

中国地层

14

中国的第四系

周慕林 等著

地质出版社

中 国 地 层

14

中 国 的 第 四 系

周 慕 林 等 著

地 质 出 版 社

《中国地层》系总结近20年来地层工作的一套丛书，共14册

- | | | | |
|-----|----------|------|--------|
| 第1册 | 中国地层概论 | 第8册 | 中国的石炭系 |
| 第2册 | 中国的下前寒武系 | 第9册 | 中国的二叠系 |
| 第3册 | 中国的上前寒武系 | 第10册 | 中国的三叠系 |
| 第4册 | 中国的寒武系 | 第11册 | 中国的侏罗系 |
| 第5册 | 中国的奥陶系 | 第12册 | 中国的白垩系 |
| 第6册 | 中国的志留系 | 第13册 | 中国的第三系 |
| 第7册 | 中国的泥盆系 | 第14册 | 中国的第四系 |

中国地层

14

中国的第四系

周慕林 等著

责任编辑 张毓松

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：787×1029¹/₁₆ 印张：17⁵/₈ 铜版图：5页 插页：8页 字数：414,000

1988年4月北京第一版·1988年4月北京第一次印刷

印数：1-2,205册 国内定价：6.20元

ISBN 7-116-00131-X/P·115

统一书号：13038·新217

前 言

中国为亚洲面积最大的国家，从世界最高的珠穆朗玛峰到沿海低平原，地形复杂多变，跨纬度约 49° 、经度约 63° ，包括了极地到赤道的各种气候带。由海及陆，第四系层序齐全，厚逾千米。

中国第四纪地质的研究工作开始很早，远在一个世纪以前即经德国地理学家李希霍芬(Ferdinand von Richthofen)作过研究，当时笼统称之为“黄土”。对中国第四系进行深入的研究工作则始于安得生(J. G. Andersson)所著《中国北部的新生界》(1923)一书。1929年中国新生代研究室成立后，步达生、德日进、杨钟健、裴文中所著《中国原人史要》一书，将中国30年代据生物地层及地文期所划分的第四系进行了初步总结。1964年中国科学院地质研究所刘东生等，首先提出中国区域第四纪地层简表，将一些主要地区的地层、地文期和动物群的划分进行了对比。该表下更新统包括泥河湾组及午城黄土，中更新统包括周口店组及离石黄土，上更新统包括马兰黄土。全新统为次生黄土。

自1937年李四光在长江中下游的庐山地区建立了阿尔卑斯式山岳冰川类型的第四纪冰期、间冰期气候地层序列以来，即遭到当时在中国工作的巴尔博(G. B. Barbour)及德日进(Teilhard de Chardin)等外国学者们的强烈反对，但威斯曼(H. V. Wissmann)则据亲自调查到的冰川遗迹事实，认为李氏寻获的冰川遗迹证据系确凿无疑。戴特拉(Hellmut de Terra)根据他在亚洲调查研究第四纪冰川遗迹的经验，集中了当时关于中国第四纪冰川辩论的资料，首次总结出冰期、间冰期气候地层及生物地层相结合的中国更新世地层表，此表将更新统进行三分，计下更新统包括第一冰期、第一间冰期及泥河湾动物群；中更新统包括第二冰期、第二间冰期及北京人动物群；上更新统包括第三、第四冰期、第三间冰期、冰后期及黄土动物群。

近三十多年来，全国各省、市、自治区地质局及所属的水文地质工程地质大队、区域地质调查队、砂矿队、石油普查队以及第四纪冰川考察队等单位，在全国范围内广泛开展了地质矿产普查、勘探、物探以及填图等项工作的过程中，发现了大量第四纪冰川遗迹，不少地区编制了以气候地层及生物地层为主的第四纪地层序列。经过大量地质、地理工作者们的反复调查与验证，终于肯定了在中国大陆第四系中，至少记录4—5次主要的冰川沉积及与之相间的间冰期地层遗迹。最后，李四光于1970年将中国第四纪中所发现的鄱阳冰期、大姑冰期、庐山冰期及大理冰期，与欧洲阿尔卑斯地区山岳冰川类型的恭兹冰期、民德冰期、里士冰期及武木冰期进行了对比，为中国采用冰期、间冰期气候周期划分第四系奠定了基础。

中国第四系的划分原则，传统是以生物地层、气候地层及岩石地层为主，近年来又增加了年代地层及磁性地层等方法，以便进行多方面的综合分析研究。中国第四系划分为更新统及全新统，每个统一般又细分为上、中、下三个组。下更新统所包括的泥河湾动物群可与欧洲维拉弗朗动物群的中、上部分对比；中更新统包括的下泄湖组动物群可与欧洲克罗默间冰期动物群对比；周口店北京人动物群可与欧洲霍尔斯坦间冰期动物群对比。上更新

统的丁村人动物群可与欧洲伊米安间冰期动物群对比。上述更新统中夹于各动物群地层之间的冰碛相沉积层则大致可与欧、美第四纪各冰期的沉积物相对应，故目前中国陆相第四系的划分模式，基本上与欧、美第四系的划分方案相近似。

全国各地第四纪地层研究程度较高的地区有上海、北京、河北、江苏、黑龙江、吉林、辽宁、新疆的天山地区、陕西秦岭地区、甘肃河西走廊、成都平原、川南滇北、云南、湖南、江西、浙江、贵州、广东及台湾等。本书内的地层概述较1974—1980年间连续出版的各省区域地层表中的第四系部分略为新颖，增加了许多地区第四系建组的重要资料。

本书所编的全国第四纪地层表初稿完成于1979年初，于1979年4月在北京召开的全国地层表成果评审会议上曾进行了讨论。自1982年我国参加了第十一届国际第四纪联合会议以后，又据新资料重新予以增订，所用资料的年限截至1983年底止。由于近年来一些地学工作者，对中国东部在第四纪时期曾否发育冰川这一关键问题又掀起激烈争论，涉及中国东部是否适宜采用冰期、间冰期划分第四纪气候地层这一原则性问题，针对这个无可回避的现实，特增加了“中国第四纪冰川问题讨论”一章，以供读者评论。

