

海岸带黄土

与古冰川遗迹

李培英 徐兴永 赵松龄 著



海洋出版社

国家自然科学基金
国家908重大专项 资助出版

海岸带黄土与 古冰川遗迹

李培英 徐兴永 赵松龄 著

海洋出版社

2008年·北京

图书在版编目(CIP)数据

海岸带黄土与古冰川遗迹/李培英, 徐兴永, 赵松岭
著. —北京: 海洋出版社, 2009. 1

ISBN 978 -7-5027-7274-1

I. 海… II. ①李… ②徐… ③赵… III. 冰川地质学—研究
—中国—古代 IV. P512.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第000082号

Haiandai Huangtu 海岸带黄土与古冰川遗迹
yu Gubingchuan Yiji

责任编辑: 白 燕

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店经销

2008年12月第1版 2008年12月北京第1次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 23.25

字数: 610千字 定价: 118.00元

发行部: 010-62147016 邮购部: 010-68038093 总编室: 010-62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

黄土覆盖着约9.3%的全球陆地表面，集中分布于温带沙漠外缘的半干旱地区、南北半球中纬度地带的森林草原和荒漠草原地带，呈东西向带状断续分布。我国黄土有原生黄土和次生黄土之分。原生黄土成因是大气环流运行的结果，借助风力将北方、西北戈壁、沙漠、干涸湖底及其外缘地表的细颗粒物，搬运到黄土高原及其以东的地区堆积，再经黄土化作用，而成为原生黄土。风成黄土堆积以后再经其他地质营力作用，如：流水侵蚀、搬运、再堆积而成为次生黄土。从地理位置来看，黄土总是分布在沙漠区的下风头，也就是沙漠的外围区，展示了沙漠与黄土之间存在一定的“亲缘”关系。

东亚黄土分布明显地受季风影响，如：受来自海上的东亚季风影响强时，以古土壤活动层为主；而受西风带影响强时，以黄土沉积为主。随冰期、间冰期气候环境的旋回，前者指示干冷，后者指示暖湿，黄土和古土壤呈现出交替出现的关系，根据黄土与古土壤的分布状况可以追溯季风活动的轨迹。因此，中国北方广为分布的厚层黄土，与深海沉积物和极地冰芯并驾齐驱，三者共同成为研究全球变化的自然档案。这部自然档案连续记录了自然环境演变史、冰期和间冰期气候交替变动过程和人类活动的印记。近年来新近纪黄土的发现与确认，表明中国黄土高原的黄土记录，有可能提供较极地冰芯和一般深海沉积时间更长、内容更为完整的、长达2 200万年以来全球变化的记录。

除了中国西北地区存在广为分布的厚层黄土堆积以外，中国东部还存在海岸带黄土和海底黄土，它们也有原生黄土和次生黄土之分。当我国黄土高原在过去的2 000多万年中稳定地记录当地的环境变化时，我国东部则处在与黄土高原不同的沉积环境，会形成另一种类型的“沉积档案”。从地质构造基础来看，我国东部存在松辽沉降带和华北沉降带，在过去的2 000多万年中，它们曾连成一片，形成巨型湖泊群，落入其中的黄土物质，堆积了数千米厚的松散沉积物，成为我国东部若干油田的盖层。由此可见，当风力搬运物质进入黄土高原区就堆积成厚层黄土，而落在巨型湖泊地区时就成为稳定的、厚层湖泊沉积的一部分。

值得一提的是，根据李培英等同志的研究：华北古湖发育之际，现代的渤海海峡，那时还是巨型陆桥，它的存在阻挡了华北巨型古湖水的外流和黄海海水的入侵，这也是华北平原的海相地层只出现在晚更新世的原因。

