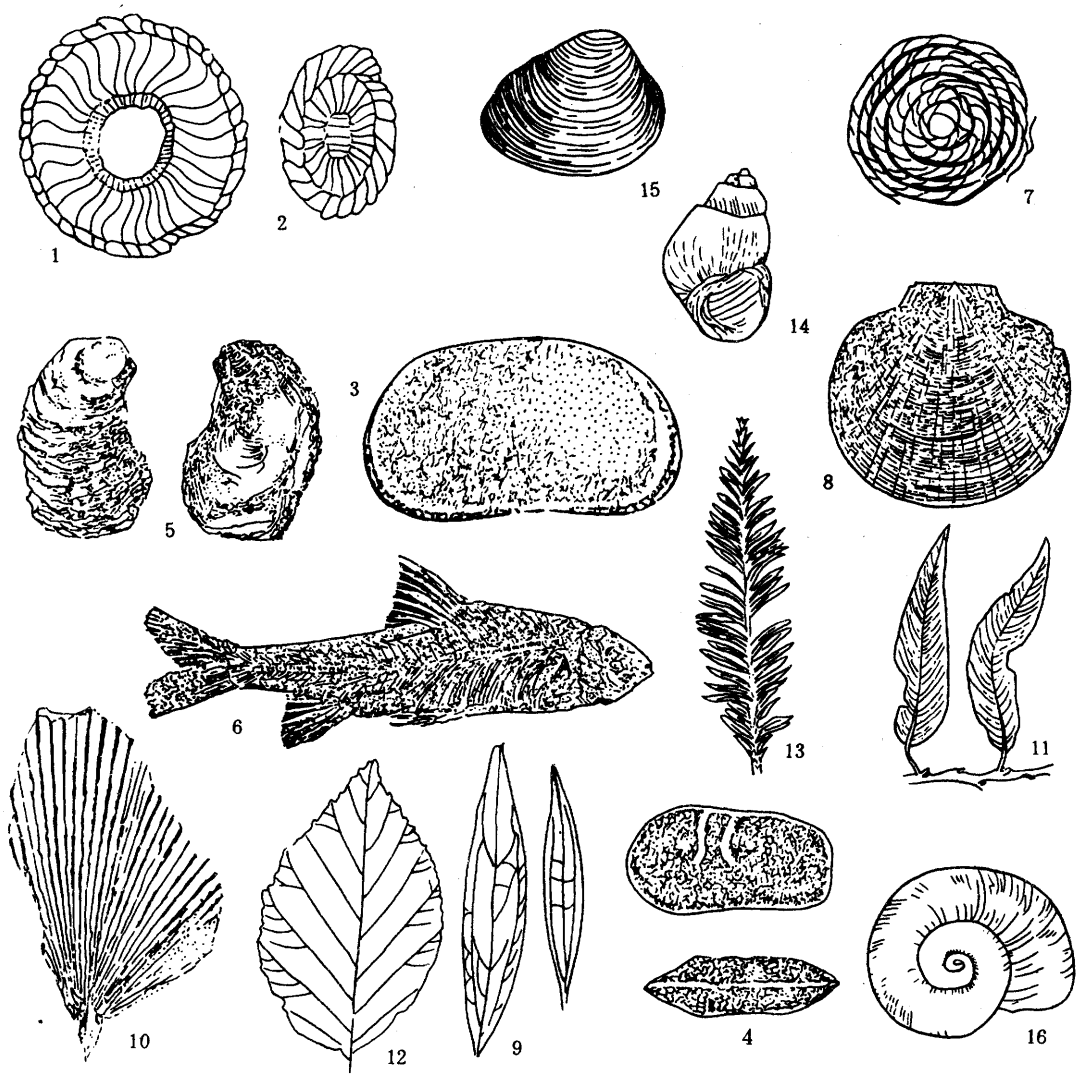


图 10—1—7　新生代化石

1— *Markalius inversus*（底视）（逆向麦卡球石）$E_1^1$

2— *Helicopantsphaera ampliaperta*（底视）（大孔螺球石）$E_1^1$

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— *Barbus brevicephalus*（短头鲃鱼）N

7— *Nummulites* sp.（货币虫）E

8— *Pecten cristatus*（冠毛海扇）E—N

9— *Cinnamomum lanceolatum*（披针樟）E—N

10— *Sabalites nipponicus*（日本似沙巴榈）E

11— *Salix varians*（精美柳）N

12— *Alnus kafersteinii*（克氏桤木）E—N

13— *Sequoia langsdorffi*（朗氏红杉）E—N

14— *Viviparus* sp.（田螺）E—N

15— *Corbicula* sp.（河蚬）Q

16— *Planorbis* sp.（扁卷螺）E—N

海生微浮游生物的钙藻，数量丰富、分布广泛、形态结构演变迅速，是新生代重要的分带化石。据国外研究，第三纪可分出40多个化石带。如古新世初期的*Markalius inversus*（图10—1—7,1），中新世早期的*Helicopantasphaera ampliaperta*（图10—1—7,2）等。

淡水轮藻类在我国第三纪地层划分、对比方面也有一定作用，常见有*Peckichara*（倍克轮藻）和*Hornichara*（栾青轮藻）等。

**4. 海生及淡水无脊椎动物概况**

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，原生动物中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，图10—1—7，8）、*Ostrea*（牡蛎，图10—1—7，5）、*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六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，图10—1—7，7）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。根据属种的组合，第三纪可分出近40个化石带。

淡水无脊椎动物中，叶肢介大为衰退，双壳、腹足、介形类以及昆虫则进一步发展。在不同时期中，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一定价值。常见淡水软体动物有腹足类*Planorbis*（扁卷螺，图10—1—7，16）、*Viviparus*（田螺，图10—1—7，14），*Radix*（萝卜螺）；双壳类的*Lamprotula*（丽蚌）、*Corbicula*（河蚬，图10—1—7，15）、*Cuneopsis*（楔蚌）等。介形类极为繁盛，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，图10—1—7，4）、*Limnocythere*（湖花介）及*Candoniella*（小玻璃介，图10—1—7，3）等。

## （四）第三系、第四系下界及其年龄

第三系下界即著名的白垩、第三系灾变事件界线。海相生物地层中，一般以浮游有孔虫*Globeconuse daubiergensis*等的首次出现作为第三纪的开始，将丹麦阶（Danian）归入第三系底部，第三纪起始年龄为65Ma。

关于第四系下界，在第十八届国际地质会议上（1948）曾建议以意大利北部海相卡拉布里阶（Calabrain）和陆相维拉弗朗阶（Villafranchian）的底界作为更新统与上新统的分界，国际上至今基本沿用。但对于海相卡拉布里阶底界的同位素年龄（K-Ar法）存在不同意见：①距今1.87Ma，相当地磁极性时间表中奥尔杜威（Olduvai）正极性亚时底界；②距今1.64Ma，相当于奥尔杜威正极性亚时顶界或稍高。近年，国际上流行后一方案（W. B. Harland等，1989）。

陆相第四系下界，争论较大。我国黄土剖面发育完整，近年研究证明黄土开始沉积于距今2.45Ma前，大约相当于松山反极性时与高斯正极性时（M/G）之间，国内目前暂视为第四系底界年龄（刘东生等，1993）。但是由于陆相第四系分布分散，海陆相地层间对比困难，划分下限的依据有不同主张（生物、气候、冰川等），对于第四纪起始年龄尚有

1.7Ma、3.3—3.5Ma等多种意见。所以第四系下界仍然是一个需要进一步研究的重大基础理论问题。

## 二、第 三 纪

中国第三纪陆相地层分布广泛，海相沉积限于西藏南部、台湾及塔里木盆地西南缘等局部地区。第三纪中期，由于古印度陆块及太平洋海洋板块对中国大陆的强烈影响，不仅上、下第三系之间普遍存在不整合，而且造成两者在沉积、古构造、古地理方面均有明显的不同。

中国陆相第三系大致以贺兰山—龙门山一线为界，东、西部两大地区在构造古地理格局、盆地类型、沉积特征及地史发展过程等方面都有显著的差别。

### （一）中国古大陆东部第三纪地史特征

中国古大陆东部第三系，除台湾及个别地区有海相沉积外，全部都是陆相沉积。早、晚第三纪又有明显不同。

**1. 早第三纪沉积类型及古气候**

中国东部早第三纪大体继承了晚白垩世的构造古地理格局。总体特征是：中生代早、中期广泛发育的西部大型盆地区已经上升为晋陕高原和西南高地，主体沉降的大型盆地东移，出现华北盆地和江汉盆地等，更东的沿海隆起带大部分遭受剥蚀，多为小型断陷盆地和零星玄武岩喷发（图10—2—1）。受构造古地理及气候分带的控制，主要有以下几种沉积类型地区：

**隆起区上的断陷含煤盆地** 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10—2—1）。北带的东北东部隆起地区，沿北东方向大断裂出现地堑型含煤盆地，可以辽宁抚顺盆地为代表，它是我国重要的煤炭基地之一。下第三系抚顺群可进一步分为六个组（图10—2—2，②），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1000m。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。盆地狭长，沿北北东走向延伸很远，横向相变大，玄武岩喷发及盆地形成与张裂作用有关。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。同时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。

**隆起区上的准平原游移河湖盆地** 主要分布于内蒙古（图10—2—1），以四子王旗脑木根剖面最为典型（图10—2—2，①）。该剖面层序清楚，古新世至渐新世地层发育完整，化石丰富，研究较详细，是我国下第三系重要的剖面之一。该剖面根据化石可以详细划分。以棕红色间夹灰绿色泥质砂质沉积为主，既无典型深水湖泊沉积，又无明显的山麓堆积。沉积总厚度仅200m左右，代表处于一定海拔高度，差异升降不明显、地势高差不大的内陆河湖沉积。盆地的位置在不同时期经常发生迁移，造成组与组之间为不整合或假

