

二叠纪末陆地物种大灭绝之谜揭开

# 臭氧层空洞竟然是“凶手”

□ 冯伟民

## 进化杂谈

二叠纪末生物大灭绝是显生宙五次生物大灭绝中规模和影响最大、最为惨烈的灭绝事件。历时近3亿年的古生代生态体系遭遇了根本性的颠覆，约81%的海洋物种和89%的陆地物种灭绝了。其中，三叶虫、四射珊瑚、床板珊瑚和蛭类有孔虫完全灭绝，其他动植物绝大多数也退出了演化历史舞台。

对于此次生物大灭绝的原因，研究者大多指向西伯利亚大规模火山喷发这个“凶手”。但在过往研究中，科学家对于海洋生物灭绝探讨较多，而对于陆地生物灭绝的原因及证据研究却比较少。

近日，中国科学院南京地质古生物研究所研究人员与国外学者组成的团队通过研究发现，臭氧层的破坏使紫外线辐射增强，成为导致二叠纪末陆地生物大灭绝的“凶手”。相关研究成果在线发表于国际期刊《科学进展》。

“保护伞”分量虽少，但正好适宜生物生存

臭氧层是23亿年前第一次大氧化事件的产物。当地球从无氧环境变为有氧环境，伴随着大气中的氧气不断增多，氧气与紫外线发生化学反应，氧分子被分解为两个氧原子，孤立的氧原子与其他氧分子相结合形成了O<sub>3</sub>，即臭氧。臭氧吸收紫外线，被分解为

氧分子和氧原子，产生更多臭氧，于是形成了臭氧层。

作为地球生命的“保护伞”，臭氧层吸收了对生命有害的太阳紫外线，免除了对生物来说最重要的DNA的破坏。在紫外线三种类型中，最具破坏力的短波长紫外线和中波长紫外线能量巨大，能够到达生物的细胞内部，破坏DNA。因此，臭氧层就像是保护地球生物的重要“宇航服”，其分量虽极少，只占大气总量的百万分之一，却不多不少，正好适宜生物生存。

臭氧层形成这种微妙平衡的过程，可以说是近乎奇迹。但是，如果臭氧层出现空洞或稀薄，将使地球生命面临灾难性的后果。

花粉粒中“防晒霜”含量出现异常变化

生物为了适应环境，总会激发自身的潜力，演化出一些调控机制，以减少环境巨变对自身带来的伤害。例如，科学家发现在植物的孢子和花粉的外壁中含有大量香豆酸和阿魏酸化合物，其功能与“防晒霜”十分相似。植物体的生殖细胞就利用这些化合物，通过形成共振稳定的酚自由基，抵抗紫外线引起的氧化作用，从而保护脆弱的孢子和花粉，保障陆生植物的传播和繁衍。

专家通过分析我国西藏南部陆相二叠—三叠纪过渡剖面中的一些畸形孢子和花粉，推测出这些畸形孢子和花粉，是由于西伯利亚大火成岩省喷出的卤族元素造成全球臭氧层破坏，诱发紫外线辐射增加引起的。

另外，植物体为了抵御紫外线对叶肉细胞

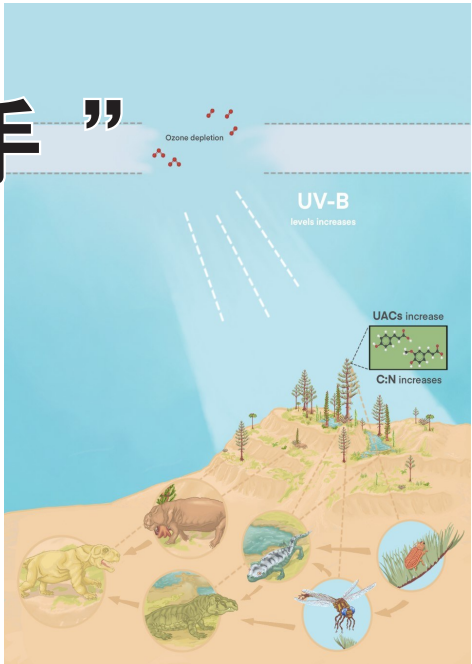
的破坏，还会在其叶片中大量合成叶黄素、香豆酸和阿魏酸等，这就势必相应减少了叶绿素的合成，从而降低植物体光合作用，减弱植物体对于温室气体吸收能力，最终加重二叠纪末期火山喷发引起的全球温室气体。

