

国际第四纪地质研究进展

中国科学院贵阳地球化学研究所

第四纪地质研究组

一九七二年十二月

目 录

国际第四纪地质研究进展	1
一 组织机构、学术活动和出版物	2
(一) 国际第四纪协会	2
(二) 欧美各国简况	6
(三) 日本简况	7
二 第四纪地层	9
(一) 第四纪地层的划分	9
(二) 第四纪的下界	13
(三) 第四纪古地磁地层学	14
(四) 古土壤学和火山灰年代学	18
三 第四纪年代学	19
(一) 第四纪年代测定技术的发展	20
(二) 全球性第四纪地质年代表及更新世上下界线年龄的讨论	27
四 第四纪古气候	33
(一) 第四纪气候格局和气候指标的综合分析	33
(二) 深海沉积物的气候指标研究和全球性的气候	

事件对比	38
(三) 对第四纪古气候的新认识	41
五 第四纪沉积作用和沉积物	43
(一) 第四纪海洋沉积作用和沉积物的研究	43
(二) 第四纪陆相沉积作用和沉积物的研究	49
(三) 数学方法以及新技术的引进和应用	52
1. 数学方法	
2. 新技术	
3. 数学方法	
4. 新技术	
5. 数学方法	
6. 新技术	
7. 数学方法	
8. 新技术	
9. 数学方法	
10. 新技术	
11. 数学方法	
12. 新技术	
13. 数学方法	
14. 新技术	
15. 数学方法	
16. 新技术	
17. 数学方法	
18. 新技术	
19. 数学方法	
20. 新技术	
21. 数学方法	
22. 新技术	
23. 数学方法	
24. 新技术	
25. 数学方法	
26. 新技术	
27. 数学方法	
28. 新技术	
29. 数学方法	
30. 新技术	
31. 数学方法	
32. 新技术	
33. 数学方法	
34. 新技术	
35. 数学方法	
36. 新技术	
37. 数学方法	
38. 新技术	
39. 数学方法	
40. 新技术	
41. 数学方法	
42. 新技术	
43. 数学方法	
44. 新技术	
45. 数学方法	
46. 新技术	
47. 数学方法	
48. 新技术	
49. 数学方法	
50. 新技术	
51. 数学方法	
52. 新技术	
53. 数学方法	
54. 新技术	
55. 数学方法	
56. 新技术	
57. 数学方法	
58. 新技术	
59. 数学方法	
60. 新技术	
61. 数学方法	
62. 新技术	
63. 数学方法	
64. 新技术	
65. 数学方法	
66. 新技术	
67. 数学方法	
68. 新技术	
69. 数学方法	
70. 新技术	
71. 数学方法	
72. 新技术	
73. 数学方法	
74. 新技术	
75. 数学方法	
76. 新技术	
77. 数学方法	
78. 新技术	
79. 数学方法	
80. 新技术	
81. 数学方法	
82. 新技术	
83. 数学方法	
84. 新技术	
85. 数学方法	
86. 新技术	
87. 数学方法	
88. 新技术	
89. 数学方法	
90. 新技术	
91. 数学方法	
92. 新技术	
93. 数学方法	
94. 新技术	
95. 数学方法	
96. 新技术	
97. 数学方法	
98. 新技术	
99. 数学方法	
100. 新技术	

国际第四纪地质研究进展

第四纪是地球发展史的最新章节,地壳发育的最新章节。第四纪最重要的事件是出现人类和冰川,因此有的国家也称第四纪为“人类纪”(苏联)或“冰川时期”(美国)。

研究第四纪主要是从历史的观点出发考察我们周围的自然环境,因为这一时期的作用过程对于许多现代自然环境、生物环境以及人类的出现都有重要的意义。近十年来,随着人们对自然环境及其变化历史的认识不断深入,研究方法和研究手段不断完善,新技术、新方法的引进和应用,国际第四纪研究在地层学、年代学、古气候学和新构造运动等许多方面均有长足的进展。

