

中国的翼龙类化石

吕君昌 姬书安 袁崇喜 季 强 著



地质出版社

Yamamoto Takumi
2006

中国的翼龙类化石

吕君昌 姬书安 袁崇喜 季 强 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书系统总结了迄今为止在中国发现的翼龙类化石。全书共分8章,第1章简要介绍了关于翼龙的基本知识;第2章介绍了中国翼龙类化石产地的地层情况;第3章对中国迄今为止发表的翼龙属种进行逐一分析,修订了某些属种的特征;第4章运用支序系统学方法,分析了翼龙各类群之间的关系;第5章简单介绍了翼龙的软组织及其印痕化石;第6章介绍了翼龙的生活习性及生理特征;第7章介绍了中国翼龙类的地理分布和地质时代;第8章介绍了中国翼龙类化石的研究现状及展望。

本书可供地层古生物工作者、大专院校有关专业师生、博物馆工作人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国的翼龙类化石/吕君昌等著. —北京:地质出版社, 2006. 10

ISBN 7-116-05025-6

I. 中… II. 吕… III. 恐龙-动物化石-中国
IV. Q915.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 129200 号

ZHONGGUO DE YILONGLEI HUASHI

责任编辑:郁秀荣

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324557 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@ gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张:9.5

字 数:229 千字

印 数:1—800 册

版 次:2006 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价:38.00 元

ISBN 7-116-05025-6/P·2740

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

目 录

1 翼龙类简介	(1)
2 中国翼龙类化石产出的主要层位	(6)
2.1 四川自贡大山铺中侏罗统下沙溪庙组	(6)
2.2 内蒙古宁城道虎沟中侏罗统髫髻山组	(8)
2.3 甘肃庆阳下白垩统环河组	(10)
2.4 辽宁西部下白垩统义县组和九佛堂组	(11)
2.5 新疆准噶尔盆地乌尔禾下白垩统吐谷鲁群	(15)
2.6 浙江临海上白垩统塘上组	(17)
3 中国翼龙类的系统分类	(19)
3.1 中侏罗世	(20)
3.2 早白垩世	(28)
3.3 晚白垩世	(91)
4 中国翼龙类的系统发育关系分析	(94)
5 中国翼龙类的软组织及其印痕化石	(103)
6 翼龙类的生活习性及其生理特征	(107)
6.1 翼龙类的生活习性	(107)
6.2 翼龙类的生理特征	(109)
6.3 翼龙类繁衍后代的方式	(111)
6.4 翼龙类的古病理学	(112)
7 中国翼龙类的地理分布和地质时代	(114)
8 中国翼龙类化石的研究现状及展望	(117)
致 谢	(119)
参考文献	(121)
附录 1 系统发育分析的特征列表及数据矩阵	(129)
附录 2 中国有效的翼龙属种名单	(143)
附录 3 文中插图缩略词	(145)

CONTENTS

1	Introduction to pterosaurs	(1)
2	Main horizons of Chinese pterosaurs	(6)
2.1	Middle Jurassic Xiashaximiao Formation at Dashanpu, Zigong City, Sichuan	(6)
2.2	Middle Jurassic Tiaojishan Formation at Daohugou, Ningcheng County, Inner Mongolia	(8)
2.3	Lower Cretaceous Huanhe Formation in Qingyang County, Gansu	(10)
2.4	Lower Cretaceous Yixian and Jiufotang formations in western Liaoning	(11)
2.5	Lower Cretaceous Tugulu Group at Urho, Junggar Basin, Xinjiang	(15)
2.6	Upper Cretaceous Tangshang Formation in Linhai City, Zhejiang	(17)
3	Systematic classification of Chinese pterosaurs	(19)
3.1	Middle Jurassic	(20)
3.2	Early Cretaceous	(28)
3.3	Late Cretaceous	(91)
4	Phylogenetic analysis of Chinese pterosaurs	(94)
5	Soft tissues and impressions of Chinese pterosaurs	(103)
6	Living behaviour and physiology of pterosaurs	(107)
6.1	Living behaviour of pterosaurs	(107)
6.2	Physiology of pterosaurs	(109)
6.3	Reproductive pattern of pterosaurs	(111)
6.4	Paleopathology of pterosaurs	(112)
7	Geographical distributions and geological ages of Chinese pterosaurs	(114)
8	Present research situation of Chinese pterosaurs and prospect	(117)
	Acknowledgments	(119)
	References	(121)
	Appendix 1 Character list and date matrix for the phylogenetic analysis	(129)
	Appendix 2 List of valid taxa of Chinese pterosaurs	(143)
	Appendix 3 Abbreviations used in the text and figures	(145)

