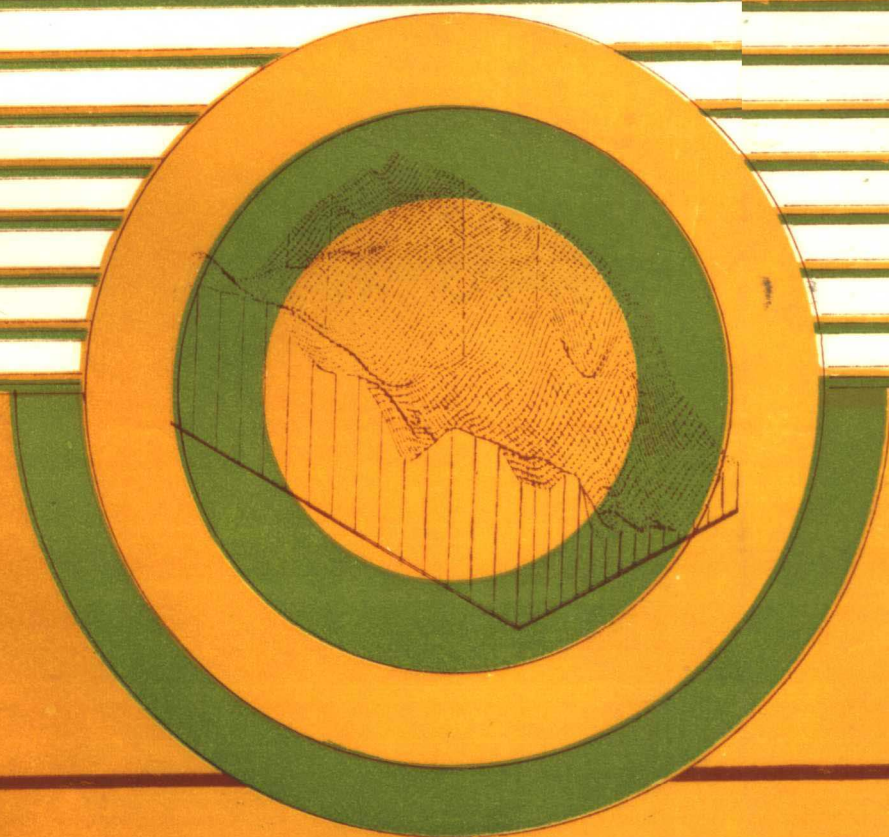


中国黄土高原 第四纪古气候 与新构造演化

朱照宇 丁仲礼 著



地质出版社



国家“七五”攻关项目

中国科学院广州地质新技术研究所遥感生物地化与全球变化实验室

中国科学院西安黄土与第四纪地质开放研究实验室

联合资助

中国黄土高原第四纪古气候 与新构造演化

朱照宇 丁仲礼 著

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书系“七五”国家攻关项目和中国科学院开放实验室项目以及博士论文的综合研究成果。本书从探讨“全球变化”中的内-外地质动力系统的关系出发,根据作者野外实测的一万多个数据和室内分析的数千个数据(包括古地磁、TL、“C、考古、粒度、化学、电子显微镜、孢粉等数据)阐述了我国黄土高原及邻区第四纪黄土-古土壤、古水系、古地貌、古气候与新构造演化的周期、年代及其特征,编制了第四纪事件年表、黄土分层厚度图、地层区划图和新构造系列图,建立了可用于国际对比的完整的我国黄土高原地层标准剖面、黄河阶地系列、水系沉积物-古土壤系列、新构造旋回和古气候旋回曲线及轨道调谐时间标尺,提出了古土壤断代、全球第四纪气候的 37 个冷暖旋回、新构造运动的 4 个主旋回 3 个主幕 7 个活化期、具有中强活动性的黄土高原环状构造、黄河湾生与黄土高原主隆起期、黄土的阶段性扩展与周期性演化、新构造活化伴有气候恶化和气候-构造旋回、气候-构造耦合系统等新观点。

本书可供地质学、地层学、地貌学、土壤学、地球化学、第四纪地质学、古气候学、新构造学、水文地质学和环境地质学等科技工作者和有关院校师生参考。

中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化

朱照宇 丁仲礼 著

*

责任编辑:蔡卫东

地质出版社 出版发行
(北京和平里)

中国科学院印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.75 彩图: 2 页 字数: 340000

1994 年 5 月北京第一版·1994 年 5 月北京第一次印刷

印数: 1—500 册 定价: 11.70 元

ISBN 7-116-01444-6/P·1179

序

当今,全球变化已成为国际间科学研究的热门课题,而“过去全球变化”则重点研究第四纪时期的古气候与古环境演化。深海沉积氧同位素阶段已被人们广泛运用来作为第四纪古气候变化的对比标准。然而,我们欣喜地看到,由中国黄土所记录的古气候、古环境信息所建立起来的完整的陆相沉积旋回柱,正日益成为国际科学界研究第四纪变化的一种新的最佳对比标尺。由于中国黄土高原保存了如此完美的巨厚黄土层,因而我们可以想象,有关全球变化的许多新思想将从这里产生。

