



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

谢宇平 主编

地质出版社



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

谢宇平 主编

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书是地质类专业教材,1~12章比较系统地讲解了第四纪地质学及地貌学的基本内容,第13章第四纪地层,第14章研究方法及制图是课堂教学的主要内容。另附实习指导书。本书也可供其它地质类专业使用和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

第四纪地质学及地貌学/谢宇平主编. —北京:地质出版社,1998(2000.5重印)

ISBN 7-116-03064-6

I. 第… I. 谢… II. ①第四纪地质-高等学校-教材②第四纪-地貌学-高等学校-教材  
IV. P534.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 21949 号

### 地质出版社出版

(100083 北京学院路 29 号)

责任编辑:张荣昌

\*

河北香河县印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:494300

1994 年 11 月北京第一版·2000 年 5 月河北第二次印刷

印数:4301—8300 册 定价:19.45 元

ISBN 7-116-03064-6

P·2117

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 前 言

第四纪地质学及地貌学在高等地质院校本科生教学计划中是一门专业基础课。本书是根据普通高等学校地质类专业《第四纪地质学及地貌学》的教学基本要求编写的,除用于水文地质及工程地质、地质学、地质矿产普查、找矿勘探、环境地质以及其它有关专业的本科生教学外,也可供地理学专业使用和参考,并可供研究生和专业工作人员参考。

本书共十四章,1~12章,比较全面地讲述了地貌及第四纪地质学的各种基本理论问题;第十三章介绍了中国第四纪地层,第十四章介绍了第四纪地貌的野外制图问题,另附实习指导书。

全书由谢宇平主编,参加编写人员分工如下:第四章和第五章由刘兴诗编写;第八章和西北地区第四纪地层由赵景波编写;第十章和华北地区第四纪地层由张文山编写;实习指导书由邓金宪编写;其余各章节均由谢宇平编写。

本书经主审张荣昌审查后提出了许多宝贵意见,最后由主编谢宇平及邓金宪根据主审所提意见,对原稿再次进行了修改。

由于编者水平所限,书中一定存在缺点和错误。敬希读者提出批评和建议,以便再版时据以修改。

编 者 1994年2月

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	( 1 )
一、第四纪地质学及地貌学的研究内容 .....	( 1 )
二、第四纪地质学及地貌学的实践和理论意义 .....	( 5 )
三、第四纪地质历史的基本特点 .....	( 7 )
四、第四纪与人类 .....	( 13 )
五、地形的形态 .....	( 15 )
六、地形的发展和成因 .....	( 16 )
七、地形的命名 .....	( 22 )
八、地形和第四纪堆积物的成因分类 .....	( 23 )
<b>第二章 风化作用对地貌的影响,残积物及古土壤</b> .....	( 26 )
一、风化作用对地貌的影响 .....	( 26 )
二、影响风化作用的因素 .....	( 27 )
三、风化壳的类型 .....	( 29 )
四、残积物的特点 .....	( 31 )
五、古风化壳和古土壤 .....	( 32 )
<b>第三章 重力地貌及其堆积物</b> .....	( 34 )
一、定义和分类 .....	( 34 )
二、地形和堆积物 .....	( 34 )
三、斜坡的发展演化 .....	( 40 )
<b>第四章 流水地貌及其堆积物</b> .....	( 42 )
一、表流地貌及其堆积物 .....	( 42 )
二、洪流地貌及其洪积物 .....	( 43 )
三、河流地貌及其冲积物 .....	( 46 )
四、河流阶地 .....	( 59 )
五、水系与河流的类型 .....	( 63 )
<b>第五章 岩溶地貌及其堆积物</b> .....	( 65 )
一、岩溶及其发育条件 .....	( 65 )
二、岩溶地貌 .....	( 72 )
三、岩溶堆积物 .....	( 78 )
四、岩溶地形及堆积物的研究 .....	( 80 )
<b>第六章 海滨、湖沼地貌及其堆积物</b> .....	( 82 )
一、海滨地貌及其堆积物 .....	( 82 )
二、湖泊地形及其堆积物 .....	( 92 )
<b>第七章 冰川地貌及其堆积物</b> .....	( 95 )

