

# 翼龙祖先竟是不会飞的兔蜥

□ 冯伟民

## 进化杂谈

近日,《自然》最新发表论文称,巴西研究人员发现了保存完好的约2.3亿年前的兔蜥部分骨骼。兔蜥为翼龙的前身物种,此次发现的种类具有不同寻常的特征。这一发现和以往的其他化石一起表明,兔蜥在形态上比三叠纪的恐龙更为多样化。

### 无翅兔蜥, 其实与翼龙是近亲

追溯翼龙的起源一直是古生物学一个悬而未决的问题。1900年,德国的动物学家福伯林格曾提出,翼龙的祖先和恐龙是同一时代的动物。后来有古生物学家假设,翼龙的祖先可能是一种小型树栖性的爬行动物。1907年,古生物学家在苏格兰地区发现了泰勒斯科列罗龙化石,这是一种距今2.31亿年前生活在闷热环境中的兔蜥科动物,它或是翼龙的近亲。

兔蜥化石最早发现于20世纪三四十年代的美国德克萨斯州。古生物学家研究判断,兔蜥动物平衡感强,行动敏捷。

之后,在南美洲发现了更多兔蜥化石,科学家更加认识到,兔蜥是一种小型无翅爬行动物,主要生活在距今2.37亿至2.1亿年前的三叠纪。分子生物学研究也表明,翼龙很可能是由陆栖爬行动物演化而来的。

古生物学家原先一直认为,兔蜥与恐龙的亲缘关系更近,因为兔蜥骨骼的长度及形状与翼龙和恐龙都非常相似。但后来一系列证据越来越支持兔蜥与翼龙是姐妹类群,它们有共同的祖先。美国弗吉尼亚理工大学地球科学系的研究人员研究了近年来在北美、巴西、阿根廷和马达加斯加发现的兔蜥化石,对其头骨和骨骼进行了详细研究,确信兔蜥是一种与翼龙亲缘关系最近的近亲。

### 具备与飞翔有关的特征,兔蜥在形态上呈现多样性

兔蜥是两足行走的爬行动物,没有翅膀,不会飞,但它和翼龙有一些共同的独有特征,比如内耳形状,骨骼也具有许多共源性特征,这些都有力支持了两者之间的关系。

研究人员利用微型电脑层析扫描及3D技术发现,兔蜥已经进化出了一些与翼龙飞行能力相关的神经特征。显然,这些特征在具备飞行能力之前就演化出来,这从解剖及进化角度解决了兔蜥与翼龙的亲缘关系,为研究爬行动物起源及其飞行能力提供了新模式。

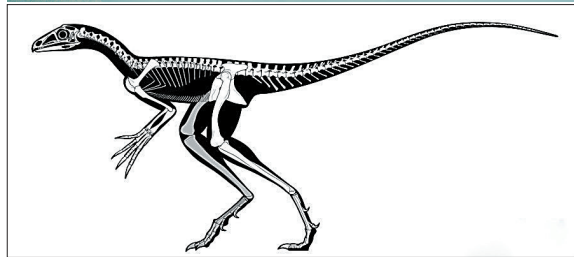
此次科学家在巴西发现的约2.3亿年前的兔蜥新物种,不仅有猛禽之喙,也有突出的弯刀形爪,这些特征表明兔蜥动物在生态位上处于高度特化,其爪可能用于帮助对付猎物或攀爬,而喙在进食之外还将有性展示、发声和温度调节等功能。

此外,新发现的兔蜥化石表明,这个类群有着不同寻常的多样性,在形态上与三叠纪的翼龙同样呈现出多样化,这意味着兔蜥多样性在恐龙和翼龙的祖先身上已经开始蓬勃发育。

### 翼龙飞行机制独特,系统发育与鸟类更近

翼龙在中生代天空横行了1.5亿年,是脊椎动物三支飞行动物翼龙、鸟类和蝙蝠中演化最持久的一支。虽然,翼龙的皮膜翼曾让早期的一些学者认为它们的飞行机制类似蝙蝠,但随着研究的深入,发现翼龙与鸟类具有更近的系统发育关系。

