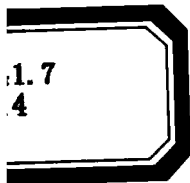


陈亚宁 等 著

干旱荒漠区

生态系统与可持续管理

 科学出版社
www.sciencep.com



-8

干旱荒漠区生态系统 与可持续管理

陈亚宁 等 著

国家“十一五”科技支撑计划
中国科学院知识创新工程项目 资助出版
新疆科技重大专项

P941.7

C614

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书论述了干旱荒漠区水、土壤、气候、生物等各生态要素的特点,分析了干旱荒漠区植物群落、物种多样性及其荒漠生态系统结构、类型和特征,介绍了干旱荒漠区生态系统健康评价理论与生态系统服务功能价值的评估方法,探讨了干旱荒漠区生态系统以碳为主的生物地球化学循环过程,提出了干旱荒漠区生态系统可持续管理目标和对策,并对不同类型生态区进行了分区战略规划。

本书可供地理学、生态学、环境科学等领域的科技工作者及高等院校的研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

干旱荒漠区生态系统与可持续管理/陈亚宁等著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-026002-4

I. 干… II. 陈… III. ①干旱区-生态系统-环境保护②荒漠-生态系统-环境保护 IV. P941.7 X321

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第204206号

责任编辑:赵 峰 沈晓晶 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年12月第一次印刷 印张:26

印数:1—1 500 字数:617 000

定价:118.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

序

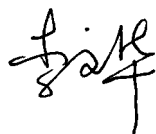
干旱荒漠区是地球上一类特殊的生态地理区域，它既是人类生存发展的潜在空间，又是地球生态灾害的源头区域。因此，它既饱含希望，又充满危机。

中国西北干旱荒漠区约占全国陆地面积的 1/4，是我国特殊的自然地理单元，也是世界干旱区中别具一格的地理景观。它深居欧亚大陆腹地，呈山脉与盆地相间的地貌格局，远离海洋，呈明显的西风气候特征，除高大山脉（如天山、祁连山等）的上部降水较多外，大面积地区为荒漠戈壁和流动沙丘所占据，年降水量在 200 mm 以下，干燥度大于 4.0，为亚洲中部极端干旱区的一部分。另外，丰富的雪冰资源发育了相对独立的内陆河，形成了独特的内陆水分循环模式。内陆河又养育了山前绿洲，形成了山地、绿洲、荒漠共存的世界独特的地理景观格局。这里的光热、能源、矿产资源、土地资源丰富，历来是我国重要的农垦地区之一。长期以来，人类根据这里的自然条件，因势利导，在荒漠地带开垦了全国 10% 的耕地，建立了众多的绿洲，对促进生产发展，繁荣少数民族经济、文化和巩固国防起了十分重要的作用。西北干旱荒漠区已成为我国 21 世纪具备巨大开发潜力的国家建设战略后备基地。

荒漠环境的独特性形成了与其自然环境相适应的、极其敏感而脆弱的生态系统。长期以来，在西北干旱荒漠区干旱日趋严重和人口日益增加的背景下，人类对生态系统的干扰和影响越来越大，致使资源开发和环境保护之间的矛盾日益突出，生态系统破坏事件层出不穷，例如，在土地资源开发利用方面的某些不合理，引起干旱荒漠区敏感而脆弱的自然生态平衡遭受破坏，使得沙漠化发展，盐渍化加重，森林遭受破坏，草场退化，河流缩短，湖泊萎缩、干涸，水质盐化，生态系统面临前所未有的严峻挑战。人口、资源、环境和发展是当今世界面临的重大问题，对于干旱荒漠区这样一个资源丰富、生态脆弱、经济发展又相对落后的地区，如何在利用优势资源提高生产的同时，实现社会-经济-自然复合生态系统的可持续发展，是一个很大的研究课题。因此，对我国西北干旱荒漠区生态系统进行全方位的系统研究，揭示其内部变化规律和驱动机制，在此基础上提出受损生态系统恢复的途径和模式，提出可持续管理的战略思想和对策，不仅是我国干旱荒漠区科学研究发展的内在需要，也是我们这一代人责无旁贷的历史使命。

该书主要依据中国科学院新疆生态与地理研究所陈亚宁研究员和他的研究团队多年来在干旱荒漠区从事资源环境和生态研究所取得的成果和资料编写而成。从干旱荒漠区的分布和特点,生态问题和成因,生态要素及其特征,植物群落类型、结构与物种多样性,生态系统结构、类型和特征,生态系统的稳定性和健康性,生态系统服务功能评价,生态系统碳汇功能和生物地球化学循环以及生态系统综合治理与可持续发展管理等方面进行了系统分析和有益探索。这部著作是作者们多年刻苦钻研和辛勤劳动的成果,是他们智慧的结晶。该书以科学发展理念为指导,以生态学的科学理论为基础,以大量而翔实的数据为依托进行了深入、系统的分析和研究。该书综合剖析了干旱荒漠区生态系统特征、变化规律和驱动因素,探索了生态系统可持续管理的途径和模式,是一部成功的力作。它不仅为干旱荒漠区生态系统的可持续管理提供了科学决策的依据,而且为广大公众认识我国西北干旱荒漠区的特点与价值提供了素材。对于干旱荒漠区科技工作者来说,这是一本不可多得的科学研究本底资料,具有极高的学习和参考价值,对于促进干旱荒漠区年轻科技人才培养和成长,造就出类拔萃的青年科学家和工程师,推动我国干旱荒漠区的科学研究将起到继往开来的作用。我相信这本著作会受到普通民众、相关学科科技同仁以及各级政府的欢迎和好评。

