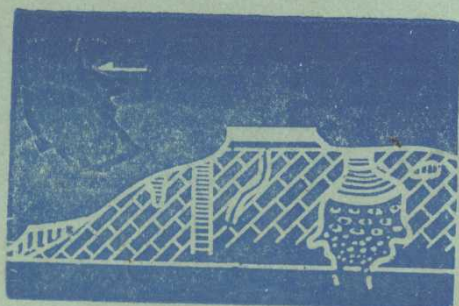


高等学校试用教材

第四纪地质学

华东师大 河北师大 编
华中师院 华南师大



河北师范大学出版

中国科学院植物研究所

第四纪地质学

第四纪地质学
第四纪地质学



中国科学院植物研究所

前 言

(一)

高等师范院校地理系开设“第四纪”课程虽然已有多年，但至今还没有编写出相应的教材，这是与实际需要很不相适应的。鉴于此，在有关院校的倡导下，1982年9月在石家庄市河北师范大学地理系，召开了全国高等师范院校地理系“第四纪地质学”教学大纲讨论会。通过这次会议，在共同讨论的基础上，首次拟出了“第四纪地质学”教学大纲（试用）。

嗣后，考虑到全国高等师范院校地理系及其它有关院校在教学上急需教材使用，根据这一情况，我们四院校有关同志经过反复磋商，并一致认为尽快分工编写出一本较完整的适合高等师范院校地理系使用的“第四纪”教材是非常必要和急需的。现在这一暂作内部交流使用的教材，就是在我们各自原有的自编教材的基础上整理编写出来的。显然，由于时间仓促，水平有限，教材中难免有错误和不当之处，望各兄弟院校在使用过程中及时提出宝贵意见，俾得进一步修改。

本教材由下列同志分工编写：

第一章 绪 论	华中师院 景才瑞
第二章 第四纪地壳发展与新构造运动	河北师大 王守一
第三章 第四纪古气候	华东师大 陈业裕
第四章 第四纪海平面变化	华东师大 陈业裕
第五章 第四纪生物界的发展及其特征	华东师大 陈业裕
第六章 中国的黄土	华中师院 景才瑞
	华东师大 陈业裕
第七章 第四纪沉积环境及沉积物的成因类型	华南师大 李建生
第八章 第四纪地层	华南师大 李建生
第九章 第四纪野外调查方法与制图	河北师大 王守一

(二)

本教材暂定名为“第四纪地质学”，但教材的内容并不全属地质学的领域。确切地说，第四纪二、三百万年以来的自然环境变迁与演化过程才是它的主题。

自然环境的变迁和演化过程是诸方面的综合作用结果，它不仅包括气候变迁、海平面变动、新构造运动、沉积物及动、植物等的演变过程，并且它们之间是相互影响而又

具有相关反馈的性质。譬如，更新世以来由于青藏高原的强烈隆起，它对我国甚至整个亚洲的自然环境的形成和演化都带来了巨大的影响。它不仅导致东亚现代季风的形成，正常的西风环流因此而受干扰，引起气候程式的变化，造就了我国在水热因子上的三大不同自然区域……，这些都是第四纪以来自然环境变迁的问题。

气候的变化，进一步导致环境的变异，动、植物随之而发生明显的演化（包括人类的发展）；气候的变化还导致海平面的多次变动，由此而引起的自然地理效应更是多方面的，诸如大陆度的变化、海洋寒、暖流的变异、平原面积的收缩与扩展、侵蚀基准面的变动、水系和湖泊的演化、动、植物的繁衍与迁徙等等。在欧洲和北美，第四纪冰期寒冷气候所带来的地理景观的地带性更是明显地存在。

现代科学发展的重要趋势之一是学科之间的互相渗透和边缘交叉，“第四纪地质学”亦是这样发展起来的，因此它又具有明显的综合性和实践性，它不仅可以为更深入地了解环境变迁与演化打下基础，并且对进行改造和利用环境资源提供全面的理论依据。这也是“第四纪”课程在高等师范院校地理系开设日益增多的根本原因。

上述这些内容足以说明“第四纪地质学”的实质主要是阐明第四纪二、三百万年以来地球表面自然环境演化过程的问题，在这种相互影响和互相反馈的作用过程中，气候的变化无疑起着极其重要的作用。所以，在编写本教材时，我们力图以古气候为主导，贯穿于整个自然地理环境的演变过程之中。诚然，由于“第四纪”涉及的范围很广，而我们的水平和掌握的资料有限，在编写时还不能完全达到这一预期的目的与要求，在此，诚恳地祈望读者多给予指教，这是我们所期望的。

编 者

一九八四年三月

目 录

第一章	绪 论.....	(1)
第二章	第四纪地壳发展与新构造运动.....	(26)
第三章	第四纪古气候.....	(40)
第四章	第四纪海平面变化.....	(73)
第五章	第四纪生物界的发展及其特征.....	(101)
第六章	中国的黄土.....	(122)
第七章	第四纪沉积环境及沉积物的成因类型.....	(141)
第八章	第四纪地层.....	(158)
第九章	第四纪野外调查方法与制图.....	(181)
参考资料	从略.....	

