

# 世界上最早的花究竟何时出现

□ 冯伟民

## 进化杂谈

植物世界开始并没有花，花儿何时盛开大地，为我们带来美丽多彩的世界，一直是令科学界执迷的世界性难题。

### 破解“讨厌之谜”，被子植物演化提供关键证据

进化生物学的奠基人、英国博物学家达尔文在他的研究就已注意到，1亿年前的白垩纪时代植物界就有了开花植物，并发生了快速演化。但他为寻找不到有花被子植物的源头和突然出现的多样性有花植物感到深深地困惑。1879年，达尔文在给时任英国皇家植物园（邱园）主任J.D.Hooker爵士的信中，针对被子植物在白垩纪地层中突然大量出现，却又找不到它们的祖先类群和早期演化的线索的现象，无奈地称之为是一个“讨厌之谜”。

为了破解达尔文的“讨厌之谜”，科学家在过去一百几十年来做了不懈努力，一直被被子植物的起源与早期演化视作植物学、古生物学和进化生物学研究中的热点问题。全世界的古植物学家为解开这个谜，则在艰

苦探索最古老的被子植物化石。

近来，中国古生物学家领衔的国际团队在英国《自然》杂志在线报道了最新研究成果，他们在我国内蒙古发现了一个特异埋藏的早白垩世植物化石群，通过对这一植物化石群中精美的硅化植物标本的研究并结合谱系发育分析，证实被子植物的祖先类群早在距今约2.5亿年前就已经出现。这一观点迅速引起了科学界的极大关注，被认为是中国古植物学对被子植物演化理论认识的重要突破，为理解被子植物白垩纪之前的演化提供了关键证据，部分回答了达尔文的“讨厌之谜”。

### 显露“庐山真面目”，辽宁古果是世界上最早的花

探索被子植物起源，最热门的要数寻找最古老的被子植物化石了。在上世纪六七十年代，由于没有在白垩纪之前的地层中发现被子植物化石的确凿证据，并且也没有找到被子植物的花粉证据，因此有科学家提出被子植物应该起源于早白垩世。但自上世纪九十年代以来，我国科学家在最早的被子植物化石研究方面一再有突破性发现，成为早期被子植物研究世界最瞩目的热点之一。

当时在中科院南京古生物研究所的孙革教授首先发现的辽宁古果，被认为是确凿的最早被子植物化石，曾得到国际学术界的充

分肯定；辽宁古果是“迄今发现的唯一有确切证据的世界上最早的花”。康奈尔大学的Crept教授评论指出，这个被达尔文称为“令人费解的谜”的难题，由于南京地质古生物研究所的孙革等的发现，终于向人们显露了一些“庐山真面目”。

进入新世纪，古果家族又添新的成员，中华古果、十字里海果接连发现，显示了花儿世界的多样性，丰富了科学家对于被子植物起源和早期演化的认识，一个完整的演化链条似乎隐约出现。紧接着，中国学者发现了更早的侏罗纪的被子植物化石中华史氏果、中华星花和潘氏真花等。2018年，中外科学家团队向世人报道了令人十分惊异的新发现——距今至少有1.74亿年，绽放于侏罗纪早期的“南京花”，但这一成果受到了不少质疑。而国外科学家也获得了一些重要发现，德国发现了早侏罗世的小穗施氏果，欧洲科学家还在三叠纪地层分离出了与被子植物无法区别的花粉化石。这些研究成果都极大地推动了被子植物起源和早期演化的研究。

同时，由中国科学院昆明植物研究所种质库李德铎研究员带领的研究团队，多年来致力于植物系统发育基因组学的研究。他们在2019年国际植物学顶级期刊《自然—植物》在线发表了重要研究成果，指出被子植物起源于三叠纪晚期的瑞替期。

### 引领陆地生态系统形成，花使植物界焕然一新

对花海世界的探源难道就尘埃落定了吗？最近新问世的成果，来自内蒙古新发现的化石又提供了崭新认识。研究人员通过对31个分类群和83个性状的形态数据矩阵的不同方法的谱系发育分析显示，包括蕈菌植物、开通植物、舌羊齿植物等在内的，具有相似弯曲壳斗的绝灭种子植物是被子植物的近亲，并很可能包括了被子植物的直接祖先。而这一大类绝灭种子植物的化石可追溯至晚二叠世，表明被子植物的祖先类群早在距今约2.5亿年前就已经出现，并不是在白垩纪突然出现的。

