

咸水入侵区土地利用/覆被变化的水环境效应分析

——以昌邑市为例

张艳¹, 张祖陆¹, 张会海², 官巧玉¹

(1. 山东师范大学 人口资源与环境学院, 济南 250014; 2. 东营市第一中学, 山东 东营 257091)

摘 要:通过对潍河下游地区即昌邑市的咸水入侵地区土地利用状况分析, 出现了一系列的水环境效应。随着人类对自然活动强度的不断加大, 城乡工矿居民用地的增加, 对水资源的需求量越来越大, 此外对地下水的大量开采造成了严重的咸水入侵, 地表及地下可利用水量不断减少; 工农业生产及生活废弃物等的排放造成河流污染, 与咸水入侵对水源的侵染共同导致了地下水矿化度增大, 水质恶化。

关键词:土地利用/覆被变化; 水环境效应; 咸水入侵

中图分类号: X143; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0053-03

Analysis of Water Environment of the Land Use and Land Cover Changes in the Salt-Water Intrusion Area of Changyi City

— Take Changyi City as a Case Study

ZHANG Yan¹, ZHANG Zu-lu¹, ZHANG Hui-hai², GONG Qiao-yu¹

(1. Geography Department of Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China; 2. The First Senior High School of Dongying City, Dongying, Shandong 257091, China)

Abstract: This paper indicates the water environment response based on the analysis to the change of land use and land cover change (LUCC) in the salt-water intrusion area of Changyi City, which is located on the lower reaches of the Weihe River. Firstly, the water resource quantity decreases. Along with human activities intensity on the land and water increasing and the urban, mining and rural residential areas enlarging, the demand for water grows. And also, the mass exploitation of groundwater has caused serious sea-water intrusion. The available surface and ground water decline continuously; Secondly, water quality becomes worse. Wastes produced by industry and farming pollute rivers, and severe salt-water intrusion makes the salinity of groundwater increasing and water quality deteriorating.

Key words: land use and land cover change (LUCC); water environment response; salt-water intrusion

区域土地利用/土地覆盖变化(LUCC)及其环境效应目前已成为土地科学研究的热点问题之一, 相关的研究主要集中在区域土地利用变化的区域气候、水文效应及对土壤养分和生物多样性的影响等方面^[1]。水环境效应是 LUCC 的重要环境效应, 选择莱州湾南岸潍河下游为研究区, 通过分析近十几年来的土地利用变化状况, 研究咸水入侵区土地利用变化带来的水环境效应, 为咸水入侵区土地资源的合理利用和水环境保护提供依据。

1 研究区概况

研究区位于山东省潍坊市东北部潍河下游地区, 地处渤海莱州湾南岸中部, 沿海岸呈面状分布, 东西长约 33 km, 南北宽 45 km, 行政区划上隶属于昌邑市的龙池、柳疃、双台、夏店、卜庄等 5 乡镇, 总面积约为 1 100 km² (图 1)。属平原区, 具暖温带大陆性气候特点, 四季分明。随着近年来人类活动强度的加大, 对土地的开发利用程度加强, 导致水环境

不断恶化, 直接威胁着区域社会经济的可持续发展。

2 研究区土地利用变化的水环境效应

2.1 研究区近期土地利用结构的变化状况

分析土地利用变化所用数据主要采用 1990 年、1995 年、2000 年、2004 年 4 个时期的 ETM 多光谱影像和昌邑市 2005 年度土地利用变化情况分析报告的部分数据, 其它的数据还包括覆盖全区的 1:5 万地形图、1:5 万县级市(区)土地利用现状图、土壤普查资料、水文地质资料、昌邑市统计年鉴等资料。

参照国家统一的《土地利用现状调查技术规程》及研究区内土地经营特点与覆盖度, 将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和盐碱地 6 个类型, 运用地理信息系统软件 ARC/INFO 等软件进行分析, 获得 4 期研究区土地利用状况图(图 2)及土地利用变化的空间与属

