

The Motive Power of Crustal Movement

Daoxiong Hu

CNPC Xibu Drilling Engineering Co. Ltd., Karamay Xinjiang
Email: hudx163@163.com

Received: May 25th, 2016; accepted: Jun. 17th, 2016; published: Jun. 20th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

From the viewpoint of the earth formation and the evolution of the earth, this paper analyzes the movement of the earth's crust, and puts forward four kinds of the original power, tension, pressure, gravity and deformation force. The tension comes from the volume increase of mantle. The factor increasing the volume of mantle is the state change of solid materials in the earth; the extrusion force comes from the reduced volume of the mantle. The factor reducing the volume of the mantle is the emission of the earth's interior liquid substances. The form of substance emission includes oceanic crust overhead, volcanic eruption, magma intrusion, air exhaust, hot liquid penetration, etc.; the gravity comes from the change of the earth's crust. The factors changing the mass of the earth's crust and floating state include denudation, deposition, fold, fault, volcanic deposit, underplating, subduction, etc. The deformation force is derived from the change of the temperature of the earth's crust. The main factor that changes the temperature of the crust is the bottom. The state change of substances leads to the increased volume of the mantle, and the emission of substances leads to the reduced volume materials, which is hereinafter referred to as the volume change of the earth. The tension and extrusion force produced by the volume change of the earth is the main power of the crustal movement. The gravity and deformation force produced by the change of mass and temperature of the earth's crust is the secondary power of crustal movement. The significance of the study of the dynamic of the crustal movement is to explain the various geological structures in the correct way. The tension mainly produces the expansion of oceanic crust; the extrusion force produces subduction of oceanic crust, transform fault, plate drift, fold of continental crust, shear fault, overthrust fault and other structural phenomenon; the gravity is the factor which determines the crust rise or fall; the deformation force produces back-arc basin, island arc, extensional fault of continental crust, exhumation of continental crust and other structural phenomenon.

Keywords

Crustal Movement, Tension, Extrusion Force, Gravity, Deformation Force

地壳运动的原动力

胡道雄

中国石油西部钻探，克拉玛依录井工程公司，新疆 克拉玛依

Email: hudx163@163.com

收稿日期：2016年5月25日；录用日期：2016年6月17日；发布日期：2016年6月20日

摘要

本文从地球形成和地球演化的角度出发，以地球体变的思路和物质运动的规律来分析地壳运动，提出地壳运动的原动力有四种，张力、挤压力、重力和形变力。张力来自于地幔的体积增加，地幔体积增加的因素是地球内部固体物质态变；挤压力来自于地幔的体积减少，地幔体积减少的因素是地球内部液态物质排放，物质排放的形式有洋壳顶置、火山喷发、岩浆侵入、排气和热液渗透等；重力来自于地壳质量的改变，改变地壳质量的因素是剥蚀、沉积、褶皱、断裂、火山堆积、底侵和俯冲等；形变力来自于地壳温度的改变，改变地壳温度的主要因素是底侵。物质态变导致地幔体积增加，物质排放导致地幔体积减少，简称地球体变。地球体变产生的张力和挤压力，是推动地壳运动的主要动力。地壳质量和地壳温度的改变，产生的重力和形变力，是推动地壳运动的次要动力。地壳运动原动力的研究，其意义在于用正确的思路解释各种地质构造。张力主要产生洋壳扩张现象；挤压力产生洋壳俯冲、转换断层、板块漂移、陆壳褶皱、剪切断裂和逆掩断裂等构造现象；重力是决定地壳上升或下降的因素；形变力产生弧后盆地、岛弧、陆壳张性断裂和陆壳折返等构造现象。

关键词

地壳运动，张力，挤压力，重力，形变力

1. 引言

地壳运动的原动力问题，是地质学领域的重大课题。国内外学者从不同的角度出发，提出了一些动力成因完全不同的观点。具有代表性的观点有：大陆漂移论、自转速度论、地壳弦动论、地幔潮汐论、宇宙弦动论和热对流论等。