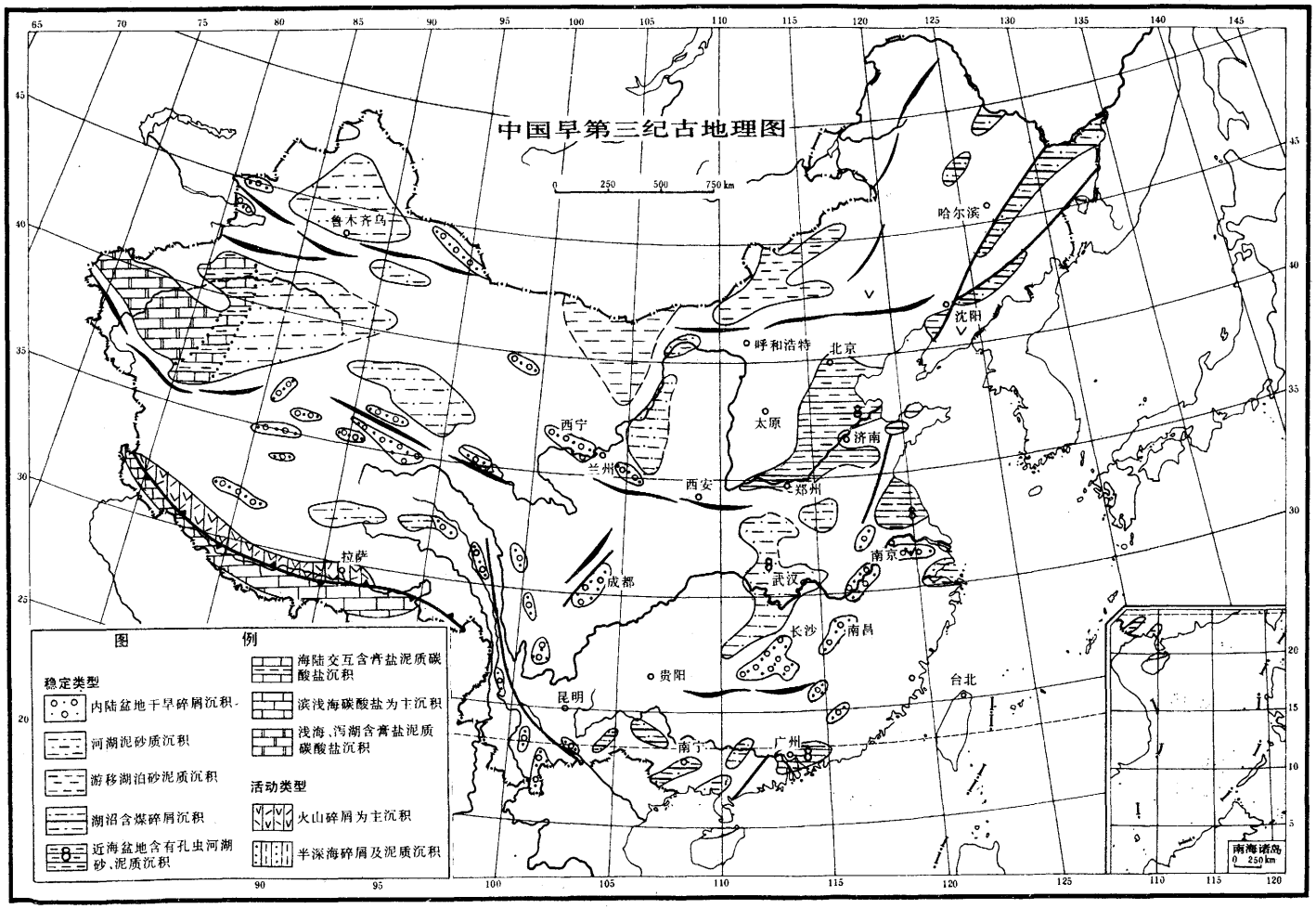



图 10—2—1　中国早第三纪古地理图

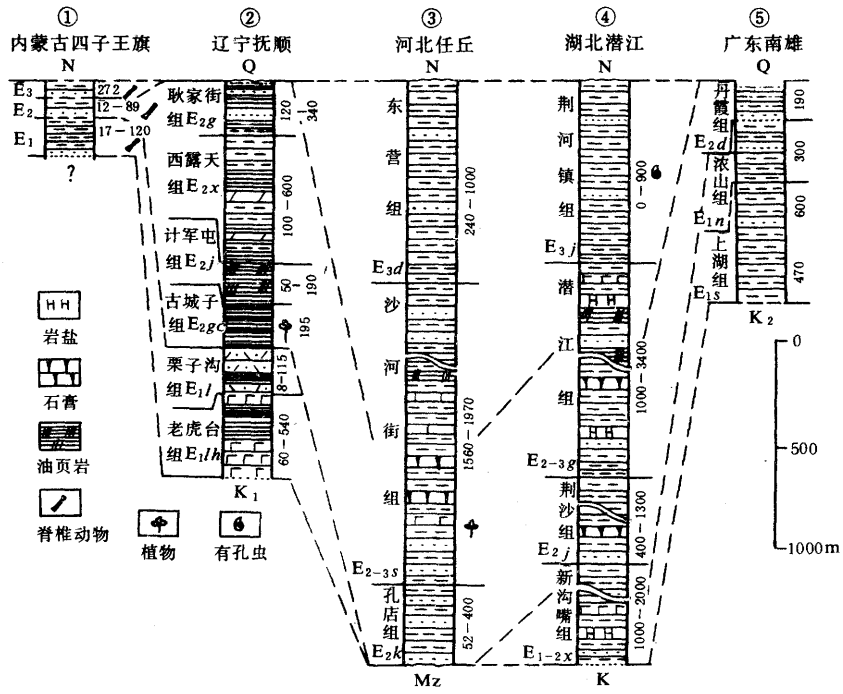



图 10—2—2　中国东部下第三系柱状剖面图

整合接触。但就整个下第三系来看，其分布范围仍然相当广泛。

**强烈沉陷的“半地堑型”海泛河湖盆地**　古秦岭以北至古阴山—燕山间的华北地区，早第三纪时处于干湿相间的过渡气候带。在渤海沿岸和冀中、鲁西北一带，当时发生强烈沉降，并向南延伸至豫东、向北达辽宁下辽河一带（图 10—2—1），形成总体呈 NNE 向一系列平行的隆起和半地堑型坳陷（图 10—2—3）。下第三系在坳陷区厚度可达 4000—5000m，而在隆起处，厚度很薄以至缺失。华北盆地下第三系不整合覆于中生界之上，包括三个组（图 10—2—2，③）：下部孔店组产介形类 *Eucypris wutuensis*（五图真星介）、*Limnocythere weixianensis*（潍县湖花介）等，时代为始新世；中部沙河街组，化石丰富，时代为始—渐新世；上部东营组介形类 80%是新属，如 *Dongyingia*（东营介）、*Hepehina*

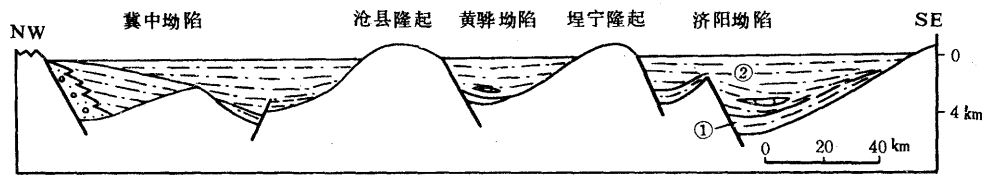



图 10—2—3　华北盆地早第三纪沉积示意剖面图

（据《中国古地理图集》，1985）

①孔店组；②沙河街组及东营组

（河北介）等，根据东营组与其下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：孔店组由下而上岩性由粗—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，代表本区断陷盆地发育最强烈的阶段。从生物化石组合来看，孔店组仅见陆生组合，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弱海水—半咸水化石，如有孔虫 *Ammonia*（卷转虫），浮游甲藻类 *Deflandrea*（德弗兰藻），钙薄类 *Cladosiphonia*（枝管薄），鱼类的鲈形目和鲱形目等（图 10—2—4），证明盆地曾一度与海水连通。但是，上述海生化石一般属种单调，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，并不代表正常海侵所形成的海相夹层。在本区同一地点的剖面上，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类型。

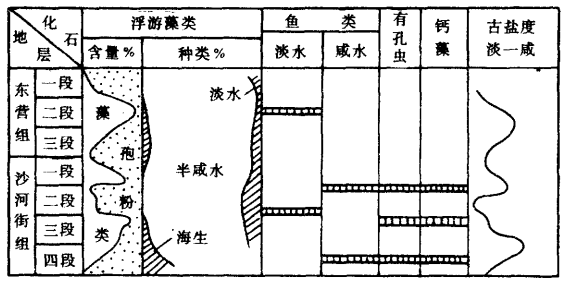



图 10—2—4　渤海湾盆地早第三纪化石群成分与古盐度变化示意图
（据汪品先，1979；魏魁生等，1993 综合）

上述半地堑型近海内陆盆地如何进行层序地层的划分是目前广为关注的问题。宋国奇（1993）对华北盆地济阳坳陷下第三系进行了有益的尝试（图 10—2—5），根据地层剖面中的不整合、凝缩段、生物化石、沉积特征、地震等标志，将下第三系划分出 3 个层序、4 个层序界面，每个层序又根据湖面升降分出相应的低水位、水进和高水位体系域。当然，陆相盆地湖面升降主要受地壳构造运动、物源供应和气候条件的综合影响，3 个层序平均延续时间都 > 10Ma，显然不能和同期海相地层中已识别出的 24 个三级层序（平均延续时间为 1.5Ma）直接对比，而应属于级别更高的二级层序范畴（见本章第 4 节表 10—4—1）。由于华北地区早第三纪地层中存在多个海泛夹层，通过多学科综合研究可望与全球性高海平面期建立一定联系，仍然能够沟通海陆相二级层序地层之间的对比关系。

**断陷型红色膏盐盆地**　古秦岭至古南岭间的中南地区，早第三纪时属于干旱气候条件下的断陷盆地类型。其中规模较大的江汉盆地（图 10—2—2，④），也出现含有孔虫化石的海泛层位，但盆地内部次级断裂发育，横向变化很大，各坳陷部位是石油和膏盐矿产形成的有利部位。

中南地区出现的一些小型红色断陷盆地（图 10—2—1）沉积特征十分相似。如粤北南雄盆地（图 10—2—2，⑤）下第三系都是红色碎屑岩。其下南雄组也是红色碎屑岩，但产恐龙蛋化石，属晚白垩世。下第三系底部上湖组产古老类型的哺乳动物化石如

*Bemalambda nanhsiungensis*（南雄阶齿兽）、*Linnania lofoensis*（罗佛岭南狉兽）、*Dissacusium shanghouensis*（上湖中兽）等，应为古新世。再上的浓山组据哺乳动物组合特征，时代为晚古新世。再上的丹霞组未得化石，一般置于始新世。

由上可知，中国东部早第三纪时，构造活动性较强，尤其断裂活动，形成一系列断陷盆地（或盆地内的断裂坳陷）；南北成煤，中部干旱的明显气候分带。

**2．晚第三纪沉积类型及构造分异**

渐新世末期的地壳运动，对中国东部有显著影响，下第三系不仅受到断裂变动的影响，很多地方有程度不同的微弱褶皱变形，上第三系与下第三系多为不整合接触。晚第三纪在古构造、古地理及气候方面都有不同程度的变化，主要表现为渤海湾地区裂谷作用已经停止，地壳活动趋于大面积上升或下降，沉积范围普遍扩大。干旱气候带在东部消失和晚第三纪后期沿海地区大面积玄武岩喷溢，也是中国东部晚第三纪地史发展的突出特点。上第三系除在广东雷琼海峡两侧为海相沉积以外，均为陆相沉积。可区分为以下不同类型：

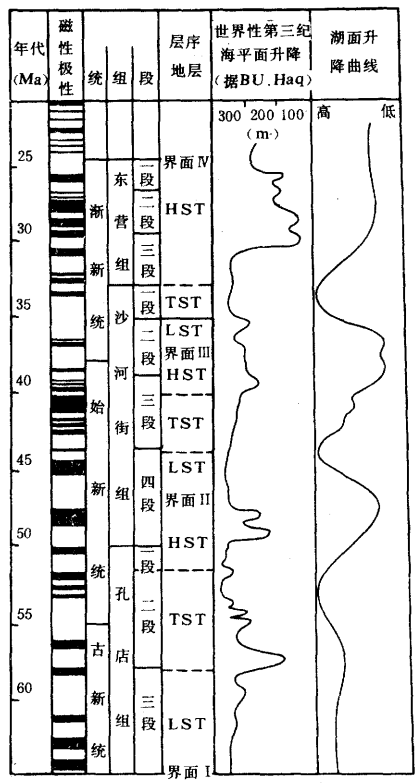



图 10—2—5　济阳坳陷早第三纪层序地层划分
（据宋国奇，1993 简化）

**大型沉降河湖盆地**　一般较早第三纪盆地断陷作用明显减弱，沉积范围更加广阔，包括松辽盆地、华北盆地、苏北盆地和江汉盆地等。松辽盆地晚第三纪沉积范围扩大到整个松辽平原。上第三系为一套暗色碎屑岩，夹薄煤层（一般不可采），总厚二百余米（图 10—2—6，②）。代表暖温带气候条件下稳定的大型盆地沉积。华北盆地上第三系与下第三系为不整合或假整合接触。包括中新统馆陶组和中—上新统明化镇组（图 10—2—6，④）。以浅灰黄、灰绿、棕红色泥砂岩为主，厚度在千米左右。沉积范围比早第三纪时有所扩大，并向南与苏北盆地相连，已属大型沉降盆地，早第三纪时发育的裂谷作用已经停止（图 10—2—7）。由于已发现有孔虫等化石，可能仍有海泛的影响。

**隆起区上的河湖游移盆地**　主要分布于内蒙古地区，其沉积特征与早第三纪情况相似，但分布范围更广，上第三系包括上新统宝格达乌拉组和中新统通古尔组（图 10—2—6，①）。以杂色泥砂岩为主夹含砾粗砂岩或砾岩，含丰富脊椎动物化石，厚度不大，是一种河湖盆地的沉积。

**隆起区上的静水湖泊沉积及土状堆积**　主要分布于北部大型沉降盆地两侧的隆起区。典型静水湖泊沉积可以山东临朐一带的中新统山旺组为代表（图 10—2—6，③），由泥岩、硅藻土、油页岩、砂砾岩及玄武岩组成，厚 70—80m。其中硅藻土不仅是有用矿产，而且微细水平层理发育，有“万卷书页岩”之称，其中保存有大量完好的动、植物化石，

