

内蒙古师范大学

硕士学位论文

调水后额济纳绿洲生态环境的变化及其保护措施

姓名：敖民德力根

申请学位级别：硕士

专业：自然地理学

指导教师：乌兰图雅

20070605

## 中 文 摘 要

近一个世纪以来,随着人口的膨胀和技术的进步,人类为了满足自身日益增长的需求,不断加强对土地的索取,致使土地利用的范围不断扩大、土地利用强度不断加深,从而改变了地表的形态、生物物理、化学循环及生物物种的平衡,造成了全球气候的显著变化和生物物种不可逆转的减少。因为土地利用/覆盖变化对环境的可持续发展具有相当的影响力,所以土地利用/覆盖变化已经被公认为是导致全球环境变化的两大主要因素之一,在全球的可持续发展研究领域,占有相当重要的地位。

绿洲作为我国西北干旱地区生态景观中的精华,不仅反映了该地区的生态环境状况,更有力地支撑着整个西北干旱地区社会经济的发展,绿洲的退化将直接导致荒漠化进程的加剧、沙尘暴的肆虐和大量生态难民的产生,不仅极大地制约着西北地区的经济和社会发展,对整个中华民族的生存和发展也构成了严重的威胁。显然,在西部大开发的生态环境建设中,围绕“绿化沙漠”战略搞好水资源安全保障研究,指导西北沙漠回归绿洲的实践活动,是“必须首先研究和解决的一个重大课题”。额济纳绿洲生态地位重要,生态环境恶化严重,属于生态环境敏感区、脆弱区,黑河调水抢救和保护绿洲,非常具有典型性。所以,加强对额济纳绿洲调水后的土地利用变化的研究,不仅对加快该地区植被恢复,改善生态环境,促进该地区经济社会可持续发展具有重要战略意义,而且,对于国家西部其他地区的调水工程,

对于改善西北荒漠化地区的生态环境，保护与合理利用有限的绿洲，都可以提供实践案例，具有重要的借鉴意义。

本文立足黑河调水，通过调水前后额济纳土地利用变化的对比，着重研究调水工程实施以来所取得的生态效益和社会经济效益，并试图探索适合该地区的土地利用模式。

通过研究发现：自 2000 年黑河上下游开始实行分水和 2001 年全流域综合治理以后，下游额济纳天然绿洲萎缩和生态退化的趋势已经得到了一定程度的遏止。尽管绿洲恢复的速度还很有限，但毕竟已经开始朝着逐步改善的方向发展。今后，除进一步加强流域综合治理和实行更加严格科学的水量统配，确保黑河下游绿洲的水源供给外，重要的是额济纳地区必须立足自身条件，采取种种措施，建立绿洲节水型土地利用模式，从而才能保障额济纳绿洲的可持续发展。

**关键词：**黑河调水，额济纳绿洲，土地利用，生态环境保护

## **ABSTRACT**

Since near a century ,with the expanding population and advancement of the technology ,people strengthen the domanian using continuously, and lead enlarging the range of use and adding the intensity of use land constantly,for the satisfying increasing demand of people oneself. Changed the upper configuration ,circle of biological physics and chemistrys and balance of biological species and leading change of the global climates and decrease of biological species which can not

rverse .Because changes of land coverage/land use have effect largely on sustainable development of the environment .Land coverage/land use change is recognized one of mainly two factors leading the global change,occupied important status in the field of sustainable development.

The oasis is regarded as a elite of the ecological sight in the northwest drought area in China ,it reflects the ecological environment status in this area and supports the social economic development in the whole northwest area .The degeneration of the oasis will directly induce the serious course of desertification ,indulge in wilful persecution in dust storm and produce the number of ecological refugee .Furthermore it restrict the economic and social development in northwest area ,threatens the exist and development of the whole Chinese .Obviously ,in the course .

of the build of the development campaign of the western regions ecological environment, surrounding the “turn the desert green” strategy ,do well the water resource safety ensure and direct the activity of the northwest desert regress the oasis practice ,and it is “one important problem ,that must be studied and resolved firstly”. The Ejina oasis belongs to sensitive and fragile section of ecological environment, which has the representative rescue and protection of oasis transferring water from Heihe,and the ecological status of the Ejina oasis is important, and the deterioration of the ecological environment of the Ejina oasis is serious. Therefore, intensifying the study on the changes of land use after the Ejina oasis transfer water, it not only has the important strategetic meaning in quickening the vegetation restoration in this area, and improving the ecological environment and promoting the economic social sustainable development, but also it offers practical case of the transfer water engineering in the other western country area, and improving the ecological environment in northwest desertification area, and protecting and reasonably using numbered oasis, and has the important use for reference.

This paper based on the transfer water from Heihe river, by comparing the changes of land use of former and after transfer water in Ejina, and studied the benefits of ecological and social economy since the transfer water was carried out, and tried to explore the pattern of land use in this area.

The results showed: After starting dispart water of upper reaches and lower reaches of the Heihe river in 2000 and comprehensive treatment of full basin in 2001, it prevented the shrinking of natural oasis and the degradation trend of lower reaches ecology. Though the restoration speed of oasis is limited, it has developed positively. For the future, except the more strengthen managing of full basin and carry out scientific allocation of water, insure supply of oasis of lower reach of Heihe river, and it is important to base on itself, and take various measures and establishes the pattern of saving water— land use, and guarantees the sustainable development of Ejina oasis.

**Keywords:** transfer water from Heihe river, the Ejina oasis ,Land use, eco-environment

# 1 研究综述

## 1.1 问题的提出

### 1.1.1 研究背景

自从人类文明产生以来,人类就在通过各种活动不断地影响和改造着自身赖以生存的自然环境。人类社会的历史发展过程中,不断地与环境进行着物质、能量和信息的交换与传递。人与环境构成了息息相关的生命共同体。但是,随着人类社会经济的飞速发展和科学技术的突飞猛进,人类对大自然直接或间接的影响力越来越大,在推动人类社会巨大进步的同时,人类的生产和生活活动也造成了生态系统的破坏和环境的污染,诸如资源耗竭、气候变暖、臭氧层空洞、土地沙化等等,反过来又危及了人类自身的生存和发展。所以,保护生态环境,实现可持续发展已经成为当今人类面临的紧迫而又艰巨的任务。

我国作为一个发展中国家,在过去的二十多年里创造了 GDP 年均增长 8% 的奇迹。然而,这种增长同样是以资源和环境更快速度的损耗为代价的。我国的生态环境同样面临严峻形势。位于我国北部边陲的内蒙古自治区,是我国北疆生态系统的前沿阵地。内蒙古的生态环境如何,不仅关系内蒙古各族群众的生存和发展,也关系着“三北”乃至全国的生态安全,意义和责任十分重大。但是,长期以来,由于种种原因,内蒙古的生态环境持续恶化。全国荒漠化土地 2.62 亿公顷,内蒙古就占到 1/3 左右;全国荒漠化涉及 471 个县,内蒙古就有 76 个旗县;全国荒漠化扩展速度在 4% 以上的地区有 7 处,内蒙古就有 3 处;全国每年因荒漠化造成的直接经济损失约 540 亿元,间接损失 1700 亿元,内蒙古各占 1/3。尤其是以阿拉善盟为主的沙漠、戈壁地区,年降雨量仅为几十甚至十几毫米,全盟荒漠化土地面积已占全盟总土地面积的 85%,生态环境极其恶劣,许多地方已经失去生存条件,大量生态难民被迫远涉他乡。而地处阿拉善盟境内、黑河流域下游的额济纳绿洲的生态环境问题更是引起了社会各界的广泛关注以及党和国家的高度重视。

额济纳绿洲地处内蒙古巴丹吉林沙漠北缘、黑河流域下游的冲积平原上,隶属内蒙古自治区阿拉善盟的额济纳旗,是我国第二大胡杨林生长地,它与西北风

向正交,是阻挡风沙进入我国内陆的第一道绿色屏障。黑河是惟一流入额济纳绿洲的河流。历史上,额济纳绿洲在黑河水的浇灌滋养下,曾是水草丰美、驼羊成群的地方,素有“居延粮仓”的美誉。但是,随着黑河中游社会经济的发展,用水量的增加,进入额济纳绿洲的水量逐年减少,西东居延海已先后于 1961 年和 1992 年完全干涸<sup>[1]</sup>。2000 年黑河来水量最小,仅为 1.80 亿  $\text{m}^3$ ,致使河道断流达 200 天<sup>[2]</sup>,加之过量用水和过度开垦,致使额济纳地区的生态环境遭到严重破坏,风沙、盐碱、荒漠化非常严重,绿洲面积由过去的 6900 平方公里锐减到 3328 平方公里,胡杨林面积由 75 万亩减少到 2000 年的 34 万亩,额济纳地区已经成为我国沙尘暴的重要沙源地之一。昔日的绿色生态屏障已经成为我国北方的“沙尘走廊”。

为了拯救黑河流域日益恶化的生态环境,恢复额济纳旗的荒漠绿洲,国务院自 2000 年开始对黑河实行水量统一调度,至今已连续六年调水进入额济纳绿洲,基本满足了下游用水需要,为沿河生态环境的良性维持注入了必要的水量。

### 1.1.2 额济纳绿洲概况

#### 1.1.2.1 自然概况

**位置及范围** 额济纳绿洲位于黑河下游的额济纳河冲积平原上,南接甘肃省黑河下游鼎新绿洲,北至东、西居延海北岸,西连马鬃山山地,东抵巴丹吉林沙漠。地理坐标:东经  $99^{\circ}42' \sim 101^{\circ}43'$ ,北纬  $40^{\circ}27' \sim 42^{\circ}30'$ 。面积  $32500\text{km}^2$ 。

**地形地势** 额济纳绿洲处于阿拉善高原西部和马鬃山山地的交接地带。区域内是广阔的河流冲积三角洲平原及构造和残留的湖盆洼地,构造剥蚀的低山丘陵,风力沉积的流动沙丘和半流动沙丘。整体地势由西南向东北逐渐倾斜。海拔高度 900~1100m,最低处为西居延海,海拔 820m。

**气候** 额济纳河流域是极端干旱的温带荒漠区,多风少雨,蒸发强烈,日照充足,光热资源丰富。年平均气温  $8.3^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温为  $3542 \sim 3695^{\circ}\text{C}$ ,七月份平均气温  $26.3^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温  $43.1^{\circ}\text{C}$ ;一月份平均气温  $-12.0^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温  $-37.6^{\circ}\text{C}$ 。年平均降水量  $37.9 \sim 49.3\text{mm}$ ,年平均蒸发量  $3749 \sim 4123\text{mm}$ ,为降水量的 79~109 倍。太阳辐射总量为  $154.7 \sim 159.7$  千卡/ $\text{cm}^2\cdot\text{a}$ ,全年日照时数为  $3326 \sim 3455\text{h}$ ,无霜期 138~150 天。春季平均风速  $4.8\text{m/s}$ ,冬季平均风速  $4.0\text{m/s}$ ,多西风或西北风。10 分钟极端最大风速  $31.0\text{m/s}$ 。<sup>[3]</sup>

**水系** 黑河是惟一流入额济纳绿洲的河流<sup>[4]</sup>, 也是我国西北地区第二大内陆河。其发源于青藏高原北部祁连山北麓, 流经青海、甘肃和内蒙古 3 省(自治区), 以莺落峡和正义峡为上、中、下游分界点。上游为青藏高原北部边缘的祁连山地, 有冰川分布。年降水量 350mm 以上, 是黑河流域的产流区和水源来源区; 中游地处河西走廊, 为平原盆地区, 多年平均降水量 140mm, 蒸发量 1410mm, 是黑河流域的耗水区和径流利用区; 下游属阿拉善高原区, 除河流两岸和居延三角洲绿洲外, 大部分为荒漠、沙漠和戈壁。年降水量只有 40mm, 而蒸发量却在 2500mm 以上, 属极度干旱区, 为径流消失区。黑河在进入额济纳平原后称为额济纳河。额济纳河是内蒙古西部阿拉善高原荒漠区少有的内流河。该河至狼心山分为东河(纳林高勒)和西河(穆仁高勒), 最终两河分别汇集到东居延海(苏古诺尔)和西居延海(嘎顺诺尔), 即黑河的终端湖。两河漫流于三角洲平原上, 共有 19 条分支。干流 250km, 平均河宽 250m, 该河流经额济纳旗政府所在地一达来呼布镇。建国初期的 50 年代上游来水流量为 12-13 亿  $m^3$ , 进入 20 世纪 80 年代降为 4 亿  $m^3$ , 枯水年仅为 2 亿  $m^3$ 。整个额济纳绿洲对黑河水依赖性很大, 黑河水就是额济纳绿洲的生命之源。

**地下水** 由于地形闭塞, 气候极端干旱, 降水稀少, 决定了本地区地下水的主要补给来源为河水径流和地下径流, 其次是大气降水和低山丘陵基岩裂隙水。潜水有良好的细沙含水层, 埋深一般小于 5m, 矿化度为 1-2g/L, 年可开采量 2.8 亿  $m^3$ 。深层承压水含水层分布面积大、水位浅、储量丰富、易开采, 单井影响半径 800m, 补给条件较好并具有一定的厚度, 年可开采量 2.3 亿  $m^3$ 。

**土壤** 与所处地理气候区位相应而发育的地带性土壤为灰棕漠土, 河流沿岸为盐化潮土、林灌草甸土, 湖泊低洼地为草甸盐土, 其余为风沙土、新积土等。

**植被** 受水分条件的制约, 植被以旱生及超旱生植物为主, 即荒漠天然植被。植物种类有胡杨(*Populus diversifolia*)、沙枣(*Glycyrrhiza uralensis*)、骆驼刺(*Alhagi sparsifoliaschap*)、苦豆子(*Sophora hirsuta*)、芦苇(*Phragmites communis*)、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、怪柳(*Tamarix ramosissima*)、梭梭(*Haloxylon aphyllum*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、沙米(*Agriophyllum deserti*)、红砂(*Reaumuria soongorica*)、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、短叶假木贼(*Ancistrum olzai*)等。

### 1.1.2.2 社会经济概况

额济纳绿洲所在的额济纳旗，行政区划隶属内蒙古阿拉善盟，全旗辖 1 个镇，6 个苏木，1 个农场和 1 个林场，共有 25 个行政嘎查，8 个农业生产连队，4 个居民委员会。旗政府驻地达来呼布镇为全旗政治、文化、教育的中心。土地面积 114606 平方公里，总人口 16888（2005 年）人，由蒙古、汉、回、藏等 10 个民族组成。城镇居住人口 9768 人。2005 年全旗国内生产总值达 135011 万元，财政收入 6642 万元，人均总产值 30318 元，农牧民人均纯收入达 4444 元，城乡居民储蓄存款余额 28788 万元；工业总产值 54316 万元，实现工业产业增加值 33940 万元<sup>[5]</sup>。

