



第五集

第四纪冰川与
第四纪地质论文集

地质出版社

第四纪冰川与第四纪地质论文集

第五集

中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会
江苏省地质学会 合编

地质出版社

内 容 简 介

本文集选自《中国第四纪自然环境学术讨论会》提交的论文，共38篇。主要内容有：中国第四纪自然环境的基本特征和研究现状、古环境演变与古气候的演化、东部第四纪冰川形迹、下蜀土的沉积特点以及中国地貌变迁的地震因子等。

文中对自然环境的各个要素，如地壳运动、地震活动、气候变化、海陆变迁、动物的迁徙、生物界的演化以及水文网等的相互联系和正负反馈都作了详尽的叙述。同时还论述了人类活动对自然环境的影响。

文中还涉及了地震学开拓地貌学研究的新领域，认为地震活动可造成全新的构造地貌，其规模、类型、新生性对地貌形成和变迁有重要影响等。

第四纪冰川与第四纪地质论文集

第五集

中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会
江苏省地质学会 合编

责任编辑：蔡卫东 陈霞

地质出版社出版发行

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092^{1/16} 印张：17.25 字数：407,000
1988年7月北京第一版·1988年7月北京第一次印刷

印数：1—1,435册 国内定价：4.90元

ISBN 7-116-00243-X/P·219

目 录

中国第四纪自然环境的基本特征和研究现状

-浦庆余 陈霞 陈明 杨达源 黄家柱 (1)
- 中国晚第四纪古环境的特征及其影响因素.....杨怀仁 陈西庆 (14)
- 中国末次冰期的古气候.....杨怀仁 陈西庆 (22)
- 北京平原第四纪环境演变初议.....李华章 刘清泗 (41)
- 北京地区全新世以来自然环境和人类活动的关系.....孙秀萍 (52)
- 南京地区下蜀土的沉积环境及其时代探讨.....韩信斌 (56)
- 南京北郊老虎山“下蜀组”钙质结核成因与时代的探讨.....李立文 方邗森 (63)
- 长江三角洲地区晚更新世以来自然环境的演变.....刘兰锁 (68)
- 太湖地区晚更新世沉积环境研究.....吴标云 (76)
- 上海地区晚更新世以来沉积环境的演变.....莫建国 孙永福 (83)
- 从汉寿地区的孢粉组合看洞庭湖的第四纪气候波动.....郑美澄 (90)
- 贵州第四纪地层与自然环境的探讨.....吉汝安 (94)
- 青海湖的形成、发展与环境变化.....陶铭灿 (100)
- 几处中国早期人类化石遗址的时代和自然环境.....钱 方 (106)
- 贵州普定穿洞古人类活动时期的古地理环境研究.....俞锦标 韩辉友 (111)
- 第四纪自然生境变迁与鹿类动物迁徙的一个实例.....曹照垣 于清河 (117)
- 从陕西黄土堆积序列中的粘土矿物探讨古气候.....陈 云 (121)
- 萨拉乌苏河地区第四纪地层中的矿物成分与气候环境
-李保生 董光荣 高尚玉 (128)
- 关于中国东部第四纪冰期问题的不同见解.....周慕林 (134)
- 长江中游地区的几处“泥砾”.....杨达源 (139)
- 庐山地区白色泥砾的初步研究.....孙建中 常丕兴 (145)
- 冰期庐山气候的对比分析与冰雪积累量.....傅逸贤 (149)
- 浙江天目山第四纪冰川类型及其冰期划分.....徐 馨 (153)
- 湖南第四纪冰缘现象与古气候初探.....张之桐 (159)
- 黑龙江省第四纪古冰缘期初步划分.....缪振棣 初本君 高振操 (167)
- 固态降水率及其与气候雪线的关系.....吴锡浩 赵文龙 (174)
- 西藏南迦巴瓦峰地区第四纪的自然环境及其演变.....杨逸畴 张厚森 (183)
- 长江中游宜昌—岳阳间河谷地貌发育的若干问题.....唐法贤 郭厚祯 (192)
- 长江芜湖大拐河段河床近期演变及其对芜湖港的影响.....孙毓飞 蔡佑军 (198)
- 长江古河道的发现.....沈国俊 (203)
- 中国地貌变迁的地震因子.....高维明 张德成 (207)
- 福建沿海新构造运动与第四纪海面变化.....黄家柱 (217)
- 浙江全新世海侵及其作用.....冯怀珍 王宗涛 (224)

关于应用硼判别沉积环境的有效性问题.....	龙天才(233)
第四纪沉积地球化学研究的进展和动向—第四纪沉积地球化学与古环境意义	文启忠 刁桂仪 余素华(236)
大兴安岭第四纪地层.....	初本君 杨世生 高振操 席晓华(243)
昆明盆地的新生界.....	阎庆桐 白声贵(252)
四川西昌大箐梁子组时代的确定及其意义.....	陈富斌 赵永涛(262)

