

The Idea of Earth Expansion under the Theory of Plate Tectonics: A Historical Perspective And Literature Review

Henry Zhen

Harp Consulting, San Francisco, California, United States

Email: henryzhen@yahoo.com

Received: July. 6th, 2019, published: July. 9th, 2019

Abstract

The theory of Earth Expansion or “Growing Earth” was once the main supporter of the Wegener Continental drift hypothesis in the early days. However, after the geological phenomena such as the submarine geomagnetic strip and the “Benioff zone” were discovered in the middle of the last century, the concepts such as the “seafloor expansion” and “subduction zone” had been raised in the international geoscience. The theory of plate tectonics has been widely accepted and recognized by geoscientists due to its more intuitive and logical self-consistency. It has become the mainstream theoretical framework of geoscience after World War II. Meanwhile the theory of Earth Expansion has been marginalized and even been considered as “Pseudoscience”. However, in recent years, along with the advancement of earth sciences, while explaining many of the questions in the theory of plate tectonics, many evidences that are beneficial to expansion theory have also been found. This paper will review and analyze these evidences from the empirical and literature aspects, which provide a different professional perspective for the development of earth sciences, and discuss the possibility of expansion theory as a framework for geoscience analysis.

Keywords

Plate Tectonics, Earth Expansion, The History of Earth Sciences

板块构造理论背景下的地球膨胀论：历史回顾和文献综述

Henry Zhen

Harp Consulting, San Francisco, California, United States

Email: henryzhen@yahoo.com

收稿日期：2019年7月6日；发布日期：2019年7月9日

摘要

地球膨胀论曾经是魏格纳大陆漂移假说早期的主要支持者，但上世纪中叶在海底地磁条带和“贝尼奥夫带”等地质现象被发现后，随着国际地学界“海底扩张”和俯冲带等概念的提出，板块构造学说以其更为直观和逻辑自洽而获得了地球科学家的广泛接受和认同，成为战后主流的地学理论框架，而地球膨胀论则被边缘化甚至被“伪科学”化了。然而近年来的地球科学进展在解决板块论所面对各种新老问题的同时，却也发现了许多对膨胀论有利的证据。本文将从实证和文献方面对这些证据进行综述和分析，为地球科学的发展提供一种不同的专业视角，并讨论膨胀论重新作为一种地学分析框架的可能性。

关键词

板块构造理论，地球膨胀论，地球科学思想史

1. 引言

板块学说和地球膨胀论

与地质学早期的理论作比较，板块学说是第一个在地学研究领域被全面和有效运用的“全球构造学说”。从“水成论”“火成论”争论到“地槽地台学说”，本质上就是地学界从对岩石形成到山脉形成的逐步理解过程，从某种意义上说，并不是魏格纳的“大陆漂移说”导致了新的全球构造理论的出现，而是二战以后地球科学发展的自身需要才导致了此前被“主流”地学界拒绝并视为是“伪科学”的大陆漂移说获得“新生”。新的地质现象的发现(洋底地磁条带)使地学界急需一种新的“范式”来重新理解和发展地球科学，“大陆漂移”正巧就是一个现成选择对象。也正是由于这场地球科学中的“范式转换”所隐含的目的其实仅止于满足对地球表面(地壳)的“全球构造体系”研究的需要，加上地球深部探索技术能力方面的限制，决定了像“膨胀说”这种“非必要”和“力所不能及”的理论假设很难被当时主流科学界接受或认真对待，这不仅由于“膨胀说”自身在理论和实证能力上的缺陷，同时也是地科领域“供求关系”的客观环境所决定的一种“舍弃”。人类的地球科学研究从“点(岩石)”到“块(山脉盆地)”，再到“面(全球地壳的构造)”，要再进一步才能走到“体”，是环环相扣，缺一不可的，并没有“弯道超车”的可能。“板块学说”从根本上来讲是一个“二维”的地学理论，然而这是地球科学必须经过的一个阶段。虽然由于动力学方面解释和论证的需要它最终也不得不涉及地球内部的构造问题，但其侧重点还是为地表的运动“寻找理由”，而不是专注于地球内部构造本身的演化和运动本质，因为从根本上来讲它是“plate tectonics”，尚不是“earth tectonics”。当然这种“寻找理由”的本身和地球内部勘测技术的进步也必然会导致人类对地球内部的认识不断加深，为新的地学革命或“范式转换”奠定基础。

“地球膨胀”设想的出现其实要比魏格纳的“大陆漂移说”更早。从培根、达尔文、特斯拉。到被杨振宁称为是“20世纪最伟大物理学家之一”的诺奖得主狄拉克等都独立提出并论证过地球膨胀的设想[1] [2] [6]。迄今为止，“地球膨胀说”在地学界比较活跃的时期也是在上世纪30~50年代，大陆漂移和宇宙膨胀的提出，德国工程师和科学家 Ott Christoph Hilgenberg 认为“大陆漂移”的原因就是由于地球的膨胀，但英国地球物理学家赫尔姆斯(Arthur Holmes)则提出了地幔对流导致大陆漂移的设想[4] [5]。北美大陆的“主流”地学家们由于对大陆漂移的拒绝，所以地幔对流和地球膨胀自然也都被他们归之为“伪科学”而不屑一顾。二战使得世界科学的中心从欧洲转到美国，50年代末海底地磁条带发现，曾是

海军军官的地质学家 Harry Hess 提出了“海底扩张”的假说[7] [8], 魏格纳的“大陆漂移”学说终于被主流地学界正视, 而对其动力来源的两种解释也随之进入主流学界。其实在开始时“膨胀论”作为一种比较直观的解释还是很有竞争力的。不仅欧洲澳洲的地学家如 S. Warren Carey 提出了完整的地球膨胀学说, 美国地球科学家 Bruce Heezen [9]和若干年后成为板块构造学说大师的多伦多大学教授 John Tuzo Wilson(威尔逊旋回、转换断层、作为地幔柱理论前驱的夏威夷岛链下的 hotspot 假说等等最重要的板块构造概念的创立者)都曾经是地球膨胀论的强力支持者[10]。在这场地学革命的辩论中, 最终决定板块学说胜利的是“俯冲带”设想的“确认”, 这使得地壳在表面积不变的条件海底扩张的假设得以成立。在发现海底磁条带之前的 1949 年, 加州理工的 Hugo Benioff 和日本气象局的 Kiyoo Wadati 分别独立地发现了太平洋东西两边对大陆弧向下倾斜的地震区域, 这个斜向地壳深部的地震条带或板片被命名为“Wadati-Benioff zone” [11], 国内通常就简称为“贝尼奥夫带”。板块学说有了“俯冲带”这个核心的概念, 这个假说就在逻辑上和可观测性上获得了科学理论所必要的自治和完整性, “地球膨胀学说”却因无法解释膨胀的动力能量来源和物质来源而被主流地学界边缘化, 被再次归为“伪科学”。

从某种意义上说, 板块学说并不是“战胜”了膨胀说, 而是主流地学界“选择”了板块学说。曾有科学史学家问板块学说的一位主要奠基者: 为什么遍查文献却找不到当年板块构造学说与地球膨胀说之间的“论战”的资料? 回答是: **no need- “没有必要”** [12]。究其原因, 一是板块学说以简洁的方式解释了当时所发现的地质现象, 尤其是海底构造, 形成了“足够的”理论自治, 而膨胀说却是加剧了对地质现象理解的复杂性。并且由于技术条件限制, 倘若接受膨胀说为地学理论框架很可能导致地学研究的非实证化, 后果又必然是地学发展的停滞。另一方面, 战后地球科学的发现和发展也迫切需要一种新的以“移动论”取代“固定论”的理论框架, 即以动态的全球地壳构造运动为对象的新分析工具来取代旧的以局部和静态的地质现象为对象的旧框架如槽台理论等, 板块学说正是在这个时代急需的档口填补了空白, 促成了一场经典的库恩式的“科学范式革命”。

2. 膨胀论的主要观点和近年来地球科学进展与之相关的一些案例

膨胀学说在被国际主流地学界“忘却”以后, 虽然还是有若干坚持研究的专业人士如 Carey, Maxlow 等, 但随着科学研究的中心转移到更注重实证和技术性的美国, “体制外”的膨胀论逐渐沦为民科的活跃地带, 尽管欧洲澳洲亚洲还是偶然还有一些地球科学家作为“业余爱好”在进行探索, 但他们的努力至少就在我看来并没有获得任何在学术上足以使膨胀说“起死回生”的突破[13]。但值得注意的是近几十年来许多对膨胀说有价值的实证性发现反而都是由支持板块学说的学者提出的。目前的膨胀论有几个方面值得关注:

2.1. 地球重力加速度递减现象

地球的重力加速度-G 值会随着时间而逐渐下降。这个假说是 1933 年的物理学诺奖获得者、量子力学的奠基人狄拉克提出的[10] [14]。他认为从宇宙学的角度来看, 天体之间的引力是随着时间的推移而缓慢减小的, 所以地球现在的 G 值要小于早期地球。特斯拉也发表过类似观点的论文[3]。由于 G 值的减小, 地球引力下降, 地球就会出现膨胀, 其半径也会增长。与此同时, 地球的自转速度也会随着这种自身的膨胀而下降。膨胀论者认为, 地球早期一年天数远多于现在的原因, 不仅是地月之间的潮汐作用, 也与地球膨胀相关。有意思的是, 近几十年来地球重力卫星勘测技术的发展, 在板块构造理论主导的地学界所获得的重力数据竟然在某种程度上证明了狄拉克这个假说。1964 年到 1992 年地心引力常数的测定值 [15], 如表 1 所示:

Table 1. The measured value of the gravitational constant
表 1. 地心引力常数测定值[15]

年份	$G_M/\times 10^9 m^3/s^2$	年份	$G_M/\times 10^9 m^3/s^2$
1964	398603.00	1968	398601.15
1965	398602.20	1972	398600.80
1967	398601.30	1976	398600.50
1968	398601.22	1992	398600.44

由以上观察数据可知， G_M 值得变化有两个特点：

1) G_M 值呈逐年下降趋势，如果另 $K = G_M$ ，则有： $K = \frac{dG_M}{dt} < 0$ ，或 $\frac{K}{K} < 0$ ；2) G_M 的下降值每年不同，即逐年下降值是不均匀的。

在地球膨胀论者中，最早用狄拉克的 G 值下降假说来构造自己理论的是 Pascual Jordan，他是德国著名数学家和理论物理学家，对量子力学有很重要的贡献[14] [16]。但由于他的著作 *The Expanding Earth: Some Consequences of Dime's Gravitation Hypothesis* 是用德文写的，加之二战德国的背景，所以并没有得到太多关注。一些著名的科学家如最早提出地幔对流的 Auther Holmes 和后来对板块构造理论形成有重大影响的 Tuzo Wilson 以及对“宇宙大爆炸”和恒星形成理论贡献甚巨的 Fred Hoyle 也都曾经依据狄拉克引力下降观点而曾强力支持地球膨胀假说[17]。1965 年匈牙利地球物理学家 Egyed 还在 *Nature* 上发表了以“*The Expanding Earth*”为标题的论文，可见在上世纪 60 年代，膨胀学说还是在“主流”圈子里的。Egyed 教授根据狄拉克的理论计算出在 20 亿年前地球的 g 值是 16.6，并估算当时地球半径大约在 5379 公里左右(目前的 g 值是 9.8，地球半径约 6370 公里左右) [18]。如表 2 所示：

Table 2. The gravitational constant G , Earth's surface gravity g , Earth's spalaeoradius R at times T [17]
表 2. 地心引力常数 G ，地表引力 g ，古地球半径 R ，以及对应的时间 T .[17]

