**说 明:黄底红色字部分是投稿格式提示和要求，投稿论文中请删除**

**请添加连续行号**

**论文题目**

作者1**保持不变，不写具体作者姓名，文章作者及单位含英文另附作者简介文件**

单位1 340000**保持不变，不写作者具体单位**

**摘要**：【**目的**】南岭及邻区的第四纪沉积以冲积物、残积物和洞穴堆积物为主，长期以来缺乏统一的地层格架和时间框架。**【方法】**本文基于剖面资料和实地调查，将南岭第四纪地层划分为永州-郴州、桂林-贺州、韶关-清远、赣州、道县-阳山等5个地层小区；并通过厘定每个小区的岩石地层序列、生物地层和气候地层及其测年成果，建立起综合地层的对比格架。**【结果】**结果表明，南岭第四系与中国更新统泥河湾阶、周口店阶、萨拉乌苏阶和尚未建阶的全新统可一一对比；其生物地层以早更新世巨猿动物群和中更新世晚期以来的马坝人、道县人和柳江人等智人演化的为特点；气候地层以洞穴石笋和高山泥炭重建的古气候记录为代表，主要反映东亚季风背景下的南岭局地气候。但由于测年数据较少，冲积层和残积层的对比仍然存在困难；生物演化阶段与气候变化之间也未能详细对比。**【结论】**因此，今后南岭的第四纪地层研究应围绕提高测年精度与建立统一的年代标尺开展，促进综合地层对比的精细化、延伸气候地层的时间尺度并拓展与南海海相地层的对比；这一基础性工作对水文、环境、工程等实践应用亦具有重要意义。**（五号宋体。能够独立反映全文主要内容，需详细，重点阐述说明文章主要工作、结果以及主要结论，尽量用具体数字和具体方向来说明工作取得的进展或成效，字数在500字左右）。**

**（对于原创研究类文章，需对摘要按研究目的、方法、结果和结论四个要素进行结构化标注：**

**摘要：【目的】……。【方法】……。【结果】……。【结论】……。**

**对于综述类文章，推荐使用结构化的摘要，例如：**

**摘要：【目的/意义】……。【分析/评论/进展】……。【结论/展望】……。）**

**关键词**：地层分区；地层对比；第四纪；南岭**（4-8个，有实际的意义）**

Paper Structure and Layout Template of Bulletin of Geological Science and Technology**（三号，Times New Roman）**

**Abstract**: **[Objective]**The Quaternary sediments in the Nanling and adjacent areas are dominated by alluvial, eluvium and cave deposits, which have lacked a unified stratigraphic and chronological framework. **[Methods]**Based on the results of field survey and research on profiles, the Quaternary strata of Nanling area has been divided into five stratigraphic minor region:Yongzhou-Chenzhou, Guilin-Hezhou, Shaoguan-Qingyuan, Ganzhou and Daoxian-Yangshan minor region. Meanwhile, the framework of comprehensive strata determined by the lithostratigraphic sequence, biostratigraphy, chronostratigraphic and climatic data has also been established. **[Results]**The results show that the Quaternary System in Nanling area can be compared with the Nihewan Stage, Zhoukoudian Stage, Sarawusu Stage of Pleistocene Series and the unbuilt Stage of Holocene Series in China. Its biostratigraphy is characterized by the *Gigantopithecus* Fauna of early Pleistocene and the *Homo sapiens* such as Maba, Daoxian, Liujiang hominin since the late Middle Pleistocene. The climatic stratigraphy are represented by the glacial-interglacial cycle and the local climatic characters in the background of the East Asian monsoon, which were reconstructed by alpine peatandstalagmites deposited from the late Pleistocene. However, the comparison between alluvial and eluvium remains difficult due to the lack of dating data. There is also no detailed comparison between the biological evolution stages and climatic stages. **[Conclusion]**Therefore, the Quaternary stratigraphic research in Nanling should focus on improving the dating precision and establishing a unified time scale in the future in order to promote the refinement of comprehensive stratigraphy comparison. The comparison between continental sediments and marine strata in the South China Sea should be expanded. And it can be used as the basis of applications in hydrological, environmental and engineering geology in Nanling and adjacent areas.**（五号，Times New Roman，提倡写长英文摘要，需详细，成为独立小论文）**

