

# 南海全新世珊瑚礁 AMS<sup>14</sup>C, <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U 和 ESR 年龄的对比研究<sup>①</sup>

业渝光 D. J. Donahue<sup>1</sup>

(地质矿产部海洋地质研究所, 青岛 266071)

(<sup>1</sup>美国亚利桑那大学)

收稿日期 1991年8月12日

关键词 珊瑚礁, AMS<sup>14</sup>C, ESR, 铀系年龄

**提要** 用<sup>14</sup>C(AMS和稀释技术), 铀系和 ESR 方法对南海珊瑚礁进行了测年对比研究, 表明这些珊瑚礁形成于全新世早、中期。此外, 对测年方法的一些有关问题也进行了讨论。

如果某一地质体的样品用几种独立的测年方法测试, 所得的结果一致, 那末由此得到的年龄是较为可靠的。纯净的珊瑚礁是<sup>14</sup>C和铀系方法最适宜的样品, 同时也是 ESR 方法的适宜样品。本文报道几个南海全新世珊瑚礁样品的<sup>14</sup>C(AMS和稀释技术)、铀系和 ESR 年龄对比研究的结果。

## 1 样品

样品取自南海几个珊瑚礁的浅钻岩心, 地点及层位见表 1, 详细地质背景见文献[1]。同位素测年方法常常是以样品处于化学封闭体系为前提, 就珊瑚礁而言, 样品中文石含量可以反映其是否处于化学封闭体系<sup>[2,3]</sup>。为此, 我们用 X 射线衍射技术确定了样品的矿物成分, 文石在 99% 以上, 表明这些样品很纯净, 没有重结晶(见表 1), 处于化学封闭体系, 是进行测年对比研究的适宜样品。

表 1 样品的取样地点和矿物组成

Tab. 1 Sites and mineral composition of samples

样品号	取样地点及层位(m)	文石 (%)	方解石 (%)	镁方解石 (%)	$\delta_{13C}$ (%)	$\delta_{18O}$ (%)
AA6485	西沙东岛 一井, 孔深 0.45	99.22	0.18	0.43	0.53	-4.23
AA6486	海南三亚 一孔, 孔深 3.4	99.81	0.11	/	-1.02	-5.33
AA6487	海南三亚 二孔, 孔深 1.2	100	/	/	-0.95	-6.34

## 2 实验和结果

样品在玛瑙研钵中粉碎, 筛取 0.25~

① 张明书副研究员提供样品; 中国计量科学研究院高钧成副研究员和作者所在实验室的同事们参加了部分实验工作, 在此一并致谢。

0.125mm 粒组用作 ESR 测年, 小于 0.125mm 部分用于 X 射线衍射分析和 AMS<sup>14</sup>C 测定, 其余部分做铀系和稀释技术<sup>14</sup>C 测年。

用 DeltaE 稳定同位素气体质谱仪 (Finnigan MAT 公司) 测定了样品的  $\delta_{13C}$  和  $\delta_{18O}$ , 结果见表 1。铀系测年用  $\beta$  谱技术, 化学流程同文献[4],  $\alpha$  谱的测试是在金硅面垒探测器和多道分析器组成的  $\alpha$  谱仪 (北京核仪器厂生产) 上完成的。稀释技术<sup>14</sup>C 测年同文献[5], 只有 AA6487<sup>#</sup> 样品进行了稀释技术<sup>14</sup>C 测年, 其余两个样品因无剩余, 无法进行稀释技术<sup>14</sup>C 测年。ESR 波谱测试是在中国计量科学研究院进行, 测试条件同文献[6]。AMS<sup>14</sup>C 测定是在美国亚利桑那大学 AMS 实验室进行的, 年龄计算同文献[9], 测试结果见表 2。

表 2 样品的<sup>14</sup>C、<sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U 和 ESR 年龄

Tab. 2 <sup>14</sup>C, <sup>230</sup>Th and ESR ages of samples

样品号	AMS <sup>14</sup> C (a)	稀释技术 <sup>14</sup> C(a)	<sup>230</sup> Th/ <sup>234</sup> U (a)	ESR (a)
AA6485	5 200±60	/	5 910±460	6 200±930
AA6486	6 110±65	/	7 870±480	9 100±1 370
AA6487	5 375±60	5 110±270	5 450±680	7 100±1 070

表 2 的测试结果和前人测试的结果完全一致<sup>[2,7]</sup>。

### 3 讨论

#### 3.1 <sup>14</sup>C 年龄

亚利桑那大学 AMS 实验室是用加速器质谱仪测定样品的<sup>14</sup>C/<sup>13</sup>C, 然后和一已知标准 (新草酸) 相比, 假定样品的  $\delta_{13C}$  为 0, 并归一到  $\delta_{13C} = -25\%$ , 最后求出样品的<sup>14</sup>C 年龄。海洋地质研究所用稀释技术测定 6g 珊瑚礁样品的<sup>14</sup>C 年龄, 未做任何校正。碳、氧同位素测试结果表明这些样品的  $\delta_{13C}$  值接近于 0, 用实测的  $\delta_{13C}$  值重新计算<sup>14</sup>C 年龄并和亚利桑那大学测定的

<sup>14</sup>C 年龄相比, 最大相差不超过 20a。由表 2 可看出稀释技术测定的<sup>14</sup>C 年龄和 AMS<sup>14</sup>C 年龄完全一致, 这表明用稀释技术测定的<sup>14</sup>C 年龄是可靠的。

