

http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

宁城中生代道虎沟生物群中两类具原始羽毛翼龙的发现及其地层学和生物学意义

季强 袁崇喜

中国地质科学院地质研究所,北京,100037

内容提要 本文实事求是地介绍了道虎沟生物群的组成及相关地层的岩性,并根据长尾型嘴口龙类(Rhamphorhynchoidea)翼龙与短尾型翼手龙类(Pterodactyloidea)翼龙同期共生的特点,确信道虎沟生物群的地质时代为晚侏罗世。此外,本文还研究了道虎沟生物群中翼龙身上发育的皮肤衍生物,初步认为它们是原始羽毛(protofeathers),至少是与羽毛同源的(feather-homologous),这对于了解羽毛(广义)的演化历史和早期的形态结构将具有十分重要的意义。

关键词 晚侏罗世 道虎沟生物群 翼龙 原始羽毛 内蒙古

在辽宁、河北和内蒙古三省区交界处附近,有一个很小的村落名叫道虎沟,在行政区划上隶属于内蒙古自治区宁城市,但在地理位置上与辽宁省凌源市最接近,地处凌源市西北约28km处(图1)。

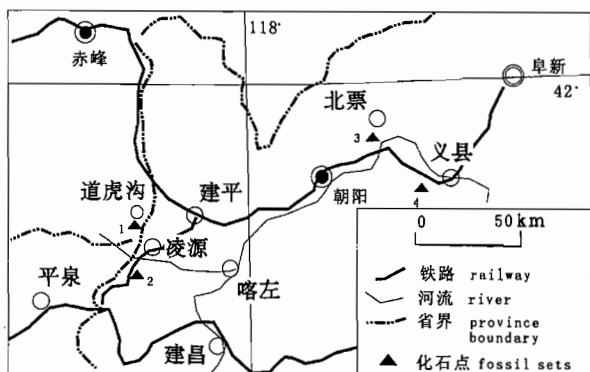


图1 内蒙古宁城道虎沟交通位置简图

Fig. 1 Showing the location of the Daohugou village in Ningcheng region, Inner Mongolia

- 1—道虎沟化石产地; 2—大王杖子化石产地;
- 3—四合屯化石产地; 4—金刚山化石产地
- 1—Daohugou fossil site; 2—Dawangzhangzi fossil site;
- 3—Sihetun fossil site; 4—Jingangshan fossil site

道虎沟附近主要出露两套地层:前寒武纪浅变质石英岩和中生代陆相凝灰质沉积地层。自1998年

以来,道虎沟附近的中生代陆相地层中发现了大量保存精美的动、植物化石(如昆虫、叶肢介、双壳类、蝶螺等),已引起了中国古生物界的广泛关注(见图版I)。虽然许多专家学者先后对道虎沟一带的中生代地层和古生物进行了研究,但是他们在道虎沟生物群的组成和时代,相关地层的划分和对比,以及原始资料的真实性等方面的认识分歧很大。

1998年9月,中国地质博物馆任东等人首次出道虎沟一带的中生代地层中发现了昆虫和叶肢介化石。任东根据昆虫化石的研究结果,初步认为道虎沟附近的中生代地层大致与辽西地区的海房沟组相当,时代为中侏罗世(个人通讯)。

次年5月,笔者等实地考察了道虎沟附近的中生代地层,并获得了十几件蝶螺化石和少量植物及双壳类化石。基本同意任东的意见,即道虎沟生物群的面貌特征明显不同于热河生物群,而且显得比热河生物群简单原始,认为其时代定为中侏罗世是合乎情理的。

2000年4月,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所王原(2000)首次报道了道虎沟生物群中的有尾两栖类化石——热河螈(*Jeholotriton*),并将含化石的地层归于义县组,时代定为早白垩世(图版I-D、E)。