**（对于原创研究类文章，需对摘要按研究目的、方法、结果和结论四个要素进行结构化标注：**

**Abstract:【Objective】…….【Methods】…….【Results】…….【Conclusion】…….**

**对于综述类文章，推荐使用结构化的摘要，例如：**

**Abstract:【Objective/Significance】…….【Analysis/Discussion/Progress】…….【Conclusion/Prospect】…….）**

**Keywords**: stratigraphic regionalization; stratigraphic comparison; Quaternary; Nanling Mountains**(五号，Times New Roman，中英文内容对应)**

**正文中文用5号宋体，英文用5号Times New Roman，页面大小为A4（210×297）。**

**页面设置：上1.5cm，下1.5cm，左1.5cm，右1.5cm，页眉1.5cm，页脚1.5cm。**

**请通栏排版。每页应排满，不应出现一半有内容一半空白的情况。**

**《地质科技通报》对引言不编排节号，文章开头的段落即为引言。**

**文中参考文献，采用顺序编码，即按在文中出现的先后顺序编码。并在文中引用内容之后以上角标的形式标注。**

南岭是华南地区规模最大的横向构造带山脉[1]，位于湘、赣、粤、桂四省交界处，大致范围为23°30′-27°15′N，109°40′-115°20′E。历史上南岭又称“五岭”，专指沿越城岭、都庞岭、萌渚岭、骑田岭和大庾岭进入华南的五条重要通道[2]。现代地理意义上的南岭，其内涵转化为上述五岭以及海洋山、九嶷山、莽山等海拔高于千米的山岭(图1)。它既是长江流域和珠江流域的分水岭，也是重要的生态界线[3]；其南北两侧的降水和年均温差异较大[4]，南侧是我国冬季平均冰冻的最南界线[5]。

南岭构造带横跨扬子地块、江南造山带及华夏地块，以梧州-四会隐伏断裂和茶陵-广昌隐伏断裂为南、北界，具有明显的东西向构造线特征[1]。南岭构造带的岩浆活动强烈，包括西侧的晋宁期中酸性侵入岩以及东侧的广西期、印支期以及燕山期中酸性侵入岩；因而发育了举世闻名的钨、锡、稀土矿，在花岗岩和矿床学研究中又被称为南岭成矿带[6-7]。南岭山脉的主体由燕山运动时形成的穹隆和背斜构成，呈NE-SW向斜列的山脉及山间盆地；受晚白垩世-古新世和晚渐新世-中新世的伸展作用控制[8-9]，形成了由中等起伏中低山和狭小盆地构成的花岗岩、喀斯特和丹霞地貌格局。其周边则地势低平，北为湘江流域广阔的冲积平原，东北为沿赣江发育的低山丘陵和冲积平原，东南为北江流域的低山丘陵与沉积盆地，西南则以喀斯特低山和岩溶平原为主(图1)。

# 1 南岭第四纪地层分区（一级标题，宋体四号加粗）

根据中国第四纪地层分区方案，南岭横跨了“东南-华南地层区”中的“长江中下游亚区”与“沿海及丘陵亚区”[27]。这两个亚区地域广阔，包括了海陆交互沉积、火山堆积等南岭没有的成因类型。为了更好的厘清南岭第四纪地层对比格架，我们以200 m等高线为参考线，综合考虑地貌单元组合、地层分布范围、构造演化背景、古生物化石等因素 [28-30]，进一步划分出5个“地层小区”(图1)，即永州-郴州小区(I)，包括越城岭以东-阳明山北缘-八面山以西的湘江中上游，在衡阳、零祁、茶永盆地沉积了较厚的冲积层和残积层。桂林-贺州小区(II)，包括灵川县-海洋山-萌渚岭一线以南的丘陵和岩溶平原，广布冲积层和洞穴堆积。韶关-清远小区(III)主要包括瑶山东缘-大庾岭南缘-翁源县围限的南雄、韶关、英德、清远等盆地，多洞穴堆积。赣州小区(IV)包括赣江中上游的冲积平原和低山丘陵，以残积层和冲积层为主。道县-阳山小区(V)位于南岭核心山地，主要沉积场所位于道县、阳山县等地的山间小盆地。

