

中国地震局“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”项目经费
中国地质调查局“第四纪地质填图方法与成果表达研究”项目经费

联合资助

中国地震构造运动

李祥根 著

地震出版社

中国地震局“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”项目经费
中国地质调查局“第四纪地质填图方法与成果表达研究”项目经费

联合资助

中国地震构造运动

李祥根 著

地震出版社

1016600 00

图书在版编目 (CIP) 数据

中国地震构造运动/李祥根 著. —北京:地震出版社, 2010. 3

ISBN 978-7-5028-3664-1

I. ①现… II. ①李… III. ①中国地震构造运动 中国 IV. ①P548. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 236821 号

地震版 XT 200900153

中国地震构造运动

李祥根 著

责任编辑:江 楚

责任校对:庞亚萍

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路9号

邮编:100081

发行部:68423031 68467993

传真:88421706

门市部:68467991

传真:68467991

总编室:68462709 68423029

传真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销:全国各地新华书店

印刷:北京地大彩印厂

版(印)次:2010年3月第一版 2010年3月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:480千字

印张:18.75

书号:ISBN 978-7-5028-3664-1/P (4284)

定价:60.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

序

李祥根先生撰写的《中国地震构造运动》一书汇集了中国地震构造的许多资料，勾勒出地震构造运动的图像，给人以耳目一新的感觉。与以往相关“地震构造”的著作或论文不同，本书突出了“运动”二字，这是本书的特色所在，也是一种新的进展和成就。不仅可以使读者获得很多有价值的资料，更能在认识地震构造特点及其运动态势方面得到新的启迪。本书多方面显示了独有的特色。

(1) 提出我国所处的地震构造大环境不仅依附于活动的地区块体及岩石圈层，还受活动构造格局的控制，即中国的地震构造大环境是多源的。

(2) 强调了地震构造运动具有脉冲性，其结果是在壳层内留下了地震断层等形变及古地震遗迹，并用了大量篇幅展示地震和古地震产生的鲜活的形变资料。虽许多资料是前人工作的成果，但作者难得的汇总给读者提供极大的方便和启发。

(3) 利用“开—合”理论模型提出中国地震构造具有碰撞挤压型、地块走滑运动型、伸展扩张裂陷型等多种地震构造类型。这些总结、归纳是符合中国地震构造运动的主流和共识的。此外，作者还指出地球圈层构造运动的耦合特征性，这也是很有新意的。

(4) 地震构造区、带的划分和分述是在多种地震构造类型研究和基础上提出来的，它比新构造运动分区带和单个地震构造论述又进了一步，对地震地区研究更有意义，更具实用性。

(5) 在历史地震、古地震研究基础上，结合地震断层和活动断层的规模归纳建立起来的强震复发间隔，对地震危险性预测和地震活动发展的大趋势研究，无疑具有很强的前瞻性意义。

(6) 本书提出的地震构造运动动力学和地球圈层构造运动理论，强调了地震构造运动绝非是单一构造应力源作用的结果，即地震构造运动的作用力是多源的。这一观点让人们在今后的研究中更加开扩思路，在科学研究的深度和广度上更上了一层楼。

当然，本书也有不足之处，如地震构造运动理论强调了作用力的多源性，但未说明多源力有无主次之分、相互如何转换和作用等，作者多处提到板块构造理论，但看不出这一理论在书中的支配作用，即看不出作者要用一条什么样的主线引领全书的发展和形成。

瑕不掩玉，全书仍不失为一部优秀的作品，无疑会让读者受益匪浅。

中国地震局地质研究所研究员

魏明民

2009. 5. 30

前 言

地震构造，是指发生地震的深、浅地质构造条件，即什么样的地质结构和构造会发生地震。它是用研究地质构造、大地构造、地球圈层结构及其动力学和新构造的方法来探讨地震构造与地震活动性的关系，以地质、震源构造物理和地球物理等资料综合分析地震发生的原因和过程，借以实现地震中长期危险预测和查明地震区、带的分布规律。

