

中国水利学会泥沙专业委员会 主编

# 泥沙手册

# NISHASHOUCE

中国环境科学出版社

# 泥 沙 手 册

中国水利学会泥沙专业委员会 主编

中国环境科学出版社

1989

## 《泥沙手册》编辑委员会名单

主 任	钱 宁	谢 衡	杜 国	张 仁	唐 日	长 忠
副 主 任	丁 臻	龙 毓	曾 庆	国 仁	戴 定	安 汲
委 员	王 明	黄 方	刘 旭	李 光	向 陈	怀 邦
顾 问	华 国	刘 家	朱 李	李 昌	张 沈	定 淦
总 编	何 志	张 陈	张 侯	杨 国	文 文	惠 遇
总 编 秘	周 玉	范 潘	戴 吴	赵 文	林 秉	南
总 编 书	方 宗	全 夏	蒋 德	张 书	农	
总 编 书	张 瑞	震 寰	高 速	进		
总 编 书	朱 鹏	贺 济				
总 编 书	周 玉					
总 编 书	贺 济					

# 前 言

中国河流众多，流域面积在 1000 平方公里以上的河流就有 1500 多条，水利资源丰富，但水土流失严重。我国黄河年输沙总量和平均含沙量均居世界首位。

泥沙的侵蚀、输移和沉积，给水利工程建设带来许多复杂问题，诸如：

1. 水库淤积 全国 20 座重点水库的观测资料表明，多数水库运行不足 20 年，总淤积量即达设计库容的 18.6%。黄河三门峡水库，蓄水后不仅库容淤损较此更为严重，而且淤积末端不断向上游延伸，威胁着关中平原和西安市的工农业生产和人民生活，被迫进行工程改建。举世瞩目的长江三峡水库中的泥沙问题，正作为重要专题进行论证。

2. 河道淤积 平原河道泥沙淤积对防洪和航运影响极大，黄河下游河道多年平均淤积量 4 亿吨为世界所仅有，各水文测站水位比 50 年代初期同流量水位高出 2 米左右，为此，国家付出了巨大的资金和劳力，多次加高黄河大堤。长江在枯水季节，局部河段通航要靠挖泥船疏浚，河口航道每年挖泥量达 1400—1800 万立方米。沿海挡潮闸下游河道淤积问题也很突出，有的已被淤废。

3. 低水头枢纽及引水口泥沙问题 许多枢纽工程运行中存在着推移质泥沙入渠，粗沙磨损水轮机，泥沙和水草堵塞拦污栅，枢纽上、下游航道及回水变动区泥沙淤积等方面的突出问题。由于河道冲淤变化造成主流摆动，引水口引水得不到保证，引黄灌区每年冬春都要进行大量的渠道清淤工作。

新中国成立以来，为解决水利工程建设中的泥沙问题，布设了大量的野外观测站网，广泛收集第一手资料，建立泥沙专业研究机构，在高等院校设置泥沙专业或有关课程，培养专门人才。经过广大泥沙科技工作者 30 多年来的努力，在流域产沙与水土保持，泥沙运动力学，河床演变，水库淤积，河口泥沙，引水防沙及渠系泥沙，高含沙水流运动，野外及室内泥沙测验及河工模型试验技术等方面积累了大量经验，丰富了知识。

1978 年在中国水利学会泥沙专业委员会建立之初，首届执行副主任钱宁教授倡议编写《泥沙手册》，亲自动手制定了编写大纲，为此书奠定了基础，其宗旨为：全面介绍泥沙运动及河床演变的基本理论，总结泥沙工程技术经验，便于从事勘测、规划、设计、管理工作及水文泥沙工程技术人员了解泥沙问题的基本情况，查阅泥沙文献资料，并初步掌握解决和处理泥沙问题的基本手段；亦便于科研及教学工作者的参考。内容要求：简明扼要，突出要点，概念清晰，辞句简炼，以图表及公式为主要表达形式；为阐明问题要着重介绍有代表性的观点，并注意介绍中国的研究成果。

此后，即由泥沙专业委员会组织专家、教授进行编写与审稿，同时邀请泥沙界有关专家组成《泥沙手册》编委会，并请一些编委兼任分篇主编。

本书内容丰富，不仅广泛参考有关国外文献，而且注意吸收国内研究成果。各章的撰稿人多年从事解决水利工程泥沙问题的研究和规划设计工作，内容中反映了他们在专题研究中的独到心得与体会。

