时光隧道中的“翼龙伊甸园”

■本报记者 胡珉琦

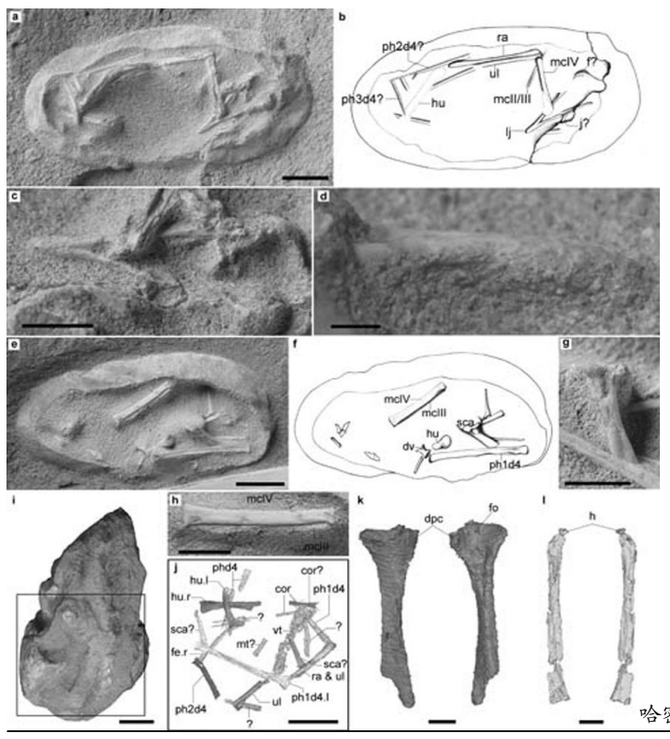
翼龙是曾经的陆地霸主——恐龙的近亲，地球上第一类飞向天空也是唯一绝灭的飞行脊椎动物，它在生物演化史上有着特殊的地位。科学家想要深挖翼龙的演化故事，只能依赖它的化石。

不过，因其飞行的需要演化出纤细中空的骨骼，翼龙化石保存非常困难，数量十分稀少，而它的蛋和胚胎化石更是罕见。

经历了 12 年时间，中科院古脊椎动物与古人类研究所汪筱林团队在新疆哈密戈壁大漠的白垩系地层中，抢救性采集了一件超过 200 枚翼龙蛋、胚胎和骨骼化石三位一体保存的标本，其中 16 枚翼龙蛋含有三维立体的胚胎化石。

这是全世界首次发现的 3D 翼龙胚胎。科学家还透露，这一标本下伏岩石中还没有完全暴露的翼龙蛋，数量可能更大，推测可达 300 枚。

一亿年前，新疆哈密曾是不折不扣的“翼龙伊甸园”。



哈密翼龙胚胎化石 汪筱林供图

> “这是全世界首次发现的 3D 翼龙胚胎。科学家还透露，这一标本下伏岩石中还没有完全暴露的翼龙蛋，数量可能更大，推测可达 300 枚。

三维立体保存隐藏的秘密

世界上首枚 3D 保存的翼龙蛋、首次发现 3D 翼龙胚胎，哈密翼龙及其蛋化石最特别的发现就是保存了三维立体形态。

不过，在翼龙的近亲恐龙那里，情况却大为不同。汪筱林解释，三维保存恐龙蛋不是一件难事，首先是因为它的蛋壳很硬，而且它们往往被保存在砂岩、砾岩里，这样的岩层是由松散的粗颗粒堆积物组成的，成岩压实作用相对细粒沉积物而言不高，岩石的孔隙度较大，可以是储水或储油层，蛋壳受到的挤压也不那么严重。发现翼龙蛋的是在有大量泥岩砾屑和砂岩层中，形成于高能环境，成岩过程中的压实会使蛋壳强烈变形，所以，它们能够立体保存下来，需要极大的运气。

科学家为什么想要三维立体保存的翼龙蛋和胚胎化石，因为只有接近原来真实状态的立体结构保存才能帮助他们一探翼龙在早期发育阶段的秘密。

如今，中国的科学家不但知道翼龙蛋是呈对称的椭圆形，长约 6 厘米，宽为 3 厘米，蛋壳是由一层薄的钙质外层和厚的壳膜内层共同组成的双层结构，和现生一些爬行动物比如锦蛇的“软壳蛋”非常相似，这一次，他们更是找到了一些很有趣的翼龙胚胎发育特点。

