

细菌能储存“记忆”并传给“曾孙”？

◎本报记者 刘霞

记忆通常与高等生物有关。不过，美国得克萨斯大学奥斯汀分校的科学家日前开展的一项研究发现：尽管缺乏神经元、突触和神经系统，但当数百万只细菌聚集于同一表面时，它们能够形成类似于记忆的东西，比如何时一起游动、何时形成生物膜等，而且细菌至少可以将这些“记忆”传给自己的“曾孙”。进一步分析显示，看似平淡无奇的铁是细菌形成此种“记忆”的幕后功臣。相关论文刊载于《美国国家科学院院刊》。

那么，细菌真能形成“记忆”并传给后代吗？中国科学院微生物研究所微生物资源前期开发国家重点实验室研究员付钰告诉科技日报记者：“严格来说，得克萨斯大学奥斯汀分校科学家开展的这项研究所阐述的细菌‘记忆’并非生物学意义上的记忆，而是细菌基于铁元素浓度变化而产生的对外界刺激的反应。这使细菌在复杂环境下更好地生存与繁殖。”

“最新研究对我们应对细菌耐药性有启发意义，比如我们可以人为调节铁的浓度，从而减少细菌对感染部位的附着，降低细菌对抗生素的耐受，方便免疫系统清除病原细菌并加强抗生素的疗效。”付钰进一步强调。

铁是幕后功臣之一

包括人类在内的高等动物拥有记忆能力，这种能力能让高等动物不断适应环境的改变，快速作出正确的反应。研究显示，这种记忆能力源于神经组织。神经组织在接受外界刺激后会形成神经冲动，神经冲动对于特定刺激形成条件反射，并能在今后遇到同样刺激时作出相应的反应。

付钰介绍：“细菌虽然没有大脑，不能像高等动物那样记忆信息，但在某种意义上，它们确实具有‘记忆’机制。这种机制主要体现在它们对环境变化的适应性，以及对遗传信息和化学物质的传递上。”

细菌可以从环境中收集信息。如果它们经常遇到这种环境，它们能存储信息，并在以后快速访问这些信息，这对它们有利。

得克萨斯大学奥斯汀分校的科学家苏维克·巴塔查里亚领导的团队开展的这项最新研究发现，细菌不仅可以形成“记忆”，还可将“记忆”传给自己的后代。

科学家此前观察到，有过群聚运动（众多细菌在鞭毛驱动下进行的快速运动）经验的细菌会更愿意且更有能力成群结队地运动。巴塔查里亚等人希望厘清这一现象的内在原因。为此，他们设计了一种实验装置，可监测由超过1万个大肠杆菌细胞组成的群聚运动。一系列分析结果显示，这些大肠杆菌可以将形成群聚运动的“记忆”保留至少四代，也就是传给自己的“曾孙”，直到第七代才会完全消失。

那么，这种“记忆”是通过什么方式保留和传递的呢？答案指向了铁。铁是地球上最丰富的元素之一。在氧气出现于早期地球的大气中之前，铁在早期生命的许多细胞过程中发挥了关键作用，对生命的进化至关重要。

巴塔查里亚解释道，大肠杆菌的上述“记忆”机制源于大肠杆菌细胞内铁元素含量的变化。他们的观测结果显示，不同细菌含有不同水平的铁，这对于其细胞代谢非



图为在培养皿中生长的大肠杆菌。视觉中国供图

常重要。铁元素含量较低的大肠杆菌更容易成群结队运动。而那些细胞内铁含量较高的细菌则往往倾向于原地不动，形成生物膜。这些大肠杆菌的后代，会继承其“父辈”细胞内的物质，从而继承了群聚运动的“记忆”。