序

Foreword 海岸带黄土与古冰川遗迹

更新世期间, 山东丘陵一带普遍地发育了低海拔型古冰川, 留下大量古冰川遗迹。许多古冰川遗迹已进入陆架区, 展示了陆架沉积与古冰川活动之间存在密切关系。更新世多次出现的冰期时代, 北方冷空气强劲, 特别是频繁的寒潮活动, 不断地带来大风、低温和降雪。不仅在北方加大了黄土的堆积速度, 而且还使华北古湖周边的低山丘陵和中低山地出现了多期冰川活动。大量调查资料已经证实: 有的古冰川遗迹已深埋于古华北湖的底部; 有的则延伸到黄海陆架区; 有的则构成山东半岛和辽东半岛所特有的冰碛海岸; 有些巨大的古冰川漂砾还会形成冰碛小岛。冰期时期降落在冰川活动区和积雪分布区的黄土物质, 在冰雪消融时会将其带入古华北湖中, 或者带入陆架, 而成为黄渤海陆架沉积的物源之一, 这就是我国东部, 特别是华北古湖的周边黄土堆积剖面部分缺失的原因。

到中更新世末期渤海海峡一带巨型陆桥发生断裂、古华北湖变干, 出现了早期的湖底沙漠化, 渤海东侧的辽东半岛和东南侧的山东半岛形成最初的黄土沉积。最后间冰期发生时, 全球气候转暖, 冰川融化、海面升高, 渤海出现沧州海侵; 大约在距今39 000 ~ 23 000 a, 渤海又出现了献县海侵, 这次海侵范围最广, 可达河北省的献县一带。从距今8 500 a开始了全新世海侵(黄骅海侵), 形成了现代的渤海。十分明显, 每当海侵发生时, 渤海东侧和东南侧的黄土终止形成, 而当冰期海退时期, 陆架再度出露, 又在风暴作用之下, 使出露了的陆架再度发生沙漠化, 海岸黄土与海底黄土得以再现。

值得特别提出的是, 李培英等同志研究在晚更新世末期, 相当于距今18 000 a前后, 为最后冰期最盛时期, 海面下降了130多米, 渤海、黄海陆架全部出露, 东海陆架也大部分出露成陆。在这种环境背景下, 风暴活动成为陆架上最重要的外营力, 导致陆架沙漠化环境的形成。和内陆的情况一样, 在沙漠的外围出现了黄土堆积。当全新世海侵发生以后, 堆积在海拔较低位置的黄土被海水覆盖起来, 则成为海底黄土; 而堆积在海拔较高位置的黄土, 则成为海岸黄土。海岸黄土在海岸常形成海蚀陡崖, 在陡崖剖面上也有古土壤层。海岸与海底黄土形成的动力也为古季风活动, 其源地主要为海退后的陆架, 所以海岸与海底黄土属近源沉积。由于沿海一带的黄土属于近源沉积, 所以海岸带黄土中往往含有海洋环境中的生物群组合, 如: 有孔虫、放射虫等。这一新的认识为正确地解释黄、渤海海岸与海底黄土的成因, 提供了科学依据。

由上可见，古季风活动不仅在中国西北部形成了难得的“黄土档案”；而且在中国东部低山丘陵区也带来了多期古冰川活动的记录。古陆桥存在，阻挡了古湖水的外流；古湖泊的存在，会使当地的温度进一步降低，并引起湿度的增大，从而有利于低海拔型古冰川的形成。毫无疑问。古陆桥的断裂又会彻底改变黄、渤海的沉积环境，形成新的沉积格局。辽东半岛和山东半岛的黄土，特别是海岸与海底黄土，基本上都是在古陆桥断裂事件发生后形成的。

《海岸带黄土与古冰川遗迹》一书，以海岸带黄土和沿海低山丘陵区古冰川遗迹为中心，通过详细论述古华北湖的形成时代与分布范围，对目前所能认识到的环境演变的若干理论问题，包括海岸带黄土形成前的古湖泊环境，古华北湖中的湖侵与湖退、海侵与海退，华北古陆桥断裂和渤海海峡跌水的形成与消亡，古华北湖与古冰川活动之关系，古华北湖与东部海岸带黄土沉积之关系，以及中国东部低山丘陵区古冰川遗迹与陆架沉积之关系等，均做出了明确的阐述，展示了我国黄土研究、陆架环境研究和沿海古冰川研究所取得的新进展。