汪筱林等(2000)则认为:“宁城道虎沟化石层的

注:本文为国土资源部“十五”专项计划“辽西中生代热河生物群及相关地层研究”项目的成果。

收稿日期:2002-01-12;改回日期:2002-01-28;责任编辑:章雨旭。

作者简介:季强,男,1951年生。1976年毕业于南京大学地质系地层古生物专业,1981年于中国科学院南京地质古生物研究所获硕士学位,1988年于中国地质科学院获博士学位。德国洪堡学者。现为 中国地质科学院地质研究所研究员,主要从事晚古生代牙形类生物地层和中生代古脊椎动物和陆相地层研究。通讯地址:100037,北京阜外百万庄26号中国地质科学院地质研究所。

脊椎动物群与北票尖山沟化石层的四合屯脊椎动物群相似,化石层位大致相当于义县组一、三段(二段熔岩尖灭缺失);凌源大王杖子化石层高于尖山沟化石层,在四合屯地区缺失。”

为了查清事实,消除疑虑,笔者等人于2000年8月再次前往道虎沟进行野外工作。经过十多天的野外作业和调查,获得了重要发现,且基本证实我们已往的认识是正确的。

1 新发现

近年来,内蒙古宁城中生代道虎沟生物群研究取得了重大进展,在道虎沟附近,出露了一层酸性火山岩(流纹岩),其上下各有一套含化石的沉积地层。我们在上部地层中发现了长尾型嘴口龙类(Rhamphorhynchoidea)翼龙和短尾型翼手龙类(Pterodactyloidea)翼龙(Huxley, 1859; Seeley, 1880; Newton, 1888; Young, 1964; Wellnhofer, 1970a, 1970b, 1991; Wellnhofer et al., 1986; Jain, 1974; Galton, 1980; Padian, 1984; Ji S A et al., 1997, 1998)(图版Ⅱ, 图版Ⅲ-A、B),在下部地层中,仅发现了蝶螈化石(图版Ⅰ-D、E)。

2 地层学意义

内蒙古宁城中生代道虎沟生物群中长尾型嘴口龙类翼龙和短尾型翼手龙类翼龙的出现具有非常重要的地层学意义。

众所周知,长尾型嘴口龙类翼龙仅分布于侏罗纪地层中,迄今为止还没有见有任何在白垩纪地层中产出的报道。短尾型翼手龙类翼龙最早出现于晚侏罗世,绝灭于晚白垩世晚期。这两类翼龙的同时出现表明它们所处的时代只能是晚侏罗世。

如果含有这两类翼龙的地层与辽西地区的海房沟组相当,那么意味着与海房沟组相当的地层应划归上侏罗统;如果含有这两类翼龙的地层与辽西地区的土城子组相当,那么不仅意味着与土城子组相当的地层应划归上侏罗统,而且意味着其下的酸性火山岩应与蓝旗火山岩相当,含有蝶螈——热河螈的下部地层应与海房沟组相当,理应划归中侏罗统。因此,内蒙古宁城道虎沟附近的中生代陆相地层的详细划分和对比还应进一步工作,尤其是加强放射性同位素测年、古地磁和沉积方面的工作。

3 生物学意义

值得指出的是,道虎沟生物群中长尾型嘴口龙

类翼龙和短尾型翼手龙类翼龙身上均发育了保存十分精美的皮肤衍生物。根据笔者镜下观察,这些皮肤衍生物并不像以往人们推测的那样呈“毛发状”,而是像羽毛(广义)那样具有分叉现象(图版Ⅲ-A、B)。笔者初步认为,这些皮肤衍生物很可能也是一类原始羽毛(protofeathers),至少它们是与羽毛同源的(feather-homologous)。它们的出现完全是为了保持体温,与飞行功能的出现无关。翼龙身上发育这种羽毛状结构的皮肤衍生物在世界上尚属首次,具有重要的生物学意义。这表明在生命演化的历史长河中,不仅兽脚类恐龙和鸟类是长有羽毛的温血动物,而且爬行动物中远比恐龙原始得多的某些类群(如翼龙)也许也发育了原始羽毛,也是温血动物。尽管它们长有羽毛,有些也具有飞行能力,但它们是失败者,并没有演化成今天的鸟类。

