

历时8年，4次借助天体引力助推，冒高能辐射“枪林弹雨”

长途跋涉到木星只为找到水

□袁懂懂



欧洲航天局4月14日在法属圭亚那用阿丽亚娜5号运载火箭将木星冰卫星探测器(Juice)送入轨道。探测器主要目标是探测木星及其最大的三颗冰卫星——木卫二、木卫三和木卫四的外层冰壳之下潜藏的液态水海洋。

冰卫星外壳下是否潜藏海洋

木星冰卫星探测器会在行星际空间飞行8年，于2031年到达木星。进入木星轨道后，探测器将会在距离卫星200至1000公里内近距离经过3颗冰卫星，以前所未有的细节深入刻画木星卫星的结构特征和潜在的生命宜居性。探测器将两次飞掠木卫二，并分别对木卫三和木卫四进行12次和21次飞掠探测，最后环绕木卫三进行至少9个月的探测。这是人类第一次发射飞船去环绕另一个行星的卫星，在此之前只有绕月球的飞行器。

此前，科学家已对木星进行多个深空探测任务，例如“旅行者1号”和“旅行者2号”、“伽利略”号、“卡西尼”号，以及正在木星轨道执行任务的朱诺号。

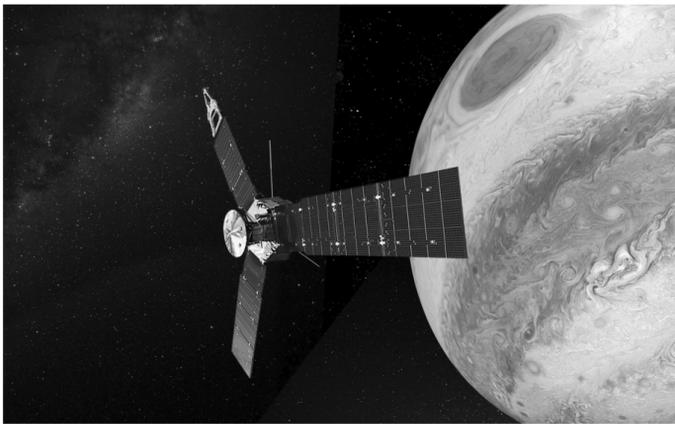
人们曾经认为，这些冰卫星不过是死寂的冰砾岩块。但通过此前几个卫星探测器对木星冰卫星所进行的探查，我们认识到这些遥远的卫星实际上类似于行星，具有丰富的地质活动历史。这对于人类探索宇宙中可能的地外生命具有重大意义。在此之前，我们在搜寻可能具有宜居性的天体时，往往把目光聚焦在诸如火星的类地行星，认为类地行星具有与地球相似的历史，可能曾经拥有大气层和海洋。

在我们最为熟悉的地球上，人们已经知道即使在最为幽暗的海底深渊，只要有海底热泉给出的一点点热量，生命就能顽强绽放。而木星的3颗最大的冰卫星向我们展示了一个极其重要的线索：在它们的外壳之下，可能潜藏着以液态水形式存在的海洋。那么它们很自然地就要发问：在遥远的木星冰卫星的海洋底部可能存在生命吗？

木星冰卫星探测器的任务正是为此而

开栏的话 航天员在太空中怎么生活？月球和火星探测任务有什么新发现？我们找到暗物质的证据了吗？随着我国航天工程的成功实施，太空知识科普更容易吸引公众的关注，尤其是激发青少年的好奇心和求知欲。

为了更好地科普太空领域科学知识，科普时报社联合中国空间科学学会开辟太空科普专栏，科普空间科学最新研究进展和成果。对于新航天任务、太空领域相关的大型设备设施、未来计划等，会定期请专家解读其中的科学背景知识。同时，专栏也会报道太空科普活动，邀请相关专家分享在太空科普方面的经验。栏目由中国空间科学学会科普工作委员会主任、中国航天科普大使刘勇主持。



