



# 闽南地区的

## 土壤侵蚀与治理

黄炎和 朱鹤健 郑达贤 著

中国农业出版社

# 闽南地区的土壤侵蚀与治理

黄炎和 朱鹤健 郑达贤 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

闽南地区的土壤侵蚀与治理/黄炎和等著. —北京:  
中国农业出版社, 2002.6  
ISBN 7-109-07686-5

I. 闽... II. 黄... III. ①土壤侵蚀—研究—福建省②土壤侵蚀—治理—福建省 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 033215 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 王琦塔

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 9.25

字数: 225 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 30.00 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

闽南地区包括厦门、泉州和漳州三市，位于东经  $116^{\circ}53'$  ~  $119^{\circ}05'$ ，北纬  $23^{\circ}32'$  ~  $25^{\circ}56'$ ，是福建乃至中国对外开放经济很活跃的地区。该区属南亚热带海洋性季风气候，区内地貌类型复杂，地势从东向西逐步升高。由于人口密集，人地矛盾突出，坡地资源开发利用强度大，水土流失严重，1999年水土流失面积  $4\,385.94\text{km}^2$ ，占该区土地总面积的  $17.42\%$ ，是福建省水土流失最严重的地区。研究该区土壤侵蚀规律与治理，不仅对该区经济发展有重要作用，而且对认识我国南方地区土壤侵蚀规律和设计防治措施有理论和现实意义。

本研究以径流小区试验结合野外调查研究方法，针对前人研究的薄弱环节，选择理论与治理上的重要关键问题进行系统调研，取得一系列成果：摸清了闽南地区降雨的年内、年际和地区分布特征、天然降雨的雨滴分布规律，阐明降雨参数与土壤侵蚀之间的关系，闽南降雨侵蚀力  $R$  值的最佳和简便算法及其分布特征，闽南土壤侵蚀的坡度分布特征，土壤侵蚀的预报方法，侵蚀与土壤退化的关系和坡地果园水土资源保育的有效措施等。特别以下一些成果具有创新意义：①摸清了雨滴分布函数中有关参数随雨型和地理区位的变化规律，导出了降雨动能的雨量算法；②应用不同时间尺度研究降雨参数与土壤侵蚀的关系时，其结果是不同的。当分析次降雨量与土壤侵蚀的关系时，它们之间的关系随下垫面条件的变化而表现出不同的关系规律，本研究首次应用相关模型参数剖析土壤侵蚀随降雨参数的变化规律；③提出选择降雨侵蚀力最佳计算组合时，在保留原计算组合的基本结构，且  $E_{1n}$  参数与土壤侵蚀都达到极显著水平的前提下，以相关系数最大的时段雨强作为  $R$  值的计算参数的原则，并导出了适于闽南地区的  $R$  值简便算法；④提出  $5^{\circ}$  ~  $18^{\circ}$  各坡级的土壤侵蚀面积占该坡度范围土地面积比例最大，应加强这一坡度范围的水土保持工作的论点；⑤首次应用数量化理论筛选建模因子和建立土壤侵蚀强度分级判别模型，把影响土壤侵蚀的定性和定量因子放到同一个尺度下进行影响强度评价，并把定性和定量因子结合到判别模型中去；⑥指出土壤侵蚀与土壤质地的关系复杂，强度侵蚀土壤表层质地取决于土壤剖面质地的层次性，而轻中度侵蚀表层土壤质地主要取决于侵蚀进程，随着侵蚀的发展，质地越来越轻；⑦豆科和禾本科绿肥在培肥地力方面，几乎是等效作用等等。

本书以该区土壤侵蚀规律与治理为中心主题，分七章展开，内容包括闽南地区的降雨、闽南地区的降雨与土壤侵蚀、闽南地区的降雨侵蚀力、闽南地区的坡度与土壤侵蚀、闽南地区的土壤侵蚀与退化、闽南地区的土壤流失预报和闽南坡地水土流失治理 7 个方面。各研究方法融汇于相关的章节中，致力处理好其间相关性，力求系统性。

本书是福建省自然科学基金、福建省教育厅资助项目和福建省“211工程”资源与环境学重点学科的项目成果的综合。本书能够顺利完成，还得益于福建农林大学卢程隆教授提供了大量的研究资料；福建省水土保持试验站的林敬兰同志在遥感数据处理、土壤侵蚀和坡度数据获取以及侵蚀预报模型建立等方面给予大力的协助；福建省水土办杨学震主任、福建省水土保持试验站周伏建研究员为本研究工作的开展给予大力的支持；福建省水土保持试验站陈明华高级农艺师、漳州市水土办蔡志发主任、沈林洪副主任、安溪官桥水土保持试验站的施悦忠等，以及福建农林大学硕士研究生范胜龙、陈欣、林翔程等同学都在本书的写作过程中给予热情的帮助。在此，一并致以诚挚的谢意。

本书虽是作者多年研究成果，但仍属初步总结，作者的研究工作还在继续，书中不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2002年1月



