

HUAIHE LIUYU SHUITU BAOCHI SHENGTAI XIUFU JILI YU JISHU

淮河流域水土保持 生态修复机理与技术



姚孝友 肖幼 顾洪 张光灿 张旻 刘霞 等著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

淮河流域水土保持 生态修复机理与技术

姚孝友 肖幼 顾洪 张光灿 张旻 刘霞 等著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



内 容 提 要

本专著以水土流失严重的淮河流域桐柏大别山区、沂蒙山区和伏牛山区为对象,在简要介绍国内外生态修复研究进展的基础上,系统阐述淮河流域山地丘陵区水土保持生态修复的机理与关键技术问题。主要内容包括:引言;区域自然环境与社会经济特征;土地利用/覆被与土壤侵蚀;人为干扰过程中植被演替;生态退化机制与生态修复限制因子;生态修复适宜性评价与分区;生态修复模式与措施体系。

本专著可为其他流域(区域)的水土保持生态修复研究与实践提供借鉴,同时可供从事水土保持与生态环境建设的科技和管理工作者参考,也可供大专院校水土保持和资源环境类专业的师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

淮河流域水土保持生态修复机理与技术 / 姚孝友等著. — 北京:中国水利水电出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-5084-9143-1

I. ①淮… II. ①姚… III. ①淮河—流域—水土保持—生态恢复 IV. ①S157

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第228783号

书 名	淮河流域水土保持生态修复机理与技术
作 者	姚孝友 肖幼 顾洪 张光灿 张旻 刘霞 等著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	小森印刷(北京)有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.5印张 296千字
版 次	2011年11月第1版 2011年11月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	58.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言



淮河流域地处我国东中部，介于长江与黄河两流域之间，跨越湖北省、河南省、安徽省、江苏省和山东省 5 个省，历来是我国重要的粮、棉、油生产基地，在保证我国粮食安全和生态安全，促进国民经济建设及可持续发展中具有极为重要的地位。然而，淮河流域又是我国人口密度最大、洪涝灾害频繁、水土资源严重匮乏和生态环境十分脆弱的流域。长期以来，在高密度人口压力和以资源消耗为主的经济 development 方式下，许多地区植被破坏，水土流失严重，引发土地退化、生产力下降、生态系统稳定性降低、生物多样性下降等一系列生态退化问题。淮河流域地处我国南北气候过渡带，特殊的地理位置孕育了多样化的生态系统和生物多样性，降雨、温度等自然条件满足植被生理生态需求，依靠大自然的力量进行生态自我修复具有良好的外部条件。进入 21 世纪以来，农业人口的转移，农民对土地依存度的降低，为生态修复解除了内在制约因素。在目前缺乏大规模综合治理的不利条件下，开展和实施水土保持生态修复，通过合理调控人类生产生活对生态系统的干扰方式，保护和恢复生态林草植被，已成为解决淮河流域大面积水土流失问题的重要措施。

进入 21 世纪以来，水利部为了加快水土流失治理，在全国开展了一批水土保持生态修复试点工程，在实践方面探索出了诸如“以治促封”、“以建促退”、“以补促覆”、“以沼代柴”、“以电代薪”等生态修复模式。但是，一直缺乏从流域整体或系统水平的区域尺度或时间推移方面的生态修复综合研究与示范。

为了系统研究淮河流域山地丘陵区生态修复的理论与机制，探讨生态修复技术，为在淮河流域全面开展水土保持生态修复工作积累经验，自 2007 年开始，淮河水利委员会联合山东农业大学、河南农业大学开展了“淮河流域生态修复机理与评价指标体系研究与示范”科研项目，通过总结、梳理和凝

练研究项目所取得的科技成果，完成了《淮河流域水土保持生态修复机理与技术》专著的撰写工作。

本专著针对淮河流域水土流失严重的三大山区——桐柏大别山区、沂蒙山区、伏牛山区，系统阐述了人为干扰下的土壤侵蚀、植被演替和生态退化过程与机制、生态修复限制因子、生态修复适宜性评价与分区、生态修复模式与配套措施等基础理论与关键技术。

山东农业大学张光灿教授和刘霞教授为专著的成稿做了大量工作；河南农业大学杨喜田教授、吴明作教授为本专著提供了大量研究数据；山东农业大学董智副教授、王延平副教授、高鹏副教授参与了外业调查和部分章节的撰写；淮河水利委员会王金平、杨树江、黎家作、刘俐、胡续礼、袁学勤、张春平、吴迪、吴畏等同志参与了部分章节的校核；河南农业大学蔚霖老师和研究生席琳同学，山东农业大学研究生张荣华、常城、张荣、王梦军、战海霞等同学参与了资料收集、外业调查、测试分析、数据处理。在外业调查和资料收集过程中，还得到了河南省信阳市、南阳市和平顶山市，安徽省六安市，山东省临沂市和枣庄市等水土保持部门的大力支持和热情帮助，在此一并致谢。另外，专著撰写参考和引用了较多的学术论文和专著等科技文献，因篇幅所限未能在参考文献中全部列出，谨向作者们致以深切的谢意。

