

中国荒漠化治理的 生态经济模式与制度选择

樊胜岳 周立华 赵成章 著

国家重点基础研究发展规划项目(G2000048705) 资助
中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-09)

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地研究了我国荒漠化治理的生态、经济与技术模式的协调发展问题,分析了荒漠化治理的制度演化、效果,提出了制度创新途径,探讨了荒漠化这一特定的退化生态问题,提出了具有可操作性的生态经济理论模式。本书从地理学、生态学和经济学相互交叉的角度,分析了我国荒漠化治理效果不显著的原因,特别是模式和制度方面的原因,提出了以荒漠化地区资源高效利用为主要内容的技术创新和技术传播,以荒漠化治理为主要内容的沙漠生态恢复,以农业工业化为主要内核的产业经济发展“三位一体”的生态经济模式。从制度分析入手,分析了我国荒漠化治理政策存在的问题,提出了合理的制度安排。同时,提出了由作者首次开发研制成功的毒草型荒漠化治理技术。

本书是荒漠化生态经济研究的新成果,对荒漠化地区社会经济发展和荒漠化防治研究具有借鉴与指导意义,可供从事生态管理、区域经济发展和荒漠化治理的研究人员和政府机构的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国荒漠化治理的生态经济模式与制度选择/樊胜岳,周立华,赵成章著.
—北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-014986-6

I. 中… II. ①樊…②周…③赵… III. 沙漠化-防治-研究-中国
IV. P942.073

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010084 号

责任编辑:朱海燕 罗 吉 李久进/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

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>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 5 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005 年 5 月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—1 200 字数:242 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

序

20 世纪 30 年代,叶良辅和陈宗器等科学家对我国的个别沙漠进行了初步调查,开始了中国荒漠科学的研究。新中国成立初期,根据营造防风固沙林带的需要,开展了一些小规模沙漠研究工作。如结合营造陕北防护林带的建设,开展了陕北榆林、靖边、定边等地区毛乌素沙漠的流动沙丘研究。但真正对荒漠科学的综合研究,是从 1959 年中国科学院成立治沙队开始的。那时组织了多学科联合的庞大科研队伍,开展了对我国主要沙漠与戈壁的大规模综合考察。与此同时,在西北六省区建立了多个治沙试验研究站,开展了防治风沙危害农田、铁路的试验研究。40 多年来,我国在荒漠化的研究与防治上进行不懈努力,取得了突出的成就。但是荒漠化点上治理、面上破坏,局部好转、总体恶化的局面,仍未得到根本改观。因此,土地荒漠化防治既是当前学术界研究的热点课题之一,也是国家西部大开发亟待解决的重大生态问题。《中国荒漠化治理的生态经济模式与制度选择》一书,应用生态经济学和制度经济学的方法,对荒漠化治理模式与关键技术的集成、特色产业发展与制度创新进行综合研究,无疑对指导我国的荒漠化防治和推动荒漠科学发展有益。

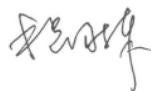
我国荒漠化的研究是从沙漠治理延续而来,研究人员中具有人文科学知识背景的很少,使得我国荒漠化的研究与治理方案的选择,更多偏重于揭示自然规律和技术模式,而从社会经济、自然规律和治理技术等方面相结合的综合研究成果,在我国还比较少见。另外,由于荒漠化生态存在很强的外在性,因此荒漠化治理应该更多地依靠政府发挥作用,同时鼓励市场主体的参与,所以明确提出政府在荒漠化治理中的权利空间和市场机制的边界,是十分必要的。该书作者具有经济学和人文地理学的学习经历,多年来从事荒漠化地区生态与经济协调发展的研究工作,具备了跨学科探索的综合能力和实践经验。

该书从地理学、生态学和经济学相互交叉的角度,研究我国荒漠化治理的问题,分析我国荒漠化治理效果不显著的原因,特别是模式和制度方面的原因,阐明了人口压力引起生态脆弱地区荒漠化的发生机制,认为已往荒漠化的研究与治理,更多偏重于揭示自然规律和技术模式,对社会经济、自然规律和治理技术等方面的集成研究较少,所以选择的治理措施,没有从直接消除造成荒漠化的人口压力入手,这是荒漠化治理成效不显著的主要症结所在;提出了以荒漠化地区资源高效利用为主要内容的技术创新和技术传播,以荒漠化治理为主要内容的沙漠生态恢复,以农业工业化为主要内核的产业经济发展三部分有机结合构成的荒漠化治理的生

态经济模式;针对我国当前典型地区进行的实证研究,分析了荒漠化治理政策在农户中的响应,探讨了典型荒漠绿洲地区的特色产业发展战略;根据我国荒漠化治理的实际,提出了荒漠化治理的产权制度、激励制度、投资制度、水资源管理制度等制度安排。该书是生态经济学、制度经济学理论在生态建设方面应用的新尝试,有一定的创新性。

西部地区是我国资源的富集区,人口密度低,发展空间大,但是支撑资源开发和经济发展的环境系统十分脆弱,资源开发利用所引起的荒漠化危害日益加剧,严重制约着西部地区乃至全国的可持续发展。改善西部地区的生态环境和发展经济是关系到西部开发建设成败的关键问题。因此,从生态经济学角度来研究荒漠化治理模式的科学问题,对西部大开发与我国 21 世纪的发展至关重要。该书的问世对生态经济学科的建设与发展,推动自然与经济多学科的交叉,有一定的意义。希望该书的出版能够起到一个很好的带头作用,促进生态经济学在我国西北干旱地区的推广和应用。

中国科学院院士



2004 年 10 月

前 言

奥布维里 (Aubreville) 正式提出“荒漠化”概念,认为荒漠化是草原退化的极端情景,其标志是土壤受到侵蚀、土壤物理与化学性质发生了变化,更多的旱生植物种混生蔓延,主要原因是当地居民引起的火灾和森林砍伐。奥布维里的研究被认为是荒漠化问题研究的真正开端。1968~1973 年间萨赫勒地区的严重干旱及其造成的巨大灾害,使该地区的荒漠化问题成了人们关注的中心,联合国于 1977 年在内罗毕召开了联合国荒漠化大会。这次大会给出了荒漠化的基本定义,从生态变化、气候及人口社会等角度探讨了荒漠化问题及其关系,进行了不同类型荒漠化问题的典型研究,编制了第一份全球荒漠化图,把土地荒漠化问题看作是一个严重的环境与社会经济问题,并倡导从自然、社会、经济各方面进行全方位综合性的探究,制定了国际性的荒漠化防治行动计划,极大地推动了荒漠化问题的研究,是荒漠化研究上的一个里程碑。1992 年联合国环境与发展大会上,提出从可持续发展的角度,全面提高区域可持续发展能力,达到消除全球环境退化的目标。同时,荒漠化被列入全球《21 世纪议程》的优先发展领域,100 多个国家共同签署了《联合国防治荒漠化公约》,中国成为签字国之一,承担起全球荒漠化防治的责任。

我国的沙漠化研究始于 20 世纪 50 年代初。1977 年内罗毕联合国荒漠化大会之后,原中国科学院兰州沙漠研究所组织了北方沙漠化的综合调查研究,编绘了 1:50 万区域沙漠化图以及 1:400 万中国沙漠化图。20 世纪 80 年代末,开展了中国北方沙漠化发展趋势及预测研究,编制了全国土地沙漠化治理区划,从历史地理、全新世环境变化、沙地综合整治等不同角度,对毛乌素沙地、古居延海地区、东北平原西部的沙漠化进行过许多有益的工作。特别是在沙漠化的成因、过程、灾害评价、发展趋势、防治战略及措施等方面进展显著。沙漠化的防治工作也取得了一定的成效。中国科学院在不同生物气候区建立了十多个沙漠化防治野外定位研究站,开展了长期的定位观测及示范试验研究,总结了适合当地特点的沙漠化防治模式,并予以推广。林业部主持的“三北”防护林建设工程对北方地区土地沙漠化的防治起到了积极作用。结合区域特点,陕西省治沙研究所、甘肃省治沙研究所、内蒙古林业科学院等单位在沙地飞播、干旱区流域水资源调配、沙漠化治理模式研究等方面做了大量的工作,取得了显著成效。

然而,我国荒漠化研究与治理存在的问题也比较突出:由于我国荒漠化的研究是从沙漠治理延续而来,研究人员中具有人文科学知识背景的很少,因此我国荒漠化的研究与治理方案的选择,更多偏重于揭示自然规律和技术模式,从社会经济、

自然规律和治理技术等方面相结合的综合研究成果,在我国还比较少见。另外,由于荒漠化生态存在很强的外在性,因此荒漠化治理则应该更多地依靠政府发挥作用,同时鼓励市场主体的参与,所以明确提出政府在荒漠化治理中的权利空间和市场机制的边界,是十分必要的。通过对1994年以来我国期刊光盘检索,荒漠化治理在这方面的研究也很少。本书试图从地理学、生态学和经济学相互交叉的角度,研究我国荒漠化治理的问题,分析我国荒漠化治理效果不显著的原因,特别是模式和制度方面的原因,提出以荒漠化地区资源高效利用为主要内容的技术创新和技术传播,以荒漠化治理为主要内容的沙漠生态恢复,以农业工业化为主要内核的产业经济发展“三位一体”的生态经济模式,并从制度分析入手,分析我国荒漠化治理政策存在的问题,提出合理的制度安排。同时,提出由作者首次开发研制成功的毒草型荒漠化治理技术。本书的创新之处在于把地理学、生态学与经济学的理论和方法有机地结合起来,探讨荒漠化这一特定的退化生态问题,提出具有可操作性的生态经济理论模式,并重视保障荒漠生态经济模式实施的特殊技术研究。

