

THE SECRET OF THE EARTH

Rocks, Earthquake and Human

地球的奥秘

——岩石、地震与人的关系

◎嵇少丞 著

地质构造与岩石物理的典藏之作！

中国科学院副院长、中国科学院大学校长 丁仲礼 院士作序并推荐！

- 中国国家自然科学基金委员会海外杰出青年基金获得者
- 中国科学院海外杰出青年科学家基金获得者
- 德国洪堡研究奖获得者
- 加拿大蒙特利尔大学工学院优秀终身教授
- 中国矿物岩石地球化学学会“侯德封”奖获得者
- 中国科学院海外评审专家

嵇少丞 著

THE SECRET OF THE EARTH

Rocks, Earthquake and Human

地球的奥秘

——岩石、地震与人的关系

◎嵇少丞 著



浙江教育出版社·杭州

图书在版编目(CIP)数据

地球的奥秘：岩石、地震与人的关系 / 嵇少丞著.
— 杭州：浙江教育出版社，2017.11
ISBN 978-7-5536-6076-9

I. ①地… II. ①嵇… III. ①地震—普及读物 IV.
①P315-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第188115号

责任编辑 张帆

责任校对 余晓克

美术编辑 曾国兴

责任印务 陆江

地球的奥秘——岩石、地震与人的关系

DIQIU DE AOMI

——YANSHI DIZHEN YU REN DE GUANXI

嵇少丞 著

出版发行 浙江教育出版社

(杭州市天目山路40号 邮编:310013)

图文制作 杭州兴邦电子印务有限公司

印刷 杭州富春印务有限公司

开本 710mm×1000mm 1/16

成品尺寸 170mm×230mm

印张 13.25

字数 166 000

版次 2017年11月第1版

印次 2017年11月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5536-6076-9

定价 36.00元

审图号 GS(2017)2377号

联系电话:0571-85170300-80928

e-mail: zjjy@zjcb.com 网址: www.zjeph.com

近日，在加拿大蒙特利尔大学工学院任教的嵇少丞教授给我来信，告诉我他利用业余时间，写了一本科普书，起名为《地球的奥秘——岩石、地震与人的关系》。他写此书的本意是在中文读者中普及一些地学知识，满足人们特别是青少年对自然与环境刨根问底的好奇心，以及对地球科学问题探索的无穷欲望。他也希望通过这本书，让更多的人科学、理性地认识地球、认识岩石、认识地震、认识灾害，从而自觉地保护环境，与环境和谐共存。我很高兴地得知，他的书即将在浙江教育出版社付梓。

我同少丞兄是研究生同学，他毕业于南京大学地质系，我毕业于浙江大学地质系。1982年大学毕业后，我们都考到中国科学院地质研究所读研究生，住在1976年唐山地震后搭建的地震棚中，我们将其戏称为“研究生小院”。少丞兄在此书完稿后，便写信给我，嘱我“看在当年小院兄弟的面子上，给我写一个推介此书的序”。我当然义不容辞，便欣然动笔。

少丞兄当年就是一“学霸”，在大学阶段和研究生阶段都是尖子生。在法国获得博士学位后，大部分时间都在蒙特利尔大学工学院当教授，在地质构造、岩石学、地震学等方面做过深入的研究，发表过很多研究论文，他还利用业余时间写过上千篇博文。总之，他是学问做得好，又精力过剩的那一类“奇人”中的一员。因此，由他来写科普书，当然可以做到娓娓道来，引人入胜。想必读者捧读这本书时，一定会从中学到许多你不曾了解的知识，同时又发觉这些知识非常有趣。如果有一些中学生读了这本书，发觉进行地球科学研究是件很好玩的事，从而立志学地质，做一名既能把脑力劳动与体力劳动相结合，又可以“免费”游览大好河山的地质学研究者，那么少丞兄对这个普通民众还不太熟悉的学科来说，算是做了一件很有功德的事。

