

世界科学名著丛书

地球的奥秘

[美] 乔纳森·韦纳 著
张 生 高建中 等译
王小龙 等校

湖南教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地球的奥秘 / (美) 韦纳著; 张生, 高建中等译.
长沙: 湖南教育出版社, 2000
(世界科普名著精选/杨牧之主编)
书名原文: Planet Earth

I. 地... II. ①维...②张...③高... III. 地球
科学-普及读物 IV. P183-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 59656 号

Jonathan Weiner
Planet Earth
Metropolitan Pittsburgh Public
Broadcasting, Inc., 1986

世界科普名著精选

地球的奥秘

[美] 乔纳森·韦纳 著

张 生 高建中 等译

王小龙 等校

责任编辑: 王华玲

湖南教育出版社出版发行

(长沙市韶山北路 643 号 410007)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

870 毫米×960 毫米 20 开 印张: 18.8 字数: 308000

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1—5500

ISBN 7-5355-3383-3/G·3378

定价: 37.20 元 (精) 33.70 元 (平)

本书若有印刷装订错误, 可向承印厂调换



1

活动的机制



我们绝不停止探索。
我们所探索的终结，
必将实现我们的初衷，
初次了解我们的世界。

地球上有一些喧闹地区，其地下物质不停地毁坏上部的地表。在冰岛、夏威夷、扎伊尔和新西兰等地，熔岩犹如鲸鱼喷水或恶魔吐气一般突然从地下喷出来。地面震颤着，好像地下有巨物在游动一般。居住在这些地区的人类祖先必须忍受这种变化无常的环境，他们渴望地球能得以宁静和安息。

炽热的熔岩从一座火山上缓缓流下，吞没某位农场主的土地；或者在阳光明媚的早晨，一次地震夷平了某一村庄；这些事听起来都让人不寒而栗。这种种灾难就像是大地为了得到人们的乞求和抚慰在大声疾呼。居住在墨西哥山谷中的阿兹台克人，在死火山顶上屠杀俘虏，他们曝晒人心进行祭奠，以乞求太阳能够永生，地震不再发生。

在西非，按照某个土著居民部落的说法，丛林是一位巨人的头发，丛林中所有那些爬行的、蠕动的、疾奔的和飞行的生物，都是巨人头发中的寄生虫。当巨人抖动他的头发时，地球就产生振动。在新西兰，相传由于两个很内行的贪吃兄弟钩住一条巨大的鱼，大鱼猛烈地摆动，从水下深处升起来，形成参差不齐的山脉。在波利尼西亚，岛民们传说女神佩莱和她的姐姐纳马考卡海，横跨太平洋大部分地区进行搏斗。她们的战争在海面上留下了作战的痕迹——夏威夷群岛链。佩莱时而居住在基拉韦厄火山锥上，当她受到某些英俊的夏威夷首领的藐视时（这种情况时有发生），她一阵阵地大发脾气，暴跳如雷。

冰岛的古斯堪的纳维亚人把地震归咎于上帝之间的争吵。很久以前，恶作剧精灵洛基完全出于恶意，筹备安排了主神奥丁圣洁的儿子鲍尔德之死。作为惩罚，洛基被捆绑在地下洞穴中的3根石条上。一条毒蛇悬浮在他的面部上方，蛇的毒液正好滴进洛

基的眼中。洛基的妻子站在他的旁边，用一个高脚酒杯接住一滴一滴的毒液。然而，只要在她撤掉酒杯倾倒毒液时，一滴滴毒液就在侵袭她的丈夫，洛基猛烈地摆动使地球发生振动。古斯堪的纳维亚人坐在炉边相互谈论着：“洛基因剧痛而翻滚，直到众神的没落时代。”他们认为，火山劈劈啪啪的爆裂声，那是洛基在鞭打他的孩子们。

后来，古斯堪的纳维亚人放弃了这些传说，而皈依基督教。他们当时认为，地震和火山出自地狱。在中世纪，全欧洲人都相信，冰岛上最危险的赫克拉火山是地狱之门，从火山口飞出的咝咝做声的那些火山弹是被打入地狱的幽灵。