本书得到国家重点基础研究发展规划项目“中国北方沙漠化过程及其防治研究”(G2000048705)和中国科学院知识创新工程项目“黑河流域水-生态-经济系统综合管理试验示范”(KZCX1-09)的资助。兰州大学经济学院的高新才教授,在本书选题、框架的构建过程中,提出了建设性的宝贵意见。上述两项目的首席科学家王涛研究员和程国栋院士给予了大力支持和帮助,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所的董光荣研究员、杨根生研究员、赵文智研究员和李新荣研究员等在本书一些问题的讨论中,都有具体的指导。另外,本书从资料的收集、实地调查到论文的编写,始终得到了中国科学院寒区旱区环境与工程研究所等单位有关领导的关心和支持,甘肃省张掖市、武威市和宁夏盐池县计委、农牧局、科技局等单位在资料收集过程中给予了大力的协助,张掖市和武威市各县、区的相关部门以及我们所调查的企业和农户都给予了积极的支持和配合,在此一并表示衷心的感谢。

当然,本书对有些问题研究得还不深,有待于今后进一步研究。例如,荒漠化过程中人为作用的定量分离。作者将经济学中用于估计科技进步对经济增长贡献率的索罗方程,移植到荒漠化过程中,从而分离出人为作用的强度,但这只是探索的一个开端。另外,荒漠化治理模式的动态模拟,模拟在不同的对策水平下,荒漠化生态经济模式的运行结果也是十分具有挑战性和非常有意义的研究方向。本书的出版,是荒漠生态经济学研究工作的新尝试,虽然竭尽所能,力图完善,但是由于水平所限,缺点和错误定当难免,恳请读者批评指正。

目 录

序	
前言	
第一章 我国荒漠化的现状、危害与研究进展	1
一、荒漠化的概念	1
二、荒漠化的现状	3
三、荒漠化的危害	4
四、荒漠化研究进展	8
第二章 荒漠化研究与治理的主要问题	14
一、从自然与社会角度看荒漠化过程中的人为作用	14
二、荒漠化现代过程中人为作用的定量分离	25
三、荒漠化治理效果不显著的原因分析	33
第三章 荒漠化治理的生态经济学理论基础	35
一、荒漠化治理的生态经济学宏观基本理论	35
二、荒漠化治理的生态经济学微观基本理论	42
第四章 荒漠化治理的生态经济模式	50
一、荒漠化治理的层次性和时序性与生态经济模式的构建	50
二、不同气候带荒漠化治理模式	54
三、不同生态系统间的耦合发展模式	59
第五章 荒漠化治理的关键技术	71
一、毒杂草型荒漠化草地的生态特征	71
二、毒杂草型退化草地治理技术	87
三、沙漠治理的关键技术	97
第六章 荒漠化治理的制度选择	102
一、草原产权制度改革与讨论	102
二、草地使用权对牧民经济发展与草地保护的影响	105
三、荒漠化治理的制度安排	122
四、荒漠化地区水资源管理的制度分析	126
第七章 近年来荒漠生态治理政策在农户中的响应	129

一、荒漠绿洲区荒漠生态治理政策在农户中的响应——以民勤县为例 129

二、农牧交错区荒漠生态治理政策在农户中的响应——以盐池县为例 139

第八章 荒漠绿洲生态建设与特色产业发展实证分析——以张掖市为例..... 146

一、地理位置与景观格局 146

二、绿洲生态经济发展所面临的新问题 147

三、荒漠化生态恢复与建设 150

四、特色产业的发展 157

五、特色产业发展对策 171

主要参考文献..... 184

第一章 我国荒漠化的现状、危害与研究进展

土地荒漠化不仅是一个重大的生态环境问题,也是中国社会经济可持续发展所面临的非常严峻的问题。目前,全国 1/4 以上的国土面积荒漠化,每年因荒漠化造成的直接经济损失达 540 亿元,危害十分严重,而且,荒漠化土地面积正以每年 2460 km² 的速度扩展,并有加速扩大的趋势,局面非常令人担忧。

荒漠化治理需要生态经济理论的指导,但同时,荒漠化的防治必将为生态经济学的发展注入新的内涵。在讨论主题以前,必须说明本书应用的荒漠化概念的基本内涵,因为这个名词被不同角度的研究者赋予了不同的含义。

一、荒漠化的概念

虽然荒漠化已经成为举世瞩目的问题,然而,什么是荒漠化却众说纷纭。法国林业科学家奥布维里(Aubreville)1949 年在非洲观察热带、亚热带森林的稀疏草原化过程时提出“荒漠化”(desertification)的概念。他认为当地居民的活动是森林火灾和环境退化的主要因素,从而导致环境干旱,出现土壤侵蚀、土壤理化性质改变和旱生植物的侵入等现象。他把由人为影响而使热带森林变为疏林草原,乃至荒漠景观的过程统称为荒漠化(董光荣等,1988)。

1977 年 8 月 29 日至 9 月 9 日在内罗毕召开的联合国荒漠化会议,把荒漠化定义为“土地的生物潜能衰减或遭到破坏,最终导致出现类似荒漠的景观”。并且提到“目前正在发生荒漠化的地区和其他易引起荒漠化的地区,包括干旱、半干旱及半湿润地区”。联合国环境规划署执行主任穆斯塔法·托尔巴博士,对荒漠化进一步解释为:“干旱、半干旱及亚湿润地区生态退化的过程,土地生产能力完全丧失或大幅度降低,牧场停止生长适口牧草,旱地农业歉收,由于盐碱、渍水和其他类型的土地退化而弃耕的水浇地”。

1977 年后,随着联合国荒漠化大会的召开,国内一些研究者都试图确立荒漠化的定义。出现了荒漠化定义的广义概念和狭义概念两种,即荒漠化和沙漠化。而对荒漠化定义的争论,主要是在狭义荒漠化即沙漠化的领域展开的。

朱震达等(1981)把沙漠化定义为“在脆弱的生态系统下,人为过度的经济活动,破坏其平衡,使原非沙漠的地区出现了类似沙漠景观的环境变化过程”。这个过程具有如下内容:

第一,发生在人类历史时期。

第二,在沙漠化发生的潜在自然因素基础上,以人为过度经济活动作为产生环境变化的活跃因素。

第三,这一过程是渐变的,它是以风沙活动,包括地表风蚀,粗化(砾质化),片状流沙的发育及密集沙丘的形成与发展作为这种变化过程的景观标志。

第四,这一过程导致生物生产量的急剧降低,土地滋生潜力的衰退和可利用土地资源的丧失。

第五,这一过程在人为因素继续过度干扰和风力作用下,沙漠化土地会自行扩大与蔓延。

正是如此,凡是具有发生沙漠化过程的土地都称之为沙漠化土地。沙漠化土地还包括了沙漠边缘风力作用下沙丘前移入侵的地方和原来的固定、半固定沙丘由于植被破坏产生流沙活动、沙丘活化地区。

朱震达等提出的沙漠化的概念,较荒漠化内容单一、范围具体、特征明确、便于使用。后经数次修订,近期提出“沙漠化乃是人类不合理的经济活动和脆弱生态环境(干旱多风与砂质地表环境)相互作用造成土地生产力下降,土地资源丧失,地表呈现类似沙漠景观的土地退化过程”(朱俊凤、朱震达等,1999)。但是该定义引起了激烈争论。

杨根生等(1986)则提出沙漠化是“在具有沙物质分布的干旱、半干旱及部分半湿润地区,不同时间尺度下,以风为动力,参与其他条件作用的一系列气候地貌过程”。之后,董光荣等(1988)建议把朱震达等提出的沙漠化的定义中引起争论的时间、地点和成因等限定条件去掉将其定义为“原非沙漠地区出现以风沙活动为主要标志的类似沙漠景观的环境变化过程”。

吴正(1991)认为朱震达等提出的沙漠化的定义不严谨并含糊不清,首先表现在:“在沙漠化的定义中,空间上界定为‘原非沙漠的地区’出现了类似砂质荒漠环境的退化;可是,又把固定沙丘(沙地)的活化列为沙漠化的三种类型之一。固定沙丘(沙地)显然是沙漠或类似沙漠环境之地,因此,将其活化作为沙漠化的一种,明显与其定义相悖;其次是在时间上限定为沙漠化发生在人类历史时期,以区别于产生在第四纪地质时期的沙漠。但是人类历史时期的时间尺度未做具体说明。”吴正提出沙漠化的定义是:“在干旱、半干旱和部分半湿润地区,自然因素或又受人为活动的影响,破坏了自然生态系统的脆弱平衡,使原非沙漠的地区出现了以风沙活动为主要标志的类似沙漠景观的环境变化过程,以及在沙漠地区发生了环境条件的强化与扩张过程。简言之,沙漠化也就是沙漠的形成和扩张过程”。

1992年联合国环境与发展大会上,提出从可持续发展的角度,全面提高区域可持续发展能力,达到消除全球环境退化的目标。同时,荒漠化被列入全球《21世纪议程》的优先发展领域。1994年100多个国家共同签署了《联合国防治荒漠化公约》(以下简称《公约》)。

《公约》中把荒漠化定义为:“荒漠化”是指包括气候变异和人类活动在内的种

种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化。土地退化是指由于使用土地或由于一种营力或数种营力结合致使干旱、半干旱和亚湿润干旱地区雨浇地、水浇地或草原、牧场、森林和林地的生物或经济生产力的复杂性下降或丧失,其中包括风蚀和水蚀造成的土壤物质流失、土壤的物理、化学和生物特性或经济特性退化以及自然植被长期丧失(中华人民共和国林业部防治沙漠化办公室,1996)。其后,慈龙骏(慈龙骏,1994;慈龙骏、吴波,1997)、董光荣等(1999)赞同国际荒漠化的概念,并在努力推动国内荒漠化概念使用上与国际接轨。然而,这种统一荒漠化与沙漠化概念的努力,李建树(2000)著文《焉能改沙漠化为荒漠化》,表示反对。许多学者也提出,荒漠化与沙漠化是既有联系又不同的两个概念,应该区别清楚(高尚武,2000;董玉祥,2000)。

