

长江三峡

张洪江 王礼先 著

花岗岩坡面 土壤流失特性 及其 系统动力学仿真

*The Property of
Soil Loss on the Granite
Slopes of Three-Gorge
Region of Yangtze River
and
its Imitation of
System Dynamics*

中国林业出版社
CHINA FORESTRY
PUBLISHING HOUSE

长江三峡花岗岩坡面土壤 流失特性及其系统动力学仿真

The Property of Soil Loss on
the Granite Slopes of Three-Gorge Region of
Yangtze River and its Imitation of
System Dynamics

张洪江 王礼先 著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

长江三峡花岗岩坡面土壤流失特性及其系统动力学仿真/
张洪江,王礼先著. —北京:中国林业出版社,1997.7

ISBN 7-5038-1915-4

I. 长 I. ①张… ②王… II. 花岗岩-坡-土壤侵蚀-系
统动力学-仿真-三峡 N. S157.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 18913 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)
发行
印制 北京地质印刷厂
版次 1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷
开本 850mm×1168mm 1/32
印张 8.25
字数 220 千字
印数 1~1000 册
定价 12 元

序

长江是我国的第一大河流,其干流长度达 6363km,流经 10 个省、自治区和直辖市,流域面积达 180 万 km^2 ,占全国总土地面积的 1/5。在这 1/5 的土地上,却养育着占我国 1/3 的人口,为国家提供占全国 2/5 的农业总产值。长江的水利资源丰富,水力蕴藏量达 2.68 亿 kW,可供开发利用的水力资源占全国的 2/5。自古以来长江就有“黄金水道”之美称。举世瞩目的特大水利工程长江三峡水利枢纽正在崛起。这一巨型水利工程,意义重大,影响深远,越来越受到世人关注。为确保长江三峡和葛洲坝这两大水利枢纽安全和当地生态环境改善,研究长江三峡地区土壤流失规律,采用综合措施防治土壤流失是至关重要的一项基础工作。

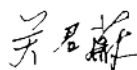
本书著者长期在高等林业院校从事水土保持教学和科研,工作中理论联系实际,勇于探索,力求不断创新,积累了丰富的经验。科研和教学中不断汲取前人经验,借鉴国外先进研究方法,在长江三峡地区选择的研究流域内,对花岗岩坡面土壤流失、土地利用现状和水土资源进行了系统调查和分析,对不同土地利用现状的地表土壤颗粒与土壤流失的相关关系、地表水分下渗与一定降雨条件下的单点产流特性、几种坡面土地利用状况的地表糙率系数等方面进行了研究。

著者通过大量天然降雨及土壤流失实测和实验数据分析,将长江三峡地区花岗岩坡面土壤流失及其影响因素,作为一个相对独立系统进行了研究,并在研究中引入系统动力学方法,建立了长江三峡地区花岗岩坡面土壤流失系统动力学仿真模型。模拟了研

究地区花岗岩坡面不同土地利用现状下,以场降雨为单位的土壤流失系统状态。坡面土壤流失系统动力学仿真模型的建立,使得水土保持研究者和基层水土保持工作者,有可能从一个新的角度去探讨坡面土壤流失特性,拓宽和加深了坡面土壤流失研究的广度和深度,其研究方法和成果在理论上有所创新。在实际工作中具有较好的指导意义。本书得以出版令人欣慰。

科研工作大多是探索性的艰苦工作,土壤流失研究尤其如此。每一个数据都凝聚着劳动者的辛苦,每一项分析结果都汇集着研究者的汗水,开创性工作力求拓展前进而不求其完美无暇。从这个角度说,书中的不足和缺憾有待于在今后的研究和实践中不断总结改进,只有如此才能不断完善土壤流失研究和深化对土壤流失规律的认识,提高对土壤流失防治实践的指导水平和繁荣我国的水土保持事业。

中国工程院院士
北京林业大学教授



1997年6月于北京

前 言

初次接触长江水土流失,始于1980年四川洪灾后参加中国林学会和中国水利学会等单位联合组织的长江流域水土保持考察。以我国水土保持创始人之一的关君蔚先生为团长的考察团,从江西省庐山开始,经赣州、井冈山赴湖南、四川和湖北省的洪水灾害地区,历时月余。看到长江流域严重的水土流失及由此导致的洪灾、沙压、农田被毁、人民生命财产受到威胁等一系列问题,至今仍历历在目。时值科学界正在进行“长江能否变成我国第二条黄河”的大讨论,对长江流域水土流失及由此导致的一系列生态环境问题留下深刻印象。十年之后,有幸再次接触长江流域的水土流失,尽自己所能作了些工作,现将所得整理草成拙书,权当在长江流域对水土流失所做工作的阶段性总结。