由于水利部领导的关心，中国水利学会和水利电力部科技司的大力支持，以及各有关

专业单位的共同努力，才使本书最终得以出版问世。

本书经谢鉴衡教授、朱鹏程、李保如高级工程师终审定稿，他们为提高本书质量付出了辛勤的劳动。

本书系初次编纂，为时间等条件所限，定有不少缺点，如数学模型未立专章介绍，泥沙污染已为举世重视的问题未及编入，不无遗憾。欢迎广大读者多多提出宝贵意见，以便再版时作出改进。

兹将各篇章编写人、审稿人名单附后，以便于读者咨询联系。

中国水利学会

泥沙专业委员会

1988年11月

## 编写及审稿人名单

第一篇	主编: 谢鉴衡				
第一章	编写: 龚时一	华绍祖	审稿: 蒋德麒		
		牟金泽		谢鉴衡	
第二章		朱鹏程		谢鉴衡	钱宁
第二篇	主编: 谢鉴衡				
第三章	编写: 夏震寰	惠遇甲	审稿: 林秉南		
第四章		华国祥		陈怀汲	
第五章		谢鉴衡		范家骅	
第六章		谢鉴衡		窦国仁	
第七章		万兆惠		方宗岱	丁联臻
第八章		范家骅		侯晖昌	
第三篇	主编: 黄胜	李保如			
第九章	编写: 韩其为		审稿: 夏震寰	张启舜	
第十章		麦乔威		尹学良	
		唐日长			
第十一章		黄胜	刘家驹	戴泽衡	薛鸿超
第十二章		刘旭东	张浩	严镜海	李保如
		杨廷瑞	张永昌		
第十三章		张浩	蒋素绮	方宗岱	刘德忠
		刘德忠		万兆惠	
第十四章		李保如	严镜海	张启舜	杜国翰
第四篇	主篇: 唐日长				
第十五章	编写: 向治安		审稿: 龙毓骞		
第十六章				龙毓骞	
第十七章		李昌华	屈孟浩	屈孟浩	李昌华 徐基丰
总编辑	朱鹏程				

# 目 录

第一篇 泥沙来源和性质 .....	(1)
第一章 泥沙来源 .....	(1)
第二章 泥沙的性质 .....	(46)
第二篇 泥沙运动力学 .....	(92)
第三章 冲积河流水力学 .....	(92)
第四章 推移质运动 .....	(156)
第五章 悬移质运动 .....	(200)
第六章 水流挟沙能力 .....	(230)
第七章 高含沙量水流 .....	(268)
第八章 异重流 .....	(300)
第三篇 工程泥沙问题 .....	(330)
第九章 水库淤积 .....	(330)
第十章 河床演变及河道整治 .....	(419)
第十一章 河口海岸泥沙问题 .....	(498)
第十二章 渠首渠系泥沙问题 .....	(571)
第十三章 管道输沙问题 .....	(625)
第十四章 水工建筑物泥沙问题 .....	(673)
第四篇 泥沙的量测试验技术 .....	(738)
第十五章 野外泥沙测验 .....	(738)
第十六章 室内泥沙分析及试验 .....	(790)
第十七章 泥沙模型试验 .....	(834)

编后语

附录 常用计量单位及换算

# Handbook of Sedimentation Engineering

## Contents

<b>Part I</b>	<b>Sources and Properties of Sediment</b>	
Chapter 1	Sediment Sources.....	(1)
Chapter 2	Properties of Sediment .....	(46)
<b>Part II</b>	<b>Mechanics of Sediment Transport</b>	
Chapter 3	Fluvial Hydraulics .....	(92)
Chapter 4	Bed Load .....	(156)
Chapter 5	Suspended Load.....	(200)
Chapter 6	Sediment Carrying Capacity .....	(230)
Chapter 7	Flow at Hyperconcentration of Sediment .....	(268)
Chapter 8	Density Current .....	(300)
<b>Part III</b>	<b>Aspects of Sedimentation Engineering</b>	
Chapter 9	Reservoir Sedimentation .....	(333)
Chapter 10	Fluvial Process and River Training .....	(419)
Chapter 11	Estuarine and Coastal Sedimentation .....	(498)
Chapter 12	Sedimentation Problems in Water Intakes and Irrigation Systems .....	(571)
Chapter 13	Sediment Transportation in Pipelines .....	(625)
Chapter 14	Miscellaneous Problems in Hydraulic Structures .....	(673)
<b>Part IV</b>	<b>Measuring Techniques and River Modelling</b>	
Chapter 15	Field Measuring Techniques .....	(738)
Chapter 16	Laboratory Practice of Sediment Sampling.....	(790)
Chapter 17	Laboratory Modelling .....	(834)



