

# 河南西峡恐龙蛋壳化石的研究<sup>\*</sup>

朱光有 钟建华 陈清华

(中国石油大学资源系, 山东东营 257062)

**主题词** 恐龙蛋 蛋壳化石 碳、氧同位素 西峡

**提 要** 本文介绍了恐龙蛋壳化石的宏观和微观结构特征, 在扫描电镜下观察到了恐龙蛋壳化石的组织结构。对恐龙蛋壳化石做了碳、氧同位素分析, 经研究发现, 恐龙蛋壳化石碳、氧同位素异常主要与成岩次生变化有关。要从恐龙蛋壳化石的碳、氧同位素上去追索恐龙的食物类型、生态环境及其绝灭原因等, 必须对恐龙蛋壳化石的原生碳酸盐矿物和次生碳酸盐矿物加以分离。

## 1 前 言

恐龙是卵生爬行动物, 卵的孵化是其繁衍后代保证物种延续的重要环节。许多研究成果已表明, 恐龙的绝灭很可能与其繁殖有着密切关系<sup>[1]</sup>。因此, 进一步搞清晚白垩世末期恐龙蛋的情况, 也许能为探索恐龙绝灭之谜提供有价值的参考资料。

最近, 河南西峡盆地发现了大量的恐龙蛋化石, 而且类型全, 成窝性强, 原始保存状态好, 为研究恐龙蛋提供了宝贵的材料。

## 2 恐龙蛋化石的特征

西峡盆地目前已发现了近万枚恐龙蛋化石, 共有7科10属19种<sup>[2]</sup>。恐龙蛋化石大多呈窝状堆积, 少则几枚, 多则几十枚, 形状大小不一, 多为椭圆形。恐龙蛋化石的长径一般为60—610mm, 短径为40—270mm。恐龙蛋壳厚度不一, 在0.7—3.0mm之间(见表1); 颜色为青灰色、红褐色、黑色等; 表面大多有自然裂纹, 蛋壳易剥落。

## 3 恐龙蛋壳化石的显微结构

在光学显微镜和扫描电镜下对马家村组椭圆形恐龙蛋的蛋壳化石(蛋壳厚1.75mm, 根据其完整程度, 推测其可能是未孵化的恐龙蛋)进行了观察, 其组织结构如下:

### ① 残留的卵壳膜纤维

在钙质蛋壳的内表面粘附着一些卵壳膜纤维。这些石化后的有机纤维呈圆条状或条带状, 直径6—24 $\mu$ m, 表面较光滑。它们都是由一些更细的纤维融合或互相盘绕, 并由一些有

