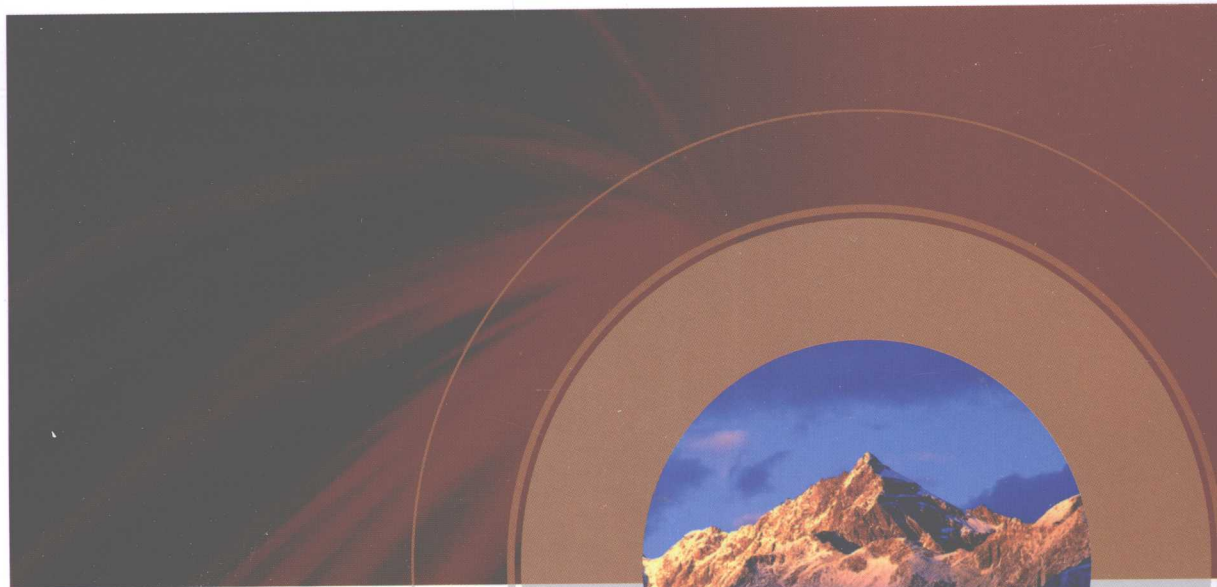




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

DISIJI DIZHIXUE YU DIMAOXUE

第四纪地质学与地貌学



● 主编 田明中 程捷

地质出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
中国地质大学（北京）重点建设教材

第四纪地质学与地貌学

田明中 程捷 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。该教材的体系突出了动力-地貌-沉积物-环境之间的内在联系,较系统地介绍了第四纪地质学和地貌学的主体内容和研究方法;重点论述了各种动力作用形成的地貌类型和特征、沉积物特征;较全面地阐述了第四纪气候特征、海平面波动过程、生物界的演化、中国第四纪地层、第四纪年代测定方法及新构造运动。该书重视理论知识的实际应用,新增了应用第四纪地质一章,并尽可能地体现了第四纪地质和地貌研究的最新成果。

本书可作为高等院校的地质学、水文资源学、自然地理学及相关专业的教材,亦可供环境科学、土壤学、水利工程、农林等专业教学使用,还可供从事区域地质调查、第四纪地质和地貌研究、地质灾害调查、测量、水利工程、环境工程等相关的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

第四纪地质学与地貌学 / 田明中, 程捷主编. —北京: 地质出版社, 2009. 8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-116-06151-4

I. 第… II. ①田…②程… III. ①第四纪地质-高等学校-教材②地貌学-高等学校-教材 IV. P534.63 P931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 109147 号

责任编辑: 王璞 李凯明

责任校对: 关风云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324514 (总编室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82324340

印 刷: 北京地质印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 20

字 数: 570 千字

印 数: 1—3000 册

版 次: 2009 年 8 月北京第 1 版·第 1 次印刷

审 图 号: GS (2009) 446 号

定 价: 28.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-06151-4

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

第四纪地质学与地貌学一直是地质学及相关学科的一门重要的专业课或专业基础课。该课程包括第四纪地质学和地貌学，而这两门课又分别属于地质学和地理学两个不同学科，虽然它们研究的侧重点不同，但其间有着非常密切的联系，分别从不同的角度和侧面研究地球表面的特征及其演化。为了使学生全面了解地球表层系统的特征，掌握其研究内容和工作方法，因此把第四纪地质学与地貌学结合起来作为一个体系，将内容融合起来是非常必要的。在1981年，杜恒俭、陈华慧和曹伯勋教授主编完成了我国恢复高考后的第一部《地貌学与第四纪地质学》教材，并在20世纪80~90年代在我国高校中得到广泛使用。后来，曹伯勋教授在此基础上修改出版了《地貌学与第四纪地质学》新版本。1994年，谢宇平教授主编了《第四纪地质学与地貌学》。这些教材为这次新版教材的编写奠定了很好的基础。

第四纪地质学以讲授发生在第四纪时期的各种地质事件、演变特征及动力机制为主要内容，而地貌学则以讲授地球表面的形貌特征、形成动力及其演变规律为主要内容。这些研究内容既是地质学的基础理论，又与人们关注的地球表层生态环境问题息息相关，如生态环境恶化、灾害事件、表层资源、人体健康等方面问题的解决都涉及第四纪地质学和地貌学的相关内容。尤其是近几十年来，人口迅速增加，人类活动日益加强，生态环境不断恶化，资源严重短缺，这就更需要人类合理地利用资源，减少和避免自然灾害对人类的危害，改善人类生存环境，提高人们的健康水平，对未来的环境演变做出科学预测。在这些方面，第四纪地质学与地貌学将起到其他学科无法替代的作用。

