



中国西部 环境演变过程研究

周 杰 沈 吉 等/编著



科学出版社
www.sciencep.com

中国西部环境演变过程研究

周 杰 沈 吉 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以我国西部生态环境时空变化过程为目标,首先从时间序列上,通过西北地区风成沉积记录(包括黄土和沙漠)的详细研究,建立了干旱化的演变历史;通过青藏高原东北缘阶地堆积的研究,并与其他记录对比,揭示一系列对我国乃至全球具有重要影响的环境事件,并探讨其形成机制及与自然环境阶段性演化的关系;利用湖泊记录分辨率高的优势,从新疆准噶尔盆地、青海湖盆地到云南高原,选择3个典型湖泊进行多指标的系统研究,探讨了全新世时期我国西部地区不同区域的环境特点、相位关系、气候组合以及人类活动的影响。最后,在空间上,以我国三大自然环境区生物气候特点为核心,通过分析长期以来在风成沉积、湖泊沉积、雪冰沉积及其他内陆碎屑沉积以及古海岸变化等古环境记录方面的研究成果,着重探讨了晚新生代以来我国整体环境演化的空间格局。

本书可供科研人员、高等院校教师和学生、从事生态环境建设的工程技术人员及政府领导和管理人员等阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国西部环境演变过程研究/周杰,沈吉等编著. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-019411-4

I. 中… II. 周… III. ①自然环境-演变-研究-西北地区 ②自然环境-演变-研究-西南地区 IV. X21

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第110303号

责任编辑:彭胜潮 韩 鹏 汪福炘/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年9月第一次印刷 印张:14 1/2 插页:4

印数:1—1 500 字数:350 000

定价:48.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

21 世纪对中国而言是一个充满机遇和挑战的世纪。我国地处生存环境复杂多变的东亚地区,13 亿多人口的生存与发展是首要问题。从国家需求看,在全球变暖背景下,我国西部地区面临的水资源短缺、荒漠化加剧、土地资源流失严重、自然灾害频发、生态系统退化及人口与环境的压力,已成为我国社会、经济可持续发展的巨大障碍。针对这些生存环境问题,为确保我国可持续发展战略和西部大开发战略的顺利实施,确保我国资源安全、粮食安全和环境安全,协调人类与自然的关系,促进生产力的发展和提高我国生存环境质量,科学地进行生态环境建设与保护,已成为我国政府和公众关注的重大课题;同时,也是地球科学工作者肩负的历史责任。

毋庸置疑,我国所面临的区域环境问题,是全球气候变化和人类活动导致的地球环境系统整体的异常变化在特定区域的反映。要完整认识生存环境变化问题,并科学地提出解决的对策,需要从历史演变的长河中寻求答案。其中全面地认识人类演化近几百万年来自然环境的背景与真实面目,系统研究不同尺度环境变化的时空过程,深入分析人类文明发展以来自然环境变化与人类活动的关系,评估全球变暖趋势下我国资源、人口和环境的承载力,乃是其关键点和突破口,同时也是制定我国社会、经济可持续发展战略所必须具备的理论基础。

我国西部,特别是西北部,由于处在我国甚至东亚生态环境最为脆弱而敏感的地区,面临的许多生态环境问题极端突出。其集中表现为:生态结构趋于单一,生态服务功能下降,生态系统极不稳定,生态环境极其脆弱,生物多样性锐减,自然灾害频率和强度不断加剧,生态系统呈现由结构性破坏到功能性紊乱演变的发展态势。这些问题严重制约着西部大开发的进程,如重大的基础设施建设、自然资源开发、产业结构与布局、城市化建设与规模等。

但是西部的生态环境问题又存在显著的地域差异,如西南地区受热带季风系统控制,同时又受太平洋季风气候系统的影响,气候温暖湿润,水资源丰富,生物多样性较为发达,但石漠化问题突出,干热河谷的生态退化严重。而西北干旱地区主要受西风环流和冬季风的影响,水资源短缺,干旱化趋势明显,生物群落衰退显著;黄土高原区受东亚季风系统的影响较为显著,水土流失严重,生态环境较为脆弱。青藏高原地区由于受高原季风、西风环流及东亚季风系统的多重影响,生态系统极不稳定,雪线上升、冰川消融、冻土退化、草地荒漠化等趋势严重。这些环境问题与全球气候变化、青藏高原隆升及其引发的大气环流格局变化、亚洲季风的演变以及近代人类活动的加剧等因素密切相关。

迄今为止,我们对区域生态环境分异的动态过程、规律,人类活动对自然环境的影响,生态环境系统的未来走势等还知之甚少。建立我国,特别是西部地区不同区域宏观的环境演变格架,进行对比研究,了解生态环境分异及干旱化的过程、规律,预测其未来走势,

回答“西部地区自然环境过去究竟是什么样子,究竟是什么原因使西部地区变成目前这个状况”,特别是地质历史时期西北地区是否出现过湖泊成群、植被如茵的山川秀美的景象问题,如若有,又是如何改变,如何演变为目前这个状况的?这是西部大开发战略中必须面对的重大科学问题,同时也是国家西部大开发总体战略布局以及制定生态环境建设规划必要的科学依据。

