



# 行星发动机 建在哪

● 张海峰

刘慈欣的科幻小说《流浪地球》改编后被搬上了大银幕，随即掀起了一阵观影热潮。“小破球”给广大观众，尤其是科幻迷留下了深刻的印象：广袤无垠的宇宙中，1万多台行星发动机喷射出幽蓝的尾焰推动地球踏上流浪之旅。

原著和电影中设定的行星发动机全部集中在亚洲和美洲大陆上，推着地球向南极的方向前进，因为“只有这两个大陆完整坚实的板块结构才能承受发动机对地球的巨大推力”。就像盖房子、建铁路需要一个稳固的地基，建造一台能够给地球施加超过150亿吨推力的巨型发动机，如果没有一个坚实、稳固的地基，那发动机运行的时候，很可能会像一根针戳破鸡蛋壳一样，直接插进地壳里。想象一下，这一万台发动机“戳”进地壳里，还持续不断地输出巨大的推力，地球岂不是要被直接撕碎了！那为什么只有亚洲和美洲大陆才能承受行星发动机产生的推力呢？

## 板块构造说的演化

要回答这个问题，就不得不提板块构造说了。1912年，魏格纳发表了两篇文章，提出了大陆漂移的设想。然而，受第一次世界大战的影响，直到1914年魏格纳才有充足的时间来系统地思考和整理这个伟大的设想——当时他正在一家部队医院休养（也许这就是魏格纳躺在病床上看世界地图萌发大陆漂移说理论的由来）。漫长的康复期使魏格纳有足够的时间充分发展他的大陆漂移理论。1915年，魏格纳完成了《海陆的起源》一书。在这部专著中，魏格纳详细阐述了他的大陆漂移说，提出了泛大陆、泛大洋等概念。

为了支撑这一理论，魏格纳在书中除了展示南美和非洲大陆海岸线十分契合这样的显著特征外，还列举了许多地质学和古生物学方面的证据。其中最易于被民众接受的是在美洲和非洲大陆匹配的海岸线上发现的那些不寻常的地质结构和不可能跨越海洋的古老

生物化石，在南极洲发现的以煤炭形式存在的热带植物化石，在现代极地地区发现的不属于极地环境的蕨类化石，以及在干旱的非洲出现的冰川沉积物。

《海陆的起源》一面世，就在科学界掀起了轩然大波，同时也让魏格纳深陷争议之中——陆地古生物化石记录上的一致性使得大陆漂移说受到了古生物学者的广泛欢迎，但相当一部分地球物理学家却旗帜鲜明地反对这一学说，因为魏格纳无法解释大陆漂移的动力来源。之后，随着魏格纳的离世，大陆漂移说也逐渐沉寂，继而在学界被束之高阁。

值得庆幸的是，南非地质学家亚历山大·杜·托伊特是“大陆漂移学派”最坚定的支持者之一，他在1937年出版的《我们的流浪大陆》一书中对魏格纳的观点进行了修正补充，同时增添了许多新的证据。他认为泛大陆首先分裂成两个次级大陆，北半球的劳亚古陆和南半球的冈瓦纳古陆，随后继续分裂成今天



