

北京林业大学优秀博士论文基金资助丛书

# 遥感及 GIS 的理论与实践

——干旱区内陆河流域脆弱生态环境研究

王让会 著

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

遥感及 GIS 的理论与实践：干旱区内陆河流域脆弱生态环境研究/王让会著. —北京：中国环境科学出版社，2004.7

(北京林业大学优秀博士论文基金资助丛书)

ISBN 7-80163-845-X

I. 遥… II. 王… III. ①干旱区—内陆河—流域—生态环境—研究—中国②地理信息系统—应用—干旱区—生态环境—研究—中国 IV. X321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 038322 号

---

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.cn>  
电子信箱: [Bjzhouyu@126.com](mailto:Bjzhouyu@126.com)  
电话(传真): 010-67112734

印 刷  
经 销 各地新华书店  
版 次 2004 年 8 月第一版 2004 年 8 月第一次印刷  
开 本 850×1168 1/32  
印 张 5.5 彩 页 2  
字 数 143 千字  
定 价 20.00 元

---

【版权所有，请勿翻印、转载，违者必究】

## 序

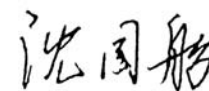
科学技术水平是知识经济时代评价一个国家国力的重要标准。科技水平高则国力强盛，无论在政治、经济、文化、信息、军事诸方面均会占据优势；而科技水平低则国力弱，就赶不上时代的步伐，就会在竞争日趋激烈的国际大舞台上处于劣势。江泽民同志在庆祝北京大学建校 100 周年大会上也强调指出：“当今世界，科学技术突飞猛进，知识经济已见端倪，国力竞争日益激烈。”因此，提高科学技术水平，提高科技创新能力已为世界各国寻求高速发展时所共识。我国将“科教兴国”作为国策也表明了政府对提高科技水平的决心。博士研究生朝气蓬勃，正处于创新思维能力最为活跃的黄金年龄，同时也是我国许多重要科研项目的中坚力量，他们科研成果水平的高低在一定程度上影响着一个高校、一个科研院所乃至我国科研的整体水平。国务院学位委员会每年一度的“全国百篇优秀博士学位论文”评选工作是对我国博士研究生科研水平的集体检阅，已被看做是博士研究生的最高荣誉，对激励博士勇攀科技高峰起到了重要的促进作用。北京林业大学不仅积极参加“全国百篇优秀博士学位论文”的推荐工作，还依此为契机每年评选出三篇校级优秀博士学位论文并设立专项基金全额资助论文以丛书形式出版，这是一项非常有意义的工作，对推动学校科研水平的提高将发挥重要作用。

从人才培养的角度来看，如何提高博士研究生的创新思维能力和综合素质，高质量地向社会输送人才备受世人关注。提高培养质量的措施很多，但在培养中引入激励机制，评选优秀博士学位论文并资助出版，不失为一种好方法。博士生和导师可据此证明自

己的学术能力，确立自己的学术地位；也可激励新入学的研究生尽早树立目标，从而在培养的全过程严格要求自己，提高自身的素质。

因学科的特殊性，要想出色完成林业大学的博士论文有许多其他学科所不会遇到的困难，如研究周期长，野外条件难于严格控制，工作条件艰苦等等。非常欣慰的是北京林业大学的博士生们不仅克服困难完成了学业，而且已经有人中选“全国百篇优秀博士学位论文”。而该丛书资助出版的“校级优秀博士学位论文”所涉及的研究领域、研究成果的水平也属博士论文中的佼佼者，令我欣喜。对这些博士生所取得的成果我表示祝贺，同时也希望他们以及今后的同学们再接再厉，取得更好的成绩报效祖国。

中国工程院副院长、院士



2002 年 8 月 10 日

## Abstract

Based on the features of fragile eco-environment in Tarim River Basin, depended on ARC/INFO and MAPGIS softwares, some remote sensing sources which include W/B PAN in 1959 and 1983 and color IR photos in 1992 and JERS-1 images in 1996 have been used for making thematic maps. As a result, the vegetation type maps and sandy desertification type maps are mapped in the middle and lower reaches of Tarim River respectively. The result shows that vegetation condition has improved. Between 1983 and 1992, the areas of desert riparian forest and plain low shrubbery are increased by 4.84% and 0.22% respectively. In contrast, the area of plain low shrubbery in 1996 is decreased by 11.9 km<sup>2</sup> and 13.63 km<sup>2</sup> compared with which of in 1983 and in 1992. In the meantime, the cultivated land area is increased quickly. The change came from the reduction of vegetation area. It is indicated that the areas of sandy desertification in Alagan is increased from 86.98% in 1959 to 94.78% in 1996, which declared that the fragility is intensified and environmental degradation is dominated in the ecosystems while the stability of ecosystems are destroyed.

Using some remote sensing data of CBERS-1 CCD4,3,2 and NOAA/AVHRR CH1, CH2 and CH4 in 2000, relaying on GRS99 and IDRISI, the standard image that did landscape pattern analysis is decided. During the process, richness of information of composite images should be discriminated according to object feature in typical

area and principles of image and graphics. Furthermore, the coupling relationship and digital quality characteristics among some elements of landscape pattern are analyzed with principles and methods of remote sensing and landscape ecology. Affected by natural and artificial factors, especially the hydrological condition changes, the great changes of indigenous natural ecological pattern have happened. The man-made oasis in the upper reaches has been become a dominated landscape in the Tarim River Basin. Fragmentation degree and uniformity and diversity of landscape are 0.0035 and 0.1856 and 1.276 respectively in the main stream. It is indicated that the landscapes are relatively integrity. Moreover, Fragmentation degree is low. At the same time, landscape type is relatively simple. The landscape dominance is highly by 3.068, which reveals that a few landscape types are dominated the whole landscape pattern. As a result, the transformation of material and energy and information are confined, which is a typical fragile eco-environment landscape in the continental river basin in arid zone. The upper and middle and lower reaches of the Hetian River Basin is located in mountainous area and oasis and desert system (MODS). MODS are connected with formation and transformation and consumption of water resources. It is a typical coupling model of three systems in a basin in arid.

Based on differences of natural resources and eco-environment in Tarim River Basin, the assessment indicator system and ecological fragility index (EFI) of eco-environment are built up. The assessment results are as follows. Because EFI is only 0.08 in Akesu River Basin, it belongs to slight fragility area. EFI of Yarkant River Basin and upper reaches of Tarim River Basin are 0.23 and 0.25 respectively, both of them belong to general fragility areas. Meanwhile, EFI of Hetian River Basin and middle reaches of Tarim River Basin are 0.32

and 0.49 respectively, they all belong to middle fragility areas. Furthermore, the lower reaches of Tarim River Basin belong to severe fragility area because EFI is 0.87.