目前全国各地第四纪地层的研究精度极不平衡，无论在地层划分及对比方面均存在着不少分歧意见，尚需进行大量的野外考察和实验室的分析鉴定等工作始获解决。本书仅是总结1983年前所搜集到的资料，初步进行地层划分和地层试比，由于编者水平所限，难免有疏漏或错误之处，敬请读者指正。

本书实际上是全国广大地学工作者多年辛勤劳动的成果，谨向供给宝贵资料的单位及同行们致以衷心的感谢。在编写过程中，得到中国地质科学院地质研究所项礼文同志以及天津地质矿产研究所的各级领导的大力支持和帮助，谨志谢意。

本书由周慕林主编，各章节分工已如目录所注，最后全文由陈明统编和修订。

目 录

前 言

第一章 中国第四系的划分 (周慕林)	1
第 I 节 中国第四纪沉积物的成因类型及其分布	1
第 II 节 中国第四系划分的原则和方案	5
第 III 节 中国更新统的划分	9
第 IV 节 中国全新统的划分	18
第二章 地层概述	22
第 I 节 西北地层区 (刘佑睿、周慕林、陈 明、王 宏、岳 军、 陈建国、张玉发)	22
第 II 节 青藏地层区 (刘佑睿、陈 明)	48
第 III 节 华北地层区 (李凤林、岳 军、陈建国)	64
第 IV 节 西南地层区 (周慕林、陈 明、李凤林、王 宏、张玉发)	85
第 V 节 东北地层区 (陈 明、刘佑睿、岳 军)	112
第 VI 节 华北平原地层区 (李凤林)	149
第 VII 节 东南地层区 (周慕林、李凤林、陈 明、王 宏、张玉发)	159
第三章 中国第四纪古生物群概述	195
第 I 节 中国第四纪古脊椎动物概述 (陈茅南)	195
第 II 节 孢粉 (罗宝信、王毓钊、林泽荃、胡继兰、戴国梓)	205
第 III 节 中国第四纪介形类动物群 (王 强)	214
第 IV 节 中国第四纪有孔虫动物群 (林景星)	226
第 V 节 中国第四纪硅藻群简介 (李家英)	230
第 VI 节 中国第四纪陆相软体动物群 (陈德牛、高家祥)	233
第四章 中国第四纪磁性地层、火山及火山岩	237
第 I 节 中国第四纪磁性地层 (张志良)	237
第 II 节 中国第四纪火山及火山岩 (王淑芳)	240
第五章 中国第四纪矿产 (王云生、葛树华、马晓光)	251
第六章 中国东部第四纪冰川问题讨论 (周慕林)	257
第七章 总结 (周慕林)	266
主要参考文献	269
图版及图版说明	275

第一章 中国第四系的划分

第 I 节 中国第四纪沉积物的成因类型及其分布

中国第四纪沉积物的类型十分丰富,今择重要和具有区域性特色的沉积物类型,简要介绍如下:

1. 冰川沉积 中国第四纪冰川虽属山岳冰川类型,但其冰川沉积物特征与欧美第四纪大陆冰川及山岳冰川的冰碛物相比较,除了规模大小不同外,其冰川作用遗迹,在本质上大部分特征无大区别。中国西部的现代高山冰川面积有 44021 平方公里,为更新世冰川的孑遗部分,规模较小,但已占亚洲现代高山冰川面积 38.59%,故中国为亚洲山岳冰川发育国家之一。在更新世初期及中期,中国东部曾发育了较大规模的山谷冰川及山麓冰泛,以后由于地质构造及气候变化才使冰川规模急剧缩小甚至消失。那些早更新世及中更新世的古老冰碛物由于长期遭受风化作用,除个别的可保持原状外,大部分冰碛物的粘土矿物成分已由原来的以伊利石-水云母为主转化为以蒙脱石及高岭石为主了。这种风化变质现象与欧、美更新世早、中期冰碛物相类似。中国更新世早、中期的冰碛物一般成岩作用较高,风化程度较深、颜色复杂,多已经过构造变动,局部有钙质胶结现象,含泥量较大,冰碛砾石磨圆的程度较高,这些特征均与现代冰碛物不同。了解这一点十分必要,可以避免将老冰碛物误认为“洪积-泥石流沉积”,以及由于对沉积物成因类型及地层划分上的错误,而导致对工程建设造成不必要的损失。中国更新世的冰碛物主要分布在东部的山上及山麓的古冰川作用地区,这些古冰碛物的工程地质性能良好,压密度高,承载力强,渗透系数小,透水性低,是良好的隔水地层及承载力很高的天然地基,经过 30 余年的工程实践证明,这些冰碛物为集中荷重及重要建筑物的良好天然地基。而现代冰碛物则主要是未风化的青灰色块砾碛,含泥量很小,其分布仅限于中国西部现代冰川作用的高寒地区。

2. 冰水及冰缘堆积 中国更新世早、中期的山岳冰川和山麓冰泛,其外冲平原范围很大,如河北平原、成都平原及松辽平原等的深部,均在不同程度上遗留有大面积的冰水堆积物,其中常可遇到零星分布的大漂砾。在山麓与冰川接触地带则多含有冰碛透镜体、粘土球及窝状砾石等,局部残存有冰湖纹泥沉积。外冲平原中的巨厚冰水砂层为良好的储水层,是一些大城市和居民点的重要供水地下水源地。

我国的冰缘堆积物以冰缘风积黄土及冰水黄土砾石较为普遍。冰缘黄土见于中国西部现代冰川作用地区。冰水黄土则以东北平原,大兴安岭、河北平原、太行山东麓及豫西山区等地分布较广(谢宇平,1982)。由冰缘寒冻风化所产生的冻融岩屑堆积及冻融泥石流堆积物,主要发育在西北山区及青藏高原、大兴安岭一带,它对工业、交通及农业建设等均可产生不利影响。

3. 冲积-洪积沉积 华北平原、松辽平原、黄淮平原、长江三角洲 杭嘉湖平原及珠江三角洲平原等,均沉积了厚达数十米至数百米的第四纪冲积物。一般在山区多河床、古

河道及河漫滩相的沉积,在山前地带多洪积—冲积平原,在滨海地带则多冲积—海积平原。冲积平原区的沉积物一般以全新统最发育,其中河床相的砂层沉积厚而稳定,河床相与河漫滩相的沉积常组成二元结构沉积韵律。全新世冲积层与更新世冲积层相比,前者具有分布广、厚度大、含粘性土少、结构松散、韵律性明显和自然电阻率高等特点(全新世砂砾层的电阻率为300—2000 Ω),而更新世的砂砾层电阻率一般为50—3000 Ω ,各大河流洪积冲积扇的顶部地带,一般以厚层稳定的卵砾石堆积为主。黄河下游河床迁移多变极不稳定,沉积物以洪泛冲积相为主。

