

## 地壳上的平均太阳引力场应力

辛三丑

山西省怀仁市第二中学校 山西怀仁

**【摘要】**这里分析作用在地壳内表面上的一个力，叫做平均太阳引力场应力，由太阳引力场四维能量动量张量关于两个单位坐标矢量缩并，给出太阳引力场应力，再关于时间求平均后得到。平均太阳引力场应力与它的一阶导数，二者依次在纬度  $0^\circ$  与  $\pm 30^\circ$  存在极大值，二者在纬度  $\pm 90^\circ$  均存在极小值。在北半球每一个间隔纬度  $5^\circ$  的统计单元内，统计海拔 200m 以上陆地面积（或者海拔 1000m 以上陆地面积，不含冰雪陆地）与该单元陆地总面积的比值，海拔 200m 以上陆地相对面积在  $-5^\circ$  至  $5^\circ$  区间、 $25^\circ$  至  $30^\circ$  区间均有极小值，海拔 1000 以上陆地相对面积在纬度  $-5^\circ$  至  $5^\circ$  区间、 $35^\circ$  至  $40^\circ$  区间均存在极大值，在纬度  $90^\circ$  附近无法做统计（在世界地形图上可以直观地观察到上述统计结果）。把北半球的上述两组极值做比较。两个极大值（ $0^\circ$ ， $30^\circ$ ）与海拔 1000m 以上陆地相对面积的两个统计极大值区间基本一致， $30^\circ$  点上有偏差，极小值  $90^\circ$  点上无法比较。南半球的对比结果相同。物理解释为地壳的塑性形变，并给出了一个间接解释。

**【关键词】** 太阳引力场；地壳；陆地

### Mean Solar Gravitational Field Stress on the Earth's Crust

Sanchou Xin

The Second Middle School of Huai ren City, Huai ren, Shanxi

**【Abstract】** A force acting on the inner surface of the earth's crust is analyzed here, which is called the average solar gravitational field stress. The four-dimensional energy momentum tensor of the solar gravitational field is contracted about two unit coordinate vectors<sup>[1]</sup> to give the solar gravitational field stress, and then obtained by averaging over time. The mean solar gravitational field stress and its first derivative have maximum values at  $0^\circ$  and  $\pm 30^\circ$  latitude in turn, and both have minimum values at  $\pm 90^\circ$  latitude. In each statistical unit with a latitude of  $5^\circ$  in the northern hemisphere, the ratio of the land area above 200m above sea level (or land area above 1000m above sea level, excluding ice and snow land) to the total land area of the unit is calculated. The relative area of land above 200m above sea level is  $-5$ . There are minimum values in the range from  $0^\circ$  to  $5^\circ$  and from  $25^\circ$  to  $30^\circ$ . The relative area of land above 1000 altitude has a maximum value in the range of latitude  $-5^\circ$  to  $5^\circ$  and  $35^\circ$  to  $40^\circ$ . At latitude  $90^\circ$  Statistics cannot be done nearby (the above statistical results can be visually observed on the world topographic map). Compare the above two sets of extreme values in the northern hemisphere. The two maxima ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ) are basically consistent with the two statistical maxima of the relative land area above 1000m above sea level, there is a deviation at the  $30^\circ$  point, and the minimum value at the  $90^\circ$  point cannot be compared. The comparison in the southern hemisphere was the same. The physical explanation is plastic deformation of the crust, and an indirect explanation is given.

**【Keywords】** Solar gravitational field; Crust; Land

#### 1 地壳上的太阳引力场应力

##### 1.1 地球内部的太阳引力场

地壳上的引力场由三部分组成，分别是地球自身引力场，月球引力场与太阳引力场。其它星体的

引力场可以忽略，地球引力场是球对称的，相应的地壳内表面的地球引力场应力是球对称的，这种情形地球引力场应力在地壳中不产生弯矩，地壳中月球引力场强度远小于太阳引力场强度，由此，地壳

中的月球引力场强度可以忽略。对于坐标系原点在地球中心的情形,地球内部的太阳引力场强度

$$F(L+r\cos\xi)=GM/L^2-2GMrcos\xi/L^3 \quad (1)$$

其中,  $L$  太阳与地球中心的距离, 这里  $L$  为常数,  $r$  参考点与地球中心的距离,  $\xi$  为  $r$  与太阳光线的夹角,  $M$  太阳质量。