从科学的角度来讲,西部地区自然环境独特,寒区和旱区相依并存,而由西北-东南向发育的戈壁、沙漠、黄土与青藏高原阶梯状相连,使得其在全球气候变化研究中具有极其特殊的地位。众多科学家对区域构造事件——晚新生代青藏高原的构造隆升研究,并结合地质和生物证据揭示了高原隆升的阶段性及其对中国地貌、水系和大气环流格局演化的深远影响,论证了高原隆升造成北半球西风环流的分支和北移,并加强了蒙古高压,导致冬夏季风环流的形成与加强,同时造成了中国西北内陆、黄土高原地区、东南地区和西南地区的降水分异,并对西北地区干旱化的产生和发展产生不可低估的影响;同时提出了控制中国古环境变化的东亚古季风理论,指出第四纪东亚气候的变迁历史,可视为夏季风环境效应占优势的气候期与冬季风环境效应占优势的气候期以多种组合方式相互交替的历史。在这一基本理论框架下,我国科技工作者同时在红黏土-黄土-古土壤序列的研究,沙漠沉积学研究,湖泊沉积学及水文学研究,微体古生物研究,古风化壳研究,树木年轮研究,冰缘现象及冰芯研究,石笋研究,环境考古研究,文献记载研究等许多方面均取得了重要成果,使我国新生代以来西部地区自然环境演变的研究在不同时空尺度上取得了多方面的突破,使人们对西部地区自然环境整体的演变过程有了一个轮廓性的认识,并已在国际全球变化研究计划中发挥着关键性的作用。

基于上述大量的研究基础和对相关问题的思考和认识,本书重点讨论了以下四个方面的内容:

- (1)晚新生代以来重大气候和构造事件及其对西部环境和全球的影响。
- (2)不同时间尺度上(万年、千年和百年),西北地区干旱化阶段性演化过程、规律及其生态环境特征。
- (3)最近1万年以来西部地区环境变化序列和干湿变化过程。
- (4)我国特别是西部地区在自然变化状态下(无人干预条件)生态环境背景,以及典型时段西部生态环境的空间格局。

为此,本书在结构安排上,首先从时间序列上系统地论述了晚新生代以来万年、千年和百年尺度上自然环境变化的过程和规律,特别是通过西北地区风成沉积记录(包括黄土和沙漠)的详细研究,建立了干旱化的演变历史。通过青藏高原东北缘阶地堆积的研究,并与其他记录对比,揭示一系列对我国乃至全球具有重要影响的环境事件,并探讨其形成机制及与自然环境阶段性演化的关系。同时,十分注重生物指标在西部地区生态环境演变中的反映,阐述和总结了黄土高原地区植被在不同时期的群落组合特征和演替过程。利用湖泊记录分辨率高的优势,从新疆准噶尔盆地,青海湖盆地到云南高原,选择三个典型湖泊进行多指标的系统研究,探讨了全新世时期我国西部地区不同区域的环境特点、相位关系、气候组合以及人类活动的影响。最后,在空间上,以我国三大自然环境区生物气候特点为核心,通过分析长期以来在风成沉积、湖泊沉积、雪冰沉积及其他内陆碎屑沉积

以及古海岸变化等古环境记录方面的研究成果,提取包括植被、气候、沙漠、冰川、冻土、湖泊及高原隆升,特别是大量古植被研究资料,着重探讨了晚新生代以来我国整体环境演化的空间格局和长时间尺度的演化过程。选择距今 360 万~260 万年、13 万~7.5 万年、2.1 万~1.6 万年、9000~5000 年等时间窗编绘了相应的古环境图,运用环境制图方法描绘了晚新生代以来我国环境演化的动态格局,直观地再现了我国生物气候带变化历史,重建了不同时期我国环境的自然背景和生态特征。在此基础上,对几个重要问题包括不同气候时期生物气候带的摆动,冰川、冻土、沙漠和湖泊等环境要素的变化,青藏高原隆升,西北地区干旱化,西部地区生物多样性,西部生态环境建设等进行了讨论。

全书共分七部分。前言由周杰撰写;第 1 章由汶玲娟、史正涛、鹿化煜撰稿;第 2 章由鹿化煜、汶玲娟撰稿;第 3 章由李小强、刘卫国撰稿;第 4 章由沈吉、羊向东、吴敬禄、刘兴起撰稿;第 5 章由费杰、张青瑶、周杰撰稿;第 6 章由周杰、王苏民、陈惠中、何洪鸣、解修平撰稿。张行勇参加了部分统稿、编排工作。

本书的研究工作得到了中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-10, KZCX3-SW-146)、国家科学技术部 973 项目(2004CB720200)的支持,由中国科学院地球环境研究所和中国科学院南京地理与湖泊研究所共同组织完成。

