



中国西部

第四纪冰川与环境

中国第四纪冰川与环境研究中心 编
中国第四纪研究委员会

科学出版社



13届国际第四纪研究联合会大会系列书

中国西部第四纪冰川 与环境

中国第四纪冰川与环境研究中心 编
中国第四纪研究委员会

科学出版社

1991

内 容 简 介

本书是“中国西部第四纪冰川与环境学术讨论会”的论文集，遴选出的 39 篇论文，内容包括：第四纪冰川与冰缘，黄土与沙漠第四纪，湖泊第四纪，动植物演化等几方面，充分反映了西部第四纪环境研究的最新进展。

本书可供地质、地理以及与第四纪研究有关的工作者和科研教学人员参考。

14-7 1.12
E 93 15 卷 (4) 号 中
No. 9339575

13 届国际第四纪研究联合会大会系列书

中国西部第四纪冰川 与环境

中国第四纪冰川与环境研究中心 编
中国第四纪研究委员会

责任编辑 蒋发二 李祺方

封面设计 陈文彬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100707

北京怀柔县黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991 年 6 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1991 年 6 月第一次印刷 印张：21 1/2 插页：9

印数：0001—920 字数：489 000

ISBN 7-03-002478-8/P·502

定价：21.50 元

中国西部第四纪冰川与环境学术讨论会

组织委员会组成名单

组织委员会顾问

刘东生 施雅凤 王乃桢 王永焱 朱震达 谢自楚

组织委员会名单

主任委员：李吉均

副主任委员：崔之久 郑本兴 董光荣 王靖泰

组织委员：(以姓氏笔划为序)

王苏民	王富葆	王靖泰	孔昭宸	文启忠	石生仁
牟昀智	刘泽纯	孙建中	安芷生	杜榕桓	李吉均
李炳元	张林源	张祥松	杨景春	陈克造	邱国庆
郑本兴	袁方策	徐叔鹰	崔之久	董光荣	韩淑妮

秘书长：石生仁(兼)

副秘书长：周尚哲

论文评议和编辑组

论文评议组：张林源(兼组长) 张祥松 邱国庆 董光荣

王靖泰 邓养鑫 周尚哲

论文编辑组：张林源(兼组长) 周尚哲 张虎才

李永春 石生仁 蒋兆理

16201-1-09

序

国际第四纪研究联合会 (International Union for Quaternary Research, 简称 INQUA) 第 XIII 届大会 (XIII Congress) 将于 1991 年 8 月 2 日至 9 日在北京召开。这是中国第四纪学术界的一件大事。它标志着中国第四纪研究国际交流的日益活跃和科学水平的普遍提高。为了纪念在中国首次召开这样一个具有历史意义的国际大会, 中国科学院和有关部门的学者们把近年来研究的成果汇集出版“13 届国际第四纪研究联合会大会系列书”。

这套系列书的内容不仅包括第四纪地层、古生物、古人类、黄土、冰川、地球化学、海洋地质和海陆对比等方面的科学研究成果, 也有全国百余位专家为这次大会专门撰写的关于中国在第四纪各分支学科领域研究成果的综述。从某种意义上讲, 这些著作与其它为这次大会出版的书刊一起, 体现了中国第四纪研究 40 年来, 特别是近 10 年来的进展, 是对已有成就的概括和总结。它们不仅为会议增添了学术交流的内容, 而且也是我国第四纪研究今后迈上新台阶的很好的基础。

中国地处欧亚大陆东侧, 其第四纪时期环境演变历史有其区域性的特点和规律, 同时也受全球性的共同规律的制约。在全球变化受到广泛而日益重视的今天, 人们更加认识到区域研究在全球研究中的重要性。为解决全球第四纪研究的问题做出自己的贡献, 是中国地球科学工作者无可推卸的责任, 也是无尚的光荣。我们愿为国际第四纪研究事业的不断发展和合作而努力。预祝大会圆满成功!

中国科学院副院长

孙 鸿 烈

前 言

地处亚洲腹地的我国西部地区晚新生代以来自然环境经历了剧烈而复杂的变迁。强烈隆起的青藏高原是亚洲特别是亚洲季风地区气候变化的“启搏器”。没有青藏高原，亚洲大气环流就不会出现当今的格局，南亚和东亚的季风就会衰弱得多，今日繁华富庶的许多地方就会像北非和西亚一样被大面积的沙漠占据，人类生存环境就会非常严酷。正是因为有了青藏高原，亚洲季风区才成为世界上物华天宝、人文荟萃之地，生息着全球半数以上的人口。

今日的中国西部地区基本上属于高寒、干旱半干旱的内陆地带。绵延的大沙漠，大面积深厚的黄土，广布于崇山峻岭的冰川，高海拔冰缘冻土，星罗棋布的湖泊无不记载着这个广大地区第四纪以来自然环境的深刻演变。解放以后，国家专门组织了多次大规模综合的和专业的科学考察，取得了许多成果，引起了世人的瞩目，如何使这个地区的研究更上一层楼，拿出世界高水平的成果，这是中国地学工作者为之奋斗、许多有识之士为之关心的事。

