

晚白垩世恐龙蛋壳变薄及有关问题的探讨

赵 资 奎

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

提 要

山东莱阳和广东南雄上白垩统发现的各类恐龙蛋壳化石,其平均厚度的变化在地层中是自下而上逐渐变薄;类似的现象也见于法国南部上白垩统的恐龙蛋壳化石。因此可以认为恐龙蛋壳厚度在晚白垩世晚期的逐渐变薄,很可能是它们演化过程中的一个重要趋势。

文中扼要地讨论了恐龙蛋壳变薄的机理,并提出晚白垩世晚期恐龙蛋壳变薄可能是恐龙类最后绝灭的一个非常重要的原因。同时也讨论了这些含恐龙蛋壳化石地层的时代问题。

恐龙蛋是一类很特殊的化石。迄今为止还无法断定它们是什么恐龙产的,长期以来,在古脊椎动物学和地层学上被认为没有多大的价值。

近30年来,这类化石在我国广大地区大量发现,极大地推动了这方面的研究。在古脊椎动物学中,一个新的研究领域——古蛋类学慢慢地发展起来了。

近几年来,在系统地研究山东莱阳和广东南雄的恐龙蛋壳化石的显微结构时,发现这些恐龙蛋壳在地层中自下往上逐渐地变薄了。这是一个非常有趣的现象,在理论上和实践上可能有一定的意义。这篇报告就是关于晚白垩世恐龙蛋壳变薄的机理,恐龙蛋壳变薄和恐龙的绝灭以及晚白垩世的上限等问题的初步探讨。

在研究过程中,中山大学地理系王将克同志曾提出了很多建设性的宝贵意见,笔者在此表示感谢。

一、晚白垩世恐龙蛋壳变薄的证据

在过去研究工作的基础上,笔者将山东莱阳王氏群和广东南雄盆地南雄组所发现的各类恐龙蛋壳化石,根据发现的层位对它们的厚度作了对比。考虑到蛋壳在石化过程中由于地质的作用,常使蛋壳显微结构,特别是层状稜柱层受到不同程度的侵蚀,结果势必出现蛋壳厚度变异范围的系统误差,这就很可能混淆了各类蛋壳厚度之间的真正差异。

为了尽可能地避免或缩小这一误差,笔者根据乳突层厚度的变异范围以及乳突层和层状稜柱层厚度的比例,先估计出各类恐龙蛋壳厚度的最低值,并以此作为标准对所测量的蛋壳厚度数据进行取舍。凡低于对该类蛋壳厚度所估计的变异范围的最低值的数据,本文不予采用。如:以将军顶圆形蛋为例,这类蛋壳的乳突层厚度变异范围为1.0—0.8毫米,乳突层和层状稜柱层厚度之比大约为1:2,那么这类蛋壳厚度的最低值估计不低于2.4毫米。如果所测量的这类蛋壳厚度有低于2.4毫米的,则予以废弃。

根据上述的处理方法,本文只取用了605个测量数据。

表 1 山东莱阳王氏群各层位恐龙蛋壳厚度对比(毫米)

蛋化石名称	中王氏群	上王氏群	
		下	上
将军顶圆形蛋 (<i>Spheroolithus chiangchiungtingensis</i>)	2.8	—	—
厚皮圆形蛋? (<i>?Spheroolithus megadermus</i>)	5.7*	—	—
副圆形蛋 (<i>Paraspheroolithus</i>)	1.9	1.5	
椭圆形蛋 (<i>Ovaloolithus</i>)		2.1	1.1*
安氏长形蛋 (<i>Elongatoolithus andrewsi</i>)	1.4*	1.2	0.9
长形长形蛋 (<i>Elongatoolithus elongatus</i>)		0.8	0.8
巨形蛋? (<i>?Macroolithus</i>)			1.5

注: 有*符号的只有 3—5 个测量数据的平均数。

表 2 广东南雄盆地南雄组各层位恐龙蛋壳厚度对比(毫米)