4 讨论

汪筱林等(2000)综述了辽宁凌源及内蒙古宁城地区下白垩统义县组脊椎动物生物地层,其中他们详细描述了内蒙古宁城山头乡道虎沟剖面:

“宁城山头乡道虎沟义县组剖面

宁城山头乡道虎沟化石地点是1999年7~8月新发现的,已经采集大量的有尾两栖类——*Jeholotriton*(王原,2000)、鱼类及昆虫和植物化石。化石地点及剖面位于道虎沟村旁,现将地层剖面简要报道如下:

义县组:厚度200~250m(未见顶)

2. 中基性火山熔岩 120~150m

道虎沟化石层

1. 下部灰白色、灰绿色凝灰质砂砾岩;中上部为灰色、灰白色页岩、泥岩夹凝灰岩,富含化石。已经发现的脊椎动物化石有鱼类 *Lycoptera* sp., *Peipiaosteus pani*, *Protopsephurus liui*, *Yanosteus longidorsalis*; 两栖类 *Jeholotriton paradoxus* 和爬行类 *Monjurosuchus splendens* 等 50~80m

~~~~~角度不整合~~~~~

下伏地层:上侏罗统土城子组三段( $J_3t^3$ )紫红色泥岩、砂岩

在相邻的凌源皮杖子,可见到义县组角度不整合在太古宙(Ar)变质岩之上。”

读了汪筱林等(2000)一文后,笔者颇感震惊,难道笔者等以往的野外观察和研究结论都错了?

依据笔者等的进一步工作和本文的新发现,笔者等获得了如下认识:

(1) 笔者等在内蒙古宁城道虎沟附近未能找到汪筱林等(2000)所称的“上侏罗统土城子组三段( $J_3t^3$ )紫红色泥岩、砂岩”。

(2) 内蒙古宁城道虎沟附近的中生代陆相地层与前寒武纪(元古宙(?))浅变质石英岩之间的接触关系不清楚,被第四纪沉积所掩盖。根据野外观察,笔者推测两者可能为断层接触,抑或为角度不整合接触。

(3) 内蒙古宁城道虎沟附近的中生代陆相地层是否归于或相当于辽西地区中侏罗世海房沟组可以进一步工作和商榷,但绝无可能归于或相当于辽西地区的义县组。据任东面告(2000),道虎沟生物群的昆虫中根本就没有任何热河生物群分子,所谓的‘三尾拟蜉蚴’实际是中侏罗世的常见昆虫化石——中珠蜉(*Mesobaetis* sp.) (图版 I-A)。另据王思恩、王五力和陈丕基面告(2000),道虎沟生物群中的叶肢介普遍个体小,壳饰简单,可能为新的类型,抑或为真叶肢介的分子(*Euestheria* spp.) (图版 I-C)。它们与东方叶肢介等分子的差异太大,很难将其归于热河生物群中。