收稿日期: 2007-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目“莱州湾南岸滨海平原咸水入侵驱动下土地覆被变化及机制研究”(40471122)

作者简介: 张艳(1981—), 女, 山东潍坊人, 在读硕士研究生, 主要从事水环境变化与可持续发展。E-mail: yanzi200114@163.com

通信作者: 张祖陆(1949—), 男, 上海嘉定人, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源与水环境研究。

性数据,进而对土地利用的动态变化进行分析。

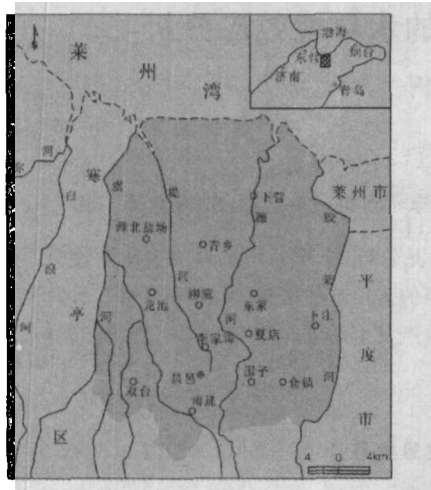


图 1 研究区位置图

利用土地利用与土地覆被变化的幅度计算分析土地利用变化的面积变化,进而可了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化。由此可得出研究区 6 种土地利用类型

1990—1995 年、1995—2000 年和 2000—2004 年的变化幅度,获得土地利用类型面积变化幅度表(表 1),结合 2005 年土地利用类型现状数据(表 2)对近十几年来研究区的土地利用状况进行分析。

分析表 1、表 2 可知,从 1990—2005 年的 16 a 中,1990—1995 年耕地、林地、草地、水域及盐碱地面积均呈下降趋势,所有用地类型中只有城乡工矿居民用地的面积是增加的。1995—2000 年各用地类型变化幅度都比较小,而 2000—2005 年各种用地类型变化幅度又趋向于增大,面积减少的土地类型有耕地、草地和水域;面积增加的土地类型有林地、城乡工矿居民用地和盐碱地,总体来看,草地的面积一直在减少,城乡工矿居民用地的面积一直在增加。3 种土地利用类型中,相对于 2004 年的土地利用面积,2005 年农用地面积不断减少,建设用地尤其是城乡工矿居民用地面积增长幅度很大,未利用地面积也在不断减少。分析以上结果可知,该地区城乡工矿居民用地正在逐渐侵占其它用地类型,土地利用/覆被变化越来越多的受到人类活动的影响,并产生了咸水入侵、水质变坏、水量减少等各种水环境问题。

