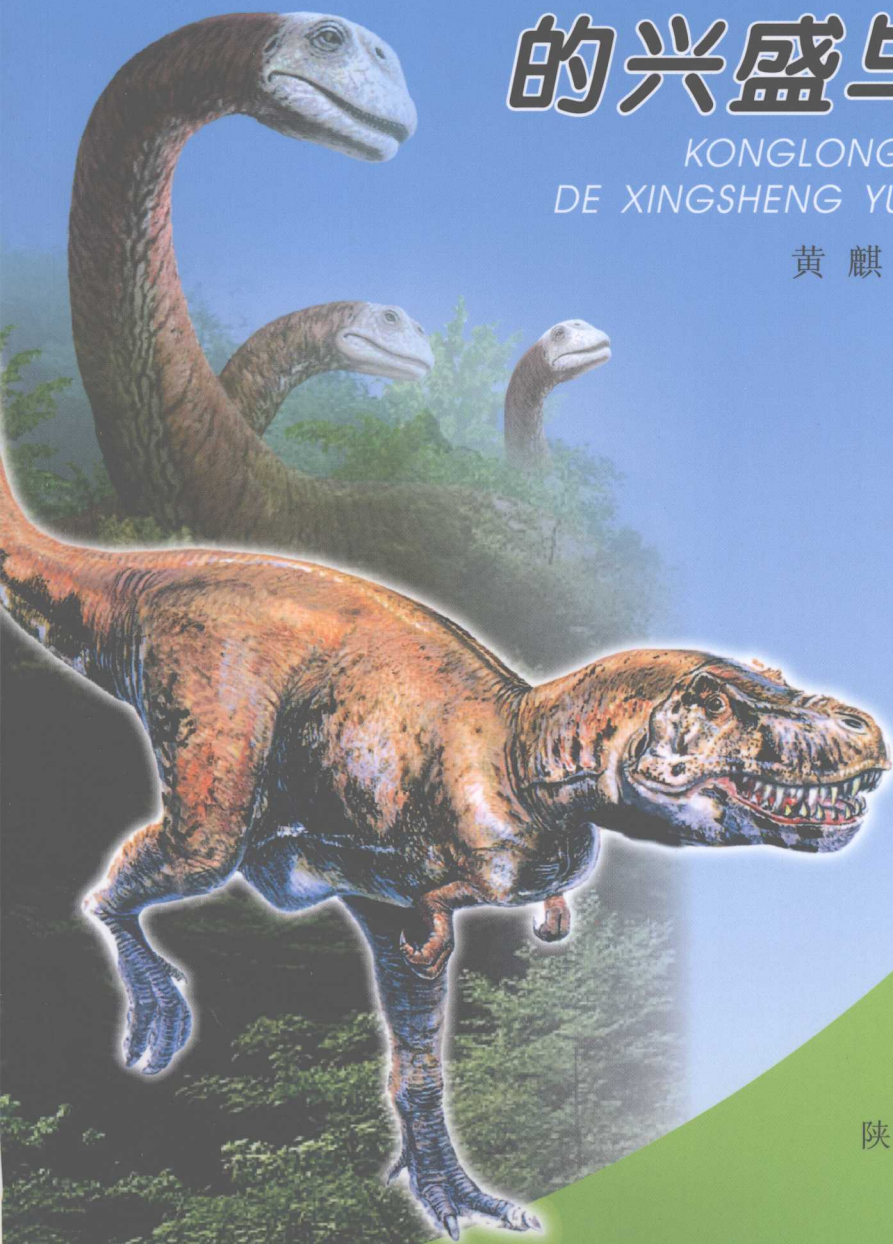


# 恐龙王朝

## 的兴盛与衰亡

KONGLONG WANGCHAO  
DE XINGSHENG YU SHUAIWANG

黄麒 编著



陕西科学技术出版社

# 恐龙王朝的兴盛与衰亡

黄 麒 编著

陕西科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

恐龙王朝的兴盛与衰亡/黄麒编著. —西安: 陕西科学技术出版社, 2007. 10

ISBN 978 - 7 - 5369 - 4252 - 3

I. 恐... II. 黄... III. 恐龙—普及读物  
IV. Q915.864 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 099470 号

---

**出 版 者** 陕西科学技术出版社  
西安北大街 131 号 邮编 710003  
电话(029)87211894 传真(029)87218236  
<http://www.snstp.com>

**发 行 者** 陕西科学技术出版社  
电话(029)87212206 87260001

**印 刷** 西安理工大学印刷厂

**规 格** 787mm×960mm 16 开本

**印 张** 9.25

**字 数** 162 千字

**版 次** 2007 年 10 月第 1 版  
2007 年 10 月第 1 次印刷

**定 价** 18.00 元

---

**版权所有 翻印必究**

## 前 言

我们所在的地球已诞生 46 亿多年了。在这 46 亿年中,地球在不断地发生着变化,直到现在也仍在变化着,这就是它的生命历程。万物均在变化着,均是有生必有死,多少亿年以后我们美丽的家园——地球也是要死的。在地球的演变中:首先是在地表演化出了海洋,从此有了大陆与海洋之说。其次是出现了生物,最早的生命迹象出现在这颗星球上大概是在 35 亿年以前。最早的生命是在海洋中生活,它们既不是植物也不是动物,而是一些生物小分子,而后逐步演化成复杂的完善的生物,多少亿年以后才有植物与动物之分。

植物由水生向陆生的过渡大约是在远古代的震旦纪,可能是在 6 亿年以前由绿藻类逐步演化而来的。动物也在海洋中渡过了几亿年,然后才开始试探着爬上陆地生活。首先来到陆地的动物叫两栖类,它们大概从古生代的志留纪(约 4 亿年前)开始试探,到晚泥盆世正式登陆,在 3.6 亿年前开始的石炭纪得到了大发展。同时,在晚石炭世由两栖类演化出了爬行类。在二叠纪末期的生物大灭绝事件中早期的两栖类灭绝了,而后在中生代又演化出了现在生存的两栖类动物。爬行类动物在二叠纪末期的生物大灭绝事件中是幸存者,在中生代是它们发展的最繁盛时期。晚三叠世从爬行类中演化出了一个分支,叫恐龙,它是本书的主人翁。它们在三叠纪末期的生物大灭绝事件中成为幸存者,在白垩纪中期达到鼎盛期,但在白垩纪末期的生物大灭绝事件中灭绝了,只有少数的爬行动物成活到今天,它们的灭绝换来了哺乳动物的大发展。

综观生命:从无到有,从低级到高级,从生到死,……这大概就是生命演化的规律吧!?