土壤侵蚀(Soil Erosion)是当今世界面临的主要问题之一,我国有土壤侵蚀面积367万 km^2 ,占全国总土地面积38.2%,其中水力侵蚀面积为179万 km^2 ,风力侵蚀面积为188万 km^2 。在水力侵蚀面积中有一半以上为土壤流失(Soil Loss)面积(主要是指在水力作用下发生的层状面蚀、砂砾化面蚀、鳞片状面蚀和细沟状面蚀)。土壤侵蚀遍布全国各省、自治区和直辖市。每年因此流失的土壤达50亿t以上,损失的土地面积6.67万 hm^2 以上,大量氮、磷、钾肥料和多种微量元素随之付诸东流。土壤侵蚀使生态环境恶化,土地生产力下降,耕地减少,污染水质,江河、湖泊淤塞,威胁城市和乡村防洪安全,加剧旱涝风沙等灾害。土壤侵蚀已成为制约很多地区可持续发展的重要因素之一。全国每年因土壤侵蚀造成的

经济损失在 100 亿元人民币以上。

我国有些地区土壤流失是由于陡坡开荒、破坏植被造成的。并且逐渐形成“越垦越穷，越穷越垦”的恶性循环局面。这种情况虽然与历史遗留下来的问题有紧密联系，但 50 年代后人口增长速度加快，陡坡开荒、破坏植被的情况日趋严重，也是导致土壤流失与贫困同步发展的一个重要原因。如不及时扭转这种现象，土壤流失面积日益扩大，自然资源日渐枯竭，后果不堪设想。土壤流失已给群众生产、生活环境和国民经济发展带来巨大危害，必须尽快加强水土流失区的综合治理和预防工作。

土壤和土地是生态系统的重要组成部分，随土壤流失的发展，土壤生态也随之发生变化，导致生态系统的失调和环境恶化。严重失调退化的生态系统是非常难以逆转的，如黄土高原的丘陵沟整区、南方花岗岩水土流失区的“白沙岗”、第四纪红土区的“红色沙漠”和石灰岩、红砂岩区的“光石山”等都是如此。因土壤流失形成的劣地，必须投入巨大劳力、资金和技术力量，经过相当长的时间才有可能改造恢复过来，其难度是相当大的。

我国人口众多，水土资源相对匮乏，人均耕地约 0.08hm^2 ，只及世界平均数的 $1/3$ 。人均水资源 2300m^3 ，只及世界人均数的 $1/4$ 。保护水土资源，防治土壤流失是解决人口、资源与环境协调发展的重要措施。随经济发展和人口增加，我国资源供求形势日益尖锐，做好水土保持工作是关系到国泰民安的大事。国家把水土保持放到一个相当重要地位，作为必须长期坚持的基本国策，是维护生态平衡、实现可持续发展战略的一项重要基础设施。

认识土壤流失规律，据以组织综合措施进行防治，越来越引起人们的重视。对于保障兴建中的长江三峡这一特大水利枢纽免遭泥沙危害和安全顺利运行，保护、改善和合理利用生态环境，实现可持续发展，保障整个长江经济带的崛起与腾飞，在长江三峡地区进行土壤流失规律研究、据以组织综合防治措施的重要性是不言而喻的。

土壤流失的空间和时间分布,除受气象、土壤、地形、植被和人为活动等因素影响外,还深受母岩类型的影响。按母岩特性长江三峡地区可分为三个大的类型区,即紫色页岩区、碳酸岩区和花岗岩区。

由于举世瞩目的长江三峡水利枢纽工程修建和整个长江流域经济带发展和全国经济发展需要,对长江三峡地区的土壤流失和环境等方面问题的研究日渐增多。本书对长江三峡地区花岗岩坡面土壤流失进行了较为系统和深入的研究,同时也对土壤水分下渗及产流特性进行了探讨。其成果对于长江三峡地区花岗岩坡面防护林体系水土保持效益和不同土地利用现状的土壤流失特性研究,具有较好的参考和应用价值。

本书内容主要包括以下几个部分:

(1)在长江三峡花岗岩地区选定的典型流域内,通过水土资源、土地利用和土壤侵蚀形式调查分析,探讨了长江三峡花岗岩地区土壤侵蚀调查方法、分级依据和判定指标体系,得到长江三峡花岗岩地区典型流域的土壤侵蚀形式、不同形式土壤侵蚀的发生程度、强度及不同土壤侵蚀形式在研究流域内的空间分布。