目 录

前 言

第 1 章 风成堆积与西北地区干旱化过程	1
1.1 黄土高原风尘记录的干旱化历史	1
1.1.1 早—中中新世风尘堆积	2
1.1.2 晚中新世—第四纪风成堆积	2
1.2 新疆北部风尘沉积记录的干旱化过程	4
1.2.1 黄土的特征	4
1.2.2 黄土形成时代	6
1.2.3 北疆气候变化与干旱事件的黄土-古土壤记录	8
1.3 西北地区沙漠演化与干旱化历史	14
1.3.1 晚白垩世的沙漠演化与干旱化历史	15
1.3.2 早中新世—中中新世沙漠演化与干旱化历史	15
1.3.3 晚中新世—上新世的沙漠演化与干旱化历史	16
1.3.4 第四纪以来沙漠演化与干旱化历史	20
1.4 小结	25
参考文献	26
第 2 章 中国西部重大环境事件及其影响	30
2.1 研究区构造地貌背景	30
2.2 重大环境事件记录	31
2.2.1 早中新世的重大环境事件	32
2.2.2 中中新世的重大环境变化	32
2.2.3 晚中新世—早上新世的重大环境事件	33
2.2.4 中上新世—第四纪的重大环境变化	35
2.3 重大环境事件对区域及全球的影响	35
2.4 小结	38
参考文献	38
第 3 章 黄土高原地区植被演化	44
3.1 黄土高原植被演化的孢粉记录	44
3.1.1 黄土高原区现代植被特征	44
3.1.2 黄土高原的植被类型	45
3.1.3 黄土高原的植被分区	46
3.1.4 黄土高原上新世以来植被演化的孢粉记录	47

3.2 黄土高原植被历史的有机碳同位素记录	68
3.2.1 现代土壤有机碳同位素组成与现代植被	69
3.2.2 黄土高原河流悬浮物有机碳同位素组成与植被季节性变化	70
3.2.3 古土壤有机碳同位素记录的植被历史	72
3.3 黄土高原地区晚新生代植被演化特征	73
3.3.1 黄土高原晚新生代植物地理特征	73
3.3.2 黄土高原地区植被的地带性和非地带性特征	73
3.3.3 黄土高原上新世—早更新世植被与环境特征	74
3.3.4 黄土高原晚更新世植被与环境特征	74
3.3.5 黄土高原全新世植被与环境特征	75
参考文献	75
第4章 湖泊沉积记录的全新世环境演变过程	78
4.1 新疆艾比湖沉积记录与环境变化	78
4.1.1 区域概况	78
4.1.2 新疆艾比湖全新世以来的沉积剖面特征	79
4.1.3 艾比湖沉积物环境代用指标	81
4.1.4 艾比湖全新世以来的环境与气候特征	90
4.1.5 艾比湖早全新世气候的不稳定性	91
4.1.6 新疆北部全新世湖泊沉积记录的气候环境特征	94
4.2 青海湖晚冰期以来气候环境演变过程	95
4.2.1 青海湖概况	95
4.2.2 样品采集与环境代用指标的分析测试	96
4.2.3 孢粉组合与古植被	99
4.2.4 粒度组成及其环境意义	104
4.2.5 沉积岩芯碳酸盐变化特征及其环境意义	106
4.2.6 沉积岩芯有机碳、有机氮、 $\delta^{13}\text{C}$ 变化及其环境意义	109
4.2.7 沉积岩芯介形类壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 变化及其环境意义	112
4.2.8 综合指标揭示的晚冰期以来青海湖古气候环境演化	114
4.2.9 区域对比	117
4.2.10 晚冰期以来青海湖沉积记录的驱动机制分析	122
4.3 云南洱海湖泊沉积揭示的气候变化与人类活动证据	124
4.3.1 洱海流域自然地理概况	125
4.3.2 洱海流域考古和历史记载	126
4.3.3 钻孔样品采集与实验分析方法	127
4.3.4 年代序列及环境指标变化特征	127
4.3.5 洱海全新世环境演化特征	134
4.3.6 主要结论	140
4.4 西部全新世湖泊记录的区域对比	141

4.4.1 全新世西部气候环境变化的区域比较	141
4.4.2 西部地区气候环境变化与亚洲季风	142
4.4.3 西部地区人类活动强度及其生存环境	144
参考文献	145
第5章 历史文献记录的环境事件个案研究	156
5.1 约公元626年火山喷发的气候效应	157
5.1.1 引言	157
5.1.2 约公元626年火山喷发简介	157
5.1.3 约公元626年火山喷发气候效应的研究现状	158
5.1.4 约公元626年火山喷发与黄土高原的气候变冷	158
5.1.5 约公元626年火山喷发与塞北地区的雪灾和霜灾	160
5.1.6 东突厥汗国的覆灭	160
5.1.7 结论	161
5.2 约公元934年冰岛 Eldgjá 火山喷发的气候效应	162
5.2.1 约公元934年冰岛 Eldgjá 火山喷发概述	162
5.2.2 历史文献记录的欧洲和中东气候与大气异常	163
5.2.3 树轮记录的气候异常	163
5.2.4 日本历史文献记录的气候异常	165
5.2.5 历史文献记录的中国气候异常	166
5.2.6 洛阳开封一带降温幅度的初步估计	168
5.2.7 Eldgjá 火山喷发气候效应的时间分布及其对喷发过程的考量	168
5.2.8 喷发时间与 Eldgjá 喷发接近的其他火山喷发	170
5.2.9 讨论	171
5.2.10 初步结论	172
5.3 公元1860~1898年北京沙尘天气变化序列的初步建立	172
5.3.1 引言	172
5.3.2 资料的整理	173
5.3.3 资料的完整性	174
5.3.4 资料的可靠性	174
5.3.5 公元1860~1898年北京沙尘天气变化序列的建立	175
5.3.6 1860~1898年北京沙尘天气的月际分布	177
5.3.7 1860~1898年北京沙尘天气与气温和降水的关系	177
5.3.8 初步结论	178
参考文献	178
第6章 特征时期中国古环境空间格局重建	182
6.1 引言	182
6.2 古环境空间格局重建的总体思路和方法	183
6.2.1 总体思路 and 原则	183

