



DIMAOXUE
Ji Disiji Dizhixue Jianming jiaocheng

地貌学及第四纪地质学 简明教程

王运生 孙书勤 李永昭 编著



四川大学出版社

王运生 孙书勤 李永昭 编著

地貌学及第四纪地质学 简明教程

王运生 孙书勤 李永昭 编著

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地貌学及第四纪地质学简明教程

王运生 孙书勤 李永昭 编著

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社

地质出版社



四川大学出版社

责任编辑:王 平
责任校对:张战清
封面设计:翼虎书装
责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

地貌学及第四纪地质学简明教程 / 王运生, 孙书勤,
李永昭编著. —成都: 四川大学出版社, 2007.12
ISBN 978-7-5614-3907-4

I. 地… II. ①王…②孙…③李… III. ①地貌学-教材
②第四纪地质-教材 IV. P534.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 189421 号

书名 地貌学及第四纪地质学简明教程

编 著 王运生 孙书勤 李永昭
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5614-3907-4/P·12
印 刷 成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 10.5
字 数 245 千字
版 次 2008 年 1 月第 1 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数 0 001~2 000 册
定 价 18.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址:www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

前 言

本书是一本关于地貌学及第四纪地质学的简明教程。内容安排上既体现了现有地貌学及第四纪地质学教程的基本框架，又充分考虑了地质工程、环境工程及土木工程专业的实际需要。本教材适合相关专业 40~60 学时的教学。

本书共 12 章。第 0~3 章介绍了第四纪地质学相关的内容，第 4~9 章介绍了不同地质作用形成的地貌及相关堆积，第 10 章介绍了新构造运动；第 11 章为地貌学及第四纪地质学工作方法。

全书由王运生、孙书勤执笔，李永昭教授参与了部分的编写和内容的校核，最后全书由王运生教授、孙书勤副教授统一校审。

教材编写过程中得到成都理工大学张倬元教授、刘兴诗教授、李行建教授以及中科院成都山地研究所陈富斌研究员的指导，也受到许多同行近年来最新研究成果的启发，同时还得到成都理工大学教务处、环境与土木工程学院领导的大力支持，在此深表感谢。

作者也特别感谢本教材中参考了一些文献内容但未在参考文献中列出的作者。

由于作者水平有限，本书难免有错误和疏漏之处，敬请同行批评指正。

编者

2007.6

目 录

0 绪 论	(1)
0.1 第四纪地质学及地貌学的由来	(1)
0.1.1 第四纪地质学	(1)
0.1.2 地貌学	(2)
0.2 第四纪地质学及地貌学的研究内容、方法	(4)
0.2.1 野外研究方法	(4)
0.2.2 室内研究方法	(5)
0.3 地貌学及第四纪地质学的研究意义	(5)
0.4 第四纪地质学与地貌学之间的关系	(6)
0.5 地貌学及第四纪地质学的研究进展	(6)
0.5.1 地貌学研究	(6)
0.5.2 第四纪地质学研究	(7)
1 第四纪地层划分	(8)
1.1 第四纪地层划分方法和下限问题	(8)
1.1.1 第四纪地层划分方法	(8)
1.1.2 第四纪的下限问题	(9)
1.2 第四纪地层的划分	(10)
1.3 中国第四纪地层	(11)
1.3.1 华北地区第四纪地层	(12)
1.3.2 东北地区第四纪地层	(15)
1.3.3 南方地区第四纪地层	(15)
1.3.4 西北地区第四纪地层	(17)
1.3.5 西藏地区第四纪地层	(17)
2 第四纪生物界	(18)
2.1 概述	(18)
2.2 第四纪哺乳动物	(18)
2.2.1 第四纪哺乳动物的特征	(18)
2.2.2 中国第四纪哺乳动物	(19)
2.3 人类的发展与石器	(21)