科学技术的发展，研究手段的不断改进，新技术和新方法的不断涌现，研究空间的不断扩大，使近几十年来第四纪地质和地貌研究发展迅

猛，已取得了一批高水平的研究成果，如冰心的研究、黄土的研究、气候事件及动力机制的研究、热盐环流的研究、青藏高原的研究、全球变化及其区域响应研究等等。这些研究成果不仅在理论方面有重要创新，而且使我们对第四纪历史以及地表形貌演变的认识更为全面，对地球表层系统及其各子系统之间的关系认识更为深刻。这些进展都需要充实到《第四纪地质学与地貌学》教材中来，使学生对本学科的新进展能及时地了解。为此，2003年中国地质大学（北京）提出了要重点建设10本地质类教材的计划，《第四纪地质学与地貌学》就是其中的一本。我们接到教材编写任务后，积极组织教材编写小组，拟定编写提纲，广泛听取对编写新版《第四纪地质学与地貌学》的意见，进行了多次讨论和修改，最终完成了本书的编写。新版教材于2006年申报普通高等教育“十一五”国家级规划教材，并获得批准。

本教材由田明中和程捷任主编，具体编写分工如下：第一章由田明中和程捷编写；第二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二章由程捷编写；第十三章由张绪教和王同文编写；第十四章由张绪教、孙洪艳和程捷编写；第十五章由田明中和刘复刚编写。最后，由田明中和程捷统稿、修改完成。由于编者水平有限，错漏在所难免，恳请读者不吝指教。

中国地质大学（北京）陈华慧教授和北京大学夏正楷教授对本教材书稿进行了仔细的审阅，并提出了非常宝贵和建设性的修改意见；中国科学院古脊椎动物与古人类研究所郑绍华研究员帮助修改了第九章的哺乳动物群部分，在此对他们深表谢意。在教材的编写过程中，得到了中国地质大学（北京）校领导以及教务处、地球科学与资源学院领导的指导和支持。武法东教授提供了一些章节的编写素材，中国地质大学（北京）第四纪教研室的部分老师和研究生也做了大量的工作，答立宏、续晓璟、王同文、单伟、于海洋、韩非等为教材付出了许多辛勤的劳动。在此，对曾向本教材给予关注、支持的所有领导和同志表示衷心的感谢！

主 编

2008年10月20日于北京

目 次

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 第四纪地质学和地貌学的概念	(1)
第二节 第四纪地质学和地貌学的研究对象、任务和内容	(2)
第三节 第四纪地质学与地貌学的研究意义	(4)
第四节 第四纪地质学与地貌学的研究方法	(5)
一、第四纪地质与地貌调查的工作程序	(5)
二、第四纪地质和地貌的调查方法	(5)
三、空间技术在第四纪地质与地貌调查中的应用	(6)
第五节 第四纪地质学和地貌学的发展简史	(7)
一、第四纪地质学与地貌学的启蒙和创立阶段	(7)
二、第四纪地质学与地貌学的发展阶段	(8)
三、中国第四纪地质学与地貌学的研究进展	(9)
第二章 第四纪地质学与地貌学的基本问题	(12)
第一节 第四纪地质学的基本问题	(12)
一、第四纪下限与第四纪分期	(12)
二、气候旋回	(16)
三、第四纪沉积物	(19)
第二节 地貌学的基本问题	(31)
一、地貌形态	(31)
二、地貌成因	(34)
三、地貌年代的确定	(37)
四、地貌演化的理论	(38)
第三节 中国第四纪地质与地貌的基本特征	(39)
一、中国第四纪地质的基本特征	(39)
二、中国地貌的基本特征	(41)
第三章 风化壳、斜坡重力地貌及其堆积物	(42)
第一节 风化作用与风化壳	(42)
一、风化作用	(42)
二、风化壳	(43)
第二节 斜坡重力地貌及其堆积物	(45)
一、斜坡的分类	(45)
二、斜坡重力作用	(45)
三、重力地貌及其堆积物	(47)
第四章 陆地流水地貌及沉积物	(54)
第一节 地面流水地貌及沉积物	(54)
一、片流地貌及沉积物	(54)
二、洪流地貌及沉积物	(56)
三、河流地貌及沉积物	(60)

四、丹霞地貌	(80)
第二节 湖泊与沼泽地貌及沉积物	(82)
一、湖泊与沼泽	(82)
二、湖岸地貌	(82)
三、湖泊沉积物	(83)
四、沼泽堆积物	(87)
第五章 岩溶地貌及岩溶堆积物	(89)
第一节 地下水及岩溶作用	(89)
一、地下水	(89)
二、岩溶作用	(89)
第二节 岩溶地貌及堆积物	(90)
一、溶蚀地貌	(90)
二、堆积地貌	(93)
三、岩溶堆积物	(94)
第三节 岩溶的研究	(96)
一、溶蚀作用的影响因素	(96)
二、岩溶发育阶段及旋回	(99)
三、岩溶研究的实际意义	(101)
第六章 冰川和冻土地貌及堆积物	(103)
第一节 冰川地貌及堆积物	(103)
一、冰川的形成、运动及类型	(103)
二、冰川剥蚀地貌	(106)
三、冰川堆积物及堆积地貌	(109)
四、冰水沉积物及冰水堆积地貌	(114)
第二节 冻土地貌及堆积物	(116)
一、冻土的一般特征	(117)
二、冻土地貌及堆积物	(119)
第七章 风力地貌及堆积物	(124)
第一节 风力作用	(124)
第二节 风蚀地貌	(126)
第三节 风积地貌及风成砂	(127)
第四节 干旱区荒漠	(132)
第五节 黄土及黄土地貌	(134)
一、黄土的概念、分布及厚度	(134)
二、黄土的岩性特征	(136)
三、黄土的成因	(139)
四、黄土地貌	(140)
第八章 海岸海底地貌、海洋沉积物及海平面波动	(143)
第一节 海岸地貌及堆积物	(143)
一、海洋环境分带及海岸类型	(143)
二、海岸地貌及堆积物	(145)
三、海岸的演化	(150)
第二节 海底地貌及沉积物	(151)
一、浅海海底地貌及沉积物	(151)