本书仅将恐龙的演化历程做一简要剖析,了解其衰亡故事的梗概。它们不是无缘无故地死了,或说是一颗外来陨星的轰击就灭绝了,而是各种外来因素和自身内在因素综合作用的结果才导致其灭亡。看完这个故事以后,我们能否感觉到应该倍加爱惜我们的地球家园,让这个家园中的所有成员都和睦共处,持续发展我们共同的事业。

在编写这本科普读物中,参考和引用了有关文献中的重要资料,在此特向文献的作者们致谢。在编写期间得到夫人邱莉萍工程师的关照和支持,深表谢意。

黄 麟

2007 年 5 月 1 日于西安

# 目 录

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 1 中生代时期的古气候与古环境 .....     | ( 1 )  |
| 1.1 中生代时期大陆漂移浅说 .....     | ( 1 )  |
| 1.1.1 地球结构概述 .....        | ( 1 )  |
| 1.1.2 大陆漂移及其依据 .....      | ( 2 )  |
| 1.1.3 中生代时期大陆漂移 .....     | ( 7 )  |
| 1.2 中生代古气候波动特征 .....      | ( 13 ) |
| 1.2.1 三叠纪的古气候 .....       | ( 14 ) |
| 1.2.2 侏罗纪的古气候 .....       | ( 15 ) |
| 1.2.3 白垩纪时期的古气候波动 .....   | ( 16 ) |
| 1.2.4 中生代气候的特征 .....      | ( 21 ) |
| 2 爬行动物的概述与地史分布 .....      | ( 23 ) |
| 2.1 简述 .....              | ( 23 ) |
| 2.1.1 羊膜卵的诞生 .....        | ( 23 ) |
| 2.1.2 爬行动物的分类 .....       | ( 24 ) |
| 2.1.3 爬行动物对陆地生活的适应性 ..... | ( 26 ) |
| 2.2 古生代时期的爬行动物 .....      | ( 27 ) |
| 2.2.1 缺弓亚纲 .....          | ( 28 ) |
| 2.2.2 双孔亚纲 .....          | ( 29 ) |
| 2.2.3 阔弓亚纲 .....          | ( 29 ) |
| 2.2.4 单弓亚纲 .....          | ( 29 ) |
| 2.3 中生代的爬行动物及其分布 .....    | ( 30 ) |
| 2.3.1 简述 .....            | ( 30 ) |
| 2.3.2 缺弓亚纲 .....          | ( 31 ) |
| 2.3.3 单弓亚纲 .....          | ( 32 ) |
| 2.3.4 阔弓亚纲 .....          | ( 33 ) |
| 2.3.5 双弓亚纲 .....          | ( 34 ) |
| 2.3.6 爬行动物的地史分布与衰亡 .....  | ( 37 ) |
| 3 恐龙的简说 .....             | ( 39 ) |
| 3.1 概况 .....              | ( 39 ) |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 3.2 恐龙的分类 .....         | ( 41 ) |
| 3.2.1 蜥臀目 .....         | ( 41 ) |
| 3.2.2 鸟臀目 .....         | ( 46 ) |
| 4 恐龙的习性与生存环境 .....      | ( 51 ) |
| 4.1 恐龙的食物 .....         | ( 51 ) |
| 4.1.1 恐龙可食用的植物 .....    | ( 51 ) |
| 4.1.2 肉食恐龙的食物 .....     | ( 52 ) |
| 4.1.3 恐龙的粪化石 .....      | ( 53 ) |
| 4.2 恐龙的繁殖与抚育后代 .....    | ( 54 ) |
| 4.2.1 恐龙蛋和巢 .....       | ( 54 ) |
| 4.2.2 幼恐龙的孵出和成长 .....   | ( 55 ) |
| 4.2.3 恐龙蛋化石 .....       | ( 55 ) |
| 4.3 恐龙的生活环境 .....       | ( 56 ) |
| 4.4 恐龙的生活方式 .....       | ( 58 ) |
| 4.4.1 恐龙的足迹化石 .....     | ( 58 ) |
| 4.4.2 恐龙的群体生活 .....     | ( 59 ) |
| 4.4.3 恐龙的行动方式 .....     | ( 60 ) |
| 4.4.4 恐龙的肤色和声音 .....    | ( 62 ) |
| 4.4.5 恐龙的防御武器 .....     | ( 63 ) |
| 4.4.6 恐龙的群体墓葬 .....     | ( 64 ) |
| 4.5 恐龙是冷血动物还是温血动物 ..... | ( 64 ) |
| 4.5.1 来自体内的热量 .....     | ( 65 ) |
| 4.5.2 动物群、食物和恒温关系 ..... | ( 65 ) |
| 4.5.3 骨骼里的证据 .....      | ( 66 ) |
| 4.5.4 恐龙的心脏 .....       | ( 66 ) |
| 4.5.5 恐龙的保温方式 .....     | ( 66 ) |
| 4.5.6 混合型的动物 .....      | ( 67 ) |
| 4.6 恐龙的大脑 .....         | ( 67 ) |
| 4.6.1 恐龙的神经系统 .....     | ( 67 ) |
| 4.6.2 恐龙脑量大小的相对性 .....  | ( 68 ) |
| 5 恐龙的分布 .....           | ( 70 ) |
| 5.1 恐龙的地史分布 .....       | ( 70 ) |
| 5.1.1 三叠纪晚期 .....       | ( 70 ) |
| 5.1.2 早侏罗世 .....        | ( 71 ) |

