

文章编号: 1000-0690(2002)05-0527-08

近 10 年来黑河流域生态环境变化特征分析

王根绪^{1,2}, 王 建¹, 仵彦卿¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 对比分析黑河流域 13 万 km² 范围内 2000 年遥感影像数据资料及 1987 年流域遥感影像资料, 结果表明: 近 10 年来黑河流域生态环境总体上仍然向恶化方向发展, 流域内天然森林分布面积减少 6.35%, 中游取代下游成为流域沙漠化发展的主导区域, 上游山区土地沙漠化发展最为迅速; 下游草地生态退化十分强烈, 草地面积减少达 2 095.39 km²。但局部或生态环境的某些方面出现明显逆转。

关 键 词: 黑河流域; 生态环境; 变化特征; 遥感数据

中图分类号: X171 **文献标识码:** A

在西北干旱内陆流域, 水资源开发利用所产生的生态环境问题历来已久, 几乎是伴随人类发展同步出现的问题^[1]。近年来, 随着经济社会的高速发展, 干旱内陆流域生态环境日趋恶化, 集中表现在流域下游地区天然绿洲萎缩或消失、终端湖泊干涸、土地沙漠化迅速发展, 作为一种共性, 长期以来一直制约着干旱区经济社会的稳定发展, 并成为决定西部大开发战略成败的关键因素^[2]。位于河西走廊中部的黑河流域全长 821 km, 跨越了青海、甘肃和内蒙古三个省区, 总面积 13 万 km², 是河西地区最大的内陆河流域, 也是西北干旱区最具有代表性的流域^[3]。祁连山区的冰雪-森林带是流域水资源的发源和涵养区, 中游张掖绿洲是西北干旱区最大的连片绿洲, 下游以荒漠河谷林为主体的额济纳绿洲是遏制巴丹吉林沙漠西移和南侵、减缓沙尘暴的重要生态屏障, 流域内山地、绿洲、荒漠三大生态系统相互关系表现显著^[4], 由此成为流域尺度研究区域生态环境与经济社会关系的典型流域。在 20 世纪 70 年代后期到 80 年代初, 黑河流域内各种人类活动如农耕面积扩大、各类水利建设的发展以及以“三北”防护林建设为代表的区域沙漠化防治等, 都是历史上相对强烈的时期^[5], 80 年代人类对生态环境认识逐渐提高, 对流域生态环境变化逐渐有所重视的时期; 80 年代后期至 90 年

代末的 10 年, 流域生态环境状况及其变化充分体现了多方面人类活动交互影响的结果。认识近 10 年来流域生态环境变化特征, 对了解人类活动对区域生态环境的影响以及掌握流域生态环境演变趋向意义重大。

1 研究方法 with 数据来源

这次研究利用黑河流域 13 万 km² 范围内 2000 年 TM 遥感影像数据资料, 采用国家“863 计划”制定的区域生态环境遥感调查分类系统, 进行系统解译分析, 其结果作为流域生态环境现状评价的依据。同时, 以 1987 年流域 TM 遥感影像资料为基础, 并参照同期已经数字化的流域土地类型与植被类型图, 按 2000 年相同的遥感分类系统, 提取 1987 年时期流域生态环境信息, 作为对照基准状态, 通过两期遥感数据分析结果的对比, 揭示流域近 10 年来生态环境变化趋势与变化幅度, 定量给出流域近 10 年生态环境变化的基本特征。遥感数据分析的主要分类指标体系如下:

按土地利用分类体系, 将流域土地划分为七大类型, 分别为农业用地(包括耕地、果园、养殖场及其它农业用地等)、人工用地(包括建筑、交通、工矿用地等)、自然/半自然植被覆盖地(包括天然林、人工林、灌木林以及草地等)、湿地(沼泽、盐沼等)、水

收稿日期: 2001-08-06; 修订日期: 2001-11-28

基金项目: 中国科学院知识创新重大项目(KZCX1-09)、中国科学院知识创新重大项目(KZCX1-10-06)。

作者简介: 王根绪(1965-), 男(汉族), 甘肃天水人, 博士, 研究员, 主要从事寒区旱区资源与环境问题研究。E-mail: gxwang@ns.lzb.

