

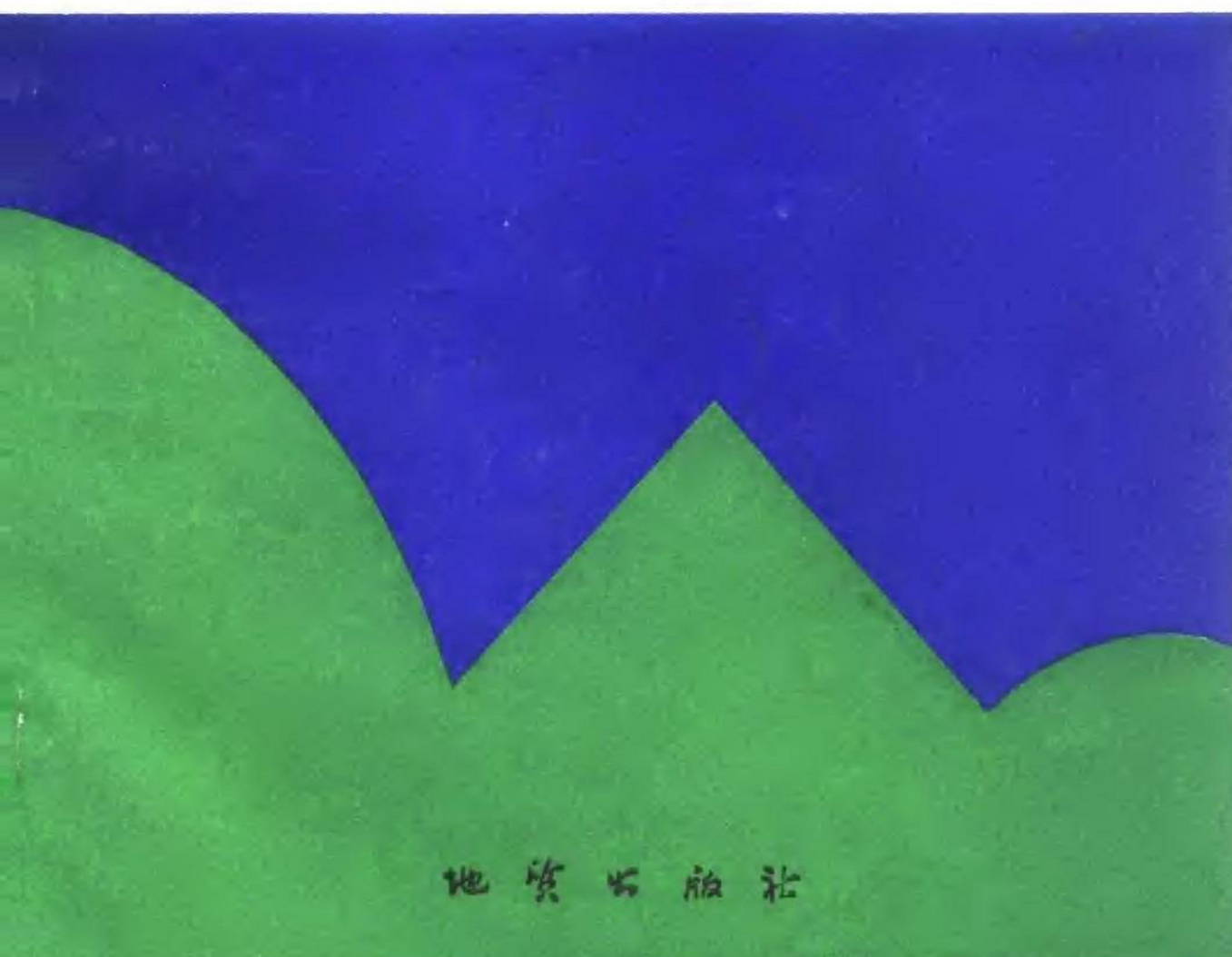


普通高等教育地质矿产类规划教材

第四纪地质学及地貌学

下 册

谢宇平 主编



地质出版社



15363
911

普通高等教育地质矿产类规划教材

第四纪地质学及地貌学

下 册)

宇平 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 085 号

内 容 提 要

本书是第四纪地质学及地貌学的下册。其主要内容是中国第四纪地层、第四纪及地貌的野外制图及实习指导书。本书除供学生教学外，也可供从事第四纪地质和地貌工作的人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

第四纪地质学及地貌学 下册/谢宇平主编. — 北京: 地质出版社, 1994. 11

普通高等教育地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-01726-7

I. 第… II. 谢… III. ① 第四纪地质② 地貌学 IV. ① P534.63 ② P931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 11571 号

地质出版社出版

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑: 张荣昌

*

北京百善印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092 1/16 印张: 7.25 字数: 170000

1994 年 11 月北京第一版· 1994 年 11 月北京第一次印刷

印刷: 1-4300 定价: 4.25 元

ISBN 7-116-01726-7

P·1384

目 录

(下册)

第十三章 第四纪地层	(1)
一、第四纪地层划分与前第四纪地层划分	(1)
二、第四纪地层的划分方法	(2)
三、关于第四纪的下限问题	(4)
四、第四纪的划分	(13)
五、中国第四纪地层	(15)
(一)华北地区第四纪地层	(15)
(二)东北地区第四纪地层	(26)
(三)西北地区第四纪地层	(28)
(四)西南地区第四纪地层	(32)
(五)东南部地区第四纪地层	(34)
第十四章 第四纪地质及地貌学的研究方法和制图	(38)
一、研究方法	(38)
二、野外研究和制图	(41)
三、室内研究阶段	(43)
主要参考文献	(47)
实习指导书	(49)
实习一 学习使用立体镜进行立体观察,并对构造和火山地貌进行解译	(49)
实习二 流水、重力地貌及堆积物解释	(61)
实习三 详细解译流水地貌及堆积物,并勾绘流水地貌解译图	(67)
实习四 岩溶、海滨和湖沼地貌及堆积物解译	(68)
实习五 冰川、冻土地貌及堆积物解译	(71)
实习六 风成地貌及堆积物和黄土地貌解译	(74)
实习七 哺乳动物化石鉴定的一般原则	(76)
实习八 松散堆积物的粒度分析	(79)
实习九 砾石定量测量及统计资料的整理和表达方法	(97)
实习十 绘制河谷地貌及第四纪地质剖面图	(102)
实习十一 孢粉分析成果的图式	(105)
附一 各成因地貌形态图例	(109)
附二 第四纪地质图例	(111)

