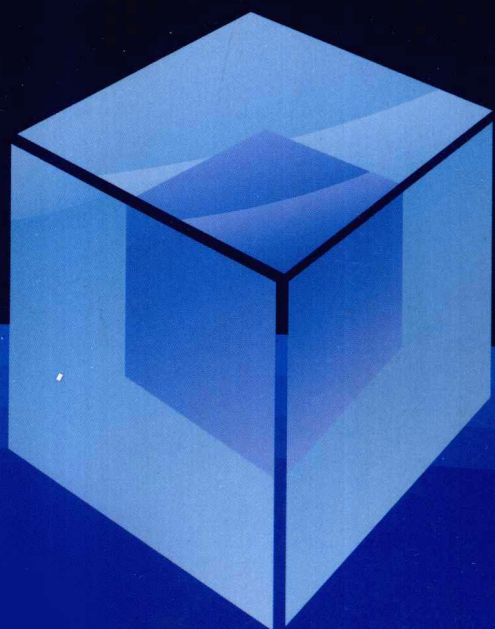


国家环保公益性行业科研专项

区域生态承载力与 生态安全研究

沈渭寿 张 慧 邹长新 燕守广 赵 卫 等著



QYU SHENGTAI CHENGZAILI YU
SHENGTAI ANQUAN YANJIU

中国环境科学出版社

国家环保公益性行业科研专项

区域生态承载力与生态安全研究

沈渭寿 张 慧 邹长新 燕守广 赵 卫 等著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

区域生态承载力与生态安全研究/沈渭寿等著. —北京: 中国环境科学出版社, 2010

ISBN 978-7-5111-0296-6

I. ①区… II. ①沈… III. ①区域环境: 生态环境—环境保护—研究 IV. ①X321

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 105303 号

责任编辑 刘 璐

封面设计 玄石至上/陈莹

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2010 年 8 月第 1 版
印 次 2010 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 23.25
字 数 490 千字
定 价 75.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

内容简介

本书分上、下两篇。上篇为“区域生态承载力研究”，首先分析了当前国内外区域生态承载力研究的理论与方法。然后以几个实例为研究对象，以黑河流域为研究区，考虑自然条件对放牧强度的限制性，同时以避免草地生态破坏和满足草地生态需要的牧草生物量为约束条件，确定了生态脆弱区草地生态承载力评估模型。以祁连山国家级自然保护区为例，以最大可利用草场面积、最大允许耕地面积和森林面积为衡量指标，确定了生态脆弱区生态承载力的综合评估模型。以洪泽湖湿地为例，以水资源供给及需求过程和水污染排放/净化过程为主线，以生态系统稳定、水资源供需平衡、水污染排放及净化平衡为主要约束条件，建立了重要水域生态承载力综合评估模型。以长江三角洲为例，以生态压力指数和生态弹性力指数为目标层，建立了经济区生态承载指数评价方法；以海峡西岸经济区为例，以“区域生态系统结构、功能基本稳定，区域生态系统健康等级不降低”为前提条件，建立了海西区生态承载力综合评价模型；以废黄河三角洲重要农业区为例，用区域层面和农业层面均达到可持续状态所对应的经济、社会规模为衡量指标，建立了农业区生态承载力评估模型。下篇为“区域生态安全研究”。首先阐述了区域生态安全的概念以及生态安全评价方法和预警模型。然后以几个实例为研究对象，以黑河中游——张掖地区为例，根据 PSR 框架模型构建了防风固沙区生态安全评价指标体系；以若尔盖湿地为例，根据生态系统管理框架模型构建了水源涵养区生态安全评价指标体系；以雅江源区为例，根据生态环境要素框架构建了江河源头区生态安全评价指标体系。本书是生态承载力和生态安全系统的研究成果，对构建不同类型区域的生态承载力和生态安全体系具有重要的指导价值。

