

中生代及新生代 古大陆图

〔英〕A.G. 史密斯 J.C. 布里登 著

郑理珍 钟业勋 译 赵淑梅 校

地质出版社

剑桥地球科学丛书

中生代及新生代古大陆图

〔英〕A.G. 史密斯（剑桥大学地质学讲师）

J.C. 布里登（利兹大学地球物理学教授）

郑理珍 钟业勋 译 赵淑梅 校

地质出版社

内 容 摘 要

本书以定量的地球物理或地形资料为基础,用墨卡托投影、北极和南极球面投影、兰勃特等积投影等绘制了四组共五十二幅古大陆图,显示了十三个地质时代大陆的变迁和发展情况,实为大陆漂移、海底扩张和板块构造学说的很好的辅助资料。正文详细介绍了古陆图的绘制方法,讨论了图的可靠性,指出了误差的根源。本书可供高等院校地质、测绘专业广大师生和该两专业的科研工作者参考。

中生代及新生代古大陆图

〔英〕 A. G. 史密斯

J. C. 布里登

郑理珍 钟业勋 译

赵淑梅 校

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{24}$ · 印张: 2^{10}_{12} · 字数: 59,000

1980年6月北京第一版·1980年6月北京第一次印刷

印数 1—3,625册·定价 0.45元

统一书号: 15038·新550

目 录

一、引言.....	1
二、制图方法.....	3
三、投影.....	6
1. 墨卡托投影	6
2. 球面投影	7
3. 兰勃特等积投影	8
四、图的可靠性.....	9
五、结束语.....	12
参考文献.....	13
1. 图1—13 (墨卡托投影)	14
2. 图14—26 (北极球面投影)	27
3. 图27—39 (南极球面投影)	40
4. 图40—52 (兰勃特等积投影)	53

一、引 言

我们希望本书中的地图对关心大范围地区地质问题的所有师生和科研工作者能有所裨益。本书共有五十二幅图，分四组，包括十三个时期：现代，距今一千万年，二千万年，之后，每隔二千万年为一个时期，一直上溯到二亿二千万年（如四千万年，六千万年，……二亿二千万年）。这四组图包括墨卡托投影图组、北极和南极球面投影图组和兰勃特等积投影图组。这五十二幅图可看作是前已出版的二亿二千万年、一亿七千万年、一亿年和五千万年的古大陆图（Smith, Briden & Drewry, 1973, 1974）的修改和增补。

顾名思义，本书的着重点放在过去大陆的相对位置上。诚然，是大洋把各大陆彼此分开，但除了大洋盆的大致边界外，并不试图把以前大洋的形状表示出来。读者可把各自的古地理、古植物或古气候资料绘制在这些图上，或利用这些图来解释各有关地质时代的板块构造。

大多数人都注重借助识别海岸线来确定我们在现代地图上的位置。然而，海岸线是很短暂的古地理现象之一，只是在特殊的情况下，它才会在地层记录中被探查出来。因此，本书每张图的海岸线仅仅是现代海岸线的过去位置的推测。既然这些现象在过去并不一定存在，那么，它的主要价值就是帮助我们去认识大陆块过去的位置。各大陆边缘的大陆架比海岸线更为稳定。除环太平洋盆地大部分已有所省略外，每幅图都标有一千米（五百英寻）的现代海底等深线。

现代地理经纬网的过去位置以十度间隔表示于大陆块中，以便能把过去各大陆的特征标绘在它们各自的过去的原始位置上。至于受造山运动影响的地区的现代网格以及经造山运动后业已接合在一起的过去的大陆边界如何绘制的问题，将在下面作简要的讨论。

迭置在每张图上的是三十度间隔的古地理经纬网。但绝不能把这些图看作是古地理图，因为它并不表示过去的地理情况。它们只表明我们对以前大陆相对位置的推测。换句话说，它们是古大陆图。