从上述的分析来看,目前国内对荒漠化的认识并无太大分歧,一般均认为荒漠化是指干旱半干旱及部分半湿润地区环境趋向于类似荒漠条件的退化过程,包括植被退化、水蚀、风蚀与盐碱化。但是沙漠化的概念却争论颇多,荒漠化与沙漠化两个概念的兼容或统一的问题,仍需要继续深入地探讨下去。笔者无意参与荒漠化与沙漠化概念的论争,但是考虑到资料采集的方便,本书使用的荒漠化定义与上述荒漠化的概念,除特别说明外,指的是以风蚀为主的沙漠化。

二、荒漠化的现状

1. 荒漠化土地面积大、分布范围广

根据《中国荒漠化报告》(CCICCD,1996),我国荒漠化土地总面积为 262.2 万 km^2 , 占国土面积的 27.3%,涉及新疆、内蒙古、西藏、青海、甘肃、河北、宁夏、陕西、山西、山东、辽宁、四川、云南、吉林、海南、河南、天津、北京等 18 个省(直辖市、自治区)的 471 个县(市、旗),其中 99.6%分布于我国北方以及西藏等 12 个省(直辖市、自治区)的 420 个县(市、旗)。荒漠化土地中有 114.8 万 km^2 分布在干旱地区,91.9 万 km^2 分布在半干旱地区,55.5 万 km^2 分布在亚湿润干旱区。荒漠化土地占荒漠化地区总面积的 79.0%,远远高于全球 69.0%的平均水平(董玉祥等,1995)。

2. 荒漠化类型复杂多样、发育程度高

按动力类型划分(董光荣等,1999),在我国荒漠化土地中,风蚀荒漠化土地 160.7 万 km^2 ,水蚀荒漠化土地 20.5 万 km^2 ,土壤盐渍化土地 23.3 万 km^2 ,冻融荒漠化土地 36.3 万 km^2 。按土地利用类型划分,退化耕地 7.7 万 km^2 ,占耕地总面积的 40.1%;退化草地 105.2 万 km^2 ,占草地总面积的 56.6%;退化林地 0.1 万 km^2 。按发展程度划分,重度荒漠化土地面积 103.0 万 km^2 ,中度荒漠化土地面积 64.1 万 km^2 ,轻度荒漠化土地面积 95.1 万 km^2 ,分别占荒漠化土地总面积的

39.3%、24.4%和36.3%。荒漠化土地和重度荒漠化土地面积占荒漠化地区土地总面积的比例都高于全球平均水平。

3. 荒漠化扩展速度快、发展态势严峻

据调查,20世纪50年代以来我国荒漠化一直在加速扩展。以影响范围广、危害最为严重的风蚀荒漠化为例,50年代末期到70年代中期平均扩展速度为 $1560\text{ km}^2/\text{a}$ (朱震达,1985),70年代中期至80年代中期增至 $2100\text{ km}^2/\text{a}$ (朱震达、王涛,1990),至90年代中期已经达到 $2460\text{ km}^2/\text{a}$,约相当于一个中等县的土地面积。荒漠化发展最快的有两类地区:一是贺兰山以东的农牧交错地区,如内蒙古乌兰察布盟后山、河北坝上等;二是内陆河下游的绿洲地区,如塔里木河下游的“绿色走廊”地带、黑河下游的额济纳绿洲、石羊河下游的民勤绿洲等。今后,随着人口压力的增加和人类经济活动的进一步加强,如不采取应急措施,荒漠化将以更大的速度加速扩展。

三、荒漠化的危害

我国荒漠化危害严重,据估算(张玉、宁大同,1996),每年造成的直接经济损失达540亿元,而间接经济损失是直接经济损失的2~8倍,甚至达到10倍以上(张伟民等,1994)。荒漠化的危害主要表现在以下六个方面。

1. 荒漠化破坏生态环境,威胁人类生存

由于荒漠化不断扩展,沙尘暴越来越频繁,不仅对生产建设造成极大破坏,而且给人民的生命财产带来重大损失,其中以1993年甘肃河西发生的“5·5”沙尘暴破坏最为严重。同时,沙尘暴还对包括北京在内的我国东部以及朝鲜、日本和美国的夏威夷等地的大气环境带来严重污染(夏训诚、杨根生,1996)。荒漠化造成森林锐减,天然植被大面积死亡,地下水位下降,湖泊干涸。如塔里木河下游胡杨林面积由20世纪50年代的5.4万 km^2 减少到90年代的1.6万 km^2 ,由北疆进入南疆的180km“绿色走廊”正在消失(陈昌笃等,1989)。50年代末,甘肃河西黑河流域的东、西居延海面积分别为35.5 km^2 和267 km^2 ,分别于1961年和1992年干涸,“湍湍不息”的居延海从此成为历史。内蒙古额济纳旗先后有12处湖泊、16处泉水、4个沼泽干涸,造成人畜饮水困难,一部分牧民沦为“生态难民”,四处迁徙。甘肃酒泉卫星发射中心也出现地下水位下降、水质恶化、盐碱化扩大、林木死亡、风沙频繁的现象。位于甘肃河西石羊河下游的民勤绿洲地下水位以0.5~1.0 m/a的速度下降,地下水矿化度达4~6g/L,使7万余人、12万头牲畜饮水发生困难,2万 km^2 以上的农田弃耕,农民迁居(高前兆、李福兴,1991;中国科学院地学部,1996a、b)。

2. 荒漠化破坏土地资源,造成农牧业生产减产甚至绝收

我国荒漠化地区有退化耕地 800 万 hm^2 , 每年因此损失的粮食超过 30 亿 kg, 约相当于 750 万人一年的口粮。新中国成立到 1994 年的 45 年间, 全国共有 6670 km^2 耕地变成沙地, 平均每年丧失耕地 149 km^2 ^①。另据估算(董光荣等, 1989), 全国每年因风蚀损失土壤有机质、氮和磷达到 5590 万 t, 折合化肥约 2.68 亿 t, 价值近 170 亿元, 如果要使严重荒漠化土地中的有机质、氮、磷等营养元素恢复到原生土壤状况, 即使是在采取人工措施的条件下, 也需要几十年、上百年甚至更长的时间。土壤质量下降导致粮食单产不断降低, 如位于坝上地区的河北省丰宁县 20 世纪 60 年代粮食产量为 1335 kg/hm^2 , 70 年代为 1275 kg/hm^2 , 80 年代为 900 kg/hm^2 , 90 年代仅为 450 kg/hm^2 左右, 干旱年份甚至只有 150 kg/hm^2 左右, 群众称“种一坡, 拉一车, 打一箩, 煮一锅”。根据荒漠化普查, 荒漠化地区共有退化草地 105 万 km^2 , 由于草地退化每年少养活绵羊 5000 多万只。新中国成立以来, 共有 2.35 万 km^2 草地变成流沙, 平均每年减少 520 km^2 ^①。内蒙古自治区 1983 年有退化草地 21 万 km^2 , 1995 年发展到 39 万 km^2 , 可利用草地退化面积以大约每年 2% 的速度增加。素以水草丰美著称的呼伦贝尔草原和锡林郭勒草原, 退化草原面积比例分别为 23% 和 41%, 退化最为严重的鄂尔多斯高原草场退化面积已达 68% (中国生物多样性国情研究报告编写组, 1998)。草地退化一方面表现为植株变得低矮稀疏, 产草量下降; 另一方面表现为豆科、禾本科等优良牧草数量减少, 有毒有害、适口性差和营养价值低的植物增加, 牧草质量下降。目前内蒙古天然草场载畜量仅相当于 20 世纪 50 年代的 75%, 60 年代的 80% (中国土地资源生产能力及人口承载力研究课题组, 1991)。受荒漠化影响, 畜产品产量随牧草产量和质量的降低而下降。如内蒙古乌审旗绵羊体重由 50 年代的平均 25 $\text{kg}/\text{只}$, 降至 60 年代的 20 $\text{kg}/\text{只}$, 到 80 年代又降至 15 $\text{kg}/\text{只}$ 左右; 同期山羊体重由 15 $\text{kg}/\text{只}$, 降至 9 $\text{kg}/\text{只}$ 左右(伊克昭盟地方志编撰委员会, 1994)。

3. 荒漠化破坏交通、水利等生产基础设施, 制约经济发展

我国荒漠化地区铁路总长 3254 km , 发生沙害地段的有 1367 km , 占 42%, 其中危害严重地段的为 1082.5 km 。交通线路因荒漠化危害而发生阻塞、中断、停运、误点等事故时有发生, 荒漠化使许多道路的造价和养护费用增加, 通行能力减弱。1979 年 4 月 10 日一次沙尘暴就使南疆铁路路基风蚀 25 处, 沙埋 67 处, 受害总长 39 km , 积沙量 4.5 万 m^3 , 桥涵积沙 180 处, 南疆铁路因此中断行车 20d, 造成直接经济损失 2000 余万元(赵性存, 1988)。因风沙磨损钢轨, 铁路磨损速率增加 5~10 倍(孙金铸等, 1994)。公路沙害也非常严重, 我国受荒漠化危害的公路近 3 万