体(河道、湖泊、水库、坑塘以及渠道等)、未利用土地(沙地、戈壁、裸地、裸岩、盐碱地以及其它未利用土地)、永久冰雪冻土带。

在上述分类基础上,提取主要反映环境意义的类型作为分析区域生态环境变化的依据^[4,6]。本次研究共选择 13 项指标类型,分别为天然林地、人工林地、高覆盖草地(覆盖度大于 50%,包括部分灌木林与灌草地)、低覆盖草地(覆盖度小于 50%,包括覆盖度小于 20% 的荒漠化草原草地)、河渠与滩地、湖泊、水库与坑塘、人工用地、沙丘(流动、半固定与覆盖度小于 10% 的固定沙丘)、戈壁、盐碱地、裸土与裸岩、冰川和永久性积雪。

根据上述分类指标的判读分析,可以有效地揭示流域不同时期土地荒漠化、盐碱化以及植被生态体系的变化特征。对于流域水环境变化问题,分为水域分布面积变化和水污染变化两方面来阐述,其中水污染问题采用近 5 年的水污染实测资料,通过综合污染指数来反映。

2 分析结果

2.1 植被生态系统变化

1) 森林生态:将流域森林生态划分为人工林和天然林两大分系统。从森林生态系统的分布面积来分析(如表 1 所示),自 1987 年以来,流域上游地区(主要包括祁连、肃南两县)天然林分布面积由 1987 年的 1 398.8 km² 减少到 2000 年的 1 255.43 km²,递减率达到 10.25%,年平均减少 11.94 km²;中游地区包括张掖、山丹、临泽、高台、酒泉、嘉峪

关、金塔等县市以及肃南的部分地区,在 20 世纪 80 年代的后期尚有天然森林面积 3 496.04 km²,到 2000 年,森林面积下降为 3 369.88 km²,减少 126.16 km²,年均减少 0.31%;下游地区主要是内蒙古额济纳旗辖区,是流域唯一的荒漠天然胡杨与沙枣林分布区,自 1987 年以来,天然森林面积由 424.37 km² 减到现在的 390.28 km²,递减率达 8.03%,年均减少 2.84 km²。从全流域总体角度分析,天然森林生态系统分布面积在近 10 年间减少 6.35%,年均减少面积 24.905 km²。其中上游山区天然森林面积的较大幅度减少,反映出在实施祁连山国家自然保护区以来,森林减少态势仍然没有得到彻底遏止。

人工林地面积变化从一个方面反映了区域人类抗御自然灾害、改善与保护生态环境的活动强度与发展趋向^[6]。从表 1 可看出,中游地区以农田防护林网和防沙固沙林为主的“三北”防护林建设已取得显著成绩,近 10 年来人工林地面积由 116.01 km² 增至 180.46 km²,递增 55.56%,平均年递增林地面积 5.37 km²;其次是上游地区,人工林地面积由 1987 年的不足 0.2 km²,增加到现在的 4.17 km²,10 年间增加 20 倍。与此同时,流域下游地区限于水资源不断减少,人工林地面积呈现递减趋势,2000 年与 1987 年相比,人工林地面积减少 28.14 km²,递减 39.09%。从全流域角度来看,人工林地面积呈现明显的递增趋势,自 1987 年以来整个流域人工林地面积递增 21.45%,平均年增加人工林地面积 3.36 km²。

表 1 流域近 10 年来森林生态分布面积变化 (km ²)										
Table 1 The changes of forest areas in the Heihe River basin during recent 10 years (km ²)										
生态类型	1987 年			2000 年			变化方向与幅度			
	上游	中游	下游	上游	中游	下游	上游	中游	下游	流域
人工林地	0.17	116.01	71.98	4.17	180.46	43.84	4.0	64.45	28.14	40.36
天然林地	1398.80	3496.04	424.37	1255.43	3369.88	390.28	- 143.37	- 126.16	- 34.08	- 298.87

临泽、高台、金塔、民乐与山丹等地 2000 年人工林地比 1987 年递增 2~12 倍。自 1987 年以来,张掖地区新增人工林地面积 127.94 km²,酒泉地区增加 18.12 km²,祁连县与肃南也分别增加 24 倍和 69.93%,这是祁连山森林保护与建设所取得的显著成绩。但由于河流水流量递减的影响,下游额济纳旗荒漠绿洲区人工林生态体系却呈现递减态势。与人工林生态相反,流域天然林生态分布面积在全流域范围内呈现明显的递减趋势,张掖地区在

近 10 年间减少天然林地面积 133.26 km²,以张掖、肃南两地最为突出,减少 83.49 km²,占张掖地区总减少数量的 62.65%。酒泉地区减少 27.75 km²,主要集中在金塔县,占 79.46%。山区祁连县和下游额济纳旗天然森林面积也显著下降,近 10 年间分别减少 10.22% 和 8.03%。

2) 草地生态系统:根据卫星遥感数据解译结果,草地生态仅划分为高覆盖草地(覆盖度 ≥50%)和低覆盖草地(覆盖度 < 50%)两类,对于覆盖度 <

10%的草地划归于荒漠戈壁类型。由于额济纳旗地区高覆盖的灌丛草地与林地混杂在一起,因此额济纳旗高覆盖草地包含长势较好的灌木林地,而低覆盖草地包含覆盖度低于50%的河泛地盐生草甸与覆盖度低于30%的部分荒漠化草原。对比1987年以来流域上、中、下游地区草地生态系统分布面积变化的分析结果如表2所示。

