

引发海陆变迁与构造地震的原因分析

兰进胜¹ 齐乃娟²

1. 山东华海人防规划设计有限公司 山东省济南市 250000

2. 山东建科建筑设计有限责任公司 山东省济南市 250000

摘要: 地球自转产生指向赤道的离极力, 万有引力引发潮汐力^[1], 二力对全球陆块(陆壳)产生聚合作用(离极力和潮汐力, 以下简称“聚合合力”), 使全球陆壳在赤道附近聚合成超大陆(以下简称“陆壳聚合”); 温度应力会引发超大陆膨胀(以下简称“陆壳膨胀”); 造成“陆壳膨胀”的温度应力(以下简称“膨胀力”)是瞬间作用于陆壳的内力, “聚合合力”是持续作用于陆壳的外力, “膨胀力”远大于“聚合合力”。“膨胀力”和“聚合合力”是全球地壳运动(地质构造运动)和构造地震形成的主要动力来源。“陆壳聚合”和“陆壳膨胀”均会造成全球生物大灭绝, 并与海陆变迁、地震成因、地壳形成、生命起源与演化、冰川消长、气候变化等息息相关。现如今大多数的构造地震为白垩纪末期“陆壳膨胀”地震的余震。现如今的深源地震均与“斜向下剪切”有关。海沟均是由剪切破坏形成, 洋脊(海岭、海丘)均是因洋壳受拉破裂或受弯形成(洋壳因受压力或扭力拱起)。

关键词: “陆壳膨胀”; 温度应力; 地震; 扭力; 剪力

Cause analysis of sea land transition and tectonic earthquake

Lan Jinsheng¹, Qi Naijuan²

1. Shandong Huahai Human Defense Planning and Design Co., Ltd. Jinan City, Shandong Province 250000

2. Shandong Jianke Architectural Design Co., Ltd. Jinan City, Shandong Province 250000

Abstract: The rotation of the earth produces the pole-fleeing force pointing to the equator, and the universal gravitation triggers the tidal force^[1]. These two forces have the polymerization effect on the global continental crusts (the pole-fleeing force and tidal force, hereinafter referred to as “polymerization force”), thus making the global continental crusts converge into a supercontinent near the equator (hereinafter referred to as “continental crust polymerization”). Under the action of thermal stress, the continental crust of the supercontinent will expand and crack (hereinafter referred to as “continental crust expansion and cracking”). The thermal stress (hereinafter referred to as the “expansion force”) that causes the “continental crust expansion and cracking” is the internal force acting on the continental crust instantaneously. Polymerization force is a kind of external force that continuously acts on the continental crust, but the expansion force is much larger than the polymerization force. It can be said that “expansion force” and “polymerization force” are the main power sources of global crustal movement (geological tectonic movement) and tectonic earthquake formation. Both “continental crust polymerization” and “continental crust expansion and cracking” will cause the global extinction of living things, and these two manifestations are closely related to natural phenomena such as sea land transition, earthquake causes, crust formation, origin and evolution of life, glacier growth and decline, climate change, etc. Nowadays, most tectonic earthquakes are aftershocks of earthquakes caused by “continental crust expansion and cracking” at the end of Cretaceous. Nowadays, the formation of deep earthquakes is related to “oblique downward shearing”. Oceanic trenches are all formed by shear failure, and ocean ridges are all formed by tensile rupture or bending of oceanic crusts (oceanic crusts arch due to pressure or torsion).

Keywords: “Continental crust expansion and cracking”; Thermal stress; Earthquake; Torsion force; Shear force

作者简介: 兰进胜, 籍贯: 山东省烟台市, 单位: 山东华海人防规划设计有限公司, 1985年出生, 男, 本科, 高级工程师, 建筑学, 邮箱: 412744901@qq.com; 齐乃娟, 籍贯: 山东省日照市, 单位: 山东建科建筑设计有限责任公司, 1987年出生, 女, 本科, 高级工程师, 建筑学。

引言:

纵观浩瀚地史，全球陆块聚合（聚集和融合）、裂解、再聚合、再裂解……其间出现过三个超大陆：哥伦比亚超大陆、罗迪尼亚超大陆、潘基亚超大陆^{[2]194}。潘基亚超大陆又名盘古大陆（以下简称“盘古大陆”），形成于约2.5亿年前的二叠纪末期^{[2]194}，是时间上距离我们最近的超大陆。

“陆壳聚合”引发海西运动，贯穿晚古生代的泥盆纪、石炭纪和二叠纪。泥盆纪晚期，海平面大规模升降，发生泥盆纪生物大灭绝事件；早石炭世，全球巨大海侵，晚石炭世，海洋的波动依旧频繁；晚石炭世至早二叠世，全球气温显著降低，冰川形成；二叠纪末期（陆壳聚集之末融合之初），全球性持续海退，干旱气候带扩展，发生了地质史上最严重、规模最大、影响最深远的二叠纪生物大灭绝事件，盘古大陆形成^{[2]202-208}。

中生代（陆壳融合期）全球气候温暖湿润与炎热干旱交替（陆壳温度高，不易出现冰期）。早、中三叠世，盘古大陆干旱广布^{[3]175}（陆壳融合引发）。约2亿年前的三叠纪末期，全球气候潮湿^{[3]175}，因温度应力，盘古大陆突发“陆壳膨裂”（以下简称：三叠纪末期“陆壳膨裂”，即三叠系/侏罗系事件^{[2]44}），引发老阿尔卑斯造山运动和三叠纪生物大灭绝^{[2]251}，古地中海、拉布拉多海、戴维斯海峡、巴芬湾等“自东向西”相继开启；约中侏罗世，不断扩张的古地中海将非洲和欧亚大陆完全隔断^[4]；约7500万年前的晚白垩世，拉布拉多海开启^[5]；许多大型两栖动物灭绝，大型爬行类动物遭重创^{[2]251}；全球地震，火山和熔岩喷发，释放大量温室气体和热量，引发大规模降水和海侵，潮湿气候一直持续至中侏罗世^{[3]175}。（读阅本段时，参照图1绿线）