本书可供环境管理和规划部门的管理人员、科研人员和广大科研院校生态学、环境科学相关专业和领域的高校教师和研究生参考阅读。

前 言

随着经济、社会的快速发展,人类活动对自然界的压力不断增加,导致一系列全球性环境问题的出现,如资源短缺、环境污染和生态破坏等。受自然资源的更新能力、环境系统的净化能力和生态系统的缓冲能力等因素的制约,人们越来越认识到,在一定时空条件下自然界对人类活动的支撑能力存在相对极限性。社会经济与自然界的协调发展成为缓解或者规避全球性环境问题的根本途径,自然界对人类活动的承载能力和承载状况是人类活动与自然界协调发展的重要判据和决策依据。包括生态承载力在内的承载力研究随之被推至可持续发展研究的前沿,特别是关于承载力定量评估。各类灾害性的生态问题一次次地向人类敲响警钟,影响国家安全的因素已不仅仅是国防安全、政治安全 and 经济安全。许多学者相继扩充了“国家安全”的概念,提出了“环境安全”、“生物安全”等新概念和问题,生态安全研究就此浮出水面。其中生态安全评价指标及其评价、预警技术与方法是区域生态安全研究的核心内容。由于影响因素的多样性和自然条件的差异性,目前区域生态承载力和区域生态安全研究尚未形成公认的评价和预警技术体系。

本书选择重要经济区、生态脆弱区、重要农业区和重要水域为重点研究区域,分别建立了不同类型区域的生态承载力的评价指标体系和综合评价方法。以黑河流域为研究区,确定了生态脆弱区草地生态承载力评估模型。以祁连山国家级自然保护区为例,确定了生态脆弱区生态承载力的综合评估模型。以洪泽湖湿地为例,建立了重要水域生态承载力综合评估模型。以长江三角洲和海峡西岸经济区为例,建立了重要经济区生态承载力综合评价模型。以废黄河三角洲重要农业区为例,建立了农业区生态承载力评估模型。本书选择防风固沙区、水源涵养区和江河源头区为研究区域,建立了不同类型区域的生态安全评价指标体系和预警技术方法。以黑河中游——张掖地区为例,构建了防风固沙区生态安全评价指标体系。以若尔盖湿地为例,构建了水源涵养区生态安全评价指标体系。以雅江源区构建了江河源头区生态安全评价指标体系。

本书是作者及其所带领的研究团队近 10 年来在区域生态承载力与生态安全方面的研究结晶。研究工作得到了国家高技术应用部门发展项目、科技部社会公益研究项目“西部内陆河流域生态承载力与生态安全研究”(2001DIB10071)和国家环保公益性

行业科研专项(200709045)等项目的资助。

参与各章节编写的人员情况如下:本书的第一篇“区域生态承载力研究”中的第1章“区域生态承载力理论与方法”由沈渭寿、赵卫、刘庄编写,第2章“黑河流域天然草地承载力研究”由张慧、沈渭寿、王延松编写,第3章“祁连山自然保护区生态承载力研究”由刘庄、沈渭寿编写,第4章“洪泽湖湿地生态承载力研究”由赵卫、沈渭寿编写,第5章“长江三角洲重要经济区生态承载力研究”由燕守广、沈渭寿编写,第6章“废黄河三角洲重要农业区生态承载力研究”由孙艳、沈渭寿编写,第7章“海峡西岸经济区生态承载力研究”由赵卫、沈渭寿编写。第二篇“区域生态安全研究”由邹长新、沈渭寿编写。全书结构由沈渭寿、张慧、邹长新拟定。沈渭寿、赵卫、邹长新、张慧、刘庄、燕守广、孙艳完成统稿和定稿。书中的大部分图件由张慧、孙俊、邹长新等编绘。

在本书出版之际,特别要感谢环境保护部南京环境科学研究所高振宁所长、徐海根副所长、李德波处长等领导在项目上给予的支持。感谢张掖地区林业局刘建勋在我们野外调研中给予的支持。感谢中科院寒区旱区环境与工程研究所颜长珍研究员在技术上给予的指导。感谢甘肃省、张掖市、淮安市、宿迁市、射阳县、仲巴县等地环保局、水利局、国土局和上海市环境科学研究院为本书提供相关需要的资料。感谢研究生孙俊在本书制图中做的大量工作,同时也感谢孙明、袁磊、林乃峰、杨婷、纪迪、韦石、杨春艳、沈发云、沈晓芸等在资料收集、野外调查等方面做的工作。

生态承载力与生态安全评估预警技术涉及生态学、环境学、地学、生物学、经济学和社会学等多种学科,目前的研究仍处于起步阶段,许多理论与技术问题还需要不断地探索与完善。本书虽然针对重要经济区、生态脆弱区、重要农业区和重要水域分别建立了区域生态承载力的评价指标体系和综合评价方法,针对防风固沙区、水源涵养区和江河源头区建立了生态安全评价指标体系和预警技术方法,但研究中仍存在一些不足之处,有待今后深入研究和逐步完善。