同时，叶肉中的叶黄素、香豆酸和阿魏酸等化合物的营养价值较低，大大影响了食草动物以及昆虫的消化，所以紫外线辐射的增加，间接影响了陆地食物链，这可能是导致二叠纪末陆地食草动物，以及昆虫大灭绝的重要原因。

臭氧层空洞不容忽视

今天的地球，臭氧层的状态同样令人揪心。科学观察发现，臭氧层的盈缩变化一直处在波动中。就在上世纪下半叶，南极上空的臭氧层空洞面积不断扩大，曾经一度达到了2500万平方公里。其罪魁祸首就是人类制造的氟利昂。不过，最近几年在全球人类的共同努力下，减少了氟利昂的排放，南极上空的臭氧层空洞正在慢慢愈合。

但美国国家航空航天局发现，在北极的上空又出现了一个面积相当于澳大利亚的巨大臭氧层空洞。而北极出现臭氧层空洞所引发的问题更加危险，因为世界上大部分的人口都生活在北半球。2020年春，北极上空的臭氧层空洞一度扩大，损失的臭氧含量达到2011年以来的最大值，其原因则与当时出现了一股强大的平流层极地涡旋有关，聚集在涡旋中的卤族元素促进了臭氧的分解，导致了臭氧层出现空洞。



臭氧层破坏引起的紫外线辐射增加对陆地食物链的影响。  
(图片来源：中科院南京地质古生物研究所)