① 林业部西北林业调查规划设计院. 全国沙漠、戈壁和沙化土地普查, 1996

km,水蚀冲断、流沙埋压经常发生。荒漠化对民航运输也有很大影响,如1988~1992年期间,西藏的贡嘎机场因沙暴、扬沙、浮尘等风沙天气每年造成民航运输直接经济损失达72万元(董光荣等,1996)。荒漠化还常常对水利设施造成严重破坏,如泥沙侵入水库、埋压灌渠等。据调查,晋陕蒙接壤区库容大于50万 m^3 的46座水库的总库容已被淤积37.3%,建于1977年的陕西省神木县瓦罗水库设计库容为626万 m^3 ,1988年时被淤满成为淤泥坝,并淹没了20万 hm^2 川地。青海龙羊峡水库,因受荒漠化影响而进入库区的总泥沙量每年有3130万 m^3 ,仅此一项每年造成的损失就近4700万元。同时,泥沙大量进入河道后,还使河床淤高,构成河堤溃决的严重隐患。在黄河多年平均年输沙量的16亿t中,就有12亿t以上来自与荒漠化有关的地区(杨根生等,1988)。荒漠化地区共有灌溉渠道12.6万km,经常受风沙危害的有5.1万km,占40.5%(杨根生等,1988)。此外,荒漠化还对输电线路、通信线路和输油(气)管线等产生严重威胁,有时甚至危及人身安全,造成重大事故。

4. 荒漠化加剧了农牧民的贫困程度,影响社会安定和民族团结

荒漠化使人类的生存环境恶化,耕地、草场、林地等可利用土地资源质量下降或生产力丧失;破坏生产和生活设施,严重时迫使人们背井离乡。因此,荒漠化是干旱、半干旱地区产生贫困的重要因素。据统计,我国荒漠化地区有国家级贫困县101个,占该地区总县数的21.4%,占全国592个贫困县的17.1%;贫困人口约1500万,占该地区总人口的65.2%,占全国贫困人口的1/4左右。荒漠化地区1995年人均工农业生产总值为4230元,为全国平均水平的59.6%,人均收入为1038元,仅为全国平均水平的49.3%^①。在一些地区,由于流沙前移埋压房屋和牲畜棚圈等,造成一些农户、居民点甚至县城不得不搬迁。根据荒漠化普查资料,我国北方12省区有24000多个村庄受到风沙危害。内蒙古鄂托克旗1949~1977年间流沙埋压水井1438眼,埋压房屋2203间、棚圈3312间,有698户居民被迫迁走(伊克昭盟地方志编撰委员会,1994);位于锡林郭勒盟北部的苏尼特左旗因强烈的风蚀沙埋,使500多间房屋遭到破坏,旗政府所在地被迫搬迁(孙金铸等,1994)。此外,荒漠化还是诱发社会不安定的重要因素,有时甚至引发民族矛盾。如甘肃、宁夏一些贫困地区的农民迫于生计,大批涌入草原地区采挖甘草、麻黄,搂发菜,经常发生殴斗,甚至造成人员伤亡。自1993年以来,内蒙古共发生故意破坏草原基础设施案件4万余起,阿拉善盟和伊克昭盟^②草原上的近1300眼水井遭到严重破坏,人、畜饮水发生严重困难。鄂托克旗布拉格苏木种羊场0.67万 hm^2 草场网围栏的18万m网线、1万多根角钢全部被来自宁夏的某些不法分子拔掉、运走。几

① 林业部西北林业调查规划设计院.全国沙漠、戈壁和沙化土地普查,1996

② 伊克昭盟已更名为鄂尔多斯市。为便于数据统计比较,本书仍沿用伊克昭盟

年来搂发菜者故意破坏草原基础设施,累计损失达 9.6 亿元。我国荒漠化地区多属老少边穷地区,同时又是少数民族聚居区,共有 31 个少数民族、220 个自治县(旗),少数民族人口约 2200 万人,占荒漠化地区总人口的 20.19%,约占全国少数民族总人口的 1/3。其中作为我国少数民族人口主体的蒙古族、回族、维吾尔族和藏族等少数民族主要聚居于该地区,我国 5 个少数民族自治区中的新疆、内蒙古、西藏、宁夏 4 个自治区的大部分位于荒漠化地区。荒漠化和贫困的长期困扰以及与发达地区经济差距过大,有可能转化为社会矛盾,从而影响民族团结和社会安定。

5. 荒漠化使生物质量变劣,物种丰度降低,对生物多样性构成严重威胁

在荒漠地区保护生物多样性具有特别重要的意义(中国生物多样性国情研究报告编写组,1998):①荒漠地区的动植物在极端的自然条件(干旱缺水、冬严寒夏酷暑、昼夜温差大、日照强、风蚀沙埋、土壤粗砺、多盐碱、多石膏等)和长期进化过程中,成功地发展了许多适应机制(包括生态的、生理的、形态结构的、行为的、遗传的机制等),其中许多野生植物是防治荒漠化生物措施的重要种质资源,许多动物是我们现在所养家畜的祖先。②荒漠动植物中包含许多有较高经济价值的种类。例如,许多荒漠草本和小半灌木是营养丰富的牧草,不少种类具有药用价值。据调查,仅中国的沙漠地区(包括部分沙地)就有药用植物 356 种,其中常用的 103 种。③荒漠生态系统在固定流沙、减弱风蚀、改善环境方面起着不可替代的作用,荒漠生态系统的破坏将导致环境的恶化。由于滥樵、滥采、滥垦、过度猎捕等不合理的人类活动以及由此而造成的荒漠化的迅速扩展,荒漠化地区的生物资源遭受严重摧残,生物多样性急剧减少。如荒漠植物三叶甘草、盐桦已经灭绝,荒漠动物中的新疆虎、蒙古野马、高鼻羚羊和新疆大头鱼也已经灭绝。另外,还有数十种动植物处于濒危状态。在我国草原地区,由于人为破坏和土地沙化,许多昔日曾经广泛分布的中药材,如麻黄、甘草、黄芪、防风、柴胡、远志、苁蓉和锁阳等数量也日趋减少,有些濒于灭绝。

6. 荒漠化灾害肆虐,影响我国的国际形象和地位

1992 年,李鹏代表中国政府在联合国环境与发展大会上,签署了《里约环境与发展宣言》和《21 世纪议程》等 5 个重要国际性公约,作为人类社会对环境与发展领域合作的全球共识和最高级别的政治承诺。1994 年 10 月,当时的林业部祝光耀副部长代表中国政府在《联合国防治荒漠化公约》上也签字承诺。中国是世界上受荒漠化危害最为严重的国家之一,保护环境是我国的基本国策。只有遏制荒漠化扩展,改善生态环境,才能进一步提高我国在国际社会中的参与度和影响力。

我国在新中国成立初期就开展了荒漠化的治理,近半个世纪以来,荒漠化研究治理工作已经取得了一些令世人惊叹的成就,但荒漠化点上治理、面上破坏,局部

好转、总体恶化的局面,仍未得到根本改观。我国政府对荒漠化的防治十分重视,把防沙治沙、加强生态环境建设,作为一项重大而紧迫的任务,投入大量的资金与人力,实施退耕还林还草的宏大工程。但是,我们认为,迫切需要对我国荒漠化长期治理效果不明显的现实进行反思,寻找它的症结所在,并在充分认识过去荒漠化治理的基础上,提出新的荒漠化治理的模式与制度安排。可见,本书的选题与研究,具有重要的理论意义和实践意义。

四、荒漠化研究进展

中国沙漠科学研究,始于 20 世纪 30 年代,1936 年叶良辅和陈宗器等科学家对我国的个别沙漠进行了初步研究。新中国成立初期,沙漠研究工作根据营造防风固沙林带的需要,开展了一些小规模的研究,如结合营造陕北防护林带的建设,开展了陕北榆林、靖边、定边等地区毛乌素沙漠的流动沙丘研究(严钦尚,1954)。但真正的沙漠科学的综合研究,是从 1959 年中国科学院治沙队开始的。那时组织了多学科联合的庞大科研队伍,开展了对我国主要沙漠与戈壁的大规模综合考察,与此同时,在西北 6 省区建立了多个治沙试验研究站,开展了防治风沙危害农田、铁路的试验研究。

自 1977 年联合国荒漠化大会以后,中国沙漠科学的研究重点逐步转移到荒漠化方面,即将原来以研究沙漠及其形成演变与防风治沙为主转移到荒漠化过程及其防治的研究;将原来的干旱和极端干旱区为主转移到具有较好的生态环境和生产潜力,但已遭受或面临荒漠化危害的半干旱及部分半湿润地区。

40 多年来,我国在荒漠化的研究与防治上进行不懈努力,取得了突出的成就。主要表现在荒漠化成因,荒漠化过程,荒漠化指征、监测与评估和荒漠化治理等几个方面。

1. 荒漠化成因

荒漠化成因是荒漠化研究治理中最核心的问题之一,对该问题的研究由来已久。但在荒漠化成因上争论较大,大体上可归纳为自然成因和人为成因两种观点。前者多认为荒漠化是自然过程,主要由于气候干旱造成的,人类活动的影响是次要的(Hare,1988)。而后者多认为,荒漠化是在自然因素基础上,主要由人为不合理经济活动所造成的,即人是荒漠化的主要导致者,并计算出人为因素所造成的荒漠化占荒漠化总面积的 94.5% (朱震达等,1989)。

笔者认为,荒漠化的成因用不同的时间尺度来衡量,得到的结论是不同的(Fan et al.,2001)。值得注意的是,在 10 年尺度上讨论荒漠化的成因,大多数学者认为近几十年来荒漠化的加速发展,主要是由于人的过度经济活动对资源的破坏造成的。这个结论目前已经得到广泛认可。

人类活动引起荒漠化的发生和发展,有其生态因素与社会、经济因素复杂的相互耦合过程。我们从人类荒漠化行为主要方式的分析中,可以更加明确人口压力引起脆弱生态地区荒漠化的机制。

