

元谋人的时代

钱 方

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘 要: 近 40 年来, 笔者运用了如下方法对元谋人的时代做了进一步研究: ①对元谋人年代的测定, 采用了古地磁地层法、裂变径迹法、ESR 法和氨基酸法; ②从元谋动物群来确定元谋人时代; ③从元谋地区地貌角度来讨论元谋人时代; ④从新构造运动来讨论元谋人时代; ⑤从元谋盆地第四纪地层来确定元谋人时代; ⑥从元谋人牙齿, 胫骨来讨论元谋人时代。最后得出元谋人时代为早更新世, 距今 170 万年。

关键词: 元谋人; 年代测定; 年代地层学; 地貌年代; 新构造运动

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

0 前言

云南元谋盆地第四纪研究已有 80 年历史, 元谋人发现距今 40 年。自 1926 年冬到 1927 年春, 美国自然博物馆纳尔逊在元谋盆地, 龙街发现新石器时代遗址开始, 科学家对元谋盆地哺乳动物群先后有过不同程度的研究^[1-6]。

1965 年地矿部地质科学院钱方、赵国光、浦庆余和王德山等四人, 到元谋盆地对“元谋层”进行了研究, 实测了元谋组剖面, 在采集化石时发现了二颗浅灰白色的, 石化程度很深的原始人类一对门齿化石^[7]。经中国地质博物馆胡承志教授初步鉴定认为基本形态可与北京人同类牙齿相比较, 但是还有一些不同的地方, 故被定为直立人种中的一个种, 以发现这一化石产地元谋县命名, 定名为直立人元谋种 (*Homo* (*Sinanthropus*) *erectus yuanmouensis*), 简称元谋直立人或“元谋人”, 元谋猿人^[8]。这是我国首次发现的早更新世古人类化石。

1 元谋人年代的研究

对元谋人年代的测定, 笔者在国家自然科学基金和地质行业科学技术发展基金联合资助下, 在对“元谋第四纪地质与古人类”研究课题中, 采用了古地磁地层法, 裂变径迹法, 电子自旋共振法和氨基酸法等四种方法进行了研究。由于发现的元谋人化石极少, 不可能用元谋人化石标本直接测年, 所以采用了间接测年的方法, 即用磁性柱的对比, 对元谋组地层进行系统的磁性地层研究, 得出含元谋人化石层位的年代, 即元谋人年代。另一种方法, 是对

含元谋人地层中的其它哺乳动物化石或矿物进行测年,再通过上、下层位厚度沉积时间校正后,得出元谋人年代。同时又采用其它方法进一步印证了这一结果的可信度。

1.1 磁性地层研究

元谋组磁性地层研究开始于1973年,当时国内外均没有对河湖相地层,进行磁性地层研究先例。作为探索性研究,首先由钱方、浦庆余在老鸦塘—牛肩包元谋组中采集了十几块样品,带回北京,在地质力学所十三陵古地磁实验室,由李普、马醒华进行测试。测试结果表明,更新世湖相地层有明显的磁极性变化,可以进行磁性地层研究。1974年,钱方、马醒华和邢历生,再次到元谋系统地采元谋组古地磁样。1976年,首次用古地磁方法测出元谋人年代为 170 ± 10 万年^[9]。1985年,作者重新对元谋组第四段系统采样时,布置了33个采样点^[12]。1991年再次布置了采样点178个,对样品进行磁清洗。同时清洗方式又进行了改进,由在交变磁场中磁清洗,改为系统热退磁。样品测量由无定向磁力仪,改为英国DIGICO磁通门磁力仪,或英国(Minispin)旋转磁力仪测定,少数标本在北京大学地球物理系的超导磁力仪上测定。所测结果验证了1976年得出的元谋人年代的结果。同时,与程国良^[10]和江能人^[11]得出的元谋人生存年代基本一致。

根据当时极性年表,得出了元谋组地层大致为距今1.33~3.40Ma间的沉积,历时200多万年。元谋组各段的年代为:第四段为距今133~187万年(为奥都维事件底部);第三段为距今187~250万年(为松山—高斯界线);第二段为250~300万年(相当于凯纳事件底部);第一段为300~340万年(大致在高斯世底部或吉尔伯特顶部),含元谋组化石层位(在元谋组第二十五层中),位于松山世中的吉尔萨事件和奥尔都维事件间。据此,元谋人的年代应介于这两个事件的上、下年限之间,在当时极性表上为距今167~187万年,所以元谋人的年代,在167~187万年之间。过去将元谋人年代定为 170 ± 10 万年(当时极性年表为161~179万年),这与我们的研究结果相吻合。

