

陕西师范大学优秀著作出版基金资助

黑河下游生态水需求与生态水量调控

冯 起 主 编

司建华 席海洋 副主编
鱼腾飞 张福平

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是基于多年实地调查和观测,在大量统计、分析和论证的基础上,编写的有关黑河下游生态水需求与生态水量调控的专著。全书共分9章,重点介绍黑河下游生态环境状况、不同时期的绿洲规模及其变化、入境水量和东居延海水量变化;探讨了黑河下游天然植被生长与地下水位埋深的关系;论证了黑河下游生态需水的关键期;基于遥感分类和生态恢复的方法分别计算了黑河下游目标年、分水前和现状年的生态需水量;基于生态恢复目标对黑河下游生态需水进行预测;确定了生态水量调控的指标,提出了生态水量调控方案。在此基础上,提出维持黑河下游生态的最低生态需水量、保证需水关键期的最小输水量、配水区域选择和实施“小均水”方案等几点配水建议。

本书可供水文水资源、生态水文、资源、环境等专业的高等院校师生以及相关生产管理及决策部门的工作人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

黑河下游生态水需求与生态水量调控 / 冯起主编. —北京: 科学出版社, 2015.2

ISBN 978-7-03-043330-5

I. ①黑… II. ①冯… III. ①黑河-下游-生态环境-需水量-研究②黑河-下游-生态环境-水资源管理-研究 IV. ①X143②TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 029356 号

责任编辑: 韩卫军 / 责任校对: 唐静仪

责任印制: 余少力 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年2月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015年2月第一次印刷 印张: 13 1/4

字数: 330千字

定价: 93.00元

本书由以下项目资助

- 国家自然科学基金项目(91025002,31370466,91025024)
- 中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-04-05)
- 中国科学院“西部之光人才培养计划”项目(29Y128831)
- 陕西师范大学中央高校基本科研业务费项目(GK201101002)

前 言

黑河是我国第二大内陆河，其流域属资源性缺水地区，区域水资源难以满足当地社会经济和生态环境系统协调发展的需要。黑河下游的额济纳绿洲既是历次沙尘暴的重要源头，也是中国西北最重要的一道生态防线。然而近几十年来受气候变化和人类活动的影响，地表径流减少、河道断流日数增加，湖泊干涸，地下水位下降，水质逐渐恶化。植被由于地表径流量的减少而失去水源，绿洲面积急剧减少，植被长势明显衰退，天然绿洲景观向荒漠化景观演变，土地沙漠化、盐碱化面积逐渐扩大。

针对日益严峻的生态环境恶化问题，国家给予了高度重视，组织开展黑河水利规划，于1992年和1997年分别批准了多年平均情况下黑河干流水量分配方案和不同保证率来水条件下的黑河干流水量分配方案。通过十多年的黑河水量调度实践，基本实现了国务院批准的“97”分水目标，有效地缓解了黑河下游绿洲进一步恶化的趋势。按照《黑河流域近期治理规划》的要求，2010年以后重点优化水资源配置，使水资源得到科学配置和高效利用，生态系统得到合理恢复，实现人口、资源、环境与经济社会的协调发展。要实现这一目标，关键是做好正义峡下泄水量的合理配置和利用，使有限的水资源发挥最大的效益，以保障黑河生态治理目标的顺利实现。因此，研究黑河下游生态水需求和生态水量调控对于保证下一阶段黑河治理目标的顺利实现具有重要现实意义。

本研究围绕“黑河下游到底什么时候最需要水？”、“需要多少水？”、“调度下去的水如何分配？”三大问题展开，通过利用卫星遥感TM影像资料，初步查清了目标年、分水前和现状年三个时期黑河下游天然绿洲规模及其区域分布，分析了黑河下游入境水量和东居延海水量变化规律；结合地下水位埋深、植被盖度，计算了生态需水量及其年内需水过程，确定了生态需水的关键期，明确了黑河下游天然绿洲维持的适宜规模，试图提出科学合理的水量调控方案，为实现黑河近期治理目标提供了科学依据。

全书分为9章，第1章和第2章为黑河下游的生态环境概况及生态需水研究进展；第3章为不同时期黑河下游绿洲的规模及其变化；第4章分析了黑河下游入境水量和东居延海水量变化规律；第5章分析了黑河下游天然植被生长与地下水位埋深的关系；第6章探讨了黑河下游生态需水的关键期，并采用不同方法计算了现状年和目标年的生态需水量；第7章基于生态恢复目标，对黑河下游生态需水进行预测；第8章确定了生态水量调控的指标，提出了生态水量调度方案。第9章是在前八章研究的基础上，提出了本研究的结论与建议。

全书由冯起、司建华、席海洋、鱼腾飞、张福平组织拟定提纲、撰稿。司建华负责全书统稿工作，冯起负责最后编审和定稿。高前兆先生对全稿进行了全面的审阅并提出了系统的意见和建议。

本书是在国家自然科学基金项目(91025002, 31370466, 91025024)、中国科学院重

点部署项目(KZZD-EW-04-05)、中国科学院“西部之光人才培养计划”项目(29Y128831)和陕西师范大学中央高校基本科研业务费项目(GK201101002)的共同资助下完成的,在此对这些项目的资助表示感谢!

