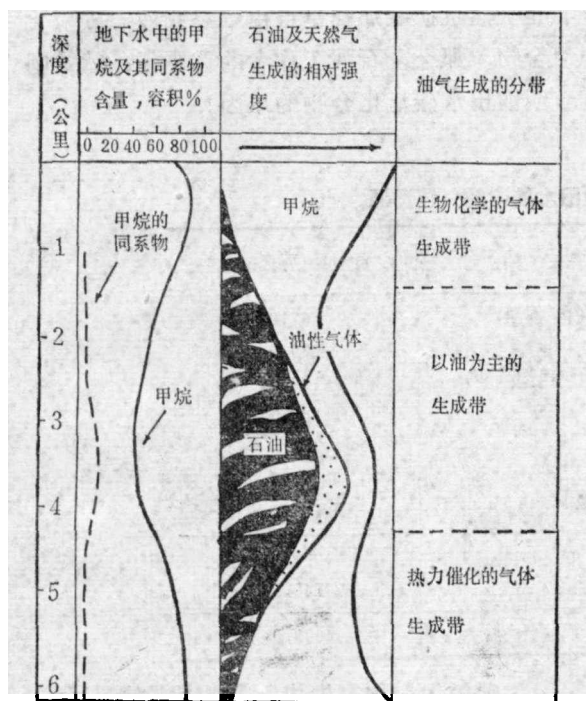


化度降低。例如，水文地质学家 H.M. 克鲁格里科夫认为，秋明州北部大气田的形成就是由于上新世—第四纪时岩层压力降低使气体从地下水中逸出的缘故。



油气盆地岩层中油气生成的垂直分带图解

从地下水中开采碳氢化合物是否可能？

近年来广泛探讨着开辟新能源的问题。我们试图把地下水的溶解的碳氢化合物气体也作为新能源来研究，按贮量来说，碳氢化合物气体是超巨型矿床。

利用溶解气体的经验还很少。据法国经济学家I.考菲拉报导说，在非洲从基伍湖开采天然气。在这里，以生物化学方式形成的甲烷，完全溶解于水中。利用竹管用气举法把充满气体的水从275~475米的深处汲取上来。

现在仅在日本广泛地开采着溶解气体：开采量在可燃气体的总开采量中占的比重，于60年代为27~30%。最大的溶解气田生成在关东和新潟的油气盆地。在1,000米深处，1立米水含有1.25立米的气体，而1,400米深处为2.7立米，这些气体或是利用自喷井开采，或利用气举，或利用沉下的泵。提取气体后的卤水弃于海中。

溶解气田的开采存在两个问题：如何把地下水运送到地面的问题（在地面在大气压力下地下水会产生去气作用）和如何把剩下的卤水掩埋的问题。因而要开采长时期自喷的地下水，才是合算的，那样的水文地质综合体通常是地质时代较晚的中新生代沉积层。

应该指出，富含碳氢化合物气体的地下水盆地，一般与热水盆地相同，富含工业上宝贵的化学元素，有一部分还有矿泉医疗功能，所以对油气盆地的地下水要进行综合研究。

（郁华译自《Природа》，1981№5，魏忠义校）

地貌临界值和流域系统的复杂反应

S.A. 舒姆

绪 言

由于第四纪气候和构造历史的复杂性，地形和地层的不连续性可方便地解释为由于气候和构造事件的结果。科学的基本需要是论证原因和结果，因此，把地貌和地层细节

放在第四纪年表的范围内是合适的。目前人们认为：某些重大的侵蚀调整可以是由数量和频率变化不大的暴雨所引起的（里奥普，1951）。

侵蚀旋回有规律的发展中新出现的一些偏离使得人们十分低估这种旋回概念。现代

①气举系利用与液体混合的压缩气体所含能量，把液体提升上来。

的实践是在侵蚀旋回概念的骨架内来看待地貌发育的，但认为现代地形主要处于动力均衡中。这两个概念都有明显的缺点，例如，虽然旋回包括连续的缓慢的变化，其证据表明，较快的系统调整时期是由于外界原因引起的。当然，在动力均衡中，对地貌系统来说同样是正确的。这就是说，不论旋回还是动力均衡系统中发生的变化，必然是外界刺激的一种适应。因此景观的变化以及沉积或侵蚀过程速率的变化要用人类的影响、气候变化或波动，构造运动或均衡调正来解释。

