

荒漠绿洲水热过程 与生态恢复技术

HYDROTHERMAL PROCESS AND ECOLOGICAL
RECOVERY TECHNOLOGY IN THE DESERT OASIS

冯 起 司建华 席海洋 著



科学出版社

www.sciencep.com

-13

荒漠绿洲水热过程 与生态恢复技术

冯 起 司建华 席海洋 著

科学出版社

北 京

S152.7
F503

内 容 简 介

全书共分10章,重点介绍荒漠绿洲水热传输长期定位试验成果,确定了荒漠绿洲热量传输和水分传输的基本参数。通过对叶片、单株、林分和区域四个尺度蒸散耗水特性研究,明确了区域水平的需水量问题。采用胸径、边材作为空间纯量将单株水平的耗水进行尺度转换,探讨了地下水、根系吸水、树干液流和叶片蒸腾等垂直方向的水分传输过程,对荒漠绿洲生态系统水分传输机理进行了初步的研究。首次在额济纳荒漠绿洲建立了土壤-植被-大气模拟模型,形成了极端干旱区水热耦合的初步理论。对荒漠绿洲植被生长与生态环境耦合关系进行了试验研究,定量分析了地下水位变动对植物生长的影响,确定了荒漠绿洲不同区域决定植被状况的地下水位临界值,揭示了荒漠绿洲生态系统的演替规律。基于以上理论和通过试验示范,提出了荒漠绿洲水分稳定、荒漠绿洲结构稳定等技术,形成了荒漠绿洲生态恢复与重建模式。

本书可供水文水资源、生态水文、林学、资环等专业的科研人员,高等院校相关专业的师生以及生产、管理及决策部门的工作人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

荒漠绿洲水热过程与生态恢复技术/冯起,司建华,
席海洋著. —北京:科学出版社,2009
ISBN 978-7-03-025114-5

I.荒… II.①冯…②司…③席… III.①绿洲—水循环
系统—研究②绿洲—生态系统—研究 IV.S152.7 X321

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第131683号

责任编辑:张展 彭红森 封面设计:陈思思

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2009年8月第一次印刷 印张:18 1/4

印数:1—1 000 字数:430千字

定价:56.00元

前 言

干旱荒漠绿洲生态环境恶化作为一个全球性问题引起了国际社会的普遍关注和高度重视。干旱荒漠绿洲区的经济发展是以绿洲为依托的,绿洲是以荒漠为背景存在的。我国干旱内陆河流域由于受沙漠的威胁,绿洲系统的生存发展需要有较好的绿洲植被生态系统支撑。而植被生态系统取决于其水热平衡状况。

水分和热量是地区生态系统演化的最为重要的两大控制性因子,水分和热量又相互联系、互为影响。一个地区水分含量、水汽的输送以及水的相变,取决于该地区的热力条件,而一个地区的水分分布变化又会调剂和改变地区的热状况。水与热的相互作用控制着生物圈的形态,推动着各种物质在全球范围内的循环与交流。因此,水热传输的研究是维持现有生态系统平衡稳定及退化生态系统恢复的关键。

对于干旱荒漠绿洲区而言,由于热量相对较为充足,生态结构则几乎完全受水分条件的控制,沿河两侧依次形成绿洲、过渡带、荒漠,植被等级和盖度逐渐由高向低演变。因此,维持一定规模的植物生长且在整体上显现为绿洲景观,必须保证相应的蒸发,研究和认识荒漠绿洲区水热传输过程显得尤为重要。

额济纳荒漠绿洲生态环境的变迁经历了一个复杂且漫长的时期,人类经济活动对生态环境产生了累积性和广泛性的影响,在干旱区内陆河流域具有代表性。额济纳荒漠绿洲所出现的一系列人口、资源与生态环境问题都与水热条件密切相关。众多研究表明,水热条件对退化生态系统的恢复具有限制作用,退化生态系统的恢复过程就是以水热为代表的环境条件逐步改善的过程。因此,研究干旱荒漠绿洲区水热传输过程及变化规律,了解水热联系过程的本质,掌握水热传输机理,对于寻求荒漠绿洲生态系统的水热结构的最优模式具有积极的意义,可指导绿洲合理规划,控制绿洲规模,以保持绿洲的可持续发展,对干旱区退化生态系统的恢复与重建以及治理绿洲荒漠化具有重要的意义。