鉴于生态修复在我国尚是一项全新的水土保持举措，也是一项复杂的生态系统工程，在理论和实践上都存在许多亟待解决的问题，加之我们的知识水平和实践经验有限，本专著中不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

著 者

2010年11月

目 录

前言

1 引言	1
1.1 背景	1
1.2 水土保持生态修复研究进展	2
1.3 研究内容与主要技术路线	4
2 区域自然环境与社会经济特征	16
2.1 自然环境特征	16
2.2 社会经济特征	31
3 土地利用/覆被与土壤侵蚀	34
3.1 土地利用格局与动态	34
3.2 植被覆盖格局与动态	52
3.3 土壤侵蚀格局与动态	61
3.4 植被覆盖度与土壤侵蚀关系	78
3.5 小结	81
4 人为干扰过程中植被演替	85
4.1 植被类型结构与分布	85
4.2 人为干扰下植物群落类型划分	98
4.3 人为干扰下植物群落结构动态	98
4.4 人为干扰下植物群落功能动态	105
4.5 植物群落结构与功能退化特点	114
4.6 植物群落结构与功能相关性	118
4.7 小结	121
5 生态退化机制与生态修复限制因子	124
5.1 生态退化类型特征与分布	124
5.2 生态退化类型脆弱性评价	129

5.3	生态退化驱动因子分析	135
5.4	水土保持生态修复限制因子	138
5.5	小结	142
6	生态修复适宜性评价与分区	145
6.1	评价依据与指标体系构建	145
6.2	适宜性评价指标分级	147
6.3	适宜性等级与类型区划分	152
6.4	不同适宜性类型区问题与对策	158
6.5	小结	165
7	生态修复模式与措施体系	167
7.1	生态修复模式与空间格局	167
7.2	区域模式与配套措施体系	169
7.3	小结	183
	参考文献	185

1 引言

1.1 背景

淮河流域地处我国东部，介于长江与黄河两流域之间，位于东经 $111^{\circ}55' \sim 121^{\circ}25'$ ，北纬 $30^{\circ}55' \sim 36^{\circ}36'$ ，跨越湖北省、河南省、安徽省、江苏省和山东省 5 省。流域面积 27 万 km^2 ，约占我国国土面积的 $1/35$ ；而人口、耕地均占全国的 $1/8$ ；粮食产量却占全国的 $1/6$ ；棉花和油料占全国的 $1/4$ ；煤炭储量高达 7000 多亿 t；有京广、京九、京沪和陇海 4 条铁路大动脉贯穿其中。因此，淮河流域在保证我国粮食安全、国土安全和生态安全，促进国民经济建设及可持续发展中具有极为重要的地位。

但是，由于淮河流域人口密度较高，全流域平均高达 600 多人/ km^2 ，山地丘陵区达到 460 多人/ km^2 ，是全国人口密度的 4.6 倍，因而人口—资源—环境—发展的矛盾异常突出。长期以来，高密度人口的压力和以资源消耗为主的经济 development 方式等原因，导致淮河流域许多地区生态破坏和环境污染等问题严重，水土流失是生态环境恶化的集中体现和头号生态环境问题。根据水利部 2002 年全国水土流失遥感普查资料，淮河流域水土流失总面积 3.08 万 km^2 ，土壤侵蚀模数 $784.6\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。其中水力侵蚀面积 2.94 万 km^2 ，占水土流失面积的 95.4%。水土流失面积主要分布在桐柏大别山区、沂蒙山区、伏牛山区。

淮河流域水土流失及其危害具有以下特点。一是水土流失总量虽然不大，但分布广泛、局部区域土壤流失严重；二是水土流失强度虽然不高，但土壤损失和潜在威胁巨大；三是坡地水土保持工程虽然不少，但建设标准低、潜在水土流失面积较大；四是开发建设水土流失面积虽然不大，但区域分散、危害巨大且程度日趋严重。由此导致土地生产力破坏和耕地面积减少、水利工程淤积和洪涝灾害加剧、生存环境恶化和生活贫困加剧等一系列生态环境与社会经济问题，不仅成为制约淮河流域国民经济健康可持续发展、构建和谐社会和社会主义新农村建设的主要瓶颈，而且严重影响到周边地区乃至国家的生态安全、粮食安全、国土安全以及社会经济的可持续发展。

淮河流域水土流失产生的主要原因，自然因素主要表现在降雨集中且侵蚀力较强、地形破碎和土壤抗蚀性较低、植被结构较差且防护功能较低等方面；而人为因素主要表现在人口密度较高和人地矛盾突出、坡地开荒严重和耕作经营粗放、生态林地减少和植被结构破坏、开发建设增加且水土流失控制不利等方面。总之，在人口密度较高、人地矛盾突出和农村生活贫困的压力下，人类对土地和植被等自然资源的不合理开发利用和强度干扰，以及由此导致的生态植被缺乏及其结构和功能破坏，是水土流失产生和加剧的最主要原因。因此，随着国家水土保持生态修复理念的提出和在全国范围内较大规模的实施，依据