长期以来,许多科技同仁和各级政府一直关注着西北干旱荒漠区的发展,对其经济建设和生态环境保护颇感忧虑。陈亚宁研究员和他的科研团队在解答我们许多疑虑的同时,更增加了我们对于干旱荒漠区发展前景的信心。值此《干旱荒漠区生态系统与可持续管理》出版之际,我仅表示衷心的祝贺,并期望各界人士对于干旱荒漠区经济的发展、生态系统与资源的合理利用和保护给予高度关注,以利于建设干旱荒漠区社会-经济-自然复合生态系统可持续发展伟大事业的顺利进行。我深信,在西北干旱荒漠区科技工作者和各族民众的共同努力下,定能实现经济的跨越式发展,同时也能使生态环境变得更加美好。



2009年8月

前 言

干旱荒漠生态系统是全球生态系统的重要类型之一。中国西部干旱荒漠区是中亚干旱区的主要组成部分和世界典型的温带荒漠分布区。中国西部干旱荒漠区发育了多种生态系统类型，具有世界温带荒漠中最为丰富的植物物种与基因资源，是温带干旱地带野生生物的基因宝库，具有大量耐旱、耐寒、耐高温、耐盐碱、高光合效率、具特殊次生代谢化合物的基因，是世界上不可多得的温带荒漠动植物基因库。

中国西部干旱荒漠区位于我国贺兰山—乌梢岭一线以西、昆仑山系以北的广大西北地区，面积约为 250 万 km²，占中国国土面积 1/4 强。中国西北干旱荒漠区具有生态环境极端脆弱和自然资源相对丰富的双重属性，不仅是我国的荒漠大区，干旱、盐碱、风沙灾害严重；同时，还是我国未来的资源战略接替区，矿产、油气、土地和光热资源丰富。因此，积极开展干旱荒漠区的生态系统研究及其可持续管理探索，对于了解和掌握干旱荒漠区生态系统类型、结构及其功能，加强对于干旱荒漠区生态系统的保育恢复，解决干旱荒漠区当前开发中面临的重大环境问题，促进区域经济社会的可持续发展，以及未来防患于未然的科学决策均具有极其重要的科学意义和现实意义。

随着西部大开发战略的实施，干旱荒漠区丰富的水土、光热、矿产和油气资源由资源优势转为经济优势的速度越来越快，其在我国经济发展中的份额也越来越重；然而，干旱荒漠区的沙漠化过程不断加重，土壤盐渍化、生态系统的日益退化非但没有使荒漠区丰富的自然资源得到有效利用，造福于人类，反而对人类生存环境的威胁日益加重，成为国际社会密切关注和忧虑的热点。研究干旱荒漠区各生态要素特点及生态系统类型、结构和功能，评估干旱荒漠区生态系统健康状态，探索干旱荒漠区生态系统可持续管理理论与模式，科学开发干旱荒漠区自然资源，改善区域人类的生存环境，是西部大开发战略实施的一个重大目标。

本书共分八章，重点论述了干旱荒漠区生态系统类型、结构及其功能，系统介绍了干旱荒漠区生态系统健康评价理论与生态系统服务功能价值的评估方法，深刻分析了干旱荒漠区典型区域的生态系统特点及演变规律。在对干旱荒漠区生态系统的理论研究基础上，结合干旱荒漠区典型生态系统的案例分析，形成干旱荒漠区生态系统建设与可持续管理的理论思想，实现案例与理论的有机结合，为干旱荒漠区生态建设与资源利用提供了科学指导。本书主要通过以下几个层次展开：①深入分析了我国西部干旱荒漠区的自然环境与社会、经济特点，介绍了干旱荒漠区的主要生态问题，从生态系统要素入手论述了干旱荒漠区水、土壤、气候、生物各生态要素的特点，分析了过去半个多世纪环境演变过程及未来趋势；②介绍了干旱荒漠区植物群落、物种多样性以及干旱荒漠区生态系统结构、类型和特征；③在干旱荒漠区生态系统研究的基础上，对干旱荒漠区生态系统健康进行了评估，并以典型区为例分析了干旱荒漠区生态系统的稳定性；④介绍了干旱荒漠区生态系统服务功能、类型及其评估方法等理论，以塔里木河流域、黑河流

域、石羊河、玛纳斯河等干旱荒漠区典型流域为案例进行了干旱荒漠区生态系统服务功能时空变化的比较研究；⑤介绍了干旱荒漠区生态系统以碳为主的生物地球化学循环过程，探讨了人类活动干扰与不同环境因子对荒漠生态系统碳平衡的影响，分析了典型荒漠区土壤碳释放规律及影响因子；⑥分析了干旱荒漠区生态系统可持续管理对策及分区治理的具体措施和目标，提出了以干旱荒漠区生态保育恢复中荒漠植被与人工植被的生态融合、绿洲边缘荒漠林与人工防护林体系的生态整合以及天然绿洲与人工绿洲共存等为主要内容的人与自然和谐共存的可持续管理思路，拓宽了人工调节自然的力度和空间范围，为荒漠区人与自然和谐发展探索了新的途径。