---

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| 5.1.3 中侏罗世 .....               | ( 72 )  |
| 5.1.4 晚侏罗世 .....               | ( 72 )  |
| 5.1.5 早白垩世 .....               | ( 72 )  |
| 5.1.6 晚白垩纪 .....               | ( 73 )  |
| 5.2 恐龙的地理分布 .....              | ( 74 )  |
| 5.2.1 亚洲的恐龙分布 .....            | ( 74 )  |
| 5.2.2 北美洲的恐龙分布 .....           | ( 96 )  |
| 5.2.3 欧洲和非洲赤道以北的恐龙分布 .....     | ( 99 )  |
| 5.2.4 冈瓦纳大陆上的恐龙分布 .....        | ( 101 ) |
| 5.2.5 小结 .....                 | ( 104 ) |
| 6 恐龙的衰亡 .....                  | ( 106 ) |
| 6.1 白垩纪末的生物灭绝事件 .....          | ( 106 ) |
| 6.2 探讨灭绝事件的依据 .....            | ( 108 ) |
| 6.2.1 海洋地质剖面中的信息 .....         | ( 108 ) |
| 6.2.2 陆相地质剖面中记录的信息 .....       | ( 111 ) |
| 6.2.3 突发性的事件 .....             | ( 114 ) |
| 6.2.4 来自植物的信息 .....            | ( 117 ) |
| 6.2.5 来自幸存者的信息 .....           | ( 118 ) |
| 6.3 白垩纪末生物灭绝原因的假说 .....        | ( 120 ) |
| 6.3.1 小行星冲击说 .....             | ( 120 ) |
| 6.3.2 彗星撞击说 .....              | ( 121 ) |
| 6.3.3 火山爆发说 .....              | ( 121 ) |
| 6.3.4 气候骤变说 .....              | ( 121 ) |
| 6.3.5 大气成分变化说 .....            | ( 122 ) |
| 6.3.6 免疫缺陷说 .....              | ( 122 ) |
| 6.3.7 漂浮植物兴衰说 .....            | ( 122 ) |
| 6.3.8 地磁极性反转说 .....            | ( 122 ) |
| 6.3.9 简评 K/T 界线生物灭绝原因的假说 ..... | ( 123 ) |
| 6.4 恐龙衰亡的机理 .....              | ( 126 ) |
| 6.4.1 白垩纪末发生灭绝事件的外部因素 .....    | ( 126 ) |
| 6.4.2 恐龙灭绝的自身原因 .....          | ( 129 ) |
| 6.4.3 白垩纪末生物大灭绝故事的梗概 .....     | ( 133 ) |
| 6.5 结束语 .....                  | ( 135 ) |
| 6.5 参考文献 .....                 | ( 136 ) |

# 1 中生代时期的古气候与古环境

## 1.1 中生代时期大陆漂移浅说

### 1.1.1 地球结构概述

我们对地球内部情况的大部分知识是通过声波研究获得的。在发生一次巨大的地震或者进行一次原子弹爆炸实验,将发射出强大声波(地震波),在地震波通过地球以后,可以为我们提供一种类似 X-射线的地球结构图。地震波可分为:面波和体波。面波的传播速度要比体波的传播速度慢得多,而且面波的波峰总是在地球的面上传播,所以叫做面波。面波穿透地球深度是由它的波长所决定的,对波长很短的面波进行分析,我们就可以得出地球最上面一层的物理特性,而用一些较长的面波进行分析,就可以了解地球内部越来越深的部位的平均性质,从而可建立一个地球的综合模式。

体波可以从不同的方向透入地球内部,通过体波的分析可以了解地球的内部结构。体波分为  $P$  波(纵波)和  $S$  波(横波)。 $P$  波的传播速度较  $S$  波快,它能透过固体和液体,而  $S$  波只能透过固体。设在世界各地的地震观测站,只要有一次大地震,各台站均获得各种地震波的相关数据,汇集整理分析这些数据,不但能了解有关地震的情况,而且也提供了地球内部结构的相关资料。近几十年来,进行过多次地下核试验,通过相关的仪器测定也能获得一些地球内部结构的有关信息。通过对比综合分析,科学家得出了地球的结构图。我们的地球是层状结构,从地球核心向外部地壳,其结构是:从地心向外其半径约 1320 千米的球体, $P$  波和  $S$  波均能通过,称为地核内层,为固态核心,由极其致密的物质组成,其密度比地壳岩石的密度大 5 倍以上。从该层向外,其半径约 3440 千米,是一层  $P$  波能透过而  $S$  波不能通过的物质层,应为液态层,称为外层液态地核,即地球的核心由内层固态地核和外层液态地核组成,其半径为 3440 千米。地核的外圈叫地幔,这是一层  $P$  波和  $S$  波均能通过,是固态层,一般认为是由“固态”铁和镁的硅酸盐组成。地幔的厚度为 2900 千米。地幔距离地面较近,科学家们了解的较详细。地幔可分为三层,底部是铁和镁的硅酸盐组成的“固态”物质层,其上部为低密度物质组成的“软流层”。在海洋下面,这层“软流层”是从大约 60 千米的深处开始,而在大陆

