



一个美丽的现象，造就了太阳系内的50年之谜

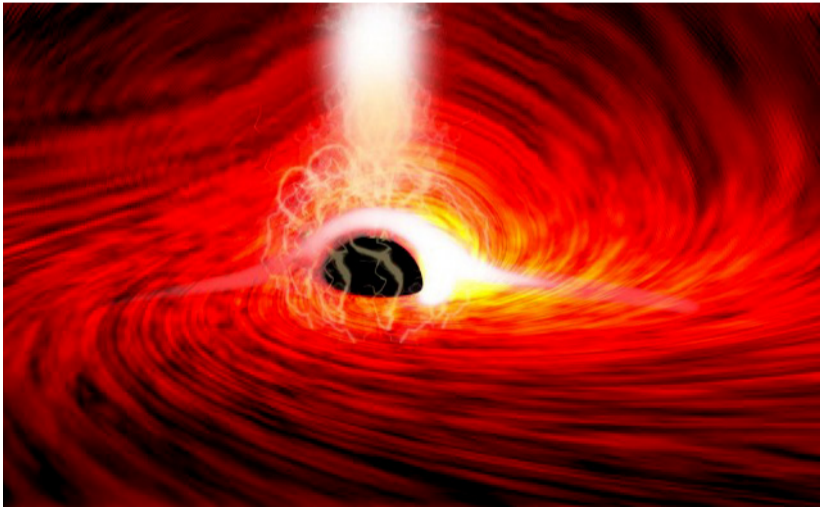
由于远离太阳，木星、土星这两个气态巨行星，以及天王星、海王星这两个冰质巨行星，长久以来被人们认为是极寒之地。然而当20世纪七八十年代，美国航空航天局（NASA）的“旅行者”号探测器依次经过这4颗行星时，科学家们发现它们热得简直就像在发烧——这就好比你在冰箱中找出了火堆一样令人震惊。

来自地面望远镜以及“伽利略”号、“卡西尼”号探测器的后续观测表明，这几颗行星在整个行星范围内的高温一直持续着。它们“发烧”得非常厉害，例如，木星的低纬度地区按理说应该冷至-110℃，可事实上，那里的大气在325℃的高温下炙烤着。莫非是某种未知的热源在背后捣鬼？这个热源如何做到不仅加热了行星上的某个地点，还加热了整个高层大气？

日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）的行星天文学家詹姆斯·奥多诺休（James O'Donoghue）说，50年来，科学家一直对这个“能源问题”困惑不已。现在，终于有两篇论文揭示了土星和木星的热量从何而来：热量来自行星南极和北极的光，或者说，极光。

这些结果来自对这两颗气态行星高层大气的详细观测。卡西尼号探测器在坠入土星的过程中测量了大气温度；土星的温度信息则是从位于夏威夷一座火山山顶上的望远镜的观测数据拼接得来的。两组观测数据都表明，在行星磁极下方的极光区附近，大气温度最高；往赤道接近，温度则会下降。很明显，极光带来了热量。而且就像散热器一样，热量随着距离的增加而减少。

“能源问题”的解决可能会带来深远影响。从我们的太阳系到其他星系，绕着恒星运转的行星并不总



能保留住大气。随着时间推移，气态的包层可能被摧毁，整个行星只剩下一层不宜居的外壳。研究人员希望能将这类行星与宜居的类地行星区分开来，而一旦要这样做，“我们需要知道的一个主要参数就是外层大气的温度，因为外层大气是气体向太空逸散的地方。”亚利桑那大学的研究人员扎拉·布朗（Zarah Brown）说。

外星极光

我们对地球的极光尚未完全了解，但基本原理是清楚的。太阳将大量磁场和高能粒子射入太空。当这些喷流（更熟知的名字是太阳风）到达地球时，它们会与地球的“磁泡”——也就是磁层——相互作用。这些高能粒子随后螺旋下降到地球的南北磁极。在那里，它们会撞击高层大气中的气体原子和分子。这些撞击短暂地激发了气体，使得气体发出可见的闪光。

一般来说，产生极光需要三个条件：高能粒子源、磁场和大气。这三个条件木星和土星都具备，但它们的极光和地球上的不太一样。

地球的磁场源自地球深处液态镍铁合金的搅动。但是气态行星没有液态合金内核。相反，气态行星的强大引力将大量液态氢挤压在其外核中，其挤压强度大到足以让氢原子释放出电子。这个过程将氢变成一种磁性金属。