中文摘要

本书以“区域生态承载力研究”和“区域生态安全研究”两部分内容分为上、下两篇。“在区域生态承载力研究”中，分析了当前国内外区域生态承载力研究的理论与方法，以黑河流域、祁连山国家级自然保护区、洪泽湖湿地、长江三角洲及废黄河三角洲地区为研究区，分别对生态脆弱区、重要水域、重要经济区和重要农业区的生态承载力进行了研究。在“区域生态安全研究”中，阐述了区域生态安全的概念以及生态安全评价方法和预警模型，运用 PSR 模型、生态系统管理框架模型和生态环境要素框架模型，分别对黑河中游——张掖地区、若尔盖湿地、雅江源区进行了生态安全评价与预警研究，阐明了不同地区生态系统安全状况变化的主导因素和驱动机制。

上篇主要包括以下内容：

(1) 区域生态承载力理论与方法：通过对国内外承载力研究的回顾和总结，阐述了不同承载力概念的提出背景和研究目的，理清了承载力的概念和内涵的演变历程，对区域生态承载力的概念和内涵进行重新界定，并对区域生态承载力的主要研究方法进行了具体分析，明确不同研究方法的优缺点及其应用领域，为不同区域生态承载力评价技术体系的建立奠定了基础。

(2) 生态脆弱区生态承载力研究：以黑河流域为研究区，考虑产草量、受保护区域、土壤侵蚀、坡度和水源等对放牧强度的限制性，同时以避免土壤侵蚀和遭遇干旱时保证植被群落弹性与再生以及用于昆虫、土壤无脊椎动物、野生动物生态需要的牧草生物量生态保护为约束条件，确定了生态脆弱区草地生态承载力评估模型。

(3) 自然保护区生态承载力研究：以祁连山国家级自然保护区为例，在 RS 和 GIS 技术支持下，基于景观格局、生态过程与生态功能的相互联系以及不同土地利用类型的合理规模，以最大可利用草场面积、最大允许耕地面积和森林面积为衡量指标，确定了生态脆弱区生态承载力的综合评估模型。

(4) 重要水域生态承载力研究：以洪泽湖湿地为研究区，以水资源供给及需求过程和水污染排放及净化过程为主线，遴选评价指标，建立水域生态承载力评价指标体系；以生态系统稳定、水资源供需平衡、水污染排放/净化平衡为主要约束条件，建立了水域生态承载力综合评估模型，评价水域生态系统对社会经济发展的承载状态和承载能力。

(5) 重要经济区生态承载力研究：以长江三角洲地区为研究区，以资源占用和环境污染两个方面构建生态压力指标，用于描述社会、经济发展对生态系统产生的压力；以自然环境、社会经济、系统开放和管理政策四个方面构建生态弹性力指标，用于描述自然环境和社会经济的反馈对生态系统的支撑能力，通过生态压力与生态弹性力的相互作用关系，建立了生态承载力评价方法，并给出生态承载力指数及其对应的状态，评估了经济区社会经济发展与生态系统的协调状况。以海峡西岸经济区为例，以“区域生态系统结构、功能基本稳定，区域生态系统健康等级不降低”为前提，以人类干扰指数及其

相应的经济规模为衡量指标,对海峡西岸经济区生态承载力及其空间差异进行了综合评估。

(6) 重要农业区生态承载力研究:农业区生态承载力强调区域层面和农业层面的可持续发展,涉及生态环境、经济和社会等方面。以废黄河三角洲为研究区,以区域可持续发展评价和农业可持续发展评价为基础,以区域层面和农业层面均达到可持续状态所对应的经济、社会规模为衡量指标,建立了农业区生态承载力评估模型,包括区域可持续发展评价模型、农业可持续发展评价模型、最优发展模式筛选模型和生态承载力表征方法。

下篇主要包括以下内容:

(1) 基于国内外生态安全研究成果,提出了区域生态安全研究的理论框架。重新界定了区域生态安全的定义,明确了生态安全的属性特征与分类;提出了生态安全指标体系构建的三种形式,即“压力-状态-响应”框架模型、复合生态系统框架模型和生态环境要素框架模型;归纳总结了生态安全评价的方法,阐明了各种评价方法的优缺点和适用范围;论述了生态安全预警的原则、类型与方法以及与生态安全评价的关系,通常采用阈值法,即预警的指标、要素或系统与安全阈值进行比较,预警类型可分为状态预警和动态预警。