我国科学家对哈密翼龙肩带形态学与骨组织学的最新研究成果,揭示了翼龙的飞行机制。研究表明,哈密翼龙可能如鸟类一样利用喙上肌收缩实现翅膀上抬,哈密翼龙的肩臼窝疑似保留有软骨组织,这可能与鸟类一样具有厚实的关节软骨以缓冲飞行压力。



上图为翼龙。(图片由作者提供)  
下图为约2.3亿年前的兔蜥化石拼图。(图片由施普林格·自然提供)

研究还发现,翼龙具有独特的飞行机制。与鸟类终生不愈合的肩胛骨与鸟喙骨不同,哈密翼龙的肩胛骨与鸟喙骨在个体成熟之前就已经完全愈合,形成骨性结合的肩胛

### 相关链接

## 翼龙究竟是如何飞上蓝天的

翼龙并非地球生物界第一个会飞行的动物,但它是脊椎动物中最先飞向蓝天的动物。距今3亿年前率先飞上蓝天的昆虫在石炭纪大森林中自由穿梭飞翔时,还没有脊椎动物飞行的踪迹,因为那时鱼类才从水里爬上岸不久。羊膜动物正呈现三大类型的演化格局,如下孔类、双孔类和无孔类。其中在头骨侧面眼眶后面有两个啜嘴孔的双孔类,后来就衍生出了包括恐龙、翼龙等称霸中生代陆地和天空的巨龙。

鸟类有从树上飞上蓝天的假说,很可能是“从树上飞起来的”。然而,翼龙有着不同的飞行演化途径,翼龙祖先经历了一段没有树栖生活的演化适应。

化石提供的证据表明,那时的翼龙祖先泰勒斯科列罗龙还不怎么会飞,但有一双粗壮的脚蹼蹦跳跳,或者开始用四肢行走。因此,多数学者认为翼龙类是从陆地奔跑动物演化而来。而且,斯科列罗龙或沙洛维龙,身体都有从后腿延展至身体或尾巴的皮肤。这些都显示翼龙类的飞行演化途径是“从地面往上”,或是攀爬悬崖。

近日,“中国朱鹮保护成为世界范例”新闻登上网络热搜。有“东方宝石”之称的朱鹮,是国家一级重点保护野生动物。1981年,在陕西省洋县发现时仅孤羽7只。经过科学保护,其全球数量增长到现在的9000余只。

40多年来,朱鹮种群从形只影单到千鸟竞翔,蔚为壮观,堪称奇迹。那么,这个奇迹是如何创造的?

### 发现地明确“四不准”

朱鹮属鹮形目鹮科,东亚特有鸟。在中国古代典籍中,被称为朱鹭,在陕西省洋县也常被称为“红鹮”。繁殖期的朱鹮,在水浴时用分泌的黑色物质涂抹羽毛,上半身由白色转为铅灰色,将自己“变丑”。

朱鹮在地球上存续达6000万年,历史上曾遍布亚洲东部。至20世纪上半叶,朱鹮从繁盛快速衰退至濒临灭绝。

1981年4月,中国科学院“中国朱鹮考察小组”第三次来到秦岭南麓发现朱鹮。科学家为这个极小种群命名为“秦岭1号种群”,这也是世界上仅存的7只野生朱鹮。

发现朱鹮后的数天,洋县发出《关于认真保护珍鸟朱鹮(朱鹮)的紧急通知》,并明确提出了“四不准”:不准砍伐树林,不准狩猎,不准使用化肥农药,不准开荒放牧。

之后的10年间,朱鹮野生种群数量始终徘徊在10只左右。1994年,世界自然保护联盟(IUCN)将朱鹮的濒危等级定为“极危”。

### 实施迁地保护,饲养种群数量达1400只

进入朱鹮保护第二个10年,成效明显提升。至2002年,野生朱鹮种群数量增长到102只,自然分布范围有所扩大。IUCN将朱鹮受胁等级调整为“濒危”,标志着中国朱鹮保护取得了显著的阶段性成果,翻开了朱鹮迁地保护的新篇章。