1) 滥垦。滥垦是指在不具备垦殖条件又无防护措施的情况下在干旱、半干旱和半湿润地区进行的农业种植活动。它有两种方式:一是随着人口的增长,人均占有粮食的数量不断下降,农牧民在粮食单产较低的生产条件下为增加粮食产量盲目开荒,其规模较小,但量大、面广,数量难以统计。二是有组织的开荒,其特点是规模大、范围广。据内蒙古、新疆、青海、黑龙江等 10 省(区)不完全统计,近 20 年来草地被开垦 6.8 万 km^2 ,其中大多是水草丰美的各类放牧场和割草场(李吉均, 1996)。由于过分强调“以粮为纲”,20 世纪 50~70 年代,在我国西北地区出现过 3 次大规模开荒,开垦草地在 6.67 万 km^2 以上,影响范围从最北部的呼伦贝尔到科尔沁、浑善达克、毛乌素直至青海共和。开垦为农田的草原地区,生态系统脆弱,降水量少而不稳,土壤富含砂质,风力强大,风季与干季及植被无叶期同步。开垦后,由于耕作粗放、广种薄收,如内蒙古乌兰察布盟后山地区,人均占有耕地 $0.53 \sim 0.87 \text{ hm}^2$,而每个劳动力所要耕种的土地达 $2 \sim 3 \text{ hm}^2$,粮食单位面积的产量很低,作物单产每亩(1 亩 $\approx 667 \text{ m}^2$)在 50 kg 左右。土壤表面在缺乏防护措施下,受到风蚀或沙埋,单产急剧下降,只好撂荒。撂荒地由于植被遭到破坏,在风力作用下很快发生沙化。

2) 滥牧。滥牧是指超过天然草地承载能力的放牧活动。草场只利用不建设,天然草场生产力低,随着人口增加和受市场利益驱动,牧民盲目增加牲畜头数,导致草场严重超载,过牧、抢牧、争牧现象也经常发生。结果,一方面由于牲畜的过度啃食,牧草植株变稀变矮,优良牧草减少,毒草因牲畜不吃,数量急剧增加,草场可食牧草的产草量大幅度下降;另一方面由于牲畜的过度践踏,地表结构受到破坏,造成风蚀沙化。据调查,新中国成立以来,我国牧区家畜由 2900 万头(只)发展到 9000 多万头(只),草原面积却因开垦破坏和沙化减少 667 万 hm^2 ,使过牧现象更为严重(李毓堂, 1995)。目前,牧区牲畜超载一般为 $50\% \sim 120\%$,有的地区甚至超载 300% 。以晋陕蒙接壤地区为例,伊克昭盟所属的伊金霍洛旗、东胜市、达拉特旗和准格尔旗,1990 年天然草地超载率为 170.6% ,其中准格尔旗达 331.7% (郭绍礼等, 1996)。根据计算,目前荒漠化地区共有 105 万 km^2 草场发生不同程度的退化,长期超载过牧是一个重要原因。

3) 滥樵。荒漠化地区燃料缺乏,由于生活贫困、交通不便,煤炭难以购进,农牧民主要以天然植物和畜粪为燃料。樵柴的方式通常是大片的连根挖掘,使地表植被和土壤遭到彻底破坏,在风力作用下大面积固定、半固定沙地顷刻之间变成流沙。荒漠化地区现有薪炭林面积 2470 km^2 ,每年能提供 594 万 kg 薪材,仅占实际薪材需求总量 4189 万 kg 的 14.2% ,缺口巨大。如果缺口完全来自天然植被,每年约需破坏草原 23.6 万 km^2 ,相当于该地区草原总面积的 9% ,这是一个十分惊

人的数字。据原伊克昭盟统计,全盟每年砍伐沙蒿、沙柳等估计在 5 亿 kg 以上,20 世纪 60~80 年代的 20 年中因滥樵而使草原沙化和退化的面积多达 2000 km² (伊克昭盟地方志编撰委员会,1994)。

4) 滥采。滥采是指农牧民为了增加副业收入,无计划、无节制地掏挖药材、发菜等资源植物。荒漠化地区甘草、锁阳、肉苁蓉、发菜等易采集、价格高,一些邻近草原地区的农民以挖药材、搂发菜作为脱贫致富的捷径,常年采挖贩卖,特别是宁夏一些贫困地区,已发展成有组织的集团行动。由于采挖时铲掉草皮,挖土刨坑,翻动土层,严重破坏草场,大大加速了风蚀荒漠化过程。据估计,每挖 10 kg 甘草要破坏 5.3~7.3 hm² 草地 (伊克昭盟地方志编撰委员会,1994)。甘肃省 1994 年因挖甘草破坏草场 666.7 km² 以上,给畜牧业造成的损失超过 1000 万元。内蒙古在 1993~1996 年间因搂发菜破坏草原 12.7 万 km²,其中 4000 km² 余严重沙化,失去了利用价值。

2. 荒漠化过程

荒漠化过程是一个极为复杂的过程。它是生态系统遭受干扰后,生态平衡受到破坏,植被及环境发生全面退化的过程。关于荒漠化过程的研究,主要取得了如下进展:

1) 在风沙地貌与沙漠形成演化方面,系统研究了风沙流的形成、运动及其结构的特征,分析了风成分异作用及其对沙的粒度成分和形态特征的影响 (朱震达,1971、1979;吴正,1987、1993;夏训诚,1987)。对风蚀雅丹、风蚀城堡、风蚀长丘、风蚀劣地等风蚀地貌的形成发育条件有了明确的认识;对纵向沙丘、横向沙丘和多风向沙丘形态的形成和运动过程的动力学特征,进行了系统研究,初步揭示了沙丘的形成机制与沉积特征;查明了塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、库姆塔格沙漠、柴达木盆地沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、库布齐沙漠、毛乌素沙地、浑善达克沙地、科尔沁沙地分布和类型特征。在沙漠第四纪研究方面,初步建立了两代沙漠格局:第三纪副热带高压动力下形成的红色沙漠和第四纪亚洲季风作用形成的黄色沙漠,提出了中国沙漠的三种演化模式 (夏训诚、樊自立,1987)。代表性的论著有:《中国沙漠概论》(朱震达等,1980)、《风沙地貌学》(吴正,1987)、《塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究》(朱震达,1971)、《罗布泊科学考察与研究》(夏训诚、樊自立,1987)和《中国沙漠图》,使风沙地貌学、沙漠第四纪和相关学科取得了重大进展。

2) 在风沙物理过程方面,比较系统地进行了土壤风蚀风洞模拟实验,定量、半定量地确定自然因素和人为因素在土壤风蚀中的作用 (董光荣等,1987)。在风沙气、固两相流体动力学,风成基面形态运动,风沙相似和风沙工程的研究,都取得了明显进展,特别是对单一颗粒运动图像有了较清晰的了解,建立了相关的数学模型;初步建立了风沙气、固两相流体运动物理,并提出了一套较为系统和完整的风

沙实验相似理论参数;采用二次流的理论,对风沙形态的发育史进行深入研究,形成了风沙流风积风蚀瞬时行为、本构行为、风沙流湍流特征与沙波纹形成,流沙固定的动力学机制等理论,提出了“固、阻、输、导”的治沙体系原理和治沙技术,出版了《风沙物理与风沙工程学》(刘贤万,1995)等专著。

3) 在植物生理生态过程方面,有关沙漠植物的逆境生理研究,主要集中在沙漠植物的生理特征研究,其中比较深入的方面为沙漠植物的水分生理,如植物的束缚水、自由水研究,蒸腾系数和速率及水分亏缺研究等(黄子琛,1988)。近10年来,已经开始注意荒漠化过程与植物生理变化的关系及植物对荒漠化的适应机制和对策研究(周瑞莲、王海鸥,1999;周瑞莲等,1999a;雷波等,1995)。研究内容涉及植物的形态解剖、光合速率、保护酶系统、渗透调节物质的变化、质膜透性及膜脂过氧化作用、植物的抗逆演替等。查明了中国沙漠、沙地植物种及其分布,初步形成了沙漠植物生理生态特性、植被演替规律、固沙植物水分平衡、植物抗旱性与灌溉理论、农牧交错带脆弱生态系统特征及其恢复学理论(周瑞莲等,1999b;常学礼等,1998;赵哈林,1997)。初步探讨了中国沙漠与荒漠化地区植物栽培技术和农作物高产技术,出版了《中国沙漠植物志》(刘鹗心等,1987)等专著。

4) 在沙漠水土资源方面,对中国干旱、半干旱地区水土资源的形成、数量、开发利用现状及其引起的环境变化进行了系统的研究,提出中国西部干旱区以水定地、水土平衡和流域水土开发的途径,并在节水灌溉、沙漠土壤改良等方面做了大量的研究工作(肖洪浪,1990;肖洪浪,1988;夏训诚、胡文康,1993;高前兆、李福兴,1991;杜虎林,1996)。另外结合区域开发和生态建设,开展了西北地区水资源可利用量与林业建设,干旱区内陆河流域水资源承载力(曲耀光、樊胜岳,2000),风沙土和干旱土以及绿洲灌淤土等的系统分类(陈隆亨等,1998),气候变化对干旱农业生态系统和水资源的影响,荒漠绿洲水分平衡与可持续发展,绿洲地区经济发展与生态环境保护等研究。出版《中国风沙土》(陈隆亨等,1998)、《河西地区水土资源及其合理开发利用》(陈隆亨等,1992)等专著和系列图件。

3. 荒漠化过程的指征、监测与评估

荒漠化是一个复杂的土地退化过程,因此一般认为应在自然条件、人类及社会经济方面去确立一些指征,但因为对指征的选择和应用缺乏一致性,在全球范围内较为统一的指征系统还没有建立起来。根据中国北方荒漠化过程的实际情况,在对其进行现状和趋势的评价和制图时建立了一般性的荒漠化指征及其程度分级系统其中以地表形态的变化为主要指征,同时考虑土壤、植被及生态系统各方面的变化(朱震达,1989;王涛,1989)。