Contents

- Basic features of the Quaternary environment in China and its presentday study *Pu Qingyu, Chen Xia, Chen Ming, Ying Dayuan and Huang Jiazhu* (1)
- Characteristics of paleoenvironment in China during the late Quaternary and its influential factors.....*Yang Huai ren and Chen Xiqing* (14)
- The paleoclimate of China during the last glacial stage
..... *Yang Huai ren and Chen Xiqing* (22)
- The evolution of the Quaternary environment on the Beijing plain
.....*Li Huazhang and Liu Qingsi* (41)
- Relations between the natural environment and human activities around Beijing since Holocene..... *Sun Xiuping* (52)
- An inquiry into the sedimentary environment and the age of Xiashu soil of Nanjing area.....*Han Xinbin* (56)
- The genesis and the age of calcareous nodules of Xiashu formation in Laohushan, Nanjing..... *Li Liwen and Fang Yesen* (63)
- Evolution of the natural environment in the Changjiang (Yangtze) River delta region since the late Pleistocene *Liu Lansuo* (68)
- A study on the sedimentary environment of the late Pleistocene in the Taihu Lake region..... *Wu Biaoyun* (76)
- Evolution of the sedimentary environment in Shanghai area since the late Pleistocene*Xi Jianguo and Sun Yongfu* (83)
- Relations between Quaternary climatic fluctuation around Dongting Lake and sporopollen assemblages Hanshou area.....*Zhen Meicheng* (90)
- Quaternary stratigraphy and natural environment in Guizhou Province
..... *Ji Ru'an* (94)
- The genesis, development, and environmental changes of Qinghai Lake
.....*Tao Mingcan*(100)
- The age and natural environment of fossil sites of early man in China..... *Qian Fang*(106)
- A study on the paleogeographical environment of cavedwellers in Chuandong area, Puding County, Guizhu Province
..... *Yu Jinbiao and Han Huiyi*(111)
- A case-study in the migration of deer and environmental changes during the Quaternary Period *Cao Zhaoyuan and Yu Qinghe*(117)
- A discussion on paleoclimate as related to the clay minerals in loess accumulation sequence of Shaanxi Province.....*Chen Yun*(121)

- Mineral composition and climatic environment in Quaternary strata near Salawusu River
 *Li Baosheng, Dong Guangrong and Gao Shangyu*(128)
- Different opinions on the problem of Quaternary glacial stages in East China.....*Zhou Mulin*(134)
- Several sites of clay boulders in the middle reaches of the Changjiang (Yangtze) River region.....*Yang Dayuan*(139)
- A Preliminary research on white clay boulders in Lushan Mountain area.....*Sun Jianzhong and Chang Pixing*(145)
- Correlation and analysis of the glacial climate and the accumulation of ice and snow in Lushan Mountain *Fu Yixian*(149)
- Quaternary glacial types and the division of glacial stages at Tianmu¹ Mountain in Zhejiang Province *Xu Xin*(153)
- A preliminary discussion of Quaternary periglacial phenomena and the paleoclimate in Hunan Province.....*Zhang Zhitong*(159)
- Division of Quaternary paleoperiglacial stages in Heilongjiang Province.....*Miao Zhendi, Chu Benjun and Gao Zhencao*(167)
- The rate of solid precipitation and its relation to the climatic snow-line.....*Wu Xihao and Zhao Wenlong*(174)
- Natural environment and its evolution in Maunt Nanjiabawa region of Xizang (Tibet) during the Quaternary Period
 *Yang Yichou and Zhang Housen*(183)
- Some problems of valley geomorphological development from Yichang to Yueyang in the middle reaches of the Changjiang (Yangtze) River
 *Tang Faxian and Guo Houzhen*(192)
- Fluvial processes in Wuhu bend of the Changjiang (Yangtze) River and its effect on Wuhu harbour.....*Sun Yufei and Cai Youjun*(198)
- The discovery of a paleochannel of the Changjiang (Yangtze) River
*Shen Guojun*(203)
- Earthquake factors in geomorphic changes of China
*Gao Weiming and Zhang Decheng*(207)
- On neotectonic movement and eustatic changes during the Quaternary in the coastal regions of Fujian Province *Huang Jiazhu*(217)
- The Holocene transgression in Zhejiang Province and its effects
 *Feng Huaizhen and Wang Zongtao*(224)
- The effectiveness of boron in the differentiation of sedimentary environments *Long Tiancai*(233)
- Advance and trends in the research on geochemistry of Quaternary sedimentation in China.....*Wen Qizhong, Diao Guiyi and Yu Suhua*(236)
- Quaternary strata in Da Hinggan Ling Mountains

.....*Chu Benjun, Gao Zhencao, Yang Shisheng and Xi Xiaohua*(143)
Cenozoic in the Kunming basin.....*Yan Qingtong and Bai Shenggui*(252)
Age determination of the Daqing liangzi formation in Xichang, Sichuan
Province and its significance.....*Chen Fubin and Zhao Yongtao*(262)

中国第四纪自然环境的基本特征 和研究现状

浦庆余

(中国地质学会)

陈霞

(地质力学研究所)

陈明

(天津地质矿产研究所)

杨达源

(南京大学地理系)

黄家柱

(江苏地质矿产研究所)

自然环境的形成和演变是第四纪地质史上的真谛。第四纪自然环境的变化包括地壳运动、气候变化、海平面变化与海陆变迁、生物界的演化、沙漠变迁和水文网的变化等等,更为重要的是各种自然要素间的相互联系和正负反馈。地处欧亚大陆东部的我国,第四纪自然环境的演变,既具有同世界各地相协调的一面,也存在自己的地域特点。

一、我国地表形态的形成和演变

我国地貌的基本轮廓是从西向东成三个地貌阶梯逐渐降低,外加东西向和其它走向的条状山脉与菱块状的盆地和平原相交织。造成这种地貌轮廓的地质构造基础是在漫长的地史演化过程中逐步建立起来的,而今地貌轮廓却起源于第四纪构造运动。因此,杨怀仁等提出了造貌运动的概念,专指上新世以来形成地貌的地壳变动^[1,2]。浦庆余等认为第四纪早期的地壳运动促使各地大面积的湖相沉积环境的相继结束,这是我国主要的造貌运动时期^① [3]。