这本书是作者等在国家自然科学基金委员会和国家科技部等的支持下，对所完成的十余个有关科研项目的系统总结。20多年来，他们持之以恒，潜心研究，不仅对我国东部沿海和陆架环境获得了全新认识，也使我国内陆黄土与海岸带黄土的研究取得了长足进步，这是令人感到十分鼓舞的事。《海岸带黄土与古冰川遗迹》这本书，虽然不好用奇迹来形容它的精彩，但它的面世，却为今后独辟了一条海陆古环境研究的蹊径。

中国第四纪（时代）的研究，过去对生物演化、气候演变等方面的工作较多，而对区域性的，不同沉积物类型的成因和它们之间的演化和特征性的讨论则较少。东部是中国第四纪研究的发祥地，是一个研究较多的地区，对其地质历史似已有了“定论”。从科学研究上来说，这是一种发现不了问题、找不出新的解释的“窘境”。李培英等同志这本书全面而系统地把华北地区东部作了全新的阐述和讨论，并在理论上有所创新，走出了这种“窘境”，值得庆贺和学习。本书使人们可以重温以往的认识，也使人们在开始认识中国东部的地质中，全面系统地认识东部，认识中国的全部。这是一本发人深思的富于思想力的书，愿广大读者喜欢它，理解它。



