

# 西藏吉隆盆地新近纪孢粉组合及古地理研究

孙黎明<sup>1</sup> 阎同生<sup>2</sup> 唐桂英<sup>1</sup> 丁小燕<sup>3</sup> 王瑞君<sup>3</sup> 田立富<sup>1</sup>

(1. 石家庄经济学院工程学院, 河北 石家庄 050031;

2. 河北师范大学资源与环境学院, 河北 石家庄 050016; 3 河北省地理科学研究所, 河北 石家庄 050011)

**摘要:** 西藏吉隆盆地沃马组发现的孢粉组合佐证了青藏高原在上新世晚期持续稳定的隆升。该盆地强波沟剖面共划分了 6 个孢粉组合带, 古植被是以松和冷杉为建群种的亚热带山地针阔叶林植被, 反映了温暖湿润的古气候环境, 期间经历几次明显的气候冷暖波动; 沃马组岩相古地理分析表明: 沃马组沉积环境主要是河流和湖泊沉积环境, 局部地区为冲积扇及沼泽环境。其古地理环境演化经历了早期形成阶段、半开放式湖盆阶段及封闭式湖盆 3 个演化阶段。

**关键词:** 吉隆盆地; 沃马组; 孢粉组合; 古地理环境

**中图分类号:** P914; P531      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2007)01-0049-06

青藏高原自上新世以来隆升了 3 000 多米, 形成了一道天然屏障<sup>[1]</sup>, 阻隔了南亚暖湿气流, 造成了中亚和中国西北部的沙漠化, 影响了周边地区的生产、生活与经济发展<sup>[2]</sup>, 因此, 青藏高原隆升与环境演化研究一直是地学研究的热点<sup>[3-7]</sup>。吉隆盆地前人做过大量工作, 积累了较丰富的资料。有关学者已从不同角度对其隆升的时代和幅度进行了研究<sup>[8-10]</sup>。由于青藏高原的隆升是一个非常复杂的问题, 虽然已有许多论述, 但仍需更多的相关证据的支持。笔者从孢粉分析入手, 以期获得青藏高原隆升的古生物学证据。西藏吉隆盆地约有 700 万年的沉积历史, 该断陷盆地的形成与高原隆升同步发生, 盆地接受了山体剥蚀的风化物, 在沉积物中保存着高原隆升与环境变迁的大量信息。孢粉组合可直接恢复当时古植物群的演化过程, 反映古气候变化的信息<sup>[11]</sup>, 结合沉积环境分析, 深入研究本区新近纪的古植被、古气候、古地理环境特征, 对探讨高原古环境演化规律有着十分重要的现实意义。

## 1 研究区概况

吉隆盆地地处青藏高原西南部, 地势北高南低, 地理坐标为北纬 28°30'~29°, 东经 84°40'~85°30', 出露面积 284 km<sup>2</sup>。属于构造(断陷)盆地(图 1), 平均海拔高度 4 350 m。该区属高原温带半干旱季风气候区, 年均气温 0~3°, 全年降水 230~370 mm。区内水系发育, 有雅江水系和吉隆河水系。现代植被主要为高山草原植被, 植被组成中有蒿属、禾本科、豆科、

藜科和石竹科等。珍稀树种有西藏长叶松、长叶云杉、喜马拉雅红豆杉等。

吉隆盆地新近纪地层划分为沃马组, 其时代包括晚中新世至上新世, 它不整合于侏罗纪地层之上, 其上与上覆早更新世顶盖砂砾岩层呈不整合接触。根据本组岩性特征, 在剖面中自下而上可分为 3 个岩性段: 下段以黄色、灰色粉砂岩为主, 含铁质条带或结核, 为青灰色炭质泥岩、灰色粉砂岩夹泥岩、泥灰岩及底砾岩。中段为灰色砾岩、黄色砂岩和灰色砂岩相间出现, 夹深灰色砂质页岩、黑色炭质泥岩、赤色粉砂岩夹泥岩、泥灰岩及底砾岩。上段为淡黄色泥岩夹少量紫色砂质泥岩, 总厚度大于 450 m。岩性特征反映出该盆地早期和中期为河流、沼泽相沉积, 晚期为湖相沉积。在早期和中期的沉积过程中, 有大量的砾岩多次出现, 反映盆地有多次升降运动, 同时有十余层砖红色、红色钙质、泥质结核或薄层透镜体, 说明是在潮湿炎热的气候条件下沉积的。在晚期湖相沉积过程中, 环境较为稳定, 沉积物的厚度较大, 到早更新世时变为河流相, 即为冲洪积物覆盖的不整合关系, 说明湖相环境是在早更新世消失的。

