

FANGZHEN JIANZAI KEPI CONGSHU



防震减灾科普丛书

认识地震

REN SHI DI ZHEN

第 1 册

白建方◎编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

防震减灾科普丛书

认识地震

白建方 编著

中国铁道出版社

2010年·北京

内 容 简 介

本书为《防震减灾科普丛书》的第1册,用通俗易懂的语言对有关地震的基本知识进行了介绍。全书共分7章:首先描述了地震的发生背景,即我们生活的地球的演化历史、内部构造以及有关大陆形成的三个假说;在此基础上,解释了地震的成因,并从不同的角度对地震的类型加以划分;然后阐述了全球范围内和我国范围内的主要地震带分布情况;最后对地震灾害及发生地震时的伴生现象进行了直观的描述。此外,为了方便读者理解有关地震的基本知识,在第6章对一些常用的地震术语进行了讲解;在本书的最后,选择了20世纪以来国内外的几个典型大地震呈现给读者。

本书是一本面向大众的地震科普读物,也可供防灾减灾工程及防护工程专业的学生及教学人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

认识地震/白建方编著. —北京:中国铁道出版社,2010.4

(防震减灾科普丛书)

ISBN 978-7-113-11119-9

I. ①认… II. ①白… III. ①地震—普及读物 IV.
①P315-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 034420 号

书 名: 防震减灾科普丛书
 认识地震
作 者: 白建方 编著

策划编辑: 江新锡

责任编辑: 徐 艳

电话: 010-63549495

电子信箱: xy810@eyou.com

编辑助理: 陈小刚

封面设计: 崔 欣

责任校对: 张玉华

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京市兴顺印刷厂

版 次: 2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

开 本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 3.5 字数: 88千

书 号: ISBN 978-7-113-11119-9

定 价: 9.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电(010)51873170, 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187

前言

我国属于多地震国家，占全球约 $1/4$ 的人口承受了约 $1/3$ 的大陆地震和约 $1/2$ 的地震死亡人数。地震灾害不仅导致了大量人员伤亡，而且导致人类赖以生存的环境的破坏。2008年5月12日，四川省汶川县发生了8级特大地震。地震波及16个省、自治区、直辖市，造成近7万人遇难，4万人受伤，累计受灾人数约4555万人，破坏特别严重的地区超过10万平方千米。

救灾的首要任务是救人，要最大限度地减轻地震灾害，必须增强人们的防震减灾意识。如果掌握了一定的防震减灾知识，人们便有可能保护自己。在此背景下，本套丛书的推出希望能帮助人们认识地震发生的成因，了解一些实用的防震减灾知识，掌握简单易行的紧急避险和震后自救互救方法，增强对地震灾害的应对和心理承受能力，努力做到防患于未然，把地震可能造成的损失减少到最低程度。

本套丛书主要包括四部分内容：《认识地震》、《地震预测预报》、《地震预防与抗震》、《地震应急与对策》。《认识地震》通俗易懂地介绍了一些有关地震的基础知识，包括地球的构造、地震的成因与类型、地震带的分布等，并解释了地震中一些基本术语，让人们们对地震有个初步的了解。在此基础上，《地震预测预报》介绍了目前地震预报的现状与常用方法，并结合实际案例介绍了地震预报背后相关工作人员艰辛的心路历程和地震预报中的两难选择。由于地震预报尚属世界性难题，短期内无法取得突破，因此人们自然想到的是通过将房屋结构设计的坚固耐用来提高其抗震能力，《地震预防与抗震》中就介绍了村镇和城市常见房屋的抗震设防知识，包括场地的选择、结构选型、抗震概念设计以及震后房屋鉴定与加固等内容，让人们知道什么样的房屋

对抗震是有利的，什么位置的房屋对抗震是不利的。地震属自然现象，它的发生不以人的意志为转移，一旦发生地震，那么在地震中采用怎样的应急与对策就直接决定了人们逃生的希望与财产损失的大小，《地震应急与对策》提供了一些实用的地震避险方法和自救、互救对策。

最后在本丛书出版之际，感谢中国铁道出版社给予的积极配合，感谢石家庄铁道学院提供的宽松而愉悦的工作环境，衷心地希望本丛书的推出能为我国的防震减灾事业贡献一份绵薄之力。

