



第一集

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

## 第一集

中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会主编

地质出版社

## 第四纪冰川与第四纪地质论文集

### 第一集

中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会主编

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：张义勋

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张：17·字数：399,000

1984年2月北京第一版·1984年2月北京第一次印刷

印数：1—2,820册·定价：3.50元

统一书号：15038·新987

## 前 言

第四纪是地球发展的最新阶段，在地球史中所占时间很短，仅二、三百万年左右。但在这个短促的时期内，显著的气候波动乃至多次冰期的发生，人类的出现及发展，哺乳动物的兴盛和构造运动的活跃等等重大事件，十分突出，构成了第四纪时期的主要特征。这些都紧紧地与人类的过去、现在以及将来的活动有直接的关系。当今人类文明建设与生活繁荣，例如：进行国土整治，农业规划，流域开发，绿化造林，地下水和其它自然资源的开发和利用，工程建设和环境保护等等，都是与第四纪研究分不开的。很显然，第四纪冰川与第四纪地质学，不仅在研究地球发展史中占有最新篇章，而且在现代经济发展和人类文明建设中可以发挥重要作用。

现代科学的发展史是与其相邻的学科密切相关的。第四纪冰川与第四纪地质学和许多兄弟学科互相联系，如古生物学、地史学、构造地质学、人类学、地理学、气候学、考古学、生物学和环境科学等等。通过与这些学科互相配合，互相渗透，共同努力，联合攻关，较快地提高本学科的现代学术水平，将是可以预见的。

为了推动本学科在四化事业中发挥更大的作用，使从事本学科和相邻学科研究的工作者的学术论文，有发表和交流的园地，中国地质学会第四纪冰川及第四纪地质专业委员会，在地质出版社的支持下，决定编辑《第四纪冰川及第四纪地质论文集》不定期连续出版。希望广大地质地理工作者关心和支持这个学术园地，欢迎投稿，并随时提出改进文集的意见和建议。

论文集的编辑部设在专业委员会的挂靠单位——中国地质科学院地质力学研究所，来稿请寄北京西郊法华寺地质力学研究所第六研究室。

第四纪冰川与第四纪地质专业委员会

一九八三年四月

# 目 录

大力开展第四纪冰川调查和深入研究	杨钟健	贾兰波 (1)
雪线变化与中国第四纪冰期		杨怀仁 (5)
大兴安岭南部东南坡第四纪冰期与地层划分的初步探讨		
.....	裘善文 高林本 余洪流	(16)
对大兴安岭东坡冰碛泥砾的工程地质特性和坝基稳定的研究		王正国 (23)
对大兴安岭第四纪古冰川问题的质疑		谢又予 金长茂 (32)
海拉尔盆地第四纪冰期与地层初步总结		初本均 高振操 (40)
辽宁省第四纪冰川遗迹及冰期划分		顾尚勇 (46)
内蒙武川中后河地区第四纪冰川地质初步观察		刘庆新 (54)
中国西部山地冰期划分之地貌依据		崔之久 (62)
北京西山灵岳寺古冰川沉积物的初步研究		赵松龄 张宏才 (69)
太行山东麓倾斜平原第四纪冰川沉积及其水文地质条件初步研究		乔作棣 (73)
河北省邯邢西部地区第四纪冰川遗迹		王建品 (79)
庐山地区第四纪地质的研究		张兰庭 (86)
庐山地区第四纪沉积物及冰期问题		姚庆元 (98)
长江中下游网纹层问题的讨论		徐 馨 (104)
四川盆地西北边缘第四纪冰期		李永昭 邵之纲 李代钧 (113)
由成都平原史前巨砾来源析更新世冰川		李行健 (117)
关于贵州东南部地貌和第四纪冰川地质问题		章人俊 (120)
河北平原第四纪古气候与海侵问题的初步探讨		施迪光 陈望和 倪明云 (123)
陇西北部黄土(类黄土)及其下伏古地貌		范锡朋 (136)
成都平原更新世粘土的地质特征		邵之纲 李代钧 李永昭 (142)
宁夏第四系的初步划分及对比		马云超 (154)
古温度脉动与第四纪冰期		蒋 志 (165)
黄土—古土壤系列与第四纪冰期旋迴		卢演倬 安芷生 (174)
中国北方大理冰期地层初步对比		孙建中 (186)
贵州惠水盆地第四纪冰川遗迹和构造—气候期的划分与对比		林树基 (194)
关于顾乡屯组的古气候及时代问题的探讨		陈树汉 刘牧灵 (207)
西藏东南部第四纪冰期与全新世气候变迁		王富葆 (214)
山西第四纪冰川及冰期的初步划分		陶书华 (224)
甘肃西部安西—敦煌盆地第四纪地质初步研究		俞伯达 (233)
湖南第四纪冰川遗迹		胡家让 (240)
永兴一带第四纪冰碛物的初步观察		秦志能 (246)
河北省北部围场地区第四纪冰川遗迹		王彦春 蔡开运 (251)
对云南第四纪冰川的初步认识		江能人 (256)

# 大力开展第四纪冰川调查和深入研究

杨钟健

贾兰坡

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

李四光先生在1922年首先发表了太行山东麓和大同盆地的第四纪冰川遗迹，1937年又发表了《冰期之庐山》，为我国第四纪冰川的研究奠定了良好基础。在这半个多世纪以来，在李先生开辟的征途上，由于广大地质工作者的继续努力，发现的第四纪冰川已经不少，据文献记载，“我国南从北纬22°左右北到黑龙江，东由台湾玉山西到新疆、西藏，许多山地都还保留着第四纪冰川作用的遗迹。”这在学术上是件大事。我们借此机会向为科学事业不屈不挠地爬高山、走深谷的冰川地质学工作者致以深切敬意。

我们不是冰川地质学工作者，对这方面的知识又很有限；但我们仍然愿意在此说些外行话。原因是，根据我们工作中的体会，不大力开展第四纪冰川的调查和深入研究，对整个的第四纪研究会起阻碍作用。甚至可以冒昧地说：**冰川的研究是第四纪研究工作的基础。**

