

冰川和构造运动

庄一龙

摘要： 在地质史上，有过多次冰期和间冰期交替，这表明，由于冰川的堆积和溶化，海平面曾有过数百米幅度升降，地球上这么多的水量随着气候变化而周期性地在南北两极内集中或分散到全球各海洋。这样，在“冰—水”转换过程中会产生一系列地球物理作用。

关键词： 地球 气候 海洋 地质 物理

在地质史上，有过多次冰期和间冰期交替，这表明，由于冰川的堆积和溶化，海平面曾有过数百米幅度升降，地球上有很大一部分水的质量随着气候变化而周期性地在南北两极内集中或分散到全球各海洋。这样，在“冰--水”转换过程中产生了以下几个作用：1、地球转动惯量改变影响到自转速度，所造成的大陆板块移动惯性力会迭加到由热对流造成的板块移动上去，这是解释太平洋底洋隆两侧不对称的原因。2、由于南北两半球冰川分布非对称性，故在“冰--水”转换过程中造成自转轴极移。3、两极区冰体静压力对地球体南北轴向周期性压缩和拉伸，造成与纬度有关的地壳升降运动。4、各海洋水变化造成对海底压力变化，促发了构造运动并影响着海洋底的扩张速度。

地球是一个自身不断旋转着的天体，无论是从天文，地质的角度看，地球的自转几乎在地球形成时就具有了，据计算，地球自转所拥有的旋转能量达 2.137×10^{36} 尔格，而一次 8.5 级的地震的能量不过才 3.6×10^{24} 尔格。这么大的能量，必然会对组成地球物质的分布，地球自身形状以及对地表物质的运动状态的变化都具有极重要的作用。因此，深入地研究地球自转状态的变化对于全面的认识地球构造运动的作用方式和动力来源有着特殊的意义。可以这样说：任何一种有关地壳构造运动的理论，如果没把地球自转状态变化这一重大作用因素考虑进去的话，那就不可能是一种完整的、正确的理论。

近代的天文观察，以及对古珊瑚，贝类化石的研究表明，地球的自转速度是不断在变化着的，在地质史上，地球自转速度有时变快，有时变慢，曾有过多次“快”和“慢”的反复交替，但从总的趋向看，地球自转速度是在逐渐变慢的。

由于潮汐摩擦力总是同地球自转方向相反，并且是一种较稳定的作用力，但是，造成地球那种时间尺度很大（几万年，几百万年至上亿年）的自转速度周期性的快慢交替的原因却并不这么好找，这主要是各种造成地球自转周期长短不一的变化因素往往交织叠加在一地，而且周期长短变化的时间间隔也不一定是一致的，只能说是一种类似“周期”的非周期的快慢变化交替罢了。

当然，影响地球自转速度变化的因素是极为复杂的，除潮汐摩擦外，地球绕太阳公转轨道变化，地球内部物质分布状态改变或转移，以及地壳构造运动和地表大规模的气团移动等都可以影响到地球自转速度变化。有人还认为堕落到地球表面的陨石的数量，不同季节性植物生长

状态也可影响到地球的自转速度。鉴于这一问题的复杂性，直到现在还没有一种较完善的模式和理论来解释地球自转速度周期性变化的原因。

有一点已开始引起了人们的注意，对现代冰川研究表明，现代冰川除了一小部分高山冰川（如喜马拉雅山，昆仑山、阿尔卑斯山等）之外，绝大部分冰川都分布在地球的两极地区，并主要集中在南极洲和格陵兰这两个大冰盖里。这些冰川蕴藏着庞大的水量，占整个地球淡水总量的 80% 以上。如果现有的冰川溶化成水，那么全球的海平面将比现在升高 90 多米，这种情况在地球处于温暖时期时完全可以达到的。从南极大陆发现的一些植物化石来看，南极大陆也曾有过一段较温暖的时期。而我们现在的海平面位置已经比地史冰川盛行时期的海平面高度升高了许多。已有的研究表明，在第四纪冰期最发育的时期，海平面的位置比现在至少要低 150 米以上。

这说明在地质史上，气候冷暖交替演化的过程中，质量相当可观的，厚度达几百米，面积占全球表面四分之三的那部分海水，在太阳这个“大力神”的作用下，不断有规律地移动着位置。有时以固态冰的形式不对称的在两极区域堆积起来，有时又以液态水的形式分散到全球的各个海洋中去。地球所具有的这种“冰川---海水”反复相互转化的作用机制，在地球的演化历史中无疑起着十分重大的作用。这些作用单从力学的观点来分析就可以例举出如下一些：

