论文

中国新生界第一阶潜在的层型剖面

李伟同^{①*}, 刘耕武^②, Dennis R. BRAMAN^③, 李艺斌^①, 曹卫生^④,
Don BRINKMAN^③, 沈娇^①, 陈钦保^④

① 长江大学地球科学学院, 荆州 434023;

② 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;

③ Royal Tyrrell Museum of Palaeontology, Drumheller T0J 0Y0, Canada;

④ 中国石化江汉油田分公司勘探开发研究院, 武汉 430223

* E-mail: lironc@sina.com

收稿日期: 2013-05-13; 接受日期: 2013-10-28; 网络版发表日期: 2014-02-28

国家自然科学基金项目(批准号: 41340029, 41040024 和 40072009)资助

摘要 显生代的年代地层单位只能通过该单位的下界的界线层型来定义. 陆相为主的中国新生界第一阶只能通过这个阶的下界的界线层型、也即陆相白垩系/古近系界线层型来定义. 广东南雄和黑龙江嘉荫至今都没有具连续的陆相白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录的剖面发现, 没有建立陆相白垩系/古近系界线层型的条件. 因此, 无论是“上湖阶”还是“富饶阶”作为中国新生界第一阶都不可行. 从轮藻角度出发, 湖北当阳露头剖面拥有全球迄今所知最连续丰富多样的白垩系/古近系界线时期、特别是古新世早期的陆相生物地层记录. 界线层段的介形类生物地层记录也非常连续丰富多样. 其是迄今所知中国唯一可能成为陆相白垩系/古近系界线层型的候选代表的剖面. 从而, 它是迄今所知中国古新统、古近系以及新生界第一阶唯一可能的建阶剖面或层型剖面.

关键词白垩系/古近系界线
新生界第一阶
层型
陆相
轮藻
当阳剖面

阶被称为年代地层学的基本单位, 因为它在范围和等级上都符合区域年代地层分类的实际需要和目的. 而且, 它是可以在全球范围识别的标准年代地层等级系列中最小的单位(萨尔瓦多, 2000). 地层建阶是一项具世界意义的重要的基础地质工作, 历来为各国地层工作者所重视.

根据《国际地层委员会关于建立全球年代地层标准的准则(修订本)》(瑞曼等, 2000)(以下简称为《准则》)和《中国地层指南》(全国地层委员会, 2001), 较高级别(统、系等)的年代地层单位的下界应自动地被其所含的最下部的阶的下界所定义, 新生界第一阶

的地位很重要, 它的定义同时也是古新统、古近系乃至新生界的定义. 新生界第一阶的重要性还在于它与白垩系/古近系界线直接相关, 后者历来是地球科学的一个重要研究课题之一, 因为白垩、古近纪之交, 地球上发生过以恐龙集群绝灭为代表的一系列事件, 标志着地球历史发展的一个重大演变时刻.

在 2011 年 5 月于南京召开的《第三届全国地层委员会第十三次常委扩大会议》上, 全国地层委员会发布了《中国地层表》征求意见稿, 将 2001 年发布的《中国区域年代地层(地质年代)表》(II)(全国地层委员会, 2001)的上白垩统的“富饶阶”上移至古近系,

中文引用格式: 李伟同, 刘耕武, Braman D R, 等. 2014. 中国新生界第一阶潜在的层型剖面. 中国科学: 地球科学, 44: 634–641

英文引用格式: Li W T, Liu G W, Braman D R, et al. 2014. A potential stratotype for the regional lowermost stage of the continental Paleocene in China. Science China: Earth Sciences, 57: 1109–1116, doi: 10.1007/s11430-013-4746-7