1 翼龙类简介

众所周知,在地球历史上的中生代时期,由于爬行动物非常繁盛,被称为爬行动物时代。在这段时期,爬行动物的辐射演化异常剧烈,不但产生了霸占陆地的各种各样大小不一的恐龙类,淡水湖泊中的离龙类、鳄类、龟鳖类,海洋中的鱼龙、蛇颈龙及沧龙等,而且也分异出种类繁多的空中主宰者——翼龙类。翼龙是一类飞行爬行动物,它们与同时代的陆地霸王——恐龙类几乎同时产生于晚三叠世(距今约2.2亿年),而且开始适应空中生活,其早于已知最早的鸟类——始祖鸟约7500万年,是地球历史上最早克服地球吸引力的脊椎动物。它们在地球上生活了将近1.55亿年,最后与其同时代的其它爬行动物如非鸟恐龙类及水生爬行动物沧龙类等同时绝灭于6500万年前的白垩纪末期。而另两类飞行脊椎动物如鸟类和蝙蝠(图1.1),它们最初的出现都比翼龙类晚得多。发现于德国的印版石始祖鸟(*Archaeopteryx lithographica*)被普遍承认是最早的鸟类化石,生活在大约1.45亿年前的晚侏罗世,而最早的蝙蝠(*Icaronycteris index*)发现于美国科罗拉多始新世(距今大约5480万~3370万年)的绿河组(Green River Formation)(Jepsen, 1966)。由于翼龙类所具有的独特的骨骼构造特征,例如前肢第四指(飞行指)极度加长(大多数为4个指节,也有3个指节的,但是各个指节均加长),后肢退化,骨壁薄及骨骼高度中空等适应飞翔特征,引起古生物学家们的极大兴趣,同时也带来了许多研究课题,如翼龙类的起源和早期演化、形态功能学、系统分类、生殖生物学、生理学及其生活习性等。

世界上最早研究翼龙化石并且发表科学论文的是出生于意大利佛罗伦萨的C. A. Colini (1727~1806),他的论文发表于1784年。而最早将翼龙归入爬行动物的是法国著名的比较解剖学家——居维叶(G. Cuvier) (1769~1832),他在1801年首次把翼手龙归入爬行动物。从那以后,翼龙类属于爬行动物是一个公认的事实。现生的爬行类包括4个目,即:喙头目、龟鳖目、有鳞目和鳄目,它们仅占中生代爬行动物的4/17(Wellnhofer, 1991)。喙头目包括目前仅存留的一属——喙头蜥(*Sphenodon*);龟鳖目包括4个亚目(曲颈龟亚目、侧颈龟亚目、海龟亚目及鳖亚目),约200个种;有鳞目(蜥蜴亚目和蛇亚目),共5500个种;鳄目包括一科——鳄科,共有25个种。中生代是地球历史上爬行动物最繁盛的时代,不同类型的爬行动物占据不同的生存空间,无论是陆地上、水体中(包括河流、湖泊以及海洋),还是空中都是它们的栖息地,都有它们活动的痕迹。陆地上主要以形形色色的恐龙类为主,河流湖泊中以龟鳖类、离龙类、鳄类为主,海洋中主要以鱼龙、蛇颈龙及沧龙为主,而空中则为翼龙类所占据,掌握着当时的制空权(白垩纪出现了许多原始及进步的鸟类,但是它们并不占优势)。从传统意义上讲,翼龙类大体可分为两大类群(图1.2;表1.1):一类为颈短,具有长长的尾巴(蛙嘴龙类除外),如,较原始的喙嘴龙类,它们出现于晚三叠世而绝灭于晚侏罗世(蛙嘴龙类个别属可延续至早白垩世);另一类为颈长,具有短的尾巴,比较进步的翼手龙类,始见于中侏罗世,而绝灭于6500万年前的白垩纪末期。

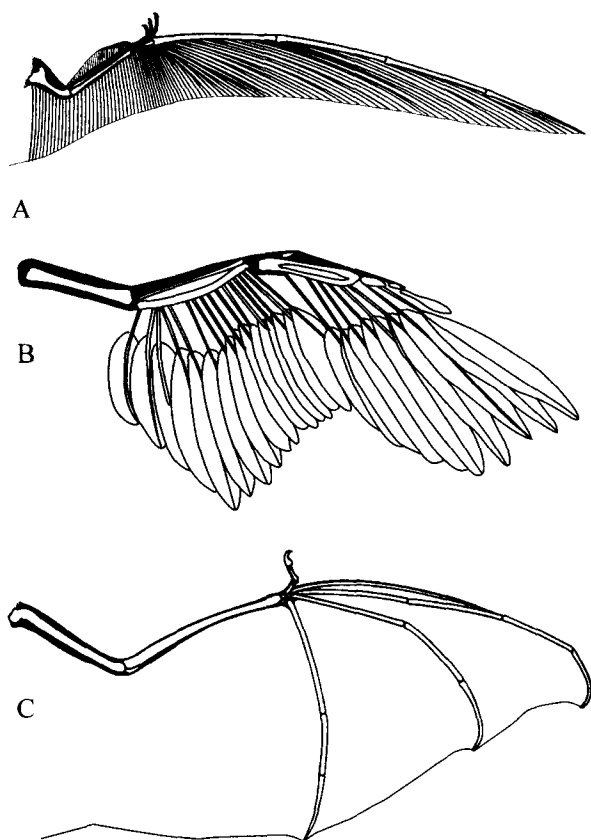


图 1.1 翼龙 (A)、鸟 (B) 及蝙蝠 (C) 的前肢构造比较

Fig. 1.1 Comparison of the forelimbs of pterosaur (A), bird (B) and bat (C)

表 1.1 喙嘴龙类和翼手龙类的基本特征对比表

Table 1.1 Comparison of the main characters between rhamphorhynchoids and pterodactyloids