第十三章 第四纪地层

一、第四纪地层划分与前第四纪地层划分

第四纪地层的划分与较老地层的划分之间，在划分内容、原理和方法方面，基本上都是相同的，但也有些差异。第四纪地层划分与较老地层划分的主要差异如下：

1. 从地质学的观点看，第四纪的时间是短暂的，所以，在地质年表上，较老地质纪中所出现的一些长时间的地质事件的发展变化，以及用来对岩石顺序进行分类的那些根据，一般都是不适用的。第四纪地层的划分所研究的事件的时间单位以年 (a) 和千年 (ka) 计；而前第四纪所研究的时间单位一般为百万年 (Ma) 或更长的时间单位。另一方面，第四纪的年龄尽管短暂，但一些地质事件在岩石中的记录却非常详细。所以，第四纪地层划分应较前第四纪详细得多，这就要求采用更为精确的方法。

2. 第四纪地层划分与较老地层划分的另一个差异是第四纪的气候变化的直接和间接的结果，较之在老地层中更加明显。气候变化和冰川的反复出现，形成了冰川、冰缘、非冰川环境沉积物的互相交替和穿插。研究第四纪气候变化以及冰期与间冰期的交替以划分第四纪地层，是一种非常重要的方法。气候方法在第四纪地层划分中的重要性，远远超出在前第四纪地层。

3. 第四纪沉积物环境的变化与各种地貌过程是伴生的。各种地貌过程所形成地形的变化，局部地模糊了沉积物的顺序。从一般的意义上说，第四纪沉积物与老的沉积物的沉积规律是基本相同的，都服从地层叠置顺序律。即下伏的沉积物较老，上覆的沉积物较新。但在一些层状地形中，较新的第四纪堆积物产出的高度，却可以低于较老的沉积物。例如，在河谷底部，组成较低地形河漫滩的河漫滩冲积物的年龄，较新于组成河漫滩以上的冲积阶地的冲积物的年龄。所以，地貌形成年代的研究，在第四纪地层的划分中，占有重要位置。

4. 在有些地区，第四纪火山活动频繁而剧烈，第四纪构造运动也可达到一定的强度。在这种地区火山活动和构造运动对地层顺序有一定程度的干扰。所以，为弄清第四纪地层顺序，第四纪构造运动和火山活动的研究，也是不可少的。

5. 在第四纪堆积物的地层划分中，形成于非冰川环境中的残积物和土壤的研究，也起着重要的作用。

6. 与前第四纪地层比较，第四纪陆相堆积物的侧方变化和垂直方向的变化都较大；许多陆相堆积物的厚度小，而且厚度变化大，连续性差；由于海面和湖面频繁的大幅度地上升和下降，剧烈的构造运动以及冰盖的产生和消失所引起的冰川均衡调节运动，使得一些第四纪沉积层的沉积间断多，而且地层间的关系也较复杂。

由于以上原因，在第四纪地层划分中，既需要采用一般地层学的方法，也要采用一些只适用于第四纪地层划分的特殊方法。

进行第四纪地层划分的步骤是：(1) 确定第四纪一些地质事件和其它自然大事件的顺序；(2) 确定第四纪堆积物的沉积顺序；(3) 将第四纪大事件的顺序与第四纪堆积物的沉积顺序联系起来并进行对比；(4) 划分地层单位；(5) 测定各地层单位的年龄；(6) 将地区划分与统一地层表进行对比。

二、第四纪地层的划分方法

(一) 岩石地层学方法

岩石地层学方法是根据岩石学的特点把第四纪堆积物划分为一些代表一定时间的岩石地层单位，并把它们按时间顺序排列起来，形成一种岩石地层顺序。因为第四纪堆积物常常是不连续的，并且是在时间上互相超覆，所以，按岩石地层学方法划分，通常只是在局部地区进行，而不能进行远距离的对比。例如，在一条冰川消失过程中所形成的冰碛物中，冰川上游底部的冰碛物，较老于冰川下游底部的冰碛物；而冰川上游冰碛物的顶部却又较新于冰川下游冰碛物的顶部；两极和高山地区同一个冰期的冰碛物所代表的时间较长于中纬地区同一冰期冰碛物所代表的时间等。

然而，少数岩石地层单位却是在时间上平行的。最好的例子是由一次火山喷发所形成的火山灰层。火山灰层常被用来作为第四纪地层划分的标志层，以进行大区域乃至全球的第四纪地层对比。

如上所述，虽然岩石地层学方法对第四纪地层划分具有局限性，但在一定地区的岩石地层划分，也可以大致按时间进行对比，去推定世界各地一些事件的同步顺序，并据以建立世界范围的第四纪地层顺序。在早期的第四纪地层划分中，岩石地层学方法是一种基本的方法；在今后的研究中，岩石地层学仍然是一种主要的方法。

(二) 生物地层学方法

生物地层学方法是以一种或一些特殊化石的顺序作为根据，以划分含有这些化石的第四纪沉积物顺序的方法。生物地层学方法是根据堆积物所含生物残骸的鉴定，划分为一些生物地层单位，并按时间把它们排列成为生物地层顺序。生物地层学方法又可细分为第四纪植物地层学方法、动物地层学方法和微体生物地层学方法。由于第四纪时间短，不允许所有生物属和种都有明显的演化，所以，生物地层学方法主要是根据第四纪生物群特征进行划分。第四纪生物群的一个主要特点就是含有现代生物种属。大部分现代生物群的种属，都是第四纪生物群的直接延续。尽管有许多第四纪生物种属发生了明显的演化，但由于其内在的时间超覆，以致使它们不适用于严格的第四纪地层划分。所以，生物地层学的方法在第四纪地层划分中的作用，远不如在前第四纪地层划分中那样重要。但是，一些第四纪动物群和植物群新种的出现、灭绝、明显地演化，以及它们的共生组合在时间和空间中的变化和重复，却可以作为根据，用来推定第四纪堆积物沉积环境的变迁，并借以划分第四纪地层。

在生物地层学方法的已有资料中，古动物群，特别是古脊椎动物群的研究较多，但近来古植物学的运用却正在增大。目前，根据孢粉分析资料，业已在我国和世界许多地区，例如在北欧，建立起了一种比较详细的第四纪生物地层划分方案。当然，这种划分也都是区域性的。

(三) 地貌地层学方法

由于第四纪堆积物与由其所组成的堆积地形是同年龄的，并且由于第四纪堆积物与构造地形和剥蚀地形之间，具有时间的相关性。所以，可以运用地形形成的阶段或年龄，将第四纪堆积物划分为一些地貌地层单位，并将它们按时间顺序排列起来，成为一种地貌地层顺序。层状地形的研究，在这种方法中是特别有用的。

(四) 古土壤地层学方法

与冲积物之类的经过搬运并在适当地点沉积下来的第四纪堆积物不同，土壤和残积物是一种已有物质（基岩或第四纪堆积物）表层的原地崩解和蜕变物。虽然下伏的已有物质是一些不同时代的层，但土壤和残积物却可以是地带性的同时形成的。所以，可以划分为一些代表一定时间的土壤地层单位，并按时间形成一种顺序。土壤地层单位代表第四纪的温暖环境，即非冰川环境。特别是在温湿环境条件下，土壤层发育最好。