蛋化石名称	南雄组		
	下	中	上
瑶屯巨形蛋 (<i>Macroolithus yaotunensis</i>)	2.2	1.7	1.7
粗皮巨形蛋 (<i>Macroolithus rugustus</i>)		1.6	1.5
安氏长形蛋 (<i>Elongatoolithus andrewsi</i>)	1.3	1.3	1.1
长形长形蛋 (<i>Elongatoolithus elongatus</i>)			0.8
南雄蛋 (<i>Nanshiungoolithus</i>)	?	1.1	
椭圆形蛋 (<i>Ovaloolithus</i>)		2.1	0.8

注: 有? 号的系蛋壳层状柱层几乎缺失, 无法测量。

现将王氏群和南雄组各层位中的各类恐龙蛋壳平均厚度列表对比如下:

从表 1 和表 2 所列举的数据来看:

1. 王氏群中部的恐龙蛋壳厚度, 总的说来, 比王氏群上部的厚。
2. 在王氏群上部和南雄组中, 各类蛋壳由下往上不同程度的变薄了, 其中尤以椭圆形蛋类和瑶屯巨形蛋最为明显。

此外, 从北美犹他州早白垩世地层中发现的类似于瑶屯巨形蛋的标本, 根据 Jensen (1970) 的报告, 其平均厚度为 2.7 毫米; 从蒙古人民共和国的牙道黑达层中发现的安氏长形蛋, 根据我们磨制的 5 片径切面标本测量和 Schwarz 等 (1961) 的报告, 平均厚度均为 1.7 毫米, 比我们的标本厚得多。

综上所述, 不难看出, 在王氏群和南雄组中发现的恐龙蛋化石, 其平均厚度变化, 总的趋势是由下往上逐渐变薄了。根据恐龙蛋化石类群组合的性质, 王氏群中部属于晚白垩世中期, 王氏群上部和南雄组属于晚白垩世晚期(赵资奎, 1977)。

非常有趣的是在法国南部晚白垩世地层中发现的恐龙蛋化石, 最近根据 Erben (1972) 的测量, 发现它们的厚度在地层中自下而上也逐渐地变薄了。在下部地层中的蛋壳厚度

为 2.5 毫米, 上部地层中的蛋壳厚度则为 1 毫米, 而这些含蛋化石的层位是相当于 *Maastrichtian* 的最上部。

由此看来, 可以认为, 恐龙蛋壳厚度在晚白垩世晚期的逐渐变薄, 很可能是它们演化过程中的一个重要趋势。

二、恐龙蛋壳变薄的机理

蛋壳的成分以矿物质为主, 其中以碳酸钙为最多。据分析, 鸟类和恐龙的蛋壳所含的碳酸钙约占 93% 左右。恐龙蛋壳在晚白垩世后期逐渐变薄说明了在其演化过程中输卵管分泌碳酸钙的功能减弱了。是什么原因引起这种变化呢?

蛋壳形成是一个很复杂的生理生化过程。根据对鸟蛋壳形成的实验观察, 一般说来, 生物体内钙和碳酸(一般以碳酸氢盐的形式存在)的新陈代谢如果受到影响, 都会降低蛋壳的质量, 形成薄皮蛋或软壳蛋。这可以从以下几个实验来说明这个问题。

1. 鸟蛋壳中的钙, 主要是由骨腔中的髓骨 (*Medullary bone*) 提供的。归根结蒂, 这些钙全部来源于食物。如果鸟类长期吃含钙量低的饲料, 那么所产的卵壳就会逐渐变薄 (*Taylor, 1974*)。

2. 鸟类对食物中钙的吸收与利用是有选择性的。根据实验观察, 饲料中以含碳酸钙形式的, 钙最容易被吸收和同化 (*Romanoff 等, 1949, p. 155*)。

3. 最近, *Castello*¹⁾ 进行了一项关于饲料中加碳酸氢钠对蛋壳质量影响的试验, 实验证明, 钙含量较少但加碳酸氢钠的饲料效果最好, 而且还使软壳蛋的百分比降低了很多。

