

广东南雄白垩系及恐龙蛋到鸟蛋演化研究

方晓思¹⁾, 李佩贤²⁾, 张志军¹⁾, 张显球³⁾, 林有利⁴⁾, 郭盛斌⁴⁾
程业明¹⁾, 李震宇⁵⁾, 张晓军¹⁾, 程政武²⁾

1)中国地质博物馆, 北京 100034; 2)中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;
3)中国新星石油广州公司, 广东三水 528133; 4)广东南雄市国土资源局, 广东南雄 512400;
5)中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

摘 要: 首次实测了南雄盆地一条完整的白垩系剖面; 沿剖面在 66 个层位中采集到蛋化石, 新建了 1 个恐龙蛋科, 2 个属及 6 个种; 在厘定南雄盆地和丹霞盆地的岩石地层后, 统一提出了一套白垩纪地层单位名称。另外通过对羽状蛋化石的研究, 揭示出恐龙蛋到鸟蛋的进化, 是由于蛋壳棱柱层产生了变异, 出现了从‘层状结构’到‘羽状结构’的转变; 与现代鸟禽类对比后确认, 恐龙蛋的棱柱层相当于鸟禽类的鳞片层(带); 具有羽状结构的蛋化石是恐龙蛋演化到鸟蛋的一种中间类型。

关键词: 白垩系; 羽状蛋; 恐龙蛋 - 鸟禽蛋; 进化; 南雄盆地

中图分类号:P534.53; Q915.21 文献标志码:A 文章编号: 1006-3021(2009)02-167-20

Cretaceous Strata in Nanxiong Basin of Guangdong and the Evolution from the Dinosaur Egg to the Bird Egg

FANG Xiao-si¹⁾, LI Pei-xian²⁾, ZHANG Zhi-jun¹⁾, ZHANG Xian-qiu³⁾, LIN You-li⁴⁾,
GUO Sheng-bin⁴⁾, CHENG Ye-ming¹⁾, LI Zhen-yu⁵⁾, ZHANG Xiao-jun¹⁾, CHENG Zheng-wu²⁾

1) *Geological Museum of China, Beijing 100034*; 2) *Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037*;
3) *China New Petroleum (Guangzhou) Co., Sanshui, Guangdong 528133*;
4) *Nanxiong Bureau of Land and Resources, Nanxiong, Guangdong 512400*;
5) *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

Abstract: A complete Cretaceous stratigraphic section in Nanxiong Basin was surveyed, and lots of dinosaur eggs including a new family, two genera and six species were found from sixty-six layers in this section. A unified stratigraphic nomenclature for the strata of Nanxiong Basin and Danxia Basin is proposed on the basis of stratigraphic correlation. The findings of the Pinnatoolithidae reveal the evolution from the dinosaur egg to the bird egg, which is characterized by the variation of the prismatic layer of egg shell from the layer structure to the pinnate structure. Compared with eggs of the living bird, the prismatic layer of the dinosaur egg should correspond to the layer of squamate aggregates of the bird, and the egg with the pinnate structure is the transition from the dinosaur egg to the bird egg.

Key words: Cretaceous; Pinnatoolithidae; dinosaur egg-bird egg; evolution; Nanxiong Basin

蛋化石研究是中国地质博物馆古生物学研究的特色之一, 自 1993 年以来曾先后在河南西峡、豫西南-鄂西北、浙江天台、广东河源等地, 结合生物地

层广泛开展了盆地宏观沉积研究, 对解决地层问题以及地质资料的积累都起到积极的作用。随着研究的深入, 笔者又逐渐将目标对准了粤东北一带陆相

本文由国土资源部国家地质遗迹评价体系研究项目(200711)资助。

收稿日期: 2008-03-16; 改回日期: 2009-02-20。

第一作者简介: 方晓思, 男, 1949 年生。研究员。从事微体古生物、恐龙动物及中生代地层学研究。通讯地址: 100034, 北京西四羊肉胡同 15 号。电话: 010-66557461。E-mail: fangxiaosi@sina.com。

白垩系,特别致力于南雄盆地的资料收集工作。近五年来,在前人研究的基础上,先后在广东南雄、河源、三水等地区进行着不同程度的地质考察,并不断丰富蛋化石资料。其中重要的进展有,厘定了南雄群的含义,全面提出了白垩纪岩石地层划分方案;修订了南雄盆地白垩系地质分布图;测制了南雄武台岗白垩系-古近系界线剖面;报道了河源盆地地层和蛋化石序列。这期间(2006年)还参与了追缴流失海外的恐龙蛋化石的工作,协助国土资源部进行考察,由此得到大量有价值的信息。上述一系列工作,为此次深入研究做好了铺垫。在中国地质博物馆支持下,2008年初笔者有针对性地对广东南雄盆地开展了蛋化石地层、白垩纪/第三纪界线划分等项研究。可以相信这些工作无论从近期或是从长远考量,都具有重大意义。

南雄盆地位于广东北部,跨粤赣两省,面积约1800 km²,其中广东境内约占1240 km²。南雄盆地是一个受断裂带控制的断陷盆地,呈北东-南西向分布。盆内的白垩系-古近系是一套沉积连续的陆相红色岩层,自下而上地层层型为:长坝组、南雄群(园圃组、主田组、淡水组)、罗佛寨群(上湖组、浓山组、古城村组)。地层出露大量爬行动物、哺乳动物、蛋化石以及介形虫、叶肢介、半咸水有孔虫等化石,丰富的地质资料为中、新生代及其界线研究提供了绝好的条件。但长期以来南雄盆地缺少一条完整描述白垩纪沉积的剖面,特别是出露于南雄群之下的一套早白垩世地层。由于这套地层长期被忽略,以至于影响到与丹霞盆地的对比。此次地质考察,其中一项重要的野外工作就是测制白垩系剖面,将南雄盆地东南部边缘地层补充进去。同时还详细收集了介形虫样品以及古地磁材料、沿所测剖面由下而上统计出共有66层蛋化石产出层位;结合广东三水盆地、新疆准噶尔盆地蛋化石类型建立了1个新科,2个新属和6个新种,丰富了南雄蛋化石的演化序列;揭示出在恐龙蛋到鸟蛋的演化过程中,蛋壳结构出现的变异现象。

1 地层剖面

核工业部263地质队(1981)曾经测制过1:5万南雄盆地K-E地质剖面,在当时仅作为内部资料没能公开发表,以至于影响了对南雄群下伏松山组的了解。这套沉积由于分布局限,缺少深入工作,没有分辨出其间的假整合关系,长期以来把它归入南雄群。新测剖面包括了松山组,通过区域对比现已修订为长坝组。实测剖面由南雄的新龙以南作为起点,

方向大体NW向,测制终点止于坪岭K/E界碑处。实测中有2处大的平移,第一次由长坝组14层顶部向西移至东岭下村西北小山丘;第二次从乌逢井下村向西平移,至黄坑大塘面东南,主田组第一段顶部。第二次平移的距离较长,标志物以大套暗紫红色厚层粉砂岩、砂岩为主,因此在剖面的衔接处可能会出现误差,地层难免会有少量的缺失或叠加,但剖面地层总体是连续的。为此剖面的这部分平移被称为‘黄坑大塘面—杨梅坑—坪岭剖面’,并附加上新层号,与新龙-黄塘剖面可以作为连续剖面,也可看作上下2个剖面。

按宏观三级旋回标准,整个南雄白垩系发育了3个次一级的地层沉积旋回,自下而上划分为长坝组、园圃组、主田组、淡水组四个岩石地层单位。

长坝组 南雄盆地最下部一套厚300~500 m的红色碎屑岩沉积,曾一直被归入南雄群。20世纪80年代核工业部263地质队确认这套地层与南雄群之间存在假整合面,随之将其从南雄群划分出来,命名为松山组,并按白垩纪3分的观点将其时代置于中白垩世。李佩贤等(2007)曾引用了这一地层单位,确定为第I个沉积旋回。同丹霞盆地比较,松山组与长坝组形成时代相当,沉积特征相同,两盆地相邻,能够进行对比。考虑到长坝组这一地层单位已在公开刊物发表,并有介形虫、轮藻、孢粉等化石作为依据,为避免名称重复,笔者将松山组取消,沿用长坝组地层名称。长坝组由张显球创建于广东丹霞盆地(1992)。长坝组分布于盆地边缘及盆地中央地势较低处,厚度2000~2500 m,按岩性组合可划分为4个段,从下往上具有粗-细到粗-细的变化规律。

园圃组 南雄群下部地层,是一套以粗碎屑岩为主的沉积,岩性形成紫红、棕红色厚-巨厚层砾岩、砂砾岩、砂岩、中-厚层粉砂岩、泥质粉砂岩一种韵律。老的“园圃组”一名最早由赵资奎等(1991)使用,李佩贤等(2007)按沉积旋回将老的“园圃组”分解为新的‘园圃组’和主田组。修订后的‘园圃组’代表了第II个完整的沉积旋回,相当于Erben等(1995)的I-III段地层。新的‘园圃组’与大风组的区别在于,大风组包括了新的‘园圃组’和长坝组。

主田组 分布于盆地中部淡水河一带,是一套以棕红色粉砂岩、泥岩为主的地层,属第III套沉积旋回的中-下部地层。该组由张显球(1981)命名于南雄大风一带,最早称为主田段,后改称主田组。2007年李佩贤等将主田组从老的“园圃组”划分出来,主田组可与Erben划分的IV-V段地层对比。

涑水组 是一套红色碎屑岩, 下部为棕红色砂砾岩、含砾砂岩, 上部为棕红色粉砂岩、粉砂质泥岩互层, 属第 III 套沉积旋回的上部地层。最初由张显球(1981)命名为涑水段, 后改为涑水组, 相当

Erben 的 VI 段地层。赵资奎等(1991)曾将这段地层命名为“坪岭组”, 与张显球(1984)所建古近系上湖组坪岭段名称重复, 二者涉及的地层含义也完全不同, 因此“坪岭组”一名应废弃。

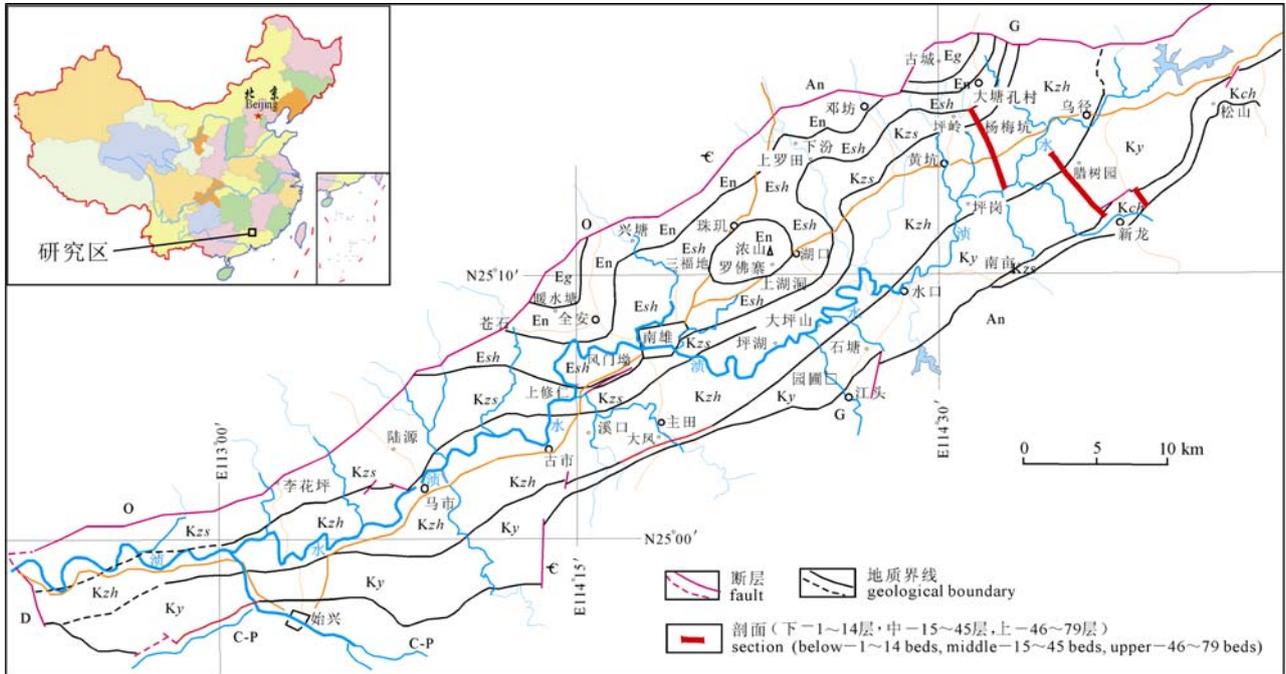


图 1 广东南雄剖面位置图 (据李佩贤等, 2007)

Fig. 1 Location of the Nanxiong geological section in Guangdong (modified from LI Peixian et al., 2007)

Eg-古城村组 En-农山组 Esh-上湖组 Kzs-涑水组 Kzh-主田组 Ky-园圃组 Kch-长坝组 C-P-石炭~二叠系 D-泥盆系
 C-寒武系 O-奥陶系 Ar-太古界 G-花岗岩-花岗闪长岩
 Eg-Guchengcun Fm., En-Nongshan Fm., Esh-Shanghu Fm., Kzs-Zhenshui Fm., Kzh-Zhutian Fm., Ky-Yuanpu Fm., Kch-Changba Fm.,
 C~P-Carboniferous~Permian, D-Devonian, E-Cambrian, O-Ordovician, Ar-Archean, G-Granite~Granodiorite