喙嘴龙类	翼手龙类
头骨通常短而高 (喙嘴龙属除外)	头骨通常极度低长
上下颌全部有牙齿	上下颌完全无牙齿, 或部分具有牙齿
外鼻孔和眶前孔完全分开	外鼻孔和眶前孔不分开或者合而为一, 形成鼻眶前孔
枕骨关节 (枕髁) 指向后方	枕骨关节 (枕髁) 指向后下方
颈肋存在	只有最后两颈椎有颈肋
没有联合背椎	可能有联合背椎
胸骨上与乌喙骨的关节面一前一后排列	胸骨上与乌喙骨的关节面左右排列
由加长的尾椎体构成长尾 (蛙嘴龙类除外)	尾短
翼掌骨短	翼掌骨长
翼掌骨长度最多为第三趾骨的 1.3 倍, 但是通常短于后者	翼掌骨长度大于第三趾骨的 1.5 倍
翼指骨的后面具有纵向沟	翼指骨没有纵向沟, 横截面三角形
第五脚趾长, 由两个趾节构成	第五脚趾短, 由一个残留的趾节构成

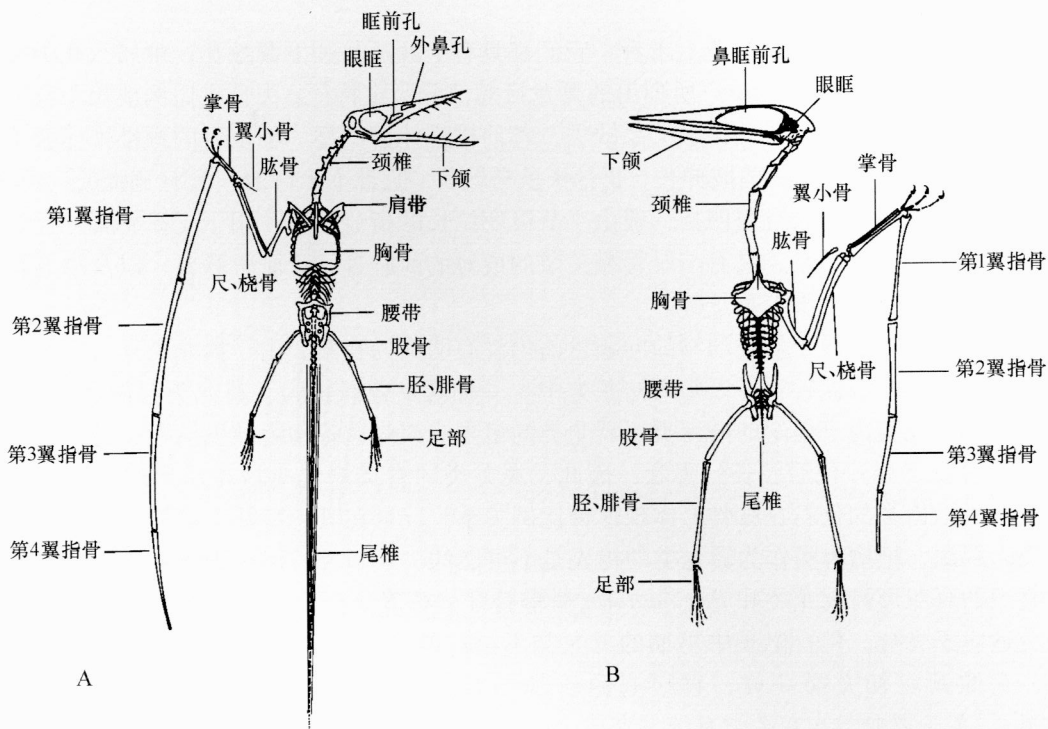


图 1.2 喙嘴龙类 (A) 和翼手龙类 (B) 的骨架比较

Fig. 1.2 Comparison of rhamphorhynchoid (A) and pterodactyloid (B) skeletons

大多数翼龙化石发现于海相或者滨海相的地层中，并且多数可能与海岸或海洋环境有着密切的内在联系 (Hazlehurst et al., 1992)，比如世界上一些著名的翼龙化石层位，德国上侏罗统索伦霍芬灰岩 (Solnhofen Limestone)、巴西下白垩统桑它纳组 (Santana Formation)、英国上白垩统下部剑桥绿砂岩 (Cambridge Greensand) (Unwin, 2001) 及美国堪萨斯的上白垩统组奥布拉拉组 (Niobrara Formation) 等均为海相沉积。而真正在陆相沉积中发现的翼龙类要少得多，其中，俄罗斯、中亚 (哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦) 和蒙古的陆相地层中除了极少数如 *Sordes*、*Batrachognathus* 保存得相当完好外，多数化石都比较破碎 (Bakhurina and Unwin, 1995; Unwin and Bakhurina, 2000)。

