

土壤侵蚀预报 与控制

美国土壤保持协会 编
窦葆璋译 许国华 校

农业出版社

土壤侵蚀预报与控制

美国土壤保持协会编

窦葆璋译 许国华校

农 业 出 版 社

The Proceedings of A National Conference
on Soil Erosion
May 24—26, 1976
Purdue University,
West Lafayette, Indiana

土壤侵蚀预报与控制

美国土壤保持协会编

窦葆璋译，许国华校

农业出版社出版（北京朝内大街 130 号）

新华书店北京发行所发行 西安新华印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 8.125 印张 180 千字

1981年4月第1版 1981年4月西安第1次印刷

印数 1—4,200 册

统一书号 16144·1837 定价 0.85 元

译 者 的 话

1976年5月美国土壤保持协会在印第安那州百渡大学(Purdue University)召开全国土壤侵蚀会议,本书是会议的论文集,原书共43篇论文。我们从中选译了19篇。

美国的土壤侵蚀问题,早先比较严重,三十年代时尤其引人注目。但四十年代以后,情况大有好转。这其中政府的政策当然是重要的,而美国土壤保持工作人员也确实做了大量工作。最近几年,一则由于大量增产粮食,加上一些其它原因,土壤侵蚀问题又有抬头;二则美国老一代土壤保持工作人员日渐年老退休,而新一代人员还未充分成熟;因之决定召开这次全国土壤侵蚀会议。这次会议具有总结过去几十年经验,而为新一代人员的工作准备基础的意义,值得重视。

这个会议讨论的范围较广,但贯彻的一个中心内容是“通用土壤流失方程式”(USLE)的运用。从概念上说,这个方程式可谓相当简单,然而十分重要的是它把土壤侵蚀过程定量化了。既经定量,那么任一地方、任一时间、任一套保土措施的有关因子就须实测或估计,而且因子之间的关系也必须十分明确,这就复杂了。于是泛泛之论没有用了,大概猜测不够了,必须代之以周密的计划、严格的测试和深入的分析,包括数学模型的运用。而公式的运用,既可以预测某地某时的侵蚀量,也可以反向应用,从事先确定的容许侵

蚀量而设计合适的保土措施，如耕作法。这样一来，土壤保持工作的内容丰富了，理论上的深度增加了，而且不妨说，从此进入一个新阶段。美国的土壤保持工作者如此重视“通用土壤流失方程式”，应该说不是偶然的。

我们是个古老国家，各地都有不少水土保持经验，然而土壤侵蚀问题仍然严重。我们进行了不少水土保持研究工作，成绩不小，然而应该承认我们在理论深度上是不够的。甚至于有一些人，认为水土保持工作并没有什么学术研究可做，它不过是一种群众性推广工作，这当然是误会。我们希望这本书的介绍，有助于我国水土保持工作的开展。

序

侵蚀控制技术在过去几十年中的发展和应用，成功地控制了我国4.38亿英亩农地中许多土地上的土壤侵蚀，并且减少了来自一些非农地的泥沙。然而，在美国，侵蚀和泥沙依然是重大的全国性问题。这一部分是由于不愿主动采取侵蚀控制措施而造成的，但在很大程度上，也是现代发展的结果。因为现代发展增加了侵蚀危害，并使一些原来有效的土壤保持措施变得不太实用了。农业和建筑机械装备变得越来越大，拖拉机的功率业已增加，而草田轮作则为单作所取代。不断增长的农产品出口需要，使得许多对侵蚀已经稳定的土地又被耕种。为了满足日益增长的需要，采矿和建筑活动的速度也加快了。

同时，在水质控制方面迅速增长的兴趣，却对侵蚀控制目标和土壤流失预报带来了新的要求。在七十年代初期，我国侵蚀研究和防治规划方面的许多先驱者业已退休，为较年青的领导人所代替，这些年青的领导人很有才干，但他们对于建立我们目前侵蚀控制方法的那些研究的优点和局限不大熟悉。由于这些因素，召开一个全国性会议，对目前的和将来的土壤侵蚀预报和控制加以讨论那是非常适时的。

