

土壤侵蚀测量

R. J. Loughran

“在土地资源方面,许多国家乃缺乏全面的数据,侵蚀区域扩大业已发生,并且看来还将成为公害”(Hauck, 1985)。Walling强调,在流域研究中,需要有一种简便技术,来测量长期性土壤流失的时空分布,为了标定和测试现有的各种土壤流失模型,也需要土壤侵蚀速度数据。本文回顾了近10年来,自然状况下土壤侵蚀测量技术的进展情况。

土壤水蚀和风蚀的量测技术,可以分为小区域收集器法,各种测量方法,和示踪法三类。

I. 侵蚀小区 土壤侵蚀测量小区通常分为有界和无界两种。这两种方法都是用水槽或水盘收集径流和泥沙,然后通过管道注入集水桶,它将小区全部流出物或其一定比例保留下来。这些水和泥沙可根据不同需要,分别按每次降水或其它任意的时间间隔称量。限于反映区域,小区只适用于测量片蚀和细沟侵蚀,而对大的沟蚀则不适用。这种方法是1915年由美国犹他州森林局首创的,以后得到广泛传播应用。

II. 测量法 顾名思义,这是一组用测量技术量测土壤侵蚀(或沉积)的方法。包括侵蚀针,测平仪、水准测量、树根出露、摄影测量和土壤发生等方法。

III. 示踪法 示踪研究的“最大目的,就是使示踪剂在各个方面都与其指示物相似”(McHenry, 1969: 280)。任何可反映某种物质动态行为的性状,均可用来示踪。放射性同位素在土壤侵蚀研究中业已广泛采用,其它的如化学标识剂、有色染料也在使用。各种示踪剂中,铯-137同位素在近10年的土壤侵蚀定量研究中得到了最大发挥,其中大部分成果是由美国农业部的J. R. McHenry和J. C. Ritchie先行研究得到的。

1. 铯-137 铯-137的半衰期为30.2年。它是大气热核武器试验的裂变产物,其绝大部分逸散进入平流层。到达地面¹³⁷Cs,则迅速与土壤和沉积物紧密吸附,其化学意义上的进一步迁移极为有限(Wise, 1980)。因此,未侵蚀处的¹³⁷Cs聚集在土壤表层(通常5—10cm

几年来,国防部制图机构一直在进行一项现代化计划,称为Mark 90,旨在改进他们自己的产品生产。1989年7月,双方之间签订了一项谅解备忘录,对Mark 90计划的特有部分进行转化以满足国家制图处Mark II生产运行的需要。支持Mark II的第二项活动是现有的国家制图处设备采购计划,包括提供软件和硬件以满足不被Mark 90计划所支持的需要。第三项活动是国家制图处内部开发计划,该计划指将现有该处的生产系统转化,以支持Mark II的生产需要。

结论 先进的Mark II数字系统代表了美国地质测量局内一项重要而适时的开发活动,可以说是在开发一项可行且可以引起极大反响的数字制图生产系统领域里目前最高的制图技术。关键的技术开发将放在地图符号的大规模数字化,影像的要素提取,数据综合,以及图形产品生成方面。这一开发活动将满足Mark II的长期目标,使国家数字制图数据库处于未来国家制图计划产品和生产工艺需要的核心位置。这一目标的实现将为更好地满足国家对最新的地图资料和地图产品的需要提供手段。

付安良,申迎春译自《Cartography and Geographic Information Systems》, Volume, No 3, 1990, 陈水明校

内),并只通过放射衰变损失。这样的样点称为 ^{137}C 的输入或参照点。被蚀土壤吸附的 ^{137}C 流失量,与侵蚀强度相关。 ^{137}C 流失程度,可根据当地同类土壤上的参照点和或参照估算的大气沉降量而估算出来。 ^{137}C 的大量出现始于50年代中,到1963—64年达到高峰,但直到80年代早期沉降物仍在波动。(1986年切尔诺贝利事件放出的 ^{137}C ,在欧洲部分地区造成沉降。)因而,这种同位素可做为1954年以来土壤流失的指示剂。