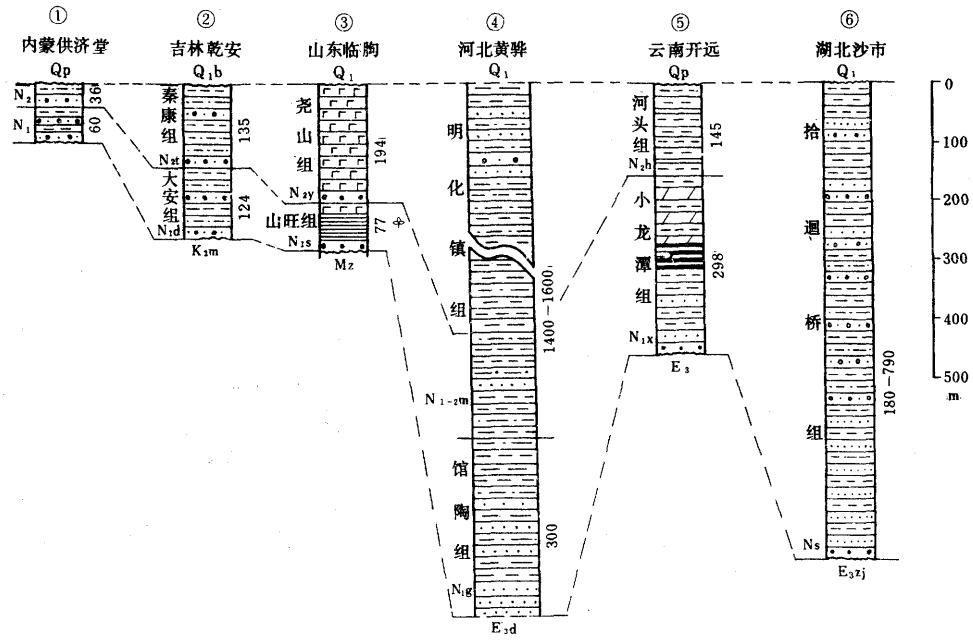



图 10—2—6　中国东部上第三系柱状剖面图

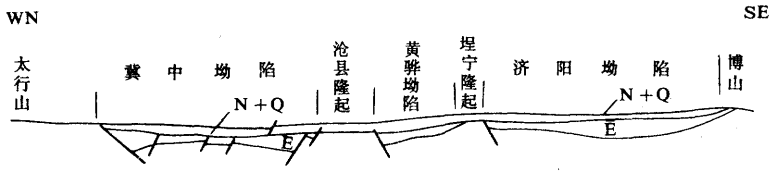



图 10—2—7　横过华北平原构造剖面示意图

（据湖北石油地质研究大队，简化并略加修改）

如哺乳类的 *Stephanocemas*（皇冠鹿）、*Plesiaceratherium*（近无角犀），爬行类的 *Mionatrix*（中新蛇），两栖类的玄武蛙，以及鱼、昆虫、蜘蛛和鸟类等。植物化石包括 90 属 128 种，代表暖温带为主混有部分亚热带植物的气候条件。土状堆积主要分布于晋峡地区，为深棕红、鲜红、桔红色粘土沉积，产三趾马及 *Chilotherium*（大唇犀）等。即过去所谓的“三趾马红土”。它是在高原之上，半干而温暖气候条件下的风化产物，主要代表上新世沉积。

**隆起区上的断陷含煤盆地**　中国南部晚第三纪以上隆为主，仅发育有小型盆地，滇桂粤闽一带，由于气候已转为潮湿热带至亚热带，所以含煤湖沼沉积范围较早第三纪更为宽广。云南开远小龙潭盆地的上第三系剖面（图 10—2—6，⑤）可为代表。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，产 *Listriodon*（利齿猪）等，厚 300—400m。上新统河头组，由灰色砂质粘土夹褐煤组成，厚 150m。显然是潮湿气候条件下的湖沼沉积。

**沿海玄武岩喷发类型**　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—郯城深大断裂两侧、浙东嵊县、福建漳浦、台湾海澎湖群岛以及广东雷州半岛、海南岛北部等地，都有大片玄武岩流，其时代多属上

新世。

## （二）中国古大陆西部第三纪地史概述

我国西北地区第三纪古地理的基本特征，是上升山系与下降盆地间列（图 10—2—1），盆地边缘形成巨厚的第三系。

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很好，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 1600m，但向北逐渐减薄，到盆地北部厚度减至 400m。

上第三系在准噶尔盆地南缘称昌吉河群，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 3000—5000m。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，可称喀什海湾（图 10—2—1），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 6000m。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 4000—5000m。但整个盆地由边缘向内部厚度减薄。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。

综上所述，西北地区地史发育特征与东部地区有明显差别。盆地与山系相间，延伸方向多呈近东西向，山系上升与盆地下降的差异升降运动虽然在整个第三纪均存在，但在晚第三纪最为强烈，并有愈来愈加剧之势；盆地内部具不对称构造，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；大部（除准噶尔盆地外）处于干旱气候条件下，普遍有蒸发岩发育；整个第三纪缺乏火山喷发岩，除塔里木盆地西南缘早第三纪遭受海侵外，都是内陆沉积盆地。

## （三）西藏、台湾海相第三系地史特征

西藏南部地区，早第三纪早、中期有海相沉积（图 10—2—1）。在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，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（图 10—2—8）。下部宗浦组以灰岩为主，富含有孔虫，如 *Miscellanea miscella*（混合崎壳虫）和 *Nummulites laevigatus*（光滑货币虫），代表古新—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。

雅鲁藏布江地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（图 10—2—9）。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。

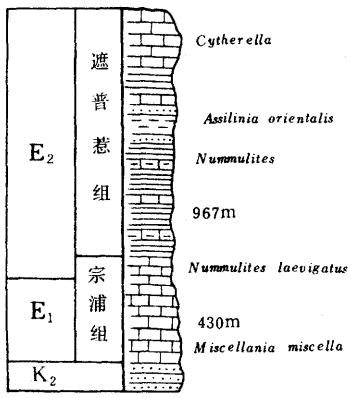



图 10—2—8　岗巴地区下第三系柱状图
（据王义刚等，1974）

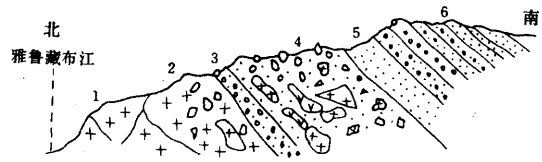



图 10—2—9　日喀则一带磨拉石（秋乌组）底砾岩与燕山期花岗闪长岩的超覆接触
（据常承法等，1982）
1—花岗闪长岩；2—花岗闪长岩风化壳；3—砾；4—含巨大不规则花岗闪长岩和火山岩砾石的砾岩；5—长石砂岩；6—砾质砂岩

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 580m。据上部含有 *Quercus*（高山栎）植物群，与现在类似植物群生长环境的对比，推测当时海拔高度应在 2500m 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（Siwalic）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。

台湾中央山系的下第三系，是地槽型海相砂泥质浅变质岩，以始新统、渐新统为主，包括部分中新统，总厚数千米。由于在西北部沿海平原的北港地区和澎湖岛钻孔发现的浅变质岩中，也都能找到古新世有孔虫，说明早第三纪存在较广泛的海侵。晚第三纪早期海槽遭受褶皱变质和上升，组成现在的中央山系。在中央山系上升的同时，东西两侧坳陷区形成不同的发展历史。西部为海陆交互含煤沉积，火山活动不发育，总厚达 5500m，是台湾的重要油、煤产地，向西至澎湖岛，厚度减薄为二百多米。东部则主要为火山岩及碎屑岩，其中安山质火山岩尤为发育，总厚可达 6000—7000m，应属优地槽沉积类型。沿大纵谷深断裂带尚发育有蛇绿岩套、蓝闪石片岩及混杂堆积，迄今仍有频繁的地震活动。有人认为大纵谷断裂带代表太平洋板块与亚洲大陆板块间最新形成的地缝合线。

## （四）东南大陆架海域的第三纪地史概况

我国南部大陆架海域是重要的海上油气远景地区。近年来海上钻井已开始获得重要的工业油流。新生代沉积坳陷主要发育在雷琼以东的珠江口坳陷、雷州半岛以西的北部湾坳

陷和海南岛以南的莺歌海坳陷。珠江口坳陷早第三纪为陆上河湖沉积，晚第三纪早、中期为海陆交互相，晚期为大规模海侵，主要为浅海环境沉积。北部湾坳陷据钻井及地震资料研究表明，早第三纪主要为陆相沉积，晚第三纪主要为浅海沉积。莺歌海坳陷早第三纪晚期开始接受海相沉积，晚第三纪为海相沉积，有孔虫十分丰富。综上所述，我国南部海域形成时间，因地而异，南部莺歌海坳陷遭受海侵最早，开始于早第三纪，北部湾坳陷及珠江口坳陷到晚第三纪时才相继为海水淹没。

根据地震、钻井曲线及岩心等研究，北部湾坳陷的第三系可划分为8个沉积层序（图10—2—10）。

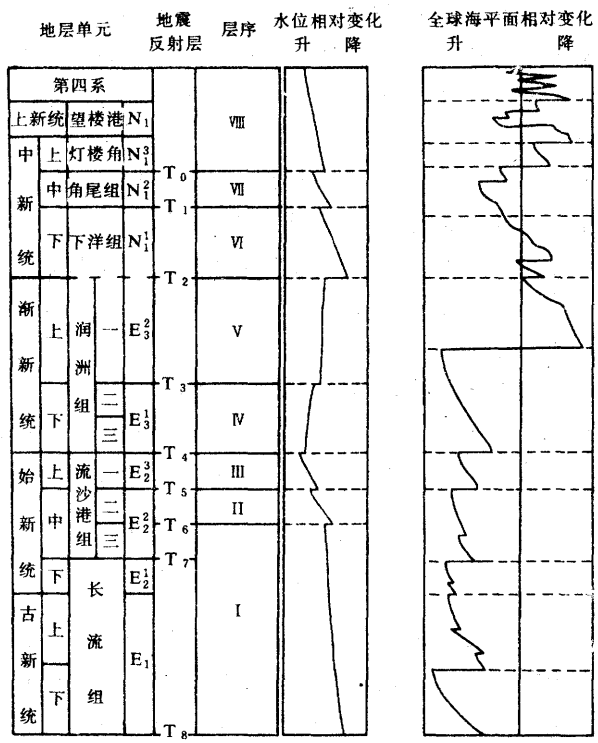



图10—2—10　北部湾坳陷层序地层划分

（据康西栋等，1994，简化）

中国东部早第三纪海区范围在现在海岸线以东，当时渤海、黄海、东海西部均处于陆地状态。晚第三纪时太平洋海水西侵，经第四纪的进一步向西扩大，才形成现今海域面貌。因此，东部海域在第三纪时经历了由陆变海的演变过程。同时也是我国重要的海上油气远景基地。

渤海地区第三纪时是一个内陆沉积盆地，它实际是与华北盆地、下辽河盆地共同组成的一个北东向大型盆地，可统称为渤海湾盆地，地层发育及构造演化特征，完全可与华北盆地对比。渤海地区由陆变海实际是在第四纪时完成的。

黄海地区第三纪时，早期被分割为南、北两个坳陷，中间为隆起区。北部坳陷位于山

东半岛东南。南部坳陷向西与苏北盆地南部的东台坳陷相连。晚第三纪时南、北两个坳陷形成统一盆地。第三系主要为陆相，厚度4000—6000m，局部层位含海绿石及半咸水介形虫，可能仍为遭受海泛影响的近海盆地性质。

东海地区东、西各为坳陷，西部坳陷的下第三系主要是陆相含煤沉积，上第三系为厚达5000m的海陆交互含煤沉积，与台湾西部类似，为冒地槽型沉积。东部坳陷与冲绳海槽相接，为晚第三纪开始的裂陷槽。

### （五）中国第三纪矿产资源

以煤、石油、油页岩及各种盐类为主，有重要经济价值。

**煤** 第三纪是全球重要的聚煤时期之一，我国也不例外。早第三纪早期（古新世至早始新世）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，主要出现在准噶尔、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。新第三纪的盐类沉积仅见于西北柴达木、吐鲁番等盆地。

## 三、第 四 纪

第四纪（Quaternary）是地史上最后一个纪。第四纪最突出的特征：首先是人类的出现和进化；其次是冰川现象广布，气候冷暖多次变化；第三是大陆面积增大，新构造运动活跃；最后是沉积类型繁多，在大陆上出现的主要是未完全固结成岩的松散堆积。

第四纪地质研究直接与人类矿产资源寻找、生态环境保护和地质灾害防治有关，引起人们密切关注。另一方面，由于第四系陆相沉积成因类型多样、分布零散、对比困难、持续时间短，在研究时必须综合采用多学科方法，如沉积地层学、生物地层学、气候地层学、磁性地层学(图10—3—1)，以及各种精确测年的年代地层学、考古学等。鉴于第四纪地质学在国民经济中占有特殊的重要性，研究方法比较特殊，因此，已成为一门独立的学科。

### （一）中国第四纪地质事件及沉积类型

第四系在不同地区发育有不同的沉积类型，直接与其所处的古构造、古地理和古气候环境密切相关。印度板块的继续向北移动（A型俯冲），诱发青藏高原的急剧抬升及其周缘山系的回春，形成中国西部高原、山系与盆地相间的地势。太平洋板块的向西继续俯冲，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，也影响气候冷暖多变并形成特殊的夹古土壤层的黄土剖面。以上种种因素，造成了中国第四纪丰富多采的古构造、古地理、古气候环境和多种沉积类型。

**1．青藏高原迅速隆升及其影响**

包括喜马拉雅山地在内的青藏高原，整体急剧上隆主要是第四纪时期完成的。可据上新世三趾马化石的不同产地现处海拔高度相差十分悬殊得到证实，如藏南吉隆盆地为4300m，藏北唐古拉山为4000m，甘肃兰州1000m，山西为500—700m，华北平原则在海平面以下320m的钻孔中发现。上述各地上新世时大致处于相似的森林-草原环境，彼此间海拔高程不应有太大悬殊。现在化石产地的海拔高度如此不同，完全是第四纪以来青藏地区发生强烈地壳上隆的结果。第四纪青藏高原的剧烈抬升和东部边缘海的显著下降，是造成我国现在西高东低地势的根本原因。

