

文章编号：1006-6616(2001)04-0328-07

当今中国大陆地壳移动的动力

孙 泰 玉

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘 要：地幔圈形状周期性变化使地壳产生势能(位能)力导致地壳运动。当地幔圈由圆相对变扁,南、北半球的高纬度区地壳向低纬度区对齐;当地幔圈由扁相对变圆,恢复等位面平衡,南、北半球低纬度区的地壳区分别向高纬度区挤压。当今中国大陆地壳移动的动力是由于西部地区的地幔还在继续进行恢复等位面平衡产生的。

关键词：势能(位能)力;构造体系;构造应力场;等位面平衡

中图分类号：P542

文献标识码：A

当今中国大陆地壳仍在进行移动。据近6年来的观测资料,各区域移动的方向和速度是不同的。总体上看,新疆地区自南而北由南向北移动,速度每年约5~15mm;青藏高原地区自南而北从由南向北移动转向向北东移动;中部和东部地区自西而东由西向东移动(图1)^[1]。这些资料无疑是可信的,并具有极大的科学意义和实用价值。移动的动力问题在地质界有争论是很自然的,比如有些人认为移动的动力与地球的旋转和岩浆的流动有关。作者在此愿意把自己的见解提出来与地质同行们商榷。

当今中国大陆地壳移动不可能与地壳运动无关,从某种意义上讲,它是地质发展历程中的一系列构造运动中属最新的一场运动。因此,要理解中国大陆地壳移动的动力,必须首先对地壳如何运动和为什么会运动,进行科学的解释。

1 全球构造格架

地壳表面呈现出大陆和大洋两种形态。大洋壳的组成、结构、性质、范围和成因,尽管目前还有许多争论,但各大洋的成因是不相同的,这一点却很少有人怀疑。大西洋的形成与地壳大体循南北向裂开有关,这从其东西两方面大陆轮廓的相似性和构造地质等方面显示的一致性(连续性)得到了有力的支持;依据在构造、地质等方面提供的资料,它发生裂开的时期大约在中生代的早—中期。对南极大陆与其他大陆的关系和南大洋的成因历来存在很大争论。根据埃利克塞得尔·维·治瓦高(Alexander. V. Zhiago)编制的南大洋构造图,并通过