本书中各个不同时期的全球古大陆图过去大多数没有出版过，除此之外，本书还有另一个引人注目的特点，那就是所有的图都是机械绘制的，只有标题是另外加上去的。用这种办法绘制的图虽然不如用手绘制的美观，但它有两个显著的优点：速度快，成本低；今后再版时如果有必要根据新资料加以修正的话也很方便。这样说并不过份，因为这些地图只是作者在解释已出版资料的基础上作出的假定推测。

二、制图方法

所有的图都分两步绘制。第一步主要是恰如其分的将大西洋和印度洋密合后，制出大陆的重新组合体。第二步把古大陆的重新组合体投影成图。绘制的方法已有详细地介绍 (Smith et al., 1973)，下面仅作简短的概括。

两个大陆之间的运动发生于一个板块或多个板块的边界上。在特定的一瞬间，沿特定板块边界的运动，可以认为是以一定速度的环绕通过地心的一个轴的转动。板块在整个一段时期内的运动，就是这一时期内所有瞬间运动的总和。这个总和是环绕通过地心的一个轴的有限转动。在一段时期内，在被一个以上的活动板块边界分开的两个大陆之间的净运动，仅仅是该时期内跨越每个板块边界已经发生的有限转动的总和。因为有限转动不是可交换的，也就是说，它们不象矢量那样相加，所以，在把这种有限转动加到一起的顺序中要特别小心。

在跨过压缩板块边缘（现代的俯冲消减带）发生的有限转动不能从边缘本身或边缘附近的影响去推断。因此，在没有任何其它资料的情况下，某一段时期内其相对运动涉及到一个压缩板块边缘的两个大陆，无法恢复它们彼此之间原来的相对位置。

大体上，跨越扩张板块边缘和（或）平移板块边缘发生的有限转动是能够确定的。一般说来，这种运动生成类似现代大西洋或印度洋的大部分地区那样的无震洋盆地。假使在这些地区已进行过足够的调查，那么，描述周围大陆的相对运动所必须的有限转动便很容易推测出来。在大多数情况下，通过洋底磁异常的双对比，就可以了解这种转动。按有关时期内洋盆增长的总量“回收” (Winding back) 洋底，便可推测出目前正在扩张中的海洋盆地的早期形状和大小。

由于过去在大西洋和印度洋中形成的洋底大部分还保留在这两个

大洋中，所以，这两大洋周围各大陆从前任何时期（自从它们形成以来）的相对位置都可以推测出来。在制作大陆的重新组合体时，可把一个大陆作为参照，其它大陆则相对于它恢复原来的位置。在绘制这一套地图时，我们把非洲大陆作为参考大陆。显然，大西洋或印度洋周围的其它任何大陆或大陆块也都同样可以作为参考大陆。

现有资料是很充分的，而且已经广泛流传（Pitman, Larson & Herron, 1974）。它表明，从远至大西洋和印度洋开始张开时起，所有的主要大陆块都可以大致上恢复到它们原来的相互位置。目前已知的最老的部分与非洲大陆和北美大陆之间的大西洋，它可能于早侏罗世就开始形成。印度洋的某些部分可能也是在同一时代生成的，但尚无准确的资料以资证实。本书绘制重新组合图时所用的有关有限转动的资料均根据皮特曼等人（1974）的资料，这些资料是对每个海洋进行地球物理观测后获得的。

一亿八千万年、二亿年和二亿二千万年等三组图表示一个超级大陆——魏格纳的联合古陆（pangaea）。这些地图之间的唯一区别在于以古地理座标为基准的联合古陆的方向的不同。

选择适当的程序，可以解决过去二亿二千万年的某些时期中被压缩板块边界所分开的大陆的重新定位的问题。例如，尽管有阿尔卑斯链的生成，可以用先恢复非洲大陆同北美大陆之间的相对位置，再恢复北美大陆同欧洲大陆之间的相对位置的办法，来恢复非洲大陆同欧洲大陆之间的相对位置。联合古陆已确认是在晚古生代时，至少由三个大型的大陆联合组合的。该三个大陆彼此间的位置尚不能确定，因为在重新定位过程中的所有程序都要跨越压缩板块边界，可能影响这些大陆的相对位置的某些约束力，史密斯等人（1973）已经作过探讨。