年代(10^6 yr)	纪元	$G(10^{-11} N m^2 kg^{-2})$	$g(m s^{-2})$	$R(10^4 m)$
[21] 2000	Orosirian	8.00	16.6	537
1000	Tonian	7.34	12.7	587
500	Furongian	7.00	11.2	612
250	Early Triassic	6.83	10.4	625
0	现在	6.67	9.8	637

但在“地球膨胀”的圈子里通常把另一个德国人 Ott Christoph Hilgenberg 和他的著作“*About the growing Earth*”作为经典，他是个工程师和业余地学研究者，受当时魏格纳“大陆漂移”的启发，认为不仅大西洋两边的大陆边缘是可以吻合的，而且整个地球的大陆都可以拼合成在一起，形成一个“小地球”。之所以在传统的“地球膨胀说”研究圈里，把 Hilgenberg 而不是 Jordan 作为经典始创者，很大程度上是与主要的膨胀论者如澳大利亚 S. Warren Carey 教授和目前 James Maxlow 博士等并不支持狄拉克的引力常数下降的理论，反而是认为在地球史上的引力是逐渐上升的！他们认为地球自形成以来每天都接受了大量的宇宙尘埃和各种陨星的轰击，致使体积不断地增大，引力常数也会随之上升。他们认为史前之所以有巨型动物如恐龙、巨型昆虫如超过一米的蜻蜓等就是因为当时的地心引力小于现在[19] [20]。

目前也有地球膨胀研究者是支持引力常数下降的，如国内武汉大学申文斌教授发过相关的论文，论

证由于 G 值下降而导致的地球自转减速[21]。国内老一辈的膨胀学说倡导者和支持者如王鸿祯院士马宗晋院士叶叔华院士等也是赞同引力下降的[22]。虽然由于地球转速的减慢使得地球表面的离心力减少会使地表物体“增加”些微重量，但在地球总质量恒定的条件下，如果球半径增加，而且地体内部圈层的密度比不变的话，地表物体距离地心越远其重量的显示就会越轻，因为引力下降了。推荐一篇前面提到过的近年相关论文：H. Kragh Expanding Earth and declining gravity: a chapter in the recent history of geophysics [17]

另一个近年能够支持狄拉克 G 值下降的案例是存放在巴黎国际计量局(BIPM)地下室里近百年，被精心保护并有多层真空玻璃密封的 IPK-International Prototype of the Kilogram 即“国际标准千克原器”在近十几年的测试检验中被发现竟然比原标准值减轻了 50 微克！经过反复测试排除了各种出错的可能，而且在其他地区保存的千克原器的备份也发现了同样的状况。或许地球引力下降是一种可供选择的解释[23][24]。

2.2. 地球半径在地质史上是否确实变大？

Size dose matter, 这是膨胀学说的核心。NASA 在 1990 年代做了卫星大地测量，发现在那些年里地球半径平均每年只增加了大约一根头发丝那么多，因此有人认为地球的半径目前并没有增大(Wu, 2011) [25]。而地球膨胀论原有的观点是：地球的半径变化在地质史上并不是逐年均匀扩大，而是像地质史上的其它重大事件一样也有突发期和“安静期”。Maxlow 博士也专门把冰川期和膨胀期的周期出现做了对比分析[20]。你不能在早上 8 点整到 8 点 05 分之间测上几次姚明的身高，就断言：姚明先生，根据我们刚才 5 分钟里对你身高的测量研究，你的身高并没有增加。所以你生下来到现在身高就一直是 2.29 米！

最近半个世纪以来，卫星激光测距等空间探测技术和 PGS 的发展为地球科学提供了大量数据，有许多地球和行星科学家对地球的半径变化依据不同的资料做了研究。如前面提到 NASA JPL 科学家 Xiaoping Wu, 意大利的 Giancarlo Scalera [27]教授，国内叶叔华院士傅荣珊教授申文斌陈志耕教授等都有相关的成果[30]。所得出的地球变动数据有从每年几厘米到“一根头发丝”。有趣的是这些数据的地球半径“变动”都是增长，没有减少的。陈志耕列过一个有部分研究者成果[27][28]如表 3 所示：

Table 3. In recent 20 years in space geodesy techniques test results the size of 10a~25a the radius of the earth changes
表 3. 最近 20 年来多种空间大地测量技术方法检验 10a~25a 尺度地球半径变化的主要成果[27][28]

作者(发表时间)	膨胀地球半径增长率的得出途径与方法	半径增长时期/a	平均半径增长率(mm/a)
Gerasimenko(2003)	对 NASA 提供的甚长基线干涉测量(VLBI)数据进行处理计算得到	20	0.20
陈志耕(2004)	依据 LVBI、GPS、SLR 三种空间大地测量技术实测得到的地球南北中纬度的纬圈长度年变化率数据中比较分析得到。	15	0.20
申文斌等(2008)	采用高精度 GPS、VLBI 空间大地测量数据综合解算所得 ITRF 和 ITRF2000 站坐标速度，以 Delaunay 算法生成三角网逼近计算地球体积变化得到	10	0.54
孙榕等(2010)	依据最新版本的国际地球参考框架(ITRF)中的 GPS、VLBI、SLR、DORIS 等四种不同的空间大地测量技术给出参数联合解算的地表速度场得到	10	0.10
Shen.WB et al. (2011)	GPS、VLBI、SLR、DORIS 等空间大地测量与时空重力测量方法相结合的综合方法	10	0.20
Xiaoping Wu et al. (2011)	GPS、VLBI、SLR、DORIS 等空间大地测量数据新的数据处理技术	25	0.10
	其中四项空间大地测量检验结果的平均值		0.15

一项以百万年为时间单位的全球构造演化研究却以眼前几年的微小变化为依据是难以在科学领域里服众的。大尺度的宏观历史事件的真相完全可能与眼前微尺度现象不同甚至相反。在这点上传统地质学的“将今论古”方法或许会把相关研究带入歧途。

2.3. 印度洋板块真是“高速漂移”跨过半个地球撞上欧亚板块的吗？

虽然板块学说和地球膨胀说都是从魏格纳注意到的大西洋两边大陆边缘的吻合特征为起点的，但板块学说的创立更多与太平洋有关，如海底地磁条带、贝尼奥夫带(俯冲带)、转换断层、岛弧-海沟系统、夏威夷岛链形成的“热点”等等，膨胀学说却似乎更关注印度洋。从早期的 Carey 教授、到后来的 Maxlow 博士马宗晋院士、杨槐先生等都是借助印度洋来展开他们的设想[5] [20] [22] [31] [32]。目前地球上的确是北半球多大陆，南半球多大洋，印度洋似乎是一个由北向南撕开扩张的巨型三角形大洋，故他们有“地球非对称膨胀”或“地球是北收南涨”的说法。在板块学说中印度板块是在约 1.8 亿年前冈瓦纳古陆开始破裂后，在大约 5 千到 8 千万年的时间里以每年 20 厘米的速度向北“狂奔”，跨过几乎半个地球(6400 公里)，把个浩瀚的新特提斯洋完全挤没了，撞上欧亚大陆，导致喜马拉雅山脉迅速隆起。虽然板块学说的研究者对印度板块最终撞上欧亚板块的时点有不同的看法，但基本运动过程是有共识的。如图 1 所示：

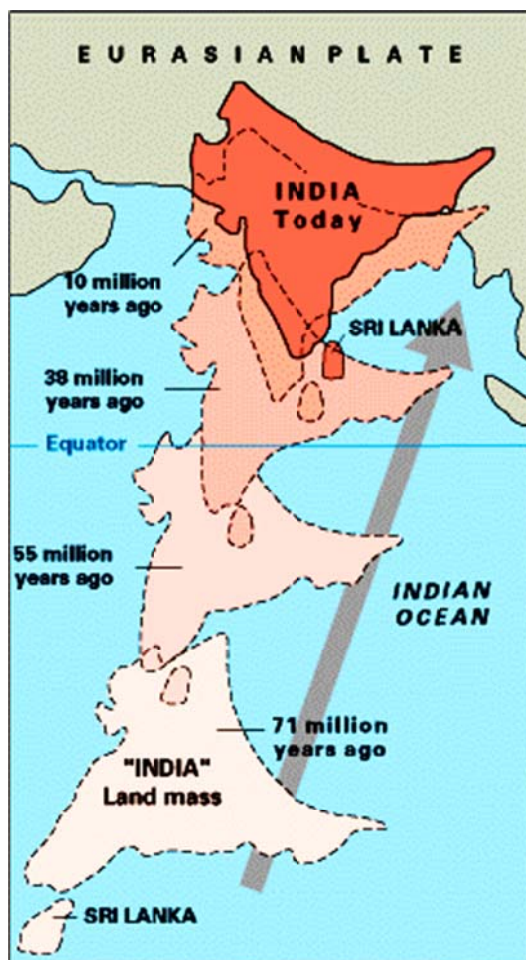


Figure 1. Northward migration of India
图 1. 向欧亚大陆“漂移”的印度板块

这个运动轨迹是有古地磁所反映的纬度记录为依据的，其他板块移动的速度每年不到 5 厘米，为什么印度板块会跑得这么快？这一直是令地质学家们费解的迷思。NATURE 上近年曾过两个解释：07 年有个德国的研究认为印度板块是“超薄型”，其厚度只有其他板块的 1/3，重量轻了，跑得也快。2015 年有个研究团队从喜马拉雅山附近多条缝合线考察，认为当时在印度洋板块和欧亚板块之间另有一个厚重的板块，这个板块前后有两个俯冲带，后来潜没到了欧亚板块之下，就是这两个重量级的俯冲带拖拽着印度板块朝着欧亚板块加速，“跨过半个世界来相爱”了。然而，膨胀论者不是这样看。膨胀论认为这个印度板块本身就是欧亚板块的一部分，两者压根就没有分开过。由于地球南向膨胀，印度板块与南极洲非洲澳洲破裂开来，地球球面向南急剧膨胀也造成印度地块北上“缩移”。同时由于原始地球的半径小于现在(Carey 认为只有现在的一半[5][19]，记得马宗晋王鸿祯两位院士认为是在目前半径的 70~80 之间。另外，最早把板块学说引进中国的学者之一，长期从事青藏高原形成研究的肖序常院士则根据他对喜山地区的蛇绿岩分布的广泛勘查研究认为：根本就不存在什么“特提斯大洋”，印度板块并不是跨过了 6 千公里才撞上欧亚板块的[35]，(他也是地球非对称膨胀的支持者)，所以在当时的那个“小地球”上，印度地块移动的距离和速度并没有像板块论者认为的那么夸张，而且古地磁的记录同样也可以对应当时印度板块的纬度位置。另一方面，膨胀导致的原有地壳曲率小于膨胀后的新的地球球面曲率，造成原陆壳的向北收缩和隆起，形成了喜马拉雅山脉。如图 2 所示：

