

古鸟类研究的几个热点问题*

张福成 周忠和 (中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100044)

1 我国古鸟类化石的基本情况

中国的古鸟类的研究在过去的10多年中取得较大的进展。这主要得益于该时期大量早期鸟类以及与鸟类起源研究相关的带毛恐龙的发现。这些化石材料的发现速度是空前的,以此带来的概念和理论上的更新速度也是前所未有的。

古鸟类通常是指生活在新生代(6500万年前至今)和中生代(6500万年前至14500万年前)已经灭绝的鸟类。在上个世纪80年代前,我国的古鸟类的发现和研究的局限在新生代的古鸟类,这些鸟类包括鸵鸟目、鸸形目鸟类(表1),它们中的许多都归入到了现生鸟类的目、科中。这些新生代化石材料既包括一些已经完全石化(骨骼的有机成分已经完全被无机的矿物所替代)的种类,如松滋鸟等,也包括半石化或几乎没有完全石化的种类,如产于北京周口店北京人遗址的鸟类化石与现生鸟类的骨骼标本几乎没有什么区别;另外,在我国的新生代地层中也发现许多鸟类的羽毛化石,例如山东省临朐县的山旺生物群地层中就保存有大量精美的羽毛印痕化石,这些单独保存的羽毛化石一般比与骨骼关联的羽毛还要清晰。迄今,上述的新生代鸟类化石发现在新疆、甘肃、内蒙、吉林、辽宁、河北、北京、河南、山东、山西、安徽、江苏、湖北、云南和海南等地(Zhou et al,待刊)。

从上个世纪80年代开始,我国的古鸟类发现和研究的揭开了新的篇章。从那时开始,大量的中生代鸟类化石开始出现于我国北方地区,这主要包括甘肃、宁夏、内蒙、辽宁和河北等地。这些中生代鸟类多生活在1.2亿~1.3亿年前,或者更早。这在地质年代上已经非常接近始祖鸟(*Archaeopteryx*)的生活年代。始祖鸟生活在1.5亿年前左右,是目前学术界认可的最早的、也是最原始的鸟类(Feduccia,1999;Mayr et al.2005),它产于德国的索罗霍芬。有争议的化石“原鸟”(Protoavis)的生活年代大约是2.2亿年前,产于美国的德克萨斯,除了该化石的命名人等少数鸟类学者认为“原鸟”属于鸟类外,绝大多数的古生物工作者和鸟类学家都认为它属于一种小型的恐龙,而不属于鸟类(Chatterjee,1997;Feduccia,1999)。

通过对这些年来中国中生代鸟类的发现与研究,迄今共建立了大约20个目、20个科、28个属种。这其中的有些属种包括了那些被重新修订的、改正的和同物异名的种类:1)“中华神州鸟”和“东方吉祥鸟”均是原始热河鸟的同物异名;2)“有尾华夏鸟”、“异常华夏鸟”、“三燕龙城鸟”、“侯氏尖嘴鸟”和“六齿大嘴鸟”均