第四纪气候的波动多次地导致冰川的广泛进退、湖泊的大面积消长、海洋面的大幅度升降以及动植物在分布上的明显变化。有相当多的文献报导了第四纪古气候的研究结果,对气候变迁较敏感的微体生物、软体动物和昆虫动物的研究尤其引人注意,氧同位素比值应用于深海沉积物研究中扩大了人们对第四纪古温度的认识。自1947年利貝引进放射性碳方法测定第四纪沉积物中有机质年龄以来,碳14同位素测试技术进一步完善、测量范围不断扩大,成为测定

晚更新世和全新世（或冰后期）地层年代的可靠手段。其它同位素年代测定方法如钍231、钍230、铀234、氦4、氩40、氩36、铍10等都在不同程度上受到重视和应用。钾氩法年代测定已被证明对早更新世沉积物的应用是行之有效的，通过钾氩法测定东非古猿的年代对史前学和第四纪年代学获得了新的认识。根据地球磁场随时间变化和岩石在其形成过程中受地球磁场磁化这两个物理现象建立起来的古地磁方法，利用地磁极性变化的规律对比第四纪地层已日益引起人们的重视，澳大利亚、日本、非洲、南欧、苏联、冰岛和美国都有不少这方面的报导。

从上述这些情况反映了自1829年“第四纪”这一术语出现以来，经过一百多年的历史第四纪研究已经进入一个崭新的阶段。但是，**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。**第四纪地质研究涉及许许多多问题，目前不仅对已有的研究方法、研究成果有待充实、完善和提高，而且许多新的领域尚待开拓。下面仅就几个主要的第四纪地质问题在国际上的研究进展作一简要介绍，供第四纪地质工作者参考并迎接我国第三届第四纪会议的胜利召开。

地质出版社

一、组织机构、学术活动和出版物

（一）国际第四纪协会（INQUA）

国际第四纪会议始于1928年，参加哥本哈根国际地质会议的波

兰代表团提议成立一个研究北欧第四纪的国际组织以便进行有关研究。与会的奥地利代表戈钦格建议把组织扩大到整个欧洲，每个国家派一代表参加协会，协会的主席和行政人员由下届会议的东道国任命，会议每四年召开一次。第二次会议在莫斯科和列宁格勒召开，会上戈钦格提出协会的范围应扩大到世界各国，这一建议立即被接受而产生了国际第四纪协会（INQUA）。1933年在华盛顿召开的国际地质会议中国际第四纪协会得到了正式承认。此后分别在维也纳（1936年）、罗马和比萨（1953年）、马德里和巴塞罗纳（1957年）、华沙（1961年）、丹佛和波尔德（1965年）、巴黎（1969年）等地先后召开了六次会议。

最近一次在巴黎召开的第八届国际第四纪会议是在法国科学院和法国第四纪研究委员会主办下，于1969年8月30日至9月5日召开的。德雷希任组织委员会主席，特斯夫人任秘书长，来自54个国家的大约750个科学家出席了会议。

会议除大会之外，分一般报告会、座谈会、讨论会、专门委员会和地质旅行。

一般报告会（下列各学科后的括号内数字为报告的论文件数，下同）：地貌学和古水文学（75）；海底地质地貌（25）；古植物学和古土壤学（60）；古动物学（27）；古气候学（38）；地层学（90）；沉积学（30）；新构造学（16）；地图学（19）；绝对年代和古地磁学（25）；古人类学和史前学（33）。

座談會：1、距今11,000年以來的世界海面變化(7)；2、海洋底的地層(6)；3、新構造運動(歐洲6，太平洋9)；4、第四紀陸相沉積物的岩相研究方法；5、第四紀沉積物的絕對年代；6、黃土。