地壳运动原动力的研究，应考虑地球的形成和演化过程。地球与其它行星没有区别，地球的形成和演化过程，就是一个物质聚集和物质再分配的过程。从地球形成初期杂乱无序的固体堆积结构，演化成现在的核幔壳圈层结构，一定有其自身的演化规律。

本文以地球体变[1]的思路来研究地壳运动，认为地球的体积是在变化的过程中演化。地球的体积变化实际上是地幔的体积在变化，在地球的演化过程中，地幔的体积一直处于增加和减少的交替状态。地幔体积增加的因素是地球内部固体物质态变，固体物质态变为液态物质体积会增加，地球内部的固体物质来自于地球形成过程中的撞击星子、俯冲洋壳和陆壳；地幔体积减少的因素是地球内部液态物质排放，液态物质排放使地幔体积减少，物质排放形式有洋壳扩张、火山喷发、岩浆侵入、排气和水溶性物质渗透等。

地幔的体积变化，覆盖在地幔之上的固体地壳则表现为地球的表面积变化，地球的表面积变化就是

地壳运动。所以，地球体变导致地壳运动。

本文从地球形成和地球演化的角度出发，以地球体变的思路和物质运动的规律来分析地壳运动现象，提出地壳运动的原动力有四种：张力、挤压力、重力和形变力。

2. 张力

地壳运动的张力，来自于地幔体积的增加[1]。地幔体积增的因素是地球内部固体物质态变，固体物质即地球形成期的撞击星子、俯冲洋壳和陆壳。固体物质态变为液态物质时体积增加，理论上计算地球物质的膨胀系数为 9.7% (温度 1500 度) [1]，常压下实测火成岩的膨胀系数为 1.27%~3.13% (温度 1100 度) [2]。

从地球的演化过程来看，地球上所有的物质都经历了一个从固态变为液态的过程。地壳和地核已经从液态又变为固态，地幔仍然是液态。地幔中还有不少固态物质正在态变，现在每年的态变量大约为 201 km³ [1]，态变增量为 19.5 km³。正是这些态变增量在持续的增加地幔体积，形成地球演化的张性机制，结果是产生洋壳扩张。

洋壳扩张：所有的地壳运动理论都必须解释洋壳扩张的现象。洋壳之所以成为洋壳，是地球体变的证据，也是地球体变产生的特殊壳体。可以说，如果没有地球体变现象，地球表层就只有陆壳而没有洋壳。洋壳是地球演化系统中最为关键一个环节，也是研究地球演化系统的一个窗口。洋壳扩张、顶置和俯冲的三个阶段[3]，正是解决地幔体积增加和减少(地球体变)的一个最好机制。

地幔体积增加，需要把地壳拉裂。陆壳的岩石是水平结构很难拉开，于是就产生了垂直结构的洋壳。在地幔体积增加的过程中，洋壳处于扩张阶段，地球体积也在变大。当新结晶洋壳的强度不足以承受两端老洋壳的重量时，在扩张带底部高密度岩浆的浮力作用下，洋壳进入顶置阶段[3]。顶置阶段新结晶洋壳由地幔物质变为地壳物质，地幔的体积减少，地壳的表面积也要减少，于是产生了洋壳的俯冲机制。

洋壳的扩张、顶置和俯冲机制，展现了地球演化系统(地球体变)的完美规律。根据现在的态变速度、态变增量和洋壳扩张带的长度等资料，理论计算洋壳扩张的速度每年为 8.8 cm [1]，与现在的观测结果(6~9 cm)相近。根据洋壳的地震资料解释，洋壳的岩石按密度分层厚度非常稳定，说明洋壳顶置后，在洋壳之下低密度岩浆由扩张带的两侧，向扩张带流动(与热对流方向相反)补充，形成新的密度分层，为下一组新洋壳准备物资基础。

洋壳的扩张模式，是地球体变的必然结果和展示。洋壳的产生与其它地壳运动理论没有关系，如大陆漂移、自转速度变化、地壳弦动、地幔潮汐、宇宙弦动和热对流等不能解释洋壳现象。

