

*The Deposition and
Environmental Change
in Late Cenozoic
at Linxia Basin*

王建力 著

临夏盆地
晚新生代沉积与
环境演变



西南师范大学出版社

博士
论丛

西南大学出版基金资助项目

王建力 著

*The Deposition and
Environmental Change
in Late Cenozoic
at Linxia Basin*

江苏工业学院图书馆

藏书章

临夏盆地

晚新生代沉积与
环境演变

西南师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

临夏盆地晚新生代沉积与环境演变/王建力著. —重庆:
西南师范大学出版社, 2007. 4
ISBN 978-7-5621-3850-1

I. 临… II. 王… III. 新生代-构造盆地-沉积环境-
研究-临夏回族自治州 IV. P548. 242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 041429 号

临夏盆地晚新生代沉积与环境演变

王建力 著

责任编辑: 卢旭 王宁

封面设计: 王煤

出版发行: 西南师范大学出版社

(重庆·北碚 邮编: 400715)

网 址: <http://www.xscbs.com>

印 刷: 重庆大学建大印刷厂

开 本: 890mm×1240mm 1/32

印 张: 5.75

字 数: 166 千字

版 次: 2007 年 4 月第 1 版

印 次: 2007 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5621-3850-1

定 价: 12.00 元

序

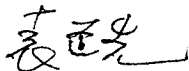
青藏高原的隆起和形成是晚新生代以来地球地质历史上发生的最重大的事件之一。高原的隆升不仅对其自身而且对毗邻地区乃至全球自然环境的演化和分异都产生了深远的影响。关于青藏高原隆起及其对全球晚新生代以来特别是第四纪以来气候和环境变化的影响,一直是国际地球科学界关注的热点问题。问题的焦点在青藏高原强烈隆起究竟发生在什么时候? 青藏高原的存在及其隆起过程在全球变化中究竟起着什么样的重要作用?

为了回答上述科学问题,国家科技部于 20 世纪 90 年代设立了攀登计划“青藏高原形成演化环境变迁与生态系统研究”项目。该项目的工作内容之一就是试图通过高原上及其周边地区的湖泊岩

芯、冰岩芯和天然剖面的综合研究,获得青藏高原晚新生代以来连续的地质记录,提出晚新生代以来气候与环境变迁的模式,为全球变化的预测提供依据。

本书作者多年从事青藏高原隆升的沉积记录研究,特别是自 20 世纪 90 年代起,在国家“八五”和“九五”攀登计划的资助下,对位于青藏高原东北边缘的临夏盆地晚新生代沉积展开综合研究。作者及其所在的研究团队利用沉积物粒度、可溶盐离子、孢粉组合、有机质含量、磁化率以及碳酸钙含量等指标,系统地分析临夏盆地近 30 Ma 以来的环境演化特征。并利用轨道调谐法,首次在临夏盆地建立了早更新世早期湖相沉积的高分辨率时间标尺,为深入地探讨青藏高原隆起过程和古气候变化打下了良好的基础,也为解决上述科学问题迈出了坚实的一步。

我衷心祝贺本书的出版,相信作者在今后有关青藏高原隆升问题的研究中能够再取得新成果。

中科院院士 

2007 年 2 月

临夏盆地晚新生代沉积与环境演变

摘 要

临夏盆地是青藏高原东北边缘一个小型山前拗陷盆地。盆地中沉积了 700~2 000 m 厚的临夏群地层,其底部的年龄为 30 Ma。这套完整而连续的沉积地层为我们揭示青藏高原的隆升过程和地貌演化提供了物质基础。

在已有的研究基础上,我们对采自临夏群的 700 个样品(主要是河湖相沉积物)进行了粒度、可溶盐离子(主要是氯离子)含量、孢粉含量、有机碳含量以及古地磁变化等方面的分析。

