

地壳运动整体观论纲^①

高庆华 马宗晋

孙殿卿

(国家地震局地质研究所)

(中国地质科学院地质力学研究所)

摘要 本文在全面讨论了构造体系与全球运动场、板块构造与旋转扩张、断块构造、镶嵌构造、地洼说与地球自转、构造迁移的方向性及地球水圈、气圈和生物圈的运动规律以后,提出了地球动力系统统一观,并进一步论述了包括重力、热力、离心惯性力等在内的地球动力系统中,地球自转和自转速度不均衡乃是发动地壳运动的主因,而地球整体的运动和变化,又受着天体活动的影响。

本文纲要性地指出,地壳上各种地质现象与相关的自然现象是一个有联系的整体,受控于地球整体的运动系统。

关键词 地壳运动 地球自转速率 地球系统

地质现象,绝大部分是直接由地壳运动形成或与地壳运动有着极为密切的关系。因此,为了搞清地质规律,指导地质实践,地壳运动问题的研究显然是个根本性的问题。从现代地质科学萌芽之日起,有关地壳运动的各种假说、理论和观点便不断涌现,诸如膨胀说、收缩说、脉动说、对流说、大陆漂流说以及槽台说、地洼说、断块说、镶嵌说、板块说等。应该说这些学说都占有一定的实际资料,并对某些地质现象形成的运动机理进行了合理地解释。可以肯定,地球的膨胀、收缩、脉动、壳内对流、大陆漂移运动以及槽台、断块、地洼、板块、镶嵌构造等现象都是客观存在的。然而正因为如此,只根据其中某一方面的事实,就一跃而上升为理论,显然是不全面的。如果承认地球是一个整体,各种地质现象都与地壳运动有关,就必须将地壳乃至地球作为一个整体,以全部事实为依据来综合考虑地壳运动的各种效应,谋求统一的解释,以认识地壳运动的整体规律,并在此整体规律的指导下,对某个部分的各种现象进行系统而有序地解释。

1 地球岩石圈构造场和运动场的统一性

有关地壳运动的各种学说,都列举了大量的事实论证自己的观点^[1-9]。但是,当我们对所有这些事实进行审视就不难发现,彼此之间常有着不可漠视的共性和统一性。

1.1 构造体系与全球运动场

世界上规模巨大的构造体系有^[2,3,9]:

纬向构造体系,反映经向水平力的作用;经向构造体系,反映纬向水平力的作用;山字型和弧形构造体系,其中山字型构造体系多数向赤道方向突出,少数向西突出,反映向赤道方向的

^① 本文作者还有张渤涛和蒋维。

经向水平力和自东向西的纬向水平力的作用；巨型棋盘格式构造，以 NE 与 NW 向两组扭断层为主，分左型与右型两种，分别反映了经向水平力和纬向水平力的作用；巨型旋扭构造，如青藏滇缅印尼歹字型构造体系反映了中国大陆对印度地块相对向南和北半球对南半球相对向西的扭动；北美歹字型构造体系反映北美大陆对太平洋基底相对向南和北半球对南半球相对向西的扭动；澳洲旋卷构造体系反映赤道方面对澳洲大陆相对向西的扭动；南极和北极旋扭构造体系反映低纬度地块对极地相对向西扭动。概言之，构造体系反映的全球运动场是统一的，动力作用方向主要是经向和纬向，即与地球自转坐标系一致。

1.2 板块构造与旋转扩张

纵观全球板块构造图不难看出，绝大多数海岭、裂谷、海沟为近 SN 向，其次为近 EW 向；绝大多数转换断层为近 EW 向，其次为近 SN 向。这些事实说明，板块的运动方向与地球的自转坐标系是接近一致的，既有 EW 向的扩张，也有 SN 向的漂移，也就是说，驱使板块运动的动力作用必然与经向或纬向力有关；即使认为动力来源于壳内对流，但板块构造现象的方向性也意味着壳内对流系统也受纬向力或经向力的制约。

1.3 断块构造、镶嵌构造、地洼说与地球自转

断块说认为，板块是断块的一种特殊型式。由于大断裂的方向主要是 NE、NW、EW、SN 向，与地球坐标系有关，因此认为断块的形成起因于地球自转^[7]。

镶嵌构造说认为地壳上的镶嵌形象的空间展布、运动变化，是由几个系统的构造波浪交织形成的，并认为推动大地波浪运动的力是来自地球自转运动^[6]。

地洼说提出了动定转化递进律，将我国大陆地壳分为 3 大壳体，将大陆构造分为 5 大构造系，并且认为地壳构造定向性的主要原因是地球内部矛盾斗争所导致的地球自转速度变化^[5]。