本书作为项目成果之一，是在国家“十一五”科技支撑计划“干旱区典型荒漠生态系统综合整治技术研发与示范”（项目编号：2006BAC01A03）和新疆科技重大专项“干旱荒漠区退化生态系统恢复重建技术与示范”（项目编号：200733144-4）资助下完成的。本书各章节编写分工如下：第一章，陈亚宁、孙慧兰、陈忠升；第二章，郝兴明、杨玉海、陈亚宁、周洪华；第三章的第一节，陈亚宁，第二、第三节，潘存德、常静、楚光明、晋瑜；第四章，潘存德、杨玉海、周洪华、李卫红、马晓东、赵锐锋；第五至第七章，陈亚宁、黄湘、付爱红、张丽华；第八章，陈亚宁、黄湘、徐长春。陈亚宁负责全书大纲拟定与统稿。

在项目执行和本书编写过程中，得到了科技部社会发展司、国家 21 世纪议程中心、中国科学院资源环境科学与技术局、新疆科技厅、中国科学院新疆生态与地理研究所等单位的大力支持，得到了蔡运龙、傅伯杰、李秀彬、欧阳志云、陈利顶、刘国华、郭日生、田保国、王磊、张书军、冯仁国、黄铁青、庄绪亮、张小雷、高峰、张耀等领导和专家的指导和帮助。中国生态学会名誉理事长、中国工程院院士李文华研究员为本书作序。在此，对各位领导和专家对本项研究工作给予的支持、重视和鼓励表示诚挚的感谢。

目 录

序

前言

第一章 中国西北干旱荒漠区概况	1
第一节 干旱荒漠区的分布及特点.....	1
第二节 干旱荒漠区的社会经济特点.....	7
第三节 干旱荒漠区的主要生态问题及成因	23
第二章 干旱荒漠区生态要素及其特征	36
第一节 水要素及其特征	36
第二节 土壤要素及其特征	48
第三节 气候要素及其特征	56
第四节 生物要素及其特征	66
第三章 干旱荒漠区植物群落类型、结构与物种多样性	76
第一节 干旱荒漠区植被分布、组成与物种多样性	76
第二节 干旱荒漠区植被群落结构与类型	91
第三节 典型温带荒漠区植被特征分析.....	103
第四章 荒漠区生态系统类型	162
第一节 森林生态系统.....	162
第二节 草原生态系统.....	172
第三节 湖泊、湿地生态系统.....	186
第四节 绿洲生态系统.....	195
第五节 荒漠生态系统.....	214
第六节 荒漠区土壤生态系统.....	230
第五章 干旱荒漠区生态系统稳定性及健康分析	236
第一节 干旱荒漠区生态系统稳定性理论介绍.....	236
第二节 干旱荒漠区生态系统健康.....	252
第三节 典型干旱荒漠区生态健康及稳定性分析.....	260
第六章 干旱荒漠区生态系统服务价值评估	272
第一节 干旱荒漠区生态系统服务功能.....	272
第二节 荒漠生态系统服务功能划分.....	281
第三节 荒漠生态系统服务功能评价.....	283
第四节 荒漠生态系统服务功能价值实证分析.....	291
第七章 干旱荒漠区生态系统的碳平衡	304
第一节 荒漠生态系统的碳循环.....	304

第二节	人类活动对荒漠生态系统碳平衡的影响·····	310
第三节	不同环境因子对生态系统碳循环的影响·····	320
第四节	典型荒漠区土壤碳释放规律及影响因子研究·····	330
第八章	干旱荒漠区生态系统可持续管理·····	361
第一节	生态系统管理面临的形势与难点·····	361
第二节	生态系统可持续管理战略思考·····	365
第三节	生态系统可持续管理战略规划·····	374
第四节	生态系统保育与管理对策·····	378
参考文献 ·····		390

第一章 中国西北干旱荒漠区概况

第一节 干旱荒漠区的分布及特点

一、地理分布

干旱区是指蒸发能力超过降水量的地区，其干燥度系数一般大于 3.5。由于水分条件的限制，干旱区自然景观或植被类型主要以荒漠或半荒漠为主。干旱荒漠区几乎在世界上各大洲均有分布，目前全球荒漠化的面积已达 3600 万 km^2 ，占整个地球陆地面积的 1/4，约有 9 亿人受到荒漠化的影响和威胁，而且荒漠化的面积仍在以每年 5 万～7 万 km^2 的速度扩大。

世界干旱荒漠区大致呈条带状集中分布于地球南北回归线附近副热带高压控制下的地区。在亚欧大陆中部和北美大陆西部的一些山间高原上及南美大陆南部的东侧均有所体现，部分地区分别达到南纬 55° 和北纬 51° 。地球上大部分荒漠地区的海拔不高，仅在亚洲中部的柴达木盆地、昆仑山、帕米尔和喀喇昆仑山，荒漠的海拔可达 2700～5000m。各地荒漠大多处于盆地、山麓平地、滨海平地和丘陵坡地。

我国是全球荒漠化面积较大、分布较广、危害较严重的国家之一，我国目前共有荒漠化土地 262.62 万 km^2 ，占国土面积的 27.3%，主要分布在西北、东北、华北地区的 13 个省（自治区、直辖市），影响我国近 4 亿人口的生产和生活，每年因荒漠化造成的损失高达 540 亿元。