<sup>\*</sup> 第一作者简介 朱光有, 男, 1975年生, 在校本科生, 石油地质专业。  
本文于1997年9月29日收到, 11月24日改回。

机质的外套膜包裹而成。这些更细的纤维,其直径约 1.5—2.4 $\mu\text{m}$ ,它们与粗纤维相连,并彼此交错成网格状结构。

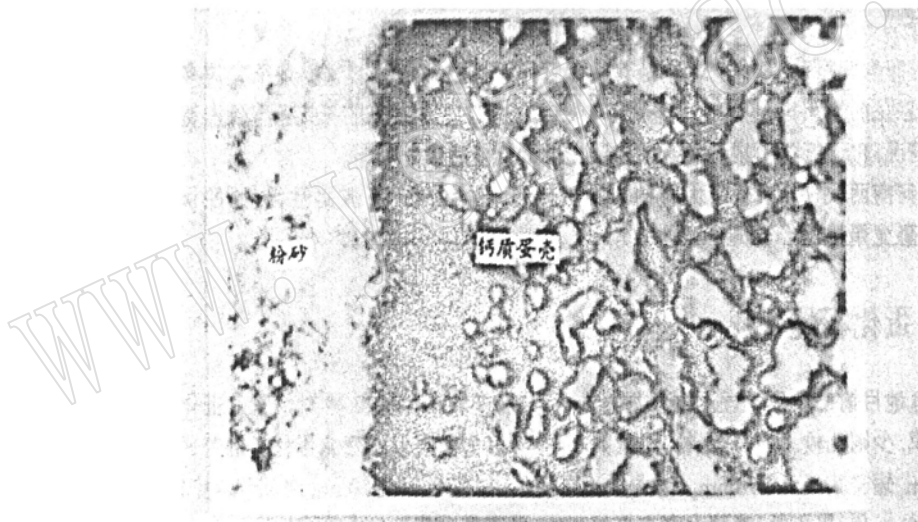
### ②钙质蛋壳显微结构

钙质蛋壳由里向外可分为锥体层和棱柱状层,两层间无明显分界。锥体层厚约 0.5—0.6mm,由不完整的球形方解石晶体组成。在径切面和弦切面中,这些锥体呈不规则状向内面凸出。在此可见到晶体生长中心——乳突中心。方解石由中心向外呈放射状排列。

棱柱状层厚约 1.2—1.4mm。径切面中,可见到每个棱柱状体象树枝一样,向外延伸至蛋壳外表面。每个棱柱状体有 2—4 个分枝。各棱柱状体之间,在近外表面处两侧互相融合。棱柱状体由微晶方解石组成,有比较发育的菱面形解理。晶体从呈放射状的锥体逐渐向外过渡,到与壳表面呈垂直方向和棱柱状排列。

由于棱柱状体呈分枝状,相应形成了许多不规则的空腔,它们与锥体间隙组成一个复杂的通气孔道。这些通气孔道已完全被次生方解石充填。

从弦切面观察,气孔和气孔壁组成网状结构(照片 1)。相邻的气孔道互相连通,有的气



照片 1 西峡恐龙蛋壳化石弦切面的显微照片

(深色部分为沥青和碳酸盐矿物混合物;

白色部分为成岩次生形成的方解石 ×40)

孔壁象是被分割成不规则块状体。从气孔道的分布特征来看,绝大多数并不是直接与外部相通。蛋壳的这种通气系统使其在孵化时能通过蛋壳上密布的气孔同外界进行气体交换,并散发水蒸汽。一方面对气体的阻碍力必须足够小,以适应胚胎对  $\text{O}_2$  的需要,保证水蒸气、 $\text{CO}_2$  能及时散发;另一方面又必须有足够大的阻碍力,以保护胚胎不至于过量失水和过量散发  $\text{CO}_2$ 。在整个孵化过程中,气体的流量与蛋壳结构和蛋窝中温度、湿度及  $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$  的含量密切相关。从生理学角度讲,胚胎能够进行正常的新陈代谢,最重要的是要求蛋壳的组织结构与孵化期的微环境相适应。蛋壳的这种结构,对蛋能否正常孵化有着十分重要的影响,同时也是恐龙蛋分类的一个依据。

## 4 恐龙蛋壳化石的碳、氧同位素特征

笔者对采自三里庙等十多处的 15 枚恐龙蛋壳化石(除一枚内腔全被方解石充填和一枚部分被方解石充填外,其余全被泥砂充填)进行了碳、氧同位素分析,结果列于表 1。同时,还列举了广东南雄盆地恐龙蛋壳化石等的碳、氧同位素分析结果,以便对比。

### 4.1 恐龙蛋壳化石的碳同位素特征

从表 1 可以看出,西峡盆地恐龙蛋壳化石的  $\delta^{13}\text{C}$  为  $-5.26\%$ — $-7.79\%$ (PDB 标准),平均值为  $-6.39\%$ ,与非海相碳酸盐岩的  $\delta^{13}\text{C}$ (平均  $-6.66\%$ ) 非常接近,与现代空气中二氧化碳的  $\delta^{13}\text{C}$ ( $-7.0\%$ — $-12.5\%$ )、火山成因碳酸盐的  $\delta^{13}\text{C}$ ( $-5.19\%$ ) 和金刚石的  $\delta^{13}\text{C}$ (平均  $-5.8\%$ ) 比较接近,而与有机成因的  $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) 值相距甚远,表明西峡盆地恐龙蛋壳化石的碳主要属无机成因。

西峡恐龙蛋壳化石的碳同位素组成主要由三部分决定:一部分是恐龙蛋壳的原生碳酸盐矿物;一部分是成岩过程中次生的碳酸盐矿物;还有一部分是与恐龙密切相关,即经过了成岩次生变化的有机质(沥青)中的有机碳。从西峡恐龙蛋壳化石的碳同位素组成的特点看,前两种无机成因的碳酸盐矿物起决定因素。