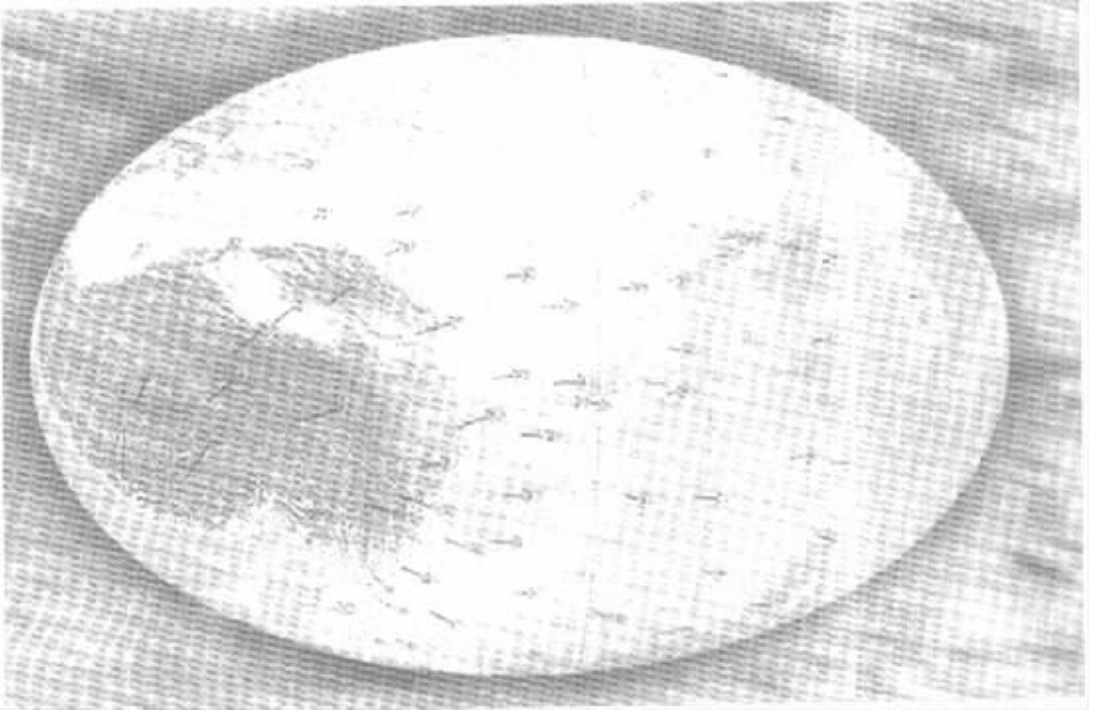


图 1 中国大陆地壳 81 点的运动速度 (据马宗晋, 2001)^[1]
(箭头的长度表示了该地运动速度的大小)

Fig.1 Map of movement speed of 81 points of the surface
of the continental crust of China
(Length of arrow indicating movement speed in this area)

对南极大陆周缘地质、构造粗略地分析,南大洋应当是形成于地壳南北向拉张和循东西向裂开的。据近年南极考察的有关报道资料,它大约发生在中生代晚期的白垩纪或略早。北冰洋的形成亦存在较多不同看法,从周围大陆边缘古生代以来一直受到强烈挤压形成的构造带来看,北冰洋地壳当属一个低洼区(即地壳由扁变圆时未能隆起地区),而不是一个拗褶区。萨哈林经向带和大西洋中脊已延入该区。太平洋的形成与上述各大洋有很大的差别,就其洋底地貌和火山活动显示,洋壳构造较为简单。从其边缘各大陆的构造分析,太平洋远在前古生代约已存在,可能是很少演化变形的原始地壳。

大陆地壳表面呈现的构造带,根据其展布、力学性质和形成时期与组合型式是非常有规律的。它们主要是 EW 向的挤压构造带, SN 向的挤压(部分张裂)构造带, NE、NNE、NW、NNW 向的扭压构造带,弧顶分别指南、北、东、西的挤压弧形构造(部分弧属山字型构造),旋扭构造。须指出的是:有一些规模较大的 NE、NW、NNE、NNW 的扭压性构造带总体上穿越了赤道面;有一些 SN 向的挤压构造带——经向构造体系向南及向北一直延伸至两极地区。

2 地壳运动方式和方向

从应力场的观点看, 前述构造带的展布与地轴呈明显的几何关系, 但它们的出现与地球自转产生的离心力无关。从其展布、力学性质、组合规律来看, 走向 EW 的纬向构造带, 走向 NE、NW 的构造带, 弧顶指南、北的弧形构造带 (包括山字型) 以及某些旋卷式构造等成生时的构造应力场应当与这样或那样的南北向相对扭动的地壳运动方式有关。然而也必须看到, 有些走向 NE、NW 的构造带 (构造体系) 和巨型的旋卷构造体系等形成时的构造应力场不是局限在北半球或南半球, 均跨越了赤道分布于南、北两半球, 如青藏滇及邻区反“S”型构造体系, 它跨越中国的青、藏、滇及缅甸、马来半岛、苏门答腊岛和爪哇岛等地, 走向 NW 的科迪勒拉-安第斯构造体系 (南、北美洲与欧、非洲分离和南美洲顺钟向旋扭以前), 走向 NE 的阿帕拉契亚-西南欧-西北非构造体系, 走向 NNE 的东非构造体系; 它们应当成生于北极地区相对亚洲和北美洲向南扭动, 亚洲和南、北美洲相对太平洋向南扭动, 东亚地区相对印度地块向南扭动, 南、北美洲 (与欧洲、非洲分离以前) 相对欧洲、非洲向南扭动, 非洲相对印度洋向南扭动。这就是说, 南北向挤压和相对扭动的地壳运动还必须是产生于南、北两半球的高纬度区地壳向低纬度区地壳的一种对挤。设想一下, 如果每次运动都这样对挤, 那么地壳会变得很扁。其实不然, 地壳还发生变圆的运动。理论分析和简单的模拟实验都表明, 在边界条件不发生重大改变的情况下, 一个地区由北向南挤压出现的相对扭动方式, 由南向北挤压时扭动方式不发生任何改变, 即高纬度区向低纬度区挤压呈什么扭动方式, 低纬度区向高纬度区挤压仍呈什么扭动方式; 地壳运动构造应力场和运动方式的这一重要概念在后边涉及地幔圈恢复等位面平衡方面的运动时还将进一步论述。在中国走向 NNE 的新华夏系和走向 NNW 的河西系以及在非洲走向 NNE 的东非体系成生过程的地壳运动方式虽然与当地 NE 走向和 NW 走向的构造体系成生过程的地壳运动方式完全相同, 但它们是由南北相对扭动和东西向挤压的复合应力场的作用下成生的。这种复合应力场只能在地壳由扁相对变圆的运动过程中产生。因为这个过程中经度曲率由大变小产生低纬度区向高纬度区挤压, 同时纬度圈半径缩短还产生东西向挤压。这个过程中产生的东西向挤压可以集中在任何难以承受它挤压的地区, 如果不发生与扭动应力场复合时, 则成生经向构造体系或构造带。另外, 成生于南北向相对扭动的亚洲西南部的巨型反“S”型旋卷构造体系, 其南段与成生于东西向相对扭动的大洋洲旋卷构造体系相联合, 同样也是发生在地壳由扁相对变圆的运动过程。亚洲北缘和北美洲北缘环绕北冰洋的巨型“U”字型构造带, 它不可能单纯地产生于高纬度区向低纬度区挤压时, 北冰洋地壳相对亚洲和北美洲向南的扭动, 这必然遭受到亚洲和北美洲大陆整体由南向北挤压的歪曲, 否则它不会呈“U”型模样。