长期以来,由于黄土高原的基底是个较为稳定的构造单元,人们对其新构造活动注意较少,某些方面的研究尚属空白。在已建立的黄土-古土壤系列中,午城黄土这一段尚未详细划分,而致使第四纪古气候旋回的期次及其年代尚未定论。《中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化》这部专著正是为了解答这些问题的。

本书作者在完成他们的博士学位论文期间,在参加国家攻关、国家基金和开放实验室的项目中,在第四纪研究的前辈们和同行们的帮助下,查阅了几千份文献,在我国黄土高原及邻区八个省区进行了艰巨的野外考察,在室内进行了大量的测试分析计算工作,据此对中国第四纪环境演化中的气候、构造演化的各种事件进行了详细阐述,并提出了许多具有国际对比意义的模式和新见解。因此,这些工作是具有开拓性和探索性的,就其工作之艰巨、第一手资料之丰富并提出许多很有价值的成果来看,这项研究在国际和国内也是不多见的。

本项研究详细阐述了过去极少涉及的黄土高原内部新构造问题,解决了午城黄土的地层划分,发现了水系沉积剖面与黄土剖面的可对照性,找到了高原内部大量的活动构造形迹,并建立了中国黄土土壤地层标准剖面、黄土-古土壤轨道调谐时间标尺、水系沉积物-古土壤系列标准剖面与模式、新构造运动与气候波动曲线,编制了中国北方第四纪事件年表、黄土地层区划图、黄土高原及邻区新构造系列图、黄土分层厚度图等。在此基础上,提出了许多新观点,其中包括:第四纪全球气候变化存在 37 个旋回,黄土-古土壤气候曲线可能优于深海氧同位素曲线,依据土壤地层学所建立的“古土壤断代法”可广泛用于第四纪事件的定年,黄河现代水系诞生和古湖泊消亡时代大约是距今 1.67—1.43Ma 间,黄土的阶段性和周期性演化受控于气候与构造的联合作用,黄土高原是一具有中强活动性的环状构造,其主隆起期为奥杜威事件之后,新构造运动可划分为四个旋回八个亚旋回、三个运动幕和七个活化期,新构造活化往往伴有气候急剧恶化,其周期为 0.4Ma 左右,可称为气候-构造旋回和气候-构造耦合系统。

这些成果为我国处于世界领先地位的黄土研究增添了新的篇章,其中,尤其是气候演化的 37 个旋回和时间标尺、水系沉积物-古土壤系列的 8 个循环、新构造运动的 4 旋回 3 主幕 7 期以及具有 0.4Ma 准周期的气候-构造旋回的 8 个阶段等模式,在国际第四纪重大问题研究中具有重要价值和对比意义,已经受到国际间的重视和引用。诚然,正由于这些研究具有开拓性、探索性及与国际研究问题的关联性,因而进一步深入探讨、不断完善

是十分必要的。

刘东生

1991年11月21日

前 言

本书为作者 1985—1991 年中国黄土高原及邻区第四纪古气候与新构造研究的综合成果。

数年来,我们在参加国家“七五”攻关项目“黄土高原地区综合治理开发研究”的过程中,相继完成了博士学位论文(“中国黄土高原及邻区新构造演化”——朱照宇,“中国黄土土壤地层学与气候地层学研究及划分”——丁仲礼);同时,还负责完成了中国科学院西安黄土与第四纪地质开放研究实验室项目“第四纪环境演化中的内-外地质动力系统”的研究和广州地质新技术研究所遥感生物地球化学与全球变化实验室项目“中国黄土高原遥感构造影像分析”的研究。在大量艰苦的野外科学考察的基础上,我们掌握了黄土高原及邻区有关第四纪环境演化的各方面的第一手资料。通过严谨细致的室内分析、测试和综合研究,我们从这些资料和数据中提取出了许多有益的信息,继而从这些信息中提炼出了一些看法。这些看法有一些是补充、修正或发展了前人的学术观点,有一些则是过去没有明确提出过的。对于国内、国际第四纪研究的某些重大问题,诸如气候演化的期次、周期、趋势和年代,黄土和其它陆相沉积与深海氧同位素阶段的古气候记录的对比,黄河水系和黄土高原形成的过程、时代及其与环境演化的关系,新构造运动的时间、幅度、速率及其对环境变化的影响,中国黄土及黄土高原在全球变化中的地位等等,我们都曾发表过一些很不成熟的见解(丁仲礼等,1989a、b,1990,1991;朱照宇,1987,1989a、b,1990,1991a,1992a、b,1993a、b; Ding Zhongli et al., 1990,1991a、b, Zhu Zhaoyu, 1989, 1991a、b、c,1992a、b、c)。尽管这些见解还有许多值得商榷之处,但毕竟还是受到了国内、外专家和同行们的关注。在 1991 年国际第四纪研究联合会 (INQUA) 第 13 届国际大会(北京)期间及其前后,我们的一些材料和论文得到了联合会和委员会负责人的好评、引用和采纳(Rutter et al., 1991a、b; Möner, 1992),并发表于国际刊物上。