从广义上讲，我国干旱荒漠区是指北纬 35° 以北、东经 106° 以西的内陆地区，大致为贺兰山—乌梢岭一线以西、昆仑山系以北的广大西北地区，包括塔里木盆地、柴达木盆地、巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠地区，以及新疆北部、内蒙古西部、宁夏、河西走廊等地，是中亚干旱区的主要组成部分和世界典型温带荒漠分布区。在行政区划上干旱荒漠区包括新疆的全部，甘肃的河西走廊地区，青海的柴达木盆地以及内蒙古西部的阿拉善高原和宁夏的西部等地区，土地面积约占全国总土地面积的 24.5%，人口却不到全国人口的 5%。

西北干旱区由于处于欧亚大陆腹地，平原降水量一般在 160mm 以下，基本上不产生地表径流，形成世界上最严酷的干旱区之一。在此需要说明的是，在西北干旱荒漠区的一些内陆山地降水量较多，干燥度系数也小于 3.5。山区较丰富的降水是由地形因素造成的，与之对应的山地草原、草甸以及森林等植被均属于隐域性类型。从整体上来看，这些山区也包括在干旱荒漠区内部，事实上恰恰是这些山地构成了干旱荒漠区主要生命活动赖以维持的水分来源。

荒漠生态系统（desert ecosystem）是地球上最为干旱的地区的生态系统，降水稀少，蒸发强烈，气候干燥，生物种类极度贫乏，脆弱而不稳定。干旱荒漠区独特的气候

条件决定了其生态退化的风险较高,而近代人类活动的强烈干预恰恰加速了这种进程,具体表现为生态环境受到严重破坏、河道断流、植被大面积衰败死亡、林间沙地活化和沙尘天气增多等,人类生存环境正在受到严重威胁。

我国西北干旱荒漠区多为少数民族聚集区和经济欠发达地区,然而却孕育了丰富的矿产和其他自然资源,是我国 21 世纪重要的资源替代区。随着国家经济建设重点西移,西部已成为我国经济增长的重要支点。然而,西部支撑资源开发的生态环境却极为脆弱。因此,如何有效遏制干旱荒漠区生态的进一步退化,使受损生态系统得到恢复,让荒漠造福于人类,成为众多科学家和决策者们不断探索和亟待解决的问题。伴随着 20 世纪 80 年代世界各国生态恢复研究热潮的兴起,干旱荒漠区生态保育与恢复研究也蓬勃发展起来。生态保育与恢复、沙漠化防治技术也得到了普遍试验与应用,并且取得了显著成效。

二、环境背景

1. 地质地貌复杂多样

地质背景是控制西北地区荒漠化的主要因素之一。西北干旱荒漠区的形成很大程度上取决于青藏高原的隆起抬升。自始新世以来,印度板块向北俯冲,产生了强大的南北向挤压力,致使青藏高原快速隆起,形成喜马拉雅山地,即喜马拉雅运动。我国西北地区受南北向挤压力的作用,在青藏高原上一些近东西向的山脉南麓均有向北倾斜的规模巨大的逆冲断层,形成褶皱断块山地(赵济等,1995)。在青藏高原隆升之前,我国大部分地区受行星风系的控制,主要以纬向分带为主、冷暖干湿变化较小,气候较现在温暖湿润,分布大面积森林(张丽萍等,2005;费雷克斯,1984),青藏高原的强烈隆起抬升促进了全球性的气候变化,并从根本上改变了中国的构造地貌格局,使中国大陆气候转变成主要以东西分异为主、冷暖干湿变化大。高耸的青藏高原还阻挡了来自印度洋向北输送的水汽,越过高原的气流在高原发生下沉,焚风效应使西北广大地区冬季干冷,夏季干热,气候环境不断向干旱化方向发展。

在地貌发育过程中,气候条件,特别是严重的干旱将导致植被退化、荒漠化发展。西北干旱区身居大陆腹地,降雨量小、蒸发量大、风力强劲,干燥剥蚀作用和风力作用成为重要的地貌外营力,形成雅丹、沙丘、戈壁等风蚀、风积地貌(赵济等,1995)。根据任朝霞和杨达源(2008b)的研究结果,近 50 年来西北干旱区气温升高,北疆变暖趋势明显;降水有增加趋势,尤其是南疆。由于气温、降水变化不同步,加之下垫面不同,西北干旱区荒漠化发展趋势不同,塔克拉玛干沙漠、河西走廊以及柴达木盆地土地荒漠化加剧;塔里木盆地和准噶尔盆地的土地荒漠化有逆向发展趋势。

不同的地表物质,抗风化、侵蚀的强度也不同,在一定的营力作用条件下,可以发育成不同的地貌形态。西北干旱区沙漠面积广大,这不仅与该区深处大陆腹地,气候干燥关系密切,与第四纪疏松沉积物广泛分布,具有大量冲积、洪积、湖积物质作为风沙流丰富的物质基础以及西北干旱区植被覆盖低甚至土地裸露也有密切关系(赵济等,1995)。

同时,人口增长给土地所带来的压力,更是土地荒漠化的直接原因。除了对于干旱区土地的盲目垦荒、乱采滥伐、过度放牧、水资源的不合理利用外,不合理的灌溉方式也会造成土地的盐碱化。近年来,虽然个别地区沙漠治理取得了一定成效,但是总体而言,荒漠化程度仍在加剧。