### 1.1.2.3 历史开发状况

历史上额济纳地区为多民族杂居区，由于各民族势力的消长和居住区的变迁，农牧业生产相应出现变更。整个历史时期可以划分为以下几个阶段：汉代开发河西之前，一直是少数民族游牧地；两汉三国时期以农业为主；两晋南北朝隋唐时期畜牧业占优势；夏元时期农牧业并重发展；明清民国时期完全以畜牧业为主；建国以来为农牧业综合发展时期。纵观额济纳地区的农牧业变迁历史，凡是农业占主导地位的时候，大多因为戍边的目的。一旦少数民族占领，就又恢复畜牧业的主导地位。由于干旱的气候环境，决定了畜牧业的基础地位，因此在整个农牧业变迁过程中，畜牧业具有非常好的长期的稳定性，农业则呈现出阶段性特点<sup>[6]</sup>。

新中国成立后，50 年代，居民大多从事畜牧业，但额济纳河下游仍保留着十分典型的天然绿洲的面貌。与解放初期相比，人口、牲畜头数增加，耕地面积增加。

60-80 年代，河西走廊酒泉地区大面积发展灌溉农业，使黑河下游水量大减，进入额济纳绿洲的水量已由 50 年代的 5.46 亿  $\text{m}^3$ /年减少到 90 年代的 3.05 亿  $\text{m}^3$ /年，1992 年最小仅 1.83 亿  $\text{m}^3$ 。对于完全依赖于河水滋润的干旱区绿洲来说，来水量的大幅度减少无疑是致命的<sup>[7]</sup>。

## 1.2 研究意义

### 1.2.1 额济纳绿洲生态环境的战略地位

额济纳绿洲位于祁连山与蒙古戈壁阿尔泰之间的阿拉善荒漠区的西端，是额济纳河冲积而成的扇形三角洲上发育的绿洲。额济纳绿洲座落于极度干旱的荒漠区，沿额

济纳河形成绿色长廊,绵延 200km<sup>[8]</sup>。保护和改善额济纳绿洲对我国西北地区具有重要意义。

首先,额济纳绿洲具有突出的生态意义。额济纳绿洲是我国第二大胡杨生长地和重要的梭梭林区。而且坐落于西北干旱区中心,正好与蒙古高压入侵我国的主风向正交,是我国北方阻挡风沙的一道天然屏障,更是黑河中下游河西走廊的重要屏障。它不仅隔开了北山戈壁至巴丹吉林沙漠戈壁带,而且可以减小风速,大大削弱风势。近年来,源于额济纳和路经额济纳的沙尘暴给我国带来的重大损失已充分说明,一旦绿洲生态环境继续恶化,大风将沿着这个风口肆无忌惮地侵入,经河西走廊的狭管效应后将以更大的风势和风力侵入内地,从而更加加剧西北地区土地的荒漠化和导致更恶劣的沙尘天气。

其次,额济纳绿洲的存在对保护和开发大量自然资源和历史资源意义重大。额济纳三角洲有 680.4 万  $\text{hm}^2$  荒漠林牧地,其中有 13.5 万  $\text{hm}^2$  胡杨林地及约 0.4 万  $\text{hm}^2$  耕地,相当于河西走廊现有开垦的灌溉耕地。额济纳还有煤、石油、金、铁、铌、萤石、冰洲石、石英、石棉、芒硝等多种矿产资源。由于额济纳绿洲独特的地理位置,其还具有丰富的植物成分,拥有珍稀濒危植物 9 种,占我国荒漠区珍稀濒危种类的 52%<sup>[9]</sup>。此外,额济纳绿洲还保留有汉代居延城、西夏黑城、破城、绿城、大同城、肩水寨遗址、甲渠寨遗址、古烽火燧等记载人类历史的珍贵古迹以及《潘汉合时掌中珠》、居延汉简、元代纸币、四美图等大量世界珍贵文物。只有额济纳绿洲的存在,这些资源的开发与保护才有保障。

再次,额济纳绿洲一旦消失将对我国国防和军事安全也会产生重要影响。额济纳旗境内有 514.69 km 的国防线,如果绿洲消失,数千里的边防线将失去惟一的绿洲据点和补给点。同时,绿洲消失将对额济纳旗境内世界三大宇航中心之一的酒泉卫星发射中心构成极大威胁。

同时,额济纳绿洲的社会和政治意义也不容忽视。绿洲消失将产生 1.6 万生态难民,这样将引发不良的社会问题和政治影响。

额济纳绿洲由于自然因素和人类活动影响产生了巨大的变化,引起了广泛关注<sup>[10]</sup>。可以说,额济纳绿洲生态建设与环境保护,事关居民的生存环境和经济发展,事关我国西北、华北地区的环境质量,事关民族团结、社会安定、国防永固。

### 1.2.2 额济纳绿洲的生态环境危机

黑河水浸润的额济纳绿洲,是我国西部干旱荒漠区的一颗绿色明珠,为这一地区的经济发展和边防稳定起到了积极作用,并成为我国西部干旱地区的一道重要的生态防护线。但是近 50 年来,由于黑河上、中游大量引水,黑河进入下游额济纳平原的水量锐减,导致额济纳水资源日趋减少,造成地下水位普遍下降。由于水源减少,地下水位下降,致使平原区植被退化,绿洲面积日渐缩小。额济纳河沿岸以胡杨为主的天然河岸林是我国第二大荒漠河岸林,对于保护生态环境,维持额济纳绿洲规模具有重要意义,也是当地畜牧业经济发展的重要保障。但是由于来水减少,两岸植被失去水源保障,地表植物大面积枯萎和死亡,草场严重沙化,而随着地表植被覆盖度的降低,地面蒸发增强,又造成大面积的土壤盐渍化,同时,来水减少直接导致土地旱化,更加剧了荒漠化速度。荒漠化土地的不断扩张,使这一地区的风沙危害日趋严重。自 1993 年以来,额济纳旗已连续 8 年发生大规模沙尘暴<sup>[11]</sup>。进入 2000 年以来沙尘暴发生更为频繁,发生的时间越来越早,次数也越来越多。频繁发生的沙尘暴,不仅给当地居民的生产和生活造成了巨大损失,也威胁到周边经济区,波及华北平原,甚至飘洋过海影响到东亚地区。

额济纳绿洲的生态危机是在长期的环境因素与人为因素综合作用形下成的。其中,环境因素是基础,人为因素是主导。在人为因素中,又以人类对水资源的过量开发与利用不合理影响最大。因此,水资源短缺是造成绿洲生态危机最关键的原因。额济纳绿洲的生态危机已成为社会关注的焦点,长期以来,有关科技人员、当地政府和人民从科研、生产以及政策等不同角度进行了不懈的探索,试图改善绿洲的生态状况。但客观事物的发展却背离了人们的期望和努力,绿洲生态的恶化非但没有得到有效遏制,反而在日趋加剧,这不能不引起人们的焦虑和不安。如何进行有效整治,切实保护和改善额济纳绿洲的生态环境,成为一个亟待解决的严重问题。

### 1.2.3 本课题研究必要性

自 2000 年黑河实行水量统一调度以来,额济纳绿洲生态环境有了明显改观。但是,当前如果对调水后绿洲的生态效应,仅从调水任务的完成情况和绿洲的植被状况进行定性描述,则只能停留在一种表面现象,既不能更深层次地反映出绿洲的生态环境改善情况,也不能具体体现出生态环境的改善程度。因此,对调水所取得的生态效

应进行定量研究,客观准确地反映调水阶段性成果,已经成为我们面临的一个重要课题。通过对调水后额济纳绿洲的土地利用情况的量化研究,就可以科学评估调水后额济纳绿洲的生态环境改善程度、调水的生态效益,从而总结成功经验,明确存在的问题,为今后更加合理地调配、利用有限的水资源,协调调水的经济效益、社会效益和生态效益提供科学依据和理论支持。

绿洲作为我国西北干旱地区生态景观中的精华,不仅反映了该地区的生态环境状况,更有力地支撑着整个西北干旱地区社会经济的发展<sup>[12]</sup>,绿洲的退化将直接导致荒漠化进程的加剧、沙尘暴的肆虐和大量生态难民的产生。可以说,绿洲面积的减少是西北地区生态环境严重恶化的最重要的标志。西北地区日益恶化的生态环境,不仅极大地制约着西北地区的经济和社会发展,对整个中华民族的生存和发展也构成了严重的威胁。显然,在西部大开发的生态环境建设中,围绕水资源的统筹安排、合理调配、保护生态环境的研究,指导西北沙漠回归绿洲的实践活动,是“必须首先研究和解决的一个重大课题”。额济纳绿洲生态地位重要,而且生态环境恶化严重,属于生态环境敏感区、脆弱区,因此,通过黑河调水抢救和保护绿洲,非常具有典型性。所以,从小尺度出发对额济纳绿洲调水后的生态效应及其调水的可行性等问题进行动态分析,不仅对加快该地区植被恢复,改善生态环境,促进该地区经济社会可持续发展具有重要战略意义,而且,对于国家西线调水的其他工程,对于改善西北浩瀚沙区包括荒漠化地区的生态环境,保护与合理利用有限的绿洲,都可以提供实践案例,具有重要的借鉴意义。

### 1.3 国内外绿洲生态环境研究进展

#### 1.3.1 国外研究进展

绿洲存在于干旱、半干旱地区的荒漠之中,水是绿洲存在的基础,绿色植被是其主体景观,其灌溉农牧业生产较发达,人类活动相对集聚<sup>[13]</sup>。绿洲存在于荒漠背景的事实,恰好说明绿洲研究对于干旱、半干旱荒漠生态系统的研究具有重要意义。1977年内罗比(Nairobi)世界沙漠会议后,各国学者对于干旱区域影响最大的、且危害严重的荒漠化过程进行了较多的研究,而对于作为与干旱区荒漠化相对立的另一过程—绿洲化的研究,尤其对于人类赖以生存密切相关的绿洲稳定性方面的研究开展甚少,

Caracalla, Abdul Asimov, Pando 等人(Caracalla, 1988; Abdulkasimov, 1991; Pando, 1994)曾对荒漠、绿洲景观和绿洲土壤植被覆盖等方面做了研究。随着干旱区开发的重要性日益被人们所认识,人们便深刻地认识到,干旱区的开发实际上就是绿洲的开发,没有绿洲,就不可能对整个干旱区加以开发和建设。绿洲是干旱区发展的基石,是人们生存的希望所在。而已经消失或正在衰退的绿洲又给人们以教训或启迪。因此如何充分而合理地利用绿洲资源,用科学的方法对绿洲加以利用、改造与管理,就成为一个亟待解决的问题。这就要求人们以一种全新的和全面综合的观点去研究绿洲。实际上,绿洲本身就是一个自然与社会经济相结合的综合体。他们组成的各要素既相互联系,又相互制约。绿洲本身就是一个独特的研究对象,因此也就应该有一门独特而综合的学科去研究它,这就是绿洲学。遗憾的是,尽管人类利用绿洲的历史已长达数千年,但直至今日,无论是国内还是国外,还没有把这一学科建立起来。人们都在探索,都在努力促进这一学科的建立,可以说中国的学者在这方面做的工作更多一些<sup>[14]</sup>。

### 1.3.2 国内研究进展

干旱荒漠区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的重视。中国学者把绿洲作为一个特定的研究对象,始于 20 世纪 40 年代地质学家黄汲清的《吐鲁番绿洲》和地理学家周立三的《哈密——一个典型的沙漠沃洲》<sup>[15]</sup>,其首次对吐鲁番绿洲和哈密绿洲进行了较为系统的考察与分析。但直接进行改造沙漠,建设绿洲,利用当地水、土、光、热资源变沙漠为绿洲的行动,当推 50 年代开始、60 年代后迅速发展的生产建设兵团对绿洲的开发,特别是新疆、内蒙古等地的生产建设兵团改造沙漠、建设绿洲的成就尤为出色,为新疆、甘肃、内蒙古地区绿洲面积的扩大奠定了基础。由于生产中的许多问题需要解决,这就在很大程度上促进了绿洲的研究,特别是在绿洲土壤改良与水利建设等方面取得了很多经验,为后来绿洲理论的发展奠定了坚实的基础。

从 20 世纪 80 年代起,我国绿洲研究进入了一个崭新的时期,相关领域开展了多项综合研究,可谓硕果累累。一些学术团体成功举办了以绿洲为专题的研讨会。首先是新疆生态学会、地理学会等 6 家省级学会于 1994 年 9 月在五家渠联合举办了“新疆绿洲与环境”学术研讨会;继而,中国自然资源研究会干旱、

半干旱地区研究委员会和中国沙产业基金委员会,于1995年8月,在呼和浩特主办了全国性的“绿洲理论与实践”研讨会<sup>[16]</sup>。研讨会探讨题材广泛、交流深入,会后都汇集论文出版,对绿洲科学的形成发展具有历史性影响,功不可没。如今,处在干旱、半干旱地区的许多科研院校和学术期刊,都将绿洲列入重要研究领域。随着西北干旱区的开发和全面振兴,绿洲研究必将进一步深入,绿洲稳定性将成为绿洲研究的核心内容。随着额济纳生态环境的恶化和沙尘暴的频繁发生,尤其是沙尘暴从局部到大范围的影响,使国内外对额济纳绿洲的关注和研究逐渐增多。

国内有关专家学者对于额济纳绿洲的研究有:国家“十五”重点科技攻关项目“防沙治沙关键技术研究开发与开发”、示范区课题“内蒙古高原西部退化绿洲生态恢复重建技术示范区”(额济纳)、中国科学院西部行动计划的重要内容“黑河流域水—生态—经济系统综合管理试验示范项目”、国家自然科学基金项目“额济纳天然胡杨林生态用水机理研究”等,这些项目从不同角度对额济纳绿洲进行了系统的研究<sup>[17]</sup>。然而,与国内外类似地区如中亚咸海、新疆塔里木河下游、石羊河下游民勤等地区的研究相比,额济纳生态环境问题研究的起步较晚,尤其是对调水以后的生态环境变化研究还很欠缺。

## 1.4 研究内容与研究方法

### 1.4.1 研究内容

额济纳绿洲的生态危机得到了各级政府的高度重视,除了黑河调水之外,在上级部门的大力支持下,当地政府还采取了围栏封育、人工造林等种种措施,都对额济纳绿洲生态环境的改善起到了积极作用。但是,对于额济纳绿洲来讲,水就是绿洲的生命,水是维持绿洲生存和生态环境平衡发展的重要因素,因此水资源的质和量决定了额济纳荒漠绿洲的生态、规模、稳定程度以及开发利用的模式<sup>[18]</sup>。同时,在生态环境的变化研究中,土地利用/覆盖变化研究具有特殊的重要意义。土地利用/覆盖变化可引起许多自然现象和生态过程的变化<sup>[19]</sup>,人类通过对与土地有关的自然资源的利用活动,改变着地表的覆被状况,其环境影响甚至不只局限于当地。而土地利用/覆盖变化对大气化学性质及过程、气候、水文、土壤沉积物、生物多样性、生产力等都产生重要的影响<sup>[20-23]</sup>。土地利用/覆盖变化不仅改变了自然景观面貌,而且影响景观中