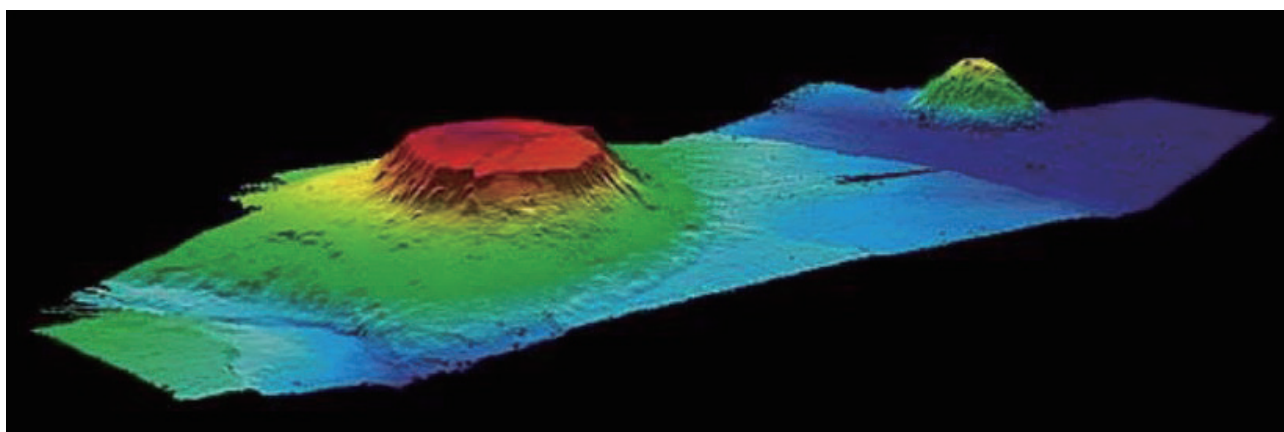
在南极大陆上发现的蕨类植物化石

存在的各种较小的大陆。这些说法此后在现代地质学研究中得到了广泛的证实和认可。

更关键的人物是英国地质学家阿瑟·霍姆斯，他从根本上解决了“大陆漂移”的动力问题。在魏格纳离世的第二年，霍姆斯正式提出“地幔对流说”，并在1945年出版的《普通地质学原理》一书中阐述了各种支持大陆漂移说的证据，包括地幔对流对大陆板块的推动作用以及大陆漂移的机制，还合理地解释了海沟的诞生、大陆边缘山脉的形成以及大洋和岛屿的出现。第二次世界大战结束以后，地热测量结果和地

震资料的相互佐证，验证了地幔对流说的科学性，全球洋中脊中央区地震频发现象以及洋中脊两侧呈对称分布的地磁条带等新发现也为科学家更好地解释大陆漂移提供了新的证据。

还有美国的哈雷·哈蒙德·赫斯，进一步完善了大陆漂移说。他是一位海洋地质学家、地球物理学家，在第二次世界大战期间加入美国海军成为一名指挥官，并带领军舰无数次航行于广袤的太平洋上。在此期间，他的军舰一直开着声呐系统测量海底的地形变化，由此发现了后来被称为“平顶山”的“无

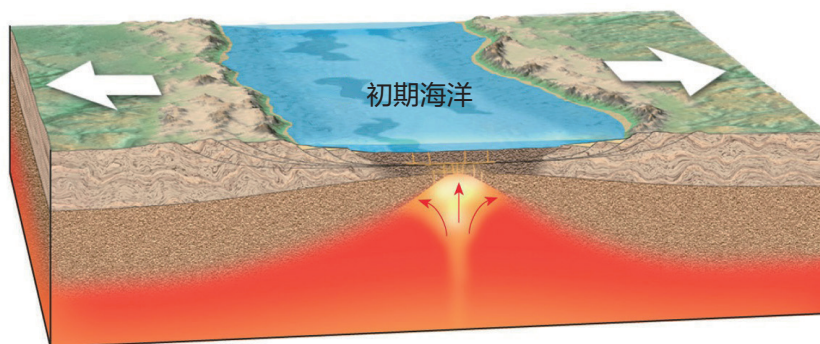


海底平顶山

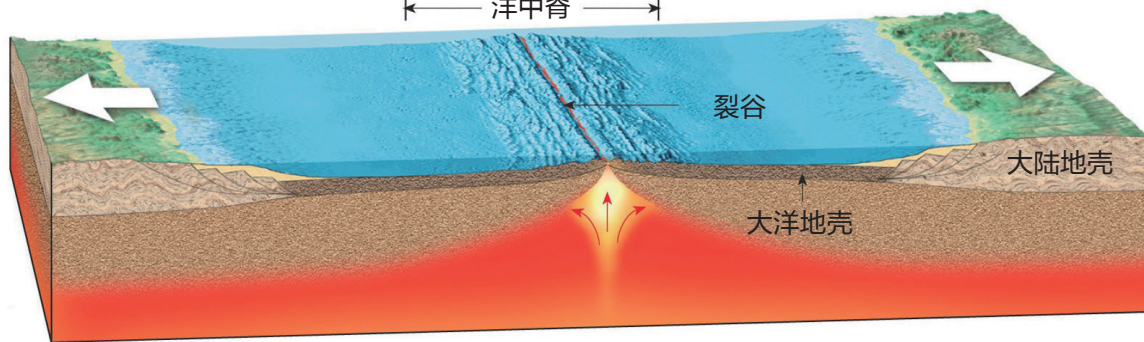
头”火山。这些火山在靠近洋中脊的地方较年轻、距海面较浅，远离洋中脊的地方较古老、距海面则较深。尽管当时没有更多更系统的资料，但赫斯在霍姆斯的“地幔对流说”基础上，创造性地用海底在扩张的假说来解释这一现象。