相关项目执行和书稿撰写过程中得到了中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,内蒙古自治区额济纳旗水务局、林业局、草原站,水利部黄河勘测规划设计有限公司,黑河流域管理局等单位的大力支持和协作,在此表示衷心感谢!

本书是以作者多年来第一手试验数据而编写的有关黑河下游生态水需求和生态水量调控的专著,主要结论的支持数据翔实。但因其综合性强、涉及学科多、覆盖面广,还有不少科学和实践问题需要进一步研究和探索。编写组历时三年,科学审慎地几易其稿、增删数次,但错误和疏漏之处在所难免,敬请读者不吝指正。

作者

2014年10月

目 录

第 1 章 黑河下游生态环境概述	1
1.1 黑河流域及其近期治理概况	1
1.1.1 黑河流域概况	1
1.1.2 黑河流域近期治理概况	2
1.2 黑河下游生态环境概况	3
1.2.1 自然地理环境概况	4
1.2.2 黑河下游生态环境演变	10
1.2.3 黑河下游水利工程概况	13
1.3 研究背景和意义	18
1.3.1 黑河下游额济纳绿洲的生态意义	18
1.3.2 黑河下游生态需水和生态水量调控研究的意义	18
1.4 本章小结	20
第 2 章 黑河下游生态需水研究进展与研究方法	22
2.1 生态需水概念与计算方法	22
2.1.1 生态需水概念	22
2.1.2 生态需水的计算方法	24
2.2 黑河下游绿洲生态需水研究进展	25
2.2.1 绿洲生态需水研究进展	25
2.2.2 绿洲生态需水计算方法	27
2.2.3 黑河下游额济纳绿洲生态需水研究进展	30
2.3 黑河下游生态需水与生态水量调控研究方法	33
2.3.1 黑河下游绿洲生态需水概念的界定	33
2.3.2 黑河下游绿洲可持续发展规模界定	34
2.3.3 黑河下游生态需水边界条件的界定	36
2.3.4 生态需水与生态水量调度方案编制研究方法	39
2.4 本章小结	43
第 3 章 黑河下游不同时期绿洲规模及其变化	45
3.1 遥感解译原理、程序及标志	45
3.1.1 解译原理与程序	45
3.1.2 信息源及解译标志的建立	46
3.2 黑河下游不同时期绿洲规模	49
3.2.1 80 年代黑河下游绿洲规模	49

3.2.2	分水前(1999年)黑河下游绿洲规模	51
3.2.3	现状年(2008年)黑河下游绿洲规模	52
3.3	黑河下游不同阶段绿洲规模变化	53
3.3.1	1987~1999年黑河下游绿洲规模变化	53
3.3.2	1999~2008年黑河下游绿洲规模变化	55
3.3.3	1987~2008年黑河下游绿洲规模变化	57
3.4	本章小结	60
第4章	黑河下游入境水量和东居延海水量变化规律	62
4.1	黑河下游入境水量变化规律	62
4.1.1	黑河下游多年平均入境水量	62
4.1.2	不同保证率条件下黑河下游入境水量	66
4.2	黑河下游东居延海水量变化规律	68
4.2.1	东居延海水量变化	68
4.2.2	东居延海水域面积与库容和水位的关系	70
4.2.3	维持东居延海生态补水量的论证	72
4.3	本章小结	74
第5章	黑河下游天然植被生长与地下水位埋深的关系	76
5.1	黑河下游地下水位埋深的时空变化过程	76
5.1.1	地下水位埋深的时间变化	76
5.1.2	地下水位埋深的空间变化	82
5.2	黑河下游天然植被生长与地下水位埋深的关系	86
5.2.1	天然植被覆盖度与地下水位埋深的关系	86
5.2.2	NDVI与地下水位埋深的关系	89
5.3	黑河下游天然植被生长与地下水位埋深的关系模型	91
5.3.1	天然植被生长与地下水位埋深的关系模型	91
5.3.2	天然植被生长的临界地下水位模型	93
5.4	本章小结	95
第6章	黑河下游生态需水关键期及需水量	97
6.1	黑河下游生态需水关键期的确定	97
6.1.1	额济纳绿洲主要植物物候与需水关键期	97
6.1.2	胡杨繁殖与需水关键期	98
6.1.3	天然植被生态耗水的关键期	100
6.1.4	补充地下水的關鍵期	100
6.2	黑河下游生态需水量计算	101
6.2.1	黑河下游生态需水量计算分区	101
6.2.2	基于遥感分类的黑河下游生态需水量计算	102
6.2.3	基于地下水位埋深的黑河下游生态需水量计算	116
6.3	黑河下游生态需水量对流量过程的要求	123

