

国家自然科学基金二等奖获奖项目

国家自然科学基金委员会“八五”重大项目

刘东生 主编

《我国北方干旱半干旱区5万年来环境演变的动态过程及发展趋势》成果

黄土与 干旱环境

我国北方干旱半干旱区5万年来
环境演变的动态过程及发展趋势

项目研究组

LOESS AND ARID
ENVIRONMENT



ENVIRONMENT

● 刘东生 主编

黄土与

干旱环境

我国北方干旱半干旱区 5 万年来
环境演变的动态过程及发展趋势

项目研究组

图书在版编目(CIP)数据

黄土与干旱环境/刘东生主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2009.3

ISBN 978-7-5337-4310-9

I. 黄… II. 刘… III. ①黄土区-研究-中国②干旱区-研究-中国 IV. P942.074 P942.071

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第015839号

黄土与干旱环境

刘东生 主编

出版人:黄和平

责任编辑:田斌 余登兵

封面设计:王国亮

出版发行:安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路1118号
出版传媒广场,邮编:230071)

电话:(0551)3533330

网址:www.ahstp.net

E-mail:yougoubu@sina.com

经销:新华书店

排版:安徽事达科技贸易有限公司

印刷:安徽新华印刷股份有限公司

开本:889×1194 1/16

印张:34.5

字数:1000千

版次:2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

定价:148.00元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

刘东生中英文简介

刘东生 (1917~2008)

刘东生,中国科学院资深院士,地球和环境科学研究领域国际著名的专家。在其近 65 年的科学研究中,他在古脊椎动物学、第四纪地质学、环境地质学、青藏高原与极地考察等科学领域,特别是黄土研究方面取得了大量原创性的研究成果,使中国在古全球变化研究领域跻身世界前列。他的黄土新风成学说,平息了 170 多年来黄土成因之争;他以陆相沉积记录证实了第四纪环境变化的多旋回理论,为这一第四纪研究理论上重大的革命性变革奠定了更坚实的基础;他将贫瘠、单调的黄土带进了科学殿堂,使中国黄土成为国际全球环境变化对比的三大基准之一;他开创了“青藏高原隆升与环境演变”研究的新领域,为地球系统科学研究提供了一个成功范例。

刘东生院士曾荣获 2002 年泰勒环境成就奖,2003 年国家最高科技奖,2007 年洪堡奖章。

Liu Tungsheng (1917~2008)

Liu Tungsheng, senior Academician of Chinese Academy of Sciences, is an internationally prestigious scientist in Earth and environment sciences. During his academic career of the past 65 years, Liu made tremendous contributions in vertebrate paleontology, Quaternary geology, environmental geology, scientific expeditions of Tibetan Plateau and Earth's polar regions, and particularly in loess study. His innovated theory on loess convincingly demonstrates the wind-blown origin and has settled a long-term controversy of over 170 years. His paleoclimatic study of the loess sequences confirms the Quaternary glacial cycles many more than the conventional belief, the key terrestrial evidence for the revolutionary advance in the theory of the ice ages, and established the Chinese loess sequence as one of the three standard records for global change. His comprehensive study on the uplift of Tibetan Plateau and its influence in environmental change initiated the Earth systems study, a remarkable concept in modern Earth sciences.

Academician Liu won the Tyler prize for environmental achievement in 2002, the highest honor State Preeminent Science and Technology Award of China in 2003 and EGU Alexander von Humboldt Medallist in 2007.

前 言

自从国家西部大开发战略实施以来,青藏铁路、西气东输、西电东输等一些重大项目相继建成,对西部地区的发展发挥了重要的作用。但我国西部地区,特别是西北地区,从自然环境来说是极端干旱、干旱、半干旱地区。一些大沙漠的核心区,年降水量少于 50 mm,有的地方甚至终年没有降水,夏季的气温却很高,蒸发旺盛,是极端干旱区。逐步往东,随着降水量增加,情况略有好转,但黄土高原绝大部分地区仍属半干旱区,干旱缺水是困扰这一地区持续发展的关键因素之一,这既有自然原因,也有人类不合理利用水资源所造成的恶果,认识西部自然环境的演化,对了解干旱环境的发展演化,预测今后干旱环境变化的趋势具有十分重要的意义。

