

祝贺张英骏先生八十华诞

张英骏教学科研论文选集



贵州师范大学学报编辑部



作 者 简 介

张英骏, 贵州师范大学地理系教授, 我国知名的地理学家, 是贵州岩溶地貌及洞穴研究走向国际合作的开拓者, 中国民主同盟盟员。生于1914年10月, 1936年毕业于清华大学地学系。他长期从事教学科研工作, 1948年执教于贵阳师院(今贵州师大), 至今已近半个世纪。1949年以来为地理系本科生和研究生开出近20门课程。编写及翻译(英、德、俄文)大量教材及参考资料。首次将瑞士著名岩溶学家包格里1978年出版的《喀斯特水文学及洞穴学》译成中文。为贵州师范大学地理系及贵州岩溶学术界的国际交流作了大量工作, 发表及合作发表论文30余篇, 出版专著1本。

张英骏教学科研论文选集

张英骏教学及科研论文选集

目 录

自 序	(1)
一、教材	
地貌学理论七讲	(3)
二、论文(以发表或完成时间先后为序)	
1. 介绍一门地貌学新的分支 —— 星体地貌学	(43)
2. 都匀小地文水落洞洞穴形态	(50)
3. 自制太阳罗盘的原理、用途及使用方法	(55)
4. 黄果树瀑布成因初探	(62)
5. 从环境地质学及环境地貌学的发展史谈贵州喀斯特环境的研究问题	(71)
6. 贵州洞穴研究史	(76)
7. 贵州洞穴的演化	(83)
8. 崩塌在喀斯特洞穴和地貌发育中的作用	(86)
9. 喀斯特洞穴形态与水动力条件	(92)
10. 人类利用洞穴的过去与现在	(100)
11. 洞穴旅游	(109)
12.《徐霞客游记》中对洞穴形态的观察与记述的科学意义	(120)
13. 徐霞客在应用洞穴学方面的贡献	(128)
14. 贵州旅游洞穴环境保护刍议	(133)
15. 安顺平坝的洞穴	(139)
16. 英国喀斯特地貌及洞穴发育的基本特征	(167)
17. 新西兰的洞穴	(174)
18. 喀斯特地区地下地形向地表地形的转变过程	(183)
19. 试论徐霞客的学术思想与野外工作方法 —— 纪念徐霞客逝世 350 周年	(189)
祝贺张英骏老师八十华诞	何才华 (196)
记张英骏教授	刘福昌 (197)
热爱地理教育 发展地理科学——庆贺张英骏教授诞辰 80 周年	陈永孝 (199)
为人师表 一代风范——庆贺张英骏教授八十寿辰	杨明德 (202)
踏遍青山人未老——祝贺张英骏先生 80 寿辰	陈建庚 (205)
张英骏教授在洞穴学方面的贡献	程 星 (206)

自序

这个集子定名为“教学及科研论文选集”，其中收入了我在80年代中期编的研究生教材的一部分，以及发表过的和未发表的论文19篇。把教材收入在选集中的做法不同于其他学者的文集。这是因为我一一生中从事的都是教书工作，科研也是围绕或结合着教学进行的。五十八年的教学生涯，如果说有些成果的话，主要是教学能够胜任，受到学生的爱戴，不少学生有许多已经“青出于蓝”，这是我最大的安慰。

我认为作为教师应该编写出好的教材。教材的内容与安排不但能使获得基础知识，利于教及学，也要能使学生在学过之后能结合实际加以运用并能进一点头发挥。所以编教材对教师来说是一种很重要的科研工作。这是我把过去所编教材的一部分收入在这个选集中，并且放在首位的原因。

教书几十年以来写过不少讲稿与教材，因为所教课程时时变换，所以有许多讲稿来不及进一步整理，有的长期不用遗失了，有的虽然也印成讲义交流，但较为一般，因此没有选入。这里只选了80年代中期为研究生讲授“地貌学理论”时编写的教材。该教材主要是吸取国外学者的不同理论与观点，也少量结合国内学者的看法及个人的一些见解写成。对岩溶专业与地貌专业的硕士研究生已讲授过五次。教材内容不多（每次三小时，可讲授7—8次），还有缺点，但是我个人认为已获得较好的实践效果，所以特选出收入此集。

关于论文，这里选录了十九篇，其中三篇是未发表过的。大致可以分为以下几类：

1. 岩溶地貌与洞穴的形态、发育、演化及其与水动力的关系类，共六篇

在1964年发表的“都匀小地方水落洞洞穴形态”一文中，初步阐述了该洞穴中洪水、溪流、薄层水、滴水与洞道发育，“水蚀波痕”（流痕），浅盆状凹槽（边石塘，边石坝）、洞穴珍珠等的关系，还论述了利用流痕判断水流地下袭夺的情况。

黄果树瀑布成因初探一文，作者等首次提出黄果树瀑布属“岩溶侵蚀裂点型”，并以黄果树瀑布及附近地形为例提出岩溶河谷演化模式的五个阶段。关于黄果树石灰华的成因，首次提出了“气泡效应”观点。

“崩塌在喀斯特洞穴和地貌发育中的作用”一文中，作者首次参照曼弗列特莫塞尔等人的研究成果，利用日本学者松田的公式尝试研究路南石林一些石柱倒塌的情况与滇东地震活动中心的关系。

“喀斯特地区地下地形向地表地形的转变过程”一文，作者以水域三岔河伏流段为例，提出在一定地质地貌条件下峡谷形成的崩塌模式。同时也提出在一定条件下洞穴塌顶也可能是地表石林形成机制之一。

在“贵州洞穴的演化”文中，作者根据贵州地貌特点结合洞穴发育，首次提出“高原面上洞穴演化模式”及“深切河谷带的洞穴演化模式”以及两种模式的迭加方式。并提出贵州高原上岩溶地块的解体是地表水，地下水的活动在崩塌作用的参与下共同作用的结果。

2. 徐霞客在岩溶洞穴方面的贡献以及他的学术思想与野外工作方法的文章共有三篇。在这些论文中作者从现代岩溶洞穴理论的观点出发，对“徐霞客游记”中有关洞穴记述作出很高

