

Cracked Iceland Mid-ocean Ridge triggers the most important scientific
debate in the 21st century

Qin Shao, Gillian R. Foulger, Liu Jiaqi, Liang Guanghe

English abstract

A non-geological description of Iceland's landscape, including geothermal resources and volcanoes, is followed by description of some geological problems. An academic debate about the genetic mechanism of Iceland has been ongoing for a century. Prof. Gillian R. Foulger conducted a seismic tomography study to image the mantle beneath Iceland and this study revealed still more questions. Prof. Liu Jiaqi describes the sea-floor spreading hypothesis and how it relates to the genetic mechanism of Iceland. Finally, Dr. Liang Guanghe's explanation of the genetic mechanism of Iceland is described. He thinks sea-floor spreading and mantle plumes cannot reasonably explain Iceland. A new continental drift model is needed. This considers Iceland to be a small, ancient cratonic plate drifting on the mid-ocean ridge after the break-up of Eurasia. Initial continental break-up was accompanied by outpouring of magma which influenced early spreading. After this initial stage, a state of equilibrium was established whereby lava erupted by the mid-ocean ridge was quickly cooled by seawater, forming pillow lavas. Continental drift continued, assisted by "ridge push". Continuous lava upwelling behind the continental plates drives continued drift.

“开裂”的冰岛

大洋中脊“露头”引发 21世纪最重要的科学论战

已经成为地球科学“范式”的“海底扩张+板块漂移”学说，是20世纪人类对地球海陆分布的公认最合理的解释。其中，“大洋中脊”的存在是这个学说的关键——它是海底扩张和陆地板块漂移的动力源。冰岛，作为“大洋中脊的露头”，给科学家们提供了极好的研究和证实“海底扩张”假说的场地，然而，大自然在这里却“不配合”了——它几乎否定了“大洋中脊”是海底扩张的策源地——冰岛是被大洋中脊的火山活动推出来的吗？抑或它原本就是一块陆地？围绕着冰岛成因的话题，一个21世纪最重要的科学论战正在进行。

撰文 科学绘图
秦昭 项乐

Eyjafjallajökull火山喷发时，岩浆流下火山口，这样的火山活动，在冰岛并不罕见，人们已经习以为常。科学家们正好利用冰岛作为研究地球内部活动规律的实验场。



冰岛在“板块构造”模型中的位置

从凯夫拉维克国际机场到冰岛首都雷克雅未克不到 50 公里。公路两侧除了从雪地上露出的黑黝黝的大片熔岩礁石和远处一个接一个的大小火山锥外，目光所及，一无所有。

我心里暗叹：真是到了冰岛。

阿尔曼纳裂谷就像大洋中脊在陆地上的一个微缩景观

冰岛是世界上火山密度最高的国家，不到 10.3 万平方公里的国土上就有大小火山 130 多座。在历史上，文字记载了其中 30 座火山的 125 次爆发。首都雷克雅未克就在长长的平顶台地式山岗的陪伴下。从这个城市望出去，四面都是火山的身影。熔岩的性质不仅影响到火山的外形，而且岩

浆缓慢涌出并持续漫延，还一层层铺就了冰岛的大地。

现代地质学把冰岛作为地球火山研究的理想地区，这与它的地质母体——大洋中脊有着直接的联系。

大洋中脊是地球海底山脉体系里大西洋中央山脉的简称。它是一道约 2000—3000 米高，宽 1500 到 2000 米的连续山脉，位于大洋中近 2000 米深的水下，南北跨度在南纬 54 度到北纬 87 度之间。大洋中脊号称是“地球最大的山脉”。

早在 1921 年，德国的地质和天文学家阿尔弗雷德·魏格纳就提出了大西洋海底山脉存在和生成的机理，从而引出了地球板块漂移假说。但是由于当时他的假说缺少证据的支持，受到了国际地质学界的质疑。直到 20 世

纪 50 年代美国哥伦比亚大学的科学家们在对大西洋海底收集到的数据进行分析时，才发现在大西洋的海底确实存在着一道巨大的山脉。

经过对大洋中脊的研究，魏格纳的地球板块漂移的学说得到了确认。大洋中脊就是欧亚、非洲和北美、南美板块连接的边缘。如同一条长长的拉锁，大洋中脊在海底把这几大板块连接在了一起。

