

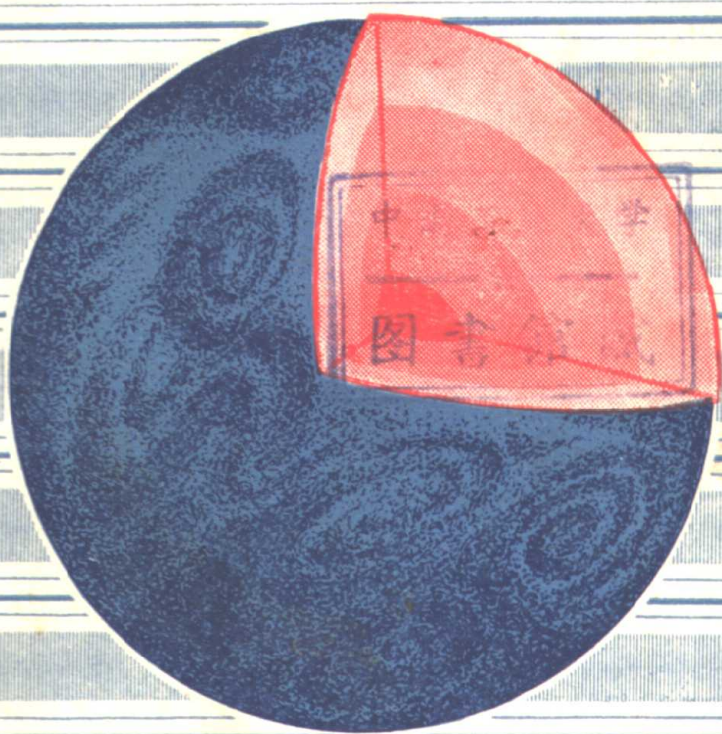
695303



趣味地球科学丛书

深奥莫测的地球

严秀茹 文彬编 著



地质出版社

趣味地球科学丛书

深奥莫测的地球

严秀茹 文彬 编著

地质出版社

趣味地球科学丛书
深奥莫测的地球
严秀茹 文彬 编著

责任编辑：刘何祥
地质出版社出版发行
(北京西四)
地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₃₂ 印张：8.4375 字数183000
1989年3月北京第一版·1989年3月北京第一次印刷
印数：1—2300册 国内定价：2.65元
ISBN 7-116-00360-6/P·310

前 言

我们居住的地球，自诞生以来，已有46亿年的历史了。在这漫长的岁月中，地球不断发展变化，逐渐形成了今天的模样。

地球和我们的关系十分密切，它不仅孕育了人类，构成了人类的生存环境，而且向人类提供了各种资源和发展文明的物质基础；反过来，人类的生存和活动又影响和改变着地球的面貌和环境。

但是，你真了解地球吗？你知道地球上都有哪些资源，这些资源又和人类社会的发展，特别是和当前我国的四化建设有什么关系吗？你了解地球的历史吗？你知道地球的环境变迁对人类的影响，以及人类改造环境的前景吗？

大家知道，能源是发展国民经济的基础。煤、石油和天然气是目前广泛采用的主要能源。它们不仅仅是动力原料，而且是重要的化工原料，经过加工提炼可以制造出塑料、化纤、橡胶、医药用品等多种工业产品。随着科学技术的发展，今天，原子能、地热、太阳能、潮汐能等新能源也开始为人类服务了。

除了能源，工业建设还需要各种矿产资源。炼钢离不了铁矿石、石灰岩、萤石、菱镁矿和耐火粘土；制造合金钢需要钨、锰、铬、镍、钒、钛、钴等；铟、铍、镓、锗、硅是发展半导体工业不可缺少的材料；铀、钍、锂等则是原子能工业的必要食粮。同样，矿产资源对于农业和国防现代化都

是密切相关的。可以说，离开了矿产资源，工农业就成了无源之水、无本之木，尖端技术和国防工业就无从发展，更谈不上实现四化建设了。

至于环境，那和我们的关系就更密切了。人和动物、植物都离不开空气、水和土地。因此，大气污染，水质和土壤污染，自然界的生态平衡，以及化学元素的分布与人类和动植物生命的关系等，都关系到人类的前途和生存，是举世瞩目的重要问题。

这套“趣味地球科学丛书”，将以生动活泼、通俗易懂的形式，向你介绍有关地球的科学知识，特别是矿产资源、能源和环境方面的基础知识、应用常识，以及有关新学科、新技术和新领域的发展情况。

