山东平邑盆地晚白垩世一古新世生物地层及 白垩系/古近系界线研究

杜圣贤^{1,2)},刘凤臣^{1,2)},陈军^{1,2)},高黎明^{1,2,3)},宋香锁^{1,2)},

陈诚^{1,2)},田兴磊^{1,2,4)},张增奇^{1,2)},刘书才^{1,2)}

山东省地质科学研究院,济南,250013;2)国土资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室,济南,250013;
 山东省曹县国土资源局,山东曹县,274400;4)中国科学院地理科学与资源研究所,北京,100101

内容提要:在白垩纪与古近纪之交,全球发生了恐龙等生物大灭绝和哺乳动物兴起的重大事件,白垩系与古近 系界线(KPB)研究受到了高度关注。为了寻找更好更连续更典型的非海相 KPB 剖面,提高非海相 KPB 研究程度, 笔者在平邑盆地开展了大量的地质调查、剖面测量、科学钻探和系统的样品采集、测试分析等工作,遴选出了国内 少有的具有 KPB 的碳酸盐岩湖相沉积的典型剖面。通过对大量古生物化石的分析鉴定,在卞桥组一段下亚段建 立了 1 个轮藻组合:Festiella anluensi-Microchara cristata-Chara yuntaishanensis var. acuta; 1 个介形类组合: Talicypridea reticulata-Mongolocypris distributa-Ziziphocypris simakovi-Frambocythere tumiensis ferreri; 1 个 孢粉组合:Ulmipollenites + Ulmoideipites-Rugubivesiculites-Schizaeoisporites。在卞桥组一段上亚段建立了 1 个 轮藻组合:Peckichara zhijiangensis-Gyrogona wubaoensis-Stephanochara huangjianensis-Peckichara varians; 1 个 介形类组合:Paracandona euplectella-Sinodarwinula guangzhuangensis-Cypridea cellularia; 1 个 孢粉组合: Deltoidospora-Ephedripites-Parcisporites parvisaccus-Ulmipollenites minor。根据化石组合特征将白垩系与古近 系的界线确定在卞桥组一段内部。通过本次研究,理清了平邑盆地晚白垩世一古新世的生物组合,对研究 KPB 附 近的生物群演化规律,恢复平邑盆地古气候、古地理、古生态以及碳酸盐湖盆的演化规律等具有非常重要的意义。

关键词:非海相;白垩系与古近系界线;生物地层;卞桥组;平邑盆地

在 66Ma 左右(Renne et al., 2013, 2015)的中 生代与新生代之交,全球发生了重大的生物绝灭事 件(Kauffman, 1986; Raup et al., 1986; Fastovsky 1987; Longrich et al., 2011, 2012),其中最引人注 目是恐龙的集群绝灭。而之后的古近纪则出现了生 物劫后复苏以及哺乳动物的兴起事件(Hunter et al., 1997,2002; Debey et al., 2014)。因此,白垩 系/古近系(亦即中生界/新生界)界线研究成为全球 研究的热点(Brusatte et al., 2014; Claudia Sosa-Montes de Oca et al., 2017,2018; Senlet et al., 2017; Martin et al., 2017; Zhang L et al., 2018)。 突尼斯 El Kef 剖面作为全球的白垩系/古近系 界线层型(GSSP)被批准确认(Rong Jayu et al., 2003),然而它未能解决陆相地层领域的很多问题。 从 20 世纪 70 年代开始,各国地层古生物学家就开 始了陆相白垩系/古近系界线研究。经过 40 多年的 工作,K/Pg 界线研究相继取得了令人瞩目的可喜 成绩。在全球发现的 100 多条陆相白垩系/古近系 界线剖面中,已经证明是连续沉积的 K/Pg 界线剖 面绝大多数集中分布在北美中西部内陆地区(Liu Gengwu et al., 2009; Wilson, 2014)。另外,日本、 新西兰也报道有比较连续的陆相白垩系/古近系界 线剖面(Saito et al., 1986; Vajda et al., 2001)。

我国非海相白垩纪一古近纪地层非常发育,除

引用本文:杜圣贤,刘凤臣,陈军,高黎明,宋香锁,陈诚,田兴磊,张增奇,刘书才.2019.山东平邑盆地晚白垩世一古新世生物地层及白垩系/古近系界线研究.地质学报,93(8):1831~1848, doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2019139.
 Du Shengxian, Liu Fengchen, Chen Jun, Gao Liming, Song Xiangsuo, Chen Cheng, Tian Xinglei, Zhang Zengqi, Liu Shucai. 2019. The Cretaceous-Paleocene biostratigraphy and boundary in the Pingyi Basin, Shandong province. Acta Geologica Sinica, 93(8): 1831~1848.

注:本文为中国地质调查局项目"山东古近系地层划分对比研究"(1212011120146)和山东省重大创新工程"深地资源勘查开采"专项"山东 东部海域日青威盆地油气赋存条件研究"(2017CXGC1608)、"沂沭断裂带深部结构及对资源环境的影响"(2017CXGC1602)项目联合资 助的成果。

收稿日期:2018-05-29;改回日期:2019-02-27;网络发表日期:2019-04-19;责任编辑:黄敏。

作者简介:杜圣贤,男,1975年生,研究员,主要从事地层古生物及地质遗迹研究。Email: dushengxian@126.com。

西藏和新疆西部为海相沉积外(Guo Xianpu et al. 2018),其他地区白垩系和古近系多为陆相沉积。 我国非海相白垩系/古近系界线研究开始于 20 世纪 60 年代, 主要集中在广东南雄盆地(Tong Yongsheng et al., 1976, 2002; Zhou Mingzhen et al., 1977; Sun Mengrong et al., 1982; Chen Piji, 1986; Liu Yun et al., 1986; Hang Renjin, 1988; Li Manying, 1989; Zhang Xianqiu, 1984, 1991, 1992 (a), 1992(b); Zhang Xianqiu et al., 2006, 2008; Zhao Zikui et al., 1991, 1998, 2000, 2009, 2017; Ling Qiuxian et al., 2005; Zhao Zikui et al., 2002;);黑龙江嘉荫盆地(Liu Muling, 1983, 1990; Chen Piji et al. ,1998; Li Weitong et al. ,2010; Sun Ge et al., 2003, 2005, 2013; Suzuki et al., 2011), 江苏苏北盆地(Song Zhichen et al., 1981; Hou Youtang et al., 1982; Zheng Yahui et al., 1984; Wu Qigie et al., 1984; Zhou Shanfu et al., 2009; Chen Piji et al., 2008)、湖北江汉盆地(Li Weitong, 1985, 2003; Li Weitong et al., 2010; Liu Gengwu et al., 2009)、松辽盆地(Chen Piji et al., 2012; Wan Xiaoqiao et al., 2013; Li Sha et al., 2013)等地。通 过50多年的研究工作,在界线研究取得了不少成 绩,但是,到目前为止,还没有真正找到一条地层连 续可靠的剖面,也未发现真正的界线粘土(Liu Gengwu et al.,2009).

山东平邑盆地在 KPB 研究方面取得了重要进展。Li Shoujun et al. (2003)、Qu Ritao et al. (2006)根据轮藻、介形类等化石将固城组、卞桥组底

部时代确定为晚白垩世、卞桥组下段时代为古新世 早期。Yang Jinglin et al. (2013)对平邑盆地固城组 和卞桥组的介形类化石进行了研究,认为固城组上 段时代为早白垩世晚期或晚白垩世早期,卞桥组下 部时代为晚白垩世一古近纪,上部为古近纪。 Zhang Zengqi et al. (2014)对固城组和卞桥组进行 了重新厘定,固城组为时代为晚白垩世晚期;卞桥组 时代为晚白垩世至古新世(表 1)。Du Shengxian et al. (2013)对卞桥组一段下部的孢粉进行了研究,认 为卞桥组一段下部为晚白垩世晚期。Yu Xuefeng et al. (2014)对山东平邑盆地固城组、卞桥组的介形 类化石进行了研究,确定固城组上部的时代应为晚 白垩世;卞桥组一段下部的时代为晚白垩世马斯特 里赫特期的晚期。Du Shengxian et al. (2015)对平 邑盆地卞桥组二段的孢粉化石进行了研究,根据孢 粉化石组合确定卞桥组二段的时代为古新世。L Sha et al. (2016) 对平邑盆地固城组和卞桥组的轮 藻化石进行了研究,建立了白垩纪晚期的 Microchara cristata 带和古新世的 Peckichara varians 带,将平邑盆地 K/Pg 界线放在卞桥组一段 内部。该动物群的发现,为平邑盆地白垩系/古近系 界线的确定提供了十分重要的依据。

2010~2017年,笔者在平邑盆地开展了大量的 工作,在平邑盆地发现了3条可进一步研究的 K/ Pg 界线的剖面。本次实测剖面约20km,实施钻孔 436.6m(共计4孔),分析鉴定各类古生物样品4500 多件,对平邑盆地官庄群卞桥组的 KPB 进行了较为 详细的研究。

表1 山东平邑盆地官庄群划分沿革表

谭锡畴		北京地质学院		徐宝政等		山东岩石	关绍	曾等	李守军等		曲日涛等		朱大岗等	张增奇等		
1923		1961		1986		地层 1996	19	997	2003		2006		2008	2014		
官 庄 系 E ₂	上		11			朱家沟组		し「死	朱家沟组		朱家沟组		朱家沟	朱家沟组		
				合止	上	E_2	22		$E_{2}{}^{1}$ E_{2}		$E_{2}{}^{1}$		组 E_2^{2+3}	$E_{2}{}^{1}$		
	中	官 庄 组 E ₂₊₃		日庄 组 E ₂	中	常路 上	+	中段 E ₂ ¹ 下段 E ₁	常路组	上	常路	上	常路组			常路组
					下	组 E ₂ 下			E_1^{2+3}	下	组 E1 ²⁺³	下	E_2^{2+3}			$E_{1}{}^{3}$
				卞桥 组 E ₁	上部蒸 发岩段	亡妖	桥纲		卞桥组 - K₂-E₁ ¹ -	上段	- 卞桥组 K ₂ -E ₁ ¹ 下目 底音	上段	下桥 组 E₁ ² 固城 组 E₁ ¹	卞	三段 E1 ³	
					下刘汜	组 E ₁	E ₂ ¹			下段		下段		桥 组	二段 E1 ¹⁺²	
					下 即 犯 灰 岩 段					底部		底部			一段	
																Γ Κ2
	下			王	氏组	固城组 E ₁			固城组	K_2	固城组 K2			固城组 K2		

Table 1 History of the Guanzhuang Group correlation in Pingyi Basin Shandong

1 地质背景

山东中新生代地层非常发育,白垩纪一古近纪

地层就划分了莱阳群、青山群、大盛群、王氏群、官庄 群、济阳群和五图群共计7群37个组;这些地层层 型剖面出露良好,地层发育连续,赋存的古生物化石 丰富,门类较多。其中鲁东地区的王氏群胶州组、鲁西地区官庄群为跨系的岩石地层(Zhang Zengqi et al.,1996,2011,2014)。

平邑盆地(V)位于华北板块(I)鲁西南隆起区 (Ⅱ)鲁中隆起(Ⅲ)尼山一平邑断隆(Ⅳ)(图1)。盆 地形态受北部蒙山和南部尼山高角度正断层的控 制,呈北西一南东向带状展布。基底由新太古代峄 山序列的 TTG 岩系和傲徕山序列的花岗岩,古生 代寒武系长清群、九龙群,奥陶系马家沟群以及石 炭一二叠系的月门沟群组成,盖层为中新生代地层 淄博群、莱阳群、青山群以及官庄群。

长清群属陆表海碎屑岩一碳酸盐岩沉积建造, 根据岩石组合由下而上划分为李官组、朱砂洞组和 馒头组;九龙群主要由碳酸盐岩组成,根据岩石组合 由下而上划分为张夏组、崮山组、炒米店组、三山子 组和亮甲山组;马家沟群由相间分布的白云岩、灰岩 组成,根据其岩石组合特征由下而上划分为东黄山 组、北庵庄组、土峪组、五阳山组、阁庄组和八陡组; 月门沟群为一套海陆交互相的含煤岩系,自下而上 划分为本溪组、太原组和山西组。月门沟群岩性以 铝土岩、泥岩、粉砂岩、细砂岩及煤层为主,发育煤层 是该套地层的主要特征。淄博群在该区只出露三台 组,为一套红色河流相砂岩、砾岩组合;莱阳群为一 套河湖相夹火山岩一火山碎屑沉积岩相沉积,该区 自下而上划分为水南组、城山后组和马连坡组;青山 群主要以八亩地组的安山质火山岩为主(Cao