研究表明,自渐新世晚期至上新世末期,临夏盆地古气候演变主要以干热和凉(或冷)湿的交替为主,并不存在亚洲季风环流;尤其是 7~8 Ma B. P. 期间,临夏盆地受全球性气候变化的影响,气候干热,处于亚热带气候控制下,岩性上表现为泥岩沉积,表明不曾发生大规模的构造运动,也无其他证据表明此时青藏高原已上升到目前的高度。

粒度分析表明,自距今 30 Ma 以来,临夏盆地所代表的青藏高原地区曾遭受过多次构造活动的影响。其中规模最大的当属发生于 3.4 Ma B. P. 的青藏运动 A 幕,它使得青藏高原整体抬升到 2 000 m 的临界高度,并诱发了亚洲季风,这以前的其他构造运动造成的高原隆起量并不大。研究还表明,自距今 30 Ma 以来,青藏高原地区曾两度被夷平或接近夷平状

态,一次是 24.26 Ma 的渐新世末、中新世初,现为“山顶面”;另一次是“主夷平面”形成时,约在 3.4 Ma B. P. 前。

临夏盆地的东山古湖沉积厚达 84 m,以粉砂和粘土质粉砂为主,经古地磁和氨基酸测年,其跨时为 2.35~1.65 Ma B. P.,是六盘山以西早更新世湖相沉积的典型代表。我们以 2.5 cm 的间隔对这套湖相沉积地层进行了系统采样,并以 CaCO_3 含量变化作为古气候变化的替代性指标,建立迄今为止最高分辨率的轨道调谐时间标尺,并对古气候变化进行了周期分析。

结果表明,东山古湖所反映的 2.35~1.65 Ma B. P. 时段的气候变化明显地受到了地球轨道参数周期性变化的影响,表现出了明显的 41 000 a, 23 000 a/19 000 a 和 100 000 a 的变化周期,其中以 41 000 a 的变化周期为主导周期。 CaCO_3 气候曲线与 ETP 曲线的互谱分析表明,两者之间存在着明显的相关性,并通过了 5% 的显著性水平检验。

东山古湖的 CaCO_3 气候曲线与深海氧同位素 DSDP607 曲线、ODP677 曲线以及宝鸡粒度曲线在 2.35~1.65 Ma B. P. 时段上有着良好的对应关系,反映出此时的气候波动主要以干冷和暖湿的交替为主,这与上新世之前的气候明显不同,这一期间整个气候波动约存在着 17 个大的旋回,但在 2.28 Ma B. P. 前后以及 1.75~1.80 Ma B. P. 期间,古气候表现出十分明显的冷湿特征,作者倾向性地认为,这一结果表明在早更新世初期季风虽已建立但不稳定,研究区可能还受到西风带和西南季风的影响。

The Deposition and Environmental Change in Late Cenozoic at Linxia Basin

ABSTRACT

Linxia Basin is a small fore-land basin in the north-eastern margin of the Tibet Plateau. The Cenozoic Linxia Groups, 700~2 000 m thick, spanning over 30 Myr, is very suitable for study of uplift processes and geo-morphological evolution of the Tibet Plateau.

Based on the previous results, over 700 samples was taken from Linxia Groups which were dominated by lacustrine siltstones and mudstones punctuated by fluvial conglomerates or sandstones to analyse particle size, contents of soluble salts (mainly anion chlorine) and carbonate, spore-pollen assemblages, organic carbon contents and magnetic susceptibility. The results show the paleoclimate was dominated by dry and hot climate between 30~3.4 Ma B. P. in Linxia Basin, with some alternative of dry-hot to cool or cold-humid fluctuations. These results indicate that there was no Asian monsoon circulation before 3.4 Ma.