研究第四纪冰川，不仅对寻找矿物、地下水资源和建设工程有密切关系，对研究第四纪的古植物、古动物、古人类和考古也有很大的帮助。很早以前，人们就认识到：包括人在内的整个生物界无不在气候的控制之下。第四纪是气候多变的时代，从冷到暖，从暖到冷，又从冷到暖反复几次。有的生物种类，由于内因适于新的条件，旧的种逐渐转变为新的、更高级的种；而不适于新环境的种类则不是迁移就是绝灭。第四纪的古脊椎动物，尤其是哺乳类的变化特别频繁，我们认为与气候的多变有着很大关系。

第四纪是地史上最后的一个地质时代单元，我们今天仍然生活在这个时期里，和我们有什么样的密切关系是容易理解的。正因为如此，它的问题也特别复杂。复杂的问题若以简单的方法来对待是不可能取得令人满意的成果的。例如，我国对第四纪更新世的划分经常使用  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_3$  的符号来代替它的早、中、晚。早期，即  $Q_1$  还未再划分；中期，目前还只能两分，即  $Q_2^1-2$ ；晚期三分，即  $Q_3^1-3$ 。1968年，柯登发表的欧洲第四纪年代表，把欧洲的早期划分为早、晚两期，而早、晚两期又根据环境的变化——从森林到草原、从草原到森林、从森林到草原反复交替，把每期又进行了三分。从这张表就反映出来我国第四纪研究的落后。

从地层的岩性来说，过去是把红色土或离石黄土作为中更新世（即  $Q_2$ ）堆积来看待的；但这只是就华北地区来说的，在东北和华南就不适用。就是在华北也并非没有遇到困难，例如，丁村文化遗址，发现人类化石、石器和哺乳动物化石的是汾河岸边靠底部的砂砾层，砂砾层之上为微红色土状堆积，再上为砂黄土。对这套堆积物一直存在着不同意见，根据人的牙齿、石器和哺乳动物的研究认为时代属于晚更新世早期，即  $Q_2^1$ ；但有的

地质工作者由于见到砂砾层之上有微红色的土，认为应属于中更新世晚期，即 $Q_2^3$ 。在此还要提出的是，直到目前， $Q_1$ 与 $Q_2$ 之间、 $Q_2$ 与 $Q_3$ 之间，从古生物学上还未找到明确的界限，更不要说每个单元再划分的标准了。实际上，我们对第四纪的划分方法，和国际上广大地质学者所唱的调子并不合拍，如果我们单方面照旧坚持下去，会给国内外学术交流带来不应有障碍。现在，欧美各国划分第四纪是以冰期和间冰期作为根据的，在非洲常常使用雨期和间雨期作为标志；而两者基本上又能统一起来。在目前，我们认为用冰期和间冰期划分第四纪是比较好的方法。今后在不断地工作中，我们还可以创造新的方法，相信更好的方法一出现，别人也会效法我们。我们所看到的欧美的有关古人类学、考古学方面的近期著作，都把不同阶段的古人类和文化纳入于冰期和间冰期之中。“更新世”一词随着时间的前进已转到次要地位了。

在东亚大陆及附近的岛屿上不断有古人类、古文化和哺乳动物发现；而且证明是从大陆上分布过去的。例如在爪哇岛上发现了不少时代相当早的人类化石，必定来自于大陆，日本岛也不断发现两万年前的石器，和我国的文化保持着很密切的关系。现在，各岛屿与大陆之间为海水所隔开，那末，是如何迁移或分布过去的呢？用地质构造来说明会遇到很大的困难，但用冰期来解释则容易理解了。因为当冰期的时候，海面大幅度下降，大陆和岛屿之间出现了陆桥，人类为了追求食物向各岛屿上迁移是不足为怪的。近些年来，从日本的发现证明，该岛曾几次和大陆连接。在早更新世就出现过陆桥，在日本本州兵库县明石城林崎的大阪组的维拉方期的明石建造中发现了与我国泥河湾层相同的双叉麋鹿；在历史上的末次冰期也曾和大陆相接，因为在日本发现了与我国同性质的细石器。

本文后一作者认为，“人类发生的外因是冰川作用”；但是有人持不同的意见。如在某杂志上发表文章说：“个别人甚至说是由于冰川的逼迫。但是所有这些说法都得不到任何事实的支持。迄今所发现的一切有关的科学资料都在无声地反驳这些说法”。我们还不清楚这里所说的“科学资料”是什么，可是在这篇文章的最后又出现了“随着中新世到上新世气温缓慢地下降，隙地变多加大，更促进这些古猿这种新适应性的发展和巩固，最后使它们成了主要在地面生活的直立行走的猿类了。”他虽然把话说得那样绝对，但至终还得承认气候的影响。

从猿演变成人，除内在的原因外，还必须要有外因作用推促其转化。过去，对人类的起源的原因有种种推测，归纳起来不外是气候影响。有人赞成是在热带森林地区，更多的人认为是在高原，因为高寒地区对转变为人的刺激最有力。有人也会说，第四纪冰川最早出现的时间比形成人的时间为晚，其实这种理解和目前所发现冰川遗迹并不相符。不仅在云南元谋发现的冰期堆积，根据古地磁测定达到300多万年；据北京水文地质大队的陈方吉同志说：在北京东部和南部从钻孔得到的资料，在500—600米深遇到一层泥砾，其中所含的微体古生物是适于寒冷的；根据古地磁测定的年龄为3.3—3.5百万年。我们赞成以制造工具为划分为人的标准，可是直到目前在全球上还未发现这样遥远使人确信不疑的由人手创造的任何工具。南京大学地理系地貌学教研室1974年发表的《中国第四纪冰川与冰期问题》一书中就写道：“据世界各地研究的结果，第四纪的年限延长了。冰期的发生不限于第四纪，在新第三纪中，地球上一些地区已发生冰期。”