4. 湖沼沉积 除现代湖沼沉积外,早更新世为中国第四纪湖沼相沉积最发育的时期,其中以三门峡古湖、泥河湾古湖、昔格达古湖、元谋古湖、华北平原古湖、青海巴龙马海古湖以及青藏高原帕里古湖等规模较大,其巨厚的湖沼相沉积,在地层学上具有重要意义。三门峡湖盆位于秦岭北地堑中,据三门峡地质勘探资料,在湖底冰碛层之上沉积了厚约百米的河湖相砂砾粘土沉积,含丽蚌(*Lamprotula antique* Odhmer)化石。地质部第三石油普查大队在渭河盆地钻探结果,井下三门组湖相层的深度竟达3100米,发现有近千枚的有孔虫化石,其中96%是暖水卷转虫(*Ammonia tepida* (Cushman)),是第四纪中第一个间冰期沉积。与三门湖盆同期存在的有泥河湾湖盆,据钻探结果,湖水范围浸及河北蔚县、阳原县,并深入到桑干河上游的山西大同市一带,同时在太谷、榆社一带均有此湖相层出露。据蔚县142号钻孔揭露,湖盆底部冰碛层之上的湖相地层厚294米。山西石油普查队在晋中盆地清徐县勘探深度达3000米,孔底有厚达860米的冰碛层,在此上新世冰碛层之上,沉积有400米厚的湖相层称为西谷组,含腹足类及介形类化石。元谋盆地的下部有109米厚的杂色粘土湖相层,含鱼、龟、螺、蚌等化石及褐煤层,为热带及亚热带的湖沼相沉积。与元谋湖相层相当的有川西滇北的昔格达组,最厚处达694米,经磁性地层研究结果,在其中段厚316米处恰位于高斯极性时与松山极性时的界面处,昔格达组底部有上新世的冰碛层。研究了上述三门古湖、泥河湾古湖、元谋古湖及昔格达古湖等巨厚沉积层后,得知它们是由上新世到早更新世的连续沉积。这些湖积层的下段主要属于我国晚新生代中的第一个间冰期气候的沉积物,以后进入早更新世冰期,又接纳了一部分冰水沉积。

5. 风成沉积 中国的黄土与沙漠主要为风成沉积。中国黄土最厚可达300米,是世界上最厚的黄土,分布面积达631,000平方公里,常掩覆在不同高度、不同地貌及河流未曾到达的地段,形成独特的自然景观,受到世界地质地理界学者的重视。中国黄土基本是由250微米以下的颗粒所组成,黄土的基本物质由粉砂粒级(5—50微米)的石英、长石、方解石颗粒所组成,其主要化学成分:SiO₂, Al₂O₃及CaO,含量达79%以上,其次为:Fe₂O₃, MgO, K₂O, Na₂O及FeO。在黄土中已发现五、六十种矿物。

中国公认的风成黄土是晚更新世的马兰黄土,命名于北京西山马兰台对面的斋堂,剖面出露16米,由顶向下0—2.9米为淡灰黄色黄土,疏松无层理,多孔,常见白色假菌丝体,含少量碳酸盐结核;2.9—3.8米为灰棕色埋藏土,具土壤结核,其碳酸盐测年¹⁴C=23000±100a BP, 6.8—7.4米为第二层埋藏古土壤, 9.1—10.3米为第三层埋藏古土壤。马兰黄土广泛分布在华北,其物质成分较均一,稀土元素的分布模式各地类似。据各地资料综合分析结果,马兰黄土所记录的晚更新世气候变化,由温湿—干冷—凉湿—干冷。马兰黄土晚期堆积所代表的气候环境,可与大理冰期鼎盛时期相对应。

马兰黄土的热释光年龄：(单位：a)

陕西榆林蔡家沟马兰黄土上部 $(3.5 \pm 0.9) \times 10^4$

陕西榆林蔡家沟马兰黄土中、下部 $(10.2 \pm 0.8) \times 10^4$

陕西榆林蔡家沟马兰黄土底部 $(12.4 \pm 1.1) \times 10^4$

6. 海相沉积 中国东部台湾海峡以北的沿海平原第四系中，一般发育有四个海侵地层。南海北部和台湾省一带，更新世早期仍继续有晚第三纪的海侵。广东及福建沿海，一般仅有第一海侵层，在北部湾水下钻孔中可见到两个海侵层，到南海南部至少可见到三、四个海侵层。我国东部第四纪海侵的早弱晚强现象，可能与东部大陆在第四纪中逐渐沉降有关。华北平原第四纪海相沉积分布广而厚度大，华南则相反，可能与南升北降的构造运动有关。

