

黑河流域水资源与生态环境的关系

钟华平 刘恒 耿雷华

(南京水利科学研究院水文水资源所)

摘 要 简要介绍了黑河流域下游额济纳绿洲自然概况,分析了黑河下游地表水、地下水近 20 年的变化趋势,进而对额济纳绿洲植被生长、植物种群演替、植被覆盖度以及绿洲的存亡与当地地下水埋深的关系作了剖析。认为流域中、上游地区用水量逐年增加,来水量逐渐减少,是导致额济纳河由常年流水变成季节性流水,造成额济纳绿洲地下水位持续下降、水质恶化、植被退化、土地沙漠化以及沙尘暴危害加剧等绿洲生态环境严重恶化的原因。指出了黑河流域下游额济纳绿洲水资源与生态环境有着密切的关系,水资源是黑河下游额济纳经济社会可持续发展和生态环境建设的依托,如何稳定绿洲和使绿洲有适度规模发展,是黑河流域生态保护的核心问题,具有重要的战略意义。为了保护和恢复额济纳绿洲,使社会经济可持续发展,应采取一系列生态环境保护对策。

关键词 黑河流域; 水资源; 生态环境; 额济纳绿洲; 地下水埋深; 植被

1 流域概况

黑河发源于青海省祁连山区,流经青海、甘肃、内蒙古三省(区)十一个县(旗、市),干流总长 821km,总流域面积 13 万多 km^2 ,是我国西北干旱区第二大内陆河流域。黑河流域下游额济纳绿洲位于黑河末端,内蒙古自治区最西部,属阿拉善盟额济纳旗管辖,总面积 11.46 万 km^2 ,总人口仅 1.57 万人。额济纳是一个以蒙古土尔扈特部落的后裔为主体的蒙古族聚居的牧业区和少数民族边境旗,因其地位特殊且战略地位十分重要,额济纳绿洲的存亡具有重大和深远的政治意义。随着国家西部大开发战略措施的实施,保护和恢复濒临消亡的额济纳绿洲问题已提到政府的重要议事日程。

额济纳绿洲为开阔平坦的盆地,海拔高程在 900~1100m 之间,位于盆地中部的绿洲地面坡降为 1/1000~1/1200,整个地形向东北倾斜。由于地处北温带干旱荒漠区,区内气候极为干旱,多年平均降水量 39.8mm,最大为 103.0mm,最少为 7.0mm,多年平均蒸发量为 3537.0mm,最高达 4035.0mm。空气相对湿度不足 35%,年均气温 8.3℃,7 月份气温高达 42℃,1 月份最低气温 -35.3℃,年日照时间为 3325.6~3432.4h,全年无霜期 148d,年均风速 4.4m/s,全年 8 级以上大风日数平均 54d,是一个完全靠黑河水滋养的绿洲。

2 水资源特征

黑河在祁连山出口莺落峡水量的变化,20 世纪 50 年代偏丰,60 和 70 年代都偏枯,80

年代又转为偏丰,70年代后期到1995年基本上包含了一个从枯水到丰水的完整周期。近20年黑河流域上、中游的莺落峡和正义峡,河水分别以 $190\text{万 m}^3/\text{a}$ 和 $2210\text{万 m}^3/\text{a}$ 递减,中游河西走廊每年又增加用水量 2020万 m^3 。河水在哨马营入境,于狼心山分成东河和西河,两河继而又分为19条支叉,漫流于绿洲中部,最后消失在东、西居延海。

根据黑河干流出口莺落峡站39年系列水文观测资料计算分析,丰枯水年一般为3~5年,丰枯交替频繁,大致以1976年为分界点,39年间基本完成了两个水文变化周期。入境处狼心山的径流变化主要受中游甘肃河西走廊和下游上段的鼎新和东风场区引用水量制约。额济纳绿洲地表水供水就是狼心山水文断面的入境水量,新中国成立初期进入额济纳的水量为 11.6亿 m^3 ,1988~1995年入境处狼心山水量平均只有 4.47亿 m^3 ,1995年狼心山断面水量为 2.45亿 m^3 ,用于农田春灌、天然草场和草库伦的春灌。灌溉总引水量 1.18亿 m^3 ,其中农田用水量 0.127亿 m^3 ,天然草场及草库伦用水量 1.053亿 m^3 。入境水量逐年减少是引起下游额济纳绿洲严重缺水的主要原因。