现今地震构造运动，是一种突发性的构造运动。它是地壳运动的一种黏滑构造活动类型，也是新构造运动于现代地壳活动中的一种直观表现形式，是研究地震构造的重要内容。因此，可以认为现今地震构造运动是构成新构造运动学的一门新的分支学科。当构造应力作用于地壳内成熟的介质——“源”，而产生前兆——“场”（本书不阐述“场”的内容），导致“源”变形或震源错动，得到新的力学平衡，使一次地震构造运动结束，并且牵动或直接通向浅层地壳“成熟”的活断层破裂单元，形成地震断层，导致构造地貌结构变化，形成各样的微构造地貌形态。

构造地貌结构和特征是新构造运动的产物，也是无数次地震构造运动积累的产物。古地震剖面研究和新年代学测年相配合，沿活动断裂带的地震构造陡坎等微构造地貌进行分析，使地震或强震（地震构造脉冲）复发时间间隔研究工作能顺利开展，并且已经有了长足进展。目前，对于查明几千年和几百年内地震构造运动周期的脉冲（突然活动）记录已经成为可能。

在地层球圈层结构及其运动条件下，中国地震构造运动一般在上地壳和地壳浅层多伴有新构造块体的垂直和水平运动特征，或者是晚第四纪以来被称为活动地块的运动性质。活动地块缓慢移动，导致地壳应力积累，并且在活动地块间以活动断裂（活断层）为界的某些部位出现应力集中。在超过岩石破裂强度极限的“缝块”（活断层）之间产生地震构造错动，形成地震断层并伴有地震发生。在地震构造运动过程中，活动地块缓慢的和快速的运动可看作是地壳应力积累和释放连续过程的相互联系。许多地震构造区、带，地壳应力会因周期性地超过岩石强度极限，因此，产生的地震构造脉冲（突发）活动——地震也是周期性的或者是准周期性的。这是一种对构成现代地形地貌、地壳最新结构、建造的改造。所以运用新构造运动机制指导地震构造运动中关于活断层研究，查明地震构造潜在的地震活动危险性，进行地震区划是一种理想和合理的

方向。

本书关于中国地震构造运动的阐述是在中国新构造造山作用和现代地裂运动理论机制框架下进行的，它是中国新构造运动研究中重要的和更需要深入研究的领域。应该引起地震地质界的广泛重视。中国地震地质界自1966年组建地震地质工作队伍以来，到20世纪80年代末，一直注重地震构造的研究，有过大量的地震或强震构造地质调查报告，出版过文集、挂图和图集。如《中华人民共和国地震构造图（1:400万）》、《亚欧地震构造图（1:800万）》、《中国地震构造图集》、《岩石圈动力学图集》和《中国岩石圈动力学概论》等。自20世纪90年代起，在丁国瑜院士关于“活断层分段理论”的指导下，开展了中国活动断层填图和调查及古地震发掘及其研究工作，使其在地震危险性评价中做出了重要贡献。同期，部分学者转向大陆地球动力学及现今GPS空间大地测量和地震工程生产，加强了对地震构造的深入研究。数十年对中国主要断裂带的活动性研究或活断层填图工作的资料积累，极大地推进了中国新构造断裂运动研究，明确了中国新构造断裂和新构造块体及晚更新世以来的活动地块运动学图像或轨迹，为地震构造研究做了非常深入有效的基础工作。

中国地震构造环境研究是每个中国地震工作者孜孜不倦努力探索的科学选题，笔者才疏学浅倾其全身解数为之奋斗了40年仍不得要领，虽然现已桑榆暮景时，但总觉得还应该重理思路，做一番阶段性总结。重新拾起“地震构造”命题，不失为活断层填图和古地震发掘热点过后的前沿。20世纪70~80年代，笔者参加过川滇、华北地区几乎所有6级以上历史强震区的考察和部分活断层研究工作。同时，因编制《中国新构造图》和参加有关地震工程任务还补充考察过新疆、宁夏、东北、福建和海南岛等地强震区。1978年考察印度岩石圈板块于巴基斯坦境内喜马拉雅主慢逆冲断层和板块西界的恰曼走滑边界断层，印象深刻。1976年唐山大地震之后，笔者进入了极震区现场，测量了鲜活的地震断层及其位错。之后在北京市地震地质会战办公室，结识了地质界新朋友，从石油地质、水文地质、遥感地质界吸收了北京及河北平原的地质构造资料，获得新的知识。揭示了燕山南麓平原北西西向排列的第四纪沉降中心及冀中平原北东向第四纪扩张带这两组构造是最新活动构造带，具有地球动力学属性，对此，不少学者、专家常客观引述；同时（1976年），积极推荐利用天然地震转换波技术查明北京地区深部地质结构，在北京市地震地质会战中立项，使邵学钟等首次揭示和获取了京、津、唐地区深部地质剖面；启蒙了笔者对上、中、下地壳及上地幔等深部地质结构的肤浅认识，使笔者过渡到对燕山及其南麓人工地震界面深度和平面图成果（张先康等，1998）的地壳深、浅结构、构造分析。数十年的野外工作经历和十余年的科研计划管理，及近年来通过1:600万《中国新构造图》的编制和《中国新构造运动概论》一书的撰写等，对地震构