# 第一章 泥沙来源

环境问题是当代一个十分重大的课题。隶属环境的生态系统，是指生命系统和自然系统在特定空间的组合。所谓生命系统是指，动植物及微生物等有机体的集合；所谓自然系统是指，水、热、气、光、土等各种环境因子的集合。地表层有三大耗散结构类型，即自然地理系统、自然生态系统和人工生态系统。农业系统中的农田、山林、牧场等实际上已不再是单纯的自然生态系统，而是自然生态系统和社会经济系统相结合的人工生态系统。人类对资源开发利用的不当会导致生态环境的失调、恶化与破坏，它主要可分为水土流失与环境污染两大类。水土流失或土壤侵蚀是影响基本生态过程的重大问题，而水土流失的发生、发展与控制，与维护生态系统的良性循环关系密切。美国《公元 2000 年全球情况调查报告》的主编巴尔尼 (Barney.G.O.) 指出：“在环境问题中，空气和水的污染固然十分重要，但第一位的问题却是土壤侵蚀，或称水土流失，解决这一问题对发展中国家更为迫切。”

## 第一节 土壤侵蚀概述

表 1-1 土壤侵蚀状况说明表

土壤侵蚀 (Soil erosion)	在地表层内，外营力及人类生产活动作用下，地表土壤及其母质发生的侵蚀、输移及沉积的过程。它可分为自然侵蚀与加速侵蚀。
自然侵蚀 (Natural erosion)	在天然或无人类活动下发生的地表侵蚀，其土壤流失速率小于土壤成土速率，也即是在人类前的地史时期，在构造运动等所造成古地形基础上进行的侵蚀作用。
加速侵蚀 (Accelerate erosion)	人类生产活动所引起的侵蚀，其土壤流失速率大于土壤成土速率。
现代加速侵蚀	由于人类在社会、经济、文化等因素的制约下，违背自然规律，进行不合理的生产活动等，所引起强烈的水土流失。

说明：

(1) 土壤成土速率——在土壤没有扰动的自然状态，形成 25mm 的表土层约需 300 年。但在耕作条件下，因为加速了土壤的扰动等作用，成土时间可缩短为 30 年左右。

(2) 侵蚀营力——地表面现代地貌形态取决于内、外营力的相互作用。内营力指构造运动所造成的地壳升降，从而构成侵蚀、堆积、环境变化的宏观地质背景；外营力指太阳辐射、降水及微生物活动等导致岩石风化、剥蚀及输移。根据侵蚀营力的不同，侵蚀方式可分为：水力侵蚀、重力侵蚀、风力侵蚀、溶解侵蚀等。

表 1-2 水力侵蚀说明表

<p>水力侵蚀</p>	<p>简称水蚀，是在降水、地表径流及亚地表径流作用下，土壤或土体被分离、输移及沉积的全过程。常见的水蚀形式有面蚀和沟蚀两种，前者包括溅蚀、片蚀和细沟侵蚀；后者有浅沟、切沟、冲沟和河沟等侵蚀。</p>
<p>溅蚀 (Splash erosion)</p>	<p>雨滴打击地面，使土壤颗粒从土体表面剥离，并被雨滴带起而产生位移的过程。其溅蚀量及土粒移动情况取决于坡度、雨滴动能及打击方向、土粒间的切应力和土壤团聚状态等。伍德洛夫(Woodrugh.C.M.)试验证明：在缓坡，土壤侵蚀量中的90%是由溅蚀造成的，只是在<math>&gt;9^\circ</math>的坡地，径流冲刷才起重要作用。</p>
<p>片蚀 (Sheet erosion)</p>	<p>又称细沟间侵蚀，在地表径流分散、流速低的情况，所引起的地表土均匀流失的现象。此种地表流是在细沟间流动的极薄水层，根据杨及威斯玛(Young.R.A &amp; Wiersma.J.L.1973)的实验观测，其流速在<math>1.5-4.0\text{cm/s}</math>，水深在<math>0.08-0.015\text{mm}</math>之间。一般发生在缓坡和近分水岭处。严格的说，真正的片蚀是不存在的，它实际上是无数的纹沟、细沟网络所组成。片蚀还分如下几类：在土壤具有发生剖面的片蚀称剖面片蚀；在成土母质已裸露的片蚀称母质片蚀；在植被稀疏的荒坡，片蚀形状和鱼鳞相似，称鳞片状片蚀；在土石山区，不易冲走的较大砂砾常残积地表，经耕作后又与细的底土相混合，如此反复多次后，表土逐渐粗化，称砂砾化片蚀。</p>
<p>细沟侵蚀 (Rill erosion)</p>	<p>它是薄层水流沿坡面运动并逐渐汇集成股流，将地面冲刷成细沟的过程。根据实测的细沟流，在坡度<math>5.7-40\%</math>，雨强<math>32-117\text{mm/hr}</math>时，其流速为<math>5.4-32\text{cm/s}</math>，水深达<math>0.28-0.99\text{mm}</math>。细沟的宽度一般不超过<math>20\text{cm}</math>，在农地中常以耕作层为界，耕作时能加以平复。</p>
<p>浅沟侵蚀 (Shallow channel erosion)</p>	<p>主要发生在较陡的坡面上，是若干细沟袭夺兼并，汇聚了足够水量，产生了强烈拖曳力的结果。浅沟下端或与切沟相接，或与悬沟相连，沟形比较稳定，耕作已不能加以平复，其下切深度一般在<math>0.5-1.0\text{m}</math>之间。据陕西省绥德县测定，浅沟汇水面积为<math>700-1900\text{m}^2</math>，沟头至分水线距离为<math>20-55\text{m}</math>。</p>
<p>切沟侵蚀 (Gully erosion)</p>	<p>多发育于凹形斜坡，它汇聚了细沟和浅沟丰富的来水量，具有强烈的下切作用。沟床下切至少<math>1\text{m}</math>，深的可达数米至数十米。由于径流更为集中，加速沟底下切、沟岸扩张和沟头前进。</p>