第一章 绪 论

一、第四纪地质学的性质与内容

(一) “第四纪” (Quaternary) 名称之由来

第四纪地质学 (Quaternary Geology) 中的“第四纪”这个名称,是在地质学发展的早期阶段,由法国地质学家和历史学家Z·德努埃 (Z·Desnoyers, 1800—1887) 于公元1829年首先提出来的。Z·德努埃曾担任过当时法国地质学会秘书,主要研究法国的新第三纪和现代的沉积物,还有一系列通史方面的研究巨著。那个时候,地质科学发展的水平还不高,研究的还比较粗略,开始时,人们是根据地球表面上眼睛看得到的岩石的变化和它所处的位置,来划分地球历史的各个阶段的。最早划分地层的是意大利学者G·奥代洛 (Giovanni Arduino, 1713—1795), 他于公元1750年前后,将意大利北部的地层划分为以下三层或三个阶段:

1、原始纪 (Primitive):

它当时包含的是山岭中心部分的片麻岩、花岗岩等。实际上是以现在所指的前寒武纪为主,也包括了一部分属于中生代的地层。

2、第二纪 (Secondary):

它当时包含的是原始纪之上,具有层理的、含有化石的地层。实际上是以现在所指的中生代为主,也包括了一部分属于第三纪的地层。

3、第三纪 (Tertiary):

它当时包含的是破碎和松散的砂、砾和其他堆积物,实际上就是现在所指的第四纪的地层。

接着,于公元1756年,德国人列赫曼 (Lehman) 将德国的哈乐兹 (Harz) 山的地层,划分为以下三个层次:

1、原始层 (Urgebirge)

2、第二层 (Flötze gebirge)

3、冲积层 (Angeschwemmt gebirge)

后来,德国的矿物学家A·魏乐勒 (A·G·Werner) 在奥代洛所划分的原始纪与第二纪之间,增加划分出一个现在所指的古生代地层的过渡纪 (Transitional), 但仍没有出现第四纪的名称。

那时,法国的一些著名学者,如G·居维叶 (Georges Cuvier, 1769—1832)、Z·德努埃等,大家都在用力研究巴黎盆地的地层,发现在白垩纪与德国人列赫曼所称的冲积层之间,有一层由粘土、砂岩、灰岩、泥灰岩和石膏等组成的地层,他们将它定为

“第三纪”，而位于它上面的松散未胶结的地层，是时代最新的堆积物，德努埃首先提出，把它命名为第四纪（Quaternaire）。稍后，雷布尔（Rebour）给第四纪以较为明确的规定，说它不仅指那些松散的沉积层，而且还包括其中所含的现代种属的动植物群的化石与孢粉。这样一来，第四纪地层便是指那些包含有大量现代种属的动物—植物群化石与孢粉的松散堆积物，而第三纪的动植物群则主要是指那些已经绝灭了种属。

随着科学的发展，地质学研究内容的不断丰富，原来对地层的划分不能适应新的情况了，原来所命名的名称也不相宜了，如上面所提到的原始纪、第二纪及过渡纪三个旧名称，早已废弃不再使用了，只有第三纪与第四纪两个名称，被保留了下来。这是因为“第三纪”经过英国著名地质学家C·莱伊尔（Sir Charles Lyell, 1797—1875）在他的名著《地质学原理》（1833年出版）中明确定义，并对地层进一步分统之后，才继续使用至今。“第四纪”也经过C·莱伊尔命名为近代世（Recent Epoch）——即更新世（Pleistocene）与全新世（Holocene）之后，保留了下来，成为地球发展史最后一个纪的通用名称，它并与第三纪合称为新生代。全新世只是指冰后期阶段，仅有一万年左右的时间，这已经是人类经过猿人、古人、新人各阶段，而进入现代人的历史时期了。

在地质学发展的过程中，人们曾经给“第四纪”赋予过各种各样不同的名称，比较流行过的有“第三纪后期”、“冰川期（纪）”、“最新世代”、“洪积统”、“黄土期（纪）”等。看来，这些名称都还不能完整地、准确地反映第四纪的客观情况及其突出的特征。“第三纪后期”这个名称，既缺乏明确的界限，也没有反映出它应说明的特有特征。“冰川期（纪）”这个名称比前者较好，因为第四纪的冰川堆积物分布比较广泛，第四纪大冰期也非常重要，所以这个名称虽然反映出了第四纪时代的这个方面的特征之一，但仍不能完整地、准确地说明它的真正实质。实际上第四纪地层的成因类型是极为复杂多样的，它们有着各种不同的沉积条件及沉积过程，而冰川堆积物只是其中的一种，尽管它是其中主要的一种类型，但也不能以一概全。“最新世代”这个名称的含义也是有些模糊的，顾名思义，新生代即是新的生命的时代，从生物的标志来看，这个时代早在第三纪时就开始了。显然，最新世代与新生代的含义是有些重复的，它们二者的界限也有些不够鲜明。“洪积统”这个名称是在德国研究者之中常被采用的，在十九世纪的前半期，学术界中还有浓厚的宗教观念，曾认为第四纪沉积物是全世界大洪水泛滥而沉积下来的。因此，这个名称也是不完全妥当的。但若把它作为“洪荒之时，洪水泛滥，或亦由气候转暖，冰雪骤融，有以致之”来理解，也不是完全没有可能的。“黄土期（纪）”这个名称与“冰川期（纪）”那个名称一样，也是比较好的，但黄土在全世界上来说分布并不那么普遍，带有一定程度的地域性，所以也不能完整地、准确地表示出第四纪的全部特征，具有一定的局限性，最好也不加以推广使用为宜。

那么，使用什么样的名称来代表第四纪这段时间最好呢？看来，只有用在第四纪中产生的最重大的事件——人类和人类社会的出现与发展，来标志第四纪这段时间最为相宜。而且人类还在不断地一天天加大着改变自然界面貌的力量，对第四纪地质环境产生着巨大的影响，所以，苏联A·П·巴甫洛夫（A·П·ПАВЛОВ, 1854—1929）院士和A·M·日尔姆斯基曾提议将“第四纪”改名为“灵生代”。到目前为止，所有的代表“第四纪”的名称中，以这个名称最为合理，因为从生物进化的角度看，第四纪是从有了“万

