

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

试论中国第四纪下界问题

曹照垣 于清河 刘兰锁 何培元

(中国地质科学院地质力学研究所)

诚然,中国陆相第四系下限问题十分复杂。它不但涉及许多的划分原则和标志,而且牵涉的学科很广。因此,对第四系下限问题的讨论,遂成为我国近代第四纪地质学及其相关学科的中心议题之一。人们往往从各自不同的学科领域出发,提出划分第四系下限的原则、标志和建议。从而推动了这一重要的研究课题,日益深入地向前发展。

但是,无论从什么角度出发,考虑确定这条重要的划时代地质界线,都必须首先依据我国的地质实际情况,进行研究和总结,当然也不排除参考或借鉴国外的成功经验,从实践和理论两个方面确立划分原则和依据,然后再回到实践中去经受反复的检验,当事实证明界线上下两个部分的自然演化综合地质特征,在理论方面的确反映了不同地质时代的特点,内涵广泛的划时代意义;在实践方面,也普遍表明分界线本身具有标志鲜明、易于辨认等形迹特点。我们认为,具备这样条件的分界线才是可取的。

近年来,由于第四纪冰川地质工作逐步渗入地层学领域,以及广泛地与其它第四纪学科相结合,尤其是同位素和古地磁等年代测定方法的应用,促使我国第四纪地层学的研究向综合方向发展,并初步建立起气候地层学这个多学科协同研究的领域。根据第四纪冰期和间冰期气候冷暖波动的规律性来划分和对比第四纪地层的气候地层学观点,目前已引起了某些地质、地理、古气候、古生物和古人类学者的重视。

在第四纪气候地层学的研究过程中,首先遇到的基本理论问题,就是第四纪和第三纪的界线划分问题。换句话说,这条划时代的地质界线,即成为第四纪地质研究工作的基础和起点。但是,由于不同学科的研究者持有不同的第四系下限概念,因而出现了不同的划分意见,目前归纳起来大致包括三种:(1)第四纪短周期年表,其下限以狭义三门组底部作为第四纪开始^[1,2,3,4],年代约 100 多万年,位于古地磁贾拉米洛(Jaramillo)事件以前;(2)第四纪中周期年表,一般与中上维拉方层进行对比,其下限以古地磁奥都维(Olduvai)事件或松山世(MATUYAMA)的开始,年代为 180^[5]或 240 万年^[6,7]; (3)第四纪长周期年表,以距今 350 至 400 万年开始的全球普遍降温 and 冰期沉积以及古人类的出现为第四纪的下界^[8,9,10,11,12,13,14],相当于古地磁吉尔伯特世(GILBERT)的中晚期。目前看来,第一种方案,大致相当于中国黄土开始堆积的时期,现在已有不少学者主张将其作为中、早更新世的分界;第二种方案,尚有相当一部分研究者坚持;而第三种方案,正在从多种学科领域中不断取得新的证据。

我们认为,第四纪长周期年表的划分原则和标志起码应该包括两个方面:一是把第四纪大冰期气候在我国辽阔的中低纬度地区发生冷暖波动所遗留下来的痕迹作为与第三纪区别的主要标志;二是以原始人类最早出现的年代作为第四系的下界。可以预言,把这

两种主要原则标志结合起来加以深入地探索研究,看来将很有可能进一步揭示人类起源与大冰期之间具有某种内在的成生联系。

近年,从第四纪冰川地层、磁性地层、孢子花粉、古脊椎动物、古人类及其文化遗址和构造地质学等等学科领域中所取得的新成果和新资料表明,趋向支持第四纪长周期观点,从而把第四纪下限的时间,推移到 350 万年以前,甚至 400 万年是完全可能的。