西北干旱荒漠区深居大陆腹部,地域辽阔,地形地貌复杂多变、差异较大,山地、高原、沙漠、盆地相间分布。总体来说,地形地貌显著特征可以概括为以下三个方面。

(1) 地势西高东低,位于我国第一级和第二级阶梯上

我国西北干旱区位于我国第一级和第二级阶梯上。这里分布有一系列高大山脉,如祁连山、昆仑山、天山、阿尔泰山等。地势西高东低,西部分布有天山、喀喇昆仑山,海拔为4000~5000m,部分山峰高逾7000m;向东地势逐渐降低。在新疆境内,昆仑山与阿尔金山、天山、阿尔泰山、塔里木盆地、准噶尔盆地共同形成了新疆典型的“三山夹两盆”的地貌格局。与祁连山麓相接的是河西走廊和阿拉善高原。河西走廊属于祁连山地槽边缘拗陷带,长约1000km,宽几公里至百余公里的狭长的由祁连山麓的许多冲积-洪积扇构成的山前倾斜平原,分布在合黎山、龙首山与祁连山之间,大部分海拔为1000~1500m,地势由东南向西北倾斜,因位于黄河之西,故名“河西走廊”。历史上为中国东部通往西域的咽喉要道,古代著名的“丝绸之路”就通过这里,现在仍是沟通中国东部和新疆的干道。这里气候干旱,许多地方年降水量不足200mm,但祁连山冰雪融水丰富,灌溉农业发达,是西北地区的农业基地之一(赵济等,1995)。

阿拉善地区,地势高平,属于温带干旱荒漠地区,海拔多为1000~1500m。冬季受到蒙古高压强烈影响,气候较准噶尔盆地更为干旱;夏季东南部受到太平洋季风的影响,降水较为集中。年降水量均在200mm以下,从东部贺兰山的200mm左右向西递减,黑河下游仅为50mm左右。夏雨型一年生荒漠草本在群落中较为发育。荒漠植被以极其稀疏的灌木、半灌木荒漠为主(赵济等,1995)。

(2) 山脉众多,地势高峻

西北干旱区山脉众多,地势高峻。昆仑山、天山、阿尔泰山、阿尔金山、祁连山、贺兰山等都分布在这里。喀喇昆仑山和昆仑山属“世界屋脊”的一部分,有多个海拔高出6000m的山峰,最高峰乔戈里峰高达8611m,是世界第二高峰。

天山是在古生代地槽褶皱基础上经历了复杂的地质演变过程而产生的。它横亘于新疆中部,西端伸入哈萨克斯坦境内。长约2500km,宽250~300km,平均海拔约5000m,主峰托木尔峰海拔为7435m,汗腾格里峰海拔为6995m,这些山峰都在中国境内。它是由一系列复杂而辽阔的山地及众多的山间盆地组成,根据山形及构造带在地貌上的表现,可将天山分为北天山、中天山、南天山及山间盆地和谷地几部分。巴里坤盆地、伊吾盆地、尤尔都斯盆地、焉耆盆地、吐鲁番-哈密盆地,以及中天山西端著名的伊犁谷地都分布在这里。天山位于不同的生物-气候带中,其北部属于温带荒漠,南部属于暖温带荒漠,而西部的伊犁谷地属于温带荒漠草原。不同地带的水热条件明显地反映在所隶属的垂直带系统中,因而天山不同坡向的土壤、植被的垂直结构差异明显。

西北-东南走向的阿尔泰山为新疆的北界,是中、蒙、俄边界,平均海拔在3000m

以上,主峰友谊峰海拔为4374m,发育有现代冰川。阿尔泰山地质构造上属于阿尔泰山地槽褶皱带,山势西北高而东南低。气候属于干旱荒漠和干旱半荒漠地带,降水随高度递增并由西向东递减,冬夏多而春秋少,低山降水量为200~300mm,高山可达600mm以上。阿尔泰山的径流丰富,发育了额尔齐斯河和乌伦古河。水系大致都循南或南偏西方向下注入丘陵、平原,大部分属于额尔齐斯河的支流,东南部的青河为乌伦古河的上游,出山口折向西北。

阿尔金山、祁连山位于甘肃青海边界,山峰海拔多在4000m以上。阿尔金山位于阿尔山山脉东段,地处藏北高原北缘,南北界于柴达木盆地和塔里木盆地之间,东西与祁连山和昆仑山两大山系相连,其山脉东西长约730km,南北宽60~100km,近似东西走向。山脉东西部两端高,中部较低(海拔为4000~4200m),海拔4600m以上发育着现代冰川。较之昆仑山,阿尔金山更加干旱,降水少,冰川发育微弱,河水流量不大,整个山体几乎完全被沙漠气候笼罩,是全国乃至世界最干旱的山地之一。在海拔3400m以下很少有植物生长,呈稀疏植被景观,山地草场质量低劣,产草量不高,以琵琶柴、驼绒藜、蒿叶猪毛菜、紫花针茅、粗壮蒿草占优势,仅适于放牧山羊和粗毛绵羊等家畜(赵济等,1995)。

