

用古地磁方法对元谋人化石年代的初步研究

李 普 钱 方 马醒华 浦庆余 邢历生 鞠石强

(中国地质科学院地质力学研究所)

摘 要

自1965年5月1日在云南省元谋县发现元谋人牙齿化石以来,地质力学研究所在有关单位的配合下,依靠当地贫下中农,对元谋人化石地层和第四纪冰川地质展开了深入的研究工作。最近采用古地磁方法,首次测出云南元谋人的年龄为距今170万年左右,比北京人和蓝田人的年代要早,从而把我国过去发现的最早人类化石年代推前了100多万年。同时,还确定元谋组地层形成于距今150—310万年间,把第四纪地质的历史也推前了200多万年。特别有意义的是:在元谋组地层下面找到了冰川遗迹,从而确定了300多万年以前我国有过冰川活动,这是我国第四纪地质上的新发现,为今后研究我国第四纪地质开辟了新的途径。

元谋组是我国西南地区比较早的一套第四纪地层,主要分布在金沙江南岸云南省元谋县(图1a, b),旧称马街马化石层。

自1926年开始,断断续续研究到现在已有50年历史^[1-11],自从1965年5月1日钱方等同志在元谋组上部发现猿人牙齿化石以后,更引起有关方面的注意。化石发现后经地质博物馆胡承志同志初步研究推断,元谋人应是属于比蓝田人和北京人更早的直立人,其生存时代可能为早更新世晚期^[9]。这是我国迄今发现的最早的人类化石。无产阶级文化大革命和批林批孔运动中,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和云南省博物馆在那里又进行了几年的发掘,发现了旧石器和用火的炭屑层,在同一层位中还找到了烧骨,进一步证实了元谋人的活动。因此,比较确切地测定元谋人的地质年代就成为一项迫切而意义重大的研究课题。

1973年,地质力学研究所第四纪冰川地质组,对元谋盆地的第四纪冰川遗迹进行调查时,曾采回了定向标本46块进行了古地磁测量。结果发现标本的极性分组趋势比较明显:属上部地层的标本以负极性为主,属下部地层的标本则多为正极性。初步分析认为,这套地层可能跨越松山(Matuyama)和高斯(Gauss)两个极性世;元谋人化石所在层位应属松山倒转极性世,它的年代应在70—240万年之间。但由于标本数量较少,当时做结论尚嫌论据不足,需要进一步工作。为此,1974年我所又组织人员,在云南省和元谋县有关单位及当地贫下中农的大力支持下,进行了系统采样,作了详细的古地磁测定和研究工作。本文就是这一工作的初步总结。

一、元谋盆地第四纪地质概况

第四纪时期元谋盆地发生过多次冰川活动。这里有一千多米厚的各种成因的第四纪堆积

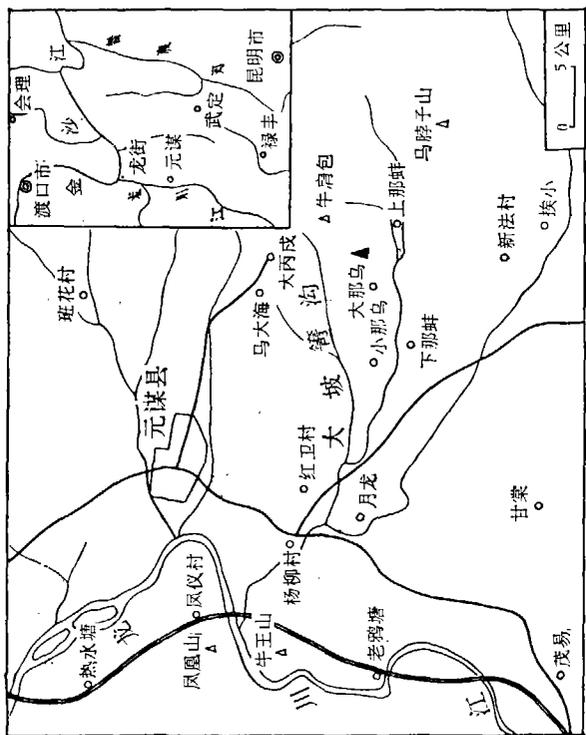


图 1a 元谋上那蚌附近平面位置图
(图中黑三角为元谋直立人牙齿出土点)