第四纪早期的冰川遗迹,在我国境内曾多次发现。七十年代以来,借助于古地磁方法,已取得若干重要的测定数据,厘定出云南元谋盆地的龙川冰碛层形成于马莫斯(Mammoth)事件之前^[15,16],距今约早于 310 万年;河北阳原蔚县盆地的红崖冰碛层,形成于凯纳(Kaena)事件之后,距今约 260 万年以前^[17];河南三门峡第一冰碛层开始于高斯世(GAUSS)的初期,距今约 320 万年以前;山西东南部榆社盆地的任家脑冰碛层,开始于吉尔伯特世晚期的柯奇堤(Cochiti)事件以前,大约距今 400 万年左右(图 1)。第四纪早期冰碛层的确定和古地磁序列证明,在我国土地上,400 万年以来至 260 万年期间已出现大冰期气候和冰期。根据冰川气候地层学的观点,显然应将第四系的下界划在最早的那些冰碛层之下是理所当然的。如此划分的结果,势必扩大第四系的时间和空间概念,将把红崖冰碛层包括其上的原属于上新世的三趾马红土层、原属于上新世的三门峡第一冰碛层、以及任家脑冰碛层所在的原属于上新世榆社组的中下部岩段^[18],都应纳入第四系范畴。不讳言,这一长周期划分意见,目前对部分生物地层研究者来说,显然是无法接受的。但是,站在磁性地层学和冰川气候地层学的立场上,对比榆社组、广义三门组、三趾马红土层的磁性地层年代,与已经得到公认的第四纪元谋组、泥河湾组的小渡口和虎头梁剖面以及游河组等等磁性地层年代,不独差别不大,而且它们本身或上下邻接层位,几乎都出现气候变冷的痕迹。

七十年代以来,由于我国孢子花粉学的迅速发展,已获得大批有价值的科学资料。最近两年,在我国大陆上的许多地区,特别是在东部有争议的地区,记录了 400 万年以来的气候冷暖波动的可靠成果(图 2),其中有若干著名的剖面,如上述的榆社组、太谷组包括同期的下土河剖面、泥河湾组包括附近的三趾马红土层和红崖冰碛层、广义三门组包括其下的第一冰碛层以及游河组等等与第四系下限有关的层位,均发现生长有偏于干寒的稀树草原植被或云杉(Picea)、冷杉(Abies)为主的植物群落。代表泥河湾组下部层位的虎头梁剖面,含有三个孢粉带,便是其中的一个突出实例^[19]。剖面底部所含的孢粉 I 带,以松、云杉居优势,冷杉次之的针叶林组合,含量高达 90% 以上;中部的孢粉 II 带递变为蒿属、藜科、十字花科等草本植物为主的组合特征;上部孢粉 III 带与下部 I 带组合近似。如果按照这三个孢粉带的植物变化与我国西部现代高山地区植被分带进行对比的话,那么,松、云杉、冷杉林和稀树草原植被在我国东部海拔较低的地区出现,它不仅仅说明冰期气候和冰期的到来,而且反映冰期气候具有波动性,只有如此才能导致植被在空间上和時間上的迭次更替。例如孢粉 II 带组合层位,实际上应代表一次冰川前进阶段;而 I、III 带孢粉组合层位,则代表冰川后退时期。如果在同一时间不同空间出现 II 带和 I、III 带孢粉组合上的变化,如同我国西部现代高山地区的植被分带一样,显然在冰川外围地区分布着草原和稀树草原植被,而在稀树草原外围的低海拔地区,则逐渐为松、云杉、冷杉林所取代。总之,它们均处于冰川和冰缘气候环境之中。需要指出:泥河湾虎头梁 II 带孢粉组