我以为，了解地球的奥秘，不仅仅是使你产生获得知识后的快乐，更重要的是能改变你的时空观，使你的心胸更为开阔，甚至会使你的世界观、人生观、价值观得到升华。我写下这段文字，绝不是为了自夸我的专业，而是从我多年来观察不同人的思维方式和行为方式时，得到的一个总体感觉，即人人都会打上所学专业的烙印。比如说，一般学数学的人很精确，学物理的人很严密，学化学的人很细致，我们学地质的，

一般来说比较宏观、比较超脱，当然有时候难免像我这样比较粗率。

地球已存在46亿年，从其诞生之日起，它就处在不断变化的过程中。因此，活动论是地学家们的主流理论，固定论到今天已没有市场，尽管固定论的观点曾经大行其道。当你想象大陆可以像小舟一样漂移，喜马拉雅山可以从海底快速崛起，松散的沙粒可以在压力下结成坚实的整体，从来没有一个种群长期统治过地球，人类这个自称为智慧的物种仅仅在300万年前才现身，难道你还会相信所谓的造物主，所谓的拯救者，所谓的世界末日，甚至所谓的永恒与不朽？

我猜测，少丞兄把这本与地球有关的科普书最终落笔在“人”上，一定是希望读者通过地球的演变历史来观察我们人类本身，从而获得更多智慧与启发。

是为序。

中国科学院副院长、中国科学院大学校长

丁仲礼

2017年6月12日

宇宙中太阳系的蓝色星球是我们的家园。地球上一切自然现象，从岩石到山泉、从地震到海啸、从瀑布到火山，皆是科学规律的见证。人类与石头对话，读懂山水，融通自然之美、穷究科学之源，认知自身所处环境，熟悉地球的脾气、秉性，远避地质灾害，最大限度地保护生命。

过去很长一段时间里，人们对地球的态度基本是一种征服心理，于是才有“人定胜天”的“豪迈”。对石头的兴趣也仅局限于其使用价值，如建筑、修路、采矿等，对山与石科学研究的关注甚少。当果腹生存不再成为问题，接下来是审美意识的觉醒和返璞归真、亲近自然的体验，旅游观光成为潮流与时尚。但是，商业化的旅游观光仅让人们体验自然山水是不够的，自然山水本体的科学内涵往往因此被不动声色地淡化了。现在，一个真正让科学回归的时代正在到来，来自本能的对自然刨根问底的好奇心和科学探索的欲望像熊熊火焰一样燃烧着，成为人们亲近自然的动因，让鲜活生命从此有了崭新的体验。这就是本人作为一线科研人员仍热衷科学传播的原因。

《地球的奥秘——岩石、地震与人的关系》是科学出版社2009年出版的《地震与中国大陆形影相随》的姐妹篇。这两本书都从科学的视角讲科普，用科普的语言讲科学，力求“把外行人讲明白，把内行人讲糊涂”。

在此我要谨致深深的谢意：感谢我过去的博士生王茜和孙圣思女士以及绘图员叶维克·卢梭（Yvéric Rousseau）先生帮助清绘部分图件与查阅相关资料；感谢中国科学院副院长、中国科学院大学校长丁仲礼院士在百忙中为本书作序；感谢中国科学院科学传播局周德进局长、中国科学院科学传播局科普与出版处徐雁龙处长、中国科学院地质与地球物理研究所钟大赉院士和南京大学许志琴院士的热情鼓励；感谢四川省地质矿产勘查开发局区域调查队的总工程师范晓教授和峨眉电影频道总裁、四川省作家协会副主席何世平在我进行野外考察时提供了帮助和支持；特别感谢周峻颖的理解与支持。另外，本书采用的一些图片来自蒙特利尔大学工学院地质科学教学图片库，还有一些图片来自媒体网络，未能及时联系到有关图片作者，在此一并致谢。