张宗祜、罗宝信等^[13]对元谋盆地中南面,茂易—马头山剖面(厚597.4m),相当元谋组的地层和牛肩包元谋组第四段剖面也进行了系统的磁性地层研究,得出元谋人的年代也在奥尔都维事件附近,与上述的结果完全一致。

综上所述,用古地磁方法对元谋人年代的研究,虽然不同时期、不同单位、采用不同的测试仪器,但是得出的结果却非常一致,说明了元谋人年代,确定在距今 170 ± 10 万年是完全正确的。

1.2 裂变径迹测年(FTD)

利用元谋盆地元谋组中的石膏晶体所记录的U238自发裂变径迹测定地质年代,是研究元谋组年代的一种新手段。裂变径迹测年由兰州大学的张虎才和陈怀录教授^[12]完成,首次对元谋组用裂变径迹法测定年代,样品为石膏晶体,分别采自元谋盆地三个地点及元谋组不同的层位中。其中有:①白泥湾元谋东山断裂带西侧元谋组第四段中部附近;②大坡箐沟元谋组第三段15层底部的白色砂层中;③沙沟村西南,元谋组第一、第二段(即前人称为的沙沟组),灰黑色泥岩,泥炭层中,在该剖面的上部和中部取二块石膏晶体样,二块样品间距约15m。此外,在其它一些地方也采集了一些样品。

由于样品本身含U量低,给测试带来了困难,经过多次反复试验,有的样品测试了几次,得出了上述四个样品中的五个石膏晶体裂变径迹测年数据。

经上述过程统计出样品各自的自发裂变径迹密度和诱发裂变径迹密度后,用下列公式进行年代和误差计算:

$$T(\text{年代}) = 1/\lambda f \cdot \rho s/\rho i \cdot I \cdot \delta \cdot \Phi \cdot \epsilon$$

白泥湾元谋组第四段样品中的自发裂变径迹密度为 $1.35 \cdot 10^2$ (条/cm²)，诱发裂变径迹密度为 69300 条/cm²，代入公式后得出该样品年代为 172 ± 17 万年。这一数据也印证了用古地磁方法测定出元谋人年代为 170 ± 10 万年是正确的。大坡箐沟元谋组第三段第十五层中两块石膏晶体，分别测出年代为 192 ± 19 万年和 210 ± 20 万年。在沙沟村西南剖面，上部石膏晶体裂变径迹年代为 259 ± 25 万年，中部标本年代为 297 ± 28 万年。

1.3 电子自旋共振 (ESR) 测年

电子自旋共振 (ESR) 用于测年已有三十年历史，而用来测定哺乳动物牙齿化石起步较晚，实例更少。用来测试的样品为一颗鹿牙珐琅，鹿牙出自元谋组第四段第 26 层中部（编号为 87006），高出元谋人牙齿化石层位约 25m。ESR 测年是由北京大学考古系原思训和中国科学院生物物理研究所邢如莲等人^[12]完成的。在实验室中对标本进行清洗，制备并在电子自旋共振仪上测 ESR 谱和有关数据，同时通过分析样品及样品出土部位周围物质中的放射性物质含量等分析数据，最后得出鹿牙珐琅的 ESR 年龄为距今 131 万年。考虑到元谋人牙齿层位比鹿牙化石层位要低 20 多米，所以元谋人年代推测大于 140 万年，比鹿牙要早。这一结果与古地磁，裂变径迹测年数据相比略小。而且 ESR 法鹿牙化石测年是在试验阶段，所以笔者认为这一结果，对于元谋人年代为距今 170 ± 10 万年的数据是可以接受的。黄培华^[14]也用 ESR 法对元谋人年代进行测定，得出元谋人年代为 150 ~ 160 万年。

1.4 氨基酸测年

用氨基酸外消旋测年法，对“元谋人”所在地层中伴生的动物化石进行了测定。研究的标本来自元谋组第四段含“元谋人”层位的第二十五层及其上的第二十六层，为鹿牙化石，标本编号为 87003，和猪牙化石，标本编号为 87004。

