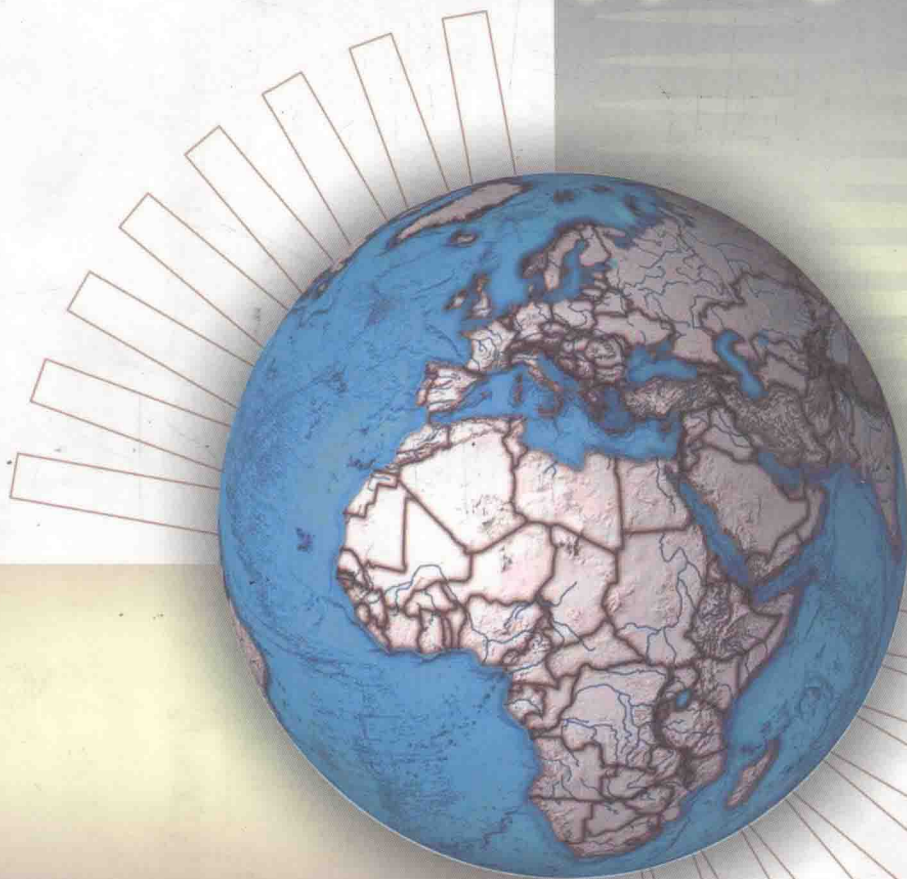


ZHENGTI DIQIU KEXUE TANTAO

整体地球 科学探讨



陈泽粟 著

甘肃科学技术出版社

整体地球科学探讨

陈泽粟 著



甘肃科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

整体地球科学探讨 / 陈泽粟著. — 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2007.12
ISBN 978-7-5424-1150-1

I. 整… II. 陈… III. 地球科学—研究 IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 189565 号

责任编辑 张 荣(0931-8773274 gstpchen@sina.com)

封面设计 陈妮娜(0931-8773275)

出版发行 甘肃科学技术出版社(兰州市南滨河东路 520 号 0931-8773237)

印 刷 兰州鑫昌印刷有限公司(兰州市西固福利东路 18 号)

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 17.5

字 数 400 千

版 次 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 1000

书 号 ISBN 978-7-5424-1150-1

定 价 48.00 元

内 容 提 要

本书主要阐述地球各圈层的形成及演化过程是一个统一的整体。从分析热力、重力、自转力、外核下沉涡旋引力、外核上涌涡旋冲击力、外核涡旋运动形成的电磁引力、斥力、外核膨胀力、极移力及陨石冲击力、潮汐引力和太阳能等地球内、外动力作用系统出发，建立了地球物质运动成因模式，即分别由上涌相、平移相和下沉相组成的地壳、地幔、地核大循环热—重力化学分异运动（一次分异），由洋壳俯冲带、岛弧带及上地幔组成的小循环热—重力化学分异运动（二次分异），由大陆地壳俯冲带、造山带及上地幔组成的小循环热—重力化学分异运动（三次分异）及由地壳表层、水圈、大气圈、生物圈组成的外圈热—重力化学分异运动（四次分异）构成。并由此而推演出大陆、俯冲带、造山带、洋中脊形成演化过程；火山、地震成因机理；地磁及地磁极移动、倒转形成演化机理；古气候重大变化机理；生物环境变化及生物与其思维、社会形成演化机理；早期地球及圈层构造形成演化过程及地壳表层、水圈、大气圈、生物圈演化机理等等，进而基本建立了整体地球科学框架。试图实现地球科学大统一。

前 言

本书是笔者经二十多年潜心研究的心得体会，特别是在桂林冶金地质学院地质系上学期间（1984～1988年），整体地球科学框架已成雏形。本书提出一系列新的基本理论和基本概念，并由此而建立了全新的整体地球科学体系。这些新思想不是一蹴而就的，而是深思熟虑的。