表 1-3 重力侵蚀说明表

<p>重力侵蚀 (Gravitational erosion)</p>	<p>地表物质因重力作用失去塑性平衡，产生破坏、位移和堆积的现象。当土石介质松散或地层易滑；临空面陡；地面缺乏植被时，一旦受到地震、降水、地表径流及地下水、波浪、冰川、人工采掘和爆破等任何一种营力作用时，便会激发重力侵蚀。重力侵蚀形式主要有滑坡、崩塌、泻溜三种。</p>
<p>滑坡 (Landslide)</p>	<p>在重力作用下，斜坡上的土体，遇到下层不同岩性的弱透水层，在地下水的作用下，形成一个滑动面，当其中一个或几个软弱结构面上的下滑力大于抗滑力时，块体沿此面发生整体下滑的现象。</p> <p>滑坡体的大小相差很大，巨型深层滑坡，常使梁峁坡整体下移，造成灾害性后果。如 1983 年 3 月 7 日甘肃省东乡族自治县洒勒山大滑坡，滑动及覆盖堆积范围约 1.4—1.5km<sup>2</sup>，据推算，滑动的总方量约为 4000—5000 万 m<sup>3</sup>。浅层小型滑坡，比较普遍常见，是造成坡面支离破碎，流域产沙剧增的主要来源之一。例如 1981 年夏秋之际，四川省成都、绵阳等七个地区，遭到罕见的暴雨袭击，90 个县发生了 6 万处滑坡；1977 年 3 号台风带来的特大暴雨使海南岛的白沙县 1/3 的荒坡产生了群体浅层滑坡。</p>
<p>崩塌 (avalanche)</p>	<p>陡崖上的土石岩体失去平衡，在自重力作用下，突然脱离母体坠落的现象。它有基岩崩塌和土崖崩塌之分。规模巨大的崩塌也叫山崩。1971 年云南省东川市狮子山铜矿区，因采空围岩而大规模崩塌，在沟底形成底宽 910m、高 46m、总量 700 万 m<sup>3</sup> 的堆石坝；在黄土地区，常可见到崩塌的土体堵塞侵蚀沟，形成天然蓄水坝，当地群众称之为“聚湫”。</p>
<p>泻溜 (Debris slide)</p>	<p>陡坡上的土石体经过物理与化学风化作用形成碎屑，在自重力作用下沿坡面滚下堆积在坡麓的现象。</p>

