



经历了漫长的时光后,太阳终于走到了生命的尽头。它的光芒开始增强,它的体积开始膨胀,表面逐渐接近原本距离太阳表面1亿5千万公里的地球轨道,并将它吞没。这恐怖的场景并非杞人忧天的妄想,也不是科幻小说为了故事情节而编造的桥段,而是根据我们所认识的物理规律和观测到的漫天星辰所得到的严谨的科学结论。在未来某天,这件事确定会发生。

那么,我们是不是该准备跑路,准备“流浪地球”了?不,请先等等。现在就流浪,未免有点早。这件事,咱们还得从头说起。



你看这地球,多美啊!

《流浪地球》中的科学: 太阳何时吞并地球? 科学家们已经给出时间表

太阳的终结 与地球的流浪

如同人有生老病死一样,上文所说的这种平衡并不能天长地久,总有终结的一天。与人从衰老走向死亡的过程所不同的是,太阳生命终结的过程是丰富的、绚烂的、激烈的,在经历一系列膨胀、爆炸与脉动后,最终归于沉寂。

而在这一切开始之前,人类就得想办法赶紧开始上路,成为流浪地球了。因为太阳这个天空中的大炉子,随着时间的增长会越来越旺。当煤炉中的煤燃尽时,我们会想办法将灰渣请出再加入新煤保持炉火继续燃烧。然而,对于太阳这样的恒星,没有外部的力量为它完成这个过程。核反应消耗氢、形成氦,而产生的氦就堆积在恒星内部。由于氦的分子数要大于氢,因此恒星内部的密度将会随着恒星年龄的增加而增大,内部核反应的速率也会逐渐增加。研究计算表明,目前太阳的核反应速率大概比太阳刚成为主序恒星时大30%,而在55亿年后(这个数字具体多大不同学者可能会有不同的结论,但总体上都是几十亿年的数量级),不断加快的太阳核反应速率使得当时太阳辐射出的能量约已经是现在的2倍。在如此剧烈的辐射照耀下,地球表面的温度将超过3百多摄氏度,海洋和湖泊中的液态水早已被汽化。我们现在的认识(谁也说不好几十亿年中人这种生物将会发生怎样的进化),在这种环境下包括人类在内的生物体都是无法生存的。除非当时的人们研发出了能够遮挡太阳剧烈辐射的装置,否则就不得不踏上流浪之旅了。此时,虽然地球已经成为一个无法为人类生存的世界,但此时的太阳仍旧处于主序恒星状态。

1. 红巨星

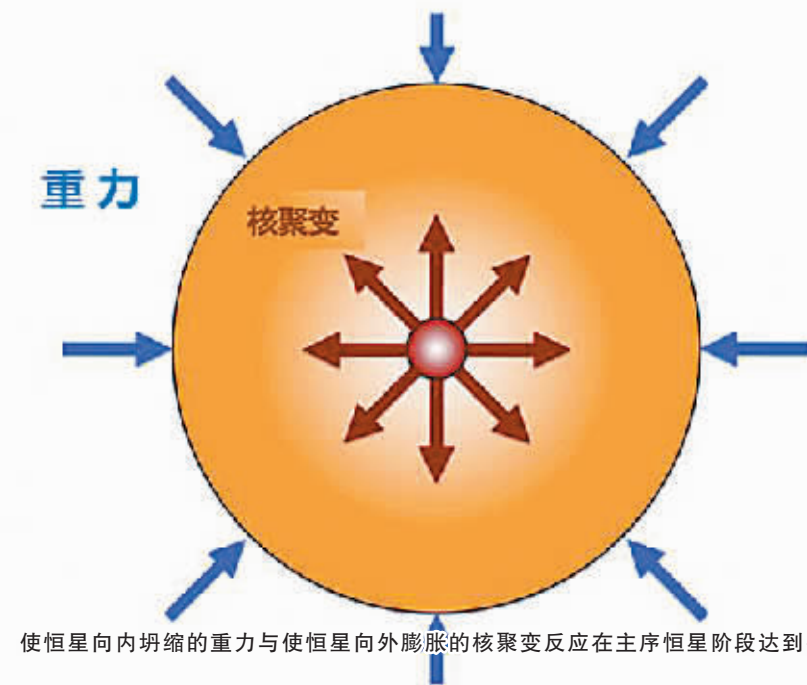
而再往后,太阳中心区的氢燃烧殆尽,停止了氢聚变成氦的热核反应,变成了一个氦核。由于没有的核反应对抗重力,恒星中心附近的物质开始向核心挤压,不断增高核心的温度。距离核心较远的一些残存的氢在核心释放的高温作用下被点燃,驱动的太阳的外层不断向外膨胀,(紧转23版)

