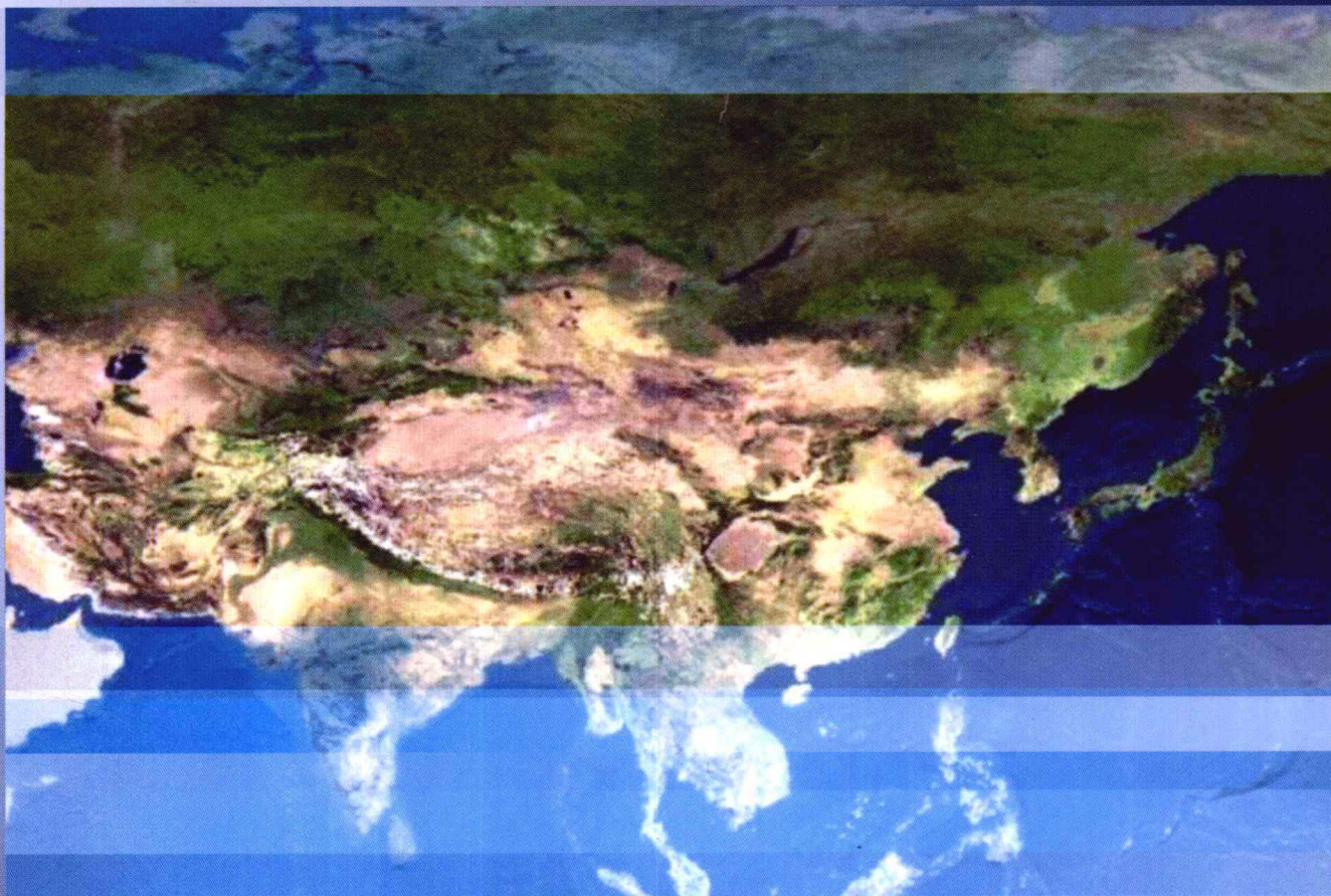




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



中国及其邻区 区域大地构造学(第二版)

车自成 罗金海 刘 良 编著



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

中国及其邻区 区域大地构造学

(第二版)

车自成 罗金海 刘 良 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书着重论述中国及其邻区区域大地构造基本特征,分总论、各论两部分,总论部分简要介绍大地构造学的基本理论和研究现状;各论部分以中国为重点概略地介绍中国区域构造特征,对重点地区和有争议地区,特别是主要造山带及各大含油气盆地均作了较为系统的介绍,对一些延伸到国外的造山带和盆地也有简要的介绍和图示,这部分涉及中国周边十多个国家的近期研究概况。

自2002年本书第一版问世以来,需求者甚众,这次再版,增加了大量自2000年以来的新资料,在文字方面也作了较大改动,使其表达更加明白,语言更加流畅。

本书可作为高等院校地质、石油、冶金、地震、水文和工程等专业高年级本科生、硕士生、博士生的教材或参考书,同时也可供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国及其邻区区域大地构造学/车自成,罗金海,刘良编著. —2版.
—北京:科学出版社,2011
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-03-033158-8

