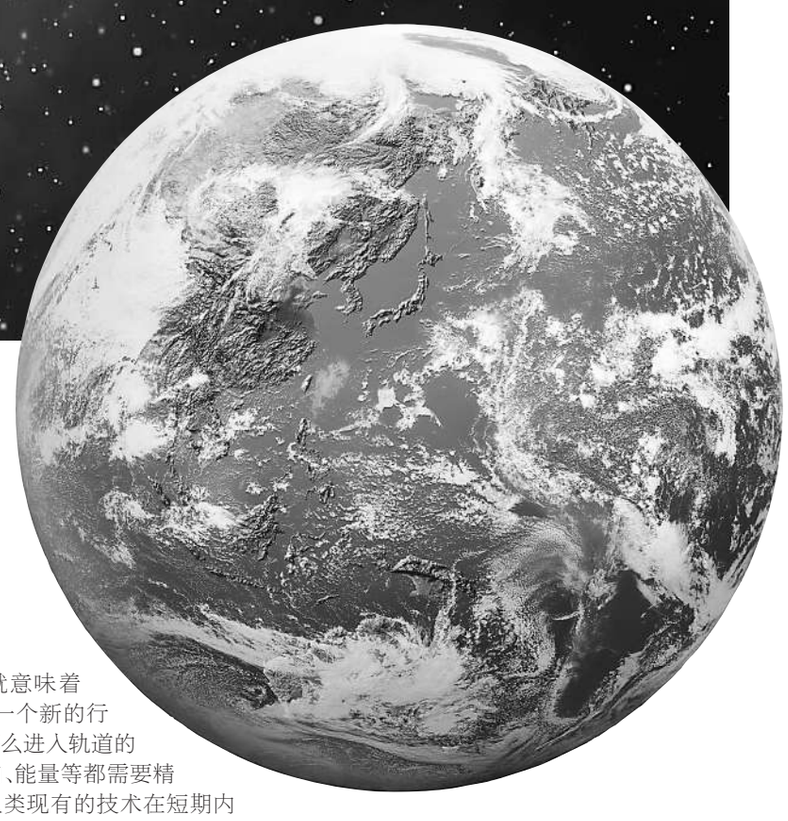
地球本身不是一块坚硬的石头，地壳下40—70公里处是熔岩，有点类似于鸡蛋的结构。如果想驱动1万多座发动机，仅耗时百年来推动地球“行走”，发动机对地球产生的压力，是地球承担不起的，会把“鸡蛋”的壳击碎。而如果发动机缓慢加速逐渐达到最大功率，那地球“流浪”的时间将更长，甚至要成千上万年的时间。在“流浪”期间，地球会发生什么、遭遇什么，人类文明又将经历什么，都很难预料。



《流浪地球2》没说的都在这里了

◎本报记者 金 凤

如果太阳危机近在眼前，人类该如何生存下去？地球作为目前银河系中已知的唯一存在生命的星球，时刻接受着太阳的“烤问”。

在五六十亿年后，太阳即将迎来其生命的“终点”，这种“烤问”就会变得无比致命。

最近大火的电影《流浪地球2》，便是在这种末日即将降临的背景下展开的。影片中，人类试图借助万座巨大的行星发动机、洞悉一切的量子计算机、高耸入云的太空电梯求得一线生机。

那么，在现实中，太阳最终会对地球造成致命一击吗？地球会随着太阳一起衰亡吗？行星发动机是否真的能推动地球去“流浪”？为此，科技日报记者采访了《流浪地球2》的多位科学顾问、专家学者，一起解读有关“流浪地球”的硬核科学。

若太阳走向终结，地球能否幸免于难？

太阳危机初现，人类携手迎难而上……《流浪地球2》展现的未来图景，残酷却又激荡人心。

太阳这个距离地球约1.5亿公里的巨大“火球”，是太阳系中最大的天体。大约在46亿年前，太阳在距离银河系中心约2.6万光年处，由星云在自身引力作用下坍塌凝聚而成。

目前，太阳正处于壮年期，在天文上被称为主序星阶段，这个阶段大约会持续100亿年。它为地球带来了光明与能量，是生命起源必不可少的因素。但太阳黑子、耀斑和日冕物质抛射等也时常对人类生产生活造成破坏。

然而，太阳最终会老去，《流浪地球2》的缘起，便是太阳的急速膨胀老化。

在银河系里，90%以上的恒星最终都会演化成白矮星。在它们的演化末期，会吞噬其附近轨道的行星。作为一颗“普普通通”的恒星，太阳的归宿也是白矮星。这是否意味着，太阳周围包括地球在内的行星注定也将被吞噬？