A. 铯-137与坡面地貌:由地貌和预定蚀积分布造成的 ^{137}C 重新分布,已用作土壤流失的定量或半定量指标。Ritchie和McHenry (1978)在美国中北部7个耕作和7个未开垦的小流域,发现迁移土中,有 ^{137}C 移动的迹象。解释这种 ^{137}C 再分布的原因之一是流域侵蚀潜力。在澳洲,对昆士兰郡达灵顿—高地流域的 ^{137}C 进行了测量。发现,地形变化和观测到的侵蚀沉积分布,都与 ^{137}C 的水平和垂直分布一致。然而,Brown等(1981a)则发现,边坡和山脊的 ^{137}C 活动没有什么变化,但沉积处 ^{137}C 剖面加厚。 ^{137}C 缺乏变化的主要原因是:①这两类地面上形成的径流广布,②耕作产生滞缓作用,③ ^{137}C 随降水不断沉降,和④侵蚀明显太弱,无法使边坡土壤的富 ^{137}C 表层优先冲刷。

Campbell等(1982)在澳洲Hunter流域的一个 1.7km^2 小流域中,成功地用一简单定量模型,模拟了 ^{137}C 在流域系统中的再分配。 ^{137}C 变化与坡地和土地利用间的关系,受到土壤侵蚀的制约。然而,De Jong等(1983)发现,一些温彻斯特土壤中,坡位与 ^{137}C 只部分相关。在其研究的耕作盆地中, ^{137}C 在坡地高处侵蚀,低处沉积,在“未侵蚀”小流域则没有这种变化。Martz和De Jong (1987)在一次详细的流域蚀积研究中发现, ^{137}C 反映出,最强烈侵蚀发生在坡脊和低洼处。在德文的杰克沼河流域,Loughran等(1987)也发现,域内较陡部分($>10^\circ$) ^{137}C 与土壤运动和坡地地貌有很好的—致性,但下游(4° 坡)则没有这种迹象。很可能与坡度等因素有关的土壤和 ^{137}C 迁移阈值,正在为这些研究揭示出来。

在昆士兰达灵顿的一块外围为草地的3.3公顷耕地上,编出了一张土壤流失与沉积的分区图。先按100m的网络采集土样,尔后将 ^{137}C 值标在图上,就可绘出 ^{137}C 的含量等值线(等铯)图。图上出现明显的 ^{137}C 减少带(其低于参照点值=土壤侵蚀量)和富集带(高出参照点值=土壤沉积量)。再据 ^{137}C 流失比率,即可对土壤净流失进行半定量分级。相应土壤净沉积也可据 ^{137}C 超出输入的值分级。

B. 用铯-137对土壤净流失定量:大多地貌现象研究的同时,都试用了 ^{137}C 对土壤净流失进行定量。由于土壤表层标注了沉降的 ^{137}C ,它又很适于片蚀和细沟侵蚀的研究,因而,从侵蚀小区测得的流失量和依其用土壤流失方程导出的计算值,都已用来标定 ^{137}C 流失百分数与土壤净流失的关系。Martz和De Jong (1987)指出,土壤中 ^{137}C 的增减程度(相对于参照点)是自沉降开始该点上蚀过程的函数。因而, ^{137}C 反映了土壤的净侵蚀,即景观中一点的土壤流失总量减去土壤获得量。然而,小区的土壤流失,则是土壤到达一条可为各种长度的不确定线(收集槽)的物质。某次降水的土壤流失物,因侵蚀、运移和沉积的间断作用,可能直到以后的某次降水才流到测量点。假如小区上土壤流失对每次降水都是空间均一的,则可推断,侵蚀控制因子和侵蚀量间应有很高的相关性。然而,与流域产沙一样,单位面积小区产沙也会随小区面积增加而减少。因而,由于测量方法的本质差异,小区土壤流失或据小区数据用公式测算的流失量与 ^{137}C 流失百分数间的关系也将是不确定的。