3. 挤压力

地壳运动的挤压力，来自于地幔体积减少。地幔体积减少的因素是地球内部液态物质排放，物质排放的形式有洋壳顶置、火山喷发、岩浆侵入、排气和热液渗透等。

地幔体积减少导致地球表面积减少，地幔体积减少 1 km³，地球表面积减少约 313 m²。地球表面积减少导致地壳的空间位置变动，产生洋壳俯冲、转换断层、板块漂移、陆壳褶皱、剪切断裂和逆掩断裂等挤压性构造。

1) 洋壳俯冲：地球表面积减少，导致地壳之间产生巨大的挤压力。特别洋壳与陆壳之间，洋壳的密度(3.6)较大，陆壳密度(2.7)较小，在巨大的挤压力下，密度较大的洋壳俯冲于陆壳之下，是地球体积变小，减少地球表面积的最好模式。洋壳形成后由于转换断层的存在，在洋壳上发育大量的火山[4]，成为洋壳俯冲的滞阻因素。为了克服这种阻力，洋壳俯冲成为推动陆壳运动的主要动力。陆壳运动和陆壳上发育的所有挤压性构造，都是洋壳俯冲挤压的结果。

2) 转换断层: 洋壳上产生的转换断层受两个因素的影响。一是洋壳顶置不同步的影响; 二是地球自转球面受力的不均衡的影响。转换断层是地球体积变小, 在球面上平衡面积减少的挤压力, 而产生的典型切壳断裂。

3) 板块漂移: 洋壳俯冲与陆壳之间产生巨大滞阻作用力, 是推动陆壳板块漂移碰撞的原动力。当滞阻的作用力影响洋壳扩张时, 洋盆开始闭合。地球体积变大时, 将把陆壳板块的组合带(缝合带)拉裂, 产生新的洋壳, 推动陆壳板块的漂移和重组。

4) 陆壳褶皱: 陆壳是水平层理, 洋壳是垂直层理。在地球表面积减少的情况下, 陆壳以褶皱的方式, 洋壳没有褶皱而以俯冲的方式, 非常完美的解决了地球表面积的分配。陆壳上发育的所有褶皱, 都是地球体积变小, 洋壳挤压陆壳的结果。

5) 剪切断裂: 陆壳上的剪切断裂, 相当于洋壳上的转换断层。受板块碰撞不均衡的影响, 用剪切性断裂平衡挤压力。

6) 逆掩断裂: 陆壳上发育大量的逆断裂, 与褶皱相同, 都是地球表面积减少的一种方式。陆壳上的逆断裂, 大部分发育在陆壳的基底。陆壳基底是自然结晶和岩浆漫流而成, 是很难挤压弯曲而形成褶皱的, 所以一般是以逆断裂的方式减少面积。陆壳的上部, 特别是沉积岩层比较软, 在巨大的挤压力下形成较多的褶皱。所以, 陆壳上一般发育下逆上褶的构造现象。

4. 重力

地壳运动的重力, 也称为地壳的垂直运动力, 来自于地壳本身漂浮质量的改变。地壳漂浮于地幔之上, 完全遵循质量定律, 即漂浮的质量(地壳)等于排开体积(地幔)的质量。

重力产生的构造现象, 实际上是运动体面积、体积和质量调整的结果。当地壳受到挤压而面积减少时, 单位面积的体积和质量增加。反之, 面积增加时, 单位面积的体积和质量减少。面积和体积是运动体的表象, 运动体的质量, 才是升降运动的决定因素。在密度一定时, 质量越大, 升的越高, 反之降的越低。

改变地壳质量的因素有: 剥蚀、沉积、褶皱、断裂、火山堆积、底侵和俯冲(包括陆陆俯冲)等。

重力形成的构造现象有很多, 高原、山系、平原和盆地等。可以说, 所有构造形态的空间高度, 都是质量改变和重力平衡的结果。

5. 形变力

形变力来自于地壳温度的改变, 改变地壳温度的因素主要是底侵。地壳形变, 完全遵循物质热胀冷缩的原理。

陆壳是地球演化过程中形成的水平岩体, 主要由火山喷发和底部结晶而成。随着厚度的增加, 形成了比较稳定的地温梯度环境。当陆壳发生底侵时, 侵蚀面的岩体温度升高, 温度升高必然导致岩体的膨胀形变[2]。

