

中国早古近纪陆相地层划分框架研究^①

童永生 李茜 王元青

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室 北京 100044

摘 要:近十年来,在广东南雄盆地、江西池江盆地、湖南衡阳盆地和内蒙古二连盆地开展的生物地层学、化学地层学和磁性地层学的研究工作,为我国陆相古近系上湖阶、浓山阶和岭茶阶的建立提供了可靠的依据,并为其与海相地层、全球界线层型的对比提供了可能。古新统上湖阶的界线层型剖面选在广东南雄盆地大塘剖面(即鹅颈岭—逆龙坑一线),根据脊椎动物化石和岩石地层学的研究将紧挨南雄群—上湖组界线的一套黄灰色厚层黏土砾岩作为其底界。最新的古地磁和同位素研究表明,上湖组底界处于 C29R 极性段的上部,接近白垩系—古近系界线,可以作为上湖阶的底界。古新统浓山阶的界线层型在江西池江盆地田心里—狮子口村剖面,该剖面下古新统狮子口组和中、上古新统池江组的哺乳动物群有明显变化。同时,磁性地层学研究表明,狮子口组与池江组界线上、下出现 C27n 极性段向 C26r 极性段转换,可与海相地层中的“丹尼最晚期事件”对比。这表明浓山阶的底界位于 C27n/C26n 转换带,相当于丹尼阶最上部,与塞兰特阶底界接近,与北美哺乳动物分期当中 Torrejonian-Tiffanian 的界线基本一致。始新统岭茶阶(古新统—始新统)界线层型选在我国湖南衡东盆地成家冲东北的岭茶—霞流公路旁,剖面上发现的古新统—始新统界线碳同位素负向漂移,可与国际古新统—始新统界线层型剖面——埃及 Dababiya 剖面(GSSP)的碳同位素负向漂移对比,该剖面的碳同位素负向漂移可以作为岭茶阶底界,年龄接近 55.8 ± 0.2 Ma。

关键词:年代地层, 上湖阶, 浓山阶, 岭茶阶, 古近系, 南雄盆地, 池江盆地, 衡阳盆地, 二连盆地, 湖南, 江西, 广东, 内蒙古

中图法分类号: P 534.61

文献标识码: A

文章编号: 0253-4959(2013)04-0428-13

国际地质科学联合会于 2008 年批准了中、上古新统塞兰特阶(Selandian Stage)和坦尼特阶(Thanetian Stage)的全球界线层型剖面 and 点位(GSSP, The Global Section Stratotype and Point)。目前,古近系古新统 3 个阶丹尼阶(Danian Stage)、塞兰特阶、坦尼特阶及始新统伊普里斯阶(Ypresian Stage)的界线层型都得到确认,但这些界线层型都是海相地层,所提出的划分标准很难与我国陆相古近系进行对比。因此解决古近系海、陆相地层对比的问题虽然困难,但又必须面对。

我国陆相下古近系划分框架是根据全国地层委员会香山会议的决定,于 2000 年 11 月初,经中国科学院古脊椎动物与古人类研究所邱占祥、王伴月、邱铸鼎和童永生商讨,并上报全国地层委员会备案(最近有所修改),将古近系分为下古新统上湖阶,中、上古新统池江阶和下始新统岭茶阶(全国地层委员会, 2001、2002)。2012 年在编制《中国地层表》时将古近系分为下古新统上湖阶,中、上古新统浓山阶

(池江阶)和下始新统岭茶阶(全国地层委员会, 2011^②)。

2000 年以来,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的研究人员与美国科学家合作,先后对湖南衡阳盆地、内蒙古二连盆地、江西池江盆地和广东南雄盆地的古新世和早始新世沉积物进行了生物地层学、化学地层学和磁性地层学方面的研究。经过十年野外考察与实验室的工作,有关陆相古近系上湖阶、浓山阶和岭茶阶的研究取得了一批古生物学、磁性地层学和碳氧同位素地层学方面的研究成果(Bowen *et al.*, 2002、2005; Ting Su-yin *et al.*, 2003、2004、2011; Clyde *et al.*, 2008、2010; 孙勃等, 2009; Wang Yuan-qin *et al.*, 2011),从而为确定我国陆相古近系上湖阶、浓山阶和岭茶阶的底界以及与海相地层的对比提供了依据。

一、广东南雄盆地白垩系—古近系界线及古新统上湖阶底界

① 全国地层委员会“中国主要断代地层建阶研究”项目和中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX2-EW-106)资助。

② 全国地层委员会. 2011. 中国地层表(征求意见稿). 北京: 全国地层委员会

文稿接受日期: 2013-08-05; 修改稿收到日期: 2013-09-13。

第一作者简介: 1937 年生,男,浙江温州人,研究员,从事新生代地层与脊椎动物研究; E-mail: tongyongsheng@ivpp.ac.cn

广东南雄盆地的下古新统上湖组底界研究总是与我国陆相白垩系-古近系界线(以下简称为 K/T 界线)的研究联系在一起。在国际上, K/T 界线或者说丹尼阶底界在 1991 年已经确定, 丹尼阶层型剖面 and 点位放在突尼斯卡夫(El Kef)附近, 这一剖面在卡夫城西南 5~6 km, 在文献中常被称为卡夫剖面(El Kef section)。界线泥岩底部为 1~3 mm 厚的由赤铁矿、针铁矿薄层组成的含铁层, 铈、钕元素富集, 含富镍的尖晶石等。界线泥岩出现浮游有孔虫和钙质超微化石集群绝灭, 年龄估值为 65.5 ± 0.3 Ma, 处于 C29r 的上部。虽然有人指出卡夫剖面很难找到 K/T 界线, 并要求建立辅助剖面, 于是国际地层委员会(the International Commission on Stratigraphy) (ICS) 要求古近纪分会(the International Subcommission on Paleogene Stratigraphy) (ISPS) 提出最终报告。2006 年 4 月古近纪分会主席 Eustoquio Molina 等在访问卡夫剖面找到 K/T 界线, 并设置了金属标志 ($36^{\circ} 09' 13.2''$ N, $8^{\circ} 38' 54.8''$ E) (Molina *et al.*, 2006)。通常认为在陆相地层中铈异常是 K/T 界线重要标志, 恐龙绝灭也是重要标志之一。事实上, 现代哺乳动物的主要门类也是在恐龙绝灭事件以后起源、扩散和分化, 开创了“哺乳动物时代”取代“恐龙时代”的新纪元 (Wible *et al.*, 2007)。Molina 等(2006)也指出, 并不是所有生物门类在 K/T 界线附近都出现明显的集群绝灭现象(mass extinction), 并列举介形类, 约 7 个种在界线附近绝灭, 但约有 14 个种跨越界线, 孢粉也如此, 在界线附近加速消失, 但至少要有 2/3 的马斯特里赫特晚期种类穿越界线。

拟议中上湖阶的界线层型剖面是在广东南雄盆地大塘剖面(即鹅颈岭—逆龙坑一线)(N $25^{\circ} 15' 906''$, E $114^{\circ} 30' 817''$) (图 1), 这里所说的大塘剖面是前人所称坪岭剖面, 或杨梅坑—逆龙坑剖面的上半部分, 上湖组剖面如下(依刘云、王宗哲, 1986, 有删改, 层号 1 相当于原剖面的第 11 层, 以此类推):

上古新统浓山组

—————整合—————

下古新统上湖组

10. 紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩互层, 下部有覆盖 37.89 m
9. 紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩, 夹 3 层灰绿色薄层钙质砂岩, 底部一层较粗并含细砾 32.93 m
8. 紫红色粉砂质泥岩, 富含钙质结核 39.68 m
7. 底部紫灰色含砾粗砂岩, 往上为紫红色泥

- 质粉砂岩 38.97 m
6. 紫红色粉砂质泥岩, 富含钙质结核 50.32 m
5. 暗紫红色泥质粉砂岩, 底部和上部各有一层黄灰色含砾粗砂岩 32.24 m
4. 紫红、黄褐色粉砂质泥岩, 底部有一段(8 m 左右)被覆盖 31.00 m
3. 紫红、灰紫色薄层砂岩与泥质粉砂岩互层 3.14 m(?)
2. 紫红色粉砂质泥岩 5.80 m
1. 黄灰色厚层黏土砾岩, 砾径小, 钙、泥、粉砂质胶结 0.40~1.00 m

—————整合—————

上白垩统南雄组(群)

这里采用的大塘上湖组剖面是依据中国科学院南京地质古生物研究所刘云、王宗哲(1986)所作的剖面。其实, 已有多多个科研单位作过详细的研究和描述, 已经发表的有中国科学院古脊椎动物与古人类研究所童永生等(1976)、原地质矿产部第十二普查勘探大队张显球(1984)、中—德联合考察队(赵资奎、叶捷等, 1991; Erben *et al.*, 1995)等。