尽管人类是地球上的“老住户”了，但对它的认识仍不全面，也不彻底。地球上还有许多未解之谜需要我们去探索，去揭穿，这套丛书还将向大家介绍地球科学有待探索的一些奥秘和问题。

本书是这套丛书中的一册。书中着重介绍了20世纪以来，人类对地球的新认识、新了解，通过这些资料，作者力求告诉大家地球究竟是怎样的一个星球。书中内容涉及地球的内部结构、地壳运动、物质组成和物理性质，以及地球所蕴藏的各种资源及其与人类的关系，目的是使读者对地球有一个较全面的了解，从而对探索地球奥秘产生兴趣。

我们希望这套丛书能为普及地球科学知识，激发和培养广大青少年对地球科学的兴趣和爱好，帮助广大青少年开拓视野，进而立志为探索地球的奥秘，为发展地球科学研究事业贡献力量，这就是我们编写这套丛书的主要目的。

柯 普

1988年

目 录

前言

1. 地球是座大迷宫	(1)
奇特的内部圈层结构	(2)
从地震波信息谈起	(2)
地壳、地幔和地核	(7)
大陆壳和大洋壳	(12)
软流圈和岩石圈	(16)
时刻漂移着的岩石圈	(19)
被板块分割的岩石圈	(20)
板块的运动和驱动力	(24)
探索地球内部的奥秘	(27)
早期的深海钻探	(28)
被撞击着的地球	(31)
天外来客的启示	(35)
地核之谜	(38)
2. 地球是个大烘炉	(41)
地球内部热能的来源	(42)
从地球的起源说起	(42)
太阳送来的光和热	(47)
放射性元素的功绩	(50)
热的传输和大地热流	(56)
地球内部温度的分布	(57)
热的传输和大地热流	(61)

地球内部圈层的形成	(64)
地热能的开发和利用	(67)
地热资源和地热异常	(68)
怎样寻找地热资源	(72)
地热资源的综合利用	(73)
3. 地球是个内能库	(79)
火山喷发奇观	(80)
世界火山的分布	(81)
不同性格的火山	(85)
火山是怎样形成的?	(88)
人类早期对火山的解释	(88)
板块学说对火山的解释	(90)
火山的恩惠	(93)
在火药桶上	(93)
火山与岛屿	(99)
颤动着的地球	(102)
引起灾害的地震	(103)
地震的类型和分布	(105)
探索地震的奥秘	(109)
能量积累和弹性回跳	(109)
断层的运动和类型	(111)
浅源地震和深源地震	(113)
反弹的欧亚板块	(115)
地震预测趣谈	(119)
怎样计算地震大小	(119)
地震预报	(122)
地球内部的高能强爆灾害	(127)
4. 地球是架永动机	(131)

地球的自转.....	(131)
地球自转的佐证.....	(133)
地球自转的速度.....	(136)
地转偏向力.....	(138)
地球的公转.....	(140)
围绕太阳万古奔波.....	(141)
地球的其他运动.....	(144)
地球的重力及其它.....	(147)
从赤道到两极.....	(148)
“呼吸”着的地球.....	(153)
5. 地球是块大磁铁.....	(157)
地球的磁性及其成因.....	(158)
地磁要素及分布.....	(158)
地球磁场的变化.....	(161)
太阳风与地磁层.....	(165)
地球磁场的成因.....	(166)
古地磁学与海底扩张.....	(169)
岩石的磁化现象.....	(169)
洋底磁性条带之谜.....	(172)
地球磁场与生命活动.....	(175)
生物的磁觉现象.....	(175)
地磁与人类.....	(178)
磁极倒转会带来灾难吗?.....	(182)
“死神”与宝藏.....	(185)
6. 地球是个大水球.....	(189)
浩瀚无际的海洋水.....	(190)
蓝色的星球.....	(190)
海洋有多深?.....	(194)

两种独特的陆地水	(200)
银光闪烁的冰川水	(201)
多种成因的地下水	(207)
水的来源和作用	(209)
地球上水的来源	(210)
地球上水的作用	(213)
7. 地球是座大宝库	(219)
丰富的矿产资源	(220)
人类发展与矿产资源	(221)
人类需求与地球恩赐	(223)
蓝色的宝库	(229)
海洋中的矿产资源	(231)
海洋中的能源资源	(238)
通向地球宝库之路	(243)
打开宝库的钥匙	(244)
找矿方法趣话	(248)
回顾与展望	(251)
值得重视的环境污染	(253)
愿人类与地球和睦相处	(258)



