

全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 水土保持学概论

吴发启 主编



中国农业出版社



全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 水土保持学概论

吴发启 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

水土保持学概论/吴发启主编. —北京: 中国农业出版社, 2003.7

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-08392-6

I. 水... II. 吴... III. 水土保持-高等学校-教材 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 057642 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 毛志强

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 18.25

字数: 318 千字

定价: 24.40 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 前 言

《水土保持学概论》是一本全国高等农业院校“十五”规划教材。

水土保持是一门既古老而又年轻的应用技术学科。因此，在教材的编写中，我们始终按照“十五”规划教材的精神和 21 世纪人才培养模式的要求，力求在较为系统地反映该学科内涵、外延和发展趋势的基础上，实现基本教材内容与新知识、新成果、新成就和新技术的融合，达到造就“厚基础、强能力、高素质、广适应”的创造性专门人才的目的。

《水土保持学概论》共分 11 章，包括绪论、水土保持基本原理、水土保持技术措施、水土保持规划、土地利用规划、农村产业结构调整、水土保持管理及评价和水土保持研究方法等内容。由西北农林科技大学、山东农业大学、福建农林大学、华南农业大学、青海大学和云南农业大学共同编写而成。各章分工如下：

绪论、第一章，吴发启；第二章，黄炎和、王健、吴发启；第三章，余建新、张胜利；第四章，李凯荣、杨芳；第五章，吴发启、王健；第六章，杨玉盛、李凯荣；第七章，卢瑛；第八章，杨吉华、张永涛、吴发启；第九章，杨文杰；第十章，常庆瑞、张青峰；第十一章，吴发启、张忠潮、王健。书稿在李凯荣初审的基础上，吴发启进行了修改统稿，刘秉正教授担任该书主审。

本教材编写过程中，引用了一些作者的研究成果和资料，在此谨向他们表示诚挚的感谢！

编 者

2003 年 8 月

于西北农林科技大学

# 目 录

前言

<b>绪论</b> .....	1
一、水土保持学研究的对象、内容与特点 .....	1
二、水土保持在国民经济建设中的地位和作用 .....	2
三、水土保持的兴起与发展 .....	5
<b>主要参考文献</b> .....	7
<b>第一章 水土保持基本原理</b> .....	8
<b>第一节 水土流失带性规律</b> .....	8
一、自然地理环境的地域分异规律 .....	8
二、土壤侵蚀的地理分布 .....	11
<b>第二节 水、沙平衡原理</b> .....	13
一、水量平衡 .....	13
二、容许土壤流失量 .....	16
三、冲淤平衡 .....	18
<b>第三节 生态系统平衡原理</b> .....	19
一、生态系统 .....	19
二、生态系统平衡 .....	21
三、生态经济系统及平衡 .....	22
四、受损生态系统的恢复 .....	24
<b>第四节 景观生态学原理</b> .....	24
<b>第五节 环境保护与可持续发展</b> .....	25
一、生物多样性保护 .....	25
二、可持续发展 .....	27
<b>主要参考文献</b> .....	29

<b>第二章 土壤侵蚀的基本特征</b> .....	31
<b>第一节 水力侵蚀</b> .....	31
一、水力作用 .....	31
二、水力侵蚀的分类与分级 .....	35
三、水力侵蚀的影响因素 .....	38
<b>第二节 风力侵蚀</b> .....	47
一、风力作用 .....	47
二、风蚀强度分级及影响因素 .....	51
三、风蚀与沙质荒漠化 .....	53
<b>第三节 重力侵蚀</b> .....	55
一、边坡破坏作用 .....	55
二、重力侵蚀分类 .....	59
三、重力侵蚀的影响因素 .....	60
<b>第四节 混合侵蚀</b> .....	61
一、泥石流的形成 .....	61
二、泥石流发生的特点 .....	62
三、影响泥石流发育的因素 .....	63
四、泥石流的分类 .....	64
<b>主要参考文献</b> .....	65
<b>第三章 水土保持工程措施</b> .....	67
<b>第一节 水土保持工程措施概述</b> .....	67
一、水土保持工程措施的类型和特点 .....	67
二、水土保持工程的作用 .....	68
<b>第二节 坡面治理工程规划和设计</b> .....	68
一、坡面治理工程规划 .....	68
二、坡面治理工程设计 .....	69
<b>第三节 沟壑治理工程规划和设计</b> .....	78
一、谷坊工程设计 .....	78
二、淤地坝工程设计 .....	81
三、小型水库工程 .....	83
<b>第四节 工程治沙措施</b> .....	87
一、机械沙障固沙 .....	87

