



探索

新疆地质矿产资源奥秘

李恒海 高壮 唐延龄 成守德 等著



地质出版社

新疆地质矿产资源科普丛书

新疆维吾尔自治区科学技术协会资助

探索新疆地质矿产资源奥秘

李恒海 高 壮 唐延龄 成守德 等著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

探索新疆地质矿产资源奥秘 / 李恒海等著. — 北京:
地质出版社, 2010. 1

ISBN 978-7-116-06506-2

I. ①探… II. ①李… III. ①矿产资源—新疆—青少年读物 IV. ①P617.45-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 007502 号

TANSUO XINJIANG DIZHI KUANGCHAN ZIYUAN AOMI

责任编辑: 高 愉 郑长胜

责任校对: 李 玫

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 82324519 (办公室); (010) 82324566 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 27.5

字 数: 657 千字

版 次: 2010 年 1 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价: 68.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-06506-2

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序

Preface

新疆地质学会和新疆维吾尔自治区专家顾问团矿产与能源组编写的《探索新疆地质矿产资源奥秘》一书出版了,这是新疆第一部地质矿产资源科普书。它记载了新疆地质矿产勘查开发的大量历史资料,包含了当今世界地质理论的最新成果;既有严谨的科学理论,也兼具通俗易懂、生动有趣的科普特点。它的出版无疑将有助于向全社会普及地质矿产知识,宣传新疆矿产资源巨大潜力和勘查开发的美好前景,宣传节约资源、保护环境的基本国策,从而对实施优势资源转换、有效开发利用矿产资源、促进经济社会发展起到积极的作用。

弘扬科学精神,普及科学知识,大力提高全民科学文化素质,是建设和谐文化、培养文明风尚、推进全面建设小康社会的重要任务和基础性工程。传播地球科学知识,宣传地球科学思想,坚持地球科学探索精神,寻找地球科学研究方法,是大力提高全民科学素质的一个重要方面。本书给出了寻找新疆大地深处宝藏的地标,描绘了勘查新疆“三山两盆”宝藏的捷径,贡献了节约矿产资源、保护地质环境的金钥匙。在综合地质矿产资料中有提炼,在描述地质现象中找规律,在探索地球奥秘过程中求发现,让深奥的地球科学知识可读,让神秘的地下宝藏可感,让新疆山水的地质面貌可触。总之,以地质科学史为鉴,可以思接万古、视通全球,可以把握大地海洋、山川宝藏演变赋存的内在规律,可以洞悉爱护地球、珍惜环境、保护地球家园的永恒智慧。

新疆地处欧亚大陆腹地,成矿地质条件优越,矿产资源丰富,是我国重要能源资源战略基地。新中国成立以来,尤其是改革开放以来,新疆全面完成各种小比例尺的区域地质调查、区域地球化学调查、区域地球物理调查和区域水文地质调查。重要成矿区带开展了1:5万区域地质调查。石油地质普查工作相继在准噶尔、塔里木、吐—哈等盆地全面展开。塔里木盆地沙参2井高产油气流的发现,包克拉2优质气田以及塔河亿吨级大油田等油气勘探的重大突破,为“西气东输”工程奠定了资源基础。开拓了准噶尔盆地找油新区域,克拉玛依油田规模不断扩大。吐—哈盆地都善弧形成油气富集带获重大突破,发现丘陵等一批油气田。完成了全疆煤炭资源远景评价,预测资源量居全国首位,大型煤炭煤电煤化工基地建设加快推进。以可地浸砂岩型铀矿为主的铀矿普查取得重大突破。评价了天湖、蒙库、查岗诺尔等一批铁矿,发现并评价了萨尔托海地区的铬铁矿,发现并评价了阿舍勒、喀拉通克和黄山、黄山东、土屋—延东等一批铜矿床以及科克塔勒、彩霞山、乌拉根等一批铅锌矿床,相继发现并评价了阿希、齐依求、多拉纳萨依、康古尔等金矿床。发现并评价了罗布泊罗北凹地、玛纳斯湖、艾丁湖等一批盐类矿床。东疆钠硝石勘查取得重大突破,探求储量超亿吨。蛭石、膨润土2等非金属矿产均有重要发现与进展。宝石的发现与评价也开创了新局面。水文地质工作取得了新疆干旱地区找水的重大突破。相继设立众多重大科研项目,形