下面,则是从 120 千米的深处开始,一直延伸到 200~250 千米处。“软流层”的外部是致密的地幔岩石圈。其厚度不等,在大洋下面较薄,而在大陆下面较厚。

地幔圈以外是地壳,地壳的厚度和组成变化较大。一般将地壳划分为大洋型和大陆型两种主要类型。布龙(Brane, 1969)根据地壳的稳定性、厚度、地震波速、热流及主要组成等,将地壳细分为十种:①地盾型,很稳定,平均厚 35 千米;②中央大陆型,稳定,平均厚度 38 千米;③断块山岭型,很不稳定,平均厚度 30 千米;④阿尔卑斯型,不稳定,平均厚度 55 千米;⑤岛弧型,很不稳定,平均厚度 30 千米;⑥深海盆地型,很稳定,平均厚度 11 千米,⑦洋中脊型,不稳定,平均厚度 10 千米;⑧大陆高原型;⑨深海沟型;⑩过渡与复合型。总之地壳的厚度因地而异。地壳岩石与地幔上部密度较高的岩石之间的分界面是非常明显的,这个分界面称为莫霍不连续面,简称莫霍面。这个分界面是莫霍洛维奇于 1909 年在南斯拉夫克罗地亚地区发生的一次地震的地震记录时发现的,故以他的名字命名为莫霍面。

地球的半径在各个方位有些差异,其赤道半径为 6378 千米。地壳以外,还有生物圈、大气层等一系列组成的。

### 1.1.2 大陆漂移及其依据

最早提出大陆漂移的想法是一些探险家。他们在航海中发现,非洲西部的海岸线和南美洲东部的海岸线彼此正相吻合,就推想非洲西海岸线与南美洲东海岸线,在地史时期可能接合为一体,然后在某一时期又分开了。安东尼·斯奈德佩利格里尼,在 1858 年所写的《地球形成及其奥秘》一书中,在解释欧洲和北美洲的煤层中的植物化石为什么会如此相同时,首次从地质学的角度描述了大西洋两岸的这两块大陆正好能拼合在一起的情景。第一次绘制了将这两块大陆拼合在一起的地图,以此来解释两块大陆中距今 3 亿年以前形成的煤层中植物化石相同的原因。在 1908 年弗兰克 B·泰勒,在讨论现代山脉的起源时提出了大陆漂移说,霍华德 B·贝克,在 1911—1928 年的一系列论文中用大西洋两岸的山脉正好能够拼合起来的事实论证了大陆曾发生过漂移。但是,大多数地质学者还是把艾尔弗雷德·魏格纳看作是近代大陆漂移说的真正鼻祖。他在 1912 年为解释古气候,例如为什么巴西和刚果在过去会被冰川所覆盖?热带的羊齿植物过去为什么会在伦敦、巴黎,甚至格陵兰生长呢?提出了大陆漂移说。在他 1915 年出版的《大陆和海洋的起源》一书中,不仅从古气候,而且从整个地质科学领域中提出了一些证据,来论证他的大陆漂移说。他重塑的 3 亿年前,8 千万年前,1 百万年前三幅大陆漂移图,和今天所了解的南部各大陆的演变情况非常相似。可惜的是他的论证,特别是举例,不利于说明大陆漂移,因而引起了一场极其热烈的争论。大陆的

“固定论”和“漂移论”持续争论了近半个世纪,在 20 世纪 50 年代随着古地磁学的发展,对此才有了定论。

无论从何种角度讲,大陆漂移论,吸引了一些学者,他们不顾“固定论”的反对,而广泛探讨大陆漂移的有力证据。

### 1. 地质证据

通过许多地质工作者的研讨,找到了一些有力的地质证据。例如:在非洲撒哈拉地盾中有一片年龄为 20 亿年的岩石,这层岩石具有构造“纹理”,其走向呈南—北,这片古老岩石的东面有一片年龄为 5.5 亿年的岩群,具有独特的分布和组成。人们设想在南美洲是否能找到它们。美国麻省理工学院组织的考察队在巴西的圣路易附近找到这两类岩石,而是正好在人们把这两大陆拼合起来所预料的地方找到了这个界线,而且南美洲岩石的年龄与“纹理”与非洲的岩石相吻合。另一个例子是巴西的东南部和非洲西南部,这两地区曾经都遭到江河和风的严重侵蚀和剥蚀。大约从 5.5 亿年前到 4 亿年前都无沉积物,之后沉积了一层由江河与风从邻近地区搬运来的碎屑泥砂沉积物,其上为冰川作用的堆积物,冰川堆积物之上为一煤层,两地煤层中的植物化石都相一致。在这以后的 2 千万年间,两地区都再一次受到侵蚀,在距今 2.1 亿年前,两地区又覆盖上一层从北面的陆地上吹来的沙层,在沙层上为一层浅海相沉积物,后来海相沉积物又被块状熔岩流所覆盖。在巴西这层熔岩覆盖面积达 75 万平方千米,而非洲西南部熔岩面积远大于 75 万平方千米。熔岩的形成年龄为 1 亿年。在熔岩之上两地都再一次沉积了一层海相沉积物,这一层似乎是两个地区所共有的最后一个事件。两地区的地层层序见图 1—1。从上可见南美洲与非洲的分离是在距今 1 亿年之后发生的。

### 2. 古生物证据

古植物和古动物化石会告诉我们许多关于过去曾经存在过的地理条件。一切生物都有一定的能够适应特定环境的生活方式。“漂移论”者常用的例子很多;例如:造礁珊瑚只能在温度介于  $25^{\circ}\text{C}$  ~  $30^{\circ}\text{C}$  的很清很浅的海水中生长繁殖,如果我们对老珊瑚礁进行考察以后,就可以追溯到这种环境的地理位置。从古珊瑚礁的分布图,可以知道,在 3.5 亿年以前,在北美洲东部和欧洲西部曾经存在过完全相同的这种具体条件,当我们把这两块大陆拼合起来的时候,就可以把这种环境的范围勾画出来,在这两块大陆的这些珊瑚礁中不但含有相同的珊瑚种,而且所含有的其他海滨生物和江河生物种也完全相同,它告诉我们这两个浅海区一定相同。早在 19 世纪末,博物学家们就已经发现大量关于各大洲都具有相同的化石种类的实例,根据这种实例,他们认为南美洲、非洲、印度、大洋洲和南极洲之间在很长的一段地质时期里一定存在着非常广阔的陆地联系。他们把这个相互联系