一、几个基本概念.....	( 95 )
二、山岳冰川地貌及其堆积物.....	( 96 )
三、大陆冰川地貌及其堆积物.....	( 103 )
四、冰缘、冻土地形及其堆积物 .....	( 105 )
五、冰川地形和堆积物的研究.....	( 109 )
<b>第八章 风力地貌及其堆积物 .....</b>	<b>( 111 )</b>
一、风砂作用.....	( 111 )
二、风积物.....	( 113 )
三、风砂地貌.....	( 113 )
四、沙丘的移动.....	( 116 )
五、荒漠类型.....	( 117 )
六、黄土.....	( 118 )
七、黄土地貌.....	( 120 )
<b>第九章 构造地形、火山地形和堆积物.....</b>	<b>( 123 )</b>
一、构造地形.....	( 123 )
二、火山地形及其堆积物.....	( 131 )
<b>第十章 第四纪生物界及其地层意义 .....</b>	<b>( 139 )</b>
一、第四纪哺乳动物群.....	( 139 )
二、第四纪无脊椎动物群.....	( 170 )
三、第四纪植物群.....	( 176 )
四、古人类及古文化分期在第四系分层中的应用.....	( 185 )
<b>第十一章 第四纪气候变化及其地层意义 .....</b>	<b>( 191 )</b>
一、第四纪气候变化的证据.....	( 191 )
二、全新世气候变化.....	( 197 )
三、气候变化的原因.....	( 198 )
四、第四纪气候变化的地层学意义.....	( 199 )
<b>第十二章 第四纪年代学 .....</b>	<b>( 202 )</b>
一、相对年龄测定法.....	( 202 )
二、年代学及年龄的测定.....	( 206 )
三、第四纪年代学.....	( 213 )
<b>第十三章 第四纪地层 .....</b>	<b>( 214 )</b>
一、第四纪地层划分与前第四纪地层划分.....	( 214 )
二、第四纪地层的划分方法.....	( 215 )
三、关于第四纪的下限问题.....	( 217 )
四、第四纪的划分.....	( 226 )
五、中国第四纪地层 .....	( 228 )
(一)华北地区第四纪地层 .....	( 228 )
(二)东北地区第四纪地层 .....	( 239 )
(三)西北地区第四纪地层 .....	( 241 )
(四)西南地区第四纪地层 .....	( 245 )

(五)东南部地区第四纪地层 .....	( 247 )
<b>第十四章 第四纪地质及地貌学的研究方法和制图 .....</b>	<b>( 251 )</b>
一、研究方法 .....	( 251 )
二、野外研究和制图 .....	( 254 )
三、室内研究阶段 .....	( 256 )
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>( 260 )</b>
<b>实习指导书 .....</b>	<b>( 262 )</b>
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 .....	( 262 )
实习二 流水、重力地貌及堆积物解释 .....	( 274 )
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 .....	( 280 )
实习四 岩溶、海滨和湖沼地貌及堆积物解译 .....	( 281 )
实习五 冰川、冻土地貌及堆积物解译 .....	( 284 )
实习六 风成地貌及堆积物和黄土地貌解译 .....	( 287 )
实习七 哺乳动物化石鉴定的一般原则 .....	( 289 )
实习八 松散堆积物的粒度分析 .....	( 292 )
实习九 砾石定量测量及统计资料的整理和表达方法 .....	( 310 )
实习十 绘制河谷地貌及第四纪地质剖面图 .....	( 315 )
实习十一 孢粉分析成果的图式 .....	( 318 )
<b>附一 各成因地貌形态图例 .....</b>	<b>( 322 )</b>
<b>附二 第四纪地质图例 .....</b>	<b>( 324 )</b>

# 第一章 概 论

本课程包括第四纪地质学及地貌学两个学科的内容。本章首先分别讲述第四纪地质学及地貌学的研究对象和内容，然后阐明这两门学科的联系和作为一门课程讲授的理由和根据，以及这门课程的基本概念和内容。

## 一、第四纪地质学及地貌学的研究内容

### (一) 第四纪地质学

1. 科学术语 第四纪 (Quaternary period) 一词由法国地质学家 Desnoyers 于 1829 年引入地质学。他是作为对当时通用的地质时代划分——第一纪、第二纪、第三纪的附加提出来的。Desnoyers 研究巴黎盆地地层，将覆于第三纪地层之上的一套松散堆积物称为第四系 (Quaternary System)，将形成这套堆积物的时代名为第四纪。稍后，Rebonl 于 1833 年将第四系一语的含义引伸为包括含有现时仍在生活的动物群和植物群残骸的沉积物顺序。Rebonl 认为，这一特点可以与第三系加以区别。第三系所含有的化石种属现时很多都已灭绝，这样使第四系 (纪) 一语具有生物地层学的意义。

差不多在同一时期 (1830—1833)，著名地质学家 Lyell 根据第三纪地层中所含腕足类化石中的现代种属所占的百分比，于 1839 年提出更新世 (Pleistocene period) 和更新统 (Pleistocene Series)。Lyell 把含有腕足类化石的 70% 以上为现代种属的一套地层，命名为更新统；将形成这套地层的时代，相应地叫做更新世。更新世和更新统又分别叫做后上新世 (post pliocene epoch) 和后上新统 (post pleistocone series) 以及后第三纪 (post tertiary period) 和后第三系 (post tertiary system)。更新世 (后上新世、后第三纪) 的时间，由地球上出现人类开始。Lyell 还提出全新世 (Holocene) 一词。认为全新世形成的沉积物中所含的生物残骸，全部为现代种属，全新世即更新世的晚期。Lyell 的定义，使第四纪具有人类考古学的意义。

1907—1911 年间，Haug 对上述第四纪和更新世等术语的定义加以补充。Haug 以牛 (*Bos*)、象 (*Elephas*) 和马 (*Equas*) 在欧洲的突然出现作为划分更新世下限的根据 (等于第四纪下限的根据)。Haug 在 1921—1922 年间的著作中，也认为人类是第四纪的一个特点。

这就是第四纪的岩石地层学、生物地层学和人类考古学方面的定义背景。

1837 年，Schimper 根据气候的变化，提出了冰川纪 (Eiszeit) 一语。1846 年，Forbes 将更新世与冰川世 (Glacialepoch) 相对比，即更新世是一个北半球的大部分经受过酷冷气候和冰川作用的时期。更新世是世界冰川作用地区的冰川反复地出现和消失、扩大和退缩的时期，概称为第四纪冰期。在第四纪以前的地质历史中，只有少数几次冰川达到这种规模。Forbes 并分出冰后期 (Post glacial)，并将其叫做现代 (Recent)。这样，就出现了