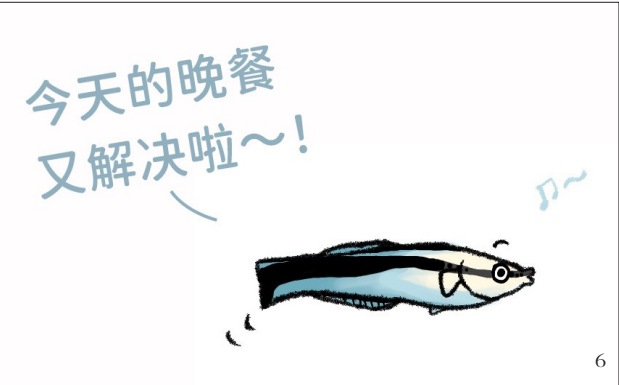
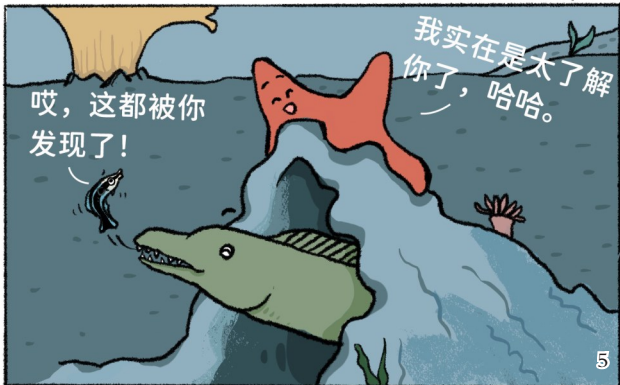
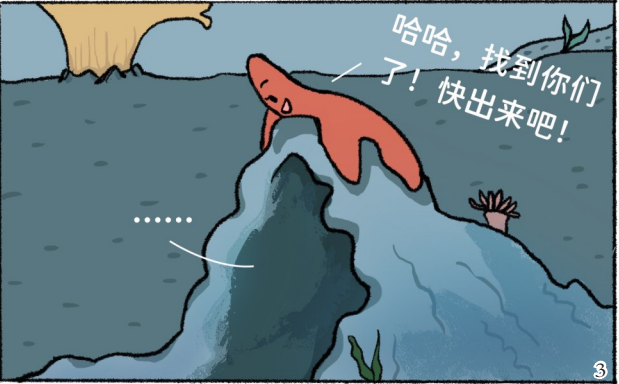
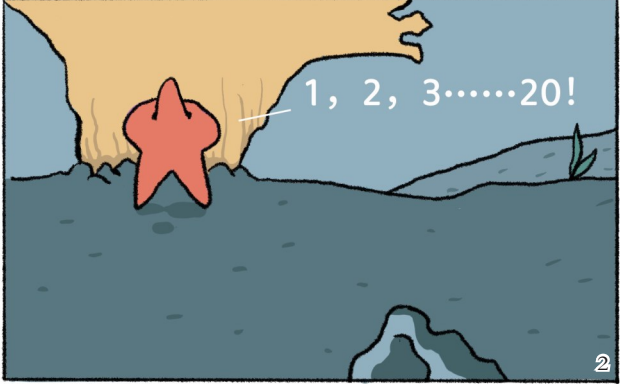
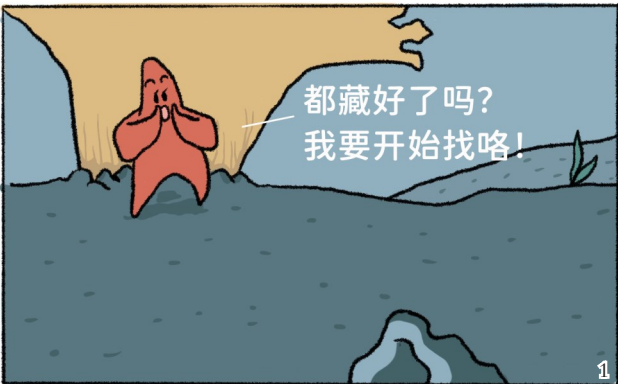
显然，臭氧层破坏的原因比较复杂，包括人类和自然等因素。幸运的是，今年初，联合国专家小组发布报告称：“臭氧层正在稳步恢复”。但是，当我们审视地球历史上臭氧层破坏造成生物数次大灭绝的教训时，就应认识到，人类对于臭氧层的保护不能存在一丝一毫的侥幸。

保护臭氧层不仅有助于防护紫外线，还有利于应对全球变暖，但臭氧层这顶地球生物的“保护伞”其实非常脆弱，人类决不能忽视臭氧层空洞问题，否则类似地球历史上的生物大灭绝将会再次降临。

(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)

# 海洋“鱼医生”

□ 王谦妮



裂唇鱼身材娇小，吻长唇厚，擅长清理病鱼体表、鳃部，甚至口中的寄生虫和死皮，人送外号“鱼医生”。病鱼见到裂唇鱼，会主动张开大口和鳃盖，让它进入口腔或者鳃腔中“行医”。

每次捉迷藏的时候，裂唇鱼都会藏在海鳗的嘴巴里，在玩耍的同时趁机饱餐一顿！  
(中国海洋大学—中国科普研究所海洋科普研究中心和中国科普作家协会海洋科普专业委员会供稿)



# 黄猄蚁：果园的“救星”

□ 张 冲



图为黄猄蚁筑巢（图片由作者提供）

故事发生在我国1700多年前的岭南地区。那里气候温暖，雨水充足，是盛产水果的好地方。

在一个小山村里，住着阿阮一家，其祖祖辈辈就靠着屋前的一片柑橘园生活，小日子过得还算甘甜。

谁知，天有不测风云，年初夏，不知从哪儿飞来了一群天牛，这可是柑橘的大敌，天牛成虫会取食树皮，其幼虫更不是省油的灯，它们先是蛀食树皮，然后钻进木质部位暴饮暴食。树木的主干、根系遭到蛀害，不长新枝，叶片也会脱落，直至死亡。