黄坑大塘面—杨梅坑—坪岭剖面

上覆地层 上湖组坪岭段(E_{1sh}) 暗紫色粉砂岩含不规则大结核, 自界线至界碑处厚 0.3 m, 界碑之上 2.7 m 出现砂岩透镜体

整合

涑水组(K_{2zhs}) 170.8 m

- 79 (34) 鲜紫红色中层状粉砂岩, 含规则小结核砂岩, 小结核层之下见恐龙蛋 08PM-79-1 *Macroolithus yaotunensis* 4.2 m
- 78 (33) 暗紫红色厚层状砂砾岩、砂岩, 向上过渡为紫红色砂岩与粉砂岩不等厚互层, 中部夹有一层厚 80cm 粗砂岩, 顶部出现砂岩与砂砾岩层互层, 见恐龙蛋 08PM-78-1 *Macroolithus yaotunensis* 20.0 m
- 77 (32) 暗紫红色厚层含钙泥质粉砂岩夹有薄-厚层状砂砾岩, 向上为紫红色砂岩、粉砂岩, 见 2 层蛋化石 08PM-77-2 *Macroolithus yaotunensis*, *Elongatoolithus andrewsi*, 08PM-77-1 *Macroolithus yaotunensis* 16.2 m
- 76 (31) 暗紫红色含砾粗砂岩与紫红色砂岩互层, 砂岩中有小结核, 见恐龙蛋 08PM-76-1 *Macroolithus yaotunensis* 20.8 m
- 75 (30) 暗紫红色粗砂岩夹厚层状含砾砂岩透镜体, 见 2 层蛋化石 08PM-75-2 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-75-1 *Macroolithus yaotunensis* 38.5 m
- 74 (29) 紫红色厚层含砾砂岩、砂岩与紫红色砂岩不等厚互层, 向上出现厚层状砾岩透镜体, 见 4 层蛋化石 08PM-74-4 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-74-3 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-74-2 *Elongatoolithus andrewsi*, *Elongatoolithus elongatus*, 08PM-74-1 *Macroolithus rugustus*, Erben 孢粉界线带自 74 层底部向上 20m 范围内 43.5 m

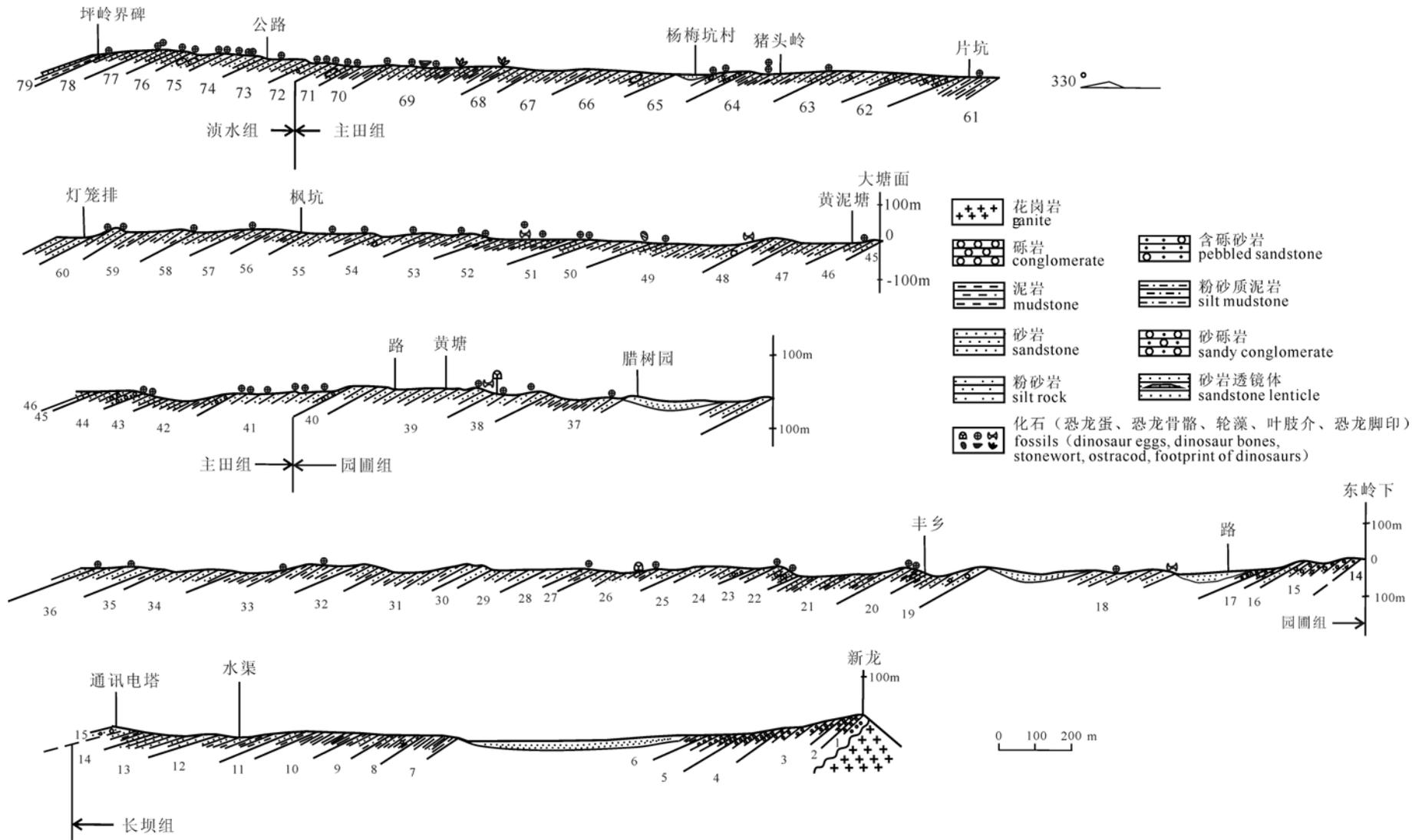


图 2 南雄白垩系新龙—坪岭实测剖面
 Fig. 2 Cretaceous section at Xinlong-Pingling in Nanyang, Guangdong

- 73 (28) 灰紫色厚层状粗砂岩与紫红色粉砂岩互层, 见蛋化石层 08PM-73-1 *Elongatoolithus andrewsi*, *Elongatoolithus elongatus* 17.7 m
- 72 (27) 暗紫红色厚层状含砾粗砂岩, 见 2 层恐龙蛋 08PM-72-2 *Elongatoolithus andrewsi*, *Elongatoolithus elongatus*, *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-72-1 *Macroolithus yaotunensis* 9.9 m
- 整合 —————
- 主田组(K₂zht) 1216.1 m**
- 71 (26) 底部暗紫红色砾岩透镜体及暗紫红色厚层中-粗粒砾岩, 向上砂岩间夹紫红色中层状粉砂岩, 其中含小结核, 上部暗紫红色厚层中-粗粒含砾砂岩, 见 2 层蛋化石 08PM-71-2 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-71-1 *Macroolithus yaotunensis*, *Pinnatoolithus shitangensis* 21.7 m
- 70 (25) 灰绿色中层状粗砂岩与棕紫红色砂岩、粉砂岩互层, 向上以紫红色泥质粉砂岩、粉砂岩为主, 夹灰绿色薄层砂岩, 见 2 层蛋化石 08PM-70-2 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-70-1 *Elongatoolithus andrewsi* 27.4 m
- 69 (24) 底部灰绿色中-厚层细砂岩与紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩不等厚互层, 粉砂岩面见风化的片状钙质结核, 灰绿色砂岩共 5 层, 其中有恐龙脚印及虫管, 向上为紫红色粉砂岩与泥质粉砂岩, 见 2 层叶肢介及 2 层恐龙蛋 08PM-69 - 2 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-69-1 *Elongatoolithus elongatus* 74.7 m
- 68 (23) 暗紫红色粉砂岩、泥质粉砂岩 23.7 m
- 67 (22) 紫红色厚层粉砂岩夹泥岩、灰绿色薄层粗粉砂岩, 见恐龙脚印 47.0 m
- 66 (21) 下部暗紫红色粉砂岩夹断续出现的暗紫红色含砾砂岩透镜体, 粉砂岩常分布钙质结核, 向上夹薄层灰绿、紫红色砂岩; 上部紫红色泥质粉砂岩夹粉砂质泥岩 57.1 m
- 65 (20) 暗紫红色厚层含砾砂岩, 上部含砾砂岩透镜体, 见恐龙蛋层 08PM-65-1 *Macroolithus yaotunensis* 27.3 m
- 64 (19) 灰绿色、暗紫红色薄层细砂岩, 向上暗紫红色泥质粉砂岩、钙质结核逐渐增多, 见 2 层蛋化石 08PM-64-2 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-64-1 *Macroolithus yaotunensis* 58.3 m
- 63 (18) 暗紫红色含砾砂岩夹灰绿、棕紫色薄层砂岩, 向上为紫红色粉砂岩、泥质粉砂岩, 含少量砾石及钙质结核, 向上砾石含量增大 34.3 m
- 62 (17) 暗紫红色含砾砂岩夹粉砂岩 57.7 m
- 61 (16) 暗紫红色粉砂岩夹砂岩, 向上变为暗紫红色厚层状泥质粉砂岩, 见蛋化石 08PM-61-1 *Elongatoolithus andrewsi* 122.8 m
- 60 (15) 暗紫红、灰绿色厚层砂岩、含砾砂岩与粉砂岩互层, 层面见虫管, 见 2 层蛋化石 08PM-60-2 *Macroolithus rugustus*, 08PM-60-1 *Elongatoolithus andrewsi*, *Elongatoolithus elongates* 13.5 m
- 59 (14) 下部暗紫红色中层状细砂岩与粉砂岩、泥质粉砂岩互层, 上部粉砂质泥岩与泥质粉砂岩互层, 见蛋化石 08PM-59-1 *Elongatoolithus andrewsi* 51.7 m
- 58 (13) 暗紫红色厚层砂岩含少量砾石, 与粉砂岩互层, 向上钙质结核增多 10.9 m
- 57 (12) 暗紫红色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹薄层暗紫红色砂岩, 向上粉砂岩中含砾, 见恐龙蛋 08PM-57-1 *Pinnatoolithus nanxiongensis* 11.1m
- 56 (11) 暗紫、灰绿色中层含砾砂岩与泥质粉砂岩不等厚互层, 上部夹薄层含细砾砂岩层 23.2 m
- 55 (10) 暗紫红色厚层状砂岩夹暗紫红色粉砂岩, 向上夹灰绿色薄层砂岩, 砂岩层面见虫管, 见 2 层蛋化石 08PM-55-2 *Elongatoolithus andrewsi*, 08PM-55-1 *Pinnatoolithus nanxiongensis* 及骨片 21.6 m
- 54 (9) 暗紫红色中层砂岩与粉砂岩不等厚互层, 向上砂岩变厚并含细砾砂岩及钙质结核, 见蛋化石 08PM-54-1 *Elongatoolithus elongatus* 34.4 m
- 53 (8) 暗紫红、灰绿色中层状泥质、粉砂质细砂岩与暗紫红色泥质粉砂岩不等厚互层, 向上砂岩层变薄层, 粉砂岩层面见有虫管, 石膏解理发育, 向上夹暗紫红色厚层含砾砂岩, 见 3 层蛋化石 08PM-53-3 *Elongatoolithus andrewsi*, *Elongatoolithus andrewsi*, 08PM-53-2 *Elongatoolithus andrewsi*, 08PM-53-1 *Elongatoolithus andrewsi* 46.1 m
- 52 (7) 暗紫红色厚-中层状泥质粉砂岩、粉砂质泥岩, 偶夹灰绿、紫红色薄层粉砂岩, 局部出现含砾透镜体, 见 2 层恐龙蛋片 08PM-52-2 *Elongatoolithus andrewsi*, 08PM-52-1 *Elongatoolithus andrewsi* 及骨片 51.9 m
- 51 (6) 下部为中层-薄层状暗紫灰红色砂岩, 个别层位含砾与紫红色泥质粉砂岩互层, 上部暗紫红色泥质粉砂岩与粉砂质泥岩互层, 顶部紫红色厚层含砾砂岩与紫红色粉砂岩互层, 见 2 层蛋化石 08PM-51-2 *Lanceoolithus xiapingensis*, 08PM-51-1 *Elongatoolithus andrewsi*, *Elongatoolithus elongates* 及瓣鳃化石 15.6 m

- 50 (5) 暗紫红色厚层砂岩夹浅绿色细砂岩, 与暗紫红色泥质粉砂岩不等厚互层, 向上砂岩中含砾, 中上部多为紫红色泥质粉砂岩及粉砂质泥岩, 产轮藻、鱼牙? 34.2 m
- 49 (4) 暗紫红色泥质粉砂岩含规则的小结核, 直径 0.5-1.5cm, 该层上部夹薄层灰绿、紫红色砂岩, 见 2 层恐龙蛋片, 08PM-49-2 *Lanceoololithus xiapingensis*, 08PM-49-1 *Elongatoolithus andrewsi*, *Lanceoololithus xiapingensis* 以及 2 种片状骨片 47.6m
- 48 (3) 暗紫红色细砂岩与紫红色泥质粉砂岩不等厚互层, 夹豆状砂岩透镜体 20.6 m
- 47 (2) 暗紫红色泥质粉砂岩与夹暗紫色薄层细砂岩粉砂质泥岩互层, 砂岩中含微砾 41.4 m
- 46 (1) 暗紫红色厚层状粉砂岩、砂岩夹紫红色薄层泥质粉砂岩, 见骨骼化石和恐龙蛋 08PM-46-1 *Elongatoolithus andrewsi* 26.1 m
至黄坑大塘面东南主田组第一段顶部 25° 13' 13.8"N, 114° 31' 48.4"E