总的来说，第四纪冰川的研究与古生物、古人类和古文化的关系至为密切，不研究它使整个生物界的进化失去了背景。但关于我国第四纪冰川问题还存在着不同意见。有人说，

我国只有山岳冰川，又有人认为曾漫淹到陆地或平原，至于全盘否定有冰川存在过的人，恐怕是不多的。我们是赞成历史上有过冰川存在的，至少说曾达到了山脚下。举例来说，在周口店含北京人堆积的底部有一层泥砾，被称为“底砾层”。1952年和1964年，王曰伦同志等和汤英俊同志先后都发表过这些泥砾中的带有成排组条痕砾石和凹面的砾块。这种现象已用冰碛作了解释；1965和1973年徐仁同志又研究了这层泥砾中孢粉组合，发现其中的植物是属于寒冷的，提出“当时的年平均气温较现代低约12—15℃，相当于一个冰期”的论断。这些综合的从宏观到微观的研究成果，使我们不得不承认北京一带确实有冰川存在过。

在第四纪有过冰川流行已经得到了证实。不仅我国有，东邻日本也有。我国的第四纪冰川地质学的工作，如果从李四光先生1922年在英国《地质杂志》发表的《华北晚近冰川作用的遗迹》的时候算起，经过半个多世纪，我国的地质工作者虽然进行了大量工作，但还存在着不少问题有待今后解决，举例来说：

1. 在现有的基础上，还应当进行大量的细致工作，弄清我们到底有几次冰期和几次间冰期，每一冰期又有几个间冰段，冰期和间冰期的“绝对”年代如何和所持续的年龄又有多少等等，特别是更应进行理论上的研究，从理论上正确解答冰期发生的根本原因。

2. 现在所定的冰期有些混乱。每一地区都定有自己的冰期和间冰期并不恰当，使人难以适从。我们认为最好是能把它们统一起来，以冰川地形、冰碛物和时代确凿的标准地点来命名，并尽可能地把各阶段的古生物、古人类和古文化纳入到冰期和间冰期。这样，我们既可以和欧美的冰期与间冰期对比，欧美也好和我们的对比。

3. 山区和平原，洞内和洞外的地层如何对比？是目前第四纪研究很突出的问题。据说河北省和北京市为了寻找地下水钻了不少的钻孔，给对这些问题的研究创造了良好条件。我们应当很好地珍惜这批资料。虽然在钻孔中很难见到大型化石，但微体古生物是容易发现的，只要我们能从山区有大化石并已肯定时代的地层，通过微体古生物的研究和对比就可以得出可信的结论。据说，在北京市地区钻探已得知地下的泥砾中有适于寒冷的微体古生物，是否在某一时期的冰川曾经达到平原地区？是很值得研究的课题。应当把它搞个水落石出。

4. 冰川地质学既然是个专门学问，又和我们有密切关系。就应当有较多的人参加调查和使用较多的手段研究它。把研究的成果尽早的公布于众。过去，由于遭到“四人帮”的严重干扰，许多工作放慢了，许多刊物停刊了。“四人帮”倒台之后，工作逐渐展开了，许多刊物也恢复了。但我们总觉得势头还不够迅猛，在有关部门的统一组织和领导下，我们应当拼老命大干一场。为了反映这一学科的成果，我们是否可以建议出“中国冰川”之类的刊物，专门刊载各方面的意见？为了发展这门学科，我们认为是可以考虑的。同时为了使广大群众了解它、支持它，还应多出一些通俗小册子等来宣传它。

在这里，我们还要浪费诸位一些时间顺便谈谈百家争鸣的问题。承认不承认中国有第四纪冰川，承认冰川到达什么程度以及次数的多少，这完全是学术问题。学术问题是复杂的，只有进行讨论，通过百家争鸣的方针才能得到真正解决。对某一学术问题，由于各家所透视的角度不同有不同的理解是正常的现象。在学术问题上遇到不同的意见，我们认为这是好事，会使研究的问题更能深入。从不同的角度出发，互相寻找理论根据，互相取长补短，不仅能促使问题尽快解决，还可以使彼此的学术水平提高。是否为真理，自己夸口不



行，还得用实践来证明。不必讳言，在学术界也存在着一些不正常的现象，譬如说，有人在某一问题上提出一种新的看法，作者刚一发表就会引起议论纷纷，如果和自己的意见相抵触，就想尽一切办法把你的观点全盘否定，不这样作好象就不能显示他更高明。说也奇怪，作者花费很大的力气，似乎还不如说长道短起作用。批评应从善意出发，目的是要弄清问题，也使对方有所收获。我们记起鲁迅先生在《未有天才之前》一文中的一段话，是他站在青年作家的立场上对待恶意批评的。他说：“天才并不是自生自长在深林荒野里的怪物，是由可以使天才生长的民众产生、长育出来的，所以没有这种民众，就没有天才。”

“恶意的批评家在嫩苗的地上驰马，那当然是十分快意的事；然而遭殃的是嫩苗——平常的苗和天才的苗。”既然是百家争鸣，就得以平等待人，用自由的方式进行讨论。决不能把讽刺、挖苦看作是百家争鸣，那是在“嫩苗的地上驰马”。谩骂不是战斗，冷嘲热讽也不是争鸣。

科学理论上的问题，不那末容易得到证实。一个假说出来，常常需要若干年的实践才见分晓。科学是实事求是东西，万不可玩弄科学，这样作既害别人也害了自己。关于人类的起源的动力、时间和地点，目前有种种不同的假说，我们相信通过实践是可以得到解决的，也完全能够解决的。写文章并不难，难的是经得起考验的文章。科学工作者，无论说话或是写文章都得小心谨慎的原因也就在这里，否则会使你感到遗憾终身。人们还会记得，从前英国剑桥大学校长策特福特曾宣布“亚当诞生于公元前4004年3月22日上午9时。”这个时候与我国的新石器时代后半期的仰韶文化期相当。策特福特的这种典型的唯心论对当时的影响有多大，我们不确切地知道，但直到现在每谈到古人类学史的时候还必然谈到他，成了人们的笑料。