中生代的空中霸主在还是宝宝的时候，到底有多强悍？过去，汪筱林和周忠和等依据在辽西发现的世界上第一枚胚胎化石的研究，认为翼龙应该是早熟的物种，也就是说，宝宝们在破壳后就有可能自主进食，可以飞翔，而不依赖于父母的照顾。可是，根据哈密翼龙的胚胎化石证据，结论却不完全一致。

在一个唯一保存有头部骨骼的胚胎化石里，科研人员对下颌进行了修理和 CT 扫描，没有找到牙齿的痕迹。实际上牙齿通常比较坚固，更容易保存为化石。他们认为，在胚胎发育晚期还没有出现牙齿，是因为牙齿萌发更晚。所以，他们推测，哈密翼龙在刚孵化出壳之后可能没有牙齿，它们就像那些闭着眼，嗷嗷待哺的鸟宝宝，还需要鸟爸爸妈妈精心地照料。

这方面的证据并不是唯一的。在胚胎骨骼保存相对最完整的一件标本里，科研人员发现，哈密翼龙胚胎的股骨已经完全发育，具有了与亚成年或成年个体一致的股骨头和明显收缩的股骨颈，这意味它们在孵化后具备了在陆地上行走的能力。但与此同时，其左右两侧的肱骨却还没有发育完全，不具有弯曲的三角肌脊，而这一结构是翼龙附着与飞行相关的胸肌的位置。另一件胚胎标本也显示，对翼龙抬升翅膀具有重要作用的肩胛骨发育也不完全。这些都说明，翼龙宝宝不是生下来就会飞的。

不过，虽然翼龙胚胎发育并不像之前认为的那么早熟，但它骨骼生长发育的速度还是让科学家大为惊叹。科研人员选取了哈密翼龙的两枚胚胎和数件幼年到接近成年个体的长骨进行研究，他们发现，不管是在什么阶段，翼龙的骨组织类型都代表了快速的骨骼生长速度。

风暴记录“翼龙伊甸园”

在古生物学领域，科学家在前期要花费大量的时间去发现、采集和修理化石。汪筱林特别强调，发现化石和研究化石本身不是一回事。

所谓“发现”，不是找到化石这么简单。2006 年，汪筱林带领科考队第一次发现在哈密地区存在大量翼龙化石，直到 2008 年和 2011 年才在野外找到三维立体保存的翼龙蛋和胚胎，在此期间，他们进行了大面积的野外踏勘调查工作，目的是要详细了解化石的分布范围、富集程度和埋藏规律，以及如果保护这些重要化石及其遗址，对保存状况不好的，也就是已经暴露地表风化破碎的头骨等进行抢救性采集。没有这些基础工作，按图索骥，仅凭运气可发现不了重要化石。

也正是在这个过程中，科学家领略到了哈密翼龙动物群的惊人之处。汪筱林介绍，哈密不仅有大量的翼龙化石，也有大量恐龙化石，只是目前恐龙化石还未进行详细的野外工作。这些化石赋存地层的面积可达数千平方公里，其中翼龙化石的富集面积就有六七十平方公里，每一平方米至少有一个翼龙个体。翼龙数量如此巨大，还有翼龙蛋和胚胎，汪筱林才把那里称之为“翼龙伊甸园”，在全世界都是独一无二的。

在白垩纪，哈密的土地上究竟发生了什么，才有那么多翼龙化石聚集在此？研究人员也不禁好奇。

通过沉积学和埋藏学的观察，他们发现，这些翼龙化石全都来自含有红色泥岩砾屑的灰白色湖相砂岩中。过去，科学家已经知道翼龙常在湖泊、浅海边上空飞翔，以鱼类为食。所以，那里一定存在一个面积巨大的湖泊，曾经温暖湿润，植被繁茂。

