第十三章　第四纪地质

第四纪是地质史上最新的一个时间单位，隶属于新生代，包括更新世和全新世两个阶段。第四纪时期形成的地层称为第四系，包括更新统和全新统两个早晚衔接的地层单位。第四纪地质(quaternary geology) 的主要任务是研究第四纪地质发展历史、第四纪重要地质事件的时间和空间的分布规律。

§13.1 第四纪古气候

§13.1.1 第四纪古气候特征（quarternary palaeoclimate characteristics）

第四纪(Quaternary period)是地质历史中最新的一个纪，距今约 2、3 百万年。第四纪古气候的显著特点是出现了全球性的普遍降温，并在降温背景下出现了寒、暖的波动。

一、冰期和间冰期（ice age and interglacial period）

（1）冰期

是指全球性的降温时期。冰期阶段，全球气温普遍下降，引起地球水圈在空间上的重新分配。极地大陆冰盖向低纬扩展，山岳冰川向山下甚至于平原推进。以北半球为例，第四纪开始后，地球上寒冷气候带向南迁移，使得高纬度地带和高山地区广泛发育冰盖或冰川，出现冰期。冰期时，北半球副热带干旱地区的北缘落入西风带内，降水量增加。由于海洋蒸发的水汽被以冰雪形式固定在大陆上，导致海水得不到及时补充，水量减少，海平面下降，形成低海平面。植物面貌发生更替并向暖冷的方向演替，动物向低纬迁徙。

（2）间冰期

是指两个冰期之间的相对温暖时期。间冰期阶段，全球气温普遍回升，引起地球水圈在空间上的重新分配。极地大陆冰盖向高纬退缩，山岳冰川向后退缩。间冰期由于气温回升，冰川消融，北半球副极地高压带向极地方向推移，北半球干旱地区的降水量则减少。由于冰川溶水大量进入海洋，导致海水水量增加，海平面上升，形成高海平面。植物面貌发生更替并向喜暖的方向演替，动物向高纬迁徙。

二、雨期和间雨期（rainy period and inter-rainy period）

（1）雨期（rainy period）。在冰川作用区的外围，由于暖湿气流与干冷气流的相互作用

形成大量的降雨，引起湖面扩大，地表流水地质作用加强。冰期因多雨湿润，故称之为雨期或洪积期。

（2）间雨期（inter- rainy period）。两个雨期之间的相对干燥的时期。间冰期因少雨干旱，降雨量减小，湖面萎缩，地表流水作用明显减弱，称之为间雨期或间洪积期。

§13.1.2 第四纪气候波动概况（general situation of quarternary climate fluctuation）

一、冰川侵扰区及非侵扰区（glacier intrusion district and non-intrusion district）

（1）冰川侵扰区

冰川侵扰区是冰川分布和冰川作用的地区，在第四纪冰期最盛行时期，北欧地区、北美大陆都有巨大的大陆冰盖分布，西伯利亚则发育冻土。欧洲地貌学家将阿尔卑斯山地第四纪划分出以冰碛物为标志的四次冰期，由老到新依次为：贡兹冰期、民德冰期、里斯冰期、雨木冰期，雨木冰期属于末次冰期，也是第四纪冰川活动最盛行的时期，全球气候异常的干冷，风成黄土分布广泛，海平面下降幅度巨大，此时的北黄海陆架出露于地表，海平面较现今下降了 130m。

表 29　布列特-谢尔南德冰后期气候方案

Table 29　Climate program during the post-glacial period

	气候期	终止年代	气候特征
冰后期	亚大西洋期		温凉湿润
	亚北方期		干燥温和
	大西洋期	7000-5500a	潮湿温暖（气候最宜期）
	北方期		干燥温和
	前北方期		干凉
晚冰期	亚北极期		干冷
	北极期	>12000a	干冷