二、化学固沙 .....	89
主要参考文献 .....	90
<b>第四章 水土保持生物措施</b> .....	<b>91</b>
第一节 水土保持生物措施概述 .....	91
一、水土保持林草措施的种类 .....	91
二、水土保持林草措施的作用 .....	93
第二节 水土保持林规划设计与造林技术 .....	96
一、水土保持林规划设计 .....	96
二、水土保持造林技术 .....	98
第三节 农田防护林规划与经营 .....	99
一、农田防护林的规划设计 .....	99
二、农田防护林的营造与管理技术 .....	100
第四节 生物固沙技术 .....	101
一、流动沙丘固沙造林技术 .....	101
二、绿洲防护林体系营造技术 .....	102
三、沙漠沙源带封沙育草保护技术 .....	103
第五节 水土保持种草 .....	104
一、草种的选择与配置 .....	104
二、种植技术 .....	106
三、草地管理与开发 .....	109
主要参考文献 .....	111
<b>第五章 水土保持农业技术措施</b> .....	<b>112</b>
第一节 水土保持农业技术措施的特征及发展 .....	112
一、以改变小地形增加地面糙率为主的农业技术措施 .....	112
二、增加植物被覆为主的耕作措施 .....	113
三、改善土壤物理性状的耕作措施 .....	115
四、水土保持耕作措施的进展 .....	116
第二节 水土保持农业技术措施的作用 .....	117
一、农业技术措施与水土流失的关系 .....	117
二、农业技术措施与农作物产量的关系 .....	120
主要参考文献 .....	120

<b>第六章 水土保持规划</b> .....	121
<b>第一节 水土保持规划概述</b> .....	121
一、水土保持规划的概念、作用和意义 .....	121
二、水土保持规划的指导思想和原则 .....	123
三、水土保持规划的内容与程序 .....	125
<b>第二节 水土保持综合调查</b> .....	127
一、自然条件调查 .....	127
二、自然资源调查 .....	129
三、社会经济条件调查 .....	131
四、水土流失调查 .....	133
五、水土保持现状调查 .....	135
<b>第三节 水土保持综合防治措施配置及治理模式设计</b> .....	136
一、综合防治措施配置 .....	136
二、治理模式设计 .....	141
<b>主要参考文献</b> .....	144
<b>第七章 土地利用规划与设计</b> .....	146
<b>第一节 土地类型及土地利用类型</b> .....	146
一、土地类型及其划分 .....	146
二、土地利用类型的划分 .....	152
<b>第二节 土地评价</b> .....	157
一、概述 .....	157
二、土地评价的基本程序与方法 .....	159
<b>第三节 土地利用规划</b> .....	165
一、土地利用规划的类型 .....	165
二、土地利用总体规划 .....	166
三、土地利用专项规划 .....	169
四、土地利用规划设计 .....	170
<b>第四节 土地生态设计</b> .....	171
一、土地生态设计的含义 .....	171
二、土地生态设计的原则 .....	172
三、土地生态设计的研究实例.....	173
<b>主要参考文献</b> .....	177