(4) 根据笔者等的野外观察,在道虎沟附近确实出露了一层酸性火山岩,但此火山岩并不是覆盖在所有出露的中生代陆相地层之上,而是夹于上、下两套含有化石的沉积地层之间。笔者认为,道虎沟附近的这层酸性火山岩不可能归于辽西地区的义县组,而有可能与蓝旗组的火山岩相当。目前,这层火山岩的测年工作正在进行,其对比关系的正确与否还有待测年结果的验证。

(5) 在道虎沟地层剖面描述中,汪筱林等(2000)声称他们发现了许多重要的热河生物群化石分子,如狼鳍鱼、北票鲟、原白鲟、满洲鳄等。读了他们的文章,不由人不信道虎沟附近的中生代地层应归于义县组,所发现的化石应归于热河生物群,时代无疑应为早白垩世。然而,笔者等的观察发现,道虎沟附近的中生代地层分为上、下两部分,中间是一层酸性火山岩。下部的沉积地层主要为一套灰白色易碎薄层凝灰岩和凝灰质泥岩和粉砂岩,主要产蝶螈化石;上部的沉积地层由一套灰色、灰黄色、深灰色薄层板状凝灰质砂岩、粉砂岩和泥岩组成,产有丰富的动、植物化石,如昆虫、叶肢介、双壳类、腹足类等。在道虎沟,笔者等找到了许多化石,但没有一件化石可归属于热河生物群。在道虎沟,笔者走访了许多老乡,他们告诉笔者,道虎沟从来没有发现过鸟类和鱼类化石,他们的鸟类和鱼类化石是在道虎沟之北西几千米外的西台子一带找到的。笔者认为,道虎沟生物群的面貌特征应该说是基本清楚了,而汪筱林等(2000)所给的“剖面描述和化石名单”值得怀疑。

(6) 在 2001 年之前,关于道虎沟生物群的时代归属问题,我国学者基本持两种不同的意见。一部分学者认为道虎沟的化石应归于热河生物群,含化石地层归于义县组,时代为早白垩世(王原,2000;汪筱林等,2000);另一部分学者则认为道虎沟生物群明显有别于热河生物群,含化石地层大致与海房沟组相当,时代为中侏罗世(任东、陈丕基、季强,个人资料)。笔者认为,道虎沟生物群不含有任何热河生物群的分子,也没有发现任何其他早白垩世化石,将其时代定为早白垩世是缺少根据的。但是,道虎沟生物群的时代是否就一定为中侏罗世,或含化石地层是否就一定与海房沟组相当,尚值得进一步研究和商榷。

笔者衷心感谢国土资源部国际合作科技司和财务司、中国地质调查局和中国地质科学院对本研究项目的大力支持。在野外工作和论文撰写期间曾得到罗哲西、程政武、李佩贤、金小赤、张建平、柳永清等同志鼎力帮助,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- 汪筱林,王元青,张福成,张江水,周忠和,金帆,胡耀明,顾罡,张海春. 2000. 辽宁凌源及内蒙古宁城地区下白垩统义县组脊椎动物生物地层. 古脊椎动物学报, 38(2): 81~99.  
王原. 2000. 早白垩世热河生物群一新的有尾两栖类. 古脊椎动物学报, 38(2): 100~103.