朱诺号探测器于2011年8月5日发射，2016年7月4日开始环绕木星飞行。视觉中国供图

生。根据从地球生命得到的经验，我们认识到生命产生的3个基本要素，即液态水、热源和有机物，并且这三要素需要在足够长的时间里稳定存在，这样生命才有可能产生。相较于火星等类地行星，太阳为非常遥远的木星和土星提供的光和热是极其有限的。因此，长久以来人们就认为，这些巨行星和它们的卫星不可能有液态水和生命。但是通过“伽利略”号和“卡西尼”号的观测，人们意识到尽管木星的3颗冰卫星的最外层被厚厚的冰壳覆盖，但是卫星的内核仍然可能产热，而这个热源就有可能在冰壳之下产生并维持液态海洋，使其成为现存或灭绝的生命的栖息地。

借助引力助推近距离探查冰卫星

由于木星冰卫星探测器的主要目标是近距离探查3颗冰卫星，在任务前期环绕

木星阶段，探测器需要通过不断进行变轨来多次飞掠卫星，这就导致必须用大量燃料对探测器进行推进和制动。

木星冰卫星探测器重达约6吨，其中约3吨都是燃料，而搭载的10台最先进的科学仪器总重量只有约100千克。也正是因为大量燃料必须用于供给进入木星轨道之后的复杂变轨，探测器需要以牺牲地球至木星的时效性为代价——飞船无法携带足够的燃料进行快速的行星际航行。结果采取的妥协方案是：长途跋涉没有干粮，那就一路靠天吃饭——借助太阳系天体的引力进行助推。因此，在长达8年的行星际航行中，探测器将于2024年8月重返地球附近，并进行地一月系统引力助推，然后于2025年8月进行金星引力助推，最后将于2026年9月和2029年1月两次重返地球，分别进行两次地球引力助推。也就是说，探测器将花费近6年的时

间与地球和金星一起绕着太阳原地转圈，耐心地借助地球和金星的引力逐步加速。在2029年的最后一次地球引力助推中，探测器将最终获得足够高的速度，然后用两年时间快速飞抵木星。

经受高能辐射“枪林弹雨”考验

经过艰苦跋涉进入木星轨道后，木星冰卫星探测器还将面临另一个重要考验——木星附近空间中恶劣的高能带电粒子辐射环境。

木星的磁场是太阳系所有行星中最强的，因此能够捕获大量速度极为接近光速的超高能带电粒子，形成比地球严峻得多的高能粒子辐射环境。如果近地空间的粒子辐射环境是北京春天的扬尘，那么木星的粒子辐射就好比撒哈拉的沙尘暴。

作为探测器的主要目标，木卫二和木卫三离木星更近，因此这两颗卫星的轨道都深埋于强辐射的“枪林弹雨”中。为了能够在恶劣辐射环境中生存，探测器只能对离木星最近的木卫二进行两次飞掠，而对木卫三和最远的木卫四则会分别实施12次和21次飞掠。在此过程中，探测器搭载的磁强计和粒子探测器等仪器将对冰卫星附近的木星磁场和高能粒子环境进行全面测量，并进一步解析木星的强磁场和粒子辐射环境会对冰卫星的表面造成何种影响。这对于探查卫星冰壳之下可能潜藏的生命是至关重要的，因为高能粒子不仅能够击穿飞船和仪器载荷造成损毁，也会对包括人类在内的生命体构成威胁，这也是载人往返木星必须克服的重大难题之一。

与之前探测木星的前辈相比，此次探测器名称(Juice意为果汁)一下子就变成了清甜与轻快。但这并非源于不知前路艰难的懵懂，而恰恰相反，木星冰卫星探测器是在洞察了上下求索的艰险后，褪去厚重苦涩的果皮，给木星敬上的一杯小甜水。它实则与前辈们秉持着同样的信念，到木星的极端环境中去探寻生命的可能性，因为人们坚信，即使在最为幽暗的深渊，只要给出一点点光和热，生命就能顽强绽放。

干杯，Juice！敬太阳系行星之王，敬一往无前的深空探索者，敬广宇宇宙中的生命。

(作者系中国科学院地质与地球物理研究所副研究员)

企鹅减少或影响南冰洋铁循环

科普时报讯(记者吴桐)科普林格·自然旗下专业学术期刊《自然·通讯》日前发表的一项研究表明，帽带企鹅每年估计参与循环521吨铁，由于它们在南极数量锐减或影响南冰洋的铁循环，或威胁海洋生态系统健康、浮游植物生长和碳储存。