白建方

2010年1月

目 录

第 1 章 我们的地球	1
1.1 地球的演化历史	1
1.2 地球的内部构造	5
1.3 大地构造学说	10
第 2 章 地震成因与类型	21
2.1 地震的成因	21
2.2 地震的类型	24
第 3 章 地震的分布	31
3.1 地震的垂直分布	31
3.2 地震的平面分布	33
第 4 章 地震灾害	39
4.1 地震灾害统计	39
4.2 地震灾害特点	48
4.3 地震灾害种类	49
4.4 地震致灾流程图	57
第 5 章 地震伴生现象	58
5.1 喷沙冒水	58
5.2 地 光	60
5.3 地 气 雾	61

5.4 地 声.....	62
5.5 “地生白毛”.....	63
5.6 泥 石 流	63
第6章 地震术语	65
6.1 断层与断裂带.....	65
6.2 震源与震中.....	66
6.3 震 级.....	68
6.4 地震烈度与地震烈度表.....	70
6.5 等 震 线.....	76
6.6 地震仪和强震观测系统.....	77
6.7 地 震 波.....	84
第7章 百年大震纪实	88
7.1 国外大震纪实.....	88
7.2 国内大震纪实.....	94
参 考 文 献.....	106

第 1 章 我们的地球

1.1 地球的演化历史

地球在宇宙中是一个并不起眼的天体,只是太阳系中的普通一员。然而,在太阳系的九大行星中,地球又是独一无二的。这是因为,地球上水及生命;还因为它的板块运动,它的地壳和地幔之间的循环以及地核与地幔之间的相互作用,这些现象在其他行星上或是没有发生,或是已经消亡。

虽然人类正热衷于探索宇宙中的生命,但是迄今为止仍未有有价值的实质性发现。毫无疑问,地球提供的优越条件使它十分适合于生命的生存和繁殖。地球与太阳的距离适中,使地球获得了适量的太阳辐射,地表平均温度在 14°C 左右,这为生物的起源与发展,为人类的出现与生存提供了条件;另外,地球的质量适中,为 1.00,而水星的质量极低,为 0.05,木星的质量则高达 317.94。地球的平均密度为 5.52 g/cm^3 ,而土星的平均密度只有 0.70 g/cm^3 。地球适中的质量和较高的密度,使其周围保持着大气和水体,而液态水的存在对于生命的存在是至关重要的。

液态水的存在和转移,对于地壳环境的变迁也十分重要。地球内部的活动主要受地球内部的热所驱动。现在地球内部的热状态,是它能够产生板块运动,并造成今日地球外观千姿百态的主要动力。

虽然地球大气的成分随地球年龄而有所变化,但是现在的地球岩石圈、水圈、大气圈、生物圈的相辅相成,使得地球大气可以提供足够供生命需要的氧气,同时又有足够的二氧化碳来保护生命免受太阳剧烈辐射的伤害。地球的这些独特的构造和现象,主要是由原始地球上所堆积颗粒的物质成分以及它的演化历史所决定