海域第四纪沉积物的情况：黄海晚更新世末期的沉积物由一套厚2米左右的灰褐色粉砂质泥和泥质粉砂组成，一般以含砂砾、牡蛎贝壳层为标志，贝壳层以下称早大理冰期沉积层，以泥质粉砂及泥炭层为主；贝壳层以上称晚大理冰期沉积层，以泥炭及粉砂质泥为主，含毕克卷转虫。早、晚两期沉积物之间的沉积称为大理间冰期沉积层，软体介壳丰富；全新世为气候变暖的浅海沉积。南黄海有17种类型沉积物，共分为三个沉积区，即残留沉积区、现代沉积区及混合沉积区。黄海残留沉积的一个主要特点是含大量钙质胶结体，其核心多为石蛭壳 *Lithophaga* sp.，形成时代晚于 $12400 \pm 200a$ BP。东海陆架的沉积物类型以砂级沉积为主，中细砂（贝壳砂），细砂遍及 $30^\circ N$ 以南和整个陆架外缘的广大陆架浅海，细砂可越过坡折线至陆坡水深400米附近。东海陆坡沉积与陆架不同，自南至北分布有一条有孔虫—粉砂—泥沉积带，可分为四个沉积区，即残留滨海沉积区，主为末次冰期 $^{14}C = 15000 - 20000a$ BP 的贝壳砂沉积；现代浅海沉积区；现代半深海沉积区，在海槽底部水深1090米处有钙质超微化石赫胥黎艾氏化石带， $^{14}C = 2870 \pm 150a$ BP；混合沉积区，为晚更新世末期低海面时的滨海砂、泥沉积。目前中国大陆河流入海海砂的悬浮物质，从西北向东南搬运，现在的浅海沉积区正在扩大。水下古长江三角洲的沉积可分两层，上层为海侵产物，下层为海退产物，主要为细粒沉积。水下古黄河三角洲主要是泥质粉砂及粉砂质泥组成，分选差，岩性变化快，多微层理，CaO含量高可能与黄河流域 $CaCO_3$ 高含量有关；据海滨钻孔资料，水下三角洲的底界形成于7500a BP左右，推算三角洲滨海区及外缘平均沉积率分别为0.40厘米/年和0.22厘米/年。南海西北部海底沉积物，以陆源碎屑物质为主。北部湾由岸至海的沉积物是由砂砾到粉砂质粘土，至深处又变为细砂。海南岛周围海底沉积一般较粗。珠江、韩江水下三角洲主由粉砂质泥组成。中国各海域的海底沉积物，其粘土矿物成分主要是粘粒云母，含不同数量的高岭石、绿泥石、蛭石、蒙脱石等。东海、黄海和渤海沉积物中的粘土矿物组合，与华北平原及黄土区的粘土矿物类似，显系受陆源物质输入的影响。

7. 火山堆积 中国第四纪火山活动十分频繁，其产物主要是玄武岩的溢出和喷发。这些火山及玄武岩流零星分散在全国各地，如东北大兴安岭、小兴安岭、德都、镜泊湖、达尔湖等地的火山群；内蒙集宁、阿巴嘎旗、乌兰哈达火山群；鲁中及鲁北的玄武岩流，南京方山、六合火山群；厦门附近玄武岩流、雷琼半岛及腾冲火山群；台湾火山岛等四十余处。简述如下：

东北第四纪火山岩以吉林省和黑龙江五大连池等地研究较详，初步进行了同位素编

年,早更新世的延吉县白金玄武岩厚20米,其钾氩年龄为2.92Ma BP。长安县灵光塔玄武岩的钾氩年龄为1.66Ma BP,辉南小椅山玄武岩熔岩台地的钾氩年龄为1.20Ma BP,安图三道白河军舰山玄武岩厚110米,主要为橄榄玄武岩和拉斑玄武岩,其钾氩年龄为1.03Ma BP。中更新世白头山组粗面岩构成白头山火山锥主体,厚度大于644米,其热发光年龄为 $203,000 \pm 10,000$ a,小丰满玄武岩的热发光年龄为 85000 ± 4200 至 179000 ± 8900 a。在图们江上游的南坪玄武岩 $^{14}\text{C}=26560 \pm 555$ 至 35370 ± 1850 a BP;全新世的玄武岩在吉林市钻孔中发现, $^{14}\text{C}=6060 \pm 100$ 及 $^{14}\text{C}=7380 \pm 100$ a BP,覆于白头山顶部的浮岩称为白云峰组,其中被火山燃烧炭化的立木其年龄为 $^{14}\text{C}=1153 \pm 90$ a BP,靖宇的四海火山渣,其中木炭年龄 $^{14}\text{C}=200$ a BP。德都五大连池为中国年青火山群之一,在800余平方公里的玄武岩台地上有14座火山,从下更新世晚期至全新世共形成五期碱性玄武岩,更新世的火山喷发主要介于两次冰期及冰水堆积物之间。河北井陉雪花山玄武岩为伊丁石化橄榄玄武岩,承德围场玄武岩厚80米,武安、涉县玄武岩厚达200米。河北平原沧州、石家庄、邯郸一带约在40个钻孔中发现有四层火山碎屑及火山岩。山西大同火山群由19座小火山锥组成。我国南部第四纪火山主要分布在雷州半岛与海南岛北部,玄武岩分布面积约占雷琼地区陆地面积70%,计有火山口60多个,经地球物理探查,证实火山口大体位于大断裂的延伸方向上及断裂交汇点上,熔岩通过深断裂而喷溢地表形成广阔的熔岩台地,本区第四纪喷出岩一般分为四期,即下更新统至上新统的海底喷发玄武岩,中更新统石峁岭火山岩组,上更新统湖光岩火山岩组及全新统的雷虎岭组。台湾北海岸地区,在更新世早期有两大重要火山喷发中心均为安山岩质。台湾本岛东北五岛均为火山岛,其中棉花屿、花瓶屿、彭佳屿、龟山岛系安山岩组成,而基隆岛则以石英安山岩为主。大屯火山群位于台北市以北,由20个火山体和火山锥组成,其中七星山为最新的火山体,系由安山岩流、火山灰及粗碎屑喷发物连续交替喷发构成。基隆火山群中有6个出露的石英安山岩体,其中以基隆山石英安山岩体最为壮观。在澎湖群岛64个大小岛屿中,有63个岛屿被玄武岩流所覆盖。

8. 生物堆积(1)泥炭:中国第四纪泥炭产地普及各地,如广东、河北、西藏、辽宁、吉林、内蒙、四川、贵州、云南、福建、浙江等省的湖滨、海滨、河谷、洼地以及山麓平原等处的全新统中多有埋藏的泥炭。今择数处:广东沿海平原下1—5米内多埋藏有泥炭,如珠江三角洲、东江三角洲、漠阳江、广海、新会等地,以木本泥炭为主,含腐木层,有直径1米的大木材,局部为草本泥炭,厚达7米,腐植酸含量平均32.99%,发热量平均2289卡/克,为制造腐植酸肥料的重要原料,含油率高者可炼焦油。徐闻县的田洋、青桐洋、九斗洋等火山口湖盆内沉积的泥炭含油腐泥岩,层厚60—200米,全层平均含油率3.11%,最高达8.54%,具有工业价值。海南岛的泥炭分布广,仅文昌、陵水、儋县、琼山即有廿余产地,层厚1—5米,所含灰分高达70%以上,含油量4—7%,可作农肥。北京市第四纪泥炭主要沿燕山山麓至唐山市断续分布,泥炭中有菱角及鱼化石,并有芦苇(*Phragmites* sp.)、菱(*Trapa* sp.)、睡菜(*Menyanthes trifoliata*)、苔草(*Carex* sp.)、莲籽(*Nelumbo nucifera*)等分子,其生成时代经 ^{14}C 测定为 10750 ± 150 a BP至 1750 ± 150 a BP。河北省第四纪泥炭主要分布在张家口地区的蔚县、阳原、怀来、承德、保定、石家庄等地区的山间河谷盆地及平原洼淀内,系全新世沉积。浙江滨海平原的泥炭一般可作为燃料及肥料,但有些泥炭中所含的某些微量元素已接近工业要求,主要分布于绍兴、肖山、宁