的评价,并系统总结了她的学术思想,并指出在不同情况下他有效运用了不同野外工作方法,而他使用的方法在原理上也是现代地学家野外工作时经常使用的。

3. 关于“应用洞穴学”文章选了三篇。其中两篇属于对旅游洞穴的分类、评价、保护的论述。一篇是关于人类对洞穴利用的各个方面。

4. 有关岩溶科学史的文章两篇。

5. 有关区域岩溶地貌及洞穴调查研究的报告性文章有三篇:其中两篇是在国外考察岩溶归来后的总结。因为考察时间短,多为国外专家的情况介绍。资料阅读和作者等的走马观花所获得的材料。但是也有少量内容是作者等的发现并与国内类似情况加以对比。如在英国约克夏岩溶区哥戴尔峡谷(约 54° 北纬)中发现有与贵州黄果树瀑布区(约 26° 北纬)类似的石灰华,还有在崩石块上沉积的石灰华,据介绍崩塌是 250 年以前的事件,这说明在纬度较黄果树偏北约 28° 的地方也有成因机制类似,形成速度较快的石灰华沉积。关于“安顺平坝的洞穴”一文,是总的报告中的一章。文中我以洞穴发育演化的观点安排了安顺平坝洞穴分类的各种方案,并提出“扩充型”与“填充型”;“高原区峰体残留型”与“峡谷区回春发育型”两种新的分类方案。

6. 其它种类文章两篇,都涉及到学科交叉。如关于介绍“星体地貌学”一文,作者曾参阅了有关地貌学、地质学、天文学、大地测量学、大地物理学、左地磁学等多种学科的材料。关于“太阳罗盘”一文是把球面天文学知识应用到岩层产状测量的一篇应用性文章。

本选集的文章多为 80 年代的,也有少数 60 及 70 年代的。由于科学迅速发展,日新月异,这些文章内容及观点难免有些陈旧,一定也有不少错误之处。选刊于此对个人说仅有纪念价值。但也希望同行能不吝批评指正。

地貌学理论七讲*

绪 言

19 世纪以前的地貌学主要是描述性的,只记述某地区的山脉、河谷、隘口等。19 世纪以来,随着地质科学的发展,产生了解释地貌学,其中对一些地区的景观不但描述山的高度,斜坡的坡度还要重建其发育史。

简言之,科学地貌学的内容包括物质基础,作用的过程以及不同物质基础对过程的反应,反应的生成物在时间中的变化三个方面;更简明地说就是构造,过程及时间。这三个要素的三位一体是首先由代维斯系统明确地示出的,但是在较早一些地貌著作中也已含蓄地提出。可以说这个三位一体是科学地貌学的核心内容。一直到现在地貌学的著作中仍离不开这个范围。邵莱(Chorley 1971)曾把自然地理学及地貌学的研究比作是杂技演员走绷索。一条绷索是研究现代过程以探索过程——反应系统,另一条是研究景观及地形的演化。就是研究它们的历史发展及年代学。虽然邵莱认为这从来就是两条不同的分支,但是不可避免地这两条分支,末了还是要合在一起。现代地貌学著作如推迪尔(C.R.Twidale)1976 年出版的《地形分析》其内容分为 5 篇:Ⅰ 绪言,Ⅱ 构造地貌,Ⅲ 地貌过程及气候地貌Ⅳ 时间的变化,历史地貌学Ⅴ 地形分析的因素。这是明显地反映三位一体的地貌学内容的著作。

随着自然科学及技术科学的迅速进展,地貌学中物质基础与过程——反应的内容皆吸取了其它学科的资料和方法因而发展很快,例如在地貌物质基础方面,结合岩石的物理、化学、力学性质,研究其与地形形成的关系。在过程——反应方面,结合野外观测,室内实验,数理统计等方面研究地形对过程的反应。至于地形随时间的演化方面,随着绝对年龄测定方法的利用也有所发展。但是由于各个学者根据不同观点探索问题,过去和现在都提出了不同理论与学说,有百家争鸣,百花齐放之势。

这个讲稿的内容主要是对各个不同的地貌理论作简要介绍。较老的理论有代维斯的侵蚀循环说;彭克的山坡发育理论;克里可美的侧蚀循环理论;格洛克的有效地势侵蚀理论;金的山麓夷平作用理论。以上为上世纪末到本世纪 50 年代以前提出的地貌演化理论。由于以上理论皆联系到夷平面或准平原问题,所以要专门用一讲介绍这个问题。又因地表剥蚀速度与地貌演化关系密切,故再用一讲谈谈一下这个问题。在 60 年代以后,地貌学理论提出得更多了。例如有 1962 年的肯尼迪地貌演化模型;1967 年奥利尔的地貌形态模型。在 60 年代初期出现了地貌的动力平衡理论,这是和以上所述的各个理论绝然不同的理论,即只要剥夷过程的控制因素不变,地形就不会随着时间而变化,这个理论的蕴酿提出包括若干学者,可以由哈

* 这个教学讲义是我在 1985 年春季给陕西师大地理系地貌专业硕士研究生的讲稿。自西安返回后将讲稿印成讲义,作为我校地理系岩溶专业研究生的地貌理论课教材的一部分。1986 年曾给西南师大地理系地貌专业研究生讲授一次。讲义也曾向若干有关院校及研究机构的同行交流。由于反映较好,这里作为选辑的第一个单元刊出。

克与邵莱作代表。然后舒姆及李契图于1965年提出地貌发育的三个时间尺度理论,这个理论包容了地貌演化及动力平衡理论两者。1973年舒姆又提出流域系统中的地貌阈及复杂反应理论。1981年奥利尔的著作中企图把地貌演化与大地构造结合起来,称之为演化地貌学。1982年约翰逊企图利用现代地貌过程研究的资料解释地层记录,反过来利用地层记录来解释早期地貌,从而把地貌演化的研究也建立在地层学的基础上。1982年芬克尔在他的一篇文章中主张绵长的地质史中在地球的稳定地块上加速地貌事件的相对短期与动力平衡状态的相对长期的地貌条件交互出现,这样把地貌演化的研究贯通在整个地史中。舍德格分别于1979年及1983年提出地球演化的“对抗律”及地貌平衡中的不稳定原则。以上这些新理论新观点的主要部分在这个讲稿中分别加以简介。