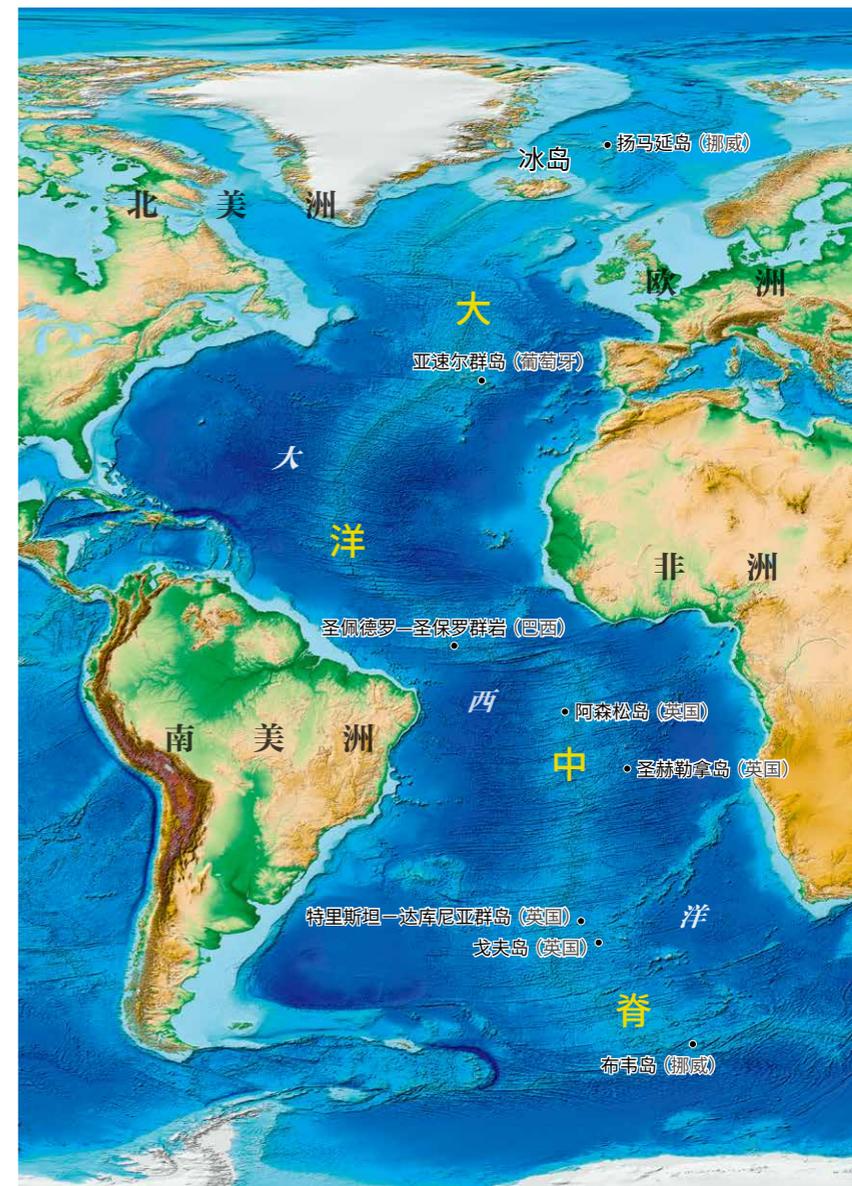
不过，这道巨大的拉链一直在悄悄地开裂着。

地质学研究发现，以大洋中脊为中轴线，大西洋海底岩层的年龄分布是，最年轻的岩层位于中轴线上，越古老的岩层离中轴线越远。从绘制出的大洋中脊的海底地貌图上可以看到，山脉中脊最高，两侧的高度一波波地下降。地质学用海底扩张学说解释

大陆漂移 海底扩张 板块构造 大地构造学的三部曲

现代大地构造学的发展历程是三部曲：“大陆漂移—海底扩张—板块构造”，大陆漂移由魏格纳 (Wegener) 于 1912 年提出，海底扩张由赫斯 (Hess) 于 1961 年提出，板块构造由摩根 (Morgan) 于 1968 年提出。三个学说共享“大陆板块漂浮在较重的黏性大洋软流层上”这一基本出发点。可形象地比喻为：“就好像很多轮船 (大陆板块) 漂浮在大洋上 (大洋软流圈)。”

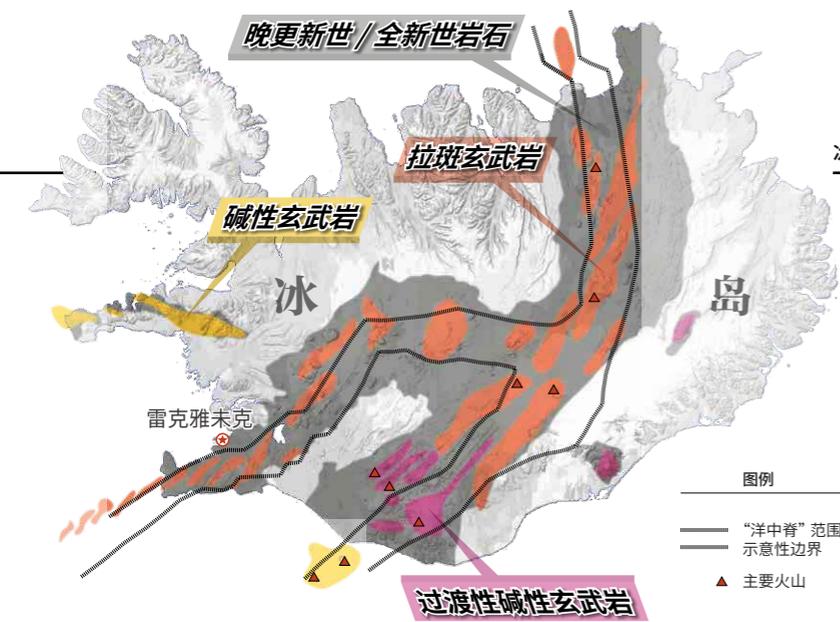
三个学说都承认大陆板块会漂移。关键的不同是大陆漂移学说认为大陆板块自己会在大洋板块上漂移。而海底扩张和板块构造学说认为大陆板块不会自己漂移，是洋中脊持续喷发的岩浆不断生成新的洋壳，产生的海底扩张推动大陆板块发生了漂移。运用上述比喻来说它们的关键点就是：大陆漂移学说认为轮船能够自己行走 (魏格纳认为动力源是潮汐力和离心力)，海水是不动的；而海底扩张说和板块构造说认为轮船是自己不会行走的，是依靠海水流动 (动力源是地幔对流) 带动轮船行走。(资料提供 / 梁光河)