1980 年在北京举行的青藏高原国际学术讨论会迄今已整十年，在此期间，我国学者在西部地区继续做了更为深入细致的工作，同时有些已经停息的争论又重新出现，如近年来西德学者 M. 库勒等重新极力倡导青藏高原第四纪大冰盖的观点，再次点燃了大冰盖问题的论战。在此情况下，许多对西部地区有研究的学者都希望能召开一个学术讨论会，以便交流学术思想，推进学科发展，由兰州各地学研究单位联合成立设在兰州大学的中国第四纪冰川与环境研究中心顺应形势，经几次商讨，组织筹备了这次会议。根据中国第四纪研究委员会的意见，这次会议同时也作为 1991 年将要在北京召开的第十三届国际第四纪联合会 (INQUA) 大会的西部片预备会。

会议于 1989 年 5 月 17—24 日在兰州大学举行，参加会议人数近百人，提交论文百篇。从中选出 39 篇形成了展现在读者面前的这本论文集。内容包括：第四纪冰川与冰缘，黄土与沙漠第四纪，湖泊第四纪，动植物演化等几个方面，以及西部第四纪环境研究最新进展。由此可见一斑，西部地区的研究正在深入开展，我们希望这本文集能够起到推波助澜的作用，为西部研究的学术繁荣作出贡献。

为着筹备这次会议和出版论文集，中国科学院兰州冰川冻土研究所、沙漠研究所、西安黄土与第四纪研究室、中国第四纪研究委员会、兰州大学、兰州大学地理系，以及李吉均、崔之久、王靖泰、董光荣、安芷生、陶铭灿负责的各课题组共同资助了经费；兰州大学地理系对这次会议的组织筹备费力颇多；张林源等进行了本文集编辑工作，最后由科学出版社出版。在本文集即将问世的时候，我谨向上述单位和个人以及所有对此作出贡献的同志表示诚挚的感谢。

施雅风

目 录

序	孙鸿烈 (iii)
前言	施雅风 (v)
论东亚季风与青藏高原在形成和发展过程中的关系	张林源 蒋兆理 刘晓东 (1)
西昆仑山第四纪冰川与环境变化	郑本兴 焦克勤 李世杰 马秋华 (15)
敦德冰岩芯研究及其意义	姚檀栋 谢自楚 (24)
昆仑山更新世冰川作用与环境演变	王志超 苏 珍 (33)
中国西部末次冰期的冰川规模与气候问题	王靖泰 李世杰 (38)
马衔山晚第四纪冰川与环境	刘 勇 李吉均 (46)
乌鲁木齐河大西沟小冰期的气候环境及地表径流	王宗太 (57)
青藏高原更新世冰川再认识	周尚哲 李吉均 李世杰 (67)
达里加垭口附近末次冰期冰碛元素地球化学特征	张虎才 张林源 W. C. Mahaney (75)
珠穆朗玛峰北坡绒布河谷全新世冰碛物时代划分与特征	康建成 D. W. Burbank (85)
贺兰山全新世冰缘地貌初步研究	耿 侃 邱维理 (91)
中国西部的冰缘环境和环境问题	邱国庆 (99)
黄土高原全新世古气候环境的初步研究	孙建中 柯曼红 赵景波 魏明健 孙秀英 李秉成 (106)
兰州黄土地层研究	陈发虎 李吉均 张维信 (120)
中国西部全新世环境变化——冰川、黄土与气候	康建成 陈发虎 沈永平 何元庆 潘保田 杨太保 (131)
试从兰州地区黄土石英砂表面特征探讨黄土物质来源、成因及环境变迁	方小敏 史正涛 沈明智 (138)
西安全全新世黄土的显微结构特征及其古气候意义	雷祥义 (149)
兰州墩洼山黄土磁性年龄及其意义	张宇田 陈发虎 曹继秀 张维信 (156)
塔克拉玛干南缘新生代古风成砂	董光荣 陈惠忠 金 炯 王 跃 (164)
塔里木盆地南缘策勒县大气沙尘的初步观测与研究	刘玉璋 董光荣 李保生 金 炯 李长治 (171)
内蒙古岱海全新世以来的变迁	冯 敏 王苏民 (177)
新疆巴里坤盆地晚更新世晚期以来的气候变化	韩淑媛 李志中 (184)
柴达木盆地东部地区第四纪沉积和地层	刘泽纯 孙世英 汪永进 李庆辰 李雪松 陈延安 (197)
西昆仑山南坡晚更新世湖相沉积及其环境	李世杰 郑本兴 (211)