成了大量具有国际先进水平的地质科研成果。这一系列重大成果,显示出新疆是世界上少有的几个具有巨大矿产资源潜力的地区之一,同时也显示了广大地质工作者献身地质事业的精神风貌。地质矿产勘查开发工作的发展,离不开一代又一代品德优良、基础扎实、知识广博、专业精深的地质工作者坚持不懈地努力,凝聚了创业者的心血、探索者的智慧、开拓者的足迹。

党中央、国务院和新疆维吾尔自治区党委、政府高度重视地质工作。2009年8月17日,中共中央政治局常委、国务院副总理李克强视察国土资源管理工作时强调,当前我国正处于工业化、城镇化加快发展的关键时期,矿产资源短缺成为经济社会发展的制约瓶颈。要切实加大国内资源的勘查力度,特别是要加强基础性、公益性地质调查工作,用更先进的技术挖掘国内资源潜力,高效利用国内资源,为现代化建设提供坚强的资源保障。中共中央政治局委员、自治区党委书记王乐泉在国土资源部与新疆维吾尔自治区人民政府签署《关于加快新疆公益性地质调查及重要矿产勘查合作协议》时指出,合作协议的实施“三年有好的眉目,五年出鼓舞人心的成果,八年有令国人为之振奋的成效”。国土资源部部长徐绍史表示“要举全国国土资源系统之力,加快新疆地质勘查进程,积极推进整装勘查,引进大企业,形成大投入,努力把新疆建成我国重要战略资源接替基地”。相信在国家和自治区的高度重视和支持下,加快新疆地质勘查进程,必将取得地质找矿新突破,促进新疆矿产资源勘查开发大发展。

放眼未来,新疆正处于加快发展的重要战略机遇期。经济社会快速发展,人民生活水平显著提高,改革开放事业不断前进,站在了一个新的历史起点上。在新形势下,地质工作者使命神圣、责任重大,特别是在新疆这片热土上从事地质工作,大有可为、大有作为。投身于新疆矿产资源勘查开发的地质工作者,应当增强紧迫感、责任感,担当起历史赋予的重任,以无愧于时代的新业绩,创造新疆地质事业新辉煌,谱写更加壮丽的篇章。

参加编写《探索新疆地质矿产资源奥秘》的同志,长期从事地质矿产工作,既有丰富的野外经历,也有严谨治学的态度。本书科学性、知识性、实用性和趣味性兼备,内容充实、逻辑严谨、文图并茂、丰富多彩,是广大青少年和地质矿产爱好者难得的科普读物,也是广大国土资源工作者开阔眼界的科学读本,是了解新疆地质矿产全貌的一部优秀科普著作。2009年是新中国成立60周年,此书也是向祖国60周年的献礼!

田建荣
二〇〇九年九月

前言

Foreword

在地质世界里旅行,对于地质、地理工作者来说并不陌生,但是对于广大群众特别是青少年来说,这是一个陌生和神奇的天地。面对新疆这块宝地,面对广大群众对新疆地质矿产资源奥秘的探索,编写地质矿产资源的科普读物是当前摆在地质工作者面前的一项重要任务。

新疆维吾尔自治区国土资源厅决定组织编写《探索新疆地质矿产资源奥秘》,经过两年的辛勤耕耘,终于与广大读者见面了。这在新疆地学科普创作中还是首次,它凝结了新疆广大地质矿产工作者的智慧结晶。

你可以把它看成是一本科普书,于轻松阅读中获得地质矿产方面的知识;也可以当作是一本探秘书,伴随作者一起探索新疆这块宝地地质矿产的奥秘;甚至可以作为一本工具书或投资指南,在地质勘查或矿业开发中得到帮助。

地域广阔的新疆,不仅是世界四大文化体系(中国文化体系,印度文化体系,伊斯兰文化体系和欧美文化体系)的汇流之地,也是欧亚几大板块和成矿域的汇聚之地。这块宝地地质矿产资源蕴藏着许多奥秘,充满了神奇和神秘。探索奥秘,是科学发展的动力。《探索新疆地质矿产资源奥秘》正是从新疆的特色地质矿产资源出发,首先重点地选择了地质矿产资源的8个主题探索奥秘。本书共分八篇:“探索新疆大地形成与演化奥秘”、“探索新疆古生物演化奥秘”、“探索新疆地下宝藏奥秘”、“探索新疆石油天然气奥秘”、“探索新疆‘煤海’奥秘”、“探索新疆金属宝藏奥秘”、“探索新疆非金属宝藏奥秘”、“探索新疆地质遗迹奥秘”。