2.3.1	人类发展的主要阶段	(21)
2.3.2	人类的演化特征	(22)
2.3.3	中国的古人类	(23)
2.4	中国第四纪植物群的特征	(24)
3	第四纪气候及海平面变化	(27)
3.1	第四纪气候	(27)
3.1.1	概述	(27)
3.1.2	更新世气候变化的地质记录	(27)
3.1.3	冰后期气候变化的地质记录	(30)
3.1.4	第四纪气候演化	(30)
3.1.5	气候变化的原因	(32)
3.2	第四纪海平面变化	(33)
3.2.1	海平面变化的一般特点	(33)
3.2.2	海平面变动的标志	(33)
3.2.3	第四纪早、中期的海平面变动	(35)
3.2.4	中国晚更新世以来的海平面变动	(36)
3.2.5	海平面波动的原因	(42)
3.2.6	海平面变化效应	(44)
4	山地与平原	(46)
4.1	山地与平原的基本概念	(46)
4.2	山地的类型	(47)
4.2.1	高度分类	(47)
4.2.2	成因分类	(49)
4.2.3	构造分类	(50)
4.3	平原的类型	(53)
4.3.1	形态分类	(53)
4.3.2	成因分类	(53)
4.4	夷平面	(54)
4.5	斜坡地貌及其堆积物	(55)
4.5.1	斜坡流水地貌及堆积物	(55)
4.5.2	洪流地貌及洪积物	(56)
4.6	山坡的重力堆积物及其地形	(60)
4.6.1	崩塌堆积及其地形	(60)
4.6.2	撒落堆积物及倒石锥	(60)
4.6.3	滑坡堆积物及其地形	(61)
4.6.4	泥石流堆积及其地形	(66)

5	河流地貌及其相关堆积	(67)
5.1	基本概念	(67)
5.2	河流的侵蚀和搬运作用	(68)
5.2.1	河流的侵蚀作用	(68)
5.2.2	河流的搬运作用	(69)
5.3	河流的堆积作用	(69)
5.4	河流地貌	(69)
5.4.1	河谷的组成	(69)
5.4.2	山地河流的河谷形态	(70)
5.4.3	河床平面形态	(70)
5.5	山区河流地貌及冲积物	(71)
5.5.1	河谷的形态特征	(71)
5.5.2	山间河流的冲积物	(72)
5.6	河流阶地	(73)
5.6.1	河流阶地的组成	(73)
5.6.2	阶地的成因类型分类	(74)
5.6.3	阶地在新构造运动中的研究意义	(76)
5.7	水系与河流的类型	(77)
5.7.1	水系的类型	(77)
5.7.2	河流的地质构造分类	(79)
6	喀斯特地貌	(81)
6.1	概论	(81)
6.2	岩溶发育的基本条件	(82)
6.2.1	岩石的可溶性	(82)
6.2.2	岩石的透水性	(83)
6.2.3	水的溶蚀能力	(83)
6.2.4	水的流动性	(83)
6.2.5	地下水的垂直分带	(83)
6.3	岩溶地貌	(84)
6.3.1	地表岩溶地貌	(84)
6.3.2	地下岩溶地貌	(89)
6.4	岩溶的地质构造类型	(91)
6.4.1	水平与缓倾构造型	(91)
6.4.2	单斜构造型	(91)
6.4.3	褶皱构造型	(91)
6.4.4	断层构造型	(91)

6.5	岩溶地貌的研究方法	(92)
6.5.1	对岩溶地貌形态特征的研究	(92)
6.5.2	对岩溶地貌区的构造、气候、植被及人类活动的研究	(92)
6.5.3	对岩溶地区水文地质条件的研究	(93)
6.5.4	对岩溶地区松散堆积物的研究	(93)
7	冰川地貌及其堆积物	(94)
7.1	概述	(94)
7.2	山岳冰川及其堆积物	(94)
7.2.1	山岳冰川的基本特征	(94)
7.2.2	山岳冰川地貌	(95)
7.3	山岳冰川堆积物特征	(99)
7.4	大陆冰川及其堆积物	(100)
7.4.1	冰蚀地貌	(100)
7.4.2	冰碛地貌	(100)
7.4.3	冰水堆积	(101)
7.5	冻土	(101)
8	风成地貌及风积物	(104)
8.1	概述	(104)
8.2	风蚀作用与风蚀地貌	(104)
8.2.1	风蚀作用	(104)
8.2.2	风蚀地貌	(104)
8.3	风的搬运与堆积作用和风积地貌	(106)
8.3.1	风的搬运与堆积作用	(106)
8.3.2	风积物的特点	(106)
8.3.3	风积地貌	(107)
8.4	黄土及黄土地貌	(110)
8.4.1	概述	(110)
8.4.2	黄土的基本特征	(113)
8.4.3	黄土地貌	(114)
8.4.4	黄土的成因	(116)
9	海岸地貌及其相关堆积	(119)
9.1	以波浪作用为主的海岸地貌	(119)
9.1.1	海蚀作用与海蚀地貌	(120)
9.1.2	海积地貌	(122)
9.2	潮汐作用为主的海岸	(125)