6.2.2 总体方法	185
6.2.3 古环境分类系统	185
6.3 中国现代环境格局及其形成与演化过程概述	185
6.3.1 中国现代自然环境的基本特点	185
6.3.2 中国现代环境格局的形成与演变过程简述	189
6.4 特征时期中国古环境空间格局	191
6.4.1 前人工作简要回顾	191
6.4.2 特征时期的选择	191
6.4.3 特征时期中国古环境空间格局	192
6.5 几个相关问题的认识与讨论	206
6.5.1 关于生物气候带的摆动	206
6.5.2 关于冰川、冻土、沙漠和湖泊等环境要素的变化	207
6.5.3 关于青藏高原隆升	209
6.5.4 关于西北地区的干旱化和我国的干旱环境	210
6.5.5 关于西部生态环境建设	212
参考文献	215

第 1 章 风成堆积与西北地区 干旱化过程

全球干旱化过程与机制是对人类生存环境影响最为深刻和最为广泛的一个科学问题,其发生和发展备受国际社会的关注。亚洲内陆的戈壁、沙漠和黄土高原是东亚大陆和北太平洋粉尘沉积的主要源区,粉尘排放的强度和频次影响着北半球的大气、气候和生态环境。我国目前受干旱影响的土地面积已达国土面积的 42%。研究表明,由冬季风携带的粉尘物质与夏季风携带的降水相互消长,在我国北方形成大面积的风成堆积,真实地记录了亚洲内陆粉尘源区的干旱化过程(刘东生等,1965,1985;Ding et al., 1998; An et al., 2000; Guo et al., 2002)。因此,风尘沉积的产生和发展历史实质上反映了我国西北、亚洲中部干旱化和相关古大气环流的形成和发展历史。

我国风尘堆积的分布范围相当广泛,大致沿昆仑山、秦岭以北、阿尔泰山、阿拉善和大兴安岭一线以南分布,构成北西西-南东东走向的风尘堆积带,总面积可达 40 多万平方公里。其中,我国西北内陆地区风尘堆积最为典型,尤其是黄土高原地区,该区是我国风尘堆积分布的中心,厚度多达数百米,地层完整,也是世界上最典型的黄土堆积区(刘东生等,1964,1965,1966,1985)。已有研究发现,我国西北的风成沉积从时间上可以追溯到 22Ma B. P. (Guo et al., 2002)。这些风成沉积不仅反映了古环境的重大改变和古季风气候的初步形成,而且与青藏高原的隆升、亚洲内陆的干旱化、亚洲季风气候起源以及全球冰量变化之间有密切的联系。

1.1 黄土高原风尘记录的干旱化历史

黄土高原以其分布广泛、层厚、连续的黄土堆积和严重的水土流失而闻名于世,在中国的地貌特征上属于第二大阶梯,同时它也是中国四大高原之一。地势西北高,东南低,略向东南方向倾斜,海拔一般在 1 000~2 000m 之间,是世界上起伏最大的黄土分布地区,我国的风尘堆积主要集中在这一地区。

目前,黄土高原的风尘堆积主要包括四套地层。第一套是最近在六盘山以西甘肃秦安地区发现的中新世黄土-古土壤序列(Guo et al., 2002; Hao et al., 2004),其下界年龄至少为 22Ma B. P.;第二套是青藏高原东北缘西宁盆地中堆积于阶地上的红色土状沉积物,磁性地层学研究(鹿化煜等,2004; Lu et al., 2004)确认其下界年龄为 14Ma B. P.;第三套主要是六盘山以东堆积于黄土高原的“三趾马红土”,也称红黏土。近年来对这套地层的磁性地层学研究(孙东怀等,1997,1998;丁仲礼等,1997;宋友桂等,2000;Qiang et al., 2001;吕连清等,2001)发现,其堆积的下界年代多在 6~8Ma B. P.;第四套是广泛分布于我国北方及南方部分地区的最近 2.6Ma B. P. 以来的黄土-古土壤序列,它为研究第

四纪陆地环境演化、全球变化等提供了大量信息。上述四套风尘堆积一起构成目前全球独有的、基本连续完整的 22Ma B. P. 以来的古环境变化的风尘记录。

1.1.1 早—中中新世风尘堆积

中新世以来中国的古环境格局发生了重大变化,气候带由原来行星风系控制下的东西走向格局逐渐转化成季风控制下的环境格局,干旱带的格局也发生了重新调整,一改过去的纬向展布,出现了东西分异。干旱区主要分布在昆仑山以北、太行山以西地区,干旱区内部存在东湿西干的过渡变化特征,并一直保持至今(刘东生等,1998;Sun and Wang, 2005)。