### 1.2 地球半径在太阳光线上的投影

以地球中心为原点建立  $XYZ$  坐标系与  $X_0Y_0Z_0$  坐标系,  $X: r\cos\phi\cos\theta$ ,  $Y: r\cos\phi\sin\theta$ ,  $Z: r\sin\phi$ ,  $X_0: R\cos\beta\cos\alpha$ ,  $Y_0: R\cos\beta\sin\alpha$ ,  $Z_0: R\sin\beta$ ,  $X$  轴与  $X_0$  轴均在黄道面与赤道面相交线上, 两轴方向相同,  $Y$  轴在赤道面上,  $Y_0$  轴在黄道面上,  $Z$  轴为地球自转轴,  $Z_0$  轴垂直于黄道面, 地球自转轴与黄道面夹角  $A$  约等于  $66.5^\circ$ , 由于地球接收到的太阳光线总是处于黄道面上, 地球上任意一条太阳光线的方向余弦  $X_0$  轴  $\cos\beta$ ,  $Y_0$  轴  $\sin\beta$ ,  $Z_0$  轴  $0$ , 把  $X_0Y_0Z_0$  坐标系围绕  $X$  轴顺时针旋转  $90^\circ-A$ , 得到  $XYZ$  坐标系,  $XYZ$  坐标系中太阳光线的方向余弦,  $X$  轴  $\cos\beta$ ,  $Y$  轴  $\sin\beta\cos A$ ,  $Z$  轴  $\sin\beta\sin A$ , 则地球半径  $R_0$  在太阳光线上的投影

$$R_0\cos\xi=R_0(\cos\theta\cos\phi\cos\beta+\cos\phi\sin\theta\sin\beta\cos A+\sin\phi\sin\beta\sin A) \quad (2)$$

### 1.3 地壳上的太阳引力场应力

由 (1), 对  $f(L+r\cos\xi)-f(L)$  求积分, 积分范围: 单位截面积, 长度  $R_0\cos\xi$ , 地球平均质量密度  $\rho$  的柱体, 则太阳引力场应力

$$f_1=C\cos^2\xi \quad (C: -1.82\text{Pa}) \quad (3)$$

或者由太阳引力场四维能量动量张量关于两个单位坐标矢量缩并给出<sup>[1]</sup>。(3) 就是太阳潮汐力, 在地壳中表现为潮汐力的形式, 在液体海洋 (或者气体) 中表现有潮汐运动的形式。

## 2 地壳内表面的平均太阳引力场应力

### 2.1 地壳内表面的太阳引力场应力

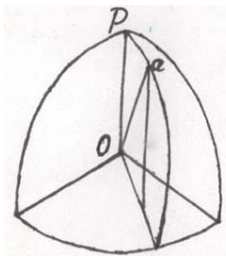


图 1

$Op$  太阳光线,  $a$  球面参考点,  $\xi$  地球半径  $Oa$  与太阳光线  $Op$  的夹角

图 1, 某一时刻太阳引力场应力的方向总是与太阳光线方向  $op$  一致, 把太阳引力场应力 (3) 投影在参考点  $a$  的切平面法线上, 一方面  $f_1$  投影在切平面的法线上, 写作  $f_1\cos\xi$ , 另一方面,  $f_1\cos\xi$  的受力面积增大到  $1/\cos\xi$ , 由此, 地壳表面的太阳引力场应力

$$f_2=C\cos^4\xi \quad (4)$$

由于  $\cos^4\xi$  是非负数,  $f_2$  的方向总是沿地球半径向外, 这种情形使得下面关于  $f_2$  求解时间平均值时, 不需要考虑  $f_2$  的负方向情形。