第一讲 地貌循环说

关于地貌发育,不同学派有不同模式。有些学者认为地貌发育是在一定的演化序列中进行,按地形组合变化可以分为不同阶段。另一些学者则认为整个陆地表面是自我调节的,这种自我调节与发生在斜坡上及河道中的过程是相适应的,也与自然界一般规律相适应,当一个因素改变,其它因素通过自动调节,这样尽管地表发生了物质、能量的变化,但总的地形形态及坡度则不改变。这两种看法就形成了地貌发育的两类模式,第一类是序列演化方式的地形组合变化,以代维斯(W.M.Davis)彭克(W.Penck)和金(L.C.King)为代表;与之对立的另一类是动力平衡或稳定态理论,以哈克(J.T.Hack)为代表。

一、侵蚀循环概念的产生

地貌学的产生是与最早以来积累的对地形的观察分不开的,在此基础上产生了区域的及描述的地貌学,至今这仍是地貌学的一个分支。它的发展与地理学是密切相关的。地貌学中“解释地貌学”这一分支的产生则与地质学有关,最早可追溯到德国地质学家维尔纳(A.G.Werner, 1749 — 1817, “水成派”的领袖)。他曾讲授过地区岩石性质对地表地形影响的知识。此外,在18 — 19世纪中,西方很多地质学家都对地貌学作过重要贡献。如1795年,苏格兰地质学家、“火成派”领袖郝屯(J.Hutton, 1726 — 1797)出版的《地球理论》一书中曾提出:山是因谷被挖空而形成的,而谷则是被从山上来的坚硬物质的摩擦力将其挖空的。1802年,约翰·普莱费尔(J.Playfair)出版了《郝屯地球理论的说明》一书,书中列举并阐明了郝屯的地形逐渐缓慢发展的原理,这一概念成为有名的英国地质学家查尔斯莱伊尔(Charles Lyell, 1797 — 1875)的名著《地质学原理》的中心思想,书中提出了用现在作用着的过程来论证早期地表变化过程的原则,即“将今论古”的原理,这一原则此后称“均变说”(Uniformitarianism)。在莱伊尔以后,美国逐渐形成了以代维斯为代表的地貌演化学派。首先,鲍威尔(J.W.Powell)发表了有关科罗拉多河的论文,接着是达屯(C.E.Dutton)研究了犹他高原、基尔伯特(G.K.Gilbert)研究了亨利山脉。此后,代维斯根据自己的野外研究和总结前人及同时代人的研究成果,建立了地貌演化理论。同时鲍威尔根据郝屯普莱费尔的理论和莱伊尔的均变说,提出了“侵蚀基准面”的概念。鲍威尔还指出:任何地区的地势,不论其原始的体积和高度是多么大,总会在地表的剥蚀作用下被夷平为低的平原,而以海水为基准面。他还说:“我们现在可以认为,山愈高,剥蚀越快;高山不会比低山存在得更长久,山也不会老是作为山而存在下去,它们只不过是暂时的地形形态,地球上所有现存的山都是年轻的,古老的

山已经消逝了”，代维斯创造了“准平原”（“peneplain”）一词来说明鲍威尔的向基准侵蚀夷平的最终地形。代维斯还提出了“侵蚀循环”或“地理循环”的概念，即一个地区自抬升以后到降低为准平原的过程中，可划分为不同阶段，这个理论是在 1883 年开始发展起来的，他利用自己的和同时代学者的野外工作成果，总结出河流地貌将按可以预测的成因顺序而演化，并使用生物名词“青年”、“壮年”、“老年”来代表各发展阶段。

应该指出，我国古代地貌演化的思想远在 18 世纪的西方学者之前就有所发展，如我国北宋时期沈括（1031 — 1095）在其名著《梦溪笔谈》中，关于雁荡山诸峰及其成因时写道：“予观雁荡诸峰，皆峭拔险怪，上耸千尺，穹崖巨谷，不类他山，皆包在诸谷中，自岭外望之，都无所见；至谷中则森然干霄。原其理，当是为谷中大水冲激，沙土尽去，唯巨石岿然挺拔耳。如大小龙湫、水帘、初月谷之类，皆是水凿之穴。自下望之则高岩峭壁，从上观之适与地平，以至诸峰之顶，亦低于山顶之地面。世间沟壑中水凿之处，皆有植土龛岩，亦此类耳。今成皋、陕西大涧中，立土动及百尺，迥然耸立，亦雁荡具体而微者，但此土彼石耳。既非挺出地上，则为深谷林莽所蔽，故古人未见，灵运所不至，理不足怪也。”此段叙述了山与谷的流水侵蚀成因、提出了地貌演化的观点，还提出了夷平面的概念，即“自下望之则高岩峭壁，从上观之适与地平，以至诸峰之顶，亦低于山顶之地面。”遗憾的是，他的这些宝贵的见解并没得到进一步的发展。

二、代维斯的侵蚀循环说

这个学说在高等院校《地貌学》教程中已有详细阐述，这里仅简单叙述各不同时期的地貌标志。代维斯假定地壳地迅速抬升启动了一个侵蚀循环过程。按照当时流行的大地构造理论，世界性的造山运动是脉动的，地壳快速隆起后继之以长期的平静。所以，代维斯的理论是易于被接受的。地壳上升后出现了他所认为的青年期，这时河谷迅速切深并延展其河谷系统、区域景观被切割，但老的地面还保留着。对于壮年期，代维斯选定的标志是：对于河谷来说，河流在干流底部开始发育了自由摆动的河曲，这多为在冲积泛滥平原上发育的。对于区域来说，主要的标志是河间地面中的早期地面已完全消除；至于代维斯提出的其它标志，如在河谷中完全消除了瀑布及湖泊，尖锐脊状分水岭、河流密度较高等，则常是受地质构造与气候的影响而形成。代维斯强调老年期与中年期间并没有任何特别的标志来区别，他提出以下现象可作为老年期的标志：泛滥平原可以是曲流的几倍宽。然而，现代对河流动力学研究并没有给出任何证据来表明曲流带能够发育成较高等级的“超级曲流”，或随着时间的进展，泛滥平原能将其宽度增加到曲流振幅以外。代维斯还认为老年期地面广泛为冲积层所复盖，而河流在其上蜿蜒曲折，缓慢流动。但更为实际的情况是，在老地面上常分布着低矮的丘陵，这些丘陵是河谷的分水岭，它们或是受构造控制而限于分布在某些部位，或位于离海距离最远之处。“准平原”是侵蚀循环的最终产物，其高程非常接近侵蚀基准面但又永远不会达到侵蚀基准面，即它是以侵蚀基准面作数学极限的。其简明的定义为：由流水长期连续的侵蚀作用产生的广大面积的，低起伏及低海拔地面。