水土流失的分布和危害特点及其产生的主要原因，在继续加强重点地区小流域综合治理工程建设、解决群众生产生活问题的同时，积极开展水土保持生态修复工程建设、尽快恢复重建生态林草植被，已成为加快淮河流域水土保持步伐的重要措施。

从生态修复工程的实施条件看，淮河流域地处我国南北气候过渡带，降雨、温度、土壤和生物等自然条件满足植被恢复的生态需求。同时，进入 21 世纪以来随着农村产业结构的变化，农业人口的转移，农民对土地依存度的下降，社会经济因素对生态修复的制约程度降低。因此，在目前大规模实施综合治理工程还受到资金缺乏和投入不足等制约的不利条件下，实施水土保持生态修复工程，以小面积的综合治理推动大面积的生态修复，逐渐成为解决淮河流域（尤其是上游地区）水土流失问题最为有效的办法。但是，生态修复作为一项新的水土保持举措，尽管在局部地区的试点工程已经取得了明显的效果，但在淮河流域的大面积开展和大规模实施还缺乏必要的科技支撑。

淮河水利委员会先后实施了“淮河流域沂蒙山区植被演替与水土保持生态修复对策”、“淮河流域水土保持生态修复机理和评价指标体系”等研究项目，重点针对水土流失严重的三大山区——即桐柏大别山区、沂蒙山区、伏牛山区，开展了植被退化特征与驱动机制、生态修复适宜性评价与分区、生态修复对策与模式、生态修复示范与效益监测研究，为在淮河流域全面开展水土保持生态修复工程的决策与规划，提供了有效的科学依据与技术支撑。

1.2 水土保持生态修复研究进展

1.2.1 国内外生态恢复与重建研究

进入 20 世纪 60 年代，全球范围内的生态危机日益严重，自然灾害频频发生。生态危机迫使人类不得不审视人与自然的关系，思考人口—资源—环境—发展之间的联系。尤其是进入 20 世纪 70 年代以来，国际社会越来越关注和重视生态系统的退化及其恢复问题，将生态恢复与重建研究纳入了联合国人与生物圈计划（MAB）、国际地圈生物圈计划（IGBP）、全球变化的人类因素研究计划（IHDP）等国际大型计划。先后在美国、意大利、英国、瑞士等国家，召开了一系列以受损生态系统恢复与重建为主题的国际会议，各个国家的生态学家也相继开展不同受损生态系统的恢复与重建研究，由此产生了一门新的生态学分支——恢复生态学，即研究生态系统退化的原因、退化生态恢复与重建的技术与方法、生态学过程与机理的科学。研究内容主要涉及两个方面：一是对生态系统退化与恢复的生态学过程，包括各类退化生态系统的成因和驱动力、退化过程、特点等；二是通过生态工程技术对各种退化生态系统恢复与重建模式的试验示范研究。

美国是世界上较早开展生态恢复研究与实践的国家之一，早在 20 世纪 30 年代就对部分温带高草原进行了成功的恢复。随后在 20 世纪 60~70 年代，又开始了北方阔叶林等森林生态系统的恢复试验，探讨森林采伐破坏后系统的生态学过程、动态及其机制；在 20 世纪 90 年代开始了对佛罗里达大沼泽的生态修复研究。欧洲共同体国家，特别是德国等中北欧各国，对大气污染（酸雨等）胁迫下的生态系统退化研究较早，在森林营养健康和物质循环方面的研究比较深入，迄今已经形成了独具特色的欧洲共同体森林退化研究网



络,并开展了大量的恢复实验研究。英国对采矿废弃地以及欧石楠灌丛地的生态恢复研究最早,而且很深入。在澳大利亚、非洲大陆和地中海沿岸的欧洲各国,研究的重点是干旱土地退化及其人工重建。此外,澳大利亚将采矿地的生态恢复列为长期深入的重点研究对象;美国、德国等国的学者对南美洲热带雨林、英国和日本学者对东南亚的热带雨林采伐后的生态恢复也有较多的研究。