所谓迁地保护,是指在原有栖息地之外建立人工繁育种群,为重建野外种群作准备。2003年,朱鹮迁地保护正式实施,并在地处秦岭北麓的西安市周至县境内建立迁地人工种群。60只朱鹮从汉江流域引至渭河流域。这一人工种群建立后,为在陕西省之外,以及日本和韩国建立人工种群奠定了种源和技术基础。截至2022年底,全国范围内共有朱鹮饲养种群10个,约1400只个体。

在朱鹮就地保护取得显著成效后,我国开始探索其野外放飞技术。再引入是复壮朱鹮种群、扩大分布区的有效方法之一。2004—2006年,在洋县开展的朱鹮野化放飞实验获得成功。2007年5月,在宁陕县首次实施朱鹮再引入取得成功。随后,又在铜川市耀州区和宝鸡市千阳县开展朱鹮再引入工作。在此基础上,河南、浙江、四川、上海、四川等地相继启动朱鹮再引入工程。

截至2022年底,我国共在9个地点成功开展朱鹮野化放飞,种群数量约800只。日本和韩国均成功实施了朱鹮野化放飞。

### 重建迁徙种群,将为世界濒危物种保护提供“中国方案”

如今,飞翔在东亚大地上的朱鹮,全部为“秦岭1号”孤羽7只的后代。尤其是在洋县及周边区县,呈现人与自然和谐相处的美景。

目前,朱鹮保护工作在南方历史分布区仍存在很大空白。除了重建南方种群,另一项充满想象力的工作也在推进中,那就是通过在东部沿海实施迁地种群和野化放飞,重建历史上的朱鹮迁徙种群。

我国沿海有连续的条带状滩涂,只要朱鹮能够在这些滩涂觅食,就说明它的觅食可以连续。那么,当迁徙季节来临,朱鹮能跟着其他候鸟一样迁徙吗?

2018年,科学家对北戴河的朱鹮人工种群开展滨海滩涂食物转换实验,结果证明,朱鹮能够自主觅食20%—50%食量的滨海生物,这表明它们能够摆脱对稻田和淡水湿地的依赖,为在沿海拓展朱鹮分布区提供了科学依据。2022年12月,30只朱鹮从洋县“迁居”黄河三角洲,现在已经产下7枚卵。

朱鹮具备旗舰物种和伞护物种的特质。保护朱鹮,能使其同域伴生物种得到保护,大面积的生态系统平衡得到维护,而这正是保护朱鹮的真正意义。

“翩翩兮朱鹭,来泛春塘绿。羽毛如剪色如染,远飞欲下双翅敛。”朱鹮是中国生态的象征,是爱与和平的化身。朱鹮一旦恢复了迁徙的生态功能,对气候和环境变化的适应能力将大大提高,可彻底摆脱濒危状态,也将对世界濒危物种保护提供“中国方案”。

(作者系陕西佛坪国家级自然保护区管理局正高级工程师)

从七只到九千多只

朱鹮保护是这样创造奇迹的

□ 曹庆

# 非洲鸵鸟秀舞蹈

□ 文/图 郭耕



它的外观看,像蛇一样的长颈上支撑着一个很小的脑袋,一张短而扁平、呈三角形的嘴;还有一双如同青蛙的褐色大眼,站得高望得远,神态从容,鹤立鸡群——这就是非洲鸵鸟,当今世界最大的鸟。

8月,笔者随“石探记”考察团在非洲恩戈罗火山自然保护区野外考察时,幸运地遇见了一对非洲鸵鸟,雌性毛色浅灰,貌不惊人,雄性黑袍加身,甚是雄伟。正当我们欣赏雄鸟之时,它竟然晃动着双翅,转动着身躯,跳起了舞蹈!