初步弄清了中国荒漠化土地的分布、特征、危害,编制了土地荒漠化类型图,并对土地荒漠化发展趋势进行了监测、预测和防治。出版了《中国北方地区沙漠化过程及治理区划》(朱震达、刘恕,1981)、《中国沙漠化及其治理》(朱震达等,1989)、

《中国土地沙质荒漠化》(朱震达等,1994)等专著和有关图件。

4. 荒漠化治理

在中国不同生物气候带建立了多种类型的荒漠化治理试验研究站和示范区,开展了系统深入的研究工作,形成了荒漠化治理的系列技术,推动了区域荒漠化的治理(中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所,1991)。如高大沙堤加机械沙障阻沙技术、化学固沙技术、生物固沙技术、草方格沙障固沙技术、沙地农业高产技术、沙地果树栽培技术、荒漠化草场改良技术、沙漠和荒漠化土地遥感监测技术等。这些技术的综合运用,形成了适合当地自然和社会经济条件的荒漠化土地整治模式,取得了显著的经济效益和生态效益。

包兰铁路沙坡头段穿过腾格里沙漠东南缘高大流动沙丘区。在高大密集的格状流动沙丘群中和降雨量不足 200mm 的恶劣条件下,以无灌溉技术途径,首创了“以固为主、固阻结合”、以生物固沙为主、生物固沙与机械固沙相结合的稳固的铁路防沙体系的模式,在铁路两侧高大的流动沙丘上,建立 235~ 583 m 宽的保护带。在保护带外缘用高度为 1m 左右的高立式沙障阻沙,在沿线固沙带设立长、宽为 1m× 1m 的草方格沙障,并选用适宜沙地生长的植物栽植,建立永久的防护带;第三带为在灌溉条件下的乔木林带;第四带为砾石平台缓冲输沙带,此带的宽度约 2m。这种防护模式不仅有效地固定了流沙,而且在固沙带形成土壤结皮层,促进风沙土向土壤的转化(夏训诚、樊胜岳,2000)。包兰铁路沙坡头段的沙害治理,取得了 72 亿元的经济效益,成为中国铁路防沙的典范,获得国家科技进步特等奖。

塔里木沙漠公路南北贯通塔克拉玛干沙漠,其中流沙路段 446km。在号称“死亡之海”的塔克拉玛干沙漠新建公路,防沙固沙是其关键。将沙漠公路选线、沙漠公路防沙固沙、沙漠公路环境评价等技术有效组合,创造了沙漠公路防沙体系(夏训诚等,1994),使世界上第一条穿行于高大流动沙漠中的石油公路畅通无阻,已创经济效益 1.98 亿元。该公路建设因其科学技术的重大突破,被中国政府评为 1995 年十大科技成就之一。

荒漠化整治模式和技术研究是沙漠科学研究的重要内容。我国荒漠化治理紧紧围绕经济发展和生态环境建设的需要,研究和形成了荒漠化土地不同类型区的综合治理技术和模式,在绿洲重建和荒漠化治理方面也取得了重大进展,经济和生态效益显著。其中有适于半干旱农牧交错区的奈曼“生态网”,“多元系统”,“小生物圈”乡、村、户三级荒漠化土地综合治理模式。该系列模式是在乡一级有计划地大规模营造防风固沙林网,在村一级采用调整种植结构、风沙育草、固沙造林、建设基本农田,在户一级采用分散居住,在水热条件较好的丘间甸子地按农业区、林带保护区、草地缓冲区、放牧区安排农业生产和荒漠化治理。这三级结合模式形成了一套比较完整的荒漠化治理体系。适于半湿润地区风沙区的延津、禹城沙化土地治理与农业高效开发模式,主要是根据黄淮海地区水热条件好和交通便利等有利

条件,对沙化土地实施改造,种植果树、花卉等高效经济作物,其生态和经济效益都很明显。适于干旱地带绿洲周围荒漠化治理的临泽和策勒模式,具体内容为在绿洲边缘沿灌渠营造 10~ 50m 的防沙林。在营造防沙林的同时,在绿洲内部建立护田乔木林网,规格为 300m× 500m。在绿洲边缘灌渠外侧的丘间低地和沙丘上,营造各种固沙林。在流动沙丘上先设置机械沙障,在它的保护下,栽植耐旱的荒漠植物。这样就形成了“条条分割,块块包围”的防护体系。近 10 年来,新研究开发的荒漠化治理与沙地农业开发技术主要包括:适合半干旱区的沙地衬膜水稻栽培技术(刘新民等,1995),沙地小麦栽培技术,沙地甘草、麻黄栽培技术;适合高寒沙化地区的西瓜、玉米、小麦栽培技术;适合于干旱地区的绿洲节水农业技术、绿洲防护林营造技术、咸水灌溉技术等。

综上所述,不难看出我国沙漠科学研究,密切结合国家经济建设的治沙任务,经过 40 多年的艰苦努力,使之从几乎一片空白的一个科学领域,发展成长为既具有沙漠和荒漠化治理的理论,又有治理实践技术的一门新学科,为我国的生态建设和环境保护与沙地资源开发做出了重大贡献,并应邀多次派专家援助非洲的荒漠化研究与治理,沙漠科学开始走向世界。但是面对我国当前荒漠化日益加剧的状况,需要对我国荒漠化长期治理效果不明显的现实进行反思,寻找它的症结所在。

第二章 荒漠化研究与治理的主要问题

一、从自然与社会角度看荒漠化过程中的人为作用

近代荒漠化的发生与发展,特别是新中国成立以来,人为因素的作用主要的。为什么人们的行为必然导致荒漠化的产生?这需从社会、经济与自然环境关系的角度,进行深入的分析。

1. 气候波动与农民的适应性对策

我国农牧交错带北界从内蒙古中部经宁夏北部、甘肃河西中部、青海北部到西藏西北部。南界从内蒙古东部经华北北部、陕北到陇东、陇中、青海东南部到西藏东部,南北宽 200~ 300km。这一地域年降水量 200~ 400 mm,东部属温带或暖温带半干旱类型,自然植被为森林草原和典型草原;西部属于高寒半干旱半湿润气候区,为半荒漠草甸,即在总体上宜牧的背景下,宜牧环境与宜农环境交替变化的地域。长期以来,种植业与草地畜牧业并存,人口压力与日俱增,种植区逐步扩大,牧区范围相应缩小,导致农牧交错带持续北移西进。研究表明,从唐宋至今,甘宁交界区农牧交错带已北移 200~ 400 km,以至超越其应有的自然地带位置,抵达典型草原带甚至荒漠草原带边缘(伍光和,2002)。

农牧交错带的产生,从表面上看好像是人类把东部农业耕作界线直接向西和向北推移形成的,但能如此推移是与该区农业自然资源和生态环境也存在适于旱作的一面有关。

(1) 旱作农业的气候基础

农业的本质是通过农业同化环境把自然资源转化为农产品的生物学过程。水是生命的介质,作物的抗旱性与丰产性是矛盾的、对抗性的(赵松岭,1996)。没有水的保障,任何农业的丰收都是不可能的。在农牧交错带,多年平均降水量在 200~ 400 mm。在本区许多地方年降水量在 300 mm 或 400 mm 以上,天然降水可以满足比较耐旱的农作物的生长需要,适宜旱作农作物的生长,旱作农耕具有气候资源的一定保证。中国科学院黄土高原综合考察队计算出黄土高原地区谷子、春小麦在天然降水条件下的最大产量(中国科学院黄土高原综合考察队,1991),如图 2.1,图 2.2 所示。

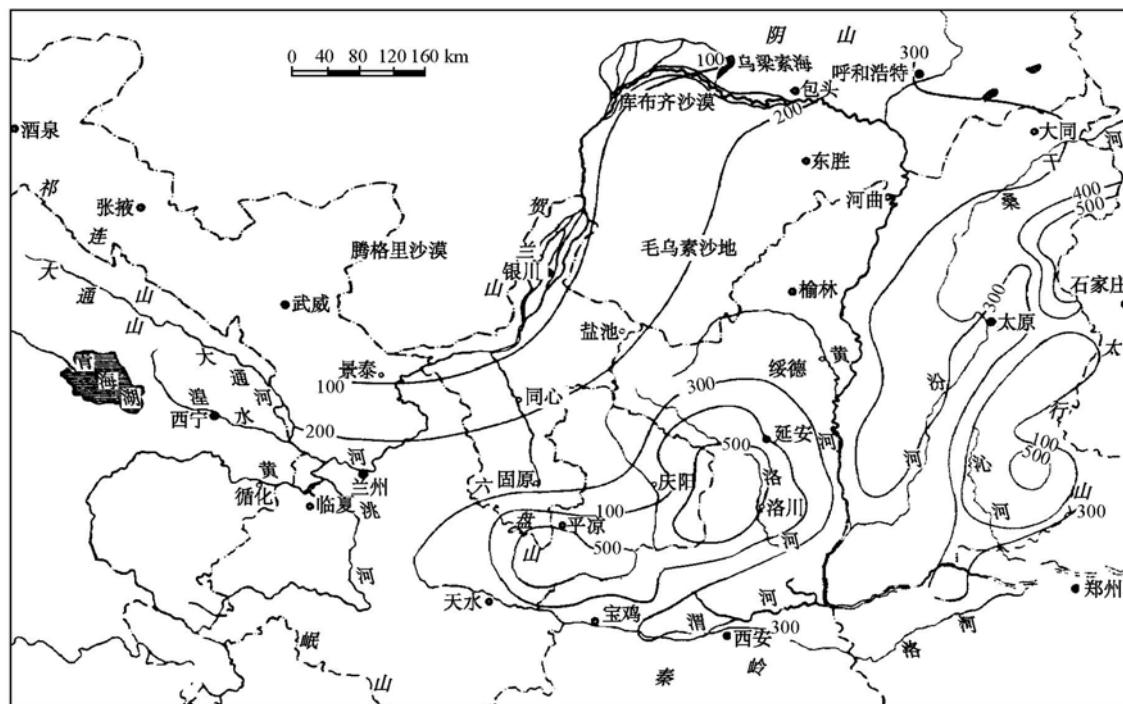


图 2.1 黄土高原地区谷子在天然降水条件下的最大产量(kg/亩)