The maladjustment among water with hot and land as well as salt are hindrance of energy transfer and material circulation and information transmission. It is also the main reason that caused eco-environment fragility. At present, under the guidance of systematology, information theory and cybernetics, people should obey eco-environment succession pattern so as to take aim at well circulation of eco-environment and harmonious development between man and earth relations. Meanwhile, with the improvement of public consciousness on ecological protection and sustainable development, degradation mechanism and restoration model of fragile eco-environment should be studied. Furthermore, some scientific bases are provided for optimizing structure and strengthening function of eco-environment.

## 摘 要

在分析以塔里木河为代表的内陆河流域脆弱生态环境特征的基础上,利用 1959 年及 1983 年全色片和 1992 年彩红外片及 1996 年 JERS-1 黑白影像等遥感信息源,在 ARC/INFO 及 MAPGIS 支持下,编制完成不同时期干流中下游典型区的植被类型图及土地沙漠化类型图。结果表明,英巴扎地区的植被状况有所改善。1983—1992 年荒漠河岸林和平原低地灌丛面积增加,其增长率分别达到 4.84% 及 0.22%,反映了抚育管理取得了良好效果。1996 年平原低地灌丛面积却比 1983 年及 1992 年分别减少了 11.9 km<sup>2</sup> 和 13.63 km<sup>2</sup>,但耕地面积逐渐增加,这种变化是以各种植被面积的减少为代价的。同时,对土地沙漠化的研究表明,阿拉干地区的沙漠化土地面积百分率由 1959 年的 86.98%,增长到 1996 年的 94.78%。说明生态系统的稳定性破坏后,系统的脆弱性加强,环境退化居于主导地位。

利用 2000 年 CBERS-1 CCD 4,3,2 波段及 NOAA/AVHRR CH1,CH2,CH4 通道数据,在 GRS99 及 IDRISI 支持下,根据典型区的地物特征及遥感图象上丰富的信息,进行景观格局制图。利用遥感和景观生态学的原理和方法,分析景观格局相关要素的耦合关系及其数量特征。受自然及人为因素的干扰影响,特别是水文状况的变化,原有的自然生态格局发生了很大的改变。塔里木河上游的人工绿洲已是该区的主要景观。但就整个干流而言,景观的破碎度和多样性仅分别为 0.0 035 和 1.276,景观的均匀度为 0.1 856,反映出景观较完整,破碎程度低;但景观类型相对较简单,且景观的优势度高达 3.068,反映了几种少数的景观类型占据

着整个景观格局的主导地位。这种状况不利于物质、能量以及信息的交流,是干旱区内陆河流域一种典型的脆弱生态环境景观。和田河流域上中下游,分别处于山地、绿洲及荒漠系统中,它们又以水资源的形成、转化、消耗和物质、能量及信息的传递为纽带,把三者联系起来,在同一流域体现了三大系统的耦合关系,是干旱区典型的系统耦合范例。

针对塔里木河流域自然资源及生态环境的地域差异,建立脆弱生态环境评价的指标体系,构建生态脆弱性指数(EFI)。评价结果表明,阿克苏河流域 EFI 为 0.08,属于轻微脆弱区,叶尔羌河流域及塔里木河上游 EFI 分别为 0.23 和 0.25,属于一般脆弱区,和田河流域及塔里木河中游 EFI 分别为 0.32 和 0.49,属于中等脆弱区,而塔里木河下游 EFI 为 0.87,属于严重脆弱区。

在塔里木河流域,水热、水土及水盐平衡失调,导致了系统的能量转换、物质循环及信息传输过程的受阻,是造成生态环境具有脆弱性的主要原因。目前,要在系统论、信息论、控制论的指导下,遵循生态环境演替规律,以实现生态环境良性循环以及人地关系的和谐发展为最终目标。同时,在增强公众的生态保护及可持续发展意识的前提下,重点进行脆弱生态环境退化机理及恢复模式研究,为优化脆弱生态环境的结构和增强其功能提供科学依据。

## 前 言

2003年10月15日,中国“神舟”5号载人飞船成功发射,而这一天,也正好是我乘飞机由乌鲁木齐赴北京的日子,可以说,我与中国首次载人飞船同在蓝天上。飞船经过21个小时的载人飞行,绕地球14圈后,于10月16日,安全返回预定地点。这是一个令人振奋的伟大时刻!这一伟大壮举实现了中国人几千年的“飞天”梦想,极大地鼓舞了中国人民建设有中国特色的社会主义市场经济体制,全面建设小康社会的决心与信心。也是在这一刻,中国人杨利伟与前苏联的加加林——实现人类第一次遨游太空的宇航员、美国的阿姆斯特朗——人类第一位涉足月球的宇航员,永远地载入了人类进军太空的光辉史册。而在这日新月异的新世纪,人们也创造出了三个词汇,即 *Cosmonaut*, *astronaut* 以及 *shenzhounaut*, 并把它们与乘前苏联“联盟”号飞船的宇航员,乘美国“阿波罗”飞船的宇航员和乘中国“神舟”号飞船的宇航员相提并论。中国载人航天的首次成功,是继“两弹一星”之后,中国在高科技领域规模最大、系统最复杂、技术难度最高的大型工程。中国是火药的祖先,也是火箭的故乡。嫦娥奔月、夸父追日等神话故事更是妇孺皆知。《西游记》中孙悟空的跃空与驾云之术以及敦煌壁画中“飞天”的传神与抑美之态,都使人们对太空充满了无限的遐思和向往;而在明朝时我国还出现了万户飞天的壮举!上中学时,在语文课中曾学习过一篇题为《云赋》的散文,文章中所描绘的天空中的神奇美景,至今还在自己的脑海中萦回。

人类进入新的世纪之后,载人航天已经成为人类开发和利用空间资源的重要手段,是各国综合国力的标志,是世界科技史上

最动人心魄的乐章,中国的航天事业正在蒸蒸日上,快速发展。2003年10月21日,中国又用“长征四号乙型”火箭,将中国与巴西联合研制的“中巴资源一号B星”与中国科学院研制的“创新一号”小卫星成功发射。作为从事航天及航空遥感与GIS应用研究的科技工作者,为这样的重大事件倍受鼓舞,也为祖国所取得的巨大成就而骄傲。目前国际上的航天计划层出不穷,不同的遥感平台与传感器,为遥感工作者提供了丰富的信息源,也为我们进行资源环境与社会经济的一系列工作,提供了重要的信息保障,成为“数字地球”战略的重要组成部分以及实施可持续发展的重要手段之一。正是由于航天和航空事业的不断发展,才极大地促进了包括遥感信息科学在内的地球信息科学等相关学科的快速的发展。从一定程度上讲,20世纪的后十年,是科学技术以前所未有的速度发展的十年,信息科学与技术在过去的十年里取得了举世瞩目的成就。一批软硬件随着应用的需要不断问世,一批专业技术人员逐步地成长了起来,一些信息产业领域也在逐步的孕育和发展之中。这为我们进行遥感领域的研究创造了难得的机遇和有利的条件。