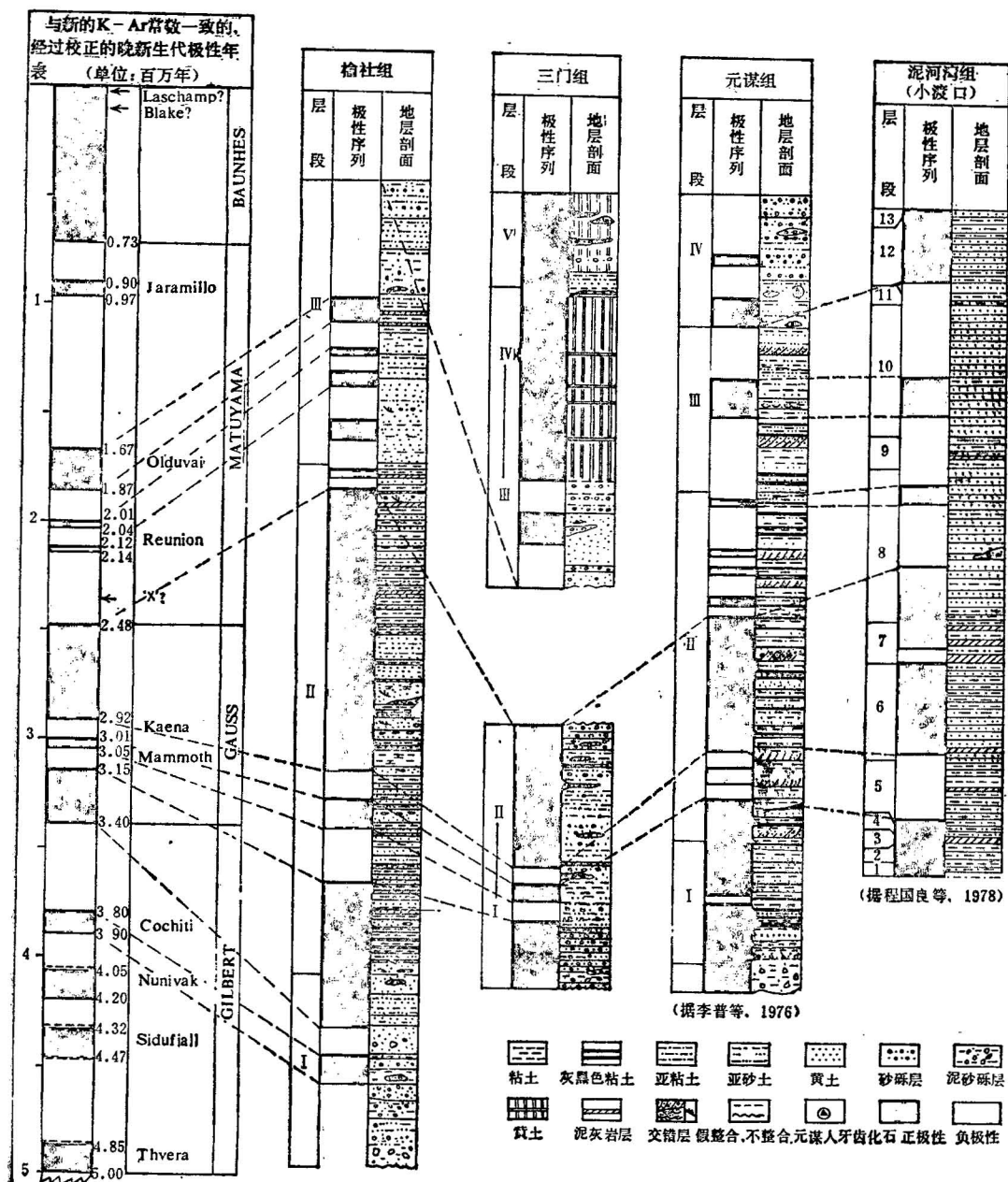


图 1 榆社组、三门组、元谋组、泥河湾组地层古地磁极性对比图

合与红崖冰碛层和其上的三趾马红土层中的孢粉组合特征十分近似, 后者也以草本植物藜科、蒿属和十字花科孢粉组合为主, 并与占一定数量的木本植物桦共同组成了稀树草原植被。而南沟冷期¹⁾的云杉、冷杉组合层位, 恰恰叠置于红崖冰碛层和三趾马红土层之上,