1962年，赫斯发表了一篇题为“海洋盆地的历史”的论文，对洋盆的形成和演化作了系统的分析与解释，并概述了“海底扩张说”的基本原理：地幔内存在热对流，高温上升的岩浆沿着大洋中

脊从地球内部涌出，遇到海水石化形成新的洋壳，进而推动之前形成的洋壳从洋中脊向外推移，到达海沟、岛弧处俯冲下沉，最终融熔于地幔，达到消长平衡，循环周期大约3亿~4亿年。



洋中脊



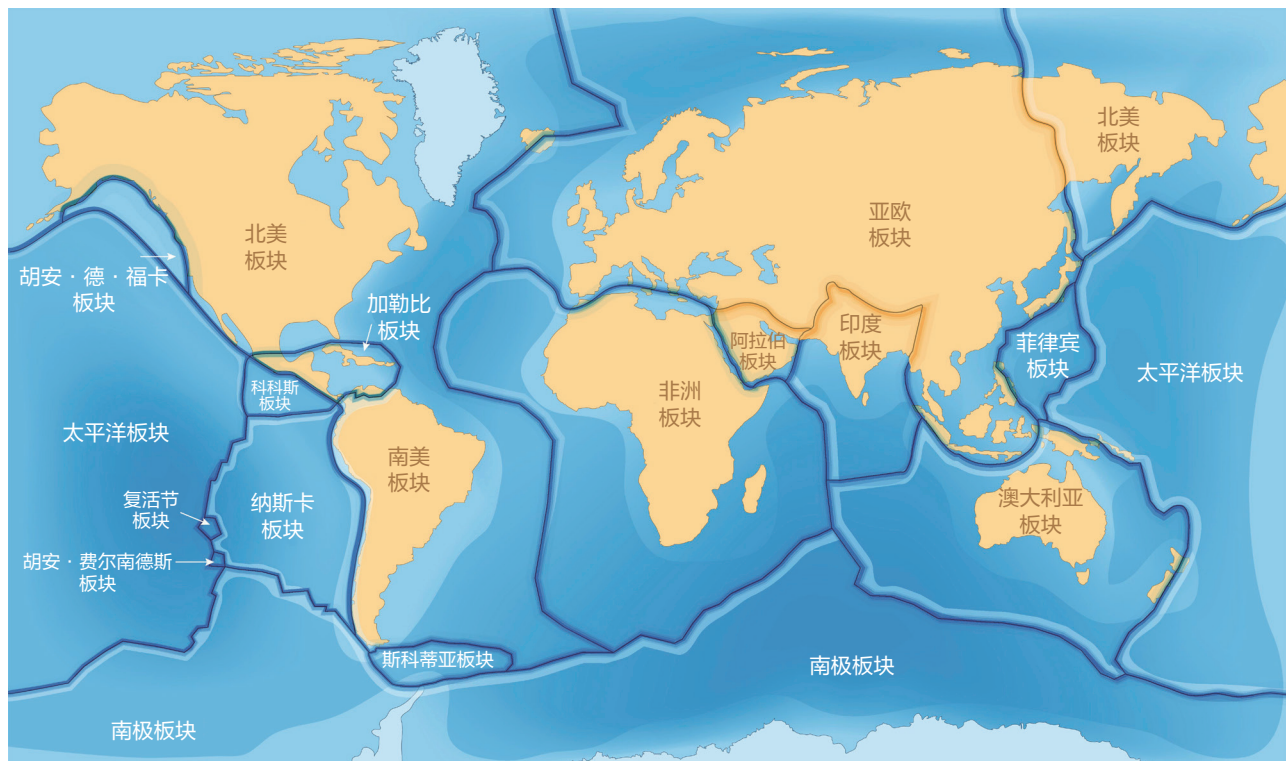
海洋扩张

海底扩张说是板块构造说发展过程中最重要的贡献之一，为板块构造学的兴起奠定了基础，触发了一场地球科学革命。最重要的一点是，赫斯的想法解决了魏格纳大陆漂移理论的软肋：大陆是如何移动的。魏格纳的答案是有些模糊的，认为大陆只是简单地“犁”过海底，但这在物理上的确是不可能的。赫斯则指出大陆不必穿过海底，只需要随着洋中脊的扩张被海底“运走”即可——就像现在在很多大型机场旅客通道里的那些让旅客省力的传送电梯。1963年，来自英国和加拿大的地质学家们不仅证明了海底扩张说可以解释地磁条带的斑马状排列现象，还发现地幔对流可以为大陆漂移和海底扩张提供足够的动力。从那以后，越来越多的新证据、新发现不断证实海底扩张说的科学性，也给大陆漂移说带来了第二个春天。

板块构造说认为地球的岩石圈并非“铁板一块”，而是被洋中脊、海沟、造山带以及转换断层

等构造带分割成诸多构造单元，这就是所谓的“板块”。板块由厚100~150千米的岩石圈构成，包括整个地壳和上地幔的顶部，这些板块之间的相互运动可以解释大陆漂移和海底扩张的诸多现象，其最重要的动力之源就是霍姆斯提出的地幔对流。这个学说取大陆漂移说和海底扩张说之精华，又融合了大量海洋地质学、地球物理学的新成果，逐渐成为地球系统演化的关键理论，堪称20世纪以来最重要的地学发现，可以说彻底改变了当时人们对赖以生存的地球的理解。

