

中国东部 第四纪进程 与国际对比



杨子廉 林和茂 著

地质出版社



地质矿产部地质研究所
研究成果 (91)1-44号

中国东部第四纪进程与 国际对比

国际地质对比计划第218项中国工作组

杨子赓 林和茂 著

地质出版社

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书以地质事件为基础,较全面地总结了我国东部及近海地区的第四纪进程。通过海洋与大陆第四纪地质事件的对比,确定的第四纪下限及地层的详细划分及编年,具有在东亚和东南亚地区远距离对比的意义。对我国东部第四纪古气候演化历史作了比较详细的论述。建立了我国东部第四纪海侵分期的模式剖面,并进行了国际对比。概述了我国东部第四纪古地理环境的演变和陆架区的发展及其古气候效应。论述中还涉及一些我国西部的第四纪地质问题。

本书资料丰富,内容新颖。可供从事第四纪地质学、地层学、海洋地质学、自然地理学和环境地学的科研人员及从事野外调查人员参考,也可以作为高等学校第四纪地质学、海洋地质学及自然地理学等学科大学生及研究生的参考教材。

中国东部第四纪进程与国际对比

国际地质对比计划第218项中国工作组

杨子廉 林和茂 著

*

责任编辑:蔡卫东

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(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:787×1092¹/₁₆ 印张:8.375 字数:190000

1993年6月北京第一版·1993年6月北京第一次印刷

印数:1—570册 定价:6.45元

ISBN 7-116-01284-2/P·1070

作者简介



杨子赓 1955年毕业于北京地质学院, 1958年毕业于该院研究生部第四纪地质学专业。现任地质矿产部海洋地质研究所研究员, 第四纪地质研究中心副主任, 青岛海洋大学兼职教授, 中国第四纪研究委员会地层分委会副主任, 中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会委员。主编了《中国新构造图》; 完成了河北平原东部第四纪地质研究; 参与领导了北京猿人遗址综合研究; 参加了浅海及大陆第四纪地层对比研究; 领导了IGCP218项中国工作组, 完成了中国近海及沿海地区第四纪进程及事件的研究; 现从事中国第四纪地层的国际对比研究并领导IGCP 296项中国工作组。其中数项研究成果曾获得全国科学大会科技成果奖。



林合茂 1960年毕业于北京地质学院地层与古生物专业。现任地质矿产部海洋地质研究所高级工程师, 山东省古生物学会理事, 中国微体古生物学会介形类学科委员会委员。参与领导了IGCP218项中国工作组; 现从事中国第四纪地层的国际对比研究并参与领导IGCP 296项中国工作组。长期从事地层古生物、介形类和第四纪海侵层研究, 曾获地质矿产部科技成果奖。

序

联合国教科文组织 (UNESCO), 国际地质科学联合会 (IUGS) 共同组织的国际地质对比计划 (IGCP), 引起各国政府、国际地学组织和地学科学家广泛关注与浓厚兴趣, 90 个国家成立 IGCP 国家委员会, 129 个国家与地区的数千名地学及其有关学科的学者与专家参与 IGCP 科学活动; 17 年来先后实施的 160 多个科学项目, 对推进国际地球科学的发展作出了积极贡献。国际地质对比计划已是当今地学领域中最为成功的国际科学计划之一。

第四纪地质, 一直是国际地质对比计划中的一个优先领域, 当代地质科学发展趋向之一, 即是重视地球历史最近时期——第四纪的全球变化。相继建立“北半球第四纪冰川”

(IGCP—24)、“新第三系/第四系界线”(IGCP—41)、“最后退冰期海平面变化”(IGCP—61)、“晚新生代磁性地层学”(IGCP—128)、“海平面变化与对比应用”(IGCP—200)、“活断层对比”(IGCP—206) 以及“东南亚第四纪进程与对比”(IGCP—218) 等项目。

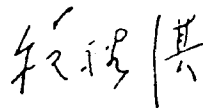
近期仍在实施的还有“区域地壳稳定性与地质灾害”(IGCP—250)、“沙漠过去和未来的演变”(IGCP—252)、“更新世的结束”(IGCP—253)、“第四纪海岸变化”(IGCP—274)、“南美洲第四纪气候”(IGCP—281) 及“亚太地区第四纪”(IGCP—296) 等项目。相互

密切配合的还有联合国教科文组织的“第四纪地球科学与人类生存”分计划及国际科学联合会 (ICSU) 的“国际岩石圈与生物圈计划”(IGBP)。这些涉及第四纪地球科学的计划与项目都对第四纪地质及环境地质学的深入研究发挥了重要的促进作用。

中国地学工作者积极参与国际地质对比计划的有关第四纪地球科学项目, 并作出令人满意的贡献。特别是由地质矿产部、中国科学院、国家海洋局、国家教委等有关单位第四纪地球科学家组成的 IGCP—218 项目“东南亚第四纪进程与对比”项目国家工作组, 根据项目任务与计划, 结合国内有关科研任务, 组织开展我国东部地区第四纪进程与对比研究科学活动, 在第四纪下限与地层及编年、古气候进程、海侵、古地理演变等方面获得丰硕收获。IGCP—218 项目中国国家工作组积极参与项目的科学活动, 认真开展学术交流, 其卓有成效的影响得到国外同行及国际地质对比计划领导机构的赞誉。

