

# 桐梓人遗址岩灰洞的铀系年龄\*

沈 冠 军    金 林 红

(贵州大学化学系, 贵阳 550025)

**关键词**    桐梓人遗址; 铀系年龄; 直立人

## 内 容 提 要

测定了岩灰洞钟乳石和骨化石样的  $\text{Th-230/U-234}$  和  $\text{Th-227/Th-230}$  年龄。覆盖整个洞穴的表层钙板为 20.6 万年, 位于三、四堆积层之下的流石和石笋为 24.0 万年。含化石和文化遗物的堆积物在这二个洞穴碳酸钙生长期间形成, 因此应划为中更新世晚期, 桐梓人应属晚期直立人。基于地层顺序和二种铀系年龄对照, 讨论了钟乳石和骨化石铀系年龄的可信度。

## 一、遗 址 简 介

岩灰洞位于贵州省桐梓县城西北 25 公里的九坝乡白盐井村境内, 是一个发育于二迭纪厚层灰岩的喀斯特溶洞。1972 年, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和贵州省博物馆对该洞进行了较系统的发掘, 出土古人类牙齿化石二枚, 并发现了旧石器、用火遗迹及相当多的动物化石。1983 年再度现场考查, 又获人牙化石四枚。

吴茂霖等(1975)将岩灰洞堆积物分为七层。其中第一层为浮土, 第二层为覆盖整个洞穴的薄钙板, 第三层为含有少量动物化石的褐色粘土, 第四层为灰黄色含砾砂土含人类化石、石器和大量动物化石, 以下 5—7 层均未发现文化遗物或动物化石。

岩灰洞系贵州第一个找到古人类化石的地点, 所发现的烧骨样本是华南地区最早的用火证据, 岩灰洞动物群对华南第四纪古生物地层研究有重要性。但长久以来, 这一颇具重要性的遗址究竟应划为更新世中期还是晚期, “桐梓人”在人类进化系列中究竟应归属于直立人还是智人, 研究者们基于不同的出发点, 观点不很一致(吴茂霖等, 1975; 吴新智等, 1978; 吴茂霖, 1984)。

原思训等(1986)用  $\text{Th-230/U-234}$  和  $\text{Pa-231/U-235}$  法(以下分别简称为  $\text{Th-230}$  和  $\text{Pa-231}$  法)平行分析了该遗址三个动物牙齿化石, 三个样品都给出了二法一致的年龄。其中两个样品的年龄比较接近, 分别为  $11.3 \pm 1.1$  和  $11.5 \pm 0.7$  万年, 另一个样品为  $18.1 \pm \frac{1.1}{0.9}$  万年。作者据此得出的结论为“岩灰洞动物化石无疑至少有两个不同年代, 如果根据吴茂霖的研究, 人类牙齿化石同较晚的直立人相当, 那么其年代应与 18.1 万年相近”。由于此结论的基础是仍在争议中的人牙化石形态学研究, 测定岩灰洞地质年龄的首

\* 贵州省自然科学基金资助课题。

次尝试似未能为“桐梓人”的类型划分提供独立的证据。

钟乳石能较好地保存年代信息。因此测定有确定地层意义的碳酸岩的铀系年龄，有可能解决桐梓人遗址的年代问题。我们的初步工作表明：岩灰洞堆积物的年龄上限为 20.6 万年(沈冠军等, 1988), 这与多数骨化石样品的年代数据有较大差距。之后我们又多次前往现场考察, 采集了能代表堆积物年龄下限的钟乳石样; 为验证样品的封闭性, 平行分析了部分钟乳石和骨化石样品的 Th-227/Th-230 (简称为 Th-227 法) 年龄。本文将综合全部数据, 并基于地层顺序及二种铀系年龄的对照, 讨论岩灰洞堆积物年代的上、下限及钟乳石、骨化石铀系年龄的可信度。