4. 根据许多实验观察, 产卵鸡输卵管中的卵壳腺(蛋壳原料分泌直接有关的组织)有大量的碳酸酐酶活动。这种酶能够影响碳酸离子产生的速度。

5. 磺胺药 (*Sulfanilamide*) 对碳酸酐酶的活性有特殊的抑制作用。如果给产卵鸡喂这种药物, 结果发现碳酸酐酶的活性随着磺胺药药量的增加而逐渐降低。如果碳酸酐酶的活性减少到 50% 以上, 就会形成很薄的蛋壳, 有时甚至钙质蛋壳完全缺失 (*Gutowska 等, 1945*)。

6. *Sturkie (1946)* 曾经作了一项关于体温对蛋壳形成的影响试验。在正常的情况下, 把产卵鸡的体温从正常的 41.5°C 降低至 28—39°C 之间约 1—14 小时, 结果也形成了软壳蛋。实验证明, 卵在输卵管中移动的速度并没有受到影响, 因此这可能是影响了卵壳腺中碳酸酐酶的活性的结果。

从上述的几个例子可以看出, 在鸟类中, 体温不正常和食物中钙质缺乏等因素都可能引起形成薄皮蛋或软壳蛋。

爬行动物钙质蛋壳形成的过程基本上和鸟类的相似。所以晚白垩世恐龙蛋壳的变薄同样可以根据上述鸟类形成薄皮蛋或软壳蛋的机理来讨论。

鸟类是温血动物, 它有比较高的体温和严密的体温调节系统, 内部环境恒定。爬行动物是不定温动物, 没有象鸟类那样具有完备的体温调节系统, 因此它们是在本身不能有效维持其体温恒定的情况下进行蛋壳形成的, 这样就比鸟类更容易受环境的直接影响。但

1) *Poultry International*, 12(1), 58, (1973).

是,近来有人认为: 恐龙类身体的解剖结构和鸟类及哺乳类都很相似,因而推测它们和后者一样,是温血动物; 并且估计恐龙类的运动速度、呼吸和体温调节可能和现今那些生活在地面上的大型鸟类以及有蹄类和食肉类的相似 (Bakker, 1972)。关于这个问题,目前已引起有关方面的注意,我们将从恐龙蛋壳的角度来讨论这个问题,另文报告。但是,在这里我们仍然有理由来推断,即使恐龙类具有较高的内体温,也由于它们缺乏保持和减少失热的各种适应,例如皮肤裸露,没有象鸟类或哺乳类那样具有羽毛或毛发作为隔热保温层,那末,在气候变冷的情况下,同样不能有效的维持其内部环境的恒定。

根据上面所述,对于晚白垩世恐龙蛋壳变薄的机理可以这样来假定:

从现有的资料证明,白垩纪晚期是地球上发生改变的一个时期,陆地开始上升,大陆面积逐渐扩大; 全球性的气候也发生了变化,赤道和两极的气候带分化逐渐明显,而且根据某些海生碳酸盐介壳中的氧同位素 (O^{18}/O^{16}) 成分对比鉴定,证明在白垩纪后期全世界海水平均温度也逐渐降低,到了第三纪的时候还在继续下降 (Dorman, 1968)。虽然这些改变估计并不是很骤然或激烈,但是整个植物界和动物界的面貌却随之发生了变化。被子植物和落叶树林逐渐形成,并且广布到各陆地区域,而三迭纪以来在陆地上占统治地位的裸子植物,特别是约占当时全植物界 2/5 以上的苏铁类,到了白垩纪末,几乎统归绝灭了; 同时,许多海生生物和陆地上的脊椎动物也都大量减少或绝灭了。因此使得我们有理由来假定,这些环境条件和生物界的变化对恐龙类的繁殖过程的生物化学平衡可能产生了微妙的影响。