新疆维吾尔自治区国土资源厅成立了编委会。主任委员:田建荣。副主任委员:马敖·赛依提哈木扎、阿布都沙拉木·伊明巴海、平新来、于庆和、杨占国、胡建卫、胡茂森、吴峰、姚和江、陶嘉雄、王德和、李恒海。委员:由国土资源厅各处室处长、主任组成。

新疆地质学会和自治区专家顾问团地矿与能源组共同组成编写组。编写组组长:李恒海。成员:成守德、王克卓、张建东、唐延龄、杜焕民、李达曾、李溪滨、王俊民、高壮、田培仁、阳建国、李世文、宋建中、施光前、张红彦、王元孝、程斌。

编写这部新疆地质矿产资源科普丛书,是在新疆地质学会和自治区专家顾问团地矿与能源组联合召开的落实《国务院关于加强地质工作的决定》的建言献策会议上,由老地质科技工作者唐延龄同志提出的,即关于编写新疆地质矿产科普书籍的建言献策。此后,老地质科技工作者高壮同志专门向田建荣同志写了推荐信。田建荣同志很重视,要求由李恒海同志牵头,组织专家论证并写出论证报告。之后,田建荣组织会议,听取汇报,研究编写的指导思想、遵循的原则等事项。编写工作开始于2007年7月,经过3次讨论修改提纲,并进行了分工编写。

初稿的编写者是：《探索新疆大地形成与演化奥秘》李恒海、成守德；《探索新疆古生物演化奥秘》王克卓、张建东；《探索新疆石油天然气奥秘》李达曾、李溪滨；《探索新疆地下宝藏奥秘》唐延龄、杜焕民；《探索新疆煤海奥秘》王俊民、高壮；《探索新疆金属宝藏奥秘》田培仁、阳建国；《探索新疆非金属宝藏奥秘》李世文；《探索新疆地质遗迹奥秘》李恒海、宋建中。

在作者两次修改的基础上，由李恒海、高壮、唐延龄、成守德组成统稿组，每人两篇文稿，按照统一要求进行进一步补充、修改和完善。此后，再经统稿组4人全部审阅文稿，进行第二次讨论和修改。最终由李恒海定稿。

新疆维吾尔自治区主席助理、自治区国土资源厅党组书记田建荣同志十分关心和支持本书的编写工作，亲自审阅全书，并欣然作序，在此表示诚挚的感谢。

本书编写工作得到了新疆维吾尔自治区国土资源厅、新疆地质矿产局、中石油新疆油田分公司、中石油塔里木油田分公司、中石化西北地质局、新疆煤田地勘局、新疆有色金属地勘局、新疆维吾尔自治区地质矿产博物馆等单位的支持，收集和利用了各勘查和科研部门的大量资料和图片，在此表示衷心的感谢。同时对新疆维吾尔自治区科学技术协会的资助表示诚挚的感谢。

由于我们水平有限，书中存在的不当之处，请读者批评指正。

目录

Contents

序

前言

第一篇 探索新疆大地形成与演化奥秘	1
一、大陆漂移：人类居住在六块“七巧板”上	2
二、探索板块构造奥秘的艰辛历程	2
三、探索板块构造划分的秘密	8
四、板块构造简单原理探秘	9
五、探索新疆“三山夹二盆”的形成奥秘	12
六、探索新疆新生代大陆板块活动的秘密	16
七、探索新疆中生代板块活动的秘密	20
八、探索新疆古生代板块构造活动的秘密	22
九、探索新疆古陆核发现与大陆增生的秘密	26
十、探索新疆矿产形成与板块构造的秘密	29
参考文献	45
本篇后记	47
第二篇 探索新疆古生物演化奥秘	49
一、地质年表：地球生命进化的年轮	50
二、地层古生物学基本概念介绍	52
三、“三山二盆”：神秘古生物的家园	53
四、元古宙：藻类的产生与繁盛的时代	54
五、寒武纪：生物大爆发的时代	55
六、奥陶纪：海洋无脊椎动物繁荣的时代	57
七、志留纪：珊瑚和腕足动物繁盛的时代	59
八、泥盆纪：鱼类和植物兴盛时代	60
九、石炭纪：海相生物发展和陆相成煤时代	61
十、二叠纪：海陆生物繁盛与绝灭的时代	64
十一、三叠纪：奇特爬行生物群时代	66