晚侏罗世至白垩纪（陆壳融合后期），全球气候以干旱为主^{[3]175}（陆壳融合引发）。6600万年前的白垩纪之末是恐龙种类最多的时期，全球气候潮湿^{[3]175}，“陆壳膨裂”再次发生（以下简称：白垩纪末期“陆壳膨裂”，即白垩系/古近系事件^{[2]44}），引发新阿尔卑斯造山运动和白垩纪生物大灭绝^{[2]252}；大西洋“自南向北”相继开启；非洲、印度向东北漂移，对古地海洋壳和欧亚大陆产生挤压，古地中海闭合，阿尔卑斯山系和喜马拉雅山系逐渐形成；大型爬行类动物再遭重创，非鸟类恐龙全部灭绝；全球地震，火山和熔岩喷发，释放大量温室气体和热量，引发大规模降水和海侵。后期在降水和海退的影响下，全球气候在晚第三纪由温暖渐趋寒冷（步入冰期）^{[3]182}。（读阅本段时，参照图1红线）



图1 三叠纪末期（膨裂之前）盘古大陆示意图

1 盘古大陆裂解时序

三叠纪末期“陆壳膨裂”引发古地中海开启，以及“自东向西”的撕裂作用：约中侏罗世，不断扩张的古地中海将非洲和欧亚大陆完全隔断^[4]，约7500万年前的晚白垩世，拉布拉多海开启^[5]，之后戴维斯海峡、巴芬湾等也相继开启。（参照图1绿线）

约6600万年前，白垩纪末期“陆壳膨裂”引发大西洋“自南向北”相继开启。（参照图1红线。以绿线为界，绿线以南为膨裂，以北为膨裂引发的撕裂）

膨裂裂缝比撕裂裂缝更清晰可辨。（参照图1和图3）拉布拉多海的开启（约7500万年前）早于大西洋的开启（约6600万年前），这容易造成大西洋是自北向南开启的假象（参照图1）。

三叠纪末期“陆壳膨裂”引发古地中海和拉布拉多海的开启和扩张，白垩纪末期“陆壳膨裂”引发古地中海的闭合，并对拉布拉多海的扩张形成阻止（参照图1）。距今约3500万年前，拉布拉多海的扩张活动停止^[6]。

2 “陆壳膨裂”

2.1 “膨裂力”

温度应力，亦称“热应力”，由于温度变化，结构或构件产生伸或缩，当伸缩受到限制时，结构或构件内部便会产生应力。结构或构件的体量（长、宽、厚）越大、刚度越大，伸缩越受限制，越容易产生较大的温度应力。

伸缩缝又称温度缝，建筑工程名词。建筑温度变化（热胀冷缩）会产生温度应力，可导致建筑结构产生裂缝或破坏，为防止这一现象发生在适当部位设置的构造缝。因建筑埋在地下的部分受温度的变化较小、温度应力较小，故伸缩缝通常仅在建筑的地上部分设置即可。无伸缩缝的露天建筑的体量（长、宽、厚）越大、刚度越大，越容易在温度应力作用下开裂。

洋壳如同地下的建筑，温度变化相对较小，且厚度较薄（体量小），不易因温度应力开裂。聚合大陆如同巨

大的、未设置伸缩缝的露天建筑，表面刚度大，极易因温度应力膨胀；聚合大陆膨胀解体，相当于建筑设置了伸缩缝。

为什么说是表面刚度大？地球从外向内由地壳、地幔和地核三部分构成。地壳仅占地球体积约0.5%，又分陆壳和洋壳，陆壳厚，洋壳薄，均由固态岩石构成，地幔上部有一圈软流层，无刚度可言，地壳浮于其上，因此说是表面刚度大。此构造使地球可自我修复，地壳一旦破裂，高温地幔物质就会涌出将其胶结修复，这也是熔岩、火山和火山岛的成因。

2.2 “膨胀猜想”的依据

大西洋两岸的海岸线形状非常相似且轮廓清晰，不像缓慢作用形成，像是崩裂形成（崩裂比撕裂的裂缝更清晰，参照图1和图3）；中生代的两次陆壳裂解均发生于全球气候由炎热干旱变得潮湿，又将转为干旱之时^{[3]175}（水大量蒸发，高温陆壳的表层温度下降，产生温度应力）；据古地磁学分析，近6000多万年以来，印度一直在向东北方向漂移^{[2]11}。印度的漂移速度，6000万年前超过240千米/百万年，2400万年前约为65千米/百万年，现如今不超5千米/百万年，逐渐变小（参照图2）。据此推断，印度漂移的初始速度可能是因6000多万年受到巨大的瞬间作用力形成（根据动量定理，冲量等于物体动量的增量，即 $Ft = \Delta mv$ ，“巨大作用力”在“极短作用时间”引发“巨大的动量增量”）。

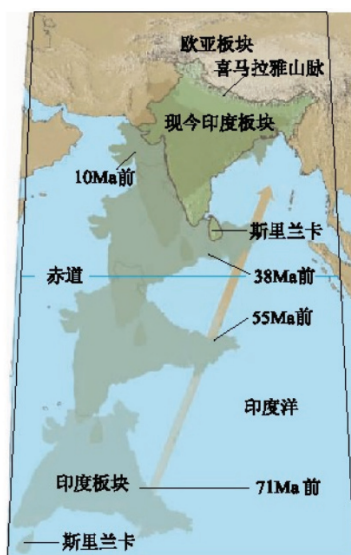


图4-25 印度板块从南向北漂移过程
(据 Molnar & Tapponnier, 1975; Frisch et al., 2010)