首先是气候的变冷。如果在没有超出恐龙要求的最适范围以内,气温的下降可能会进一步促进体内的新陈代谢。相反地,如果气温继续下降,超出了它们要求的最适范围以下,那末,正如上面所述,即使恐龙具有内体温的调节系统,也由于缺乏保持和减少失热的各种适应,同样无法维持其体温的恒定。如果在这样的情形下,经过反复地、长期的作用,便可能逐渐地降低卵壳腺中碳酸酐酶的活性,因此,对碳酸离子产生的酶促作用可能相应地减弱。这就使得构成蛋壳的主要成分——碳酸钙的分泌量减少,所以蛋壳厚度的变异范围增大,而且相对地越来越薄。

其次,随着动植物界面貌的变化,很可能迫使恐龙类不得不改变原来的食性,特别是那些植物食性的恐龙类。由于植物中的钙多与蛋白质结合,分子大而复杂,不易被消化和吸收,这样不可避免地会影响它们对新的食料来源中钙的吸收和同化。虽然恐龙类有很发达的骨骼系统,在短时期内可以满足蛋壳形成时所需要的钙,但是,如果它们长期不能从食物中获得充足的钙,结果所产的卵壳也会逐渐变薄。

三、恐龙蛋壳的变薄和恐龙的绝灭——兼评“超新星和恐龙绝灭”假说

在脊椎动物中,可以说恐龙类是有史以来陆地上最大的动物,它们从三迭纪中期到白垩纪结束,曾经在地球的陆地上繁盛了一亿多年。随着中生代的结束,它们也随之在地球上消灭了,而且除恐龙外,其它的大多数爬行动物如翼龙、鱼龙、蛇颈龙和沧龙类等也灭亡了,遗留下来的只是龟类,鳄类,有鳞类,分布很局限的喙头类和苟延到新生代初期的始鳄类等少数残余。但是它们究竟是怎样绝灭的? 这是古脊椎动物学中最大的一个难题,也是人们认识恐龙以来一直感到十分有兴趣的问题。

“只要自然科学在思维着,它的发展形式就是假说。”为了探讨中生代末期恐龙等生物绝灭的原因,几十年来,随着对恐龙及其有关问题的认识逐渐增多,人们从不同的角度提出了各种各样的、甚至是相互对立的假说。直到现在,意见还没有统一起来。这并不是由于古生物学工作者天生爱好争论,而是由于有关的化石记录残缺不全以及这个问题的高度复杂性。

在讨论恐龙蛋壳变薄和恐龙绝灭的关系问题之前,首先值得在这里讨论的是最近以 Russell (1971, 1973) 为代表所提出的“超新星和恐龙绝灭”的假说。

其实,早在 50 年代, Красовский 和 Шкловский 就已经提出,在靠近太阳系的空间超新星的爆发所产生的宇宙辐射可以引起地球生物的大绝灭的假设。特别是近 10 年来,在天文学上,和超新星有关的一些新的天体如脉冲星的接连发现, Terry 和 Tucker (1968) 又进一步提出宇宙射线等高能粒子在比较短的星际距离中传播,扩散效应可以忽略不计,因此从接近于太阳系的超新星放射出来的宇宙射线在几天内就可到达地球,根据这样的假定,他们推测 6 亿年来地球上的生物至少有一次要暴露在 25000 伦琴的辐射剂量之下,有 4 次要暴露于 1000 伦琴的辐射剂量之下,……等等,企图以此来解释 6 亿年来地球上动物界发生的几次大的变化。在这样的基础上, Russell 声称:在太阳系附近的空间,相距在 100 光年以内,每隔 5000 万年有一次大的超新星爆发。这种爆发所释放出来的高能粒子如宇宙射线、 γ 射线和 X 射线等巨大的能量在几天内就可到达地球,这样对生物界将造成不可想象的后果。一方面,由于宇宙射线、 γ 射线同大气相互作用产生了巨大的低能量的 γ 射线,使背景辐射在几天的时间增加 30 万倍,相当于在大的核爆炸附近所产生的结果;另一方面,由于 X 射线在到达大气圈顶部时大量被吸收,使大气中热量失去平衡,改变了大气环流,在短期内形成特大风暴和引起气温以及海水温度突然降低。Russell 声称,中生代末期,恐龙等生物的大绝灭就是这个原因造成的。但是,科学事实是否确实如 Russell 等人上述的论断那样?这就很值得讨论和研究。