的物质循环和能量分配,它对区域气候、土壤、水量和水质的影响是极其深刻的。目前,由于土地覆盖变化引起的土壤损失和退化以及沉积物输运已急剧增加。我国土地利用/覆盖变化及其对生态环境安全影响的研究,已经成为我国“全球变化区域响应”、“区域可持续发展”研究重点领域的关键项目<sup>[24]</sup>,其了解区域生态环境乃至全球环境变化,维持生态平衡,实现可持续发展具有重要意义。所以,本文立足黑河调水,通过调水前后额济纳土地利用变化的对比,进而着重研究调水工程实施以来所取得的生态效益和社会经济效益,进一步分析调水对该地区生态环境改善的贡献,以期对该项工程作出客观评估。

针对额济纳绿洲的具体情况,本文主要以额济纳绿洲 2002 年和 2006 年的遥感影像以及额济纳绿洲的相关气象和水文数据为主要数据源,并参考了大量研究文献,以调水为主线研究调水后的绿洲生态环境的变化,进一步探讨了调水后绿洲可持续发展的模式。

具体研究内容:

- [1] 通过分析上游来水量、来水时间、土地利用变化情况,说明额济纳绿洲生态环境变化的态势;
- [2] 揭示土地利用方式对绿洲生态环境和人民生活水平的影响及其程度;
- [3] 进行跨省区调水实际效益的分析,主要生态环境效益和社会经济效益分析;
- [4] 分析调水后绿洲生态环境和经济持续发展的对策,提出绿洲土地可持续利用模式。

#### 1.4.2 研究方法

本文采用定性定量、宏观分析与微观研究相结合的方法,对绿洲调水工程的生态效应从数量、质量和空间格局三个方面进行量化研究。具体方法如下:

- [1] 主要通过调水前后的土地利用变化及其生态效应分析调水后额济纳绿洲的生态环境的恢复情况。
- [2] 土地利用类型的划分及信息的处理与提取

考虑空间尺度和分辨率的影响,便于土地利用变化的生态效应分析,根据研究区土地利用现状和土地资源特点,以及遥感影像判读的需要,结合土地利用现状六大类分类系统,将额济纳绿洲土地利用类型分成耕地,林地,草地,水域,城乡、工矿、居民点用地和未利用地 6 个一级类型,一级类型进一步分为 21 个二级类型(表 1-1)

表 1-1 土地利用六大类分类系统

|    |            |                    |             |       |       |
|----|------------|--------------------|-------------|-------|-------|
| 耕地 | 水田         | 水域                 | 河流          | 未利用土地 | 沙地    |
|    | 旱地         |                    | 湖泊          |       | 盐碱地   |
| 林地 | 有林地        |                    | 水库、坑塘       |       | 沼泽地   |
|    | 灌木林地       |                    | 滩地          |       | 裸土地   |
|    | 疏林地        |                    |             |       | 裸岩石砾地 |
|    | 其它林地       |                    |             |       | 其它    |
| 草地 | 高覆盖<br>度草地 | 城镇、居<br>民和工矿<br>用地 | 城镇用地        |       |       |
|    | 中覆盖<br>度草地 |                    | 农村<br>居民点   |       |       |
|    | 低覆盖<br>度草地 |                    | 特殊、<br>工矿用地 |       |       |

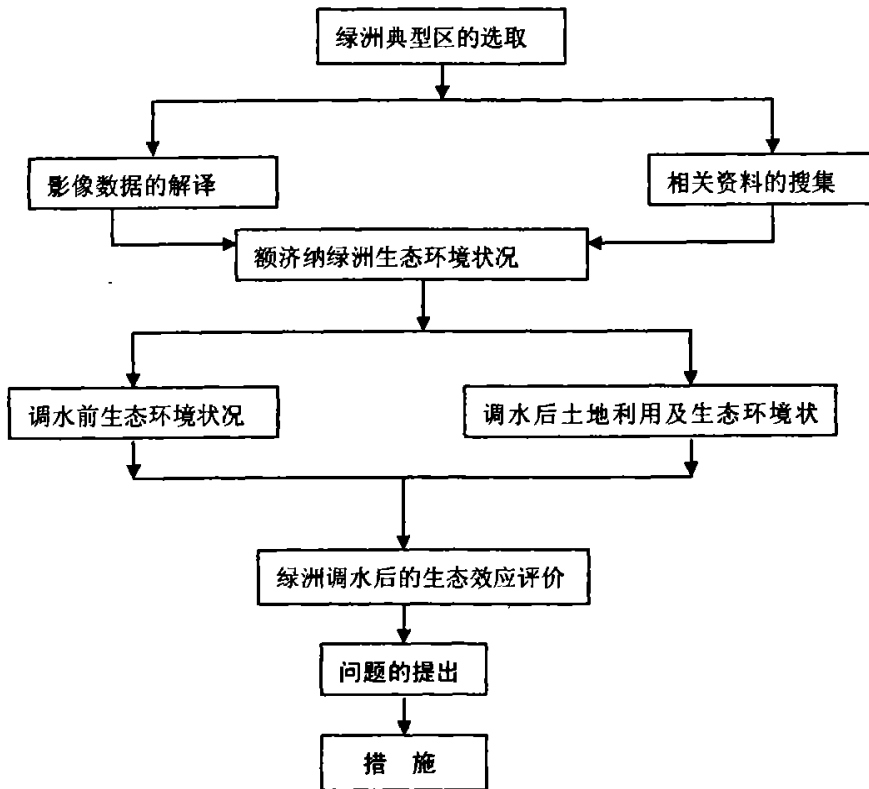


图 1-1 调水前后绿洲生态环境研究流程图

在数据处理上，首先根据土地利用六大类分类系统，在 Arcview3.2GIS 软件支持下，利用人机交互式 RS、GIS 一体化信息提取方法，对 2002 年 ETM4、3、2 波段合

成影像进行土地利用现状目视解译,同时结合额济纳绿洲社会经济统计资料,对部分地区土地利用的解译结果进行修正,得到 2002 年土地利用现状图。其次,以 2002 年土地利用现状图为本底,结合 2006 年遥感影像图,得到 2000-2006 土地利用动态变更信息。

### [3] 量化分析方法的选择--数理统计方法

在 GIS 支持下,通过对不同时期的遥感影像矢量图进行空间叠加运算,并在 Visual FoxPro 中进行数据处理,求出土地利用类型的转移矩阵,对额济纳绿洲土地利用变化过程进行分析。

[4] 具体的技术路线:如图 1-1 所示。

#### 1.4.3 研究区范围界定

本文研究区主要依据轨道号为 133/33 幅遥感影像所覆盖的额济纳绿洲范围所界

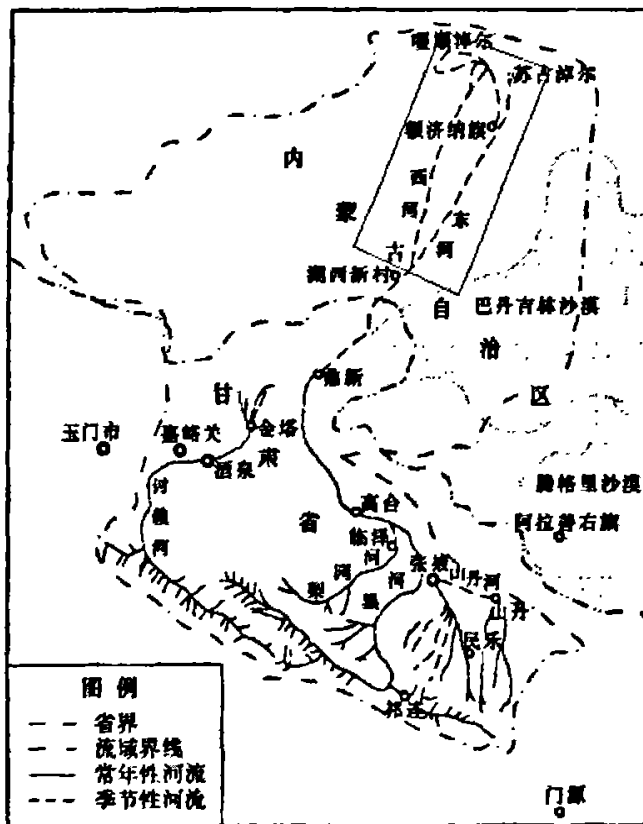


图 1-2 研究区范围示意图

定,该影像覆盖了绿洲的绝大部分地区,且几乎全部覆盖了额济纳天然绿洲的主体(图

1-2) 部分。本研究区总面积约 1.65 万  $\text{K m}^2$ 。

## 2 调水前额济纳绿洲生态环境问题

### 2.1 调水前额济纳绿洲的土地利用与生态环境

#### 2.1.1 土地利用状况

上个世纪 80 年代中期绿洲开始急剧退化, 2001 年绿洲退化最为严重, 治理措施虽已开始实施, 但尚未见成效。从 1987 年至 2001 年 14 年的时间里, 绿洲植被覆盖面积迅速从  $3377 \text{ km}^2$  减少到  $2720 \text{ km}^2$ , 平均每年萎缩  $47 \text{ km}^2$ , 其中林灌草面积均在不同程度的减少。整个绿洲呈现出荒漠化景象。

**林地** 额济纳绿洲的林地由两部分组成, 一是胡杨林和以胡杨为主、沙枣或怪柳为辅的河岸乔木林; 一是以稀疏老龄胡杨与密生怪柳或怪柳林组成的河岸灌木林。80 年代以来, 无论是乔木林还是灌木林, 都有不同程度的退化。根据路京选等人的研究<sup>[25]</sup>, 从 1987 年至 2001 年的 14 年时间里, 绿洲主体胡杨林的面积从  $579 \text{ km}^2$  减少到  $385 \text{ km}^2$ , 平均每年萎缩近  $14 \text{ km}^2$ 。在高、中、低覆盖度的胡杨林面积中, 高覆盖度胡杨林面积减少最快, 平均每年萎缩近  $8 \text{ km}^2$ 。灌木林面积从  $1983 \text{ km}^2$  减少到  $1643 \text{ km}^2$ , 平均每年萎缩超过  $24 \text{ km}^2$ 。除中覆盖度灌木林面积平均每年增加  $1 \text{ km}^2$  外, 高、低覆盖度灌木林面积都在减少, 尤其是高覆盖度灌木林面积平均每年萎缩超过  $23 \text{ km}^2$ 。实际上, 中覆盖度灌木林面积的增加也主要是因为高覆盖度灌木林面积的退化所致。

**草地** 80 年代以来, 绿洲草地面积从  $773 \text{ km}^2$  减少到  $651 \text{ km}^2$ , 平均每年萎缩近  $9 \text{ km}^2$ 。除中覆盖度草地面积平均每年增加近  $1 \text{ km}^2$  外, 高、低覆盖度草地面积都在减少, 尤其是低覆盖度草地面积平均每年萎缩超过  $8 \text{ km}^2$ <sup>[25]</sup>。

**水域系统** 80 年代以来, 额济纳绿洲水域面积的变化是最为显著的。其水域主要包括湖泊与河道。额济纳绿洲在狼心山分为东西两个较大的支流后, 又进而分解成 19 条支流散布于绿洲中。这些河流都是季节性河流, 在每年洪水期或在冬季有径流, 其它时间都是干枯的河床, 80 年代以后, 逐渐演变成沙尘暴源地。1982 年有大小湖泊 7 个, 其中东河的尾间湖, 水域面积为  $99 \text{ hm}^2$ , 其他湖泊面积  $68.4 \text{ hm}^2$ , 在以后的近

20 年中, 大小湖泊先后完全干涸, 湖泊的底部, 成为盐碱化的沙地, 湖泊边缘变成流动沙地。据曹宇等人的研究<sup>[26]</sup>, 绿洲的水域面积从 1987 年的 2661.84  $\text{hm}^2$  骤减到 2001 年的 194.85  $\text{hm}^2$ , 平均以每年 6.62% 的速率在减少。

**未利用土地** 难以利用土地类型变化可以直接揭示区域生态环境状况及其演变方向, 其增量是土地严重退化的表现形式。上个世纪 80 年代以来, 额济纳绿洲的难以利用的土地面积持续增加。其中, 戈壁滩增加的速率相对较为缓慢, 但由于其面积基数最大, 因此, 即使其发生稍许变化也将会出现较大的面积变化。从 80 年代中期开始, 戈壁滩在近 15 年的时间里, 共增加面积为 9720.36  $\text{hm}^2$ , 较 1987 年的面积相比增加了 0.77%, 平均以每年 0.06%、753.45  $\text{hm}^2$  的速度在增加; 与戈壁滩相较, 流动沙丘的变化则较为显著, 15 年间其面积共增加 6949.44  $\text{hm}^2$ , 增加了 60.74%, 平均每年以 4.34%、496.59  $\text{hm}^2$  的速度在增加。此外, 盐碱化土地也在不断缩小, 80 年代以来, 累计减少了 69.9  $\text{hm}^2$ , 主要是因为原有的盐碱化土地经过近 20 年的自然作用已经演变成了风蚀沙地<sup>[27]</sup>。

### 2.1.2 调水前额济纳绿洲生态环境状况

额济纳绿洲的生态环境的形成中, 人为因素是主导性因素, 其中, 又以人类对水资源的过量开发与利用不合理影响最大, 因此, 水资源短缺是造成绿洲生态危机最关键的原因<sup>[28]</sup>。

**水资源状况恶化** 河水来量的减少, 使额济纳大部分河流、湖泊干枯的同时, 更导致地下水的补给严重不足, 绿洲地下水位大面积下降。沿河 3 个苏木地下水位从 1988 年~1993 年 5 年间平均下降 1.11m, 年均下降 22 cm<sup>[29]</sup>。沿河区的 1548 眼水井约有 60% 供水不足, 10% 干涸; 地下水位的持续下降使水质逐渐恶化。地下水矿化度普遍增高至 1g/L~3g/L, 造成人畜饮水困难。