778 grain size samples with 0.5 m interval were analysed by SKC-2000 micro-photo sizer demonstrating the Linxia

Groups has 7 macro-sedimentary of tectonic cycles that occurred respectively at 30 Ma, 21.71 Ma, 14.7 Ma, 11.86 Ma, 5.3 Ma, 3.4 Ma and around 2.5 Ma B. P.. Before Miocene, much of the stratigraphy bears a lower value of grain size and mild variations, suggesting the Tibet Plateau was a lower land at that time. But at the beginning of the Pliocene, the coarse particle contents increased dramatically, especially at 3.4~2.5 Ma period, implying a strongest tectonic movement happened for the first time since 30 Ma. This tectonic movement caused the Tibet Plateau to begin to uplift as a whole and Linxia Basin to be disintegrated, and thus was named as Phase A of Qingzang Movement.

The Phase B of Qingzang Movement, occurred at about 2.5 Ma B. P., made a 84 m thick typical lacustrine deposit with high deposition rate near Dongshanding Village in Linxia Basin. Both laboratory analysis and field investigation demonstrate that it was the phase B of Qingzang movement that made the Tibet Plateau reach to an important critical altitude so as to induce the formation of Asian monsoon, resulting in an alternative of moist-warm and cold-dry climate which was very different from the one before pliocene.

A high-resolution time scale is obtained for the first time in Linxia Basin by using orbital tuning approach from the carbonate contents, which is very sensitive to dry-humid alternations. The carbonate contents is thus employed as a proxy of climate records and tuned to the orbital records calculated re-

cently by Berger and Loutre (1991) under the control of major magnetic reversals. The tuning is independent of any correlation with $\delta^{18}\text{O}$ signals in the deep-sea sediments. The resulting carbonate contents time scale is tightly constrained, as suggested by the following facts: (1) the filtered obliquity, eccentricity and precession components from the carbonate contents data on the orbital time scale closely match the theoretical orbital records; (2) ages of the major magnetic reversals estimated from the carbonate contents time scale are in good agreement with K/Ar-dated ages; (3) there is close coherence between the Dongshanding carbonate contents time series and the orbital variations at the orbital frequency bands over the 2.35~1.65 Ma period; and (4) the carbonate contents records on the orbital time scale shows a close similarity to the orbitally-tuned DSDP site 607, ODP site 677 $\delta^{18}\text{O}$ and Baoji grain size records.

The spectrum analysis results also show that at the period of 2.35~1.65 Ma B. P., the paleoclimate had an clear 41 K dominant periodicity, suggesting that the earth's obliquity change was the main cause of climate change over this period.

Examination of time-dependent characteristics of the carbonate contents and combination with the deep-sea $\delta^{18}\text{O}$ and Baoji grain size records suggest that there are two major cold-humid shifts in 17 monsoonal cycles at 2.35~1.65 Ma period, one occurring at about 2.28 Ma B. P. and the other a-



round 1.75~1.8 Ma B. P.. The author tended to consider that these two cold-humid shifts were due to the effects of Indian monsoon, East-Asian monsoon and the Westlies, suggesting at the beginning of the establishment of Asian monsoon, the climate was not very stable.

目 录

第一章 前言	(1)
第一节 国内外第四纪古气候研究状况	(3)
第二节 研究区的研究状况	(6)
第三节 拟解决的科学问题	(7)
第二章 临夏盆地沉积环境分析	(9)
第一节 现代自然环境概况	(9)
第二节 新生代地层序列及年代序列简介	(10)
第三节 粒度特征分析	(22)
第四节 粒度特征反映的构造意义	(34)
第五节 石英砂特征反映的沉积及其环境意义	(35)
第六节 Cl^- 含量变化记录	(42)
第七节 孢粉记录	(52)
第三章 临夏盆地早更新世湖相沉积中	
气候与环境演变的高分辨率记录	(56)
第一节 剖面的选取及年代序列的初步建立	(57)
第二节 东山顶综合剖面岩性描述	(63)
第三节 氨基酸测年	(67)

