

土卫六孕育生命的可能

朱佳豪^{1,2} 张佳蕾¹ 张睿^{1,2} 孟天宇^{1,3} 张晨^{1,4} 魏勇^{1,5} 王誉棋^{1,5}

(1. 中国科学院大学 101408; 2. 自然资源部第一海洋研究所 266061; 3. 中国地质科学院 100037;
4. 中国科学院理化技术研究所 100190; 5. 中国科学院地质与地球物理研究所 100029)

关于地外生命的探索,科学家一直都没有停止脚步。探索完太阳系的八大行星之后,科学家一面找寻可能存在生命的地外行星,另一面把关注点放到了太阳系的卫星中。对于土卫六这颗普通但又并不普通的星球,科学家发现了其孕育生命的可能,于是对其展开了近距离研究。

土星是太阳系八大行星之一,与太阳的距离排在太阳系第六位。提起土星,它最特殊的一定是漂亮的光环了,虽说太阳系中木星、土星、天王星和海王星都拥有光环,但作为首个被发现的行星环,土星光环最为明显突出,也因此吸引了众多研究者的目光。由于土星是一个巨型气态行星,并不存在地球碳基生命生存的条件,因此地外生命研究者把目光转向了土星的卫星。土星的卫星有很多,但大多都比较小,只有一颗例外,那就是土卫六(图1)。土卫六是人类发现的第一颗土星卫星,1655年荷兰天文学家惠更斯用自制的天文望远镜首次发现了土卫六,并以希腊神灵“泰坦”命名。在太阳系的卫星中,其体积仅次于木卫三,是太阳系第二大卫星。土卫六上得天独厚的物理化学环境决定了它必定

成为地外生命研究的热点目标。

1. 土卫六的气象水文

1944年,荷裔美籍天文学家柯伊伯在土卫六光谱中发现了甲烷谱线,确认土卫六存在大气。怀着对土卫六的种种好奇,人们选择送探测器对其进行近距离观察探究,于是旗舰级探测器“卡西尼”号应运而生。为了全方位多角度地对土星及其卫星进行立体研究,“卡西尼”号携带了当时最先进的探测设备,还搭载了专门用来研究土卫六的“惠更斯”号探测器。探测器在土卫六着陆后,通过无线电传回的图像数据,我们发现土卫六似乎具有巨大的排水沟渠网络,经过证实,确定这些“水”是液态的碳氢化合物。由于土卫六地表温度很低,因此液态水不可能存在,液态甲烷和液态乙烷在土卫六中占主导地位。由于土卫六大气密布,在自身的自转和围绕土星的公转过程中会出现类似地球上的天气系统以及“水”循环。在土卫六上,甲烷和乙烷等液态碳氢化合物分子蒸发,凝结成云层,然后再汇聚成“雨”落回到地面。落回地面的液态碳氢化合物汇聚成“河流”,通过“地表径流”的方式流入“海洋”(图2),这些与地球的水循环非常类似。

除了“水”循环,“卡西尼”号传回地球的数据显示土卫六赤道地区有巨大的沙尘暴。这使土卫六成为太阳系中除地球和火星外第三个被观察到存在沙尘暴的天体,也是第一个具有沙尘暴的卫星。根据卡西尼号拍摄到的图片(图3),中央部分箭头所指的亮斑被科学家解释为强烈的甲烷风暴。关于是不是甲烷风暴,科学家曾进行过长时间论证,他

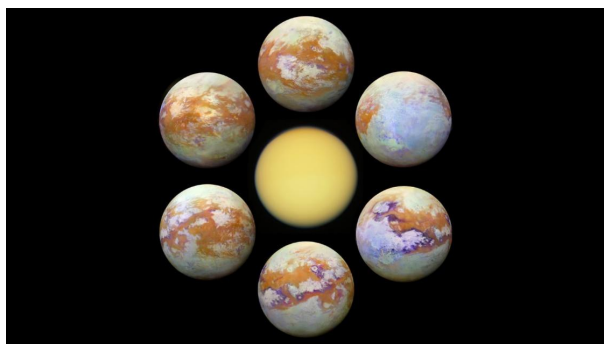


图1 可见光波段与红外波段下的土卫六(中间为可见光波段)