论文作者估计，帽带企鹅现在

循环的铁可能只有40年前一半，因为其种群自1980年代以来因气候变化已减少50%，这给南冰洋带来了急剧的环境变化。

铁在高营养的南冰洋地区作用重大，因为可用铁控制着浮游植物生长和大气碳汇。此前，人们发现磷虾和须鲸在驱动南冰洋上层铁循环中发挥了重要作用，但同样吃磷虾的海鸟，

如帽带企鹅，及潜在来自其他企鹅物种的粪便，在南冰洋铁循环里未纳入考虑的范围。

为了评估帽带企鹅在南极水体中输出的铁，论文作者收集了无人机拍摄的种群影像数据，来计算帽带企鹅粪便数量，并对这些粪便做化学分析，发现其中含有很高浓度的铁。

运动有助于骨关节损伤尽快恢复

科普时报讯(记者俞慧友)中南大学湘雅医院运动医学科教授吕红斌，日前在主持的国家自然科学基金重点项目研究中发现，力学刺激即运动康复，是骨关节损伤最重要的调控因素，有望帮助患者恢复和提高疗效，并已初步形成骨关节损伤运动康复治疗标准。

人体在运动时主要由骨和肌肉协调完成。肌肉在骨上的附着部位被称为骨界面。骨界面是应力集中部位。当机体运动时，这一部位易发生损伤。从临床上讲，这类损伤常发生在肩关节、膝关节交叉韧带、跟腱等部位。

骨界面结构复杂，损伤后修复困难且易造成二次损伤，导致患

者运动功能受限。促进骨界面损伤的快速优质愈合，是帮助患者尽早恢复的关键，也是运动医学界亟须解决的难题。目前，运动康复是治疗骨界面损伤的重要方式。我国不同医院的运动康复方案各有差异，尚未形成骨界面损伤运动康复治疗的标准。

为解决这一运动康复问题，吕红斌团队通过研究骨界面的梯度渐变结构，发现损伤后骨界面结构难以再生，而不同形式的力学刺激，对促进骨界面损伤后骨界面结构的恢复的作用各不相同。这些研究成果有助于向临床医生及患者传输科学的运动康复理念。同时，吕红斌团队还开发了一系列骨界面修复移植物，

可为未来临床治疗骨界面损伤性疾病提供新方法。

吕红斌表示，尽管科研团队在力学和神经调控骨界面损伤修复的作用研究中取得一定成果，但更深层次的机理还有待挖掘，如力学响应于细胞的鉴定、外周损伤中枢调控机理解析等。

吕红斌透露，近期，科研团队发现了骨界面中存在一种特殊干细胞，能对力学刺激作出响应，同时将持续研究大脑和外周骨界面的交流机理，为骨界面损伤修复中可能存在的中枢—外周调控机理提供理论依据。

此项科研成果部分入选《2022年中国运动医学临床新进展年度盘点》。

看不见的“火焰山”何时能降伏

□李耕拓



4月1日—7日，我国新疆有3次地震报道：1日在克孜勒苏州阿合奇县发生3.6级地震、4日在克孜勒苏州阿图什市发生3.4级地震、7日在阿克苏地区拜城县发生4.6级地震。作为地质灾害之一，地震发生频繁，全世界平均每天都有1万多起。在地震引起的次生灾害中，还有一类鲜为人知的隐蔽火灾，这就是地下煤田火灾。

地下煤田火灾，是指煤炭地层在地表下满足相关条件后所形成的大规模燃烧。世界上有煤炭分布的地方，都会有发生这一灾害的可能性。许多国家都有煤炭资源，因此有专家称地下煤田火灾为“没有地理界限的世界性灾害”。而我国，东起黑龙江、西到新疆，煤炭资源丰富，煤田大火一直未断，形成了一处处“火焰山”。新疆是我国煤炭资源极为丰富、预测储

量最多的地区，同时也是“火焰山”最多的地区。在天山南北的塔里木盆地北缘、准噶尔盆地南缘，煤田地下火形成了两条曲折蜿蜒的巨大火龙。危害更严重的是，人们看不到的深层地下煤田的燃烧，最深的可以达到地底下几百米甚至上千米，它们可能已经燃烧了几十、几百年，甚至上千年了。