研究人员推测，当铁含量较低时，细菌会快速集结，形成快速运动的群体，在环境中寻找铁。当铁含量高时，细菌可以原地附着并形成生物膜。

他们的最新研究还发现，人为升高或降低大肠杆菌细胞内铁元素的含量，可以缩短或延长“记忆”保存的时间。

付钰认为，铁作为生命活动中重要的元素，在细菌各种生化反应中发挥着重要作用。因此，铁浓度的变化可以调控细菌应对外界环境的方式，其实并不令人意外。

助力应对抗生素耐药性

巴塔查里亚表示，细菌知道何时形成群聚运动、何时形成生物膜的“记忆”。这一特点或许也在其感染人类时起到了重要的作用。因此，这些发现对于细菌感染的治疗和预防具有重要意义，有助于应对抗生素耐药性。巴塔查里亚强调，铁浓度绝对是治疗细菌感染的靶标之一，因为铁是决定细菌毒性的关键因素。

付钰解释说：“当铁元素浓度较高时，大肠杆菌倾向于停止运动形成生物膜，生物膜的形成可以提高细菌的耐药性。而当大肠杆菌体内的铁浓度较低时，细菌对抗生素的耐受性较差。这些都对我们应对细菌耐药有启发意义，比如我们可以通过改变铁元素的浓度使细菌难以形成生物膜，并降低其对抗生素的耐受性，从而高效地治疗感染。”

“微生物所表现出的‘记忆’可能基于各种机制，但归根结底，所有这些都是微生物在长期进化中形成的对外界环境变化的快速反应。小细菌拥有大智慧，无数有意思的现象等待科学家们一一解析。”付钰总结道。

链接

各种细菌的“记忆”不是真记忆

细菌“记忆”多种多样。中国科学院微生物研究所微生物资源前期开发国家重点实验室研究员付钰介绍，在对环境变化的适应性方面，细菌可通过改变自身的基因表达来适应不同的环境条件。如当细菌与抗生素“狭路相逢”时，它们可能会激活一些原本处于沉默状态的耐药基因，从而获得对抗生素的耐受性。而当环境条件恢复正常时，它们又会关闭这些基因。这种对环境变化的快速响应和适应，可以被看作是一种“记忆”机制。

在对遗传信息的传递方面，细菌可以通过垂直遗传（从母细胞到子细胞）和水平遗传（如质粒交换）的方式，将有利于其生存的遗传信息传递给后代或其他细菌，这可以被看作是一种长期的“记忆”机制。

而在化学物质的传递方面，细菌一般通过分裂来繁殖。在分裂过程中，细胞内的化学物质会“分道扬镳”进入两个细胞内，这样化学物质所介导的特定反应会延续一段时间，体现出细菌拥有“记忆”。

然而，这些“记忆”其实都不是真正的记忆。人们很早就发现酿酒酵母在遭到DNA损伤物质的胁迫后，下一次面临同样境遇时，酵母细胞的成活率会大大提高。这看起来就好像是酵母细胞“记住”了如何应对DNA损伤的胁迫。研究人员对这一现象开展了研究，并于2022年在《应用和环境微生物学》杂志刊登论文揭示了其中的秘密：酿酒酵母在受到DNA损伤物质的胁迫时，会分泌一些小肽。这些小肽会杀死群体中一些不太健康的个体，从而提高了群体应对胁迫的能力。这种看似是“吃一堑长一智”的“记忆”现象，事实上更像是“优胜劣汰”。

等空间天气现象中发挥着关键作用。“经典模式认为，向日面磁重联和背日面磁重联联合驱动磁层对流。然而，这一经典对流循环模式预言的等离子体对流周期一般在小时量级，而在解释10—20分钟快速的响应对流事件时却遇到困难。”戴磊说。

此次，研究人员剖析了2016年3月11日发生的太阳风对地球磁层的影响。他们通过数值模拟和观测数据分析发现，向日面磁重联和背日面磁重联可以独立快速驱动磁层大尺度对流，提出了经典对流循环模式以外的新模式。

戴磊表示，这一新模式有望在未来中欧联合空间科学卫星项目“微笑计划”任务中得到进一步检验。

早在2006年，科学家就发现从5000万年前开始，一些以食用真菌为生的蚂蚁就进化出了合成抗生素的能力。这种蚂蚁向类似于蘑菇的真菌喷洒一种能产生抗生素的细菌，使它们的“口粮”不受病害侵袭。