物之灵”的人类开始的，与地球发展的历史相比较，它的时间虽然最短，只有三百万年来的历史，但它的重要性最大，是产生了人类本身的世纪，理应提高它的规格待遇，与古生代、中生代、新生代等并列，特别命名为“灵生代”，以加重它的份量并表示它的重要。但是更改地质时代的名称是国际地质学界的大事，必须经过国际地质会议的审议与通过，才能协调与统一全世界地质学家的思想与行动，现在一直沿用着的“第四纪”（年代名称）与“第四系”（地层名称）的名称，还是1881年第二届国际地质会议所审议与通过的。时代在前进，科学在发展，只要新的名称——“灵生代”——合理，将来必定会代替老的名称。这样，从老至新，以生物进化为标志，可以将整个地质年代划分为：无生代（原太古代）、原生代（原元古代）、古生代（原古生代）、中生代（原中生代）、新生代（原第三纪）、灵生代（原第四纪）。这才符合从无机到有机，从简单到复杂，从低级到高级等生物发展进化的最基本的原则。

（二）第四纪地质学的性质

“第四纪”既然是地壳发展历史中最新的一个阶段——“纪”，那么，以这一特定阶段中地壳发展历史中所发生的一切地质事件（包括无机地壳及有机生物的发展过程）和其发展与分布规律为研究对象的第四纪地质学，便既研究第四纪的地质作用及其结果，也研究地质作用和地质体在时间上的发展规律，而且主要是按时间的顺序来研究地球在最近二、三百万年以来的发展演化规律。所以，第四纪地质学的科学性质便应该归属于历史地质学的范畴之内，是历史地质学的一个重要分支学科。就象“断代史”之于通史一样，第四纪地质学是地史学中的一门重要的“断代”地史学。

地壳发展的历史已有45亿年以上，而二、三百万年以来的第四纪，则是相对很短暂的，它的时间比以往的任何一个“纪”，都要短得多，除它以外，各“纪”中最短的新第三纪也有二千二百万年，各“纪”中最长的震旦纪则有四亿年左右。如果我们将地壳的历史年龄比作一天的话，那么第四纪时期只不过是这一天中最晚近的二、三十秒钟的一瞬间而已。尽管如此，它的时间对“地质史”来说虽然很短暂，但就在这“一瞬间”很短暂的时间里，却发生了不少重大的地质事件，如其中最显著的有频繁的第四纪构造运动（新构造运动）、干冷的冰期与湿热的间冰期相互交替出现的气候波动、大面积的巨厚黄土堆积、哺乳动物的繁盛以至古人类的出现等等，都是非常重要的地质事件。这些重大的地质事件不仅与人类的过去，而且与人类的现在和将来都有着极为密切的直接关系；反过来说，人类今天的各种活动又对第四纪的自然环境的变化与发展，产生着重大的影响。所以，对于这些重大地质事件的研究，不仅可以弄清第四纪古地理环境变迁的来龙去脉，加强地学的基本理论，同时也可在生产建设的实践中发挥重要的作用。因此，可以这样说，第四纪地质学就是以第四纪沉积物为主要研究对象的“断代”地史学，配合着研究发生在第四纪时期内的各种地质事件，对第四纪沉积物的形成，第四纪地层的划分与对比，第四纪构造运动，第四纪有机界的发展，第四纪矿产资源，和第四纪地质年表的拟定等方面，进行综合分析研究，其任务就在于以此来恢复第四纪的古地理环境、古气候和新构造运动，从而更清楚地阐明第四纪时期地壳发展的规律，认识第

四纪古环境的本来面目，而不掺杂任何主观成分。只有这样，才能够依照第四纪地质客观的规律行事，更好地利用和改造第四纪自然环境，为人类的预定目的服务，发展生产，提高和改善人民的生活。

（三）第四纪地质学的内容

第四纪时期内所发生的地质现象十分复杂多样，组成第四纪古地理环境的因素也错综复杂，这就规定了第四纪研究的内容也非常广泛，而第四纪地质学就是综合研究第四纪的一个重要方面。第四纪地质学既然是作为历史地质学的最后一章，来研究地壳发展史的最新一个阶段，它的主要的研究内容应该包括以下这些部分。

1、第四纪构造运动（新构造运动）

第四纪时代虽短，但它并非是大地构造宁静的时代，而且发生着频繁的地壳运动，它既在过去比较稳定的古老和年轻的陆台地区有显著表现，也在过去不太稳定的年轻的地槽地区—喜马拉雅（或阿尔卑斯）褶皱带表现出来，在前一个地区它们的表现是与各地的老地质构造相适应的，而在后一个地区，这些运动则在造山作用中表现出来。当然它在各地的表现并不尽相同，有的地区不太明显，有的地区则特别明显，十分活跃，并表现为现代火山活动和地震，这对于人类的生产建设和生活安定均有直接的影响。如60年代以来我国发生的多次破坏性的强烈地震，都是第四纪构造运动（新构造运动）的直接表现。所以，研究第四纪地壳运动，尤其是其中最新时期即全新世的地壳运动，对于探索地震发生的背景和趋势，为地震的预测和预报服务是具有极其重要的意义的。

第四纪构造运动最普遍的特征是它的震荡性，以及一定的节奏性和继承性。从开始研究斯堪的那维亚冰川堆积的时候起，便提出了关于地壳垂直运动、海岸线移动与冰川相关联的观点。地壳运动曾用冰盖在冰期的负载和在间冰期的卸载来解释。并且把它推广到地球上所有受过第四纪冰封的地区。因此，在冰封地区的地壳运动便得到了普遍而完全不正确的解释，它把地壳运动说成是均衡补偿作用的结果。其实，在第四纪冰封地区所见到的地壳运动不可能仅由均衡或补偿作用所引起。这种地壳运动在不同地区有不同的强度，甚至不同的特征。苏联B.A.奥勃鲁契夫认为，第三纪末和第四纪前半期的冰川（大陆冰川和山岳冰川）是由显著的构造隆起决定的，后者在每一个冰期之前重复出现，而在间冰期则代之为相对下沉。这种隆起可以解释（结合天文及宇宙方面的原因，即使不结合亦可以）最近的第四纪以及到前寒武纪整个大陆及其一部分的古冰川。山区是和正向构造运动激烈表现的地区有关，而平原区则与正向或负向运动轻微表现区有关。地貌的基本形态是以构造运动表现的特点及其强度为转移的。要形成山地地貌必须出现长期正向构造运动，且其强度超过了剥蚀作用的强度；对于平原地貌而言，则隆起轻微，其强度几乎与剥蚀作用的强度一致，或代之以轻微的负向运动。