国家自然科学基金委员会“八五”重大研究项目——“我国北方干旱半干旱区 150 万年来环境演变的动态过程及发展趋势”,当年被分解成 7 个二级课题,它们是:高分辨率古气候的时间标尺,气候环境变化的地球化学指标,古植被对气候变化的响应,黄土堆积与古季风变迁,干旱化的海洋因素和海洋记录,湖泊和沙漠绿洲的环境演化,我国北方干旱环境演变的动态过程及发展趋势。

当年,项目的研究目标定位在:

(1)在我国干旱半干旱区及毗邻海域选择一条从东向西的环境地质大断面,提取保存在黄土和其他沉积物中的古气候、古环境信息,重建 150 ka(后文中以 10 ka 表示“万年”)来气候演变的高分辨率时间序列。

(2)确定某些典型时段气候、环境变化的空间变幅,研制概念模型,探讨干旱化成因与控制因素以及区域气候变化与全球变化的动力学联系,评估未来发展趋势,为开发大西北、保护环境提供科学依据。

该项目完成了预定的目标,并在高分辨率陆相沉积物古气候时间标尺的建立,一些替代性指标变化机制的研究,北方现代花粉及现代植物硅酸体与气候参数之间数量关系的建立,大陆风尘沉积中冬、夏季风指标的辨认,西太平洋边缘海的海洋因素对冰期时我国内陆干旱的影响,巴里坤湖地区 150 ka 来古水文演化序列和我国干旱半干旱区从西向东的环境大断面的建立等方面取得了创新性的成果。按国际标准建立了古环境数据库和现代环境数据库,分别作出 38~25 ka、20~14 ka 和 8~4 ka 3 个特征时段的古环境空间格局图,验证了我国干旱区在大尺度上,温度与湿润同期,寒冷与干旱一致的规律;对影响东亚季风环流的主要动力因素及其作用过程作了理论分析,提出了东亚古季风变化动力机制的概念模型;运用“时空组合模型”等数学手段,对我国北方干旱半干旱区未来演变的趋势进行了统计学外推。

该项目无论是在研究的时间和空间跨度,涉及的环境、气候、构造、古海洋问题及其所取得的数据资料 and 认识方面,还是在研究思路和所采用的观测、分析技术等方面,都具有学科前沿意义,对我国北方干旱半干旱区 150 ka 来的环境演变所获得的认识,以及根据统计规律对这一地区今后的发展所做的预测,对于我们正确认识我国西北干旱环境,特别是干旱化今后的演化具有重要的参考价值。鉴于此,本书可为从事资源环境,尤其是从事古气候、古环境、古海洋、古生态以及新构造和地貌的研究者以及青年学生提供参考,促进我国环境科学的发展。

《黄土与干旱环境》是在国家自然科学基金委员会“八五”重大研究项目“我国北方干旱半干旱区

150 ka 来环境演变的动态过程及发展趋势”研究成果基础上编写的。本专著分为上、下两篇。

上篇是总论,概述了该项目研究的主要成果,包括环境替代性指标及其与某些古气候参数的转换函数,不同时间尺度的环境演化年代学或年代学框架以及不同时间尺度的环境变化序列,中国北方 E-W 向环境和古环境大断面,若干特征时段中国北方环境演化空间格局,东亚季风区环境演变的动力机制,中国北方干旱区环境演变趋势和尚待深入研究的若干问题。

下篇可以看成是分论,分为 3 个部分,分别介绍了内陆极干旱和干旱区、黄土高原区、华北滨海和边缘海及西北太平洋古环境变化及其代表性事件的研究结果。

第一部分着重记述了内陆干旱区和极干旱区若干湖泊沉积环境变化的研究及代表性研究事件,其中通过对青海湖沉积物中胖真星介壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、Mg/Ca、Sr/Ca 等环境替代性指标的测定,定量地重建了青海湖古水温和湖水水位的变化历程,以及对达布逊湖沉积物钻孔岩芯原生石盐包体水 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-} 的测定和碳酸盐 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的测定,定量和半定量地重建达布逊湖水矿化度和温度的变化历程,都是具有极高探索性和启示意义的古环境研究成功事例。这一部分还涉及了过去 150 ka 以来,尤其约 50 ka 和 10 ka 以来沙漠绿洲和黄土、沙漠边界带的环境变化以及晚新生代青藏高原隆升与中国干旱环境演化的关系。