标本氨基酸测年由国土资源部天津地质矿产研究所吴佩珠^[12]完成，所测标本经处理后，在美国 HP5890A 型气相色谱仪及 HP3392A 型积分仪上测定，并进行年龄计算，最后得出元谋组中鹿牙化石年龄，大约距今 154 万年。其结果与用古地磁测年结果相近。历年不同的测定者，用不同的方法，对元谋人年代测定的数据参见表 1。

虽然近年来已将松山世奥尔都维事件和吉尔萨事件合在一起，其年代定为距今 176 ~ 191 万年，但从上表可以看出，我们将元谋人年代定为距今 170 ± 10 万年是合理的，并且有科学依据。

2 从元谋动物群确定元谋人年代

过去，笔者将元谋动物群的范围包括元谋组一至四段化石种类，化石分布在约 673.6m 厚的地层中，时代定为早更新世，年代为距今 3.4 ~ 1.31Ma 之间。随着野外工作的深入开展，在元谋组下部第一，二段中找到了更多的化石，如低冠竹鼠，法氏大水獭，进步脊棱齿象，类象剑齿象等，于是将元谋组下部动物群（沙沟动物群）与上部动物群（元谋动物群）分开。其分界线大致在高斯与松山界线附近，距今约 260 万年（新年表）。本文所论元谋动物群即为元谋组第三，四段动物化石，主要依据林一朴和潘悦容等^[15]提供的化石名单进行了研究。

表 1 元谋人年代
Table 1 Yuanmou Man's age

年代测定者	测定时间	测定方法	元谋组第四段层位	年代 (万年)
李普等	1976	古地磁	第 25 层	170 ± 10
程国良等	1977	古地磁	第 25 层	163 ~ 164
梁其中等	1989	古地磁	第 25 层	167 ~ 175
钱方	1991	古地磁	第 25 层	167 ~ 187
李虎才等	1991	裂变径迹	第四段	172 ± 17
原思训等	1991	ESR	第 25 层	> 140
吴佩珠	1991	氨基酸	第 25 层	153
张宗祜等	1994	古地磁	第 25 层	162 ~ 191
黄培华等	1998	ESR	第 25 层	150 ~ 160

元谋动物群

灵长目：元谋人 (*Homo erectus yuanmouensis*)

兔形目：复齿鼠兔 (*Ochotonoides complicidens*)

啮齿目：竹鼠 (*Rhizomys* sp.), 田鼠 (*Microtus* sp.), 水 (*Arvicola* sp.), 毫猪 (*Hystrix, subcristata*)。

食肉目：元谋狼 (*Canis yuanmouensis*), 鸡骨山狐 (*Vulpes cf. chikushanensis*), 化石小灵猫 (*Viverricula malaccensis fossilis*), 桑氏鬣狗 (*Hyaena licenti*), 鬣狗 (*Hyaena* sp.), 泥河湾剑齿虎 (*Megantereon cf. nihowanensis*), 虎 (*Panthera tigris*), 豹 (*Panthera pardus*), 猎豹 (*Cynailurus* sp.), 猫 (*Felis* sp.)。

长鼻目：类象剑齿象 (*Stegodon elephantoides*), 剑齿象 (*Stegodon* sp.)。

奇蹄目：云南马 (*Equus yunnanensis*), 爪蹄兽 (*Nestoritherium* sp.), 中国犀 (*Rhinoceros sinensis*), 犀 (*Rhinoceros* sp.)

偶蹄目：野猪 (*Sus scrofa*), 猪 (*Sus* sp.), 龙川始柱角鹿 (*Eostyllocerus longchuanensis*), 孢后鹿 (*Metacervulus capreolus*), 细鹿 (*Paracervulus attenuatus*), 湖鹿 (*Muntiacus lacustris*), 最后枝角鹿 (*Cervocerus ultimus*), 粗面轴鹿 (*Axis cf. rugosus*), 山西轴鹿 (*Axis shansius*), 云南水鹿 (*Rusa uannanensis*), 水鹿 (*Rusa* sp.), 斯氏鹿 (*Cervus (Rusa) stehlini*), 鹿 (*Cervus* sp.), 纤细原始孢 (*Pracapreolus stenosis*), 牛 (*Bos* sp.), 牛 (*Bibos* sp.), 羚羊 (*Gazella* sp.)。