## 2 孢粉组合与古植被特征

吉隆盆地晚新生代孢粉化石丰富, 在强波沟剖面各岩性变化带共采集孢粉样品 31 件, 经鉴定共获得各类孢粉 3 909 粒, 包括 42 个植物科属。常见的乔木植物花粉有: 松属

收稿日期: 2006-07-31; 改回日期: 2006-09-19

项目名称: 中国地质调查局地质大调查项目(2001300009181)资助。

作者简介: 孙黎明, 女, 1952 年生, 高级工程师, 从事孢粉与古地理研究; E-mail: sunliming269@sohu.com。

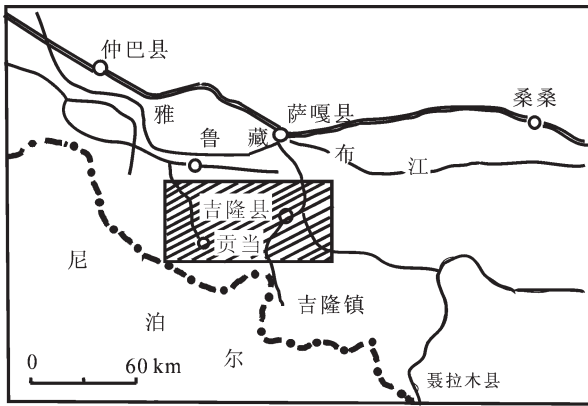


图1 吉隆盆地位置示意图

Fig.1 Location map of the Gyrong basin

(*Pinus*)、冷杉属(*Abies*)、铁杉属(*Tsuga*)、桦属(*Betula*);灌木及草本植物有蒿属(*Artemisia*)、禾本科(*Gramineae*)、麻黄科(*Ephedraceae*);蕨类植物有水龙骨科(*Polypodiaceae*)、卷柏属(*Selaginella*)、凤尾蕨属(*Pteris*)、紫萁属(*Osmunda*)真蕨纲(*Filicinae*)。根据孢粉种属的生态类型与含量的不同,将剖面自下而上划分为6个孢粉组合带(图2)。

孢粉带 I (BF1-BF4):年代为 6.54 Ma<sup>①</sup>以前,属于晚中新世。乔木植物以松(59.46%~64.3%)占优势、冷杉属(10.1%~14.6%)为次优势,铁杉属占 2.9%~5.8%,桦属占 1.9%~2.2%,有少量雪松属(*Cedrus*)、落叶松属(*Larix*)、桦属、榛属(*Corylus*)等;灌木及草本植物蒿属、禾本科、麻黄属、藜科。蕨类植物有水龙骨科(1.6%~7.2%)、卷柏属(1.5%~3%)、凤尾蕨属、真蕨纲等。本带植被中松属、冷杉属、铁杉属为主导的针叶林发育。在水分较好的低地生长着一些紫萁属、凤尾蕨和水龙骨科等亚热带属种的蕨类植物,指示了沉积时期温暖潮湿的古气候环境。

孢粉带 II (BF5-BF8):年代为 6.54~5.4 Ma,乔木植物主要有松属(61.7%~66.9%)、冷杉属(11.7%~12%)、铁杉属(4.2%~6.4%)、和少量云杉属(*Picea*)、桦属;草本植物有蒿属(1.4%~1.8%)、禾本科(1.2%~1.4%)和少量藜科、伞形科;蕨类植物有卷柏属(1.5%~3%)、水龙骨科(0.8%~3.6%)、凤尾蕨属(0.7%~1.8%)和少量真蕨纲孢子。本带松、冷杉的植物复盖度与带 I 变化不大,但蕨类植物中紫萁、凤尾蕨亚热带属种较带 I 减少,但铁杉和水龙骨科略有增加,反映气候仍较暖湿。