1) 周昆叔等, 1979, 从泥河湾花粉分析谈南沟冷期及其他问题, 全国第三届第四纪地质会议论文。

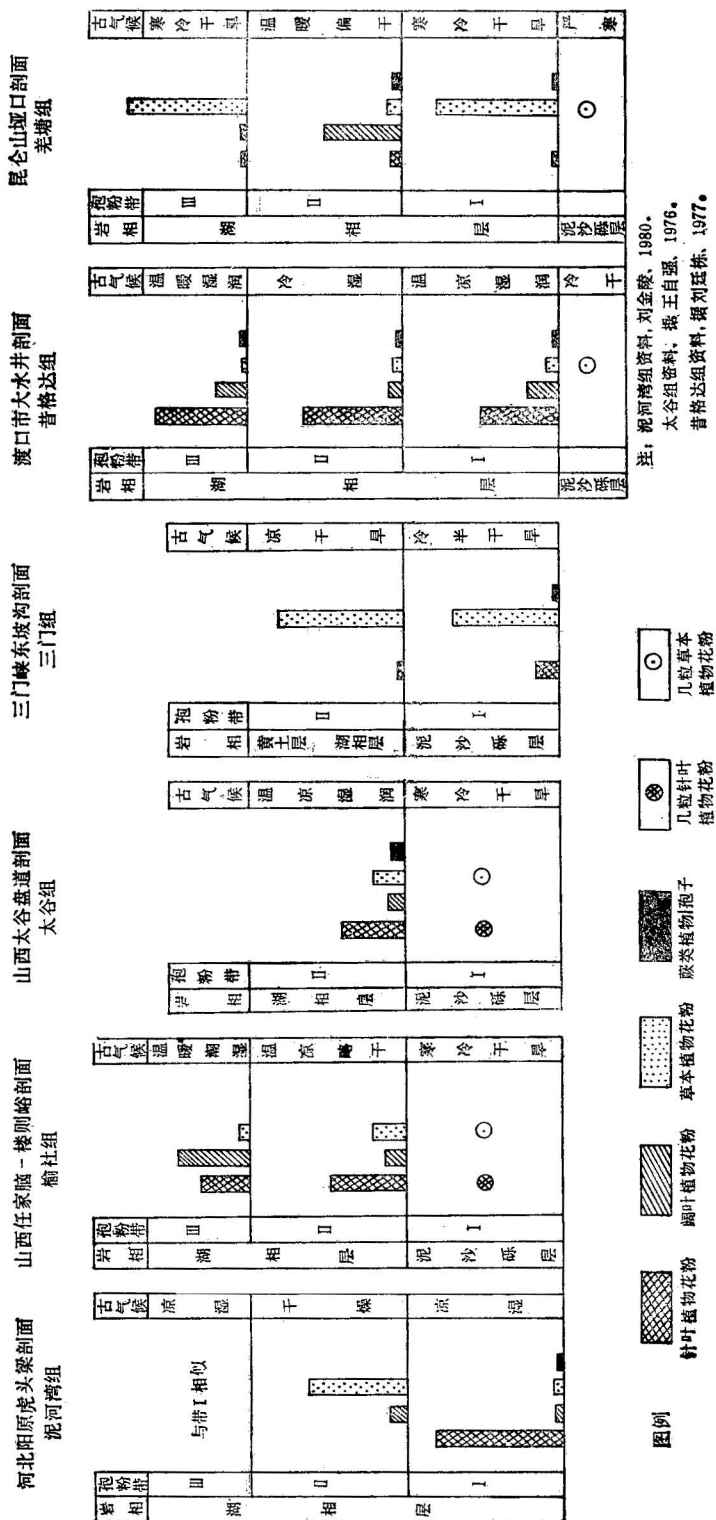


图 2 早更新世沉积综合孢粉百分含量对比图

说明此时红崖冰川已经后退,但当地此时仍为冰缘气候所笼罩。古地磁测定虎头梁剖面顶部位于松山世底界附近,整个剖面与小渡口剖面下部层位相当,对比年龄为 300—248 万年,与红崖冰碛层、三趾马红土层和南沟冷期的层位年龄,也基本一致^[17]。事实证明,红崖冰碛层及其以上的三趾马红土层与泥河湾下部河湖相地层之间,存在着相变关系^[20]。需要指出:相变理论虽早已为人们所接受,但是,在实际工作中又常常忽略对相变问题的研究。

