

岩石圈的环球滑移与地壳扭转

张永鸿

既然认为地球具有圈层结构，且各圈层的相态和强度不同，那末，我们就可以将地球理解为被液态和准液态粘连着的多层同心球壳，它们彼此之间在受到外力矩作用时会发生拆离滑脱位移。层与层可独立旋转。

一、岩石圈滑移旋转的表现

由于近年来补齐了全球各大洲古地磁资料的中国部分的缺环(图1)^{[1][2]}，使得我们有可能编制出表1。表中揭露的一个最显著特征，便是所有大陆的古地磁极都长趋势地从北半球低纬度逐步北移到现磁极位置。

图2是根据表1所得视极移轨迹。我们注意到以下三点：(注：文中附图见17页)

1. 洋底扩张与扩张两盘大陆北移是两种独立的、相互迭加的运动。以北美和西欧

为例，它们一方面因大西洋扩张而导致极移轨迹线分岔，同时还进行着近于同步的北移运动。

2. 按洋底扩张模式，分离大陆的离裂是相背离的。但在图1中却明显存在着多块大陆古磁极同向、同步漂移现象，早古生代期间，除澳大利亚之外，非洲、下扬子、华北、欧洲、北美古磁极由东向西移，此后在东西向摆动中移到了现位。扣除扩张因素，它们将相互协调。

3. 各大陆视极移轨迹并非彼此完全散开，而是偏集在一定经度范围。所有轨迹线在北移时几乎都限制在今之太平洋及其两侧约250°角距范围内，而今之欧、非、亚大陆所在区约110°跨度范围无极移轨迹线经

表1 全球主要大陆古磁极数据表

地区	e	O	S	D	C ₁	C ₂	P ₁	P ₂	T	J	K	E(N)
华北 (北亚)	N48 W27.5	N49.5 W18.8				N61.4 W59.2	N44.1 W5.2	N48.1 E1.2	N53.1 E15.3	N75.4 W140.3	N69 W178	N76.4 E178
下扬子 (南亚)	N7.9 W4.7	N22.8 W88.2	N39.8 W87	N48 W86				N50.4 W24.4	N44.8 W43.6	N47.9 E161.2	N76.3 E172.6	(N76.8) (W168)
非洲	N21 W20				N26 N154	N45 W140	N38 W115		N68 W130	N58 W98	N62 W101	N86 W137
澳洲	N30 W168			N65 W163	N84 W134		N46 W58		N53 W28	N47 W34	N54 W33	N65 W70
欧洲	N20 W168	N24 E144	N25 E140	N27 E155	N32 E151	(未分)	N43 E166	(未分)	N50 E146	N62 W157	N72 W168	N76 E150
北美	N10 E124	N21 E113	N32 E102	N29 E119	N36 E132	(未分)	N38 E105	(未分)	N59 E106	N69 W155	N69 W177	N78 W158
南美					N9 W20	N28 W146	N65 W167				N78 W126	
印度									N20 W53	N13 W69	N28 W73	N53 W75

据翟永建(华北)、何永季(下扬子)、Greer(欧、非)、Irving(欧澳)、Bulard(北美)、Opdyke(非)、Wensink(印)、Mc Elhinny(非)、Embleton(欧)

过。

由此表明,存在着比洋底扩张更为宏伟的全球大陆共有的从南向北的漂移运动。且这种北移运动并非分散于环球各经度,而是密集于特定区间作整体位移。在整体位移基础上叠合以大陆个体之间的,因洋底扩张而发生的离散和聚合运动。

如果上述认识符合客观实际,则应在古地理恢复工作中得到证明。

图3是根据古地磁与地层中的古气候标志层和标志古生物相结合所得的全球海陆分布复原图。成图过程是:确定大陆参考点或取样点古纬度——按纬距绘出全大陆纬线网——结合古海洋分布及大陆可比特征作经向调整——绘成全图——改为圆锥投影成图。

从图2中看到,寒武纪时全球大陆几乎完全集中在南半球。南极圈内,撒哈拉附近出现了奥陶纪的冰川擦痕、蛇堤、鼓丘和冰川漂砾(Fairbridge 1970),其它大陆处在低纬度,发育碳酸盐岩及红层。

寒武—奥陶—志留,各大陆同时由西向东,同时向北移动。移动中,阿根廷、巴西及玻利维亚于志留纪时掠过南极圈,出现了该时代的冰碛层(J. K. A. Habicht 1979)。

到二叠纪时,各大陆在东移,同时北移过程中从原先的偏集于南半球变成为偏集于 $W40^{\circ}\sim E140^{\circ}$ 之间的半球,此时,美、欧、非三洲之南北取向,已同今日取向相似。同魏格纳泛大陆和现有同类图件对比,不同之处在于本文注意到当时的华北与下扬子之间尚隔着宽达1000 km之古秦岭洋,而乌拉尔东侧至三叠纪见过渡型沉积,至中、新生代有地台型盖层。

白垩纪时多数大陆已达北半球,欧亚大陆同北美之间,相当于北冰洋位置徐徐拉开,留在南半球的冈瓦那各陆也相互离散。当时中国南方处在低纬度,赤山组、赤石组、红花套组红层与非洲红层(努比亚组)可比,

欧洲所见亦为石膏层,但中国东北部已北移到温带,发育黑色生油岩(松辽盆地)。

白垩纪后,欧亚大陆继续向前移动,掠过北极圈并变成为地球另一侧的从北向南的漂移。在中国,表现为图1所示古纬度由南向北到达最北点之后变为由高纬度向低纬度移动。在西伯利亚,直接表现为跨越北极圈的运动(A. M. Khramov等1981)。白令海峡则从极点附近向南移向现位,逼向太平洋。

今日海陆分布,几乎是寒武纪时的 180° 倒转!当时的南陆北海,变成今之北陆南海。对比图2左之北半球与图2右之南半球,除了多出了南极洲外,几乎完全相同。

海陆变迁的过程,是螺旋形推进的过程。北半球的状况见(图4)大陆先是在赤道附近旋转北进(图中长箭头),而变为从 $E15^{\circ}$ 经度向 $W165^{\circ}$ 方向的平推移动(短箭头)。

南半球的状态恰好相反,先是大陆从 $W165^{\circ}$ 向 $E15^{\circ}$ 之平移(图5左),而在K以后,变成为大陆的螺旋形离散(图5右)。南极洲位在中心,只有顺自转方向之自旋而无位移;南美洲、非洲、印度和澳大利亚在顺自转方向位移的同时向北移动。

——所有上述现象的合理解释,只能是认为岩石圈已经整体地环绕磁极坐标系——按磁流发电机理论,该坐标系就是地核坐标系的拆离、滑脱和回旋运动,同时还伴随有软流圈的环流和旋涡运动。

二、软流圈液压传动机制

图6表明,岩石圈底部起伏不平,大陆岩石圈厚而海洋岩石圈薄。软流物质被封闭在岩石圈下的环壳形容腔之中,分布极不均匀。在洋壳之下厚达200~300 km,且连片展布成为地下的“软流”之海。但在大陆之下,软流圈减薄并因陆核底处岩石圈下垂柱体的阻碍而成为港湾状或隧道状分布。当岩石圈在某种激发因素作用下移动,岩石圈增厚下垂的大陆部分便要向前方的海洋底处软

流圈辗压,同时在其移开的后方让出新的容腔,降低软流圈压力。若是全球陆半球整体移动,便会导致前方和后方的软流圈出现压差,迫使软流物质也发生同方向的环球运动。而软流圈的运动也同样会推动大陆岩石圈的下垂部分,使大陆滑移。Munk^[3]曾证明地轴变位不需要大量能量,上述岩壳滑移比他设想的地轴变位所需能量更少,因此也更易发生。

这种软流圈的液压传动机制,除了促使前面已指出的大陆系统环球移动外,还同下述现象相关:

1. 降压伴随热膨胀,增压限制热膨胀,全球扣除了地壳放射性热源贡献值之后所得的热流值(代表地幔热流)表明,高压下的大陆平均热流值为 28 mW/m^2 ,而减压的洋壳热流值高达 57 mW/m^2 (Chapman和Pollack 1975),最高、最低值分别位于古老陆核和新洋壳。反过来说,热膨胀也会加剧岩石圈的滑移;

2. 当今大陆系统位移的前锋,已越过北极压向太平洋,环太平洋俯冲带的存在,就是大陆向前辗压的标志。这种辗压作用已使得北美大陆将东太平洋扩张带被压入陆壳之下,成为科罗拉多高原下之“热柱”。在东亚,则表现为大陆边缘的蠕散。辗压过程伴随旋转,郯庐断裂右行,圣·安德里阿斯断裂也是右行,表明环太平洋软流物质的逆时针流动。

3. 环太平洋北部的软流物质被辗压后,从夏威夷—土阿莫土的北西向洋隆带外排。玄武岩排出量达 20 km^3 ,该无震洋隆的存在,使得板块构造理论中关于从东太平洋扩张到西太平洋俯冲带之间的“传送带”机制陷入困境。软流物质的液压转动成了最佳模型。

4. 环太平洋地区的地体增生^[4],是大陆在前进中捕获残余陆块和深洋沉积体的证据。“传送带”机制实际上解释不了此现象。

5. 大陆系统滑移的前锋在北太平洋,而其后续缘在大西洋,软流圈环球性压差表现为洋底扩张速率的变化。太平洋扩张速率 $18 \sim 15 \text{ cm/a}$,印度洋降至 $6 \sim 7 \text{ cm/a}$,大西洋仅 $1 \sim 2 \text{ cm/a}$ 。

6. 当软流物质从北太平洋越过赤道进入南半球,科里奥利效应促使其作顺自转方向旋转,于是便出现图6右所示现象。北半球所见也一样,当寒武—二叠纪时,在南半球软流圈旋转推动下进入北半球时,表现为同方向(顺自转)旋转,以后软流圈被驱除,才改变为白垩纪以后的大陆的平移运动。

三、全球扭转构造体系

非均一岩石圈的滑移。使地球表层永远处在南北不对称状态。在北半球陆地的潮汐摩擦及南半球软流圈顺自转流动这样一对力距作用下,发生地壳扭转,形成全球的扭转体系。其主要特征包括(图7):

1. 北西西向螺旋形扭动带的存在。地中海构造带走向北西西,欧亚大陆发育有成组的同方向伴生断裂。该带从地中海以西延伸到澳大利亚和新西兰后,进入洋壳区,改变应变方式成为同方向并伴有帚状散开特点的转换断层、直达南美南部及德富克海峡。扭动带在球体空间的形态实为螺旋形。刚好从南到北绕地球一周。只有球体扭转才会出现这种变形。

2. 北美—南美、北大西洋—南大西洋、亚洲—澳洲,发生了全球性的北侧向西、南侧向东的错移;

3. 在上述错移点上,同时也是大陆群体从北向南回环压向太平洋的旋动枢纽点(球面上同一黎曼几何点是互相对峙的两点)上,出现了加勒比海旋涡状构造和加勒比海旋涡状构造。

4. 由于全球性扭转,发育了成组南北方向和东西方向的张扭及压扭性断裂。仅就南北向者而言,有东非裂谷、印度洋、东太平洋以及大西洋等扩张带。这种直而长的,

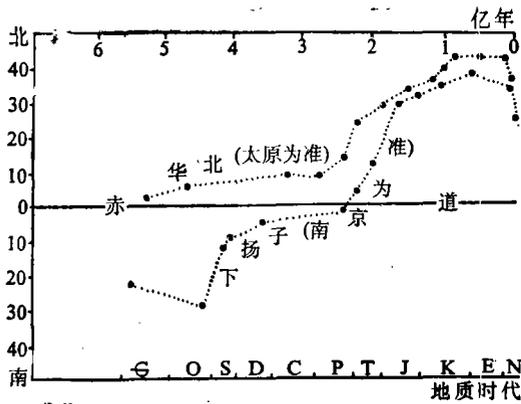


图1 华北地台与下扬子地体古纬度变迁曲线
(据何礼章等1990、翟永健等1989)

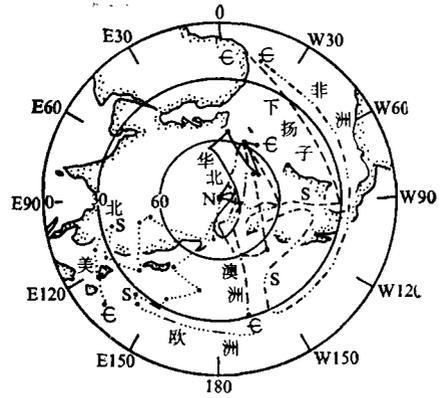


图2 全球主要大陆视极移轨迹图
(据表1)

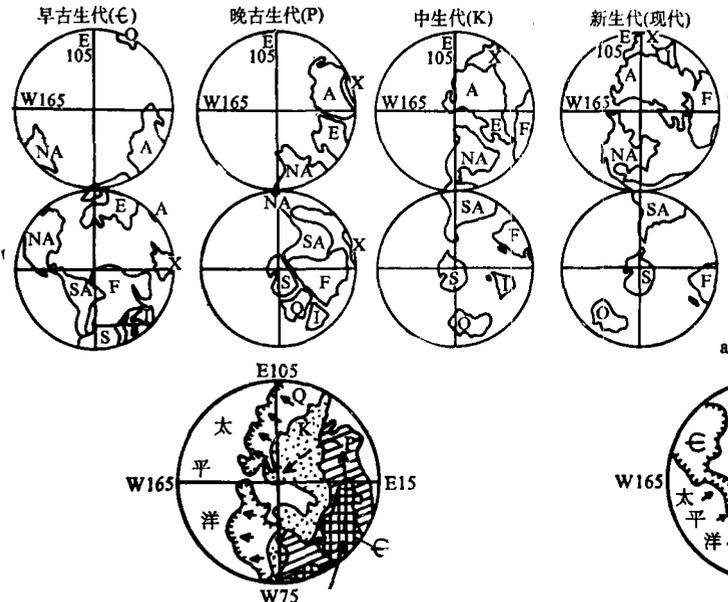


图4 地史过程中北半球大陆面积扩大的状况

图3 全球各时代海陆分布复原示意图

图中A—亚洲, E—欧洲, X—下扬子, S—南极洲, O—澳洲, I—非洲, I—印度; NA—北美, SA—南美; 上半部为北半球, 下半部为南半球(依据表1及J. K. A Habicht的各大陆古纬度网成果)

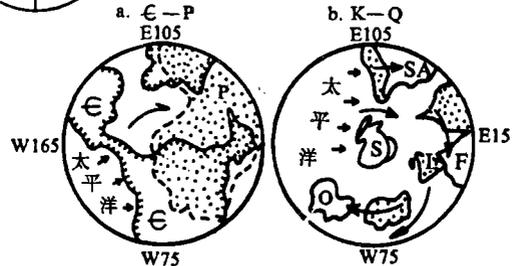


图5 地史过程中南半球陆地的离散迁移
左图带点为P时大陆, 右图带点为K时大陆。(代号同图3)

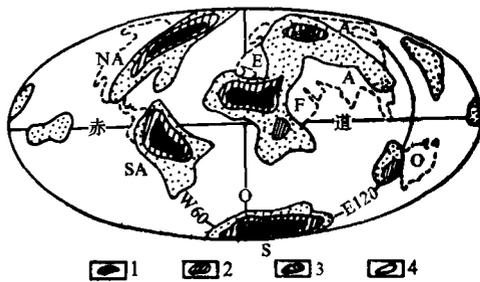


图6 当代全球岩石圈厚度, 即底界埋深图

(据David S Chapman) 1. >300 km, 2. 300~200 km, 3. >100 km, 4. 100~45 km。(代号同图3)



图7 全球构造及软流圈运动方向示意图
T—中卢断裂, S—圣·安德里阿士断裂, D—达尔文隆起, B—班达海旋卷构造, G—加勒比海旋卷构造

甚至插入极地的巨大张裂,非纯脆的正应力所能产生。唯有绕轴扭转才会出现。至于热膨胀更不可能出现这种巨大的线状变形。在这个问题上,李四光的经向构造^[5]较之地幔对流模式更加合理,但这种经向构造应是张扭性而非纯张性;东西向的扭转破裂,则表现为大西洋、东太平洋以及东亚普遍见到的转换断层及陆上走滑性质的断层。

5. 歹字型构造及全球构造体系。

——至此,可以认为软流圈液压传动机制及地壳扭转都是客观存在的过程。板块构造理论同李四光的地质力学借助地壳扭转而紧密地结合为整体。

四、动因推测——银河系运动效应

无论借助于地幔对流,地球自转速度变化或日一地,月一地潮汐摩擦,都不可能诱发岩石圈和软流圈的这种缓慢的南北方向环行现象。这种长周期的运动原因,应从银河系的运行规律中寻找。这方面工作目前正在起步^[6]。

Чаревградский(1963)、Srelner(1976)、蒋志(1981)和于海峰(1987)等都探讨过这类问题。他们的思想,虽未被公认为成熟的,系统的理论,但无疑地使人们相信,银河系运动与地壳运动之间,存在着多方面的联系。只有将地球看作开放系统,才有可能回答封闭系统所难以回答的问题。

我们进一步分析银河运动的种种效应:

轨道特征:

银盘与天赤道夹角 62° ,故地球自转轴在银道面上的倾伏角仅为 28° ,而它在黄道面上的倾伏角大达 69.3° 地球实际上是以“斜躺着”自转的姿势在银河轨道上运动,同时以“斜立着”的姿势在太阳系中运动。仅考虑银面与地球,则地球在银河轨道运动中像炮弹那样自旋着,并因同时环太阳公转而盘旋着向前推进,其轨迹为螺旋形。有半个周期(1.5亿年)是以北半球为头部推进,另半个周期向后倒退,以南半球为头部

推进。转折点在南北纬 62° ,北半球和南半球在运行中轮流交替正对银心。

速度场:

上述运动可以看作速度场的叠加,基本场是银河系中的运动, $\bar{V}=250\text{ km/s}$,比之地球环绕太阳的公转速度(29.27 km/s)大了8.4倍,当然,其动量(mV)也大了8.4倍。即地球在环绕银心的运动中,动量大达 $1.494\times 10^{24}\text{ 吨}\cdot\text{公里/秒}$ 。地球的惯性中心实际上由地核和地幔的惯性中心决定,在复杂的速度场中,岩石圈受到多种因素作用的速度矢量不可能与核幔相协调,它们之间只是借助于全球质点系内部引力场约束而结成统一的球体。在软流圈强度极低的条件下,由于核幔惯性与岩石圈惯性的差异,会导致岩石圈质心同核幔(代表全球)惯性中心的偏离。岩石圈的质心会向着地球进向点的相反方向偏移。这一偏移方向应与银面轨道面平行。而同地轴相交成 62° 角。其最终效应是使岩壳顺时方向来回往复地作惯性运动。

引力场:

银心—地球的引力仅是太阳—地球引力的六千亿分之一。但若考虑时间因素,银河年为3亿年,比太阳年大3亿倍。在相同角距范围内,银心引力持续时间也比太阳引力持续时间大3亿倍。于是银心引力场对于地球作用的效应,要提高同等倍数,达到日一地引力场效应的 $1/2000$ 。粗略计算,银一地引力值为 6.657264×10^{19} 达因。在持续的定向作用下,会产生可见的变形效应,特别是对于地球的水圈和准流体的轨流圈来说,更是如此。

银心引力方向与地球随着太阳系在银面上的进向点总是相互垂直。今时进向点在天鹅座方向,该星座投影在天球纬度 $46^\circ\sim 47^\circ$ 上;银心方向则在人马座(该星座又称南斗星),是黄道十二宫中的最靠南者,坐标是:

$$\alpha = 17^{\text{h}}39.3^{\text{m}} \quad \delta = -28^\circ 54' (1900)$$

$$\alpha = 17^{\text{h}}44.4^{\text{m}} \quad \delta = -28^{\circ}55' (1950)$$

银心引力方向也在地球南北往复移动。

……这一切因素的绝对能量不算太大，但在地球内部软流圈同岩壳之间液压传动机制及热机制、离极力因素和月一地潮汐摩擦力配合下，便可成为地史过程中积累下来的可观察到的运动。地球的梨形外貌同银心引力方向和进向点方向相适应是最好的证明。

存在的问题是，寒武纪以来岩壳相对于地核磁坐标系南北方向旋转的欧拉角仅为 60° 左右（陆半球已是南北颠倒），这个转动周期比已知太阳系在银河系中的运动周期（3亿年）长得多，两者不协调。因此怀疑，太阳系在银河系中的运动不是椭圆轨道，而是涡旋体系特有的对数螺线轨道。

参 考 文 献

〔1〕 翟永健等 1989 华南和华北陆块显生宙的古地磁极与构造演化地球物理学报 32—3。

〔2〕 张永鸿等 1990 “七五”国家重点科技攻关 75—54—02—05 成果报告，报告中的古地磁工作由何礼章承担。

〔3〕 W. H. Munk & G. J. F. MacDonald 1960 The rotation of the Earth Cambridge University Press.

〔4〕 E. R. Shermer & D. G. Howell 1984 The Origin of Allochthonous Terranes Perspectives on the Growth and Shaping of Continents Annual Rev. Earth Planet Sci. 1984 Vol 12.

〔5〕 李四光 1972 天文、地质、古生物（资料索引）科学出版社

〔6〕 徐道一等 1988 天文地质学概论地质出版社

（华东石油地质局）



伸展构造问题

朱志澄

伸展构造是地壳或岩石圈在引张状态下形成的构造，在区域引张作用下往往引起地壳减薄、地层柱减薄或部分地层缺失、断陷和隆起，并引发岩浆活动等热隆作用。伸展构造与成矿作用关系密切。近年来，伸展构造的研究进展迅速，在理论和实际上均有重大突破，成为当前构造地质学家瞩目的研究课题。为了探索其内在规律及其在找矿等实际工作中的作用，应进一步深入研究伸展构造。现对其中几个问题作一讨论。

一、两类伸展性断层及其与区域变形的关系

伸展构造的基本型式是各种正断层及其组合。根据伸展性断层的产状，基本上分为两类：陡倾正断层和缓倾正断层。陡倾正断层一般是切层产出，缓倾正断层常顺层发育，这种划分是相对的，一些大型陡倾正断层向深部延伸也常常变缓。产状上的相对分类，也寓含力学成因和构造意义。陡倾正断层是在拉伸中发生的，是张性的，裂谷、拗拉槽和箕状断陷均属此类。区域性基性岩墙群也总是在陡倾正断层控制下产出。正断层陡直下切是长期形成的概念，曾作为伸展性断层的标志性特征。但是自70年代尤其是80年代，R. L. Armstrong, B. Wernicke, G. A. Davis, G. S. Lister 等在美国科迪勒拉造山带发现了另一类大型缓倾正断层，即顺层或基本顺层产出的拆离断层。断层属张剪性，总体成铲状。典型代表是产于基底与盖层之间顺层不整合面的拆离断层和伴生的变质核杂岩。80年代伸展构造研究的重点就集中于这类拆离断层，也是本文讨论的中心。

上述两类伸展性断层与区域构造的发展演化常具对应关系。区域构造发展总是成阶