十二、侏罗纪：恐龙称霸的时代	67
十三、白垩纪：恐龙灭绝与鸟类兴起的时代	69
十四、第三纪：被子植物与哺乳动物时代	70
十五、第四纪：人类祖先诞生的时代	71
十六、微体古生物：看不见的化石	72
十七、新疆古生物化石：生命演化资源宝库	73
十八、新疆古生物化石的保护和开发利用	73
参考文献	83
本篇后记	84
第三篇 探索新疆地下宝藏奥秘	85
一、新疆古代矿业文明的秘密	86
二、神奇的新疆地下宝藏	92
三、未解的新疆地下宝藏之谜	118
参考文献	153
本篇后记	154
第四篇 探索新疆石油、天然气奥秘	157
一、新疆石油发现之旅	158
二、石油——人类文明社会的血液	161
三、石油和天然气生成之谜	162
四、石油和天然气发现之谜	167
五、新疆油气田形成之谜	171
六、寻找石油和天然气的方法大观	181
七、新疆石油和天然工业前景展望	191
参考文献	203
本篇后记	204
第五篇 探索新疆“煤海”奥秘	205
一、揭示煤炭资源生成的秘密	206

二、追踪煤炭资源的发现过程	212
三、煤矿开采探秘	218
四、煤炭用途变迁	219
五、新疆煤炭潜力知多少	225
六、新疆煤层气资源探秘	227
参考文献	245
本篇后记	246
第六篇 探索新疆金属宝藏奥秘	247
一、探索神秘的金属矿产大世界	248
二、丰富的黑色金属矿产宝藏	253
三、走进绚丽多彩的有色金属宝藏王国	265
四、探索珍贵稀少的贵金属宝库	283
五、稀有和稀土金属探密	293
六、金属是如何开采的	302
七、金属矿选矿奥秘	304
八、金属是怎样炼成的	309
参考文献	323
本篇后记	324
第七篇 探索新疆非金属宝藏奥秘	325
一、非金属矿产种类有多少	326
二、揭开盐湖矿产的奥秘	328
三、新疆盐湖主要矿产	332
四、建材用主要非金属矿产	339
参考文献	353
本篇后记	354
第八篇 探索新疆地质遗迹奥秘	355
一、珍贵的天然博物馆：新疆地质遗迹资源	356

二、地球演化的无字书：典型地质剖面	361
三、石化了的生命：古生物遗迹	371
四、天然艺术的宫殿：地质地貌遗迹	373
五、天地合作的典范：水体景观	395
六、撕裂的大地：地质灾害遗迹	402
七、穿越生命禁区的工程：塔里木沙漠公路	403
八、天人合一的杰作：典型矿床及采矿遗迹	404
参考文献	427
本篇后记	428



第一篇

探索新疆大地形成与演化奥秘

李恒海 成守德

一、大陆漂移：人类居住在六块“七巧板”上

在魏格纳提出大陆漂移学说之后，当时就有人讽刺魏格纳，将他戏称为“玩弄儿童七巧板的人”。非常巧合的是，地质学的大地构造理论最终被称为板块构造理论。人类就生活在地球的六块大板块上，板块又像七巧板一样能够拼合。

“板块”的寓意是什么？这是一个比喻语言，对地质学家来说，“板块”和“摩天大楼”的比喻多少有些相同。人们心目中任何建筑物是不可能“触摸天空”的，但这个高大的建筑物是真实的。在今天的地质学家心目中，地球上的“板块”是真实的。地球上的板块，是通过地震考察、重力测量、磁法测量和航空、航天等现代测量方法来观察的。地球的“板块”在地质学家眼里是具有“生命”的，它有胚胎期、成长期、壮年期、衰老期，消亡后还保留有遗迹。地球的板块在地质学家思想里是具有“活力”的，地幔对流是它的热发动机，它既有雄伟的碰撞，也有壮阔的拉张，还有无声无息的平行错动，也蕴含一个“分久必合，合久必分”的旋回循环的历史发展轨迹。

地质学有一个思维方法，称之为“将今论古”。我们在了解简单的板块构造理论之后，以“将今论古”的思维，沿着时光隧道，自新生代、中生代、古生代，一直追索到元古宙、太古宙板块构造演变的历史。这是一部趣味盎然、令人震撼的科学故事。