地形的重大变化和侵蚀与沉积类型的改变是由于气候的变化和构造运动的影响，而且人类的影响无疑也很重要。但是，这种地形细节，如近期的沟谷切割和冲沟作用，冲积扇顶的沟蚀作用，河床的加积和坡地的后退等等，所有这些对科学和生产上合理地经营土地来说都需要解释和预报。这些地貌细节是有实际意义的，但它们通常不能用传统的方法说明。

这个问题的另一方面是：在已知地区内所有地形并不是以同样的方式对最近的外界影响起反应，这是一个通常被抹煞了的重要地形难题。如果陆地系统是处在动力均衡组成的情况，则此系统以类似的方式对外界影响起反应。因此，巨大的水文事件的后果，并不如它所呈现出的变化那样大。

所以为了了解地形的发育，按照(1)地貌临界值和(2)地貌系统的复杂反应这两个附加概念来回答是重要的。这两个概念主要认为：某些地貌上的异常实际上是地形侵蚀发育的固有部分，并且地貌系统的各个组分未必同相。

临界值

临界值在许多领域已被承认，其在地理学中的重要性也由布鲁特(1968)作了详细的讨论。地质学家或许最了解已知粒径的沉积物起动所必须的临界流速，随着流速的不

断增加，达到使某物开始起动的临界流速，而随着流速的逐渐减小，某物又达到止动的临界流速，在这种情况下泥沙运动。这就是布鲁特(1968)的“显现(manifestation)临界值”和“消失(extinction)临界值”，而且它们也是最常见的临界值。当运动的泥沙颗粒达到三分之一时，布鲁特(1968)就认为相当于“还原(reversal)临界值”。表示已知粒径的泥沙所需起动流速的贾斯特罗姆曲线(1935)就是该情况的一个例证。这条曲线表明，临界流速随粒径的减小而减小，但是粘着力起重要作用以后，临界流速就随着粒径的减小而增加。兰拜—舒姆曲线(1958)是这一类关系的又一例证，该曲线表明在植被的增加足以减缓侵蚀以前，产沙量与年降雨量和径流量直接有关，过了这一点，产沙量随径流量和降雨的增加反而减少。或许临界值并不是描述发生变化的临界范围的好字眼，但却是一个简单而容易理解的术语。

水力学中最有名的临界值可用福氏数和雷诺数描述，它确定了水流变成超临界或紊动的条件。特别惊人的是在河流动力临界值附近河床形态特征的变化。

在列举的例子中，一种外界变量的逐渐变化，在受影响的系统内部引起突然的变化或衰退。系统对外界影响作业反应的值属于非固定(extrinsic)的临界值，也就是说，这个临界值存在于系统内，但它并不是交叉，而且没有外界变量的影响，也不会发生变化。但本文只是考虑地貌的例子。

地貌临界值是地形变化中的一种固有方式；在地貌系统内该值由于系统本身随着时间的变化而发展，这是地貌系统本身的最主要的变化，因为直至系统演化到临界的情况之前，调整或破坏将不发生。是系统反应了地貌临界值抑或反应了外界的影响这并不总是清楚的，但当涉及坡降的变化时，起控制作用的是地貌临界值，达到临界值的变化对系统来说是固有的。