最后，我们再介绍一下在《约翰·克利斯多夫》小说中罗曼·罗兰的一段名言作为本文的结尾，他的话的大意是：“我们每一缕思想，只代表我们生命中的一个时期。倘若活着不是为了纠正我们的错误，克服我们的偏见，扩大我们的思想和心胸，那么活着又有什么用？”“……我们知道我们会错误的。一朝发觉了我们的谬妄，我们要比你们批评得更严厉。我们每过一天都想和真理更接近一些。且待我们到了终点，再请你们判断我们努力反省的价值。”这段话很值得我们深思。

# 雪线变化与中国第四纪冰期

杨 怀 仁

(南京大学地理系)

近年对岩石圈运动、气候变迁、海面升降、海底沉积及生物迁移等的研究进展以及新技术的应用和邻近地球科学的发展,证实第四纪以来气候曾发生多次重大变化,而且这些变化正在继续发展。据海底钻孔氧的同位素研究,过去七十三万年可能发生了十次冰期<sup>[1]</sup>。

## 一、中国各次冰期中雪线的变化

经过渐新世以后的长期降温过程,在第四纪之前,地球历史又经历一次大冰期即晚新生代冰期。约在1000万至1200万年前,南极大陆已被完整的大冰流所覆盖<sup>[2]</sup>,世界气温进一步下降。到了第四纪,北欧及北美发生巨厚的大陆冰流,亚洲的西伯利亚等地也有不同规模的冰流发育,地球进入第四纪冰期。我国东部的山地,在其特有的古地理条件下,第四纪冰期中雪线较同纬度地区降低量要大。有些山区经受到冰川作用或冰缘气候条件下的冻融作用,但是限于纬度及高度,第四纪冰川的发育严格地受局部地形和气候条件的控制。

中国东部及其邻近地区的雪线变化具有下述几个特点:第一,现代雪线及第四纪冰期雪线均由西向东降低(图1),这种变化在高空气候资料方面也有明显体现,据1960—1969年中国高空气候资料,中国零度层的平均高度,明显地自东向西升高,如上海一月份零度层,平均高度为1270位势米,而纬度较接近的宜昌为1790位势米,高出上海520米;向西

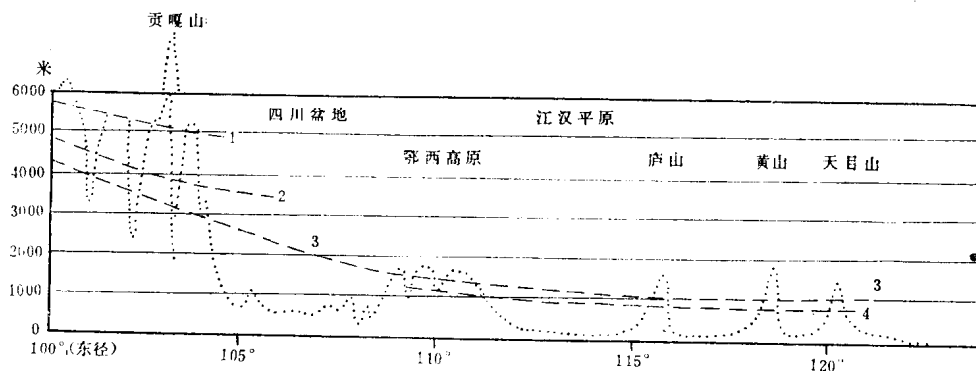


图 1 川西高原至东海岸剖面,表示第四纪冰期雪线的变化

1—近代雪线; 2—大理期雪线; 3—庐山期雪线; 4—大姑期雪线

中国东部及其邻近地区第四纪雪线变化

表 1

雪线高度 冰期	地区	川西高原 (西部) 理塘甘孜	川西高原 (东部) 梦笔山、垭 口山、松潘	康定西 川西南 折多山	点苍山 25°— 26°N	玉龙山 (滇西)	安宁河 (川西南)	秦宁 (川西)	小相岭、 白夹江、 杂谷脑 (川西高 原边缘)	贡嘎山 (川西)	秦岭	大巴山	鄂西	武功山 (江西)	庐山 (江西)
最后冰期		4600—4700 (米)	4000— 4100	4000— 4100	3900	3900	3600— 3800	3700	3500	3400	3500				(2600) (估计)
第四冰期		4100—4200	3600— 3700						2100— 3000		2200—2600 (首阳期)	2200	1700	1450— 1650	1100 (庐山期)
第三冰期											1500 (外方期)	1700	1200— 1400	1000— 1100	800—900 (大姑期)
第二冰期												1000			
第一冰期															
现 代			4600— 4700			5100		5100		5200— 5300					3000 (估计)
雪线高度 冰期	地区	黄 山 (安徽)	大别山 (安徽)	九华山 (安徽)	天目山 (浙江)	玉山 (台湾省)	五台山 (山西)	雾灵山 (河北)	大兴安岭	辽 东	白头山	蒙 古	朝 鲜	本 州 (日本)	北海道 (日本)
最后冰期						3350	3000	1800?			2400	2400	2400	2500 (2300— 2800)	1400— 1600
第四冰期		1100	1200— 1100	1150	1100— 1200				1100	600— 700?					
第三冰期		800	700— 800	700— 800	800										
第二冰期															
第一冰期															
现 代															

至丽江一月份零度层平均高度升高到3400位势米，高出上海零度层竟达2130位势米。再以华北与西北比较，北京与喀什纬度相近，北京一月份零度层最高高度为2550米，而喀什则高达3720米，两地零度层的高差达1170米。以上足见我国东部与西部零度层高度的差异。

下面沿北纬30°左右，来比较第四纪庐山冰期雪线自西而东的差异。理塘、甘孜一带，庐山冰期的雪线高度约4200米；川西高原东部，高约3600—3700米；高原的东翼边缘，高2100—3000米；秦岭山地，高约2100—2500米；大巴山东部及鄂西高原，高约1700米；东至长江下游如庐山、黄山、九华山和天目山一带，高度逐步降低到1200米左右（表1）。