第二部分重点介绍了 20 世纪 80 年代中至 90 年代中对黄土高原黄土-古土壤序列及其记录的古环境和古气候变化研究的主要进展,系统研究了黄土-古土壤环境替代性指标(如磁化率、粒度组成、微形态和微结构、碳酸盐和有机质的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 等)的环境和气候意义,与某种气候参数或环境参数的定量和半定量转换,建立了不同尺度、不同分辨率和不同准确度的替代性指标时间序列,探讨它们所折射的古季风(东亚夏季风和冬季风)环流演变及动力机制。

第三部分阐述了我国北方干旱化的海洋因素和海洋记录,包括东亚边缘海陆架浅海区冰期-间冰期的海陆变迁,深海区的流场和温度场变化,北太平洋深海和黄-渤海的大陆风尘的沉积记录以及一些重要的气候事件(如“新仙女木”事件)和海洋生态事件(如全新世普林虫分带事件)等。这一部分扼要而系统地论述了 20 世纪 90 年代中期以前东亚边缘海古海洋的研究成果,从海-陆、海-气相互作用的大视野来探讨中国季风区和干旱区的环境演变,特别是晚新生代干旱化过程和制约因子,从而开阔了深入研究我国北方,尤其是内陆的气候与环境演变及其趋势的视野,提出了新的思路和途径。

本专著所涉及的数据资料和认识是由不同单位、不同专业的几十位研究者多年研究获得的,尽管其中某些方面的认识可能有待深化,但全书的特色仍然突出:

(1)综合了我国北方从西到东不同景观的主要环境单元的环境变化记录,包括西北和青藏高原东北部极干旱和干旱沙漠、戈壁、湖泊和绿洲环境记录,干旱半干旱黄土高原、半湿润和湿润区(带)的环境变化记录,太平洋深海粉尘沉积记录以及南海深海环境变化记录等,并把它们互相联系;综合了黄土高原黄土、内陆沙漠湖泊绿洲、滨海和边缘海及深海沉积、玛尔湖沉积纹泥、洞穴石笋以及历史文献等方面的环境演化记录,从大区域(空间)尺度的陆-海-气相互作用来探讨东亚季风或亚洲季风环流变化及其与我国季风区和干旱区环境或生态环境演变的联系、区域环境对全球气候变化的响应和适应。

(2)在环境演变时间过程方面,既注重对构造尺度($\geq 10^5$ a)和地球轨道尺度($10^4 \sim 10^5$ a)的古环境和古气候旋回的研究,同时更关注千年(10^3 a)、百年(10^2 a)和十年(10^1 a)尺度的环境和气候变化的探讨。

(3)进行了多种多样的环境替代性指标的研究,应用多种统计方法,建立不同的替代性指标与气候参数的转换函数,探讨利用不同的替代性指标来定量评估古环境或古气候参数。

(4)编制和阐述了近 60 ka 来几个气候特征时段中国北方的自然环境空间演化图式,提出了东亚季风区和干旱区古气候和古环境演化机制。

参加该项目研究工作的单位有 16 个,研究人员 80 多人。

中国科学院地质研究所刘嘉麒、中国科学院广州地球化学研究所文启忠、中国科学院植物研究所孙湘君、中国科学院西安黄土与第四纪地质国家重点实验室安芷生、同济大学海洋地质系汪品先、中国科

学院地质研究所袁宝印是前6个二级课题的负责人,综合性的第七个二级课题由我和各二级课题负责人共同承担,每一个二级课题又分为若干个三级课题。

参加“高分辨率古气候的时间标尺”二级课题工作的主要有中国科学院地质研究所刘嘉麒、王文远、马志邦、宋春郁、储国强、熊尚发,北京大学陈铁梅、李坤,中国科学院广州地球化学研究所李华梅、乔玉楼,原中国科学院地球物理研究所朱日祥,国家地震局地质研究所聂高众,国家气候研究中心的张德二等人。

参加“气候环境变化的地球化学指标”二级课题的主要有中国科学院广州地球化学研究所文启忠、沈承德、贾蓉芬、刁桂仪、易维熙、张鸿斌、周厚云、孙继敏、赵林,中国科学院地质研究所韩家懋、姜文英,冶金部天津地质研究所张言、杨凤筠等人。

参加“古植被对气候变化的响应”二级课题的主要有中国科学院植物研究所孙湘君、宋长青,中国科学院地质研究所吴乃琴、吕厚远等人。

参加“黄土堆积与古季风变迁”二级课题的主要有中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室的安芷生、张小曳、孙东怀、刘荣谟,中国科学院地质研究所的丁仲礼、郭正堂,原中国科学院沙漠研究所董光荣等人。