青海湖全新世湖滩岩的发现及意义·····	李永春 (222)
库木库里盆地晚更新世末期以来湖泊发育与环境演变·····	李拴科 (226)
兰州地区黄土剖面气候旋回的孢粉记录·····	唐领余 康建成 冯兆东 (237)
兰州地区早更新世的孢粉组合及古气候·····	王 睿 (244)
城川与柔动物群——中国北方晚更新世后期近水沙相和近山黄土相动物群·····	谢骏义 (249)
浅论中国第四纪泥石流历史与沉积环境·····	崔之久 谢又予 熊黑钢 曾思伟 (254)
新疆叶尔羌河上游古泥石流的发现·····	任炳辉 李念杰 (264)
兰州地区黄河阶地发育与地貌演化·····	潘保田 李吉均 朱俊杰 陈发虎 曹继秀 张宇田 陈怀录 (271)
雅鲁藏布江下游水汽通道与藏东南环境的变迁·····	杨逸畴 (278)
西藏定日贡巴砾石层的时代和环境·····	钱 方 (285)
西藏聂拉木地区早更新世地层及其古地理环境·····	沈永平 郑本兴 焦克勤 (292)
贺兰山地区新构造运动与环境演变·····	单鹏飞 (299)
昆仑山、阿尔金山北麓石膏多边形及其所反映的古环境·····	陈惠忠 董光荣 金 炯 王 跃 (306)
R.Schleyer 的理想高斯和罗辛分布拟合度及其在判别混杂堆积环境中的运用·····	牟昀智 李雪铭 (312)
CO ₂ 变化及其温室效应问题·····	王贵勇 董光荣 (317)
跋·····	刘东生 (325)
图版说明及图版·····	(327)

QUATERNARY GLACIER AND ENVIRONMENT RESEARCH IN WEST CHINA

CONTENTS

Preface.....	Sun Honglie (iii)
Foreword.....	Shi Yafeng (v)
A Study on the relationship between the East Asian Monsoon and Qinghai-Tibet Plateau in their formation and evolution processes.....	
.....Zhang Lingyuan Jiang Zhaoli and Liu Xiaodong (13)	
The evolution of Quaternary glaciers and environmental change in the West Kunlun Mountains, West China.....	
.....Zheng Benxing Jiao Keqin Li Shijie and Ma Qiuhua (23)	
The study of the ice cores in Dunde ice cap and its significance.....	
..... Yao Tandong and Xie Zichu (32)	
A study on the Pleistocene glaciation and environmental evolution of Kunlun Mountains.....	
.....Wang Zhichao and Su Zhen (37)	
On glacial scale and climatic conditions during last glaciation in West China.....	
.....Wang Jingtai and Li Shijie (45)	
Late Quaternary glaciers and environment of Maxian Mt., Gansu Province.....	
.....Liu Yong and Li Jijun (56)	
The climatic environment and surface runoff of Daxigou Basin of the Urumqi River during Little Ice Age.....	
.....Wang Zongtai (66)	
New understanding of Pleistocene glaciers in Qinghai-Tibet Plateau.....	
.....Zhou Shangzhe Li Jijun and Li Shijie (73)	
The elemental geochemical characteristics of the tills of Last Ice Age near Dalijia Pass.....	
.....Zhang Hucai Zhang Lingyuan and W.C. Mahaney (84)	
The stage-division and characteristics of Holocene moraine at Rongbuk Valley on the north slope of the Mt. Qomolangma.....	
.....Kang Jiancheng and D.W. Burbank (90)	
Preliminary study on the Holocene periglacial landforms in Helan Mountains.....	
.....Geng Kan and Qiu Weili (98)	
Periglacial environment and environmental problems in the West China.....	
.....Qiu Guoqing (105)	
Preliminary studies on Holocene climatic and environmental changes in Loess Plateau, China.....	
.....Sun Jianzhong Ke Manhong Zhao Jingbo Wei Mingjian Sun Xuying and Li Bingcheng (119)	

The studies of Lanzhou loess stratigraphy.....	
.....Chen Fahu Li Jijun and Zhang Weixin	(130)
Holocene environment changes in West China glaciers, loess and climate	
.....Kang Jiancheng	
Chen Fahu Shen Yongping He Yuanqing Pan Baotian and Yang Taibao	(137)
Preliminary discussion of material source, origin and environmental change	
of loess from the surface texture features of quartz sand of loesses in	
Lanzhou region, China...Fang Xiaomin Shi Zhengtao and Shen Mingzhi	(148)
Microfabric characteristics of Holocene loess in Xi'an and their paleoclimate	
significance	Lei Xiangyi (155)
The palaeomagnetic age of Dunwushan loess profile in Lanzhou and its	
significance.....Zhang Yutian Chen Fahu Cao Jixiu and Zhang Weixin	(163)
Cenozoic paleo-eolian sands in the south marginal area of Taklimakan	
Desert.....Dong Guangrong Chen Huizhong Jin Jing and Wang Yue	(170)
Preliminary observation and study of dustfall of Qira County in south edge	
of Tarim Basin.....	
Liu Yuzhang Dong Guangrong Li Baosheng Jin Jing and Li Changzhi	(176)
Evolution of the Daihai Lake in Inner Mongolia since Holocene.....	
.....Feng Min and Wang Suming	(183)
The climatic changes in Barkol Basin since the late stage of Late	
Pleistocene.....Han Shutu and Li Zhizhong	(196)
Quaternary sedimentology and stratigraphy in eastern area of Qaidam Basin	
.....Liu Zechun	
Sun Shiyong Wang Yongjin Li Qingchen Li Xuesong and Chen Yan'an	(210)
Lacustrine deposits and sedimentary environment during the Late Pleistocene	
on the southern slope of the West Kunlun Mountains	
.....Li Shijie and Zheng Benxing	(220)
The discovery of Holocene beachrock at Qinghai Lake and its significance	
.....Li Yongchun	(225)
Lake-level fluctuations and environmental changes in Kumkury Basin since	
17000 year B.P.....Li Shuanke	(236)
Palynological record of climatic cycle from the loess profile, Lanzhou area	
.....Tang Lingyu Kang Jiancheng and Feng Zhaodong	(243)
Early Pleistocene spore-pollen assemblages and paleoclimate in Lanzhou region	
.....Wang Rui	(248)
The Chenchuan fauna and the Rouyuan fauna — fauna in the desert facies	
adjacent to fluvial-lacustrine deposits and in a loess facies adjacent to	
mountain in the late period of Late Pleistocene in North China.....	
.....Xie Junyi	(253)