6.4	本章小结	124
第7章	基于生态恢复目标的黑河下游生态需水预测	126
7.1	黑河下游生态恢复目标	126
7.1.1	黑河下游绿洲现状分区	126
7.1.2	绿洲恢复规模	127
7.2	水资源状况和植被盖度状况	129
7.2.1	水资源状况	129
7.2.2	植被盖度状况	129
7.3	黑河下游可恢复绿洲面积	130
7.4	绿洲恢复方案与生态需水预测	131
7.4.1	绿洲恢复方案	131
7.4.2	生态需水量计算	134
7.4.3	方案优选	134
7.5	本章小结	136
第8章	黑河下游生态用水控制指标及实时调度方案	138
8.1	黑河下游生态用水控制指标	138
8.1.1	生态用水控制指标确定原则	138
8.1.2	生态用水控制指标	139
8.1.3	生态用水调度单元划分	141
8.2	现有生态水量调度方案及存在的问题	142
8.2.1	黑河干流水量调度方案	142
8.2.2	黑河下游生态水量调度方案	143
8.2.3	存在的问题	144
8.3	现状生态水量调度方案	145
8.3.1	多年平均条件下生态水量调度方案	145
8.3.2	不同保证率下现状生态水量调度方案	148
8.4	以需定供生态水量调度方案	157
8.4.1	多年平均条件下以需定供生态水量调度方案	157
8.4.2	不同保证率下以需定供生态水量调度方案	160
8.5	多目标优化生态水量调度方案	169
8.5.1	多年平均条件下多目标优化生态水量调度方案	169
8.5.2	不同保证率下多目标优化生态水量调度方案	171
8.6	不同调度方案的比较和实时调度方案的确定	178
8.6.1	多年平均条件下不同方案的比较	178
8.6.2	不同保证率下不同方案的比较	179
8.6.3	实时调度方案的确定	180
8.7	本章小结	182
8.7.1	用水控制指标和配水子区划分	183

8.7.2 实时调度方案的确定	183
第9章 结论与建议	195
9.1 结论	195
9.1.1 黑河下游不同时期绿洲规模及其变化	195
9.1.2 黑河下游入境水量和东居延海水量变化规律	196
9.1.3 黑河下游植被生长与地下水位埋深的关系	196
9.1.4 黑河下游生态需水关键期和需水量	196
9.1.5 可恢复的绿洲面积及生态需水预测	197
9.1.6 黑河下游生态调水控制指标及其实时调度方案	197
9.2 建议	198
参考文献	200

第 1 章 黑河下游生态环境概述

1.1 黑河流域及其近期治理概况

1.1.1 黑河流域概况

黑河是我国第二大内陆河，发源于青海省祁连山北麓，流经青海、甘肃、内蒙古三个省(自治区)。流域介于东经 $97^{\circ}\sim 102^{\circ}$ 、北纬 $37^{\circ}50'\sim 42^{\circ}40'$ ，南以祁连山为界，北与蒙古国接壤，东与石羊河流域相邻，西与疏勒河流域相接，流域总面积 $14.3\times 10^4\text{km}^2$ ，其中，青海省 $1.04\times 10^4\text{km}^2$ ，甘肃省 $6.18\times 10^4\text{km}^2$ ，内蒙古自治区 $7.07\times 10^4\text{km}^2$ 。

黑河流域有 35 条支流，按目前地表水力联系及其尾间归属可划分为东、中、西三个相对独立的子水系。其中，西部子水系包括讨赖河、洪水河等，归宿于金塔盆地，面积 $2.1\times 10^4\text{km}^2$ ；中部子水系包括马营河、丰乐河等，归宿于肃南县明花区至高台盐池盆地，面积 $0.6\times 10^4\text{km}^2$ ；东部子水系即黑河干流水系，包括黑河干流、梨园河及 20 多条沿山小支流，面积 $11.6\times 10^4\text{km}^2$ 。