除了抗生素，不同种类的蚂蚁还能够合成各种各样的药物。蚂蚁生活在庞大的社会中，所以进化出了通过分泌许多不同的化合物来保护自己群体的能力。这些化合物可以杀死一系列病原体。

蚂蚁合成的物质给了科学家灵感，这些物质可以被运用到医疗和农业生产当中。事实上，现代许多药物都含有从蚂蚁身上提取的成分。科学家也考虑把蚂蚁身上产生特定化合物的相应基因转移到农作物的遗传物质当中。会利用蚂蚁的不只有人类，一些灵长类动物例如大猩猩也会将蚂蚁碾碎涂抹在同伴身上以治疗伤口。

不过，对于蚂蚁在什么情况下会治疗同伴，研究结论尚不明确。

“我们还需要进一步研究这种利他行为。”王润玺表示，在自然条件下，蚂蚁对于受伤同伴往往很“无情”。一般的蚂蚁如果生病受伤了，可能会离开族群，或者会被赶出巢穴，因为如果死在巢穴里可能会给其他个体带来感染的危险。因此，马塔贝莱蚁的利他行为在蚂蚁当中显得相当特殊。

地球磁层对流新模式揭示

科技日报讯（记者陆成宽）记者1月29日从中国科学院国家空间科学中心获悉，通过研究太阳风对地球磁层的影响，该中心王赤院士团队揭示了地球磁层对流新模式，即向日面磁重联和背日面磁重联可以独立驱动磁层大尺度对流。相关研究论文在线发表于《自然·通讯》。

太阳是个“脾气暴躁”的大火球，总是向宇宙中乱“扔”东西。这些东西被称为太阳风，由电子和质子等带电粒子组成。

当太阳风与地球磁场相互作用时，地球的磁层会阻挡太阳风粒子入侵并在地球周围形成一个空腔结构，该结构被称为地球磁层。在地球磁层与太阳风交会的地方一定会有一个边界来“挡住”太阳风，这个边界就是磁层顶。

“我们可以把地球磁层理解为地球的保护罩。在太阳风的作用下，地球磁层向日面被压缩成一个扁球面，背日面被拉伸成向外张开的圆筒形。太阳风的磁

和地球自身磁场的纠缠作用会产生磁重联，磁重联又可以驱动磁层全球尺度的对流。”论文共同通讯作者、中国科学院国家空间科学中心研究员戴磊介绍。

磁层对流是指磁层等等离子体物质的大尺度运动，是行星际磁场与磁层相互作用的结果。20世纪60年代以来，磁层大尺度对流循环的经典模式一直是描绘太阳风一磁层相互作用的基本物理图像，在认识地球空间能量爆发事件，如磁暴、亚暴

马塔贝莱蚁会自制“药品”为同伴疗伤

◎本报记者 孙明源

近日，《自然·通讯》发表的一篇论文表明，广泛分布于撒哈拉沙漠以南的马塔贝莱蚁具备一种特殊能力：它们可以区分同伴身上未感染和感染的伤口，并用它们自己生产的抗菌物质为同伴治疗感染。

“这种对同类的不期望报偿的帮助，我们称之为利他行为。在昆虫当中，利他行为并不多见。”香港大学生物科学学院生态学和生物多样性学部博士研究生王润玺告诉记者，蚂蚁、蜜蜂等社会性昆虫会进行分工合作，这属于比较基础的利他行为，但帮助同类护理伤口则是比较罕见的高级利他行为。

在非洲莫桑比克共和国逗留期间，科学家注意到当地的马塔贝莱蚁几乎在每次狩猎中都有成员受伤，因为它们捕食的白蚁有着很强的攻击力。马塔贝莱蚁个体无法证明自己免于伤害，或许因此蚁群进化出了一套完善的救助机制。

研究表明，马塔贝莱蚁胸部后部的后胸腺中可以产生抗菌物质。负责救治工作的蚂蚁，可以从自己身上或受伤同伴的腺体中取出这些物质，然后放入自己口中，再触碰伤者的伤口，对伤口进行“消毒”。截至目前，这项发现在动物界是独一无二的。

研究还发现，受伤的马塔贝莱蚁在伤口受到感染时会与其他蚂蚁进行交流。在马塔贝莱蚁生产并使用的抗菌物质中，有100多种化学成分和41种蛋白质，其中大约一半已经被证明具有抗菌特性。科学家统计发现，约90%的马塔贝莱蚁伤员在接受治疗后能够继续存活，这说明马塔贝莱蚁的“药品”非常有效。

“蚂蚁等昆虫在免疫学和生理学领域有很大研究价值。”王润玺说。



一只马塔贝莱蚁正在为另一只蚂蚁疗伤。
图片来源：埃里克·弗兰克/维尔茨堡大学

新知

新型蛭石纳米材料通道膜实现工业废水渗透能高效回收

科技日报讯（记者史俊斌 通讯员马长蕊）记者1月29日从西安建筑科技大学获悉，该校环境与市政工程学院、陕西省膜分离技术研究院团队开发的基于二维蛭石纳米材料的异质纳米通道膜，实现高盐卤水、工业废水等实际水质条件下高效稳定的渗透能回收。相关论文成果发表在《自然·通讯》上。

近年来，蕴藏于海水、卤水和工业废水等自然与工业资源中的“蓝色能源”——渗透能，因其储量大、可再生等特点，受到了研究者的广泛关注。浓度比重不同的水之间会产生渗透现象。渗透时对作为隔膜的半透膜产生的压力被称为渗透压，由渗透压产生的能量被称为渗透能。而具有离子分离特性的功能薄膜是渗透能回收的关键。

但在渗透能的实际回收过程中，水体的高盐浓度往往会导致分离膜的离子选择性和扩散性大幅下降，从而严重制约了相关技术的应用与推广。

西安建筑科技大学王磊教授团队长期专注于离子分离领域的基础研究以及海水、盐湖、工业废水中资源与能量回收的应用研究。该团队在膜分离技术领域围绕环境废弃物资源化回收、离子精准分离、盐差能回收和分离膜污染防控等方面开展了大量基础研究工作。该团队开发的基于二维蛭石纳米材料的异质纳米通道膜，具有独特的结构，实现了离子在膜内“初步富集+二次分离”的选择性传输行为。得益于此，即使在高浓度盐度为5M（盐度梯度为500倍）的极端条件下，蛭石纳米通道膜仍表现出高效稳定的渗透能回收性能，输出功率密度可达33.76瓦每平方米。

王磊介绍，为了进一步证明该体系在实际高盐环境渗透能收集场景中的应用性能，团队选用多种青海当地的实际盐湖卤水进行了验证，并获得了最高25.9瓦每平方米的功率密度。这展现出该团队研发的异质纳米通道膜在实际高盐卤水、工业废水中收集渗透能的潜力，对于可持续发展能源的发展具有重要意义。

太空微观粒子存在“加速器”结构

科技日报讯（记者代小佩）北京大学地球与空间科学学院教授、澳门科技大学太空科学研究所所长宗秋刚团队研究发现，空间等离子体中存在一种新型电子尺度相干结构，该结构中的平行电场和磁场可以将电子从各向同性转变为俘获和流分布。这意味着，太空微观粒子中也存在“加速器”结构。相关成果论文1月30日在线发表于《自然·通讯》。

作为论文通讯作者，宗秋刚表示，等离子体湍流是人类尚未完全理解的基本物理现象之一。磁化的等离子体湍流中的相干结构在质量传递、能量耗散和粒子加热中发挥着重要作用。但目前人们并不清楚等离子体动力学尺度和电子尺度中能量的耦合方式。

宇宙空间充满带电粒子，这些带电粒子绕着磁场回旋，一个电子的回旋半径是宇宙中最小的尺度，即电子尺度。近期有研究表明，空间等离子体环境中存在一系列电子尺度相干结构，如电子尺度磁洞、电子尺度电流片等。

宗秋刚团队在仔细分析美国发射的磁层多尺度(MMS)任务数据后，报告了一种新型电子尺度相干结构。这种微观结构的内部存在加速机制，且加速机制不受太阳或地球磁场等外界因素影响，团队称其为“微观粒子加速器”。研究团队用电子回旋探测方法估算出该“加速器”的尺度大小。他们发现，该“加速器”结构大小约为2.2个电子回旋半径。

研究团队还通过自主开发的电子捕获模型发现，该“微观粒子加速器”的电子捕获和加速过程自成独立系统，几乎不受外界影响。在该模型中，电子在结构的中心被双极平行电场俘获并在磁场极大区加速。由于向外平行的电场力和向外磁力的共同作用，结构的末端形成了双向电子喷流。

上述发现有助于解释空间和天体系统中电子尺度的能量耗散及等离子体的加热加速现象，为深入理解湍流能量耗散以及空间等离子体相干结构的产生提供了新思路。

全球变暖致北极河流“生锈”

◎吴鹏 本报记者 付丽丽

在美国阿拉斯加州高耸的山脉和冰冷的蓝色湖泊之间，有一张由1万多条河流组成的巨网，将冰川融水输送到阿拉斯加海岸。巨网包括北美第三长河育空河在内的河流，其曾以丰富的鲑鱼和清澈见底的河水而闻名。

然而，近年来，阿拉斯加州极地区域许多河流变得越来越浑浊，颜色也由典型的蓝色变成了土黄色或橙褐色，仿佛“生锈”一般。比如阿拉斯加州北部布鲁克斯山脉的河流，过去5至10年间，至少有75条河流从蓝绿色变成橙褐色。俄罗斯和加拿大境内的一些河流也有此趋势。

北极的河流为何会“生锈”？最主要的原因是气候变暖。“中国科学院大气物理研究所研究员高登义在接受科技日报记者采访时说。

高登义介绍，人类活动造成的全球变暖在南北两极被放大，北极变暖速度比全球其他任何地区都更快，至少是其他地区的两倍。2006年以来，位于阿拉斯加州的科伯克河谷国家公园气温升高了2.4℃，到2100年可能还会升高10.2℃。

“该地区的气温上升导致永久冻土融化，释放出之前‘锁’在冻土中的铁。当河流经过含有铁质的土地时，铁质会与空气、水发生反应，形成我们俗称的铁锈。正是这些铁锈让河水看起来变成了橙褐色。”高登义说。与此同时，水的pH值也会降低，酸性增强。

科学家表示，河流可体现所在流域的动态变化，因此可通过它来分析大空间尺度的生态系统变化。此外，河流水的化学变化可从微观（如当地食物网）到宏观（如全球碳循环）尺度对地球陆地—海洋生态系统功能进行调节。河流携带的化学物质揭示了流域内发生的变化，就像人体内的血液一样，一旦血液发生病变，其产生的影响可谓深远。

观测资料显示，“生锈”的河流不但铁含量更高、酸性更强，而且溶解氧更少。这可能意味着一些鱼类的栖息地面临严重恶化的风险，地表水的变化会影响生物区的宜居性和水生动植物的生长繁殖。

污染可能导致鱼类数量减少，特别是像鲑鱼这类敏感的物种，这将直接影响渔民的捕鱼量和收入。即使鱼类能够生存，重金属和其他一些有毒化学物质也可能在鱼体内累积，给食用这些鱼的人群带来健康风险。

此外，阿拉斯加州的河流“生锈”也可能对人类社区产生影响。像科伯克河和乌利克河这样的河流已经出现了“生锈”现象，它们是好阿拉斯加原住民的饮用水源。这些原住民过着自给自足的生活，如果水质继续恶化，可能会影响他们的主要水源和食物来源。