

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2011.03117

福建宁化天鹅洞 2 100~590 aBP 石笋记录及区域气候意义

姜修洋¹, 李志忠¹, 沈川洲², 李金全¹

(1 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007; 2 台湾大学 地质系, 台湾台北 106)

摘要:选择位于典型东亚季风区我国东南部福建省宁化县天鹅洞一支石笋样品(TE2),通过3个³⁰Th年龄和96组稳定同位素测试,重建了2 100~590 aBP期间平均分辨率为17年的氧碳同位素时间变化序列。整段石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 振幅达2.1‰,在平均值约-6.8‰上下波动,指示了此时期东亚夏季风强度的长期演化趋势和百年尺度振荡信息。该 $\delta^{18}\text{O}$ 记录在2 100~700 aBP时段整体呈现出偏正的趋势,这也与同位于东亚季风区的长江中游和尚洞石笋记录趋势一致,共同记录了此时段夏季风强度总体减弱的过程。在百年尺度上,太阳活动减弱时期对应于石笋氧同位素偏正时期,支持在百年尺度上太阳活动对季风强度的驱动机制。石笋碳同位素最显著的特征是在870~730 aBP期间从-10‰偏负到-14‰,振幅达到4‰,说明区域植被发生了明显的改变,人类活动干扰有可能是造成这种变化的原因。

关键词:石笋;东亚季风;氧碳同位素;百年尺度;福建宁化

中图分类号:P532

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2011)03-0117-06

全新世的气候变化与人类社会的发展有密切的关系,尤其是晚全新世是中华历史文明兴衰和历史朝代更迭的重要时期,其气候变化备受人们的关注。近来,一系列高分辨率古气候记录的涌现使我们进一步了解了我国全新世东亚季风气候变化的演变特征^[1-14]。在轨道尺度上,夏季风降水在中晚全新世随着太阳辐射能量的减弱而减少,东亚季风区内表现出较为一致的变化特征^[3-4]。但是,在更短时间尺度上,夏季风降水表现出一定的区域差异性^[8,10]。现代气象数据分析结果也表明夏季风降水在中国存在较大的空间差异性^[15]。由于目前器测记录只有几十年,很难探讨百年至十年际尺度上夏季风降水的空间差异特征。因而,在各个区域获取晚全新世夏季风降水的待用记录就显得尤为重要。到目前为止,对已有晚全新世高分辨率的石笋记录而言,大多来自中国的北部^[8,10-12]、中部^[3,13]和西南地区^[14],南方低纬度地区尤其是东南沿海地区的晚全新世洞穴记录尚未见报道。这里我们给出了该区晚全新世2 100~590 aBP福建天鹅洞石笋氧碳同位素记录,初步探讨该区晚全新世气候变化规律及其与其他东亚季风区石笋记录的对比关系。

1 样品与方法

天鹅洞(31°30'N,110°22'E)位于福建省西部武夷山区的宁化县湖村镇(图1),处于丽水-龙岩-梅山大断裂带上。天鹅洞发育于石炭二叠纪岩石中,洞口附近海拔高度为370 m,顶板厚度30~50 m,洞深1 km。洞穴上部土壤发育较好,目前植被主要以马尾松次生林为主。当地气象数据表明,此地年均温约18℃,年均降水量1 500~1 800 mm,降水多集中在夏半年(5—9月),为亚热带海洋性季风气候。石笋样品TE2采自2009年11月,据洞口约300 m

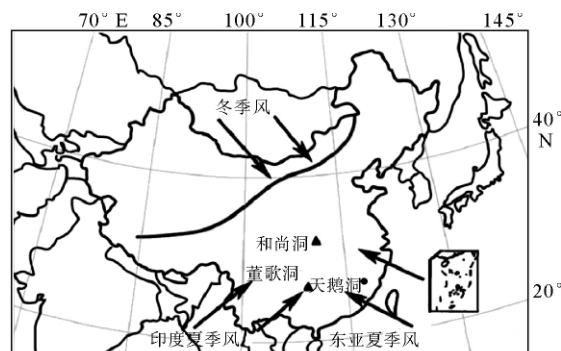


图1 福建宁化天鹅洞地理位置

Fig. 1 Locations of the Tian'e Cave in Southeast China, Heshang Cave in Central China and Dongge Cave in Southwest China