(五) 气候地层学方法

气候地层学方法是建立在上述诸种方法基础之上的。这是一种根据岩石地层、生物地层、地貌地层、古土壤地层类型推定出古气候阶段的划分。在同一气候阶段内形成的第四纪堆积物，分为一个气候地层单位。例如，冰期地层单位、间冰期地层单位等。

因为第四纪是以气候的全球性地剧烈地反复地变化作为一个基本特点的，并且因为第四纪气候变化在很大程度上控制着第四纪地质过程和沉积环境变化的顺序，所以，一般认为，气候变化，对于第四纪地层划分和对比，是一种可靠的基础。但气候变化的推定却是困难的，因为上面所列举的那些推定的根据，对于气候反映的程序是各不相同的。此外，还由于气候具有地区性，所以，气候地层的划分和全球性的对比，也是有许多困难有待排除的。

(六) 古人类考古地层学方法

这是一种根据第四纪堆积物中所含古人类残骸及其文化发展顺序的研究，进行第四纪地层划分的方法。虽然这种方法业已在世界许多地区建立了划分单位和顺序，并进行了全球性的对比，但却有许多疑点。因为人类文化发展阶段的穿时性，甚至较之哺乳动物发展的时间超覆更为明显。此外，古人类考古证据的产出是非常有限的。所以，它们是一些非常不完整的时间标志。然而，在一些特殊地区内，却是可以分出古人类文化地层单位，建立起这种顺序，并进行粗略的时间地层对比的。

(七) 年龄地层学方法

这是一种根据第四纪堆积物及其所含生物残骸的同位素年龄测定资料，按年龄关系划分成为一些时间（地质年龄）地层单位，并建立起一种地层顺序的方法。年龄地层单位是在一定地质时间内形成的各种岩石联合成的一种岩层体。这是一种代表着地球历史的一定段落形成的所有岩石，并且只代表这一段所形成的岩石单位。年龄地层学方法可用于全球性的第四纪堆积物的时间对比，这是一种最可靠的确定第四纪地层的时间顺序的方法。但是，这种方法本身精度的提高，也是一个需要解决的问题。

(八) 其他方法

除上述方法外，在第四纪地层划分中，还采用其他一些方法以建立第四纪地层顺序：

1. 洞穴和冰缘顺序地层学 这种方法基本上是根据某些特殊岩石划分第四纪地层的一种方法。因为这种顺序主要是根据洞穴堆积物中的石钟乳、洞穴角砾和土壤，以及冰缘条件

下的泥流、风积物、冻融构造和土壤等研究建立起来的。在这些资料的基础上，推定出气候阶段。由于斜坡的坡向、坡度、水文等当地因素可以影响这种地层顺序，所以，在气候阶段的推定中，应当考虑这种局部影响。但这种岩石地层单位的确定，却不是很困难的；并且一些大的气候阶段的确定，也是比较容易的。所以，可以形成一种与其它地层顺序对比的地层顺序。

2. 海面地层顺序 第四纪海面变化的一个主要原因是冰期和间冰期的交替，所以，海面变化的顺序，可以与气候阶段联系起来，并形成一种地层划分单位和顺序。海面顺序是否具有气候意义，取决于与海面变化伴生的沉积物的岩石学、所含动物群和植物群共生组合，以及海面变化是否是由气候变化引起的，即是否与冰期、间冰期的交替相关。

3. 古地磁法 测定第四纪堆积物的古地磁世和事件，以划分第四纪地磁地层单位，并建立地层顺序。

此外，尚有其它一些方法。

(九) 综合法

每一种上列方法都指明第四纪自然事件顺序的一个方面，并与第四纪堆积物的形成时期联系起来，据以构成一种地层划分。因为第四纪自然事件顺序的各个方面都是彼此联系的，所以，这些划分，从理论上说，也应该是可以互相对比的。当第四纪地质记录完整时，应当尽可能多地采用所有可能采用的方法，将这些方法所产生的第四纪地层划分结果互相对照和彼此补充。同时，应当在不同地区内建立当地的第四纪地层划分和顺序，并把它们互相对照。因为对于完成第四纪地层划分的最有效的方法，是随各地区所出现的地质记录而不同的。例如，在一些地区，可能生物残骸的产出较多；在另一些地区，地貌的记录较丰富；还有一些地区，岩石地层记录和土壤地层记录又较完整；……等等。在这种场合下，在第一类地区内，应当采用以研究生物地层学为主的综合性方法；在第二类地区内，着重研究地貌地层系统为主的所有可以应用的方法体系；在第三类地区内，主要运用岩石地层学和土壤地层学方法，综合其它可用方法进行综合研究……。然后，将三类地区的研究进行对比，互相补充，以第四纪自然事件的各方面和地区间的联系为根据，建立地区间的地层联系，做出第四纪地层尽可能合理地划分，建立局部的和地区性的第四纪地层划分体系；并进一步根据各地区间的第四纪自然事件的联系，建立更大地区的第四纪地层顺序，以至进行全球对比。

三、关于第四纪的下限问题

(一) 现状

第四纪的下限——第三纪和第四纪的界限问题，是第四纪地质学中的主要问题之一，存在着各种各样的观点和不同结论。这是由于不同作者所持的原理和使用的方法不同；以及他们的研究地区和研究内容不同而造成的。

由于所有较老地质纪（系）的年龄都是建立在海相地层学基础之上的，所以，1948年在伦敦召开的国际地质代表大会上，推荐意大利的一个地层区域作为划定第四纪下限之用。在这一地区，海相上新世和第四纪沉积物广泛分布，具有连续的剖面并含有丰富的生物化石。

与伦敦会议的这一推荐相适应，新第三纪—第四纪边界应当划在首次出现变冷遗迹的沉积物之下。建议将第四系的下限划在海相堆积物 Calabrian 层的底部。在这一剖面中，首次出现北大西洋种 *Arctia islandica* 和 *Hyalinea baltica*。相当于 Calabrian 层的陆相堆积物是 Villafranchian 层。人们认为，这一边界与意大利新第三纪地层剖面上部反映出的气候首次明显变冷相对应。

近 20 年来的研究，获得了大量地质学、考古学、古生物学的资料，特别是由洋底岩心中获取的微古生物学的资料等。这些资料与广泛的物理方法取得的资料利用在一起，（沉积物的年龄以及古地磁变化的确定等），使得第四纪下限问题的研究，取得了很大进展，但仍有许多问题没有解决。