### 2.2 地壳内表面的平均太阳引力场应力

利用地球公转的角速度  $\omega_1$  与自转角速度  $\omega_2$ ,  $\omega_1$  与  $\omega_2$  均为常数, 从参考点的  $X$  与  $X_0$  两坐标值均为  $0$  开始计算时间  $t$ , 则公转经度角  $\beta$  写做  $\omega_1 t$ , 自转经度角  $\phi$  写做  $\omega_2 t$ , 公转周期与自转周期的公倍数  $T$ , 对  $f_2$  关于时间  $T$  求平均值, 平均太阳引力场应力

$$f_3=C\cos^4\phi/4 \quad (5)$$

(5) 只与纬度  $\phi$  相关, 其作用效果具有纬度上的定域特征, 与其它作用在地壳上的力有显著的区别。需要说明的地方: (4) 右边的展开式具有下述特点, 由于  $T$  是  $\beta$  的周期, 只要某一项乘积表达式中有因子  $\sin\beta$ , 或者  $\sin\beta$  的高次幂, 则该项关于积分限  $0$  至  $T$  的定积分为  $0$ , 由于 (4) 右边展开式只有第一项  $\cos\beta\cos\phi\cos\theta$  的 4 次幂没有因子  $\sin\beta$ , 由此, 只需要计算展开式第一项的定积分即可, 显然, 定积分结果中的变量只有  $\phi$ , 下面分析 (5) 关于纬度  $\phi$  的分布特点。

### 2.3 极值点分布

按照切力沿梁长度的变化率等于单位长度的荷载, 梁的弯矩变化率等于切力<sup>[2]</sup>。地壳板块处于漂浮状态, 由此, 对 (5) 求一次导数与两次导数

$$df_3/d\phi=-C[2\sin(2\phi)+\sin(4\phi)] \quad (6)$$

$$d^2f_3/d\phi^2=-2C[\cos(2\phi)+\cos(4\phi)] \quad (7)$$

$[-90^\circ, 90^\circ]$  闭区间内, 也就是整个地球表面上, 在  $0^\circ$  上 (6) 等于  $0$ , 该点  $f_3$  有极大值,  $0^\circ$  表示一条纬度线, 在  $\pm 30^\circ$  点上 (7) 等于  $0$ ,  $\pm 30^\circ$  上  $df_3/d\phi$  有极大值,  $\pm 30^\circ$  表示两条纬度线,  $\pm 90^\circ$  上  $f_3$  与  $df_3/d\phi$  均有极小值,  $\pm 90^\circ$  表示两个极点。

## 3 高海拔陆地面积的分布

### 3.1 高海拔陆地相对面积的分布

统计源是世界地形图<sup>[3]</sup>。统计范围：地球表面有三种地貌，海洋，冰雪陆地（主要部分是格陵兰岛与南极大陆），陆地，这里只统计陆地。南纬-30°至北纬 70°之间为统计范围，南纬-30°以上地区，由于陆地总面积比较小，也不在统计范围。统计方法以 0°纬度为起始点，每间隔 5°做为一个统计单元，共有 21 个统计单元，测量每一个统计单元的陆地总面积  $S$ ，海拔 200m 以上陆地面积  $S_1$ ，海拔 1000m 以上陆地面积  $S_2$ ，以  $S_1/S$  与  $S_2/S$  为纵坐标，每一个统计单元的中间点纬度标值  $\phi$  为横坐标，图 2 为统计曲线。

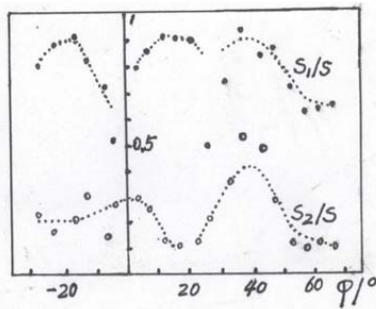


图 2

海拔 200m 以上陆地面积  $S_1$ ，海拔 1000m 以上陆地面积  $S_2$ ，一个单元的陆地总面积  $S$ ，一个单元内的纬度中间值  $\phi$

统计曲线的两个特征：特征 1：海拔 200m 以上陆地面积的  $S_1/S$  在  $[-2.5^\circ, 2.5^\circ]$  区间存在极小值，海拔 1000m 以上陆地面积的  $S_2/S$  在  $[-2.5^\circ, 2.5^\circ]$  区间存在极大值，比较  $0^\circ$  纬度附近的  $S_1/S$  与  $S_2/S$ ， $[-2.5^\circ, 2.5^\circ]$  区间高海拔陆地的相对面积分布存在极大值。特征 2：海拔 200m 以上陆地面积的  $S_1/S$  在北纬  $27.5^\circ$  上存在极小值，海拔 1000m 以上陆地面积的  $S_2/S$  在北纬  $37.5^\circ$  上存在极大值，比较  $S_1/S$  与  $S_2/S$  在北纬  $[27.5^\circ, 37.5^\circ]$  区间的分布，该区间（或者说北纬  $30^\circ$  附近）高海拔陆地的相对面积分布存在极大值。