汪筱林说，这些化石及泥质砾屑的分布是杂乱的，有的长轴不是水平的，什么角度的都有，呈菊花状构造，只可能是一种高密度重力流的沉积记录。陆地上的洪水和泥石流、海洋和湖泊风暴（浅水）和浊流（深水）都会产生高密度流，但是化石富集层的泥质砾屑不是通过水流从盆地外源搬运而来的成熟度较高而稳定的砾石，它是来自盆地自身内源的极不稳定的泥质砾屑，而且，地面的水流也不可能卷入带走天上飞的动物，因此，不可能是泥石流或者洪水导致它们死亡的。

他认为，翼龙在当时很可能经历了多次异常残酷的湖泊风暴事件。强烈的风暴经过翼龙在岸边产卵的巢穴，将天上飞翔的、岸边产蛋的翼龙及它们的蛋卷入其中，经过短距离搬运，漂浮聚集后被快速埋藏，富集埋藏在风暴形成的泥质砾屑的高能沉积中。

这也就能解释，为什么翼龙的骨骼化石非常分散，但每一块骨骼却都是完整的，甚至那些牙齿和头骨、下颌都完好地关联着。“当年，活着的翼龙被风暴卷入，带着被撕裂的皮肉生埋的。”汪筱林说。

用研究带动保护和发展

汪筱林团队在哈密地区的工作已经持续了 12 年时间，仅仅在 2014 年《现代生物学》和 2017 年在《科学》发表两篇重要论文，但却影响广泛。

“在我手里能出多少成果不重要，重要的是能给当地留下一份完整重要的自然遗产，给后来人创造持续开展研究的机会和环境。”汪筱林说。

团队之所以对研究成果的发表有意拖延滞后，而且至今没有表明详细的化石地点，就是为了彻底摸清化石的分布规律和保存状况，明确它的科学意义，让当地政府意识到这个区域的科学价值、合理开发利用价值，以及保护的重要性和紧迫性，“如果不这么做，准确地点一旦广为人知，就可能遭到人为干扰和破坏”。

现阶段，除了研究，中科院古脊椎所积极响应国家“一带一路”战略，支持西部大开发并加大科研投入力度，2015 年与哈密市政府签署战略合作协议，协助地方政府申报哈密翼龙国家地质公园和遗址博物馆，同时还在哈密博物馆举办世界上最大的翼龙化石展览“飞向白垩纪——中国翼龙展”，进行科普和文化宣传活动，并在新疆科协等地方相关部门的支持下，在哈密设立了院士专家工作站和古脊椎所科研科考基地等，协助地方政府和主管部门对这一重要的自然遗迹进行有效保护，为他们合理开发提供思路、想法和发展规划。

汪筱林认为，不忘初心，牢记科学家的使命，“研究好、保护好、利用好这一重要的自然遗产，造福地方人民，造福子孙万代”。对当地的回馈同样是属于科学家义不容辞的责任和义务，他的团队将继续深入哈密戈壁，为实现这一目标而努力工作。

热词

“折纸”骨骼软体机器人

软体机器人一直是一个非常有前景的研究领域，但这些软体机器人缺少的一个重要特点是：强度。现在，来自美国麻省理工学院人工智能实验室 CSAIL 和哈佛大学 Wyss 研究所的科学家们想出了一种给软体机器人一些力量的方法——用刚性的“折纸”骨骼来装备它们。

近期发表于 PNAS 杂志上的一篇论文中，研究人员描述了一种新型柔性人造肌肉，可以用来制造柔性机器人。肌肉由一个充满空气或流体的密封袋组成，其中包含一个可折叠的折纸结构作为骨骼。当使用电动泵减少袋内的压力时，整个结构就像手臂或腿部的肌肉一样收缩。但是这些人造肌肉比人类的肌肉强得多，能够提起超过自身重量 1000 倍的物体。

CSAIL 主任兼论文主要作者 Daniela Rus 教授表示：“软体机器人有很大的潜力，但是到目前为止，其中一个局限性是有效载荷。（它们）非常安全，非常温和，但不擅长举起重物。这种新的方法使我们能够制造强大的柔性机器人。”