**土地沙漠化加剧 沙害猖獗** 随着河水断流和地下水位的下降, 沿河植被大面积枯萎和死亡, 裸露土壤遭受风蚀, 演变为沙化土地。自 20 世纪 60 年代起, 绿洲约 34.9 万  $\text{hm}^2$  水域、草场和林地变为沙地, 平均每年发展速度为 1.05 万  $\text{hm}^2$ , 且沙化势头不断加剧。绿洲内风期长达 5~6 个月, 8 级以上大风 12~52d, 沙尘暴日数 8~12 天<sup>[30]</sup>。从 1993 年开始, 额济纳绿洲已连续 8 年遭受沙尘暴袭击, 使额济纳绿洲遭受了巨大的经济损失, 频繁发生的沙尘暴严重影响了国民经济的可持续发展, 而且也

危及到周边地区的环境整治和经济发展。

**植被退化 生物多样性减少** 水资源条件的改变,使绿洲内的生态环境急剧恶化,荒漠化过程加强,以沙漠化过程代替绿洲化过程。天然植被大面积退化。与 20 世纪 50 年代相比,胡杨、沙枣林的面积减少了 54.6%,红柳林减少了 33%,年均递减速度为  $2600 \text{ hm}^2$ 。荒漠草场的产草量也下降了 43%,植被覆盖度降低了 30%—80%,可食牧草由 200 余种减少到目前的 80 多种,优良牧草由 130 多种下降为 20 多种。额济纳东西河两岸三角洲上天然生长的乔灌木三层结构演化为二层、单层结构,甚至于干枯死亡。

**超载放牧 草场严重退化** 草场载畜量远远超过草场承受能力,使草场资源的更新复壮困难,草场严重退化。主要表现为草场资源低劣,可利用草场面积和优良牧草面积大幅度减少,劣质草、毒草面积和数量不断增加,植被覆盖度平均在 15%以下,生物产量下降,平均鲜草产量不足  $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

**水资源浪费严重** 水是干旱地区最敏感的问题,水源不足或水资源利用不当都会引起生态问题。额济纳绿洲的水资源现状,一方面是水资源严重不足,另一方面是灌溉水利用率低而且浪费严重。无衬砌的沙质渠道渗漏,造成绿洲灌溉水利用系数一般在 0.3 左右,而传统的漫灌、串灌、无水不灌、来水猛灌等灌溉方式或用水方式,毛灌溉定额高达  $12000 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \sim 18000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,有限的水资源被严重浪费<sup>[31]</sup>。

## 2.2 额济纳绿洲生态环境恶化的原因

干旱地区的生态系统可分为平原绿洲生态亚系统和绿洲以外的荒漠生态亚系统,而这两个亚系统又与形成径流的山地生态亚系统一起构成更高一级的干旱内陆河流域功能完整的生态系统。系统中任何一部分的退化或逆转,均与其它子系统乃至整个系统的演化密切相关。因此,额济纳绿洲生态环境的恶化是与整个黑河流域的开发和演变相联系的。从成因看,既有自然因素,也有不合理的人为因素,而且不合理的人为因素是主要的<sup>[32]</sup>。

### 2.2.1 黑河下泄水量减少

整个额济纳绿洲都主要靠黑河水的滋养。但是,随着黑河中游河西走廊社会经济的迅猛发展,水资源开发程度逐步提高,用水量急剧增加,下泄水量逐年减少。黑河干流中游的张掖、临泽和高台三县(市)的灌溉面积由 50 年代初期的  $5.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$  增

加到 90 年代的  $18.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 并先后建成了一大批“蓄、引、提”水利工程, 截断了其它各支流与黑河干流的直接水力联系<sup>[33]</sup>, 80 年代后期在黑河干流上建成的草滩庄引水枢纽工程, 更加强了对地表径流的控制, 不仅加剧了中下游的水资源矛盾, 而且也使中游内部(张掖、临泽和高台)的水资源矛盾日渐突出。

表 2-1 黑河下游 20 世纪不同年代平均径流量变化 (单位: 亿  $\text{m}^3$ )

| 时期 (年代) | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|---------|------|------|------|------|------|
| 正义峡断面   | 11.9 | 10.4 | 10.9 | 9.38 | 6.91 |
| 狼心山断面   | 7.67 | 6.34 | 6.37 | 6.31 | 3.47 |

从通过黑河正义峡断面的径流量来看(表 2-1), 下泄水量逐年减少, 50 年代为  $11.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 60 年代为  $10.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 70 年代略有回升, 为  $10.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 80 年代又下降为  $9.38 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 90 年代更是下降到  $6.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。同时, 黑河下游上段的鼎新灌区和湖西新村一带的用水量也逐渐增加, 致使进入额济纳绿洲的水量大大减少, 50 年代为  $5.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 60 年代为  $4.15 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 70 年代为  $4.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。80 年代以来, 尤其是近 5 年, 黑河下泄水量减少幅度显著增大, 进入额济纳旗的水量年平均仅 3.05 亿  $\text{m}^3$ , 1992 年为 1.83 亿  $\text{m}^3$ , 2000 年水量最小, 仅为 1.80 亿  $\text{m}^3$ 。下泄水量的减少, 也同时改变了下游河段的水文状况, 削减了洪水期的次洪总量, 河道断流期加长<sup>[34]</sup>。加之年内来水主要集中在 7-8 月和 11 月至翌年 3 月, 2000 年, 河道断流达 200 天。使下游额济纳绿洲因水资源匮乏而加剧了区域的资源、环境、人口和发展之间的矛盾<sup>[35]</sup>。

### 2.2.2 区内人口和牲畜压力过大

额济纳旗的人口由 1949 年的 0.23 万人增至 1993 年的 1.5 万人, 牲畜由 2.9 万头(只)增至 16 万头(只)(折 40 万个羊单位), 分别增长 6 倍和 4 倍, 造成广大草场、林地的过度放牧、过度樵采和过度用水。每年冬春季草场放牧强度急剧增大, 牲畜的践踏范围和频度迅速增加, 破坏了草场植被和土层, 风蚀风积加剧, 造成草场沙漠化。而且在人口密度较大的地区, 滥樵活动也十分严重。植被的破坏, 致使固定沙丘演变为半流动、流动沙地, 沙漠化急剧扩张。同时, 来自区外对植被的破坏, 也是一个不可忽视的重要因素。例如, 每年有大量来自区外的农民到此挖药材(甘草、苁蓉等)、

楼发菜, 不仅导致植被破坏形成流沙再起, 而且还常常酿成民事纠纷。

### 2.2.3 气候变化

自 19 世纪末“小冰期”结束以来, 全球变暖, 气温波动上升<sup>[36]</sup>。近几十年来西北地区有明显的干旱化趋势, 而且这种趋势在未来短期内将不会改变<sup>[37]</sup>。额济纳绿洲本身就地处极端干旱的温带荒漠区, 该地区多风少雨, 蒸发强烈, 日照充足, 光热资源丰富。从本区及周围地区的 6 个气象台站的观测资料统计, 年平均气温自 60 年代至 80 年代是普遍上升的, 其上升值约 0.5~1.4℃。额济纳绿洲降水稀少, 多年平均降水量为 37.9 ~49.3mm, 而据气象部门的观测资料统计, 年平均降水量还在直线或波动式减少, 如拐子湖降水 80 年代分别比 60 年代和 70 年代减少近 20 mm 和 15mm。但是, 额济纳地区年蒸发量大, 多年平均蒸发量 3749~4123mm, 为降水量的 79-109 倍, 干燥度 13.7。春季平均风速 4.8m/s, 冬季平均风速 4.0m/s, 多西风或西北风。年平均 8 级以上大风日数 12~52 天, 平均沙尘暴日数 21 天。气温日渐增高, 降水量又有所减少, 大风扬沙天气频发, 也使得额济纳绿洲的生态环境不断恶化。

绿洲生态环境不断趋于恶化, 出现了严重的生态危机, 致使当地人民面临生存困境, 无法安居乐业。同时, 为了生产和生活, 黑河中、下游地区之间争水现象时有发生, 影响了区域间和民族间的团结, 使社会不稳定因素增多。绿洲社会经济系统熵值升高, 导致额济纳绿洲趋于衰亡, 生态屏障功能丧失, 西北、华北等临近地区的生态环境受到极大的影响, 也威胁到我国国防的巩固, 民族的团结和国家的安全<sup>[38]</sup>。

## 3 调水措施及调水后额济纳绿洲生态环境变化分析

### 3.1 实施黑河干流分水, 实现流域综合治理

综合考察影响额济纳绿洲生态环境变化的因素, 各种自然的、社会的因素都在相互制约、相互渗透, 共同影响着绿洲的兴衰, 但是最核心的一个问题, 还是水资源的问题。也就是说, 水资源的动态变化制约着额济纳绿洲生态环境的变化。总的来说, 从额济纳河干流看, 来水量减少→地下水位下降→地表植被衰退→荒漠化过程加强。另一方面来说, 一定的来水量维持一定的绿洲面积, 在水量能满足生态环境用水的阈值内, 生态环境就会相对稳定, 系统的生产力相对就高<sup>[39]</sup>。所以, 近几年额济纳绿洲

生态环境治理的措施正是着眼于一个“水”字，主要是通过中游大规模的节水改造工程和强制性的跨省际分水，确保一定的水量进入下游绿洲。

### 3.1.1 黑河干流分水方案

为了拯救黑河流域日益恶化的生态环境，恢复额济纳荒漠绿洲，1992年12月，国家计委以“计国地2533号”文对黑河水资源分配方案批复如下：“在近期，当莺落峡多年平均河川径流量为15.8亿立方米时，正义峡下泄水量9.5亿立方米，其中分配给鼎新片毛水量0.9亿立方米，东风场毛水量0.6亿立方米。远期要采取多种节水措施，力争正义峡下泄10亿立方米。”这就是“九二方案”。

1997年，在上述“九二”分水方案的基础上，水利部又编制了《现状工程条件下黑河干流(含梨园河)水量分配方案》。1997年12月，经国务院审批，水利部转发了《黑河干流水量分配方案》(水政资[1997]496号)，即“在莺落峡多年平均来水15.8亿立方米时，分配正义峡下泄水量9.5亿立方米；莺落峡25%保证率来水17.1亿立方米时，分配正义峡下泄水量10.9亿立方米。对于枯水年，其水量分配兼顾两省(自治区)的用水要求，也考虑了甘肃省的节水力度，提出莺落峡75%保证率来水14.2亿立方米时，正义峡下泄水量7.6亿立方米；莺落峡90%保证率来水12.9亿立方米时，正义峡下泄水量6.3亿立方米。其它保证率来水时，分配正义峡下泄水量按以上保证率水量直线内插求得。”[九七方案]<sup>[40]</sup>。与此同时，水利部黄委会成立了“黑河流域管理局<sup>[41]</sup>”，负责黑河流域水资源的统一管理和向下游的输水任务。

2000年6月，中华人民共和国水利部依据“九二方案”和“九七方案”，按分步实施，逐步到位的原则，制定颁布了《黑河干流年度水量实时调度方案》(水利部水资源[2000]221号)。年度分水采用平行线原则，即当年度分水方案中莺落峡不同保证率来水时，相应正义峡下泄指标的年度分水线向下平移，作为逐步到位情况下的某年分水线。

### 3.1.2 黑河调水工程实施概况

2000年8月，黑河管理局向下游调水6.5亿 $\text{m}^3$ ，黑河分水方案第一次得到实施。2001年，尽管黑河流域遭遇历史上罕见的大旱，但仍然向下游输水8.3亿 $\text{m}^3$ 。但是，由于河床异常干燥，地下水位很低。正义峡至居延海河道长330多km，大部分河段穿行于戈壁地区，河道输水蒸发渗漏相当严重，2000-2001年度，正义峡断面下泄水量

分别为 6.47 亿  $\text{m}^3$  和 6.38 亿  $\text{m}^3$ 。狼心山来水 2.8 亿  $\text{m}^3$  和 2.56 亿  $\text{m}^3$ 。除鼎新地区和东风航天城引用, 每年蒸发渗漏损失约 3.0 亿  $\text{m}^3$  左右。

2000、2001 年的黑河水在到达居延海之前, 就消失在茫茫的河床之中。为增加生态用水, 黄委会黑河流域管理局于 2001 年 8 月 30 日采取“全线闭口, 集中下泄”的措施, 给下游额济纳绿洲调水, 正义峡断面过水 22112.4 万  $\text{m}^3$ , 哨马营来水 12391 万  $\text{m}^3$ , 损失占 43.96%, 狼心山来水 7841.4 万  $\text{m}^3$ , 损失占 64.54%<sup>[42]</sup>。

2001~2002 年度, 关键调度期实施了 3 次“全线闭口, 集中下泄”措施, 累计 57 天, 正义峡断面下泄水量 9.23 亿立方米。2002 年 7 月 17 日 17 时, 首次将调度的黑河水送达干涸 10 年的黑河尾闾——东居延海, 并在 9 月 22 日再次输水进入东居延海。<sup>[43]</sup> 2002~2003 年度, 中游地区实施了 3 次“全线闭口, 集中下泄”措施, 累计 67 天, 正义峡断面下泄水量 11.61 亿  $\text{m}^3$ , 实现了在莺落峡多年平均来水 15.8 亿  $\text{m}^3$  条件下, 正义峡下泄 9.5 亿  $\text{m}^3$  的目标任务, 按期完成了国务院确定的分水方案, 连续第二年两次调水进入东居延海, 并于 9 月 24 日 16 时 28 分, 首次调水入干涸 43 年之久的西居延海, 累计入湖水量约 2723 万  $\text{m}^3$ 。调水中, 当狼心山断流量为 30  $\text{m}^3/\text{s}$  时, 流至下游胡杨林核心区水量减少 10-15  $\text{m}^3/\text{s}$ 。所以额济纳旗政府规定, 当狼心山来水流量小于 20  $\text{m}^3/\text{s}$  时, 东西河不分流, 集中在 1 条河道输送。

2003~2004 年度, 中游地区实施了 3 次“全线闭口, 集中下泄”措施, 正义峡断面下泄水量 8.55 亿  $\text{m}^3$ , 两次送水进入东居延海, 实现了“两个确保”的调度目标。

2005 年, 从 7 月 17 日~7 月 28 日, 黑河管理局和沿河省(区)共向东居延海调入水量 1180 万  $\text{m}^3$ , 使当前蓄水量达到 2020 万  $\text{m}^3$ , 形成湖面面积 27 平方公里<sup>[44]</sup>。截止 2006 年 11 月 10 日, 莺落峡水文站断面实测来水量 17.89 亿立方米, 较历年均值偏多 13.2%; 正义峡断面实测下泄水量 11.45 亿立方米, 比多年均值偏多 20.5%; 哨马营断面、狼心山断面实测下泄水量分别为 7.23 亿  $\text{m}^3$  和 6.14 亿  $\text{m}^3$ , 较 2005 年度分别偏多 1.17 亿  $\text{m}^3$  和 1.24 亿  $\text{m}^3$ ; 东居延海水面面积约 37.8 平方公里, 蓄水量为 4390 万  $\text{m}^3$ 。基本满足了下游用水需要, 为沿河生态环境的良性维持注入了必要的水量。