IGCP—218 项目中国国家工作组在其各个成员单位与学者的支持下, 认真完成项目的国内科学总结, 编著《中国东部第四纪进程与国际对比》一书, 又在项目成果的综合总结方面作出优异的范例。此书就我国东部地区第四纪地质学若干基础性问题作出科学分析与探讨, 必将对我国以至东南亚、全球第四纪地球科学的深入研究, 发挥其重要作用。因而, 借此机会, 我特向读者推荐, 相信会从中对我国第四纪地质演化研究的了解以及参与国际地质对比计划项目科学活动成果的综合总结等方面得到收益。

中国国际地质对比计划全国委员会主任



一九九〇年十月

前 言

国际地质对比计划 (IGCP) 218项——“东南亚第四纪进程与事件”是由泰国 Narong Thiramongkol 博士领导的, 该项目中国工作组成立于1985年, 由下列人员组成:

杨子赓, 中国工作组组长, 地质矿产部海洋地质研究所研究员。

林和茂, 中国工作组秘书长, 地质矿产部海洋地质研究所高级工程师。

苍树溪, 中国科学院海洋研究所副研究员。

程广芬, 青岛海洋大学教授。

刘振夏, 国家海洋局第一海洋研究所副研究员。

曲殿波, 地质矿产部海洋地质研究所工程师。

邵时雄, 地质矿产部水文地质与工程地质研究所研究员。

王开发, 同济大学教授。

肖永林, 地质矿产部成都地质矿产研究所副研究员。

薛春汀, 地质矿产部海洋地质研究所副研究员。

薛万俊, 地质矿产部广州海洋地质调查局高级工程师。

杨长恕, 地质矿产部上海海洋地质调查局工程师。

张明书, 地质矿产部海洋地质研究所副研究员。

赵希涛, 中国科学院地质研究所副研究员。

周慕林, 地质矿产部天津地质矿产研究所研究员。

上述成员均长期从事中国东部及近海区域第四纪地质研究。IGCP 218 项中国工作组于1986年在青岛召开过“中国近海及沿海地区第四纪进程与事件学术讨论会”。1986年我们编辑出版了这次会议的论文集, 题为《中国近海及沿海地区第四纪进程及事件》(海洋出版社), 这是IGCP 218项中国工作组的一项集体成果。1988年中国工作组向IGCP执行局和科学委员会以及该项目组长 Narong Thiramongkol 提交过一个简要总结——《A review of the Quaternary processes in the offshore and coastal areas of China》, 该文共35页, 概述了中国东部第四纪地层、古气候、海侵序列和古地理等四方面内容。发表在 N. Thiramongkol 博士主编的《东亚和东南亚第四纪层序对比论文集》中 (Yang Zigeng, 1989)。中国工作组第二次会议讨论决定由我们二人执笔完成中国工作组的总结报告。现在出版的《中国东部第四纪进程与国际对比》就是中国工作组的学术总结。它由四章组成, 每章都是一个单独的专题。它所论述的内容的广度和深度都远远超过了1988年完成的简要总结。

编写的分工是: 绪言、第一章、第二章和第四章, 由杨子赓撰写, 第三章由林和茂执笔。

我们十分感谢中国工作组全体成员对我们的支持和信任, 委托我们完成中国工作组的总结报告, 并感谢他们提供了可贵的资料和文献。中国国际地质对比计划全国委员会主任程裕洪教授在百忙中为本书作序, 并鼓励我们在新的国际地质对比计划项目中作出贡献;

王乃樑教授、陶惠亮高级工程师（教授）、孙建中教授、赵一阳研究员、吴世迎 副 研究员对本书提出了全面的评审意见和宝贵的修改建议，对于他们的鼓励与支持，作者由衷地表示感谢。海洋地质研究所绘图室为本书绘制了图件，对此谨致谢忱。

杨子赓 林和茂

目 录

绪言	1
第一章 中国东部第四纪下限、地层及编年	3
第一节 第四纪下限	3
一、关于中国东部第四纪下限的研究历史、现状及分歧	3
二、海相第四系下限的划分	8
三、泥河湾组及陆相第四系下限的划分	14
四、简短的小结	23
第二节 中更新统的划分	25
一、周口店组及其编年	25
二、中国东部中更新统	29
三、中更新统事件地层对比	32
第三节 上更新统的划分	36
一、上更新统在海洋中的表现	37
二、中国东部陆相上更新统	39
第四节 全新统	42
一、从晚更新世末期到全新世的过渡	42
二、全新统的划分	46
第二章 中国东部第四纪古气候进程	50
第一节 全球气候变化及青藏高原隆起对东亚古气候的影响	50
第二节 中国东部第四纪古气候进程	53
一、上新世到早更新世的气候演变	53
二、早更新世气候特点	56
三、中更新世的气候波动	59
四、晚更新世气候分期	65
五、全新世高温期及低温事件	74
第三章 中国东部第四纪海侵	79
第一节 黄海第四纪海侵模式剖面	79
第二节 中国东部第四纪海侵层的分布与对比	84
一、渤海及其沿岸区	86
二、黄海及其沿岸区	89
三、东海及浙江沿岸区	93
四、南海北部及其沿岸区	95
五、中国东部第四纪海侵分期	97
第三节 中国第四纪海侵与邻近区域对比	99
一、全新世海侵	99
二、晚更新世海侵	100