造的含义有了进一步理解和新的思考。笔者在科研处的业务管理工作和所内科技工作者优秀的科技成果提供和充实了本书取材内容。由此本书有可能全面综合各有关方面科研成果，将地震构造提升到地震—地球动力学理论层面和推想发生地震的地壳内地震构造样式，或其运动特征和过程。

本书的章节编排倾注了笔者 40 年关于地震地质研究“由浅入深、由老到新、由静到动”的理念，书中各章内容可以相对独立，或耦合相关。第一章简述中国地质结构，新构造和地震构造环境；第二章提出一个老词语、新命题，重新论述地震构造运动。以地震构造运动为纽带串述地壳震源破裂、地表地震断层及其位错、剩余形变积累、古地震和活动构造地貌效应等。第三、四章阐述了后造山作用及新构造裂陷作用下的中国地震构造类型和基本特征。第五章分述了中国地震构造区、带特征。第六章分析了中国地震构造（运动）的应力作用和动力学问题，并且延伸到立说地球圈层构造运动新大地构造学理论问题。第七章分析了当今中国对地震危险性分析的水平。贯穿起来，全书讲述了地震构造的环境、运动理论及其关键内容或讨论焦点、类型、特征、分区和分带、地震动力和运动间隔（强震复发间隔）等。本书撰写时吸收和引用了地震系统内外地质（震）科研院所、高等院校的许多研究新成果，引用了关于造山带理论、现代地裂运动理论、下地壳和岩石圈地幔“网状塑性流动”大陆动力学理论和最新资料及观点。笔者从业地震地质研究工作已有 40 余年了，比较了解该行业科研前沿及成就，算是组建地震行业以来老一代人的“年轻者”。无论客观或主观原因，都会很自然地回忆一下数十年来的地震地质事业。不管能力如何，只是自撰心得，文以载道，以了从业使命。由于表达心切，不免存在错误之处，敬请指正。笔者希望本书能对地震构造工作者有所启发以创新研究思路。愿本书读者或地震工作者能在科学实践的基础上正确构思以破解发震构造机制和研制其数学模型。经不懈努力，准确预测预报地震终将成为现实。

本书成稿后，得到所内外同仁关心和鼎力相助，进行了全部电脑文字录入和数字制图。他们是中国地质科学院地质力学研究所胡道功、中国地震台网中心孔令昌、杨颖，中国地震局地质研究所毛凤英、陈彪、贾三发、王伟铎等。地质力学研究所图文设计中心杨波为本书大量的插图制作及文字修改和补充更付出了辛劳。资深地震地质科学家王绳祖先生、虢顺民先生仔细审阅了本书内容，提出了重要修改意见，使笔者正确引用和撰写岩石圈地幔塑性流动层特征和在全书内容结构、重要图件补充及其利用、提高等方面颇有受益。虢顺民先生还提笔写下了读后感言以资鼓励，并指出不足之处希望纠正。对此，经反复思考，笔者在有关章节作了相应文、图补充和针对性答疑及对有关章节标题作了修改，使之有一定的前后呼应和连接。并且经虢先生同意，将其感言改为本书之序。中国地震局地质研究所减灾信息与计算中心聂高众、李志强为本书改