(2)通过在研究流域坡面进行人工降雨模拟试验,系统地探讨了几种土地利用现状下的土壤水分下渗特性,在特定降雨条件下的单点产流规律。并探讨了研究流域可能存在的几种产流机制。

(3)在研究流域内,对几种土地利用现状下不同土壤层次的土壤颗粒粒径级配及粒径分布特性进行了分析。并就不同土地利用现状下的土壤颗粒粒径分布特性与土壤流失的相关性进行了探讨。

(4)应用水力学原理,在研究流域不同土地利用坡面进行了地表糙率系数的实验研究。其结果表明林地的水土保持作用,在很大程度上是表现在地表枯落物减缓地表径流流速方面。

(5)对研究流域坡面泥沙在不同边壁条件下的起动流速进行

了室内实验和分析研究。尤其是探讨了底床有不等量林地枯落物和苔藓存在时,不同粒径泥沙与其起动流速间的相关关系。由于林地枯落物和苔藓的存在,相同粒径泥沙的起动流速不同程度地被提高。

(6)借鉴国外土壤流失研究中采用的土壤流失观测区形式,在研究流域不同土地利用坡面,设置雨量观测点并布设土壤流失观测小区,进行天然降雨条件下的土壤流失观测。同时穿插进行了不同层次的土壤水分渗透实验。通过分析观测和实验得到的数据,探讨了林地、灌草地、裸地和农耕地上的土壤流失、土壤水分下渗和地表径流特性。

(7)应用系统工程理论及方法,将坡面土壤流失及其主要影响因素作为一个相对独立系统,分析系统内各影响因子对坡面土壤流失的影响程度和作用方式,找出影响坡面土壤流失的主导因子、主要因子和一般因子。在分析坡面土壤流失系统基础上,将系统动力学引入坡面土壤流失研究,建立了以场降雨为单位的坡面土壤流失系统动力学仿真模型。在全面分析影响坡面土壤流失诸因子基础上,抓住其主导因子和主要因子进行仿真模拟。

(8)坡面土壤流失系统动力学仿真模型的检验及应用,通过运行建立的坡面土壤流失系统动力学仿真模型,模拟不同地表天然降雨条件下的土壤流失、水分下渗和地表径流状态。模拟结果证明,通过当地坡面土壤流失的系统研究,利用大量天然降雨及其土壤流失量观测资料,建立坡面土壤流失系统动力学仿真模型,在长江三峡地区花岗岩坡面,具有较好的适用性能和较强的模拟功能。

以上各部分在本书中基本能够独立自成体系,但从头至尾又相互联系构成一个整体。

虽然水土保持工作在我国农业生产实践中开始的时间较早,但作为一门独立学科,只不过数十年的历史。目前,在水土保持科学研究和生产实践中使用的一些专门名词术语,还存在着不尽人

意的地方。往往是同一名词有多种不同解释,其中有些解释间的差异还较大,甚至出现相互矛盾现象;同时,还存在多个名词具有相同或相近解释的现象,例如水土流失、土壤侵蚀、水的损失、土的损失和土壤流失等等。本书中使用这些专业术语时,主要是参照近年来相继出版的中国大百科全书、中国水利百科全书和中国农业百科全书中有关条目的定义和解释进行归纳,再加之著者近二十年来在水土保持教学、科研和生产实践中的体会所得,尽量使这些容易引起混淆的术语能够恰如其分地表达出其原意。这仅是作者的初衷,想在今后这一方面的工作中,提供一些可作为参考的基础材料,并没有就此标准化和统一这些名词的意图与奢望。作者深知这需要更多的努力和大量艰辛的劳动。限于本书著者专业水平和相关知识面的限制,也深深感到在很多地方,包括土壤流失特性分析与研究等方面,是心有余而力不足。因此书中存在某些不足乃至谬误也就在所难免了,切盼水土保持前辈和热心水土保持事业的同仁批评指正。即使如此也望通过本书的出版,能够起到抛砖引玉的作用。

本书的主要内容是第一著者结合北京林业大学王礼先教授和解明曙教授主持的“八五”国家科技攻关计划专题“长江中上游典型流域防护林体系与水土流失、水文动态效应信息系统研究”,在第二著者指导下完成的博士论文。

借此机会谨向中国工程院院士关君蔚教授表示衷心感谢。多年前他就曾力促我涉猎系统动力学,将其应用于土壤流失研究,还要感谢先生为本书拨冗作序。同时也向我校研究生部主任解明曙教授表示感谢,在他的推动下使我得以在实践中锻炼成长。

