

土卫六探秘

李 良

惠更斯等历史性发现

土卫六又名泰坦(Titan)，它是荷兰天文学家克里斯蒂安·惠更斯于1655年3月25日发现的。当时，他用自制的望远镜对准土星，在土星的旁边意外地发现了土卫六。现在知道，土卫六的直径达5150千米，不仅比月球、乃至比水星还大，但平均密度仅1.88克/立方厘米，估计含有近半的水冰，其余的是氨冰、甲烷冰和硅酸盐。从观测资料和理论研究，得出土卫六有这样的结构：中央是硅酸盐的星核，往外依次是高压冰层、液态水（溶有甲烷和氨）层、冰外壳和大气。它是土星最大的卫星，还一直被认为是太阳系中最大的卫星，直到后来查明了木卫三的直径后，人们才发现它的个头仅次于木卫三，在太阳系的卫星中位列第二。

早在1698年，惠更斯曾这样写道：“由于地球和木星都有它们自己的水和云，那么其他的星球就没有理由不拥有水和云……我们地球上的水假若到了木星和土星上就会立即冻住，因为它们离太阳太远了，所以每一个星球一定有它们自己的不会冻结的水。”1944年，美国著名天文学家柯伊伯就在土卫六光谱中发现了甲烷谱线，从而得知它确有大气。1979年7月29日，天文学家用地面大型望远镜发现，土卫六一些可能是由冰或岩石组成

的高地之间，有一片由液态碳氢化合物组成的海洋，其中可能有孕育生命的有机汤海；此外，还发现土卫六含有丰富的化学物质，其中有许多是在地球出现生命以前存在的分子。

1980年11月12日，美国的旅行者一号探测器在土卫六上空4000千米处飞过，测得它的大气压竟是地球的1.5倍，主要成分是占98%的氮气，其他还有甲烷、碳氢化合物、氰化氢等；在其大气层顶端还发现一种可以孕育生命的氢氰酸有机分子；虽未确认其上有生命迹象，但科学家们认为仍有必要进一步进行探测。

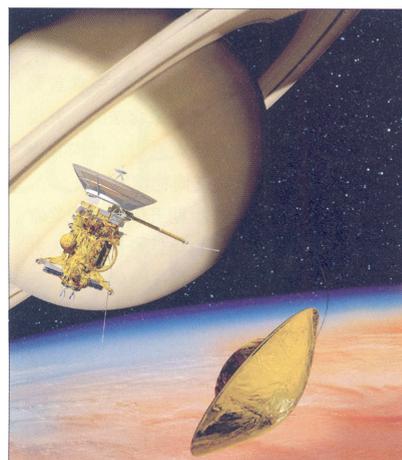
为了进一步研究土星和土卫六，美国于1997年10月15日用大力神4B运载火箭发射了欧美合作研制的重5.67吨，耗资34亿美元のカ西尼号探测器。该航天器由轨道器和名叫惠更斯号的子探测器

组成，前者装有12台仪器，后者装有6台仪器。カ西尼号经过7年太空飞行，于2004年7月1日进入环绕土星的轨道。2004年12月25日，カ西尼号的子探测器惠更斯号脱离カ西尼号飞向土卫六；2005年1月14日，惠更斯号成功着陆土卫六，它似乎落在了

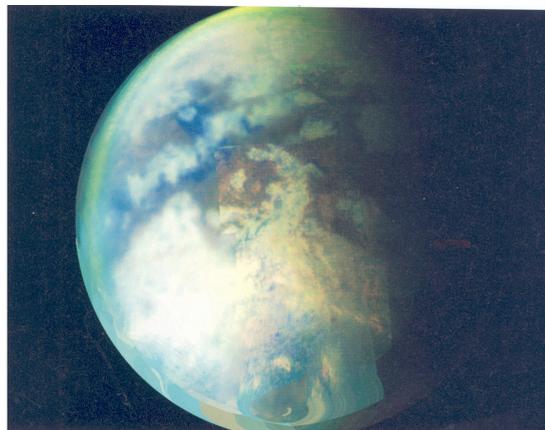
一条空旷的河道附近，河道里似乎不久前还流淌过液体，一些小岩石散布在地上，它们很光滑，浑圆的模样很像地球上河流旁边常见的石头。整个着陆过程和拍下的照片给研究者最深的印象是：土卫六非常潮湿。

