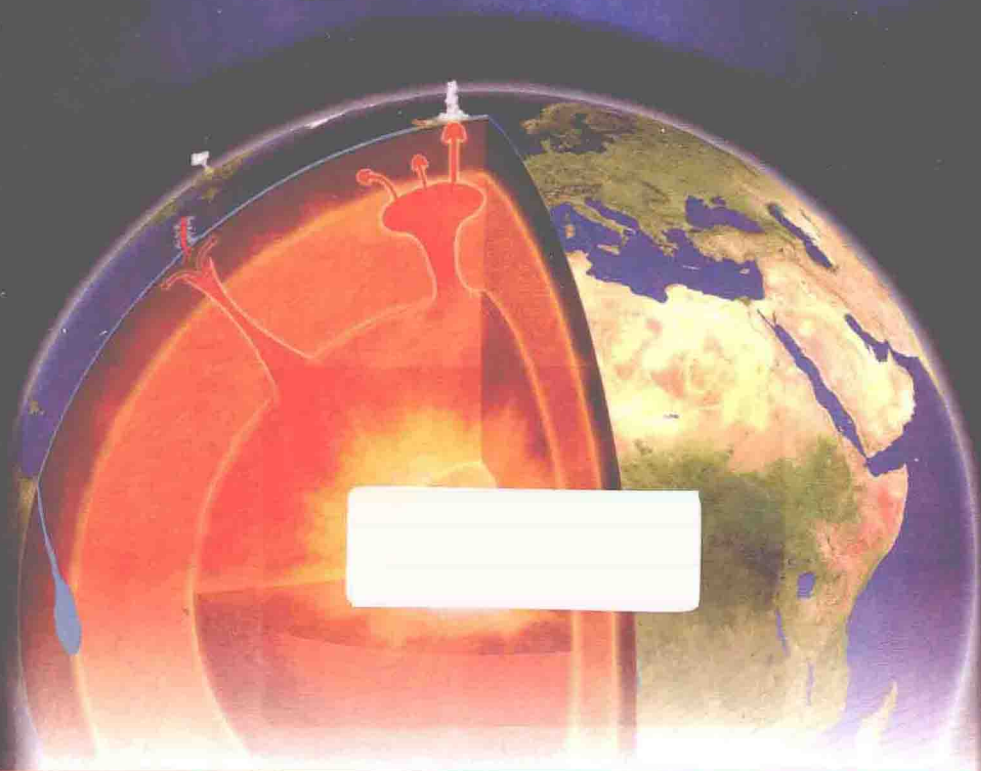


科普百科系列丛书·地球科学卷

王健 著

地震与地球内部的 奥秘



地震出版社

科普百科系列丛书·地球科学卷

地震与地球内部的 奥秘

王 健 著

地 震 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

地震与地球内部的奥秘 / 王健著 .—北京: 地震出版社, 2014.12
ISBN 978-7-5028-4497-4

I . ①地… II . ①王… III . ①地震—青少年读物②地球内部—
青少年读物 IV . ① P315.4-49 ② P183.2-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 271930 号

地震版 XM3375

地震与地球内部的奥秘

王 健 著

责任编辑: 刘素剑

责任校对: 孔景宽

地震出版社

出版发行:

北京市海淀区民族大学南路 9 号

发行部: 68423031 68467993

门市部: 68467991

总编室: 68462709 68423029

http: //www.dzpress.com.cn

邮编: 100081

传真: 88421706

传真: 68467991

传真: 68455221

经销: 全国各地新华书店

印刷: 三河市灵山红旗印刷厂

版(印)次: 2014 年 12 月第一版 2014 年 12 月第一次印刷

开本: 889×1194 1/32

字数: 87 千字

印张: 5

书号: ISBN 978-7-5028-4497-4/P (5188)

定价: 29.80 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

前言

地震是个“坏家伙”，它常常给人类带来巨大的灾难。2008年发生在四川汶川的8.0级地震，就造成了近九万人的死亡、几十万人的伤残。面对如此惨烈的灾难，人们总有无数的疑问和困惑：为什么会有地震？为什么地震的破坏力会如此之大？人类对地震的了解有多少？彻底认识地震还有多久？地球上没有地震该有多好？！