嵇少丞

2016年9月15日于加拿大蒙特利尔

第一章 岩石的奥秘 1

- 1 地壳有多厚 3
- 2 地球上为什么会有海洋和陆地 4
- 3 石破天惊 8
- 4 浪喷泉 21
- 5 地下藏美与大峡谷的形成 23
- 6 岩石中的羽状构造 29
- 7 石头中的“电波” 31
- 8 李四光与他的宝贝石头 32
- 9 沉睡亿年的石头会“说话” 35
- 10 旋转的岩石 39
- 11 造山神不叠被子 41
- 12 地球的“铁石心肠” 45
- 13 石头亦“断肠” 46
- 14 大地运移的轨迹 47
- 15 震源来客 50
- 16 石烂就像剥洋葱 53



17	差异性剥蚀与摇摇欲坠的风动石	55
18	千层薄饼岩	57
19	大瀑布的成因	58
20	暴雨流冲刷：山坡壶穴的成因	62
21	是山坡壶穴还是蹄窝	66
22	地球的瑰宝：金刚石	74

第二章 地震与岩石断裂 77



1	猝不及防的灾难	79
2	微观震中与宏观震中	79
3	地下“凶手”	81
4	地震烈度与极震区	81
5	余震及其成因与持续时间	84
6	断层的“死活”不能轻易下结论	87
7	隐伏断层：地震的“作案凶手”	87
8	地震波在地球中传播有多快	88
9	地震与火山	93
10	海沟巨震加快地球自转	100

第三章 地震如何危及生命 103

- | | |
|-----------------------|-----|
| 1 房屋建在断裂带上 | 105 |
| 2 建筑物的抗震能力比实际的地震烈度小得多 | 105 |
| 3 砂土液化 | 105 |
| 4 岩石崩塌和山体滑坡 | 108 |
| 5 泥石流 | 110 |
| 6 地震堰塞湖 | 112 |
| 7 海啸 | 115 |

第四章 地震危险的组合与设防 117

- | | |
|--------------------|-----|
| 1 地震、滑坡、堰塞、洪水 | 119 |
| 2 公共建筑的抗震设防尤为重要 | 128 |
| 3 汶川地震，一本地质和建筑的教科书 | 130 |

第五章 地球与人 137

- | | |
|---------------|-----|
| 1 地球：一个活跃的星球 | 139 |
| 2 祸福相依 | 141 |
| 3 爱走弯路的河流 | 142 |
| 4 岩石：有记忆的地球肌体 | 144 |



5 中华民族5000年抗震救灾史	145
6 地震预报的艰难之路	149

第六章 大陆逃逸与中国地震分布特征 161



1 逃逸的亚洲大陆	163
2 中国地震分布特征	171
3 拉萨地块	177
4 鲜水河—小江断裂带	178
5 滇西地震区	179
6 龙门山断裂带	180
7 昆仑断裂带和西秦岭断裂带	185
8 阿尔金与祁连山断裂带	188
9 天山断裂带	190
10 阿尔泰断裂带	191
11 鄂尔多斯地块周边断陷系	191
12 张家口—渤海断裂带	195
13 应对策略	196





① 地壳有多厚

世界上绝大多数大陆内部发生的地震都属于浅源地震，即震源深度小于60千米，且地震往往出现在地壳内部。

一个地区的地壳的厚度如何定义？就看该地区的莫霍面的深度是多少。地壳与上地幔之间的分界面叫莫霍洛维奇不连续面（Mohorovičić Discontinuity），简称莫霍面（Moho），是克罗地亚地震学家莫霍洛维奇（Andrija Mohorovičić，1857—1936）于1909年首次发现的，比地球核—幔边界的发现晚了一年。地球核—幔边界位于地下约2900千米深处，是奥尔·德姆（R. D. Oldham）于1908年发现的。