三、早更新世和中更新世海侵	101
第四章 中国东部第四纪古地理概述	103
参考文献	115

绪 言

中国东部及近海地区的第四纪进程, 在研究东亚及全球的第四纪变化中, 具有重要的意义, 这是由于它所在的地理位置所决定的。它处于北半球中、低纬度带, 地理跨度很大, 从北到南跨越了寒温带、温带、暖温带、亚热带及热带, 是气候交替最频繁的地区; 同时它又处于海陆交界地区, 对于大陆及海洋第四纪进程对比具有优越的条件。1984年开始的国际地质对比计划 (IGCP) 第218项“东南亚第四纪进程及事件”(“Quaternary processes and events in Southeast Asia”), 为实现这一目标提供了机会。本书是以这一项目中国工作组的科学总结为基础编著而成。

我们将就以下四个专题来讨论中国东部第四纪进程。

- (1) 中国东部第四纪下限, 地层及编年;
- (2) 中国东部第四纪古气候进程;
- (3) 中国东部第四纪海侵;
- (4) 中国东部第四纪古地理演变。

这四个专题是密切相关的。第四纪下限, 地层及编年, 这是讨论第四纪进程的基础。关于第四纪下限及地层的划分, 这是国际对比中的重要部分, 我们将力求与国际上的划分更加接近。以 *Globorotalia truncatulinoides* 的初现位 (FAD) (约 1.90 Ma, B.P.) 为标志的海洋第四纪下限, 是目前比较合理的建议方案。第四纪地层的划分是以事件为基础的, 迄今为止对第四系的划分, 归根结蒂都是事件地层的划分, 全球的及区域性的事件, 将成为最重要的划分标志; 而局部的或地方性的事件只能作为参考。在这一原则的指导下, 生物事件, 特别是适于作远距离对比的海洋浮游生物事件, 将成为考虑的重点。陆上大型哺乳动物以迁移为主, 在各地的出现时间虽然是不等时的, 但已经证明第四纪哺乳动物分布事件常常具有突然间断及持续时间暂短的特点, 由于许多属种具有分布较广泛及扩散事件 (dispersal events) 短暂的特点, 因此仍然是区域间对比的基础。由于生物演化的不可逆性, 更使得生物地层学原则成为第四系划分中不可忽视的基础。但是第四纪时期环境及气候因素的变化直接控制着生物的迁移, 因此, 生物事件又总是或隐或现地反映了气候事件, 气候地层作为第四纪事件的反映, 在第四系划分中仍然具有重要的意义; 只是气候变冷并不是第四纪所特有的现象。国际上已摒弃了把气候“第一次变冷”这个含混的概念作为划分第四纪下限的依据, 我们在重视第四纪气候事件及气候地层划分的同时, 亦将遵循这一原则。关于作为地方性第四纪地层划分的岩石地层单元, 是最直观最容易识别的地层单元, 但它受到局部地质及自然地理条件的控制, 只能在特定的有限的范围内进行对比, 这些地层单元常常是跨越年代地层界线的。我国一些从事第四纪工作的人, 常把这种岩石地层单元界线过分强调为具有普遍意义的界线, 而忽略了年代地层界线这一国际上唯一可比的界线以及生物地层界线的区域间对比的意义。这一现象在划分第四纪下限方面最为明显, 在进一步划分更新世的界线中也同样有所表现。近年来由于磁性地层学及年代学研究的进展, 放射性年代学方面¹⁴C年代学方法已广泛应用, 对于晚更新世末期 (40 ka,

B.P.以来)及全新世地层的划分对比,具有重要意义;U系测年及裂变径迹方法对某些中晚更新世地层的测年,取得了令人满意的成果;热释光方法作为辅助测年手段在黄土及其它沉积层中都有良好的表现;K-Ar年代方法已用于某些年轻火山岩的测年;ESR测年方法已获得了一些数据。 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线应用于地层编年在晚更新世海相层中已经取得明显的进展,在陆架区及湖相地层中也开始了有意义的探索。年代学资料的集聚,使我国第四纪地层的编年已成为可能,我们在本书中作了这方面的尝试。

中国东部第四纪古气候的进程在东亚颇具代表性,传统的阿尔卑斯冰期—间冰期模式,已不能反映中国东部古气候特点。深海氧同位素序列所代表的气候波动周期已被陆地上的研究成果所证实,这种气候波动周期具有全球变化的意义。同时中国东部第四纪古气候进程又具有鲜明的个性。它受到青藏高原迅速上升,东亚季风环流的影响;同时又受到陆架区演化及海洋环流的影响,使得气候演变具有干冷期与温暖期交替的特点。这一总的演化趋势在第四纪期间其影响范围及变化的明显程度都是愈到后期愈明显。许多学科的研究,例如孢粉反映的植被变化,动物迁移,氧碳同位素研究,以及古风化壳、古土壤及冰缘环境的研究及自然地理带的迁移等揭示了许多地方性的古气候条件。尝试着对比这些事件并按时间序列予以说明来揭示中国东部第四纪古气候的进程,将为东亚及全球古气候事件的对比提供资料。