经过近几年的深入研究,我们很想把一些想法较为系统地提出来,于是就考虑撰写这部书。这部书的主题就是以中国黄土-古土壤系列为中心,以时空动态演化为主线,以历史分析和系统分析为方法,以大量实测第一手资料为基础,以国际第四纪重大问题为着眼点,将古气候与新构造作为一个系统来考虑,阐述中国黄土高原及邻区第四纪环境演化中的基本问题和基本规律,并论证中国与其他地区的事件之间的关联及控制机制,进行全球变化的国际对比。

本书章节撰写的分工是:前言,朱照宇、丁仲礼;绪论,朱照宇;第一章,丁仲礼(其中朱照宇、余志伟分别撰写了第一节和第四节中的部分内容);第二章至第五章,朱照宇;结语,朱照宇、丁仲礼;英文摘要,朱照宇、丁仲礼。朱照宇负责统稿和校订。

本书的主体部分是在 1985—1988 年参加国家攻关项目和博士论文期间完成的,后来的工作又深入了一步。我们的导师刘东生教授对本书撰写自始至终给予了悉心指导和热情关怀;在荣任国际第四纪研究联合会主席后,仍在百忙中为本书作序。因此,本书的出版首先应归功于我们的导师。

导师指导小组的丁国瑜、袁宝印、陈明扬、安芷生教授给予我们许多具体、实际的指导和帮助。我们感谢他们的辛勤培养。

国际第四纪研究联合会前主席 Rutter 教授、新构造委员会主席 Mörner 教授、前黄土委员会主席 Pecsì 教授、法国农业研究所 Fedorof 教授、西德 Kiel 大学 Bronger 教授和美国哥伦比亚大学 Kukla 教授给予我们极大的关注和学术上的教诲。

中国科学院地质研究所叶连俊、吴子荣、赵希涛、韩家懋、刘嘉麟、高福清、周昆叔先生和魏兰英女士、国家地震局地质研究所卢演涛先生、中国科学院地理研究所陆中臣先生、地壳应力研究所刘光勋先生、北京大学王乃樑先生、中国地质大学何浩生、何科昭先生、地矿部天津地矿所王强先生、地质力学所曹照恒、于清河先生、陕西水文一队李忠学先生、长庆油田指挥部杨希荣先生等为作者提供了许多宝贵资料并介绍了他们的观点和思路。

已故黄土学家王永炎先生曾给予作者悉心的指教。

许多同行帮助或指导笔者分析鉴定了各类样品,他们是:中国地质大学杜恒俭、李凤麟(古生物),中国社会科学院考古所赵信、马文宽、段鹏琦(古文化),中国科学院地质研究所苏枫、董学敏、乔玉格(薄片),张汝凡、黄峰嵘(扫描电镜),地理所陈超子、蔡珠兰(粒度分析),黄土室肖举东(粒度分析)、谢军(热释光测年),张小曳、张光宇(化学分析),国家地震局地质所陈以健、焦文强、张嘉麟(^{14}C),严富华、麦学舜(孢粉)、北京大学地质系(X光衍射)、北京大学地理系(粘粒提取)、化工部矿山局地研院李平(红外光谱)、广东省地矿局区调大队梁志萍(化学分析),等等。

在收集文献资料过程中,得到全国地质资料馆、科学院各分院及有关研究所、各省地矿局、地震局、国土局、水保局等资料部门的大力支持,并得到中国科学院地质研究所和广州地质新技术所有有关部门的帮助和指导。

陆宝林、胡巧、张玉玲和洪红负责全部图件的清绘和植字,梁志萍、李平参加了书稿的修改和誊抄。刘东生、文启忠、郑洪汉教授审阅了全书。

尤其应该指出的是,我们的朋友汉景泰、李峰、顾兆炎、刘秀铭、朱曰祥、吴汉宁、郭正堂、袁国栋、余祖成、英定文、寇日明、赵作权、杨朝青、蒋复初、孙东怀等曾在广泛的领域里与笔者探讨与本书有关的问题,使笔者受益匪浅。此外,余志伟先生对轨道调谐时间标尺的数学处理起了关键性作用。

