

板块构造学说的来龙去脉

班武奇 陈树杰 编著

科学出版社

1984

内 容 简 介

二十世纪六十年代出现的板块构造理论是地球科学中的一门带有革命性的科学理论。这一新理论是怎样产生的？经过哪些发展过程？它与大陆漂移、海底扩张学说有什么区别和联系？板块构造理论在实际上有什么用途？这个理论在哪些方面还需要进一步完善和发展？本书对这些问题作了通俗和系统的阐述。

本书对于关心板块构造理论的广大读者，对于中学地学教师 and 大学地质专业的学生都具有参考价值。

板块构造学说的来龙去脉

班武奇 陈树杰 编著

责任编辑 余志华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年6月第一版 开本：787×1092 1/32

1984年6月第一次印刷 印张：5 1/8

印数：0001—6,000 字数：114,000

统一书号：13031·2597

本社书号：3575·13—14

定价：0.82 元

引 言

人类十分关切自己居住的大地的情况，早在启蒙时代，就流传着一些关于大地生命的动人神话。其中有一种说，几条神鱼驮着这块养育人类的大地在无边的宇宙之海里浮动着，这几条鱼只要一摇首摆尾就会发生地震……

科学技术的进步，极大地开阔了人类的视野。当前，人们都知道地球具有近似球体的形状，陆地有着数以亿年计的沧桑巨变的历史。然而，总的看来，人类对地球生命的细节还所知甚微。整个地球表层的生命过程过去如何、将来怎样，始终是具有魅力、引人入胜的科学话题。

例如，1963年11月，在冰岛之南的大西洋里，一块不大的陆地诞生了。它是一座海底火山的露出海面的顶部。这一小块刚刚诞生的陆地，生长了四年的时间，到了1967年，它成为大约2公里长、175米高的一个海岛，并且上面开始有了有机生命。这个小岛到底是怎么生成的呢？

又如，1980年3月27日，位于太平洋彼岸北美洲西海岸的喀斯喀特山脉中的一个山峰上腾起了2千多米高的滚滚烟云——沉睡了123年的圣海伦斯火山甦醒了。5月18日，这座火山以迄今为止我们所仅知的空前巨大的横向喷发，顷刻之间就摧毁了大约390平方公里的葱郁的原野；同时，把它那可怖的烟云送到了平流层；不久就把可观数量的火山灰向东撒落到2千多公里远的地方。火山为什么会喷发呢？

这些，和地球表层的生命运动都息息相关。而对地球表层生命运动进行描述，在古代只是神话，而今天却是科学中

的现实。

本世纪初，当有的科学家提出大陆是可以漂移的这一见解时，曾经遭受到多少轻蔑和嘲笑啊。那时，这一见解又多么象是二十世纪的神话。它在反对的声浪中曾经一度被窒息。

可是，到了本世纪五十年代，由于古地磁学的研究成果，这一酷似古老神话的关于大陆可以漂移的见解复活了。科学界不得不承认这一见解是不同凡响的卓越之见。

仅仅又过了十多年，一门全新的关于地球表层生命运动的科学假说诞生了。它在整个地球科学领域内掀起的研究热潮和兴趣，和它的前驱者当年受到的反对与冷遇恰成鲜明的对照。这里或多或少可以使我们看出一些科学发展的辩证法则：正确的东西可以形成传统固定的见解，传统固定的见解却不一定总是正确的。不受传统的束缚，不囿于已知的固定见解，乃是科学前进的重要条件之一。

目 录

引言	(iii)
第一章 魏格纳和大陆漂移说	(1)
魏格纳其人	(1)
大陆漂移说的基本观点	(3)
魏格纳的论证	(8)
向未来呼唤	(15)
第二章 古地磁和大陆漂移说的复活	(20)
反对与非难	(20)
雾海航程和古地磁学	(23)
是极移, 还是大陆漂移?	(30)
大陆漂移说的复活	(38)
漫长的途程	(52)
第三章 海底扩张说的诞生	(54)
海洋探索编年简史	(54)
海洋形象的演变	(57)
海底奇观	(58)
海底热流量和海底地震	(63)
古海新底之谜	(70)
不断扩张着的海底	(73)
古地磁作证	(75)
第四章 板块构造学说	(88)
地球内部概况	(88)
板块构造学说的要点	(94)
岩石圈是由板块组成的	(95)
板块边界的基本类型	(97)