新龙—黄塘实测剖面

自乌迳井下村北 25°14' 32.4"N, 114° 35' 19.1"E 处向西平移 4000 m。

- 45 暗棕紫红色粉砂岩, 底部为薄层状细砾岩, 间夹紫红色粉砂质泥岩及少量含砾砂岩 1.1 m
- 44 灰绿色含砾砂岩夹暗紫红色泥质砂岩透镜体与暗紫红色泥质粉砂岩互层 34.0 m
- 43 棕紫红色中层状砂岩夹暗紫红色泥质粉砂岩、灰绿色粉砂岩, 在下部还出露有中层状细砾岩, 见 2 层恐龙蛋 08PM-43-2 *Macroolithus rugustus*, 08PM-43-1 *Elongatoolithus elongatus* 25.8 m
- 42 下部棕黄色含砾砂岩、砂岩夹暗紫红色暗棕紫色粉砂岩, 中部为紫红色粉砂泥岩夹薄层状泥质砂岩, 偶夹灰绿色粉砂岩, 上部紫红色泥质砂岩夹暗棕红色中-薄层砂岩 29.1 m
- 41 底部含砾砂岩, 向上过渡为中-厚层砂岩, 风化后呈棕黄色, 逐渐砂岩层变薄, 粉砂岩、泥岩增多, 并夹有 5cm 厚的细砾岩层, 宏观上形成叠瓦状地貌, 泥质粉砂岩风化后呈棕黄色, 粉细砂岩层面风化后呈瘤状, 在 6 个层位上见到恐龙蛋 08PM-41-6 *Macroolithus rugustus*, 08PM-41-5 *Macroolithus lashuyuanensis*, 08PM-41-4 *Pinnatoolithus shitangensis*, 08PM-41-3 *Pinnatoolithus shitangensis*, *Elongatoolithus elongatus*, 08PM-41-2 *Pinnatoolithus nanxiongensis*, *Pinnatoolithus shitangensis*, *Elongatoolithus elongatus*, *Protornithoolithus huangtangensis*, 08PM-41-1 *Pinnatoolithus nanxiongensis* 及骨骼化石 124.5 m

整合

- 园圃组 (K₂y)** 1420.8 m
- 40 暗紫红色中-厚层砂岩与暗紫红色粉砂质泥岩互层 27.9 m
- 39 暗紫红色中层状含砾砂岩与暗紫红色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩互层, 粉砂质泥岩层面发育虫管, 向上夹有灰绿色薄层粉砂质泥岩, 出现小结核, 见骨化石和蛋化石 08PM-39-1 *Macroolithus yaotunensis* 72.0 m
- 38 暗紫红色厚层粉砂岩与厚层泥质粉砂岩互层, 偶夹灰绿色粉砂岩, 见 2 层恐龙蛋 08PM-38-2 *Macroolithus yaotunensis*, 08PM-38-1 *Macroolithus lashuyuanensis* 41.4 m
- 37 暗紫红色砂岩与粉砂岩互层, 向上粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩增厚、增多, 砂岩层变薄, 见恐龙蛋 08PM-37-1 *Elongatoolithus elongatus* 87.6 m
- 36 暗紫红色厚层状粉砂泥岩与棕红色粉砂岩互层, 其中个别粉砂岩层中含有砾, 砾石次圆, 砾径 0.5-3cm 左右, 见 2 层恐龙蛋 08PM-36-2 *Elongatoolithus elongatus*, 08PM-36-1 *Elongatoolithus andrewsi* 46.3 m
- 35 暗紫红色厚层状泥质粉砂岩夹棕红色薄层砂岩, 夹层间隔约 2 m 左右 11.3 m
- 34 下部暗紫红色中-薄层砂岩与紫红色粉砂岩互层, 局部砂岩下部出现不连续的粗砂岩薄层, 上部暗紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹灰紫色薄层状砂岩及灰绿色薄层泥质粉砂岩 62.6 m
- 33 暗紫红色泥质粉砂岩夹中-薄层灰绿色砂岩, 见 2 层恐龙蛋 08PM-33-2 *Elongatoolithus andrewsi*, 08PM-33-1 *Elongatoolithus elongatus* 165.7 m
- 32 暗紫红色砂岩夹薄层砂岩, 向上粉砂质泥岩增多 70.3 m
- 31 灰紫色中-薄层砂岩与紫红色厚层状粉砂质泥岩互层, 向上砂岩层变薄 265.8 m
- 30 暗紫红色、灰绿色薄层砂岩与厚层粉砂岩、粉砂泥岩互层, 砂岩中含小砾石 39.5 m
- 29 棕紫红色砂岩与暗紫红色泥质粉砂岩不等厚互层 51.5 m
- 28 暗红色泥质粉砂岩间夹薄层砂岩、灰绿色粉砂岩 31.2 m
- 27 暗紫红色中-薄层砂岩、粉砂岩夹紫红色薄层状泥质粉砂岩, 见恐龙蛋 08PM-27-1 *Elongatoolithus elongatus* 20.5 m
- 26 下部棕红色粉砂质泥岩与泥岩互层, 上部暗紫红色泥质粉砂岩与灰绿色粉砂岩互层, 产恐龙蛋 08PM-26-1 *Macroolithus rugustus* 46.1 m

25	暗紫红色薄层状含钙砂岩与紫红色泥质粉砂岩互层, 其中偶夹薄层灰绿色泥质粉砂岩	8.4 m
24	紫红色中层状含砾砂岩与泥质粉砂岩及粉砂岩互层, 中部夹厚层砂岩	31.0 m
23	暗紫红色泥质粉砂岩与粗粉砂岩互层, 其上见绿色斑点, 向上粉砂质泥岩增厚, 产恐龙蛋化石 08PM-23-1 <i>Lanceoololithus xiapingensis</i>	11.2 m
22	灰紫色厚层状砂岩, 局部夹透镜状砾岩、含砾砂岩及灰绿色粉砂岩条带, 产恐龙蛋 08PM-22-1 <i>Lanceoololithus xiapingensis</i>	27.1 m
21	灰紫红色粉砂岩与紫红色粉砂岩泥岩互层	28.9 m
20	暗紫红色砂岩夹透镜状泥质粉砂岩及泥岩, 砂岩见有斜层理, 砂岩含砾, 向上夹薄层砾岩, 产有 4 层蛋化石 08PM-20-4 <i>Pinnatoolithus shitangensis</i> , 08PM-20-3 <i>Lanceoololithus xiapingensis</i> , <i>Elongatoolithus elongatus</i> , <i>Pinnatoolithus nanxiongensi</i> , 08PM-20-2 <i>Elongatoolithus andrewsis</i> , 08PM-20-1 <i>Pinnatoolithus nanxiongensis</i>	43.9 m
19	紫灰色厚层状含砾砂岩, 向上为粉砂岩及泥质粉砂岩	28.4 m
18	底部紫红色砾岩, 向上过渡为暗紫红色粉砂岩夹泥岩, 产蛋化石 08PM -18-1 <i>Elongatoolithus elongatus</i> 及骨化石	128.7 m
17	紫红色厚层状砾岩, 砾石直径 5cm 左右, 磨圆度一般, 向上砾石减少	13.9 m
16	灰紫色粉砂岩	3.1 m
15	紫红色含钙质含砾砂岩, 底面见有水流冲刷面, 凹处被含砾粗砂岩充填, 形成透镜体, 砾径 7-8 cm, 磨圆度差, 多为长石、石英岩, 向上粉砂岩增多 至坪田东岭下村西北小山丘 25° 12' 25.1"N, 114° 37' 04.3"E	56.5 m