直至最近的 30 多年前，当地震和火山爆发时，仍没有任何一种符合现代观点所渴望的答案。1964 年耶稣受难日（复活节前的星期五）的傍晚，阿拉斯加安克雷奇港市没有得到任何预告，地面突然振动隆鸣，就像狂风中的旗帜那样劈啪作响。地震持续了 4 ~ 7 分钟，大约有 200 000 百万吨级的能量被释放，这相当于过去在战争中以及和平时期曾经爆炸的所有核弹头能量总和的 400 多倍。这是北美洲以前所测定到最严重的一次地震，震级为 8.5 级。

商业区的商店和人行道陷入地下 6 米；第四大街和 L 街等几部分滑坡并混合交织在一个角落；市郊特纳根·海兹的 53 公顷土地滑入大海。瓦尔迪兹的阿拉斯加城完全被摧毁，首先是山崩，接着是洪水，最后是海啸巨大波涛的破坏。海啸把 24.4 米悬崖峭壁上的树木直立劈开。据认为，这次地震发生在北部 1 287 公里的霍普角和巴罗角。

在这次大范围毁灭性的地震中，死亡人数之少令人吃惊。因为在安克雷奇没有高层建筑，而整个阿拉斯加人口密度很低，每平方公里的面积上平均不到 1 人，这次灾难中共有 100 人丧生。假使这种能量的地震当时发生在加利福尼亚，将会造成惨重的生命损失，因为那里的人口密度每平方公里有数百人。圣弗朗西斯



科高耸的摩天大楼中正在设计着以前从未试验过的各种实验。

对耶稣受难日的这次地震，地质学家认为是沿着断层（地壳的裂缝）发生。但是为什么在那里存在裂缝，以及促使地壳沿着裂缝移动的动力是什么？地质学家不能给予解答。



图 1—1 在 1964 年阿拉斯加大地震中，滔天海浪连续侵袭了阿拉斯加南部海岸。塔库·梅德渔船从西沃德海港被抛到铁路调车场。

事实上，直到那次地震为止，地质学一直受到报刊批评性的评论。英国物理学家洛德·凯尔文，在争论地球年龄的高潮中提出：“地质学和集邮一样应得到理智的尊敬。”尽管最终证明这位物理学家有两点——即在阐述地球年龄方面和地球科学方面的错误。但是有很多地质学家在从事简单采集岩石的生涯，并把马达加斯加岛的砂岩和印度的砂岩进行比较。他们无法解释各种比较资料以及他们按目录分类的资料的悬殊差别。他们不能解答被印

度洋分隔的这些砂岩为什么会如此相似。没有一个假说可以解释为什么在西非时常会发生轻微的小地震，而在阿拉斯加则突然爆发灾难性大地震；或者解释冰岛的赫克拉火山和夏威夷的基拉韦厄火山。虽然只有一个地球，我们却缺乏全球性的理论。作为一名研究地球科学的学生亚历山大·冯·洪堡悲叹道：“我们考察各种岩石，但不能考察所有的山脉。我们具有各种材料，但却不知道它们是如何组合在一起的。”

创造地球和塑造地球形状的力量是什么？在墨西哥、冰岛、夏威夷和扎伊尔使人痛苦的原因是什么？为什么构成珠穆朗玛山峰的岩石和化石曾经一度位于洋底，而今却大相径庭，成为“世界屋脊”？为什么在撒哈拉大沙漠中有巨大的冰川遗迹，而在阿拉斯加会有热带丛林的残痕？难道这一块块土地会从一处漫游到另一处吗？

20年前，地质学家在改革自身学科方面开始了一项惊人的理论飞跃。自从阿拉斯加大地震之后这些年来，在全球性理论研究方面产生了一场伟大的革命。如同科技史中其他革命一样，这场革命长时期地激动人心。事实上，某些思想敏锐的天才在数十年前，甚至数百年前就已使用这种理论中的部分思想。很早以前他们带上工具，应用这种思想去验证他们的直觉。时至今日，大批优良的工具、复杂的实验和决定性的证据终于蜂拥而至。