2006年12月31日于北京

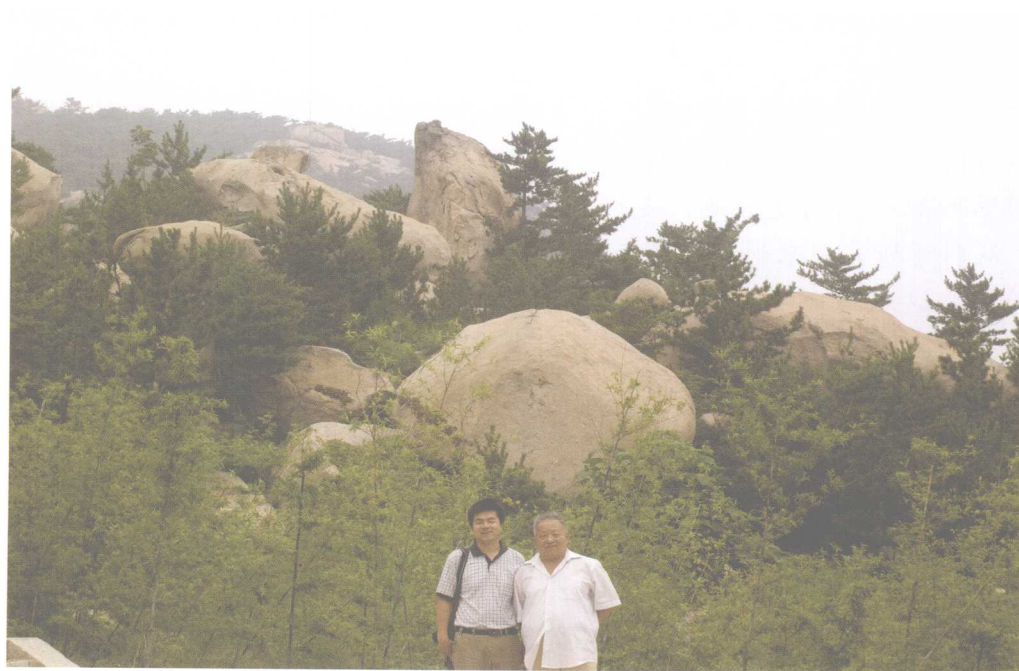


渤海

山东蓬莱海岸带黄土海蚀崖

1

海岸带黄土与古冰川遗迹



山东崂山华严寺前的古冰川终碛堤

黄土台地



辽宁金州海岸带黄土台地

晚更新世大连黄土



辽宁金州海岸带黄土剖面（上图近景）



辽宁金州海岸带黄土



山东崂山山顶的冰臼（天波池）



山东沂源古冰川地貌组合（粒雪盆与终碛堤）



山东邹城峰山的古冰川遗迹（羊背石）

20世纪60年代初,地质学家就已经发现渤海海峡一带的庙岛群岛上,普遍发育厚层黄土堆积,它们具有与内陆黄土类似的黄土剖面 and 沉积特征。此外,在这类黄土中,还发现含有一些海洋生物种群。然而,当时地质学家还不能解释黄土中为何能出现只能生活在海洋环境中的一些物种,所以将其称为“海成黄土”。尽管那时已存在风成黄土与水成黄土之争,“海成黄土”说似乎仍然为当时部分研究者的思考路径之一。限于当时的历史条件,对海面变化的研究还刚刚起步,对全新世以来的海面变化过程了解甚少,人们并不知悉海面上升的幅度是非常有限的。那时,还有一些青年地质学家到山顶去追溯海面变化遗迹,把众多的溶蚀穴、风蚀穴与雪蚀或冰川融水形成的“喀斯特现象”当成海蚀穴或海蚀洞;对冰期/间冰期的变化规律也知之甚少,特别对我国海岸带海侵、海退过程缺乏了解。现在看来,“海成黄土”说虽然未能被众人所接受,但是早期的研究者,毕竟发现了庙岛群岛黄土与内陆黄土所存在的差异,即海岛上的黄土含有海洋生物种群。这一差别的发现,对于后来我国海岸带黄土的研究仍产生了重要的影响。

20世纪60年代初到70年代初,对我国东部低山丘陵区更新世期间是否存在古冰川遗迹问题,地质学界存在两种不同的观点。一种观点是建立在理论分析的基础上,认为中国东部丘陵区第四纪冰期时期,处于海拔低、纬度低、湿度低,简称“三低”环境,不具备古冰川发育的条件。换句话说,只有海拔高、纬度高、湿度高的地区,简称“三高”环境,才可能存在古冰川活动遗迹。有时列举出冰碛物中的孢粉含有喜暖种群,从而否定古冰川堆积地貌的地质特征。而对于当时已经发现的多种古冰川堆积地貌,则都看做是“泥石流堆积”。这种观点认为,我国只有少数高山地区发育过第四纪冰川,如海拔2 749 m的吉林长白山、海拔4 359 m的四川螺髻山、海拔3 767 m的陕西秦岭太白山、海拔3 950 m的台湾玉山等,而海拔2 500 m以下的山地不存在发育第四纪冰川的可能性。但是,更多的研究者不同意这种绝对化的看法。过分地夸大“泥石流堆积”而忽视古冰川活动,肯定是犯了认识上的错误。在学术界,有的研究者把青藏高原现今海拔5 000~6 000 m的雪线高度向东延伸,从而否定东部低山丘陵区存在古冰川遗迹,这种推算方法也是不可接受的(更新世初期,青藏高原并未达到现今高度,采用间冰期的雪线高度去推算冰期时的雪线高度,显然不可取)。另一种观点是建立在大量野外地质调查的基础上,认为第四纪冰期时期,在中国东部低山丘陵区具备古

冰川发育的条件。当时地质矿产部门在太行山东麓的山前平原，打了1万多口钻井，发现了大量被埋藏了的古冰川遗迹。在北京西山，也发现大量古冰川堆积地貌和侵蚀地貌，特别是在北京西山磨石口发现了第四纪冰川活动遗迹，即基岩面上保留的冰溜面遗迹。在北京八大处公园的六处，还保存着具有大量古冰川擦痕的冰川漂砾，是典型的古冰川活动证据。本书作者之一，也曾在北京西山斋堂镇的灵岳寺发现一条古冰川舌，两侧各有3条侧碛堆积和终碛堆积的古冰川遗迹，并在冰碛物中找到几块带有冰川擦痕的漂砾。

总之，20世纪60年代关于“海成黄土”与我国东部低山丘陵区古冰川遗迹研究所取得的成果，对我国海岸带黄土与第四纪古冰川作用和第四纪环境变迁的研究，产生了深远的影响。