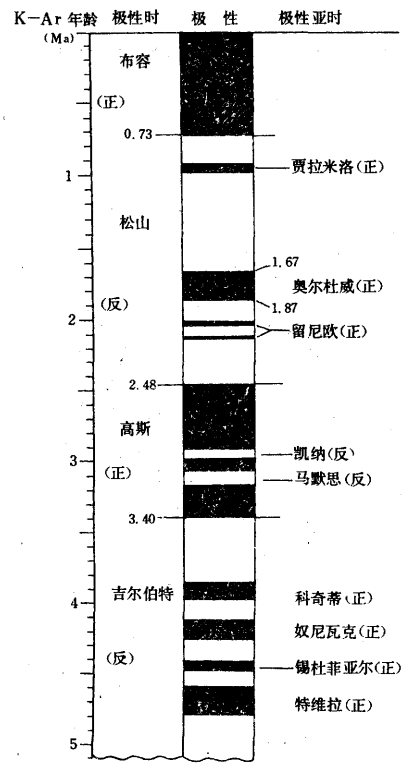



图10—3—1　5Ma以来的磁极性时间表
（据W. B. Harland等，1982）

由于青藏地区的强烈上升，在喜马拉雅山区及昆仑山、喀喇昆仑山区等地，发育有山岳冰川及冰川堆积（图10—3—2）。据近年科考调查，证实曾有过多次冰川活动。此外，高原内部相对平坦地区，也出现一些小型湖泊盆地（图10—3—2）。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，范围缩小，形成有经济价值的含硼盐矿床。

青藏高原周缘，由于山区上升，山前的盆地边缘形成粗碎屑的巨厚类磨拉石堆积。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，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。

**2．沉降、堆积持衡的黄土高原**

中国黄土几乎连续地覆盖了东经103°—113°，北纬34°—38°这个地区。这里的黄土发育完好，也是世界上少有的完好剖面，最厚可达百余米。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，这为第四纪气候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（主要是鼢鼠）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，以黄红色黄土为特征（可能部分是水成黄土）；中更新统离石组，为淡棕色

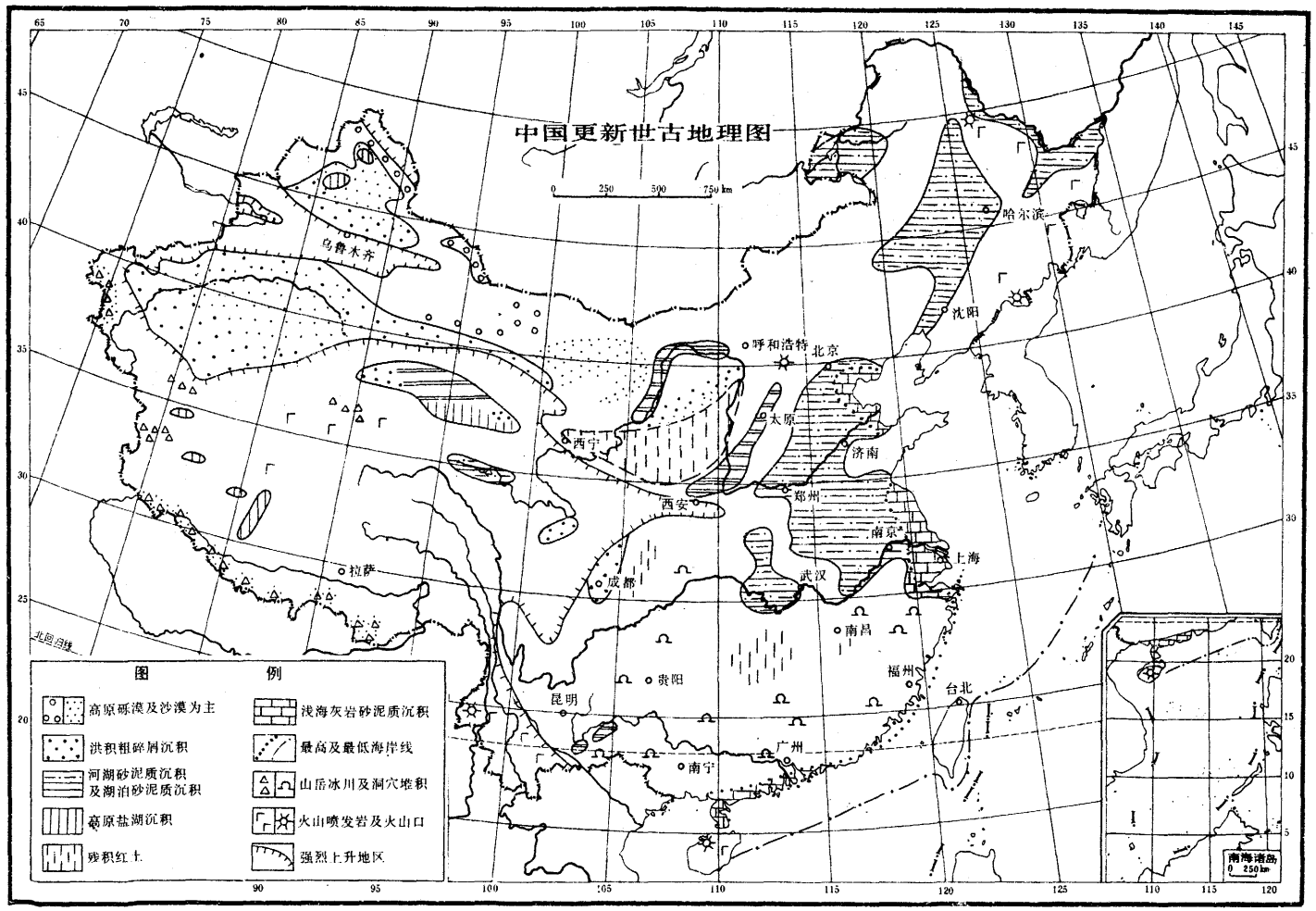



图 10—3—2　中国更新世古地理图

黄土；上更新统马兰组，以黄灰色黄土为主，总厚约 130m。这种长期连续的保持黄土堆积，很可能与地处大陆板块内部、存在相对稳定的古气候、古构造环境有关。

**3. 中国东部差异升降及南北分异**

中国东部的松辽、华北、江汉平原，是第四纪的大面积沉降区（图 10—3—2），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（图 10—3—3）：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，并部分夹玄武喷发岩，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。

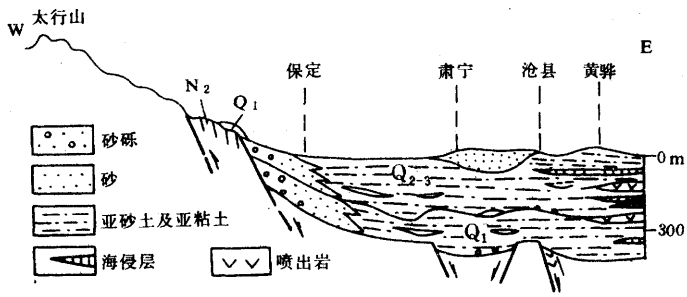



图 10—3—3　华北平原更新世沉积示意剖面

（据《中国古地理图集》，1985）

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 10—3—2）。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具体环境有关。

**4. 海平面升降和海陆变迁**

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 10—3—2）。当间冰期海面升高时，在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；冰期海平面下降最低时，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（参看图 10—3—3）。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 *Potamocrobula amiwensis* 等海生生物深入内地近千公里的奇特现象，很可能与晚第三纪以来，汾渭裂谷的进一步发展有关，也有人认为可能是风成作用搬运或鸟类携带的产物。

## （二）第四纪气候波动与米兰科维奇轨道周期

第四纪气候演变，长期以来一直沿用阿尔卑斯山脉的四次（后增为六次）冰期的经典模式。随着近年来对大陆上连续黄土剖面、深海沉积氧同位素变化等研究，证实第四纪气候变化频繁，冷（干）、暖（湿）多次更替。虽然，对于导致这种冷暖气候波动的原因尚

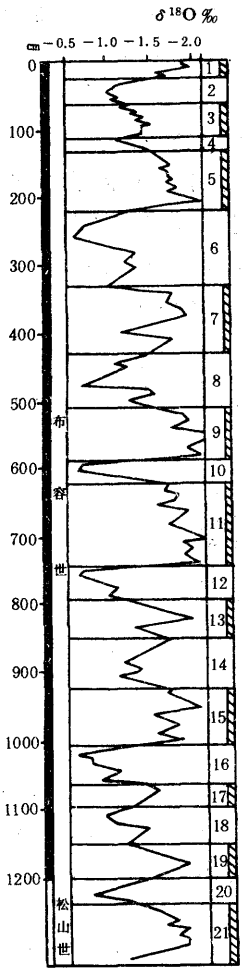



图 10—3—4 钻孔 $V_{28}$-238 深海沉积的氧同位素曲线
（转引自刘东生等，1982）
左边数字为钻孔深度（cm）；
右边数字为划分的阶段

有不同认识，但普遍注意到气候冷暖变化旋回具有全球性。这不仅是对第四纪气候研究的重大突破，对于第四纪地层对比也具有重大意义，而且为预测未来气候变化提供了很好的依据。

经典的第四纪冰期、间冰期气候演变模式建立的直接依据是冰川作用的物质记录，即高山冰川地理及冰川堆积。但是较年青的冰川作用常常刨蚀破坏前期冰川作用的遗迹，因此难以建立一个可供对比的完整剖面。后来人们发现大洋中的深海沉积和大陆上连续完整的黄土堆积，能完整地记录和保存第四纪古气候变化经历，是研究全球气候变化历史的极好地质记录。

深海沉积中 $\delta^{18}O$ 同位素变化的研究，从 1959 年 C. Emiliani 开创以来取得很大的进展，其中以太平洋深海钻孔 $V_{28}$-238 最具代表性（图 10—3—4）。在近 13m 深海钻芯（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 个全球性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含量资料。

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 10—3—5）。该剖面总厚 130m 可划分为：下更新统午城黄土（组）包括 3 个古土壤组合（$WS_1$、$WS_2$、$WS_3$）；中更新统离石黄土（组）有 14 层古土壤夹于黄土（L）之中；上更新统马兰黄土（组）不易细分，但黄土中部有较强的成壤作用（$S_0$）。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 10—3—5）。近年发现陕西宝鸡黄土剖面沉积厚度更大（约 160m）、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 10—3—6）。

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 10—3—7），即偏心率（eccentricity）、倾斜轴（obliquty，或译斜度）和岁差（*precession*）的准周期性变化引起的。虽然，太阳幅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 40 万年和 10 万年；倾斜轴的

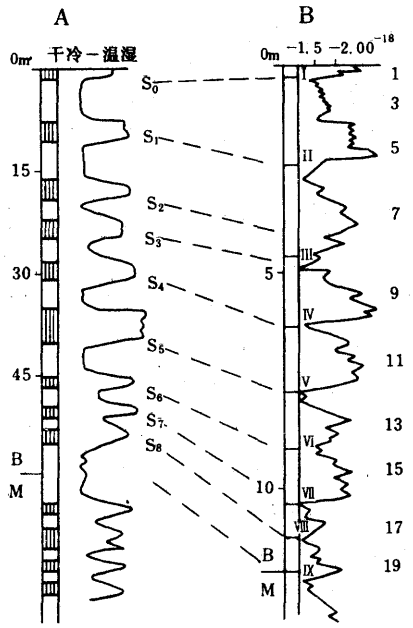



图 10—3—5　黄土剖面古气候旋回与深海沉积古气候曲线对比图

（据刘东生，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—Ⅷ为自布容期至今的 8½个气候旋回

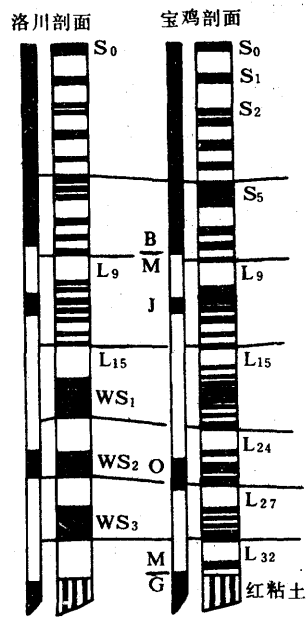



图 10—3—6　陕西洛川、宝鸡黄土—古土壤剖面

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 为贾拉米格、奥尔杜威正极性亚时；红粘土为上新统

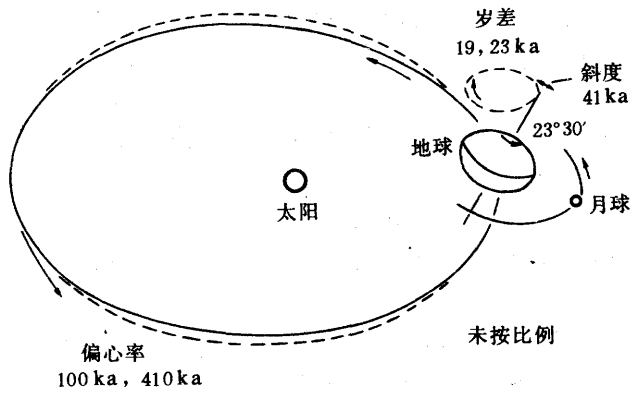



图 10—3—7　米兰科维奇轨道周期示意图

偏心率是地球绕太阳旋转轨道的变化周期，有 100、410ka 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°30′）大小的变化周期，平均 41ka；岁差是地球自转轴因颤动而在天体上呈圆周状摆动，平均 21ka 一个周期