笔者参与辅导青少年科技实践活动已经十多年了，经常“被提问”这类问题，特别是汶川地震之后，常常在活动的间隙或吃饭的时候和大家交流，只是每次交流的时间都有限，很难完整、系统地讲解，因此逐渐萌生编写一本科普小册子的想法。在和大家交流的过程中，在问答之间，逐步形成了这本书的架构和内容。青少年朋友在提问时，往往是从关注地震所造成的破坏现象开始的，然后会希望了解更多、更深的科学知识。人类认识地震的进程又何尝不是由表及里由浅入深的呢？！本书的编写也正是遵循这样的顺序。首先



从人类对地震现象的感知入手，简要介绍了我国古代先贤对地震破坏现象的感知、记录和认知。列举了清朝康熙年间发生在山东的郯城地震（1668年7月25日）和发生在北京附近的三河—平谷地震（1679年9月2日），展示了历史地震的详细记载以及地震灾害的惨烈；随后讲述了人类对地震破坏现象进行定量描述的不懈努力，对地震烈度概念进行了解释。同时介绍了地震烈度表制定的过程，探讨了地震烈度在应用中存在的问题。

第二课则介绍了地震仪器的研制过程，特别是早期的发展历程。其中重点介绍了研制地震仪过程中的科学原理——摆的运用。地震仪之所以能够记录地震，是因为仪器中的摆受到地面运动的影响时开始振动，只有当摆的周期与地面运动的周期较为接近时产生共振，地震仪才比较灵敏。为了研制高性能的地震仪，地震学家进行了各种尝试，在使用常规摆时，摆长甚至做到了20多米，还尝试用过倒立摆、水平摆等方式。通过对地震仪研制过程的介绍，既让中学生了解到这其中的艰辛与曲折，又可以使他们对物理课的学习产生浓厚的兴趣。

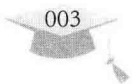
第三课介绍了地震学的理论基础，包括经典力学和波动理论。在本课中尽可能简明扼要地介绍地震学的基本思想与



方法，避免涉及地震学一些复杂的概念和计算。本着这一原则，选择性地介绍了一些较为简单而又最为基础的概念。比如介绍了物体受力与变形的关系（应力—应变关系），解释了体积模量和剪切模量的定义，以及波的类型和波的传播速度；介绍了地震波在地层中传播的一些基本类型，给出了在最简单情况下，确定地震震源和震中的方法；介绍了震级的定义和含义，阐明了地震震级和烈度的区别。

第四课重点介绍了人类利用地震仪器和地震学的基本原理，发现地球内部结构的过程：包括 1909 年莫霍罗维奇发现地壳与地幔之间的界面；1914 年古登堡证实地幔与地核之间界面的存在；以及丹麦科学家莱曼确定了地核内核与外核之间的界面；还包括软流层和俯冲带的发现，等等。

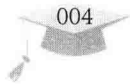
在介绍这些激动人心的大发现时，笔者把它们作为一个个小故事来叙述，穿插着介绍一些背景知识以及科学家的优秀品质，力图增加本书的可读性和趣味性。同时强调，由于人类目前对地球内部结构的认识，主要是通过对地震波的研究结果而得到的，必然受到种种限制。随着技术的进步，方法的改进，会不断地加深对地球的认识与了解。我们对地球内部结构的认识目前只能通过间接的方法得到，所以说当今的认知不是绝对的，更不能说是最终的结论。



第五课介绍地球内部的运动。人类比较系统地认识到地球内部存在着运动，是从大陆漂移学说开始的，所以在这一课中，首先介绍魏格纳和他提出的大陆漂移学说。魏格纳以开阔的思维来看待地球科学问题，以顽强的毅力追求真理，以坦荡的气度面对质疑，以不畏艰险的精神进行科学考察，直至献出自己宝贵的生命！

20 世纪 40 ~ 50 年代，以美国科学家为主导，对全球海底进行了大规模地测量，包括海底地形、地貌、地磁、重力、地热、岩石年龄以及地震活动等，在大量实际观测的基础上，科学家们提出了“海底扩张”，并“拼凑”出了“板块构造学说”。这一课我们还重点分析了板块构造学说的局限性，以及目前关于板块运动动力来源的学术争论。