# 2 岩石地层序列

## 2.1永州-郴州小区（二级标题，黑体五号）

本区的第四系冲积层分布广泛[16, 18]，由老至新依次为下更新统洞井铺组(Qp1*d*)、中更新统新开铺组(Qp2*x*)、白沙井组(Qp2*bs*)、马王堆组(Qp2*m*)和上更新统白水江组(Qp3*b*) (图2)。这些冲积层与湘江沿岸的T5~T1阶地逐级对应，保存条件良好，横向追索方便且对比明晰。其中洞井铺组、新开铺组以典型的河床相砾石层为标志层，分别对应T5和T4阶地；完整剖面见于永州零陵区、茶陵县浣溪镇、永兴县城关镇、安仁县平背乡等地。白沙井组、马王堆组和白水江组依次构成T3~T1堆积阶地，在整个流域都有分布。其中白沙井组顶部发育了一套红棕色土和白色网纹镶嵌的“网纹红土”，又被称为“南方红土”，是我国热带-亚热带地区广泛分布的一个重要地层单位[19]。

本区的残积层广泛分布在花岗岩丘陵之上，花岗岩结构、构造多已模糊不清，易溶组分散失殆尽，呈红色风化壳[31]。以冲积物为母质发育的残积层，厚度较大且剖面结构完整，常呈现砾石层、网纹红土层与均质红土层的组合特征。

## 2.2桂林-贺州小区

本区的冲积层主要沿漓江、贺江分布，地貌上构成多级阶地。早期以T4阶地为基础命名的浔江组[14]，在其它地区均未见到对应地层。因此本文未取该组，只划分了中更新统白沙组(Qp2*b*)、上更新统望高组(Qp3*w*)、全新统桂平组(Qh*g*)。在桂林三里店及灵川县双潭村等地，各组分别对应于T3~T1阶地剖面(图2)。

本区的洞穴堆积研究程度较高，依次为下更新统柳城组(Qp1*l*)，中更新统太平组(Qp2*t*)，上更新统新兴组(Qp3*x*)和全新统迁江组(Qh*q*)。柳城组整体岩性以棕褐色蚀余红土、钙板夹淡红色含砂粘土为主，共分为5层，其中2~3层淡红色钙质粘土中产大量哺乳动物化石，组成了“柳城巨猿动物群”[10]。太平组可与本区T3阶地白沙组对比，含“巴马巨猿动物群”，年代为中更新世早期[32]。新兴组以柳江区新兴农场通天岩为代表，也见于来宾市盖头洞、柳州市白莲洞[33-34]。其中通天岩的黄红色粘土层中出土了完整的“柳江人”头骨化石，是柳江动物群的典型代表[35-36]。迁江组以桂林市南郊甑皮岩堆积最为典型[37]，含“甑皮岩人”化石。

此外，洞穴石笋是本区常见的化学沉积类型，它们在宏观岩性上并无太多差别，但微观的纹层构造、方解石成分及可能存在的沉积间断成为重要的区别标志[38]。石笋年纹层结合铀钍(U-Th)定年所建立的年龄标尺，精度和分辨率远高于洞穴裂隙堆积；其碳酸岩δ13C、δ18O、微层发光、微量元素等指标也可提供大量气候信息，从而为解析高分辨率的古气候记录提供了基础[39]。

# 3. 综合地层序列

## 3.1 生物地层

中国南方早期建立了两个哺乳动物群，即早更新世“巨猿动物群”和中更新世狭义的“大熊猫-剑齿象动物群”[10,35,49-50]。但动物群所处时代长期依靠生物地层学方法，即化石组合中的新进纪残留种、更新世特有种与现生种的相对比例来确定[50]，缺乏绝对定年数据。近10年来，一些铀系(U)、电子自旋共振(ESR)和放射性碳测年(14C)数据成为动物群断代的基础(表1)；同时“巨猿动物群”被进一步修订为“巨猿-中华乳齿象动物群”，时代从早更新世一直延续到中更新世中期[59]。