地貌临界值的证据

地貌临界值的概念得到了最近野外和试验工作的支持,而且这个概念已用来说明科罗拉多西部油页岩地区不连续冲沟的分布以及用来说明密西西比河河型的变化。

不连续冲沟:在怀俄明、科罗拉多、新墨西哥和亚利桑那等地的河谷野外研究发现了不连续冲沟,这是一种短而讨厌的谷底冲沟段,它可能与谷底面的比降有关(舒姆和哈法利,1958)。例如,在这些河谷里冲沟侵蚀开始时都趋向集中在谷底较陡的河段上,再一步步地前进,记住用地貌临界值的概念,对于一个已知地质、土地利用、气候条件均匀的地区来说,似乎将存在一个河谷的临界比降,超过这个比降谷底就不稳定。为了验证这个假定:在科罗拉多西部的波安斯河流域进行了谷底比降的测量,这个地区下覆的是油页岩,所以随着这种资源的开发考虑与之相联系的潜在环境问题是不可忽视的。

在这个地区内,选择一些具有不连续冲沟的河谷,每条冲沟以上的流域面积在地形图上量测,而河谷比降则在野外测量,径流或洪水没有记录,因此选择流域面积作为影响径流和洪峰流量的变量。当用河谷比降与流域面积点绘关系时,为反比关系(图1),较大的流域面积其特征是有较缓的河谷比降。对没有冲沟的河谷作了相同的测量,以作为比较的基础,这些资料也点绘在图上,不稳定河谷比降的下限与稳定河谷比降的上限是一致的。换言之,对于一个给定的流域面积来讲,能够确定出一个河谷比降值,大于此值的谷底是不稳定的。

应注意的是:小于约四平方英里的流域面积不适于此相关,因为这些小流域中,植被的变化多半与流域的特性,或者与冲积物性质的变化有关,它们妨碍了对临界比降的进一步认识。流域面积超过四平方英里的稳定谷底只有两处位于临界线以上,所以

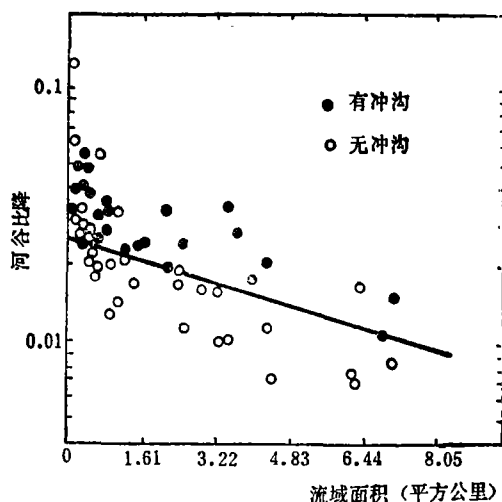


图1 河谷比降与流域面积间的相关图,科罗拉多州的波安斯河流域,对此区确定的临界比降线(据P.C.佩斯,1973)。

可以得出结论:这两个河谷开始就是不稳定的,而且大洪水在这些河谷中最后终将引起侵蚀和下切。

利用图1可以确定引起波安斯溪区域河谷不稳定和发育冲沟的临界比降,这对土地管理是非常重要的,因此如果河谷的原始不稳定比降可以确定的话,那么就采取某种改正的措施从而人为地稳定这些临界河段。

图2表示了应用于美国西部冲积物的临界值概念,图上用一根河谷比降随时间增加的线表示冲积物填充稳定性的减小。当然,如果用固定的比降,类似的相关应该和含沙量随时间慢慢地减少相适应。叠加在比降增加上升线上的垂直线表示由于不同大小的洪水引起的谷底稳定性的变化。在一次大暴雨期间,直至由于河谷比降变陡引起沉积物的稳定性降低,侵蚀在时段A处开始。甚至大事件的作用也不重要了,所以强调指出大事件只是破坏最明显的原因,因为在任何情况下破坏总是在时间B发生。