20世纪70年代，我国海岸带黄土的研究与海岸带第四纪环境变迁，特别是与海面变化、海侵与海退等重大环境变动问题开始联系起来。冰期海退时期是海岸带黄土的发育时期，而海侵时期则是海岸带黄土形成的停滞时期。因而认为，海岸带黄土属于非连续沉积序列，这是与内陆黄土又一明显不同的地方。通过海岸带钻孔岩芯的系统分析，可以确定海面升高时期为海侵时期，也就是温暖的间冰期阶段，那时的陆架区沉积了海相地层；而海相地层之间的陆相地层，则代表冰期海退时期的沉积地层。在20世纪70年代的研究中，就已经发现海相地层之间的陆相地层中含有少量海洋环境中的有孔虫。当初并不了解在陆相地层中为何会含有有孔虫壳体，往往当成是样品处理过程中污染所致。在海岸带黄土剖面的研究中，运用 ^{14}C 测年技术，获得海岸带黄土剖面的年代多在距今18 000 a前后，这一时期相当于末次冰期最盛期。当时全球古气候的显著特点是：气候寒冷，冰川发育，海面降低，陆架出露，寒潮频发，海岸带与海底黄土得以形成。

毫无疑问，20世纪80年代到90年代中期，是我国海岸带黄土研究的快速发展时期。先后有北京大学的曹家欣、国家海洋局第一海洋研究所的李培英和中国科学院地质研究所的汉景泰等，对海岸带黄土进行了深入而系统地研究。研究范围和对象包括渤海海峡庙岛群岛、山东蓬莱沿岸、辽东半岛沿岸和浙江舟山群岛的海岸带黄土，以及附近海底的埋藏黄土。这一时期海岸带黄土研究的特点是，普查与典型剖面研究相结合，从多学科角度对典型黄土剖面进行系统分析。对若干海岸带黄土剖面的物理特性、粒度组成、化学成分、轻矿物与重矿物组合、黏土、孢粉、微体古生物(有孔虫和放射虫)、软体动物、 ^{14}C 测年、古地磁和磁性地层(磁化率)，以及地层划分和地层对比等方面，均进行过系统的测试、鉴定与研究，获得了大量测试数据和实验资料，取得了若干项研究成果，发表了系列研究论文。这一时期可以看做是中国海岸带黄土研

究的鼎盛时期。上述成果的取得为晚更新世末期“陆架沙漠化”理论的提出奠定了基础。值得一提的是,在这一时期海岸带黄土的研究中,李培英和程振波还发现了放射虫种群。这一新的发现为科学地解释黄、渤海陆架区环境变迁史提出了又一新的思路。另外,在渤海湾西岸的南排河孔微体古生物化石的分析中,该钻孔97.6~101.4 m、112.9~124.72 m、135.44~147.19 m、204.54~210.76 m、220.0~223.0 m、233.35~233.85 m、269.64~272.84 m、276.12~278.05 m、336.07~348.5 m、490.98~497.68 m十个层位,都含有零星的有孔虫化石,其主要种属均为转轮虫类。上述含有有孔虫化石的层位,往往与一些适于淡水环境的玻璃介共生。这些层位所发现少量海洋生物种群是否与古海啸有关,是值得进一步关注的问题。

20世纪90年代,开始把海岸带黄土与海底沙丘联系起来,提出了晚更新世末期曾发生过“陆架沙漠化”这一新见解。可以认为,海底沙漠的发现是我国陆架环境与海岸带黄土研究中所取得的又一重要成果。毫无疑问,这一新的认识为我们重新探讨陆架环境的演化过程提出了一个新的研究思路。过去的研究一直认为,海侵地层和海退地层相互叠加,构成简单的重叠关系。海底沙漠的发现为海底古地貌和古环境研究注入了新的活力。从晚更新世末期以来的陆架环境演变过程来看,大约在距今23 000 a时,全球气候已逐渐进入末次冰期的最盛时期,气温急剧下降,大陆冰川和山地冰川均得到快速增长,大量水体被储存在冰川活动区,海面迅速地大幅度下降。大约在距今18 000 a时,全球冰川达到最大规模,海面下降到-130 m以下(可能达到-160 m或更低),黄、渤海海底和东海的部分海底出露,成为亚洲大陆的一部分。末次冰期盛冰期时,北半球冰川发育,寒极南移,冬季风得到加强,东路寒潮发生的频率和强度增大,经常带来干冷气流,吹蚀出露了的陆架,改变了原来的沉积环境。在某些冬季风主要通道上,高速移动的气流会吹蚀海退后留下的松散沉积。由于沉积分异作用,海退后的陆架产生新的沉积系列,形成新的风蚀与风积地貌,并在一些地区形成了海底沙漠,而在沙漠区的下风头则出现了海底沙漠的衍生沉积—海岸带黄土和海底埋藏黄土。