更新世的气候定义。1856年，Marlot又将第四纪划分为两个世——更新世（Pleistocene epoch）和全新世（Holocene epoch），并将更新世和全新世分别与冰期和冰后期进行对比。

气候定义很快被广泛采用，但“现代”一语，却直到1885年才得到国际地质学会的承认。虽然，在这之前，全新世已被应用于地质文献中。

现已公认，更新世和冰川世，不像Forbes所引伸的那样是两个同义语。经证明，所说的第四纪冰川作用发生于第四纪开始之前，较精确地说，不应当叫做第四纪冰川，而应当叫做晚新生代冰川。此外，冰川环境尽管在地质上是第四纪气候变化的一种最明显的结果，但却是与同等重要的非冰川地区的环境和海洋环境的变化伴随的。所以，冰川世一语并不足以代表第四纪全面的自然环境，其中包括地质环境。

虽然十九世纪中叶划分的“第一纪”和“第二纪”，很久之前已经不再见于地质文献之中，然而，第三纪和第四纪却仍被保留下来，并合并成为新生代。所以，在时代意义上，“第四纪”是一个陈旧的术语。但由于这一术语已经广为流传，并被国际地质学会所接受，因此，虽然在逻辑上有矛盾，却仍然未被抛弃。

现时国际通用的新生代地质划分如表1-1所列。

表1-1 新生代标准世界地层年代表（主要划分单位）

代(界)	纪(系)		世(统)	同位素年龄(Ma)	
				单位年龄	单位开始年龄
新生代 (界)	第四纪(系)		全新世(统)	0.01	0.01
			更新世(统)	1.68	1.64
	第三纪(系)	新第三纪(系)	上新世(统)	4.56	5.20
			中新世(统)	18.10	23.30
	老第三纪(系)		渐新世(统)	12.10	35.40
			始新世(统)	21.10	56.50
		古新世(统)	8.50	65.00	

2. 研究内容 第四纪是地质历史上最晚近的一个纪，也是时间最短暂的一个纪（大约160—200万年）。

第四纪的时间虽然短暂，但在地质和其它方面的变化，如气候的变冷和变暖以及冰川的形成和消失；构造运动、岩浆活动和海面震荡；以及地形、沉积物、生物界的演化等却非常显著。人类出现并发展于第四纪中。研究第四纪地质现象以恢复第四纪地质历史的学科，就是第四纪地质学（Quaternary geology）。第四纪地质学是地史学的一个部分，自五十年代以来，它已经逐渐发展成一门独立的学科。第四纪地质学之所以能成为一门独立学科，有以下原因。

(1) 第四纪与以前其它时期地质纪相比较，具有明显的特点：其中最明显的特点是第四纪冰川的出现和消失；其次是第四纪堆积物覆盖于地表，并且大部分是松散的；第三点是第四纪生物群与现代生物群联系密切，最突出的特征是人类的出现等等。

(2) 与第四纪地质现象的特点相适应，有一些不同于前第四纪地质历史的研究方法。例如，冰期和间冰期划分的方法、地貌学的方法以及考古学和古人类的研究方法

等等。

(3) 第四纪地质现象与人类的关系特别密切，因而具有特殊的实践意义。

(4) 第四纪地质现象保留完好，而且其地质过程仍在继续进行。研究这些现象和过程，有助于揭示和理解第四纪以前的地质历史，具有特殊的地质理论和方法学的意义。因为，研究现代以理解过去。是地质学的一个最基本的原理和方法。

## (二) 地貌学

地球岩石圈的表面不是平坦的，具有一定的起伏的。这些起伏的规模是不同的。但作为一个整体，地球是一种近似椭球形的巨大星体。地球表面分为大陆和洋盆两种最大的地形。在大陆和洋盆中，还包括许多较小的和更小的地形。例如，在大陆上，可以分出高凸的山岳和低缓的平原。在山岳和平原中，又可细分出河谷和分水岭（或谷间地带）等地形。在河谷中，还可以分出谷坡和谷底等形态要素。所有这些大大小小的地形形态，构成了岩石圈表面的现状。

各种地形的形态、成因（或起源）和发展过程（历史）是不同的，但却并不是无秩序的、零乱的，而是在一定的空间和时间领域内，具有一定的联系。

例如，在图1-1中，河谷和山岭（分水岭）是两种地形。河谷是凹下的；分水岭是凸起的。这是它们在形态（包括空间分布）方面的特点。但是相邻的河谷和分水岭，是互相联系和依存的。河谷的一坡，也是分水岭的一坡，河谷的凹下的形态，是借助分水岭（山岭）的高凸才显示出来的；反之，分水岭的高凸也是依靠河谷的凹下才出现的。