参加“干旱化的海洋因素和海洋记录”二级课题的主要有同济大学海洋地质重点实验室汪品先、赵泉鸿、王慧中、卞云华、闵秋宝、成鑫荣、王律江、翦知潜,中国科学院海洋研究所赵松龄、于洪军、张铭汉、单秋美、严理等人。

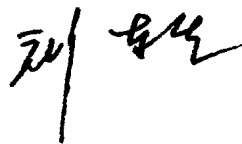
参加“湖泊和沙漠绿洲的环境演化”二级课题的主要有中国科学院地质研究所袁宝印、魏兰英、顾兆炎、叶素娟、王振海、罗运利、储国强、李铁松、田文来、田莉丽,中国科学院青海盐湖研究所张彭熹、张保珍,中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所周兴佳,中国科学院沙漠研究所李保生,中国科学院广州地球化学研究所孙继敏、郑洪汉、林瑞芬、朱峰,北京大学鲁向阳等人。

参加“我国北方干旱环境演变的动态过程及发展趋势”二级课题的主要有中国科学院地质研究所刘东生、秦小光、郭正堂、丁仲礼、刘嘉麒、袁宝印,中国矿业大学余志伟,中国科学院广州地球化学研究所文启忠,中国科学院植物研究所孙湘君,中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室安芷生,同济大学海洋地质重点实验室汪品先,以及韩家懋、魏兰英、熊尚发、吕厚远、吴乃琴、姜文英等人。

由于当年参与研究的二级课题负责人有的已经退休,有的虽仍在工作,但都承担了新的重要课题,无暇对总结报告再按专著要求重新编写,为此,卢演涛和韩家懋同志承担了对项目和各课题总结报告的系统整理与部分章节的重新编写工作,对此书贡献很大,在此,特别感谢卢演涛和韩家懋做出的贡献。

中国科学院植物研究所孔昭宸先生、中国地质科学院地质研究所林景星先生、中国地质科学院天津地质矿产研究所王强先生分别对本书部分植物、有孔虫和介形类种属的中文名称和拉丁文作了校订,感谢他们三位的真诚帮助。

安徽科学技术出版社及其原副总编辑范源、原副社长刘桂霞同志对本书的出版十分重视。两位同志调离后,田斌等同志仍然关注本书,使它得以出版。在此,向他们一并致谢!



目 录

上 篇 总 论

第一章 研究区自然环境概况	3
第一节 区域地质构造轮廓和地貌特征	3
第二节 气候的基本特征	9
第三节 植被分布特征	14
第四节 中国干旱半干旱区环境的独特性	20
第二章 气候替代性指标、转换函数及古气候参数估算	25
第一节 气候替代性指标	25
第二节 现代环境样品的采集和环境替代性指标分析	35
第三节 古气候参数的估算方法	39
第四节 若干地区和地点 150 ka 来古气候参数定量估算	50
第三章 150 ka 来环境演变的高分辨率记录和事件年表	57
第一节 年轻地质样品年龄测定适用方法探索	57
第二节 典型黄土剖面高分辨率记录	63
第三节 轨道尺度的气候事件	68
第四节 末次冰期气候变化与 Heinrich 事件	71
第五节 D-O 旋回在黄土地层的记录	74
第六节 10 ² a 尺度气候事件的地质记录	77
第七节 历史时期的气候变化	79
第八节 古气候事件年表	88
第四章 中国北方 E-W 向环境大断面	91
第一节 内陆湖泊环境变化记录	91
第二节 沙漠-黄土边界带环境变化记录	106
第三节 黄土高原环境变化记录	110
第四节 北京地区黄土沉积环境变化记录	111
第五节 莱州湾沉积环境变化记录	113
第六节 太平洋粉尘沉积记录	114
第七节 中国北方 E-W 向环境大断面的主要特征	115