的。地球的演化历史可用图 1.1 表示。

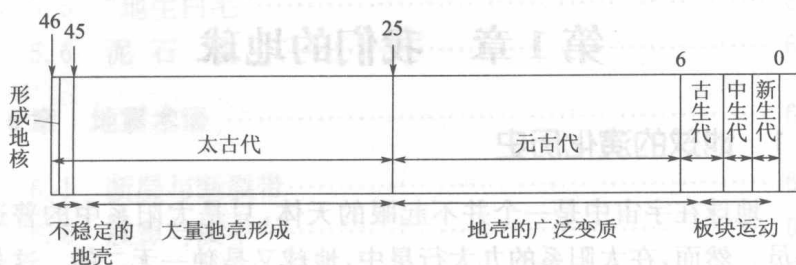


图 1.1 地球的演化历史

注:图上方的数字表示距现在的时间,单位为亿年;图中的文字,表示在不同时期中,地球演化的主要特征。

原始地球,是在 46 亿年前,由许多星际颗粒积聚而成。这些颗粒的成分与陨石相似,各种硅酸盐的颗粒和金属铁—镍的颗粒,互相掺杂混和在一起,可能还有一定数量的硫化铁和氧化铁。其中硅酸盐的熔点较高,密度较小,而铁—镍的熔点较低,密度较大。由于颗粒积聚时碰撞所产生的热,以及初期地球存在的短寿命放射性物质衰变时所产生的热,原始地球很快便被加热,温度达到金属铁—镍的熔点,使金属铁—镍以及硫化铁、氧化铁等成分熔化。由于它们的密度较大,因此向地心集中(图 1.2)。从这个过程一开始,很大一部分的“重力位能”便被释放出来,使原始地球的加热速度更快,因此又使金属铁—镍向地心集中的速度也加快。据估计,金属铁—镍向地心集中形成地核的过程不会超过 1 亿年。由于铁—镍成分的熔化,并分离开来,向地心集中,形成地核,剩下较轻的硅酸盐物质便形成现在的地幔。

在形成地核和地幔的同时,或是稍晚一些,组成地球的物质中一些更轻的成分(主要是玄武岩)也从地幔中分异出来,形成地壳。地球形成后不久,刚从地幔分异出来的地壳很薄,而且不稳定。地壳的成分主要是玄武岩。后来有些地壳俯冲到上地幔,与上地幔物质起化学作用,形成花岗岩。只是到了这个时候,才产生了由许

多分散的块组成的大陆地壳,但块的体积都不大。



图 1.2 地核的形成

注:铁的熔点较低,而密度较大。原始地球可能有一层熔化的铁层,

然后自不同地点向地心汇聚,其间历时可能很短。

在开始的 6 亿~7 亿年时间内,地壳很容易遭到岩浆作用和陨石撞击的破坏,这解释了为什么现今地面上找不到比 40 亿年更老的岩石。

大约在 40 亿年前,陨石对地面的撞击达到最高潮,这时大陆地壳形成的速度也加快了。在太古代时,已有较多的大陆形成。

自 25 亿年前到 6 亿年前,这段时期称为元古代。在元古代的初期,大约 $3/4$ 的大陆地壳已经形成。后来,许多有花岗岩的地壳块体互相碰撞并缝合在一起,形成为数不多的大陆坚稳地,或称地盾。在此时期,地球内部温度逐渐降低,地壳和岩石圈变得更加坚硬。这时,地壳经历了广泛的岩浆作用和变质作用。在太古代时期,地球内部比现今要热得多。那时冒泡似的垂直向运动可能比水平向的滑动要剧烈得多,因此,像现今的板块构造还没有形成。现在还没有确切的证据说明板块构造运动是从什么时候开始的,但很可能是在元古代中期(18 亿年前)以后,板块构造运动才开始启动。以后,大陆经历了数次的拼合和分裂。

大约在 5 亿年前,大陆拼合成为一个超级大陆,但后来又逐渐分裂成为今日地球上五大陆七大洲的格局。现今大陆地壳存在 10~20 km 厚的花岗岩层,这和其他内行星或大行星的卫星有很大不同。其他内行星的星壳只有玄武岩层;大行星的卫星,其星壳是由冰—岩混合组成的。它们都是从地幔物质部分熔化后分异出来的。这种星壳称为次生星壳。月球表面有些由斜长岩组成的块体,飘浮在无水的岩浆海上;这些块体可能是原生月亮,在月球刚形成但仍处于熔化状态时产生的。

金星的大小和地球最为相似,它们的演化历史可能也相似。但是,金星壳和地壳差异也很大。金星上的高山是由玄武岩组成的。玄武岩的密度大,显然不能产生像地球这样的俯冲带。火星和水星上也没有发现像地球大陆这样的花岗岩层。

随着地球内部物质的加热和部分熔化,被封闭的原始结晶水,多半以热蒸汽的形态被释放出来,并且与熔岩一起被带到地面上。按照现在火山岩喷发的速度,这样产生的水便可以形成海洋中的水。

