

文章编号: 1009-3850(2006)02-0030-04

地貌成因中力的耦合律

高玄^{1,2}, 李 勇¹, 白宪州¹

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 太原师范学院, 山西 太原 030012)

摘要: 本文提出了“地貌形成中力的耦合律”, 认为地貌是在动力和反动力作用下形成、发展和演化。演化过程中, 动力和反动力在偶合点处互相激活产生了循环前进式的多层次的地貌演化模式。

关键词: 地貌; 成因; 力; 耦合

中图分类号: P531

文献标识码: A

在漫长的地质历史时期内形成了多种形态类型, 如高原、平原、山地、丘陵、沟谷和盆地等。在这些地貌形态的产生、发展及演变过程中一再证明存在一种规律, 即“力的耦合律”。笔者在这里提出这一论点, 供同行们商榷。因是初步研究, 不完善之处在所难免, 望同行们指正。

1 动力和反动力

为了研究耦合律的方便, 笔者将促使地貌形成的力划分为两种类型, 一种是动力, 另一种是反动力, 二者是两种相反的力, 它们的作用方向及形成的地貌形态均有所不同。

动力指由地球内部能量所产生的力, 它包括由地球内放射性元素蜕变产生的热能和地球自转产生的动能等, 即热动力和地球自转力。这两种力在地貌的形成过程中同样起着极为重要的作用。

(1) 热动力。热动力是由地球内部放射性元素蜕变产生的。地球内部存在一定量的放射性元素, 如铀(U^{238} , U^{235})、钍(Th^{232})、钾(K^{40}) 等。这些放射性元素蜕变而产生的热能至少为 5.14×10^{20} 卡/年^[1], 相当于 660 多亿吨煤放出的热量。热量经多年积累温度会变得非常高, 它能使地球内部的物质处于塑变状态。由于地球内部各处的温度分布是不一样

的, 所以地球内部物质的塑变程度也是不一样的^[2]。在温度高的地方物质塑变程度大, 物质膨胀、体积变大, 对地壳施加压力, 结果使地表大面积高起, 形成高原。相反, 在地球内部温度低的地方物质凝结收缩, 体积变小使地壳下陷, 在地表形成盆地等。

(2) 地球自转力。根据李四光的理论^[3], 当地球自转时, 必然产生离心力 F 。 F 可分成两个分量, 一个是沿地球半径的重力 g , 另一个是与地面平行的 V 。 V 使地表褶皱形成谷地和山脉, 隆起的地方可成为数十公里的山脉, 下凹的地方形成山谷。 V 的作用方向是指向南北的(在北半球指南, 在南半球指北), 故在它的作用下形成的山脉是东西向的, 如我国的東西走向的山脉像阴山、天山、秦岭、昆仑山脉等就是在这种力的作用下形成的。

地球自转除了产生离心力的水平分量 V 以外, 它还能产生一种作用方向指向东西的力, 叫地球自转惯性力。这种力的成因在于地球自转的速度的时快时慢的非匀速性变化。因地球自转是自西向东的, 所以地球自转惯性力是自东向西的。在它的作用下地球上形成了许多南北走向的山脉和谷地, 如我国横断山就是这样形成的, 它由几列平行的谷地和山脉组成。我国贺兰山脉也是在东西向的地球自转惯性力下形成的。

反动力是指由太阳能和重力能所产生的力,它包括水力、风力、冰川作用力、波浪力、重力等。反动力是通过搬运、侵蚀和堆积3种形式来实现其对地貌体的作用的,如冰川缓慢移动,对高山进行侵蚀,并把侵蚀下来的物质带到山脚堆积下来。冰川的侵蚀作用在地表留下的标志有冰斗、刃脊、角峰、冰围谷、冰川谷、峡湾、羊背石等冰川地貌。冰川的堆积作用在地表留下的标志有冰碛丘陵、侧碛堤、鼓丘、终碛堤、蛇形丘等冰碛地貌。流水对流域内的地面和河流中、上游谷地进行侵蚀,并把侵蚀下的物质搬运到坡脚、沟谷口及河下游堆积。流水侵蚀作用在地表留下的标志有细沟、切沟、冲沟、集水盆、河谷、河流阶地等流水侵蚀地貌。流水的堆积作用在地表留下的标志有坡积裙、冲出锥、洪积扇、河漫滩、三角洲等流水堆积地貌。海浪以强大的力量对海岸进行侵蚀,并把侵蚀下的物质带到水下堆积,海浪的侵蚀作用在地表留下的标志有海蚀穴、海蚀崖、海蚀柱、海蚀桥、海蚀台等。海浪的堆积作用在地表留下的标志有水下堆积阶地、海滩、沙坝、沙咀、拦湾坝、离岸堤、滨岸堤、连岛坝等。风对高起的地表进行吹蚀和磨蚀,并把侵蚀下的物质通过悬移、跃移和推移等方式搬运到低处堆积下来。风的侵蚀作用在地表留下的标志有石窝、风蚀蘑菇、风蚀柱、风蚀垄槽、风蚀洼地、风蚀谷、风蚀残丘、风城、风蚀沙地等风蚀地貌。风的堆积作用在地表留下的标志有新月形沙丘、纵向沙垄、横向沙垄、流动沙丘等风积地貌。

2 耦力的作用方向

在地貌形成过程中始终存在着动力和反动力两种力的作用。动力是通过地壳的垂直运动和水平运动来实现对地表形态的作用的,其作用方向是使得地表的垂向变化加剧,地表高差变大,如云贵高原上保留的上新世发育的古红色风化壳,属热带类型,说明当时的地势较低。滇中、滇东已抬升到了海拔2000m左右,黔中也抬升到了1000m左右^[4]。秦岭、淮阳山以南的广大地区,构造的主要趋势仍以整体上升为主;浙、闽、粤沿海山地的新近系夷平面从上新世晚期以来,上升到海拔700~800m;江汉平原、洞庭、鄱阳断陷盆地的新近系和第四系的沉积厚度近500m;台湾、琼雷坳陷在上新世末以来都经历了不同程度的下沉。这些都是在地球壳的垂直运动下造成的。天山上升到海拔5000m,阴山上升到海拔2000m,秦岭上升到2000~3000m^[5],均是由地壳的水平运动形成的南北向挤压力造成的。

反动力的作用方向是使得地表的垂向变化减少,地表高差变小。反动力是通过侵蚀、搬运、堆积的过程来实现这一运动方向的,如五台山现存的5个山顶的夷平面,华北许多断块山地前的一些断陷盆地形成巨厚的上新统和第四系沉积物,如渭河谷地的三门组厚达1000m^[4]原中部和东部第四系厚度也有500~600m^[4]和黄海南部,新近系和第四系总厚度为1500m左右^[4]都是反动力作用的结果。

动力和反动力像拉锯似的存在于地貌的成长全过程,造就了现代地貌格局,如山西的五台山在太古代晚期(距今约26亿年)是个海峡,当时因地势低,接受了大量的沉积,其中有砂层、大理岩和白云大理岩沉积、火山岩沉积,在持续两三亿年的时间内总共沉积约六、七千米厚的地层(五台沉积)^[6]。经过几次升降的反复,到了元古宙,地壳逐渐上升,到吕梁运动(距今约5.7亿年)后,转为陆台。加里东运动(距今约4.6亿年),五台山有较大幅度的上升,成为大型山地,后来在反动力的作用下经过1.4亿年的侵蚀夷平变成了准平原。之后在动力作用下又急剧上升了2000多米^[6],今日还在上升中,现在的5个台顶是平的,这正是过去的准平原被抬升的结果。五台山升起后在流水和第四纪冰川等反动力侵蚀雕琢下形成现在这样雄伟高大的气势,引来了众多的游客。动力和反动力就是通过这样反向作用造就了现代地貌格局的,如中国的现代地貌格局是由四大高原(青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和云贵高原)、四大盆地(塔里木盆地、准格尔盆地、柴达木盆地和四川盆地)、四大平原(东北平原、华北平原、长江中下游平原和珠江三角洲平原)、二十多条主要山脉丘陵构成,它们都是在动力和反动力的作用中形成的。

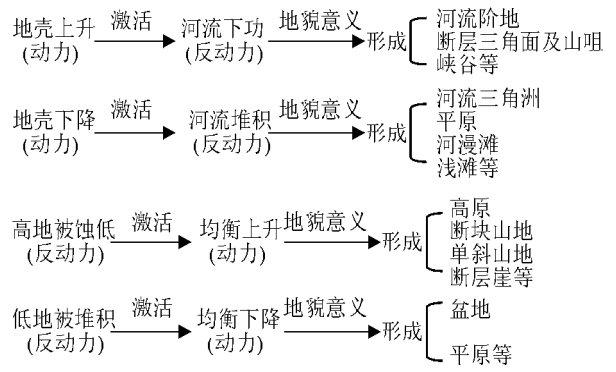
3 耦力的双向作用性

从上述得知,动力的用方向是使得地表的垂向变化加剧,地表高差变大。反动力的作用方向是使得地表的垂向变化减少,地表高差变小。这仅仅是动力和反动力的一个作用方向。在研究中发现动力和反动力还有另一个作用方向,例如地壳上升,河流侵蚀就复活,产生强烈的下切作用,并形成河流阶地(地貌)。其中地壳上升是动力作用,河流下切是反动力作用,地壳上升引起河流下切说明了动力作用激活反动力作用。为什么会有这种激活性呢?因为地壳上升使河床底部被抬升,未抬升前的河床底部是个均衡剖面,其侵蚀和堆积是动态平衡的,即可以看作是个既不受侵蚀也不堆积的剖面,河床底部一

旦被抬升就打破了这种平衡, 河流流速加快, 产生较强的下切作用, 极力侵蚀河床底部, 力图使河床底恢复到原来的位置, 这就是地壳上升激活河流下切的原因, 我们把它叫做动力作用激活反动力作用。相反, 当地壳下沉时, 河流就地发生堆积, 其原因也在于地壳的下沉打破了原来的平衡(蚀积平衡), 河流以图恢复原来的均衡剖面状态。因为地壳一下沉, 河底的位置就低于原来均衡剖面的位置, 河流流速就减慢了, 水中携带的泥沙超饱和, 于是发生堆积, 形成三角洲、河漫滩、浅滩等堆积地貌。这也从另一个角度说明了动力作用对反动力作用的激活性。

不仅动力对反动力有激活性, 在地貌的形成过程中反动力也有激活动力的一面。例如一些高原或大型山地, 在反动力的长期剥蚀下, 其高度会逐渐降低、体积会减小、重量会变轻, 其向地下的压力会变得越来越小, 最终会打破原已平衡的地球内部压力分布, 使这些变轻的高原或山地重新升起, 形成高原、断块山地、单斜山地、断层崖等地貌。我们把这种现象叫做反动力作用激活动力作用。当某盆地或平原经长期的堆积(在反动力作用下) 后, 其重量变得越来越重, 最后打破平衡, 使该盆地或平原再次下沉, 形成新的盆地或平原等地貌, 这从另一个角度表明了反动力作用对动力作用的激活性。

从以上的分析可知, 不仅动力的作用使得地表的垂向变化加剧, 地表高差变大, 反动力的作用使得地表的垂向变化减少, 地表高差变小, 而且动力和反动力在地貌的形成过程中是相互有激活性的。笔者把它们统称为动力和反动力作用的双向性。这种双向性对地貌的产生是有重要意义的:



4 力的耦合律

在动力作用下地壳上升, 地壳上升时受到反动力以及与其方向相反的其本身的重量反作用。地壳的上升起初是很快的, 随着地壳的上升, 地壳的重量会变得越来越重, 使地壳上升速度也越来越慢, 最

终趋于零。地势越高反动力的作用力度也就越大。地壳的不断升起为反动力作用的产生创造了条件, 随着地壳的上升动力作用趋小反动力作用趋大, 当到达耦合点后两种力达到平衡, 若继续发展反动力就会完全被动力激活。这一基本思想可用图1加以概括: 随着时间的推移及地势的增高动力不断减小、反动力则增加, A点是动力和反动力的耦合点, 这时两种力量处于平衡状态, 如果动力继续作用则激活反动力的明显作用, 此后反动力作用越来越强, 到高峰期后开始逐渐减弱, 到耦合点B后反动力若继续作用将激活动力的再次作用, 使地壳再次上升并再次按图2所示的A、B、C、D、E、F六个期发展演化。

(1) A期: 地壳在动力作用下急剧上升, 在上升的过程中动力和反动力的力量对比发生着变化, 当上升到一定程度后动力耗尽, 地块在某一高度停止上升、长期处于静止状态。反动力逐渐由劣势变为优势, 河流沿被抬升的原始倾斜地面发育, 开始时水文网稀疏, 以干流的下切侵蚀为主, 支流极少, 仅有少数一级支流, 地表保持大面积的完整性。河流继续作用进入B期。

(2) B期: 河流的一级支流数量大大发展, 仅出现个别二级支流, 河流仍以下切侵蚀为主, 在河谷之间是宽广平坦的分水地, 随着河流的下切侵蚀, 河流比降开始加大, 坡折增多, 横剖面呈狭窄的“V”字型, 谷坡陡峭, 坡顶与分水地面有一明显坡折。

(3) C期: 河流数量急剧增加, 河流不仅限于一二级支流, 而出现多级支流, 下切侵蚀和侧蚀同时进行, 这时谷坡上的崩塌、坠落和滑坡很活跃。后来随水系不断增多, 地面分割加剧, 河谷加深。较大的河流逐渐趋于均衡状态。此后, 谷坡的剥蚀速度相对大于河流下切速度, 河谷不断展宽, 这个时期的地势起伏达到相当大的程度。

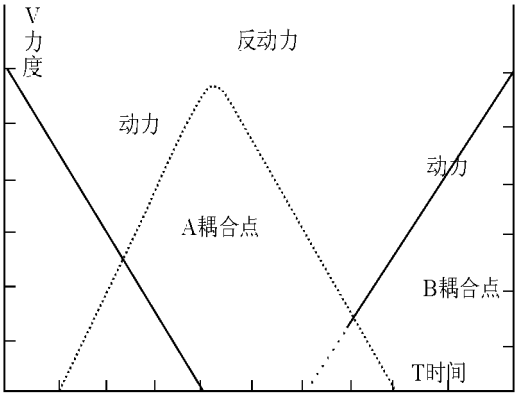


图 1 力的耦合
Fig. 1 Coupling of forces

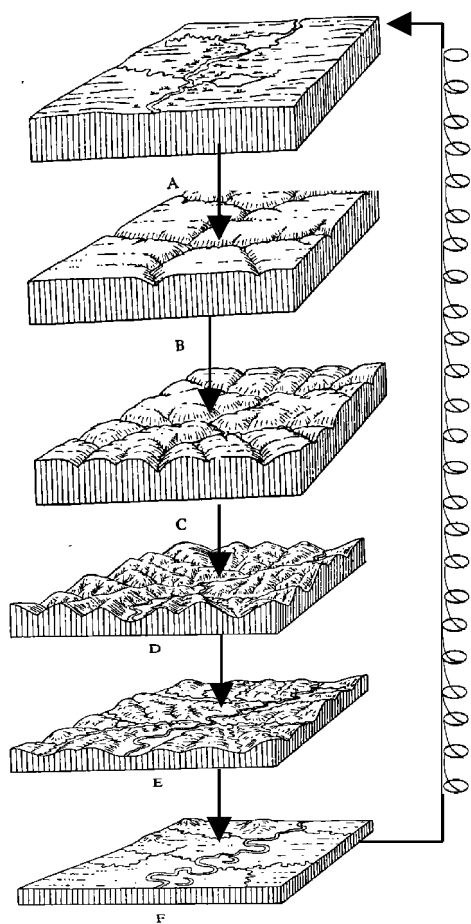


图2 力的耦合与地貌的演化

Fig. 2 Model showing the relationship between coupling of forces and geomorphic evolution

(4) D期: 谷坡不断后退, 使分水岭两侧的谷坡日益接近, 终于相交, 原来宽平的分水地面最后变成狭窄的岭脊, 此时的地势起伏最大, 地面也最为破

碎。这时的谷坡仍然较陡峭, 崩塌、滑坡仍很活跃。

(5) E期: 随着谷坡侵蚀作用的不断进行, 谷坡渐渐减缓, 山脊变得沉圆, 谷坡上岩屑很多, 谷坡上部的岩屑通过土溜和土壤蠕动向下搬动, 下坡的碎屑主要是受流水片状冲刷和谷坡侵蚀, 这时在谷坡下半部常成凹坡。主河一般都已趋于均衡状态。到最后阶段, 较小的河流也渐渐趋于均衡状态, 这时的河谷比较开阔, 山脊也变得浑圆低矮。

(6) F期: 这时河流停止下切侵蚀, 分水岭渐渐下降, 地面成微微起伏的波状地形。河流蜿蜒曲折, 河谷展宽, 谷坡较稳定。如果有局部坚硬石区, 因抗侵蚀力强而保留有小型突起的山丘, 孤立周围平缓起伏地形之上, 称为侵蚀残丘, 整个地面称为准平原, 它代表反动力地貌发育的终极阶段。这时动力和反动力相交于耦合点, 这时如果反动力再作用的话地壳就会重新上升, 于是地表地貌的新一轮演化将重新开始, 但这绝不会是简单机械的重复, 而是按螺旋式的上升方式向前演化的。

参考文献:

- [1] 金祖孟. 地球概论[M]. 上海: 上海教育出版社, 1978. 118—144.
- [2] 张国伟, 董云鹏, 姚安平. 关于中国大陆动力学与造山带研究的几点思考[J]. 中国地质, 2002, 29(1): 7—13.
- [3] 李四光. 地质力学概论[M]. 北京: 科学出版社, 1977. 10—240.
- [4] 中国自然地理编写组. 中国自然地理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1979. 12—28.
- [5] 赵济, 陈传康. 中国地理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 23—574.
- [6] 山西地质学会. 漫谈五台山地质作用[M]. 北京: 中国当代出版社, 2000. 1—28.

The coupling laws of forces in geomorphic development

GAO Xuan-yu^{1,2}, LI Yong¹, BAI Xian-zhou¹

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Taiyuan Teachers College, Taiyuan 030012, Shanxi, China)

Abstract: The “coupling law of forces in geomorphic development” is proposed in this paper. The authors contend that the geomorphic features are formed, developed and evolved in the interaction of motive force and anti-motive force. The research of mutual reactivation of the motive force and anti-motive force at coupling points results in the construction of the model for the progressively geomorphic evolution.

Key words: geomorphology; development; force; coupling