这场革命采纳了成千上万种观测资料，其中很多资料是冒着一定危险在野外获得的。有些资料是科学家到南极陡峭的冰崖、乘微型潜水艇潜入海底的裂隙中钻探大陆基岩、乘直升飞机到圣海伦斯山地的埃弗洛维亚的荒原上，或者到尼拉贡戈火山口底所取得的。这些结果已完全改变了我们对地球的看法。

新观点比较难以使人接受。很难想像，附着在地壳巨大碎块上的大陆随着碎块的运动而漂移，所有地壳碎块持续不断地处于相互挤压之中。这些板块每年振动颤抖超过100万次以上。我们通常谈论的所谓“固体地球”并不像想像中那样坚实稳固，它是



一颗精力旺盛的、动态的、永不宁静的行星。地极在漂移，地磁场也像火炉中闪烁的火焰一样波动不定。就像皮肤新陈代谢一样，地球也连续不断地塑造、销毁、补偿和更新自己的地表。多年来我们一直梦想着其他行星的生命，但我们却很少注意到地球的生命。对于我们而言，地球依然是一片陌生的土地——地球新星。



图 1—2 从太空拍摄的地球。大陆——人类生活的基地，当今认为正在不断地飘移和缓慢地旋转，就像江河旋涡中的木筏或漂浮在天空的云团那样。

从卫星轨道上观看，地球是一颗悬浮在黑暗宇宙太空中的行星。这颗我们赖以生存的星球除了云的旋涡和粼粼海光外，再看不到什么。如果第一批宇航员俯视地球，看到的不是他们期望看到的大陆拼凑碎片，而是一整套其他形式排列的大陆，这将是令人吃惊的。如果说宇航员过去用无线电向卡纳维拉尔角传送回的数百张地图及墨卡托投影是错误的，这似乎不可能，然而地质学家相信这些地图在当时是正确的，如果我们认为当时如此，以后也永远如此，而用这些地图来描述地表，那就大错特错了。相

反，在地球的历史中，地图只能描述极为短暂的地表排列状况、海陆的临时分布以及目前的变化状态。

在这种地球的新观念中，如果稍有差别的话，就是存在着比人们想像中向下俯视尼拉贡戈火山熔岩更强大的作用力。这种戏剧性的作用是如此缓慢地展现出来，我们几乎觉察不出，因为我们的生命是如此短暂，以至无法看到这种作用。然而这是激动人心的，而且在这种观点中存在着某些时代智慧的色彩；如我们现在已经搞清火山的塑造者就像其破坏者一样多。火山熔岩最终塑造了陆地，而地震则是地壳发生大规模移动的结果。

地球的新理论具有真理的特性和神话的优美。

第一次革命

在 18 世纪末，人们利用地球的现代考察方法考察了一个完全出人意料的场所——苏格兰爱丁堡及其周围。爱丁堡那时以“北方的雅典”著称于世。在这座中世纪古城壁垒以外（这座古城就像燕子窝一样建造在卡斯尔·罗克死火山的峭壁上），市会议员们当时正在设计一座新城市，一座具有笔直街道和巨大广场的长方格形新城。这种设计在当时是醒目的，这种城市设计的想法也同样是非常大胆的，是美国和法国的一次革命，然而那是改变我们世界生活方式的工业革命，而不仅仅是一场政治大篝火。在这次革命中，发明了纺织机和蒸汽机，建立了工业体系。遍及欧洲的发明者和哲学家是当时伟大启蒙运动的一部分——他们希望智慧和真理的强大以及广泛的传播能够驱散世上的愚昧无知，消除所有邪恶的根源。只有理智能够“把光明洒向人间”。