本书基于上述背景,利用多年实地观测资料和试验示范成果,在大量统计、分析和论证的基础上,对干旱区荒漠绿洲水热过程和生态恢复技术进行全面的总结和梳理。在对荒漠生态系统特征分析的基础上,分析了荒漠绿洲地表能量与水分特征,揭示了地表热量平衡各分量的变化特征。通过对叶片、单株、林分和区域四个尺度蒸散耗水特性研究,明确了区域水平的需水量问题。采用胸径、边材作为空间纯量将单株水平的耗水进行尺度转换,探讨地下水、根系吸水、树干液流和叶片蒸腾等垂直方向的水分传输过程,试图阐明荒漠绿洲生态系统水分传输机理。首次在额济纳荒漠绿洲对土壤-植被-大气系统水热传输和陆面过程进行系统观测,建立了土壤-植被-大气模拟模型,形成了极端干旱区水热耦合的初步理论。对荒漠绿洲植被生长与生态环境耦合关系进行了试验研究,定量分析了地下水位变动对植物生长的影响,确定了荒漠绿洲不同区域决定植被状

况的地下水位临界值,阐明了不同水文情景下荒漠生态系统的响应机制,揭示了荒漠绿洲生态系统的演替规律。

基于以上理论并通过试验示范,建立了干旱区荒漠绿洲陆面水热传输过程模型,确定了干旱区自然植被耗水量计算的具体方法,提出了荒漠绿洲水分稳定、荒漠绿洲结构稳定等技术,集成了干旱区荒漠绿洲生态恢复与重建的模式,为干旱区植被的恢复与生态环境的重建提供定量的科学依据。

全书分为10章,第一章为概论,提出了本研究的意义,研究内容和技术路线;第二章简要阐述了荒漠绿洲生态系统的特征;第三章讨论了荒漠绿洲地表热量传输特征;第四章在荒漠绿洲热量传输的基础上,建立了荒漠绿洲区陆面过程模式;第五章对荒漠绿洲区的土壤水分和地下水运动进行了数值模拟研究;第六章至第八章主要从叶片、单株和林分几个尺度对荒漠绿洲区典型植被的水分传输机理进行了研究,并实现从单株到林分的尺度转换;第九章探讨了荒漠绿洲植被生长与水文过程的耦合关系以及水分调控的生态响应;第十章在前九章研究的基础上,结合多年试验示范成果,提出了荒漠绿洲生态恢复技术,并通过技术的集成,形成荒漠绿洲生态恢复与重建的模式。

全书由冯起、司建华、席海洋研定编写提纲,并负责整体修改、定稿。参加本书初稿编写的人员还有张艳武、李建林、常宗强、苏永红、曹生奎、郭瑞、张凯等人。司建华负责全书最后的统稿工作,冯起、司建华负责最后编审和定稿。

高前兆先生对全稿进行了全面的审阅并提出了系统的意见和建议。在此表示感谢!

转著是在中国科学院百人计划项目“内陆河流域水热动力模拟”、中国科学院知识创新工程二期项目“黑河流域集成水资源管理研究”、国家杰出青年基金(40725001)和国家自然科学基金(40501012)项目的共同资助下完成的,对这些项目的资助表示感谢。

项目执行和书稿撰写过程中得到了中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、内蒙古自治区额济纳旗政府等单位的大力支持和协作,在此表示衷心感谢!

本书的完成在很大程度上得益于前人所做的工作,对引用文献中没有提到的贡献者,表示鸣谢!

本书由科学出版社编审负责编辑出版工作,特此致谢!

本书是作者多年来以第一手试验数据编写的有关干旱荒漠绿洲水热传输和生态恢复技术的专著,主要结论的支持数据翔实。但因其综合性强、涉及学科多、覆盖面广,加之我国干旱荒漠绿洲水热传输研究仍然处于起步阶段,还有不少科学和实践问题需要进一步研究和探索。编写组历时2年,科学审慎地几易其稿、增删数次,但错误和疏漏之处在所难免,敬请读者不吝指正。