太阳产生能量的方式

1945年,美国相继向日本投下了两颗原子弹,彻底驯服了法西斯野兽。美国白宫在事后发表的声明中义正辞严的说,原子弹将“太阳释放能量的力量降临到把战争带给远东的人”。

从感情上讲,这句话给终结二次世界大战的这次轰炸增添了几分替天行道的意味,再合适不过了。但从科学上讲,这句话存在些许的偏差。和广岛长崎的原子弹一样,太阳释放能量依靠的也是核反应。然而,原子弹使用的是重元素的核裂变,既一个分子量较高的元素通过链式反应,裂变成分子量较小的元素。说简单一些,就是一个大原子核裂变成几个小原子核。而太阳则走了一条方向相反的技术路线。太阳使用核聚变,将分子量为1的氢原子核(实质上就是一个质子),经过3步中间过程,聚变成分子量为4的氦原子核。无论是核裂变的大核变小核,还是核聚变的小核变大核,物质在核反应后的总质量均小于核反应之前,而损失的质量则转化成了原子弹爆炸或者太阳发光发热的能量,其基本原理可以用我们耳熟能详的爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 来描述。

前不久,我们沉痛的送别了我国氢弹事业的开创者于敏院士。氢弹利用了和太阳相同的核聚变原理,能够产生更大的爆炸威力。氢弹一旦投放出去,就会在短时间内将自己的能量全部释放出来,是一种不可控的核聚变装置。为了利用这种效率极高又清洁无污染的能量产生方式服务我们的生产与生活,科学家们一直致力于可控核聚变装置的研究,使核聚变一段时间内持续稳定的向外输出能量。例如,托卡马克是一种比较有前景的可控核聚变装置,它的外形像一个放倒的轮胎,利用磁场束缚住注入其中的带电粒子,使他们能够按照人们的控制进行核聚变反应。遗憾的是,虽然各个国家都已经投入的大量的资源,也建立了ITER等国际合作计划,但托卡马克目前仍然处在原理试验阶段,其中核反应所释放的能量能够将核反应本身维持一百多秒已属不易,并不能够额外输出能量,距离实用化尚有



使恒星向内坍塌的重力与使恒星向外膨胀的核聚变反应在主序恒星阶段达到平衡。

很长一段距离。

而太阳,则已经稳定的进行了约46亿年的可控核反应,持续不断的用光和热哺育整个太阳系。

那么,控制太阳不变成一颗氢弹力量来自于哪呢?

它们之间的平衡, 使太阳没有成为一颗氢弹

其实,这种力量就是我们最熟悉的重力,让牛顿的苹果落到地面的重力。

从感觉上,司空见惯的重力似乎很难和毁灭天地的核反应相匹敌。但量变会引起质变,聚合成质量相当于33万个地球的太阳的物质所产生的重力,已经足以控制住核反应。事实上,可以说是重力与核反应之间的相互作用主宰了太阳的生命印记。

太阳这样的恒星形成于原始星云,

在自身重力的作用下,组成原始星云的物质不断向一起聚集收缩,密度和压强不断增大。人类制造的核聚变装置中,无论是不可控的氢弹还是可控的托卡马克,像启动汽车发动机一样使核聚变开始,是一件相当困难的事情。进行核聚变的带正电荷的原子核间存在静电斥力,这种斥力像一座大山一样,横亘在核聚变发生的道路上。要触发核聚变,就必须先有足够的能量克服静电斥力,翻过这座大山,让发生聚变的原子核足够接近。在引爆氢弹时,触发核聚变发生,靠的是先行引爆的一颗小型核裂变原子弹所产生的温度和压强。对于托卡马克,这种“大力出奇迹”的点燃手段显然不适用,则需要采取欧姆加热和其他辅助加热手段共用的方式来让核聚变开始。

在太阳这样的恒星形成时,点燃核聚变靠的仅仅是重力的挤压。由于物质本身的压强产生的向外膨胀的力,不足