地下煤田何以燃烧？有的是人们在挖煤时无意点燃的，一些则是煤田自燃，其中也有地震的“功劳”。任何燃烧都必须具备3个条件：可燃物、氧气和适当的温度。煤是一种易氧化的可燃物，当有适量连续的空气供氧时，就会持续氧化，放出大量的热量。由于地下散热条件差，热量就会积聚，并加剧煤的氧化反应，使热量越积越多，煤体温度越来越高，当达到60℃—80℃的临界温度时，煤就自动燃烧起来。

在新疆，煤田多且煤层深厚，又以特厚煤层为主。新疆由于地处印度洋板块和亚欧板块碰撞的前沿地带，因此这里地震频发。地震产生断层，会放出大量的热量，如果出现很多裂缝，进入了空气，就

有可能使煤层自燃。另外，经过多次的地质、地震运动，埋在底层中的水平煤层大多变为倾斜煤层。这些暴露在空气中的煤层，与氧气充分接触后也会慢慢自燃，形成煤田火灾。再加上这里气候干旱、风化强烈，以及小煤窑到处容易引发火灾，使天山南北遍布难以熄灭的“火焰山”。

地下煤田的自然火灾是重大的自然灾害，给人类和地球造成了严重的危害：首先，它白白地浪费和破坏了大量的煤炭资源，特别是优质煤。其次，它严重地破坏和污染了当地环境，如火区地面草木枯萎、土地荒漠化、地面塌陷。更严重的是，它要排放大量的有害物质，这不仅造成当地低空有毒物质严重超标，人体健康遭受损害，而且在空中对流层形成大范围的范围雨，在高空形成地球的温室效应。

新疆矿山安全服务保障中心和之前的相关单位采用注水渗水、注浆、盖土、爆破等方法，终于降伏了这里不少的“火焰山”。现在，新疆已治理了乌鲁木齐铁厂沟、奇台北山、阜康小杨河、阜康小龙

4月11日在海南省海口市举办的第三届消博会上，绿色可持续发展、低碳可降解的产品，成为各类消费精品生产企业的共同追求。中国石油南方石油勘探开发有限责任公司相关负责人介绍说，该公司对消博会活动期间产生的温室气体排放量进行核算，并向南宁小海红树林生态修复工程项目购买220吨碳汇量，捐赠给消博会助力碳中和。

近年来，极端气候事件频发引起人们高度关注。全球气候系统变化的原因可分为自然因子和人为因子两大类，前者包括太阳活动变化、气候系统内部变率等，后者包括人类使用化石燃料以及毁林引起的大气温室气体浓度增加、大气中气溶胶浓度变化等。

全球系统中的碳库主要有4个，分别为大气碳库、海洋碳库、陆地生态系统碳库和岩石圈碳库。大气碳库是4个碳库中最小的，约700Gt(1Gt=10亿吨)，与人类生活息息相关，最先引起关注。

工业革命以来，各国大量开采和使用岩石圈中以石油、煤、天然气等形式存在的化石燃料，最终产生大量二氧化碳、甲烷等温室气体，停留在大气圈中。大气中的温室气体可以吸收地面向上的长波辐射，导致全球温度升高，形成温室效应。温室效应会造成冰川融化、海平面上升、气候带北移等生态问题，也会导致森林火灾、干旱、龙卷风等气候异常。

2020年9月，中国明确提出2030年“碳达峰”与2060年“碳中和”目标，这有助于实现《巴黎协定》将本世纪气温升高控制在2℃以内。在国家政策号召下，各行各业在开展减碳策略，目前减少温室气体的手段主要分为源头控制、过程控制和末端控制。

源头控制是指开发新能源以摆脱对化石能源的依赖，主要包括太阳能、风能、地热能、潮汐能、核能等。数据显示，2021年，中国核电集团全年发电量为1826.37亿千瓦时，同比增长18.61%，创历史新高。其中采用核能形式的发电量为1731.23亿千瓦时，同比增长16.71%；非核清洁能源，如风电、光伏发电95.14亿千瓦时，同比增长68.69%。

过程控制是指在温室气体排放源处设置相应技术来减排。在火力发电厂，可以利用碳捕获与封存技术来实施对二氧化碳的捕集，并封存于地下或海底，使大气中的碳重新回归岩石圈，主要采用电化学捕获、液体吸收法和物理吸附法等。世界上最大的碳捕获与封存技术工厂位于冰岛，每年可储存4000吨二氧化碳，相当于把790辆汽车的年碳排放量封入地下。目前，碳捕获与封存技术的成本和一些技术难关依旧限制了其规模化发展。