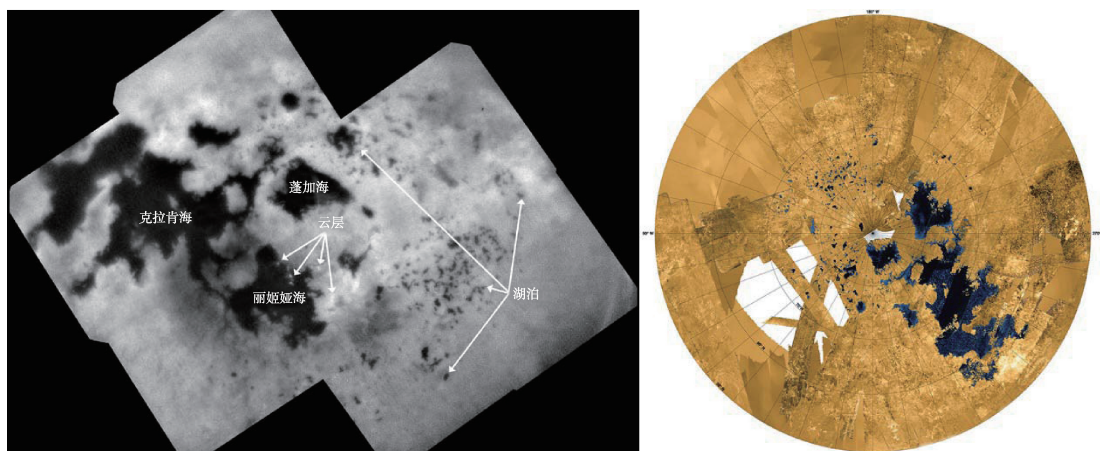


图2 土卫六北极极地区的湖泊和海洋

们排除了冰冷熔岩、甲烷云以及冻结的甲烷雨这几种固态液态的形式,认为图片中显示的特征必须是气态的才能解释。观测到的风暴位于土卫六赤道周围的沙丘区域正上方,由此推测这些亮斑实际上是从沙丘上扬起的尘埃流。当阳光与甲烷的相互作用形成的有机分子大到足以掉落到表面时,就会形成有机粉尘,若同时近地表风速是无沙尘暴时的五倍,就会产生如此强度的沙尘暴。这个发现意味着覆盖土卫六赤道地区的巨大沙丘仍然在活跃并且不断变化。风可能会将沙丘上扬起的尘埃传送

到很远的距离,从而导致土卫六上的有机尘埃全球循环。

2. 土卫六的地形地貌

随着研究的进行,美国宇航局公布了土卫六的首张全球地貌图(图4),揭示了其地表上沙丘、“湖泊”、平原、火山口等众多地貌形态。土卫六地势地貌与地球十分相似,表面近2/3是平坦的平原;约14%的地表是丘陵或山地;17%是由严寒的固态有机物质构成的沙粒,它们被风吹成了沙丘,大部分