第五章 特征时段环境空间格局	119
第一节 根据地质记录制作古环境图的原则和方法	119
第二节 中国北方环境演变分区	122
第三节 特征(典型)时段中国北方环境空间格局	136
第六章 东亚季风区环境演变的动力机制	143
第一节 亚洲古季风变化机制研究现状	144
第二节 东亚古气候变化的基本特征	146
第三节 东亚季风区气候变化的潜在控制因素	149
第四节 东亚季风区气候变化机制的概念模型	152
第五节 东亚季风区气候变化与全球变化的动力学联系	155
第七章 中国北方干旱半干旱区环境演变趋势	157
第一节 研究干旱半干旱区环境演变趋势的理论和方法	156
第二节 中国北方环境演变规律与未来发展趋势	164
第三节 主要结论	170
第八章 对我国干旱环境研究未来的展望	173
第一节 时间序列	173
第二节 空间格局	175
第三节 动力机制	175
第四节 发展趋势	176

下 篇 分 论

第一部分 湖泊和沙漠、绿洲的环境演化

第九章 新疆巴里坤湖 150ka 来环境变化	181
第一节 研究区概况	181
第二节 巴里坤湖沉积旋回	182
第三节 巴里坤湖沉积剖面时间序列	186
第四节 巴里坤湖沉积物粒度组成、磁化率及其古环境意义	187
第五节 巴里坤湖碳酸盐沉积序列	190
第六节 巴里坤湖沉积碳酸盐的碳、氧稳定同位素研究	192
第七节 巴里坤湖湖相沉积物花粉分析	196
第八节 巴里坤湖 150ka 来古水文演化序列	198
第十章 青海湖和达布逊湖环境演化	203
第一节 青海湖古环境演化	203
第二节 达布逊湖古环境演化	211

第十一章	萨拉乌苏古湖和毛乌素沙地环境变化	223
第一节	萨拉乌苏组的地层划分和年代	224
第二节	末次间冰期以来萨拉乌苏古湖的环境演变	226
第三节	毛乌素沙漠消长与农牧业发展的关系	229
第四节	主要结论	233
第十二章	居延海环境演化与人类活动	235
第一节	居延海和周边地区环境变化历史	236
第二节	居延海地区沙漠化进程	239
第三节	居延海地区环境保护及其意义	240
第十三章	新疆和田绿洲环境演变及沙漠-绿洲系统的动态分析	241
第一节	和田绿洲近代沉积地层年代	241
第二节	和田绿洲环境演化	244
第三节	于田沙漠-绿洲系统演变动态分析	248
第十四章	青藏高原隆升与中国北方干旱环境	263
第一节	高原隆升与侵蚀-堆积旋回	263
第二节	青藏高原隆升与中国地质环境的演化	268
第三节	第四纪时期我国北方气候干旱化的趋势	276
第四节	对青藏高原隆升与其环境效应的理性思考	281

第二部分 黄土高原区环境演化

第十五章	粉尘堆积与冬季风	289
第一节	黄土粒度变化的气候意义	290
第二节	高分辨率粒度记录及其与格陵兰冰芯的对比	293
第三节	冬季风波动机制	299
第十六章	黄土剖面的古土壤与夏季风	301
第一节	黄土-古土壤序列的典型微形态特征及其环境意义	302
第二节	黄土和古土壤的土壤化学及黏土矿物特征	307
第三节	黄土-古土壤序列的古风化强度	309
第四节	黄土中 150ka 来的古土壤分类及其形成时的古环境	312
第五节	古土壤反映的轨道时间尺度上的东亚夏季风变化	315
第六节	黄土中记录的非轨道气候事件与季风气候系统的不稳定性	317
第七节	黄土中非轨道事件与轨道事件叠置关系及其可能原因	319
第八节	主要结论	319
第十七章	黄土剖面元素演化的古气候记录	321
第一节	渭南黄土剖面主要元素分布特征与迁移序列	322