书中的有关内容先后曾得到长沙大地构造研究所陈国达先生、同济大学金性春先生、中科院力学研究所贾复先生、中南工大奚小双先生、桂林工学院柳淮之先生、赵如海先生、钱建平先生、王嘉玲女士的指导，得到甘肃有色地勘局天水地质总队周俊烈先生、金安祥先生、有色地质研究所韩要权先生、陈光先生的大力支持，在此一并表示衷心感谢！

本书是笔者对整体地球科学探讨的一种尝试，由于自己知识面窄，长期基层工作，严重缺乏资料，再加上自己学识水平有限及语文程度较差等原因，书中一定出现不少错误和缺点，敬请各位读者批评指导。

陈泽霖

二〇〇七年十月于兰州

目 录

第一章 地球的基本特征	(1)
第一节 地球的大小、形状和地貌特征	(1)
第二节 地球的圈层结构及物质组成	(2)
第三节 地球的地磁特征	(4)
第四节 地震	(5)
第五节 火山活动	(6)
第六节 构造运动	(9)
第七节 变质作用	(10)
第八节 外部圈层作用特征	(10)
第九节 古气候变化特征	(11)
第十节 生物特征	(12)
第二章 地球动力学	(14)
第一节 地学基本理论	(14)
第二节 地球动力分析	(19)
第三章 基本假设	(31)
第四章 地球内圈物质运动模式探讨	(32)
第一节 下沉相形成及其演化机理探讨	(32)
第二节 上涌相形成及其演化机理探讨	(40)
第三节 平移相及地球内圈物质运动模式	(45)
第四节 地幔对流存在探讨	(49)
第五章 地震机理探讨	(53)
第一节 下沉相与造山相地震机理及特点	(53)
第二节 环太平洋、喜马拉雅山下沉相——造山相地震构造系	(58)
第三节 上涌相地震特点及机理	(69)
第四节 平移相地震	(69)
第六章 火山喷发与地球化学演化探讨	(71)
第一节 上涌相的岩浆组合——大洋中脊岩浆组合和大陆裂谷岩浆组合	(71)
第二节 下沉相——岛弧的岩浆组合与地球化学特征	(84)
第三节 下沉相与造山带形成的火成岩石系列及其地球化学特征	(87)

第七章 地球早期演化探讨	(94)
第一节 地球形成及其特点	(94)
第二节 地球早期分异过程探讨	(95)
第八章 地磁场形成及地磁极移动倒转机理探讨	(98)
第一节 有关地磁学的一些基本概念	(98)
第二节 地磁形成及地磁极移动倒转机理探讨	(102)
第三节 古地磁在地球内圈物质运动中的应用	(110)
第九章 古气候重大变化机理探讨	(115)
第一节 古气候变化的基本理论	(115)
第二节 古气候重大变化机理探讨	(118)
第十章 地球物质的第四次分异	(132)
第一节 大气圈、水圈是地球第一阶段分异的产物	(132)
第二节 生物圈的形成	(132)
第三节 风化作用——大气圈、水圈、生物圈与地球表层岩石之间相互的 综合作用	(134)
第四节 生物圈对大气圈、水圈物质作用	(145)
第五节 沉积地球物理化学分异	(156)
第六节 沉积物埋藏后的热—重力化学分异	(162)
第七节 地球内圈物质运动与沉积作用	(170)
第十一章 生物进化机理探讨	(182)
第一节 生物能用物理—化学原理解释	(182)
第二节 生物进化机理探讨	(184)
第三节 有关生物进化规律探讨	(194)
第十二章 地球物质分异与成矿探讨	(199)
第一节 内圈物质分异形成的矿床	(199)
第二节 地球表层及外圈热—重力—化学分异形成的各类矿床	(204)
第三节 内、外圈互相作用下的热—重力—化学分异形成的各类矿床	(208)
第十三章 生物劳动探讨	(212)
第一节 生物劳动概念	(212)
第二节 生物劳动的机理	(213)
第三节 生物劳动具有社会性	(213)
第四节 生物劳动的复杂性、准确性	(214)
第十四章 生物思维演化	(220)
第一节 思维的概念	(220)
第二节 动物思维演化过程的探讨	(225)
第十五章 动物语言演化	(237)
第一节 语言的概念	(237)

第二节 动物语言的发展	(238)
第三节 语言在脑中的生成和传递	(242)
第十六章 动物社会的发展	(244)
第一节 社会的定义	(244)
第二节 动物社会发展演化	(245)
第十七章 智能机器人——未来智慧的载体	(255)
第一节 智能机器人超越人类思维符合辩证法原理	(255)
第二节 智能机器人超越人类思维符合思维发展规律	(257)
第三节 人类和智能机器人能和谐相处	(259)
第四节 机器人社会	(261)
第十八章 物质世界探讨	(263)
第一节 物质的概念	(263)
第二节 物质的组成	(264)