大洋中脊的“露头”分布地图

了这一现象。在地球板块边缘的岩层薄弱带，深层地幔中的岩浆上升并从裂隙中不断涌出来，然后向两侧漫延。新喷发出的岩浆覆盖在旧岩浆上，同时也把旧的岩浆层向远处推开。这一持续不断的地质活动不仅造成了海底山脉的升高，也使海底岩层向两侧扩展，形成

新的海底。海底岩层扩张学说是地球板块漂移理论的组成部分和有力证据，因此具有非常重要的科学研究价值。遗憾的是大洋中脊藏身于数千米深的海底。一切活动都在人类难以到达的黑暗中悄悄地进行。幸好，造物主给了我们冰岛。



冰岛上洋中脊与火山活动活跃区分布地图

讲，板块的边缘不可能被界定在某一条窄窄的地缝上。当地球的两大板块分离时，岩层像一大块被逐渐撕开的披萨饼，中央部分下陷变薄被拉扯得越来越宽，形成了地堑。地堑中分布着数不清的大小地缝和断层。辛格韦德利国家公园的阿尔曼纳裂谷就是这样一个地堑。

站在辛格韦德利国家公园的观景台上，仿佛进入了一个巨大的地质博物馆，大洋底裂谷的景象清晰地展现在眼前，各种形态的火山一一现身。它们涌出的熔岩坡如同展开的河谷大冲积扇。地堑底是崎岖的熔岩滩。阿尔曼纳裂谷就像大洋中脊在陆地上的一个微缩景观，它完全是因地表岩层在地球板块边缘处的扩张造成的。从这个地区的地质构造图上可以清楚地看到，这里几乎所有的断层和裂谷的走向都是西南东北走向，相当清楚地显示了冰岛裂谷带与大洋中脊走向的一致，是大洋中脊的北部延续。

在过去的近万年里，阿尔曼纳裂谷向东西两侧扩展了40到70米，现在仍然在以每年2.5厘米的速度在开裂着，裂谷西侧的北美板块和东侧的欧亚板块随之渐行渐远。裂谷在被撕裂扩张，火山奔涌出来的岩浆却为它填补上

冰岛是大洋中脊地质活动产物。从一定意义上讲，它是大洋中脊在陆地上的罕见露头。

冰岛位于大洋中脊的最北端。中脊的轴线从西南到东北斜穿冰岛的全境。以瓦特纳大冰帽为主的冰岛火山带坐落在相当于大洋中脊的中央裂谷带的位置。围绕着它，有大量的火山、断层和地缝，以及地球板块漂移更直观的证据——裂谷。

冰岛南部的辛格韦德利国家公园是冰岛最经典的裂谷观赏地。根据冰岛的旅游介绍，去这个国家公园旅游的人都要去横跨在一条仅数米宽地缝上的小木桥上站一站。因为据说它就是把北美大陆和欧亚大陆分开的那条裂缝。在这里仅仅两步之遥，人就从一个大洲跨过了另一个大洲。在辛格韦德利国家公园里还有另一条水下裂缝也同样吸引着游人的好奇心。这条名为希尔法拉的百米地缝位于国家公园南部的辛格瓦德拉湖畔。它从湖畔向下倾斜，

最深的地方约70米深。长期以来，多次地震和火山活动常常会使地缝两侧的石块坠落，形成各种洞穴，为希尔法拉地缝增加了许多神秘感。

因为旅游宣传上说希尔法拉地缝是地球上唯一一处位于地球两大板块之间的潜水窄缝，所以它被誉为世界上最奇特的潜水地点。这条分开地球两大板块的地缝是那样的窄，潜水者在水下甚至可以一手按在欧亚板块的边缘，另一手抚摸北美板块的岩石。

不论是站在阿尔曼纳地缝的小木桥上，双脚骑跨两大地球板块，还是潜入希尔法拉地缝，双手触摸地球两大板块的边缘，感性的文字描绘与理性的科学定义总是会有相当的差距。其实从地壳板块分离运动的机理和过程上

从空中看，辛格韦德利国家公园（Tingvellir National Park）布满了平行的裂谷、裂隙，这样的地貌是由地壳向两边拉张而形成的。这个地方正处在大洋中脊上，因此就处于地壳比较薄、地球内部的炽热岩浆活动容易被感知到的地方。开裂的大地似乎在向人类述说着什么。