9.3 与生物作用有关的海岸	(127)
9.3.1 珊瑚礁海岸	(127)
9.3.2 红树林海岸	(128)
9.4 海岸演化与影响海岸发育的因素	(129)
9.4.1 海岸演化	(129)
9.4.2 影响海岸演化的因素	(131)
10 新构造运动	(134)
10.1 新构造运动的基本类型	(134)
10.1.1 大规模的拉张运动	(134)
10.1.2 大规模的走滑活动	(136)
10.1.3 大规模的逆冲活动	(136)
10.2 中国新构造运动的基本特征	(136)
10.3 新构造运动的研究方法及研究步骤	(137)
10.3.1 深部地球动力学环境研究	(137)
10.3.2 构造格架的研究	(137)
10.3.3 晚新生代地层及其变形研究	(138)
10.3.4 岩相变化研究	(138)
10.3.5 地貌研究	(138)
10.4 应用研究方面	(145)
10.4.1 新构造与地震	(145)
10.4.2 新构造与工程选址、工程稳定性评价及灾害	(145)
10.4.3 新构造与地下水勘察	(146)
10.4.4 新构造与环境	(146)
11 第四纪地质学及地貌学工作方法	(148)
11.1 第四纪地质学及地貌学的野外调查	(148)
11.1.1 调查路线和调查点的布置	(148)
11.1.2 调查点的内容和要求	(148)
11.2 地貌和第四纪地质制图	(149)
11.2.1 地貌和第四纪地质剖面图	(149)
11.2.2 地貌类型图	(150)
11.2.3 第四纪地质图	(151)
附录1 第四纪堆积物成因分类	(152)
附录2 第四纪主要测年方法	(154)
主要参考文献	(156)

0 绪 论

0.1 第四纪地质学及地貌学的由来

0.1.1 第四纪地质学

第四纪是地质历史中最新的一个纪,与人类关系最为密切。尽管历时仅两三百万年,但由于冰川活动和人类的出现,一直是人们最为关注的一个纪。

第四纪地质学的历史是随着许多理论,尤其是实际问题的解决而产生和发展的。

早在远古时代(古代的希腊、罗马、印度和中国),由于在人们的活动中,不自觉地碰到了与第四纪堆积物(砂、泥)有关的问题,如用泥土制作家庭用具,建造碉堡、城市,开掘运河等。当时,人们已知道到何处去找寻需要的材料。古代中国文献《水经注》中已谈到如何寻找这些材料,它包括很多水系和堆积物的资料,中国伟大的旅行家徐霞客也在他的游记中提到第四纪地层问题,以及他对当时水系的描述。中国古代的许多地方志也记载有这些材料,其中有对各个地方的土质描述。可见,在古代中国的著作中就已注意到第四纪地层的问题了。

当然,在当时只涉及第四纪堆积物的利用,还谈不到什么理论,资料也全是零散的,特别是在西方,还充满着宗教的色彩。

18世纪,学者们开始系统地研究某种类型的第四纪堆积物,尤其是冰川堆积物。1702年—1711年,首先开始了对阿尔卑斯冰川及其堆积物的研究。1780年,索修尔(Соссюр)较准确地描述了阿尔卑斯古冰川的遗迹,划分出几期冰川堆积物。

18世纪末到19世纪初,欧洲各国对冰川漂砾有着极不相同的看法。

居维埃(J. Guérin)认为冰川漂砾是灾难性的原因造成。列别钦(И. Лепехин, 1780)提出“漂砾学说”(Дрифтовая гипотеза),后经阿尔森耶夫(А. И. Арсеньев)和赖逸尔(Gh. Lyell)及其他人更进一步地发展了这一假说。他们认为斯堪的那维亚半岛的冰盖带着砾石到了海里,再由海水推动冰山飘浮到欧洲各地,然后将漂砾沉积下来。这种说法在欧洲统治了40余年,长期以来人们认为这是唯一的解释欧洲各地冰碛分布的原因。

19世纪70年代人们才有了新的看法,认为漂砾是由大陆冰盖直接堆积的。这是由俄国学者施密特(Ф. Шмидт.)与克鲁泡特金(П. А. Кропоткин)最先提出的。1871年再由Л. А. 克鲁泡特金进一步加以发展,奠定了大陆冰盖概念的基础。到1872年,瑞典的陶烈尔(О. М. Торелль)也发表了同样的看法。Л. А. 克鲁泡特金是提出第四纪冰期的创始人。在Л. А. 克鲁泡特金之后,苏联的许多学者也都支持他的看法,许多事实已经证明欧亚大