制图的第二阶段包括推测重新组合体的古地极的位置和编制一个地图投影。古磁极的平均位置应该就是古地极过去位置的最佳推断。本书各个地图所用的古地磁资料，大部分已在欧文和麦克尔希尼（Irving & McElhinny）的汇编材料中发表过。在麦克尔希尼的著作（1972, 1973）中都说明了资料的来源。我们选择了那些具有一定可

靠性的地极（麦克尔希尼，1973）用来编制地图。

每编绘一张图，对所有可以彼此重新定位的各大陆块的稳定区中全部可靠的古地磁北极都进行了检查。图中挑选的是其年龄变动幅度居于重新组合体年龄一千万年范围内的那些北极。这些北极，都以制作重新组合体时所采用的强度绕参考大陆旋转。旋转北极的平均古地磁北极是计算得来的。这个平均极被认为是相对于参考大陆的重新组合体的北地理极的最佳推断。一旦找到这个地极的位置，就可把古地理经纬网加绘在重新组合体上。它的零度子午线象现代地图一样是任意规定的。但是在重新组合体上，可以确定其相对位置的那些地区的所有经度差，都可以根据它们的相对于重新组合体平均极的位置来确定。

全部操作都是用相应的电子计算机程序自动完成的。最终成果是一套穿孔卡片，把它同分割为相当的大陆块的数字化的全球图结合起来读，就能得出古大陆图来。这一制图程序（R. L. 帕克“超级制图”程序的修订）除用来在本书中采用的投影上制图以外，也可用在其它投影上绘制地图。

三、投 影

本书使用的投影为墨卡托投影、球面投影和兰勃特等积投影。球面投影分两组：一组为北极球面投影，另一组为南极球面投影。兰勃特等积投影组只用了横轴投影。四组投影是为了适应不同的需要。就本书所用的比例尺来说，可以不必考虑这些全球图的扁率改正。

1. 墨卡托投影

将地理轮廓投影到与赤道相切的圆柱上即成墨卡托投影。因此，纬线是等长的，只有赤道没有变形。投影中，任一点上的沿经线长度比与沿纬线长度比相同。高纬地带纬线伸长，经线也伸长，以保持每个点上所有方向的比例相同。

由此可知，墨卡托投影是正形投影，小面积投影无形状变形，只有相当大的面积投影形状才会变形。由于近极区纬线比近赤道区大为伸长，使近极区的投影面积大于近赤道区的投影面积。这就是格陵兰的墨卡托投影图面积过分增大，但局部形状正确的原因。

用墨卡托投影来表示全球性地质问题，它的主要优点是人们对它熟悉，热带区的清晰度高，图上的纬线和径线均是平行的。与横轴墨卡托投影相比较，正轴墨卡托投影的缺点是不能把极区表示出来（因极本身无限大），而且靠近两极的地区面积变形过大。这种地图表示的范围延伸到南北纬 70° 的地方（图 1—13）。

这种制图在数学上是简单的。赤道长为 $2\pi\gamma$ ，其中 γ 为地球和正切圆柱的半径。经线的间隔为 $2\pi\gamma \frac{(\phi_1 - \phi_2)}{360}$ ，其中 ϕ_1 和 ϕ_2 为经

线的度数。从特定纬线到赤道的距离 $\gamma \cdot \log \left[\tan \left(45^\circ + \frac{\lambda}{2} \right) \right]$ ，其中 λ

为纬线的度数。显然,当 $\lambda = 90^\circ$ 时,纬线无限长,因为 $\tan\left[45^\circ + \left(\frac{90^\circ}{2}\right)\right]$ 为 $\tan 90^\circ$,等于无限大,它的对数也是无限大。