“如果行星距离恒星的位置比较近，则被恒星吞噬的可能性很大。”《流浪地球2》科学顾问、中国科学院国家天文台研究员苟利军告诉科技日报记者。

不过，“被吞噬”并非行星唯一的归宿。太阳最后会经历一次行星状星云的爆发，变为一颗白矮星。在白矮星的周围，原有的行星也是有可能存在的。

随着人类观测手段的提高，天文学家也的确在白矮星周围发现了一些围绕白矮星运行的行星。

2020年9月16日，国际权威学术期刊《自然》刊文称，美国科学家团队首次公布了一颗木星大小的行星围绕白矮星旋转的证据。此外，2022年2月，英国天文学家发现，距地球117光年的一颗编号为WD1054−226的白矮星附近的“宜居”地带，也可能存在着一颗行星。

地球是否可以逃离，躲避“太阳危机”？

2078年，地球将遭遇太阳“氦闪”危机，是电影中人类决定“流浪”的关键。

氦闪是太阳演化的关键环节，也是地球接受太阳“烤问”的生死时刻。

“太阳之所以会发光，是因为太阳核心正在发生核反应，那里的氢通过聚变合成氦，这个过程会逐渐消耗氢，继而导致太阳核心的坍缩。同时，太阳核心之外的包层在高压强下发生膨胀。”南京大学天文与空间科学学院教授陈鹏飞告诉记者，“当以氦为主要成分的太阳核心逐渐收缩时，其温度也越来越高。当温度达到约1亿摄氏度时，氦会被点燃，大量的氦在几分钟内完成聚变反应，释放的能量很巨大，发出的光会猛然增加约50倍，这个过程就是氦闪。”

再过50多亿年，太阳演变为红巨星后，其表面温度可能会从现在的5700多摄氏度降为约3000摄氏度，届时太阳核心的氢将消耗殆尽。《流浪地球2》科学顾问、中国科学院物理所研究员梁文杰说：“氦闪通常会发生在红巨星演化末期。红巨星阶段，太阳已经膨胀到地球轨道，而且表面温度达到约3000摄氏度，而地球岩石的熔化温度在2000摄氏度以下。因此，无论是红巨星阶段的温度变化，还是突然爆发的氦闪，都会让地球熔化。”

如果50多亿年后，地球生存危机在所难免，那么是否可以在太阳的“膨胀期”提前避其锋芒，改变轨道另寻去处，待氦闪等危机解除后，再重返原来的地球轨道？

梁文杰认为，即使太阳危机解除后重返原来的地球轨道，对于地球来说，可能意义也不大了，“因为那时的太阳已经进入衰老期，它提供的热量应该无法维持地球生命的生存了。太阳系中的木星、土星、天王星、海王星，由于距离太阳较远，均为冰冻星球，星球温度在零下一二百摄氏度。届时地球如果还想回到太阳周围获取能量，就要不断修正轨道，逼近太阳，但最终太阳这个‘大火球’还是会‘熄灭’的。”

“就算暂时‘离家出走’再重返家园是可行的。可地球需要先加速离开原有轨道后再减速，速度调节的过程会很漫长，而且这会消耗地球上巨大的能量，工程浩大。更何况，重返地球目前的轨道、逼近太阳的过程，也存在风险。”梁文杰说。

而如果放弃太阳，寻找其他恒星，也将面临更大挑战。苟利军认为，假如地球另择宇宙“栖息地”，选择新的恒星环绕运行，就意味着要“适应”一个新的行星轨道，那么进入轨道的速度、方向、能量等都需要精准测算，人类现有的技术在短期内难以实现行星级天体的入轨。

核聚变会是更好的“流浪”方案吗？

影片中，人类试图通过移山计划、方舟计划、逐月计划、数字生命计划在末日来临时寻找生机。最终，上万座巨大的行星发动机，成为推动地球开启“流浪之旅”的希望。

梁文杰为影片中的行星发动机、月球发动机、逐月计划的物理效应以及月亮爆炸方式等内容提供过建议，他表示：“从艺术上来说，影片中的地球‘流浪’方式是一个伟大的想象，但从目前的科学水平来说还很难实现。”