额济纳地下水补给源主要是黑河入境水的人渗补给,平均年补给量为 1.93亿 m^3 。由于地下水径流缓慢,潜水排泄主要是垂直方向的蒸发蒸腾,其蒸发蒸腾量达 6.51亿 m^3 。地下水位变化受入境水量变化的制约,春季地下水位抬升,秋末地下水位回落;秋末期沿河中部水位埋深一般在 $2.5\sim 3.0\text{m}$ 之间升降,下部策克一带水位埋深在 $5\sim 6\text{m}$ 之间变化。额济纳工业、生活、牲畜及作物生育期的农田灌溉用水全部取用地下水,年地下水开采量为 0.132亿 m^3 。

3 地下水与天然绿洲的关系

荒漠与天然绿洲是干旱区相互对立的两种生态景观,它们之间的关系实质上就是地下水位埋深与植被之间的关系。地下水与植被生长、植物种群演替以及绿洲的存亡有着密切的关系。

3.1 地下水位变化与植物种群演替

同其他西北内陆河流域一样,额济纳绿洲植物群落的演化主要受水分条件的制约,植被的演替与地下水位高低有关,植物的生长大多表现为不稳定性,呈现脆弱生态的特征。草甸植被、河岸乔灌木植被是构成天然绿洲的主要植被类型,一般分布于河流两岸及低湿滩地、河流尾间以及湖沼区的地下水浅埋藏的地段,其分布和演化随地下水位埋深的升降、植物根系层的土壤含盐量大小而变化。

(1) 沼泽、沼泽草甸植被是天然绿洲系统的基本体。随着人口的增长和工农业的发展,人们对水资源的大规模开发利用,导致河流水量减少、湖泊和沼泽面积缩小,结果引起地下水位下降和土地旱化,使水生和沼泽草甸植被中的三棱草、芦苇、芨芨草、赖草等逐渐退化和消失,代之以盐生或旱生植被,如盐爪爪、红柳、碱蓬、苏枸杞等。随着地下水位持续下降,土壤进一步旱化,红砂、骆驼刺等旱生、超旱生植被侵入,植被景观向荒漠化发展,同时大部分地段发生土壤沙化,继而变为不毛的裸地。

(2) 额济纳绿洲极为干旱,由于河流水面和地下水的蒸发,在近河岸和地下水浅埋地段的表层土壤中,盐分累积而使土壤盐化,在径流停滞的地下水中盐分积聚导致矿化度升高,结果水生和沼泽植被群落变化为盐化沼泽草甸植被;河流水量减少,地下水位持续下

降,土壤旱化程度进一步加剧,土地向盐漠、龟裂盐碱地或荒漠化方向发展,同时伴随盐生植被向盐化荒漠植被变化。因此,盐生或盐化植被是额济纳土地旱化和盐化双重因子作用的产物,也是绿洲现状植被分布较为广泛的植被类型。

(3) 胡杨、沙枣是干旱区两种主要的天然树种,尤其是胡杨,属于我国干旱区惟一真正成林树种,胡杨林的兴衰在很大程度上代表了一个地区天然生态系统的优劣。胡杨具有发达的浅分布水平根系,在中幼龄期其生长与湿润的地表环境密切相关,只能生长于湿润的河岸边和河漫滩。成林后生长有一定深度的垂直根系,依靠深根吸取较深层的地下水而生存。河道迁移或干枯,地表径流急剧减少,地下水位大幅度下降,中幼龄胡杨难以生存,胡杨林出现过熟或残次林的退化现象,林下的植被逐渐向旱化的方向变化,林分条件丧失,逐渐向荒漠草本及灌木植被演替。