# 目 录

前言

第一章 闽南地区的降雨	1
1 闽南地区的降雨量	1
1.1 降雨量的年内分布特征	1
1.2 降雨量的年际分布特征	3
1.3 降雨量的空间分布特征	3
2 闽南地区的降雨强度	5
3 闽南地区天然降雨雨滴特征	6
3.1 雨滴大小的测定	7
3.2 雨滴大小及其分布	7
3.3 雨滴的中数直径	14
3.4 降雨的终点速度	16
3.5 降雨动能	16
3.6 降雨动能的雨量算法	19
第二章 闽南地区的降雨与土壤侵蚀	21
1 降雨量与土壤侵蚀量	21
1.1 侵蚀性降雨标准	21
1.2 月土壤侵蚀量与降雨量的关系	24
1.3 土壤侵蚀与次降雨量的关系	25
1.4 降雨量与径流量的关系	29
2 降雨强度与土壤侵蚀量	30
2.1 分级降雨强度与土壤侵蚀	31
2.2 顺坡抛荒区降雨强度与土壤侵蚀	36
2.3 顺坡植草区降雨强度与土壤侵蚀	37
2.4 工程措施区土壤侵蚀与降雨强度	37
3 降雨动能与土壤侵蚀量	39
3.1 顺坡抛荒区降雨动能与土壤侵蚀	39
3.2 顺坡植草区降雨动能与土壤侵蚀	39
3.3 其他生物工程措施区降雨动能与土壤侵蚀	39
4 降雨复合参数 $EI_n$ 与土壤侵蚀量	40
4.1 顺坡抛荒区 $EI_n$ 参数与土壤侵蚀	42
4.2 顺坡植草区 $EI_n$ 参数与土壤侵蚀	42

4.3 其他生物工程措施区 $EI_n$ 参数与土壤侵蚀 .....	42
第三章 闽南地区的降雨侵蚀力 .....	44
1 威斯奇迈尔的研究工作 .....	44
2 其他研究者的成果 .....	45
3 降雨侵蚀力 R 最佳计算组合的确定 .....	45
4 降雨侵蚀力 R 值的简便算法 .....	47
5 闽南地区的 R 值及其分布 .....	47
5.1 R 值的年内分布 .....	47
5.2 R 值的年际分布 .....	50
5.3 降雨侵蚀力 R 值的空间分布 .....	52
5.4 R 值的次分布特征 .....	52
第四章 闽南地区的坡度与土壤侵蚀 .....	56
1 研究方法 .....	56
1.1 地理信息系统 .....	56
1.2 空间分析理论简介 .....	58
1.3 空间分析的工作流程 .....	58
2 闽南地区坡度分布状况 .....	60
3 土壤侵蚀现状 .....	61
3.1 土壤侵蚀概况 .....	61
3.2 土壤侵蚀类型 .....	62
3.3 土壤侵蚀的坡度分布状况 .....	63
3.4 坡度的土壤侵蚀分析 .....	66
第五章 闽南地区的土壤侵蚀与退化 .....	75
1 土壤侵蚀与土壤剖面构型的损毁 .....	75
2 侵蚀与土壤质地的关系 .....	76
3 侵蚀与土壤渗透性能的关系 .....	79
4 土壤侵蚀与土壤化学性质的退化 .....	83
第六章 闽南地区的土壤流失预报 .....	87
1 土壤流失预报研究进展 .....	87
2 通用土壤流失方程预报法 .....	89
2.1 顺坡抛荒区 .....	90
2.2 工程生物措施区的土壤流失预报 .....	92
2.3 方程的应用 .....	93
2.4 讨论 .....	94
3 数量化理论简介 .....	94
3.1 数量化理论 I 简介 .....	94
3.2 数量化理论 II 简介 .....	95
4 样区的建立与信息的提取 .....	96

4.1 项目的选取 .....	96
4.2 类目的划分 .....	96
5 建模因子的选择 .....	98
5.1 因子筛选的方法 .....	98
5.2 建模因子的筛选 .....	100
6 土壤侵蚀预报模型的建立 .....	104
7 土壤侵蚀预报模型的应用 .....	105
7.1 总体情况 .....	106
7.2 地区分布 .....	106
7.3 各地类流失情况 .....	107
7.4 精度检验 .....	107
第七章 闽南地区坡地水土流失治理 .....	108
1 坡地水土保持的工程措施 .....	108
1.1 水平梯田 .....	108
1.2 山边沟 .....	110
2 坡地果园水土保持的生物措施 .....	113
2.1 应用于闽南侵蚀坡地上的几种绿肥牧草 .....	113
2.2 几种水土保持绿肥牧草在闽南侵蚀劣地果园上的适应性 .....	115
2.3 几种水土保持绿肥牧草在闽南侵蚀劣地上的腐殖化特征 .....	121
3 侵蚀劣地果园套种绿肥牧草的生态效益 .....	125
3.1 果园种植绿肥牧草的气象效应 .....	125
3.2 果园种植绿肥牧草对伏季土壤含水量的影响 .....	128
3.3 果园种植绿肥牧草对土壤肥力的影响 .....	133
主要参考文献 .....	136