现时，对于第三纪与第四纪之间的边界位置，在国外，基本上有下列几种观点。

1. 划在意大利剖面的 Astian 与 Piacenzian 层之下，Villafranchian 的下部。在海洋剖面中，这一边界被划在 Globorotalia miocenica 的底部带。在古地磁表中，划在 Gilbert 世的下界。距今 3.4Ma。

2. 西欧的中 Villafranchian 层之下，接近 Gauss 世与 Matuyama 世的边界，大致为 2.5Ma。

3. 含北极软体动物和底栖有孔虫动物群的 Calabrian 沉积物之下；陆相沉积物的上 Villafranchian 沉积物之下。在海洋剖面中，划在 Globorotalia truncatulinoides 带的底部；位于古地磁的 Olduvai 事件范围内，距今 1.87—1.67Ma 前。国际地质代表大会推荐的这一边界得到许多国家地学者的承认。

4. 划在西欧的 Cromerian 层之下，古地磁 Matuyama—Brunhes 边界之下；接近 0.75Ma。

5. 按古地磁年表中的 Kaena 事件；2.8Ma 前。

6. 古地磁 Mammoth 事件底部，或 Gauss—Gilkert 世之间，3.15—3.4Ma。

在 1954 年中国猿人发现 25 周年纪念会上，把我国河北省阳原县泥河湾盆地中的湖泊沉积物泥河湾层定为下更新统。据此，我国第四纪下限划在泥河湾层的底部，并认为泥河湾层与欧洲 Villafranchian 层相当。但近年来，提出了许多新的事实和观点。其中主要是由于在泥河湾层之下发现“红崖冰碛层”和在相当于泥河湾层的云南元谋组地层之下发现“龙川冰碛层”。平原地区第四纪地层的孢粉分析以及古地磁测定方法所得资料，都说明中国第四纪的下限应划在泥河湾层沉积之前。但对于这些资料还有不同的看法。

总结起来，关于中国第四纪下限问题，存在着以下几种观点。一种观点认为第四纪下限位于 Olduvai 事件的底部，距今约 1.8—2Ma；第二种观点认为第四纪下限位于 Matuyama 反向世的底部，距今约 2.4—2.5Ma；其三主张位于 Mammoth 事件或 Gauss—Gilbert 世的界线附近，距今约 3.15—3.7Ma。

（二）关于第四纪下限的理论和研究方法问题

远在 18 世纪中叶 (Arduino, 1759—1760) 就第四纪沉积物分为一个独立的系。这一概念曾长期被忘记，但在 19 世纪初又被法国地质学家 J. Desnoyers (1829)、H. Rebour (1833) 所复活。1839 年，Ch. Lyell 提出更新世 (Pleistocene) 一语，并把更新世的沉积命名为更新统。更新统与第四系所包括的内容是一致的。19 世纪中叶，第四纪的最大特点是广泛的冰川作用的概念已被确认。英国地质学家 E. Forbes (1846) 首次提出冰期 (Ice Age) 一词，并将其与更新世当作同义语。于是，第四纪与冰期也便成为同义语。依此，第三纪

与第四纪的界限，也就成为上新世与更新世，或上新世—冰期之间界限。从这一理解出发，第四纪包括晚新生代表现出广泛冰川作用标志的所有时间。但这样一种分界是不严格的，是不能自圆其说的，并且是复杂的和多解的。为了澄清这一问题，第四纪与第三纪的关系在 1948 年伦敦国际地质会议上进行了专门研究，而后，国际第四纪研究委员会 (INQUA) 对这一问题又进行了研究。

最老的第四纪冰川遗迹，形成了高度大的降水量大的山岳和高原地区，以及两极地区。但高度大的地区，由于冰川作用本身和其他各种剥蚀作用的破坏，却很少或不能存在冰川堆积物而只能有冰蚀作用的遗迹被保留下来。后者的年代是很难确定的。即使是冰蚀作用的遗迹，也常常被后来冰期的冰川作用，间冰期的河流作用及其他作用在很大程度上破坏。所以，被保留下来的最老的第四纪冰川遗迹，常常是山岳和高原周围低地和平原地区的冰川堆积物。但这种冰川堆积物的形成时间，主要是在一次冰期的后半段时间内。因为这时冰的消融量大，冰积作用大于冰蚀作用，冰川堆积下来的堆积物，不易被上游来的冰川所破坏。所以，这种冰川堆积物的形成时间，晚于冰川发生的时间。即晚于一次冰期开始的时间。一次冰期开始至该冰期保留的冰川堆积物形成之间的时间，是难以确定的。

冰川堆积物一般都不整合于不同年代的较老地层和堆积物之上。不整合和地层缺失意味着一个地区的冰川堆积作用晚于下伏地层，但二者间隔的时间长度不能确定。

冰川堆积物中缺少原生化石，不能用生物地层学的方法确定其年代，只能用其本身的岩石岩相特点和地貌等资料确定相对年代。在极有利的场合下，如含有火山灰或火山岩夹层之类的物质，可以用放射法或地磁法确定年代。

同一次冰川作用，在极区和高山高原地区开始较早；在低纬、中纬和较低地形地区开始较晚。古生物学证据、氧同位素分析资料、洋面变化、放射性和古地磁年龄测定证明，同一次冰川发生的时间，在各个纬度和地区，有着非常大的差别。所以，同一次冰期所形成的最老的冰川堆积物的时间，也是有差异的。

由于各个地区的研究内容不同，即使同样的测定方法，所获得的第四纪下限的年龄数据也是可以不同的。下面列出上新世和更新世分界的一些年龄数据：

- (1) 法国中部含 Villafranchian 哺乳动物群地层中的黑耀岩和玄武岩的 K—Ar 年龄为 2.5—3.0Ma；
- (2) 与熔岩流层相关的冰岛古冰碛的测定年龄为 2.5—3.0Ma；
- (3) 北美与 Sierra Nevada 熔岩流层相关的冰碛物的下限测定年龄为 3.0Ma 左右；
- (4) 北美 Blancan 沉积物中的火山凝灰的 K—Ar 年龄为 2.1—3.3Ma(该凝灰层被认为与欧洲最老的更新世沉积物相对比)；
- (5) 西北部美洲蛇谷地区夹于含第四纪哺乳动物群的淡水沉积物中的一层玄武岩的 K—Ar 年龄为 1.4Ma；
- (6) 坦桑尼亚 Olduvai 峡谷的一层早更新世火山凝灰的放射年龄为 1.5—2.0Ma；
- (7) 新西兰明确反映气候变冷的海积物的年龄为 1.9—2.5Ma；
- (8) 南冰洋地区，反映明显变冷的一层沉积物的年龄大致为 2.5Ma。