（2）非冰川侵扰区

冰川作用外围区、部分中纬和低纬赤道区，出现与冰期、间冰期气候相对应的雨期和间雨期，主要分布地区有北美西南部、北非、亚洲西南部。由于大气从海洋带来的水汽与冰川作用区上空干冷的空气相遇、凝结，形成降雨，出现与冰期相对应的雨期；间冰期气温回升阶段，暖湿气流受冷空气影响减弱，降雨量减少，形成间雨期。

二、冰后期气候波动（climate fluctuation during the post-glacial period）

冰川对气候变迁极端敏感（气候变迁造成冰川集受地区的积累与消融净结果的变化），因而可反映时间长短不同的气候波动。瑞士冰川研究委员会对阿尔卑斯山冰川，地球物理联合会冰川委员会对美国的冰川，通过直接测量和航空测量进行着严密的观察。

在冰后期气候最佳的大西洋阶段，冰川退缩，甚至在许多山脉消失。它们继续存在于阿尔卑斯山较高部分和美国、欧洲偏北的山脉，但在偏南的山脉已消失，如美国的内华达山。到亚北方气候阶段，冰川条件重新出现，这使得内华达山的现代冰斗冰川和小冰川能够重新形成；认识到这些冰川不是主要第四纪冰期的退缩的残余，而是全新的冰川，即是过去称为“小冰期”、现在叫做“新冰期”的冰期的产物，这是重要的。

这些变动在人类历史时期还在继续。中世纪早期气候明显地温和，古代斯堪的纳维亚人在这个时期向冰岛和格陵兰进行移民；格陵兰海岸生长着森林；树根贯穿着现在被封闭于永冻土地之中的棺材。这些较温和的条件未能延续到 12 世纪以后，到 16 世纪末，阿尔卑斯山的冰川似乎发展到了另一个鼎盛时期。记录显示，有些村落曾被冰覆盖，夏季牧场不能再利用，从前的山隘被阻塞。沙莫尼山谷中的阿让蒂耶尔附近一度兴盛的银矿，现仍埋在冰下。其他的冰川推进发生于 1719、1743、1780 年和 1818～1821 年；最后的一次大推进是在 1850 年，这在历史时期也许是最显著的一次。在过去 100 年中，发生了全面的退缩，这是气温略有上升的结果；大多数阿尔卑斯山冰川失去了其 1/3 的面积。但是，在最近若干年中，来自瑞士的报告说，大部分被观测的冰川长度又在增加。这在阿拉斯加表现得更加明显，这里的若干冰川一直将其末端的位置向前推进。北美洲最大的冰川-白令冰川在 1963 到 1966 年间推进了 1200 米。

§13.2 第四纪沉积类型

§13.2.1 第四纪沉积物基本特征（basic characteristics of quarternary sediment）

一、第四纪沉积物由于形成时间不长，沉积物固结不牢，结构比较松散。滨海和河流中的沉积砂矿是第四纪重要矿产，残、坡积物中的地球化学异常成为找寻原矿的主要标志。由于第四纪沉积比较松散，易于发生流动和破坏，黄土分布地区由于含钙质而造成湿陷，对工程产生不利影响。

二、经过长期的大陆地表演化，进入第四纪后，大陆地表自然地理面貌趋于复杂，岩相

多样以及横向变化大，成因复杂。

三、第四纪沉积物厚度不大，通常在数米、数十米，或百余米。

四、第四纪沉积物以陆相沉积为主，海相为次。陆相地层广泛分布于地表，大都松散，厚度变化大，相变剧烈，成分复杂。因此，在第四纪地质年代和地层划分中一般采用多种多样的标志，例如生物标志、古人类及古文化标志、气候标志、地貌标志、绝对年龄测定等。洞穴堆积是第四纪沉积中的重要类型，尤其是洞穴堆积中往往存在大量的哺乳动物化石和古人类化石（图 153）。