表 1-4 风力侵蚀说明表

<p>定性叙述</p>	<p>风蚀 (Wind erosion) 是地表土壤被风力破坏、搬运和沉积的现象。它主要发生在干旱和半干旱区。在无植被保护的干燥松散的土壤上, 当风速极大时, 就发展为尘暴或尘霾, 给国民经济及人类生活带来严重的损害。它吹走表土、伤害幼苗、掩埋交通线路和村庄、污染环境, 进而使土地沙化 (Desertification)。</p>
<p>风力搬运沙粒形式</p>	<p>(1) 悬移——粒径小于 0.1mm 的粉沙、粘粒, 被卷扬至高空, 随风飘行; (2) 跃移——粒径 0.25—0.50mm 的中细沙粒, 受风力冲击脱离地表 10cm 后, 又重返地表; (3) 蠕移——粒径 0.5—2.0mm 的较大颗粒, 不易被风吹离地表, 沿地面滚动。</p>
<p>影响因素</p>	<p>(1) 风速、吹袭历时、湍流的程度, 据拜格诺尔德 (Bagnold R.A.) 研究, 输沙率和超过沙粒起动速度的风速三次方成正比; (2) 土壤性状, 即土壤的坚实度和稳定度, 它决定于土壤么重、水分、有机质、粘粒含量和微生物活动; (3) 土壤表面粗糙度, 它是耕作时形成的垄和坑; (4) 植被, 它包括植物类型、高度、覆盖度、季节性分布及残茬状况; (5) 田地长度。</p>
<p>风蚀方程</p>	<p><math>E=f(I' \cdot K' \cdot C' \cdot L' \cdot V')</math> 伍德拉夫和西登韦 (Woodruff.N.P.&amp;Siddoway.F.H) <sup>(1)</sup> 式中: E——土壤年平均损失量 (t/a·yr); I'——土壤侵蚀指数, 用直径大于 0.84mm 的土壤团聚体及土地坡度百分率表示; C——地区性气候因子, 用风速和表层土壤水分表示; K'——土壤表面糙度因子; L——沿盛行风方向无保护的田面宽度的中值; V'——等效的植被覆盖。所有变量之间的精确关系, 乃是用伍德拉夫和西登韦 (1965) 提出的一套表格和诺模图来确定。</p>
<p>典型实例</p>	<p>在印度的琼德颇尔, 一天的沙暴平均吹走 50—420kg/ha, 在钦达恩当的 2007m<sup>2</sup> 试验区, 移去草皮后 3 年内吹扬掉 1065m<sup>3</sup> 沙土, 年平均吹蚀厚度达 17.7cm。</p>

表 1-5 其他侵蚀情况表

<p>洞穴侵蚀 (Cave erosion)</p>	<p>土壤发生剖面或土状物中，由于潜蚀、溶蚀等作用形成各样的洞穴，它包括管状穴、陷穴等。</p> <p>管状穴，当地表径流下渗时，将带有钠离子的土壤胶粒分散，呈悬移状下移，久之成管状穴。它常发生在碱土区渠边、堤岸、盐碱滩地的低洼集水区。</p> <p>陷穴，因坡面上潜蚀而发生圆柱状垂直塌落的现象。西北黄土区陷穴的形成乃是因黄土的潜蚀湿陷所致。</p> <p>霍沃思 (Haworth, 1897) 与约翰逊 (Johnson H.P.) 1901) 曾指出，干旱地区由于地表塌陷，从而构成沟谷的重要作用。塌陷沟谷的第一个理论是鲁比 (Rubey.W.W.1928) 提出的。这种管状侵蚀近年来得到了国际上的注意 (Park.F.J.,1963; John, 1971)，并在中国、玻利维亚、伊朗、加拿大、新西兰、美国等都有所描述。</p>
<p>融冻侵蚀 (Freczethaw erosion)</p>	<p>是由春季融雪产生的地表径流所形成的片蚀。当地面融雪水在下渗微弱情况下形成薄层水，并常和融冻后的薄层土成泥浆状沿斜坡流动。在相似条件下，融雪径流的含沙量远小于汛期的含沙量。但如伴随降雨，其侵蚀将加重。如美国落矶山西部地区的干燥暖风常伴随降雨，使积雪急剧融化造成可观的侵蚀。</p> <p>另一种融冻侵蚀常发生在高山雪线边缘和极地冰缘地带，由于地面冻融交替频繁而使地面草皮断裂蠕动而成鳞片状排列的景观。</p>
<p>灌溉侵蚀 (Irrigation erosion)</p>	<p>水田灌溉时，由于水流扰动，常将上方水田的土粒分散悬浮随水带入下方水田，层层下泄，最后排出田外流入水路网。它使土壤肥力减退，水田表层土壤粗化。由于它痕迹不显，故又称隐匿侵蚀。</p>