B- F14 样品是恐龙蛋壳内腔中充填的粗晶方解石,可以看成是完全由成岩形成的次生碳酸盐矿物,它的碳同位素特点应基本上反映恐龙蛋壳石化过程中的地下流体的碳同位素组成特点,进而可以看成是恐龙蛋壳化石中成岩次生碳酸盐矿物的碳同位素组成特点。因此,用简单类比的方法可以把 S- X2、M- Z5、M- N9、M- N10、G- Z11 五个样品看成是经过强烈成岩次生变化的恐龙蛋壳化石;而把 S- S1、S- C3、M- R4、G- L12、B- M15 五个样品看成是成岩次生变化较弱的恐龙蛋壳化石,其它四个样品则是介于二者之间的恐龙蛋壳化石。对现代动物及其食物的碳同位素研究结果表明:动物的碳同位素组成与其食物有关。因此,有人认为可以根据动物的  $\delta^{13}\text{C}$  值推断其食物类型。但现有的研究是针对动物软体和其食物进行的。而对蛋壳这一类特殊的动物产物与其食物的碳同位素关系还未见有报道。但从对鸡蛋壳测试的碳同位素结果看来,鸡蛋壳至少比其食物相对富集了  $10\%$ — $20\%$  的  $\delta^{13}\text{C}$ 。因此,即使撇开成岩次生变化的影响,要从恐龙蛋壳化石的碳同位素组成上去恢复其食物类型,目前还没有可靠的依据。但笔者认为,如果对蛋壳化石中的沥青进行深入的碳同位素研究,或许能够获得一些有关恐龙食物和生态方面的宝贵信息。

因此,从上述分析可知,决定恐龙蛋壳化石的碳同位素是复杂的,不能简单而论,更不能简单地从恐龙蛋壳化石的碳同位素特征来推断恐龙的生态环境和食物类型。

在显微镜下见到的亮晶状方解石可能是成岩次生形成的碳酸盐矿物,或者部分是由恐龙蛋壳内的原生碳酸盐物质经成岩次生重结晶形成的;而透明亮晶状方解石之间的呈褐黑或黄褐色的物质可能是恐龙蛋壳内的原生碳酸盐物质与沥青的混合物(照片 1)。从感觉上看,S- X2、M- Z5、M- N9、M- N10、G- Z11 五个富集重碳( $\delta^{13}\text{C} > -6.90\%$ )的样品似乎有经成岩次生而形成的亮晶状方解石偏多的现象;而 S- S1、S- C3、M- R4、G- L12、B- M15 五个富集轻碳( $\delta^{13}\text{C} < -7.0\%$ )的样品有原生碳酸盐物质与沥青混合物偏多的现象。但  $\delta^{13}\text{C}$  的富集与成岩次生方解石含量成正比这一可靠的结论尚待精确的定量分析后才能获得。

从表1还可以看出,与南雄盆地的恐龙蛋壳化石( $\delta^{13}\text{C} \geq -9.93\text{‰} - 11.50\text{‰}$ )相比,西峡盆地的恐龙蛋壳化石( $\delta^{13}\text{C} = -5.26\text{‰} - 7.79\text{‰}$ )相对富集了重碳,这可能与两地恐龙所处的生态环境、食物类型以及不同类型的恐龙对碳同位素的分馏以及成岩次生变化程度等因素有关。从这一点也可看出,不同地点的恐龙蛋壳化石在碳同位素组成上具有明显差异。从表1还可看出,南雄盆地的恐龙蛋壳化石的 $\delta^{13}\text{C}$ 分布比较稳定,差值仅1.57‰,而西峡盆地的恐龙蛋壳化石的 $\delta^{13}\text{C}$ 分布则相对分散,差值高达2.53‰。这可能主要是由于前者经受的成岩次生影响较小,而后者经受的成岩次生影响较大、且不均匀所造成的。

表1 西峡盆地、南雄盆地恐龙蛋壳化石等碳、氧同位素组成

Table 1 Carbon and oxygen isotopic composition of Dinosaur egg crust fossils from Xixia basin and Nanxiong basin