美丽的花朵体现了植物世界繁殖策略的最高境界。花的出现使植物界焕然一新，它为大地披上了多彩的浓妆，为动植物创造了协同演化的动力，并引领了新型的陆地生态系统的形成。在花的吸引下，庞大的昆虫家族赫赫形成，蝴蝶翩翩起舞、蜜蜂嗡嗡作响，无不是在为花的怒放奏响美妙的交响曲。

被子植物是当今世界植物界中种类最多、分布最广的类群，在当今世界已占植物总量的80%。当今被子植物的大繁盛源自白垩纪以来形成的它与动物界所建立的协同演化机制，这种协同演化关系仍是维系目前大自然生态系统的根本之所在。

（作者系中国科学院南京地质古生物研究所研究员、南京古生物博物馆名誉馆长）



上图为内蒙古早白垩世硅化的蕈菌植物解剖结构  
下图为辽宁古果  
(中国科学院南京地质古生物研究所供图)

## 花草祁谈

以花入画 以字描花



当我在键盘上敲入“飞燕草”三个字时，眼前摇曳着一抹天空般的蔚蓝，那是故乡山坡上蓝莹莹的飞燕草。

高挑茎枝上的花朵，像一群蓝色的燕子，花瓣轻扬，花距昂首，在大片的绿色中，扑棱棱地展翅。

飞燕草是我最喜欢的蓝色野花，从儿时起，故乡飞燕草的蓝，就一直浇灌着我的眼眸，让我的心灵也如同天空般宁静而辽远。

七月，骄阳下，野草丛中每一朵盛开的飞燕草花，是它们向昆虫发出的请柬，花儿会用花距里的蜜露，答谢前来劳作的传粉“红娘”。飞燕草显然懂得遵循“一分耕耘一分收获”的道理，不会像兰花那样，使出欺骗传粉的“花招”，飞燕草，是花草里的“善良人”。

仔细看，飞燕草在花朵的长相上，是下了一番功夫的。长成飞燕状，只是我们人类的看法，飞燕草呢，是不会费心劳神地去模仿一种鸟。被我们看作是燕子头部的管状距，是飞燕草让其中的一片花瓣演变而来的，里面存满了香甜的花蜜。飞燕草用这尖尖长长的花距，阻挡了一部分口器短粗的昆虫，也阻挡了前来只想偷食花蜜却不愿意干活的家伙，确保了种属遗传的稳定性。

可见，花距是聪明植物的标志，到现在也被归入植物分类的特征之一。花朵的距，有管状，也有兜状，大家常见的兜兰的兜兜，也是另一种用途的花距。

一些植物想来是要显示自己“过人”的智慧吧，把自己的花距弄得特别夸张。大萱草风兰，就长着细长的、长达20厘米的花距。

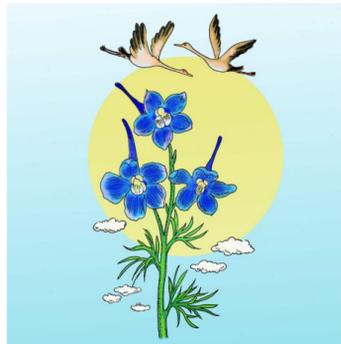
1862年1月，达尔文观察到产自马达加斯加山地丛林里的大萱草风兰，它盛开时，20多厘米长的花距内，从管底向上4到12厘米灌满了花蜜。达尔文当时在《兰花的传粉》中发表言论说：如此多的花蜜，一定是给“红娘”准备的，一定有一种还没有发现的蛾子，长着近一尺的长嘴——“喙长一尺的蛾子！简直是天方夜谭。”一些所谓的专家如此嘲笑。

然而41年后，1903年人们发现并观察到了为大萱草风兰传粉的天蛾——非洲长喙天蛾。这种体型酷似蜂鸟的蛾子，有着20厘米的长喙，飞翔时长喙犹如一盘卷尺。在花前，伸直了长喙，恰好可以探进大萱草风兰的花距里去吮吸，并且恰好能在它吸食花蜜时，风兰可以悠闲地把花粉团黏在蛾子的头上。当蛾子去下一朵风兰上进餐时，风兰也圆满完成了自己的传播大业——这花距与蛾子口器协同进化的“双人舞”，不仅诞生了世间的传奇，也印证了达尔文的推测。