假整合

自 25° 12' 51.4"N, 114° 37' 46.6"E 处向西平移 1400 m。

长坝组 (*K₁ch*) 449.9 m

14	暗紫红色粉砂岩, 夹有少量灰绿色薄层页岩, 近顶部出现紫红色泥岩	46.5 m
13	紫红色粉砂岩, 地貌形成小土坡	38.0 m
12	紫红色粉砂岩及粉砂质泥岩	30.0 m
11	暗紫红色粉砂质泥岩及薄层状粗粉砂岩、灰绿色细砂岩, 在地貌上形成陡坎, 向上砂质增多, 常在泥岩风化面中见有小结核	5.5 m
10	暗紫红色泥岩	31.1 m
9	暗紫红色泥岩夹薄层含钙质粉砂岩及细砂岩, 夹层中见有灰绿色矿物浸染	19.0 m
8	棕红色粉砂质泥岩及泥质粉砂岩, 其中含砂砾	22.7 m
7	暗紫红色厚层状泥岩及粉砂质泥岩, 局部夹钙质泥岩, 向上粉砂质增多, 在地貌上常形成小土丘	32.6 m
6	紫红色中-薄层状泥岩及紫红色粉砂岩, 泥岩中见有黄色斑点(该层大部被农田覆盖)	157.3 m
5	灰紫色中、厚层状细砾岩, 向上出露紫红色砂岩及粉砂岩	21.0 m
4	灰紫红色细砾岩, 颗粒均匀, 个别见有砾石, 砾石多为长石, 5 cm 大小, 顶部夹深红色粉砂岩	21.8 m
3	灰紫色细砾岩, 向上逐渐出现砾石, 砾石成分多为石英、长石等, 砾径 7 cm 大小, 磨圆度不好	19.4 m
2	中层状灰紫色细砾岩夹薄层含砾砂岩透镜层, 砾径多小于 1 cm, 并出现小的层理	3.0 m
1	灰紫色砾岩, 砾径 5-10 cm, 向上逐渐变细, 砾石为花岗岩质长石、石英岩	2.0 m

~~~~~ 不整合 ~~~~~

**下伏地层** 前寒武纪花岗岩 - 花岗闪长岩(GPS25° 11' 46.1"N, 114° 38' 06.9"E)

## 2 蛋化石

杨钟健(1965)曾在南雄 9 处地点采集了恐龙蛋化石, 依据形态划分为粗皮蛋(*Oolithes rugustus*), 长形蛋(cf. *Oolithes elongatus*), 圆形蛋(*Oolithes spheroides*)及南雄蛋(*Oolithes nanhsiongensis*)。赵资奎(1975, 1979)根据恐龙蛋壳的微细结构将南雄恐龙蛋划分为粗皮巨型蛋(*Macroolithes rugustus*)、窑屯巨型蛋(*M. yaotunensis*)、安氏长形蛋(*Elongatoolithus andrewsi*)、长形长形蛋(*E. elongatus*)、主田南雄蛋(*Nanshiungoolitjus chuetienensis*)、金刚口椭圆形蛋

(*Ovaloolithus chikangkouensis*)、薄皮椭圆形蛋(*O. laminadermus*)等, 以及后来(赵资奎等, 1991)又建立了 *Stromatoolithus pinglingensis*, *Shixingoolithus erbeni*, *Apheloolithus shuinanensis*, *Prismatoolithus hukouensis* 等属种。在研究中笔者根据对蛋化石的认识, 引用了上述部分属种名称, 同时又建立了新的科和新的属种。

### 蛋化石描述

#### 羽状蛋科(新科) *Pinnatoolithidae* Fang fam. nov.

科的特征: 蛋圆形, 蛋壳棱柱层具斜向层理

分布及时代：广东，晚白垩世

比较与讨论：新科包括羽片蛋属(新属) *Pinnatoolithus* 和披针蛋属(新属) *Lanceoolithus*

#### 羽片蛋属(新属) *Pinnatoolithus* Fang gen. nov.

属名词源：Pinnat(羽状)+ oolithus 组成。

特征：蛋圆形；蛋壳厚，蛋壳棱柱层由羽片状鳞片组成。

属型：石塘羽片蛋 *Pinnatoolithus shitangensis* Fang gen. & sp. nov.

分布及时代：广东南雄，晚白垩世

比较与讨论：以往描述恐龙蛋蛋壳的棱柱体是由层状棱柱层和乳突层组成，而新属的蛋壳则是由羽状棱柱层及乳突层组成。这一特征表明蛋壳在局部构造方面出现了遗传突变，在层状棱柱层中出现了斜向分布的羽状结构。从蛋壳纵(剖)切面可见，羽状物是由乳突层的顶部开始形成，向壳顶延续，叠加起来的鳞片呈“束”状，斜向排列很像羽枝；相邻的羽枝相互重叠、交叉，这一特征与水平状或波浪状所形成的层状棱柱层差别明显；并且这种羽状结构在现生鸟蛋壳中也能发现。

石塘羽片蛋(新属、新种) *Pinnatoolithus shitangensis* Fang gen. & sp. nov.

薄片号：90N-ST

种名词源：新种以石塘(shitang)命名，标本出露于广东南雄江头镇石塘村附近。

正模：(图3)，标本保存在中国地质博物馆。

特征描述：新种蛋化石圆-椭圆形，蛋个体大小 9.0 cm×9.5 cm 或 10.5 cm×7.5 cm，壳表面较粗糙，从薄片可见壳表起伏，蛋壳厚 2.6~1.8 mm；蛋壳由乳突层及羽状棱柱层组成，乳突层约占壳厚的 2/5，该层之上为羽状棱柱层，二层之间界线明显，接触面平直；羽状物由一簇簇斜向延伸的鳞片组成，可

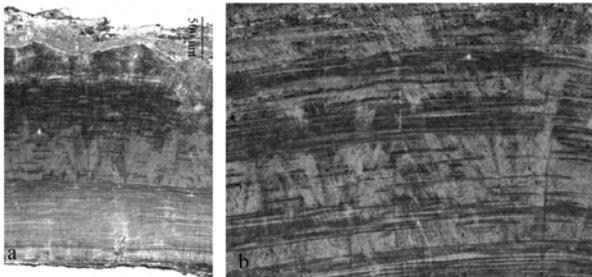


图3 石塘羽片蛋(新属、新种)蛋壳结构  
Fig. 3 Eggshell structure of *Pinnatoolithus shitangensis* Fang gen. & sp. nov.

至壳的上部，相互排列紧密，束状，呈羽状分布；新种羽状棱柱层可分为3层，下部羽枝状鳞片排列紧密，羽状物清晰呈‘束’状，其上极少覆盖生长线，中部分布有粗而起伏的带状生长线，多呈棕黄色，上部的致密带常呈暗灰色，密布气孔道；乳突层的乳突排列紧密，乳突尖圆，气孔道丰富，多数可贯穿乳突层，乳突层水平分布着生长线。在该种样品中常见蛋壳特化现象，蛋壳棱柱层部分缺失，仅保存有乳突层部分。

产地及层位：广东南雄晚白垩世园圃组、主田组(K<sub>2</sub>)

南雄羽片蛋(新属、新种) *Pinnatoolithus nanxiongensis* Fang gen. & sp. nov.

薄片号：08-41-2-2 08-41-3-1

种名词源：新种以广东南雄市(Nanxiong)命名，标本出露于南雄城东南水口桥凉水北岸。

正模：(图4)，标本保存在中国地质博物馆。

特征描述：新种化石个体圆-椭圆形，壳表面较光滑，在薄片可见壳表起伏不大，蛋壳厚 1.7 mm；蛋壳由羽状棱柱层及乳突层组成；乳突层约占壳厚的 1/3，乳突排列紧密，乳突长，顶端尖圆，见球节及放射线，乳突层水平分布生长细纹，暗棕色，气孔道丰富；在羽状棱柱层底部有一暗色宽带将二者分开，成为明显界线；羽状棱柱层中的羽状物排列有序，呈束状分布，可达壳顶；位于棱柱层下部羽状物清晰，排列紧密，羽状层上部覆有水平的暗色生长线，生长线窄，呈带状，略有起伏，常有气孔道穿过。在样品中常见蛋壳特化现象，蛋壳棱柱层部分缺失，仅保存有乳突层部分。

产地及层位：广东南雄晚白垩世园圃组、主田组(K<sub>2</sub>)

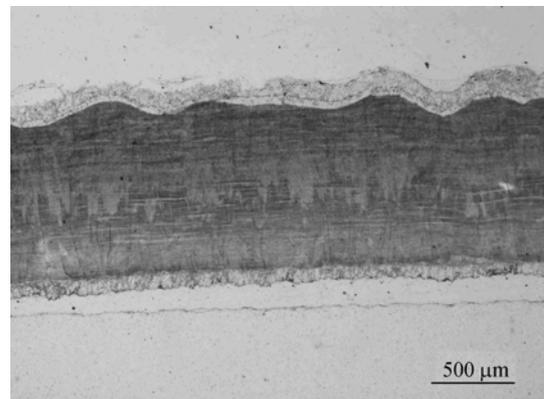


图4 南雄羽片蛋(新属、新种)蛋壳结构  
Fig. 4 Eggshell structure of *Pinnatoolithus nanxiongensis* Fang gen. & sp. nov.

三个泉羽片蛋(新属、新种) *Pinnatoolithus sangequanensis* Fang gen. & sp. nov.

薄片号: 0709HJ-1-f

种名词源: 新种产于新疆准噶尔盆地三个泉一带。

正模: (图 5), 标本保存在中国地质博物馆。



图 5 三个泉羽片蛋(新属、新种)蛋壳结构  
Fig. 5 Eggshell structure of *Pinnatoolithus sangequanensis* Fang gen. & sp. nov.

特征描述: 新种蛋化石圆形, 从薄片可见壳表起伏明显, 蛋壳厚 3 mm; 蛋壳由乳突层及羽状棱柱层组成, 二者间界线不明显, 或隐约见到波浪状界线; 乳突层约占壳厚的 1/3, 分布着丰富的气孔道, 乳突排列紧密, 乳突细长, 底部窄圆, 偶见球节, 中间部位见有一宽的矿物‘侵染带’, 顶部分布有水平生长线; 乳突层之上由一簇簇鳞片, 一段段斜向上方对称分布, 直至壳顶, 形成羽状层; 羽状层下-中部羽片结构尤为清晰, 并覆有稀疏水平生长线, 上部颜色加深, 呈致密条带, 其上分布着放射状气孔道。

产地及层位: 新疆三个泉乌伦古河组(K<sub>2</sub>)

(注: 2007 年在对新疆北部白垩系顶部界线进行考察时收集到该标本, 此项考察为中国地质博物馆-美国芝加哥大学合作项目。野外工作期间中方参加人员有方晓思、赵喜进、李永安、克尤木·尼牙孜、美方有 Paul C. Sereno、David J. Varricchio 及新加坡的林泽升。)

比较与讨论: *Pinnatoolithus* 新属材料来自广东南雄盆地、三水盆地、新疆准噶尔盆地三处不同地点, 通过鉴定、比较发现, 新属在蛋壳棱柱层结构上的变化与以往所见恐龙蛋不同。新属 *Pinnatoolithus* 蛋壳的棱柱层出现了倾斜对称结构, 由大量鳞片, 一簇簇、一段段斜向排列, 呈羽枝状。蛋化石的这种结构变化, 反映了白垩纪晚期阶段恐龙在演化中急剧的变异现象, 我们把这种变异结果称为羽状棱柱层。推测具有羽状结构的蛋化石不仅蛋壳本身有了加厚, 可以起到减震保护作用, 而且也起到保温作用。此时的蛋壳变化与小型兽脚类向鸟类演化的进程相对应, 可以看作恐龙进化的一种表现行为。

羽片蛋属 *Pinnatoolithus* 的三个新种分别为石塘羽片蛋 *P. shitangensis*、南雄羽片蛋 *P. nanxiongensis*、三个泉羽片蛋 *P. sangequanensis*, 三者的区别在于 *P. sangequanensis* 壳厚, 乳突层约为蛋壳厚度的 1/3, 壳表更粗糙, 表面起伏明显, 这些特点与前二种相区别。*P. shitangensis* 与 *P. nanxiongensis* 相比, 前者壳厚, 羽状棱柱层由下而上可分出 3 个带: 下带羽状层清晰, 中带由水平生长线覆盖, 上带为致密暗色带; 而后者蛋壳薄、羽状棱柱层顶部缺少致密暗色带, 或者很薄, 以此相区别。

尽管目前在众多蛋化石类型中, 所见的恐龙蛋主要以层状棱柱层为特征, 表现出一直延续着早期阶段恐龙蛋壳的原始结构。直到白垩纪中后期才出现了一种羽状蛋属, 这是恐龙蛋变异的新类型, 这种变异反映在恐龙蛋壳棱柱层的变化。常见的层状棱柱层由鳞片密集叠加起来, 形成水平状和波状层理; 而羽状棱柱层形成的是羽状层理及层状层理, 出现了斜向对称状结构和水平结构。通过这种变异可以看出, 恐龙蛋在后期的演变中, 主要集中在棱柱层上‘羽状’结构的变化。Mikhailov (1988) 在分类中, 把具有层状棱柱层的蛋壳作为恐龙类蜥脚类型, 而把斜向分布的鳞片集合体的蛋归入鸟与兽脚类同一分支。因此, 出现变异的、并具有羽状层的恐龙蛋化石, 可视为一种向真鸟进化的小型兽脚类。

披针蛋属(新属) *Lanceoolithus* Fang gen. nov.

属名词源: Lanceol(披针状)+ oolithus 组成。

特征: 蛋呈圆形; 蛋壳厚, 蛋壳棱柱层由垂直分布的披针状鳞片组成。

属型: 下坪披针蛋 *Lanceoolithus xiapingensis* Fang gen. & sp. nov.

比较与讨论: 以往恐龙蛋壳棱柱层呈水平状,

新属蛋壳则由垂直分布的披针状棱柱层及乳突层组成,这一特征不同于通常所见恐龙蛋结构,表明新属蛋壳在演化中出现变异,蛋壳的棱柱层出现了一根根直立分布的披针状鳞片物质,部分改变了水平状结构。

**下坪披针蛋(新属、新种) *Lanceoololithus xiapingensis* Fang gen. & sp. nov.**

薄片号: 070310-XP (08pm-22-1, 04shx-3)

种名词源: 新种以下坪(Xiaping)命名, 标本出露于广东南雄下坪村附近。

正模: (图 6), 标本保存在中国地质博物馆。

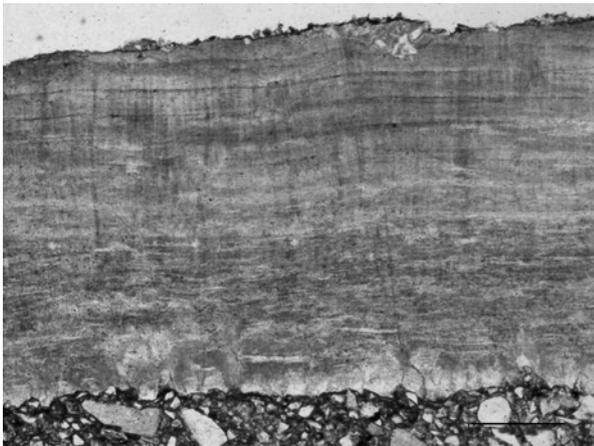


图 6 下坪披针蛋(新属、新种)蛋壳结构  
Fig. 6 Eggshell structure of *Lanceoololithus xiapingensis* Fang gen. & sp. nov.

特征描述: 蛋化石近圆形, 蛋的个体 10 cm×8 cm, 壳表面粗糙, 在薄片可见壳表明显起伏; 蛋壳厚 1.9 mm; 蛋壳乳突层及棱柱层界线清楚, 呈波浪状; 界线之上的棱柱层约占壳厚的 1/2, 由下至上分布着近于垂直披针及鳞片, 披针细长, 排列规律而密集, 呈“麦芒”状, 披针一根根向上分布可达壳顶, 并在蛋壳上部越显清晰; 乳突层厚 0.9 mm, 表面覆盖有稀疏的层状起伏的生长线, 气孔较丰富, 乳突宽圆, 排列紧密, 具球节及放射线。在样品中常见蛋壳特化现象, 蛋壳棱柱层部分缺失, 仅保存有乳突层部分。

产地及层位: 广东南雄晚白垩世园圃组(K<sub>2</sub>)