在浅地层剖面仪测量技术出现以前,人们对于陆架上的宏观环境了解甚少,认为海退后的陆架是一片广袤的陆架平原,河流纵横,遍布沼泽、湖泊。而实际情况应当是,寒冷的冰期气候,使连续性永冻层扩展到淮河一带,斑块状冻土带推移到浙江舟山群岛以南。寒冷的冰期气候,使出露的海

底、长江中—上游地区的降水形式发生变化，降水以固体降雪为主。据气象学家的研究，当时的降水量相当于现在的一半，或者仅相当于现代降水量的1/3，河流得不到足够的径流，无法维持庞大的水系。因此，晚更新世末期的海底是处于十分干旱的环境中。这种干旱性的、出露了的海底在频繁强劲的冬季风吹蚀下，非常有利于含海相微体生物化石的海岸带黄土的形成。

随着近几十年来海底探测技术的进步，特别是浅地层剖面仪的应用，为我们研究全新世海侵前海底地貌体的沉积结构特征，尤其是为研究距今 18 000 a 前后的陆架环境特征，提供了多种新的信息。研究发现，末次冰期时期的风力搬运作用和风力吹扬作用，在黄海和渤海海底留下了多种与风力搬运作用有关的地貌形态，包括风蚀界面、部分解体的海相地层、多种类型的沙丘、休止角型沉积结构及一系列衍生沉积等新的沉积结构与地貌类型。

我国西北地区黄土，主要是在冰期时期干冷的气候条件下，被以强盛的西北风为标志的冬季风搬运堆积形成的，是上风头沙漠区的衍生沉积。值得注意的是，这种冬季风对粉尘频繁的搬运，并不限于西北地区。因为冬季风从其源地到消失地，往往有数千千米的路程，沿途具有多次机会形成戈壁—沙漠—黄土堆积序列。十分明显，只有少数极细的颗粒，被季风扬起，进行长距离输送，多数颗粒只能就近搬运，在空间上形成多轮回的沙漠—黄土堆积群。

中国的黄土(包含陆架黄土在内)主要堆积在一个“大通道”上，刘东生等(1985)将其称为“黄土堆积走廊”。该堆积走廊与古寒潮路径密切相关，即与古冬季风的路径有关。从西到东分布的黄土堆积走廊上，至少可划分出三个沙漠—黄土堆积群：其一为黄土高原黄土堆积群，并与其西部和北部的大面积沙漠区相对应；其二为渤海海底及其邻近地区的黄土堆积群，与渤海海底和华北平原的大面积沙漠区相对应(该区域黄土粒度较粗，含有孔虫和放射虫化石群)；其三为宁镇山脉一带的沙漠—黄土(下蜀土)堆积群。根据作者研究，宁镇山脉一带沙漠—黄土堆积群受东北风和西北风两个主要风向的影响，存在两个不同的物源区，形成两种不同的沉积色调。东北风为主时，会将苏北浅滩一带的暗灰色细粒物质(特别是下草湾一带最为典型)吹蚀搬运，堆积在长江下游一带，形成现今称之为的所谓硬黏土，因而苏北浅滩一带的沙漠体与硬黏土沉积，也构成一个沙漠—黄土堆积群；若以西北风为主，会把皖北和苏北一带第三纪紫红色地层的风化物，搬运到南京东面的下蜀一带，构成皖北和苏北的沙漠—下蜀土堆积群。如果来自两地的沉积物相混，就形成了杂色黏土层。

本书作者在研究中发现，在末次冰期的冰消期出现之前，那时的长江尚未贯通，

苏北和苏南被连成一片的苏北古湖所占据。来自该湖北面的风暴沉积物，落入湖中就成为当时的湖泥；落到宁镇山脉的北坡就成为湖成黄土，也就是众多文献中所描述的下蜀土。由于苏北古湖的存在，过去文献中的下蜀土，实际上就是当时的湖岸黄土。