我国是陆相地层中发现翼龙类化石最丰富的国家，自从杨钟健于 1964 年首次记述产自我国新疆准噶尔盆地早白垩世确凿的翼龙化石——魏氏准噶尔翼龙 (*Dsungaripterus weii*) 以来，相继在陆相沉积中发现了越来越多的翼龙类化石 (杨钟健, 1973; 何信禄等, 1983; 董枝明, 1982; 蔡正全和魏丰, 1994)。最近几年来，在辽宁省西部及其周边地区的陆相 (湖泊相) 地层中发现了大量的翼龙类化石，无论在数量、种类还是在保存状态上，已超过世界上其它任何陆相地层中所发现的翼龙类 (Ji and Ji, 1997; 姬书安和季强, 1998; 姬书安, 1999; Ji et al., 1999; Wang and Lü, 2001; Wang et al., 2002; 李建军等, 2003; Lü, 2003; Wang and Zhou, 2002, 2003, 2004; Ji et al., 2004; Lü and Ji, 2005a, b; Lü and Yuan, 2005; Dong and Lü, 2005; 吕君昌和张宝堃, 2005; Wang et al., 2005; Andres and Ji, 2006; Lü et al., 2006c, d; Wang et al., 2006)，而且新的化石标本还

在不断地增加。

从翼龙类的头骨形态构造上来看，它们都具有上颞颥孔和下颞颥孔，隶属双孔类爬行动物。以下为 Bennett (1996) 所列出的翼龙目的部分鉴定特征：头骨成比例地长于荐前脊柱的一半，方轭骨和鳞骨的接触关系缺失，荐前椎椎体前凹型，枢椎后的颈椎椎体长于中部背椎，乌喙骨孔缺失，前肢伸长，肱骨头呈马鞍状，肱骨主干弯曲，具有宽阔的三角嵴，前肢第四指的爪子缺失且第四指一般由 4 节极度拉长的指节构成，用于支撑翼膜并且各指节之间具有稍微的活动，具有与耻骨相关节的成对的前耻骨，无耻骨联合，以及第五脚趾具有两个长的趾节且没有爪子等。

关于翼龙类起源于何类动物的问题目前仍没有明确的答案，由于翼龙类具有初龙类所特有的眶前孔，因此，它可以归入初龙类中。一种观点曾经认为，翼龙类起源于槽齿类。最古老的初龙类为三叠纪的槽齿类，翼龙类的祖先应该与这些槽齿类生活在一起。由于翼龙类的前肢（翼）比后肢长且强壮，因此，翼龙类的直接祖先应该显示出这种倾向，而没有一种槽齿类的化石在肢骨上体现这种比例关系，况且在其它特征上槽齿类也不同于翼龙类，因此，把槽齿类作为翼龙类的祖先是不可可能的。Wild (1978, 1983) 通过对意大利三叠纪的真双形齿翼龙类和 *Peteinosaurus* 骨骼特征的精确分析，认为三叠纪的翼龙类已经完全适应于飞行，化石记录中早期的翼龙类不是过渡类型，翼龙类肯定不是槽齿类的后代，它像其它初龙类一样，直接起源于晚二叠世或者早三叠世的始鳄类 (Bennett, 1996)。关于翼龙类在双孔类系统发育树中的位置，科学家提出三种主要的建议：位于恐龙的旁边；蹲伏在恐龙的亲戚——初龙形类中；或者与另一类群 Prolacertiforms 构成姊妹群关系 (Unwin, 2006)。

本书涉及的社会公共机构简写

BPM 辽宁省北票古生物博物馆

BPV 北京自然博物馆

CAGS-IG 中国地质科学院地质研究所

CAR 或 **CAD** 吉林大学

CDM 常州中华恐龙园

D 大连自然博物馆

GMN 南京地质博物馆

GMV 或 **NGMC** 中国地质博物馆

IVPP 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

JZMP 锦州古生物博物馆

SGP 德国图宾根大学地质古生物博物馆

T 四川自贡恐龙博物馆

ZMNH 浙江自然博物馆

2 中国翼龙类化石产出的主要层位

中国的翼龙类化石主要产于四川自贡大山铺中侏罗统下沙溪庙组、内蒙古宁城道虎沟中侏罗统髫髻山组、甘肃庆阳下白垩统环河组、辽宁西部下白垩统义县组和九佛堂组、新疆准噶尔盆地西北缘乌尔禾和德仑山下白垩统吐谷鲁群，以及浙江临海上白垩统塘上组。此外，新疆乌鲁木齐附近下白垩统吐谷鲁群上部，山东莱阳、甘肃玉门、内蒙古等地的下白垩统中也有翼龙类化石的报道。本章将简要回顾中国翼龙类化石产出的主要岩石地层单位，并介绍相关的地层剖面。

2.1 四川自贡大山铺中侏罗统下沙溪庙组

杨代环等（1983）曾对四川自贡大山铺产中侏罗世“蜀龙动物群”的下沙溪庙组进行了简要描述。我们将该剖面转引如下，并根据最新资料补充了脊椎动物化石名单（彭光照等，2005）。