第一章 地球的基本特征

千百年来,多少仁人志士,百折不挠地对地球科学进行了艰苦卓绝的探索,到目前,人们对地球的基本特征已有了比较全面的认识。掌握这些特征将对理解地球行为具有重要意义。

第一节 地球的大小、形状和地貌特征

一、地球的大小及形状

空间技术的发展为人们提供了一个地球以外看地球全貌的机会。

地球跟其他我们看到的天体一样,是一个圆球。据科学家测算,粗略地说,地球的半径为 6371 千米,比较精确的资料说明,通过南北极方向上的地球半径略短于赤道平面上的地球半径 21.38 千米,地球扁率为 $1/298.3$ 。因此,地球不完全是一个球体,而是微扁的椭球体。

二、地球的地貌特征

科学研究证实,地球表面是高低不平的。被海水覆盖低凹地区是大洋和海,高出海水平面以上的地区是大陆和岛屿。大洋和海占地球总面积的 70.78%,而大陆占地球总面积的 29.22%。在大洋、大陆两个最高一级的地貌分区中,又因地势高低不同划分出若干次一级的地貌分区。

海洋地貌特征。随着科学技术的进步,人们对大洋底的地貌有了全面认识。在大西洋、印度洋、太平洋、北冰洋都有高出洋底 3000 ~ 4000 米且基本相互连接的水下山脉,即洋中脊,两侧是宽阔的深洋盆。太平洋底地貌有一个引人注目的特点,就是环绕它的周边有一圈几乎相连接的海沟,这些海沟都是长条形,长轴跟大陆的边缘平行,或者跟弧形的岛屿相伴,一般深度在 6000 米以上,最深者马里亚纳海沟达 11 035 米。印度洋东测的洋底地貌与太平洋周边地貌相似。而大西洋周边则以大陆架、大陆坡相连,没有海沟。洋脊的横截面呈缓缓的等腰三角形的样子。海沟的横截面却不对称,靠近大陆或岛弧的一侧比较陡,而另一侧比较缓。

大陆地貌特征。人们早在几百年前,已经对大陆的轮廓和地形特征有了基本符合实际的认识。

大陆最高的地方是喜马拉雅山的珠穆朗玛峰,它的海拔是 8848 米,大陆区的平均海

拔是 840 米。

大陆区按地形的高程又可粗略地区分为山区、高原和平原三大类。最基本的特征为平原或盆地四周都以高山环绕，例如塔里木盆地被天山山脉和昆仑山脉环绕等等。

第二节 地球的圈层结构及物质组成

科学研究可知，地球是由各个圈层组成的，主要分为两大类，即外部圈层和内部圈层。

一、地球的外部圈层

外部圈层科学家研究的较为深刻，分为大气圈、水圈和生物圈。

1. 大气圈

地球表面以上都被一圈层空气所环绕，这就叫大气圈，其主要物质成分为氮气约占 78%，氧气约占 21%，二氧化碳约占 0.03%，其他气体占很少的一部分。空气中的氮和二氧化碳是植物赖以生存的基本条件之一。

2. 水圈

地球表面大约 70% 以上的地区被一层连续的海水覆盖。在剩下的不到 30% 的大陆地区，有断续分布的地表水，即江河湖泊。而地表以下的土壤和岩层里，都有连续不断的地下水。地表水、地下水互相连通，它们最后又跟海水相通，而大陆水又经常由海水蒸发到大陆降雨而得到补充。所以水在地球表面（包括地表以下一定深度）实际上是一个完整的圈层，这个圈层就是水圈，水圈是生物形成、生存、进化的摇篮。

3. 生物圈

包括地表以上一定高度和地表以下一定深度的范围内，是一切生物的活动场所，各种生物也构成一个连续的圈层，叫做生物圈。植物的出现改变了大气圈的物质成分，即植物吸收二氧化碳，释放氧气，使大气中的含氧量不断增加，更有利于动物生存等等。

二、内部圈层和物质成分

科学家根据天然地震或人工地震形成的地震横波和纵波深入研究地球内部结构，提出了许多圈层结构模型和物质成分假设。例如现代地球结构模型就是其中比较先进的一个。在这种现代地球结构模型中，各个层壳都有公认的代表符号（图 1-1），并已得出各层的某些基本性质（表 1-1）。

A-地壳

B-上地幔

C-地幔过渡层

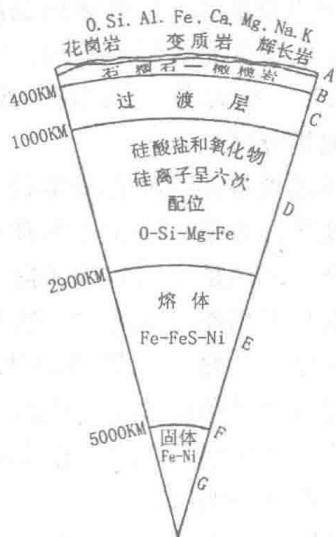


图 1-1 现代地球结构模型

（据 Г. В. Войткевич, 1976）

D-下地幔

E-外地核

G-内地核

表 1-1 地球各层的基本性质 (据 Г. В. Войткевиц, 1976)