近来, Lingenfelter (1969) 曾对已发现的脉冲星的年龄以及对它们作为局部源 (Local source) 的宇宙射线强度作了计算,认为在 456 光年和 196 光年的两个脉冲星遗迹 (PSR 1929 + 10 和 PSR 0950 + 08) 估计是 62000 年和 44 万年前出现的两颗超新星演变而成的。这两颗超新星的爆发使得当时地球附近的宇宙辐射量增加;同时,根据对海洋沉积物中所含的铍-10 和铝-26 的测定,证明大约在 50 万年前的海洋沉积物中这两种放射性元素成倍增加,因而推测可能同 PSR 0950 + 08 这颗超新星爆发有关。

但是,在太阳系附近每 5000 万年是否有超新星爆发,目前还不可能直接地从观测或间接地从地球覆盖物中找到可靠的证据,因此它只不过是一种数学上的解释而已;另一方面,关于宇宙射线等高能粒子在比较短的星际距离中传播是否象他们所假定的可以不受星际磁场的影响也引起了人们的怀疑。例如 Laster (1968) 就曾经指出:由于星际媒质的影响,宇宙线粒子的传播不可能是直线的,而是通过星际磁场漫射。因此,即使是从比较邻近的超新星来的宇宙射线,也不可能是几天,而是要很多年才能到达地球。这样,它们对生物的影响是很小的或者是不重要的。何况太阳系附近的空间本来就很少有这类恒星存在。

由此可以看出, Russell 等人所提出的超新星和恐龙绝灭的假说并没有可靠的科学实

践为依据。

然而,这个假说所蕴含的问题还不仅在于缺乏可靠的科学根据,问题还在于它完全否认了唯物辩证法所主张的事物因内部矛盾而引起发展的学说。毛主席在《矛盾论》中指出:“事物发展的根本原因,不是在事物的外部而是在事物的内部,在于事物内部的矛盾性。任何事物内部都有这种矛盾性,因此引起了事物的运动和发展。……一事物和他事物的互相联系和互相影响则是事物发展的第二位的原因。”按照唯物辩证法的这个观点,恐龙绝灭的根本原因应当是恐龙内部矛盾发展的结果,和它相联系的环境条件只是恐龙绝灭的第二位原因。

但是 Russell 从某一狭隘的事实出发认为:“在伊比利亚半岛 (Iberian Peninsula) 和北美西部内陆 (Western interior of North America) 的海相和陆相沉积的夹层中发现的化石提供了确凿的证据,即陆地上和海洋中生物的绝灭是同时发生的。因此有理由假定在这两个环境中生物的绝灭是由一个共同的原因所引起,从恐龙时代后期动、植物群落的稳定程度及其绝灭现象的广泛渗透性质来看,绝灭现象未必是由于生物本身的因素所造成的。”

既然 Russell 不承认白垩纪晚期恐龙等生物的绝灭是由于它们内部矛盾发展的结果,那末,必然地就要把这种绝灭现象简单归咎于外力的作用,归咎于某种突然性的大灾变,一下子把恐龙等生物统统消灭了。当然在现在的形势下要把神迹说成是这一现象的根本原动力已经是不可能的了,因此 Russell 等人只好臆想出太阳系附近超新星的大爆发来。

的确,正如上面已经提到的,在白垩纪末期,除恐龙等爬行动物外,还有许多其它的生物类群,例如海中的浮游植物,漂浮有孔虫,瓣鳃类,头足类,海胆类等以及许多显花植物都几乎绝灭或大量减少。从地质学的观点上说,似乎是很突然和带有戏剧性的。但是有证据表示,鱼龙类和翼龙类以及菊石类在白垩纪结束以前的一些时候就已经绝灭了。毛主席曾经指出:“一切事物,它的现象同它的本质之间是有矛盾的。”因此,我们必须通过对这些现象的仔细分析和研究,找出其固有的内在联系,如果想通过研究单一的机理来解决这个问题,恐怕是不可能的。