2. 球面投影

从球面上某一点,将球面上的地理轮廓投影到与通过该点的直径相垂直的平面上,即成球面投影。球面极投影的经纬网是这样构成的:它的纬线是以极点为圆心的一组同心圆;它的经线是通过极点的辐射直线。这种投影的一个优点是,地质工作者对它非常熟悉。

球面投影与墨卡托投影有一点是相似的,即在同一点上的沿经线长度比与沿纬线长度比相同。因此,它也是正形投影。在这种投影图上小区域的形状保持不变,但是同样大小的图形在各个地方,投影面积却大小不同:在投影中心区的投影面积小于在边缘区的投影面积。

利用标准球面投影网可以估算出角度关系和两点间的距离等等。这种估算对于研究板块构造问题特别有用。本书中使用的极投影(图14—39)的优点是把墨卡托正轴投影无法表示的地区显示得特别清楚。但是它也有着类似墨卡托投影那样的缺点:在一张投影图上,无法表现全球,同时,与投影中心地区相比,边缘的投影比例被不适当地夸大了。

这种投影的数学计算也很简单。子午线是通过投影极的直线。对 ϕ_1 和 ϕ_2 两点上的径线来说,它们的夹角为 $(\phi_1 - \phi_2)$ 。若 γ 为被投影的球的半径,投影面又通过球心,那么,代表纬度 λ 的纬线圆的半径为 $\gamma \cdot \tan\left(45 - \frac{\lambda}{2}\right)$ 。因此,赤道的半径为 r ,这也是原球的半径。当 $\lambda = -90^\circ$ (即正对投影极的另一极点的纬度值)的时候,它的半径为 $2r \cdot \tan\left[45 - \left(-\frac{90}{2}\right)\right]$,也就是说,它是无限大。

3. 兰勃特等积投影

顾名思义，兰勃特等积投影保持球面各地区的相对差异。它的构成远比上述两种投影复杂，这里不作详细叙述。

在图 40—52 这一套兰勃特等积投影图中，投影中心为零度子午线与赤道的交点。要了解不同地理图形之间的相互关系，最好的办法就是研究现代世界地图（图 40）。

现代地理坐标网的交会点明显地显示出了极地区的位置。围绕两极的，是间距为 30° 的纬线椭圆。切过两极的圆圈，限定了图中前半球的范围。这个圆圈以外，或处于圆圈后面的那一半地球称为“后半球”。通过观察可以看到，图边缘各点之间，有一些很特殊的空间关系。这些点是靠近位于赤道上直接与投影中心相对应的点。这些点之间的相互关系十分混乱，以致于只是在现代图上才表示出来。在其它所有地图上，最靠近后投影中心大约占后半球面积百分之十的地点，由于隐蔽而省略掉了。这一投影的另一后果是亚热带区构成两个在赤道连接的环形。若除去两极周围 30° 纬线范围内的所有地区，它们的形状就看得最清楚。要观察这个投影的几何形状，最好的办法就是参看现代地图。

这种投影的最大优点是能在一张图上表现两个极地区以及投影的等积性。这种图特别适用于表示沉积物类型和动物区等的世界分布。这一投影的缺点是不能表示各热带区的地理关系，但只要改变投影中心的位置，就很容易把它表示出来。

四、图的可靠性

图的误差来自两个方面：一是来自重新组合体的建造本身，一是来自把重新组合体投影成图的过程。第一方面包括几种不同的误差：有的是由于对大西洋和印度洋海底扩张历史了解得不确切；有的是由于不知道受到造山运动影响的所有大陆块的过去位置；有的是由于对已经互相碰撞过的大陆块的形状和过去的边界缺乏认识。

对于过去八千万年间各大陆的相对位置了解得最好。在那以前，海底扩张异常现象不常出现，它们出现的年代也没有弄得很清楚，有些曾经出现过的异常现象可能由于海底成岩作用而已经消失了。对缺乏资料的印度洋的早期历史，这些问题特别突出。