表 1-6 泥石流说明表

<p>定性叙述</p>	<p>在一定的自然地理条件下，由于重力和强大水流的综合作用，在沟谷中发生含有大量土、砂、石块和水的固、液两相流体，叫做泥石流。按照物理力学特性，浆体已不属牛顿体，一般可以看成宾汉体。</p> <p>泥石流常呈现间歇性的阵流形式，在一次泥石流过程中会出现几次至几十次阵流，阵流前峰高而陡，多由大石块组成，群众称之为“龙头”，它在平面上成为一个向前突出的舌形体。</p>
<p>分型</p>	<p>泥石流可分为紊流型（稀性泥石流）及层流型（粘性泥石流）两类，前者以悬移质和推移质为主，密度一般为 <math>1.2-1.6t/m^3</math>；后者以推移质和悬移质为主，密度为 <math>1.6-2.2t/m^3</math>。</p>
<p>实例</p>	<p>云南东川小江流域（有 51 条泥石流沟），每年爆发泥石流总次数为 500—1000 次，个别年份可达 2000—3000 次。其中最大的蒋家沟泥石流的平均流速为 <math>8m/s</math>，最大流速为 <math>15m/s</math>，密度超过 <math>2t/m^3</math>，最大瞬时流量为 <math>1500m^3/s</math>，年径流量 250 万 <math>m^3</math>。</p> <p>四川凉山彝族自治州嘉德县的黑沙河泥石流，流域面积为 <math>23.7km^2</math>。沟床纵坡 211%，相对高差约 1000m，谷坡一般在 <math>45^\circ</math> 左右，地质构造复杂，新构造运动强烈，地震活动频繁，有崩塌、滑坡 180 处，大小泥石流支沟 135 条。该流域在百年前，没有泥石流，由于滥伐滥垦，1874 年以来，堆积在山口泥沙已达 921 万 <math>m^3</math>。</p>

土壤侵蚀问题，越来越受到世界性的广泛重视和关注。全世界土壤侵蚀面积约 2500 万  $km^2$ ，占全球陆地 16.8%，有  $1/4-1/3$  左右的耕地表土层侵蚀严重。每年约有 600 亿 t 肥沃表土被冲刷，入海泥沙约 170 亿 t。

福尼埃 (Fournier.M.F., 1960) 指出：最大的产沙量产生在半干旱地区（世界干旱与半干旱区的面积，约有 45 亿 ha，占陆地总面积的  $1/3$ ）。根据联合国开发计划署 (UNDP) 估计，由于侵蚀全世界每年要丧失可耕地 500—700 万 ha，经济损失达 100 亿美元，而到本世纪末还可能上升到每年 1000 万 ha。