作为中国古新统、古近系及新生界的第一个阶(表 1 和 2)。经讨论, 多数人认为 2001 年地层表中的“上湖阶”作为中国新生界第一阶不合适, 而 2011 年 5 月征求意见稿中的“富饶阶”问题更多; 鉴于新的《中国地层表》拟赶在 2012 年第 34 届国际地质大会召开前发布, 时间紧迫, 作为权宜之计, 建议删去“富饶阶”, 暂时保留“上湖阶”作为中国新生界第一阶不变, 存在的问题留待以后解决。此方案已为中国地质调查局、全国地层委员会于 2012 年 8 月 28 日发布的《中国地层表(试用稿)》¹⁾所采用(表 3)。然而, 目前在国内, 认为“上湖阶”或“富饶阶”可以作为中国新生界第一阶的看法还存在, 这不是一个无关紧要的问题, 有必要讨论。而更令人关注的是中国古新统、古近系及新生界第一阶的建阶剖面或层型剖面究竟何在的问题。

1 “上湖阶”和“富饶阶”问题

按照《国际地层指南》(萨尔瓦多, 2000)和《中国地层指南》的要求, 建立地方性或区域性年代地层单位的原则应与建立全球标准年代地层表单位的原则相一致。

《准则》和《中国地层指南》强调: 显生宇的标准年代地层单位只能通过该单位的下界的界线层型来定义。这是建立区域性年代地层单位应该坚持的原则, 因为我们的目标是建立一个既无间断又不重复的年代地层表, 而这是达到这个目标的必由之路。那么, 绝大部分为陆相沉积的中国新生界的第一阶只能由这个阶的下界的界线层型、也即陆相白垩系/古近系界线层型来定义。

根据《准则》要求及全球建立界线层型的实践, 具有连续的界线时期的沉积和生物地层记录是地层剖面成为界线层型的必不可少的条件。如果没有连

续的陆相白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录, 就没有建立陆相白垩系/古近系界线层型的条件, 也就没有成为中国新生界第一阶建阶剖面或层型剖面的条件。

依照 2002 年《中国区域年代地层(地质年代)表说明书》(全国地层委员会, 2002), 我国陆相新生界第一阶——“上湖阶”由邱占祥、王伴月、童永生和邱铸鼎提出, 层型剖面“位于广东省南雄县 NE12 km 处的湖口乡上河洞、五头江附近”。而童永生等(2005)称“上湖阶的层型剖面暂拟在广东南雄的大塘剖面”, 两处说法不一致。但不论“层型剖面”在哪里, “上湖阶”问题都值得商榷。

大塘剖面(图 1)已知是南雄盆地白垩纪-古近纪过渡时期地层出露最全的剖面, 图 1 上方的 1~4 标示了该剖面白垩系/古近系界线几种划分方案的大体位置, 详细情况可参见张显球等(2006)和李伟同等(2010)的概述。根据目前还被普遍接受的陆相白垩系/古近系界线划分仍然以恐龙类的绝灭和哺乳类的大量出现为标准的框架原则, 结合轮藻化石等情况考虑, 把界线划在童永生等(1976, 2002)定义的上湖组底部或张显球(1984)定义的上湖组近底部、即图 1 的 43 层和 42 层(43/42 层)之间比较合适(李伟同等, 2010)。因为从上湖组的近底部开始就已有哺乳类化石发现(叶捷, 2000)、特别是从 49 层开始已出现时代为中古新世的阶齿兽(*Bemalambda*)动物群(周明镇等, 1977, 张显球等, 2006), 而大塘剖面有文字报道的恐龙类化石的最高产出层位是第 42 层(童永生等, 2002)。从轮藻看, 大塘剖面的第 43 层含有较多的螺旋细胞表面发育瘤状装饰、顶部具顶瘤的典型古近纪分子 *Stephanochara brevivalis*(短卵形冠轮藻), *S. cuneiformis*(楔形冠轮藻)和 *S. micrococca*(小球冠轮藻)等

表 1 2001 年《中国区域年代地层(地质年代)表》(II)(节录)

新生界	古近系	始新统	岭 阶
		古新统	池江阶 上湖阶 富饶阶
中生界	白垩系	上白垩统	明水阶
			方台阶

表 2 2011 年 5 月《中国地层表》征求意见稿(未刊)(节录)

