

# 地心历险记有可能实现吗

孙维维<sup>1,2</sup> 魏 勇<sup>1,3</sup> 王誉棋<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院大学 101408; 2. 中国科学院南京土壤研究所 210018;  
3. 中国科学院地质与地球物理研究所 100029)

《地心历险记》是一部科幻电影,根据凡尔纳的小说《地心游记》改编,顾名思义,其讲述的是人类探索地心世界的故事。在影片中,主角特雷弗是一名地质学家,他与侄子肖恩、向导汉娜在探险的过程中意外掉入了神秘的地心世界。在地心世界中,不仅随处可见鲜艳的红宝石、翡翠以及钻石,而且还生活着各种各样的地心生物。由于地心的特殊环境,他们得以见到许多地面上没有的奇幻景象。他们在漂浮的磁石上行走、与大型食肉植物搏斗,甚至乘坐恐龙头骨在地心河流中漂流。后来这只头骨“船”卡在火山喷发的通道中,为了逃出生天,他们点燃了岩壁上的镁粉引发爆炸,大量的水从破碎的岩壁中涌入高温的火山熔岩,最终,爆发的高压水蒸气将他们带回了地面。

人类的天性就是探索未知的世界,我们对于地心的兴趣远不止于科幻作家的想象,科学家也在

计划前往地心的旅程。然而,地心历险记有可能实现吗?答案就位于我们脚下缤纷多彩的多圈层世界。

## 1. 世界第一超深井

为了探索太阳系,人类发射航天器飞向太空,而为了探索地下世界的奥秘,人类向地下进行钻探。在钻井人的不懈努力下,世界最深的钻井——科拉超深井诞生了,深达12262米,位于俄罗斯最靠近北极的摩尔曼斯克市的扎波利亚尔内矿区。科拉钻井从1965年开始设计,1970年开始钻井,于1998年达到12262米深。正是由于这次钻探,人们对地球这颗行星有了更深的了解。科拉钻井的主要目的是研究地壳构造、地层参数和矿藏资料。此次发现地层7公里以下全是花岗岩;首次在1000米以下深度发现了金矿;在10千米以下岩层发现含有金、镍等金属,向地壳深部,磁黄铁矿和镍黄铁矿中镍的含量增加,而黄铜矿中的铁、镍、铜的变化增大;发现地下12千米处温度高达230℃,当井深小于3000m时,地温梯度 $\Delta T=1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,当井深大于3000m时, $\Delta T=1.8\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ;在地下6千米左右处发现了36亿年前的植物化石,因此推断36亿年前有生命存在。

科拉钻井的底部是目前人类能达到的与地心最近的距离,这个深度对于地壳来说只是一颗不起眼的小孔,相当于鸡蛋壳上的一个小凹槽,连蛋壳都没有打穿。即使这样,超深井的钻探对人类来说依然是一项重大的挑战,钻探得越深,难度越大,需要克服高温高压的条件,这对于一个国家的钻井技

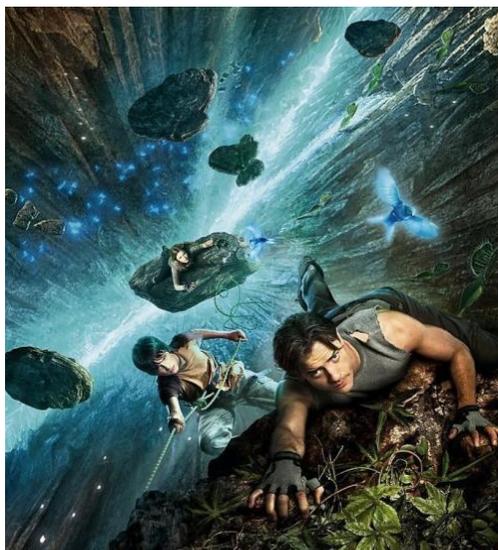


图1 《地心历险记》电影海报

术乃至工业实力都是一项巨大的考验。

## 2. 从地表到地心

根据行星撞击学说,在太阳系形成过程中,发生了剧烈的碰撞而产生大量热量,岩石和铁组成的固体混合物被加热到很高的温度时,铁会分离出来,由于铁比较重,会因重力沉到地心,形成了地核,这种融化岩石和金属的分离导致了内核与外层的不同。

在《地心历险记》中,主角一行三人通过隧道掉入地心深处,在现实中,情况会有什么不同呢?