基金项目:国家自然科学基金项目(41002061);福建省自然科学基金项目(2010J05093);福建省公益类基金项目(2010R1037-3)

作者简介:姜修洋(1981—),男,讲师,博士,从事第四纪环境演变研究,E-mail: strawjxy@msn.com

收稿日期:2010-07-19;改回日期:2010-09-16. 文凤英编辑

处,长约 96 mm,外形呈圆柱状,直径约 10 cm。沿中轴切开并抛光,可见石笋岩性致密,中心生长轴部分较为透明,整段石笋岩性没有明显变化。在抛光面上,用直径为 0.9 mm 牙钻分别从距顶 5、40 和 90 mm 处获取了 3 个铀系年代样,在台湾大学同位素实验室测试完成,分析仪器为 MC-ICP-MS Neptune,测年结果见表 1。同时,沿石笋生长中心轴采用 0.5 mm 钻头,1 mm 钻取 1 个氧碳同位素样品,共测试 96 组,分析误差分别小于 $\pm 0.06\text{‰}$ ($\delta^{18}\text{O}$) 和 $\pm 0.03\text{‰}$ ($\delta^{13}\text{C}$),VPDB 标准,上述测试在南京师范大学同位素实验室完成。

2 结果与讨论

2.1 时间标尺

表 1 给出了石笋 TE2 的实测年代及其误差范围。从表 1 实测年代数据可以看出 TE2 生长于全

新世晚期,覆盖了 $(2048 \pm 186) \sim (688 \pm 120)$ aBP。样品 ^{238}U 含量为 $79.5 \sim 183 \text{ mg/kg}$,由于 ^{232}Th 含量相对较大 ($1\ 901 \sim 3\ 967 \text{ }\mu\text{g/kg}$), $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比值较小,结果导致测年误差相对偏大,误差为 10% 左右(表 1)。尽管 TE2 的测年误差较大,但是所有的年龄数据都按石笋沉积先后秩序正常排列,没有出现年龄倒序。TE2 样品整段岩性均一,实测年龄与深度也呈良好的线性关系 ($R^2=0.99$),说明 TE2 沉积环境相对稳定。根据 ^{230}Th 实测年代计算出各段的沉积速率,再根据沉积速率将年代进行插值,以外根据线性外推,从而建立 TE2 剖面 2 100~590 aBP 的年代框架,其氧碳同位素平均分辨率约为 17 年。

2.2 氧同位素记录及其意义

图 2 给出了石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 时间变化序列。已有研究表明,亚洲季风区石笋氧同位素在轨道、千年和百年尺度上主要反映了夏季风降水 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化的信息^[3-4,8,10-14]。最近 1810 年以来的万象洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$

表 1 福建宁化天鹅洞 TE2 石笋 MC-ICP-MS 铀系测年结果

Table 1 ^{230}Th dating results for stalagmite TE2

样品号 (深度)	$^{238}\text{U}/10^{-9}$	$^{232}\text{Th}/10^{-12}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ (原子数 $\times 10^{-6}$)	$\delta^{234}\text{U}^*$ (测量值)	$\delta^{234}\text{U}$ 初始值 ^{**} (校正值)	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ (活度比)	^{230}Th 年龄/aBP (未校正值)	^{230}Th 年龄/aBP (校正值)
TE2-5	183.0 ± 0.4	$1\ 901 \pm 16$	16.60 ± 0.92	264.4 ± 3.7	265.0 ± 3.7	$0.010\ 45 \pm 0.000\ 58$	906 ± 50	688 ± 120
TE2-40	111.3 ± 0.4	$3\ 967 \pm 19$	11.95 ± 0.49	260.6 ± 5.5	261.7 ± 5.5	$0.025\ 8 \pm 0.001\ 1$	$2\ 257 \pm 94$	$1\ 507 \pm 188$
TE2-90	79.5 ± 0.2	$2\ 060 \pm 12$	18.95 ± 0.67	267.9 ± 4.5	269.4 ± 4.5	$0.029\ 7 \pm 0.001$	$2\ 589 \pm 92$	$2\ 048 \pm 186$