第二，老冰期的雪线低于新冰期的雪线；老冰期的冰川规模远大于新冰期的冰川规模。如川西高原上，庐山期的雪线低于大理期约500米；长江下游山地如庐山、黄山、天目山等处，庐山期雪线低于大理期约1500米；而大姑期雪线较庐山期雪线低约300—400米。冰期愈新，雪线愈高，冰川规模也愈小，到大理冰期，东部许多山地并未发生冰川，只有在秦岭和台湾省高3300米以上山地才有大理期冰川发育。因此，东部各地的冰期次数，随地势的高低、地形的方位与抬升的时间而有所差异。如川西高原的东部，可能有四次冰期，秦岭三次，而长江下游山地只有二次到三次。据渤海湾西部及上海附近钻孔的沉积相及孢粉组合资料，均表示我国东部有4—5次以上寒冷期。东部有些山地，因高度不够，大理冰期的冰川未达成熟即行夭折，即所谓夭折冰期。当大理冰期时，中国气候寒冷而干燥，雪线较高，而风成黄土范围广大，最东南部已逾长江南岸（图2）。

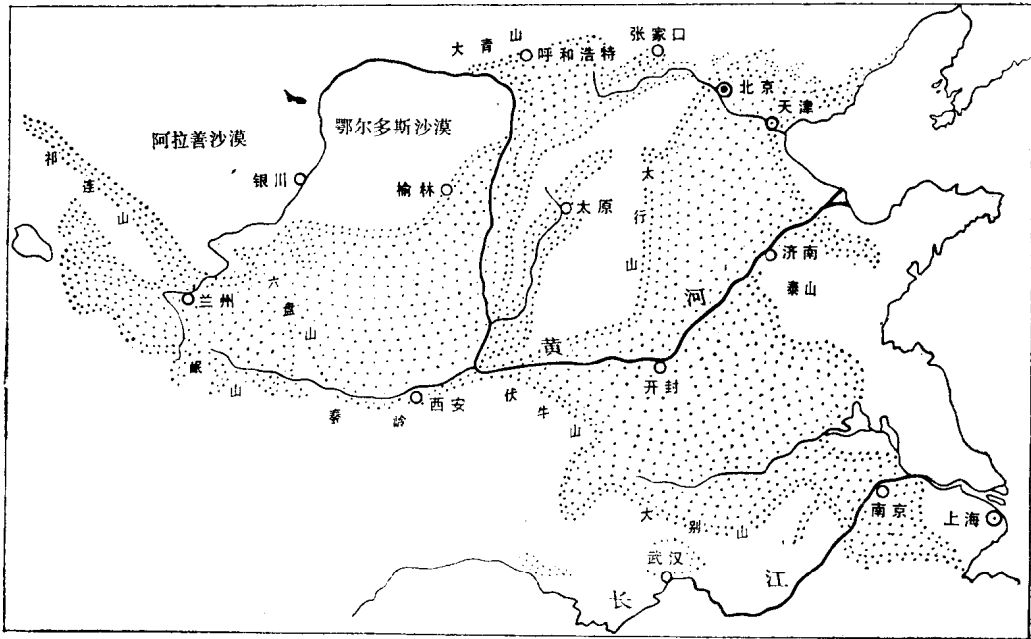


图 2 中国东部第四纪黄土分布图

中国最新冰期——大理冰期的雪线高度：太白山（34°N）的大理期雪线高约3500米；五台山（39°N）约3000米；朝鲜（42°N）约为2100米；大兴安岭（50°N）约为1100米；日本北海道（43°N）约1600米；台湾省玉山（23.5°N）约3350米。根据长江下游山地植物分布的界线，与其他地区对比，庐山在大理冰期时，雪线约在2600米以上，所以庐山、天目山、黄山等山地，均无大理期冰川。至于大理期雪线升高的原因，详见后节。

上述中国雪线变化的特征，直接影响中国第四纪气候，如冰川之有无，冰川规模之大小，第四纪地层的性质以及植物的分布和迁移等，因此对雪线变化的原因及其影响，必须予以慎重考虑。

## 二、中国东部雪线降低的原因和影响

关于第四纪冰期雪线的变化，近年已引起一些国家第四纪冰期研究的注意，如美国西北部的加斯加底山，在同一纬度上，由西向东百余公里内，第四纪冰期雪线由700米上升至2000米<sup>[3]</sup>。同一剖面线上近代雪线变化，远小于第四纪冰期雪线，说明雪线的高低并不完全决定于纬度而在有些地区决定于降水；又如东地中海地区，同一纬度冰期雪线相差900—1000米，如玉木期雪线在安卡拉附近高2900米，而在巴尔干半岛，纬度不变而雪线降低到2000米。地中海东岸玉木期雪线不与纬度平行，而作南北走向与地中海海岸平行，在贝鲁特附近，玉木冰期雪线高度只2600米，而向东在百余公里距离内同期雪线上升到3200米。以上例证说明雪线在降水量影响下，在同一纬度上距离不远，可发生较大变化。值得我们注意的是，第四纪冰期中雪线的变化数量大于近代雪线，所以象加斯加底山区第四纪雪线的剖面线，并不与近代雪线的剖面线平行，第四纪雪线的倾斜度较大。可能这里由于第四纪冰期中降水分配与现在不同。

北美及地中海区冰期雪线的变化，在有些地区主要受降水量的影响，并不决定于纬度。我国雪线变化比较复杂。东部第四纪冰期雪线大量低降的原因包括以下几个方面：

(1)中国东部受强大寒潮侵袭；(2)冰期中夏季风较微弱，而且当西部高山高原强烈隆升之前，夏季风更为微弱；(3)东部地区局部地形配置的影响。至于老冰期雪线低于新冰期雪线的原因又包括以下几个方面：(1)不同冰期中，西伯利亚冰流活动的强弱、影响的大小不同；(2)由于亚洲大陆的移动，新老冰期中距赤道的远近不同；(3)第四纪以来气候变化的总趋势是愈到新冰期，气候愈趋寒冷而干燥。三种原因，以最后的一种最重要，以上的复杂原因，有必要有重点地加以阐明。