分水岭是由斜坡和顶部所组成的。分水岭的斜坡的一部分是由河流侵蚀作用造成的，一部分与地质构造有关，它可以是岩层层面和节理面。河谷的谷坡和谷底是由河流的侵蚀和冲积作用形成的。这是分水岭与河谷地形在成因方面的特点。但分水岭斜坡与谷坡是联接在一起的。分水岭和河谷在形成过程中，都与河流的地质作用有关。河流的切割在形成分水岭斜坡的同时，既产生了高凸的分水岭，也出现了凹下的河谷。这就是河谷与分水岭在成因方面的联系。如图1-1，分水岭是由单斜层在构造运动上升陆续被抬高的过程中，伴随着河流的陆续深切和河谷逐步加深而逐步变高的。在分水岭变高的过程中，其斜坡和顶部的形态都要发生变化；河谷在加深过程中，谷坡和谷底的形态也在发生变化。这是分水岭与河谷在发展方面的特点。同时，河谷加深必然伴随着分水岭的相对变高；河谷加宽必然伴随着分水岭变窄。这是河谷和分水岭在发展方面的联系。

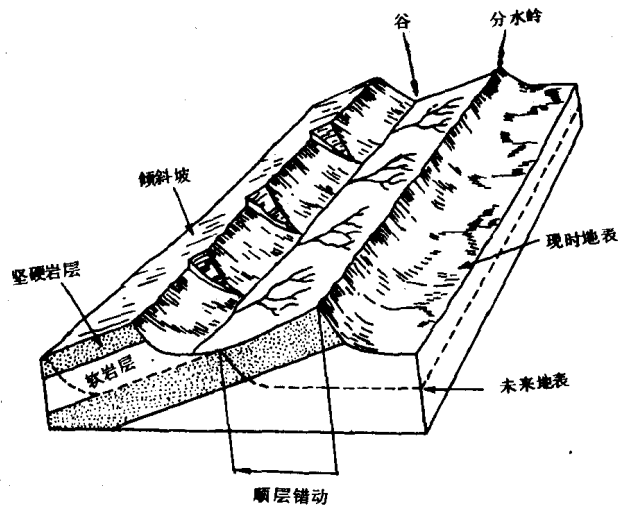


图1-1 示明分水岭和河谷在形态、成因和发展方面关系的图块

研究地球表面各种地形形态、成因和发展的科学，叫做地貌学 (Geomorphology)。

从字源上看，地貌学一词是由三个希腊文字根——地球、形态、科学组成的。

由于最初研究的主要是陆地地形形态，所以，长期以来，地貌学被看作是一门研究陆地形态的科学。但是，这个定义是不全面的。因为地球表面形态应是整个地球岩石圈表面（即地壳表面）的形态，既包括陆地的地形形态，也包括洋底的地形形态。所以，地貌学应当是一门研究整个地球表面形态的科学。

十九世纪前的地貌学文献，大部分是一些直观的和明显的地形形态的描述，诸如河谷、山脊等地形形态的描述，特别是一些交通要道附近的一些特殊地形形态的描述。因而有叙（描）述地貌学 (Descriptive geomorphology) 之称。目前叙（描）述地貌学仅是地貌学的一个分枝。我国是叙述地貌学发展很早的国家，《水经注》、《徐霞客游记》等古代名著，都记述了我国一些地区地形的形态特点。

十九世纪以后，构成地质学和岩石学的资料被引进描述地貌学中。这些资料被用来解释地形成因，从而产生了一种新的概念和研究方法——地形的解释性描述 (explanatory description)。地形不再简单地被记述其高度、坡度、面积和表面特点，而且还要解释其形成过程，恢复其发展历史。于是，产生了地貌学的另一个分枝——成因地貌学 (Genetic geomorphology) 或解释地貌学 (Explanatory geomorphology)。在成因地貌学中，再分为侧重研究岩石对地形形态的形成和发展作用的岩石地貌学 (Lithologic geomorphology)；侧重研究地质构造（包括地质构造形态和构造运动）对地形形态的形成和发展作用的构造地貌学 (Structural geomorphology)；以及侧重研究控制各种外力过程（流水、冰川等等）的气候环境对地形形态的形成和发展作用的气候地貌学 (Climatic geomorphology)。气候地貌学按控制地形的各种外力地质作用再分为流水地貌学 (Fluvial geomorphology)、冰川地貌学 (Glacial geomorphology) ……等等。

由于各种地形形成过程在空间分布、成因和发展方面具有一定的联系，所以，各种地形的组合，一般都具有一定的区域性特点。系统地综合研究一个地区的各种地形，则构成了地貌学的另一分枝——区域地貌学 (Regional geomorphology)。例如，海滨地貌学 (Coastal geomorphology)、沙漠地貌学 (Desert geomorphology) 等等。

### (三) 新构造运动学

近数十年来的研究证明，在新第三纪和第四纪过程中，地球各部分的构造运动，与老第三纪以前的构造运动相比较，在运动类型、空间分布、强度和发展过程方面，都具有明显的差异。

发生于新第三纪—第四纪的构造运动，称新构造运动。由新构造运动所形成的地质构造（形态），称新地质构造。新构造运动决定着当代地形和新第三纪—第四纪堆积物的基本特点，并且与火山、地震、流水、海洋、冰川以及其它一些地质和地球物理过程有着密切的联系。研究新地质构造以及伴生的其它各种自然现象（地质、地貌、地球物理、水文学等许多方面的自然现象），供以研究新构造运动类型及其空间分布、强度和发展规律的科学，称新构造运动学 (Neotectonics)。新构造运动学是大地构造学的一个组成部分，现已成为一门独立的学科，其理由是：