表 1-7 世界主要国家土壤侵蚀概况略表<sup>(2)</sup>

美国	<p>国土总面积 936 万 km<sup>2</sup>，其中强烈水蚀及风蚀面积 114 万 km<sup>2</sup>，轻微侵蚀面积 313 万 km<sup>2</sup>。19 世纪 60 年代后，美国移民增多，垦殖荒地，破坏了森林草原，使本世纪 30 年代后发生了三次大的黑风暴，严重危害农业生产。</p> <p>美国在本世纪 70 年代前年平均土壤侵蚀量约 36 亿 t。70 年代后，由于受国际粮食市场刺激，大幅度扩充种植面积，使土壤侵蚀加剧。据该国土壤普查，年土壤流失量达 64 亿 t。美国目前土地利用结构是：联邦土地 3.24 亿 ha；非联邦土地 6.12 亿 ha。其中：耕地 1.67 亿 ha，牧场 2.22 亿 ha，林地 1.52 亿 ha，城市建设等其它用地 0.71 亿 ha。超过规定的最大允许土壤流失量的土地为 1.2 亿 ha。</p> <p>1935 年通过“水土保持法案”，并成立土壤保持局。1954 年制订了公共法案“小流域防洪与保护法”，十分重视小流域的综合治理，集水面积 40—1000km<sup>2</sup> 的小流域全国有 13000 条，其中需要治理的为 8300 条，已经治理的为 3000 条。</p>
苏联	<p>国土总面积 2240 万 km<sup>2</sup>，农业用地面积 598 万 km<sup>2</sup>，其中有 60—70% 分布在干旱地区。不同程度水力侵蚀面积为 150 万 km<sup>2</sup>，东部干旱地区风蚀面积为 45 万 km<sup>2</sup>。年土壤流失量约 18 亿 t。</p> <p>土壤侵蚀影响范围及地区：已开垦的草原及森林草原、高加索及喀尔巴阡山区、乌克兰、摩尔达维亚、俄罗斯以及伏尔加河流域近 6000 万 ha 农田。</p> <p>联盟及各加盟共和国农业部对土壤侵蚀控制政策发挥主导作用；全苏农业科学院土壤研究所和土地资源研究所则是协调全国土壤侵蚀防治的主要中心。</p>
澳大利亚	<p>国土总面积 768.9 万 km<sup>2</sup>。中部及西北部为荒漠及半荒漠，约占国土的 1/3；东北、东南及西南部为相对湿润的农业区，其中：农耕地 1960 万 ha，人工草地 2690 万 ha。19 世纪 40 年代发现金矿，移民剧增，毁林毁草严重，导致 20 世纪初的红色大尘暴。遭受严重水蚀与风蚀的面积约 260 万 km<sup>2</sup>。</p> <p>1938 年通过“新南威尔士土壤保护法”后，各州相继立法。全国十分重视土地资源评价等基础工作及草场建设。</p>
印度	<p>全国 328 万 km<sup>2</sup> 的总土地面积中，约有 175 万 km<sup>2</sup> 的土地遭到程度不等的水蚀和风蚀。据统计，片蚀面积为 158 万 km<sup>2</sup>，其中：红壤为 70 万 km<sup>2</sup>，黑土为 88 万 km<sup>2</sup>；沟蚀 4 万 km<sup>2</sup>；坡麓侵蚀为 13 万 km<sup>2</sup>。泥石流严重。土壤侵蚀量 53.3 亿 t，其中输移入海 20.5 亿 t，沉积在水库 4.8 亿 t。全国进行了 31 条河流，总流域面积达 75 万 km<sup>2</sup> 的水土保持规划。</p>
日本	<p>国土总面积 36.9 万 km<sup>2</sup>，其中 3/4 是海拔 2000—3000m 的陡峻山地。农田为 426.7 万 ha；森林为 2500 万 ha，覆盖率达 68%。由于火山、地震、降水丰沛等原因，泥石流普遍发生。年土壤流失量约为 2 亿 t。日本重视依法防治，1896 年通过《砂防法》、《森林法》和《河川法》，合称治水三法；1960 年又颁布《治山治水紧急措施法》，并根据多年实践建立和发展了《砂防工学》(SABO) 学科。</p>
奥地利	<p>国土总面积 8.4 万 km<sup>2</sup>，其中 2/3 国土是山地，阿尔卑斯山区占国土的 1/3。奥地利把小于 100km<sup>2</sup>，具有侵蚀地貌单元的流域称为荒溪，荒溪内山洪、泥石流危害严重。全国有荒溪 4338 条。1882—1883 年连续发生严重的山洪及泥石流灾害，1884 年通过《荒溪治理法》，目前全国有 30 个荒溪治理站，140 名荒溪治理工程师。</p>

中国 960 万 km<sup>2</sup> 的国土上，根据建国初期调查，水力侵蚀显著面积约 150 万 km<sup>2</sup>，沙漠及风蚀严重的沙化面积约 130 万 km<sup>2</sup>。土壤侵蚀总量每年约 50 亿 t，入海泥沙年平均约 19.4 亿 t。