孢粉带 III (BF9-BF12):年代为 5.4~4.25 Ma,乔木植物冷杉属(11.2%~33%)出现一高峰曲线,松属仍占主导为 32.6%~66.4%、铁杉属为 4.4%~6.4%、桦属。少量雪松属、桦属、栎属、柳属(*Salix*);灌木及草本植物有麻黄属、蒿属、禾本科、藜科、杜鹃科、石竹科(*Caryophyllaceae*);蕨类植物有水龙骨科(2.2%~3.7%)、卷柏属、膜蕨科(*Hymenophyllaceae*)、凤尾蕨属。

本带植被中冷杉明显增加,同时耐旱草本麻黄、蒿属较带 II 增加,蕨类植物明显减少,预示气候变冷略干。

孢粉带 IV (BF13-BF22):年代为 4.25~3.92 Ma,乔木植物有冷杉属(13.6%~39%)、松属(61%~65.6%)、铁杉属(2.7%~8.8%)、少量云杉属、雪松属、桦属、桤木属(*Alnus*)、栎属、榛属、椴科(*Tiliaceae*);灌木及草本植物有少量麻黄属、蒿属、禾本科、菊科、蓼科、伞形科、杜鹃科、石竹科、唐松草属、毛茛科等;蕨类植物有水龙骨科(1.6%~8.8%)及少量卷柏属、凤尾蕨属、石松属、紫萁属、真蕨纲。本带中冷杉出现大幅度增加,同时蕨类植物水龙骨科也相应增加。反映此时水分条件较好,气候转为冷湿。

孢粉带 V (BF23-26):年代为 3.29~2.47 Ma,乔木植物有松属(58%~64.6%)、冷杉属(10.3%~14.7%)、铁杉属(3.8%~6.3%)、桦属、桤木属、胡桃属、椴属、柳属等;灌木及草本植物有麻黄属、蒿属、藜科、禾本科、少量菊科(*Compositae*)、蓼属、伞形科、石竹科等;蕨类植物有水龙骨科(4.8%~7.3%)真蕨纲(0.7%~3.6%)、凤尾蕨属、少量石松属(*Lycopodium*)。本带中建群种松属变化不大,冷杉植物较带 IV 减少,蕨类植物、真蕨纲及草本植物略有增加,气候变为温湿。

孢粉带 VI (BF27-30):年代为 2.47~1.7 Ma,本带中乔木植物松属(50%~60.3%)、冷杉属(17%~29%)、铁杉属(3.7%~5.5%)、桦属(0.8%~3%);灌木及草本植物有麻黄属、蒿属、藜科、禾本科、少量菊科、蓼属、伞形科、地榆属(*Sanguisorba*)、毛茛属(*Ranunculus*)等;蕨类植物有水龙骨科、凤尾蕨属、卷柏属。本带中冷杉呈持续不断增加,耐旱草本蒿属、麻黄、在植被中亦有逐渐增加,蕨类植物趋于减少,反映此时大陆性气候不断加强,气候趋于冷干。纵观整个剖面,本剖面孢粉组合具有以下特点:

(1)组合中古植被以针叶树占绝对优势,含量为 77.7%~89.4%,尤其是松属花粉含量在剖面中一直居高不下而占主导地位,含量为 50%~66.9%,与松属共生的其他针叶树中的冷杉为次优势,含量为 10.3%~39%。冷杉目前分布在邻近的克什米尔山地,在 2 000~3 000 m 高度最为集中<sup>[9]</sup>。在吉隆盆地,地势北高南低,有利于接受西南季风,使冷杉有着良好的发育条件。铁杉仅为 5.3%。阔叶树花粉更少,仅为 0.7%~2.9%。含量较高的有分布于北温带的桦属,常生长于 1 000 多米以上的山地<sup>[9]</sup>。(2)灌木及草本植物花粉较少,含量为 3.6%~10.5%,其中分布于温带的耐旱蒿及禾本科花粉,含量分别为 0.8%~2.9%及 0.7%~2.2%。(3)蕨类植物含量比灌木及草本植物花粉略多,为 3.5%~14.3%,其中比较突出的有分布于热带、亚热带地区的水龙骨科;其次是凤尾蕨属、紫萁属和真蕨纲孢子,均分布于湿热地带或林中阴处。在本剖面中一直占绝对优势的松显示了较广泛的适应性,自始至终在本剖面中有较稳定的分布。冷杉作为喜冷湿生境的树种,在本剖面中部和上部出现 3 次曲线高峰,分别代表 3 次明显的气候变

①河北省地调院区调所,石家庄经济学院.1:25 万吉隆县幅、萨嘎县幅区调报告,2003.