第四节	气候变化代用指标的选取及其气候意义的确定	(73)
第五节	高分辨率样品的采集及实验分析	(79)
第六节	结果与讨论	(88)
第四章	高分辨率气候记录的谱分析	(90)
第一节	轨道调谐法的理论基础	(92)
第二节	应用轨道调谐法的前提和原则	(93)
第三节	东山顶剖面时间标尺的建立	(94)
第四节	东山顶 CaCO_3 气候曲线时间标尺的调谐过程	(102)
第五节	对东山顶时间标尺的检验	(106)
第六节	东山古湖记录的周期分析与探讨	(113)
第五章	古环境演变探讨	(128)
第六章	结论与问题	(140)
参考文献		(144)
附录	波谱分析流程图	(163)

第一章 前言

地球包括多个性质不同的圈层,从地心到大气层的最外层,可分为地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈、生物圈、人类圈等。在地球 45 亿年的演化历史过程中,各圈层在地球上出现的时间有先有后,每一个圈层本身都有各自的特点和运动、演化规律,构成一个复杂的系统。地球的所有组成部分一定以某种方式共同起着作用。海洋、陆地、大气以及生物系统之间的相互作用是既重要而又复杂的。在这些子系统内部和子系统之间,能量和物质的输送跨越了很长的时间尺度而发生在全球范围内。关于全球变化的决定性认识不仅来自对那些当代过程的研究,而且来自于对古气候和地质记录的检验,后两者可以揭示各种过程之间不断变化着的平衡关系,而正是这些过程在地球的整个变革过程中形成了目前的自然环境。

地球表层自然环境一直处于不断的演变中,事实证明人类的活动是促进全球环境变化的最活跃动力。尤其最近 100 多年来人类对于环境、资源的开发利用,远超过了大自然的承载力,引起环境污染、资源退化、生态失衡、全球升温、臭氧层破坏、海面上升、森林和草原剧减、物种大量灭绝、水土流失、沙漠扩张、土地沙化、水源匮乏、自然灾害加剧等一系列环境问题。这些环境问题反过来又威胁着人类的生存,引起了人们对于未来生存环境的关注。因此,深入探索不同时间尺度的环境演变规律,揭示环境变化的原因,识别环境演变过程与



人类活动的影响机理,准确评价环境变化的影响,预测 21 世纪以及更远的将来的环境状况成为地学界当前的主要任务。

目前正在进行的全球变化研究是一个庞大的计划体系,主要由 4 个内容上密切联系又彼此相对独立的国际研究计划构成。它们是:国际地圈—生物圈计划(IGBP),全球变化人文计划(IHDP),世界气候研究计划(WCRP)以及生物多样性计划(DIVERSITAS)。IGBP 是近年来国际科学联合会(IC-SU)发起和组织的重大国际科学计划。该计划于 20 世纪 80 年代初开始酝酿,1986 年正式提出,1990 年进入执行阶段。IGBP 主要以生物地球化学循环子系统及其与物理气候子系统的相互作用为主要研究对象,其科学目标是:了解和阐述控制整个地球系统的关键物理、化学和生物的相互作用过程;了解和阐述支持生命的独特环境;了解和阐述出现在地球系统中受人类活动影响的重大全球变化。要实现这一目标,必须要准确理解过去地球环境的演化及其运行机制,为此,IGBP 组织了核心项目“过去全球变化”(PAGES)的研究,过去全球变化研究是全球变化研究的重要组成部分,与“气候变化及可预报性研究(CLIVAR: climate variability and predictability)”一样,是国际地圈—生物圈计划(IGBP)和世界气候研究计划(WCRP)的核心部分之一。其主要研究内容是通过深海沉积物、黄土、冰芯、石笋、树轮、珊瑚等自然记录来重建地球过去的气候及生态环境历史,旨在获取高分辨率的古气候、古环境变化信息,定量地论证与 IGBP 有关的过去的变化,并根据地球历史的事例,为预测未来可能出现的全球变化提供必不可少的背景条件和类比模式。