被归入燕都华夏鸟;3)“丰宁河北鸟”是河北细指鸟的同物异名;4)“吴氏异齿鸟”属于马氏燕鸟(表2;周忠和等,2006;Zhou等,待刊)。

表1 发现于我国新生代地层中的部分鸟类,大部分都能纳入到现生鸟类的目、科中

Order Struthioniformes	鸵鸟目
Family Struthionidae	鸵鸟科
	<i>Struthio wimani</i> 维氏鸵鸟
	<i>S.linxiaensis</i> 临夏鸵鸟
Order Ardeiformes	鸸形目
Family Ciconidae	鸸科
	<i>Eociconia sangequanensis</i> 三个泉始鸸
Family Threskiornithidae	鸸科
	<i>Minggangia changgouensis</i> 张沟明港鸸
	<i>Platalea tiangangensis</i> 天岗琵鸸
Order Anseriformes	雁形目
Family Anatidae	鸭科
	<i>Aythya shihuidbas</i> 石灰坝潜鸭
	<i>Sinanas diatomas</i> 硅藻中华河鸭
Order Falconiformes	隼形目
Family Accipitridae	鹰科
	<i>Qiluornis taishanensis</i> 泰山齐鲁鸟
	<i>Mioegyptius gui</i> 顾氏中新鹰
	<i>Buteo sanya</i> 三亚鵟
Order Strigiformes	鸮形目
Family Tytonidae	草鸮科
	<i>Tyto jinniushanensis</i> 金牛山草鸮
Order Galliformes	鸡形目
Family Tetraonidae	松鸡科
	<i>Tetrastes dalianensis</i> 大连榛鸡
Family Phasianidae	雉科
	<i>Shandongornis shanwangensis</i> 山旺山东鸟
	<i>Palaeolectoris songlinensis</i> 松林庄古石鸡
	<i>Phasianus yanshansis</i> 燕山雉
	<i>P.lufengia</i> 禄丰雉
	<i>Diagallus miou</i> 中新滇原鸡
	<i>Linquornis gigantis</i> 硕大临朐鸟
Order Gruiformes	鹤形目
Family Eogruidae	始鹤科
	<i>Eogrus aeola</i> 奥氏始鹤
Family Rallidae	秧鸡科
	<i>Youngornis gracilis</i> 秀丽杨氏鸟
	<i>Telecrex grangeri</i> 戈氏原秧鸡
	<i>Wanshuina lii</i> 李氏皖水鸡
Family Songzidae	松滋鸟科
	<i>Songzia heidangkouensis</i> 黑档口松滋鸟
Order Diatrymiformes	不飞鸟目
Family Gastornithidae	原鸟科
	<i>Zhongyuanus xichuanensis</i> 浙川中原鸟
Order Charadriiformes	鹑形目
Family Scolopacidae	鹑科
	<i>Scolopax rusticola</i> 丘鹑
Order Passeriformes	雀形目
	<i>Yunnanus gaoyuansis</i> 高原云南雀

另外,也有一些恐龙被冠以鸟的名称,或在初始研究中被归入鸟类,后又被归入到恐龙类群中,如中华龙鸟(*Sinosauropteryx*),原始祖鸟(*Protarchaeopteryx*),尾羽龙(*Caudipteryx*)和华美金凤龙(原称“华美金凤鸟”*Jinfengopteryx elegans*)等(Chen等,1998;Ji等,1998;Zhou等,2000;Xu等,2006)。这些化石均属于和鸟类关系较近的兽脚类恐龙。

* 得到中国科学院(KZCX3-SW-142)、国家基金委(40121202、40472018)和科技部(2006CB806400)等的大力支持

表2 产于中国的中生代古鸟类名单

基干鸟类	
<i>Jeholomis prima</i>	原始热河鸟
	= 'Shenzhouraptor sinensis 中华神州鸟'
	= 'Jixiangornis orientalis 东方吉祥鸟'
<i>Sapeornis chaoyangensis</i>	朝阳会鸟
<i>Confuciusornis sanctus</i>	圣贤孔子鸟
	= 'Chuonzhous 川州孔子鸟'
<i>C. dui</i>	杜氏孔子鸟
<i>C. suniae</i>	孙氏孔子鸟
<i>Changchengornis hengdaoziensis</i>	横道子长城鸟
<i>Jinzhourornis yixianensis</i>	义县锦州鸟
<i>J. zhangjiyingia</i>	张吉营锦州鸟
反鸟类	
<i>Protopteryx fengningensis</i>	丰宁原羽鸟
<i>Eoenantiornis buhleri</i>	布氏始反鸟
<i>Liaoxiornis delicatus</i>	娇小辽西鸟
	= 'Lingyuanornis parvus 小凌源鸟'
<i>Longirostravis hani</i>	韩氏长嘴鸟
<i>Longipteryx chaoyangensis</i>	朝阳长翼鸟
<i>Eocathayornis walkeri</i>	沃氏始华夏鸟
<i>Cathayornis yandica</i>	燕都华夏鸟
	= 'Cathayornis caudatus 有尾华夏鸟'
	= 'Cathayornis aberransis 异常华夏鸟'
	= 'Longchengornis sanyuanensis 三燕龙城鸟'
	= 'Cuspirostrisornis houi 侯氏尖嘴鸟'
	= 'Largirostrornis sexdentor 六齿大嘴鸟'
<i>Otogornis genghisi</i>	成吉思汗鄂托克鸟
<i>Sinornis santensis</i>	三塔中国鸟
<i>Boluochia zhengi</i>	郑氏波罗赤鸟
<i>Jibeinia luanhera</i>	滦河冀北鸟
<i>Vescornis hebeiensis</i>	河北细指鸟
	= 'Hebeiornis fengningensis 丰宁河北鸟'
今鸟类	
<i>Archaeorhynchus spathula</i>	匙吻古喙鸟
<i>Hongshanornis longicresta</i>	长冠红山鸟
<i>Liaoningornis longidigitus</i>	长趾辽宁鸟
<i>Yixianornis grabaui</i>	葛氏义县鸟
<i>Yanornis martini</i>	马氏燕鸟
	= 'Aberratiodontus wui 吴氏异齿鸟'
<i>Chaoyangia beishanensis</i>	北山朝阳鸟
<i>Songlingornis linghensis</i>	凌河松岭鸟
<i>Gansus yumenensis</i>	玉门甘肃鸟