二、半深海海底地貌及沉积物	(153)
三、深海海底地貌及沉积物	(153)
第三节 第四纪海平面波动	(154)
一、海平面及其波动的标志	(154)
二、第四纪海平面波动历史	(157)
三、海平面波动的原因	(161)
第九章 第四纪生物界	(164)
第一节 第四纪生物界的一般特征	(164)
一、现代生物的分布特征	(164)
二、第四纪生物界的组成	(166)
第二节 第四纪植物	(167)
一、现代植物分布特征	(167)
二、古近纪和新近纪植物界的一般特征	(168)
三、第四纪植物群	(168)
第三节 第四纪哺乳动物	(173)
一、哺乳动物的一般特征	(173)
二、第四纪哺乳动物群	(177)
三、中国第四纪哺乳动物群的演化	(182)
第四节 古人类及其文化	(185)
一、人类的起源、演化及迁徙	(185)
二、古人类文化	(188)
第五节 中国第四纪生物地理及生态环境演化	(192)
第十章 第四纪地层	(194)
第一节 第四纪地层划分对比的原则与方法	(194)
一、第四纪地层划分对比的原则	(194)
二、第四纪地层划分对比方法	(194)
第二节 中国第四纪地层	(199)
一、中国第四纪地层基本特征与分区	(200)
二、华北-东北区第四纪地层	(200)
三、西北区第四纪地层	(207)
四、华东-华南区第四纪地层	(207)
五、西南区第四纪地层	(210)
六、青藏高原区第四纪地层	(213)
七、东部海区第四纪地层	(214)
第十一章 第四纪气候变迁及其动力机制	(215)
第一节 第四纪气候波动的标志	(215)
一、生物学标志	(215)
二、岩石学标志	(218)
三、地貌学标志	(218)
四、地球化学标志	(219)
五、同位素地球化学标志	(220)
六、矿物学标志	(222)
七、土壤学标志	(224)
八、磁化率标志	(224)

九、其他标志	(224)
第二节 第四纪气候波动特征	(224)
一、新生代的气候特点	(224)
二、早更新世气候特点	(227)
三、中更新世气候特点	(228)
四、晚更新世气候特点	(230)
五、全新世气候特点	(233)
第三节 第四纪冰川发育史	(236)
一、北半球大陆冰流的活动	(236)
二、欧洲地区冰期与间冰期旋回	(238)
三、北美地区冰期与间冰期旋回	(239)
四、中国冰期与间冰期旋回	(239)
第四节 中国第四纪季风	(239)
一、中国现代季风特征	(240)
二、中国第四纪季风演化	(240)
第五节 第四纪气候波动的动力因素	(243)
一、天文因素	(243)
二、地球自身因素	(246)
三、人为因素	(248)
第六节 第四纪气候波动周期	(249)
一、气候波动周期	(249)
二、未来气候变化趋势	(251)
第十二章 火山地貌及堆积物	(253)
第一节 火山与火山作用	(253)
一、基本概念	(253)
二、火山分布	(254)
三、火山结构	(254)
第二节 火山地貌及堆积物	(255)
一、火山喷出物	(255)
二、火山锥地貌及堆积物	(257)
三、熔岩流地貌及堆积物	(258)
第十三章 新构造运动与新构造	(261)
第一节 新构造运动与活动构造的概念	(261)
一、新构造运动与新构造	(261)
二、活动构造	(262)
第二节 新构造的类型	(262)
一、隆起构造	(262)
二、拗陷构造	(263)
三、断块构造	(263)
四、挤压褶皱和断裂构造	(264)
五、活动断层	(264)
第三节 新构造运动的标志	(266)
一、地质构造标志	(266)
二、地貌标志	(266)

三、沉积物标志	(267)
四、地震标志	(268)
五、火山标志	(269)
六、水文标志	(270)
七、大地测量与地球物理异常标志	(271)
第四节 中国新构造运动特征	(272)
一、中国新构造运动分区	(272)
二、中国新构造运动分期	(275)
第五节 新构造运动的研究方法	(277)
一、定量法	(277)
二、地质学法	(278)
三、地貌学法	(278)
四、历史考古法	(280)
五、遥感解释法	(280)
第十四章 第四纪年代学	(282)
第一节 物理年代学	(282)
一、古地磁法	(282)
二、热释光和光释光	(284)
三、电子自旋共振	(285)
四、裂变径迹法	(286)
第二节 放射性同位素年代法	(287)
一、宇宙成因同位素法	(287)
二、非宇宙成因同位素法	(289)
三、人工核放射性沉降法	(292)
第三节 其他测年方法	(292)
一、年轮年代学	(292)
二、纹泥年代学	(294)
三、氟法	(295)
四、火山灰年代学	(295)
第四节 第四纪年代学方法的应用与评价	(295)
一、第四纪年代学方法应用的选择	(295)
二、年代学方法的应用评价	(295)
第十五章 应用第四纪地质	(297)
第一节 应用第四纪地质的基本概念及研究内容	(297)
一、应用第四纪地质的概念	(297)
二、应用第四纪地质研究的主要内容	(297)
第二节 工程建设与第四纪地质	(298)
第三节 农业与第四纪地质	(300)
第四节 人体健康与第四纪地质	(303)
第五节 第四纪矿产与第四纪地质	(304)
第六节 地貌景观与旅游地质	(305)
主要参考文献	(308)

第一章 绪 论

提要 第四纪地质学与地貌学的概念、相互关系、研究范畴及研究意义。第四纪名称的由来，第四纪地质学与地貌学的发展历程。中国在黄土、青藏高原、冰心、两大河流、古人类等方面研究的进展。