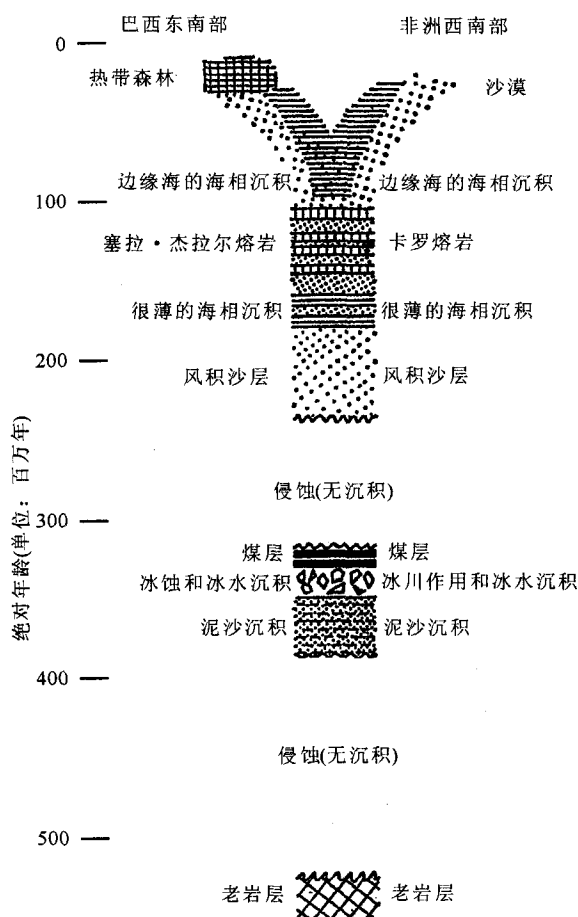


图 1—1 巴西东南部和非洲西南部的地层层序(唐·塔林等 1978)

大西洋两岸的这两个地区在今天虽然被一片宽达 5000 千米的深海分隔开来,但是这两个地区的沉积物和熔岩出现的层序几乎完全相同,清楚地说明它们具有一部共同的地质史。

的陆地命名为冈瓦纳古陆。这些实例很多,通过这些化石实例让我们知道,无论是南部各大陆(包括南美洲、非洲、印度、大洋洲和南极洲),还是北部各大陆(包括北美洲、欧洲和亚洲)都有极其明显的一致性,这些都是大陆漂移的古生物证据。

## 3. 古气候

有明显的证据表明今天的北极地区,在距今 2.5 亿~3.5 亿年之间曾一度是气候很热的沙漠地带,而今天的赤道地区在距今 2.5 亿~3.5 亿年之间曾经出现过冰川。在这一地质时期巨大的冰川曾经弥盖了南美洲东南部,非洲中部和南部,印度、大洋洲等地区,这次冰川活动大约持续 5 千万年,而且几乎全部呈巨大

的冰盖出现,与今天的格陵兰和南极洲的冰盖十分相似。对于这种情况可以有两种不同的解释:第一种是,如果大陆一直是固定的,没有发生过移动,那么造成这种气候的原因,必定是控制气候带位置的因素发生了变化;第二种是,如果我们承认大陆曾经发生过漂移,那就应当认为过去的气候模式虽然和今天一样,但是各大陆在过去所处的气候区已经和今天不一样了。

从地质证据,古生物化石和古气候证据虽能说明过去大陆漂移了,但这些证据也曾是大陆“固定”论者和大陆“漂移”论者争论的焦点,这一争论不休的问题最后由古地磁学给出了更科学的答案。

#### 4. 岩石中的古地磁

火成岩是由熔融的岩石形成的,当熔岩在它的温度高于  $1000^{\circ}\text{C}$  时,这种炽热的岩石是不带磁性的,因为高温破坏了它的磁性。当岩石凝固以后并继续冷却到  $600^{\circ}\text{C}$  以下时,其中的铁矿物颗粒就会按照当时占优势的地球磁场方向排列,并发生磁化,即获得平行于外磁场方向的热剩余磁化强度。这种在高温之下发生的磁化是非常稳定的并且能够被固定在熔岩的内部,因此磁化形成的磁场方向将不会因以后的地球磁场发生变动而改变方向。即是说,各种火成岩能够把它们形成时的地球磁场方向记录下来,一直保持到现在。

沉积岩,包括砂岩、页岩和化学沉积物,这些岩石是由原岩经风化,破碎后,由水力、风力或冰川作用等搬运到河岸,湖泊或海洋中再沉积下来形成各种类型的沉积物。沉积物中铁矿物颗粒在水力或风力搬运过程中失去了原先的阵列,当它们作为湿的泥浆而沉积下来以后,它们就像小磁针一样缓慢地按照新的地球磁场方向重新排列。当另外一些沉积物将它覆盖,并逐渐从湿转干,而后开始固结成为新的泥岩、砂岩或页岩,这一过程中,直到现在,沉积岩中铁矿物颗粒也很好地将形成时的地球磁场方向保存下来,即获得与地磁场方向平行的沉积剩余磁化强度。同样在化学沉积或化学变化中生成的铁磁性矿物也能得到与地磁场方向一致的化学剩余磁化强度。岩石形成以后,在地质时期,受后期磁场作用可能会选加黏滞磁化强度和等温剩余磁化强度,但在古地磁实验室内可用一种去磁的方法将它们“清洗”掉,余下的就是岩石形成时的剩余磁化强度。