C. 侵蚀小区标定:利用上述通用土壤流失方程和小区研究估测的土壤流失量,Ritchie等(1974)用回归法得出放射核素(^{137}C , ^{90}Sr 和 ^{85}Sr)流失与土壤流失的关系: $Y =$

$1.6X^{0.68}$ ($r=0.95$) *

①, 其中Y为放射核素相对输入的流失百分值, X为土壤侵蚀量(吨/公顷·年)。Wise(1980)在评设这一关系时指出, 该方法也存在一定问题, 其中部分与土壤细粒物中的 ^{137}C , 优先侵蚀有关。而且, 公式(1)给出的土壤侵蚀为每年值, 而放射核素的流失则是自1954年以来的总损失量:

这些问题可通过收集更多数据而部分解决, 以对各种土壤和气候特征确证和标定这一方法。这是可能的, 因而该方法对土壤侵蚀速率的快速估测有较大潜力。Wise (1980)。

将 ^{137}C , 流失百分值(X)做为自变量, 预报土壤流失(Y), 公式(1)则变为: $Y = 0.88X^{1.18}$ (2), (Ritchie 和 McHenry, 1975)。这一式子Menzel等(1987)用来对朝鲜的土壤流失进行了计算。

Campbell等(1986a)用新南威尔士的小区土壤流失数据, 对 ^{137}C , 流失与土壤流失进行了回归: $Y = 0.419X^{0.646}$ ($N=30, r=0.90$) (3), 式中Y为 ^{137}C , 流失百分数, X为土壤平均流失量(kg/公顷·年)。小区面积有两种—— 100m^2 ($N=25$), 2m^2 ($N=5$), 记录时间从25.5年 ($N=15$) 到3.6年 ($N=4$) 不等。小区选在改良牧场3个, 放牧地14个, 耕地13个。尽管在实验小区设计间缺乏一些可比性, 但认为这种关系(式3)适用于Maluna小流域葡萄园的土壤流失(等值线)编图。估算采用全关系: $S = 3.84C^{1.55}$ (4), 式中S为净流失(kg/公顷·年), C为 ^{137}C , 的流失百分数。同时采用两部分关系(对 ^{137}C , 流失百分数60以上和以下): 60以下 ($N=25$) $S = 4.54C^{1.45}$ ($r=0.86$) (5); 60以上 ($N=5$) $S = 0.04C^{2.74}$ ($r=0.60$) (6)。选择百分之60的 ^{137}C , 流失量, 是由于图上该地带附近关系曲线变陡。附加的小区数据也使黑土上的土壤流失与 ^{137}C , 流失关系得以标定: $Y = 4.35X^{1.526}$ ($N=28, r=0.85$) (7), 其中Y为土壤净流失(kg/公顷·年), X为 ^{137}C , 的流失百分数。

在安大略南部, Kachanoski (1987)发现, 土壤流失与10个径流小区(1965—76)的 ^{137}C , 值密切相关($r=0.8$)。其回归线近于直线, 反映土壤流失与 ^{137}C , 流失成比例关系。

D. 其它方法标定: 一些研究者证实, 土壤流失深度与 ^{137}C , 的流失成比例。在耕作土中, ^{137}C , 则均匀地混合于耕层。

如果 ^{137}C , 标记土壤的表层被蚀, 下面未标记的土壤就会因耕种而与耕层混合。结果, 耕层厚度不变而其 ^{137}C , 含量下降了(Martz和De Jong, 1987; 442)。

追溯下述原因, 我们就难以采用这种按比例流失的概念了: 1)许多地方没能自1954年以来连续耕作(如, 因轮耕), 从而使 ^{137}C , 的混合产生中断; 2)季节性放射坠尘和土壤侵蚀, 可能在耕作混合前发生, 从而增加了不依比例的高 ^{137}C , 损失发生的可能性; 3)降尘的标注和土壤流失在时间上的不均匀性。这样, 侵蚀导致的 ^{137}C , 流失可能会比沉降补偿量为大。

尽管存在这些明显异议, Kachanoski (1987)还是发现测得的土壤流失与 ^{137}C , 损失量(1965—76)基本成比例关系, 他人也曾用这一关系, 对加拿大和美国的许多地区计算净侵蚀量。对积雪、谷物收获, 土壤密度变化和耕作深度的影响, 从输入参照点扣除5%左右的 ^{137}C , 损失量后, Martz等人对萨斯喀彻温的不同区域, 用“比例模型”估测了土壤流失量, 同时, De Jong等(1986)还对新布伦瑞克的耕作土采用了与Mitchell等(1981)在威斯康