中国也是较早开始生态恢复与重建研究和实践的国家之一,从20世纪50年代开始,就开始了退化环境的长期定位观测试验和综合整治工作,研究不合理的人类活动及资源的不合理利用所带来的生态环境恶化、生态系统退化的问题。自20世纪50年代末期开始,在黄土高原地区、华南地区的退化坡地上开展荒山绿化、植被恢复工程及其相关的研究工作。20世纪70年代,在“三北”地区开展了防护林工程建设。20世纪80年代在长江中上游地区(包括岷江上游)开展了防护林工程建设、水土流失综合治理等一系列的生态恢复工程建设。到20世纪80年代末以后,我国还在农牧交错区、风蚀水蚀交错带、干旱荒漠地区、干热河谷、湿地、沿海地区、城市水土流失区、工业废弃地等退化或脆弱的生态环境中进行了恢复重建方面的大量工作。在上述生态恢复工程实践和研究过程工作中,先后发表了大量的有关生态系统退化和人工恢复重建的论文、报告和论著,如《中国退化生态系统研究》(1995年)、《热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究》(1996年)等,提出了许多切实可行的生态恢复与重建的技术与模式,为我国水土保持生态修复工程的提出和实施,奠定了良好的理论基础和技术依据。

1.2.2 我国水土保持生态修复研究

我国是水土流失比较严重的国家之一。依据全国第二次水土流失遥感调查,我国目前水土流失面积356.9万 km^2 ,尚需治理的面积200多万 km^2 。为了适应新时期国家生态环境建设和经济发展对水土流失治理的要求,进入21世纪以来,水利部提出了“加强封育保护,充分发挥生态自我修复能力,加快水土流失防治步伐”的水土流失防治新思路。并从2001年开始在黄河、长江上中游地区选择了20多个县开展了生态修复试点工程,2002年又在全国106个县(市、区、旗)实施了更大范围的生态修复试点工程。试点工程范围涉及29省(自治区、直辖市)、128个县(市、区、旗),总面积3.8万 km^2 。此后,不同省(自治区、直辖市)也相继开展了以封禁保护为主的水土保持生态修复工程。我国水土保持生态修复的主要措施可分为两类。一类是生态修复基本措施,包括封山禁牧、封育保护,退耕还林(草),造林种草等;另一类是生态修复保障措施,包括以粮代赈、舍饲养畜、生态移民、建设高标准农田、能源替代、调整产业结构等。这两类措施在不同地区因地制宜地配合实施,形成了多种水土保持生态修复模式。生态修复的实施,增加了区域植被覆盖度和生物量,改善了土壤理化性质,减小了水土流失面积和强度,提高了保持水土和涵养水源效应。同时,促进了农民生态意识的增强和农村生产方式的转变,并加快了农村产业结构的调整和增加了农民经济收入。

在水土保持生态修复理论与技术研究方面,我国有关专家也做了初步有益的探索。迄今为止,报道的主要内容涉及生态修复概念与内涵、建议与对策的讨论,生态修复理论基础与技术原理的论述,生态修复的实施条件与措施类型区域划分,生态修复模式与配套措施及其主要做法,生态修复工程效益监测内容与评价方法,生态修复试点工作的工作总结



与存在的主要问题等。例如，具有代表性的研究报道有：焦居仁、杨爱民等就水土保持生态修复的概念、内涵作了界定，并就生态修复的主要内容和要点做了初步研究；李智广、胡建民等提出了水土保持生态修复监测的目标、指标体系和内容；蔡建勤等以水分条件作为一级类型区主导因子划分了生态修复一级类型区，在此基础上依据全国水土保持工作分区划分生态修复二级类型区，并依据区内相似性、区间差异性和社会经济条件确定生态修复的措施布局；郭志民等对福建省南安市丘陵区疏林地小流域生态修复效果进行了系统的研究评价；杨洪晓等以青海省沙珠玉治沙站流沙治理实践为基础，研究了高寒沙区植被人工修复过程中种子植物物种多样性变化的规律，表明沙丘上人为设置机械沙障和生物沙障后，流动沙丘上的植被恢复演替会加快；崔鹏等以中国科学院东川泥石流观测研究站为研究区，对干热河谷生态修复模式及其效应进行了研究，提出了荒地地乔灌草恢复性生态修复模式和坡耕地农、林、牧开发性生态修复模式，并对生态修复效应进行了监测和调查；牛青翠等在对影响金沙江干热河谷的生态环境因子进行分析的基础上，将该区根据坡位和坡向划分为6个立地类型区，并提出了相应的生态修复措施，初步形成了较完整的生态修复技术体系；陈奇伯等通过对金沙江上游滇西北高原植物群落调查、土壤理化分析和径流小区观测，研究了陆生生态系统的退化模式和生态修复效果；温仲明等以黄土高原典型沟壑区的陕西省吴旗县为例，调查分析了退耕和封禁后的植被自然恢复过程及其物种多样性。

但是，上述研究在内容上针对水土保持生态修复概念、原理、对策的论述和实施效果、问题的定性化描述较多，而对生态修复途径与方法、模式与配置等技术性方面的定量研究较少；在研究尺度上针对生态修复示范工程区的分散性和单项性报道较多，而针对较大区域（如大、中流域）的系统性和综合性研究很少。因此，迄今为止的生态修复理论与技术，从研究深度和尺度上，还难以满足大范围（如大、中流域或区域）生态修复工程实施的需求。总之，水土保持生态修复在我国尚是一项新的课题，在理论和实践上都存在许多亟待解决的问题。特别是关于较大尺度区域（流域）的水土保持生态修复机理、技术模式及效益评价的研究，还属于起步阶段，因而需要进行深入研究。