长期以来,人们一直希冀建立一个中国沿海第四纪海侵序列,但在沿海平原区所进行的努力都不算成功,这是由于中国东部陆架宽度极大,超过了500km,一些规模较小的海侵未能到达沿海平原。在海洋地质研究所,由作者领导的一个研究小组,为解决浅海与大陆第四纪地层对比问题,在南黄海施工了三个钻孔,其目的之一就是建立了中国东部第四纪海侵序列。从南黄海的QC₂孔(34°18'N,122°16'E,水深49.5m)中获得的资料所确定的Olduvai亚时以来的八个海侵层,是迄今为止中国东部所获得的最完整的第四纪海侵序列。我们称之为“黄海模式”,而QC₂孔的记录可作为其模式剖面。建立这一模式,并与中国东部地区对比,以探讨其区域性的变化。据此进行了海侵期划分,以便在太平洋西岸进行广泛的对比。而每一海侵过程都是一次重要的事件,在区域性范围内可以作为事件地层对比的标志。

对第四纪古地理演变的阐述,是综合分析第四纪环境变迁的重要内容。任何一个时期古地理的叙述都应该是“瞬时”的。对古地理分期所取时段愈短,愈能精确地表示其古地理的演变。这需要大量测年资料,目前条件下对早更新世及中更新世古地理演变的叙述只能是概略的,以求阐明最主要的演变状况。对晚更新世有可能稍微详细一些,以求阐明典型的温暖期及寒冷期的面貌。对陆架区的古地理演变及其环境效应的讨论,在以往的文献中涉及较少,我们将在本书中提出一些初步的看法以供讨论。

上述四个专题归根到底都是为了说明一个问题,阐明人类赖以生存的环境演变,这与联合国教科文组织(UNESCO)所倡导的亚项目——“第四纪地球科学与人类生存”(Quaternary geosciences and human survival)的要求相一致。

从这本书中将会发现,对中国东部许多第四纪地质问题的认识是存在着分歧的,我们所阐述的见解只是作为一种建议向大家推荐。然而许多基本事实则是公认的。鉴于大多数文献是中文写的,为了便于国外同行了解中国东部第四纪地质,不得不引述一些国内第四纪地质工作者十分熟悉的内容。并尽量避免使用许多地方性名称。对于文中所涉及的中国地名,都标注了经纬度,并可以从任何一张中国地图上标定出它们的位置。

第一章 中国东部第四纪下限、 地层及编年

第一节 第四纪下限

一、关于中国东部第四纪下限的研究历史、现状及分歧

关于中国东部第四纪下限的争论，与国际上一样，已持续了相当长的时间。

1948年，第18届国际地质大会（伦敦）上，经更新世/上新世界限委员会提议，以欧洲的维拉方（Villafranchian）作为第四纪下限以来，参加这届国际地质大会的杨钟健教授发表论文（杨钟健，1949）提议以含与维拉方期动物群相当的哺乳动物化石的“泥河湾层”（后称泥河湾组）作为下更新统。这一建议直到1954年“中国猿人第一个头盖骨发现二十五周年纪念会”会议文件中才被正式引用（郭沫若等，1955），尔后得到了广泛采用。1959年中国第一届全国地质会议上，同意以中国北部的三门组（前称“三门系”）作为更新世初期地层，即第四纪的开始。三门组即相当于含丰富哺乳动物化石*Proboscidea hipparion sinense-Equus sanmeniensis*动物群的泥河湾组，但由于对三门组所包含的地层范围存在着分歧，会议报告指出“第三系与第四系的分界线，还没有取得一致意见”（裴文中，1962）。历时30年，关于中国东部第四纪下限的研究已经取得了相当的进展。由于磁性地层学研究的进展，以及对哺乳动物群新的发现，特别是第四纪海洋生物地层研究，已经可能在远距离范围内进行国际对比。然而分歧仍然存在，这种分歧主要是对划分标准认识上的分歧。主要争论有以下几种：（1）以晚新生代第一次出现气候明显变冷，在中国东部低海拔地区发现冰川遗迹为标志，其年代超过3.00 Ma, B.P.；（2）以古地磁松山/高斯界线为标准，年代2.48 Ma, B.P.；（3）以奥尔都维极性亚时底界为标准，其年代约1.90 Ma, B.P.。

持第一种意见的主要依据是以气候显著变冷，中纬地区普遍发育冰川为标志，其古地磁年代3.00 Ma, B.P.—4.00 Ma, B.P.（曹照垣等，1982）。作为气候变冷依据的另一事实是一些地区发现了干旱草本植物，如*Artemisia*的大量出现。然而他们引为依据的许多“冰碛层”都存在着争议。而干旱草本植物的大量出现却是我国西部上新世气候演化的重要事件（徐仁、宋之琛，1958）。诚然，在地球历史上，晚第三纪和第四纪在绝大部分地区发生了周期性冷暖气候交替变化，而且周期性的气候变冷越来越明显和强烈，大约2.00 Ma, B.P.以后的冰期才真正显示出有规律的重复。因此“气候显著变冷”这个缺乏明确定义的概念，不能作为划分第三系与第四系的标准，按照第一种意见所选择的第四纪下限，随着地层中“寒冷迹象”的发现，不断向更老的年代推进。这种划分法完全忽略了生物地层标准，以致许多含*Hipparion*化石的地层都划入第四系。这一观点很难被多数人接受。