* 原文为 $Y = 1.6X^{0.68}$ 疑有误; 另外本式与下文(2)式的等价性存在问题, 有兴趣读者可参阅原文献。^(1,2) (译者注)

** 译者验证, 这两式连续点在约 $C = 40$ 处, 而非60, 有条件读者可查阅一下原文⁽³⁾。

辛使用的相同方法。但这一方法尚未用于非耕地上的土壤流失估算。

Brown等(1981b)在奥尔根的一个285公顷小流域,使用了一种用 ^{137}C ,估算侵蚀速度的预测型方法。在对 ^{137}C ,“溶积”变化估测时,据 ^{137}C ,剖面,对各个沉积带的沉积物体积和质量予以估算,这些沉积物假定为自1954年始从边坡和坡脊侵蚀而来。同时,小流域高地和沉积带的 ^{137}C ,区域浓度分布,也都被用来估算 ^{137}C ,的侵蚀量。

在威斯康辛白土湖分水岭,McHenry和Bubenzer(1985)通过对同一地点1974/76到1980年的 ^{137}C ,重复采样,对其土壤蚀积进行了量测,发现耕地土壤产生了相当大的移动。

2.其它示踪法 铁—59已被用来追踪土壤迁移。将 ^{59}Fe 标记液施于野外的土壤,它们则在泥沙中残留下来。4个月以后,70%以上的 ^{59}Fe 移动达7.5cm多。。由于 ^{59}Fe 衰变为稳定的 ^{59}Co 的半衰期只有45天,故对同一地点,需在大约6个月内重新标记一次。最近的一次实验室和外业研究,再次肯定了 ^{59}Fe 对土壤迁移的示踪作用。

Schwertmann和Schmidt(1980)用铜示踪,估测了土壤的长期流失。在下巴伐利亚忽布(啤酒花)园中,为控制菌类,曾施用 CuSO_4 溶液,这些铜仍在平坦的坡地上部留存。土壤铜在坡地的移动和向洼流动,可用来估测土壤移动,它与通用土壤流失方程的LSK乘积相关密切。施于野外土壤表层的铝粉涂料(银色漆)也曾用作一种示剂。

IV. 结 论 应当说,这些土壤侵蚀量测方法是适于其任务的。表2列出了主要侵蚀形式及相应可用的主要方法。近10年来,小区法仍与前一样,只为特定目的有些局部调整。而各种测量法为适应不同目的有一定进展。譬如,

Boarberman和Hazelden(1986)用“皮尺和盒尺法”测量了秋季肯特东部的细沟和沟蚀,其主要因当时英国的该种土壤尚未有侵蚀速度的报导。与之相似,Thomas等(1986)用现代摄影测量技术,估测了农耕地股流侵蚀造成的土壤流失。然而,从70年

表2 不同土壤侵蚀的量测方法

方法	侵 蚀 类 型			
	片蚀	细沟蚀	沟蚀	亚表层侵蚀
小 区	*	*		*
风蚀收集	*			
侵蚀 针	*	*	*	
测 平 仪		*		
皮尺和盒尺		*	*	
剖面重构	*	*		
铯—137	*	*		*
铁—59	*	*		

代末以来,在所有这些改进和发展了的方法中, ^{137}C ,示踪法表现了最大的潜力。Wise写道:这种方法不需要特殊的设备,更重要的是,它提供了多年土壤侵蚀估算值(即自1954年)。这种时间尺度、对于研究山坡发育来说,要比小区之类的监测法更为适宜。

在用小区的地方,可给出土壤侵蚀随时间发展的详细状况,而兼用 ^{137}C ,法,则可将这些结果延拓到1954年,空间的延拓也可通过大量采样而达到。

即使不可能得到恰当的标定,土壤中 ^{137}C ,含量,也可以反映坡地的侵蚀和沉积区,并提供一个相对速度值。由于测量可对一点(或在约 10m^2 的小区域上)进行,使其可用于研究坡地和小流域的侵蚀和沉积变化。或许该类方法的主要潜力,还是研究泥沙形成区和其在山坡的径路。