结合分水计划, 额济纳绿洲所在的额济纳旗政府大力实施绿洲生态保护与抢救工程, 对胡杨、红柳、梭梭等采取围栏封育措施, 并在绿洲外围进行人工造林, 尽量减少风沙侵扰, 同时相应建设了大型分水枢纽等配套灌溉工程, 加快了额济纳绿洲生态

环境的改善。

连续 6 年向额济纳绿洲调水，累计调水 26.31 亿多立方米，补充东、西居延海水源，下游生态恶化趋势基本得到遏制。

3.2 调水后额济纳绿洲土地利用类型的空间格局变化

3.2.1 2002-2006 年额济纳绿洲土地利用面积变化

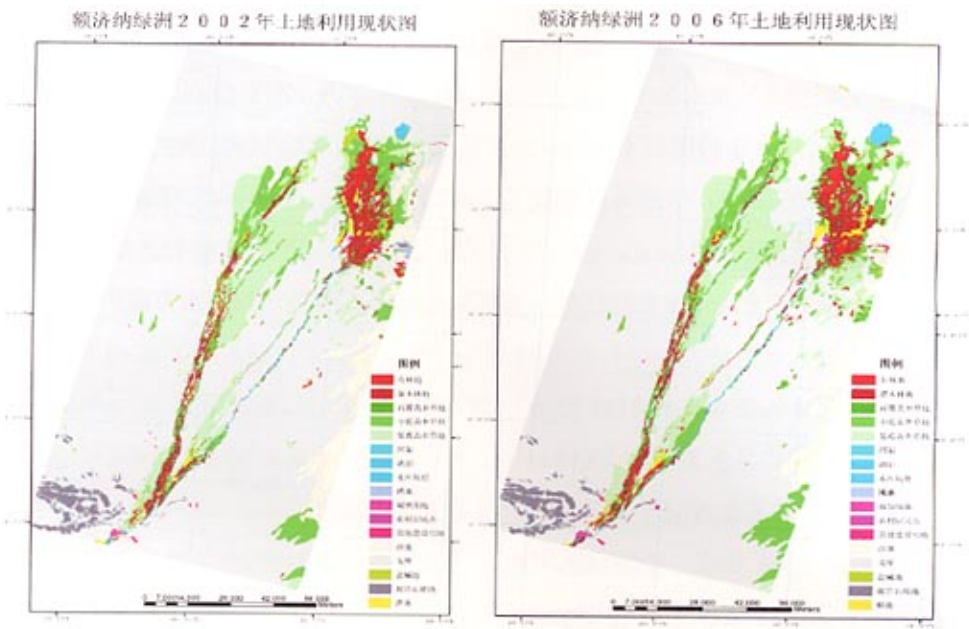


图 3-1 2002 年、2006 年额济纳绿洲土地利用现状图

表 3-1. 绿洲土地利用面积变化遥感调查结果统计表 (面积单位:  $\text{hm}^2$ )

| 类型      | 2002 年     | 2006 年     | 面积增减      | 变化率 %  | 年均增减     |
|---------|------------|------------|-----------|--------|----------|
| 林地      | 100093.32  | 103219.23  | 3125.91   | 3.1    | 781.48   |
| 草地      | 244019.46  | 247801.00  | 3781.54   | 1.5    | 945.39   |
| 耕地      | 4493.18    | 5143.77    | 650.59    | 14.47  | 162.65   |
| 水域      | 9547.83    | 12015.20   | 2467.37   | 25.84  | 616.84   |
| 工矿、居民用地 | 1521.88    | 1704.73    | 182.85    | 12.01  | 45.71    |
| 未利用土地:  | 1290352.78 | 1280145.04 | -10207.74 | -0.77  | -2551.94 |
| 沙地      | 60230.34   | 52669.24   | -7561.10  | -12.55 | -1890.28 |
| 戈壁      | 1200961.70 | 1200555.35 | -406.35   | ——     | -101.58  |
| 盐碱地     | 8016.77    | 5776.48    | -2240.29  | 27.94  | -560.07  |
| 裸岩石砾地   | 21143.97   | 21143.97   | ——        | ——     | ——       |
| 合计      | 1650028.45 | 1650028.97 | ——        | ——     | ——       |

从表 3-1 可以看出：2002 年到 2006 年 4 年以来，除未利用土地以外，额济纳绿洲林地、草地、耕地及水域乃至工矿居民用地的面积都有不同程度的增加。

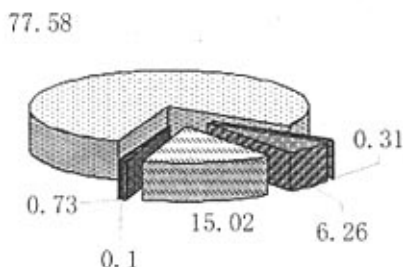


图 3-2 2006 年土地利用结构示意图

田 耕地      ■ 林地      □ 草地  
 ■ 水域      □ 居民用地      □ 未利用地

### 3.2.1.1 林地

表 3-2 2002-2006 年林地面积变化

| 类型   | 2002 年    | 2006 年    | 面积增减    | 年均增减   |
|------|-----------|-----------|---------|--------|
| 林地   | 100093.32 | 103219.23 | 3125.91 | 781.48 |
| 有林地  | 34654.50  | 35360.57  | 706.07  | 176.52 |
| 灌木林地 | 65438.82  | 67858.66  | 2419.84 | 604.96 |

从表 3-2 看出，林地增加了 3125.91  $\text{hm}^2$ ，年均增加 781.48  $\text{hm}^2$ 。其中，有林地面积增加了 706.07  $\text{hm}^2$ ，年均增加 176.52  $\text{hm}^2$ 。有林地中，以沙枣和柽柳植被恢复较快，而绿洲主体胡杨林的面积虽然也有所增加，但增速比较缓慢，因为胡杨树一旦枯死很难在短期内恢复。就目前情况来看，整个绿洲高覆盖度的胡杨林面积还在以每年近 500  $\text{hm}^2$  的速度退化，大部分退化为中覆盖度胡杨林，加之中覆盖度的胡杨林本身有所复苏，所以中覆盖度的胡杨林面积又以每年超过 500  $\text{hm}^2$  的速度增加。低覆盖度的胡杨林面积也在缓慢增加。所以，当务之急，必须首先遏止高覆盖度胡杨林的进一步萎缩并使其得到逐步恢复。灌木林地的面积增加了 2419.84  $\text{hm}^2$ ，年均增加 604.96  $\text{hm}^2$ 。其中，中低覆盖度灌木林面积有所减少，但高覆盖度灌木林面积却以每年 1100  $\text{hm}^2$  的速度增加。

### 3.2.1.2 草地

表 3-3 2002—2006 年草地面积变化

| 类型   | 2002 年    | 2006 年    | 面积增减    | 年均增减   |
|------|-----------|-----------|---------|--------|
| 草地   | 244019.46 | 247801.00 | 3781.54 | 945.39 |
| 高覆盖度 | 6553.40   | 7358.51   | 805.11  | 201.28 |
| 中覆盖度 | 83138.49  | 84921.67  | 1783.18 | 445.80 |
| 低覆盖度 | 154327.57 | 155530.82 | 1203.25 | 300.81 |

从表 3-3 看出, 草地增加了  $3781.54 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $945.39 \text{ hm}^2$ ; 经过连续几年的调水, 下游绿洲中高、中、低覆盖度的草地面积 2006 年比 2002 年均有一定程度的增加。其中, 高覆盖度草地面积增加了  $805.11 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $201.28 \text{ hm}^2$ ; 中覆盖度草地面积增加了  $1783.18 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $445.80 \text{ hm}^2$ ; 低覆盖度草地面积增加了  $1203.25 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $300.81 \text{ hm}^2$ 。尤其是中覆盖度草地面积增加较快。

### 3.2.1.3 耕地、水域以及工矿、居民用地

4 年间耕地增加了  $650.59 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $162.65 \text{ hm}^2$ , 主要是一些弃耕撂荒地随着用水条件的改善得以复耕。额济纳绿洲实行特殊的“草田轮作”。一般的草田轮作, 都是有计划地种草, 但是, 在额济纳绿洲, 有一些耕地, 有水了就用来耕作, 没水了就自然撂荒, 任野草自然生长。等条件合适了, 就继续耕种, 所以, 随着用水条件的改善, 耕地面积也有所增加。水域面积增加显著, 四年增加了  $2467.37 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $616.84 \text{ hm}^2$ 。这一方面体现了调水以后绿洲水域情况的改善, 同时也和本文选择的遥感时相有关, 考虑到该地区气候及植被、作物生长期的特点, 本文遥感时相均选择在区内植被生长最好的 7、8 月份, 也正好是刚调水之后, 所以水域的变化也和当时调水量的大小以及距前一次调水时间长短直接相关。但是, 总的来看, 水域面积还是在不断增加的。工矿、居民用地也在增加, 四年增加了  $182.85 \text{ hm}^2$ , 年均增加  $45.71 \text{ hm}^2$ 。

### 3.2.1.4 未利用土地

未利用土地面积从 2002 年的  $1290352.78 \text{ hm}^2$  减少到 2006 年的  $1280145.04 \text{ hm}^2$ , 净减少  $10207.74 \text{ hm}^2$ , 年均减少  $2551.94 \text{ hm}^2$ 。其中, 沙地的减少最为显著, 四年时间共减少了  $7561.10 \text{ hm}^2$ , 年均减少  $1890.28 \text{ hm}^2$ 。同时, 盐碱地的变化也较大, 四年间减少了  $2240.29 \text{ hm}^2$ , 年均减少  $560.07 \text{ hm}^2$ 。尤其是东居延海地区更为明显, 因为连续几年调水都重点集中在该区域, 2003 年也有部分水源进入西居延海, 但很快干涸, 西居延海的植被虽然也在逐渐恢复, 但是, 远不如东居延海及其沿河地区的植被恢复和发展得快。

从 2002 年到 2006 年额济纳绿洲调水以后的土地利用面积的变化情况看, 绿洲的植被覆盖状况已经得到改善, 水土流失、土地沙化的势头已经开始得到遏制。

### 3.2.2 2002-2006 年额济纳绿洲土地利用类型的转换

各土地覆盖/利用类型面积的增减, 虽然可以说明一定时期土地覆盖/利用的情况, 但却并不能完全清晰地反映出类型之间具体的转换情况, 所以, 本文在 GIS 的支持下, 通过对 2002 年和 2006 年两个时期的土地利用图进行空间叠加运算, 并在 Visval FoxPro 中进行数据处理, 求出这两个时期土地利用类型的转移矩阵, 以更进一步分析调水后额济纳绿洲的土地利用/覆被变化情况。同时, 为了更直观地显示绿洲土地利用类型的转移趋势, 本矩阵中特意将未利用土地细分为沙地、戈壁、盐碱地和裸岩石砾地。

表 3-4 2002-2006 年额济纳绿洲土地利用类型转移矩阵

单位: %

| 类型       | 耕地    | 林地    | 草地    | 水域    | 工矿居民用地 | 沙地    | 戈壁    | 盐碱地   | 裸岩石砾地 |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 耕地 A     | 97.53 | 0.28  | 1.02  | 0.86  | 0.00   | 0.17  | 0.00  | 0.14  | 0.00  |
| 林地 A     | 0.00  | 97.85 | 1.74  | 0.41  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 草地 A     | 0.18  | 1.14  | 97.81 | 0.69  | 0.03   | 0.12  | 0.00  | 0.03  | 0.00  |
| 水域 A     | 0.17  | 0.51  | 2.30  | 97.02 | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 工矿居民用地 A | 0.00  | 0.67  | 0.32  | 0.00  | 98.28  | 0.73  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 沙地 A     | 0.00  | 3.82  | 9.76  | 0.00  | 0.00   | 86.11 | 0.31  | 0.00  | 0.00  |
| 戈壁 A     | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.01   | 0.03  | 99.94 | 0.00  | 0.00  |
| 盐碱地 A    | 4.66  | 1.33  | 14.27 | 7.73  | 0.00   | 0.68  | 0.27  | 71.06 | 0.00  |
| 裸岩石砾地 A  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 100   |

注:  $A_{ij}$  表示 i 土地利用类型转化为 j 土地利用类型的面积占 i 类型总面积的比例。

表 3-4 可以看出, 额济纳绿洲调水以来, 荒漠化趋势已经开始得到遏制, 植被覆盖情况正逐步好转。虽然还有零星的耕地、草地转化为沙地和盐碱地, 但是转化率并不高。耕地只有 0.17% 转化为沙地, 0.14% 转化为盐碱地; 而草地也只有 0.12% 转化为沙地, 0.03% 转化为盐碱地, 而且转化的土地多集中于西河沿岸及西居延海地区。这也与连续几年调水采取的基本关闭西河, 只向东河放水的措施有关。而明显的是, 沙地和盐碱地的转化。沙地向林地的转化率达到 3.82%, 向草地的转化率高达 9.76%,

而向戈壁的转化率仅为 0.31%。盐碱地向耕地的转化率达 4.66%，向林地的转化率 1.33%，向水域的转化率为 7.73%，向草地的转化率高达 14.27%，而向沙地和戈壁的转化率仅为 0.68% 和 0.27%。戈壁的转化比较缓慢，但是也有 0.02% 转化为低覆盖度草地，虽然比率只有 0.02%，但是因为戈壁的面积基数大，因而转化的面积也不小。综上所述，调水以后额济纳绿洲的植被已经得到一定程度的修复，绿洲的生态环境正在逐步改善。

此外，从植被覆盖度变化的横向情况来看，在靠河床两岸越近的地方，草类和灌木类植被覆盖度向生态环境好转方向的变化越大，而离河床越远的地方向生态环境恶化方向的变化也越大。同时，从 2002 年和 2006 年两期影像解译图可以明显看出，东居延海地区，2002 年时一些分布较为零星分散的地类，到 2006 年时已经集中连片，出现了明显的整合趋势。但是，这种整合趋势在西居延海表现并不明显。因为连续几年调水都重点集中在东居延海，2005 年才第一次向西居延海输水，西居延海的植被虽然也在逐渐恢复，但是，远不如东居延海及东河地区的植被恢复和发展得快。

以上情况一方面说明调水的水资源量还很有限，另一方面也说明，只要黑河水能够到达的地方绿洲植被就能很快得到一定程度的修复，绿洲生态环境就会得到逐步改善。

### 3.3. 调水后绿洲的生态环境状况

黑河调水前近 20 年间，额济纳绿洲土地利用严重退化，究其根本原因，当归咎于 80 年代以来，黑河中、上游下泄地表径流量逐年锐减。根据黑河调水六年来土地利用的分析研究充分表明，额济纳绿洲土地退化、生态恶化的趋势已开始得到遏制，并进一步得到改善。真可谓衰也在水，兴也在水。黑河调水 6 年来，额济纳绿洲取得了一定的生态效益。

#### 3.3.1 水域面积增加，地下水水位上升，水质好转

随着黑河中、上游地表径流的连年输入，额济纳绿洲土地利用最显著的变化就是地表水域面积的增加。从 2002 年以来，四年时间增加了 2467.37  $\text{hm}^2$ ，在所有面积增加的土地类型中，水域的增加率是最高的，与 2002 年相比，增加的比率高达 25.84%。东居延海早在 1992 年就已经干涸，2002 年首次调水进入东居延海以来，其水面面积逐年增大。2006 年调水后，其水面面积达到 3780  $\text{hm}^2$ ，蓄水量为 4390 万立方米。随

着黑河水的连年调入,东居延海重新成为鱼类、鸟类和动物的家园,周边地区重现生机。随着地表水域面积的增加,地下水得到了有效补给,6年来,额济纳绿洲地下水位上升0.1米左右,地下水位下降趋势已得到一定程度的遏制,局部地区开始好转,水质恶化趋势有所缓解。

### 3.3.2 林地、草地面积以及物种多样性明显增加,植被覆盖度提高,绿洲化程度有所加强

绿洲调水以来,林地、草地面积均有明显增加。仅2002年到2006年四年间,林地就增加了 $3125.91\text{ hm}^2$ ,较2002年增加3.1%,年均增加 $781.48\text{ hm}^2$ 。草地增加了 $3781.54\text{ hm}^2$ ,较2002年增加1.5%,年均增加 $945.39\text{ hm}^2$ 。退化的草场已大面积恢复,牧草品种增多。据草原动态监测数据显示:额济纳河上游巴彦宝格德苏木靠近河岸的局部地区,2004年时植被覆盖度较2000年的40.6%就提高了18.3%,达到58.9%,植株高度平均增长4.63厘米,林下伴生物种由原先的苦豆子、芦苇、碱草、骆驼刺、盐爪爪等逐渐演替为甘草、芨芨草、沙拐枣等适口性优良牧草,每100平方米草场增加5种牧草,每百亩草场载畜量由6个羊单位增加到9.6个羊单位。沿河两岸约30万亩濒临枯死的胡杨、柽柳得到了抢救性保护,胡杨林面积由39万亩增加到44万亩,部分枯死多年的胡杨、红柳根部也吐出了幼苗;人工沙枣林比未灌溉前有明显改观。2006年,绿洲植被覆盖面积已从 $2720\text{ km}^2$ 提高到 $2795\text{ km}^2$ ,平均每年增加近 $15\text{ km}^2$ ,植被覆盖度提高28%,达到68%。绿洲化程度不断加强。随着植被覆盖度的增加,绿洲区的保水保土功能增强,每年减少土壤侵蚀量达7.73万吨,有力地保护了我国西北地区这一重要生态屏障。

### 3.3.3 土地沙化开始得到遏制,盐碱化程度降低,荒漠化趋势明显减弱

实施黑河调水前,额济纳绿洲土地荒漠化程度不断加剧,沙害猖獗,成为我国沙尘暴的重要策源地之一。调水以来,尤其是2002年到2006年4年来,土地沙化的趋势已开始得到遏制,沙尘暴发生频率也有所减少。沙地面积从2002年的 $60230.34\text{ hm}^2$ 减少到2006年的 $52669.24\text{ hm}^2$ ,较2002年减少了12.55%,年均减少 $1890.28\text{ hm}^2$ 。盐碱地面积从2002年的 $8016.77\text{ hm}^2$ 减少到2006年的 $5776.48\text{ hm}^2$ ,较2002年减少了27.94%,年均减少 $560.07\text{ hm}^2$ 。减少的沙地和盐碱地多转化为林地和草地。沙地面积的9.76%转化为草地,3.82%转化为林地,而只有0.31%转化为戈壁。盐碱地中有14.27%转化为草地,1.33%转化为林地,另有4.66%转化为耕地,7.73%转化为水

域,只有 0.68%转化为沙地,0.27%转化为戈壁。额济纳绿洲土地荒漠化趋势明显减弱。

### 3.3.4 农牧民生存环境得到进一步改善,生态难民问题基本解决

黑河调水之前,由于生态环境的不断恶化,额济纳绿洲大量农牧民陷入生存困境,成为生态难民。为抢救濒危绿洲、解决难民问题,在上级政府的大力支持下,2001年,额济纳旗政府启动了“绿洲抢救与生态保护移民安置工程”<sup>[26]</sup>,将分布于已严重退化的胡杨林、红柳林区中的农牧民 1500 人及其牲畜 10 万头只全部搬迁出来,重新安置,并鼓励和引导迁出农牧民改变传统放牧方式,发展舍饲养殖,调整产业结构,帮助农牧民走上致富之路。随着连续六年的调水,绿洲的生态环境明显改善,大量撂荒地复耕,使耕地面积增加,草场也已大面积恢复,牧草品种增多,林地面积也在不断增加,农牧民生存环境进一步好转,经济收入逐年提高,2003 年人均纯收入 3348 元,比 2002 年增加 30%以上,2005 年人均纯收入达 4444 元,比 2002 年增加 72.5%<sup>[45]</sup>。

表 3-5 胡杨林保护区搬迁移民调查结果

| 内 容 |          | 2001 年 | 2002 年 | 2003 年 | 合计     |
|-----|----------|--------|--------|--------|--------|
| 移 民 | 户数       | 166    | 199    | 149    | 514    |
|     | 人数       | 507    | 547    | 448    | 1502   |
| 牲 畜 | 绵羊(只)    | 3986   | 3018   | 1440   | 8444   |
|     | 山羊(只)    | 25216  | 22198  | 9086   | 56500  |
|     | 骆驼(峰)    | 1791   | 1771   | 1899   | 5461   |
|     | 合计(绵羊单位) | 41739  | 37613  | 23819  | 103171 |

注:据<sup>[46]</sup>整理

## 4 额济纳绿洲调水后的生态效应评价

### 4.1 生态结构合理性评价

景观格局与过程是景观生态学研究的核心内容,土地利用/覆被变化的生态环境效应研究即属于景观生态学的格局与过程研究范畴。土地利用/覆被变化着重探讨景观格局的度量变化,生态效应则侧重于评价景观生态系统的功能变化,属景观过程研究。而景观格局分析中的多样性、破碎度、聚集度等景观指数,可在一定程度上从空间格局反映景观功能的变化。景观生态学非常重视空间结构与生态过程的相互作用,

强调时空的异质性；同时也注重大尺度上人类活动对生态系统的影响。因此，景观生态学的理论和方法越来越广泛地应用于土地利用、自然资源管理等方面。

#### 4.1.1 景观格局分析中数量化指标的选用

定量表述景观特征的指数很多，本文选取常用、有代表性，能反映景观变化全貌并对本文研究有一定实用价值的指标和景观格局指数对额济纳绿洲调水前后的景观变化情况进行分析。具体指标如下<sup>[47-49]</sup>：

##### [1] 景观结构变化指数

主要选用面积比重、平均斑块面积、斑块数量等对额济纳绿洲的景观结构变化情况进行分析。斑块面积即景观要素的大小，它可以直接反映景观要素的规模，面积的增减，是景观动态的直接反映。本文采用平均斑块面积来反映景观结构的变化，其表达式为：

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_j}{n} \quad \text{式 (4-1)}$$

式中：  $A_i$  ——是  $i$  种景观要素的平均斑块面积；

$a_j$  ——是  $i$  种景观要素的个体斑块面积；

$n$  ——为  $i$  种景观要素的斑块总数。

##### [2] 景观多样性指数

景观多样性指数 ( $H$ ) 反映景观要素的多少及各景观要素所占比例的变化。当景观由单要素构成时，景观是匀质的，其多样性指数为 0；由两个以上要素构成的景观，当各景观类型所占比例相等时，其景观多样性最高；各景观类型所占比例差异增大，则景观的多样性下降，其计算是基于 Shannon-Weaner 指数，公式如下：

$$H = - \sum_{i=1}^m [p(i) \times \log_2(p_i)] \quad \text{式 (4-2)}$$

式中：  $p_i$  ——是第  $i$  类嵌块体占景观总面积的比例；

$m$  ——是研究区景观嵌块体的类型总数；

$H$  ——为多样性指数，其值越大，表示景观的多样性越大。

### [3] 优势度指数

优势度 (D) 主要描述景观由少数几个主要的景观要素控制的程度。该值越大, 则说明景观中某一要素或少数要素占优势; 该值越小, 则表示景观中各景观要素所占比例大致相当; 当 D 为零时, 表示景观中各景观要素所占比例相等, 景观完全均质。其计算公式如下:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m [p(i) \times \log_2(p_i)] \quad \text{式 (4-3)}$$

式中:  $p_i$ ,  $m$ ——的定义同多样性指数;

$H_{\max}$ ——为最大多样性指数,  $H_{\max} = \log_2^{(m)}$

### [4] 破碎度指数

景观破碎度是指景观被分割的破碎程度, 景观破碎度与自然资源保护密切相关, 许多生物种要求有一定面积的生境才能生存下去。同时, 景观破碎度指数在一定程度上可以反映人类活动对景观格局的影响。本文采用嵌块体数目破碎化指数 ( $F_N$ ) (傅伯杰, 1995; 王宪礼等, 1996)<sup>[49]</sup>来描述额济纳绿洲景观格局的破碎度, 其表达式为:

$$F_N = (N_p - 1) / N_c \quad \text{式 (4-4)}$$

式中:  $N_p$ ——表示景观中各类嵌块体的总数;

$N_c$ ——表示景观数据矩阵方格网中栅格的总数;

$F_N$ ——为景观嵌块体破碎化指数, 其值越大, 景观的破碎化程度越大。

但是, 本计算中采用了王宪礼等的改进公式, 即  $N_c$  不再采用方格网中格子总数, 而是用研究区最小的嵌块体面积去除总面积, 也就是用最小嵌块体面积作为每一网格的大小, 从而可以减少由于尺度不同而造成的数据变化。其中最小嵌块体被视为正方形<sup>[47]</sup>。

#### 4.1.2 景观结构变化分析

从各种景观类型的面积比重、斑块数量及平均斑块面积 (表 4-1) 可以看出, 额济纳绿洲各种景观类型的结构变化各具特点, 主要表现为:

[1] 耕地景观结构变化。耕地景观的面积比重和斑块数量都有所增加, 其中面积比重由 2002 年的 0.27% 增加到 2006 年的 0.31%, 斑块数量由 2002 年的 147 块增加到 2006

年的 173 块,表明随着调水工程的实施,额济纳绿洲的水资源状况逐步好转,部分弃耕撂荒地复耕;但是,平均斑块面积整体上却呈减少趋势,由 2002 年的  $30.56 \text{ hm}^2$  减少到 2006 年的  $29.73 \text{ hm}^2$ ;说明复耕的土地分布相对较为零散。

表 4-1 2002-2006 年额济纳绿洲景观结构指数

| 年份   | 结构指数                     | 耕地    | 林地    | 草地    | 水域    | 居民工<br>矿地 | 未利<br>用地 | 总体     |
|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------|--------|
| 2002 | 面积比重 (%)                 | 0.27  | 6.07  | 14.79 | 0.58  | 0.09      | 78.20    | 100.0  |
|      | 平均斑块面积 ( $\text{hm}^2$ ) | 30.56 | 46.57 | 66.47 | 36.16 | 20.02     | 1396.49  | 228.18 |
|      | 斑块数量 (块)                 | 147   | 2149  | 3671  | 264   | 76        | 924      | 7231   |
| 2006 | 面积比重 (%)                 | 0.31  | 6.26  | 15.02 | 0.73  | 0.10      | 77.58    | 100.0  |
|      | 平均斑块面积 ( $\text{hm}^2$ ) | 29.73 | 47.69 | 70.31 | 42.75 | 19.15     | 1449.76  | 231.94 |
|      | 斑块数量 (块)                 | 173   | 2164  | 3524  | 281   | 89        | 883      | 7114   |

[2] 林地景观结构变化。林地景观在研究时段内的面积比重、斑块数量整体上均呈上升趋势,平均斑块面积也略有增加。林地景观结构的变化,说明随着用水条件的改善,加之当地政府采取了封围育林、人工造林等种种措施,使额济纳绿洲的林地面积逐渐增加,而一些林地面积的增加,使原来相邻的图斑得以连通,从而使总面积增加的同时,平均斑块面积也有所增加。

[3] 草地景观结构变化。草地的面积比重和平均斑块面积都呈增加趋势,面积比重由 2002 年的 14.79% 增加到 2006 年的 15.02%, 平均斑块面积由 2002 年的  $66.47 \text{ hm}^2$  增加到 2006 年的  $70.31 \text{ hm}^2$ , 但是,草地的斑块数量却明显减少,由 2002 年的 3671 块减少到 2006 年的 3524 块,表明其草地面积在逐渐向集中连片方向发展,聚集度不断提高,破碎度降低。

[4] 未利用土地景观结构变化。与林地、草地的增加相对应,未利用土地的面积比重呈逐渐降低的趋势,斑块数量减少,说明部分未利用土地被逐渐转化为其它类型。但是,因为额济纳戈壁、裸岩等未利用土地占到总面积的四分之三还多,而且,基本都是集中连片的,所以,斑块数量虽然减少了,但平均斑块面积却并未减少,相反还有所增加。

[5] 水域景观结构变化。水域的面积比重、斑块数量和平均斑块面积都有所增加,非常直观地说明调水以后额济纳绿洲的水资源状况已经改观,额济纳绿洲的用水条件得到了进一步的改善。

[6] 居民工矿用地景观结构变化。居民工矿用地的平均斑块面积、面积比重和斑块数量变化不大，对区域景观结构的影响不大。

[7] 通过以上分析得知，在研究时段内额济纳绿洲景观结构发生了很大变化，主要表现为：未利用土地的面积比重减少，林地和草地的面积比重相应增加；耕地的平均斑块面积减少，但面积比重却有所增加；林地和草地的平均斑块面积整体提高，尤其草地集中成片的趋势明显；水域的面积比重、斑块数量和平均斑块面积均有增加；居民工矿用地的景观结构变化不大。