奉、慈北、温岭、泽国、平阳、嵊县等地，发热量一般2—3千卡/克，灰份30—69%，含油率2—15%，常见伴生元素有Cu, Pb, Zn, Zr, V, Y, Ba, Ni, Ga, Ti等。西藏高原泥炭层见于羊八井泥炭沟，厚4米，为草本泥炭， $^{14}\text{C}=3270\pm70\text{a BP}$ 至 $9180\pm100\text{a BP}$ ；当雄泥炭层 $^{14}\text{C}=3300\pm90\text{a BP}$ ，昂仁县泥炭 $^{14}\text{C}=4070\pm160\text{a BP}$ ，错那县泥炭 $^{14}\text{C}=6380\pm100\text{a BP}$ 至 $3625\pm100\text{a BP}$ ，故西藏全新世泥炭约自1万年前开始堆积，在亚里暖期大量发育，至3000年绒布德小冰期出现后停止堆积。

(2) 硅藻土：广东徐闻县迈陈乡九亩村有第四纪浅海相的硅藻土矿，主要由硅藻、放射虫类硅质残余物质堆积成，厚约3米，其主要化学组分为 SiO_2 63.16%， CaO 0.26%， MgO 1.04%， Fe_2O_3 5.27%，曾被用为制酒的过滤介质。在海拔4200米的西藏羊八井的藏布曲北岸有硅藻土层厚0.8—1.4米，含 SiO_2 69.69%，此含量与吉林省长白县马鞍山硅藻土相比则偏低，但与山东省临朐县山旺村硅藻土相比则偏高。羊八井硅藻植物群中除五个新种（羊八井直链藻（新种）*Melosira yangbajingensis* Huang sp. nov.）和新变种外，其余均为现在种。

(3) 古牡蛎礁：在渤海莱州湾新河河床底部，挖出数百万斤古牡蛎壳，主要由近江牡蛎（*Ostrea rivularis* Gould）和少数长牡蛎（*Ostrea gigas* Thundery）组成。上部牡蛎壳年龄 $^{14}\text{C}=5535\pm140\text{a BP}$ 。在太湖东侧、南侧地下3米处也发现埋藏的古牡蛎壳。

(4) 珊瑚礁：中国全新世的珊瑚岸礁以海南岛南岸最为发育，仅次于台湾南端的恒春半岛沿岸。按珊瑚礁的分布、层位及年代，海南岛南岸的全新世珊瑚礁可分为四个期，即西瑁期（8500—8200 a BP），鹿回头期（6300—4800 a BP），椰庄期（4400—4000a BP）及东瑁期（3800—3600a BP）。

(5) 海滩岩：我国南海诸岛，南海北部及台湾海峡沿岸，广泛分布有海滩岩，这种海滩岩可分为五个期，即黄隆期（ $^{14}\text{C}=6000-4900\text{a BP}$ ），莺歌海期（ $^{14}\text{C}=4400-4100\text{a BP}$ ），鹿回头期（ $^{14}\text{C}=3800-3000\text{a BP}$ ），烟墩期（ $^{14}\text{C}=2800-2000\text{a BP}$ ）及现代海滩岩（ $^{14}\text{C}=1000\text{a BP}$ ）。

第Ⅱ节 中国第四系划分的原则和方案

中国第四系（Quaternary system）划分为2个统（Series），即更新统（Pleistocene）及全新统（Holocene）；每个统又分为三个组。中国第四纪的气候地层单位为冰期（Glaciation）及间冰期（Interglaciation），有的地区可划分出次一级的副冰期（Stadial）及副间冰期（Interstadial）。中国陆相第四系中发现有4—5个显著的冰碛层及5个显著的发生于间冰期内的海侵地层，这些均为划分第四系的一些重要标志。

（一）中国陆相生物地层的划分

中国陆相古脊椎动物化石的研究以华北地区最早，传统以三趾马动物群为上新统的代表，以泥河湾动物群为下更新统的代表，以周口店动物群为中更新统的代表，以萨拉乌苏动物群为上更新统的代表。据近年来的研究成果，对N/Q界限产生两种划分方案。第一方案认为泥河湾组的磁性地层位于高斯正向时至松山反向时的前半期，即距今约3.1—1.5Ma处（曹，1983），并与三趾马动物群、元谋动物群及榆社动物群的磁性地层年龄基本上一

致。又依据人类化石、冰川遗迹、孢粉组成及地质构造等标志,而将更新统的下限年龄订为3.5—4.0 Ma. BP^[136]。第二方案认为泥河湾动物群可与欧洲维拉弗朗动物群相当,据近年来挖掘出的化石,可将泥河湾组划分为上、下两部分:早泥河湾动物群及与之相当的早元谋动物群(李炎贤,1981)^[12]及游河动物群(薛祥熙,1981)均属于维拉弗朗早期(刘、丁,1982)^[171],而归属于上新世;晚泥河湾动物群及晚元谋动物群(3—4段)则归属于晚期维拉弗朗,属于更新世产物,并将更新世下限置于2.48Ma BP处。中更新统除周口店组外,又在陕西蓝田泄湖镇公王岭发现了蓝田人动物群,此化石层位位于磁性地层哈拉米洛(Jaramillo)极性事件附近,约1.00Ma BP,蓝田人动物群可以与欧洲克罗默(Cromerian)间冰期动物群相当,为属于中更新统下部的代表性动物群。而周口店北京人动物群的年龄据多种方法测定为0.60—0.20Ma BP,其动物群与欧洲霍尔斯坦(Hölsteinian)间冰期动物群相当,为属于中更新统上部动物群的代表。上更新统则除萨拉乌苏动物群(²³⁰Th=50000—37000a BP)外,又新发现了一些动物群,如与欧洲依米安(Eemian)间冰期动物群相当的丁村人动物群(约10万年BP),许家窑动物群(约6万年BP),山顶洞动物群(18865a BP),小南海动物群(约13000a BP)及扎赉诺尔动物群(¹⁴C=11460±230a BP)等。