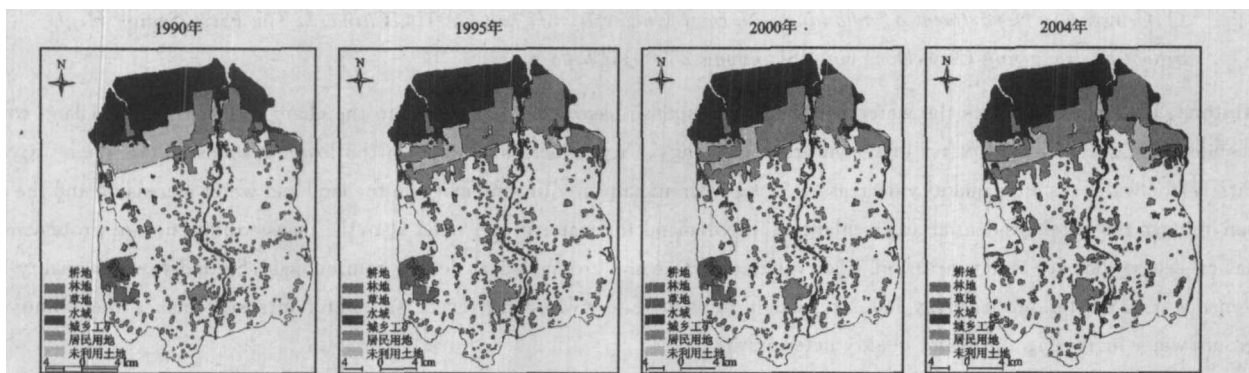


图 2 研究区 4 期土地利用现状

表 1 研究区土地利用类型变化幅度

利用类型	1990—1995		1995—2000		2000—2004	
	面积/ hm ²	净变 幅度/%	面积/ hm ²	净变 幅度/%	面积/ hm ²	净变 幅度/%
耕地	-2620.19	-3.79	466.09	0.7	-833.48	-1.24
林地	-0.02	0	0.02	0	103.34	195.00
草地	-507.37	-12.65	-571.17	-16.3	-1236.08	-42.14
水域	-1956.39	-10.10	-78.43	-0.45	-102.47	-0.59
城乡工矿居民用地	8613.45	55.68	116.37	0.48	1166.19	4.82
盐碱地	-3529.96	-47.34	67.88	1.73	901.62	22.60

2.2 土地利用变化引起水资源短缺

20 世纪 70 年代开始,昌邑市北部就发现了点状咸水入侵,地下淡水受到海水和苦咸水的浸染,进入 90 年代以来,由于降水量偏少,地表淡水资源减少,工农业及其他各项用水的增加加剧了淡水资源的消耗量。

2.2.1 居民生活及工农林业发展引起水资源短缺

通过对研究区近十几年来土地利用状况的分析,可以看出,城乡工矿居民用地面积一直在增加,变化幅度很大。据昌邑市 1999 年的不同土地类型用水结构分析,工业用水占总用水量的 13.0%,农田用水占 63.7%,居民生活用水占 5.3%,林果牧渔用水占 18.0%,可知工农业及居民生活用

水占总用水量的 82%^[2]。分析表 1、表 2 可知,林地在 2000—2005 年面积增加很大,这除了正常条件下林地与耕地、草

表 2 昌邑市 2005 年土地利用现状

土地利用类型		面积/ hm ²	占总面积 的百分比 /%	与 2004 年对比
农用地	耕地	84161.99	46.45	-94.13
	林地	2157.63	1.19	-34.98
	园地	5743.85	3.16	-34.55
	其它	26808.91	14.79	-50.37
建设用地	居民点及工矿用地	33631.91	18.55	221.26
	交通运输用地	1443.44	0.80	—
	水利设施用地	4652.22	2.57	—
未利用地	未利用土地	7801.44	4.30	-77.93
	其它土地	14818.59	8.18	-0.32

注:其他农用地包括畜禽饲养、坑塘、养殖、农田水利、农村道路、晒谷场等用地;未利用土地包括盐碱地、荒草地、沼泽地及裸土地等用地;其他土地包括河流、湖泊水面、苇地、滩涂等用地。

地等土地利用类型的相互转化外,还与昌邑市大力提倡种植苗木,建设苗木大县的政策有关,苗木种植面积已由 2000 年的 133 hm² 发展到 2003 年的 6 000 hm²,随之而来其对水资源的需求会相应的加大。由于近几年气候干旱,降水量减