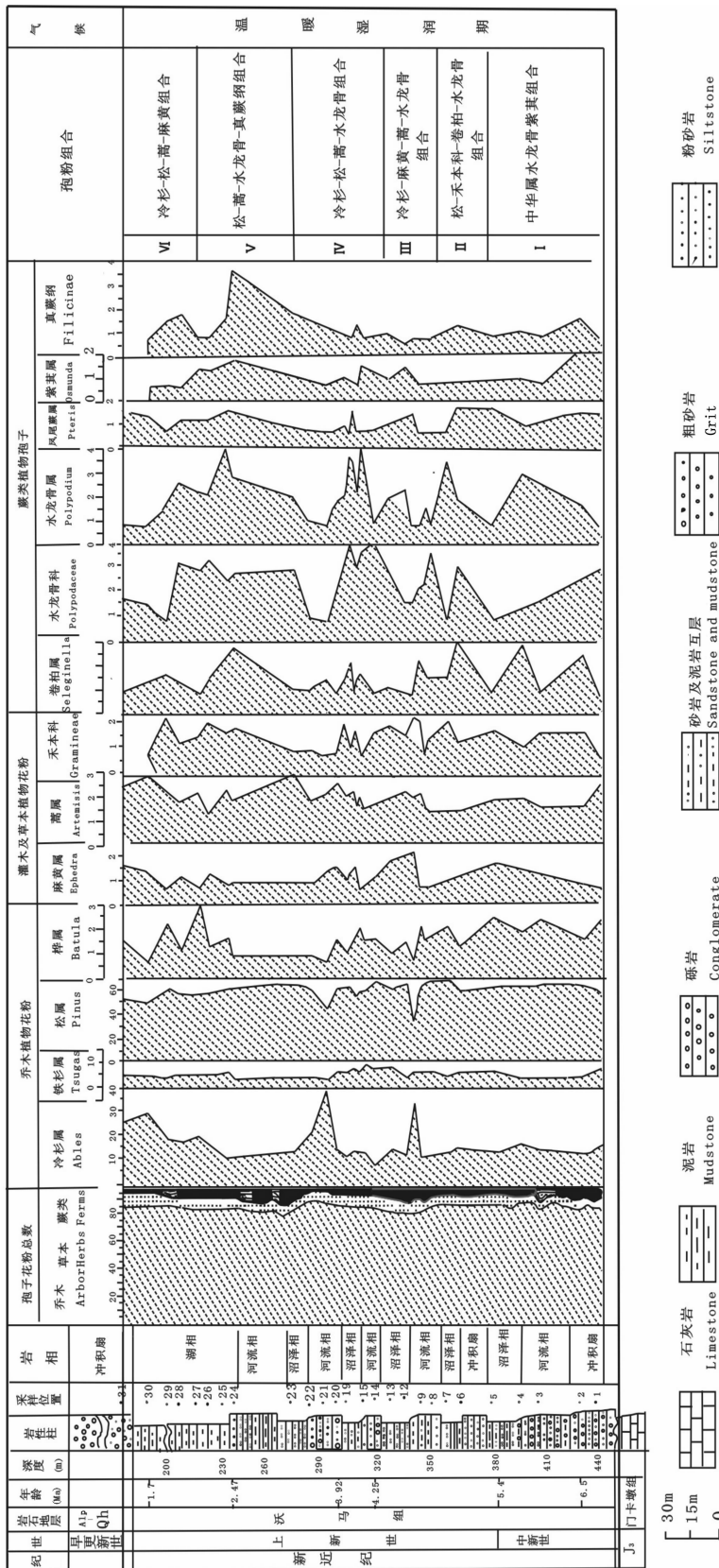


图 2 吉隆县强波沟北沃组孢粉百分比  
Fig.2 Sporopollen percentages of the Woma Formation at the Qiongbo gully, Gyirong County