稿提供了巨大的方便和给予热忱的帮助，笔者在此也一并表示感谢。最后还特别感谢中国地震局地质研究所徐锡伟副所长等真诚的帮助，地质所科研处处长尹功明博士为筹措本书出版经费而付出的努力和活动构造研究室毛凤英同仁在第一时间给予的首笔经费支持。

本书由中国地震局地质研究所“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”（徐锡伟博士主持）项目经费及中国地质调查局“第四纪地质填图方法与成果表达研究”项目经费联合资助出版。

2008年5月12日四川汶川8级地震后，笔者对本书稿有关章节作了补充。

词语提示

“词语提示”，仅仅用以提示读者在阅览本书时不要放过有关方面的内容；用以解释“现代”及“现今”地质时间尺度的差别。

现今地震构造运动 是新构造运动于现代地壳活动的一种表现形式，是指伴随发生地震的地壳黏滑构造运动，具有脉冲性质，是地壳构造运动的直观现象，是研究地震构造的重要内容。因此可以认为现今地震构造运动已经是新构造运动学的一门分支学科。

地球圈层构造运动理论 是指立说中的新的大地构造（运动）理论。主要构造动力是地球自转力、地球内部热力和陨星撞击力等（第六章第四节）。

成熟度 指事物或事件发展到完善的程度。如，震源断层成熟度是地震构造运动（脉冲）发生的前提条件。当震源体在构造运动力作用下“成熟”到超越临界抗压（剪）强度时就会发生震源错动或变形，并且伴随发生地震（第四章第五节）。

现今构造应力转向而伴随发生地震 当构造应力作用方向变化后，必然会调整受力岩层的先成断裂、裂隙、节理等构造，使适应新的应力作用环境而发生地震。这种短暂的构造应力变化，即便是瞬时的变化，如果能被成功捕捉，将无疑是地震短临预测的有效方法之一。

现代地裂运动 指区域规模的引张块断使地体开裂和沉陷，造成地堑、裂谷等沟槽的构造作用，也即是形成地壳最新的巨大裂谷构造运动。地裂运动是与造山运动相辅相成的地壳运动。前者使地壳拉伸形成伸展构造，后者使地壳缩短、形成规模巨大的造山带。因此可以把地裂运动理解为通过引张造成地表面积增大和断层作用的发生，以补偿别处的造山运动。

后造山作用 指造山作用之后活动构造带的演化或构造活动阶段所发生的造山作用。中国西部古生代造山带普遍在新生代后期（新构造时期）才强烈隆升，这就是典型的后造山作用。后造山作用常表现为山脉的强烈隆起和向两侧的推覆和逆掩，形成新构造造山带。

解耦作用 两个或两个以上体系或两种运动形式间通过相互作用而彼此影响以至联合起来的现象称为耦合。解耦作用，指消除两个运动体系间的彼此影响和联合现象的作用。解耦的过程往往会成为地震构造运动（脉冲）过程。

塑性流动波脉动传播 是在板缘驱动和板内（活动地块）重力势作用下，于中地壳和岩石圈下部的塑性层形成的“黏塑性变形波”（塑性流动波）以脉动方式传播。其势能聚集的波峰带为上覆多震层内成熟的活断层段提供能量背景条件。塑性流动波的脉动传播（远程传递）和波峰带的外迁移动驱使上地壳脆性破裂。

活断层的后破裂单元 由于地震断层占据了分段活断层中的独立破裂单元，因此可以把活断层的破裂单元置换成未来的地震断层或称为后破裂单元（第二章第二节）。

低速通道 下地壳或岩石圈地幔具塑性流动性质，中地壳内软弱层具有壳内岩石部分熔融特征。其纵波速度（ V_p ）6.4km/s 左右，横波速度（ V_s ）3.7km/s 左右，具有“流体”黏滞拖曳运动垂直墙式和条带状厚薄不均的水平分布特征。低速通道存在于大洋中脊、大陆

裂谷、走滑断裂带、碰撞或俯冲板块之间和活动地块之间的褶皱带内，存在于地震构造带内和高温泉、高热流区及火山地区。壳内低阻（高导）层有时候与低速层重合。

内波 地壳内两种不同介质分界面上发生的波动（第六章第一节）。

耦合共振 两个振动波形耦合时产生叠置效应而引起更大的振动幅度，称耦合共振。

“开—合”地球动力学模型 板块运动可以表现为俯冲、碰撞、剪切（转换）和开裂及正在开裂多种类型，地质界把它们简约地概括成地壳“开—合”地质过程，因此得名“开—合”地球动力学模型。