# 第一章 闽南地区的降雨

闽南地区主要是指泉州、厦门和漳州三地市，位于东经  $116^{\circ}53'$  ~  $119^{\circ}05'$ ，北纬  $23^{\circ}32'$  ~  $25^{\circ}56'$  之间。根据 1999 年遥感调查结果，该地区水土流失的总面积  $4\,385.94\text{km}^2$ ，占该区土地总面积的 17.42%。水力侵蚀是该地区的主要水土流失形式，水蚀的动力因素就是降雨。降雨雨滴对地面产生的击溅作用，雨水降落到坡面后产生的地表径流等都对水土流失产生直接的影响。而雨滴的击溅侵蚀，地表径流的产生和土壤流失无不与降雨量、降雨强度、雨滴大小及其分布等降雨的特征有关。

## 1 闽南地区的降雨量

### 1.1 降雨量的年内分布特征

降雨的年内分布对水土流失的影响很大。根据哈德逊的资料<sup>[1]</sup>，降雨的年内分布有三种方式，即均匀分布型（温带降雨的特点）、单峰式分布型（热带降雨特点）和双峰式分布型（亚热带降雨特点）（图 1-1）。

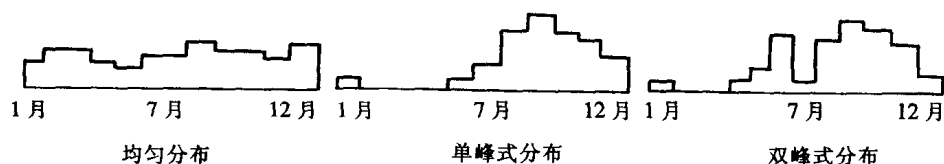


图 1-1 年降雨量分布方式

闽南地区降雨的年内分布如表 1-1 和图 1-2。属亚热带的闽南地区，降雨量年内呈弱双峰式分布，从 1~6 月份，降雨量逐月增大，到 6 月份达到最大值，7 月份由于副热带高压控制本区，天气晴朗少云，降水较少，其降雨量比 6 月份明显下降，随着热带天气系

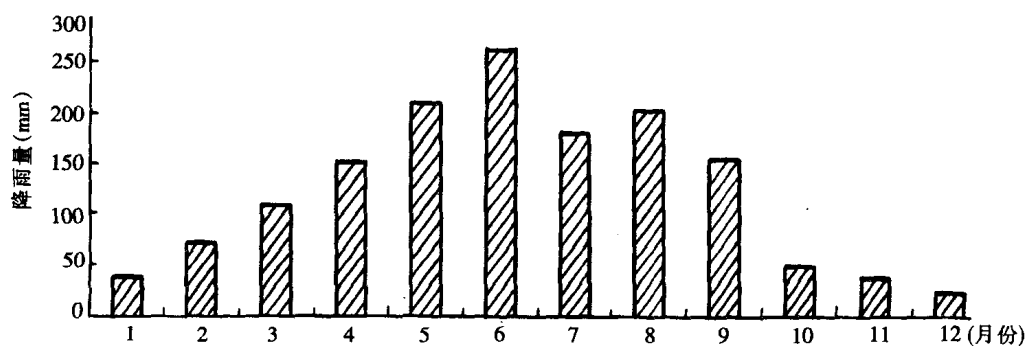


图 1-2 闽南多年平均降雨量分布

统的影响，8月份比7月份降雨量又略有回升，9月份降雨量又比7月、8月份有所下降，10月以后降雨量急剧减少，直至年底，降雨量达到年内的最小值。降雨量较大的5~8月份，各站点降雨量变化于562.3~1077.8mm，占各站点年降雨量的53.5%~62.4%。