3.2 地下水埋深与植被生长

荒漠地区降水量稀少,乔灌木和草本植物生长发育主要依靠地下水,植被的生长发育或退化与地下水位埋深基本呈动平衡关系,表1给出了古日乃湖盆区和终端湖居延海地带不同植被群落地下水埋深与相应的覆盖度,表2给出了胡杨、沙枣和白刺在不同水位埋深条件下生长状况。

表 1 额济纳平原天然植被盖度与地下水位埋深关系

项 目 地 区	植被类型	地下水位埋深 (m)	地下水矿化度 (g/L)	覆盖度 (%)
古日乃湖区	芦苇带	<1 1~2.2	0.6~3.7	60 20~30
	芦苇—黄蒿带	1.1~2.57	2~4.2	5~10
	胡杨—芦苇带	1.47~2.35	1.7~2.4	<5
	梭梭林带	0.4~3.85	0.6~3.7	5~10
	已枯梭梭林	>3.7	<1	
	白茨、麻黄、沙拐枣	>3	0.5~0.8	<5
	麻黄、沙拐枣稀疏带	0.44~0.73	0.5~2.5	<5
居延海	胡杨—沙枣	1~2	0.8~2.0	20~70
	红柳—梭梭	3~5	<3	10~70
	红柳	>5	5~10	稀疏

表 2 植物长势与地下水位埋深关系

植物群落	地 下 水 埋 深 与 生 长 状 况			
胡 杨	<4m, 生长正常	4~6m, 生长不良, 秃顶、叶枯, 少数死亡	6~10m, 大部分枯 死	>10m, 全部植物死 亡
沙 枣	2~3m, 生长正常	4~5m, 生长不良, 枯梢, 少数死亡	5~6m, 大部分枯梢 衰败	>6m, 大部分植物 死亡
红柳白刺	<5m, 生长正常	5~7m, 退化, 枯梢, 少数死亡	7~8m, 严重退化, 大部分死亡	>8~10m, 全部植 物死亡

3.3 地下水波动与植被生长

受额济纳河流水文变化和与此相应的地下水位影响,额济纳绿洲植被随地下水位变幅

的变化表现为明显的分带性。芦苇分布区的水位变幅小于 0.5m, 红柳分布区的水位变幅为 0~1.0m, 梭梭分布区的水位变幅小于 0.5m。胡杨以河流为伴, 傍河而生, 伴水而荣, 随着入境黑河水量的减少、河流改道, 或繁衍发育于河流两岸, 或龟缩消亡于河流故道。经 1995 年调查, 沿河吉日格郎图到策克一带的胡杨, 地下水位埋深 2m 时幼树丛生, 4m 时很少发现幼树, 7~8m 时大多数胡杨呈枯死状态, 仅少数树干的下部存有稀疏绿枝; 位于黑城遗址东边约 15km 处的绿城子地下水位埋深 4.3m, 树干下部仅残存数片绿叶; 离达兰库布镇东南方向 20km 的“怪树林”, 面积约为 52km 的胡杨林干死为枯立木, 是河流改道地下水位骤降的结果。相同的植被景观, 地下水位埋深却相差约 3.0m, 经分析研究认为, 构成额济纳绿洲的各植物种群消长与黑河水文条件变动下相应的地下水位变幅有关, 沿河区地下水埋深年变幅约 1~2m, 而位于古居延洼地的绿城子地下水位年变幅小于 0.5m。因此, 绿洲植被的生长、分布不仅与地下水位埋深有关, 而且还与地下水位变幅的大小有关。额济纳绿洲中的各种植物大多为浅根性植物。不同的植物群落各自都有适宜生长的地下水位埋深范围, 如红柳适宜水位为 2~3m, 胡杨为 2.5~3.5m、沙枣为 2~3m, 芦苇为 0.5~1m, 白刺为 3~4m。