青藏高原的强烈隆升和东部平原的大幅度下沉,是造成我国地貌阶梯的主要运动型式。这种地貌阶梯与我国 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 平均布格重力异常的梯级带吻合得很好,是我国地壳厚度在地表的镜像反映。青藏高原虽然自始新世海水撤退以后一直处在隆起状态,但从其周围沉降盆地中自距今180万年以后才出现磨拉石建造,说明高原强烈而大规模的隆升发生在第四纪早期。高原内部的柴达木盆地6000余米的新生代地层中,第四系竟厚达2800余米,这不但反映了该盆地的相对沉降主要发生在第四纪,而且表明它的下沉是加速发展的。下辽河平原、华北平原、苏北平原和汾渭盆地中南部的基底,与华南和华中地区一样,都具有岭谷相间的地貌结构,充填了厚达6000—7000米的白垩纪—早第三纪红层,且为北东—北北东向的正断层分割,也就是说在第四纪以前我国东部从北到南的构造和地貌轮廓基本相同。晚新生代开始,华南和华中进入整体上升阶段,基本缺乏大面积的晚新生界的分

① 浦庆余, 1979, 第四纪构造运动和我国地貌的演变。

布。北方则继续沉降，接受了大量中新世、上新世和更新世沉积。

从秦岭到大青山之间的构造地貌演化过程，也可看到第四纪早期构造运动对该区地貌形成的重要作用。在南部，渭河盆地与秦岭间被大断裂隔开，盆地中沉积了2000多米厚的第四系；在北部，河套盆地北缘以大青山山前大断裂的山地为界，盆地中的第四系厚度超过500米，最厚处接近1000米；在西部，银川盆地西缘是贺兰山大断裂，盆地中的第四系厚达2100米；东部是雁行式的山西地堑，地堑盆地中的第四系一般有300—400米，延怀盆地超过1000米；朔县盆地达1700米。盆地中间则为相对隆起的鄂尔多斯和黄土高原。

此外，祁连山北麓有600米厚的玉门砾石层和酒泉砾石层，天山南麓和喀喇昆仑山南麓的西域砾岩厚度超过2000米，天山北麓的西域砾岩厚350—2045米不等，它们都是典型的早、中更新世磨拉石建造，反映了这些山脉的上升开始于第四纪早期，砾岩中的褶皱、掀斜和冲断又说明山脉的上升在第四纪晚期还在继续。

我国的主要水系是在上述构造地貌发育的过程中，通过调整而逐渐归并起来的。现在的黄河流经之处有许多上新世—更新世断陷湖，如青海的共和古湖、宁夏的银川古湖、内蒙的河套古湖、晋陕豫的汾渭—三门古湖等等。古湖中的湖相和河湖相沉积表明它们原为各自以盆地为中心的独立的水系，以后的溯源侵蚀使它们相互沟通。丁梦麟则认为黄河水系的最终形成是由于古地震事件相继发生，通过自上而下的古湖溃决贯通来实现的，禹门口和三门峡是在晚更新世后期才相继打开的。

长江水系的形成虽比黄河水系稍早些，但也经历了湖—河的演变过程。上新世和更新世初期，除了长江三角洲、苏北平原和江汉平原有较薄的湖相沉积外，长江中、下游地区大多是河流相的砂砾层，说明在那时长江中下游的水系已初具规模。可是，此时在川西、滇西和藏东地区却有众多的断陷凹地，金沙江、安宁河、雅砻江就是贯通了昔格达古湖发育起来的。金沙江的支流龙川江和雅砻江的支流理塘河是分别贯通了元谋古湖和甲洼古湖发育起来的。金沙江上游的楚玛尔河、北麓河、托托河和通天河等也是贯通了上新世—早更新世古湖发育起来的。

此外，云南高原和黔西高原上众多的断陷盆地，沉积了上新世—早更新世的湖沼相地层。这些湖盆是三江水系、红河水系和珠江水系形成的基础。只有青藏高原腹部和西北各大盆地，或是由于高原强烈抬升、溯源侵蚀尚未达到，或是深居内陆为四周山地圈闭，上新世—早更新世的湖盆几经沧桑，可以继续到现在，然而它们也已面目全非了！

二、上新世—更新世早期的自然环境

上新世—更新世早期，在我国境内有许多断陷和拗陷盆地，是大湖兴盛时期。此时松辽、华北和苏北等平原低地大小湖泊星罗棋布，银川、河套、汾渭、三门、太原、大同、阳原和延怀等盆地也曾是巨大的湖泊，青海的共和、青海湖和柴达木等盆地也有大片湖泊分布，西藏南部的札达、吉隆、定日、帕里、唐古拉山地区和羌塘高原上的大小湖泊不计其数。云南高原和黔西高原多中、小型湖盆。在上述盆地中堆积了相当厚的湖相和河湖相地层，上新统和更新统下部是连续沉积。

我国上新世气候已逐渐从温凉向冷凉转化。大约距今500万年左右，在唐古拉山地区曲果组底下的唐泉沟砾石层中，孢粉组合以草本植物为主，含有较多的圆柏花粉，砾石的

岩性大多是灰岩^[11]。渭河平原、华北平原的上新世孢粉组合也以草本植物为主。渭河平原钻孔中还有显示干旱气候的双子叶植物和麻黄属约占60%，水生植物只有4.3%^①，北京地区一些上新世孢粉组合中草本植物也在70%以上^[12]。这些都说明上新世时期我国的草原有了较大的扩展，气候向干旱偏凉方向演变。上新世晚期是柴达木盆地的主要成盐时期^[13]。