值此机会还要感谢北京林业大学水土保持学院副教授王玉杰先生,是他提供了研究流域水土资源和水土流失等方面的基础调查资料,感谢水土保持学院赵廷宁副教授在数据处理方面给予的帮助和支持。同时也对本工作给予过支持和帮助的前辈及同行们表示感谢。他们是水土保持学院的谢宝元副教授、杨雨行教授、王

斌瑞教授、孙保平教授、余新晓教授和苏新琴副教授等。

最后还要感谢北京林业大学人才培养基金对本书出版所给予的资助。

著 者

1997年3月于北京

张洪江：男，1955年1月生于河北省易县。1975年毕业于北京林学院（现为北京林业大学）水土保持专业，1989年获农学硕士学位，1996年获农学博士学位。现为北京林业大学水土保持学院副教授，水土保持原理教研室主任，硕士研究生导师。作为北京林业大学青年骨干教师，1997年被推为北京林业大学青年学科学术带头人。兼任中国林学会森林水文与流域治理分会理事和中国南方水土保持研究会理事。主要讲授的课程有《水土保持原理与土地利用规划》、《水土保持原理》、《水土保持学》、《地貌学》和《生态控制系统工程学》等。任全国高等林业院校试用教材《水土保持学》编委会委员，并执笔编写其中第四章；任全国高等林业院校试用教材《水土保持原理》副主编，并执笔编写其中第五、六章。曾参加国家“七五”和“八五”重点科技攻关专题研究、国务院组织的“大兴安岭特大火灾区恢复森林资源和生态环境”考察等研究项目，其研究成果分获林业部科技进步二等奖和四川省科技进步三等奖各一次。已在国内外科技刊物发表论文和译文50余篇。

王礼先：男，1934年生，湖北省武汉市人。1957年毕业于北京林学院（现为北京林业大学）。1981年获奥地利维也纳农业大学农学博士学位。历任北京林业大学水土保持系主任、院长。现任北京林业大学水土保持学院学术委员会主任、中国防治荒漠化培训中心常务副主任、教授、博士生导师、国家重点学科水土保持与荒漠化防治学科学术带头人。兼任全国荒漠化防治协调小组高级顾问、国务院学位委员会评议组成员、林业部科学技术委员会委员、中国水土保持学会常务理事、中国林学会森林水文与流域治理分会理事长等。主持的研究成果“小流域土地资源信息库在水土保持规划中的应用”获国家科技进步二等奖。1986年被评为国家级有突出贡献的中青年专家，1995年被评为全国优秀教师。主编《中国大百科全书·水利卷》水土保持分支、《水土保持工程学》、《水土保持学》、《中国荒漠化及其防治》（英文）和《森林及流域治理对山地水环境影响》等教材或论著。已在国内外科技刊物发表论文和译文120余篇。

目 录

序

前 言

第 1 章 长江流域土壤侵蚀危害及土壤流失研究现状	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 土壤侵蚀危害	(3)
1.2.1 破坏土地资源	(3)
1.2.2 泥沙危害严重	(3)
1.2.3 水旱灾害频率加大	(3)
1.2.4 土壤肥力下降,作物产量降低	(4)
1.2.5 部分地区气候条件恶化	(4)
1.3 长江流域土壤侵蚀防治的战略地位	(4)
1.4 土壤流失研究现状	(5)
1.4.1 经验模型	(6)
1.4.2 随机模型	(7)
1.4.3 数理模型	(8)
1.4.4 地理信息系统与土壤流失模型的综合应用	(9)
1.5 不同类型模型的限制性及其适用条件	(10)
1.5.1 经验模型和随机模型	(10)
1.5.2 数理模型	(10)
1.5.3 土壤流失模型研究发展趋势	(10)
第 2 章 研究流域基本条件及其初步分析	(12)
2.1 研究流域选择	(12)
2.2 社会经济条件概述	(15)