元谋动物群有如下特点：

(1) 动物群中的第三纪残余种较多，有泥河湾剑齿虎，爪蹄兽，孢后鹿，细鹿，湖鹿，龙川始柱角鹿，最后枝角鹿，纤细原始孢。这些残余种，均出土于元谋组第四段，含元谋人化石的第 25 层及其上的 26, 27 层中，并且在 38 种哺乳动物中，绝灭种占 92%。

(2) 动物群中有早更新世的代表种：元谋狼，桑氏鬣狗，类象剑齿象，山西轴鹿，粗面轴鹿，云南水鹿，云南马。其中云南马数量最多，是过去用于确定元谋组时代的标准化石。

(3) 在动物群中，缺少中国南方中更新世，大熊猫—剑齿象动物群中的典型种类，如大熊猫，獾，中国熊，猩猩和猕猴等。

(4) 元谋的鹿类中至少有始柱角鹿，孢后鹿，细鹿，湖鹿，最后枝角鹿等个体较小的鹿

类和山西轴鹿,水鹿等7种能与上新世早更新世的山西榆社组的鹿类化石作比较。在一些鹿类的上,下臼齿上残留有新第三纪鹿类臼齿上的古鹿褶,也有类似爪哇早更新世的斯氏鹿和轴鹿。

(5)除云南马外,长鼻类如类象剑齿象,也能够与缅甸上伊洛瓦底的象类相对比。

根据上述元谋动物群的特点,完全可以确定元谋动物群时代为早更新世。其中,元谋动物群中的鹿类等与北方山西榆社动物群中的第Ⅱ带(张村组)和第Ⅲ带(楼则峪组)极为相似,可以认为元谋动物群的时代是早更新世的早、中期,所以元谋人的时代也应定为早更新世的早、中期;但是考虑到含元谋人化石在元谋组第四段第二十五层中,其时代定为早更新世的中期更为合适,这与前人研究结果是一致的。

3 从元谋地区地貌角度来讨论元谋人时代

元谋盆地周围被山地环绕,形成一个封闭的山间盆地。盆地周边的古夷平面是属于云南高原古夷平面的一部分,其形成经历了一段漫长的地质时期。自喜马拉雅运动第一幕后,从始新世—中新世时形成了一个统一的夷平面,在夷平面上发育了古风化壳和峰林,石林等岩溶地貌。该夷平面的总趋势是由西北向东南逐渐降低。自喜马拉雅运动第二幕后,随着青藏高原的隆升,古夷平面也开始大面积抬升成为高原面。

由于云南古夷平面的抬升受青藏高原断块差异运动影响具有掀升性,所以这一山顶夷平面也是自北西向南东倾斜,呈阶梯状下降:藏北地区为5000m,滇北德钦、川西理塘为4500m,宁蒗为3500m,昆明、武定、元谋和大姚为2600m左右。同时,夷平面下的山麓地带局部有剥夷面分布。元谋盆地周围为中山,东以东山为屏,最高峰大营盘山高2835.9m,东山一般峰顶海拔为2600~2700m,组成了本区最高一级夷平面。这级夷平面断陷到元谋盆地中或为1300m左右的基岩岗丘。此外,在元谋盆地东、西两侧的山坡上,还存在有三级剥夷面。

本区夷平面和剥夷面的高度和数目,与盆地中的新近纪晚期盆地中的沉积有关。即被断陷到元谋盆地内的夷平面上,沉积物时代,将不会早于中新世。

元谋盆地周围被山地环绕,形成一个山间盆地。龙川江自北向南,由2600多米的云南高原面上强烈下切,形成一系列峡谷,嶂谷,急滩,总高差达1000m以上,到元谋尹地附近流入盆地。龙川江注入盆地后,水流蜿蜒曲折,在盆地北端穿过朱布—鱼洗峡谷和蜻蛉河汇合后流入金沙江。通过对元谋盆地中龙川江河谷地貌研究得知,龙川江是条叠置河。在盆地中河谷和沟谷的下切,最先从元谋组开始,组成龙川江河床底的是元谋组。龙川江在元谋盆地内发育有六级阶地,其中最高阶地(即第六级阶地),在龙川江茂易—凤仪村峡谷段东侧的牛王山和茂易山上最典型。阶地海拔为1310~1340m,高出江面250~280m,为基座阶地。中更新统牛王山组不整合在元谋组或昆阳群大理岩之上。