討論會：1、現代人的起源；2、海岸線與大陸架的相互關係。

專門委員會：1、第四紀海岸線：①波羅的海，②地中海和黑海，③歐洲和非洲的大西洋沿岸，④美洲，⑤太平洋和印度洋，⑥海洋底的沉積物；2、地層：①更新世的下界，②全新世，③歐洲，④歐洲的黃土；3、新構造運動；4、第四紀沉積物的岩相和成因；5、第四紀沉積物的絕對年代；6、歐洲第四紀地質圖；7、區域第四紀地質圖：①非洲西北部，②第四紀古地理圖；8、火山灰年代學；9、古土壤學；10.第四紀生物學：生態學和孢粉學。

大會新選出的執行委員會由主席米奇爾(愛爾蘭)，副主席德雷希(法國)、哈夫斯坦(挪威)、芬恩斯(新西蘭)和西布拉瓦(捷克)，書記兼會計弗朗西斯(英國)以及前主席里奇蒙(美國)組成。

第九屆國際第四紀會議將於1973年12月2日至10日在新西蘭南島克賴斯特徹奇的坎特伯里大學召開。會議包括大會、分組會、座談會和委員會。會前和會後有地質旅行。

分組會預定如下：

第一組，第四紀環境和過程：①地質和地貌現象；②土壤現

象；③气候；④海岸线；⑤构造运动和火山活动；⑥湖沼学。

第二组，植物羣和动物羣，包括人类：⑦第四纪生物地理学；⑧北半球的考古学和人类学；⑨南半球的考古学和人类学。

第三组，第四纪的地层划分：⑩海相地层；⑪非海相地层。

第四组，时代：⑫更新世的界限；⑬第四纪事件的年代学和第四纪沉积物的年龄；⑭古生态学、古生物学、孢粉学及其同位素年代测定；⑮古温度、古地磁及其同位素年代测定；⑯古土壤学。

第五组：⑰第四纪事件和沉积物的对比问题；⑱区域間的对比。

预定在会议期間召开若干座谈会，在会议之前举行国际第四纪协会委员会。

地质旅行分别在会议的前后进行，会前旅行（前1至前8）在11月21日至12月1日，会后旅行（后1至后8）在12月10日至19日。地质旅行中也计划举行现场会议，还希望到澳大利亚进行地质旅行。预定地质旅行各组的地点、期間和内容概要如下：

前1：北島西部和南島北部（10天），与后1和后5同。后1：北島西部（7天），火山灰年代学，上新統至下更新統。前2及后2：北島中部（8天），火山灰年代学，海岸。前3及后3：北島东部（8天），火山灰年代学，新构造运动，上新統至下更新統。前4及后4：北島北部（时间未定），土壤，植被，海岸。前5及后5：南島北部（5天），冰川，新构造运动，下更新統。前6及后6：南島中部（8天），冰川，土壤。前7及后7：坎特伯里

中南部（4天），地貌，黄土，冰川。前8及后8：南岛南部（8天），冰川，冰缘，植被。

（二）欧美各国简况

二十世纪前半叶以前，第四纪研究主要由大学的地理学、地质学，动植物学、考古学、人类学等教研室分别进行。第二次世界大战后，各国集中各方面专家和现代研究设备设立综合的第四纪研究机构，或在现有机构中增设第四纪研究部门，这种动向最近尤为明显。

美国的第四纪地质工作主要在联邦一级的地质调查所、各州的地质调查所和各大学的地质系和地理系中进行，近几年成立的专门研究机构有华盛顿州立大学的第四纪研究所、亚利桑那大学的编年研究所以及科罗拉多大学、缅因大学等附设的研究所，有些大学还设立了第四纪学系。1969年成立了美国第四纪委员会。有关第四纪地质的会议消息经常可以在报刊中（例如《地学新闻》杂志）见到，其中有如更新世及现代环境、湾岸和火山等会议。美国除有专门期刊《第四纪》外，大量刊登第四纪地质文章的常见刊物有《地质学杂志》、《科学杂志》、《科学》、《土壤科学杂志》和《美国地质学会志》等。1970年以来新出版刊物有《第四纪研究》和《极地与高山研究》。近年出版的第四纪新书主要有弗林特1971年版的《冰川与第四纪地质》以及第七届国际第四纪会议文集。