这种人造肌肉有很多潜在的用途，最明显的是仓库和物流操作，它们可以安全地处理易碎和脆弱的物体。它们也非常适合抓取具有不寻常形状的物体。

世界最大锂离子电池

澳大利亚总理杰伊·韦德尔近日发表声明称，世界上目前最大的锂离子电池于近日启动测试，美国知名企业家埃隆·马斯克在 7 月签署合同时的承诺——100 天内向南澳大利亚州内陆交付——将得以兑现。合同当时还约定，如未按期交付，他将免费提供耗资 5000 万美元的电池。

自从南澳大利亚州去年遭遇前所未有的风暴袭击导致全国性大停电后，马斯克就作出了上述承诺，以助应对当地的电力困境。韦德尔表示，随着电池进入监管测试阶段，未来几天，这一世界目前最大（100 兆瓦）的锂离子电池将成为南澳大利亚州的后备电源。其与法国能源公司 Neoen 运营的风力发电场相连，预计在大规模停电到电力修复的过渡期间，可为 3 万户家庭提供足够的电力。

此前的报道称，马斯克曾宣称，这个后备电源系统建在距离阿德莱德以北 230 公里的詹姆斯敦，将比地球上同类目前最大系统还要强大三倍。专家曾指出，电池的革命将帮助改变可再生能源的应用，通过储存风能和太阳能产生的大规模电力，可以应对原有电网间歇性失常问题。

万米载人潜水器

近日，中国自主研制的海底 1 万米潜水器载人球舱完成出入口、观察窗的开孔工作，载人球舱是潜水器最核心的部件之一，是潜航员的主要活动区，球舱主体为钛合金，全部建成后将成为世界上下潜深度最大，最先进的潜水器之一。

2020 年，中国自主研发制造的全新一代载人潜水器计划将在世界海洋最深处的马里亚纳海沟进行海试，预计下潜深度超过一万米。由于深海压力巨大，所以载人球舱从选材上就与 4500 米深海勇士号和 7000 米“蛟龙”号不同。

万米深海，潜水器要承受的压力相当于在指甲盖上放一辆汽车，潜水器球舱是保证 3 位潜航员安全最重要的屏障。新一代钛合金制造的球舱不论是形状、圆度、壁厚都精心设计。在完成两个半球焊接，组装等工作之后，预计明年上半年进行海底 1 万米模拟压力测试。

载人球舱使用的钛合金材料之前一直被广泛适用于航空航天领域，科研人员发现，钛合金用于深海装备更为理想，拥有诸多优越性和独特性。目前正在建造的万米载人潜水器，具备覆盖全球海洋 100%海域的作业能力，处于世界先进水平，而且全部由中国人自主研制，创造了多个中国第一。尤其是载人球舱，作为潜水器的主结构之一，研制水平达到国内最优。

AI 控制大脑植入物

2017 年神经科学学会年会近日在美国华盛顿特区举办。本次年会公布了一系列研究。在这些研究中，来自不同研究机构的科学家利用大脑植入设备检测情绪障碍引起的异常状态，并通过 AI 算法释放电脉冲回击大脑，使大脑在没有医生介入的情况下恢复到健康状态，以达到控制受试者情绪及行为的效果，目前这些研究已完成了初步的人体试验。

来自美国加州大学旧金山分校和南加州大学的联合研究团队基于植入式电极系统，追踪并刺激大脑的活动，希望最终为患有抑郁症及创伤后应激障碍等情绪或精神疾病的军人及老兵提供治疗方案。

实际上，植入式电极系统在医疗上的应用并不罕见。在以往的研究中，医生对患有运动障碍（如帕金森氏症）的患者，通过深部脑刺激改变脑部的神经活动进而影响患者的肢体行动。当然，他们也将这种手段应用到情绪障碍的治疗中，但收效甚微。

对此，来自加州大学旧金山分校的团队负责人 Edward Chang 表示，利用 AI 为精神疾病量身打造了开关系统，只有在需要时电极才进行刺激。该团队使用癫痫患者已经植入大脑的电极，记录间断的（以往的研究为持续性的刺激）刺激后神经的状态。 （北绛整理）

读心有术

『吃亏是福』有道理吗

中国有句老话：吃亏是福。它总与“难得糊涂”“与世无争”放在一起，大概意思是，当你从哪里获得损失，也必然会从那里有所收获。这也成了中国人生活中一种常见的社会心理现象。但吃亏有很多种，究竟什么样的亏该吃呢？吃亏真的是福吗？