根据该理论的主要提出者之一、法国地质学家萨维尔·勒·皮雄的划分方式，全球共分为六大基本板块，即太平洋板块、亚欧板块、美洲板块、印度洋板块、非洲板块和南极板块。后来，科学家对全球板块进行了进一步的研究和划分，比如根据地震震中的集中分布趋势，将美洲板块划分为南美、北美、加勒比、科科斯、纳斯卡等5个次级板块。



地球板块划分

## 行星发动机的位置

从板块构造的角度来看，不管是六大板块还是20个小板块，北半球的亚欧板块和北美板块都是单体面积相对较大、接触边界相对较少、破碎风险相对较低

的板块，正是《流浪地球》小说中所说的“完整坚实的板块结构”的意思，最有可能承受一万台行星发动机带来的天量推力。而且这两个板块主体部分多位于

北纬30° 以北地区，这一点也颇为重要。

因为，首先从力学原理上来说，行星发动机的推力方向（即发动机喷口的反方向）与地球的前进方向的夹角越小，施加给地球向前进的推力分量就越大。根据小说和电影的设定，巨大的行星发动机可能很难做出较大的转向动作，也就是说，发动机喷口可能在长达2500年的流浪之旅中，绝大部分时间是垂直于地表的，施加的作用力指向地心。因此，发动机越靠近北半球高纬度地区，给地球施加的向南极方向的推力分量就越大，推动效率就越高。根据球面几何和力学的基本知识，在北纬30° 处的发动机，对地球施加

的向南方的推力分量约为发动机推力的1/2，越向北这个分量越大；向南则分量迅速减小。

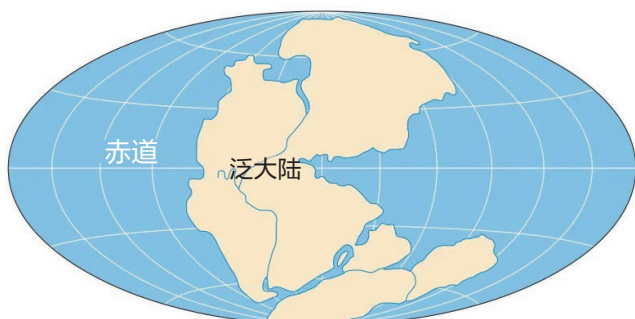
其次，从地球表面特征来看，全球海洋与陆地分布并不均匀，北半球陆地面积远大于南半球。以赤道为界，南半球陆地面积约为0.5亿平方千米，只占南半球地表面积的19.5%；北半球陆地面积占比则增加到39.2%，约为0.99亿平方千米，几乎是南半球陆地面积的两倍。显然，在北半球建设行星发动机的选择空间更大，更容易容纳山一般的行星发动机，同时还解决了另一个关键问题——行星发动机所需要的“石头燃料”。