世界海洋的生命系列	(108)
陆地山脉隆起之谜	(112)
陆地上板块边界的探讨	(115)
我国存在板块边界吗?	(124)
第五章 板块构造学说的应用	(130)
海沟俯冲型板块边界和矿藏分布	(130)
富饶的大洋之底	(132)
寻找石油资源	(134)
其他应用	(139)
第六章 简短的展望	(142)
促使板块运动的力从何而来?	(142)
板块运动是什么时候开始的?	(149)
几个难解之谜	(151)
与板块构造学说相关的问题	(154)
后 记	(157)

第一章 魏格纳和大陆漂移说

提起大陆漂移说，不少人都知道 它的 奠基人是魏格纳^①。但是，许多人可能并不十分清楚：这个有力地撼动了传统地质学基础的人，却不是一个地质学家；他那在当时颇为大胆的令人神往的关于大陆曾发生过漂移的想法，竟然是来自为许许多多普通人所熟悉的一幅平淡无奇的地图。

魏 格 纳 其 人

魏格纳是德国人，1880年诞生于柏林。他先后在德国最著名的海德堡大学、因斯布鲁克大学和柏林大学学习，并取得天文学博士学位。

青年时期的魏格纳对于探索大自然的奥秘有着浓厚的兴趣、无畏的勇气和顽强的毅力。为了能去极地探险，他曾刻苦地练习长跑、滑冰和滑雪。他还立志要亲自考察高空的气象状况，为了达到这一目的，他学会了乘坐气球。1906年，26岁的魏格纳和他的兄弟，共同创造了连续乘坐自由气球52小时的世界纪录。魏格纳还是把气球用于气象预报的创始人。

1906年，魏格纳以气象员的身份参加了丹麦人组织的第一支格陵兰考察队。在对格陵兰东北部进行的探险性考察过

① 据上海人民出版社1975年版《自然科学大事年表》，第一个大陆漂移说是俄国科学家贝汉诺夫(Е.В.Биханов)在1877年提出的，比魏格纳大约早35年。

程中，魏格纳开始对地质学产生了巨大的兴趣。六年后，他又参加了丹麦科学家科赫领导的横跨格陵兰的考察，亲自对格陵兰的大陆冰盖作了长途的细致的考察。考察归来，魏格纳发表了多卷冰川学和气象学方面的考察报告。

1919年，魏格纳接替了他的老师、岳父、著名气象学家柯本的职务，担任汉堡海洋观象台气象研究部主任。同时，他和柯本合著了《古地质时期的气候》一书。1924年，魏格纳又受聘为奥国格拉斯大学的气象学和地球物理学教授。

1930年，魏格纳第三次到格陵兰进行考察。10月30日，当他在莽莽冰原高处一个孤独的观测站工作时，心脏病猝发，不幸殉职，时年仅50岁。

主要作为气象学家的魏格纳是如何提出了大陆漂移的设想的呢？看看魏格纳自己的叙述是饶有兴味的。在《海陆的起源》^①一书中，他说：

“大陆漂移的想法是著者于1910年最初得到的。有一次，我在阅读世界地图时，曾被大西洋两岸的相似性所吸引，但当时我也随即丢开，并不认为具有什么重大意义。1911年秋，在一个偶然的会里我从一个论文集中看到了这样的话：根据古生物的证据，巴西与非洲间曾经有过陆地相连接。这是我过去所不知道的。这段文字记载促使我对这个问题在大地测量学与古生物学的范围内为着这个目标从事仓促的研究，并得出重要的肯定的论证，由此就深信我的想法是基本正确的。”

1912年，魏格纳首次公布了自己的研究成果。1月6日，他在法兰克福城的地质协会上作了题为《从地球物理学的基础上论地壳轮廓（大陆与海洋）的生成》的讲演。尔

① 《海陆的起源》商务印书馆1977年版。

后，他又在马尔堡科学协进会上作了题为《大陆的水平移位》的讲演。这一年，两篇讲稿都在杂志上发表了，魏格纳的年龄是32岁。

紧接着魏格纳参加了第二次格陵兰探险，随后又爆发了第一次世界大战，魏格纳刚开始的研究被迫搁置。

1915年，魏格纳重新研究这一问题，从地理学、地球物理学、地质学、古生物学、古气候学和大地测量学等方面进行了系统的论证，发表了论述大陆漂移说的专著——《海陆的起源》。这本书，几乎震动了当时整个地质学界，引起了激烈的反响。在争论中，魏格纳对自己的著作进行了增删，使大陆漂移说基本确立，对地质学的发展产生了不可泯灭的重要影响。