在这种令人兴奋的环境中，爱丁堡一派繁荣昌盛，成为苏格兰启蒙运动的中心。启蒙运动包括很多才华横溢的知名人士，如



詹姆斯·瓦特，蒸汽机的发明者；亚当·史密斯，他的《国家的财富》创立了一种新型的自由经营的经济基础；约翰·克拉克，他用新颖的创造性手法，写出了海军大战小说（而他却从没见过大海）；约瑟夫·布莱克，发现二氧化碳的开拓性化学家；詹姆斯·赫顿，现代地球观念的奠基者。他们之中的大多数人每周利用一个晚上，到赫顿帮助找到的一家奥伊斯特俱乐部聚会。本杰明·富兰克林在一次访问爱丁堡时，把他们称为“世界历史上所出现的一组真正伟人和知识专家”。他们给世界不仅仅带来一套惊人的工业革命机器，而且带来了使工业革命成功的一套思想和方法。

赫顿是一名医生，但他以化学家和农场主的身份而获得自己的财产。当耕作时，他逐渐被土壤、岩石和绵延起伏的地形强烈地吸引住。后来一位地质历史学家写到：“他以强烈的好奇心观测每一个出现在面前的坑、沟或河床。”到40岁时，他逐渐形成了一种新的地球观。他考察了苏格兰地区层状构造岩石中的石灰岩、砂岩和页岩，证明在遥远的地质时期，它们是沉积在海底的松软沉积物，由于沉积在它们上面的其他沉积层的压力作用，这些沉积物被压实并且慢慢变成岩石。最后发生海退，或海底抬升，其中一些岩石露出水面，风吹日晒等外力风化剥蚀作用使最上层岩石破碎成微粒，终于形成我们称为土壤的肥沃混合物。

赫顿认为：雨水不断地把土壤冲入小溪、江河，由此进入大海，沉积物在海底再一次被压实形成坚硬的岩石。地内热能使这种基岩抬升隆起，露出海面，进而形成新的山脉。地内熔融态的熔岩强行涌出地表，冷却后形成岩石；这种岩石也受外力剥蚀作用，它们的碎片和微粒最后也终将找到它们的归宿——海底。赫顿相信，这种从岩石到土壤再到岩石，从海洋到陆地再到海洋的循环已经持续了很长时间，今后还将无限地持续下去。1788年，他在提交给爱丁堡皇家学会的一份报告中断定：“这种物质循环调查的结果是，我们既没有找到开端的痕迹，也没有找到终结的

征兆。”

这是我们对地球认识的一个转折点：赫顿觉察出在人类时代和地质时期之间，教堂楼上的钟表和山脉中的“时钟”之间存在着不可逾越的鸿沟。科学家们今天承认，地球历史比我们人类自身所书写的历史要深远得多。然而在赫顿时代以前，大多数人对地球的看法是完全不同的。爱尔兰的大主教阿奇博肖普·詹姆斯·厄谢尔根据圣经中的记载，从亚当和夏娃开始，历经所有各代男女，算出地球的年龄；厄谢尔断定地球正好是在 6 000 年前被创造的（准确日期是公元前 4004 年 10 月 22 日晚上）。大多数人和厄谢尔的观点一致，相信地球是在那时突然被创造出来的（就像人可以设计风景公园一样），而且除去大洪水期间外，地球很少变化过。

赫顿自己并不是无宗教信仰的。但是在研究自然科学方面，他喜欢依靠自己亲身体验的证据，并从他自己所搜集到的事实做出推理，而不愿推究由上帝之手创造的、那种虚无缥缈的地球起源和终结。赫顿提出，如果地球仅仅只有 6 000 年历史，那就完全没有时间来形成他周围的土地。他明白岩石和土壤、沉积物和海洋之间需要巨大的时间尺度来完成这一循环。他无法确定这种循环持续的时间，但是他可以告诉人们，这种循环过程进行得非常缓慢。

自罗马教皇哈德里恩为防止野蛮的苏格兰人入侵而在通往英国的地区建造他的万里长城以来，毕竟已经历了 1 600 年的历史。依地形建造的长城横跨整个国土，跨越山丘和峡谷。如果有谁相信厄谢尔推断的地球年龄，那么自从哈德里恩的军队建造那座长城以来，几乎经历了地球历史的 $\frac{1}{3}$ 。然而在这段时间内，地形变化必然很小，因为长期以来任何山谷的更替都必将使该长城倒塌。而 1 600 个春秋的风雨只造成该长城的铺路石有了微小的磨损。

因为“在 $\frac{1}{3}$ 的地球历史中”，风化剥蚀作用几乎微不足道，



那么“在地球另外 2/3 的历史中”，也不可能雕塑出大的山脉和山谷来。所以地球的起源必然比任何人所猜测的更为深远悠久。

赫顿在北海岸上的辛卡尔地区发现了这种事实的生动证据。在那里波浪作用形成的峭壁上具有两种颜色。峭壁上半部是古老的红色砂岩，而下半部是他称为页岩的暗色岩石。这种砂岩具有水平岩层，而页岩岩层却几乎是垂直的。

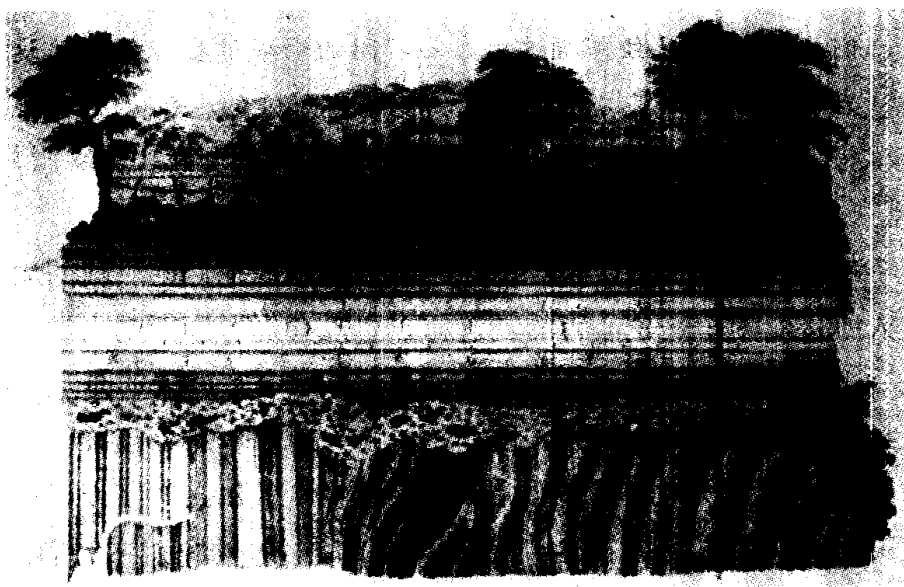


图 1—3 詹姆斯·赫顿推断，这里所显示的最下层岩石在最初形成时是水平的，接着巨大的地球内力使该地层翘起接近垂直，此后侵蚀作用使该区夷为平地，最终被埋藏在水平岩层之下。这是地球生命史中的一次短暂事件。这幅辉绿斜橄榄岩的不整合边界的照相制版是由赫顿的一位在埃尔丁的朋友詹姆斯·克拉克所制作的。

赫顿的朋友约翰·普莱费尔那时来到了辛卡尔地区。普莱费尔本身是一位卓越的地质学家，而且他的书《赫顿理论的说明》对推广赫顿的思想比赫顿自己的著作更具普及作用。赫顿在描述苏格兰土壤时，大多数用的是“松散而无凝聚力的材料”这样的措词。赫顿和普莱费尔明白，岩石不可能堆积成垂直层，就像扔下的一扎纸不可能竖立在地面上。页岩的岩层最初必然是水平沉

积，进而固结成岩石，在此以后水平岩层才被打乱，并且倾斜翘起。高低不平的岩体顶部，长期曝露在地表，因风化剥蚀作用而逐渐被夷为平地，接着在页岩顶部形成了砂岩。

这两位朋友想到，完成这一过程需要花费大量的时间，一定会给人们留下深刻的印象。普莱费尔写道：

我们时常提醒自己，如果我们能够真正在心灵深处看到它们，我们不就已经掌握这些岩石不同的形成过程以及隔离这些岩石形成的长期间隔了吗？……更为深远的大变革将出现在将来。目前来调查这种时间深渊的想法似乎使人眼花缭乱。