从岩性看, 大塘剖面上湖组大致可分为 3 段。下段为砂、砾岩层和粉砂质泥岩互层, 大致相当于剖面中 1~3 层, 厚约 15 m (厚度据 Erben 等的剖面, 下同)[这里所说的下段相当于张显球等(2006d)的坪岭段中部(第 43、44 和 45 层)]。李曼英(1989)记述的上湖组孢粉组合可能出在本段的顶部。王晓鸣和翟人杰记述了 *Carnilestes palaeoasiaticus* (古亚洲裂齿兽), 其中有一块标本(IVPP V 10489)产自本段下部 (Wang Xiao-ming & Zhai Ren-jie, 1995)。中段是以紫红色粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主, 偶见薄层砂岩, 相当于剖面中的 4~8 层, 厚约 200 m, 找到较多的阶齿兽化石[这里所说的中段地层相当于张显球等(2006d)坪岭段上部(第 46~52 层)和下惠段下部]。上湖组上段指紫红色粉砂质泥岩和泥质粉砂岩中夹有 3~4 层细—中粒砂岩, 并有薄层泥灰岩层, 形成突出的小山包, 相当于剖面中的 9~10 层, 厚约 70 m, 产阶齿兽化石[相当于张显球(1984)的上湖组下惠段上部地层, 可能还包括逆龙坑(巷)段]。

大塘剖面白垩系-古近系界线研究始于 1973 年, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所野外队在紧挨南雄群-上湖组界线之下的紫红色粉砂质泥岩发现恐龙蛋化石(碎片, 野外编号: 73066a), 在界线之上的黄灰色厚层黏土砾岩及其上的地层中未见恐龙蛋化石, 但在黄灰色厚层黏土砾岩中发现破

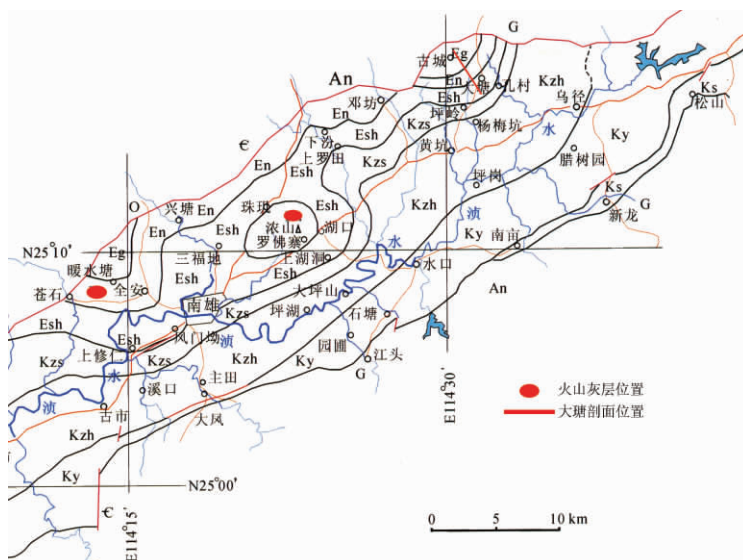


图 1 广东南雄盆地地质图(部分,底图依方晓思等,2009)

Fig. 1 Geological map showing the location of the Datang section and the volcanic ash sites in the Nanxiong Basin, Guangdong (Modified from Fang Xiao-si *et al.*, 2009)

碎的哺乳动物牙齿(野外编号:73066b),遂将黄灰色厚层黏土砾岩作为白垩系-古近系界线(童永生等,1976)[相当于赵资奎、叶捷等(1991)的大塘剖面162.5 m处;Erben等(1995)的大塘剖面约178.5 m处;张显球等(2006d)剖面的43层]。1976年11月在南雄召开的华南白垩纪—早第三纪红层现场会议野外参观大塘剖面时,原地质矿产部第六石油普查勘探大队的同志在作为界线的黏土砾岩之上的粉砂质泥岩中找到一个哺乳动物小头骨,后被鉴定为*Carnilestes palaeoasiaticus* (Wang Xiao-ming & Zhai Ren-jie, 1995),进一步肯定了将黄灰色厚层黏土砾岩作为白垩系-古近系界线的可行性。这一界线也得到地层特征和环境分析研究(刘云、王宗哲,1986)及轮藻化石研究的肯定。轮藻化石在根据哺乳动物化石确定的界线(下文简称脊椎动物界线)上、下也有明显的变化,上湖组产有特点明显的轮藻化石,侧壁上常发育瘤状表面装饰或顶部具梅花形、顶瘤、顶盖,与上白垩统的轮藻面貌明显不同(黄仁金,1988)。

不过,随着南雄盆地陆相地层研究的深入展开,对大塘剖面的白垩系-古近系界线有不同的看法。赵资奎、叶捷等(1991)将原来的界线下移约1.5 m,放在泥质粉砂岩之中,认为这一界线之上从未发现过恐龙蛋或恐龙的化石,这一位置相当于Erben等(1995)大塘剖面约177 m处,相当于张显球等(2006d)剖面的42层。其实,早在1973年的野外工作中在所谓“变色带”之上,紧挨上湖组底部黏土砾岩之下的紫红色粉砂质泥岩中发现过恐龙蛋碎片

(野外地点编号:73066a)(童永生等,2002)。另一种看法是根据介形类研究,将白垩系-古近系界线放在扣星介动物群(*Porpocypris fauna*)和类女星介动物群(*Talicypridea fauna*)之间,界线位置在脊椎动物界线之上约93.5 m(张显球,1984、1992、2006d;凌秋贤等,2005;张显球、李罡,2008),这一界线位置相当于张显球等(2006d)剖面的53层;相当于Erben等(1995)大塘剖面约272 m处。还有一种看法是根据非海相腹足类组合,将白垩系-古近系界线放在南雄古榧螺(*Palaeoancylus nanxiongensis*)组合和优美褶唇螺(*Ptychochilus bellus*)—多环圆顶螺(*Agallospira multispinalis*)组合之间,其位置在脊椎动物界线之上约51 m(相当于张显球等(2006d)剖面的49层)(余汶等,1990;张显球、凌秋贤,2004;凌秋贤等,2005;张显球等,2006b、2006d)。由此,介形类和非海相腹足类有一些种穿越脊椎动物界线。

张显球、李罡(2008)记述了南雄盆地“罗佛寨群”(古新统)中介形类,在“坪岭段”(包括上白垩统南雄群顶部、上湖组下部 and 上湖组中下部)发现38种介形类化石,由于在化石记述中没有标明化石产出的地层编号,难以判断化石地层位置。但从张显球等(2006c)大塘剖面上湖组介形虫化石分布图中可以看出,其中约有20种左右出现在脊椎动物界线之上,有十多种穿越脊椎动物界线,至少后倾赤星介(*Ruficypris postclina*)、美好玻璃介(*Candona habros*)、分布蒙古介(*Mongolocypis distributa*)、强硬蒙古介(*M. rigida*)和近圆形蒙古介(*M. sub-*

tera)等五种已在上白垩统中出现(张显球等, 2006c),其中美好玻璃介延续到上湖组中部。余汶等(1990)在研究南雄盆地非海相腹足类时指出,产于“坪岭段”下部为南雄古楯螺(*Palaeoancylus nanxiongensis*)组合,发现5种腹足类,这个组合中除古楯螺属仅见于古新世和始新世外,*Hydrobia*(水螺)、*Truncatella*(截螺)、*Amnicola*(河边螺)等属在国内外白垩纪和古近纪地层中均很常见。介形类和非海相腹足类某些种穿越K/T界线并非不正常,正如突尼斯卡夫(El Kef)剖面的K/T界线也存在某些门类化石穿越界线的现象(Molina *et al.*, 2006)。第五种看法是依据孢粉化石和恐龙蛋化石研究,建立了白垩系-古近系界线间隔(Kreide/Tertiär-Grenzintervall)或过渡带(transitional zone),过渡带的位置在南雄群(组)的上部,在古脊椎所脊椎动物界线之下约80~100 m(相当于张显球等(2006a)剖面的30层;Erben等(1995)大塘剖面约CGD57~78 m处)(Erben *et al.*, 1995; Stets *et al.*, 1996; 赵资奎等, 1998、2000、2009; Zhao Zi-kai *et al.*, 2002)。陈丕基(1986)通过对南雄盆地叶肢介的研究认为南雄盆地白垩纪与第三纪之间有一个相当长的沉积间断。

为解决南雄盆地陆相白垩系-古近系界线和古新统分阶问题,2005年秋,中美科学家对杨梅坑—逆龙坑剖面进行磁性和同位素地层学研究,发现有5个极性带,从下到上分别为A+, B-, C+,

D-, E+, 分别相当于C30n、C29r、C29n、C28r和C28n,作为白垩系-古近系脊椎动物界线的黄灰色厚层黏土砾岩的底部处于C29r极性段的上半部分,还发现通过界线层, $\delta^{18}\text{O}$ 增大约3‰, $\delta^{13}\text{C}$ 有>2‰负向漂移,说明气温上升(图2)。白垩系-古近系脊椎动物界线黄灰色厚层黏土砾岩的底部处于C29R极性段上半部分的结论(Clyde *et al.*, 2010)是与中国科学院地球化学研究所实验室李华梅(赵资奎等, 1991)和德国科学家Erben等(1995)研究结论一致,也与突尼斯卡夫剖面的K/T界线所处的极性段位置相近。