总之，经过第三纪中的喜马拉雅（阿尔卑斯）造山运动之后，由于长期的剥蚀侵蚀作用，至第三纪末的上新世末期，在世界上各大陆表面形成广阔的、起伏不大的夷平面，那时号称世界屋脊的青藏高原地区，其一般海拔高度，有人认为只有1,000米上下，夷平面上生长着亚热带型的植被，雪松、棕榈、栎等的孢粉相继在地层中有所发现，类似目前

华南灰岩地区的峰林地貌的遗迹在高原各地近年也有发现，这和三趾马动物群，特别是其中的犀牛，长颈鹿等的生态习性所要求的环境是完全一致的。这说明分布在南亚、青藏高原、云南和华北的三趾马动物群在上新世时是可以互相连通的，说明当时上述各地的地面环境基本相似。只有到了上新世晚期，新构造运动活跃，有些地区急剧隆起，加之全球性气候的剧烈变冷，一些地区（包括高纬度的欧亚北部及北美洲北部与中低纬度的高山高原地区）超过雪线以上，年复一年冰雪积累，由量的积累终于达到了质的变化，便进入了著名的第四纪大冰期了。

所以，晚新生代的地壳构造运动对于了解第四纪古环境的发展变化是极为重要的，必须在第四纪地质学中探索其主要特点及表现形式，对我国晚新生代地壳构造运动的基本特征要有一较完整的认识，了解晚新生代地壳构造运动与板块构造及地震活动之间的内在联系。

2、第四纪古气候

由于第四纪构造运动（新构造运动）使部分地区隆起与部分地区下沉，加大了地面的起伏，引起了气候的分异，超越雪线以上的地区开始积累冰雪，久积加厚，积压成冰，随坡流动，形成冰川。所以，由第四纪大冰期的来临所引起的第四纪古气候的变化，便成为第四纪地质学的主要研究内容之一。它一直吸引着各方面的学者的注意，最近以来它更加越来越被人们所重视。因为通过对古气候指标的分析研究，可以了解古自然环境及其变化的历史，而第四纪气候的变化直接会引起古生态环境的变化。如人类的出现与进化，海平面的升降波动，湖泊的扩张与退缩，以及动植物群的迁移与变化等。尤其，第四纪古气候的冷暖交替，冰期与间冰期的重复出现，也是划分第四纪的重要标志之一。并且通过对第四纪气候变化规律的研究探索，可以进一步推测现代气候的变化和发展趋势，为长期气候变化预报服务。最近以来，随着科学资料的积累和测年新技术的发展与进步，对第四纪古气候的研究，在传统的广泛深入进行陆相沉积研究的同时，国际上均已着重加强和大力开展对深海沉积物的分析研究工作，并取得了不少有重大意义的进展。这些进展，又反过来推动和促进对陆相沉积的进一步深入研究。当然，第四纪古气候研究所涉及的范围是极为广泛的，不可能一一俱全，应该基本上围绕着第四纪冰期与间冰期互相交替的演变系列；古气候旋回的划分和对比；以及古气候演化的机制等等。应包括第四纪以前的古气候及地质上的若干古气候标志；第四纪古气候及其变化；冰后期的气候变迁；第四纪气候变迁的原因等主要内容。

3、第四纪的生物界

由第四纪大冰期的到来所引起的气候变化，是促进生物界发展变化的一个积极因素，它就是古猿（森林古猿）向人转化的外部原因。第三纪时全世界气候是比较湿热的，中低纬度地区森林茂密，在森林中生活的一种古猿，已经发展到相当高级的阶段，群居在树上，依靠采集天然果实为生。第四纪大冰期的到来不是突如其来的，而是经过一个漫长的过程，先由量变的积累，然后到了一定的程度，才达到质变，也即有一个漫长渐变的过程，才发生突变。气候逐渐变干冷了，原有森林逐渐稀疏，并向赤道方向退缩，而生活在森林中的古猿（森林古猿），便有三种前途。一种是随着森林的退缩而迁徙，仍生活在森林中，发展成今天的猩猩、黑猩猩、大猩猩、长臂猿，另一种适应不了

改变了的生态环境而绝灭了；但有一种适应了改变后的生态环境，从森林生活改变为疏林生活，再改变为草原生活，直立行走，挖块根，打野兽为生，从利用天然工具，终于制造和使用工具——粗石器，而转化为猿人了。所以，研究第四纪期间生物界的演化和发展，特别是哺乳动物的演化与人类的出现，是第四纪的重大事件之一，也就成为第四纪地质学的主要内容。研究哺乳动物的演化，对于第四纪陆相地层的相对年代鉴定和分层对比，对于说明当时的古地理环境、古气候条件，对于了解生物地理区的发展历史特点，对于研究人类的出现、生活状况和生存条件，以及说明现生种的演化关系等方面，均起着非常重要的作用。第四纪植物群落的演化与发展，可以明显地反映出古气候的变化，尤其是在植被的演替过程中的一定阶段，往往可以明显地反映出相应的沉积过程和自然地理环境的特点，从而能够帮助人们比较详细地阐明当时气候的变化、海陆的分布等古地理情况。另外，在第四纪广阔的海洋中，无脊椎动物的演化和变迁，也可以反映出海洋区域的古气候变迁和海平面的变化情况。