图2 印度的漂移过程^{[2]11}

从图2可看出：印度的漂移速度逐渐变小；印度一直在逆时针转动。

陆壳相比洋壳，体量更大（更厚）、刚度更大（更不

易形变）、温度变化更明显（暴露在空气中）、温度的分层现象更明显（更厚）、伸缩受限制更明显（更厚），更容易产生较大温度应力。

假设陆壳因温度应力膨胀，膨胀裂缝易出现于陆壳的中部（中部伸缩受限制更明显，易产生较大温度应力），这与实际非常吻合（参照图1）。

陆壳膨胀，不含洋壳，不可以理解为地壳或地球的膨胀。

3 “陆壳膨胀”与物种的灭绝、演化

3.1 物种大灭绝原因简析

三叠纪末和白垩纪末的“陆壳膨胀”均引发恐怖的剧烈地震，抗震能力的强弱直接决定物种的命运。地震作用与自重和刚度成正比。自重和刚度越大，吸收的地震能量越大，地震作用越大^[7]。在水中相当于减小了刚度，从而可有效地减弱地震作用。即：体重越小，抗震越有利，体重越大，抗震越不利；在水中要比在陆地抗震有利。

高度越高、顶部刚度越小，地震作用时“鞭梢效应”越明显^[7]。即：身高越高、颈部距地越高、颈部越长，抗震越不利；身高越矮、颈部距地越矮、颈部越短，抗震越有利。

恐龙通常都具有体重大（质量大），身高高、颈部距地高、颈部长（“鞭梢效应”明显），陆地上活动（刚度不减弱）的特点，因此抗震能力非常弱，是其物种灭绝的主要原因。

三叠纪生物大灭绝中，许多海洋生物灭绝，许多兽孔目、大型两栖动物、大型鳄类、大型镶嵌踝类主龙灭绝^{[2]251}。

白垩纪生物大灭绝中，许多海洋生物灭绝，许多大型鳄类灭绝，非鸟类恐龙全部灭绝。但有一些蛇类、鳄类和蜥蜴类侥幸逃过了大灭绝^{[2]252}。（质量较小、整个身体贴地面身高矮、颈部距地矮、颈部短、刚度小或刚度减弱）

“陆壳膨胀”引发火山和熔岩喷发释放大量热量和二氧化碳，造成全球暖化和水体酸化^{[2]252}。水体的高温和酸化造成许多水生生物灭绝（例如大型两栖动物皮肤不够完备，对水质要求较高）；“陆壳膨胀”引发大规模降水、海侵和极端气候，也是生物大灭绝的重要原因之一。

导致三叠纪和白垩纪生物大灭绝的最大因素是地震（陆壳膨胀），而导致二叠纪生物大灭绝的最大因素是地壳挤压热熔和气候环境变化（陆壳融合），所以一些抗震能力弱的物种虽侥幸熬过了恐怖的二叠纪，却无法在三叠纪末期的大灭绝中幸存。

3.2 灭绝与演化

物种的某种特性或某种变异，如果具备适应环境急剧变化的生存优势，就有可能在大灭绝中幸存（例如恐龙与蛇、蜥蜴、鳄抗震能力的差异）。

环境缓慢变化，物种为与之相适应不断做出改变，量变引发质变，遂成演化（例如南极企鹅适应寒冷的演化）；若物种无法适应环境的改变，则会灭绝。

4 白垩纪末期“陆壳膨胀”受力分析

白垩纪末期的“陆壳膨胀”是时间上距离我们最近的一次“陆壳膨胀”。膨胀瞬间，南美洲、北美洲和南极洲向西；非洲、印度和澳大利亚向东。（参照图1、图3）

膨胀裂缝并非笔直，陆壳所受膨胀力垂直于裂缝（参照图1）：北美洲所受膨胀力指向西北，南美洲所受膨胀力指向西偏南，南极洲所受膨胀力指向西南，非洲、澳大利亚和印度所受膨胀力均指向东北。膨胀力的方向，决定数千万年甚至上亿年陆壳的走向。



图3 瞬间作用的膨胀力，使南美洲、北美洲和南极洲向西；非洲、印度和澳大利亚向东

4.1 陆壳的扭转（带动洋壳扭转）

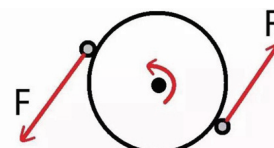
膨胀后，陆壳裂解并漂移。多数陆壳并非直线漂移，而是带转动的漂移（图2、图3）。陆壳转动是力矩作用的结果（图4、图5）。转动阻力（压力）越大，扭力越大。水平向扭力可产生水平向剪力和弯矩（参照图6和图7）。

南美洲、澳大利亚、印度、北美洲、南极洲的漂移均带扭转（扭力从大到小排列），其中，南美洲扭力最大，而北美洲和南极洲的扭力却很不明显。



图4 澳大利亚、印度在“膨胀力”作用下产生力矩示意图

从图4可推断：澳大利亚的偏心作用力对印度产生逆时针的力矩；印度和南极洲对澳大利亚的作用力形成逆时针的力偶矩。澳大利亚等同于：受一个向东的力和一个逆时针的力偶。



大小相等，方向相反，并且不在同一直线的平行力

图5 力偶产生转动原理图

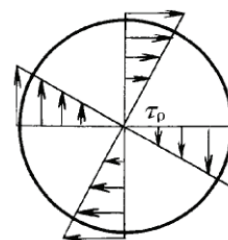


图6 水平向扭力产生水平向剪力示意图^{[8]267}

4.2 因“陆壳膨胀”形成的作用力类型

因“陆壳膨胀”形成的作用力，主要分四种情形：水平向压力、水平向扭力、水平向拉力、水平向剪力。

4.2.1 水平向压力

非洲、印度向东北漂移，洋壳因受其水平向压力，产生弯矩，形成“洋壳拱”（青藏高原、帕米尔高原、阿尔卑斯山、亚美尼亚高原、伊朗高原等是由非洲和印度挤压产生的“洋壳拱”或火山熔岩构成）。拱结构产生水平推力，水平推力与重力的合力倾斜向下，形成“斜向下剪切”（俯冲）。“洋壳拱”的跨度越大、拱高越矮，则重力和侧推力越大，“斜向下剪切”力度越大。（参照图7）