过去10年来,在美、加、英、澳开展的研究,从上述途径发展了 ^{137}C ,示踪法。其重要意义,正如McIntyre等(1987)完成的那样, ^{137}C ,可用于快速估算各种管理措施下土壤侵蚀状况。他们的研究表明,森林皆伐、迹地清理和再植并未造成可测得的侵蚀。Wilkin和Hebel(1982)指出,美国中西部一些流域中的泥沙控制工程,据 ^{137}C ,反映大都效率很低。流域泥沙预算中也采用了部分 ^{137}C ,数据。在土壤侵蚀研究中, ^{137}C ,应用不断增加的一个重要

从遥感多光谱数据中产生分要素图像的 最小二乘混合模型

Y. E. Shimabukuro, J. A. Smith

I. 介绍 卫星传感器记录的辐射是传感器瞬时视场 (IFOV) 内所有地物辐射的综合。因此, 探测到的辐射是许多不同地物辐射的混合加上大气效应所形成的。已有几个研究者对混合现象作过研究。大多数自然景观的非单一性总是导致大量要素成混合状况。由于不同像之中各种地物比例的变化使得问题更加复杂。

处理混合问题一般是从两个方面着手: (i) 分类技术, (ii) 企图使一个像元中各要素的类型和比例与要素的光谱响应模型化。

第二种方法已有一些研究人员在地球资源应用领域采用。线性混合模型被利用来分析植被和岩石的混合信号, 决定矿物的类型和丰度, 进行图像中的阴影提取来建立专题制图仪 (TM) 的响应同植被的高度和分布类型的关系, 以及产生阴影图像解释森林结构的变化。

本文的目的是用最小二乘混合模型从遥感多光谱数据中产生分要素图像。把限制的最小二乘 (CLS) 和加权的最小二乘 (WLS)

混合模型应用到巴西圣保罗州莫吉—高库市一个区域的陆地卫星 MSS 数据中。像元中的三种要素被考虑: 按树, 土壤 (树下) 和阴影。比较了两种方法产生的阴影要素图像的效果和计算机运行时间。

II. 基本概念 利用一个线性关系表达遥感系统像元中目标的光谱混合。按照这个方法, 任何波段中每个像元的响应可以认为是混合像元中每一个要素响应的线性组合。因此, 每一个图像像元, 有一个处于灰度尺中的数值, 包含了地面像元中每一种要素的比例和光谱响应的信息。

因此, 给出一幅多光谱图像, 有可能对这幅图像每个像元的光谱作为有限个要素的线性组合进行建模:

$$r_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + e_1$$

.....

$$r_m = a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + e_m$$

或

$$r_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) + e_i \quad (1)$$

原因, 是能量测片蚀程度。景观中细沟和沟蚀较明显, 可用摄影或地形测量法较易地得到其发展速度, 而片蚀则是隐伏的。

本文论及的各种方法对估算土壤流失都是适用和需要的。表 3 列出了研究规模及其相应的常用方法。其一部分适于短期调查, 另一些则适于长期目的。令人吃惊的是, 其中一些研究采用了不止一种方法 (表 4 略)。表 4 列出的 16 篇论文中, 10 篇发表于 1986—87 年, 这或许表明了, 在单项研究中采用多种方法的一种趋势。

石英涛摘译自《Progress in Physical Geography》Vol. 13. No 2 June, 1989

表 2 侵蚀估测规模与测量方法

方 法	时间尺度	空间规模
小 区	> 1 次	1—5000 m ²
风蚀收集器	> 1 次	实验场
侵 蚀 针	> 0.5 年	山坡/实验场
测 平 仪	> 1 次	山坡/实验场
皮尺与盒尺	> 1 次	山坡/实验场
剖面重构	> 10 年?	不限
铯—137	1954 到现在	场地不限
铁—59	< 0.5 年	山坡