1. 中国东部位于亚洲大陆的东岸，深受强大寒潮的频繁侵袭。中国寒潮一般来自极端严寒的西伯利亚，也有从冰流覆盖的格陵兰附近移来。来源不同，侵入路线主要有三条，而任何一条都可侵入我国东部及东南沿海地区。西伯利亚为北冰洋畔的严寒大陆，长夜漫漫，日照短促，为北半球寒冷空气的策源地，最冷的地区一月份平均气温在 $-50^{\circ}$ 以下，绝对最低气温达 $-70^{\circ}\text{C}$ ，由于强大寒流爆发南下，使我国东部比世界同纬度地区气温低下。

欧洲第四纪斯堪地那维亚大冰流曾进抵伦敦附近，伦敦一月份平均温度为 $3.7^{\circ}\text{C}$ ，和我国上海、杭州相近，而与伦敦纬度接近的我国东北的呼玛县，一月份平均温度低到 $-27.8^{\circ}\text{C}$ ，两地纬度相近，而一月份平均气温差竟达 $31.5^{\circ}\text{C}$ 。与伦敦气温相近的上海、杭州，纬度低于伦敦 $21-22^{\circ}$ 左右。中国东部处欧亚大陆的东部，冬温远比世界同纬度地区寒冷。

中国东部，寒潮的强度大而频繁，尤其对1000—2000米的高度上影响更为强烈。每当寒潮爆发南下，我国南方1000米高空及北方2000米高空，降温最烈。沿纬度 $30^{\circ}\text{N}$ ，东部平均高度1060位势米较西部相同高度的高空一月份平均气温要低下 $5^{\circ}\text{C}$ 左右，至于华北和

东北地区1000—2000位势米高空，较西北相同纬度、相同高度的高空，一月份平均气温要低10℃以上。以上从高空气候资料分析我国东部地区，受寒潮影响，气温低下，尤其在1000—2000米左右高度，因寒潮影响降温强度比地面强25%，甚至强50%；这个高度界限内相当于我国东部庐山冰期的雪线。

我国东部降雪南限的纬度低于世界任何大陆，较日本偏南500余公里，在特大寒潮年份，广州、南宁都在飞雪。中国积雪界限，在东部地区明显地呈舌状向南突出。

东部地区平原辽阔，无高大山岭障碍，寒潮长驱直入、畅行无阻，因而霜期较长，与一般自沿海向内陆霜期延长的情况相反。如上海、南京的霜期长于武汉，而武汉又长于成都。所以中国的积雪和霜冻界限，均较其它大陆伸突到较低纬度。

以上分析近代气候条件下东部与西部的差异。说明第四纪冰期中，环流形势不同，气候带向南推移，寒潮南侵，东部气候更为严酷，详见后节。

16世纪以来小冰期的气候情况也可得出有意义的气候变化资料。小冰期的环流，可以启示我们恢复冰期的环流。十七世纪中叶，中国北方及江南均较现今寒冷。据谈迁《北游录》记载，1653年阴历九月二十八日北方已封河。阴历十月吴江运河已结冰。“十月冻舟，吴门冰厚三寸有余，各舟勇壮士，以轻舟先之，斲冰日行三四里”。十七世纪中叶以后，江南奇寒，原来家家户户所种的橘柚，都被冻死，此后不复种植<sup>[4]</sup>。江西气象局研究近千年以来鄱阳湖结冰及夏寒的资料<sup>[5]</sup>，19世纪中叶前后，鄱阳湖和长江结冰最为严重，当时最低气温可能为-18℃至-23℃。目前鄱阳盆地夏季气候炎热，但在小冰期中情况迥异，如1727年九江“五月大雪……”，1817年彭泽“六月下旬北风寒，廿九日夜尤甚，次早九都、浩山见雪……”，湖口“六月底，天暴寒，人多挟纩……”，星子“七月初大风雨，寒甚，有衣裳附火者”。“浩山见雪”的浩山在彭泽与安徽交界，海拔750米，推测19世纪初鄱阳湖周围地区7—8月间最低气温比现在低约10℃<sup>[6]</sup>。当年的盛夏犹似现在的早春。

从历史记载，可见华北、江南及华中鄱阳湖区小冰期的寒冷气候，不仅冬温低，盛夏气温比现在低10℃，这些宝贵的历史记载对了解我国气候变化具有极重要意义。

全新世的研究，对了解第四纪气候变迁能提供有价值的线索。6000B. P. 前后的环流形势，代表间冰期的环流，小冰期的环流形势足以代表间冰期向冰期发展的寒冷气候的环流。6000B. P. 是全新世气候的分界，6000B. P. 的海洋—冰流—大气之间的反馈关系与现在不同。而小冰期的来临，寒流更加强，极锋南移，沿江气候湿冷，丘陵地区盛夏积雪，与19世纪后半叶以来的炎热酷暑气候迥然不同。另一方面的重要意义，就是反映当小冰期中，我国长江下游夏季风比今日微弱，近年研究，冰期与间冰期中，季风环流发生明显变化。

2. 冰期中夏季风的减弱，雪线降低。冰期来临的主要因素为冬季积雪量的增加和夏温的低降，消融量的减少。从近代气候而言，中国夏季风深厚、夏温高，这是讨论中国冰期的有无，争论中最尖锐的问题。30年代时几位国外学者完全以一成不变地和机械地运用《一致论》的观点来认识古气候，因而错误地认为长江下游第四纪中都属于湿热气候<sup>[7]</sup>。

中国东部，冬季受强大而频繁的寒潮影响，气候严寒，而入夏以后，夏季风强盛，气候湿热。东部地区的高空零度层的高度也冬夏悬殊。如上海一月份零度层的平均高度为127位势十米，七月份则为527位势十米；南京则分别为126位势十米和543位势十米。夏季零度层远高于冬季，这由于夏季风深厚之故。为了进一步解决冰期的有无，下面提出二个

