

当代科学前沿论丛

地球科学
进展与评论

Advances in Earth
Sciences

第一卷

Volume 1

中国地球科学促进会
International Professionals
for the Advancement of
Chinese Earth Sciences

地球的结构，
演化，和动力学

Structure, Evolution, and
Dynamics of the Earth

主编：张有学 尹安

高等教育出版社

The Higher Education Press

内容提要:

本书介绍了地球的结构, 演化, 和动力学的一些前沿研究方向和进展, 但并无意涵盖全部领域。主要内容包括: 地震成象原理及其在研究地球内部结构和勘探中的应用, 地幔中的相变和矿物学, 地核的结构、组成和性质, 地质年代学的原理和地球的年龄, 造山带的动力学尤其是重力滑塌, 喜马拉雅 - 西藏造山带的地质演化, 和大洋中脊的动力学。本书的主要目的为帮助众多读者了解国际地学界研究动态, 另外也希望能帮助部分读者找到新的研究课题。为了适应更多的读者, 每个课题的介绍尽量深入浅出。起点都比较低, 基本原理的解释比较详细, 但终点都达到该课题的最新成就并包括作者对未来的展望。本书可供从事地质、地球物理、地球化学、勘探、地理、海洋、环境、自然资源等学科领域的工作者、研究人员、和高校师生阅读参考, 也适合对地球和行星科学感兴趣的读者。

This book introduces some frontier research directions and progresses on the structure, evolution and dynamics of the earth, although it is not intended to thoroughly cover the whole field. Topics include: Seismic imaging principles and their application in studying the interior structure of the earth and in exploration, phase transitions in the earth's mantle and mantle mineralogy, the earth's core, geochronology and the age of the earth, gravitational collapse of mountain belts, geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen, and dynamics of mid-ocean ridges. The main purpose is to help readers to grasp new developments in Earth sciences. Furthermore, it is hoped that the book will help some readers to find new research projects. In order to meet the needs of more readers, the introduction of each subject starts from a basic level, gradually builds to reach more advanced levels and to the newest developments, and often includes an outlook of future research directions. Potential readers of this book include scientists, workers, and university professors and students in the fields of geology, geophysics, geochemistry, exploration, geography, oceanography, natural resources and environmental sciences, as well as those who have a general interest in Earth and planetary sciences.

主编简介

张有学

1957年生。北京大学地质系地球化学专业毕业(1982)。美国哥伦比亚大学博士(1989)。现美国密西根大学地质科学系副教授。主要研究方向为实验岩石学, 火山学, 地球化学动力学和地球化学演化。曾主持多项美国自然科学基金会的课题, 发表论文37篇。1993年获美国地球化学学会的 Clarke 奖(美国地球化学学会的年轻科学家奖)。1994年获美国自然科学基金会的年轻研究者奖。

尹安

1959年生。北京大学地质系地质力学专业毕业(1982)。美国南加州大学博士(1988)。现美国加州大学洛杉矶分校地球和行星科学系教授。美国地质学会的 Fellow。曾任国际海洋钻探计划的评委(1993-1996)。主要研究方向为地球动力学, 断层体系的运动学和动力学, 北美及亚洲的构造演化。曾主持多项美国自然科学基金会的课题。发表论文49篇。1993-1994年获美国地质学会的 Donath 奖(美国地质学会的年轻科学家奖)。

作者

陈永顺 (CHEN John Yongshun), College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331-5503, USA

费英伟 (FEI Yingwei), Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C. 20015-1305, USA

高锐 (GAO Rui), 中国地质科学院地质所, 北京 100037

李朋武 (LI Pengwu), 中国地质科学院地质所, 北京 100037

刘勉 (LIU Mian), Department of Geological Sciences, University of Missouri, Columbia, MO 65211, USA

彭聪 (PENG Cong), 中国地质科学院矿产资源所, 北京 100037

宋晓东 (SONG Xiaodong), Department of Geology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA

许晓霞 (XU Xiaoxia), Department of Geology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA

尹安 (YIN An), Department of Earth and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA 90095-156702, USA

张有学 (ZHANG Youxue), Department of Geological Sciences, The University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1063, USA

赵大鹏 (ZHAO Dapeng), Department of Earth Sciences, Ehime University, Matsuyama 790-8577, Japan

周华伟 (ZHOU Huawei), Allied Geophysical Lab, University of Houston, Houston, TX 77204-4231, USA