I. ①中… II. ①车…②罗…③刘… III. ①区域地质-大地构造学-中国-高等学校-教材 IV. ①P548.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第275672号

责任编辑:杨红 马云川/责任校对:钟洋
责任印制:张克忠/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

张庄印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年10月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年6月第二版 印张:30 插页:3

2011年6月第二次印刷 字数:760 000

定价:75.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

本书再版的宗旨是：基本遵循原书框架，补充、更新内容，以流畅、通顺与提纲挈领为准则修订表述方式。为此，大量增补了近十余年来大地构造理论和区域地质方面的研究成果，全面更新和修改了近 300 份附图，以概述的方式增加了对部分内容的总结和评述，力求内容完整、新颖，文字简捷，表述清晰。尽管如此，因本书内容庞杂，仍有不尽如人意之处，希望能在各方面读者的批评指正中逐渐成熟和完善。

板块构造仍是本书的基本指导思想，但并未按已有模式为准则，而是以现有地质资料为主要依据，引入或提出了一些有别于以往的分析方法和模式，目的仅仅是为了能够说明已知的地质现象。例如：古裂陷，专指克拉通地壳内部的一些构造薄弱地带，是这些地区早期沉陷和晚期造山的根本原因；陆内俯冲带和破裂俯冲带，前者表示与小洋盆或裂谷有关的蛇绿混杂岩带，后者表示与外来地体有关的蛇绿混杂岩带，显然二者均不能作为板块边界看待。

基本内容的叙述仍分总论、各论两部分。总论部分仍以客观介绍大地构造学现有理论研究成果为主，补充的一些新资料或新观点仅仅是为了总结这些成果，并未破坏理论的系统完整性。各论部分简单介绍以中国为主的最新区域研究成果和基本区域构造特征，补充更新内容较多，虽不少内容并不成熟，但它们使区域地质更加完整和充实。首先考虑到不同读者的需要，本书内容的编排仍如一版，适合于大地构造学、区域地质学、盆地构造学和造山带地质学单独教学的使用。其次，为便于各类专业人员一般了解或深入研究参考，书后附有 300 余篇参考文献，便于读者进一步查阅。

本书是西北大学地质学系面向 21 世纪教材建设的一部分，是在学校大力支持下完成的。书中涉及数百位专家、学者的研究成果，这是本书能够完成的最基本保证，在此一并表示衷心的感谢！

作者

2011 年 3 月于西安

第一版前言

本书是以中国为主要研究对象的区域大地构造学著作，全书分总论、各论两部分，共十一章。总论部分初步总结了近 20 年来大地构造理论的进展和大地构造基本问题。各论部分简单介绍了以中国为主的最新区域研究成果，扼要总结了最基本构造单元的区域构造特征。文中涉及周边国家的一些材料，一是为了使一些国际性的造山带或地质单元具有完整性，同时也是为了把中国放到一个更大的范围内去认识。

本书的编写，首先是从教学出发，为适应不同程度学生的学习，力求理论系统完整，叙述深入浅出，并配有 257 幅插图，以便于阅读和理解。考虑到不同的需要，本书编排的内容既可以作为单独的大地构造学教材，又可以作为区域地质学教材；既可以作为盆地大地构造学的教材，又可以作为造山带地质学的教材。其次是为便于各类专业人员一般了解或深入研究的参考，内容力求新颖，既有实际材料的全面客观介绍，也有深入的理论分析与一些独立见解，基本反映了 20 世纪 90 年代研究水平。为此，书中有不少材料都是第一次公开发表，是作者与合作者及西北大学地质系部分师生近 20 年研究工作的总结。

尽管初衷很好，但由于受作者学术水平和精力的限制，不足及错误之处在所难免，很多部分未能尽如人意，希望能在各方面读者的批评和指正中逐渐成熟和完善。

本书是西北大学地质系面向 21 世纪教材建设的一部分，是在校、系领导和有关教师的大力支持下完成的。书中涉及百余位专家学者的大量研究成果，这是本书能够完成的最基本保证。其中不少材料解决了以往研究中的许多疑点，有些材料则使一些零碎的认识得以系统化；不少见解启发了作者的深入思考，有些见解甚至起到了发聋振聩的作用。感激之情无法一一表达，只能在此表示感谢！

作 者

2001 年 5 月于西安

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
0.1 基本概念	1
0.2 发展简史	1
0.3 中国近现代大地构造学	2
0.4 当前的主要任务	4
0.5 研究内容和途径	5

第一篇 总 论

第1章 地壳的形成与演化	9
1.1 地壳的形成	9
1.2 太古宙地壳的性质与演化	11
1.2.1 岩石组合及其形成环境	11
1.2.2 早期地壳的生长	15
1.2.3 地壳的克拉通化	17
1.2.4 陆壳的生长方式	18
1.3 华北古陆的形成与演化	19
1.3.1 古陆核的形成	19
1.3.2 古陆核生长与克拉通化	22
1.3.3 克拉通的后期演化	25
1.4 古裂陷与克拉通化	29
1.5 西域古陆的形成与演化	32
1.5.1 概述	32
1.5.2 早前寒武纪构造特征	34
1.5.3 晚前寒武纪岩相古地理	41
1.6 威尔逊旋回与联合古陆	43
第2章 岩石圈结构与动力学	47
2.1 岩石圈速度与磁电结构	47
2.1.1 地震波	47
2.1.2 壳幔速度分层	48
2.1.3 中国壳幔结构	50
2.1.4 壳幔磁电结构	53
2.1.5 古地磁与大陆漂移	56
2.2 岩石圈温压结构	58