一、影响地球转动的惯量，改变自转速度。

当冰期到来时候，由于地球上的分带性，地球上原来分散在各海洋中的水有相当一部分以固态冰的形式主要在两极地区内集中起来，这样，由于这部分物质绕地球轴转动半径缩小，减少了地球的转动惯量，根据角动量矩守恒原理，地球自转速度就要增大。反之，当冰期向间冰期过度时，冰又变成水流向全球各海洋，从而会增加地球的转动惯量，相应地球自转就要变慢。而且，由“冰---水”转化造成的地球自转速度变化是随着气候的演化周期性的变化的，这种变化将叠加在由于潮汐作用所引起的地球转速变慢的背景上。地球角速度改变所产生的地球表面各大陆板块移动时的惯性力，会改变大陆板块在地下物质热对流作用下移动的速度和方向。以纬向惯性力来说，当地球转动加速时大陆板块有一种后退趋势；当转速变慢时，大陆板块有向前冲的趋势，就象人坐在汽车上一样。（地球自转加速所产生的径向离极力，会使地表物质向赤道移动，这中间既包括岩石圈板块的移动，同时还使中纬度海水向赤道方向移动，而这必将加强海水蒸发，然后又以水汽形式通过大气环流搬运到两极变成冰雪堆积起来，这过程更加强了自转状态变化。）

考虑到自转变化对大陆板块移动的影响后，这就使现有的板块运动的理论复杂化了，因为这种惯性力无疑会叠加到造成大陆板块移动的主要作用——热对流作用上去，假如原来洋脊两边洋底向外扩张的速度是一样的话，那么由于这种惯性力叠加（它对洋脊两边作用力方向是不同的），就使洋底两边扩张速度变得不一样。

但是，也正因为多考虑了一种具有周期性特点的，能改变作用大小和方向的惯性力，这就使我们对一些过去被认为较棘手的问题的解释变得自然而合理了。例如，对太平洋洋底地貌的

分布问题。我们知道，太平洋洋隆两侧的洋底面积大小相差很多，东侧洋底面积远远小于西侧，整个太平洋的东北部分洋底，包括部分洋隆在内就好像被北美大陆吞食了一般。如果单纯用洋底扩张来解释，那么，太平洋洋底也应象大西洋洋底一样，在洋隆两侧应该基本对称。当我们把地球自转影响考虑后，这问题就很好解释。可以这样认为：由于太平洋年龄较大，原来在扩张过程中形成的基本对称的海底，随着两侧洋底不断增大而阻力增加，洋脊中上涌的软流层物质减少而失去扩张能力，这样，洋脊渐渐变成没有中央裂谷的洋隆，而且位置也相对固定下来。这时，由于扩张中洋底对太平洋西岸亚洲大陆外延的挤压，一系列岛弧隆起已初步形成。这时大约是在第三纪中期，以后就是向第四纪冰期过渡，地球自转逐步加快，这样，亚洲大陆和美洲大陆都受惯性力影响而向西移动。美洲大陆向西移动的结果是吞食了太平洋的东北部分洋底并造成了美洲大陆西部沿太平洋一带的科迪勒拉山系；而亚洲大陆的西移对太平洋西部洋底实际起了个牵拉作用，它扯碎了紧靠亚洲大陆东部的一系列岛弧隆起，也拉出了日本海和鄂霍次克海等高热流的边缘浅海盆和一些深海沟。正因为亚洲东部受到的拉伸力，所以不象美洲西部那样具有一系列高山峻岭。由此看来，紧靠亚洲东部的这些岛屿，既不是压缩的产物也不是拉伸的产物，而是先压缩后拉伸的产物，这可以从岛屿本身分布状况和沿岛弧两侧热流分布的突变，以及边缘海盆海底所属大洋底的类型，沉积物年龄等都可以看出来。