## 二、样品采集

迄今我们共分析了十一个以 TYC 命名的碳酸岩样和八个以 TYB 命名的骨化石样的铀系年龄。样品的平面、剖面位置分别在图 1、2 中给出。

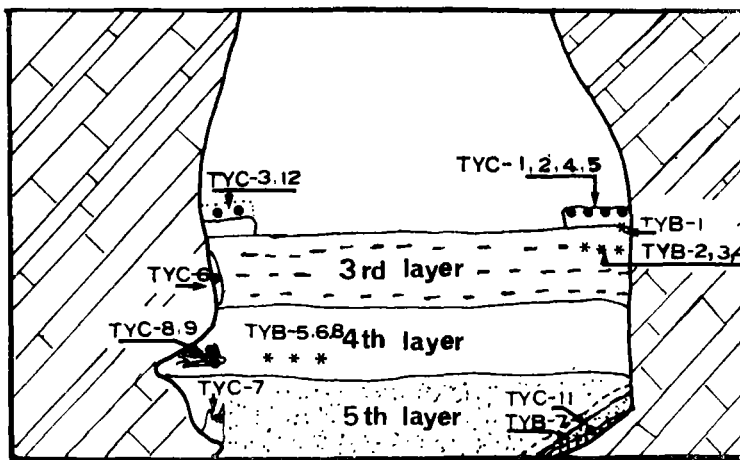


图 1 岩灰洞定年样品位置剖面图  
Sample position in cross section

划为第二层的钙板现已被破坏, 只剩下一些厚约 1 厘米、宽数厘米的残片零星挂在洞壁上, TYC-1、2、3、4、5 分别取于洞中不同部位的残存钙板。

TYC-6 取于洞壁流石, 第三堆积层叠压于其上。在溶洞深部一洞穴内堆积物的四、五层交界处, 我们发现了一倒下的长约 30 厘米的石笋(取为 TYC-9), 其上侧又长出一约 5 厘米高的小石笋(取为 TYC-8), 从纹理看, 后者应是在前者倒塌后现场生成的。

TYC-7 取于被第五堆积层黄色细砂覆盖, 从基岩上长出的石笋, 该地点靠近洞壁且第六、七堆积层缺失, 石笋下的基岩可能为洞壁角石。

TYC-11 取自洞穴中部右侧支洞内的底层钙板, TYB-7 为部分胶结于其表层的若干小块骨化石。该地点表层钙板疏松且不纯, 两层钙板间的堆积物厚约 30 厘米。

岩灰洞堆积物的绝大部分已被翻乱,当年发掘的剖面已不复存在。为探明地层顺序,我们在溶洞中部清理出一探槽。该地点上覆帽盖状碳酸岩生成物,是洞中未被扰乱的仅有地段。剖面揭示此“帽盖”系由与黄色细沙互层的已被风化的多层薄钙板组成, TYC-12 为其中可剔选出的最少受风化部分。 TYB-8 取自此剖面第四堆积层,为未知大动物肢骨化石。

在取为 TYC-4 的钙板下,挂有一块含大量骨化石碎片的不纯碳酸岩胶结物, TYB-1 为胶结于其中的牛牙化石。 TYB-2、3、4 取于第三层,分别为牛牙、巨獭牙和未知大动物的肢骨,这三个样品紧挨着排列于钙板(取为 TYC-5) 下的褐色粘土中。 TYB-5 (犀牛牙)和 TYB-6 (象牙)取于第四层。

### 三、结果与讨论

铀、钍同位素放射性强度比及计算结果见下页表。

十一个碳酸岩样品中, TYC-5、6、7、8、9、11 呈黄白色,可看到明显的方解石晶体, TYC-1、2、3、4 呈灰褐色,结晶细微,除 TYC-12 疏松多孔外,其余样品都比较致密、未被明显风化。这些样品都不算很纯,泥砂含量为 0.5—1%,但较高的铀含量(0.33—1.76 ppm)在一定程度上减轻了碎屑物质对铀系年龄的干扰。 TYC-12 虽在制样时经仔细剔选, Th-230/Th-232 值仍只为 5.0,表明该样不适于用来定年。其余十个样的钍同位素比均接近或高于 20,可忽略碎屑物质对铀系年龄的影响。

取于表层钙板的五个样品中,四个样(TYC-1、2、4、5)的 Th-230 年龄(19.3—23.1 万年)在  $\pm 1\sigma$  的误差范围内吻合。四个数据良好的一致性,表明这些样品取自同一层钙板的不同部位;同一层位多个样品结果的一致性还是数据可信和样品构成封闭体系的必要条件。 TYC-3 与其它看来属同一层位的样品的年龄有显著性差异。

TYC-6 的年龄应能代表第三堆积层的下限, TYC-8、9 则应能代表第四层的下限和第五层的上限。这三个样品的结果(22.8—25.7 万年)在  $\pm 1\sigma$  的误差范围内一致,可认为它们是在同一时代生成的。