(2) 以黑河中游——张掖地区为研究区,根据 PSR 框架模型构建了防风固沙区生态安全评价指标体系,其中,压力子系统包括土地压力、水资源压力和人口压力,状态子系统包括自然组分、自然格局、自然活力和社会经济发展,响应子系统包括自然响应与社会经济响应。采用层次分析-综合指数法开展了 1986 年、2000 年和 2007 年三期生态安全评价与预警研究。揭示了资源环境承载能力较弱、人地关系矛盾突出地区的生态安全调控机理,基于水土资源合理开发利用、生态保护与恢复、环保宣传及环保投入等方面,提出了维护黑河中游生态安全的对策与建议。

(3) 以若尔盖湿地为研究区,根据生态系统管理框架模型构建了水源涵养区生态安全评价指标体系,从生态结构与功能和生态胁迫两个方面选取 11 项指标,采用层次模糊综合评价法开展了 1989 年、2000 年和 2007 年三期生态安全评价与预警研究。阐明了水源涵养区脆弱生态系统安全状况动态变化的驱动机制,提出了湿地、草地保护与恢复、沙地综合整治以及建立生态补偿机制的具体对策。

(4) 以雅江源区为研究区,根据生态环境要素框架构建了江河源头区生态安全评价指标体系,以湿地、冰川、草地、沙地为生态安全的关键因子,以 1990 年为背景年份对 2008 年进行了生态安全评价与预警。揭示了人为活动影响较弱的生态脆弱区生态安全的主导因素及其动态变化,基于雅江源区生态保护要求与地方社会经济协调可持续发展,提出了维护区域生态安全的建议。

(5) 在总结黑河中游、若尔盖湿地、雅江源区等典型区域的生态安全评价、预警技术及方法的基础上,设计了重要生态功能区生态安全预警系统框架与组成,阐明了指标、信息、数据管理、专家分析、警情发布、预控对策等子系统的作用及实现途径。以生态安全评价与预警系统为核心,构筑了区域生态安全维护体系,具体包括组织管理系统、监测、评估与预警系统、决策与规划系统、政策与法律配套系统、资金保证系统。

Abstract

This book would be divided into two parts as part I *Research on Regional Ecological carrying Capacity* and Part II *Research on Regional Ecological security*. In part I *Research on Regional Ecological carrying Capacity*, theory and methods with respect to domestic and international research on regional ecological carrying capacity have been analyzed. Taking Heihe River Basin, Qilian Mountain National Nature Reserve, Hongze Lake Wetland, Yangtze River Delta, Abandoned Yellow River Delta and etc. for subjects, ecological carrying capacity of ecological vulnerable regions, important water area, important economic regions and agriculture regions has been approached respectively. In Part II *Research on Regional Ecological Security*, the concept of regional ecological security as well as evaluation methods of ecological security and early-warning mode have been represented. By using PSR model, ecological system management frame model and eco-environment factor frame model, ecological security evaluation and early-warning research has been developed on midstream Heihe River Basin, Ruoergai Wetland and Yarlung Zangbo River source region. In addition, governing factors and drive system associated with ecological security changes in different regions have been illuminated.

Main contents of Part I:

(1) Theory and method of regional ecological carrying capacity: by review and summarization of domestic and international research on capacity, background and objective of different carrying capacity have been stated. It has clearly explained development of concepts and meanings of carrying capacity, the concept and meaning of ecological carrying capacity have been re-defined. In addition, detailed analysis has been performed on main research methods of regional ecological carrying capacity and defined merits & shortcomings of different research methods and their applications so as to lay a solid foundation for establishing evaluation system against ecological carrying capacity of different regions.

(2) Research on ecological carrying capacity of ecological vulnerable regions: taking Heihe River Basin and Qilian Mountain National Nature Reserve for subjects, with support of

RS and GIS, based on interactions among landscape pattern, ecological process and ecological functions as well as reasonable scale of land use type, and judged by stock capacity (as well as the maximum available grassland area), the maximum allowable farmland area and forest area (forest coverage), the comprehensive evaluation method of ecological carrying capacity of ecological vulnerable regions has been defined.