在现实世界的决策中，人们时常会采取或接受一个明显导致损失的选项，比如选择“无酬加班”这种单纯吃亏的行为，实在很难与“福”画等号。这样的吃亏行为应该在中国大力推崇吗？

有意思的是，科学家试图从心理学层面去解释人们作出这种选择的理由。中科院心理所行为科学重点实验室李纾研究组和山东师范大学研究人员就找到并揭示了“吃亏是福”这句老话的现实价值。

为了找出“吃亏是福”的作用机制，科学家首先基于世界成功人士的吃亏轶事，编制量表，用于测量“吃亏似然性”。然后，进一步探索了“吃亏”和“福报”之间的关联，也就是验证，在选择吃亏之后，人们到底能否真的在一个不可预期的生活情境中得到好回报。

科学家认为，福可以分为物质的和精神的，而回报的时间可分为现在和将来。于是，他们分别从这两个角度探讨了吃亏和福报的关系。研究结果表明，被试的吃亏似然性得分能够正向预测其社会经济地位指数和主观幸福感，同时，年龄对吃亏似然性得分与社会经济地位指数之间的关系有调节作用。

不过，这一效应并不存在于吃亏似然性得分和主观幸福感之间。科学家进一步回溯研究的结果表明，回忆过去吃亏似然性得分与现在高水平的社会经济地位指数相关，并且这一效应伴随回忆时间点与现在时间间隔的增长而增强，这也意味着，回溯的过去吃亏似然性得分对将来社会经济地位指数的预测作用表现出时间滞后性和累积效应，但这一效应并未在吃亏似然性和精神获益之间出现。

这项研究说明，吃亏不仅会带来当下的精神福报，而且会带来现在和将来的物质福报。科学家认为，他们提供了现实世界中洞察短视决策和长视决策关系的新视角。对于那些初入社会的年轻人，他们也许可以从中找到终身受用的生存法则。 （朱香整理）

雪有干湿之分吗

■徐仁吉

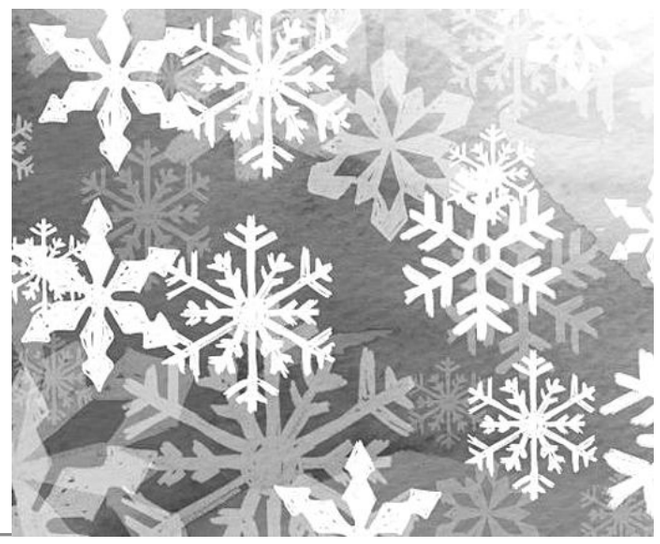
这个冬天，北京似乎有些“安静”，没有太多霾的困扰，同时也少了雪花的问候。不过，天气预报称，近期北京的西部山区，甚至城区都不排除飘雪花的可能性。

雪花是在冰晶的基础上，由水汽不断凝华而形成的。最原始最细小的冰胚是多个水分子的聚合体，因为它们的结构都是六角形的，所以就形成了六角形结晶的雪花。

虽然它们的形状有千万种，结构细致而复杂，但都排列在出奇妙动人的六角形姿态：有的像一块六角形的薄板，有的像一把向六个方向张开的扇子，有的像一段六角形的铅笔，有的像一根缝衣的钢针等等。

这些也只不过是雪花结晶最基本的形状，就每一朵雪花的具体形态，又往往是由很多种基本形状不同的雪晶聚合而成的。它增长的过程是由于六角形冰晶的尖端位置特别突出，水汽供应最充分，凝华增长的速度也最快。因此，就在冰晶的基础上沿着棱角方向越长越大，最后便生成六个花瓣样的、形态各异的雪花了。