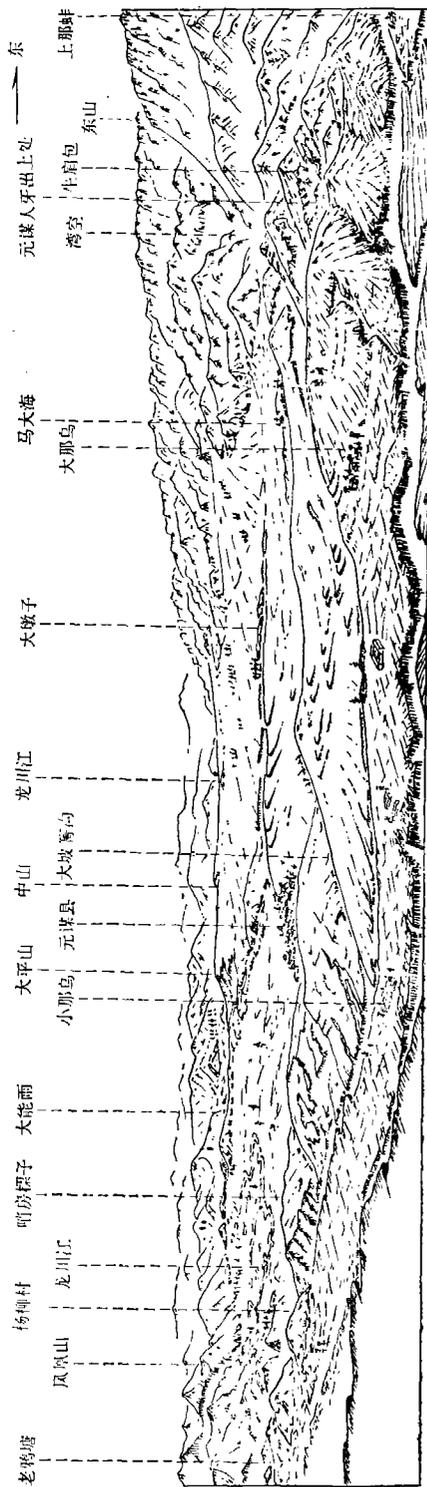


图 1b 元谋盆地地貌素描图

物(表 1), 其中以元谋组分布最广, 厚度最大, 含化石最多。

表 1 元谋盆地第四纪冰期和第四纪地层简表

元 谋 盆 地			人 类 文 化	中国第四纪 冰 期 一 般 划 分	欧洲第四纪 冰 期 一 般 划 分*
地 质 时 代*	地 层	文 化 期			
冰 后 期	大墩子文化层、冲积、洪积、 泥石流	大墩子文化 (距今 3210 ± 90 年) 大那乌文化	新石器 细石器	冰 后 期	冰 后 期
大 理 冰 期	龙街粉砂层、龙川江埋藏阶 地堆积			大 理 冰 期	玉 木 冰 期
四 家 村 间 冰 期	棕 黄 色 风 化 壳	四 家 村 文 化	旧石器	庐 山 一 大 理 间 冰 期	里 斯 一 玉 木 间 冰 期
	龙川江第二、三级阶地堆积 新冲沟堆积			庐 山 冰 期	里 斯 冰 期
东 山 冰 期	红棕色冰碛-冰水堆积			大 姑 一 庐 山 间 冰 期	民 德 一 里 斯 间 冰 期
月 龙 间 冰 期	红 色 铁 质 风 化 壳			大 姑 冰 期	民 德 冰 期
	月龙组(龙川江第四级阶地 堆积),老冲沟堆积			鄱 阳 一 大 姑 间 冰 期	滚 兹 一 民 德 间 冰 期
中 山 冰 期	深 红 色 泥 砾			鄱 阳 冰 期	滚 兹 冰 期
牛 王 山 间 冰 期	牛 王 山 砾 石 层 (龙川江第五级阶地堆积)	元 谋 人 及 其 文 化 (距今 170 ± 10 万年)	旧石器		多 脑 冰 期
马 头 山 冰 期	紫 红 色 泥 砾				拜 伯 一 多 脑 间 冰 期
元 谋 冰 期	元 谋 运 动				拜 伯 冰 期
	元 谋 组				
龙 川 一 元 谋 间 冰 期	鲜 红 色 铁 质 风 化 壳	拜 伯 冰 期			
龙 川 冰 期	龙 川 组				拜 伯 冰 期

* 其中缺元谋—马头山间冰期即多脑—滚兹间冰期。

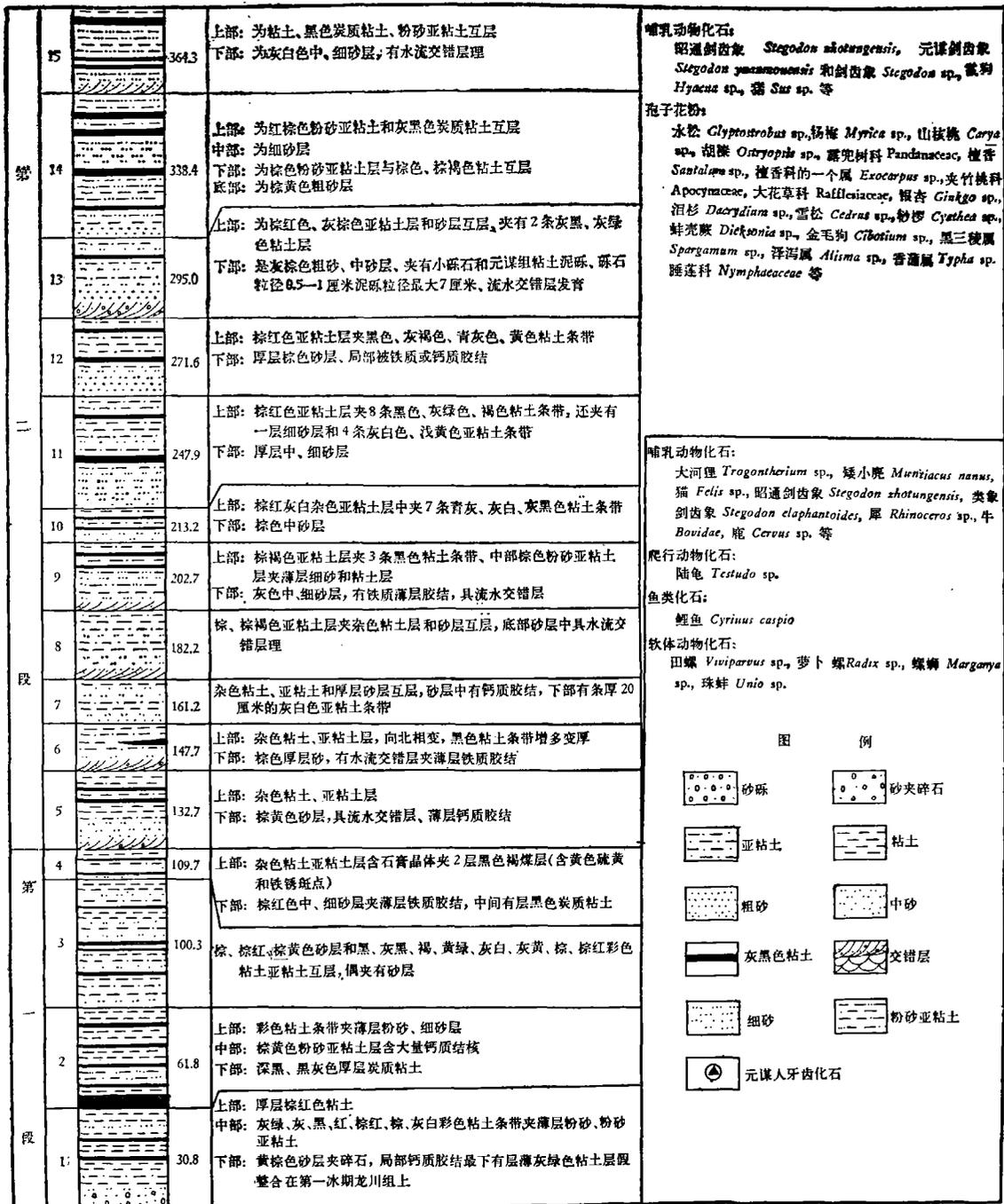
我们根据实测的 7 条元谋组地层剖面, 初步编制了元谋组综合地层柱状图(图 2)。元谋组是一套厚 695.4 米的河湖相沉积, 根据它的沉积特征, 结合孢子花粉和哺乳类化石材料, 可以分成四段。

第一段, 包括 1—4 层, 厚 109.7 米。是以杂色粘土层为主的, 和亚粘土层、薄层砂层互层的沉积。所谓杂色粘土层, 就是有规律的依次由棕红、粉红、棕、棕黄、黄、黄绿、灰绿、灰、黑等色组成的粘土层, 色彩鲜艳分明。该段沉积韵律明显, 多夹有两层以上的黑色炭质粘土。有的韵律中还间有灰白色粘土层。粘土层局部被钙质胶结。砂层以细砂和粉砂为主, 棕色、棕黄色和棕红色都有, 有铁质和钙质结核, 局部为铁质和钙质胶结。本段以湖相沉积为主。