祁连山西起当金山口,东至甘肃省界,长850km,宽200~300km,由一系列北西-南东东平行排列的山脉和河谷盆地组成,属于褶皱断块山。因位于河西走廊南侧,又名南山。山脉主要包括走廊南山、冷龙岭、托来山、野马山、疏勒南山、大通山、达坂山、党河南山等。山系西北高,东南低,绝大部分海拔为3500~5000m,最高峰是海拔5826.8m的团结峰。主要盆地有哈拉湖盆地和青海湖盆地,还有黑河、野马河、疏勒河、党河、哈尔腾河等河流谷地。祁连山脉气候高寒,年均气温低于0℃。降水主要来自东南季风,东南部多,西北部少,随海拔增加而增大。祁连山区的水系呈辐射状,以哈拉湖到东经99°一带为中心,向四周辐射,在山前形成大绿洲。该区域主要以克氏针茅、短花针茅、冷蒿为优势种的山地草原为主。东部海拔2500~3300m分布有寒温带针叶林(赵济等,1995)。

贺兰山位于宁夏回族自治区与内蒙古自治区交界处,是鄂尔多斯地台与阿拉善地台间一条狭窄的但在地形上非常显著的南北走向山脉(黄永基,2002)。贺兰山脉海拔为2000~3000m,主峰敖包圪塔位于银川西北,海拔3556m,是宁夏境内的最高峰。贺兰山植被垂直带变化明显,有高山灌丛草甸、落叶阔叶林、针阔叶混交林、青海云杉林、油松林、山地草原等多种类型。贺兰山是温带荒漠与温带荒漠草原的分界线,又是西北内流区与外流区的分水岭。高耸的地形及良好植被对保护富庶的银川平原的生态环境具有重要作用。

(3) 四周高山环抱,山、盆相间分布

我国西北干旱荒漠区地域辽阔,山地和盆地相间分布。在纵横交错的山脉中,镶嵌着我国四大盆地中的三大盆地——塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地,均属于构造断陷区域。

塔里木盆地在我国新疆南部,位于天山、昆仑山和阿尔金山之间,东西长1400km,南北宽550km,是我国最大的内陆盆地,面积为53万km²。由于深处内陆腹

地,天山、昆仑山阻隔印度洋和西太平洋暖湿气流的进入,气候极端干旱,降水稀少,空气十分干燥,植被稀疏。这里分布着全国最大的沙漠——塔克拉玛干沙漠,它是仅次于西亚鲁卜哈里沙漠的世界第二大流动沙漠。沙漠内部沙丘连绵起伏,一般高为70~80m,最高可达250m,沙漠内部植被稀少,多为流动沙丘。环盆地边缘,受两侧高山冰雪融水的滋润,分布着大面积的沃野绿洲,自古以来就是联系“丝绸之路”的重要通道。

准噶尔盆地位于天山和阿尔泰山之间,是我国第二大盆地,东西长850km,南北最宽处达380km,面积为38万km²,轮廓呈不等边三角形。盆地东高西低,是晚古生代至中、新生代多旋回叠合盆地。盆地西部有高达2000m的山岭,多缺口,西北风吹入盆地,冬季气候寒冷,雨雪丰富。内陆河流如发源于阿尔泰山东部的乌伦古河,发源于天山的乌鲁木齐河、玛纳斯河、奎屯河等多流至准噶尔盆地西缘滞水成为湖泊,如艾比湖、玛纳斯湖等。但由于大量引水灌溉,水资源日益减少,玛纳斯湖已经干涸,艾比湖的面积缩小。盆地中部分布着我国第二大沙漠——古尔班通古特沙漠,同时它也是我国最大的固定半固定沙漠,一些河流的尾间可深入沙漠形成一定的植被覆盖,使沙丘成固定或半固定状态,部分地区可用为冬季牧场。盆地南缘受天山冰雪融水的灌溉,绿洲农业发达,城镇集中。

柴达木盆地海拔为2600~3100m,是我国海拔最高的盆地,构造上属于东昆仑褶皱系中的柴达木凹陷,盆地四周为昆仑山、阿尔金山、祁连山所环抱。盆地东西长约700km,南北最宽处达300km,面积约22万km²,位居全国第三位。柴达木盆地气候冷干,降水稀少,日照长,光能资源充足,地下冻土层、风沙地貌广泛发育。水系稀疏,河流短小,以高山冰雪融水补给为主。植被稀疏,以超旱生及早生灌木和半灌木为主,适于骆驼放牧。分布着许多湖泊和盐沼,盐矿资源品种繁多,储量极为丰富。此外,有色金属、黑色金属、稀有金属资源和石油资源也都非常丰富;盆地农业单产水平高,河湖沿岸牧草肥美,畜牧业也占重要地位。因此,有“聚宝盆”之称。

同时,西北干旱区由于地势垂直起伏大,外营力以及地表组成物质不同等还形成了冰川、冰缘、风沙、黄土等特殊地貌(赵济等,1995)。

2. 大陆性气候特征显著

西北干旱荒漠区气候干旱、降水稀少、蒸发强烈、温差大、风力强,是我国最干旱的地区,除高大山地及北疆西部的伊犁、塔城等地区外,全年降水均不足250mm。虽然受到东南气流、西南气流、中亚西风气流、北冰洋气流的影响,但由于深居大陆腹部,水汽影响程度较弱。降水西部和东部大,向中部递减;南部大,向北部递减,至甘肃与新疆交界及新疆腹部一带降水量最小。吐鲁番盆地的托克逊近20年平均降水仅为6.3mm,最少的一年仅为0.5mm,年降水日数不足10天。降水的季节分配、区内差异也较大。伊犁、塔城地区以春季降水为主;河西走廊、新疆东部夏季降水量占全年降水的60%;准噶尔盆地和塔里木盆地的西部,夏季降水占全年降水的40%左右。气温各地差异较大,年较差和日较差大。年平均气温北部低于南部,山区低于平原。吐鲁番盆地绝对最高气温为47.6℃,是我国夏季最热的地方之一。