梁光河
中国科学院
地质与地球物理研究所
副研究员

绘图 / 李亚龙

洋中脊上的古老岩石与分叉的中脊线，是“海底扩张”的硬伤

组成冰岛的岩石都是岩浆岩，以玄武岩分布最广，还有安山岩、流纹岩和花岗岩等，仅从地表看，冰岛似乎完全是由火山喷发形成的。然而，地质学家们在冰岛上的“洋中脊”上发现了古老的火成岩，测年数据表明其年龄值达 1300 万年，如果按照“海底扩张”假说，洋中脊上的火山岩都应该是新喷发出来的，年龄应该接近 0 年，因此在洋中脊发现 1300 万年的火山岩就与海底扩张学说相矛盾。

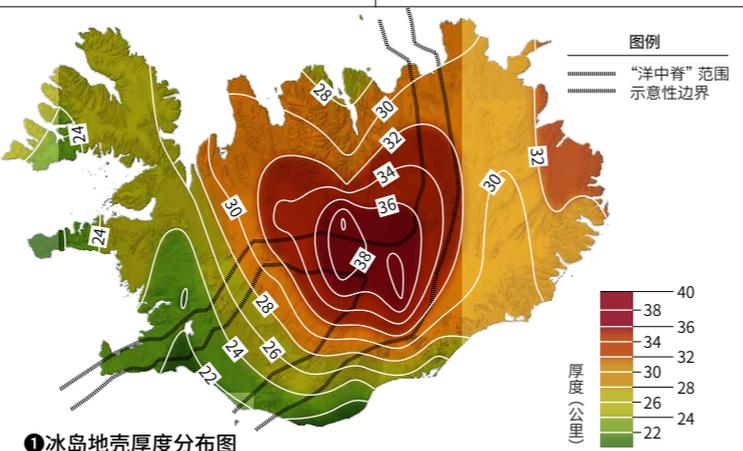
而且，冰岛最西部地表岩石年龄达到了 1600 万年，说明自那个时候开始，那里地表没有覆盖更新的火山岩。与此同时，现代 GPS 测定北大西洋在冰岛纬度上的扩张速率为 2 厘米 / 年，若按冰岛上洋中脊处存在 1300 万年前的古老岩石来推算，在冰岛中间理应裂出至少 260 公里宽的裂谷。但实际上我们没有看到这种情况发生，因此“海底扩张”学说在这里并不适用。

此外，冰岛中间存在着分叉的洋中脊，而且分叉的两支洋中脊上都有活跃的火山活动，对于这个现象，现有的理论也难以给出合理解释。因为在其他地方也发现有分叉的洋中脊，但海底扩张对此的解释是分叉中的一支是死掉的，也就是不活动了。但冰岛不是这样的。为了解释这些奇怪的地质现象，部分学者把冰岛解释为地幔柱成因，但火山测年数据和岩石学证据都否定了这个说法。测年数据说明该区域没有地幔柱成因的显著特征，即在冰岛上没有发现火山喷发随时间进行空间转移的轨迹。冰岛的岩石和地球化学指标也不支持地幔柱假说。冰岛发现大量流纹岩和花岗岩，流纹岩是一种大陆地壳因为主的火成岩，属于酸性喷出岩，其化学成分与花岗岩相同。按照海底扩张和

新大陆漂移假说对冰岛成因的解释

海底扩张不存在！ 冰岛是沿洋中脊自南方漂移过来的大陆板块

熔融，并产生地热和火山喷发，地表的火山岩是火山喷发堆积起来的。但这个地下深处的微板块为什么能一直待在洋中脊上，而且不被海底扩张这个传送带或者地幔对流裂离洋中脊？这是一个未解之谜。针对以上种种矛盾，换个思路一切问题都迎刃而解。我认为，前人的研究结论没错，那就是冰岛地下深处存在一个古老的微板块，那是一个古老的克拉通微板块，克拉



① 冰岛地壳厚度分布图
资料来源：梁光河（据 G. R. Foulger, 2006 修编）

地幔柱假说，冰岛的洋中脊附近不应该出现大量陆壳成因的火成岩。地球物理探测给出的冰岛地壳厚度分布（图①）也不支持海底扩张，如果存在海底扩张，其洋中脊处地壳厚度一定很小（通常 3—5 公里）。但探测到冰岛的地壳厚度是 20—40 公里，而且洋中脊处更厚，达到 30—40 公里。

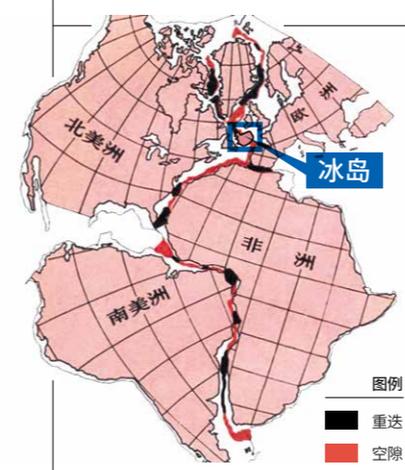
“新”大陆漂移观点认为，大陆板块像“平底热锅里的黄油会自己跑”

经过数百位地质学家数十年的研究，目前大家的共识是，在冰岛下面存在一个古老的大陆微板块，这个板块在地下热动力驱动下一直在

通板块是指元古代以前形成的大陆板块，其特点是稳定、坚硬、密度大。这些特征在微板块的重力测量和地磁测量上都能够得到证实。但这个古老的克拉通微板块如何跑到冰岛下面的呢？