3.4 地下水位埋深与植被总盖度

绿洲演化一般是指面积和植被盖度的变化。由于入境额济纳河水的减少, 地下水位在逐年降低, 天然绿洲一方面发生萎缩(面积减少), 另一方面植被盖度也在下降。这两个方面的变化与地下水位埋深的深浅有着密切的相关关系。

额济纳绿洲的乔灌木及林下伴生的植物生长、衰亡与地下水位埋深关系密切。如红柳, 既可以生长在地下水位浅埋的低湿阶地和冲积扇的前沿地段, 又可以残存于地下水位埋藏较深的地区, 能较强烈地适应于地下水位的变化, 水位变幅从 0 到 1.0m 的区段都有分布, 其植被盖度一般在 10%~70% 之间变化。梭梭林的地下水位埋深降到 4m 就会发生枯死现象, 植被盖度也小于 10%; 胡杨和沙枣在地下水位埋深小于 3.5~4m 的地段正常生长, 植被盖度可达 75%。林下伴生的大多数寿命短的植物, 其极限水位埋深一般为 2.5~3m。

根据 1995 年卫星影像解译资料, 额济纳植被生长的土壤主要为草甸土、盐土, 按照植被生长情况, 建立了如下地下水位埋深与相应地段的植被总盖度的相关关系模型:

$$Y = 4.733X^3 - 41.533X^2 + 90.228X + 13.269$$

式中: Y 为植被总盖度, %; X 为平均地下水位埋深, m, 计算时的取值范围为 1.5~4m; 相关系数 $R=0.98$ 。

3.5 地下水位埋深与绿洲面积

由于地下水位的持续下降, 额济纳绿洲各种类型植被的面积都有不同程度地减少。将 1982 年的卫星影像解译资料和 1995 年影像解译数据进行对照, 地下水位埋深与绿洲变化的关系, 当水位埋深在 1.5~5m 之间时, 经拟合为

$$Y = 21156X^{-1.6871}$$

式中: Y 为绿洲面积, km^2 ; X 为平均地下水位埋深, m; 相关系数 $R=0.997$ 。

4 生态环境问题

水是干旱区最为活跃的自然因子, 对土地开发利用起着决定性作用。由于黑河流域下

游气候干旱,当地水资源匮乏,同时地区社会经济发展考虑水资源条件不够,社会经济用水挤占了生态环境用水,加之黑河中上游水利工程建设布局不合理,水量蒸发渗漏损失大,以及缺乏水资源统一管理,过度开发利用水资源,滥垦滥牧现象严重,导致出现了一系列生态环境问题。

4.1 河水断流,湖泊干涸

20世纪60年代初,上游金塔鸳鸯池和解放村两水库总蓄水能力达到1.02亿 m^3 ,80年代,上游干流水系渠道引水达26.9亿 m^3 ,基本上截断了干流下泄的水量。此后,又在正义峡出口处大墩门建成一座分水枢纽,从而使黑河正义峡出口以下的水量全部被截流。20世纪80年代以来,中游地区用水量是60年代的5倍。因此,进入额济纳绿洲的水量从50年代初的10.5亿 m^3 锐减到80年代的2.5亿 m^3 、90年代的1.8亿 m^3 。河道断流期也由50年代的100天左右延长到现在的200天左右。西居延海(噶顺淖尔)、东居延海(索果淖尔)水面面积在50年代分别为267 km^2 和36 km^2 。东居延海已于1992年干涸;西居延海自1961年干涸以来,先后有12个大小湖泊枯竭,16个泉眼、4个沼泽地消失,约有24.6多万 hm^2 的水域变为盐碱沙滩。

4.2 地下水位下降,水质恶化

自60年代以来,西河下游地下水位下降了6~8m,东河下游下降了4~5m,造成沿河两岸75%的土井供水不足或干涸,矿化度普遍提高到2~3g/L,水化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl}-\text{Na} \cdot \text{Mg}$ 或 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4-\text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型。有的地方地下水含氟量达到2~4mg/L,个别地区高达4mg/L以上。