现代地壳运动 指全新世中期以来发生的构造运动，也称现代构造运动。B. E. 哈因、И. П. 格拉西莫夫和Н. И. 尼古拉耶夫定义其为发生在人类历史时期凡是可以考古、历史资料和地震记录、天文、大地测量、水文等仪器观测方法进行研究的地壳运动。B. E. 哈因具体提出其时间概念，认为是距今 6000 年以来的构造运动。

现今地壳运动 指全新世构造运动的晚期阶段，其时间跨度为近百年、几十年直到现今，是具有一个人寿命时间尺度的地壳运动。通常用大地测量观测技术取得地壳构造垂直和水平运动的构造变形数据。目前已经从地面常规大地测量发展到空间大地测量，表现了现今地壳运动观测技术和研究的进步。

目 录

第一章 地震构造环境	1
第一节 中国大地构造轮廓和深部构造环境	1
一、地球形状及其圈层结构	1
二、地质构造演进	4
三、大地构造分区	5
四、深部构造环境及中地壳软弱层和岩石圈地幔软流层	7
第二节 中国新构造环境和活动构造基本特征	13
一、新构造环境	13
二、活动构造基本特征	16
第三节 中国地震活动特征	28
一、地震构造带位置	29
二、地震活动特征	30
三、地震活动的深部地质因素	35
四、8级强震分布的特征性	35
第二章 地震构造运动理论	38
第一节 地震构造运动理论及其理论基础	38
一、岩石破裂试验	38
二、地震构造运动理论及其理论基础	40
第二节 地震断层(运动)	41
一、中国地震断层及其轨迹	45
二、地震断层几何学与运动学特征	47
三、地震断层——活断层的后破裂单元	49
四、地震断层位移及其与地震震级关系	54
五、地震断层伴生的微构造地貌类型	57
六、地震断层与震源破裂及多震层	60
第三节 古地震事件	70
一、古地震判别标志	70
二、中国境内古地震分布规律、特点及其发震时间评估	77
三、古地震事件的强度和地点(震中位置)估定	98
第四节 地震构造运动特点	101
一、地震构造运动的突发性和脉冲性特点	101
二、地震—地壳剩余形变特征性和同震位移特点及InSAR干涉形变条纹	105
三、地震构造运动爆发点的小区域局限性及主—余震系列特点	107
四、地震构造运动活动期的节奏性	107

五、震前震源岩层蠕滑—黏滑机制转换特点	108
第三章 “开—合”地球动力学模型下的地震构造基本类型	111
第一节 新构造造山作用和现代地裂运动	111
一、新构造造山作用（后造山作用）	111
二、现代地裂运动（作用）	113
三、地震构造的岩石圈地幔软流层结构背景	121
第二节 后造山作用——新构造造山挤压型地震构造	123
一、碰撞挤压型地震构造	123
二、活动地块会聚走滑型地震构造	125
三、挤压断陷活动地块边缘再生造山型地震构造	126
四、活褶皱—逆断层型地震构造	128
五、剪切构造带端部拉张型地震构造	130
第三节 地裂运动——新构造伸展张性地震构造	133
一、新构造伸展扩张型地震构造	133
二、新构造裂谷弧后扩张和岛弧型地震构造	137
三、裂陷—伸展地壳深部的走滑地震构造	138
第四章 地震构造基本特征	141
第一节 地震构造破裂机制（模式）特征性	141
一、后造山作用机制	141
二、现代地裂运动作用机制	144
三、震源破裂机制	145
第二节 地震构造断块和块断结构特征	146
一、中国地震构造块体（断块和块断）	146
二、地壳块体和岩石圈块体	166
三、地震构造块体水平运动及其运动速率	167
第三节 中国地震构造区岩石圈解耦运动特征	168
一、上地壳脆性破裂综合构造应力作用方向的协同性	168
二、下地壳或岩石圈下层塑性层及解耦运动	170
第四节 中国地震构造分区性和成带性特征	173
一、地震构造区和地震构造带的划分依据	173
二、地震构造区和地震构造带的划分原则	174
第五节 地震构造耦合共振特征	174
一、地震构造成熟度	174
二、成熟的地震构造背景与塑性流动波脉动传播的耦合共振效应	175
三、低速通道、塑性流动波脉动传播和地壳浅层构造带三位一体的地震构造特征	177
第五章 中国地震构造区、带（纲要）分述	179
第一节 川滇青藏高原地震构造区	179
一、喜马拉雅碰撞俯冲造山型地震构造亚区	181

