

论地块受力方向的变化

周济元

(成都地质学院)

摘 要

作者通过对地质构造、地应力和地形变观测资料及震源机制解等的综合分析认为,无论在地质历史时期还是近代,地块受力方式、方向是有变化的。在没有其他因素的干扰和影响下,北半球至少是在中低纬度地区,在一次构造运动期间,主压应力方向是按南北→北东→北西→东西向有规律变化的,与地球自转的匀速、加速和减速的变化是同步的。侏罗纪以来,由于地球自转急速变慢,东西向挤压越发加强。由此可以认为,引起地块受力方向变化的原因可能与地球自转速率变化有关。

一、引 言

地壳是由许多大小不同的地块和岩块组成的。而地块、岩块的滑移、错动、扭转和变形等反映了地壳运动及地块或岩块的受力方式和方向。

同一地块的受力方式和方向在地质历史时期,尤其在一场构造运动期间有无变化,变化规律如何?在目前认识还不一致,更未引起广泛而足够的重视。为此,作者拟对地块受力方式和方向的变化问题进行探讨。

二、地块受力方向变化的主要依据

1. 一场构造运动期间成生的构造体系及其联合和复合

构造体系是研究地壳构造运动方式和方向的基础。不同类型构造体系及其联合和复合反映了不同的动力作用方式、方向及其变化顺序。例如,在川南黔北地区,燕山期成生了不同类型的构造体系,从其复合或联合关系分析,四川筠连、古蔺,贵州赤水 and 云南威信一带的东西向构造带成生最早;四川叙永宜宾,贵州习水、仁怀一带的北西向构造穿切、改造东西向构造又被北东向构造横跨、改造,其成生时期晚于东西向构造;四川荣昌、南溪一带的北东向构造微向东南弯曲,隆昌、宜宾一带的北东向构造斜插东西向构造和北西向构造而又被南北向构造和北西向构造切割、横跨;南北向构造穿切、横跨、改造东西向、北西向和北东向构造的现象在四川江安、屏山、纳溪、贵州赤水和大娄山、金佛山等地均可见到,其形成

时期最晚。

由此可见,燕山运动期间同一地块先遭受了南北向均匀挤压,然后依次为北东—南西(或南北向顺时针扭动)或北西—南东(或南北向反时针扭动),最后为东西向挤压^[1]。然而,动力作用方式和方向的变化是逐渐的,加之老构造对新构造的制约和影响,新构造对老构造的改造或扭偏,常常出现局部或整体的两种不同的方式、不同方向的联合作用,成生弧形或折衷的联合构造或复合构造,构造形迹力学性质也相应地表现为复合迭加¹⁾。

在印支、晋宁等构造运动时期,动力作用方式和方向的变化规律与上述几乎完全相同^[1],如四川泸沽、松林坪一带,一些巨型纬向、经向构造体系的反复活动,也反映南北向或东西向挤压力或引张力的反复作用

2. 华夏和河西类型构造体系序列的定向偏移性及其复合

华夏类型构造体系序列,是指亚洲频太平洋地区北东东至北北东向的压性、压扭(反扭)性构造带;河西类型构造体系序列是指我国西部及邻区北西西至北北西向压性、压扭(顺扭)性构造带^[2]。实际上,前者在我国西部,后者在我国东部都有出现,互相复合,并显示在东部前者成生早并且活动强烈而后者成生晚且活动相对较弱,在西部则相反。这一方面反映出动力作用方式和方向的变化;另一方面表明了南北向不均匀滑动的迭加影响。

此外,这两类构造体系序列除受某种边界条件的制约和影响外,还随时间的推移,构造线方向分别沿北东东→北东→北35°东→北20°东→北15°东和北西西→北西→北35°西→北20°或15°西逐渐向北偏移,显示了除北西—南东向挤压力(或南北向反扭力)和北东—南西向挤压力(或南北向顺挤力)作用外,参与联合作用的南北向挤压力逐渐为东西向挤压力所代替。这种受力方向的变化可由在太平洋地块上形成的北北西—北西西向火山岛链所证实。