第二段, 包括 5—17 层, 厚 314.4 米。它是一套杂色粘土层、亚粘土层、粉砂亚粘土层、粉

分段	层	柱状图	岩性描述	化石
第四段	28		695.4 钙质胶结棕红色砾石层夹棕色砂层、砾石层单层厚1—2米、粒径5—15厘米。	人类化石及文化： 元谋人 <i>Homo erectus yuanmouensis</i> Subsp. nov. Hu. 旧石器、用火炭屑烧骨
	27		675.4 钙质胶结棕红色砾石层、棕色砂层夹薄层浅绿、灰白色、褐色粉砂亚粘土层、亚粘土层中夹碎石。砂层中夹有砾石透镜体、粒径4—10厘米	哺乳动物化石： 复齿短耳兔 <i>Ochotonoides complicidens</i> , 竹鼠 <i>Rhizomys</i> sp., 小鼠 <i>Microtus</i> sp., 似野田鼠 <i>Arvicola</i> sp. 化石小灵猫 <i>Viverricula malaccensis fossilis</i> , 桑氏鬣狗 <i>Hyaena licenti</i> , 鬣狗 <i>Hyaena</i> sp., 泥河湾剑齿虎 <i>Meganterium mihowanensis</i> , 豪猪 <i>Hystrix subseriata</i> , 剑齿象 <i>Stegodon</i> sp., 类象剑齿象 <i>Stegodon elaphantoides</i> , 云南马 <i>Equus yunnanensis</i> , 爪蹄兽 <i>Nestoritherium</i> sp., 猪 <i>Sus</i> sp., 中国犀 <i>Rhinoceros sinensis</i> , 龙川始柱角鹿 <i>Eostylaceros lungchewensis</i> sp. nov., 细鹿 <i>Metacervulus attenuatus</i> , 麝后鹿 <i>Metacervulus capreolus</i> , 湖鹿 <i>Muntiacus lacustris</i> , 矮小鹿 <i>Muntiacus nanus</i> , 粗面轴鹿 <i>Axis cf. rugosus</i> , 最后枝角鹿 <i>Cervoceros ultimus</i> sp. nov., 山西轴鹿 <i>Axis shansius</i> , 云南水鹿 <i>Rusa yunnanensis</i> sp. nov., 水鹿 <i>Rusa</i> sp., 斯氏鹿 <i>Cervus (Rusa) stehlinei</i> , 鹿 <i>Cervus</i> sp., 纤细原始鹿 <i>Procapreolus stenosis</i> sp. nov., 水牛 <i>Bubalus</i> sp., 牛类 <i>Bos (Bibos)</i> sp., 羚羊 <i>Gazella</i> sp. 等
	26		652.4 棕黄、黄绿色粉砂亚粘土、夹砂层、底部为砾石层、共有五个韵律。砾石层局部钙质胶结砾石次圆状、粒径2—6厘米。砾石层、砂层粉砂层、亚粘土层常有横向相变	
	25		615.1 上部：黄棕色粉砂亚粘土层 中部：砂层夹砾石透镜体 下部：棕褐、褐色粘土、稜柱状结构、含猿人牙齿化石 底部：褐黄色、黄色粉砂亚粘土、中砂、相变为砾石层、钙质胶结	
第三段	24		596.3 上部：棕褐色粘土层 中部：棕黄、棕褐色砂和亚粘土互层 下部：砂层夹砾石透镜体、粒径0.5—2厘米	
	23		573.2 上部：粘土、粉砂亚粘土、砂层互层、砂层中夹有薄层、钙质胶结 中部：浅棕色粉砂亚粘土夹一条灰绿色粘土层 下部：厚层中、粗砂、交错层发育	爬行动物化石：陆龟 <i>Testudo</i> sp. 等 鱼类化石：鲤鱼 <i>Cyprinus caspio</i> 软体动物化石：萝卜螺 <i>Radix</i> sp., 田螺 <i>Viviparus</i> sp., 凯塞螺 <i>Cathaica</i> sp., 小旋螺 <i>Gyraulus</i> sp., 兰螺 <i>Corbicula</i> sp.
	22		546.7 上部：红棕、褐色粉砂亚粘土、夹深褐色亚粘土薄层 中部：棕黄色中、细砂层、夹钙质胶结薄层及20多层红棕色、灰白色粉砂亚粘土条带 下部：粗、中砂层夹灰白色粘土条带	孢子花粉：松 <i>Pinus</i> sp., 禾本科 <i>Gramineae</i> , 艾 <i>Artemisia</i> sp., 藜科 <i>Chenopodiaceae</i> , 山龙眼科 <i>Proteaceae</i> , 槐木属 <i>Alnus</i> , 榆属 <i>Ulmus</i> 等
	21		506.7 上部：棕色粉砂亚粘土 下部：灰棕色中砂层、有湖滨交错层	哺乳动物化石： 元谋狼 <i>Canis yuanmouensis</i> , 豹 <i>Panthera pardus</i> , 鸡骨山狐 <i>Vulpes cf. chikushanensis</i> , 桑氏鬣狗 <i>Hyaena licenti</i> , 猎豹 <i>Cynalurus</i> sp., 虎 <i>Panthera tigris</i> , 野猪 <i>Sus scrofa</i> , 云南马 <i>Equus yunnanensis</i> , 中国犀 <i>Rhinoceros sinensis</i> , 鹿 <i>Cervus</i> sp. 和牛类 <i>Bovidae</i> 等
第二段	20		497.7 上部：灰棕色粉砂亚粘土和细砂互层、夹有灰绿色粘土条带 下部：灰棕色粗砂层夹棕色粉砂亚粘土及浅绿色粘土层、底部砂层具流水交错层理	软体动物化石： 雅致短沟螺 <i>Semisulcospira elegans</i> Lee, 萝卜螺 <i>Radix</i> sp., 田螺 <i>Viviparus</i> sp., 螺螄 <i>Margarya</i> sp., 珠蚌 <i>Unio</i> sp., 小旋螺 <i>Gyraulus</i> sp., 兰螺 <i>Corbicula</i> sp.
	19		464.8 上部：为棕色、棕红色粉砂亚粘土、细砂及粘土条带互层夹薄层铁质条带 中部：为棕灰色砂层、局部钙质胶结 下部：为棕色粉砂亚粘土夹暗灰绿色粘土薄层 底部：为灰色砂层	介壳化石： 纯清小玻璃介 <i>Candoniella albicans</i> (Brady), 柯氏土星介 <i>Llyocypris cornae</i> Mandelstam, 布氏土星介 <i>Llyocypris bradyi</i> Sars, 陆起土星介 <i>Llyocypris gibba</i> (Ramdohr), 苏氏小玻璃介 <i>Candoniella susini</i> Schneider, 奇异小玻璃介 <i>Candoniella mirabilis</i> Schneider, 玻璃介 <i>Candona</i> sp., 丽星介 (?) <i>Cypria</i> sp.
	18		441.5 上部：为青灰色厚层炭质粘土 中部：灰棕色细砂、夹薄层粘土条带 下部：为棕色中、粗砂层	孢子花粉： 落叶松 <i>Larix</i> sp., 似栎(似山毛榉) <i>Nothofagus</i> sp., 曲蕊花 <i>Cyatandra</i> sp., 第伦桃科 <i>Dilleniaceae</i> , 银杏 <i>Ginkgo</i> sp., 泪杉 <i>Dacrydium</i> sp., 雪松 <i>Cedrus</i> sp., 冷杉 <i>Abies</i> sp., 铁杉 <i>Tsuga</i> sp., 云杉 <i>Picea</i> sp., 杉木 <i>Cyathea</i> sp., 蚌壳蕨 <i>Dicksonia</i> sp., 金毛狗 <i>Cibotium</i> sp., 松 <i>Pinus</i> sp. 等
	17		424.1 上部：为淡棕、棕红、棕褐色粉砂亚粘土夹11条浅黄、灰绿、深灰色粘土条带及一层灰色粗砂层 中部：为黑色炭质粘土夹杂色粘土条带 下部：砂、粘土互层、局部钙质胶结	
第一段	16		375.1 上部：黑色、青灰色炭质粘土条带和褐色中砂、粉砂亚粘土互层 下部：为砂层、水流交错层理发育	