> “形成“干雪”和“湿雪”，是由降雪时的空气温度所决定的。雪花是由冰晶构成的，只有空气温度在 0℃以下的时候，冰晶才不会融化。



干雪与湿雪

通常雪花的直径，一般都在 1 至 3 毫米之间，而我们往往见到在空中飘舞着的大雪片，则是雪花在降落过程中，互相融合、互相附着而形成的。这是由于雪花的形体大、空隙多，而密度小。因此受空气的阻力比较大，所以在降落时常呈轻飘曼舞、缓缓下落的状态，碰上其他雪花时彼此就附着在一起了，成为像棉絮一样的雪团，这便是鹅毛大雪的成因。如果在降雪的过程中伴有大风，将落地的雪片又卷起来，也有时风雪交加造成道路弥漫，这就是人们所说的“暴风雪”了。

不过，谈到“干雪”“湿雪”“雨淞”，恐怕很多人并不了解。

难道雪还有干、湿之分吗？其实只要你留心观察，就会不难见到这种极普通的现象了。每当降雪的时候，我们经常看到落在院子里、田野上的雪非常散落，稍有风吹即飘走；掉在衣服和帽子上的雪花，也是一抖即落下。这种雪没有黏性，地面和衣服上不留湿痕，因为它们全是由“冰”构成的，里面没有水，所以是“干”的。天气越冷，雪花越小，这种现象也就越明显。

而在春末冬初之际降雪的时候，有时落在道路上和田野里的大雪片，就不容易被风吹走，掉在衣服和帽子上的雪花，也不容易抖掉，有黏性；用笤帚扫去地上和衣服上的雪，在地面和衣服上都留有湿痕，这种雪就不全是“冰”了，里面含有水滴，因此是“湿”的，人们通常又叫它“雨夹雪”。

这种“干雪”和“湿雪”的现象是怎么形成的呢？简言之，就是由降雪时的空气温度所决定的。雪花是由冰晶构成的，只有空气温度在 0℃以下的时候，冰晶才不会融化。

但有的雪花在降落的途中，气层的温度始终在 0℃以下，这就使得它们能够以雪花的姿态，降落到地面而成为“干雪”；而当气层的温度高于 0℃时，它们就不得不变换雪花的姿态，融为水滴而降落，这就是雨；也有的时候，高空的温度在 0℃以下，但到接近地面时，却遇到一层不很厚的稍高于 0℃的气层，雪花落入后还未来得及全部融化便落到地面了，于是就成为半融状态的“湿雪”或“雨夹雪”了。而若高空的温度较高，降下来的是雨滴，但在近地层气温又低于 0℃时，落下来的则是冻雨，这种冻雨在地面上结成的冰粒便是“雨淞”了。

五颜六色的雪

雪花，是自然界的一种极为美丽、无色的结晶体。之所以平时人们所见到的雪花呈白色，是因为雪花在低温条件下，由水汽直接凝华而成。因为雪花的表面非常粗糙，又形状各异，所以引起光线的漫反射，而不同角度的棱角几乎能反射掉所有来自太阳光中各种不同波长的单色可见光，这些光波汇集在一起便成为白光，因此人们用肉眼所看到的雪好像是白色的。

不过，天空中有时会降落彩色的雪花。比如在靠近格陵兰的海岸和我国珠穆朗玛峰及察隅地区就曾下过殷红的雪，在奥地利和我国陕西省与沙漠相邻的地区也曾下过黄色的雪，在欧洲阿尔卑斯山、西伯利亚以及北极地区还曾下过绿色的雪和青色的雪，在瑞士曾发现褐色的雪，英国的一个城市还曾发现过黑色的雪。

这是为什么呢？原来有一些带色泽的单细胞藻类植物，既不怕寒冷，又繁殖迅速，能够在大雪中繁殖生长，风雪把这些藻类植物卷到空中，由于水汽在凝结成雪花时，就把这些红藻、黄澡、绿藻、褐澡的胚芽以及空气中的灰尘混杂在雪花里，当降落到地面时，雪就变成了不同的颜色，便出现了彩雪纷呈的景观。

（作者系中国科普作家协会会员）