大陆漂移说的基本观点

大陆漂移说所以能在当时的地质学界引起巨大震动，是因为它认为地壳的运动是以沿地球表面的水平运动形式为主的。这是对当时传统地质学认为海陆位置基本固定，地壳以垂直运动为主观念的严峻挑战。

早在魏格纳之前，大西洋两岸大陆形状的几何适应性，尤其是非洲大陆西岸和南美洲大陆东岸那凹凸相对、拼合无间的形态，就引起过许多著名学者的注意，唤起了他们丰富的联想：这两个现今为烟波浩渺的大洋分开的大陆，可不可能曾经是一个大陆呢？他们中间有：英国十七世纪的科学家培根、法国十八世纪的科学家布丰、德国十九世纪的地质学家徐士。特别是徐士在1884年—1909年出版了他的巨著《地球的面貌》，在这本书中，他根据南半球各洲和印度半岛地质、矿藏的相似性，首次提出了“冈瓦纳古大陆”的设想。

但是，徐士没能突破当时传统地质学的框框，他认为这些大陆之间的联接部分是沉入大洋之中了。

在提出现今世界上的大陆曾经是联在一起的科学家中，魏格纳是第一个提出比较完整的大陆漂移理论来解释今日地球上海陆成因的人。

在大陆漂移说中，魏格纳接受了当时多数人公认的地质学的下述观点：在远古的地质岁月中，地壳表层的硅铝壳曾经是非常薄的，它把地球整个地包了起来。在硅铝壳的外面，则是淹没了整个硅铝壳的水体，被叫做全陆海。那时，也许有少数陆地星星点点地分布在茫茫的海水之间。随着岁月的迁移，硅铝壳在冷缩，终于被冷缩力撕裂了。在这些裂缝处露出了硅铝壳之下的硅镁层地壳，原始地壳出现了巨大的凹凸变化，海水也开始了重新分布。大规模的海陆分异过程就这样开始了——一方面，裂开的硅铝壳继续发生收缩和聚拢，变厚，逐渐形成大陆；另一方面，海水则集中到硅镁层出露的地方，不断扩大，成为大洋。

魏格纳提出，主要由硅、铝、钙等成分组成的硅铝层大陆，密度较小，并且由于冷缩，主要呈刚性，就好比蜜蜡一样。在它下面的硅镁层，主要由镁、铁类硅酸盐组成，密度较大，它的性质坚实、粘重，具有相当的流动性，可以和火漆的某些性质相比。魏格纳指出，硅铝层冷缩形成的大陆块体和它下面的硅镁层之间的关系，就大体象冰山漂浮在水中那样：轻一些的、主要呈刚性的硅铝质大陆漂浮在重一些的、粘性并可以“流动”的硅镁层上。

上述的设想，是魏格纳大陆漂移说最重要的观点之一，也是整个理论设想的前提。

下面我们就来看看魏格纳理论设想的其他一些要点吧。

他认为：在古生代末期，也就是距今大约 2.5 亿年前的

时候，整个地球表面只有一块完整的大陆，它的位置大约在今天的北极和非洲的周围，叫泛大陆。后来，由于地球自转离心力和因此而造成的地球赤道膨胀部分对泛大陆的额外吸引力，使得泛大陆缓缓地由极地附近向赤道地带移动，或者叫离极漂移。

泛大陆在离极漂移的过程中，又受到月球和太阳引潮力导致的潮汐摩擦作用的影响，使得漂移的陆块落后于整体地球自西向东的旋转。换句话说，泛大陆在离极漂移的同时，还作一种由东向西的相对漂移运动。

从中生代开始，这个被叫做泛大陆的超级大陆，在自己的漂移过程中产生了裂痕，逐渐分开，成为几块大陆。这几块大陆漂移的速度、方向各异，也就是说它们互相之间也在作相对的水平移动，它们的相对位置也相应地在变动着。今天，我们所看到的各个大陆块，也许还在进行着这种漂移运动。