陆有过大规模的冰川存在。

总之,第四纪地质学的发展是和冰川的研究有着密切的关系。当时对冰川的研究基本上形成两个学派:阿尔卑斯学派和斯堪的那维亚学派。阿尔卑斯冰川学派详细地研究了与阿尔卑斯冰川作用有关的第四纪地质问题。这一学派的代表人物是彭克和布鲁纳尔,他们提出了冰川期间冰期的概念,建立了冰川研究的系统。斯堪的那维亚冰川学派除了研究与冰期有关的第四纪地质问题以外,还研究了冰期以后的第四纪地质问题,该学派的代表人物是 O. M. 陶烈尔、德·盖尔等,他们对恢复冰川作用的详细历史和冰期以后波罗的海的发展奠定了坚实的基础。

1829 年,法国地质学家 J. 德努瓦耶(J. Desnoyers)在研究巴黎盆地时,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),并将形成这套堆积物的时代命名为第四纪(Quaternary period),与当时通用的地质时代——第一纪、第二纪和第三纪并列。

1839 年,英国著名地质学家 C. Lyell 将当时第三系上部那套 70% 以上的腕足均为现在属种的地层称为更新统,将形成这套地层的时代叫做更新世。后来,他又将更新统顶部生物残核中由现代属种组成的那套地层称为全新统,相应的年代为全新世(Holocene)。

继 Schimper (1837) 与 Forbes (1846) 对气候和冰川的研究,Marlot 于 1856 年正式将第四纪划分成两个世——更新世(Pleistocene epoch)和全新世(Holocene epoch),并分别与第四纪冰期与冰后期对应。

1888 年俄国学者 A. П. 巴甫洛夫首先提出了第四纪大陆沉积作用及其成因类型的看法,并建议把第四纪称为人类时期(灵生纪)。

经过一百多年的变革,第一纪、第二纪已被废弃,人们已开始用古近纪(Eogene)和新近纪(Neogene)来分别取代老第三纪和新第三纪,但第四纪却被广大的地质学家接受,并沿用至今。

研究第四纪地壳、气候和生物界演化历史及其分布规律的科学,叫做第四纪地质学(Quaternary Geology)。

0.1.2 地貌学

地貌即地球表面各种形态的总称,也叫做地形。

人类历史初期,由于生产实践的需要,人们开始关注地形,如在凿井打水、修桥筑路、灌溉农田、建筑房屋时,都要考虑到选择地形条件,甚至要研究组成地形的岩石及土壤性质。这就说明人们从生活实践中,已开始认识地形了。

有关地貌学方面最初的记载,大都在古老的中国。在中国保存至今最古老的记录是公元前 21 世纪至 20 世纪的大禹治水《禹贡》,它是《尚书》的一部分。它将中国划分为九州(冀州、兖州、青州、徐州、扬州、荊州、豫州、梁州、雍州),描述了平原丘陵的起伏地形,各地区的土壤类型,并详细地描述了黄河及长江三角洲地区,可以说是一部最早的地貌学著作。

公元前 4 世纪和公元前 2000 年,中国古代许多伟大的工程师们进行了治理洪水、修堰筑堤等巨大的水利工程。又如,建筑举世无双的万里长城和公元 6 世纪至 7 世纪所开挖

的京杭大运河,所有这些都运用了地貌学的知识。

公元前2世纪至1世纪,中国出现了很多旅行家,出版了很多地理著作,如司马迁的《史记》、班彪和班固父子的《前得书》,特别描述了关于中国北部和西北部的沙漠及著名河源等地理情况。公元6世纪的另一伟大著作就是张骞等人的《水经注》,书中详载黄河、长江、西江沿河的地形和气候特点,以及对修筑运河、堤坝等工程项目的条件描述。