冷。蕨类植物大多是喜湿热生境的植被层<sup>[2]</sup>,与本剖面孢粉组合中占绝对优势的松属花粉和次优势种冷杉花粉共同指示了一种水分条件较好的森林环境。因此可认为,本区沉积期间,植被是以松和冷杉为建群种的亚热带山地针阔叶林植被,林中伴生少量桦等阔叶树,在低处生长着水龙骨等喜湿热蕨类植物。古气候大环境是以温暖湿润为背景,但期间仍出现几次冷暖干湿的交替变化。

### 3 吉隆盆地古地理与古气候演化

本区沉积时期古气候经历了温暖湿润-暖湿-略冷干-冷湿-温湿-冷干的交替变化。冷杉作为高海拔山地耐冷湿的树种,反映出在该剖面沉积期间,附近已隆升了不同类型的山岳地形。由于山脉的隆起,使生态条件发生变化,植被以针叶林广布为特色。同时在上新世晚期北半球普遍发生的气候由湿变干的演化<sup>[3]</sup>,在本区与山体隆升产生的作用一致,因此在上新世晚期气候出现明显变冷变干的趋势。

(1)湖盆早期形成阶段:吉隆盆地属晚新生代断陷盆地,在盆地形成的过程中,由于古地理环境和周缘地质构造背景不同,表现出不同的沉积产物。该盆地在 7 Ma 左右开始形成,是受喜马拉雅地壳构造运动的控制,即印度板块挤入欧亚板块而使这一地区抬升,同时在此区南北向的挤压力作用下,形成近南北向的张性断裂,在张性断裂中间地块下陷,而形成断陷盆地。在湖盆形成的早期阶段,由于受边界断层的控制,地形起伏较大,在盆地北缘和东侧形成具有断陷特征的陡坡沉积体系,洪水携带大量的粗碎屑物直接进入湖泊深水区沉积。在近湖岸一侧形成近源扇三角洲相沉积发育。6.5 Ma 以前的地层中,在湖盆中心处,由于扇三角洲的进积和退积作用的影响,深水泥岩相频繁夹于扇三角洲沉积层中。此时植被生长茂盛,尚有一些紫萁属、凤尾蕨等亚热带蕨类植物属种伴生,指示气候温暖湿润。

(2)半开放式湖盆阶段:滨岸砾岩-沙滩砂岩-滨外泥岩,滨岸砾屑灰岩-砂屑沙滩-滨外泥灰岩组合。在 6.5~2.47 Ma 期间,为一半开敞湖盆地,这期间河流、洪水携带的粗碎屑物可直接卸载于湖岸带,形成砾石质湖岸。在远离物源补给区,由于湖浪的侵蚀作用,可形成砾屑灰岩滨岸相带,由湖岸至湖盆中心可出现两种相组合,即滨岸砾岩-沙滩砂岩-滨外泥岩;滨岸砾屑灰岩-砂屑沙滩-滨外泥灰岩。这两种组合在剖面上交替叠覆,构成沉积韵律。早期植被茂盛,气候暖湿,后期亚热带植物花粉含量减少,冷杉花粉含量显著增加,气候随之明显变冷略干。

(3)封闭式湖盆阶段:冲洪积相-河流沼泽-湖泊沉积组合在 2.47~1.7 Ma 时期,即辫状河道体系和红色风化壳发育之后,随盆地南部喜马拉雅山脉的抬升,而使吉隆盆地由开放式转为封闭式湖盆。较大的地形高差造成湖盆水深逐渐增大,在湖盆中心,阶段性沉积了具季节性水平层理的暗色泥岩及碳酸盐岩,矿物含量增多。在湖盆边缘,特别在南北两端,发育河流沉积。从河流沉积层序分析,当时入流形式属常

年性,在入湖河口地带发育滨湖沼泽。这一时期植被中耐旱草本植物花粉含量增加,气候干燥炎热。随后,蕨类植物中水龙骨属花粉含量下降,耐冷湿的冷杉花粉出现一曲线高峰,反映气温急剧下降。气候变得更为冷湿。在 2.47 Ma 以后,该盆地整体抬升,处于侵蚀、切割时期,植被中冷杉花粉含量不断增加,同时耐旱草本植物也逐渐增加,而此时水龙骨等喜湿热蕨类植物则大大减少,气候明显变冷变干。这与青藏高原在上新世晚期持续稳定的抬升相吻合<sup>[4]</sup>。1.7 Ma 以后,湖盆遭到破坏而结束湖相沉积。