因此,本书是国家攻关项目和中国科学院开放实验室项目的联合资助成果,是集体劳动的结晶。

谨向一切为本书工作过的师友同仁致以深深的谢忱。

由于时间仓促,水平有限,许多资料未尽反映,许多问题未经熟虑,在尝试阐述新观点时,谬误一定不少。此书若能起抛砖引玉之作用,或尚能引起争论,也就算达到预期目的了。

目 录

序

前言

绪论 全球变化研究的天然试验场——中国黄土高原	1
第一章 黄土土壤地层与古气候演化	5
第一节 区域土壤地层与黄土地层区划	6
第二节 黄土高原土壤地层对比	18
第三节 中国黄土土壤地层划分	24
第四节 轨道调谐时间标尺与古气候旋回	36
第二章 水系的形成与演化	47
第一节 水系研究的途径与古土壤断代法	47
第二节 上新世与更新世早期古水系	53
第三节 现代黄河及其支流河流阶地	59
第四节 水系沉积标准剖面	70
第五节 水系沉积物-古土壤系列	77
第六节 水系演化史	85
第三章 新构造时空演化	87
第一节 黄土高原中央部分新构造形迹	88
第二节 高原中央环状构造	99
第三节 显微新构造	105
第四节 新构造时间分布	108
第五节 新构造空间分布	127
第六节 新构造运动强度的时空变化	134
第七节 新构造运动形式与板内构造环境	138
第八节 新构造旋回与时空演化模式	142
第四章 第四纪环境演化与事件年表	145
第一节 中国黄土阶段性扩展、演化与古气候周期	145
第二节 中国黄土高原侵蚀作用与古气候环境	154
第三节 中国黄土、海侵、冰川旋回与多旋回气候振荡	166
第四节 中国北方古人类与古气候	169
第五节 中国黄河的诞生与演化	171
第六节 中国黄土高原隆起的年代、形式与幅度	176
第七节 中国火山旋回与新构造运动分期	181
第八节 第四纪事件年表	189
第五章 新构造活化与气候恶化——全球变化中的气候-构造旋回与气候-构造	

耦合系统.....	192
第一节 气候恶化的指标对比.....	192
第二节 阶地与新构造活动性国际对比.....	195
第三节 第四纪群发事件及其周期性对比.....	199
第四节 具有 0.4Ma 准周期的气候-构造旋回与全球变化中的气候-构造耦 合系统.....	201
结语.....	209
参考文献.....	210
英文摘要.....	217
图版说明.....	224

CONTENTS

Preface

Foreword

Introduction A Natural experimental Field for Global Changes—the Loess Plateau of China

1

Chapter I Pedostratigraphy of Chinese Loess and Climatic Evolution

5

1 Regional Pedostratigraphy and Districts of Loess 6

2 Pedostratigraphy Correlation in the Loess Plateau..... 18

3 Pedostratigraphy Division of Chinese Loess..... 24

4 The Orbitally-tuned Time Scale and Paleoclimatic Cycles 36

Chapter II Formation and Evolution of the Drainage System

47

1 Study Methods For Drainage System and the Paleosol-dating Method..... 47

2 The Paleodrainage During the Pliocene and Early Pleistocene 53

3 The Terraces of the Modern Yellow River and Its Tributaries 59

4 The Type Sections of Hydrogenic Sediments 70

5 The Sequence of the Hydrogenic Sediments-paleosols 77

6 The Evolution History of the Drainage System..... 85

Chapter III Space-time Evolution of the Neotectonics.....

87

1 Neotectonic Features in the Middle Part of the Loess Plateau 88

2 The Central Ring Structure..... 99

3 The Microstructures of Non-consolidated Structure 105

4 Time Distribution of the Neotectonics..... 108

5 Space Distribution of the Neotectonics..... 127

6 Space-time Variations in the Neotectonic Movement Intensity 134

7 Forms of the Neotectonic Movements and Environment of the Intraplate

Tectonics 138

8 The Neotectonic Cycles and the Space-time Evolution Model..... 142

Chapter IV Environmental Evolution and the Time Scale of the.....

Quaternary Events 145

1 The Development-evolution of Chinese Loess by Stages and Paleoclimatic Periods 145

2 Erosion Process In the Loess Plateau of China and Paleoclimate 154

3 The Cycles of the Loess, Eustasy and Glacier in China and the Polycyclic Oscillation of Climate 166

4 Paleoanthropology of North China and Paleoclimate..... 169

5 The Birth and Evolution of the Yellow River of China 171

6 The Ages, Forms and Amplitudes of the Formation of the Loess Plateau of China 176

7 Division for Volcanic Cycles and Neotectonic Movements of China..... 181

8 The Time Scale of the Quaternary Events 189

—The Climatic-tectonic Cycles and Coupled Climatic-tectonic	
Systems in Global Change	192
1 Indicator Correlation of Climatic Deterioration	192
2 International Correlation of Terraces and Neotectonic Activity	195
3 Correlations of Periodicity Among the Swarm Events	199
4 The Climatic-tectonic Cycles With 0.4Ma Quasi-period and Coupled Climatic-tectonic System in Global Changes.....	201
Conclusion.....	209
References	210
Abstract	217
Explanation of Plates.....	224