苏联的第四纪地质研究基本上分为两个系统进行，科学院和地

质部门都分设有专门的第四纪研究室。生产部门的第四纪研究侧重于普查、找矿和一些工程建设方面的第四纪地质工作，苏联科学院的第四纪研究机构主要搞有关第四纪基础理论的课题。此外在各加盟共和国和一些综合性大学中也搞一些第四纪研究工作。在苏联设有第四纪研究委员会；出版三种第四纪研究刊物（第四纪研究委员会会志，第四纪研究委员会会刊，第四纪地质文集），定期召开全国性的第四纪研究学术会议。

法国科学院设有第四纪地质研究所。巴黎高等专科学校有第四纪地质学、史前学研究室、地貌学研究室和孢粉学研究室。设有第四纪委员会。刊物有《法国第四纪委员会会志》、《孢子和花粉》等。

其它国家如英国、意大利、德国、波兰以及北欧的一些国家都有相应的第四纪研究机构和出版物。

（三）日本简况

日本专门的第四纪研究开始较晚，而且主要是各大学的地质、地理部门和有关科技部门进行的，但最近十几年发展甚为迅速。于五十年代成立的日本第四纪学会，到1970年初会员人数已超过800名。在日本第四纪学会之下设有第四纪综合研究联络委员会以及各地区、各专题的第四纪研究组几十个，组织各有关单位的第四纪研究人员开展研究工作，学术活动非常频繁。第四纪学会的学术刊物《第四纪研究》于1960年创刊、后改为季刊，现已出版第11卷；还有

报导研究动态的不定期的第四纪综合研究联络志——《第四纪》。此外，第四纪研究成果大量发表在各大学学报、《地质学杂志》、《地理学评论》、《科学》以及地质、古生物、海洋、地震、火山和自然科学的杂志上，或以专著形式发表，如1971年12月出版的羽鳥謙三、柴崎达雄编著的《第四纪》。

为适应第四纪研究的发展，1965年开始进行设立第四纪研究所的准备工作，1970年提出了设立第四纪研究所的方案，1971年正式向日本政府提出申请。在研究所方案中，设有第四纪年代、第四纪营力和综合第四纪三个方面的16个研究室，包括了同位素年代测定、古地磁极性测定等等实验手段。

1969年日本第四纪学会根据日本第四纪现象的特色和研究现状，提出了日本第四纪研究的13个主要课题：1、第四纪的编年；2、第四纪的绝对年龄；3、第四纪的地壳变动；4、阶地与冰川性海面运动；5、第四纪的海底；6、表层地质与土壤现象；7、古水文与古冰川；8、第四纪的气候变化；9、第四纪的生物进化与生物地理；10、人类与文化；11、火山与火山灰；12、第四纪古地图；13、自然改造与第四纪学。其中有关地壳变动、海岸线、火山与火山灰等研究在国际上占有显著地位。最近几年日本有关第四纪地层和年代测定、海面变动、古土壤、古生物等方面的研究均有明显的进展。

二、第 四 纪 地 层

第四纪地层的划分和对比始终是第四纪地质学的一个基本问题。在巴黎国际第四纪会议上已有十多个国家提出了自己的地层表。但是全球性第四纪地层对比仍然比较困难，对第四纪下界的认识尚不一致。随着同位素年代测定和古地磁等新技术的引进，古生物学特别是微体古生物学和孢粉学在第四纪研究中日益广泛应用，第四纪地层的划分和对比出现了一些可喜的进展。除了根据气候标志进行冰期或雨期的划分以外，古生物地层学、同位素年代学和古地磁地层学的紧密结合成为第四纪地层划分和对比的较为有效的手段。