层壳	深度范围 (千米)	密度范围 (克/厘米 ³)	占地球体积的 百分数 (%)	质量 10 ²⁵ 克	相对质量 (%)
地壳 A	0 ~ 33	2.7 ~ 3.0	1.55	5	0.8
B	33 ~ 400	3.32 ~ 3.65	16.67	62	10.4
地幔 C	400 ~ 1000	3.65 ~ 4.68	21.31	98	16.4
D	1000 ~ 2900	4.68 ~ 5.69	44.28	245	41.0
E	2900 ~ 5000	9.40 ~ 11.5	15.16		
地核 F	5000 ~ 5100	11.5 ~ 12.0	0.28	188	31.5
G	5100 ~ 6371	12.0 ~ 12.3	0.76		

1. 地壳 (A)

地壳为从地表向下延伸到第一分界面 (莫霍面)。地壳分为大陆地壳和海洋地壳。大陆地壳是由各种岩浆侵入体、火山岩、变质岩和相对说所占比例不大的沉积岩组成。按其平均成分又分上下两层, 上层相当于花岗岩或花岗闪长岩成分, 称硅铝层; 下层接近辉长岩和玄武岩成分, 称硅镁层。在海洋盆地中, 除薄层尚未固结的沉积物外, 直接由玄武岩物质组成, 即海洋地壳基本只存在硅镁层, 而硅铝层一般不存在 (图 1-2)。

2. 地幔

在莫霍面以下, 过渡层以上, 分布着上地幔, 即 B 层, 33 ~ 400 千米。它的成分和结构是不均一的。按照地震资料和对深成侵入体 (来自地幔) 中俘虏体研究的结果, 已提出了关于上地幔成分的两种假设: (1) 物质具有相当于榴辉岩类岩石的基本成分; (2) 物质由超基性岩—橄榄岩组成, 其中最大可能存在于石榴石。

过渡层 (C) 占据几乎 600 千米的地球厚度 (深度由 400 ~ 1000 千米)。在该层范围内发生着地幔物质的明显改造, 这点可由下列事实反映出来, 岩石密度和导电性明显增长; 地震波传播速度增大到最大值; 在此层的中部 (700 千米) 产生大量的深源地震。关于此层的性质更多人倾向认为在过渡层中进行着不伴随明显化学成分变化的物质 (硅酸盐) 同质多相转变。

下地幔 (D) 由 1000 千米延伸到 2900 千米。对此层来说, 特点是压力的缓慢增长。

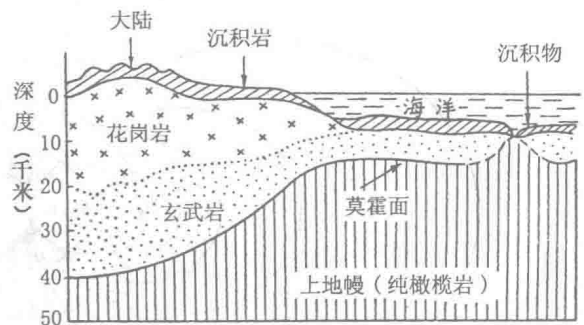


图 1-2 地壳结构示意图

(据《地球化学》张本仁、赵仑山, 1979)

多数人根据此带中地震波传播速度和物质密度的增长不算大,而认为在此层中不会发生矿物成分的明显变化。但也有人指出,下地幔是由氧化物(方镁石 MgO 、斯石英 SiO_2 、刚玉 Al_2O_3 、 FeO 、 CaO)的混合物组成。

3. 地核

在深度 2900 ~ 5000 千米的范围内存在着液态的镍铁,即外核(E层),而在 5000 千米深度以下则为内核(G),内核也是由镍铁组成,但却处于固态。

由于地核的密度比处于地核那样温度和压力镍铁合金所应具有密度低 10%,所以它应该含有相当数量(10% ~ 20%)的某些轻元素。一般认为这些轻元素最可能是硫或硅,因而提出了 Fe-FeS 地核或 Fe-Si 地核的假说。笔者认为这些轻元素不仅有硫、硅,而且还应有氧、钙、镁等轻元素。外核呈液态,因此,在外核中任何可能发生的事件都可能发生。