绪 论

全球变化研究的天然试验场 ——中国黄土高原

天、地、生相互关系及其演化的研究将是 20 世纪末期地球科学的重大前沿课题,“全球变化”的研究已深入地学各个领域。作为星体之一的地球,无疑受到宇宙、太阳系、月地系统等多种因素的作用。这些体系的诸因素变化必然引起地球体、岩石圈、生物圈、水圈与大气圈的演化。因此,作为岩石圈演化指标的构造运动与作为大气圈演化指标的气候变迁之间就存在着不可否认的密切联系,它们共同塑造了地球表面景观。显然,二者在不同时期、不同地域的主导作用是不同的。

第四纪环境变迁就是“过去全球变化”研究的主要内容,它事实上主要也是受控于两大因素——新构造运动和气候变迁,由这两类变动而引起了一系列事件的发生与演替。怎样观察研究这种演化呢?看来,应当找到一种环境记录的最佳信息载体,这种载体应当具有连续性、完整性、成因简单性、单个因素的可分辨性和重复性。在深海沉积物中,已成功地找到了这样的信息载体,通过同一种属有孔虫氧同位素分析阐述了近 250 万年来的气候演化旋回。然而,在大陆上,越来越多的事实表明,正是黄土,而且是中国黄土高原的黄土,才是环境演化的最佳陆相信息载体。

中国黄土区的第四纪研究源远流长,从第四纪角度出发研究黄土高原始于 19 世纪后半叶。许多中外学者对黄土高原进行了考察研究,其中如美国学者 R. 庞培利(1866),德国学者李希霍芬(1868—1872),俄国学者 B. A. 奥勃鲁契夫(1892—1911),美国学者 B. 戴维斯、J. 梭顿(1907—1935),瑞典学者 J. G. 安特生(1918)、P. 德日进(1927—1933)、G. B. 巴尔博(1918—1929),日本学者富田达、增渊坚吉(1939—1944),原苏联学者 I. P. 格拉西莫夫(1955)等;还有我国学者王竹泉、杨钟健、斐文中、王竹泉、袁复礼、李学清、马溶之、李连捷、卞美年、张伯声、朱显谟、熊毅、陈梦熊、谢家荣等(1917—1949)。学者们在黄土高原晚新生代地层、古生物、地貌和黄土等方面提出了许多极有价值的带有方向性的问题。新中国成立后,国家及有关部门结合经济建设和科学发展规划,有组织地对黄土高原进行了多次大规模的考察和专门研究,这些考察研究一直延续到今天。在这些科学研究中,出现了以刘东生、张宗祜、王永焱教授等为代表的黄土学派,在中国黄土这一领域中发表了一系列专著和论文(刘东生等,1962,1964,1965,1966,1982,1984a、b,1985,1990;张宗祜,1981,1983,1987,1989;王永焱等,1980,1982,1985,1990),使中国黄土研究跃于世界领先地位。继 1985 年在中国西安召开了国际黄土会议之后,1991 年在中国北京举行了空前的盛会——国际第四纪研究联合会第 13 届国际大会,这次大会对于中国黄土研究来说可算得一个里程碑,她得到了国际学术界的重视,并争相对中国黄土进行研究和对比。可以说,经典的第四纪研究的许多理论和概念(如标准地层、古生物群、古人类

古文化、地文期等等)多源于黄土高原,而现代第四纪研究的许多新思想也同样在这里诞生了。这就是说,中国黄土已经被国际学术界公认为是一种全球变化的最佳陆相信息载体了。

笔者自 1985 年开始加入了黄土研究的行列,那时候,对黄土只有一个书本上的概念。从那以后,多年来我们踏遍了黄土高原的大部分地区,其中包括青、宁、甘、陕、晋及豫、冀、川等八个省区的 80 多个县市及许多乡村(表 1),考察了不同地质地貌单元不同黄土地形区的第四纪环境特征,研究了许多著名的山川和地质点的古环境特征;仅 1985—1988 年初野外工作达 415 人日,考察路线总长约 13000km,主要观测点约 400 个,主要剖面约 600 个,各类观测数据 10000 多个(其中包括地层厚度、粒级、高度、岩性、岩相、地层产状、地面坡度、阶地高度、下切幅度、堆积厚度、坡度、黄土、古土壤发育、构造节理、断裂、褶皱等数据),野外科考控制面积(不计邻区)约为 37.75 万 km²(图 1)。在室内,我们又进行了古地磁、热释光(TL)、¹⁴C、考古等年代测定和粒度、化学、孢粉、电子显微镜、显微构造、X 射线衍射、红外等分析以及计算机计算制图。经过一系列野外和室内工作后,我们眼中的黄土则已不再是一种空洞的概念,而是一种实实在在的环境演化的最佳信息载体了。