非洲鸵鸟为鸵鸟目鸵鸟科鸵鸟属的鸟类,体长约175—275厘米,身高是240—280厘米,体重为90—150千克,雌鸟稍小。非洲索马里还有一种灰颈鸵鸟或称蓝颈鸵鸟,仅次其后。

鸵鸟,笔者自是没见过,但都是圈舍里,这大自然中的鸵鸟,却完全是另一番景象。它们挥洒而张扬,与非洲土著人的舞蹈,有着异曲同工之处。

鸵鸟躯干粗壮,胸骨扁平,没有龙骨突起,其上生有一对与身体很不相称的短翅膀,虽然已经退化,没有飞羽,也不能飞翔,但也并非完全无用。在繁殖期,雄鸵鸟向雌鸵鸟求爱时必须炫耀双翅,特别是全身漆黑柔软而蓬松的羽毛,更得雌鸵鸟欢喜。

鸵鸟是危险而凶悍的大鸟,尤其是发

情期。据了解,鸵鸟的配种季节从入冬开始一直持续到翌年的仲夏。此次所见的跳舞场面,恰逢其时。通常,雄鸵鸟对雌鸵鸟求爱时,会做出非常优美的动作,炫耀自己的羽毛和双翅;雌鸵鸟在雌鸵鸟前蹲下,并向两边伸翅膀,左右摇摆,同时将头转向背部不停地从一边转向另一边,还发出振翅的拍打声。此行所见,果然不虚。

作为鸟类中脚趾最少的鸟,鸵鸟仅有2趾,每个大脚趾上都长有约7厘米的危險趾甲。它们个个体大已经无敌,凭借脚下这一双利器,更是足以横行天下。

鸵鸟产于干旱少雨、气候恶劣、食物贫乏的非洲稀树草原,原本在亚洲,包括中国都有分布。但是,随着人类活动的扩张,它们栖息地逐渐退缩。20世纪中叶,生活于阿拉伯半岛的鸵鸟消失,意味着这



非洲鸵鸟

种动物在亚洲彻底绝灭,使其成为名副其实的非洲鸵鸟。

事实上,由于人类的大量猎捕,生活在非洲的鸵鸟种群数量也在不断下降,特别是非洲北部,已基本绝迹。在《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录I中,非洲鸵鸟被列为严格限制贸易级别。

# 水脉人文相得益彰

□ 尹传红



4座电力抽水站连接4座绿茵小岛,一线排开,如风景下动力澎湃。

这是南水北调东线工程的源头——江都水利枢纽核心工程区。

我们走进第四抽水站泵房时,7台泵机正在运行,发出阵阵轰鸣声。墙上大屏幕显示实时运行信息:该座泵站自建成至今累计运行6147天,抽水总量805.8亿立方米。

沿陡峭的阶梯进入地下,但见几个硕大的叶轮螺旋桨在泵机牵引下飞快旋转,将江水源源不断地抽送上来。江苏省江都水利管理处负责人介绍说,枢纽4座抽水站如果全力开动的話,3天就能抽水1亿立方米。目前江都抽水站共装机33台套,装机容量5.58万千瓦,最大抽水能力达每秒508万立方米。

江都水利枢纽工程地处江苏省扬州市境内京杭大运河、新通扬运河和淮河入江水道交汇处,引长江、连淮河、串湖泊,辖诸多水域,以水为载体,拥有得天独厚的地理环境。它主要由4座大型电力抽水站、12座大中型水闸、2座小型涵闸以及输变电、输水河道、鱼道等配套工程组成,是我国第一座自主设计、制造安装和创新管理的大型泵站群,也是我国规模最大的电力排灌工程、亚洲最大的泵站枢纽。