为除掉天牛，阿阮带着全家人起早贪黑，忙碌了10多天，才捕捉掉一些天牛成虫，但这段时间，也正是天牛产卵的重要时期，可那些虫卵看不见也摸不着，该怎么办？

看到阿阮着急得吃不下饭，睡不着觉，爷爷告诉他，树林里有一种黄猄蚁是果园的“救星”，它们以树为家，专门捕吃各种害虫，要是把它们引诱到柑橘树上，或能消灭天牛幼虫。

听了爷爷的话，第二天，阿阮就背上竹篓钻进小树林里，四处寻找黄猄蚁。

黄猄蚁又名织叶蚁，全身黄灿灿，体型比一般蚂蚁大得多，喜欢利用树上的叶片筑巢，是出了名的蚁巢“建筑师”。

当黄猄蚁选准筑巢的地方时，就会攀上一片大叶，首尾相接，组成一条条蚁“绳”，把周围的几片叶子连接起来，之后，它们一齐弯身弓腰使劲，把这些叶片拉扯到一起，组成一只大绿“球”，再请出会吐丝的小幼虫担任“缝纫师”，把叶片边沿进行“缝合”，通过“搭桥”“拔河”“缝窝”制成的蚁巢，就像一只“鸟巢”挂在树上。由此可见，黄猄蚁建巢手艺是多么高超呀！

像这样的蚁巢直径都有几十厘米，最大的可达60多厘米，里面住着成千上万的黄猄蚁和它们的孩子。

阿阮好不容易在一棵树上找到了一窝黄猄蚁。不过，这时候他还不能去搞蚁巢，黄猄蚁都是白天在外捕食，晚上才回巢休息，要想搬走它们的家，须等到晚上“下手”才行。

趁着有空，在树林里转悠的阿阮，又找到几处黄猄蚁的蚁巢，并将它们的位置记在心里。

等到傍晚时分，阿阮悄悄攀到树上，剪下一个个带巢的树枝，像捧着宝贝似的把蚁巢装进竹篓，连夜赶回家。

如何让黄猄蚁爬到柑橘树上？爱动脑筋的阿阮早就想到了好办法，他从屋后的竹林里砍来竹子，并把它们一连接后，每根竹竿上各吊一只蚁巢，就这样，阿阮忙碌了整整一夜，总算把“请”来的救星——黄猄蚁

安置好。

天亮了，成群结队的黄猄蚁从蚁巢里冲出来，直扑天牛幼虫藏身之地，把那些正在树干里大吃大喝的天牛幼虫拖出来，有的被它们直接吃掉，有的被运回蚁巢里喂养“家人”。

一连几天，阿阮用竹竿把果园里的柑橘树连成一片，就像是结了一张青竹网。每天，他都要“帮”蚁巢搬家，让果园里所有的柑橘树上都有了黄猄蚁。

这些黄猄蚁的胃口很大，只要是爬上柑橘的害虫，它们见一个吃一个，毫不留情。比它们身段小的，黄猄蚁单枪匹马就能对付；比它们身段大的，一群同伴会蜂拥而上，制服猎物。

至此之后，那些经常光顾柑橘树的椿象、金龟子、吉丁虫，一见树上有黄猄蚁，再也不敢来“光顾”，就连那些密密麻麻，专吸树叶汁液的蚜虫、红蜘蛛，也都销声匿迹。

柑橘花开得比往年更多，柑橘果长得比往年更绿，果园里一片丰收景象。

一天，阿阮在果园里溜达。忽然看见一棵柑橘树上结了个大“柑橘”，走近细看，原来是新蚁后组建的新家。没过多久，果树上有了很多这样的绿“足球”。对此，阿阮

相关链接

## 早在西晋就用生物防治害虫

公元304年，西晋文学家、植物学家嵇含撰写的《南方草木状》记有：“交趾人以席囊贮蚁鬻于市者，其巢如薄絮，囊皆连枝叶，蚁在其中，并巢而卖，蚁赤黄色，大于常蚁。南方柑树若无此蚁，则其实皆为群蠹所伤，无复一完者矣。”这是人类开始生物防治害虫的最早记录。