在牛王山上,牛王山组下部砾石层厚1~2m。砾石成分以石英岩,石英砂岩为主,还有砂岩,花岗岩,大理岩,片岩等。砂岩砾石已全部风化,石英岩和石英砂岩风化较深,说明其时代较早。砾石呈扁平或次圆状,磨圆较好。粒径一般为5~15cm,大的有30cm。茂易山上的砾石粒径较大,一般为30~50cm,且磨圆好,散布在1340m的阶地地面上,是典型的河床急流相堆积。牛王山组上部为紫红色粉砂土层。在盆地北面德大附近的龙川江支流永定河东侧,也有相当于牛王山组的六级阶地堆积物,下部为紫红色砾石层,厚为2~6.5m,上部

为褐红色亚粘土层，厚为 1.5m。在牛王山组顶部常可见到发育了厚约 1m 左右的紫红色红土层风化壳。该层红土风化壳的时代不会晚于中更新世。

从地貌上研究，结合阶地堆积物和红土风化壳的特征，龙川江第六级阶地形成时代，为中更新世早期，阶地的部分基座为元谋组地层，所以可以推论，元谋组的时代不会晚于中更新世，也不会早于中新世早期，同时考虑到在元谋组以下还有几百米厚的中—上新世小河组沉积，所以将元谋组的时代定在早更新世，而元谋人的时代为早更新世中期。

4 从新构造运动来讨论元谋人的年代

元谋盆地在新构造运动期间有过多期运动。自中新世来，上新世初盆地开始断陷接受沉积后，在距今 4.00 Ma B.P. 前后又发生了一次构造运动，造成了上新世小河组地层和元谋组之间的不整合，有的地方表现为沉积间断形成鲜红色的古风化壳。如在老雅塘中的上新世龙川组上部的古风化壳厚达 7.2m。在这次新构造运动后，元谋盆地继续发生断陷，不过断陷的中心由西逐渐向东移动，形成了元谋组 1~4 段厚 673.6m 的一套以河湖相为主的连续沉积。

元谋盆地中早更新世元谋组沉积结束后不久，在云南元谋和四川西昌等地区发生了一次强烈的地壳运动，笔者命名为元谋运动^[16]。元谋运动主要表现为元谋东山断层复活抬升，并发生左旋压扭滑动构造，使东山中生代红层逆推到元谋组上，元谋组发生倾斜，褶皱和断裂。据区域地层对比和磁性地层研究，元谋运动发生的时间应在元谋组，昔格达组（距今约 310~200 万年）沉积以后，在四川西昌大箐梁子组（距今约 120~40 万年）^[17]，理塘甲洼组（距今约 120~43 万年）之前^[18]，大约为距今 130 ± 10 万年。元谋运动不仅在云南，四川表现强烈，在西藏、青海、新疆、甘肃和陕西等地也有强烈反映，它可能相当任纪舜等^[19]称为的晚喜马拉雅旋回的喜马拉雅运动第三幕（距今 150 ± 50 万年）。元谋运动后，元谋盆地中还发生多次抬升，中、晚更新世地层变形、断裂和不整合等构造运动，但这与元谋组的时代关系不大。

元谋组地层的形成时间，是在元谋盆地中新世末发生断层，到元谋运动结束之间。这二次构造运动的时代大致为距今 400 万年左右和 130 ± 10 万年。所以元谋组的时代应当在这二次构造运动之间。元谋人的层位是位于元谋组第四段的下部，如按这二次构造运动时间相隔 270 万年估算，那么元谋组每段沉积时间约为 67 万年，则元谋组第四段年代应距今为 197~130 万年。所以将元谋人的年代，推理和解释在距今 170 ± 10 万年是合理的，亦是正确的。

5 从元谋盆地第四纪地层及元谋组沉积特征来确定元谋人时代

在元谋盆地厚约 1000 多米的各种成因的第四纪堆积中（表 2），可直接看到有三期不同时代的冰碛物不整合地复盖在元谋组上面。它们是：马头山冰期的紫红色泥砾层，中山冰期的深红色泥砾层和东山冰期的红棕色冰碛层。这三次冰期可与中国东部的鄱阳冰期、大姑冰期和庐山冰期对比。在元谋盆地北面龙街附近金沙江畔，还堆积有一套厚约 5m 龙街粉砂层，对龙街粉砂层自上向下 37.8m 处，深灰色粉砂质粘土，用全有机质作 ^{14}C 年龄测定，为 $28580 \pm$ 年。另外，在 43.6m 和 52.1m 处的灰黑色粘土层，采得 ^{14}C 年龄样各一块，经中国社

