

板块运动地球重力学机制研究

郝晓光, 刘根友

(中国科学院 测量与地球物理研究所 动力大地测量学重点实验室, 湖北 武汉 430077)

针对板块运动的动力问题,笔者按照地球重力学的理论和进行了持续研究,并于 2000 年和 2001 年分别提出了“纬向正常密度假说”和“板块运动纬向重力模式”。“纬向正常密度假说”认为:地幔的正常密度是按照“地幔纬向正常密度函数” $\rho_e(B)$ 规则分布的。如果地幔的密度是正常分布的,其物质分布状态在水平方向就是稳定的;而如果地幔的密度是异常分布的,其物质分布状态在水平方向就是不稳定的,与 $\rho_e(B)$ 不符的“地幔密度异常” ρ_e 就会引起水平方向的“纬向重力”。纬向重力总是把地幔物质从“地幔纬向密度异常高”($\rho_e > 0$)的地区推向“地幔纬向密度异常低”($\rho_e < 0$)的地区。在纬向重力的驱动下,地幔物质沿水平方向发生迁移和调整,最终达到地幔纬向密度的正常分布状态 $\rho_e = 0$ 。“板块运动纬向重力模式”认为:岩石圈板块的水平运动与垂直运动是一种辩证关系。一方面,“纬向重力”驱动岩石圈沿水平方向由 $\rho_e > 0$ 的地区向 $\rho_e < 0$ 的地区运动。另一方面,因“纬向重力”驱动软流圈物质沿水平方向运动而使得岩石圈沿垂直方向发生运动; $\rho_e > 0$ 地区的岩石圈会因为软流圈物质的流出而下沉造成盆地沉陷, $\rho_e < 0$ 地区的岩石圈会因为软流圈物质的流入而上升造成山脉隆升。

纬向重力驱动板块沿纬度方向运动,直到密度分布满足“纬向正常密度函数” $\rho_e(B)$ 。旋转椭球的“经向正常密度函数”可以表示为 $\rho_e(L, B) = \rho_e(B)$;也就是说,经向重力驱动板块沿经度方向运动,直到密度分布满足在经度方向处处相等。当岩石圈板块的物质分布不满足“纬向正常密度函数”及“经向正常密度函数”时,地球内部就会产生“纬向重力”和“经向重力”。存在纬向重力和经向重力并不一定就能够驱动板块运动,而只有当这种纬向重力和经向重力的大小足以克服板块运动的摩擦力或阻力时,板块才会发生沿经、纬度方向的运动。

因为驱动板块运动的动力(地球重力学部分)是地球本身由于密度分布的不规则(或异常)而产生的“自引力”和离心力造成的,所以板块运动的动力学条件(地球重力学部分)有 2 个,一是地球的质量足够大(质量越大、自引力越大),二

是地球的密度分布足够异常(或足够不规则);二者缺一不可。

可以借鉴天体物理学中“钱德拉塞卡质量极限”的概念对“质量足够大”的概念进行说明。“钱德拉塞卡质量极限”所涉及的问题是恒星的坍塌,本文研究的问题是地球的板块运动,从表面上来看,二者好像没有什么联系。但是,从本质上分析,“钱德拉塞卡质量极限”涉及的是恒星的“质量”和“自引力”,而本文给出的板块运动的动力学条件恰恰就是地球的“质量”和“自引力”的问题。

物体的质量越大,其自引力也就越大。既然大于“钱德拉塞卡质量极限”的冷恒星“不能支撑自引力的作用”,因而会产生坍塌。那么是否也有可能存在着一种“板块运动的质量极限”,如果地球的质量小于“板块运动的质量极限”,那么岩石圈板块将“能够支撑住纬向重力和经向重力的作用”而保持静止;而如果地球的质量大于“板块运动的质量极限”,那么岩石圈板块将“不能支撑住纬向重力和经向重力的作用”而产生运动。

火星上的塔尔锡斯(Tharsis)高原比地球的青藏高原的高度高一倍、面积大 7 倍,但是,没有任何迹象表明火星上存在着像地球上那样大规模的板块运动。火星的质量约为 6.42×10^{26} g,地球的质量约为 5.976×10^{27} g,前者仅为后者的约 11%。相比之下,地球是大质量行星、自引力大、存在板块运动,火星是小质量行星、自引力小、不存在板块运动。所以,“板块运动的质量极限”的数值应在地球质量和火星质量之间,即应大于 6.42×10^{26} g、小于 5.976×10^{27} g。

自引力效应能否克服板块运动的阻力?曾与惠勒(J. Wheeler)合著《引力》的索恩(Kip S. Thorne)写道:“即使我们认为在所有力中最强的核力也顶不住引力的挤压”。实际上,只要质量足够大,自引力是一种不可阻挡的力量,且不说板块运动阻力,它甚至能够克服“所有力中最强的核力”而打破原子核,把一颗冷恒星“挤压”成一颗半径只有十几 km、密度为每 cm^3 上亿 t 的“中子星”。