## References

- Galton P. 1980. Avian-like tibiotarsi of pterodactyls (Reptilia: Pterosauria) from the Upper Jurassic of East Africa. *Palaeontologische Zeitschrift*, 54(3/4): 331~342.  
Huxley T H. 1859. On *Rhamphorhynchus bucklandi*, a pterosaur from the Stonefield Slate. *Quarterly Jour. Geol. Soc.*, 15: 658.  
Jain S L. 1974. Jurassic pterosaur from India. *Jour. Geol. Soc. India*, 15(3): 330~335.  
Ji S A, Ji Q. 1997. Discovery of a new pterosaur in western Liaoning, China. *Acta Geologica Sinica*, 71(1): 1~6.  
Ji S A, Ji Q. 1998. A new fossil pterosaur (*Rhamphorhynchoidea*) from Liaoning. *Jiangsu Geol.*, 22(4): 199~206.  
Newton E T. 1888. On the skull, brain and Auditory organ of a new species of pterosaurian (*Scaphognathus purdoni*) from the Upper Lias near Whitby, Yorkshire. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 179: 503.  
Padian K. 1984. Pterosaur remains from the Kayenta Formation (? Early Jurassic) of Arizona. *Palaeontology*, 27(2): 407~413.  
Seeley H G. 1880. On *Rhamphorhynchus prestwichi*. *Quarterly Jour. Geol. Soc.*, 36: 27.  