赫顿和普莱费尔认为：地球的历史并不像他们同时代的大多数人所接受的——是上帝的创造物，也没有经历所谓的大洪水和此后 1 000 年的寂静。地球历史的记载，无论是过去还是现在都应具有同样的形式。过去、现在和将来只能是一系列连续的损耗和建造、侵蚀和创造的普通循环。要解释辛卡尔的岩层或苏格兰的山丘以及贝里克希雷他自己农场中的土壤，没有必要祈求上帝。正如赫顿指出的那样：“没有任何非自然的力量作用在地球上，除了我们所熟知的自然作用力以外，不存在其他任何作用。”

地球的历史是均匀的、平稳的和连续的，这就是大家熟知的均变说。它在很大程度上，是一条科学准则。如果自然不是均匀的，那么人们就不能用自己的实验结果来预测下一步的结果，也同样不能设想依靠若干种观测资料所建立的各种自然法则能保持其正确性。假如自然界不存在均匀性，那么物理学、化学和生物学就会像阿丽斯童话中的仙境一样。逻辑学、科学和生命本身都将被跌得粉碎。在地质学中，均变说还引起了数年的争论，一部分原因是赫顿的工作纠正了那些企图简单地按圣经中的文字来解释地球历史所存在的问题；另一部分原因是地球的自然特征——山脉、峡谷、瀑布、火山——对人类想像力的大声呼喊：灾难！



奇迹！大灾难！

在奥伊斯特俱乐部的聚会中，赫顿凭借自己的化学和医学知识表现得很活跃，并起着领导潮流的作用。他有时把地球描述成一种化学机器，有时又把它描述成一种充满活力的生物体。就像他朋友瓦特的蒸汽机那样，地球在内部热能的驱动下，不断地搅拌和工作；也像生物体一样，地球不断地愈合由自身侵蚀作用形成的伤痕，并不断地自我更新。他把地球看成是一台巨大的、充满活力的机器。

500年前，人类曾一度认为太阳、月球和恒星都环绕着人类居住的地球转动，地球是宇宙的中心。此后波兰的天文学家尼古拉·哥白尼（哥白尼学说）证明太阳是宇宙中心，是地球绕着太阳转动。在哥白尼学说的伟大革命之后，数百年里，人们逐渐习惯了地球周围存在着广袤的宇宙空间以及地球在宇宙之中仅仅相当于一颗不断旋转的小点这一事实。

据说，哥白尼学说适合于空间，赫顿的学说适合于时间。自赫顿以来，我们明白了地球是经历了漫长时间历程的一个小点。相对地球的历史而言，人类存在的这一历史阶段是微不足道的。

在某种程度上，赫顿的观点是简单的：只要有足够的时间，地球上的这种缓慢的循环能够创造奇迹。在最近20多年的地球研究中，所产生的变革仅仅是对赫顿这一思想更详尽的阐述。赫顿描述了创造和毁灭的一种大循环，一个半世纪后，当代的地质学家们又增加了另一种循环。这种新的循环也能创造奇迹。它能够更充分地解释地球表面的隆起和沉降——地球动力学。

超大陆的破碎

地球科学现代革命的勇士是德国的科学家艾尔弗雷德·魏格

纳。和赫顿一样，他是一位空想家，而且也是在他死后，他的思想才广泛被人们所接受。

魏格纳是一位具有研究和冒险的双重性格的、勇于探险的科学家，而且他干任何事都完全彻底。他对气象学具有浓厚的兴趣，曾在气球吊篮中研究高层大气的天气现象。1906年，他和他的哥哥库尔特作了一次持续52小时的气球飞行，创造了世界纪录。在格陵兰，他花费了几个冬季的时间进行紧张的气象观测（正如他自己写的：“我们感觉自己就像是在和自然界中的致命力量战斗的人类突击队。”）。在1913年，他和惟一的一个同事利用矮种马拉雪橇，横跨格陵兰冰帽。他不仅研究气象学、天文学和地球物理学，他还研究生物学、古生物学以及很多其他学科。他年轻时，在第一次世界大战中脖子受伤，在养伤期间，他形成了一个伟大的思想，并被它深深吸引。