(1) 与新第三纪以前的构造运动比较，新构造运动在空间分布、类型、强度和活动规律方面，具有明显的特点。

(2) 新构造运动发生的时间短, 而且其运动过程有的当前仍在进行, 因此, 其表现(地貌、新地质构造、新第三纪—第四纪堆积物等地质现象以及其它各种伴生的自然现象)保留比较完整。

(3) 由于新构造运动的表现清晰完整, 而且当前仍在进行, 所以在新构造运动的研究中, 不仅可以采用一般大地构造学的研究方法, 而且还可以采用比较精密的仪器, 进行定量研究。

(4) 新构造运动, 特别是其中正在进行的现代构造运动, 具有重大的理论和现实的意义。

#### (四) 第四纪地质学、地貌学以及新构造运动学之间的关系

第四纪地质学、地貌学和新构造运动学在研究对象、内容和方法以及研究成果的实践运用方面, 都具有十分密切的联系。地貌学是研究地形形态形成和发展; 第四纪地质学是通过研究第四纪气候变化和冰川现象、构造运动、地形、生物界, 特别是通过第四纪沉积物的研究借以恢复第四纪地质史; 新构造运动学, 则是研究新构造运动的表现、类型、强度和发展规律。

现代地形形态主要形成于第四纪。它虽受前第四纪地形的一定影响在第四纪过程中前第四纪地形受到了很大程度的改造。因此, 地貌学所研究的地形, 大部分是第四纪地形。第四纪地形也是第四纪地质学的研究对象和内容。第四纪构造运动是新构造运动学的研究对象和内容, 它也是第四纪地质学的研究对象和内容。第四纪的气候变化和冰川现象、生物界, 特别是第四纪沉积物特征, 以及地形形态特征都与新构造运动有关, 也是研究新构造运动所必须同时研究的内容。

上述内容充分说明, 地貌学、第四纪地质学和新构造运动学, 在研究方法上, 是相辅相成和相互为用的。即是说, 可以根据地形、新构造运动、第四纪堆积物及其它第四纪地质现象之间在空间、时间和成因方面的联系, 利用其中一种或数种研究成果和研究资料, 去解决其它方面的研究问题。例如, 可以利用地形成因类型的资料, 来确定组成该地形的第四纪堆积物的成因类型; 反之, 也可以借助第四纪堆积物成因类型的资料, 来确定由该堆积物所组成的地形的成因类型等等。

最后应当指出, 在大多数场合下, 对一个地区进行第四纪地质学、地貌学和新构造运动学等各方面的研究工作一般都是同时进行的。在教学上, 把第四纪地质学及地貌学作为同一门课程讲授, 并涉及部分新构造运动学的教学内容。

## 二、第四纪地质学及地貌学的实践和理论意义

近年来, 在社会主义现代化建设蓬勃发展的我国, 第四纪地质学及地貌学正日益广泛地被用来解决各种生产实践问题。

在进行水文及工程地质勘察时, 不同类型的地形形态和第四纪堆积物在空间上分布的资料是非常重要的。例如, 水库坝址和库区的选择, 首先要考虑河谷形态和第四纪堆积物的分布。坝址宜选在峡谷和第四纪堆积物较少的地段, 库区则宜座落在宽谷地段等等。

在进行地质测量和找矿时, 地形形态和第四纪堆积物分布的资料, 能够作为分析地质

构造和矿产分布的重要依据，其中对砂矿、石油和盐类矿产的找寻和勘测最为重要。

第四纪堆积物的成分和岩相资料，能够提供找寻和评价地下水、工程建筑原料和工程地基的依据。第四纪堆积物的含水性，是与其粒度密切相关的。砂砾石层是含水层，粘土和亚粘土则是隔水层；为细粒物质所充填的角砾或砾石堆积物是一种稳定的地基，而含有有机质的淤泥层，则需要采取措施才能进行工程建筑等等。

在地质调查和找矿方面，也应考虑第四纪堆积物的分布资料。例如，对残积物的分析研究，可以用来推断被覆盖的基岩情况，结合其它方面的资料可以帮助确定地质情况和矿产分布情况。

新构造运动的特点可以表现在新地质构造、地形、第四纪堆积物和现代外力地质作用等方面，这些表现能够为矿产找寻和勘探，以及水文地质和工程地质勘察提供理论基础。

新构造运动，地形和第四纪堆积物的成因，在很大程度上决定着水文及工程地质条件。例如，冰积物基本上是不透水的；风成的黄土比其它成因类型的黄土具有更大的湿陷性；砂矿的成因类型，与其所赖以存在的第四纪堆积物的成因类型是一致的等等。

为正确地评价水文及工程地质环境，找寻矿产和确定矿产的成因类型，还需要研究地形形态、第四纪堆积物和新构造运动的发展历史。对一些长远的水文及工程地质措施而言，尤为重要是研究地形，第四纪堆积物和新构造运动的进一步发展趋势。

地震，是断裂运动的一种伴生现象。断裂活动性的确定，需要地形和第四纪堆积物的资料。为预测地震，需要研究新断裂运动。研究新断裂运动，需要同时研究与新断裂运动伴生的其它各种新构造运动。研究新构造运动，就必需研究新构造运动在地形和第四纪地质现象上的各种表现。