### 4 结 论

(1)吉隆盆地强波沟北沃马组含有丰富的孢粉化石,共划分了 6 个孢粉组合带。所恢复的古植被是以松和冷杉为建群种的亚热带山地针阔叶林,林中伴生少量桦等阔叶树种,在低洼处生长着水龙骨等喜湿热蕨类植物。本区沉积时期古气候大环境是以温暖湿润为背景,但期间仍出现几次冷暖干湿的交替变化。曾经历了温暖湿润-暖湿-略冷干-冷湿-温湿-冷干的气候波动,显示了古气候由湿润逐渐变为干燥的演化规律。

(2)吉隆盆地的形成与演化具有明显的阶段性:6.5 Ma 前为断陷盆地形成的早期阶段,并奠定了现今断陷盆的基本格局;6.5~2.47 Ma 为一半开敞湖盆;2.47~1.7 Ma 由于喜马拉雅山处于相对稳定抬升阶段,盆地进入封闭湖盆状态。1.7 Ma 后顶盖砾岩的出现标志着湖相沉积结束。到早更新世时变为河流相,即为冲洪积物覆盖的不整合关系,说明湖相环境是在早更新世消失的。

(3)吉隆盆地沃马组包括中新世晚期(6.5~5.4 Ma)和上新世(5.4~1.7 Ma)的地层,据孢粉组合所反映的 2.47 Ma 以后的上新世晚期的古植被变化与青藏高原在上新世晚期持续稳定的抬升相吻合。

**致谢:**对参加本项目的张振利、鲁艳明等所有工作人员表示感谢,同时感谢许清海研究员等对论文提出宝贵的修改意见。

### 参考文献(Referenece):

- [1] 施雅风,李吉均,李炳元,等.青藏高原晚新生代隆升与环境变化[M].广州:广东科技出版社,1998:315-320.  
Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan, et al. Uplift and Environmental Changes of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau in the late Cenozoic [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1998: 315-320 (in Chinese).
- [2] 潘保田,高红山,李炳元,等.青藏高原层状地貌与高原隆升[J].第四纪研究,2004,(2):50-55.  
Pan Baotian, Gao Hongshan, Li Bingyuan, et al. Step like landforms and uplift of the Qinghai-Xizang plateau [J]. Quaternary Sciences 2004,(1):50-55 (in Chinese with English abstract).
- [3] 潘峪生.青藏高原的形成与隆升[J].地学前缘,1999,(3):153-158.