Fig. 1 Geological sketch of Pingyi Basin

Guangyue et al., 2018)。官庄群为一套含膏盐的红 色、灰色山麓洪积相一河湖相碎屑岩,自下而上划分 为固城组、卞桥组、常路组、朱家沟组和大汶口组。

山东官庄群地层发育,主要分布在鲁西地区,其 中平邑盆地最为典型。盆地内官庄群卞桥组是我国 中、新生界界线上下的一套非常典型的以碳酸盐岩 为主、含石膏矿层的河湖相沉积,蕴藏着十分丰富的 生物、沉积、陆相碳酸盐湖盆演化等重要地质信息, 对研究我国晚白垩世至古新世的生物群面貌、中生 界与新生界界线以及陆相碳酸盐湖盆的演化规律等 具有十分重要的意义。

岩石地层 2

近年来,笔者对平邑卞桥地区的柳子沟一石河 村剖面、佟家庄岭剖面、佟家庄北剖面、南安靖剖面、 顺河庄-卞桥石膏矿剖面、卞桥石膏矿剖面、ZK1 井、Zk101 井、ZK401 井、PYZK01、PYZK02、 PYZK03、PYZK04以及卜家湖南露头点的官庄群 岩石地层及古生物地层进行了较为系统的研究(图 1)。发现 K/Pg 界线主要存在于平邑盆地官庄群卞 桥组中。其中以柳子沟一石河村和顺河庄一卞桥石 膏矿剖面最具代表性,现将部分列述如下:

(一)平邑卞桥柳子沟一石河村官庄群卞桥组剖 面(图 2)

上覆地层:朱家沟组(E¹z)灰色厚层一巨厚层巨砾岩

厚 652.81m

- 整合 --

- 卞桥组($K_2^2 E_1^3 b$) 厚 569.52m 厚 422.52m
- 卞桥组三段(E₁³b3)
- 29. 绿灰色钙质粉砂质泥岩,泥岩风化色略显黄绿,富含钙 质结核 16.95 m
- 28. 绿灰色钙质粉砂质泥岩、灰红色中薄层细一粉砂岩、粉 砂质泥岩互层 12.00 m
- 27. 绿灰色钙质泥岩、灰红色中层含砾粗砂岩、灰红色中薄 层细一粉砂岩、粉砂质泥岩互层组成一个向上变粗再变 细的基本层序。砾石成分主要为火山岩、灰岩,泥岩、砂 岩具纹层状水平层理,富含钙质结核 21.85 m
- 26. 灰白-黄灰色中层泥质灰岩、灰红色钙质粉砂质泥岩组 成一个向上变浅的基本层序,钙质粉砂质泥岩中富含钙 质结核 14.34m
- 25. 灰白-黄灰色中厚层泥质灰岩、绿灰色粉砂质泥岩、钙 质泥岩组成两个向上变浅的基本层序,含较多钙质结核 及泥灰岩透镜体或薄层 59.37 m
- 24. 黄灰色中厚层泥质灰岩、绿灰、紫灰色粉砂质泥岩、钙质 泥岩、灰红色钙质泥岩组成一个向上变浅的基本层序,

泥岩中富含钙质结核及泥灰岩透镜体或薄层。含介形 类 Lineocypris sp. nov. 52.22 m

- 23. 灰白色中厚层灰岩、灰红色厚层灰岩组成一个向上变浅 的基本层序 51.65 m
- 22. 灰红色厚层灰岩,含少量青灰色灰岩砾石。含腹足类 Hydrobia sp., Parabithynia sp. 11.3 m
- 21. 灰白色中厚层灰岩夹少量灰绿色钙质泥岩,含轮藻 Stephanochara sp. 和腹足类 Parabith ynia sp. 70.82m
- 20. 灰白色中厚层含泥质灰岩与绿灰色钙质泥岩互层,组成 9个大的向上变浅的基本层序。含轮藻 Peckichara varians L. Grambast, P. cf. zhijiangensis Z. Wang, Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin, Stephanochara huang jianensis Xu et Huang, Chara sp., S. cf. huang jianensis Xu et Huang, Neochara cf. laianensis Z. Wang、Neochara sp. 、Microchara? sp. ,介形类 Eucypris stagnalis Mandel. , Candoniella suzini Schneider

112.02 m

- 卞桥组二段 (E11+2b2) 厚 125.41 m
- 19. 绿灰色钙质泥岩与灰红色钙质泥岩及石膏矿层互层,以 钙质泥岩为主。 125.41 m
- 卞桥组一段上部($E_1^{1+2}b1^{\circ}$) 48.08 m
- 18. 灰白色中层含泥质灰岩一绿灰色钙质泥岩互层,以后者 为主,组成2个向上变浅的基本层序。泥岩风化色略显 黄绿色,含较多钙质结核,含轮藻化石: Neochara laianensis Z. Wang, Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin, G. multiconvoluta var. minor (Xinlun), G. sp., Rhabdochara changzhouensis Xu et S. Wang, Microchara deserta Karcz. et Ziemb., Sinochara rudongensis Lin et Z. Wang, Sphaerochara cf. shanshuiensis J. F. Zhang, Chara cf. longiconica (Z. Wang), Stephanochara huang jianensis Xu et Huang, S. breviovalis Lin et Huang, Peckichara zhijiangensis Z. Wang, P. varians L. Grambast, P. microguadrata Lin et Z. Wang, P. rugaoensis Lin et Z. Wang, P. subsphaera Lin et Z. Wang、Gyrogona sp 1,介形类 Cypridea sp., Candona sinensis Hou, Candoniella suzini Schneider 19.06 m
- 17. 下部绿灰色泥岩,中上部砖红色泥岩夹一层灰白色中层 含核形石泥质灰岩。砖红色泥岩中含轮藻 Neochara laianensis Z. Wang 19.42 m
- 16. 灰色厚层砾岩,砾石成分主要为青灰色灰岩,少量白云 岩、脉石英、花岗岩,未见火山岩,灰红色砂泥充填,钙质 胶结 9.6 m

卞桥组一段下部($K_2^2 b 1^{\odot}$) 厚 98.92 m

15. 灰白色中厚层灰岩、黄灰色泥质灰岩组成 10 个向上变 浅的基本层序,灰岩中含少量生物碎屑及花岗岩小砾 石,在顶部的灰岩中含核形石。含轮藻 Chara yuntaishanensis var. acuta (Z. Wang), Microchara sp.,

轮藻枝及介形类 Candona sp.

14. 灰白色中厚层灰岩、中厚层疙瘩状泥质灰岩或薄层绿灰 色钙质泥岩组成数个基本层序,含轮藻 Festiella jingshanensis Z. Wang、Microchara cristata (L. Grambast),介形类 Mongolocypris distributa Stankevitch、Mongolocypris sp.、Candona cf. mengyinensis Huang et Gou、Candona sp.、Candoniella candida Hao、Candoniella suzini Schneider、 Paracandona sp.、Eucypris sp.,孢粉 Schizaeoisporites-Rugubivesiculites-Regali pollenites-Jiangsupollis 组合

44.28 m

29.64 m

- 13. 灰白色厚层-巨厚层灰岩,含少量生物碎屑,局部显浅 灰红色,新鲜色略显黄色12.21 m
- 12. 灰白色中厚层灰岩、中厚层含核形石灰岩组成一个向上 变浅的基本层序,局部灰岩中含少量砾石,砾石成分主 要为青灰色灰岩、脉石英
 4.82 m
- 灰色厚层砾岩,砾石成分主要为青灰色灰岩、脉石英、花 岗岩、火山岩,少量白云岩,灰红色砂泥充填,,钙质胶结
 4.83 m
- 10. 灰白色中厚层灰岩,顶部一层灰岩含少量砾石,砾石成 分主要为青灰色灰岩、脉石英,偶见赤铁矿结核砾石

固城组(K₂²g)

 灰红色中厚层细砂岩、绿灰色钙质泥岩组成1个向上变 细的基本层序,细砂岩中含少量砾石,成分为火山岩

8.27 m

51.11 m

厚 148.98 m

3.14 m

厚 59.38 m

8. 灰色厚层砾岩、砂砾岩一灰红色中层含砾中粗粒砂岩或 粉砂岩组成数个旋回性基本层序,砾石成分基本全为火 山岩,灰红色钙质砂泥胶结,并见有下伏层位的泥砾

- 新层 ------

卞桥组二段(E₁¹⁺²b2)

 7. 据钻孔推测,岩性以绿灰色、灰红色泥岩为主,夹中厚层 灰岩、石膏矿层及少量紫红色砂岩、粉砂岩,泥岩中富含钙质 结核,冲沟底可见露头
 148.98 m

卞桥组—段($K_2^2 - E_1^{1+2} b1$) 厚 102.14m

- 卞桥组一段上部(E₁¹⁺²b1^②) 厚 69.98 m
- 灰白色中厚层灰岩与绿灰色泥岩互层,组成数个向上变 浅的基本层序
 36.19 m
- 绿灰、灰色泥岩夹2层灰白色中厚层灰岩,下部的绿灰色 泥岩含轮藻 Peckichara zhijiangensis Z. Wang 和介形类 Metacypris sp. 、Candona sp. 等 13.87 m
- 4. 灰色厚层砾岩,砾石成分主要为青灰色灰岩,少量白云岩,偶见有火山岩,灰红色砂泥充填,钙质胶结
 19.92 m
 下桥组一段下部(K₂²b1^①)
 厚 35.16 m
- 东白色中厚层灰岩、中厚层疙瘩状泥质灰岩组成2个向 上变浅的基本层序,岩石中含生物碎屑及少量核形石

- 灰白色厚层、巨厚层灰岩、厚层含核形石泥质灰岩、组成1
 个向上变细的基本层序。该层顶部为厚约30cm的灰红、 黄灰色钙质泥岩,含薄层石膏
 10.57 m
- 1. 灰白色中厚层灰岩-灰绿色中层疙瘩状泥质灰岩组成 5 个向上变浅的基本层序,二者厚度相近或后者略厚。含 轮藻 Sphaerochara nana (Karcz. et Ziemb.)、Festiella anluensis Z. Wang, Festiella jingshanensis Z. Wang, Tolypella grambasti Uliana et Mussachio, Microchara cf. cristata (L. Grambast), Microchara sp., Peckichara paomagangensis Z. Wang, C. tenuis (Z. Wang), Chara yuntaishanensis (Z. Wang), Chara yuntaishanensis var. acuta (Z. Wang), Chara communis (Z. Wang), Chara sp., N. taikangensis f. brevis n. f., N. taikangensis var. acuta Z. Wang、Sinochara sp. 等,介形类有 Mongolocypris subtera (Hou, 1978), Mongolocypris cf. longa (Hou, 1978), Mongolocypris sp., Sinodarwinula guangzhuangensis (Li, 1986), Frambocythere tumiensis ferreri Colin, Cyprinotus mundulus (Yuan, 1982), Candoniella longitra pezoides (Guan, 1997), Candoniella suzini (Schneider, 1956)、Candona sp.,腹足类有 Hydrobia zhuoxianensis Yu et Pan, Physa sp., Bithynia procera Li, Bithynia sp., Hippeutis cf. uminosa Yu, Hippeutis sp., Valvata huailinensis Yu et Pan, Parhydrobia sp. 、Gyraulus cf. yuanchuensis Yu 等。

16.90 m

下伏地层:固城组

3 轮藻生物地层

笔者在平邑卞桥地区的柳子沟一石河村剖面、 佟家庄岭剖面、佟家庄北剖面、南安靖剖面、顺河庄 一卞桥石膏矿剖面、卞桥石膏矿剖面、ZK1井、 ZK101井、ZK401井、PYZK01、PYZK02、PYZK03、 PYZK04以及卜家湖南露头点的卞桥组采集了大量 轮藻样品,通过分析、鉴定获得了丰富的轮藻化石。

-整合 -----

3.1 卞桥组一段下亚段

3.1.1 轮藻植物群

该段以灰岩、泥灰岩为主,含核形石泥灰岩为特征。在卞桥石膏矿剖面葛家庄东核形石泥灰岩采到的轮藻类群主要有: Gyrogona cf. huajiazhuangensis Z. Wang et Lin, Chara guanpingensis (Z. Wang), Microchara cristata (L. Grambast), Microchara deserta Karcz. et Ziemb, Sphaerochara cf. shanshuiensis (J. F. Zhang), Sphaerochara parvula (Reid et Groves) 等;在佟家庄岭卞桥组一段下部采集到的轮藻类群



图 2 平邑县卞桥镇柳子沟一石河村官庄群卞桥组剖面图(CRD12 绘制)

Fig. 2 Section of Bianqiao Fm-Zhujiagou Fm of the Guanzhuang Group, in Liuzigou-Shihecun, Bianqiaozhen, Pingyi County