三、对代维斯侵蚀循环学说的批评意见

1945 年以后代维斯的侵蚀循环学说受到学术界的批评。有些人甚至认为不但这个学说

应该放弃，甚至说由于此学说过去的统治阻碍了地貌学的发展。主要有以下三点批评意见：

1. 此学说的追随者过于重视使地形发育一般化，而不去客观地测量这些地形或研究塑造这些地形的过程，一旦对这些过程加以仔细分析并确认它们的复杂性之后，某些曾被认为是公理的东西就显示出不是正确的了。

侵蚀循环概念常导致对地形历史研究的过份重视。重建地貌发育史被看作是地貌学的主要任务。

2. 对侵蚀循环学说所主张的地形按指定的进程发育到终端形态——准平原没有得到过真正的证明。野外观察并不证明缓坡一定是年龄较“老”，陡坡一定是年龄较“青”，事实上同一年龄的谷地，其斜坡可有不同形态。此外因两个不同区域物质基础不同，其经历过程相同，则地形“年龄不同，如物质基础相同，其经历过程不同，其地形“年龄”也有异。

3. 代维斯的循环学说的最重要的一个出发点是旋迴从一个地体的迅速上升开始的。是把整个地貌系统当作封闭系统看待。经过地体上升，能量最初的输入以后，就不再有任何从内部来的能量的更新。由重力引起的力使自由能衰竭。在代维斯的循环中，当地势起伏减小，能够作功的能量也要减小。准平原的本身可以看作是一个最小自由能的平衡条件，也就是所谓最大熵的平衡条件。在一个地貌的封闭系统模型中，给出一个上升，其终端产物——准平原是一定要出现的。地貌学家邵莱认为把地貌系统看作开放系统是更为实际的，这可以把地貌学者的注意力引到正在作用在景观上的过程，而不再受演化观点的限制。

虽然对代维斯的侵蚀循环说有许多批评意见。但是地貌演化的阶段性还是存在的，有许多学者依然使用代维斯学说所拟定的名词“幼年期”，“壮年期”，“老年期”去命名地形的发育阶段，但其含义与代维斯学说中的含义不尽相同，可举洞穴演化理论为例。

在瑞士岩容学家包格里(A.Bogli)所著的《喀斯特水文学及物理洞穴学》(1978年出版)一书中，《洞穴成因》一章内谈到洞穴的发育期时说道“以下使用一些流行于代维斯侵蚀循环学说中的概念，但是这些概念实际上不是洞穴发育循环或岩溶发育循环。它们实际上指的是发育期。发育期不仅与所经过的时间有关，也和岩石的性质以及其它因素有关。在一个洞穴廊道中的年龄相同的段落却观察到不同的发育期”。在洞穴的一段通道中的厚层灰岩部分呈现出没有崩塌迹象的早壮年期形态，而在相邻的脆弱岩层中的洞道，虽年龄相同但却已经开始崩塌破坏，即已经进入老年期。包格里把洞穴发育划分为六个发育期：a) 前发育期：岩石孔隙为水充满，但水没有运动，岩石没有变化。b) 初始期：出现压力梯度，水开始运动，节理扩大开始，混合溶蚀作用占优势(潜流带)。c) 青年期：水流较快，侵蚀作用参加到溶蚀作用中。地下孔隙扩大成为按定义规定的洞穴大小，即达到一个人能够进入的大小(潜流带)。d) 壮年期：洞穴通道继续扩大直到崩塌征兆开始出现(潜流和/或渗流)。e) 老年期：崩塌盛行(渗流带)。f) 消亡期：洞穴崩毁。

也有人在划分地貌的演化阶段时直接提出具体的阶段名称而不用青年、壮年及老年这些词，如贵州中部高原面上洞穴的演化，我把它分为：a) 潜流洞穴阶段，b) 渗流洞穴的开始阶段，c) 干涸渗流阶段。把贵州高原的深切河谷地带洞穴的演化模式划分为：a) 洞穴伏流阶段，b) 洞穴伏流及天窗阶段，c) 峡谷天生桥阶段，d) 峡谷明流阶段。(见本选集《贵州洞穴演化》一文)

第二讲 彭克的山坡发育理论

一、概述

瓦·彭克(1888——1923年),只活了35岁,是本世纪初的德国地貌学家,与代维斯同时代。但代维斯在19世纪后期已负盛名,有大量著作,在地貌学界有很大影响,至今未衰。彭克的著作虽不及代维斯丰富,但其名气却与代维斯不相上下。彭克最主要的著作是《地形分析》(1924年),在说英语的国家中影响特别大。

瓦·彭克是德国著名地理学家,地貌学家及冰川学家阿·彭克(A.Penck,1858——1945)的儿子。他的专业兴趣与学术成就都受他父亲的影响。1910年他获得海德堡大学的博士学位。他有良好的地质学基础,从他父亲那里又受到地理学的影响。他编纂过地质图及地形图并作过大量的野外工作。通过这些工作启发他企图通过地形的研究来解释构造运动,后来完成了他的那本《地形分析》名著。在德国瓦·彭克没有他父亲的名气大。老彭克有大量著作,共有636种,其中半数以上是有关地貌学,冰川学及气候学的。国际上接受的第四纪冰期:Günz,Mindel,Riss,Würm是由老彭克首创的。但是在说英语的国家中老彭克远没有他儿子有名。瓦·彭克的观点在英语文献中反复被引用。他的著作地1953年译成英文而于1972年再版,这由于他的理论是向代维斯循环学说的挑战,对冲破牢固的侵蚀循环说是一个动力。但是现在越来越认识到瓦·彭克理论的基本体系和代维斯的体系没有过大差别,都是以构造运动作为地形分异的因素,当然瓦·彭克的理论是较为精密。现在由于在地貌学中越来越强调过程研究,他的理论在英语国家中的影响也逐步下降了。