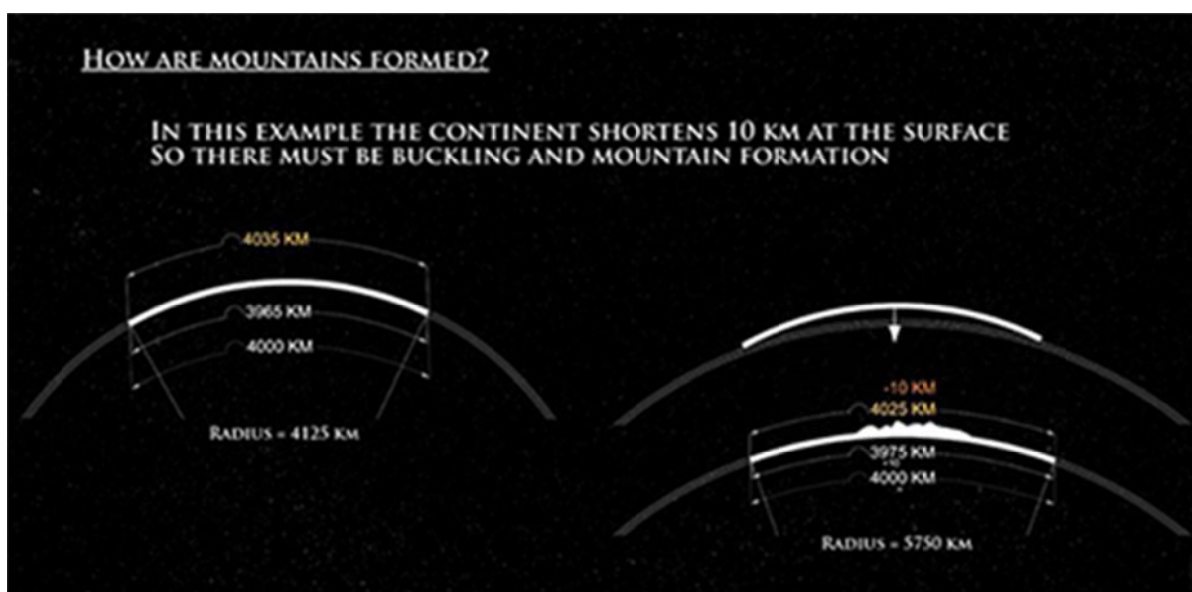


Figure 2. An illustration of "curvature tectonics"

图 2. “曲率构造运动”示意图

有意思的是，这种被我称之为“曲率构造运动”的现象在许多研究者接受或“独立发现”地球膨胀说后常常也会“独立提出”类似观点，这不仅在 Carey 和 Maxlow 的著作中，也在海内外专业或业余的众多膨胀论者中，甚至更早的膨胀论倡导者中如：blinov、Heezen 等都有涉及[36]。从膨胀论者看来，这种地球球面新旧曲率不整合的动态过程不仅对运动板块移动有重要作用，而且对理解喜马拉雅造山运动和当地各种地质发现也很有意义，这不仅导致了喜山下面缺乏“山根”的“反重力均衡”现象，也可以解释为何喜山之下存在“Channel flow”的地质特点(李德威教授将类似现象称之为“层流构造”)[37]。此外，青藏高原隆起挤压形成的印度洋板块和欧亚板块之间达数千公里地壳的收缩现象与李德威教授

1990年青藏高原发现的正断层伸展构造现象之间的矛盾[38],如果用膨胀说的“曲率构造理论”来解释,你会发现在逻辑上它或许比板块学说和李德威老师的“层流构造说”更为有效并合理。同理,这种“曲率构造运动”所造成的地体构造性褶皱也就解释了为何青藏高原多“缝合带”的原因,甚至也许就是肖文交教授等发现的在喜马拉雅山脉南麓尼泊尔一带也可能存在缝合线的缘由。这种地球南向的“不对称巨量膨胀”和欧亚-印联合板块的北向曲率收缩导致的拖拽也可能就是在近年印度洋底考察所发现的“洋底古陆残块”和地幔直接出露的情况的原因(任纪舜院士等『寻找消失的大陆』[39])。

如果说以上关于膨胀论中印度板块的讨论还更多是一种理论推导,那近年真正对印度板块与欧亚板块关联问题作出有价值贡献的并非膨胀论者,而是主流的板块论学者,尤其是古生物学家。凡是对魏格纳“大陆漂移说”有一定了解的人都知道他所发现的各大陆生物关联证据图[2],如图3所示:

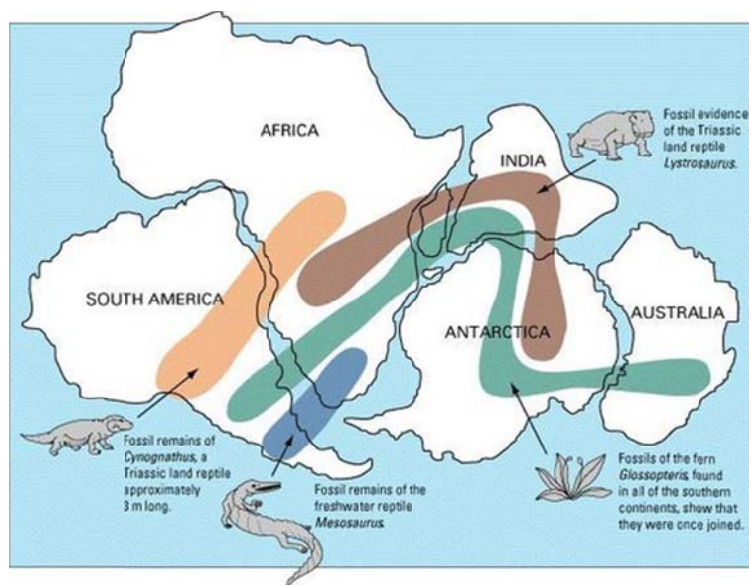


Figure 3. The continental drift fossil evidence [15]

图3. 大陆漂移的化石证据[15]

不同板块上存在同类古生物化石的现象是魏格纳提出“大陆漂移说”的三个主要依据之一(另两个是大西洋两边大陆的边缘吻合和冰川覆盖痕迹)。根据板块构造理论印度板块远离欧亚大陆,有近亿年“孤独地”向北漂流的过程,所以应该是完全没有与欧亚大陆的生物交流的。然而近年许多古生物发掘和研究似乎并不认同这个结论。

1) 在1986年的一项针对印度德干高原和青藏高原内地动植物比较研究中,德州理工大学的两位古生物学家 Chatterjee 和 Hotton 教授得出结论:印度次大陆从来没有远离亚洲。(Indian Mesozoic and Tertiary vertebrates show closest similarities to those of Laurasia, indicating that **India was never far from Asia**) [40]

2) 2010年柏林大学古生物学家 Jes Rust 教授和纽约自然历史博物馆非脊椎动物部的馆长 David Grimaldi 教授的团队在 PNAS《美国国家科学院学报》发表长篇文章,公布他们对一块在印度西北海岸发现的重达150公斤巨型琥珀的研究。在这块琥珀里竟然含有700多种远古昆虫类节肢动物如蜘蛛苍蝇等和一些远古植物花草。研究表明:尽管有地质证据显示这个地块一直独立地漂移了大约一亿年,然而这块琥珀里发现的古生物却表明它们与在北欧等地找到的生物种类有密切的关联。居然跟北欧也搞在一起了,那应该就是欧亚大家庭中的一员了吧(Geological evidence shows that the landmass had been drifting

independently for about 100 million years at the time, but the organisms in the amber are closely related to other species found in northern Europe, Australia, New Guinea and tropical America). [41]

3) 2017 年德国斯图加特国家自然历史博物馆 FraukeStebner 博士研究团队在一块来自印度古街拉特邦近 6 千万年前的琥珀中发现一种蕈蚊, 这种小昆虫也曾在北欧同期波罗的海琥珀中发现。因为有板块运动的证据印度地块是自 1.3 亿年前就与冈瓦纳古陆分离了, 此后向北孤独地漂移了数千万年。这些小昆虫是不可能从印度和北欧之间飞越近万公里的。在这种条件下如果有类似的物种交流, 也许需要再引入当年被魏格纳废了的“陆桥”。“**This issue remains difficult**”, she adds. **“Insects in Cambay amber can add pieces in a huge puzzle.”**。Stebner 博士指出: 这些在印度琥珀里的小昆虫可以给现有的板块构造理论添上“一个巨大的困惑” [42]。

“For many years, the well-established theory stated that India formed an isolated continent during its drift, allowing a highly endemic biota to develop. However, flies and other insects entrapped in Indian amber continue to reveal faunal connections to different epochs and regions of the world.”

或许膨胀论者可以模仿魏格纳的“大陆漂移生物关联图”, 在北欧和印度大陆之间画一条物种交流标志来表示印度和欧亚板块本来是一家?

2.4. 今天的大陆地壳是否曾覆盖或者说“包住了”整个初始地球(初始地球是个“小地球”)?

膨胀论者(如早期的 Hilgenberg, Carey 教授等, 到后期的 Maxlow 博士, 以及国内马宗晋院士或“民科”杨槐等)都认为现存陆壳面积大致上就等于初始地球表面的整个面积, 而现在占地球表面达 70% 的洋壳面积则是在地球膨胀的过程中逐步形成和增加出来的, 因为所有已知大洋的年龄都还不到 2 亿年。Barnett 在《自然》1962 年 8 月刊上还发表了论文“A suggested reconstruction of the land masses of the earth as a complete crust” [43]。这个论点与板块构造学说的地球半径始终恒定、地表总面积自从地球形成以来没有变化的前提有着根本的不同。早在 1940 凯恩德尔(Keindl, 1940)就认为原始的硅铝地壳曾经完全包裹着整个地球, 后由于张力作用, 硅铝壳发生分离而形成了海洋。也就是说, 是由于地球的膨胀使得硅镁层海洋地壳出露到地球表面, 并使硅铝层陆壳成为“洋壳上的孤岛” [44]。

近几十年来, 地学界对全球克拉通古地块作了广泛的考察, 以 TTG(奥长花岗岩-英云闪长岩-花岗闪长岩)为标志的太古宙岩石成因和太古宙高压麻粒岩地体成因研究一直是地学的热点, 因为这直接关系到地球初始地壳的形成和状态。在板块学说的地体理论逐步“成熟”的过程中, 俯冲带岛弧边缘形成的安山岩质建造被认为是陆壳增生的重要形式, 并被推广到早期地球原始陆壳形成过程。然而这种把板块增生的海洋模式直接用到陆壳形成的假设与早期地球没有板块运动的状况产生矛盾, 造成“一种假设需要加上另一个新假说来补漏洞”的困境。张旗教授在上个世纪研究花岗岩形成时就指出过这个方法上的问题。他指出“花岗岩研究存在的三大误区: 1) 不恰当地仿效玄武岩的理论和研究方法, 忽视了花岗岩的复杂性。2) 不恰当地用板块构造学说解释大陆花岗岩问题。板块构造是地球演化到一定阶段的产物, 并成功解释了与板块边界相联系的岩浆活动, 但是, 它不能解决主要来源于大陆的花岗岩的地质问题。3) 太过重视花岗岩的地球化学研究而忽视了对花岗岩基础地质的研究” [45]。

近年来, 在主流的板块构造学者中也通过对加、澳等地克拉通上的 TTG 岩石的考察和实验室模拟认为初始地球的确可能是被整片“静止硬壳”所包裹的。这就是“stagnant lid”假说。2017 年由澳大利亚科廷科技大学的地球物理学家 Tim Johnson 教授和美国马里兰大学地质学教授 Michael Brown 等在 Nature 上发表的论文对这个假说作了更为深入的论证。他们对西澳大利亚的古花岗质地体 East Pilbara Terrane 上的 TTG 岩石进行检测研究, 并对岩石进行了热力学计算, 并展示岩石的相位图。指出: Pilbara 的古花

岗岩石是在高热梯度的环境下，由 Coucal 玄武岩或相似物质融化的结果。这种玄武岩也来自最初的岩石层。所以他们认为地球最初就是单一的“静止盖层” - “stagnant lid” [46]。他们的这个论证与张旗老师多年前提出的早期长英质的花岗岩体是由镁铁质原始地壳重融而形成的理论很接近。当然，作为板块论者他们的这项研究回避了地球半径问题，但留下了悬念：如果地球半径未变，那就必须解释其余的陆壳到哪里去了？也就是说原始的陆壳中的高达 70% 部分消失了，是下沉到地幔中去了吗？这就变相说：在地球的整个地质史上的地壳构造运动主要不是板块理论中的洋壳扩张俯冲“威尔逊回旋”，而是大片古陆潜没消失的大规模陆壳构造运动！这又是一个悖论。从某种角度来说，这篇论文或许可以被认为是一份“地球膨胀论”的“文献”。

2.5. 为什么诸多大陆的轮廓(倒三角)和位置(南北半球大陆北多南少分布的非对称性)?