关于地球大气层何时形成以及如何形成的问题,要更复杂得多。但是,有一点是可以肯定的,即原始地球的大气层与现在主要由氮和氧所组成的大气层有很大差异。因为在原始地球积聚过程中,依靠重力无法保持大气层。所以大气层的成分必然是由于地球内部的“出气”所组成。从火山喷发的物质可知,地球“出气”中会有 H_2O 、 HCl 、 CO 、 CO_2 和 N_2 等,而 H_2 很快便会逃逸。由于太阳的光解作用,有些 H_2O 会被分解为 H_2 和 O_2 ; H_2 照样会逃逸,而 O_2 又很活跃,非常容易和地壳的气体或地壳物质组成氧化物。因此,现在大气层中的自由 O_2 只能在地球出现绿色植物以后,由于光合作用,把 CO_2 和 H_2O 变成有机物和 O_2 。等到光合作用所生成的 O_2 比组成氧化物时所消耗的 O_2 还多时,足够多的 O_2 才能被积聚。

地球上大部分 CO_2 都与其他物质化合,组成石灰岩、煤、石油等,成为今日人类的主要能源。少量存留的 CO_2 成为植物光合作

用必不可少的原料。

地球与太阳相距大约 1.4 亿千米。如果地球与太阳距离缩短 1 000 km 的话,地球上的温度便会增高,使水蒸气不会冷却成水,大气中的 CO_2 也不会组成岩石层中的燃料。果真如此的话,地球的面貌将会大大改观!

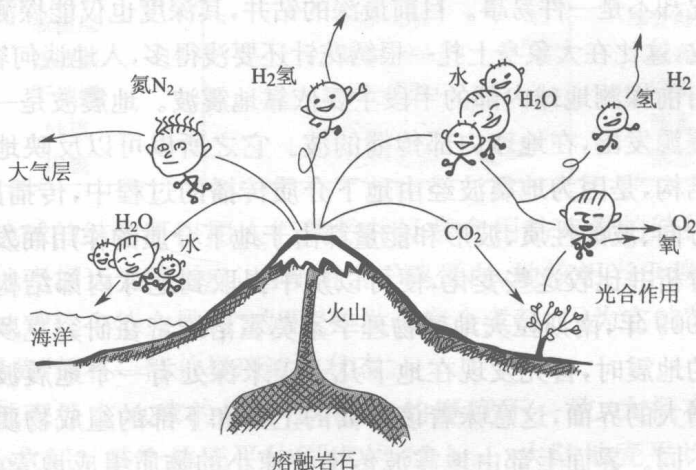


图 1.3 地球各圈层的相互作用

注:火山作用把地球内部的水蒸气以及其他气体带到大气中, H_2 很快逃逸。水蒸气凝结成水,流入海洋, CO_2 经过植物的光合作用,变成 O_2 ,供人呼吸。

图 1.3 显示了现今地球各圈层的相互作用。地球内部的水、二氧化碳以及其他气体,通过喷发或是没有喷发的火山,排放到大气中去。阳光把水分子分解成氢和氧。植物的光合作用消耗了大气中的二氧化碳,而把新生的氧排到大气中,供给人们的需要。围绕地球的岩石圈、水圈、大气圈以及生物圈,形成了一个奇妙的大循环。经历了几十亿年丰富多彩的演化,地球终于演变成了如今这样一个独特的行星。

1.2 地球的内部构造

由于地球自转的缘故,实际的地球是一个赤道凸出的椭球体。

根据大地测量的结果,地球的赤道半径为 6 378 km,极地半径 6 357 km,从地面到地心的平均半径是 6 371 km。俗话说“不知天高地厚”,比喻天地难测,讥讽那些知其然不知其所以然,而又不虚心的人。然而在科学技术发达的今天,地有多厚已为人们所熟知,人们对地球的了解比起古人来要深刻得多,但要了解地球内部的状况却不是一件易事。目前最深的钻井,其深度也仅能探测地球的表皮,这比在大象身上扎一根绣花针还要浅得多,入地谈何容易。

目前探测地球内部的手段主要依靠地震波。地震波是一种由地震震源发出,在地球内部传播的波。它之所以可以反映地球内部的结构,是因为地震波经由地下介质传播的过程中,传播路径、振动方向、波的性质、波形和能量都由于地下介质的作用而发生变化。分析并比较这些变化,便可以从中提取到地球内部结构的信息。1909 年,南斯拉夫地球物理学家莫霍洛维奇在研究克罗地亚地区的地震时,首先发现在地下几十千米深处有一个地震波波速突然增大的界面,这意味着该界面的上部和下部的组成物质有明显的不同。界面上部由地震波传递波速小的物质组成地壳,而下部由地震波传递波速大的物质组成地幔。后人为了纪念他,就把这一地壳和地幔之间的分界面称作“莫霍面”。