1.3 研究内容与主要技术路线

1.3.1 研究区域与主要内容

研究区域为淮河流域的水土流失严重的三大山区——即桐柏大别山区、沂蒙山区、伏牛山区。其地理位置见图1.1，各个山区的区域面积及其涉及的省、市、区（县）见表1.1。

主要内容包括：①掌握在人为干扰下的土地覆盖与土壤侵蚀格局与动态特征；②阐明人为干扰下的生态（植被）退化类型、退化过程与驱动机制，揭示水土保持生态修复的限制因子；③构建水土保持生态修复适宜性评价指标体系，进行适宜性评价与区域划分；④提出不同生态修复适宜性区域的生态修复模式及其配套技术。

通过对上述区域和主要内容的研究，建立淮河流域水土保持生态修复理论与技术体系，为流域机构对大区域尺度水土保持生态修复的规划决策与工程管理提供科技支撑。

(2) 水土保持生态修复分区研究。在生态退化类型及其分区和生态修复限制因子研究的基础上,进行生态修复适宜性评价与分区研究。包括生态修复适宜性评价指标体系构建,运用主导因子分级组合法提出淮河流域生态修复适宜性等级类型及其分区。

(3) 水土保持生态修复模式研究。基于生态修复适宜性评价与分区研究结果,采用筛选推优法和借鉴类比法,分别按不同生态修复适宜性等级区域,提出淮河流域水土保持生态修复模式与配套技术体系。

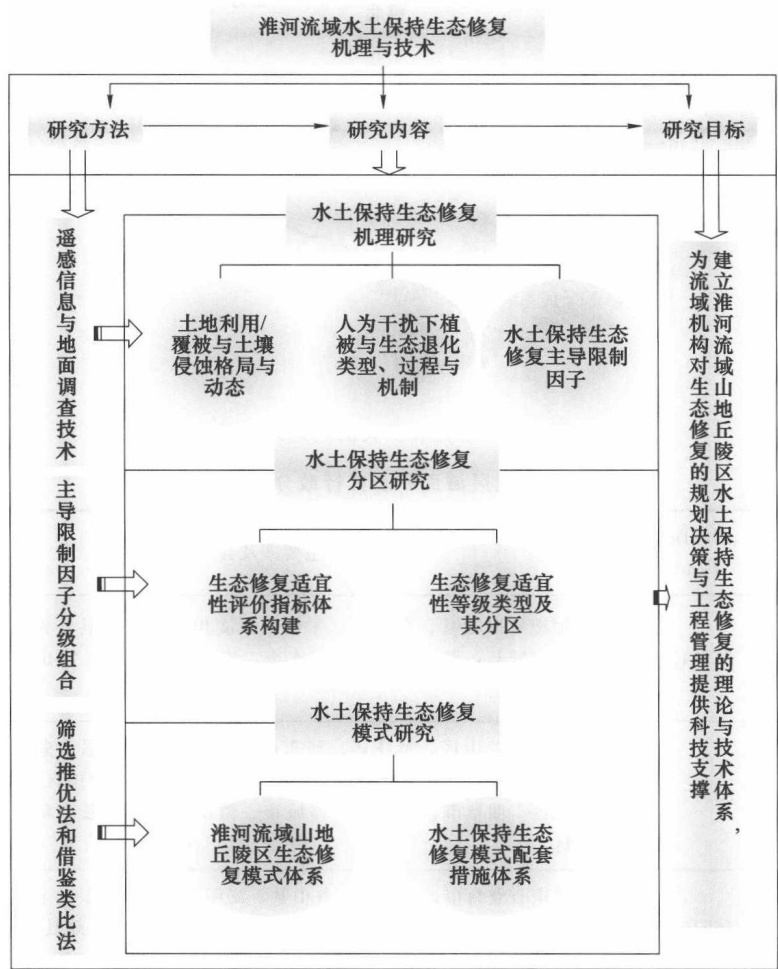


图 1.2 生态修复研究总体技术路线框图

1.3.2.1 土地覆被与土壤侵蚀研究方法

(1) 数据类型及其来源。土地覆被与土壤侵蚀主要数据包括遥感数据、地形图、专题图件、观测资料、统计资料和研究文献资料等。遥感数据研究时间跨度为 20 年(1987~2007 年);空间跨度为淮河流域桐柏大别山区(2.72 万 km²)、沂蒙山区(3.25 万 km²)和伏牛山区(1.65 万 km²)。采用美国陆地卫星 Landsat-TM 1987 年、1997 年和 2007 年的遥感影像数据,分辨率为 30m×30m。

