

地球流浪之谜

开学啦！同学们假期过得如何，有没有收获一些新的科学知识呢？说到科学，小米姐姐不得不提一部近期很火热的电影，相信不少同学都看了，没错，就是以“硬科幻”而收获大量好评的《流浪地球》。小米姐姐在微博上看到不少小学生的观影感受，有人说：爸爸常年不在家，我想他！有人说：很炫酷，我长大了也想当一名宇航员。还有喜欢动手的同学，在看完电影后，连夜自制了一个小救援机器人。那么在现实中，“流浪地球”真的可能发生吗？明知靠近木星有危险，为什么地球还要走这条路？来吧，一起探索科学的奥秘。

1. 为什么要去木星

影片的故事背景是这样的：太阳急速老化，不断膨胀，太阳系已经不适合人类生存，于是人类为自己选了一个新的家园——比邻星（半人马座三星）。

地球是个庞然大物，半径6371公里，重达59万亿亿吨。人类在地球上建造了上万座行星发动机，足以在5年左右将地球推进到逃逸速度（脱离太阳引力的最低速度）。

但这个速度还远远不够。比邻星距离地球4.3光年，如果按照逃逸速度航行，需要7.7万年才能抵达，这实在是太漫长了！

即使行星发动机继续加速，达到光速的百分之一仍然不可行。于是人类想到了借助木星的“引力弹弓”，令地球零消耗改变方向、提升速度，最后到达比邻星。

那为什么行星发动机不能加速到百分之一光速呢？这是因为行星发动机的能量来自“重元素聚变”。

比邻星同太阳一样，都是恒星，但质量只有太阳的八分之一

2. 重元素聚变

所谓重元素聚变并不是什么稀奇玩意儿。在宇宙深处有不少恒星“巨无霸”，内部就在进行着重元素聚变。

在电影中，建造在地球上的上万台行星发动机，单个发动机通过重元素聚变能够产生150万吨的推力。行星发动机的燃料是石头，这不是说把石头烧成石灰，而是石头中的重元素发生聚变，从而释放出巨大的能量，推动地球飞出太阳系。

重元素聚变的质能转换效率是相当低的。最乐观估计，地球要达到逃逸速度，也必须烧掉7亿亿吨石头，这相当于把全球的地面挖掉40米作为燃料；要达到光速的百分之一，则必须削去地壳的一半。

如果无法靠自己的力量推动地球，那就借助精巧的轨道计算，利用天文尺度的力量——万有引力。于是人类将目光投向木星，这就是电影前半段上演的。

3. 引力弹弓

航天中存在引力弹弓现象，利用它，可以令航天器零消耗地改变方向、提升速度，送达目标轨道。引力弹弓一般发生在一对重量相差悬殊的天体之间。这里我们用木星（红色球）和地球（蓝色球）举个例子，如图a和图b所示。地球以速度V靠近木星，而木星在轨道上以速度U运行。

图a引力弹弓的示意图

足够靠近后，地球被木星引力抓住，牵引，优雅地转体半周，然后像掷铁饼那样甩出去。

感谢木星甘当人梯的奉献精神，地球获得了木星的轨道速度U，叠加上原有的速度V，速度增加到了U+V。地球的速度和能量都增加了，却没有消耗任何燃料，就奔着新家园去了。但如果变轨时离一颗巨行星太近的话，这趟“观光旅行”可就不怎么愉快了。

当地球靠近木星时，人类突然遭遇了巨大危机：数千台行星发动机发生故障，熄火了，全球地震，火山爆发，岩浆吞没了地下城……

为什么几千台发动机会同时熄火呢？为什么地震、火山都赶在这个时候来凑热闹呢？这一切灾难的根源是“洛希极限”，简单说就是地球离木星太近了。

4. 洛希极限

洛希极限 (Roche limit) 是天文学中的一个特殊的距离。当两个天体的距离少于洛希极限时，它们就倾向于被“潮汐力”撕碎。

计算表明，地球和木星的距离如果低于103万公里，那么大气就会在潮汐力的作用下脱离地球；如果距离低于7.44万公里，那整个地球都会被撕碎。潮汐力有多可怕，我们拿一个茶壶和茶杯举例子：

图c 用来演示潮汐力的茶杯

我们在杯壁顶部倒一些水，让它在重力作用下向着杯底滑落。越靠近杯底，水滴会越来越拉越长，最后被拉扯到了撕裂的极限。这个极限就可以被认为是这个茶杯对水滴的“洛希极限”。

木星的引力场，实际上就是这样一个“茶杯”。地球尺寸很大，当它靠近木星时，离木星较近一侧受到的引力，将比较远一侧大得多，因此会像水滴一样被逐渐撕裂。在电影中，地球已经到达了地木“流体洛希极限”（地木距离103万公里）。在此处，液体和气体不再能被地球引力束缚，而倾向于逃逸；而岩石还勉强能凭借自身的硬度坚持一会儿。再靠近木星一点，地球将进入地木“刚体洛希极限”（地木距离7.44万公里）。在此处，就连坚硬的岩石都会被引力差撕碎，地球将彻底解体。

哇！可以想象《流浪地球》中，人类面临的是怎样的绝望了。太靠近木星不行，那样会被潮汐力撕碎；太远离木星也不行，那样无法借助引力弹弓变轨……

（文图选自科普中国）