3 地幔圈变形与太阳系运行

地壳由圆变扁又由扁变圆反复发动着, 地壳运动已被其自身记录保存下来的构造组合规律所揭示。经多年的实践研究, 认识到地幔圈形变是导致地壳形状变化的根本原因^[2]。地幔圈的物质运动和形态变化直接引起地壳运动; 太阳系运行和银河系结构制约着地幔圈的物质运动和形状变化。在地壳演变过程中, 当地幔物质由高纬度区向低纬度区运动和地幔圈形状由圆相对变扁 (极半径变短) 时, 高纬度区的地壳, 由于失去或减小地幔圈对它的支撑力,

在地球引力和收缩力的作用下向低纬度区对挤，此时整个地壳就产生了南北的相对挤压和相对扭动；有时伴有较强的东西向拉张（如形成大西洋）。当地幔恢复等位面的平衡，其物质由低纬度区向高纬度区运动和地幔圈形状由扁变圆时，低纬度区的地壳，由于失去或减小地幔圈对它的支撑力，在地球引力和收缩力的作用下向南、北及东、西发生挤压，此时整个地壳在继续南北向相对挤压和相对扭动的同时出现了东西向的相对挤压和相对扭动（如大洋洲旋扭体系），有时还兼有南北向的拉张，形成南大洋、即环绕南极洲的南太平洋、南印度洋和南大西洋。地幔圈形状周期性变化反复进行，孕育并导致地壳运动反复发生。

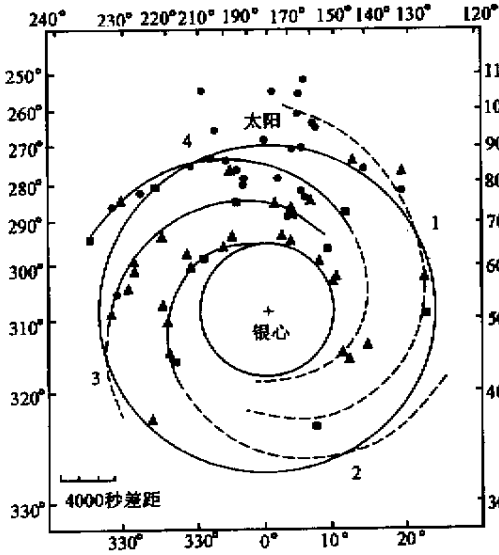


图 2 银河系的旋涡结构图
(据罗先汉, 1991)