我认为，在泛大陆（图②）裂解过程中，冰岛被裂解形成一个特立独行的小板块，当北美洲和欧洲板块向东两边裂解分离漂移（也向北漂）的过程中，冰岛沿着另外一个方向（北东）独自漂浮在洋中脊上。

魏格纳的大陆漂移学说认为，当前的大陆板块来自于泛大陆的裂解和之后的漂移，且大陆漂移的动力是潮汐力和离极力。而我提出的“新大陆漂移”说与之不同的是，我



② 泛大陆复原图

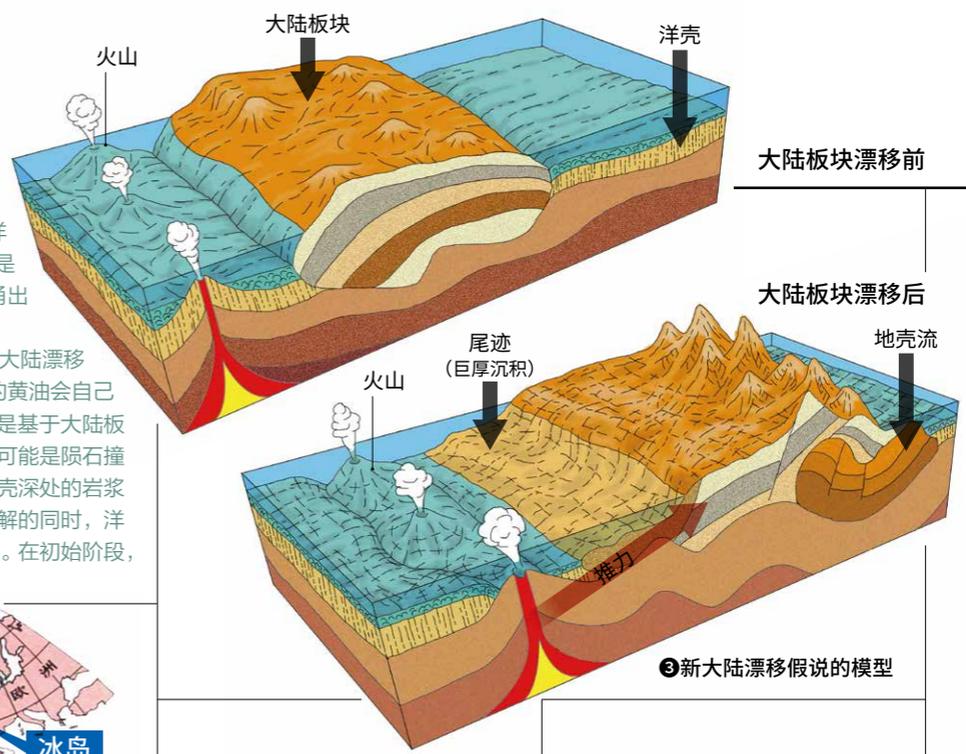
认为大陆板块在大洋板块上漂移的动力是大陆板块后面不断涌出的岩浆热动力。

我可以形象地把大陆漂移比喻成“平底热锅里的黄油会自己跑”。这个运动过程是基于大陆板块首先发生裂解（有可能是陨石撞击），使得裂缝处地壳深处的岩浆上涌，与大陆板块裂解的同时，洋中脊的裂缝也形成了。在初始阶段，

大陆漂移与海底扩张是同时进行的，但洋中脊喷出的岩浆很快被海水熄灭，因此海底扩张不能持续，但大陆板块漂移后在其后面持续不断地涌出岩浆所造成的热力推动过程，持续推动着大陆板块的漂移运动。

根据新大陆漂移假说的模型（图③），大陆板块漂移后会留下尾迹和巨厚沉积物，也可能留下火山岛链、大陆碎片遗撒物等。据此我们可以很容易地通过大陆板块漂移后的尾迹来追踪其来源及漂移方向。这与刑侦活动中对足迹的分析类似。

图④清楚地展示了冰岛的漂移轨迹：冰岛是从西南方向漂移过来的，目前正向北东方向漂移。现代全球 GPS 测量也证实目前冰岛



③ 新大陆漂移假说的模型

正在向北东方向漂移。地表的火山岩是冰岛漂移过程中火山喷发堆积起来的，这个喷发过程使地幔物质和地壳物质混融，这就合理地解释了冰岛上酸性岩浆岩的成因。同时，冰岛的古植物和古孢粉研究说明，冰岛在 1500 万年之前并不在当前的纬度，它位于温带或者亚热带地区。这说明它应该是从遥远的南方漂移过来的。在美国 NOAA（美国国家海洋和大气管理局）给出的北大西洋地

区海底沉积物分布图中可以清楚看出，冰岛南部存在厚达 3000 米的带状深海沉积物，新的大陆漂移模型可以很容易地解释这种现象，冰岛漂移时在其后面切割出较深的洋盆，漂移运动中冰岛板块上不断出现火山喷发，这些火山喷发物就是深海沉积物的物源。如果按照海底扩张假说，在洋中脊附近不应该存在如此厚度的深海沉积物的，这从另外一个方面说明海底扩张不存在，大陆自己会漂移，并留下尾迹。