第二种意见的主要依据是：（1）中国北方黄土形成代表着自然环境的重大改变。而

黄土底界在洛川(陕西)黄土剖面中位于奥尔都维极性亚带之下,松山/高斯(M/G)界线之上(王永焱等,1982; Heller, F. et al., 1982; 葛同明, 1984)。后来又陆续在甘肃及陕西的几个黄土剖面下部发现了相当于留尼旺亚时极性异常的存在(张宗祜, 1987);使之更明确认为黄土底界的起始年代是2.48Ma, B.P.。(2)原来相当于欧洲维拉方(Villafranchian)的泥河湾组下部及三门组中划分出相当于维拉方的东窑子头动物群(汤英俊等, 1981)及游河动物群(薛祥煦, 1981),以含*Hipparion hofense*为特征,归于上新世上部。而将第四纪下限置于其顶界,在泥河湾地区位置在古地磁M/G界线附近(李华梅等, 1982)。(3)于北京平原顺-5孔(S-5)428—436m深度内,发现砂质海相沉积夹层(安芷生等, 1979; 李鼎容等, 1979),含*Hyalinea baltica*-*Globigerina*有孔虫组合及8种钙质超微化石。*Hyalinea baltica*的发现被认为是可与意大利Vrica层型剖面及砂质Calabrian层中的*Hyalinea baltica*的初现位(FAD)对比。在S-5孔M/G界线下32m处,这一海相夹层底界的内插古地磁年代2.26Ma, B.P.。(4)最近在南海北部陆架区的莺歌海盆地的乐东30-1-1井(LD 30-1-1)井深2176m处发现*Globorotalia multicaemeralata*的绝灭位(LAD),这一界线与地震反射层所显示的不整合界面吻合,并认为这一界面可与2.4Ma, B.P.的第四纪下限对比(夏伦煜, 1988)。以2.48 Ma, B.P.作为第四纪下限的意见经刘东生、张宗祜等人倡议(刘东生等, 1982, 张宗祜, 1983, 1987),目前被多数人所接受,并被地质矿产部所属12个单位参与编制的中国及毗邻海区第四纪地质图(1:2 500 000, 张宗祜主编)采纳为第四纪下限。然而这一界线在对比中尚存在着若干问题。首先是形成黄土的起始年代是否可以作为第四纪开始的标志?从目前积累的我国黄土剖面的磁性地质资料看,黄土底界是一个不等时面。位于六盘山以东的甘肃省平凉县(35°30'N, 106°39.7'E)和西峰镇(35°42'N, 107°48'E)及陕北白于山东靖边县(37°41'N, 108°57'E)境内的几个剖面,这一地区是黄土高原上黄土厚度最大的沉积中心之一,目前发现黄土不整合于上新世“三趾马红土”之上。黄土底界以上有一小段正向极性亚带,被解释为留尼旺极性亚时。而距离西峰镇以东约160km的洛川黄土剖面(35°45'N, 109°30'E),这是目前研究程度最高的中国黄土地层剖面,黄土也是不整合于高斯时的“三趾马红土”之上,在黄土层中奥尔都维极性亚时之下未发现相当于留尼旺亚时磁性异常的存在。在六盘山以西的兰州市(36°N, 103°45'E)和陇西县(34°57'N, 104°40'E)以及山西午城镇(36°30'N, 110°52'E)(下更新统午城黄土的定名地点)黄土底界磁性地层表明都只位于松山极性时的上段。在陇西存在着贾拉米洛亚时的正极性亚带,估计这些地区黄土底界年代不超过1.20Ma, B.P.(李华梅等, 1974; 王俊达等, 1982),兰州黄土底界为1.50 Ma, B.P.(陈发虎等, 1989)。黄土底界与下伏地层都是不整合接触。另一个黄土形成年代较老的地区是渭河地堑盆地的南缘,秦岭北侧,在西安市刘家坡(34°14'20"N, 109°30'E)及蓝田(34°6'30"N, 109°18'E)均发现黄土不整合于上新世三趾马红土层之上,黄土底界分别位于高斯极性时顶界以下6.5m及6.1m处,并估计该地黄土形成年代约为2.66Ma, B.P.(孙建中等, 1987)。沿秦岭北麓向东约200km,在相似的地貌单元上的河南陕县张汴塬(34°18'N, 115°54'E)黄土剖面中,黄土不整合于上新世“三趾马红土”之上,在黄土剖面中只发现了奥尔都维极性亚时的正极性段,而未发现留尼旺亚时极性异常的存在(岳乐平等, 1985)。在黄土高原上有一些上新世到中更新世的湖盆地,如陕北的吴旗盆地,渭河地堑盆地,上覆黄土层与下伏河湖相沉积之间常呈渐变的过渡关