图 2 元谋组实测



地层柱状剖面图

砂层和砂层的交互沉积,韵律层十分明显。砂层中发育有流水相或湖相交错层,有些砂层中夹有小砾石和粘土砾球,时由钙质或铁质胶结。这段里面的杂色粘土层色泽灰暗,常间有灰绿色、灰黑色和黑褐色含腐植质的粘土薄层,某些层位含有沼铁矿和硫化物。总体看来,这是以湖相为主的河湖相交替沉积。

第三段,包括第 18—23 层,厚 149.1 米。这是棕灰色、棕黄色粗砂层、中砂层、细砂层和棕色、灰棕色、棕红色粉砂亚粘土层、亚粘土层、粘土层互层沉积。这里,灰黑色、灰绿色含腐植薄层粘土显著地减少了,而且变得更薄,可是每一沉积韵律层的厚层却增大了,粒度也普遍变粗。这一段是以河流冲积相为主的河湖相沉积。

第四段,包括第 24—28 层,厚 122.2 米。它是砂砾层、粉砂亚粘土层、亚粘土层和粘土层的互层。砾石和砂大多呈次圆状和次稜角状,分选性较差,粒径一般 2—6 厘米,顶部层位粒径较大,可达 10—20 厘米。砾石层被钙质胶结,粘土或亚粘土层中含有少量铁锰结核和钙质结核。元谋人牙齿化石就是在该段第 25 层中取出的。这是以河流相为主的沉积。

元谋组下面是厚 107.9 米的龙川组,为冰碛-冰水堆积,残留在古冰窖中,它是本区最早的第四纪冰川遗迹,所代表的冰期叫龙川冰期。龙川组顶部由鲜红色风化壳和元谋组分隔开。

元谋组第一、二段是龙川—元谋间冰期的沉积,元谋组第三、四段是元谋冰期时的沉积。元谋—马头山间冰期的沉积物在元谋盆地还没有发现。

元谋运动后,进入马头山冰期,以马头山和马脖子山上的紫红色泥砾为代表。元谋城西的牛王山是龙川江第五级阶地,牛王山砾石层覆盖在残留的元谋组上,代表牛王山(马头山—中山)间冰期。

中山冰期的深红色泥砾在盆地中的岗丘上经常可以遇见,泥砾中有不少条痕石、压坑石、压裂石和大漂砾,突兀在龙川江东岸的这些岗丘,就是这次冰期终碛陇的遗迹。中山冰期后,气候转暖,进入月龙(中山—东山)间冰期,形成了月龙组,这些第四级阶地上的河流堆积物和冲沟堆积物上发育了红色铁质风化壳。

东山冰期是本区第五个冰期,它的遗迹在东山西坡保存较好,山上的冰窖中常有红棕色泥砾和块砾堆积,山麓和盆地里则遗存着厚 70 米的红棕色冰碛-冰水堆积。当进入四家村(东山—大理)间冰期以后,形成了龙川江第二、三级阶地和另一种冲沟堆积物,发育了棕黄色风化壳,在阶地堆积物中找到了打击石器。

大理冰期在元谋盆地及其周围没有见到直接证据,但在东山海拔 2300—2500 米的波状台面上,散布着一些小湖盆和小洼地,可能是这次冰期雪蚀作用的遗迹。龙街粉砂层、金沙江低阶地砾石层和龙川江埋藏阶地,似亦为这次冰期时形成的。

冰后期堆积了洪积层、泥石流层和河流冲积层,还发现有细石器和新石器。

二、标本采集和分布情况

元谋组地层总厚度约 700 米,共布置采样点 76 个。采样点的分布既考虑到岩性的适用情况,又照顾到一定的厚度间距,在整套地层的 28 个分层当中,凡属颗粒较细、胶结较好的,象粘土、亚粘土直至粉砂亚粘土,无论是厚层还是薄的夹层均布置了采样点,只要是岩性适用的基本上没有遗漏。同时,对巨厚层或比较密集的薄夹层又注意保持了一定的采样间距,通常在 10—15 米左右。每个采样点一般取标本 1 块,并在现场立即加工成 4×4×4 立方厘米的样品 4