(3) Research on ecological carrying capacity of important water area: taking Hongze Lake Wetland for the subject, supply & demand of water resource, discharge & purification of water pollution as main line, with an elaborately selected evaluation indices, the evaluation index system on ecological carrying capacity of water area has been established; based on the stability of the ecosystem, the as well as supply & demand balance of water resource, discharge & purification balance of water pollution, a comprehensive evaluation model against ecological carrying capacity of important water area has been established to evaluate carrying state and carrying capacity of ecological system of important water area subject to social and economic development.

(4) Research on ecological carrying capacity of important economic regions: taking Yangtze River Delta for the subject, an ecological pressure index has been established in view of resource engagement and environment pollution to make descriptions on pressure against ecological system due to social and economic development; an elastic ecological index has been defined in view of natural environment, social economy, system openness and management policy, to describe capacity of reaction of natural environment and social economy in supporting ecological system; in view of interactions between ecological pressure and ecological elasticity, an evaluation method of ecological carrying capacity has been defined; in addition, index of ecological carrying capacity and the corresponding state has been stated, and coordination between social & economic development of economic regions and ecological system has been evaluated. Taking the economic zone on the west coast of Taiwan Strait for the subject, based on 'the structural and functional stability of ecosystem, except the healthy degradation of regional ecosystem', ecological carrying capacity and its spatial difference of 'haixi' zone have been analyzed, measured by the index of human disturbance and its corresponding economic scale.

(5) Research on ecological carrying capacity of important agriculture regions: ecological carrying capacity of agriculture regions highlights sustainable development of region and agriculture, involving ecological environment, economy, and society and etc.. Taking

Abandoned Yellow River Delta for the subject, and based on evaluations on sustainable development of regions and agriculture, judged by economy and social scale corresponding to sustainable state accomplished by regions and agriculture, an evaluation model on ecological carrying capacity of agriculture regions has been established, including evaluation model of sustainable region development and sustainable agriculture development, screening model of optimum development and characterization methods of ecological carrying capacity.

Main contents of Part II:

(1) Based on domestic and abroad research accomplishments on ecological security, a theoretical frame of research on regional ecological security has been proposed. In addition, definitions of regional ecological security have been re-defined, and attribute characteristics and category of ecological security have been clearly stated. Three forms in establishment of ecological security index system have been proposed, that are respectively frame model as Pressure-State-Response, complex frame model of ecological security and frame model of ecological security elements; methods evaluating ecological security have been summarized, merits & shortcomings of various evaluation methods and their different applications have been distinctly stated; rules, types and methods of early warning of ecological security, and the relation with ecological security evaluation, have been discussed; in general, threshold value method is adopted, that is comparing index and elements of early warning with security threshold value. Early warning is divided into state early-warning and dynamic early-warning.

(2) An evaluation and index system has been established for ecological security of wind-breaking & sand-stabilizing regions taking Heihe River midstream-Zhangye Region for the subject and based on PSR frame model. Pressure subsystem is involving land pressure, water resource pressure and population pressure while state subsystem is involving natural components, nature patterns, natural energy and social & economic development; response subsystem includes nature response and social economic response. The method of level analysis-comprehensive index has been used to perform ecological security evaluations and early-warning research of 1986, 2000 and 2007 and disclose adjustment and control mechanism for ecological security in regions with rather weak bearing capacity of resource environment and regions with obvious contradictions between human and nature. In view of reasonable development and exploitation of water resource, ecological protection and recovery, environment protection promotion and inputs and etc., solutions and suggestions maintaining

ecological security of Heihe River midstream has been proposed.

(3) An evaluation and index system for water resource conservation areas has been established taking Ruoergai Wetland for the subject, and based on ecological system management frame model. By selecting 11 items of indexes in view of ecological structures and ecological stress and adopting level obscure comprehensive evaluation method, ecological security evaluation and early-warning research of 1989, 2000 and 2007 have been performed, in addition, drive system causing changes in vulnerable ecological security system in water resource conservation areas has been clearly stated and detailed solutions have been proposed for protection and recovery of wetland and grassland, comprehensive regulating of sand land and establishment of ecological compensation system.

(4) An evaluation and index system for ecological security of river source regions has been established, taking Yarlung Zangbo River source region for the subject and based on ecological environment element frame. The evaluation system puts wetland, glacier, grassland and sand land as the key elements of ecological security and performs ecological security evaluation and early-warning of 2008 compared with 1990. In addition, it has also disclosed governing factors and dynamic changes of ecological security in vulnerable ecological regions subject to weak influenced due to man activities. In view of ecological protection requirements of Yarlung Zangbo River source region as well as sustainable and harmonious local social and economic development, suggestions have been proposed on maintaining regional ecological security.