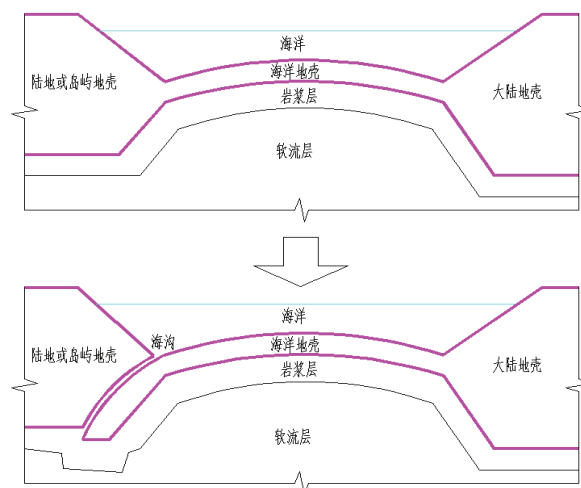


图7 水平压力或水平扭力可形成“洋壳拱”，产生斜向下的剪力或剪切破坏

从图7可推断：拱跨度越大、拱高越矮，“斜向下剪切”力度越大、深度越浅；严重挤压形成的拱，产生的剪力较弱甚至不产生剪力。

4.2.2 水平向扭力（可形成双剪切）

水平向扭力可产生水平向剪力（图6和图10）和弯矩（图7），弯矩可形成拱结构和斜向下的剪力，即水平向扭力既可产生水平向剪力又可产生斜向下剪力，形成双剪切。（“斜向下剪切”：图7；水平向剪切：图10）。

4.2.2.1 陆壳扭转原因分析

澳大利亚和印度转动的原因，前面已分析。（图4、图5）

南美洲、北美洲和南极洲转动的原因：

1、膨裂的瞬间，南美洲、北美洲和南极洲一起向西漂移；（图1、图3）

2、因南极洲拉拽，南美洲顺时针转动并与北美洲分离，形成墨西哥湾；（图3）

3、因南极洲拉拽，南、北美洲间距增大，形成加勒比海；南美洲顺时针扭转形成小安的列斯群岛；南极洲与南美洲分离，继续向西南漂移；北美洲因受南美洲拉拽也出现了转动。

南极洲为弧线形漂移，扭转特征不明显，故扭力不明显。

4.2.2.2 陆壳扭转的影响简述（带动洋壳扭转）

洋壳同时在澳大利亚逆时针和南美洲顺时针的扭转作用下弯曲起拱，分别形成豪勋爵海丘和东太平洋海丘，洋壳因受挤压形成新西兰岛，因受剪切（扭转形成的双剪切）形成克马德克海沟和汤加海沟（参照图8）；因澳大利亚扭转，爪哇岛出现剪切破坏，形成爪哇海沟。

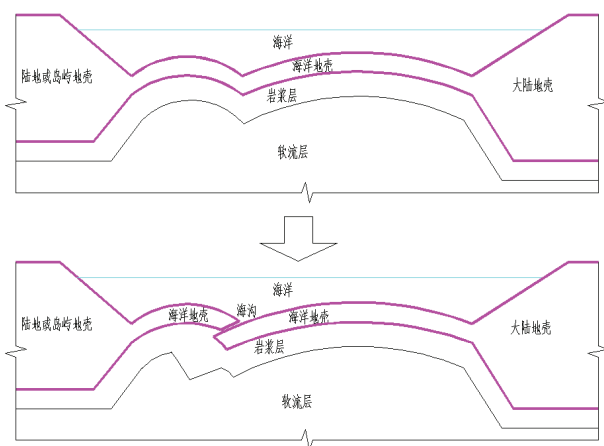


图8 一些因扭转（双剪切）形成的海沟示意图（如克马德克海沟、汤加海沟、马里亚纳海沟、日本海沟等）

新西兰岛、克马德克海沟、汤加海沟、斐济、所罗门群岛、新几内亚岛共同组成“倒L”形，是洋壳同时

受南美洲和澳大利亚扭转作用的交界线（参照图9；以下简称“倒L形交界线”）。

海沟均是由剪切破坏形成。海洋中足够长的地壳出现较深的剪切破坏，便会形成海沟。因水平向压力形成的“斜向下剪切”和水平向扭力形成的双剪切，形成了除罗曼什海沟以外的所有海沟（参考图7、图8）。

南美洲北端受北美洲的拉力（形成强有力的固定，转动的圆心），南端受南极洲向西南的拉力，产生大幅度转动，西海岸承受洋壳的巨大阻力（水平压力，参考图3和图7），产生极强的扭力和双剪切。南美洲较长的西海岸线作为“剪切刀”，剪切范围极广。秘鲁海沟、智利海沟位于“剪切刀”的中部，双剪切力度极大，与之受力相对应的洋壳在双剪切作用下形成马里亚纳海沟，产生撕裂作用，引发日本海、鞑靼海峡、黄海和鄂霍次克海开启；因南美洲的扭力是顺时针，所以马里亚纳海沟最深点位于西南角。（图9）