2009 年

目 录

第一章 概 论	1
第一节 研究意义	1
第二节 内容概要	2
一、荒漠绿洲地表能量传输与陆面过程模式研究	2
二、植物水分传输过程的研究	3
三、荒漠绿洲水分动态变化研究	3
四、不同水文情境下生态系统的响应	3
五、荒漠绿洲生态恢复技术	3
第三节 技术路线	4
第二章 荒漠绿洲生态系统特征	6
第一节 自然地理条件	6
一、气候	6
二、地质与地貌	7
三、水文水资源	7
四、植被与土壤	8
第二节 荒漠生态系统特征	10
一、天然绿洲生态系统	11
二、戈壁生态系统	14
三、沙漠生态系统	15
四、干旱中山丘陵生态系统	17
第三节 荒漠绿洲生态系统演变格局分析	18
一、生态系统类型的分布面积结构变化特征	18
二、荒漠绿洲生态系统类型的转移变化特征	18
第三章 荒漠绿洲地表热量传输特征	20
第一节 观测试验介绍	20

一、试验地及观测时段	20
二、试验仪器及观测项目	21
三、资料处理	22
第二节 荒漠绿洲小气候特征	22
一、太阳总辐射变化特征	22
二、绿洲风温湿变化特征	24
三、土壤温度日变化特征	25
四、绿洲与戈壁小气候特征对比分析	26
第三节 荒漠绿洲近地层湍流输送特征	28
一、近地面层湍流方差特征	29
二、地表动力学粗糙度	33
三、近地面层通量整体输送系数	34
四、湍流总动能及湍流强度特征	35
第四节 近地层热通量求解方法	38
一、近地层热通量求解方法	38
二、不同方法计算的近地层热通量结果比较	41
第五节 荒漠绿洲地表能量平衡特征	46
一、地面净辐射变化	47
二、怪柳林地表能量平衡	48
三、芦苇地地表能量平衡	51
四、绿洲与戈壁地表能量分布特征	54
五、绿洲土壤的热动态研究	55
 第四章 荒漠绿洲陆面过程模式	 57
第一节 陆面过程概述	57
一、陆面过程研究进展	57
二、陆面过程参数化研究进展	59
第二节 荒漠绿洲陆面过程模拟	69
一、模式介绍	69
二、陆面过程参数确定	70
三、怪柳林地陆面过程模拟	71
四、芦苇地陆面过程模拟	76
第三节 陆面过程对土壤水分的敏感性分析	80

一、怪柳林地下垫面敏感性分析	80
二、芦苇地下垫面敏感性分析	82
第五章 荒漠绿洲水分动态变化	84
第一节 地表水	84
一、荒漠绿洲区主要河道及交叉河道概况	84
二、地表水量平衡分析	86
第二节 土壤水动态模拟	87
一、荒漠绿洲土壤水分动态变化特征	87
二、荒漠绿洲土壤水分垂直分布与变化	89
三、荒漠绿洲土壤水分变化规律	91
四、荒漠绿洲土壤水分动态模拟	92
第三节 地下水均衡分析	93
一、均衡方程	93
二、均衡要素及参数的确定	94
三、地下水均衡计算结果	100
第四节 地下水运动模拟	101
一、地下水流系统概化	101
二、数学模型的建立	106
三、模型的校验与计算	109
四、地下水模型的生态预测	111
第六章 荒漠绿洲植物茎叶水分传输	116
第一节 植物茎叶水分传输概况	116
一、问题的提出	116
二、耗水研究的尺度	117
三、林木耗水研究的不足和未来趋势	118
第二节 胡杨叶片水分生理特性	119
一、胡杨叶片蒸腾时空变异特征	119
二、胡杨叶片光合特征	123
三、胡杨叶片水势及影响因子	128
四、胡杨叶片气孔导度特征	133
五、胡杨水分利用效率与气孔限制值的关系	138

第三节	胡杨树干液流特征及其对环境因子的响应	139
一、	热脉冲技术在测定胡杨树干液流中的应用	139
二、	胡杨树干液流的时空变异性研究	144
三、	环境因子与胡杨树干液流的关系研究	148
第七章	荒漠绿洲典型植物根系吸水	150
第一节	植物根系吸水研究进展	150
一、	植物根系研究方法	150
二、	植物根系吸水模型研究进展	151
三、	根系研究存在的问题及发展趋势	157
第二节	研究方法	158
一、	试验方法	158
二、	分形理论的应用	163
第三节	胡杨运输根系分布特征	166
一、	运输根系分布频数	166
二、	运输根系分维数	168
三、	运输根系分布与土壤水分的关系	169
第四节	胡杨吸水根系分布特征	173
一、	垂直方向一维根长密度分布	173
二、	水平方向一维根长密度分布	174
三、	二维根长密度分布	175
第五节	胡杨根系吸水模型	177
一、	胡杨根系吸水模型的建立	177
二、	胡杨根系吸水模型的验证	183
三、	模拟结果	195
第八章	胡杨耗水的尺度转换	200
第一节	理论依据	200
第二节	尺度转换的途径和方法	201
一、	基于生物学测定参数的尺度转换	201
二、	基于生物学测定参数的一个简单比例的尺度转换	201
三、	基于液流在胸径阶分布的尺度转换	202
四、	基于遥感影像的尺度转换	202