花朵将自己的花距加长加深，蛾子吸食花蜜时自然要与花朵贴得更紧，接触到花粉的可能性就大大提高了；花距的格外用力，也鼓励了蛾子继续制造出长长的喙管，只有这样，才可以吮吸到更多的花蜜。瞧，花朵与蛾子都懂得“用进废退”的理论，它们彼此专一的依赖，使得花距与蛾子口器的长度密切吻合。

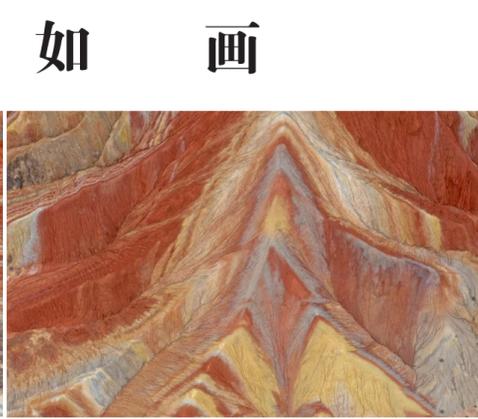
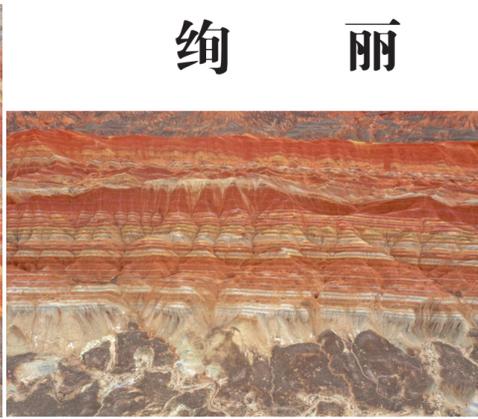
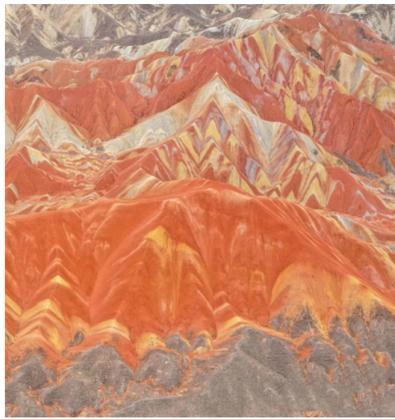
在故乡的田野上，每到夏季，高高举起花距的飞燕草，迎来的不只是为它传宗接代的昆虫，还有一帮孩子——摘下飞燕草的花距，然后轻轻一吸，甘甜的花蜜，就流进了嘴里。

好在，故乡的飞燕草并没有记恨我们的自私，更没有减少花距中的蜜露。来年，满山满坡还会开出片片蔚蓝，慷慨地递出它们的甘甜。



## 飞燕草花蜜，迎来的不只是昆虫

□ 文图 祁云枝



夏日时节，位于甘肃省张掖市的张掖世界地质公园内，绚丽的天然色调依山势起伏，层层交错分布，行走其中仿佛置身画境。新华社记者 郎兵兵 摄

# “温柔”大翅鲸为何喜欢“行侠仗义”

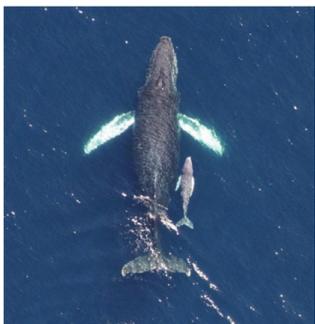
□ 罗腾达

“路见不平一声吼啊，该出手时就出手。”这就是大翅鲸这些年来留给人们的新写照。

大翅鲸又叫座头鲸，是一种体形巨大的须鲸。成年的大翅鲸体长可达16米，重16吨。有着如此庞大体形的大翅鲸却是温和的滤食性动物。它们一口吞进大量的海水。海水从鲸须排出，留下其中的鱼和磷虾。

温和，也许是大翅鲸留给人们的最经典印象，但近几年来，大翅鲸因为它与虎鲸的恩恩怨怨走红。憨厚的大翅鲸，碰到海中的顶级掠食者虎鲸竟会大打出手，令人惊讶。一时间，座头鲸的“英雄事迹”传遍了互联网。