公元8世纪至11世纪,中国古代学者颜真卿(708年—784年)、沈括(1024年—1093年)等在地貌学理论上已有了正确的概念。例如,颜真卿在其《麻姑山仙坛记》中,提到“东海三次变为桑田”,示意地形的变迁与地壳运动的关联;在《颜鲁公摩崖记》中,叙述其在任四川蓬州太守时,发现苍溪之北的白鹤山,不与众山相连,而孤立突出,提出为嘉陵江之古道。可见他当时已有河流侵蚀、水道变迁的观念。北宋沈括也是我国杰出的自然科学家,在其所著的《梦溪笔谈》中,描述了黄土地形,以及水力侵蚀和水力堆积地形的现象及成因,并在书中解释了海陆分布的概念。不仅如此,在他们之前的《诗经》中,战国时代的《孙子兵法》中,以及庄子的著作中,都有不少地貌学的见解。说明古代的中国在科学思想上本来并不是落后的,甚至由于文化的古老而曾走在其他国家的前面。

地貌学的概念在国外发端于文艺复兴之前,在文艺复兴时代才有了发展。伽利略(1564年—1642年)发表的著名文章《河流侵蚀基准面的概念》,在水利工程方面做出了很多地形剖面。中国明代末,伟大的旅行家徐霞客在其游记中对于山脉水系的描述很多,不少地方阐明了山、水之间的联系及发展规律。另外,中国各地方的地方志中,也记载着很多关于地形方面的情况,是中国各地区自然地理方面的宝贵资料。

地貌学的发展到文艺复兴以前还没有一个完整的思想体系,仅仅是人们在生活实践中的一些零散记载和片断概念,没经任何系统的概括和综合。地貌学真正作为地质学与地理学之间的科学的出现和发展,还是在18世纪罗蒙诺索夫(М. В. Ломоносова)的时代里。罗蒙诺索夫(1711年—1765年)是俄国也是世界地貌学的创始人,18世纪中叶在他所著的《冶金学》第一编后面补充的第二节“关于地层”里,便提到了关于地形起伏的形成和变化的重要理论。他的理论可总结为下列四点:

(1) 山岳和平原的形成是内力和外力相互作用的结果,而在地形形成当中以内力因素为主要因素。

(2) 内外力的相互作用的统一结果不仅仅能解释大的地形类型成因,同时也可以应用在解释小地形的成因上。

(3) 地球表面处于不断的变化中,因此应该在地表地形的发展变化中去认识它们。

(4) 更重要的一点是,地形是在寻找埋藏地下深处的矿床当中被人们认识的,因此它今后的发展也不能脱离找矿的任务,而必须为找矿服务。

由上述可见,从俄国罗蒙诺索夫时代开始,地貌学就从地质与地理两门科学之中正确地发展起来,并正确地以地质学作为其发展的牢固基础,同时以“进化演变的观点”贯穿于全部地貌学的地形发育过程中。

地球岩石圈又叫构造圈,地球的内力作用使岩石圈发生变形和岩浆活动,结果使地球表面起伏不平,形成明显的地势差。外动力地质作用使地球表面削高填低。河流的中上游区域以侵蚀为主,塑造千姿百态的侵蚀地形;下游区域以堆积为主,形成各种堆积地形。

20 世纪对海洋的深入研究表明:海洋底部地形同样丰富多彩,既有绵延数万千米的洋中脊系,又有延伸数百千米、高达数千米的岛链和深达数千米到万余米的沟系。这些复杂多样的地表形态的特征、成因及其演化规律是地球科学研究的范畴,并逐渐成为地球科学的一个重要分支。

总之,地表形态是多种多样的,成因也不尽相同,但都是地质内外动力对地壳综合作用的结果。内动力地质作用造成了地表的起伏,控制了海陆分布的轮廓及山地、高原、盆地和平原的地域配置,决定了地貌的构造格架。而外动力(流水、风力、太阳辐射、大气和生物的生长与活动)地质作用,通过多种方式,对地壳表层物质不断进行风化、剥蚀、搬运和堆积,从而形成了现代地面的各种形态。简言之,内动力确定了地貌的基本结构,外动力则在这个基础上不断对它们进行雕塑。

地貌是自然地理环境中的一项基本要素。它与气候、水文、土壤、植被等有着密切的联系。地貌与岩石性质和地质构造的关系尤为密切。当地壳大幅度的上升时,会引起河流急剧下切,导致形成高山深谷的地貌形态。而地表形态的变化又导致山地的气候、植被的垂直变化,结果形成各类地貌在地域上的组合和垂向上的分异。