表 1-8 中国土壤侵蚀类型区略表<sup>(3)</sup>

(一)	西北、华北北部和东北西部，以风蚀为主。它包括沙漠、半干旱区的沙地和戈壁。
(二)	青藏高原及其它现代冰川活动的高山（海拔在 4500m 以上），以融冻侵蚀为主。
(三)	<p>低山、丘陵、高原，以水力侵蚀为主，可分为四个亚区：</p> <p>(1) 黄土高原区：这是世界上黄土分布最广，发育最典型的地区；也是我国水土流失最严重的地区。水土流失面积约 43 万 km<sup>2</sup>。</p> <p>黄土高原形成的地质地理背景：第四纪时期的早、中两更新世晚期，使陕甘宁盆地堆积了 100—200 多 m 厚的黄土，第四纪以来，本区新构造运动表现为整体的间歇式抬升，盆地便成为黄土高原。高原形成后，在喜马拉雅山运动末期，本区地面又长期处于振荡式运动中。黄土高原的近代侵蚀，乃是继承古水文网进而发展成现代网络状的河流系统。</p> <p>黄土高原的土壤侵蚀类型区划：根据 1955 年《黄河规划技经报告》：以地形地貌和水土流失程度为主要因素拟定的区划，可分为：①高地草原区；②土石山区；③石质山岭林区；④黄土丘陵林区；⑤冲积平原区；⑥干燥草原区；⑦风沙区；⑧黄土阶地区；⑨黄土高原沟壑区；⑩黄土丘陵沟壑区等十个区，其中黄土丘陵沟壑区又分为 I—V 五个副区。</p> <p>基本地貌单元：分割黄土高原的，除干支河谷外，是无数的支毛沟，而土壤侵蚀的发生发展，是以沟道小流域为基本单元进行的，以现代谷缘线为界，将地面分为沟间地 (inter gullied land) 和沟谷地 (gullied land) 两种地貌单元。</p> <p>谷缘线以上的称沟间地，又称正向地貌，主要是塬、梁、峁。现代流水侵蚀的一般趋向是将塬分割成梁、梁分割成峁。塬——是在较平坦的古地面上由黄土堆积成的高原面。大面积的完整塬，如泾河流域的董志塬、洛河流域的洛川塬即是典型。在大面积塬的周围，由于沟谷的向塬侵蚀，常形成长条形的黄土平顶梁，又称破碎塬。梁——长条形的黄土丘陵。峁——平面图形呈穹形或近似圆形的丘陵。</p> <p>谷缘线以下的称沟谷地，又称负向地貌。从总体看，黄土高原是近代构造上的上升区，大多数河谷深切，近代河流以深向侵蚀为主。黄土高原局部构造下降地区，例如渭、汾河谷，有巨大的沉积物。沟谷分类有：河沟、干沟、冲沟。</p>
(2)	<p>南方山地丘陵区（花岗岩、紫色页岩及红土岗地）：广泛分布着红壤及黄壤，它是我国热带和亚热带地区的地带性土壤，其范围大致是长江以南，横断山以东（包括闽、赣、湘、粤、桂、台、滇、贵等省和浙、皖、鄂、川省的大部或一部分）。此外有石灰土、紫色土等。在高温、高湿条件下，土壤矿物质强烈风化，例如广东德庆风化壳可达数十米至近百米。该地区降雨量大而集中，加以地形破碎，地表植被覆盖差，水土流失剧烈。水土流失面积达 46 万 km<sup>2</sup>，其中严重流失面积 27 万 km<sup>2</sup>。</p>
(3)	<p>北方山地丘陵（土石山区）：水土流失面积 54 万 km<sup>2</sup>。地质构造复杂，可分为：①片麻岩区；②二岩及白云岩区；③砂页岩区；④黄土区。本区的太行山区，据各地的具志记载，在宋元直至清初，曾是森林密布，清水长流。但由于掠夺性利用土地及战争破坏，至 1949 年时，太行山区森林覆盖率仅 2—6%。</p>
(4)	<p>东北低山丘陵及漫岗丘陵区：水土流失面积 10 万 km<sup>2</sup>。本区漫川漫岗区地势，大致由东北向西南倾斜，具有明显的台块，因被沟谷切割，呈波状起伏。一般拗谷宽 300—500m，坡度大都在 5° 以下，坡长 300—800m。拗谷与岗地相间是本区地貌的重要景观。</p>



表 1-9 有关国家输沙模数图的概况表<sup>(4)</sup>

国家	数据来源	产沙模数及其说明
南斯拉夫	1952—1956, 16 个站, 12 条河流	50—100t / km <sup>2</sup>
罗马尼亚	1952—1967, 202 个站, 大部分站系列 7—12 年.	阿尔卑斯山脉产沙量 > 1000t / km <sup>2</sup> (极值 > 2500t / km <sup>2</sup> ); 喀尔巴阡山脉 100—250t / km <sup>2</sup> ; 低地 < 50t / km <sup>2</sup> .
意大利	70 个站, 70 条河	大部分地方 < 500t / km <sup>2</sup> ; 个别处 > 2500t / km <sup>2</sup> .
苏联	1200 个站	大部分地区年产沙量 < 5t / km <sup>2</sup> ; 帕米尔及高加索年产沙量 > 2500t / km <sup>2</sup> (最高), 但其面积甚少.
加拿大	1961—1970, 120 个站, 4—10 年记录	最大产沙量 > 350t / km <sup>2</sup> (在冰碛山区).
日本	水库资料	全国年均值是 1243t / km <sup>2</sup> ; 高的产沙量是在日本的中央高地, 日本南部的西部区域, 2600—13000t / km <sup>2</sup> ; 最高自然侵蚀是 26500t / km <sup>2</sup> , 位于日本北部的准高山及高山区.
美国	集水区 < 160km <sup>2</sup> 的水库调查	东北部分 210—350t / km <sup>2</sup> · a; 东南部分 1930t / km <sup>2</sup> · a; 南部 220—1110t / km <sup>2</sup> · a; 最高值为 5940t / km <sup>2</sup> · a; 中部 130—260t / km <sup>2</sup> · a 其中高值区 1060t / km <sup>2</sup> ; 北部 130—210t / km <sup>2</sup> · a; 西部 60—630t / km <sup>2</sup> · a.