表 1-1 闽南地区主要站点的降雨量

站名	资料年限	平均降雨量 (mm)												
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
同安	1956—1990	38.4	76.5	103.4	145.6	194.8	251.6	187.4	201.4	164.9	33.1	32.8	23.2	1453.0
崇武	1954—1990	35.0	69.2	93.6	124.1	158.5	187.9	98.6	117.3	94.7	20.5	29.6	21.5	1050.5
晋江	1960—1990	36.0	64.0	103.2	136.3	162.3	197.9	130.8	146.1	107.7	25.3	38.9	22.6	1171.2
南安	1960—1990	43.1	69.4	122.6	141.0	205.6	274.4	174.6	214.5	156.8	46.4	43.5	26.9	1518.8
安溪	1960—1990	42.3	71.1	127.6	152.3	213.4	245.7	178.0	233.3	191.2	55.0	43.9	27.8	1581.5
永春	1957—1990	40.0	80.6	129.4	158.1	244.9	282.0	210.0	257.5	185.0	59.2	38.0	27.5	1712.2
德化	1960—1990	49.0	77.0	136.4	172.6	273.7	287.1	212.3	230.8	187.3	62.6	43.8	30.3	1762.9
芗城	1951—1990	43.3	78.6	102.0	152.4	204.5	277.0	189.9	198.6	169.8	53.6	43.9	26.8	1540.2
龙海	1960—1990	39.7	67.5	109.2	147.6	187.2	256.9	156.6	195.3	136.9	47.4	42.0	29.3	1415.5
云霄	1958—1990	34.5	75.8	96.3	168.6	245.3	321.7	267.6	243.2	153.5	55.8	39.0	24.5	1725.9
漳浦	1961—1990	34.0	68.3	99.3	161.7	206.9	263.2	180.9	192.5	132.7	49.6	47.4	26.4	1462.9
诏安	1958—1990	28.4	66.2	82.2	147.0	189.0	281.2	194.8	202.0	141.5	55.4	32.1	23.5	1443.4
长泰	1960—1990	42.0	73.5	113.3	156.6	200.0	261.6	171.6	204.9	150.8	56.8	45.8	26.0	1503.2
东山	1954—1990	27.1	58.4	71.9	119.5	163.6	207.5	133.2	151.8	100.5	43.7	30.7	19.7	1127.4
南靖	1956—1990	45.9	88.0	120.6	166.2	242.8	283.0	209.1	228.7	215.1	69.5	40.3	28.3	1737.5
平和	1960—1990	43.7	76.4	122.0	168.9	239.3	292.4	206.2	253.1	189.0	65.0	42.6	29.6	1728.2
华安	1960—1990	42.3	72.8	139.4	176.8	234.0	287.4	176.4	188.6	174.0	68.5	43.8	27.4	1631.5
闽南		39.1	72.5	110.1	152.7	209.8	262.3	181.1	203.5	156.0	51.0	39.9	26.0	1503.9

从季节分布来看，闽南降雨量集中分布在春夏两季（3~8月份），据闽南主要气象站点的资料分析（表1-2），春夏季降雨量占全年降雨量的72.0%~77.8%，秋冬季（9月至翌年2月份），降雨量仅占全年雨量的22.2%~28.0%。而闽南的汛期（5~9月份）雨量各站点多年平均值变化于657.0~1231.3mm，平均1012.5mm，占全年雨量的62.5%~71.3%。

表 1-2 闽南地区主要站点的降雨量的月分配比例

站名	资料年限	各月降雨量占年雨量的百分比 (%)											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
同安	1956—1990	2.6	5.3	7.1	10.0	13.4	17.3	12.9	13.9	11.3	2.3	2.3	1.6
崇武	1954—1990	3.3	6.6	8.9	11.8	15.1	17.9	9.4	11.2	9.0	2.0	2.8	2.0
晋江	1960—1990	3.1	5.5	8.8	11.6	13.9	16.9	11.2	12.5	9.2	2.2	3.3	1.9
南安	1960—1990	2.8	4.6	8.1	9.3	13.5	18.1	11.5	14.1	10.3	3.1	2.9	1.8
安溪	1960—1990	2.7	4.5	8.1	9.6	13.5	15.5	11.3	14.8	12.1	3.5	2.8	1.8
永春	1957—1990	2.3	4.7	7.6	9.2	14.3	16.5	12.3	15.0	10.8	3.5	2.2	1.6
德化	1960—1990	2.8	4.4	7.7	9.8	15.5	16.3	12.0	13.1	10.6	3.6	2.5	1.7
芗城	1951—1990	2.8	5.1	6.6	9.9	13.3	18.0	12.3	12.9	11.0	3.5	2.9	1.7
龙海	1960—1990	2.8	4.8	7.7	10.4	13.2	18.1	11.1	13.8	9.7	3.3	3.0	2.1
云霄	1958—1990	2.0	4.4	5.6	9.8	14.2	18.6	15.5	14.1	8.9	3.2	2.3	1.4
漳浦	1961—1990	2.3	4.7	6.8	11.1	14.1	18.0	12.4	13.2	9.1	3.4	3.2	1.8

(续)

站名	资料年限	各月降雨量占年雨量的百分比 (%)											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
诏安	1958—1990	2.0	4.6	5.7	10.2	13.1	19.5	13.5	14.0	9.8	3.8	2.2	1.6
长泰	1960—1990	2.8	4.9	7.5	10.4	13.3	17.4	11.4	13.6	10.0	3.8	3.0	1.7
东山	1954—1990	2.4	5.2	6.4	10.6	14.5	18.4	11.8	13.5	8.9	3.9	2.7	1.7
南靖	1956—1990	2.6	5.1	6.9	9.6	14.0	16.3	12.0	13.2	12.4	4.0	2.3	1.6
平和	1960—1990	2.5	4.4	7.1	9.8	13.8	16.9	11.9	14.6	10.9	3.8	2.5	1.7
华安	1960—1990	2.6	4.5	8.5	10.8	14.3	17.6	10.8	11.6	10.7	4.2	2.7	1.7
闽南		2.6	4.8	7.3	10.2	13.9	17.4	12.0	13.5	10.4	3.4	2.7	1.7