- Pan Yusheng. Formation and uplifting of the Qinghai-Tibet plateau [J]. *Earth Science Frontiers* 1999, (3):153-158 (in Chinese with English abstract).
- [4] 王苏民. 湖泊沉积研究历史气候的有效手段 [J]. *科学通报*, 1991, (1):54-56.  
Wang Sumin. The availability artificie of reseach history climate by lake sediment [J]. *Chines Science Bulletin*, 1991, (1):54-56 (in Chinese).
- [5] 王苏民, 王云飞, 吉磊, 等. 若尔盖盆地湖泊深钻岩心记录[C]//青藏高原晚新生代隆升与环境变化. 广州: 广东科技出版社, 1998: 159-214.  
Wang Sumin, Wang Yunfei, Ji Lei, et al. Core logging of lake deep drill of Nuorgai basin [C]//Uplift and Environmental Changes of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau in the late Cenozoic. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1998: 159-214.
- [6] 吕厚远, 王苏民, 吴乃琴, 等. 青藏高原错鄂湖 2.8 Ma 以来的孢粉记录[J]. *中国科学*, 2001(增刊): 234-240.  
Lu Houyuan, Wang Sumin, Wu Naiqin, et al. Sporopollen recorder of Cuoe lake in Qinhai-Tibet plateau since 2.8 Ma [J]. *Science in China* 2001(suppl.): 234-240 (in Chinese).
- [7] 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究 [J]. *科学通报*, 1998, 43(15): 1569-1574.  
Li Jijun, Fang Xiaomin. The study of uplift of Qinghai-Xizang plateau and environment changes [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1998, 43(15): 1569-1574 (in Chinese).
- [8] 李勇, 侯中健, 司光影, 等. 青藏高原东缘新生代构造层序与构造事件[J]. *中国地质*, 2002, 29(1): 30-36.  
Li Yong, Hou Zhongjian, Si Guangying, et al. Cenozoic tectonic sequence and tectonic events at the eastern margin of the Qinghai Tibet plateau [J]. *Geology in China*, 2002, 29(1): 30-36 (in Chinese with English abstract).
- [9] 柏道远, 孟德保, 刘耀荣, 等. 青藏高原北缘昆仑山中段构造隆升的磷灰石裂变径迹记录[J]. *中国地质*, 2003, 30(3): 240-246.  
Bai Daoyuan, Meng Debao, Liu Yaorong, et al. Apatite fission-track records of the tectonic uplift of the central segment of the Kunlun Mountains on the northern margin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Geology in China*, 2003, 30(3): 240-246 (in Chinese with English abstract).
- [10] 谢远云, 李长安, 张序强, 等. 青藏高原东北缘黄土的气候演化与高原隆升的耦合[J]. *中国地质*, 2003, 30(4): 436-441.  
Xie Yuanyun, Li Chang'an, Zhang Xuqiang, et al. Climatic evolution of loess on the northeastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau and its coupling with plateau uplift [J]. *Geology in China*, 2003, 30(4): 436-441 (in Chinese with English abstract).
- [11] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 青藏高原与大陆动力学—地体拼合、碰撞造山及高原隆升的深部驱动力[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 221-238.  
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, et al. The Qinghai-Tibet plateau and continental dynamics: A review on terrain tectonics, collisional orogenesis, and processes and mechanisms for the rise of the plateau [J]. *Geology in China*. 2006, 33(2): 221-238 (in Chinese with English abstract).
- [12] 徐纪人, 赵志新. 青藏高原及其周围地区区域应力场与构造运动特征[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 275-285.  
Xu Jiren, Zhao Zhixin. Characteristics of the regional stress field and tectonic movement on the Qinghai-Tibet Plateau and in its surrounding areas [J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 275-285 (in Chinese with English abstract).
- [13] 李亚林, 王成善, 王谋, 等. 藏北长江源地区河流地貌特征及其对新构造运动的响应[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 374-382.  
Li Yalin, Wang Chengshan, Wang Mou, et al. Morphological features of river valleys in the source region of the Yangtze River, northern Tibet, and their response to neotectonic movement [J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 374-382 (in Chinese with English abstract).
- [14] 郭进京, 韩文峰, 梁收运. 青藏高原东北缘岷县-武都地区构造地貌演化与高原隆升[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 383-392.  
Guo Jinjing, Han Wenfeng, Liang Shouyun. Tectono-morphological evolution of the Minxin-Wudu area on the northeastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau and plateau uplift [J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 383-392 (in Chinese with English abstract).
- [15] 袁学诚, 李廷栋, 肖序常, 等. 青藏高原岩石圈三维结构及高原隆升的液压机模型[J]. *中国地质*, 2006, 33(4): 711-729.  
Yuan Xuecheng, Li Ting-Dong, Xiao Xuchang, et al. 3D lithospheric structure of the Qinghai-Tibet Plateau and hydraulic pressure machine model of the plateau uplift [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 711-729 (in Chinese with English abstract).
- [16] 施雅凤, 李吉均, 李炳元, 等. 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[J]. *地理学报* 1999, (1): 10-21.  
Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan, et al. Uplift of Qinghai-Xizang plateau and east Asia environmental changes during the late Cenozoic [J]. *Journal of Geographical Sciences* 1999, 54(1): 10-21 (in Chinese with English abstract).
- [17] 李吉均, 文世宣, 张青松, 等. 青藏高原隆起的时代幅度和形式的探讨[J]. *中国科学*, 1979, (6): 608-616.  
Li Jijun, Wen Shixuan, Zhang Qingsong, et al. Discussion of time extent and form for uplift of Qinghai-Tibet plateau [J]. *Science in China*, 1979, (6): 608-616 (in Chinese).
- [18] 李炳元, 王富葆, 张青松, 等. 西藏第四纪地质 [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 89-90, 145-166.  
Li Bingyuan, Wang Fubao, Zhang Qingsong, et al. *Quaternary Geology in Xizang* [M]. Beijing: Science Press, 1983: 89-90, 145-166 (in Chinese).
- [19] 翁成郁, 孙湘君, 陈因硕. 西昆仑地区表土花粉组成特征及与植被的数量关系[J]. *植物学报*, 1993, 35(1): 789-791.  
Weng Chengyu, Sun Xiangjun, Chen Yinsuo. Surface soil sporopollen composition characters and vegetation number relation in west Kunlun area [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1993, 35(1): 789-791 (in Chinese with English abstract).
- [20] 李文漪, 梁玉莲. 西藏第四纪地质 [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 132-143.  
Li Wenyi, Liang Yulian. *Quaternary Geology in Xizang* [M].