注:等号后为被废除的名称

2 中生代鸟类和带毛恐化石发现与鸟类起源

在鸟类起源的研究历史上,曾经产生过许多的不同的假说,但可以主要划分成两大类(郑光美, 1995; Chatterjee, 1997; Feduccia, 1999)。一类认为鸟类来源于一种比较古老的爬行动物, 又有以下两种比较相似的假说: 1)槽齿类起源学说, 该学说主要以产于南非的小型假鳄类化石—派克鳄(*Euparkeria*)为原型, 认为鸟类和其他一些主要的爬行动物均来源于大约 2.3 亿年前的一类原始的爬行动物—槽齿类。2) 鳄类的姊妹群假说, 该假说主要基于鸟类和鳄类有许多相似的骨骼形态构造而认为它们有较近的共同祖先。另一类认为鸟类来源于爬行动物中一支比较进化的类群—兽脚类恐龙。兽脚类恐龙属于恐龙的两大类群之一的蜥臀类, 多为两足奔跑的肉食性恐龙。虽然该学说早在 19 世纪中叶就已产生, 曾风行一时, 但后来由于槽齿类学说的盛行, 它的声音几乎被完全掩盖掉, 只是在 20 世纪 70 年代后才逐渐成为主流学说, 这主要得益于恐龙学家 John Ostrom(1978)对始祖鸟和一些小型兽脚类恐龙的骨骼形态学上的比较研究, 以及近年来大量保存完整的兽脚类恐龙的发现。

近些年发现于我国辽宁省西部的一些恐龙为鸟类的恐龙起源说提供了新的化石证据。这主要表现在有些恐龙已经长有和现生鸟类非常相似的羽毛了。之所以说是“非常相似”是因为在目前的研究手段和可以辨别结构水平上很难区分一些恐龙的羽毛和鸟类羽毛。

作为脊椎动物中最为复杂的一种皮肤衍生物, 很难想象羽毛的发生是多次的, 这也就是说鸟类的羽毛和一些恐龙的羽毛来源于同一的皮肤衍生物构造, 所以仅就共同具有羽毛这个特征就很容易把鸟类和恐龙的亲缘关系拉近。这是迄今鸟类起源于恐龙学说的最新的证据, 也是最重要的证据之一。这也是越来越多的学者更加倾向认为鸟类起源于恐龙的重要原因之一。

但是, 在鸟类起源恐龙学说的“胜利欢呼”并不能完全掩盖“少数人”的微弱辩解。例如有的学者就提出那些“长有真正的羽毛的恐龙”可能就是一种次生的鸟类, 这样恐龙就不是鸟类的直系祖先, 两者也可能是一种姊妹群的关系。设想一下, 如果我们在某一天发现在一非常原始的爬行动物身上也发现了类似于鸟类羽毛的皮肤衍生物, 那么我们还会这么坚信鸟类就是起源于恐龙么?