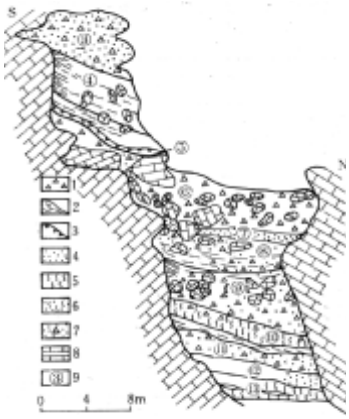

图 153　周口店龙骨山洞穴堆积

Figure 153　Cave deposit of dragon bone mountain in Zhou koudian

§13.2.2 第四纪沉积成因类型（formation cause types of quarternary sediment）

表 30 第四系沉积物成因分类

Table 30　Quaternary sediments classification by cause of formation

火山形成物		
海成沉积		M
人为（技术）堆积		A
残积系列	残积物 土壤	El Pd
坡积系列	重力堆积 坡积物	COL DL

水系列	冲积物 洪积物 湖积物 化学沉积	AL PL L CH
冰川系列	冰碛物	GL
风成系列	风成砂、黄土	EOL

第四纪沉积具有沉积动力、地貌特征和环境方面的成因标志，上述三方面标志也是分析和研究第四纪沉积成因类型的主要依据。第四纪沉积物成因类型广泛采用 E.B.桑泽尔的分类方案（表 30）。C.A.雅可甫列夫又把成因类型进一步划分为“相”，例如冲积层分为“河槽相”、“河漫滩相”、“牛轭湖相”。

第四纪沉积物按成因和岩相可以分为残积物、坡积物、洪积物、冲积物、湖泊沉积物、冰川堆积物、海洋沉积物、生物沉积物、风积物、火山堆积物、洞穴堆积物、人工堆积物等。1948 年，地质学家杨钟健曾把中国第四纪沉积物分成 4 大类，即洞穴堆积、砾石及山麓堆积、河湖堆积和土状堆积。

§13.3 第四纪古生物

第四纪是哺乳动物和被子植物高度发展的时代，人类的出现是这个时代最突出的事件。因此，有人也把第四纪称之为人生纪或灵生纪，甚至还有人把它从新生代中独立出来并列为人生代或灵生代。第四纪的哺乳动物具有明显现代化的特征（图 154）。

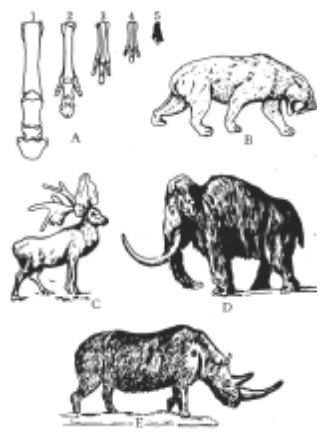

图 154 第四纪哺乳动物化石

Figure 154 Quaternary mammal fossils

§13.3.1 中国第四纪哺乳动物（quarternary mammal in China）

一、啮齿目（rodential）

鼠、兔

二、奇蹄目（perissodactyla）

（1）马科。长鼻三趾马、真马。

（2）犀牛科。中国犀、梅氏犀、披毛犀、板齿犀。

三、偶蹄目（artiodactyla）

（1）鹿科。布氏大角鹿、肿骨鹿、河套大角鹿、四不

象鹿。

（2）牛科。水牛、野牛；羚羊。

四、长鼻目（proboscidea）

乳齿象；真象（剑齿象、古菱齿象、原齿象、猛犸象）；非洲象和印度象。

五、肉食目（creophagy）

（1）犬科。犬、狼、狐。

（2）熊科。洞熊。（3）浣熊科。大熊猫。（4）狗科。桑氏狗、中国狗。（5）猫科。剑齿虎。

六、灵长目（primates）

猴；猿（拉玛古猿、巨猿）。

§13.3.2 第四纪哺乳动物组合（quarternary mammal assemblage）

第四纪哺乳动物的不同种类都有其相对固定的生存环境，不同种类的动物在同一气候状态下生活便形成了气候组合。典型的气候组合，如：猛马象-披毛犀动物群，代表寒冷气候区的哺乳动物组合；水牛—印度象动物群，代表热带、亚热带温暖气候的哺乳动物组合。