<b>第八章 水土保持效益估算与评价</b> .....	178
<b>第一节 水土保持效益计算</b> .....	179
一、蓄水保土效益计算 .....	179
二、经济效益计算 .....	180
三、社会效益计算 .....	182
四、生态效益计算 .....	185
五、经济分析 .....	188
<b>第二节 流域综合治理评价</b> .....	189
一、评价指标体系的构建 .....	189
二、评价指标的计算方法 .....	190
三、评价的方法 .....	194
四、评价实例 .....	197
<b>主要参考文献</b> .....	200
<b>第九章 农村产业结构调整</b> .....	201
<b>第一节 产业结构概述</b> .....	201
一、产业结构的概念 .....	201
二、产业结构的划分 .....	201
三、产业结构调整的意义 .....	202
<b>第二节 农村产业结构调整</b> .....	203
一、农村产业结构的内容及特点 .....	203
二、农村产业结构及其变化 .....	203
三、农村产业结构调整方向 .....	205
<b>第三节 农业产业结构调整</b> .....	209
一、农业生产结构变化情况 .....	210
二、我国农业产业结构存在的主要问题 .....	211
三、农业产业结构调整的方向 .....	213
<b>主要参考文献</b> .....	215
<b>第十章 水土保持动态监测与管理</b> .....	216
<b>第一节 水土保持动态监测的原则、内容和方法</b> .....	216
一、水土保持监测的作用 .....	216
二、水土保持监测的原则 .....	216

三、水土保持监测的内容与方法 .....	217
四、中国水土保持监测建设方向 .....	219
五、开发水土流失预报模型 .....	220
第二节 水土保持信息系统概述 .....	220
一、地理信息系统基本概念 .....	221
二、水土保持信息系统的构成 .....	222
三、水土保持信息系统设计与建立 .....	225
四、系统数据库建立 .....	231
第三节 水土保持动态监测信息系统 .....	234
一、水土保持监测网络信息系统 .....	234
二、水土保持动态监测信息子系统 .....	237
第四节 水土保持管理信息系统 .....	240
一、基础信息管理子系统 .....	240
二、规划子系统 .....	242
三、效益评价子系统 .....	245
主要参考文献 .....	245
<b>第十一章 水土保持研究方法</b> .....	<b>246</b>
第一节 水土流失调查研究 .....	246
一、水文法 .....	246
二、淤积法 .....	246
三、测针法 .....	248
四、地貌学方法 .....	249
第二节 径流测验研究 .....	251
一、坡地水土流失规律研究 .....	251
二、集水区或小流域水土流失规律研究 .....	253
第三节 水土保持措施试验研究 .....	258
一、水土保持农业措施试验 .....	258
二、水土保持林业措施试验 .....	259
三、水土保持牧草措施试验 .....	261
四、水土保持工程措施试验 .....	264
第四节 模拟实验研究 .....	268
一、雨滴观测 .....	268
二、降雨模拟 .....	269

三、溅蚀研究 .....	270
第五节 风蚀研究 .....	272
一、风蚀调查 .....	272
二、沙丘移动速度及风蚀强度测定 .....	272
三、跃移、悬浮沙的收集与测定 .....	273
四、风洞模拟实验 .....	274
主要参考文献 .....	275

# 绪 论

## 一、水土保持学研究的对象、内容与特点

### (一) 水土保持学的研究对象和内容

《中国农业百科全书·水利卷》对水土保持学的定义是：研究水土流失形式、发生的原因和规律，阐明水土保持的基本原理；据以制定规划和运用措施，防治水土流失，保护、改良和合理利用水土资源，维护和提高土地生产力；为发展农业生产，治理江河与风沙、建立良好的生态环境服务的一门应用技术科学。这个定义决定了水土保持学的主要研究对象是地壳表层的水和土。水和土是人类赖以生存的基本物质，是发展农业生产的基本要素。可见，水土保持学在国民经济建设中具有十分重要的作用和意义。