Preliminary discussion on the Quaternary debris-flow history and sedimentation environments in China.....	
.....Cui Zijiu Xie Youyu Xiong Heigang and Zeng Siwei (263)	
The discovery of paleo debris flow at the upper reaches of Yarkant River in Xinjiang.....	Ren Binghui and Li Nianjie (270)
Terrace development of the Yellow River and geomorphic evolution in Lanzhou area.....	Pan Baotian Li Jijun Zhu Junjie Chen Fahu Cao Jixiu Zhang Yutian and Chen Huilu (277)
Moisture corridor of the lower reaches of the Yarlung Zangbo River and the environment evolution of the southeastern Tibet	Yang Yichou (284)
The age and formation environment of Gongba conglomerate at Tingri County, Tibet	Qian Fang (290)
The Lower Pleistocene stratigraphy of Nyalam region, Tibet. and their paleogeographical environment.....	
.....Shen Yongping Zheng Benxing and Jiao Keqin (297)	
A study on the neotectonic movement and the environmental evolution in the Helan Mountain area	Shan Pengfei (305)
Gypsum polygon in the north piedmont of Kunlun and Altun Mountains and their paleo-environment significance.....	
.....Chen Huizhong Jin Jiong Dong Guangrong and Wang Yue (311)	
The R. Schleyer's Goodness-of-fit to ideal Gauss and Rosin distribution and its application of distinguish diamictic environments.....	
.....Mou Yunzhi and Li Xueming (316)	
The deliberation on CO ₂ changes and its greenhouse effect.....	
.....Wang Guiyong and Dong Guangrong (323)	
Postscript.....	Liu Dongsheng (325)
Explanation of Plates and Plates.....	(327)

论东亚季风与青藏高原在形成和发展过程中的关系*

张林源

蒋兆理

刘晓东

(兰州大学地理系) (四川师范大学地理系) (中国科学院兰州大气物理研究所)

提 要

东亚季风是东亚中低纬地区常年盛行风向季节性转换的气候现象。它的形成和发展对东亚乃至北半球第四纪地理环境有着深刻影响。本文根据东亚新生代动植物化石及沉积岩相带的分布与变化,阐明了晚新生代中低纬地带海陆热力梯度增大是东亚季风形成的基础;而数值模拟结果表明:第四纪期间青藏高原大幅度上升及其对大气的热力和动力作用,则是在上述基础上现代东亚季风环流格局形成和发展的主要原因。新生代东亚古环境演化过程,显示了大气环流大致经历了三个发展阶段:早第三纪行星风系阶段;晚第三纪古季风阶段;第四纪现代季风阶段。

关键词: 古东亚季风 现代东亚季风 青藏高原 数值模拟 第四纪环境演化 行星风系

1 引 言

东亚位于欧亚大陆东部中低纬地区,东濒西太平洋、南临印度洋,处于世界最大的大陆和印度洋、太平洋之间的特殊地理部位。

为探讨方便起见,我们把古东亚季风理解为由于海陆热力差异,随季节变化盛行风向有大于 120° 转换的环流现象;而把现代东亚季风理解为在海陆热力差异的基础上,青藏高原地形对自由大气施加热力和动力影响,使盛行风向随季节有大于 120° 转换,垂直尺度达到对流层上部,水平尺度达到数千公里的大气环流现象。古今季风无论在成因上,或是在强度上都有显著差别。东亚、南亚季风环流的形成和发展,除受海陆分布,晚新生代全球降温过程的影响之外,还深受青藏高原形成和发展的影响。

张林源曾提出,随着青藏高原从无到有、从低到高的形成发展过程,东亚地区地面环流系统经历了三个发展阶段(张林源,1981)。本文拟从最新的研究成果,再次就青藏高原对现代东亚季风环流的作用问题进行深入的讨论。

2 东亚季风的成因

季风是东亚最重要的大气环流现象(图1)。关于海陆分布在季风形成中的作用,苏

* 本文为国家教委博士点基金资助研究课题。所指的“东亚季风”包括影响我国东南半壁广大地区天气、气候过程的东南季风和西南季风。

联学者帕哥香(Погосян)早在1952年就根据北半球海陆的相间分布特点和冷热源机制,提出了一个大气环流模式(图2)。由于冬季海洋是热源,冷空气随行星西风运动,离开