### 1.2 降雨量的年际分布特征

用最大年降雨量与年均降雨量的比值和最大年降雨量与最小年降雨量的比值来表征其年际变化(表 1-3)。从表 1-3 可以看出, 闽南地区降雨量的年际变化很大, 最大年降雨量一般为平均降雨量的 1.3~1.8 倍, 而最大年降雨量一般为最小年降雨量的 1.7~3.0 倍, 这种年际变化沿海较剧烈, 而向山区有逐渐减缓的趋势。

表 1-3 闽南地区主要站点的降雨量的年际变化

站名	资料年限	年降雨量 (mm)				
		平均雨量	最大雨量	最小雨量	最大/平均	最大/最小
同安	1956—1990	1 453.0	2 296.4	1 030.8	1.6	2.2
崇武	1954—1990	1 050.5	1 856.9	628.9	1.8	3.0
晋江	1960—1990	1 171.2	2 088.5	815.3	1.8	2.6
南安	1960—1990	1 518.8	2 283.7	965.5	1.5	2.4
安溪	1960—1990	1 581.5	2 461.4	1 193.2	1.6	2.1
永春	1957—1990	1 712.2	2 515.2	1 224.2	1.5	2.1
德化	1960—1990	1 762.9	2 485.7	1 303.8	1.4	1.9
芗城	1951—1990	1 540.2	2 143.5	1 056.4	1.4	2.0
龙海	1960—1990	1 415.5	2 124.2	897.3	1.5	2.4
云霄	1958—1990	1 725.9	2 612.3	1 228.7	1.5	2.1
漳浦	1961—1990	1 462.9	2 202.4	835.9	1.5	2.6
诏安	1958—1990	1 443.4	2 253.5	920.6	1.6	2.4
长泰	1960—1990	1 503.2	2 063.3	1 041.0	1.4	2.0
东山	1954—1990	1 127.4	1 972.8	674.2	1.7	2.9
南靖	1956—1990	1 737.5	2 432.8	1 172.3	1.4	2.1
平和	1960—1990	1 728.2	2 313.9	1 152.8	1.3	2.0
华安	1960—1990	1 631.5	2 135.6	1 255.8	1.3	1.7

### 1.3 降雨量的空间分布特征

闽南地区降雨的空间分布特征与地貌分布特点密切相关。本区位于戴云山脉和博平岭的东南麓, 倚山面海。西部由戴云山、博平岭以及其延伸的中、低山所组成; 东部主要是平原和岗台地地貌; 在东、西部平原和山地之间有一明显的丘陵过渡带。根据地貌特点, 本区的地势自西向东、从内陆向滨海, 大致由高到低呈阶梯状下降。这一地貌特征显著影



## 2 闽南地区的降雨强度

一次降雨过程的雨强是变化的，如图 1-4。因此，可以用一次降雨过程单位时间的降雨量来描述降雨强度，这就是通常所说的平均降雨强度；也可以用均匀雨段单位时间的降雨量来描述降雨强度，这就是时段降雨强度。因此，一场降雨就有多个不同的时段雨强；另外还可以用最大时段雨强来描述一场雨的降雨强度。