黑河干流水系全长 928km，出山口莺落峡以上为上游，河道长 313km，面积 $1.0\times 10^4\text{km}^2$ ，河道两岸山高谷深，河床陡峭，气候阴湿寒冷，植被较好，多年平均气温不足 2°C ，年降水量 350mm 左右，是黑河流域的产流区。莺落峡至正义峡为中游，河道长 204km，面积 $2.56\times 10^4\text{km}^2$ ，两岸地势平坦，光热资源充足，但干旱严重，年降水量仅有 140mm，多年平均温度 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，年日照时数长达 3000~4000h，年蒸发能力达 1410mm，人工绿洲面积较大，部分地区土地盐碱化严重，是黑河径流主要利用区。正义峡以下为下游，河道长 411km，面积 $8.04\times 10^4\text{km}^2$ ，从正义峡下行 212km 至狼心山，在狼心山分水闸以下，分为东、西两河，分别注入东居延海(索果诺尔)、西居延海(嘎顺诺尔)，除河流沿岸和额济纳绿洲区外，大部分为沙漠戈壁，多年平均降水量只有 37.2mm，多年平均气温 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温超过 40°C ，极端最低气温在 -30°C 以下，年日照时数 3446h，年蒸发能力高达 3390.3mm，气候干燥，干旱指数达 91，属极端干旱区，风沙危害严重，是黑河径流的消失区。

受气候和人类活动的影响，黑河流域上、中、下游都不同程度地出现了生态环境问题。上游的主要生态问题是：森林带下线退缩，水源涵养能力下降，天然草地退化严重，鼠害、毒草猖獗，湿地缩小，雪线上升，土地沙化面积不断扩大，生物多样性减少，超载放牧，水土流失严重。中游的主要生态问题是：生态用水被农田灌溉用水大量挤占，土地沙化呈发展趋势，沙化速度大于治理速度，土地盐碱化严重，水质污染加重。下游

的主要生态问题是：河道断流、湖泊干涸、植被退化、绿洲萎缩、土地沙漠化和沙尘暴危害加剧等。

1.1.2 黑河流域近期治理概况

黑河流域属资源性缺水地区，区域水资源难以满足当地社会经济和生态环境系统协调发展的需要。流域综合治理所面临的主要问题是生态环境恶化和水事矛盾尖锐。针对日益严峻的黑河流域生态环境恶化问题，国家给予了高度重视。原水电部于1982年组织开展黑河水利规划，1992年提出了规划报告。1992年和1997年分别批准了多年平均情况下黑河干流水量分配方案和不同保证率来水条件下的黑河干流水量分配方案。

1992年12月，国家计委在“关于《黑河干流(含梨园河)水利规划报告》的复函”（计国地[1992]2533号）中，批复了黑河干流水量分配方案，复函指出：“黑河干流地区土地资源丰富，而水资源相对贫乏，中下游地区用水矛盾极为突出；原则同意《黑河干流(含梨园河)水利规划审查意见》；基本同意《审查意见》中提出的黑河干流(含梨园河)水资源分配方案，即在近期，当莺落峡多年平均河川径流量为 $15.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时，正义峡下泄水量 $9.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中分配鼎新片毛水量 $0.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，东风场毛水量 $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。远期采取多种节水措施，力争正义峡下泄水量 $10.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。”

1995年4月和11月，国务院先后两次召开会议，研究黑河流域生态环境治理问题，指出黑河分水方案的关键是落实，要求水利部及有关部门尽快提出具体可操作性的分水方案。据此，水利部立即组织黄河水利委员会提出了不同保证率来水条件下的《黑河干流水量分配方案》，该方案经国务院审批，1997年12月由水利部以水政资[1997]496号文件转发甘肃省和内蒙古自治区人民政府执行，方案确定的年水量分配为：在莺落峡多年平均来水 $15.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时，分配正义峡下泄水量 $9.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，莺落峡25%保证率来水 $17.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时，分配正义峡下泄水量 $10.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；在枯水年莺落峡75%保证率来水 $14.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时，正义峡下泄水量 $7.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；莺落峡90%保证率来水 $12.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时，正义峡下泄水量 $6.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