翻译者

戴宝章, 南京大学地球科学系, 南京, 210093

李华, 南京大学地球科学系, 南京, 210093

刘绍文, 南京大学地球科学系, 南京, 210093

《地球科学进展与评论》序

《地球科学进展与评论》(Advances in Earth Sciences)是中国地球科学促进会*在国内出版的第一个中文系列丛书。该学会于1999年成立,成员为在外国地学界任教和从事研究工作的华人学者。学会的宗旨为协助中国地学界与国外的合作,和促进中国地学的发展。我们希望通过国内外华人学者的努力,中国能尽快成为世界地学强国。学会的活动包括在国内举办地球科学年度讲座,出版中文书籍介绍世界地学界的新领域和新进展,与国内学者共同举办学术会议,与国内学者进行科研合作,协助在国内创办世界一流的地学研究所,协助及参与国内地学研究的运作如帮助国内杂志审稿和编辑,科技咨询,等等。

《地球科学进展与评论》的目的是向国内读者介绍世界地学界的前沿。我们希望本书能帮助众多读者们了解国际地学界研究动态,很快进入新的研究领域并找到新的研究课题。为了适应更多的读者,每个课题的介绍尽量深入浅出。起点都比较低,基本原理的解释比较详细,但终点都达到该课题的最新成就并包括作者对未来的展望。每篇文章都附有大量参考文献,以便读者追根溯源。

我们计划以后每年配合本促进会的年度讲座出版一卷《地球科学进展与评论》,作者将包括国内外地学界的专家。我们希望通过几年的努力,《地球科学进展与评论》能与《Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences》,《Earth-Science Reviews》和《Reviews of Geophysics》并驾齐驱。

* 英文名称为: International Professionals for the Advancement of Chinese Earth Sciences; 简称为: IPACES; 网址为: <http://www.ipaces.org>

前言

2000年6月，来自于美国和日本八位中国地球科学促进会的学者在南京大学举行了地球科学讲座，题为“地球的结构，演化，和动力学”。这是中国地球科学促进会在国内举行的第一次讲座。我们深切感谢南京大学的王良书教授具体组织了这次讲座，同时感谢他帮助我们找到翻译。本书大部分章节源于该讲座。

本书分为八章，每一章都基本独立，自成体系。全书评述了地球的结构，演化，和动力学的一些课题和进展，但并无意涵盖全部领域。第一章介绍地震波成象的原理及其在研究地球内部结构和勘探中的应用。第二章是第一章的姊妹篇，介绍用地震波成象研究俯冲带。第三章介绍地球深部地幔内的相变和矿物学，及其与地震波界面的对应。第四章介绍地球最深部的地核的结构、组成和性质。从第五章开始引入地质演化和动力学。第五章介绍地质年代学的原理和地球的年龄。第六章介绍造山带的动力学尤其是重力滑塌，并应用于喜马拉雅-青藏高原和安底斯造山带。第七章介绍喜马拉雅-西藏造山带的地质演化。第八章介绍大洋中脊的动力学。

我们在此向下列审稿者表示深切感谢：陈晓非（北京大学），陈运泰（国家地震局），高弘（台湾中科院），高锐（地质科学院），嵇绍成（École Polytechnique Montréal, Canada), J. Martignole (École Polytechnique Montréal, Canada), K. McKeegan (UCLA, USA), P. Tackely (UCLA, USA), 汪品先（同济大学），王克林 (Geological Survey of Canada), L. Warr (U. Michigan, USA), 邹海波 (UCLA, USA), 和几位匿名审稿者。同时，我们也感谢高等教育出版社的李冰祥编辑和张小萍编辑为本书出版所作的许多努力。

张有学, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

尹安, University of California, Los Angeles, CA, USA

2001年9月

目 录

第一章 地震成像1: 多尺度层析与全波偏移 Seismic Imaging 1: Multi-scale tomography and full-wave migration 作者: 周华伟; 翻译: 李 华	1
第二章 地震成像2: 岛弧与大陆边缘的地震及火山活动 Seismic Imaging 2: Earthquakes and volcanoes of island arcs and continental margins 作者: 赵大鹏; 翻译: 刘绍文	31
第三章 地幔中的相变和地幔矿物学 Phase transitions in the Earth's mantle and mantle mineralogy 作者: 费英伟; 翻译: 戴宝章	49
第四章 地核: 二十世纪的发现及展望 The Earth's core: Discoveries of the 20th century and conjectures 作者: 宋晓东, 许晓霞	91
第五章 地质年代学与地球的年龄 Geochronology and the age of the earth 作者: 张有学; 翻译: 戴宝章	117
第六章 造山带的重力滑塌 Gravitational collapse of mountain belts 作者: 刘勉; 翻译: 刘绍文	177
第七章 喜马拉雅-青藏高原造山带地质演化: 显生宙亚洲大陆生长 Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen in the context of Phanerozoic continental growth 作者: 尹安, 彭聪, 李朋武	207
第八章 海底扩张和大洋中脊动力学问题概述 Seafloor spreading and dynamics of Mid-Ocean ridges 作者: 陈永顺; 翻译: 刘绍文	283
名词索引	330