（一）第四纪地层的划分

1932年国际第四纪会议上接受的第四纪地层最早的划分方案之一，是把第四系划分为下更新统、中更新统、上更新统和全新统。许多国家普遍采用这个第四系“四分法”的原则。

近几年来，格罗莫夫等人认为，划分第四系应当根据一般地层划分的原则。虽然无机界发展的过程和发生的事件对于确定地层界限有重要意义，但是区别无机界变化的比较明显和比较有效的标准是有机界演化的不可逆性，第四纪地层的划分应当和有机界发展的大阶段相一致。第四纪地层界限的确定要根据生物发展过程中新的种属的迅速发展和广泛分布，某些种属在较早时期的首次出现不足以作为地层划分的标准。格罗莫夫等人强调哺乳动物组合对于第四

纪地层划分有特殊意义，他们根据欧亚北部第四系（人类系）中哺乳动物的分析及其存在时期地质环境的特点，按照“三分法”的原则划分第四纪地层。

下部——始更新统（前冰川时期）。从欧洲下维拉弗朗层的下界，即与摩尔达维亚哺乳动物组合相当的苏联阿克恰格尔层的下界开始，到阿尔卑斯的民德—利斯间冰期末期为止。认为与中国北方黄土堆积中的午城黄土和离石黄土下部相当。以含有新第三纪残余的、相对喜暖的动物组合为特征；植物的状况和沉积物的特征同样反映这一特点。

中部——更新统（冰川时期）。从利斯冰期出现，即苏联的含有哈扎尔哺乳动物组合的沉积物底部开始，到全新世前为止。利斯大陆冰川引起了动植物的很大变化，开始了有机界发展的一个新阶段。此时气候比较寒冷、干燥，森林带缩小，草原地区扩大，草原型哺乳动物得以发展，大陆间迁徙动物种属广泛分布，形成了冰缘景观的生物群落。人类的发展也大致属于这个时期。沉积物类型发生明显变化，冰川和冰缘沉积广泛发育。与中国北方的离石黄土上部和马兰黄土相当。

上部——全新统。包括温暖的大西洋期。冰后期沉积。以现代动物为特征。

但是，格罗莫夫等人的这个第四系“三分法”原则并没有获得广泛承认和应用。

许多国家仍然根据古气候的原则划分第四纪地层。欧美第四纪冰川发育地区早已建立了完整的第四纪冰期、间冰期系列，并与阿尔卑斯冰期对比；中、低纬度的干旱和半干旱地区进行了相应的雨期、间雨期划分。近来许多学者对冰川沉积物和其它沉积物进行了更深入的研究，对第四纪冰期、尤其是利斯以后的冰期做了更详细的划分并附以同位素年代数据。例如将美国的威斯康辛冰期划分为三个亚冰期和两个亚间冰期，甚至将亚冰期划分出不同的冰川阶段。

近十年来，海洋第四纪研究工作有较大的进展，许多第四纪工作者为了寻找完整而又简洁地记载了第四纪历史的证据，更多地注意研究缓慢堆积的大洋沉积物。根据同位素年代测定结果，大洋有孔虫软泥的沉积速率大约是每千年2.5厘米。1964年埃里克森等人研究了大西洋26个深海沉积物岩心，根据大量对不同温度敏感的有孔虫的变化，作出了综合的气候曲线（图1）。同时利用碳14和铀10法测定了大洋的沉积速率，推导出深海沉积物岩心所反映的更新世剖面的年代表，并与阿尔卑斯和北美的冰期对比，划分海洋沉积物的第四纪地层。以后埃里克森等人又利用有孔虫和古地磁研究的新成果，对气候曲线做了修正，借以划分第四纪地层。近由于古地磁研究的进展，利用深海沉积物岩心所反映的地磁极性变化系列和微体古生物、同位素年代测定结果相结合划分海洋沉积物的第四纪地层取得了较好的效果。