第一节 国内外第四纪古气候研究状况

晚新生代虽然在漫长的地质演化历史上是极其短暂的一页,然而正是在这一期间,地球上发生了一系列重大的地质事件,导致全球气候及自然环境发生了一系列巨大的改变。这一时期的基本特征是全球气候变冷、新构造运动强烈以及进入第四纪后气候发生频繁的、周期性的冷暖波动。这期间还发生了地质历史上最伟大的一幕——青藏高原的隆起。它不仅对季风环流的建立、亚洲自然环境分异和干旱区的形成过程产生了重大影响(李吉均等,1994,1995;Kutzbach, et al., 1989; Ruddiman, et al., 1989a, 1989b; Kuhle, 1991),而且对全球气候演变产生了深远的影响。

清楚地了解并合理地解释上述第四纪古气候和古环境的演变历史是地貌学家、地理学家和第四纪工作者的首要任务。以前由于测试手段和研究水平的限制,人们对第四纪古气候演变的认识只限于4~5次冰期——间冰期旋回(Emiliani and Flint, 1963)。最近二三十年来,随着米兰柯维奇(Milankovich)天文理论的复苏以及深海(DSDP)和大洋(ODP)钻探计划的实施,人们对不论是气候变化本身还是其动力因子的认识都有了长足的发展(Hays and Imbrie, 1976; Shackleton and Opdyke, 1977; Ruddiman, et al., 1989; Raymo, et al., 1989)。国内,刘东生、丁仲礼等系统地研究了黄土—古土壤系列及其中蕴藏的古气候变化信息,认为从2.5 Ma以来在中国的黄土高原至少可以划分出37个黄土—古土壤旋回,每一个旋回都相当于一个干冷—温湿气候周期(刘东生,丁仲礼,1990)。此外,李吉均等成功地将黄土—古土壤系列与冰

川地层进行了对比(李吉均等,1990a,1990b;郭红伟,1990),这就有可能使得中国的冰川进退具有最确切的年龄。

近年来,由于测试手段及研究水平的提高,人们已经有能力来揭示时间跨度以千年计、百年计或十年计的地质—气候—生物事件,特别是格陵兰冰芯的研究(GRIP Member, 1993; Dansgaard, et al., 1993),使得人们从末次冰期旋回中提取了高分辨率的气候变化信息,同时建立了一套高精度的分析方法,确认了距今约 15 万年以来气候变化的不稳定性,特别是在氧同位素 5e 阶段发生了两次极端的气候突变事件。不仅如此,从距今 22 ka 到 37 ka 有 10 次 Dansgaard-Descherger 冷事件发生(Kerr Richard A, 1993)。气候从相对的温暖期滑至冰期,再突然跳至暖期。那么这些快速的暖冷颤动事件是末次冰期旋回所特有的现象,还是在整个第四纪中普遍存在?

对深海氧同位素的研究(Hays et al., 1976; Shackleton, et al., 1997)使得人们早已认识到第四纪周期性的气候变化是受地球轨道三要素周期性变化所控制的(Imbrie and Hays et al., 1984; Ruddiman and Raymo, et al., 1986; Shackleton, 1988; Pisias, et al., 1981)。根据来自深海的氧同位素记录,第四纪气候变化的趋势是波动幅度增加、频率降低, B/M 界限附近气候波动周期由 41 ka 转变为 100 ka。近年来,中国的黄土研究(N W Rutter, 1992; 丁仲礼等, 1991; Z Ding, et al., 1994),从陆相沉积方面提供了强有力的证据,证明了第四纪古气候变化的周期性。中国黄土的古气候记录不仅支持了米兰柯维奇的天文理论,而且还检验出了地球轨道变化的几个特征性周期,与深海沉积物氧同位素阶段的对应关系也很明显,从大约 1.8 Ma B. P. 的第 26 层古土壤(S_{26})至今均可从深海氧同位素 62 阶段以后的各段中找到相应关系。