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 $CO_2$ 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、天然气等）使大气中 $CO_2$ 含量成倍增长。据南极冰岩芯和树木年轮的研究，工业化前的 19 世纪中期，大气中 $CO_2$ 含量为 260—280ppm，但是从 1955—1980 年间，$CO_2$ 含量从 315ppm 增加到 340ppm。而当大气层中 $CO_2$ 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，气候将会有明显上升，从而引起海面的上涨（表 10—3—2）。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 $CO_2$ 倍增，全球平均温度将增暖 1.5—4.5℃，全球海面将上升 20—140cm。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 10—3—2　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） | 2.0—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（cm） | 3.5 | 10 | 20 | 36 | 57 |
| 高方案（cm） | 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 100 000 年来全球自然地理环境变化规律的研究，预测今后 100 年内的发展趋势，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。

## 新生代课外阅读文献


1. 袁复礼、杜恒俭，1984，中国新生代生物地层学。地质出版社。

2. 田明中、曹伯勋、程捷等，1996，北京周口店新发现的洞穴堆积物综合研究。见：《献给第三十届国际地质大会地质科学研究论文集》，59—63 页，中国经济出版社。

3. 孙建中、L. A. Frakes、李同录等，1996，黄土碳同位素组成与古气候。同上，478—484。

4. 赵希涛、杨达源等，1992，全球海石变化。科学出版社。

5. 严钦尚、洪雪晴，1987，长江三角洲平原全新世海侵问题，海洋学报，9（6）：744—762。

6. 刘若新、李继泰、魏海泉，1996，长白山天池火山——座具潜在喷发危险的近代火山。地球物理学报，35(5)：661—664。

# 四、中、新生代地史概述

中、新生代时期地表生物界总貌与古生代完全不同，古地理、古气候特征也有重大变化。在地壳构造运动方面，重大的转折发生在三叠纪末期，三叠纪的印支运动与晚古生代的海西构造阶段往往连续发展，关系更为密切。而阿尔卑斯构造阶段内的重大构造事件（联合古陆的分裂解体（图 10—4—1）、特提斯带的洋盆扩张和山系形成、环太平洋带火环的出现和演变、大西洋和印度洋的开裂和发展、太平洋的缩小和更新）实际上都是从侏罗纪开始。所以，本节着重总结印支运动以后（后印支期）的全球地史特征。

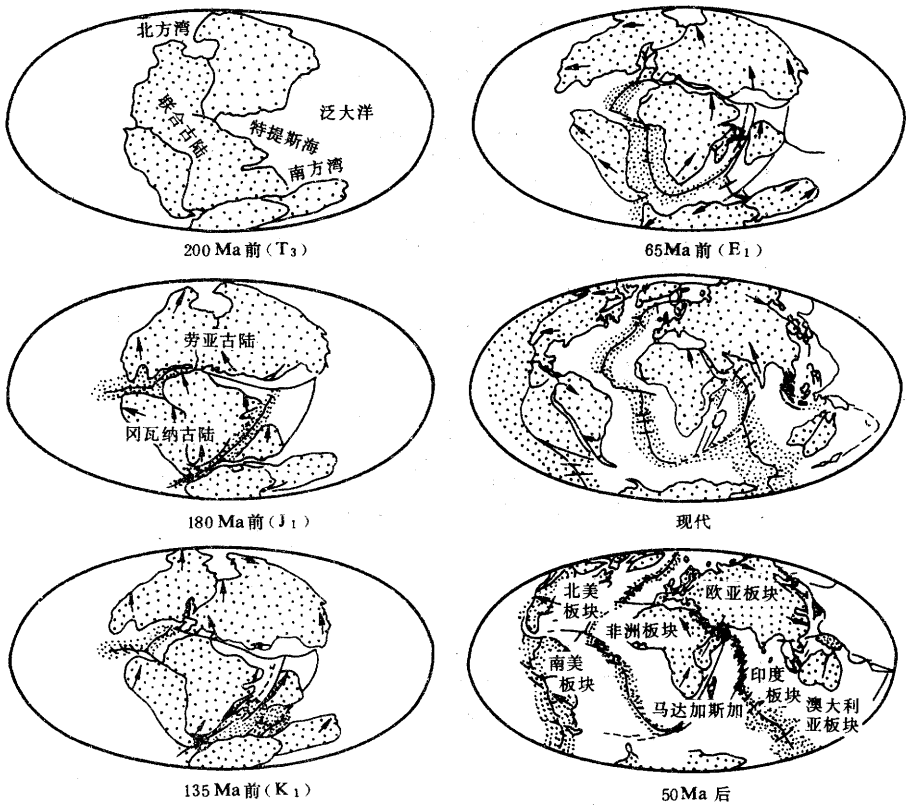



图 10—4—1　联合大陆分裂过程复原图

（据 C. J. Allegre, 1983）

## （一）阿尔卑斯构造阶段特提斯带的演化

特提斯（Tethys）也称新特提斯（Neo - Tethys）是指中生代以来南北大陆之间新开裂的一个复杂海洋，无论在时间上和空间位置上都和古特提斯（泥盆纪至三叠纪）、原特

提斯（新元古代至早古生代）不同。本带在中生代有过一定规模的洋壳盆地，总体上由西向东呈现喇叭状开口（图 9—3—1）。新生代由于南北大陆的对接碰撞导致洋盆最后消失，形成横亘欧亚大陆的阿尔卑斯-喜马拉雅高峻山系，东西绵延达万余公里（图 10—4—1）。应当指出，西段南欧部分山脉较低（最高的法意边境勃朗峰为 4810m），在地中海一带还保存有残留洋壳盆地；东段青藏高原及其毗邻山脉由于受到强烈挤压、隆升，形成 8000m 以上世界屋脊和外围古老造山带再次回春上升的山脉（例如天山、横断山脉等）。反映特提斯带东、西段构造发展史各有特点，分别予以介绍。

**1. 阿尔卑斯区**

特提斯西段是位于欧亚及非洲两个大陆之间的一个巨大而非常复杂的构造体系。自地中海最西端南北两岸的山系起，向东经阿尔卑斯山、亚平宁山，到高加索一带，然后与亚洲的特提东段连接。它包括南、北两支山系，其间为一些相对稳定的地块（图 10—4—2）。南欧阿尔卑斯山脉具有 > 150 年地质研究历史，是特提斯西段研究程度最高的地区，19 世纪以来产生过许多经典的大地构造理论和概念，20 世纪 60 年代以来又以板块构造对阿尔卑斯造山带的构造演化史作进一步研究并给予了新的解释。

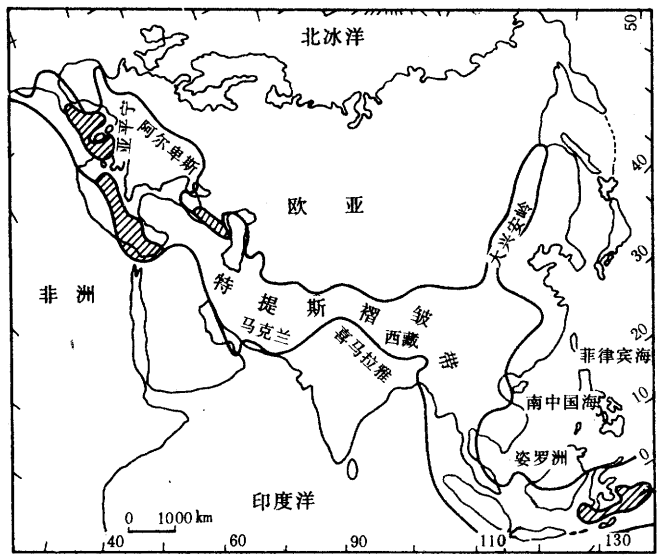



图 10—4—2 特提斯造山带总体轮廓

（据 D. G. Howell, 1989）

斜线区为残存的洋壳海盆

阿尔卑斯造山带在中、新生代经历了典型的威尔逊旋回过程，下面以著名的西阿尔卑斯地区为例，介绍其板块构造演化史（图 10—4—3）。

该区前中生代的地质演化了解较差，一般认为存在海西期变质基底，反映有过漫长的构造演化历史。三叠纪为稳定的滨浅海沉积类型，出现了滨浅海碎屑岩和碳酸盐台地；有的地区中三叠世开始出现裂谷，有凝灰岩和玄武岩喷发，在深陷海槽部分甚至出现放射虫硅质岩。侏罗纪起普遍进入裂谷阶段，碳酸盐台地大量解体，较深水海槽沉积分布增广，著名的结核状红色菊石灰岩（ammonitico rosso）、菊石口盖灰岩（aptychus limestone）即

为代表。晚侏罗世起开始出现洋壳，早白垩世达到成熟洋盆阶段，据古地磁资料其宽度约1000km，属于规模有限的多岛洋盆（图10—4—3，c）。阿尔卑斯带内著名的三位一体蛇绿岩套（G.Steinmann，1926）就是当时洋盆的残迹。应当看到，西地中海蛇绿岩的深海沉积中有陆源物质，反映出陆壳开裂形成的小洋盆特点；东地中海蛇绿岩有深海硅质岩和铬铁矿，代表在岛弧基础上开裂的洋盆，与陆壳的亲缘关系极少。

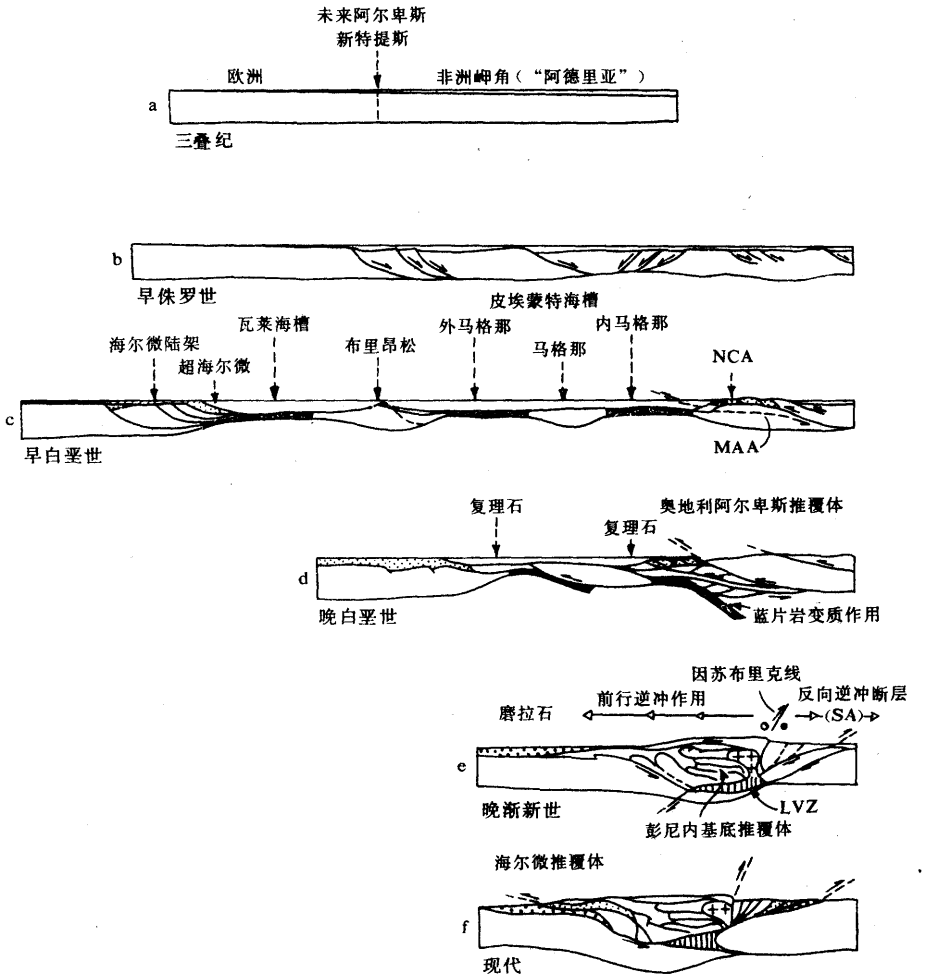



图10—4—3　瑞士阿尔卑斯造山带演化图

（据A.G.Milnes，1978和R.Trümpy，1980；转引自A.M.C.Sengör，1992）

LVZ=低速带；MAA=中奥地利阿尔卑斯推覆体；NCA=钙质的北阿尔卑斯；SA=南阿尔卑斯；空白=陆壳；黑色=洋壳；细圆点=浅海相沉积；粗圆点=深海碎屑岩、复理石和混杂岩杂岩体；+=Bergell花岗岩