地球磁场的偶极子性以及含铁磁性物质的岩石可以获得与岩石形成时期地磁场方向平行,大小成比例的剩余磁性,这是研究岩石古地磁的主要依据。

古地磁学的发展给地质学研究带来了巨大的推动作用。从 20 世纪 50 年代起,基于地磁和古地磁研究而逐步建立起来的海底扩张说和板块构造说,是地学发展中最引人注目的成就。确立这一假说的最有力的证据,便是在大西洋、印度洋、太平洋以及冰岛等地发现的平行于洋脊由近而远,由新而老的正负磁异常的对称带状分布。地幔物质由洋脊流出,冷却到它的居里温度就会在当时按地球磁

场方向被磁化,随着海底扩张,在大陆和深海岩心中发现的地磁极性变化,也同样在洋脊两侧的熔岩的正、反磁极性带反映出来。正、反磁化带从新到老逐渐向外移,这种磁异常的对称性排列表明洋脊两侧具有相似的扩张速度,由于海底扩张速度较均匀,熔岩流速变化不大,故正、反磁带的宽度与地磁极性年表的时间间隔成比例,由此可推测海底的扩张速度。

古地磁极位置是指岩石形成时期地磁极的现在地理位置。20 世纪 50 年代以来,在许多大陆上开展了测定各地质时代地磁极位置的工作。获得了许多可贵资料,建立了各大陆上不同地质时期地磁极的位置。在距今 500 万年以来地磁极平均位置很集中,并与地球自转轴相近。对于较老的地质时代有所不同,年龄越老,平均古地磁极位置就越偏离现在地球自转轴。地磁偶极轴方向随时间不断变化,称为磁极移动。资料表明,距今 5 亿年来各大陆的磁极在纬度上大概移动了  $90^\circ$ 。移动速度约为每百万年移动  $0.2^\circ$ 。

从 20 世纪 50 年代开始建立的古地磁极移动曲线,证明了过去大陆的漂移及其运行线路,从而结束了大陆固定论和漂移论之争。从建立的古地磁极移动曲线,且各大陆块都得到了形态极为相似的曲线图,但曲线不完全重合。例如,欧洲大陆曲线与北美洲大陆曲线形态相似,但北美洲曲线偏西约  $30^\circ$ ,按 E·C 布拉德(1965)意见,将北美洲大陆向东转动约  $30^\circ$ ,使北大西洋拟合以后,两条磁极移动曲线便大致重合起来了。这就是大约在距今 1.8 亿年前北大西洋才开始形成的古地磁证据。大量的古地磁数据证明了各大陆的漂移,随着 20 世纪 60 年代以来板块学说的发展,也就更合理、科学地解释了大陆的漂移过程。

### 5. 大陆漂移的动力来源

海底扩张,岩石圈板块运动,大陆漂移,这些巨大的运动其作用力来自何处?一直是科学工作者关注的问题。答案只有两种:一是来自地球以外的某种外力的作用造成的;另一种是认为这种力来自于地球内部。随着科学的发展,人们对于地球内部的构造的深入了解,越来越多的人认为这种作用力来自地球内部。这种作用力,许多地质科学工作者认为是岩石圈与软流圈发生对流而形成的。岩石圈的密度大于 3.5 的刚体,而软流圈处于地震波的低速带,密度小于 3.5,那里的物质可能处于半熔状态,软流圈下部的地幔部分为固态。岩石圈与软流圈对流模型认为:对流圈的上翼就是扩张的海底岩石圈,岩石圈通过海底消亡带进入软流圈,对流的回流发生在软流圈,而后又通过海岭以岩浆活动形式进入岩石圈。这种模型对海底扩张中的许多问题作了较好的说明,但不能解释海洋中线性火山岛与海山链上出现的地质现象。另外有些学者提出了深地幔对流圈转换假说。这种假说能较好的解释大陆漂移和造山运动中的一些问题。但是它的依据有些与地震波传递速度证明地幔中存在着若干相变分层是不一致的。随后出现许多种浅地

幔对流与深地幔对流相结合的模式,例如热柱假说,重力锚假说和二级对流圈相互作用假说等。

在 20 世纪早期,有些地质工作者认为地幔对流假说解释大陆漂移有许多困难与不合理,并提出用地球膨胀假说来解释大陆漂移。克里尔(1965)估计了地球半径的变化;在前塞武纪时期地球半径为  $0.55R$  ( $R$  为现代地球的平均半径 6371.03 千米);古生代初期为  $0.94 \sim 0.96R$ ;中生代开始时为  $0.96 \sim 0.97R$ ;科克斯等人(1961)用古地磁法测得二叠纪时地球的半径为  $(0.99 \pm 0.03)R$ ;而沃德(1964)用古地磁法测得二叠纪时半径为  $(0.94 \pm 0.04)R$ 。虽说上述的半径值各家有些差异,但似乎能说明,地球的确在膨胀,克里尔认为:如果地球是膨胀的,则可以认为硅铝层壳上亚洲、美洲和澳洲之间出现的 U 形断裂则是地球膨胀发育的标志,后来,由于地球不断膨胀,使断裂加宽,最后形成太平洋盆地。凯里(1975)认为造山运动是膨胀环境中所发生的重力挤入过程。地球膨胀是非对称性的,南半球较之北半球膨胀快,使所有大陆向北移动,造成北半球的大陆过剩而南半球的海洋过剩。根据他的推断,认为太平洋在早古生代开始发育,中古生代形成原始太平洋,二叠纪时期形成现在太平洋。另一些学者认为地球膨胀,地球自转的非均一减速,黄道面倾斜度的变化,以及日一月一地系统的动力学相结合才能解释地球构造、大陆的周期性破裂和分离漂移等问题。但是持地球膨胀假说的学者并没有对地球膨胀的原因作出合理的、科学的说明。

地球转动惯量假说:这些学者将板块运动和磁极漂移同大陆移动惯量联系起来讨论,当旋转着的地球发生减速时,由于惯性作用,大陆壳板块相对于周围洋壳发生纬度方向位移和顺时针旋转,有人企图用图解形式说明从三叠纪以来的大陆漂移情况。