这个会议的活动涉及的面很广。会议作了很好的全面安排，包括了侵蚀预报和控制的各个方面，以及许多不同的观点和经验。报告人都作了充分的准备，报告的资料丰富，介

绍得简明扼要。他们普遍赞扬了作为土壤保持和侵蚀规划工作工具的通用土壤流失方程式(USLE)的优点,同时他们也承认,如欲将这个方程式扩大应用到新的自然地理区或不均一的大流域时,现有的资料的局限性就会变得严重起来。会上报告了通用土壤流失方程式在夏威夷、在美国西北部的帕路斯地区、美国西南部半干旱地区、加利福尼亚州,以及在非洲象牙海岸和尼日利亚等地的应用经验。会上还报告了把该方程式应用于城市泥沙控制,公路侵蚀控制系统,重新使用的煤矿地、荒地环境(wildland environments)、小流域、河流排水区域、非点源污染控制和经济分析方面的经验。对于地表径流引起的泥沙淤积,适用于土壤侵蚀的法律控制方法,需要进行的研究工作,以及其它密切有关的问题也作了讨论。

侵蚀研究、土壤流失预报和侵蚀控制措施的应用必须密切结合起来。有效的控制计划取决于精心设计和严格实施的研究所获得的资料。如果有效的技术没有从研究者手中转移到使用者的手中,研究成果就没有什么价值。把研究结果转换成预报方程式,就能实现非常有效的技术转移。这样,规划人员就可以测定出每个地点上的固有的侵蚀潜力的大小,它比可接受的许可极限高出多少,和那一种能使土壤流失量保持在许可极限之内的可行的土地利用和经营措施的组合。在这个会议上,不是作为侵蚀研究的目的,而是作为农地和非农地侵蚀和泥沙控制技术的应用指南,强调了土壤流失预报。

通用土壤流失方程式在落基山以东三十七个州的土壤保持规划中近二十年的应用业已证实,这个方程在已知它的六个因子的适当值,或可以根据已有研究资料准确估算其适当值的地方,是实用和有效的。它的实用不限于这三十七个州

或农地地块大小的区域。但是，在将这个方程用于未指定的用途，或用于还没有用当地的研究资料估算出其因子的自然地理区时，需要特别谨慎，以免发生可能的误用或对它的解作错误的解释。如果使用者对建立这个方程式和因子评定方法的资料 and 概念比较熟悉，并且认识到过去印刷的图表（特定地点的通用土壤流失方程式因子通常就从其上查得）有局限性，那就可以避免作出使人误解的解释。

一、土壤侵蚀资料

在环境保护这个术语尚未广泛流传以前很久，农学家们就已认识到了环境保护的必要性。从本世纪三十年代初至五十年代中期，美国农业部与一些有拨给土地的学院合作，在26个州的48个点上建立了侵蚀研究站。在这些研究站工作的研究人员，通过测定农地试验小区和单一作物的小流域在自然降雨条件下产生的径流和土壤流失量，研究了地形、作物种植法、各种管理技术及可能的侵蚀防止措施的影响，并且对它们影响的大小作了定量测定。他们以基本侵蚀原理的实验室研究，补充了野外的研究。1960年以后，由于使用了降雨模拟装置，在轮作周期中的一定时间内，对试验小区施加设计的暴雨，有些地方的野外试验工作的进度加快了。虽然，回顾老的野外小区研究显然本可以设计成能够取得更多的基本因子间相互关系资料的，实际上它们却提供了建立现代侵蚀控制技术的大部分宝贵的实用资料。

侵蚀研究资料具有固有的局限性。对于这种局限，研究人员和资源经营者都应当有清楚的认识。变化性(常常极大)是径流和土壤流失资料的特征，这些特征有时导致明显矛盾的结果。局部地区的短期小区研究，无法明确地评定出当地

的侵蚀危害和土地处理的效果。只有在各个起重大作用的参数的影响能被定量，以致各种影响能以不同比例合并起来，反映其它地方或其它年份情况下，小区资料才能预报出其它地方和其它时期的土壤流失量。在一个地方的研究中，很难将降雨、土壤和坡度特征的影响分开，因为这些参数通常在该系列的所有小区上以同一水平出现，或一同发生变化。而且在自然条件下，无法控制许多有关的次要变量。在这些变量中，有些是随时间而发生随机变化的。有些显示出季节性或长期性趋势，但短时期内的波动却无法预测。尽管随机变量的正负值的影响及它们的相互作用，在长期内相互趋于平衡，但在短时期内的土壤流失量却可以在两个方向上发生很大偏离。