研究地质学的一个非常重要的现实主义原理是“将今论古”，即用研究现代地质作用和现象的方法去了解地质历史时期的地质过程。为研究前第四纪的地质历史，第四纪地质学和地貌学的研究，乃是必须的。

土壤的形成与第四纪气候、地形、堆积物、水文和植物群落直接相关。所以，第四纪地质学和地貌学的研究，也可为土壤学提供理论依据。

人类的出现、演化和生活的环境，是第四纪地质历史的一部分。所以，古人类学的研究，不能脱离第四纪地质学和地貌学的研究。在研究人类现代生活环境方面，第四纪地质学和地貌学的研究，尤为重要。

现代动物和植物群，是第四纪动物群和植物群的直接延续。为了有效地从历史的观点去研究现代生物，第四纪地质学和地貌学的研究，是必不可少的。

现代气候的变化所带来的生态环境以及其它方面的变化，已经引起人们的巨大关注。例如，气候变化所引起的南极、格林兰、高山地区（包括我国天山和喜马拉雅高山地区）的冰川的融解，海面的变化，干旱和沙漠的发展等等，已经直接波及人类的环境。为理解气候变化的规律，不进行第四纪地质学和地貌学的研究，是不可设想的。

第四纪地质学、地貌学和新构造运动学的实践和理论意义，不限于上述，它是非常广泛的。为此，世界各国都非常重视作这方面的研究。

### 三、第四纪地质历史的基本特点

作为地球最近发展阶段的第四纪的时间，虽然它的时间是最短的，但研究证明，其地质历史却是比较复杂的。第四纪地质历史，包括第四纪地形、第四纪堆积物以及其中所含的生物残骸的发育和形成历史，也包括第四纪构造运动、岩浆活动、变质作用等各种地质过程的发生和演化的历史。与前第四纪比较，第四纪各种地质过程的变化，具有比较明显的差异。也就是说，与前第四纪地质历史比较，第四纪的地质历史具有比较明显的特点。

第四纪地质历史是第四纪一般自然环境变化历史的一个组成部分，并且受着一般自然环境变化历史的控制。因此，第四纪地质历史的特点，也是第四纪总的自然环境的特点的一个方面，并且也是由第四纪总的自然环境的特点所决定的。第四纪地质历史的基本特点如下：

#### (一) 地质历史记录保留得比较完整

由于第四纪的时间很短，所以，发生于第四纪的各种地质过程所产生的结果，即第四纪地形、堆积物及其中所含的生物残骸、地质构造、岩浆岩等等各种地质现象及其有关自然现象的保留，都比较好；并且，这些现象大部分分布在地表或近地表部分，易于进行观察研究，从而有利于恢复第四纪的地质历史。此外，现时正在进行着的各种地质过程，是第四纪地质历史的一种连续的过程，所以，可以直接对这些过程及其有关现象进行研究，并据以进行较确切地类比回溯第四纪地质历史。

#### (二) 气候变化显著

第四纪地质历史的另一个基本特点是气候变化显著。始自新第三纪以来的气候变冷过程，在第四纪之初明显地加剧。第四纪的气候变化，在很大程度上控制着第四纪地形、海面变化、堆积物、土壤、生物群落以至人类的发生和发展。因此，自上一世纪中叶以来，地质工作者一直把气候的显著变冷并导致地球表面广大地区出现冰川，作为一个主要标志，以划分上新世与更新世之间的界限。而这一界限，也就是新第三纪与第四纪之间的界限。

图 1-2 中只画出了第四纪早期的气候变化。从图中可见，第三纪气候虽有变化，但却不如第四纪明显。

研究证明，第四纪的温度变化的幅度是比较大的，而且有反复的温度降低和升高的过程。第四纪温度变化是全球范围的，但在不同纬带和地区内存在着差异。温度变化最明显的是中纬度地带，两极和近赤道地区的变化幅度较小。第四纪的温度降低时期（冷期）与温度升高时期（暖期）之间的最大平均温度差计算为 16—25℃。

在冷期中，在较为潮湿的地区内，降雪量超过融雪量，降雪长年累积、部分地消融、压实，并转变成为冰川。地球上大规模出现冰川的时期，叫做冰期 (glacial age)。冰川首先由两极地区和中纬乃至低纬带的高山顶部发生。伴随着气候的继续变冷，冰川的厚度不断增大，其分布范围也不断向周围扩大，这种过程叫做冰进。冰期中，冰川的最大规模达到覆盖地表面积的 1/3。冰川的出现，进一步加剧了气候的变冷。计算证明，冰期中冰川地区的平均温度，较现时低 8—13℃。