总之，对第四纪生物界的研究，特别是对哺乳动物群及古人类的研究，是了解第四纪古地理过程的重要方面，也是划分第四纪地层的主要科学依据。所以，哺乳动物的演化与第四纪哺乳动物化石，第四纪哺乳动物的分类及其演化，中国第四纪哺乳动物群的性质及其演变，第四纪植物群的演变及其古地理意义，人类的起源与发展，第四纪石器与考古文化期的划分等，均是第四纪的生物界的研究内容。

4、第四纪沉积环境和沉积物的成因类型

第四纪时期虽然时间不长，只有二、三百万年的历史，但因为第四纪的地质环境多变，所以其沉积物的成因类型是复杂多样的。第四纪沉积物的特征，首先在于它多半是不久前在时间上和空间上变化迅速的、极不相同的自然地理环境条件下形成于陆地上的陆相沉积。所以它们一般较疏松，成分、厚度和分布不定；在垂直方向上岩层迅速交替，与现代地貌和较老的下伏沉积表面的地貌，均有着密切的联系。甚至海洋中生成的第四纪沉积物，它们的特征也是成分复杂、岩相交替迅速和产状不很固定，因为通常它们都是在浅海滨岸地区生成的。

第四纪延续的时间与先前各个纪相比较，虽然是极其短暂的，一般只能堆积起相当薄的沉积物。但是第四纪沉积物的巨大实际意义，却要求对它们进行比它们更厚的古老地层，作更为详细的地层和岩性的划分。事实证明，第四纪以及第四纪沉积物形成条件的最基本特征，乃是气候的显著变化。在北纬和高山地区气候变化表现得最为明显，在以上地区，与这种变化联系着的就是强烈的冰川作用的发生。接着，又气候变暖，冰盖变薄乃至融解消失。即或在第四纪冰川作用区域以外，同样也发生气候变化，不过表现在潮湿与干燥时期的相互交替上。因此，必须研究第四纪陆相、海相沉积物的成因类型、沉积环境和沉积特征。目前我们人类生产活动实践接触最多的仍是陆相沉积，但随着人类生产力的提高，对于海洋资源的开发，对第四纪海相沉积的研究也正在大力开展，海相沉积的科学资料也日益增多，并且对第四纪年代和古气候等方面也提供了可与陆相沉积进行对比的新资料和可靠的依据。对第四纪松散沉积物的研究，是了解第四纪各种自然界变化的基础和依据，因为第四纪期间自然界各种变化的遗迹，大都保存在沉积物中，所以，通过对第四纪沉积物的分析研究，可以了解第四纪古地面的起伏情况，

流水、冰川、风力等外动力的作用特征和性质，海平面的升降变化，古气候的演变，有用矿产的分布，生物生态环境和古地理演化过程以及新地壳构造运动等。所以，通过对第四纪松散沉积物的岩性岩相分析研究，不仅在理论上具有重大意义，而且能起到直接为生产建设实践服务的作用。它将着重研究沉积环境与沉积相的概念，第四纪沉积物的特点，第四纪沉积物的特征及其划分标志，第四纪沉积物的成因类型，其中包括残积、重力堆积、坡积、洪积、冲积、湖积、冰川堆积、海积、风积、火山堆积、洞穴堆积、生物堆积、黄土堆积等等。

5、第四纪地层

正是由于第四纪地质环境具有多变的特征，因此在这短暂的二、三百万年的时期内，仍可划分出许多不同的发展阶段，在每个不同的发展阶段中，都沉积下了不同的沉积物。也就是说，第四纪期间沉积下来的各种松散沉积物，都是按时间先后的顺序堆积而成的，因此不但需要而且可能区分出这些松散沉积物的性质与成因类型，并且还需要而且也可能对这些松散沉积物进行时间上的划分。如对某一松散沉积物确定其为河流冲积物之后，还必须把它的沉积过程按沉积时间的先后顺序加以排列。从时间上弄清其来龙去脉。认识自然是利用自然的基础，这一点在基础理论和生产实践上都是非常重要的。从第四纪地层分布广、厚度变化大、结构松散、岩相变化大、成分复杂、化石稀少等特点来看，第四纪松散沉积物形成的环境是多变的，这就要求人们要弄清它们，首先便要确定第四纪的标准层位和拟定出第四纪地质年代表来。显然，这是一项非常重要而困难的工作。不过，第四纪期间沉积下来的各种松散沉积物，与古老的沉积地层一样，也都是按照时间先后的顺序依次沉积的，所以划分开第四纪地层是完全可能的，而确定出第四纪的标准层位又是十分重要的。因为不定出标准层位，不仅本地区的第四纪地层的层序理不清楚，树立不起层位正确的地质柱状图，而且与其他地区的第四纪地层也无法进行分析对比的研究，更拟定不出第四纪地质的年代表了。但是由于第四纪本身所具有的特殊性——时间短，生物变化不大，松散沉积物中化石不易保存——就决定了在对第四纪地层的研究上应采取与“众”不同的方法，即不可能完全按照古老地层划分的方法——古生物地层法来进行，而必须采用综合的分析对比的方法，才能得出比较可靠的第四纪地层划分的结论，才能拟定出比较可靠的第四纪地质年代表。这就要研究第四纪地层的划分原则与方法，第四纪的下限及更新世的分期，中国第四纪地层及古地理概况等等内容。