然而，这些局限性并未使小区研究丧失其潜在的价值。由于把全部可用侵蚀资料集中到全国资料中心（设在百渡大学）进行了全面统计分析，资料解释上的困难已有所缓和。这个程序可以将许多地区的基本资料作综合分析设计，从而有可能提供在局部研究中弄乱了的原始的和相互作用影响的资料。这也有助于消除无法控制的变量的随机波动所造成的偏离。关于各种侵蚀因子与土壤流失的关系，是从总体资料中求出来的，而这种关系又综合成为一个数学的侵蚀模型——通用土壤流失方程式。

二、通用土壤流失方程式的特征

通用土壤流失方程式对于在一个地方的土壤保持规划中，做出选用什么方法的决策是很有用的。这也就是设计这个方程式的目的。当将这个方程与特定的土壤许可流失量结合使用时，就能为农民或规划者提供一套可以满足他每个地

块规定流失量标准的方法，包括各种作物种植制度、管理措施和侵蚀控制措施的不同组合。他可以从其中选用一种最适合他的生产计划的组合。使用这个方程式，使得他在每块地上都能运用从一万多个小区一年侵蚀研究中所得到的知识。

这个专门设计的方程式和因子值计算图的有关用途包括：定量估算特定地块或建筑区的长期土壤流失量；根据农民在其作物制度或耕作措施中可能采取的各种改革，估算可以减少的土壤流失量；确定某个给定地块，在采用等高耕作和修筑缓坡梯田或带状耕作而可以安全种植时，流失允许达到多大程度。在极限之内，它可以作为确定梯田间距的要求的指南。它也可在建筑区、牧场和林地上应用。

由于通用土壤流失方程式是为野外应用设计的，因此它必须求解简便，并且只能包括那些其特定地点的数值能从现有的研究资料和气象资料来测定的因子。影响侵蚀的变量，被分成为六个主要因子，通过简单的乘法就能加以综合。就野外应用而言，这六个因子的当地值，是从已公开发表的图表中取得的。这些图表的值，是根据26个州48个站收集的研究资料而来的。

该方程式是设计来预报一定的土地利用和经营条件下、一定坡度的耕地上，片蚀和细沟侵蚀的长期平均土壤流失量的。如果选用适当的因子值，这个方程式可以用来对轮作、对某一轮作中的特定作物，甚至对特定的作物生长期的土壤流失量作出预报，但必须把它们看作特定条件下的长期平均土壤流失量。在一块给定的农地上的降雨量、播种日期和植被的质量，每年差异是很大的，而且通用土壤流失方程式因子的瞬时作用，还受到前述随机波动的次生变量的颇大影

响。由于特定时间的这些变化不能被预测出来，在因子值的图表中，列出的是它们的影响的平均值。因此，通用土壤流失方程式并不预报特定季节或特定年度与平均值的偏差。如果将之用于某一降雨事件，那么对R因子使用暴雨EI，对C因子用相应的作物生长期的土壤流失率，它将估算出在同一地块上和同一作物生长期里该事件多次重现的平均土壤流失量。这些事件里任何一次的实际土壤流失量，都可能比这个平均值大或小许多。

应用通用土壤流失方程式，必须熟悉自1965年《农业手册》282号出版以来，在因子评定资料和评定程序上的若干重大进展。这些进展包括：一个评定土壤因子的列线图；一个估算放牧地、林地、空闲地和永久牧场的覆盖和经营因子的表；向太平洋沿岸扩大的侵蚀指标图；对不规则斜坡估算其坡度影响的方法；在建筑工地和裸露的心土上应用该方程式的指南。现在正在编订中的《农业手册》282号修订本将包括这些增加的内容。

三、通用土壤流失方程式的其它应用

1. 其它地理区

通用土壤流失方程式在美国中部、东部和南部各州取得的成功和适用，促使人们努力将它的应用扩大到其它自然地理区。任何自然地理区的片蚀和细沟侵蚀所产生的土壤流失量，都是通用土壤流失方程式六个因子的函数，问题在于这些因子必须正确确定。但是，对于所有土壤和气候条件，因子评定图表中的特定数字，未必全部是准确的。这不是一个能否应用这个土壤流失方程式的问题，而是一个能否取得真正代表差异很大的条件的因子值的问题。