根据 1987 年安溪官桥径流实验站降雨自记记录，分别求取均匀降雨各时段的雨强，并按一定的雨强分段，统计各分级的频率、雨量和历时（表 1-4、图 1-5）。

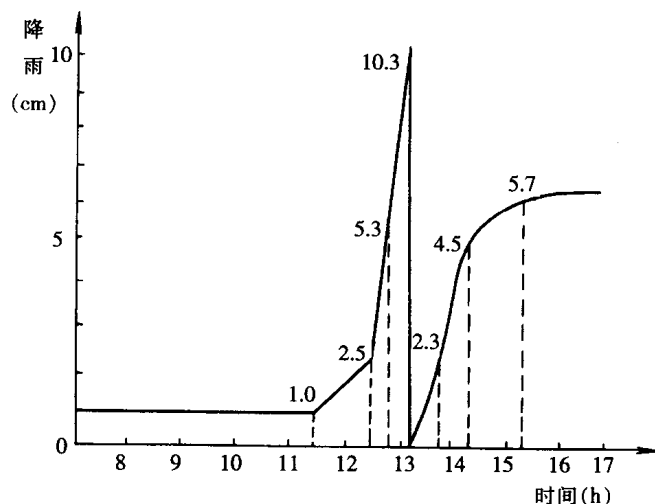


图 1-4 自记雨量计降雨记录曲线

表 1-4 1987 年均匀雨强段发生次数、雨量和历时

单位：次、mm、min

合计			<2mm/h			2~4mm/h			4~6mm/h			6~8mm/h		
次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时
983	1480.1	27167	548	281.7	17514	159	227.4	4989	65	111.4	1429	55	115.6	1012
			55.7%	19%	64.5%	16.2%	15.4%	18.4%	6.6%	7.5%	5.3%	5.6%	7.8%	3.7%
8~10mm/h			10~12mm/h			12~14mm/h			14~16mm/h			16~18mm/h		
次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时
26	59.2	418	19	52.6	292	22	58.6	273	15	44.1	201	7	41.4	148
2.6%	4.0%	1.5%	1.9%	3.6%	1.1%	2.2%	4.0%	1.0%	1.5%	3.0%	0.7%	0.7%	2.8%	0.5%
18~20mm/h			≥20mm/h			其中：>60mm/h								
次	雨量	历时	次	雨量	历时	次	雨量	历时						
7	28.3	88	60	459.8	803	5	73.8	51						
0.7%	1.9%	0.3%	6.1%	31%	3.0%	0.5%	5.0%	0.2%						

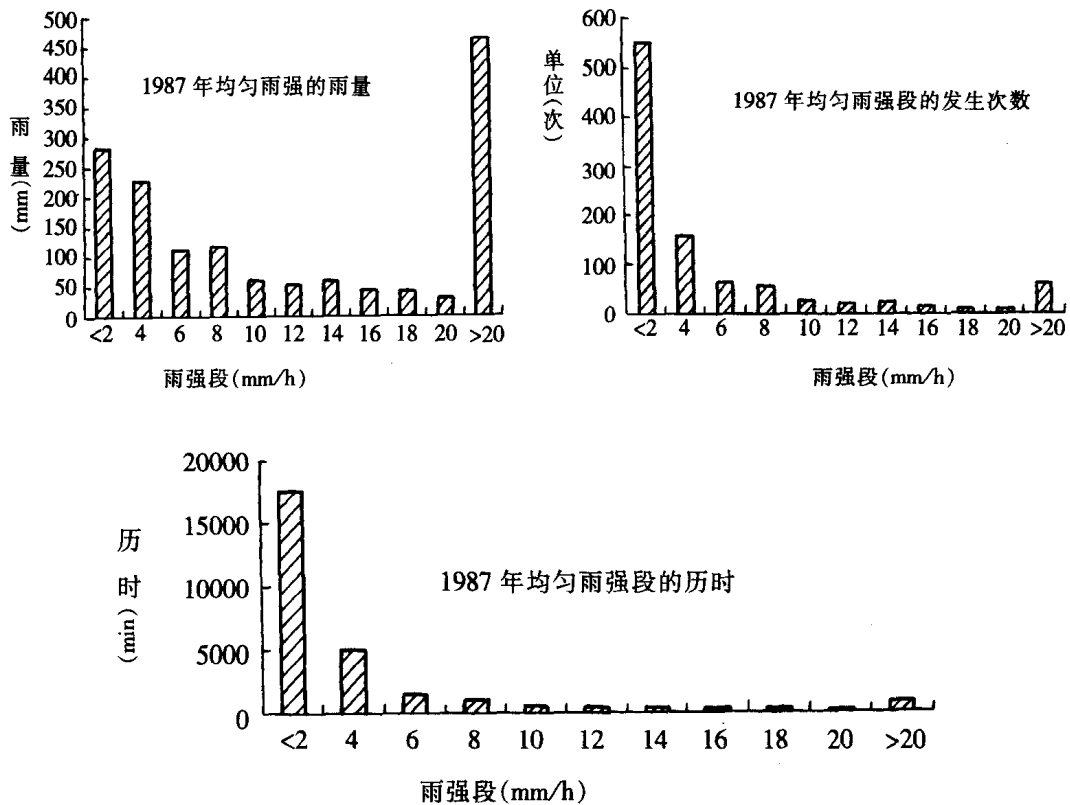


图 1-5 1987 年均匀雨强段发生的次数、雨量和历时

1987 年 983 段均匀雨强段中,  $<2\text{mm/h}$  的雨强发生次数达 548 次, 占年总次数的 55.7%,  $2\sim4\text{mm/h}$  雨强段发生次数为 159 次, 占全年总次数的 16.2%, 其他各雨强段发生的次数变化于 7~65 次之间, 占全年总次数的 0.7%~6.6%; 从降雨历时来看,  $<2\text{mm/h}$  雨强段降雨历时达 17 514min, 占全年总历时 27 167min 的 64.5%,  $2\sim4\text{mm/h}$  雨强段降雨历时 4 989min, 占全年总历时的 18.4%, 其余各雨强段的降雨历时变化于 88~1 429min 之间, 占全年总历时的 0.3%~5.3%; 各雨强段雨量的分布规律与次数和历时的分布规律有所不同, 以  $\geq 20\text{mm/h}$  雨强的累计降雨量最大, 达到 459.8mm, 占全年总雨量 1 480.1mm 的 31.1%, 而  $<2\text{mm/h}$  和  $2\sim4\text{mm/h}$  雨强段的降雨分别为 281.7mm 和 227.4mm, 分别占全年总雨量的 19.0% 和 15.4%, 而其他各雨强段的降雨量变化于 28.3~115.6mm 之间, 占全年雨量的 1.9%~7.8%。