新生界	古近系	始新统	岭 阶
		古新统	池江阶 上湖阶 富饶阶
中生界	白垩系	上白垩统	明水阶
			方台阶

表 3 2012 年 8 月《中国地层表(试用稿)》(未刊)(节录)

新生界	古近系	始新统	岭 阶
		古新统	池江阶 上湖阶
中生界	白垩系	上白垩统	化阶

1) 见“全国地层委员会”(http://www.cags.ac.cn/dcw)

图1 南雄大塘白垩系-古近系实测剖面图

引自张显球等(2006)

(黄仁金, 1988; 张显球等, 2006), 已呈现明确的古近纪面貌。

然而, 43/42 层这条界线却无法成为白垩系/古近系界线层型的基本要求, 因为 43 层和 42 层之间的沉积和生物地层记录不连续。刘云和王宗哲(1986)指出南雄盆地上湖组与南雄组之间(43 层)“普遍存在一层黄灰色粘土砾岩层……、粘土砾是沉积物暴露地表的一个重要标志”; 并指出界线上、下地层岩性及地球化学特征有明显变化, 认为二者之间“可能存在沉积间断, 为假整合接触关系”。对于大塘剖面 43/42 层之间的接触关系, 包括“上湖阶”的提出者——童永生和邱占祥在内的绝大多数学者都没有异议, 都认为是假整合接触关系或存在沉积间断(童永生等, 1976, 2002; 郑家坚和邱占祥, 1979; 张显球等, 2006; 陈丕基, 1986; 周明镇等, 1977; 黄仁金, 1988; Li 和 Ding, 1983; Mateer 和 Chen, 1992; 拉塞尔等, 1993; Liu 等, 1992; Hanson 等, 1993)。其中, 童永生等(1976)在大塘剖面初创时就指出“上湖组假整合于南雄组之上”, 童永生等(2002)作了进一步的说明: “上湖组底部为黄灰色鲕状粘土砾岩层, 底界上、下的脊椎动物组合迥然不同……上湖组与南雄组的岩性也有不同……两组地层之间为假整合接触的可能性较大”。郑家坚和邱占祥(1979)认为上湖组“与下伏南雄组为假整合”。而张显球等(2006)提到: “上湖组近底部(43/42 层)其岩性特征和元素分析有明显变化, 可能存在沉积间断”。陈丕基(1986)根据叶肢介等, 则认为“南雄盆地白垩系-第三系之间有一个相当长的沉积间断”。

在这里有一个问题需要澄清, 那就是王元青等在 Wang 等(1998)一文中提到了黄仁金(1979)、张显

球(1992)和赵资奎等(1991)三篇文章认为南雄盆地南雄群(组)与上湖组之间或白垩系与古近系之间为整合接触关系的问题。要指出的是上述三文所说的地层接触关系都与大塘剖面的 43/42 层无关, 因为说的不是同一个剖面同一个地层位置。黄仁金(1979)提到“上湖组与南雄组之间看不出有沉积间断”, 说的是南雄大风至河南街剖面, 不是大塘剖面。而黄仁金(1988)在他的杨梅坑-逆龙坑剖面、即大塘剖面上相当于图 1 的 43/42 层位置的上湖组与南雄组之间标上的是“假整合? ”。张显球(1992)的南雄群与上湖组的分界位于相当于图 1 的 41/40 层处, 而他的白垩系/古近系界线划在他的上湖组的下湖段和坪岭段之间、即图 1 的 53/52 层位置上, 而关于 43 层和 42 层之间, 上面刚刚提及, 张显球等(2006)认为“可能存在沉积间断”。至于赵资奎等(1991)的南雄群(坪岭组)与上湖组之间或白垩系与古近系之间的界线(CGD161 m 处)是相当于图 1 的 42/41 层位置。针对这条界线, 童永生等(2002)作了比较详细的讨论, 认为“不是一种很好的选择”。而从 1998 年开始以赵资奎为第一作者的几篇文章已把白垩系与古近系界线下移到南雄群上部的 CGD57~78 m 的“界线段”、即相当于图 1 的 30~32 层处(赵资奎等, 1998, 2000, Zhao 等, 2002)。

从轮藻看, 与湖北当阳剖面(图 2)比较, 南雄盆地明显缺失一个沙尼扁球轮藻(*Gyrogona sahnii* (Rao et Rao)(Li, 1993))非常繁盛的古新世早期的轮藻植物群组合。沙尼扁球轮藻是一个具有独特陀螺外形的易于辨认的种, 其在当阳跑马岗组二段非常丰富(图 2 的 12~18 号样品位置), 1 kg 岩样最多可产近 1000 个该种的标本。该植物群在欧亚大陆分布很广, 除中国外, 印度的德干玄武岩沉积夹层(the Deccan Inter-

图 2 湖北当阳剖面马斯特里赫特期-早始新世轮藻化石的地层分布图
根据(Li, 1998)修改

trappean beds)和欧洲 Montian 层型所在地——比利时 Mons 的 Dano-Montian 中都有它的存在(Li, 1993, 1998; Bhatia 和 Mannikeri, 1976; Grambast- Fessard, 1980), 但在南雄盆地, 尽管经过李伟同多次采样努力以及其他作者如黄仁金(1988)和张显球等(2006)的调查都未见它的存在. 这表明上湖组的生物地层记录有重要缺失. 为此, 大塘剖面没有建立中国新生界第一阶的条件.

至于湖口地区(上湖组的命名地点)建立界线层型的条件比大塘地区的还差. 只要把张显球等(2007)的“图 2 南雄湖口镇武台岗 E/K 界线剖面”与大塘剖面(图 1)作一下比较便一目了然. 武台岗剖面的白垩系与古近系的分界应位于张显球等(2007)的图 2 的第 7 层和第 12 层之间的某一位置上, 因为第 12 层含有哺乳类的肢骨和牙齿化石及典型的古近纪轮藻 *Stephanochara breviovialis*, 与第 7 层层位大致相当的张显球等(2007)的“图 3 南雄盆地大坪-武台岗-湖口剖面”的第 12 层见有恐龙蛋化石. 然而, 张显球等(2007)的图 2 的第 7 层和第 12 层之间的白垩系-古近系过渡地层、即第 8~11 层粗碎屑沉积(砾岩、砂岩层)发育、大部分不含化石. 很显然, 湖口地区没有连续的白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录存在.

因此, 湖口地区也没有建立中国新生界第一阶的条件.

总之, 把“上湖阶”作为中国新生界第一阶是不可行的, 因为整个南雄地区的白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录不连续.

此外, 应该指出的是“上湖阶”的名字本身就不合适, 因为它已被先前的正式的岩石地层单位上湖组占用了, 以下将要讨论的“富饶阶”也存在同样问题.

2011 年 5 月《中国地层表》征求意见稿把“富饶阶”改作为古新统第一个阶, 把“上湖阶”改为古新统的第二个阶(表 1 和 2), 说明 2001 年把“上湖阶作为中国古新统第一阶”不合适的问题已被全国地层委员会认识到. 然而, 把“富饶阶”作为古新统第一个阶, 问题更多. 除了建阶地点(黑龙江嘉荫地区), 通过包括钻井在内的手段至今同样没有找到有证据能够证明有连续的白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录存在的、可作为界线层型的剖面(陈丕基等, 2004; 孙革等, 2005; Sun 等, 2011; Markevich 等, 2011; 李伟同等, 2013)外, 连所谓的白山头(或白头山)剖面的“富饶阶”地层(陈丕基等, 2004)是不是早古新世地

层都不能肯定. 2005 年, 中国与加拿大国际合作研究项目组(李伟同, 刘耕武, Braman 和 Brinkman)曾对嘉荫的剖面做过调查, 根据孢粉, 与做过很好研究的北美剖面对比, Braman 认为白山头剖面的地层有可能是中古新世甚至是晚古新世的地层(私人通讯); 而刘耕武等(2009)则表示在白山头剖面没有看到古新世最早期的孢粉组合. 还有, 所谓的“富饶阶”与明水阶及“上湖阶”的关系如何也不清楚. 值得注意的是, 根据李建国等(Li 等, 2011)关于松辽盆地松科一井(SK-1)的系统岩心的孢粉的研究结果, 该井的白垩系与古近系的分界不在明水组的顶部而在明水组的上部的内部.

因此, 把“富饶阶”置于明水阶之上作为中国新生界第一阶问题很多, 也不可行.

近 30 多年来, 包括一些外国学者在内的绝大多数地层工作者都把注意力集中在广东南雄、黑龙江嘉荫和江苏北部三个地区寻找白垩系/古近系界线. 但时至今日都没有具有连续的陆相白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录的可作为界线层型的剖面发现(李伟同等, 2010, 2013; 刘耕武等, 2009; Mateer 和 Chen, 1992). 最近, 江小均等(2011)提出豫西栾川-谭头盆地“可能存在白垩系-古近系连续沉积的地层记录, 是寻找和研究陆相 K/T 界线的潜在的有利地区之一”. 然而其所提供的白垩系/古近系(K/T)界线, 即秋扒组/高峪沟组之间的界线存在明显的纵向相变化, 岩性上由细碎屑岩突变为厚、中层砾岩, 且关键的界线层段无化石记录, 显然无具连续的白垩系/古近系界线时期的沉积和生物地层记录可言.

因此, 豫西栾川-谭头盆地也不具备建立中国新生界第一阶的基本条件.

2 中国新生界第一阶潜在的层型剖面

按照《准则》要求, 海相层型(GSSP)最好在开阔海的相环境中选择, 对于陆相层型, 最有利的相区当是大型的湖泊沉积相区, 因为这种相环境比较有利于连续沉积和生物的广泛交流和分布.

江汉盆地为大型的海泛湖泊盆地(中国地质科学院地质研究所, 武汉地质学院, 1985), 白垩系-古近系沉积连续, 发育良好, 出露甚佳, 轮藻和介形类等化石非常丰富(王振, 1978; 侯祐堂等, 1978; 雷奕振等, 1987).

正如法国著名的轮藻学者 Grambast(1972)和《古生物学百科全书》(费尔布里奇和雅布隆斯基, 1979)所指出的那样, 轮藻是白垩、古近纪陆相地层时代确定和洲际对比的好工具. 或许轮藻可能成为定义陆相白垩系-古近系界线的关键化石(key fossils)(李伟同等, 2010).

关于江汉盆地的轮藻, 王振(1978)在论述跑马岗组的轮藻组合时指出, 跑马岗组的轮藻植物群“为迄今已知的晚白垩世属种最丰富的轮藻植物群”. 当时, 王振把实际上大部分属于古新统的白垩系-古近系过渡地层——跑马岗组的时代全部归为晚白垩世.

李伟同(1985)和 Li(1985)将传统视为属晚白垩世地层(王振, 1978; 侯祐堂等, 1978)的当阳剖面跑马岗组大部分划归古新统, 最先依据化石确认江汉盆地古新统的存在, 明确指出古新统的上、下界线, 并认为“江汉盆地……是研究白垩、第三系分界……不可多得的有利地区”. 20 世纪 80 年代组织和实施过全球非海相白垩系国际地质对比项目(IGCP 245)的负责人 Mateer 和陈丕基认可 Li(1985)的观点, 把当阳剖面看作是中国最有可能存在陆相白垩系/古近系界线地层的剖面(Mateer 和 Chen, 1992).

1998 年李伟同的法文专著《中国当阳跑马岗组的轮藻化石——白垩、第三系分界, 印度 Nagpur 地区德干玄武岩沉积夹层及印度与亚洲联合的时代》(Li, 1998)出版. IGCP245 项目欧洲负责人 Buffetaut 在为此书所写的序言中指出: 该著作的最令人感兴趣的成果之一是其揭示了湖北当阳露头剖面拥有世界上迄今所知的最连续丰富的白垩纪-古近纪过渡时期、尤其是古新世早期的轮藻生物地层记录(图 2), 表明江汉盆地确实存在从事白垩系/古近系界

线研究的十分有利的客观条件.

经进一步研究, 当阳剖面的白垩系/古近系界线位于一层灰褐色粉砂质泥岩层内; 含白垩纪最晚期和古新世最早期生物群的两样品之间的最小层距为 50 cm. 界线上、下附近的轮藻都非常丰富, 1 kg 岩石样品最多可产轮藻藏卵器化石约 10000 个. 这些化石保存良好、不仅个体多, 分异度也很大, 而且在许多样品中见有不少通常由于脆弱不易保存的轮藻营养体(茎和小枝)化石存在, 表明这些化石多是原地埋藏的, 从而能够比较真实地反映该界线地层沉积时的生物群的本来面貌; 该界线层段的介形类的丰富和多样性程度与轮藻实相差无几(Li, 2003; 侯祐堂等, 1978; 雷奕振等, 1987). 值得指出的是在古新统最下部的层位中, 典型的白垩纪的轮藻孑遗分子, 如 *Porochara anluensis*(安陆孔轮藻)等与较多的新出现的典型的古近纪轮藻属、种, 如 *Stephanochara fortis*(强壮冠轮藻), *S. brevivalis*(短卵形冠轮藻), *Neochara huanaensis*(华南新轮藻)等相共存; 而化石极其丰富、分异度很高的介形类组合在这个界线的上、下附近几乎没有变化. 所有这些证据都表明: 当阳剖面的界线沉积和生物地层记录确实是连续的, 从而具有建立陆相白垩系/古近系界线层型所需的最基本而又最关键的条件(李伟同等, 2010; Li, 2006).

除此之外, 《准则》所列的关于选取界线层型的许多要求, 当阳剖面也能够满足或经过努力后可以满足(李伟同等, 2010).

当阳剖面是迄今所知中国唯一可能成为陆相白垩系/古近系界线层型的候选代表剖面(李伟同等, 2010; Li, 2006), 从而, 它是迄今所知中国古新统、古近系以及新生界第一阶唯一可能的建阶剖面或潜在的层型剖面.

致谢 感谢王乃文、万晓樵、张显球、李建国、张一勇, 王元青、童永生、李茜、赵资奎和叶捷等的有益的意见和信息交流. 感谢李榕静在野外调查、样品的室内分析及本文的图表处理上的协助. 感谢审稿专家为本文提出宝贵的修改意见. 最后要感谢国际地层委员会副主席彭善池细心地审阅文稿并提出有益的建议.

参考文献

- 陈丕基. 1986. 广东南雄上湖组叶肢介化石的发现——兼论中国古新世陆相地层. 古生物学报, 25:380–393
- 陈丕基, 万晓樵, 姜剑虹, 等. 2004. 富饶阶地地层剖面. 地层学杂志, 28: 97–103
- 费尔布里奇 R W, 雅布隆斯基 D. 1979. 古生物学百科全书(上、下册). 见: 秦鸿宾, 张永铭, 赵祥麟, 等, 译. 1989. 北京: 地质出版社. 1–1052
- 侯祐堂, 何俊德, 叶春辉. 1978. 江汉平原边缘地区白垩–第三纪介形类动物群. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 9: 129–258

- 黄仁金. 1979. 广东南雄盆地晚白垩世-早第三纪轮藻化石. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院南京地质古生物研究所编辑. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 190-205
- 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: 457-474
- 江小均, 柳永清, 姬书安, 等. 2011. 豫西栾川-谭头盆地含脊椎动物化石地层序列和 K/T 界线初步研究. 中国科学: 地球科学, 41: 738-744
- 拉塞尔 D A, 拉塞尔 D E, 斯威特 A R. 1993. 关于南雄盆地 K/T 界线地层序列的几个问题. 古脊椎动物学报, 31: 139-145
- 雷奕振, 关绍曾, 张清如, 等. 1987. 长江三峡地区生物地层学(5)白垩纪-第三纪分册. 北京: 地质出版社. 404
- 李伟同. 1985. 关于湖北江汉盆地跑马岗组的时代的新认识. 科学通报, 30: 855-857
- 李伟同, 刘耕武, Braman D R, 等. 2010. 湖北当阳陆相白垩系-古近系界线层型问题值得深入研究. 地层学杂志, 34: 187-206
- 李伟同, 刘耕武, Braman D R, 等. 2013. 关于在湖北当阳开展中国新生界第一阶建阶研究的建议. 地层学杂志, 37: 452-456
- 刘耕武, Braman D R, 李伟同, 等. 2009. 北美西部陆相白垩系-古近系界线孢粉学特征简介——兼评中国东部白垩系-古近系界线研究. 地层学杂志, 33: 18-34
- 刘云, 王宗哲. 1986. 广东南雄盆地白垩系-第三系界线地层岩性特征及环境分析. 地层学杂志, 10: 190-203
- 全国地层委员会编. 2001. 中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版). 北京: 地质出版社. 59
- 全国地层委员会编著. 2002. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书. 北京: 地质出版社. 72
- 瑞曼 J, 巴西特 M G, 考伊 J W, 等. 2000. 国际地层委员会关于建立全球年代地层标准的准则(修订本). 见: 萨尔瓦多 A, 主编. 国际地层指南——地层分类、术语和程序(第2版). 金玉环, 戎嘉余, 陈旭, 等, 译. 北京: 地质出版社. 161-169
- 萨尔瓦多 A, 主编. 2000. 国际地层指南——地层分类、术语和程序(第二版). 见: 金玉环, 戎嘉余, 陈旭, 等, 译. 北京: 地质出版社. 1-161
- 孙革, 全成, 孙春林, 等. 2005. 黑龙江嘉荫乌云组地层划分及时代的新认识. 吉林大学学报(地球科学版), 35: 137-142
- 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: 668-674
- 童永生, 李茜, 王元青. 2005. 古近系研究新进展. 地层学杂志, 29: 109-113
- 童永生, 张玉萍, 王伴月, 等. 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: 16-25
- 王振. 1978. 江汉盆地白垩纪轮藻类的研究兼论 Porocharaceae 和 Characeae 的分类. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 9: 61-100
- 叶捷. 2000. 关于南雄盆地 K/T 界线问题的讨论: 与 D. A. 拉塞尔, D. E. 拉塞尔, A. R. 斯威特商榷. 古脊椎动物学报, 38: 1-9
- 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: 239-254
- 张显球. 1992. 广东南雄盆地上湖组介形类动物群及白垩-第三系界线. 古生物学报, 31: 678-702
- 张显球, 李宏博, 张志军, 等. 2007. 南雄盆地武岗白垩系与古近系界线剖面研究进展. 地球学报, 28: 299-308
- 张显球, 林建南, 李罡, 等. 2006. 南雄盆地大塘白垩系-古近系界线剖面研究. 地层学杂志, 30: 327-340
- 赵资奎, 毛雪瑛, 柴之芳, 等. 1998. 广东南雄盆地白垩系-第三系(K/T)交界恐龙蛋壳的铍丰度异常. 中国科学 D 辑: 地球科学, 28: 425-430
- 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 辑: 地球科学, 30: 135-141
- 赵资奎, 叶捷, 李华梅. 1991. 广东南雄盆地白垩系-第三系交界恐龙绝灭问题. 古脊椎动物学报, 29: 1-20
- 郑家坚, 邱占祥. 1979. 华南白垩纪-早第三纪陆相地层的特征及有关问题讨论. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院南京地质古生物研究所编辑. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 1-57
- 中国地质科学院地质研究所, 武汉地质学院. 1985. 中国古地理图集. 北京: 地质出版社. 282
- 周明镇, 张玉萍, 王伴月, 等. 1977. 广东南雄古新世哺乳动物群. 中国古生物志新丙种, 20: 1-100
- Bhatia S B, Mannikeri M S. 1976. Some Charophyta from the Deccan Intertrappean beds near Nagpur central India. Geophytology, 6: 75-81
- Grambast L. 1972. Principes de l'utilisation stratigraphique des Charophytes: Application au Paleogene d'Europe occidentale. Mém B R G M. Fr, 77: 319-328
- Grambast-Fessard N. 1980. Les Charophytes du Montien de Mons(Belgique). Rev Paleobot Palyno, 30: 67-88
- Hanson H J, Rasmussen K L, Liu Q S, et al. 1993. Correlation of marine and terrestrial Upper Cretaceous sediments by their magnetostratigraphy. Bull Geol Soc Denmark, 40: 175-184
- Li C K, Ding S Y. 1983. Paleogene mammals of China. Bull Carnegie Mus Nat His, 21: 1-98
- Li J G, Batten D J, Zhang Y Y. 2011. Palynological record from a composite core through Late Cretaceous-early Paleocene deposits in the Songliao Basin, Northeast China and its biostratigraphic implication. Cretac Res, 32: 1-12
- Li W T. 1985. On the age of the Paomagang Formation in the Jiangnan Basin, Hubei, China. Sci Bull, 30: 1503-1507
- Li W T. 1993. When did the India-Asia Continent get together—The age of the Deccan Intertrappean beds, Nagpur, India. TERRA abstracts. Abstract Supplement No.1 to TERRA nova, 5: 271-272
- Li W T. 1998. Les Charophytes de la Formation Paomagang de Dangyang (Chine). —La limite Crétacé/Tertiaire, Ages des Intertraps du Deccan à Nagpur, Inde et de l'union de l'Inde à l'Asie (in French with Chinese summary and English abstract). Beijing: Editions de L'Industrie Pétrolière. 227
- Li W T. 2003. Charophyte assemblages around Cretaceous/Paleogene boundary from Paomagang Formation in Dangyang (China). In: Wang Q F,