注: $\lambda_{230} = 9.159\ 9 \times 10^{-6} \text{ a}^{-1}$; $\lambda_{234} = 2.826\ 3 \times 10^{-6} \text{ a}^{-1}$; $\lambda_{238} = 1.551\ 25 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$; $\delta^{234}\text{U} = ([^{234}\text{U}/^{238}\text{U}] \text{活度比} - 1) \times 1\ 000$; $\delta^{234}\text{U}$ 初始值是根据 ^{230}Th 年龄获得,即 $\delta^{234}\text{U}$ 初始值 = $\delta^{234}\text{U}$ 测量值 $\times e^{\lambda_{234} \times T}$; 校正 ^{230}Th 年龄假设初始的 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 原子比为 $(4.4 \pm 2.2) \times 10^{-6}$ 。aBP 中 P 代表 2010 年。

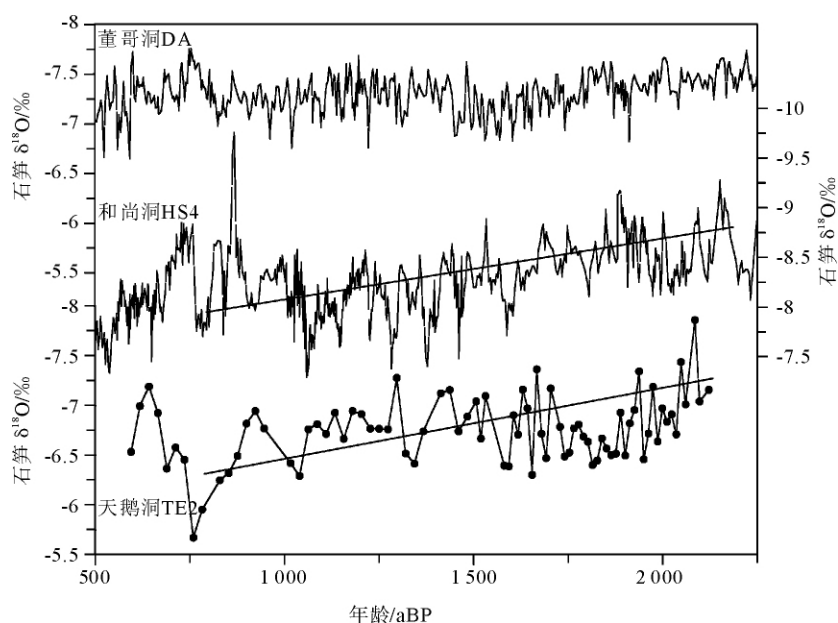


图 2 天鹅洞石笋 TE2 与和尚洞 HS4、董歌洞 DA 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录对比

Fig. 2 Comparison of $\delta^{18}\text{O}$ records from Tian'e Cave TE2, Dongge Cave DA and Heshang Cave HS4

记录^[12]和 750 年以来的秦岭 dayu 洞 $\delta^{18}\text{O}$ 记录^[10]都与历史文献资料重建的旱涝指数具有良好的相关性,说明夏季风强弱带来的降水量变化是影响东亚季风区石笋同位素组成的主要因素。距天鹅洞较近的福州市器测降水数据(数据来源 <http://isohis.iaea.org>, 1951—1998)显示;夏半年(5—9月)降水量占全年的 70%~80%,且和年总降水量之间的相关系数(R^2)为 0.80,夏季降水量较大时, $\delta^{18}\text{O}$ 明显偏负(-6.2‰),而在冬季降水量较少时, $\delta^{18}\text{O}$ 偏正(-4.2‰)。上述分析表明,夏季风强弱带来的降水量变化是影响天鹅洞石笋氧同位素组成的主要因素,即东亚夏季风越强盛,则 $\delta^{18}\text{O}$ 越偏负,反之则越偏正。