Wang X L, et al. 2000. Vertebrate biostratigraphy of the lower Cretaceous Yixian Formation in Lingyuan, western Liaoning and its neighboring southern Nei Mongol (Inner Mongolia), China. *Vertebrate Palaeoasiatica*, 38(2): 81~99 (in Chinese with English abstract).

- Wang Y. 2000. A new salamander (Amphibia, Caudata) from the Early Cretaceous Jehol biota. *Vertebrate Palasiatica*, 38(2): 100~103(in Chinese with English abstract).
- Wellnhofer P. 1970. Die Pterodactyloidea (Pterosauria) der Oberjura-Plattenkalke Süddeutschlands. *Palaeontographica (A)*, 148: 1~33; 132~186.
- Wellnhofer P. 1970. Die Pterodactyloidea (Pterosauria) der Oberjura-Plattenkalke Süddeutschlands. *Palaeontographica (A)*, 149: 1~30.
- Wellnhofer P. 1991. The illustrated encyclopedia of pterosaurs. Published by Salamander Books Limited, London.
- Wellnhofer P. and Vahldiek B W. 1986. Ein Flugsaurier-Rest aus dem Posidonienschiefer (Unter-Toarcium) von Schandelab bei Braunschweig. *Paläontologische Zeitschrift*, 60: 329~340.
- Young C C. 1964. On a new pterosaurian from Sinkiang, China. *Vert. Palasiatica*, 8: 221~256.

## Discovery of Two Kinds of Protofeathered Pterosaurs in the Mesozoic Daohugou Biota in the Ningcheng Region and Its Stratigraphic and Biologic Significances

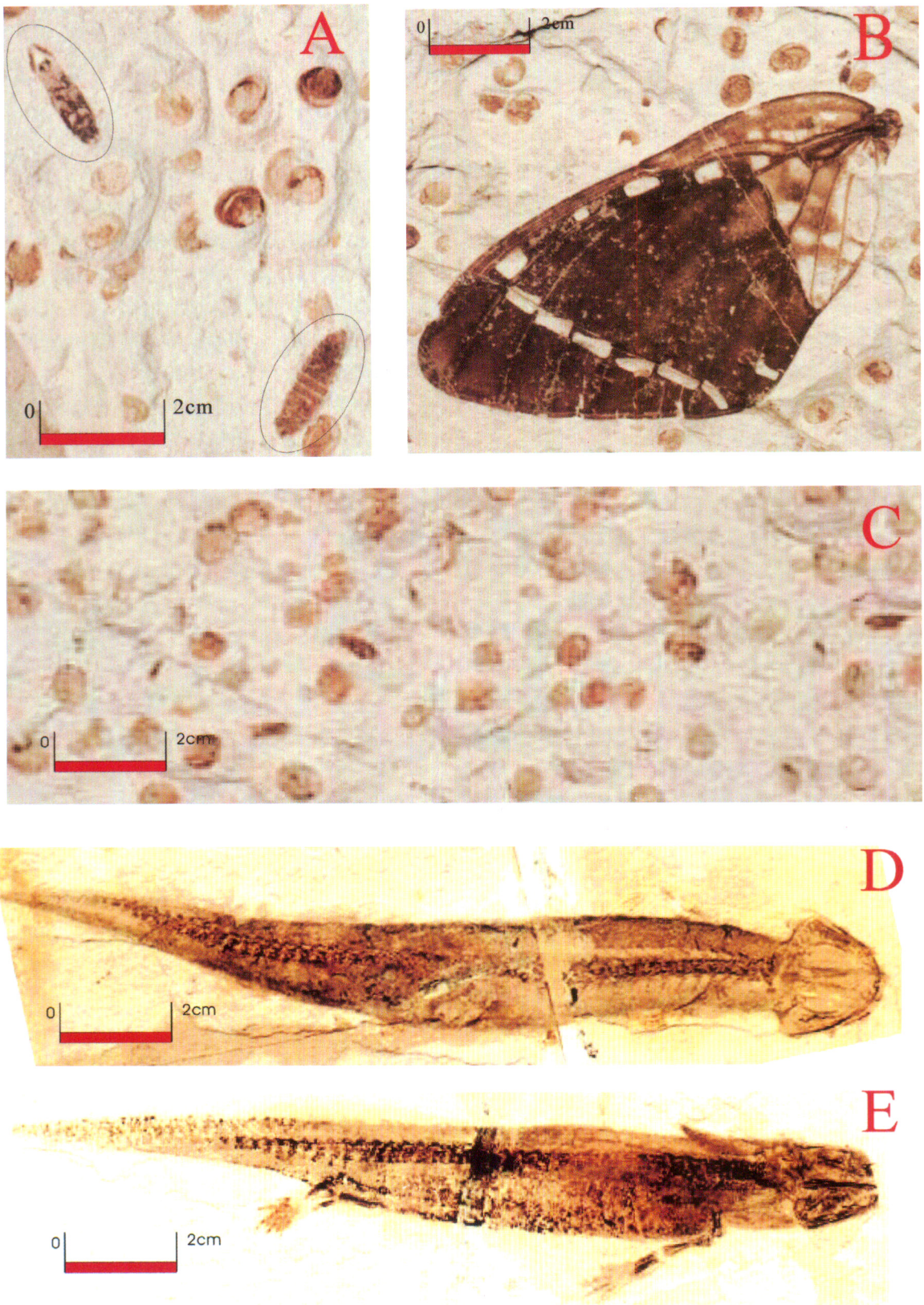