铁质风化壳，棕红色铁质风化壳和黄棕色风化壳，其时代分别为中更新世，晚更新世和全新世。同时，元谋组也组成了龙川江1~6级阶地的基座，阶地的形成也需要较长的时间。

综上所述，从元谋盆地第四纪地层及元谋组沉积特征的研究，也可确定元谋人的时代为早更新世。

6 从元谋人牙齿和胫骨的研究来讨论元谋人时代

通过元谋人门齿化石的研究^[13]，得出元谋人上内侧门齿形态的特点：

(1) 这两颗牙齿化石可能代表一个青年男性个体。

(2) 牙齿粗硕，齿冠尤甚。

(3) 齿冠唇面较平扁。

(4) 底结节发达，呈含丘状隆起，占舌面的1/2，其游离缘分出三条分离的指状突，近中侧一条构成中脊，居面中央。

(5) 舌面具发达的铲形舌窝，且为正中脊分隔为左右两半舌面内面多釉质褶皱，两侧缘脊明显皱起，远中缘脊较发达，其内缘与底结节之间因有小切迹间断而不相接续。

(6) 齿根颈部横切面呈椭圆形，唇—舌方面较扁，两侧颈线有较大的弯曲度，近中侧的弯曲明显大于远中侧。

将元谋人门牙与北京人、禄丰古猿、元谋古猿、南猿及更新世的人形超科，上内侧门齿形态对比和研究，表明了元谋人上内侧门齿基本是直立人型的，是我国南方迄今已发现的早期类型直立人代表。

胡承志^[8]在研究元谋人指出，元谋人的上，中门齿，在尺寸，齿冠基部肿厚程度，底结节强烈凸起，指状突与缘嵴及明显的铲形舌窝等特点上与北京人相近，故他们多属于直立人类型。因而将元谋人定为直立人种的一个新亚种。元谋人上中门齿形态上与北京人的不同处，如标本唇面较平扁，甚至出现小的低陷区；元谋人的远中缘嵴较北京人为发达，且内缘与底结节不直接相续，而为一小切迹所间断等。这反映了他们的原始性和可能具有较多接近猿类和南猿类的特征，同时也反映了，可能具有从纤细南猿向直立人过渡的特点。

周国兴^[20]在对元谋人上中门齿与南猿、禄丰古猿、元谋古猿对比研究后，认为他们既有区别，亦有相近之处，总之差异较大。他们相似之处想必来自推测中的人与猿的共同祖先。不同之处反映了元谋人较南猿、禄丰古猿、元谋古猿更进步，基本是直立人类型，时代较新。

对元谋出土的元谋人胫骨化石，经周国兴^[20]研究，有如下形态特点：①胫骨明显为扁胫型；②骨干前缘明显圆钝，S型弯曲极弱；③有浅显的骨间嵴；④内缘中部1/3段处，内面与后面相接呈直角转折；⑤骨干后面有明显的腓肠肌隆起，腓线发育，且有纵脊隆起，将骨干后面分为内外两半，内半侧骨面窄而外半侧宽；⑥骨干的骨壁较厚，髓腔相对较小。

将该段胫骨与非洲奥尔都维峡谷南猿，图尔卡纳湖东岸“能人型”标本(ER~1481)和现代人胫骨比较，元谋人胫骨带有较多的接近能人的原始特点，而元谋人胫骨与现代人有明显区别。

对元谋人牙齿及胫骨研究的成果，表明了元谋人要比北京人时代早。他比较接近能人，但是还是直立人，时代比能人略晚。所以元谋人时代，应介于北京人与能人之间，属于早更新世。通过综合研究，将元谋人时代定为早更新世，年代为距今 170 ± 10 万年是有科学根据的。