4.3 植被退化

额济纳绿洲是在荒漠环境下靠河水滋润和地下水供给水分生长的植被群落。上游来水量减少,区域地下水位下降,造成林草植被的种群退化。浅根系植物因不能吸水而枯死,为旱生和超旱生植物替代。东、西河两岸,30年来,红柳、沙枣、梭梭林减少近10.7万 hm^2 。其中:胡杨林由原来的5万 hm^2 减少到2.27万 hm^2 ,平均每年减少906.6 hm^2 ;红柳林由原来的15万 hm^2 减少到10万 hm^2 ,平均每年减少1666.7 hm^2 ;梭梭林也呈现出残株斑点的沙漠化景观。现存的乔木林以疏林和散林木为主,林木中成、幼林比例失调,病腐残林多,生存力极差。1995年与1982年的林草面积相比,各类植被都有不同程度的减少,胡杨林减少了3.1%,沙枣林减少了57.45%,红柳林减少了39.17%,梭梭林减少了7.28%。在湖盆区和沿河的低地,以根基性芦苇为优势的群落逐渐退化,大部分芦苇高度不足1m,而且变得十分稀疏,尾间索果淖尔周边,仅可见残败的芦根露出,沿河的芦苇因干旱而枯黄矮小。

4.4 土地沙化,绿洲萎缩

因地下水位下降,导致大片的红柳枯死,靠红柳固定的沙包活化,变为半流动沙丘;在沿河中段,由于水分散失,沿河东岸堆积的高大沙丘在风力作用下活化东移。目前,额济纳植被覆盖率小于10%的戈壁、沙漠面积增加了462 km^2 ,平均每年增加23.1 km^2 。自60年代以来,40多年间有近35.3万 hm^2 的林草植被、地面水域和农田变为沙漠和盐碱滩,约占绿洲可利用土地总面积的50%以上。平均每年沙漠化面积0.87多万 hm^2 。现场踏勘可以看到成片植被枯死,沙漠化正呈强烈发展态势。

4.5 土地盐渍化

入境水量减少,大面积的农田和草场不能靠河水灌溉,只能依靠地下水,由此引起的土壤次生盐渍化面积增加、程度加重,农田亩产量下降,弃耕农田的面积增加,草场逐年退化。同时地下水位下降引起的表层残余积盐在风力的搬运下横向迁移,促进了盐渍化面积的扩大。在沿河区取样化验,河井结合灌溉的农田表层30cm盐分含量为0.37%,完全用井水灌溉的农田达0.91%。上部的表土含盐量为0.96%,中部为1.50%,下部为0.25%。在湖盆区,索果淖尔近年连年干涸,湖中心表层的含盐量为0.33%。古日乃湖区表土含盐量达3.46%,在汇水的低洼地带,表层30cm土壤含盐量高达7.30%。

4.6 气候恶劣,沙尘暴危害加剧

自20世纪80年代以来,年均降水量比五六十年代减少了30多mm,1983年的降水量仅7mm。沙尘暴天气司空见惯。1993年5月5日的特大沙尘暴,使新疆东部、甘肃河西走廊地区、宁夏大部、内蒙古西部地区受到严重影响,农作物受灾37.3万hm²,死亡85人,伤264人,死伤牲畜120万头,部分公路、铁路运输及供电线路中断,经济损失达5.5亿元。1998年,在两三个月内发生六次强沙尘暴,其中发生在4月15日的第六次特大沙尘暴,是造成北京地区4月17日泥雨、江南部分地区落尘的直接原因。2000年3月21日至5月29日,发生16次强沙尘暴,影响范围涉及我国西北、华北、东北和华东等地区。

5 生态环境保护对策

保护黑河流域下游生态环境是研究额济纳绿洲的最终目的。从生态环境现状与发展趋势来看,植被退化、土地沙漠化和盐碱化是最为突出的生态环境问题,其结果不仅直接威胁天然绿洲的存亡,而且严重制约人工灌溉绿洲的稳定与发展,而这些生态环境问题都是以水资源为核心要素的生态问题,是因水资源总量不足和配置不合理所造成的生态负面效应,这在我国干旱内陆河流域具有普遍性。