由水土保持学的根本任务和当前学科发展状况来看，它的基本研究内容可归纳为以下几个方面：

(1) 研究水土流失的形式、分布和危害。即研究地表土壤及其母质、基岩受水力、风力、重力、冻融和化学等作用所产生的侵蚀形式，以及被侵蚀物质的搬运、堆积形式及危害；研究径流的形成与损失过程；研究水土流失的分布情况，包括水土流失类型区的自然特点和水土流失特征；研究水土流失对国民经济，包括对农业生产、江河湖泊、工矿企业、水陆交通、城镇居民安全以及生态环境等方面的危害。

(2) 研究水土流失规律和水土保持原理。即研究在不同气候、地形、地质、土壤、植被等多种自然因素综合作用下，水土流失产生和发展的规律，以及人类活动因素在水土流失和水土保持中的作用。

(3) 研究水土流失、水土资源调查和评价的方法及水土保持区划；研究合理利用土地，组织和运用工程、林草、农业耕作等措施保持水土、发展农业生产的规划原则与方法。

(4) 研究综合治理措施及效益评价。

### (二) 水土保持的特点

水土保持 (soil and water conservation) 是集农、林、水、牧、地理、土壤、经济学等学科之大成而形成的一门新兴学科, 因此, 其特点主要体现在以下 3 个方面:

1. 综合 水土保持的综合性特点是由水土流失的原因所决定的。造成水土流失的原因不仅有自然因素, 还有社会因素, 因此, 防治水土流失的措施必须是综合的, 而不是单一的。

水土保持是跨学科的, 与其他学科互相渗透、互相影响、互相吸收。但不能把多学科渗透的内容与某一学科等同。

水土保持是一项复杂的系统工程, 应该以生态学观点、系统工程方法, 在治理区因害设防, 综合配置各种措施, 措施间应是互为补充, 达到高效、多功能、充分而合理利用水土资源, 将水土流失减少到最低限度, 从而使土地生产力达到最好的水平。因此, 其任务的完成, 往往是要通过多个部门的联合攻来实现。

2. 监督 监督、预防水土流失是水土保持的又一个特点。水土流失的形成除与自然因素有关外, 还与社会因素关系密切, 特别是现代加速侵蚀, 多起因于人类对土地的不合理利用。因此, 预防人为造成新的水土流失是监督的主要任务。

监督从要建设工程设计审批阶段开始, 负责审批与水土保持有关的生产建设项目中的水土保持方案。此外, 还必须建立监测站进行监测, 以便掌握水土流失发展的趋势, 提出合理的防治对策。

3. 效益 水土保持的第三个特点是不仅具有生态效益和社会效益, 更重要的是有经济效益。现阶段, 在水土流失治理中, 人们常将经济效益寓于治理措施之中, 选择生态效益与经济效益兼优的措施。特别是要把小流域建成为发展商品生产的基地, 就是在保持水土的同时, 培育再生资源 and 增加资源量, 并使资源得到永续利用。

## 二、水土保持在国民经济建设中的地位和作用

水土流失 (soil and water loss) 是世界上的主要灾害之一, 它破坏土地资源, 造成生产力衰退和淤积; 耗损有限水资源, 形成干旱、洪涝等灾害, 引起生态环境恶化, 严重地威胁着人类的生存和发展, 危及到国民经济的各个部门, 成为各国普遍关注的问题。因此, 水土保持在国民经济建设中具有重要地位和不可替代的作用。

### (一) 水土流失状况

水土流失, 无论发展中国家还是发达国家都不同程度地存在着这一问题,

且有向继续恶化的方向发展的趋势，特别在热带雨林地区和干旱、半干旱地区更是如此。据联合国粮农组织估算，全世界约有 2 500 万 km<sup>2</sup> 土地遭受水土流失，占陆地总面积的 16.7%，每年流失土壤 260 亿 t（表绪-1 和绪-2）。这些泥沙输入河道、湖泊、水库、港口，给防洪、灌溉、发电、航运等都带来极为不利的后果，更为严重的是非点源污染（non-point pollution）给人类生存带来的无穷后患。