第三节 胡杨单株与林分水平耗水量的尺度转换	202
一、胸径与边材面积的关系模型	203
二、林分中边材面积的分布	203
三、林分耗水 E_a 的推算	204
第四节 胡杨林分尺度的耗水与蒸散发	207
一、胡杨林地蒸散	207
二、胡杨林地蒸散与环境因子的关系	210
第九章 荒漠绿洲水文过程与生态响应	213
第一节 地下水位变动对绿洲植被的影响	213
一、荒漠绿洲地下水位动态变化	213
二、地下水位变动对荒漠绿洲植被的影响	216
第二节 荒漠绿洲临界地下水位推求	219
一、临界地下水位数学公式的建立	220
二、临界地下水位的估算	221
第三节 植被生长与土壤水分、盐分的关系	222
一、植被生长与土壤水分的关系	222
二、植被生长与土壤盐分的关系	222
第四节 荒漠绿洲水分调控的生态响应	223
一、地表输水对荒漠绿洲水环境的影响	223
二、荒漠绿洲生态系统对输水的响应	228
三、植物群落与生态环境的耦合关系	234
第十章 荒漠绿洲生态恢复技术	237
第一节 荒漠绿洲水分稳定技术	237
一、技术原理	237
二、荒漠绿洲水分稳定技术	238
第二节 荒漠绿洲结构稳定技术	243
一、荒漠绿洲生态圈层与植物群落结构	243
二、维护稳定的措施	244
第三节 荒漠河岸林——胡杨复壮更新技术	248
一、荒漠河岸林——胡杨的习性	248
二、胡杨林更新复壮措施	249

第四节 荒漠绿洲边缘——梭梭造林补植技术·····	252
一、梭梭的生态习性·····	252
二、造林补植技术措施·····	253
三、戈壁梭梭造林效益·····	255
第五节 荒漠绿洲草地改良与生态经济型草库仑建设技术·····	257
一、荒漠绿洲草地功能·····	257
二、技术措施·····	258
第六节 荒漠绿洲的生态恢复与重建模式·····	261
一、绿洲生态恢复与重建模式·····	261
二、提高荒漠绿洲的水利用效益·····	263
参考文献·····	265

Contents

Chapter One Introduction	1
Section One Significance of the Regional Study	1
Section two Summary	2
1. Surface Energy Transfer and Model of Surface Land Processes in Desert Oasis	2
2. Study on Process of Water Transfer in Plant	3
3. Research on the Water Dynamic Variability in Desert Oasis	3
4. Response of Ecosystem Under Different Hydrological Conditions	3
5. Technology of Ecological Recovery in Desert Oasis	3
Section Three Methodology	4
Chapter Two Characteristics of Ecosystem in Desert and Oasis	6
Section One Circumstances	6
1. Climate	6
2. Geology and Topography	7
3. Hydrology and Water Resources	7
4. Vegetation and Soil	8
Section Two Character of Desert-Oasis Ecosystem	10
1. Natural Oasis Ecosystem	11
2. Gobi Ecosystem	14
3. Desert Ecosystem	15
4. Arid Midmountain-Hill Ecosystem	17
Section Three The Analysis of Evolution Patterns of Desert-Oasis Ecosystem	18
1. Variable Characteristics of Distributing Area and Structure	18
2. Shifting Characteristics of Desert-Oasis Ecosystem Types	18
Chapter Three Characteristics of Surface Heat Transfer in Desert Oasis	20
Section One Introduction of Measuring Experiment	20