从1993年9月,自己作为专题会议主席首次出席ISCTD国际科学大会,到2003年8月出席“塔里木河流域受损生态系统恢复与重建中德国际学术论坛”,整整过去了十年时间。在这十年时间里,自己参与了一系列的国际性学术交流和国际合作活动,获取了相关学科领域一系列前沿性重大信息,为从事生态过程、环境演变、系统耦合、地理信息、专题制图等领域的研究奠定了基础。生态环境问题是国际社会广泛关注的重要议题,对于生态问题或者是环境问题的认识有一个逐步发展的过程。近年来,在干旱区研究领域,关于“退化生态系统”、“生态安全”、“生态水文”、“生态伦理”、“过渡带”、“交错带”、“脆弱性”以及“生态产业”与“绿色产业”等问题,逐步受到了广大生态环境工作者的重视,但对于内陆河流域的脆弱生态的理论等问题,涉及并不广泛。因

此,应用遥感、地理信息系统以及全球定位系统等理论与方法,从生态脆弱性的角度研究探索干旱区内陆河流域的生态环境问题,是干旱区生态科学、环境科学、地理科学研究的重大基础性问题,具有重要的理论创新、方法创新和实践创新价值,也具有重大的基础性、前瞻性和创造性。

对于塔里木河流域相关问题的研究,经历了曲折复杂的发展阶段,形成了目前人们对塔里木河流域一系列问题的诸多观点。一些专家以人们对于水资源的利用程度和利用方式划分流域的开发阶段;一些专家以土地开发的程度和规模界定流域的生产发展水平;一些专家从自然的演变过程来划分环境的演变阶段和变化类型;一些专家则以人为活动特征结合历史考古发现,分析流域的资源与环境 and 人文历史问题。随着科学技术的发展,许多学科的交叉与融合愈来愈明显,新的理念、新的思维方式、新的方法论等,促使人们对于塔里木河流域的相关问题,进行全面地系统地科学地探讨。作者直接从事塔里木河流域的研究工作已有十多年的时间,而这个阶段正是国家对于塔里木盆地以及塔里木河流域实施重大整治决策的前期阶段。在该阶段,作者直接参与了“塔克拉玛干综合科学考察”、中国科学院可持续发展中心前期项目暨新疆软科学项目“塔里木河流域水资源利用、生态环境整治与经济社会可持续发展研究”、中国科学院“九五”资源与生态环境重大项目“荒漠河岸林生态系统的生态过程”、国家“九五”攻关项目“塔里木河干流水资源与生态环境保护”、国家 973 项目“西部干旱区生态环境演变与调控”等研究工作,对于塔里木河流域的一系列工作,有了更为全面的了解和更为深刻的认识。特别是 1999 年作为专家组成员参与了新疆维吾尔自治区计划发展委员会等部门代表自治区人民政府组织实施的塔里木河考察,以及具有重大意义的《塔里木河水资源和生态环境问题及其对策》报告的研究工作,自己直接起草了《塔里木河流域生态环境问题及其对策》的报告,该报告与《塔里木河水资源分配》、《塔里木河水资源管理》,作为

新疆维吾尔自治区人民政府与中华人民共和国水利部共同上报国家报告的支撑报告,在社会各界的共同努力下,于 2000 年 2 月 28 日,总理办公会议原则通过;并于 2000 年夏季正式批准《塔里木河流域近期整治规划》,配套 107 亿元人民币资金付诸实施,成为西部开发中,国家投资力度最大的生态环境项目,这对于自己的思想也是一次重大的震撼。

在这里主要试图从研究者的角度,简要分析前人对塔里木河流域考察、探索与研究的相关工作,力图对塔里木河流域研究工作的进展作一回顾,也希望对干旱区内陆河流域脆弱生态环境问题的研究有所启示。第一个阶段可以说是从 19 世纪末期至 20 世纪 40 年代以前,主要以国外科学家、探险家的科学考察和探险为特征,代表性人物首推瑞典著名地理学家、探险家斯文·赫定。斯文·赫定的《丝绸之路》、《罗布泊探秘》、《游移的湖》等一系列的科学考察和探险性著作是该时期科学工作的综合性反映。有文字曾这样记载这位智慧和毅力十分超群的学者——斯文·赫定以非凡的勇气和坚忍不拔的毅力,在亘古荒原对罗布泊——一个世纪之谜进行探求。他在极端艰苦的条件下,从事着极为严谨的科学探索,极其详尽地记录了塔里木地区的水文、地质、人口的状况,以及扑朔迷离的罗布人,神秘莫测的楼兰古国……最终融汇为《罗布泊》——一部令人叹为观止的学术著作。而在塔里木河终端、一片漂忽不定的水域、罗布人最后的伊甸园,终于实现了他近半个世纪梦绕魂牵的夙愿——“游移的湖”,一个世纪之谜的延续,一个至今仍被世界关注的热点。第二阶段主要在 20 世纪 50 年代至 20 世纪 70 年代,主要特征是资源的系统调查、产业的发展、环境的典型调查等。代表性研究与成果包括塔里木河流域及其周边地区的土地资源、草地资源、水资源、水果园艺、自然环境等。第三阶段是 20 世纪 80 年代初至 90 年代末期,强调资源合理利用、合理配置、产业结构调整、生态农业、PRED 以及可持续发展的理念。代表性的成果如《塔里木河流域农业自然资源合理开发和

治理》及《新疆生态环境研究》等 17 部新疆资源开发综合考察报告集(1989)、《塔里木河两岸资源与环境遥感研究》(1990)、《塔里木盆地水热状况研究》(1992)《塔里木河研究》(1993)、《塔克拉玛干沙漠地区水资源评价与利用》(1993)、《塔里木河——阿克苏河流域水土资源合理利用与环境保护对策》(1993)、《塔克拉玛干沙漠地区土壤和土地资源》(1994)《塔里木河流域水资源、环境与管理》(1998)、《塔里木河流域资源环境与可持续发展》(1998)、《塔里木河流域勘察报告》(2000)、《中国塔里木河流域水资源与生态问题》(2000)等。而目前是塔里木河流域整治、保护、开发、建设的新时期,可以说是塔里木河流域一系列工作空前发展的新阶段,进入了第四个发展阶段。主要标志是 2000 年以来的下游应急输水以及“塔里木河流域近期整治规划”方案的实施,关于流域的生态用水、泥沙运动、堤防建设、信息管理、生态区划、生态工程、生态补偿、生态产业、产业调整等一系列重大问题的研究与探索,成为本阶段的重要特征。在上述不同阶段中,人们的行为活动特征是不同的,相应地对于流域资源环境的影响也是不同的。