表绪-1 世界水土流失状况

国家及地区	水土流失面积		每年平均土壤流失量 (亿 t)	泥沙来源			
	万 km <sup>2</sup>	占陆地面积 (%)		农地 (%)	沟道、河岸 (%)	林地、城市、道路 (%)	牧场、草地 (%)
全世界	2 500	16.7	260				
美国	427	45.6	50	40	25	25	10
澳大利亚	260	33.8	9				
日本	31	85.0	3				
前苏联			25				
印度	175	53.4	60				
中国	356	38.2	50				

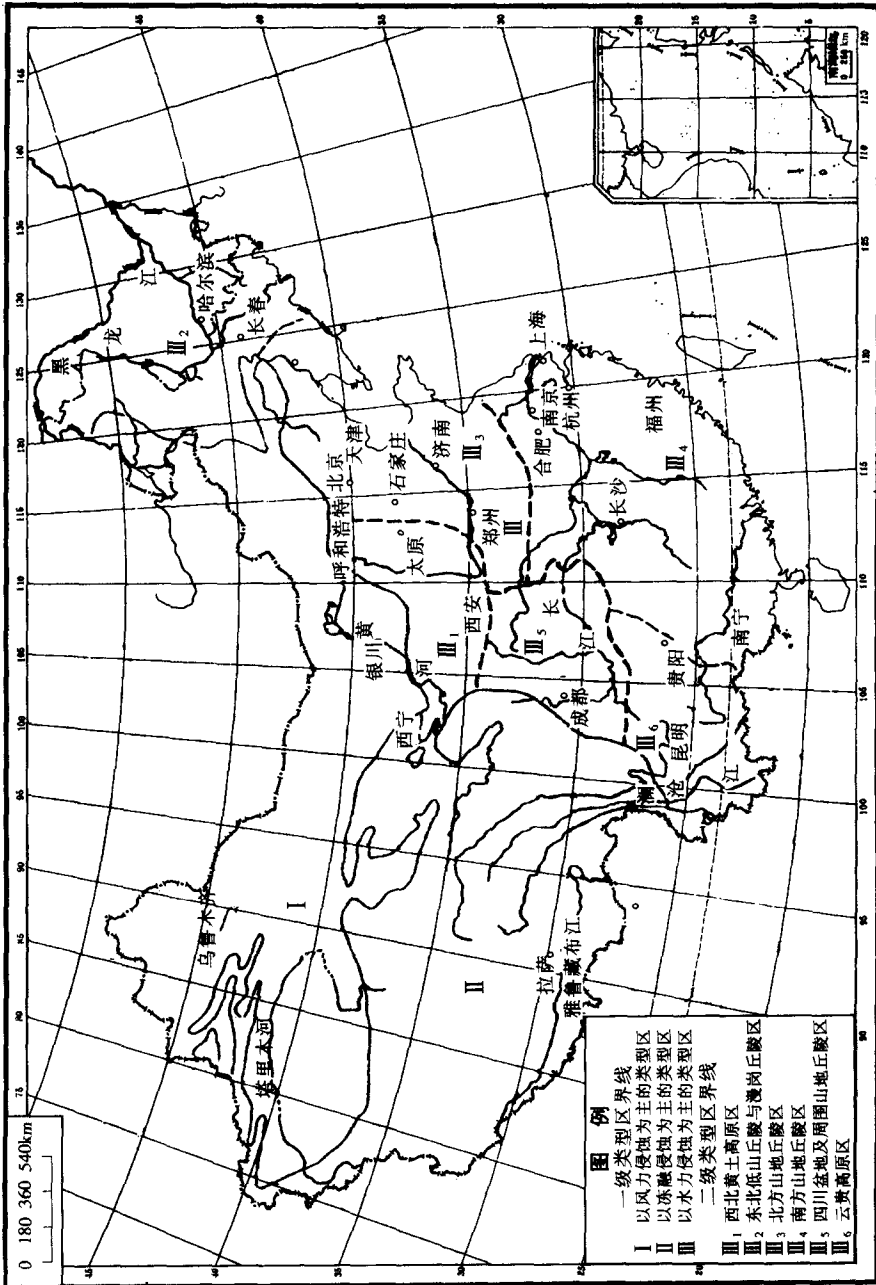
我国是世界上水土流失最为严重的国家之一，侵蚀遍及全国，而且强度高、成因复杂、危害严重。据全国第二次水土流失遥感调查，20 世纪 90 年代末全国水土流失总面积 356 万 km<sup>2</sup>，其中：水蚀面积 165 万 km<sup>2</sup>，风蚀面积 191 万 km<sup>2</sup>。水蚀中，轻度侵蚀 83 万 km<sup>2</sup>，中度侵蚀 55 万 km<sup>2</sup>，强度侵蚀 18 万 km<sup>2</sup>，极强度侵蚀 6 万 km<sup>2</sup>，剧烈侵蚀 3 万 km<sup>2</sup>；而风蚀分别为 79 万 km<sup>2</sup>、25 万 km<sup>2</sup>、27 万 km<sup>2</sup> 和 35 万 km<sup>2</sup>。