1. Sites and Times	20
2. Observing Instruments and Items	21
3. Data Processing and Validation	22
Section Two The Feature of Micro-Climate in Desert Oasis	22
1. Variations of Total Radiation	22
2. Variations of Wind, Temperature and Humidity in Oasis	24
3. Daily Changes of Soil Temperature	25
4. Comparison between Oasis' and Gobi's Microclimate	26
Section Three Characteristics of Turbulent Flow Transfer in Near Surface in Desert Oasis	28
1. Variance Characters of Turbulent Flow Transfer in Near Surface	29
2. Surface Roughness	33
3. Coefficient of Flux Integral Transfer in Near Surface	34
4. Total Kinetic Energy of Turbulent Flow and Its Intensity Character	35
Section Four Methods of Solving Heat Flux in Near Surface	38
1. Methods of Solving Heat Flux in Near Surface	38
2. Comparison of Heat Flux Results of Different Solutions in Near Surface	41
Section Five Characteristics of Surface Energy Balance in Desert Oasis	46
1. Variations of Surface Net Radiation	47
2. Energy Equilibrium in <i>Tamarix ramosissima</i> Forest	48
3. Energy Equation in <i>Phragmites</i> Forest	51
4. Distribution Features of Oasis' and Gobi's Surface Energy	54
5. Research of Soil Heat Dynamics in Oasis	55
Chapter Four Model of Land Surface Processes in Desert Oasis	57
Section One Summary of Land Surface Processes	57
1. The Advance of Land Surface Processes Research	57
2. The Advance of Land Surface Process Parameters Research	59
Section Two Simulation of Land Surface Processes in Desert and Oasis	69
1. Introduction of Models	69
2. Determination of Land Surface Process Parameters	70
3. Simulation of Land Surface Processes in <i>Tamarix ramosissima</i> Forest	71
4. Simulation of Land Surface Processes in <i>Phragmites</i> Forest	76

Section Three Analysis of Sensitive Experiment of Land Surface Processes on Soil Water	80
1. The Analysis of Sensitive Experiment in <i>Tamarix ramosissima</i> Forest	80
2. The Analysis of Sensitive Experiment in <i>Phraymites</i> Forest	82
Chapter Five Dynamic Variations of Water in Desert Oasis	84
Section One Surface Water	84
1. Summary of Streams and Branches in Desert Oasis Area	84
2. The Analysis of Surface Water Balance	86
Section Two The Dynamic Simulation of Soil Water	87
1. Characteristics of Dynamic Variations of Soil Water in Desert Oasis	87
2. The Vertical Distribution and Change of Soil Water in Desert Oasis	89
3. Laws of Variation of Soil Water in Desert Oasis	91
4. The Dynamic Simulation of Soil Water in Desert Oasis	92
Section Three The Analysis of Groundwater Balance	93
1. The Equation of Groundwater Balance	93
2. Equilibrium Factors and the Determination of Parameters	94
3. Results	100
Section Four The Simulation of Groundwater Movement	101
1. The Generalization of Groundwater Flow System	101
2. The Establishment of Mathematic Model	106
3. The Demonstration of Models and Calculations	109
4. The Ecological Forecast of Groundwater Model	111
Chapter Six The Water Transfer of Vegetative Stems and Leaves in Desert Oasis	116
Section One Summary	116
1. The Offer of the Problem	116
2. Scales of Water Use Research	117
3. The Shortage of Forestry Water Use Research and Trends	118
Section Two Physiological Features of Foliar Water in <i>Populus euphratica</i>	119
1. Temporal and Spatial Variations of Foliar Transpiration in <i>Populus euphratica</i>	119
2. The Character of Foliar Photosynthesis in <i>Populus euphratica</i>	123
3. The Foliar Water Potential and Its Affecting Factors in <i>Populus euphratica</i>	128

4. The Character of Foliar Stoma Conductance in <i>Populus euphratica</i>	133
5. The Relationship of Water Use Efficiency and Stoma Limitation	138
Section Three Characteristics of Trunk Flow and Response to Environmental Factors in <i>Populus euphratica</i>	139
1. Application of Heat Pulse Technique into Trunk Flow in <i>Populus euphratica</i> ...	139
2. Research on Temporal and Spatial Variability of Trunk Flow in <i>Populus euphratica</i> ...	144
3. Relations of Environmental Factors to Trunk Flow in <i>Populus euphratica</i>	148
Chapter Seven The Root Absorption of Typical Plant in Desert Oasis	150
Section One Advances of Root Absorption Research	150
1. Methods of Root Absorption Research	150
2. Advances of Root Absorption Models Research in Plants	151
3. Problems of Root Absorption Research and Developing Trends	157
Section Two Methodology	158
1. Methods of the Experiment	158
2. Application of Fractal Theory	163
Section Three Characteristics of Transporting Roots in <i>Populus euphratica</i>	166
1. The Frequency of Transporting Roots' Distribution in <i>Populus euphratica</i>	166
2. The Fractal Dimension of Transporting Roots' Distribution in <i>Populus euphratica</i>	168
3. The Relationship between Distribution of Transporting Roots and Soil Water ...	169
Section Four Character of Absorbing Roots' Distribution in <i>Populus euphratica</i>	173
1. The Distribution of One Dimension Root Length Density in Vertical Direction ...	173
2. The Distribution of One Dimension Root Length Density in Horizontal Direction ...	174
3. The Distribution of Two Dimension Root Length Density	175
Section Five Models of Root Absorption in <i>Populus euphratica</i>	177
1. The Establishment of Models of Root Absorption in <i>Populus euphratica</i>	177
2. Demonstration of Models of Root Absorption in <i>Populus euphratica</i>	183
3. Results of Simulation	195
Chapter Eight The Scaling of Water Use in <i>Populus euphratica</i>	200
Section One Theoretical Foundations	200
Section Two Approaches and Methods of Scaling	201