有: Festiella jingshanensis Z. Wang, Chara yuntaishanensis var. acuta (Z. Wang), Neochara taikangensis Z. Wang, N. taikangensis var. acuta Z. Wang, N. taikangensis f. brevis n. f., Festiella anluensis Z. Wang, Chara communis (Z. Wang), Chara yuntaishanensis (Z. Wang), C. tenuis (Z. Wang), Peckichara paomagangensis Z. Wang, Tolypella grambasti Uliana et Mussachio, Sinochara sp., Sinochara sp. 1, Sinochara sp. 2, Microchara sp., Croftiella humilis Lin et Z. Wang, Microchara cf. cristata (L. Grambast), (Karcz. Ziemb.), Sphaerochara nana et Sinochara sp., Croftiella cf. humilis Lin et Z. Wang, Chara sp.;在佟家庄北卞桥组一段下部采 集到的轮藻类群有:大量 Festiella jingshanensis Z. Wang 和 Festiella anluensis Z. Wang, 另外还有 sp., Rask yaechara Festiella gobica var. songliaoensis Z. Wang et al., Tolypella grambasti Uliana et Mussachio, Turbochara speciaslis Z. Wang, Nemegtichara sp., Peckichara? sp.,? Gyrogona huajiazhuangensis Z. Wang et Lin; 在 卞桥石膏矿西南(葛家庄西)卞桥组一段下部采集到 的轮藻类群有: Sinochara? sp., Gyrogona sp. Hornichara jintanensis Huang et Xu, Hornichara sp. (sp. nov.), Microchara sphaerica sp. nov., elliptica Microchara sp. nov., Tolypella grambasti Uliana et Mussachio, Mesochara cf. stipitata (S. Wang)等;在佟家庄北 PYZK01 井卞 桥组一段下部采集到轮藻主要有: Sphaerochara cf. chinensis (Huang et Xu) (12.25m), Chara yuntaishanensis var. acuta (Z. Wang)(40.03m), Festiella sp. (42.50m), Microchara cristata L. Grambast(48.60 m), Sinochara spp. (48.60 m), Festiella anluensis Z. Wang(48.60 m, 57.30 m, 57.95 m, 58.40 m), Festiella gonganzhaiensis Z. Wang(57.30 m), Microchara cristata L. Grambast (57.30 m), Sinochara sp. (57.30 m), Festiella oblonga Z. Wang(58.40 m), Sinochara sp. (58.40 m), Lychnothamnus turpanensis (MS)(58.40 m), Turbochara specialis Z. Wang(58.40 m)等。

3.1.2 轮藻组合及时代讨论

根据该段地层中轮藻特征。本次建立的轮藻组 合为: Festiella anluensis-Microchara cristata-Chara yuntaishanensis var. acuta。

由以上鉴定结果可知 Festiella anluensis、P. jingshanensis、P. gonganzhaiensis Z. Wang 及其 相近类型在我国晚白垩世晚期地层中广泛分布,如 湖北京山和安陆地区公安寨组、洞庭盆地分水坳组、 衡阳盆地会塘桥组和戴家坪组、江苏南京赤山组、浙 江杭嘉湖地区衢江组、南黄海盆地长门岩组、云南西 部和南部地区曼宽河组、贵州中部修文和旧州地区 扎佐组、松辽盆地四方台组,还见于西班牙 Cuenca 地区 Campanian-Maastrichtian 阶、秘鲁和阿根廷 Maastrichtian 期地层(Koch et al., 1960; Uliana et al., 1978)。Turbochara speciaslis 首见报道于江汉 盆地跑马岗组(Li Weitong, 1985、2003), 在洞庭盆 地岩码头组、南黄海盆地长门岩组和准噶尔盆地红 砾山组也有发现。Tolypella grambasti 见报道于 阿根庭 Mendoza 省 Malagüe 群 Lonchoche 组 (Uliana et al., 1978),在准噶尔盆地艾里克湖组一

红砾山组、胶东地区胶州组和南黄海盆地长门岩组 也有发现。Chara communis、C. tenuis、C. yuntaishanensis, C. yuntaishanensis var. acuta, Peckichara paomagangensis 均首见报道于江汉盆 地跑马岗组,在我国分布较广,其中 Chara yuntaishanensis var. acuta 也见于阿根廷的 Lonchoche 组。Sphaerochara nana 最早报道于蒙 古奈玛盖特盆地奈玛盖特组(Karczerska et al., 1970),在我国衡阳盆地车江组和东塘组、洞庭盆地 分水坳组和岩码头组、准噶尔盆地东北缘红砾山组、 南黄海盆地长门岩组、三水盆地三水组等均有发现 (Huang Renjing et al., 1984). Hornichara jintanensis 见于江苏金坛下古新统阜宁群一组。 Sphaerochara chinensis 广泛见于我国古近纪及中 新世地层,但由于当前的标本保存不好,只能说明 12.25m 的层位可能为古近系。综上,该轮藻组合 时代为马斯特里赫特期。

3.2 卞桥组一段上亚段

3.2.1 轮藻植物群

卞桥组一段上亚段岩性为灰白色中厚层灰岩、 绿灰色泥岩夹灰色厚层砾岩。在卞桥石膏矿剖面核 形石之上的泥灰岩采到的轮藻类群主要有:大量的 Stephanochara breviovalis Lin et Huang, S. huangjianensis Xu et Huang, Peckichara cf. varians L. Grambast, P. zhijiangensis Z. Wang, P. microquadrata Lin et Z. Wang Peckichara cf. varians L. Grambast, 还有 Grovesichara? sp., Charophyta, gen. et sp. indet., Peckichara sp., Croftiella sp., Raskyaechara sp., Microchara spp., P. subsphaerica, Gyrogona sp. 等。

在卞桥镇南安靖村西南采到的轮藻类群有: Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin, Peckichara cf. longa Lin et Z. Wang, Croftiella sp. 1, Sphaerochara sp., Peckichara sp., Sphaerochara sp. 1, Peckichara coronata (Peck), Croftiella sp. 1, Croftiella sp. 2, Sinochara caopiensis Lin et Z. Wang, P. cf. varians L. Grambast, Peckichara zhijiangensis Z. Wang。在柳子沟村北 的 公 路 南 侧 采 集 到 大 量 的 Peckichara zhijiangensis Z. Wang。

在卞桥镇国泰庄西 ZK101 井卞桥组采集到轮 藻类群有:大量的 Gyrogona huajiazhuangensis Z. Wang et Lin、Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin、 Peckichara zhijiangensis Z. Wang, Rhabdochara sp. 1, Peckichara cf. zhijiangensis Z. Wang, P. longa Lin et Z. Wang, Peckichara subshaerica Lin et Z. Wang, P. microquadrata Lin et Z. Wang, 大量的 Stephanochara huangjianensis Xu et Huang, Maedleriella sp., Latochara? sp., Gyrogona multiconvoluta var. minor (Xinlun), Stephanochara sp., Harrisichara yunlongensis Z. Wang et al., Peckichara? sp., 1 Neochara sp. 1, 2 N. sp. 2, Peckichara cf. coronata Peck, Croftiella sp. 3, Raskyaechara sp. 等。

卞桥镇国泰庄西 ZK401 井卞桥组采集到轮藻 类群有: Peckichara microquadrata Lin et Z. Wang, Stephanochara cf. huangjianensis Xu et Huang 等。

在卞桥镇王家庄北东 ZK1 井卞桥组采集到轮 藻类群有: Peckichara zhijiangensis Z. Wang, caopiensis Lin Z. Sinochara et Wang, Stephanochara micrococca Z. Wang et Lin, Sinochara sp., Raskyaechara grovesi (Rasky), Latochara cf. curta Ζ. Wang, Latochara pingyiensis (MS), Peckichara microquadrata Lin et Z. Wang, L. curta Z. Wang, Maederiella? sp., Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin, Neochara laianensis Z. Wang 等。

在卞桥镇佟家庄北一安靖水库采集到的轮藻 类: Microchara? sp., Chara sp., Peckichara cf. zhijiangensis Z. Wang, Peckichara varians L. Grambast, Stephanochara huangjianensis Xu et Huang, Gyrogona wubaoensis, Charoophyta gen. et sp. indet., Neochara cf. laianensis Z. Wang, Stephanochara huangjianensis Xu et Huang, Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Huang, sp. 1 (sp. nov.)。

在南安靖村水井采集到轮藻类群: Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin, Peckichara zhijiangensis Z. Wang, G. sp. 1, P. varians L. Grambast, Stephanochara sp., Charophytes gen. et sp. Indet, Sinochara caopiensis Lin et Z. Wang, Peckichara varians L. Grambast, Peckichara subsphaera Lin et Z. Wang 等。

在佟家庄西南卞桥组养鸭场采集到的轮藻类: Peckichara? sp., Stephanochara cf. funingensis Z. Wang et Lin, Neochara laianensis Z. Wang Candona bianqiaoensis Guan, Peckichara varians L. Grambast, Peckichara subsphaera Lin et Z. Wang, Stephanochara cf. funingensis Z. Wang et Lin, Stephanochara huangjianensis Xu et Huang, Neochara cf. laianensis Z. Wang, Turbochara specialis Z. Wang, Peckichara rugaoensis Lin et Z. Wang, Gyrogona sp 1, Stephanochara breviovalis Lin et Huang 等。

3.2.2 轮藻组合及时代讨论

根据轮藻组合特征,本次建立的轮藻组合为 Peckichara zhijiangensis-Gyrogona wubaoensis-Stephanochara huangjianensis-Peckichara varians

在上述轮藻组合中, Peckichara zhijiangensis Z. Wang 在我国古新世及早始新世分布较广,如苏 北盆地戴南组,江汉盆地方家河组和新沟嘴群三组, 四川盆地雷打树组下段,南阳、周口盆地玉皇顶组, 洞庭盆地新湾组,衡阳盆地霞流市组。Gyrogona wubaoensis Z. Wang et Lin 见于苏北盆地泰州组二 段至阜宁群一组(Huang Rnejin et al.,1898),苏南 角直组。Peckichara varians Grambast L.(1957) 最初报道于法国巴黎盆地 Sparnacian 阶,在我国洞 庭盆地新湾组、南雄盆地上湖组和浓山组、江汉盆地 新沟嘴群三组、苏北盆地泰州组二段二亚段和阜宁 群二一四组也有发现,是古新世的标志化石。综上, 该轮藻组合时代为古新世丹尼期一塞兰特期。

4 介形类生物地层

通过对采集到的介形类化石样品进行分析、鉴定,获得了丰富的介形类化石。

4.1 卞桥组一段下亚段

4.1.1 介形类动物群

在葛家庄东核形石泥灰岩中采集到介形类化石 有: Mongolocypris sp. 1, Mongolocypris cf. longa (Hou,1978)等;在佟家庄岭采集到介形类化石有: Candoniella longitrapezoides (Guan, 1997), Cyprinotus mundulus (Yuan, 1982), Sinodarwinula guangzhuangensis (Li, 1986), Cyclocypris sp. 1, Mongolocypris subtera (Hou, 1978), Mongolocypris sp. 2, Mongolocypris sp. 3, Candoniella suzini (Schneider, 1956), Candona sp. 1, Candona sp.8, Metacypris sp., Mongolocypris cf. longa (Hou, 1978), Candona sp.1等。

在广埠庄-挑沟剖面、佟家庄北短剖面及3口

浅井的卞桥组一段下部绿灰色泥质灰岩中发现介形 类 Mongolocypris longa, Mongolocypris cf. subtera, Frambocythere fangjiaheensis, Candona cf. mengyinensis, Candona bianqiaoensis, Candoniella suzini, Paracandona sp., Clinocypris sp., Lineocypris bianqiaoensis, Lineocypris sp., Lineocypris? sp.。

卞桥镇广埠庄—挑沟剖面佟家庄岭卞桥组一段 下部绿灰色泥质灰岩中含介形类 Mongolocypris longa, Mongolocypris cf. longa, Mongolocypris Gobiella prima, Sinodarwinula cf. subtera, guangzhuangensis, Framboc vthere fangjiaheensis, Lineocypris bianqiaoensis, Guangzhuangia tiaogoulingensis , Eucypris mundulus, Candoniella longitra pezoides, candida, Candoniella Candoniella suzini , Candona sp., Cyclocypris sp., Darwinula sp., Pseudocandona sp., Metacypris sp. . Yang Jinglin et al. (2013)还发现 Eucypris triangularis, Candona triangularis, Paracandona caudata, Candona ellipitica, Ilyocypris sp. .