研究地球表面各种地形形态、结构及其发生、发展的科学,叫做地貌学(Geomorphology)。

19 世纪前,地貌学主要局限于地貌形态的描述;19 世纪后,逐渐重视地貌学的成因及区域地貌学的特征。区域地貌的演化,逐渐形成众多的分支。例如,成因地貌学(Genetic geomorphology)、岩石地貌学(Lithologic geomorphology)、构造地貌学(Structural geomorphology)、气候地貌学(Climatic geomorphology)、冰川地貌学(Glacial geomorphology)、区域地貌学(Regional geomorphology)和工程地貌学(engineering geomorphology)等等。

0.2 第四纪地质学及地貌学的研究内容、方法

第四纪距今尽管只有两三百万年的演化历史,但地质环境却经历了多次重大变化。这些变化以各种形式记录下来,要重塑第四纪演化历史,必须对它们进行详细研究。具体来讲,第四纪地质学研究内容包括第四纪地层、生物界、古气候、海平面变化和新构造运动等。

地貌学的研究内容:地球表面各种形态特征;形成地貌的内外动力作用;地貌随时间的演化规律;地貌的内部结构及地貌的空间分布规律。

第四纪地质学的研究方法包括野外剖面描述、测绘和室内研究,如遥感分析和堆积物分析。野外剖面描述包括颜色、厚度、分层、结构、粒度、成因等。室内分析,如粒度分析、成分、矿物、测年、考古和微观分析等。

地貌学的基本研究方法包括野外研究和室内研究两个方面。

0.2.1 野外研究方法

野外研究方法:形态研究包括形态的特征、组合、分布和测量;组成物质研究包括物

质的颜色和形态特征（如球度、磨圆度等）；形成条件研究包括新构造运动状况、地质与构造特征，各种外力特征；地貌过程的观测；地貌成因分析等。

0.2.2 室内研究方法

室内研究方法包括：地形图分析，遥感分析，沉积物分析（粒度分析、矿物分析、扫描电镜分析、化学分析），模拟分析，年代分析等。

0.3 地貌学及第四纪地质学的研究意义

第四纪距今只不过两三百万年的时间，但在这短短的时间里地球上发生了一系列重要事件。例如，人类的出现与发展，冰期的出现以及全球气候的冷暖交替，频繁而强烈的地壳运动，海平面大幅度的升降变化等。第四纪地质环境的上述变化直接或间接地影响人类的发展与演化，因此第四纪与人类的关系最为密切。第四纪地质学自 19 世纪从地质学中分离出来，逐渐成为一门独立的学科。该分支主要解决两个方面的问题：其一，由于第四纪地层分布广、厚度变化大、相变大、松散、成分复杂、化石贫乏，生成环境复杂，因此确定第四纪标准层和拟定第四纪的地质年代表是研究第四纪的基础。其二，恢复第四纪古地理并阐明地壳运动的历史，地形与气候的演变及生物界的发展历史。

地貌学及第四纪地质学均是研究第四纪（地史中最新、延续时间最短的一个纪）的，它之所以成为一门独立的学科，概括起来有以下几方面的原因：

（1）第四纪与以前其他地质时期相比，最大的特点是人类及大规模冰川的出现与消失；第二是第四纪堆积物覆盖于地表，并且大部分是松散的，与人类的生存与发展关系密切；第三是第四纪生物群与现代生物群关系密切。

（2）与第四纪地质现象相适应，有一些不同于前第四纪地质历史的研究方法。例如，冰期与间冰期的划分，地貌学、考古学和古人类学的研究方法等。

（3）第四纪地质现象与人类的关系特别密切，如地质灾害的研究与防治是人类不可回避的问题，因而具有特殊的重要意义。

（4）第四纪地质现象保留完整，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，具有特殊的理论和方法学的意义。

（5）第四纪地层中蕴藏着丰富的矿产，如沙金矿、钴镍铬砂矿、锡钨砂矿、金刚石砂矿等。中国盐湖中锂和硼的蕴藏量居世界首位。

（6）在进行工程地质勘察时，不同类型的地形形态和第四纪堆积物在空间上的分布资料非常重要。例如，在山区道路工程设计中，铁路和公路通常是顺河修建，就是利用了河谷纵比降小的特点。又如，水库坝址和库区的选择，首先要考虑河谷的形态和第四纪堆积物的分布，坝区宜选在峡谷和第四纪堆积物较少的地段，库区则宜坐落在宽谷地段。

（7）大量地下水赋存于第四纪松散沉积物之中，许多大型工程（如水坝、水库、渠道、港湾、工厂和城镇）都建立在第四纪沉积物和一定地貌形态之上（如河流阶地、洪积扇、盆地和峡谷等）。因此，第四纪沉积物的年代分布、岩性、厚度和成因对地下水的形