近年来,对青藏高原东北侧甘肃秦安地区“甘肃群”地层的成因研究表明,它是目前黄土高原地区最老的风尘堆积序列,其下界年龄达 22Ma B. P.,表明我国北方黄土高原地区至少在 22Ma B. P. 就开始发育风尘堆积(Guo et al., 2002),黄土高原至少在 22Ma B. P. 以前就具有雏形。当时,在黄河中游地区发育风尘堆积及其中古土壤形成的各种环境条件就已具备。由于大规模黄土堆积必须以大面积干旱区的存在为前提,中新世黄土-古土壤的发现表明当时西北地区已经开始出现大范围的干旱地区,为风尘堆积的形成提供基本的物质来源,同时风力搬运的动力系统也已经形成。

中中新世以来的风尘堆积物在中国发现的较少,目前主要是在青藏高原东北缘西宁盆地的阶地上(鹿化煜等,2004;Lu et al., 2004a)。它是与第三纪河湖相沉积物同期异相的风成红色土状堆积,表现为粉砂-黏土质、偏红色、无层理、具有直立块状结构的弱复合密集古土壤层堆积。通过对这套堆积物的地层、微形态结构、沉积特征、地球化学特征等的综合分析(鹿化煜等,2004;Lu et al., 2004;王先彦等,2005),发现该套沉积物与黄土高原典型风尘堆积物的特征类似,是风尘沉积。经沉积学、地貌学和年代学的综合研究,认为其堆积的起始年代应在 14Ma 前后。基于沉积物分析和地貌发育过程的研究证实,青藏高原东北缘西宁盆地的河流阶地以构造抬升驱动为主,以气候变化对河流阶地发育的影响为辅。因此可知,西宁盆地至少在 14Ma 湟水流域发生过构造抬升活动。这个结果与一些学者从喜马拉雅山南北向的正断层的年代为 14Ma 以及古植被变化与环境变化的研究结果相吻合(Blisniuk et al., 2001; Spicer et al., 2003),表明青藏高原东北部开始隆升的时间比以前认为的要早,这也是在青藏高原东北部发现的新生代最老的河流阶地。同时,高阶地上的风成沉积序列是古气候与古环境变化的有力证据,表明至少在 14Ma 年前,中国西北干旱化过程发生过变化。这项研究有助于在构造事件和气候事件之间建立直接的地层学联系。

1.1.2 晚中新世—第四纪风成堆积

晚中新世,亚洲、乃至全球环境发生了一次重大变化。该时期,我国突出的现象就是六盘山以东的黄土高原地区开始堆积以“三趾马红土”为特征的风成沉积,而第四纪黄土的堆积在三大阶梯上都有,黄土高原从西北向东南分为砂黄土、黄土和黏土三个带。研究表明,这套风尘堆积与青藏高原的隆升、亚洲内陆的干旱化、亚洲季风气候起源以及全球冰量变化之间有密切的联系(Qiang et al., 2001; Ding et al., 1998; Sun et al., 1998; An

et al., 2001; 宋友桂等, 2001)。

黄土高原晚第三纪红黏土堆积序列的大量研究,发现红黏土堆积下界年代多集中在8~6Ma,其演化主要经历了明显的三个时段:8~5.3Ma B. P., 5.3~3.6Ma B. P. 和3.6~2.6Ma B. P.。通过对风成红黏土堆积记录与深海氧同位素记录的对比分析,表明全球冰量的变化以及青藏高原的隆升对亚洲内陆干旱化和中国北方风尘堆积的发育具有重要作用。风尘序列记录的东亚季风气候演化特征,尤其是3.6Ma之后风尘堆积速率的急剧增加、亚洲内陆源区环境的迅速恶化与青藏高原隆升记录及与之密切相关的周边地区沉积盆地的古气候记录进行对比分析,表明青藏高原隆升可能对东亚气候的变化和中国北方风尘堆积发育具有影响作用;2.6Ma和1.3Ma以后,我国北方大范围黄土堆积的阶段性的出现,指示了中国西北干旱化的逐渐加剧,东亚冬季风活动的进一步加强(李吉均等,1996;1998;1999)。

黄土高原风尘堆积从晚中新世—上新世“三趾马红土”沉积向第四纪的黄土古土壤序列转变,表明了东亚冬季风系统的进一步加强和中国西北、亚洲内陆干旱程度的加剧(刘东生等,1985)。

对广泛分布于中国北方的第四纪黄土-古土壤堆积序列的研究至今已有100多年历史。近年来,通过对中国北方黄土-古土壤序列的地层学、古生物学、土壤学、岩石磁学、沉积学、矿物学、地球化学和年代学等多学科综合研究,获得了气候与环境的替代性指标并提取了很多气候环境变化的信息,逐步揭示了中国北方不同区域第四纪时期气候变化的特征(刘东生等,1985,2000;安芷生等,1991,1998;郭正堂等,1993,1994;方小敏等,1997;丁仲礼等,1997,1999;鹿化煜等,1998,2001;顾兆炎,1999;陈骏等,1998,2001;吴乃琴等,1998;吕厚远等,1999;熊尚发等,1999,2002)。最近,Lu等人(2004b)对第四纪黄土-古土壤的轨道尺度干旱和季风气候演化特征进行了研究,通过对黄土高原的洛川和西峰黄土-古土壤剖面进行新的系统采样和粒度与磁化率的测量,在已有的释光绝对年代和古地磁年龄控制的基础上,根据中国黄土堆积粒度和沉积速率的相关性,建立了计算黄土堆积的时间序列模式,得到了两个堆积序列的独立的时间标尺。对这两个时间序列同时进行了小波周期分析和最大商谱分析,在最近3Ma的中国风尘堆积序列中检测出准40万年的太阳辐射变化的周期,黄赤交角周期(obliquity)和岁差周期(precession)的不稳定变化,被认为与黄土记录分辨率较低和沉积过程不稳定有关。

