

A parataxonomic revision of spheroolithid eggs from the Upper Cretaceous Quantou Formation in Changtu, Liaoning

LIU Jin-Yuan¹ WANG Qiang² ZHAO Zi-Kui² WANG Xiao-Lin^{2*}
GAO Chun-Ling¹ SHEN Cai-Zhi¹

(1 Dalian Natural History Museum Dalian 116000)

(2 Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100044 *Corresponding author: wangxiaolin@ivpp.ac.cn)

Abstract We re-described the dinosaur eggs from the Upper Cretaceous Quantou Formation in Changtu, Liaoning Province. Based on the macrostructure of eggs and the microstructure of eggshells: spheroid or near-spheroid eggs, thick eggshell, bamboo-leaves-like or lanceolate wedges in cone, clear inter-wedge spaces, columnar layer composed of more than 4 superimposed eggshell units, these eggs are assigned to *Spheroolithus spheroides* (Young, 1954) Zhao, 1979, and *Spheroolithus megadermus* (Young, 1959) Zhao, 1979, respectively. With the comparison of dinosaur egg assemblages from Changtu in Liaoning Province and Laiyang in Shandong Province, the Quantou Formation should be corresponding to the early-middle Late Cretaceous.

Key words Changtu, Liaoning; Late Cretaceous; Quantou Formation; dinosaur egg, spheroolithid

辽宁昌图上白垩统泉头组恐龙蛋化石的分类订正

刘金远¹ 王 强² 赵资奎² 汪筱林^{2*} 高春玲¹ 沈才智¹

(1 大连自然博物馆 辽宁大连 116000)

(2 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室 北京 100044
* 通讯作者: wangxiaolin@ivpp.ac.cn)

摘要: 重新描述了20世纪20年代发现于辽宁省昌图地区的恐龙蛋化石。通过对这些标本的宏观和微观形态特征的观察与测量数据分析, 将其归入圆形圆形蛋(*Spheroolithus spheroides*)和厚皮圆形蛋(*Spheroolithus megadermus*), 这是目前这两个蛋种的第二次化石记录。这两个蛋种首次发现于山东莱阳上白垩统将军顶组, 根据昌图及其邻近地区恐龙蛋化石与山东莱阳恐龙蛋化石群的对比, 结合松辽盆地近年来泉头组的研究成果, 认为泉头组的地质时代为晚白垩世早、中期。

关键词: 辽宁昌图, 晚白垩世, 泉头组, 恐龙蛋, 圆形蛋类

中图法分类号: Q915.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3118(2013)04-0278-11

国家自然科学基金(批准号: 41202003, 41172018)、国家重点基础研究发展计划项目(编号: 2012CB821900)、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所重点部署项目和中国科学院古生物化石发掘与修理专项、国家科技基础条件平台——国家岩矿化石标本资源共享平台资助。

收稿日期: 2013-07-23

辽宁省昌图是中国最早发现恐龙蛋化石的地区。1921年,日本人在修建“南满铁路”过程中,在昌图地区的泉头和双庙子之间上白垩统泉头组发现了一枚圆形的蛋化石,随后于1928年由设在大连的“南满铁路公司”属下“地质研究所”的学者在泉头火车站西南1 km处又发现了几枚同样大小的圆形蛋化石(这些标本现保存在大连自然博物馆)。日本学者矢部和尾崎(Yabe and Ozaki, 1929)研究认为,这些蛋化石和龟鳖类的蛋形态很相似,因而推测可能是一种龟鳖类(?)的蛋。但是,直到1954年,这些蛋化石才被确认是恐龙蛋。杨钟健(1954)在研究山东莱阳上白垩统王氏群中发现的形状为圆形的恐龙蛋化石时,将其命名为圆形蛋(*Oolithes spheroides*),并认为辽宁省昌图地区发现的蛋化石,无论是蛋的大小、形状,还是蛋壳外表面纹饰等都与山东莱阳发现的圆形蛋非常相似,应归于同一类恐龙的蛋。

20世纪70年代以来,随着对我国恐龙蛋化石研究的不断深入,根据蛋化石宏观和微观特征的对比研究(赵资奎, 1979, 1993; 赵资奎等, in press),已将山东莱阳发现的*Oolithes spheroides*标本进一步划分为9个蛋种、3个蛋属——圆形蛋属(*Spherooolithus*)、副圆形蛋属(*Paraspherooolithus*)和椭圆形蛋属(*Ovaloolithus*),并分别归入2个蛋科——圆形蛋科(*Spherooolithidae*)和椭圆形蛋科(*Ovaloolithidae*)。

相比较而言,在我国东北仅有为数不多的几个地点发现了恐龙蛋化石(Wang et al., 2012)。其中,辽宁黑山的恐龙蛋发现于下白垩统沙海组(赵宏、赵资奎, 1999),辽宁昌图(李东涛等, 1998; Yabe and Ozaki, 1929)和吉林公主岭、长春(王强等, 2006, 2013; 翁淑芹等, 2003)等地的恐龙蛋都发现于上白垩统泉头组。

本文将对保存在大连自然博物馆发现于辽宁昌图的这批恐龙蛋化石进行系统记述,希望为泉头组时代的讨论,以及松辽盆地东南缘中生代后期古地理的研究提供新证据。

1 地质背景

昌图位于辽宁省北部,松辽盆地的东南缘(图1)。昌图地区泉头组为一套紫红色、灰白色、灰绿色砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩。这套地层的研究始于20世纪20年代,羽田重吉于1927年将泉头车站以东的红色岩系命名为泉头层,置于第三系;1959年,地质部第二石油普查大队正式创名泉头组;周勇等(2002)将这套岩层自下而上分为两段:一段为紫红色砾岩、砂砾岩,黄绿色、紫红色、灰白色含砾长石细-粗粒砂岩及粉砂岩与细粒长石砂岩互层;二段主要为灰白色及浅紫红色细粒长石砂岩、细粒长石砂岩与粉砂岩互层。