流域草地生态分布面积要远大于森林分布面积,是植被生态的主体。由表2可以看出,上游地区草地分布面积占总土地面积的61.95%,是绝对优势生态类型;经过祁连山自然保护区的禁牧封育,高覆盖草地类型在上游地区呈现明显的恢复趋势,其分布面积从1987年的2 051.7 km²,发展到2000年的2 187.68 km²,增加6.62%,平均年递增达11.31 km²;上游地区低覆盖草地分布面积则有所减少,近10余年来其面积减少40.37 km²,其原因可能是两方面的,一是低覆盖草地在经过封育后转化为高覆盖草地,二是上游地区近年来农耕发展和其它如居民与工矿用地的增加。

中游地区草地面积占总土地面积的25.23%,其中高覆盖草地面积分布面积较少,仅占总土地面积的4.35%,低覆盖草地占20.89%。由表2所示,中游地区草地呈现大幅度递减态势,自1987年以来,中游地区高覆盖草地分布面积由2 418.09 km²减少到现状的2 144.39 km²,近12年间减少11.32%,平均年递减达到22.81 km²;与此同时,中游地区低覆盖草地分布面积也出现较大幅度减少,1987年以来减少面积1 642.26 km²,约占1987年期间草地面积的14.56%,年递减率达到1.18%。

下游地区草地生态是该区域经济社会稳定与发展的主要依托生态体系,也是本区域生态环境最重要的指示物^[7]。从其分布面积来看,1987年期间拥有草地面积11 882.06 km²,其中高覆盖草地面积1 183.42 km²,占总土地面积的1.92%,低覆盖草地面积10 698.64 km²,占总土地面积17.38%;受水资源不断减少影响,到2000年,高覆盖草地面积减少为906.23 km²,锐减23.42%,平均年递减23.09 km²,低覆盖草地面积减少为9 512.89 km²,

生态类型		张掖地区						
		张掖	临泽	高台	民乐	山丹	肃南	合计
高覆盖草地	1987年	32.04	0.66	20.17	109.16	434.73	1795.65	2392.41
	2000年	0.0	0.08	9.41	86.95	186.95	1872.94	2156.33
	变化量	- 32.04	- 0.57	- 10.76	- 22.21	- 247.78	77.28	- 236.08
低覆盖草地	1987年	718.49	238.73	165.3	586.03	1739.24	6754.33	10202.12
	2000年	408.13	54.15	106.45	374.85	1887.08	6539.62	9378.28
	变化量	- 310.35	- 184.58	- 58.85	- 211.18	147.84	- 214.7	- 831.82

生态类型		酒泉地区			青海		内蒙
		酒泉	金塔	合计	祁连县	嘉峪关	额济纳旗
高覆盖草地	1987年	0.003	3.86	3.863	2051.7	21.8	1183.42
	2000年	14.11	0.47	14.58	2187.68	34.87	765.79
	变化量	14.11	- 3.39	10.72	135.98	13.07	- 417.63
低覆盖草地	1987年	442.50	549.29	991.79	4420.23	423.79	10698.64
	2000年	173.59	208.41	382.0	4379.86	223.16	9020.88
	变化量	- 268.91	- 340.88	- 609.79	- 40.37	- 200.63	- 1677.76

减少幅度达11.08%,年均递减达到98.81 km²,使下游全流域草地面积年均递减率最大的区域。

从全流域角度看,由于中、下游地区草地生态面积的大幅度减少,使流域草地生态系统总体上面积减少了3 948.06 km²,其中高覆盖草地面积在近10年间减少了595.64 km²,占15.08%;低覆盖草地面积减少了3 352.42 km²,占84.91%。

按流域行政单元所辖范围分析,自1987年以来近10余年流域草地生态变化特征如表2所示。张掖地区除了肃南以外,草地生态面积均呈现减少

趋势,其中高覆盖草地以张掖、民乐和山丹县减少最为剧烈,减少幅度达20%~100%,山丹县高山与亚高山草甸锐减247.78 km²,张掖地区近10年间高覆盖草地减少236.08 km²;低覆盖草地减少迅速,自1987年以来,张掖地区低覆盖草地减少22.97%,面积达831.82 km²,其中尤以民乐县最为严重,减少77.32%,占张掖地区减少的低覆盖草地面积的58.2%;其次,张掖、高台和临泽等地的低覆盖草地面积减少幅度分别达到43.19%、35.6%和36.04%,反映出本区域草地生态强烈退