**（表：文中表应具有自明性，并给出中、英文名称。表应随文出现，先见相应文字，后见表。表格统一用三线表，表中出现代号，请注明其具体含义。注意图、表中数据与文字描述相符。如表1。**）

### 表1 南岭的哺乳动物化石地点及年代（中文表名，宋体五号，居中）

Table 1 The origin sites and dating value of mammal faunae in Nanling area **（英文表名，Times New Roman五号，居中）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 地点 | 年代/ka | 测年方法 | 资料来源 |
| 广西桂林 | 甑皮岩 | 12.5~7.6 | 14C | 文献[51] |
| 广东英德 | 牛栏洞 | 12~8 | 14C | 文献[43] |
| 青塘洞穴群 | 20~10 | 14C | 文献[52] |
| 广西柳州 | 白莲洞 | 36~7 | 14C | 文献[53-54] |
| 通天岩(柳江人) | 68 | U | 文献[55] |
| 湖南永州 | 道县(道县人) | 128~80 | U | 文献[13] |
| 广东韶关 | 狮子岩(马坝人) | 237~129 | U | 文献[12, 56] |
| 广西贺州 | 吊钟岩 | 210 | U | 文献[57] |
| 广西柳城 | 巨猿洞 | 1.206×103~0.94×103 | ESR, U | 文献[58] |

南岭柳城组的“柳城巨猿动物群”经过多年发掘，除了含有三棱齿象等上新世残留种外，还有桑氏鬣狗、大熊猫小种、云南马等早更新世特有种及华南豪猪等大量现生种[32]。最新的测年数据显示该动物群所处时期为1.206-0.94Ma，对应早更新世晚期[58]。这一时期相当于巨猿-中华乳齿象动物群分期中的第3阶段[59-60]；与广西崇左缺缺洞时代相当[61]，晚于崇左的百孔洞、巨猿洞，但早于广西百色的宝莱洞[62]。而柳城封门洞中的动物群分子，属于中更新世早期的“巴马巨猿动物群”[32]，与广西武鸣步拉利山的动物群时代相当[58]。