上述三个沙漠—黄土堆积群(也称沉积圈)，共同构成中国北方的黄土堆积走廊，它们的动力源是相同的，它们的堆积特点有其相似性。晚更新世末期，中国陆架环境背景与欧洲、北美洲各国的环境背景明显不同。因此，科学地分析与研究晚更新世末期中国陆架环境背景是十分重要的。

当全球气候进入冰期时代以后，随着欧洲斯堪的纳维亚冰原的形成与扩展，逐渐越过乌拉尔山进入西西伯利亚平原低地，继续向东占据着中西伯利亚高原，也就是到达了勒拿河谷地以西的地带，相当于 120°E 的位置；其北面为北冰洋海冰分布区，其南面到达 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 一带，许多研究者估算该冰原的厚度达到 $2\,500\sim 3\,000\text{ m}$ 。由此看来，冰期气候导致欧亚大陆北部如此规模大陆冰川的形成，而它的形成又会进一步改变入侵中国的寒潮南下路径。当欧洲斯堪的纳维亚冰原形成时，也就是欧亚大陆北部出现大陆冰川时，它好比为一条东西向的、近万千米长的冰山，也是连绵不断的高山。它的出现势必会阻挡着来自北冰洋的气流南下，迫使位于高纬度的、低海拔的、干冷的、压力逐渐增大的北冰洋气流，只能绕道从勒拿河谷地南下，并有可能与古极地东风带配合(冰期时期入侵中国的寒潮源地的变动以及与古极地东风带的关系，尚待进一步研究)，经我国东北地区，进入东部沿海低山丘陵地区，直达我国的南方一带，给我国带来异常低的低温，导致中国东部低山丘陵区古冰川环境的形成。值得注意的是，随着东路寒潮的加强，给中国东部低山丘陵区带来异常的低温，形成入侵型的低温环境(沿海地区要比同纬度的内陆冷得多)。在这种情况下，当时的降水形式也发生变化(固态多于液态)，总降水量也在减少，河流得不到足够的径流，使中国东部沙漠扩展，黄土发育。在这种环境背景下，海退后的陆架必然出现干旱化、荒漠化、沙漠化、黄土化的环境，形成海底沙漠化景观。这就是冰期时期中国北方陆架环境的基本特征。

20世纪90年代末期，在大兴安岭南端与燕山山脉交接处的大青山上，发现了近千个古冰臼(已作为国家地质公园)。它们保存完整，形态典型，属世界上罕见的大型古冰臼群，同时还有冰斗、“U”形谷、冰川条痕

石、侧碛、终碛堤等古冰川遗迹。可以说，内蒙古大青山一带古冰臼群的发现，再次推翻了中国东部低山丘陵区不存在古冰川遗迹的论断。也就是说，否定中国东部低山丘陵区古冰川存在的“句号”尚未完成，又再次被否定，展示了古冰川研究具有无穷的生命力和辽阔的前景。此后，我国东部古冰川研究也进入到新的发展时期，许多低山丘陵区都有新的发现。比如在青岛崂山，发现了典型而系统的古冰川侵蚀和堆积地貌，保存有我国东部罕见的冰碛海岸、冰碛扇和冰碛崖等地貌类型，是我国海岸上古冰川遗迹保存最佳的场所。崂山有可能是继庐山、黄山古冰川遗迹被发现后，我国东部古冰川研究又一新的重大发现地。2003年《崂山地质与古冰川研究》和2007年《冰期之崂山》两部专著的出版，标志着我国东部低山丘陵区古冰川的研究跨入了新的发展时期。

近年来，在山东丘陵的蒙山、鲁山、沂山、泰山、伟德山等山地，都发现了大量第四纪古冰川遗迹。江苏省云台山的东磊石海、花果山上古冰舌中的堆积洞以及东磊南侧、沿海岸埋藏的厚层冰水堆积(总厚达百米的白色石英砂层)，也是古冰川活动的证据。甚至在舟山群岛的普陀山，也保存许多冰臼，山巅上分布着一些巨大的漂砾。此外，在网络和报刊上，一直有关于中国第四纪冰川遗迹的大量报道。从网上获得的信息来看，对古冰川可以说日日有报道、月月有发现，这说明第四纪古冰川研究已经进入到一个新的发展时期。进入新世纪以来，涉及陆架环境演变的若干理论问题得到了新的发展，也正是本书探讨的核心问题。