以地质科学史为鉴，可以思接万古，视通全球。在这个板块构造理论对过去全球地质构造认识的总结和梳理的故事中，学者们给我们描述了地球面貌的形成与发展，描绘了大陆有分有合、大洋有生有灭、山脉生长与消失的一幅宏伟、发展的远景：大西洋在不断扩大，太平洋在不断缩小；红河、东非裂谷和加利福尼亚海湾不断开裂，产生着新的大洋；亚洲东面的印度尼西亚、菲律宾、台湾等岛弧，以及美洲西部的科迪勒拉山等是大陆板块被海洋板块挤压变形而生成的；青藏高原是两个大陆板块相碰，印度板块俯冲到欧亚板块下面，彼此重叠而生成的，喜马拉雅山是两者碰撞挤压、迅速隆升而形成的，现在还在上升；现在的火山爆发和地震活动都是板块之间相互运动的结果。同样，板块构造理论以全新的视野给我们分析地球46亿年的历史、矿产资源的空间分布、古气候灾变状况、生物的突变飞跃演化等广泛的领域，对人类的未来具有深远而不同凡响的意义。

辽阔的新疆位于亚洲大陆的腹地，在世界三大构造域中，跨越古亚洲构造域和特提斯构造域。在漫长的地质历史发展进程中，留下了独特的地质遗迹，复杂的地质演化规律，频繁的板块构造运动特征，铸造了目前这块古老而又神秘的新疆大地，被国际地质界视为“自然博物馆”。了解新疆的大地山川、认识新疆的地质构造，才能更深刻地认识亚洲，才能更全面地判断世界板块运动的历程。从世界板块构造的视野，审视亚洲古板块运动，扫描中国大陆古板块聚合，解读新疆山川宝藏的奥秘，将获得地球科学新理念。

二、探索板块构造奥秘的艰辛历程

1. 大陆固定不变的困惑

公元前的古希腊有一个古老的传说：广袤的大海上漂浮着一只巨大的海龟，它用坚硬的龟壳

托起了整个大地，而人类就生活在这块被托起的大地上。人类居住的地球，就是宇宙的中心，这就是“地心说”的开始。“地心说”从亚里士多德到托勒密长达1500年之久。“地心说”后来被哥白尼的“日心说”所取代。但是，大陆固定、海洋永存的观念一直没有被改变。人们对地球的研究从没有间断过，地质学从矿物研究开始，到岩石是水成（沉积成因）还是火成（岩浆冷却成因）的大辩论，到地质图的绘制，到地质年代时间表的确定，以及后来山脉的形成和地球表面的脉动，进行了长期的研究。然而，地壳是固定的，它的运动主要为升降运动的观念作为一个定论被延续和继承，并且得到了地球冷缩说的支持。地球冷缩学说是把地球比喻为一个放皱了的苹果，皱起的是山脉，凹下的是海洋，平坦的是陆地。这一轻描淡写的比喻，对于地壳固定、主要为升降运动的观念，支持力度是毋庸置疑的。

尽管当时的观念是错误的，但是地质学家对于地球的观察研究一直在不停地进行，艰辛积累起来的资料，是人类认识史上一笔难能可贵的财富。值得一提的是，地质学思想中的循环论观点，不断演变一直延续到今天。包括古代中外有关宇宙认识，古希腊哲学家柏拉图、亚里士多德，地质学的火成派思想家赫顿，地质学的奠基人赖尔，以及进化论学派、地球冷缩学派，一直到今天的多旋回学说。应当说，循环论思想在地质学的思想领域中具有经久不衰、独具特色的魅力。

随着15世纪航海的大发现，大地是球形的观点得到承认，利用新的测绘学投影法——圆柱投影法，绘制出了新的世界地图。新世界地图以大西洋为中心，新大陆美洲与旧大陆非洲、欧洲分列于两边的新内容，为大陆漂移思想的出现提供了机会，魏格纳提出大西洋两岸拼接的设想（图1-2-1）。

曾经也有学者研究过当时新旧大陆的地图，发现非洲西部的大陆轮廓和南美洲东部的海岸线非常吻合，也有过大陆移动的猜想，但很快就破灭了。世界在等待新的地质理论的出现，提出让人更加信服的说法。