梁文杰解释：“地球本身不是一块坚硬的石头，地壳下40—70公里处是熔岩，有点类似于鸡蛋的结构。如果想驱动1万多座发动机，仅耗时百年来推动地球‘行走’，发动机对地球产生的压力，是地球承担不起的，会把‘鸡蛋’的壳击碎。而如果发动机缓慢加速逐渐达到最大功率，那地球‘流浪’的时间将更长，甚至要成千上万年的时间。在‘流浪’期间，地球会发生什么、遭遇什么，人类文明又将经历什么，都很难预料。”

“但如果考虑能源供给方式，受控核聚变很值得期待，虽然现在还面临很大的技术挑战。”梁文杰介绍，核聚变是在高温情况下，让两个原子核相互碰撞，最终结合，生成一个新的原子核，其间能释放巨大的能量。这其中的关键是要将核聚变产生的能量长期、持续地向外稳定输出，要实现这一点目前还需要攻克很多技术难题。

不过，即便氢的核聚变最终能够实现，可以为人类提供大量能源，但核聚变所需要的重要原料氘、氚，在地球海水中的丰度较低，核聚变原料氦−3的储量也异常稀少。因此，以目前人类拥有的资源总量来看，核聚变的能量还是不足以推动地球离开太阳系。

那么，是否可以像《流浪地球2》中那样“烧石头”，通过重核聚变获取能量呢？梁文杰表示，重核聚变指的是采用硅、氧等比较重的元素作为聚变原料获得核能。相较于以氘、氚、氦−3为原料的轻核聚变，重核聚变获得聚变能的效率很低。虽然硅和氧元素在地壳中的比例较大，但为了克服重元素原子核之间巨大的静电斥力，使它们产生核聚变反应，需要更高的温度和更强的压力，反应温度甚至需达几十亿摄氏度，这极大地挑战着目前人类的科技能力。

延伸阅读

宇宙中是否有流浪行星？

如果有一天，地球不得不踏上“流浪”之旅，是否能在茫茫宇宙中遇到“同病相怜”的天体？

《流浪地球2》科学顾问、中国科学院国家天文台研究员苟利军介绍，在宇宙中，有一类不环绕任何恒星公转的行星，即流浪行星。目前，人类已经探测到约100颗流浪行星，体积较大的约为木星的十几倍，较小的则接近地球。

“根据现在的了解，流浪行星产生的方式可能有两种：一种是它们本身形成的时候就只有行星本身。而另外一种可能性，就是该行星是从恒星系统当中被‘抛射’出来的。”苟利军举例，如果一颗较大的恒星在太阳系附近，就有可能在引力的作用下，使太阳系最外侧的行星偏离原有轨道，并最终脱离太阳系。

《流浪地球2》科学顾问、中国科学院物理所研究员梁文杰则提供了另一种假设：大的恒星在演化末期会经历一次剧烈爆炸，即超新星爆发，并抛射出大量的星际物质。“恒星附近的行星就可能在此时被抛出原有的轨道，变成一颗颗流浪行星。”

近年来，随着观测技术的提高，流浪行星不断被人类发现。2018年8月，美国科学家证实，一颗质量约为木星12倍的行星在距离地球约20光年的地方独自流浪，并不依附于任何恒星，是使用射电望远镜发现的首颗流浪行星。

2020年，美国和波兰天文学家在《天体物理学杂志快报》撰文指出，他们借助微引力透镜，可能发现了迄今已知最小的流浪行星，其“体重”约为地球的10%。

“流浪行星不发光，所以很难被探测到，它们被发现往往缘于一个偶发事件，所以被探测器关注的时间非常短暂，这也导致了目前人们对流浪行星的研究十分有限。”苟利军表示，根据目前人类的技术水平，尚无法判断流浪行星上是否有生命。

梁文杰分析，生命的存在除了需要构成生命体的元素，例如氨基酸、碳、氢等物质，还需要适宜的温度。“宇宙的演化有时会将一些有机物抛射到星体上，而有机物存活，需要适宜的温度。流浪行星不发热，也没有恒星为其提供热量，所以会不断降温，直至降低到宇宙最低温度，这样的低温是很难孕育生命的。”梁文杰说。

新发现挑战“恒星初始质量分布规律不变”理论

◎本报记者 陆成宽

近日，《自然》在线发表了一项关于恒星初始质量分布规律的重要进展。基于郭守敬望远镜（LAMOST）的超大样本光谱数据和欧洲空间局盖亚（Gaia）卫星数据，我国天文学家发现，随着恒星金属元素含量和年龄发生变化，恒星初始质量分布规律也会发生显著变化。