根据以上结果可以得出如下规律: 闽南降雨过程中, 均匀雨强段发生次数最多、历时最长的是小于  $2\text{mm/h}$  的降雨, 而大于等于  $20\text{mm/h}$  的均匀雨强段发生的次数不多、历时不长, 然而其降雨量却很大, 占全年降雨的 31.1%。

### 3 闽南地区天然降雨雨滴特征

天然降雨雨滴特征主要是指雨滴的大小分布、中数直径、降雨动能以及它们随雨强的

变化规律等。

### 3.1 雨滴大小的测定

最早测量雨滴大小的方法是 1892 年 Lowe 提出来的。他用一块划有方格的薄板来接受雨滴，根据薄板上形成的雨滴斑迹来计算雨滴的大小。Hudson 在 1964 年发明了“面粉球法”来测量雨滴的大小。他将降雨收集在盛有面粉的碟子里，一个雨滴产生一个小小的湿面球，将这些小面粉球置于炉上烘干时，它们就凝固成硬面球，这样就可以将其从面粉中取出来并量测其大小，并根据球体大小与雨滴大小之间的相关性的实验校正值，确定雨滴的大小。另一种方法是，取一张滤纸，在其表面薄薄地涂上一层水溶性颜料的细粉末，在干燥情况下，颜料不显色，当雨滴降落在滤纸上时，每一个雨滴就产生大体上是圆形的色斑，对该色斑进行测量，并根据色斑大小与雨滴大小的关系确定雨滴的大小，这就是通常所说的滤纸色斑法。滤纸色斑法是我国目前研究雨滴大小所采用较普遍的方法。

滤纸色斑法的具体做法是：取一张滤纸，在其表面薄薄地涂上一层水溶性的 1:10 的曙红和滑石粉的混合粉末，当雨滴落在滤纸上后，每一个雨滴就产生一个永久性的粉红色圆形色斑。实际雨滴在滤纸上所形成的色斑直径除了与雨滴直径密切相关以外，还受到滤纸性能的影响。它们有  $d = (3D^3h/2)^{1/3}$  (式中  $d$ ——雨滴直径； $D$ ——雨滴色斑直径； $h$ ——滤纸的厚度)。就同一滤纸而言，其性能(厚度)是一定的。研究者可以根据所选用的滤纸，率定雨滴直径与色斑直径关系。窦葆璋等人做了这方面的工作<sup>[2]</sup>，提出了新华造纸厂出品的直径为 150mm 的定性中速滤纸的雨滴色斑直径与雨滴直径的关系式(1—1式)。因此，在相同的滤纸上获得雨滴滴谱，并对一个个色斑直径测量之后，根据预先率定的色斑直径与雨滴直径的关系，就可以测定每一个雨滴的直径。

$$d = 0.365D^{0.712} \quad 1-1$$

式中  $d$ ——雨滴直径 (mm)；  
 $D$ ——色斑直径 (mm)。

### 3.2 雨滴大小及其分布

本研究使用的滤纸是新华造纸厂出品的直径为 150mm 的定性中速滤纸，故可以直接采用窦葆璋等人<sup>[2]</sup>提出的雨滴直径与色斑直径的关系式求算雨滴直径。

根据 1989 年 7 月至 1990 年 9 月在安溪官桥获得的天然降雨滴谱资料计算。滤纸色斑法观测到的最小雨滴直径为 0.58mm，最大雨滴直径为 6.09mm。

从实测的两份滴谱分析，低强度降雨的滴谱主要由小雨滴组成。如表 1-5，在 0.04mm/min 雨强时取得的滴谱中，最大雨滴直径为 2.45mm，而雨滴个数最多的是 0.58~0.96mm 直径的雨滴，合计有 105 个雨滴，占本份滴谱总雨滴个数的 58.7%。而高强度降雨条件下，降雨主要由较大雨滴组成。而且各雨滴直径的雨滴个数分布较均匀。如表 1-6，在 1.03mm/min 的雨强下，滴谱中起始雨滴直径为 1.12mm，最大雨滴直径为 5.01mm，且各雨滴直径的雨滴个数都是 1~2 个。低强度降雨尽管雨滴个数很多，但由于质量轻，降落速度小，其动能相应较小，对土壤侵蚀的影响也小。而较大雨滴，虽然个数少，但质量重，速度快，其动能相应也较大，对土壤侵蚀的影响也大。