6、第四纪海平面变化

第四纪阶段时间虽然很短，但新构造运动十分频繁，加之由此引起的气候巨大变化——干冷的冰期与湿热的间冰期互相交替出现，地动型与水动型的海平面升降变化也十分频繁。所以，第四纪海平面升降的变化，便成为目前许多地质、地理学者普遍关心的问题之一，近来国内外有关这方面的研究和讨论日益增多，因为它实际上不但是一个非常重要的理论问题，而且也是一个与生产建设 and 国防建设均有密切关系的实际问题。大家可以设想，要是海平面上升一、二十米的话，那世界上不知有多少农业生产基地的冲积平原与国际性的沿海大城市，都将成为一片汪洋。要是海平面下降一、二十米的话，那世界上又不知有多少沿海大城市的国际性的码头设施，因暴露于水面以上或水深变浅，

而无法使用了。所以，它与第四纪气候变化，古地理环境的变迁，动植物群落的形成、发展与变迁，人类的起源、生存与发展均密切相关。

引起第四纪海平面升降变化的因素很多，各因素中又以新构造运动与气候变化为最主要，前者为造山——海平面升降，即所说的“地动型”海平面升降，后者为冰川——海平面升降，即所说的“水动型”海平面升降。我国杰出的科学家李四光（1889—1971）教授早在二十年代初即提出，由于地球自转速度的加快，引起海水从高纬度向低纬度运动，当地球自转速度变慢后，海水又从低纬度向高纬度运动的理论。因而地球自转速度的变化，也是导致海平面升降变化的一个因素。近年来全球板块构造学说的兴起，对海底地质研究有了新的进展，认为海底扩张，大洋中脊成长等海底构造运动，对全球性的海平面升降变化也有显著的影响。有人计算，如果现在陆地上的冰川全部融化，全世界海平面将上升85米。如果南极大陆冰盖不动，只格陵兰冰盖全部融化，也可使世界海平面升高6米左右。据估计，第四纪大冰期时，陆地冰川覆盖面积及体积约相当于今天规模的三倍，它的积累与融解对于海平面变化幅度的影响就更大了。可以这样说，冰川——海平面升降在整个第四纪时期全球性海平面升降中起主导作用，但新构造运动对于区域性的海平面升降也有显著的影响，它使“水动型”海平面变化复杂化了。往往使同一时期的海蚀或海积遗迹抬升到不同的高度，而同一高度的海蚀或海积遗迹又可能是在不同时期形成的，从而造成研究“水动型”海平面升降的困难。“水动型”和“地动型”两个因素往往在不同时期不同地区形成彼此消长的关系，因此研究某一地区的海平面变化，首先应了解该地区新构造运动在时间上和空间上的特征。

总之，第四纪地质学必须研究第四纪海平面变化的标志，第四纪海平面变化的概况，冰后期的海平面变化与第四纪海平面变化的原因等内容。

上面已曾说过，第四纪地质学是综合研究第四纪的一个重要方面，它研究的内容极为广泛，以上所举仅仅是六个主要的方面。它在研究的方法上和所得出的结果也是综合性的。如对上海地区第四纪地质的研究，目前主要从岩性岩相结合孢粉微体古生物等手段，进行多方面的综合分析研究，依此证据将厚达400米以上的第四纪松散沉积划分为十二个沉积单元，并初步了解到其间的古气候冷暖变化同海水进退的关系，通过这种综合性的分析研究，基本上恢复了该区第四纪古地理的概况，查明了整个第四纪松散沉积层中由古河流形成的七层砂砾石层迭次发育，其中五层属于更新世的，两层属于全新世的。这些被埋藏的古河流砂砾石层，分别构成了上海地区不同深度的五个承压含水层和两个潜水或潜水—承压含水层，在古河流砂砾层之间，为古湖泊沉积层所分隔，从而分别构成了两个相邻含水层的隔水层。另外，在整个第四纪松散覆盖层中，发现在150米以下的是以陆相层为主的粘土层与砂砾层互层，其间夹有海相层；而在150米以上的覆盖层中，则主要以海相层为主，夹有陆相层。这些晚更新世和全新世的海相粘性土层，因含水量高，压缩性大，遂成为目前上海地面沉降的三个主要沉降层。这些研究成果，不仅恢复和阐明了上海地区的古气候、海水进退、古沉积环境、河湖发育的阶段等第四纪古地理的演变过程，而且在经济建设上为了解和控制上海的地面沉降，合理利用地下水资源为城市工业的供水用水等提供了极其重要的基础资料。由此可见，第四纪地质学与经济建设也是密切相关的。