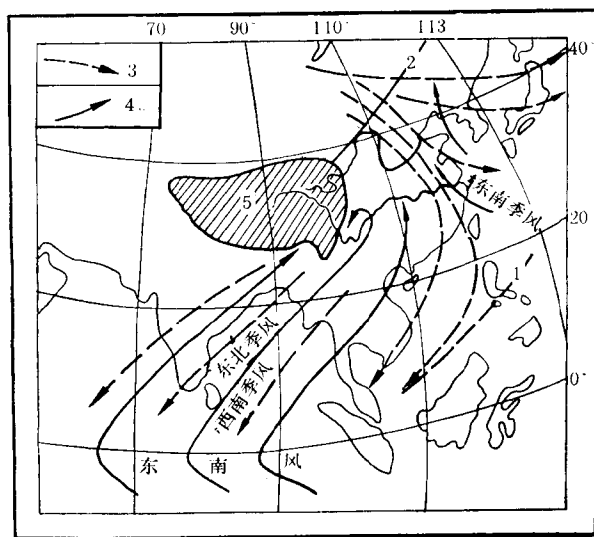


图1 东亚和南亚现代低空基本气流

(据高由禧等(1988)和 Lockwood (1965) 编绘)

1. 1月极锋平均位置 2. 盛夏极锋平均位置 3. 冬季风
4. 夏季风 5. 青藏高原

Fig. 1 Present basic low-level airflows in East and South Asia (Compiled after Gao et al. (1988), Lockwood (1965))

大陆进入海洋后,就不断获得热量,气温不断升高,等压面不断上升.到了大洋的东岸,等温线到达了最北的纬度.然后进入大陆.由于大陆冬季是冷源,故温度不断下降,达到大陆东岸下降到最低的程度,故大陆东岸出现冷槽.由于海陆温差在高纬大于低纬,上述波状等压面的幅度也是高纬大于低纬,从出现图2所示的槽后气流辐合,槽前气流辐散的情况.模式的几个主要结论都与实况吻合.但亚洲的实际情况更复杂.此模型虽然很好地解释了东亚大槽,但不能解释冬季对流层中下层西风经过高原时,分为南北两支急流和夏季强大的南亚高压的存在(张家诚,林之光,1985).而后者正是青藏高原大地形所产生的热力作用和动力作用的结果,也是

是青藏高原大山体效应的重要表现.

然而,只考虑海陆冷热源是不够的.对大气环流的季节变换来说,无疑还有平均太阳天顶角的季节性变化(叶笃正等,1958)、极冰冷源作用(张家诚,1983)以及大气环流的全球性调整即南半球扰动对北半球环流变化的激发作用,即所谓“南浪北涌”现象(朱福康等,1984),等等.

从地质历史时期古气候事实可以看出,东亚季风经历了一个“从无到有,从古到今”的形成发展过程(详见下文).显然,在这一过程中,晚新生代全球性降温过程和青藏高原的形成与发展所起的作用是不可忽视的.由于晚新生代以来的全球性降温,增大了地面经向的温度梯度和中低纬海陆热力差异;而青藏高原在形成发展过程中不同高度与不同时期(冰期、间冰期)的冷热源作用,对东亚季风环流系统的形成和发展,更是不容忽视的.尽管气象学界在青藏高原现阶段“对冬夏季节变化的影响程度”这一问题上,尚未取得一致意见(高由禧等,1988).

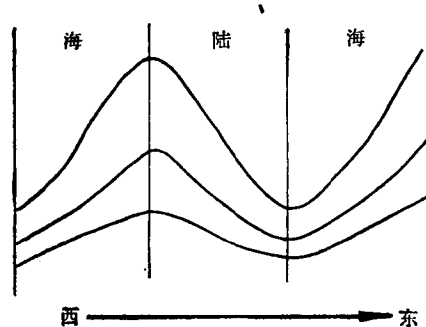


图2 冬季海陆对纬向温度分布的影响
(据 Погосян, 1952)

Fig. 2 The influence of the ocean and continent on the latitudinal temperature distribution during the winter.
(after Погосян, 1952)

早在五、六十年代就有人指出,凸出于对流层中部的青藏高原,其加热作用是夏季风建立和维持的主要机理(Riehl, 1959; Flohn, 1968). Mintz (1965)在其数值模拟试验中证明:含有青藏高原地形的冬季试验中,有西伯利亚高压存在,而无地形的试验中则不存在. 真锅等(Manabe, et al., 1974)更进一步用数值模拟试验表明,不但西伯利亚高压的强度决定于青藏高原存在与否,而且,有高原条件下高压加强并位于 45°N 附近;无高原条件下,高压则仅在 30°N 附近,强度减弱. Hahn 和 Manabe (1975)利用 GFDL 11 层大气环流数值模式进行了试验,结果表明,在有高原的试验中,副热带西风急流从高原南边 25°N 附近突然北跳至它的夏季平均位置(45°N 附近),随之季风爆发;而无高原的试验中,该急流是逐渐北移的,且能达到的最北位置为 35°N ,比前一位置低了 10° 左右. 他们还模拟了青藏高原对南亚季风环流的作用,结果表明,无青藏高原时季风的北界要偏南许多,只能达到印度南部 15°N 附近,且无爆发现象. 这些模拟结果有助于我们理解以下两种情况:晚第三纪古季风阶段的情况;早第三纪全球温暖气候时期,气候带稀疏,海陆热力差异较弱时,东亚和南亚仅在大陆边缘极狭窄的地带才有微弱季风影响的情况.