#### 3.2 <sup>14</sup>C 和<sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U 年龄

样品的铀系年龄普遍比<sup>14</sup>C 年龄稍老。夏明 (1985) 曾较详细地讨论了珊瑚礁铀系年龄和<sup>14</sup>C 年龄的差异, 他统计了国外发表的同时具有<sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U 和<sup>14</sup>C 两种方法测定珊瑚礁年龄的数据, 铀系年龄普遍比<sup>14</sup>C 年龄稍老, 随着年龄增大,<sup>14</sup>C 和<sup>230</sup>Th 的年龄差越来越小。他同意 Stuiver (1970) 的观点, 即<sup>14</sup>C 在大气圈的浓度距今 10 000a 至现代是变化的, 约在 5 500~10 000a 前比现在高 7%~10%。也就是说在 5 000~7 000a 前<sup>14</sup>C 年龄比树轮年龄低 600~800a<sup>[2]</sup>。尽管如此,<sup>14</sup>C 仍是一种成熟的测年方法。由于样品的年龄轻, 样品中<sup>234</sup>U 衰变形成的<sup>230</sup>Th 积累量少, 影响了<sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U 的测年精度。从这几个样品的<sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U 值看, 铀系年龄比<sup>14</sup>C 稍大, 样品的初始条件也略有差异。铀系测年的测试时间较短, 统计的计数不够多, 可能也是铀系年龄稍差的一个原因。

#### 3.3 ESR 和铀系年龄

ESR 年龄普遍比铀系和<sup>14</sup>C 年龄老。我们曾统计发表的新赫布里底和巴贝多斯珊瑚礁 18 对 ESR 和铀系年龄, 其中 16 对 ESR 年龄偏老<sup>[10]</sup>。出现这种现象的原因, 看来是 ESR 方法本身还不够完善。对 ESR 方法来说, 几千年是其测量的上限, 在年剂量计算时稍有不妥, 年龄都会产生较大的偏差, 至少有两个因素值得进一步研究。首先是  $\alpha$  辐射效率—— $K$  值的确定。我们为此做了努力, 用样品天然剂量时的 ESR 信号强度  $I_0$  和在饱和剂量时的 ESR 信号强度  $I_{max}$  之比来确定  $K$  值<sup>[8]</sup>, 提高了测年的精度。但经验公式是有局限性的, 还没有进行 ESR 实测  $K$  值的实验, 有待于进一步完善。其次是宇宙射线剂量的估算。由于样品年轻, 总剂量 TD 值较小, 因此宇宙射线剂量在总剂量中占有较大的比重, 对宇宙射线剂量估算不准确, 就会引起年龄计算的较大偏差。样品取自岩心

无法实测出宇宙射线剂量的贡献,只能根据 Prescott (1982)由实测现在宇宙射线剂量提出的方法做估算<sup>[11]</sup>。实际上<sup>14</sup>C的形成是宇宙射线与大气作用的结果,通过树轮学,纹泥学等研究证明了<sup>14</sup>C在大气圈的浓度在过去10 000a内是变化的,那么无疑宇宙射线在过去10 000a内也是变化的。因此,用现在的宇宙射线剂量估算对过去样品的贡献有一定的不确定性,它对年轻样品的ESR年龄测定的影响尤为显著,这也是年轻样品ESR年龄偏高的一个重要因素。

几种独立的测年方法对比研究表明,尽管各种方法年龄间存在一些差异,但总的来说还是一致的,表明这些珊瑚礁与世界其他一些地方的珊瑚礁一样形成于全新世早中期<sup>[6]</sup>,这说明全球的气候变化影响着海平面的变化和珊瑚礁的生长。

#### 参考文献

[1] 张明书等,1990。海南岛周缘珊瑚礁的基本特征和成礁时代。海洋地质与第四纪地质. 10(2):25~42。

- [2] 夏明等,1985。南海珊瑚礁铀系年龄及其地质意义。地质科学 1:12~19。
- [3] 业渝光等,1987。西沙群岛<sup>14</sup>C年代数据可靠性的初步研究。海洋地质与第四纪地质 7(2):121~130。
- [4] 夏明,1984。铀系国际标准样鉴定结果讨论。地质科学 1:18。
- [5] 业渝光等,1989。小样品<sup>14</sup>C年龄测定中稀释气体的改进。地质实验室 5(6):343~345。
- [6] 业渝光等,1991。南海全新世珊瑚礁ESR和铀系年龄的研究。地质论评 37(2):165~171。
- [7] 沙庆安、潘正甫,1981。海南岛小东海全新世——现代礁岩的成岩作用。石油与天然气地质 2(4):321~326。
- [8] 业渝光等,1991。 $\alpha$ 辐射效率K值确定方法的探索。核技术 14(2):77~78。
- [9] Donahue, D. J. *et al.*, 1990. Isotope - ratio and background corrections for accelerator mass spectrometry radiocarbon measurements. *Radiocarbon*, 32(2):135-142。
- [10] Radtke, U. and Grun, R., 1988. ESR dating of corals. *Quat. Sci. Reviews*, 7(3/4):465-470。
- [11] Prescott, J. R. and Stephan, L. G., 1982. The contribution of cosmic radiation to the environmental dose for thermoluminescent dating; latitude and depth dependences. *PACT*. 6:23-24。

## COMPARISON OF AMS <sup>14</sup>C AGES OF CORAL REEFS FROM THE SOUTH CHINA SEA WITH <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U AND ESR AGES

Ye Yuguang and D. J. Donahue<sup>1)</sup>

(*Institute of Marine Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources, Qingdao 266071*)

(<sup>1)</sup>*The University of Arizona, Tucson, Arizona 85721, USA*)

Received: Aug., 12, 1991

Key Words: Coral reefs, AMS <sup>14</sup>C, ESR, Uranium series age

### Abstract

A comparison between <sup>14</sup>C(AMS and dilution technique) and <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U as well as ESR ages of coral reefs from the South China Sea was made. The dating results indicated that the coral reefs were formed during the early to middle Holocene. In addition, some problems related to dating methods are also discussed.