在遥感影像的季相上，选择 4~5 月或 8~10 月的遥感影像。采用的其他数据主要包括以下几个方面：研究区 1：10 万地形图：土地利用图、植被图、地势图、地貌图、地质图、土壤图、气候状况图、水系图、土壤侵蚀类型及强度图、水土保持治理措施图等专题图。另外收集研究区的气象资料、水文泥沙资料、水土流失观测资料、社会经济资料及年鉴等。

(2) 遥感影像信息提取。在 Erdas Imagine8.7 软件中，分别进行影像配准、影像镶嵌与匀色、影像精校正和研究区影像裁剪过程。即首先利用几何校正模块，在需要配准的两期影像中，选择同名地物点，进行影像的配准。然后对工作区域内的 TM 数据进行镶嵌，对镶嵌好的数据，使用 Photoshop 软件来进行匀色，保证镶嵌后的数据色调基本无差异。再以 1：10 万地形图为参考，寻找地面控制点，对融合匀色好的 TM 数据进行纠正（每期影像均选择 45~55 个地面控制点，误差在 0.5 个象元以内），校正中采用北京 1954 坐标系，高斯—克吕格投影。最终根据研究区边界，对镶嵌后影像进行裁减得到研究区影像。

在仔细分析 TM 遥感影像的色、形、位特点的基础上，参照 1：10 万地形图及土壤图、地质图等资料，结合野外调查获取的数据，建立淮河流域山丘区的解译标志（表 1.2）。采用自动分类和人工判读相结合的方法，对研究区的 TM 遥感影像进行解译。

1) 土地利用因子提取。以 Erdas Imagine8.7 遥感软件为技术支撑，以 TM 遥感影像为信息源，结合已有资料和野外调查，采用非监督分类（Unsupervised Classification）方法，将遥感影像解译为耕地、林地、草地、城镇村及工矿交通用地、水域及水利设施用地和未利用土地，并通过聚类分析（Clump）、剔除分析（Eliminate）和邻域分析（Neighborhood）处理后，获得土地利用因子信息。

表 1.2 遥感影像判读解译标志

类 型	影 像 信 息 特 征
耕地	水田颜色紫色泛蓝或蓝白色，纹理细腻，有光泽，呈片状或条带状分布；旱地颜色为粉白色或粉红色，纹理细腻，有明显的边界，形状较为规则，梯田纹理粗糙间有白条
林地	亮绿色或深绿色，纹理均一，形状不规则，片状分布，面积较大，主要分布在山区，比较集中；经济林呈现粉红色，主要分布在山区村庄附近，面积大
草地	浅绿或蓝白色，无光泽，纹理粗糙无序，无固定的形状，多带状分布于河流两侧、沟道中或岩石裸露附近，分布在居民区较少的地方
城镇村及工矿交通用地	城镇村颜色丰富杂乱，多为紫红色，无固定的形状，块状纹理粗糙，有光泽，周围多有成片农田；交通用地颜色暗淡，为宽度相同的细长条状，呈延伸状
水域及水利设施用地	河流为蓝色或蓝色泛白，纹理细腻，形状规则，呈条状分布；水库为深蓝色或黑色，纹理细腻，形状不规则，面积较大
未利用土地	白色或浅红色，有光泽，形状规则，点状分布，不成片连接，面积较小，周围一般为草地

2) 植被覆盖因子提取。采用归一化（标准化）植被指数（Normalized Difference Vegetation Index，简称 NDVI）计算植被覆盖度。

$$f = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min})$$

式中： f 为植被覆盖度； $NDVI$ 为所求像元的植被指数； $NDVI_{min}$ 、 $NDVI_{max}$ 分别为研究区内 $NDVI$ 的最小值、最大值。

在 Erdas Imagine8.7 软件下通过模型的转换，得到不同时相的植被覆盖灰度图。利用 GPS 确定野外标准样区并采集该样区的植被覆盖度数据，通过建立样区的植被覆盖度与 $NDVI$ 之间的关系方程，获得研究区植被覆盖因子。依据水利部植被覆盖分级标准，将研究区植被覆盖分为裸地、低覆盖、中低覆盖、中覆盖、中高覆盖、高覆盖六级（表 1.3）。

表 1.3 植被覆盖分级编码表

编 码	分 级	盖 度 (%)	编 码	分 级	盖 度 (%)
1	裸地	<15	4	中覆盖	45~60
2	低覆盖	15~30	5	中高覆盖	60~75
3	中低覆盖	30~45	6	高覆盖	>75

(3) 其他图件信息提取。将 1：10 万地形图扫描输入计算机中，在 Region Manager 5.5 软件中通过辐射校正、几何校正和投影变换来降低误差、提高精度，然后完成矢量化、拼接，利用等值线插值，生成数字高程模型（DEM）（图 1.3）。