在以前出版的两部著作中，认为南大西洋和印度洋在一亿年前就已经开始张开（史密斯等，1973；布里登等，1974）。其后的研究认为（但并未证实），南大西洋早在一亿四千万年前就已经开始扩张。若果真如此，那么，非洲和南极洲之间的印度洋可能也是在同一个时期开始扩张的。在本书中，我们已经提出了这种可能性。依照我们的看法，现在这些地图可能更正确些，但是并没有确切的证据证实或反对这种观点。也许这种情况清楚地表明了这些地图的暂时性质。

北大西洋区也存在着类似的问题。那里格陵兰在各个时期的位置虽是用可靠资料推测得来的，但也仍有可能不同于所示的情况。大西洋周围各大陆的最初位置是按照布拉德、埃弗雷特和史密斯（Bullard, Everett & Smith, 1965）的资料绘制的。

由于缺乏足够的有关印度洋各个部分扩张的最早各阶段的调查材料，也使得南方各大陆的拼合有不确切之处。因此，还不知道一亿八千万年前的冈瓦纳古陆的重新组合图是否正确〔史密斯和哈勒姆（Smith & Hallam），1970〕。南美、非洲和阿拉伯以及澳大利亚和南

极洲的相对位置是很清楚的，但南美—非洲—阿拉伯和澳大利亚—南极洲是如何与印度、锡兰和马达加斯加连结在一起的，就连在本图这样的比例尺的地图上，也仍未能解决。

所有受到中生代和第三纪造山运动影响的地区的位置，现在还不知道。加勒比海和地中海周围大陆块最初的相对位置及其在时间上的演变主要是分别根据弗里兰、迪茨 (Freeland & Dietz, 1971) 和史密斯 (1971) 的资料。加勒比地区曾经被认为是附着于北美洲的。在一亿六千万年及其以前的图中，它重叠在非洲上面。我们没有打算对这种重叠加以改正。虽然知道太平洋边缘的各大陆曾发生过相对运动，也没有想对这些地区进行复原。中生代和第三纪造山带的大致显露范围已在史密斯等人 (1973) 的一套墨卡托投影图中表示了出来，在其它著作中也能够找到。

、在两个或更多的大陆块发生碰撞之前，可以认为在它们之间存在着一片海洋。碰撞之后，过去的边界消失了，并合并为一个单一的大陆。这种结合线是在图上任意估计出来的，并用十字线画在图上。

第二个不精确性来源于对大陆重新组合体平均古地磁极的推测。每幅图标题中的 N ，表示制作此图所用古地磁分别研究成果的数目，某项研究如合乎一定标准 (麦克尔希尼, 1973) 的，且所处的年代又在该图所要求的一千万年幅度以内的，就加以采用。例如，四千万年前的图，就是根据在其年龄处于三千万年至五千万年之间的，各大陆块稳定。部分上所作的，可靠的地极研究资料绘制。那些位于形变区里的地极则不在其内。所采用的地极的年代标准有某些缺点，特别是，往往有这种情况：年代幅度测定得不好，出现于地极表中的图幅数，远比具有精确年代幅度的地极为多。如果按照它们已知年代的精确度，把这些地极进行加权就会更好，但是我们没有这样做。

每幅图标题中的 $\text{Alpha}-95$ 是资料在球面上散布情况的标准统计量。实质上，它是以资料的平均值为圆心的圆周在球面上的半径值 (以度表示)。百分之九十五水平表示，真正平均值落于圆周极限外的机会只有二十分之一。所有置信极限圆的半径都小于十度，有些甚至

小于五度。虽然有时所估计的离差可能偏小, 对于古地磁资料来说, 这是个很小的离差。在大多数的古磁极资料仅仅来自一个或两个大陆块, 而不是均匀地分布在所有陆块上时, 就会引起这种误导于小的情况。因为每项地极研究不论是不是对单一大陆而作, 都是作为一套完全独立的材料来处理的。如果这些极是在一个大陆上, 它们的分布就会比资料来自几个大陆时显得密集得多。不过, 极的分散范围是很小的, 这可以使我们对重新组合体的定向的误差有所理解。