Rigby等(1993)在一篇摘要中提到,在南雄盆地上湖组中存在火山灰层,采用铀铅法($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$)得到火山灰中锆石年龄值为 62.2 ± 0.8 Ma。据当时参与Rigby等采样工作的张显球叙述,火山灰层并不是在上湖组,而是在浓山组(张显球等, 2004)。2006年秋我们邀请张显球参加野外工作,经野外核实,火山灰层在浓山组中部,可能接近竹桂坑段-大塘段界线,厚度不大,在湖口向斜厚约10 cm,在全安向斜厚约5 cm。在两处均采集样品,用火山层中锆石样品进行铀铅法测定(北京离子探针中心),湖口样品年龄值为 60.76 ± 0.90 Ma,全安样品年龄值为 59.76 ± 0.78 Ma,这两个年龄值相接近,并且均落入C26R极性段当中,这与Clyde等(2010)古地磁研究认为浓山组落在C26R的结果相一致。而Rigby等测得的 62.2 ± 0.8 Ma的年龄值接近

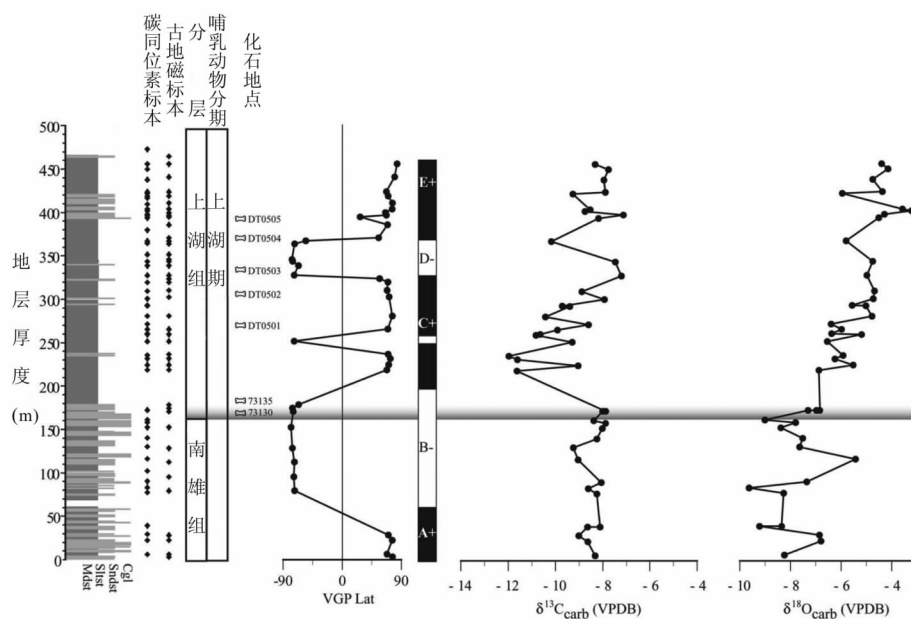


图2 广东南雄盆地大塘剖面古地磁柱状图和碳氧同位素变化曲线(修改自Clyde *et al.*, 2010)

Fig. 2 Magnetostratigraphic and stable-isotope data from the Datang section of the Nanxiong Basin, Guangdong (Modified from Clyde *et al.*, 2010)

C27R/C27N 的界线,与古地磁的结果不相符。

前人工作和近期的研究成果说明:大塘剖面的上湖组底部厚层黏土砾岩上下曾出现过恐龙的集群绝灭现象,厚层黏土砾岩及之上地层中发现古新世哺乳动物化石、未见恐龙蛋碎片,在厚层黏土砾岩之下的紫红色粉砂质泥岩及其下地层中发现恐龙蛋碎片。上湖组底部黄灰色厚层黏土砾岩底部在古地磁极性柱中位置处于 C29r 极性段上半部分,接近下古新统丹尼阶卡夫剖面的 K/T 界线所处的极性段位置;而且在这一界线层位置, $\delta^{18}\text{O}$ 增大约 3‰、 $\delta^{13}\text{C}$ 有 >2‰ 负向漂移。因此综合南雄盆地近年的磁性地层学、化学地层学和生物地层学方面的研究成果,大塘剖面的脊椎动物界线,即黄灰色厚层黏土砾岩的底很接近 K/T 界线,可以作为上湖阶的底界。

二、江西池江盆地和广东南雄盆地中、上古新统浓山阶底界

2008 年国际地质科学联合会通过了以 Birger Schmitz 为主席的古新统工作组提出的塞兰特阶(Selandian Stage)和坦尼特阶(Thanetian Stage)全球界线层型剖面和点位(GSSPs),这两个阶的界线层型剖面都在西班牙北部(Gipuzkoa Province)巴斯克盆地(Basque Basin)苏玛亚(Zumaia)的 Itzurun 海滩,塞兰特阶底部在 Itzurun 组底,坦尼特阶底部在 C26n 正极性段的基部。丹尼阶-塞兰特阶界线在 C27n 极性段之上 32 个岁差周期处(precession cycles),即在 C26r 极性段下的 1/3 (Schmitz *et al.*, 2008),年龄估约在 61.1 Ma (国际地层委员会, 2013)。而 Dinarès-Turel 等(2010)重新定义了苏玛亚剖面的 C27n 正极性段位置,并通过逐层对比巴斯克和保加利亚剖面表明丹尼阶-塞兰特阶界线在 C27n 极性段之上 30 个岁差周期处,同时提出丹尼阶-塞兰特阶界线年龄估值为 61.641 ± 0.040 Ma。

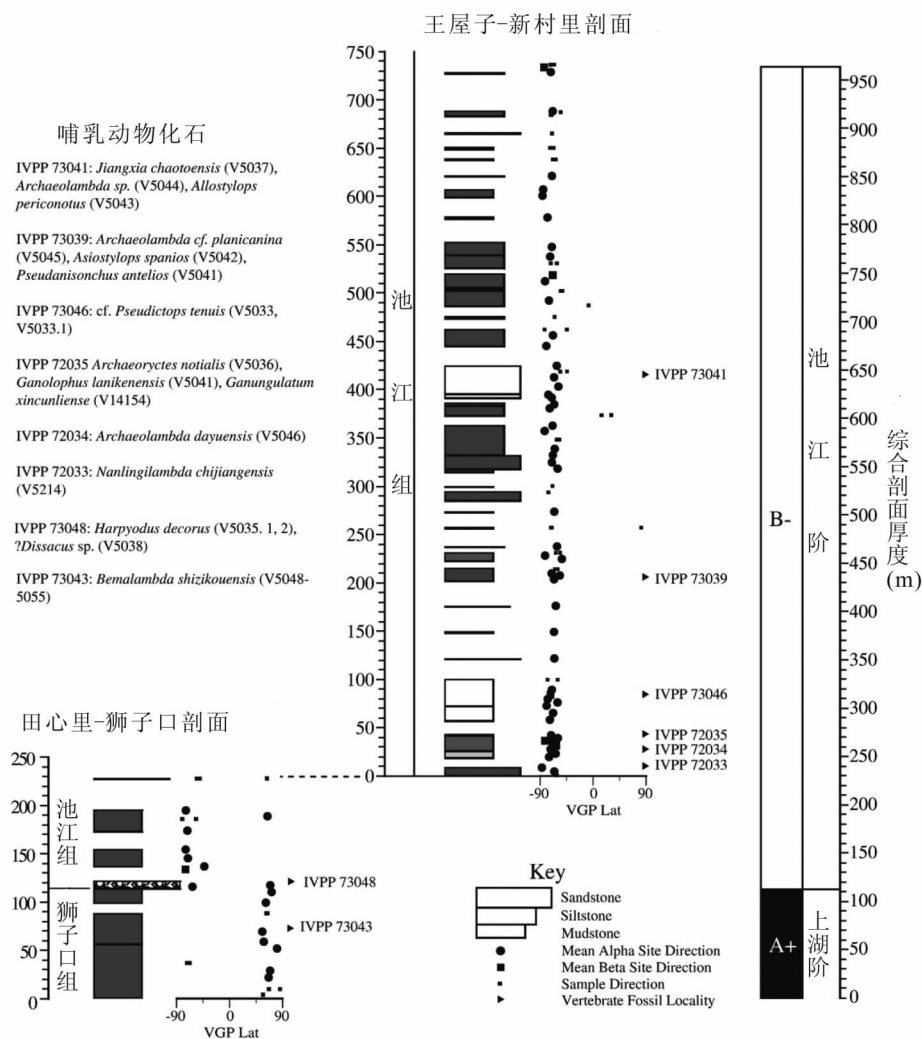
我国陆相古新统分为两个陆相阶:上湖阶和浓山阶(池江阶)。上湖阶的层型剖面在广东南雄县大塘剖面(即鹅颈岭—逆龙坑一线),浓山阶(池江阶)层型剖面放在大余县城东北 20 km 的池江镇和青龙镇交界处的王屋子(N114°30′05″, E25°25′45″)—新村里(N114°30′40″, E25°28′20″)剖面。广东南雄盆地和江西池江盆地仅在大余县青龙镇田心里—狮子口村剖面直接见到下古新统-上古新统界线。在此剖面,狮子口村附近的狮子口组中发现早古新世哺乳动物化石:*Bemalambda shizikouensis*、*Archaeolambdidae* indet. 和 *Bemalambda* sp. (王伴月、丁素因, 1979; 童永生, 1979),池江组底部灰白色厚层