2.2.1	壳幔热结构与热异常	58
2.2.2	岩石圈力学结构	60
2.3	化学地球动力学	66
2.3.1	壳-幔的岩石、矿物与化学成分	66
2.3.2	壳-幔成分研究	68
2.3.3	壳-幔物质交换(玄武岩、花岗岩、蛇绿岩与深俯冲研究)	71
2.4	岩石圈动力学	75
2.4.1	地球动力学概述	75
2.4.2	重力异常与壳幔均衡作用	76
2.4.3	板块构造与地幔对流	79
2.4.4	对板块构造的质疑	85
第3章	造山作用与造山带	88
3.1	基本概念	88
3.1.1	造山作用概念的提出和演变	88
3.1.2	全球造山带的分布	90
3.2	造山带的基本结构	94
3.2.1	弧前体系	95
3.2.2	弧后体系	95
3.2.3	被动陆缘体系	97
3.2.4	地体增生带	99
3.2.5	造山带的主要类型	100
3.3	陆缘型造山带的类型和结构	101
3.3.1	日本岛弧型	102
3.3.2	新西兰北岛型	102
3.3.3	科迪勒拉型	104
3.3.4	安第斯型	106
3.3.5	莫克兰型	107
3.4	陆间型造山带的类型和结构	109
3.4.1	概述	109
3.4.2	特提斯型(阿尔卑斯-喜马拉雅型)	111
3.4.3	秦-祁型	116
3.4.4	天山型	118
3.4.5	阿尔泰型(突厥型)	119
3.5	克拉通内造山作用	121
3.5.1	概述	121
3.5.2	华北板内造山作用	122
3.6	晚和后造山作用	129
3.6.1	变形机制	129
3.6.2	前缘逆冲推覆	129
3.6.3	伸展变形与根带深变质杂岩的上隆	131

第 4 章 沉积盆地	132
4.1 概述	132
4.2 伸展型盆地	133
4.2.1 变形方式与基本特征	133
4.2.2 裂谷盆地	136
4.2.3 被动陆缘盆地（陆缘伸展盆地）	137
4.2.4 陆内伸展型盆地	141
4.2.5 克拉通盆地	142
4.3 挠曲型盆地	146
4.3.1 前陆盆地	146
4.3.2 西南天山前缘早、中二叠世前陆盆地	152
4.3.3 山前拗陷盆地	153
4.4 走滑型盆地	155
4.4.1 走滑拉分盆地	155
4.4.2 滑脱型盆地	158
4.5 盆地基本构造样式	159
4.5.1 张性构造样式	159
4.5.2 挤压构造样式	160
4.5.3 反转构造样式	163
4.5.4 扭动构造样式	164
4.6 全球海平面升降幕的同步性	167
第 5 章 中国及其邻区板块构造区划	170
5.1 板块类型	170
5.2 板块边界类型	171
5.2.1 板块边界的不同划分方案	171
5.2.2 板块边界类型的划分	172
5.3 板块构造单元区划	172
5.3.1 西伯利亚板块	172
5.3.2 巴尔喀什-准噶尔-南蒙古-松辽-佳木斯联合板块	173
5.3.3 卡拉库姆-塔里木-中朝板块	174
5.3.4 昆仑-阿尔金-北祁连-秦岭-大别造山带（秦祁阿昆或中轴造山带）	175
5.3.5 大扬子板块	176
5.3.6 伊朗-藏滇-印支联合板块	177
5.3.7 东亚岛弧-边缘海	178