2.3 影响土壤流失自然条件概况	(15)
2.3.1 气象及水文	(15)
2.3.2 地貌及地形	(17)
2.3.3 地质及岩石	(17)
2.3.4 土壤	(18)
2.3.5 植被	(19)
2.4 土地利用现状及其分析	(19)
2.4.1 土地利用现状	(19)
2.4.2 土地资源丰富,利用率较高,经营方式单一	(21)
2.4.3 土地管理不合理	(22)
2.4.4 交通不便,经济落后,生产力水平低下	(22)
第3章 长江三峡地区土壤侵蚀概况及研究流域土壤侵蚀现状	(23)
3.1 与土壤侵蚀有关的问题	(23)
3.1.1 水土流失	(23)
3.1.2 土壤侵蚀	(24)
3.1.3 土壤流失	(25)
3.2 长江三峡地区土壤侵蚀概况	(25)
3.3 长江三峡地区土壤侵蚀及其评价	(28)
3.3.1 土壤侵蚀评价指标和标准	(28)
3.3.2 土壤侵蚀类型	(29)
3.3.3 土壤侵蚀形式	(29)
3.3.4 土壤侵蚀程度	(29)
3.3.5 土壤侵蚀潜在危险性	(30)
3.4 研究流域土壤侵蚀形式、程度及其潜在危险性	(31)
3.4.1 土壤侵蚀形式	(32)
3.4.2 土壤侵蚀程度	(32)
3.4.3 土壤侵蚀潜在危险性	(32)
第4章 坡面土壤水分下渗与单点产流特性分析	(34)
4.1 土壤水分下渗动态分析	(35)
4.2 土壤水分下渗过程分析	(36)

4.2.1	不同类型林地产流前损历时差异	(37)
4.2.2	林地地表状况对产流前损历时的影响	(38)
4.2.3	板栗疏林地与农耕地上产流前损历时的差异	(39)
4.3	不同土地利用现状下渗过程及下渗量分析	(40)
4.3.1	不同土地利用现状的差异	(40)
4.3.2	马尾松林地	(41)
4.3.3	板栗疏林地	(43)
4.3.4	农耕地	(43)
4.3.5	不同土地利用现状下土壤水分下渗量的差异	(45)
4.4	产流机制及产流量分析	(47)
4.4.1	产流机制概述	(47)
4.4.2	单点产流过程分析	(50)
4.4.3	马尾松林地试验区产流过程	(51)
4.4.4	板栗疏林地产流过程	(53)
4.4.5	农耕地的产流过程	(54)
4.5	不同土地利用现状单点产流量	(54)
4.5.1	马尾松林地及板栗疏林地	(54)
4.5.2	农耕地	(55)
4.5.3	不同土地利用现状产流量差异	(55)
4.6	小结	(56)
第5章	研究流域地表土壤颗粒特性分析	(58)
5.1	土壤样品采集	(58)
5.1.1	土壤剖面地点选择	(58)
5.1.2	样品采集及处理	(59)
5.2	筛分结果	(59)
5.2.1	花岗岩风化土沙的单粒特性	(59)
5.2.2	土壤颗粒筛分结果	(60)
5.3	不同土壤层次土沙颗粒粒径分异规律	(61)
5.3.1	松栎混交林地	(61)
5.3.2	灌草地	(63)
5.3.3	农耕地	(64)
5.3.4	裸地	(65)

5.3.5 土壤颗粒粒径组分析	(66)
5.4 不同土地利用状况的土壤颗粒群体特性分析	(67)
5.4.1 土壤颗粒平均粒径状况	(68)
5.4.2 土壤颗粒分散度	(70)
5.4.3 土壤颗粒粒径对称性	(70)
5.4.4 土壤颗粒粒径的集中程度	(72)
5.5 小结	(72)
第6章 花岗岩坡面糙率系数研究	(75)
6.1 研究的理论及现实意义	(76)
6.2 基本理论依据	(77)
6.2.1 曼宁公式	(77)
6.2.2 巴甫洛夫斯基公式	(78)
6.3 糙率系数计算及研究方法	(78)
6.3.1 糙率系数计算	(78)
6.3.2 试验小区设计布设原则	(79)
6.3.3 试验方法	(80)
6.4 观测项目及内容	(80)
6.4.1 枯落物及草类重量和吸水量测定	(80)
6.4.2 流量测定	(81)
6.4.3 流速测定	(81)
6.4.4 不同林下地被物持水能力测定	(81)
6.5 试验结果及分析	(82)
6.5.1 糙率系数计算结果	(82)
6.5.2 土地利用状况对糙率系数的影响	(82)
6.5.3 不同试验小区的糙率系数分析	(86)
6.5.4 糙率系数对渗透水量的影响	(86)
6.6 小结	(88)
第7章 非粘性均匀花岗岩土沙的起动流速	(89)
7.1 非粘性沙粒在地表径流中受力分析	(89)
7.1.1 重力	(90)
7.1.2 水流推移力	(90)
7.1.3 水流上举力	(91)