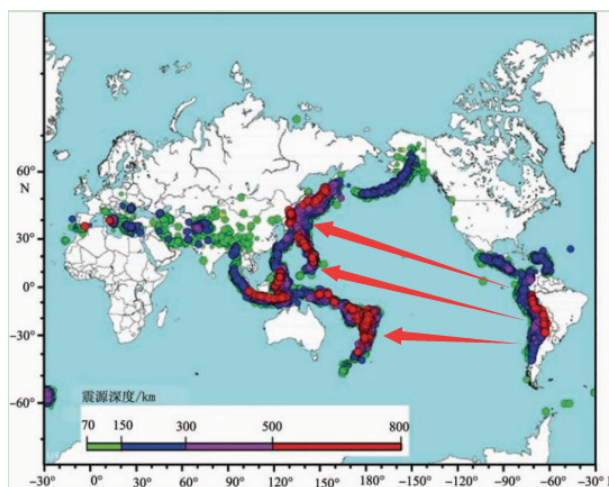


图9 南美洲扭转形成马里亚纳海沟、汤加海沟、克马德克海沟、日本海沟（水平扭力形成双剪切；

剪切破坏的形状通常与施加剪力的物体形状相似）

南美洲扭转对大西洋的双剪切较弱，仅对小安地列斯群岛和南桑威奇群岛附近地壳有较明显的双剪切作用。（参照图9）

4.2.3 水平向拉力

膨裂、撕裂、漂移可产生水平向拉力。如由水平拉力形成的大西洋中脊裂隙、智利海岭裂隙。洋壳受拉破坏通常出现于洋壳受拉方向的中部（参考图3、图12）。

洋脊（海岭、海丘）是因洋壳受拉破裂或受弯形成（洋壳因受压力或扭力拱起）。大洋中脊是因洋壳受拉、受压或受扭，产生“明显的持续性破裂”形成；其他的洋脊、海岭或海丘，是因洋壳受拉破裂或洋壳在压力或

扭力作用下拱起形成，无“明显的持续性破裂”。

4.2.4 水平向剪力

水平向剪切：非洲漂移对大西洋洋壳产生东北向拉力，对大西洋洋壳“东北向的较长裂缝”产生水平向剪力，形成罗曼什海沟（参见图10；裂缝如果太短无法形成海沟；裂缝的方向如果与拉力方向不一致不形成剪切）。

南美洲的顺时针水平扭力，对郯庐断裂带以东的陆壳产生拉力和水平剪力，辽东半岛和朝鲜半岛向东北漂移，形成渤海和黄海。（水平剪力的方向与郯庐断裂带的走向一致）

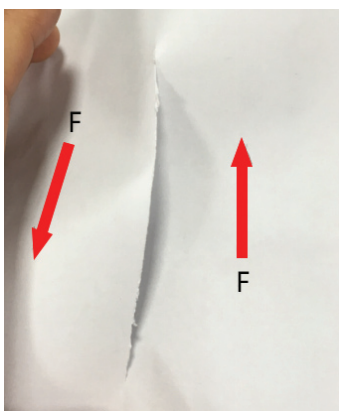


图10 洋壳出现水平剪切破坏，形成海沟原理图
（罗曼什海沟）

4.3 剪切破坏的形状

剪切破坏的形状通常与施加剪力的物体形状相似（工程经验）。

洋壳如同巨大的结构板，因此“斜向下剪切”或“斜向下剪切”占主导的双剪切形成的海沟通常相对平滑，与施加剪力的洋壳板的横断面形状相似。如阿留申海沟、千岛海沟、琉球海沟；

因水平剪切或水平剪切占主导的双剪切形成的海沟的形状，与施加剪力的陆壳外形相似。例如与非洲西海岸线相似的罗曼什海沟（水平剪切），与南美洲西海岸线相似的日本海沟、马里亚纳海沟、汤加海沟、克马德克海沟等（水平剪切占主导的双剪切）；印度扭转的双剪切，形成与印度东海岸线形状相似的安达曼群岛和尼科巴群岛。（参照图9）

4.4 南、北美洲的受力状态分析

南美洲北部承受北美洲的拉力，南部受南极洲的拉拽，西侧受洋壳的阻力；

北美洲北部受北冰洋洋壳的约束，南部受南美洲的拉拽，西侧受洋壳的阻力；

不同的是：北美洲的北端为洋壳，南美洲的北端为

陆壳，洋壳的约束作用较弱，不能形成强有力的固定，北美洲产生东移，且越靠北，东移现象越明显。因此，越靠北的太平洋洋壳所受压力越小（无法形成洋脊）、扭力越小，无法产生较大的剪力和剪切破坏（无法形成海沟）。

5 盘古大陆解体引发海陆变迁

中生代两次“陆壳膨胀”，盘古大陆解体。三叠纪末期“陆壳膨胀”，引发地中海、拉布拉多海、戴维斯海峡、巴芬湾等“自东向西”相继开启；白垩纪末期“陆壳膨胀”，引发大西洋“自南向北”相继开启，太平洋洋壳向周边的地壳俯冲，太平洋变小；非洲和印度挤压古地中海，古地中海受压缩小，阿尔卑斯山系和喜马拉雅山系逐渐形成。南美洲顺时针扭转形成小安的列斯群岛，扭转产生的双剪切形成了太平洋中绝大多数的海沟，扭转产生的水平向拉力和水平向剪力，使亚洲东部的辽东半岛、朝鲜半岛、堪察加半岛向北东漂移（大断裂带以东陆壳），分别形成了渤海、黄海和鄂霍次克海。

因南、北美洲扭转，北美洲陆壳在瓜达拉哈拉处弯折，弯折处以南的陆壳因抗剪较弱，出现剪切破坏，形成中美利加海沟；洋壳因受弯折的影响，出现破裂，熔岩涌出形成下加利福尼亚半岛；在洋壳扭转、挤压和双剪切作用下，南、北美洲西海岸形成科迪勒拉山脉。夏威夷群岛是因洋壳受挤压以及南、北美洲不同步转动，出现破裂，火山熔岩涌出形成。