2012年9月,本文作者在辽宁省地质矿产调查院李东涛高级工程师陪同下,对辽宁昌图县泉头镇籍家岭泉头组剖面进行了详细的考察,进一步核实日本学者发现恐龙蛋化石层位应该为泉头组二段上部(图2)。

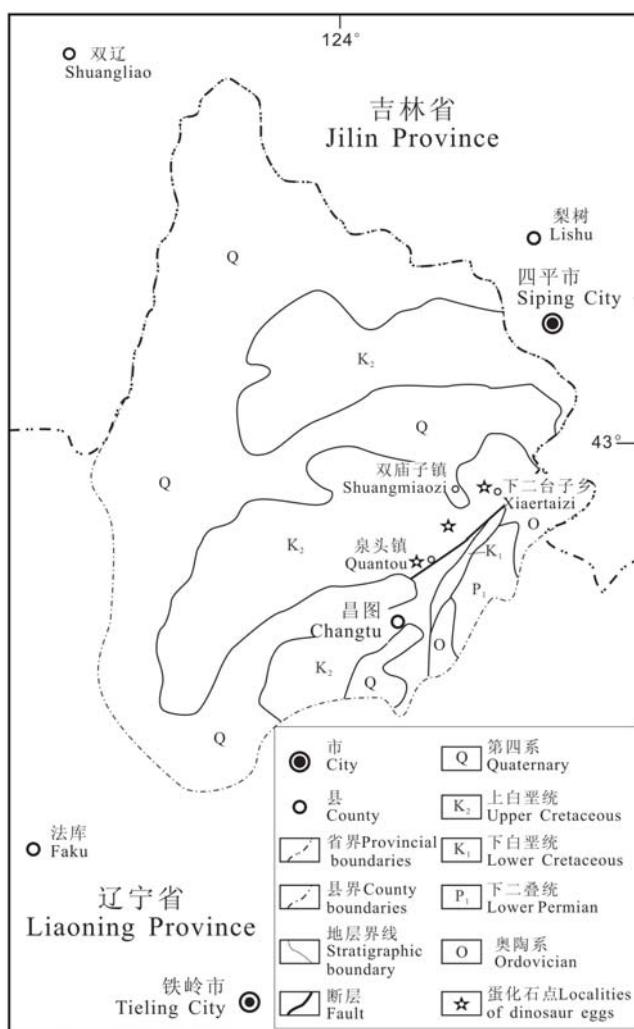


图1 昌图地区地质略图及恐龙蛋化石地点

Fig. 1 Geological map showing the localities of dinosaur eggs in Changtu, Liaoning Province

2 系统描述

圆形蛋科 *Spheroolithidae* Zhao, 1979

科征修订 见属征修订。

圆形蛋属 *Spheroolithus* Zhao, 1979

属征修订 蛋化石近圆形，蛋壳厚度为2.40~5.20 mm；锥体层约占蛋壳厚度的1/3~1/2；径切面显示，锥体层由披针形、竹叶状的楔体组成，楔体间隙发育；柱状层由多层排列紧密的壳单元叠加而成；气孔道形状不规则。

圆形圆形蛋 *Spheroolithus spheroides* (Young, 1954) Zhao, 1979

(图3~5)

1954 *Oolithes spheroides* Young, p. 381

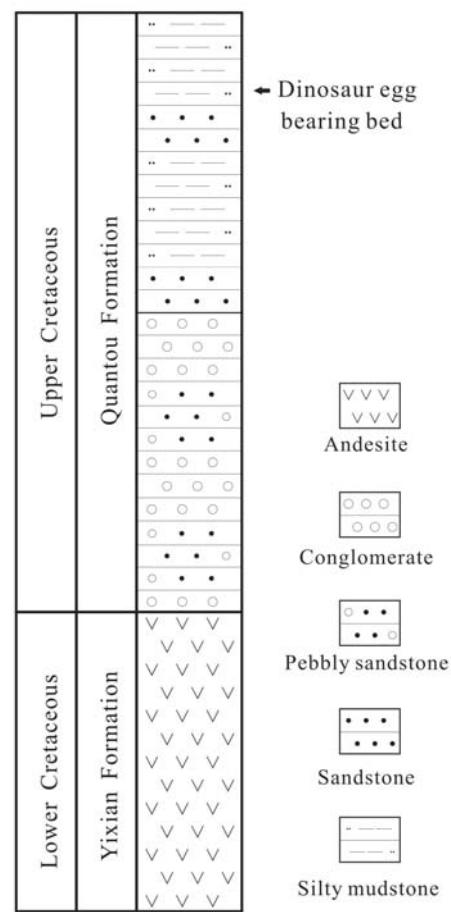


图2 辽宁昌图籍家岭泉头组剖面及蛋化石层位(地层剖面据周勇等, 2002)

Fig. 2 Stratigraphic section and the horizon bearing dinosaur eggs within the Quantou Formation in the Jijialing, Changtu of Liaoning (after Zhou et al., 2002, slightly modified)

1974 *Oolithes chiangchiungtingensis* 赵资奎、蒋元凯, 65页(IVPP V 730), 图版I, 图1~2

1979 *Spherooolithus chiangchiungtingensis* 赵资奎, 332页

归入标本 3枚保存完整的蛋化石(大连自然博物馆标本编号: D152, D153, D156)。

地点与层位 辽宁昌图市泉头火车站南-西侧1 km, 上白垩统泉头组二段上部。

特征修订 蛋化石近圆形, 蛋壳厚度2.40~3.20 mm。锥体层约占蛋壳厚度的1/2, 由披针形、竹叶状的楔体组成, 楔体间隙发育, 柱状层由多层排列紧密的壳单元叠加而成, 气孔道形状不规则。

描述 3枚小型圆形蛋化石(D152, D153, D156), 其中, D153保存最为完整, 长径7.4 cm, 赤道直径6.7 cm, 形状指数90.5。D152和D156长径分别为9.0和7.6 cm, 由于二者均有一侧微压扁, 缺失部分蛋壳(图3A, C), 因而其赤道直径数据较实际值偏小, 分别为6.3和5.7 cm。