根据上述中新世以来风尘沉积序列的不同发展阶段可看出,黄土高原风尘堆积的下界年代可下推到22Ma前,风尘沉积本身指示了源区干旱化和亚洲冬季风系统的建立,而其中较发育的加积型古土壤指示了当时黄土沉积区较为湿润的古气候状况,可能主要受亚洲夏季风活动的影响。晚中新世—上新世红黏土堆积序列进一步揭示了东亚古季风的发展、演化,通过对风尘红黏土堆积记录与深海氧同位素记录的对比分析,表明青藏高原的隆升、全球冰量的变化等对亚洲内陆干旱化和中国北方风尘堆积的发育具有重要作用(安芷生等,1998;Guo et al., 2004)。

1.2 新疆北部风尘沉积记录的干旱化过程

新疆位于我国的西北部,面积约占国土总面积的 1/6。地形上,沿纬线方向伸展的昆仑山-阿尔金山、天山、阿勒泰山三大山系和塔里木、准噶尔两大盆地为其明显的地形单元。横亘中部的天山将全疆分为南北两部,北部地区即为北疆地区,它包括准噶尔盆地、天山北坡、阿勒泰山脉和伊犁盆地。准噶尔盆地地势由东北向西南倾斜,北部海拔 700~1 000m,东部一带为 600m 左右,而西南部则在 300m 以下。中部分布着我国第二大沙漠——古尔班通古特沙漠,广袤沙漠中盛行风向为 NNW 和 NNE,它携带着沙漠中产生的粉尘向南运动,携沙气流在受到天山的阻挡后运动速度变小,携沙能力减小而使粉尘在山前地带沉降堆积形成黄土。

1.2.1 黄土的特征

1) 黄土分布

北疆黄土虽不如黄河中游一带发育,但其分布也较广,主要分布在天山北麓以及天山内部的伊犁-昭苏谷地和准噶尔西部山地。

天山北坡黄土主要分布在山前丘陵和山麓地带,覆盖在不同时代的地层上,厚度沿高程呈透镜状,最大厚度位于河流最高阶地上。该区黄土虽然分布较广,但并不连续而呈岛状。在四棵树河以西地区,山坡及山麓地带黄土分布很少,更西边的博乐塔拉河及其三角洲地带稍多,黄土分布于温泉以下的河流阶地上,愈向下游,它分布的宽度和厚度也愈大,在博乐城附近厚度可达 10m 左右。北部的塔城盆地,从四棵树河向东直至奇台县附近均有黄土分布,而呼图壁河到沙湾一带是黄土分布最多最厚的地区,黄土主要分布在低山和背斜翼部的河流阶地上,厚度由数米到 70 余米(图 1-1)。分布的海拔高度上限在 2 000~2 200m,即林带以下,下限在 600m 以上。例如,呼图壁河第二排背斜出口处最高阶地上可见黄土厚度达 60m 左右;塔西河最北一排背斜南侧的最高阶地上黄土厚约 40m;宁家河出山口处,黄土厚约 30m;玛纳斯河红山口东岸的高阶地上,黄土厚达 40~60m;位于清水河中上游的沙湾县东湾镇一带黄土厚度超过 70m。从呼图壁河向东黄土很快减薄,在奇台和乌鲁木齐河一带厚度多在 20m 以下。

准噶尔盆地的西部山地,黄土分布在巴尔雷克山的西坡和北坡,主要分布在低山干草原带,到森林带就很快减薄消失,厚度一般小于 10m。

伊犁地区的黄土主要分布在低山、丘陵和高阶地上,随下伏地形的起伏而变化,其上限大致与所分布区森林下限一致。在昭苏盆地和特克斯谷地,黄土分布在盆地边缘的低山、丘陵和高阶地上,厚度多在 5~20m 之间,上限 1 900~2 100m;在喀什河谷地,黄土分布在二级以上的各阶地上,厚度几米至几十米,在东部的二牧场一带,黄土厚度大于 30m,分布上限 1 900~2 100m。在伊犁盆地,黄土厚度沿伊犁河-巩乃斯河谷向上游增厚,至新源县附近达到最厚,再向上游黄土厚度减薄、消失。伊宁市以下黄土小于 10m,巩留县附近小于 20m,新源县附近可见厚度超过 60m。在距新源县 20km 塔勒德镇的巩乃斯河南