表绪-2 世界农地表土过度侵蚀估算

国 家	总农地面积 (亿 hm <sup>2</sup> )	过度土壤流失 (亿 t)
美 国	1.652	16.80
前苏联	2.480	25.00
印 度	1.384	52.00
中 国	0.980	40.00
小 计	6.496	133.80
世界其他国家	5.996	123.50
总 计	12.492	257.30

## (二) 我国水土流失类型分区

水土流失类型分区是水土保持的基础工作之一。



图籍-1 中国水土流失类型分区图

按水土流失成因,我国可划为三大水土流失类型区,即新疆、甘肃河西走廊、青海柴达木盆地,以及宁夏、陕北、内蒙古、东北西部等地的风沙区,是风力侵蚀为主的类型区,其中风力侵蚀最为严重的沙漠及沙地,面积达109.5万 $\text{km}^2$ ;青藏高原和新疆、甘肃、四川、云南等地分布有现代冰川的高原、高山,是冻融侵蚀为主的另一个类型区,其中现代冰川面积约5.865万 $\text{km}^2$ ;其余的所有山地丘陵地区,则以水力侵蚀为主的第三个类型区,其中水力侵蚀严重的面积,约有150万 $\text{km}^2$ ,见图绪-1。水力侵蚀又可进一步划分为西北黄土高原、东北低山丘陵和漫岗丘陵、北方山地丘陵、南方山地丘陵、四川盆地及周围山地丘陵、云贵高原6个二级区。

我国水土保持历史悠久,新中国成立后,采取了一系列重大行动,取得了巨大的成效。进入21世纪后,水土保持仍然面临着严峻挑战,一是水土流失面积大,防治任务艰巨。目前仍有近200万 $\text{km}^2$ 水土流失面积需要治理,按照目前的防治速度,需要近半个世纪的时间才能得到初步治理。二是水土流失强度大,生态环境恶化的趋势尚未得到遏制。三是边治理边破坏的现象仍然存在,对水土资源和生态环境造成巨大压力。因此,必须充分认识防治水土流失的紧迫性、艰巨性和长期性,需要按照党中央和国务院的战略部署,全面规划,因地制宜,综合防治,采取切实可行的对策和措施,加快水土流失防治步伐。