- Lu H N, Soulie-Märsche I, eds. Proceedings of the Third International Symposium on Extant and Fossil Charophytes. (Nanjing, China, October 16–19, 2000). *Acta Micropalaeontol Sin*, 20:187–190
- Li W T. 2006. Dangyang section: Potential candidate for continental stratotype of Cretaceous-Paleogene boundary (KPB). In: Yang Q, Wang Y D, Weldon E A. eds. Ancient life and modern approaches. Abstract of the Second International Paleontological Congress. Hefei: University of Science and Technology of China Press. 250–251
- Liu Q S, Hanson H J, Rasmussen K L, et al. 1992. Magnetostratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary of Datang section at Nanxiong Basin, Guangdong Province. Special issue on Geophysical exploration 1. Wuhan: China University of Geosciences Press. 121–125
- Markevich V S, Bugdaeva E V, Ashraf A R, et al. 2011. Boundary of Cretaceous and Paleogene continental deposits in Jeya-Bureya Basin, Amur (Heilongjiang) River region. *Glob Geol*, 14: 144–159
- Mateer N J, Chen P J. 1992. A review of the nonmarine Cretaceous-Tertiary transition in China. *Cretac Res*, 13: 81–90
- Sun G, Akhmetiev M, Markevich V, et al. 2011. Late Cretaceous biota and the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary in Jiayin of Heilongjiang, China. *Glob Geol*, 14: 115–143
- Wang Y Q, Hu Y M, Chow M C, et al. 1998. Chinese Paleocene mammal faunas and their correlation. *Bull Carnegie Mus Nat His*, 34: 89–123
- Zhao Z K, Mao X Y, Chai Z F, et al. 2002. A possible causal relationship between extinction of dinosaurs and K/T iridium enrichment from dinosaur eggshells. *Paleogeogr Paleoclimatol Paleocol*, 178: 1–17