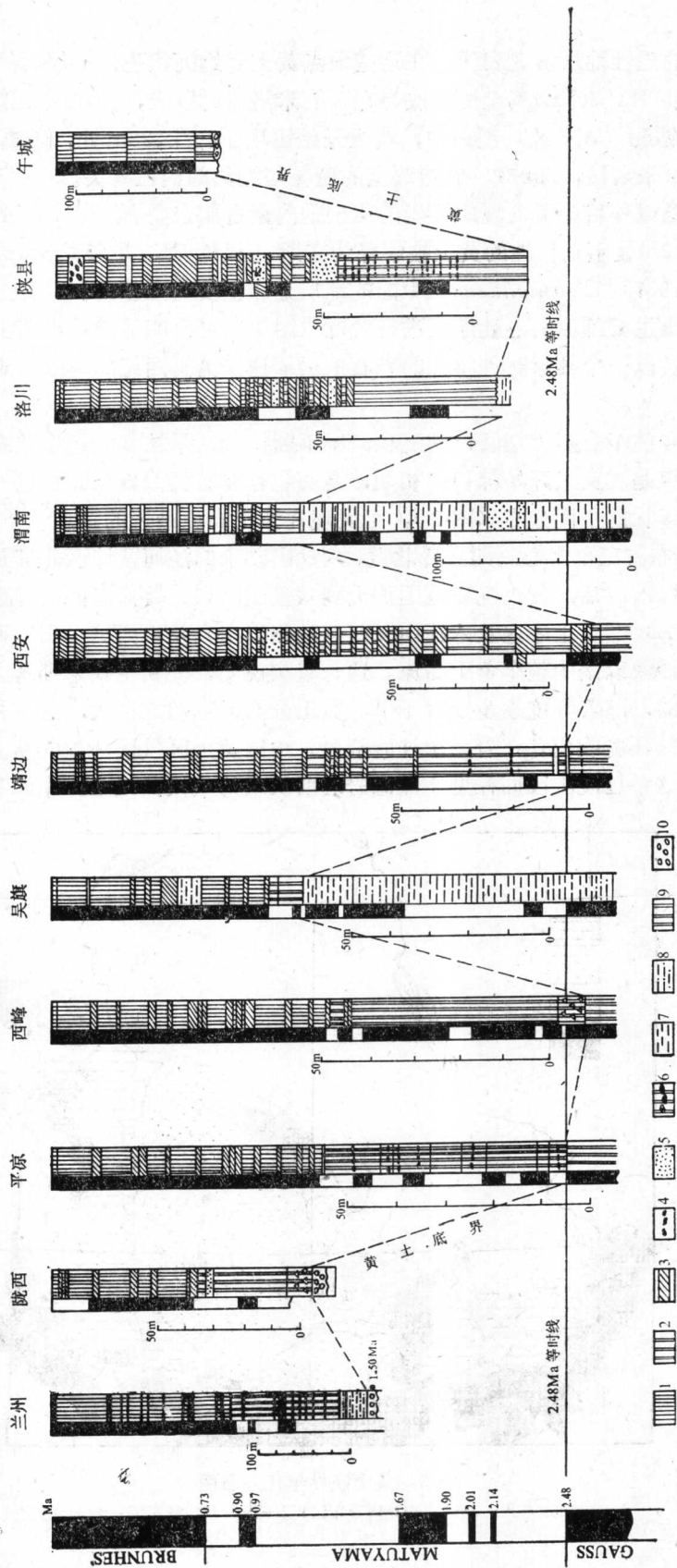


图 1 中国若干黄土剖面的磁性地层对比

(从图中可看出黄土底界是穿时的, 剖面位置见图 2)

1—布容时的黄土; 2—松山时的黄土; 3—古土壤; 4—钙质结核层; 5—砂; 6—具多层钙质结核层的松山时黄土; 7—粘土; 8—砂质粘土; 9—红土; 10—冲积砾石层

系, 这些剖面的磁性地层研究表明, 在这些地点黄土起始沉积也是不等时的, 如吴旗剖面 ($36^{\circ}56'N$, $106^{\circ}11'50''E$) 黄土沉积底界在贾拉米洛亚时以上, 而在陕西渭南 ($34^{\circ}30'N$, $109^{\circ}34'E$) 的钻孔 (W 7 孔) 剖面中, 黄土开始出现于孔深 128m 处, 距离奥尔都维亚时顶界还差 12m (张宗祜, 1987)。显然黄土的覆盖与湖泊的消亡有关。

在黄土高原以外目前所发现的最老的黄土是内蒙古的奈曼旗 ($42^{\circ}51'N$, $120^{\circ}37'30''E$), 剖面下部 9m 显示正极性的黄土被解释为高斯正极性时, 并含 *Prosiophneus* sp. 化石 (孙建中等, 1987)。*Prosiophneus* 在中国的地层分布主要是上新统。

对中国黄土主要剖面的磁性地层进行对比 (图 1) 可以明显地看出黄土底界呈现有规律的穿时现象。以一个具穿时性特征的岩石地层单位作为第四纪的下限, 难以成为普遍接受的原则。

黄土沉积在整个更新世期间, 其沉积区域不断扩大, 呈披复式超覆状态, 这一事实早已为人所知, 但是在黄土开始沉积的初期, 是否也存在着类似现象呢? 进一步研究目前所知的黄土底界年代的平面分布 (图 2), 可发现在黄土高原最老的黄土 (早于或近于 2.48 Ma, B.P.) 分布有三个中心。即秦岭北麓, 六盘山以东的泾河盆地西北部及白于山东北。在约 2.0 Ma, B.P. 以后, 黄土沉积范围扩大到六盘山以东, 黄河以西的甘肃陕西黄土高原区, 到 1.2 Ma, B.P. 黄土才遍及六盘山以西 (兰州以东) 及山西吕梁山以西, 秦岭以北, 内蒙古毛乌素沙漠以南的整个黄土高原。这一事实说明, 晚新生代末期黄土开始沉积时, 其范围是有限的, 随着环境逐步变得干旱, 黄土分布区也随之扩大, 这也表明从上新世末到更新世初自然环境改变存在着一个过渡阶段。中国黄土区气候环境的演变与全球气候变化是一致的, 这一过渡阶段同样见于深海岩芯所反映的气候曲线上。中国黄土在局部地点