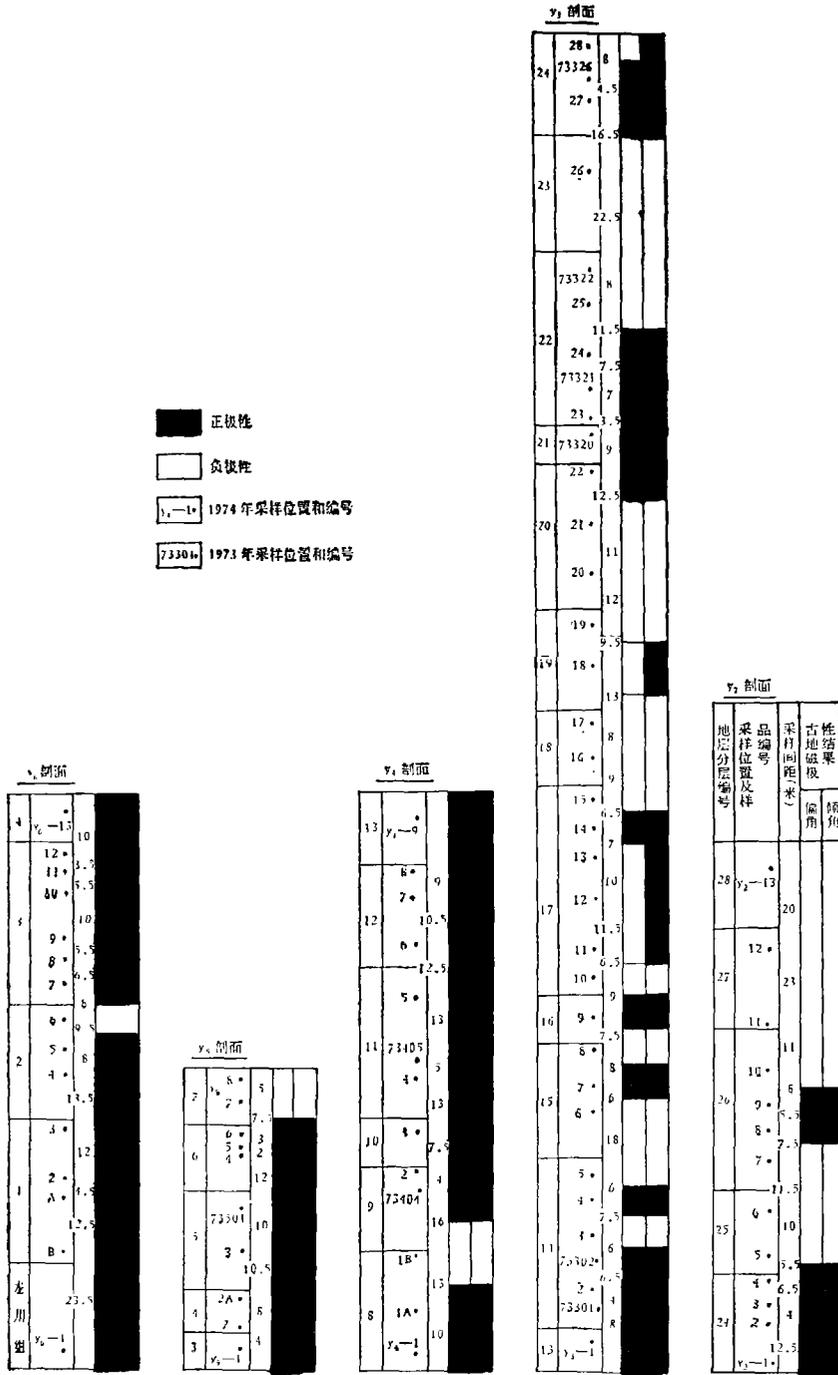


图 3 古地磁标本采样点分布与极性结果

块。标本采用自然方位法定向。即以水平面为立方体的顶面,以磁北方向为样品的标志方向。这样共采得样品 353 块。

整套地层从下到上由 5 条剖面相接而成。考虑到结果的连续性和便于对比,每相邻两条剖面的衔接处都有一定的重叠部分,重叠的一般都有 1—2 个采样间距的厚度。

最下一条剖面 y_6 , 从老鸦塘公路边元谋组底部开始直到东面小山包上,采标本 15 块。其中最下面一块 y_6-1 号标本已属元谋组之下的龙川组,取自位于其顶部红色风化壳下面约 50 米处。剖面 y_5 比较短,位于杨柳村砖瓦厂附近,采标本 9 块。剖面 y_4 和第 4 条剖面 y_3 是连接在一起的,西起红卫村附近的公路桥边,向东沿着大坡箐沟直到牛肩包下,两条剖面共采标本 39 块。剖面 y_2 , 从大那乌村北直到牛肩包顶,采标本 13 块。元谋直立人的两颗牙齿化石就发现于这条剖面的中段, y_2-5 、 y_2-6 两号标本就取自化石发掘点的附近。这一剖面的最上面一块标本已经位于元谋组的顶部。所以,5 条剖面接在一起已经包括了元谋组的全套地层。各采样点的详细分布情况及其在剖面中的具体位置标明在图 3 中。

三、实验处理和磁性测量

为了检验标本的磁稳定性,对标本抽样进行了现代磁场的“存放试验”。试验结果表明,标本的天然剩余磁化中含有不稳定成分,必须全部进行“磁清洗”。

由于设备条件所限,只进行了交变磁场中的“磁清洗”。根据样品的岩性不同选出 9 块作为代表,做逐步退磁试验,以选择清洗磁场的最佳强度值,结果选定以峰值 200 奥斯特的磁场对所有样品进行了磁清洗。清洗过程中,样品沿着两个互相垂直的轴在磁场中以一定速率旋转,以保证退磁的各向均匀性。

测量样品磁化所用的仪器是一台我国自制的无定向磁力仪,灵敏度为 3×10^{-8} 奥斯特/格。完全适用于测量象第四纪湖相沉积物这类磁性较弱的标本。

由于标本是用自然方位法定向采取的,因此,所测得的样品的磁化方向必须进行产状校正。校正后的数据直观表示在图 4a 中。

从图 4a 中可以看出,正磁化的样品磁化方向比较一致。反磁化的样品磁化方向比较分散,且倾角数值也比较小。考虑到样品在磁场存放试验中表现出的磁化方向变化较大的情况,我们认为这可能是由于反磁化的标本在原生磁化获得以后,在上百万年的正向磁场作用下,使原生磁化受到严重歪曲。而磁清洗处理对不同岩性的标本效果不同,因此对有些标本未能完全恢复其原生磁化的本来面目,致使反磁化标本的数据,不如正磁化的那样理想。

为了检验磁化测量结果的准确性,计算了相应的古地磁极位置。这里所说的古地磁极位置,指的是根据标本的磁化方向,所推算出来的岩石形成时地磁场的极,在现代地理坐标中的位置,以 $P(\Phi, \lambda)$ 表示, Φ 为纬度, λ 为经度。

推算古地磁极的位置可以由球面三角公式算出。即

$$\begin{aligned}\sin \Phi &= \sin \varphi \cdot \cos j + \cos \varphi \cdot \sin j \cdot \cos D, \\ \sin (\lambda - \lambda) &= \sin j \sin D / \cos \Phi,\end{aligned}$$