卞桥镇东荆埠一卞桥石膏矿剖面线附近葛家庄 西北卞桥组一段下部核形石灰岩的钙质泥岩夹层中 含介形类 Mongolocypris longa, Talicypridea reticulata, Gobiella prima, Metacypris changzhouensis, Ziziphocypris simakovi, Cyclocypris valida, Candoniella suzini, Eucypris cf. stagnalis。

4.1.2 介形类组合及时代讨论

根据以上介形类化石面貌特征,在该段建立的 介形类组合为 Talicypridea reticulata-Mongolocypris distributa-Ziziphocypris simakovi-Frambocythere tumiensis ferreri。

上述介形类中, Talicypridea 属广布于国内陆 相晚白垩世沉积盆地(Zhang Zengqi et al., 2014), 在蒙古东部的奈玛盖特及戈壁沙漠的晚白垩世地层 中也有分布。Talicypridea reticulata 见于内蒙古 海拉尔盆地青元岗组二段,松辽盆地四方台组至明 水组,山东莱阳盆地金岗口组,胶东地区胶州组,南 黄海盆地长门岩组,江汉盆地跑马岗组和渔洋组,江 苏金坛泰州组一段,安徽乌衣上白垩统,浙江杭嘉湖 地区桐乡组,青海民和盆地民和组,准噶尔盆地红砾 山组和东沟组。Gobiella prima 见报道于蒙古奈玛 盖特盆地晚白垩世晚期的奈玛盖特组(Szczechura, 1978)。Mongolocypris distributa 广泛分布于蒙古 和我国晚白垩世晚期地层。Frambocythere tumiensis ferreri 见于法国南部普罗旺斯的 Rognacian 阶即 Maastrichtian 阶,在我国发现于苏 北盆地西部凹陷泰州组二段一亚段和江汉盆地下始 新统方家河组。Ziziphocypris simakovi Mandeltam 分布于辽宁义县九佛堂组、皮家沟组, 阜新阜新组,吉林德惠、黑龙江绥化的青山口组和姚 家组,吉林公主岭的姚家组、嫩江组,长岭的姚家组, 延吉的铜佛寺组,北京夏庄组和丰台组,山东莱阳青 山群,浙江金华兰溪组,江苏泰州浦口组,昆山赤山 组,湖北京山贾店组以及广西来宾晚白垩世地层中。 综上卞桥组一段下亚段所含 Talicypridea reticulata-Mongolocypris distributa-Ziziphocypris simakovi-Frambocythere tumiensis ferreri 动物群 具有晚白垩世最晚期是时代特征,时代为马斯特里 赫特期。

4.2 卞桥组一段上亚段

4.2.1 介形类动物群

在卞桥镇石膏矿西南采坑的泥灰岩中采集到介 形类有: Candoniella suzini (Schneider, 1956), Candona biaoqiaoensis (Guan, 1997), Eucypris sp. 1, Eucypris sp. 2, Paracandona euplectella (Brady et Norman, 1899), Heterocypris sp., Cyprinotus sp. Cypridea cellularia Chen, 1982, Candona sp. 4, Candona sp. 5 等。

在卞桥镇南安靖村西南卞桥组一段上部采集到 介形类有: Paracandona euplectella (Brady et Norman, 1899), Cyclocypris changleensis (Li et Lai, 1978), Cyprinotus mundulus (Yuan, 1982), Sinodarwinula guangzhuangensis (Li, 1986), Cyclocypris sp. 1, Darwinula truncata (Guan, 1987), Candona sp. 4, Cyclocypris sp. 1 等。在柳 子沟村北的公路南侧采集到: Metacypris sp. , Candona sp. 9 等。

卞桥镇国泰庄西 ZK101 井、ZK401、ZK1 井卞 桥组 — 段上 部采到的介形类有: Metacypris changzhouensis (Chen, 1965), Paracandona euplectella (Brady et Norman, 1899), Cyclocypris changleensis (Li et Lai, 1978), Metacypris sp., Candoniella sp., Sinodarwinula guangzhuangensis (Li, 1986), Darwinula sp., Paracandona sp. Candona cf. mengyingensis (Huang et Gou, 1988), Candona sinensis (Ho, 1978), Candona cf. curtata (Li et Duan, 1978)等。 在南安靖村水井岩心采集的介形类有: Phacocypris panheensis Bojie, 1978, Candoniella suzini Schneider, 1956, Candoniella ellipsoidea Hou et Yang, 1982, Candoniella sp. 等。

在卞桥镇柳子沟卞桥组一段上部采集到的介形 类有:Candona bianqiaoensis Guan,Cypridea sp., Candona sinensis Hou, 1978, Candoniella suzini Schneider,1956 等。

4.2.2 介形类组合及时代讨论

根据该段中采集到介形类特征,建立的介形类组合为 Paracandona euplectella-Sinodarwinula guangzhuangensis-Cypridea cellularia。

这是一个新生代繁盛分子组合,由 Cypris、 Ilyocypris、Heterocypris、Lineocypris 等和中生代 残留分子 Cypridea 组成的混生动物群。主要有 Cypridea cellularia Chen, Cypridea sp., Candona wangdianensis He, C. biangiaoensis Guan, C. cf. curta Bojie, C. cf. mengyingensis (Huang et Gou), C. kirgizica Mandelstam, C. sinensis(Ho), Candoniella ellipsoidea Hou et Yang, C. suzini (Schneider), Cyclocypris changleensis (Li et Lai), Eucypris mundulus (Yuan), Cypris sp., Darwinula truncata (Guan), Eucypris sp., Heterocypris sp., Ilyocypris sp., Lineocypris Metacypris changzhouensis (Chen), sp., Paracandona electclis Li, P. euplectella (Brady et Norman), Sinodarwinula guangzhuangensis (Li) 等。类似的中新生代介形类混生的动物群见于广东 南雄盆地含早中古新世阶齿兽动物群的上湖组中上 部(He Junde, 1979)、苏北盆地泰州组二段至阜宁 群一组,还见于美国西部 Fort Unit 组和 Flagstaff 灰岩。该动物群的时代为早一中古新世。

5 孢粉生物地层

5.1 卞桥组一段下亚段

5.1.1 孢粉植物群

在卞桥镇佟家庄北的两件钻井岩心中见到丰富 的孢粉化石,共分析出 41 属 2 亚属 37 种 24 未定 种。组合中蕨类植物孢子含量最高,占整个组合的 46.9%~51.8%,其中 Deltoidos pora adriensis 在 蕨类中含量最高,为 19.0%~21.3%。其次为 Schizaeois porites,含量为 11.2%~16.5%,其类型 丰富,所见种包括 S. laevigatae formis、S. evidens, S. cretacius, S. praeclarus, S. microsphaericus。Pterisisporites 在本组合中含量 为 4.6% ~ 12.1%, 主要为 P. undulatus, 含量为 4.6% ~ 10.9%, P. tuberus, P. trizonatus, Pteridaceois poris nubilus 少量出现。此外,还有少 Leiotriletes sp., Verrucosisporites 量 sp. , Multinodisporites sp., Polypodiaceoisporites volubilis, Deltoidospora callaetypikosa, D.regularis, Lygodiumsporites microadriensis, Leptolepidites sp. , Cyathidites minor .

裸子植物花粉含量为 15.1%~21.5%。其中 Rugubivesiculites 含量较高,为7.9%~9.3%,包括 R. reductus 和R. rugosus。Parcisporites 占0.8% ~ 4.0%,所见种有 P. parvisaccus 和 P. auriculatus。其它还有少量具气囊花粉 Pinuspollenites minutus,见个别单气囊花粉 Araucariacites australis。多肋类花粉有个别 Regalipollenites amphoriformis,少量 Ephedripites。环沟类花粉见有个别 Classopollis, 单沟类花粉见有少量 Marsypilete cretacea,含量为 0.8%~2.0%。

被子植物花粉含量占 26.3%~38.1%,榆粉属 Ulmipollenites 和脊榆粉属 Ulmoideipites 占主导 地位,含量为10.9%~18.0%,主要有 Ulmipollenites minor, Ulmoideipites krempii, U. tricostatus;其次为三沟类和三孔沟类花粉,含量为 $14.6\% \sim 15.9\%$ 见有 Retitricol pites, Tricol poro pollenites crassus, T. microcirculatus, T. sp, Cranwellia striata, Rhoipites rhomboius, **Beau**preaidites Talisii pites, sp., Symplocoipollenites sp., Rugupolar pollenites capreolatus, **Tricol** pollenites sp. 、 Paranyssa pollenites striatus , Retitricol porites sp. , Sapindaceidites triangulus, S. sp. 和 Quercoidites henrici, Pilatricol porites sp., Bet pakdalina?; \equiv 孔、多孔类花粉少量出现,与现生植物有关系的见有 Caryapollenites triangulus, Juglanspollenites tetraporus、Alnipollenites metaplasmus。三孔类还 见有少量裸粉属未定种 Nudopollis sp. 和未能鉴 定到具体属种的正型粉类化石。还见有1粒鹰粉类 一面体粉属未定种 Mancicorpus sp.。

5.1.2 孢粉组合及时代讨论

在该段采集到的孢粉组合可称为 Ulmipollenites + Ulmoideipites-Rugubivesiculites

组合中 Ulmipollenites + Ulmoidei pites 含量为 10.9%~18%, Schizaeois porites 含量为 11.3%~ 16.6%, Rugubivesiculites 含量为 7.9%~9.3%, 它们组成当前组合的优势分子。Schizaeoisporites 繁盛于早白垩世晚期至晚白垩世早期,在本组合中 属种较丰富。Pteridaceoisporis 为晚白垩世一古近 纪早期常见分子,在本组合中含量仅次于希指蕨孢 属,在国内一些晚白垩世地层如苏北盆地泰州组一 段、江汉盆地渔洋组下部,广东三水盆地大塱山组二 Pteridaceoisporis 含量均低于 段中 Schizaeoisporites。Rugubivesiculites 为晚白垩世 具有代表性的具气囊花粉,其正模标本产出层位是 美国明尼苏达州上白垩统的 Dakota 组(Pierce, 1961),在加拿大见于阿尔伯塔省早白垩世晚 Albian 晚期(Norris, 1967), 在我国见于苏北盆地泰 州组下段、松辽盆地嫩江组、湖北荆门跑马岗组等晚 白垩世地层。榆科型花粉在东亚地区晚白垩世晚期 已广泛发育(Wang Danin et al., 1980),其中 Ulmoideipites 和 Ulmipollenites minor 在我国晚白 垩世晚期均有发现,是晚白垩世晚期的重要成分。

裸子类花粉中有些种是晚白垩世的典型分子, 如较古老的具气囊花粉 Parcisporites parvisaccus、 P. auriculatus, Rugubivesiculites reductus, R. rugosus、Araucariacites australis,它们在苏北盆地 泰州组一段、江汉盆地渔阳组下部、广东三水盆地大 塱山组二段都有发现。Parcisporites 在我国古新世 很繁盛,在苏北盆地泰州组上段,松辽盆地嫩江组--明水组的孢粉组合中也经常出现。 Regalipollenites amphoriformis 产于巴西晚白垩 世的三冬期一坎潘期,在我国见于苏北盆地上白垩 统浦口组、泰州组一段和湖北江汉盆地新沟咀组。 Marsypilete cretacea 见于美国蒙大拿州晚白垩世 马斯特里赫特期的 Hell Creek 组,在加拿大等北美 广大地区的马斯特里赫特期地层都有所见,在我国 仅见报道于苏北盆地泰州组下段(Zhou Shanfu et al.,1979)和黑龙江结雅一布列亚盆地马斯特里赫 特期(Valentina et al., 2011),为马斯特里赫特期 的代表性化石之一。

Deltoidos pora adriensis 在蕨类中含量最高, 但是在以往资料中该种仅在江苏泰州地区泰州组有 少量出现,尚未见到该种成为优势分子的记录。

被子类花粉中与现代植物有亲缘关系的类群已 经普遍出现,除榆科花粉占主导地位外,胡桃科、桦

科、漆树科、无患子科花粉已开始少量出现,三沟类、 三孔沟类和三拟孔沟类花粉类型多样,纹饰复杂,长 极轴纹饰多见网纹、棒纹,短极轴的多见赤道偏圆形 的,光面或纹饰不清楚的。晚白垩世的特征属种见 Cranwellia striata 、 Rugupolarpollenites capreolatus 和 Beaupreaidites。三突起粉类中的 Mancicorpus 在我国见于松辽盆地明水组、苏北盆 地泰州组下段、黑龙江嘉荫地区富饶组下段。国外 有人认为 Betpakdalina 是欧洲一土兰(Europena-Turanian)古植物地理区内土库曼一哈萨克植物省 南部晚白垩世特别是在坎潘期一马斯特里赫特期的 特征类群,它到古近纪早期基本绝灭,在我国松辽盆 地和苏北盆地晚白垩世有少量分布。 Tricol poro pollenites crassus 和 T. microcirculatus 见于松辽盆地上白垩统四方台组和明水组。正型粉 类 Normapolles 花粉在欧洲和北美洲东部繁盛于晚 白垩世坎潘期,古近纪也有出现,在我国主要见于新 疆塔里木盆地西部和青海民和盆地晚白垩世地层 中。上述可见,本组合中的被子类花粉在展现其古 老面貌的同时又显示了新生性。

