

水土保持与荒漠化 防治实践教程

张洪江 主编

现象 知识 理论 方法
Phenomenon, Knowledge, Theory, and Measurement



科学出版社

水土保持与荒漠化防治实践教程

张洪江 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本教程包括水土保持与荒漠化防治专业人才培养方案中所确定的土壤侵蚀原理、水文与水资源学、风沙物理学、水土保持工程学、荒漠化防治工程学、林业生态工程学 6 门主要课程实习实验内容和专业综合教学实习与毕业论文(设计)的基本过程和相关要求。

本教程适用于水土保持与荒漠化防治专业本科人才培养过程中的实践教学环节,同时也适用于自然保护与环境生态类专业及相关专业大学高年级本科生、研究生学习使用,还可作为从事水土保持与荒漠化防治、土地利用、国土整治、环境保护等方面科学研究和教学人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水土保持与荒漠化防治实践教程/张洪江主编. —北京:科学出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-03-038452-2

I. ①水… II. ①张… III. ①水土保持教材 ②土地-沙漠化-防治-教材
IV. ①S157 ②F301.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 202124 号

责任编辑:杨 红 / 责任校对:李 影
责任印制:阎 磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 8 月第一次印刷 印张:15

字数:394 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《水土保持与荒漠化防治实践教程》

编写委员会

主 编 张洪江

副主编 王玉杰 程金花

编 委(以姓氏汉语拼音为序)

陈奇伯 程金花 丁国栋 高 永 史东梅

孙保平 王百田 王秀茹 王燕俊 王玉杰

王云琦 吴发启 张成梁 张光灿 张洪江

张建军

学术秘书 王燕俊

参编单位 北京林业大学

内蒙古农业大学

西北农林科技大学

西南林业大学

山东农业大学

西南大学

轻工业环境保护研究所

序

今天欣慰地看到《水土保持与荒漠化防治实践教程》正式出版。该书是以北京林业大学教师为主、联合我国多所高等院校水土保持与荒漠化防治专业教学一线教师共同编著完成的,是多年教学实践经验的积淀。在教育部新颁布的专业建设规范框架内,该书归纳总结了自 20 世纪 50 年代以来,6 门主要课程(土壤侵蚀原理、水文与水资源学、风沙物理学、水土保持工程学、荒漠化防治工程学、林业生态工程学)的室内实验和野外实习、专业综合教学实习和毕业论文(设计)实践环节的教学目的、内容和方法等。该书的出版填补了我国水土保持与荒漠化防治专业实践教学用书的空白,它将使实践教学环节的内容更加系统和完善,同时对进一步推动和规范水土保持与荒漠化专业的实践教学环节、强化学生综合实践能力训练等,将起到积极的推动作用,实在可喜可贺。

该书主编北京林业大学张洪江教授,从事水土保持与荒漠化防治专业的教学和科学研究 30 余年,做出了突出成绩,获得北京市教学名师称号。他主讲的“土壤侵蚀原理”课程分别被评为北京市级和国家级精品课程,主编出版了面向 21 世纪课程教材、普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《土壤侵蚀原理》,还编译出版了北京市高等教育精品教材立项项目、中英文双语教材《土壤侵蚀》(张洪江等编译,科学出版社,2012)。《土壤侵蚀原理》、《土壤侵蚀》与本教程一道,为“土壤侵蚀原理”课程构成了一套不可多得的、较为完整的、适用于室内和室外不同教学环节的配套教学用书,其在教学方面所付出的辛勤劳动与获得的成就值得赞誉。

在大学本科人才培养质量持续提升中,实践教学是验证学生所学课堂知识、提高动手能力、培养独立思考和创新精神等的重要教学环节之一。在科学道路上大量实践活动凝结上升为理论,理论又可以指导生产实践,实践又是检验理论的客观标准。该教程编著者们为之所付出的艰辛劳动,定会在教学过程中发挥出其巨大的作用。