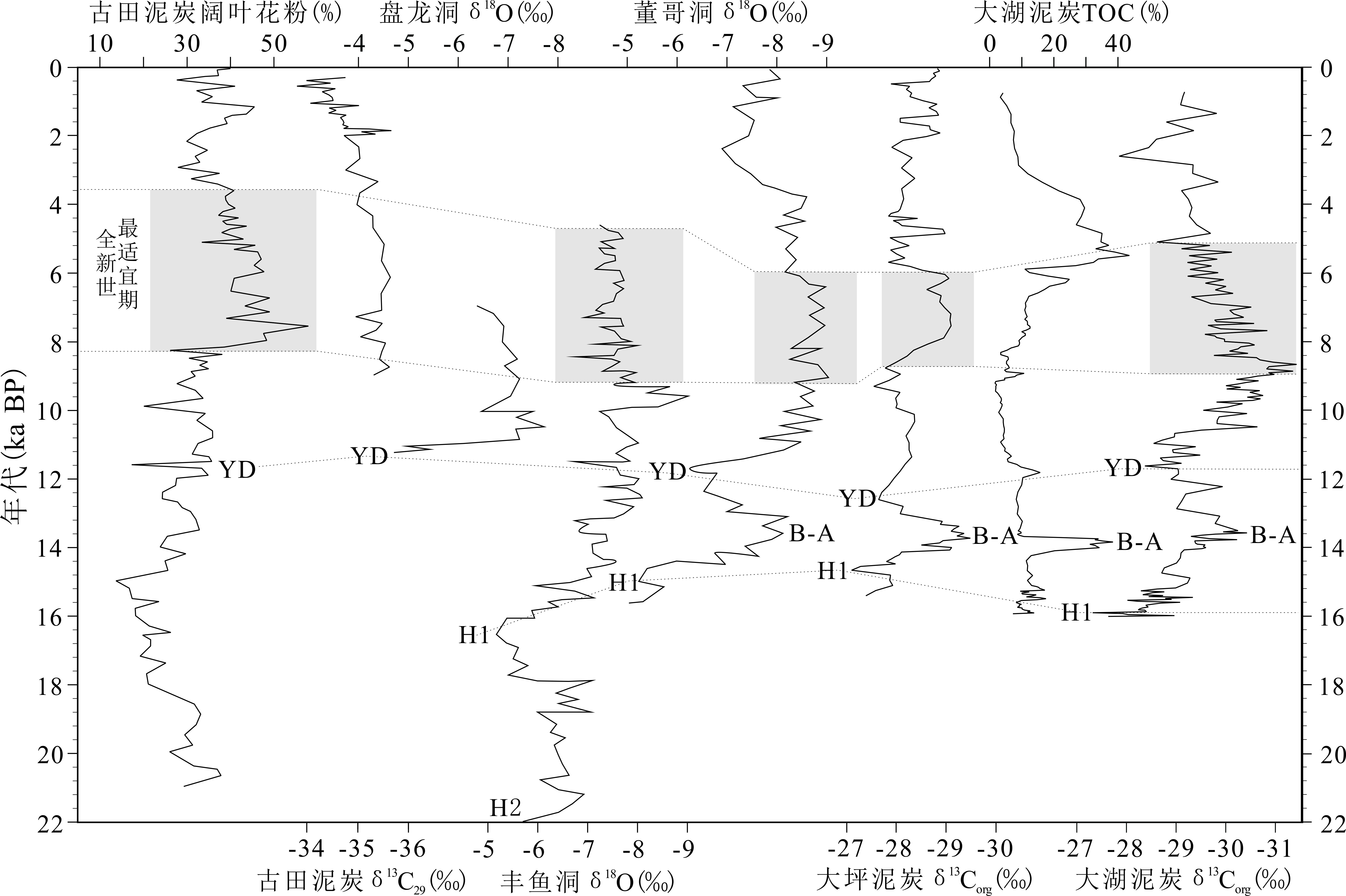
自中更新世晚期开始，南岭出现了丰富的古人类化石及文化遗存(表1)。广东韶关的“马坝人”是南岭迄今所发现的最古老人类，也是区内唯一的早期智人(图4)。前人分别测定表层钙板、鹿牙、牛牙化石的铀系年龄，最终认为“马坝人”早于129ka BP，即中更新世晚期[63]。但最近重测的钙板年龄为237ka BP[56]，存在一定争议。与之同期的还有广西贺州吊钟岩哺乳动物群，年龄约为210 ka[57]。稍晚一点出现的“道县人”，生存于120~80ka BP[48]，被认为是世界上最早出现的晚期智人，比欧洲要早3.5万~7.5万年[13]。同属晚期智人的“柳江人”[36, 64]和“白莲洞人”[53-54]生存时代分别为68ka BP、30ka BP，还有尚未测年的广西平乐鸡母岩[55]，均晚于南岭腹地的“道县人”。

除此之外，智人所在的文化层中含有大量石器或陶器，依据其加工方式、器型特征所划分的文化期也有助于地层对比。例如柳州白莲洞第4文化层以穿孔、磨刃和细小化的石器为主，属于典型的中石器。而英德牛栏洞第1文化层通体磨光的石锛与陶片共存[43]，说明已进入新石器时代，与青塘黄门岩2号洞[52]和广西来宾“甑皮岩人”[51]的文化层同期。这一对比结果同时也得到了14C测年数据的支持(图4)[43, 52].