化的现象;与这些地区低覆盖草地大幅度减少不同,山丹县低覆盖草地面积有所增加,可能与该区域高覆盖草地大面积退化有关。酒泉地区高覆盖草地在近 10 年间有所增加,主要源于酒泉市范围内的高覆盖草地增加 14.11 km²,流域内还有肃南、嘉峪关以及祁连县等地的高覆盖草地面积都有增加,这可能与这些地区大力发展人工改良草地的措施有关;与高覆盖草地不同,酒泉地区低覆盖草地呈现大幅度减少,自 1987 年以来全区(黑河流域范围内仅包括酒泉市及金塔两市县)减少低覆盖草地面积 609.79 km²,减少幅度达 61.48%,其中金塔县减少 340.88 km²,占 55.9%。流域内草地面积减少最显著的区域是下游的额济纳旗,近 10 年间该区域高覆盖草地面积减少了 417.63 km²,约为张掖地区所减少的高覆盖草地的 2 倍,年均减少 3.0%;该区域低覆盖草地面积减少 15.68%,达 1677.76 km²,相当于中游地区除山丹县以外其它地区所减少低覆盖草地面积的总和。

2.2 土地生态环境变化特征

土地生态环境变化用土地沙漠化、土地盐碱化以及裸土化三种土地严重退化形式的分布面积变化来揭示。如表 3 所示,近 10 年来流域土地以上述三种形式的退化趋势仍然十分严重,无论上游、中游还是下游地区,均呈现明显的土地沙漠化和盐碱化发展趋向。

土地沙漠化是土地生态退化最严重的表现形式,上游地区沙漠化土地主要集中在肃南县境内,在祁连县也有零星分布,现状沙漠化土地分布面积 23.09 km²,比 1987 年增加 14.88 km²,沙漠化发展速度达到年均 15.1%,分布面积虽小,但发展速度迅猛。中游地区自 1987 年以来,沙漠化土地面积由 2 321.03 km² 增加到 2000 年的 2 678.0 km²,扩展率为 15.38%,平均年递增 29.75 km²,表现出强烈的沙漠化扩展态势。下游地区是流域沙漠化土地主要分布区,现状沙漠化土地面积 10 061.97 km²,占据流域总沙漠化面积的 78.87%,占下游地区总土地面积的 16.34%,与 1987 年相比,近 10 年来该区域土地沙漠化面积增加 33.17 km²,年平均扩展沙漠化面积 2.764 km²。近 10 年来,全流域范围内新增沙漠化土地面积 405.02 km²,其中中游地区新增面积 356.97 km²,占 88.14%,因此,黑河流域中游地区土地沙漠化发展已成为流域的主导区域,应给予高度重视。

土地盐碱化是流域内又一种较严重的土地生态退化表现形式,主要集中分布在流域中下游地区。如表 3 所示,现状流域盐碱化土地分布面积为 10 558.44 km²,其中中游地区有盐碱化土地 6 902.83 km²,占总盐碱化土地面积的 65.38%,占中游地区总土地面积的 12.42%;下游地区有盐碱化土地面积 3 655.61 km²,占流域总盐碱化土地面

表 3 流域近 10 年来土地生态变化特征(km²)

Table 3 The land ecological changes in the Heihe River basin during recent 10 years (km²)

土地退化类型	1987 年			2000 年			变化方向与幅度			
	上游	中游	下游	上游	中游	下游	上游	中游	下游	流域
土地沙漠化	8.21	2321.03	10029.24	23.09	2678.0	10061.97	14.88	356.97	32.75	405.02
占总面积(%)	0.078	4.17	16.29	0.22	4.82	16.34	0.14	0.64	0.054	0.32
土地盐碱化	0.0	6541.46	3181.03	0.0	6902.83	3655.61	0.0	361.37	474.57	835.94
占总面积(%)	0.0	11.76	5.21	0.0	12.42	6.41	0.0	0.65	1.2	0.86
土地裸土化	45.17	1085.19	258.99	62.05	1119.15	378.19	16.88	33.95	119.19	169.95
占总面积(%)	0.43	1.95	0.42	0.59	2.01	0.61	0.16	0.061	0.19	0.133

积的 34.62%,占下游地区总土地面积的 6.41%。自 1987 年以来,流域土地盐碱化趋势不断加剧,10 年间流域盐碱化土地面积增加 835.94 km²,其中中游地区增加 361.37 km²,年递增率为 0.46%;下游地区增加 474.57 km²,年均递增 1.24%。

裸土系指地表为土质覆盖,但植被覆盖度小于 5%的裸露土质土地,在风蚀作用下易形成沙漠化。从表 3 可看出,流域内上中下游各地均存在显著的裸土面积增加趋势。流域上游地区裸土分布面积

较少,现状仅有 62.05 km²,与 1987 年相比,增加 37.37%;中游地区裸土分布面积较大,现状裸土面积 1 119.15 km²,占流域总裸土面积的 71.78%,自 1987 年以来,中游地区裸土面积增加 3.13%;下游地区现状分布裸土面积 378.19 km²,比 1987 年时期增加 119.19 km²,增加幅度高达 46.02%,成为流域内裸土化发展最为强烈的地区,这从另一个角度反映了下游地区植被大幅度衰减的事实。