二、冈底斯—腾冲活动地块拼接造山地震构造亚区·····	186
三、羌塘活动地块地震构造亚区·····	188
四、可可西里—巴颜喀喇造山带地震构造亚区·····	189
五、柴达木活动地块地震构造亚区·····	192
六、祁连山造山带地震构造亚区·····	194
七、川滇菱形活动地块地震构造亚区·····	199
八、滇南活动地块地震构造亚区·····	200
第二节 新疆盆、山地震构造区·····	203
一、阿尔泰造山带地震构造亚区·····	204
二、天山造山带地震构造亚区·····	205
三、帕米尔高原中源地震构造亚区·····	208
第三节 东北平原地震构造区·····	209
一、东北平原深源地震构造亚区·····	209
二、东北平原浅源地震构造亚区·····	210
第四节 华北古陆地震构造区·····	212
一、鄂尔多斯高原断陷盆地地震构造亚区·····	213
二、华北平原右旋走滑拉力地震构造亚区·····	214
第五节 华南古陆地震构造区·····	218
一、东南沿海块断山地震构造亚区·····	219
二、长江中、下游块断差异地震构造亚区·····	220
第六节 台湾山地与南中国海海域地震构造区·····	221
一、台湾山地造山带地震构造亚区·····	221
二、南海海域地震构造亚区·····	222
小 结 中国地震构造特点·····	222
第六章 地震构造运动动力学及地球圈层构造运动理论 ·····	225
第一节 中国地震构造应力作用·····	225
一、新构造应力作用类型·····	225
二、地壳圈层构造运动及其应力作用·····	230
三、现今构造应力作用和大震前震源区构造应力集中的卫星热红外增温 异常及存疑·····	231
第二节 中国现今地壳应力状态·····	234
一、现今地壳以水平作用力为主·····	234
二、现今浅层地壳应力随深度变化的情况·····	235
三、中国现今地壳应力分区特征·····	236
第三节 中国地震构造运动动力学·····	238
一、全球构造框架下的中国地震构造运动动力学·····	239
二、地震构造运动的多动力源·····	240
三、地震构造运动的模式过程·····	241
四、发生 $M_s \geq 8$ 强烈地震的深、浅构造成因及汶川 8.0 级地震·····	243

第四节 地球圈层构造运动理论新说·····	245
一、主要大地构造理论的历史回顾·····	246
二、全球大地构造新概念·····	247
三、立说地球圈层构造运动理论有共识·····	251
四、共识多动力源现实,各表不同构造机制可互补·····	257
第七章 地震构造运动间隔与地震危险预测研究现状·····	262
第一节 由历史地震和古地震事件资料建立的实际强震复发间隔·····	262
一、特征地震及其原地重复·····	262
二、历史地震记录提示的地震活动期及其间隔·····	263
三、地震构造带的古地震活动及其间隔·····	265
第二节 强震复发间隔的理论计算·····	268
一、断层滑动速率法·····	268
二、时间可预报的地震复发模式·····	268
三、特征地震矩法·····	269
第三节 中国地震中、长期危险性预测·····	271
一、活动断裂地震危险性预测研究现状·····	271
二、地震中、长期危险性预测的多种思路探索·····	271
结 语·····	277
参考文献·····	280
后记·····	284

第一章 地震构造环境

中国是世界上在大陆内部发生浅源地震最多，地震强度最大的国家，1900 ~ 1980 年世界地震目录中有三分之一以上的大陆内部浅源地震发生在中国。世界大陆内部发生 11 次 7.8 级以上地震，其中有 6 次发生在中国。为此需要研究为什么在中国大陆会发生如此多和高强度的地震，这就有必要对中国地质结构、构造轮廓、构造演化和深部地质结构作深入的了解，对中国新构造运动和大陆板块内（活动地块）现代地壳运动作充分的认识。