然而, 无论如何与其他的鸟类起源学说的证据相比, 鸟类的恐龙起源学说的证据是目前最为充分的。

3 中生代鸟类和带毛恐化石发现与羽毛起源

不但羽毛在鸟类的起源研究上起着重要的作用, 而且羽毛本身的起源研究也是当前古生物和发育生物学的热点和焦点问题之一。

羽毛曾经是鸟类区别于其他脊椎动物的最重要的特征。虽然最近发现于我国的一些带毛恐龙和一种发现于中亚、生活在约 2.2 亿年前的初龙类爬行动物—长鳞龙(*Longisquama insignis*)也具有存在很大争议的羽毛或类似羽毛结构的皮肤衍生物(Jones 等, 2000), 但羽毛仍然可以作为区别鸟类和其他脊椎动物的最重要特征之一。

以化石材料研究羽毛的起源存在一个两难的问题。

1) 如果发现的羽毛等皮肤衍生物完全等同于已知的现生鸟类羽毛, 那么它在羽毛的起源的研究问题上就不具有太重要的意义, 例如始祖鸟的羽毛在已知的结构上几乎完全等同于现生鸟类的羽毛, 所以虽然始祖鸟作为已知最原始的鸟, 但它的羽毛对羽毛的起源研究的贡献并不大。2) 如果发现一个不同于现生鸟类羽毛的、形态比较特殊的皮肤衍生物, 那么我们就必须面临一个对此进行正确甄别的难题。不同于骨骼的保存, 通常羽毛等皮肤衍生物均仅以印痕或矿物结构(只能通过颜色区别于周围岩石)的形式保存在石板上, 它保存的精细程度几乎直接决定于构成石板的岩石颗粒的大小, 所以对新结构的判断和鉴定就显得尤为重要。结构上模棱两可的化石不能作为一种推论或假说的证据, 即使该假说在逻辑上、或在演化机理上多么无懈可击或多么令人信服。

所以, 尽管这些年我国发现了许多大量的原始鸟类和带毛的恐龙, 当前能完全或部分排除上述两难的

化石材料并不多。其他的材料或者完全等同于已知的现生鸟类羽毛结构,或者细部结构不清,它们都不是研究鸟类起源的有力的材料。

尽管如此,还是要从有限的材料中寻找能为羽毛起源提供重要线索的材料。1)孔子鸟、原羽鸟等特殊的中央尾羽。该尾羽的末梢结构,完全等同于一般的飞羽,既有中央的羽干,也有两侧羽片,羽片是由羽枝构成的。但该羽毛的近端部在羽干两侧的羽片没有分化为羽枝,仍为完整的片状结构(Zhang & Zhou,2000)。2)中华龙鸟等恐龙体表覆盖的单一纤维状皮肤衍生物(Chen *et al.*, 1998)。事实上目前对该种皮肤衍生物的结构认识并不完全清楚。因为尽管它们的远端呈现为细丝状,但是它们的近端部结构并不清楚,但无论如何我们还是在此把该种结构作为一种与羽毛密切相关的皮肤衍生物,主要原因是这类细丝状的皮肤衍生物比较广泛地分布在一些带毛恐龙身上,而在系统上,这些恐龙和鸟类关系比较密切。3)长鳞龙的复杂的鳞片状结构。长鳞龙是一种较原始的爬行动物,但现有的研究显示它的鳞片状结构已经呈现出复杂化的倾向:在远端部它有中央和边缘的分化,这让我们想起鸟类羽毛的羽干和羽片;在近端的根部中央它有类似一节一节的结构,这也让我们想起羽毛羽根的中央髓腔内髓帽的构造(Jones 等,2000)。