魏格纳在他的学说中更为具体地指出：在距今约2亿年前的侏罗纪时，泛大陆上在相当于今天非洲大陆西海岸的部位出现了巨大的断裂。这个巨大的断裂不断地扩大，到了大约8000万年前的白垩纪晚期，非洲和南美洲完全分开了，在它们之间诞生了最早的南大西洋。整个泛大陆从南向北渐渐解体。到了白垩纪结束时欧洲和北美洲才在现在格陵兰附近最后分开。离开最晚的是最北面的格陵兰和挪威，它们是在大约150万年以前的更新世才分开的。也就是说，泛大陆在大西洋方面从开裂到完全分离，持续了将近2亿年之久。

在印度洋方面，侏罗纪初期现在南半球的几个大陆和印度还都是联在一起的。最先分离出来的是澳洲。在距今不到8千万年前的第三纪初期，印度和马尔加什岛、马尔加什岛和非洲大陆之间，相继分离。

泛大陆在印度洋方面解体成的几个散碎的陆块向四方漂

散。其中的印度半岛和北面的亚洲之间，曾为一个被浅海淹没的长形地带所联接着。在印度陆块向北漂移靠近亚洲的过程中，这个长形地带被一次又一次地压缩，发生褶皱，最后不断隆升，成了世界最雄峻的喜马拉雅山系。魏格纳还认为，欧洲南部的阿尔卑斯山和北非的阿特拉斯山脉，都是喜

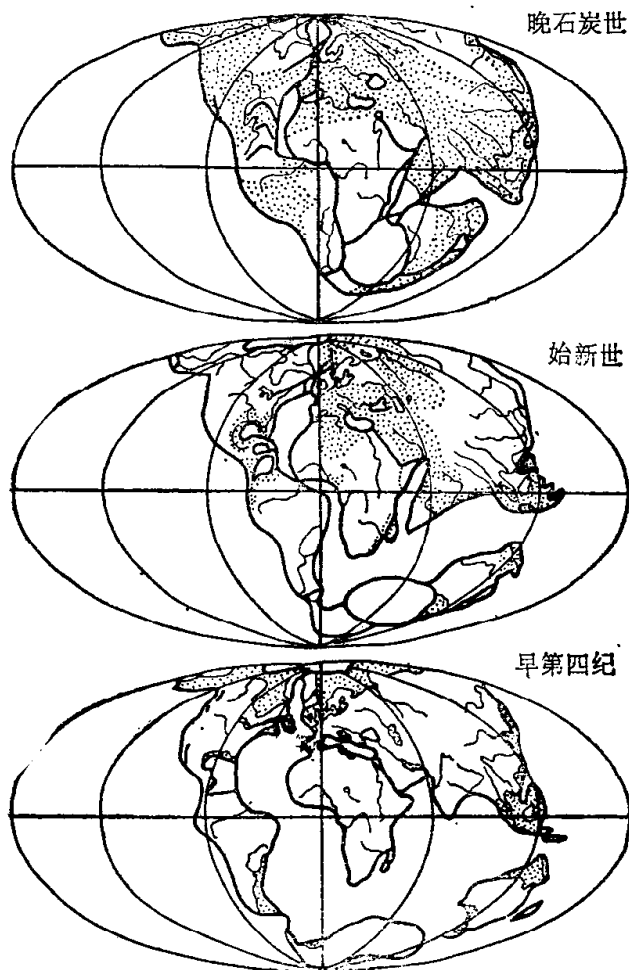


图1 大陆漂移三个时期的海陆复原图（引自 A. 魏格纳《海陆的起源》）大陆上的阴影表示浅海。经纬线是以今日非洲为标准假定的。今日大陆上的河流仅供辨认之用，不代表古地理的真实情况。

马拉雅山系的延伸部分。

在魏格纳所提出的古地理图（图1）中，清楚地表明了泛大陆分离的各个阶段中，每块大陆的相对位置。

魏格纳在大陆漂移说中不仅描述了泛大陆解体的过程，而且指出地球表面巨型山系的分布和大陆漂移之间，存在着有机的联系。

他认为，大陆块在漂移过程中，遭受到大洋底的阻力。这就使得陆块向前漂移的前缘部分受到挤压作用，最终褶皱成山。例如，南美洲和北美洲在向西漂移的过程中，受到坚硬太平洋底的阻挡，在它们的前缘就形成了从阿拉斯加一直延伸到南极洲附近的、平行于美洲西海岸的巨大的科迪勒拉山系。类似的过程也发生在澳洲的东海岸，在那里形成了绵长的大分水岭山脉。