第一节 中国大地构造轮廓和深部构造环境

中国地域辽阔，地质结构复杂，地壳生成、固结和演化历史不一致，各地岩石圈厚度也不均一，所以本节需要从地球的结构说起。

一、地球形状及其圈层结构

由于地震发生在地球内部的一定深度，所以叙述地球的圈层结构和了解一些基本数据有利于讨论有关问题。

1. 地球形状和基本数据

随着航天事业和空间技术的发展，关于地球形状的认识也越来越清晰，地球真实固体形状是一个不规则的旋转隋球体（图 1-1-1）。因此，该旋转隋球体（地球）在近日点和远日点时会有不同的日—地引力。相对规律变化的引力作用是影响地球圈层构造运动的因素之一。在平均海平面上，重力作用位能相等的面称等位能面。当这个平均海平面包裹地球等位能面时，露出于海平面之上的是山和陆地，浸没于海平面之下的是海（洋）底。这个平均海平面也称作大地水准面。关于地球的一些基本数据如下：

地球赤道半径	6378.140km	子午线周长	40008.08km
地球极半径	6356.755km	赤道周长	40075.24km
地球平均半径	6371km	地球质量	$5.976 \times 10^{27} \text{g}$
地球面积	$510 \times 10^6 \text{km}^2$	地球平均密度	5.518g/cm^3
海洋面积	$316.059 \times 10^6 \text{km}^2$	地球公转平均速度	29.78km/s
陆地面积	$148.890 \times 10^6 \text{km}^2$	海洋平均深度	-3800m
大陆平均高度	825m	大陆和海洋平均高度	-2448m

2. 地球圈层结构及其特征

地球从地表到地心，其物质呈层分布，物质密度由地表朝地心方向变大（图 1-1-2，表 1-1-1）。地球圈层结构可分为地壳、地幔和地核三大部分。

（1）地壳，是地球表面的一层岩石外壳，相对地球半径来说，地壳很薄，一般多把莫霍洛维奇间断面定为地壳的下界面。在大陆一般厚 30 ~ 40km，大洋地区仅 10 ~ 15km，中国青藏高原地壳厚达 70km 以上。地壳上层称花岗岩层（硅铝层），下层称玄武岩层（硅镁

层) (图 1-1-3)。上、下地壳之间的直接界面称康拉界面 (康氏面), 但是它的分布不具普遍性, 即上、下地壳之间在许多地方还存在中地壳。在有中地壳的圈层一般都具有低速层或高导层特征, 目前对低速高导层的地质解释是地壳局部融熔 (岩浆) 和壳层之间的滑动面。自地壳形成之时起, 也伴生了断层 (裂) 的形成。因此地壳是碎裂的岩石外壳薄片。新构造时期以来, 尤其是 10 余万年以来, 碎裂的岩石外壳一般多具有沿碎裂缝 (活断层) 活动的特征。

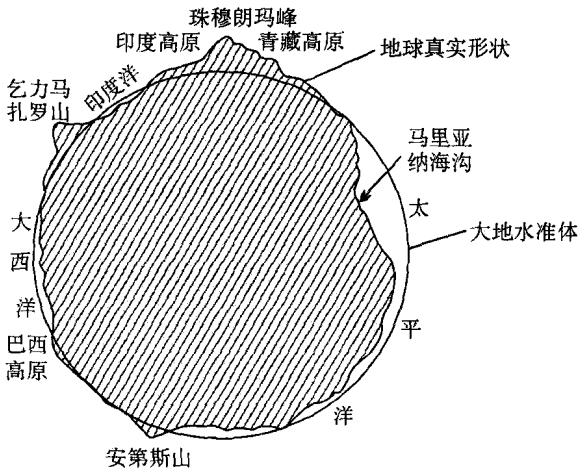


图 1-1-1 大地水准体和地球真实形状 (李荫堂, 2003)