#### 4.1.3 景观异质性分析

从表 4-2 可以看出，额济纳绿洲景观多样性程度较低，在研究时段内呈持续下降趋势，但是下降幅度不大，由 2002 年的 0.927 下降到 2006 年的 0.921，表明景观整体结构逐步在向非均衡化的方向发展，景观内各组分所占比例差异在增大。这是研究区内未利用土地面积的减少以及草地、林地和水域面积的相应增加而导致的结果，本来一直占有较大比重的林、草地，在生态环境保护和调水工程实施的基础上又增加了一定的比例。与景观多样性指数不同，优势度指数与其正好相反呈持续上升趋势，由 2002 年的 1.473 提高到 2006 年的 1.481，表明研究区内呈现个别景观类型占优势的状况越来越明显。额济纳绿洲的景观嵌块体数目整体破碎化程度呈下降趋势（表 5-2）。表明额济纳土地利用类型的斑块数在减少，景观逐渐向连续、合理的方向发展，人类的生存环境逐渐转好，对自然环境的保护程度已超过了其破坏程度。

表 4-2 2002-2006 年景观类型格局指数

| 景观整体格局指数 | 2002 年 | 2006 年 | 变化幅度   |
|----------|--------|--------|--------|
| 景观多样性    | 0.927  | 0.921  | -0.006 |
| 景观优势度    | 1.473  | 1.481  | 0.008  |
| 景观破碎度    | 0.0943 | 0.0882 | -0.006 |

## 4.2 调水后生态效应的总体评价

经过以上分析后得知，调水后额济纳绿洲生态结构逐渐趋于合理，整体生态环境状况逐步好转，主要表现为：

[1] 生境质量逐渐提高。同 2002 年相比，2006 年斑块数量减少了 117 块，呈现出斑

块破碎化降低的趋势。斑块破碎化的降低、平均斑块面积的增加使总的生境面积增加,从而使斑块内部生境得到补充,受外部侵袭干扰的程度降低,提高了物种抵抗灾害的能力。另一方面,斑块破碎化的降低使得生境斑块之间的隔离程度降低,有利于生物物种的扩散。

[2] 土地退化情况开始得到缓解。未利用土地类型面积逐年减少,部分沙地和盐碱地得到改良,土地荒漠化趋势明显减弱;林地、草地面积明显增加,植被覆盖度提高,绿洲化程度加强。

[3] 生态系统组分逐渐合理化。占有极大比重的未利用地在逐渐降低,而林地和草地面积比重持续增加,同时,水域面积也在不断增加,相应的地下水位也逐渐上升,整个生态系统景观组分逐渐向合理化方向发展。同时,生态效益的提高也带来了一定的经济和社会效益,如:改善区域生态环境,提高了群众生活质量;改善了生存条件等。

总的来看,不难看出,在流域综合治理和人工强制性跨省际调水之前的 80-90 年代,额济纳绿洲的萎缩退化速度很快,绿洲面临的环境压力巨大。自 2000 年上下游开始实行分水和 2001 年全流域综合治理以后,经过连续六年的调水,黑河下游额济纳天然绿洲萎缩和生态退化的趋势已经得到了一定程度的遏制,土地利用开始向良性化方向发展,生态环境得到了一些改善,绿洲修复效果较为明显。尽管绿洲恢复的速度还很有限,但毕竟已经开始朝着逐步改善的方向发展。因此,目前面临的主要任务就是如何确保黑河下游绿洲生态环境继续改善,实现绿洲的可持续发展。

## 5 实现绿洲可持续发展的对策和保护措施

### 5.1 目前仍然存在的问题

连续几年调水,使额济纳绿洲的土地利用、生态环境已开始向着良性的方向发展,但是,要从根本上保障绿洲生态环境的改善和持续发展,依然是一项长期而又艰巨的任务。目前,就绿洲的土地利用而言,仍然存在不少问题。但是,最根本的两个问题还是“水”和“人”的问题。

#### 5.1.1 “水”的问题

水是绿洲的生命,水资源短缺是土地利用中最重要的制约因素,“有水则绿洲,无水则荒漠”。保障了绿洲的水源,才可能保障绿洲土地资源的合理利用。

从目前情况来看,就整个绿洲而言,水量供给依然严重不足。为了确保生态核心区,即胡杨林区,也是额济纳旗政府所在地的供水,连续几年调水,基本都是关闭西河,只向东河放水。2003 年也曾首次完成向西居延海输水的任务,当时,形成了 27 平方公里的海面,蓄水量达到 2020 万  $\text{m}^3$ ,但是因为干涸时间过长,又没有后续水源补入,所以很快就干涸了,至今仍然干枯,因而,西河及西居延海地区植被恢复缓慢,生态环境问题依然较为突出。

在水源极为有限的情况下,如何高效、合理的利用水源成为保障绿洲持续发展的关键。但是,就目前情况下,调水过程中无效消耗水量严重。由于河床异常干燥,地下水位很低。大部分河段又穿行于戈壁地区,河道输水蒸发渗漏相当严重,每年蒸发、渗漏的水量损失就约 3.0 亿  $\text{m}^3$  左右<sup>[50]</sup>。2000-2001 年的黑河水在到达居延海之前,就消失在茫茫的河床之中。所以,在目前下泄水量严重不足和下游绿洲面临生死存亡之际,解决干流快速向下游输水问题是黑河下游生态保护的一个重要任务。

黑河调水工程是为解决绿洲缺水,生态环境濒临危机的一项重大举措。它考虑更多的只是黑河全年的水量调度,却忽略了下游绿洲用水的时效问题。而这几年下游的实践证明,下游绿洲灌溉是有时间要求的。多年以来,下游额济纳绿洲主要是利用中游地区非灌溉季节的弃水进行草场冬春灌溉,冬春水被称为“安心”水。夏季洪水因为含沙量大且水温高,对草场会造成一定危害,其实并不太适合草场灌溉,当地老百姓称之为“毒水”,传统上基本不加利用。而黑河调水正是每年的 7~11 月,基本集中在 8、9 月份。这几年因为缺水严重,尤其冬春来水已经严重不足,群众迫于无奈只能利用了。但是,如果这个问题得不到妥善解决,必然会导致新的生态环境问题。

在目前下泄水量难以有较大改善的情况下,适时合理高效地利用现有的水资源,对绿洲的土地利用、环境改善十分重要。

#### 5.1.2 “人”的问题

调水前额济纳绿洲生态环境的恶化,虽然最主要的原因是黑河来水减少,水资源供给严重不足的问题,但是,也和不合理的开发利用土地直接相关。时至今日,这种不合理的土地开发利用依然严重。

人们对绿洲土地的不合理的开发利用,干扰着水、土、植物群落的自然状态,诱发和加剧了该地区土地退化、生态环境恶化的程度。虽然 2002 年以后,结合国家退牧还草项目,额济纳旗大面积实行了禁牧的措施,到现在为止,禁牧面积已达到了

380 万亩。总的来说,禁牧效果也很明显。但是,不可能全部禁掉。目前,绝大多数牲畜放牧仍过分集中于下游东西河沿岸河泛地林灌草甸草地,使这些地区生态系统的稳定与平衡受到破坏,产生严重的局部超载过牧现象,胡杨、怪柳、梭梭林下面的幼苗尽被吞食,不能正常更新,使得部分本来就十分脆弱的沿河植被生态系统仍在衰退。林业建设中,又存在资金不足、管护权威性不够、围封抚育速度过慢、管护漏洞时有出现等问题。

过渡樵采、滥伐、采挖药材等对林草植被的人为破坏目前仍然存在,其中樵采过渡及毁坏最严重的是梭梭林。当地农牧民习惯于“就地取柴”,樵采乔灌木做燃料,尤其是对梭梭的过度樵采,使梭梭林受到严重破坏。同时,额济纳地区药材资源丰富,盛产甘草、苁蓉、发菜等,几乎每年都有区外农民挖药材、搂发菜,造成地表植被毁坏,加剧风沙灾害。尤其是肉苁蓉药材的开采更是造成了对梭梭林的严重破坏。如果合理的采挖,挖完之后回土填埋,一般来讲对梭梭的生长没什么影响,但外来农民往往将大、小苁蓉统统取走,也不回填,致使梭梭根部暴露在外,很快就干枯死掉。另外一个破坏就是挖甘草,这个破坏比挖苁蓉的破坏更大,因为挖甘草连根挖走,植被很难恢复。

此外,在绿洲土地开发利用中,还存在土地开发利用程度不高,大片土地在当前技术经济条件下尚难以利用,地域虽然广阔,但受特定自然条件制约,土地开发利用的后备资源不足等种种问题。

不合理的土地开发利用,仍然会促进土地退化、土壤沙化的进一步发展,加速生态环境的劣变。

## 5.2 实现可持续发展的措施

额济纳绿洲严峻的生态问题,影响了当地国民经济的持续增长和人民的生存。要改变现状就必须以生态环境保护建设为切入点,以新的发展思路,科学系统地进行生态环境的保护建设。通过大力加强生态环境保护建设来改变生存条件、生产条件,从根本上改善绿洲的生态环境状况,为绿洲生态经济系统和社会的持续发展奠定基础。

### 5.2.1 加强水资源管理,保持合理的地下水位是绿洲生态恢复的关键

[1] 以水资源的安全保障为关键,切实加强水资源的合理开发利用

水是生态环境中最重要因子,水环境的变化直接影响着绿洲生态环境的演化,因此,合理配置水资源是生态环境恢复与重建的基础。解决额济纳绿洲生态恶化的问题就是解决黑河水资源合理利用问题。必须坚持“持续利用、保护性开发”的原则,对黑河水资源进行统一管理,统一调度,严格执行“92”、“97”分水计划,控制上中游用水量,保证黑河下游的下泄水量。同时,必须尽快解决水流下泄过程中的无效损耗问题,使十分有限的水资源得到高效利用。

### [2] 保持合理的地下水位,把生态用水放在重要位置

在优化利用黑河下游地表水的基础上,合理控制绿洲地区优势物种正常生长的地下水位值。据实地测试,绿洲乔、灌、草植物要求的最低水位为  $2.5\sim 3\text{m}^{[51]}$  以内,要求一方面要控制地下水位的下降,另一方面可以利用丰水年日补地下水位,保证地下水位不低于生态临界水位。用水量除考虑其它用水外,还应注重生态用水,根据植物生态用水的要求,审核造林、种草规划。以水资源合理利用为前提,调整林草种植面积。防止林草种植面积过大,使地下水位低于生态临界水位,而造成生态环境进一步恶化。

### [3] 进行节水灌溉,发展生态农业

额济纳绿洲面积大,植被种类繁多,地形条件复杂,而水资源量有限,因此采用何种灌溉方式高效合理配置有限的水资源,满足绿洲区植被的需水要求,是有效遏制现有绿洲退化趋势的重要途径之一<sup>[52]</sup>。

实施节水是额济纳绿洲社会经济发展的需要;是解决缺水的需要;节水灌溉是保护生态环境的需要;节水灌溉是建立高效农业的需要<sup>[53]</sup>。额济纳绿洲多年来一直采用大水漫灌,灌溉定额在  $15000\text{ m}^3/\text{hm}^2$  以上,水资源浪费严重,并在一些地方造成土壤次生盐渍化。合理灌溉,长期节水是额济纳绿洲用水的一个基本原则,根据在额济纳绿洲进行的节水灌溉试验证明,通过对土壤水分、根系分布的调查需水量的分析,制定出节水灌溉制度节水效果十分显著。采用节水灌溉可有效控制灌溉水量高效节水减少渠系占地,提高土地利用率,节约灌水时间,提高劳动效率,保持土壤结构,喷灌和滴灌对地形、土质适应性强,便于管理,还可防止灌区水位上升所造成的次生盐渍化。

发展沙产业是绿洲促进经济发展、生态保护和水资源利用的最新型模式,是利

用日光温室、滴灌等新技术减少干旱地区无效的水面和土壤水分蒸发,防止土壤盐渍化并能产生更大经济效益的产业,也是增加太阳能固定转化效率的知识密集型产业。额济纳绿洲的太阳能属内蒙古太阳能的一类地区,即丰富区,全年太阳能可利用人数300d-330d,最佳利用天数为130d-160d,太阳能资源丰富而且稳定性好。额济纳绿洲沙产业的发展不仅可以节约大量的水资源和提供充足的能源,而且对绿洲的生态保护、经济振兴和外向型经济发展都有不可估量的长远意义。

### 5.2.2 以植被恢复为绿洲生态恢复的核心

生态恢复就是要采取各种措施,减少和消除生态环境中不利于人类生存和发展的因素和过程。只有恢复好植被,才能使生态环境各个方面协调起来,进入良性循环。由于额济纳绿洲光热资源丰富,温差大,在生态恢复和重建时一定要重视气候资源的合理利用,调整林、灌、草的配合。

胡杨林、沙枣林、怪柳灌丛的恢复与更新是绿洲植被恢复与重建的主要内容。虽然目前天然林封育更新方面已取得了令人瞩目成果,但要在治理的广度与深度上求得更大的发展,必须找出薄弱环节,目前亟待解决的主要问题有:对更新幼林、幼树的经营管理粗放问题;封育区胡杨更新状况差异大的问题;林间空地的补植造林问题;怪柳林的老化问题等。有计划、有步骤、有目标、有针对性地解决好当前的主要问题,可以为绿洲植被乃至整个绿洲生态的整治开辟出一条更为广阔的通道。

建立现代化草牧场,加快绿洲生态型经济建设的步伐。额济纳绿洲现在仍是靠天养畜的数量型牧畜业,草场超载过牧,草畜矛盾尖锐,破坏了植被与环境。要进行“数量型”畜牧业向“效益型”畜牧业的转变,根据水资源的空间分配和适地适草的原则,建立一定比例的人工草地,增强绿洲生态保护功能,提高草地质量和经济效益,缓解草畜矛盾,保护和改善生态环境。

### 5.2.3 合理利用土地资源, 加快土地生态系统的恢复

#### [1] 控制土地荒漠化的进程,加强绿洲的巩固和建设

荒漠化过程和绿洲化过程是相对立的,荒漠化过程的加大就会导致绿洲化过程减弱,因此要控制土地荒漠化的进程,加快绿洲建设的步伐。从发展的观点出发,建立人工绿洲生态系统,发挥水、土资源的生产潜力,调整绿洲的产业结构,提高经济效益,维护生态环境良性循环。

#### [2] 保护土地资源

在生态条件脆弱的干旱荒漠区,土地资源容易遭受破坏,使绿洲土地产生荒漠化过程,转变到已经存在的荒漠面积中去,一旦遭到破坏,恢复起来十分困难。因此,应把保护绿洲土地资源提到重要的地位,在保护的基础上充分利用。要严格按照土地资源的载畜能力调节放牧的牲畜数量和放牧时间,让牧草能天然更新,使土地不被踏坏;严禁乱樵乱采,以防破坏资源,减少草场面积和产量,而使土地向沙化和盐渍化过程发展,加强林木的封育管护。在额济纳绿洲内,胡杨、沙枣、怪柳、梭梭等林木具有举足轻重的作用,它们不仅是良好的牧场,同时又是生态环境的坚强卫士,而且林木还可以给当地提供一定的木材和薪柴。因此必须坚持护、封、育、造的林业建设方针,对林木进行管护。