西北干旱区云量稀少,是我国日照最长的地区,日照时数为 2550~3500h,太阳年辐射热量为 54.4 亿~71.2 亿 J/($\text{m}^3 \cdot \text{a}$),光照资源丰富。这不仅有益于作物生长、发育,而且也广泛利用太阳能提供了有利条件。此外由于地面干燥,太阳能消耗于蒸发方面较小,而用于增加地面和低层空气温度较多;加以盆地地形的影响,使得夏季灼热的空气不易外流,冬季冷空气流动也受到一定的阻隔,越过山地后又有下沉增温作用,故本地区气温偏高,热量资源丰富(赵济等,1995)。

3. 地表植被覆盖率较低

我国西北干旱荒漠区植被覆盖率较低,水土流失面积较广。干旱的气候、贫瘠多盐的土壤,限制了植物的生长、发育和传播,西北干旱荒漠区植物种类贫乏,植被结构简单,主要是旱生的、叶退化的小乔木、灌木和半灌木。它们以各种不同的生理、生态机制适应于荒漠严酷的生境条件,大部分植物的叶面缩小或退化,而以绿色的嫩枝代行光合作用。

西北干旱荒漠区植被稀疏,森林覆盖率很低,是我国突出的无林少林地区,其中新疆、青海森林覆盖率不足 1.6%,因此每年以残落物形式进入土壤表层的有机物数量有限;在干热气候条件下,土壤有机质迅速矿质化,所以土壤有机质含量很低,大多在 0.5%或 0.3%以下,高的也很少超过 1%。

西北干旱区土地资源丰富,人均国土面积远高于全国水平,但是人类有效生存空间却十分有限,广大地区是沙漠、戈壁,不宜人类聚居。部分地区土壤含盐量相对较大。由于地表林草覆盖度降低,地表裸露,加上气候干旱,沙源丰富,风力强盛,水土流失严重,导致土壤肥力下降、土地生产力降低,再加上水资源等条件的限制以及人类对土地管理不善和开发利用不当,土地生产率远低于国内其他地区,并引发滑坡、泥石流、沙尘暴、土壤盐渍化等灾害严重。水土流失类型主要有水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀、融冻侵蚀等。外流河流域以水力侵蚀为主,内陆河流域以风力侵蚀为主。

4. 河流、湖泊类型多样

水资源是维系西北干旱区生态环境平衡的重要资源,也是制约社会经济发展的关键因素。由于西北干旱区特殊的自然地理条件,河流、湖泊类型多样,水量小,多为季节性河流、时令性湖泊,主要以高山区的冰雪融水和中山带森林降水补给为主,平原区降水较少,一般不能形成径流。水资源呈现总量不足且空间分布不均的特点。除额尔齐斯河属于北冰洋水系外,西北干旱区的河流均属于内陆河流域。大多数河流发源于周围的山地,向盆地内部汇集,构成向心水系,这些河流主要依靠冰川融雪水的补给。受自然地理和水文气象条件的控制,大部分河流长度短,流量小;而较大的河流虽然数量少,但集中了绝大部分河川径流量。据统计,西北干旱地区大小内陆河流共有 676 条,其中新疆有 570 条,河西走廊有 55 条,柴达木盆地有 51 条。由于冰雪融水的调节作用,西北干旱荒漠区的河流径流量年际间变化不大,但年内分配不均,河流水量主要集中于夏季,一般夏季占全年的 60%以上。冰川和积雪是西北干旱地区水资源赋存和形成的一种独特形式,也是区别其他地区的主要特点。西北干旱地区冰川和积雪面积约 3.24 万 km^2

(张太平, 2002; 赵济等, 1995)。

西北干旱荒漠区有众多时令性的内陆湖泊。河川径流和地下水在盆地中低洼处积水成湖, 这些湖泊没有出口且蒸发强烈, 故多为咸水湖或盐湖。

5. 人类活动加速荒漠化过程

西北干旱区水资源十分有限, 在水土资源开发利用过程中生态与经济的矛盾十分突出。在长期的生产实践活动中, 人类不断加深对自然界的认识 and 影响的同时, 也极大地改变了西北干旱荒漠区原有的自然生态环境的分布格局和面貌。西北干旱荒漠区气候干旱、降水稀少、生态环境极为脆弱, 人类不合理的开发利用活动, 使这里的土地退化问题不断加剧, 生态环境一再恶化。例如, 塔里木河、黑河下游断流、河西走廊生态退化、石羊河地下水位大幅度下降等都大大加剧了荒漠化过程。

西北干旱荒漠区作为我国主要的荒漠区域, 在沙漠化防治方面虽然取得了一些成就, 但总体而言荒漠化仍在扩展, 形势依然十分严峻。随着人口的增长, 不仅带来对食物、燃料等基本生活资料的需求的增长, 同时也增加了对土地和生态的压力, 而作为人类生存发展的物质空间和从事物质生产的一切自然资源的载体的生态环境, 可容纳的人口数量和人类对资源的开发利用强度却是有限的, 当人口数量超过生态环境的容量时, 必然造成资源的过度利用, 导致生态环境的破坏。而西北干旱荒漠区水资源的不合理的开发利用活动, 正是该区域生态环境恶化的主要原因之一。