这一水利枢纽工程具有抽江北送、自流引江、抽排涝水、分泄洪水、余水发电、保障航运、改善生态环境等主要功能,建成以来发挥了巨大的工程效益,堪称江苏段长江、淮河、大运河以及江苏里下河水网水资源综合调配的“稳定器”,排灌兼蓄守护江淮一方安澜。同时,为京杭运河、新通扬运河、通扬河注入水源动能,从而保障航运和沿线苏北地区用水安全。此外,枢纽还可在淮河水丰年份,通过反转江都二站机组,充分利用余水发电。

往前追溯20年,在国家南水北调东线工程建设大格局下,工程功能于2002年向北延伸。在江苏,以江都水利枢纽为源头的南水北调东线工程——世界最大的泵站集群,支撑起巨型网络调水系统,破解了“多目标、多线路、多梯级、多功能”的调度难题,促进了国



内引调水工程技术的飞跃发展。长江水从江都水利枢纽出发,通过13级泵站逐级提水65米高程进入山东泰安东平湖。从东平湖分水两路,一路向北穿黄河后自流到天津;另一路向东,经胶东地区输水干线接引黄济青渠道,向胶东地区供水。全线1156公里的南水北调东线工程,滋润着祖国的北方大地,书写了当代治水的丰碑。

此时此刻,置身毗邻第三抽水站的一块绿茵高地上,我们注意到前方泵房主体建筑的西南角,矗立着鲜艳的“三面红旗”,墙体上的红色标语也赫然可见。江都水利枢纽水情教育中心负责人告诉我们,在60年的建设、运行和发展中,枢纽一直注重水利工程的科学性、哲学性、文化性、美学性出发,提高水利工程的文化品位。枢纽随着治水活动而衍生沉淀,随着水利传承而丰富底蕴,已形成集水利历史遗迹、重要历史人物事件、

特色水利工程建设风貌、扬州园林地域风情于一体的“源头”特色水利枢纽工程。水工程与水文化有机融合建设,尤见成效。

他们在对已颇有年头头的4座泵站主体建筑进行更新改造时,不仅通过空间和形体、比例和尺度、色彩和质感等方面的设计构成艺术形象,并且还特别保留了墙体外观装饰中的时代审美情趣,以及具有时代印记的雕塑、水刷石、彩色水磨石、红砖和引桥栏杆顶端的红五星造型等。在对建于20世纪70年代的第四抽水站进行加固改造时,依旧采用了具有当时建筑特色的斩假石,以及回形纹水磨石。

水利景观中的水脉人文,也得以存留。江都水利枢纽工程输水闸工程,由于地处水运交通枢纽和商贸重镇,擅舟楫之便,得人文之胜,具有诸多深厚的历史底蕴。因淮河、运河留下的水脉人文佳话众多,见证了

淮河归江沿革的万福闸便是其中一个典范。治淮在历史上经历了明代“分淮经运河入江”,清代“导淮入江”“淮水归海归江”等阶段。错落淮河水道上的十座水坝统称“归江十坝”。江都水利枢纽所辖水闸中,万福闸、太平闸、金湾闸堪为“淮河归江十坝”功能在当代水利的演变,归江文化因此被融入水利工程建设之中。“归江史话”长廊以归江十坝和因淮河水道演变形成的“七河八岛”为创作主线,万福闸上下游翼墙以治淮为主题,铭刻治淮人物创作了《溯淮》《万福怀古》;又以19座现代杰出治淮工程石雕装饰翼墙围栏,厚重的水利史与恢宏的水工程得以有机交融。

这些,与枢纽其他人文景观和自然景观相连接、相映成趣,构建了一个别致的生态文化空间,亦成就了一个国家级水利风景区和国家水情教育基地。

图1为航拍江都水利枢纽。图2为枢纽第三抽水站外景。图3为航拍万福闸。图4为枢纽第四抽水站泵房。图5为枢纽第四抽水站实时运行信息。(图1、3为张斌摄,图2、4、5为尹传红摄)