根据上述分析, Ulmipollenites + Ulmoideipites-Rugubivesiculites-Schizaeoisporites 组合的时代应为晚白垩世晚期无疑,很可能为马斯特里赫特期。

5.2 卞桥组一段上亚段

5.2.1 孢粉植物群

在平邑卞桥国泰庄西 ZK101 井 299.84— 418.51m 的卞桥组一段上亚段一卞桥组二段的5块 样品中分析出的孢粉化石保存良好、丰度和分异度 都较高,共计60属2亚属63种及部分未定种。此 次分别统计了102、602、151、99、79粒化石,其主要 特征为:

(1)以蕨类植物孢子占优势,含量 32.29%~
74.17%,平均 45.59%;被子植物花粉与裸子植物花粉次之,两者平均含量相当,前者占 26.02%,后者占 25.69%;藻类稀少,仅占总量的 2.70%。

(2) 蕨类中 Deltoidospora 数量最多,占
22.40%,以D. adriensis、D. irregularis、D. callaetypikosa和D. regularis最为常见,其次为风 尾蕨科 Pterisisporites,占 10.51%,主要为 P. tuberus和P. undulatus, P. fatangularis有时也有较高含量出现;Osmundacidites semiprimarius、Zlivisporis novamexicanum、Multinodisporites praecultus、Polypodiaceoisporites等数量不多,一

般占 2% 左右, 但在组合中连续分布; 其余分子如 Punctatisporites、Concavisporites、Lygodiumsporites、 Toroisporis、Polypodiaceaesporites、Schizaeoisporites 等 个别见到。

(3)裸子类以麻黄科花粉占绝对优势,含量
3.74-21.26%,平均17.07%,且种类繁多,如 *Ephedripites*(*Distachyapites*)*fusiformis*、*E*.
(D.) scabridus、E.(D.) trinata、E.(D.) *eocenipites*等经常出现,松科占5.66%,多为双束
松粉 Pinuspollenites labdacus,次为 Parcisporites *parvisaccus*、*Cedripites*等;罗汉松科、杉科的一些
类型和具环沟的克拉梭粉属(Classopollis)只在少数样品中零星出现。

(4)被子类以榆科花粉含量最多,占8.91%,主要为Ulmipollenites minor、Ulmoideipites krempii和U.tricostatus,无患子科的Sapindaceidites占4.78%,多见Sapindaceidites asper和S.triangulus;Diervillapollenites echinatus只在个别样品中含量突出;Tricolpollenites、Quercoiditesmicrohenrici、Cupuliferoipollenites oviformis、Fraxinoipollenites pudicus、Taizhoupolliscrassiscarus、Proteacidites adenanthoides等均为连续出现,但各自平均含量一般不超过1.5%,杨柳科、芸香科、桦科、珙桐科的一些分子数量稀少,基本上都为个别见到。

(5)藻类贫乏,且属种单调,仅见零星的对裂藻属(*Schizosporis*)和环纹藻属(*Concentricystes*)。

5.2.2 孢粉植物组合及时代讨论

在该段地层中采集到的孢粉组合可称为 Deltoidospora-Ephedripites-Parcisporites parvisaccus-Ulmi pollenites minor。

孢粉组合中主要分子 Deltoidospora 在华南、 中南和东北地区古近纪多有见到,个别地区见于晚 白垩世晚期; Pterisis porites 延续时代较长,自白垩 纪至第三纪都有出现,其中 P. tuberus、P. undulatus 和 P. fatangularis 主要见于晚白垩世 晚期一古近纪早期, P. minimus 在广东、江西和湖 北等地多见于古新世; Toroisporis 和 Polypodiaceoisporites 出现于我国和欧洲的晚白垩 世一古近纪; Multinodisporites praecultus 见于西 伯利亚平原,时代为马斯特里赫特期一丹尼期; Schizaeoisporites 在早白垩世晚期到晚白垩世早期 最为丰富,在古近系一般很少见及或仅有个别残留 分子;其余如 Lygodiumsporites pseudomaximus、 Osmundacidites wellmanii、 Zlivisporis novamexicanum 等主要分布于我国各地古近系地 层中。

裸子类花粉中, Ephedripites 在第三纪繁盛,本 组合中除 E. viesenensis 多见于晚白垩世外,其余种 主要见于古近系; Parcisporites 在我国主要见于古 新世,如苏北盆地泰州组上段、松辽盆地嫩江组一明 水组的孢粉组合中经常出现; Cedripites *microsaccoides* 见于江苏古新世一始新世; Podocar pidites and ini form is 见于我国江苏、山东 古近纪,哈萨克斯坦的晚白垩世一早始新世; Taxodiaceae pollenites 和 Ina perturo pollenites 在 北半球各地区晚白垩世 - 新近纪均有分布; Classopollis 主要发育于侏罗纪和早白垩世,晚白垩 世早、中期仍可有一定数量,在有些地区还构成了孢 粉组合的优势分子,该属的最高层位可到古新统。 在江苏、安徽、江西和湖南等地的晚白垩世组合中均 有记录;Steevesipollenites 主要见于晚白垩世,少数 类型见于古近系;其余如 Abietineae pollenites microalatus, A. microsibiricus, Pinuspollenites labdacus 等层位意义较弱,普遍见于我国各地白垩 纪一新近纪。

被子类花粉中, Ulmi pollenites minor 首见于美 国马里兰州古新统,在我国江苏、江西和广东三水盆 地及前苏联等地的晚白垩世一古新世地层中比较发 育;Ulmoideipites tricostatus 和U. krempii 最早见 于美国新墨西哥州晚白垩世与古新世的交界处,在 我国江苏、北美新墨西哥湾和前苏联西伯利亚、远东 等地马斯特里赫特期一古新世分布广泛;前述3种 均为榆科花粉,这一类型是在土伦期之后才开始逐 渐繁盛,其在东北地区晚白垩世晚期已普遍发育,而 在苏北盆地泰州组上部黑色泥岩段(Song Zhichen et al., 1981) 中平均含量为 20%~25%, 在江西信 丰盆地和崇仁盆地早古新世(Sun Xiangjun et al., 1980)组合中分别占 25.7%与 31.5%,鄱阳盆地南 雄组占 28.0%,在广东三水盆地大塱山组二段仅占 5% 左右, 土布心组一段可达 25%; Quercoidites microhenrici 和 Cupuliferoipollenites oviformis 常见于我国江西、江苏、辽宁抚顺、湖北等地晚白垩 世一古近纪地层; Salixi pollenites trochuensis 为我 国华北地区古近纪和加拿大晚白垩世的常见属种; Beaupreaidites aggregatus 见于苏北阜宁群、湖北 江汉平原新沟嘴组、青海西宁民和地区祁家川组三 段、河南栾川大章组、河南灵宝项城组四段;

Sporopollis 见于欧亚等地晚白垩世一古近纪地层, 多见于晚白垩世地层; Taizhoupollis crassiscarus 仅见于苏北盆地泰州组; Consolidus pollenites jiangsuensis 见于松辽盆地四方台组至明水组、广 东三水盆地三水组至大塱山组、苏北盆地泰州组; Betulae pollenites plicoides 产于前苏联西伯利亚古 新世; Paraalni pollenites 一般为古新世的特征化 石,其大量出现于前苏联远东地区和哈萨克斯坦古 新世,其中 P. triangulus 见于辽宁抚顺盆地老虎台 组和栗子沟组;山龙眼类花粉在南半球从晚白垩世 赛诺曼期到现代都有分布,而北半球的加拿大、美国 西部、前苏联西伯利亚、日本及我国上白垩统地层 中,这类花粉普遍发育,根据 Wang Daning(1982)的 研究,我国的山龙眼类花粉从晚白垩世至古近纪都 有分布,总的趋势是由老到新逐渐减弱,以晚白垩世 最为繁盛,类型也最多样化,渐新世以后逐渐消失。 本组合中所见 Proteacidites adenanthoides、P. echinatus 和 P. xiningensis 是内蒙古、青海、新疆、 江苏、江西及湖北等地古新统孢粉组合中的重要分 子;正型粉类的 Nudopollis 在北半球赛诺曼中期最 为繁盛,可一直延至古近纪,与山龙眼类花粉都是西 北地区古新世一始新世最有代表性的特征属种; Diervilla pollenites echinatus 见于苏北盆地阜宁 群、广东三水盆地土布心组至华涌组、渤海沿岸地区 沙河街组至东营组;其余如 Sapindaceidites 所见各 种、Fraxinoipollenites pudicus、Lonicerapollis interospinosus 等在亚洲东部古近纪都较常见。

当前组合所见化石中,大部分类型都为晚白垩 世晚期一古新世的常见分子,但晚白垩世的一些特 征属种,如 Rugubivessiculites、Cranwellia、 Beaupreaidites、 Marsypilete、 Mancicorpus、 Exesipollenites和三突起粉类(Aquilapollenites、 Morinoipollenites、Jiangsuoillis、Jianghanpollis 等)却未有见及,而 Schizaeoisporites、Classopollis 等虽有出现,含量却极低,仅见个别标本。故本组合 的时代应为古新世。

综合上面几个地方的孢粉化石组合特征, 卞桥 组一段上亚段的时代为古新世, 很可能为丹尼期。

6 白垩系与古近系界线讨论

卞桥组一段下亚段以灰岩、泥灰岩为主,含核形 石泥灰岩为特征。该段含 Festiella anluensis-Microchara cristata-Chara yuntaishanensis var. Acuta 轮藻组合,时代为马斯特里赫特期; Talicypridea reticulata-Mongolocypris distributa-Ziziphocypris simakovi-Frambocythere tumiensis ferreri 介形类组合,时代为马斯特里赫特期; Ulmipollenites + Ulmoideipites-Rugubivesiculites-Schizaeoisporites 孢粉组合时代 为晚白垩世晚期,很可能为马斯特里赫特期。综上, 卞桥组一段下亚段的时代为晚白垩世马斯特里赫 特期。

卞桥组一段上亚段岩性为灰白色中厚层灰岩、 绿灰色泥岩夹灰色厚层砾岩。在该段建立的 Peckichara zhijiangensis-Gyrogona wubaoensis-Stephanochara huangjianensis-Peckichara varians 轮藻组合,时代为古新世丹尼期一塞兰特期; Paracandona euplectella-Sinodarwinula guangzhuangensis-Cypridea cellularia 介形类组 合,时代为早一中古新世; Deltoidospora-Ephedripites-Parcisporites parvisaccus-Ulmipollenites minor 孢粉组合,时代为古新世丹尼 期。综上,卞桥组一段上亚段的时代为古新世丹 尼期。

根据轮藻、介形类以及孢粉化石面貌特征,可以 推定白垩系与古近系的界线位于卞桥组一段下亚段 与卞桥组一段上亚段之间无疑。

7 结论及建议

通过对平邑盆地非海相白垩系与古近系界线研 究取得了以下几点认识:

(1)平邑盆地卞桥组为河湖相沉积,露头好,地 层连续,其中卞桥组白垩系与古近系界线上下发育 大套的泥灰岩,产丰富的轮藻、介形类、孢粉和腹足 类化石,并且门类较全,是进行非海相白垩系/古近 系界线研究的理想地点。

(2)通过开展野外地质调查和剖面测量,发现了 3条可进行 KPB 研究的剖面,其中最典型剖面为平 邑县卞桥镇佟家庄附近的柳子沟一石河村剖面。将 卞桥组可以分为3个岩性段。自下而上为:一段以 含核形石灰岩为主;二段为膏盐段;三段以灰岩与钙 质泥岩为主。其中一段分为2个亚段:下亚段为中 厚层灰岩、泥灰岩、含核形石灰岩,藻灰岩夹砾岩,砾 岩钙质胶结,砾石成分以灰岩为主,以富含核形石灰 岩为特征。含晚白垩世轮藻、介形类及孢粉化石,与 下伏固城组红色砂泥岩整合接触;上亚段为绿灰、砖 红色泥岩与灰白色泥质灰岩互层,偶夹核形石泥质 灰岩,底部含古新世轮藻、介形类及孢粉化石。

(3) 在 卞 桥 组 一 段 下 亚 段 建 立 Festiella anluensis-Microchara cristata-Chara yuntaishanensis var. acuta 轮藻组合, Talicypridea reticulata-Mongolocypris distributa-Ziziphocypris simakovi-Frambocythere tumiensis ferreri 介形类组合和 Ulmipollenites + Ulmoideipites-Rugubivesiculites-Schizaeoisporites 孢粉组合。综合生物面貌及特征, 卞桥组一段下亚 段时代为晚白垩世马斯特里赫特。在卞桥组一段上 亚段建立了 Peckichara zhijiangensis-Gyrogona wubaoensis-Stephanochara huangjianensis-Peckichara varians 轮藻组合, Paracandona euplectella-Sinodarwinula guangzhuangensis-Cypridea cellularia 介形类组合和 Deltoidos pora-Ephedripites-Parcisporites parvisaccus-Ulmipollenites minor 孢粉组合。根据生物面貌和 组合特征,卞桥组一段上亚段时代为古新世丹尼期。