1.4 构造迁移的方向性

地层建造局部来看，反映了地壳的垂直运动，然而，根据不同时代地层建造的特点和发育程度进行综合分析，则发现构造的水平迁移现象。我国最古老的陆核形成于吕梁期^[10]，发育在华北—塔里木一带，然后向南偏西和南偏东方向先后形成了加里东期、海西期、印支期、早燕山期、晚燕山期地槽褶皱带和岩浆带，至喜马拉雅期，已推至喜马拉雅山及台湾地区。构造迁移的基本方向是自北而南的，局部时段、局部地区有时作自南而北或 EW 向迁移。类似的情况有：从西伯利亚至中蒙边界地区，构造也呈弧形向南迁移；从北欧向地中海，构造向南迁移；美洲大陆向西和向南迁移等。总之，构造迁移的方向也与地球坐标系有一定关系。

2 地球水圈、气圈和生物圈的运动

2.1 现代海洋与大气的运动

现代各大洋中，有许多洋流。太平洋的水体，从中美洲西缘开始，大致沿赤道地带向西流动，至西伊利安岛以东分为两支，北支循大洋西缘向北流动，至日本转向东流，抵达加利福尼亚以西转向南流，大致构成一个椭圆形；南支循澳洲东岸南流，至新西兰转向东流，再平行南美西海岸北流，也构成一个椭圆形。类似的情况也见于大西洋和印度洋。它们共同反映了赤道地带的海水自东而西流动，而且越近赤道流速越大；中纬度地带海水自西向东流动；大陆边缘则作 SN 向流动^[8]。

大气流动的模式与洋流类似。在赤道至南北纬度 30°之间和高纬度区盛行东风带；在中纬度地带盛行西风带；赤道两侧常出现巨大的旋卷气流，形成台风。赤道两侧台风旋转方向相反，

路径形态与洋流形态基本一致,显然与地球自转运动有关^[8]。

2.2 地质历史时期海水进退、气候变化和生物迁移

研究表明,在我国,古生代以来曾发生过早古生代、晚古生代、中生代 3 次大海进;早古生代末、晚古生代末、中生代末 3 次大海退;其中还包含各纪早期的海进和晚期的海退,及尺度更小的海水进退^[12]。每次海进海水自南向北运动,导致气候变暖,生物群往北迁徙;而海退时海水自北而南运动,气候变冷,生物群向南迁徙。也就是说,地球水圈、气圈和生物的运动大方向与岩石圈运动是一致的。

2.3 地球各圈层的运动变化及彼此间的相关性^{[8][11-20]}

(1) 各圈层有周期相近的韵律变化。变化周期有 280—300Ma、140—150Ma、70—80Ma、30—40Ma、15—20Ma、10Ma、数百万年、0.50—0.60Ma、0.25—0.30Ma、0.10Ma、0.06Ma、0.04Ma、0.03Ma、0.02Ma、0.015Ma 以及 2000a、1000a、400—500a、80—70a、40—35a、22a、15.6a、11a、5—7a、14 个月、1 个月、1 天等。

(2) 每次大规模的海退都伴随一场强烈的地壳运动。每次大规模的海退开始不久,岩浆活动便接踵而来,一般在海退转向海进时达到高潮。海进时期岩浆活动较为平静。

(3) 每次大规模的海退都对应一次冰期气候和生物灭绝期;而海进则对应气候温暖期和生物繁衍期。

(4) 许多资料证实,矿产资源的形成、环境的变化、自然灾害的发生以及地磁场的变化等,都有周期性的韵律变化,且与前述周期相呼应。

3 地球形态的整体变化

(1) 地球扁度的变化。地球的扁度是经常变化的,当地球自转速度加快时,扁度增大;变慢时,扁度减小。变化的临界纬度是南北纬 30°与 60°。这个纬度是大气、海洋运动与岩石圈运动最重要的界线。

(2) 南北偏心与不对称。北半球突起,为陆半球;南半球凹入,为水半球。中生代以后大陆北移。最宏伟的纬向挤压带发育在北半球,而海岭则集中于南半球^[14]。

(3) 东西偏心与不对称。西半球突起,围绕非洲发育了环形扩张带;东半球凹入,围绕太平洋发育了环形俯冲带。

(4) 北半球对南半球相对向西扭转。根据滇缅印尼歹字型、北美歹字型和大西洋海岭的弯曲形态的 S 型弯曲,北半球对南半球似相对向西扭转了大约 2000Km。

地球形态的整体变化,反映了经向力和纬向力的作用。

4 地球的变动与天体运动的相关性

4.1 地球构造与星体构造的相似性

已有资料表明,在金星、火星、水星、月球等星体上都存在 NE、NW、SN 和 EW 向断裂^[17]。它们与各星球的自转轴保持和地球类似的几何关系。恒星——太阳,在不同纬度有不同的纬向转速,而木星、土星等也都发现有纬向环带。显然,我们应把地球作为一个星体来探讨其地壳运动的起源。