宇宙间有许多的谜，地球也有许多的谜。

虽然科学告诉我们，人类在地球上已生活了近300万年，但有99%的时间是在原始社会中度过的。人类真正开始探索和认识自己的故乡——地球，还只是近几百年的事。

尽管在这几百年的岁月里，人类时刻也没有停止过自己探索地球的脚步，有关地球的科学知识在不断地增加，每一项新的发现都给我们的知识宝库增添了许多新的东西。而且今天，随着空间科学技术的发展，人类又有了从宇宙空间探测自己故乡的可能。但是，地球仍然有许多现象使我们感到陌生和难以解释。特别是地球的内部，人类至今未能采用直接的方法去观察。坚硬的岩石、深邃的海洋，遮住了我们的视线，阻碍着我们探索地下世界的奥秘。我们现已掌握的有关地球内部的情况，都是依靠间接资料建立起来的，因而带

有推测和假说性，远远不能成为最终的结论。除此之外，地球究竟是怎样起源和演变的？地球过去的历程和将来的命运又怎样？……所有这些，我们始终没有得到一个肯定的答案，都还是地球科学的未解之谜。

所以我们说，地球是座大迷宫。

奇特的内部圈层结构

人类生活和居住在地球的表面，却又每时每刻在向地球的深部索取需要的各种各样的资源。

地球的内部究竟是怎样的呢？

在很久很久以前，人类渴望认识 and 了解地球内部奥秘的心情就十分迫切了。那时人们只能靠想象去猜测，于是产生了形形色色的猜想。甚至有人想象地球内部是空的，里面还有美好温和的气候适于人类居住。这显然是毫无科学根据的幻想。

那么，人类究竟能采用什么方法去了解地球内部的秘密？对于地球内部，我们又了解了些什么呢？

从地震波信息谈起

只要稍许关心一下我们的地球，你就会为地球上时常发生的那些神奇的自然景象而惊叹不已。

1960年5月21日，智利南部发生了一次大地震。地面上出现了大裂缝，13万平方公里的土地突然间沉陷了2米，海水涌起约9米高的巨浪，有几千万立方米的泥石崩塌滚落湖中。这次地震所释放出的能量，相当于爆炸10万颗原子弹。

1964年3月27日，在美国阿拉斯加也发生了一次地震，

岩石的水平破裂长度达到800公里。根据后来在沿海岸线所作的往返大地水准测量证实，大约有20万平方公里的地壳发生了形变。这是历史上因地震而发生垂直位移测量面积最大的一次。

可见，地震所造成的破坏是十分巨大的，它往往给人类带来极大的威胁和不幸。因此，在人们心目中，地震是一种非常可怕的自然灾害。然而，从上个世纪末以来，科学家们发现，就是这种破坏力极大的自然灾害——地震，能帮助我们了解和研究地球内部的奥秘。

原来，地震时总要从震源释放出大量的能量。由于地球岩石具有弹性，所以当岩石受到震动产生推力和拉力时，就会相应发生弹性形变和振动。这样，地震释放出的能量就会转变成地震弹性波的形式，向四面八方传播输送。也就是说，地震能够产生出地震弹性波。弹性波的传播形式，犹如我们向水中投下一块石子，在平静的水面上产生波纹的形式一样。

20世纪初，英国地震学家奥德厄姆在地震观测站用地震仪记录了三种地震弹性波。他将从震源发出的最初到达地震观测站的波，叫作P波；将其次到达地震观测站的波，叫作S波；将最后到达地震观测站的波，叫作L波。在这三种波中，L波只限于沿地球表面传播，就象湖泊中的水波，故称面波。P波和S波能沿一定的途径在地球内部传播，也不受深度变化的限制，故称体波。

P波也叫纵波。质点振动方向与波的传播方向是平行的。当波从震源向外传播时，在传播方向上岩石发生交替的推（压缩）和拉（膨胀）现象，就象拉手风琴那样一张一合。纵波可以在固体和液体中传播。

S波也叫横波。质点振动方向与波的传播方向是垂直的，就象我们晃动绳子所产生的波。当波从震源向外传播时，岩石在垂直于波的传播方向上作剪切运动，产生切变方向的形变。这样在液体中，当液体受到剪切时不能弹回，无反抗变形的能力，所以横波只能在固体中传播，而不能在液体中传播。