早白垩世末发生洋壳推挤，形成第一次褶皱变质和蛇绿岩构造侵位，但并未出现传统板块构造模式中的沟—弧—盆体系和岛弧岩浆活动。晚白垩世起阿尔卑斯地区开始发育大规模的由南向北推覆作用，在推覆体前缘同时形成经典的复理石堆积。在陆壳逆冲的A型俯冲作用下，沿剪切带发生蓝片岩变质作用（图10—4—3，d）。阿尔卑斯带的主要变

形、变质作用及少量碰撞型花岗岩集中发生在晚始新世至早渐新世，反映南北陆块的直接碰撞，洋盆已经闭合，但深水复理石在阿尔卑斯北侧的海尔微带继续沉积。至渐新世晚期，复理石带褶皱升起，产生许多重力滑动成因的巨大“推覆体”，同时在北侧前陆盆地（前缘凹陷）中堆积了经典的磨拉石（图 10—4—3，e)。渐新世晚期后出现新的变形，复理石带逆冲于磨拉石之上，磨拉石的堆积直到上新世才停止。第四纪中阿尔卑斯山脉出现明显冰川作用，至今高山顶部仍有冰川残留。

应当说明，欧洲特提斯带内部存在一系列微板块和有限洋盆。中、新生代时期发生的多次构造运动，实际上是大陆板块和微板块或微板块之间的碰撞拼合过程，导致不同地段的沉积类型、构造变形、变质作用和岩浆活动的多样性和特殊性。图 9—4—2 虽然是阿尔卑斯造山带的经典地区演化模式，并不能照搬到欧洲特提斯造山带的其它地段。而且，欧洲和非洲两个大陆板块间仍有残留洋盆存在，尚未进入最后陆陆碰撞阶段。

**2. 喜马拉雅区**

本区是指特提斯东段主体部分——包括喜马拉雅山脉在内的青藏高原地区，不限于喜马拉雅山狭窄地带。这是现在世界上地势最高的地区，而且其硅铝质地壳极厚，达 70km 左右。

早第三纪时，印度板块与欧亚大陆南缘之间的对接碰撞作用，是造成本区各种复杂构造现象的根本原因。由冈瓦纳古陆分裂出来的印度板块，以大约 7cm/a 的高速度向北漂移，它的碰撞作用产生的影响遍及全球，而以喜马拉雅地区最为强烈。嗣后，印度板块仍以大约 5—6cm/a 速度继续向北移动，从而产生了三种效应：①由于褶皱和推覆构造导致陆内地壳大规模缩短；②大陆物质受到近南北方向挤压后，发生向东、西两侧的挤出作用（图 10—4—9)；③造成陆壳相互叠覆的 A 型俯冲现象（见第四章，图 4—6)。

国内外学者对本区构造演化过程及原因进行过大量研究，自 70 年代以来取得了巨大进展。下面介绍有代表性的演化模式（图 10—4—4)。

如图所示，在古生代晚期，冈瓦纳大陆的北缘被海水淹没。当时冈底斯地区和印度板块连结在一起，属于冈瓦纳大陆北缘部分（图 10—4—4，A)。三叠纪开始，沿雅鲁藏布江一线冈底斯微板块与印度板块之间发生开裂，出现深海、半深海放射虫硅质岩、复理石等沉积组合。晚侏罗至早白垩世进一步发育了典型的蛇绿岩套等洋盆特殊沉积类型，代表东特提斯洋壳海域扩张已达到顶峰时期（图 10—4—4，B)。与此相应，冈底斯微板块于侏罗纪晚期已经向北漂移而与欧亚板块碰撞相连。从白垩纪中期起，随着印度板块脱离冈瓦纳大陆向北漂移，带动特提斯洋壳向北俯冲于已成为欧亚板块南缘的冈底斯地区之下。因此出现延伸二千五百多公里的冈底斯中、酸性深成岩带和晚白垩世至早第三纪陆缘弧火山岩带，并伴有褶皱作用，使始新统不整合覆盖在更老地层之上。自始新世晚期开始，继续向北移动的印度板块终于与欧亚板块发生陆陆对接碰撞。东特提斯洋壳海域从此闭合消失，沿两大板块碰撞带产生了著名的印度河—雅鲁藏布江缝合线，沿缝合线分布的蛇绿岩套及混杂堆积代表板块碰撞时挤上来的上地幔和洋壳残余物质。晚始新世开始出现的磨拉石堆积，也反映出山系开始形成的地形分异（图 10—4—4，D)。应当说明，晚第三纪以来由于印度板块继续向北挤压，产生陆壳内部 A 型俯冲，形成一系列向北倾斜的逆冲断裂，使地壳大规模逆掩叠复，并导致地壳加厚，使本区不断抬升，形成世界屋脊（图 10—4—4，E)。

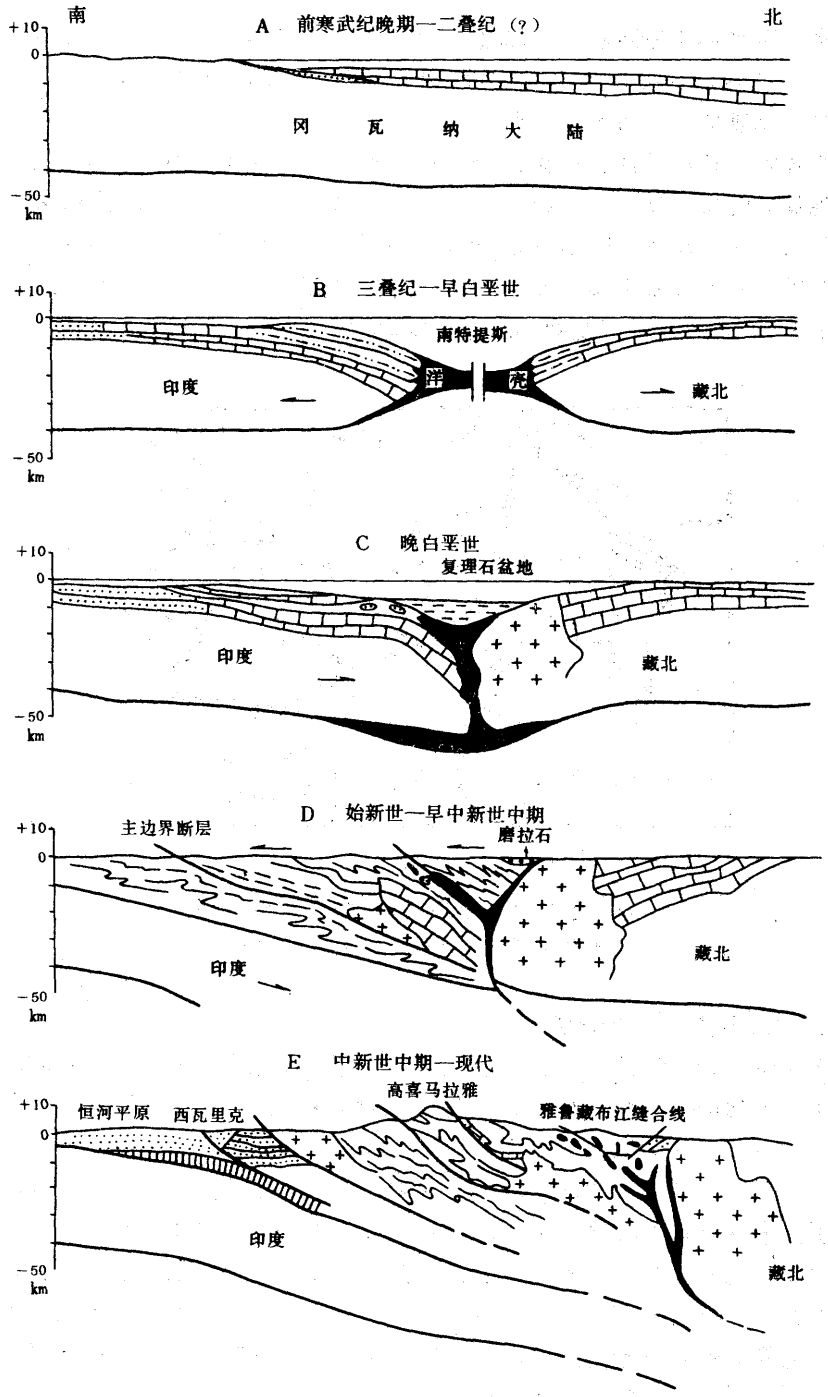



图 10—4—4 喜马拉雅演化示意图

（据常承法等，1972 略作修改）

## （二）阿尔卑斯构造阶段的古太平洋及环太平洋带

现今的太平洋实际上是因联合古陆解体和新海洋出现而变小了的泛大洋（Panthalassa）。显然在中、新生代阶段经历了巨大的演变，演变不仅在洋盆本身，而且也影响到和它相邻的大陆边缘地带——环太平洋带。

根据太平洋底磁异常条带、夏威夷—天皇海山热点轨迹和古地磁资料，加上四周大陆边缘发生的地质事件综合分析，可以对侏罗纪（约 190Ma）以来太平洋内板块运动的方向、速度进行有根据的推断。图 10—4—5 表示了早白垩世太平洋的古板块再造图，可见太平洋板块尚处于开始形成状态，而目前已经俯冲消失的库拉（Kula）、法拉隆（Farallon）和菲尼克斯（Phoenix）古板块却占有重要地位。下面按太平洋东、西二部分介绍如下。

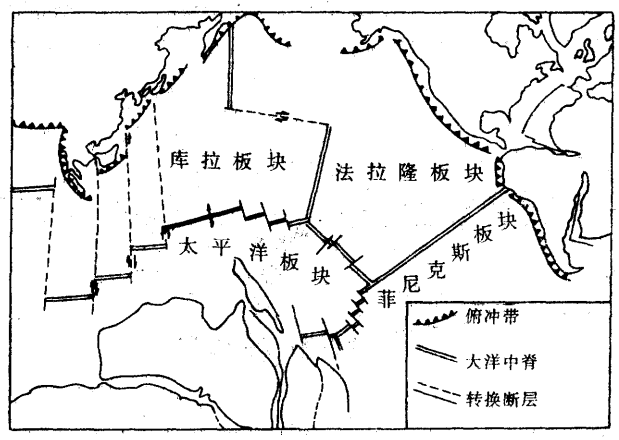



图 10—4—5　早白垩世太平洋中的古板块构造
（据 T.W.Hilde 等，1977；S.Uyeda 等，1974）

### 1. 西部太平洋及其环太平洋带

早、中侏罗世（144Ma 前）洋盆内直接证据不多，根据中国东部中侏罗世末发生的燕山运动Ⅰ具有强烈的挤压变形、逆冲断裂和大规模花岗岩侵入，推测库拉-太平洋板块当时快速向北运动，导致中国东部产生强烈的左旋压扭性质构造变形（李思田等，1991）。

晚侏罗—早白垩世早期（144—110Ma）库拉-太平洋板块沿 NNW 方向斜向俯冲于古亚洲大陆之下，东亚地区当时具有两个特点：①与中侏罗世末的强烈挤压作用相比，此时明显出现大面积裂陷盆地群；②大量安山岩、英安岩喷发事件虽然显示了类似安第斯型主动大陆边缘的性质，但中国东部火山岩带是在大陆内部碰撞及碰撞后形成的，不同于安第斯型活动大陆边缘的简单俯冲模式（陶奎元等，1996）。从图 10—4—5 中可见日本和加里曼丹紧贴大陆，当时不存在岛弧和边缘海。

晚白垩世（100—80Ma）库拉板块已经消亡，日本列岛首次出现英安岩和流纹岩喷发，标志着东北亚陆缘岛弧已形成，但边缘海尚未出现。太平洋板块向 NNW 方向的强烈挤压并伴随有左旋走滑，使中国东部原来的裂陷作用减弱，裂谷和断陷盆地充填趋于结

束，并为褶皱和逆冲断层所取代。

早第三纪前期（60—35Ma）菲律宾板块从太平洋板块分出并继续向 NNW 方向运动，东北亚在多种地球动力学机制制约下又处于引张环境，渤海盆地、贝加尔湖和东海盆地都有显著裂陷作用，沿郯庐断裂等 NNE 向断裂发生右旋扭动。始新世末期（35Ma±）太平洋板块发生了俯冲方向由 NNW 突变为 NWW 的重要事件，洋盆内夏威夷—天皇海山链走向的转折是极好的佐证。饶有兴趣的是东太平洋中部深海钻探计划（DSDP）研究中，在始新统和渐新统界线及稍低层位大量有孔虫分批灭绝，地层中有机碳含量明显下降（<1%），并存在不止一个微玻璃陨石（microtektite）富集层。据此有人提出 35Ma 前后可能发生过小星体陨击太平洋灾变事件，导致海洋生物灭绝并触发海洋板块运动方向的突变（尹延鸿等，1995），值得进一步研究。中新世至上新世（24—5Ma）洋壳板块与亚洲大陆几近垂直地俯冲，导致东亚岛弧火山喷发和弧后开裂作用，日本列岛上出现著名的绿色凝灰岩事件，日本海、冲绳海沟和南海迅速达到现在规模，亚洲大陆东缘的花彩列岛式沟—弧—盆体系至此才正式形成（图 10—4—6）。弧后扩张作用同时减弱了太平洋板块俯冲对大陆的直接影响，中国东部裂陷作用衰减，晚第三纪出现大型坳陷盆地（松辽、华北、苏北、江汉等）不整合超覆在早第三纪裂谷盆地之上。晚第三纪的小型裂谷作用已向西迁移至汾渭河谷一带，形成内陆型的汾渭裂谷。