JI Qiang, YUAN Chongxi

*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

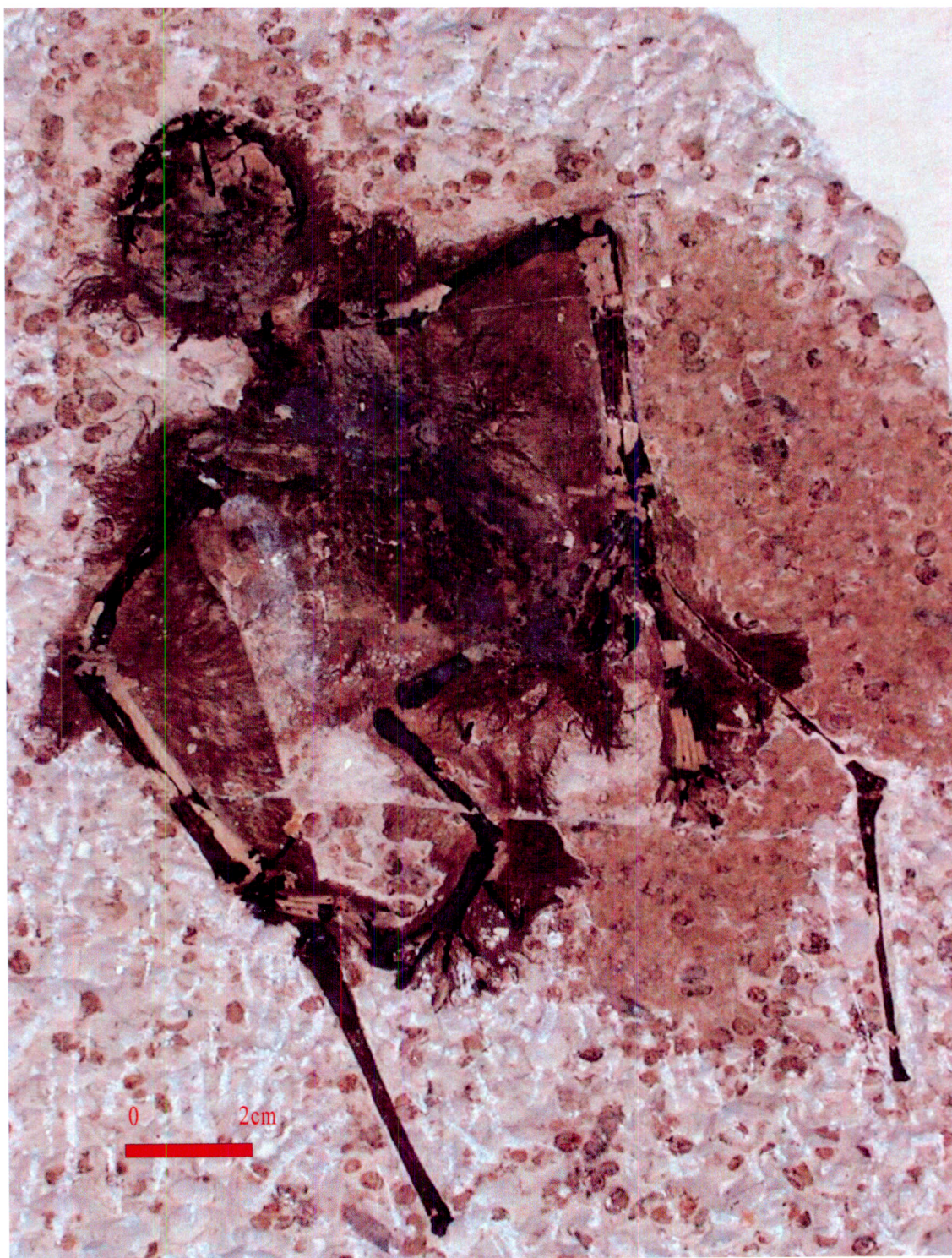
### Abstract

In the vicinity of Daohugou village of the Ningcheng region, Inner Mongolia is exposed a series of Mesozoic lacustrine strata intercalated with a set of acidic volcanic rocks, from the upper part of which were found very rich, well-preserved fossils, such as insects, conchostracans, bivalves, gastropods and plants, and from the lower part salamanders. In regard to the age of the Daohugou biota, Chinese paleontologists have two main opinions. Someone thought that the Mesozoic strata near Daohugou village can be correlated to the Yixian Formation of the Early Cretaceous and the fossils from the Daohugou area can be grouped into the Jehol biota. The others thought that the strata in the Daohugou area can be correlated to the Haifanggou Formation and the Daohugou biota should be of Middle Jurassic. In May of 2000, some pterosaurs were found from the Daohugou area, respectively belonging to the long-tailed Rhamphorhynchoidea