1. Scaling Based on Biological Measuring Parameters	201
2. Scaling Conversion of Simple Proportion Based on Biological Measuring Parameters ...	201
3. Scaling of Diameter Breast Height Distribution Based on Stream Flow	202
4. Scaling Based on the Remote Sensor Image	202
Section Three Scaling of Whole Tree Water Use and Stand Water Use in <i>Populus euphratica</i>	202
1. Model of Relation of Diameter at Breast Height to Sapwood Area	203
2. Distribution of Sapwood Area in Stand	203
3. Extrapolation of Stand Evapotranspiration	204
Section Four Stand Water Use and Evapotranspiration in <i>Populus euphratica</i>	207
1. Evapotranspiration in <i>Populus euphratica</i> Stand	207
2. Relationship Between Evapotranspiration and Environmental Factors in <i>Populus euphratica</i> Stand	210
Chapter Nine Hydrological Processes and Ecological Responses in Desert Oasis	213
Section One Affection of Groundwater Depth Fluctuation on the Vegetative Growth	213
1. Dynamic Variations of Groundwater in Desert Oasis	213
2. The Affection of Groundwater Depth Fluctuation on the Vegetative Growth	216
Section Two Extrapolation of Critical Groundwater Depth in Desert Oasis	219
1. The Establishment of Mathematic Equation of Critical Groundwater Depth	220
2. The Calculation of Critical Groundwater Depth	221
Section Three The Relationship between Vegetative Growth and Soil Water and Salinity	222
1. The Relationship between Vegetative Growth and Soil Water	222
2. The Relationship between Vegetative Growth and Soil Salinity	222
Section Four Ecological Responses of Water Regulation in Desert Oasis	223
1. The Affection of Surface Water Input on Water Situation in Desert Oasis	223
2. The Response of Desert Oasis Ecosystem to Water Input	228
3. The Coupling Relationship of Vegetative Community and Ecological Environment	234
Chapter Ten The Technology of Ecological Restoration in Desert Oasis	237
Section One Water Stable Techniques in Desert Oasis	237
1. Principles	237
2. Water Stable Techniques in Desert Oasis	238

Section Two	Structure Stable Techniques	243
1.	Ecological Layer and Structure of Vegetative Community in Desert Oasis	243
2.	Measures of Maintaining Stabilization	244
Section Three	The Technology of <i>Populus euphratica</i> Regeneration and Restoration in Desert Riparian Forest	248
1.	Habits of <i>Populus euphratica</i> in Desert Riparian Forest	248
2.	The Techniques of Regeneration and Restoration in <i>Populus euphratica</i> Forest	249
Section Four	The Techniques of Complementary Planting of <i>Haloxylon ammodendron</i> the Edge of Desert Oasis	252
1.	Ecological Habits in <i>Haloxylon ammodendron</i>	252
2.	Measures of Complementary Planting	253
3.	Benefits of <i>Haloxylon ammodendron</i> Afforestation in Gobi	255
Section Five	Meadow Improvement and Techniques of Economic-Ecological Enclosed Pas- ture Construction in Desert Oasis	257
1.	Meadow Functions in Desert Oasis	257
2.	Technological Measures	258
Section Six	Models of Ecological Restoration and Reconstruction in Desert Oasis	261
1.	Models of Ecological Restoration in Desert Oasis	261
2.	Enhancement of Water Use Efficiency in Desert Oasis	263
References		265