新疆与 8 个国家接壤,边境线长达 5 400 km,约占全国陆地国境线总长的四分之一,又是多民族聚居区,新疆对于促进各民族团结、维持政治稳定、保障边境安全,具有十分特殊的政治地位。新疆自然资源十分丰富,石油、煤炭、有色和稀有金属矿藏储量居于全国前列,是我国重要的战略资源储备和开发基地,是具有巨大经济潜力的地区。另外,新疆是我国生态环境最为脆弱、治理任务最为艰巨的地区,对西北乃至全国生态建设的全局具有重大影响;而塔里木河流域对于新疆的战略开发影响重大。塔里木河流域的稳定是新疆稳定的关键;塔里木河流域对振兴新疆经济具有较好的基础条件;同时,塔里木河流域生态环境极为脆弱。在这种背景下,塔里木河流域生态环境的改善,是新疆实行西部大开发战略的根本和重点,不抓紧改善塔里木河流域的生态环境,

新疆的战略开发、经济可持续发展和社会安定团结就会受到严重的影响。

塔里木河流域的水资源利用与生态环境问题引起了国内外的广泛关注,1998 年召开了“塔里木河流域水资源、环境与管理学术讨论会”,2003 年召开了“塔里木河流域受损生态系统恢复与重建中德学术讨论会”,同时,政府间的国际合作项目也在塔里木河流域得到了广泛的实施,中国与加拿大以及日本等国间的合作研究在塔里木河流域的科学研究中,具有重要的地位和作用。目前,世界银行的一期项目已经取得了重要进展,二期贷款项目也正在有效地实施。“塔里木河流域近期治理规划”实施后,《塔里木河流域水资源管理信息系统》的世界银行贷款项目也进入了紧张的开发研制阶段。与此同时,中国政府、新疆维吾尔自治区政府、新疆生产建设兵团以及流域的地方各级政府和行政部门,加强了对于塔里木河流域的科学管理和民主决策工作,积极引导和辅助实施流域的综合治理规划,进行资源合理配置和产业结构调整等重大关键性问题的研究。上述工作的有效实施,极大地增强了人民群众治理塔里木河的信心和决心。新疆塔里木河流域生态环境问题的最终解决,对于国内外相关地区类似问题的解决具有借鉴价值;同时对于树立中国这个最大的发展中国家,实施环境保护国策,履行环境保护的国际义务,推行可持续发展战略的崇高国际形象,具有极其重要的作用。

本专著是在国家“九五”攻关项目“塔里木河干流水资源与生态环境保护”、国家重点基础研究发展规划项目“中国西部干旱区生态环境演变与调控研究”课题 9“西部干旱区生态环境综合研究”(G1999043509)及中国科学院“九五”资源与生态环境重大项目“生态系统的生态过程及管理研究”专题 2“绿洲生态系统的生态过程研究”(KZ951-213-02)等项目的资助下完成的;也是在作者的博士论文《基于遥感及 GIS 技术的内陆河流域脆弱生态环境研究》基础上,稍加修改而成的,是自己从事塔里木河流

域相关研究工作的阶段性成果。本专著共由 8 章组成，第一章主要介绍脆弱生态环境研究的进展；第二章为脆弱生态研究的方法途径；第三章为内陆河流域脆弱环境特征；第四章为典型区脆弱生态环境遥感制图与分析；第五章为脆弱生态环境质量定量评价；第六章为退化生态系统的恢复与重建；第七章为脆弱生态环境信息管理系统；第八章为脆弱生态环境研究的主要结论及创新。在本书的完成过程中，曾得到许多同仁的关心、帮助和支持，北京林业大学的陆守一教授、唐季林教授、冯仲科教授、张晓莉副教授，中国科学院新疆生态与地理研究所的马英杰副研究员、张慧芝高级工程师，新疆水利水电科学研究院的卢新民高级工程师、以及北京师范大学彭茹燕博士、新疆大学资源环境信息学院马伟华先生等均为本书的问世做了大量的工作。张慧芝高级工程师编制了本书中大部分图表。本书也引用了一些专家在相关研究领域的成果，在此一并表示谢意。需要指出的是，在作者博士阶段的研究工作中，导师游先祥教授以及潘伯荣研究员付出了艰辛的劳动。新疆大学资源环境学院孙保生教授、新疆水利水电研究院卢新民高级工程师、北京林业大学唐季林教授、冯仲科教授、李俊清教授对博士论文进行了严格的审查和严谨的评议。由中国工程院蒋有绪院士、中国林业规划院孙司衡研究员、国际景观生态学会副主席暨北京大学教授崔海亭先生、北京林业大学陆守一教授等组成的专家委员会，听取了作者的博士论文报告，并对论文进行了审议，提出了十分诚恳的建议，对于作者进一步凝练研究成果，提升研究水平，起到了极其重要的作用。

北京林业大学资源环境学院、北京林业大学研究生院以及北京林业大学学位评定委员会与学术委员会一致推荐论文为优秀博士论文，并一致推荐参加全国百篇博士优秀论文评选活动，这也是母校给予我的荣誉和鼓励，在此，谨表谢意！

北京林业大学研究生院以及资源环境学院的许多老师，也为论文的付梓出版作了大量的协调工作，中国环境出版社的同仁们

积极为本书的出版作了大量的编辑工作，保证了本书能够在较短的时间内与读者见面。

本研究涉及生态科学、环境科学、地理科学、信息科学等研究领域，是地理信息科学与生态过程、生态稳定性、生态安全及生态系统管理等研究的重要尝试，也是对地理信息科学在干旱区内陆河流域资源环境领域研究的拓展和延伸，所涉及的一系列理论与方法，仍在探索、发展和完善之中，希望本书能引起相关研究领域及相关领域同仁的关注，也衷心希望得到同行们的不吝赐教！