在已测得的年龄数据中，存在着方法本身的误差。K—Ar 法所测得的年龄，或最终依靠这种方法测定的年龄，误差较大，在一些场合下，可以用其他方法加以校正。

晚新生代的气候和冰川历史的资料表明，世界气候自新第三纪开始是渐渐地变冷的。

在整个新第三纪至第四纪过程中，地球气候一直持续变冷的。变冷在不同纬度是不同的；同时，变冷和变暖是互相交替的。但这种周期性的气候变化过程，越来越明显，越来越剧烈。第四纪气候变化与第三纪气候变化的不同之处是：气候变化的周期变短、各周期内的温度变化幅度大（图 13-1）。

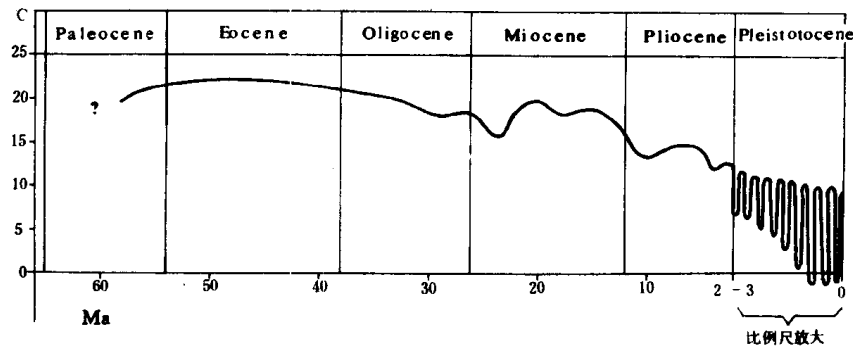


图 13-1 西欧和中欧新生代气候变化曲线

气候变冷的根据在各个地区的出现时间和保留程度不同。作为气候首次明显变冷和冰川出现的主要根据是冰川堆积物，由于缺少化石，并且被冰本身和其他作用所破坏，其最初沉积的时间是非常难于确定的，最老的冰川开始的时间尤其难于确定。

第四纪生物地层学资料分析表明，动物群的变化也是渐进的。所以，以其作为基础所划出的第三纪、第四纪边界同样也是渐进的。

所以，这一或那一边界只能根据协议定出。应当总结第三纪、第四纪边界的上述特点，选定一些第四纪特点表现明显的划分边界的剖面，并考虑其在世界范围内的可追索性和可鉴定性，进行深入地研究。

根据显生宙各纪划分的一般原理，应当与 1948 年国际会议所提出的第三纪、第四纪边界相吻合。这一建议认为，第四纪下限应根据海生动物群划分。在这种场合下，新第三纪、第四纪边界，如同时间地层边界一样，应当首先在海洋沉积物的连续剖面中加以确定。

为了划分这一边界剖面，需要选定典型地区，该地区地层顺序能够用化石确定年代，并且地层是连续的。对第四纪而言，首次气候剧烈变冷和冰川作用开始的时间的表现是特别重要的。在确定大陆典型第三纪、第四纪边界研究的典型地区时，需要具备下述基本条件：

- (1) 地层保留完好，迄今未被剥蚀，没有地层缺失；
- (2) 沉积物含有化石，能够进行古生物学年龄测定；
- (3) 接近变冷或冰川气候条件容易证实的地区。

大陆沉积物，由于沉积间断多、不连续，即使含有化石，也是基本上不适用的。海滨沉积物的地层缺失和沉积间断的可能性也很大，同样不宜于建立标准剖面以确定第三纪、第四纪的地层边界。当一个典型剖面选定后，应当选定地层面。地层面确定后，地层位置，类似其他地层，可以用古生物学方法与典型顺序进行对比。如没有化石，则用放射同位素法、古地磁法或一般地质资料进行对比。

为确定第四纪大陆沉积物的界线，应当详细地将其与海相堆积物进行对比，应当考虑

沉积物的生物地层学、气候地层学、磁性地层学、氧同位素地层学、放射年龄测定地层学等资料。

(三) 作为典型地区的意大利第四纪下限

1833年, Lyell 在意大利的一套堆积物中确定了其上新世和更新世, 或上新世和更新世边界。意大利的这一新生界沉积物层区于 1948 年伦敦国际地质会议上正式被选定作为确定第三纪、第四纪边界的典型地区。在这一地区内, 这一边界位于一个严格固定的面上。在全球范围内, 这一界限的确定应当最终与意大利的典型地区对比。但是这一剖面的选择存在着某些缺点。例如, 在这一地区详细确定的面, 存在着某些疑问。它并且很难根据无脊椎动物群与地中海以外地区的海相沉积物进行对比。此外, 少数研究人员怀疑这一地区的基本可行性。

意大利上新世—更新世海相地层顺序见于波河平原、Tuscany、罗马周围地区、Apulia、Calabrian (半岛)、Sicily 等地区。厚度达 3000m 的这个上新世—更新世海相地层剖面出露在波河平原。该平原在第三纪末—第四纪初被海水淹没。由于以后的构造上升和翘起运动, 上新世和更新世海相沉积物浮出水面, 并具有倾斜, 局部形成不整合 (图 13-2)。

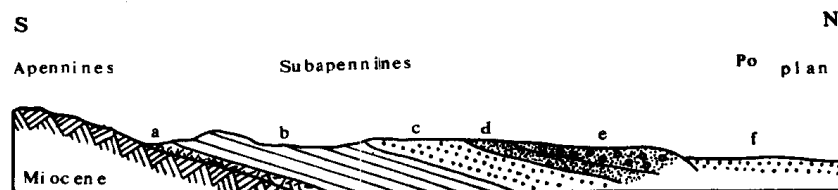


图 13-2 波河平原南缘上新世至更新世沉积物示意剖面图

(据 G. gnoux)

- a - 砾岩和泻湖沉积物, 下上新世 (蓬蒂); b - Piacenzian 相蓝色海成粘土, 上上新世;
- c - Astian 相黄色海成砂, 上上新世; d - 黄色海成砂, 含 *Arctila islandica*, *Calabrian Villafranchian*;
- e - 流水沉积物 (砾石、砂); f - 较新流水沉积物, 中更新世—全新世

在意大利北部, 主要是海相地层下上新统 (蓬蒂统) 的砾岩和细粒沉积物, 不整合于中新世地层之上。在下上新统地层之上, 以不整合关系, 覆有上上新统蓝色粘土和黄色砂层。最初, 蓝色粘土和黄色砂层是两个地层单位: 粘土—Piacenzian (或 Plaisancoan) Stage (以 Piacenza 城为名), 砂—较新的 Astian Stage (典型地点 Asti 山麓)。粘土和砂仅是同一年代地层单位的不同相, 它们现被归为 Piacenzian - Astian Stage。沉积物盛产海生软体动物和其他上新世化石。在 Tuscany, Piacenzian - Astian 沉积物产于 Arno 河谷 (Vald Arno)。Piacenzian - Astian 沉积物中的海生动物群化石反映温暖气候。在 Arno 河谷上游, 该地层变为同年代的淡水沉积物、流水和湖成粉砂, 被叫做 Lower Valdarno 沉积物。其中产 *Tapirus arvenensis* 和其他哺乳动物化石。Lower Valdarno 沉积物中夹有泥炭层, 是来自新第三纪化石植物的残留, 如 *Sequoia*。如同海水动物群一样, 淡水植物也反映温暖气候 (图 13-3、13-4)。