那么，为什么大西洋底在洋脊两侧分布是对称的呢？这是由于大西洋较年轻，洋底扩张还处在旺盛期，所以大西洋在其扩张的过程中，洋脊本身也跟着洋底在向西移动的缘故。

二、地球自转轴的极移。

这是由于南北两半球冰川分布是不对称的，所以在“冰--水”转化过程中，会使地球质心偏移，从而改变自转轴方向，就象陀螺受到一个偏向力时要改变自转轴方向一样。

冰川在形成初期，总要有个陆基作为堆积的基地，因为在海洋上波浪影响较难形成，这就是说，冰川的分布必然要受到地理条件的限制。现代冰川的分布就是这样，南极区主要集中在南极洲，而北极区主要集中在格陵兰。但是这两块陆地，无论从面积还是从地理位置分布来讲都不是呈球对称的。所以，地球两极区地理条件不同，形成的冰川堆积总是不对称的。这样，地球南北两极区分布的冰川数量就会差异很大。在漫长的“冰--水”转化过程中。地球永远处在一种南北不对称的重力作用下，地球作为一个大陀螺在运动中，自转轴的两极随着气候的冷暖交替，冰期和间冰期不断更叠而变动着位置。有人曾计算过，格陵兰的冰每溶解 178 克/厘米，那么海平面将升高 1 厘米，而地极便向格陵兰方向移动 3.4 尺，若是南极冰川溶解，则可使地极向芝加哥方向移动，地球自转轴的移动对溶解的冰源位置是一个相当灵敏的指示器。

三、两极区冰体静压力对地球南北轴方向的周期性压缩和拉伸，造成与纬度有关的地壳升降和周期性的构造运动。

对地球的精密测量表明，地球体形状既非球形，也非椭球形，而是有点象梨形。总的讲，南北轴长并不一样，南极地区是凹下去的，这是由于巨大的南极冰川的静压力所造成的。很明显，在冰盛期，地球的南北不对称还要更甚些。

目前，南极的冰川面积为 1400 余万平方公里，平均厚度为 2300 米，格陵兰的冰川面积约 173 平方公里，平均厚度为 1700 米，这两处冰川占了现代冰川总面积的 98%，据计算，现有冰川所储藏的水量相当于地球上全部淡水湖、沼泽、河流总水量的 240 倍以上。这么庞大的冰川堆积，其本身重量是十分巨大的，它对南极大陆和格陵兰这两块陆块有着巨大的压力，从而使这里的地壳下沉。地球物理的测量证明了这一点，如果把格陵兰的冰盖拿走的话，那么整个格陵兰岛就象一只浮在水上的大盘子。冰川堆积愈厚的地方，地壳沉陷就越深。盘子中央地区竟比海平面还要低 300 多米。可是从气候演化的资料看，在冰盛期，海平面的位置至少比现在低 150 米以上。这么看来，南北两极区所堆积的冰量至少要比现在大 2 倍以上，分布也要广泛得多，几乎遍布两个极圈，若干地方甚至会延伸到中纬度的平原地带。这样，整个地球就会受到一个很大的沿南北轴向的压力，这种压力又通过地球内部可塑性物质而传向全球。中、低纬度和赤道地区地壳就会受到一个自地球内部向外的涨力而抬升。这个道理很简单，如果一个充足气的橡皮球，有力压挤球的两端，那么两端就要凹陷而中部却向外膨胀，反之，当撤销两端压力时，球体就要恢复原状而中部收缩。两球在两极冰川的压力下也会有这样的效应。当间冰期到来时，由于两极区冰量减少，高纬度地区抬升，而中低纬度地区地壳下降。正因为如此，由于最近冰后期两极区冰川不断减少，现在靠近极区的美洲、欧洲、亚洲的北部陆地还在不断的抬升，北美的一些古海岸阶地已比现在的海平面高出几百米。

一般讲来，地壳在内外作用力减少的区域，地壳总要稳定些，这时该地区相应的构造运动也会进入平稳期。所以在冰期向间冰期过渡时，高纬度地区由于负荷减少，趋于相对稳定时期。这也许是现在南北高纬度地区地震、火山发生较少的缘故吧！（但这不是绝对的，气候时常有一些较短周期的波动叠加在总的趋势上，所以这也会反映在构造运动上。）而这时中低纬度，照理来自地壳内部的张力也在减少，有恢复趋势，但是由于各海洋水量不断增加，对海底压力就会增加。这些压力又传向中低纬度大陆块的底部，所以对于中低纬度地区，平稳时间较短，在冰盛期有激烈构造运动后，稍平静后，又会进入一次新的间冰期活动期。但是由于在抵消了地球内部恢复力后，新活动期的作用能力要比冰盛期弱得多。