序号	样品号	采样地点	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)	蛋壳厚度 (mm)	蛋内 充填物	备注
1	S-S1	孙家沟	-7.37	25.56	1.0	粉砂	西峡盆地
2	S-X2	谢家湾	-6.09	26.08	2.0	含砾粉砂	西峡盆地
3	S-C3	重阳	-7.79	26.67	2.1	含砾粉砂	西峡盆地
4	M-R4	任沟	-7.67	26.63	1.3	粉砂	西峡盆地
5	M-Z5	赵营	-5.88	24.58	1.0	粉砂	西峡盆地
6	M-T6	田营	-6.80	24.31	3.0	粉砂	西峡盆地
7	M-S7	三里庙	-6.32	27.21	1.7	粉砂	西峡盆地
8	M-H8	花园	-6.29	24.92	1.1	粉砂	西峡盆地
9	M-N9	牛王庙	-5.28	22.74	2.9	含砾粉砂	西峡盆地
10	M-N10	牛王庙	-5.26	22.98	1.1	含砾粉砂	西峡盆地
11	G-Z11	张堂	-6.09	25.93	1.1	含砾粉砂	西峡盆地
12	G-L12	刘营	-7.04	22.66	2.0	粉砂	西峡盆地
13	B-F13	不详	-6.93	23.24	3.0	方解石、坡缕石	西峡盆地
14	B-F14*	不详	-5.66	17.31	0.7	方解石	西峡盆地
15	B-M15	马家砦	-7.26	25.44	1.8	粉砂	西峡盆地
16	N92-09-1		-9.93	32.05			南雄盆地
17	N92-09-2		-10.03	31.66			南雄盆地
18	N92-09-3		-10.01	31.91			南雄盆地
19	N92-09-4		-10.42	30.95			南雄盆地
20	N92-09-5		-11.50	31.58			南雄盆地
21	N92-09-6		-10.73	30.98			南雄盆地
22	N92-09-7		-10.15	25.71			南雄盆地
23	N92-09-8		-11.06	29.80			南雄盆地
24	钙质结核		-8.14	22.17			南雄盆地
25	钙质结核		-8.45	21.83			南雄盆地
26	方解石脉		-10.31	19.58			南雄盆地
27	微晶泥灰岩		-9.42	23.27			南雄盆地
28	微晶灰岩		-9.57	21.56			南雄盆地
29	微晶灰岩		-9.18	21.61			南雄盆地
30	鸡蛋壳		-1.24	26.78			
31	鸡蛋壳		-1.48	26.36			

样品1—15由胜利油田地质院测试,仪器型号:Finnigan, MAT 251质谱仪;其余样品据杨卫东等,1993。

\* 样品为恐龙蛋内充填的方解石

#### 4.2 恐龙蛋壳化石的氧同位素特征

从表1可以看出, 西峡恐龙蛋壳化石的 $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) 为22.66‰—27.21‰, 平均24.92‰, 落在典型的沉积岩 $\delta^{18}\text{O}$ 分布区间, 用 $Z = 2.048(\delta^{13}\text{C} + 50) + 0.498(\delta^{18}\text{O} + 50)$ 公式判别,  $\delta^{18}\text{O}$ 与 $\delta^{13}\text{C}$ 一起反映了淡水成因( $Z < 120$ 为淡水成因)。

B-F14样品内腔全被粗晶方解石充填, 显然是成岩过程中交代形成的。因此, 其 $\delta^{18}\text{O}$ 反映的是成岩过程中地下流体的氧同位素组成, 而与恐龙蛋壳的原生氧同位素组成无关(可能有少量混杂, 但可忽略不计)。

从表1还可看出, 方解石样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 值比其它恐龙蛋壳化石低5.33‰—9.90‰, 相对贫重氧。这些差异可以看成是由恐龙的食料、恐龙当时的生存环境和恐龙对氧同位素的生理分解分馏差异造成的。可以这样认为: 恐龙蛋壳化石越富集重氧, 则受成岩次生变化影响越小。这一点在南雄盆地也有明显的表现。从表1可以看出, 南雄盆地的恐龙蛋壳化石( $\delta^{18}\text{O} = 25.71\text{‰} - 32.05\text{‰}$ , SMOW)比盆地内的方解石脉等碳酸盐类岩石( $\delta^{18}\text{O} = 19.58\text{‰} - 23.27\text{‰}$ , SMOW)更加富集重氧,  $\delta^{18}\text{O}$ 差值近于10‰, 同样, 可以认为恐龙蛋壳受后期成岩改造相对较小。