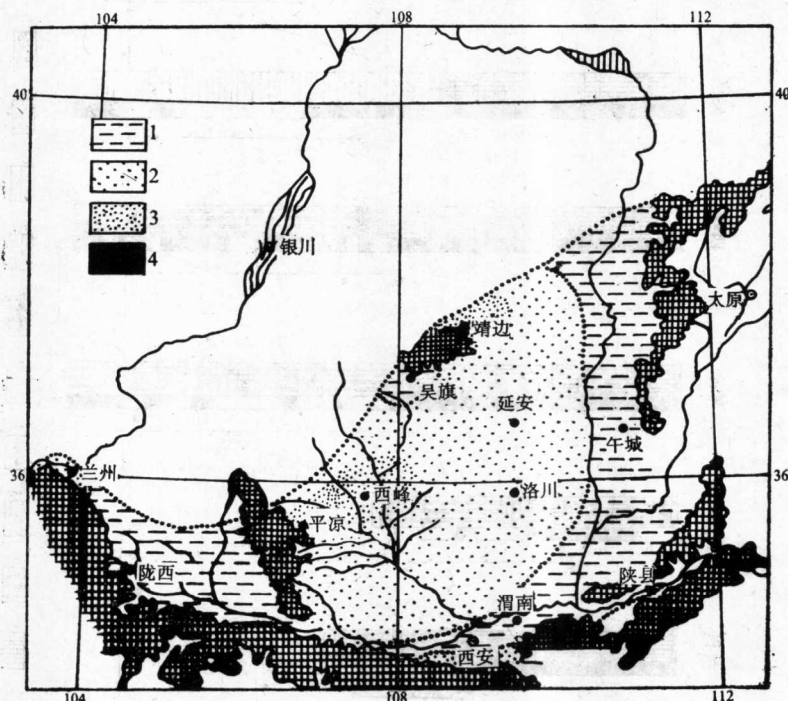


图 2 黄土底界年代分布图

1—<1.2Ma分布区; 2—1.2—2Ma分布区; 3—>2.4Ma分布区; 4—基岩山地

开始出现的时间,已发现在高斯极性时内,随着年代学及磁性地层学的进展,还有可能发现更老的黄土,而到黄土大面积覆盖了黄土高原。这一阶段历时100 万年以上。而且最初在局部地点出现黄土,还可能受到局部环境的影响。因此,以具有环境意义的黄土形成作为第四纪下限的标志,将会陷入“以气候显著变冷的迹象作为第四纪开始的标志”相同的困境。

以2.48 Ma,B.P.作为第四纪下限的第二条理由是由于近年来古脊椎动物群研究的新进展。自从在原来的泥河湾动物群的下部划分出东窑子头动物群和三门组中划分出游河动物群以来,这两个同时期的动物群相当于欧洲维兰尼期(Villanyian),MN16带的水平,可与早维拉方期相对比;原来以泥河湾盆地地下沙沟剖面所产化石为主建立的“泥河湾动物群”,改称为“泥河湾动物群(狭义)”,而与晚维拉方期相对比(李传夔,1984)。显然其间存在着缺环,缺少相当于MN17带即相当于中维拉方期动物群的代表。将东窑子头动物群及游河动物群从原来的泥河湾动物群中分出来,归入上新世,无疑是正确的。但将第四纪下限置于这个动物群的顶界就值得商榷了。

第三个依据是关于北京平原东部S-5孔(40°05'N,116°40'E)等八个钻孔中相继发现的含开放性海相化石组合的海相夹层。有孔虫化石群称为*Hyalinea baltica*-*Globigerina*组合。含有孔虫54种,以含*Hyalinea baltica*为标志,包括浮游有孔虫15种,介形类6种及8种钙质超微化石(王乃文,何希贤,1982)。由于发现了*Hyalinea baltica*,很多人把它作为我国第四纪下限的一个标志,与意大利Vrica层型剖面对比。又以其磁性地层的研究,在S-5孔中海相夹层底界距离松山极性时底界以上32m(内插古地磁年代约2.26 Ma,B.P.),而将第四纪下限年代划在松山/高斯极性时的分界线上(刘东生和丁梦林,1982)。

然而这一类由于过于简单化而引起异议。*H. baltica*的初现位在Vrica层型剖面中是Z单元底界的分界标志。以古地磁年代为依据在北京平原它的出现时间要比地中海早得多。在我国南海北部的北部湾拗陷上新统望楼港组及莺歌海拗陷的上新统莺歌海组中都有*H. baltica*分布的报导(汪品先等,1981,p.87,表7、8和p.126)。作为底栖有孔虫的迁移种,在不同地点它的初次出现受到其生态和环境的介质因素控制,进行不同生物区系的远距离对比是一个尚待讨论的问题。