总之,地球是由内、外各圈层构成,其物质成分各具特点,但总的来说,深部物质较重,往上依次变轻,到大气圈物质变得最轻。

第三节 地球的地磁特征

地球是磁性体,有磁北极和磁南极,如同有一个巨型磁棒存在于地球中心一样,在地球外面形成一个巨大磁场。地磁场中磁力线通过地心成为无数个圆(图 1-3)。

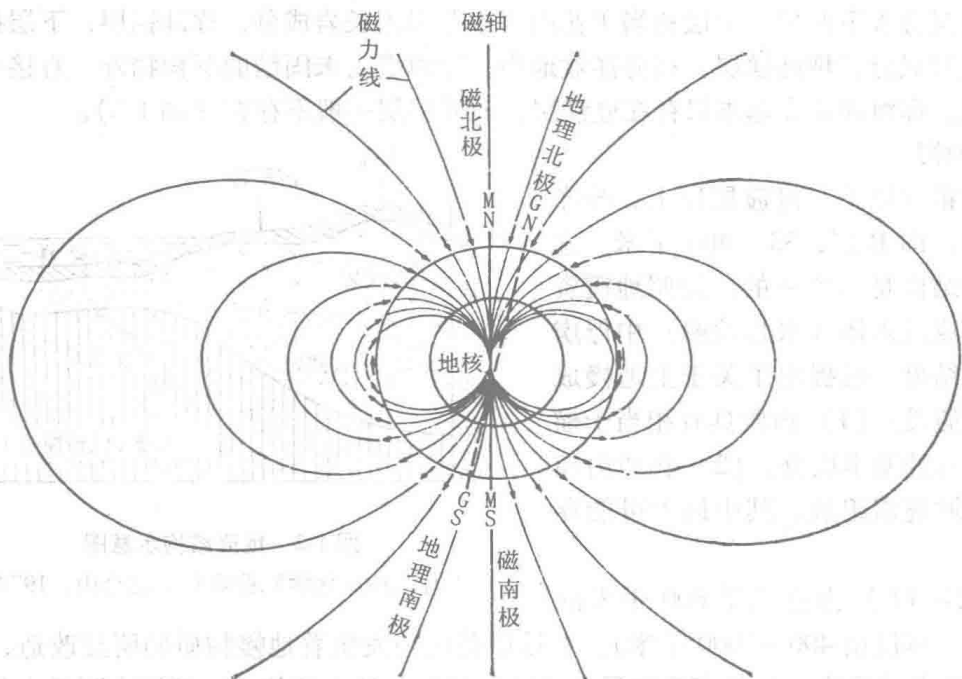


图 1-3 地球磁场横剖面图

(箭头示地面上磁针的定向)

(自夏邦栋主编的《普通地质学》)

地球的一切磁性物质都受着地磁场的影响。地磁极与地轴之间有一交角(约 11°),

称为磁偏角。由于受磁力的影响，罗盘磁针与水平面之间有一交角，称为磁倾角，在赤道上磁倾角为 0° ；在两极磁倾角达 90° ，磁针直立。地磁场上任何一点都有磁力的大小，称为磁场强度，其单位为奥斯特，地磁场较弱，一般只有十分之几奥斯特。

地磁测量表明，在地质历史中地磁极的南北极处在不断交替之中，有的时期地磁南、北极方向与现在的一致，有的时期则相反，前一种情况为正向，后一种情况为反向，即地磁极在不断移动和地磁方向处在周期性的转向中。图 1-4 是科学家测出的近 400 万年来地磁场的转向年代表。每次转向所需要时间估计为 1~2000 年，在此过程中有磁场强度减弱现象，自地球形成至今，地球磁场一直存在，且地磁极处在周期性的倒转中，海底洋中脊两侧对称磁异常条带的发现使海底扩张说得到了有力的证据，也为板块构造理论的出现奠定了基础。

第四节 地 震

地球的快速颤动称为地震。据统计，地球上每年发生的地震约有五百万次，但绝大多数地震比较轻微，甚至不为人们所感觉，强烈破坏的地震每年只有 1~2 次，地震的震源最大深度为 720 千米，震源深度在 0~70 千米为浅源地震，为地震主体。70~300 千米为中源地震，300 千米以下为深源地震。

地震的分布。地球上有些地区地震微弱，有些地区地震强烈而频繁，地震的分布显示出一定的带状规律。大多数地震集中在下列地震带中图 (1-5)。

环太平洋地震带，位于太平洋四周大陆的边缘或岛屿上。从俄罗斯堪察加半岛开始，一支东经阿留申群岛、阿拉斯加，沿北美洛基山脉，美国西海岸的加利福尼亚州到中美洲墨西哥，再向南到南美西海岸的安第斯山、马尔维纳斯止于南安的列斯环。另一支由堪察加半岛向西南经千岛群岛到日本，日本中部分两支，东南支延至马里亚纳群岛，经关岛向西到雅浦列附近，西南支经琉球群岛到我国台湾，再向南由菲律宾经印度尼西亚到苏拉威西岛的东北部，与地中海印度尼西亚地震带汇合，然后向东转折经伊里安岛北部所罗门群岛、新赫布里群岛、斐济岛到萨摩亚群岛，再向南经东加岛到新西兰。环太