#### 5.2.4 加强生态环境的动态监测和评估

进一步完善地面监测和卫星遥感监测相结合的生态环境立体监测系统,加强对生态环境的动态监测和科学评估,为额济纳绿洲生态环境的恢复和重建提供连续、立体、动态的监测信息。

#### 5.2.5 加强绿洲法制建设

加强立法监督,确保各项工作有章可循。实行合理利用绿洲水资源、保护绿洲植被及综合发展绿洲经济等对策,仅仅依靠人们的主观愿望和自发行动是不行的。应该以强有力的地方法规政策作为行动指南,使额济纳绿洲在各级领导和广大人民的齐心协力建设下,日益恢复和重现往昔良好的生态环境,最终实现人与环境的协调发展<sup>[54]</sup>。

## 6 结论

额济纳绿洲地处黑河流域下游的冲积平原上,是我国第二大胡杨林生长地,它与西北风向正交,是阻挡风沙进入我国内陆的第一道绿色屏障。随着黑河中游社会经济的发展,用水量的增加,进入额济纳绿洲的水量逐年减少,致使额济纳地区的生态环境遭到严重破坏,风沙、盐碱、荒漠化非常严重,额济纳地区已经成为我国沙尘暴的重要沙源地之一。为了拯救黑河流域日益恶化的生态环境,恢复额济纳旗的荒漠绿洲,国务院自2000年开始对黑河实行水量统一调度,至今已连续六年调水进入额济纳绿洲,基本满足了下游用水需要,为沿河生态环境的良性维持注入了必要的水量。

本论文以土地利用、生态环境、可持续发展等理论和相关分析方法为基础,以额济纳绿洲 2002-2006 年的土地利用变化为背景,探讨了调水以后额济纳绿洲的生态环境的变化及其保护措施,对调水以后额济纳绿洲的可持续发展提供建议。

[1] 上个世纪 80 年代中期绿洲开始急剧退化,2001 年绿洲退化最为严重,从 1987 年至 2001 年 14 年的时间里,绿洲植被覆盖面积迅速从  $3377 \text{ km}^2$  减少到  $2720 \text{ km}^2$ ,平均每年萎缩  $47 \text{ km}^2$ ,其中林灌草面积均在不同程度的减少。整个绿洲呈现出荒漠化景象。额济纳绿洲的生态环境的形成中,人为因素是主导性因素,其中,又以人类对水资源的过量开发与利用不合理影响最大;因此,水资源短缺是造成绿洲生态危机最关键的原因。

[2] 额济纳绿洲调水以后土地利用格局产生了显著的变化,林地、草地水域的不断增加、未利用地的不断减少是研究时段内土地利用变化的突出特征。水域面积增加,地下水水位上升,水质好转。随着黑河中、上游地表径流的连年输入,额济纳绿洲土地利用最显著的变化就是地表水域面积的增加。从 2002 年以来,四年时间增加了  $2467.37 \text{ hm}^2$ ,增加的比率高达 25.84%。地下水得到了有效补给,6 年来,额济纳绿洲地下水位上升 0.1 米左右,水质恶化趋势有所缓解。林地、草地面积以及物种多样性明显增加,植被覆盖度提高,绿洲化程度有所加强。绿洲调水以来,林地、草地面积均有明显增加。退化的草场已大面积恢复,牧草品种增多。

[3] 额济纳绿洲调水以后的生态效应反映,耕地景观的面积比重和斑块数量都有所增加,其中面积比重由 2002 年的 0.27% 增加到 2006 年的 0.31%,斑块数量由 2002 年的 147 块增加到 2006 年的 173 块,表明随着调水工程的实施,额济纳绿洲的水资源状况逐步好转,部分弃耕撂荒地复耕;但是,平均斑块面积整体上却呈减少趋势,由 2002 年的  $30.56 \text{ hm}^2$  减少到 2006 年的  $29.73 \text{ hm}^2$ ;说明复耕的土地分布相对较为零散。未利用地的面积比重减少,林地和草地的面积比重相应增加;耕地和未利用地的平均斑块面积整体减少,林地和草地的平均斑块面积整体提高,其景观结构得到了明显改善,景观多样性降低,优势度提高,破碎度下降。景观结构逐渐向合理、稳定的方向发展,而且其破碎度降低,使得一些景观类型得以连通,物种生境逐渐好转。人类的生存环境逐渐转好,对自然环境的保护程度远远超过了其破坏程度。

[4] 连续几年调水,使额济纳绿洲的土地利用、生态环境已开始向着良性的方向发展,但是,要从根本上保障绿洲生态环境的改善和持续发展,依然是一项长期而

又艰巨的任务。最根本的两个问题就是“水”和“人”的问题。从目前情况来看，就整个绿洲而言，水量供给依然严重不足。在水源极为有限的情况下，如何高效、合理的利用水源成为保障绿洲持续发展的关键。同时，人们对绿洲土地的不合理的开发利用，干扰着水、土、植物群落的自然状态，诱发和加剧了该地区土地退化、生态环境恶化的程度。所以加强水资源管理，进行节水灌溉，发展生态农业，以植被恢复为绿洲生态恢复的核心，合理利用土地资源，加强生态环境的动态监测和评估，加强绿洲法制建设是额济纳绿洲可持续发展的出路。

## 参考文献

- 1 苏永红,冯起,吕世华,张艳武,司建华.额济纳生态环境退化及成因分析 2004-4 第二期
- 2 吴丽芝,姚云峰,董智,高启晨.额济纳绿洲生态环境综合整治对策[J].内蒙古农业大学学报,2003,(1)
- 3 崔长勇、罗晓云. 额济纳盆地生态系统的地质学分析 资源调查与环境 2004 年第 25 卷第一期 23
- 4 王志功,朱长青,等.额济纳绿洲生态恢复初探[J].内蒙古林业调查设计,2003,3:12.
- 5 阿拉善盟额济纳旗 2005 统计年鉴.
- 6 肖生春,肖洪浪.额济纳地区历史时期的农牧业变迁与人地关系演进[J].中国沙漠,2004,(4):448.
- 7 胡春元,李玉宝,高永,杨茂.黑河下游生态环境变化及其与人类活动的关系[J].干旱区资源与环境 2000,14(增刊) 3-4.
- 8 宝音,包玉海,阿拉腾图雅,乌兰图雅.内蒙古生态屏障建设与保护[J].水土保持研究,2002,(3): 62.
- 9 刘敏,甘枝茂.黑河流域水资源开发对额济纳绿洲的影响及对策[J].中国沙漠,2004,(2):162-163.
- 10 龚家栋,程国栋,张小由,等.黑河下游额济纳地区的环境演变[J].地球科学进展,2002,17(4):491.
- 11 张武文、王林和邓等. 额济纳平原水资源特点与合理利用. 干旱区资源与环境 2000, 9 : 22
- 12 许英勤,徐曼.塔里木河下游垦区绿洲景观格局变化分析[J].干旱区地理,2004,(27): 193.
- 13 韩德麟,绿洲与绿洲持续发展的若干认识, 干旱区资源环境与绿洲研究[M].科学出版社,1995 26-27.
- 14 韦如意.绿洲稳定性及其评价指标体系的研究-以新疆阜康绿洲为例[D].2004 年(1):6-7.
- 15 王亚俊,米尼热,中国绿洲研究回顾[J].干旱区资源与环境,2000(9): 92.
- 16 韩德林.中国绿洲研究之进展[J].地理科学,1999(8):314.
- 17 格日乐.额济纳绿洲土地资源安全研究[D].内蒙古师范大学硕士学位论文,2005: 4-5.
- 18 罗芸,肖洪浪,齐善忠,等. 额济纳三角洲地下水现状分析[J].水土保持研究,2005,12(1): 56.
- 19 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响—以延安市羊圈沟流域为例[J].地理学报,1999,54(3):241 — 246.
- 20 李秀彬.全球环境变化的核心领域-土地利用/覆盖变化的国际研究动向[J].地理学报,1996,51(6): 553-557.
- 21 郭旭东,陈利顶,傅伯杰.土地利用、土地覆被变化对区域生态环境的影响[J].环境科学进展,1999,7(6):66-75.

- 22 李晓兵.国际土地利用与土地覆盖变化的环境影响研究[J].地球科学进展,1999, 14(4):395-400.
- 23 史培军,潘耀忠,陈晋,等.深圳市土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析[J].自然资源学报,1999, 14(4):293-299.
- 24 史培军,宋民青,景贵坛.加强我国土地利用、覆被变化及其对生态环境安全影响的研究—从荷兰“全球变化开放科学会议”看人地系统动力学研究的发展趋势[J].地球科学进展, 2002, 17(2):161-168.
- 25 路京选.遥感在极度干旱内陆河绿洲生态保护与修复中的应用[C].中国水利学会 2003 学术年会论文集,2003:449-453.
- 26 曹宇,欧阳华,肖笃宁,陈高.额济纳天然绿洲景观变化及其生态环境效应[J].地理研究,2005,(1):137.
- 27 张小由,龚家栋,赵雪,周茅先.额济纳绿洲近 20 年来土地覆被变化[J].地球科学进展,2005(12):1302-1303.
- 28 孙洪祥、王林和、田永祯.额济纳绿洲生态系统的演变与整治.干旱区资源与环境 2000, 9: 15
- 29 李森,李凡,孙武,李保生.黑河下游额济纳绿洲现代荒漠化过程及其驱动机制[J].地理科学,2004,(2): 61.
- 30 董智、姚云峰、李红丽、马春梅.额济纳绿洲生态环境现状与综合治理对策.第 14 卷.增刊干旱区资源与环境 2000, 9 月
- 31 龚家栋,董光荣,李森,高尚玉,肖洪浪,申建友.黑河下游额济纳绿洲环境退化及综合治理[J].中国沙漠,1998,(3):47.
- 32 朱震达,陈广庭,等著.中国土地沙质荒漠化[M].北京:科学出版社,1994, 95-210.
- 33 马金珠,张惠昌.黑河流域水资源开发利用对下游生态环境的影响及其防治措施[J].甘肃环境研究与监测,1996, 9(3):11-14.
- 34 高前兆,李福兴.黑河流域水资源合理利用开发[M].兰州:甘肃科学技术出版社, 1990.
- 35 格日乐,程宏,邹学勇,等.额济纳绿洲土地承载力研究[J].北京师范大学学报, 2006,(12): 624.
- 36 施雅风,张祥松.气候变化对西北干旱区地表水资源的影响和未来趋势[J].中国科学(B 辑), 25(9): 968-977.
- 37 国家科学技术委员会.中国科学技术蓝皮书(第 5 号)一气候[M].北京:科学技术文献出版社, 1990,50-63.

- 38 刘普辛,张红侠.人类活动对额济纳绿洲演化的影响及协调对策[J].国土与自然资源研究,2004,(1): 62.
- 39 王鸣远,王林和,姚云峰.额济纳绿洲环境容量与生态风险评价[J].干旱区资源与环境,2000,(9): 5.
- 40 陈学林. 2000-2004 年黑河流域生态调水[J].干旱区资源与环境,2006,(3): 104-105.
- 41 杜方红,李伟,云敏瑞,等.额济纳绿洲生态环境的百年演变[J].环境保护, 2005,(6):76.
- 42 杨炳禄,额济纳绿洲生态治理及渠道建设中的问题[J].内蒙古水利, 2003,(1):100.
- 43 郭锐,梁芸,等.黑河调水对下游生态环境恢复效果的卫星遥感监测分析[J].中国沙漠,2004,(11):7.
- 44 <http://www.mwr.gov.cn/ztbd/2004hxxwbz/20050202/46743.asp>
- 45 乔茂云,王庆,兰振智,郭雨春,张惠兰.浅谈额济纳绿洲生态修复策略[C]. 全国水土保持生态修复研讨会论文汇编,2004:97-101.
- 46 路京选,乔茂云,贺祥,刘文承,杨振宇.黑河流域下游额济纳绿洲生态保护与移民安治工程[J].内蒙古水利,2002(3):70.
- 47 贾宝全,慈龙骏著.绿洲景观生态研究[M]. 北京:科学出版社, 2003
- 48 常学礼,郭建国.科尔沁沙地景观格局特征分析[J].生态学报, 1998(5)
- 49 傅伯杰,陈利顶,马克明,王仰麟等编著.景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社, 2001
- 50 陈刚、郭宝丽、王大里、安文. 额济纳绿洲生态环境状况及治理对策初探 内蒙古科技与经济 2001 年第 1 期
- 51 杨炳禄,额济纳绿洲生态治理及渠道建设中的问题[J].内蒙古水利,2003(1):100.
- 52 史培军,潘耀忠,陈晋,等.深圳市土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析[J].自然资源学报,1999, 14( 4) : 293-299.
- 53 张新民,沈冰,金彦兆.节水灌溉与河西绿洲可持续发展[J].中国农村水利水电,2000,( 12):10.
- 54 刘普幸,张红侠.人类活动对额济纳绿洲演化的影响及协调对策[J].国土与自然资源研究,2004,(1):63.

## 致 谢

三年的研究生生活即将结束，这三年来，有太多的事情值得追忆，也有太多的人值得尊敬和爱戴；是他们让我收获更多，也是他们让我今后的人生道路走的更有信心。

本篇论文得到导师乌兰图雅老师的大力支持和帮助。在论文即将付梓之际，我要对所有给予我帮助的老师及同学表示衷心的感谢！

首先，我要特别感谢我的导师乌兰图雅教授，论文从选题到完成是在导师的悉心指导下进行的，从论文大的结构到小的细节，都给予了严谨的指导，老师的为人处世观和积极乐观的生活态度必将使我受益终生。谨向导师乌兰图雅教授致以诚挚的感谢。

在此特别感谢宝音教授，在百忙之中抽出时间来指导我的论文，在我论文的数据处理及内容指导上都倾注了老师的心血和汗水。老师严谨的治学态度、敏锐的洞察力、独到的见解、忘我的工作精神都是我一生学习的榜样。我惟有在以后的学习和生活中加倍努力，才能不辜负老师辛勤的付出！

真诚感谢海春兴教授、包玉海教授、秦树辉教授、银山教授、李百岁教授、包慧娟教授，是各位老师为我知识结构的优化开启了大门，也为我今后的学习指引了方向。各位老师以专业的知识、敬业的精神、高尚的人格给我树立了楷模，师恩难忘，各位的谆谆教诲我铭记心中！

最后感谢包红花、红格尔、平春、王永霞、那日苏、何文明、那音太、张勇、和白智娟等对我的帮助以及帮助和关心过我的朋友们！特别感谢那音太在数据处理上给予的帮助和张勇在影像解译以及在图件处理上的热情帮助。

敖民德力根

2007.04.25