岩体膨胀所产生的形变力和形变尺度, 是不能忽视的因素。形变力可以克服板块碰撞地带的巨大挤压力, 使陆壳向挤压力方向弯曲, 如岛弧。形变尺度在弧后盆地长轴方向, 如果形变体长度 1000 km, 膨胀系数按 1% 计算, 形变尺度(轴线水平偏移的最大距离)达到 61.3 km。膨胀系数按 3% 计算, 形变尺度达到 106.5 km。如此大尺度的形变所产生的构造现象, 是至今没有解释清楚的。如弧后盆地、岛弧、陆壳张性断裂和大陆折返等。

1) 弧后盆地: 洋壳俯冲带之上的弧后盆地, 因为洋壳脱水导致陆壳底部熔化(底侵) [5], 在弧后盆地基底出现与俯冲带平行的底侵带(弧后盆地的长轴方向)。随着底侵高度的增加, 盆地的长轴方向的轴线位

置, 岩石温度改变最大, 导致长轴方向膨胀尺度最大。盆地长轴方向的膨胀导致轴线向大陆边缘弯曲, 即形变。形变的结果是弧后盆地短轴变宽、张性断裂发育和一系列形变构造。

弧后盆地的基本特征是: 张性构造发育、凹凸相间、先张后挤、火成岩与陆源碎屑岩沉积相间。陆壳上与这些特征相似的盆地, 无论后期的板块重组和改造有多么厉害, 它的原始身份就是弧后盆地。

2) 岛弧: 岛弧位于大陆板块与洋壳板块的碰撞地带, 主要承受来自洋壳的挤压力。当弧后盆地的长轴方向岩石形变时, 岛弧被推向洋壳方向, 形成向洋壳方向弯曲的弧形岛弧[6]。岛弧的形成就是岩石形变留下的构造痕迹, 在洋壳与陆壳的碰撞地带只有挤压力, 而能够与挤压力抗衡的, 只有岩石的形变力。岛弧的成因是岩石形变的结果, 根本不存在什么拖曳的力量。

3) 张性断裂: 陆壳从形成开始就一直受到洋壳的挤压, 产生的构造痕迹大部分为挤压性构造。但是当岩石形变时, 会产生一些张性断裂。一般在盆地形成的早期, 岩石形变的尺度比较大, 发育较多正断层。进入盆地的中晚期主要承受挤压力, 产生一些逆断层。一些继承性断裂出现下正上逆的现象, 只能说明盆地演化过程中, 形变力和挤压力前后作用的历史。

4) 大陆折返: 陆壳被挤压断裂并俯冲于陆壳之下, 叫陆陆俯冲。俯冲进入地幔的陆壳体, 在经过高温高压变质后又返回到地表, 叫大陆折返。这是一个非常奇妙的地质现象, 关键是大陆折返的原动力。当把大陆折返体周边较大范围的地壳演化史联系起来分析, 就不难发现其实是形变力的杰作。陆壳的挤压断裂、俯冲和变质的时间与洋壳形成时间相当, 陆壳的折返时间与弧后盆地的形变时间相当。因为陆壳是水平岩体, 当弧后盆地的长轴方向形变向洋壳方向弯曲时, 带动与它连成一体陆壳基底向洋壳方向运动。在长轴为 1000 km 弧后盆地形变时, 可以拉出俯冲深度大于 100 km 的陆壳俯冲体。所以, 大陆折返的动力, 就是陆壳形变产生的力。

6. 其它力

地壳运动的原动力只有四种(张力、挤压力、重力和形变力), 但是还有其它力对地壳运动产生一些影响, 如离心力、幔潮汐、弦动力、波动力等。

1) 离心力: 是地球自转产生的垂直于旋转方向的力。对地壳运动的影响有两点: 一是离心力与地壳表面夹角较小时, 抵消了一部分地壳运动的挤压力。如纬度大于 73°的地区, 较少出现 7 级以上的地震。二是离心力到球面上同纬度的两点, 由于方向不同而产生离散作用。由于离散作用助推地壳运动的张力, 所以洋壳扩张带的方向受离散作用的影响, 大部分与旋转方向垂直(近南北向)。