(二) 冰期、间冰期气候地层的划分

中国晚新生界中一般包括有5个显著的冰碛层,据气候地层原则确定第四系的下界存在有二种意见,其一是以气候首次恶化作为第四系开始的标志,因而将蓬蒂阶(Pontian Fm)及红崖冰碛层或龙川冰碛层均划归为第四系,这种意见第四系的下限年龄为3.5—4.0 Ma BP(曹,1983;刘兰琐,1982)^[170]。其二是将红崖冰碛层划归为上新统(周,1981)^[104],而以鄱阳冰期(约与阿尔卑斯的恭兹(Günz)冰期相当)作为第四纪冰期之始,则下更新统包括有泥河湾组及鄱阳冰碛;中更新统包括下泄湖组、大姑冰碛及周口店组;上更新统包括庐山冰碛、丁村组及大理冰碛。这种意见的第四系下限年龄约2.5Ma BP。

全国第四纪地层可划分为32个地层分区,其中约有2/3的地层分区均系按冰期、间冰期气候旋回建立的地层序列。在第四纪冰期中,以鄱阳冰期的山麓冰泛规模最大,后来由于青藏高原的隆起,改变了大气环流的形势,致以后的冰期规模逐次衰减。大姑冰期的冰川规模虽较前略小,但其遗迹保存尚好。至庐山冰期的山谷冰川其规模更小,而末次冰期主要在中国西部高山高原地区发育了小型的山谷冰川。

各冰期和间冰期堆积物的一般特征:由老而新的顺序,第一冰碛层的遗迹多已被埋藏在地下深处,借钻探才能揭露,此冰碛层已半成岩化,多呈杂色,经过构造变动,风化程度很深。第一间冰期沉积以巨厚的河湖相沉积为主,如泥河湾组、元谋组及三门组等。第二冰期有鄱阳冰碛层,由所发现的遗迹看来,是中国第四纪中规模最大的山麓冰泛,残存的冰碛物呈绛红色或灰白色,含泥量较多,经过构造变动有倾角,风化程度很深,其冰水相沉积则分布较广。第三冰期有大姑冰碛层,其冰碛物多呈红色,未遭风化部分则呈灰白色,本期的冰川地形及冰碛物残迹保存较好。值得提出的是第三间冰期可称为周口店大间冰期,此历时较长的湿热气候使全国各地均在不同程度上遭受其影响,所发育的红土风化壳及网纹红土成为中更新统的一种标志地层。第四次冰期有上更新统的庐山冰碛层,此时气候干冷,是中国黄土的最主要沉积时期,冰川规模急剧缩小,其冰碛物普遍呈现黄色色彩,含泥量较少,风化程度很轻。第五冰期为大理冰期,冰川作用主要在个别高山之巅及

中国西部现代冰川作用地区。这些中、小型的山谷冰川、其冰碛以蓝灰色块砾碛为主，含泥量极小，风化程度极弱。

据目前研究程度，除末次冰期外，其余各期冰碛物的年龄值，仍按相邻的间冰期地层中所含动物群化石所测年龄值推算出的。

(三) 中国黄土地层的划分

下更新统的黄土称为午城黄土，系淡红色石质黄土，其下部有密集的钙质结核15—18层，为变质的红色古土壤层，与下伏上新世的三趾马红土呈不整合接触关系，产泥河湾动物群及游河动物群化石，厚约70米，开始沉积于2.4Ma BP，止于1.00Ma BP。中更新统的黄土称为离石黄土，以含有三层红褐色古土壤为标志，系灰褐色黄土，胶结较坚，产周口店动物群化石，其上部有4层古土壤，称为上离石黄土；其下部有10层古土壤，底部有7米厚的浅灰黄色粉砂层，称为下离石黄土，总厚69米，开始沉积于1.00Ma BP，止于0.07—0.106Ma BP。上更新统的木兰黄土厚约10米，包含有黑垆姆(Loam)土，其热释光年龄为106000—8000a BP^[43]。

1982年，刘东生与F. Heller对陕西洛川黄土剖面进行古地磁研究，并与深海V28—238孔对比；王永炎与石田志朗(Shiro Ishida)对西安及洛川剖面进行古地磁及孢粉研究，并与 $\delta^{18}\text{O}$ V28—239孔对比。结果，中国黄土与欧洲黄土序列的气候旋回一致。

午城黄土与三门组的关系：据地质力学研究所邢厉生等在陕西赤水武家堡黄土剖面进行磁性地层研究结果，认为午城黄土开始沉积于留尼汪极性事件之始，而午城黄土底部的三门组开始沉积于马莫斯极性事件之始，故午城黄土与三门组在高斯极性时与松山极性时的界面附近呈同时异相的相变沉积关系。

(四) 中国第四纪海相地层的划分

中国东部沿海第四系中一般包括有4—5个海侵地层，可以作为地层划分的标志^[193]。由上而下：

(1) 全新世(第I)海侵层：为冰后期沉积，岩性为灰色砂质粘土或于泥质粘土，分布范围广，含大量卷转虫(*Ammonia*)有孔虫，本层埋藏深度为—20至—50米，其年龄为2500—8000a BP，称为卷转虫海侵，可与欧洲的弗兰得(Flandrian)海侵相对比；

(2) 晚更新世大理间冰阶(第II)海侵层：以灰黄色粘土、灰黑色粉砂质淤泥为主，含假轮虫(*Pseudorotalia*)化石，本层埋藏深度为—40至—70米，其年龄距今为24000—39000a BP，可与欧洲新第勒尼安(Neotyrrenian)海侵相对比；

(3) 晚更新世庐山/大理间冰期(第III)海侵层：由青灰色粉细砂及淤泥组成，含*Asterorotalia*属及*Oliva ornata*, *Chione isabelina*等暖水软体动物群，称为星轮虫(*Asterorotalia*)海侵。本层一般埋藏深度为—80至—120米，位于磁性地层布来克(Black)事件之上，属于武木/里士间冰期，其年龄约0.07—0.10Ma BP，可与欧洲第勒尼安(Tyrrhenian)海侵相对比；