上覆地层 上侏罗统上沙溪庙组（J_{3s}）

————— 整 合 —————

中侏罗统 下沙溪庙组（J_{2xs}）

23. 暗灰黑色页岩，含叶肢介化石	3.6 m
22. 灰、灰白色厚层状石英细砂岩	3.5 m
21. 紫红色泥岩	21.4 m
20. 灰色厚层状石英细砂岩	2.5 m
19. 紫红色泥岩	11.7 m
18. 灰黄色及灰色块状中粒长石石英砂岩，具大型交错层理，横向夹紫红色泥岩透镜体	12.3 m
17. 紫红色泥岩	7.2 m
16. 灰色中厚层状石英细砂岩	3.2 m
15. 紫红色泥岩	6.2 m
14. 黄灰色粉砂岩，横向不稳定	1.5 m
13. 紫红色泥岩	10.0 m
12. 灰紫色粉砂岩夹紫色砂质泥岩	5.6 m
11. 灰色中厚层状石英细砂岩，横向不稳定	2.0 m
10. 紫红色泥岩	32.0 m
9. 灰色厚层状石英细砂岩	2.9 m
8. 紫红色泥岩	5.5 m
7. 灰绿色厚层状长石石英细砂岩，横向变化大，层面富含白云母碎片，产丰富的脊椎动物化石：自贡弓鲛 <i>Hybodus zigongensis</i> 、大山铺鳞齿鱼 <i>Lepidotes dahanpuensis</i> 、自贡角齿鱼 <i>Ceratodus zigongensis</i> 、扁头中国短头鲩 <i>Sinobrachyops placenticephalus</i> 、自贡成渝龟 <i>Chengyuchelys zigongensis</i> 、似贝氏成渝龟 <i>C. bae-</i>	

noides、大山铺成渝龟 *C. dashanpuensis*、周氏四川龟 *Sichuanchelys chowi*、杨氏壁山上龙 *Bishanopliosaurus youngi*、蜀南孙氏鳄 *Sunosuchus shunanensis*、大山铺西蜀鳄 *Hsisosuchus dashanpuensis*、自贡似卞氏兽 *Bienotheroides zigongensis*、川南多齿兽 *Polistodon chuannanensis*、建设气龙 *Gasosaurus constructus*、自贡四川龙 *Szechuanosaurus zigongensis*、李氏蜀龙 *Shunosaurus lii*、巴山酋龙 *Datousaurus bashanensis*、天府峨眉龙 *Omeisaurus tianfuensis*、东坡秀龙 *Abrosaurus dongpoi*、大山铺晓龙 *Xiaosaurus dashanpuensis*、劳氏灵龙 *Agilisaurus louderbacki*、多齿灵龙 *A. multidens*、太白华阳龙 *Huayangosaurus taibaii*，以及长头狭鼻翼龙 *Angustinaripterus longicephalus*

6. 紫红色泥岩夹灰绿色粉砂质泥岩	3.5 m
5. 浅黄色细一中粒长石石英砂岩，具大型交错层理，局部层面含云母碎片，砂岩风化为褐黄色	5.0 m
4. 紫红色砂质泥岩	7.0 m
3. 浅黄色细一中粒长石石英砂岩，具大型交错层理，沿层面富含白云母碎片，局部见植物化石碎片	4.0 m
2. 紫红色砂质泥岩	12.5 m
1. 浅黄色细一中粒长石石英砂岩，具大型交错层理，层面富含云母碎片，局部见植物化石碎片	8.5 m
	42.5 m

----- 假 整 合 -----

下伏地层 下侏罗统自流井组 (J_1zl)

下沙溪庙组在四川自贡地区分布较广，其下伏地层为中侏罗统的新田沟组，但新田沟组受不同程度的剥蚀，在不同地区其厚度差异很大甚至缺失。自贡大山铺一带是我国最重要的恐龙化石产地之一（图 2.1），下沙溪庙组在这一带直接覆盖在下侏罗统自流井组之

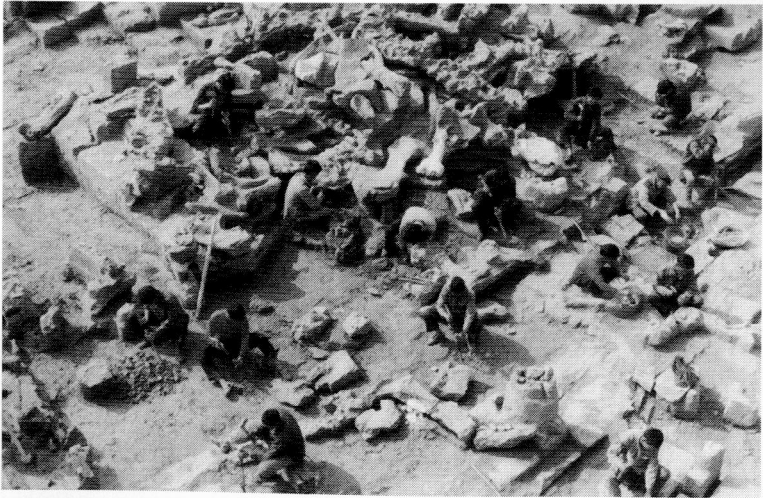


图 2.1 四川自贡大山铺中侏罗统恐龙化石产地
(照片由彭光照提供)

Fig. 2.1 Middle Jurassic dinosaur-bearing strata at Dashanpu fossil site, Zigong City, Sichuan Province
(offered by Peng Guangzhao)