目前全国有北京林业大学、西北农林科技大学、内蒙古农业大学、山西农业大学、山东农业大学、西南农业大学、西南林业大学等近 30 所院校设立了水土保持与荒漠化防治专业,还有些学校虽未开办水土保持与荒漠化防治专业,但设有水土保持与荒漠化防治学科培养硕士和博士研究生,或者在相关本科专业开设水土保持与荒漠化防治方面的课程。相信该书的出版对推动我国高等教育水土保持与荒漠化防治专业本科生的实践教学、研究生培养及相关专业的人才培养均会起到较大的促进作用。

由于我国地质、地形及气候等自然条件的差异,不同区域的主要土壤侵蚀类型、土壤侵蚀形式等不尽相同。多数学校在长期教学实践中,为适应所在区域的环境和水土流失特点,形成了各自的教学特点。该实践教程既具备了水土保持与荒漠化防治专业实践的普遍性,又考虑到不同区域的特殊性,能够满足不同学校水土保持与荒漠化防治专业实践教学环节需求,是一本很好的实践教学指导用书。

中国工程院院士 北京林业大学教授



2013 年 5 月

前 言

我国是世界上水土流失与荒漠化危害最为严重的国家之一,国家对水土流失与荒漠化防治等生态环境问题给予了高度重视,并将其列为中国生态环境建设规划的核心内容之一。在信息化、网络化以及经济全球化的大背景下,必须重新审视高等院校本科水土保持与荒漠化防治专业的内涵和发展方向,紧跟社会发展步伐和国家对水土保持与荒漠化防治人才高素质的需求,培养特色鲜明、竞争力强的高素质本科专业人才。

无论从国家宏观发展战略、还是从区域重大工程布局与建设等方面看,21世纪社会发展对水土保持与荒漠化防治人才的数量和质量需求都在不断地增长。水土保持与荒漠化防治专业是实践性很强的专业,所培养的学生不仅要具有扎实的理论基础,同时还要具有较强的创新思想和动手能力,实践教学环节内容与方法在培养学生实践与创新能力等方面,起着十分重要和不可替代的作用。

全国有近30所高等院校设有水土保持与荒漠化防治专业,有超过30个高等院校和科研院所招收水土保持与荒漠化防治学科硕士和博士研究生。目前水土保持与荒漠化防治方面的课堂教学用书已日趋完善和成熟,但在全国范围内,尚没有规范性的实践教学环节指导用书。

本教程主要内容为我国普通高等教育水土保持与荒漠化防治专业人才培养方案中所确定的土壤侵蚀原理、水文与水资源学、风沙物理学、水土保持工程学、荒漠化防治工程学和林业生态工程学6门主要课程的实践教学目的、内容和方法等,同时还吸纳了全国主要高等院校水土保持与荒漠化防治专业综合教学实习和毕业论文(设计)的基本过程和相关要求。目的是按我国水土保持与荒漠化防治专业人才培养中的实践教学环节设置及其内容要求,为学生提供一本较为系统而全面的实践教学参考用书,以不断提高学生的动手和实践能力。

本教程基本上包括了全国主要高等院校水土保持与荒漠化防治专业主要课程、综合教学实习、毕业论文(设计)等实践教学环节所进行的室内试验、野外实习和现场教学等内容。有关院校在使用过程中,可根据当地水土保持与生态环境建设需求、本单位学科优势与教学特色进行相关内容的调整或增减,根据具体安排的实验课时、使用者所在单位实验室条件、交通状况和经费投入等情况,选择其中部分或全部内容,有些内容也可作为学生自学或相关教学内容的补充。

本教程由北京市教学名师、北京林业大学张洪江教授主编,第1章主笔人为北京林业大学程金花副教授,参加编写的有北京林业大学张洪江教授;第2章主笔人为北京林业大学张建军教授,参加编写的有西北农林科技大学吴发启教授;第3章主笔人为北京林业大学丁国栋教授,参加编写的有内蒙古农业大学高永教授;第4章主笔人为西南大学史东梅教授,参加编写的有北京林业大学王秀茹教授;第5章主笔人为内蒙古农业大学高永教授,参加编写的有北京林业大学孙保平教授;第6章主笔人为山东农业大学张光灿教授,参加编写的有北京林业大学王百田教授;第7章主笔人为西南林业大学陈奇伯教授,参加编写的有北京林业大学王玉杰教授、程金花副教授和王云琦副教授、轻工业环境保护研究所张成梁研究员;第8章主笔人为北京林业大学张洪江教授和王玉杰教授,参加编写的有西南林业大学陈奇伯教授、内蒙古农业大学高永教授、西北农林科技大学吴发启教授、西南大学史东梅教授等;本教程学术秘书为北京

林业大学王燕俊讲师;全书由北京林业大学张洪江教授统稿。

除以上直接参与编写的人员外,西北农林科技大学王健、王进鑫和张胜利,辽宁工程技术大学吴刚博士,内蒙古农业大学蒙仲举、郑松洲、黄雅茹和马迎宾,山东农业大学董志和李红丽等也直接或间接地为本教程编写提供了基本素材或资料,在此向他们表示诚挚的谢意。

实践教学环节贯穿于高等教育教学计划的整个过程,本教程各章节编排顺序主要是参照我国大多数院校的水土保持与荒漠化防治专业人才培养方案中的课程设置顺序,即依次为专业基础课程、专业课程、专业综合教学实习和毕业论文(设计)。

本教程得以及时脱稿和正式出版,凝聚了太多人的支持和帮助,在此一并表示感谢:首先要感谢中国工程院院士、北京林业大学教授尹伟伦先生在百忙之中审阅书稿,并欣然为本书作序。还要感谢北京林业大学教务处于志明处长、张戎副处长对本书在申报北京林业大学“十二五”教材立项中所给予的支持。同时还要感谢我国水土保持与荒漠化防治专业的前辈、有关院校教务管理者、北京林业大学水土保持学院的各位同仁,是他们长期的教学实践与教学管理过程的积累,才成就了本教程。借此机会还要对在本书编写过程中给予鼎力相助的北京林业大学水土保持学院的王立平先生、张宇清副教授和弓成博士等表示诚挚的谢意,也要特别感谢科学出版社的赵峰先生对本教程的选题立项及出版所付出的辛勤劳动。还要感谢为本书进行校对的北京林业大学丛月硕士、进行图面清绘的王贤博士和罗藤硕士。

本书是根据水土保持与荒漠化防治专业本科生实践教学环节需求而编写的,对于“土壤侵蚀原理”这门课程而言,与目前室内教学环节所使用的面向 21 世纪课程教材、普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《土壤侵蚀原理》(张洪江主编),以及北京市高等教育精品教材立项项目、中英文双语教材《土壤侵蚀》(张洪江等编译)一并构成了“土壤侵蚀原理”课程室内外不同教学环节的系列教材。

虽然本教程编者付出了大量精力和时间,但其中不足之处在所难免。恳请各位同仁提出批评指正和修改建议,以期本教程内容和质量不断完善与提高。

本教程具有较强的实践性和针对性,主要适用于水土保持与荒漠化防治专业本科人才培养过程中的实践教学环节,同时也适用于自然保护与环境生态类专业及相关专业大学高年级本科生、研究生学习使用,还可作为从事水土保持与荒漠化防治、土地利用、国土整治、环境保护等方面的科学研究和教学人员的参考用书。

北京林业大学教授

张洪江

2013年5月

目 录

序

前言

第 1 章 土壤侵蚀原理	1
1.1 不同粒径沙粒休止角测定	1
1.2 室内人工模拟降雨侵蚀实验	3
1.3 不同粒径泥沙起动流速	9
1.4 山洪和泥石流调查与分析.....	14
1.5 黄土地区土壤侵蚀形式调查.....	17
1.6 几种植物郁闭度的测定.....	20
1.7 不同枯落物糙率系数室内实验.....	23
第 2 章 水文与水资源学	28
2.1 降水量测定.....	28
2.2 林内降雨量测定.....	31
2.3 树干流测定.....	34
2.4 坡面地表径流流速测定.....	37
2.5 土壤稳渗速率测定.....	39
2.6 土壤含水量测定.....	42
2.7 土壤容重和孔隙度测定.....	45
2.8 植物蒸散量测定.....	48
2.9 坡面地表径流量和土壤侵蚀量测定.....	50
2.10 小流域径流泥沙观测	54
2.11 水文站参观	59
第 3 章 风沙物理学	61
3.1 风沙土机械组成测定.....	61
3.2 风沙土物理性质测定.....	69
3.3 风洞法测定沙粒起动风速.....	71
3.4 风速廓线观测.....	73
3.5 地表粗糙度测定.....	75
3.6 输沙量观测.....	78
3.7 风沙流结构特征.....	80
3.8 地表风蚀与堆积观测.....	82
第 4 章 水土保持工程学	84
4.1 土粒比重实验.....	84
4.2 直剪实验.....	86
4.3 载荷实验.....	90

4.4	土的击实实验	93
4.5	几种常见挡墙稳定性实验	97
4.6	坡改梯工程调查与分析	101
4.7	坡面水系工程设计	102
4.8	小Ⅱ型水库工程调查与设计	105
4.9	植物固坡工程调查与分析	106
4.10	开发建设项目拦渣工程调查与分析	107
第5章	荒漠化防治工程学	109
5.1	沙地土壤含水量测定	109
5.2	沙障设置与固阻沙效应	111
5.3	区域性土地荒漠化现状调查与分析	116
5.4	荒漠化地区防护林效益观测与分析	120
5.5	遥感图像目视解译技术	121
5.6	沙丘移动观测	124
第6章	林业生态工程学	129
6.1	人工成林特征调查	129
6.2	林木生长过程调查	137
6.3	林木根系状况调查	142
6.4	森林生物量调查	145
6.5	林地枯落物持水量测定	148
6.6	林带疏透度测定	151
6.7	林带透风系数测定	152
6.8	林带防风效能测定	153
6.9	造林地立地条件调查	154
6.10	林业生态工程规划与设计	157
第7章	专业综合教学实习	160
7.1	专业综合教学实习概述	160
7.2	小流域土壤侵蚀规律调查与识别	161
7.3	小流域水土流失综合防治措施调查分析	163
7.4	开发建设项目水土保持调查分析	166
7.5	水土保持规划设计	168
7.6	水土保持监测	172
7.7	森林小气候观测	176
7.8	土壤野外调查	182
7.9	植物种类及其生态学特征	184
第8章	毕业论文(设计)	197
8.1	专业培养素质和能力要求	197
8.2	毕业论文(设计)作用	198
8.3	毕业论文(设计)选题	200
8.4	毕业论文(设计)准备	203

8.5 开题报告编写	204
8.6 试(实)验方案拟订与实施	205
8.7 毕业论文(设计)撰写	207
8.8 毕业论文(设计)的组织管理	211
8.9 毕业论文(设计)考核	212
8.10 毕业论文(设计)答辩	214
主要参考文献	224

第1章 土壤侵蚀原理

土壤侵蚀原理课程从认知土壤侵蚀类型与形式入手,着重探讨土壤侵蚀的基本理论、土壤侵蚀发展规律,并研究土壤侵蚀防治的基本技巧。土壤侵蚀原理课程实践环节包括不同粒径沙粒休止角测定、室内人工模拟降雨侵蚀实验、不同粒径泥沙起动流速、山洪泥石流调查与分析、黄土地区土壤侵蚀形式调查、几种植物郁闭度的测定、不同枯落物糙率系数室内实验等。通过土壤侵蚀原理课程实验与实习,要求学生进一步巩固土壤侵蚀和水土流失、土壤侵蚀类型、土壤侵蚀形式及其有关的基本概念,掌握土壤侵蚀的基本理论和水力侵蚀、重力侵蚀、混合侵蚀的调查方法及其相关技能。

1.1 不同粒径沙粒休止角测定

1.1.1 实验目的

维持坡面物质稳定的力主要由四个方面组成:一是组成坡面物质的休止角;二是坡面物质间的摩擦阻力;三是坡面物质之间的黏结力;四是穿插在土体中的植物根系的固结作用力。

本实验是在排除(不考虑)后三种作用力的情况下,探讨组成坡面物质的休止角与坡面稳定之间的相关关系。

1.1.2 实验原理

沙粒的休止角大小受以下三个方面的影响。其一是随其水分含量的变化而发生变化,水分含量升高时,其休止角变小,二者呈现负相关关系;其二是沙粒的休止角受粒径大小的影响,其他条件相同时,沙粒的休止角与其粒径呈现正相关关系;其三是沙粒的休止角受沙粒形状的影响,其磨圆度较好时,沙粒的休止角较小,反之则较大,即沙粒的休止角与其磨圆度呈现负相关关系。

当组成坡面物质的休止角大于或等于坡面坡度角时,无论坡面有多长,坡面都是处于稳定状态而不会发生重力侵蚀。一般情况下几种岩石碎块和不同含水量泥沙的休止角如表 1.1 和表 1.2 所示。

表 1.1 几种岩石碎块的休止角

岩屑堆的成分	最小/(°)	最大/(°)	平均/(°)
砂岩、页岩(角砾、碎石、混有块石的亚砂土)	25	42	35
砂岩(块石、碎石、角砾)	26	40	32
砂岩(块石、碎石)	27	39	33
页岩(角砾、碎石、亚砂土)	36	43	38
石灰岩(碎石、亚砂土)	27	45	34

表 1.2 不同含水量泥沙的休止角

泥沙种类	干/(°)	很湿/(°)	水分饱和/(°)
泥	40	25	15
松软沙质黏土	40	27	20
洁净的细沙	40	27	22
紧密的细沙	45	30	25
紧密的中粒沙	45	33	27
松散的细沙	37	30	22
松散的中粒沙	37	33	25
砾石土	37	33	27

1.1.3 实验样品制备

将从野外采集的沙粒手工拣去石块,用标准土壤筛筛选得到一定粒径范围的分级沙粒,粒径组分别为 1.00~2.00mm、0.50~1.00mm、0.25~0.50mm、0.10~0.25mm 和 0.074~0.10mm,筛分后每个粒径组的泥沙重量至少为 5.0kg。

将筛分后的沙粒用清水洗掉黏附在沙粒表面的黏土,以消除实验中黏土导致的黏结力。

将洗净的每种粒径的沙粒分别放于干燥地表风干,收于小桶内备用。

1.1.4 实验用具

厚度为 3.0~5.0mm、面积为 50cm×50cm 的平板玻璃 1 块,分析化学用普通滴定试管架 1 个、玻璃漏斗 1 个、500mL 量筒 1 个、1000mL 烧杯 1 个、2.0m 钢卷尺 1 个、记录及计算用具适量(记录纸、铅笔、计算器等)。

1.1.5 实验步骤

将平板玻璃水平放在实验台上,滴定试管架安放于平板玻璃一侧,将漏斗置于试管架并使玻璃漏斗的下端与平板玻璃的垂直距离保持在 2.0cm 左右(图 1.1)。

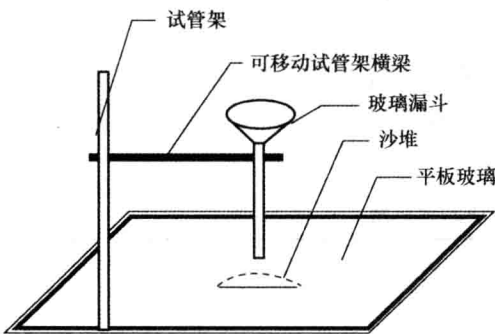


图 1.1 沙粒休止角测定装置示意图

从安置好的漏斗上部,将备好的风干沙粒(一定粒径范围内的)徐徐放下,同时进行观察。就会发现平板玻璃上的沙堆角度不断发生变化,即沙堆的半径与其高度不是成比例变化的。

在从漏斗上部不断补充沙粒的时候,应随时将安置漏斗的试管架横梁逐渐上移,以保持漏斗下部与沙堆顶部距离始终不小于 1.0cm 左右。

一边逐渐上移试管架横梁,一边继续向漏斗内加注沙粒,直至沙堆的半径与其高度比值不再发生变化,即沙堆的坡度不再发生改变为止。此时所观测到的沙堆坡度即为该粒径沙粒风干时的休止角。

观测到风干沙粒的休止角后,从漏斗上部徐徐滴入清水,就会发现原沙堆的高度逐渐降低,而其直径在不断增大,即沙堆的坡面角度在逐渐减小。再徐徐滴水并随时记录沙粒含水量

与沙堆坡面角度的变化过程。

继续滴水直至有水流从沙堆底部渗出为止,即沙堆水分含量近于饱和状态。此时沙堆的休止角为水分饱和时的休止角。

1.1.6 数据整理与分析

列表计算风干沙粒数量与沙堆坡面角度的变化过程,直至测定计算到风干沙粒的休止角为止。

列表计算沙堆含水量与不同含水量时的休止角变化过程,直至沙堆水分达到饱和时为止。

1.1.7 实验报告编写

将实验过程中观测到的现象进行描写,并分析所有数据得到特定粒径沙粒不同含水量时的休止角。

1.2 室内人工模拟降雨侵蚀实验

1.2.1 实验目的

通过本实验了解人工模拟降雨机的工作原理,掌握降雨导致的土壤侵蚀作用、降雨侵蚀的发生过程、影响降雨侵蚀量的主要因素等。

1.2.2 实验原理

降雨导致的土壤侵蚀量大小,主要取决于降雨历时、降雨强度和降雨量等,同时还受到土壤种类(不同土壤的可蚀性不同)、地面坡度、地表覆盖物种类及其覆盖物数量等多种因素的影响。

本实验室内人工模拟降雨系统,采用特定土壤(限于教学时数只能选择一种土壤),通过改变有限的因素(降雨量、降雨强度、降雨历时、地面坡度)探讨土壤侵蚀量(土壤流失量)的大小,进而通过分析实验数据得到以上因素与土壤侵蚀量的相关关系。

1.2.3 人工模拟降雨机主要参数及性能

有效降雨面积:1.5m×1.5m;雨滴发生器至地面垂直高度:2.0m;降雨强度:10~200mm/h,连续可调;雨滴直径:1.7~3.0mm;降雨历时:0~24h,自动控制;工作方式:手动、半自动、全自动三种方式任选。

1.2.4 实验物品准备

可变坡度土壤侵蚀槽 1 个(0.5m×1.5m)、供试土壤适量(1.0m³ 以上)装入土壤侵蚀槽、1000mL 量筒 10 个、1000mL 塑料瓶 30 个、塑料漏斗 30 个、20cm 定性滤纸 2 盒、烘箱 1 个、0.01g 天平 2 个、记录及计算用品适量。

1.2.5 实验设计

(1) 地面坡度设计

地面坡度分为 5°、10°、15°、20°、25°、30°和 35° 7 个坡度级。

(2) 地表覆盖物种类及覆盖量设计

地表覆盖物种类主要是指作物秸秆或林下枯落物等,用于覆盖在实验土壤表面的自然材料。按大类划分,可分为不同农作物秸秆、不同林下枯落物等。其下还可按其分解程度划分为未分解、半分解和基本上全分解等。目前有时还使用诸如无纺布、土工格网布等人工材料作为实验土壤的覆盖材料。

按实验要求,覆盖在实验土壤表面的覆盖物量可用厚度或覆盖在单位面积上的重量表示,如 cm 或 g/cm^2 等。

(3) 降雨强度设计

降雨强度分为 30mm/h、40mm/h、50mm/h、60mm/h、70mm/h、80mm/h 和 90mm/h 7 个降雨级别。

1.2.6 实验步骤

将填充有土壤样品的可变坡度土壤侵蚀槽安置于人工模拟降雨机的正下方,向人工模拟降雨机注水并调整模拟降雨机的供水阀门至降雨强度为 10mm/h 左右。

将人工模拟降雨机的工作方式置于手动方式档,开启电源使人工模拟降雨机产生降雨约 2h 时间,以使土壤侵蚀槽内的土壤样品含水量逐渐升高达到上下一致。

调节土壤侵蚀槽的倾斜程度,使实验土壤的表面坡度达到 5° 并保持这一坡度。调节模拟降雨机的供水阀门至降雨强度为 30mm/h。保持这一降雨强度约 10min 以使土壤侵蚀槽内土壤表面产生的地表径流量均匀一致。

用 1000mL 量筒从土壤侵蚀槽的集水口取含有泥沙的水样 800~1000mL 并记录所采水样体积和所经历的时间段填入表 1.3。将放好滤纸的漏斗置于塑料瓶,将含有泥沙的水样过滤备用。用同样方法连续再取水样两个,分别进行记录和过滤备用。

再分别调节模拟降雨机的供水阀门至降雨强度为 40mm/h、50mm/h、60mm/h、70mm/h、80mm/h 和 90mm/h,各保持这些降雨强度约 10min 以使土壤侵蚀槽内土壤表面产生的地表径流量均匀一致,将不同降雨强度的相关数据分别记录于表 1.3。

然后调节土壤侵蚀槽的倾斜程度,使实验土壤的土面坡度达到 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 和 35° ,重复上述实验,将相关数据分别记录于表 1.4~表 1.9。

按不同土面坡度将水样编号用铅笔分别写在过滤纸上,放入干燥箱内(烘箱温度应小于或等于 80°C)烘 5~7h 后,取出包有泥沙的过滤纸称重。扣除过滤纸重量后将泥沙重量分别记入表 1.3~表 1.9 的相关栏内。

表 1.3 坡度为 5° 时人工模拟降雨土壤侵蚀记录

水样编号	土面坡度/ $^\circ$	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]
1	5	30				
2	5	30				
3	5	30				
4	5	40				
5	5	40				
6	5	40				
7	5	50				
8	5	50				
9	5	50				

续表

水样编号	土面坡度/(°)	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[g/(m ² ·h)]
10	5	60				
11	5	60				
12	5	60				
13	5	70				
14	5	70				
15	5	70				
16	5	80				
17	5	80				
18	5	80				
19	5	90				
20	5	90				
21	5	90				

实验时间： 年 月 日

记录人：

表 1.4 坡度为 10°时人工模拟降雨土壤侵蚀记录

水样编号	土面坡度/(°)	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[g/(m ² ·h)]
1	10	30				
2	10	30				
3	10	30				
4	10	40				
5	10	40				
6	10	40				
7	10	50				
8	10	50				
9	10	50				
10	10	60				
11	10	60				
12	10	60				
13	10	70				
14	10	70				
15	10	70				
16	10	80				
17	10	80				
18	10	80				
19	10	90				
20	10	90				
21	10	90				

实验时间： 年 月 日

记录人：

表 1.5 坡度为 15°时人工模拟降雨土壤侵蚀记录

水样编号	土面坡度/(°)	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[g/(m ² ·h)]
1	15	30				
2	15	30				
3	15	30				
4	15	40				
5	15	40				
6	15	40				
7	15	50				
8	15	50				
9	15	50				
10	15	60				
11	15	60				
12	15	60				
13	15	70				
14	15	70				
15	15	70				
16	15	80				
17	15	80				
18	15	80				
19	15	90				
20	15	90				
21	15	90				

实验时间： 年 月 日

记录人：

表 1.6 坡度为 20°时人工模拟降雨土壤侵蚀记录

水样编号	土面坡度/(°)	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[g/(m ² ·h)]
1	20	30				
2	20	30				
3	20	30				
4	20	40				
5	20	40				
6	20	40				
7	20	50				
8	20	50				
9	20	50				
10	20	60				
11	20	60				
12	20	60				

续表

水样编号	土面坡度/(°)	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[g/(m ² ·h)]
13	20	70				
14	20	70				
15	20	70				
16	20	80				
17	20	80				
18	20	80				
19	20	90				
20	20	90				
21	20	90				

实验时间： 年 月 日

记录人：

表 1.7 坡度为 25°时人工模拟降雨土壤侵蚀记录

水样编号	土面坡度/(°)	降雨强度/(mm/h)	水样体积/mL	历时/min	烘干重/g	产沙量/[g/(m ² ·h)]
1	25	30				
2	25	30				
3	25	30				
4	25	40				
5	25	40				
6	25	40				
7	25	50				
8	25	50				
9	25	50				
10	25	60				
11	25	60				
12	25	60				
13	25	70				
14	25	70				
15	25	70				
16	25	80				
17	25	80				
18	25	80				
19	25	90				
20	25	90				
21	25	90				

实验时间： 年 月 日

记录人：