(4) 中更新世(第IV)海侵层较薄，分布范围也较小，含盘旋虫，称为盘旋虫(*Spirulina minima*)海侵，其年龄约0.30Ma BP，可与欧洲古第勒尼安(Paleotyrrhenian)海侵相对比，一般埋藏深度约—100至—150米；

(5) 早更新世(第V)海侵层在北京东郊地表下400余米的海相层中发现，含浮游有孔虫和*Hyalinea balthica*, *Paramalina*等化石组合，称为平坦虫(*Paramalina*)海侵，

表 1 中国黄土的形成年代
(据王永焱)

地质时代	地 层	年 龄 (10^3a)
全 新 世	全新世黄土及其下的黑垆姆土	0—5
晚 更 新 世	第 1 层黄土 (马兰黄土)	8—35
	第 1 层红褐色古土壤	30—60
	第 2 层黄土	60—100
中 更 新 世	第 2 层红褐色古土壤	100—110
	第 3 层黄土	110—131
	第 3 层红褐色古土壤	131—140
	第 4 层黄土	140—165
	第 4 层红褐色古土壤	165—174
	第 5 层黄土	174—197
	第 5 层红褐色古土壤	180—210
	第 7 层红褐色古土壤下的黄土层顶部	400
	最下一层黄土状粉砂层顶部	730
早 更 新 世	胶结较硬的淡棕红色黄土, 底部 含留尼昂正极性事件	730—1210 (2400)

表 2 中国黄土地层划分及对比①

地质时代	界限年龄 (10 ³ a)	岩石地层划分对比		地层划分的岩性标志	
		刘东生等(1962)	张宗祐 (1983)		
全新世		马 兰 黄 土	黄土夹黑炉姆 土1—2层		—黑炉姆土底面——
晚更新世	10		离 石 黄 土 (上)	西 峰 组	
	35				
中更新世	150	离 石 黄 土 (下)	秦 家 寨 组		—第五层古土壤顶面——
	180				
早更新世	730	午 城 黄 土	坡 头 组		—第八层古土壤——
					—第一粉砂层顶面——
上新世					—第二粉砂层顶面——
	2430				—第二粉砂层底面——
					—剥 蚀 面——

① 据张宗祐, 1983^[67]

该层位于磁性地层留民汪(Réunion)事件之前,似可与欧洲艾米尔—卡拉布利亚(Emilian-Calabrian)海侵相试比。其年龄约2.34—2.40 Ma BP,经过多处钻探,认为是一个稳定的海相层。

以上所述第四系中的5个主要海侵地层均发生在间冰期、间冰阶和冰后的温暖气候期内,海面变化旋迴与冰期、间冰期气候旋回大体可相适应,基本属于冰川性海面变化。

(五) 中国第四纪磁性地层的划分

中国第四纪磁性地层学(Magneto stratigraphy)的研究开始较晚,目前由于缺少K-Ar年龄绝对值的测定,故仅能依据某些极性事件来作为地层划分与对比的相对标尺,其间存在的某些误差,有待将来进一步校正。目前磁性地层研究的主要成果用于划分N/Q界限以及组的划分,如泥河湾组、元谋组、三门组、午城黄土等更新统的标准地层剖面,这些剖面地质年代的确定一向是以生物群化石为主,以冰期气候地层作为辅助的依据,目前按古地磁事件所推断的年代仅作为地层对比的依据之一。但由于目前在生物地层及气候地层的划分方面还存在有较大的分歧意见,故导致用磁性地层来划分地质年代也随之产生不同意见,如:

1. 对N/Q界限的三种不同意见:

(1) 以高斯/松山界面(约2.48Ma BP)为N/Q界限的支持者有:刘东生等1982^[171],王乃文等1982^[32],林景星1983,王富葆1982^[122],张宗祜1982,周慕林1983^[189]。

(2) 以吉尔伯特/高斯界面至努尼瓦克(Nunivak)极性事件之间(约4.0—3.5Ma BP)作为N/Q界限的支持者有刘兰琐1982,曹照垣1983等。

(3) 以高斯/松山界面至凯纳(Kaena)事件2.5—3.0Ma BP为N/Q界限,其支持者有李华梅1982^[168]。

2. 下更新统/中更新统的界线以松山/布容的界面及以哈拉米洛(Jaramillo)极性事件为主,约0.73—1.00Ma BP,大多数人支持这种意见。

3. 中更新统/上更新统的界线放在“吉曼卡”极性事件附近,约0.18—0.20 Ma BP,大多数人支持这种意见。

第Ⅲ节 中国更新统的划分

据上述第四系划分的各种原则及标志,综合全国32个地层分区的地层序列,归纳成表3:《中国第四纪地层分区对比简表》及表4:《2.48百万年的中国第四纪地层对比简表》。表3基本保存了近十余年来各省地质局所编制的第四纪地层表及其地质年代划分的原貌,这种方案目前尚有不少单位使用。表4为据1982年以来第四纪地层研究的新成果,以距今2.48百万年作为第四系下限,选择了部分地区,将其地质年代重新予以划分后所编制的地层简表,目前沿海诸省及四川、云南等地区的地质工作者们已予采用。这种情况正与欧美一些国家相似,在一个国土广阔的国家内,由于自然条件的复杂性以及各地对第四系的研究精度不等,可以允许两种不同的地层划分暂时并存。

(一) 第一种方案——以2.48Ma BP为第四纪下限

1. 划分依据

(1) 中国陆相第四系传统以泥河湾动物群作为下更新统的代表,其磁性地层约3.1—

表 3 中国第四纪地层分区对比简表

(1983)