成、分布、埋藏、水质、水量和运动规律有直接影响,与土层的工程力学性质也有很大关系。各种交通路线和管理工程要求避开不利因素(如山崩、地滑、泥石流和沼泽等),而某些地貌、第四纪对象(如溶洞、暗河、掩埋河谷、砂砾层等)则可作为提供地下贮水空间的有利场所。

(8) 其他方面:农业、环境保护、地震研究、测量、军事、航片和卫片解释等等都需要一定地貌学及第四纪地质学知识。

(9) 人类的经济活动,在各种范围内都与地形及第四纪堆积物有关,利用地貌第四纪的资料能够多、快、好、省地进行地质测绘和找矿以及各种工程建设工作。

0.4 第四纪地质学与地貌学之间的关系

任何一种外动力地质作用,在塑造地貌形态的同时,也形成第四纪堆积物。因此,在研究地貌时,必须要研究有关的第四纪堆积物。地貌学、第四纪地质学常从不同的角度去研究同一对象,或研究同一作用的两个方面。在许多情况下,它们的研究成果互相补充、互相验证。此外,只有通过深入研究第四纪历史,才能阐明地貌形成发展历史的一些重大问题。例如,在研究第四纪堆积物的成因类型时,只有重视地貌条件的分析才能获得准确的结论;同时期地层的分布往往与地貌条件是分不开的,地层的出露通常在地形上的一定部位,如果一个地区的标准地层已经确定,运用地貌方法可以进行地层的横向对比;根据第四纪地层恢复古地理时,如果缺乏地貌学的观点是很难建立的,对于冰期中冰川范围的恢复更是如此;新构造运动的研究取决于地貌的研究成果,特别是构造运动的幅度和速率的确定。同样,离开了对第四纪历史的研究,地貌学的研究也很难深入,更无法获得显著的进展。

因此,多年的研究表明,结合地貌学来研究第四纪地质学能取得很好的效果。

0.5 地貌学及第四纪地质学的研究进展

0.5.1 地貌学研究

20 世纪 50 年代以来,国外地貌学的发展特点是地貌学与数学、力学、物理学、化学、环境学、计算机科学等结合愈来愈多,使研究内容更加扩大和深入,逐步向定量预测地貌的方向发展。另外,由于板块构造理论的建立,海底地貌和构造地貌研究有突飞猛进的进展。生产建设的需要推动着地貌学的发展,20 世纪 60 年代以来的石油勘探和道路建设带动了地貌学的繁荣,20 世纪 80 年代和 90 年代相继出版的 1:100 万地貌图是在地貌研究取得一系列成果的基础上完成的。近年来,3S 技术和地貌测年技术的应用,大大地提高了地貌学的研究效率和质量,使研究内容在宏观和微观两方面均有重大进展。

新中国成立后,特别是 20 世纪 80 年代以来,由于我国建设的需要,地貌学研究也得

到了较大的发展,在研究地貌过程、地貌发育规律和运用新技术方面都取得了很大进展。例如,系统地研究了黄河下游游荡河流的成因、多沙河流的河床演变特点和长江三峡的河流地貌等,为水利建设提供了许多重要的资料;活动构造地貌的研究,为地震预测和地震烈度提供了科学依据;在海港整治和海港选址方面,对海岸地貌的深入研究,为我国海港建设作出了一定贡献。此外,配合青藏高原隆升机制的研究,成因地貌学的研究近年来也有了长足的进展。水电开发促使了一些江河河段的地貌得到了深入而系统的研究,如金沙江溪洛渡地区河谷发育史研究,专项研究中众多的测年数据为将来大区域性地貌演化的深入分析奠定了基础。

随着社会的需要,地貌学正在与环境科学紧密结合,为人类保护自然环境服务,如近年来特别重视过度放牧或不合理耕种所引起的地表侵蚀、荒漠化及石漠化等问题。

0.5.2 第四纪地质学研究

由于第四纪地质学与现代人类活动关系非常密切,所以对它的研究也越来越受到人们的重视。

首先是在第四纪地层学研究方面,由于岩石地层学和生物地层学的地层剖面与钻孔资料的增多,以及沉积岩石学、测试技术和大地构造理论的发展,使人们对岩石地层学和生物地层学的认识更加全面、细致、客观,特别是对一些第四纪堆积物的成因有了全新的认识,为第四纪地层学的深入研究注入了活力。例如,通过黄土的颗粒成分、矿物成分、地球化学特征与结构、古地磁研究,对中国黄土成因的认识逐步趋于一致;通过黄土古土壤的研究,认为黄土至少记录了黄土堆积时期所经过的13个气候旋回。