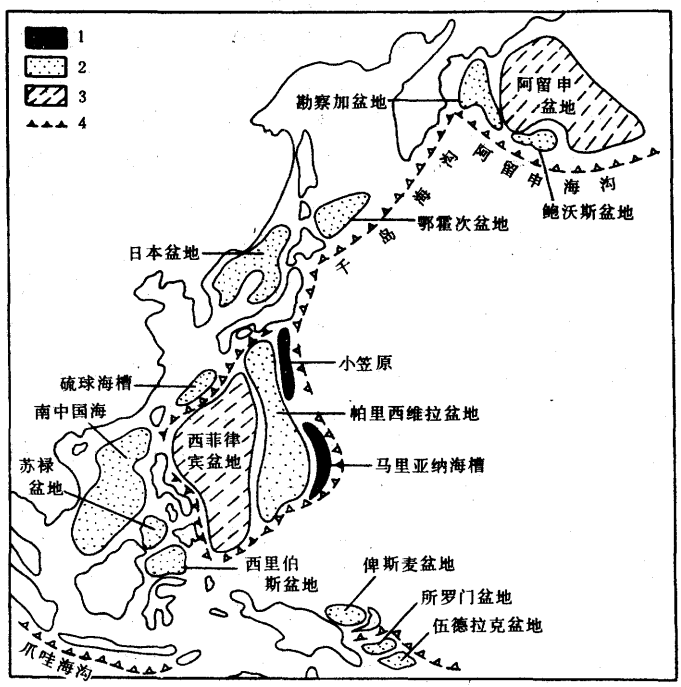



图 10—4—6　亚洲东缘海沟和边缘盆地

（据 D.E.Karig，1974）

1—活动边缘盆地；2—具高热流的非活动边缘盆地；3—具正常热流的非活动边缘盆地；4—海沟

亚洲东缘沟—弧—盆体系第四纪以来继续存在，具有很高的构造活动性。例如日本有200多处第四纪火山，亚洲地震也主要发生在这些地带。海沟、岛弧部位（如东京、神户等）发生的地震时间稍早，容易激发海啸，远离俯冲带的大陆沿海部位（如唐山、邢台等）地震发生时间滞后2—3年，总体上存在20年左右的活跃和平静期间隔周期，是研究、预防地质灾害的重点地段。另一方面，太平洋和库拉板块对亚洲大陆的复杂俯冲历史也带来了丰富多采的成矿作用，形成重要煤炭、油气盆地以及环太平洋内生金属成矿带，对人类的生存和发展提供了宝贵的矿产资源。

**2. 东部太平洋及其环太平洋带**

现今的东太平洋中脊直抵北美大陆西岸，证明中生代以来法拉隆-太平洋板块已经全部或大部消减于北美大陆之下。所以，有关东部太平洋板块构造运动历史只能主要依靠北美大陆西缘造山带的构造演化史来了解。

北美大陆西缘的科迪勒拉造山带中生代有4期重要构造-岩浆事件：晚侏罗世的内华达运动、晚侏罗世至晚白垩世的塞维尔运动、侏罗纪末至早白垩世的哥伦比亚运动和白垩纪末至第三纪初的拉拉米运动。侏罗纪晚期（144Ma±）由于法拉隆板块和北美大陆板块进一步会合和挤压，发生了著名的内华达运动（Nevadan orogeny），造成褶皱变质和大规模岩浆侵入，影响波及北美西部广大范围。白垩纪中期（100Ma±）火山喷发及岩浆侵入活动加剧，与法拉隆板块的扩张和俯冲作用增强相一致，起因于板块边缘熔融导致岩浆活动加强。白垩纪末开始的拉拉米运动（Laramian orogeny）使全区褶皱变形，产生一系列向西逆冲的断裂，这种挤压应力场一直到始新世中期（40Ma±）才发生变化。应当说明，上述构造运动除法拉伦板块向东俯冲作用外，北美大陆由于大西洋扩张也呈现向西运动趋势，40Ma起北美板块运动速度变缓，导致拉拉米式挤压变形阶段结束。

渐新世（30Ma±）起法拉隆板块消亡，法拉隆-太平洋中脊也跟着俯冲潜没。由于太平洋板块主要向NWW方向运动，与北美板块直接接触部位并未出现海沟俯冲带，代之以著名的圣安德烈斯右旋走滑断裂，直接切过加利福尼亚大陆边缘。晚第三纪以来沿此断裂两盘相错已达500km，并发育了一系列拉张分裂而形成的拉分盆地（pull-apart basin）。持续的剪切作用使第三系发生褶皱及断裂，既为上述拉分盆地中汽气聚集提供了良好圈闭构造，又是引起1906年旧金山（San Francisco，或译三藩市）大地震的原因。

中新世内（15Ma±）北美大陆上构造变动以拉伸作用为主，在北美西部内华达山脉和科罗拉多高原之间内华达州一带，因出现张性断裂而形成地垒—地堑构造，即著名的盆岭区（basin and range province），火山活动也从钙碱类型转变为拉斑玄武岩。

80年代以来的研究证明，科迪勒拉带70%面积是由50多个不同特点的外来地块组成的（图10—4—7）。根据各自的地层序列、岩石组成和构造变形特征，可以区分出洋盆、火山洋岛、海山碳酸盐台地、火山岛弧、被动陆坡及来源不明的大陆边缘碎块等，称为构造-地层地体（tectono-stratigraphic terrane），简称地体。这些地体是在中侏罗世至早第三纪期间随着洋壳板块的俯冲而先后增生到北美板块西缘的，有些可来自遥远的异地，例如目前位于高纬度带的地体含二叠纪暖水型箨类动物群，证明来自低纬度带。所以北美西部造山带也是地体学说的经典发源地区。

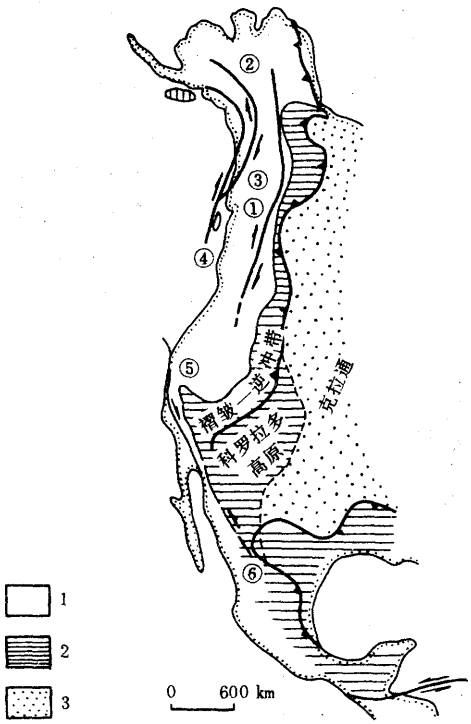



图 10—4—7 北美科迪勒拉带构造略图

（据 D. G. Howell, 1989）

1—外来地体增生带；2—遭受变动的克拉通；3—稳定克拉通；①—⑥为重要断裂编号，其中⑤为圣·安德列斯右旋走滑断裂

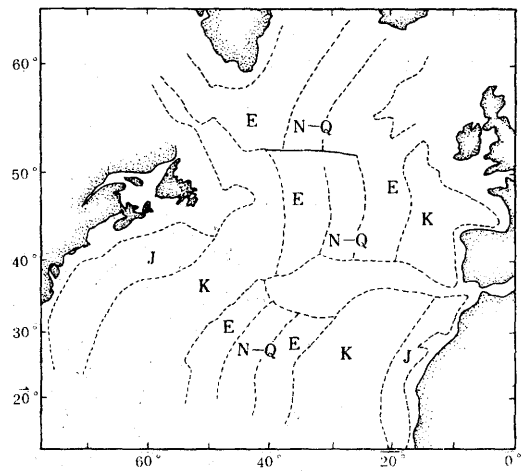



图 10—4—8 大西洋形成时代及扩张过程

（据 W. C. Pitman, 1974）

图中表示洋底磁异常条带形成时代

## （三）阿尔卑斯构造阶段的联合古陆解体和新海洋形成

### 1. 冈瓦纳大陆解体和新海洋形成

晚古生代末期形成的超级联合古陆（Pangea）实际上只存在于晚二叠世至三叠纪中期相当短暂的地史时期。三叠纪晚期起非洲、南美开始出现大陆裂谷型玄武岩喷发，标志着分裂解体的开始。侏罗纪起联合古陆中部非洲与北美之间的张裂产生了中部大西洋雏型，随后逐渐扩大加宽。白垩纪早期由于冈瓦纳大陆进一步解体，非洲与南美、印度与南极洲都开始分离，南大西洋和印度洋雏型形成，新生的大西洋不断发展扩大。白垩纪晚期至第三纪，印度加速北漂，印度洋规模增大；加上北大西洋由于北美和欧洲的分离而诞生，于是规模巨大的新海洋终于展现（图 10—4—8）。

### 2. 北方（劳亚）大陆的变化

与冈瓦纳大陆的全面解体相对应，北方大陆主要表现出构造上的分异：西部出现张裂，中部发生大型凹陷，东部趋向活化，南缘显著增生。北方大陆本阶段中构造发展上的复杂性和多样性，显然受到全球板块构造格局及其动力学机制的制约。

欧洲和北美从白垩纪晚期以来的分离和北大西洋的出现，代表了与冈瓦纳大陆类似的

解体趋势。中部的西西伯利亚地区发生大范围大幅度的坳陷，同时伴有大面积的陆上暗色火山岩喷发。东部滨太平洋带在库拉－太平洋板块持续俯冲、挤压下，发生强烈的活化现象，新的构造浅具有明显截切古老构造线的特点，反映该区构造应力场格局发生过显著变化。南部边缘在印支、燕山构造阶段中，先后发生由冈瓦纳北缘裂离北漂的微地块群（见图 9—3—1 中的基梅里大陆）的叠接增生事件；在喜马拉雅构造阶段又发生印度板块和欧亚板块间的陆-陆对接碰撞和强烈挤压效应，引起亚洲大陆构造应力场的重新调整。图 10—4—9 形象地表示了当印度板块向欧亚板块碰撞时，亚洲大陆上许多老的缝合线便作为走向滑动断层而重新活动起来。中国的大部分向东移动，阿富汗一带的地块被挤向西。欧亚大陆南部新生代的南北向拉分盆地则是东西向拉张作用的产物。

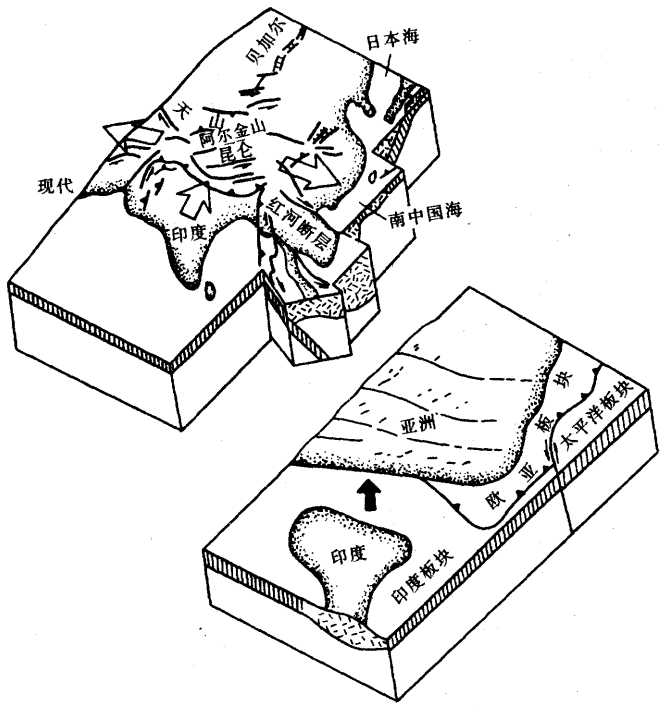



图 10—4—9　北方大陆东部的构造格局

（据 D.W.Howell，1989）

## （四）阿尔卑斯构造阶段的海平面变化事件与层序地层划分

阿尔卑斯构造阶段全球的海平面发生过显著的升降变化，总体上构成一个巨大的海水进退旋回。从层序地层划分看，B.U.Haq 等（1987）划分出一级巨层序（megasequence）4 个、二级超层序（supersequence）27 个并归并成也属二级的超层序组（supersequence set）7 个以及三级层序（sequence）121 个。由于中文涵义内“超”层序容易被理解为较“巨”层序更大，王鸿祯等（1996）提出将二级超层序组称为中层序（mesosequence），三级层序作为沉积层序基本单元称为正层序（orthosequce），并将二级中时限较短的超层序称为正层序组（orthosequence set）。这两种层序地层不同级别术语体系的相互关系见表