国务院1999年批复成立水利部黄河水利委员会黑河流域管理局，对黑河流域水资源实施统一管理调度；2000年5月，朱镕基总理就黑河治理问题做了具体指示，水利部随即部署开展了黑河水资源问题及其对策措施研究，编制完成了《黑河流域近期治理规划》，国务院于2001年8月以国函[2001]86号文批复了该规划。按照《黑河流域近期治理规划》要求，2003年以前建立和完善水资源统一管理和生态建设与环境保护体系，大力开展节约用水，改革用水制度和管理体制，调整经济结构和农业种植结构，合理安排生态用水，实现正常年份正义峡下泄水量达到 $9.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的分水方案，全流域生态用水达到 $7.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，丰水年份有一定水量进入东居延海，使生态系统不再恶化；2004~2010年，通过进一步加大节水力度和调整经济结构，深化节水型社会试点建设工作，建设调蓄和输水工程，强化管理，科学配置水资源，使全流域生态用水量达到 $9.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，逐步增加进入下游三角洲地区和居延海的水量，使生态系统恢复到20世纪80年代水平；2010年以后通过进一步采取综合措施，优化水资源配置，使水资源得到科学配置和高效

利用,生态系统得到合理恢复,实现人口、资源、环境与经济社会的协调发展。

2009年4月15日水利部部务会议审核通过《黑河干流水量调度管理办法》第十一条规定:黑河干流水量调度按照年度水量调度方案、月水量调度方案和实时调度指令相结合的方式调度,实行年度断面水量控制和区域用水总量控制,逐月滚动修正。

黑河干流水量调度年度为当年11月11日至次年11月10日。其中,当年11月11日至次年6月30日为一般调度期,7月1日至11月10日为关键调度期。

黑河水量调度开创了“统一规划、统一调度、统一管理”的新局面,通过实施“国家统一分配水量、水量断面控制、省区负责用水配水”,进入下游地区的水量逐年增加,河道断流天数逐年减少,有效地缓解了下游绿洲进一步恶化的趋势,产生了较好的生态环境效益和社会效果。按照黑河分水关系,统一折算到莺落峡断面多年平均来水 $15.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 条件下,正义峡断面进入下游地区的年水量已由实施调度前1997~1999年的年均 $7.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到2000年的 $8.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2001年的 $8.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和2002年的 $9.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。中等枯水的2000年和特别枯水的2001年,其夏秋季调水都到达额济纳绿洲腹地达来库布镇,说明了对于黑河流域水资源实施统一管理与调度决策的正确性和必要性。初步理顺了流域水权秩序,化解和减少了水事纠纷,全流域生活、生产和生态用水得到了较为合理的配置。在缺乏控制性调蓄工程,调度手段单一的情况下,逐年加大了正义峡断面下泄水量,基本实现了国务院批准的“97”分水目标。然而,黑河水量调度和近期治理实施过程中暴露出了许多矛盾和问题,需要尽快批复实施《黑河水资源开发利用保护规划》,建设黄藏寺水利枢纽工程;建立黑河水量调度法规体系;进一步加强中游节水型社会建设;确保将进入下游额济纳绿洲有限水资源最大限度地用于生态建设;出台解决地方配套资金问题的相关政策;加强基础研究,建立和完善水资源、生态监测体系,解决黑河水资源短缺问题(司建华,2006;唐德善、蒋晓辉,2009)。

1.2 黑河下游生态环境概况

黑河流域下游的额济纳荒漠绿洲位于内蒙古自治区最西端,东与阿拉善盟右旗毗邻,西南与甘肃省酒泉市交界,北与蒙古国接壤。该区是传统的牧业区,2011年总人口1.77万人,其中,农牧人口 0.54×10^4 人,国内生产总值 27.4×10^8 元,农灌面积 6.76×10^4 亩,牲畜存栏 8.9×10^4 头。

黑河下游主要分为东河区、西河区及古日乃湖滩地。沿东河和西河的绿洲将三角洲划分为东戈壁、中戈壁和西戈壁三块;古日乃湖滩地分布于东戈壁和巴丹吉林沙漠西缘之间(图1-1)。黑河下游额济纳旗总面积 59934.8 km^2 ,其中绿洲面积 3428.42 km^2 ,占总面积的5.7%(据2010年TM影像解译结果)。