由这种金属氢构成的旋涡非常巨大，它为气态行星生成的磁场让地球相形见绌。奥多诺休说，木星的磁层是“太阳系中最大的结构”，其尾部向外延伸至土星，甚至更远。

气态行星也无法依靠太阳风提供高能粒子或等离子体，因为太阳风会随着距离的增加而消散。作为替代，木星和土星依靠的是火山活

动。

木星的大部分等离子体来自木卫一，木卫一是科学界已知的火山活动最活跃的天体。木卫一近乎持续不断的岩浆喷发将大量火山物质抛向太空；在那里，火山物质在太阳光照射下受到电激发，然后溅落到木星上。土星的大部分等离子体来自土卫二，这是一颗表面像镜子一样的冰冻卫星，它向太空喷射出寒冷的水状物质，十分壮观。

这些等离子体进入行星广阔的磁层，得到加速后进入两极。在那里，等离子体中的带电粒子与大气中的气体分子发生碰撞。

土星的极光主要发出紫外线，而木星的极光同时发出紫外线和红外线。但是光的产生过程与热的产生过程不同，后一种情况下，“一切都与摩擦有关”，奥多诺休说。

等离子体沿着磁力线流向行星的磁极。这些磁力线像卷须一样延伸进遥远的太空。磁力线和等离子体流随着行星旋转，但有时跟不上行星的转速，比如木星每10小时就能自转一圈。当这些等离子体流滞后于木星的自转时，木星强烈的西风就会吹过它们。风与缓慢移动的等离子体流发生摩擦，摩擦产生了热量。对木星来说，这个热量可能是它从太阳那里获得的能量的125倍。“这有点疯狂。”奥多诺休说。

因此，天文学家一直想知道极光是否是这些行星“发烧”的原因也就不足为奇了。“几十年来，大家都知道极光中蕴藏着大量能量。”波士顿大学高级研究员卢克·穆尔（Luke Moore）说。但是，为了把怀疑变成肯定，天文学家需要一张图——具体来说，是一幅气态和冰质行星高层大气的热图。有了这张图，他们可以检验最高温区域能否与极光区重叠，以及这些热量是否会扩散到整个星球。

第一张这样的图诞生于卡西尼号的谢幕。2017年4月，在绕土星轨道运行13年后，NASA的卡西尼号探测器受命做了一件不同寻常的事情：在绕土星22圈的过程中，探测器在土星和土星环之间来回俯冲。这最后一幕结束于2017年9月15日，那天探测器在土星的云层中燃烧，卡西尼号以前所未有的方式近距离观察土星世界。

当卡西尼号靠近土星时，它透过土星大气层看向远处明亮的恒星。这些恒星发出的光看上去随着大气密度而变化，而气体的密度和温度是相关的。所以研究人员使用了这

种被称恒星掩星的方法，综合几十个测量结果，绘制出土星高层大气白天和黑夜的详细热图。

去年发表在《自然·天文学》上的热图显示，大气层温度在极光周围有一个峰值，而从两极到赤道，温度则在平缓下降。

这样看上去，极光似乎是热量的成因。但是，“如果我们关于土星能量再分配的理论是正确的，它也理应适用于木星。”土星研究的主要作者布朗说。

根据奥多诺休和同事的工作，现在我们知道，情况确实如此。

将木星高层大气的热量归因于极光也需要一张热图。但绘制这样一幅图绝非易事。这颗行星混乱的高层大气每周都在变化，你不能只挑一个晚上在两极附近观测，然后几周后回来和赤道附近的观测结果进行比较。随着时间的推移，天空将发生巨大的变化，任何热量流动的踪迹都将消失。

因此，研究人员需要在相对短暂的时间内绘制的全木星的热图，它反映出几小时内的热量流动。

奥多诺休、穆尔和同事们转向位于休的冒纳凯阿火山山顶上的凯克天文台。他们在2016年4月14日和2017年1月25日的两个晚上，在红外光下观察了木星，每次持续5小时，以绘制木星白昼面的高分辨率热图。这两幅地图清楚地显示，极光区附近的温度达到了惊人的730℃。随着接近赤道，温度峰值逐渐下降，但仍然达到了瞩目的325℃。

这项已经被《自然》杂志接收的研究结果，与卡西尼号在土星上的观测一致。这个研究结果被认为是极光可以解释能源问题的有力证据。威尔士阿伯里斯特威斯大学的空间物理学研究者罗茜·约翰逊（Rosie Johnson）说：“这是一个重大的进步，人们发现了极光的加热效应。”

英国兰卡斯特大学的空间和行星物理学研究者利西亚·雷（Licia Ray）她称赞了土星研究的严谨数据，但木星的论文并不能令她感到信服。“他们只使用了两个晚上的数据，我认为这是个问题。”她说。尽管有所疑虑，但她认为“木星的温度梯度结果可能会成立，因为类似的结果已经在土星上出现了”，她说。