板块在运动的过程中，无论是在其边界或者是在其内部都会受力，都会发生地震。研究地震的发生随时间的波动，可以从一个侧面考察地球内部运动随时间的变化。人类使用仪器记录地震约有 100 年的历史，分析这 100 年以来仪器记录的地震资料，可以发现地震活动存在着波动周期。我国华北地区就存在大约十多年的活动周期，全球的地震资料也反映出这种波动周期。我国东部丰富翔实的历史地震资料则表明，地震活动还存在着百年时间尺度的活跃期。地质学、古





生物化石、古地磁研究等证据表明：地球内部活动存在着多个时间尺度的波动，从十几年到上亿年。

这一课希望青少年朋友们能够了解，人类研究地球是一个艰辛、漫长，而且至少在目前，还看不到止境的过程；是一个由表及里、由浅入深的过程；是一个由单一学科向多学科交叉综合研究的过程。从关注海岸线的相似，到提出大陆漂移学说，到海底扩张，到板块构造学说，到探究地球内部结构，到探索地幔、地核的运动等，即是这一个过程的具体、充分的体现。

第六课讨论了地球内部的能量问题。地震的发生需要能量，火山喷发也需要能量。地球内部整个软流层的存在，且维持着亿万年的高温状态，这是需要巨大的能量供给的。那这些能量是从哪里来的呢？显然不能从外部来，不能从太阳来，否则如何隔着地表传递这巨大的能量呢？答案就是这些能量只能是从地球的内部来，从地球的深处来。

人类很早就意识到地球内部有热量，并且有一种观点认为：地球早期是一个处于几乎熔融状态的炙热球体，其后不断冷却。作为这一观点的代表，介绍了法国科学家布丰的有趣的铁球冷却实验和苏格兰杰出的物理学家开尔文爵士关于地球年龄的论断。



人类对微观世界的认识，在取得一系列突破性进展之后，为更加科学地理解地球内部的能量提供了新的视角和知识基础。这一课还介绍了放射性的发现及其在地球科学中的应用；介绍了核裂变以及自然界存在自持裂变反应的发现过程；综述了目前关于地球内部能量来源的争论；介绍了地核是一个间歇式自持裂变反应堆假说，并进行了延展性探讨。将对地球内部结构和能量来源的认识，推广至太阳系的其他行星，启发青少年朋友开启新思路，扩展想象空间。不仅思考地震问题、地球问题，进一步思索行星的演化问题，引力的本质问题。希望青少年朋友们能够认识到：科学是人类对自然界永无休止的探索过程，尽管目前人类已经取得了丰硕的成果，但仍有许多自然奥秘等待揭开，期待着青少年朋友们继续努力！继续奋斗！

目 录

第一课 地震灾害的描述 / 001

中国历史地震记载 / 003

地震烈度的定义和由来 / 011

中国的地震灾害考察与地震烈度表 / 016

公众理解 / 018

延伸阅读 / 019

第二课 地震仪器的研制 / 021

最早的验震仪 / 023

早期地震仪器的研制 / 024

现代地震记录仪器的诞生 / 029

公众理解 / 036

延伸阅读 / 038



第三课 地震学的理论基础 / 041

经典力学基础 / 043

波动理论基础 / 048

地震震中的确定 / 053

地震震级的定义 / 056

公众理解 / 059

延伸阅读 / 059

第四课 地球内部的结构 / 061

分层结构的发现 / 063

地震波在地球内部的传播 / 071

震相及其走时表 / 073

公众理解 / 076

延伸阅读 / 077

第五课 地球内部的运动 / 081

魏格纳与大陆漂移学说 / 083

板块构造学说的形成 / 085

板块构造学说的局限 / 091

地震活动的波动 / 093

地球科学的学科融合与突破 / 100

公众理解 / 102



延伸阅读 / 105

第六课 地球内部的能量 / 107

地球内部的热量与地球的年龄 / 109

核能的发现及其在地学中的应用 / 110

地球的过去和未来 / 119

行星的定义和本质 / 121

关于引力的猜想 / 124

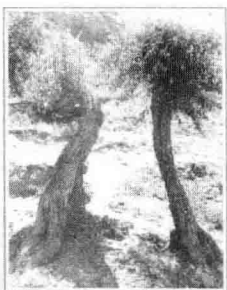
公众理解 / 127

延伸阅读 / 129

参考文献 / 133

第一课

地震灾害的描述



地震是一种自然现象，人类认知地震经历了一个漫长、复杂的过程。最初人们只能是被动地感知地震，遭受地震带来的破坏和由此造成的巨大痛苦。随着时间的进程，人类逐渐开始记录地震现象并进行科学研究。人类认知地震的过程可以概括为：从被动到主动；从定性到定量；从感性到科学的过程。