## 南极洲和非洲为何不行

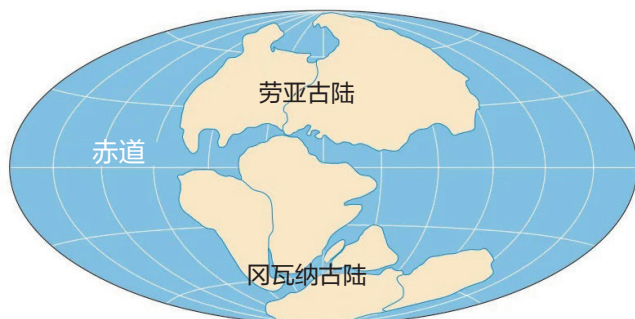
依此看来，南极板块似乎也挺适合建造行星发动机——完整的板块结构、更高的纬度。但只要对南极有一些深入了解，就知道为什么即使在科幻电影里，南极洲也不可能是行星发动机的“良配”。

科学家发现，全球构造运动起始于距今大约32亿年前，而与南极的形成较为紧密的构造运动可以从距今大约1.7亿年前说起。彼时泛大陆解体为劳亚古陆和冈瓦纳古陆两个次大陆，到了大约1.5亿年前，冈瓦纳古陆开始裂解，南极洲板块与非洲板块分开并向

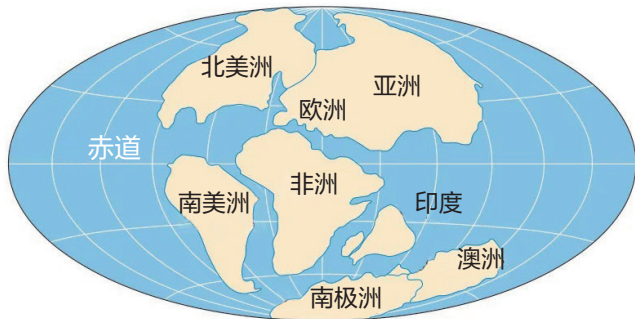
南运动。约8000万年前，南极洲和非洲大陆形成，并位于与今天相似的相对位置上。大约1.24亿年前，印度与南极洲完全裂解，但与印度同在印度洋板块内的澳大利亚直到约5300万年前才开始与南极洲分离，并在约3900万年前彻底分开。此时，只有南美洲还和南极洲保留着那么一点藕断丝连的关系。但地球的构造运动从未止歇，大约3400万年前，德雷克海峡开始打开，南极洲和南美洲也渐行渐远，全球大陆、海洋逐渐形成现在的模样。