河型:多年来水利工程师和地质学家作了许多河流曲流化的试验研究,有些试验是设计研究比降和含沙量对河型的影响(舒姆和凯哈,1972),在流量保持固定的一系列

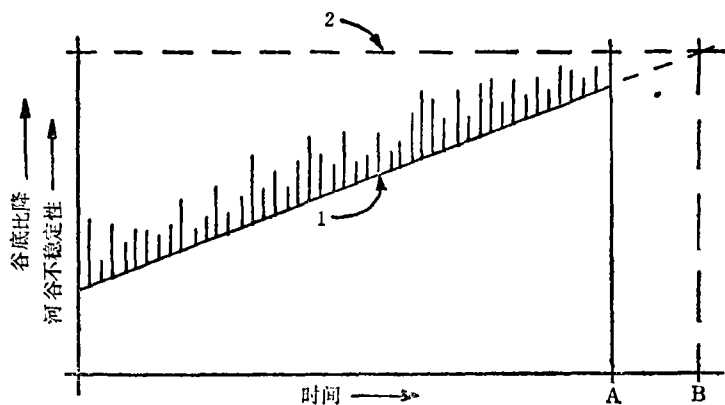


图2 谷底比降和谷底不稳定性之间随时间变化的假定关系，线1代表谷底比降的增加，叠加在线1上的直线代表与洪水有关的谷底不稳定性。表示河谷稳定的最大比降线。与谷底比降的上升线在B时段相交时，此时将出现破坏或河谷冲积中的沟蚀现象。然而，由于特大暴雨或洪水的直接作用，在时段A处发生破坏。

试验过程中发现，如果顺直河床在微微倾斜的冲积物上下切，则河床仍保持着顺直。但是，在比降变陡的情况下，河床就弯曲，随着模型小河上冲积物表面比降（河谷比降）的变陡，流速则增加，同时作用在模型河床和河岸上的剪切力也增加，当剪切力处在某一临界值时，河岸侵蚀和底沙运动，形成了弯曲的河道，当流量一定时，达到某一临界比降，河床就从顺直向弯曲转化（图3）。当比降连续增加，曲流不断强化直至达到另一个更高的临界值，这时弯曲河床变成顺直分汨河床。这些试验揭露了河型随比降从顺直

经过曲流至分汨并不是连续的变化，而正相反，变化出现在临界比降的情况下，这时的比降是含沙量和河床水流水力特性的一个指标，而且，这种关系可用来说明河型的变化特性。

事实上，如果河流的谷底比降变化由于来自支流泥沙的影响或由于过去地质过程中沉积作用的变化引起的，那么河流应该以河型的变化来反应河谷比降的这些变化。可以把试验成果同维克斯堡陆军工兵部队取得

的密西西比河河型资料进行比较，这些资料表明，密西西比河河型的变化是与谷底比降的变化有关（图4），河谷比降的变化反映了河流地质历史，如果今天的河谷比降超过河流地貌临界值，河流就将出现引人注目的河型改变。

当河谷比降接近临界值时，大洪水将有效地改变河型，这个结论对沃尔曼和米勒（1960）所作的关于高量值事件在地貌上的重要性有影响。他们的结论是：虽然中等量值事件和相当频繁地重现的事件做了大量的功，但大暴雨或大洪水在景观变化中可以起重要的作用。然而，关于大而罕见的事件对地形影响的证据是含糊不清的，大洪水破坏了西马伦河的泛滥平原（舒姆和李克蒂，1963），但同等的大事件对康涅狄河的影响却不大（沃尔曼和艾勒，1958）。

这些和其他的观测表明：大事件对景观的变化可以有大有小，解释这些矛盾的现象需要进一步考虑地貌临界值的概念。某些景观或

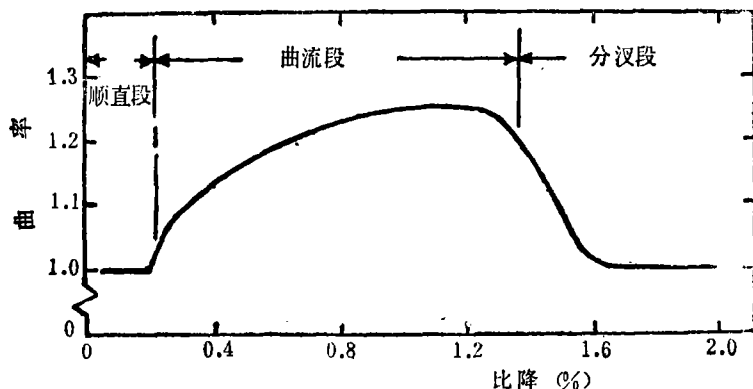


图3 试验过程中河谷比降与曲率（河床长与水槽长或河谷长之比）间的关系，在两个临界比降处，出现从顺直型向弯曲和从弯曲向分汨型的变化，这两个临界比降的绝对值可能受流量的影响。在试验过程中流量保持在0.15cfs（据S.A.舒姆和H.R.汉1972）。