在 Piacenzian - Astian 沉积物之上, 覆有海积砾石和砂层, 由于这些较新的沉积物所含的动物群不同, 分为一个独立的层, 叫做 Calabrian 层, 以 Calabrian 半岛为名。在 Calabrian 半岛, 该层出露良好。在波海平原, Calabrian 层厚达 1500m 以上。

Calabrian 沉积物中盛产软体动物化石, 虽然仍有较为喜暖的种属, 但却明显地反映

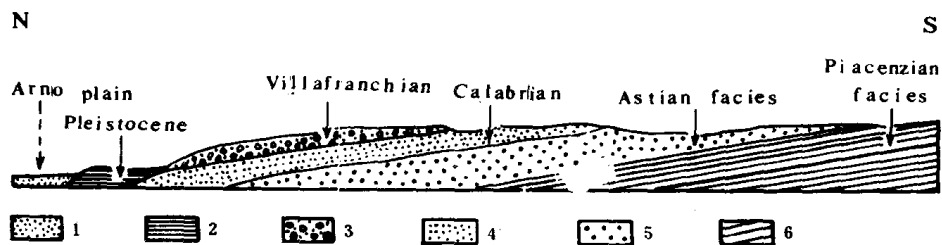


图 13-3 Tuscany Arno 河谷下游上新世—中新世沉积物剖面示意图

1- 全新世流水沉积物；2- 晚更新世沉积物；3- Villafranchian 流水沉积物；
4- Calabrian 上部黄色海相砂；5- Calabrian 下部黄色海成砂；6- 蓝色海成粘土

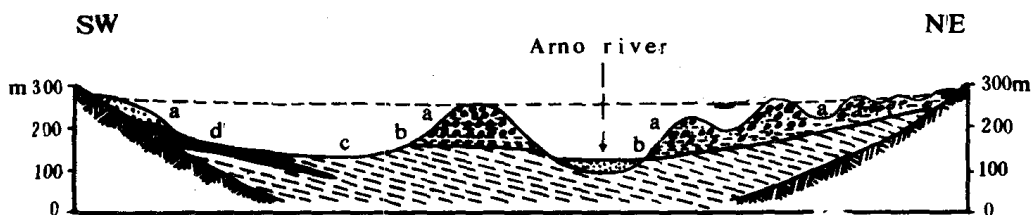


图 13-4 Tuscany Arno 河谷上游剖面

(据 movias, 1949)