编者

2003 年 12 月 2 日修订

# 目 录

1 脆弱生态环境研究进展概况.....	1	2.3.1 制图学的发展与方法的应用.....	36
1.1 国内外脆弱生态环境研究现状.....	1	2.3.2 数字地球研究的启示.....	39
1.2 生态环境评价研究的若干问题.....	4	2.3.3 地球整体性的认识和研究.....	40
1.2.1 生态风险评价.....	4	2.4 3S 技术研究生态环境问题的潜力与特点.....	43
1.2.2 生态功益评价.....	8	2.4.1 3S 一体化的内涵及特点.....	43
1.2.3 生态经济学研究的前沿问题.....	12	2.4.2 GPS 与 RS 关系.....	44
1.2.4 生态价值与生态安全.....	13	2.4.3 GPS 与 GIS 关系.....	45
1.3 典型区脆弱生态环境背景.....	15	2.4.4 资源环境研究与 3S 技术不可分割.....	45
1.4 塔里木河流域脆弱生态环境研究的进展.....	17	2.4.5 地学信息虚拟分析得以深化.....	46
1.4.1 关于人与环境问题.....	17	2.4.6 量化研究及数值模拟不断加强.....	46
1.4.2 关于水资源及其相关问题.....	18	2.4.7 3S 一体化技术日趋完善.....	47
1.5 脆弱生态环境研究存在的问题及展望.....	21	2.5 景观生态学方法应用.....	48
2 脆弱生态环境研究方法途径.....	23	2.5.1 景观及景观生态学的特点.....	48
2.1 遥感研究脆弱生态环境问题的一般方式.....	23	2.5.2 景观空间格局与生态过程的关系.....	50
2.1.1 脆弱生态环境遥感研究的理论与实践.....	23	2.5.3 景观动态的研究.....	50
2.1.2 遥感技术的发展趋势.....	24	3 内陆河流域脆弱生态环境特征.....	52
2.1.3 卫星遥感与数字地球.....	28	3.1 脆弱生态环境的一般特征.....	52
2.1.4 信息源特征.....	29	3.1.1 干旱的气候及频繁的危害.....	52
2.2 GIS 研究资源环境问题的特点及趋势.....	30	3.1.2 短缺的水资源与恶化的水环境.....	53
2.2.1 GIS 的发展及其与地学分析的关系.....	30	3.1.3 退化的天然植被.....	56
2.2.2 GIS 地理分析的主要内容及途径.....	32	3.1.4 贫脊的土壤.....	57
2.3 地球信息科学的方法论.....	36	3.1.5 普遍发生的土地荒漠化.....	58
		3.1.6 受阻的生态过程.....	58
		3.2 脆弱生态环境的景观特点.....	59
		3.2.1 独特的生态景观分布模式.....	59
		3.2.2 脆弱的生态系统抗干扰能力.....	59
		3.3 脆弱生态环境的恢复与重建.....	60
		3.3.1 实行脆弱生态环境动态监测与管理.....	60

3.3.2 加强流域水资源宏观管理与调控 .....	61	5.2.2 科学性与实践性原则 .....	100
3.3.3 建设高效稳定的人工生态系统 .....	61	5.2.3 简单性及实用性原则 .....	101
4 典型区脆弱生态环境遥感制图与分析 .....	63	5.2.4 系统性及规范性原则 .....	101
4.1 天然植被变化的遥感分析 .....	63	5.3 生态脆弱性评价指标体系与方法 .....	101
4.1.1 天然植被生存环境的变化 .....	63	5.3.1 建立评价指标体系 .....	101
4.1.2 天然植被面积的变化 .....	65	5.3.2 确定指标权重及界定阈值 .....	105
4.1.3 天然植被分布格局的变化 .....	68	5.3.3 定量计算生态脆弱性指数 .....	105
4.1.4 生态景观格局的空间特征 .....	70	5.3.4 制定评价标准 .....	107
4.2 土地沙质荒漠化变化遥感分析 .....	71	5.4 生态脆弱性评价结果及特征分析 .....	109
4.2.1 研究途径及方法 .....	71	5.4.1 脆弱性评价结果及空间分布特征 .....	109
4.2.2 专题图件编制 .....	72	5.4.2 源流区生态脆弱性特征 .....	110
4.2.3 生态环境变化及其成因分析 .....	74	5.4.3 干流区生态脆弱性规律 .....	112
4.3 生态景观特征遥感分析 .....	79	5.5 脆弱生态环境质量评价的特点与启示 .....	113
4.3.1 图像预处理 .....	79	6 受损生态系统的恢复与重建 .....	116
4.3.2 景观特征值的计算 .....	80	6.1 生态系统受损的一般状况 .....	117
4.3.3 结果分析与讨论 .....	82	6.2 生态系统退化的一般模式 .....	117
4.4 和田绿洲空间格局遥感分析 .....	84	6.3 典型受损生态系统的演变过程 .....	119
4.4.1 和田绿洲自然环境背景 .....	84	6.3.1 干旱区生态系统的类型 .....	119
4.4.2 生态脆弱性的现状 .....	85	6.3.2 湿地生态系统的退化 .....	120
4.4.3 生态脆弱性成因分析 .....	88	6.3.3 荒漠生态系统的退化 .....	123
4.4.4 生态环境建设策略 .....	91	6.3.4 自然绿洲生态系统的退化 .....	125
5 脆弱生态环境质量定量评价 .....	93	6.4 生态系统调控的一般方式 .....	126
5.1 塔里木河流域生态区划 .....	93	6.4.1 生态系统退化及稳定性的特征 .....	126
5.1.1 中国西部生态区划的启示 .....	95	6.4.2 退化生态系统的调控 .....	127
5.1.2 塔里木河流域生态分区 .....	98	7 脆弱生态环境信息管理系统 .....	129
5.2 生态脆弱性评价依据与原则 .....	100	7.1 系统设计的一般原理 .....	129
5.2.1 主导因素原则 .....	100	7.2 系统基本框架及其主要内容 .....	131

7.3 系统的主要功能.....	132
7.3.1 文件档案子系统.....	133
7.3.2 专题属性子系统.....	133
7.3.3 地图信息子系统.....	133
7.3.4 遥感信息子系统.....	133
7.4 系统的开发与应用.....	134
7.4.1 系统开发与实施的内容.....	134
7.4.2 系统应用.....	135
8 脆弱生态环境研究的主要结论及创新.....	137
8.1 研究方法思路的特点与理论创新.....	137
8.2 脆弱生态环境问题研究的新进展.....	138
后 记.....	141
参考文献.....	144