关键性的问题：一、冰期中季风的进退；二、我国西部高山高原未强烈隆起以前，季风的形势。近年第四纪气候的研究，试图恢复第四纪冰期、间冰期大气环流的形势和气候带移动进退的规程。冰期中主要的气候特征为南北半球的反照率加强，海水温度，气压型式等据近年CLIMAP用电子计算机模拟与近代有很大差殊，引致环流的变化<sup>[8]</sup>。当冰期中，冬季和夏季的环流型式的差殊，一般没有现代的明显。冰期中由于冰流的存在，气压梯度增强，气温梯度加大，东北信风强，而季风减弱。冰期中西风带南移，季风影响范围向南引退。所以当冰期中季风微弱，并向赤道方向萎退。这不限于亚洲，现以非洲而论，冰期中西风带南伸，季风影响范围南压到北纬 $10^{\circ}$ 左右，到了间冰期再大量向北扩张，几乎遍及整个西非。

冰期中季风萎缩，而寒冷的极地气流南侵，中纬度的气候带压缩或南移，锋带的移动，影响冰期气候的发展和变化，冰期中极锋的强弱与伸展距离与现今不同。以亚洲东部而论，例如日本、当冰期中，极锋南伸，笼罩九州岛一带<sup>[9]</sup>。

冰期中，气旋由于扰动而增强加深，气旋的数量多，力量强，运行频繁，山区雪量增多。当冰期盛时，气旋移动的路线较现在偏南约纬度 $15^{\circ}$ 。东部地区，季风萎退，而气旋降水增多，降水的季节分配比较平均。总之当第四纪冰期中，西伯利亚形成特别强盛的冷气团向南移动<sup>[10]</sup>，极峰南伸，气旋路线南移约纬度 $15^{\circ}$ 。今日盛夏高温多雨的季风已经萎退，而气旋频频过境，中国东部虽处在欧亚大陆东岸，不因季风的萎退而降水缺乏。在上

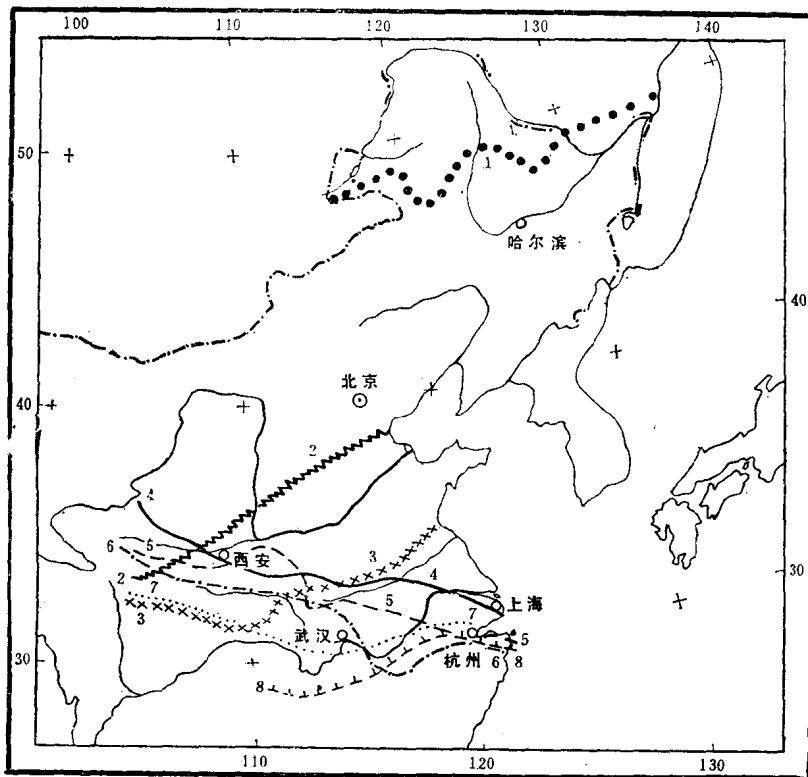


图 3 中国东部第四纪与近代冰缘冻土，黄土、网纹红土、与动植物的南北界线  
 1—现代冰缘南界；2—第四纪亚热带植物北界；3—第四纪网纹红土北界；4—大理期披毛犀—猛犸象动物群南界；5—第四纪晚期黄土南界；6—第四纪冰缘南界；7—现代亚热带植物北界；8—现代红土北界

述各种原因影响下，东部的雪线大量降低。冰期与间冰期中，我国东部各种气候指标界线巡回式地南北摆动，当冰期中它们的界线南移达1,000—2,000公里之间(图3)，更新世最近一段冰期中冰缘动物群分布南界曾抵上海(31°N)，较欧美同类动物群南界偏南6—7度，呈明显向南舌状突伸(图4)。据近年高空气象等方面观察，“东亚第四纪冰川作用是一个自然现象<sup>[11]</sup>”。