3. 海水进退规程

当液体和固体同时受力作用时,液体较固体要敏感得多。地层古生物、沉积岩相和古地理等资料表明,在地质历史时期,在我国大陆上曾发生过多海水进退,并在每次大规模海水进退过程中还包含若干小规模的海水进退。

关于海水进退的方向,李四光教授曾多次指出,总体上看,每次海进方向都是由南而北,每次海退方向则相反^[4, 5]。而每次海水进退,都与一次激烈的地壳运动相对应。

4. 现今地应力方向的变化

在一个地区或同一台站所测最大主压应力方向随时间的变化,表明了应力作用方式和方向的变化。

由图1可见,自1966年至1977年,除房山和唐山测点受旋扭构造和地震影响,其最大主压应力方向为北西西和东西向外,吴雄寺和尧山测点最大主压应力方向呈北西西→东西→北西西向的显著变化。说明京津及冀北地区区域应力方向于1966至1977年间反时针扭转了20°—30°。1966年至1975年为北西西向,1975—1976年为近东西向,1976—1977年又转为北西西向。尧山和安邱的固定台站地应力相对观测也验证了上述规律性变化。

5. 活动断裂位移方向变化

由于现今地应力活动方式和方向的改变,活动断裂的位移方位也跟着变化。例如,京津

1) 周济元, 结构面力学性质鉴定方法, 1976。

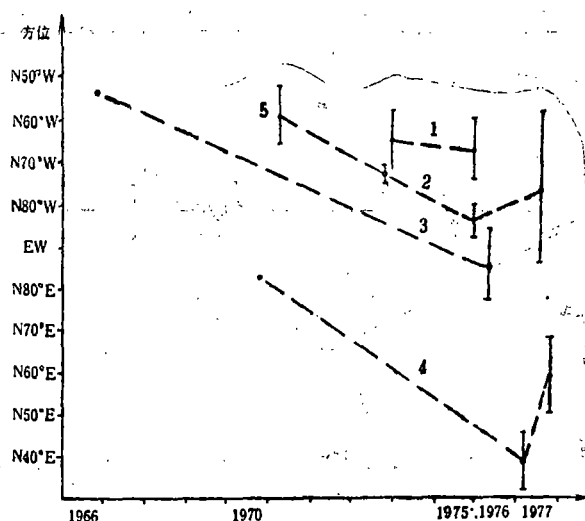


图1 最大主压应力方向随时间变化图(据丁旭初)

1.温泉 2.吴雄寺 3.尧山 4.房山 5.示可信度在90%时的误差范围

Fig.1 Diagram of direction change of maximum main compressive stress with time (after Ding Xuchu)

及冀北地区的活动断层位移测量资料表明,断层位移大都在1974年左右有一反向变化。如墙子路断裂为东西向构造带成分,位移测量结果表明,1971年8月—1974年4月,该断层为反扭,1974年4月—1976年7月为顺扭;1976年7月唐山地震前,垂直基线逐年缩短,显示断层压缩,临震时略有反向,地震后不见扭动迹象²⁾。程各压断层在张家台测点为近南北走向,1971年至1973年9月显示较大幅度的反时针扭错,扭动量达3毫米以上;1973年9月至1976年6月仍为反扭,但扭动量仅一毫米多,自1975年底起,垂直基线观测值有缩短,当恢复到基值线后便发生唐山地震。震后断层显示张性,幅度最大达0.5毫米,上盘下滑,其幅度和速度都是1971年观测以来从未有过的。

断裂的上述位移方向、幅度和速度的变化,反映了地应力方向和大小在改变,这与前述地应力方向变化是相似的

6. 地形变方向变化

地形变方向变化是地块受力方向改变的一种表现。如在1958年至1977年间,四川省地震局地震测量队对四川西昌、冕宁盆地进行的长水准测量结果表明:冕宁至西昌间沿安宁河谷地总体在下降的背景上经历了下降—上升—下降的变化过程。其中以冕宁—泸沽段和西宁—西昌段变化最大,分别形成了两个沉降中心,其间的新华—礼州段则微微隆起。冕宁—泸沽段下降变化最大,西宁—西昌段变化相对要小,然而再次下降的速率较之冕宁—泸沽段为大(图2)。

这种升降变化可以说明,地块受力方式、方向发生了变化。盆地升降曲线的上升段代表南北向或北北西、北东北向挤压或近东西向引张,下降段则反映东西向或北西西、北东北向

2) 王宋贤,唐山7.8级地震断层活动特征(I);地震地质参考资料(1),1980.