另一方面，魏格纳认为，在全球大陆普遍向西漂移的过程中，一些小的陆块可能会从大的陆块上“掉”下来，落在后面，形成岛屿。亚洲东部著名的弧形的花彩列岛，中美的大、小安德列斯群岛等都是相应的大陆向西漂移时脱落下的



图2 两个原始大陆（据杜·托阿，1937年）。位于北半球的大陆部分称为劳亚古陆，位于南半球的大陆称为冈瓦纳古陆，它们之间是古地中海地槽。

碎块。魏格纳甚至宣称：凡是向南北方向尖削的所有陆块，都会由于类似脱落的作用而中部凸向东方。

除了魏格纳关于大陆漂移的设想以外，还有一种观点认为：由硅铝圈冷却收缩形成的原始大陆不是一块，而是两块。这种观点主张，初始的大陆是两个古陆——在北方的叫劳亚古陆，南方的叫冈瓦纳古陆（图2）。横在这两块古陆之间的是名叫特提斯的古地中海——一个狭长的、地质学中称之为地槽型的大洋。横穿亚欧大陆的喜马拉雅-阿尔卑斯第三纪褶皱带就是在特提斯海的基础上形成的。

我们可以看出，这后一种观点比魏格纳的设想，能更好地和目前已知的地质构造特征相吻合。

魏格纳的论证

魏格纳并不是第一个提出大陆漂移设想的科学家。但是，由于他收集并研究了地球物理学、地理学、地质学、古生物学、古气候学等多方面的资料，所以只有他才能第一个做到以详细的论证为大陆漂移说夺得一块立足之地。

前面已经提到，南大西洋两岸陆地形状的几何适应性，引起了许多科学家的联想。毫无疑问，对于南美洲东海岸和非洲西海岸形状之适应，用它们在遥远的地质时期曾是一整块陆地，而后来裂开了来解释是有诱惑力的、是令人神往的。

然而，在科学上令人神往的东西并不等于必然性。在地壳运动的漫长岁月中，能不能真的形成一条浩渺如大西洋的裂缝？换言之，大西洋真的是古大陆的一个裂隙吗？这是需要加以证明的。

仅仅是一个洞庭湖，就被我们的先人描写为“横无际涯”！那末，我们只要想一想大洋的无边无际的壮阔场面，

就可以明白，第一个要去证明大西洋只不过是古大陆上的一条“缝”的人是需要怎样的卓识和何等的勇气呵！

为了探求大陆漂移的证据，魏格纳设想：古大陆上也有地层和发育在地层中的褶皱断裂等等地质构造现象；这样的古大陆如果被分开了，那末不管它们相隔多么遥远，这些古老的地层和发育在其中的构造现象必定会遥相呼应。也就是说：如果试图把两个曾是一个整体古陆的大陆重新拼合起来的话，那末，除了它们几何形状吻合之外，必有相对应的地层和构造，这些地层和构造又必能很好地、相当准确地衔接起来。这对大陆漂移说的正确性，无疑是一个生死攸关的验证。

为了弄清楚大陆漂移设想能否成立，魏格纳对大西洋两岸大陆的地层和构造作了细致的对比。结果，得到了令人十分兴奋的重要发现：首先，横断非洲南端东西走向的开普山脉和南美洲布宜诺斯艾利斯以南的古老褶皱山系不仅地层岩性差不多、地质构造极相近似，而且当把两个大陆海岸线粗略吻合在一起时，这些地层和构造竟能衔接起来，浑如一体！其次，再往北，在非洲存在着一片以长期未经褶皱的片麻岩为主体的高原，在南美洲相对应位置的巴西高原恰恰广泛分布着几乎是一样特点的片麻岩；同时，在对非洲和南美洲两块大陆进行拼合时，这两个远隔重洋的高原上的火成岩、沉积物的成分、古老褶皱的方向等等具有惊人的一致性。难怪这两个大陆在现代地形方面也有许多相似性了。

在南美洲和非洲的对比中，有两个更为令人惊奇的发现。（一）在非洲的开赛河流域（桔河流域）和南美洲巴西的米纳斯吉拉斯州，不仅岩性和构造一致，而且都产世界罕见的纯净的白色金刚石。（二）在南美洲石炭-二叠纪的冰川漂砾中，竟然有一部分是来自非洲。