总的来说,地球的动力学问题,引起造山运动、板块运动、海底扩张、大陆漂移等巨大运动的作用力问题,仍是地质学中有待继续深入研究的大课题,随着科学技术的发展,这些问题相信能有科学的解答。

### 1.1.3 中生代时期大陆漂移

#### 1. 大陆的拼合

从世界各大陆极迁移资料证明,大陆漂移路线表明漂移并不是单向的,而是作周期性的摆动,特别是纬向摆动,例如北美大陆极迁移路线表明,极迁移在距今 25 亿年,19.5 亿年,13 亿年,11 亿年,4.5 亿年和 3 亿年发生尖锐的转折,北美大陆在  $60^{\circ}\text{N}$  和  $60^{\circ}\text{S}$  范围内摆动。古地磁资料和年代学数据表明在奥陶纪到石炭纪时期,首先是欧洲与北美大陆结合在一起形成劳亚古大陆,随后又与南半球的冈瓦纳古陆结为一个巨大的古陆,称为泛大陆。冈瓦纳古大陆包括现在的印度、

大洋洲、非洲,南美洲和南极洲。在古生代早期亚洲大陆完全处于分散状态,到了古生代晚期欧洲向西伯利亚地台靠近。

虽说根据古地磁资料描绘了泛大陆模型,那么现在能否将各大陆拼合成这样的泛大陆呢?科学家们在这方面下了苦功,的确有许多困难,这些地块在分离后的上亿年中,它们的边缘部分发生了很大的变化;有些边缘侵蚀掉了,有的边缘又沉积了巨厚的沉积岩,还有更多的边缘隐没在海平面以下,总之难以找到原先分离时的界面了。特别是观测数据仍有限,不可能更详细地把大陆的边界标绘出来,以使用它们来进行这种拼合。首先采用拼图法进行拼合,后来澳大利亚地质学家沃伦·凯里(1958)试图采用模型进行拼合,许多学者认为凯里的这一复原过于主观,希望能有更为客观的数学证明。英国地球物理学家埃德华·布拉德(1965)和他的同事们,利用电子计算机计算了大西洋两岸这两个大陆的种种拼合情况,利用相当于大陆坡的中点处的等深线可以得到最好的结果,终于获得了第一张用电子计算机拼合的古地图,其大陆之间的隙缝也达到了最小的限度。到了1969年,人们终于发现南极洲、大洋洲和印度都能非常吻合地拼合在一起,而且大洋洲和南极洲的吻合程度比大西洋两岸的那两个大陆的吻合程度更好。随着古地磁、地质和地球物理资料的积累,电子计算技术的发展,人们能够拼合出更完美,更科学的古地理图。

泛古大陆从距今3.5亿~2.5亿年其形态没有较大的变化。当时南部的冈瓦纳古大陆和北部的劳亚古大陆之间有一个大洋,即古特提斯洋,这个大洋从东向西越来越窄,从而使得这两个超级大陆从非洲西北部一直到北美洲和欧洲南部彼此相连,仍为一个较完整的泛大陆,各大洲的动物在那时能相互往来和迁移。

### 2. 三叠纪时期的大陆漂移

二叠纪与三叠纪的界线,有人划在距今245百万年,有的划在250百万年(Ma),格瑞斯頓(Gradstein)等人(1995)数据为 $248.2 \pm 4.8$ 百万年,详见表1—1,本书采用250百万年。在三叠纪开始时,大陆的分布仍为连成一体泛古大陆。

泛古大陆,在三叠纪时期面积最为广阔,所有的大陆板块会聚在一起,形成了一块从地球北极延伸到南极的巨大陆,大陆的南北两臂向东伸展,半包围着特提斯洋,地球的其余部分为辽阔的泛大洋覆盖,它的面积约为今天太平洋的两倍。虽然有海洋偶尔隔开泛大陆的部分地区,但是全世界动植物的相似性表明生物在地球表面的大陆均能自由地移动。南北两极在盛行的季风中获得了降雨,植物常常在季节性地繁茂起来,气候普遍温暖,变化不大,没有两极冰盖。但在大陆腹地由于水分不足,形成了大量的沙漠(图1—2)。

表 1—1 中生代的年代与统一地层表(格瑞斯顿等 1995)