④ 冰岛在地形地貌图上的尾迹清晰可辨（据 NOAA 地图修编）

新大陆漂移假说如何解释冰岛上出现的分叉洋中脊？我认为，洋中脊应该是多个大陆板块漂移中，带动裙边似的大洋地壳相互运动错开的断裂带，并同步形成所谓的转换断层，冰岛上的洋中脊分叉也是周边大陆板块差异（旋转）运动造成的断裂现象。冰岛是沿着洋中脊自南而北漂移运动到现在的位置的，冰岛之所以沿着洋中脊漂移，是因为这个方向受到的阻力最小。北大西洋的磁异常条带用新大陆漂移说也能得到很好的解释。

新的熔岩层。一次次地震在这里不断产生新的断层、裂谷和地缝。大洋中脊的地质活动在这片陆地上持续上演着。

陆地从海洋中冒出来的过程，从1967年到1973年在冰岛南部多次发生

冰岛是否是大洋中脊的露头？近半个世纪人们在冰岛所观察到的，因海底火山活动而新生的岛屿的生成与消亡过程似乎回答了这个问题。

亲眼目睹陆地从海洋中冒出来的过程是激动人心的。1967年到1973年，在冰岛南部多次发生了这种景象。

从航拍图上看到，在冰岛的最南部海中有一串细细的岛礁带。它由面积非常小的岛屿和礁石组成，走向与大洋中脊走向一致。最南部是 Surtsey 岛，最北部是 Heimaey 岛。这一串岛礁是大洋中脊的海底火山 Vestmannaeyjar 的一部分。南面的 Surtsey 岛在 1963 年以前还没有出现。

1963 年 11 月 14 日，一艘在附近海域作业的渔船上的厨师看到海上升起一股黑烟，以为是有船只遇险，船长立即命令前去救援。然而他们看到的却是一个新生的岛屿正在从海面上冒了出来。其实这个海底火山的喷发已经进行了好几天，但因为海水的压制

左页图：冰岛首都雷克雅未克也位于洋中脊附近，所以，它的周围就是熔岩流布的平原，在这个平原上有一个喷泉区，分布有数十个间歇泉。间歇泉是间断喷发的温泉，多发生于火山运动活跃的区域。有人把间歇泉比做“地下的天然锅炉”。在这个天然锅炉里，要有一条深深的泉水通道。地下水在通道最下部被炽热的岩浆烤热，却又受到通道上部高压水柱的压力，不能自由翻滚沸腾。狭窄的通道也限制了泉水上下的对流。这样，通道下面的水就不断被加热，不断地积蓄力量，一直到水柱底部的蒸气压力超过水柱上部的压力的时候，地下高温、高压的热水和热气就把通道中的水全部顶出地表，造成强大的喷发。喷发以后，随着水温下降，压力减低，喷发就会暂时停止，又积蓄力量准备下一次新的喷发。



这是冰岛苏得兰大区 (Suderland Region) 的拉基火山地区的景观。是什么原因导致这里的火山锥成串分布？难道是地壳下面有“热点”吗？但科学家们又否认了它们作为“热点”存在的证据。这样的景观只能是由活跃的火山活动造就的。冰岛的地壳活动充满了谜团。

而未被发觉。最初在海底是裂缝式火山从三个喷发点喷发，很快喷发点集中到一个地方。几天后这个在水下时隐时现的小岛就清楚地在水面上占据了一平方公里的地盘。

这次海底火山喷发持续了两年多，曾经有好几个新生的岛礁在海面上出现，再被海水冲刷淹

没掉。只有其中最大的一个，火山碎屑的堆积终于阻挡住了海水对火山口的灌注，令岩浆流大量涌出来凝结成坚硬的熔岩层，保护了新生小岛不再被海水冲刷掉。在这次海底火山喷发结束后，这个被命名为 Surtsey 的新生岛屿的面积达到 2.5 平方公里，高度 174 米。

这块从大洋深处在人们眼皮底下诞生的陆地，引起了地质和生物自然学界的极大兴趣。几十年来，科学家们对岛上发生的一切都进行了详细的记录。人们不仅目睹了陆地的新生过程，也看到了被海风和海水带来的植物种子在岛上生根发芽生长的情况，和昆虫海鸟与海豹在岛上落脚繁殖的情景。更重要的，人们也观察到了这个新生岛屿在强大的海浪海风的冲刷销蚀下，一点点地变小变矮，面临重新消失在海水里的危险。

大洋中脊创造了新生岛屿，又可能会在某一天把它们收回去。地下熔岩冒出地表，凝结成坚硬的岩石层，又可能随地壳板块的漂移碰撞而重新进入地球深层，融化成炽热的岩浆。大自然的过程似乎是不以人的意志为转移的。但是，祖祖辈辈生活在火山威胁下的冰岛人，却在某种程度上学会了抗争自然的威力和让火山熔岩流止步的办法。

离 Surtsey 岛北面不远的 Heimaey 岛也是大洋中脊的海底火山 Vestmannaeyjar 在数万年前喷发造就的岛屿。在 Surtsey 岛新生后不到 5 年，Vestmannaeyjar 海底火山的又一次活动造成了 Heimaey 岛上裂开了一个 3 公里长的大裂缝，涌出的大量熔岩虽然没有像几年前那样造成新生的岛屿，却严重威胁了 Heimaey 岛的唯一渔港。