流域内除了肃南、嘉峪关两地土地沙漠化出现

逆转以外(山丹县基本不存在沙漠化土地),其它地区土地沙漠化仍然呈现较强的扩展态势。中游张掖地区以临泽、张掖两地沙漠化发展较强,近10年间分别增加沙漠化土地 68.93 km² 和 27.69 km²,与1987年相比,分别增加 20.26% 和 11.68%;高台县是中游地区沙漠化土地分布面积较大的地区,但近10年间其发展速度要低于张掖市和临泽县,为 9.19%,民乐县土地沙漠化扩展幅度为 9.19%,比20世纪70~80年代显著降低;自1987年以来,张掖地区沙漠化土地递增 9.57%,与70、80年代相比,沙漠化发展速度明显减缓。黑河流域的酒泉地区沙漠化土地主要集中在金塔县境内,现状分布面积为 754.99 km²,占黑河流域酒泉地区总量的 85.76%;自1987年以来,新增沙漠化土地的 98.7% 集中在金塔县境,扩展幅度达到 37.14%,平均年递增率达到 3.09%,是黑河流域乃至西北地区沙漠化发展最强烈区之一。全流域 78.82% 的沙漠化土地面积分布在流域下游的额济纳旗境内,自1987年以来的10余年间,该区域沙漠化发展程度明显要比70、80年代低,新增沙漠化面积 32.75 km²,甚至低于中游的大部分地区。值得注意的是近10年来流域上游祁连县境内的土地沙漠化发展十分迅速,在1987年仅有沙化土地 8.21 km²,到2000年猛增到 23.09 km²,扩展近3倍,年扩展速度达到 23.43%,已成为全流域近年来沙漠化发展最强烈的地区。

张掖地区的临泽、张掖、民乐、肃南等县市土地盐碱化发展仍然十分严重,自1987年以来的10年间,盐碱化土地面积分别增加 49.3% 到3倍;高台与山丹县盐碱化土地面积则明显减少,现状盐碱化面积分别比1987年减少 13.2% 和 71.45%。黑河流域酒泉地区境内土地盐碱化分布也出现两种相反现象,酒泉市境内土地盐碱化面积呈大幅度增加,自1987年以来新增盐碱化土地面积 241.01 km²,递增 59.03%,而金塔县境内盐碱化土地分布面积却显著下降,递减 4.05%,减少盐碱化面积 222.56 km²。金塔与山丹县盐碱化土地面积的如

此大幅度减少的主要原因可能是这些区域近20年间地表水资源严重缺乏,导致对地下水资源大规模开发利用所引起的区域地下水位下降。下游额济纳旗境内土地盐碱化不断增加,现状分布盐碱化土地面积 3 972.86 km²,比1987年增加 24.89%。

与土地盐碱化的变化趋势不同,土地裸土化形式的退化以山丹、金塔两地最为严重,近10年间分别增加4倍和 49.73%;相反,流域内张掖、高台、肃南以及嘉峪关等地裸土面积明显减少,酒泉市也基本停滞。流域上游祁连县和下游额济纳旗境内裸土面积发展较快,增加幅度分别达到 37.16% 和 45.89%,这是该区域植被严重退化的结果。

2.3 水环境变化特征

1) 流域水域变化:流域内自然与人工水域类型主要包括河渠、湖泊、水库、坑塘以及冰川和永久积雪等,这些水域面积变化揭示流域人类活动和气候条件对区域水环境的影响程度^[6]。近10年来,流域这些水域水体分布面积变化情况列于表4,反映出自1987年以来,流域这些典型水体分布面积均呈明显减少趋势。河渠与滩地类型在流域上中下游均有分布,其中上游地区河渠、滩地分布面积由1987年的 240.32 km² 减到2000年的 174.62 km²,递减 27.33%;中游地区河渠、滩地由 730.77 km² 减少到 512.82 km²,递减 29.82%,10年间消失的河道滩地面积几乎等同于上游地区原有的河渠、滩地面积;下游地区河渠、滩地面积较小,但变化巨大,1987年以来,河渠、滩地面积减少 60.71%,超过一半的河道滩地在近10年中消失。这类水体面积的锐减,主要归因于在人类大规模地开发利用水资源的过程中,水资源空间分配的剧烈变化,导致天然河道和河湖滩地因长期无水而废弃,部分滩地并进一步开发为耕地或转为其它用途。中游地区原来汇于干流的许多出山小流域在20世纪80年代以后消失于各自的灌溉绿洲,使大量河道废弃,以及下游地区原有的众多分支河道长期干涸而成为新的沙源,就是导致流域河渠、滩地锐减的直接原因。

表4 流域近10年来水体分布面积变化(km²)

Table 4 The water area changes in the Heihe River basin during recent 10 years (km²)