| 代(Era)                                      | 纪(Period)           | 世/统(Epoch)         |                       | 期/阶/层(Age)            | 终止,距<br>今年代<br>(百万年) | 误差<br>(百万年)       |                |
|---------------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|----------------|
| 新生代(Cenozoic)                               |                     |                    |                       |                       | 现在                   | 0                 |                |
| 中生代<br>M<br>e<br>s<br>o<br>z<br>o<br>i<br>c | 白垩纪<br>(Cretaceous) | 晚期<br>(Late)       | 森诺统<br>(Senoaian K3)  | 马斯特里赫特阶(Maastichtian) | 65.0                 | 0.1               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 坎佩尼阶(Can Panian)      | 71.0                 | 0.5               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 三冬阶(Santonian)        | 83.5                 | 0.5               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 康尼阿克(Coniacian)       | 85.8                 | 0.5               |                |
|                                             |                     | 早期<br>(Early)      | 高卢统<br>(Gallic K2)    | 土仑阶(Turonian)         | 89.9                 | 0.5               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 森诺曼阶(Cenomanian)      | 93.5                 | 0.2               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 阿尔比阶(Albian)          | 98.9                 | 0.6               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 阿普特阶(Aptian)          | 112.2                | 1.1               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 巴瑞姆阶(Barremian)       | 121.0                | 1.4               |                |
|                                             |                     |                    | 纽康姆统<br>(NeocomianK1) | 豪特里维阶(Hauterivian)    | 127.0                | 1.6               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 凡蓝今阶(Valanginian)     | 132.0                | 1.9               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 贝里阿斯阶(Berriasian)     | 137.0                | 2.2               |                |
|                                             |                     |                    |                       | 侏罗纪<br>(Jurassic)     | 晚期<br>(Late)         | 马尔姆统<br>(Malm J3) | 提通阶(Tithonian) |
|                                             | 基莫里奇阶(Kimmeridgian) | 150.7              | 3.0                   |                       |                      |                   |                |
|                                             | 牛津黏土阶(Oxfordian)    | 154.1              | 3.2                   |                       |                      |                   |                |
|                                             | 中期<br>(Middle)      | 道格统<br>(Dogger J2) | 卡洛夫阶(Calloviaian)     |                       | 159.4                | 3.6               |                |
|                                             |                     |                    | 巴通阶(Bathonian)        |                       | 164.4                | 3.8               |                |
|                                             |                     |                    | 巴裘阶(Bajocian)         |                       | 169.2                | 4.0               |                |
|                                             |                     |                    | 阿连阶(Aalenian)         |                       | 176.5                | 4.0               |                |
|                                             | 早期<br>(Early)       | 里阿斯统<br>(Liass J1) | 托尔辛阶(Toarcian)        |                       | 180.1                | 4.0               |                |
|                                             |                     |                    | 普林斯巴奇阶(Pliensbachian) |                       | 189.6                | 4.0               |                |
|                                             |                     |                    | 锡内穆里阶(Sinemurian)     |                       | 195.3                | 3.9               |                |
|                                             |                     |                    | 赫唐阶(Hettangian)       |                       | 201.9                | 3.9               |                |
|                                             |                     |                    | 三叠纪<br>(Triassic)     |                       | 晚期<br>(Late)         | Tr3               | 雷蒂阶(Rhaetian)  |
|                                             | 诺利阶(Norian)         | 209.6              |                       |                       |                      |                   | 4.1            |
|                                             | 卡尼阶(Carnian)        | 220.7              |                       |                       |                      |                   | 4.4            |
|                                             | 中期<br>(Mddle)       | Tr2                |                       | 拉丁尼阶(Ladinian)        | 227.4                | 4.5               |                |
| 安尼斯阶(Anisian)                               |                     |                    |                       | 234.3                 | 4.6                  |                   |                |
| 早期<br>(Early)                               | 蛋特统<br>(Scythan T1) | 奥伦尼克阶(Olenekian)   |                       | 241.7                 | 4.7                  |                   |                |
|                                             |                     | 英度阶(Induan)        |                       | 244.8                 | 4.8                  |                   |                |
| 古生代(Paleozoic)                              |                     |                    |                       |                       | 248.2                | 4.8               |                |

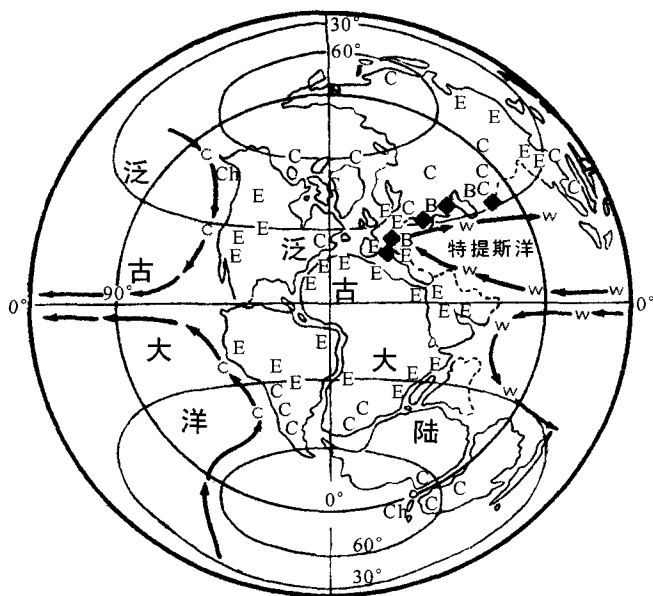


图 1—2 三叠纪某一时期的全球古地理(据费雷克斯 1984)

图例: ◆ 礁 E 蒸发岩 C 煤 B 铝土矿 Ch 燧石 → 洋流 C 冷 W 暖

在距今 2 亿年前,西伯利亚发生了第一次强烈的地质活动,同时在沿着边缘古海沟也发生了较大的地质活动。形成了厚达 2 千多米的玄武岩,玄武岩岩流面积积达 50 万平方千米以上。这次喷发可能与某种主要的大地运动有关,很可能这次运动使中国同亚洲大陆结合在一起,在这段时期大西洋断裂的主要骨架在逐步开始形成。同时在三叠纪末也发生了一次生物大灭绝,45% 的物种灭绝了,这场灭绝是否与那场大的地质活动有关? 并无统一的认识。

### 3. 侏罗纪时期的大陆漂移

伯尔尼等(2002)认为三叠纪与侏罗纪的界线在距今 208 百万年,格瑞斯顿等人(1995)划在 $(205.7 \pm 4.0)$ 百万年,约翰逊(2004)划在 205 百万年。本书用 205 百万年为侏罗纪与三叠纪之界线。

侏罗纪应是全球大陆分离漂移时期。泛古大陆开始支解,这个支解过程大约可以分为两个阶段,逐步分裂成次一级的大陆块。大约在距今 180 百万年,沿着北美洲东岸,非洲西北岸和大西洋中央发生了巨大的火山活动,将北美向西北方向推移开来,南美与北美互相远离,墨西哥湾开始形成。在东非、南极洲和马达加斯加边界也发生了火山喷发,致使西印度洋开始形成。泛古大陆断开,并形成了两块大陆:北部的劳亚古大陆和南部的冈瓦纳古大陆,劳亚古大陆后来分裂为北美洲和欧亚大陆;冈瓦纳古大陆,后来分裂为南美洲、非洲、印度、澳大利亚和南极