		西 北 地 层 区						青 藏 高 原 地 层 区			
		阿 尔 泰 I ₁	准 盆 噶 尔 I ₂	塔 里 木 地 带 I ₃	天 山 I ₄	阿 尔 祁 金 连 山 I ₅	柴 达 木 地 带 I ₆	昆 仑 山 II ₁	羌 塘 II ₂	喜 雅 拉 马 拉 山 II ₃	藏 滇 东 西 部 II ₄
第 四 系	全 新 统	现代冰川 冰缘沉积 泥炭丘	风 积 湖 积 冲 积 洪 积	风积湖积 冲积洪积 低阶地 化学沉积	现代冰川 土格别里齐 小冰期终碛 湖沼沉积	现代冰川 岗石杂小 冰期冰碛	风 积 冲洪积 湖 积 化学沉积	现代冰碛 小冰期冰 碛 古土壤	唐古拉小 冰期冰碛 风积, 湖 积, 冲积 古土壤层	现代冰川 绒布德小 冰期冰碛 亚里冲积 石灰华层	雪当小冰 期冰碛 广昌古土 壤
	上 更 新 统	喀拉斯 冰碛层 砂砾石层 大青河 冰碛层	戈 壁 砾石层 黄 土 古土壤 黄 土 冰水砾 石层	戈 壁 砾石层 黄 土 古土壤 黄 土 冰水砾 石层	破城子 冰 碛 古土壤 诺什卡河 湖相沉积 克孜布拉 克冰碛层	三岔口 冰碛 砂砾 石层 东沟 冰碛	戈壁砾 石, 盐 湖堆积 湖积冲积 组 冰水砾 石, 冰碛	本头山 冰碛层 三岔河组 西大滩 冰碛层	巴斯错 冰碛层 砂砾层 扎加藏布 冰碛层	绒布寺 冰碛 古土壤 层 基龙寺 冰碛	白 玉 冰碛层 黄 土 古 乡 冰碛层
	中 更 新 统	库 木 冰碛层	黄色亚 砂土层 高阶地 砾石层	黄色亚 砂土层 高阶地 砾石层	红风化壳 红砂砾层 煤 矿 冰碛层 洪积层	巨厚河相 砾石层 冷 龙 冰碛层 酒泉砾 石层 酒泉砾 石层 玉 门 组	共和砾 石层上 部 盐湖粘 土细砂 层 冰水 冰碛 共和砾 石层下 部 七个 泉组 (冰碛)	水电站 底砾层 纳赤台 冰碛层 砂砾石层 望 昆 冰碛层 羌塘组 惊 仙 冰碛层	冲 积 砂砾层 布 曲 冰碛层 湖积亚砂 亚粘粉砂 拜 多 冰碛层 羌塘组 克玛曲 冰碛层	加布拉湖 积, 红色 风化壳 聂聂雄拉 冰碛层 帕 里 湖积层 希夏邦马 冰碛 贡巴砾岩 (野博康 加勒)	红色古 土壤层 易 贡 冰碛层
	下 更 新 统	查岗果勒 冰碛层	西 域 砾石层 西 域 冰碛层	西 域 砾石层 西 域 冰碛层	阿合布隆 冰 碛 层 西 域 冰碛层	砾石层 冰碛层 组	共和砾 石层 七个 泉组 (冰碛)	望 昆 冰碛层 羌塘组 克玛曲 冰碛层	拜 多 冰碛层 羌塘组 克玛曲 冰碛层	希夏邦马 冰碛 贡巴砾岩 (野博康 加勒)	
前第四系		乌伦古 河组(E)	独山子组	库 车 组	昌吉河群 (E)	疏勒河组	狮子沟组	昆仑砾 石 层	雁石坪组	三 营 组	

续表

		华北地层区					西南地层区				
		内蒙高原 Ⅲ ₁	阿拉善 鄂尔多 斯Ⅲ ₂	黄土高原 Ⅲ ₃	吕梁山 太行山 Ⅲ ₄	燕山 Ⅲ ₅	秦大巴 岭Ⅳ ₁	四川盆地 Ⅳ ₂	云贵高原 Ⅳ ₃	西部 Ⅳ ₃	东部 Ⅳ ₄
第四系	全新统	风积沙丘 戈壁砾石 残积, 湖 积化学沉 积	上部 风冲湖 积	一级阶地 次生黄土 黑垆姆土 冲积坡积 半坡组	低阶地堆积 黄土文化层 泥炭层 次生黄土		一级阶地 堆积, 草 炭, 黑垆 姆土	冲积层 洪积层 组沼沉积	大墩子 文化层 金沙江 砾石层	涟江组 大坡寨组 濫泥寨组	
	上更新统	海拉尔组	马兰组	马兰组	马兰组	北冶冰碛	太白冰碛层	杂谷墙冰碛 一阶底砾	龙街粉砂层	大海子冰碛	
		冲积	西脑包组、 萨拉乌苏组	萨拉乌苏组	马兰黄土	红黄土层	湖沼堆积 二级阶地 底砾层	广汉粘土 泥炭	四家村文化 层, 棕黄风 化壳	石灰华 湖沼粘土	
		扎泥河 冰碛层	丁村组	丁村组	丁村组	井径冰碛	玉皇山 冰碛层	二道坪冰碛 二阶底砾	东山冰碛层	大龙潭冰碛	
	中更新统	嵯岗组	冲积	河套组	上部 离石 下部 黄土	红玄武 土层岩	河湖堆积 三阶底砾	网纹红土	月龙组 四阶堆积	红粘土 网纹红土	
		砂子山 冰碛层	洪积	官井梁组	上部 离石 下部 黄土	赞皇冰碛	七里川 四阶底 上凉峪	瓦达山冰碛	中山冰碛层	海子头冰碛	
		辉河口组	湖积	冰碛 ?	上部 离石 下部 黄土	红粘土	五阶底砾层	亚粘土层	牛王山 五阶堆积	湖沼粘土 网纹红土	
	下更新统	阿尔善 冰碛层	砂砾石	洪积	三门组	上部 泥河湾组	洛南冰碛 公王岭砾 石层	山王庙 冰碛层	马头山 冰碛层	梨园村冰碛	
		东华组	玉门组	洪积层	午城黄土	下部 泥河湾组	三门组	冲积层 (沼泽泥炭)	元谋组	红土风化壳	
		杂色 冰碛层	玉门组	洪积层	午城黄土	下部 泥河湾组	三门组	大邑砾岩	龙川 冰碛层	新红色岩 组路南群	
前第四系		宝格达乌拉组	上第三系砂 砾岩互层	三趾马红土 (N ₂)	三趾马红土	红崖冰碛	上第三系 砂泥岩互层	灌口组	沙沟组		