这样看来，构造运动最激烈的时期是同冰盛期对应的，但在间冰期也会有一次对应的弱活动期。而且，所谓的具有全球规模的构造运动，实际上也是同纬度分布有关的，高纬度同低纬度地区的构造活动往往不可能同属同一构造期。

四、海洋水量变化造成对洋底压力改变，不仅促发了构造运动，还会改变洋底的扩张速度，引起洋底扩张速度的周期性变化。

由于在冰期和间冰期这两个不同阶段、全球性海平面位置升降幅度达几百米，这除了能引起全球性的海浸或海退以及一系列与洪水有关的地质事件外，对各洋底的静压力也有着较大的变化。当海平面上升时，对海洋底压力增加。加强了岩石圈下软流层物质沿板块缝隙上涌的能力，使这期间火山地震增多。同时也由于洋脊中央裂口内地下软流物质上涌速度加快，加速了洋底的扩张速度，反之，当海水量减少时，这一过程朝反方向进行。所以，可以推测，海洋的

扩张速度同气候的演化也有着密切的关系。由此可见，海洋底的扩张速度并不是均匀进行的，而是随冰期和间冰期的交替，扩张速度也有着快慢交替的周期性变化。

无论是冰期还是间冰期，都会在中低纬度区域促发一次地壳构造活动期，这主要是因为海洋底上有海水静压力的变化，而陆地地块上没有这种直接的压力变化而造成的。这种静压力造成的地壳局部地区以缓慢垂直升降为主的构造运动无疑说明大陆地壳和海洋地壳有着不同的构造运动特点。盲目地把大陆地壳的构造运动规律搬到海洋地壳上或者把海底构造运动规律搬到大陆地壳上做法都是错误的。

单从以上几个主要方面的分析可以看出，冰川在地球演化中起着多么重要的作用。从大规模冰川变化角度来研究全球构造运动的理论，既考虑了以水平运动为主的板块漂移，也考虑了以垂直运动为主地块升降，同时也包括了地球自转状态变化对构造运动的影响。“冰川地动说”不是把各种作用力硬扭在一起，而是通过地球上“冰--水”转换这一机制无意中把它们有机地串在一起。

从地质史来看，近几亿年来地史上的几次全球性构造运动发生的时期同几次大冰期的时间是相对应的。而相应的间冰期也对应有一些次一级的构造运动，但必须指出的是，由于“冰--水”转化的能量积聚是极缓慢的过程，所以很短周期的一些气候波动是不大可能在构造运动上明显反映出来的，这是因为这些小作用往往会被其他作用因素所掩盖。只能这样说，构造运动的总趋势是受气候变化的总趋势所影响的。

从能量观点看，冰川对地球演化影响的能源来自太阳，在漫长的地质年代里，太阳能被地球逐渐积聚起来，形成了一种改造地球的巨大力量。现在可以这样认为，太阳能同地球内部由放射性元素作用造成的热能和地球形成时所具有的自转能以及重力能，它们一起构成了改变地球面貌的能源。

有趣的是，冰川是在气候演化的基础上产生的，在地球形成初期阶段，地球上还不存在气圈和水圈，所以也不存在气候的变化，在那个时候，地壳运动当然是不受气候影响的，也根本谈不上有冰川的影响。

气候是地球演化到了一定阶段，即有了气圈和水圈后才产生的，但是，气候一旦形成后，就反过来以各种形式逐步影响着地球的演化，直到通过“冰--水”转换的形式控制着地壳的构造运动。这是自然界客观发展的必然结果。不仅构造运动与气候的关系是怎样，还有气候和生物界，自然环境和人类等都有着这种辩证关系。就这一意义来说，是否说明了自然界辩证发展过程中的一个普通的道理，即推动自然界运动发展的作用原因是自然界在自身运动过程中自我产生出来的，而某一运动阶段产生出来的结果往往又反过来成了改变这个阶段原来物质运动状态的原因。

庄一龙，男，1945年10月生，江苏省武进人。上海科技管理干部学院副教授、“斥力子假说”提出者。1968年毕业于北京地质学院。1982年华东师范大学自然辩证法硕士研究生毕业。曾任管理干部学院四方公司总经理，上海市联侨公司副总经理。现为上海榕辉集团公司副总工程

师，新疆镕辉矿冶开发公司探矿部总经理，中国管理科学研究院企业创新研究所高级研究员。
(选自 冰川和构造运动 《中华名人文论大全》中国文联出版社 2007-5 223-225)