基于上述的3种化石材料,羽毛的起源模式存在2种完全不同、或者对立的可能,并且这2种途径至少有一种是错误的。它们可以粗略地表示为:1)现生鸟类的羽毛来源于它们的爬行动物祖先已有的鳞片,是鳞片复杂化的结构,长鳞龙的复杂鳞片状结构代表了这一演化过程的开始阶段、孔子鸟和原羽鸟等特殊的中央尾羽代表这一过程将要结束的阶段,即鳞片→鳞片结构复杂化→形成结构复杂的干羽(具有羽干的羽毛,如廓羽和飞羽等)→进而形成结构相对简化的非干羽(如完全没有羽干的绒羽等)。2)现生鸟类的羽毛来源于一种全新的结构,中华龙鸟等恐龙的单一纤维状皮肤衍生物代表了羽毛产生的简单初始形态,进而演化成复杂的鸟类羽毛,

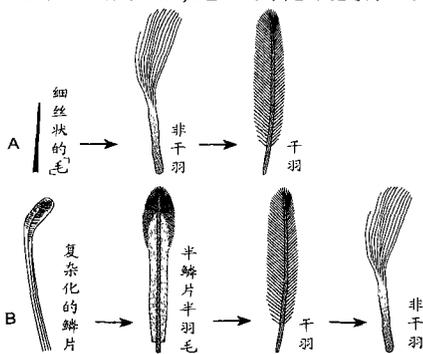


图1 2种可能的羽毛起源与早期演化途径
主要依据已知的羽毛或其他皮肤衍生物
(改自张福成等,2006; Zhang & Zhou 2006)

即单一纤维状皮肤衍生物→单一纤维状皮肤衍生物复杂化→形成较复杂的非干羽→进而形成结构更加复杂的干羽(图1,张福成等,2006;Zhang 等,2006)。

4 中生代鸟类和带毛恐龙化石发现与鸟类飞行起源

鸟类的飞行起源的问题也同样伴随着鸟类起源和羽毛起源问题存在了100多年。我们国家发现的中生代鸟类和恐龙化石同样为该问题的最终解决提供了新的证据。

长期以来,伴随着鸟类起源的争论,各种不同的鸟类飞行起源学说也层出不穷。但这些学说大致可以归结为地栖起源学说和树栖起源学说2类,并且前者更多地是和鸟类起源的恐龙学说联系在一起,而后者是更多地和鸟类的非恐龙学说联系在一起(Chatterjee, 1997; Feduccia, 1999)。当然,目前不少支持鸟类起源于恐龙的学者也倾向支持鸟类飞行的树栖起源学说。

鸟类的地栖起源学说可以最简单地表述为,鸟类的祖先生活在地上、两足行走和奔跑,它们的前肢在快速奔跑中逐渐演化成可以拍动的翅膀,进而飞向天空(图2)。



图2 鸟类飞行起源的地栖起源学说:简示

(改自 Chatterjee, 1997)

从地栖起源学说的提出到现在的100多年中,拥有众多的“信徒”,该学说也得到不断的补充和完善,并出现了多次复兴。同时这些学说也受到许多学者的批评,批评依据既有形态解剖学方面的,也有空气动力学方面的(Pennycuik, 1972; Norberg 1990)。

与地栖起源学说几乎同时产生,鸟类飞行起源的树栖学说也同样经历着不断完善和发展的过程。它可以被简单地表述如下:鸟类的祖先生活在树上,经过长期的从树上到地面的这样一种空间运动后产生了鸟类的飞行。在开始阶段,它们在树上的运动方式应该是更多消耗能量地从一个树枝爬到另一个树枝,后来又逐渐发展成为更节省能量的从一个树枝跳跃到另一个树枝或地面。在后者运动中,如能平展身体,增加身体相对于降落方向的面积,则有利于增加降落的空气阻力和降低降落速度,从而减弱身体所受到的冲击力。随着空中停留时间的增加,进而从比较简单的降落演化成滑行,就像现生的许多滑行动物做到的那样。降落和滑行均属于一种非主动的、低级的飞行方式。而较高级的主动飞行——鼓翼飞行来自高水平的滑行。如果获得滑行能力的原始鸟类翅膀的一个轻微的拍动能使它们的滑翔距离增长,那么大自然的选择压力是偏爱这种进化的,因为距离的增加意味着具有更多的食物资源、更多的寻找配偶的机会、更强的逃避敌害的能力。所以随着原始鸟类的