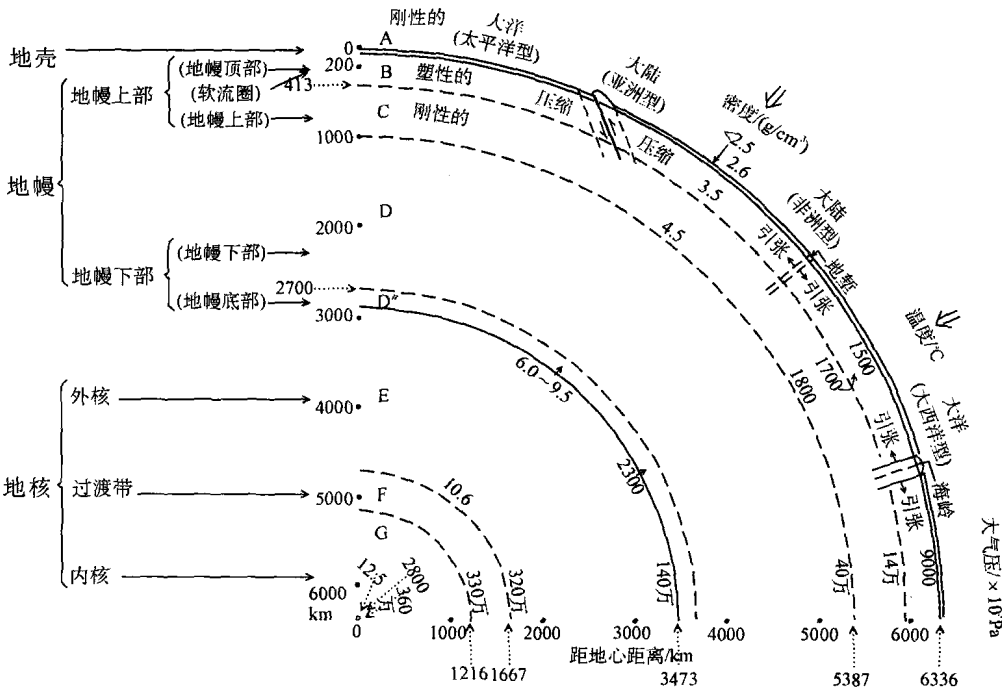


图 1-1-2 地球圈层结构 (中国科学院地质研究所, 1974)

表 1-1-1 地球圈层结构

分层		不连续面	深度(半径)/ km	位置深度/ km	纵波速度(P) (km·s)	横波速度(S) (km·s)	密度 (g·cm ³)	压力 (×10 ⁵ Pa)	
A	地壳	康拉德界面	海平面(6371)	地面	5.5	3.2	2.7		
				10—15	5.6	3.2			
			(6351)	20	6.4	3.7	2.8		
				7.6	4.2	2.9			
	莫霍界面	(6338)	33				9000		
B	地幔	古登堡 低速层	地下50 ~ 250	}低速 度带	80	8.1	4.6	3.32	
						7.8	4.5	3.37	
						7.9	4.4	3.42	
						8.1	4.4 ⁺	3.47	
						8.4 ⁺	4.6	3.53	
C		拜尔勒界面	(5958)	413	8.97	5.0	3.64	140000	
		高里村 高速层	720 (最深地震)	900	11.3	6.3	4.60	270000	
		雷波蒂界面	(5387)	984	11.42	6.3	4.64	382000	
D		D'	下部地幔			1800	12.5	6.8	5.13
	D''			2700	13.6	7.3	5.60		
					13.64	7.3	5.66		
		古登堡界面	(3473)	2898				1368000	
E	地核	外核		速度降低	8.1	—	9.71		
F				(1667)	4703		11.7	3180000	
					4980	10.4	—	12.0	
					5120	11.2	—	15.0	
G				(1216)	5154			约16	大约3300000
				(中心)	5200 6371	9.6 11.3	— —	17.9	大约3600000

中国科学院地质研究所,1974

(2) 地幔，是地壳以下到深度为 2900km 的部分。地壳与地幔之间的界面称莫霍面。上地幔顶部是具塑性流动特征的软流圈层，往往软流圈层驮着“碎裂的薄片地壳”作圈层之间运动，并且地幔本身也具有垂直和水平运动的对流特征。地幔物质由比重大的橄榄岩等超基性岩石组成，含铁镁等主要成分。