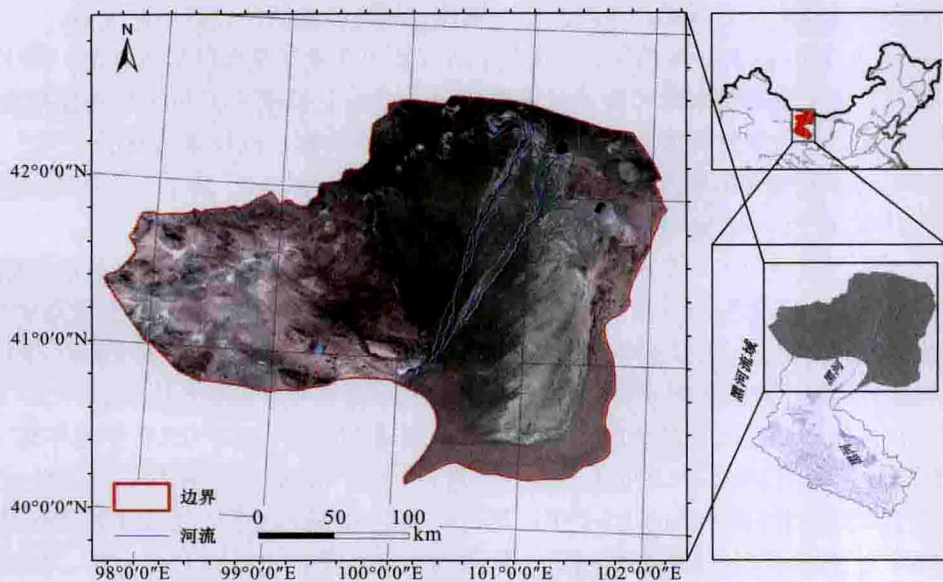


图 1-1 黑河下游额济纳区域位置示意图

1.2.1 自然地理环境概况

1. 地质与地貌

从大地构造看，黑河下游位于天山、阴山地槽，即属于华北陆台海西褶皱带内蒙古地槽的西部边缘，北接蒙古国阿尔泰地槽，西面与马鬃地台相连，南与祁连山地槽的北部相连，东侧与巴丹吉林沙漠断层接触。盆地地层有震旦系的石灰岩，花岗岩；在戈壁平原，山间盆地有第三纪、第四纪地层和构造。地理上属内蒙古高原的一部分，也称阿拉善台地。

地貌类型可以划分为三类：西部及南部边缘地带为干燥的剥蚀低山和残丘，其中还包括东北部雅干一带的残山、残丘，这些山体残丘均呈东西走向，海拔多在 1200~1400m，相对高度在 50~150m。西部的马鬃山最高，属中低残山，主峰在邻近的甘肃省境内，海拔为 2538m。绿洲所在地为黑河(下游称额济纳河)冲洪积平原，其中包括东戈壁、西戈壁和额济纳河两岸阶地，在东、西河之间受河水的冲积形成广阔的冲积平原；东南部为巴丹吉林沙漠。黑河下游绿洲区总的地势是由西南向东北逐渐倾斜，到青山头、麻黄沟一带过渡为低平原，地面比降 1/1000~1/500，海拔 900~1062m，绿洲呈南北带状分布(冯起等，2009)。

2. 气候与气象

黑河下游地处中亚荒漠东南部，西、西南、北三面环山，受高山高原阻隔，太平洋和印度洋的暖湿气流很难到达本区，冬季受蒙古高压控制，夏季受西风带影响，为典型温带大陆性气候。气候特点是降水量少，蒸发量大、冬季寒冷、夏季炎热、气温年较差和日较差大、光照充足、风沙多。

多年平均降水量为 37.2mm，而潜在蒸发量为 3390.3mm，大部分降水在入渗至土壤之前就已经被消耗殆尽。因此，对大部分荒漠河岸林的作用微乎其微。年降水总量变异系数为 58%，雨季一般出现在 6~9 月，占全年降水量的 75.3%，每年从 10 月到翌年 5 月几乎无雨或只有零星少雨(低于 8mm 以下被视为“无效雨”)。从季节上看，无降水期都是以秋冬为主，这样一个连续的干旱时期，不仅使荒漠植物的萌发和生长遭受严重的水分胁迫，而且为春季风沙活动提供了有利条件。

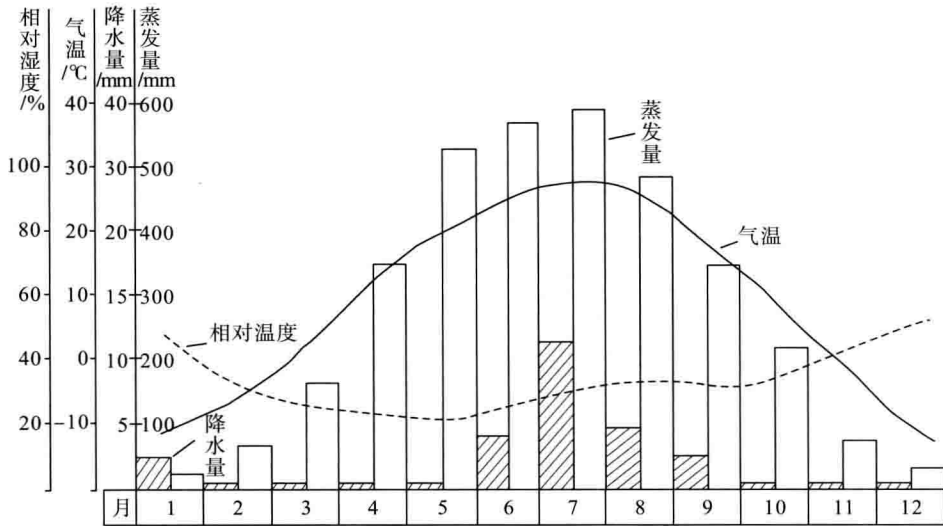


图 1-2 额济纳气象站主要气象要素月变化

表 1-1 额济纳旗各月主要气候特征(1957~2011 年)