第一节 第四纪地质学和地貌学的概念

1. 第四纪地质学的概念

第四纪 (Quaternary) 是地球发展历史中最新的一个纪, 延续的时间比较短暂, 按现今多数从事第四纪地质学研究者的观点, 是指距今 2.60Ma 以来的历史。如果把地球的历史缩短为 365 天的话, 那么第四纪即开始于除夕之夜的 19 点 (图 1-1)。在地球演化的历史上, 第四纪虽然时间短暂, 但与人类的关系却非常密切。在这个时期, 人类得到快速进化, 成为地球上迄今最为高等和最为智慧的动物, 而且还发生了很多重要的地质事件, 如气候变迁、海平面波动、植被更替、火山喷发、青藏高原快速隆升等, 这些事件都对我们赖以生存的环境和资源产生了重大的影响。第四纪这一名称曾在 2004 年出版的国际地层表中被取消了, 但在 2008 年新出版的国际地层表中又恢复其名称, 还是把它作为新生代中一个纪来处理。

第四纪地质学 (Quaternary geology) 是研究在第四纪时期发生在地球表层的各种地质事件及其动力机制的一门学科。第四纪是地球历史中一个环境很不稳定的时期, 地球表层的环境发生过巨大的变化, 有些地区的面貌与现今大相径庭, 如中国东部的渤海、黄海、东海等在第四纪的某些时期完全出露海面, 是一片陆地景观, 而有些时期, 海岸线可深入到北京, 上海是一片汪洋; 在某些时期, 华北和西北地区为亚热带气候, 曾有象群的分布, 而有些时期, 气候却非常的寒冷, 在中国的东部山地可能有冰川发育, 北美的大部地区被厚厚的冰川所覆盖, 北欧也是一片冰原景观。第四纪地质学就要研究这些地质事件发生的背景、演变过程、驱动机制等, 弄清这些地质事件发生的规律, 以便预测地球表层未来可能发生的地质事件和环境变迁。

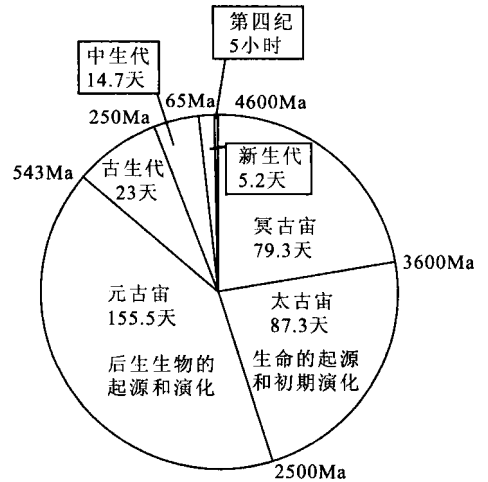


图 1-1 地球历史的划分 (按 365 天计算)

2. 地貌学的概念

地貌学 (Geomorphology) 是研究固体地球表面的形态特征、成因、演化和分布规律的一门学科。固体地球表面的形貌千姿百态, 成因也各不相同。有海拔 8844.43m 高的珠穆朗玛峰, 也有位于海平面以下 -11034m 深的马里纳亚海沟; 在陆地上, 有高低起伏的崇山峻岭, 也有一望无际的大平原; 在海底, 有绵延 70000 多千米的巨大山脉 (大洋中脊), 也有呈孤立状的海山; 在中国, 有沟壑纵横的黄土高原, 也有一马平川的华北平原。所以固体地球的表面是一幅由各种地貌镶嵌而成的美丽“画卷”, 同时也记录了固体地球表面的演变过程。地貌学不仅要研究这些地貌的形态特征和变化, 而且还要研究各种地貌的分布规律和演变过程, 研究地貌的形成和演变与各种动力的关系, 以及地貌的未来发展。

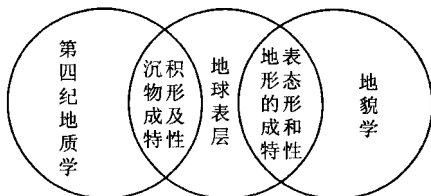


图 1-2 第四纪地质学与地貌学的关系

按照现今的学科分类, 第四纪地质学属于地质学的范畴, 为地质学下属的一个二级学科; 而地貌学属于地

理学的范畴，作为自然地理学的一个分支。尽管如此，第四纪地质学与地貌学关系密切，它们是从两个不同的角度研究地球表层的性质（图1-2）。任何一种外力地质作用，在塑造地貌的同时，也形成第四纪堆积物。第四纪地质学主要是从沉积物的角度研究地球表层的特性，如沉积物的形成和特点、构造运动、气候变迁、环境记录等，而地貌学是从地形地貌的角度研究地球表层的特性，如地形的高低、起伏、分布、演化等。在实际工作中，研究地貌的同时，也必须研究相关的第四纪沉积物，它们的研究成果互为补充，互为验证。

第二节 第四纪地质学和地貌学的研究对象、任务和内容

1. 研究对象

第四纪地质学的研究对象主要是第四纪的沉积物，这也是地球表层最为常见和分布广泛的地质体之一。第四纪沉积物是记录发生在第四纪时期各种地质事件的良好载体，是第四纪地质研究的天然“实验室”，含有丰富的地质信息。如果我们采用各种手段，如野外观察、室内化学分析、化石分析、矿物分析等，是可以从第四纪沉积物中获得我们所需的各种地质信息的。通过对这些信息处理、分析和研究，就能揭示地球表层在第四纪不同时期的原貌。但是在第四纪时期，地表环境复杂，气候曾发生过剧烈变化，导致了在不同地区和不同时期有着不同的营力作用，因此在地球表层形成了各种成因类型的沉积物。这些沉积物在时间和空间上不仅发生岩性上的变化，而且在厚度、岩相上差异也很大。不仅如此，除极少的沉积物外，绝大多数的第四纪沉积物都是松散未固结的，而且有的尚处在形成之中。可见第四纪地质学的研究对象复杂而多变。