第二节	渭南黄土中的稀土元素	325
第三节	环境示踪指标选择及其古气候意义	329
第四节	古气候演化讨论	331
第五节	主要结论	332
第十八章	碳酸盐碳、氧同位素及其在古环境研究中的应用	335
第一节	黄土中的碳酸盐	336
第二节	样品与方法	337
第三节	黄土碳酸盐同位素组成的特征	340
第四节	碳酸盐同位素组成与环境变化	346
第十九章	黄土剖面有机质碳同位素组成的环境意义	355
第一节	样品采集和有机质碳同位素测试	356
第二节	黄土有机质碳同位素的环境指示意义	358
第三节	黄土有机质碳同位素与古植被	361
第四节	黄土有机质碳同位素与古季风	364
第二十章	黄土和古土壤磁化率的气候意义	369
第一节	黄土和古土壤中磁性矿物与磁化率的气候意义	369
第二节	磁化率沉积分量和成壤分量的分解及磁化率通量的气候意义	371
第三节	150 ka 来黄土高原夏季风气候的时空演化	376
第二十一章	现代粉尘与黄土所记录的大气化学特征	381
第一节	样品采集和研究内容	382
第二节	中国北方沙漠和黄土区现代大气粉尘的化学组成	382
第三节	大气矿物粉尘与风成黄土的组分	385
第四节	黄土高原风成黄土的源区分布	389
第五节	中国沙漠粉尘的区域和全球尺度搬运模式	392
第六节	大气矿物粉尘向黄土的输入过程	394
第七节	末次间冰期以来风成黄土的沉积后再改造程度	394
第八节	风成大气粉尘沉积与东亚季风气候变迁	396
第九节	主要结论	397
第二十二章	沙漠-黄土边界带移动与气候变化	399
第一节	黄土-沙漠边界带的沉积地层	401
第二节	气候替代性指标及其反映的环境变迁	402
第三节	黄土-沙漠边界带的沉积地层及磁化率曲线对比	403
第四节	特征时段的古沙漠范围	404
第五节	主要结论	405
第二十三章	黄土-古土壤序列的变迁及其与全球古气候旋回的关联	407
第一节	研究内容	407

第二节 实验与方法 408
 第三节 结果与讨论 409
 第四节 主要结论 412

第三部分 干旱化的海洋因素和海洋记录

第二十四章 干旱化的海洋因素 417
 第一节 现代我国干旱气候的海洋因素 417
 第二节 浅海区的海流变迁 419
 第三节 深海区的流场与温度场 437

第二十五章 干旱化的海洋记录 449
 第一节 风尘沉积 449
 第二节 深海沉积 474

附录 西太平洋末次冰期最盛期古地理实际材料站位表 487

参考文献 507

跋 535



上篇 总论

SHANGPIAN ZONGLUN

第一章

研究区自然环境概况

国家自然科学基金委员会“八五”重大项目“我国北方干旱半干旱区 150 ka 来环境演变的动态过程及发展趋势”，以中国北方干旱半干旱区及其相邻海域为主要研究区域。这一区域地跨 $34^{\circ}00'N \sim 48^{\circ}36'N$, $73^{\circ}39'E \sim 107^{\circ}01'E$, 南起昆仑山、秦岭, 北抵阿尔泰山、东天山、阴山、燕山和大兴安岭南段; 西自新疆内陆区, 东达北太平洋西部海域。由西到东, 研究的主要环境单元有内陆沙漠(包括湖泊和绿洲)、黄土高原、华北平原及西太平洋边缘海区(图 1.1)。

一个地区或区域的自然环境都由特定的地理位置、地质结构、地貌、气候、水文、植被、土壤和动物群落等要素组成。本章介绍研究区的地质、地貌、气候、水文、植被和土壤的基本情况和特征。

第一节 区域地质构造轮廓和地貌特征

现代自然环境是地质历史时期环境变化的结果, 也是研究过去的基点。本书涉及的研究区和研究点遍布大半个中国, 在介绍研究区的地质结构、构造变形和地貌简况时, 自然应从中国大陆及邻区(包括陆地和海洋)所经历的地质发展历程, 特别是新生代重大构造运动、变形事件以及与其密切相关的地貌特征出发。

1.1 前新生代地质构造发展轮廓

对中国及邻区的大地构造或区域构造演变过程和阶段、构造单元划分和命名等, 都还存在着不同的认识(李四光, 1973; 黄汲清等, 1980; 王鸿桢、马丽芳, 1985; 张文佑等, 1986; 马杏垣等, 1989)。图 1.2 是中国大地构造分区略图(王鸿桢、马丽芳, 1985), 基本反映了中国地壳分区和发展历史。杨巍然等(1984)