距今350万年的上新世末期或第四纪早期，我国昆仑山、元谋等地区曾发育冰川（目前对此尚有不同意见）。距今250万年前后，西藏阿里地区的札达组和普兰组上部地层中发育的冻融褶皱有13层之多，这是一次历时较长、降温幅度较大的事件。距今150—195万年前后，青藏公路沿线的昆仑山垭口羌塘组湖相地层中的冻融褶皱，反映了当时那些地方为冰缘环境。泥河湾组和三门组中的冻融褶皱也可能在此时生成。可见，距今150—195万年间的降温事件，其范围是很广的。另外，红崖村南沟的泥河湾组下部冷杉—云杉，草本和云杉—冷杉—松三个花粉带，代表了寒冷气候的存在，周昆叔等名之为南沟冷期^②。陕西蓝田张家坡剖面^[14]、渭河平原钻孔剖面、河南三门峡会兴沟三门组剖面^[15]、青海湖区哈达湾组^[16]都出现云杉、冷杉孢粉带或以云杉为主的孢粉带，西藏南部加布拉湖相沉积上部出现云杉花粉优势带^[20]，还有大量曲枝柏、西藏云杉的树枝和球果化石^[21]，这些都说明了我国北方广大地区第四纪早期曾是寒冷气候时期。

我国南方更新世早期的气候虽比北方温暖，然而在上海平原钻孔下部和四川安宁河流域普格达组下部^[17、18]，都有云杉、冷杉优势花粉带，云南中部褐煤层之上的河湖相沉积物，孢粉组合喜热成分减少，温带成分增加，云杉、冷杉和柏科花粉出现高峰^[19]。但是，从广泛出现的大熊猫—剑齿象动物群看，南方低平地区更新世早期气候波动的幅度不会太大。

我国上新世—更新世早期的河湖相沉积相继结束之后，西部地区曾广泛发育冰川，在喜马拉雅山脉地区是希夏邦马冰期^[10]、昆仑山地区是望昆冰期^[22]、唐古拉山地区是拜多冰期^[11]、念青唐古拉山地区是当雄冰期^[23]。上述各处的冰川都曾达到山麓冰泛的规模。至于我国东部的鄱阳冰期的冰川作用问题，目前正在进一步研究。

我国西北黄土高原地区的黄土堆积开始于248万年前，洛川剖面的黄土—古土壤系列至少有25个，反映了平均10万年的冰期气候旋迴。黄土和河湖相地层间存在相变关系，更新世早期的黄土—古土壤旋迴应包含南沟冰期和希夏邦马冰期。

三、更新世中期的自然环境

上新世—更新世早期的湖泊消亡开始于早更新世的后期，各地河湖相地层的磁性地层资料也表明，河湖环境的结束时间在距今200—150万年间，此后发生的地壳运动普遍使这套地层发生变位。这次地壳运动以断块升降为主，兼有挤压扭动，按不同地区分别命名为元谋运动和羌塘运动等。本文第一节所述的我国三级地貌阶梯主要成型于早更新世末至中更新世。元谋运动之后除了部分继续沉降的盆地外，我国大部分疆域都是剥蚀区。

① 孙秀玉等，1977，渭河盆地新生代孢粉组合。陕甘宁石油普查通讯，1977年3期。

② 周昆叔等，1979，从泥河湾层花粉分析读南沟冷期及其它问题。第四纪地质文集，中国科学院地质研究所。

更新世中期急剧降温在世界各地都比较显著,并伴有中纬度地带山地冰川的多次前进和高纬地带的冰盖的发育。我国西部山区也有几次冰川作用,至于东部山地的冰川活动问题正在作深入的研究。此外,我国陕西洛川黄土剖面上第八、九层古土壤之间11米厚的黄土层,第五层古土壤之下6米厚的黄土层等,均记录了这一个时期的降温和干旱化事件。另外,寒冷的气候环境迫使众多的南方型哺乳动物撤离北方向南迁徙,使秦岭北麓南方型的公王岭动物群逐渐被北方型的陈家窝动物群所替代^[24],北方型的小型哺乳类到达长江下游和县^[4],南方巨猿动物群的不少种类如乳齿象、大陆龟等的绝灭和多数哺乳动物体型增大^[25]等。同时,更新世中期的高温事件历时也很长,其主要标志是网纹红土在长江中下游地区普遍发育,并延伸到山东半岛的北部,大约 $37^{\circ}30'N$ 附近。棕红色土则分布到辽东半岛南部,大约 $40^{\circ}N$ ^①。周口店地区的古土壤具有南方亚热带地区的性质。青藏高原也有棕红色风化壳形成^[23,26]。洛川和扶风黄土剖面中的古土壤层具有棕褐色土、棕壤型和暗棕壤型的特点^[28],成土环境为暖温带落叶阔叶林为主的景观,具有温暖而潮湿的气候条件,洛川剖面第五层古土壤层是这次高温事件的代表^[27]。

