

冥王星的轨道倾斜诠释其冰盖历史

(北京大学 徐仁新 编译自 Rachel Berkowitz. *Physics*, October 21, 2021)

基于冥王星轨道倾角的变化，气候模型计算结果表明，这颗矮行星的心形冰盖正持续经历着升华、凝结和重塑等循环过程。

2015年，新视野太空飞船旅行近十年后传回了冥王星激动人心的冰面影像。照片揭示了一片平滑、明亮、两瓣的冰面特征，其西叶称为斯普坦尼克平原(Sputnik Planitia)。这片由氮、甲烷和一氧化碳组成的冰盖位于盆地内，该盆地可能因冥王星早年被大型物体撞击而形成。

不过，斯普坦尼克平原的成因仍是个谜。它的位置恰好位于冥王星赤道上方，背向其卫星卡戎，仅有5%的几率会在此形成千公里宽的撞击坑。科罗拉多大学的研究生Perianne Johnson等人用气候模型探究了盆地如何填冰并重塑的历史。



NASA 新视野太空飞船拍摄的这张高分辨图像显示的是冥王星的心形冰盖，背景是其卫星卡戎。心形构造西叶的斯普坦尼克平原富含氮、一氧化碳和甲烷。新的气候模型可解释这层冰盖的起源

2016年人们就已对斯普坦尼克平原有一定了解，认为撞击坑是在40亿年前形成的，之后逐渐被冷凝蒸气填充(大部分是 N_2 冰)。这改变了冥王星表面质量分布，导致其地壳变形而成为目前的状态。虽然改变了极地的位置，但冥王星公转轨道未变。自转星体一般会呈现这一迁移：质量过多的区域被挪到赤道附近而非两极，这造成了“真极移”(polar wander)。

不过斯普坦尼克平原仅几公里厚，其新增质量不足以让陨坑从北纬 60° 迁移至目前的赤道地区。在美国天文学会第53届行星科学分会上，Johnson及同事揭开了这个谜，他们依据气候模型跟踪冰层的时间演化，从而给出了合理的冰盖起源。

Johnson给出的是一种向盆地填冰的机制。在她的气候模型中，冰沉积率是纬度的函数。在最冷的纬度区，冰从大气中自然凝结，但在其他纬度可能永远不会。然而，“冷暖”纬度区却是随时间而改变的。因受太阳系中其他天体的扰动，冥王星公转轨道倾角以270万年为周期变化，振荡幅度为 25° 。这一变化显著影响冥王星的地表日照，从而调节盆地填冰的效率。

Johnson的模型先将冥王

星看作一个“雪球”：大气中均匀分布着 N_2 ，并根据气候、轨道倾角和日照的变化而凝结。在表面某一点添置盆地以模拟撞击坑。通过迭代计算确定盆地的质量累积、盆地形状和周围的形变，以及因质量重新分布而导致冥王星的真极移。每经过一个时间步长，盆地和新生冰盖都会移动到不同的纬度。

通过对比若干盆地的可能轨迹，Johnson等给出了斯普坦尼克平原的起源，认为位于北纬 35° 到 50° 之间的初始盆地会向南漂移，直到当前位置。冥王星轨道倾角合适时填冰才会开始，仅一千万年即可形成冰盖。

Johnson说：“斯普坦尼克平原形成很快，可能在冥王星早期很快形成，被看作是冥王星表面的一个永久特征。”一旦盆地填满冰，轨道倾角的周期性改变将推动着升华、凝结循环至今。合作组预测，冰层厚度每270万年升降10 m，使得冰盖的位置定期移动几公里。

加州大学圣克鲁兹分校的行星科学家Francis Nimmo评论说，该模型描述了一个先前没有注意到的反馈过程，“Johnson的结果表明很快发生了真极移”。他指出，冥王星绝大多数 N_2 冰聚集于盆地中。在冥王星的早期，氮很可能是气态的，“在斯普坦尼克平原形成之前，冥王星的大气层会更厚。这挺有趣！”