地貌学的研究对象是地表形态，即地形。地形就是地表的高低起伏、坡度、切割程度等方面的特征。地球表面的地貌规模大小悬殊，大到整个球体地球，小到一条冲沟、一个倒石锥等；形态各异，如突兀的角峰，深切的河谷，平坦的平原，奇特的雅丹，神奇的岩溶；其成因复杂，有由河流、冰川、风等外部营力塑造的，也有由构造运动、火山活动等内部营力形成的；地表形态始终处在不断的发展变化之中，随着地表营力的变化，其形态也发生变化，如山脉的高度变化，河谷深度和长度的变化，斜坡的坡度变化，平原的面积变化，等等。因此，地貌学的研究对象也是一个复杂而多变的地质体。

2. 研究任务和研究内容

在工业革命以后，人们不仅对自然资源的需求越来越多，而且还进行了大量的工程建设。在自然资源的寻找和利用以及工程建设过程中，常常会遇到很多的地貌和第四纪地质问题，如开采砂金矿需要研究沉积物的特征，拦河筑坝需要研究河谷形态特征，工程建筑需要研究地貌和第四纪沉积物特征等。人们在解决这些实际问题的过程中，总结出了一些自然规律，如第四纪沉积物分布规律、地貌形成的规律等，并逐步上升到理论，利用这些理论更好地服务于人类。因此，第四纪地质学与地貌学的两个主要任务是：

1) 通过各种研究手段，提取各种信息，重建第四纪时期的地质演化历史，探究演变规律，预测未来变化。在第四纪时期，环境、气候、生物、地貌等都发生过重大的变化，这些变化构成了第四纪时期的地质演化历史。我们不仅要知道在这个时期曾经发生过哪些地质事件，而且要探究它们发生的背景和动力机制，弄清这些地质事件的发生过程和规律，其目的就是为了对地表环境未来变化进行预测，为人类服务。

2) 将理论研究应用于实践，解决实际问题，减灾防灾，改善人们的生活环境。不管是过去，还是现今，地球表层的自然灾害频繁发生，如干旱、土地沙化、泥石流、滑坡、地震、火山爆发等等，它们对人类生命及生存环境影响重大。通过对这些灾害形成机理的详细研究，可以弄清它们发生的地质背景和规律性，并对它们可能发生的空间、时间、强度进行预报，以减少人们的生命财产损失。人类工程的增多和对自然资源需求的增加，如拦河筑坝、城市建设、地下工程、矿产和地下水开采等，都需要第四纪地质学和地貌学的知识。

根据第四纪地质学与地貌学的研究任务，这门学科不仅要解决一些地质学方面的理论问

题，还要解决人类活动所需的实际问题。因此，第四纪地质学与地貌学的主要研究内容包括以下几个方面：

1) 第四纪沉积物的岩性、成因、分布及工作方法的研究。第四纪沉积物是赋存各种地质事件信息的重要载体，是天然的数据库。我们不仅要研究第四纪沉积物本身的特征，而且还要研究如何从沉积物中获取这些地质信息的方法。通过对第四纪沉积物的研究可甄别出各种地质事件发生的原因、背景和过程。因此，第四纪沉积物的研究是第四纪地质研究的基础。

2) 第四纪气候变迁和海平面波动的研究。第四纪时期的一个非常显著的特征是气候在总体降温的背景下发生剧烈的波动，由此引发冰期（冷期）与间冰期（暖期）、湿润期与干旱期、高海面与低海面之间的频繁波动。第四纪地质学要研究气候波动的空间尺度、时间尺度和变化幅度，及其产生的原因和变化趋势。

3) 第四纪生物界的构成和演化，以及人类及其文化演化的研究。第四纪是一个各种生物非常繁盛的时期，不仅种类繁多，而且还出现了人类。人类的出现是生物圈演化的重大事件，给整个生物圈带来重大的影响。我们需要研究生物圈在第四纪的演化特征、重大的生物演化事件、生物演化与环境的关系、人类及其文化演化的动力因素。

4) 第四纪地层和年代学的研究。第四纪地层研究是第四纪地质学的一个重要内容，如果沉积物没有时间框架，就失去了地质事件研究基础，因此需要确定第四纪地层的年代，并对其进行划分对比，建立起地层层序。为此需研究第四纪测年的方法和原理、各种测年方法的适用范围和取样要求。

5) 地球表层地貌形态特征、成因、分布、演化的研究。固体地球表面的地貌形态复杂，成因各异，而且还处在不断的发展过程中。我们要研究这些地貌的形态特征、规模、形成动力和物质基础、影响因素、分布规律，以及演化过程等，同时还要研究地貌对人类工程以及对地质灾害的影响。

6) 第四纪构造运动的研究。研究第四纪断层的活动性，地震和火山的活动规律，构造运动对地貌、气候、环境的影响。

7) 应用第四纪地质的研究。将第四纪地质学知识应用于解决人们生活和工作中的实际问题是第四纪地质学的重要目的之一，人类工程、人体健康、生态环境、自然灾害、资源开发等或多或少都受到第四纪地质环境的影响，对这些方面的研究可以提高人类生存环境的质量和减少自然灾害。

3. 与其他学科的关系

地球科学研究的对象是地球的各个圈层，即大气圈、水圈、生物圈和固体地球。对每一个圈层的研究都涉及到一门或一门以上的学科，如气象学和气候学研究大气圈，水文学和海洋学研究水圈，生物学和生态学研究生物圈，地质学和地球物理学则研究固体地球。第四纪地质学与地貌学均属于地球科学范畴，它们以研究地球最近一个时代的演化历史为主要目的，重建这个时期的地球表层及其环境演变序列，以及探究岩石圈与其他圈层间的相互作用。因此，第四纪地质学和地貌学与地球科学的多个学科都有密切的关系（图 1-3），是一门多学科相互渗透和交叉的综合学科。