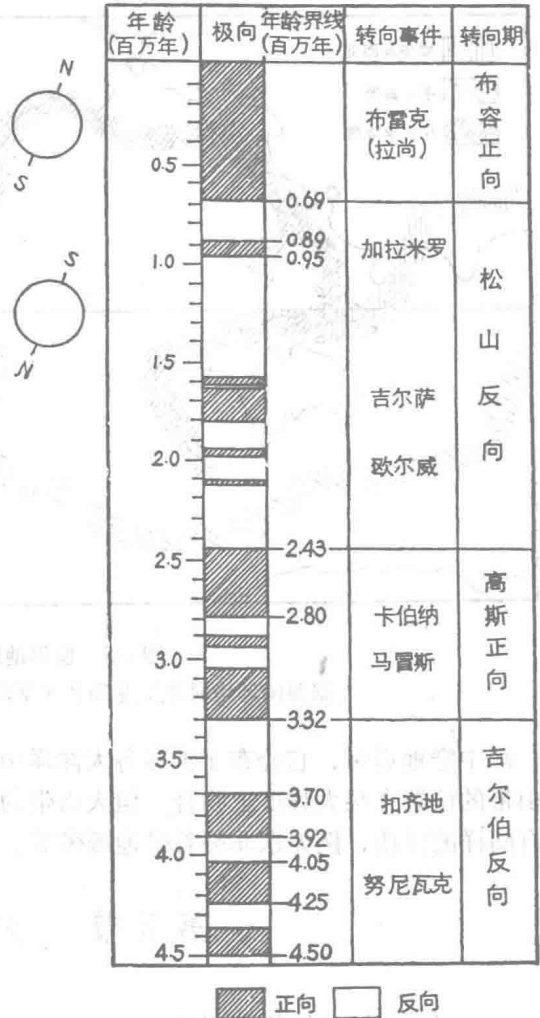


图 1-4 地磁场转向年代表

(自夏邦栋主编的《普通地质学》)

平洋地震带的地震活动性最强，全球约 80% 的浅源地震、90% 的中源地震和差不多所有的深源地震都发生在这个带内。

地中海、印度尼西亚地震带，大致沿地中海、土耳其、伊朗、喜马拉雅山、缅甸、印度尼西亚一线展布并与环太平洋地震带相接。

这两带的位置基本上与岛弧或造山带及板块俯冲带的位置相对应。

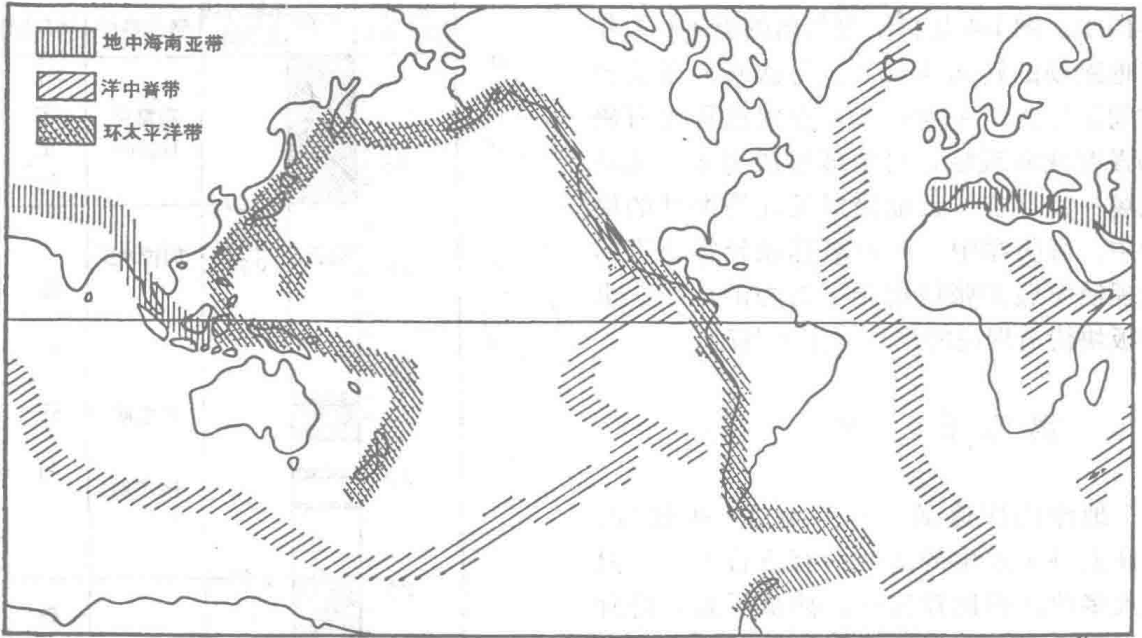


图 1-5 世界地震震中分布图

(据美国环境科学事业局和太平洋沿岸及大地测量所，1969 年)

洋中脊地震带，它分布于世界各大洋洋中脊的轴部，均为浅源地震，洋脊地震与洋底火山带的位置在很大程度上吻合，但火山带的分布较宽一些。另外，大陆裂谷带的地震也具有同样的性质，例如东非裂谷带地震带等。

第五节 火山活动

一、火山作用与侵入作用

地下高温熔融物质（岩浆）喷出地表的作用，称火山作用。喷出物质变冷结晶形成的岩石称火山岩。

地下高温熔融物质（岩浆）向上运移并进入已有岩石而未到达地表，称侵入作用。岩浆在侵入过程中变冷、结晶而形成的岩石称侵入岩。

岩浆形成的环境不同，则其温度也不相同，岩石圈岩浆形成的温度一般在 $800^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ ，可以低到 650°C ，高达 1400°C ，其成分主要为硅酸盐，此外，常含有数量 $1\% \sim$