此外在 Washington 和 Daggupaty (1975)、Abbott (1977)、Murakami (1970) 的有青藏高原大地形的模式中都能将东亚夏季的主要环流模拟出来.

郭晓岚等(1982)根据模拟结果,也认为青藏高原的存在对东亚加热场和降水区的分布有着重要作用. 根据他们的试验,无高原时,孟加拉湾的强降水中心消失而代之以我国东南沿海地区强降水区的出现. 因此,在无高原时,孟加拉湾热源是不可能存在的(高由禧等, 1988).

我们认为,有无高原的模拟不应脱离地质历史事实. 根据青藏地区地质发展史,无高原时期是在早第三纪末,那时全球气候属于地史上的温暖时期,地球上气候带稀疏,没有覆冰带和寒带,无极冰冷源作用,海陆热力差异也没有现在显著. 因此无高原的模拟不能不考虑这种情况. 我们根据晚新生代古地理古气候的演变事实,趋向于赞同青藏高原对现代东亚季风环流格局起重要甚至主要作用的模拟结果,并认为东亚季风是在第三纪和第四纪期间全球降温所引起的欧亚大陆与大洋之间热力差异加大,与青藏高原的形成、发展对大气所产生的热力和动力影响的共同作用下形成和发展起来的. 欧亚大陆与大洋海陆热力差异决定了东亚季风的存在,而青藏高原大地形所引起的热力及动力作用则决定了环流各系统的位置并加强其强度. 换言之,在第四纪大冰期气候条件下,如果没有欧亚大陆与大洋的配置,而仅有青藏高原大地形(这一点在数值模拟中是可以做到的),现代东亚季风环流型式是无法形成的;反之,如果仅有欧亚大陆与大洋的配置,而没有青藏高原大地形形成和发展相配合,东亚季风环流亦不能获得如今的格局与强度,亦即没有现代东亚季风. 由此可见,海陆配置和青藏高原大地形是现代东亚季风形成的两个基本原因,二者缺一不可. 高原季风是在高原上升到海拔大约 2 000m 时(早更新世)开始出现的(张林源, 1981). 与此同时,高原大地形就开始“加强了我国由海陆分布所引起的季风环流”(中国科学院《中国自然地理》编辑委员会, 1984),而且这种作用随着高原继续升高,而变得愈益强烈.

3 古地理演变与环流历史

由于新生代古地理资料的积累和研究的深入,以及大气科学数值模拟手段的进步,使我们得以从交叉学科的角度更全面地去探求包括东亚季风环流在内的大气环流的发展演变过程。研究结果再次表明,东亚大气环流型式的发展经历了如下三个阶段:

3.1 早第三纪行星风系占优势的阶段

根据早第三纪末期岩相古地理研究成果,从我国东南向西欧有一条引人注目的紫红色蒸发岩带斜穿欧亚大陆。这是在炎热干旱的气候条件下形成的,是当时北半球副热带的物证。经过长期剥蚀,至早第三纪末期,大陆地形被基本夷平,不构成行星风系的障碍,行星风系支配了全球的气候。在当时温暖气候条件下,气候带稀疏宽广,极地至赤道地表热量较均匀,各带温差小,锋面活动微弱。根据沉积岩相带和动植物化石的分布状况推断,当时的气候带基本上平行于纬线。然而上述蒸发岩带从东到西按现今的纬度升高了 20° 左右,这个现象,可用后期地轴倾角发生变化来解释。当时地轴与黄道面(地球轨道面)的交角不是现在的 $66^{\circ}34'$,而是只有大约 40° ,使太阳辐射得以更多地进入到高纬地区,这可能是早第三纪全球温暖的一个不可忽视的天文原因。至于这个早第三纪干燥带在我国境内所发生的“Z”字形畸变(图3),则是受了中新世以来喜马拉雅运动的影响,在青藏高原东部被印度板块向北推移了大约 5° 的纬距。

早第三纪末期上述纬向气候带表明,这个时期东亚除沿海狭窄地带季风环流外,广大地区则是受行星风系控制,这一地质古气候事实与无高原情况下的大多数数值模拟结果是一致的。最近,瞿章等(1990)用无东西边界,以 55°N 、 25°S 为南北界的P- σ 五层球圈模式,研究了有无青藏高原大地形对我国各大气候区温湿场的影响,得出在无高原时,我国的雨带分布于沿海的结论,与郭晓岚等(1982)的结论一致。