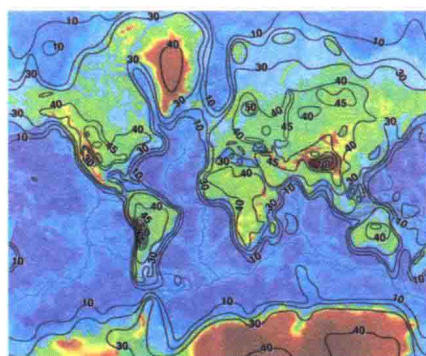
莫霍面之下的上地幔的组成岩石主要是橄榄岩，其主要组成矿物是橄榄石、斜方辉石、单斜辉石、尖晶石或石榴石，其纵波速度为7.8千米/秒~8.3千米/秒，横波速度为4.3千米/秒~4.5千米/秒。莫霍面之上的地壳的组成岩石主要是花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、辉长岩以及对应成分的变质岩等。地壳岩石的组成矿物主要是长石、石英、角闪石、辉石、云母等，其纵波速度为6.6千米/秒~7.3千米/秒，横波速度为3.3千米/秒~4.1千米/秒。所以，莫霍面的深度或地壳的厚度对应于上述地震波速度变化的界面。

橄榄石，呈耀眼的橄榄绿色，并具玻璃光泽而异常美丽，古埃及人把它称为“太阳宝石”。橄榄岩多作为固体团块被喷发的玄武岩浆迅速地从上地幔带到地表。因此，有人认为，橄榄石的形成与生长必须经过“火”的锻造与“时间”的考验。

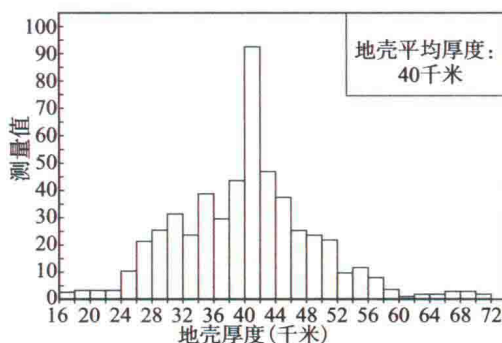
世界各地的地壳厚度不一（图1-1）。一般来说，海洋地壳的



厚度比陆地地壳的厚度小得多。例如，大西洋的地壳厚度一般才3千米~4千米，太平洋的地壳厚度一般为7千米~8千米（海底高原除外）。陆地上，在构造拉伸地区（如裂谷与盆地），地壳厚度较小，一般小于35千米；但在构造挤压缩短地区（如青藏高原），地壳厚度可达70千米~75千米。最新的地质与地球物理研究资料表明，全球陆地地壳平均厚度为39千米~41千米。以2008年发生了汶川地震的四川龙门山为例，其东面的四川盆地的地壳厚度为43千米，其西面的松潘—甘孜地块的地壳厚度为61千米~62千米。



a



b

图1-1 世界各地的地壳厚度不一

◆ a 为全球陆地地壳厚度分布图 [据美国地质调查局 (USGS)]。33千米等深线大多位于海平面以下的大陆架上，向着大陆内部特别是高原地区，地壳厚度增加。例如，青藏高原的地壳厚度达70千米。b 为全球陆地地壳厚度分布的直方图，平均值为40千米。

② 地球上为什么会有海洋和陆地

笔者喜欢陡峭的海岸（图1-2），喜欢听海浪拍打着峭壁的声音。笔者出生在黄海之滨，那里没有陡峭的岩石海岸，只有淤泥漫漫的海滩，海水非常缓慢地冲刷着。海滩是盐碱田，长着茅



图 1-2 美丽的海岸

◆ a 为法国诺曼底的大西洋海岸。b 为澳大利亚南端的坎贝尔港国家公园海岸。

草、芦苇与盐蒿，生活着野鸭、野兔、丹顶鹤、黄鳝、螃蟹……一到秋天，盐蒿变红，一片片的，而芦苇顶上开着白毛花，也算是原生态的美景。

假如有人问：地球上为什么会有海洋和陆地？或许你压根就不认为这是一个严肃的科学问题。水多的地方就是海，高出海平面的就是陆地。那么，是先有水还是先有洼地？水往低处流，地