马利特 (Robert Mallet, 1810 ~ 1881 年)
英国工程师、地震学家，是较早对地震破坏
现场进行科学考察的人。

默卡利 (Giuseppe Mercalli, 1850 ~ 1914 年)
意大利火山学家、地震学家，对地震烈度表
编制做出过卓越的贡献。



李善邦 (1902 ~ 1980 年)
地震学家，我国地震监测和研究的先行者。



中国历史地震记载

地震作为地球上的一种自然现象，早就存在了，比人类的历史还要久远得多！直白地说，还没有人类的时候，就有地震了。在没有文字的年代，人们经历了地震，只可能以口口相传的方式传播。只有在文字出现之后，地震的灾害才有可能被记录下来。今天的我们，也才有可能知道许多年以前发生的地震情况。



历史发展脉络

中国有着悠久的文明，也饱受地震的灾害，因而我们的先辈为我们留下了丰富的历史地震记载。现在我们能够看到的中国历史地震史料，从总体上讲，年代越久远，所记载的地震就越少，且记载的内容比较简略。随着时间的推移，记



载到的地震就越来越多，内容也越来越详细。这不仅与实际的地震发生情况有关，同时也与文化的发展、社会的进步以及人的思想观念改变等诸多因素有关。

大家知道，中华文明的源头可以追溯到远古的三皇五帝时代，然后是夏、商、周。商朝出现了甲骨文，甲骨文就是早期的文字。商朝也是中国历史上第一个有考古实物证实出现文字的朝代。商代早期经历过多次迁都，后来将都城迁到殷（今天的河南安阳），稳定了长达 273 年之久，所以商代也常被称为殷商。从殷商开始，就设有专门的官职，负责记录天象，进行占卜等与文字记录有关的事项。司马迁的《史记》是从周朝的共和元年（公元前 841 年）开始记述，一般认为这之后的历史记载就相对准确、可信了，因此公元前 841 年也常被称为我国信史的开始年代。经历春秋、战国，秦统一六国，“书同文”。汉代，我国文字由秦代的篆体逐渐演变为隶书，书写更为方便，文字的使用更为广泛。汉代还出现了造纸术，特别是东汉晚期，纸张的使用已经较为广泛了。这些为地震的记载提供了文化和技术条件。今天我们能够见到的历史地震记载，也正从汉代开始多起来的。晋代是书写艺术的高峰，出现了王羲之等书法名家。唐代我国文化发展到了一个新高度，同时统治的地域广阔，也记载了



不少地震。宋代文化向着更加细腻、精致的方向发展，同时印刷术应用广泛，人们的思想观念也发生了很大的改变，已经能够把地震当作自然事件来看待了。到了南宋，由于大批北方文人逃亡南方，使得地方志的编写和刊印逐渐流行。地方志的内容除了概述当地的历史沿革、风土人情、名胜古迹等外，还有一个重要的方面就是记述包括地震在内的各种自然灾害。元朝统治地域广大，在行政方面基本奠定了中央、省、州、县四级行政区划体系。再加上始于南宋时期的地方志编写的普及与规范，地震记载资料逐步丰富起来。元末明初，可能因为战乱，那几十年的地震记载相对要少。到了明代中叶，社会相对安定，大致从 1470 年开始，历史地震记载明显增多，并且记载更加规范。据估计，在人口稠密的华北地区，6 级以上地震漏记的可能性不大。换句话说，直到明朝中期，仅仅在华北地区 6 级以上地震才有可能被完整地记载，其他时段和其他地区都有可能遗漏。清代继承了明代的传统文化传统，在地震记载方面没有实质性的变化，当然，也出现了一些新的情况，比如大致在明朝晚期，南美的一些高产农作物通过航海由西方传入我国，诸如玉米、红薯等。这样到了清代，使得高寒、易干旱及边远地区人口增加，带动社会发展、文化进步，相应地地震记载的区域也随之扩大。