土卫六像数十亿年前的地球

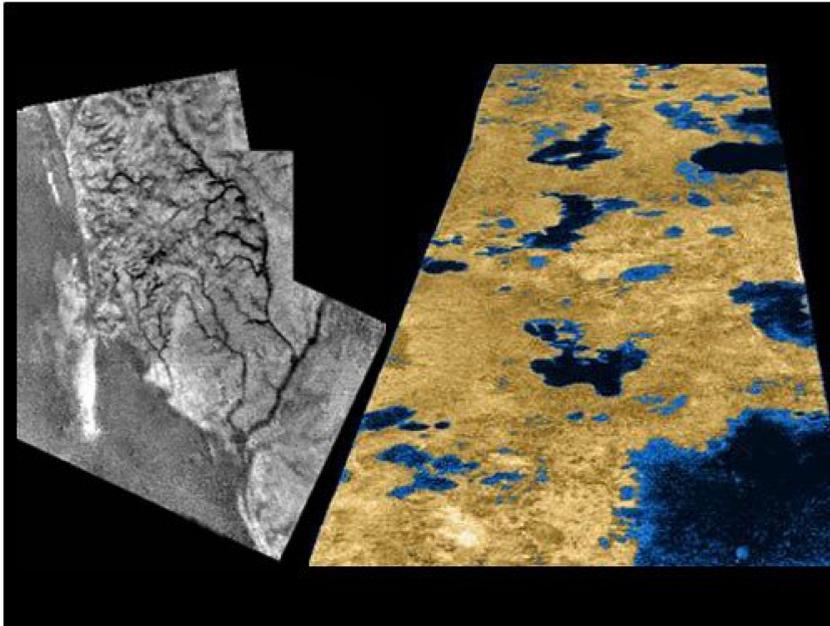
土卫六上究竟有没有生物，目前还是一个悬疑。一些科学家质



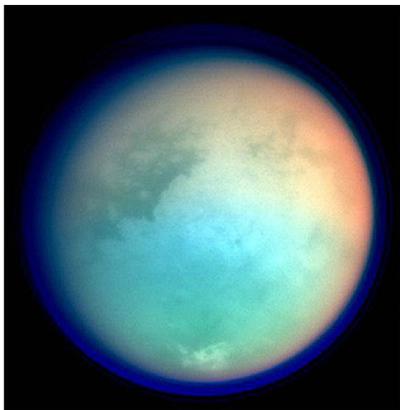
カ西尼号土星探测器以及它携带的着陆土卫六表面的惠更斯号探测器示意图



カ西尼号探测器所观测的土卫六图像



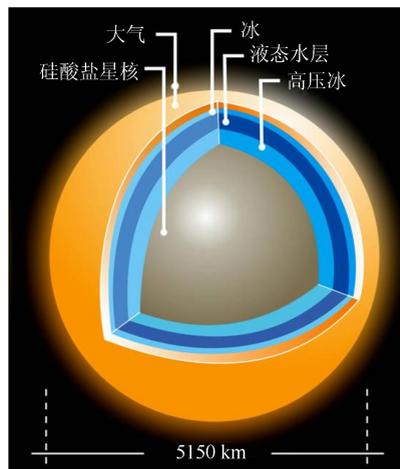
卡西尼号探测器和 2005 年着陆土卫六表面的惠更斯号探测器的探测结果显示，土卫六具有很多类似地球的特征，其中包括河流系统、沙丘、像乳酪皮一样的表面地形，以及液态甲烷和乙烷湖泊。这种液态有机物质将进一步形成具备生命诞生的化学成分，因此科学家期待能够在土卫六表面上发现生命存在的迹象



2004 年卡西尼号探测器拍摄的土卫六及其大气

疑说，类似含氢化合物沉降的现象在早期地球大气层中也一直存在，但地球上并没有出现以乙炔为消耗物的生命形式。美国国家航空航天局（NASA）艾姆斯研究中心的太空生物学家克里斯·麦凯说，如果仅用这一现象来推断生命的产生，那么地球上也应该出现不以水为生命基础的其他生命形式。

已有探测表明，土卫六上有很大的液体表面，那些甲烷水可以蒸发，凝结，降雨，形成蔚为壮观的大气循环，所以在土卫六上，会不时地下一场甲烷雨，还有可能出现美丽的彩虹。天文学家们还在惠更斯号从土卫六上发回的电场数据中找到了明确的闪电信号，它来自土卫六的大气云层，这是一个令人



土卫六的结构示意图

兴奋的消息，因为地球上最早的有机分子就是在大气闪电的作用下合成的。土卫六的大气和化学物质让科学家们嗅到了几十亿年前地球的气息，他们设想，在几十亿年之后，当太阳变为一颗红巨星，地球已被太阳烤焦的时候，土卫六却借此机会变得温暖起来，那时的土卫六或许成为一个生机勃勃的星球。