水体类型	1987年			2000年			变化方向与幅度			
	上游	中游	下游	上游	中游	下游	上游	中游	下游	流域
河渠、滩地	240.32	730.77	9.57	174.62	512.82	3.75	- 65.69	- 217.95	- 5.81	- 289.47
湖泊		22.89	3.25		5.87	0.42		- 17.02	- 2.84	- 19.86
水库、坑塘		92.41	20.82		82.46	10.17		- 9.94	- 10.65	- 20.58

流域湖泊水域变化在 20 世纪 50 年代后期就已开始,并迅速发展,到 80 年代后期,大量天然湖泊干涸消失^[2],如表 4 所示,这种递减趋势一直延续到最近 10 年。中游地区湖泊水域主要分布于南部山区,俗称“海子”,现状分布面积为 5.87 km²,比 1987 年遥感分析数据减少 17.02 km²,递减了 74.35%。下游地区在 1987 年尚存湖泊水域面积 3.25 km²,到 2000 年只残留 0.42 km²,进一步减少 87.38%。

2) 水污染状况的变化态势:区域水化学环境变化的另一种特征就是水体污染,地表水污染一般集中于流域中下游人类活动强烈的地区。依据水污染监测结果(表 5),在黑河流域,地表水污染最严重的是北大河、山丹河水系,张掖山丹河年均超标污染物主要是氨氮、高锰酸盐指数和生化需氧量,超标率分别达到 87.5%、87.5%和 50%。北大河酒泉段污染也较为严重,以挥发酚、生化需氧量和高锰酸盐指数为主要污染物,超标率在 41.7%以上,最高可达 140%。黑河流域水库水质令人担忧,如表 5 所示,北大河水系的鸳鸯池以及解放村等水库污染十分严重,近年来水质类型呈持续 V-劣 V 类型。由此可以看出,黑河流域大部分水系均存在程度不同的人为污染现象,且这种污染趋势还在不断加剧,随着区域城市化进程加快和工业经济发展,未来水污染不容乐观。水体盐化和不断污染的结果,将更加加剧区域水资源供需矛盾。

表 5 中的污染指数是污染实测值与污染物标准值之比,用以度量单项污染物或综合污染程度。可以看出黑河流域山丹河张掖段河流水污染综合指数在 0.81 以上,使水质在近 5 年中始终呈劣 V 级水质类型,表明该河段水体遭受持续污染,水体已失去使用功能。从 1995 年以来各河段水污染监测结果来分析,除山丹河以外,解放村水库自 1996 年以来也呈持续的劣 V 级水质类型,鸳鸯池水库水质近 5 年来出现波动,1995、1997、1999 年水污染状况有所缓解,总体上并未有好转。其它河段如北大河酒泉段在 1996 年之前水污染十分严重,在 1990~ 1995 年间持续处于劣 V 级水质类型,从 1997 年开始,该河段水质出现明显改善,近 3 年来基本保持在 III 类水质标准范围,表明水环境朝着良性方向发展,具有这种倾向的还有黑河干流张掖水源地上游河段以及北大河嘉峪关河段等。

3 流域生态环境变化的成因分析

3.1 水资源开发利用及其水文效应

截止 1985 年,中游地区已建水库数达 95 座,其中尚未包括蓄水量小于 100 万 m³ 的小塘坝和平原小水库,水库总蓄水量达 3.6 亿 m³,比 1949 年增加 20 倍。截止 1995 年,黑河流域共建成各类水库 98 座,不包括酒泉及金塔两地,仅张掖地区水库蓄水能力增加了约 2 771 万 m³,流域水库总库容达到 4.567 亿 m³。其中东部子水系有水库 56

表 5 流域典型河段与水库水质污染监测结果

Table 5 The testing results of water quality in some typical river sections and reservoirs in the Heihe River basin

河段 水库	实测地表水质类型					综合污染指数				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
黑河张掖	V	V	劣 V	IV	III	0.54	0.69	0.91	0.56	0.49
北大河酒泉	劣 V	劣 V	III	IV	III	1.44	0.83	0.48	0.56	0.45
张掖山丹河	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	0.88	0.99	0.81	0.81	0.91
北大河嘉峪关段	II	II	I	I	I	0.31	0.31	0.28	0.27	0.28
黑河上游 I	III	II	II	II	II	0.45	0.4	0.38	0.38	0.41
鸳鸯池水库	IV	劣 V	劣 V	劣 V	IV	0.54	0.89	0.64	0.98	0.44
解放村水库	III	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	0.42	0.98	0.63	1.09	0.51

座,总库容 2.22 亿 m³,分别占流域总量的 57.1%和 48.6%。在大规模开发利用地表径流的同时,于 20 世纪 70 年代开始,流域内开始大量开采利用地下水。据不完全统计,黑河现有机电井 6 484 眼,年开采能力达 5.115 亿。水资源大规模开发利用的结果,使流域水系发生了根本改变,进入 80 年代后,中游所有支流均不再汇水黑河干流,33 条支流相继断流,各自形成相对独立的灌溉绿洲^[4]。正