## 3.2 年代地层

南岭的冲积层往往处于阶地之上，地层对比采用阶地级次比较和横向追索的方法较多，测年数据的成果较少，因而远距离上的对比仍然存在困难。目前比较系统的阶地测年位于韶关-清远小区的武江上游(表2)，最高阶地年龄值为819 ka BP，时代为早更新世晚期[40]；方法以热释光(TL)为主，缺乏放射性同位素测年。

南岭的残积层测年数据十分零散，其主要原因是湿热气候导致强烈的化学风化，从而使依赖磁性矿物成分的古地磁定年方法失效[72-73]。衡阳高兴村残积层中部的年代范围为2.23~1.11Ma [31]。赣州黄金区望城岗组的网纹红土层年代为104~87ka BP[65]，形成于晚更新世。值得注意的是，一般认为南方红土的网纹化作用时代为600~400ka[74]，因而黄金区剖面的测年结果存疑。解决红土测年的难题也有了一些新的办法，例如利用百色盆地网纹红土中的玻璃陨石进行40Ar/39Ar定年，年龄被精确测定为(803±3ka)[66]。但总体来说，在红土中寻获不受化学风化影响的测年材料存在很大难度。



### 图5 南岭泥炭的古气候代用指标及气候变化曲线(数据来源和参考文献见表2，YD为新仙女木事件，H为海因里奇事件，B-A为博令-阿诺德暖期)（中文图名，宋体五号，居中）

Fig.5 Paleoclimaticchanges reconstructed by environmental proxies of peat in Nanling area**（英文图名，Times New Roman，居中）**

**（图给出中、英文名称。图应随文出现，先见相应文字，后见图，保证打印版清晰度。图中纵、横坐标必须有坐标轴名称、对于无量纲或无单位的，请注明“无单位”。注意图中文字、符号字号不宜过小。彩色图件请用Coreldraw清绘，原图存为CoreldrawX4版本，论文录用后图原文件（格式为.cdr）发送到编辑指定邮箱。如图5）**

研究表明，全新世最适宜期在东部出现于11.6~6ka BP之间[23]，而西部始于8~9 ka BP[26, 68]；西部的适宜期结束于6~5ka BP [26]，明显晚于东部并且持续较短，但早于其它东亚沉积记录(约5~2 ka BP[67])。季风的水热配置形式也有所不同，大湖在本该温暖湿润的适宜期反而处于干旱状态[67]。同时高山泥炭对千年尺度气候尺度的响应存在差别。大湖泥炭对晚冰期Allerød暖期和YD事件非常敏感[67]；但西部的大坪泥炭和古田泥炭对于YD事件之后的快速升温响应并不明显。这可能因为南岭山地对东亚季风的阻挡导致信号本身削弱[84]；也可能因为泥炭本身的有机碳保存机理不同，在更加湿热的东部低温有利于泥炭有机质增多[23]。因此，南岭地区的高山泥炭，更多记录了局地气候信息，这对石笋古气候记录是一个重要补充。

# 5. 结论、存在问题及展望

对于南岭的第四纪陆相地层，利用现有的岩石、生物、气候和年代地层学研究成果，基本实现不同分区之间、不同成因类型之间的地层对比。但问题也是显而易见，由于缺乏精细可靠的年代标尺，冲积层和残积层的远距离对比仍然存在困难；强烈的化学风化导致磁性地层学方法失效是其客观原因。同时生物演化的阶段与气候变化未能精细对比，没有实现两者的有机结合，因而我们对南岭古人类生存的环境知之甚少。另一方面，尚未发现长时间尺度的连续沉积剖面，从而缺乏建立统一的地层年代学标尺的基础。

建立统一的年代学标尺不仅对南岭的地学基础研究具有重要意义, 而且对水文、环境、工程等应用亦具有重要价值。今后努力的方向至少包括以下几个方面：

(1)加强年代地层学研究，利用多种测年手段提高测年精度。实现途径上，一方面在通过选取最优测年材料或方法以提高测年精度。例如14C测年时选取泥炭中木质素或植物残体来减少老碳效应的影响[85-86]，用光释光方法代替热释光来提高冲积层定年准确性[87-88]。另一方面应用的定年方法，如在洞穴堆积采用26Al/10Be埋藏法，为动物群提供同位素年龄制约[89-90]。