二、瓦·彭克的理论与代维斯理论的比较

1. 在对地貌学研究的目的与方法上,彭克与代维斯二人是不相同的。代维斯研究地形的目的是对地形全面解释,重点放在地形演化的按年龄分期。他用的方法就是构造,过程及时间三位一体的方法。而彭克的理论是企图通过对地形的研究来解释地区地壳运动的历史,所用的是数学分析的方法。彭克的基本观点是,构造运动不但使褶皱及断裂等在地表留下明显痕迹,而且在受剥蚀的地形上,特别是在谷侧斜坡上也留下其影响。按彭克的观点,斜坡的形状主要是受河流侵蚀速度的影响,而河流侵蚀速度又是地壳上升的函数。气候、植被对地形的影响则居于次要地位。代维斯和彭克皆以常态地貌作研究对象,但代维斯的循环观点对海岸地貌、冰川地貌、喀斯特地貌也有论述。

2. 在对地貌演化的初始假设上,代维斯与彭克也有很大不同。代维斯的初始假设是地壳迅速上升而后停顿。他认为这种假设可以简化在循环模式中对剥蚀变化过程的描述,并且这种迅速上升一般也是符合实际的,因为地质证据指出:较为短期的造山运动或造陆运动总是被长时间的宁静期所间隔。从而这个观点也为多数人承认。彭克则认为地貌发育的初始条件为地壳长期而非常缓慢的上升,这个假设可适用于两种情况:1)新露出海面的略有起伏的地面;2)早期形成的准平原,彭克称之为“终期准平原(Endrumpf)。以上这两种情况都能在非常缓慢的上升情况下使剥夷速度与之相匹敌,于是就不会有高程的增加与地势的增大。不管所影响的构造原来是什么样子,这种地形从一开始就是一个低而起伏不大的平原,并能长期停

留在这一阶段。这种平原彭克称之为“初始准平原”(Primarrumpf)。在上述的 1), 2) 两种情况下, 这种平原都呈现切平构造, 并且都不需要有过一个海拔高与地势高的阶段。彭克认为初始准平原是一种普遍的, 对于任何一个随后发生的地形序列来说都是初始的地貌单元。初始准平原可以经历一个较剥蚀速度快的上升, 以后又因上升的减缓及停滞而形成一终期准平原。终期准平原形成后可以又经历非常缓慢的上升而又变回到初始准平原, 从而开始一个新的形态系列。初始准平原和终期准平原都具有平坦、无形态的特点, 而其主要区别是初始准平原的谷坡为凸形, 终期准平原上的谷坡为凹形。

三、彭克对斜坡发育的分析

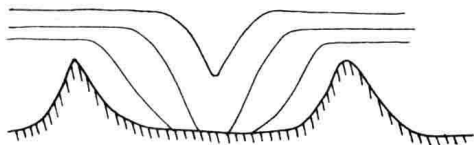
1. 不同地壳上升速度时斜坡的形态。当地壳上升速度加快时, 河流下蚀速度也加快, 反之, 上升速度减慢时河流下蚀也减慢, 保持均匀速度时, 则侵蚀速度也将为均匀的。每一种情形都对应一种特定的斜坡剖面形状, 加快时为凸坡, 减慢时为凹坡, 匀速时为直坡。彭克也认为一般情况下, 地壳运动是从宁静情况下开始的, 因此它必然是加速进行的, 以后又以减速趋向于宁静而结束。彭克假定上升与下降在地球上交替进行的, 这可能是常见现象, 那么当下沉变为上升(或相反)的场合, 就是宁静状态。彭克把这三种情况分别叫做:

上升加速斜坡发育 (Aufsteigende Entwicklung), 上升减速斜坡发育 (Absteigende Entwicklung) 及匀速上升斜坡发育 (Gleichformige Entwicklung)。彭克认为地貌形态是上升速度与剥蚀速度联合作用的表现, 这种作用虽为变化的但却为连续的, 不存在阶段性。这是与代维斯体系的基本不同点。

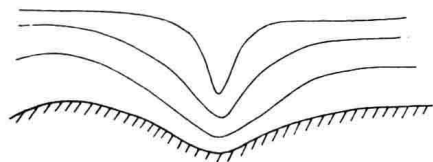
2. 斜坡后退: 匀速上升时的斜坡发育直线坡形, 且上升速度(匀速)越快, 则斜坡越陡, 极端的情况可达垂直坡度。就是说上升很快时, 虽有剥蚀作用配合进行, 但谷壁上物质蚀去的少, 因而坡度就陡, 如果下切速度快到某一程度, 在河流下切所需的短时间内没有可察觉的物质从谷壁上被蚀去的现象, 就会形成垂直斜坡。显然, 岩石对风化过程的抵抗力及气候因素所影响的风化强度, 是在一定的上升速度的情况下, 发展为直立坡或倾斜坡的决定性因素。假定在一定的岩石构造及气候条件, 由于地面匀速上升, 河流匀速下切的情况下, 因风化及岩屑的移去使河谷在下切所需的时间内其顶棱遭到降低, 则谷坡的坡度将比垂直坡小, 若顶棱上风化及岩屑移去的速度向河流下切的速度趋近, 则谷坡就变得平缓一些。若风化剥蚀速度与河流下切速度之比为 1 : 1, 则将形成平坦的面, 河谷形态不复存在; 显然, 在谷壁垂直的情况下, 这个比例为 0 : 1。在 0 : 1 至 1 : 1 两个极端间的任何比值, 都会对应一个特定的谷坡角度。一旦这个角度的斜坡形成以后, 如其初始因素(河流下切速度、剥蚀速度、岩石气候条件等)不变, 则此斜坡的角度不变。