这个化石群中浮游有孔虫的大多数种,包括优势种之一的*Globigerina pachyderma*,作为世界范围的更新统/上新统之间分带标志的意义很小。只有*Globorotalia acostaensis*和*Globigerina atlantica*两个种,也见于Vrica层型剖面中,并具有一定的划分地层意义。这两种有孔虫在Vrica层型剖面中的共存带是在Selli,R.等所划分的非正式生物地层单位的X单元顶部,在X单元顶界以下21m到顶界以上1m的很短的地层段中(Pasini,G.& Colalonga,M.L.,1982)。这一现象对于估计北京平原这个化石组合的位置可能是有意义的。

北京平原钻孔中发现的八种钙质超微化石(王乃文、何希贤,1982)包含了MN19到MN21带具代表性的分子,它囊括了全部第四纪的三个带,从而引起了争议(段威武,1984)。其中*Pseudoemiliania cf. lacunosa*,*Coccolithus pelagicus*和*Cyclcoccolithus leptoporus*在Vrica层型剖面中都跨越了X,Y,Z三个单元,不具备划分第四纪底界的意义。在深海岩芯中*Gephyrocapsa oceanica*的初现位在热带及亚热带水域出现在奥尔都维极性亚时顶界之上(内插古地磁年龄约1.68 Ma,B.P.)(Berggren,W.A.et.al.1980)。

而*G. protohuxleyi*的初现位出现在奥尔都维极性亚时顶面之下(内插古地磁年龄约1.78 Ma, B.P.)。在Vrica地区见到*G. aff. protohuxleyi*则出现在*G. oceanica*初现位以上约10m处(Obradovich, J. D. et al. 1982)。在Vrica剖面中据Raffi, I.和Rio, D.的意见, *G. oceanica*的初现位在Y单元中f腐泥层顶面附近,被认为是Y单元中最有地层意义的事件(Pasini, G. & Colalongo, M. L., 1982)。*Emiliana huxleyi*在北京平原钻孔的上述超微化石组合中出现并在组合中占重要地位是引起争议和需要澄清的主要问题。*Emiliana huxleyi*的初现位在热带、亚热带、过渡带和亚极地水域中,稳定地出现在氧同位素第8期(大约275ka, B.P.) (Berggren, W. A. 等 1980)。无论如何,北京平原这个钙质超微化石组合不能解释为奥尔都维极性亚时以前的组合。考虑到浮游有孔虫所提供的有限的地层依据,可以将北京平原这个海相夹层归为接近下更新统底部的地层段,其年代不应早于奥尔都维极性亚时的下界。至于生物地层系统与磁性地层系统(安芷生等, 1979)之间的矛盾,需留待今后予以解决。

第四个依据是以*Globorotalia multicamerata*的绝灭位作为海洋中第四纪下限的生物地层标志,并与2.4Ma, B.P.的界线相对比(夏伦煜, 1988)。然而根据Bolli, H. M.等总结的渐新世到全新世低纬度带浮游有孔虫的分布来看, *G. multicamerata*的绝灭位低于*G. miocenica*的绝灭位,从中上新世*G. miocenica*带的*Globigerinoides trilob fistulosus*亚带(即Blow, W. H.划分的N20带)中间穿过(Bolli, H. M. & Saunders, J. B. 1985)。这条界线既不与生物地层分带界线重合,在古地磁方面也没有任何标志;在南海北部陆架它正是以地震T₂反射层为标志的不整合面。在沉积间断面上所确定的生物绝灭位必然存在着假象,难以赋予它年代含义,因此这一界线只能作为南海北部的岩石地层单位的分界,不能当作年代地层的第四纪下限,也不适用于广大范围的对比。

根据上述讨论,以2.48 Ma, B. P. 即松山/高斯界线作为第四纪下限,存在着许多需要进一步探讨的问题。因此,我们将推荐第三种意见,以奥尔都维极性亚时底界(约1.90 Ma, B. P.)作为我国第四纪下限。这一意见是基于在南海北部及东海陆架的海相沉积中,以含*Globorotalia truncatulinoides*为代表的N22带浮游有孔虫群出现作为划分更新统/上新统界线的标志。*Globorotalia truncatulinoides*出现的地层位置在西太平洋沿岸地区是相当稳定的,可以作远距离对比。在陆相地层中则位于相当于晚维拉方期的泥河湾动物群(狭义)的底部。在东部平原的许多地区都可以发现这一时期存在着自然环境变化的事件,并反映在地质剖面中,成为岩石地层单位划分的依据,增加了应用这一下限的实用性及可行性。而且这一界线是目前我国所划分第四系中最接近于国际地层委员会(ICS) 1985年通过的以意大利Vrica层型剖面为标准的第四纪的底界(Aguirre, E. & Passini, G. 1985; Bassett, M. G. 1985)。

二、海相第四系下限的划分

位于第四系底部的海相层发现于南海北部陆架区的珠江口盆地,北部湾盆地,莺歌海盆地,雷州半岛—海南岛滨海平原河湖相湛江组底部的砂质海相层,西沙群岛礁相第四纪地层,东海陆架的东海群底部以及台湾北部的卓兰组中部和台湾西部嘉义组底部。上述地区均属热带、亚热带地区。以含*Globorotalia truncatulinoides*为代表的有孔虫群出现作为划分更新统/上新统界线的标志。这一界线附近发现了一系列有标志意义的生物事件,如:

*Globorotalia truncatulinoides*的初现位(FAD),