(5) On the basis of generalizing ecological security evaluation on the typical regions as Heihe River midstream, Ruoergai Wetland and Yarlung Zangbo River source region as well as technology and methods of early-warning, frame and compositions of ecological security early-warning system of important ecological function areas have been designed. In addition, roles of subsystem involving index, information, data processing, analysis by specialists, warning information release, pre-control scheme and etc., and realization approach have been clearly given. A system for maintaining ecological security has been built, which is focused on ecological security evaluation and early-warning system and includes organization management system, monitoring, evaluation and early-warning system, decision and planning system, policy and law system and fund assurance system.

目 录

上篇 区域生态承载力研究

第 1 章 区域生态承载力理论与方法	3
1.1 承载力概念的演变历程	3
1.2 生态承载力基础理论	18
1.3 生态承载力研究方法	28
第 2 章 黑河流域天然草地承载力研究	38
2.1 黑河流域概况	38
2.2 草地承载力研究思路	42
2.3 黑河流域草地承载力分析与计算	44
2.4 结论与讨论	57
第 3 章 祁连山自然保护区生态承载力研究	63
3.1 祁连山生态系统特征及动态变化	63
3.2 祁连山生态系统的历史演变和演替规律	66
3.3 祁连山自然保护区生态承载力的评价	70
3.4 祁连山自然保护区的生态保护和恢复对策	82
3.5 结论与讨论	87
第 4 章 洪泽湖湿地生态承载力研究	89
4.1 洪泽湖湿地概况	89
4.2 水域生态承载力的基础含义与研究方法	96
4.3 洪泽湖湿地生态承载状况及其影响因素	104
4.4 洪泽湖湿地生态承载能力及其制约因素	113
4.5 结论与讨论	122
第 5 章 长江三角洲重要经济区生态承载力研究	124
5.1 长江三角洲经济区概况	124
5.2 复合生态系统生态承载力评价研究	135
5.3 长江三角洲经济区生态承载力评价	144
5.4 长江三角洲经济区的可持续发展探讨	153

5.5 结论与讨论 161

第 6 章 废黄河三角洲重要农业区生态承载力研究 163

6.1 废黄河三角洲概况 163

6.2 农业区生态承载力研究思路 166

6.3 射阳县生态承载力研究 166

6.4 射阳县可持续发展策略 184

6.5 结论与讨论 184

第 7 章 海峡西岸经济区生态承载力研究 186

7.1 海峡西岸经济区概况 186

7.2 海西区生态承载力及其研究方法 194

7.3 海西区生态承载力及其区内分异 201

7.4 结论与讨论 211

参考文献 213

下篇 区域生态安全研究

第 8 章 生态安全的提出及意义 221

8.1 生态安全的概念与内涵 221

8.2 我国生态安全的形势严峻 224

8.3 生态安全研究的意义 227

第 9 章 国内外生态安全的研究进展 231

9.1 国外生态安全的研究综述 231

9.2 国内生态安全的研究综述 236

第 10 章 区域生态安全研究的理论框架 246

10.1 区域生态安全的概念 246

10.2 生态安全的属性与分类 246

10.3 生态安全评价的理论与方法 252

10.4 生态安全预警的理论与方法 259

第 11 章 黑河中游生态安全的评价与预警 265

11.1 研究意义 265

11.2 黑河中游地区的基本情况 265

11.3 黑河中游生态安全的评价与预警 268

11.4 黑河中游生态安全的对策分析 284

第 12 章 若尔盖湿地生态安全的评价与预警	286
12.1 必要性和意义	286
12.2 研究区基本情况	287
12.3 若尔盖湿地生态安全的评价与预警	300
12.4 若尔盖湿地生态安全对策分析	315
第 13 章 雅鲁藏布江源区生态安全的评价与预警	317
13.1 研究的必要性和意义	317
13.2 雅江源概况	318
13.3 雅江源生态安全评价	323
13.4 雅江源生态安全的对策分析	332
第 14 章 区域生态安全预警系统的设计	336
14.1 生态安全预警系统的概念	336
14.2 预警系统框架及组成	336
14.3 生态安全预警系统的设计	337
14.4 生态安全预警系统的关键技术	339
14.5 生态安全维护体系的构筑	343
参考文献	345

上 篇
区域生态承载力研究

