摘要：本文立足于《流浪地球》电影, 通过自然科学的视角, 对《流浪地球》的相关情节进行简单解释, 加深观众对电影的理解, 感受科学的魅力, 对未来世界充满期盼。我想这种热情很大程度上源于人们对外太空探索的渴望以及电影自身精致的特效。但电影里面的部分情节需要以一些科学原理作为基础才能理解。因此, 我希望以下的探讨能进一步加深观众对科学的认知和对电影情节的理解。

1合理性

1. 借助木星运用“引力弹弓”

引力弹弓（Gravity Assist），引力弹弓就是利用行星的重力场来给太空探测船加速，将它甩向下一个目标，也就是把行星当作“引力助推器”。利用引力弹弓使我们能探测冥王星以内的所有行星。在航天动力学和宇宙空间动力学中，所谓的引力助推（也被称为引力弹弓效应或绕行星变轨）是利用行星或其他天体的相对运动和引力改变飞行器的轨道和速度，以此来节省燃料、时间和计划成本。

其本质是动量守恒定律+能量守恒定律：通过双曲线轨道掠过行星，偷走行星的动量，然后扬长而去。在一般的场景中，都是飞船利用木星之类的大质量天体来大幅度加速，可是木星的质量只有地球的317.89倍，木星将会被偷走巨大的动量。

1. 太空中大型空间站的旋转能产生人造重力

空间站旋转是目前在零重力环境下最为靠谱的产生持续稳定的重力的手段。旋转实际上产生的是离心力，能够给人一种向下的加速度，在太空站中就形成为重力的感觉。

人造重力，要想在太空中产生重力，建筑物就必须对人体有支持力；由圆周运动的向心力与速度的关系式可得；Fn=m·v^2/r。根据这个原理，可以让空间站围绕一个中心旋转；在没有旋转之前，人体和空间站的内壁没有任何作用力，因为都是处于失重状态。当空间站旋转时，如果要想人不脱离空间站，内壁就必须对人体有一个支持力，这个支持力就可以充当圆周运动的向心力。此时人就会获得一定的重力，这个重力的大小取决于空间站旋转的快慢。

1. 霍曼转移轨道

霍曼转移轨道（Hohmann transfer orbit）是一种变换太空船轨道的方法，途中只需两次引擎推进，相对地节省燃料。此种轨道操纵名称来自德国物理学家瓦尔特·霍曼。

霍曼转移轨道不是最省时间的方法，但却是最省燃料的方法。而把地球轨道从圆形变成椭圆形，目的是为了获得一个冲向木星的路径和速度，以便利用木星的引力加速，最终逃出太阳系。

当然，像地球这么大的星体，仅进行一次椭圆轨道绕日是远远不够的，在原著中，地球总共进行了15次椭圆形公转，每次的椭圆形都比以前更扁一些，其目的还是为了节省燃料。

1. 氦闪

这种现象发生在0.8个到2.25个太阳质量的恒星身上。

当恒星内部氢元素燃烧殆尽，导致氦元素在恒星的核心大量积累，密度增加。在外部压力的作用下，氦元素以简并态的方式存在着。当核心内部温度达到一亿K到两亿K时，氦聚变开始了，由于简并态传导的速度很快，几秒钟之内核聚变就在整个氦核心中发生，并使恒星产生千亿倍于正常恒星的能量。然后恒星核心里的氦绝大部分在这几秒内聚变为碳元素。氦闪结束后，恒星内部引力收缩和核聚变压力重新得到了平衡，内核收缩，外壳膨胀，恒星膨胀为红巨星，变的更大。如果按目前太阳的体积和质量，红巨星阶段的太阳，体积会包住地球，边界到达火星附近。

2 不合理

2.1 洛希极限导致地球破碎

电影中提到地球要经过木星，用弹弓效应加速，结果经过木星的时候由于引力变化引发的地面灾害破坏了地面推进，导致偏离既定路线，轨道离木星太近，导致近木点离木星中心的位置超过洛希极限，地球会被撕裂。