1914 年美籍德国学者古登堡发现在地下 2 900 km 深处,地震波波速又骤然下降。这是地幔和地核的界面。为了纪念古登堡的这一发现,地幔和地核的分界面被称作“古登堡面”。此外,在地下 5 000 千米到 5 100 多千米的深处,地震波速又有显著的变化,由此地核被分成外核和内核两大部分。由此可见,地球被分为地壳、地幔和地核三大圈层,见图 1.4。当然在三大圈层内还有更详细的分层,见表 1.1。

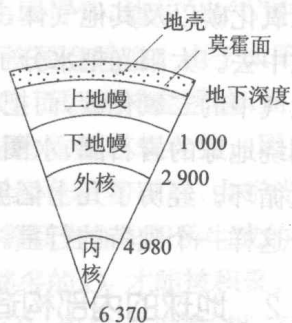


图 1.4 地球内部构造切面图(km)

表 1.1 地球的主要分层

分 层	深度的主要分层(km)	物理状态
地壳(上岩石层)	5~11(海洋处地壳)	固态
	0~36(大陆处地壳)	固态
上地幔		
盖层(下岩石层)	莫霍界面~150	固态
软流层	150~250	部分熔融
过渡层	250~650	固态
下地幔	650~2 891	固态
外核	2 891~5 155	液态
内核	5 155~6 371	固态

地球的结构可以用人们熟悉并经常食用的鸡蛋的结构来比喻。地壳相当于鸡蛋皮,地幔相当于鸡蛋白,地核相当于鸡蛋黄。但是地球这个特大号的“鸡蛋”并没有完全煮熟,因为它的“蛋白”和“蛋黄”都有一部分呈现液体状态。

地壳处在地球的最外层,各处的厚度不一致,大概在 5~70 km 之间。整个地壳平均厚度约 17 km。大陆地壳平均厚度 35 km。高原地区地壳厚度大,世界屋脊青藏高原的地壳厚度达到 70 km。海洋地区地壳比陆地薄得多,平均厚度为 5~10 km。大陆性地壳和大洋性地壳的分界线并不在人们所熟悉的海陆交界处,而是在海岸线的外侧,在陡峻的大陆坡的外缘,位于大陆坡的坡脚,从那里向海才是真正的海洋型地壳。虽然大陆架和大陆坡都位于海面以下,但它们不属于大洋型地壳,而属于大陆型地壳。地壳的体积仅占全球体积的 1%,质量为全球的 0.4%。地壳由具有弹性和塑性的岩石构成,愈往深处,塑性愈大。地壳上层由氧化硅和氧化铝含量丰富的沉积岩和岩浆岩中的花岗岩构成。下层主要由氧化硅和氧化镁含量丰富的玄武岩与辉长岩类构成。地壳是人们眼睛所能觉察到的地球的表面部分。地壳运动使陆地隆起,由于隆起的高度不一致,使岩石圈出现巨大的褶皱。岩块因褶皱或受挤压便形成了不同形态的大山(图 1.5)。强烈的褶皱使同一

时代形成的岩层断裂出现断层。两个大断层之间形成漫长的断裂带,这一凹陷地形称为裂谷(图 1.6)。有许多河流发源在裂谷中,在裂谷中流淌。地壳的形态复杂而壮观,巍峨的大山、奔腾的江河使人目不暇接,海底的高山峻岭和广阔的平原使人浮想联翩。



图 1.5 原来水平的刚性岩石层在长时期作用的构造力挤压下产生褶皱



图 1.6 裂谷形态

地幔是介于地壳和地核之间的中间层。莫霍面是它的上界,古登堡面是它的下界。地幔可分为上下两层。上地幔的厚度大约在莫霍面以下至 1 000 km 的深处。橄榄岩是组成上地幔的主要岩石,有较大的可塑性。在上地幔上部,大约 60~250 km 甚至 400 km 的深度,是放射性元素大量集中的地带,由于放射性元素蜕变释放出巨大的热量,促使岩石软化,部分呈熔融状态,因而被称为软流层(或软流圈)。软流层是产生岩浆的源地。在软流层以上,由坚硬的岩石组成,称为岩石圈。岩石圈是由地壳和上地幔的一部分组成。下地幔处在 1 000~2 900 km 深处,厚度达到 1 900 km,