• 6 •

如果有长期资料可用，就可以根据当地的降雨资料编制EI图和EI分布曲线。然而，在降雨和土壤特征与占美国三分之二的东部地区相差甚大的地方，应用土壤可蚀性值列线图 and 坡度作用图之前，必须用当地资料验证这些图的适用性。土壤流失率多半可以根据与已知条件的比较及使用文献中介绍的方法作出暂时的估算。但必须将这些比率与当地的EI分布资料结合起来计算C因子，以后应根据本地的土壤流失观测结果对它们加以改进。同雨滴击溅无直接联系的径流量较大的地方，在计算R因子时，必须将这种径流的侵蚀潜力加在EI值上。解冻和融雪或灌溉时产生的径流就是这样的径流的实例。

本集中D. F. 麦库尔和F. L. 布鲁克斯的论文，对在太平洋沿岸西北地区和夏威夷所取得的进展作了报道。加拿大、澳大利亚、秘鲁、象牙海岸、尼日利亚和其它一些国家，也报道了在建立当地的侵蚀因子基准值方面取得的重大进展。

2. 泥沙向河流的输移

许多组织和个人，过去对土地资源保持方面的土壤流失预报或侵蚀控制没有兴趣，现在非常关心泥沙在非点源的水污染控制中的作用。他们很想在这些工作中使用通用土壤流失方程式，以便能在较大的面积上加以设计和监测。

侵蚀危害具有高度的就地决定特性。各个侵蚀因子是独立地变化的，而大部分侵蚀因子在混合流域的不同部位上，其值可以差异甚大。所以确定大流域的侵蚀因子值是很不容易的，要比确定均质小流域的难得多。要估算一个复杂流域中的片蚀和细沟侵蚀的年平均侵蚀量，最精确的方法就是把该流域划分成若干个其通用土壤流失方程式因子的典型值能

加以确定的亚区，使用总的平均坡长和坡度，以及估算出来的流域平均的土壤和植物覆盖因子，那是不大精确的，因为它并不反映流域不同部位上各因子结合的真实情况。

对集水区里所有地段分别估算其土壤流失量后，总加起来，就可用来估计从其原来位置上移出的土壤量。要计算输入河川径流的泥沙，必须减去地边、洼地、沉沙池以及径流道上的淤积损失。淤积所减少的泥沙量，依其不同因素，其范围为来源区总侵蚀量的 0—100%。通用土壤流失方程式的估算，应当与一个淤积方程式以及从切沟侵蚀、河岸侵蚀和水道侵蚀增加的泥沙估算一起使用。正如 G. R. 福斯特在本集中的论文中所指出的，关于地表径流引起的泥沙淤积方面的研究现在已经在进行了。然而，眼下尚无淤积方程式可用，因而估算的输沙率是与总侵蚀量的估值一起使用的。规划人员应当充分认识到，用这个方法得到的产沙量的估算，是特定流域条件下的长期平均数。现在，无论对总土壤流失量，还是对输沙率，都还不能在个别事件基础上作出精确的预报。

把土壤保持规划方法应用到污染控制规划中去时，可能需要重新考虑目前所使用的土壤流失许可极限。我对于污染控制目的的许可土壤流失极限的看法，已经写在农业研究局的环境保护所手册第二卷“农地水污染的控制”一文中了。

3. 基本侵蚀模型

正在研究中的基本数学模型，把侵蚀力学、水文学、水力学、土壤学和气象学的基本原理、概念和关系合在一起，以模拟侵蚀和淤积过程。在研制能够预报侵蚀和淤积的空间和时间变化的模型方面，现已取得了重大进展。到这些模拟

模型反映更多的非控制变量和次生变量的直接影响和相互影响时，它们将促进侵蚀系统和控制措施的分析。这些模型还不能在野外使用，因为还需要做更多的研究，以弥补某些资料缺口。然而，它们已经加深了对侵蚀过程的理解，有助于解释田间小区资料的表面上的不一致，以及提高了通用土壤流失方程式某些因子计算的精确程度。