第二篇 各 论

第 6 章 亚洲北部（北亚）地区	181
6.1 概述	181
6.1.1 古亚洲洋	181
6.1.2 北亚板块构造划分	182

6.2	西伯利亚板块及其西缘（乌拉尔）和东缘（维尔霍扬斯克）造山带	182
6.2.1	西伯利亚板块	183
6.2.2	乌拉尔-西西伯利亚地区	184
6.2.3	维尔霍扬斯克（Verkhoyansk）地区	185
6.3	西伯利亚板块南缘（蒙古）地区	187
6.3.1	区域构造特征	187
6.3.2	蒙古国及其周边地区构造演化	192
6.4	巴尔喀什-准噶尔地区	193
6.4.1	斋桑泊-额尔齐斯-图尔根断裂带	193
6.4.2	巴尔喀什微板块	195
6.4.3	西准噶尔弧盆体系	195
6.4.4	东准弧盆体系	196
6.4.5	准噶尔台块与准噶尔盆地	197
6.4.6	吐哈台块与吐哈盆地	203
6.5	天山造山带	206
6.5.1	概述	206
6.5.2	北天山	207
6.5.3	中天山东段（中国境内）	210
6.5.4	中天山西段（中亚境内）	214
6.5.5	中天山北缘板块缝合带	217
6.5.6	中天山南缘板块缝合带	218
6.5.7	南天山	220
6.5.8	西南天山南缘早-中二叠世板内俯冲带	221
6.6	中国东北及其邻区	224
6.6.1	概述	224
6.6.2	大兴安岭带与东蒙古地区	226
6.6.3	布列亚-佳木斯微板块	228
6.6.4	锡霍特-阿林（Sikhote-Alin）造山带	231
6.6.5	结亚-松辽地体与盆地	233
第7章	卡拉库姆-塔里木-中朝板块	238
7.1	中朝板块	238
7.1.1	概述	238
7.1.2	构造演化	239
7.1.3	区域构造概述	245
7.1.4	北华北台块与渤海湾盆地	248
7.1.5	南华北盆地	251
7.1.6	鄂尔多斯地块与鄂尔多斯盆地	253
7.1.7	郯庐裂谷和环鄂尔多斯中-新生代地堑系	257
7.2	吉冀蒙板块缝合带与北山构造楔	261
7.2.1	吉冀蒙板块缝合带	261

7.2.2 北山构造楔	266
7.3 塔里木板块与塔里木盆地	267
7.3.1 概述	267
7.3.2 基底构造	269
7.3.3 构造-沉积特征	272
7.4 卡拉库姆板块与盆地	278
7.4.1 概述	278
7.4.2 构造-沉积演化	280
7.4.3 区域构造特征	281
第8章 秦岭(秦)-祁连(祁)-阿尔金(阿)-昆仑(昆)造山带	284
8.1 概述	284
8.2 东秦岭地区	285
8.2.1 构造轮廓	285
8.2.2 洛桑被动陆缘	287
8.2.3 北秦岭复式碰撞造山带	288
8.2.4 中南秦岭被动陆缘造山带	292
8.2.5 北大巴山冲断推覆构造带	293
8.2.6 武当隆起	295
8.2.7 南襄盆地	296
8.3 大别-苏鲁-韩国构造带	297
8.3.1 桐柏-大别段	297
8.3.2 苏-鲁段	299
8.3.3 朝鲜半岛南段	300
8.4 西秦岭地区	304
8.4.1 板块边界	304
8.4.2 西秦岭地体	306
8.5 祁连-阿尔金-东昆仑地区	310
8.5.1 概述	310
8.5.2 走廊被动陆缘拗陷带	312
8.5.3 北祁连板块缝合带	312
8.5.4 中-南祁连地体	313
8.5.5 敦煌地块与阿尔金-柴北缘地区	317
8.5.6 柴达木地块与柴达木盆地	322
8.5.7 东昆仑	324
8.6 西昆仑-喀喇昆仑地区	328
8.6.1 岩相古地理	329
8.6.2 区域构造特征	331
8.6.3 构造演化	333
第9章 大扬子板块与华南造山带	337
9.1 概述	337

9.1.1	基本特征	337
9.1.2	壳幔结构	338
9.2	中上扬子台块与四川、江汉盆地	338
9.2.1	上扬子台块	338
9.2.2	四川盆地	344
9.2.3	中扬子台块与江汉盆地	347
9.3	下扬子台块与苏北盆地	349
9.3.1	基底构造	349
9.3.2	区域构造与演化	351
9.4	江南隆起	353
9.4.1	构造属性	353
9.4.2	变形特征	354
9.4.3	构造与沉积演化	356
9.5	松潘-甘孜被动陆缘造山带	358
9.5.1	构造属性	358
9.5.2	三叠纪盆地	360
9.5.3	构造-沉积演化	363
9.6	右江-南盘江被动陆缘造山带	364
9.6.1	海西期盆地的形成与演化	364
9.6.2	印支期盆地的形成与演化	366
9.7	华南被动陆缘造山带与华夏古陆	367
9.7.1	概述	367
9.7.2	华夏古陆	368
9.7.3	华南加里东造山带	371
9.7.4	构造单元划分	375
第10章	伊朗-藏滇-印支地区	381
10.1	特提斯构造域	381
10.2	新特提斯洋的形成与演化	382
10.2.1	洋盆形成的构造背景与基本特征	382
10.2.2	高加索洋盆的形成与演化	383
10.2.3	科佩特洋盆的形成与演化	384
10.2.4	伊朗-阿富汗地体群	386
10.2.5	帕米尔-北巴基斯坦	387
10.3	滇-藏地区	389
10.3.1	基本构造特征	389
10.3.2	岩相古地理	392
10.3.3	羌塘地体与羌塘盆地	394
10.3.4	班公湖-怒江板内俯冲带	398
10.3.5	冈底斯-拉萨-保山岛弧地体	400
10.3.6	印度河-雅鲁藏布江板块缝合带	401