3.2 上新世古季风阶段

经过激烈的中新世的喜马拉雅运动幕,地形起伏加大,到上新世时又进入一个夷平时期,青藏地区开始成为高原,海拔高度约为1000m左右(李吉均等,1979)。此时帕米尔上升到更大的高度上,并且由于全球降温幅度较小和海陆热力差异的影响,开始出现势力微弱且影响范围小的季风环流。在冬季,气候带南移,西风气流经过帕米尔高原时,低层气流的分支和爬越作用变得明显起来。原始的青藏高原,尤其在它的北部,夏季受不到微弱的夏季风的影响,造成了全年干旱的气候环境。因而上新世末在内流湖泊中进行着广泛的成盐过程(陈克造等,1981)。我国北方上新统红土从沿海到内陆地区颜色由深变浅,其中所含碎屑物质和石膏等易溶盐类由少到多的事实,表明沿海一带气候比较湿润,向内陆逐渐变干。上新世时由于全球气候开始变冷,气候带增多,各带之间温差加大,海陆热力差异也变大,从而经向环流开始加强,形成了原始的季风环流,我们称之为“古季风”环流(张林源,1981)。早期由低空行星风系控制的纬向气候带开始发生变化。然而,这一时期广泛分布的上新世红土和三趾马动物群在欧亚大陆基本上仍呈东西向带状分布,除沿海地区外纬向地带性系统仍基本保存着。

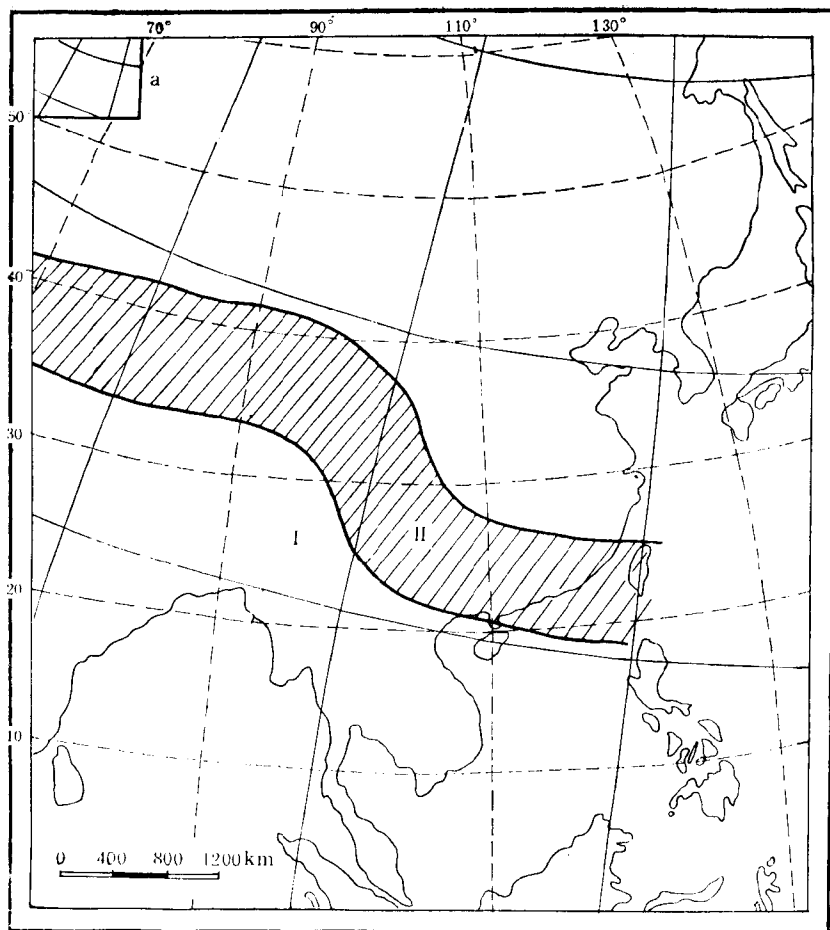


图3 东亚早第三纪末期自然地带及副热带高压带及其畸变

(据张林源, 1981, 简化)

I. 湿热的热带 II. 干热的自然带(副热带高压带) a. 当时的经纬线

Fig. 3 The natural zones and subtropical high belt and their distortion in the East Asia during Oligocene.

(Simplified after Zhang Linyuan, 1981)

上新世的古季风环流并不强盛(其原因在于它是单纯由海陆热力差异引起的)。经向剖面的数值模拟也表明,印度洋季风只能影响南亚的边缘地区(图4b),广大地区仍受行星纬向风系控制。因此,古季风环流与后来在海陆热力差异基础上由青藏高原上升所造成的强大热力和动力作用而形成的东亚现代季风环流系统(包括对我国有影响的西南季风和东南季风),无论在成因上还是在性质上、程度上和规模上都有很大的差异。图4表示随着青藏地区上升,南亚高压从无到有,从低向高的发展和西南季风逐渐向北扩大和强化的过程。