其中 φ 和 λ 为标本采集点的地理坐标, D 为计算所用标本的平均磁化偏角, j 与计算所用标本的平均磁化倾角 J 有关,

$$\cot j = 1/2 \tan J.$$

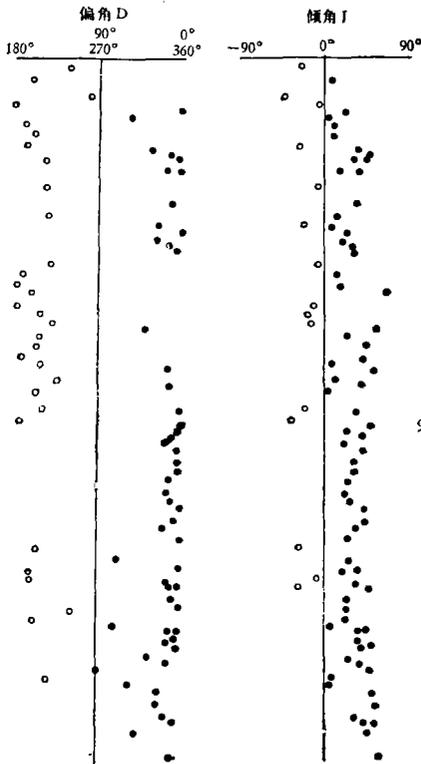


图 4a 元谋标本剩余磁化方向的变化

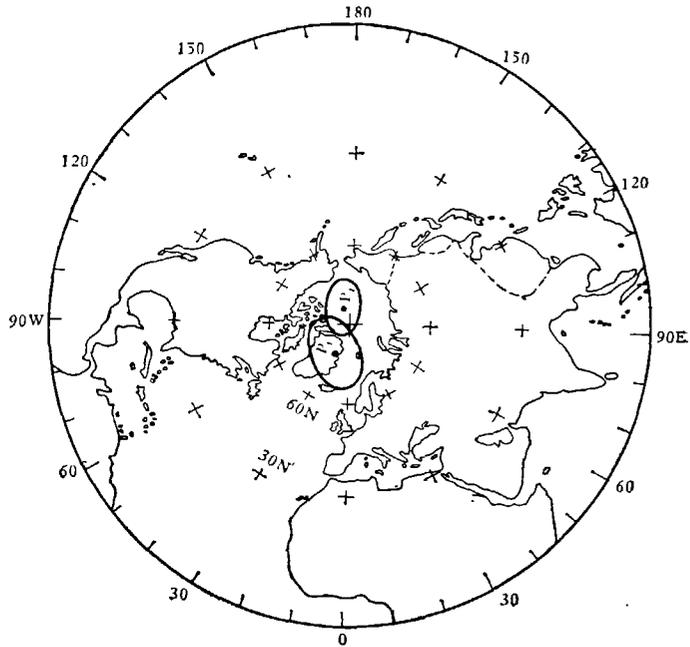


图 4b 古地磁极位置

就元谋盆地采样点而言, φ 为北纬 $25^{\circ}41'$, λ 为东经 $101^{\circ}53'$. 除由公式计算外, 古地磁极位置还可以利用武耳夫 (Wulff) 网直接求出.

对松山极性世中的正磁化标本, 极 P_1 位置为北纬 $78^{\circ}30'$, 西经 $22^{\circ}48'$. 信任角 α_1 为 $12^{\circ}36'$. 信任椭圆半径 $\delta P_1 = 8^{\circ}30'$, $\delta m_1 = 14^{\circ}42'$.

对高斯极性世中的正磁化标本, 极 P_2 位置为北纬 $82^{\circ}18'$, 西经 $154^{\circ}6'$. 信任角 α_2 为 $7^{\circ}42'$. 信任椭圆半径 $\delta P_2 = 6^{\circ}$, $\delta m_2 = 9^{\circ}36'$.

从图 4b 中可以看出, 结果是比较理想的, 两个极的位置不但都位于现代磁极附近, 而且两个信任椭圆互有重叠.

四、数据处理和根据极性对比确定地层年代

对测得的所有数据经过分析整理进行了极性分组, 并把极性结果按 5 条剖面对应于采样点的分布位置添入图 3 中. 从图中可以看出, 在各条剖面的重叠部分, 标本的极性结果也完全一致. 为了保持结果的真实性和客观性, 图 3 中使用了全部标本的数据, 未加任何舍弃. 在个别采样间距比较大的地方, 还填补了几块 1973 年所采标本的测定结果.

把 5 条分开的剖面连在一起, 接成图 5 中的极性序列. 从这个极性序列可以明显地看出: 整个序列可以在第 3 剖面的底部附近分成两段, y_3-3 号标本以上一段, 以负极性为主; y_3-2 号标本以下, 基本上为正极性的. 把这个序列和标准地磁极性年表相比较, 考虑到整套地层所代表的沉积年限, 把上面一段负极性的对应到松山倒转极性世, 下面一段正极性的对应到高斯正

极性世,而两个极性世之间的分界线则在 y_3-2 和 y_3-3 两号标本之间。从大的分段上看,这样对应无疑是正确的。

另外,在序列的上半段负极性的部分中还有几个时间较短的正极性区间,它们可能对应着松山倒转极性世中的几个正极性事件。其具体对应关系是这样处理的:

从上面第一个正极性区间看,如果将其对应到贾拉米洛(Jaramillo)正极性事件,那么它的下面应该有一段很长的倒转极性时期。但在元谋极性序列中,在第一个正极性区间与第二个正极性区间之间,或在第二个正极性区间之下,都没有一个足够长的倒转极性时期,可以与年表中贾拉米洛事件下面那一段倒转极性时期相对应。这样看来,第一个正极性区间对应贾拉米洛事件是不合适的。如果把第一和第二两个正极性区间对应到吉尔萨(Gilsa)正极性事件(对吉尔萨事件究竟应包含一段还是两段正极性时期,各种文献说法尚不统一,这里不去涉及这个问题,暂以现在所看到的用得比较多的说法为准)^[12-14],把序列中的第三和第四两个正极性区

段对应到奥尔都维(Olduvai)事件,这样看来比较合适。至于在元谋序列上半段中还有两三条较短的正极性区间在标准的极性年表中没有与其对应的事件,对于这一现象,可以有两种解释。第一种解释,所测得的这两三条正极性区间确实存在,它反映了在两个极性世交接带附近地磁场可能有过频繁的、较短暂的极性变化,但由于对它们的存在尚不肯定,因而未包含在标准极性年表中;另一种解释,这三个正极性区间并不存在,只是由于在两个极性世交接带附近,地磁场正处于极性转变的过程当中,它的强度较弱,方向也正在变化,没有最后稳定下来。因而那时形成的岩石标本的磁化,也就相对地强度较弱,方向较为紊乱。特别对于象第四纪湖相沉积物这类弱磁性标本来说,在一定的测量误差条件下,所测得的结果就可能较乱,不能代表当时地磁场变化的真实情况,这也是可能的。不论属于哪种情况,这些小区间只集中在分界线附近一个较短的范围内,并不影响整个序列的对比,因此暂不去详细讨论它。