从开始的翅膀轻微拍动,到后来的有力拍动能力的获得,它们可能逐渐演化出完全的鼓翼飞行了(图3;Bock,1986;Feduccia,1999)。

树栖学的各个阶段都容易在现生的动物中找到类似物,也易于现代空气动力学中找到科学依据,所以倍受许多鸟类学家的推崇。但也受到许多支持地栖说的学者的攻击,其中的一个主要原因就是他们心目中的鸟类祖先——恐龙是一种地上行走或奔跑的、而不是树栖的动物。

实际上近些年发现我国的一些带毛恐龙符合树栖生活的特征:个体较小、前后肢适于攀援、羽毛分布更适于树上运动而不适于地面奔跑等,这些恐龙包括小盗龙(Xu等,2000;Xu等,2003);树息龙(Zhang等,2002);和足羽龙等(Xu等,2005)。

所以,在鸟类起源和鸟类的飞行起源问题上,目前发现于我国的许多化石材料可能更多地支持这样一种结论,即鸟类起源于一支前肢相对较长、并在树上生活的、个体较小的恐龙,它们树枝间的简单跳跃和降落发展成简单的滑行,进而演化成更高级的滑行和主动鼓翼飞行(图3)。

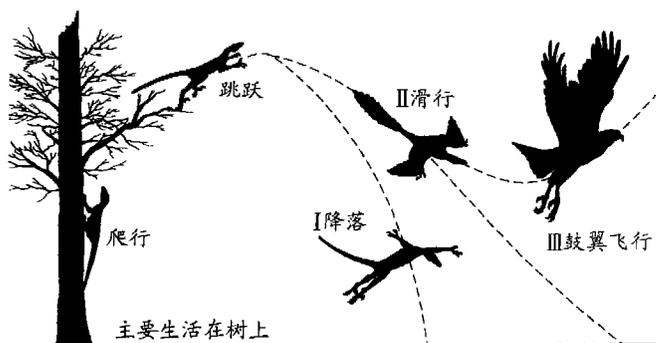


图3 鸟类飞行起源的树栖起源学说:简示(改自 Chatterjee,1997)

总之,我国近些年发现的古鸟类和恐龙为我们解决鸟类的起源、鸟类的飞行起源和羽毛起源问题提供了非常好的材料,也取得了一些阶段性的研究成果(Zhou等,2003;Zhou等,待刊),但与其他学科一样,古鸟类学的研究同样没有止境,上述3个热点问题也远没有完美解决,还需要更多的、新的研究材料、新的研究手段和更高研究水平的研究人员。

致谢:感谢郑光美教授对我国古鸟类事业的一贯支持和对作者的帮助。

(本文照片见封三)

主要参考文献

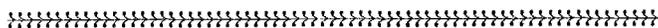
- 1 Bock W.J.. The arboreal origin of flight. Mem. Calif. Acad. Sci, 1986, 8:57—72.
- 2 Chatterjee S..The rise of birds:225 million years of evolution. Johns Hopkins University Press.1997.
- 3 Chen P., Dong Z.,Zhen S..An exceptionally well-preserved theropod dinosaur from the Yixian Formation of China.Nature,1998,391:147—152.
- 4 Feduccia A.. The origin and evolution of birds. New Haven,CT:Yale

University Press.1999.