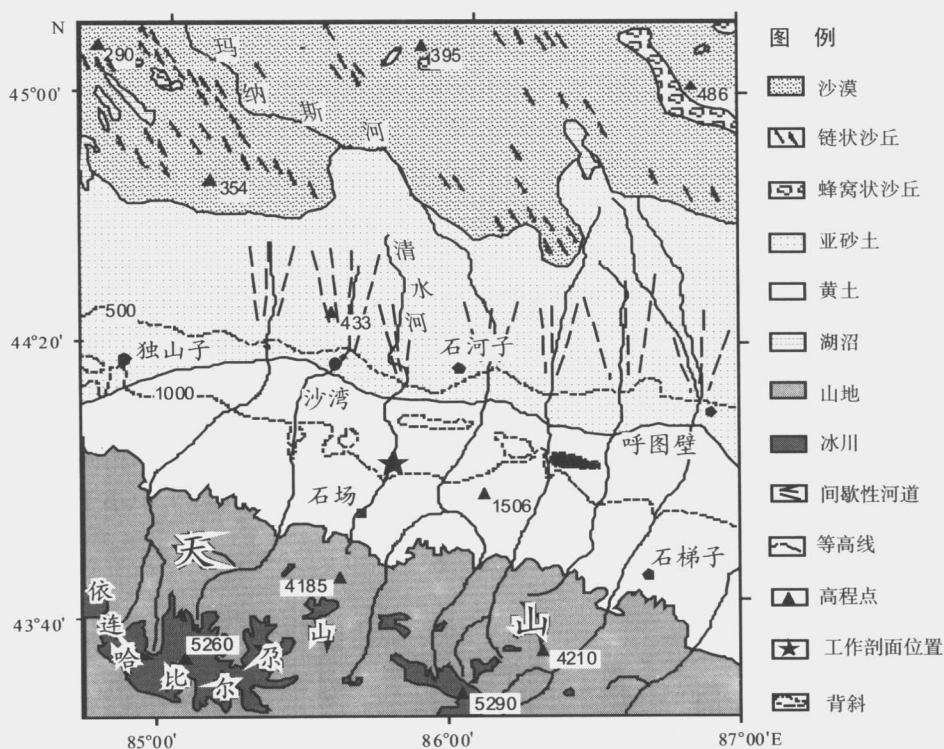


图 1-1 天山北麓黄土分布

岸七级阶地上我们钻探揭示的黄土厚度达 95m,而北岸则可台镇的则可台沟分水岭上,水文地质钻探资料证实,黄土厚度大于 80m,黄土覆盖在河流砾石层之上。至坎苏一带黄土约 40m,那拉提附近几乎无黄土。

北疆黄土的上述分布特征是由当地的气候条件决定的,黄土是地带性土壤,主要分布在温带半干旱草原和森林地带。对黄土形成过程研究表明,黄土分布特征明显与地貌部位和地形坡向有关。在准噶尔盆地南缘,黄土多分布在天山山麓迎风坡风力减弱的地段和山间洼地中,而在背风坡或风口地段黄土分布少而薄,甚至无黄土。伊犁盆地亦然,因谷地北、东、南三面环山,向西开口,故黄土在谷地两侧迎风坡均有分布。黄土分布还与降水量有关,在山区,一般分布在最大降水带的下部。如天山北麓最大降水带在 2 000m 左右,而黄土分布在 2 000m 以下;伊犁河谷黄土厚度也随海拔高度升高增厚,伊宁市附近黄土在 10m 以下,而在新源县城附近达到最厚,而此高度是伊犁河谷第一个最大降水带。这说明黄土分布与降雨有着密切的关系。

2) 沉积特征

北疆黄土总的特征是颜色较淡,结构疏松。天山北麓黄土剖面上黄土层和古土壤层在颜色上区别并不十分明显,野外不易区分,但在密实度上有较明显的差别。黄土疏松,古土壤较硬;古土壤大多数都是加积型复合层,常被薄层黄土分开,而黄土中常夹厚度很

薄但颜色较红的弱风化层;大部分古土壤无明显的淀积层,黄土和古土壤中常出现白色结核,直径 0.2~0.5cm 不等。这些结核经矿物专家鉴定,为 CaCO_3 和 CaSO_4 的共生体,主要为 CaSO_4 。天山西部伊犁谷地的黄土与古土壤差别较明显,野外能明显区分;有些古土壤层有较明显的淀积层和 CaCO_3 淋溶现象,发育钙结核,但钙结核呈单个零星产出。黄土的垂直节理不明显,很少发现黄土柱、天然桥、黄土溶蚀等黄土地貌特征。

3) 粒度组成

北疆黄土粒度以粉砂为主,占 60%~70% 左右,黏粒($<5\mu\text{m}$)含量一般在 15%~20% 之间。特别值得重视的是在所有的黄土中都存在着大于 $100\mu\text{m}$ 的砂粒,一般含量在 5% 以下,塔勒德的一些样品含量达 8%,而伊宁剖面一些样品超过 10%,甚至达到 15% (图 1-2)。而同位于伊犁河-巩乃斯河南岸和北岸,海拔相同的塔勒德和则台台的黄土组成也有所不同,前者大于 $50\mu\text{m}$ 的粒级比后者多,小于 $5\mu\text{m}$ 的粒级则基本相同。另外,从图 1-2 中可以明显的看到,伊犁河谷的黄土随着海拔高度的增加,黄土中小于 $5\mu\text{m}$ 的粒级增加,大于 $50\mu\text{m}$ 的粒级减少。