为了更好地理解天鹅洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 变化特征,我们选取具有代表性的长江中游和尚洞^[13](图 1)和西南贵州董歌洞^[14](图 1)高分辨率石笋记录与本文记录进行对比(图 2)。如图 2 所示,从整体趋势上看;天鹅洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 值振幅较大,介于 -7.8‰~-5.7‰之间,平均值为 -6.8‰,整体上呈现出下降趋势,表明晚全新世东亚夏季风强度的总体趋势是下降的。天鹅洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 变化特征与同位于东亚季风区内的和尚洞记录较为一致^[13],进一步支持了晚全新世东亚季风降雨的变化受控于 ITCZ 的迁移^[9]。但是,天鹅洞记录显示出与董歌洞记录存在一定的差异(图 2),有可能说明董歌洞记录由于同时包含东亚季风和西南季风的信息,交汇区气候信号影响因素的复杂性有可能是造成两地记录趋势上不一致的原因。

石笋 TE2 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的另一个特征就是存在一系列百年尺度的气候事件,但天鹅洞石笋记录的百年尺度波动与湖北和尚洞和贵州董歌洞石笋记录存在较大的差异性。譬如,在 750 aBP 左右,天鹅洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 极其偏正,为整个序列最为偏正时期,但此典型事件

和尚洞和董歌洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录中并没有明显的记录。这一方面有可能是由于样品年代和分辨率不同造成的,另一方面也说明在百年尺度上季风降水有可能存在区域差异性。这种差异性也明显地表现在最近 750 年以来的季风区各地石笋记录中^[10]。

2.3 氧同位素与太阳活动记录对比

太阳辐射被认为是亚洲季风百年尺度气候事件的直接驱动力。最近,Steinilber 等获得了全新世过去 9 300 年来太阳辐射变化序列^[16]。将石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录与 Steinilber 获得的 TSI(Total Solar Irradiance)作对比,结果表明东亚季风在百年尺度上响应了太阳活动周期,如太阳活动 Wolf(约 750 aBP)等 4 个极小期在天鹅洞石笋 TE2 记录中都留有印迹(图 3a)。太阳活动减弱时期,对应于东亚夏季风降水减弱时期,即石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 偏正时期,进一步支持东亚季风全新世百年尺度气候事件直接响应于太阳活动驱动^[14]。为进一步验证短时间尺度太阳活动对东亚季风的驱动,对 TE2 的 $\delta^{18}\text{O}$ 时间序列进行功率谱分析(图 3b)。图 3b 中明显存在 3 个显著周期: 512, 82 和 48 a,其中 512 a 为典型的树轮 $\Delta^{14}\text{C}$ 周期^[17], 82 a 近似于太阳活动 Gleissberg 周期,均超过 90% 的置信度线。但是,太阳辐射在百年尺度上微小的变化不足以引起气候变化,因而太阳活动的变化通过何种机制来影响季风气候目前尚不清楚^[18-19]。最近,模型模拟研究结果^[20]提出 ENSO 作为太阳活动驱动气候变化的调制(mediator)机制:海冰的反馈机制会放大太阳活动驱动产生持续的 El-Nino 型的 SST 反常,换句话说,减弱的太阳辐射会通过 ENSO 系统减弱亚洲季风强度,从而建立了百年尺度事件上太阳活动和季风强度变化之间的联系,本文在一定程度上支持这种研究结果。