(4)根据卞桥组轮藻、介形类及孢粉组合特征, 最终将白垩系与古近系界线确定在卞桥组一段的 1、2亚段之间。

(5)本次在卞桥组之下的固城组底部和其下伏 地层城山后组开展了锆石 SHRIMP U-Pb 测年,年 龄分别为127.3±0.8Ma 和126.9±0.9Ma(另撰文 发表)。其锆石主要来源于早白垩世城山后组的火 山岩砾石。今后工作应注意在卞桥组识别凝灰岩, 寻找火山碎屑锆石。

致谢:古生物化石分析鉴定由中国科学院南京 地质古生物研究所卢辉楠教授、王启飞研究员、曹美 珍研究员、杨宁、季兴开等完成,在此一并表示衷心 感谢。同时,对《地质学报》、《地质论评》编辑部郝梓 国博士的指导深表谢意。

References

- Brusatte S L, Butler R J, Barrett P M, Carrano M T, Evans D C, Lloyd G T, Mannion P D, Norell M A, Peppe D J, Upchurch P, Williamson T E. 2014. The extinction of the dinosaurs. Biological Reviews ,7,1~10.
- Cao Guangyue, Xue Huaimin, Liu Zhe, Lu Zenglong. 2018. Geochronology, Geochemistry and Petrogenesis of the early Cretaceous Volcanlic Rocks of the Qingshan Group in the Linqu Area, western Shandong Province. Acta Geologica Sinica, 92 (03):503~519(in Chinese with English abstract).
- Chen Piji, Shi Zhailong, Ye Ning, Ye Dequan. 1998. Sungari biota and Cretaceous stratigraphic sequence of NE China. Acta Palaeontologica Sinica, 37 (3): 380 ~ 385 (in Chinese with English abstract).
- Chen Piji, Wan Xiaoqiao, Cao Liu, Li Gang. 2008. Research progress of continental Cretaceous Furaoan Stage in China. From: Wang Zejiu, Huang Zhigao. Study on establishmenting steps of the main division stratum in China. Beijing: Geological Publishing

House: $65 \sim 73$ (in Chinese with English abstract).

- Chen Piji, Wan Xiaoqiao, Liu Gengwu, Cao Meizhen, Wang Qifei, Cao Liu, Li Gang, Wang Yaqiong. 2012. On the geological age of the Furaoan stage. Journal of Stratigraphy, 36 (4): 764 ~ 772 (in Chinese with English abstract).
- Chen Piji. 1986. On the Chinese non-marine paleocene from the new discovery of the conchostracan fauna of Nanxiong, Guangdong. Acta Palaeontologica Sinica, 25(4): 380~393(in Chinese with English abstract).
- Claudia Sosa-Montes de Oca, Francisco J. Rodríguez-Tovar, Francisca Martínez-Ruiz, Paolo Monaco. 2017. Paleoenvironmental conditions across the Cretaceous-Paleogene transition at the Apennines sections (Italy). An integrated geochemical and ichnological approach. Cretaceous Research , 71:1~13.
- Claudia Sosa-Montes de Oca, Gert J. de Lgange, Francisca Martínez-Ruiz, Francisco J. Rodríguez-Tovar. 2018. Application of laser ablation-ICP-MS to determine high-resolution elemental profiles across the Cretaceous/Paleogene boundary at Agost (Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 497: 128 ~138.
- Debey L B, Wilson G P. 2014. Mammalian femora across the Cretaceous-Paleogene boundary in eastern Montana. Cretaceous Research, 51: 361~385
- Du Shengxian,Lu Huinan,Liu Shucai,Yang Ning,Gao Liming,Feng Zhiping,Song Xiangsuo,Liu Fengchen. 2013. Late Cretaceous sporo-pollen fossils of the Pingyi basin, Shandong Province. Acta Micropalaeontologica Sinica,30(4): 379~388(in Chinese with English abstract)
- Du Shengxian, Wang Qifei, Song Xiangsuo, Liu Fengchen, Chen Mei. 2015. Paleocene sporo-pollen fossils of the Pingyi basin, Shandong Province, China. Acta Micropalaeontologica Sinica, 32 (4): 419~429(in Chinese with English abstract).
- Fastovsky D E. 1987. Paleoenvironments of vertebrate bearingst rata during the Cretaceous-Paleogene transition, eastern Montana and western North Dakota. Palaios, 2: 282~295.
- Guan Shaozeng, Pang Qiqing, Xiao Zongzheng. 1997 (a). Division and correlatint of stratigraphy among Early Tertiary basins: Laiwu, Mengyin and Pingyi basin, in southeast Shandong. Geology of Chemical Minerals, 19(3): 149 ~ 161 (in Chinese with English abstract).
- Guan Shaozeng, Pang Qiqing, Xiao Zongzheng. 1997(b). The Early Eocene non-marine ostracods from Pingyi basin, Shandong. Acta Micropalaeontologica Sinica, 14(3): 321~340(in Chinese with English abstract).
- Guo Xianpu, Ding Xiaozhong, Zhao Ziran, Li Jianfeng. 2018. The North—South Differentiation on the Marine Feature in the Southwest Tarim Basin during Middle—Late of the Late Cretaceous. Geological Review, 64(05):1078~1086(in Chinese with English abstract).
- He Junde. 1979. Late Cretaceous-Early Eocene ostracods in the Nanxiong basin of Guangdong Province. From: Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences Nanjing Institute of Geology and Palaeontology. The red beds of Mesozoic and Cenozoic in Southern China. Science Press: $240 \sim 271$ (in Chinese with English abstract).
- Hou Youtang, Chen Deqiong, Yang Hengren, He Junde, Zhou Quanchun, Tian Muqu. Cretaceous-Quaternary ostracode fauna from Jiangsu. Beijing: Geological Publishing House: 1~298(in Chinese with English abstract).
- Huang Renjin, Zhang Jiefang. 1984. Late Cretaceous and Palaeogene charopthytes from the Sanshui basin of Guangdong, Bulletin of Nanjing Institute of Geology and Palaeontology Academia Sinica, 9: 169~217(in Chinese with English abstract).
- Huang Renjin, Zhao Zhengzhong. 1989. The algae and the age of the Taizhou formation and the first section of the Funing formation in Subei basin. Form: Jiangsu Exploration and Development Bureau Geological Research Institute, Chinese Academy of

Sciences Nanjing Institute of Geology and Palaeontology. Stratigraphy and palaeontology of the Taizhou formation and the member of the Funing formation North Jiangsu basin. Nanjing : Nanjing University Press: $111 \sim 127$ (in Chinese with English abstract).

- Huang Renjin. 1988. Charophytes of Nanxiong basin, Guangdong and its Cretaceous-Tertiary boundary. Acta Palaeontologica Sinica, 27(4): 457~474(in Chinese with English abstract).
- Hunter J P, Archibald J D. 2002. Mammals from the end of the age of dinosaurs in North Dakota and southeastern Montana, with a reappraisal of geographic differentiation among Lancian mammals. Geological Society of America Special Pape, 361: 191 \sim 261.
- Hunter J P, Harman J H, Krause D W. 1997. Mammals and mollusks across the Cretaceous-Tertiary boundary from Makoshika State Park and vicinity(Williston Basin), Montana. Contributionsto Geology, University of Wyoming, 32: 61~114.
- Kauffman E G. 1986. High-Resolution Event Stratigraphy, Regional and Global Cretaceous Bio-Events. Walliser O. Global Bio-Events. Berlin: Springer-Verlag: 279~335.
- Koch E,Blissenbach E. 1960. Die gefalteten oberkretazisch tertiären Rotschichten im Mittel-Ucayali Gobiet, Ostperu. Beih. Geol. Jb. 43: 1~103.
- Li Manying. 1989. Sporo-pollen assemblage of Early Paleocene in Nanxiong basin, Guangdong. Acta Palaeontologica Sinica, 28 (6):741~750(in Chinese with English abstract).
- Li Sha, Gao Qinqin, Zhang Yiyi, Qu Haiying, Wang Manyan, Wan Xiaoqiao. 2013. Late Late Cretaceous-Early Paleocene charophytes from the Songliao basin, North China: SK1(N) core. Acta Palaeontologica Sinica, 30(1): 1~16(in Chinese with English abstract).
- Li Sha, Wang Qifei, Zhang Haichun, Lu Huinan, Closas C M. 2016. Charophytes from the Cretaceous-Paleogene transition in the Pingyi Basin (Eastern China) and their Eurasian correlation. Cretaceous Research, 59: 179~200.
- Li Shoujun, Zheng Deshun, Cai Jingong, Yang Yonghong, Sun Xiwen, Yang Pinrong. 2003. Sedimentary chaiacteritics and controlling factors of basins in the North Shandong and Southwest Shandong in Paleogene. Geological Review, 49(3): 225~232(in Chinese with English abstract).
- Li Weitong, Liu Gengwu, Dennis R B, Cao Weisheng, Chen Qinbao, Don B K. 2010. A proposal to further investigate the Cretaceous-Paleogene boundary section at Dangyang Hubei province. Journal of Stratigraphy, 34(2): 187~206(in Chinese with English abstract).
- Li Weitong. 1985. New advance of the age of the Paomagang formation in Jianghan basin, Hubei. Chinese Science Bulletin, 30 (11): 855~857(in Chinese with English abstract).
- Li Weitong. 2003. Charophyte assemblages around Cretaceous-Paleogene boundary from the Paomagang Formation in Dangyang (China). Acta Micropalaeontologica Sinica, 20(2): 183~186(in Chinese with English abstract).
- Ling Qiuxian, Zhang Xianqiu, Lin Jiannan. 2005. New advance in the study of the Cretaceous and Paleogene strata of the Nanxiong basin. Journal of Stratigraphy, 29(B11): $596 \sim 601$ (in Chinese with English abstract).
- Liu Gengwu, Braman D R, Li Weitong, Brinkman D. 2009. Playnostratigraphic charateristics of Cretaceous-Paleogene boundary of western north America and review on searching for Cretaceous-Paleogene boundary in eastern China. Journal of Stratigraphy.33(1): 18~34(in Chinese with English abstract).
- Liu Muling. 1983. Sporopollen assemblages of Late Cretaceous to Paleocene at Furao area in Heilongjiang. Bulletin of the Shenyang institute of geology and mineral resources, 7: 99~132 (in Chinese with English abstract).
- Liu Muling. 1990. Sporopollen assemblage sequence of Late Cretaceous to Paleocene in northeast of China. Journal of Stratigraphy, 14 (4): 277 \sim 285 (in Chinese with English abstract).