月份	气温/°C	降水量/mm	蒸发量/mm	风速/(m·s ⁻¹)	湿度/%	日照/h
1	-11.68	0.33	36.13	2.56	48.7	230.4
2	-6.23	0.23	69.10	2.84	36.4	234.4
3	2.00	1.23	181.64	3.38	27.9	285.1
4	11.26	1.38	343.53	4.07	22.8	305.0
5	19.10	2.86	493.70	4.09	21.7	344.1
6	24.90	6.01	552.17	3.87	25.4	336.9
7	26.95	9.96	554.94	3.58	32.0	339.7
8	24.72	7.96	486.33	3.31	34.0	327.0
9	17.68	4.22	342.73	2.95	32.7	302.3
10	8.28	2.56	202.65	2.83	34.7	282.6
11	-1.79	0.45	90.40	3.06	40.6	237.3
12	-9.90	0.26	39.59	2.70	49.5	218.1
年总值		37.36	3390.26			2169.3
平均值	8.77			3.27	33.9	

本区气候的另一特点是夏季高温。多年平均气温为 8.8℃，气温有明显的季节性差异，冬冷夏热，最冷月(1 月)平均温度为 -11.7℃，最热月(7 月)平均温度为 27.0℃，寒

暑变化相对剧烈(图 1-2 和表 1-1)。气温的日较差也较大,昼夜温差一般都在 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$,最大可高达 $35\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。这一气温季节变化曲线与降水量季节变化曲线趋势是相似的,在气温大于 10°C 的月份也正是降水量大于 2mm 的月份,可以说是“雨热同期”。这段时间大约有 5 个月稍长,恰好是荒漠植物的生长发育期,加上光能充足和昼夜温差大,这些气象因子对荒漠植物的综合影响无疑有利于其水分利用效率的提高,而且进入 10 月以后很快脱落掉叶子或同化枝,以深休眠状态渡过漫长的寒冷干旱期。

3. 水文水资源

该区地表水资源主要有河流和湖泊两种形式。东部和东北部较大的古日乃湖、拐子湖等主要依靠地下水溢出补给,北部的东居延海、西居延海则主要靠河水补给。

黑河是进入本区唯一的河流,从正义峡流经鼎新、东风场区到达狼心山,过狼心山分水闸进入额济纳绿洲后分为东河、西河和东干渠。东河称巴彦博古都,西河称穆林河。两河下游又分叉 19 条,东河支流 11 条、西河支流 8 条,分别注入尾闾端的东居延海、西居延海和京斯图淖尔(天鹅湖)等(图 1-3),各支流情况见表 1-2。