源头控制和过程控制均是在减少向大气中直接排放二氧化碳，但无法处理那些分散的碳排放源和当前大气中现有的二氧化碳，因此需要一些末端技术来实现深层次的减排。常见的末端技术是生物质的碳捕集与封存。该技术被认为是可行性最高的负碳技术，通过农作物或植物的生长来吸收大气中的二氧化碳。但是利用该技术需要大量的土地，这可能会引起粮食、淡水危机。还有一些其他技术，包括陆地增强风化、海洋碱化，均是提升生态系统能力来去除大气中的碳。直接空气捕获与封存技术，是指通过大型风扇提供稳定的大气流动，并结合化学工艺直接将空气中的二氧化碳进行捕获。该技术能在一定程度上减轻了土地和水源的负担，但捕获一吨二氧化碳的成本约为600美元，成本是阻碍其发展的重要原因。

根据联合国环境署声明，去除大气中温室潜能值更高的甲烷，是在短时间内解决气候变化的另一有效途径。国外学者布伦奈斯经过铜处理的沸石颗粒加热至310℃，可以百分百去除大气甲烷，这为未来使用热催化技术来对抗气候变化提供了基础。光催化技术是利用紫外光的激发下，光催化剂内形成电子—空穴对，产生具有较强的还原性羟基活性基团，氧化大气甲烷。目前出现了一种太阳能热发电系统与光催化相结合的新系统，可实现超稀薄大气甲烷的大规模、零能耗捕集与高效降解，被最新出版的联合国政府间气候变化委员会年度报告认为是新兴负排放技术。

(第一作者系武汉理工大学土木工程与建筑学院教授、博士生导师，第二作者系武汉理工大学土木工程与建筑学院研究助理)

完善法律 让科普之翼更强健有力

(上接第1版)

此次草案特别提到，国家健全科普人员的评价、激励机制，鼓励建立符合科普特点的职称评定、绩效考核等评价制度，为科普人员提供有效激励。“希望科普法可以明确科研人员做科普应该得到哪些奖励和激励。单位在考核时，应该把做科普也当作工作能力的体现。”曾千慧说。

王大鹏同样表示，要让更多的人积极参与科普工作，就必然要解决一系列体制机制方面的障碍。“开设科普职称评定渠道是解决科普人员职业发展的一个重要举措”。

协同创新：促进全民科学素质提升

为充分体现促进全民科学素质提升、培育高素质人才的需求，草案新增“公民科学素质”一章，其中提到，“将提升科学素质融入终身学习的全过程”。对此，北京市石景山电厂路小学校长薛东表示，提高全民科学素养，必须从小抓起打基础，把科普作为素质教育的重要内容。

北京景山学校正高级语文教师、中国科普作家协会中小学科普科幻人才培养工作委员会副主任周群建议，推动科普教育一定要和全民阅读、科学阅读挂钩，这是成本最低、效果最佳的方式，草案修订应该给予重视。

作为科普教育的重要阵地，科技馆应为公众科学素养的提升发挥积极的推动作用。草案提出，科技馆(站)、科技活动中心和其他科普教育基地，应当组织开展青少年校外科普教育活动。

“希望科普法有关规定可以明确哪些科技场馆、场地对小学校免费，哪些单位的科研人员可以受邀到学校义务讲座，能够给出一个‘科普课堂菜单’，供各个学校根据自己的实际情况进行选择。”薛东建议。

此外，在单独设立的第四章“科普活动”中，提到“国家在必要时强制科普，建设应急性科普响应机制和公众信息公开机制，支持和促进科普国际交流合作”，进一步突出了应急科普的重要性。

中国科普作家协会应急科普专业委员会常务副主任、秘书长张英经常活跃在公民应急科普宣传一线，在他看来，作为自救互救的关键力量，公民应急技能与知识至关重要，应引导、规范社会组织和志愿者组织积极参与应急科普工作，繁荣应急科普创作，创新应急科普形式，提升公众应急科学素质。

缓解气候变化需要碳中和技术

□明廷臻 熊寒冰