蛋壳厚度为2.80~3.10 mm。锥体层与柱状层界线不明显, 但可根据壳单元的排列情况将二者分开(图4)。锥体层的厚度为1.22~1.44 mm, 约占蛋壳厚度的1/2。锥体层由底部的晶核中心和竹叶状、披针形的楔体组成(图4; 5A, B), 楔体在近蛋壳柱状层处相互聚合, 楔体间隙明显发育(图4B, C; 5D), 蛋壳弦切面可见楔体发育三角形的生长中心(图5C)。但是从图4可以看出, 由于在石化过程中成岩作用的影响, 大多数纤细的楔体断裂, 致使锥体层构造受到不同程度的破坏。

柱状层厚度为1.46~1.85 mm, 约占蛋壳厚度的1/2。柱状层由4层以上壳单元叠加组成, 各层壳单元的厚度范围为0.28~0.77 mm(图4A), 其中近锥体层壳单元生长纹发育(图4B, C), 最外层厚度较大, 多为纤细的圆柱状壳单元(图4A), 在最外层弦切面中可见壳单元呈大小不一的圆形(图5H)。有些标本由于蛋化石外表面遭受侵蚀, 使最外层壳单元部分缺失(图4B, C)。由蛋壳径切面和弦切面可见, 气孔不规则(图4; 5E, F, G)。

分类讨论 杨钟健(1954)在研究山东莱阳上白垩统王氏群中发现的恐龙蛋化石时, 将那些形状近于圆形的蛋化石, 以V 730作为“主型”, 将V 731, V 732, V 733,

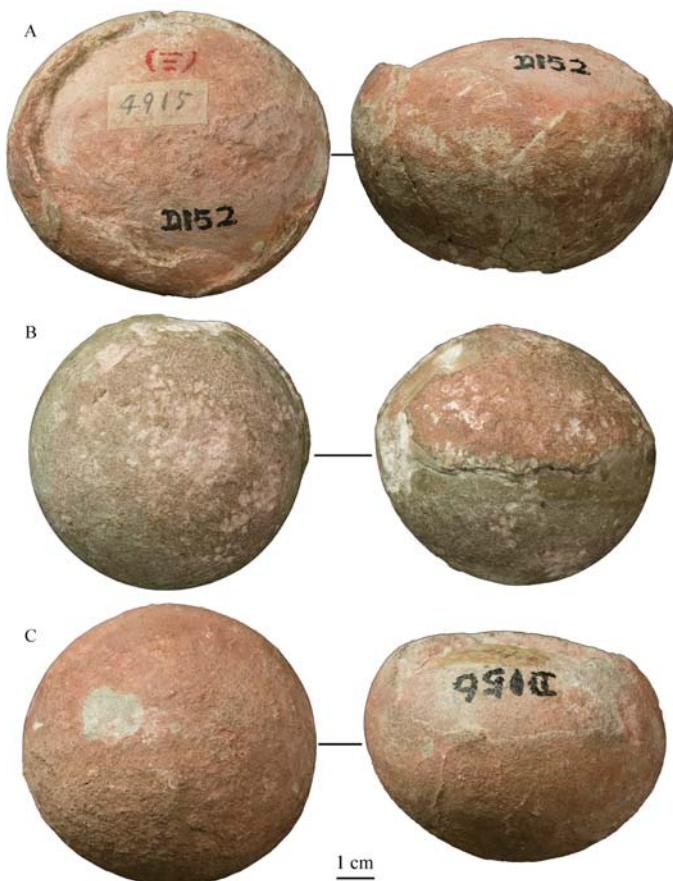


图 3 3 枚保存完整程度不同之圆形圆形蛋

Fig. 3 Three more or less completely preserved *Spherooolithus spheroids*
A. D152; B. D153; C. D156