10—4—1。4个巨层序的命名由下而上是：上 Absaroka（早三叠世至中侏罗世中期）、下 Zuni（中侏罗世中期至早白垩世晚期）、上 Zuni（早白垩世末期至晚白垩世）和 Tejas（晚白垩世末期至现今）。有趣的是这些巨层序界线往往与重要的年代地层单位（系、统）界线略低（个别略高）2—10Ma，显示了高级别的海平面升降旋回稍早于生物演化的重要突发期，反映出地球地圈和生物圈演化间既有密切联系又存在微妙差别的辩证统一关系。

**表 10—4—1　中、新生代三级层序地层划分和年代地层单位关系**

| 时代 | 一级 | 二级 | | 三级 | 时间（Ma） | 附注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 巨层序 | 超层序组 | 超层序 | 层序 | | |
| | | 中层序 | 正层序组 | 正层序 | | |
| | | | | | **0** | |
| Q—N | | TB | TB3 | 10个 | 10.5 | |
| | | | TB2 | 6个 | 21 | |
| | | | TB1 | 5个 | **30** | E/N 界线 23.3Ma |
| E | 提泽斯 Tejas（T）<br>68Ma | TA | TA4 | 5个 | 39.5 | |
| | | | TA3 | 6个 | 49.5 | |
| | | | TA2 | 9个 | 58.5 | |
| | | | TA1 | 4个 | **68** | K/E 界线 65Ma |
| $K_2$ | 上祖尼 U. Zuni（UZ）<br>39.5Ma | UZA | UZA4 | 5个 | 80 | 地史最大海侵期之一 |
| | | | UZA3 | 5个 | 90 | 松辽盆地海泛 |
| | | | UZA2 | 7个 | 98 | $K_1/K_2$ 界线 96Ma |
| | | | UZA1 | 5个 | **107.5** | |
| $K_1$ | 下祖尼 L. Zuni（LZ）<br>69.5Ma | LZB | LZB4 | 2个 | 112 | |
| | | | LZB3 | 5个 | 117.5 | |
| | | | LZB2 | 5个 | 120.5 | |
| | | | LZB1 | 6个 | **138** | J/K 界线 135Ma |
| $J_3$ | | LZA | LZA4 | 7个 | 150.5 | |
| | | | LZA3 | 2个 | 158.5 | |
| | | | LZA2 | 4个 | 160 | |
| $J_2$ | | | LZA1 | 1个 | **177** | $J_1/J_2$ 界线 179Ma |
| $J_1$ | 上埃布萨罗卡<br>U. Absaroka（UA）<br>78Ma | UAB | UAB4 | 6个 | 188.5 | |
| | | | UAB3 | 4个 | 202 | |
| | | | UAB2 | 1个 | 211 | |
| | | | UAB1 | 1个 | **215** | T/J 界线 213Ma |
| $T_3$ | | UAA | UAA4 | 1个 | 224 | 印支运动，海退 |
| | | | UAA3 | 2个 | 232 | |
| $T_{1-2}$ | | | UAA2 | 2个 | 239 | 拉丁期海退 |
| | | | UAA1 | 5个 | **255** | P/T 界线 250Ma |

（据 B. U. Haq 等，1987 简化、增补；并附王鸿祯等，1996 层序级别术语对照）

从全球角度看，三叠纪海侵范围较局限，欧洲发育陆相红层（新红砂岩）和大量泻湖环境膏盐沉积，晚三叠世也呈现气候向潮湿转化的趋势，出现煤层和石膏共生的过渡类型。侏罗纪起海侵开始扩大，但东亚地区因印支运动影响陆地面积增广，仅在边缘带有少量海水入侵。晚白垩世是全球著名的显著海侵时期，有人估算海面升高 > 200m，不但在西欧和特提斯带沿岸发育了著名的白垩沉积，北美西部也出现广泛海相碎屑岩和重要煤层；著名的冈瓦纳大陆分裂离散高峰也发生在晚白垩世，导致各个分离陆块周缘遭受海侵。造成这次全球海平面上升巨旋回的原因，很可能主要与新海洋开裂的海底扩张引起大洋中脊体积增加有关。古亚洲大陆是唯一未遭受广泛海侵的地域，这可能与古太平洋、特提斯洋对其多向俯冲挤压所导致的陆壳抬升有关。即便在这种背景下，松辽近海大型盆地内晚白垩世出现了不同海泛层位，仍然显示了全球高海平面期的共同效应。晚白垩世巨型高海平面旋回与其它多种因素（区域性构造升降、非冰川的古气候变化、沉积物供应速率等）相互叠加复合，形成了不同级别的沉积层序和海平面变化旋回，已形成当前国际上研究的热门课题（R.J.Weimer，1987）。第三纪早期的海侵属于晚白垩世大海侵的延续，到了晚第三纪和第四纪，海水先后从南、北方大陆的各个地区撤出，最后出现了目前地表上的海陆轮廓。

## （五）白垩纪末生物绝灭事件及其原因探讨

中、新生代生物界演化过程中，发生了几次重大的绝灭事件，使生物界的内容和属种数量发生突发性变化，呈现出显著的阶段性。突出的有白垩纪末事件、晚始新世事件和上新世事件。现以最引人注目的白垩纪—第三纪间的绝灭事件为例，作扼要讨论。

我们知道，中生代末的白垩纪是生物大发展时代之一，各个生态领域的生物非常繁盛，种类众多。但在白垩纪末，大量生物突然死亡。这是显生宙仅次于二叠纪—三叠纪之间事件的第二号最大规模集群绝灭（mass extinction）。具体表现为菊石、固着蛤类全部消失；箭石经短暂急剧衰退后便随即绝灭；古腹足类急速衰落，有孔虫、珊瑚、超微化石及海胆类等旧类别绝迹，被新类别取代（图 10—4—10）。据统计，白垩纪末各类生物共计近 3000 个属，至第三纪初只剩下一半左右。属的绝灭率达 52%，种的绝灭率则高达 90%

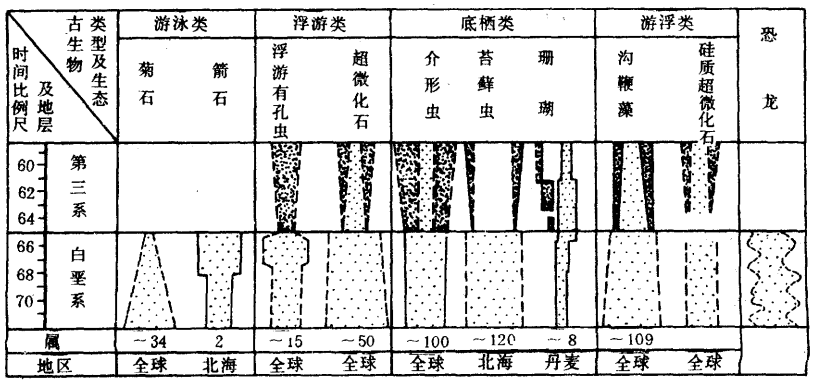



图 10—4—10　白垩纪—第三纪之间生物重大变革

（据 Perch－Nielsen，1982 简化）

以上。

有意义的是，这个事件是在短暂时间突然发生和完结的，发生的时间在全球范围基本同时。西班牙东南部白垩系—第三系界线附近的情况，生动地说明了这个急剧变化的特点。该界线附近有厚约 10cm 的粘土层，其上下生物组合完全不同。白垩系最顶部一个阶的浮游有孔虫及超微化石组合一直延续到最顶部一个厘米，但在粘土层底部突然绝迹，其上部立即出现第三纪的生物组合。

对于白垩纪末生物绝灭的原因，人们一直在进行探索，提出过种种假说。

有不少学者强调地球自身演化（地内）的原因，认为导致生物大量绝灭的主要因素是大规模的海平面下降、气候变冷、洋流及海水成分变化、地磁极性反转或大规模火山喷发等。近年的发展趋势是将上述不同因素进行综合解释，例如强调白垩纪末全球规模大量火山喷发，其所形成的尘埃遮蔽阳光或形成酸雨和有毒气体导致了生物的大量绝灭（Gledhill，1985），如著名的印度德干玄武岩大规模喷发年龄正好是 65.7 ± 2.0Ma（V.Courtillot 等，1990）。

另一些学者则强调宇宙（地外）因素的突发性重要作用，例如超新星爆发、太阳耀斑暴发、小行星撞击或彗星碰撞等。自 80 年代初 Alvarez 父子最早提出白垩、第三系界线粘土层中存在铱异常，这是地外事件的物质证据以来，外星体撞击学说已经引起学术界浓厚兴趣。1994 年 7 月 16—22 日人类目睹了宏伟的彗木撞击事件后，再度引起了普遍关注。此方向研究的近年进展包括：①白垩、第三系界线粘土中的铱元素高异常发现地点已超过 100 处，不但存在于世界各大洲海相和陆相地层中，也见于大西洋南部深海钻孔中（Huffman 等，1990）；②小星体撞击的直接证据——地表的陨击坑已经在美国衣阿华州（直径 35km）、西伯利亚（直径 100km）和墨西哥东南部尤卡坦半岛北岸（直径 180km）先后发现，其中近年发现的尤卡坦陨石坑内陨击熔融安山质玻璃的$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄正好为 65Ma（C.C.Swisher 等，1992），根据估算此坑形成时在数秒时间内释放的能量达到 $1.6 \times 10^{14}$TNT 当量（相当于 8 亿枚广岛原子弹同时爆炸）；③白垩纪末发生的并非单个小星体撞击，至少在北半球存在复合的地外陨击事件（William，1992）；④猛烈的地外灾变事件直接引起古环境急剧变化，由最初的海水大量蒸发大气温度高达 100℃，海平面相应下降并伴随发生大规模撞击海啸（impact tsunami），大量尘埃遮天蔽日阻隔阳光而导致出现“核冬天”，触发大规模火山喷发并降落大量硫酸雨，这都是引起海洋和陆地多门类生物集群绝灭的重要原因。甚至有人提出大规模的地外陨击事件可能使固体地球原有的动力学平衡体系受到破坏和发生调整，特别对于洋壳板块运动的方向、速率甚至启动产生重要影响。上述地外陨击事件对于地球表面大气圈、水圈、岩石圈和生物圈相互作用关系的调整，一般需要经历几十万至百万年时间，从地质年代尺度上可视为突发的“瞬间”。

综上所述，白垩纪末曾有小星体撞击地球的科学假说随着大量地质证据的陆续发现，已经获得许多学者承认，但与生物集群绝灭事件之间的精细定时和确切成因机制联系尚待继续研究。也有人对尤卡坦环形构造是否陨击成因仍持怀疑，提出需要钻探验证。至于显生宙以来地外陨击与岩石圈板块构造运动之间的关系目前仍处于探索起步阶段，尚待积累更多确实的材料才能引起地质学者的更多关注。

## 课外阅读文献

1.T. W., Hilde, S. Uyeda, L. Krenckel, 1977, Evolution of the western Pacific and its margin. *Tectonophysics*, 38: 145—165.

2.A. M. C. 森格，1990，板块构造学和造山运动—特提斯例析（丁毅等译，1992）复旦大学出版社。

3.D.W.Howell，1989，地体构造学——山脉形成和大陆生长（王成善、钱奕中等译，1991）四川科学技术出版社。

4. 肖序常、李廷栋、李光岑等，1988，喜马拉雅岩石圈构造演化·总论。地质出版社。

5. 陶奎元、杨祝良、毛建仁等，1996，中国东部火山岩带特性与地球动力学讨论。见：《献给第三十届国际地质大会地质科学研究论文集》，241—248页，中国经济出版社。

6. 李思田、杨士恭、吴冲龙等，1990，中国东部及邻区中新生代裂陷作用的大地构造背景。见：王鸿祯等，《中国及邻区构造古地理和生物古地理》，109—126页，中国地质大学出版社。

7. 邵济安、唐克东等，1995，中国东北地体与东北亚大陆边缘演化。地震出版社。

8.L. W. Alvarez, W. Alvarez et al., 1980, Extraterrestrial cause for the Cretaceous - Tertiary extinction. *Science*, 208 (4448): 1095—1108.

9. 陈智梁，1994，特提斯地质一百年。特提斯地质，第18号，1—22页。地质出版社。

10. 邓晋福、赵海玲、莫宣学等，1996，中国大陆根-柱构造-大陆动力学的钥匙。地质出版社。

11. 王成善、赵治超、程学儒等，1993，边缘陆块型火山岩的建立与大陆边缘涌动构造。成都地质学院学报，20 (4): 55—66。

12. 卡德培，1995，万古奇观——彗木大碰撞及其留给人类的思考。科学普及出版社。