### 三、水土保持的兴起与发展

#### (一) 国外水土保持与研究

1. 前苏联 前苏联的水土保持始于18世纪中叶。1753年M.B.罗蒙洛索夫(M.B. Ломоросв)首次提到暴雨引起溅蚀及对农业生产的影响。进入19世纪,开展了土壤侵蚀调查,编绘了部分区域面蚀、沟蚀分布图。1856年,A.Ц.格罗西尔—托尔斯多(A.Ц. гроссул - толстлй)首次在图上注明侵蚀土壤及产量降低,研究其对生产力的影响。19世纪末,B.B.道库恰耶夫(B.B. Докучаев)等一批学者,在侵蚀研究基础上,提出防止侵蚀和干旱的措施,其中在缓坡耕地修筑软埝以拦蓄融雪水又不妨碍耕作的措施,被推广到很多国家。1923年成立了世界第一个土壤保持试验站——诺沃西里试验站(1923),从事侵蚀与防治研究。1936年举行第一次土壤侵蚀问题学术讨论会。20世纪30年代末,道库恰耶夫土壤研究所土壤保持研究室主任索波列夫(C. С. соболев)为综合防治侵蚀作出重要贡献,出版了《土壤侵蚀及其防治》(1957)、《土壤保持》(1964)等著作。50年代后,阿尔曼德(ц. п. АрманД)、拉斯拉夫斯基(M. Н. заслвский)深入研究侵蚀机理、面蚀和沟蚀发展规律、不同侵蚀强度对土壤肥力影响等,并完善径流小区测验装置,创造了面蚀、沟



蚀新的调查方法、成图方法，测定了改良土壤、植被覆盖及工程措施的综合效益。1967年以后，全国有200多个科研单位从事侵蚀及综合治理研究。这期间在侵蚀研究方法上有很大改进，制订了评定土壤侵蚀危险性的方法、侵蚀土壤制图方法、水土保持措施效益评价方法，使研究逐步规范化，研究的深度和广度均有长足发展。

2. 美国 1929—1942年是美国土壤侵蚀研究的黄金时代。在第一任水土保持局长贝内特博士(H. H. Bennett)的积极支持下，美国设立了19个水土保持试验站，研究降雨强度、历时、季节分配和土壤可蚀性关系，坡度、作物覆盖及土地利用和侵蚀的相互关系等；同时，米德尔顿(H. E. Middleton)用测定土壤理化性质来测定土壤可蚀性；霍登(R. E. Horton)从水文学观点建立了土壤入渗能力概念和方程。1935年后，尼尔(J. H. Neal)、津格(A. W. Zingg)、史密斯(D. D. Smith)等人开始雨滴溅蚀机制研究。1940年，劳斯(J. O. Laws)完成降雨过程溅蚀研究。1944年，埃利森(Ellison)完成了雨滴溅蚀的分析研究，揭示了溅蚀的本质。富雷(E. E. Free)开展风蚀研究。

近期，美国土壤保持的应用研究主要是：①研制评估、预测和监测土地生产能力和土地资源变化的新技术和系统；②提供为改良、保护和恢复农业用地生产能力的技术；③合理利用水资源的先进管理制度及应用技术；④优化土地资源管理而需要的综合利用土、水、气资源技术和系统。基础理论研究集中在下列6个方面：①控制雨滴和水流剥蚀及输移的原理、水流中泥沙沉积原理；②将控制剥蚀、输移及沉积的原理变化能用于生产实践的数学模型；③研究土壤侵蚀预报的新方法和评估水土保持措施效益的新方法；④新的侵蚀控制概念的评价和野外试验；⑤侵蚀对土地生产力和对土地利用的影响经济后果的研究；⑥综合性完整的水土保持生产体系建立理论。

## (二) 中国水土保持与发展

我国水土保持历史悠久，已有三四千年的历史。公元前10世纪西周时期，就有“平治水土”之说。战国时期有“土返其宅，水归其壑”的理论。秦汉以后，水土流失日趋严重，《汉书·沟洫志》中记有“一石水而六斗泥”，张戎明确指出河流泥沙淤积是黄河决溢的原因。宋、元时期，坡耕地上修筑梯田已十分广泛。明、清时期出现了著名的水土保持思想和理论，有明周用的“使天下人人治田，则人人治河”的思想，水利专家徐贞明的“治水先治源”的理论，清胡定的“汰沙澄源”方略等。

20世纪20年代末，我国在四川、甘肃、陕西等地建立水土流失试验观测小区，开始积累水土流失和水土保持资料。

新中国成立后，党和政府十分重视水土保持工作，从1952年起开始组织