微体古生物地层学的研究也有较大的进展。1967年班纳和布洛

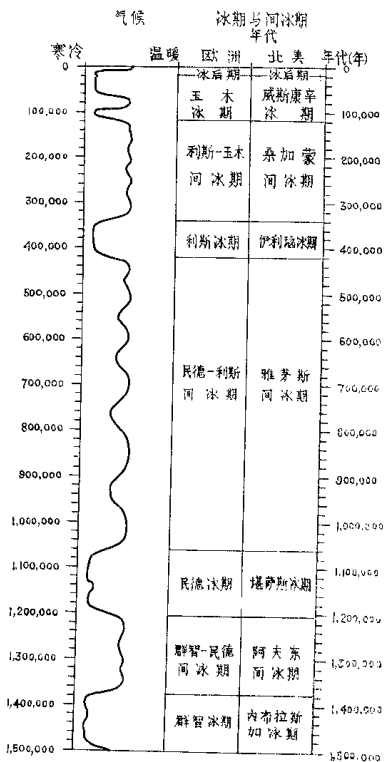


图1 更新世时间表和根据深海沉积物岩心研究所得的综合气候曲线

(根据D.B. 埃里克森等, 1964)

对典型的意大利卡拉布里海相沉积物剖面进行了微体古生物学的研究，认为有孔虫 *Globorotalia truncatulinoides* 是从位于更新世—上新世界线上的 *G. tosaensis* 演化来的，而 *G. truncatulinoides* 在大洋沉积物中大量出现，这样深海沉积物第一次能够与典型的意大利上新世至更新世剖面对比。1969年布洛提出了自始新世到现代的浮游生物有孔虫的生物地层表，为微体古生物的地层学研究提供了较好的依据。

（二）第四纪的下界

1948年第十八届国际地质会议认为第四纪的下界应在意大利的卡拉布里层和法国的维拉弗朗层的底部，并且在第二十一届国际地质会议上得到确认。由于对维拉弗朗层的认识不一致，现在不少研究者认为这两个界线并不吻合。目前由于对第四纪和第三纪界线的标准认识不统一，因此在具体划法上就出现多种多样的方案。归纳起来大致有三种看法：

1. 在阿斯季层、皮亚琴查层和阿克恰格尔层的下面，相当于布洛表中第20带的 *Globorotalia multicastrata* 和第21带的 *G. tosaensis* 以及下维拉弗朗和鲁西尔昂动物群，并与高斯正极性世和吉尔伯特倒转极性世之间的界线或者吉尔伯特极性世的上部大致吻合，大约在330至350万年以前。它以含有新第三纪残余的较温暖的生物组合为特征。

2. 在相当于 *G. truncatulinoides* 带底部的卡拉布里层的下面，也就是法国上维拉弗朗层和苏联阿帕歇伦层的下界，与松山世中吉尔萨

(或奥尔都维)正极性事件一致,大约在160至180万年以前。此时气候显著变冷,人类已经出现。1948年伦敦国际地质会议以后多数国家和多数学者采用这个界线。近几年海洋沉积物的研究也进一步证明这个界线较为合适。

3.在塞里所称的冰川更新世的底部,西欧的维拉弗朗和兹森鲍恩哺乳动物羣之间,或是苏联巴库沉积物的底部,塔曼和提拉斯波尔哺乳动物羣之间。这个界线仅为苏联一些学者所采用,并与布伦赫斯正极性世和松山倒转极性世的界线吻合,大约在69至70万年以前。此时南北半球的气候急剧变冷,海洋中有大量喜冷的 *Globigerina pachyderma* 出现,南极海洋中热带放射虫 *Pterocanium triobum*, *Saturnius planetus*等突然消失。不少学者认为采用这个界线实质上抛弃了第四纪地层划分的原则,忽略了这个界线以前地球表面气候的波动、生物的变化等。

有人通过大洋沉积物岩心的研究认为,240万年以前大西洋有一个寒冷的时期,南极浮冰在250万年以前就已经出现,至少是更新世开始以前五十万年气候开始恶化,甚至中新世和上新世时期也有冰川出现,因此利用气候的变化讨论第四纪的下界还是一个复杂的问题。

(三)第四纪古地磁地层学

六十年代以来,地磁场极性变化的历史引起人们的注意。1964年考克斯等人拟定了340万年以来的地磁极性时期表。1969年考