此外,在晋东南榆社组底部的任家脑冰碛、冰水沉积层、晋中太谷组底部的冰碛层与其毗邻地区下土河附近的冰水沉积层以及豫西三门峡第一冰碛层内,同样也生长着藜科、蒿属等占优势的稀树草原植被,但是,它们上部的河湖相地层,如榆社组中部的张村段、太谷组、广义三门组和游河组,则更替为云杉、冷杉林占主导优势的植被。类似的情况在其它地区的早更新世地层中也有反映,青藏高原昆仑山垭口附近的羌塘组^[21];四川西南部安宁河谷地和金沙江畔的昔格达组等等^[22],它们的孢粉组合的冷暖变化,几乎都具有共同的模式和规律性,并且大约在时间上也近于同时。例外的是,云南元谋盆地龙川冰碛层之上的元谋组沉积环境,虽然脱离冰期气候较早,但是在元谋组沉积的中下部层段中,仍残留有少量云杉、冷杉等植物成分。非常可贵的是,近年来有不少孢子花粉工作者,根据第四纪气候冷暖波动的规律性,总结出我国早更新世的孢粉组合特征^[23],他们积极主张将第四系分界线下移至孢粉组合第一次显示变冷的层位之下,把长期以来一直归属于上新世的榆社组中部的张村段地层纳入第四系范畴¹⁾。古地磁测定张村段的磁性地层序列,位于高斯世底界至松山世的初期,年龄为 330—239 万年,与泥河湾组下部代表冰期气候沉积的地表岩段,几乎同时。但是,泥河湾组在地下还埋藏有很厚的地层,而榆社组中部张村段之下,也存在近百米厚的任家脑冰碛和冰水沉积。由此看来,泥河湾组地层在时间和空间方面的底界,都仍有向前推移的余地。

近几年,关于第四纪哺乳动物化石组合的研究工作,也有新的发展和突破。人们长期以来习惯上认为三趾马(*Hipparion*)的时代含义代表上新世^[2,3,24,25],但是从六十年代以后,相继在山西午城^[26]和太谷、甘肃灵台、河北泥河湾以及陕西游河等地的第四纪地层中,不断发现三趾马化石与若干第四纪早更新世的动物群或真马、真象化石共生,因此动摇了过去以三趾马作为第三纪上限这个不可逾越的障碍。此外,还在一些地点发现在较新的地层中的化石成分出现在较老的层位中。在榆社组中部原属上新世张村段的地层内,出现了在中更新世阶段才大量繁衍的斑鹿(*Pseudaxis*)化石;在早更新世泥河湾组的中下部地层中,近年再次发掘出我国北方在中晚更新世阶段生存的代表冰缘动物群主要成员的披毛犀化石等等。极堪注意的是,泥河湾的披毛犀与三趾马化石共生^[25],人们不禁要问,这里究竟代表什么样的生态环境?当然,对待这个问题,无疑需要进行认真的研究,并做出合理的解释。目前从我国哺乳动物化石群研究的趋势看来,业已出现将第四系下界向前推移的动向。1981 年薛祥煦提出游河动物群位于泥河湾动物群之下的主张^[27],就是在这种新形势下所作的一次探索性的尝试。但是,过去根据若干哺乳动物群所鉴定的早更新世地层的相对年代,并不完全与磁性地层学所提供的数据处处一致,有些地层实属不同时

1) 宋之琛等,1979,根据孢粉资料试论我国第四系下限,第二届全国地层会议论文。

期。比如元谋动物群^[28]生存于 310—150 万年之间,与泥河湾动物群可谓同时;然而一向坚信无疑地把泥河湾动物群与三门动物群视为同时的看法,现在看来,却有问题。近年通过磁性地层学研究证明,两者生存年代实非同期。三门动物群的生存年代始于 110 多万年以来,而泥河湾动物群早在 150 万年前即行没落,两者不仅互不衔接,而且首尾间隔近 40 万年。目前从磁性地层学的初步研究结果看来,游河动物群的生存年代,也不会早于泥河湾动物群的迄止时间,因此,拟将其置于泥河湾动物群之下的动议是否能够确立,还有待时日的检验。相反,若干原属于上新世阶段的三趾马动物群以及榆社动物群所在地层的磁性年龄,与元谋动物群和泥河湾动物群的生存时期大体一致,但榆社动物群的初始形成阶段,稍早于元谋或泥河湾动物群也确与事实相符。由此看来,原根据哺乳动物化石群划分的新世和早更新世的地层对比序列^[29,30],尚有欠妥之处。今后很有必要参考磁性地层学和其它年代学提供的年龄数据,审慎地重新厘定各个动物群的时代归属问题。