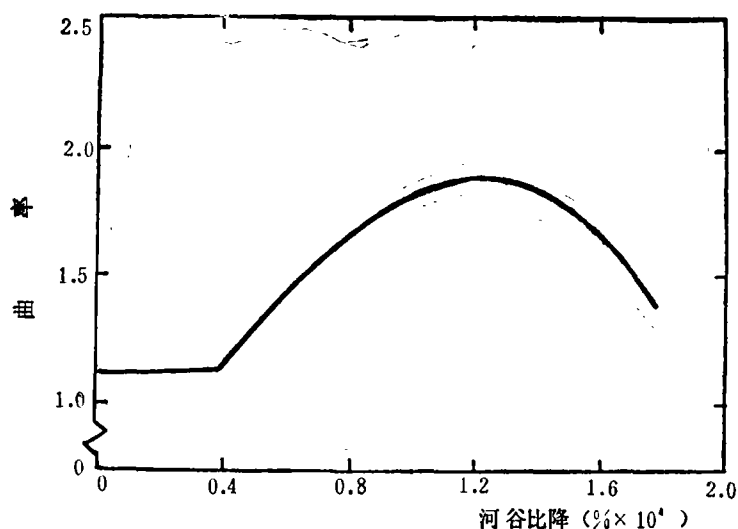


图4 伊利诺斯州的开罗和路易斯安那州的会口之间的密西西比河的河谷比降与曲率之间的关系, 据美国陆军工兵部队测量的密西西比的维克斯堡附近的河川断面资料。这种关系曲线散乱分布反映了曲率的天然变化 (据舒姆等, 1972)。

景观的成分显然包含不稳定的地貌状态及其这些地形的破坏; 也就是说, 取决于它们的发育, 由于受大而稀少的事件的影响它们可能有重大的改变, 而其他的事件将不发生影响。因此, 即使在同一地区, 对相同应力条件反应也可能不同。

在某一景观内, 当一些景观成分由于侵蚀而缺失, 而另外一些成分保存时, 显然是侵蚀临界值只是局部被超过。地貌学家或土地管理者一个最重要的问题是弄清楚景观成分开始不稳定的位置。认清给定地区内的地貌临界值十分有助于地貌学家和土地管理者了解区域地貌的细节以及提出不稳定地形的同一标准。

地貌系统的复杂反应

当考虑到过去几百万年间地球历史的气候变化时, 人们总会想到地貌的发展史将趋向于复杂化。例如在世界各地, 地质学和考古学家研究了河谷的最新侵蚀和沉积历史的细节。这样就组成了一种看起来相同的冲积物的沉积和侵蚀层序。因为在第四纪过程中有世界范围的气候变化, 所以制定一个能适应

用于大范围的冲积年表是合理的, 也就是说, 一个特殊冲积层局布地来看应是视为同一的, 然后才可以进行大范围沉积物的相关, 毫无疑问, 侵蚀和沉积事件受大气候变化的影响, 但只要把一万至一万五千年来的冲积物年代一审查, 则不能使人信服的是每个事件都反映其同时发生的外界变化。事实上, 美国西南部的研究揭露出, 最近一万年来这个地区河谷里侵蚀和沉积事件的次数、大小、持续时间, 不仅从一河谷到另一河谷发生变化, 而且在同一河谷内也发生变化。

例如, 科特洛斯克, 库利克和鲁布 (1965) 所描述的如下情况:

“最近的时代可用峡谷和西南部河谷的侵蚀和沉积旋回代表, 然而, 事件的次数, 大小和持续时间从一个流域到另一个流域以及在同一河流的沿程各河段都不同”。

海恩斯 (1968) 概述过美国西南部冲积物的广泛的放射性碳年代测定成果, 他的资料证明, 在近五千年的记录期间, 在三种最新的冲积物中有暂时性复盖, 这表明沉积相并非各处相同, 而且这种显著的沉积作用对单一事件没有发生反应, 至少由于与最新事件有关部分的复杂性可用侵蚀临界值的概念来说明, 如已描述的彼安斯溪地区, 当其地貌临界值被超过时, 而在同一个地区内并不是所有的河谷都同时达到临界值。

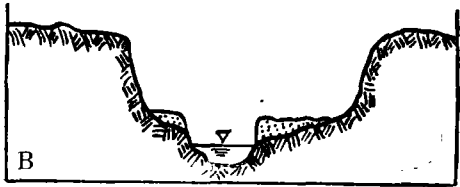
还可以有另一种解释, 有关流域系统对回春的反应我们知道的很少, 气候变化、侵蚀基准的升降, 可引起河床的下切, 这种下切将把泛滥平原转化为阶地, 这是侵蚀性刻切 (episode) 的地貌证据。然而, 流域系统是由河床、丘陵、分水岭、泛滥平原和阶地等组成, 所以它是复杂的, 这种复杂系统

对变化的反应也是复杂的。在科罗拉多州大学流域系统演变的试验研究中证明了这种看法的正确性(舒姆和帕克, 1973)。

试验过程中一个小流域系统由于侵蚀基准微微变化(10厘米)而回春, 正如所预料的侵蚀基准下降引起干流河床的下切和阶地的发育(图5 A、B)下切首先发生在系统的河口, 而后逐渐溯源向上, 嗣后在支流回春和以前沉积在河谷中的冲积物被冲刷(图5 B)。随着侵蚀的溯源发展, 主河床成为上游泥沙增量的搬运者(输送通道), 其必然的结果是在新下切的河床里发生加积(图5 C), 但是, 随着支流最终调整到新的侵蚀基准面, 输沙量减少, 从而出现了河床侵蚀的新阶段(图5 D), 因此, 原始河床下切和阶地形成。又继之以冲积物充填的沉积作用, 河床分汊和侧蚀, 这样, 当流域系统达到稳定时, 重新下切形成低的冲积阶地。这级低阶地面是由于分汊河床转化为更受限制的低宽深比河床时含沙量减少的结果形成的。这个较低的面不是泛滥平原, 因为它不被最大洪水所淹没。



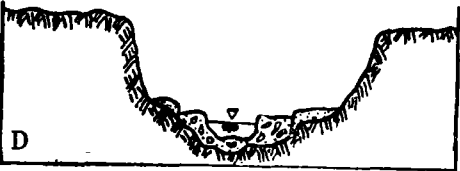
图5 流域系统(侵蚀基准面)出口上游1.5米处的试验河床横断面表明河床侵蚀基准面下降的反应。
A. 基准面下降以前新塑造的河谷和冲积物。在冲积物上流动的低宽深比的河床。



B. 基准面下降10厘米之后, 河床切入冲积物和基岩谷底而形成一级阶地, 继之以嵌入, 河岸侵蚀而河床展宽和局部阶地被破坏。



C. 随上游来沙量增加, 沉积了内选冲积物, 这种高宽深比河床为分汊和不稳定河床。



D. 当河床轻微下切时, 第二级阶地形成, 而变成与含沙量减少相适应的低宽深比河床。实际上, 随着时间的推移, 河床摆动将破坏部分低阶地, 而泛滥平原物在更低的面形成。

刘易斯(1949)在长4米、宽50厘米的小木槽里所做的探索性试验中得到了一些相似的结果。他的结论是: “试验所揭露的最重要的事实是: 下游河段上的阶地建造, 不需要任何相应的海面、坡度或流量变化”。从我们的成果和刘易斯的那些结论看, 似乎是引起一个流域内侵蚀反应的事件(坡度、侵蚀基准的变化, 气候和(或)土地利用)有着一种自动的负反馈作用, 例如高的来沙量引起的沉积, 而随着含沙量的减少, 终于引起了冲积物的被下切。