- Beijing: Science Press, 1983: 132-143 (in Chinese).
- [21] 郑亚惠. 西藏第四纪地质[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 145-150.  
Zheng Yahui. Quaternary Geology in Xizang [M]. Beijing: Science Press, 1983: 145-150 (in Chinese).
- [22] 吕厚远, 王淑云, 沈才明, 等. 青藏高原现代土中冷杉和云杉花粉的空间分布[J]. 第四纪研究, 2004, 24(1): 39-47.  
Lü Houyuan, Wang Shuyun, Shen Caiming, et al. Spatial pattern of modern *Abies* and *Picea* pollen in the Qinghai-Xizang plateau [J]. Quaternary Sciences, 2004, 24 (1): 39-47 (in Chinese with English abstract).
- [23] 康安, 朱筱敏, 韩德馨, 等. 柴达木盆地第四纪孢粉组合及古气候波动[J]. 地质通报, 2003, 22(1): 142-151.  
Kang An, Zhu Xiaomin, Han Dexin, et al. Quaternary sporopollen assemblages and paleoclimatic fluctuation in the Qaidam basin [J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(1): 142-151 (in Chinese with English abstract).
- [24] 魏明建, 王成善, 万晓樵, 等. 第三纪青藏高原高程与古植被变迁[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 318-326.  
Wei Mingjian, Wang Chengshan, Wan Xiaoqiao, et al. Variation history of height and vegetation of the Tibet plateau in tertiary [J]. Geoscience (journal) 1998, 12(3): 318-326 (in Chinese with English abstract).

## Neogene sporopollen assemblages and paleogeography in the Gyirong basin, Tibet

SUN Li-ming<sup>1</sup>, YAN Tong-sheng<sup>2</sup>, TANG Gui-ying<sup>1</sup>, DING Xiao-yan<sup>3</sup>,  
WANG Rui-jun<sup>3</sup>, TIAN Li-fu<sup>1</sup>

(1. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China;

2. School of Resources and Environment, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, Hebei, China;

3. Hebei Institute of Geographical Sciences, Shijiazhuang 050011, Hebei, China)

**Abstract:** The sporopollen assemblages discovered in the Woma Formation in the Gyirong basin, Tibet, provide evidence for continuous and stable uplift of the Qinghai-Tibet Plateau during the Pliocene. Six assemblage zones may be distinguished in the Woma Formation in the Gyirong basin. The paleovegetation of the Woma Formation is characterized by subtropical, mountainous, needleleaf and broadleaf forest with *Pinus* and *Abies* as the constructive species, reflecting a warm-moist paleoclimatic environment. During the period, there occurred several pronounced climatic cold-warm fluctuations. Analysis of the lithofacies and paleogeography of the Woma Formation indicates that the depositional environment of the Woma Formation was mainly the fluvial and lacustrine one and locally the alluvial fan and swampy one. The evolution of the paleogeographic environment of the Woma Formation progressed through three stages, namely, the early formation stage, semi-open lake basin stage and enclosed lake basin stage.

**Key words:** Gyirong basin; Woma Formation; sporopollen assemblage; paleogeographic environment

**About the first author:** SUN Li-ming, female, born in 1952, senior engineering, engages in the sporopollen and paleogeographic study; E-mail: sunliming269@sohu.com.