义峡站过境水量由 50 年代的年均 11.6 亿 m³,减少到 80 年代的 11.00 亿 m³,进入 90 年代后,进一步减少到 7.7 亿 m³。水文情势的改变,还体现在下游洪水量及年内分布完全受制于中游人为活动,一般在 5~ 7 月河水断流,直至翌年 3~ 4 月水量增加形成春汛。使得下游水资源供需的时间矛盾十分突出,在需水高峰期,正好是河水断流期^[7]。作为地下水与地表水转化的中间环节,泉水量也呈递

减趋势,尤其在进入80年代以后更加显著,1960~1980的20年内,泉水减少约 2.9 亿 m^3 ,削减率为16%,而1981~1991年的10年中,削减率提高到22.8%。流域水资源开发利用与水文过程变化直接导致区域地下水位变化,流域山前地下水位呈持续下降态势,从80年代中期到90年代中期约10年的时间,地下水位下降达3 m左右。下游额济纳旗境内大部分地区地下水位也呈波动下降趋势,平均下降1.5~5.0 m。

3.2 开垦与放牧

流域天然植被面积,尤其是草地面积大幅度递减的主要原因,应首推农耕面积的不断扩大,近10余年来,中游地区新增灌溉耕地 721.01 km^2 ,主要源于对天然草地的开垦,另外,低覆盖草地的荒漠化,也是造成草地面积锐减的原因之一。流域中上游地区草地普遍存在严重超载过牧现象,平均超载率达21.68%,肃南局部草场超载率已达70%。全区冬春草场可利用面积仅为总草场面积的39%,理论载畜量98.76万只羊单位,现状实际载畜260.4万只,超载率高达163.67%。夏季草场中民乐、高台、张掖、临泽等地区也全面超载,超载牲畜合计达22.64万只羊单位。草地严重过牧成为上游地区草地退化的重要因素。下游额济纳旗境内,从理论载畜量与现实放牧牲畜水平分析,总体草地利用尚未出现严重超载问题,但现状绝大多数牲畜放牧过分集中于下游东西河沿岸河泛地林灌草甸草地,使这些地区存在不应有的严重超载现象,过牧结果将直接导致本来就十分脆弱的植被生态系统更加剧衰退。中游地区植被变化主要取决于土地开垦的影响以及放牧破坏。下游地区则不同,以河岸天然林、草甸植被为主体的天然绿洲,其形成与发展受控于外来径流,随流域水资源开发利用的不断加强,加之该区域草地利用缺乏必要的规划与管理,乱牧和局部超载使绿洲生态系统持续退化。

3.3 工业排污是水污染的主要因素

黑河(干流)流经的张掖盆地及北大河水系的酒泉-金塔盆地,人口密度大、城镇集中、工农业生产发展程度较高,是甘肃省河西地区重要的经济增长点。随着流域人口的增长和社会经济的发展,工业废水和城镇生活污水排放量不断增加,城市排水设施和污水处理设备却显得不足与落后,以致大量废水和有害物质未经处理直接或间接排入黑河及其支流,造成水质污染,使地表水环境恶化。黑河

流域污染物排放主要分布于造纸及制品业、化学工业、石油加工业和食品工业等行业,根据污染负荷比排序,主要污染源依次有:张掖地区造纸厂(11.42%),酒泉地区河西化工厂(5.58%),酒泉市造纸厂(4.88%),张掖地区化工厂(2.88%),临泽淀粉厂(1.86%),张掖糖厂(1.71%)和酒泉糖厂(1.52%),累计污染负荷达11316.0。污染物排放总量达到2973万t/a,人均排污量135.25~189.05 t/a,污染物中以COD为主,达 2.37 mg/L ,另外,生化需氧量、氨氮、硫化物和石油类等都是废水排放中最主要的污染物。1995年前,污水处理率及达标率很低,以张掖地区为例,1995年,张掖地区工业废水排放量达1385.3万t,污水净化处理达标排放率仅1.2%。另外,农业是中游地区的支柱产业,农用化肥和农药的施用是造成地表水水质面源污染的重要原因之一,因使用效率低,相当一部分流入地表水,导致的水质污染同样不容忽视。

3.4 人为活动对土地沙漠化的双重作用

中游地区以农田防护林网和防沙固沙林为主的“三北”防护林建设已取得显著成绩,在人工绿洲发展和人为治沙活动的共同作用下,沙漠化扩展被明显遏制。对流域中下游地区而言,径流完全受控于中游人类活动,极端干旱的气候条件潜伏着沙漠化的危险,水资源空间分布的巨大变化和供需矛盾的日趋加剧、下游径流量的持续减少诱发和加速了土地沙漠化的发展。大规模灌溉农田的发展和水资源的再分配,是导致区域土地盐碱化发展的主要原因,同时,地下水开发利用程度的不断提高,使得局部地区地下水位大幅度下降,又反过来使得局部盐碱化土地逆转。