四、需要做的工作

目前在侵蚀和泥沙研究方面，仍然有许多对保护我们的土地资源和水质十分重要的工作需要和要求我们去做，我认为其中最明显的是：

1. 对特定的土壤流失事件更精确地加以定量的能力；
2. 一个地表淤积方程式；
3. 一个农地径流方程式；
4. 对半干旱区和采用补充灌溉地方的侵蚀预报和控制能有更加明晰的资料；
5. 为使等高耕作、局部覆盖和微地形在保证土壤耕种中发挥效益，其临界坡长或集水面积极限的求取；
6. 如由于要满足不断增长的能源需要，大量使用麦秸和玉米秸，以致作物残余物覆盖大大减少时，铺撒残余物和耕作措施应如何结合安排才最有利；
7. 不是直接伴随大量雨滴击溅产生的径流之侵蚀潜力的预报能力；
8. 薄层集水对降雨和径流侵蚀力的影响；
9. 当斜坡坡度超过20%、坡长超过600英尺左右时，地形因子受到怎样的影响；
10. 当上坡侵蚀控制不足时，在农地或建筑斜坡下方的

有效临时植被缓冲带的标准；

11. 土壤的发生学和化学性质对土壤可蚀性的影响；

12. 在以水质控制为目标条件下，为确定许可侵蚀量提供更好的依据；

13. 雨型对不同土壤相对可蚀性的影响；

14. 淤积过程中的粒径分类；

15. 关于自然覆盖类型和密度对未扰动土地的影响的更直接的资料；

在侵蚀和泥沙控制方面，我们已取得了很大成绩，但需要做的事情还很多。我们这一代人在建立充分而持久的、足以与生产和社会需要相适应的侵蚀和泥沙控制方面取得多大成功，将对我国和其它国家的后代的未来产生深远的影响。我对所有选择致力于推动这个崇高事业的人们表示钦佩和最好的祝愿。

W. H. 威斯奇迈尔 一九七七年元月

目 录

序

通用土壤流失方程式产生前的研究工作：历史的回顾	
.....G. M. 布朗宁	(1)
农地水蚀量的估算.....W. A. 海斯	(5)
通用土壤流失方程式在夏威夷的应用.....	
.....F. L. 布鲁克斯	(15)
通用土壤流失方程式在加利福尼亚的应用.....	
.....W. R. 伊万斯 G. 卡尔卡尼斯	(27)
通用土壤流失方程式在西南半干旱地区的应用.....	
.....H. B. 奥斯本 J. R. 西曼顿 K. G. 雷纳	(42)
太平洋沿岸西北部旱粮地区土壤侵蚀研究：最近的进 展和今后的打算.....D. K. 麦库尔 M. 莫尔劳 R. I. 帕普迪克 F. L. 布鲁克斯	(54)
通用土壤流失方程式在西非侵蚀预报中的应用.....	
.....F. J. 罗斯	(68)
所选热带土壤的可蚀性与结构和水文参数的关系.....	
.....S. A. 埃斯沃菲 E. W. 丹格勒	(87)
密西西比北部地区R因子的状况.....	
.....K. C. 麦格勒 C. K. 马奇勒	(104)
受风影响的降雨引起的土壤分散和团粒的破坏.....	
.....L. 莱尔斯	(116)

玉米地上的一个土壤移动剖面·····	R. F. 皮 斯 特
	R. G. 斯波默 P. R. 米 斯 (126)
地表径流在凹形坡地上产生的泥沙沉积·····	
·····	G. R. 福斯特 L. F. 哈金斯 (136)
土地利用管理之侵蚀模拟基本原理·····	
·····	D. G. 德库西 L. D. 迈耶 (154)
地表径流引起的土壤侵蚀数学模型的建立·····	
·····	李鲁明 D. B. 西蒙斯 D. R. 卡德尔 (165)
通用土壤流失方程式的流域坡长—坡度因子的测定	
·····	J. R. 威廉斯 H. D. 伯恩特 (177)
使用修改的通用土壤流失方程式的随机产沙量模型	
·····	M. M. 福盖尔 L. H. 赫克曼 L. 达克斯 (191)
一种估算产沙量的简易方法·····	D. B. 西蒙斯
	A. J. 里斯 李鲁明 T. J. 沃德 (202)
通用土壤流失方程式在地区一级规划中的应用·····	
·····	W. J. 格兰特 N. R. 卡洛奇
	L. W. 帕尔默 J. L. 甘蒙 (213)
易受侵蚀耕地的土壤保持处理：状况和需要·····	
·····	L. W. 金柏林 (231)