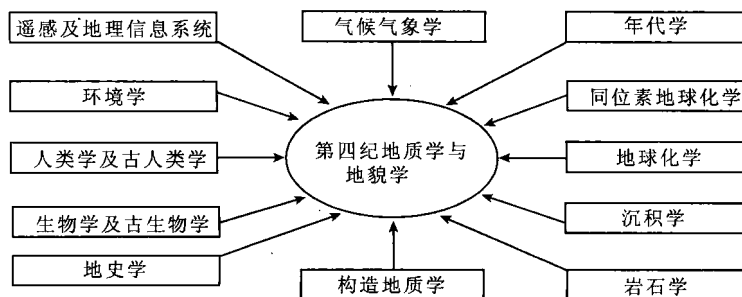


图 1-3 第四纪地质学及地貌学与其他学科的关系

地貌学在很大程度上是研究固体地球表面剥蚀（侵蚀）与堆积的关系，而目前的地表形态大都形成于第四纪。第四纪堆积物正是近期地貌演变的天然记录，而一些堆积地貌形态的形成过程，也是第四纪沉积物的形成过程。因此，地貌学与第四纪地质学有着不可分割的联系。

第四纪地质学与地貌学不仅研究的时空范围一致，研究对象和内容相关，而且研究方法亦有许多相似的地方，如区域调查，沉积物岩性、岩相分析，动力分析，以及地球物理方法、同位素测年、遥感等新技术的应用等，都是两者共同的研究方法。

第三节 第四纪地质学与地貌学的研究意义

第四纪地质学与地貌学的研究，不仅可以丰富地球科学的基础理论，而且在国民经济建设和生态环境保护和治理中发挥着重要作用，因此第四纪地质学与地貌学的研究既有理论意义，也有实际意义。下面重点论述它的实际意义，主要包括以下几个方面。

1. 矿产资源勘查

第四纪沉积物中蕴藏着各种砂矿，如金、金刚石、锡石、钨矿、独居石、金红石、钛铁矿、锆石等砂矿。砂矿的形成不同于原生矿产，由于砂矿的形成和赋存与第四纪沉积物及地貌关系密切，因此在第四纪砂矿的勘查过程中，必须应用第四纪地质学及地貌学的原理来寻找矿床，分析砂矿形成的条件，砂矿层的成因、岩性及分布，砂矿埋藏的古地貌特征，恢复现代水文网的发展和演变，并根据古代埋藏谷地、阶地、岩溶等为勘探砂矿提供可靠依据，弄清砂矿的物源和原生矿床的位置，正确地评价。许多特殊的第四纪沉积物本身就是矿产资源，如泥炭、石膏、岩盐、钾盐、石英砂等。

2. 水文地质

第四纪地质和地貌是水文地质和工程地质的基础资料。随着国家经济建设和工业的发展，以及人们生活水平的提高，工农业用水和生活用水量日益增加，其重要的水源之一是地下水，而大量地下水储存于第四纪堆积物中。第四纪沉积物的岩性、厚度、成因和年代，对地下水的形成、分布、埋藏、水质、水量和运动规律都有直接影响。我国地域辽阔，环境复杂，不同地区存在不同性质的地下水资源的开发和利用问题，如华北平原的埋藏古河道问题，沿海平原地区在海平面升降交替过程对地下水水质的影响，我国西南广大岩溶地区的地下水利用等，都会遇到一系列的地貌与第四纪地质问题。

3. 工程地质勘探

第四纪沉积物是各种工程建筑的基础，如在水坝、水库、渠道、港湾、楼房、工厂和电站等建设中，都需要了解沉积地层的工程力学性质、岩性的三维变化、地基的稳定性、断层的活动性。各种工程的设计和管理，要求避开不利的因素，如滑坡、泥石流、地面塌陷、活动断层等。在大型工程修建之前，需要进行地震危险性研究，如断裂的活动性质、地壳的升降幅度、地震的危害性等，还要进行有关工程稳定性的第四纪地质研究。

4. 环境地质和灾害地质

第四纪以来的火山活动、地震活动和构造运动的研究，对预防自然灾害有重要意义。环境地质、地貌问题的研究对港口、城市规划与建设可以提供重要的基础地质资料。另外，一些地方性疾病与第四纪沉积物的成因、岩性以及地貌位置等密切相关，如碘缺乏症多发生在山区，氟中毒症多出现在干旱的平原区，肝炎和肝癌多分布在地形低洼水流不畅的沼泽和三角洲地带。近年来，人类活动对地质地貌动力的影响，以及对气候变化、海平面升降的影响也日益引起人们的注意。

5. 农业生产

不同地貌类型和第四纪沉积物对热量、光照、水分和土壤性状有着直接影响。地形高低、坡向和坡度、地面物质结构是形成不同农业生产类型的重要因素。农业生产的物质基础是土壤，而不同的气候带形成了不同的土壤类型，不同岩性决定了土壤的物质成分，不同地貌位置

影响了土壤的厚度和含水性。因此，第四纪地质和地貌研究成果，往往可以对农业生产规划的编制、农田水利建设、水土保持等起到重要的指导作用。

第四节 第四纪地质学与地貌学的研究方法

一、第四纪地质与地貌调查的工作程序

第四纪沉积物与前第四纪地层有显著的不同，第四纪沉积物形成的时间短，其厚度通常仅几米到几十米。只有在构造下沉地区，有时厚达百米以至千米以上。第四纪沉积物一般尚未固结成岩，只有温泉沉积、石灰华、化学沉积、热带的海滩沉积等发生固结。第四纪沉积层不论在物质成分、结构和厚度方面，还是在横向和垂向的岩性岩相方面，都是变化复杂的。同样，固体地球表面的地貌类型也是多样的，形成的动力因素也复杂。我们的研究工作就是要弄清地球表层的第四纪地质和地貌的形成、分布和演化规律，要弄清楚影响它们的各种因素。