此外, 偶极场中磁倾斜 I 随着纬度 λ 的变化, 也不可避免地使资料出现加权值:

$$\tan I = 2 \tan \lambda$$

倾斜误差 dI 引起极位置在古子午线上发生 $d\lambda$ 误差:

$$d\lambda = \frac{1}{2} (1 + 3 \sin^2 \lambda) dI$$

该误差随着古纬度的增大而增加。

影响到重新组合体和地图的制作的另一个误差来源为化石、磁性反转和同位素时间表之间的相互关系。除少数例外, 各图的图名取自哈兰等人 (Harland et al., 1967) 的地层表。用百万年表示的年龄也是根据上述地层表, 同时参考了哈兰、史密斯和威尔科克 (Wilcock) (1964) 的地层表。其中主要的例外是: 用古新世代替了达宁世 (Danian), 以及在早三叠世的图中, 没有使用地层名称。

用百万年表示的海底磁异常时间表根据的是海尔兹勒等人 (Heirtzler et al., 1968) 的资料。把以百万年表示的古地磁极的年龄看作它们的同位素年龄 (如果是已知的话), 或者用哈兰等人的时间表 (1964), 把欧文和麦克尔希尼的地极著作中的地层顺序改为用百万年表示的办法计算出来。本书的资料没有对上述地层表进行修订。

上述各种误差的总影响是未知数, 也很难估计。

五、结 束 语

本书的图件都是根据定量的地球物理或地形资料绘制的。限于篇幅，大部分用于制图资料都没能表示出来，但是可以从本书中所列的参考文献中找到这些资料。由于篇幅的限制，也没能收入如在布里登等人的著作（1974）中所有那种一组兰勃特等积投影“后视图”。这些图对于在太平洋地区进行区域测量是非常有用的。它们是共十三张的一套图。所用的比例尺同本书的大体一样。

参考文献

Bibliography

- Briden, J. C., Drewry, G. E. & Smith, A. G. (1974). Phanerozoic equal-area world maps. *J. Geol.*, **82**, 555-74.
- Bullard, E. C., Everett, J. E. & Smith, A. G. (1965). The fit of the continents around the Atlantic. In: A symposium on continental drift. *Phil. Trans. R. Soc., London, Ser. A*, **258**, 41-51.
- Freeland, G. L. & Dietz, R. S. (1971). Plate tectonic evolution of Caribbean and Gulf of Mexico Region. *Nature, Lond.*, **232**, 20-23.
- Harland, W. B., Smith, A. G. & Wilcock, B. (1964). *The Phanerozoic Time-scale*. (Symposium dedicated to Professor Arthur Holmes.) *Q. J. Geol. Soc., London*, **120S**, 1-458.
- Harland, W. B. et al. (ed.) (1967). *The Fossil Record*. London: Geological Society. 828 pp.
- Heirtzler, J. R., Dickson, G. O., Herron, E. M., Pitman, W. C. & Le Pichon, X. (1968). Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals and motions of the ocean floor and continents. *J. Geophys. Res.*, **73**, 2119-36.
- McElhinny, M. W. (1972). Notes on progress in geophysics, palaeomagnetic directions and pole positions. XIII. Pole numbers 13/1 to 13/94. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **30**, 281-93.
- McElhinny, M. W. (1973). *Palaeomagnetism and Plate Tectonics*. London: Cambridge University Press. 358 pp.
- Pitman, W. C., Larson, R. L. & Herron, E. M. (1974). *The Age of the Ocean Basins*. Boulder, Colorado: Geological Society of America.
- Smith, A. G. (1971). Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic. *Bull. Geol. Soc. America*, **82**, 2039-70.
- Smith, A. G., Briden, J. C. & Drewry, G. E. (1973). Phanerozoic world maps. In: *Organisms and continents through time*, ed. N. F. Hughes. *Palaeontology, Special Papers*, **12**, 1-42.
- Smith, A. G. & Hallam, A. (1970). The fit of the southern continents. *Nature, Lond.*, **225**, 139-44.