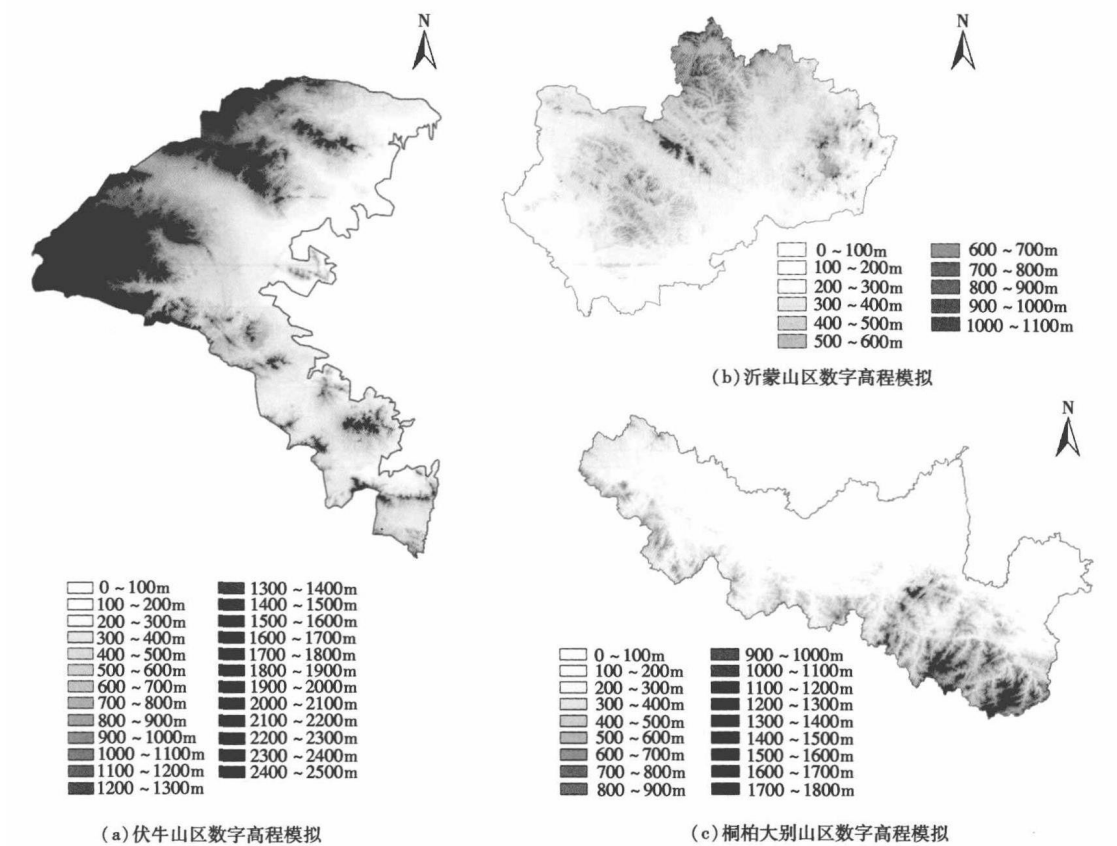


图 1.3 淮河流域三大山区数字高程

1) 坡度海拔因子提取。依据水利部颁布的临界坡度分级方案, 结合研究区的实际情况, 将坡度分为平缓坡、中等坡、斜坡、陡坡、急坡和急陡坡六级 (表 1.4)。根据数字高程模型 (DEM), 利用 Region Manager5.5 软件中的 DEM 查询功能, 提取每个斑块的坡度和海拔高度信息, 最后获得研究区的坡度图。

表 1.4 坡度分级编码表

编 码	分 级	坡度 (°)	编 码	分 级	坡度 (°)
1	平缓坡	<5	4	陡坡	15~25
2	中等坡	5~8	5	急坡	25~35
3	斜坡	8~15	6	急陡坡	>35

2) 地貌类型信息提取。根据数字高程模型 (DEM), 结合 1:10 万地形图, 获得可靠的判读标志和类型的边界, 参照绝对高程和相对高程, 将研究区地貌类型划分为平原、丘陵、低山、中山 4 种类型 (表 1.5)。在 Region Manager5.5 软件中, 根据已提取的海拔高度信息, 按照地貌分级标准, 获取研究区地貌信息。

表 1.5 地貌分级编码表

编 码	分 级	海拔 (m)	编 码	分 级	海拔 (m)
1	平原	<100	3	低山	500~1000
2	丘陵	100~500	4	中山	>1000

另外, 将已有淮河流域土壤图、地质图、气候图、区域图、行政区划图等各种图件扫描, 在计算机中对图像进行格式转化, 并对其重新采样, 以获得研究区内的土壤、地质、气候等信息。

(4) 遥感信息调查验证。野外调查与实地考察验证是保证土地利用和植被覆盖分类准确、可靠的关键环节之一。一是对照实地情况, 建立遥感影像与土地利用状况和植被覆盖相对应的关系; 二是验证预判的结果, 了解预判的结果, 和当地专家对同一地区的定级是否一致, 并探讨不一致的原因, 更好地建立解译标志; 三是纠正预判错误, 使其更符合实际, 提高精度。