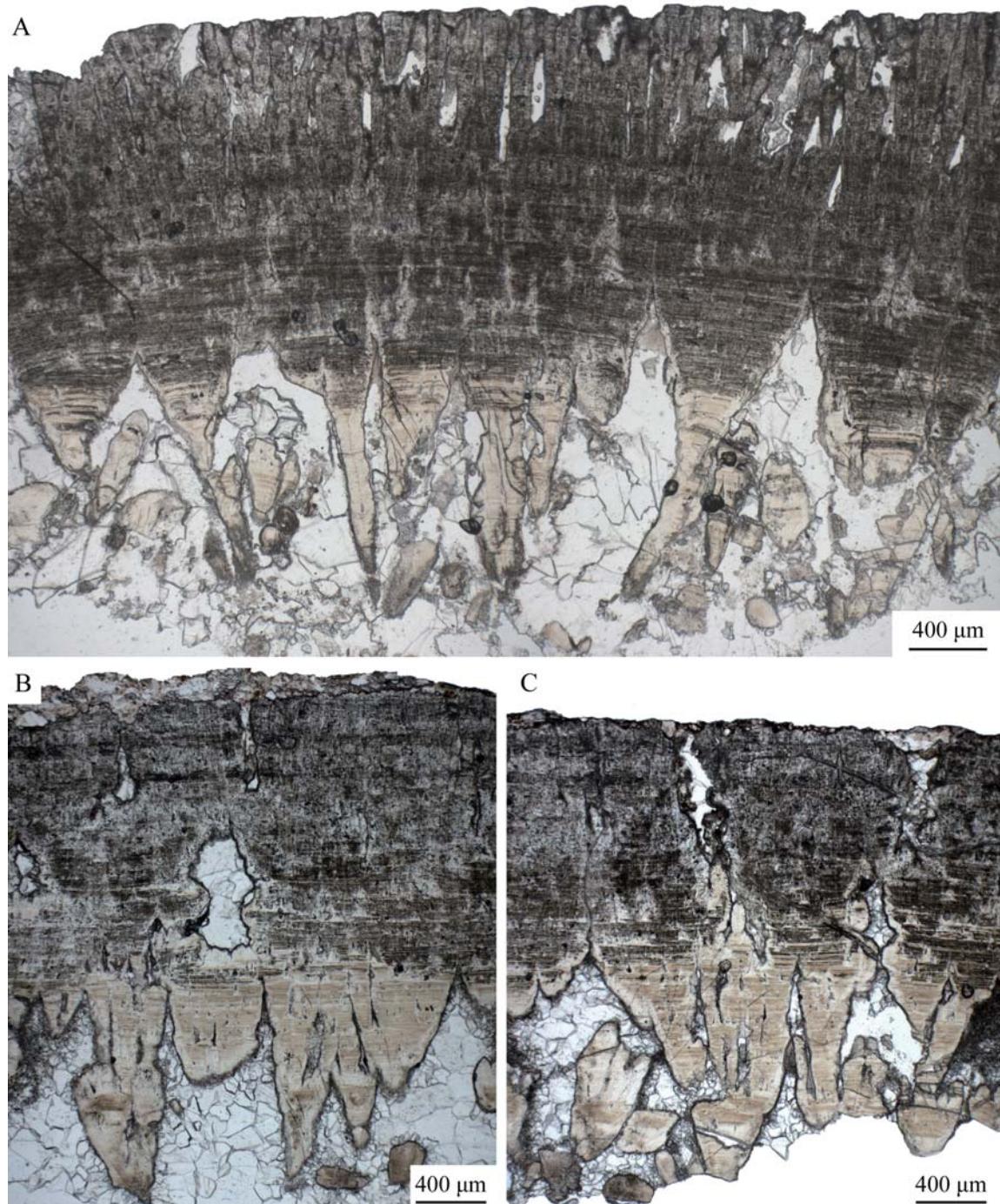


图4 圆形圆形蛋蛋壳径切面显微结构

A. D152, 示锥体层结构受成岩作用影响发生的变化, 柱状层由4层以上的壳单元叠加组成, 最外层壳单元为纤细的柱状, 相互之间界线明显; B-C. D156, 示由不完整的楔体所组成的锥体, 楔体间隙明显, 缺失柱状层最外层

Fig. 4 Eggshell microstructures of *Spheroolithus spheroids* in radial section

A. D152, showing diagenetically changed cone layer, the columnar layer composed of more than 4 layers of eggshell units, the eggshell units of the outer layer are slender column with clear boundary; B-C. D156, showing eggshell unit (cone) composed of incomplete pattern of wedges, clear inter-wedge spaces, and badly weathered outer layer of eggshell