3.3 第四纪现代东亚季风形成发展阶段

通过多次(尤其是1973—1976年期间)青藏高原综合科学考察业已查明,青藏高原是在晚新生代以来经历了从无到有的发展过程,并通过一系列阶段性上升而成为今日高耸、

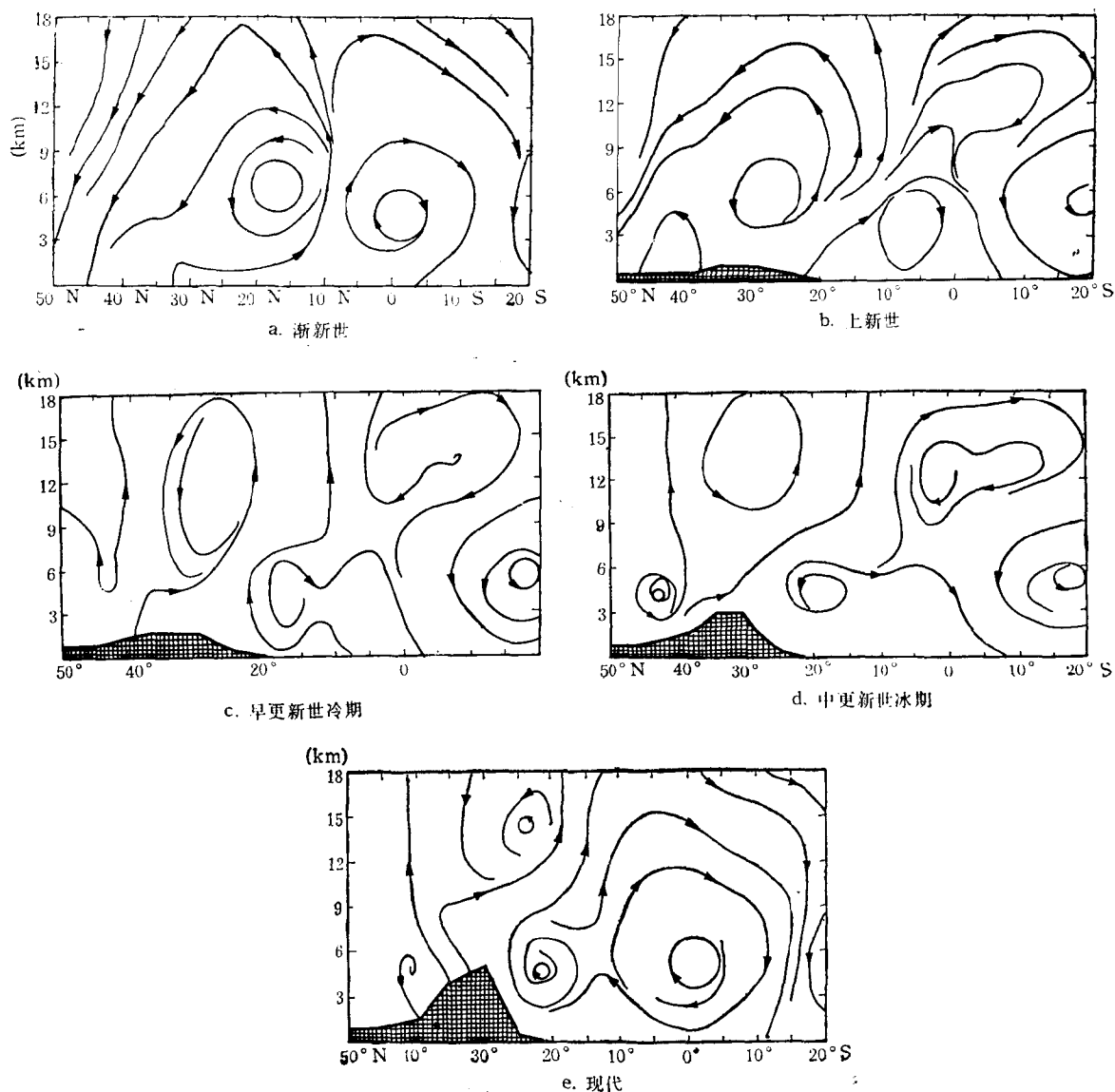


图4 不同地质时期90°E经向剖面模拟(7月平均)系列图,表示随着青藏高原的形成和上升,反Hadley环流不断向北、向深厚发展的过程,纵横坐标数量均同(a)

Fig. 4 The series maps of the modeling profiles during different geologic ages along 90°E. Indicate the development process of the Anti-Hadley circle were shift toward north and become stronger step by step.

巨大的地貌单元。在晚第三纪全球降温所引起的中低纬海陆热力差异不断加强的总背景下,高原的隆升促成了古东亚季风向现代东亚季风的转变。本文根据气候地层法的基本原理,把第四纪间冰期湿热气候条件下发育的动植物群、红土和气候地貌(岩溶地貌等)的广泛分布,作为夏季风强盛的标志;而把冰期干冷气候条件下发育的动植物、冰缘地貌、沙漠和风成黄土等分布范围的扩大,作为冬季风强盛的标志。大量的标志可以说明现代东亚季风发展演化的阶段性。