从白垩纪末期到第三纪初期,正是脊椎动物处于急剧的分化、转变的时代。随着恐龙等许多的生物类群的绝灭或大量衰退,哺乳动物和鸟类等则很快的发展起来。应当认为这是生物界中各种复杂矛盾发展,例如各生物类群内部矛盾的发展,各生物类群同环境之间矛盾的发展以及生物类群与生物类群之间矛盾的发展更加尖锐、更加激化的结果。因此,处在这样一个大的变革时代的生物,决不可能象 Russell 所认为的那样是稳定的。

如果我们承认一切生物存在着这些矛盾的斗争,就必然要承认一切生物都要变化。不变,旧种怎么从量变到质变而转化成新种呢?不变,它们怎么有产生、发展和灭亡的过程呢?不变,它们又怎么有千差万别的演化速率、盛衰参差不齐呢?只要我们承认这种变化,并且坚持从生物内部矛盾的发展去寻找原因;那末,对于中生代末期恐龙等生物的大绝灭这样一个错综复杂的现象,是可以取得不断深化和日益正确认识的。

根据上述恐龙蛋壳的变薄及其机理的探讨,可以认为恐龙蛋壳在晚白垩世的变薄很可能是它们演化的一个重要趋势。如果这个推论是正确的话,那末,恐龙类在晚白垩世最

后的绝灭, 一个重要的原因, 很可能和它们的蛋壳变薄有关¹⁾。众所周知, 钙质蛋壳是脊椎动物演化历史的一定阶段中在繁殖上对环境适应的一种产物。它主要的功能是保护胚胎, 避免一般机械作用的损伤, 防止蛋内物质变干和微生物入侵以及在胚胎发育时提供必要的矿物质参加新陈代谢。晚白垩世后期各类恐龙蛋壳的结构和功能, 基本上和鸟类的一样, 都是比较进步和比较完善的 (Erben, 1970; 赵资奎, 1979)。因此它们的逐渐变薄, 当发展到一定的临界限度时, 就会引起变化, 走向它的反面, 由原来起保护胚胎的作用变为影响蛋的孵化和胚胎的发育。我们可以从北美和西欧等地的一些鸟类蛋壳的变化来说明这个问题。

近年来的调查, 发现北美和西欧等地许多猛禽和食鱼鸟类的蛋壳都不同程度的变薄了 (Ratcliffe, 1967; Hickey 等, 1968)。这是长期以来由于化学药品倾入江河以及农药如滴滴涕的广泛使用, 使当地环境受到严重的污染。这些化学制品的分解产物(氯化碳氢化合物)逐渐积聚在藻类植物体内。在食物链环的运转中, 每一个后来食用者都在吸收被食者体内已含的这些毒物, 从而使它更进一步的浓聚。例如经过藻类到蠕虫或其它小的水生生物, 又到鱼, 最后到了鸟类身体之后, 这些毒物已经浓聚到可以影响生殖机理的程度, 但是它们还是本能的继续着它们的习性。所以它们所产的卵, 其蛋壳变薄而易碎, 有的已经薄得无法经历孵化。根据调查, 由于这个原因使得一些鸟类如秃鹫、游隼和鹗等在北美都已濒于绝灭。

从恐龙蛋化石埋藏的情形以及蛋化石在蛋窝中排列的方式来看, 可以认为它们和其它爬行动物的蛋一样, 主要是靠日光的温度使卵发育, 孵化期一般都比较长, 蛋壳薄了恐怕无法经历孵化。从上述的各类恐龙蛋壳的变薄情况来看, 例如在上王氏群的上部和南雄组上部的地层里发现的长形蛋属和椭圆蛋属的蛋壳, 其厚度有的只有 0.5 毫米, 比鸡蛋壳厚一些。而现今在地面生活的一些大型鸟类如鹌鹑、食火鸡和鸵鸟等的蛋壳, 其厚度一般都在一毫米以上。本来恐龙蛋一般都比较大, 象 0.5 毫米这样薄的蛋壳, 如果在一个变化大一点的环境下要防止机械作用的破坏可能要困难得多。

另一方面, 如上所述, 蛋壳除了保护胚胎外, 在胚胎发育时, 还必须提供足够的矿物质(主要是钙)参加新陈代谢。根据对鸡的胚胎发育的实验观察, 雏鸡骨骼中的钙约有 80% 是从蛋壳获得的 (Simkiss, 1961)。因此可以认为, 恐龙胚胎发育时, 同样需要从其蛋壳中获得足够的矿物质参加新陈代谢。蛋壳薄了就不可能完全满足这种需要。那末, 不可避免地要影响胚胎的正常发育。

综上所述, 可以认为晚白垩世恐龙蛋壳的变薄很可能是恐龙类最后绝灭的一个非常重要的原因。

四、关于恐龙蛋壳变薄和上白垩统的上限问题

陆相白垩系的划分主要依靠恐龙化石。在北美由于上白垩统的恐龙化石记录比较丰富和详尽, 基本上可以明确地划分出三个层位来。在我国目前由于恐龙化石发现较少, 特别是“华南红层”中的上白垩统, 还不可能明确的作进一步划分。但是近年来, 笔者(赵资

1) Erben 最近根据法国恐龙蛋壳变薄的现象, 也认为这是恐龙在白垩纪最后绝灭的原因 (见 Desmond, A. J., 1976, *The hot-blooded dinosaurs; a revolution in Palaeontology*. New York, Dial Press/James Wade.)

奎, 1979) 根据在其中发现的大量的恐龙蛋化石进行初步的观察, 认为基本上可以把它们自下而上划分为三个不同时代的组合。这就是以蜂窝蛋类和扁圆蛋类为特征的晚白垩世早期, 见于河南西峡盆地中的中部和上部的红色岩系中; 另一个以圆形蛋类为代表的晚白垩世中期, 见于王氏群中部。第三是以椭圆形蛋、巨形蛋和长形长形蛋为主的晚白垩世晚期, 见于王氏群上部和南雄组。如果这个划分是符合客观实际的话, 那末王氏群上部和南雄组的时代是否就是晚白垩世的上限? 关于这个问题, 一方面必须从生物发展的角度去解决, 另一方面还需要和这种地层一起出露并整合于其上的含化石的古新统早期地层。

根据上面对恐龙蛋壳变薄过程讨论的结果分析, 恐龙类最后绝灭的一个重要原因, 可能是它们的蛋壳变薄到了无法经历孵化和影响胚胎发育的程度。那末, 就王氏群上部和南雄组发现的各类恐龙蛋壳的平均厚度来看, 一般在一毫米左右, 例如长形蛋科的巨形蛋属一类, 其蛋壳平均厚度还在 1.7 毫米左右, 蛋壳外层(层状稜柱层)呈波浪形, 结构坚固, 气孔小而且少, 可以减少水分蒸发; 蛋的形状为长形, 这种结构, 除卵黄占据的空间外, 还有足够的空间可以储存蛋白, 保证卵本身水分的储藏, 为胚体创造了一个较为恒定的环境, 因此它们仍可继续发展。这就是说, 这类蛋要到蛋壳薄得无法使卵发育时, 才会引起该类动物的绝灭。由此看来, 王氏群上部和南雄组的时代还不可能是晚白垩世的上限。我国南方“红层”分布很广, 其沉积的特点是盆地式的、多为含膏盐的巨厚层类磨拉石的陆相沉积, 中间以基本上连续沉积的方式越过中—新生代的大界限。估计其中可能有比王氏群上部或南雄组更晚的晚白垩世堆积存在。由于蛋壳变薄一般比较迅速, 因此在时代上可能是短暂的。如果这个推论是正确的话, 那末在今后的地质古生物研究实践上一定能够得到进一步的证实。

参 考 文 献

- 杨钟健, 1954: 山东莱阳蛋化石。古生物学报, 2 (4), 371—388。
 杨钟健, 1965: 广东南雄, 始兴, 江西赣州的蛋化石。古脊椎动物与古人类, 9 (2), 141—189。
 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。古脊椎动物与古人类, 11 (1), 18—29。
 赵资奎、蒋元凯, 1974: 山东莱阳恐龙蛋化石的显微结构研究。中国科学, (1), 63—77。
 赵资奎, 1975: 广东南雄恐龙蛋化石的显微结构(I)——兼论恐龙蛋化石的分类问题。古脊椎动物与古人类, 13 (2), 105—117。
 赵资奎, 1979: 我国恐龙蛋化石研究的进展。华南红层现场会议论文集。
 Bakker, R. T., 1972: Anatomical and ecological evidence of endothermy in dinosaurs. *Nature*, 238, 81—85。
 Bramlette, M. N., 1965: Massive extinctions in biota at the end of Mesozoic Time. *Science*, 148, 1696—1699。
 Dorman, F. H., 1968: Some Australian oxygen isotope temperatures and a theory for a 30-million-year world-temperature cycle. *J. Geol.*, 76 (3), 297—313。
 Erben, H. K., 1970: Ultrastrukturen und Mineralisation rezenter und fossiler Eischalen bei Vögeln und Reptilien. *Biominerale. Forschungsber.*, Bd. 1, Stuttgart-New York, S. 1—66。
 ———, 1972: Ultrastrukturen und Dicke der Wand pathologischer Eischalen. *Abh. Akad. Wiss. Lit. math.-nat. Kl.*, 6, 191—216。
 Gutowska, M. S. and C. A. Mitchell, 1945: Carbonic anhydrase in the calcification of the eggshell. *Poultry Sci.*, 24, 159—167。
 Hickey, J. J. and D. A. Anderson, 1968: Chlorinated hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds. *Science*, 162, 271—273。
 Jensen, J. A., 1970: Fossil eggs in the lower Cretaceous of Utah. *Brigham Young Univ. Geol.*

Studies, 17, July, 51—65.

- Laster, H., 1968: Cosmic rays from nearby supernovae: biological effects. *Science*, 160, 1138.
- Lingafelter, R. E., 1969: Pulsars and local cosmic ray prehistory. *Nature*, 224, 1182—1186.
- Ratcliffe, D. A., 1967: Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. *Nature*, 215, 208—210.
- Romanoff, A. L. and A. J. Romanoff, 1949: The avian egg. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Russell, D. A. and W. H. Tucker, 1971: Supernovae and the extinction of the dinosaurs. *Nature*, 229, 553—554.
- Russell, D. A., 1971: The disappearance of the dinosaurs. *Canadian Geog. J.*, 83(6), 204—215.
- , 1973: The environments of Canadian dinosaurs. *Ibid.*, 87(1), 4—11.
- Schwarz, L., Fehse, F., Müller, G., Andersson, F. und Sieck, F., 1961: Untersuchungen an dinosaurier-Eischalen von Aix en Provence und der Mongolei (Shabarakh Usu). *Zt. wiss. Zool. Abt.* 165 (3—4), 344—379.
- Simkiss, K., 1961: Calcium metabolism and avian reproduction. *Biol. Rev.*, 36, 321—367.
- Sturkie, P. D., 1946: The effect of hypothermia upon the reproductive tract of the hen. *Poultry Sci.*, 25, 369—372.
- Taylor, T. G., 1974: How an eggshell is made *In Vertebrate structures and functions*, San Francisco, Freeman, 371—377.
- Terry, K. D. and W. H. Tucker, 1968: Biologic effects of supernovae. *Science*, 159, 421—423.
- Worsley, T. R., 1971: Terminal Cretaceous events. *Nature*, 230, 318—320.
- Сочава, А. В., 1969 Яйца динозавров из верхнего мела Гоби. *Палеонтол. Ж.*, 4, 76—88.
- Красовский, В. И. и И. С. Шкловский, 1957 Возможное влияние вспышек сверхновых на эволюцию жизни на земле. *ДАН. СССР*, 116(2), 197—199.