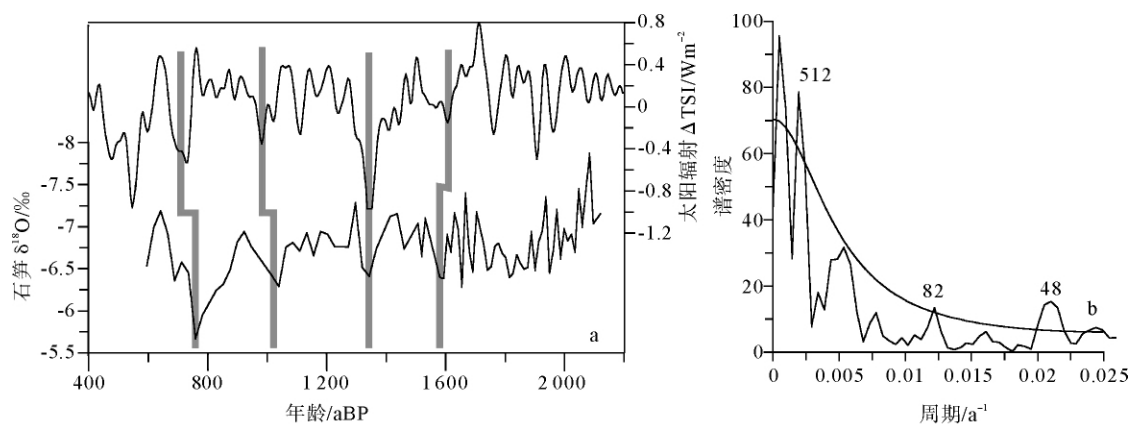


图 3 石笋氧同位素与太阳辐射变化序列对比(a)和谱分析结果(b)

Fig. 3 Comparison between stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ and Total Solar Irradiance(a) and power spectral analysis of the TE2 $\delta^{18}\text{O}$ record(b)

2.4 石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 变化特征

图4给出了2100~590 aBP时段石笋的 $\delta^{13}\text{C}$ 变化序列。影响石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化因素比较复杂,在长时间尺度上, $\delta^{13}\text{C}$ 常被视作不同光合途径植被类型C3和C4比率的变化^[21]。然而,在地表植被类型不变的条件下,土壤植被根系 CO_2 产率的变化^[22]、来自基岩和地表土壤带老碳、死碳的加入^[23]等都会引起石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化。根据法国Villas洞在最近13年的洞穴现代过程观测数据,渗透水中的 $\delta^{13}\text{C}$ 有 $90\% \pm 5\%$ 来自于土壤中 CO_2 ^[24],这取决于不同植被密度或生物量通过根系呼吸作用、光合作用和土壤微生物活力等控制下的土壤 CO_2 浓度大小^[24-26]。天鹅洞石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 曲线最显著的特征是在870~730 aBP期间 $\delta^{13}\text{C}$ 从 -10% 偏负到 -14% (图4),振幅达到 4% 。在如此短的时间内 $\delta^{13}\text{C}$ 的突变有可能说明了上覆植被发生了明显的变化。据天鹅洞150 km的戴云山晚全新世孢粉资料,在1200 aBP左右该区植被群落发生明显变化:从1200 aBP之前的亚热带针阔混交林(优势种包括柳杉、栲、栎和铁杉)更替为以松为主的次生植被,人类活动的干扰是造成这种植被变化的原因^[27]。同样,天鹅洞石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 在870~730 aBP期间的突变也有可能是受人类活动的不断干扰导致上覆植被发生变化造成的。现代植被群落研究表明,亚热带针阔混交林生物量比马尾松林生物量要大^[28],如果根据生物量效应^[26]判断,马尾松林下的石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 应偏正,这与本文所记录的石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 偏负并不一致,这说明生物量效应不是造成本文石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 突变的原因。人类活动干扰下的土壤受到侵蚀有可能是造成天鹅洞石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 突变的原因。可能的机制为:人类活动影响的加剧,森林植被大量砍伐,导致针阔混交自然林向马尾松人工林演替,区域植被受破坏后出现严重的土

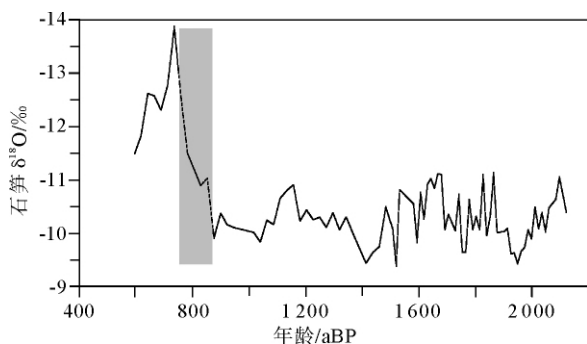


图4 天鹅洞石笋 TE2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 记录

Fig. 4 $\delta^{13}\text{C}$ record from Tian'e Cave

壤侵蚀^[27],破坏了原有的上覆土壤岩溶体系,导致 $\delta^{13}\text{C}$ 的突变。

3 结论

(1)通过福建宁化天鹅洞石笋(TE2)3个 ^{30}Th 年龄和96组稳定同位素测试,重建了该区2100~590 aBP期间平均分辨率为17年的氧碳同位素时间变化序列。