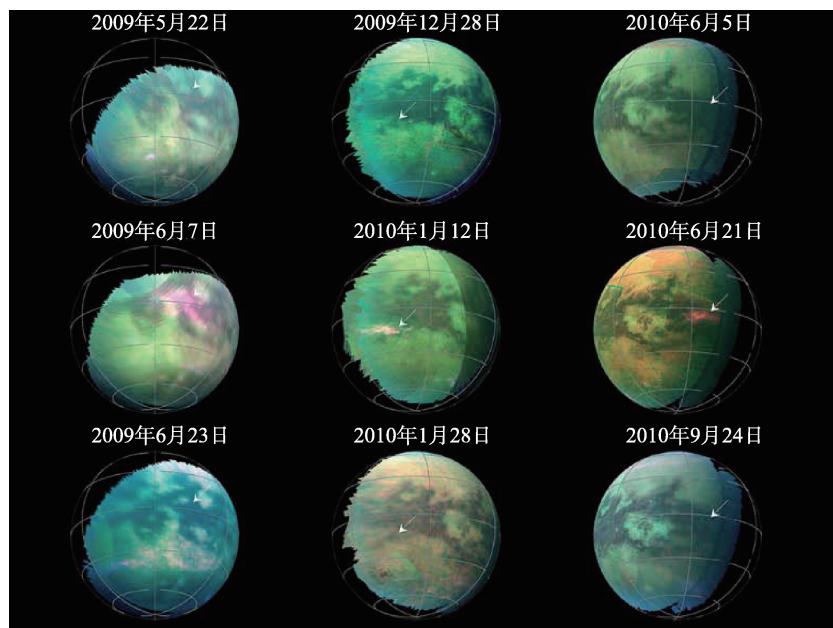


图3 “卡西尼”号携带的视觉和红外映射光谱仪拍摄的出现亮斑的土卫六图像

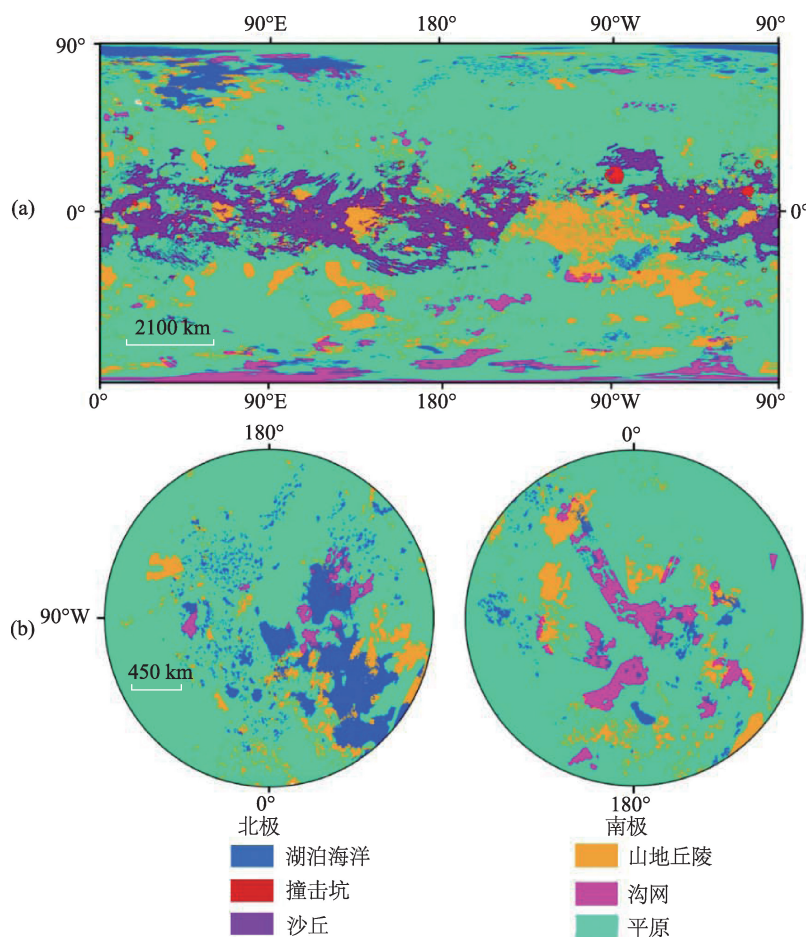


图4 土卫六全球地貌图 (a)墨卡托投影;(b)通用极球面投影 $>55^{\circ}\text{N}/^{\circ}\text{S}$

在赤道附近;还有以液态甲烷构成的“湖泊”“海洋”,以及与地球相似“水蚀”和风蚀构成的页岩凿刻痕迹。同时,土卫六的陨石坑少得惊人,这表明它的地质形成时间相当晚。

土卫六液态碳氢化合物填充洼地的形式以及这些地表洼地的来源备受关注。随着研究深入,科学家逐渐确定了液态碳氢化合物填充洼地的两种形式。首先是“径流”填充形成“海洋”,宽阔的海洋跨越数千公里,深约几米到数十米,由分支状的类似“河道”的“河水”补给;其次是“湖泊”,它的形成通常认为与“河流”无关,被认为是由“降水”和从地下注入“湖泊”的液体填满。对于容纳“湖泊”的洼地的形成,可以参考地球上的岩溶地貌。这些洼地是由于“地下水”中溶解性岩石(如石灰岩、石膏等)被侵蚀以及“降雨”渗透到岩石中而形成的。这种

侵蚀作用的速率取决于各种因素,如岩石的化学性质、降水速率、地表温度等等。因此科学家认为尽管土卫六与地球相差甚远,但是其潜在的气象以及地质过程相似。

3. 生命的孕育

土卫六表面的气象条件、地质活动甚至是影响全球的循环系统过程都与我们的地球极其相似。有科学家猜测,土卫六现今的地表进程就如同我们早年的地球。地球形成初期并不具备适合生命发展演化的条件,随着地球冷却,具有了氨、甲烷、二氧化碳和水等物质,到这时生命出现的舞台才搭建好。年轻的地球表面曾受多种因素剧烈影响,如宇宙射线、闪电、火山、陨石撞击等等,同时它们也都为地球提供了大量的能量,最终将地球上的氨、甲