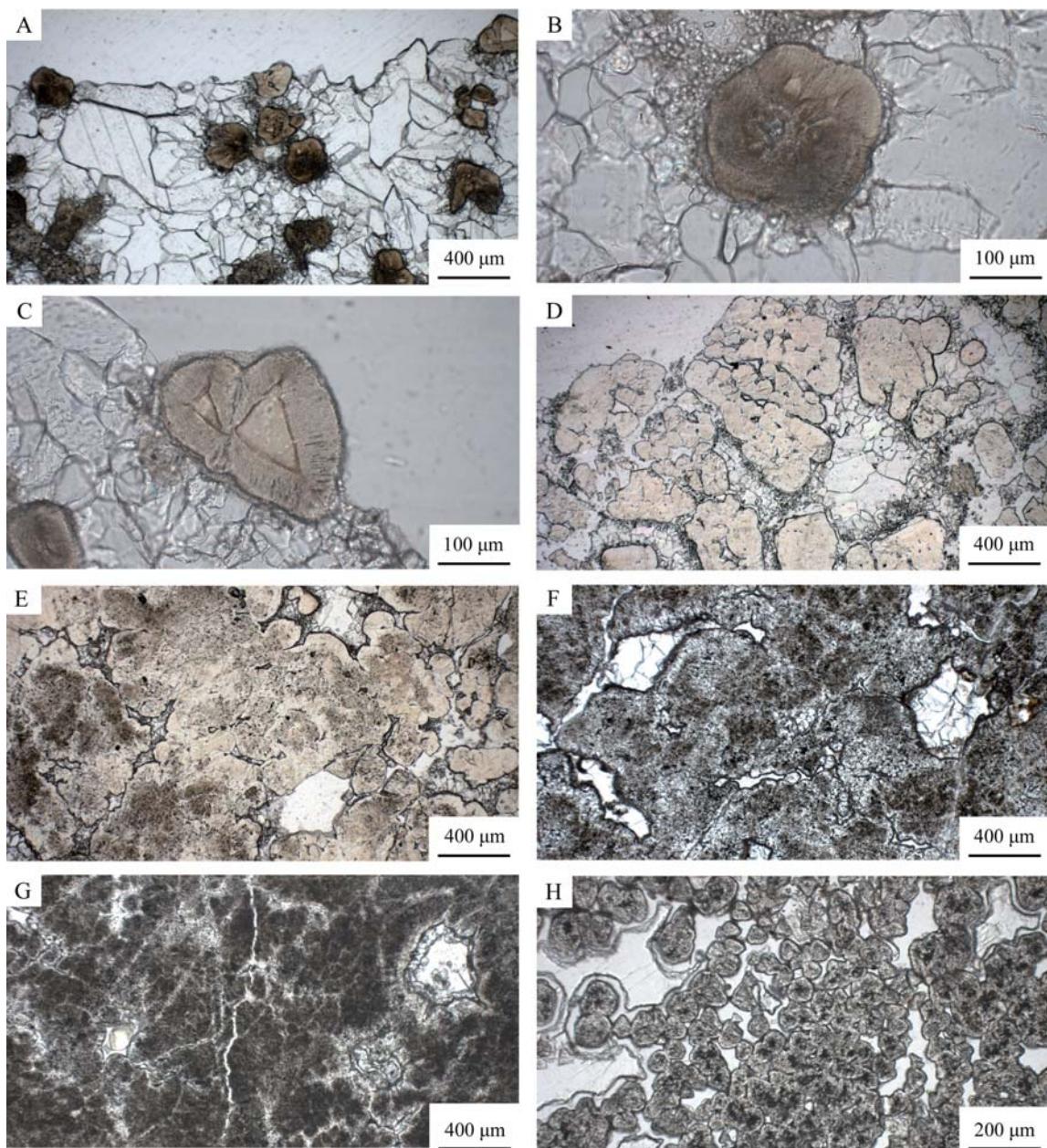


图 5 圆形圆形蛋蛋壳显微结构

A. 蛋壳锥体层弦切面(D156), 示晶核中心; B. A图中晶核中心局部放大; C. A图中楔体局部放大, 示三角形的楔体生长中心; D. 蛋壳锥体层中部弦切面(D156), 示聚合在一起的楔体和楔间隙; E. 蛋壳锥体层与柱状层过渡带的弦切面(D156), 示紧密排列的壳单元和不规则的气孔; F (D156)–G (D152). 蛋壳柱状层中部弦切面, 示紧密排列的壳单元和不规则的气孔; H. 近蛋壳外表面处弦切面(D152), 示排列较松散的圆形壳单元

Fig. 5 Eggshell microstructures of *Spheroolithus sphaeroides*

A. Tangential section near inner surface of eggshell (D156), showing the cores; B. Enlargement of a core in A; C. Enlargement of wedges in A, showing the triangular growth center of wedge; D. Tangential section through middle part of cone layers (D156), showing converged wedges and irregular space between wedges; E. Tangential section near the boundary between cone and columnar layers (D156), showing tightly arranged eggshell units and irregular pores; F (D156)–G (D152). Tangential section through middle part of columnar layer, showing tightly arranged eggshell units and irregular pores; H. Tangential section near outer surface of eggshell (D152), showing loosely arranged round eggshell units

V 735, V 736和V 737作为“归入标本”，建立了*Oolithes spheroids*, 并认为辽宁省昌图地区发现的蛋化石，无论是蛋的大小、形状，还是蛋壳外表面纹饰等都与*O. spheroides*非常相似，应为同一类型的蛋。赵资奎、蒋元凯(1974)根据蛋壳的显微结构特征，进一步将*O. spheroides*分为3个类型，其中V 730和V 731及后来发现的RV 74002(野外编号G 5547)被命名为*O. chiangchiungtingensis*, 而以V 733和V 735为代表的蛋化石被命名为*O. irenensis*, 以V 732, V 736和V 737为代表的命名为*O. chinkangkouensis*。随后，赵资奎(1979)根据他提出的“恐龙蛋化石分类和命名方法”，及建立新的恐龙蛋化石分类系统的建议(赵资奎，1975)，对山东莱阳发现的圆形蛋类化石重新分类和命名，将*Oolithes chiangchiungtingensis*修订为*Spherooolithus chiangchiungtingensis*。然而，赵资奎等(待刊)认为这种处理方法违背了“优先律原则”，应将其订正为*Spherooolithus spheroids*, 并指定V 730为这一蛋种的模式标本。但是在重新观察V 730和RV 74002蛋壳显微结构特征时，发现两者锥体层厚度比例有明显不同，前者约占蛋壳厚度的1/2, 后者约占1/3, 认为后者应代表*Spherooolithus*的另一个蛋种。因此仍保留*Spherooolithus chiangchiungtingensis*这一蛋种名称，并指定RV 74002为其模式标本。

本文研究的3枚蛋化石为近圆形，蛋壳锥体层由针叶形或披针状的楔体组成，楔体间隙发育，锥体层约占蛋壳厚度的1/2, 明显区别于其他类型的蛋化石，而与山东莱阳上白垩统将军顶组发现的圆形蛋(*Spherooolithus spheroides*)非常相似。因此，可以将辽宁昌图上白垩统泉头组发现的这几枚蛋化石归入*Spherooolithus spheroides*。

厚皮圆形蛋 *Spherooolithus megadermus* (Young, 1959) Zhao, 1979

(图6~8)

1959 *Oolithes megadermus* Young, p. 34~35

1974 *Oolithes megadermus* 赵资奎、蒋元凯, 66页, 图版IV, 图8

1979 ? *Spherooolithus megadermus* 赵资奎, 332页

归入标本 保存一半的蛋化石，蛋内发育次生方解石晶体(大连自然博物馆标本编号：D154)。

地点与层位 辽宁昌图市泉头火车站南-西侧1 km, 上白垩统泉头组二段上部。

鉴定特征 小型圆形蛋。蛋壳较厚，厚度为4.8~5.2 mm。蛋壳由锥体层和柱状层组成，锥体层由披针形、竹叶状的楔体组成，楔体发育三角形的生长中心，楔体间隙发育，锥体层约占蛋壳厚度的1/3, 柱状层由多层排列紧密的壳单元叠加而成，气孔不规则。

描述 仅保存一半的蛋化石(图6), 蛋化石的内部着生晶形各异、大小不一的方解石晶体。保存的蛋化石形态数据为9.0 cm × 8.0 cm, 形状指数为88.9。

蛋壳较厚，厚度为5.22 mm。蛋壳由锥体层和柱状层组成，锥体层的厚度为1.72 mm, 约占蛋壳厚的1/3。径切面显示，锥体由底部的晶核中心和竹叶状、披针形的楔体组成，楔体间隙明显发育(图7), 弦切面可见楔体的生长中心为多样的三角形(图8A, B), 楔体由近锥体层中部向蛋壳外表面方向相互聚合在一起，蛋壳弦切面楔体聚合体呈现为三角形或方形(图8C, D)。

柱状层由8层以上排列紧密的壳单元叠加组成(图7), 下部壳单元层较薄，向蛋壳外表面方向，各壳单元层逐渐加厚，最外层的厚度较大，各层厚度变化范围为0.30~0.75 mm。最外层纤细的壳单元(图7; 8F)同石笋蛋类(stalicooolithid)的柱状层外层结构相似(王