第二节 干旱荒漠区的社会经济特点

我国西北干旱荒漠区以农牧业为主, 人口主要分布在水分条件较好的绿洲, 社会经济活动集中在绿洲进行。社会经济的主要特点表现为以水资源为主线、绿洲农业为主体, 民族成分较多, 生产力发展相对滞后。

一、绿洲农业为主体

(一) 绿洲的形成与分布

干旱荒漠区水资源分布的规律性和以水过程为主线的生态系统运行机制决定着绿洲分布具有明显的规律性或地域性, 即绿洲主要是沿干旱区内陆河发育的, 主要分布在天山南北麓、昆仑山和祁连山北麓、柴达木盆地。因此, 我国西北干旱荒漠区绿洲的形成与绿洲化过程是以水为主线, 沿河流发育, 同时兼顾地貌结构、人类活动历史等因素。下面简要介绍我国西北干旱区的三大典型绿洲的分布及特点。

1. 新疆绿洲区

新疆是我国绿洲分布最广、面积最大的省(自治区), 主要分布在天山南北麓、昆仑山-阿尔金山北麓、伊犁谷地和额尔齐斯河流域。新疆绿洲包含 12 个县的准噶尔绿洲、42 个县的塔里木绿洲、3 个县的吐鲁番绿洲和 1 个县的哈密绿洲。分布规律可概括

为：逐水而育；居原而稳，环盆而布；地貌分割，星罗棋布。

(1) 逐水而育

水源分布是决定绿洲布局的关键因素。新疆水资源分布具有明显的规律性，西多东少，山区多平原少，迎风坡多背风坡少。从阿尔泰山南麓的清河经天山北麓的昌吉到昆仑山北麓的和田，画一条东北至西南走向的直线，此线的西北由于受盛行西风和高峻山势的影响，有较多降水，形成较大的冰川，发育了较大的河流，产生了较大的绿洲。而在此线的东南则相反。例如，沿天山自西向东的年均降水量，伊犁河谷地为 300~400mm，昌吉为 200~300mm，哈密为 50mm。相对而言，西部是丰水区，中部是平水区，东部是贫水区。天山北麓中西段和天山南麓西段绿洲基本上呈带状连片分布，而天山北麓东段绿洲呈小块状分布，南麓更显干旱，绿洲呈零星斑点状分布，在吐鲁番—哈密盆地不少地方还有由几条或一条坎儿井的水灌溉着几十亩甚至几亩地的小绿洲，昆仑山和阿尔金山降水量少，缺少大河和大冰川发育，其北麓绿洲间距较大。

(2) 居原而稳，环盆而布

新疆绿洲多分布在出山口的河流沿岸的平原和湖泊、河流的三角洲。哪里有充足可靠的水源，哪里就可能形成绿洲。特别是水土和光热资源组合优势明显的地方最容易发育绿洲。例如，南疆的几大片绿洲都分布在年径流量在 10 亿 m^3 以上的叶尔羌河、阿克苏河、和田河、渭干河、喀什噶尔河、孔雀河等河流域的中下游冲积平原；北疆天山北麓的诸多河流，如玛纳斯河、奎屯河、呼图壁河、头屯河、乌鲁木齐河及博尔塔拉河、精河等流域的冲洪积平原。这些河流的冲洪积平原或冲洪积扇中下部引水方便，土层也较深厚，最适宜农耕。人类逐水土而垦殖，绿洲也就随水土而发育。在各流域灌区，随着渠道的延伸和完善，泉井的开凿和引取，使农垦不断扩大，绿洲也随之不断扩散。

新疆绿洲基本展布于塔里木盆地、准噶尔盆地的周围。特别是塔里木盆地，人工绿洲与天然绿洲环盆地而呈菱形或圈层不连续的分布格局。这与地貌形态、水系分布及河流冲积平原的形成密切相关。塔里木盆地南缘的绿洲东西展布 1100km。绿洲圈层的厚度不等，从几公里到十几公里、几十公里，最宽达到 100km 以上。

(3) 地貌分割，星罗棋布

不同地貌部位形成不同类型的绿洲，有些地形较容易截留地表水或地下水，例如，山麓前的洪积扇扇缘地带较易产生绿洲，天山北麓的昌吉、玛纳斯、沙湾诸绿洲较典型。大河河谷两岸的阶地也易形成绿洲，如伊犁绿洲和乌什绿洲。大河下游河水散流和消失的地方常常发育成三角洲绿洲，如伽师绿洲和巴楚绿洲。大河中下游冲洪积平原也出现大片绿洲，如塔里木河中下游绿洲，叶尔羌河中下游绿洲。较大平原湖泊湖畔也有绿洲产生，如博斯腾湖西岸的焉耆绿洲，艾比湖南岸的精河绿洲。两大盆地中的绿洲分布差异也较明显，天山以北的准噶尔盆地是有两个口子向西开放的半封闭盆地，形成一定降水量，其绿洲面积一般较大，呈条块状；天山以南的塔里木盆地，是个全封闭盆地，降水量甚微，绿洲面积一般较小，呈串珠状和斑点状分布。

2. 河西走廊绿洲区

河西走廊东西长约 1000km，南北宽数十公里，海拔 1500m 左右，大部分为山前倾