2. 魏格纳，一个灵感与执著的人

阿尔弗雷德·魏格纳（A. L. Wegener, 1880~1930），德国人，气象学家。魏格纳是一个具有非凡探险精神的人，知识渊博并且对新知识充满好奇，精力充沛，思维敏捷。1910年，魏格纳生病住院了。他看到墙上的世界地图，发现非洲大陆西部和南美洲东北角可以重合。之后他开始收集资料，于1912年提出“大陆水平位移”的科学假设，1915年出版了《海陆起源》一书，这是地质学史上划时代的一部著作。他认为地质历史中的古生代，地球上只有一块巨大的陆地，称为联合大陆，周围是大洋。中生代以来，联合古陆开始分裂、漂移，逐渐成为现代大陆、岛屿和大洋海域。为了支持该学说的理论，他收集了当时的古气候、地层、古生物、构造等方面的证据，从而动摇了大陆固定说理论。从20世纪20年代开始，魏格纳的《海陆起源》一书引起了地质学界的震荡，科学家围绕大陆漂移发生过规模很大的争论。魏格纳认为地球上的大陆2.25亿年前是连在一起的整体，到中生代开始分裂和漂移，逐渐形成了现代大陆和大洋的格局（图1-2-2）。之后，一些当时的名人，以各种理由拒绝魏格纳参加各种地质学会议。1930年，魏格纳死于格陵兰岛的探险。魏格纳去世后，大陆漂移学说失去了最有力的倡导者，加之所收集的大量证据定量不够、定性不足，也由于“大陆漂移的动力”不能令人信服，大陆漂移学说一度沉寂，甚至在大学

的教科书中都很少提到。

自然界的客观真理不会永远被历史的尘埃掩盖。20世纪50年代,在几个不相干的领域,即研究古代地球磁场的古地磁学、大洋底地貌学、洋底地球物理学等取得了显著的进展,科学家在此基础上提出了海底扩张学说。

3. 大洋考察的惊人发现

(1) 海底地貌的奇异现象。人们发现了环绕全球的海底中央山脉系统,山脉中间沿轴向有“裂谷”,被命名为大洋洋中脊。沿大陆架有深海峡谷,延伸向海底平原,被命名为深海沟。大洋洋中脊被平行的断层断开,称之为错断带。还发现一些特殊的水下平顶山,很像火山口,称之为海底平顶山。这4种现象的关系是:大西洋、太平洋、印度洋都有洋中脊,并且绵延几万千米。深海沟和洋中脊大致平行。错断带垂直切割洋中脊。海底平顶山则按时代顺序由新到老在垂直洋中脊的方向上排列成行,远离洋中脊,则地质年龄越来越大(图1-2-3)。

(2) 海底古地磁奇特的“斑马纹”条带。科学家发现,炙热的岩浆上升到地表慢慢冷却后,岩浆中的磁性矿物在地球磁场作用下获得磁性,而且一直保留到现在。这些磁性矿物记录的就是当时地球磁场的方向。耐人寻味的是,地球磁场会发生倒转。磁场倒转的现象表现为,地磁场在经历10万~20万年后就会改变方向,即北极的磁场方向变为南极的磁场方向。然后再经过10万~20万年又变回来了。也就是说,在地质历史时期中多次存在地磁南北极的反向交替现象。这种现象在大洋洋中脊不断涌出又冷却的火山岩中被记录下来,称之为古地磁条带。把古地磁的正向磁异常条带用黑色表示,把古地磁的负向磁异常条带用白色表示,填制出了洋底地磁条带图,称之为古地磁“斑马纹”(图1-2-4)。

地磁“斑马纹”图说明岩浆从洋中脊的深处流出,在海底冷却,重复发生,形成新的地壳,被打上古地磁的印记。通过洋底全面的古地磁测量,发现洋底全部都有地磁条带,地磁各带在洋中脊两边是对称的,可以互相对比。在太平洋、大西洋、印度洋和大洋洲、南极、北极海域都发现了类似的地磁条带。这一现象只存在海洋底,当接近大陆时就消失了。根据古地磁磁场的反向时间表分析,得出了洋中脊两边的扩张率大概为2厘米/年,也有人计算出不同的大洋扩张速度(图1-2-5)。