原始人类化石及其文化遗址的研究,越来越倾向第四纪长周期观点,随着发掘和研究工作的进展,人类化石及其文化遗址的发现不断向老地层中推移。1964 年,我国蓝田人发现在泄湖组老黄土层的下部层位,古地磁测定在布容世 (BRUNHES) 开始以前和贾拉米洛事件之间,年代为 75—80 万年^[31],最老不超过 100 万年左右^[32];1965 年发现的元谋人牙齿及其旧石器所在的元谋组上部层位,古地磁测定和吉尔萨 (Gilsa) 事件相对应,其年代约为 170 万年左右^[33];而 1978 年发现的泥河湾小长梁旧石器文化遗址层位,与小渡口剖面中偏下部的层位相当,对比古地磁极性大约在松山世的底界附近,推测年龄为 240 万年左右。根据贾兰坡教授研究认为^[33],小长梁遗址的石器加工技术水平,决不是最原始的人类所能制造出来的,而且这里的石器与三趾马、披毛犀化石存在于同一层位。据此,一些古人类学者推测,在我国土地上,人类的出现和制造工具的历史还应更早。但是到目前为止,在我国境内所发现的人类化石及其文化遗址,与国外相比,年代较新,远不如东非地区所发现的超过 300 万年,有的可能大于 350 万年的人类历史古老。而 300 多万年以来的人类发展历史,现在已被国际学术界一部分研究者所承认。目前,在我国土地上,也已有迹象预示存在着更古老的人类化石及其遗址的可能。因此,我们认为,我国第四纪下限在 350 万年至 400 万年左右为其时限,从古人发现的趋势考虑,也是比较适宜的。

据目前所知,我国第四纪初期和中期的构造运动,无论从强度或幅度上看,都是相当可观的。它并且与第四纪冰川的发生和发展,存在着不可分割的联系。在第四纪大冰期到来之前的第三纪末期,就开始发生了一场规模较大的区域性构造运动,其余幕一直持续到第四纪早期阶段。河北阳原蔚县的红崖冰碛层、山西太谷组底部的冰碛层^[34]、榆社组底部的任家脑冰碛层、豫西三门峡第一冰碛层、川西金沙—安宁冰碛层^[35]、云南元谋龙川冰碛层以及青藏高原上的惊仙冰碛层^[36]等等,均堆积在此次构造运动所形成的不整合面之上。显而易见,第四纪冰期到来之前的这场构造运动,带有普遍意义。由相关的磁性地层推导,这场运动大约发生在 400 多万年至 300 多万年这段时间。考虑把这次地壳运动所造成的不整合面作为第四系的下界面,标志是明显的。第四纪另一场构造运动,发生在第一间冰期的末期和第二冰期开始以前,它改变了云南元谋组、河北泥河湾组、山西榆社组和太谷组、河南三门峡第一冰碛层的原始产状,并使之发生形变、断裂、抬升或下沉,形成另一次比较明显的区域不整合面。陕西蓝田公王岭冰碛层^[37]、三门峡第二冰碛层^[8,38]均

堆积在这次构造运动所产生的不整合面之上。由相关磁性地层推导这场构造运动发生的时间,大约在 150—120 万年之间。把这场运动作为早、中更新世的分界标志,不但清楚,而且也具有多学科分期意义。

如果从我国东部地区与间冰期沉积密切相关的若干次海侵层的升降差异上度量,可以看出,我国第四纪早、中期以来构造运动的起落幅度是较大的。第四纪早期的一次海侵,发生在第一间冰期^[39,40],时间大约在 240—180 万年前后,此次海侵层夹在泥河湾组的中上段和某些地区的河湖相地层当中。这次海侵波及的范围较广,诸如,河北平原部分地区、北京地区、延庆盆地、阳原蔚县盆地、山西运城盆地以及陕西渭河谷地等处都曾发现第四纪早期海相有孔虫层位^[41,42],而且这些层位可以对比。但是,目前这些海侵层已存在于不同的海拔高程上。如北京地区这期海侵层的埋藏深度多数在 400 至 600 多米的范围;阳原蔚县盆地的相同层位,已抬升至海拔 900 米高程;而渭河谷地,同期海侵层的最大沉降量为 1500 米,比现代海面尚低千米。由此证明,我国第四纪以来,北方各地构造运动的累积最大升降幅度,可达 1000—2000 米。因此,必须正视第四纪构造运动的强度和幅度,绝不能认为除我国西部和西南部地区以外,其余地区都是微不足道的。