# 1 脆弱生态环境研究进展概况

## 1.1 国内外脆弱生态环境研究现状

生态脆弱性是特定自然地理背景与人为活动干预下,生态系统结构与功能的固有属性。在全球范围内,关于脆弱生态环境的研究,有一个逐步发展的过程<sup>[1,2]</sup>。20世纪60年代初,美国海洋生物学家 R.卡尔森发表了划时代的著作《寂静的春天》,强有力地指控了农业化学化的弊端,首次引起了全球对资源环境问题的关注;70年代初,在全球范围出现的能源、环境、人口和粮食四大危机,唤起了有识之士的警觉。20世纪70年代初,以美国科学家 B.沃德为首发表了“只有一个地球”的著名论断,首次提出了人类必须与地球建立亲密伙伴关系,才能实现人类社会的稳定发展;Rome Club 于1972年出版的《增长的极限》预言,如不改变增长方式,到21世纪中叶全球将爆发人口、环境、资源、社会等一系列严重危机;1981年世界观察所的 L.Brown 发表了“建立一个可持续的社会”的论断,他尖锐地指出,我们现在不是在从前辈手中继承地球,而是在向子孙借用和预支地球。由于人口的急剧膨胀,人口、资源、环境与发展(PRED)的关系日益紧张。人类为了满足自身的需要,在缺乏有效的保护措施的情况下,过度开采和使用自然资源,使基本资源数量减少、质量退化、生态环境恶化,贫富两极分化等威胁了人类的生存和发展,迫使人们反思传统的发展思想和模式。脆弱生态环境是在特定的地理背景下,生态系统物质、能量分配不协调的产物。继美国学者 Clements

提出生态过渡带之后,关于脆弱生态环境的研究逐渐展开。在1989年布达佩斯召开的第7届 SCOPE 大会上,重新确认了 Ecotone 的概念<sup>[3]</sup>;1992年联合国环境与发展大会之后,可持续发展作为一种全新的发展理论和目标被世界各国广泛接受。现在,它与生物多样性、全球变化问题一起称为当代生态环境科学的三大前沿领域。而上述研究,在不同程度上促进了人们对脆弱生态环境研究与认识的进程。

人类已经显著地改变了自然生态系统的物理、化学和生物状态,这种改变已经达到了前所未有的速度和规模。生态环境问题是社会经济发展、人民生活水平提高以及社会文明建设和国家安全稳定所面临的重大挑战,合理利用自然资源、保护和恢复生态环境是全社会面临的极其艰巨的历史使命。目前,人类改变自然生态系统的速度已经超出了人类认识世界生态系统的速度。当人们对一个系统的记录描述尚未完成时,该系统状态会很快变化,所记录的面貌和特征测度已发生了重大变化。目前,迅速的技术进步还不能取代自然生态系统所提供的生态功益,许多新技术的应用还在严重地破坏生态环境,我们要认识到,生态环境系统是一个自然—社会复合系统,人类行为同这个复杂系统中的各个层次的相互影响和相互作用是应用生态学中不可忽视的考虑因素,人类活动已经成为一种显著而重要的地球变化因素。在这种背景下,脆弱生态问题更显得突出和重要。在脆弱生态环境研究领域,美国学者 Daniel D. Evans 和 John L. Thams 等探讨了荒漠生态系统的水分特征及物质循环、能量流动和信息传输的特点,并研究了荒漠生态环境的景观分布格局<sup>[4]</sup>。Kovshar A. F. (1991) 等研究了俄罗斯干旱环境的保护等问题<sup>[5]</sup>。同时,许多学者研究了干旱区不同地理环境条件下的生态学问题<sup>[6-8]</sup>,干旱区脆弱生态环境的研究进程逐渐加快。我国学者王根绪、程国栋(1998)研究了内陆流域生态环境的空间分异特征,强调干旱区内陆河流域气候条件,尤其是水热条件和地貌特征是植被生态、土壤环境及水环境形成与分

异最主要的控制性因素<sup>[9]</sup>。赵跃龙、刘燕华（1996）研究了我国脆弱生态环境分布及其与工业化及贫困的关系，并应用脆弱生态环境成因指标划定了我国脆弱生态环境的分布范围<sup>[10]</sup>。周道玮、钟秀丽（1996）研究了干扰生态理论的基本概念和扰动生态学理论框架，并探讨了群落及生态系统的结构、功能等问题<sup>[11]</sup>。同时，部分学者研究了干旱或半干旱区的环境地质、水文、土壤、植被、气候等特征，揭示了脆弱生态环境相关因子的主要特点。在生态环境问题引起世界各国普遍重视的情况下，许多学者从理论、实践等多个层次探讨了脆弱生态环境表现形式、形成过程以及治理方法<sup>[12-17]</sup>。肖笃宁先生（1996）在景观生态学理论指导下，从生态空间与景观异质性，景观变化模型与未来景观规划，景观系统分析与 GIS 应用的角度研究了我国生态环境存在的一些问题<sup>[18]</sup>。黄培佑先生（1996）运用荒漠—绿洲对立统一观，研究了干旱荒漠生态系统的持续发展问题；研究表明，绿洲与荒漠既相互区别又相互联系，即绿洲寓于荒漠、异于荒漠，两者又依一定条件互向其对立面转化<sup>[19]</sup>。文剑平、计文瑛（1993）研究了我国典型生态脆弱带生态环境的治理与保护措施，彭少麟（1996）进一步探讨了恢复生态学及植被重建问题，并提出了对不同程度退化生态系统恢复的方法及途径<sup>[20]</sup>。

随着技术的发展，许多新的研究手段及方法也在生态环境研究领域得以应用。特别是 RS、GIS、GPS 一体化的发展，为解决脆弱生态环境问题提供了良好的技术支持。Geoinformatics 理论体系的建立以及数字地球概念的提出，使人类所面临的环境挑战能有一个相对合理的解决方案。C.Cartalis（1997）<sup>[21]</sup>，R.R.Gillies（1997）<sup>[22]</sup>，S.E.Franklin（1997）<sup>[23]</sup>，P.A.Siljestrom（1997）<sup>[24]</sup>等研究了 RS、GIS 等在大气成分监测、土壤水分估算、植被生物量获取以及地貌特征识别等方面的可行性。地球信息科学理论及方法在生态环境领域的研究取得了一系列成果，并在进一步发展及完善。

我国 RS、GPS 及 GIS 的集成技术也发展很快。3S 技术在地方国民经济建设中起到了重要作用<sup>[25-28]</sup>。与此同时，许多专家研究了 RS、GIS 等在生态环境研究领域的应用潜力<sup>[29-31]</sup>。目前，3S 一体化进行资源环境信息的获取、处理和动态分析成为脆弱生态环境研究的一个重要趋势。

人类已经进入 21 世纪，知识经济时代为生态环境研究提出了许多新的问题，跟踪国际上地球信息科学及数字地球研究的进展<sup>[32]</sup>，结合我国科技发展水平、经济实力及环境保护政策，探索干旱区内陆河流域脆弱生态环境研究方法，对拓宽生态环境量化研究，指导资源合理利用，生态环境保护措施及制订区域可持续发展战略将具有重大意义。