对于洛希极限的描述可以总结成两个公式：

对于固体的卫星（比如地球，其实不严格，因为地幔以下不是严格刚体）：

对于流体的卫星（比如气态行星），因为流体在轻微形变之后会加大潮汐矩，所以流体卫星会在更远的地方破碎：

（这里的 和 分别是主行星和卫星的密度。）

木星质量是地球的大约300倍，半径是地球的11倍， 地球的密度是5.514 g/cm³ 木星的密度是1.326 g/cm³，根据以上公式，木地的固态和流体洛希极限分别是 0.78和1.5倍木星半径。

所以如果要木星的引力潮汐撕裂固态地球，地球的近木点需要在木星内部。从这个角度看，即使真的是轨道近木点过近导致地球破碎也是由于地球撞木星而不是木星对地球的引力潮汐撕裂地球。

2.2 点燃木星大气产生激波推开地球

电影中木星的氢气和地球上的氧气混合，然后化学点燃，产生激波，推开地球

首先是地球氧气损失，由于木星引力潮汐导致的气体损失会聚集在轨道附近，而不是被输运到木星上，只有少量氧气会被输运到木星。而氢气爆燃极限的氢气浓度是95%，这个场景中，地球逸散出的部分氧气被300多倍地球质量的大氢气球（木星）稀释，这之后能点燃的可能性非常值得怀疑。

即使是在合适的时机点燃了，点燃产生的激波也不容易被向上传播，因为木星是一个有磁场的行星，等离子体在磁场中会出现磁约束的现象，导致点燃产生的等离子体激波有一定可能性被约束在底层大气的磁场中。

综上，在现实情况中点燃木星大气来炸出去地球的难度还是很大的。

结论：

通过前面大量数据分析表面, 人类现在还不具备流浪地球的能力。那么人类什么时候才能实现呢？根据卡尔达舍夫等级我们可以衡量一个文明所具备的综合实力。

Ⅰ级文明:也叫母星文明, 可利用本星球所有资源, 可以完全掌控他们星球上的一切可利用资源, 以及一切事物。其毁灭的方式有小行星或彗星撞击、人工智能危机、太阳活动聚变爆发、临近超新星爆炸等。

Ⅱ级文明:也叫行星系文明。以人类为例, 如果人类达到了Ⅱ级文明, 就可充分利用太阳所发出的所有能量。若Ⅱ级文明附近出现了超新星爆发, 他们可以将他们的星系转移至远离爆发的恒星 (类似于流浪地球) 。

Ⅲ级文明:也叫恒星系文明。同样以人类为例, 如果人类达到了Ⅲ级文明, 我们就不会局限于太阳系, 而是所在的整个银河系。我们可利用星系内所有恒星的能量。这类文明目前已经超出了我们的想象。

人类目前的文明等级只有0.73。要想达到Ⅰ级文明也许还有数千年的道路要走。而根据卡尔达舍夫等级我们可以看到, 几乎要达到Ⅱ级文明, 太阳活动聚变才不能对其产生威胁, 也就是说, 只有Ⅱ级及以上的文明才有能力实现流浪地球, 而如果人类在达到Ⅱ级文明之前遭遇了太阳爆发这场灾难, 恐怕只有灭绝。虽然电影里面所设置的2075年人类无法实现流浪地球, 但在20750年, 或者是更遥远的未来, 人类在面临太阳爆发或者其他灾难时, 流浪地球这一计划可能成为现实。此外, 科幻片并不是科学纪实, 而是给我们带来更多的幻想, 让年轻人心中埋下科学的种子, 将来投身科学事业;让年长的人在余生中保持对科学的好奇心, 在日常生活中更多应用科学原理。

参考文献：

1. 《关于星际航行中“引力弹弓问题”的讨论》李宁、肖承恩《物理教学》2016-02-18
2. 《载人航天技术及其发展》 戚发轫《中国工程科学》2000-01-30
3. 《行星际航行的霍曼轨道》项仁寿《大学物理》1985-12-27
4. 《浅谈<流浪地球>的科学知识》陈柯宇《科技风》2019-05-09
5. 《天体物理概论》向守平 中国科学技术大学出版社2008.11