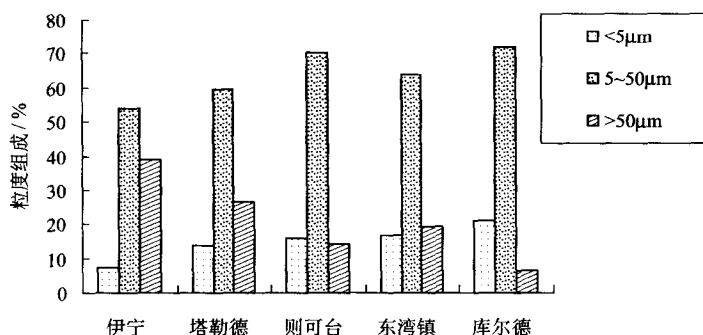


图 1-2 新疆北疆不同地区黄土粒度组成比较

北疆黄土粒度参数见表 1-1。从表 1-1 不难发现,黄土平均粒径在 $17\sim 25\mu\text{m}$ 之间,古土壤的平均粒径在 $8\sim 14\mu\text{m}$ 之间;标准偏差在 1.0~2.0 之间;分选差,偏度小于 0.5,为正偏态。绝大部分样品峰态属中等到窄。与黄土高原黄土相比,两者都以粗粉砂为主,约占 50%~60%,北疆黄土极细砂和细砂的含量多,而黏粒含量则少,平均粒径大,天山黄土的粒度组成比黄土高原黄土粗(表 1-2)。

1.2.2 黄土形成时代

关于该区黄土的形成时代,前人做过一些研究工作,大多认为该区黄土的时代为晚更新世以后;由于掌握材料的不同和放射性测年数据的缺乏,认识上存在着差异。王永炎(1959)、刘东生(1965)、冯先岳等(1983)根据地貌、岩性等认为属晚更新世,与黄土高原的马兰黄土相当。而周廷儒(1963)则认为属中更新世。张鸿义等(1985)在总结前人资料的基础上,通过对黄土地层岩性特征和古生物化石资料的分析,结合区域地层对比,认为该

表 1-1 北疆黄土粒度参数特征

剖面名称	地层	粒度参数			
		$Md(\phi)$	σ_1	SK_1	K_g
东湾镇	S_0	5.87	1.25	0.14	1.28
	L_1	5.71	1.53	0.36	1.19
	S_1	6.0	1.43	0.18	1.20
塔勒德	S_0	6.2	1.73	0.23	1.08
	L_1	5.57	1.72	0.24	1.12
	S_1	5.93	1.77	0.16	1.01
新源砖厂	S_0	6.15	1.74	0.31	1.07
	L_1	5.8	1.54	0.22	1.06
	S_1	6.2	1.71	0.24	1.02
伊宁	S_0	5.9	1.71	0.2	1.04
	L_1	5.2	1.55	0.32	1.4
	S_1	7.0	1.67	0.18	1.1

表 1-2 北疆黄土粒度组成与黄土高原黄土比较

地点	地层	粒级重量/%					平均粒径/ μm	分选系数
		>0.1	$0.1\sim0.05$	$0.05\sim0.01$	$0.01\sim0.005$	<0.005		
洛川	马兰黄土	1.9	4.9	53.3	12.5	27.4	15.7	2.882
午城	马兰黄土	0.83	16.7	53.35	8.53	20.58	24.4	2.455
东湾镇	马兰黄土	3.92	19.66	49.7	11.16	15.3	25.25	1.21
砖厂	马兰黄土	2.71	11.71	57.83	13.99	13.76	21.68	1.19
塔勒德	马兰黄土	6.32	19.15	51.68	9.96	12.88	25.96	1.23
伊宁	马兰黄土	6.6	22.7	46.37	10.29	14.04	26.68	1.27

区不仅分布有晚更新世的黄土(沙湾黄土),而且分布有中更新世黄土(石场黄土)和更老的“新源黄土”,但缺乏令人信服的年代证据。文启忠等(1994)通过对新疆伊犁坎苏等剖面黄土样品的热释光测年结果认为,新疆地区黄土与黄河中游地区相应地层层位基本一致,伊犁地区最老的黄土为 L_5 。一些研究者还对天山北麓的牛圈子、鹿角湾、卡子湾黑垆土层进行了 ^{14}C 测年。总的来说,测年资料比较零散,不系统,未进行过有意义的磁性地层研究,主要地层界线还不清楚。

东湾剖面位于沙湾县东湾镇西南约 2km 处的清水河高阶地上。图 1-3 表明深度 69.5m 以上磁极性基本上都为正磁极,仅在深度 50m 处有一个短暂的倒转事件,69.5m 以下磁极性全为倒转的负磁极。 ^{14}C 测年表明黄土剖面顶部和 9m 深处古土壤分别为全新世和末次间冰期古土壤,地层没有缺失。考虑到我们野外鉴定和粒度指示的黄土-古土壤特征和分层与黄土高原黄土-古土壤层序基本一致,而在黄土高原 B/M 界线位于黄土 L_8 。