四、更新世晚期的自然环境

我国晚更新世的气候、植被、动物群和地表形态,与更新世中期相比,又有较大的变化。许家窑遗址可作为我国北方这一阶段最初的代表,其动物群的绝大部分是适应寒冷气候的种属,如披毛犀、野马、河套大角鹿、赤鹿和原始牛等都是末次冰期常见的种类。孢粉则以冷杉、松、桦、柳、麻黄、唐松草、藜和蒿等科属为主要成分,其所反映的自然景观和动物群是一致的。这就说明晚更新世初期我国北方的气候偏于干冷,应是末次冰期的前奏。约在距今7万年前的丁村人时代,气候仍较干冷,有野驴、蒙古野马、披毛犀、原始牛等;文化层上部的孢粉以藜、蒿和禾草夹以少量冷杉的草原植物群^[27]。到距今3.5万年前的萨拉乌苏的河套人时代,这一地区仍有野驴、蒙古野马、披毛犀、河套大角鹿和原始牛等喜寒动物,同时还有纳玛象和王氏水牛等分量喜温暖的动物存在,此时的华北平原是针阔叶混交林—草原景观。距今26万年前的峙峪人时代,年平均气温也比现在低一些。在距今3—2万年间,长江下游地区的低山和丘陵地区有以冷杉为主的针叶林带,其中还含相当数量的云杉属、松属和柏科花粉^[17]^②。平原钻孔的井深47—33米处,是以松属植物为主的针叶林花粉带,其花粉占孢粉总数的85%,松属花粉占针叶植物花粉总数的56—58%,并有少量冷杉、云杉、油杉和铁杉花粉,阔叶植物以栎和椴属为主^[17,30]。有些钻孔在35—33米深处的孢粉带为栎—柏—禾本科—蒿属组合,竹淑贞等称其为苏州河寒冷期^③。芜湖沿江一带钻孔I孢粉资料与现今华北相似,而在距今2.1—1.2万年间芜湖一带森林为草原植被所代替,相当于现今山西北部地区的景观^④。

华北地区的河谷平原,距今2—3万年间生长着以云杉、冷杉为主的暗针叶林。北京饭

① 席承藩, 1978, 试论土壤性状与第四纪气候变化。

② 徐馨等, 1981, 天目山冰坑剖面孢粉组合及其古气候意义。地理科技资料(地貌专辑)20期, 南京大学地理系。

③ 竹淑贞等, 1979, 上海地区第四纪地层与古气候。

④ 张树维, 1982, 第四纪末次冰期前后芜湖、长江下游一带植被古气候探讨。

店地下8—12米处存在冷杉、云杉林，草原，云杉、冷杉、松林三个植被演替阶段，其中草原植被阶段以藜科和蒿属或蒿属和菊科为主，是末次冰期最盛期的代表^[31]，前后两个针叶林植被分别代表冰期极盛期开始时和结束时的自然环境状况。

更新世晚期寒冷气候的另一重要标志是冰缘现象，尤以东北三省最为显著，如吉林省敖汉旗伸头和哈尔滨荒山的冰楔，白城五家户砂石场的冰卷泥都是典型的多年冻土的地面标志。特别是吉林省德惠县达家沟的冰楔宽达80厘米，长5.5米^[32]，接近极地类型。松嫩平原西南部嫩江、第二松花江、洮儿河和霍林河下游平原的南缘，有一片冰丘湖群^[33]，说明末次冰期时这里有极地类型的冰丘群发育。近年来，华北地区也陆续发现更新世晚期的冰缘现象。如山西阳高许家窑^[34]、河北阳原虎头梁^[34]、山西天镇张西河村^[6]、河北涿鹿温家屯^①、北京顺义^②和内蒙南部的萨拉乌苏河流域^[7]的冻融褶皱河北承德^③秦皇岛和昌黎^④一带也有冰缘岩柱的报导。这些资料对于圈定我国东部地区末次冰期多年冻土区的范围是很有意义的。

近年来，许多学者对我国东部地区末次冰期多年冻土区南界的研究，存在着四种不同的意见：(1)认为南界在松辽分水岭一带，大致沿43°N展布，从大兴安岭南坡折向西南，然后循燕山南坡西行，至管涔山又折向西南至陕北^[5]，有的认为在43°N稍南一些^[35]，大致相当于现代一月份-13℃等温线。(2)以辽东半岛南端和天津、北京一带为南界^⑤，大致相当于现代一月份-6℃等温线。(3)将界线定在34°20′—34°40′N间，即从黄海陆架上的鸟岛和男女列岛开始，经新海连、徐州、商丘、开封和郑州至洛阳，然后折向西南，沿秦岭南坡大约600米等高线向西延伸，在洛阳、透部附近同西部高原多年冻土的下界衔接^[8,9,45]，大致相当于现代一月份-1℃等温线的位置。(4)把从杭州湾以南经皖南山地、鄱阳湖、大别山南麓、桐柏山南麓、直至汉水上游，作为我国末次冰期多年冻土区的南界^[36]。之所以会产生上述不同意见，是不同研究者对多年冻土的标志的理解不一，他们掌握的实际资料也各异，因对多年冻土区南界位置存在不同意见，引起对末次冰期降温值的估算也不相同，有的估算为7—10℃^[5]，有的估算为14—16℃^[8,9]。

我国西部高原和高山的冰川在更新世晚期有规模较大的前进(表1)，雪线下降500—1000米。川西稻城海子山和理塘—甘孜间的沙鲁里山平坦的高原面上发育了小冰盖，面积分别达到3000和2500平方公里，从残留的冰面石山和伸向周围谷地的冰舌分析，小冰盖的厚度可达400—500米，很象冰岛型的冰川，类似的小冰盖在嘉黎一带也存在。这些高原小冰盖消融后留下了众多的冰蚀湖和鼓丘。藏东南末次冰期冰岛型冰川的形成应是西南季风影响的结果。此外，三江峡谷底部还有末次冰期留下的冰楔构造和冻融褶皱，波密县多吉区有直径50米的巨型多边形土，德姆拉山口末次冰期冰碛上还发育了直径30—50米，甚至100—150米的巨型石环，甘孜黄土上发育了直径达20米的非分选环和大型泥流舌，理塘甲洼也有直径10—20米的多边型土。这些极地型多年冻土现象的陆续发现，同样使我们推论末次冰期藏东南地区的气候不但比现在冷得多，而且比现在还要湿润。天山博格达峰北麓