(3) 海洋地震与神奇的消减带。从中国古代地动仪的发明,一直到1855年意大利科学家设计出第一台现代地震仪,大量的地震和地震波传播机理的记录被保存并分析研究。20世纪40年代贝尼奥夫(或译为毕鸟夫)(H. Benioff)将1906~1942年的地震震源投影出来,发现它们大部分集中在大陆与海洋交接处的一个长4500千米的斜坡上,浅震发生在海沟一带,深震发生在离海沟较远的大陆深处,从而形成一个平均 45° 的斜面,称为贝尼奥夫带,同时解释大洋地壳沿着贝尼奥夫带斜插入大陆壳下面,并与大陆地壳摩擦而引起地震。此后,1954年美籍德国人谷登伯格(B. Gutenberg)等人对全球地震活动带进行研究,全球地震带有一种与大陆、大洋分布结构有关联的规律分布,这就是下面提到的板块构造的边界,地震活动的主要地带——贝尼奥夫带的特点,见图1-2-6。

(4) 年轻的海洋地质。通过海洋石油地质钻探发现,海洋地壳岩石类型简单,洋底基本上没有比中生代侏罗纪(约1.5亿年)更老的沉积岩石。与大陆46亿年的岩石比较起来,简直不可比

拟。可见洋底的岩石处在不断地更新状态之中。海洋沉积岩石的沉积年龄、厚度与距洋中脊的远近成正比,洋中脊两边地层是对称的。

4. “海底扩张学说”问世

海底扩张学说认为,地幔中有对流层。地幔高温的流动岩浆从洋中脊的裂缝上升,使两旁的板块分裂开来,并向两侧运动(图1-2-7)。洋脊中的岩浆冷却,并向两边扩张,不断生长成为新的海洋地壳。扩张的海洋地壳碰到大陆地壳发生下沉、俯冲并且最终钻入地幔之中,大陆地壳的前缘被挤压抬升形成山脉和岛屿。由于海洋地壳不断更新,海底没有比中生代更老的地层。海底扩张的证据:一是上述海底古地磁“斑马纹”条带的发现及其研究结果;二是大洋沉积物厚度小、年代短,并且在洋中脊两边对称分布;三是大陆边缘俯冲带的存在等。

5. 板块构造理论崛起

(1) 板块的概念。它可以这样简单表述:“由于海底分裂、扩张、板块间的运动和相互作用,形成的全球板状地质构造。”

(2) 板块构造理论。它可以不复杂地描述成这样一段文字:岩石圈的基本构造单元是板块,板块是位于地壳之下软流层之上的刚性块体;板块边界是洋中脊、转换断层、俯冲带和地缝合线;由于地幔对流,板块在洋中脊分离扩张,在俯冲带和地缝合线消减;全球被分为欧亚、美洲、非洲、太平洋、印度、南极洲六大板块和若干小板块;全球地壳构造运动的基本原因是板块的相互运动;板块强度很大,但板块的边缘是运动最强烈的地方,变形最大。

(3) 岩石圈板块构造划分。由于绵延数万千米的洋中脊的存在,以及深海沟(负重力异常、贝尼奥夫带)、转换断层等深大断裂的存在,整个地球的地壳被分割成几个巨大的块体,被称为(岩石圈)板块。1968年,法国人勒皮雄(Le Pichon)将全球划分为欧亚、美洲、非洲、太平洋、印度、南极洲六大板块。后来,英国人麦肯齐,在六大板块基础上将美洲板块和欧亚板块又划分为若干小板块。

(4) 板块边界的类型。板块的边界归纳为3种(图1-2-8):其一为分离边界,指洋中脊,这里产出新的海洋地壳。其二为聚敛边界,表现为或是两板块碰撞形成年轻的山脉(缝合线),或是海洋板块俯冲于大陆板块之下而形成海沟(俯冲带)。其三为转换边界,即为转换断层,这里无新地壳产生,也无消亡。

(5) 板块运动的特点。板块自身主要表现为大规模的具有一定方向的水平运动。但板块之间的相对运动则不完全相同,其运动分3种类型。一是分离型运动,即两板块沿洋中脊向相反的方向运动,留下的空间不断被地幔上升的物质充填,形成新的洋壳,促使板块不断增长。二是汇聚运动,两板块作相向运动,表现为板块的对冲、汇聚、拼合、碰撞、挤压,主要发生在板块边界处。三是平错运动,指两板块沿转换断层作相互平行、方向相反的水平错动(图1-2-9)。