a- 粗粒淡水沉积物 (砾岩、砂等), } Villafranchian
b- 淡水粘土, }
~~~~~ 不整合 ~~~~~  
c- 蓝淡水粘土, } Piacenzian - Astian  
d- 褐煤层 }

出气候变冷。整个说来，地中海没有发现真正的“寒冷”动物群。Calabrian 海生动物群在许多方面与该区的现代动物群类似。与 Piacenzian - Astian 动物群比较，其种的数量减少，个体数目增多。许多上新世种，在 Calabrian 时期继续存在，但北方喜冷动物种占一定比例。这些北方动物群与现时地中海动物群不同。其中最重要的是 *Arctica islandica* (图

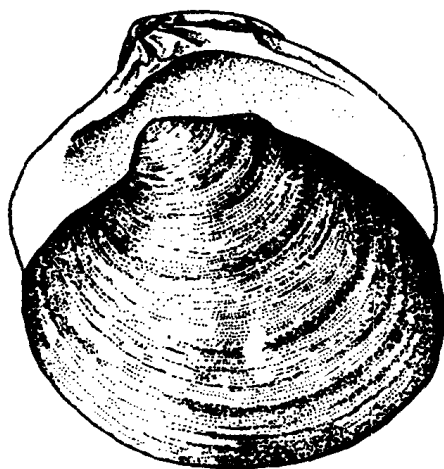


图 13-5 *Arctica (=Cyprina) islandica*  
(据 MALAISE, 1973)

13-5) 和 *Hyalinea baltica*, 现时生活于北海。虽然它们不是北极动物，但却清楚地指示着地中海变冷的条件。此外，尚有 Snails 以及双壳贝等。Calabrian 层中所含有孔虫的 9% 属喜冷的北大西洋动物群；只有一半的 Piacenzian - Astian 有孔虫进入 Calabrian 层内。一些无脊椎动物化石的研究证明，在由 Piacenzian - Astian 至 Calabrian 时期内，地中海气候明显变冷。这就是 1948 年伦敦国际地质学会决定的意大利 Calabrian Stage 作为上新世与更新世，亦即第三纪 (新第三纪) 与第四纪之间的界线的基础 (图 13-2)。

以后的研究,对这一界线提出了一些疑问。其中之一是作为划分第三纪和第四纪界线的标准剖面条件的完整性。

Calabrian 半岛的 Calabrian 层集中于两个地点进行研究,即位于 Ionia 海岸的 Santa maria di Catanzaro 和 Le Castella。在 Santa maria, Calabrian 原始标准化石 *Artica islandica* 产于一种砂质碎屑石灰岩中,较之第一次出现 *Hyalina baltica* 的层位高。在 Le Castella, 未发现 *Arctica islandica* 的一层粘土堆积物,被认为是标准层。近来研究证明,这种堆积物的层位大大高于 *Hyalinea baltica* 的层位。由于在 Calabrian 半岛较少出现 *Arctica islandica*, 所以,广泛分布的 *Hyalinea baltica* 就被用来作为标准化石。据此,在 1965 年第七次国际第四纪研究协会会议上, Le Castella 首次出现 *Hyalinea baltica* 就被定为上新世、更新世的边界。在这一层面的其他一些有孔虫化石,也揭示出气候变冷。但在 Le Castella, 用氧同位素方法确定相关的古气候,却证明气候变冷并非发生在该层面,而是从上新世就已开始,即穿过了 N、Q 界线。这一面上的绝对年龄测定(放射性、古地磁)或不实际,或不可靠。近来,经与深海第四纪地层学对比证明,在 La Castella, Calabrian 基底大致为 1.6Ma, 以前测定为 1.8Ma。

近年来,在 Le Castella 东北 18km 的 Vrica 地方的一个剖面,被认为更适合作为划分 N、Q 界线的地层层型。Vrica 剖面是 Selli 等人 1977 年向在伯明翰召开的国际第四纪研究协会第十次会议上提出的。在 Vrica 沉积物露出厚度超过 500m, 是一种灰色泥炭和粉砂质粘土的连续沉积顺序。该顺序的上部分为三个单位:

1. 上部 (Z) 含同时代的 *Hyalinea baltica* 和 *Cytheropteron testudo*, 一种北海 *ostracod*;
2. 中部 (Y) 不含 *Hyalinea*, 但含 *Cytheropteron testudo*;
3. 下部 (X) 上述两种化石都缺。

在紧接 *Hyalinea baltica* 首次出现地层之下, 第一个北方来客 *Cytheropteron testudo* 见于该剖面的 Y 单位底部。孢粉的某些变化也提供了气候变冷的证据。Y 层被认为包括上新统、更新统界线。该层中的一层火山灰和一层伴生的浮岩块的 K-Ar 年龄测定为 2.2Ma, 裂迹年龄为 2.1—2.5Ma。2.5Ma 被认为是最适当的。所以, Vrica 剖面的条件适用于上新统、更新统界线。其年龄较 Le Castella 所测年龄长, 可能为 2.5Ma。但 Obradovich (1982) 最近提出该界面的年龄在 2Ma 以下。

Vrica 剖面由国际第四纪研究协会, 1-a 分会和国际地质合作计划第 41 项工作组联席会议推荐, 在 1982 年 8 月 5 日莫斯科第十一届国际第四纪协会大会上建议、讨论、通过, 并正式建议作为晚第三纪—第四纪的层型剖面。建议将剖面中紧接首次出现寒冷动物(介形类 *Cytheropteron testudo*) 之下的自然层作为晚第三纪的界限层型(沿用确定志留纪—泥盆纪界限的方法)。建议认为, Vrica 剖面能够满足国际地层指南 (HEDBERGED, 1976) 所定义的界限层型要求, 剖面垂向发育良好(厚度大于 300m), 完全裸露, 地层连续, 化石丰富并保留完好; 有可资识别的具时间意义的生物层; 具有能作远距离对比的较好的岩相(半深海沉积物); 无构造干扰和变质作用; 适于作磁性研究; 容易进入等等。绝大多数的地层事件聚集在该剖面的厚约 36m 的地层段内(地层段 e—m)。该地层段具有 Vrica 剖面中较高的沉积速率, 代表了一个较短的时间。

被建议作为晚第三纪—第四纪界限层型的这一自然层, 位于正极性带顶部约 10m 处。根据一些漂游生物的初现位和灭绝位出现于紧靠此带顶部的情况看, 它应当与 Olduvai

事件相对比。

Vrica 剖面上首次出现 *Cytheropteron testudo* 与意大利上新世地层层序中的 *Arctica islandica* 的首次出现是近乎同时的。*Arctica islandica* 在地中海首次出现与 Colalongo、Elmi 和 Sartoni (1974 年) 建立的 Piacenzian 层型的上界是一致的。因此, 建议的晚第三纪—第四纪界限层型与 Piacenzian 层型的顶部是一致的。

建议认为, 1948 年伦敦第十八届国际地质大会所决定的: (1) 上第三系—第四系界限应划在意大利的上新统剖面内, 与出现气候变冷 (以海相动物群的变化为证据) 的第一个迹象相一致处; (2) Calabrian 层必须作为更新统的最下部的一个阶, 是对过去的地质工作者所沿用的工作方法的承认。决议中的使用“气候首次变冷迹象”的标准来划定第三系—第四系界限易于引起混乱, 因为不同地层中所反映出的气候变冷始于中新世、上新世。然而, 建议认为, 对于产生此种标准的具体资料, 如在意大利上新统剖面初次出现“寒冷动物”, 却不能忽视和废弃。所以, 意大利上新统—更新统剖面中初次出现的“寒冷动物”就标志着晚第三纪—第四纪的界限。世界范围内的第三系—第四系界限应该固定在某个时间层, 与 Vrica 界限层型的剖面一致。为了保持传统的历史的地层层位, 避免地质文献的混乱, 如果不采用第一个“寒冷动物”的初现位作为选定 Vrica 剖面中的第三系—第四系界限型的标准, 则这一界限层型至少应选定该剖面中的一个地层段内的某一层, 该地层代表一个短暂的时间, 近乎与第一个“寒冷动物”迁入地中海是同时的。

北部意大利首次出现 *Arctica islandica* (Emilia) 的地磁测定, 落于 matuyama 世 (Reunion 事件), 大致 2Ma 前 (Arias 等)。

海相 Calabrian 层在一些地方 (例如在 Arno 河谷上游) 部分地或全部地相变为陆相沉积物。这种陆相地层名为 Villafranchian (意大利语 Villafranchiano), 以 Piedmont 地区的 Villafranchiad' asti 为名。Villafranchian 沉积物在一些地方上覆于 Calabrian 海相沉积物之上; 在 Arno 河谷上游, 上覆于陆相堆积物 Piacenzian - Astian 层之上。两层在一起, 厚度达 350m 以上。