**黄塘披针蛋(新属、新种) *Lanceoololithus huangtangensis* Fang gen. & sp. nov.**

薄片号: 08pm-41-2-1-b

种名词源: 新种以黄塘(Huangtang)命名, 产于广东南雄盆地黄塘一带。

正模: (图 7), 标本保存在中国地质博物馆。

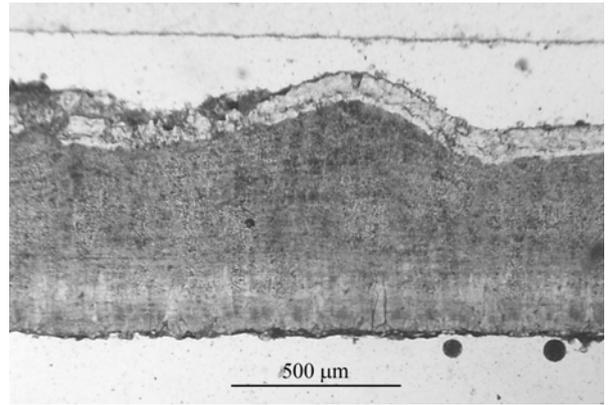


图 7 黄塘披针蛋(新属、新种)蛋壳结构  
Fig. 7 Eggshell structure of *Lanceoololithus huangtangensis* Fang gen. & sp. nov.

特征描述: 新种蛋壳薄, 蛋壳壳表起伏, 约厚 0.8 mm; 蛋壳由乳突层及披针棱柱层构成; 乳突层厚度 0.3 mm, 乳突窄排列紧密, 乳突圆钝, 有少量气孔道, 乳突层大体分上下两部分, 下部平滑, 有一明显光亮的条带穿过, 上部分布有连续的水平生长线, 较密集, 并以此作为乳突层与棱柱层间的界线; 披针棱柱层呈暗色, 致密、板状, 分布有近于垂直的层理, 层理细纹状、放射状密集排列密, 仅在壳顶部位略向上拱起, 厚度约占蛋壳的 2/3。

产地及层位: 广东南雄、始兴, 晚白垩世主田组(K<sub>2</sub>)

比较与讨论: 新种具有披针状结构, 并且以壳薄为特征与下坪披针蛋相区别,

**腊树园巨型蛋(新种) *Macroolithus lashuyuanensis* Fang sp. nov.**

薄片号: 08pm-38-1 (NX070124)

种名词源: 新种产于广东南雄盆地腊树园一带。

正模: (图 8), 标本保存在中国地质博物馆。

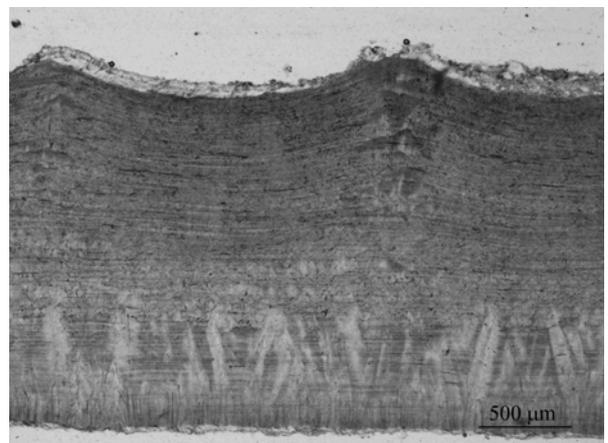


图 8 腊树园巨型蛋(新种)蛋壳结构  
Fig. 8 Eggshell structure of *Macroolithus lashuyuanensis* Fang sp. nov.

特征描述: 新种蛋化石蛋壳厚 2.7~2.3 mm; 壳表多起伏, 蛋壳乳突层及棱柱层之间界线不明显, 具过渡性; 乳突层约占壳厚的 1/4, 乳突长、圆钝, 具球节及放射线; 棱柱层具平缓层理, 仅在突起部位略向上拱起, 在壳顶见一暗色致密条带; 乳突层气孔道多, 进入棱柱层数量减少。

产地及层位: 广东南雄, 晚白垩世园圃组、主田组(K<sub>2</sub>)

比较与讨论: 新种蛋壳明显厚度大, 沿壳顶分布一暗色窄的条带与 *Macroolithus rugustus* 和 *Macroolithus yaotunensis* 相区别, 与 *M. rugustus* 比较, 乳突层宽, 与棱柱层之间没有明显波浪状界线。

### 3 恐龙蛋微细结构的变异及演化探讨

#### 3.1 蛋化石分布及演化特点

南雄盆地化石异常丰富, 产有恐龙、恐龙蛋、龟鳖类、介形虫、叶肢介、轮藻、昆虫等。其中蛋化石多集中在盆地中-东部, 沿剖面共统计出产蛋层位 66 层, 其中园圃组 17 层, 主田组 35 层, 浈水组 14 层。蛋化石出露多以长形蛋类为主, 并伴有圆形蛋以及少量鸟蛋化石。鉴定出 5 属, 9 种, 其中属一级蛋化石: 巨型蛋属 *Macroolithus*, 长形蛋属 *Elongatoolithus*, 羽片蛋属(新属)*Pinnatoolithus*, 披针蛋属(新属)*Lanceoolithus*, 原始鸟蛋属 *Protornithoolithus*; 蛋化石种有: 粗皮巨型蛋 *Macroolithus rugustus*、窑屯巨型蛋 *M. yaotunensis*、腊树园巨形蛋(新种)*M. lashuyuanensis*、安氏长形蛋 *Elongatoolithus andrewsi*、长形长形蛋 *E. elongatus*、石塘羽片蛋(新种)*Pinnatoolithus shitangensis*; 南雄羽片蛋 *P. nanxiongensis*(新种); 下坪披针蛋(新种)*Lanceoolithus xiapingensis*, 黄塘披针蛋(新种)*Lanceoolithus huangtangensis*。在南雄, 恐龙蛋化石中长形蛋为主要类型, 从园圃组至浈水组一直延续不衰, 其结构形态变化不大, 其中 *Elongatoolithus andrewsi*、*E. elongatus* 分布比较稳定。特别是 *Macroolithus yaotunensis* 种在晚白垩世浈水组沉积期尤其繁盛, 分布范围也比较广, 时代可基本延续到中生代终结, 这些特点在广东河源东源组、三水盆地也表现出来。因此该种可以作为 K/E 界线划分的重要依据。而南雄的圆形蛋分布层位和数量较少, 最早见于园圃组底部, 进入浈水沉积期很快就消失了。与广东河源、三水等地区比较, 南雄缺少了树枝蛋类型, 这可能与生物地理分布有关。

宏观白垩纪后期的恐龙蛋变化, 长形蛋主要是个体大小的更叠、蛋壳厚薄上的显示, 在蛋壳结构

方面的变化比较稳定。然而圆形蛋类在结构形式上的变化明显要丰富的多, 这类蛋壳的演化速度相对要快。甚至于物种为适应环境, 为提高孵化率、增加蛋内的透气性能, 蛋壳的气孔道数量一直在变化, 由稀少到丰富, 以至后来特化为树枝状; 从蛋壳横切面可见棱柱层被通透成筛网状, 纵切面观蛋壳由孔道形成丛状结构, 如树枝蛋、杨氏蛋、蜂窝蛋等类型。这些类型的恐龙蛋在豫西南-鄂西北一带很发育, 分布广泛, 单位面积上的蛋化石密度很大。相比之下, 西峡地区含蛋层位尽管没有南雄多, 但每一层中的恐龙蛋分布密集, 数量众多, 这在西峡三里庙恐龙蛋遗迹馆可以直观到。与上述蛋化石不同, 南雄出露的圆形蛋在数量上要减少许多, 然而蛋壳自身结构产生了特色性变化, 在其棱柱层中分异出羽状结构和披针结构, 并且羽状结构一直延续到现今的鸟禽类的蛋壳中; 同时在这些同种的圆形蛋中, 蛋壳还出现有多种形态上的变化——蛋壳棱柱层减薄的现象, 或棱柱层部分消失, 或棱柱层完全消失, 仅被保留下乳突层。

#### 3.2 从恐龙蛋到鸟蛋的演化

**恐龙蛋与鸟禽蛋之间的演化关系长期以来是一项空白**

脊椎动物学方面的研究愈来愈清晰证明鸟类是由恐龙中的小型兽脚类进化而来的这一事实, 但是通过恐龙产出的蛋去验证这一观点, 从中找出恐龙蛋演变为鸟蛋的相关证据却一直是个空白。图 10 所示, 恐龙蛋壳是由棱柱体组成, 每个棱柱体又分成乳突层和棱柱层二部分。对于鸟禽类的蛋壳, Mikhailov 将其划分出‘板状集合带(ZTA)和鳞片集合带(ZSA)’. 经过对比, 恐龙蛋的棱柱体仅仅相当鸟蛋的‘板状集合带’, 这说明恐龙蛋没有鸟禽类的鳞片集合带(ZSA), 以此将鸟与恐龙区别开。但鳞片集合带是怎样形成的? 它与恐龙蛋又有怎样的联系? 找不到答案。对于恐龙蛋-鸟禽蛋之间的联系我们一直在寻求答案, 力图探索其间存在的过渡关系或寻找中间的物种类型。根据目前掌握的资料, 我们开始对上述蛋壳的对比关系提出质疑。与龟鳖类和鳄类的蛋不同, 恐龙蛋与鸟蛋在结构形态上很相近, 它们之间应该具有亲缘关系。特别是它们都具有完整的棱柱体以及明显的乳突层, 关键是如何将‘棱柱层’与‘鳞片集合带’从进化关系上给予解释。然而从常规的恐龙蛋材料中又找不到将二者联系起来的证据, 这一问题一直没能解决。

#### 新物种的发现

近几年来在广东南雄盆地、三水盆地、河源盆

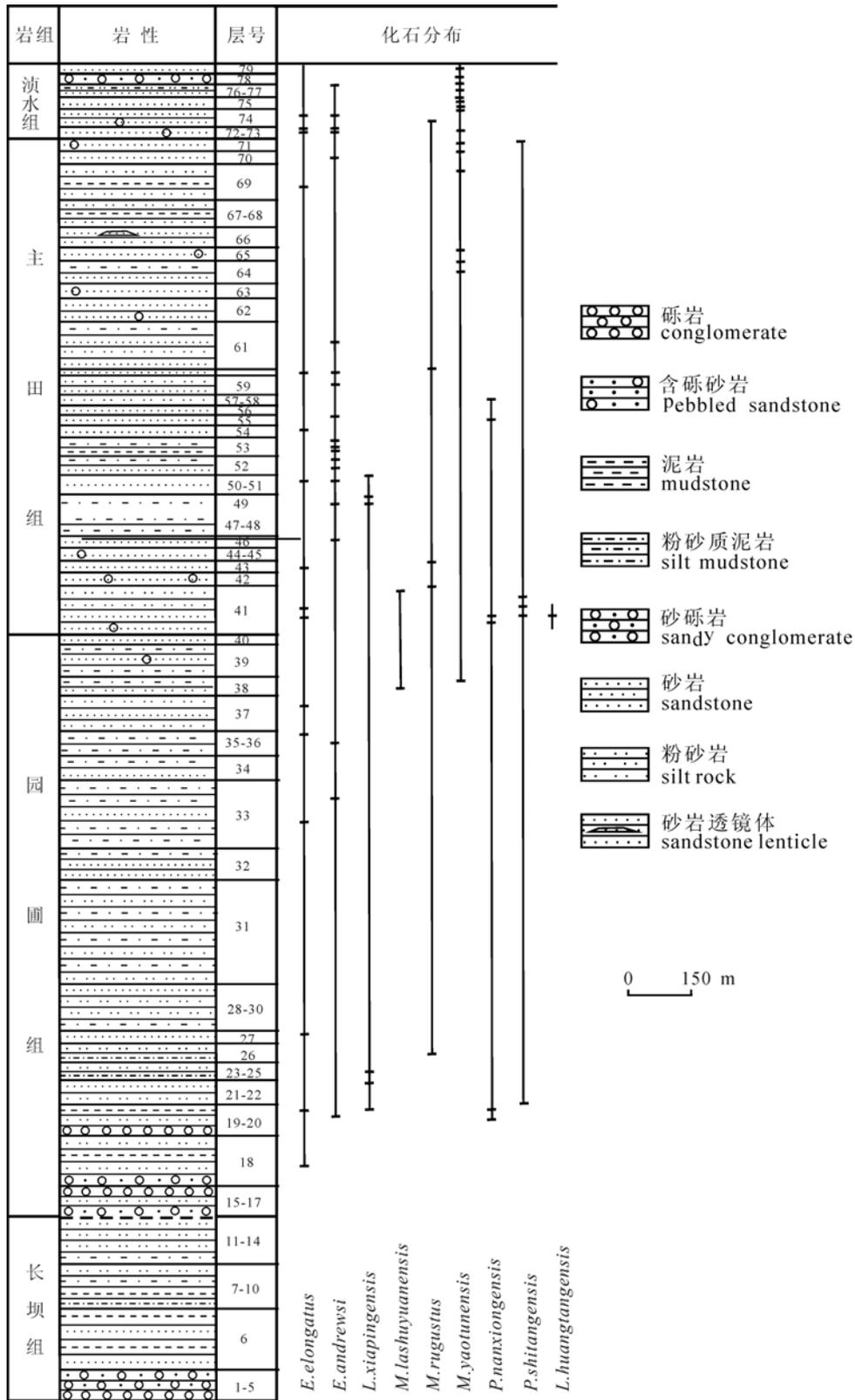


图9 南雄蛋化石分布图  
Fig. 9 Distribution of egg fossils in Nanxiong

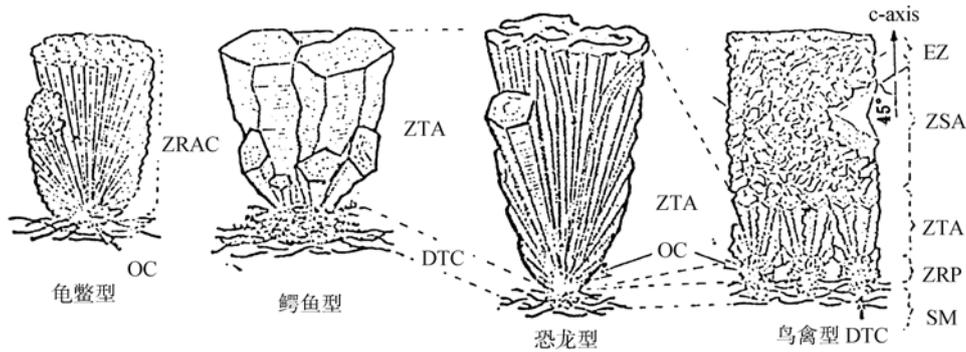


图 10 龟鳖类、鳄鱼类、恐龙类、鸟禽类卵壳示意图(据 Mikhailov, K.E, 1992)  
 Fig. 10 Sketch map of egg shell of 'testudoid', 'crocodiloid', 'dinosauroid' and 'ornithoid' types (after Mikhailov,1992)

DTC-离散结晶体; EZ-延续带; OC-球节; SM-壳膜; ZRAC-放射状文石结晶带;  
 ZRP-放射状鳞板带; ZSA-鳞片集合带; ZTA-板状集合带

DTC-discrete crystallites; EZ-extension zone; OC-organic core; SM-shell membrane; ZRAC-zone of radiating aragonite crystals;  
 ZRP-zone of radial calcite plates; ZSA-zone of prisms (prismatic layer); ZTA-zone of tabular aggregates

地以及新疆准噶尔盆地相继收集到晚白垩世的一类圆形恐龙蛋,在其棱柱层出现二种结构上的变化,一种呈‘放射状’对称排列,一种近于垂直排列,我们将其称为‘羽状结构’和‘披针状结构’。这些变化不同于以往恐龙蛋,蛋壳棱柱层已不完全由水平状层理组成,其中已被斜向分布的羽状层理和近于垂直的披针状节理所取代,这些变化意味着恐龙蛋新的形态结构出现了。羽状结构和披针状结构的出现,与以往恐龙蛋棱柱层所具有的水平‘层状结构’不能相提并论。然而羽状蛋的出现是否能与鸟禽类蛋联系起来?对照鸟禽蛋鳞片集合带(或称鳞片层)会发现,鳞片集合带也具有斜向排列的趋势,特别在鳞片之间往往会形成角度,这表明在鸟禽蛋与羽片蛋属 *Pinnatoolithus* 之间存在着联系——具有‘斜向层理’。羽片蛋属和披针蛋属的出现,显示了恐龙蛋已分异形成新的物种类型,并预示着由恐龙蛋进化到鸟蛋的过程有了线索。

**羽状蛋成为恐龙蛋向鸟蛋进化的过渡类型**

在现代鸟禽类比较时会发现,现代鸟禽蛋也具有羽状结构,特别是在高倍显微镜下羽状结构愈发清晰。现代鸵鸟蛋(*Struthio*)的样品来自北京顺义李遂鸵鸟养殖场。蛋大小为 16.0 cm × 11.5 cm,壳厚 1.6 mm,蛋壳的纵切面大体分出乳突层、棱柱层、壳表层以及气孔道;乳突层厚 0.5 mm,近于蛋壳的 1/3,其中乳突呈圆锥状,排列紧密,其上分布着叠瓦状生长线纹,下部纹饰较密集,并见有球节;乳突层与棱柱层之间具波浪状分界线,棱柱层至壳表厚 1.1 mm,棱柱层由鳞片叠加在一起,形成水平的、细而密集的生长纹(安芷生称其为‘海绵质层’);相对

棱柱层下部的羽状结构尤为清晰,羽丝细而对称,相邻之间交叉、重叠形成网格;羽状物可达壳的上部;在棱柱层中-上部,分布着‘羽状’和‘层状’两种结构,这些特征不同于恐龙蛋单一的层状结构(图 11)。与鸡蛋对比,鸡蛋的大小为 6.0 cm × 4.5 cm 左右,蛋壳薄 0.2 mm;从蛋壳纵切面可见小棱柱体一个个紧密聚合在一起,乳突层厚度为蛋壳的 1/4~1/5,棱柱层由下而上分布有羽状结构(图 12)。再去观察周口店鸵鸟蛋化石也基本如此,从棱柱层的内层至外层“则逐步过渡为放射状的交叉排列”,同样也是一种羽状排列形式。通过对现代鸟蛋和化石鸟蛋的对比,看到了爬行类的蛋壳从层状层理到斜向层理的变化,反映了恐龙与鸟类之间存在着差

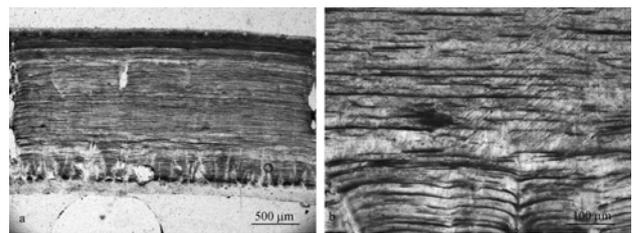


图 11 现生鸵鸟蛋壳结构图  
 Fig. 11 Eggshell structure of Ostrich

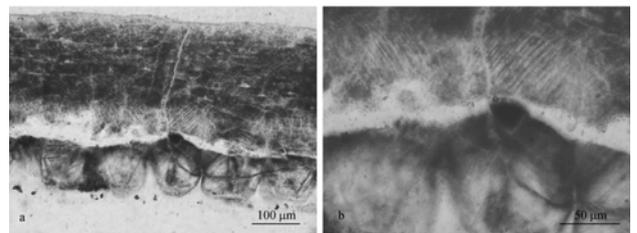


图 12 鸡蛋壳结构图  
 Fig. 12 Eggshell structure of the egg

异。观察的结果可以归结为,具有斜向层理的羽状结构存在于鸟禽类的蛋壳中,是鸟禽类蛋壳的一种特征,成为划分恐龙蛋与鸟蛋的标准;蛋壳棱柱层由水平层理向放射状层理的转变,在羽状蛋和鸟禽蛋中找到了答案,特别是羽片蛋出现的斜向层理决不是一种孤立的现象,它源于恐龙蛋,又与鸟蛋相联系,成为衔接恐龙蛋与鸟禽蛋演化的一个环节。

羽状蛋类的发现确认了,恐龙的羽状棱柱层、披针棱柱层以及鸟禽类的鳞片层(带)应该属于相同部位,属于棱柱体的一部分。做出‘蛋壳的相同部位’结论说明,恐龙在进化过程中,蛋壳的变化主要集中在棱柱层。Mikhailov,曾经将恐龙蛋的棱柱体全部对比到鸟禽类的乳突层,就是因为二者之间能够进行对比的部分仅仅限于层状结构。当时Mikhailov还没有找到具有羽状结构的恐龙蛋物种,无法与鸟禽类蛋壳联系起来是可以理解的。

#### 羽状结构的‘原始’与‘进化’

进一步对比,恐龙的羽片蛋与鸟禽蛋之间的‘原始’与‘进化’的区别。

1) 羽片蛋的结构既带有早期阶段变异的色彩——羽状结构,又在局部世袭着恐龙蛋原始特征——层状结构,具有新老类型的混合特性。因此,羽片蛋 *Pinnatoolithus* 在某种意义上虽然还属恐龙蛋的范畴,但它与真正恐龙蛋的含义已经不完全一样了。

2) 早期的羽片蛋与现代鸵鸟蛋、鸡蛋之间呈现的羽状结构不尽相同。与现生蛋相比,羽片蛋尽管具有了斜向层理,有了羽状结构的雏形,但它表现出的原始特征还是很明显。在羽片蛋棱柱层中,羽状物的分布不像现生禽蛋那样清晰,羽状物沿着倾斜方向整体聚合,呈密集的‘束’状,看上去像鳞片物叠加在一起,一段段衔接起来,像“一捆鲜花”;羽状物在棱柱层下部尤为清晰,至中部以上则被一些层状物和致密物所遮盖。而鸡蛋和鸵鸟蛋在棱柱层中的羽状物线条清晰可分,羽状物细长,像‘枝’状或‘鱼骨’状,排列稀疏有序,呈现出对称的“枝状”;鸵鸟蛋的羽状物则更细,与水平夹角较小。