在第四纪气候寒暖波动中，哺乳动物发生过大规模的迁徙，形成了一个地区特有的哺乳动物组合，这往往是第四纪气候变化的直接的证据。

由于第四纪时间较短，哺乳动物演化速度不甚明显，但由于每一种哺乳动物都有其自身的演化阶段，有些动物在演化中出现绝灭或变异，因此，在第四纪历史变化的某个阶段中，哺乳动物组合上的变化表现得比较突出。从整个第四纪来看，哺乳动物群组合分别是：人、现代哺乳动物、更新世的特有种、上新世的残存种属。

§13.3.3 中国的第四纪哺乳动物群（quarternary mammal group in China）

一、北方区（north district）

（1）泥河湾动物群（早更新世），又称长鼻三趾马-真马动物群，其组成主要是长鼻三趾马、三门马、梅氏犀。分布在西至青海，东达阴山，南到淮河流域一带。

（2）周口店动物群（中更新世），又称北京猿人-肿骨鹿动物群，其组成主要是三门马、肿骨鹿、狼、狐、转角羚羊，北京猿人化石及文化遗迹等。

（3）猛马动物群（晚更新世），主要组成是猛马象、披毛犀。分布于我国的东北地区。

二、南方区（south district）

（1）元谋动物群（早更新世），主要是元谋人化石。

（2）大熊猫-剑齿象动物群（中更新世），其组成主要是长臂猿、金丝猴、大熊猫、中

国犀、东方剑齿象等。广泛分布于南方各省及台湾地区。

（3）含真人化石动物群（晚更新世），以柳江人、马坝人、资阳人共生的动物群为代表，主要有中国熊、大熊猫、剑齿象、真象、犀牛、鹿等。其分布范围比中更新世明显地缩小了。

§13.4 第四纪划分方案

§13.4.1 第四纪划分依据（quarternary subdivision reference）

第四纪划分是依据第四纪期间保存下来的物质记录对第四纪进行阶段性的划分。第四纪物质记录是多方面的，依据不同的侧面对第四纪进行划分，便形成了不同的各具特色的划分方法。不同的划分方法所得到的结果往往是不一致的。

第四纪划分依据及方法包括：①生物地层学方法；②古气候地层学方法；③古人类-考古学方法；④地貌学方法；⑤岩性法；⑥古地磁法。其中气候地层学方法是第四纪划分的最主要的依据。

§13.4.2 第四纪地层划分方案（quarternary stratigraphic subdivision program）

关于第四纪地层的划分世界上没有取得一致意见。中国第四纪地层的划分，按照 1959 年全国地层会议讨论的草案，第四系包括下更新统、中更新统、上更新统和全新统，其时代分别与第四纪的早更新世、中更新世、晚更新世和全新世各阶段相对应(表 31)。

表 31　国际第四纪研究委员会方案

Table 31　Interntional quarternary research committee program

生物地层学方案			古气候学方案
第四纪	全新世	全新统	冰后期
	更新世	晚更新世—上更新统	雨木冰期、里斯-雨木间冰期
		中更新世—中更新统	里斯冰期、民德-里斯间冰期
		早更新世—下更新统	民德冰期、贡兹-民德间冰期、贡兹冰期

思 考 题

1. 第四纪划分的依据和方案是什么?
2. 简述第四纪古气候的特征。
3. 什么是冰期和间冰期?
4. 简述第四纪沉积成因类型?

参 考 文 献

1. 曹家欣. 第四纪地质. 商务印书馆，1983.

2. 贾兰坡、卫奇. 建议用古人类学和考古学的成果建立我国第四系的标准剖面. 地质学报，1982，56（3）.

3. 南京大学地理系地貌教研室. 第四纪地质学. 北京:人民教育出版社，1961.

4. 宋春青等编著. 地质学基础(第三版). 北京:高等教育出版社，1996.