TYC-7 的年龄(约 36 万年)接近了铀系法的定年极限,此结果与地层顺序相符,并说明第五层以下的堆积物有可能是相当老的。 TYC-11 (>45 万年)与主洞堆积物间层位关系不明,有骨化石部分胶结于其中,提示了未探明的下部堆积物中存在更古老动物化石的可能性。

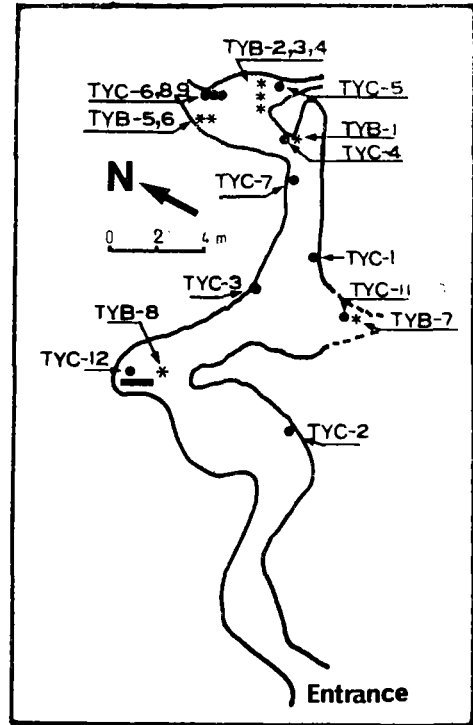


图2 岩灰洞定年样品位置平面图  
Sample position in plane figure

岩灰洞钟乳石、骨化石样轴系定年结果  
(Isotopic Ratios and Calculated Results)

样 品	实验室 编 号	层 位	材 料	轴含量 (ppm)	Th-230/ Th-232	U-234/U-238	Th-230/U-234	年 龄 (Ka)	Th-227/Th- 230	年 龄 (Ka)
钟										
TYC-3	8840	?	钙板	0.99	17.2	1.426±0.024	0.652±0.020	107± <sup>6</sup> <sub>5</sub>		
TYC-12	8944	?	钙板	0.33	5.0	1.359±0.039	0.418±0.016	57±3		
TYC-1	8810	2	钙板	1.76	19.5	1.461±0.023	0.891±0.027	193± <sup>16</sup> <sub>14</sub>		
TYC-2	8815	2	钙板	1.76	148	1.710±0.024	0.916±0.030	196± <sup>17</sup> <sub>15</sub>	0.0291±0.0009	176± <sup>25</sup> <sub>21</sub>
TYC-4	8842	2	钙板	1.68	25.9	1.539±0.018	0.915±0.023	203± <sup>14</sup> <sub>13</sub>	0.0315±0.0012	191± <sup>36</sup> <sub>27</sub>
TYC-5	8845	2	钙板	0.49	25.6	1.389±0.036	0.946±0.031	231± <sup>30</sup> <sub>23</sub>		
TYC-6	8851	>3	流石	1.29	20.3	1.230±0.008	0.920±0.029	228± <sup>26</sup> <sub>21</sub>	0.0403±0.0005	211± <sup>25</sup> <sub>20</sub>
TYC-8	8901	4-5	石笋	0.79	39.0	1.403±0.017	0.953±0.022	235± <sup>19</sup> <sub>16</sub>		
TYC-9	8913	4-5	石笋	0.41	26.9	1.311±0.021	0.966±0.035	257± <sup>42</sup> <sub>31</sub>	0.0334±0.0014	302± <sup>165</sup> <sub>66</sub>
TYC-7	8863	>5	石笋	0.62	198	1.099±0.015	0.993±0.028	359± <sup>150</sup> <sub>61</sub>	0.0412±0.0006	363± <sup>390</sup> <sub>76</sub>
TYC-11	9002	?	钙板	0.63	23.9	1.016±0.014	1.037±0.027	>450		
骨										
TYB-1	8846	2	牛 牙	39.3	2200	1.691±0.016	0.645±0.018	103± <sup>5</sup> <sub>4</sub>		
TYB-2	8847	3	牛 牙	21.0	153	1.297±0.010	0.747±0.027	138± <sup>10</sup> <sub>9</sub>	0.0443±0.0011	131± <sup>13</sup> <sub>11</sub>
TYB-3	8848	3	巨獭牙	23.6	123	1.255±0.016	0.680±0.019	123±6	0.0456±0.0014	132± <sup>19</sup> <sub>16</sub>
TYB-4	8849	3	肢 骨	19.3	108	1.324±0.014	0.761±0.022	142± <sup>9</sup> <sub>8</sub>		
TYB-5	8916	4	犀牙质	51.4	156	1.368±0.010	0.760±0.029	140± <sup>11</sup> <sub>10</sub>	0.0430±0.0012	119± <sup>13</sup> <sub>11</sub>
TYB-6	8915	4	象牙质	43.3	131	1.445±0.016	0.732±0.016	130± <sup>6</sup> <sub>5</sub>		
TYB-8	8945	4	肢 骨	18.6	93	1.263±0.013	0.496±0.013	72±3	0.0501±0.0011	98± <sup>13</sup> <sub>11</sub>
TYB-7	9003	?	小块骨化石	65.9	37	2.187±0.025	1.216±0.028	>450	0.0182±0.0003	313± <sup>39</sup> <sub>30</sub>
石										