二、第四纪地质学研究的意义

(一)认识第四纪古环境的本来面貌

客观真实的存在(物质)不依赖于人类的意识、感觉、经验等等。自然科学规律是不以人们的意志为转移的客观过程的反映。尽管人们能够发现这些规律,认识这些规律,研究这些规律,掌握这些规律,在自己的行动中考虑到这些规律,利用这些规律以利于社会。但是人们不能改变或废除这些规律,尤其不能制定或创造新的自然科学规律。所以,第四纪地质学研究的意义,首先便在于认识第四纪古环境的本来面貌,掌握第四纪古环境的形成与发展变化规律。这可以说是最基本的理论上的意义。简言之,第三纪时期的古气候一般来说是比较湿热的,生物已经得到了高度的发展,大陆上中低纬度地带树木繁茂,森林广布,在森林中生活着一种高级灵长类动物——森林古猿,因其外表形态已有些类似于人,所以也叫做类人猿。由于地壳构造运动又开始活动——新构造运动开始使部分地区隆起,使部分地区下降,地貌起伏加大,气候开始恶化,向干冷方向演化,经过漫长的渐变过程,气候由湿热转向了干冷,超过雪线以上的地区由于冰雪不断的积累加厚,积压成冰、沿坡流动,形成冰川,渐变达到突变,量变引起质变,终于进入了第四纪大冰期。当时地球表面上曾有广大的高纬度地带和中纬度地带,以及中低纬度地区的山岳地区被冰雪所覆盖,大约达到3,800万平方公里(现在全球冰雪覆盖面积只有1,500万平方公里左右),约占世界大陆面积的32%(现在仅占10%左右)。冰盾厚度有些地方达2,000米,或更厚。在欧洲大陆冰川覆盖层沿德聂泊河河谷地带,向南伸展至北纬 $48^{\circ}45'$,在北美洲大陆冰川覆盖层沿密西西比河河谷地带,向南伸展更远,约达北纬 37° ,欧洲南部的阿尔卑斯山、南美洲东部的安的斯山、中国西部的高山与东部的庐山、黄山、天目山等等山岳地区,也发育了山岳冰川。冰盖前沿有由冰雪融水冲积而形成的广大冰水沉积砂质砾石平原,即外冲平原。冬季时冰水沉积砂质砂石平原干裂,冰盖上强大高压所形成的反气旋风系向外劲吹,把冰盖前干裂的冰水沉积砂质砾石平原上的粉土质物质,卷至空中,在搬运过程中经过高度混合,堆积在它前沿的草原地带,由薄加厚,一层一层,形成了黄土堆积。在由第四纪大冰期到来所引起的气候变坏过程中,森林逐渐稀疏缩小范围,并向赤道的方向退缩,一部分生活在森林中的古猿随着森林退缩也向赤道方向迁移,仍生活在森林中,演变成今日的猩猩、大猩猩、黑猩猩、长臂猿;另一部分古猿虽未随森林退缩而迁徙,但因适应不了改变了的生态环境而绝灭了,巨猿可能就是这样;但有一部分古猿生命力较强,适应了已改变的生态环境,改营地面生活,以掘块根、打野兽为食,由半直立而直立行走,视野扩大,接触到许多的新鲜事物,受到更多的信息刺激大脑,促进大脑的发达,由尝到天然火灾烧熟野兽皮肉的“美味”,而人工引用天然火种考熟食物并取暖,由利用天然石块与天然树枝作为工具,进而学会制造与使用人造工具——粗石器,真是渐变必然导致突变,量变必然引起质变,在第四纪大冰期到来之际,学会了制造和使用工具的古人类——猿人,也终

于出现在地球上了。所以可以这样说，第四纪构造运动（新构造运动）、第四纪冰川、黄土堆积与古人类的出现与发展是四同步前进的，它们四者既是第四纪地质学研究的核心，也是第四纪时代的最显著标志，这种新构造运动、冰川、黄土、古人类的四同步前进发展为第四纪地质时代所独有，它们既是推动第四纪古环境发展的四大因素，同时也是第四纪地质时代到来的必然产物，四者互相促进，互相联系，互相制约，互相依存，组成第四纪这个自然综合体环境。但是在第四纪中，它们四者并不是平列的，其中人类是最高级的产物，是最积极的因素，而冰川是统帅一切的。冰川是第四纪中之纲，纲举目张。因为第四纪地质学是以第四纪为研究对象的，而且是从综合的角度来研究第四纪古地质环境的，所以弄清第四纪地质时代古环境的结构与发展变化规律，便是第四纪地质学研究的头等重大的理论意义。

（二）利用与改造第四纪古环境的自然条件

虽然自然科学规律是不以人们的意志为转移的客观过程的反映。但是不是说，自然科学规律发生作用的结果，即自然力发生作用的结果是根本无法避免的，自然力的破坏作用在任何地方和任何时候都是以不受人们的影响的、不可抗拒的力量而出现的呢？不，并不完全是这样的。目前，在天文、地质及其他某些类似的过程中，人们即使认识了它们的发展规律，也确实尚无力影响它们。把这些过程除外，在其他许多场合，人们决不是无能为力的，就是说，人们是能够影响自然界过程的。在一切这样的场合，人们如果认识了自然规律，考虑到它们，依靠着它们，善于应用和利用它们，便能限制它们发生作用的范围，把自然界的破坏力引导到另一方向，使自然界的破坏力转而有利于社会。所以第四纪地质学研究除了具有弄清第四纪地质时代古环境的结构与发展变化规律这个头等重大的理论意义以外，还具有指导生产实践的伟大意义。

目前人类活动最密集的地方，多是地面坦荡，水量丰富，交通方便的平原地区。而这些地区正是第四纪松散堆积物深厚的地方。如北京与天津所位居的黄淮海大平原，上海、南京、武汉等所位居的长江中下游平原，沈阳、长春、哈尔滨等所位居的松辽平原，以及成都所位居的川西平原，西安所位居的关中平原，广州所位居的珠江三角洲平原等等，都是一望无际，沃野千里，由第四纪沉积物堆积所形成的宽广平原地区，既是国家商品粮生产的重要基地，又是工业发达，交通畅通的大城市所在地。它们对于人类生产建设的实践意义就可想而知了。今择其要者，略述几点如下。

1、指导工程建设

第四纪松散沉积物既构成平原地区的表面，是人类生产与生活比较优越的地理环境，人口集中，经济发达，所以一切工厂、铁路、公路、桥梁、水坝、水电站、城市、村庄、学校、住房等工程建设的主要基础，都是第四纪沉积地层，有的要进行清除，有的要打桩下去，有的要夯地，有的要减坡，有的要固坡，到底如何处理，在设计时都必须要有当地的第四纪地质资料，作为科学依据之一。因为第四纪沉积物是地表最上层的物质，它对工程建设的巩固可靠程度有着最直接的影响。例如上海宝山钢铁公司选在交通便利的黄浦江与长江的汇合口处，但第四纪冲积地层松软，必须进行打桩处理，增加

了投资，多花了许多工程建设费用。

2、指导地震预报

地震往往给人民生命财产造成严重的危害，很早就被人们所注意，我国汉代科学家张衡（1—2世纪）就曾发明过“地动仪”。但还是只给我们留下了地震灾害的纪录，现在我们才开始地震预报工作，这首先便是新构造运动学的主攻方向之一。李四光教授抓地震预报工作时，就十分重视活动断层的研究与观测。要解决中、长期地震预报问题，必须深入分析研究新构造运动的规律和特点。在确定一个地区的地震烈度级别，进行烈度分析时，也必须要有该地区第四纪地质的全面资料，作为重要的科学依据才比较可靠。