穆尔说，质疑观测数据不够多是合理的，因为木星是非常活跃的地方。随后，研究人员得到了更多的木星观测数据，目前正在进行处理。

不管怎样，大多数独立研究人员似乎相信，这些行星“发烧”应当归因于极光。“这些论文非常好地证实了我们的怀疑确实正在发生：能量会从极光区流失到低纬度地区。”英国莱斯特大学的行星科学家利·弗莱彻（Leigh Fletcher）说。不过新问题是：这是如何发生的？

奇怪的西风

大多数大气环流模型都难以实现热量从极光区到赤道的转移。然而热图显示，这些巨大的障碍正在以某种方式被克服。

卡西尼号的观察启发了一种潜在的解决方案。根据来自卡西尼号的数据，研究人员发现，对土星低层大气的扰动有时会导致该层迁移到高层大气。这种倒置可能会扰乱和减缓高层大气里的强烈西风——这也许足以让产生自极光的热量流失。

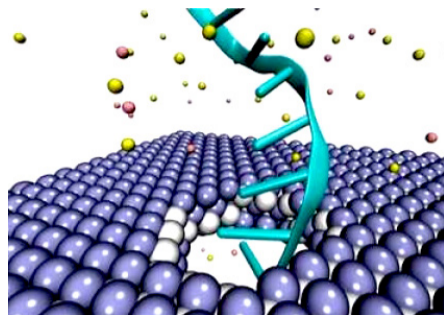
理论上，这种机制也适用于木星。但是气态行星的高层大气缺少云——云是气体运动的标志——这使得研究那里的风“极其困难”，弗莱彻说。目前，能源问题的这一部分仍是无法解释的谜。

在最近的观测中，研究人员已经看到了这样的温度激增。据观测，大约在2017年1月25日，当太阳风活跃度较高的时候，已经很热的高层大气的温度急剧上升。该团队同时发现了一个奇怪的高温结构从极光区向赤道移动。而这些现象在2016年4月14日观测期间没有出现，当时太阳风活动相对平静。

该研究小组推测，2017年年初爆发的太阳风活动可能挤压了木星的磁层。但其他因素也可能在起作用，雷推测木卫一火山活动的增加可能是另一种解释。由于没有更多的观测，无法确定是哪一个因素，奥多诺休说。

尽管存在这些挥之不去的困惑，但极光被确定为木星和土星的热量来源，这一结论极大地巩固了我们对这两颗行星的理解。然而，天王星和海王星仍然笼罩在未知的迷雾中。它们有着不一样的大气、磁场和自转行为，这意味着适用于气态行星的方法可能不适用于冰质行星。天王星和海王星离我们如此之远，以至于我们很难用地球上的望远镜看清它们的细节，而且在可见的未来，似乎不会有其他探测器造访它们。直到那时，这两个遥远的星球仍然是陌生的世界，绕着我们尚未了解的“行星热”。（白德凡）

推进纳米孔测序



测序人类基因组经过了13年，耗资十亿美元，这是一项重大的科学项目，开启了医学的新纪元。今天基因测序科技方面的进步，让同样的工作能以更少的费用在更短的时间内完成。未来的科技能将这项工作的完成时间削减到仅仅几秒。

基于纳米孔的基因测序是第三代测序技术，能提供快速的疾病诊断和个性化医疗服务，有进一步改善医疗保健的潜力。方法越高效越好。虽然一些公司已经开始将这项技术商业化，但仍有一些障碍需要克服。

目前使用的一种纳米孔方法主要基于生物材料。该方法使用了膜蛋白复合物，它们有能力识别个体和长链核苷酸。不幸的是，因为测序需要，纳米孔薄膜会被使用数百万次，蛋白质容易因过度使用而断裂。

与之相对，固体纳米孔测序使用合成材料。石墨烯、氮化硅和二硫化钨等二维纳米材料的机械性能、热稳定性和化学稳定性更好。但是，这种方法仍有缺点。科学家需要进一步研究以更好地理解这些不同的固态材料的性质。

近年来，有关另一种纳米材料MXene的研究引起了卡耐梅隆大学研究人员的兴趣。这是一种单层、二维无机化合物，只有几个原子那么厚，被称为碳化钛。此前没有人注意到能将这种材料用于纳米孔基因测序。该研究发现发表在ACS Nano杂志上。