1. 海岸带黄土形成前的古湖泊环境

第三纪时期，我国东部沿海地区存在一巨型湖泊，被称为古华北湖。最初的古华北湖面积十分辽阔，有可能包括松辽大平原、华北平原和渤海海域，苏北平原的一部分，安徽和河南北部部分地区。古华北湖内发育诸多沉积盆地，如松辽盆地、辽河盆地、渤海海盆、河北平原内的拗陷、济源拗陷等。以山东境内断陷盆地为例，多为一套以河湖相砂砾岩、泥岩和页岩为主的含油沉积建造，总厚度4 000~18 000 m。自下而上可划分为下第三系孔店组、沙河街组和东营组以及上第三系馆陶组和明化镇组。我国东部的几个油田均分布在古华北湖范围内。

从第三纪延续到中更新世末期，古华北湖就一直存在。从欧亚大陆来看，欧洲南部有东西向展布的地中海，亚洲东部存在东北-西南向的陆中湖。上新世初期，两者同时存在。如今地中海尚存，而中国东部的陆中湖已不复存在。

要弄清更新世初期山东丘陵一带的环境特征，必须再现古华北湖的风貌。进入第

四纪以来,由于古华北湖的存在,改变了当地的气候环境。古华北湖与黄土高原和黄土高原以北的沙漠活动带,虽然地理纬度相近,但第四纪的沉积环境却明显不同。古华北湖发育时期,青藏高原还没有现在那么高。就某种意义来说,古华北湖的存在,有利于山东丘陵一带古冰川的形成与发育,但不利于黄土的形成。这是因为,古华北湖不仅带来潮湿的水汽,还带来了高纬度的低温水团,使山东丘陵一带的雪线远低于同纬度的其他地区。所以,山东半岛一带不论海拔多高的山地,都有可能发育规模不等的山地冰川。因此,在青岛的崂山、大珠山、小珠山、大泽山,以及山东的蒙山、沂山、鲁山和泰山等山地,我们都已经发现多种类型的古冰川遗迹,甚至在青岛的灵山岛、薛家岛等岛屿上也留下了古冰川作用的痕迹。最近,我们还发现,位于泰山南侧的峯山,海拔高度不到600 m,却保存着众多的古冰川遗迹,可称之为袖珍型古冰川遗迹群分布区。

2. 古华北湖中的湖侵与湖退、海侵与海退

从大、小兴安岭之间断陷盆地的北部边缘向南,经松辽大平原、渤海海域,向西进入华北大平原,向南到鲁西南一带,均属于古华北湖的范围。由于受渤海海峡陆桥的阻挡,来自大、小兴安岭、东北平原、太行山、燕山、华北平原、山东丘陵的年降水和古冰川融水,都要汇集到古华北湖中。受全球气候变化的影响,特别是冰期/间冰期气候的控制,在湖盆的浅水部位会发生湖面变动,即发生周期性的湖侵与湖退。在华北平原的众多钻孔中,出现大面积的河湖相沉积,正是这一环境变迁的记录。从渤海BC-1孔的分析来看,距今128 000 a发生的海侵,标志着湖侵、湖退旋回的结束和海侵、海退旋回的开始。

3. 华北古陆桥断裂和渤海海峡跌水的形成与消亡

华北古陆桥在中生代和新生代的大部分时间是一直存在的。根据华北平原沉积岩芯的研究,特别是渤海BC-1孔的系统分析,海水进入渤海的时间,大约在距今128 000 a前后。此时正值最后间冰期,海水大幅度占据渤海,也就是最早发生的下沧州海侵。这次海侵说明,海侵之前,发生了古陆桥断裂和古华北湖消亡事件,为海水的进入创造了条件。华北古陆桥断裂前,海水受风暴潮、海啸或者受全球海面变化与气候变化的影响,也曾多次