2.25亿年前



1.5亿年前



1亿年前



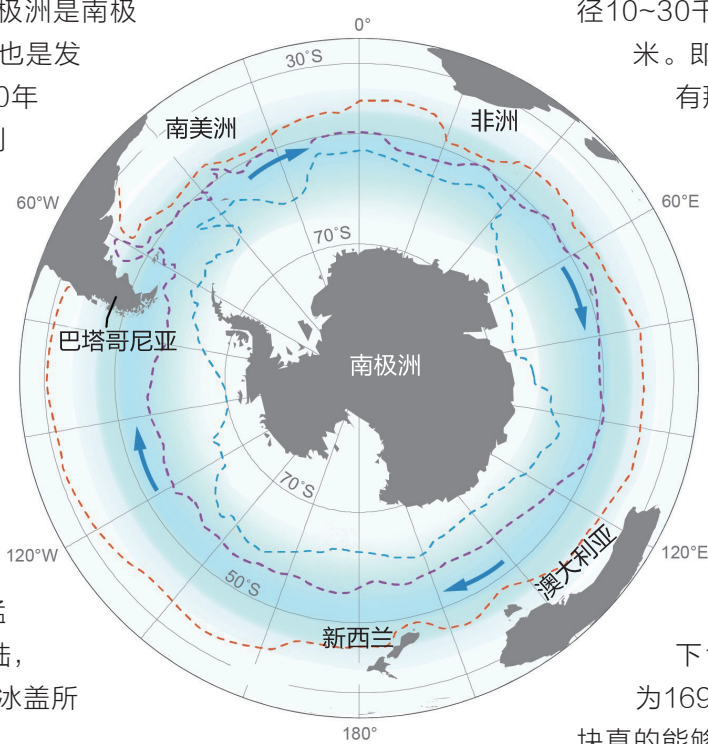
现在的地球

2亿多年来地球上大陆位置的变化

全球七大洲中，南极洲是南极洲板块上唯一的大陆，也是发现最晚的大陆。自1820年探险家发现南极大陆到如今，一直没有常住居民，只有少数科学考察人员在为数不多的考察站临时居住并开展科考活动。经过来自全世界的勇敢者两百年来前赴后继的探索和研究之后，人们才知道南极大陆是地球上最寒冷、最干旱、风暴最猛烈、平均海拔最高的大陆，它还被体量巨大的南极冰盖所覆盖。

冰盖是一种具有大陆尺度规模、厚度极大的陆地冰体，其形成本身就与地球的板块运动密不可分。南极冰盖的平均厚度约为2千米，最厚达近5千米。随着德雷克海峡打开，南极大陆周围的北方海域再也没有陆地的阻隔，大西洋、太平洋和印度洋彻底贯通，在西风带和地转流的共同作用下，便在这三个大洋的南端、现在被称为南大洋的广袤海域形成了地球上流量最大、唯一环绕地球一周的巨型洋流——南极绕极流。绕极流就像一圈看不见的城墙，把南极大陆彻底变成了一个与世隔绝的孤洲，同时还隔绝了南极大陆与热带、亚热带地区的热量交换，导致南极大陆越来越冷。降水以雪的形式落到地面，被冷冻、堆积起来，甚至在南半球的盛夏季节也不会完全融化，随后被再一次的降雪盖住。就这样，年复一年、天长日久，雪层越来越厚。累积的雪在压力的作用下变成了坚硬的冰。这个过程持续了千百万年，最终形成了面积高达1390万平方千米的南极冰盖，覆盖了南极洲超过98%的陆地面积。

因此，参照小说和电影中的设定，在南极洲建造行星发动机实在是过于艰难了。电影中提到的发动机有两种，像“苏拉威西三号”转向发动机这样的大型发动机有2000台，布置在赤道上用于推动地球停止自转；像“北京三号”发动机这样的小型发动机则有1万台，合力为地球流浪提供动力。这些被称为“上帝的喷灯”的发动机，高8~11千米，主体直



南极绕极流

径10~30千米，基座直径50~60千米。即使单从工程建设的角度有那么一丝可能在南极洲建造发动机，哪怕以最密集的方式排列，即使连南极大陆及其周边的所有岛屿都算上，1400万平方千米的南极洲也无法容纳1万台行星发动机。假如在科幻的层面上再脑洞大开一下——发动机推力不变但体积缩小一倍，南极大陆勉强可以容纳下1万台发动机，但面积仅为1690万平方千米的南极洲板块真的能够承受住它们产生的150万吨的推力（不考虑推力分量带来的损失）吗？

相形之下，欧亚板块面积为6780万平方千米，北美洲板块更是高达7590万平方千米，在这两个板块上建造行星发动机更加合理。那6130万平方千米的非洲板块为何也不合适呢？这与非洲板块的位置有直接关系。该板块内部的陆地主要是面积约为3000万平方千米的非洲大陆，从地图上可以发现，非洲大陆横跨赤道两侧且绝大部分位于南北纬30°之间，因此并不适合建造行星发动机，但却是建造赤道转向发动机和太空电梯的绝佳选择——《流浪地球2》中，太空电梯的地面基地就建在非洲小国加蓬的首都利伯维尔。

从小说到电影，再到许多已经在现实世界中投入应用的科学技术，我们看到了科学幻想的巨大魅力，也看到了科幻世界与现实世界跨越时空的沟通，而科学原理就是那座桥梁。从魏格纳的“大陆漂移”，到赫斯的“海底扩张”，再到皮雄等人的“板块构造”，我们看到了科学假设的大胆想象，也看到了一个科学假说从提出到证实或证伪的艰难历程，其间科学精神才是指航灯塔。只有以孜孜以求的科学精神、实事求是的科学态度，坚定不移地追求科学原理、探索科学规律，才能为全人类培育出更绚丽的科学之花。