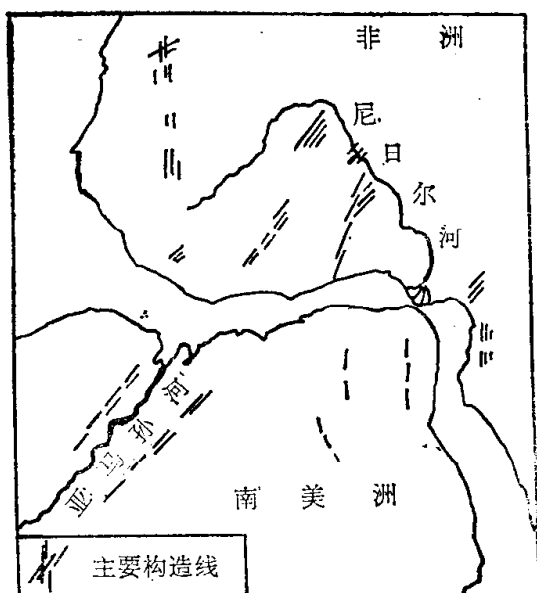


图 3 南美洲与非洲的拼合（据魏格纳《海陆的起源》）

如图 3 所示，在把南美洲和非洲两个大陆拼合时，只需把南美洲大陆稍加反时针旋转，它们的海岸轮廓、老构造线的方向就都完全吻合了。甚至一些受这些老构造所控制的水系，例如亚马孙河和尼日尔河，它们的流向也是平行的。

在上述那些古老的地层、构造、甚至某些矿产的分布中，我们都可以看到两个大陆曾经连在一起的证据。相反，在白垩纪以后的地质现象中，两个大陆就很难找到什么一致之处了。例如，在非洲的北缘有一个阿特拉斯山脉，它主要是白垩纪的褶皱，在渐新世及其以后逐渐隆起形成山脉的，那时，两个大陆早已分离，因此在南美洲就没有和它相应的山脉存在。

魏格纳对北大西洋两岸大陆地质的考证也取得了重要的成果。他指出，有三条古老的褶皱带从欧洲的大陆延伸到太

西洋彼岸的北美洲大陆。第一条叫阿摩利坎褶皱带，它在欧洲内陆大致呈向南弯曲的弧形，其西端向西北方向伸展，达到布列塔尼和爱尔兰；越过大西洋后，这一褶皱带构成了新斯科舍和纽芬兰东南部阿巴拉契亚山脉延续部分的基础。与这一褶皱带相对应，可以认为美洲的煤层和欧洲的煤层是同一古老成煤带的组成部分。

再往北的是第二条——古老的加里东褶皱带。它在欧洲贯穿挪威和苏格兰，在大西洋彼岸的北美洲则发育成了加拿大阿巴拉契亚的古老褶皱山地。

发育在欧洲赫不里底和苏格兰西北部的片麻岩山系，与北美洲拉布拉多半岛同期片麻岩褶皱相呼应，构成了伸展于欧洲和北美洲的第三条褶皱带。它在欧洲大体为东北—西南向，在北美洲则呈东北—西南向到东西向。这可以用北美洲在向西漂移时，作了一定角度的旋转来解释。

除了三条古老的褶皱带可衔接之外，在把欧洲和北美洲拼合起来的时候，分布在两个大陆北部的第四纪冰川的终碛也可以非常协调地接合为一体。

凡此种种，都可以说明北美洲大陆和欧洲大陆在地质史上曾经是一个整体，直到第四纪大冰期以后，整体的大陆才开裂，北美洲和欧洲才渐渐地分开了。

魏格纳在从地质方面对大陆漂移说进行论证的同时，还充分地利用了“陆桥说”积累的丰富的古生物和现今动植物方面的资料，探讨论证大陆漂移的可能性。

陆桥说依据不同大陆上古生物的一致性和现代动植物区系的亲缘关系，提出这些大陆曾经由其间的“陆桥”联接在一起的论点。1917年德国人阿尔德脱曾经对当时二十几位陆桥说的专家对于各地质时期是否存在“陆桥”的意见，进行了统计归纳研究，绘了一张图表（见图4）。其中，上面的黑