上。下沙溪庙组中的淡水双壳类、叶肢介、介形虫、孢粉等化石组合面貌显示出典型的中侏罗世色彩；而大山铺脊椎动物化石构成特色鲜明的“蜀龙动物群”，其中的原蜥脚类已经消失，蜥脚类呈现出较原始的性状，鸟脚类和剑龙类亦处于比较原始的阶段。以上化石组合面貌，表明下沙溪庙组的地质时代无疑为中侏罗世（彭光照等，2005）。

2.2 内蒙古宁城道虎沟中侏罗统髫髻山组

内蒙古宁城道虎沟一带近年因发现大量的蝶螈、昆虫、叶肢介、植物，以及少量翼龙、兽脚类等化石而引起中国学者的关注，而关于这一化石层的时代归属问题曾存在重大意见分歧，目前对该化石层的时代认识逐渐已趋于一致。2002 年和 2004 年，任东等和柳永清等分别实测了道虎沟一带含化石地层（图 2.2）的两条不同的剖面。任东等（2002）将道虎沟化石层称为九龙山组，而将覆盖在其上的火山岩称为髫髻山组；柳永清等（2004）将该套地层称为髫髻山组—九龙山组；陈文等（2004）将任东等的实测剖面的含化石沉积层及其上的火山岩层统称为髫髻山组。髫髻山组的时代无疑为中侏罗世。下面将任东等（2002）的实测剖面引用于下（图 2.3），仅补充部分化石名单。



图 2.2 内蒙古宁城道虎沟地区地层

Fig. 2.2 The strata of Daohugou area, Ningcheng of Inner Mongolia

中侏罗统 髫髻山组 (J₂ t)