当前国际第四纪研究有两大趋势,一是长尺度的全球气候变化记录,一是现代—近代地球各层圈相互关系的研究。我们认为,长尺度的变化的核心问题是必须建立一个完整连续的时间标尺,没有时间概念则不可能有定量评述;而在各层圈的关系研究中,尤其不能忽视地圈——构造圈的研究。例如,在研究东亚地区气圈、生物圈变化时,人们当然不

表 1 黄土高原及邻区野外考察地区略表

1. 主要省(区)、市、县
四川(马尔康、金川等); 青海(民和、乐都、西宁、青海湖、共和等); 宁夏(灵武、吴忠、中宁、中卫、青铜峡、固原、同心、西吉、银川等); 甘肃(兰州、景泰、会宁、隆德、平凉、环县、华池、西峰、庆阳、合水、镇原、天水、甘谷、陇西、渭源等); 陕西(长武、彬县、灵台、永寿、宝鸡、岐山、西安、蓝田、渭南、富平、铜川、华阴、大荔、蒲城、合阳、韩城、宜君、黄陵、洛川、富县、宜川、甘泉、延安、吴旗、志丹、定边、靖边、横山、榆林、吴堡、米脂等); 山西(大同、阳曲、太原、汾阳、离石、午城、吉县、乡宁、临汾、襄汾、古县、河津、临猗、运城、长治等); 河南(林县、安阳、郑州等); 河北(怀来)
2. 主要河流
黄河(无定河、榆林河、延河、涇水河、三川河、湟水河、大通河、祖厉河、苦水河、清水河等); 渭河(源头、藉河、漆水河、灞河等); 洛河(源头、头道川、葫芦河、沮河、介子河、仙姑河、大峪河、三河口等); 泾河(泾源、环江、马莲河、茹河、蒲河、洪河等); 汾河、沁河、浊漳河、桑干河等;青海湖等
3. 主要山脉与分水岭
日月山、祁连山南支脉、贺兰山、六盘山、吕梁山、太岳山、太行山、渭河北山、中条山、秦岭、白于山、子午岭、劳山、黄龙山等
4. 主要地貌—构造单元
黄土塬、梁、峁区;山前平原;新陷盆地;山间盆地;河谷;沙漠;火山岩区、隆起山地;活动断裂带;高原湖;雪山等

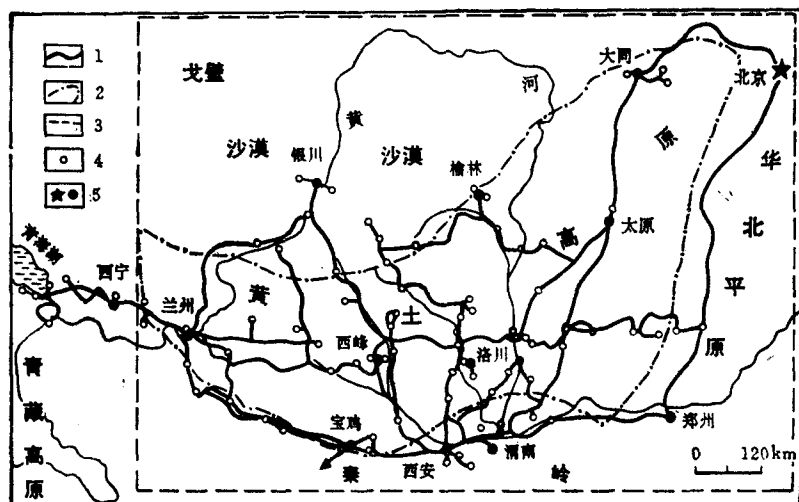


图1 中国黄土高原野外考察路线图

1—野外考察路线； 2—黄土高原范围； 3—制图范围； 4—主要考察点； 5—首都及市(县)