10.3.7 喜马拉雅推覆构造带	403
10.4 三江地区	405
10.4.1 西金乌兰-金沙江板块缝合带	406
10.4.2 澜沧江板内俯冲带	410
10.4.3 昌都-兰坪-思茅地体	411
10.5 印支地区	414
10.5.1 概述	414
10.5.2 印支地体 (Indochina 或 Annamia)	416
10.5.3 掸泰地体 (Shan-Thai 或 Sibumasu)	420
10.5.4 主要蛇绿岩带	421
10.5.5 西缅甸岛弧地体	424
第 11 章 东亚岛弧-边缘海	425
11.1 概述	425
11.1.1 构造轮廓	425
11.1.2 古太平洋与东亚岛弧-边缘海	425
11.1.3 特提斯洋的东延与东亚岛弧-边缘海	427
11.1.4 中国近海含油气盆地	430
11.2 堪察加-日本岛弧	430
11.2.1 堪察加岛弧	430
11.2.2 日本岛弧	431
11.3 日本海	435
11.4 台湾岛弧	437
11.4.1 概述	437
11.4.2 区域构造	437
11.4.3 构造演化	439
11.5 黄海-东海盆地	439
11.5.1 概述	439
11.5.2 东海盆地	441
11.5.3 北黄海盆地	443
11.5.4 南黄海盆地	444
11.6 马里亚纳-菲律宾岛弧	444
11.6.1 马里亚纳沟弧系	445
11.6.2 西菲律宾海盆地	446
11.6.3 吕宋岛弧	447
11.7 南中国海盆地	450
11.7.1 概述	450
11.7.2 基底构造	450
11.7.3 构造演化	454
11.7.4 沉积盆地	456
主要参考文献	458

绪 论

0.1 基本概念

大地构造学 (geotectonics) 是研究地壳及岩石圈形成演化的一门地质学分支。由于采用的理论和研究方法的不同, 大地构造学分为不同的体系, 如槽台学、板块构造学和地质力学等, 其主要区别在于各自以不同的地球动力作为自己的立论基础。其中板块构造学就是以地幔对流作为自己的动力来源, 主要研究板块间的分裂、漂移、俯冲、碰撞等过程, 这也是贯穿本书的基本思想。

由于研究对象的不同, 大地构造学又细分为许多学科, 如有按地壳构造分区开展研究的大洋地质、大陆边缘地质、岛弧地质、克拉通地质、造山带与盆地等分支学科; 有按地理或行政区划为主要研究对象的东亚地质、非洲地质、北美地质及中国区域地质等。因为地质构造分区并不受行政区划限制, 所以本书采用了“中国及其邻区”这样一种称谓, 意思是以中国为主体, 为使概念完整, 也简单叙述了延伸到国外的部分。

研究地壳形成演化基本动力的大地构造学分支统称“地球动力学” (geodynamics), 因它是各种学说的立论基础, 故是当今地质学中最热门的话题之一。地球动力总的来讲可归结为五大系统: 重力、膨胀收缩与脉动、地幔分异与对流、地球自转、星际作用等, 它们又可细分为若干个不同的学派或假说, 而且新的学说仍在不断涌现。

0.2 发展简史

直到 18 世纪后期, 大地构造学才逐渐形成一个独立的学科, 在此之前, 大地构造学思想仅仅限于对一些自然现象的感悟。就其发展阶段而言, 可分为四个时期。

1. 感知时期

人们对于海陆变迁的感悟早在公元前就有了, 但直至中世纪及其以前的数千年期间, 学者们对地质现象的认识都停留在感性阶段。例如, 我国《诗经》上的“高岸为谷, 深谷为陵”的记载; 古埃及和古希腊学者 (公元前 500 年前后) 从贝壳化石得到的海陆变迁的认识; 我国唐、宋时期颜真卿 (公元 709~784?)、沈括 (1031~1095)、朱熹 (1130~1200) 等“沧海桑田”的思想等。

2. 萌芽时期

从 17 世纪中期开始, 人们已经从对孤立地质现象的感悟迈进到对地球及山脉形成的探讨, 但由于资料不足, 又受理论水平的限制, 因此大多数探讨具有猜测的性质, 不过却为近代大地构造理论的产生奠定了基础。笛卡儿 (R. Descarts, 1596~1650) 于 1644 年在其名著《哲学原理》一书中提出, 组成地球的粒子按密度大小聚集, 从而形成层状结构的地球。莱布尼茨 (G. W. V. Leibniz, 1646~1716) 则提出地球是由发光的熔融体冷却收缩而成, 并认为当海水

漏入地下孔穴时,引起水位下降,山脉就是这样形成的。德国学者帕拉斯(P. S. Pallas, 1741~1811)通过对乌拉尔等地的考察,提出山脉是由于地下扰动引起轴部隆起而成,因而轴部地层陡倾,侧方地层缓倾,这就是早期的“隆起说”。