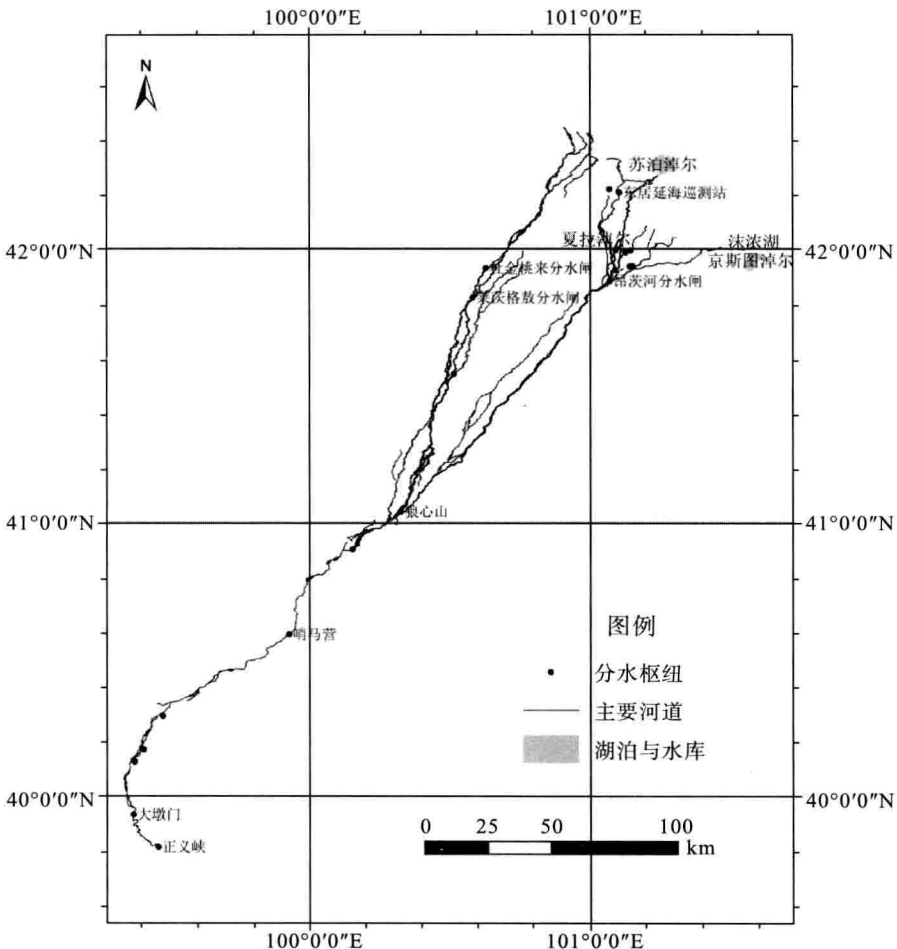


图 1-3 黑河下游地区主要河道及支叉

表 1-2 额济纳河水系河道统计表

水系	名称	起点	止点	长度/km	备注
东 河	额济纳河	大墩门	狼心山	156.0	
	东河	狼心山	昂茨河水闸	110.0	
	班布尔河	昂茨河分水闸	天鹅湖	26.0	
	昂茨河	昂茨河分水闸	沫浓湖	40.0	八道桥
	灶火高勒	七道桥	套尔茨	20.0	七道桥
	巴彦桃来河	农场三队	套尔茨	23.0	六道桥
	五道桥河	农场一队	套尔茨	30.0	五道桥
	色尔桃来河	昂茨河分水闸	套尔茨	42.0	四道桥
	恩得尔利斯河	哈拉素海水闸	二道河	25.0	三道桥
	科希根高勒	达来库布	东居延海	41.0	二道桥
	达西敖包河	昂茨河分水闸	东居延海	52.0	一道桥
	铁库里河	昂茨河分水闸	达来库布镇	11.0	
	纳林河	祖斯林桃来	布顿桃来	144.0	东河 564km
西 河	西河	狼心山	菜茨格敖包水闸	96.4	
	安都河	聋子河	哎尔图	52.3	
	聋子河	孟克图	巴格淖尔	47.5	
	巴格高勒	聋子河	巴格淖尔	36.0	
	赛汉高勒	乌兰艾利高勒	西居延海	32.0	
	穆仁高勒	菜茨格敖包水闸	西居延海	65.0	
	乌兰艾利格河	菜茨格敖包水闸	西居延海	67.0	
	马特格尔河	菜茨格敖包水闸	西居延海	62.0	
	巴拉吉尔敖包河	额济纳河	孟克图	65.0	西河 523km
合计	东河支流 11 条	西河支流 8 条	1243.2		

东河自狼心山到居延海 199km, 从狼心山流出后, 河床宽 50~80m, 下切深度 2~4m, 以砂质为主。狼心山以下 18km 处, 向左分出纳林河, 现状河道长约 144km, 宽 6~100m, 至达来库布镇东消失。东河主河道自纳林河进水闸, 流程 96km 至昂茨河分水闸, 又分成五条河流, 自西向东依次为铁库里河、东大河、色尔桃来河、昂茨河、班布尔河。铁库里河现状河道总长约 11km, 行程 10km 到达来库布镇的达西敖包河, 在乌苏木附近消失。东大河行程 6km 至哈拉素海分水枢纽分为东西两汉, 西汉行程 5km 至二道河进水闸, 东汉行程 6km 至乌苏荣贵进水闸。二道河进水闸以下分为一道河(西汉)和二道河, 一道河全长约 45km, 最终消失于东居延海, 历史上曾自策克分水闸以下 3km 处的查干阿曼流向西居延海。二河道(科希根高勒)长约 41km, 终点为东居延海。乌苏荣贵进水闸以下分为三道河(西汉)和四道河, 三道河长约 20km, 于巴彦库勒格汇入二道河。四道河流程约 25km, 至哈夏特与五道河、六道河汇合。色尔桃来河全长约 42km, 终端汇入五