无论是在中文还是英文的网络上都经常可以看到这些问题：为什么地球上大陆的南端都是呈三角形形状？Why do most continents look like southward-pointing triangles? Why are continents wider at the north and tapering towards the south?为什么大陆的形状都是北宽南窄？先来看看到底是不是，见图 4 所示：

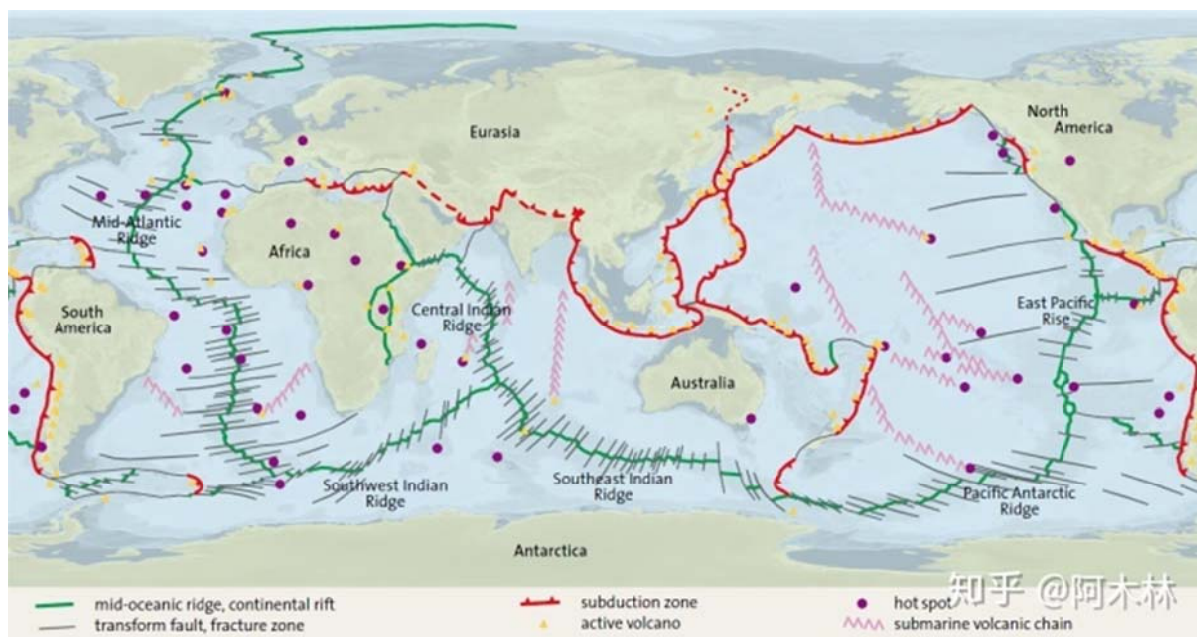


Figure 4. The shapes of continental plates

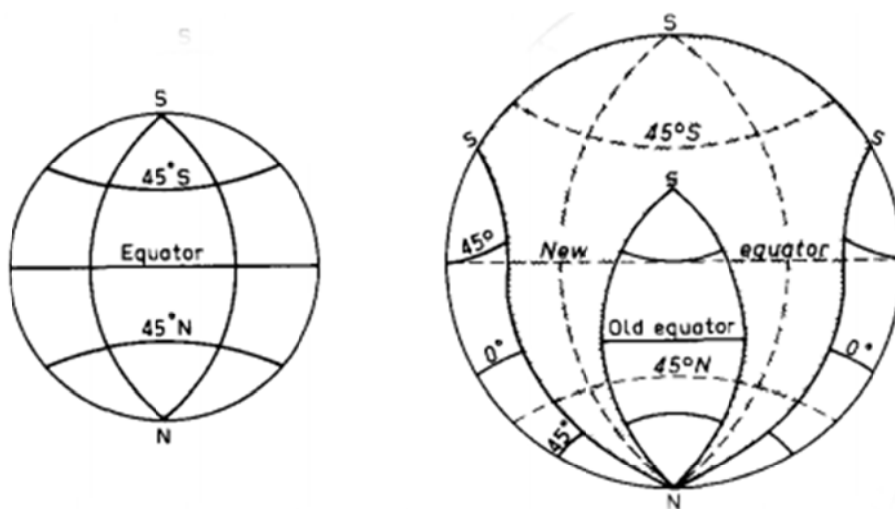
图 4. 大陆板块的形状

目前地学主流的解释是：由于板块在不断地运动，现在的大陆轮廓只是地质史上的巧合。然而，地球膨胀论者对此却有不同解释和视角。

上个世纪 2、30 年代，魏格纳提出大西洋两边的非洲和南美洲的大陆轮廓可以吻合的设想，启发了某些欧洲学者，他们发现：如果把地球上所有的海洋都“删去”，将所有的大陆密贴在比目前地球小一半的球体上，竟然也是可以吻合的！魏格纳的老乡德国工程师兼业余地质学家 Hilgenberg 就是其中之一 (1933)。此后，澳大利亚的 Carey 教授 [5]，伦敦圣汤姆森医学院的生理学家 Barnett 医生 (1963) [47]，英国新堡大学物理学教授 Creer (1965) [48]，东德地球物理学家 Vogel 博士 (1977) 及 Carey 去世后的国外膨

胀论“领军人物”Maxlow 博士等人，和 80、90 年代国内的王鸿祯马宗晋院士以及“民间地学家”杨槐先生等都做过类似的“拼图”工作[18] [19] [20] [22] [30]。而且其中 Barnett 医生和 Creer 教授的相关论文当时都是发表在 Nature 上的[43] [48]。这些膨胀论学者认为：就像魏格纳先生的大西洋两边大陆的海岸线吻合并非偶然，整个地球上各个大陆的边缘轮廓的构成也不是地质史上的巧合，而是类似于魏格纳的“大陆漂移”推定，但因为是全球地壳的破裂，所以他们的结论就是发生了“地球的膨胀”。Carey 还专门分析了为什么许多大陆会形成“北宽南窄的三角形”的原因，他认为这是由于地球相对于赤道平面的“非对称膨胀”。南半球剧烈膨胀的结果就必然造成某些大陆指向南极的“倒三角形”的大陆轮廓，并致使大陆被挤到北半球。Carey 的“非对称膨胀模式”也在几十年后为中国支持膨胀论的学者所接受(或独立地“重新提出”)并发展。马宗晋院士等完成了“地球的非对称性”的专著，叶叔华院士为之作序[22]。王鸿祯院士也在 80 年代末发了论文。杨槐先生在其专著中则以印度洋形成为例提出了“地球非对称巨量膨胀”的构想[30]。

Carey 教授关于非对称膨胀和许多大陆呈现“倒三角”轮廓的研究论文中的示意图(注意，因为他所在的澳大利亚是在南半球，因此他的地球是与我们通常看到上下颠倒的，南极在上，北极在下，所以对他来讲，那些大陆的形状是“正三角”)，如图 5 所示：



Migration of parallels of latitude across continents during asymmetrical expansion

Figure 5. Prof. Carey's expanding earth

图 5. Carey 教授的地球膨胀示意图[49] [50]

关于地球大陆的现有形状 1969 年麻省理工学院的物理学家兼业余地质学家 Robert Meservy 教授在一项研究中指出：如果没有地球膨胀，由泛大陆解体而产生的现代大陆轮廓在拓扑学上是不可能的。他的这个结论后来又由英国博物馆的 Owen 用更为精确的制图学和由怀俄明州的 Perry 用计算机模拟作了进一步的证实[50]。上节末所提 Barnett 医生 1962 年在 Nature 上所发论文也论证了这个问题。马宗晋院士宋晓东教授等学者的论文『地球南北半球的非对称性』也对此进行了讨论[51]。

回答这个问题其实可以有更为直观的方法：如果你手边有个地球仪，仔细观察一下就可以发现其上面的图像是用分割成柳叶状的图一片片贴到球体上去的。在贴到球面上去以前就如图 6 所示：



Figure 6. The making of a tellurion

图 6. 地球仪的制作

贴上去就是地球仪上的地壳图面了。但是，如果如果这些柳叶状的条片都是陆地，展现的是整个“Stagnant Lid”-早期地球的原始地壳，当地球发生 Carey-杨槐-马宗晋等膨胀论者先后提出不对称膨胀模型：南半球剧烈膨胀的情况，就是要把原有的”柳叶片”在一个半径扩大的球体上，北半球基本照贴成半球。南半球则因曲率变化而成“开放状”，这时我们就可以看到一个“大陆多集中在北半球，许多大陆形成了北宽南窄的倒三角”的地球了。(如图 7 所示)。嗯，不要跟膨胀论者争辩什么大洋洲和南极洲没有尖角，因为在 2 亿年前地壳在南半球开始破裂时，澳洲和南极洲还是贴在一起，而且这个“不对称巨量膨胀”是沿着南极地块的边缘开始的。

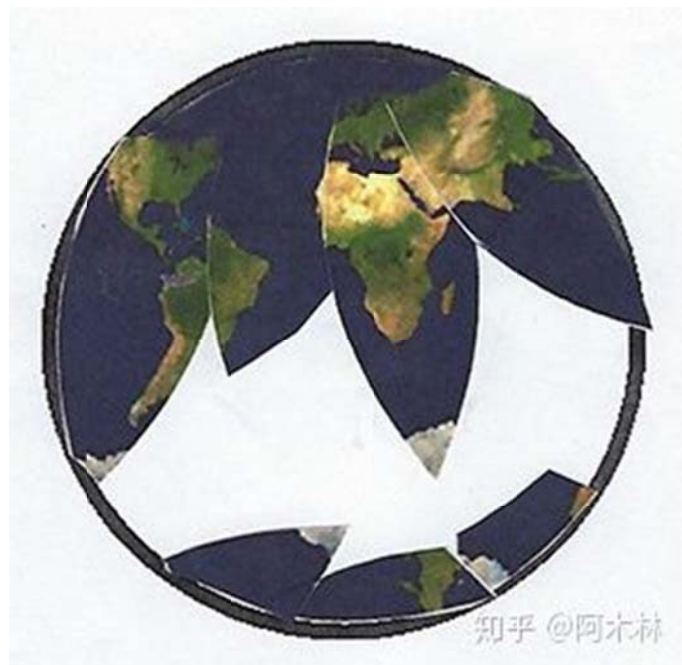


Figure 7. If put the “skin” of a small tellurion to a big tellurion

图 7. 如果把一个小地球仪的“皮”包到一个大地球仪上，就会形成一种“北宽南窄”的轮廓

2.6. 岛弧和海沟为什么多数是凸向洋壳？

Carey 教授早在 1958 年分析太平洋演化时已有涉及。在太平洋演化的问题上，膨胀论者与主流的板块学说有着截然相反的看法。

太平洋海底地磁条带及相对应的地质年龄段排列的发现是海底扩张理论的基础，也是令魏格纳的大陆漂移假说终于被主流地质学界接受并改造为板块构造学说的主要根据。我们知道在板块理论中的太平洋至今 2 亿年来是在不断收缩的，当 Pangea 大陆破裂，大西洋扩张形成，古太平洋洋壳就不断向两边的欧亚和美洲大陆之下俯冲淹没。所以，尽管东太平洋的洋脊一直在不断扩张，但太平洋自身的面积却反而是在减小。也正是太平洋周围俯冲带的存在，才能够维持地球半径保持不变这个学说的基本前提。