到 2008 年 11 月，卡西尼号已经绘制出 20% 左右的土卫六的表面图像。通过对已观察到的数百个湖泊和海洋进行调查和统计，科学家估计土卫六可能蕴含更多的液态烃和天然气等其他有机物，远远超过地球储量。卡西尼号项目小组报告认为，在土卫六上的湖泊和海洋中所蕴含的天然气，可能是地球储量的上亿倍，而目前卡西尼号观测的也只是土卫六的南极地区。科学家分析认为，土卫六上蕴含很多的甲烷，甲烷是一种强有力的温室气体，当甲烷从液态的湖泊和海洋逃逸到土卫六的大气层时，由于化学作用，土卫六的大气层温度会发生改变。这种变化和早期地球的大气层非常相似，同时土卫六大气中还有一氧化碳和二氧化碳的痕迹。在存在液体水，同时大气层温度又会发生变化的条件下，生命很有可能会产生。

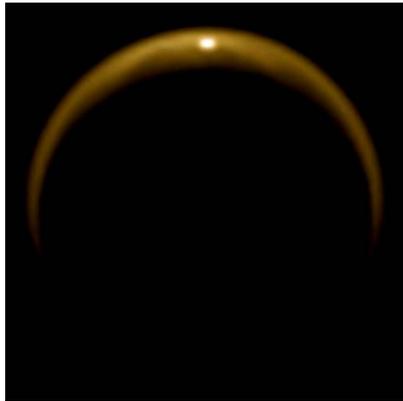
惠更斯号探测器成功降落到土卫六表面并拍摄到局部区域，显示很多类似地球的山丘、沟谷、陨击坑和盆地、火山等“地貌”，然而，所见区域当时是干涸的，那么在土卫六上别的区域或时间是否存在海洋或湖泊呢？根据日益增多的探



惠更斯号探测器拍摄到的
土卫六的表面照片

测资料，可以合理地推测，甲烷在土卫六上起着地球上水的作用，甲烷雨落到寒冷的（ -178°C ）表面，冲刷水冰体的丘脊，短暂的甲烷河流携带泥沙（实际是碎的脏冰）到低洼处，因而土卫六可能形成甲烷液体的湖泊乃至海洋。

2007年7月科学家确认，土卫六南极附近的暗区是碳氢化合物——甲烷-乙烷的湖，其面积（约2万平方千米）和形状类似于北美洲的安大略湖，故也命名为“安大略湖”。专家推测，土卫六的北极附近还会有更大的湖泊。2009年7月8日，卡西尼号的可见光与红外成像分光仪拍摄到土卫六北半球的一幅奇景照片，后经专家组的几个月研究，确证是湖泊反射太阳光的景象。这个湖泊早在2006年6月卡西尼号拍摄到土卫六北半球雷达像就见到了。2007年1月确



土卫六北极区“湖泊”反射太阳光的
炫耀奇景，它证实了这颗神秘卫星的
表面存在液体

证它充满甲烷、乙烷和溶解氮的海洋，后命名为“克拉肯海（Kraken Mare）”，其面积约40万平方千米，周围还有分叉河网迹象。

2010年6月，美国国家航空航天局公布了一个消息称，科学家分析卡西尼号土星探测器发回的数据的结果显示，土卫六可能存在某种未知的生物，它们正呼吸着土卫六上的大气，并以地表的乙炔为食物。科学家解释说，探测表明，土卫六大气中的氢气在临近星球表面时没有了，这表明氢气可能被土卫六上的某种生物呼吸掉了。卡西尼号发现土卫六表面缺少理应存在的乙炔，科学家因此认为，这种物质很有可能是被某种生物消耗掉了。如果情况果真如此，那意味着，在宇宙中除了存在以水为基本生命元素的水基生物外，还存在另外一种以甲烷为基本生命元素的生物。

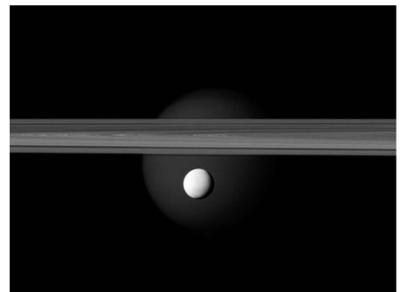
迄今为止，科学家们仍然很难确定土卫六的地理特征。虽然卡西尼号的雷达可以穿过土卫六浓厚的大气层，但还是无法观测到全景。科学家们希望能够发送更多的