体形尚小的大翅鲸幼鲸是虎鲸中意的猎物。虎鲸会攻击单独行动的大翅鲸母子，将它们彼此隔开，然后把失去保护的小鲸压进水里溺死。许多时候，大翅鲸母子对这种事情毫无办法。母鲸只能尽力将幼鲸驮在背上，使之不至于被虎鲸摀住。但对于灵活而成群作战的虎鲸而言，这是一种无力的抵抗，虎鲸连蓝鲸都能杀死，区区两头大翅鲸又算得了什么？于是很多时候，幼鲸都会成为战利品，母鲸只能无奈地孤独离开。



图为一大翅鲸母子。  
(图片来源 Volker Deecke)

但有时，局势会在战斗打响后迅速变得复杂起来。人们已经许多次观察到成年的大翅鲸雄鲸成群结队，奔赴战场。不同于雌性大翅鲸，雄性大翅鲸体格更为庞大和强壮，其鳍肢上锋利的藤壶更是一种富有杀伤力的震慑性“武器”。雄性大翅鲸到场后，便开始疯狂搅局，驱逐虎鲸，让

虎鲸就算得手了也不能安心“吃饭”，大部分时间只能心有不甘地离去。不过有时，虎鲸也会在这些雄性大翅鲸离开之后折返回去，继续杀戮。

大翅鲸也常常对海豹、海狮等鳍脚类动物施以援手。1988年，人们观察到一头大翅鲸从虎鲸嘴里救下了一只北海狮。15年后，也就是2002年，这头大翅鲸又被发现救下了一头北海狮。在极个别的情况下，其他鲸在捕食时也会莫名其妙被大翅鲸盯上。伪虎鲸对大翅鲸幼鲸相对安全（但也不是那么安全），它们更喜欢吃鱼。有一次，一群伪虎鲸正在安安静静地分食一条鱼，一头大翅鲸横冲过去，把它们打得落荒而逃。

还有其它动物也可能得到大翅鲸的庇护，灰鲸就是一个常见的受益者。2012年，一对灰鲸母子在美国的蒙特雷湾遭遇了虎鲸的攻击。母鲸尝试将幼鲸托出水面，但无济于事。7头大翅鲸先后抵达现场，在海中不断翻腾。尽管灰鲸幼鲸最终依然被杀死，但大翅鲸依然留在现场干扰虎鲸的进食。

然而，尤其值得注意的是，大翅鲸干预虎鲸捕食，实际上也会让自己处于危险境地。虎鲸并不是不会捕食成年的雄性大

翅鲸。事实上，阿拉斯加海域的虎鲸就时不时捕食成年雄性大翅鲸。只是作为精明的捕食者，虎鲸不喜欢这么麻烦的猎物而已。

那么，大翅鲸这样“行侠仗义”，究竟是出于什么目的？

一方面，大翅鲸干预虎鲸捕食可能是出于保护亲属的目的，以及大翅鲸间的互惠行为，如果被攻击的是自己的近亲，那么打跑虎鲸就有利于自己基因的延续；另一方面，这也可能是纯粹的利他行为。大翅鲸甚至会分辨不同生态型的虎鲸叫声，它们会顺着声音赶去远处共同对付敌兽型虎鲸，从而与食肉性虎鲸和平共处甚至共同进食。虎鲸捕食时通过声音彼此联络，而大翅鲸则循声而去。这时，大翅鲸并不知道自己要救的是谁，甚至也许也并不在意被救的是谁。当发现被攻击者不是自己的“同胞”时，一些大翅鲸会转身离去，另一些则动身作战，哪怕要救的只是一条翻车鱼。

（中国科普作家协会海洋科普专业委员会供稿）



# 推进垃圾分类，怎样避开这些“坑”

□ 科普时报记者 李禾

垃圾分类在我国已有20多年的历史，一路走来，踩过哪些“坑”，总结出什么教训，国外有什么好做法值得借鉴？日前，来自多个国家和地区的10位零废弃专家，共同围绕“无悔前行，垃圾分类的经验与教训”主题，分享国外有益经验，把脉国内近年来垃圾分类实践，为我国推进垃圾分类献计献策。