-
- ① 黄兴根等，1982，河北省涿鹿县晚更新冰缘现象的发现及其意义。北京地质学会纪念中国地质学会成立60周年年会学术论文摘要汇编。
 - ② 李华章，1982，我国华北地区若干古冰缘标志的初步研究。
 - ③ 崔之久等，1982，我国北方晚更新世冰缘环境初探。
 - ④ 浦庆余，1978，中国东部地区的大理冰期与冰后期。中国第四纪冰川地质。
 - ⑤ 裘善文，1978，中国东北晚更新世冰期与古气候探讨。

表 1 中国西部及邻区山地现代冰川和末次冰期冰川的规模

		珠穆朗玛 峰北坡绒 布冰川	希夏邦马 峰北坡野 博康加勒 冰川	念青唐古 拉山东段 关星冰川	喀喇昆仑 山巴托拉 冰川	天山乌 鲁木齐 河源	天山博 格多峰 北坡	阿尔泰 山哈拉 斯河	祁连山 走廊南 山素珠 链峰
现代 冰川	末端高度 (m)	5154	5530	12.5	2540		3822	2300	
	长度 (km)	22	13.5		50	1.11	7	14.3	
	面积 (km ²)		16.1		285	8.04			58.184
末次 冰期 冰川	末端高度 (m)	4780—5000	5080	约80	2130	3020	2500	1400	
	长度 (km)	30—35	31		90	12.3	24—25	100	
	面积 (km ²)				413	33.9			229.75

三工河下游的台地上，有黄土层覆盖，上面有众多的非分选环发育，直径有三、四十米，这似乎表明末次冰期天山地区不但严寒而且潮湿，这种气候状况的造成不外与北冰洋气团的加强有关。从甘孜和天山黄土中的这些冰缘现象分析，它们应属冰缘黄土类型，冰缘黄土可能是在湿冷的气候下形成。

更新世晚期我国黄土发育的范围比以前更为广泛，西起新疆境内的昆仑山北麓、天山西麓和准噶尔界的西麓，经青海、甘肃和黄土高原地区，东至山东半岛和辽东半岛的东端，向东北方向可抵哈尔滨以北，向东南可至浙江北部，面积超过63万平方公里。除了黄土高原地区广泛出露的乌兰黄土以外，近年来在山东半岛的泰安—莱芜盆地、济南、章丘、益都、掖县、蓬莱和庙岛等地都有黄土发现，东北的第二松花江、西辽河一带和辽东半岛大连附近也有黄土分布的报导。特别是华北平原钻孔深度100米以上有多层黄土和黄土状土被揭露，黄海和东海北部陆架上黄土的发现和苏北泗洪咸阻黄土的发现，大大开阔了我们对黄土的认识，长江下游安庆、芜湖、巢县、镇江以至扬州的长江两岸的丘陵和平原，茅山丘陵和宁镇山脉、浙江西北部山区和皖南山地都有下蜀黄土分布，湖北襄阳、江西庐山也有黄土状土，四川成都平原和丘陵区有成都黄土。这些都是我国黄土分布区向南突出的部分。最近，在浙江舟山群岛海外的岛屿上发现了黄土，厚约7米，说明东海中部陆架也是我国黄土发育的地区。也就是说北纬30—45°间是我国更新世晚期黄土的有利形成区。

更新世晚期乌兰黄土的地质年龄，就现有的数据资料，大部分落在1.6—4万年间，然而黄土高原的乌兰黄土可能从距今12万年前已开堆积，直到距今0.8万年仍未修正（表2）。长江中下游地区的下蜀黄土和成都粘土的年龄数据¹⁴C都落在距今1.6—3万年间。看来在亚冷槽的加强和中国东部地区的干旱化主要发生在末次冰期的极盛时期。这同柴达木盆地盐湖的成盐期主要在距今2.1—1.5万年间，也是吻合的。