4.2 地球各圈层变动的韵律与天体运动有着类似的周期^[16,17]

(1) 地球自转与公转运动周期有:地球自转一周为 1 日;月球绕地球——地重心,旋转一周为 1 月;地球绕日旋转一周为 1a;地球自转的章动周期为 18.6a;地球倾斜度变化周期为 1.5×10^4 a,地球公转近日点长期变化周期为 2×10^4 a;地球自转岁差变化周期为 2.6×10^4 a;地球公转轨道偏心率变化周期为 9.66×10^4 a,此外还有不规则运动周期。

(2) 地球随太阳系银河系中心旋转一周约为 280—300Ma,半周期为 140—150Ma;太阳系在银道面二侧摆动周期为 70—80Ma,半周期为 30—40Ma。

(3) 太阳变化有 11a 黑子周期;22a 磁周期;35a 布鲁克纳周期;80—90a 世纪周期和 200a、400a、1000a 及更长的超长周期。

(4) 以上各种周期性变化对地球的综合影响,使得地球变化的韵律性十分复杂。这些资料表明,研究地壳运动,不能局限于地质构造的某一方面,而是要深入到地球各个圈层乃至天文体系的系统工程。

5 地球动力系统的统一观

地球的岩石圈、水圈、气圈乃至生物圈的变化,在时间上是同步的;在空间上运动的大方向都是经向的或纬向的,而且与天体活动还有着密切的关系。这种协调关系表明,只有把地球作为宇宙体系的一个星体,从地球整体运动的角度去研究,才能搞清地壳运动问题。

关于全球运动与变化的学说颇多,彼此间既有共同之处,也存在严重分歧。综合起来,地壳运动与变化的原因主要为太阳及其天体活动的影响,诸如地球内部的变化(包括地幔对流),重力和地球自转及自转不均衡所产生的潮汐力、惯性力、离心惯性力、科氏力、极移力、带状自转、离极漂移力等,但就其成因来说,则主要是重力、热力与地球的旋转力^[22]。

重力、热力、地球自转力是发动地壳运动的主要力源,但三者又是相互联系的一体。在重力作用下,地球物质运动的总趋势是重的物质下沉,轻的物质上升,总质量向地心集中,地球收缩,使地球自转速度加快;而地球自转速度加快,离心力增大,又使重力作用减小。热力导致地球的膨胀和壳内物质上升,使地球自转速度减慢;自转变慢,离心力减小,又可使物质下沉。

地球的动力系统,使地球表层既可发生垂直运动,也可发生水平运动。设地壳中某一点 A 为地壳表层任意一点。它要受到来自天体和来自地球内部各种力的作用。由于外因的影响是微小的,A 点所受到的力主要是向心力和离心力。向心力使 A 点物质向地心集中;离心力使 A 点远离地球中心。若使 A 点处于相对静止状态,则要满足向心力和离心力联合力场达到平衡状态的要求,若 A 点发生运动,意味着平衡被破坏。因此,引起 A 点运动的原因,不在于是否受向心力或离心力的作用(这是肯定的),关键是两者之中,哪个力最易引起动力平衡系统的破坏,这个力便是发动地壳运动的主导因素。我们将向心力 P 分解为垂直地面的 P_2 与平行地面的 P_1 两个分力,将离心力 F 分解为垂直地面的 F_2 和平行地面的 F_1 两个分力。 P_2 与 F_2 的矛盾决定 A 点的升降, P_1 与 F_1 的矛盾决定 A 点的水平运动。在这里,由于 P 不可能发生与地壳运动多种韵律活动相适应的频繁变化,因此,显然 F 为变动的主导因素;又因为 P_2 比 P_1 的数量级高得多,且岩石圈中下伏物质的浮托力也很大,故不可能发生大规模的垂直运动;只有 F_2 与 P_2 数值相近,只要能够克服岩层的强度或摩擦力,就可以发生大规模的水平运动,如果因热力作用而降低了岩石强度,这种运动就更易发动。这就说明了为什么最深的地槽也不过 20km,而水平位移常常可达数十公里、数百公里,甚至更大。