#### 恐龙蛋 羽片蛋 鸟蛋的演化过程

通过比较可以认定,恐龙蛋与现生鸵鸟蛋、鸡蛋之间存在一种演变的过程,并意味着羽片蛋与恐龙蛋以及鸟蛋之间保持有连续的关系。从具有层状结构的恐龙蛋,到具有羽状结构的‘恐龙蛋’,是由于蛋壳棱柱层产生了变异,出现了从‘层状结构’

到‘羽状结构’的转变。因此现在可以明确地指出,恐龙的层状棱柱层和羽状棱柱层以及鸟禽类的鳞片集合层,实属相同部位,应该统称为‘棱柱层’。在演化中,鸟禽类沿袭着恐龙羽状结构,并不断在选择、进化,逐渐被遗传下来。因此羽片蛋 *Pinnatoolithus* 可以作为恐龙向鸟类进化中的一种过渡类型,成为连接两类生物的中间环节。通过蛋壳变化的研究证实,恐龙蛋与鸟蛋之间具有演化关系,与‘鸟类是由恐龙进化而来’的观点是一致的。

#### 4 羽状蛋类出现同种多态现象

在对化石鉴定时注意到,同一物种羽状蛋的蛋壳会出现多种形态变化(图 13)。其形式表现在蛋壳厚度的增减:a 乳突层与棱柱层全部保存;b 保存了乳突层及残存的棱柱层;c 棱柱层全部失去,仅保存了乳突层。这些变化在石塘羽片蛋 *Pinnatoolithus shitangensis*、南雄羽片蛋 *Pinnatoolithus nanxiongensis*、下坪披针蛋 *Lanceoolithus xiapingensis* 中均可发现,其中羽片蛋属种的三种变化更为明显。出现的三种变化:蛋壳出露完整,蛋壳棱柱层顶部缺失,见到部分的羽状物,蛋壳棱柱层全部缺失,仅保留了乳突层。

对上述蛋壳厚度变化的解释:第一种情况可以视为正常繁殖状态;第二种情况,蛋壳厚度变薄既有生物变异的因素,也可以解释为地质风化结果;第三种情况则不能简单视为外力作用,在南雄盆地单独被保存下乳突层的情况很多,很难用‘外因论’去解释,因此不能排除生物本身演变迅速的原因。

出现的第三种形态——蛋壳以完整的乳突层形式保留着,不像是受局部影响(外力)引起的结果,很可能与遗传变异有关联。推测蛋壳在厚度上的变异可能是先天的,不可能是后天造成的。不排除种群存在着受个体发育不协调的因素影响,在迅速演化中出现这种极端的变异(突变现象)。我们明显感到,同一物种出现多种形变现象在羽片蛋属(新属) *Pinnatoolithus* 尤为突出,而且这种事例在南雄盆地、三水盆地都有出现。进一步分析,当蛋壳变异后产生了羽状结构和披针结构,会使棱柱层与乳突层之间的连接程度降低,是造成脱落的原因。这一时期正是小型兽脚类向鸟类演变的阶段,因此能否把恐龙在演化中的多种变异看作是必然的行为,再通过自然选择去适应环境。

图 13 - 下 a 蛋壳表面出现的剧烈凹陷,表现出蛋壳棱柱层局部的变异现象,具有蛋壳减薄的发展

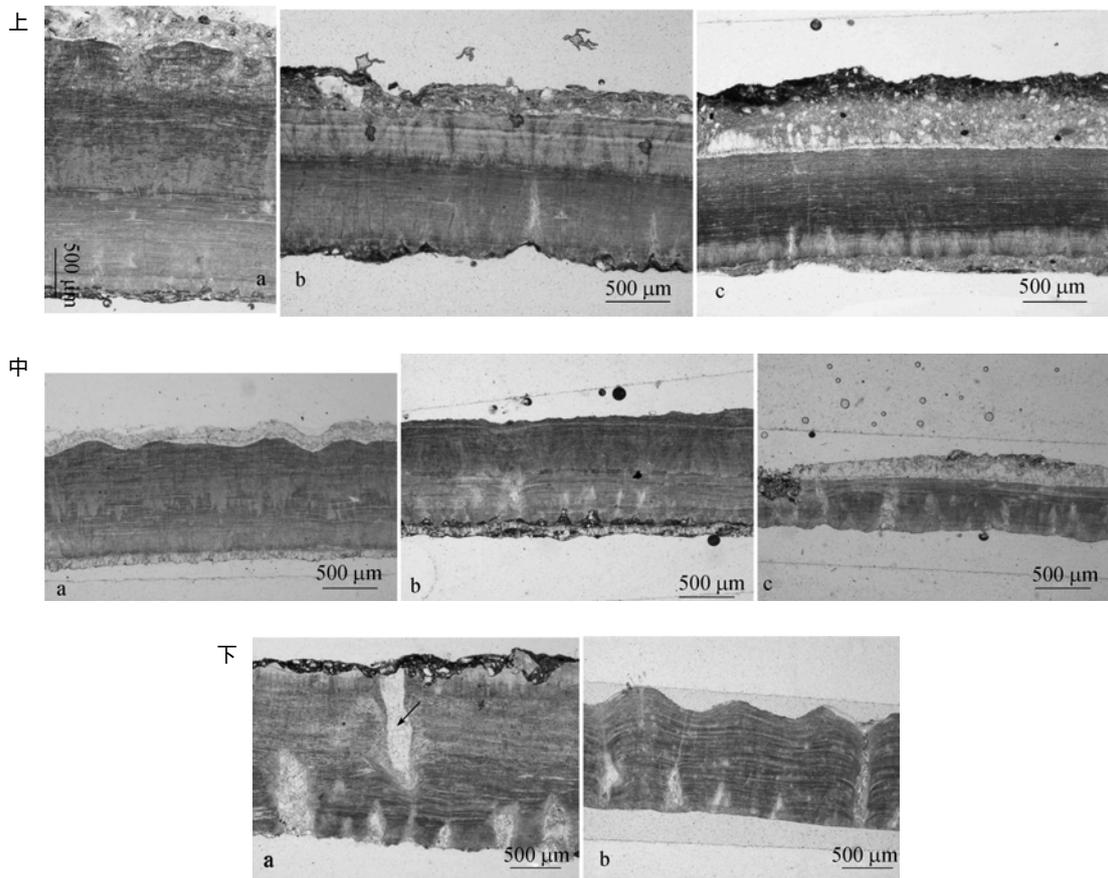


图 13 恐龙蛋壳的同种多态现象  
**Fig. 13 Dinosaur eggshells polymorphism in the same species**  
 上.石塘羽片蛋 *Pinnatoolithus shitangensis* a ; b ; c  
 中.南雄羽片蛋 *Pinnatoolithus nanxiongensis* a ; b ; c  
 下.下坪披针蛋 *Lanceoolithus xiapingensis* a ; b

趋势,这一局部的变异很可能引发蛋壳普遍的变薄行为。出现激烈的变异可能会导致二种结果:一种蛋壳的结构向着‘真鸟’方向演化,一种仅保留乳突层,向着更极端特化方向演化。

蛋壳变薄现象在现代鸟禽蛋中也有出现。安芷生(1964)报道过现代北非鸵鸟蛋(图 14),其蛋壳厚度仅 1.07 mm,与我国发现的鸵鸟蛋化石和现生鸵鸟蛋相比,明显偏薄(表 1),厚度减到将近一半。根据标本形态和蛋壳厚度上的变化分析,该物种蛋壳厚度减薄,可视为一种变异现象,推测这种变异是羽片蛋特化现象的延续。

恐龙在向鸟类进化过程中,蛋壳棱柱层产生斜向层理的变化;在演化中蛋壳的羽状物由‘束’状的集合体,变为清晰的‘枝’状体,这种变异被鸟禽类遗传下来;在羽状蛋的同一物种中,蛋壳棱柱层还不断出现着结构简化现象,其中蛋壳的多种变薄趋势,可以看作进化过程中的特化(对这一现象,还

有待进一步考证)。

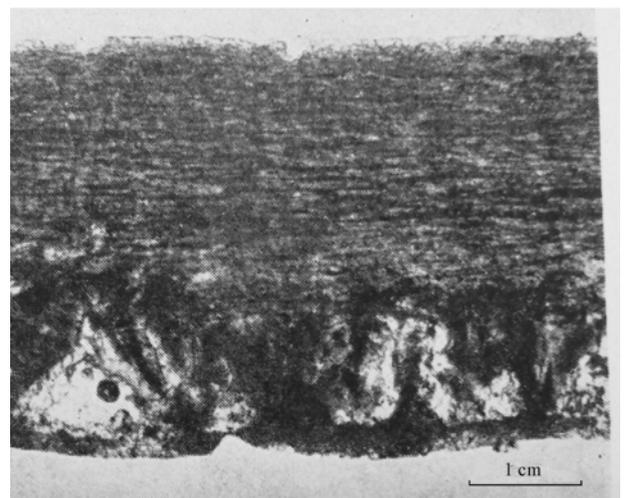


图 14 北非鸵鸟(*Struthio camelus*)蛋壳纵切面(单偏光),×33.5 倍  
**Fig. 14 Radial thin section of eggshell of *Struthio camelus* from north Africa**

表 1 鸵鸟蛋壳厚度比较

Table 1 Correlation of the thickness of ostrich eggshells

| 标 本     | 产 地       | 蛋壳厚度    | 资料来源        |
|---------|-----------|---------|-------------|
| 安氏鸵鸟蛋化石 | 石家庄市黄壁庄   | 2.24 mm | 安芷生(1964)   |
| 安氏鸵鸟蛋化石 | 河北省行唐县陈庄镇 | 2.20 mm | 杨钟健等(1960)  |
| 安氏鸵鸟蛋化石 | 山西省临晋县    | 2.50 mm | 杨钟健等(1960)  |
| 安氏鸵鸟蛋化石 | 北京周口店     | 2.20 mm | 赵资奎等(1981)  |
| 蒙古鸵鸟蛋化石 | 蒙古乌兰高丽    | 1.90 mm | 杨钟健等(1960)  |
| 鸵鸟蛋     | 北京顺义      | 1.60 mm | 北京顺义李遂鸵鸟饲养场 |
| 非洲鸵鸟蛋   | 不详        | 1.90 mm | 赵资奎等(1981)  |
| 北非鸵鸟蛋   | 北京动物园     | 1.07 mm | 安芷生(1964)   |

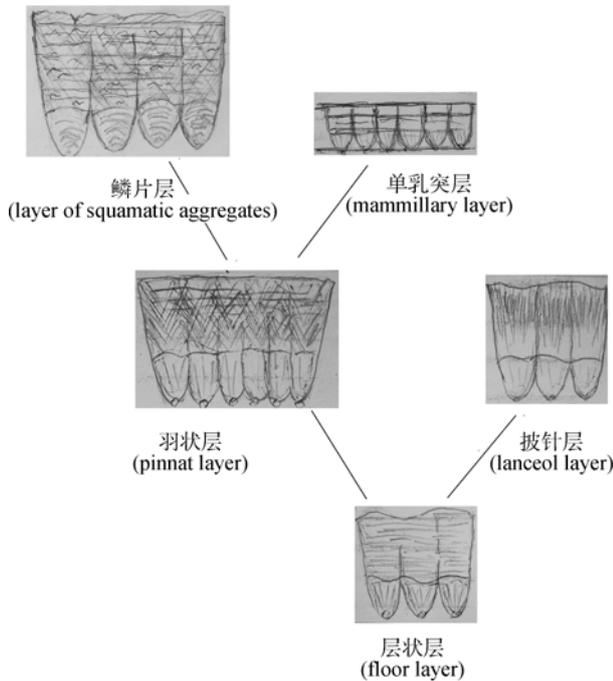


图 15 兽脚类恐龙在蛋壳结构上演变图

Fig. 15 Evolution of eggshell structures from sauropoda

## 5 白垩纪与古近纪界线

有关南雄白垩系与古近系界线划分,目前大体存在四种意见:德国人 Erben(1995)用孢粉组合划分,建立的 E/K 界线带大体位于涇水组中上部;赵资奎等(1991)曾根据恐龙蛋化石将界线划在涇水组的顶界,后来观点改变,同意德国人界线下置的方案,并提出恐龙能够延续到新生代的看法(赵资奎等, 1998);童永生等(2002)认为界线划在上湖组, K/T 界碑之上含砾砂岩透镜体处;张显球等(2004)意见是将界线划在坪岭段的上部,介形虫 *Porpocypris orbiculata* 带与 *P. sphaeroidalis* 带化石层位之间,即阶齿兽开始出现为界。针对上述几种划分意见,有必要确立一个多数人认可的标准。

在全球范围内,中生代恐龙绝灭与新生代哺乳动物的出现是个重大事件,即“以恐龙和原始哺乳动物等中生代有代表性动物的消失作为中生界的上限,以古老哺乳动物第一次大规模辐射作为新生界的开始”,这一原则对于白垩纪与古近纪界线划分无疑成为重要的依据。

赵资奎等(1991)“认为 K/E 界线大致位于地磁性带 29R 上部的含有鸭嘴龙类的南雄群和含有古新世阶齿兽类的上湖组之间”,相当笔者所测剖面第 79 层顶部。但自 1995 年以后,“Erben 和赵资奎等相继提出了类似的主张,将白垩系-古近系界线置于原南雄组上部。他们根据孢粉组合特征,将上湖组底部砂砾岩以下约 85~106 m 厚的地层(即原著大塘剖面的 57~78 m 处)作为白垩纪-古近纪界线间隔(K/T Grenzitervall)或过渡带(transitional zone)(童永生等, 2002)”,即相当笔者所测剖面 74 层(涇水组中部)。Erben 等提出陆相 K/E 最可靠的标准是孢粉组合的变化,然而根据孢粉组合划分就不是一条地层界线,而是一条 20 多米厚的岩石“带”。还有同行指出,在 Erben 等所列 11 种古近纪孢粉中,大多为白垩纪分子,有 5 种是从下伏白垩纪上延的;其中 *Paranyssapollenites striatus* 和 *Juglanspollenites vinus* 在晚白垩世已有报道,并非古近纪才出现;仅有 *Triatriopollenites bituitus*, *santalumitites canspicus*, *Rhoipites megadolium*, *Alangioppollis* sp. 4 种未见于白垩纪;另外涇水组孢粉数量稀少,Erben 等没有提供有关样品数及其数量统计资料。与北美西部(Lerbekmo et al., 1987)及日本北海道(Saito et al., 1986)K/E 界层面孢粉组合相比,属种面貌差别很大,不具备进行广泛对比的标准性,因此上述孢粉组合不能成为最可靠的依据。

古地磁学对解决界线划分是一种有效的手段,但是利用资料如何进行对比也是其中重要环节。此前德国人分别做了这方面的工作,但所得到的结论还需斟酌。这里面存在分析过程中的判读、磁性地层柱对比标准的选择,同时也取决于研究者在采样过程中的系统性和针对性。通常 K/E 界线一般都位于 29R 的上部或中上部,而大塘剖面由孢粉所确定的 K/E 界线位于 29R 近底部,已十分接近 30N,界线偏低。因此,依据孢粉组合划分 K/E 界线显然是不充分、不能令人信服。

古生物学根据生物在地质时期的延续规律确定出地层时代,依靠生物大规模绝灭或兴起划分出生物地层界线。以脊椎动物的变化-恐龙类的绝灭和

大型哺乳类的爆发作为中、新生代界线划分原则, 在全球范围内应该是等时的, 并具有广泛对比意义。根据这一原则, 南雄坪岭一带的窑屯巨型蛋 (*Macroolithus yaotunensis*) 在新测剖面凉水组第 79 层成为白垩纪恐龙最后消失的层位, 在此之上近 55m 处最早出现了哺乳动物阶齿兽 (*Bemalambda*)。其间这段地层成为间隔带, 上下生物化石分布的很清楚, 没有出现恐龙类与阶齿兽等大型哺乳类交叉混生现象, 不存在白垩纪恐龙上延至新生代的可能性。我们的划分方案是以恐龙蛋化石为依据, 将 K/E 界线确定在凉水组顶部, 即界碑之下 0.3 m 处 (图 16)。在此界线之下, 地层以鲜紫红色为特征, 岩性为粉砂质泥岩含小颗粒钙质结核, 出露有恐龙蛋和骨骼化石; 界线之上地层颜色偏暗, 岩性为暗紫红色泥质粉砂岩含大的不规则的钙质结核。尽管界线下部小结核的层位分布会有些变化, 但界线上下的颜色特征以及界线之上的大结核分布相对稳定, 因此可以作为 K/E 界线划分的一项重要标准。



图 16 南雄坪岭剖面白垩系-古近系界线  
Fig. 16 Cretaceous-Paleogene boundary along the Pingling section in Nanxiong Basin

## 6 南雄盆地与丹霞盆地

南雄盆地与丹霞盆地位于广东韶关东北部, 地处南岭山系中段。中生代中后期盆地形成, 并开始接受巨厚碎屑岩沉积, 逐渐成为一个大型内陆盆地。盆地红色岩系曾被分别命名为“南雄层”和“丹霞层”, 并且随着地层单位的建立, 引发了后来的一场争论。其矛盾的交点集中于二者间的沉积关系, 即“丹霞组(或群)”的定义和层位的确定。20 世纪 60~70 年代中科院古脊椎动物与古人类研究所的同行, 将南雄的红层划分为: 白垩系的“南雄群(组)”和古近系的“罗佛寨组”及“丹霞组”(张玉萍、童永生, 1963; 郑家坚等, 1973)。1976 年童永生等又将“罗佛寨组”升格为罗佛寨群, 并细分为上湖组和

浓山组, 置于古新统。同时讨论了“丹霞层”的问题, 指出以往所谓“丹霞层”“实际上是不同时代砂砾岩混合名称”;“从地貌形态来看, 南雄盆地红色岩层顶部的砂砾岩形成的地貌更类似于丹霞盆地砂砾岩构成‘丹霞地貌’……所以这里仅将浓山组之上的砾岩层称为丹霞组(?)”。至 20 世纪 80~90 年代, 更进一步视南雄盆地边缘相的粗碎砂岩为“丹霞群”(张显球, 1984; 赵资奎等, 1991)。1992 年张显球对丹霞盆地的白垩系开展岩石地层、生物地层和磁性地层调查研究, 建立了下白垩统的伞洞组和马梓坪组、下白垩统的长坝组及上白垩统的丹霞组。依据介形类的生物地层和磁性地层资料, 阐明丹霞盆地的丹霞组的年代为晚白垩世。这一工作对解决“南雄层”和“丹霞层”长期以来存在的层位关系和年代归属的分歧, 具有决定性意义。

1) 确立了分布在丹霞山、巴寨、白寨顶等处, 具典型丹霞地貌的粗碎屑岩层属于丹霞组(“丹霞层”), 覆于包括两个沉积旋回的中细粒碎屑岩较发育的长坝组之上; 在周仁公路剖面, 丹霞组则覆于有疑问的马梓坪组之上, 似揭示丹霞组之底存在间断面; 提出“长坝组与南雄盆地东部新龙、老鸦坑一带的‘南雄组大风段’的岩性类似, 厚度接近, 可以大致进行对比, 层位可能相当”(张显球, 1992)。对于上述南雄盆地新龙、老鸦坑一带地层, 1981 年广东 263 地质队曾命名为“松山组”, 指出过这套红层与其上的南雄群之间不连续, 并将其从南雄群划分出来。因此, 丹霞盆地的长坝组与丹霞组应分别相当南雄盆地的松山组与园圃组。