表 1-5 0.04mm/min 时的雨滴滴谱

雨滴直径 (mm)	个 数	质 量 (mg)	速 度 (m/s)
0.58	38	3.80	2.28
0.78	38	9.50	3.07
0.96	29	13.34	3.75
1.12	22	16.06	4.33
1.27	20	21.40	4.85
1.42	12	18.00	5.35
1.56	5	9.95	5.81
1.70	5	12.85	6.25
1.83	5	16.05	6.65
1.96	12	3.94	6.89
2.09	1	4.77	7.05
2.21	1	5.65	7.21
2.33	1	6.62	7.36
2.45	1	7.69	7.49

表 1-6 雨强为 1.03mm/min 时雨滴滴谱

雨滴直径 (mm)	个 数	质 量 (mg)	速 度 (m/s)
1.12	1	0.73	4.33
1.27	1	1.07	4.85
1.70	1	2.57	6.25
1.96	1	3.94	6.89
2.09	1	4.77	7.05
2.21	1	5.65	7.21
2.33	1	6.62	7.36
2.45	1	7.69	7.49
2.56	1	8.77	7.61
2.68	2	20.14	7.74
2.79	1	11.36	7.84
2.90	1	12.76	7.95
3.00	1	14.12	8.04
3.11	1	15.73	8.13
3.22	2	34.92	8.21
3.32	1	19.15	8.29
3.42	2	41.86	8.37
3.52	1	22.81	8.44
3.62	1	24.83	8.52
3.72	1	26.92	8.58
3.82	1	29.14	8.64
4.01	1	33.76	8.75
4.10	1	36.22	8.80
4.20	2	77.54	8.88
4.29	1	41.39	8.89
4.38	1	44.12	8.94
4.48	1	47.03	8.98
4.66	2	105.70	9.06
4.92	1	62.42	9.15
5.01	1	65.80	9.18

从获得的闽南天然降雨滴谱资料分析，总的趋势是随着雨强的增大，每份滴谱的最大雨滴直径也在增大，如表 1-7 每份滴谱的最大雨滴直径 (y) 与雨强 (x) 密切相关，经回归分析表明，他们有幂函数关系，其变化规律如图 1-6。

$$y = 4.435x^{0.232} \quad 1-2$$

$$r = 0.886 \quad [r_{0.01(56)} = 0.337]$$

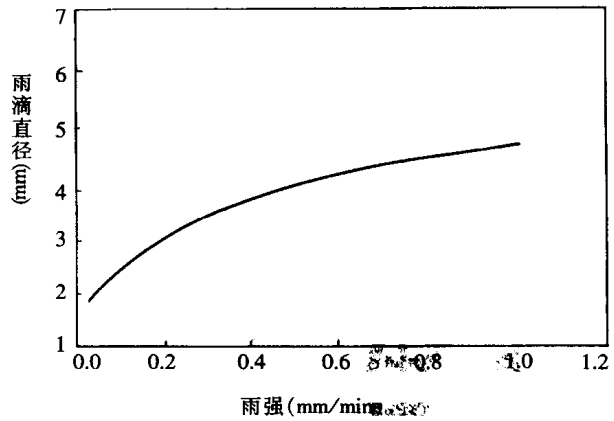


图 1-6 雨强与最大雨滴直径

表 1-7 雨强与最大雨滴直径

雨强 (mm/h)	最大雨滴直径 (mm)	雨强 (mm/h)	最大雨滴直径 (mm)	雨强 (mm/h)	最大雨滴直径 (mm)
0.04	2.45	0.16	2.56	0.50	4.01
0.04	2.21	0.15	2.33	0.18	2.90
0.05	2.45	0.19	3.11	0.12	2.56
0.27	3.42	0.08	1.96	0.30	3.22
0.03	2.21	0.79	4.20	0.10	2.90
0.40	3.42	0.26	3.11	0.27	3.22
0.14	2.33	0.03	2.09	0.50	3.72
0.16	3.00	0.10	2.56	0.20	2.68
0.04	2.21	0.20	3.52	0.13	3.00
0.02	1.83	0.42	3.42	0.30	3.11
0.96	6.09	0.27	3.42	0.12	2.33
0.07	2.79	0.16	2.79	0.25	3.72
0.23	3.52	0.31	3.52	0.57	4.48
0.06	2.56	0.17	3.11	0.11	2.56
0.03	1.83	0.30	3.91	0.45	3.42
0.06	2.09	0.70	3.22	0.10	2.45
0.05	2.09	0.10	2.21	0.05	2.68
0.43	3.11	1.03	5.01	0.12	2.45
0.16	2.68	0.20	2.68		
0.70	4.48	0.15	2.90		

再来看闽南地区天然降雨雨滴的分布。贝斯特 (Best) 认为<sup>[3]</sup>，雨滴大小分布是遵守如下的函数关系的：

$$F = 1 - \exp [ - (d/a)^n ] \quad 1-3$$

其中

$$a = AI^p \quad 1-4$$

式中 d——雨滴直径 (mm)；

F——雨滴中直径小于或等于 d 的雨滴累积体积 (%)；

I——降雨强度 (mm/min)；