8% 以水为主的挥发性物质。

二、火山岩分类

火成岩类型及其特征见如下表 1-2。

表 1-2 火成岩类型及其特征简表(夏邦栋,1983)

		超基性岩	基性岩	中 性 岩		酸性岩
	SiO ₂ 含量	<45%	45% ~ 52%	53% ~ 65%		>65%
	主要矿物	橄榄石、辉石、角闪石	钙长石、辉石、角闪石	中长石 碱性长石 角闪石、黑云母	钾长石、钠长石、石英、黑云母	
	色 率	>75	75 ~ 35	35 ~ 20		<20
喷出岩	岩流、岩被、斑状或隐晶质结构,气孔、杏仁、流纹构造	科马提岩	玄武岩	安山岩	粗面岩	流纹岩
浅成岩	斑状、细粒或隐晶质结构	少见	辉绿岩	闪长玢岩	正长斑岩	花岗斑岩
深成岩	全晶质、粗粒或似斑状结构	橄榄岩、辉石岩	辉长岩	闪长岩	正长岩	花岗岩

三、火山活动的分布

科学研究可知,地球上已知的活火山集中在三个地带(图 1-6)。

洋中脊火山带,分布于大西洋、印度洋、太平洋及红海的洋中脊上和东非大裂谷中,是板块的增生带。一般为海底拉斑玄武岩喷出。

环太平洋火山带,从南、北美洲西海岸、阿拉斯加、阿留申群岛、经堪察加、日本群岛、菲律宾群岛以至新西兰等岛屿或大陆边缘上。以安山岩浆为特征,不见于大洋内部,在大洋内部只喷发基性岩浆,两者界线极为明显,称这一线为安山岩线,是大洋板块俯冲后,大洋壳造山作用的产物。

地中海、印度尼西亚火山带,这一带从印度洋的安达曼群岛到印度尼西亚的火山活动与环太平洋火山环相连,且相似。而地中海—喜马拉雅段则是大陆板块俯冲到大陆板块之下的结果,以酸性岩即花岗岩或流纹岩为主,是大陆造山作用的结果。

从上面三带火山岩特征可以看出,洋中脊火山以基性、超基性岩浆为主,火山岛弧则以中性安山岩浆为主,而大陆造山带则是以酸性流纹岩浆为主。

四、地球内部是热的

这是科学家多少年来研究得出的结论。例如,科学家研究发现,大洋中脊、大陆上的造山带或岛弧区均是高热流量区,是地球内部向外释放能量的场所。科学家对地热成因有多种假说。例如,余热说认为地球是由炽热星云物质逐渐冷凝而成。原始地球物质温度极高,由于热的散失,地球才从外层开始逐渐变冷。因为岩石是热的不良导体,故地球内部还储藏着很高的热量;重力分异说认为,地球是由冷的星际物质相互吸引聚集而成。在地球形成的早期有大量星际物质向地球坠落,对地球产生冲击与压实作用,释放出的动能转

化成热能。同时，地球在变致密的过程中，其内部物质按比重进行分异，重者下沉，轻者上浮，位能便转化成为热能。这两种热源都使地球增温。其中部分热量已散失，部分热量则储藏在地球内部；放射性热说认为，地球的内热是由放射性元素衰变而产生的，放射出