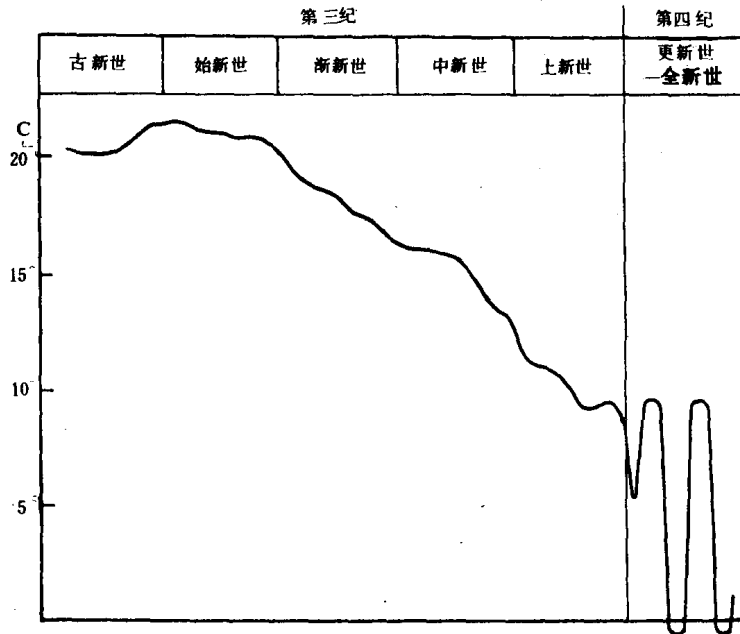


图 1-2 中纬带第三纪和第四纪平均温度变化图  
(据Teichmuller)

在暖期中，气候较现时平均温度高 8—13℃。冰期中所累积的冰川，在暖期中大量消融。在冰川的边缘和末端，消融量最大。消融使冰川的厚度变小，并由其边缘和末端向冰川中心和发源地收缩。冰川的厚度持续减小以及冰川边缘和末端的持续退缩。这种由于冰川消融所引起的冰川厚度变薄以及冰川边缘和末端向着中心及源头退缩的过程，叫做冰退。冰退使陆地表面冰川的总面积和总体积逐渐缩小。而冰退过程持续进行的结果，则是导致陆地表面冰川在大范围内消失。

两次冰川之间的温暖时期叫做间冰期 (Interglacial Age)。

包括现时在内的全新世冰川，占陆地表面面积的大致 1/10。被认为，这是一种冰期与间冰期之间的过渡时期，叫做冰后期 (postglacial Age)。冰后期的气候处于冰期与间冰期之间的过渡位置，比较地接近于间冰期。

第四纪是一个冰期与间冰期互相交替的时期。为表示这一特点，在一些地质文献中，把第四纪叫做冰川纪。

冰期和间冰期是第四纪气候的周期性大幅度变化的结果。在同一个冰期中，还可以分出一些较小的气候变化的周期，即分为几个气候变化幅度较小，时间较短的变冷和变暖的时期。这些时期引起小范围的较短时间的冰进和冰退，叫做冰阶 (glacial stage 或stadial) 和间冰阶 (Interglacial stage 或Interstadial)。详细的研究，还可以进一步分出由更小的气候变冷和变暖的周期性变化，形成规模更小的冰进和冰退。

地球大部地区的研究认为，第四纪出现过四个比较明显的冰期和介于这些冰期之间的三个间冰期，以及一个冰后期。但这个问题目前尚有不同意见。

### (三) 第四纪生物界

根据在第四纪地层中所收集的第四纪生物残骸资料，已经得出了较为清晰的第四纪生

物界的分布、分类和发展的轮廓。这些资料包括陆地和海洋生物残骸。由于第四纪的时间短，生物的发展，不如其它各地质纪那样显著，但却具有自己的特点。

第四纪生物界的变化是由第四纪生态环境变化引起的。而生态环境变化，又主要取决于气候和构造运动两个因素。第四纪气候反复变冷和变暖所引起的冰期和间冰期的交替，引起了海面的反复下降和升高；而海面变化又使从而发生反复的一定范围的海陆变迁，其中包括一些陆桥的出现和消失。与此同时，剧烈的第四纪构造运动以及伴生的岩浆活动，也剧烈地改变着陆地和海洋地形。所有这些自然变化，都影响着第四纪生态环境的剧烈变化。

第四纪生态环境的变化，引起了第四纪生物界的迁徙、重新组合、形态变异，以及一些种属的灭绝和一些新种属的出现。

由于生态环境变化随地区而不同，而且第四纪生物界各个门类的适应能力也有差异，所以，第四纪生物界的变化，在各个地区和各个门类之间，都是不平衡的。

第四纪气候变化及其伴生的生态环境变化，是一种随纬度不同而具带性的现象。这种变化，在中纬度地带，较两极和赤道带更为明显；并且，陆地上的变化，较海洋中的变化更为明显。所以，第四纪生物界的变化，也是中纬度地带较高纬度地带和低纬度地带更为明显；陆地生物群的变化较海洋生物群的变化更为显著。

第四纪海洋生物群的变化，主要表现在地理分布和组合方面。除分布和组合的变化而外，还发生了较为显著的形态变异，一些种属灭绝，出现了一些新的种属。在第四纪开放海和大洋中，海生生物群的变化很小；在一些内陆海或封闭海盆中，例如黑海、波罗的海和地中海等，变化比较明显。

第四纪海洋生物群的研究，主要是无脊椎动物和微体生物的研究。第四纪海洋无脊椎动物群的历史，是一种定居和迁移，并伴有某些种的绝灭和新生的历史。这一结论主要是根据北海和地中海等内海地区的研究推定的。地中海第四纪动物群与现时动物群基本上是类似的，具有某些遥远的北方喜冷动物的外来种属，说明了第四纪海洋动物的迁徙。