实际上,由于地球的自转,当物体在地球隧道内运动时,会受到科里奥利力(又称地转偏向力)的作

用,速度方向不再指向圆心,从而物体会撞上隧道的内壁,产生动能损耗而停下来。假如通过技术手段克服地转偏向力的作用,从地表到地心还要面对温度的升高和压力的增大。在高压下,坚硬的岩石都会变得有弹性,科学家推测地心的压力为地表压力的300万倍,温度会超过4000℃,和太阳表面一样热。因此,在目前看来,到达地心难以实现。

地心活动引发的地震等现象会带来巨大的经济损失与人员伤亡。中国有23个强震活动带,研究地心活动对研究地震成因乃至减轻其危害具有重大意义。如果通过高分辨率探测地球深部结构,获取地壳上地幔三维精细结构及物性成像,可为地震预测和大陆动力学研究提供支持。

科学家希望通过分析地震波的传播速度,获得地球内心的图像。地震波在地下传播的速度取决于它们所经过的物质,地震波在穿过非固体的岩浆时,速度会变得很慢。1910年,前南斯拉夫地震学家莫霍洛维奇发现地震波在传到地下50千米处有折射现象。这个发生折射的地带,就是地壳和地壳下面不同物质的分界面。1914年,德国地震学家古登堡发现地下2900千米深处存在着另一个不同物质的分界面。后来,人们将两个面分别命名为“莫霍面”和“古登堡面”并根据这两个面把地球分为地壳、地幔和地核三个圈层。

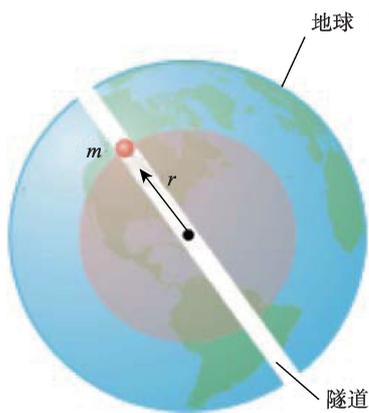


图2 地球隧道示意图

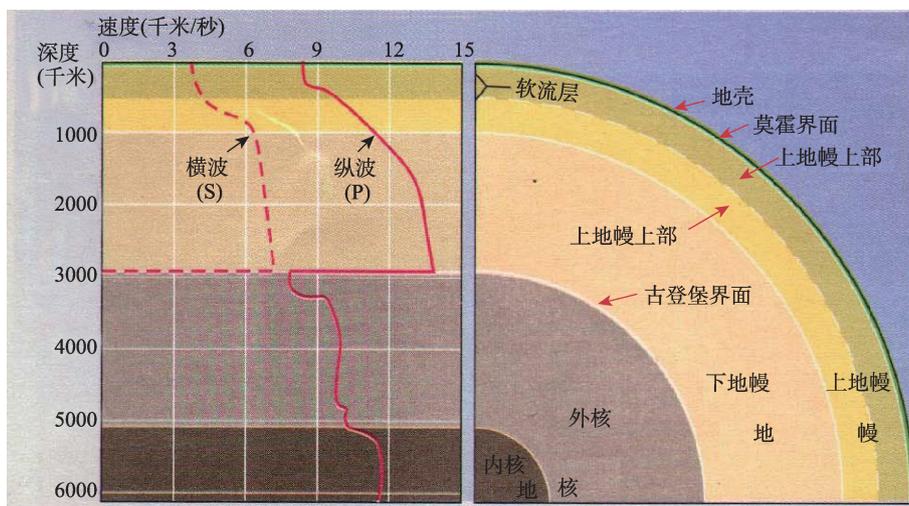


图3 地震波速度与地球内部圈层

地球外核的直径相当于火星。当地震波穿过地幔到达外地核时,速度变慢了许多,那里如一片巨大而炙热的熔融态金属海洋。一般认为铁镍合金是内核的成分,内核的直径相当于月球。为了研究内核的物理性质,日本科学家广濑慧将铁镍合金样本置于两颗钻石的尖端,通过实验仪器模拟地心的极高温度和压力条件,观察此条件下铁镍合金的结构变化。结果发现,铁镍晶体的大小在10分钟内膨胀了上千倍,这表明地球的固体内核表面也许就存在巨大的晶体结构。



图4 地球内核表面晶体想象图

### 3. 地心与生命

有人将地心与地狱联系在一起,认为那里是一番恶劣的景象。但在影片《地心历险记》中,地心世界生活着各式各样的神奇生物,引起人们对于地心的美好想象。在现实世界中,以我们目前对地心的了解,可能无法想象生命能在地心世界高温高压的条件下存活,但我们确定的是在地下一定深度处存在微生物。这些微生物新陈代谢缓慢,主要从地下水中吸收氧气或者进行无氧呼吸,并且能够适应地下独特的温度、压力、酸碱度等环境参数。1989年,在南卡罗莱纳州的一项调查在地下550米处发现了一个全新的生态系统,其中包括3000多种微生物组织。

地球之所以能孕育生命,很大程度上得益于地球磁场,地磁场使地球免受来自太阳风的高能粒子的轰击,为地球上的生命提供了天然的保护屏障。地磁学将地球磁场分为内源场和外源场,内源场占地球磁场的百分之九十多,是由地球内部的某种电