(6) 板块构造与地震。地球内部缓慢积累的能量突然释放或人为因素引起的地球表层快速震动的现象叫地震。世界地震主要分布在4条巨大的地震带上,分别是环太平洋地震活动带、地中海—喜马拉雅地震活动带、大洋中脊地震活动带和大陆裂谷地震活动带。世界上有记录的强地震,有明显的规律可循,主要分布在板块边界上(图1-2-10)。

(7) 板块构造与火山活动。岩浆是地下深处形成的一种高温熔融物质。岩浆由地球深部上升至喷出地表的过程叫做火山活动。火山爆发是世界上最为壮观的自然现象之一。据统计,全世界的活动火山共有 500 余座,主要分布在环太平洋带、地中海—喜马拉雅带和大洋中脊带。这些活火山与地震活动、现代构造活动有密切的关系,其分布与板块构造边缘的分布有密切关系(图 1-2-11)。

(8) 板块构造与山脉隆起。海洋和山岭都是引人入胜的风景区,海洋给人以辽阔的感受,巍峨的山岭给人以挺拔的景象。世界上最不可思议的死亡与新生是古海洋的闭合,使深深的海盆、海沟连同其中的海岛,竟然会抬升、成长为山脉。地球上山脉的分布,是宇宙物质不灭永恒定律的反映,板块构造学说已印证,即大洋消失了,地壳缩短了,但物质不灭,隆起了山脉。

那么,使山脉隆起的构造力又是如何产生的呢?现在有确切的证据说明,山脉的形成是由两个板块互相碰撞所产生的。

根据板块构造演化的研究,全球中—新生代造山带的形成有 3 种模式(图 1-2-12)。

第一种模式是洋壳对陆壳俯冲形成造山带,以北美洲的科迪勒拉山为典型。这种造山带的俯冲带称之为 B—型俯冲带。B—型俯冲带,要有巨大的贝尼奥夫带,并且发育深海沟和岛弧带,伴生强烈的火山活动和地震活动。

第二种模式是陆壳对陆壳俯冲形成造山带,以阿尔卑斯山和喜马拉雅山为典型,将其称之为 A—型俯冲带。喜马拉雅山脉的形成是研究讨论大陆与大陆板块碰撞产生山脉过程的最好的例证。尽管关于喜马拉雅山与青藏高原的形成过程现在观点还不尽一致,但大多数地质学者对两个大陆板块碰撞的过程则认识相对统一。

第三种模式是陆块拼结形成陆地之后,因为陆内岩片的俯冲形成造山带,以中国大陆西部最发育,新疆天山最为典型(图 1-2-13)。中国学者将其中的俯冲作用称之为 C—型俯冲带。C—型俯冲带对陆内造山带的作用提出一种新的动力学模式。新的动力学模式研究指出,C—型俯冲带对中国西部陆内造山带的形成能起到三重作用:一是由于早期板块碰撞作用力未消失,后续 C—型俯冲作用继续加强,这是陆内俯冲的驱动力。二是 C—型俯冲带沿盆地边缘向造山带腹部地壳俯冲,导致造山带浅部岩层剧烈抬升,并向盆地推覆和重力滑脱。三是 C—型俯冲带常常具有韧性剪切性质,摩擦产生的热力熔融地壳,形成火山岩体。

(9) 板块构造和矿床。板块构造学说诞生之后,卓有成效地解决了岩石系列和岩石组合的成因问题,但最初没有人去想把具有很大经济效益的矿床的形成与板块构造结合起来。直到 20 世纪 70 年代初,矿床学家才开始把成矿作用与板块边界联系起来。最初大量研究的是斑岩铜矿。斑岩铜矿的成矿作用被认为是,与成矿有关的主要是岩浆的火山作用和侵入作用。成矿的斑岩为中性酸性浅成和超浅成形成的岩石。矿体产在斑岩体的内外接触带,矿体常受侵入体的形态、产状及环状断裂等所控制。铜矿化以细脉和浸染状矿石为特征。目前已有斑岩铜矿、斑岩钼矿、斑岩金矿及斑岩铜钼矿、斑岩铜金矿等。通过对这类矿床的研究,发现主要分布于板块碰撞带或与碰撞有关的挤压断裂带当中,尤其是时代较新的斑岩铜矿主要分布在环太平洋的大陆边缘构造带和阿尔卑斯—喜马拉雅火山—侵入岩带内(图 1-2-14)。