会忘记青藏高原的作用,而青藏高原的隆起正是一个构造圈变化问题,因而,所谓环境演化研究决不能不包括构造演化。基于这两个原因,我们的研究就遵循了一个宗旨,抓住了一个关键,选择了三个突破口。一个宗旨是:将环境演化中的两个主要方面——气圈和地圈作为主要研究对象,用水圈将二者联系起来,并辅以生物圈变化研究来阐述第四纪长尺度的变化。一个关键是:将由于全球气候变化而形成的(风成)黄土-古土壤系列作为一个替代性的时间标尺去度量各种地质事件。三个突破口是:一、以往的黄土剖面中的午城黄土的层次没有划分清楚,黄土与深海氧同位素阶段对比只有约100万年以来对应较好,我们则寻找较好的剖面来解决午城黄土的详细分层,从而建立250万年以来完整的第四纪气候旋回曲线和时间标尺;二、以往认为黄土高原内部没有什么活动构造,即使有,也被黄土覆盖而观察不到,因而在各类图件和研究中,这里的新构造几乎为空白,我们则通过大量实地调查去寻找那些活动构造的形迹,并利用了黄土和古土壤标志层来确定它们的年代,从而建立新构造运动的曲线和年代序列,并为定量研究新构造运动以及与其它地区对比奠定基础;三、以往一般习惯于把构造和气候分开来研究,以致于不同的研究者由于研究角度不同而对同类现象得出不同的结论,我们则认为任何一个大的事件,都是内-外地地质动力的联合作用,只不过各自贡献不同而已,因此,我们将气候变化与构造活动作为一个统一的系统来看待,探讨它们的周期和规律。

抓住上述几个问题,多年来我们做了一些工作,如果说这些工作有些新意的话,主要有如下十个方面:

1. 通过各地区大量剖面测制对比,建立了中国黄土土壤地层标准剖面,编制了黄土地层区划图;
2. 运用轨道调谐法建立了完整的连续的2.5Ma以来的时间标尺,提出了“古土壤断代法”这一比较测年法(也可称“土壤地层学法”);
3. 发现并确定了黄土剖面与河湖相剖面中古土壤之间良好对应关系,明确提出了

黄河诞生演化的年龄,建立了水系沉积物-古土壤系列和黄河阶地系列;

4. 阐述了第四纪时期全球气候变化的 37 个旋回及其周期性;

5. 讨论了黄土阶段性扩展、阶段性演化规律及其与古风场和古构造地貌的关系;

6. 在黄土高原内部发现了大量活动构造形迹(包括断裂、褶曲、隆起、拗陷、构造节理、古地震遗迹等)及松散沉积层中的显微新构造,提出了黄土高原中央主体部分为一具有中等强度活动性的环状旋转构造的观点;

7. 阐述了新构造运动幕、构造旋回的划分及其年代,确定了运动强度、幅度、速率和形式,编制了新构造图、夷平面变形图、古构造-地貌和沉积等厚度图等系列图及计算机分层构造变形模拟图等;

8. 确定了黄土高原中的侵蚀面、侵蚀旋回和新地文期,阐述了黄土高原形成、演化的年代、隆起形式与幅度以及黄土古地形的发展阶段;

9. 以“古土壤断代法”讨论了第四纪事件的年代,建立了第四纪事件年表;

10. 考察了各事件之间的关系,提出了构造活化往往伴有气候急剧恶化(一般为变冷)和事件群发性的观点,指出这种具有 0.4Ma 准周期性的现象可能受地球轨道变化所控制,可称之为“气候-构造旋回”,气候与构造事件间的关联可用一种“气候-构造耦合系统”来描述。

在上述诸方面问题中,时间标尺、古土壤断代法、37 个气候旋回、3 个新构造运动幕、7 个活化期、4 个主旋回以及 0.4Ma 准周期的事件群发性等似对中国各地区和其他大陆之间的对比有较大的意义。这些成果在近几年国际合作研究和国际会议、国际刊物上已被国际第四纪研究联合会的知名学者引用、对比、采纳和刊登。

在研究了黄土高原的古气候和新构造特征之后,我们日益感到,在全球变化的研究中,中国黄土高原确实是一个不可多得的天然试验场,从她那里可以提取大量的信息。

第一章 黄土土壤地层与古气候演化

中国黄土地层学研究始于本世纪 30 年代,刘东生等(1985)在其著作《黄土与环境》中,对中国黄土地层学的研究历史有过详细的回顾,在此不再赘述。

严格说来,早期的黄土地层学工作多偏重于岩石地层、生物地层和年代地层学的研究。只有到 70 年代中期,黄土的土壤地层学的研究才日益受到重视,这是因为人们逐渐认识到:任何单独的埋藏古土壤层和黄土层是不同气候条件下的产物,它们各代表了第四纪历史上的不同的气候事件。因此说,中国黄土土壤地层学的研究是随着第四纪古气候历史的研究而逐渐深化的。

根据黄土古土壤系列重建第四纪古气候历史,一个最为重要的前提条件是:黄土地层须具很好的连续性。对中国黄土是否连续的认识,有个历史的发展过程。在黄土研究初期,根据古土壤的表层剥蚀现象,人们倾向于认为黄土沉积是不连续的,即存在着剥蚀面与假整合面,当时的岩石地层划分工作考虑了“剥蚀面”的存在。从 70 年代中后期始,随着第四纪古气候学研究的展开,越来越多的中国学者认识到黄土在记录古气候历史上是基本连续的,但有一些外国学者对此持一定的怀疑态度。如 Pecsì (1987) 提出:“这么厚的黄土在第四纪时期一直连续沉积是不可想象的”;“黄土层中出现小的间断是不易鉴别的”;“古土壤表层受剥蚀现象到处可见”。因此, Pecsì 将中国黄土是基本连续的观点视为“过于简单化”的认识。