6 地球自转和自转速度的不均衡是发动地壳运动的主因

由于地壳各圈层物质运动的大方向都与地球自转坐标系保持有规律的几何关系；由于破坏地球动力系统平衡的主导因素是离心力的变化；也由于地球内部的变化和天体的影响都可以影响到地球的自转速度，并在全球变化中产生相对应的韵律变化。这些基本事实使我们有理由认为，地球自转与地球自转速度不均衡所产生的力是推动地壳运动的主因。

根据角动量守恒定律：

$$\omega I = C$$

式中： ω 为地球自转角速度， I 为转动惯量， C 为常数。

如果地球收缩，地球质量因重力向下集中，地幔或水圈和气圈的物质向两极流动，天体引力减小，其结果使地球转动惯量减小，转速增快；如果地球膨胀，岩浆向上运动，地幔或水圈和气圈物质向赤道集中，天体引力增大以及构造运动所引起的“刹车”作用，都将使地球转动惯量增加，转速变慢。太阳活动所引起的大气角动量的变化也将使地球自转速度发生变化。

当地球自转速度加快时，首先产生自东而西的惯性力，其大小与地球纬度的余弦成正比，故使赤道东风带和大气环流增强，赤道洋流加速，大洋环流增强，在地壳岩石圈中形成经向构造（包括挤压带、裂谷、海岭和俯冲带），向西突出的弧形构造等扭动构造和一部分交叉断裂，使地幔相对地核西移，引起地磁场变化，并可能导致地幔物质纬向流动。

随着地球自转速度加快，离心惯性力的垂直分力与向心力引起地壳的垂直振荡运动，其水平分力则驱使岩石圈、水圈、气圈物质向赤道运动，生物带向赤道方向迁移。在自两极向赤道的经向力作用下，形成纬向挤压构造带、经向张裂带、指向赤道的弧形构造、山字型构造和其它扭动构造体系，并可能导致地幔物质流动，形成经向流。

地球自转速度变快所造成的总效应将使地球自转速度变慢；而地球自转速度变慢时，惯性力与离心惯性力的作用相反，并在各圈层产生向相反方向运动的现象，它所造成的总效应将使地球自转速度变快。地球这种时快时慢的转动，就产生了普遍存在于地球各圈层的韵律变化。

地球作为一个球体，在转动过程中发生的东西向偏心、南北向偏心、南北半球不对称及扁度的变化，便控制了地球形态的多级变化和不对称性。

地球是天体系统的一个成员，作为开放系统，天体的变化以及地球在宇宙中位置的改变，都可能影响到地球自转运动。

7 结论

综上所述，可以得出以下几点认识：

(1) 各种地质构造是相互联系的，由构造体系和各种大地构造形迹所反映的地壳动力作用方式和方向，以纬向和经向水平力为主。

(2) 水圈、气圈、生物圈物质的运动与岩石圈的构造运动，不仅具有同步性，而且运动的大方向也与地球自转坐标系有着密切的几何关系。

(3) 引起地壳运动的力很多，它们共同组成地壳的动力系统，这些力的作用及造成的地壳变动，都将引起地球自转速度的变化。

(4) 地球自转速率变快所造成的地球扁度增大、重物质的上升等，将使地球自转变慢；地

球自转速率变慢所造成的地球扁度减小和重物质下降,又将使地球自转变快。也就是说,地球自转变快时就包含着使之变慢的因素;地球自转变慢时又孕育着使它变快的条件。地壳就是在这种对立统一的矛盾中不断地运动着的,形成了岩石圈、水圈、气圈、生物圈中各种相互关联的地质构造现象和自然现象。

(5) 地壳作为地球系统的一部分,其运动受控于地球自身的整体运动,并受太阳系乃至宇宙体系的影响。

总之,将地壳各部分的各种地质构造现象和相关的自然现象看作有联系的整体,将发动地壳运动的各种动力作为一个互相影响、互相制约的动力系统,将地壳运动的因果作为一个统一的互馈系统,从地球整体运动变化的角度,去研究地球系统变化的观点,便构成了地壳运动整体观的基本指导思想。