烷、二氧化碳和水塑造成为氨基酸和核苷酸碱基。氨基酸构建蛋白质,核苷酸碱基序列构成基因,从而二者结合形成生命体,确定生物体的特征。

这就是关于生命起源的化学演化假说,它的中心思想是,生命是从无生命的分子进化而来的。对此,科学家早在1953年就进行了著名的尤里-米勒实验,成功构建出了氨基酸甚至是核苷酸碱基序列。研究发现,土卫六大气中存在一种与生命起源相关的物质——丙烯腈,伴随着大气中的雷电风暴活动,可能形成复杂有机物和早期生命形式。

如今的土卫六虽然表面温度极低,空气中充斥着相对于生命来讲的“毒气”,狂风席卷,漫天飞沙,环境恶劣,但是原始地球也曾是如此,在似乎绝对不可能的条件下一步一步发展孕育出了生命。土卫六目前温度只有-150摄氏度左右,但它紧邻的木

星内部正在缓慢收缩,向外辐射热量,起到类似于太阳的作用。也就是说土卫六表面温度会逐渐上升,随着时光变迁、能量输入,在遥远的将来,土卫六或许将成为下一个孕育生命的星球。与此同时,对土卫六的进一步研究很有可能反过来成为破解地球生命起源的密码。

自古以来,人们向天追问:“遂古之初,谁传道之?上下未形,何由考之?冥昭瞢暗,谁能极之?冯翼惟像,何以识之?”现在,我们依旧向天追问:还有没有别的星球孕育有生命的存在?人类在宇宙中孤独吗?寻找地外生命、寻找新的家园一直都是我们努力“问天”的一个重要方向。虽然长路漫漫,但有两点可以确认:第一,中国一定会积极参与其中;第二,故事才刚刚开始,我们的征途始终是星辰大海。

科苑快讯

有助于防止工业零件损坏的新发现

工业零件损坏不但会增加成本,而且会为个工人带来安全隐患。来自日本的科学家现在模拟了具有特定物理特性的材料中开始的断裂,这些研究有助于防止工业零件的损坏。

回形针多次来回折叠,可能会突然折断,这就是金属部件的“疲劳”现象,当一个物体受到循环加载和卸载应力时,裂缝和缺陷就会积累。材料疲劳会造成经历多次应力循环的部件突然失效,其后果可能是灾难性的。

现在东京大学工业科学研究所(Institute of Industrial Science, University of Tokyo)的一组科学家利用计算机模拟研究了非晶态固体(如玻璃或塑料)低周期疲劳断裂的物理机制。晶体材料由于疲劳,其预先存在的缺陷和晶界会引发断裂,而非晶体材料中的相应机制还不清楚。

合著者 Yuji Kurotani 说,他们证明了无序材料中跟不可逆变形的开始相对应的临界应变对于疲劳和单调断裂是相同的。这是因为,对于普通的非晶态系

统,更高的密度会导致更多的弹性和更慢的动态。机械性能的这种密度依赖性,使剪切变形跟密度波动相联系。然后,循环剪切可以放大密度波动,直到样品通过空化而破裂,其中产生了空隙。

作者认为,这些结果应该用实验来证实,这也将帮助材料科学家更好地理解断裂的启动。

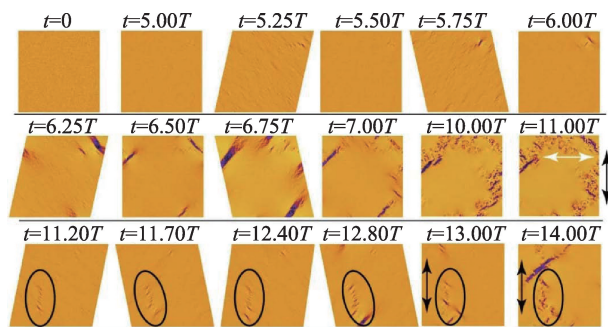


图1 科学家模拟了非晶材料在循环疲劳和恒定应力作用下的断裂,展示了各种破坏模式,有助于提高材料的可靠性

(高凌云编译自2022年10月11日 SciTechDaily 网站)