与南雄盆地的恐龙蛋壳化石相比, 西峡盆地的恐龙蛋壳化石相对贫重氧, 前者 $\delta^{18}\text{O}$ 平均为30.05‰, 后者 $\delta^{18}\text{O}$ 平均为24.92‰, 差值竟达5.13‰。这可能是由两地恐龙的生存环境和成岩次生变化等因素所引起的, 可以认为西峡盆地的恐龙蛋壳化石遭受的成岩次生变化比南雄盆地的恐龙蛋壳化石要强烈。

## 5 结束语

从八十年代初, 我国学者就开始利用碳、氧同位素方法研究恐龙蛋(壳)化石, 十余年来取得了不少成果<sup>[3-5]</sup>, 但也存在一些问题, 如有的对碳、氧同位素资料的解释过于简单化, 忽略了后生成岩作用对恐龙蛋壳原生碳、氧同位素组成的干扰, 从而降低了碳、氧同位素结论的科学性, 这在今后应当引起注意。

今后对恐龙蛋壳化石进行碳、氧同位素研究应当注意对恐龙蛋壳进行原生碳酸盐矿物和成岩次生碳酸盐矿物分离, 尤其是要将有机质单独分离出来进行碳、氧同位素研究。

### 参 考 文 献

- 1 牟 耘. 广东南雄晚白垩世恐龙蛋孵化期的微环境. 古脊椎动物学报, 1992, 30(2): 120—134.
- 2 周世全, 罗铭玖, 王德有等. 河南省恐龙蛋类型及古生态特征. 河南地质, 1996, 14(3): 186—193.
- 3 杨卫东, 陈南生, 倪师军等. 白垩纪红层碳酸盐岩和恐龙蛋壳碳氧同位素组成及环境意义. 科学通报, 1993, 38(23): 2161—2163.
- 4 赵资奎, 叶 捷, 李华梅等. 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, 1991, 29(1): 1—20.
- 5 赵资奎, 严 正, 叶莲芳. 山东莱阳恐龙蛋化石的碳氧同位素组成及其与古环境的关系. 古脊椎动物与古人类, 1983, 21(3): 204—209.

## A Study of Dinosaur Egg Fossils from Xixia County, Henan Province

Zhu Guangyu, Zhong Jianhua, Chen Qinghua

(Department of Resources, Petroleum University, Dongying 257062)

**Key words:** Dinosaur egg; egg crust fossil; carbon and oxygen isotopes; Xixia

### Abstract

The present paper has described macroscopic and microscopic textures of Dinosaur egg crust fossils. Under microscope and SEM, some tissues and textures of Dinosaur egg crust were observed, such as relic egg crust membrane fabrics, conical layers and prismatic layers. Carbon and oxygen isotopic analysis of Dinosaur egg crust fossil was made, which led to the discovery that carbon isotopes of Dinosaur egg crust fossils are composed of three parts. There exists organic carbon in primary carbonate minerals, secondary carbonate minerals formed in the diagenetic process and organic matter closely related to Dinosaurs; nevertheless, carbon is mainly of inorganic origin.  $\delta^{13}\text{C}$  anomalies are mainly related to diagenetic secondary change. Oxygen isotopes mainly reflect oxygen isotopic composition of underground fluids in the diagenetic process, but have little to do with primary oxygen isotopic composition of Dinosaur egg crust. The richer the heavy oxygen in Dinosaur egg crust fossils, the less these fossils suffered from diagenetic secondary change. Compared with Dinosaur egg crust fossils from Nanxiong Basin, the Dinosaur eggs in Xixia basin experienced much stronger diagenesis. Therefore, if one wants to trace the food type, ecological environment and extinction of Dinosaurs in the light of carbon and oxygen isotopic values of Dinosaur egg crust fossils, he must separate primary carbonate minerals of Dinosaur egg crust fossils from their secondary carbonate minerals and, what is more, isolate organic matter to make carbon and oxygen isotopic studies.