强等, 2012)。蛋壳径切面和弦切面显示, 蛋壳气孔不规则(图7; 8E, F)。

比较与讨论 这枚蛋化石(D154)的宏观形态和蛋壳显微结构与山东莱阳上白垩统将军顶组发现的厚皮圆形蛋(*S. megadermus*)的很相似, 本文将其归入厚皮圆形蛋。



图 6 厚皮圆形蛋(D154)

Fig. 6 *Spherooolithus megadermus* (D154)

3 关于泉头组时代的讨论

关于泉头组的时代一直存在争议, 孙革、郑少林(2000)根据沟鞭藻类的组合特征, 认为松辽盆地泉头组的时代应为早白垩世; 陈丕基(2000)依据泉头组中的特征化石——泉头粉(*Quantonenpollenites*)和法国梧桐化石(*Platenus*), 将泉头组归于晚白垩世早期; 黎

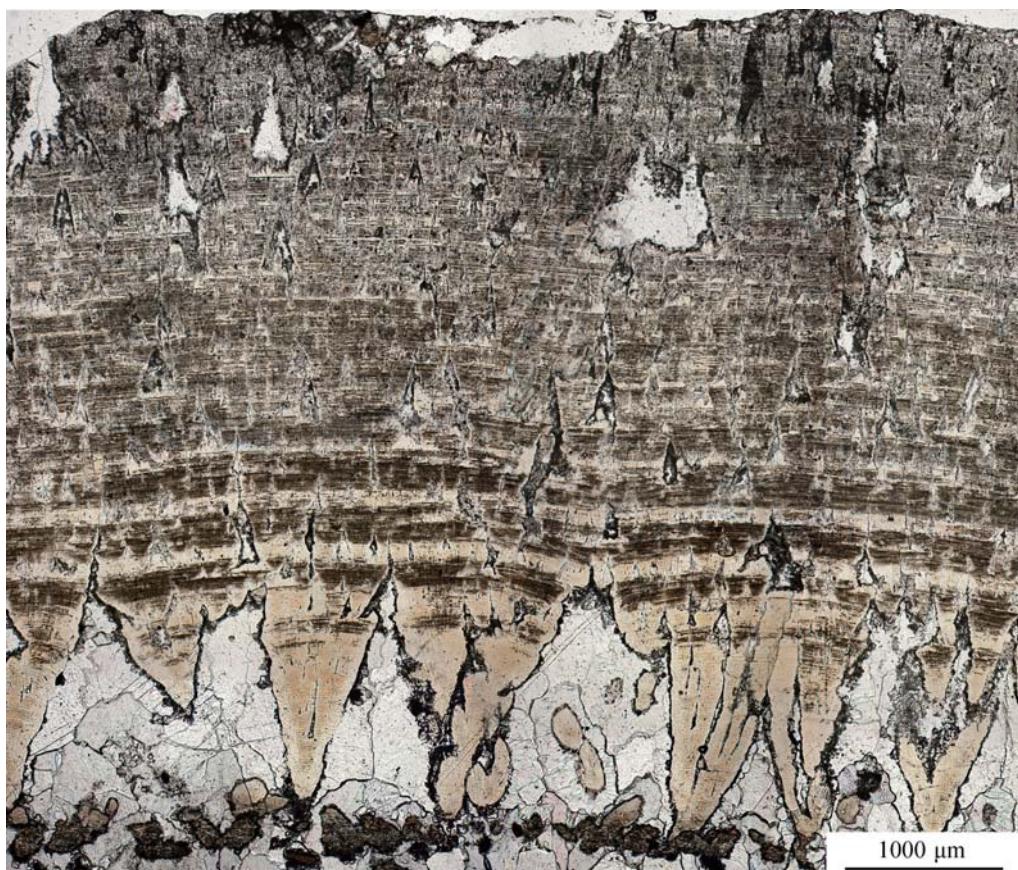


图 7 厚皮圆形蛋蛋壳径切面(D154), 显示竹叶状或披针形的楔体, 楔体间隙发育, 柱状层由8层以上的壳单元叠加组成

Fig. 7 Radial section of *Spherooolithus megadermus* (D154), showing bamboo-leaves-like or lanceolate pattern wedges, developed inter-wedge spaces, the columnar layer composed of more than eight eggshell unit layers