Fig.2 Map of whirlpool structure of Galactic System

那么，地幔圈的物质运动和形状变化是如何受太阳系运行和银河系结构制约的呢？银河系是一个由四条旋臂组成的旋涡星系（图 2）。密度波理论认为它是由银河系引力势场的螺旋形分量产生的。旋臂区引力势低，旋臂间区引力势高。当太阳系进入引力势低区，太阳与地球间的距离变小；若进入引力势高区时，则它们间的距离变大。这种变化可能来自以下两种原因：（1）太阳系进入引力势低区时，环绕银心的公转速度变慢，同时自转速度必然也就慢导致地球公转的离心力变小；进入引力势高区时，公转变快，自转必然也变快并导致地球公转的离心力变大。（2）引力势低区由于受挤压引起恒星和行星集聚，引力势高区由于平静宽松使它们的距离变大。因此，当太阳系在银河内沿其自身的轨道运行进入旋臂时，由于太阳地球间的距离变小，太阳对地球的引力加大，引起地幔物质由高纬度区向低纬度区运动和地幔圈形状由圆相对变扁。当太阳系离开旋臂进入旋臂间区时，由于太阳地球间的距离变大，太阳对地球的引力减小，地幔圈则恢复等位面平衡，物质由低纬度区向高纬度区运动，地幔圈形状由扁变圆。

根据新近观测资料，太阳绕银心的运动速度为 220km/s，绕银心运动的周期约 290Ma ~ 300Ma。由于银河系势场以大约 1/2 太阳运动的速度也在运动，太阳需要大约 580Ma ~ 600Ma 才能遍扫一次银河系螺旋势场。太阳通过四条主旋臂 1、2、3、4 的峰值时间距今分别为 481Ma，336Ma，185Ma 和 50Ma。各旋臂的宽度一般约为旋臂间区的 1/3。这样，太阳遍扫一次银河势场，在旋臂区的时间大约分别为 505Ma ~ 455Ma，360Ma ~ 310Ma，210Ma ~ 160Ma 和 75Ma ~ 25Ma，在旋臂间区的时间大约应分别为 455Ma ~ 360Ma，310Ma ~ 210Ma，160Ma ~ 75Ma 和 25Ma 至今后 75Ma。上述前四者是地幔圈由圆相对变扁时的地壳运动过程，后四者是地幔圈恢复等位面平衡由扁变圆时的地壳运动过程。如果与地质年代表（表 1）作一对照，前四个时间段大约应分别为奥陶纪、石炭纪、早—中侏罗世、晚白垩世—第三纪早期；后四个时间段大约应分别为志留纪—泥盆纪、二叠纪—晚三叠世、晚侏罗世—晚白垩世、第三纪晚期至今后 75Ma。显然，由于时间段和地质年代都不够准确，这种对应只能是大致的，但与全球构造的发生过程基本是吻合的。东西向挤压发生的经向构造体系，南北向相对扭动

根据新近观测资料，太阳绕银心的运动速度为 220km/s，绕银心运动的周期约 290Ma ~ 300Ma。由于银河系势场以大约 1/2 太阳运动的速度也在运动，太阳需要大约 580Ma ~ 600Ma 才能遍扫一次银河系螺旋势场。太阳通过四条主旋臂 1、2、3、4 的峰值时间距今分别为 481Ma，336Ma，185Ma 和 50Ma。各旋臂的宽度一般约为旋臂间区的 1/3。这样，太阳遍扫一次银河势场，在旋臂区的时间大约分别为 505Ma ~ 455Ma，360Ma ~ 310Ma，210Ma ~ 160Ma 和 75Ma ~ 25Ma，在旋臂间区的时间大约应分别为 455Ma ~ 360Ma，310Ma ~ 210Ma，160Ma ~ 75Ma 和 25Ma 至今后 75Ma。上述前四者是地幔圈由圆相对变扁时的地壳运动过程，后四者是地幔圈恢复等位面平衡由扁变圆时的地壳运动过程。如果与地质年代表（表 1）作一对照，前四个时间段大约应分别为奥陶纪、石炭纪、早—中侏罗世、晚白垩世—第三纪早期；后四个时间段大约应分别为志留纪—泥盆纪、二叠纪—晚三叠世、晚侏罗世—晚白垩世、第三纪晚期至今后 75Ma。显然，由于时间段和地质年代都不够准确，这种对应只能是大致的，但与全球构造的发生过程基本是吻合的。东西向挤压发生的经向构造体系，南北向相对扭动