的挤压。四川省地震局地震地质队的地应力测量结果显示普格荞窝地区最大主压应力方向为北 55° 西，冕宁、泸沽地区最大主压应力方向为北 59° 西，这对以上推论是一个佐证。

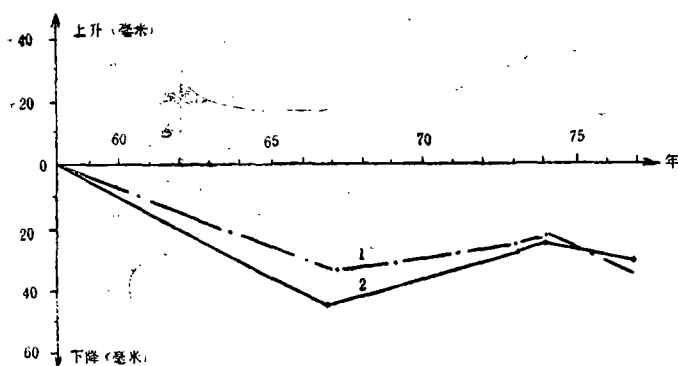


图2 西昌、冕宁盆地升降曲线图(据地震测量队资料绘制)

1. 西昌—西昌盆地 2. 冕宁—泸沽盆地

Fig. 2 Curve map of elevation and subsidence of Xichang basin and Mianning basin

7. 地震震源机制解和地震构造

根据四川省地震局的震源机制资料，西昌地区最大主压应力方向分别为近南北、北西、北东和近东西向，这与太平洋西北地区^[8]颇相类似(图3)。可见，同一构造带或地区，在不同时期所发生的地震P波初动解所反映的最大主压应力方向是变化的，表明地块受力方式和方向随时间的推移而改变。

此外，还有其他方面的依据。如地震迁移，1966年至1975年，地震自邢台起经河间、渤海至海城，由南向北沿北北东向迁移。而海城地震后，1976年4月6日震中向西迁移至和林格尔，1976年7月28日又东迁唐山，同时产生的地震构造也有变化。

上述事实表明，由于地块受力方式和方向的改变使得发震构造也相应改变。

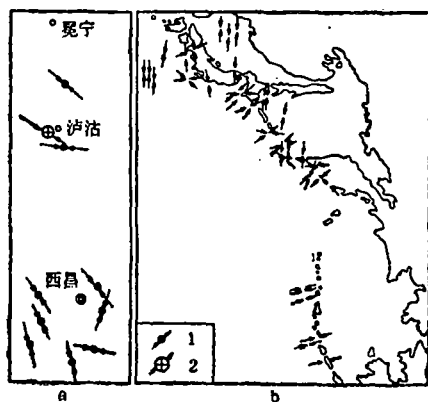


图3

- a. 西昌地区震源机制解最大主压应力方向
- b. 太平洋西北地区水平应力方向
- 1. 震源机制解最大主压应力方向
- 2. 实测最大主压应力方向

Fig. 3 a. Diagram of direction of maximum main compressive stress from mechanism of seismic source
b. In north-western area of Pacific Ocean, horizontal stress direction is determined from the base of mechanical model

三、地块受力方式和方向变化的规律

1. 地块受力的定向性和水平主导性

无论在地质历史时期，还是在某一构造运动时期，或在近代，地块受力方式和方向通常是一定的，即不是南北向挤压，便是北西或北东或东西向挤压，并以水平向为主。

2. 地块受力方向变化的顺序性

在一场构造运动期间或某一时期内，地块受力的方式和方向总是以一定顺序发生变化的。通常是南北向→北东—南西向（或南北向顺扭）→北西—南东向（或南北向反扭），最后为东西向挤压。当作用力由某一方向向另一方向转变的过程中，在不受其他因素——岩石力学性质、构造等的影响时，往往发生局部或整体的联合，产生弧形或折衷构造。但当受到岩石力学性质和构造等影响时，则产生构造发育的差异。