总之,关于第四纪下界问题的研究,要从第四纪冰川学、磁性地层学、孢子花粉学、古脊椎动物学、古人类学及其文化遗址以及晚近构造运动等方面所取得的研究成果,进行综合考虑,把第四系底界划在 350 万年以前至 400 万年左右的任家脑冰磧层、太谷组底部冰磧层、三门峡第一冰磧层、龙川冰磧层、金沙—安宁冰磧层以及惊仙冰磧层之下,是符合多学科研究成果和发展趋势的。而这样一条划时代的分界线,不仅标志明显,而且能充分表现出不同地质时代发展演化的特点。

最后,愿意借此机会表示一下我们对讨论第四纪下界问题的态度。虽然我们赞同第四纪长周期年表的观点,但同时亦尊重不同意见。由于现阶段我们对地球发展演化最新历程的许多复杂控制因素,比如象地球物理场、地球化学场、地球构造应力场以及整个有机界和无机界变化的彼此关系方面的认识还很肤浅,因此,在考虑问题上,就难免不存在这样或那样的片面性错误。我们希望积极地展开学术讨论,从中吸取有益的营养,修正错误,与同志们一道为即早解决我国第四纪下界问题,做出不懈的努力。

本文是在孙殿卿教授的启发和指导下写成的,段万倜同志给予热情的支持和关怀,在此深表敬意。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 1959, 中国新生代地层总结报告。地质论评, 第 12 期。
- [2] 裴文申、周明镇、郑家坚, 1963, 中国的新生界。科学出版社。
- [3] 裴文申, 1962, 中国新生界。全国地层会议学术报告汇编, 科学出版社。
- [4] 刘国昌等, 1959, 关于三门系的意见。三门峡第四纪地质会议文集, 科学出版社。
- [5] 刘东生等, 1966, 关于中国第四纪地层划分问题。第四纪地质问题, 科学出版社。
- [6] 安芷生等, 1979, 顺 5 孔的磁性地层学和早松山世的北京海侵。地球化学, 第 4 期。
- [7] 李鼎容等, 1979, 北京平原区上新统一更新统的划分。地质科学, 第 4 期。
- [8] 贾福海等, 1959, 对黄河三门峡水库三门系的初步认识。三门峡第四纪地质会议文集, 科学出版社。
- [9] 浦庆余等, 1977, 对元谋人化石层—元谋组的研究。地质学报, 第 1 期。
- [10] 李华梅等, 1977, 河北衡水地区钻孔岩芯的古地磁研究。地球化学, 第 3 期。
- [11] 孙殿卿等, 1979, 中国第四纪冰期划分与第四纪地层层位关系的探讨。科学通报, 24 卷 7 期。