状砂砾岩中发现哺乳动物化石 *Harpyodus decorus* 和 *Hapalodectes*? (*Dissacus*? sp. (王伴月, 1979; 张玉萍等, 1979; 丁素因、李传夔, 1987)。在中国哺乳动物分期中,前者归入上湖期,后者归入浓山期(Li Chuan-kui & Ting Su-yin, 1983; 童永生等, 1995; Wang Yuan-qing *et al.*, 1998; Ting Su-yin, 1998)。不过需要说明一下,拟议中的浓山阶包括了哺乳动物分期中的浓山期和格沙头期两个分期的化石层,但较早文献中将蒙古格沙头动物群相当或相近的动物群都归入浓山哺乳动物分期(Li Chuan-kui & Ting Su-yin, 1983; 童永生等, 1995)。

浓山阶与下古新统上湖阶的哺乳动物群有明显的不同,上湖动物群中 85% 以上的已知属在浓山阶中尚未发现,浓山阶已知属中几乎 80% 是首次出现,浓山阶首次出现混齿类(mixodontians)、对锥兽类(didymoconids)和北柱兽类(arctostylopids)(王元青等, 2006; Wang Yuan-qing *et al.*, 2007),虽然古脊齿兽类(archaeolambdids)曾在浓山阶出现(童永生, 1979),但在浓山阶分化、大量出现,而在始新世地层中消失。早古新世和晚古新世哺乳动物群面貌发生巨大的变化,其原因似乎可在孙湘君、何月明(1980)的《江西古新世孢子花粉研究》专著中找到答案。下古新统狮子口组上部为榆粉-南岭粉组合,榆科花粉丰富,总含量超过 37%,菱形南岭粉连续出现,含量达 7%,以温带为主的落叶阔叶林,干旱草本植物发育;上古新统池江组为凤尾蕨孢-榆粉组合,凤尾蕨科的孢子不但大量增加,而且其属种也最繁多,榆科花粉含量大幅度减少,榆粉和肋榆粉含量分别为 8% 和 7%,南岭粉零星分布,为亚热带常绿和落叶混交林。这表明在浓山阶界线上、下的气候有变化,由相对干凉的气候转变为温暖气候(王元青等, 2008)。

2003 年和 2005 年,我们与美国科学家共同在江西池江盆地和广东南雄盆地古新统地层中开展磁性地层学和碳氧同位素地层学的工作,研究发现在池江盆地田心里—狮子口剖面的下古新统狮子口组和上古新统池江组界线上、下出现极性转换,推测为 C27n 极性段(即图中的 A+)向 C26r 极性段(即图中的 B-)转换(Clyde *et al.*, 2008)(图 3)。这表明池江组底相当于 C27n 极性段的顶部,就是说中、上古新统浓山阶底在 C27n 极性段的顶部。

池江盆地和南雄盆地陆相下古新统/上古新统生物群(哺乳动物和植物化石)在 C27n/C26r 极性段界线处发生明显变化,海相沉积中也有相似的反映。Westerhold 等(2008)在大西洋的 Walvis Ridge



3 池江盆地田心里—狮子口剖面和王屋子—新村里剖面古地磁剖面(改自 Clyde *et al.*, 2008)

Fig. 3 Stratigraphy, paleomagnetic polarities, vertebrate fossil localities at the Tianxinli—Shizikou section and the Wangwuzi-Xincunli section, Chijiang Basin (Modified from Clyde *et al.*, 2008)

和 Shatsky Rise 深钻中 C27n 顶部发现铁和磁化率 (magnetic susceptibility) 明显的峰值, 并称为“C27n 顶部事件”(“The Top Chron C27n Event”)。在此之前, Speijer (2003) 根据地中海南缘剖面(埃及)提出“丹尼最晚期事件”(Latest Danian Event, LDE), 近期的研究表明, “C27n 顶部事件”与“丹尼最晚期事件”是可对比的, 在大西洋和太平洋的钻井中都发现有这一事件的存在 (Sprong *et al.*, 2012)。而 C27n 顶部也曾作为苏玛亚剖面的丹尼阶-塞兰特阶界线 (Dinarès-Turell *et al.*, 2007), C27n 顶部即是浮游有孔虫 P2/P3 带的界线 (Schmitz *et al.*, 2008), 或者是 P3a/P3b 之间的界线 (Sprong *et al.*, 2011、2012)。因此, 拟议中的陆相上湖阶-浓山阶界线低于国际地质科学联合会通过的丹尼阶-塞兰特阶界线 32 个或 30 个岁差周期 (~774 kyr 或 ~630 kyr) (Schmitz *et al.*, 2008; Dinarès-Turell *et*

al., 2010), 也有人认为比丹尼阶-塞兰特阶界线低 400 kyr (Sprong *et al.*, 2012)。

广东南雄盆地是我国重要的古新世哺乳动物化石产地, 上、下古新统发育, 厚达 1000 m, 是研究古新世化石和地层的重要盆地。在大塘剖面, 上古新统浓山组厚为 354.89 m, 古城村组厚度在 410 m 以上 (张显球, 1984)。2005 年秋, 我们在大塘剖面的浓山组和古城村组毛狗(鸡)湾段厚 600 多米的上古新统采集了古地磁样品, 发现这厚 600 多米地层中未发现正极性样品, 全是反极性样品。这一结果与池江盆地王屋子—新村里剖面上池江组古地磁样品测试一致, 也从磁性地层学角度证明了池江盆地的池江组可与南雄盆地的浓山组和古城村组下部对比, 同处于 C26r 极性段。在古城村组毛狗(鸡)湾段找到的进步沟柱兽 (*Bothriostylops progressus*), 最早见于安徽宣城地区双塔寺组, 原来被归入到中国

柱兽属(*Sinostylops*)(汤英俊、闫德发,1976)。后又在安徽贵池和嘉山地区的双塔寺组中发现(黄学诗、陈烈祖,1997;黄学诗,2003),黄学诗、郑家坚(1997)将进步种归入沟齿兽属(*Boriostylops*)。说明或许古城村组毛狗(鸡)湾段可与安徽的上古新统双塔寺组可以对比。另在湖口向斜和全安向斜的浓山组中部采集的火山灰样品,锆石的 U-Pb 年龄值分别为 60.76 ± 0.90 Ma 和 59.76 ± 0.78 Ma,两个年龄值都落入 C26r 极性段。南雄盆地浓山组的哺乳动物化石、古地磁资料和火山灰层中锆石年龄的测定都支持将我国陆相上湖阶-浓山阶界线放在 C27n 极性段向 C26r 极性段转换处,或者说,浓山阶底即是 C26r 极性段底或 C27n 极性段的顶,同时与北美哺乳动物分期当中 Torrejonian-Tiffanian 的界线一致(Clyde *et al.*, 2008)。

三、我国陆相古新统/始新统界线及岭茶阶底界

1 湖南岭茶地区陆相古新统-始新统界线

国际地质科学联合会于 2003 年批准了将古新统/始新统界线层型(GSSP)放在埃及 Luxor 附近的 Dababiya 剖面,并确认了碳同位素漂移(CIE, carbon isotope excursion)作为古新统-始新统界线,即下始新统伊普里斯阶的底界标志(Gradstein *et al.*, 2004; Aubry *et al.*, 2007)。古新统-始新统界线上、下碳同位素漂移表明,曾发生过高温事件。在不同的地点如深海区、半深海区、浅海区及陆相的古近系地层中都发现碳同位素的漂移(Aubry *et al.*, 2007),因此这是一次全球性的高温事件。在较早的文献中将这一高温事件称为古新世最晚期高温或晚古新世高温(Latest or late Paleocene thermal maximum)(Clyde & Gingerich, 1998),也有称为“始新世初始高温”(“Initial Eocene Thermal Maximum”),在最近的文献中都称为古新统-始新统界线高温(Paleocene-Eocene thermal maximum)。这一事件与哺乳动物在古新世-始新世之交的大扩散事件紧密地联系在一起,这一扩散事件常称为古新统/始新统之交哺乳动物扩散事件(P/E Mammal Dispersal event),现生的奇蹄类、偶蹄类和灵长类几乎同时在北美、欧洲和亚洲始新世早期出现(Rose, 1981; Gingerich, 1989, 2006, 2010)。

湖南衡阳盆地早在 20 世纪 30 年代就在岭茶(原称甌毕岭)发现哺乳动物化石(Young, 1944),60 年代后又有多支地质调查队伍在衡阳盆地进行“红层”考察。在 20 世纪 70 年代初,湖南省地质局石油地质队和中国科学院古脊椎动物与古人类研究

所湖南野外队又对衡阳盆地“红层”进行研究,将岭茶地区产哺乳动物化石的“红层”分别命名为栗木坪组和岭茶组。童永生等(2006)根据哺乳动物化石、地层特征和古地磁以及碳同位素研究成果,将岭茶地区的古近纪地层分为上古新统栗木坪组和下始新统岭茶组。

自 20 世纪 30 年代在岭茶地区发现哺乳动物化石以来,在岭茶及其邻近地点的岭茶组中发现 13 种哺乳动物(Ting Su-yin *et al.*, 2011),除两种食虫类,一种原始梳趾鼠正在研究中以外,其他化石已发表。

已发表的化石名单如下:

- 鼯形亚目 *Soricomorpha* Granger, 1910 (Saban, 1954)
- 杨氏湘掠兽 *Hsiangolestes youngi* Zheng & Huang, 1984
- 混齿目 *Mixodontia* Sych, 1971
- 光耀晨光兽 *Matutinia nitidulus* Li *et al.*, 1979
- 中兽目 *Mesonychia* Van Valen, 1969
- 河塘软食中兽 *Hapalodectes hetangensis* Ting & Li, 1987
- 曾氏双尖中兽 *Dissacus zengi* Ting, Wang, Schiebout *et al.*, 2004
- 全齿目 *Pantodonta* Cope 1873
- 亚洲冠齿兽 *Asiocoryphodon* ? sp.
- 灵长目 *Primates* Linnaeus, 1758
- 亚洲德氏猴 *Teilhardina asiatica* Ni *et al.*, 2004
- 啮齿目 *Rodentia* Bowdich, 1821
- 岭茶钟健鼠 *Cocomys lingchaensis* Li *et al.*, 1979
- 奇蹄目 *Perissodactyla* Owen, 1848
- 衡东东方脊獭 *Orientolophus hengdongensis* Ting, 1993
- 衡阳原厚脊齿马 *Propachynolophus hengyangensis* Young, 1944
- 原真兽目 *Proteutheria* Romer, 1966
- 意外湖南兽 *Hunanictis inexpectatus* Li *et al.*, 1979

岭茶动物群是以亚洲特有物种为主,有 4 个属在北美和欧洲下古近系中发现(*Hapalodectes*, *Dissacus*, *Teilhardina* 和 *Propachynolophus*)。 *Hapalodectes* 在亚洲古新世晚期已经出现,但在北美早、中始新世才出现,岭茶的 *H. hetangensis* 可能比北美早始新世 Wa4-7 出现的 *H. leptognathus* 具有更多的原始特征(丁素因、李传夔,1987),但明显比亚洲古新世晚期的 *H. dux* 进步。*Dissacus* 在欧洲和北美的古新世和早始新世地层中都有发现。*Teilhardina* 也是欧洲、北美早始新世共有的属,化石研究者还认为岭茶组的 *Teilhardina asiatica* 是德氏猴属中最原始的种(Ni Xi-jun *et al.*, 2004)。*Propachynolophus* 原是欧洲早始新世地层中发现的奇蹄类,至于将岭茶标本归入这个属是否合适有待于新的发现,但齿脊程度不如湖北下始新统玉皇

顶组发现的秉志丹江兽(*Danjiangia pingi* Wang, 1995)高。从这4个与北美和欧洲早始新世共有的属来看,岭茶组的时代应为早始新世。

另外,在岭茶北东栗木坪地点的栗木坪组中产出古脊齿兽(*Archaeolambda* sp.)和衡东平顶鳄(*Planocrania hengdongensis*)。*Archaeolambda* 属是亚洲晚古新世常见属,*Planocrania hengdongensis* 的外表形态酷似产自广东南雄上古新统浓山组的大塘平顶鳄(*Planocrania datangensis*) (李锦玲, 1984)。因此,栗木坪组中脊椎动物化石带有明显的古新世色彩。

下始新统岭茶组和上古新统栗木坪组的介形类组合也有差别。栗木坪组的介形类为 *Cypris henanensis*-*Cypris reniformis*-*Limnocythere honggangensis* 组合,是以富含壳面光滑的 *Cypris henanensis* 及壳面无刺瘤装饰的 *Limnocythere honggangensis* 为主。岭茶组为 *Limnocythere irregularis*-*Cypris favosa*-*Ilyocypris gaoyouensis* 组合,此组合未发现 *Sinocypris* 属,*Limnocythere* 属的两个种 *L. spinisalata* 和 *L. irregularis* 壳面瘤结装饰发育,个体数量丰富。*Cypris favos* 壳面网纹等特征与下部组合区别比较明显,*Ilyocypris gaoyouensis* 很常见,*Heterocypris dongyuemiaoensis* 为本组合所特有(张显球、李茜, 2010; Wang Yuan-qing *et al.*, 2011)。

岭茶组和栗木坪组在岩性上也有差异,栗木坪组是由紫红色粉砂质泥岩夹灰紫色、灰白色泥质粉砂岩、砂岩和泥质白云岩组成。特别在栗木坪哺乳动物化石地点,化石层之上泥质白云岩和白云质砂岩相当发育。而岭茶组是由棕红色粉砂质泥岩夹灰紫色、灰黄色粉砂质砂岩和砂岩组成,泥岩中或多或少含有钙质结核,未见泥质白云岩和白云质砂岩。

2000年,中美科学家在岭茶地区开展了磁性和同位素地层学研究。在岭茶地区栗木坪、甫魁堂—岭茶和添枝坟—集贤湾3个剖面进行了古地磁和碳同位素采样,分别在甫魁堂—岭茶和添枝坟—集贤湾两条剖面发现碳同位素漂移现象(Bowen *et al.*, 2002; Ting Su-yin *et al.*, 2003),为我国陆相古新统一始新统界线的确立,即下始新统岭茶阶底界的确立提供了重要的证据。

根据2000年中美科学家所测的剖面(Bowen *et al.*, 2002; Ting Su-yin *et al.*, 2003),在向斜南翼甫魁堂—岭茶剖面上和向斜北翼添枝坟—集贤湾剖面上早始新世化石层分别高出出现碳同位素漂移的层位约14 m和17 m。在甫魁堂—岭茶剖面上,下

部地层,即栗木坪组的古土壤中 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-7\text{‰} \sim -8\text{‰}$ V-PDB (Vienna Pee Dee Belemnite Standard),但在岭茶组剖面上, $\delta^{13}\text{C}$ 值出现负向漂移,达到 -12.5‰ ,然后在剖面顶部回弹到 -10‰ 左右。在添枝坟—集贤湾剖面上也一样,在岭茶组个别样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 值达到 -13‰ 。这两条剖面的古土壤中都出现了碳同位素负向漂移,说明了岭茶地区在古近纪早期沉积时期气温曾有过升高的阶段。

根据磁性剖面,甫魁堂—岭茶剖面和添枝坟—集贤湾剖面上的碳同位素漂移出现在 C24r 极性段。在栗木坪剖面上出现正极性向反极性逆转(C25n/C24r)。在甫魁堂—岭茶剖面上这一极性逆转,是在碳同位素漂移的层位之下约200 m处。据此,可认为产出 *Archaeolambda* sp. 的栗木坪化石层的时代是古新世。

岭茶地区在古近纪早期地层中发现古新统一始新统界线的碳同位素负向漂移,可与埃及 Luxor 附近的 Dababiya 剖面(GSSP)和其他地区的古新统一始新统界线的碳同位素负向漂移对比,也就是说岭茶地区的古新统一始新统界线可置于碳同位素负向漂移的底部,岭茶组的底界非常接近于下始新统伊普里斯阶的底界。根据 Dababiya 剖面,古新统一始新统界线的年龄估值为 55.8 ± 0.2 Ma,岭茶组底界年龄值应该与之很相近。

根据近年的工作,结合岭茶地区动物群的变化、岭茶组与下伏栗木坪组岩性的差别、以及碳同位素的研究结果,我们提议将岭茶组层型剖面改在成家冲东北的岭茶—霞流公路旁,并将作为标志的灰黄色粗砂岩归入岭茶组(童永生等, 2006)。此剖面也可作为“中国区域年代地层(地质年代)表”中岭茶阶的候选剖面。剖面如下:

下始新统岭茶组(未见顶)

- | | |
|--|--------|
| 10. 灰绿色粉砂岩 | 1.8 m |
| 9. 褐红色粉砂岩 | 1.2 m |
| 8. 棕红色粉砂质泥岩,产哺乳动物化石,碳同位素负向漂移出现回落 | 13.2 m |
| 7. 覆盖 | 1.2 m |
| 6. 棕红色粉砂质泥岩,出现碳同位素负向漂移最大值, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -13.0‰ V-PDB | 9.6 m |
| 5. 棕红色粉砂质泥岩,含钙质结核,产哺乳动物化石 | 2.4 m |
| 4. 覆盖 | 13.6 m |
| 3. 黄绿色粉砂岩 | 0.8 m |
| 2. 棕红色粉砂质砂岩,开始出现碳同位素负向漂移现象 | 3.6 m |
| 1. 灰黄色粗砂岩 | 6.0 m |

—— 整 合 ——

上古新统栗木坪组

2 内蒙古二连地区陆相古新统-始新统界线

内蒙古二连盆地是重要的古近纪陆相盆地,有发育的古近纪地层,哺乳动物化石也极为丰富,是许多古近纪地层单位的命名地点,亚洲陆相哺乳动物分期中有不少也是建立在这一地区哺乳动物群研究的基础上(童永生等,1995;王元青等,2006;Wang Yuan-qing *et al.*, 2010)。在二连盆地脑木根组上部地层中发现蒙古早始新世伯姆巴期的啮形类 *Gomphos elkema* (Meng Jin *et al.*, 2004),表明古新统-始新统界线有可能在二连盆地出现(Wang Yuan-qing *et al.*, 2011)。

近十年,我们在二连盆地东部进行了大量的野外工作,澄清了一系列长期存在的岩石地层学和生物地层学方面的问题,完善了二连盆地东部生物地层序列,并同时进行了磁性地层学和同位素地层学的研究。在二连盆地呼和勃尔和地区实测的努和廷勃尔和剖面(Meng Jin *et al.*, 2007)包括有脑木根组和阿山头组,其中脑木根组包括有 NM-1~NM-4 四个哺乳动物化石带(图 4),阿山头组包括有 AS-