由于特殊的地理位置和周

围海域极为丰富的渔业资源，Heimaey 岛是冰岛这个以渔业为经济支柱的国家最重要的渔业生产基地。这里的渔业产值占冰岛国民生产总值的 3%，因此这个渔港对冰岛举足轻重。

1973 年的火山喷发溢出的熔岩逐渐流向渔港，大有把渔港封闭的危险。Heimaey 岛的渔民绝不能接受自己祖祖辈辈赖以生的天然良港从此消失。在冰岛大学的学者和工程人员的建议下，人们决定用海水冷却熔岩的办法阻止岩浆流的漫延。

除了疏散到其他地方的老弱妇孺，Heimaey 岛的青壮渔民 70 多人冒着高热日夜轮班，用抽上来的海水喷浇熔岩流，使上千度的岩浆降温到一百度左右而凝固，停止向港口流动。

冰岛全国上下也团结一心，挽救这个国家经济支柱。为此冰岛全体国民缴纳特别税，作为抗击熔岩的资金。丹麦和美国等国家政府和国际民间组织也伸出援手。在 5 个月的时间里人们用四十几台强力水泵连续工作，终于在熔岩流差一百米就要封闭住港口的地方制止了它。

一次几乎带来灭顶之灾的火山喷发在冰岛人的抗争下，不仅保住了重要的渔港，而且在喷发停止后不久，人们就利用从正在冷却的熔岩中提取的地热，为全岛居民生活供热。喷发出的火山渣被用来铺设新建的机场跑道。而凝固的熔岩为 Heimaey 岛新

增了 20% 的面积，人们在上面建起了两百座新住宅。

由这些今天的事例我们可以猜想：几百万年前，大洋中脊就是这样从海中托出了冰岛。今天，大洋中脊还继续在海底活动着。

关于冰岛与大洋中脊关系的争论成为了科学界在 21 世纪最重要的理论论战之一

在数万公里长的大洋中脊上，有十来个面积能算得上岛屿的陆地露头，冰岛是其中面积最大的一个，便于进行较大规模的实地观测和实验。因此地质学界公认冰岛是研究大洋中脊的最理想地点。多年来几百名科学家在冰岛用卫星定位、同位素检测、地磁测量等方法对地表岩层和地球深层的地震、火山、地形变化进行了观测和记录，做出了冰岛周围和大洋中脊的海底图，并且积累了大量第一手数据。

目前普遍认为地壳板块漂移理论相当好地解释了大洋中脊的生成发展机理。然而冰岛作为大洋中脊的陆地展现部分，虽然它与大洋中脊的关系已被公认，但是冰岛的火山和地震带分布与大洋中脊的走向却有许多差异。

斜穿冰岛全境的断层裂谷带的走向与大洋中脊是基本吻合的，冰岛的火山形式和熔岩性质也与大洋中脊相似。

大洋中脊主要由地球板块分

离造成的海底裂谷构成。而冰岛也有许多世界最著名的裂缝式火山。低黏度的熔岩从裂缝里不断喷涌出来，少有剧烈的爆发。喷发的裂缝火山形成长长的火链，火山灰和碎屑在裂缝两侧堆积成岗和一连串低矮的小火山丘。

地球有历史记录的裂缝火山喷发有三分之一发生在冰岛，因此又被称为“冰岛式火山喷发”。世界有记载的最大的火山喷发，1783 年冰岛著名的裂缝式火山——拉基火山的大喷发持续了 8 个月的时间，溢出了 12 万立方公里的岩浆，覆盖了 500 平方公里的地面，导致冰岛五分之一的人口和一半牲畜的死亡。

拉基火山在历史上的数次喷发留下了长长的裂谷和一连串的低矮火山丘，成为冰岛最经典的火山景观。由于裂缝火山岩浆的黏度低流动性好，在冰岛造成了大片的凝固熔岩区。冰岛这个岛国是名副其实的火山岛，植被面积不到百分之十，可耕地面积只有百分之一。国土的四分之一是冰川冰帽，剩下的，就是已经被熔岩肆虐过，并且完全占领的不毛之地了。

从冰岛的断层和火山地震分布图上，虽然清楚地看到断层和裂谷的整体与大洋中脊的走向吻合，但地层破碎带在冰岛变宽变复杂了。大洋中脊在穿过冰岛时，断裂带从清晰的单一裂谷变成了东、西、北三组平行的裂谷带。小片的断裂带分散成几个区域，走

巨大的地裂缝让人感觉回到了天崩地裂的时代，一切都在创造中，新的世界正在徐徐打开。活跃的地壳运动与洋中脊的存在不无关系，然而，地质学家却在冰岛上发现了种种与洋中脊的“海底扩张”理论相矛盾的数据：洋中脊上有古老的岩石；洋中脊的轴线在冰岛上分了叉，而且两个分支都十分活跃；冰岛的北部与南部“海底扩张”的历史记录不一样；等等。



向与大洋中脊发生了角度偏差。地质学如何解释这一现象？除了公认的地壳板块漂移理论对大洋中脊的解释，是否还有其他因素造成了冰岛独有的地质特征？对冰岛地质结构的解释在世界地球科学界引发了大争论。