- 8. 灰紫色火山角砾岩，气孔状粗安岩，未出露到顶
- 7. 灰白色凝灰岩，底部含少量砾石

7.9 m

- 6. 凝灰质粉砂岩夹灰白色凝灰岩，中上部岩层疏松，顶部有 0.5 m 厚的灰黄、灰绿色致密细砂岩，局部含铁质较多，风化后呈褐色透镜状 7.0 m
- 5. 灰白色凝灰岩，顶部具灰绿、灰白相间的纹层 5.0 m
- 4. 灰白色凝灰质粉砂岩，中部夹一层凝灰岩 7.1 m
- 3. 灰白色凝灰岩，含大量叶肢介如自流井真叶肢介 *Euestheria ziliujingensis*、海房沟真叶肢介 *E. haifanggouensis*、靖远真叶肢介 *E. jingyuanensis*、滦平真叶肢介 *E. luanpingensis*，蛸螈类如奇异热河螈 *Jeholotriton paradoxus*、天义初螈 *Chunerpeton tianyiensis*、道虎沟辽西螈 *Liaoxitriton daohugouensis*，翼龙类的宁城热河翼龙 *Jeholopterus ningchengensis*、威氏翼嘴翼龙 *Pterorhynchus wellnhoferi*，兽脚类的宁城树息龙 *Epidendrosaurus ningchengensis*、道虎沟足羽龙 *Pedopenna daohugouensis*，以及大量昆虫化石如西伯利亚中四节蜉 *Mesobaetis sibirica*、古中蛛蜉 *Mesoneta antiqua*、河北沟蠊 *Rhipidoblattina (Canaliblatte) hebeiensis*、海房沟棕鸣蝻 *Brunneus haifanggouensis*、承德中国带石蝇 *Sinotaeniopteryx chengdeensis*、中华燕辽划蝽 *Yanliaocorixa chinensis*、小范杖子承德沫蝉 *Chengdecercopis xiaofanzhangziensis*、长角辽蚊蝎蛉 *Liaobittacus longantennatus* 等 3.3 m
- 2. 灰黄、灰绿色凝灰质泥岩，夹 3~4 层灰白色凝灰岩 10.1 m
- 1. 凝灰质巨砾岩，向上变细 0.6 m

~~~~~ 不 整 合 ~~~~~

下伏地层 太古宙马鞍山片麻岩

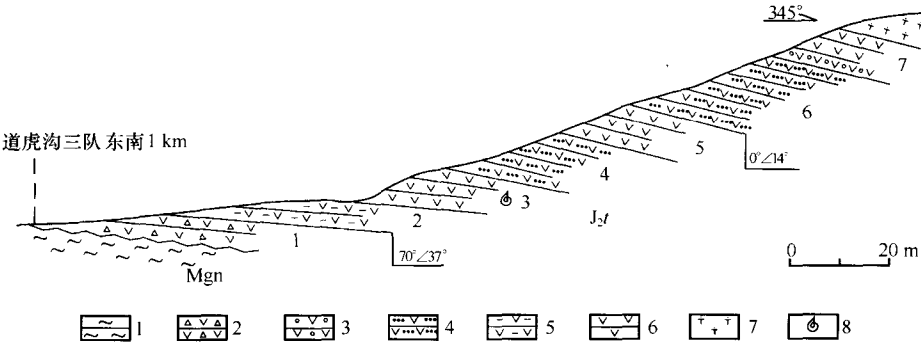


图 2.3 内蒙古宁城道虎沟地区中侏罗统髫髻山组地层剖面

(据任东等, 2002)

1—片麻岩；2—凝灰质巨砾岩；3—凝灰质砾岩；4—凝灰质粉砂岩；5—凝灰质泥岩；6—凝灰岩；7—粗安岩；8—翼龙化石层位

Fig. 2.3 Stratigraphic section of the Middle Jurassic Tiaojishan Formation at Daohugou area, Ningcheng County, Inner Mongolia  
(after Ren et al., 2002)

汪筱林等(2000)将道虎沟一带含蛸螈类化石的沉积层归入义县组，并认为其层位与尖山沟层大致相当。这一看法一经提出，很快受到很多中国古生物学家和地质学家的质疑。季强和袁崇喜(2002)根据地层岩性和其中的翼龙化石，认为道虎沟层的时代应为

晚侏罗世。张俊峰（2002）通过对各主要化石的分析，提出道虎沟层的地质时代为晚侏罗世早、中期的观点。任东等（2002）据昆虫化石，认为道虎沟一带出露的含蝶螈类化石沉积层为中侏罗统九龙山组，该组厚度在区域上差异很大，该沉积层上整合覆盖着髫髻山组的火山岩。道虎沟层中的昆虫化石种数超过 200 种，它们均是中侏罗世燕辽昆虫群的典型代表性分子，因而道虎沟化石层的时代无疑应为中侏罗世（任东等，2002）。沈炎彬等（2003）据叶肢介化石，也认为该化石层为中侏罗世。2004 年，陈文等对这一化石层之上的中—酸性火山岩进行了多种方法的同位素测年，得出其年龄值在 164 ~ 165 Ma 左右，从而表明其下的道虎沟化石层的时代应等于或略大于 165 Ma。这一年龄值无疑证实了化石层为中侏罗世的观点（陈文等，2004）。虽然有个别学者仍坚持道虎沟化石层为早白垩世（He et al. , 2004；汪筱林等，2005），但中侏罗世（Bathonian 期）的观点最近得到越来越多学者的支持（柳永清等，2004；季强等，2005；Gao and Ren, 2006；Huang et al. , 2006）。

### 2.3 甘肃庆阳下白垩统环河组

1982 年，董枝明在记述庆阳环河翼龙（*Huanhepterus quingyangensis*）时，绘出了该翼龙化石产出的具体产地（甘肃庆阳三十里铺环河左岸采石场）的局部地层剖面图。根据董枝明（1982）原剖面图（图 2.4）和所示岩性，现将该剖面整理如下：

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| 9. 黄色耕植土                                              | 0.5 m |
| 8. 马兰黄土                                               | 1.5 m |
| 7. 橘黄色层状亚砂土                                           | 1.0 m |
| 6. 灰白色粉细砂岩                                            | 0.5 m |
| 5. 暗紫灰色钙质粉砂岩                                          | 0.4 m |
| 4. 灰白色粉细砂岩，产庆阳环河翼龙 <i>Huanhepterus quingyangensis</i> | 0.6 m |
| 3. 紫红色钙质粉砂岩                                           | 0.4 m |
| 2. 蓝灰色粉细砂岩                                            | 0.5 m |
| 1. 暗紫灰色粉砂岩，未见底                                        |       |