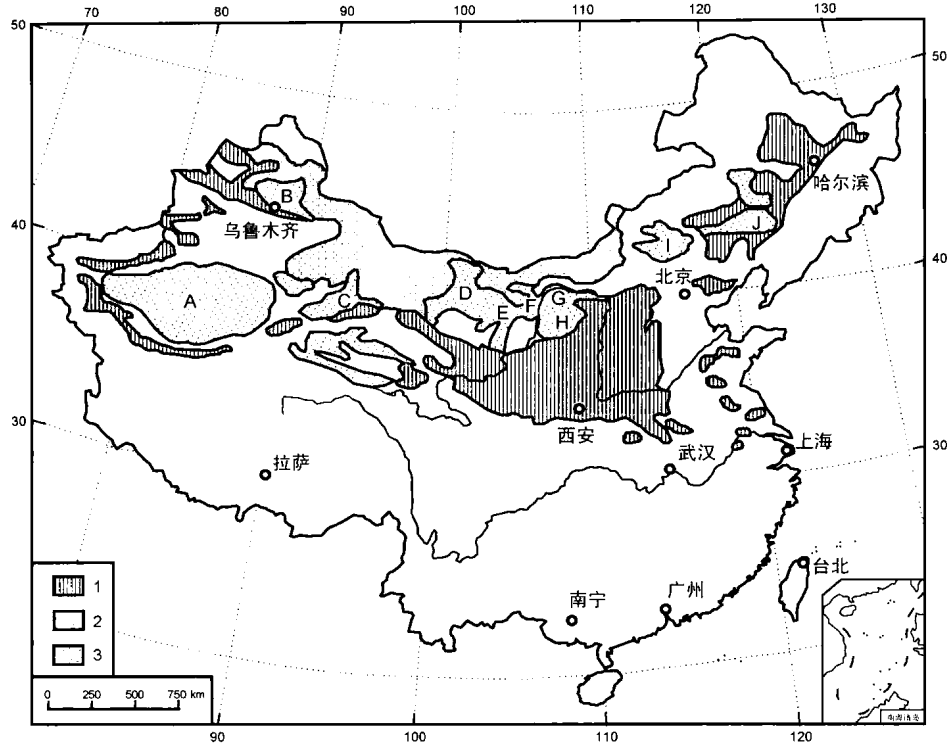


图 1.1 我国北方干旱半干旱区地质环境

1 黄土 2 戈壁 3 沙漠

A 塔克拉玛干沙漠 B 古尔班通古特沙漠 C 库姆塔格沙漠 D 巴丹吉林沙漠 E 腾格里沙漠
F 乌兰布和沙漠 G 库布齐沙漠 H 毛乌素沙地 I 浑善达克沙地 J 科尔沁沙地

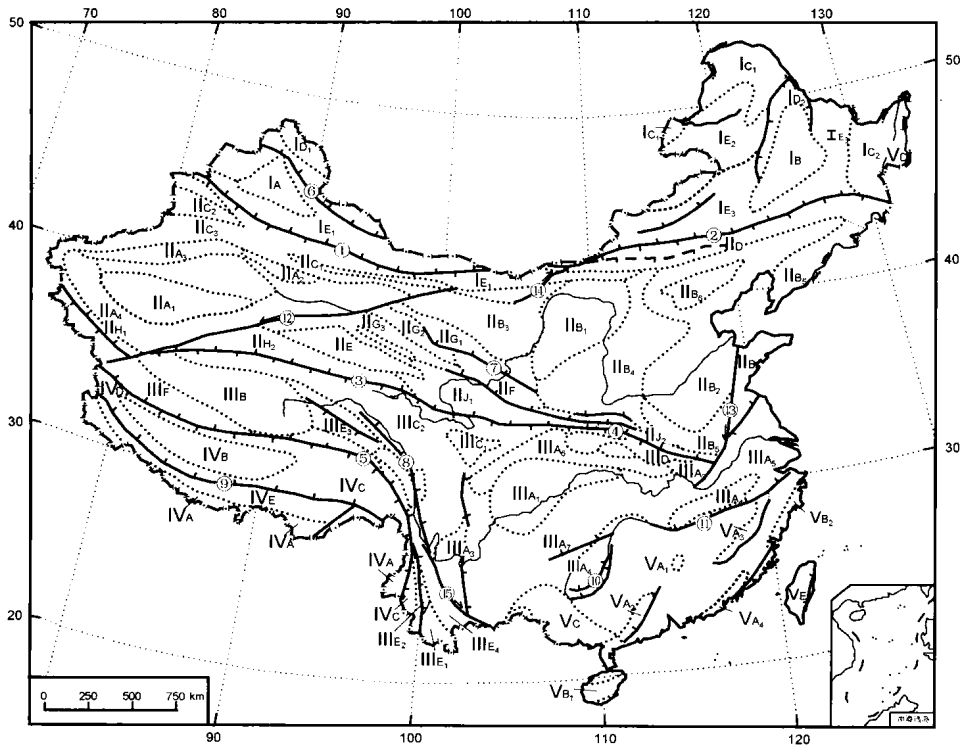


图 1.2 中国大地构造分区略图(王鸿桢、马丽芳,1985)