- Liu Yun, Wang Zongzhe. 1986. Lithologic character and environmental analysis of Cretaceous-Tertiary stratum in Nanxiong basin, Guangdong. Journal of Stratigraphy, 10(3): 190~203(in Chinese with English abstract).
- Longrich N R,Bhullar B A S,Gauthier J A. 2012. Mass extinction of lizards and snakes at the Cretaceous-Paleogene boundary. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109 (52): 21396~21401.
- Longrich N R, Tokary k T, Field D J. 2011. Mass extinction of birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(37): 15253~15257.
- Martin J E, Vincent P, Tacail T, Khaldoune F, Jourani E, Bardet N, Balter V. 2017. Calcium Isotopic Evidence for Vulnerable Marine Ecosystem Structure Prior to the K/Pg Extinction. Current Biology ,27(11):1641~1644.
- Norris G. 1967. Spores and pollen from the Lower Colorado Group (Albian? -Cenomanian) of central Alberta. Palaeontographica, 120,72~115.
- Pierce R L. 1961. Lower Upper Cretaceous plant microfossils from Minnesota. Minn. Geol. Surv., Bull., 42:1~86.
- Qu Ritao, Yang Jinglin, Wang Qifei, Chang Guozhen. 2006. Stratigraphic division and correlation of the Guanzhuang group in southwest Shandong. Journal of Stratigraphy, 30(4): 356~ 365(in Chinese with English abstract).
- Raup D M, Sepkoski J J Jr. 1986. Periodic extinction of families and genera. Science, 241: 94~96.
- Renne P R, Deino A L, Hilgen F J, Kuiper K F, Mark D F, Mitchell W S, Morgan L E, Mundil R, Smit J. 2013. Time scales of critical events around the Cretaceous-Paleogene boundary. Science, 339(6120): 684~687.
- Renne P R, Sprain C J, Richards M A, Self S, Vanderkluysen L, Pande K, et al. 2015. State shift in Deccan volcanism at the Cretaceous-Paleogene boundary, possibly induced by impact. Science, 350(6256): 76~78.
- Rong Jiayu, Li Jianguo, Zhang Haichun, Zhu Xuejian. 2003. Overview of Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs). Journal of Stratigaphy, 23(1):11~18(in Chinese with English abstract).
- Saito T, Yamanoi T, Kaiho K. 1986. End-Cretaceous devastation of terrestrial flora in the boreal Far East. Nature, 323, 253~255.
- Senlet E S, Miller K G, Sherrell R M, Senlet T, Vellekoop J, Brinkhuis H. 2017. Iridium profiles and delivery across the Cretaceous/Paleogene boundary. Earth and Planetary Science Letters ,457(1):117~126.
- Song Zhichen, Zheng Yahui, Liu Jinling, Ye Pingyi, Wang Congfeng, Zhou Shanfu. 1981. Sporopollen assemblage of Cretaceous-Tertiary stratum in Jiangsu area. Beijing: Geological Publishing House: 1~268(in Chinese with English abstract).
- Sun Ge, Quan Cheng, Sun Chunlin, Sun Yuewu, Luo Kunli, Lv Jiansheng. 2005. Some new knowledge on subdivisions and age of Wuyun Formation in Jiayin of Heilongjiang, China. Journal of Jilin Unive rsity (Earth Science Edition), 35(2): 137~142(in Chinese with English abstract).
- Sun Ge, Sun Chunlin, Dong Zhiming, Sun Yuewu, Lv Jiansheng, Xiong Xianzheng, Zhou Zhongli, Yu Fulin, Xing Yuling, Quan Cheng, Akhmetiev M A, Ashraf A R, Bugdaeva E, Dilcher D L, Golovneva L, Johnson K, Kezina T, Kodrul T, Okada H. 2003. Preliminary Study of the Cretaceous-Tertiary Boundary in Jiayin of the Heilongjiang River Area of China. Global Geology, 22 (1): 8∼14(in Chinese with English abstract).
- Sun Ge, Sun Chunlin, Sun Yuewu, Yang Huixin, Chen Yuejun. 2013. Research progress of K-Pg (K-T) boundary in Jiayin, Heilongjiang. Abstract volume of the 11th national members' congress of Palaeontological Society of China and the 27th annual conference: 177~178(in Chinese with English abstract).
- Sun Mengrong, Sun Suying. 1982. The Paleocene Palynological assemblages from Nanxiong basin, Guangdong. Bulletin of The Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, 5: 127~148(in Chinese with English abstract).

- Sun Xiangjun, He Yueming. 1980. Palaeocene spores and pollen in Jiangxi. Beijing: Science Press: $1 \sim 143$ (in Chinese with English abstract).
- Suzuki Shigeyuki, Ulrich Knittel, Danhara Tohru, Iwano Hideki. 2011. Radiometric Zircon Ages of a Tuff Sample from the Baishantou Member of Wuyun Formation, Jiayin: A Contribution to the Search for the K-T Boundary in Heilongjian River Area, China. Acta Geologica Sinica (English Edition), 85 (06):1351~1358.
- Szczechura J. 1978. Fresh-water Ostracodes from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Mongolia. Results Pol.-Mong. Pal., Expeds., Part W. Pal. Polonica, 38: 65~121.
- Tong Yongsheng, Li Manying, Li Qian. 2002. The Cretaceous-Paleogene boundary in the Nanxiong basin, Guangdong Province. Geological Bulletin of China, 14 (1): $16 \sim 25$ (in Chinese with English abstract).
- Tong Yongsheng, Zhang Yuping, Wang Banyue, Ding Suyin. 1976. Early Tertiary strata of Nanxiong basin and Chijiang basin. Vertebrata Palasiatica. 14(1): 16~25 (in Chinese with English abstract).
- Uliana M A, Mussacchio E A. 1978. Microfosiles calcareos nomarinos del Cretacico superior en Zampal, provincial de Mendoza, Argentina. Ameghiniana, 15(1/2):111~135.
- Valentina S, Markevich, Eugenia V. Bugdaeva, Abdul R, Ashraf , Sun Ge. 2011. Boundary of Cretaceous and Paleogene continental deposits in Zeya-Bureya Basin, Amur (Heilongjiang) River region. Global Geology, 14 (3): 144~159.
- Wan Xiaoqiao, Zhao Jing, Scott R W, Wang Pujun, Feng Zihui, Huang Qinghua, Xi Dangpeng. 2013. Late Cretaceous stratigraphy, Songliao Basin, NE China: SK1 cores. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology: 385(1): 31 ~43.
- Wang Daning, Zhao Yingniang. 1980. Late Cretaceous-Early Paleogene sporopollen assemblages of the Jianghan basin and their stratigraphical significance. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology, 9: 121~171 (in Chinese with English abstract).
- Wang Daning. 1982. On the fossil proteaceous pollen in China. Acta Botanica Sinica, 24 (1): 85 ~ 93, 113 ~ 114 (in Chinese with English abstract).
- Wilson G P. 2014. Mammalian extinction, survival, and recovery dynamics across the Cretaceous-Paleogene boundary in northeastern Montana, USA. Geological Society of America Special Papers, 503: 365~392.
- Wu Qiqie, Yang Wenda, Hu Cunli, Zhou Quanchun, Liu Haiyan.
 1984. The boundary of Late Cretaceous and Paleogene in Jiangsu, Anhui and adjacent areas. Sciencein China (Series B), (7): 645~657(in Chinese with English abstract).
- Xu Baozheng. 1986. Discovery of Paleocene evaporite strata in Pingyi basin, Shandong. Professional Papers of Shandong Palaeontology, China Ocean Press: 33 ~ 41 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jinglin, Xu Jian, Liu Fengchen, Wang Rui, Shen Yixin. 2013. Ostracode faunas from the Gucheng and Bianqiao formation in Pingyi basin, Shandong. Acta Micropalaeontogical Sinic, 30(2): 145~165(in Chinese with English abstract).
- Yu Xuefeng, Du Shengxian, Wang Qifei, Liu Shucai, Zhou Li, Liu Fengchen, Lu Huinan, Chen and Cheng. 2014. Late Cretaceous ostracods from the Pingyi basin, Shandong Province, China. Acta Micropalaeontogical Sinica, 31(4): 387~404(in Chinese with English abstract).
- Zhang L, Wang C, Wignall B P, Kluge T, Wan X, Wang Q. 2018. Deccan volcanism caused coupled pCO2 and terrestrial temperature rises, and pre-impact extinctions in northern China. Geology ,46:271~274.
- Zhang Xianqiu, Li Gang. 2008. Ostracod faunas from the Luofozhai group in the Nanxiong basin of Guangdong Province, China. Acta Micropalaeontologica Sinica, 25 (1): 44 ~ 77 (in Chinese with English abstract).

- Zhang Xianqiu, Lin Jiannan, Li Gang, Ling Qiuxian. 2006. Nonmarine Cretaceous-Paleogene boundary section at Datang of Nanxiong, northern Guangdong. Journal of Stratigraphy, 30 (4): 327~340(in Chinese with English abstract).
- Zhang Xianqiu. 1984. Division and biota of the Ruofozhai group in Pingling section in Nanxiong basin. Journal of stratigraphy, 8 (4): 239~254(in Chinese with English abstract).
- Zhang Xianqiu. 1991. Discussion on the Cretaceous-Tertiary boundary in Nanxiong basin in the light of ostracod fauna. Guangdong Geology, 6 (3): 61-72 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xianqiu. 1992(a). A study on ostracod fauna of Shanghu formation and Cretaceous-Tertiary boundary in Nanxiong basin, Guangdong. Acta Palaeontologica Sinica, 31(6): 678~720(in Chinese with English abstract).
- Zhang Xianqiu. 1992 (b). Division and correlation of Shanghu formation in Nanxiong basin. Guangdong Geology, 7(1): 41~ 49(in Chinese with English abstract).
- Zhang Zengqi, Du Shengxian, Zhang Shangkun, Lu Huinan, Liu Shucai, Gao Liming, Song Xiangsuo, Yang Ning, Liu Fengchen, Zhou Li, Chen Cheng, Chen Jun. 2014. Reassessment of the Guanzhuang group in the Pingyi basin, Shandong. Journal of Stratigraphy, 38(1): 8~24(in Chinese with English abstract).
- Zhang Zengqi, Liu Mingwei, Song Zhiyong, Zhang Shufang, Luan Hengyan, Chi Shouxiang, Xu Lijun, Zhao Guanghua, Gao Meixia, Chi Peixing, Ai Xiansen, Zhang Chengji. 1996. Lithostratigraphy of Shandong Province. Wuhan: China University of Geoscience Press: 256 ~ 280 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zengqi, Liu Shucai, Du Shengxian, Shan Wei, Cheng Guangsuo, Zhang Shangkun, Zhang Yijiang, Zhang Chengji, Song Mingchun, Jiao Xiumei, Wang Shijin, Yang Enxiu, Song Zhiyong, Wang Lifa, Xu Kemin. 2011. Determination opinions on stratigraphic division and correlation in Shandong Province. Shandong Land and Resources, 27(9): 1~9(in Chinese with English abstract).
- Zhang Zengqi, Zhang Chengji, Wang Shijin, Liu Shucai, Wang Laiming, Du Shengxian, Song Zhiyong, Zhang Shangkun, Yang Enxiu, Cheng Guangsuo, Liu Fengchen, Chen Jun, Chen Cheng. 2014. Views on classification and contrast of tectonic units in strata in Shandong Province. Shandong Land and Resources, 30 (3): 1~23(in Chinese with English abstract).
- Zhao Zikui, Mao Xueying, Chai Zhifang, Ou Yanghong, She Dewei. 1998. Iridium anomaly of dinosaur eggshell across the Cretaceous-Teritiary boundary (K/T) in Nanxiong basin, Guangdong Province. Science in China (Series D),28(5): 425 ~430(in Chinese with English abstract).
- Zhao Zikui, Mao Xueying, Chai Zhifang, Yang Gaochuang, Ping Kong, Mitsuru Ebihara, Zhao Zhenhua. 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(1-2): 1~17.
- Zhao Zikui, Mao Xueying, Chai Zhifang, Yang Gaochuang, Zhang Fucheng, Yan Zheng. 2009. Geochemical environmental changes and dinosaur extinction during the Cretaceous-Paleogene (K/T) transition in the Nanxiong Basin, South China: Evidence from dinosaur eggshells. Chinese Science Bulletin,54(2): 201~209(in Chinese with English abstract).
- Zhao Zikui, Yan Zheng. 2000. Stable isotopic records of dinosaur eggshell across the Cretaceous-Teritiary boundary in Nanxiong basin, Guangdong Province: aignificance of stratigraphic and paleoenvironmental. Science in China (Series D),30(2): 135~ 141(in Chinese with English abstract).
- Zhao Zikui, Ye Jie , Wang Qiang. 2017. Dinosaur extinction and subsequent mammalian recovery during the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) transition in the Nanxiong Basin. Chinese Science Bulletin, 62(17):1869~1881(in Chinese with English abstract).

- Zhao Zikui, Ye Jie, Li Huamei, Zhao Zhenhua, Yan Zheng. 1991. Extinction of the dinosaurs across the Cretaceous-Teritiary boundary in Nanxiong basin, Guangdong Province. Vertebrata PalAsiatica, 29(1): 1~12(in Chinese with English abstract).
- Zheng Yahui, He Chengquan. 1984. Palynology of the Upper Cretaceous Taizhou formation in well Qin-30, northern Jiangsu. Bulletin of Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, 8: 55~119(in Chinese with English abstract).
- Zhou Mingzhen, Zhang Yuping, Wang Banyue, Ding Suyin. 1977. Paleocene mammalian fauna in Nanxiong, Guangdong. Palaeontologia Sinica, New C, 20: 1 ~ 100 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Shanfu, Wang Lianyuan. 1979. Two new genera from Taizhou formation in Rudong area, north Jiangsu. Selection of papers of 1st Academic Conference of Palynological Society of China, Beijing: Science Press: 89 ~ 92 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Shanfu, Zhou Liqing, Wang Weiming, Wu Yuyuan, Yang Xueying. 2009. Cretaceous and its angiosperm pollen and evolution in Jiangsu. Hangzhou: Zhejiang University Press: 1 ~470(in Chinese with English abstract).
- Zhu Dagang, Meng iangang, Shao Zhaogang, Lei Weizhi, Wang Jin, Han Jianen, Yu Jia, Lv Rongping, Wang Yan. 2008. The age of Paleogene strata in the Pingyi-Mengyin area, Shandong, China. Geological Bulletin of China, 27(7): 1085 ~ 1091 (in Chinese with English abstract).