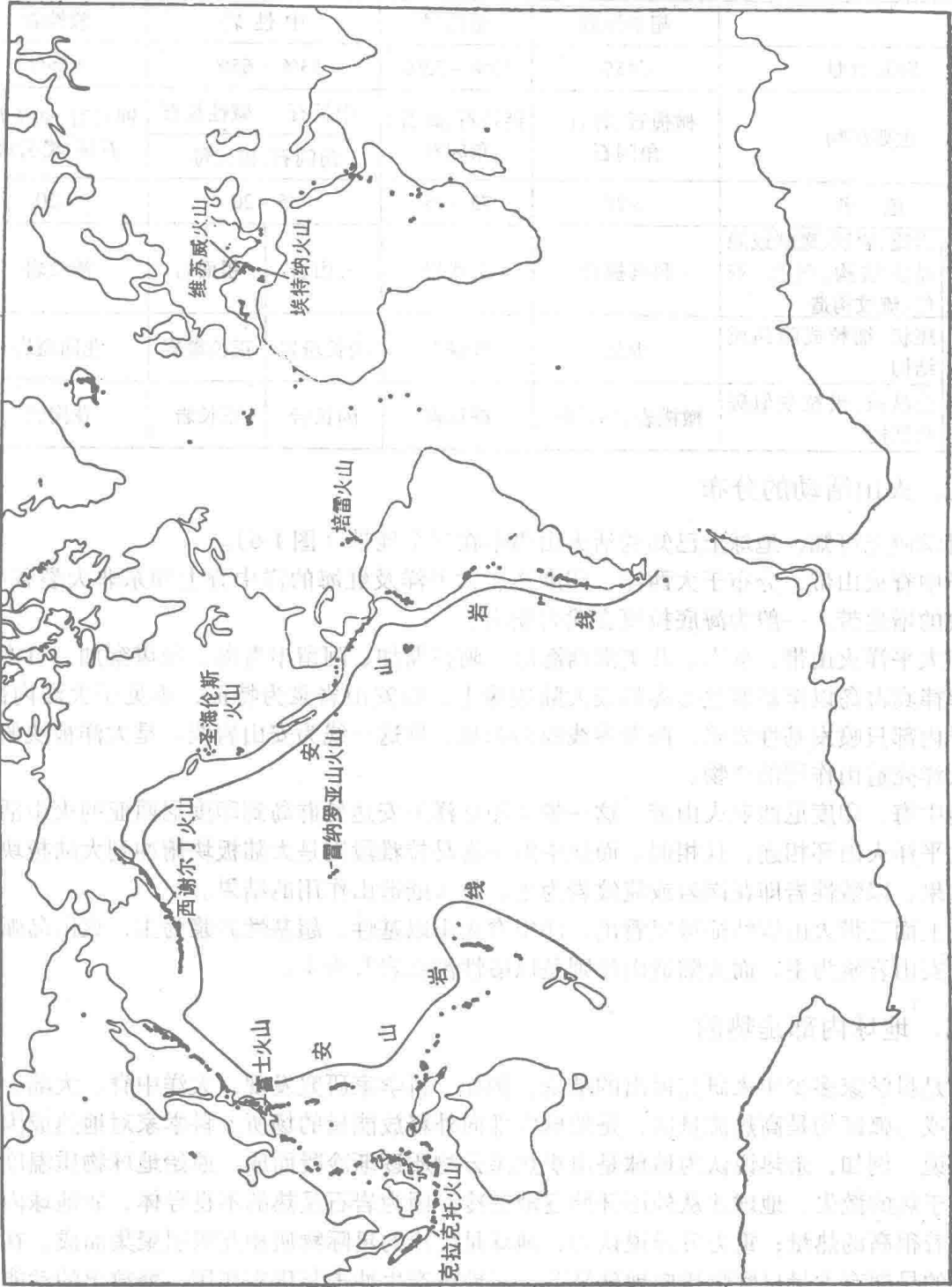


图 1-6 世界活火山分布图
(据 Gordon A. Macdonald, 1972)

来的 α 、 β 与 γ 射线被周围的物质吸收转变为热；另外还有构造运动引起岩石摩擦生热说等等。总之，地球内部是热的，并进行着强烈的各类热—重力化学物质分异运动。

第六节 构造运动

一、概念

在内外动力作用下，岩石圈发生大规模运动，称构造运动。例如，地震活动、火山喷发等都属于构造运动。

构造运动按其运动方向分为水平运动与垂直运动。

水平运动是指岩石圈块体在水平方向上移动，相邻地块或相互分离拉开，或相向靠拢挤压，或呈剪切错动。例如，欧亚板块与北美板块因大西洋中脊火山活动而相互分离；印度板块与欧亚板块相向靠拢挤压等等。据科学测定，全球各大陆水平运动的速度大约每年几毫米到数厘米。

垂直运动是相邻岩石圈或同一块岩石圈的不同部分作差异性的上升或下降，其结果使某些地区成为高地或山岭，另一些地区成为盆地或凹陷。“沧海桑田”是古人对地壳垂直运动的一种表述。例如喜马拉雅山脉在几千万年以前还是汪洋大海。

同一地区地壳运动的方向随着时间的推移而不断变化。某一时期以水平运动为主，另一时期则以垂直运动为主，两者可以相互转化。水平运动和垂直运动互为因果关系，是统一的辩证的。

二、岩石圈运动的方式

科学研究发现，岩石圈块体的几种运动方式(图1-7)。

A表示一个岩石圈板块沿着一个断裂俯冲到另一个岩石圈板块之下，在断裂面的附近有一连串的地震。图上小圆点表示地震震源，箭头表示板块相对运动的方向。

B是两个板块沿断裂错开，错开的时候由于岩石之间的摩擦也会发生地震。

C表示两个板块相撞，其中一板块俯冲另一板块之下，岩石互相推挤而发生扭曲和断裂，且由于产生大量岩浆上涌，使被动板块边缘形成一条雄伟的山脉。

D表示岩浆沿岩石圈断裂不断上涌，溢出地表，不断使两板块相背移开。

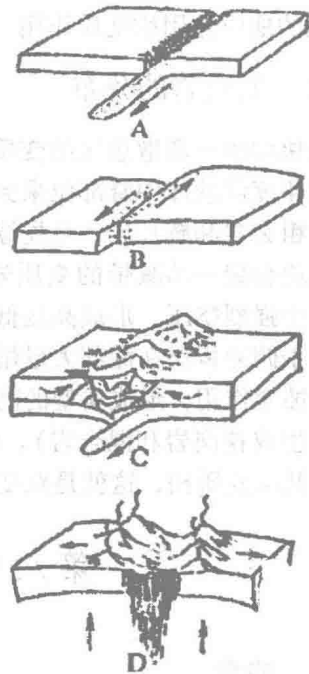


图1-7 岩石圈块体的几种运动方式