## 1.2 生态环境评价研究的若干问题

研究干旱区生态脆弱性的固有特征、形成原因、评价体系、评价方法、监测途径与管理模式，对于生态学理论与方法的完善以及生态产业的发展具有重要的作用和意义。而目前所开展的与生态环境质量相关的研究，如生态风险评价（Ecological hazard assessment）、生态安全评价、生态经济评价、生态功益评价等，对于干旱区内陆河流域脆弱生态环境质量评价具有重要的借鉴价值。生态评价（Ecological assessment）的主要目的在于运用复合生态系统的观点及生态学、环境科学的理论与技术方法，对评价区域的资源与环境性能、生态过程特征、生态环境敏感性与稳定性进行综合评价分析，以认识和了解评价区域环境资源的生态潜力和制约程度。

### 1.2.1 生态风险评价

生态环境建设是西部干旱区资源开发、环境保护、产业发展、经济增长和社会进步的重要组成部分。在生态环境建设中，有一

系列的问题需要深入研究和妥善解决。目前,围绕着西部生态环境建设,在生态学的相关学科领域,也出现了一系列的创新思维,不断地丰富和发展了生态学的理论体系和方法体系,推动着生态学各个领域向前发展。在这种背景之下,生态哲学、生态美学、生态伦理学以及生态工程学、数理生态学、信息生态学等新的学科和具有前瞻性的创新思维正在实践中得以快速完善和发展。与此同时,个体生态学(Autoecology)、种群生态学(Population ecology)、群落生态学(Community ecology)、系统生态学(Ecosystem ecology)、景观生态学(Landscape ecology)、区域生态学(Regional ecology)、全球生态学(Global ecology)等研究不同尺度生物与环境相互关系的生态学学科,也被注入了时代的内涵;而植物生态学、动物生态学和微生物生态学的发展,又为以生物为核心的生态学研究,提供了新的思路;恢复生态学、保育生态学等所研究的范畴,在当前生态建设中,是具有重要指导意义的理论和方法论。对于生态环境的质量评价以及由此而引申出来的相关问题的研究与探索,是当代生态学更富有现实意义和指导价值的综合性体现。

#### 1.2.1.1 生态风险评价简况

前面简要地回顾了脆弱生态环境研究的一系列问题,对于脆弱生态环境的质量评价,特别是干旱区内陆河流域脆弱生态环境的质量评价,仍然是需要进行艰辛探索的理论性与实践性极强的工作。而生态学的相关研究,对于干旱区内陆河流域脆弱生态环境的评价具有重要的借鉴价值;生态风险评价就是其中的一个重要方向。生态风险评价是一个预测环境污染物对生态系统或其中某些部分产生有害影响可能性的过程;或者说生态风险评估是利用生态学、环境化学及毒理学(Toxicology)的知识,定量地确定环境危害对人类的负效应的概率及其强度的过程;其过程包括问题的形成、分析过程、风险特征化以及风险的管理4个主要步

骤。它是因20世纪80年代出现的环境管理目标和环境管理观念的转变而产生的。在20世纪70年代,工业化国家的环境管理政策目标是力图完全消除所有的环境危害,或将危害降到当时技术手段所能达到的最低水平。在进入20世纪80年代后,产生了风险管理这一全新的环境政策,风险管理观念侧重于权衡风险级别与减少风险的成本,并力图解决风险级别与一般被社会所能接受的风险之间的关系,生态风险评价正是为风险管理提供科学依据和技术支持,目前正在成为环境科学与生态科学研究中十分活跃的创新领域和前沿领域。

20世纪90年代以来,生态系统评价与管理成为生态学及其相关学科研究的热点之一,生态系统综合评价(Integrated Ecosystem Assessment, IEA)是系统分析生态系统的生产及服务能力,对生态系统进行健康诊断,做出综合的生态分析和经济分析,并要考虑到生态系统的当前状态及今后可能的发展趋势,为生态系统管理提供科学依据。通过生态系统评价,诊断存在的问题,提出生态系统可持续管理的有效途径和方法。在生态系统研究中,遥感、GIS、GPS、数据智能化处理技术、现代数学方法、现代测试技术、数据管理方法及VR等新技术、新方法得到广泛应用;野外长期定位观测站以及由多站联网构成的生态网络对于生态学研究的重要性日益突出,台站网络等基础设施的建设得到加强。

方法论的研究与探索在生态风险评价中具有重要的意义,前述一系列生态脆弱性的问题的解决,也同样取决于方法论的创新。因此,进一步探讨、创造、选择、完善行之有效的科学评价标准与评价方法,对于当今信息时代人们对信息的共享、处理、分析具有特殊的作用。20世纪80年代末期,美国环保局发表了题为“生态风险评价方法综述”的长篇报告,该报告从方法论的角度综述和评价了由EPA和其它联邦、州机构进行的20项生态风险评价研究。暴露一反应法以及商值法等,可以用于多种目的的生态

风险评价。生态风险评估中所用的方法包括如何建立或选择模型以对风险源的暴露特征及其生态效应 (Ecological effect) 进行量化; 如何检验模型的有效性; 以及怎样对生态风险评估中的不确定性 (Uncertainty) 进行定量分析。1988 年 8 月, 有关报告披露了自 1985 年 10 月至 1988 年 3 月期间, 美国有关生态风险评价在决策支持系统、暴露分析、毒理动力学、生物效应分析、种群和群落风险评价以及生态系统风险评价 6 个方面在内的各项综合研究的进展。

#### 1.2.1.2 生态风险评价的研究重点

我国在生态评价方面也做了大量的研究与探索。曹洪法、沈英娃等对生态风险评价进行研究指出, 目前的生态风险评价, 大致围绕着确定评价指标、发展外推技术、提供分析评价程序和预测前景几个方面展开, 其中以对水生生物的研究成果最为丰富。

目前, 生态风险评价研究重点在确定风险评价的受体和端点, 以及建立外推技术两个方面。受体的选择往往根据风险评价的目的而定, 在建立某项环境质量标准时, 常选择敏感种 (Sensitive species) 作为受体, 许多文献列出了有关生态风险评价的潜在端点。一些专家进一步将端点进行划分, 并提出了不同类端点优劣的指标, 同时还根据传统生态学和区域特征的观点, 分别阐述了用于区域生态风险评价的评价端点和测定端点的若干指标。生态风险评价研究正朝着多目标、多重性和现实性的方向发展。而在现阶段的研究中, 多集中在单一化合物和单一暴露途径的风险问题, 这显然与实际的生态系统状况不同。在干旱区的内陆河流域, 孕育了与其自然条件相适应的生物, 形成了类型各异的生物群落和生态系统类型。山地、绿洲和荒漠系统 (MODS), 作为干旱区特有的复合生态系统类型, 在生态维系中担负着重要的功能, 起着重要的作用。MODS 中风险评价, 需要针对具体对象进行科学分析。从一般意义上而言, 生态风险评价, 将更注重于自然或