当河谷变深时, 斜坡变长, 谷顶部的宽度增加, 但角度仍不改变, 换言之, 表现为斜坡平行后退, 把河谷顶部早期存在过的斜坡复原, 就会得出一系列平行的平面。彭克称之为重力坡 (Boschungen 或 gravity slope)(图 1a)

3. 从冲洗坡 (Haldenhang 或 wash slope) 到终期准平原: 谷坡的倾斜度依赖于单位时间内剥蚀的速度或剥蚀的量, 所以当河谷中河流达均夷作用时, 河谷停止下切, 而谷壁上部的平行后退并未停止, 于是在谷坡的基部就出现了新的情况: 因河流不再下切, 坡脚处由于不再有坡降而不能移去谷壁上部落下的岩屑。除非河流的侧蚀作用形成一个平坦谷底, 才能移去所



a、蚀退示意图



b、蚀低示意图

图1 谷坡发育示意图

有从上部来的这些岩屑, 否则在谷坡基部将形成岩屑堆。此岩屑堆下岩坡的后退就受阻止。这样, 经历着平行后退的重力坡基脚, 就只能位于岩屑堆之上。斜坡后退的下一位置理论上将位于双倍厚度的岩屑堆上(图2)。实际上, 斜坡上部的后退与下部岩屑的堆积都是连续进行的。这两个过程共同进行的结果, 就使得在厚度均匀的岩屑之下发育一个新的较缓的岩石坡面, 彭克称之为“冲洗坡”。这样, 就可以解释凹坡的成因(图3): 当A位置退到B位置时, A

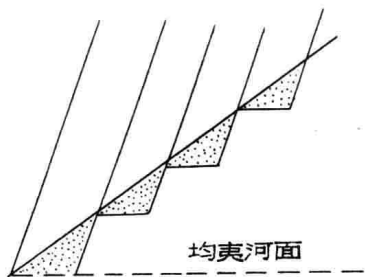


图2 斜坡后退示意图

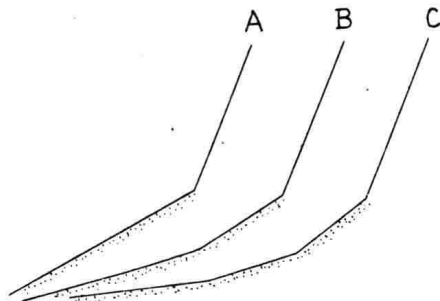


图3 凹坡成因示意图

坡下部缓坡也平行后退, 后退缓坡的基部的前方又留下一段更为平缓的坡面, 如此不断进行下去, 就形成了凹坡。冲洗坡的发育是上升减速的标志。最后, 冲洗坡的凹形曲线的继续延

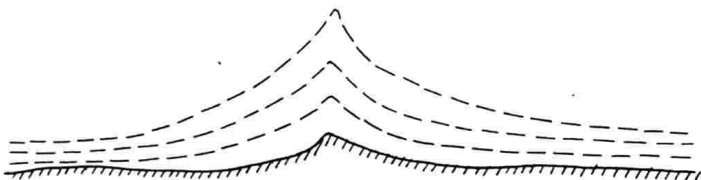
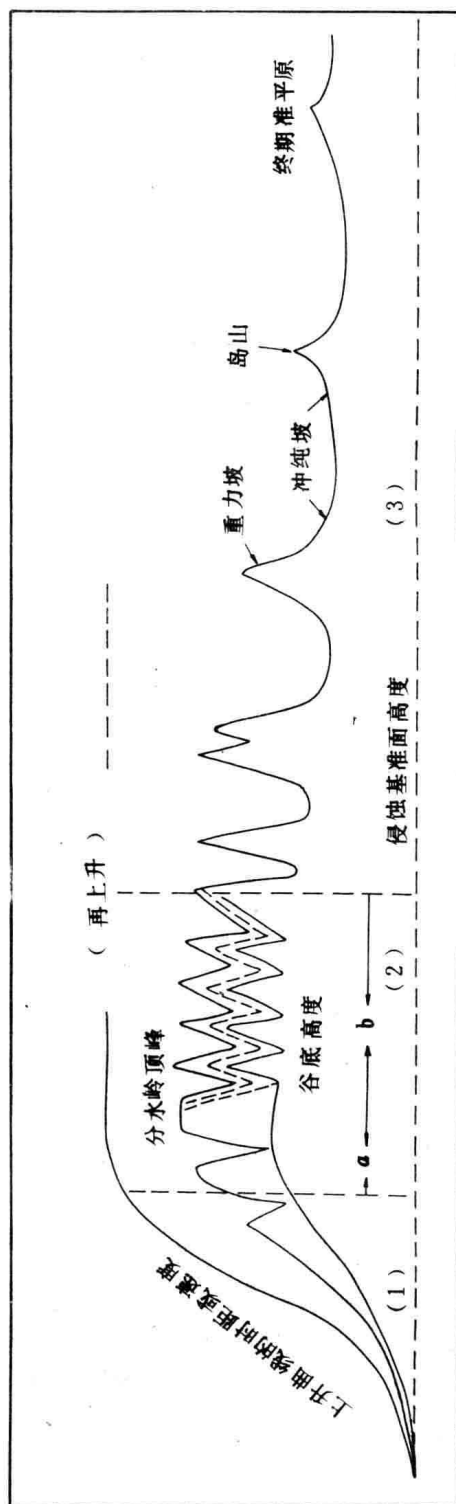


图4 终期准平原上的岛山

伸, 必然使分水岭两侧的斜坡相交, 均速发展的平行后退的斜坡终于消失。以后在岩屑堆的普遍覆盖下, 冲洗坡经历着缓慢的高程降低过程。最终的地形是漫长的凹形斜坡终结于低矮的尖棱分水岭(岛山)之处。这就是所谓终期准平原的情景。



(1) 加快发育阶段, 分水岭高度增加, 河谷下切也快, 但仍赶不上上升高度的增加, 故谷底高度抬升, 但上升幅度较小, 这时最大高度与最大地势皆增加, 谷坡为凸形。

(2) 匀速地势发育阶段, a. 上升继续, 分水岭与谷底的高程都继续增加, 但已变慢, 绝对高程已达最大, 但谷底的加深与分水岭的降低相一致, 故地势变为固定, 谷坡为直线。b. 上升停止, 分水岭的高度降低, 谷底同时也加深, 地势固定, 谷坡平行后退。