参 考 文 献

- [1] RC Andrew. The new conquest of Central Asia [J]. In: Granger W (ed), Natural History of Central Asia, American Museum of Natural History, New York, 1932. 1: 538 ~ 541.
- [2] De Chardin TP, Trasssaert M. Pliocene *Comelidae*, *Giraffidae* and *Cervidae* of Sourhern East Shansi [M]. Pal. Sin. New Ser. C. 1937. 1 ~ 55.
- [3] 卞美年. 云南元谋盆地地质 [J]. 中国地质学会会志, 1940, 20 (1): 23 ~ 32.
- [4] Colbert EH. Pleistocene mammal from the Ma Kai valley of northern Yunnan, China [J]. Amer Mus Novitates, 1940, (1099): 1 ~ 10.
- [5] Colbert EH. Pleistocene vertebrates collected in Burma by the American Southeast Asiatic Expedition [J]. Trans. Am. Phil. Soc., New Ser., 1943, 32: 395 ~ 429.
- [6] 裴文中. 云南元谋更新世初期的哺乳动物化石 [J]. 古脊椎动物与古人类, 1961 (1): 16 ~ 31.
- [7] 杨美伶, 赵志中. 元谋各县盛典吉庆“元谋人”化石发现四十周年 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (2): 195 ~ 196.
- [8] 胡承志. 云南元谋发现的猿人牙齿化石 [J]. 地质学报, 1973, 47 (1): 65 ~ 71.
- [9] 李普, 钱方, 马醒华, 等. 用古地磁方法对元谋人化石年代的初步研究 [J]. 中国科学, 1976, (6): 579 ~ 591.
- [10] 程国良, 李素玲, 林金录. “元谋人”的年代和松山早期事件的商榷 [J]. 地质科学, 1977, (1): 34 ~ 43.
- [11] 江能人, 梁其中, 孙荣, 等. 云南元谋盆地晚新生代地层和古生物 [J]. 云南地质, 1989 (增刊): 63 ~ 71.
- [12] 钱方, 周国兴, 凌小惠, 蒋复初, 李庆辰, 原思训, 吴佩珠, 张虎才, 潘悦容, 田国强, 刘兰锁, 等. 元谋第四纪与古人类 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 17 ~ 51, 99 ~ 157.
- [13] 张宗祜, 罗宝信, 童国榜, 王强, 李素珍, 等. 川滇南北构造带中段晚新生代地质研究 [M]. 石油工业出版社, 1994. 117 ~ 125.
- [14] 黄培华. 元谋猿人遗址牙化石年代的初步研究 [J]. 人类学报, 1998, 17 (3): 227 ~ 230.
- [15] 林一朴, 潘悦容, 陆庆五. 云南元谋早更新世哺乳动物群 [C]. 古人类论文集, 北京: 科学出版社, 1978. 101 ~ 125.
- [16] 钱方, 浦庆余, 袁振新, 等. 云南元谋盆地第四纪冰期与地层划分 [A]. 中国第四纪冰川文集, 北京: 地质出版社, 1977. 55 ~ 78.
- [17] 蒋复初, 钱方, 童国榜, 罗宝信. 西昌大青梁子组年代与环境研究 [A]. 黄土第四纪地质, 全球变化 (第三集) [C]. 北京: 科学出版社, 1992. 144 ~ 154.
- [18] 钱方, 徐树金, 殷伟德. 四川理唐甲洼组及其磁性地层研究 [A]. 青藏高原地质文集 (18), 北京: 地质出版社, 1987. 171 ~ 180.
- [19] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 26 ~ 28.
- [20] 周国兴. 元谋盆地人类化石与文化遗存的研究 [A]. “元谋人”发现三十周年纪念暨古人类国际学术研讨会文集 [C]. 云南科技出版社, 1998. 18 ~ 32.

ON AGE OF THE YUANMOU MAN

QIAN Fang

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In the past 40 years, the author has further studied the age, living environment and culture of the Yuanmou Man. The study of Yuanmou Man's age has been carried out by: (1) the paleomagnetostratigraphic method, fission-track dating (FTD), electron spin resonance (ESR) and amino acid analysis, (2) the Yuanmou fauna, (3) the geomorphology in the Yuanmou area, (4) neotectonic movement, (5) the Quaternary stratigraphy of the Yuanmou basin, and (6) the teeth and tibia of the Yuanmou Man. The study at last comes to the conclusion that Yuanmou Man's age is early Pleistocene, ~ 170 MaB.P..

Key words: Yuanmou Man; age determination; chronostratigraphy; geomorphochronology; neotectonic movement