我们测定了八个岩灰洞骨化石样的 Th-230 年龄, 其中五个样 (TYB-2、3、4、5、6) 的结果在略大于  $\pm 1\sigma$  范围内一致。TYB-7 被部分包裹于大于 45 万年的钙板中, 该样的 Th-230/U-234 在误差范围内为平衡值, 但 U-234/U-238 值异常偏高。TYB-1 取自第二层, 该样略偏低的年龄与地层顺序并不矛盾。TYB-8 的 Th-230 年龄与同层位的其它样品有显著性差异。

取自第三、四堆积层的九个(含原思训等的三个)骨化石样品中, 七个样的 Th-230 年龄(11.3—14.2 万年)在略大于  $\pm 1\sigma$  范围内吻合。如基于骨化石的铀系年龄, 桐梓人在上述年代范围内的可能性应更大些。骨化石位于表层钙板之下, 但后者的年龄明显大于前者。地层倒序、骨化石铀系年龄“年轻化”或碳酸盐年龄“老化”都有可能导致这一现象。

定年数据与地层顺序的一致性结果是结果可信的必要条件。为此在样品采集过程中, 我们充分注意了地层顺序的观察。位于洞穴中部新清出剖面的地层顺序与发掘者描述的剖面基本相同, 所不同的只是新剖面第四层动物化石不甚密集。在主洞末端处, 还存有一暴露三、四层堆积物的剖面。根据发掘者的描述及现存二个剖面的观察, 岩灰洞地层应有较好的纵深一致性; 三、四、五堆积层之间界线清楚, 但层内缺乏纹理。这意味着这几层堆积物可能由水流分次搬运而来, 或更可能是在形成后又经水的作用再沉积的。

在雨水丰富的我国南方, 溶洞堆积物数经掏空一再沉积的例子并不少见。在这样的溶洞里, 层位关系常变得非常复杂, 地层倒序或不同时代的化石混杂, 都是有可能发生的。但现场的仔细观察使我们相信, 岩灰洞的动物化石应先于表层钙板沉积, 这是因为:

1. 这层钙板很薄, 只约 1 厘米厚。如在钙板形成后, 洪水冲刷掉其下原有的、再搬运来新的堆积物, 如此薄的碳酸钙结构, 强度难于维持悬空数米的跨度, 因此必然垮塌并随堆积物一起被水流冲走。

2. 这些钙板残片的水平位置与第二层相当。假若十多万年以前岩灰洞曾发生过掏空一再沉积事件, 钙板的主要部分被冲走后, 虽也有可能留一些残片挂在洞壁上, 但当堆积物再度填充时, 极少有可能正好充满到原来的高度并正好使钙板“复原”。

3. 这些钙板残片有新鲜的断裂面。这也表明它们不可能是十多万年前的掏空事件残留下来的。

在文献中, 我们可看到一些碳酸岩样的 Th-230/U-234 远大于 1.0 的数据, 这意味着有一种可使碳酸岩“老化”的风化机制。笔者曾研究过有类似报道的法国 Arago (Lumley et al., 1981) 和希腊 Petralona 溶洞 (Schwarcz et al., 1980), 发现这些异常数据很可能系实验室误差所致 (沈冠军, 1985)。因此我们对纯净、致密的钟乳石样“老化”的可能性, 持审慎的否定态度。但在另一方面, 骨化石确有被“年轻化”的可能。如在 Arago 溶洞, 具明确地层意义的表层钙板年龄大于 35 万年, 但其下的骨化石的铀系年龄多在几万至十几万年间 (Lumley et al., 1981)。