(2)加强生物地层与气候地层的精细对比。在精确年代标尺控制下的生物演化阶段与气候地层进行对应，准确重建其生存时代的古气候古环境，从而实现生物与气候地层框架的有机结合。这对深入理解古人类演化对环境变化的响应和反馈具有重要价值。

(3)促进陆相地层与海相地层对比。南岭与南海临近，从大型地貌单元来看是从陆到海的超大型山麓面，是南海沉积碎屑的主要物源；但目前海陆沉积对比的研究极为缺乏。将上述高精度年代控制下的陆相地层研究结果与南海记录[91]进行精细对比，提高整个华南地区的综合地层研究水平。

(4)拓展南岭气候地层的时间尺度。当前的气候地层涵盖了接近两个冰期-间冰期旋回[24,75]，还缺乏更长时间尺度的记录。可通过综合考虑花岗岩地区的高山泥炭生成机理、堆积的气候和地貌条件来寻找厚度更大的泥炭，或在冲积层发育的平原、盆地区开展沉积钻孔研究，或在灰岩洞穴中寻找沉积时间长、年纹层清晰的石笋，进而将气候地层的年代框架拓展成与生物地层相适应的长时间尺度。

**利益冲突声明/ Statement of Conflict of Interest：所有作者声明无利益冲突。**

（所有论文需在文末声明潜在的利益冲突，若无利益冲突也需明确说明。）

**作者贡献/Author Contribution**：

(请作者根据实际贡献情况撰写)

# 参考文献

（2015年后出现的文献应不低于50%，英文文献应不低于30%。参考文献中的中文文献，**需添加其对应英文题录**，注意英文题录后标注“**in Chinese with English abstract**”。参考文献中有三名以上作者的，需在第三名作者后加“等”或“et al.”，作者英文姓氏全拼，名字保留首字母，首字母后不加“.”。

（参考文献格式：中文，宋体五号字；英文，Times New Roman，五号字）

[1]舒良树,周新民,邓平,等.南岭构造带的基本地质特征[J].地质论评,2006,52(2):251-265.

Shu L S,Zhou X M, Deng P, et al. Principal geological features of Nanling tectonic belt, South China[J].GeologicalReview,2006,52(2):251-265(in Chinese with English abstract).

[2]周国逸,张虹鸥,周平.南岭山地的多学科综合研究价值[J].热带地理,2018,38(3):293-298.

Zhou G Y, Zhang H O, Zhou P. Multi-disciplinary research values of the NanlingMountains[J].TropicalGeography, 2018,38(3):293-298(in Chinese with English abstract).

[3]Deng C L, Hao Q Z, Guo Z T, et al. Quaternary integrative stratigraphy and timescale of China[J]. Science China: Earth Sciences, 2019, 62(1): 324-348

[4]周平,刘智勇.南岭同纬度带典型区域气候特征差异与成因分析[J].热带地理,2018,38(3):299-311.

Zhou P, Liu Z Y. Analysis of Climatic Characteristics and Trend in Typical Regions with the Same Latitude as theNanlingMoutainous Area[J].TropicalGeography, 2018,38(3):299-311(in Chinese with English abstract).

[5]郑景云,刘洋,郝志新,等.过去500年华南地区冷暖变化记录及其对冬季温度变化的定量指示意义[J].第四纪研究,2016,36(3):690-701.

Zheng J Y,Liu Y, Hao Z X, et al. Phenological cold/warm events recorded in historical documents and quantitative proxies for winter temperature in Southern China during the past 500 years[J]. Quaternary Sciences,2016,36(3):690-701(in Chinese with English abstract).

[6]周新民,陈培荣,徐夕生,等.南岭地区晚中生代花岗岩成因与岩石圈动力学演化[M].北京:科学出版社,2007:1-691.

Zhou X M, Chen P Y, Xu X S, et al. Genesis of late Mesozoic granites and lithospheric dynamic evolution in Nanlingarea[M].Beijing: Science Press,2007: 1-691(in Chinese with English abstract).

[7]李建威,赵新福,邓晓东,等.新中国成立以来中国矿床学研究若干重要进展[J].中国科学:地球科学,2019,49(11):1720-1771.