参考文献

- 曹光跃,薛怀民,刘哲,路增龙.2018.鲁西临朐地区早白垩世青山群 火山岩的年代学、地球化学及岩石成因.地质学报,92(03):503 ~519.
- 陈丕基,施泽龙,叶宁,叶得泉. 1998. 松花江生物群与东北白垩系地 层序列. 古生物学报,37(3):380~385.
- 陈丕基,万晓樵,曹流,李罡. 2008.中国陆相白垩系富饶阶研究进展.见:王泽九、黄枝高主编.中国主要断代地层建阶研究.北京:地质出版社:65~73.
- 陈丕基,万晓樵,刘耕武,曹美珍,王启飞,曹流,李罡,王亚琼. 2012. 富饶阶的时代归属.地层学杂志,36(4):764~772.
- 陈丕基. 1986.广东南雄上湖组叶肢介化石的发现一兼论中国古新 世陆相地层.古生物学报,25(4):380~393.
- 杜圣贤,卢辉楠,刘书才,杨宁,高黎明,冯志平,宋香锁,刘凤臣. 2013.山东平邑盆地晚白垩世孢粉化石.微体古生物学报,,30 (04):379~388.
- 杜圣贤,王启飞,宋香锁,季兴开,刘凤臣,陈梅.2015.山东平邑盆地 古新世孢粉组合及其古气候意义.微体古生物学报,32(4):419 ~429.
- 关绍曾,庞其清,萧宗正.1997a.鲁西南莱芜、蒙阴、平邑盆地早第三 纪地层的划分和对比.化工矿产地质,19(3):149~161.
- 关绍曾,庞其清,萧宗正.1997b. 山东平邑盆地始新世介形类. 微体 古生物学报,14(3): 321~ 340.
- 郭宪璞,丁孝忠,赵子然,李建锋.2018. 塔里木盆地西南地区晚白垩 世中晚期海相性南北分异研究. 地质论评,64(05):1078 ~1086.
- 何俊德.1979.广东南雄盆地晚白垩世一早始新世介形类化石.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,华南中、新生代红层.科学出版社:240~271.
- 侯祐堂,陈德琼,杨恒仁,何俊德,周全春,田慕劬.1982.江苏地区白 垩纪一第四纪介形类动物群.北京:地质出版社.1~298.
- 黄仁金,张捷芳.1984. 广东三水盆地晚白垩世一早第三纪轮藻.中 国科学院南京地质古生物研究所丛刊,9:169~217.
- 黄仁金,赵正忠. 1989. 苏北盆地泰州组、阜宁组一段轮藻及时代. 见:江苏石油勘探局地质科学研究院、中国科学院南京地质古 生物研究所著,苏北盆地泰州组、阜宁组一段地层古生物.南 京:南京大学出版社.111~127.
- 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.

- 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.
- 李莎,高琴琴,张翼翼,屈海英,王曼艳,万晓樵. 2013. 松辽盆地"松 科1井(北孔)"晚白垩世晚期至古新世早期轮藻化石组合. 微体 古生物学报,30(1):1~16.
- 李守军,郑德顺,蔡进功,杨永红,孙锡文,杨品荣.2003.鲁北和鲁西 南地区古近纪盆地沉积特征与控制因素探讨.地质论评.49 (3):225~232.
- 李伟同,刘耕武,Dennis R. Braman,曹卫生,陈钦保,Don Brinkman. 2010. 湖北当阳陆相白垩系一古近系界线层型问题值得深入研究.地层学杂志,34(2):187~206.
- 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(11):855~857.
- 李伟同. 2003.中国当阳跑马岗组白垩一古近系界线附近的轮藻组合. 微体古生物学报,20(2):183~186.
- 凌秋贤,张显球,林建南. 2005.南雄盆地白垩纪一古近纪地层研究 进展,地层学杂志,29(B11):596~601.
- 刘耕武, Dennis R. Braman, 李伟同, Don Brinkman. 2009. 北美西部 陆相白垩系一古近系界线孢粉学特征简介一兼评中国东部白 垩系一古近系界线研究. 地层学杂志, 33(1):18~34.
- 刘牧灵. 1990. 东北地区晚白垩世一第三纪孢粉组合序列. 地层学杂志, 14(4):277~285.
- 刘牧灵.1983.黑龙江富饶地区晚白垩世晚期至古新世孢粉组合.中 国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊,7:99~132.
- 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(3):190~203.
- 曲日涛,杨景林,王启飞,常国贞.2006.鲁西南地区官庄群的地层对 比及时代讨论.地层学杂志,30(4):356~365.
- 戎嘉余,李建国,张海春,朱学剑. 2003.全球已批准的和潜在的层型 剖面和点位(GSSPs).地层学杂志,23(1):11~18.
- 宋之琛,郑亚惠,刘金陵,叶萍宜,王从风,周山富.1981.江苏地区白 垩纪-第三纪孢粉组合.北京:地质出版社:1~268.
- 孙革,全成,孙春林,孙跃武,雒昆利,吕建生.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 (2):137~142.
- 孙革,孙春林,董枝明,孙跃武,吕建生,熊宪政,周忠立,余福林,邢 玉玲,全成,M. A. Akhmetiev, A. R. Ashraf, E. Bugdaeva, D. L. Dilcher, L. Golovneva, K. Johnson, T. Kezina, T. Kodrul, H. Okada. 2003. 黑龙江嘉荫地区白垩纪一第三纪界线初步观察. 世界地质,22(1):8~14.
- 孙革,孙春林,孙跃武,杨惠心,陈跃军. 2013.黑龙江嘉荫 K-Pg(K -T)界线研究进展.中国古生物学会第十一次全国会员代表大 会暨第 27 届学术年会论文摘要集:177~178.
- 孙孟蓉,孙素英.1982.南雄盆地古新世的孢粉组合.中国地质科学院地质研究所集刊,5:127~148.
- 孙湘君,何月明.1980. 江西古新世孢子花粉.北京:科学出版社.1 ~143.
- 童永生,李曼英,李茜. 2002. 广东南雄盆地白垩系一古近系界线. 地 质通报,21(10):668~674.
- 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.
- 王大宁,赵英娘.1980. 江汉盆地晚白垩世一早第三纪早期孢粉组合 特征及其地层意义. 地层古生物论文集,9:121~171.
- 王大宁. 1982. 我国山龙眼类(Proteaceous)化石花粉. Journal of Integrative Plant Biology,1: 85~93+113~114.
- 吴其切,杨文达,胡存礼,周全春,刘海燕. 1984. 苏皖及邻区上白垩 统与第三系的界限.中国科学(B辑),(7):645~657.

- 徐宝政. 1986.山东平邑盆地古新世含蒸发岩地层的发现.山东古生物地层论文集,海洋出版社:33~41.
- 杨景林,徐健,刘凤臣,王睿,沈一新.2013.山东平邑盆地固城组和 卞桥组的介形类动物群.微体古生物学报,30(2):145~165.
- 于学峰,杜圣贤,王启飞,刘书才,周丽,刘凤臣,卢辉楠,陈诚. 2014. 山东平邑盆地晚白垩世介形类.微体古生物学报,31(04):387 ~404.
- 张显球,李罡. 2008.广东南雄盆地罗佛寨群星的介形类动物群.微 体古生物学报,25(1):44~77.
- 张显球,林建南,李罡,凌秋贤. 2006.南雄盆地大塘白垩系一古近系 界线剖面研究.地层学杂志,30(4):327~340.
- 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(b). 南雄盆地上湖组的划分与对比. 广东地质,7(1): 41~49.
- 张显球.1991. 从介形类动物群论南雄盆地白垩-第三系界线. 广东 地质,6(3):61~72
- 张显球.1992(a). 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.
- 张增奇,杜圣贤,张尚坤,卢辉楠,刘书才,高黎明,宋香锁,杨宁,刘 凤臣,周丽,陈诚,陈军. 2014.山东平邑盆地官庄群有关地层的 重新厘定.地层学杂志, 38(01):8~24.
- 张增奇,刘明渭,宋志勇,张淑芳,栾恒彦,迟守祥,徐立军,赵光华, 高美霞,迟培星,艾宪森,张成基.1996.山东省岩石地层,全国 地层多重划分对比研究(37).武汉:中国地质大学出版社.256 ~280.
- 张增奇,刘书才,杜圣贤,单伟,程光锁,张尚坤,张义江,张成基,宋 明春,焦秀美,王世进,杨恩秀,宋志勇,王立法,许克民. 2011. 山东省地层划分对比厘定意见.山东国土资源,27(9):1~9.
- 张增奇,张成基,王世进,刘书才,王来明,杜圣贤,宋志勇,张尚坤, 杨恩秀,程光锁,刘凤臣,陈军,陈诚. 2014.山东省地层侵入岩 构造单元划分对比意见.山东国土资源,30(3):1~23.
- 赵资奎,毛雪瑛,柴之芳,欧阳宏,佘德伟.1998.广东南雄盆地白垩 系-第三系(K/T)交界恐龙蛋壳的铱丰度异常.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 白垩系一第三系(K/T)过渡时期地球化学环境变化和恐龙灭 绝:恐龙蛋化石提供的证据. 科学通报,54(2):201~209.
- 赵资奎,严正.2000.广东南雄盆地白垩系一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):1~12.
- 赵资奎,叶捷,王强. 2017. 南雄盆地白垩纪一古近纪交界恐龙灭绝 和哺乳动物复苏. 科学通报, 62(17):1869~1881.
- 郑亚惠,何承全. 1984. 苏北钦 30 井晚白垩世泰州组的孢粉学. 中国 科学院南京地质古生物研究所丛刊,8:55~117.
- 周明镇,张玉萍,王伴月,丁素因.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.
- 周山富,王连元.1979. 江苏北部如东地区泰州组中的两个新属.中 国孢粉学会第一届学术会议论文选集.北京:科学出版社.89 ~92.
- 周山富,周荔青,王伟铭,吴聿元,杨学英. 2009.江苏白垩系及其被 子植物花粉和演化.杭州:浙江大学出版社:1~470.
- 朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,雷伟志,王津,韩建恩,余佳,吕荣平,王艳. 2008.山东平邑—蒙阴地区古近纪地层时代讨论.地质通报, 27(7):1085~1090.

The Cretaceous-Paleocene biostratigraphy and boundary in the Pingyi Basin, Shandong province

DU Shengxian^{*1,2)}, LIU Fengchen^{1,2)}, CHEN Jun^{1,2)}, GAO Liming^{1,2,3)},

SONG Xiangsuo^{1,2)}, CHEN Cheng^{1,2)}, TIAN Xinglei^{1,2,4)}, ZHANG Zengqi^{1,2)}, LIU Shucai^{1,2)}

1) Shandong Institute of Geological Sciences, Jinan, 250013;

2) Key Laboratory of Gold Mineralization Processes and Resources Utilization Subordinated

to the Ministry of Land and Resources, Jinan, 250013;

3) Caoxian Bureau of Land and Resources, Caoxian, 274400;

4) Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101

* Corresponding author: dushengxian@126.com

Abstract

The Cretaceous-Paleogene interval witnessed the most important events including the extinction of dinosaurs and other organisms and the rise of mammals. Therefore, the Cretaceous-Paleogene boundary (KPB) has received highly concerns worldwide. In order to find a more continuous and more typical nonmarine KPB profile, extensive geological survey, profiling, scientific drilling, systematic sample collection and chemical analysis were carried out in the Pingyi Basin, Shandong province. Three typical sections of carbonate lacustrine facies with KPB were selected. Based in the identification of a large number of fossils, one charophyte assemblage of "Festiella anluensis-Microchara cristata-Chara yuntaishanensis var. acuta", one ostracod fauna of "Talicypridea reticulate-Mongolocypris distribute-Ziziphocypris simakovi-Frambocythere tumiens is ferreri" and one sporopollen assemblage of "Ulmipollenites + Ulmoideipites-Rugubivesiculites-Schizaeoisporites" are established in the lower part of Member I of Dianqiao Formation. Besides, one charophyte assemblage of "Peckichara zhijiangensis-Gyrogona wubaoensis-Stephanochara huangjianensis-Peckichara varians", one ostracod fauna of "Candona biaoqiaoensis-Cyclocypris changleensis-Cypridea" and one sporopollen assemblage of "Deltoidospora-Ephedripites-Parcisporites parvisaccus-Ulmi pollenites minor" are established in the upper part of Member I of Diangiao Formation. According to the characteristics of fossil assemblages, the KPB should be placed in the first member (Member I) of the Bianqiao Formation. This study clarified the Late Cretaceous-Paleocene biological assemblages in the Pingyi Basin, which is of great importance for studying the evolution law of biota near K/Pg and restore the evolution law of paleoclimate, paleogeography, paleoecology and carbonate lake basin in the Pingyi Basin.

Key words: Non-marine; Boundary of Cretaceous and Paleogene; Biostratigraphy; Bianqiao Formation; Pingyi Basin