3. 地块受力方向变化的周期性

在地质历史时期的某一场构造运动期间或近代某一时期内，在没有其他因素干扰的情况下，地块受力方向一般是按上述顺序变化的。至另一场构造运动或另一时期开始，除老构造等影响外，仍按上述方向顺序变化，呈现周期性。

4. 南北向挤压力的递减性和东西向挤压力的递增性

随着时间的推移，南北向挤压力递减，东西向挤压力递增，或者是参与联合作用的南北向挤压让位于东西向挤压。

四、地块受力方向变化原因的讨论

地块受力方向的水平主导性和定向性，显示作用力的方向不是与地轴平行或垂直，便是与地轴斜交，表明动力来源只能来自地球本身，来自地球自转速率的快慢变化。

地块受力方向变化的顺序性和周期性，与地球自转角速度变化的周期性在时间上有对应关系（图4）。在一个周期开始时，地球由匀速至开始加速时，为南北向挤压力作用；地球加速转动，由于边界条件的影响，为北东—南西向或北西—南东向挤压力作用；由加速至减速开始阶段，由于边界条件的影响，为北西—南东向或北东—南西向挤压力作用；至减速中后期，便变为东西向挤压力作用。

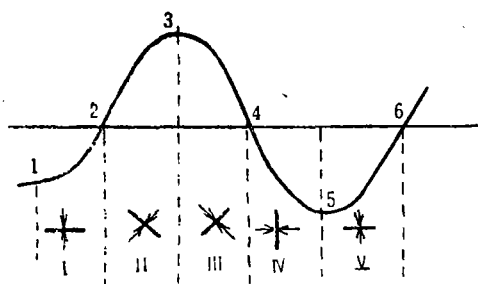


图4 地球自转速率变化与地块受力方向变化关系图

Fig. 4 Diagram of relation between the change of Earth's rotation rate and the change of Earth's forced direction

地球自转角速度变化及与构造运动相对应的规律，已有许多学者作过讨论。图5为地球自转角速度变化与地壳运动的关系图。图中的两条曲线虽有一定差别，但其总的变化趋势是一致的，呈现三个主要的地球转速变慢时期，即从晚寒武世或奥陶纪至志留纪；石炭纪至三迭纪；晚白垩世至近代。越到挽近时期，地球自转变慢的速率越大、曲线越陡。地球自转速率的快慢变化，与加里东、海西—印支和燕山—喜山构造运动期相对应。作者根据北京天文台资料，作出了地球自转角速度变化曲线图。由图6不难看出，1961—1972年地球自转减慢，1972—1974年地球自转有所加快，1975年以后，地球自转又趋减慢。由上述地球自转角速度的快慢变化所引起的作用力，与根据地应力、地形变、断层位移和震源机制解等资料所得的最大主压应力方向大体是一致的。在地质历史时期，随时代由老到新，纬向构造带活动强度的递减性，经向构造带活动强度的递增性，华夏和河西类型构造体系序列的定向偏移性等除了与地球自转速率变化有关外，还与地球自转长趋势变慢有关。由于地球自转长趋势减慢引起的东西向挤压力，在侏罗纪以后尤为明显，因而导致华夏、河西类型构造向北偏转，纬向构造带活动减弱，经向构造带活动增强。