除了传统的，已经被公认的板块漂移理论，科学家试图用地幔热柱假说来对此做出解释。这一假说认为，在地幔深层存在着一些与地表岩层之间的通道，深层的熔岩通过它们上升到地表，形成地壳“热点”。“热点”假说曾经成功阐述了夏威夷火山链的生成机理。自从 1971 年这个假说提出以来，已经被许多地质学家接受，在现代地球科学界具有权威假说的地位。这个假说认为冰岛的地质深处也存在着一个地幔热柱。通过它涌出的熔岩不仅造成了冰岛厚厚的地表熔岩层，而且修改了冰岛火山和地震带的分布，使其有别于大洋中脊。

然而经过多年的观测，科学家们并没有在冰岛发现地幔热柱假说的几个最基本的特征。在冰岛地层没有测量到地幔热柱说提出的高温区，这里的火山爆发点也没有相对于一个固定点的时间移动轨迹，甚至根本就没有明显的时间移动轨迹。

围绕着板块漂移和地幔热柱



Silfra 裂隙是辛格韦德利国家公园裂谷带众多地壳裂隙中比较深也比较大的一个，它正好延伸到了辛格瓦德拉（Thingvallavatn）大湖的下面。这个湖是一个熔岩堰塞湖，它原本是一条由冰岛第二大冰川的融水所形成的河流，被堰塞之后，冰川融水更多地变成了地下水，经冰岛充满裂隙的岩层一道道过滤之后，往往历经30年到上百年的时间，才以泉水的方式进入湖里，正因为如此，辛格瓦德拉大湖十分清澈。Silfra 裂隙被认为是美洲板块和欧洲板块交接的地方，加之湖水清澈，于是成为了潜水爱好者触摸两大地壳板块的“梦之潜点”。



这两大理论和假说，地球科学界在近几十年出现了各种假设、模型和理论，试图从不同的角度来探讨大洋中脊的生成发展过程，特别是解释冰岛地质的特殊性。

英国杜伦大学女地质学家 Gillian R. Foulger 在冰岛领导一个研究小组工作了7年时间，在冰岛的地震火山区采集了大量第一手数据。在她的专著《板块还是热柱——地质学的大论战》中，她以冰岛有关地壳运动、熔岩层的体积、温度和地质化学数据以及火山地震活动的时间曲线为证，向地幔热柱假说质疑，指出：虽然地质学界几乎普遍接受地幔热柱假说，但在冰岛观察到的大量证据却无法证实它。热柱假说是尚无法证伪的假说。冰岛异常的地质现象需要有新的假设和理论来支持。

Foulger 教授的工作被誉为21世纪对地球科学最重要的贡献之一，因此而荣获2005年英国皇家天文学会的金奖，与爱因斯坦和霍金等科学大师共享这一殊荣。

《自然》杂志为此指出：包括 Foulger 在内的几百位科学家向地幔热柱假说提出了挑战。对一个已经被普遍接受的理论观点，我们鼓励科学提出疑问，发展出新的观点和假说。

围绕着冰岛异常的地质现象，出现了各种不同观点。有学者认为，大洋中脊的裂谷扩张在运动中与目前欧洲北部的 Caledonian suture 相遇，使这

辛格韦德利国家公园中的裂谷带存在的时间很久远，由于它位于冰岛首都雷克雅未克以东50公里处，离冰岛人的生活区域距离很近，所以，辛格韦德利裂谷带与冰岛人的关系也很密切：这里曾经举行过冰岛人乃至全世界的第一次国民议会，时间是公元930年。商议决定把基督教引入冰岛的会议也是在这里召开的，时间是公元1000年。这里一直是冰岛大事聚焦的场所，每次冰岛举国庆祝某个事件时，就会有上千人来到这里欢聚。下图中架着小桥的地缝，名叫Crack of Almannagja，冰岛人说桥的两端，分别就是美洲板块了欧洲板块了。右页图是阿尔曼纳裂谷带（Armannsfell graben）中众多平行的断层地缝之一，是火山熔岩所形成的断层景观。



一古断裂带重新开裂。深层的大熔岩库涌出超常量的岩浆，造成了冰岛比周围地区厚三倍的地表熔岩层。而这一超厚熔岩层是致使冰岛异常的地震、火山分布的主要原因。

另一些学者提出，在穿过冰岛的两大地球板块之间存在着微型的板块，它们在大洋中脊开裂运动之外进行着自转运动。冰岛微板块的存在造成了这里地壳板块边缘的复杂和破碎。

有学者提出 Rift Jump 模型，认为冰岛特殊的构造是板块漂移和地幔热柱共同作用的结果。当活动的断裂带随地壳漂移远离地幔热柱后，活动会减少。而热柱

轴会改变位置，在其附近形成新的活跃裂谷带。

还有学者从岩浆的性质进行解释，认为在两大板块相互运动的过程中会释放大量水汽，使这里的岩浆的黏度变低，熔岩的熔点下降，喷发和流动性更好。因此造成了冰岛大量的裂缝火山和超厚的熔岩层。

虽然各种不同的假设和模型都存在着许多缺陷和观察数据不足，因此难以被证实，但它们已经形成了对地球科学的权威理论的挑战。

关于冰岛与大洋中脊的关系的争论成为了科学界在21世纪最重要的理论论战之一。□