但是, Villafranchian 层作为标准层的选定是矛盾的, 特别是它与 Calabrian 层的关系是矛盾的; 它的底界是模糊的。在标准地点 Villafranchiad' asti, 化石证明 Villafranchian 层的底部是上新统, 其较上部的层与 Calabrian 层对比。在其他地点盛产于 Villafranchian 层中的哺乳动物群标准化石——*Elephas*、*Equus* 和 *Leptobos*, 在标准地点都未发现。在邻接标准地点的地区, 以及在 Tuseany, Villafranchian 哺乳动物群延伸至上新世最上部。一些作者长期以来所使用的是广义的 Villafranchian。为了避免误解, A. Azzaral 和 E. Heintz (1970) 将下 Villafranchian 包括上新统和下更新统的一些过渡部分; 中、上 Villafranchian 包括较新的更新统的一些部分, 即含有传统的盛产 Villafranchian 哺乳动物群的一些部分。

Arno 河谷盛产 Villafranchian 哺乳动物群化石。Azzaral (1971) 在西欧和南欧分出六个 Villafranchian 哺乳动物群:

*Triversa* 和 *montopoli* 动物群 (早 Villafranchian);

*Siant - Vallier* 和 *Olivola* 动物群 (中 Villafranchian);

*Tasso* 和 *Farueta* 动物群 (晚 Villafranchian)。

除去 *Siant - Vallier* 动物群是在德国建立的以外, 其他动物群都是在意大利确立的。*Triversa* 动物群的标准地点在 *Villafranchiad' Asti*, 其他动物群的标准地点在 Tuseany。在

Villafranchian 动物群中，包括首次出现的 *leptobos*、*mammuthus*、*Equus*。

在 Arno 谷中，*Villafranchian* 层底部的一个粘土层中，在波河平原的 Calabrian 层的泥炭和褐煤夹层中，含有 *Abies*、*Picea*、*Fagus* 孢粉，都是中欧种。这些层中也包括南欧种 (*Castanea*) 孢粉。与上新世陆地植物比较，这是一些新的反映较凉气候条件的植物。

根据上述，作为第三纪与第四纪界线的标准地点的意大利地区地层的划分总结如下：

(1) 在 Calabrian 相地层底部，气候明显变冷，在海生动物群和相应的陆相动物群中，都找到证据。

(2) 陆相堆积物中的 *Villafranchian* 动物群，包括首次出现的 *leptobos*、*mammuthus* 和 *Equus*，是一个新的不同于上新世动物群的动物群。

(3) 这些变化与一个造山运动的剧烈阶段相吻合。在这一阶段内，意大利半岛剧烈上升。

所以，有理由将第三纪和第四纪界线划在 Calabrian 层的底部。这一界线在 1948 年伦敦国际地质会议上被认定。

#### (四) 在海洋沉积物中的上新世—更新世界线

古生物学、岩石学和地球化学方法可以确定几个深海沉积物面，这些面被认为与上新世—更新世之间的界线相当。

南极洋 5Ma 前的漂冰证据以及与之有关的深海沉积物中的古生物学和其他资料，提供了南极洲早期冰川作用的直接信息，说明该大陆冰川作用至少发生于 7Ma 前。在阿拉斯加，类似的证据说明该区山岳冰川作用发生于 9Ma 前。南极和北极的冰川作用，说明晚第三纪特别是上新世的气候明显降低。

Bandy 研究深海沉积物中的 *Globigerna pachyderma* 的右旋纹至左旋纹，认为海洋中有两个前第四纪的冷期。较老的一个只在高纬带得到证实，距今 13—14Ma 前，即变冷始自中新世晚期；较新的一个冷期，被认为发生于 Gauss 地磁世的上限或 matuyama 世的下限，与上新世—更新世的界线相关。

第三纪温度变化的更详细的资料，来自深海有孔虫的氧同位素分析。沉海底部的的水，大部分是由极区被驱动来的。根据深海有孔虫同位素成分确定的古气温，能够揭示极区海面的水温。这种研究表明，始新世—渐新世边界附近，有一次明显的温度下降，被解释为出现海洋底部冷水系和南极冰川作用开始的根据。而后，在中新世（大致 14Ma 前），深海底部水层温度突然降低，被认为是南极大陆冰川开始时期。两极及高山大陆冰川发生于 11.50—13Ma 前。

中纬带大西洋岩心的氧同位素分析和地磁的研究证明，上新世末和更新世初（3.2—2.5Ma 前），气温大幅度降低。大致在 2.5Ma 前，即更新世初，北半球发生冰川作用。赤道、中纬、北极高纬带太平洋沉积物的研究，得出了类似的结论。即在北半球，气候变冷发生于 3Ma 前；一次剧烈地变冷，发生于 2.1—2.3Ma 前。地中海的研究证明，该海域表面水温的一次明显的下降，开始于 3.0—3.1Ma 前。

太平洋南部晚上新世至更新世沉积物的研究，揭示出一系列冷期，年龄估定为：4.4、3.2—3.1、2.4—2.2、1.2、0.7Ma。

北太平洋的研究证明，在大致 2.5Ma 前，海积物大量增加；同时，沉积物中所含古生物化石发生重大变化，这些变化是：



- (1) *Discoaster* 群体灭绝;
- (2) *Globorotalia truncatulinoides* 增多;
- (3) *Globorotalia menandii* 产生由右旋向左旋纹转变类型, 同时, 具有大壳均匀纹;
- (4) 有孔虫 *Globigernoidos sacculifera fistulosa* 灭绝。

上新世—更新世边界, 应当划在上列一些古生物重大变化的位置, 即大致 2Ma 的一个面。这个面与南冰洋沉积物中的红泥层转变为硅藻软泥层的边界相吻合。两者的地磁年龄都是 2Ma。

深海沉积物中还有其他一些地层面, 供划定上新世—更新世边界之用。

### (五) 结论

第四纪气候明显变冷是新生代晚期气候变冷过程的继续。变冷速度和幅度在第四纪增大。全球规模的大幅度多周期的气候变化以及冰期和间冰期的交替, 是第四纪历史的基本特点。但这一特点却不能作为确定第四纪下限的根据, 因为第三纪晚期和第四纪早期的气候变化是连续过渡的; 并且, 在各个地区内, 冰川的开始和存在的时期是不一致的。

由中新世末期开始的气候变冷, 首先在南极引起冰川作用。南极冰川作用开始得较北极早得多, 可能始自 4Ma 前, 并在整个第三纪末和第四纪时期内, 一直保持着冰盖的规模和厚度。由北极冰盖和冰棚产生的漂冰, 在 3—2.5Ma 前, 首次出现于北大西洋和北美。

欧亚大陆和北美的一些事件的对比说明, 欧洲大陆的 Donau 冰期可以与北美的 Nebraskan 冰期对比。但 Donau 冰期在欧洲却只是一个冷期而没有大规模的冰盖。一些学者还提出更老的冰期, 即欧洲的 Biber 冰期, 北美的较之 Nebraskan 更老的发生于 2.8Ma 的冰期, 我国发现较鄱阳冰期更早的龙川冰期。

虽然已经进行了大量研究, 但第三纪—第四纪界线却仍有许多有待解决的问题。根据国际地层委员会的建议, 这一边界的研究, 应与边界层型的建立在一起进行。意大利 Calabrian 地区的 Vrica 剖面在已经提出的确定 N—Q 边界层型的一些剖面中是最适宜的一个。这一剖面能够满足划分介于两个地层系之间的边界的要求。Vrica 剖面中第四纪下限的年龄接近或位于 Olduvai 地磁事件, 即 1.87—1.67Ma 前。这一边界与在海洋沉积物中确定的 N—Q 边界相当。这一边界可以用海生动物群、古气候变化、磁地层学、氧同位素测定等资料进行全球范围内的对比。

目前, 较多的学者认为 N—Q 边界位于 Olduvai 事件之内, 大致 1.87—1.67Ma, 但也有许多学者认为这一边界应当向上推移。

许多事实表明, 新第三纪末—第四纪初的气候变化和自然界其他现象的变化是复杂的。需要进一步统一对这一边界的理解, 完善确定这一边界的原理, 采用更综合的方法, 其中包括生物地层学、磁性地层学、岩石地层学、气候地层学、绝对年龄测定等等方法; 提高研究方法的精度, 拟定远距离第四纪地层和第四纪事件的对比原则和方法, 汇集更确切的更多的实际资料, 才能逐步解决 N—Q 边界问题。

## 四、第四纪的划分

由于第四纪的一个主要特点是反复大幅度的气候变化, 并且用气候变化阶段以划分第