参 考 文 献

- 1 李四光,地球表面形象变迁之主因。中国地质学会志,1926,5(3—4)。
- 2 李四光,地质力学概论。北京:科学出版社,1973。
- 3 李四光,天文、地质、古生物。北京:科学出版社,1972。
- 4 黄汲清、姜春发,从多旋回运动观点初步探讨地质发展规律。地质学报,1962,40(1)。
- 5 陈国达等,中国大地构造的一些特点。国际交流地质学术论文集(1),北京:地质出版社,1980。
- 6 张伯声、王战,中国地壳的波浪运动及其起因与效应。国际交流地质学术论文集(1),北京:地质出版社,1980。
- 7 张文佑,断块构造导论。北京:石油工业出版社,1984。
- 8 孙殿卿、高庆华,地质力学与地壳运动。北京:地质出版社,1982。
- 9 孙殿卿、高庆华,地球自转与全球构造。中国地质科学院院报 562 分刊(1),北京:地质出版社,1980。
- 10 马杏垣、谭应佳、吴正文、蔡学林,中国大陆壳的早期构造演化。国际交流地质学术论文集(1),北京:地质出版社,1980。
- 11 高庆华,试论地壳运动与地层建造之关系。中国地质科学院 562 综合大队集刊(2),北京:地质出版社,1981。
- 12 沈宗丞,地球自转速度变化周期与地震周期。地震气象学、天文气象学进展,北京:海洋出版社,1987。
- 13 马宗晋、张淑媛、付征祥,地球变动的韵律性与反对称性。中国科学,B辑,1986(10)。
- 14 马宗晋、蒋铭,中国强震期与强震带。中国地震,1987,3(1)。
- 15 钱维宏,长期天气变化与地球自转速度的若干关系。地理学报,1988,(4)。
- 16 杜品仁,天文地震学引论。北京:地震出版社,1989。
- 17 徐道一,天文地质学概论。北京:地质出版社,1989。
- 18 郭增建、秦保燕,灾害物理学。西安:陕西科学技术出版社,1989。
- 19 张家诚等,气候变迁及其原因。北京:科学出版社,1976。
- 20 任振球,全球变化。北京:科学出版社,1990。
- 21 M. B 斯托瓦斯著,王同善译,地球自转的不均衡性——地球形态及大地构造因素。地质力学论丛(1),北京:科学出版社,1959。
- 22 马杏垣主编,重力作用与构造运动。北京:地震出版社,1989。

CRUSTAL MOVEMENT SEEN AS AN ENTIRETY

Gao Qinghua Ma Zuojing

Sun Dianqing

(Institute of Geology, State seismological Bureau)

(Institute of Geomechanics, CAGS)

Abstract After an overview of what have so far been suggested for earth movements, e. g.

tectonic systems and global movement field, plate tectonics and rotational spreading, fault-block structure, mosaic structure, geodepression theory and rotation of the earth, as well as a discussion on the directionality of tectonic migration and the movement of the hydrosphere, atmosphere and biosphere, a unified view on geodynamic system is put forward in which it is argued that the change in the speed of the rotation of the earth may be the main causes for crustal movement as a result of the geodynamic processes such as gravity, thermal force and centrifugal force, etc. Furthermore, the *en masse* movement of the earth and its change is influenced by celestial activity.

It is pointed out in outline that all kinds of geological phenomena and related natural phenomena are an interrelated entirety which is controlled by the earth movement as a whole.

Key words crustal movement, speed of earth's rotation, the earth system

第一作者简介

高庆华,男,1938年生,国家地震局地质研究所研究员,从事地质力学、自然灾害系统和地质系统论的研究。通讯地址:北京德胜门外祁家豁子地震地质研究所。邮政编码:100029。

地质力学开放实验室资助项目

1. 高温高压下岩石矿物形变相变及贵金属元素迁移聚散实验研究
2. 地应力对孔隙岩体中流体运移驱动作用的实验研究
3. 断裂活动年龄和现代构造应力场实验研究及其区域构造稳定性评价
4. 构造型式非均匀有限应变场实验研究
5. 岩体侵位机制及动力学模拟与解析
6. 塔北油区古今应力的声发射研究及其应用
7. 同成矿应力模拟实验与金矿靶区定量优选
8. 汾渭与贝加尔裂谷系相似性特征及其动力学机制的实验研究(中俄合作)
9. 地球自转速率变化等因素对全球应力场及构造运动的驱动作用数值模拟
10. 地壳稳定性与地质灾害的实验研究(中俄合作)
11. 巨厚沉积裂谷区含金热水释出成矿的构造动力学机制
12. 断层泥显微结构特征与断层滑动方式关系的研究
13. 亚洲大陆弧形构造系统形成机制、构造模拟及有关地球动力学问题
14. 郯庐断裂带形成演化过程中的构造特征和造应力场
15. 新疆塔化储油构造型式、岩石和实验材料相似律的研究
16. 中国西部深部地质构造与地壳应力场关系研究
17. 应用 ESR 年龄讨论张河湾地区断裂构造的形成时期