以上剖面的 1 ~ 6 层应为环河组的沉积，而 7 ~ 9 层为第四纪沉积。1982 年，董枝明认为产该翼龙化石的层位为晚侏罗统环河组，其上下地层分别为华池组和罗汉洞组；《甘肃省区域地质志》（1989）将环河组的时代归入早白垩世。由于华池组和环河组非常难以划分开，在 20 世纪 90 年代的岩石地层清理工作中，很多科研单位和学者将以上两组合并，通称为环河组（甘肃省地质矿产局，1997；郝诒纯等，2000）。环河组是志丹群的一个岩组，其上、下分别与志丹群洛河组和罗汉洞组整合接触。在甘肃庆阳地区，环河组分布较为零星，多见于较大的河谷地带，岩性主要为棕红色、紫红色及少量灰绿色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、砂岩韵律互层。环河组的岩性较为稳定，厚度变化不大，通常在 250 ~ 350 m。该组中的双壳类、介形虫、叶肢介等化石与冀北辽西热河生物群中的化石相似，其时代亦应大体相当，目前一般将其归入早白垩世（甘肃省地质矿产局，1989，1997；郝诒纯等，2000）。

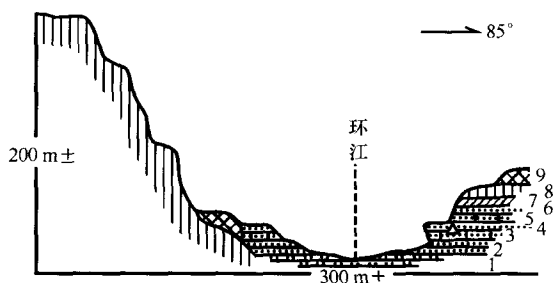


图 2.4 甘肃庆阳三十里铺下白垩统环河组产翼龙化石地层剖面  
(据董枝明, 1982)

Fig. 2.4 Stratigraphic section of the pterosaur-bearing strata of the Lower Cretaceous Huanhe Formation at Sanshilipu area, Qingyang County, Gansu Province  
(after Dong, 1982)

## 2.4 辽宁西部下白垩统义县组和九佛堂组

自 1997 年辽宁西部早白垩世热河生物群中首次记述翼龙化石以来, 热河生物群中的翼龙化石共发现并命名了约 20 个种。它们分别产于辽西北票、义县、朝阳等地的义县组不同的化石沉积层中(如尖山沟层、金刚山层等)和九佛堂组中。由于很多翼龙化石不是由研究人员自己发掘的, 因而不少翼龙化石的确切产地和层位很难得到详细确认。辽西不同地区出露的化石层多数仅代表义县组或九佛堂组的一部分, 所以至少有一些来自不同产地的翼龙化石的上下层位关系目前还难以肯定。关于热河生物群的时代, 本书暂采用义县组和九佛堂组均为早白垩世的观点 (Swisher et al., 1999, 2002)。

### 2.4.1 北票四合屯下白垩统义县组下部尖山沟层

北票四合屯义县组下部尖山沟层中产大量重要的脊椎动物化石, 使这一区域成为近年来辽西热河生物群最有代表性的化石产地 (图 2.5), 在这一区域还发现有几个属种的翼龙化石。到目前为止, 已有不少研究者测量了这一化石点的地层剖面, 产化石的沉积岩段被称为“尖山沟层”。这里我们引用张立军 (2005) 测量的四合屯义县组尖山沟层剖面 (图 2.6)。

上覆地层 下白垩统义县组四段 ( $K_1y^4$ ): 灰黑色橄榄玄武岩

————— 整 合 —————

下白垩统 义县组三段 (尖山沟层) ( $K_1y^3$ )

17. 灰白色凝灰质页岩, 产丰富的东方叶肢介 *Eosestheria* spp. 和三尾拟蜉蝣

*Ephemeropsis trisetalis*

2.6 m

16. 黄色砂岩与泥质粉砂岩互层

19.7 m

15. 灰黄色砂岩

5.5 m

14. 黄绿色薄层泥质粉砂岩夹黄绿色砂岩、含砾细砂岩

10.7 m

- |                                                    |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| 13. 黄绿色页岩夹砂岩扁豆体, 产东方叶肢介 <i>Eosestheria</i> spp.    | 17.2 m |
| 12. 黄绿色页岩, 产东方叶肢介 <i>Eosestheria</i> spp. 及植物化石    | 1.2 m  |
| 11. 深灰色页岩夹油页岩, 产东方叶肢介 <i>Eosestheria</i> spp. 和植物等 | 2.6 m  |
| 10. 黄绿色凝灰质页岩                                       | 6.1 m  |



图 2.5 辽宁北票四合屯下白垩统义县组尖山沟层含化石岩层

Fig. 2.5 Partial sedimentary rocks of the Lower Cretaceous Jianshangou Bed of the Yixian Formation at Sihetun fossil site, Beipiao City, Liaoning Province

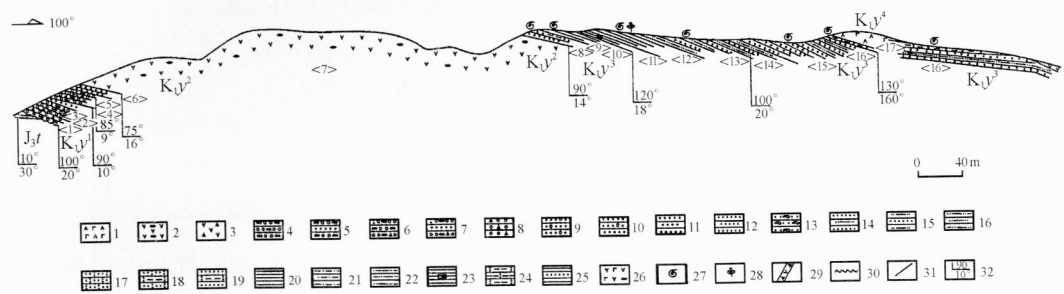


图 2.6 辽宁北票四合屯下白垩统义县组下部地层剖面  
(据张立军, 2005)

1—橄榄玄武岩; 2—气孔状安山岩; 3—安山质火山角砾岩; 4—泥砂质胶结复成分砾岩; 5—泥砂质胶结复成分砾岩夹砂质扁豆体; 6—凝灰质泥砂质胶结复成分角砾状砾岩; 7—凝灰质泥砂质胶结复成分角砾状砾岩夹砂岩; 8—泥砂质胶结角砾状砾岩; 9—含砾砂岩; 10—砂岩夹砂砾岩扁豆体; 11—中厚层砂岩, 12—细砂岩; 13—介壳岩; 14—砂岩夹泥砂质粉砂岩; 15—泥质粉砂岩夹砂岩, 16—泥质砂岩; 17—凝灰质砂岩; 18—凝灰质砂岩夹凝灰质页岩; 19—砂岩夹凝灰质页岩; 20—页岩; 21—粉砂质泥岩; 22—粉砂质页岩; 23—页岩夹油页岩; 24—凝灰质页岩; 25—页岩夹砂岩扁豆体; 26—气孔状玄武安山岩; 27—动物化石; 28—植物化石; 29—构造角砾岩; 30—不整合地层界线; 31—整合地层界线; 32—地层产状

Fig. 2.6 Stratigraphic section of the lower part of the Lower Cretaceous Yixian Formation at Sihetun, Beipiao City, Liaoning Province  
(after Zhang, 2005)