现就地球自转速率变化与地块受力方向改变的相互关系讨论如下：

设地球为一均质球体(图7)，取其表面一点A，设其质量为 m ，当地球以 ω 角速度匀 速

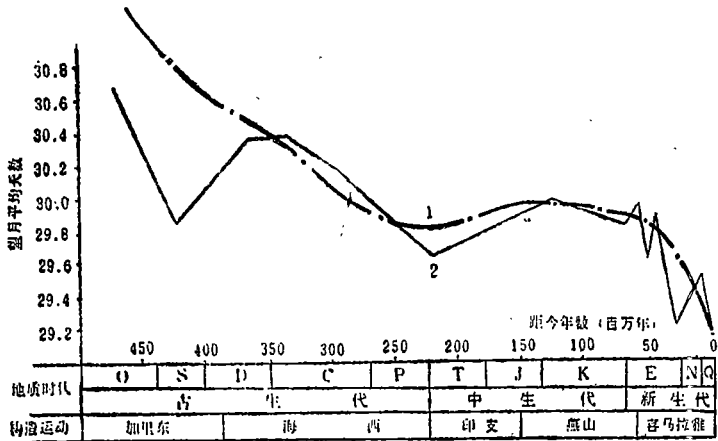


图5 地球自转速度变化与地壳运动关系图

Fig.5 Diagram of relation between Earth's rotation velocity and crust movement

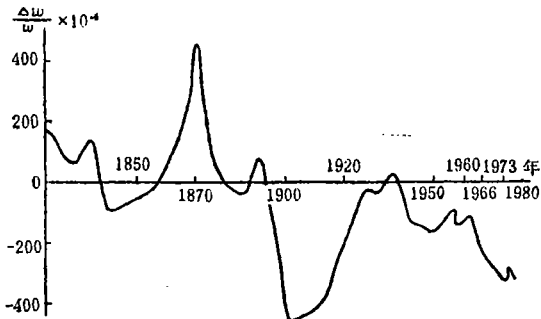


图6 地球自转角速度变化曲线图(据北京天文台)

Fig.6 Curve map of change of angular velocity of Earth's rotation

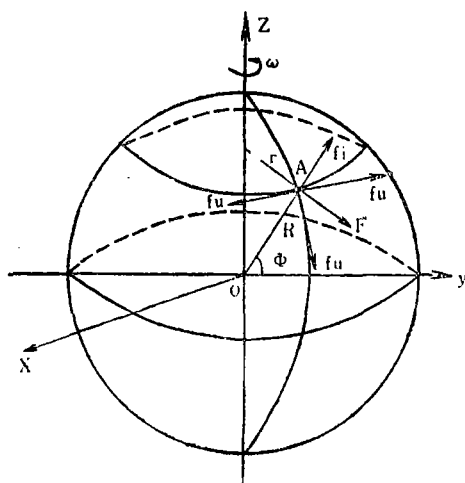


图7 地球自转角速度变化所产生的离心惯性力示意图

Fig. 7 Sketch map of centrifugal-inertia caused by change of Earth's rotation angular velocity

自转时，其惯性离心力 F 为：

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \omega^2 R \cos \phi \quad (1)$$

(1)式中， r 为A点至地轴的距离， R 为地球半径， ϕ 为A点的纬度，其径向分力 f_r 和水平分力 f_u 分别为：

$$f_r = F \cos \phi = m \omega^2 R \cos^2 \phi \quad (2)$$

$$f_u = F \sin \phi = m \omega^2 R \cos \phi \sin \phi \quad (3)$$

由(2)、(3)式可见，只要地球转动，不仅 F 存在， f_r 和 f_u 也都存在。 f_r 垂直地表指向地壳以外，为重力所抵消^[7]。 f_u 平行经向指向赤道，其大小由 ϕ 确定，向两极和赤道为零，极大值位于 $44^\circ 51' 40''$ ^[5]。

当地球自转角速度变化时，则自转角速度 ω 便有增量 $\Delta\omega$ ，相应 F 的增量为 ΔF ，即：

$$F + \Delta F = m (\omega + \Delta\omega)^2 r$$

省略计算，得

$$\Delta F = m (2\omega + \Delta\omega) \Delta\omega \cdot r$$

当地球自转加速时，则 $\Delta\omega$ 为正， ΔF 为正，其增量为：

$$\Delta f_r = \Delta F \cos \phi = m (2\omega + \Delta\omega) \Delta\omega \cdot r \cos \phi$$

其方向垂直地表，

$$\Delta f_u = \Delta F \sin \phi = m (2\omega + \Delta\omega) r \cdot \sin \phi \quad (4)$$