2) 丹霞盆地的长坝组二段和四段分别产有介形类 *Mongolocypris-Cypridea-Darwinula* 组合和 *Talicypridea-Cypridea-Candona-Cyprois* 组合, 但两组合中所含 *Talicypridea* 数量较少, 并还缺少南雄盆地南雄群中 *Talicypridea-Nanxiongium-Cypridea* 介形类动物群的 *Nanxiongium*, 其层位大致相当于海相的阿尔必阶-土仑阶, 可以肯定长坝组比南雄群的层位要低。

3) 尽管丹霞盆地的磁性地层资料尚不系统, 据已有资料表明长坝组二段、三段、四段及丹霞组巴寨段下部均为正极性, 被对比为白垩系中部的正极性静磁超带; 丹霞组巴寨段顶部及锦石岩段下部为正极性, 锦石岩段上部及白寨顶段下部则为负极性, 这一负负(倒转)极性带被对比为 C32r(张显球, 1992), 与南雄盆地比较, 同样表明长坝组相当于松山组, 丹霞组相当于园圃组。

4) 丹霞组巴塞段所产的 *Yumenella* 介形类组合, 其类型单一, 仅此一属六种, 已知 *Yumenella* 繁盛于早白垩世。因而有同行将丹霞组置于上白垩统下部(陈丕基, 2000)。笔者以为上述已阐明丹霞组归于上白垩统, 将 *Yumenella* 的地层分布上延则更为合理。目前对二个盆地演变及沉积关系逐渐清晰起来, 相比之下丹霞盆地缺失掉南雄群的上部地层, 即缺少了南雄盆地的园圃组上部以及主田组和淡水组等一套沉积。

总之, 1928年命名的‘丹霞层’定义并不严格, 长期以来其时代归属一直纠缠不清, 游离于南雄群的上下。究其原因: 将南雄盆地判断为向斜盆地, 把苍石一带的沉积作为下部地层; 缺少生物地层基础, 对‘南雄层’与‘丹霞层’之间的沉积关系判断失误。至此, 两个盆地分别使用的‘南雄群’和‘丹霞组’实际代表了同时期的沉积。按地层命名规则, ‘丹霞组’是一个重复的地层名称, 因此建议取消‘丹霞组’, 改用园圃组。根据这一修订, 我们不仅仅将南雄盆地与丹霞盆地的岩石地层单位统一起来, 共同使用一套白垩纪岩石地层名称(表 2), 其实真正的意义在于深化了对二个盆地之间沉积关系的认识。

表 2 南雄盆地—丹霞盆地白垩系对比表  
Table 2 Correlation of Cretaceous strata in Nanxiong and Danxia Basins

| 丹霞盆地           |             | 南雄盆地        |              |          | 南雄-丹霞盆地  |     |
|----------------|-------------|-------------|--------------|----------|----------|-----|
|                | 张显球<br>1992 | 张显球<br>1984 | 李佩贤等<br>2007 |          |          | 本文  |
| K <sub>2</sub> |             | 淡水组         | 南<br>主田组     | 南<br>主田组 | 南<br>主田组 | 淡水组 |
|                |             | 丹霞组         | 南<br>园圃组     | 南<br>园圃组 | 南<br>园圃组 | 园圃组 |
|                |             | 长坝组         | 南<br>松山组     | 南<br>松山组 | 南<br>松山组 | 长坝组 |
| K <sub>1</sub> |             |             |              |          |          |     |

为提高‘丹霞’一词的知名度, 建议此名只在 2 处使用: 把它作为地质、地理名称, 称为‘丹霞盆地’; 作为地貌名称, 称为‘丹霞地貌’。

丹霞地貌分布不仅仅限于广东丹霞一个地区, 据统计在全国已有 165 处之多。在丹霞盆地、南雄盆地出现的丹霞地貌, 岩石地层分别是由长坝组、南雄群园圃组、古城村组中的粗碎屑岩组成。因此, 丹霞地貌的形成没有固定的沉积和时间, 没有固定的岩石地层层位。丹霞地貌不具备统一的地层时代概念, 不能作为地层对比的依据。地貌形成只是决定于地层沉积物的性质和风化条件, 是由于巨厚的砂、砾岩沉积地层受到后期侵蚀的结果, 因此不同

时期的岩层都可能形成这种地貌。前提是当侵蚀作用控制着整个盆地, 流水沿着岩层的节理裂隙溶蚀、切割、剥蚀着地层, 将原来平整的地层雕琢成千姿百态的峭壁、石峰、石柱、人面石等等地质奇观。这种地貌最早被陈国达命名为“丹霞山地形(1938)”, 后修订为‘丹霞地貌’。与甘肃玉门关后坑一带出现的“敦煌风蚀地貌(或称雅丹地貌)”比较, 尽管在地貌的一些形态上存有相似之处, 但地貌成因有很大区别。丹霞地貌主要是由水流侵蚀形成的, 后者主要是风蚀的结果。

致谢 此项工作是在中国地质博物馆刘随臣馆长支持下完成的, 野外工作期间还得到了中国地质博物馆程荣欣副馆长、广东省国土资源厅、南雄市国土资源局、韶关市丹霞山风景名胜区管理委员会的帮助与关注; 北京顺义李遂乡于海涛提供了鸵鸟蛋样品, 在此表示感谢。

参考文献:

安芷生. 1964. 华北鸵鸟蛋化石的新发现及其显微结构的初步研究[J]. 古脊椎动物与古人类, 8(4): 347-38.

冯景兰, 朱翔声. 1928. 广东曲江仁化始兴南雄地质矿产[R]. 两广地质调查所年报 1.

方晓思, 程政武, 张志军, 庞其清, 韩迎建, 谢宏亮, 李佩贤. 2007. 豫西南-鄂西北一带恐龙蛋化石演化序列与环境变迁[J]. 地球学报, 28(2): 97-110.

方晓思, 张志军, 庞其清, 李佩贤, 韩迎建, 谢宏亮, 闫荣浩, 庞丰久, 吕景禄, 程政武. 2007. 河南西峡白垩纪地层和蛋化石[J]. 地球学报, 28(2): 123-142.

方晓思, 张志军, 张显球, 卢立伍, 韩迎建, 李佩贤. 2005. 广东河源盆地蛋化石[J]. 地质通报, 24(7): 682-686.

方晓思, 卢立伍, 程政武, 邹喻苹, 庞其清, 王毅民, 陈克樵, 尹蓁, 王晓红, 刘金茹, 谢宏亮, 靳悦高. 1998. 河南西峡白垩纪蛋化石[M]. 地质出版社.

方晓思, 邹喻苹. 1996. 河南西峡蛋化石及其地层[J]. 科学中国人, 12: 11-14.

李佩贤, 程政武, 张志军, 方晓思. 2007. 广东南雄盆地的“南雄层”和“丹霞层”[J]. 地球学报, 28(2): 181-189.

牟耘. 1992. 广东省南雄盆地晚白垩世恐龙蛋孵化期的微环境[J]. 古脊椎动物与古人类, 30(2): 120-134.

童永生, 李曼英, 李茜. 2002. 广东南雄盆地白垩系-古近系界线[J]. 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[J]. 古脊椎动物与古人类, 14(1): 16-25.

杨钟健. 1965. 广东南雄、始兴、江西赣州的蛋化石[J]. 古脊椎动物与古人类, 9(2): 141-189.

杨钟健, 孙艾玲. 1960. 中国鸵鸟蛋化石的新发现和其在地层上的意义[J]. 古脊椎动物与古人类, 2(2): 115-119.

- 张玉萍, 童永生. 1963. 广东南雄盆地“红层”的划分[J]. 古脊椎动物与古人类, 7(3): 249-260.
- 张显球, 李宏博, 张志军, 方晓思. 2007. 南雄盆地武台岗白垩系与古近系界线剖面研究进展[J]. 地球学报, 28(3): 299-308.
- 张显球, 方晓思, 张志军, 黄尚波. 2006. 南雄盆地红层及古生物研究历史回顾[M]. 中国科技发展精典文库, 中国档案出版社, 1081-1092.
- 张显球, 林建南, 李罡, 凌秋贤. 2006. 南雄盆地大塘白垩系 - 古近系界线剖面研究[J]. 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[J]. 见: 董为主编《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. 1992. 丹霞盆地白垩系的划分与对比[J]. 地层学杂志, 16(2): 81-95.
- 张显球. 1984. 南雄盆地坪岭剖面罗佛寨群的划分及其生物群[J]. 地层学杂志, 8(4): 239-254.
- 张显球. 1981. 南雄大凤剖面研究报告[R].
- 赵资奎. 1990. 广东省南雄盆地白垩系-第三系交界的大绝灭事件[J]. 科学通报, 35(11): 880.
- 赵资奎. 1979. 我国恐龙蛋化石研究的进展[J]. 华南中、新生代红层论文集, 330-403.
- 赵资奎. 1975. 广东南雄恐龙蛋化石的显微结构(1)-兼论恐龙蛋化石的分类问题[J]. 古脊椎动物与古人类, 13(2): 105-177.
- 赵资奎, 毛雪瑛, 柴之芳, 欧阳红, 余德伟. 1998. 广东南雄盆地白垩系-第三系(K/T)交界恐龙蛋蛋壳的铀丰度异常[J]. 中国科学(D辑), 28(5): 425-430.
- 赵资奎, 叶捷, 李华梅, 赵振华, 严正. 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[J], 29(1): 1-20.
- 赵资奎, 袁全, 王将克, 钟月明. 1981. 中国猿人化石产地鸵鸟蛋化石的显微结构和氨基酸组成[J]. 古脊椎动物与古人类, 19(4): 327-336.
- 郑家坚, 汤英俊, 邱占祥, 叶祥奎. 1973. 广东南雄晚白垩纪-早第三纪地层剖面的观察[J]. 古脊椎动物与古人类, 11(1): 18-28.
- 中国科学院南京古生物研究所. 2000. 中国地层研究二十年(陈丕基: 17 章陆相白垩系)[M], 合肥: 中国科技大学出版社.
- FANG Xiao-si, LU Li-wu, CHENG Zheng-wu, ZHOU Yu-ping, PANG Qi-qing, WANG Yi-min, CHEN Ke-qiao, YI Zhen, WANG Xiao-hong, LIU Jin-ru, XIE Hong-liang, JIN Yue-gao. 1998. On the Cretaceous Fossil Eggs of Xixia County, Henan Province[M]. Geological Publishing House, Beijing.
- FANG Xiao-si, ZHANG Zhi-jun, PANG Qi-qing, LI Pei-xian, HANYing-jian, XIE Hong-liang, YAN Rong-hao, PANG Feng-jiu, Lü Jing-lu, CHENG Zheng-wu. 2007. Cretaceous Strata and Egg Fossils in Xixia, Henan Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 28(2): 123-142 (in Chinese with English abstract).
- FANG Xiao-si, ZHANG Zhi-jun, ZHANG Xian-qiu, LU Li-wu, HAN Ying-jian, LI Pei-xian. 2005. Fossil eggs from the Heyuan basin, east-central Guangdong, China [J]. Geological Bulletin of China, 24(7): 682-686 (in Chinese with English abstract).
- FANG Xiao-si, ZHOU Yu-ping. 1996. On the Fossil Eggs of Xixia County, Henan and Their Strata [J]. Scientific Chinese, 12: 11-14.
- FENG Jing-lan, ZHU Hui-sheng. 1928. Geology and mineral resources in Qujiang, Renhua, Shixing and Nanxiong of Guangdong[R]. Annual Report No.1 of Guangdong-Guangxi Geological Survey
- HIRSCH K F, QUINN B. 1990. Eggs and eggshell fragments from the Upper Cretaceous two wedicine formation of Montana[J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 10(4): 491-511.