按照魏格纳的说法，他设想，如果把南美洲和非洲的海岸线推到一起，它们将会吻合得像两块拼图板那样平整，于是他首次产生了这一思想。为了解释这种巧合，他提出这两块大陆可能曾经是一块大陆，是以后才分裂开的。最后他认为这两块大陆是一个超大陆（联合古陆）的组成部分。联合古陆大约在2亿年前的恐龙时代已经分裂开来，“就像破裂的巨大浮冰碎片”。他指出：直至今日，这些碎片依然在不断地漂移分开。

魏格纳并不是最早按此思路推测的人。在他以前就有很多著名的和无名的思想家曾有这种思想。早在魏格纳以前300多年，朝廷大臣、哲学家弗兰西斯·培根先生就对海岸线的这种巧合表示惊奇，并在他的名著《新工具》一书中提及这一情况。在1666年，一位法国的修道士弗莱科伊斯·普莱斯特（要不然他的名字会被忘记）就提出，大陆因为大洪水已经分裂开来（他在题为《较大的和较小的大陆之分裂》书中表明，在大洪水以前，美洲还没有从世界的其他大陆分离）。在20世纪初，一位美国人弗兰克·泰勒提出：月球的引潮力可能牵移地球表面的大陆。另一



位美国人 H. 贝克认为：大陆可能受金星的作用而处于运动状态。他说：“金星曾经突然靠近地球，撕去太平洋海底的一团物质，从而形成月球（这种思想首先被大不列颠皇家天文学家查尔斯的孙子乔治·达尔文所采纳）。”

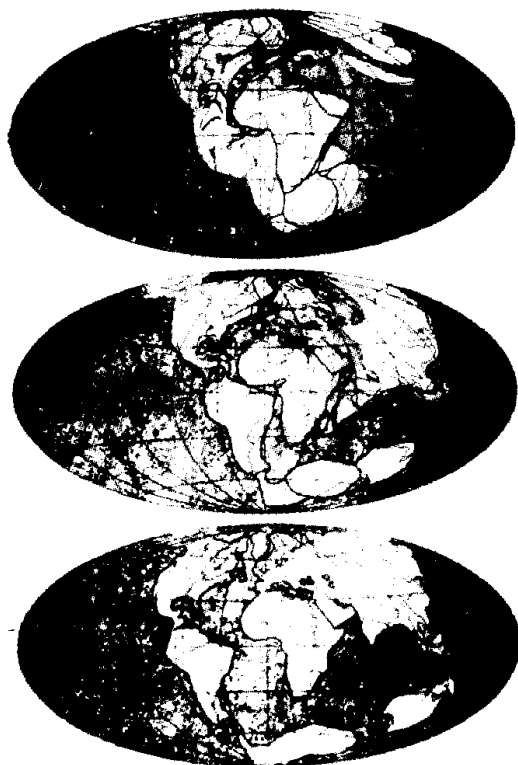


图 1—4 在魏格纳关于地球历史的想像中,大陆曾一度为结合在一起的大陆(联合古陆),它们自破裂后一直在漂移分开。

但是魏格纳是第一位调查大陆漂移细节材料的人，为了促使其他科学家严肃地对待这一思想，他在很多分散地区广泛地搜集证据（今天，他的崇拜者称他是一位复兴者。然而，很多同事认为他应该坚持气象学研究，说他是一位古怪的人）。他指出：南非东西走向的一条山脉和太平洋对岸阿根廷的另一条山脉相匹配；巴西高原和非洲象牙海岸的另一座高原相符；一种早期的蕨类植物化石——舌羊齿属在非洲和巴西高原的某些地区是共有的，而且这些地方排列得就像海岸线那样平整。而且，舌羊齿属