根据上述讨论, 我们倾向于认为岩灰洞多数骨化石样发生了铀的后期加入。基于同一原理而又相互独立的两种铀系年龄的对照, 应能为封闭体系假设对具体样品能否成立提供依据。为此我们已测定了五个钟乳石样和五个骨化石样的 Th-227 年龄。五个钟乳石样均给出了二法一致的年龄, 应解释为这些样品构成了封闭体系, 其铀系年龄可信。但使我们感到困惑不解的是, 已作二种铀系法对照的八个骨化石样(含原思训等的三个)中,

七个给出了二法一致的年龄。只 TYB-8 的 Th-227 年龄显著大于其 Th-230 年龄,表明该样有铀的近期加入。

岩灰洞两种铀系年龄一致的骨化石样与两种铀系年龄一致的钟乳石样发生矛盾,似提示了二种铀系法对照的局限性。事实上,用来肯定年代数据可信的种种证据,都是必要而非充分的条件,二种铀系年龄一致的判据也不例外。限于测量所能达到的精度,二种铀系法的相互印证只能鉴别那些近期内发生了较大量铀迁移的样品(Shen Guanjun, 1985)。铀系年龄可信度的确立因此尚需在各种条件下大量数据的积累。我们已积累了一百多个钟乳石样的铀系年龄数据,尚未发现有与地层顺序矛盾的。其中有数十个古老钟乳石样,其 Th-230/U-234 均在误差范围内为平衡值。有十多个样已作二种铀系年龄的对照,其中相对纯净致密、结晶良好的样品都给出了二法一致的结果(沈冠军, 1987)。我们也发现了一些钟乳石样有铀的后期加入,这些样品外观有明显的风化迹象,电子探针扫描揭示裂隙中有磷、硫酸盐沉积(Shen Guanjun, 1983)。骨化石铀系年龄的可信度范围似尚需进一步探索。以我国南、北方若干遗址的 51 个骨化石定年数据为例,其中 15 个样的二种铀系年龄有显著性差异(陈铁梅等, 1984、原思训等, 1986)。那些不封闭的骨化石样似无其它理化性状可供鉴别,铀迁移方向既有析出的,也有近期加入的,似不能排除同一样品随埋藏地点局部环境的变迁先后经历两种风化机制的可能。

鉴于岩灰洞堆积物无地层倒序的证据、钟乳石不大可能被“老化”及钟乳石铀系年龄有较高可信度的认识,我们认为用取自表层钙板的 TYC-1、2、4、5 四个数据的平均值 20.6 万年代代表堆积物的年代上限,可能是合理的。TYC-3 数据异常的可能解释是:在覆盖全部堆积物的钙板形成后,局部区域在约 10 万年前,又有一次新的碳酸钙沉积过程。TYB-12 数据可信度较低,但支持有年轻碳酸岩存在的假说。

TYC-6 和 TYC-8、9 三个数据的平均值应能代表第三、四堆积层的年龄下限。应指出的是,这三个样品与表层钙板的铀系年龄间并无很显著的差异,但从总体上说,这两组样品的年代数据与地层顺序相符。岩灰洞含动物化石和文化遗物的堆积物在二个洞穴碳酸钙生长期间形成,年龄应在 20.6—24.0 万年之间,其地质时代应为中更新世的晚期,“桐梓人”应属晚期的直立人。

我们的定年数据与吴茂霖人牙化石研究的结论一致。在样品采集过程中,曹泽田又找到了多枚具明显猿人特征的人牙化石。岩灰洞动物化石中有早更新世遗留种硕豪猪及短尾鼯(郑绍华, 1985),也支持该遗址未越出中更新世的结论。

三十多年来,贵州已发现了多处古人类化石地点,但都被认为是智人阶段的。岩灰洞为此是贵州第一个发现直立人化石的地点。我国长江以南,除元谋人(170 或约 60 万年)是公认的直立人外,尚无确认的直立人化石的发现,“桐梓猿人”填补了这一空白。“桐梓猿人”以其明确的年代上、下限,代表了由直立人向智人进化过程中较晚的阶段,这对人类演化史的研究,有着很重要的意义。