- [12] 尤玉柱等, 1979, 泥河湾组小长梁遗址的发现及其意义。科学通报, 24 卷 8 期。
- [13] 钱方等, 1979, 中国第四纪磁性地层学中几个问题的初步探讨。科学通报, 24 卷 23 期。
- [14] 陈万川, 1980, 汾渭盆地第四系古地磁年龄。石油与天然气地质, 1 卷 2 期。
- [15] 李普等, 1976, 用古地磁方法对元谋人化石年代的初步研究。中国科学, 第 6 期。
- [16] 程国良等, 1977, “元谋人”的年代和松山早期事件的商榷。地质科学, 第 1 期。
- [17] 程国良等, 1978, “泥河湾层”的古地磁学初步研究。地质科学, 第 3 期。
- [18] Teilhard de chardin, P. and C. C. Young, 1933, The late Cenozoic Formations of S. E. Shansi, Bull. Geol. Soc. China, Vol. 12, No. 2.
- [19] 刘金陵, 1980, 泥河湾组的孢粉组合及其地质时代。科学通报, 第 4 期。
- [20] 卫奇, 1978, 泥河湾层中的新发现及其在地层学上的意义。古人类论文集, 科学出版社。
- [21] 孔昭宸等, 1981, 从昆仑山—唐古拉山晚第三纪、第四纪的孢粉组合讨论青藏高原的隆起。青藏高原隆起时代、幅度和形式问题, 科学出版社。
- [22] 刘廷栋, 1977, 昔格达组下部的孢粉组合及其对第四纪早期古气候演变的意义。中国第四纪冰川地质文集, 地质出版社。
- [23] 徐仁等, 1980, 中国更新世的云杉-冷杉植物群及其在第四纪研究上的意义。中国第四纪研究, 5 卷 1 期。
- [24] 吴子荣等, 1980, 对泥河湾地层的认识与划分。地质科学, 第 1 期。
- [25] 汤英俊, 1980, 河北蔚县早更新世哺乳动物化石及其在地层划分上的意义。古脊椎动物与古人类, 18 卷 4 期。
- [26] 李华梅等, 1974, 午城黄土剖面古地磁研究的初步结果。地球化学, 第 2 期。
- [27] 薛祥熙, 1981, 陕西渭南—早更新世哺乳动物群及其层位。古脊椎动物与古人类, 19 卷 1 期。
- [28] 林一朴等, 1978, 云南元谋早更新世哺乳动物群。古人类论文集, 科学出版社。
- [29] Barbour, G. B., 1925, Deposits of the San Kan Ho Valley Bull. Geol. Soc. China, Vol. 4, No. 1.
- [30] Barbour, G. B., Licent, E. and Teilhard de Chardin P., 1926, Geological study of the deposits of the San Kan Ho basin, Bull. Geol. Soc. China. Vol. 5. No. 3—4.
- [31] 马醒华等, 1978, “蓝田人”年代的古地磁学研究。古脊椎动物与古人类, 16 卷 4 期。
- [32] 程国良等, 1978, 蓝田人地层年代的探讨。古人类论文集, 科学出版社。
- [33] 尤玉柱等, 1980, 泥河湾组旧石器的发现。中国第四纪研究, 5 卷 1 期。
- [34] 郭令智等, 1956, 汾河流域之地质和地貌。南京大学学报, 第 5 期(自然科学)。
- [35] 第四纪冰川考察队, 1977, 四川渡口地区第四纪金沙冰期的初步探讨。中国第四纪冰川地质文集, 地质出版社。
- [36] 段万偶等, 1979, 青藏公路沿线第四纪冰期的研究。科学通报, 24 卷 10 期。
- [37] 王淑芳等, 1966, 陕西蓝田地区第四纪冰川遗迹述要。陕西蓝田新生界现场会议论文集, 科学出版社。
- [38] 孙殿卿, 1959, 对于三门峡第四纪地质的几个问题。三门峡第四纪地质会议文集, 科学出版社。
- [39] 林景星, 1977, 华北平原第四纪海进海退现象的初步认识。地质学报, 第 2 期。
- [40] 杨子贤等, 1979, 试论河北平原东部第四纪地质几个基本问题。地质学报, 53 卷 4 期。
- [41] 汪品先等, 1981, 我国东部第四纪海侵地层的初步研究。地质学报, 55 卷 1 期。
- [42] 王乃文, 1981, 山西外旋九字虫(新属新种)的发现及其地层与古地理意义。地质学报, 55 卷 1 期。

PROBLEMS CONCERNING THE LOWER LIMIT OF QUATERNARY IN CHINA

Cao Zhaoyuan Yu Qinghe Liu Lansou He Peiyuan

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

This paper discusses the problems concerning the Lower limit of Quaternary in China by means of data of Quaternary glaciogeology, magnetostratigraphy, spore and pollen analysis, vertebrate paleontology, palaeoanthropology and cultural traces, neotectonics, etc. The present tendency of multi-subject research seems to indicate that the lower limit of quaternary should be set below Renjianas moraine, Taigu moraine, first Sanmenxia moraine, Longchuan moraine, Jinsha-Anning moraine and Jingxian moraine, with an age of about 3.5—4.0 m.y. This boundary line between Tertiary and Quaternary clearly separates different periods of geological development and evolution.