根据大量地震波传播速度的数据研究表明，地震波的传播速度与物体的密度和弹性有关。物体的弹性用弹性模量表示，有体变模量（当物体受到压缩和拉伸时，其体积变化的抗压缩系数）和切变模量（当物体受到切变时，其形状变化的刚性系数）两种。其关系是：地震波速与物体密度成反比，与物体弹性模量成正比。从这种关系式中，我们也可以看出，由于液体的体积很难压缩，所以液体的抗压缩系数很大，但液体无反抗变形的能力，刚性系数等于零，说明横波不能在液体中传播。

当纵波和横波从地面向地球深处传播时，假若物体的性质不变，那末波的传播途径是直线；假若物体的性质变化，那末波的传播将会产生反射和折射。地震波的反射，如同光线在平面玻璃上的反射一样；地震波的折射，与光线从空气中进入水中时改变方向相类似。因此，当地震发生时，某一地震台站，不但能记录到以不同速度传来的、在不同时间到达（如纵波先到，横波后到）的地震波，而且也能记录到沿着不同途径传来的地震波。许多地下的情况可以从地震波的传播时间中分析出来，这个时间叫作地震波的走时。

据观测统计，地球上每年都要发生许多次地震，虽然其中的绝大多数是我们感觉不到的，但每次都能产生出地震弹性波。特别是当大地震发生时，地震波在地球中的传播距离

可达数千公里。地震愈强烈，传播得愈远愈深。特大地震产生的波动，可以传遍整个地球，甚至穿透地球的中心。

这样，当地震发生时，震波从震源向各个方向传播出去，世界各地都能用灵敏的地震仪相继记录到震波信号。于是，科学家们根据分析不同距离的地震台站的记录系统，就可以得到地震波走时的有关数据。再经过计算，算出地下不同深度的地震波传播速度，看看震波从震源发出后，到地震观测台站总共花费了多少时间，地震波的传播速度有没有变化，有没有失踪的？据此来推定地球内部的结构，甚至能作出物理性质、状态方面的结论。假若地球是一个均质体，地震波的传播途径就会在任何深度和任何方向上都是直线传播。这时的地震波，就象是一位亲临地球内部的“使者”，带给我们关于地球内部的重要信息。

记录地震波的地震仪，其的基本原理并不难理解。将一块重荷自由悬挂在一个框架上，以保持重荷对框架运动的相对独立性。重荷连接一支精制的钢笔，并将笔尖触到一个绕有记录纸的滚筒上，滚筒由一只精确的钟表机械来旋转。在某些灵敏的地震仪中，有一束光线照射到安装在重荷上的镜片上，通过镜片反射到滚筒上，此时的滚筒装有光敏摄象胶卷。将这种装置安放在固定的岩石上，当支撑重荷的框架受到地震波的震动时，由于惯性使得重荷的运动落后于框架的运动，这种相对运动就能由记录笔描绘在记录纸上。为了记录垂直运动，可把重荷悬挂在框架的一个弹簧上；为了测量水平运动，可把重荷与一个水平摆相连接，水平摆的摆动就象房门在门框上自由转动一样。当重荷摆动时，运动状况也就被记录下来了。