MXene以其结合了金属和陶瓷两者的特性而著称，具有优秀的导热、导电能力和耐热性，易加工优点。

研究人员想把MXene作为一种有潜力的基因检测膜材料进行研究，观察它与其他纳米材料的差异。他们使用分子动力学模拟分析它与单链DNA的相互作用。他们测量的物理特性包括离子电流、DNA的停留时间、物理吸附、碱基的灵活性和纳米孔的水合作用。

一组纳米孔阵列包含上百个直径小于8纳米的孔。“如果纳米孔太大了，所有基因材料都会从孔中漏出，混合在一起。”机械工程副教授Amir Barati Farimani解释说，“如果太小，所有材料都不能通过。”

团队发现基于MXene纳米孔能以高灵敏度检测不同类型的DNA碱基。Barati Farimani说：“我们证明了MXene是一种高效且有前景的纳米材料，可用于基于纳米孔的检测平台。”

研究人员旨在利用强大的人工智能（AI）算法优化纳米孔系统对DNA的检测，以推进他们的研究工作。DNA碱基有独一无二的特点，能被用作输入信息来训练AI，从而提高DNA的检测精度。而且，AI能利用高维模拟数据学习，提取出能分辨DNA碱基的最关键的特点。

“这项工作的延伸有望大大改进基于纳米孔的检测平台，并最终克服限制这项技术广泛使用的门槛。”Barati Farimani说。（王嘉钰）

美国北卡罗来纳州立大学为隐身飞机开发复合材料蒙皮

陈济桥

训练一名隐身战斗机飞行员需要严格的训练和飞行测试，平均每位合格飞行员的花费高达1000万美元。因此，隐身战斗机的结构外形设计和可靠性至关重要。来自美国北卡罗来纳州立大学一个研究团队一直致力于隐身战斗机开发一种更可靠、更耐用和更高效的全新蒙皮。

目前，B-2“幽灵”（Spirit）或F-117“夜鹰”（Nighthawk）等隐身飞机均涂有雷达吸收材料（RAM），旨在吸收环境周围的电磁波并将其转化为热量释放。目前已经有适用于不同条件、不同类型的RAM技术，一些在较高频率下表现最佳，一些在较低频率下表现出色。但是，没有任何一种RAM技术能够覆盖所有的雷达频率，使其在同时面对不同频率电磁波时都能实现隐身。此外，RAM非常脆弱，不能承受250℃以上的温度，热量、盐分、湿气和摩擦均会导致RAM失去完整的功能特性。因此，隐身作战飞机往往须通过特殊的结构设计方式在保护RAM的同时，还要兼顾机动性、速度和巡航时间等方面。美国北卡罗来纳州立大学研究团队正在开发

的一种碳纤维增强复合材料聚合物蒙皮有望解决上述难题。这种混合结构材料可实现两项具体功能：传导和绝缘。聚合物基碳氮化硅（SiCN）陶瓷使用经氧化钪稳定的氧化铝纤维进行增强后，可帮助传导摄入的电磁能。由于陶瓷结构的加入，这种混合结构材料可以承受高达1800℃的高温。该复合材料还使用重量轻且强度高的碳纳米管进行了增强，使该材料结构本身结实耐用。

喷涂材料

经过对这种材料的测试发现，其反射率非常低，并且吸收了90%以上的人射波，而现有RAM的吸收率仅为70%到80%，可提升作战飞机的优势性能。此外，这种材料还具有很强的抗氧化和抗腐蚀能力。

北卡罗来纳州立大学的研究人员表示，从目前测试的结果看，这种材料的性能和耐用性已经没有任何问题，因此，针对飞机的设计方式也不再有任何限制。

新材料可像油漆一样涂覆在飞机表面，且仅需几天时间即可完成密封。研究人员表示，3毫米厚的材料理论上可以喷涂到

飞机的所有表面，且对飞行性能几乎没有影响。但是，具体的表现仍然需要进行测试。

可扩展性测试

开发这种材料仍然存在重大挑战。其中最大的挑战是这项材料技术并没有任何研发基础，相关测试技术并不存在。由于材料具有导电性，研究团队不得不建造自己的设备在高温条件下测试材料。

研究团队的研发工作已经取得了长足进步，并且从美国空军科学研究办公室获得研发资金，以进行材料的进一步的测试和应用验证。

这种新型隐身涂料还有一系列其他可能的应用，包括潜艇、航母、弹道导弹等等。未来一段时间，研究团队需要寻找行业合作伙伴继续实现研发目标，潜在的合作伙伴包括波音、洛马、雷神和诺格公司等制造商。整个航空航天市场对于隐形技术的兴趣持续存在，预计该领域的年增长率将超过6%。

北卡罗来纳州立大学研究团队计划在接下来的2年内完成这种材料的定型。