第四纪测年学的发展日新月异。20世纪70年代开创的加速器质谱计 ^{14}C 测年技术到80年代已趋成熟并日益得到广泛应用,同时80年代中期又出现了样品经过超纯处理的热离子质谱计铀系测年技术和光释光(OSL),以及 ^{10}Be 、 ^{26}Al 、 ^{36}Cl 、 ^4He 等测年新方法。此外,对已有的广泛应用的测年技术进行了改造,提高了它们的测年可靠性和扩展了它们的应用范围。例如,探索采用单色热释光信号(紫外TL、紫色TL)来测年,以减小测年值的不确定性。类似的探索在电子自旋共振(ESR)、裂变径迹(FT)和常规铀系测年方法上也都在进行。与此同时,建立和提供了不同尺度的全球性或区域性第四纪地层或气候事件年代表,如深海氧同位素地层年代表。

第四纪海洋地质学的研究揭示第四纪海岸线经历了多次大的波动,这与深海氧同位素的研究结果和第四纪冰川的消长呈很好的对应关系。

第四纪生物学的研究在无脊椎动物和脊椎动物方面都有较大的进展,更多的属种被发现,生物区系划分更细。古人类的研究更是硕果累累,发现点不断增多,出现的时代逐渐向前推进。

古气候学研究方面,随着新技术的应用以及地学各学科领域的发展,第四纪古气候中的一些重大问题如冰期成因、洋面变化、气候地层学等均有新的进展。其中,海洋微体古生物研究在确定古生物方面作出了重大贡献,通过对深海有孔虫介壳中氧同位素比值的研究,得到了迄今为止最为完整的全球性气候变化顺序记录,据此可以推算出海平面的变化幅度,为海平面变化的研究提供了新的信息。第四纪古气候的研究是当今全球变化研究的重要组成部分,引起了人们的极大关注。

1 第四纪地层划分

1.1 第四纪地层划分方法和下限问题

1.1.1 第四纪地层划分方法

1.1.1.1 岩石地层学方法

岩石地层学方法是根据第四纪地层的岩石学特征来划分地层的，是一种直观、实用的方法。与古生代地层不同，第四纪陆相地层所占比重较大，且这些陆相沉积物的特点是松散的，而且在岩相和厚度方面变化都很大，这就决定了这种方法在使用上的局限性，即只能在一定的区域范围内进行对比，如中国北方的离石黄土仅分布于秦岭以北的黄土分布区。

另外，较老的第四纪沉积物常呈固结或半固结状态，可以与新的沉积物相区别。

1.1.1.2 生物地层学方法

第四纪生物群的一个显著特点是含有现代生物属种，尽管有许多第四纪生物属种发生了明显的演化，但由于第四纪时限短，通常是根据生物共生组合如大熊猫—剑齿象动物群来划分第四纪地层的。

1.1.1.3 年代地层学方法

用岩石地层学及生物地层学方法来划分地层严格地讲均是区域性的，要建立洲际性的对比必须运用年代地层学方法。年代地层单位是指在一定地质时间内形成的所有地层。由于它不涉及具体的岩性，有利于洲际间的地层对比。这种资料依赖于测年资料，测年的精度直接影响到对比的精度。近年来，国际上测年技术有了长足的发展（见附录2），使测年的精度和可靠性有了较大的提高。但到目前为止，测年精度远没有达到完善的地步，还有待于进一步提高。

1.1.1.4 构造与地貌学方法

第四纪时期，地壳运动进入了一个新的阶段，即新构造运动时期，其运动的特点以大面积的升降、拱曲、翘起等为主，并能在局部地区产生褶曲和断裂，新构造运动具有节奏性的特征，所以可以作为第四纪地层划分的一种标志。

在构造沉降地区，可以根据沉积旋回进行地层划分；在构造上升地区，则可以依赖不整合的接触关系和侵蚀面来划分地层。第四纪的较老沉积物可能经受局部的构造变动而产生褶皱和断裂，可以与后期的沉积相区别，但要注意区别构造变动和非构造变动。

地貌的形成与新构造运动有密切的关系，而新构造运动的节奏性往往可以形成多层层