5.1 实施流域水资源分配,合理配置水资源

水资源问题是额济纳绿洲生态问题的本质。上游超量引水、下游超采地下水是绿洲生态恶化的主要原因。因此,解决额济纳生态问题的根本出路在于开源、节流,合理利用水资源。应尽快实施国务院黑河分水方案,明确水权,以流域为单元,按照统筹兼顾、综合治理、合理利用、讲求实效、发挥水的多功能特性的原则,进行水资源合理配置,满足人民生活、经济社会发展和维护生态环境的要求,以期达到最佳的社会、经济和生态环境效益。

5.2 加强节水,发展节水灌溉农业,提高水资源利用率

在黑河流域,农业灌溉用水量最大,应完善工程配套设施、采取渠道防渗措施,合理灌溉,减少水资源浪费,因地制宜地发展先进灌溉技术,以降低毛灌溉定额和提高渠系利用系数。严格用水管理,建立合理的水价和收费体系,用经济手段来提高水资源的利用效益。调整产业结构和农作物种植结构,以水定地,合理调配水资源,并将节约用水作为一项根本革命性措施常抓不懈。

5.3 搞好生态环境建设及水源保护

保护和改善额济纳绿洲生态环境建设是黑河流域生态环境建设的关键和重点。额济纳绿洲的生态环境建设不仅关系到流域的可持续发展,关系到民族团结、社会安定、国防建

设、经济发展,而且影响西部大开发战略的顺利实施,必须从战略高度认识黑河流域生态环境问题,把生态环境建设及水资源保护作为流域综合治理的根本。额济纳绿洲生态环境十分脆弱,应开展以水利建设为中心,以林草植被建设为重点的生态环境保护建设,发展半人工绿洲,并严禁超载放牧和垦荒,禁止乱采滥挖。重点保护东河胡杨红柳生态保护区、西河沙枣胡杨林生态保护区和古日乃湖滩周边梭梭林生态保护区。

5.4 搞好流域规划,加强水资源管理和基础研究工作

依照区域水资源特点和区域经济发展与生态环境建设需水要求,搞好流域水资源规划,实施流域取水许可制度,加强流域水资源统一管理,并建立多元化的投入保障机制和完善流域法规体系,严格执法,依法管理水资源。加强地表水与地下水联合运用,合理开发利用地下水资源,防治水质盐化和污染。加强和完善哨马营、狼心山水文站的建设和管理,建立水资源监测信息系统,以便依据翔实的数据,为甘蒙分水和下游用水提供科学依据。

6 结 论

必须认识到水资源是额济纳绿洲经济社会可持续发展和生态环境建设的生命线,额济纳的经济社会发展要充分考虑水资源承载能力。“有水则绿洲,无水则荒漠”,绿洲源于荒漠,对水资源具有高度依赖性,水资源是该地区最具战略意义的资源。黑河流域生态环境保护和建设的关键是加强流域水资源统一管理,同时应加强水利建设和人工绿洲建设,并高度重视科学技术的支撑作用。为从根本上解决省、自治区之间的水事矛盾,有必要研究调整黑河流域的行政区划。

参考文献与参考资料

- 1 内蒙古自治区水利科学研究院. 内蒙古西部额济纳旗绿洲水资源开发利用与生态环境保护研究报告. 2000
- 2 水利部南京水文水资源研究所等. 内蒙古西部水资源合理配置及可持续利用战略研究. 2000
- 3 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所. 黑河流域生态环境问题及其对策研究. 2000
- 4 中华人民共和国水利部. 黑河水资源问题及其对策. 2000
- 5 刘恒, 钟华平, 顾颖. 西北干旱内陆河区水资源利用与绿洲演变规律研究——以石羊河流域下游民勤盆地为例. 水科学进展. 2001 (3): 378~384