### 垃圾分类的“坑”有哪些？

生活中，你是否遇到这样的情况？“神器”——家里的厨余垃圾粉碎机，反倒添堵，容易导致下水道堵塞，隔一阵就得请人疏通管道……在过去的垃圾分类探索实践中，一些不合理或似是而非的做法，致使垃圾分类成效受影响。

深圳零废弃与中国政法大学讲师陆健博士团队合作，通过桌面研究、专家访谈和工作坊等形式，总结出多年来我国垃圾分类实践中的一份“后悔清单”。清单中梳理出常见的认知误区和无效做法，具体表现为：在工作中以人工分拣替代居民分类投放；认定“分类投放需要更智能化”；认为仅靠贴标语、办活动、送垃圾分类桶，就能带来公众行为的改变；认为“分类投放设施越方便居民越好”；厨余垃

圾处理走捷径，如推广家用厨余粉碎机；对低价值可回收物等难回收物，仅靠政府补贴等方式“兜底”，而生产者责任却缺位；政府系统中非住建环卫部门参与有限等。

研究人员将这些表征归纳为四大教训：不相信公众能改变，对公众行为改变和习惯养成缺乏信心；把改变看得太简单，对公众行为改变和习惯养成关键因素识别不清；急于求成，对垃圾分类的必经之路看不清或不愿直面；顶层设计不完善、多元共治不充分、各方责任义务不明确。

对于垃圾分类过程中遇到的问题，研究人员和与会嘉宾也提出了应对建议。研究人员认为，既要改变公众行为改变和习惯养成有信心，也要避免工作方式的单一，多作创新。如强化居民主体责任，开展志愿者、保洁员培训，鼓励志愿者和学生上门宣传等；完善硬件设施，如垃圾厢房的建设和卫生管理，洗手池、灯光等的配备。

研究人员建议，在政府层面，完善全国性的法规、制度，建立高位阶、跨部门的垃圾分类总体指导和协调部门或机制，在基层强化“党建引领、多元共

治”的局面；完善垃圾分类考核标准、体系，有效引导和管理第三方服务，落实“生产者责任延伸制”等。贵州高远环保咨询有限公司总经理兰亚军则建议，更科学地检验垃圾分类的实效。“实效并不是1堆分成4堆，而是要真正减量。”关注进入垃圾焚烧发电厂的量、人均垃圾产生量是否下降。

### 六大方法值得借鉴

会上，嘉宾分享了欧盟、美国旧金山、韩国首尔、意大利帕尔马等地开展生活垃圾管理的经验。

前国际固体废物管理协会技术合作部门主管唐皎说，2017年，欧盟平均垃圾循环利用率46%。但受文化、经济、基础设施建设、管理能力等影响，欧盟国家间差距较大，德国（67%）和斯洛文尼亚（59%）领跑，东欧国家则表现逊色。欧盟生活垃圾管理法律法规遵循3项目标4项原则；3项目标包括避免和减少对环境和人类健康的负面影响，保护资源，以及提高资源利用率等；4项原则即预防、“污染者付费”、就近处置、废弃物层级。其中，废弃物层级从高到低的优先处理顺序，依次是源头减量、重复使用、循

环利用、再生利用和处置。如比利时的废弃物管理政策，是将源头减量、循环经济等先进理念贯穿于政策和法律中，从根本上推动垃圾的减量化、循环再利用及可持续发展。

美国旧金山市通过近20年来对源头控制部分垃圾的产生、旧物循环再利用、分类再生和堆肥项目，实现80%的垃圾分类率目标。该比例在全美是最高的。

在韩国，“从量制”厨余垃圾收费体系，以经济激励手段有效减少了食物浪费。居民的厨余垃圾以称重计费方式回收，产生、倾倒的厨余垃圾越多，要交的钱就越多。

无独有偶，同样采用垃圾回收“从量制”的意大利帕尔马市，分类回收率从2012年底的48%，提高到2017年的80%。陆健说，国际上的垃圾分类经验可概括为六点：循环优先、去匿名化、前后衔接、经济激励、社会参与和严格执法。其中，去匿名化是指垃圾投放过程能被管理者或邻里看见，如果完全看不到，就属匿名状态。一些地区采用定时定点投放垃圾的方式，实现“透明投放”，让邻居间感受到互相监督的压力，促使居民在垃圾分类时更加注意，有效提高了垃圾回收率。