在复杂的自然系统中, 当系统组成部分逐渐地对变化起反应时, 某一个事件可以控制复杂的反作用(地形和(或)地层), 这个原理提供了一个关于冲积年表复杂性的解释, 而且指出了罕见的事件, 虽然在流域系统中完成的总功较小, 但事实上它可能是消掉地貌临界值的催化剂和能对景观造成重大变化的一系列复杂的制约者。

结 论

虽然我们不断地论述了许多关于地貌系统复杂性的情况, 但是, 为了了解这些系统总是把它们加以简化。本文讨论的实验研究

是这种方法的良好例子。把次序简化以及去探索这种简化的次序比起根据外界控制来解释更容易发现固有临界值例如,更新世剖面细节的说明和美国西部的近代侵蚀和沉积特性的分布,很可能依赖于我们理解的临界值和复杂的反应,这些概念与侵蚀旋回或动力均衡概念不是矛盾的,反而是对它们的补充。

景观的不连续和为什么在流域系统内侵蚀演变呈现突然变化,不一定必然与外界的影响有联系,至少在半干旱和干旱区地形的演变,在固定和有次序的发育意义上来说不需要是逐渐前进式的;事实上,渐进式和跳跃式的变化都有,也就是说,通过从一种动力均衡跳到另一种新的均衡的形式,显然,水文和气象事件是连续的(特里卡特,1962),但即使它们以不变的速率发生,地貌系统本身的变化(地貌形态和含沙量的变化)也将由于存在固有的临界值而引起系统的突然调整。

下面的情况是很可能的,在没有外界因素影响的情况下,地貌景观长时段的渐进侵蚀过程中,当超过地貌临界值时就可为快速的再调整期所中断。由于地貌形态和产沙量随时间而变化,所以系统的再调整将是复杂的,发生这些变化的时间无疑是与大洪水和暴雨有关,但如早已强调的,这些事件也许只是在某一特定时刻引起变化的媒介。也就是说,存在着地貌临界值,而且是地貌系的复

杂的反馈反应,使大量值事件在景观发育中起主要作用。

工程师利用牛顿力学原理来控制景观,地貌学家们则试图用它来说明地貌系统的发生、发展及其特征,这些力学定律适用于天然的地形情况,但其预报能力则将由于野外情况的复杂性而减小,例如,重力的增加不可能各处都引起侵蚀速率有相等的加速度,也就是说,应力的增加不一定产生同量的应变,但局部的破坏却可能出现,因此,整个时间内应力的作用并不是任何地方都产生同样的结果,尤其是当受应力作用的系统本身随时间而变是这样。上述情况的逻辑结果,如本文所指出的,高量值事件并不能到处都产生引人注目的侵蚀;而其结果取决于地貌系统的特点。

这种地貌研究方法的重要性是其可能适用于反应天然和人类引起地形变化的预报,地貌的不稳定临界值至少可以局部定量地确定这一事实表明其各处可能是一致的,因而在野外可以用作为判断潜在不稳定地形的根据,这种方法提供了预防侵蚀控制的一个根据,利用地貌学原理,土地管理者把他的有限资金用于防止侵蚀上,而不是把资金零打碎敲地用于试图把严重侵蚀区恢复到天然状态。

陆中臣 译自:《Fluvial Geomorphology》,1973年 沈玉昌 校

1:250万《欧洲国际地貌图》评介

尹 泽 生

1:250万欧洲国际地貌制图是当今国外地貌学界所热切关注的一件盛事:在联合国教科文组织的赞助下,国际地理联合会所属的地貌调查与制图委员会集中了欧洲几乎所有国家地貌制图方面的力量和智慧,经过了十余年坚持不懈的努力,至今已有成果问世。这一事件标志着地貌制图学发展的一个新阶段。本文是对这一事件的简要介绍和评论。

(一)制 图 过 程

1965年,国际地理联合会应用地貌委员会在捷克斯洛伐克的会议上,通过了一项编制欧