1、AS-2 两个哺乳动物化石带。NM-1 带中哺乳动物种类丰富,包括:多瘤齿兽 *Lambdospalis bulla*、*Prionessus lucifer*、食虫类 *Bayanulanius tenuis*、啮齿类 *Tribosphenomys minutes*、假古猫类 *Pseudictipos lophiodon*、恐角兽类 *Prodinoceras xinjiangensis* 和北柱兽类 *Palaeoctylopus siturus* (Wang Yuan-qing *et al.*, 2009)。NM-2 带包括有多瘤齿兽 *Lambdospalis bulla* 和全齿类 *Pastoralodon lacustris*。NM-3 带含有啮形类 *Gomphos elkema*、灵长类 *Baataromomys ulaanus*、北柱兽类 *Anatolostylops zharii*、奇蹄类 *Pataecops parvus* 和 *Minchenoletes erlianensis*、啮齿类 *Yuanomys zhoui*、中兽类 *Dissacus* sp. 和一种待定的兔形目 (Meng Jin *et al.*, 2001、2004; Ni Xi-jun *et al.*, 2007; Wang Yuan-qing *et al.*, 2008、2010、2011)。由于 *Gomphos elkema* 在 NM-3 带是最为普遍的,因此也将该层称为 *Gomphos* 层(Wang Yuan-qing *et al.*, 2010)。NM-4 产有恐角类 *Uintatherium* sp.、奇蹄类 *Pataecops parvus*、啮形类 *Gomphos elkema* 和一些梳趾鼠类。NM-1 和 NM-2 带中哺乳动物化石都

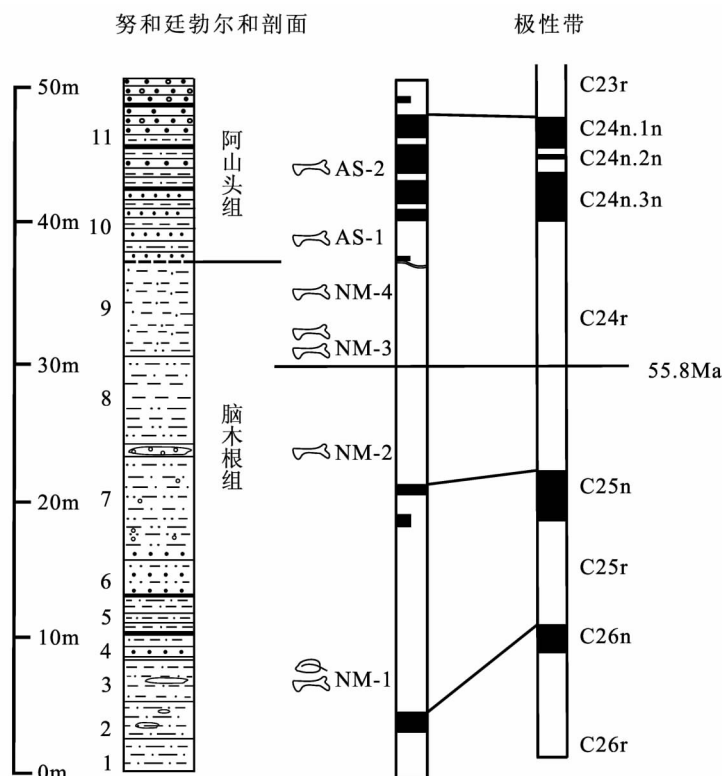


图 4 内蒙古二连盆地努和廷勃尔和剖面地层、哺乳动物层位及古地磁对比(改自 Wang Yuan-qing *et al.*, 2011)

Fig. 4 The correlation of stratigraphy, paleomagnetic polarities and mammalian horizons at the Nuhetingboerhe section, Erlian Basin, Inner Mongolia (Modified from Wang Yuan-qing *et al.*, 2011)

是典型的晚古新世格沙头期的类型(Li Chuan-kui & Ting Su-yin, 1983; Meng Jin *et al.*, 1998; Wang Yuan-qing *et al.*, 1998、2007、2011)。相反,在 NM-3 和 NM-4 哺乳动物化石带中含有早始新世啮形类 *Gomphos elkema* 可与蒙古伯姆巴期相对比。基于已有的哺乳动物化石数据,在二连盆地东部地区 P/E 界线最有可能在努和廷勃尔和剖面的 NM-2 和 NM-3 两个化石带之间,在剖面上位于 23~30.5m 之间。

孙勃等(2009)在呼和勃尔和地区进行了磁性地层学的研究工作,认为努和廷勃尔和剖面记录了古新统-始新统界线(即 P/E 界线),位于 C24r 中部,在该剖面 30 m 附近,亦即 *Gomphos* 层或稍下层位。

综合生物地层学和磁性地层学的研究结果,我们认为在呼和勃尔和地区的 P/E 界线,位于努和廷勃尔和剖面的 30 m 附近,即 *Gomphos* 层底部。界线处有 20~30 cm 厚含有灰白色不规则钙质结核的红棕色砂质泥岩可作为 P/E 界线在努和廷勃尔和剖面的标志层。

四、小 结

1 有关广东南雄盆地 K/T 界线不同学者认识不同,结合最近的磁性地层学、同位素地层学及国际上最新关于 K/T 界线的研究成果,我们认为大塘剖面上以脊椎动物化石确定的界线,即黄灰色厚层黏土砾岩的底部很接近 K/T 界线,推荐将这层黄灰色厚层黏土砾岩的底部作为上湖阶底部。该层处于 C29R 极性段的上半部分,与突尼斯卡夫剖面的 K/T 界线所处的极性段位置相近。

2 中、上古新统浓山阶底界为 C26r 极性段底,相当于国际上丹尼阶最上部,同时与北美哺乳动物分期当中 Torrejonian-Tiffanian 的界线一致。浓山阶层型剖面放在江西省大余县城东北池江镇和青龙镇交界处的王屋子—新村里剖面。

3 下始新统岭茶阶底界为碳同位素负向飘移的底部,与国际上确立的古新统-始新统界线层型标准一致,可直接对比。岭茶阶底界年龄约 55.8 ± 0.2 Ma, 层型剖面在我国湖南省衡东成家冲东北岭茶—霞流公路边旁。

4 我国内蒙古二连盆地也发现古新统-始新统界线,结合古生物和磁性地层学的资料,该界线位于二连盆地努和廷勃尔和剖面脑木根组上部,即该剖面 *Gomphos* 层底部。

美国科学家丁素因(Ting Su-yin)、William C.

Clyde、Paul L. Koch、Gabriel J. Bowen、Kathryn E. Snell、孟津(Meng Jin),中国科学院古脊椎动物与古人类研究所王原、白滨、金迅、谢树华、周伟和中国石化集团新星石油广州公司的张显球参加野外工作;周伟、谢树华、李士杰、李祁、张丽芬、王阳花修理、筛洗和挑选化石,白滨和金迅还共同参与了南雄盆地火山灰锆石年龄的测定工作,北京离子探针中心为测年工作提供帮助,在此一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 陈丕基. 1986. 广东南雄上湖组叶肢化石的发现——并论中国古新世陆相地层. 古生物学报, 25(4): 380-393
- 丁素因, 李传夔. 1987. 湖南衡东早始新世软食中兽(?非肉齿目, 哺乳纲)的头骨. 古脊椎动物学报, 25(3): 161-186
- 方晓思, 李佩贤, 张志军, 张显球, 林有利, 郭盛斌, 程业明, 李震宇, 张晓军, 程政武. 2009. 广东南雄白垩系及恐龙蛋到鸟蛋演化研究. 地球学报, 30(2): 167-186
- 黄仁金. 1988. 广东南雄盆地白垩系与第三系界线及轮藻化石. 古生物学报, 27(4): 457-474
- 黄学诗, 陈祖烈. 1997. 安徽贵池晚古新世哺乳类. 古脊椎动物学报, 35(1): 49-67
- 黄学诗, 郑家坚. 1997. 安徽宣城早第三纪哺乳类及双塔寺组的地质时代. 古脊椎动物学报, 35(4): 290-306
- 黄学诗. 2003. 安徽嘉山晚古新世哺乳动物群. 古脊椎动物学报, 41(1): 42-54
- 李锦玲. 1984. 记湖南衡东盆地的平顶鳄一新种. 古脊椎动物学报, 22(2): 123-133
- 李曼英. 1989. 广东南雄盆地古新世早期孢粉组合. 古生物学报, 28(6): 741-750
- 凌秋贤, 张显球, 林建南. 2005. 南雄盆地白垩纪—古近纪地层研究进展. 地层学杂志, 29(增刊): 596-601
- 刘 云, 王宗哲. 1986. 广东南雄盆地白垩—古近纪界线地层岩性特征及环境分析. 地层学杂志, 10(3): 190-203
- 孙 勃, 岳乐平, 王元青, 孟 津, 王建其, 徐 永. 2009. 二连盆地下古近系的磁性地层学研究. 地层学杂志, 33(1): 62-67
- 孙湘君, 何月明. 1980. 江西古新世孢子花粉研究. 北京: 科学出版社. 1-80
- 汤英俊, 闫德发. 1976. 安徽潜山、宣城古新世哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, 14(2): 91-99
- 童永生, 李曼英, 李 茜. 2002. 广东南雄盆地白垩系—古近系界线. 地质通报, 21(10): 668-674
- 童永生, 王元青, 李 茜. 2006. 湖南衡东岭茶地区古近纪地层划分与中国早始新世哺乳动物群. 地质评论, 52(2): 153-162
- 童永生, 张玉萍, 王伴月, 丁素因. 1976. 南雄盆地和池江盆地早第三纪地层. 古脊椎动物与古人类, 14(1): 16-25
- 童永生, 郑绍华, 邱铸鼎. 1995. 中国新生代哺乳动物分期. 古脊椎动物学报, 33(4): 290-314
- 童永生. 1979. 赣南古脊齿兽类新材料. 见: 华南中、新生代红层——广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会议”论文集. 北京: 科学出版社. 377-381
- 王伴月, 丁素因. 1979. 江西池江盆地的阶齿兽化石. 见: 华南中、

- 新生代红层——广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会议”论文选集. 北京:科学出版社. 351-353
- 王伴月. 1979. 翼齿兽(*Harpyodus*)—新种及其分类. 见: 华南中、新生代红层——广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会议”论文选集. 北京:科学出版社. 366-372
- 王元青, 王乃文, 刘耕武, 童永生, 王大宁, 杨恒仁, 王启飞, 李茜. 2008. 中国陆相古近系垣曲阶和池江阶综合研究. 见: 中国地质调查局专报(2007001); 中国主要断代地层建群研究报告(2001-2005). 41-57
- 王元青, 孟津, 倪喜军. 2006. 中国古近纪哺乳动物的辐射. 见: 戎嘉余等主编. 生物的起源、辐射与多样性演变——华夏化石记录的启示. 北京:科学出版社. 735-755, 948-950
- 余汶, 顾和林, 张显球. 1990. 广东南雄盆地晚白垩世—早古近纪非海相腹足类组合序列. 古生物学报, **29**(2):160-182
- 张显球, 方晓思, 张志军, 黄尚波. 2006b. 南雄盆地红层及古生物研究历史回顾. 见: 中国科技发展经典文库 2006 卷. 北京: 中国档案出版社. 1081-1097
- 张显球, 李罡, 李汉明. 2006a. 广东南雄盆地南雄群的介形类动物群. 微体古生物学报, **23**(2):115-153
- 张显球, 李罡, 林建南, 凌秋贤. 2006d. 南雄盆地大塘白垩系—古近系界线层型剖面. 见: 第十届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社. 17-32
- 张显球, 林建南, 李罡, 凌秋贤. 2006c. 南雄盆地大塘白垩系—古近系界线剖面研究. 地层学杂志, **30**(4): 327-340
- 张显球, 凌秋贤. 2004. 南雄盆地白垩—古近系(E/K)界线研究现状. 见: 第九届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社. 35-42
- 张显球, 李罡. 2008. 广东南雄盆地罗佛寨群的介形类动物群. 微体古生物学报, **25**(1):44-77
- 张显球, 李茜. 2010. 湖南衡阳盆地岭茶地区古近纪介形类动物群. 古生物学报, **49**(4):487-501
- 张显球. 1984. 南雄盆地坪岭剖面罗佛寨群的划分及其生物群. 地层学杂志, **8**(4):239-254
- 张显球. 1992. 广东南雄盆地上湖组介形虫动物群及白垩—第三系界线. 古生物学报, **31**(6):678-720
- 张玉萍, 郑家坚, 丁素因. 1979. 江西古新世几种踝节类(Condylarthra)的记述. 见: 华南中、新生代红层——广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会议”论文选集. 北京: 科学出版社. 382-386
- 赵资奎, 毛雪瑛, 柴之芳, 欧阳宏, 余德伟. 1998. 广东南雄盆地白垩系—第三系(K/T)交界恐龙蛋壳的铀丰度异常. 中国科学(D), **28**(5):425-430
- 赵资奎, 毛雪瑛, 柴之芳, 杨高创, 张福成, 严正. 2009. 广东南雄盆地白垩系—第三系(K/T)过渡时期地球化学环境变化和恐龙灭绝: 恐龙蛋壳提供的证据. 科学通报, **54**(2):201-209
- 赵资奎, 严正. 2000. 广东南雄盆地白垩系—第三系界线剖面恐龙蛋壳稳定同位素记录: 地层及古环境意义. 中国科学(D), **30**(2):135-141
- 赵资奎, 叶捷, 李华梅, 赵振华, 严正. 1991. 广东省南雄盆地白垩系—第三系交界恐龙绝灭问题. 古脊椎动物学报, **29**(1):1-20
- Aubry M-P, Ouda K, Dupuis C, Berggren W A, Van Couvering J A & the members of the working Group on the Paleocene/Eocene Boundary. 2007. The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) for the base of the Eocene Series in the Dababiya section (Egypt). Episodes, **30**(4):271-286
- Bowen G J, Clyde W C, Koch P L, Ting Su-yin, Alroy J, Tsubamoto T, Wang Yuan-qing & Wang Yuan. 2002. Mammalian dispersal at the Paleocene/Eocene boundary. Science, **295**:2062-2065
- Bowen G J, Meng Jin, Ye Jie, & Ting Su-yin. 2005. Age and correlation of fossiliferous Late Paleocene—Early Eocene strata of the Erlian Basin, Inner Mongolia, China. American Museum Novitates, **3474**: 1-26
- Clyde W C & Gingerich P D. 1998. Mammalian community response to the latest Paleocene thermal maximum: An isotaphonomic study in the northern Bighorn Basin, Wyoming. Geology, **26**(11): 1011-1014
- Clyde W C, Ting Su-yin, Snell K E, Bowen G J, Tong Yong-sheng, Koch P L, Li Qian & Wang Yuan-qing. 2010. New Paleomagnetic and stable-isotope results from the Nanxiong Basin, China: Implications for the K/T boundary and the timing of Paleocene mammalian turnover. Journal of Geology, **118**: 131-143
- Clyde W C, Tong Yong-sheng, Snell K E, Bowen G J, Ting Su-yin, Koch P L, Li Qian, Wang Yuan-qing & Meng Jin. 2008. An integrated stratigraphic record from the Paleocene of the Chijiang Basin, Jiangxi Province (China): Implications for mammalian turnover and Asian block rotations. Earth and Planetary Science Letters, **269**: 554-564
- Dinarès-Turel J, Baceta J I, Bernalola G, Orue-Etxebarria X & Pujalte V. 2007. Closing The Mid-Palaeocene gap: toward a complete astronomically tuned Palaeocene Epoch and Selandian and Thanetian GSSPs at Zumaia (Basque Basin, W Pyrenees). Earth and Planetary Science Letters, **262**:450-467
- Dinarès-Turel J, Stoykova K, Baceta J I, Ivanov M & Pujalte V. 2010. High-resolution intra- and interbasinal correlation of the Danian-Selandian transition (Early Paleocene): The Bjala section (Bulgaria) and the Selandian GSSP at Zumaia (Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **297**:511-533
- Erben H K, Ashraf A-R, Böhm H, Hahn G, Hambach U, Krum-sick K, Stets J, Thein J & Wurster P. 1995. The Cretaceous/Tertiary boundary in the Nanxiong-Basin (continental facies, SE-China). Stuttgart: Franz Steiner Verlag. 1-245
- Gingerich P D. 1989. New earliest Wasatchian mammalian fauna from the Eocene of northwestern Wyoming: composition and diversity in a rarely sampled high-floodplain assemblage. University of Michigan, Papers on Paleontology, **28**: 1-97
- Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, Bleker W & Lourens L V. 2004. A new geologic time scale with special reference to Precambrian and Neogene. Episodes, **27**(2): 83-100
- Li Chuan-kui & Ting Su-yin. 1983. The Paleogene mammals of China. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History, **21**: 1-93
- Meng Jin, Bowen G J, Ye Jie, Koch P L, Ting Su-yin, Li Qian & Jin Xun. 2004. *Gomphos elkema* (Glires, Mammalia) from the Erlian Basin: Evidence for the early Tertiary Bumbanian Land