者人为活动所引起的具体对象的生态过程的慢性效应以及反馈机制, 同时, 侧重于探讨相关驱动力作用下的生态系统结构、功能的动态变化。

#### 1.2.2 生态功益评价

##### 1.2.2.1 生态功益评价简况

自然是维系人类生存、文明发展和社会进步的重要纽带, 自然界为人们的物质和精神生活提供了必不可少的资源和环境条件及生态服务; 生态功益是这些由自然生物过程产生和维持的环境资源方面的条件或服务的统称。不难看出, 生态功益强调的是自然生态过程对人类的贡献。目前, 从自然生产, 维持生物多样性, 调节气象过程、气候变化和地球化学物质循环 (Geochemical cycle)、调节水循环、减缓洪涝灾害、改善与保持土壤、净化环境、为作物与自然植物传粉播种、控制病虫害、维护改善人的身心健康和激发人的精神文化追求等方面, 探讨和分析生态功益及生态功益的经济评价具有重要的现实意义。20 世纪以来, 技术进步和人口增长已经使人类同大自然的关系产生了深刻的变化, 人类已经极其显著地改变了地球的面貌; 同时, 人们日渐忽视了自身生活和社会经济文化发展对自然生态系统的依赖性和自然为人类社会发展所做出的贡献。前已述及, 自然界为人类生存、社会发展、经济繁荣和文化生活提供了重要的物质基础, 创造和维持着许许多多的必不可少的环境资源条件, 并且提供了许多种类的环境和资源方面的生态服务, 这些由自然生物过程 (Natural bio-process) 产生和维持的环境资源方面的条件和服务, 可以统称为生态功益。自然生物界为人类提供食物、药品和工农业原材料等, 所发挥的生态功益是显而易见和广为人知的, 这些自然产品是传统经济中的重要成份, 有着巨大的直接经济利益, 其价值可用货币衡量。而更多的生态功益往往间接地影响人们的经济生

活，这些生态功益或者为人们的日常起居健康福利提供保障，或者控制工农业生产的成败，或者影响人类的精神文化世界，它们的影响往往是长期的和深远的。随着科学技术的不断进步，人类对生态功益的认识也逐渐深入，这种认识也在逐渐地由定性化向定量化转化。

人与自然是不可分割的整体，在 21 世纪进一步探讨人一地关系，对于新的生态理念的确立，对于传统文明的传承具有极其重要的意义。近年来，以《生态功益：人类社会对自然生态系统的依赖性》一书为标志，一个研究生态功益的热潮又在西方兴起。在生态功益的研究中，一些学者根据生态功益多样性的特点，曾把它们归纳成为 17 类进行研究。而自然生产，维持生物多样性，调节气象过程、气候变化和地球化学物质循环，调节水循环和减缓旱涝灾害，产生、更新、保持和改善土壤，净化环境，为农作物与自然植物授粉传播种子，控制病虫害的暴发，维护和改善人的身心健康及激发人的精神文化追求等，是一些中国学者对生态功益的分类与识别分析对象。自然生长的动植物和微生物为人类提供食品、工农业原材料和渔猎的对象，这些自然产品直接进入人们的经济生活，是人们所熟知的自然系统的功益，这类功益不仅在历史上重要，至今亦仍然是经济生活中的重要成分。生物多样性是自然生产和许多生态功益的源泉和基础，当代农业就源于基于野生动植物，未来的农业发展仍将依赖于自然的基因库。人类生产活动特别是农业生产，往往会改变土壤生态系统的特征和土壤与空气和水体之间的化学物质循环，许多这类改变会产生长期难以逆转的不利后果。例如，一度时期人们无序垦荒和排干湿地以发展农业的生产行为，破坏了天然植被，改变了水资源的时空分配规律，使土壤中的碳加速向空气中释放，加剧了温室效应（Greenhouse effect），并且破坏臭氧层（Ozonosphere），导致酸雨（Acid rain）、湖泊河流的富营养化和水源污染；这些现象在西部干旱区的塔里木河流域也不乏其例。人类社会在未来要付

出极其巨大的代价，以纠正这些恶果和补偿这些不利后果所造成的损失；为此，对于干旱区内陆河流域退化生态系统的退化机理与反馈机制的研究也就非常必要。生物在自然生长过程中从周围环境中摄取物质和能量，任何物质的过多都会对有机体的代谢产生不利影响，而过少则会限制正常的代谢和生长——植物、藻类和微生物吸附周围空气中或者水中的悬浮颗粒和有机的或无机的化合物，把它们有选择性地吸收、分解、利用或者排出，动物对生的或者死的有机体进行机械的或者生物化学的切割和分解，然后把这些物质有选择性地吸收、分解、利用或者排出。这种摄取、吸收和分解的自然生物过程使自然界中的化学元素不断地进行各种分分合合，在生态系统的不同环节中循环，这保证了物质在自然生态系统中的有效循环和利用。

研究生态功益，从一定意义上讲是研究生态与人的关系，特别是人类对于各种生态类型的响应（Response），而生态对人类有益作用的多样性，就体现了特定生态类型的生态功益。这些生态功益能够使人们产生复杂多样的感受，使人们更好地生存、生活与发展。心理学家对人类的自然心理效应进行了研究与分析，归纳出 97 种与自然相联系的人类活动。这些活动可以产生 49 种感官满足，而更多的满足感则非文字可以描述。例如，自然可以激发许多被长期室内生活弱化了的感觉，其中包括味、声、色、形、电磁、温度、季节、距离、方位、空间、时间、重力、运动、平衡、饥渴、疲惫、激素、吸引、意识和整体性等，这些感觉和许多自然中的非文字性、非逻辑性、非判断性经历进一步导致许许多多的有益情感，包括高兴、温暖、兴奋、自由、满足、感召、爱、从属、静寂、平和、复兴、孕育、热情、责任、目的、群体观念等，人们通过对这些感觉情绪的体会和意识更全面地理解了自身。在探讨干旱区内陆河流域生态脆弱性问题的时候，从干旱区特有的自然背景出发，认识山地、绿洲、荒漠系统（MODS）的结构与功能，使其最大限度地发挥生态功益，是干旱区脆弱生