探测器以全面深入地探索土星系统的奥秘。

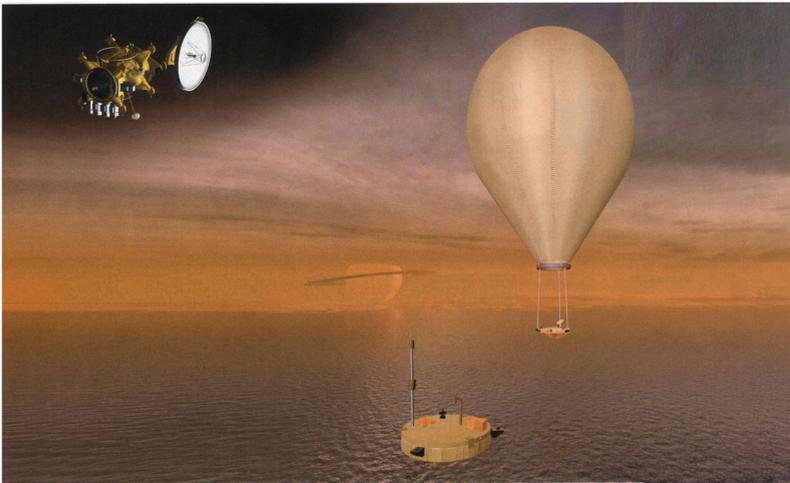
向土卫六发送热气球

2008年11月据媒体报道，法国巴黎天文台天体物理学家和行星学家雅典娜·考斯特恩斯提出向土卫六发送探空热气球的设想。后来，考斯特恩斯制定了详细的“土卫六及土星系统”三重探测方案（TSSM），以进一步揭开土卫六的神秘面纱。与探空热气球同时发送的还包括一个轨道飞船和一个表面探测器，它们构成了TSSM方案的三重探测系统。对于TSSM方案，考斯特恩斯解释说，“土卫六的大气层环境是最适合热气球的正常飘浮。”虽然土卫六大气层中总是弥漫着橙色的烟雾，但它也和地球的大气层一样，主要是由氮元素组成。

考斯特恩斯认为，三重探测中的轨道飞船和探空热气球则可以弥补这种不足，从而帮助科学家们更全面地观测土卫六。许多人都认为三重探测方案风险太大，因为人类从未向太空发送过可以漂浮于液态物质之上的探测器，更是从未发送过探空热气球。但考斯特恩斯却



卡西尼号飞船近年拍摄的土卫六、土卫二和土星光环照片。土卫六像一个巨大球形暗影躲在小而明亮的土卫二的后面，薄弱的土星环将画面一分为二



美国科学家正在研制的一种太空热气球示意图

坚持认为太空探测就需要冒险的精神，“这种方案虽然是一个挑战，但绝对可行。”

据媒体报道，美国国家航空航天局和欧洲宇航局官员在 2009 年 2 月召开会议讨论了下一个太阳系探测目标的事宜，其中讨论了下一个太阳系探测目标之一是土星卫星——土卫六。美国国家航空航天局和欧洲宇航局官员商定展开联合性探测研究，共投资近 40 亿美元。据悉，此次讨论通过的土卫六探测

任务将于 2029 年由美国国家航空航天局派遣的一个太空探测器和欧洲宇航局发射的一个热气球和湖泊登陆器来完成。通过土卫六大气层的加热，热气球能够漂浮在土卫六上空 10 千米处，执行 6 个月或者更长时间的勘测任务。据称这项研究预计投资 1000 万美元。

近年，美国国家航空航天局已经让航天飞机退出航天舞台。科学家正在研发一种费用低廉的太空探索方式，例如使用热气球前往太

阳系的其他行星及其卫星。热气球可以执行无人任务，负责运送设备。它们的潜在目的地很多，第一站将是土卫六。美国国家航空航天局的喷气推进实验室设计了一种热气球，为了能够在太空飞行中幸存，它必须能够经受住大约 -180°C 的低温考验。现在，美国俄勒冈州近太空（Near Space）公司正对热气球原型进行高空测试实验。据报道，近太空公司还将与宇航局合作，研制一种高空飞机并测试零部件。这种飞机将搭载飞船飞往火星，脱离飞船后穿过火星的稀薄大气层。

总而言之，土卫六很像地球早期（约 40 亿年前）出现生命前的状况，在某个时期或某些区域存在液态水，加上复杂的有机物和闪电能量，具备孕育生命起源的条件；因此，未来用热气球降落到土卫六湖泊上空探测和研究具有重要意义。

（北京天文馆 100044）



科苑快讯

地球曾遭小行星长期轰炸

45 亿年前火星大小的天体撞击地球飞出的碎片形成了月球。直至 25 亿年前，太阳系内小行星长期持续的狂暴轰炸煮沸早期海洋。现在科学家们认为，他们知道了这些乱石攻击来自何方。《自然》网站的一篇文章中，行星动力学家指出它们出自火星轨道外侧、小行星带现已耗散的内缘。

木星和土星在 40 亿年前向太阳方向漂移，万有引力将内部的一些小行星推向地球方向。由于这些小行星轨道倾斜且不稳定，所以在几十亿年里其不断脱离轨道撞击地球。小行星撞击地球形成了面积如同非洲大陆的“熔岩池”，而其逐渐冷却后就很可能是生命起源

的理想地区。

（高凌云编译自 2012 年 4 月 25 日 www.sciencemag.org）