其方向指向赤道。

当地球自转减速时，则 $\Delta\omega$ 为负， ΔF 为负，其减量为：

$$\Delta f_r = -\Delta F \cos \phi = -m (2\omega - \Delta\omega) \Delta\omega \cdot r \cdot \cos \phi$$

其方向指向地心，

$$\Delta f_u = -\Delta F \sin \phi = -m (2\omega - \Delta\omega) \Delta\omega r \sin \phi \quad (5)$$

其方向由赤道指向两极。

在地球自转速度变化时,在点A处还有一纬向切向加速度 au ,因而还作用有一纬向水平力 fu 。

$$fu = mau = m \frac{du}{dt} = m \frac{d(r\omega)}{dt} = mr \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

由于 r 在两极为零,在赤道为 a ,则 fu 在两极为零,在赤道为极大值。其方向随 $d\omega$ 而改变,当地球加速自转时, fu 的方向由东向西,减速自转时,由西向东(fu')。

但是,无论地球自转是加速还是减速,其自转方向是永远不变的。故由于地球自转引起的经向分力总是由两极推向赤道,其大小则随地球自转角速度的变化而改变。

地球自转角速度改变,其角加速度便有正有负,从而引起纬向水平力作用方向由东向西或由西向东的改变,其大小与地球角加速度的大小有关。

当地球自转由匀速至开始加速时,角加速度为零或很小,纬向水平力则为零或很小。所以以经向水平力为主,并由北向南推挤。

在地球自转加速段的中后期,由东向西的纬向水平力和经向水平力均存在,其合力为北东—南西向,并由北东向南西推移(北半球)。

在地球自转减速开始阶段,由西向东的纬向水平力和由北向南的经向水平力都存在,其合力为北西—南东向,并由北西向南东推移(北半球)。

在地球自转减速的中后期,由北向南的经向水平力随自转减速而逐渐减小,而纬向水平力则逐渐加大,并由西向东推挤。

五、结 论

综上所述,可以得出以下结论:无论在地质历史时期还是现今一定时期,也无论在一场构造运动期间还是在数年、数十年内,地块受力方式、方向是变化的。在不受其他因素—岩石力学性质和构造等干扰的情况下,按南北向→北东→北西→东西向顺序变化。地块受力的这种变化规律是与地球自转匀速、加速、减速变化相关联的。同时,地球自转长趋势变慢所引起的东西向挤压力从古到今尤其是侏罗纪以来,逐渐加大。

(本文1985年7月25日收到)

参 考 文 献

- [1] 成都地质学院地质力学研究室,四川省构造体系划分及其运动程式的探讨,国际交流地质学术论文集,地质出版社,1978.
- [2] 周济元,试论华夏类型构造的体系划分和命名,成都地质学院学报, № 4, 1979.
- [3] 孙殿卿、高庆华,地球自转与全球构造,中国地质科学院院报, Vol. 1, No. 1, 地质出版社, 1980.
- [4] 李四光,地质力学方法,科学出版社, 1976.
- [5] 李四光,地质力学概论,科学出版社, 1973.
- [6] 丁旭初,京津及冀北地区现今构造应力场的转变,地质力学文集, Vol. 5, 地质出版社, 1979.
- [7] 李四光,天文、地质、古生物,科学出版社, 1972.

ON CHANGE OF FORCED DIRECTION OF LAND MASS

Zhou Jiyuan

(Chengdu College of Geology)

abstract

Basing on synthetical analysis for a lot of geological structures, observation of ground-stress and ground distortion, and explanations of focal mechanism, the author considers that forced form and forced direction of land mass are changed in both geological age and recent time. Without obstruction and influence of other factors, in the northern hemisphere, at least in middle-low latitudes area, in a single tectonic movement, the direction of compressive stress is changing according to the law SN→NE→NW→EW, it is synchronised with changing of uniform, acceleration and deceleration of speed of Earth's rotation. Since Jurassic period, due to rapid deceleration of Earth's rotation, EW-direction compressive stress is getting stronger. By all above reasons, the conclusion is that the cause, making change of forced direction of land mass, may be related with the change of Earth's rotation rate.