### 3.2 南纬-30°上的统计结果

南纬-30°以上陆地的主要部分有南非的南部地区，澳大利亚南部沿海地区，南美洲智利南部，阿根廷南部以及乌拉圭，这些地区的陆地总面积比较小，由此，在南纬-32.5°与-37.5°两点上没有给出  $S_1/S$ ， $S_2/S$  的统计值，也就无法确定南纬-32.5°左近旁上  $S_1/S$  与  $S_2/S$  的变化趋势，或者说南纬-32.5°左近旁陆地相对面积接近 0 统计结果，这样的统计结果与南纬-30° 是 (5) 的极大值点并不矛盾，属于

变化较快的情形。南纬-27.5°点  $S_1/S$  的值 0.24，该值小于其右邻近点-22.5°上  $S_1/S$  的值 0.90，南纬-27.5°点  $S_2/S$  的值 0.24，该值大于其右邻近点-22.5°上  $S_2/S$  的值 0.19。这是南纬-27.5°右近旁  $S_1/S$  与  $S_2/S$  的变化趋势。可见，南纬-30°附近统计结果的变化趋势明显。

### 3.3 高纬度地区的统计结果

图 2，南半球高纬度的  $S_1/S$  与  $S_2/S$  基本不存在。北半球高纬度的  $S_1/S$  与  $S_2/S$ ，均呈现随着纬度增大而减小的趋势，仅在北纬  $57.5^\circ$ ， $62.5^\circ$  与  $67.5^\circ$  上的三个参数， $S_1/S$  依次为 0.63，0.65 与 0.67， $S_2/S$  依次为 0.09，0.13 与 0.12，两者均呈现略有变化的情形，或者说变化趋势平缓。

## 4 陆地板块的径向塑性形变

### 4.1 陆地板块沿径向塑性形变的判断

判断 1：固体塑性形变的两类条件，一种是应力超过了固体的弹性限度，固体发生塑性形变。另一种是应力为弱力，弱力的作用时间比较长，固体也能够发生塑性形变，地壳内表面的平均太阳引力场应力是一个不均匀的弱力，该力在作用时间上是持续的，满足第二类固体塑性形变条件，由此，地壳板块能够发生塑性形变，塑性形变的方向与太阳引力场应力的方向相同，总是沿地球的径向向外。判断 2：按照 (6) 与 (7)，平均太阳引力场应力及其一阶导数，在纬度  $0^\circ$  与  $\pm 30^\circ$  上存在极大值，而高海拔陆地面积分布的统计结果，海拔 1000m 以上陆地相对面积的分布，在纬度  $[-2.5^\circ, 2.5^\circ]$  与  $[27.5^\circ, 37.5^\circ]$  两区间存在极大值，显然，二者极大值的纬度坐标基本一致，由此，能够给出下述判断：太阳引力场应力作用下，地壳板块能够产生径向的塑性形变。这种板块塑性形变毫无疑问是十分缓慢的，反映在板块厚度数量级  $10^4\text{m}$ ，而太阳引力场应力的最大值仅为 1.82Pa 上。

### 4.2 陆地上的水土流失

按照地表上水的循环：热带海面上的水蒸气横向飘移到陆地上空后冷却，形成雨雪，雨雪形成河流后重新流入海洋，空气流动形成风。雨雪，河流与风均对陆地产生作用，把岩石和土壤从高海拔地区冲刷到低海拔地区，从而改变地貌，诸如长江三角洲等，这种冲刷总是把混合物中密度较低的固体冲走，而把高密度固体留在原地，或者冲刷的距离相对较小，就像淘金过程，用水冲走砂土而留下金

子, 或者如河沟砂土中留有较多的黑色铁砂一样, 这种水土流失现象在自然界中随处可见, 是一个众所周知的常识。结论: 水土流失一方面把高海拔陆地上的固体物质搬运到低海拔地区, 另一方面把高密度固体物质与低密度固体物质分离。