膨胀论者正相反，他们认为在近几年亿年的地球演化中，太平洋不是像板块论者所认为的那样在缩小，而是随着地球半径增长其面积也在大幅度地扩张！他们反驳：根据洋底交替的地磁条带记录，太平洋的洋壳年龄最高不超过 1.8 亿年，也就是说如果地球的半径没有增长，在晚三叠纪盘古大陆时期古太平洋的整个洋壳已经被“更换”过了。如果当时的洋脊也是在大洋的中间，在整个纳斯卡板块俯冲到了美洲大陆之下的同时，比目前太平洋要大几乎三分之一的古大洋洋壳也在这一期间(1.8 亿年前)整个淹没或俯冲进入了地壳，使得大西洋的扩张在地球维持原有半径的条件下得以形成。这个在超过半个地球的表面所产生的构造运动远比前述的“印度洋板块高速移动”的规模和速度要惊人得多！因此他们得出结论：魏格纳的“Pangaea”-把所有陆块都集中到一起的超级大陆其实就是当时的整个地壳，而且目前太平洋底所发现的洋壳年龄条带的轮廓也正好可以佐证地球由小到大半径增长的过程。(如图 8 所示)：

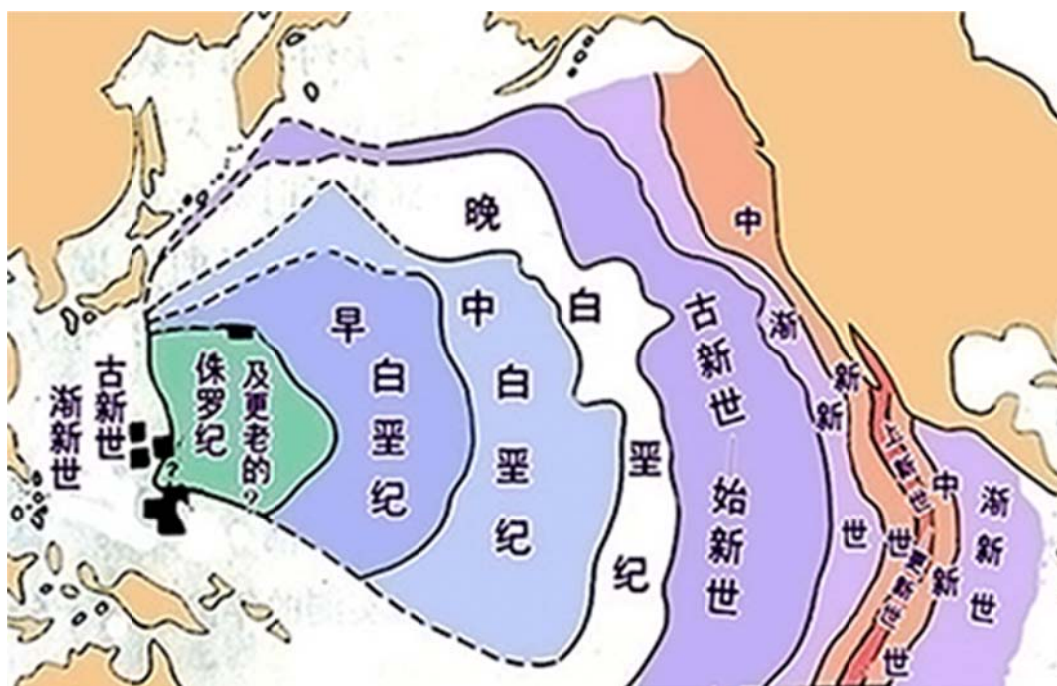


Figure 8. Pacific ocean floor expanding

图 8. 太平洋底的扩张

如果太平洋洋壳是如同板块论的方式进行“海底扩张”的，那么它也应该像大西洋一样，形成贯通南北的洋中脊和相对平行长度相似的地磁条带，而不应该是由小到大的弧形“年轮”的圈状轮廓的条带！

从膨胀论角度看，这种在地球表面随着地质年代由古到新而逐渐扩大的弧形轮廓不就正好对应地球半径的膨胀吗？！为什么太平洋四周的岛弧-海沟系统的大多是凸向太平洋而不是凸向大陆？膨胀论者认为，如果从膨胀的角度来分析，这个问题并没有像板块论者所研究的那么复杂。当地球膨胀，太平洋扩张。地球半径增加，太平洋面积几乎占半个地球表面，中心部位因膨胀而致使的曲率改变对周边陆壳交界处造成巨大的不断增强的拉张力，导致大洋边缘的岛链和海沟被牵拉而凸向大洋。。在做个实验：把一张有弹性的膜蒙在一个圈上，在膜的边部画上几道横线(图中绿线)，然后在下面的中间部位一顶(示意图，夸张)，随着中间的鼓起周遭的几根绿直线就成了弯向中心的“岛弧”了。如图 9 所示：

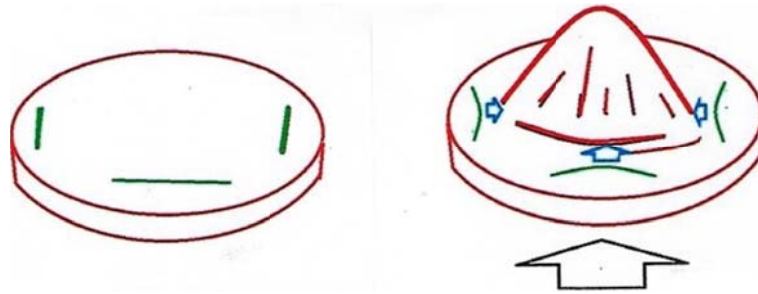


Figure 9. The curvatures of island arcs during earth expansions
图 9. 地球膨胀导致岛弧向大洋的中心弯曲(示意图)

2.7. 地球内部圈层的半径相对位置有没有发生过变化？

膨胀论是最早支持大陆漂移假说的地学流派之一，膨胀论提出大陆漂移是一种地壳破裂现象，而地壳破裂的原因是由于地球半径的增长导致的全球膨胀。这就把地球内部的运动与魏格纳的地球表面的运动联系起来。膨胀是从地球的内部开始的，所以膨胀论也是最早研究和关注地球内部构造作用的地学流派。最早提出地幔对流概念的霍尔姆斯也认为地球内部的膨胀或许可以解释大陆漂移的动力。在膨胀说尚未被边缘化的上世纪 60 年代，有不少针对地球内部圈层膨胀过程的研究是发表在当时主流地学期物上。如 R. Dearnley 1965 年在 NATURE 6 月刊上发表的论文：**Orogenic Fold-Belts, Convection and Expansion of the Earth** 就专门讨论了地核膨胀在全球膨胀过程中的作用。他认为地球的半径从其形成时的 3000 多公里增长到目前的 6000 多公里，地核则从 30 亿年前形成并开始膨胀逐步达到了目前的地核半径 [52]。如图 10 所示：

如果说 R. Dearnley 教授的研究是基于假设的逻辑理论推导，那么 2015 年 NATURE 地学上的一篇地核研究的重要论文则是基于现代地球物理的发现对此进行了研究。论文的作者是伊利诺伊大学香槟分校教授宋晓东及其团队。宋教授 1996 年 Nature 论文所发现的“地球内核转速快于地球转速”曾被评为当年全球科技十项最重要进展之一。他 2015 年的论文题目是“Equatorial anisotropy in the inner part of Earth’s inner core from autocorrelation of earthquake coda”中他提到四个重要的发现：1) 内核有“核中核”-内内核和外内核。2) 内内核与外内核各向异性，内核的结晶铁排列和最外层地核的结晶铁排列角度不同，3) 古代岩石中的古地磁记录说明 5 亿多年以前赤道轴和极轴之间曾经交换过磁场。4) 内核在膨胀，内核半径每年大约有半毫米的增大。宋晓东教授在接受美国科技记者采访时还特地强调了这里的第四点：“The inner core grows at about half a millimeter a year” <https://www.nature.com/articles/ngeo2354> [53]。

宋晓东教授的这个发现也算是主流地球科学家从地核角度为膨胀论提供了一个间接的证据吧。

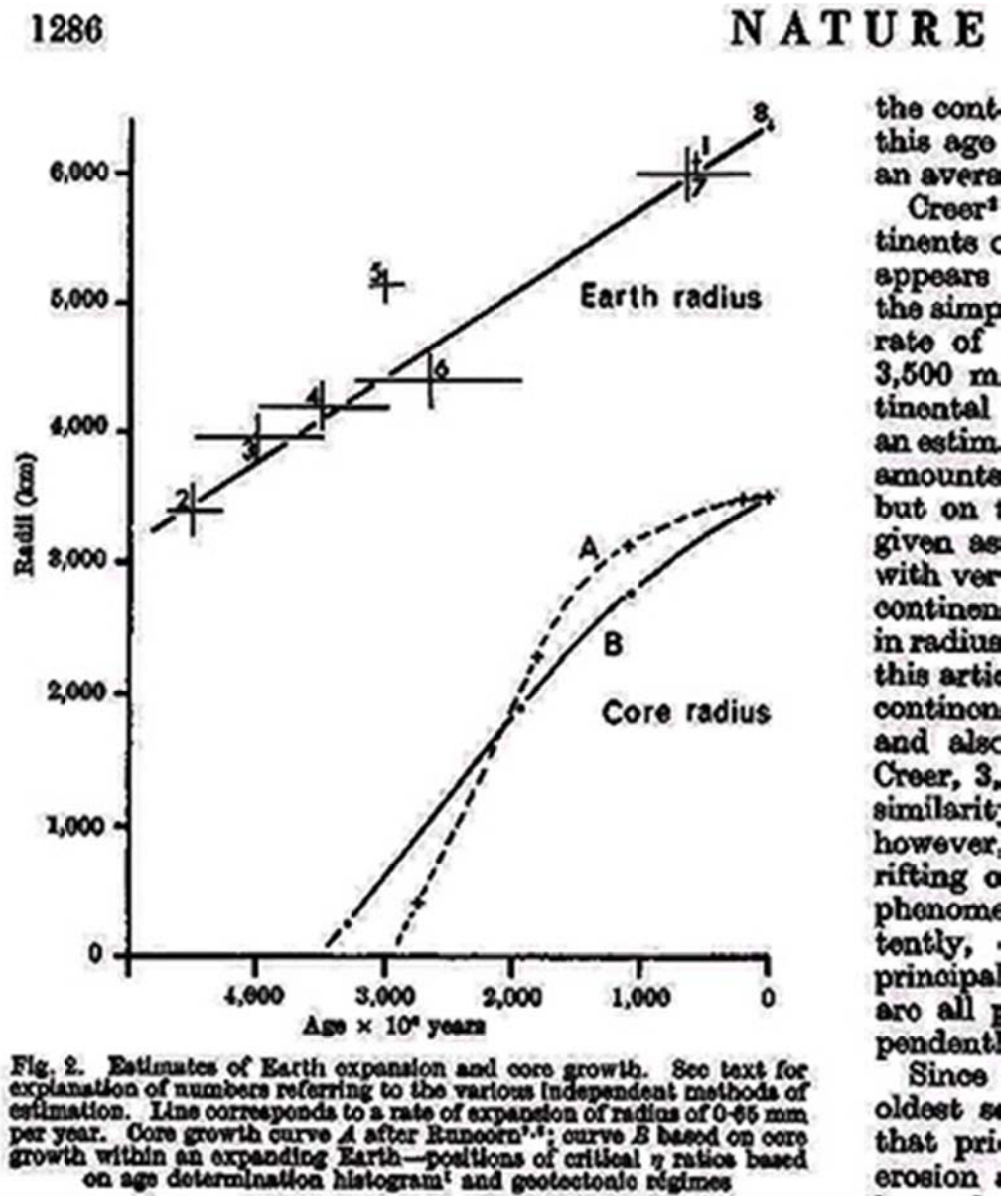


Figure 10. The radius change of the earth core during earth expanding
图 10. 地球膨胀和地核半径的变化

2.8. 贝尼奥夫带是板块边缘的俯冲带还是地球膨胀的破裂带？

就全球地壳构造而言，有个地质现象是被板块学说和膨胀论者所共同认可的，就是由洋中脊和海底地磁条带现象作为基础的海底扩张。从这个意义上讲，对全球性洋中脊系统为标志的洋底扩张带的相当部分研究成果对膨胀说和板块说是同样有效的。当然对造成“海底扩张”原因的解釋板块论和膨胀论则完全不同。板块论有地幔对流、地幔柱等多种假设，而膨胀论则认定这就是地球在膨胀的根本性标志。

板块构造学说和地球膨胀论的最根本分歧点是关于对“贝尼奥夫带”的解释。前面已经提到过，正是“贝尼奥夫带”的发现为板块学说提供了完整的逻辑证据链，使板块学说成为半个多世纪来地球科学的“主流”和基础性的分析框架。因为如果只有海底的扩张，而没有一个相应的“回收带”将增长出来

的洋底面积收回地幔，那就必然导致地球表面积增加，也就意味着地球半径的增长。地学界也为此发了大量的有关论文。今年(2018)几位主流学者还在一篇颇有影响的有关板块运动起始的论文中指出：在全球构造中，俯冲带的俯冲量和扩张带的扩张量在这对应的两种类型板块边界之间必须是非常精确地吻合，否则地球的半径就不可能保持不变。

和达清夫和 H.Benioff 分别在上世纪 30 年代和 50 年代发现的由岛弧或洋陆交界处斜向陆壳之下地幔深处的地震源带。在板块学说中，这个“贝尼奥夫带”就是大洋板片在板块的会聚边界重新挤入地幔的“俯冲带”，与扩张的洋中脊形成洋壳周而复始的“威尔逊旋回”。

在板块构造说中，俯冲带是大洋板块由于地幔对流或板块冷却等导致的下沉拖力而形成的持续的不同角度俯冲状态，这种俯冲挤压在地质学上是一种逆断层构造，并由于这种俯冲挤入地壳地幔的过程造成了沿着整个板片切面的地震现象和相应的边缘海沟。这种俯冲含水板片的挤压以及深度增加造成的温度升高也致使板块与软流圈接触部分的熔融，进而上升形成了火山岛弧。如图 11 所示：(Wadati-Benioff Zone)

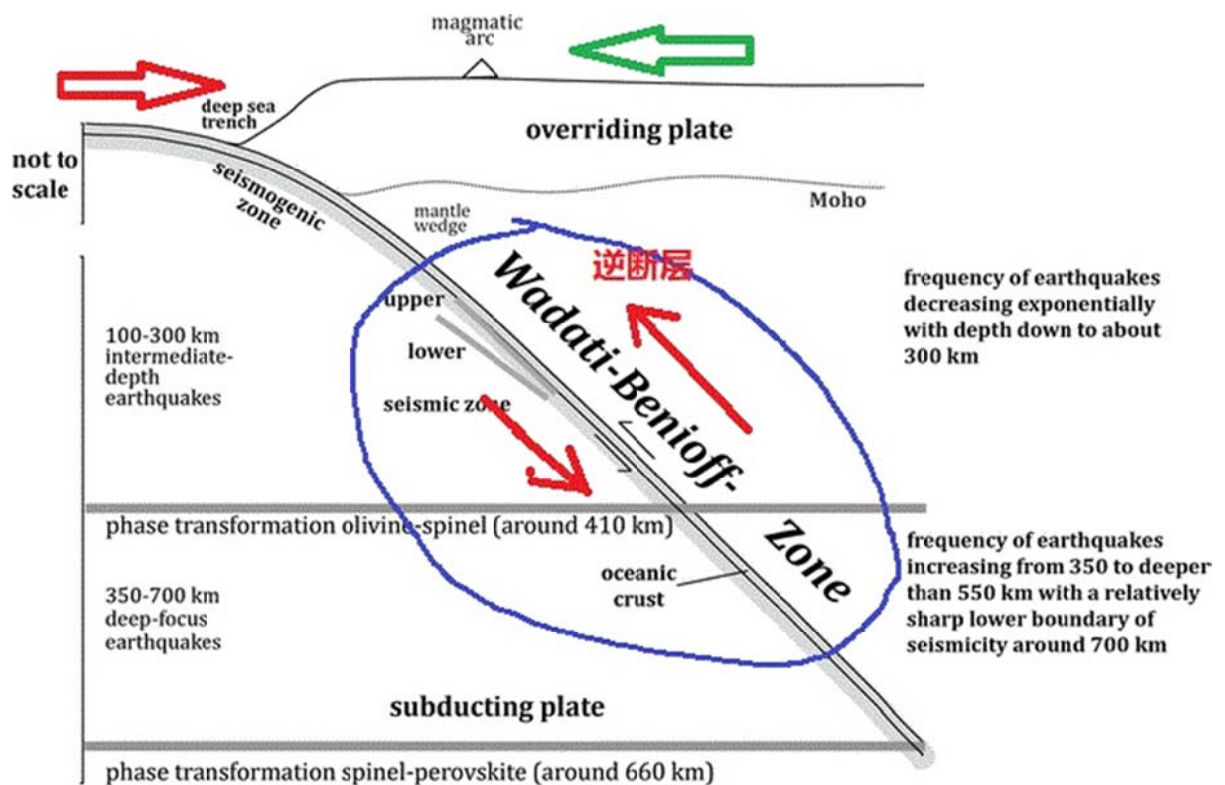
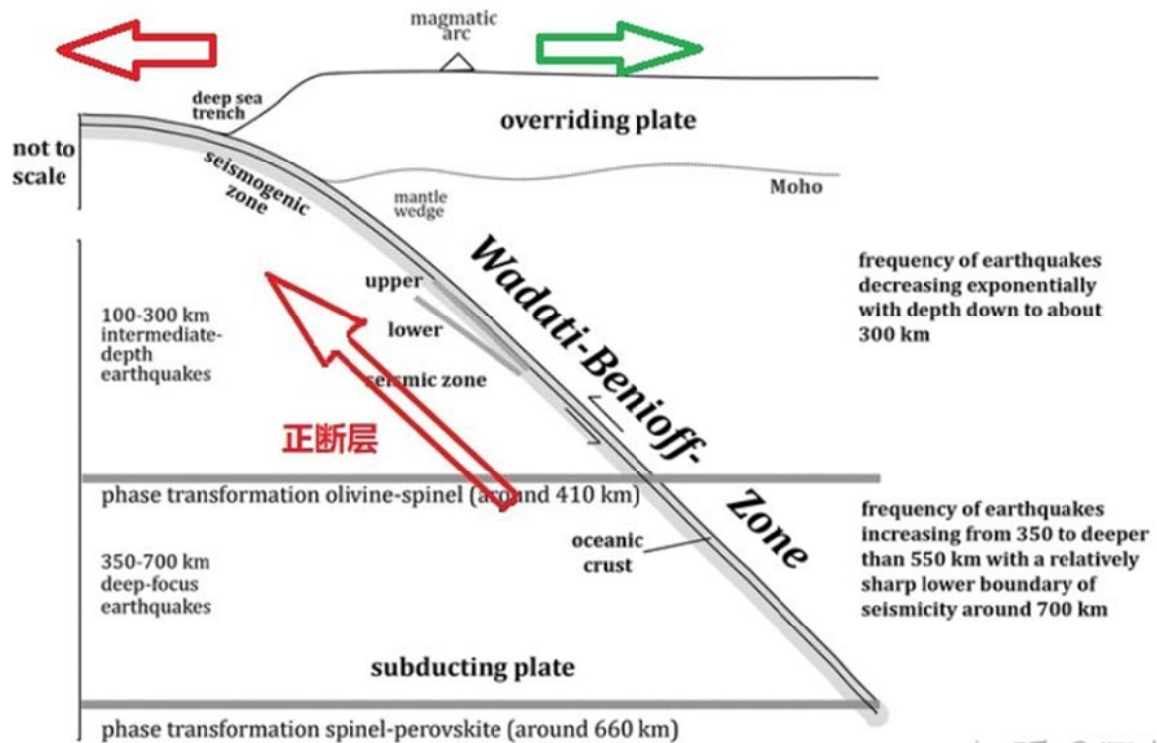


Figure 11. Wadati-Benioff Zone: Subduction Zone~Thrust fault (Plate Tectonics)

图 11. 贝尼奥夫带：俯冲带~逆冲断层(板块构造学说)

然而，膨胀论却对这个“贝尼奥夫带”作出了完全相反的解释！他们认为，“贝尼奥夫带”不仅不是正在挤入地壳中的俯冲板片，而是处于洋壳和陆壳交界处的拉伸断裂带。不是因挤压而形成的“逆断层”，而是因为地球的膨胀破裂地壳而形成“正断层”！同理，也正是这种对洋壳边缘的拉张力所造成的边缘断裂，才是海沟形成的原因。至于火山岛弧的形成，膨胀论者认为，之所以形成深入地幔并向岛弧内侧倾斜断裂构造，是由于洋陆交界处的陆块的边缘压力所致。并且这种拉张不仅冷却了这个向地幔深处延伸的断裂~贝尼奥夫带(这个有物探的地温数据证明)，而且带入了水分，更重要的是：沿着正断层

拉张断裂构造直接降低了接触面压力,使得岩浆的熔融更易于发生,这就是在海沟的内侧形成火山岛弧,形成“环太平洋火圈”的原因,也可能就是在这个接触面附近产生由地幔上升形成的蛇绿岩套的原因。Carey 教授也在他的『底辟环形造山带』一文中指出:“在实验室中,低温高压条件可以产生蓝片岩,但这并不是其形成条件,它实际是在较低温且大应力差的条件下形成的,而并不需要埋藏较深。根据地球膨胀理论,在从贝尼奥夫带向内的底辟造山带中即可形成这种条件,且应力差为最大。由于造山带中总是存在向上的运动,因而这些岩石沿着冷板块运动的相反方向被带上来是没有什么不合理的” [50]。如图 12 所示:



知乎 @阿木林

Figure 12. Wadati-Benioff Zone: Tensile fracture zone~Normal fault (Earth Expansion)

图 12. 贝尼奥夫带: 张裂带~正断层 (地球膨胀论)

从地震层析图[54]上看更为直观,如图 13 所示:

如果我们把膨胀理论作为一种分析框架来重新诠释上图中的“贝尼奥夫带”,用膨胀论的“拉张破裂带”假设来暂时替代一下板块论“俯冲带”的主流共识,我们会发现板块论俯冲板片的蓝色区域,即图中 P 波高速异常区,其相对温度低于上下层面的原因不再是源于洋壳“本身,而是因为拉张开裂所导致的冷却。由于来自太平洋中心不断的膨胀拉力,不仅保证了东太平洋洋脊的持续扩张,而且在西太平洋边缘形成了弧面向太平洋中心的岛弧-海沟系统。由于大陆地壳覆盖的压力,使得这些在膨胀早期边缘洋壳的破裂形成了向陆壳之下倾斜而下的冷却高密度区域,也即“贝尼奥夫带”。换言之,并不是洋壳本身长驱 600 公里俯冲折入地幔还竟然保持了它的冷却和密度,而是地球膨胀导致的洋壳边缘开裂造成了冷却带的延伸并由此改变了对应区域的密度,进而在 P 波上反映出一种“贝尼奥夫带”现象。而且与此同时,破裂导致的海水渗透和压力下降也为岩浆的熔融创造了条件。在膨胀论者看来,边缘洋壳的破裂不仅是环太平洋地震带的成因,也是造成环太平洋“火圈”的根本原因。

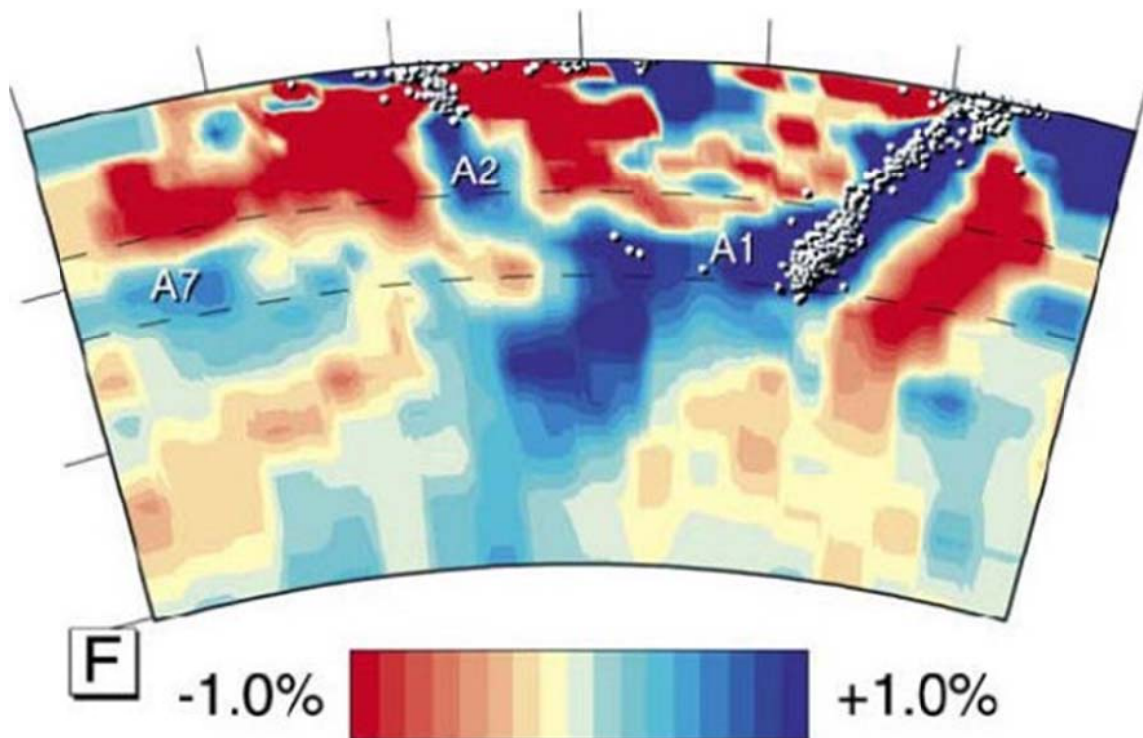


Fig. 4F from Hall & Spakemen (2002); *Earth and Planetary Letters*, 201 showing P-wave velocity structure beneath Indonesia-Tonga region

Figure 13. P-wave velocity structure under the Indonesia-Tonga region along 30 deg segments to a depth of 1500 km (from Hall & Spakemen, 2002; *Earth and planetary letters*, 201)

图 13. 印尼-汤加地区沿 30 度向下 1500 公里深度的 P 波速度结构[54]

“贝尼奥夫带”或者说“俯冲带”不是增压区反而是“减压区”的状况近年被越来越多的地球科学家所注意到，并似乎正在成为某种程度的“共识”，但这种原本应该是“逆断层”的地方却反复出现“正断层”的反常现象并没有得到地学界更为充分的讨论。一篇 2018 年二月发表在 *Science* 子刊上的论文 (Systematic deficiency of aftershocks in areas of high coseismic slip for large subduction zone earthquake) 对这种俯冲带减压现象提供了一种解释，认为是由于减压是由于地震造成的应力释放所导致。此文也间接确认了这种挤压俯冲带呈现减压现象的普遍性[55]。在 2017 年『*Nature-Geoscience*』的另一篇重要论文也针对俯冲带的减压问题进行了研究 (Metamorphic record of catastrophic pressure drops in subduction zones) [56]。

国内也有不少学者注意到了这种“该是逆断层的地方实际却是正断层”的反常地质现象。英年早逝的李德威教授就是其中之一。早年他在青藏高原考察时发现这种与主流理论相反地质现象正是他对板块学说提出异议并促使他提出“层流假说”的动因之一。他说：“我在 1991 年穿越喜马拉雅作构造剖面时，发现中新世的构造是地壳尺度的大规模伸展，我称为喜马拉雅变质核杂岩。现在看来，所有的造山带都有与山脉生长同时、由地壳热隆伸展而成的变质核杂岩，也就是说，山脉不是挤压形成的，而是伸展而成。这个意义就太大了，山脉的形成必定与板块碰撞无关” [37]。

更令我感到惊讶的是在知乎这个科普平台，也有学者看到了这种似乎与标准地学理论不一致的现象。比如姜大伟先生在回答墨西哥地震问题时就注意到 USGS 给出的震源机制为竟然是与所处的俯冲带应力

条件不相符合的**正断层**[57]。

这个“**俯冲带正断层反常事件**”，去年也被俄勒冈大学的地球学者意识到，他们赶写的论文 Nature Geoscience，而他们所使用的资料也是来自 USGS。他们描述了自己的“发现”，至于为什么？他们的回答是：并不清楚产生这种现象的原因(Deep embrittlement and complete rupture of the lithosphere during the Mw 8.2 Tehuantepec earthquake) [58]。

他们的研究还有了进一步的发现：首先，这次墨西哥 8.2 级地震发生在按现行板块理论是完全不应发生的地点。其次，USGS 地震的数据显示，这个震源机制不仅是正断层，而且有震带板片也在拉伸中被扯断了！论文首作俄大地学系的 Diego Melgar 博士指出：“**我们也无法解释这种情况怎么可能发生。从地质学角度来讲，这个俯冲带还很年轻也并没有冷却，照理说是不应该断裂开的。**” (“We don't yet have an explanation on how this was possible,” said the study's lead author Diego Melgar, an earth scientist at the University of Oregon. “This subducting plate is still very young and warm, geologically speaking,” he said. “It really shouldn't be breaking.”)。奇怪，挤压和逆冲的俯冲带，怎么会变成伸展构造甚至拉断的呢？

假如，我们换一种理论框架去看同一研究对象常常会得出更有启发性的结果。比如近年很热的蛇纹岩研究。根据海洋考察发现相当部分的蛇纹岩主要是在洋中脊和俯冲带形成，据估算，整个洋底超基性蛇纹石化的变质岩达到近 20%~25%。一般认为蛇纹岩是超基性的地幔橄榄岩和辉岩在热液作用下而形成。根据板块说，洋中脊是地幔岩浆上升处，俯冲带是洋壳板片下降处，于是这两处形成蛇纹岩的机制就不得不给予不同的解释。但如果用膨胀说来分析，“俯冲带”成了正断层的拉涨区域，所以在一定程度上也可以是地幔岩浆的上升带，这个“贝尼带”的涨裂导致海水沿着斜面向下渗透，于是也在水的作用下来自地幔的橄榄石和辉石等超基性矿物变质形成了蛇纹岩。这就在理论上获得了与洋中脊蛇纹岩形成机制的一致性。几周前地学界还有一个大新闻，圣路易斯华盛顿大学的研究团队在 nature 上发文认为：俯冲带在马里亚纳海沟带入了大量的水进入地幔。他们通过在海底部署许多地震仪组成网络和附近的许多陆基地震台“听”了超过一年的地震运动，发现该地区的水合岩石延伸到海底以下 30 多公里。他们认为就是诸如蛇纹岩这种含水量高的矿物随着板块的俯冲把水带进了上地幔[59]。(Water input into the Mariana subduction zone estimated from ocean-bottom seismic data)然而，如果让膨胀论者来分析，马里亚纳海沟也是正断层，“贝尼带”的拉张断裂本身就必然造成海水向地幔的渗透，蛇纹岩是在断裂带的上部变质形成，而不是回头再钻回地幔去了。

当然这种俯冲带正断层的反常到底仅仅是某种“黑天鹅”现象，还是如膨胀论者所断言的全球性普遍现象尚需地球科学的进一步考察和确认。地震层析成像技术的发展使得精细化和更准确的地壳深处分析成为可能，这个“贝尼奥夫带”的真实状况也会越来越清楚，应该能够证实或证伪膨胀论的假设。当然，这个问题本身对于板块理论来讲应该说是更为严峻和关键的。

坚硬的原始地壳怎么会破裂从而“启动”板块运动，一直是困扰板块学说研究者的问题。地幔中的橄榄石在以往的实验室试验中是非常难以破裂的，那么板块是怎么会周期性破裂开来的呢？去年 GRL 上有篇很有意思的论文。该文的作者们发现：过去实验室都是用了更为细微的橄榄石代用品做实验的，而真正的地幔上涌橄榄石的颗粒半径要比这些代用品大很多，在这种情况下板块将会比板块理论通常认为的板块硬度要脆弱得多，因此也就更容易破裂或被破裂(Nanoscale Roughness of Natural Fault Surfaces Controlled by Scale-Dependent Yield Strength) [60]。

从膨胀论者的角度来看，地球内部的膨胀导致了地球表面薄而硬的原始地壳崩裂这本来就是一个很“直观”的问题，所以不存在板块论的那种困惑。并且他们认为也正是因为如此，才会形成连续并且环绕全球各大洋的洋中脊断裂带。这个观点与板块论认为的环全球大洋断裂带(洋中脊)的形成“纯粹是地质

史上的偶然”的观点有本质的不同。板块论是“半径不变地壳动”，膨胀论则是“半径增大地壳破”。同理，对完全被全球大洋中脊扩张带环绕的非洲、南极和澳大利亚这三个板块而言，其四周都是被动大陆边缘，而且没有俯冲带存在。然而三个整个周边都在被挤压状态的大陆板块的边缘竟然都是拉伸的正断层构造！关于这种“被动大陆边缘盆地”也是膨胀论者的论据之一[61]。

3. 讨论：膨胀论是否还有东山再起的可能？

首先，要看“膨胀论”本身真是个“伪科学”还是像当年魏格纳的“大陆漂移说”一样是个生不逢时的“潜在科学”。温伯格，提出电弱理论并于1979年分享了诺贝尔物理学奖的物理学大师在他的『发现现代科学』一书中写道：“希腊化时期的希腊学者不再致力于研究解释万物的一般性理论，此举并非失误。事实一再证明，科学进步的一个基本特征是了解哪些问题具有可研究性，哪些不具备研究条件。例如，包括亨德里克·洛伦兹(Hendrik Lorentz)和马克斯·阿布拉罕(Max Abraham)在内的顶级物理学家，在19~20世纪之交致力于理解新发现的电子的结构。但他们的努力只能是徒劳；因为量子力学在大约20年后才出现，在此之前无人能够理解电子的属性。阿尔伯特·爱因斯坦则并不关心电子结构，而是注意到对任何事物(包括电子在内)的观察依赖于观察者本身的运动情况，从而发展了狭义相对论。然而爱因斯坦在自己晚年研究自然力统一问题时，却并无进展，因为当时没有人对这些力有足够的了解。[62]”他所说的这种情况与地球科学也有十分相似之处。如果没有对地球内部更强大更精确和更综合的探测工具的发展，就不可能获得更详尽和准确可靠的地球内部构造数据和资料，像地球膨胀这类建立在地球3D演化史上的理论假设就不可能被有效的研究和证实(或证伪)。膨胀论也就不会有“翻身”的机会。

其次，还要看主流的地球科学研究领域是否有这种“实际需要”。以板块论为代表的“地学革命”是一个经典的“奥卡姆剃刀”在人类科学进步中的案例。二战后的地学界迫切需要一个新的理论框架来对付或解释新的众多的海底构造发现，洋中脊和贝尼奥夫带的存在恰恰好很“经济地”为板块构造理论形成了一个完美的逻辑闭环，而如果选择膨胀论却会又无端地产生出更多、并且在可见的时段里根本无法解决的问题。近60年的地球科学史证明了，这是当时地学界所做的一个无比正确选择。只有当更多的无法为目前主流理论解释的地质事实的发现，才会产生对更高层次的新科学理论框架的需要。

再次，这还要看目前主流地学界是否能够承受整体分析框架改变的心理承受力。板块理论经过近60年的发展和应用，不仅在地球科学的各个方面取得了成就，它已被证明是一个在现有阶段地球科学方面十分有效的理论分析工具，而且通过深入和持久地教学过程培养了全球几代地学工作者，它已经从一个“理论框架”逐步演化成了一种“地学信仰”，并在各个细节上通过反复的实验室过程计算机模拟来力图获得在不同方面能够自圆其说的理论的选择，并由此不断添加新的概念来诠释新发现的地质事实和弥补已发现的理论漏洞。在同行评议的过程中形成一种在总体上相对固化的“科学共识”。在这种情况下，如果没有重大的、关键性的、颠覆性的地质事实的出现，“够用的”现有的理论框架将会一直延续。事实上膨胀论的论文几乎完全不可能通过主流地学界的“同行评议”而获得在重要地学期刊上的发表，而且在arXiv这种网络预印本上也很难看到。此外，膨胀论自身存在着在根本上无法解释的悖论：膨胀的形成机制和膨胀的物质来源。膨胀论要首先变得“有用”，才可能重新融入主流地学圈。Carey教授在世时曾经有一个说法，他认为在没有根据的情况下不要去试图去用不靠谱的假设去“解释”那些目前无法证实的“机制”问题，膨胀论只要不断地把相关的新发现和事实证据阐述出来，提供给科学界就可以了。其实这是一种很明智的办法。当时伦敦自然历史博物馆的地质学家Hugh Owen在与Carey教授讨论后84年在新科学家期刊上发了一篇文章，标题就是：**地球在膨胀，我们不知道是因为什么(the Earth is expanding and we don't know why)** [63]。

目前膨胀论学术和学者的状况远不如 60 年前，学术方面基本上并没有超过 S. W. Carey 教授当年的成就。现有的膨胀论研究者更像是一个联谊群体，前些年在意大利还开过一次研讨会，是意大利国家地震局的退休地质学家 Giancarlo Scalera 博士召集组织的，全球主要的膨胀论研究者有不少都参加了。中国去了申文斌教授。会议也汇编了论文集，Giancarlo Scalera 博士编撰了截至 2002 年的主要膨胀论的文献目录(没有包括中文论文)。可在他的 researchgate 账号下载[64]。

笔者要引用卡尔·萨根那句名言作为本文的结语，这对于像膨胀论这样的“颠覆性假说”是一句非常有意义的忠告：

Extraordinary claims require extraordinary evidence (石破天惊的断言需要非同寻常的证据) [65]

参考文献

- [1] Herbert, Sandra (1991), "Charles Darwin as a prospective geological author", British Journal for the History of Science, Cambridge University Press
- [2] Wegener, A. (1966), The Origin of Continents and Oceans, Courier Dover Publications
- [3] Tesla, N. (1935), Expanding Sun Will Explode Someday Tesla Predicts, New York: New York Herald Tribune
- [4] Hilgenberg, O.C. (1933), Vom wachsenden Erdball (The Expanding Earth), Berlin: Giessmann & Bartsch
- [5] S. W. Carey, The Expanding Earth – An essay review, 1975, Earth-Science Reviews, vol. 11-2, pp.105-143,
- [6] Hohl, R. (1970), "Geotektonische Hypothesen", Die Entwicklungsgeschichte der Erde. Brockhaus Nachschlagewerk Geologie Mit Einem ABC der Geologie (4. ed.)
- [7] Vine, F. J. (1966). "Spreading of the Ocean Floor: New Evidence". Science.
- [8] Hess, H. H. (November 1, 1962). "History of Ocean Basins" (PDF). In A. E. J. Engel; Harold L. James; B. F. Leonard (eds.). Petrologic studies: a volume in honor of A. F. Buddington. Boulder, CO: Geological Society of America.
- [9] Bruce C. HeezenFrankel, Henry, The Continental Drift Debate, Ch. 7 in Scientific controversies, p. 226, 1987, Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-27560-6
- [10] John Tuzo Wilson, "Some Consequences of Expansion of the Earth." Nature 185 (1960): 880–882.
- [11] Benioff, Hugo Seismic evidence for the fault origin of oceanic deeps. 1949 Bulletin of the Geological Society of America
- [12] Frankel, H. (1987). "The Continental Drift Debate". In H.T. Engelhardt Jr; A.L. Caplan (eds.). Scientific Controversies: Case Solutions in the resolution and closure of disputes in science and technology. Cambridge University Press.
- [13] Ogrisseg, Jeff (22 November 2009), "Dogmas may blinker mainstream scientific thinking", The Japan Times, archived from the original on 3 March 2015
- [14] Jordan, P. (1971), The expanding earth: some consequences of Dirac's gravitation hypothesis, Oxford: Pergamon Press
- [15] 李林森,韩晓明. 地心引力常数变化原因的分析和讨论[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2005,(02):135-138.
- [16] Pascual Jordan - Wikipediahttps://en.wikipedia.org/wiki/Pascual_Jordan
- [17] H. Kragh Expanding Earth and declining gravity: a chapter in the recent history of geophysics <https://www.hist-geo-space-sci.net/6/45/2015/hgss-6-45-2015.pdf>
- [18] L. EGYED The Expanding Earth? 1963 Nature <https://www.nature.com/articles/1971059a0>
- [19] Samuel Warren Carey (1988), Theories of the earth and universe: a history of dogma in the earth sciences (illustrated ed.), Stanford University Press
- [20] James Maxlow (2015), On the Origin of Continents and Oceans: Book 1 Empirical Small Earth Modelling Studies. Terrella Press; 1 edition (January 1, 2015)
- [21] Wen-Bin Shen (2011) The expanding Earth at present: evidence from temporal gravity field and space-geodetic data
- [22] 马宗晋、杜品仁著《地球的非对称性》，安徽教育出版社
- [23] IPK losing mass <https://www.sciencedaily.com/releases/2007/09/070921110735.htm>
- [24] International Prototype of the Kilogram <https://www.bipm.org/en/bipm/mass/ipk/>
- [25] X. Wu Accuracy of the International Terrestrial Reference Frame origin and Earth expansion (2011) GRL
- [26] James Maxlow 2014 On the Origin of Continents and Oceans: A Paradigm Shift in Understanding Terrella Press (Oc-

- tober 31, 2014)
- [27] 刘燕翔, 陈志耕 et al. 地球膨胀新证据及全球构造动力可能事件的规模地球科学前沿, 2013
- [28] 陈志耕 .地球有限膨胀演化模型[J].科学通报,1999, 44 (9):912-920.
- [29] 傅容珊等 地球在膨胀吗? 板块运动及地球几何尺度变化 1997
- [30] 杨槐 21 世纪地学解-从印度洋证地球非对称膨胀 (1996) 四川科技出版社
- [31] James Maxlow What about space geodetic measurements? 2012
- [32] Samuel W. Carey Theories of the Earth and Universe, 413 pp., Stanford University Press. 1988
- [33] 喜马拉雅山脉 https://en.wikipedia.org/wiki/Himalayas#cite_note-USGS-9
- [34] The Himalayas: Two continents collide USGS <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/himalaya.html>
- [35] 肖序常 et al. 第三十届国际地质大会 (1996) 上代表我国地质界作的《青藏高原的构造演化和隆升》
- [36] Jan Koziar - 2018 Expanding Earth and space geodesy ISBN 978-83-950414-0-2 Stowarzyszenie Geologów, Wychowanków Uniwersytetu Wrocławskiego, www.sgwuwr.ing.uni.wroc.pl
- [37] 板块学说的终结——访李德威教授 《天下》2015 年第二辑
- [38] Dewei Li An Yin Orogen-parallel, active left-slip faults in the Eastern Himalaya: Implications for the growth mechanism of the Himalayan Arc Earth and Planetary Science Letters 2008
- [39] 任纪舜《地质 论评》2015 年第 5 期《寻找消失的大陆》
- [40] Chatterjee The paleoposition of India, Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1986,
- [41] Jes Rust, Hukam Singh et al. Biogeographic and evolutionary implications of a diverse paleobiota in amber from the early Eocene of India, PNAS October 26, 2010
- [42] F Stebner, et al. Lygistorrhinidae (Diptera: Bibionomorpha: Sciaroidea) in early Eocene Cambay amber, PeerJ. 2017 May
- [43] CH BARNETT - 1962 "A Suggested Reconstruction of the Land Masses of the Earth" Nature
- [44] Subhasis Sen Earth: The Planet Extraordinary 2018 ISBN 81-8424-151-8
- [45] 张旗, 潘国强, 李承东, 金惟俊, 贾秀勤. 2008. 花岗岩研究的误区——关于花岗岩研究的思考之五. 岩石学报
- [46] TE Johnson et al. Earth's first stable continents did not form by subduction, Nature 2017
- [47] C. H. BENETTE Oceanic Rises in relation to the Expanding Earth Hypothesis (1969) Nature.
- [48] KM CREER Palaeozoic Palaeomagnetism, Nature, 1968
- [49] W. Carey The Expanding Earth-an Essay Review 1976 Earth-Science Reviews
- [50] S. W. Carey Diapiric Krikogenesis 1986 Developments in Geotectonics
- [51] 《地球物理学报》2002 年第 1 期 | 马宗晋 宋晓东 杜品仁 傅容珊 孙付平 汪洋
- [52] R. DEARNLEY Orogenic Fold-Belts, Convection and Expansion of the Earth. 1965 Nature
- [53] Tao Wang, Xiaodong Song et al. Equatorial anisotropy in the inner part of Earth's inner core from autocorrelation of earthquake coda Nature Geoscience (2015)
- [54] R. Hall, W. Spakman, 2002 Subducted slabs beneath the eastern Indonesia-Tonga region: insights from tomography, Earth and Planetary Science Letters Volume 201, Issue 2, 30 July 2002
- [55] Nadav Wetzler et al. Systematic deficiency of aftershocks in areas of high coseismic slip for large subduction zone earthquake. 2018, Science Advance
- [56] P Yamato -Metamorphic record of catastrophic pressure drops in subduction zones. 2017, Nature Geosciences
- [57] 姜大伟, 墨西哥 8.4 级地震可能会造成多大危害? <https://www.zhihu.com/question/65063772/answer/227339790>
- [58] Diego Melgar et al. Deep embrittlement and complete rupture of the lithosphere during the Mw 8.2 Tehuantepec earthquake 2018, Nature Geosciences
- [59] Chen Cai et al. Water input into the Mariana subduction zone estimated from ocean-bottom seismic data. 2018, Nature
- [60] CA Thom Nanoscale Roughness of Natural Fault Surfaces Controlled by Scale - Dependent Yield Strength 2017, GRL
- [61] Passive_margin https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_margin

- [62] 斯蒂芬·温伯格(Steven Weinberg) (作者), 张军 (译者). 给世界的答案:发现现代科学 中信出版社平装-2016年
- [63] Owen, Hugh; "The Earth Is Expanding and We Don't Know Why," *New Scientist*, p. 27, November 22, 1984.
- [64] Giancarlo Scalera 博士编撰了截至 2002 年的主要膨胀论的文献目录
https://www.researchgate.net/profile/G_Scalera/publication/270647912_The_expanding_Earth_bibliographic_database/links/54b1b4b70cf2318f0f93eec8/The-expanding-Earth-bibliographic-database.pdf
- [65] Sagan, Carl (December 14, 1980). "Encyclopaedia Galactica". *Cosmos*. Episode 12. 01:24 minutes in. PBS.