由此可见，我国那时就有人在街上出售黄猄蚁，用于柑橘园害虫的防治。黄猄蚁牙齿犀利，食性杂，捕食对象有天牛、蛱蝶、椿象、金龟子、吉丁虫、大实蝇、红蜘蛛等20余种害虫。

近期，北京、辽宁等地天空中，惊现“三个太阳”的幻日奇观，引发网友们热议，但大多数网友对其形成原因却不甚了解。那么，这样酷炫绮丽的天象是如何形成的？

幻日出现时，在太阳的附近同一水平高度上，会出现一个或多个明亮的光斑，看起来如同太阳的“分身”一般。幻日的由来可追溯至希腊神话。相传在希腊神话中，作为众神之父和天空之神的宙斯常常在天空中遛狗，它们出现时太阳的附近就出现一个或多个“假太阳”。

形成幻日现象需要天空中存在卷层云。卷层云属于高云族，云底高度在5000米以上，在这样的高度上，大气温度低，因此，卷层云的云体结构全部由冰晶组成，通常呈半透明状，使其仿佛是一层覆盖在天上的薄纱，能够让天空变为乳白色。

在卷层云的云体中，漂浮着大量的六角形片状冰晶体，这样扁平的形状能够使它们水平地漂浮于空中，当这些六角形片状冰晶体在竖直方向上整齐地排列在空中时，就能够像三棱镜一样对太阳光进行规律的折射。

具体来说，太阳光从冰晶体的某一侧面进入冰晶体，由于阳光在空气和冰晶体中的传播速度不同，其传播方向会在空气与冰晶体的交界处改变，发生第一次折射。同样地，当阳光从冰晶体的另一侧面射入进入空气时，其传播方向再一次改变，即发生第二次折射。

两次折射使得射出冰晶体的太阳光，与原本的光路在水平方向上偏转约22°，当大量被折射的光线聚集在一起进入到人眼后，就会让人们以为在折射出来的太阳光的背后，存在着一个和太阳一样的光源，但实际上这是太阳的“虚像”。因为观测者与幻日所形成的视角半径为22°，所以将这样的幻日现象称为22°幻日。

在中纬度地区，幻日一般出现在清晨或薄暮。这是因为当太阳靠近地平线时，太阳光的水平分量最大，即能够垂直穿过冰晶体的太阳光最强，形成的幻日强度最强。随着太阳的升起，太阳光倾斜角度增大，穿过冰晶体的太阳光则会减弱。当太阳高度角大于60°时，幻日就会变得非常微弱近乎消失。

从上述的形成原理可知，幻日的出现对气象条件的要求较为苛刻，需要稳定的大气层、适量的卷层云，以及合适的冰晶角度，并且还须与观测者相对于太阳的位置有关。因此，幻日现象较为罕见，并且持续时间也不会太长，最长不过几十分钟。而北半球寒冷的冬季早晨，是出现幻日的理想时间，使人们成为捕捉到幻日现象的“幸运儿”的几率更高。

幻日的最终呈现效果，与冰晶体的大小和状态密切相关。冰晶体下落时很少能够保持完全水平，会发生摇晃和转向，这将导致太阳光向各个方向折射，在这种情况下，光线难以聚集到一个点上，而是均匀地分散在太阳的周围，从而就形成了出现在太阳周围，以太阳为圆心呈内外红紫的日晕。

古籍中存在不少对幻日现象的记载，比如《春秋·潜潭巴》中：“两日并处，地裂水不流。”我们还可以猜测，在后羿射日的神话故事中，或许当时天上并非真的出现了十个太阳，而可能是古人对于幻日现象，作出的充满神话色彩的理解与想象。

(来源：中科院之声；作者单位：中国科学院大气物理研究所)



视觉中国供图

天上惊现『三个太阳』，其实是幻日现象

## 冰晶折射让太阳『分身』有术

□ 陈可鑫