要证明中国黄土是连续的,一个不可缺少的前提条件是:在相距甚远的不同区域存在着完整的黄土剖面,在这些剖面间,各个土壤地层单位能一一进行对比。过去的黄土土壤地层学研究工作多集中在洛川剖面展开,其他地区的工作做得不多,更毋论各个剖面间的对比了。因此,扩大黄土研究的地域,是殊为重要的工作。

洛川剖面作为中国黄土岩石地层学的标准剖面,土壤地层学的工作亦做得很细。但洛川剖面有一个显见的缺陷,即其午城黄土中到底有多少层古土壤一直不明确。由于目前尚未研究清楚,午城黄土中的古土壤层不易同黄土层相区分,且黄土物质与土壤物质有时候有一定的混杂现象。

因此,关于中国黄土的土壤地层学,下列几个问题有待研究:

1. 午城黄土中有多少层古土壤;
2. 洛川剖面离石黄土中的土壤地层在整个黄土高原中是否有代表性;
3. 中国黄土是否连续;
4. 中国黄土中共有多少个古土壤;
5. 各土壤地层单位在空间上能否一一对比。

最近几年来,我们通过对黄土高原不同区域的土壤地层学的野外调查与实验室工作,对上述问题有了一些新的认识。

本章首先介绍黄土高原不同区域的土壤地层及古地磁定年,然后对各个土壤地层单位进行空间上的对比,最后提出中国黄土的土壤地层划分方案,描述了标准剖面,并讨论

了古气候旋回的问题。

第一节 区域土壤地层与黄土地层区划

中国黄土主体部分堆积在北起沙漠、南抵秦岭,西迄兰州、东达太行山这样一个广大的区域中。由于地质条件与地理条件的差异,黄土堆积的厚度、堆积起始年代、黄土与古土壤的特征在空间上差异颇大,从而有必要对各区域的黄土-古土壤系列进行野外调查和室内研究。

本节中,我们将介绍黄土高原各区域中有代表性的黄土剖面、时代、黄土和古土壤性质。各剖面的位置见图 2。

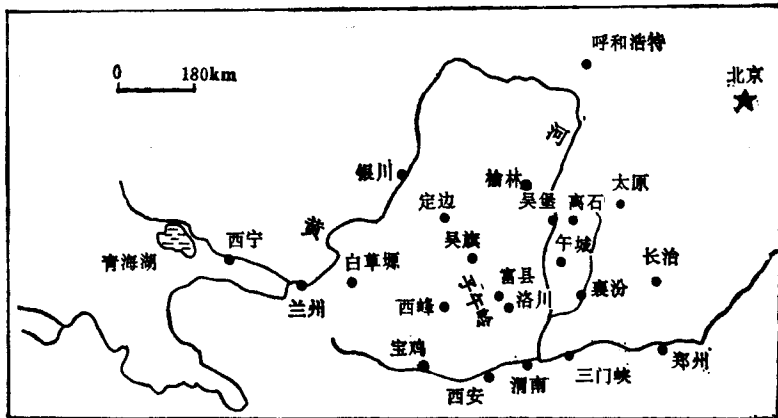


图 2 主要剖面位置图

一、陕北-陇东黄土高原

陕北-陇东黄土高原南自北山、北至毛乌素沙漠,东起黄河,西到六盘山。本区内,黄土堆积以中部最为完整,代表性的剖面有洛川剖面和西峰剖面。由于水系演化、新构造运动、古地形条件等因素的影响,陕北黄土高原南部与北部尚未发现从黄土起始堆积至今完整无缺的黄土剖面。

(一) 洛川剖面

洛川及相邻地区在更新世时期为一大型黄土沉积盆地。其黑木沟剖面(图 3)为中国黄土岩石地层的标准剖面。整个剖面厚 130m, 从下到上分为午城黄土、离石黄土下部、离石黄土上部和马兰黄土。午城黄土以下为一套厚约 20m 的上新世红色粘土,它与上覆黄土呈基本连续过渡。

洛川剖面从 50 年代发现以来,许多学者曾从各个角度对它进行了研究,它是目前研究最详、资料最为丰富的黄土剖面(刘东生等, 1966, 1985; Heller and Liu Tungsheng, 1982, 1984; 安芷生等, 1977, 1985; 李虎候, 1982; 王永炎等, 1985; 文启忠等, 1981; 刘东生、袁宝印, 1982; 卢演铸, 安芷生, 1979)。

1. 洛川剖面的地层结构

在地层结构上,洛川剖面上、下两部分差别较明显。