2) 幔潮汐力: 是受地外天体影响, 地幔产生波动的力。幔潮汐力可能对地壳运动的重力平衡起到调整作用, 克服平衡中的阻力。

3) 弦动力: 由于地壳早期遭受小行星撞击, 使地壳的自转轴与地核的自转轴产生角度差, 导致极地迁移现象。弦动力对地球曲面变化产生影响, 可能改变一点构造形态的角度。

4) 波动力: 是太阳系在银河系中旋转, 由于物质密度态的变化, 产生引力波对地球的影响, 可能会影响地壳运动的周期。

7. 问题讨论

1) 地球物质的综合膨胀系数计算和实测, 是在常压高温状态下取得。与高压高温状态下地幔环境, 一定存在很大差异。需要从理论和实验上做研究, 取得高压高温状态下岩浆物质的膨胀系数、分子结构和密度等资料, 为物质态变、态变增量、物质分异、运动规律和地球体变的研究打下坚实的基础。

2) 地球内部固体物质态变, 导致地球的体积逐渐变大。根据计算聚集为地球的固体物质约为 10,050 亿 km^3 [1], 由于物质态变, 现在地球的体积为 10,832 亿 km^3 。证明地球体积在变化的依据有两点: 一是

地球自转速度变慢；二是洋壳扩张。还需要建立高精度的大地观测，了解地球表面积、体积与地球体变之间的关系，间接分析地球内部物质的态变量和态变增量。

3) 地壳运动和地质研究，不能就现象而研究现象。需要一个更长远的视角和多学科的结合，需要从天文学的角度，搞清楚地球形成初期基本状况；需要从物理学的角度，搞清楚杂乱堆积体演化为核幔壳圈层结构的基本规律。总之，要用物质运动的规律，为地球的形成与演化建立一个基本的模型，以免简单问题复杂化。

8. 结论

1) 地壳运动的张力来自于地幔物质的态变，挤压力来自于地幔物质的排放。物质态变和物质排放是地球演化基本状态，也是推动地壳运动的主导力量，决定着洋壳、陆壳的演化和基本格局。

2) 地壳运动的重力来自于地壳质量的改变，形变力来自于地壳温度的改变。质量和温度是地壳存在状态，也是推动地壳运动的次要力量，决定着地壳的局部构造形态。

3) 根据地球内部的态变速度和物质排放量，可以计算地幔的体积变化，进而推算张力和挤压力的对水平运动影响程度。根据地壳的质量变化，可以计算出地壳垂直运动的幅度。根据地壳的环境温度变化和岩石的膨胀系数，可以计算出岩石形变的运动尺度。

4) 地壳运动的张力来自于地幔物质的态变，挤压力来自于地幔物质的排放，重力来自于地壳质量的改变，形变力来自于地壳温度的改变。质量和温度的改变主要是洋壳推动(俯冲和底侵)的结果。洋壳产生、运动和消亡又是靠地球体积变化推动的，所以，地球体变产生了张力、挤压力、重力和形变力。地球体变，也只有地球体变才是地壳运动原动力的来源。

参考文献 (References)

- [1] 胡道雄. 地球体变概论[M]. 新疆: 科学技术出版社, 2009: 1-110.
- [2] 胡道雄, 蔡明华. 弧盆的成因[J]. 新疆石油地质, 2012, 33(1): 120-124.
- [3] 胡道雄. 洋壳扩张的模式[J]. 新疆石油地质, 2010, 31(3): 327-329.
- [4] 胡道雄. 关于火山成因的探讨[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(5): 564-568.
- [5] 朱桂芝, 石耀霖, 张怀. 板片深部俯冲动力学研究的新进展[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(2): 333-342.
- [6] 胡道雄, 蔡明华, 王保华. 岛弧形态形成机制[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(1): 1-4.