总之,流域生态环境变化主要是人为活动作用的结果,区域气候变化虽然也有一定作用,但人类活动的影响最具控制性,气候的波动变化加剧了人类活动的影响。

4 结论与讨论

研究表明,自20世纪80年代后期以来的10年间,黑河流域生态环境变化剧烈,表现在:流域内天然森林分布面积减少 343.11 km^2 ,递减率达到6.35%,下游珍贵的天然荒漠森林继续退化;流域草地面积减少 3948.06 km^2 ,其中减少最显著的区域是下游的额济纳旗,近10年该区域所减少的高覆盖草地面积约为全流域所减少的高覆盖草地的

70.11%; 全流域范围内新增的沙漠化土地面积 405.02 km², 其中中游地区新增的沙化面积占 88.14%, 而下游地区近 10 年来土地沙漠化面积增加 33.17 km²; 与 20 世纪 70、80 年代相比, 流域中下游地区沙漠化发展速度明显减缓, 但流域上游祁连县境内的土地沙漠化发展却十分迅速, 年扩展速度达到 23.43%; 流域土地盐碱化趋势不断加剧, 10 年间流域盐碱化土地面积增加 835.94 km²。流域河湖水域面积进一步萎缩, 水体污染出现了好转。流域上中下游地区河渠、滩地分布面积分别减少了 27.33%、29.82% 和 60.71%; 中游地区河渠滩地由 730.77 km² 减少到 512.82 km²; 下游地区湖泊水域面积的现状则仅仅有 0.42 km², 又减少了 87.38%。除山丹河以外, 近 5 年来流域内其它河流以及水库等水体水质出现明显改善, 如北大河酒泉段、黑河干流张掖河段以及北大河嘉峪关河段等, 综合污染指数均表现出降低态势, 但流域内一些水库水质污染仍旧十分严重。

近 10 年来, 黑河流域生态环境总体上仍然向恶化方向发展, 水-生态-经济三者之间的关系不相协调, 但土地沙漠化与盐碱化以及水体污染状况

等环境问题, 在局部已得到明显改善, 人工林地的发展在不断弥补天然植被的破坏, 流域人为采取的一系列生态环境保护与建设措施已取得明显效果。水土资源开发利用是引起流域生态环境剧烈变化的根本原因, 合理利用水资源, 协调经济社会与自然生态环境系统的关系是促进流域生态环境良性发展、保障流域生态系统安全的根本途径。

参考文献:

- [1] 高前兆, 李福兴. 黑河流域水资源合理开发利用[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990. 61~ 77.
- [2] 王根绪, 程国栋, 等. 中国西北干旱区水资源利用及其生态环境问题[J]. 自然资源学报, 1999, 14(2): 109~ 116.
- [3] 陈隆亨, 曲耀光. 河西地区水土资源及其合理开发利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [4] 王根绪, 程国栋. 近 50 年来黑河流域水文及生态环境变化[J]. 中国沙漠, 1998, 18(3): 233~ 238.
- [5] 王根绪, 程国栋. 黑河流域土地荒漠化及其变化趋势[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 368~ 374.
- [6] 樊自立. 新疆土地开发对生态环境的影响及对策研究[M]. 北京: 气象出版社, 1996.
- [7] 龚家栋, 董光荣, 等. 黑河下游额济纳绿洲环境退化及综合治理[J]. 中国沙漠, 18(1), 1998, 44~ 49.

Features of Eco-Environmental Changes in Heihe River Basin over Recent 10 Years

WANG Gen-xu^{1,2}, WANG Jian¹, WU Yan-qing¹

(1. State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering, Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000; 2. School of Resources and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract: Selecting the 13 items of land use or land cover index, which indict the changes of regional eco-environment, from the remote sensing data of 2000 over the whole river basin with an area of 13.0×10^4 km². At the same time, the remote sensing data from 1987 was analyzed to output the eco-environmental index of 1987. Comparing with the two time phase analysis results of eco-environmental index, and integrating the field surveying results, the trends and extent of eco-environmental changes in the Heihe River basin were analyzed. The features of eco-environmental changes were quantitatively discussed. Those features showed that, in recent 10 years, the eco-environment of the Heihe River basin was degrading as a whole. Forest area in the river basin decreased by 6.35%. The middle reaches, which replaced the lower reach, was the most serious desertification region, and the upper reaches was the rapidly exacerbated desertification region. Grassland ecology showed a continuous degradation tendency in the lower reaches, the total area of degraded grassland occupied 2 095.39 km². But in some regions of the river basin, the eco-environment was improved.

Key words: Heihe River basin; eco-environment; change features; remote sensing data