在旧石器时代遗址中,钟乳石和骨化石是可用来测年的二大类重要样品。岩灰洞的骨化石与钟乳石的铀系年龄不一致,且二种铀系年龄对照未能解决这一矛盾,这无疑给定年工作者提出了应深入研究的新课题。今后应注意这两类样品两种铀系年龄对照数据的积累,以更好地了解铀系年龄的可信度。

以钟乳石为定年样品确定遗址的年代, 样品与遗物的层位关系是至关重要的。岩灰洞缺乏系统的地质研究且遗址未受到很好的保护, 这给定年数据的解释带来了一定困难。本文有关地层顺序的讨论, 借重于当年发掘者的描述(如第二层为覆盖整个洞穴的钙板)及样品采集者的判断(如钙板残片有新鲜的断裂面等)。在洞穴中部新清出的剖面旁, 尚有数平方米未被翻乱的堆积物。有关专家如能进行系统的沉积顺序研究, 应能为已有定年数据可信度的判别提供进一步的证据。

贵州省山地资源研究所曹泽田同志参加采样并提出了有益的意见, 现场考察得到了桐梓县文管所的协助, 贵大化学系 88 届毕业生沈小兵、学生李东贵、陈先一参加部分工作, 于此一并致谢。

(1990 年 4 月 3 日收稿)

### 参 考 文 献

- 陈铁梅、原思训、高世君, 1984. 铀子系法测定骨化石年龄的可靠性研究及华北地区主要旧石器地点的铀子系年代序列。人类学学报, **3**: 259—269。
- 沈冠军, 1985. 铀系法测定钟乳石地质年龄可信度的讨论。科学通报, **30**: 453—455。
- 沈冠军, 1987. Th-227/Th-230 法的应用及钟乳石铀系年龄的可信度。科学通报, **32**: 200—203。
- 沈冠军、沈小兵, 1988. 古人类遗址桐梓岩灰洞的 Th-230/U-234 年龄。贵州大学学报(自然科学版), **5**: 189—194。
- 吴茂霖、王令红、张银运、张森水, 1975. 贵州桐梓发现古人类化石及其它文化遗物。古脊椎动物与古人类, **13**: 14—23。
- 吴茂霖, 1984. 贵州桐梓新发现的人类化石。人类学学报, **3**: 195—201。
- 吴新智、张银运, 1978. 中国古人类综合研究。古人类论文集, 28—42. 科学出版社。北京。
- 原思训、陈铁梅、高世君, 1986. 华南若干旧石器时代地点的铀系年代。人类学学报, **5**: 179—190。
- 郑绍华, 1985. 贵州的短尾鼯 (*Anourosorex*) 化石。古脊椎动物学报, **23**: 39—51。
- Lumley, H. de et J. Labeyrie, 1981. Datations absolues et analyses isotopiques en préhistoire, méthodes et limites. *Synthèse du Colloque de Tautavel (prétirage)*, 22—28 Juin 1981, Tautavel.
- Schwarz, H. P., Y. Liritzis and A. Dixon, 1980. Absolute dating of travertines from Petralona. *Anthropos* (Athens), **7**: 152—173.
- Shen Guanjun, 1983. Datation du remplissage de la Caune de l'Arago par la méthode Th-230/U-234 et contribution à la méthodologie. *Thèse de 3ème cycle*, l'Univ. Paris VI, pp. 80—83.
- Shen Guanjun, 1985. Datation des planchers stalagmitiques de sites Acheuleens en Europe par les méthodes des déséquilibres des familles de l'uranium et contribution méthodologique. *Thèse de doctorat d'état*, l'Univ. Paris VI, pp. 72—78.

## U-SERIES AGE OF YANHUI CAVE, THE SITE OF TONGZI MAN

Shen Guanjun Jin Linhong

(*Department of Chemistry, Guizhou University, Guiyang 550025*)

**Key words** Tongzi Man's site; U-series dating; Homo erectus

### Abstract

Th-230/U-234 and Th-227/Th-230 dating was applied to calcite and fossil bone samples from Yanhui Cave, the site of Tongzi Man in Northern Guizhou. The age of the upper travertine layer covering all cave deposits is 206 Ka. The flowstone and stalagmite, under third and fourth layer respectively, are of the age of 240 Ka. The fossil and artifact containing sediments, stratigraphically between these two speleothem formations, should be deposited in a late period of Middle Pleistocene, and Tongzi Man should be classified as late Homo Erectus. The reliability of obtained results was discussed based on the stratigraphic evidences and on the intercomparison between the results of two U-series methods.