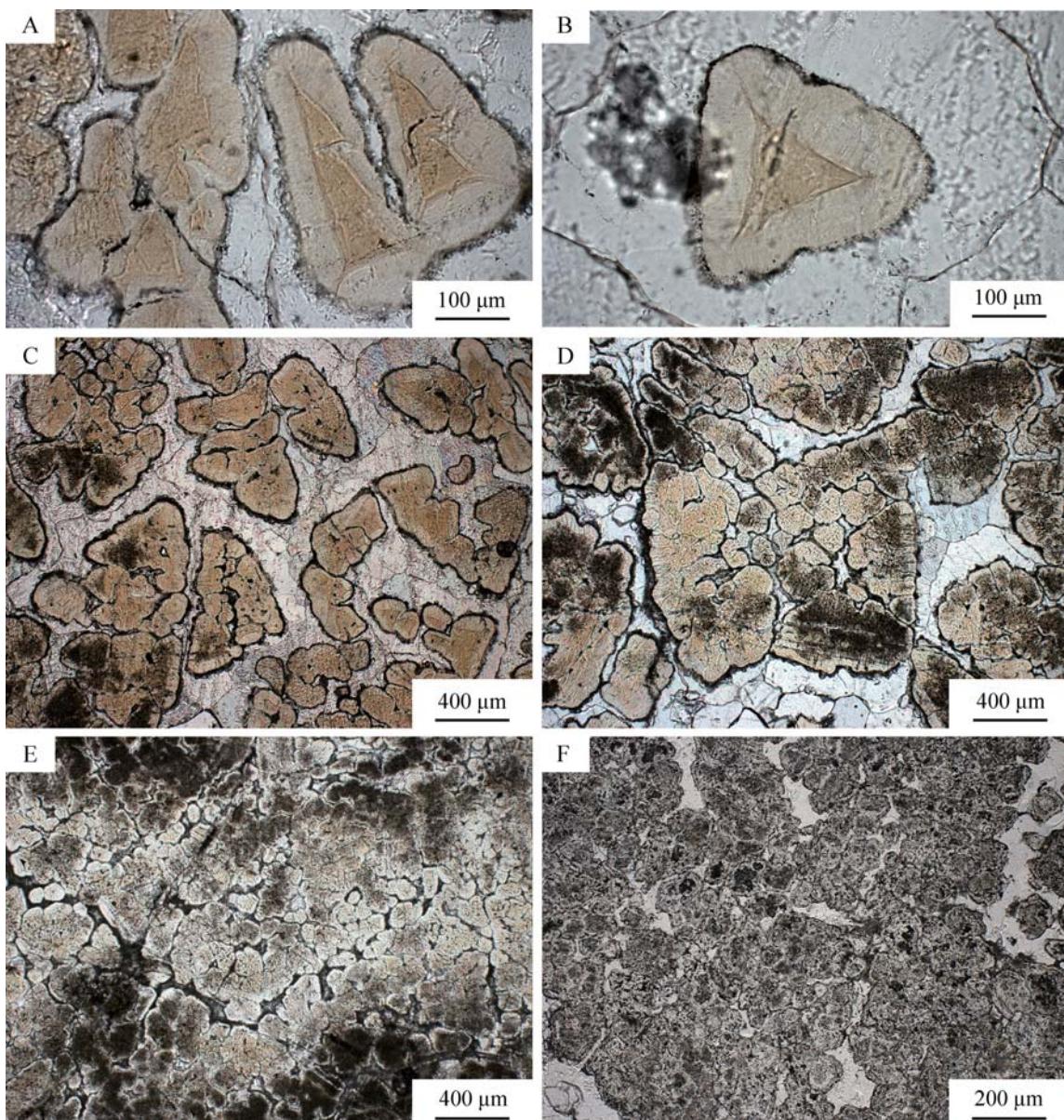


图 8 厚皮圆形蛋蛋壳弦切面(D154)

A-B. 近蛋壳内表面弦切面, 示不规则的楔体, 三角形及不规则的楔体生长中心; C. 锥体层中部弦切面, 示逐渐聚合的楔体和不规则的楔体间隙; D. 近柱状层弦切面, 示明显聚合的楔体, 楔体间隙发育; E. 柱状层中部弦切面, 示较为紧密排列的壳单元和不规则的气孔; F. 蛋壳近外表面弦切面, 示圆形或不规则形的壳单元和不规则的气孔

Fig. 8 Tangential sections of *Spherooolithus megadermus* (D154)

A-B. Tangential section near inner surface of eggshell, showing irregular wedges and triangular or irregular growing center of wedges; C. Tangential section through middle part of cone layer, showing gradually converged wedges and inter-wedge spaces; D. Tangential section near columnar layer, showing clearly converged wedges and developed inter-wedge spaces; E. Tangential section through middle part of columnar layer, showing tightly arranged eggshell units and irregular pores; F. Tangential section near outer surface of eggshell, showing round or irregular eggshell units and irregular pores

文本(2001)通过泉头组中孢粉的研究,认为泉头组下部时代为晚白垩世Cenomanian期,泉头组上部时代应为晚白垩世Turonian期。近年来,根据松辽盆地松科1井生物地层和年代地层等的综合研究认为,泉头组上部地层相当于国际地层表中的土伦阶下部(lower Turonian)(Wan et al., 2012)。

松辽盆地中鲜有脊椎动物化石的报道,而在昌图及其邻近的吉林省公主岭和长春地区泉头组中近年来发现了一个非常重要的脊椎动物化石群,目前已记述的有恐龙类:原始鸟脚类——娇小长春龙(*Changchunsaurus parvus*)(昝淑芹等, 2005; Jin et al., 2010; Richard et al., 2011)、禽龙类(*Iguanodontian ornithopod dinosaur*)(Chen et al., 2008)、原始角龙类——短领太阳角龙(*Helicceratops brachygnathus*)(Jin et al., 2009); 恐龙蛋类: 公主岭似蜂窝蛋(*Similisaveoloolithus gongzhulingensis*)(王强等, 2006, 2013); 有胎盘类哺乳动物: 吉林张氏兽(*Zhangolestes jilinensis*)(Zan et al., 2006)等。昌图及其邻近地区泉头组中发现的恐龙蛋化石数量众多、类型多样,尤其值得注意的是圆形圆形蛋(*Spheroolithus sphaeroides*)和厚皮圆形蛋(*S. megadermus*),目前仅在山东莱阳和辽宁昌图这两个地区发现。在莱阳,这两个蛋种是在王氏群将军顶组中发现的,其地质时代为晚白垩世中期(Wang et al., 2012)。因此,我们倾向于认为昌图地区含恐龙蛋化石的泉头组的地质时代为晚白垩世早-中期。

致谢 褒心感谢辽宁省地质矿产调查院李东涛在野外考察期间给予的极大帮助,评阅人提出了宝贵的修改意见,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所高伟拍摄蛋化石照片。

