

杨军、胡永云等在行星气候演化和宜居性研究中取得重要成果

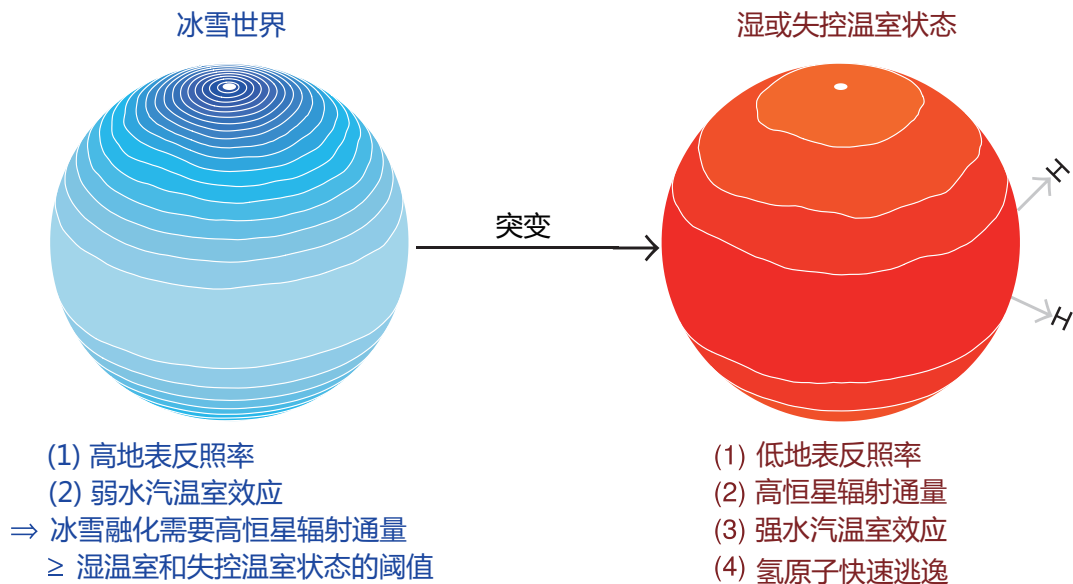
物理学院大气与海洋科学系杨军和胡永云教授及其合作者在行星气候演化和宜居性研究中取得重要成果，其论文“*Abrupt Climate Transition of Icy Worlds from Snowball to Moist or Runaway Greenhouse*”发表于 *Nature Geoscience* (《自然-地球科学》)。

生命存在的首要条件是液态水。一颗行星是否适宜生命生存取决于其表面温度能否维持液态水。以太阳系为例，金星太热（其表面温度超过 500°C ）、火星太冷（表面温度低于 -60°C ），均不适宜生命存在；只有地球表面有液态水存在，因此是地球是宜居的。位于火星位置以外的固态星体（如冥王星、木星的卫星 Europa 和土星的卫星 Enceladus）其成分主要以水为主，但因温度太低，水分均以冰的形式存在。

根据恒星演化理论，一颗恒星在其演化过程中，因其内部核聚变反应愈来愈强，其向外的辐射能量愈来愈强。过去，学者们通常认为，随着恒星辐射的增强，原来的冰行星或卫星最终会融化而形成液态水，从而适宜生命存在。但是，杨军和胡永云等根据理论研究和大量的数值模拟提出：这些冰行星或卫星很可能在将来是非宜居的。他们的结果表明，随着恒星辐射增强，这类冰行星或卫星将直接进入极端炎热的温室逃逸状态，也就是说，它们的表面温度将升高到 100°C 以上，液态水因而无法存在，生命也将无法存在。

随着恒星辐射增强，冰行星或卫星的气候状态之所以发生突变，而不是平缓过渡到温和的宜居状态，是因为其表面反射恒星辐射能力的急剧降低和大气温室效应的急剧增强造成的。冰雪能够把 60% 以上的恒星辐射反射回太空，而液态水仅反射不足 10% 的恒星辐射。一旦冰雪融化，行星地表反射能力的突然降低使得其吸收恒星辐射的能力大大增强，从而导致地表温度急剧升高。除此之外，冰雪融化后，大量的水汽进入大气，水汽的强温室效应也将使地表温度进一步升高。在水汽正反馈效应的作用下，液态水将完全蒸发进入大气并被光解、最终逃逸到太空。该项研究从根本上改变了科学家关于冰行星和卫星气候演化及其宜居性的认知。

加州理工学院著名行星科学家 Andrew Ingersoll 教授应 Nature Geoscience 邀请为本论文写了评论。他指出，杨军和胡永云等的结果表明“冰行星变为宜居星球并不是冰融化为水那么简单，冰行星或卫星的气候演化将跳过宜居状态，而直接从极端寒冷变为极端炎热的气候态”（链接：<https://www.nature.com/ngeo/journal/vaop/ncurrent/pdf/ngeo2996.pdf>）。Nature 对本文做了亮点报导，指出“北京大学杨军和胡永云的团队发现，融化冰行星所需要的恒星辐射是如此之强，以至于冰行星跳过温和的、适宜生命存在的气候态，而直接进入足以让水沸腾和完全蒸发的气候态”。



By 杨军and 赵园红

图 1: 从冰雪世界突变到极端炎热的温室逃逸气候。

论文第一作者是杨军研究员，杨军和胡永云教授为共同通讯作者，论文合作者包括芝加哥大学丁峰博士、康奈尔大学 R. M. Ramirez 博士、多伦多大学 W. R. Peltier 教授和北京大学刘永岗研究员。该项目是在国家自然科学基金项目的资助下完成的。

论文链接：<https://www.nature.com/ngeo/journal/vaop/ncurrent/full/ngeo2994.html>