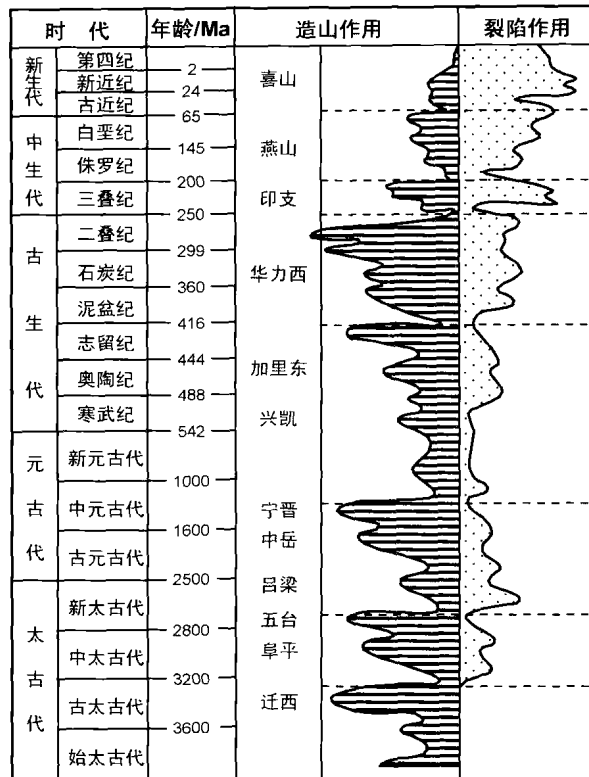


图 1.3 中国地壳演化过程中的造山作用与裂陷作用(杨巍然等,1984)

根据中国的地质发展历史,将地壳演变划分为 8 个造山旋回和 18 次裂陷作用(图 1.3)。中国及邻区地壳经历了漫长而复杂的演变过程,就总体而言,从太古代晚期-元古代早期出现华北地台(或称中朝地台)结晶基底和晚元古代晋宁运动形成西北地台(柴达木地块和塔里木地台)及扬子地台以来,中国及邻近地区继续进行着大陆地壳拼合和增生的过程。经历了加里东和华力西构造运动旋回,中国及邻区古大陆就已基本形成。中生代印支和燕山运动,中国及邻区大陆地壳继续拼合和增生的同时,发生了重大的改造,早先形成的华北地台发生地壳减薄,在原先 E-W 向构造体系的基础上增添了 N-E 向构造,出现 N-E 向的裂陷、拗拉槽和地堑系,大规模的中、酸性岩浆岩侵位和基性、中基性火山喷发。同时,开始出现中国东部与西部地质构造的分化,且日趋显著(图 1.4,郑剑东等,1989;郑剑东,1991)。

图 1.2 的图注:

- I 北方(西伯利亚-蒙古)陆缘构造域: I_A 准噶尔地块 I_B 松辽地块 I_C 兴凯褶皱带 I_D 加里东褶皱带 I_E 海西褶皱带
 - II 中国北部大陆及陆缘构造域: II_A 塔里木地台 II_B 华北地台 II_C 天山(海西)褶皱带 II_D 内蒙古南部褶皱带 II_E 柴达木地块 II_F 兰州西宁地块 II_G 祁连(加里东)褶皱区 II_H 昆仑(海西)褶皱区 II_I 秦岭褶皱区
 - III 中国南部大陆及陆缘构造域: III_A 扬子地台 III_B 羌塘地块 III_C 松潘甘孜褶皱区 III_D 安康桐柏褶皱带 III_E 昌都思茅褶皱区 III_F 喀喇昆仑褶皱带
 - IV 南方(冈瓦纳)大陆及陆缘构造域: IV_A 喜马拉雅地块 IV_B 冈底斯地块 IV_C 拉萨那曲褶皱带 IV_D 阿里褶皱带 IV_E 雅鲁藏布褶皱带
 - V 中国东北(环太平洋)陆缘构造域: V_A 华夏褶皱区 V_B 东南沿海褶皱区 V_C 右江褶皱带 V_D 那丹哈达褶皱带 V_E 台湾褶皱带
- (三级构造单元名称从略)