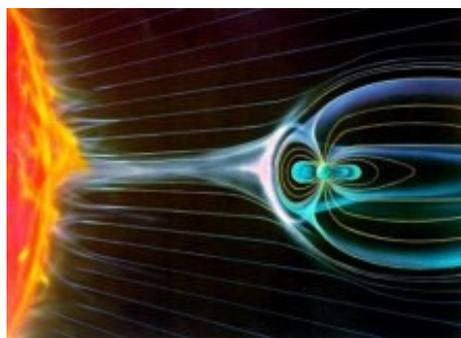


图5 地球磁场抵御太阳风高能粒子

流产生的,另外的百分之几,是由大气电离层、磁层电流产生的外源场。因此对内源磁场的研究是揭示地磁成因乃至生命起源的关键。

当地核的熔融态金属热量流入较冷的地幔时,会产生对流现象。这种运动通过电磁感应产生内源磁场。由于这种流动非常复杂,磁场也会不断变化,而且不是简单的南北极分布。因此,我们可以通过记录和分析磁场的变化来研究地心活动。科学家通过实验模拟地核的熔融态金属运动,以研究地球磁场的特性。研究表明,模拟的地核与地球大气层非常相似,其中存在巨大的湍流,到处是复杂的旋涡和洋流,它们相互作用,并驱动电流产生地球的主要磁场。大量的涡流还导致磁场不断变化。值得一提的是,地球深部的运动速率比浅部的板块运动和地幔对流速率高得多。

运动的液态金属能牵引、拉伸、并扭曲磁场,如果地球外核熔融态金属中的风暴形成足够大的合力,地球磁场将到达临界点,然后反转,此时的南北极方向将改变,有证据表明地球的磁场在地球历史中改变过数百次。

地心活动产生的地球磁场与来自太阳的高能带电粒子流的作用使高层大气分子或原子激发(或电离)产生极光,极光现象常常出现于纬度靠近地磁极地区上空,形状有时稳定有时作连续性变化。极光不只在地球上出现,太阳系内的其他一些具有磁场和大气的行星上也有极光现象。可以通过太阳风暴与极光现象来研究行星磁场乃至行星内部的物质活动。

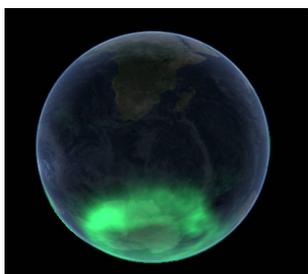


图6 地球极光现象



图7 木星的极光现象

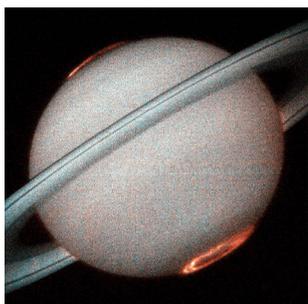


图8 土星的极光现象

#### 4. 从地球到行星

在漫漫的现代社会进程中,人类从未停止对太空的遐想,我们渴望冲出大气层,甚至冲出太阳系,去探索宇宙的奥秘,去找寻地外生命的踪迹。我们去过很远的太空,然而对于我们生活的地球,这个目前已知的太阳系内唯一存在生命的天体的核心,我们却还未能完全了解。

人类文明诞生于这颗星球表面。我们将地球表面可生长植物的疏松表层称为土壤,所有我们所熟知的植物、动物以及我们自身都依赖于这个薄层生活,我们所有的食物与住所都以它为基础。在这颗星球上,我们观测记录星体的运动,荷兰人于1608年发明了望远镜,伽利略于1609年改进望远镜并对准了星空,人类开始了新的观星时代。1947

年人类利用火箭升空,从距离地球100多千米的高度拍摄了地球的照片,我们开始对地球是行星有了最初的认识。那么我们对行星的认识有多少呢?

自苏联于1957年成功发射人类的第一颗人造地球卫星以来,人类已经发射了上百颗行星探测器,建立了许许多多的天文观测站,我们对太阳系、银河系、乃至宇宙都有了新的认识。

如今我们熟知,我们生活的地球是位于太阳系内的一颗行星。太阳系内共有八大行星,其中距离太阳较近的水星、金星、地球、火星都有固体表面,是类地行星。研究类地行星的内部结构需要通过各种物理、化学、地质学等手段建立模型,对其内部构造进行估算,这得益于我们研究地球构造的经验。研究地球的内部结构不仅有助于我们了解类地行星乃至太阳系的形成与演化,而且会大大推动构造地质学、遥感地质学和地球物理学等基础学科的发展。

#### 5. 总结

科幻小说集文学性和科学性于一体,如地心这种科幻空间的建构对现实生活和科技发展有着极大的启发和促进作用,具有独特的社会功能。科学家通过实验描绘出地球深处的真实画面,将进一步激发科幻作品的想象空间。

科学发展与创新是一个国家强盛的核心。作为当时的社会主义强国,前苏联创造了上天(加加林遨游太空)入地(科拉超深井)的人类纪录,苏联的繁荣以及后来的解体都给我们带来许多探索自然的经验与思考。继我国“蛟龙”号潜水艇创造了同类作业型潜水器的最大下潜深度记录、建成世界最大的射电望远镜(FAST)、发射中国空间站天和核心舱之后,相信在我国向第二个百年奋斗目标奋进的历史新征程中,将创造更多伟大的科学成果。

随着人类深空探测技术的发展,我们将迎来更多针对行星的研究需求。对于地心的研究不仅会增进我们对地球的了解,使我们能更好地生活在地球上,也有助于我们对其他行星的研究,探寻行星、太阳系、宇宙、乃至生命起源的奥秘。