末次冰期川西和藏东南地区湿冷气候和北方、东部地区干冷气候的产生，是经向环境加强的结果。

五、全新世的自然环境

从孢子花粉所反映的我国全新世自然环境及其演变，以华北地区最为清晰。北京附近

表 2 中国晚更新世黄土的地质年龄

标本所在的层位	采样地点	地质年龄(年)	测试材料	测试方法
马兰黄土上部	陕西榆林蔡家沟	$(3.5 \pm 0.9) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土中下部	陕西榆林蔡家沟	$(10.2 \pm 0.8) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土下部	陕西榆林蔡家沟	$(12.4 \pm 0.5) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土上部	陕西洛川坡头村	$(3.9 \pm 0.5) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土底部	陕西洛川坡头村	$(10.3 \pm 0.5) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土顶部	陕西洛川黑木沟	$(0.8 \pm 0.04) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土底部	陕西洛川黑木沟	$(3.40 \pm 0.30) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土底部	陕西洛川黑木沟	$(3.60 \pm 0.11) \times 10^4$	石 英	热释光
第一层古土壤	陕西洛川黑木沟	$(4.10 \pm 0.48) \times 10^4$	石 英	热释光
离石黄土顶部	陕西洛川黑木沟	$(7.10 \pm 0.53) \times 10^4$	石 英	热释光
马兰黄土古土壤层的玄武岩烘烤层	山西大同黄家洼	9.8×10^4	石 英	热释光
马兰黄土	山西大寨	9250 ± 220		¹⁴ C
马兰黄土	甘肃定西	9670 ± 250		¹⁴ C
马兰黄土	甘肃定西	11590 ± 300		¹⁴ C
马兰黄土	甘肃定西	16230 ± 500		¹⁴ C
马兰黄土	甘肃合水西峰	10190 ± 500		¹⁴ C
马兰黄土	甘肃合水西峰	22700 ± 1000		¹⁴ C
马兰黄土	甘肃合水西峰	24350 ± 1000		¹⁴ C
马兰黄土	北京斋堂	23670 ± 1200		¹⁴ C
马兰黄土	陕西兰田杨家崖	15710 ± 210	Ca 结 核	¹⁴ C
马兰黄土	陕西兰田杨家崖	20400 ± 240	Ca 结 核	¹⁴ C
下蜀黄土三层Ca结核	南 京	12480 ± 260	Ca 结 核	¹⁴ C
		14420 ± 280	Ca 结 核	¹⁴ C
		16620 ± 200	Ca 结 核	¹⁴ C
下蜀黄土上部	南京老虎山	16620 ± 200	Ca 结 核	¹⁴ C
下蜀黄土下部	南京老虎山	30900 ± 1080	Ca 结 核	¹⁴ C
下蜀黄土上部	南京泰山新村	16400 ± 200	Ca 结 核	¹⁴ C
下蜀黄土下部	南京泰山新村	24100 ± 550	Ca 结 核	¹⁴ C
下蜀黄土之下	芜湖师专钻孔	20600 ± 850	淤 泥	¹⁴ C
下蜀黄土之上	芜湖四合山钻孔	12300 ± 465	淤 泥	¹⁴ C
下蜀黄土之下	芜湖四合山钻孔	21500 ± 1700	淤 泥	¹⁴ C
成都粘土上部	成都地院外砖瓦厂	16960 ± 210	Ca 结 核	¹⁴ C
成都粘土下部	成都地院外砖瓦厂	18110 ± 220	Ca 结 核	¹⁴ C
成都粘土	三台县牌坊埡	23500 ± 410	Ca 结 核	¹⁴ C
威咀黄土	江苏泗洪青阳桥	17492 ± 579	瓣鳃类	¹⁴ C
马兰黄土	宁夏灵武县水洞沟	17250 ± 200	淤 泥	¹⁴ C
马兰黄土	宁夏灵武县水洞沟	26230 ± 800	淤 泥	¹⁴ C
马兰黄土	宁夏灵武县水洞沟	38000 ± 200	淤 泥	¹⁴ C

注：资料来源：中国科学院贵阳地球化学研究所 ¹⁴C 实验室
 中国科学院地质研究所 ¹⁴C 实验室
 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 ¹⁴C 实验室

距今1.3—1.2万年间，以云杉、冷杉占优势的中高山针叶林再次扩展到山前平原和丘陵区 [38、39]，甚至到达冀中平原的文安一带^①。纬度稍偏低的青岛胶州湾地区，此时为夹以少

^① 河北省地质局第七地质大队等，1978，试论河北平原东部第四纪地质几个基本问题。

量针叶树的森林草原植被，水生和湿生植物繁盛，气候比北京平原温和湿润^[40]。即使在长江下游的镇江地区，也还是生长着由少量落叶阔叶的栎树、柏树和蒿、藜和莎草等组成的温干性稀树草原或干草原类型枯被^[41]。江苏宜兴、奔牛、上海和杭州等地则以柏和松林为主的森林草原植被^[30]。当时的气温比现在在当地还低4—6℃，尚未脱离末次冰期。

距今1.2—1万年，我国大部分地区的气候状况明显好转，北京丘陵平原地区的植被是以椴、桦和栎等为主的暖温带落叶阔叶林。大约在距今10000—9000年间，由蒿、菊等科属草本植物组成的草原植被重新出现，气候干冷，大约距今9000—9500年时，一度是以松、云杉和冷杉等组成的针叶林阶段，冀中平原也有类似情况，反映了气温的短暂下降。青岛胶州湾地区则是森林草原景观，有少量针叶树。镇江地区已演化成松、栎为主的针阔叶混交林，林中有少量常绿阔叶树，林外还有早生的藜、蒿和麻黄，气候温凉偏干。上海地区是以栗、栎、松、柏和桦树为主要成分的针阔叶混交林。杭州湾地区演化成以榿树和榿栎为主的针阔叶混交林，但在林外还有一定数量的藜科和禾本科为主的草原，气候温凉偏干。总之，在由晚冰期向全新世过渡的时候，我国大部分地区气候偏于干凉，但是柴达木盆地和青藏高原的内陆盐湖正处在淡化期，降水量明显增加，蒸发量显著减少。

距今9000年以后，我国气候明显转暖。在距今9000—8000年间北京平原生长着松林，山区为森林草原，乔木以松和桦为主。东北地区是以桦或松桦为主的针叶林或森林草原植被。这段时间东北和华北地区云杉和冷杉迅速减少，阔叶树逐渐增多。上海地区为松属占优势的针阔叶混交林，阔叶树中落叶的栎类、栗和榆等稍多于常绿树种。距今8000—6000年间，北京平原区以松、栎和桦等属组成暖温带针阔叶混交林的面积大大地增加了，沼泽地也很发育，是泥炭的主要形成时期，气候温暖湿润。冀中平原是温带落叶阔叶林—草原景观，栎树占木本植物的一半，还出现少量杨梅、枫香和枫杨，气候也比现在高。江苏镇江地区出现以栎树占优势的阔叶林或针阔叶混交林，还有不少青刚栎和栲属等其他常绿阔叶树，气温和现代相当或稍高。上海地区则以常绿阔叶林占优势，为中亚热带阔叶林景观。杭州湾一带生长着以青刚栎和栲属为主的常绿阔叶林，还有樟树、杨梅、冬青、石楠、桃金娘科、瑞香科和柃木等常绿树种。上海和杭州一带当时的年平均气温比现代要高2—3℃，这就是全新世的高温期。