“这一发现挑战了恒星初始质量分布规律不变的经典理论，刷新了人类对这一基本概念的认知，将对天体物理多个领域的研究产生深远影响。”论文通讯作者、中国科学院国家天文台研究员刘超表示。

在广袤的宇宙中，每时每刻都有新的恒星诞生。同一个恒星形成区会产生许多不同质量的新恒星。天文学家用恒星初始质量分布规律，来描述一群恒星在刚刚诞生时，不同质量的恒星所占的比例。

“恒星初始质量分布规律也被称为恒星初始质量函数，在整个天体物理研究中，恒星初始质量函数是一个非常基础的物理概念，对许多关键天体物理学问题的研究都起到了至关重要的作用。”论文第一作者、中国科学院国家天文台博士研究生李佳东解释道。

半个多世纪以来，天文学家通常认为恒星初始质量函数在宇宙各处及各个演化阶段是普适不变的。普适的恒星初始质量函数作为基本假设，被广泛应用于天体物理学研究的各个领域，几乎成为天体物理教科书中的“经典假设”。但是，近年来通过各种新的观测，天文学家发现恒星初始质量函数很有可能是会变化的。

利用LAMOST大样本光谱数据，研究人员筛选出了9万多颗太阳系附近的恒星样本，并获取了每颗恒星的金属元素含量和质量；同时，结合Gaia卫星的观测数据，研究人员首次通过“数星星”的方法，对具有不同金属元素含量和年龄的恒星进行了统计分析。

研究团队发现，年轻的小质量恒星数量比例明显高于年老的恒星；金属含量越高的恒星家族中，小质量恒星数量比例也越多。

“这就意味着恒星初始质量分布规律随着恒星金属元素含量和年龄发生了显著变化。”刘超解释，这一发现直接导致恒星初始质量分布规律在宇宙中普适不变的基本假设不再成立，终结了一直以来天文界关于恒星初始质量分布规律是否变化的争议。

这一突破性成果将对天体物理学多个领域的研究产生影响，一系列天体物理学前沿问题的研究，都将因恒星初始质量函数的变化而受到挑战。

“这就像一把会随着环境变化的‘尺子’，我们不能再用这一把‘尺子’丈量整个宇宙。若想研究宇宙中的不同区域，天文学家需要更换合适的‘尺子’才能得到正确的测量结果。”刘超形象地说。

“月宫”过“一天”，“地上”过一月！

新华社讯（记者**王珏玢 邱冰清**）一直以来，人们对月亮有无尽的好奇与向往。宋代苏轼曾写下“不知天上宫阙，今夕是何年……”追问月亮上的时间。那么，月亮上也有白天和黑夜的变化吗？月亮上的“一天”是多久呢？天文科普专家为您揭秘。

中国科学院紫金山天文台科普主管王科超介绍，地球上之所以有昼夜交替，主要是因为地球在不停地自转，同一个地点有时候照得到太阳，有时候照不到。天文学上，描述地球昼夜周期有一个专门的概念：太阳日。太阳连续两次经过同一子午线的时间间隔即为一个太阳日，平均为24小时。

与地球类似，月球也在不停地自转，也会产生昼夜交替现象。月球自转周期大约是27天，考虑到公转等影响，月球昼夜更替的时间比27天略长。如果类似太阳日，将月球上太阳连续两次经过同一子午线的时间间隔定义为“一天”，其平均长度是29.53天，也就是地球上一个朔望月的长度。

“月上‘一天’地上一月并不是巧合。事实上，朔望月和月球‘一天’反映出的，都是月面受到阳光照射的变化周期。只不过这一周期，在地球上看来是月相盈亏之变，而在月球上，则是长达半月的白天和长达半月的黑夜。”王科超说。

我国神话故事中常将月亮称为“广寒宫”，这一点并不为过。王科超说，月球的昼夜温差可达到300多摄氏度。白天，月球被太阳直射的地方可能高达120摄氏度；夜晚，月球表面温度可能降至零下180摄氏度。“这对‘玉兔二号’月球车和嫦娥四号着陆器来说是极大的考验，也因此它们有月昼工作和月夜休眠两种模式。”

月球还是观星的好地方。由于没有大气层，月球上无论何时都能清楚地看到星星，且星星不会“眨眼”。“玉兔二号”月球车曾在社交媒体上告诉网友“我看了超多的星星”。

本版图片由视觉中国提供