- Mammal Age in Nei-Mongol, China. American Museum Novitates, **3245**:1-24
- Meng Jin, Wang Yuan-qing, Ni Xi-jun, Beard K C, Sun Cheng-kai, Li Qian, Jin Xun & Bai Bin. 2007. New Stratigraphic data from the Erlian Basin: implications for the division, correlation, and definition of Paleogene lithological units in Nei Mongol (Inner Mongolia). American Museum Novitates, **3570**:1-31
- Meng Jin & Wyss A R. 2001. The morphology of *Tribosphenomys* (Rodentiaformes, Mammalia): phylogenetic implications for basal Glires. Journal of Mammalian Novitates, **8**(1):1-71
- Meng Jin, Zhai Ren-jie & Wyss A R. 1998. The late Paleocene Bayan Ulan fauna of Inner Mongolia, China. In: Beard K C & Dawson M R eds. Dawn of the age of mammals in Asia. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History, **34**:148-185
- Molina E, Alegret L, Arenillas I, Arz J A, Molina Gallala N, Hardenbol J, von Salis K, Steurbaut E, Vandenberghe N & Zaghib-Turki D. 2006. The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, "Tertiary", Cenozoic) at El Kef, Tunisia — Original definition and revision. Episodes, **29**(4): 263-273
- Ni Xi-jun, Beard K C, Meng Jin, Wang Yuan-qing & Gebo D L. 2007. Discovery of the first early Cenozoic euprimate (Mammalia) from Inner Mongolia. American Museum Novitates, **3571**: 1-11
- Ni Xi-jun, Wang Yuan-qing, Hu Yao-ming & Li Chuan-kui. 2004. A euprimate skull from the early Eocene of China. Nature, **427**:65-68
- Rigby J K, Snee L W, Unruh D M, Harlan S S, Guan J, Li F, Rigby J K & Kowalis B J. 1993. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and U-Pb dates for dinosaur extinction, Nanxiong Basin, Guangdong Province, People's Republic of China. Geological Society of America, Abstract Programmas, **25**: 296A
- Rose K D. 1981. The Clarkforkian Land-Mammal Age and mammalian faunal composition across the Paleocene-Eocene boundary. University of Michigan, Papers on Paleontology, **26**: 1-197
- Schmitz B, Alegret L, Apellaniz E, Arenillas I, Aubry M P, Baceta J I, Berggren W A, Bernaola G, Caballero F, Clemmensen A, Dinarès-Turell J, Dupuis C, Heilmann-Clausen C, Knox R, Martín-Rubio M, Molina E, Monechi S, Ortiz S, Orue-Etxebarria X, Payros A, Petrizzo M R, Pujalte V, Speijer R, Sprong J, Steurbaut E & Thomsen E. 2008. Proposed Global Stratotype Sections and Points for the bases of the Selandian and Thanetian stages (Paleocene Series). Report of the Paleocene Working Group for the International Subcommission on Paleogene Stratigraphy, <http://www.earth-prints.org/handle/2122/3795>
- Speijer R P. 2003. Danian-Selandian sea-level change and biotic excursion on the southern Tethyan margin. In: Wing S L, Gingerich P D, Schmitz B & Thomas E eds. Causes and consequences of globally warm climates in the Early Paleogene. Geological Society of America, Special Paper 275-290
- Sprong J, Kouwenhoven T J, Bornemann A, Schulte P & Stassen P. 2012. Characterization of the Latest Danian Event by means of benthic foraminiferal assemblages along a depth transect at the southern Tethyan margin (Nile Basin, Egypt). Marine Micropaleontology, **86-87**: 15-31
- Sprong J, Youssef M A, Bornemann A, Schulte P, Steurbaut E, Stassen P, Kouwenhoven T J & Speijer R P. 2011. A multiproxy record of the Latest Danian Event at Gebel Qreiya, Eastern Desert, Egypt. Journal of Micropaleontology, **30**: 167-182
- Stets J, Ashraf A-R, Erben H K, Hahn G, Hambach U, Krumsick K, Thein J & Wurster P. 1996. The Cretaceous-Tertiary boundary in the Nanxiong Basin (continental facies, southeast China). In: MacLeod N & Keller G eds. Cretaceous-Tertiary mass extinctions: biotic and environmental changes. New York: Norton. 349-371
- Ting Su-yin. 1998. Paleocene and Early Eocene Land Mammal Ages of Asia. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History, **34**: 124-147
- Ting Su-yin, Bowen G J, Koch P L, Clyde W C, Wang Yuan-qing, Wang Yuan & McKenna M C. 2003. Biostratigraphic, chemostratigraphic, and magnetostratigraphic study across the Paleocene/Eocene boundary in the Hengyang Basin, Hunan, China. Geological Society of America, Special paper **369**: 521-535
- Ting Su-yin, Tong Yong-sheng, Clyde W C, Koch P L, Meng J, Wang Yuan-qing, Bowen G J, Li Qian & Snell K E. 2011. Asian early Paleogene chronology and mammalian faunal turnover events. Vertebrata Palasiatica, **49**(1):1-28
- Ting Su-yin, Wang Yuan-qing, Schiebout J A, Koch P L, Clyde W C, Bowen G J & Wang Yuan. 2004. New early Eocene mammalian fossils from the Hengyang Basin, Hunan, China. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History, **36**:291-301
- Wang Xiao-ming & Zhai Ren-jie. 1995. *Carnilestes*, a new primitive Lipotyphlan (Insectivor; Mammalia) from the Early and Middle Paleocene, Nanxiong Basin, China. Journal of Vertebrate Paleontology, **15**(1):131-145
- Wang Yuan-qing, Meng Jin, Ni Xi-jun & Beard K C. 2008. A new Early Eocene arctostylopoid (Arctostylopida, Mammalia) from the Erlian Basin, Nei Mongol (Inner Mongolia), China. Journal of Vertebrate Paleontology, **28**(2):553-558
- Wang Yuan-qing, Hu Yao-ming, Chow Min-zhen & Li Chuan-kui. 1998. Chinese Paleocene mammal faunas and their correlation. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History, **34**:89-123
- Wang Yuan-qing, Meng Jin, Beard K C, Li Qian, Ni Xi-jun, Gebo D L, Bai Bin, Jin Xun & Li Ping. 2010. Early Paleogene stratigraphic sequences, mammalian evolution and its response to environmental changes in Erlian Basin, Inner Mongolia, China. Science China (Earth Science), **53**(12):1918-1926
- Wang Yuan-qing, Meng Jin, Jin Xun, Beard K C, Bai Bin, Li Ping, Ni Xi-jun, Li Qian & Gebo D L. 2011. Early Eocene perissodactyls (Mammalia) from the upper Nomogen Formation of the Erlian Basin, Nei Mongol, China. Vertebrata Palasiatica, **49**(1):123-140
- Wang Yuan-qing, Meng Jin, Ni Xi-jun & Li Chuan-kui. 2007. Major events of Paleogene mammal radiation of China. Journal of Geology, **42**:415-430

- Wang Yuan-qing, Tong Yong-sheng & Li Qian. 2011. Chinese Continental Paleocene-Eocene boundary and its correlation. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, **85**(2):443-451
- Westerhold T, Rohl U, Raffi I, Fornaciari E, Monechi S, Reale V & Evans H F. 2008. Astronomical calibration of the Paleocene time. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **257**: 377-403
- Wible J R, Rougier G W, Novacek M J & Asher R J. 2007. Cretaceous eutherians and Laurasian origin for placental mammals near the K/T boundary. *Nature*, **447**(21): 1003-1006
- Young Chung-chien. 1944. Note on the first Eocene mammals from south China. *American Museum Novitates*, **1268**:1-3
- Zhao Zi-kui, Mao Xue-ying, Chai Zhi-fang, Yang Gao-chuang, Kong Ping, Ebihara M & Zhao Zhen-hua. 2002. A possible causal relationship between extinction of dinosaurs and K/T iridium enrichment in the Nanxiong Basin, South China: evidence from dinosaur eggshells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **178**: 1-17

AN INTRODUCTION TO RECENT ADVANCE IN THE STUDY OF THE CONTINENTAL EARLY PALEOGENE STAGES IN CHINA

TONG Yong-sheng, LI Qian and WANG Yuan-qing

Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origin, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044

Abstract Recent studies of biostratigraphy, isotope stratigraphy and magnetic stratigraphy in the Nanxiong Basin of Guangdong, the Chijiang Basin of Jiangxi, the Hengyang Basin of Hunan, and the Erlian Basin of Nei Mongol (Inner Mongolia) provide reliable evidence for the establishment of the Shanghuan Stage, the Nongshanian Stage and the Lingchan Stage of the continental early Paleogene in China. In addition, these studies provide a basis to correlate these Chinese continental stages to the marine strata and the global boundary stratotype.

The Datang section (from Ejinling to Nilongkeng) in the Nanxiong Basin of Guangdong is proposed as the stratotype section of the base of the Shanghuan Stage (lower Paleocene). Paleomagnetic results indicate that the base of a yellow-gray clay sandstone bed, representing the boundary between the Nanxiong Group and the Shanghu Formation, lies in upper part of the Chron C29r, fairly close to the K/T boundary. This inference is consistent with recent radiometric dating results. Together with the fossil mammals and lithostratigraphic data, it is currently acceptable to use the base of a yellow-gray clay sandstone bed as the lower limit of the Shanghuan Stage. The Tianxinli-Shizikou section in the Chijiang Basin of Jiangxi is the stratotype section of the base of the Nongshanian Stage (middle-upper Paleocene). The section documented a distinct faunal change from the Shizikou Formation (lower Paleocene) to the Chijiang Formation (middle-upper Paleocene). Paleomagnetic analysis reveals that the boundary between the Shizikou Formation and the Chijiang Formation, hence the Shanghuan-Nongshanian boundary, coincides with the Chron C27n-C26r transition. Therefore, the Shanghuan-Nongshanian boundary can be roughly correlated to the Danian-Selandian boundary of the Global Geologic Timescale and the Torrejonian-Tiffanian boundary of North American Land Mammal Ages.

The Lincha-Xialiu Section in the Hengyang Basin of Hunan is selected as the stratotype section of the base of the Lingchan Stage. The negative carbon isotope excursion recorded from the Paleogene strata of the Hengyang Basin marks the base of the lower Eocene Lingchan Stage, which is correlative to the Paleocene-Eocene boundary of the Global Geologic Timescale.

Key words chronostratigraphy, Shanghuan, Nongshanian, Lingchan, Paleogene, Nanxiong Basin, Chijiang Basin, Hengyang Basin, Erlian Basin, Guangdong, Jiangxi, Hunan, Inner Mongolia