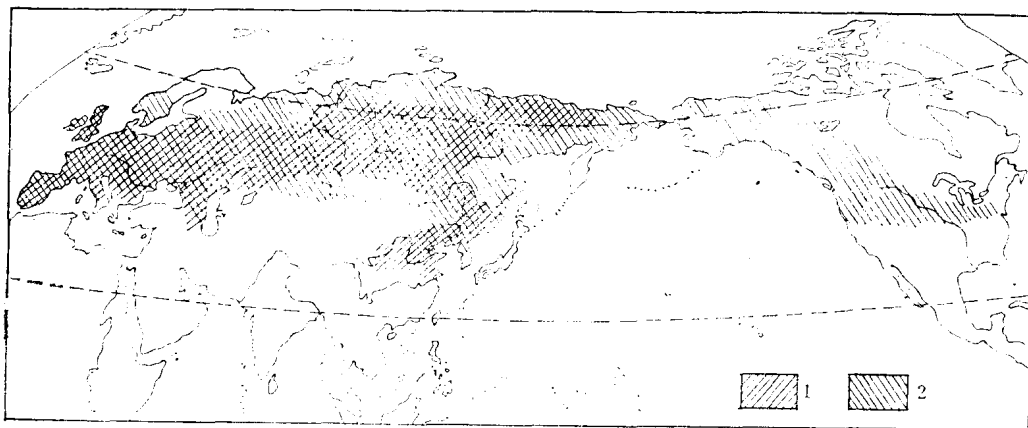


图 4 晚更新世披毛犀和猛犸象的分布图

1—披毛犀；2—猛犸象

3. 东部地区地形的配置对雪线变化的影响：中国东部大平原的西侧，山地突起。东北从大兴安岭，经华北的燕山、太行山向西南延，直达巫山和雪峰山等鄂西和湘西山地。这是一条构造线，也是一条地貌线。该线以东，一些山地突起，耸立于广阔平原之间，如庐山、黄山、天目山、泰山等。这些山地海拔不足2000米，而多沿断裂线经新构造运动抬升，山势突兀峭拔，有利于垂直气流的发展，使山地云量增大，如“不见庐山真面目”的匡庐烟云；势如滚滚波涛的黄山云海等，迷漫于群崖深壑之间的云层，对太阳辐射的反照率很高，云层的平均反照率为55%，而低层云层的反照率达69%<sup>[12]</sup>，因此能大量地减少大气的辐射收入，而降低平均温度。安徽黄山位于北纬30°左右，最高峰海拔1873米，相对高度约1500米，山顶气温比山下低10℃左右。冬季一月份平均温度为-6.6℃，极端最低温度为-22℃。黄山全年有200余天笼罩在云雾之中，因此一月份平均温度低于天津，较北纬50°以上的伦敦低10℃以上。它与邻近的浙江衢县高空记录比较，衢县高空3070位势的一月份平均气温为-3.7℃，而黄山1870米山顶一月份平均气温却低于衢县3000米以上的高空气温3℃左右，足见兀立于平原之上的山地，大大有利于垂直气流的发展。

东部地区，突起于低缓丘陵之间或广阔平原之上的山地，垂直气流旺盛，云量多，气温低，而另一个对雪线有重要影响的因素即降水量高。例如黄山年降水量达2339.4毫米；江西九江（海拔21.5米）平均年降水量为1047.7毫米，而庐山牯岭（海拔1070米），平均年降水量高达2528.7毫米，平均每上升100米，降水量增加107毫米<sup>[6]</sup>。这些山地降雪时间长，积雪厚度大，如成都平原降雪天数为3.3天，而峨眉山平均有67天，较其外围平原丘陵地带增多20倍，现在峨眉山处于亚热带气候的四川盆地的西缘，第四纪中峨眉山的冰川作用颇为活跃，几条终碛垅直抵山下青衣江畔<sup>[14]</sup>。

由于上述云量高，气温低，降水丰富等因素，东部地区黄河、长江下游平原上突起的



山地，在第四纪冰期中，雪线降低较多，气候的恶化比西部地区更为明显。

这些山地庐山冰期中，雪线降低到1000—2000米之间，与最大降水线相接近或者相遇，这时积雪大增，气候迅速恶化，有利于冰川的发生。因为东北风凝结高度较低，庐山、黄山及天目山等山地，第四纪冰川也以东北坡最发育。同一山体，东北坡第四纪冰川伸展很远，而南坡竟不见或少见冰川遗迹，正如前述，东部地区的第四纪冰川，严格受局部地形和气候的控制。

### 三、新老冰期雪线降低量的差异

以上阐明了东部地区冰期中雪线大量下降的原因和古地理基础，下面让我们进一步分析新老冰期雪线高度差异的问题。在一般较湿润地区，我国最新冰期的雪线，较现代雪线降低约1000—1500米，这些降低数字与世界其它地区类同。但是中国老冰期的雪线降低量较大，这使一些外国学者难以理解。如长江下游山地庐山冰期的雪线低于大理冰期雪线在1000米以上，秦岭的首阳冰期（第三冰期）雪线低于大理冰期约1000米左右，这都是中国第四纪气候变化上比较复杂的问题。根据古生物以及深海钻孔氧的同位素分析，地球气候自新第三纪以来，气温的总趋向是下降的。凯赛尔（K. Kaiser）研究欧洲第四纪气候所得到的结论为：由前一个冰期或间冰期到次一个冰期或间冰期，气温下降约0.5—1℃，整个更新世气温下降3—4℃<sup>[15]</sup>。但是中国第四纪雪线变化却另具特色，冰期愈新，雪线愈高，大理期雪线最高，以至东部地区除台湾及秦岭3300米以上山地而外，都不见大理期的冰川作用，这种现象反映中国第四纪冰川发育条件上的特殊性。其形成原因，根据近年有关学科的进展，可以归纳为以下四个主要方面：第一，西伯利亚第四纪冰流强弱的影响；第二，西部高山、高原强烈上升前后，古地理条件的改变。西部高山高原于中更新世以后才强烈上升达到今日的高度，晚更新世之前，中国东部夏季风微弱，仍受西风环流影响，因而古老雪线高度较低；第三，中国愈到第四纪晚期气候愈趋于零；第四，东亚大陆自第三纪渐新世以来，不断向东南位移，冰期愈老，大陆的纬度愈高，距赤道愈远，因此老冰期的雪线较低。在近年海底扩张和大陆漂移研究的成果上，确已指明亚洲大陆明显向东南位移<sup>[16]</sup>，这种变化肯定对东亚气候有影响。但各时代的移动速度或距离还需要进一步研究。但近年在中国板块内部局部地区古地磁研究却有与上述相反的运动，这个问题值得进一步研究。

1. 西伯利亚冰流的影响：冰雪具有很高的反照率，冰流覆盖面积的大小，对气候有显著影响。对中国冰期有直接影响的西伯利亚冰流，它的降水条件与世界其它大冰流不同，当最大冰期与最新冰期中，冰流覆盖面积悬殊很大。据C. 恩布尔顿等<sup>[6]</sup>所引用数字，当最大冰期中，西伯利亚冰流面积为3730000方公里，而玉木冰期时只有1560000方公里，相差达2.39倍。第四纪各次冰期中，世界各大冰流覆盖面积的变化，可能以西伯利亚冰流为最大。

当里斯冰期时，西伯利亚冰流面积大；寒潮强盛而频繁，当时不发达的夏季风于冰期中更形萎缩，所以古老冰期，中国雪线降低特多。

晚更新世，西部高山高原强烈隆起，中国大陆度增加，在大理冰期中，西伯利亚冰流因降水关系而未发展为一完整的冰流。中国气候发展到大理冰期，趋向寒冷而干燥，雪线