(2)石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 指示了东亚夏季风强度的长期演化趋势和百年尺度振荡信息,该记录在2100~700 aBP时段整体呈现出偏正的趋势,记录了此时段夏季风强度总体减弱的过程。

(3)在百年尺度上,太阳活动减弱时期对应于石笋氧同位素偏正时期,支持在百年尺度上太阳活动对季风强度的驱动机制。870~730 aBP期间 $\delta^{13}\text{C}$ 的突变,有可能是人类活动不断干扰下区域植被受破坏后出现严重土壤侵蚀所造成的。

致谢:感谢南京师范大学孔兴功教授和郭允硕士在同位素测试过程中给予的帮助。

参考文献 (References)

- [1] An Z S, Porter S C, Kutzbach J E, et al. Asynchronous Holocene optimum of the East Asian monsoon[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2000, 19(8): 743-762.
- [2] He Y, Theakstone W H, Zhang Z L, et al. Asynchronous Holocene climatic change across China[J]. *Quaternary Research*, 2004, 61: 52-63.
- [3] Dong J G, Wang Y J, Cheng H, et al. A high-resolution stalagmite record of the Holocene East Asian monsoon from Mt Shennongjia, central China[J]. *The Holocene*, 2010, 20(2): 257-264.
- [4] Fleitmann D, Burns S J, Mangin A, et al. Holocene ITCZ and Indian monsoon dynamics recorded in stalagmites from Oman and Yemen (Socotra)[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2007, 26: 170-188.
- [5] Hong Y T, Hong B, Lin Q H, et al. Synchronous climate anomalies in the western North Pacific and North Atlantic regions during the last 14 000 years[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2009, doi:10.1016/j.quascirev.2008.11.011.
- [6] Jiang W Y, Guo Z T, Sun X J, et al. Reconstruction of climate and vegetation changes of Lake Bayanchagan (Inner Mongolia): Holocene variability of the East Asian monsoon[J]. *Quaternary Research*, 2006, 65: 411-420.
- [7] Jung S J A, Davies G R, Ganssen G M, et al. Synchronous Holocene sea surface temperature and rainfall variations in the Asian monsoon system[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2004, 23: 2207-2218.