18世纪末至19世纪初的“水”、“火”之争,以魏纳(A. G. Verner, 1749~1817)为代表的水成论者主张山脉是由水中结晶物质长期积累而成,以郝顿(J. Hutton, 1726~1797)为代表的火成学派则首次提出山脉是由地下岩浆上涌形成。

3. 历史大地构造学时期

19世纪后半期,霍尔(J. Hall, 1859)和丹纳(J. D. Dana, 1873)通过对沉积岩层岩相、厚度的分析提出了地槽理论,徐士(E. Suess, 1885)提出了“地台”的概念。槽台理论的建立才使大地构造学开始成为一个独立的研究领域,开创以地层分析的方法研究地球构造发展史的崭新途径。后来,槽台理论又得到舒克特(C. Schuchert, 1923)、施蒂勒(H. Stille, 1941)、黄汲清(1945, 1962, 1977)、凯伊(M. Kay, 1955)、别洛乌索夫(Б. Б. Белоусов, 1954, 1978)和哈茵(В. Е. Хаин, 1954, 1972)等人的发展。虽然这一时期魏格纳(A. L. Wegener, 1912)的“大陆漂移说”也影响很大,地质力学在我国也有一定影响,但占统治地位的是槽台学说。关于地球动力问题,虽曾提出收缩、膨胀、变速自转、放射性迁移等假说,但大都侧重对构造特征和构造发展史的研究,地球动力问题尚未引起足够地重视。

4. 地球动力学时期

20世纪50年代中期(1955年前后),英国古地磁学家布莱克特(P. M. S. Blackett)及后来的兰康(S. K. Runcorn)根据古地磁资料再次提出大陆漂移的可能性,1960年赫斯(H. H. Hess)提出海底扩张假说,1968年勒皮雄(X. Lepichon)等根据海底扩张、地幔对流的设想提出板块构造假说,开始了大地构造研究的新纪元。

这一时期的主要特点是,已摆脱了单纯构造发育史的分析,各个大地构造理论都以某种地球动力作为自己的立论基础。例如,板块构造以地幔对流为主要依据;地质力学以地球变速自转为前提;槽台理论也努力从深层分异与板块运动中去探讨地槽、地台的形成和演化。它们都把某种地球动力制约下的构造运动、岩浆活动和变质作用等作为一个整体来考虑。研究方法上也普遍把地球物理、地球化学的研究与构造研究密切结合起来。

由于把地球动力学提到了一个重要位置,从而大大促进了大地构造理论的发展。

0.3 中国近现代大地构造学

中国近代地质学开始于国外一些地质学家的工作。李希霍芬(F. F. von Richthofen, 1868~1882)建立了五台系和震旦系;维理士(B. Willis, 1903~1904)建立了华北先震旦系剖面;李希霍芬(1882)、奥布鲁切夫(1894)、洛川(L. von Loczy, 1893)、维理士(1907)等先后描述了北京西山、五台山、秦岭和祁连山的构造变形,葛利普(A. W. Grabau, 1922, 1924)建立了北方奥陶系剖面,并于1924年描述了亚洲的地槽迁移。

20世纪初,我国学者丁文江(1914)、章鸿钊和翁文灏(1913~1916)开中国人野外填图之先河,并提出了“燕山运动”的概念(翁文灏, 1929);丁文江(指导赵亚曾)与黄汲清(1929)穿越秦岭,研究了那里的加里东运动、海西运动和燕山运动;孙运铸(1923)、李四光

(1924) 在地层研究基础上也开始了构造运动研究; 1939 年在伦敦出版的《中国地质学》一书中李四光系统地总结了中国的造山运动; 黄汲清在《中国主要地质单位》(1945) 一书中更系统、全面地描述了中国大地构造特征, 并提出了构造运动多旋回的概念。后者主张地壳的演化是地槽、地台的相互转化, 原始的地槽在造山过程中固结硬化, 转变为原始的地台; 在下一个构造旋回中地台破碎形成地槽, 再度重复上述演化过程。改变了施蒂勒、奥布英和别洛乌索夫等单旋回的认识, 他们认为一个地槽带的拗陷、沉积到褶皱隆起是在一个构造旋回中完成的。在后来的发展中, 多旋回观点认为正是板块的多次俯冲、多次碰撞才导致了地壳活动带的多旋回发展; 同时指出多旋回发展并不是简单的重复, 可分为早期旋回、主旋回和后期旋回, 它们各自具有不同的特征, 并沿一定方向作构造迁移。

20 世纪 50~60 年代初是我国大地构造学蓬勃发展时期, 这一阶段早期全盘接受了槽台学说, 这与苏联学者谢因曼 (Ю. М. Шейнман)、别洛乌索夫 (Б. Б. Белоусов)、裴伟 (А. В. Пейве.)、西尼村 (В. М. Синицин) 等纷纷关注中国地质或来华考察有关。在此基础上, 黄汲清等于 1959 年出版了《1: 300 万中国大地构造图》, 是这一阶段槽台研究及多旋回观点的初步总结。