第四纪地质学与地貌学的研究对象同样是固体地球表面，研究内容大都属于地质学的内容，故其工作方法与地质学的工作方法基本相同，工作程序可分为如下3个阶段（图1-4）。

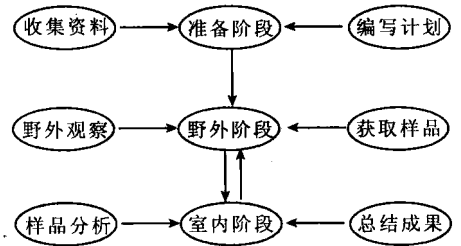


图1-4 工作流程图

1. 准备工作阶段

在野外工作开始之前，必须详细收集前人研究成果和资料，并编写工作计划书。收集资料包括研究区和邻区的地貌、第四纪地质、区域地质、水文地质、工程地质和自然地理等方面的文献、报告和图件，以及有关的航空像片和卫星影像。对这些资料进行分析研究，吸收前人的研究成果，发现存在的问题，明确工作目标和需要解决的关键问题，制定出详细的野外工作计划。野外工作尽量选用大比例尺地形图作为野外详细调查的底图，以保证成果图的精度和质量。

2. 野外调查阶段

野外工作阶段是对地貌和第四纪地质现象进行直接的观察，野外实际资料都要在这个阶段收集完成，同时填制地貌与第四纪地质图和绘制素描图，并按照设计书上的计划和内容采集各种测试样品。这个阶段是第四纪地质与地貌研究的关键，野外观察的详细程度和资料收集的多少直接关系到研究成果的水平和质量。因此，在这个阶段要求研究人员必须亲自到野外去收集第一手资料，野外工作要做到细致认真、点线面结合、重点突破。

3. 室内工作与整理阶段

这个阶段是取得工作成果的阶段。对野外所采取的样品进行各种手段的分析，对全部资料进行综合分析和处理。根据样品测试结果进行分析研究、归纳、综合，按照有关规范编制各种图件及说明书，最后编写最终成果——地貌与第四纪地质调查报告。在室内分析总结的过程中，如果发现问题则需要再次到野外去进行验证或补充收集材料。

二、第四纪地质和地貌的调查方法

第四纪地质调查往往与地貌调查结合在一起，其观察点或地层剖面一般都选择在地貌形态完整或有明显变化的地点，即第四纪地层露头较好、层次清晰、厚度较大、分布广、化石多、结构和构造现象较清楚，以及地层或地貌之间接触关系明显等重要界线的地方，如在河流阶地的前缘、冲沟口等地方。对第四系剖面采用分层研究的方法，如岩性分层、描述、砾石统计、素描、照相和取样，应完成的野外调查工作如下。

1. 记录剖面位置

记录清楚剖面的位置，包括剖面所在的地貌部位、高度和剖面的方向。剖面位置的选择是

野外工作的关键问题，选择的剖面要具有代表性，具有清晰的地貌形态、沉积物特征等。

2. 查明沉积物的岩性

仔细观察沉积物的颜色，包括沉积物的干色、湿色和次生色。岩性包括沉积物的成分、颗粒大小、分选性、磨圆度、风化和胶结程度等。在野外需估算各粒径的百分含量，以便定名。根据沉积物的粒径大小可分为砾、砂、粉砂和粘土。观察沉积物颗粒的表面形态，如粗大砾石表面是否有擦痕、断口、裂纹等；细颗粒的表面形态，则需要室内借助显微镜或扫描电镜进行镜下观察和照相。

对于流水成因的沉积物，需要测量砾石三轴（ a 轴、 b 轴、 c 轴）的长度和方位， ab 面产状，一般是在 1m^2 面积内任选100~300个砾石，逐个量测。统计后绘制成砾石成分组成图、 a 轴方位等密度图、 ab 面方位等密度图及砾石产状玫瑰花图，以恢复古水系的流向。还要测量砾石和砂粒的形态、圆度，计算球度和扁平度等。

3. 观察沉积物的物理性质

一般包括密度、容量、潮湿程度、孔隙性、含水性、饱和度、透水性、吸水性等。力学性质包括可压缩性、抗剪强度、抗拉强度、天然坡角和内摩擦角等。具体测量的方法可参看《工程地质和水文地质岩土工程手册》等。

4. 查明沉积物的结构、构造

观察沉积层的层理（水平层理、波状层理、平行层理和交错层理）和层面特征（有无波痕、雨痕，各种侵蚀、溶蚀、腐蚀及生物活动的痕迹）；观察有无二元结构、多元结构、透镜体、扰动、古冰楔和纹泥等现象。观察有无原生和次生、充填或未充填的裂隙和孔洞；有无特殊意义的夹层（含矿层、泥炭层、化石层、火山灰层、古风化壳和古土壤层）、结核（结核的成分、形状、大小和结构）等。

5. 查明沉积物的厚度、高度、分布规律以及地貌相对关系，并分析其成因类型

测量沉积物的厚度、出露的海拔高度和相对高度，沉积物分布的地貌位置，如沉积物是分布在河谷中、沟口处、陡壁下、坡脚，还是分布在谷坡上、山脊上等。分析沉积物的分布位置与现代地貌或古地貌的关系。根据沉积物和地貌特征，分析沉积物的成因。

6. 采集化石和样品

应注意在洞穴堆积、湖积、河漫滩堆积、红土和黄土中寻找哺乳动物化石和人类化石。若发现有价值的化石，要制定详细的发掘计划。采集植物标本时要用小刀逐层剥取，注意其层位，并保留周围的土及原岩，防止标本干缩、污染和混淆。其他样品的采集，如供室内分析的矿物、微体古生物、化学成分、沉积物的微结构、古地磁和年代测定等所需的样品，都要严格按照规范采样。