呈固体状态。地幔底部物质十分坚硬,其硬度要比普通状态下的钢大4倍,可谓比铁还硬,比钢还强。

地核主要由铁、镍组成。它的埋藏深度在2 900~6 371 km。可分为外核和内核两部分。内、外核的状态截然不同。外核在古登堡面以下的2 900~5 100 km深处,是由铁、镍、硅等元素组成的熔融体,近似于液体状态;而内核从地下5 200 km至地心,被认为是固态。令人不解的是这里比外核更热,然而球体却始终保持着固态。这与地核的物理状态与化学成分有重要的关系。当然对于这一复杂的问题,还需要通过不断研究才能解开这个谜。

人类从古到今,运用打井、钻探等方法向地壳深处掘成的洞,最深的只有10 km左右,只是到达地球中心深度6 371 km的1/600,因而要真正了解地球深部的结构,那将是一件十分遥远的事情。然而,1974年美国康奈尔大学的地质学家却宣布,说他们找到了在外核形成的岩石;这些外核岩石就是分布在俄勒冈州山里的一些岩石,许多人不敢相信。地质学家们对此作出了解释,认为俄勒冈州山里的岩石是由上升的熔岩流把它们从地核卷至地球表面的。这些岩石的化学组成、密度与矿物结构都与外核岩石一致。据康奈尔大学实验室分析,这种岩石的成分中,86%是铁和镍,这与地核岩石中的铁和镍的组成是十分相似的。

从地表到地心物理状态发生着巨大的变化,温度、压力和物质密度都有很大的不同,地球表层岩石的密度不到3 g/cm³。而地心处密度可达13 g/cm³,温度达到3 000~5 000 °C,压力约为35万兆帕斯卡。

地球的质量可以粗略地从地面重力加速度(重力)按下面公式求得。如果不计地球的不对称性以及地球自转,地面的重力为

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

式中, G 为万有引力常数, M 为地球质量, r 为地球半径。更准确的 M 值可以从空间探测或是月球的激光数据得到。其值为

$$M=5.974 \times 10^{24} \text{ kg}$$

地球的平均密度为

$$\rho=5\,515 \text{ kg/m}^3$$

1.3 大地构造学说

人们可以观察到多种多样的地球活动。地球有的活动转瞬即逝,有的活动则长年累月的缓慢进行;有的活动在地壳就可以觉察到,有的活动则隐藏在地球深处。例如,地震的发生仅在一刹那之间,但是一次大地震的孕育过程却需要数年、数十年或更长的时间,而山脉的隆起和盆地的沉降却是经过数以百万年或千万年的历程。地球的活动对我们周围环境产生很大影响。它不仅控制着矿物的生成和元素的运移,造福于人类;也孕育着地震、火山等自然灾害,直接威胁人类的生存。

为了解释这些地球活动现象背后的原因,地质学家们先后提出了不同的大地构造学说。

1.3.1 大陆漂移说

在 20 世纪之初,生活在地球上的每一个人都不会想到脚下的大陆在漂移,都感到大陆纹丝不动,或谓坚如磐石。可是有一个与众不同的人,却提出了大陆漂移学说。这个人理所当然地遭到众人的攻击和非难。他倡导的学说被斥责为荒谬的理论,他本人也被称为不切实际的幻想家。更具讽刺意味的是在标榜新潮、提倡标新立异的美国,也极少有人相信大陆漂移说,如果有个别学者追随大陆漂移说,那么他就很难当上大学教授了。大陆漂移说如此不受欢迎,被许多国家拒之门外。那么是谁提出了大陆漂移说,大陆漂移的证据何在呢?大陆漂移说由德国科学家魏格纳于 1912~1915 年期间首先提出。该学说一经发表,便引起一阵轰动,有赞成者,也引起了许多人的反对。尤其是在 1930 年以后,随着魏格纳过早地在格陵兰冰原上逝世,大陆漂移说也随之衰落了。然而魏格纳的学说及其智慧是不可战胜的。大陆漂移说在历经二三十