与此同时, 强调中国地质特殊性的大地构造学说大批涌现, 李四光以构造体系为基本内容的“地质力学”、张文佑的“断块构造说”、张伯声的“波浪状镶嵌构造说”以及陈国达的“地台活化”至“地洼学说”等均是这一时期的典型代表。“地质力学”首倡地质现象(构造形迹)的力学分析, 强调从张、压、剪性结构面的分析入手追索地壳运动的力源并进而进行力学配套; 后者即构造体系概念, 指在同一应力场中形成的、又有一定形态特征的各种构造迹的共生组合; 主张由地球转速变化引起的两极向赤道压缩是地壳变形的主要力源, 相应形成纬向、经向、旋扭等构造体系。“断块构造说”则认为由地球转速变化所派生的水平应力首先形成全球剪切应力网络; 进一步变形, 就会在此基础上形成全球“X”型断裂体系, 将地壳分割成形状各异, 排列规则的地块; “X”型剪切断裂体系是全球应力集中带, 进一步发育成各级活动带, 它决定着相邻地块的性质和活动性; 剪切应力网络可因地壳进一步隆起和拗陷而作局部改变, 也可随着地壳沿经度和纬度方向的蠕散作用(层间滑动作用)而加强或减弱。“波浪状镶嵌构造说”主张地球形变的主要方式是地球在作四面体状(表面能最小)收缩, 从而会形成四个收缩中心——太平洋中南部、北冰洋、印度洋和南大西洋, 和相对应的四个隆起中心——非洲台块、南极台块、加拿大台块和西伯利亚台块, 两两对应(收缩中心-隆起中心对)就组成了环绕它们的全球四大波浪系统; 其中太平洋-非洲系统和北冰洋-南极系统最为明显, 这是因为它们受到地球变速自转所派生的经向分力与纬向分力的叠加, 从而形成全球最宏伟的环太平洋构造带和地中海构造带; 两大构造带及其近平行分支的相互交织就构成了条块分割的网状镶嵌构造; 地壳周期性收缩、膨胀的交替是此起彼伏的地壳波浪形成的主要原因; 隆起、沉降的地壳运动则是波峰、波谷复杂叠加的结果。“地洼说”认为地壳构造的发展过程是活动区与稳定区的相互更迭, 但又不是简单的重复, 而是由低级到高级的发展过程。因此, 当稳定的地台再次转化为活动的地槽时, 已不再是地台之前出现的地槽, 而是一种新型的更复杂的形式——地洼。地洼构造总的特点是: 小面积分布, 成群出现; 以陆相为主, 海相少见; 岩层厚度大, 不整合面多, 岩相厚度变化大; 岩浆活动以侵入为主, 喷发次之, 多为酸性→中性→基性(碱性也随之增加), 并常与断裂伴生; 变形主要为宽展型褶皱(箱状、梳状)和块断构造。

虽然 20 世纪 60 年代初, 以谢家荣为代表的一些学者已将沟弧盆理论应用于我国东南地区的构造分析中, 遗憾的是当时并未引起多大反响。1973 年尹赞勋《板块构造述评》一文的出

现,在我国地质界具有划时代的意义。对长期封闭的大多数中国地质工作者来说,一方面是从这篇文章中了解到国际地质界自 20 世纪 50 年代以来在大洋地质、古地磁研究等方面的丰硕成果;另一方面是了解到一个崭新的现实主义的大地构造学说,后者不仅着眼于全球构造分析,而且把地质学科各个方面有机地结合在一起,使大家耳目一新。同时,在思想方法上也被一种新的哲学思想所取代,克服了当时盛行一时的构造体系概念中形而上学思想的束缚,开始比较客观、全面地去研究各种地质问题,李春昱等(1982)《亚洲板块构造图》的出版是这一阶段我国大地构造研究的全面回顾和总结。

自 20 世纪 80 年代以来,乘着万象更新的改革开放春风,我国大地构造学研究也进入了一个新时代。首先是地质资料的极大丰富,完成了全国范围 1:20 万和部分地区 1:5 万的地质填图,新一代 1:25 万填图已近尾声;1:100 万至 1:500 万不同比例尺的全国地质图和大地构造图已先后出版;编辑出版了各省区域地质志、中国主要含油气盆地地质志和各主要成矿带 1:50 万数字化地质图件;完成了全国范围航空磁测、重力测量、多元素地球化学填图;完成人工地震测深剖面 50000km、反射地震剖面 4000km、大地热流测点 681 个、电磁测深点 1750 个、GGT 剖面 13 条(以上数据截至 2002 年)。这些基础地质资料都为大地构造研究奠定了雄厚的基础,同时随着找油、找矿和基础地质研究工作的全面开展,大地构造学的许多领域也取得了长足进展。例如,造山旋回和构造阶段的划分已取得基本共识;三大板块(中朝、扬子、塔里木)和三大巨型造山带(古亚洲、特提斯和环太平洋)的确立已得到世界公认;基本确定了全国主要断裂和缝合带系统;初步查明了中国深部构造基本特征,如莫霍面起伏、岩石圈厚度及其热状态与物化特征;在元素地球化学、同位素地质、应力应变、显微构造、岩石流变学、高压-超高压变质等方面都有很大进展。