(3) 减慢发育阶段, 主河达均夷, 重力坡后退, 谷底形成冲洗坡, 相邻的重力坡因后退相交成岛山, 冲洗坡与重力坡相交处形成波折, 以后岛山降低消失, 形成终期准平原。

图 5 对 W·彭克的理论的图解 (转引自 O.D.V.Engel, 1948)

第三讲 山麓夷平循环, 河流侧蚀循环等理论

一、山麓夷平循环(The Cycle of pediplanation)

1948年南非地貌学家金(L.C.King)根据他在干旱、半干旱及热带草原气候下的非洲一些地区的研究,提出了一个与代维斯不同的侵蚀循环理论,以说明有孤山(岛山)散布的广大侵蚀平原的成因。金把那里的地貌景观分为两种基本单元。第一种是在谷底的、与现代河道或古河道相邻的平缓凹坡,其坡度在 $1/4 - 1/7$ 度间,凹坡具有岩石基底。发现的证据指出:这种平缓的凹坡随着时间的进展逐渐消耗与其相邻的高地而扩大自己的面积,它与相邻的高度之间有一尖锐的坡折,形成这种山麓平原的过程统称“麓原作用”(Pedimentation)。第二种单元是围绕着大部分高地的陡坡,其形成与单面山或断层无关,而是侵蚀形成的。其坡度变化于 $15 - 30^\circ$ 之间,当它被侵蚀而后退时,其坡度并不减少,故金称之为“陡崖后退”或“蚀退”作用。陡崖后退和麓原作用都是山麓夷平循环的一部分,金把它分为几个阶段。

(1) 青年期: 山麓夷平循环开始于原先就形成的联合麓原(Pediplain)的上升,而非更为复杂的构造上升。原有的河流(永久河或暂时河)向着新的侵蚀基准迅速下切,这和代维斯的常态循环颇为类似。在非洲,普遍是存留着花岗岩与片麻岩,所形成的谷略呈矩形排列,这反映了主节理的影响。后来,下切作用减弱了,在谷底形成小的麓原,因陡崖后退造成麓原扩大,但原来山麓平原的残留在所有的山顶都有保留,这就是青年期的标志。在青年期的晚期,许多河间地变成岛山,许多岛山又变成浑圆的穹丘及孤丘。

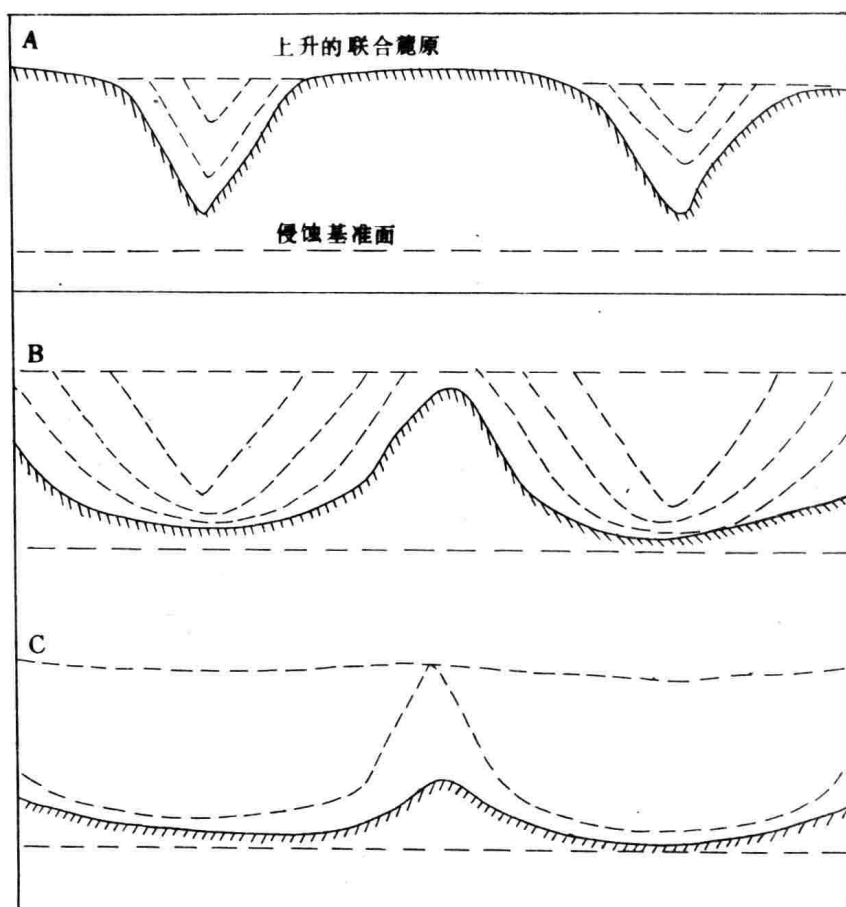
(2) 壮年期: 岛山的数目逐渐减小,因其逐渐被蚀为孤丘并最后消失掉,于是相邻谷中的麓原联合起来。然而即使是在壮年期晚期,少数残留岛山也可达300m高(较周围低地),而其顶部也常残留早期麓原的小块痕迹。可见,在青年期时由于河流下切,地势曾经增大,在壮年期时或者地势减小,或局部保留地势不变。

(3) 老年期: 残留山非常稀少,到处地势减小。整个景观被平缓的麓原统治着。联合麓原就是循环的最终形态。

联合麓原的理论事实上满意的说明了克里克美的侧蚀循环中的一些特点而不祈求于河流的侧蚀作用。因此金把他的理论应用到气候条件与非洲不同的地区。金认为他的理论是除了冰川条件外的普遍的地貌发育模式。金的另外的重要概念还有: 山麓夷平循环初始条件为海面的降低。在非洲的情况下,麓原先完成于海岸带并通过个别流域盆地的蚀退过程缓慢地向内陆发展,这需要非常长的时间。金根据地貌发育的时间先后在南非划分出几个这种麓原面(多循环地形): 1, 岗瓦纳(Gondwana)面,形成于中生代(大陆分裂漂移之前); 2, 非洲面,形成于早第三纪(大陆分裂漂移之后); 3, 后非洲面形成于晚第三纪至第四纪; 4, 刚果面,形成于第四纪。