- [8] Cai Y J, Tan L C, Cheng H, et al. The variation of summer monsoon precipitation in central China since the last deglaciation[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2010, 291: 21-31.
- [9] Yancheva G, Nowaczyk N R, Mingram J, et al. Influence of the intertropical convergence zone on the East Asian monsoon [J]. *Nature*, 2007, 445: 74-77.
- [10] Tan L C, Cai Y J, Cheng H, et al. Summer monsoon precipitation variations in central China over the past 750 years derived from a high-resolution absolute-dated stalagmite[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2009, 280: 432-439.
- [11] Tan M, Liu T S, Hou J Z, et al. Cyclic rapid warming on centennial-scale revealed by a 2 650-year stalagmite record of warm season temperature[J]. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30 (12):1617-1620.
- [12] Zhang P Z, Cheng H, Edwards R L, et al. A test of climate, sun, and culture relationships from an 1 810-year Chinese cave record[J]. *Science*, 2008, 322: 940-942.
- [13] Hu C Y, Henderson G M, Huang J H, et al. Quantification of Holocene Asian monsoon rainfall from spatially separated cave records[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2008, 266: 221-232.
- [14] Wang Y J, Cheng H, Edwards R L, et al. The Holocene Asian Monsoon; links to solar changes and North Atlantic climate[J]. *Science*, 2005, 308:854-857.
- [15] Qian W, Lin X. Regional trends in recent precipitation indices in China [J]. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2005, 90: 193-207.
- [16] Steinhilber F, Beer J, Fr hlich C. Total solar irradiance during the Holocene [J]. *Geophys Res. Lett.*, 2009, 36, L19704, doi:10.1029/2009GL040142.
- [17] Stuiver M, Braziunas T F. Sun, ocean, climate and atmospheric $^{14}\text{CO}_2$: an evaluation of causal and spectral relationships[J]. *The Holocene*, 1993, 3(4): 289-305.
- [18] Rind D. The sun's role in climate variations[J]. *Science*, 2002, 296: 673-677.
- [19] Geel B V, Raspopov O M, Renssen H, et al. The role of solar forcing upon climate change[J]. *Quaternary Science Reviews*, 1999, 18: 331-338.
- [20] Julien Emile-Geay, Mark Cane, Richard Seager, et al. El Niño as a mediator of the solar influence on climate[J]. *Palaeoceanography*, 2007, 22(3): 3210-3221.
- [21] Dorale J A, Gonzalez L A, Reagan M K, et al. A high-resolution record of Holocene climate change in speleothem calcite from Coldwater cave, Northeast Iowa [J]. *Science*, 1992, 258: 1626-1630.
- [22] Genty D, Blamart D, Ouahdi R, et al. Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data[J]. *Nature*, 2003, 421: 833-837.
- [23] Genty D, Baker A, Massault M, et al. Dead carbon in stalagmites: Carbonate bedrock paleodissolution vs. ageing of soil organic matter. Implications for ^{13}C variations in speleothems[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2001, 65 (20): 3443-3457.
- [24] Genty D. Palaeoclimate research in Villars cave (Dordogne, SW-France)[J]. *International Journal of Speleology*, 2008, 37(3): 173-191.
- [25] Couchoud I, Genty D, Hoffmann D, et al. Millennial-scale climate variability during the Last Interglacial recorded in a speleothem from south-western France[J]. *Quaternary Science Review*, 2010, doi: 10.1016/j. quascirev. 2009. 08. 014.
- [26] 罗维均, 王世杰, 刘秀明. 洞穴现代沉积物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的生物量效应及机理探讨: 以贵州 4 个洞穴为例 [J]. *地球化学*, 2007, 36(4): 344-350. [LUO Weijun, WANG Shijie, LIU Xiuming. Biomass effect on carbon isotope ratio of modern calcite deposition and its mechanism: A case study of 4 caves in Guizhou Province, China[J]. *Geochimica*, 2007, 36(4): 344-350.]
- [27] 邱红烈. 中国福建省亚热带山地 4 000 年来植被变化的孢粉记录[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2006, 1(1): 11-23. [QIU Honglie. A 4 000-year pollen record of vegetation change from the subtropical mountains of Fujian Province, China [J]. *Journal of Subtropical Resources and Environment*, 2006, 1(1): 11-23.]
- [28] 刘申, 罗艳, 黄钰辉, 等. 鼎湖山五种植被类型群落生物量及其径级分配特征[J]. *生态科学*, 2007, 26(5): 387-393. [LIU Shen, LUO Yan, HUANG Yuhui, et al. Studies on the community biomass and its allocations of five forest types in Dinghushan nature reserve[J]. *Ecological Science*, 2007, 26(5): 387-393.]

2100~590 ABP STALAGMITE STABLE ISOTOPE RECORDS FROM TIAN'E CAVE AND THEIR REGIONAL CLIMATE SIGNIFICANCE

JIANG Xiuyang¹, LI Zhizhong¹, SHEN Chuanzhou², LI Jinqun¹

(1 College of Geography Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007;

2 Dept Geosciences, National Taiwan University, Taipei 106)

Abstract: We present in this paper the ²³⁰Th-dated stalagmite stable isotope record from Tian'e Cave in Fujian province, Southeast China. This record provides an Asian Monsoon(AM) history during a time interval from 2100~590 aBP. In the TE2 $\delta^{18}\text{O}$ record, the long-term decreasing trend correlates well with the Heshang Cave $\delta^{18}\text{O}$ change, supporting that the Asian Monsoon intensity is controlled by the migration of Inter-tropical Convergence Zone (ITCZ). A comparison between the stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ record and the Total Solar Irradiance record provides strong evidence for solar forcing of East Asian monsoon on centennial to multi-decadal time-scales. An important characteristic of the TE2 isotopic record is an abrupt large shift of the carbon isotopic ratio (4‰), suggesting intensified soil erosion occurred on the overlain soil due to the destruction of the climax vegetation as a result of constant human disturbance.

Key words: stalagmite; East Asian monsoon; interdecadal scale; solar forcing; Ninghua of Fujian Province