在地震科学研究日益发展的今天，人类在利用地震波的

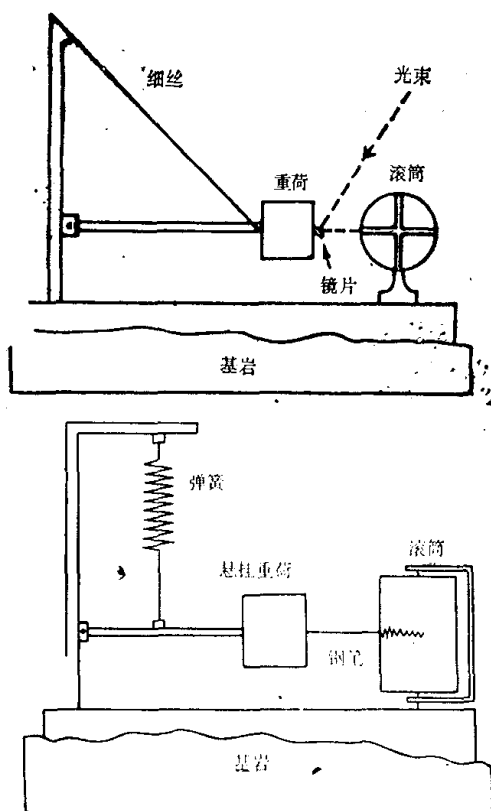


图 1.1 地震仪原理

上图：记录水平运动 下图：记录垂直运动

原理探索地球内部情况时，已不需要等待天然地震的发生，往往可以采用把炸药埋在地下，引火爆炸后造成人工地震的方法进行探测。这样便可在任何时间、任何地点利用地震波去揭示地下状况。这种方法叫作人工地震法。当然，人工造成的震动强度小，震源浅，所释放出的能量不大，探测的深度和范围也就有限。但是，这为人类充分利用地震波来研究地球内部奥秘找到了一条新路。1912年，俄国著名的地震学家、当时的国际地震学会会长鲍利津（1862~1916）就曾写

道：“可以把任何一次地震比作一盏明灯，它点燃的时间很短，却为我们照亮了地球内部。”

下面，就让我们在地震波这盏“明灯”的照引下，做一次地下“漫游”，看看地球内部究竟是怎样一个情景。

地壳、地幔和地核

假若我们能把地球一切两半，我们就会发现，地球在垂直方向上，从外向里是由三个部分组成的，即：地壳、地幔和地核。也就是说，地球从外向里可以分成地壳、地幔、地核三个大的同心圈层。从形式上看，地球的这种圈层结构，就象一个煮熟了的鸡蛋，地壳相当于蛋壳，地幔相当于蛋白，地核便相当于蛋黄了。

也许有人会问，我们是根据什么把地球划分出地壳、地幔和地核的呢？这就是根据地震波在地球内部的传播速度来划分的。

在前面，我们已经讲过，地震波的传播速度与物体的密度和弹性有关。假设地球是个密度和弹性都没有变化的均匀体，地震波在地球内的传播途径就会在任何深度和任何方向上都是直线传播。

然而，从20世纪初开始，世界上许多科学家在不同的地方，多次研究大量地震波传播的速度数据，发现地震波在地球内部传播的速度，在横向和纵向上都有变化，但横向上速度变化不大，而在纵向上速度变化明显。而且，在纵向上，地球各处都大致在相同的深度发生相同的变化。这种现象说明，地球内部物质在横向上比较均匀，只是在纵向上物质不均匀性较大。而且这种纵向上的不均匀不是随意性的，只有在一定深度才出现不均匀性，表现出了一定的规律性。

地震波速度变化明显的深度，不仅说明了在这个深度的

地球物质的不均匀性，也反映出在这个深度上下的地球物质的密度或弹性有改变或两者都有改变。因此，这个深度就可作为上下两种物质的分界面，地球物理学上叫作不连续界面。这样，地球内部的物质可以根据地震波速度变化的深度，也就是根据地球内部物质密度和弹性的不连续界面，分成圈层，每一圈层内的物质具有不同的物理性质和物理状态。这就是地球内部的圈层结构。

从地震波在地球内部传播速度的变化看，普遍存在着两个波速变化最大、最明显的不连续界面。

第一个界面的深度，在全球各处很不一致。大陆地区较深，最深的可达60公里以上；大洋地区较浅，最浅的不足5公里。在这个界面上，地震纵波和横波都会发生急剧的升高现象，纵波从每秒6.8公里升高到每秒8.0公里；横波从每秒3.7公里升高到每秒4.4公里。由于这个界面是南斯拉夫地震学家莫霍洛维契奇（1857~1939）于1909年在整理萨格勒布地震记录时，首次在欧洲巴尔干半岛发现，并位于地下30公里处，所以称莫霍洛维契奇不连续面，简称“莫霍面”。

第二个界面的深度，在地下2900公里处。在这个界面上，不仅地震纵波突然减速，从每秒13.6公里降至每秒8.1公里，并发生了反射和折射，改变了传播方向。而且横波也由每秒7.1公里突然消失，反映出这个界面上下地球物质状态的剧烈改变。由于这个界面是美国地球物理学家古滕堡（1889~1960）于1913年在研究许多大地震资料后提出来的，所以称古滕堡不连续面，简称“古滕堡面”。

由于地球内部存在着两个明显的不连续界面，所以将地球内部划分为三个大的圈层：莫霍面以上至地表的部分，叫地壳；莫霍面以下至古滕堡面以上部分，叫地幔；古滕堡面