300mm 等雨量线是旱作农业或雨养农业的西限和北限(赵松乔, 1991);最大产量是指在作物品种一定,土壤肥力、农业技术管理措施均处于良好条件下作物的产量(中国科学院黄土高原综合考察队, 1991)

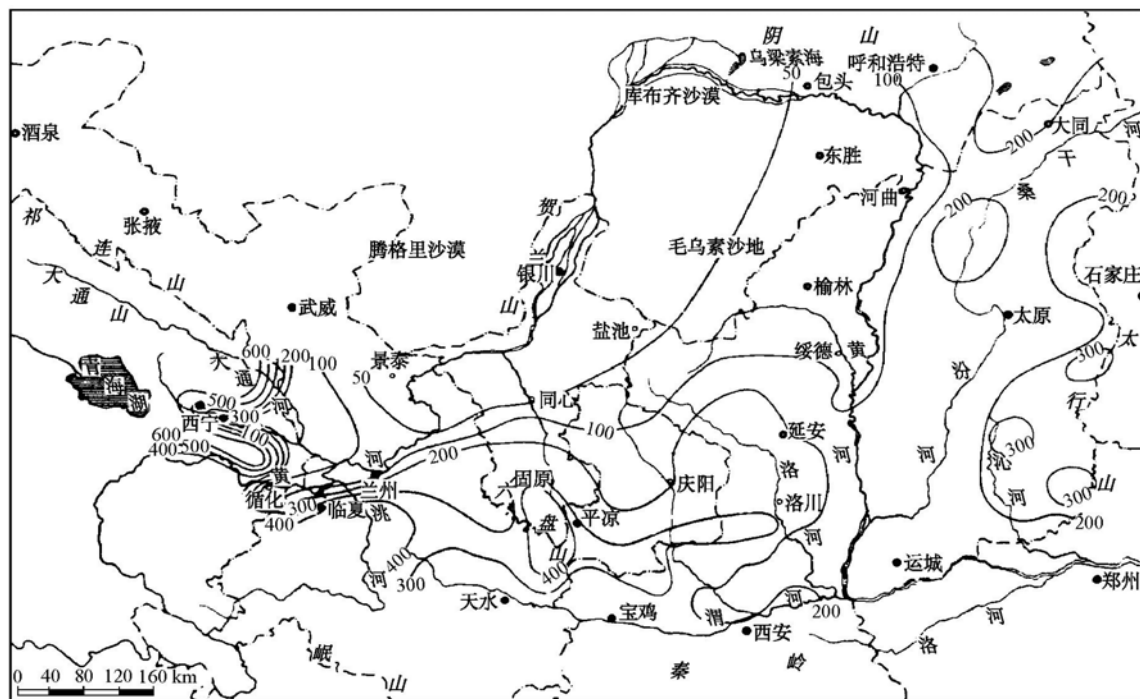


图 2.2 黄土高原地区春小麦在天然降水条件下的最大产量(kg/亩)

(中国科学院黄土高原综合考察队,1991)

可见,一定的农业收成会吸引并激励人们在此开垦种植。在风调雨顺的年景,确实也获得了好收成甚至大丰收。这不仅增加了当地农民继续开垦种植的信心,而且也吸引了更多的外地人前来从事农垦种植的欲望,结果导致旱农耕地向西、向北扩展。

(2) 气候波动与农民的适应性对策

我国半干旱地区农业生产力的光、热、水、肥四大因子中,光是长项,温度适中,肥力可调,唯不可控的水分因子是块短板,它决定着该区域的生产力水平,而旱农技术对它的延长有效,但有限。因此,降水量与农作物的产量呈现明显的正相关关系,显著水平甚至可通过 0.001 的检验(史培军,1989)。

严格地讲,粮食产量和干旱与大早年的关系并不都有线性关系(赵松岭,1996)。这里所说的旱和大旱是由降水量负距平的百分率决定的。降水量少,并不一定导致旱灾的发生和粮食的减产;降水总量多,并不一定是丰收年。它的要害是降水与作物需水关键期的耦合程度。比如,1994 年的甘肃陇中各县,头年的底墒并不好,从 3 月播种开始至 6 月初,降水只有几毫米至几十毫米,有的地区还是分 5 次降下,完全为无效降水,这个时期正是春小麦小穗分化的需水关键期,干旱严重影响了小麦的生长发育。从 6 月开始,雨季提前一个月到来,大量降水,小麦大量分蘖,一片葱绿,长势良好。当年有的坡耕地颗粒无收,缓坡地可以收回种子,梯田每公顷只有 100kg 余。而 1994 年陇中地区的降水总量却略高于平年。

这与农作物在不同发育期的季节需水有关。以甘肃陇中黄土高原地区为例,区内种植的小麦是春小麦,初春(3 月中旬)播种,当年 7 月收获,其生长期在 130d 左右。由于生长期短,春麦需水量明显小于冬小麦(赵松岭,1996)。春小麦需水量随地点及年份的不同而变化。皋兰、兰州、定西三地的全生育期需水量分别为 402mm、400.2mm、357.6mm。甘肃省从南往北,年降水量逐渐减少,气候类型从半干旱向干旱过渡,小麦需水量相应增加。春小麦各生育阶段需水量的变化规律为:苗期需水量较小,播种—分蘖期需水量只占全生育期的 10% 以上。随着生长发育的进行,需水量逐渐增大,拔节—抽穗期对水分的要求最高,需水量达到最大,这个时期需水量占全生育期需水量的 1/3 强。抽穗开花后,春小麦对水分的需求量又趋于下降(表 2.1)。

产量波动是旱作农业的特点,成功的旱农措施可以减少波动幅度,使产量稳定在较高水平上。半干旱地区的粮食产量很低的现象大面积存在,比如,陇中半干旱地区各县近年来的平均产只有 $1170\text{kg}/\text{hm}^2$,它只相当于光热水潜力的 33%,客观地说这个产量也不实,因为陇中半干旱地区在册耕地面积与实有耕地面积不符,后者比前者大得多,也就是说,该区多年平均的实际单产低于 $1170\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表 2.1 春小麦各生育阶段需水量的变化

地点	项 目	播种—出苗	出苗—分蘖	分蘖—拔节	拔节—抽穗	抽穗—成熟	全生育期
皋 兰	需水量/mm	20.1	28.9	42.9	141.9	168.2	402
	降水量/mm	3.8	10.1	10.6	26	51.5	102
	亏缺量/mm	16.3	18.8	32.3	115.9	116.7	300
	占总亏缺量/%	5.4	6.3	10.8	38.6	38.9	100
兰 州	需水量/mm	20.2	28.9	42.5	141.6	167	400.2
	降水量/mm	7.5	13.4	13.4	30.6	58.9	123.8
	亏缺量/mm	12.7	15.5	29.1	111	108.1	276.4
	占总亏缺量/%	4.6	5.6	10.5	40.2	39.1	100
定 西	需水量/mm	18.5	19.3	52.8	132.4	134.6	357.6
	降水量/mm	11.1	11.4	17.8	36.6	63.3	140.2
	亏缺量/mm	7.4	7.9	35	95.8	71.3	217.4
	占总亏缺量/%	3.4	3.6	16.1	44.1	32.8	100

资料来源:赵松岭. 1996. 集水农业引论. 西安:陕西科学技术出版社. 182

造成粮食低产的原因是患旱频率扰动的结果,也就是说,旱灾影响所导致的产量波动,才使该区域多年平均的粮食产量处在很低的水平上。过去不少文章在描述半干旱地区患灾特征时,曾经用过“十年九旱”、“三年两头旱”、“十年一大旱,三十年一特大旱”的说法,来说明这个地区的患旱规律。实际上半干旱地区由于降水量少,水分对作物生长发育的胁迫是一种常驻现象,完全风调雨顺的年份是很少见的。然而,旱情是事实,但不一定都成灾。所谓灾害,就是年降水均值的偏离度超过一定阈值时所发生的伤害现象。一般来说,负偏离超过阈值为旱年,正偏离超过阈值为涝年。任瑾、徐明华(1993)把负距平百分率小于或等于-10%定义为旱年,小于或等于-30%定义为大旱年。据他们的统计,甘肃黄土高原主要站点患旱灾频率如表 2.2 所示。

表 2.2 甘肃黄土高原主要站点患旱灾频率

站名	春旱(3~ 5月)		夏旱(6~ 8月)	
	干旱频率/%	大旱频率/%	干旱频率/%	大旱频率/%
	负距平≤-10%	负距平≤-30%	负距平≤-10%	负距平≤-30%
皋 兰	37	27	47	30
兰 州	43	30	50	30
定 西	47	30	43	13
环 县	53	23	43	30
秦 安	30	23	30	10
西 峰	43	17	43	20
平均	42	25	42	22

资料来源:任瑾,徐明华. 1993. 干旱地区农业研究,11(4)

从均值看,甘肃的陇东、陇中春旱和夏旱发生的频率差不多,春旱略多于夏旱。干旱与大旱发生频率之和,春季为 67%,夏季为 64%,患旱的频率是很高的。1961~1990 年 30 年的统计,以兰州市为例,春、夏都是大旱年的有 1962 年、1980 年、1981 年 3 年,占 10%。春、夏同时存在旱或大旱的有 6 年,占 20%,两项合计占 30%。只有春旱或只有夏旱的占 40%。平丰水平有 9 年,占 30%。一般讲春、夏都是大旱年的肯定是重灾年,凡有大旱年出现的年份或者春、夏都出现旱象的年份都是灾年,完全的平水和丰水对应的收成较好的年份只有 1/3 左右。