第四纪陆地生物群受到气候变化的影响比较明显。第四纪陆地生物群虽然都在冰期和间冰期的交替过程中发生迁移、重新组合、灭绝、新生和变异，但在脊椎动物、无脊椎动物和植物等不同生物中的反映是有差异的。

在一个地区内，由较暖时期至较冷时期或由较冷时期至较暖时期的动物群变化，一般是由于当气候变得不适宜于动物群生存时，其分布缓慢地持续地向着更为有利的居住地区迁移引起的。由于混居而引起了动物群的不同分布变化。当冰川收缩和消失时，一个生活于冰盖附近的冰种—冰缘动物群的某些成员，向冰川的退却的方向迁移；而其它一些成员，却保留在原地，变成非冰川动物群的一部分。当冰川发生和扩大时，喜冷动物群发生并随着冰进而扩大其分布范围，从而使非冰川地区的动物群中，包含着冰川动物群遗留下来的外来种属。在第四纪冰期与间冰期交替过程中，动物群的这种混合过程，反复地进行了几次，以致一般顺序的冰期和间冷期的哺乳动物群中，都含有一些混合的成分。

第四纪陆地植物群特点的形成，更多是由于两极向赤道方向的反复往返地迁移，而不是由于植物本身的演化的原因。第四纪冰期中的冰川作用，中断了极地植物带的发展，而在间冰期中，植物带又再度恢复起来。

在中纬度地带，冰期中的冰川并不是连续的，而是分散、孤立和多中心的。中纬度地



带冰川地区的气候不利于植物的生长。所以，植物群在各个地区的变化颇大。冰期的一般趋势是中纬度地带的植物群向赤道方向迁移；间冰期的植物群重新由赤道向两极方向返回。

在赤道附近地带，第四纪气候变化对植物群的影响较小。

由于植物群的迁涉是缓慢和困难的，所以，在第四纪冰期和间冰期交替过程中，一些植物不能返回原地带，一部分为了适应新的气候环境，发生变异；另一部分不能适应新的环境，因而灭绝。

一般来说，植物和无脊椎动物群的适应能力较差，迁移缓慢，易于灭绝和变异，其化石对气候的反映比较灵敏；但哺乳动物，特别是陆地哺乳动物，大部分种属适应能力较强，迁移迅速，因而对于气候的反映不甚灵敏。所以，在某种场合下，虽然可以根据单一植物种属做出关于第四纪气候环境的推测，但对于哺乳动物却不能简单地这样做，必须研究整个哺乳动物群的特征，才能减少来自不同种属对气候反映的误差。在第四纪冰期和间冰期，大多数哺乳动物的区系，都是如同现时一样地互相超复的。例如，在同一地点的单一地层中，可以出现混合的草原和苔原动物群，并且还可以含有林原动物。

生物区系一般是连续的，但由于冰期的干扰，也可出现不连续。这也是第四纪生物界的一个特点。

#### (四) 第四纪沉积环境的基本特点

1. 大陆沉积环境 第四纪冰川的出现和消失，在大陆地区内，形成了三种沉积环境，即冰川环境、冰缘环境和非冰川环境。在每一环境中，都出现一些特定的沉积过程和沉积物的共生组合。

(1) 冰川环境 冰川环境是指第四纪冰期和冰后期的冰川地区的环境。在冰川环境内，出现一种以冰川作用为主的剥蚀和沉积作用系统，其中包括风力、机械风化、重力、冰川和冰水的剥蚀和堆积作用等等。在这种环境下的上述过程，形成了风积物、机械残积物、重力堆积物、冰川堆积物、以及冰水堆积物的共生组合。

(2) 冰缘环境 冰缘环境指第四纪冰川外围或冰川地区以外的寒冷环境。这种环境的地质作用包括冻融、机械风化、生物、冰水、湖沼、风、泥(石)流的剥蚀和堆积作用等等。由这些作用所形成的堆积物有冻土、机械残积物、泥(石)流堆积物、生物堆积物、湖沼堆积物、风积物等等。

(3) 非冰川环境 非冰川环境是指间冰期和冰后期内陆地区无冰川的广大地区的环境。在冰期，这种环境也可出现于冰期较温暖的低纬度地带。非冰川环境又可分为冷湿地区、干旱地区和湿热地区三种环境。

**冷湿地区** 在这类地区内，在第四纪冰期曾发生过冰川作用；但在间冰期和冰后期内，伴随着气候转暖和冰川的消失以及冻土的融解过程，却再次恢复了类似于冰期以前的剥蚀和沉积环境。流水、湖沼、生物、化学风化等作用发育，它们在改造冰期形成堆积物的同时，形成了一种带有温暖潮湿气候特点的堆积物共生组合。其中包括冲积物、湖沼堆积物、生物堆积物(泥炭、腐植泥等)和化学残积物。此外，在这一时期，生物对第四纪松散堆积物的剧烈作用，还形成了土壤层。这种非冰川环境第四纪堆积物的共生组合和土壤层，也可出现于第四纪冰期中的低纬度地带。

在有第四纪冰川作用的地区，冰期和间冰期的交替，形成了冰期堆积物共生组合与间