但是,可以套用一句老话:大地构造学研究还是任重而道远,主要问题还是集中在造山带的形成和演化上。板块构造提出以后,许多鉴别板块俯冲-碰撞的岩石学、地球化学、沉积学、地球物理学和构造学等标志都纷纷建立,人们欢欣鼓舞,似乎拿着这些标志去衡量,所有地质问题均可迎刃而解。可时至今日不少人才发现,问题远比我们的预测要复杂得多。正如 20 世纪五六十年代,我们一些前辈曾试图用矛盾对立统一规律去解决地质问题一样,都是把复杂的地球看得过于简单。纵观大地构造学的发展历程,我们当前的研究还是先要从现象入手,逐步去认识它的本质。以地槽、地台概念为例,最早是从地层厚度和沉积特征上建立的,尽管其成因现在还没有完全了解,但谁也无法否认它的存在。类似现象的逐步积累,必然越来越接近问题的本质。

0.4 当前的主要任务

大地构造学当前的主要任务是:全球及大陆动力学研究,为矿产资源、地质灾害和环境评价建立动力学模型。

人类要生存和发展就离不开地球资源,各种资源都赋存在一定地球动力学背景下。例如,可燃性有机矿产,无论是海相还是陆相的,都赋存在稳定下沉的盆地中,这就必定要从盆地基底性质以及它与造山旋回的耦合关系中去寻找规律。我国已发现的含油气盆地,绝大多数都以克拉通地块为基底,显然这是保证其稳定下沉的先决条件;我国盆地的生油生气高峰几乎无一例外的都从晚三叠世开始,原因可能就是中国大陆上区域性的普遍而强烈的造山作用大都结束于中三叠世末(晚印支运动),此后,多以块断活动为主,且集中于有限的范围内,显然紧接

着造山作用之后的构造环境有利于油气的转化与保存。

金属矿源于地壳或地幔深处，它们由内向外的运移必然与强烈造山作用相伴随，产出位置必定在那些与深部相沟通的地区，或为构造活动强烈的造山带或为克拉通内的深大断裂带。金属物质是从深源岩浆或流体中分异出来的，也需要适当的储集条件和封盖条件，这又要求较为稳定的构造环境，所以紧接着强烈造山作用之后的晚造山作用期也是金属矿产形成的有利时期。

上述这些都要求以全球及大陆动力学作为自己的指导思想。同时，人类社会无论什么都在增多，但唯独地球只有一个，这就要求我们在开发的同时必须精心地加以保护。以能源为例，人类目前还离不开地下能源；但从地球演化角度看，有些能源的开发利用可能要尽早停步。例如， CO_2 在大气中含量曾经一度超过 10%，经数十亿年的演化，绝大部分已被以矿物（煤、油气、碳酸盐岩等）的形式埋入地下，从而形成今天不超过 0.1% 含量的适宜人类生存的环境，若无止境地开采这些能源，使 CO_2 气体再次回归大气圈，受到污染的大气要想恢复，根本是不可能的，所以人类必须尽早地停止对这类资源的过度开发。

火山、地震、陷落、崩塌等这类对人类威胁极大的自然灾害，是无法避免的地壳运动的表现，只能在掌握其规律的情况下有效地预防预报，这也是大陆动力学义不容辞的艰巨任务之一。

0.5 研究内容和途径

大地构造学是一门综合性极强的学科，可以说是地质学的概括和总结，主要研究内容和方法可粗略地归纳为四个方面。

1. 变形研究

大陆动力学研究是我们当前面临的主要任务，但其切入点是：首先要研究地壳运动留下的形迹，通过成因研究探讨其形成的力学过程。对褶皱、断裂、面理、线理、变质结构与变质矿物等构造形迹的研究，是实现这一目的的主要途径。造山带和盆地则是地壳运动留下的更大尺度的构造形迹，它们是地壳运动的综合表现，对它们的成因研究自然也是地球动力学研究的主要任务之一。

地球物理方法也是研究地球动力的重要手段，古地磁方法是研究古板块运动的重要途径，地震、重力、磁法、电法和地热等手段，不仅是现代地壳运动定量的最有效方法，而且也能地为古地壳运动提供许多重要数据。

建立经典研究地区和野外实验基地，长期做深入细致的研究，无疑会有效地解决构造变形等许多地质问题。

2. 地质体成因研究

地壳由各类地质体组成，有地层地体、变质地体、岩浆岩地体、火山岩地体及形式多样的含矿地体等，这些地质体的形成演化及构造成就位过程，几乎包含了地质学的全部内容。近几十年来特殊沉积作用、变质作用，特殊岩浆岩体、火山岩体的研究成果，是近代大地构造学的基本依据。最明显的如对蛇绿岩的研究是板块构造学的支柱之一；浊流沉积的发现否定了长期流行的地壳振荡运动之说；人们对下地壳、地幔的认识也是随着对一些地质体的深入研究逐步提