因此,在黄土高原半干旱地区,粮食的极限产量可能是 1mm 降水产 0.51kg 粮,这还要借助良好的抗旱作物品种,努力的培肥地力,适量的化肥投放,精心的经营管理才有可能实现(赵松岭,1996)。如果说还有潜力,就是各地目前的产量水平和这个理论值之间的差距,这是已经被定西县大坪生产队多年实现了的,也是目前生产力水平所能达到的最高水平。至于各地科研试验站所达到的 1mm 降水创造 1kg 甚至 1.5kg 的产量水平,比如,定西产粮食 6000~7500kg/hm² 都是可能的,但一定是在丰水年才能实现,丰水年在半干旱地区是个小概率事件,患旱频率的影响是无法避免的。这就是半干旱地区粮食产量波动、平均产量很低的根本原因。

降水量的年际波动,造成了生态系统的波动,干草原的种类组成、高度、盖度以及生产力,粮食、油料等作物的种植和产量,在各年之间很不稳定,丰年与歉年之间相差极大,例如,产量差别可达 5~10 倍之多(姜鸿,1989)。农民尽管难以预测是干旱还是风调雨顺,但他们凭直觉经验知道不可能年年干旱下去。所以,人们采取的适应性对策就是“广种薄收,以丰补歉”。一方面在干旱年份依靠“不耕不耘,种而待获”、“倒山种田”和“种闯田”等广种薄收的粗放经营方式,来获得最起码的粮食产量和生活必需品。另一方面企求接踵而来的多雨年份,能以大面积的丰收来弥补干旱年份所造成的生活短缺。有意思的是,这种谋生策略也居然使多数人度过一个又一个生活难关,顽强地生存下来。因此,人们确信除了不断扩大旱作耕地之外,别无其他选择。

正是这种降水波动变化,以及由此人们萌发的谋生需求和侥幸心理的交互作用,使得本区旱作农业,不仅在干旱年份而且特别是在多雨年份,旱地垦殖面积越来越大,并向西、向北愈伸愈远。这就是本区出现耕地面积扩大、草地面积减小,农区挤占牧区,牧农错位的自然原因,也是农牧交错带大体与季风气候区向干旱气候区过渡带位置相一致的缘由所在。

值得注意的是,“以丰补歉”的经营策略是人们适应天时规律的必然选择。然而我们在 20 世纪 60~70 年代的“一大二公”体制背景下,强行上交丰年的余粮,用来满足区域内非农村用粮的需要;歉年的时候由于不可能及时与完全地补充缺歉的粮食,带来该区域大范围的饥荒,从而导致农民更加疯狂地开垦土地。同时,为了少交粮食,农民普遍存在开垦土地的隐瞒问题(李若建,2001)。这种农民与政府间的博弈,更进一步加重了荒漠化的发展。可见,由于制度原因导致滥垦耕地产生

荒漠化的现象,是我国荒漠化的又一重要特征。

2. 人口压力是牧农错位的主要原因

农牧交错在所处生物气候带位置及其干湿气候波动特点,是诱导人类到该区进行旱作农业开垦的重要自然因素。但人类为什么非要到自然条件较差的该区从事旱农垦殖,主要还是人为因素。其中包括为了巩固边防、充实国库和缓解人口增长压力等,导致历代农耕范围的相继扩大(高庆华等,1994)(图 2.3)。这可从历史上 3 次农业大开发和新中国成立以来的 3 次大开荒明显地看出来。

据有关文献(董光荣等,2002;中国科学院黄土高原综合科学考察队,1991;王尚义等,1987;张丕远等,2002;文焕然、陈桥驿,1982),历史上最早记载农牧交错带的是司马迁的“农牧地区分界线”。尽管该区农垦历史较早,但直到战国时代,天然草场植被并无太大变化,该区仍然是林草茂盛的牧区,狄戎等少数民族在此游牧。秦和西汉,为该区历史上第一次农业大规模开发时期。公元前 221 年,秦始皇统一六国后,将陇西地区、银川和河套平原全部置于秦的版图之内,为巩固秦王朝的统治地位和发展中原与边疆地区的经济,设置郡县,鼓励屯垦,“以戍边屯垦和移民富边”的形式,开始了大规模的农垦种植业活动。在此过程中,该带特别是陕北无定河流域、内蒙古皇甫川流域以及鄂尔多斯高原等广大地区,农耕种植业得到迅速发展,农牧界线向西北方向大大推进。随着中原地区比较先进的农业技术也在该区广为传播,加速了农业生产的发展。到两汉时期,随着人口的增加,为缓解人口压力,继续推行“移民富边”政策,农垦达到高潮。当时的汉武帝十分重视农垦,向西北、向黄土高原移民开垦,曾一次迁徙 70 余万人。他在该带进行了两次较大规模的农业开垦:一次就在始置朔方、五原郡那一年(即武帝元朔二年,公元前 127 年),募民徙朔方 10 万人;再一次在元狩四年(公元前 119 年),期间农垦已遍及上郡、西河及朔方、五原各郡,也就是包括了现今的陕西北部部和山西西北部,还兼有鄂尔多斯高原和河套平原各处,林草被大量砍伐和破坏,农牧界线曾一度北移到阴山以北,西达乌兰布和沙漠一带,使这里成为一片人称“新秦中”的发达农业区,原来的草原和森林被大片栽培作物所代替,草原面积逐渐缩小。东汉永和五年以后,由于停止移民屯垦和北方游牧民族的内迁,农牧界线曾向南推移,草原和森林植被才有所恢复。

唐宋时期是继秦汉之后,在该区历史上第二次大规模的农业开发时期。隋代末年,社会出现大动乱,黄土高原人口减少。但唐代初期统治者为巩固边防、充实国库和边防屯田自给,推行“军垦和民垦”的土地制度,人口很快得到恢复。根据《新唐书·地理志》的记载,唐代天宝元年(公元 742 年),黄土高原的人口总数为 997 万余(图 2.4)。此人数虽比隋代总人口数略少些,但还是比西汉时期多。唐中宗(公元 684 年)时实行均田制和开荒地 5 年内免税政策,使大批内地汉人复又北上进入该区从事垦荒种田,草场被辟为农田,更多的畜牧地区转变为农耕地区,特

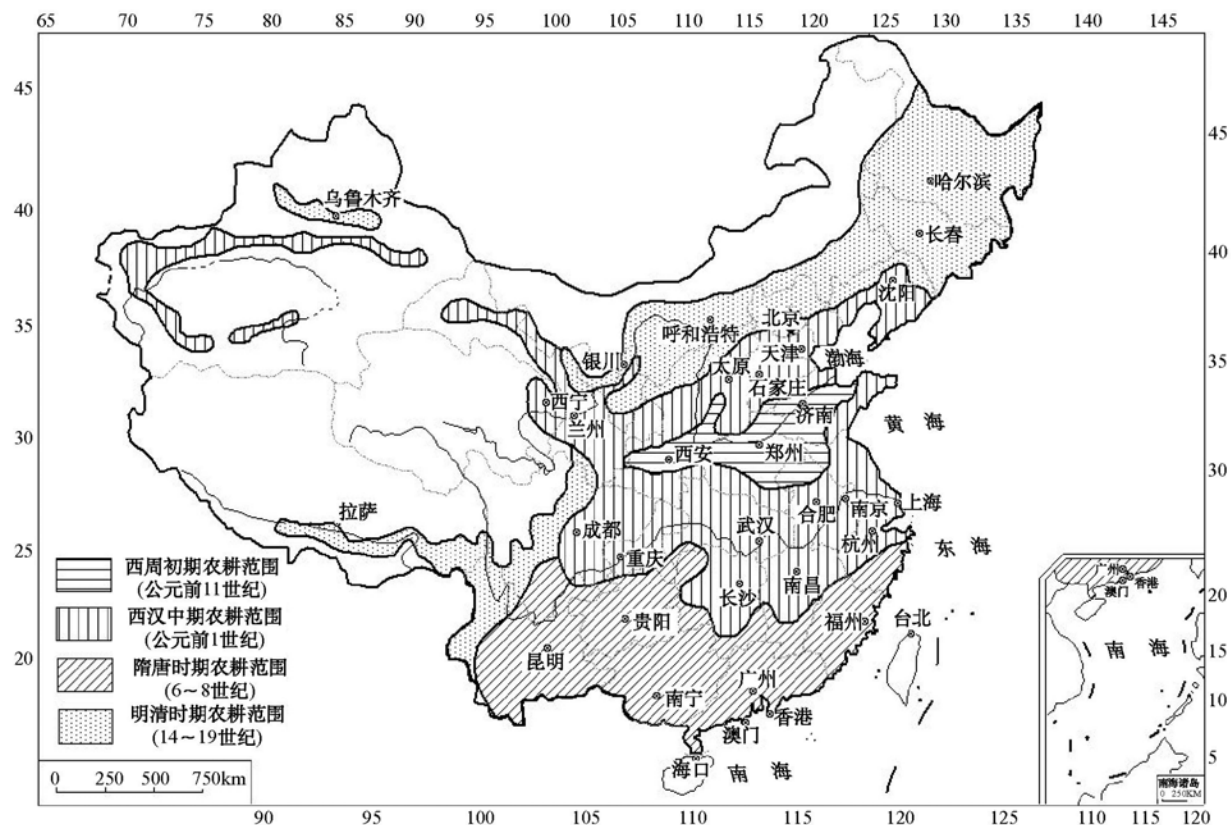


图 2.3 我国农耕地扩展过程示意图(高庆华等,1994)