#### 4.3 板块径向塑性形变的物质运动描述

以海拔较高的北纬  $30^\circ$  近旁为代表, 说明陆地板块的物质运动: 板块沿径向发生向外的塑性形变过程中, 同时, 板块下面的上地幔物质将重新生成板块, 地表由于水土流失使物质沿切向流走, 从而减低海拔高度, 这样, 形成了一种缓慢的物质运动模式。在纬度  $0^\circ$  与  $-30^\circ$  两近旁可做类似的分析。对于高纬度地区, 这里陆地板块径向塑性形变的强度更弱, 冬天的存在使水土流失变弱, 但是, 这里的土壤最终会被冲入海拔更低的大海中。结论: 陆地板块沿径向存在持续的向外塑性形变, 同时, 水土流失把地表的固体物质沿切向持续地冲刷走, 上地幔表面不断地重新产生固体, 形成一种缓慢的陆地板块运动。

### 5 陆地径向塑性形变的解释

#### 5.1 板块漂移学说

板块漂移学说是 20 世纪的科学发现之一, 按照板块漂移学说, 地壳由 6 大板块构成, 分别是亚欧板块, 非洲板块, 印度洋板块, 南极洲板块, 太平洋板块, 美洲板块, 板块在球面上做漂移运动。从漂移速度的大小来讲, 印度洋板块与非洲板块的漂移速度较大, 其它板块的漂移速度相对较小。直观地讲, 印度洋板块大致向北的漂移速度每年  $0.05\text{m}$ , 尽管这个漂移速度较小, 但是, 漂移 2 千万年后的运动距离  $10^6\text{m}$ , 这个距离沿经度线跨越的纬度值约  $9^\circ$ , 可见, 长时间的漂移会显著地影响板块的地理位置。从漂移速度的方向来讲, 非洲板块北端大致沿南北方向漂移, 这种漂移只改变板块的纬度坐标, 经度坐标不变。

#### 5.2 板块漂移与板块径向塑性形变的联系

板块漂移与板块塑性形变是同步的, 也就是板块整体运动与板块自身形变是同时进行的, 由于平均太阳引力场应力产生的塑性形变是定域的, 或者说形变极大值总是在纬度  $0^\circ$  和  $\pm 30^\circ$  附近, 则板块漂移对板块形变的影响有两种, 第一种, 板块沿经度线漂移, 板块上某一点纬度值的变化较快, 板块上

形变极大值点的移动也较快, 这种情形漂移对形变的影响较大。比如, 非洲板块在摩洛哥附近的漂移方向沿南北经度线, 该地区只有板块碰撞产生特征的阿特拉斯山脉, 而没有板块塑性形变产生特征的较大面积高原。第二种, 板块沿纬度线方向漂移, 显然, 这种情形漂移不影响形变强度位置。比如, 美洲板块在低纬度区受到其它板块的挤压方向, 均是沿纬度线的东西方向, 只有在高纬度的阿留申群岛附近和德雷克海峡两处, 挤压沿南北方向, 这种情形高海拔陆地的分布大致满足 (6) 与 (7) 的极大值, 南美洲本身有偏差。

#### 5.3 结论

这里一方面从固体塑性形变的一般规律, 说明了平均太阳引力场应力满足弱力与弱力的持续作用两个条件, 另一方面, 比较了平均太阳引力场应力一阶导数与二阶导数的特征, 即  $0^\circ$  与  $\pm 30^\circ$  三个纬度点上存在极大值, 与高海拔陆地相对面积的分布特征, 二者在极大值纬度坐标上基本一致, 由此, 给出一个结论: 陆地板块存在径向塑性形变, 形变方向沿径向向外。最后, 利用板块漂移学说, 陆地板块径向塑性形变二者在不同地理位置的关系, 给出了陆地板块径向塑性形变的存在合理性。

#### 参考文献

- [1] 张镇九. 相对论物理学. 武汉: 华中师范大学出版社, 1977: 36, 146.
- [2] WT 汤姆孙, 胡宗武等译. 振动理论及其应用, 北京: 煤炭工业出版社, 1980: 262.
- [3] 上海晨光, 世界地形. 北京: 中国地图出版社, 2013.

收稿日期: 2022 年 7 月 10 日

出刊日期: 2022 年 8 月 15 日

引用本文: 辛三丑, 地壳上的平均太阳引力场应力[J], 科学发展研究, 2022, 2(3): 91-94  
DOI: 10.12208/j.sdr.20220086

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS