



普通高等教育“十二五”规划教材

# 水土保持与荒漠化 防治专业实验指导

张永涛 董 智 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

# 水土保持与荒漠化防治专业 实验指导

张永涛 董 智 主编



科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

水土保持与荒漠化防治专业涉及面广,可以安排的实验教学内容众多。本书循着水土流失的影响因子这条主线,对本科实验教学中常见的可操作性强的实验进行分类,分为气象因子类实验、植被因子类实验、土壤因子类实验、水文因子类实验、综合因子类实验。实验内容紧密结合教学大纲,基本涵盖了水土保持与荒漠化防治专业基础课、专业课常见的实验项目。本书的特点是打破课程界限,按水土流失影响因子对实验进行分类,可以加深学生对该因子的认识,可为学生在实验、实习和毕业论文设计时按照因子模块选择专业研究方向提供较好的指导。

本书主要服务于水土保持专业本科生实验教学,也可供研究生、科研工作者和相关行业人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

水土保持与荒漠化防治专业实验指导/张永涛,董智主编. —北京:科学出版社, 2016

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-048759-9

I. ①水… II. ①张… ②董… 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(2016)第 131739 号

责任编辑:吴美丽 / 责任校对:贾伟娟

责任印制:张 伟 / 封面设计:铭轩堂

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>

北京科印技术咨询服务公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 10 月第二次印刷 印张:10

字数:240 000

定价:39.80 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专业实验指导》

## 编写委员会

**主 编：**张永涛（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

董 智（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

**副 主 编：**刘 霞（南京林业大学）

李红丽（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

张荣华（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

**其他编委：**张光灿（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

杨吉华（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

高 鹏（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

张淑勇（山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室）

牛 勇（山东农业大学）

丁修堂（山东农业大学）

李海福（沈阳农业大学）

左合君（内蒙古农业大学）

# 前 言

中国是世界上水土流失最为严重的国家之一，水土流失面积大、范围广、危害严重，水土流失已经成为限制社会经济可持续发展的关键因素，并得到了人们越来越多的关注。影响水土流失的因素复杂多样，需要采取综合治理措施才能解决水土流失问题。这就决定了水土保持与荒漠化防治是一门综合性、实践性、应用性很强的学科。它涉及面广，涵盖农、林、水、气象、土壤、工程、规划、法律等多个学科的相关内容。该专业既要求学生有综合运用理论知识的能力，更要求学生有较高的实践动手能力，只有切实把实践教学放到突出的位置才能更好地提高实践能力。为了实现这一培养目标，结合水土保持与荒漠化防治专业人才培养的特点，特编写了本实验指导。

本书从影响水土流失的环境要素出发，主要内容包括气象因子类实验、植被因子类实验、土壤因子类实验、水文因子类实验、综合因子类实验等。由于可以安排的实验教学内容众多，为了突出重点，在撰写过程中重点考虑了实验方法的实用性和可操作性，选取了在水土保持与荒漠化防治专业应用广泛、有代表性、紧密贴近教学大纲的实验内容，基本涵盖了专业基础课、专业课常见的实验项目。本书的特点是打破了课程界限，按水土流失影响因子对实验进行分类，可以加深学生对不同影响因子的认识，在学生毕业实习、考研选择研究模块和研究方向时，能起到较好的指导作用。不同读者在使用本书的过程中，可根据当地水土保持的工作特点对相关内容进行选择、调整或增减。

本书主编单位为山东农业大学、山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室，参编单位有南京林业大学、沈阳农业大学、内蒙古农业大学。全书由上述单位多位教师分工合作共同编写而成，是集体智慧的结晶。在本书得以顺利出版之际，对所有参加编写的单位和老师深表谢意。

本书由山东省特色名校工程建设专项经费资助，承蒙山东农业大学和科学出版社的筹划和指导，参照了多所高校水土保持与荒漠化防治专业的人才培养方案，参考和引用了众多专家学者的专业教材、研究成果和相关资料，限于体例，有些未能一一注明。在此，谨向有关作者和单位致以诚挚的谢意！向所有关心、支持和帮助本书出版的单位和人士表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在一些不足、遗漏甚至错误之处，真诚希望广大读者给予批评指正。

编 者

2016年3月

# 目 录

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第 1 章 气象因子类实验     | 1  |
| 1.1 降水量测定         | 1  |
| 1.2 林内降雨量测定       | 5  |
| 1.3 树干流测定         | 8  |
| 1.4 人工模拟降雨        | 11 |
| 1.5 风速风向观测        | 18 |
| 1.6 风信资料的整理       | 20 |
| 1.7 起沙风速的测定       | 23 |
| 1.8 风蚀地表粗糙度的观测    | 24 |
| 1.9 小气候观测         | 25 |
| 第 2 章 植被因子类实验     | 31 |
| 2.1 植物种采集与鉴定      | 31 |
| 2.2 植被调查          | 33 |
| 2.3 水土保持林标准地调查    | 37 |
| 2.4 植物根系测定        | 47 |
| 2.5 森林枯枝落叶层水容量的测定 | 48 |
| 2.6 森林生物量调查       | 50 |
| 2.7 植物蒸散量测定       | 53 |
| 2.8 林带透风系数的测定     | 56 |
| 2.9 林带疏透度的测定      | 57 |
| 2.10 林带防风效能的测定    | 58 |
| 2.11 林带改善小气候效应测定  | 59 |
| 第 3 章 土壤因子类实验     | 61 |
| 3.1 土壤水分的测定       | 61 |
| 3.2 土壤透水性的测定      | 63 |
| 3.3 几种主要土壤物理性质的测定 | 66 |
| 3.4 土壤质地的测定       | 69 |
| 3.5 土壤团聚体组成的测定    | 75 |
| 3.6 不同粒径沙粒休止角测定   | 77 |
| 3.7 土壤可蚀性测定       | 79 |
| 3.8 土壤抗蚀性测定       | 83 |
| 3.9 土壤抗冲性测定       | 85 |
| 3.10 土壤水稳性团粒组成测定  | 88 |
| 3.11 沙物质粒度测定与分析   | 89 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 3.12 风沙土机械组成测定 .....      | 90         |
| 3.13 输沙量的观测 .....         | 98         |
| 3.14 小流域土壤侵蚀强度调查 .....    | 100        |
| <b>第4章 水文因子类实验 .....</b>  | <b>103</b> |
| 4.1 坡面径流流速测定 .....        | 103        |
| 4.2 面蚀观测与调查 .....         | 105        |
| 4.3 坡面细沟侵蚀调查 .....        | 107        |
| 4.4 径流小区径流量、泥沙量的测定 .....  | 108        |
| 4.5 集水区径流泥沙观测 .....       | 112        |
| 4.6 小流域径流泥沙观测 .....       | 114        |
| 4.7 水文站参观 .....           | 118        |
| 4.8 水文资料整编 .....          | 120        |
| <b>第5章 综合因子类实验 .....</b>  | <b>126</b> |
| 5.1 小流域水土保持监测 .....       | 126        |
| 5.2 土地利用现状调查 .....        | 129        |
| 5.3 小流域水土流失综合防治措施调查 ..... | 132        |
| 5.4 开发建设项目水土保持调查 .....    | 135        |
| 5.5 遥感图像目视解译实践 .....      | 136        |
| 5.6 数据编辑与修改 .....         | 139        |
| 5.7 空间数据查找与空间分析 .....     | 142        |
| 5.8 栅格数据矢量化 .....         | 146        |
| 5.9 地图创建、整饰与输出 .....      | 148        |

# 第 1 章 气象因子类实验

## 1.1 降水量测定

降水是大气中的水以液态或固态的形式到达地面的现象，一定时间内降落在某一面积上的水量为降水量，常用毫米表示。

### 1.1.1 实验目的

通过本实验，使学生认识使用不同种类雨量计测定降雨量和降雪量的方法，并掌握降水数据的整理与分析。

### 1.1.2 实验原理

将雨量筒承雨口接收的水量（体积）与其面积的比值称为降雨量。直接用量筒承雨口接收水量的雨量筒称为标准雨量筒。将承雨口接收的雨水导入一定直径的容器，根据容器中水位的变化计算降雨量的仪器称为虹吸式雨量计。将承雨口接收的雨水导入体积一定的翻斗，翻斗蓄满后自动倾倒，并记录翻斗倾倒次数，根据翻斗倾倒次数计算雨量的仪器称为翻斗式雨量计。

降雪量指单位面积上的雪化为水的厚度，通过测定雪的厚度和雪的容重计算降雪量。

### 1.1.3 实验仪器

#### 1. 雨量器

雨量器是直接观测降水量的器具。它是一个圆柱形金属筒，由承雨器、漏斗、储水瓶和雨量杯组成，如图 1-1 所示。承雨器口径为 20cm，安装时器口一般距地面 70cm，筒口保持水平。雨量器下部放储水瓶收集雨水。观测时将雨量器里的储水瓶迅速取出，换上空的储水瓶，然后用特制的雨量杯测定储水瓶中收集的雨水，精确到 0.1mm。当降雪时，仅用外筒作为承雪器具，待雪融化后计算降水量。

用雨量器观测降水量的方法一般是采用分段定时观测，即把一天分成几个等长度的时段，如分成 4 段（每段 6h）或分成 8 段（每段 3h）等，分段数目根据需求和可能而定。一般采用 2 段制进行观测，即每日 8:00 及 20:00 各观测一次，雨季时增加观测段次，雨量小时还需加测。日雨量是以每天上午 8:00 作为分界，将本日 8:00 至翌

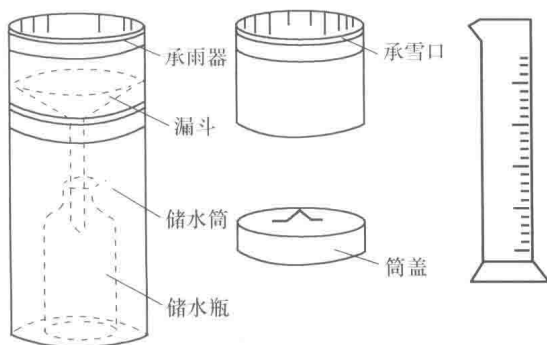


图 1-1 雨量器示意图

日 8:00 的降水量作为本日的降水量。

2. 自记雨量计

自记雨量计是观测降雨过程的自记仪器。常用的自记雨量计有 3 种类型：称重式、虹吸式（浮子式）和翻斗式（图 1-2）。称重式能够测量各种类型的降水，其余两种基本上只限于观测降雨。雨量计按记录周期分，有日记、周记、月记和年记。在传递方式上，已研制出有线远传和无线远传（遥测）的雨量计。

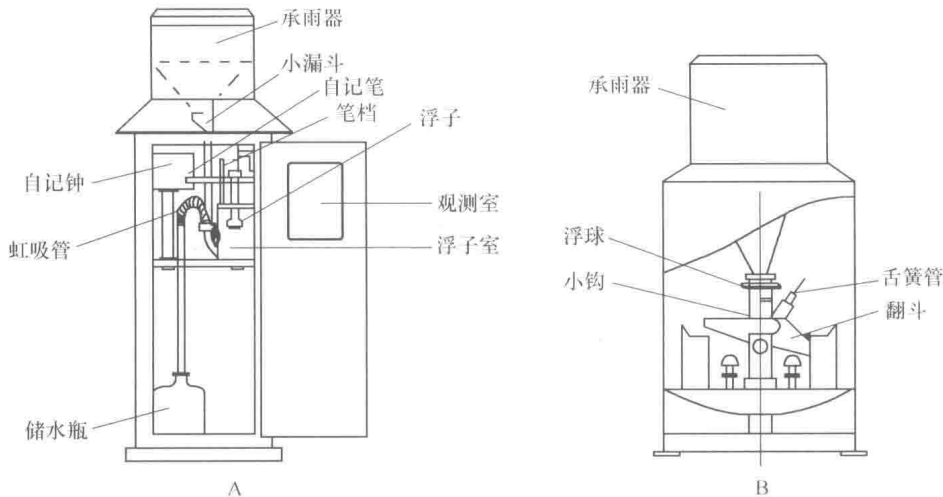


图 1-2 虹吸式自记雨量计（A）与翻斗式自记雨量计（B）示意图

3. 其他仪器、用具

实验仪器包括标准雨量筒、翻斗式自记雨量计、虹吸式自记雨量计；实验用具主要有专用量雨杯、钢尺、量筒、水平尺、笔记本电脑等，以及人工模拟降雨器或喷壶等。

1.1.4 实验步骤

1. 降雨量测定

（1）标准雨量筒的安装。选择地势平坦、开阔的地段作为雨量筒的安装地点，面积要求  $4\text{m} \times 4\text{m}$ ；用铁锹挖  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$  的坑，将标准雨量筒的支架埋入坑内，将标准雨量筒放入支架内；雨量筒的承雨口距地面高度为  $70\text{cm}$ ，安装时要求使用水平尺检查雨量筒的承雨口是否水平，如果承雨口不水平，调整支架使承雨口保持水平。

（2）自记雨量计的安装。选择地势平坦、开阔的地段作为雨量筒的安装地点，面积要求  $4\text{m} \times 4\text{m}$ ，在安装地点事先用混凝土预制  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 15\text{cm}$  的水泥板，水泥板上预先布设 3 个地脚螺丝，将自记雨量计安装在地脚螺丝上，调整地脚螺丝，使雨量计底座保持水平状态。安装时可以将水平尺放在雨量计的承雨口上检验雨量计是否水平。

（3）标准雨量筒的观测。标准雨量筒安装后打开承雨口上的盖子进行雨量观测。每次降雨后将雨量筒的承雨口卸下，取出储水器，将储水器中的水倒入专用量雨杯测量降雨量。使用量雨杯读数时视线与水面凹面最低处平齐，精确到  $0.1\text{mm}$ 。如果储水器中的水较多，可以分多次用量雨杯测定，将每次测定的数值相加就是该次降雨的雨量（表 1-1）。

表 1-1 标准雨量筒观测降雨记录汇总表

|       |        |                     |  |
|-------|--------|---------------------|--|
| 观测仪器  |        | 安装地点                |  |
| 安装点坐标 |        | 海拔/m                |  |
| 观测员   |        | 观测时间                |  |
| 日期    | 降雨量/mm | 总降雨量/mm             |  |
| 年月日   |        | 降雨天数/天              |  |
| 年月日   |        | 日最大降雨量/mm           |  |
| 年月日   |        | 日最小降雨量/mm           |  |
| 年月日   |        | 0~5mm 的降雨量合计/mm     |  |
| 年月日   |        | 5~10mm 的降雨量合计/mm    |  |
| ..... |        | 10~25mm 的降雨量合计/mm   |  |
| ..... |        | 25~50mm 的降雨量合计/mm   |  |
| ..... |        | 50~100mm 的降雨量合计/mm  |  |
| 年月日   |        | 100~200mm 的降雨量合计/mm |  |
| 合计/mm |        | 200mm 以上的降雨量合计/mm   |  |

（4）翻斗式雨量计观测。翻斗式雨量计安装后用连接线将雨量计的数据采集器与笔记本电脑连接，使用专用软件设定数据如采集器的日期、时间、数据记录间隔、数据记录方式、数据存满后的处理方式等。设置好后断开与电脑的连接，自记雨量计开始自动观测。降雨后或一定时间后将雨量计的数据采集器中的数据清零，开始下一轮观测。下载到电脑中的数据用 Excel 表打开，在 Excel 表中整理和摘录降雨开始时间及结束时间、降雨量、降雨过程等降雨指标，并绘制降雨过程线。

在实验过程中如果没有降雨，可以用人工降雨器模拟降雨过程。如果没有人工降雨器可以用 500mL 的量筒取 300mL 清水装入喷壶，以每分钟 5mL 左右的速度将清水缓缓倒入承雨口（模拟降雨过程），并开始计时，直至将 500mL 清水全部喷入承雨口时计时结束，并记录喷水所用时间  $T$ 。如果使用的是标准雨量筒，喷水结束后打开雨量筒，取出储水器，将储水器中的水倒入专用量雨杯测量降雨量（应该是 9.55mm），使用量雨杯读数时视线与水面凹面最低处平齐，读至量雨杯的最小刻度。如果使用的是翻斗式自记雨量计，喷水结束后将雨量计的数据存储器与笔记本电脑连接，用专用软件从雨量计数据采集器中下载数据，并用 Excel 表打开记录，在 Excel 表中观测降雨开始时间和结束时间、降雨过程数据以及总降雨量（应该是 9.55mm）。

2. 降雪量测定

在观测场地内选择平整地面，直接用钢尺插入积雪中测定积雪厚度  $H$ （单位为 mm），在不同地点重复观测 5 次以上。同时在每个观测点采用 100mL 的取雪器取雪样，装入塑料袋。在室内让雪样融化后用量筒测定雪水量  $V$ （单位为 mL）或直接利用天平称重雪水，再利用积雪厚度  $H$  的平均值和 100mL 积雪的水量  $V$  的平均值计算出降雪量  $R_s$ （单位为 mm）： $R_s=HV/10$ 。

1.1.5 数据整理与分析

1. 自记雨量计的数据整理与分析

如果观测的是天然降雨，可以直接在 Excel 表中统计降雨开始时间、降雨结束时间、降雨历时、平均降雨强度、5min 最大降雨强度、10min 最大降雨强度、30min 最大降雨强度、60min 最大降雨强度以及降雨过程线（表 1-2）。

表 1-2 自记雨量计观测场降雨记录表

|        |        |                         |  |
|--------|--------|-------------------------|--|
| 观测仪器   |        | 安装地点                    |  |
| 安装点坐标  |        | 海拔/m                    |  |
| 观测员    |        | 观测时间                    |  |
| 原始数据记录 |        | 汇总数据                    |  |
| 日期与时间  | 降雨量/mm | 场降雨量/mm                 |  |
| 年月日时分  |        | 降雨开始时间                  |  |
| 年月日时分  |        | 降雨结束时间                  |  |
| 年月日时分  |        | 降雨历时/min                |  |
| 年月日时分  |        | 平均降雨强度/( mm/min )       |  |
| 年月日时分  |        | 5min 最大降雨强度/( mm/min )  |  |
| .....  |        | 10min 最大降雨强度/( mm/min ) |  |
| .....  |        | 30min 最大降雨强度/( mm/min ) |  |
| .....  |        | 60min 最大降雨强度/( mm/min ) |  |
| 年月日时分  |        |                         |  |
| 合计/mm  |        |                         |  |

标准雨量筒的数据整理与分析：如果使用的是标准雨量筒，用专用量雨杯测量出的数值即为降雨量。每次记录降雨量日期和降雨量。观测一定时间后，整理日降雨量、月降雨量、场降雨量、最大日降雨量、最大场降雨量等。

2. 降雪量的数据整理

计算出平均积雪厚度、平均降雪量（表 1-3）。

表 1-3 降雪记录表

|       |        |      |         |       |        |
|-------|--------|------|---------|-------|--------|
| 观测员   | 观测时间   |      |         |       |        |
| 日期与时间 | 积雪深/mm | 取样编号 | 取样体积/mL | 雪水重/g | 降雪量/mm |
| 年月日时分 |        |      |         |       |        |
| 年月日时分 |        |      |         |       |        |
| 年月日时分 |        |      |         |       |        |
| 年月日时分 |        |      |         |       |        |

续表

| 日期与时间 | 积雪深/mm | 取样编号 | 取样体积/mL | 雪水重/g | 降雪量/mm |
|-------|--------|------|---------|-------|--------|
| 年月日时分 |        |      |         |       |        |
| ..... |        |      |         |       |        |
| ..... |        |      |         |       |        |
| ..... |        |      |         |       |        |
| 年月日时分 |        |      |         |       |        |
| 合计/mm |        |      |         |       |        |

1.1.6 实验报告

实验报告的内容包括两方面：一方面为观测仪器安装说明，另一方面为降水统计表。

观测仪器安装说明包括：安装地点的名称与坐标、周围环境说明、观测场平面图、仪器安装高度、仪器型号、精度等。

降雨统计表包括：降雨日期、降雨开始时间、降雨结束时间、降雨历时、降雨量、平均降雨强度、10min 最大降雨强度、30min 最大降雨强度、60min 最大降雨强度、降雨过程线。

降雪统计表包括：降雪时间、降雪厚度、降雪密度、降雪量。

1.2 林内降雨量测定

林内降雨量是指降雨过程中直接从枝叶空隙中降落地面的雨量与从枝叶上掉落到地面的雨量之和。由于林冠枝叶以及枝叶空隙的空间分布极不均匀，林内降雨的分布也不均匀，因此，林内降雨量的测定必须增大雨量器的承雨面积或增加林内雨量器的数量。增大雨量器承雨面积主要采用承雨槽法，增加林内雨量器数量常用网格法。

1.2.1 实验目的

林内降雨是计算林冠截留量的主要依据，林内降雨直接参与地表径流的形成，更是林地土壤水分的主要来源，因此林内降雨的测定是水文与水资源学中必须掌握的内容。本实验的主要目的是使学生认识林内降雨测定的主要仪器承雨槽、掌握量水计的实验原理和使用方法、掌握林内降雨的主要测定方法和林内降雨数据的整理与分析方法。

1.2.2 实验原理

降落到林冠上方的降雨，在林冠的作用下，一部分降雨穿过林冠空隙直接降落到地面，称为穿透降雨。一部分降落在树枝和树叶上后再降落到地面，称为滴下降雨。还有一部分经树枝汇集到树干后沿树干流到地面，称为树干流。林内降雨包括穿透降雨和滴下降雨两部分，测定林内降雨就是测定穿透降雨与滴下降雨之和。采用承雨槽测定林内

降雨时, 承雨槽接收的水量与承雨槽面积的比值即为林内降雨量。采用网格法测定林内降雨时, 各个雨量计测定的雨量平均值就是林内降雨量。

### 1.2.3 实验仪器

(1) 实验用的仪器为雨量计、量水计、压力式水位计、承雨槽等。

量水计的实验原理与翻斗式雨量计相同, 但翻斗的体积更大, 一般为 100~500mL。

量水计内一般安装有计数器和计时器, 记录翻斗倾倒的次数和时间, 根据翻斗倾倒的次数计算流入量水计的水量。

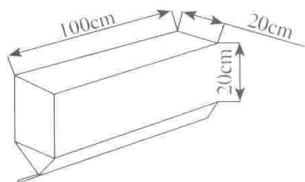


图 1-3 承雨槽示意图

承雨槽为 100cm×20cm×20cm 的铁皮槽, 铁皮槽厚 1mm 左右(图 1-3)。承雨槽的断面形状可以为任何规则的几何形状, 如正方形、圆形等, 在选择承雨槽形状时以计算面积和加工较简单为行为原则。

(2) 其他实验仪器及用具。实验过程中需要使用的工具包括铁锹、镰刀、钢钎、榔头、软管、塑料桶、喷壶、直尺、量筒、测坡器、手持罗盘、GPS 定位仪、笔记本电脑等。

### 1.2.4 实验步骤

#### 承雨槽法观测林内降雨

(1) 仪器安装。在观测林地内选择能够代表林冠平均覆盖状况的地段安装承雨槽。承雨槽可以沿等高线布设, 也可以沿坡面布设, 布设时需要让承雨槽保持一定的倾斜角度, 以保证承雨槽接收的林内降雨能够及时流到塑料桶或量水计中。将承雨槽用钢钎固定在地面, 或用架子架在空中。承雨槽必须安装牢固, 以防倾倒。将承雨槽出口水用塑料袋软管连接到塑料桶中或直接导入量水计中, 塑料桶的体积要能容纳承雨槽收集的一次降雨所产生的全部雨量。安装好后用测坡器测定承雨槽与水平面的夹角。如果用塑料桶进行测定, 塑料桶必须有盖, 以防止雨水直接进入塑料桶而影响测量结果。

(2) 人工观测。将承雨槽中接收的雨水通过排水孔导入塑料桶中保存, 降雨后进行人工测定。测定时将塑料桶中收集的雨水倒入 1000mL 的量筒直接测定体积, 并记录降雨日期和测定日期。也可以将塑料桶放在一个水平台上, 用钢尺测定水深, 根据塑料桶的底面积计算出塑料桶中水的体积(用积水深度乘以塑料桶的底面积)。如果在塑料桶内放置一个压力式水位计, 也可以实现自动观测, 即每次降雨后将压力式水位计取出, 与笔记本电脑连接, 读取水位变化数据, 利用某一时刻水位数据乘以塑料桶底面积, 便可得出该时刻为止林内的降雨量(因压力式水位计测定的数据受大气压力的影响, 可以用直尺测定的塑料桶内水位值对压力式水位计的测定值进行校正)。

(3) 自动观测。如果将承雨槽的排水孔通过塑料软管与量水计连接, 降雨时承雨槽接收的林内降雨便可以用量水计自动观测。仪器安装好后用专用软件对量水计进行设置, 设置内容包括日期、时间、数据记录间隔、仪器编号、观测地点等基本信息。林内降雨观测设施开始工作后, 每隔一定时间或每次降雨后将量水计与笔记本电脑连接, 下载量水计中的观测记录, 用 Excel 表格或专用软件打开观测记录, 整理林内降雨开始时间、

降雨结束时间、林内降雨强度、林内降雨量、林内降雨历时等各项观测指标。

实验过程中如无降雨，可以采用人工模拟降雨，即在喷壶中装满清水，用喷壶在承雨槽上方人工模拟林内降雨，并记录开始时间和结束时间。人工观测塑料桶中水位随时间的变化或用压力式水位计记录塑料桶中水位变化，利用水位和塑料桶底面积计算出由承雨槽汇集的水量（表 1-4 和表 1-5）。

表 1-4 承雨器法测林内降雨人工实验原理原始记录表

|                     |   |                         |   |                 |   |                       |  |                     |  |        |  |
|---------------------|---|-------------------------|---|-----------------|---|-----------------------|--|---------------------|--|--------|--|
| 林分类型                |   | 密度/(株/hm <sup>2</sup> ) |   | 林龄/年            |   | 地点                    |  | 坐标                  |  |        |  |
| 树高/m                |   | 胸径/cm                   |   | 郁闭度/%           |   | 承雨器面积/cm <sup>2</sup> |  | 承雨器个数               |  | 坡度/(°) |  |
| 林外降雨量/mm            |   | 降雨历时/min                |   | 平均降雨强度/(mm/min) |   | 5min 降雨强度/(mm/min)    |  | 10min 降雨强度/(mm/min) |  |        |  |
| 30min 降雨强度/(mm/min) |   | 60min 降雨强度/(mm/min)     |   | 林内雨量/mm         |   |                       |  | 透雨率/%               |  |        |  |
| 承雨器编号               | 1 | 2                       | 3 | 4               | 5 | 6                     |  | 平均                  |  |        |  |
| 测定雨量/mm             | Σ |                         |   |                 |   |                       |  |                     |  |        |  |
| 林内降雨量/mm            |   |                         |   |                 |   |                       |  |                     |  |        |  |

降雨日期: \_\_\_\_\_ 观测员: \_\_\_\_\_

表 1-5 承雨器法测林内降雨自动测定记录表

|                     |  |                         |  |                 |  |                       |  |                     |  |        |  |
|---------------------|--|-------------------------|--|-----------------|--|-----------------------|--|---------------------|--|--------|--|
| 林分类型                |  | 密度/(株/hm <sup>2</sup> ) |  | 林龄/年            |  | 地点                    |  | 坐标                  |  |        |  |
| 树高/m                |  | 胸径/cm                   |  | 郁闭度/%           |  | 承雨器面积/cm <sup>2</sup> |  | 承雨器个数               |  | 坡度/(°) |  |
| 林外降雨量/mm            |  | 降雨历时/min                |  | 平均降雨强度/(mm/min) |  | 5min 降雨强度/(mm/min)    |  | 10min 降雨强度/(mm/min) |  |        |  |
| 30min 降雨强度/(mm/min) |  | 60min 降雨强度/(mm/min)     |  | 林内雨量/mm         |  |                       |  | 透雨率/%               |  |        |  |

承雨器编号

|      |    |      |    |      |    |      |    |
|------|----|------|----|------|----|------|----|
| 1    |    | 2    |    | 3    |    | 4    |    |
| 日期时间 | 水量 | 日期时间 | 水量 | 日期时间 | 水量 | 日期时间 | 水量 |
|      |    |      |    |      |    |      |    |
|      |    |      |    |      |    |      |    |
|      |    |      |    |      |    |      |    |
|      |    |      |    |      |    |      |    |
| 小计   |    | 小计   |    | 小计   |    | 小计   |    |

降雨日期: \_\_\_\_\_ 观测员: \_\_\_\_\_

(4) 网格法观测林内降雨。林内降雨分布不均, 可通过增加林内降雨观测点的方法提高观测精度。根据不同林分(林种)、疏密度、郁闭度等划分观测区间, 在每一个观测区内, 选择适当面积的标准地, 在标准地内按一定距离(数米至 10m)划出方格线, 在各交点上, 布设雨量筒(雨量计)观测林内降雨量。降雨结束后将各点测定的降雨量进行平均即可得到林内降雨量。如果采用自记雨量计可以实现林内降雨的自动观测, 但这种方法需要的雨量计数量太多, 费用太大, 为了节约成本, 可以采用面积一定的容器进行观测。

### 1.2.5 数据整理与分析

设到某一时刻  $t$ , 塑料桶中的水量为  $V_t$  (如果采用量水计, 可根据到某一时刻翻斗倾倒的次数计算出水量), 林内降雨结束后塑料桶内的总水量为  $V$ , 承雨槽面积为  $S$ , 承雨槽与水平面的夹角为  $\phi$ , 则:

到某一时刻  $t$  时的林内降雨量  $P_{\text{内}t}$  为

$$P_{\text{内}t} = V_t / (S \cos \phi)$$

林内降雨总量 ( $P_{\text{内}}$ ) 为

$$P_{\text{内}} = V / (S \cos \phi)$$

根据  $P_{\text{内}}$  和时间  $t$  绘制林内降雨过程线, 整理出林内降雨开始时间、降雨结束时间、降雨历时、降雨强度, 并与林外降雨的各项指标进行对比, 评价林冠层对降雨的再分配作用。

### 1.2.6 实验报告

实验报告内容包括两方面: 一方面为林内降雨观测样地基本情况介绍、观测设施的布设与安装说明, 另一方面为林内降雨统计表。

林内降雨观测样地基本情况介绍、观测设施的布设与安装说明包括: 安装地点的名称与坐标、林分基本情况(地点、林种、树种、树龄、树高、胸径、郁闭度等)、坡度、坡向、坡位、安装点的树冠投影图、观测场平面图、设施的组成、安装方法、承雨槽面积、集雨量的测定方法(体积法、水位计法等)、观测方法等。

林内降雨统计表包括: 降雨日期、林外降雨量和降雨过程线、林内降雨开始时间和结束时间、林内降雨历时、林内降雨量、林内降雨过程线。

## 1.3 树干流测定

### 1.3.1 实验目的

林冠截留降雨可以减少到达地面的雨量, 从而减少形成地表径流的雨量, 可见林冠截留量是水土保持林水文生态效益的主要内容, 而林冠截留量无法直接测定, 只能通过测定树干流量和林内降雨量后, 通过水量平衡方程计算。因此树干流的测定是计算林冠截留量的主要依据。树干流沿树干到达地面后直接渗入根际区, 对增加根际区的土壤含水量也有重要意义。因此, 树干流的测定是水文与水资源学中必须掌握的内容。

通过本实验使学生掌握树干流实验原理、树干流测定装置的安装方法、树冠投影面

积测量方法和树干流测定数据的整理与分析方法等。

### 1.3.2 实验原理

树干流是降雨过程中直接降落在树干上的雨水,以及由枝叶拦截后顺树枝汇集到树干的雨水沿树干流向地面的过程。在此过程中树皮由于含水量未达到饱和,会吸收一部分雨水,但被吸收的雨水量一般很小,可以忽略。因此将沿树干流到地面的水量全部收集起来,测定其体积,便可以得到树干流量。树干流是由整个林冠和树干拦截的雨水汇集而成,因此树干流等于沿树干流下的水的体积除以树冠的投影面积。

### 1.3.3 实验仪器

(1) 如果需要自动监测树干流量和树干流的过程,则需要量水计或压力式水位计;如果只需要测定树干流量,则可以直接用塑料桶测定,但塑料桶必须有盖,以防止降雨直接进入塑料桶,影响测定结果。

(2) 其他实验仪器及用具。树干流测定过程中用到的工具包括:直径 2cm 的塑料软管、剪刀、小钉子、榔头、玻璃胶、玻璃胶枪、塑料桶、500mL 或 1000mL 的量筒、直尺、GPS 定位仪等。

### 1.3.4 实验步骤

#### 1. 树冠投影面积的测定

在观测林地内选择 10m×10m 的样地,对测定样地进行每木检尺,测定每株树木的胸径、树高。根据每木检尺结果按径阶选定标准木,每个径阶选定 1~3 棵标准木测定树冠投影面积。测定树冠投影面积时,以树干为中心分别测定树干在正北、东北、正东、东南、正南、西南、正西、西北方向的长度,绘制树冠投影图,计算出树冠投影面积。

#### 2. 树干流观测设施的安装

截取 1m 长的塑料软管,并用剪刀将软管剪开备用。在测定样地内每株树木树干上 1m 高以下部分,沿树干用小刀螺旋形地将枯死的树皮刮去(不能伤害到形成层)。用小钉子将剪开的塑料软管沿树干螺旋形地固定在树干上,塑料软管在树干上至少缠绕两圈,塑料软管必须与树干密切接触。将玻璃胶装在玻璃胶枪上,用玻璃胶枪将玻璃胶挤在塑料管和树干的结合部位,以保证从树干上流下来的雨水全部汇集到半圆形的塑料软管内。将塑料软管的下部竖直插入一定体积的塑料桶内,以收集从树干上汇集的雨水。塑料桶应该用固定桩固定,以防倾倒。塑料桶内可以放置压力式水位计测定树干流量和树干流的过程,用压力式水位计观测树干流时,塑料桶必须保持水平状态。

如果用量水计观测树干流量和树干流的过程,可以直接将塑料软管导入量水计,并设定量水计的日期、时间、数据记录间隔、仪器编号等基本信息。

#### 3. 树干流观测

每次降雨后用直尺测定塑料桶内积水深度(用积水深度乘以塑料桶的底面积为水量  $V$ ),或直接用 500mL 或 1000mL 的量筒量取塑料桶内的水量  $V$ ,该水量就是树干流量。如果用压力式水位计观测,每次降雨后取出压力式水位计,并与笔记本电脑连

接,读取水位随时间的变化数据,利用某一时刻水位数据乘以塑料桶的底面积得出到该时刻的树干流量 $V$ (注意:因压力式水位计测定的数据随大气压力的变化而变化,可以用直尺测定的塑料桶内水位值对压力式水位计的测定值进行校正)。如果用量水计观测,每次降雨后将量水计的数据采集器与笔记本电脑连接,用专用软件下载观测数据后,使用 Excel 表格或专用软件分析树干流开始时间、结束时间、历时、树干流量、树干流过程等基本信息。

实验过程中如无降雨,可以人工模拟树干流过程,即在安装树干流观测设施的树干上方,用喷壶向树干四周喷水,观测树干流的形成过程,并记录喷水总量与树干流开始时间和结束时间。同时人工观测塑料桶中水位随时间的变化过程,利用水位和塑料桶底面积计算出沿树干流下的水量 $V$ 。此实验可以用来检验树干流测定装置的观测精度。

1.3.5 数据整理与分析

设到某一时刻 $t$ ,第 $i$ 个标准木的塑料桶中的水量为 $V_{it}$ (如果采用量水计,可根据到某一时刻翻斗倾倒的次数计算出水量),树干流结束后第 $i$ 个标准木的塑料桶内的总水量为 $V_i$ ,第 $i$ 个标准木的树冠投影面积为 $S_i$ , $n$ 表示标准木的数量,则:

到某一时刻 $t$ 时的树干流量( $P_{Ti}$ )为

$$P_{Ti}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^nV_{it}/S_i$$

树干流总量( $P_T$ )为

$$P_T=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^nV_i/S_iP_T=V/S$$

根据第 $i$ 个标准木的树干流总量 $P_{Ti}$ 和时间 $t$ 绘制树干流过程线,并整理出树干流开始时间、结束时间、历时、树干流量,并与林外降雨的各项指标进行对比,评价树干降雨的再分配作用(表 1-6)。

表 1-6 标准木法测定树干流记录表

| 林分类型    |       | 密度/(株/hm <sup>2</sup> ) |  | 林龄/年                 |  | 坡度/(°)              |                         | 地点 |  |
|---------|-------|-------------------------|--|----------------------|--|---------------------|-------------------------|----|--|
| 树高/m    |       | 胸径/cm                   |  | 郁闭度/%                |  | 地理坐标                |                         |    |  |
| 林外雨量/mm |       | 降雨历时/min                |  | 降雨强度/(mm/min)        |  | 降雨日期                |                         |    |  |
| 径阶      | 标准木   | 树冠投影面积/m <sup>2</sup>   |  | 树干流体积/m <sup>3</sup> |  | 平均体积/m <sup>3</sup> | 各径阶树干流体积/m <sup>3</sup> |    |  |
|         | 标准木 1 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 2 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 3 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 1 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 2 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 3 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 1 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 2 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |
|         | 标准木 3 |                         |  |                      |  |                     |                         |    |  |

观测员: \_\_\_\_\_ 调查日期: \_\_\_\_\_