and short-tailed Pterodactyloidea. The co-occurrence of both long-tailed and short-tailed pterosaurs indicates that the Daohugou biota is certainly of the Late Jurassic. In addition, the pterosaurs of Rhamphorhynchoidea and Pterodactyloidea from the Daohugou area are covered with filamentous structures over their entire bodies, which are considered to be protofeathers or, at least, feather-homologous. It implies that not only theropods and birds have feathers (sense lato), but also some reptilian groups such as pterosaurs can develop feathers, or protofeathers, or feather-homologous structures. The discovery of feathered pterosaurs provides important evidence that the origin of feathers is unrelated to the origin of flight.

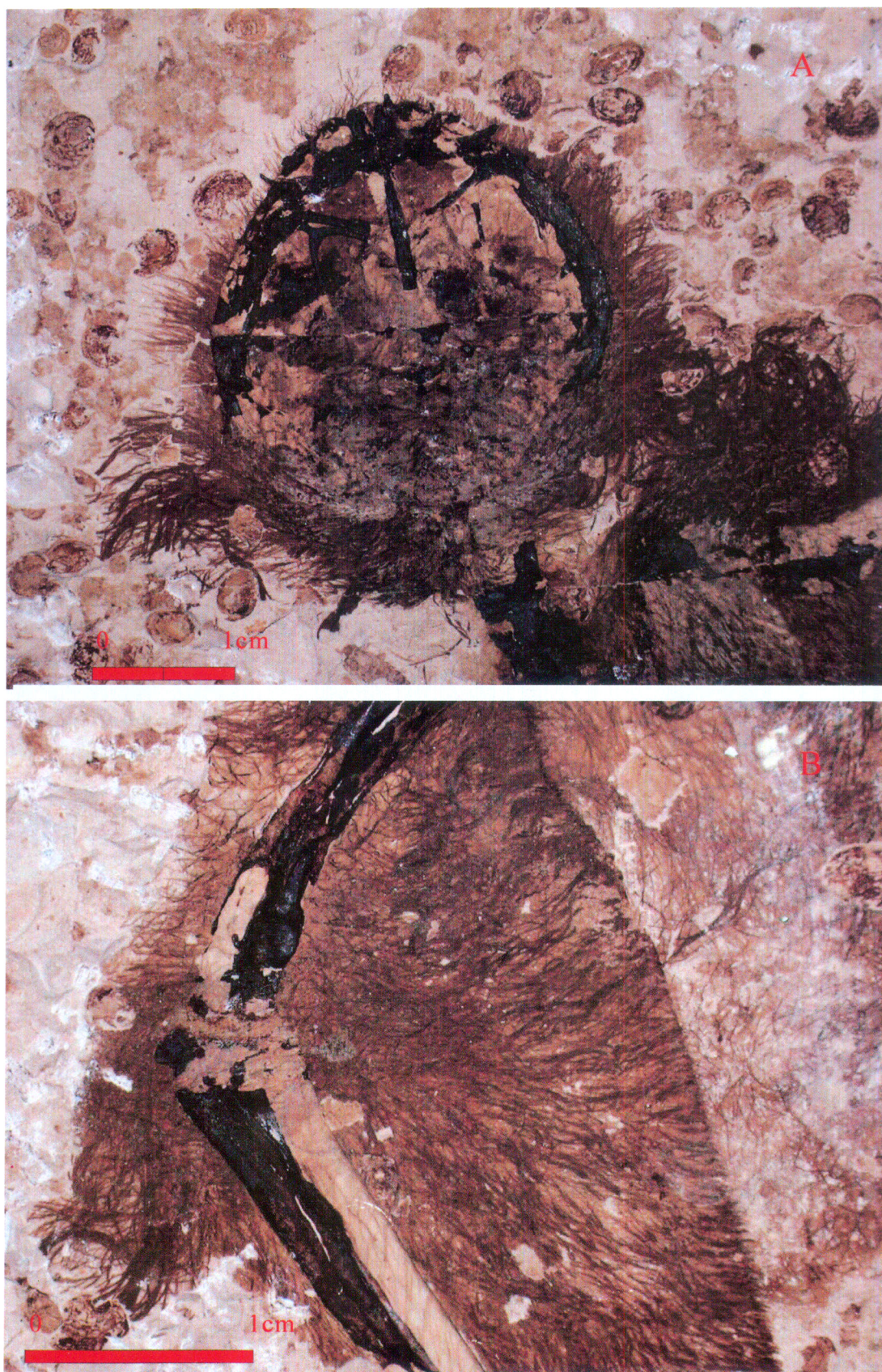
**Key words:** Late Jurassic; Daohugou biota; Pterosaurs; Protofeathers; Inner Mongolia



A. 道虎沟生物群中的昆虫中蛛蟄化石。 B. 道虎沟生物群中的昆虫化石。  
C. 道虎沟生物群中的叶肢介化石(真叶肢介 *Euestheria* ?)。 D、E. 道虎沟生物群中的蝶螈化石(热河螈 *Jeholotriton*)。  
(标本保存于中国地质科学院地质研究所)



道虎沟生物群中的翼手龙类翼龙化石(新属新种, 暂未命名)。  
(标本保存于中国地质科学院地质研究所)



A. 翼手龙类翼龙的头部,四周可见清晰的原始羽毛。  
B. 翼手龙类翼龙的左前肢(局部放大),可见清晰的原始羽毛。  
(标本保存于中国地质科学院地质研究所)