在研究区域范围内, 选取有代表性的典型地段、特殊地物以及在解译中图像不清楚之处共 870 个地点, 利用 GPS 进行野外定点实地调查 (图 1.4), 其中桐柏大别山区 6 个县 (市、区) 386 个, 沂蒙山区 7 个县 (市、区) 284 个, 伏牛山区 4 个县 (市、区) 200 个, 对室内预判的成果进行抽样检查核对。采用 Kappa 指数进行预判精度评价与验证, 用户精度、生产精度均在 60.0% 以上, 总体解译精度为 79.2% (689 个), 符合实际需要 (表 1.6)。

(5) 土壤侵蚀强度确定。在利用 “3S” 技术获取研究区土地利用类型、植被覆盖和地面坡度这三个主导因子的基础上, 利用主导因子与土壤侵蚀的相关关系, 结合气象、地质、土壤、岩石等辅助因子, 依据水利部颁的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190—2007) (表 1.7) 和土壤侵蚀强度判定指标 (表 1.8), 确定 1987 年、1997 年、2007 年土壤侵蚀强度及其分布面积。通过对研究区土壤侵蚀的变化过程进行分析, 掌握区域内土壤侵蚀空间格局及其面积和强度的变化规律。

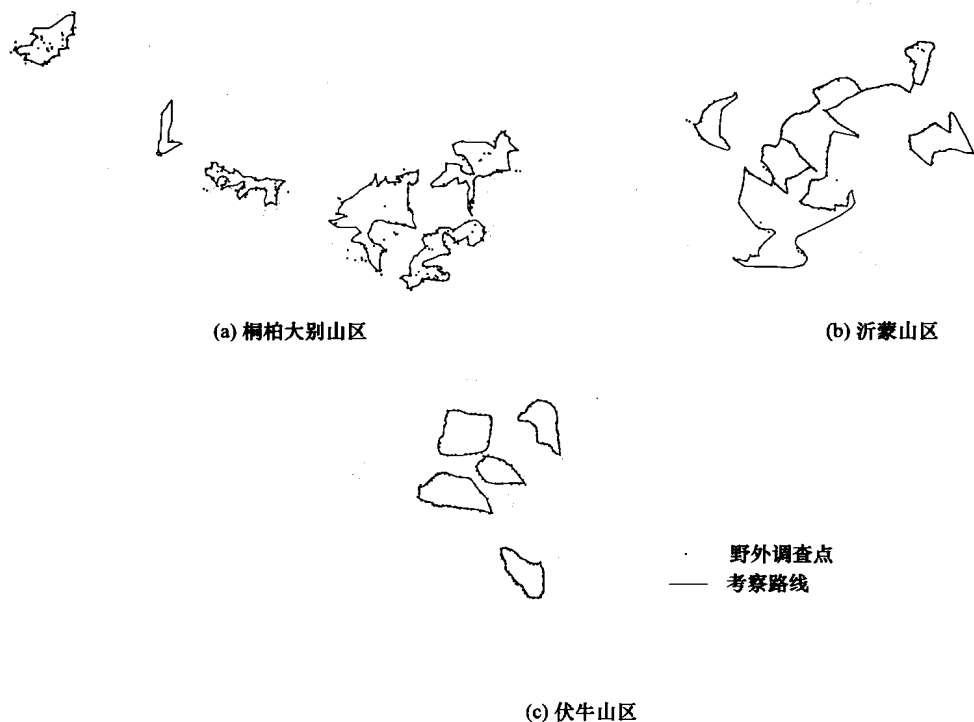


图 1.4 淮河流域三大山区野外调查点及调查路线

表 1.6 Kappa 指数精度评价表

土地利用类型	耕地	林地	草地	城镇村及工矿 交用地	水域及水利 设施用地	未利用 土地	合计	用户精度 (%)
耕地	153	43	2	10	9	0	217	70.51
林地	69	201	0	2	0	0	272	73.90
草地	4	0	15	0	4	0	23	65.22
城镇村及工矿交用地	15	8	0	149	4	0	176	84.65
水域及水利设施用地	3	0	3	5	167	0	178	93.82
未利用土地	0	0	0	0	0	4	4	100
合计	244	252	20	166	184	4	870	
生产精度 (%)	62.70	79.76	75.00	89.76	90.76	100		

表 1.7 土壤侵蚀强度分级标准表

土壤侵蚀级别	侵蚀模数 $[t/(km^2 \cdot a)]$	平均流失厚度 (mm/a)
微 度	<200	<0.15
轻 度	200~2500	0.15~1.9
中 度	2500~5000	1.9~3.7
强 烈	5000~8000	3.7~5.9
极强烈	8000~15000	5.9~11.1
剧 烈	>15000	>11.1