和东西向挤压复合应力场产生的新华夏系、河西系及其他地区的这种构造体系都是出现在太阳系穿越旋臂间区的过程。

表1 中国及邻区地壳发展阶段及构造运动 (据王鸿祯, 1987)

Table 1 Developmental stage of the crust and the tectonic movement of china and it's neighbouring region

		地质年代及年龄值(Ma)		构造阶段及构造运动			
PH 显生宙	新生代	Q 第四系		联合古陆解体阶段	喜马拉雅阶段 X	喜马拉雅运动2	
		N 晚第三系				喜马拉雅运动1	
		Kz E 早第三系	65				
	中生代	K 白垩纪	135		联合古陆形成阶段	燕山阶段 Y	燕山运动3
		J 侏罗纪	203				燕山运动2
		Mz T 三叠纪					燕山运动1
							印支运动2
	晚古生代	P 二叠纪	286		联合古陆形成阶段	海西印支阶段 H	印支运动1
		C 石炭纪	360				尼勒克运动
		Pz ₂ D 泥盆纪	400				天山运动
早古生代		S 志留纪	438	加里东阶段 C			祁连运动
		O 奥陶纪	505				古浪运动
		Pz ₁ C 寒武纪	600				兴凯运动
	Z 震旦纪	740					
PT 原生宙	新元代	Hn 淮南纪	850	地台形成阶段	晋宁阶段 J	晋宁运动	
		Pn Qb 青白口纪	1050			四堡运动	
	中元代	Jx 蓟县纪	1400			吕梁阶段 L	吕梁运动
		Pm Ch 长城纪	1700				
	始元代	Ht 溱沔时期	2350				
RP 隐生宙	太古代	Pp 未名	2500	陆核形成阶段	阜平阶段 F	五台运动	
		Wt 五台时期	2800				
		Fo 阜平时期	3100				
		Ar Ox 迁西时期	3800				
	HA 冥古代						

4 中国大陆地壳移动的动力

从前面论述的地壳运动内容中可以看出, 人类赖以生存的这个地球现正处在一场地幔圈恢复等位面平衡的地壳运动的过程; 它已经历了漫长的过程, 而且还要经历相当久远的地质历史过程。地壳通过长期演化, 它在组成、结构、性质方面异常复杂, 在一系列地壳运动过程中, 在地球引力场的控制下, 在深部强烈地扰动了地幔, 与地幔形成极为复杂的关系。在地幔圈恢复等位面平衡所引起的地壳运动过程中, 它就会显示出这样或那样的差别, 这是很自然的。当今中国大陆地壳的移动充分地说明了这一点。

现在来看, 中国东部与西部的地壳演化有很大差异。它在几次由北向南挤压和由南向北挤压的运动过程中, 总体上它始终是中部地区相对其东面和西面向南扭动。由于东部地区的

地壳对地幔的扰动小于西部，东部的重力势便大于西部。但重力势的差异绝对不是当今中、东部大陆地壳向东移动的原因，而移动的力源是来自西部和西南部地壳的纬度圈半径缩短。

那么，当今中国大陆地壳移动的动力是如何产生呢？

大约中生代末新生代早期发生的这场地幔圈恢复等位面平衡的地壳运动中，东部地区的地幔由于深部地壳变形对它扰动相对较小，形成重力势优势，迅速恢复等位面平衡；地壳通过变形很快协调着地幔趋于平静，较长期地进行着局部调整的构造变形。西部青、藏、滇及邻区缅甸、马来半岛、苏门答腊岛、爪哇岛反“S”型构造体系成生于几次运动还不清楚，但这场恢复等位面平衡运动以前的那场地壳由北向南挤出现的西边相对向北扭的运动，地幔只受地壳深部变形的扰动而不干扰地壳的构造应力场和运动方式，但这场运动则不同，在运动过程中，地幔圈一方面受扰动，另一方面还控制地壳的构造应力场和运动方式。区别两者非常重要。这场运动的早期，地壳深部变形对地幔扰动较一致，地幔恢复等位面平衡时地壳仍能保持西部相对向北扭的构造应力场和运动方式，随着时间的推移，由于地壳深部变形对地幔的扰动出现了西强东弱，使东边地幔的重力势大于西边，地幔不能再保持早期的那种一致性进行恢复等位面平衡，致使地壳运动变形的反“S”型应力场解体。这样东部高重力势的地幔迅速进行恢复等位面平衡使地壳变形进入平静期；而西部反“S”型北段（即头部）的地壳，在地幔圈缓慢恢复等位面平衡控制下发生了缓慢的向北挤压。实际上这种挤压是从南面的赤道以北开始的（包括印度的大陆壳）。