二、河流侧蚀循环说

克里克美(C.H.Crickmay)1933年曾对代维斯的地貌循环加以修正。他认为在侵蚀循环的后期,分水岭的降低、斜坡角度的减小不是主要的过程,因为他注意到: 残丘斜坡很陡,并且是凹坡; 许多被看作是准平原的面不是波状的而是非常平坦的; 常见在一个地区残留的切割准



A 青年期 B 壮年期 C 老年期
图6 麓原夷平循环 (依 R.J.Small, 1978)

平原出现于不同高程上, 尽管按代维斯的理论, 较低面的发育不可避免地含有较高面的消耗及破坏。因此, 克里克美认为河流停止下切后, 进行着左右摆动的侧蚀过程, 不断荡平其两侧谷坡, 并最后使相邻河谷的平坦地面汇合起来, 形成一较大的平原——河流侧蚀平原 (panplain) 克里克美的理论没有获得广泛接受, 至少对解释湿润带地区的地形上。一个理由是现在能够归因于侧蚀作用的地形 (如河流阶段或被冲积物复盖的泛滥平原) 范围不大。另外的原因是克里克美所引用的证据可以用另外的理论 (如麓原夷平作用) 解释。

三、有效地势与地貌发育

1932年, 格洛克 (W.S.Glock) 在《作为地形剖面控制因素的有效地势》(Journal of Geology, V.40, P.74—83) 一文中, 提出了有效地势 (available relief) 和临界地势 (critical relief) 的概念。有效地势的定义为: 一个地区可用于河流切割的总的地势, 即等于原始高地面与邻近谷底首先达到均夷的面之间的高差。并认为: 当有效地势小, 下部谷底首先达到均夷时, 相当一部分的原始高地面尚保留着。此时河流的下蚀让位于侧蚀, 故区域壮年期 (即分水地带壮年期) 消失, 此地区从河谷壮年期直接过渡到区域老年期。当有效地势大时, 则河流任何部分到达均夷以前, 所有原始高地皆已消失, 故谷底在达到均夷前谷形不变, 河谷下切与分水岭的降低同时进行, 区域壮年期可维持一个长时期而景观不变, 但高度却变化。有效地势大即原始高地

高程大;有效地势小,即原始高地高程小。临界地势是在原始高地平面消失的同时,谷底均夷也刚好形成,即区域壮年期与河谷壮年期吻合。(图 7)

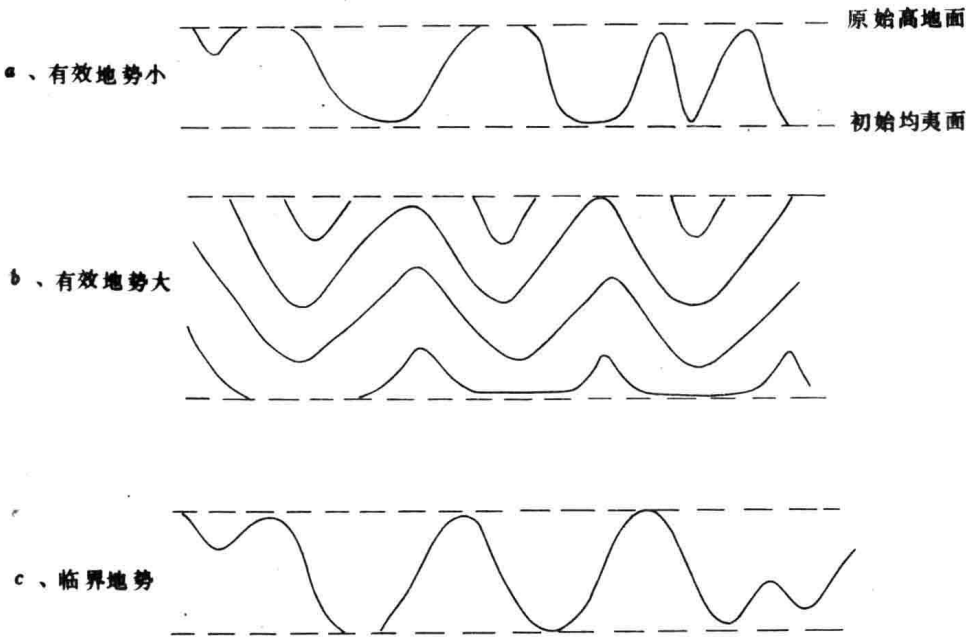


图 7 有效地势及临界地势

格洛克的有效地势及临界地势概念的定义应该加入河流密度的因素。哈克(J.T.Hack 1960)在他的《湿润温带侵蚀地形的解释》一文中所提到的“脊谷地形”就是在具有高有效地势或高河流密度的区域景观中地貌发育的特征,脊谷地形以后的发育进程就是:在冲积泛滥平原从下游向上伸延到这个区域以前,可以经过很长一段时间。虽然进行着大量剥蚀,但景观的外貌不变。以后河流可以袭夺或被袭夺,坚硬构造可以形成分水岭,原来埋藏的构造可以剥露而成为序列发育的新的控制因素。但是除非气候或构造有根本的变化,流域格局及局部地势(当地从脊顶到谷底的垂直距离)不会随时间而改变。等到区域剥蚀作用使地形足够降低,伸入到区域中的干获得均夷,那时河谷横剖面才变得缓和,山脊才变得浑圆,谷壁才变为凹形冲洗坡。

因此有效地势理论的意义是把代维斯的地貌循环理论同彭克和金的山坡后退理论有机结合起来。就是说,在岩性与构造比较简单均一的情况下,地貌的发育演化取决于有效地势。

第四讲 关于夷平面的一些问题

一、引言

中外文献中都常见夷平面、剥夷面、侵蚀面、准平原这些名称,看来以采用夷平面一词较好(planation surface),它含有被各种侵蚀作用夷平之意,这些作用可以为河流、海浪、冰川及风蚀作用。比起侵蚀面、剥夷面来,夷平面还含有受夷平作用而变得平坦的含义。准平原一词,则