References

- Chen J, Richard J B, Jin L Y, 2008. New material of large-bodied ornithischian dinosaurs, including an iguanodontian ornithopod, from the Quantou Formation (Middle Cretaceous: Aptian-Cenomanian) of Jilin Province, northeastern China. *Neues Jahrb Geol Paläont, Abh.*, **248**: 309–314
- Chen P J(陈丕基), 2000. Comments on the classification and correlation of non-marine Jurassic and Cretaceous of China. *J Stratigr(地层学杂志)*, **23**(2): 114–119(in Chinese)
- Jin L Y, Chen J, Zan S Q et al., 2009. A new basal ceratopsian dinosaur from the Middle Cretaceous of Jilin Province, China. *Acta Geol Sin*, **83**: 200–206
- Jin L Y, Chen J, Zan S Q et al., 2010. Cranial anatomy of the small ornithischian dinosaur *Changchunsaurus parvus* from the Quantou Formation (Cretaceous: Aptian-Cenomanian) of Jilin Province, northeastern China. *J Vert Paleont*, **30**(1): 196–214
- Li D T(李东涛), Liu Y H(刘永海), Hu J W(胡晋伟) et al., 1998. Dinosaur egg fossil discovered in Xia'ertaizi, Changtu County, Liaoning. *Liaoning Geol(辽宁地质)*, (1): 78–79(in Chinese)
- Li W B(黎文本), 2001. Palynoflora from the Quantou Formation of Songliao Basin, NE China and its bearing of the Upper-Lower Cretaceous boundary. *Acta Palaeont Sin(古生物学报)*, **40**(2): 153–176(in Chinese with English summary)
- Richard J B, Jin L Y, Chen J, 2011. The postcranial osteology and phylogenetic position of the small ornithischian dinosaur *Changchunsaurus parvus* from the Quantou Formation (Cretaceous: Aptian-Cenomanian) of Jilin Province, north-eastern China. *Palaeontology*, **54**(3): 667–683
- Sun G(孙革), Zheng S L(郑少林), 2000. New proposal on division and correlation of Mesozoic from northeastern China. *J*

- Stratigr(地层学杂志), **24**(1): 60–64(in Chinese with English abstract)
- Wan X Q, Zhao J, Scott R W et al., 2012. Late Cretaceous stratigraphy, Songliao Basin, NE China: SK1 cores. Palaeogeogr, Palaeoclimat, Palaeoecol, <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.10.024>
- Wang Q(王强), Zan S Q(昝淑芹), Jin L Y(金利勇) et al., 2006. A new oospecies, *Dictyoolithus gongzhulingensis*, from the Early Cretaceous Quantou Formation in the central Jilin Province. Jilin Univ, Earth Sci Ed(吉林大学学报: 地球科学版), **36**(2): 153–157(in Chinese with English abstract)
- Wang Q(王强), Wang X L(汪筱林), Zhao Z K(赵资奎) et al., 2012. A new oofamily of dinosaur egg from the Upper Cretaceous of Tiantai Basin, Zhejiang Province, and its mechanism of eggshell formation. Chin Sci Bull(科学通报), **57**: 3740–3747(in Chinese and English)
- Wang Q(王强), Zhao Z K(赵资奎), Wang X L(汪筱林) et al., 2013. New forms of dictyoolithids from the Tiantai Basin, Zhejiang Province of China and a parataxonomic revision of the dictyoolithids. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **51**(1): 43–54
- Wang X L(汪筱林), Wang Q(王强), Jiang S X(蒋顺兴) et al., 2012. Dinosaur egg faunas of the Upper Cretaceous terrestrial red beds of China and their stratigraphical significance. J Stratigr(地层学杂志), **36**(2): 400–416
- Yabe H, Ozaki K E, 1929. Fossil chelonian (?) eggs from South Manchuria. Proc Imper Acad, **5**(1): 42–45
- Young C C(杨钟健), 1954. Fossil reptilian eggs from Laiyang, Shantung, China. Sci Sin, Ser A, **3**(4): 505–522
- Young C C, 1959. On a new fossil egg from Laiyang, Shantung. Vert PalAsiat, **3**(1): 34–35
- Zan S Q(昝淑芹), Chen J(陈军), Jin L Y(金利勇) et al., 2005. A primitive ornithopod from the Early Cretaceous Quantou Formation of central Jilin, China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **43**(3): 182–193(in Chinese with English summary)
- Zan S Q(昝淑芹), Jin L Y(金利勇), Chen J(陈军) et al., 2003. The discovery of the Cretaceous dinosaur faunas in central Jilin Province and their significance. Jilin Univ, Earth Sci Ed(吉林大学学报: 地球科学版), **33**(1): 119–120(in Chinese)
- Zan S Q, Wood C B, Rougier G W et al., 2006. A new “middle” Cretaceous zalambdalestid mammal, from a new locality in Jilin Province, northeastern China. J Paleont Soc Korea, **22**: 153–172
- Zhao H(赵宏), Zhao Z K(赵资奎), 1999. A new form of elongatoolithid dinosaur eggs from the Lower Cretaceous Shahai Formation of Heishan, Liaoning Province. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **37**(4): 278–284(in Chinese with English summary)
- Zhao Z K(赵资奎), 1975. The microstructures of the dinosaurian eggshells of Nanxiong Basin, Guangdong Province (1): on the classification of dinosaur eggs. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **13**(2): 105–117(in Chinese)
- Zhao Z K(赵资奎), 1979. The advancement of research on the dinosaurian eggs in China. In: IVPP, NGPI eds. Mesozoic and Cenozoic Redbeds in Southern China. Beijing: Science Press. 330–340(in Chinese)
- Zhao Z K, 1993. Structure, formation and evolutionary trends of dinosaur eggshell. In: Kobayashi I, Mutvei H, Sahni A eds. Structure, Formation and Evolution of Fossil Hard Tissues. Tokyo: Tokai University Press. 195–212
- Zhao Z K(赵资奎), Jiang Y K(蒋元凯), 1974. Microscopic studies on the dinosaurian eggshells from Laiyang, Shandong Province. Sci Sin(中国科学), Ser A, **17**(1): 73–90(in Chinese)
- Zhao Z K(赵资奎), Wang Q(王强), Zhang S K(张蜀康)(in press). Dinosaur eggs. In: Qiu Z X, Zhang M M, Wu X Z et al. eds. Palaeovertebrata Sinica. Beijing: Science Press (in Chinese)
- Zhou Y(周勇), Hu J W(胡晋伟), Li D T(李东涛), 2002. Study of the sedimentary system of the Early Cretaceous Quantou Formation in northern Liaoning. Geol Bull China(地质通报), **21**(3): 144–149(in Chinese with English abstract)