3、指导农业规划

第四纪松软堆积物是一切土壤形成的土壤母质，所以，它的物理性质与化学性质如何，在很大程度上决定了土壤的类型和肥力。在指导农作物布局与规划农业生产方面，有很大的参考作用。

4、指导寻找水源

第四纪松软堆积物是很好的含水层，粘土层也可以成为良好的隔水层。在地表水日益不足的情况下，工业与农业均需寻找利用地下水源，如华北平原的井灌与新疆的坎儿井灌，均在发展农业生产中起着良好的作用，证明水利确是农业的命脉。所以，第四纪地层的含水性、透水性、隔水性如何，直接影响着人类的生活与工、农业生产的发展前途，研究第四纪地质学可以指导寻找与开发地下水源，为发展各项生产事业服务。

5、指导勘测找矿

不仅第四纪地层中埋藏有许多重要的矿产，如重砂矿（金、钨、宝石等）、结晶盐矿（钾、钠的氯化物与芒硝等）、湖成铁矿（菱铁矿等）、有机燃料和肥料（褐煤、泥炭与腐泥等）、粘土矿（高岭土等）与建筑材料（河沙、卵石、烧制砖瓦的砂质亚粘土、黄土等），而且不少极为重要、极有价值的矿产资源的发现，也是从第四纪松软堆积物中，首先发现其重要线索的。例如，可以从阶地堆积和河漫滩堆积中的金刚石颗粒，按图索骥，追根寻源，去发现重要的金伯利岩烟筒构造，寻找到金刚石的原生矿床。

三、第四纪地质学的研究简史、现状及今后主要发展趋势

（一）第四纪地质学的研究简史

第四纪地质学与地质学相比较，其形成时间较晚，但它也有自己的形成发展过程。它是人类在利用自然与改造自然，进行最基本的生产实践活动的过程中，逐步从地质学中分化出来的。研究它的形成发展过程和前人所作过的贡献，可以加深对第四纪地质学的理解，从而明确它的现状及今后主要发展趋势。现分为世界与中国第四纪地质学的兴起、

发展两部分，简述如下。

1、世界第四纪地质学研究阶段

(1) 第四纪地质现象描述阶段

“人猿相揖别，只几个石头磨过”。南方古猿在学会制造和使用的工具——旧石器，便多是利用河流阶地上与漫滩上堆积卵石打制而成。古人类在利用第四纪松散堆积物进行各项生活和生产实践活动中，就开始对第四纪地质现象有一些片断的认识，从有史记载以来，在一些历史著作中也不时有一些片断的描述第四纪地质现象。

公元前4—3世纪的《禹贡》一书是中国最古老的地理著作，其中有描述中国九州的山地、河流、沉积物、土壤类型等，还对黄河、长江的三角洲平原的沉积物作过较详细的描述，成为第四纪地质现象的可贵历史资料。

接着，公元前2—1世纪的司马迁的《史记》，公元前1世纪的班固的《前汉书》，公元6世纪的郦道元的《水经注》，公元1092—1093的沈括的《梦溪笔谈》，明代的徐霞客的《游记》，和宋应星的《天工开物》，以及各地的州、县、府志中，都有许多描述第四纪松散沉积物、地层、新构造运动、火山活动等历史资料。

世界各国也不例外，也有不少学者描述过第四纪地质现象。如公元前1世纪希腊学者斯特拉波，曾根据地中海海滨贝壳堆积物，推论过海岸线升降变化的情况；公元10世纪中亚学者比鲁尼也作过类似的描述；中世纪意大利著名的学者利奥那图·达·芬奇（1452—1519）在他的著作中也描述了第四纪沉积物的产状和所处位置的变化等等。

总之，这一个阶段的主要特点是：伴随着地理和其他一些应用性的著作，附带地描述了一些片断的第四纪地质现象，也提出了个别的推论性的论断，不管是描述现象还是推论性的论断，都是零星的、个别的。不仅没有形成理论，而且还带有不少神话性的传说。

(2) 第四纪地质学的萌芽阶段

随着工业革命与资本主义的兴起与发展，至17—18世纪时，首先在西欧各国采矿业大规模地发展，促进了地质学的发展，这就使第四纪地质学也首先在西欧各国萌芽，但是，那时的第四纪地质的研究还是作为地质学的一部分同时进行的。

1683年，英国人J.阿希利（J. Arsicly）第一个在地质图的编制中，将松散堆积物（土类）与古老岩层分开来表示，这是对第四纪堆积物进行第一次独立研究的结果。

1743年，俄罗斯学者M.B.罗蒙诺索夫（1711—1765）在他的《论地层》一书中，将地球上层（地壳外表层）称为“松散岩层”，并提出了粘土、砂、砾、黑土、泥炭等的成因。

1780年，瑞士自然科学家索修尔（1740—1799）研究阿尔卑斯古冰川遗迹时认为，广布于中、南欧与阿尔卑斯山附近的巨大砾石（当时称为“飞石”）是冰碛成因，并提出这些“飞石”形成于北欧的斯堪的那维亚地区，被冰川从海上携带到中南欧沉积下来的。他是《旅行地质学家》一书的作者，科学登山运动与体育登山运动的奠基者，阿尔卑斯山地质构造的第一个研究者。也研究气象学和冰川学的问题。

1790年，有人将这些被认为是冰山漂运来的“飞石”称为“漂砾”，从而提出了“漂运学说”，引起了第四纪地质学上的第一次理论大争辩。当时，有些人认为“飞石”