Li J W, Zhao X F, Deng X D, et al. An overview of the advance on the study of China's ore deposits during the last seventy years[J]. SCIENTIA SINICA Terrae, 2019, 49(11):1720-1771(in Chinese with English abstract).

[8]Qiu L, Yan D P, Tang S L, et al. Cenozoic exhumation of the Neoproterozoic Sanfang batholith in South China[J]. Journal of the Geological Society, 2020,177(2):412-423.

[9]Wang Y, Wang Y J, Li S B, et al. Exhumation and landscape evolution in eastern South China since the Cretaceous: New insights from fission-track thermochronology[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2020, 191(15): 104-239.

[10]裴文中.广西柳城“巨猿”下颚骨的发现[J].科学通报,1957,8(6):174-176.

Pei W Z. Discovery of the mandible of "Gigantopithecus" in Liucheng, Guangxi [J]. Chinese Science Bulletin, 1957, 8(6):174-176 (in Chinese with English abstract).

[11]吴汝康,彭如策.广东韶关马坝发现的早期古人类型人类化石[J].古脊椎动物与古人类,1959,1(4):159-163.

Wu R K, Peng R C.Early ancient human fossils discovered in Maba, Shaoguan, Guangdong[J]. Vertebrata Palasiatica, 1959, 1(4):159-163(in Chinese with English abstract).

[12]Wu X J, Schepartz L A, Liu W, et al. Antemortem trauma and survival in the late middle Pleistocene human cranium from Maba, South China[J]. PNAS, 2011, 108(49): 19558-19562.

[13]Liu W, Torres W W, Cai Y J, et al. The earliest unequivocally modern humans in southern China[J]. Nature, 2015, 526(7525): 696-699.

[14]广西壮族自治区地质矿产局.广西壮族自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1985: 281-289.

Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Regional Geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region[M].Beijing: Geological Publishing House, 1985: 281-289(in Chinese with English abstract).

[15]广东省地质矿产局.广东省区域地质志[M].北京:地质出版社,1988:264-272.

Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangdong Province. Regional Geology of Guangdong Province[M].Beijing: Geological Publishing House, 1988: 264-272(in Chinese with English abstract).

[16]湖南省地质调查院.中国区域地质志(湖南志)[M].北京:地质出版社,2017:1-268.

Geological Survey Institute of Hunan Province. Regional Geology of China (Hunan) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2017: 1-268(in Chinese with English abstract).

[17]江西省地质矿产勘查开发局.中国区域地质志(江西志)[M].北京:地质出版社,2017:1-1068.

Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Jiangxi Province. Regional Geology of China (Jiangxi)[M].Beijing: Geological Publishing House, 2017: 1-108(in Chinese with English abstract).

[18]陈长明,谢丙庚.湖南第四纪地层划分及其下限[J].地层学杂志,1996,20(4):271-276.

Chen C M, Xie B G. Stratigraphical division and lower limit of the Quaternary in Hunan. [J]. Journal of Stratigraphy,1996, 20(4):271-276(in Chinese with English abstract).

[19]An Z S, Porter S C, Kutzbach J E, et al. Asynchronous Holocene Optimum of the East Asian Monsoon[J]. Quaternary Science Review, 2000, 19: 743-762.

[20]Liu X B, Shen G J, Tu H et al. Initial 26Al/10Be burial dating of the hominin site Bailong Cave in Hubei Province, central China[J]. Quaternary International, 2015, 389(2): 235-240.

[21]Cheng H, Zhang H W, Zhao J Y, et al. Chinese stalagmite paleoclimate researches: A review and perspective[J]. Science China: Earth Sciences, 2019, 62(10): 1489-1513

[22]Yuan D X, Cheng H, Edwards R L, et al. Timing, duration, and transitions of the Last Interglacial Asian Monsoon[J]. Science, 2003, 304(5670): 575-578.

[23]Cheng H, Sinha A, Cruz F W, et al. Climate change patterns in Amazonia and biodiversity[J]. Nature Communications, 2013, 4: 1411.