7. 确定第四纪沉积物的时代

主要有地貌学法、岩石地层学法、生物学法、物理学法、考古学法、放射性定年法等。

三、空间技术在第四纪地质与地貌调查中的应用

遥感就是利用各种地物对电磁波反射性能不同的原理，用各种波段的传感器进行远距离测量的技术。根据遥感平台的不同，可分为航空遥感和航天遥感。航空遥感是以飞机和气球为运载工具，一般飞行高度小于80km；航天遥感是以卫星作为平台，一般飞行高度大于80km。它们的成像方式基本上分为摄影和扫描两种，其主要成果为航空照片和卫星影像，它们是第四纪地质与地貌研究的重要辅助手段。

航空照片的比例尺较大，图像清晰，分辨率较高，能详细地反映较为宏观的地貌。如在植被较好的地区，可以通过土壤、植被等生态标志间接分析地貌及第四纪堆积物的特征。卫星影像的视域广，有利于区域地貌的研究，对各类地貌形态与第四纪沉积组合及分布规律进行综合分析对比。利用遥感图片的多次成像，还可对地貌动态变化进行对比研究，得到一般方法难以

取得的效果。如海岸线的移动,三角洲的增缩,冰舌末端的进退,雪线高度的变化,沙丘的移动,流水的侵蚀、搬运和堆积过程,都可利用遥感影像进行定量的研究。

第五节 第四纪地质学和地貌学的发展简史

一、第四纪地质学与地貌学的启蒙和创立阶段

对第四纪地质和地貌进行科学研究始于18世纪的欧洲,但中国很早就产生了对水文、气候和地貌的启蒙研究。3000年前我国人民就已对黄河流域的降水性质、农作物品种、被狩猎动物有所记载。在西周的《诗经·大雅·笃公流》中,已有“岗”(丘陵)、“塬”(平原)、“隰”(低湿地)等3种地貌的分类。成书于公元前四至三世纪的《尚书》中的《禹贡》篇描述了我国九州内的山川大势和土壤类型。北魏的郦道元所著《水经注》(公元六世纪)详细记载了黄河、长江和西江等大河及其沿岸的地形、气候等特征。宋朝沈括根据野外观察完成的《梦溪笔谈》,提出了清晰的海陆变迁和黄土侵蚀搬运、堆积的观点。明代著名的地理学家徐霞客(1586~1641)对我国南方地区地貌的类型、分布、成因等进行了详细的观察和记载,后人把他的观察整理成我国著名的地貌著作《徐霞客游记》。到了清初,孙兰对地貌的形成提出了“变盈流谦”的观点,即堆积会使地貌变高(变盈),侵蚀会使高地夷平(流谦),他还认为地貌的作用力是“因时而变,因变而变,因人而变”的,从地貌形成的动力学角度论述了地貌的形成和变化。

第四纪地质学的创立始于欧洲。在18世纪末至19世纪初,欧洲的一些地质学家对分布于基岩之上的松散沉积物进行了研究,当时称为漂积物(drift)。受《圣经》的影响,19世纪20年代的巴克兰(William Buckland, 1784~1856)及赛德威克(Adam Sedgwick, 1785~1873)提出了这些漂积物形成的洪积理论,曼特尔(Gideon Mantell, 1790~1852)还把较老的部分称为洪积层(diluvium),较新的部分称为冲积层(alluvium)。但随着19世纪初极地和高山探险工作的开展,人们直接观察到了冰川的搬运与堆积作用,于是提出了漂积形成的冰川理论。所以,这个时期的佩罗廷(Jean-Pierre Perraudin, 1767~1858)、韦内茨(Ignaz Venetz, 1788~1859)、沙尔庞捷(Jean de Charpentier, 1786~1855)及阿加西斯(Louis Agassiz, 1807~1873)把瑞士境内漂砾解释为冰川成因。

第四纪这个名称出自法国的一位地质学家,德努瓦耶(J. Desnoyers, 1800~1887)在研究法国巴黎盆地的地质时,于1829年将该盆地覆于第三纪地层之上的松散堆积物命名为第四系(Quaternary System),将形成这套堆积物的时代称为第四纪(Quaternary Period),与当时划分出的第一纪、第二纪、第三纪并称,作为地球历史的一个时代。直到1881年,在第二届国际地质大会上第四纪这个名称才被正式接纳,并沿用至今。

差不多在同一个时期,英国的著名地质学家莱伊尔(Charles Lyell, 1797~1875)根据含现代动物种属的多少,把松散堆积物划分为更新统和全新统。在1839年,进一步提出了更新世(Pleistocene)和全新世(Holocene)。这与先前由福布斯(Forbes)(1846)提出的冰川世(Glacial epoch)和冰后期(Post glacial)相对应。在19世纪后半叶,默奇森(Roderick Murchison)提出了第四纪为“冰河期”。后来,还有些人提出了“冰川纪”、“人类纪”、“灵生纪”等名称,但一直没有被广泛使用。

19世纪50年代开始对冰川堆积物进行地层学研究,发现过去的冰流或冰川曾不止一次地扩展。到了19世纪后半期,多数学者建立了多冰期的概念。1877年盖基(Archibald Geikie, 1835~1924)在东英吉利亚(East Anglia)建立了4次冰期。1909年彭克(Albrecht Penck, 1858~1945)及布吕克纳(E. Brückner)于阿尔卑斯建立了4次冰期。此后在世界各地也先后建立了4次冰期。到这个时期,第四纪地质学的一些基本概念和一些基本理论已经确立。

20世纪30年代我国地质学家李四光根据庐山冰碛物的风化程度、接触关系及地貌特征首