- LERBEKMO J F, SWEET A R, St. LOUIS R M. 1987. The relationship between the irridium anomaly and Palynological floral events at three Cretaceous-Tertiary boundary localities in Western Canada[J]. Geological Society of America Bulletin, 99: 325-330
- LI Pei-xian, CHENG Zheng-wu, ZHANG Zhi-jun, FANG Xiao-si. 2007. The Nanxiong Bed and Danxia Bed in the Nanxiong Basin of Guangdong Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 28(2): 181-189 (in Chinese with English abstract).
- MIKHAILOV K E. 1988. The Microstrucure of Avian and Dinosaurian Eggshell: Phylogenetic Implications. Papers in Avian Paleontology[M], Honoring Pierce Brodkors, 361-373.
- MOU Yun. 1992. Nest Environments of the Late Cretaceous Dinosaur Eggs from Nanxiong Basin Guangdong Province[J]. Vertebrata Palasiatica, 30(2):120-134.
- Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS. 2000. Stratigraphical studies in China: 1979~1999[M]. Hefei. University of Science and Technology of China Press
- SAITO T, YAMAMOI T, KAIHO K. 1986. End-Cretaceous devastation of terrestrial flora in the boreal Far East[J]. Nature, 323: 253-255.
- TONG Yong-sheng, LI Man-ying, LI Qian. 2002. The Cretaceous-Paleogene Boundary in the Nanxiong Basin, Guangdong Province[J]. Geological Bulletin of China, 21(10): 668-674.

## References:

- ERBEN H K, ASHRAF A R, BOHM H, HAHN G, HAMBACH U, KRUMSIEK K, STETS J, THRIN J, WURSTER P. 1995. Die Kreide/Tertiar im Nanxiong-Becken (Kontinentalfazies, Sudosrchina) [J]. Erdwiss Forsch Akad Wiss Lit. Mainz, 32: 1-245.
- FANG Xiao-si, CHENG Zheng-wu, ZHANG Zhi-jun, PANG Qi-qing, HAN Ying-jian, XIE Hong-liang, LI Pei-xian. 2007. Evolutionary Series of Dinosaur Eggs and Environmental Changes in Southwestern Henan-Northwestern Hubei [J]. Acta Geoscientica Sinica, 28(2): 97-110 (in Chinese with English abstract).

- TONG Yong-sheng, ZHANG Yu-ping, WANG Ban-yue, DING Su-yin. 1976. The lower Tertiary of the Nanxiong and Chijiang basins[J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 14(1): 16-25.
- YOUNG Chung-chien, SUN Ai-lin. 1960. New Discoveries of Fossil *Struthio* Eggs in China and Their Stratigraphical Significance[J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 2(2): 115-119.
- YOUNG Chung-chien. 1965. Fossil Eggs from Nanhsiung, Kwangtung and Kanchou, Kiangsi [J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 9(2): 141-189.
- ZHANG Xian-qiu, FANG Xiao-si, ZHANG Zhi-jun, HUANG Shang-po. 2006. The Red Beds in the Nanxiong Basin and Reviewing the History of Paleontological Studies [J]. In: YANG Xu. Science And Technology Development Literature Library[M]. Beijing: China Archives Press, 1081-1092.
- ZHANG Xian-qiu, LI Hong-bo, ZHANG Zhi-jun, FANG Xiao-si. 2007. New Advances in the Study of Cretaceous and Paleogene Boundary on the Wutaigang Section of the Nanxiong Basin, Guangdong Province[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 28(3): 299-308 (in Chinese with English abstract).
- ZHANG Xian-qiu, LIN Jian-nan, LI Gang, LING Qiu-xian. 2006. Non-Marine Cretaceous-Paleogene Boundary Section at Datang of Nanxiong, Northern Guangdong [J]. *Journal of Stratigraphy*, 30(4): 327-340.
- ZHANG Xian-qiu, LIN Qiu-xian. 2004. Research Status quo about the E/K Boundary in Nanxiong Basin[J]. In: DONG Wei. Proceedings of the Ninth Annual Meeting of the Chinese Society of the Vertebrate Paleontology [M]. Beijing: China Ocean Press, 35-42.
- ZHANG Xian-qiu. 1981. On the Dafeng Section, Naxiong, Guangdong [R].
- ZHANG Xian-qiu. 1984. Division and Biota of the Luofuzhai Group in the Pingling Section of the Nanxiong Basin, Guangdong[J]. *Journal of Stratigraphy*, 8(4): 239-254.
- ZHANG Xian-qiu. 1992. Division and Correlation of the Cretaceous rocks in the Danxia Basin[J]. *Journal of Stratigraphy*, 16(2): 81-95.
- ZHANG Yu-ping, TONG Yong-sheng. 1963. Subdivision of "red beds" of Nanhsiung basin, Kwangtung [J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 7(3): 249-260.
- ZHAO Zi-kui, YE Jie, LI Hua-mei, ZHAO Zhen-hua, YAN Zheng. 1991. Extinction of the Dinosaurs across the Cretaceous-Tertiary Boundary in Nanxiong Basin, Guangdong Province[J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 29(1): 1-20.
- ZHAO Zi-kui, YUAN Quan, WANG Jiang-ke, ZHONG Yue-ming. 1981. On The Amino Acid Composition and Microstructure of Fossil Ostrich Eggshells from Sinanthropus Site, Choukoutien [J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 19(4): 327-336.
- ZHAO Zi-kui. 1975. The Microstructure of the Dinosaurian Eggshells of Nanhsing, Kwangtung (1) [J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 13(2): 105-177.
- ZHAO Zi-kui. 1979. The Advancement of Research on the Dinosaurian Eggs in China[J]. In IVPP and NGPI(eds.), *Mesozoic and Cenozoic Redbeds in Southern China*. (Beijing: Science Press), p.330-403.
- ZHAO Zi-kui. 1990. Mass Extinction across the Cretaceous-Tertiary Boundary at Nanxiong Basin, Guangdong Province[J]. *A Monthly Journal of Science*, 35(11): 380.
- ZHAO Zi-kui. 1993. Structure, Formation and Evolutionary Trends of Dinosaur Eggshells[A]. In: Koayashi I, Mutvei H, Sahni A, eds. *Structure, formation and evolution of fossil hard tissues*[M]. Tokyo: Tokai Univ Press, 195-212.
- ZHAO Zi-kui. 1996. The Dinosaur Eggs in China: On the Structure and Evolution of Eggshells[A]. In K. Carpenter et al.: *Dinosaur Eggs and Babies*[M]. Cambridge University Press, Cambridge, 184-203.
- ZHENG Jia-jian, TANG Yeng-jun, QIU Zhan-xiang, YE Xiang-kui. 1973. Note on the upper Cretaceous-lower Tertiary of the Nanhsiung Basin, N. Kwangtung [J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 11(1): 18-28.
- Ань Чжи-шэнь. 1964. Новые находки ископаемых яиц страусов в северном Китае и их предварительное микроструктурное изучение[J]. *Vertebrata PalAsiatica*, 8(4):374-386.