在元谋序列的下半段正极性时期中,也有三条负极性区间,它们与年表中极性事件的对应关系,是这样处理的:把第一和第二两条负极性区间合成一段,对应于高斯正极性世中的凯纳(Kaena)负极性事件,第三条负极性区间对应到马莫斯(Mammoth)负极性事件。这样处理的原因,主要是觉得第一、第二两个区间本身都比较短,它们之间的正极性时期也比较短,把它们分开各对应一个事件似乎有些勉强。但是这样处理是否恰当尚难于肯定,有待进一步工作后再行调整。

按照上述对应关系,把元谋极性序列与标准极性年

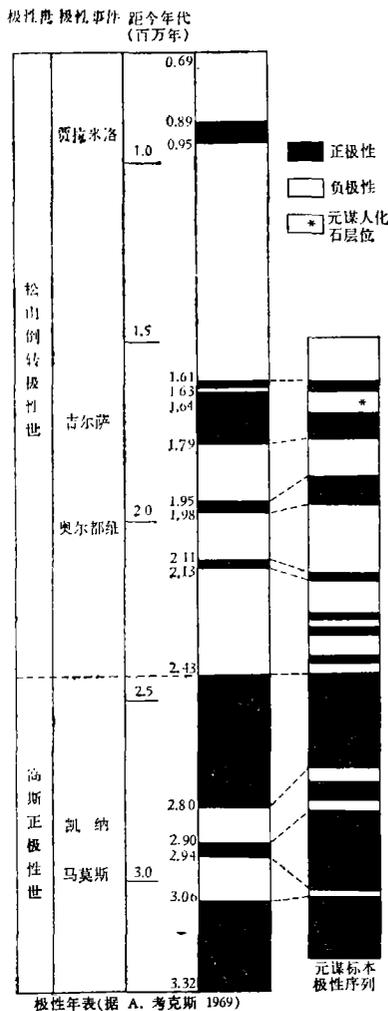


图5 元谋标本的极性结果与标准年代的对比

表并列在一起制成图 5。图 5 中整个元谋序列的具体位置是这样确定的: 先划出标准极性年表, 再把元谋序列上下两段的分界线对应划到松山和高斯两个极性世分界线 2.43 百万年处; 把上半个负极性序列中第一个正极性间段的上界对应划到吉尔萨事件的上界 1.61 百万年处, 以这两点做为控制点, 然后将其他各段, 依照地层厚度按比例地连接上去。

从图 5 上可以看出, 整套元谋组地层大致对应于 1.5 ± 0.1 百万年到 3.1 ± 0.1 百万年期间, 元谋人化石埋藏的层位则相当于 1.7 ± 0.1 百万年, 即吉尔萨事件(1.61—1.79 百万年) 范围内。

五、讨 论

用物理学方法对元谋组地层和元谋人化石的年代进行测定, 是初次尝试。所得结果和对元谋盆地第四纪地层、第四纪冰期, 以及所含各门类化石的研究结果是基本一致的。这说明古地磁测定的年代是可靠的, 现试从以下几方面进行论述。

1. 整套元谋组河湖相沉积物的厚度近 700 米, 已经半成岩了, 形成这样厚的地层, 没有足够长的时间是不可能的。一般认为湖相地层的沉积速率是 10—100 厘米/千年, 若按这个数字推算, 元谋组的形成需要 70—700 万年, 所以 150 万年的测定结果是可能的。

2. 元谋组中已经发掘到大量哺乳动物化石, 它们在地层中的分布情况如图 2 所示。经过对元谋组哺乳动物化石的对比研究, 目前已鉴定出 6 个目, 18 个科, 29 个属, 能订到种名的有 26 种。这 26 个种再加上绝灭属的另 4 个未定种共 30 种动物中, 现已灭绝的有 26 种, 占 86.7%。在这批绝种动物中有: 剑齿虎 (*Megaterium nihowanensis*)、爪蹄兽 (*Nestoritherium* sp.)、始柱角鹿 (*Eostyloceros lungchewensis* sp. nov.)、枝角鹿 (*Cervoceros ultimus* sp. nov.)、原始麝 (*Procapreolus stenosis* sp. nov.)、麝后鹿 (*Metacervulus capreolinus*)、湖鹿 (*Muntiacus lacustris*)、矮小鹿 (*Muntiacus nanus*)、细鹿 (*Metacervulus attenuatus*) 等 9 种是第三纪的残存种。此外, 元谋组动物群中还有代表着早更新世的典型种类有: 桑氏鬣狗 (*Hyaena licent*)、元谋狼 (*Canis yuanmouensis*)、大河狸 (*Trogontherium* sp.)、云南马 (*Equus yunnanensis*)、山西轴鹿 (*Axis shansius*)、粗面轴鹿 (*Axis* cf. *rugosus*)、斯氏鹿 (*Cervus* [*Rusa*] *stehline*)、昭通剑齿象 (*Stegodon zhotungensis*)、元谋剑齿象 (*Stegodon yuanmoensis*)、类象剑齿象 (*Stegodon elaphantoides*) 等, 元谋组动物群中包含着这样多的第三纪残存种, 以及可与泥河湾动物群相比的种类, 表明元谋人的生存时代显然不会晚于早更新世, 而且可能比泥河湾动物群的时代还早些, 而从元谋组第一段中出现的昭通剑齿象、类象剑齿象和牛类化石, 又说明了元谋组的时代不会早到上新世。

元谋组第 20 层和第 21 层的介形类, 生活的地质时代比较长。其中, 柯氏土星介 (*Ilyocypris cornae* Mandelstam) 开始于渐新世, 纯结小玻璃介 (*Candoniella albicans* [Brady]) 开始于中新世, 它们主要生活在上新世和更新世初期。其他各属在上新世—更新世地层中经常可以见到。

软体动物化石在地层中发现很多, 它们生活的地质时代也比较长, 其中雅致短沟蜆 (*Semisulcospira elegans* Lee) 是陕西蓝田三门组中新发现过的种, 该地软体化石层之上曾发现过师氏剑齿象和三门马化石^[4]。看来, 元谋组是可以同三门组对比的。

对元谋人牙齿化石本身进行详细对比研究表明¹⁾, 它的形态与猿类、巨猿、南猿及后期人类的同类牙齿均有显著区别, 而与北京人基本接近, 但还有一定差异。元谋人上中门齿与北京人