南极洲向西南漂移，对洋壳产生向西南的拉力，洋壳受拉出现裂隙，形成智利海岭（详见图12）；缅甸、老挝、泰国、柬埔寨区域的陆壳因受印度带扭转的挤压（帕特凯山和若开山脉因印度重度挤压形成的洋壳拱；“帕特凯山北端”为印度逆时针转动的圆心），向东弯曲，其东侧洋壳受挤压形成海南岛；洋壳因受澳大利亚、印度和南北美洲的扭转和挤压，形成苏门答腊岛、爪哇岛、加里曼丹岛、苏拉维西岛、新几内亚岛、新西兰岛、菲律宾岛等。

6 构造地震成因分析

“膨胀力”和“聚合力”是全球地壳运动（地质构造运动）和地震形成的主要动力来源。全球地壳因白垩纪末期“陆壳膨胀”作用产生的动能和弹性势能（应变能^{[8][22]}）至今依旧存在（参考图2、图12），现如今绝大多数的构造地震的成因与之有关。即，现如今绝大多数的构造地震，是白垩纪末期“陆壳膨胀”地震的余震。

洋壳薄，易产生较大变形，洋壳的弹性形变和弹性势能尤为明显。南美洲顺时针扭转和澳大利亚逆时针扭转，是形成环太平洋地震带的主要原因；印度逆时针扭

转，是印度东部海域地震的主要原因；非洲和印度挤压古地中海洋壳，是形成欧亚地震带的主要原因。扭转可产生摩擦、拉力、压力、水平剪切和“斜向下剪切”，更易引发地震，例如在南美洲的巨大扭力作用下，太平洋地震和火山频发。（参考图11、图12）

6.1 因剪切作用形成的地震

现如今，深源地震和几乎所有中源地震均与“斜向下剪切”有关。“斜向下剪切”的剪切深度越深（洋壳的俯冲深度），震源深度越深（图11）。

通过深地震的分布，可判断洋壳的剪切深度，以及地壳的受力状态。例如从图11可推断：南美洲与南极洲的陆壳之间已不存在联系（若存在拉力，智利海沟将向南延长）；太平洋洋壳的俯冲已经波及到了我国的东北地区等等。

“斜向下剪切”的剪切带，可引发深源、中源或浅源地震；如果不存在“斜向下剪切”（例如只是受水平剪切或受拉、压、弯的部位），只可能引发浅源地震。

南美洲、澳大利亚、印度、北美洲、南极洲因扭转形成的剪切，范围极广。（图11）

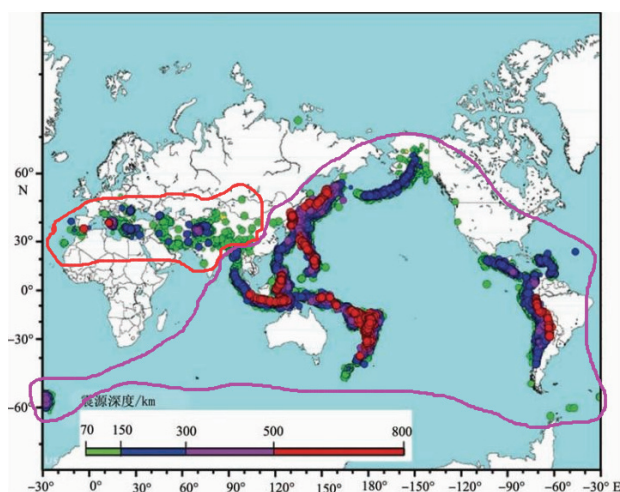


图11 全球中源和深源地震分布图
(与“斜向下剪切”有关)

红色区域：因非洲和印度挤压古地中海洋壳形成的深地震；

玫红色区域：因南美洲、澳大利亚、印度、北美洲和南极洲扭转形成的深地震；

玫红色区域补充说明：印度东部海域的地震主要因印度逆时针扭转；爪哇岛附近的地震主要因澳大利亚逆时针扭转；“倒L形交界线”附近的地震主要因南美洲顺时针扭转和澳大利亚逆时针扭转；其他的地震主要因南美洲顺时针扭转。北美洲和南极洲的转动对中源和深源地震的引发不起主要作用。

古地中海洋壳因受非洲和印度的挤压起拱，形成“斜向下剪切”；因印度的挤压程度高，产生大量塑性形变（弹性势能仅适用于弹性形变^{[8]23}），弹性形变较少，且形成的“洋壳拱”拱跨较小、拱高较高，侧推力较小，“斜向下剪切”力度也较小，所以深源地震极少（图7和图11；“斜向下剪切”力度足够大才有可能引发深源地震）；因印度的逆时针扭转，使其对欧亚大陆的挤压程度东侧（横断山一侧）高于西侧（帕米尔高原一侧），故受挤压程度相对较轻的西侧“斜向下剪切”力度相对较大，发生深源地震的概率相对较高（见图11）。

6.2 其他受力作用形成的地震

扭力除了产生双剪切之外，还可产生拉力、压力和弯矩。洋壳受压可产生弯矩。陆壳膨胀、撕裂和漂移可产生水平拉力。岩石的抗压强度>抗剪强度>抗拉强度，所以大震级的压应力地震很难出现。

拉应力可造成地壳的受拉破碎，形成地震。拉应力地震如大西洋洋中脊部位、智利海岭和太平洋-南极海岭部位（承受南极洲向西南的拉力，参考图3和图12）；东太平洋海丘、因非洲和印度挤压洋壳的拱起部位（因受压或受扭产生较大弯矩的部位，洋壳拱的中性面上部受拉力，参考图12）。

以上原因形成的地震，通常均为浅源地震。

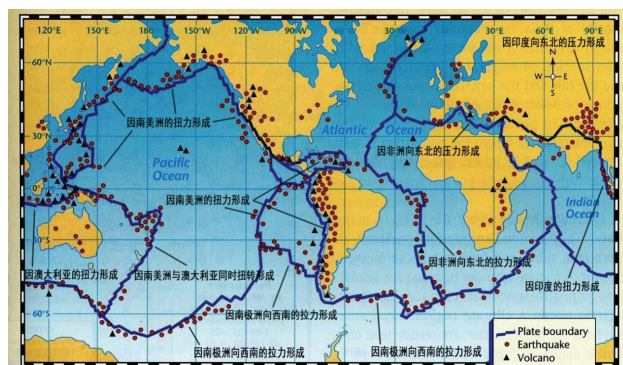


图12 全球地震分布图

6.3 复合型地震

最大扭矩所在横断面（“危险截面”）周边的任一点处，存在最大剪切应力，即“危险点”^{[8]65}。现如今印度大致以“帕特凯山北端”为圆心逆时针转动，12.16海原地震和9.24巴基斯坦地震，主要是因印度逆时针扭转产生的拉应力破坏与水平剪切应力破坏。（震中均为“危险点”，参考图2、图3和图6；各点都处于纯剪切状态是理想情况，实际分析时地壳扭转产生的拉应力不可忽略）

7.25 郯城大地震包含拉应力破坏与水平剪切应力破坏。

7.25 郯城大地震形成双龙大裂谷（“危险截面”）的

两条裂隙，东西向裂隙为拉应力破坏形成，南北向裂隙为拉应力破坏和水平剪切应力破坏形成。

因南美洲顺时针扭转，辽东半岛、朝鲜半岛向东北漂移，对渤海湾洋壳及以南的陆壳产生东北向的拉力，拉力在陆壳截面最窄处应力集中（图13），最窄处陆壳的横断面为“危险截面”^{[8]13}。



图13 中国地震动峰值加速度区划图（局部）^[10]

从图13可看出：郯庐断裂带以东的陆壳，郯城、临沭、莒县一带陆壳截面最窄。

6.4 构造地震成因

作用于地壳的载荷分为拉、压、弯、剪、扭等。弯，可分解为拉力和压力；扭，可以分解为拉力、压力和剪力。^{[8]95, 267}

地壳（岩石）在载荷作用下产生变形，变形随时间而增大，当应变达到极限，地壳（岩石）出现破坏，形成构造地震（参见第一、二、三、四强度理论^{[8]229-238}）。强震缺失时间越长（应力蓄积期），发生强震的可能性越大。因岩石的抗压强度>抗剪强度>抗拉强度，所以拉力或剪力引发的地震最为常见。

正断型或逆断型地震主要由“斜向下剪切”引发；走滑型地震主要由拉力或水平剪切引发。

南美洲顺时针扭转、印度逆时针扭转和挤压，是我国构造地震发生的主要原因。

6.5 未来构造地震的成因

如今的地壳尤其是洋壳，蕴含巨大弹性势能，现由陆壳的膨裂动能维持（例如南美洲顺时针扭转的动能，维持着太平洋洋壳的弹性势能）。随着陆壳膨裂动能逐渐

减小，地壳（主要是洋壳）弹性势能释放、回弹，产生回弹动能，成为下一个阶段构造地震形成的主要原因（因膨裂形成的太平洋洋壳拱和海沟逐渐消失，深俯冲减少，浅俯冲增多增强，深源地震渐浅渐少，浅源或中源地震渐多，参考图7，太平洋变大，大西洋变小，陆壳渐现聚集态势），可借鉴奥陶纪和志留纪早、中期的地壳运动。

再之后，“陆壳聚合”产生的聚合动能逐渐增大（根据动量定理，冲量等于物体动量的增量，即 $Ft = \Delta mv$ ，“微小作用力”持续“数千万年甚至数亿年”引发“巨大的动量增量”），并产生弹性势能，成为本阶段构造地震的主要原因（大西洋洋脊和海沟发育、地震增多，太平洋继续变大，大西洋继续变小直至消失）。参照晚志留世、泥盆纪、石炭纪和早二叠世地壳运动（回弹动能通常可助力陆壳聚集，如志留纪中、后期）。

7 陆块分合与海陆变迁、生物的演化和灭绝、气候变化等息息相关

陆块分合、地震火山、生物的演化和灭绝、气候变化等之间相互影响、相互关联。如气候变化可引发陆壳膨裂；陆块分合可引发气候变化、地震火山、生物的演化和灭绝；陆块分合、地震火山、生物的演化和灭绝可影响气候变化等。

7.1 陆壳膨裂、地壳弹性势能释放、陆壳聚集

陆壳膨裂，陆壳巨大内能转化为巨大动能，动能迅速达到峰值，之后逐渐变小（参考图2；膨裂力远大于漂移阻力）；聚集阶段陆壳动能逐渐变大。

陆壳膨裂之初、地壳弹性势能释放期、聚集期是陆壳动能较大的时期：陆壳膨裂之初，参照三叠系/侏罗系事件、白垩系/古近系事件；地壳弹性势能回弹期，参照奥陶纪和志留纪早、中期气候特征和大灭绝事件；陆壳聚集期，参照晚志留世、泥盆纪、石炭纪、早二叠世气候特征和大灭绝事件。

7.2 陆壳聚集之末与融合之初的二叠纪

陆壳聚集之末的早二叠世，陆壳漂移较快，有海侵。

陆壳融合之初的晚二叠世，陆壳高强度挤压，陆壳巨大动能转化为巨大内能和热能（动量定理 $Ft = \Delta mv$ ，“短时间内”“动量大量减小”产生“巨大挤压力”；高温高压使陆壳融合），引发海退、气温骤降（蒸发制冷）和全球性干旱。（陆壳的融合并非同步进行，最早开始于约晚石炭世）。

7.3 陆壳融合

陆壳融合阶段，陆壳大规模、高强度挤压，巨大动能转化为巨大内能和热能，会引发全球性干旱气候，如

晚二叠世和早中三叠世；中三叠世早期海侵出现，中三叠世晚期大规模海退（拉丁期大海退）^{[3][67]}，形成温暖潮湿气候。（无论是降水或海侵，水都会快速蒸发）

7.4 陆块分合影响全球气候变化原因简析

水对气候有调节作用。水吸收热量使气温不至过高、释放热量使气温不至过低，因此，炎热高温易引发降水增多，继而降温。

地球热量变化影响全球气候变化。地球热量主要来自地热和太阳辐射热。地热主要由陆壳分合引发的拉伸、挤压、扭转、摩擦等作用产生，还包括地幔物质的辐射热。陆壳分合引发地热，可参考地表热流值较高的东印度洋洋脊、东太平洋海丘、新西兰等^[9]（受弯洋壳的中性层^{[8][115]}上部受拉，下部受压）；陆壳融合时的大规模、高强度挤压，陆壳温度更高，地热更明显，例如海退、气温骤降和干旱的晚二叠世，气候以炎热干旱为主的早中三叠世。

“陆壳聚合”与“陆壳膨裂”均可使地壳温度升高，伴有火山熔岩喷发，全球气候变暖，冰川融化，降水增多，甚至引发海侵（陆壳温度过高或漂移过快易引发海侵：陆壳膨裂之初如三叠纪之末和早侏罗世；膨裂弹性势能释放如奥陶纪和志留纪早、中期；聚集期如晚志留世、泥盆纪、石炭纪和早二叠世；融合阶段如中三叠世）；后期受降水和海退影响，地球逐渐步入冰期，冰川形成、降水减少、干旱气候带扩展；地热和太阳辐射热终将结束冰期，使气候回暖。陆壳融合阶段是特殊时期，陆壳温度极高，即使大规模降水和海退，也难出现冰期，如全球气候温暖湿润与炎热干旱交替的中生代。

7.4.1 “融合”与“膨裂”影响全球气候变化的差异

陆壳“融合”与“膨裂”均产生巨大热量，深度影响全球气候。不同的是：1、“膨裂”后陆壳快速漂移，海侵来的快，去的慢，且规模大（“冷却水”及时且充沛），形成以温暖潮湿为主的气候，而“融合”时海侵来的慢，去的快，气候则以炎热干旱为主；2、“膨裂”的影响相对分散，通常膨裂的裂缝周边影响最大，“融合”的影响却很集中。（二叠纪生物大灭绝最严重、规模最大、影响最深远的主要原因）

8 支持“聚合”和“膨裂”猜想的证据

盘古大陆因中生代的两次“陆壳膨裂”解体，白垩纪末期的“陆壳膨裂”是时间上距离我们最近的一次“陆壳膨裂”。

三叠纪生物大灭绝、大型爬行类遭重创与地中海开

启、老阿尔卑斯运动等事件时间一致；白垩纪生物大灭绝、大型爬行类遭重创、恐龙灭绝与大西洋开启、新阿尔卑斯运动等事件时间一致；二叠纪生物大灭绝与陆块聚合形成超大陆的时间一致；中生代两次膨裂的裂缝都恰好处于陆壳图形的中部区域（图1），与温度应力产生膨裂的假设吻合。

以“陆壳膨裂”为基础假设，对全球地壳受力分析，可合理解释地中海、拉布拉多海、巴芬湾和大西洋的成因，现如今的构造地震包括深源地震的成因，马里亚纳海沟西南角最深的原因，渤海、黄海、鄂霍次克海的成因，郯城、海原、巴基斯坦等大地震的成因，南美洲、澳大利亚、印度、北美洲、南极洲转动的原因，南美洲、澳大利亚、北美洲、南极洲分离的原因，东太平洋海丘和豪勋爵海丘的成因，及所有洋脊和海沟的成因等。

“聚合”和“膨裂”对陆块分合、地质构造运动、古气候变迁、生物大灭绝等亦可合理解释。

9 结束语

本文是以物理学、工程技术和工程力学的视角，对地理、地质和地史进行解读，从而形成的观点。希望本文能在生物大灭绝、海陆变迁、地震成因、冰川消长、气候变化等领域的研究上起到抛砖引玉的作用。运用地壳的运动原理和受力原理，对全球地壳进行观测，或可预测大事件的发生。

参考文献：

- [1]阿尔弗雷德·魏格纳（德国）.海陆的起源[M], 1915.
- [2]陈建强，王训练等.地史学简明教程[M], 2018.
- [3]杜远生，童金南.古生物地史学概论[M], 2009.
- [4]马钟锦.古地中海之谜[J].海洋世界，1997（1）：24.
- [5]S.P.Srivastava, Evolution of the Labrador Sea and its bearing on the early evolution of the North Atlantic[J]. Geophysical Journal International, 1978, 52（2）：313-357.
- [6]S.P.Srivastava, W.R.Roest.拉布拉多（Labrador）海的洋壳扩张[J].海洋地质动态，1999（4）：9.
- [7]黄十敏，王亚勇，戴国莹等.建筑抗震设计规范 GB50011-2010[S]. 2016：35-41.
- [8]孙训方，方孝淑，关来泰.材料力学（I）[M]. 2002.
- [9]叶正仁，Bradford H.Hager.全球地表热流的产生与分布[J].地球物理学报，2001，44（2）：171.
- [10]中国地震局.中国地震动峰值加速度区划图[Q]. 图审号：GS（2012）710号