如前所述，地幔圈恢复等位面平衡的地壳运动，一方面使低纬度地区的地壳向高纬度地区挤压，同时也使地壳发生东西向挤压。因为地壳随地幔径向曲率由大变小而发生同样的曲率变化必然导致纬度圈半径由大变小和纬度圈弧长由长变短。这种运动过程中发生的东西向挤压的一个重要特性是，哪些经度区的地壳承受或抵抗它的能力弱，它就向哪些经度区传导和集中，通过变形或错动使应力逐步消失。中国大陆地壳的中、东部地区向东移动就是由于反S型北段（头部）青、藏地区的地壳随其下面的地幔曲率由大变小而发生同样变化向北挤压出现的東西向挤压产生的。因为濒临太平洋的大陆边缘现在最能使这种东西向的挤压应力得到释放。

青藏地区的地壳南边由南向北移为什么又转为向北东移呢？因为一个地区的地壳及其下面的地幔径向曲率由大变小的程度有差异，变化幅度大的快的，东西向的挤压就强，反之，挤压就弱；强的方面就向弱的方面挤压。地壳向北移动的这些地区正是由于该地区的東西向挤压小于其西边的東西向挤压，因此产生向东移与由南向北的移动两者合移所致（合移的方向也就是合力的方向）。中国大陆中、东部地区总体一直向东移动不发生方向变化，正是由于这些地区现在已经不存在由南向北移动的力和任何相对扭动的力。

总观上述，当今大陆地壳的移动同样强有力地支持了《地幔圈变形论》的地壳运动新理论^[2]。

参 考 文 献

- [1] 马宗晋. 北京正在向东漂移 [N]. 北京青年报, 北京青年报社 2001 年 8 月 27 日 (4718).
- [2] 孙泰玉. 地壳运动起因新观点—地幔圈变形论 [J]. 中国地质, 1993, (2): 24 ~ 26.

THE MOTIVE FORCE OF PRESENT SHIFT OF THE CONTINENTAL CRUST IN CHINA

SUN Tai-yu

(*Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing 100081 , China*)

Abstract : That the cyclical change of the shape of the mantle produces potential energy force in earth's crust results in crustal movement. When the shape of the mantle changes from sphere to relative flat-sphere , the crust of region of high latitudes of Southern Hemisphere and Northern Hemisphere produces opposite pressure to the crust of the region of low latitudes ; When the shape of the mantle changes from relative flat-sphere to sphere due to restoration to a balance of the isopotential surface , the crust of the region of the low latitudes of Southern Hemisphere and Northern Hemisphere produces respectively a pressure to the region of the high latitudes. The motive force of present shift of the continental crust in China results from proceeding still to a balance of the isopotential surface in the mantle in the west of China.

Key words : potential energy farce ; tectonic system , tectonic stress field ; balance of isopotential surface

.....

(上接第 376 页)

ON DUAL NATURE AND DEVELOPMENT POSTURE OF THE LAND RESOURCE AND GEOLOGIC HAZARDS

LIU Hui-min , ZHANG Ye-cheng , GAO Qing-hua

(*Institute of Geology , China Seismological Bureau , Beijing 100029 , China ;*

The National Working Group on Natural disasters , Beijing 100029 , China .)

Abstract : There is an interaction between utilizing of land resource and occurrence of geologic hazards. The formation and development of both land resource and geologic hazards are not only caused by the evolution of Earth surface system and of climato-environment , but also are affected by human activities. A series of grave geologic hazards has resulted from irrational and excessive exploit of land resource during last several decades , in reverse , the serious geologic hazards have resulted in great damages to the land resource. This is a vicious circle which will greatly hamper human social and economic sustainably development. Therefore , in order to reduce geologic hazards and to utilize sustainably land resource , it would be a best choice to control human social and economic activities and to conform to natural law in utilizing land resource based on understanding of regularity of natural environment.

Key words : land resource ; geologic hazard ; sustainable development