1) 周国兴、胡承志, 元谋人牙齿化石的再研究, 1976(尚未发表)。

所不同处,其中有的比较接近纤细种南猿,有的则反映了与猿类相近,按现有材料对比研究表明,元谋人上中门齿基本属于直立人型,是我国南方迄今已发现的早期类型直立人代表,形态上与北京人的不同处,反映了他们的原始性和具有从纤细种南猿向直立人过渡的特点。

因此从元谋人牙齿化石本身的研究也表明了他们的生存时代应早于蓝田人和北京人。

3. 对元谋组中的孢子花粉进行了分析和研究,综合起来有以下规律:

元谋组第二段中有大量亚热带孢子花粉,如水松属 (*Glyptostrobus*)、杨梅属 (*Myrica*)、山核桃科 (*Carya*)、胡榛属 (*Ostryopsis*)、枫香属 (*Liquidambar*)、大戟科 (*Euphorbiaceae*)、栲属 (*Castanopsis*)、芸香科 (*Rutaceae*) 和木兰科 (*Magnoliaceae*) 等。还有不少热带成分,如露兜树科 (*Pandanaceae*)、檀香科的两个属 (檀香属 *Santalum* 和 *Exocarpus*) 和热带雨林中的树蕨——桫欏属 (*Cyathea*)、蚌壳蕨属 (*Dicksonia*) 和金毛狗属 (*Cibotium*) 等。还有一部分第三纪残留成分,如雪松属 (*Cedrus*)、罗汉松属 (*Dadocarpus*)、银杏属 (*Gingko*)、银杉属 (*Cathaya*) 等。尚有不少水生植物和沼生植物的孢子。但到第三段的底部和下部,即 450 米左右的层位中,孢子花粉非常贫乏,反映了气候急剧变冷,植被遭到破坏的情景。自 450 米左右向上,植被重新恢复,然而不少热带和亚热带成分,如露兜树属、檀香科的两个属、山核桃科和胡榛属等都消失了,另一些热带和亚热带植物以及第三纪残留种属,如银杏属、雪松属、罗汉松属、芸香属、蚌壳蕨属和桫欏属显著地减少了,水生植物也大量消亡。相反地,却出现了一些新的分子,它们有落叶松 (*Larix*)、紫杉 (*Taxus*)、松属 (*Pinus*)、桦科 (*Betulaceae*)、榆属 (*Ulmus*) 和椴属 (*Fraxinus*) 等。说明气温回升后还是比较凉爽,呈现温带针阔混交林的自然景观。

第四段中,孢粉不但数量少,而且成分单调。如第 25 层,即元谋人化石层的孢粉组合中,草本植物占 40%,松属占 33.3%,栎木属占 13%。说明了当时气温还在继续下降,这可能是元谋冰期中的气候又一次波动。

元谋组中的植被演替规律,反映了元谋组沉积过程中气候有过数次变迁。从龙川组形成时的冰期气候到元谋组沉积初期的亚热带气候,再过渡到元谋组沉积中期的寒冷气候,然后转为元谋组沉积后期的温带气候,最后是凉爽的草原气候,这就需要很长的时间。

4. 在元谋盆地厚约 1000 多米的各种成因的第四纪堆积中(表 1),可直接看到四次冰期的冰川遗迹及二次冰期(元谋冰期、大理冰期)时、寒冷气候下的堆积物。其中,包括元谋组底下我国第四纪最早一次冰期-龙川冰期的冰碛-冰水堆积。在元谋组上面还不整合地覆盖着其它四次冰期和三次间冰期的堆积物^[1]。这些堆积物的形成也需要一个较长的时间。因此,从第四纪地层和冰期角度上分析,元谋组应是第四纪早期形成的地层,它的第一、二段是在龙川一元谋间冰期时形成的,第三、四段是在元谋冰期时形成的。

5. 元谋组形成以后,曾经发生过强烈的地壳变动——元谋运动。同这次变动相当的构造运动在我国许多第四纪沉积盆地中都有显示,河北阳原盆地、怀来盆地的泥河湾组,黄河三门峡地区的三门组,青藏公路昆仑山垭口附近的羌塘组,四川省渡口、会理一带的昔格达组,贵州省施秉的下翁哨组,湖南省洞庭湖东边的汨罗组和湖北省荆门地区的辍刀石组,都有构造变动的痕迹。

6. 元谋组构成的现代地貌类型,显然是受到长期的、强烈的侵蚀和剥蚀才形成的,它不但是龙川江各级阶地的基座,而且还残留在山梁上,深埋在地面下。由于它的存在使得龙川江及其支流切入坚硬的基岩,形成许多叠置河谷段。这也说明元谋组形成时代是很早的。

在整个研究工作过程中,始终是在地质力学研究所党委及地方党组织领导下进行的,并得到当地贫下中农的帮助和大力支持。在对标本进行磁性测量过程中,又得到华北地质研究所、中国科学院青岛海洋研究所、南海研究所等有关同志的帮助。当得出初步结论后,又和中国科学院古脊椎动物与古人类研究所及地质博物馆有关同志进行了讨论,他们又提供了哺乳动物化石名单,使这一科研成果更加完善。这是无产阶级文化大革命以来,大搞群众运动,开门办科研所取得的丰硕成果,也是对邓小平鼓吹的“今不如昔”、“科研落后”等奇谈怪论的有力批判。

参 考 资 料

- [1] 卞美年,中国地质学会志, **20** (1940), 1, 23—32.
- [2] 裴文中,古脊椎动物与古人类, **3** (1961), 1, 16—31.
- [3] 周明镇,古脊椎动物与古人类, **3** (1961), 2, 164—167.
- [4] 李运通,陕西兰田新生界现场会议论文集,科学出版社, 1966, 225—243.
- [5] 胡承志,地质学报, 1973, 1, 65—71.
- [6] 龙玉柱,祁国琴,古脊椎动物与古人类, **11** (1973), 1, 66—80.
- [7] 钱方、浦庆余、袁振新、张兴永,中国第四纪冰川地质文集,地质出版社, 1976, 55—81.
- [8] Granger, W., *Natural History of Central Asia*, **1** (1932).
- [9] Teilhand de Chardin P., personal communication, 1938.
- [10] Colbert, E. H., *Amer Mus. Novitates*, 1940, No. 1099.
- [11] Colbert, E. H., *Trans. Amer. Phil. Soc. N. S.*, **32** (1943).
- [12] Cox, A., *Science*, **163** (1969), 237—245.
- [13] Watkins, N. D., *Geological Society of America Bulletin*, **83** (1972), 3, 551—574.
- [14] Grommé, C. S. & Hay, R. L., *Earth Planet, Sci, Letters*, **10** (1971), 1, 79—85.