- 5 Ji Q, Currie P.J., Norell M.A., Ji S.. Two feathered dinosaurs from-northeastern China. Nature, 1998, 393: 753—761.
- 6 Jones T.D., Ruben J. A., Martin L.D. et al. Nonavian feathers in a Late Triassic archosaur. Science, 2000, 288: 2202—2205.
- 7 Mayr, G., Pohl, B., Peters, D.S.. A well-preserved Archaeopteryx specimen with theropod features. Science 2005, 310: 1483—1486.
- 8 Norberg U.M.. Vertebrate Flight. Berlin: Springer. 1990.
- 9 Ostrom J.H.. The osteology of Compsognathus longipes Wagner. Zitteliana 1978, 4: 73—118.
- 10 Pennycuik C.J.. Animal Flight. London: Edward Arnold. 1972.
- 11 Xu X, Zhang F.. A new maniraptoran dinosaur from China with long feathers on the metatarsus. Naturwissenschaften, 2005, 92: 173—177.
- 12 Xu X, Norell, M.. Dinosaur fossils from the Lower Cretaceous Jehol Group of western Liaoning, China. Geological J., 2006: 419—437.
- 13 Xu X., Zhou Z., Wang X.. The smallest known non-avian theropod dinosaur. Nature, 2000, 408: 705—708.
- 14 Xu X., Zhou Z., Wang X. et al. Four-winged dinosaurs from China. Nature, 2003, 421: 335—340
- 15 Zhang F., Zhou Z.. A primitive enantiornithine bird and the origin of feathers. Science, 2000, 290: 1955—1959.
- 16 Zhang F., Zhou Z., Xu X. et al. A juvenile coelurosaurian theropod from China indicates arboreal habits. Naturwissenschaften, 2002, 89: 394—398.
- 17 Zhang F., Zhou Z., Dyke F.. Feather and 'feather-like' integumentary structures in Liaoning birds and dinosaurs. Geological J, 2006, 41: 395—404.
- 18 Zhou Z., Barrett P. M., Hilton J.. An exceptionally preserved Lower Cretaceous ecosystem. Nature, 2003, 421: 807—814.
- 19 Zhou Z., Zhang F., Hou L., accepted. Aves, in Li J, Wu X, Zhang F (eds.), The Chinese fossil reptiles and their kins. Beijing: Science Press.
- 20 Zhou Z., Zhang F., Hou L., accepted. Chinese Mesozoic birds. Indiana: Indiana University Press.
- 21 Zhou Z., Wang X., Zhang F., Xu X.. Important features of Caudipteryx evidence from two nearly complete new specimens. Vertebrata Palasiatica, 2000, 38: 241—254.
- 22 周忠和, 张福成. 中国中生代鸟类概述. 古脊椎动物学报, 2006, 44 (1): 74—98.
- 23 张福成, 周忠和. 羽毛等皮肤衍生物及其起源与演化. // 戎嘉余等主编. 生物的起源与辐射—华夏化石记录的启示. 北京: 科学出版社. 2006: 611—625, 923—925.
- 24 郑光美. 鸟类学. 北京: 北京师范大学出版社, 1995.

(E-mail: fc Zhang@gmail.com)

(BF)



更正

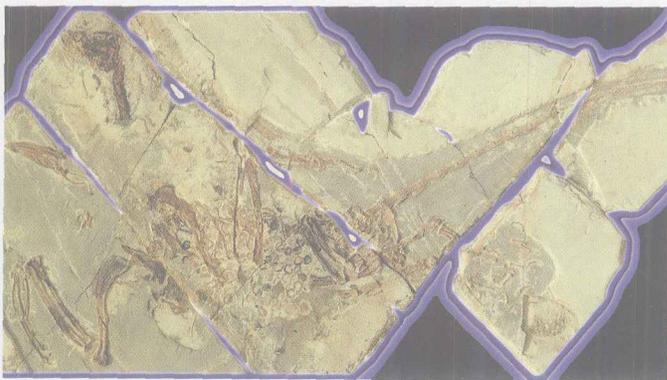
2007年1期第3页左栏倒1行至右栏正1行,“杜洛克猪(Duroc)的毛色绝大多数是黑、白和黑白花3种”改为“猪的毛色绝大多数是黑、白和黑白花3种”。

封四图8图题“二花脸猪”应改为“一头产仔30头的太湖母猪”。



“野生朱鹮保护研究进展”一文照片

图1 朱鹮的卵 图2 朱鹮雏鸟 图3 觅食 图4 树栖 图5 喂雏 图6 朱鹮巢址
图1~图4 摄影 丁长青 图5 摄影 焦景泉 图6 摄影 祁云 封面摄影 奚志农



热河鸟化石标本



热河鸟复原图

“古鸟类研究的几个热点问题”一文照片