在我国全新世自然环境的演变过程中，全新世中期距今5000—5600年间出现的延续几百年的低温，是重要的地质事件。当时北京地区松、云杉和冷杉等针叶树突然增多，冀中平原松属大量增加，这两个地区栎属和其它温带阔叶树则明显减少，低温事件发生在¹⁴C年龄为5030±150年的层位上。青岛胶州湾钻孔¹⁴C年龄为5070年的层位上，针叶树花粉上升为优势，阔叶树花粉减少，草本植物花粉增多，且以蒿属为多，降温现象也很明显。镇江地区在距今5800—5600年间是以松属为主的松栎林植被，曾出现过栎树花粉的最低点，且多是落叶栎类，还出现了分量麻黄和铁杉，也有降温显示。南京东门镇全新世地层剖面距今5800—5500年的层位也出现了栎树花粉最低点，松属、蒿和禾本科的花粉均有增加，成为松栎林草原景观，气温比现在低1—2℃^①。上海面粉厂钻孔18米深处榿栎、麻栎、栗和里白等属的花粉减少，松属和冷杉属略有增加，藜科和蒿属等草本花粉也有增加；吴县唯亭新石器时代遗址¹⁴C年龄为5460±110年层位稍下、青莲岗早期文化层中，栎属下降到

① 徐馨等，1982，南京东门镇西全新世孢粉组合及古气候与古环境的探讨。

最低点，柳属略有减少，禾本科有所增加；常州圩墩新石器时代遗址¹⁴C年龄为5555±150年的层位，栎属花粉略有减少。距今5000—5600年间的气温下降在世界各地都有不同程度的反映，欧洲和北美中纬度地区，在¹⁴C年龄5000多年前表现为榆属花粉的明显下降、山岳冰川活动性增加；此时，阿尔卑斯山区森林线也有下降，智利南部、哥伦比亚、美国西部、加拿大和阿拉斯加的植被都有降温的显示，温度降低值为2—3℃；挪威北部在距今5500年前气温有明显下降，格陵兰世纪营地冰岩心在距今5000年的层位¹⁸Oδ含量也有减少^[44]。这就是G. H. Denton等（1973）提出的新冰期第三期。我国的这次降温不但使阔叶树减少、针叶树和草本植物增加，而且还促使西北山区冰川的前进和多年冻土区的扩大。乌鲁木齐河源冰川前进造成气象站冰碛垄，冰碛中裹包的有机质¹⁴C年龄距今5680±150年^①。内蒙岱海盆地在¹⁴C年龄6030±90年和5070±75年间^②，萨拉乌苏流域¹⁴C年龄9510±110年和5070±75年间都有冻融褶皱发育等等，这些就是5000年前这次降温的结果。

自从距今5600—5000年间的降温之后，我国气温又复回升。北京地区在距今5000—4500年间生长着栎、榆、桑和榛等树种组成的暖温带落叶阔叶林，冀中平原为落叶阔叶林—草原植被，胶州湾地区阔叶树增加、针叶树松属等成分减少，为栎松林—草原环境。镇江地区此时为常绿和落叶阔叶林带，栎属居多，还有杨梅、桃金娘和山核桃等亚热带常绿阔叶树，气温比现在高1.5℃。南京地区栎树遍地生长，杨梅、化香和漆树也到处可见，组成以栎树为主的阔叶林景观。上海地区也属常绿和落叶阔叶林带。

距今8000—4000年间，除距今5600—5000年间的低温外，我国境内自然环境的总面貌是植被—气候带普遍比现在偏南2—3个纬度，年平均气温比现在高2—3℃，这种现象在长江

表 3 北半球全新世气候波动

冰川前进时期	寒冷气候高峰期	寒冷气候延续时间
新冰期第四期 (现代小冰期)	200—300年(距今) (公元1650—1750年)	450—30年(距今) (公元1500—1920年)
新冰期第三期	2800年(距今)	2400—3300年(距今)
新冰期第二期	5300年(距今)	4900—5800年(距今)
新冰期第一期	7800年(距今)	7000—8200年(距今)

(据G. H. Denton等1973)

下游的文化遗址中也得到明显反映。浙江余姚河姆渡遗址中有大象牙齿、犀牛遗骸和红面猴的头骨，植物化石有海金沙等，大约距今7000年前后，这里的年平均气温比现在确实要高2—3℃。即使是渭河中下游的西安半坡和河南浙川遗址，也有高温时期的遗物，例如半坡遗址有麝、竹鼠和貉等动物的骨骼，浙川下王岗遗址中有喜暖动物遗骨7种，占有动物遗骨的29%，并有竹灰和炭化竹节发现，显然，现在长江中下游地区遍地生长的竹子当时漫延到了黄河中、下游地区，同样说明黄河中、下游地区在距今6000年以前年平均气温比

① 陈吉阳，1984，中国全新世冰碛地层及其年代。

② 周廷儒等，1983，华北全新世气候的变迁。