少,地表水资源紧缺,地下水被大量的开采,用来满足生活、工业生产用水和农田灌溉、林木用水,导致水资源量减少。

2.2.2 资源性缺水和水质性缺水并存

所谓资源性缺水是指水资源的绝对量不足,如我国北方地区和西北地区。昌邑市是一个资源性缺水的城市,水资源主要来自于降水、河流水资源、地下水和客水资源。工农业生产的快速发展和人们生活水平的进步对水资源的消耗日益增加,水资源供需矛盾日趋尖锐。20世纪80年代以来,由于对地下水的过度开采,造成咸水入侵,许多淡水区变成了咸淡水过渡区甚至咸水区。地下水的矿化度逐渐增大,其化学组成发生了显著变化,而且具有明显的南—北过渡变化的分布规律,即由山前冲洪积平原、冲积海积平原、海积平原,地下水水化学类型由 HCO_3^- 型 $\rightarrow \text{HCO}_3^- - \text{Cl}^-$ 型 $\rightarrow \text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ 型 $\rightarrow \text{Cl}^-$ 型顺序变化,矿化度也由开始的小于500 mg/L逐渐增高至大于2000 mg/L以上, Cl^- 浓度由不到50 mg/L增高至大于1000 mg/L,已远远超过国内外水质标准中 Cl^- 含量规定,如美国和法国公共水体中 Cl^- 含量最大允许浓度为250 mg/L,我国农田灌溉水质标准规定, Cl^- 浓度最高为300 mg/L^[3]。研究区地下水已不适于灌溉、饮用和某些工业用水,一些地区工农业生活和生产用水不得不以咸水为主,出现水质性缺水现象。

2.3 土地利用变化对水质的影响

2.3.1 城乡工矿居民用地增加带来的水质污染

由于研究区内居民点及工矿用地面积增加,工业废水和城镇生活污水的排放量不断增加,这些污水虽大部分经过处理,但仍有一部分直接排入河道,造成高强度的点源污染,且通过流域地表水—地下水的多次相互循环转化进而污染整个水系^[4]。昌邑市的四大水系:潍河水系、胶莱河水系、虞河水系、堤河水系,其中堤河是昌邑市的排污河流,完全排放生活污水和工业污水,化学需氧量COD、生化需氧量BOD₅严重超标。据2003年污水排放量统计,全市工业废水排放量为 5.99×10^9 kg,主要污染物排放总量为 2.27×10^6 kg,其中化学需氧量和悬浮物年排放量分别为 1.76×10^6 kg、 5.02×10^5 kg,分别占总排放量的77.75%和22.16%。工业废水和生活污水的比率约为1.52:1,且城市污水处理率较低,管理体制落后,因此有大量污水被直接排入河流,造成河流水系污染^[2]。

2.3.2 农业发展造成的污染

虽然昌邑市耕地面积呈下降趋势,但由于追求高产量,农药化肥的施用量一直在增长。大量农药化肥的使用,造成十分严重的面源污染,在水资源大规模重复利用的过程中,造成水质不断恶化。2003年化肥的折纯施用量为 4.61×10^7 kg,其折纯施用强度为675 kg/hm²,与我国化肥施用强度的平均水平(319.5 kg/hm²)相比,是我国平均水平的2.12倍;是发达国家为防止化肥对水体造成污染而设置的安全上限(167.2 kg/hm²)的4.04倍。2003年农药的使用量为 1.25×10^6 kg,折纯强度为3.3 kg/hm²,比2002年的农药使用量有所减少,并且低于全国农药平均使用量(7.5 kg/hm²)。农田引用受污染的河流进行灌溉也形成了面状

污染源。污水的渗入污染直接增加了地下水的盐分,另外由于某些成分增加而产生化学作用,更有利于地下水盐分的聚集,最终导致地下水水质下降。全市地下水水质由南向北逐渐变差,总硬度超过550 mg/L的面积有676 km²^[5]。

2.3.3 咸水入侵对地下水质的影响

受地质构造影响,研究区位于地下咸水(卤水)区内。天然状态下,地下水由南向北径流,不会发生咸水入侵。研究区内卤水含量丰富,开采规模逐年加大,新建盐田不断向南推进,促进了地下水的盐化。卤水开采量的增大,形成了大面积带状漏斗,水位下降5~8 m,加快了海水对卤水的补给,一定程度上减小了海咸水向南侵入淡水的速度,但对浅层地下水来说,由于盐田的大面积向南推进,地下水咸化速度还是加快了^[6]。除此之外,自20世纪80年代以来,由于降水量减少,地表水资源紧缺,地下水被大量开采,破坏了原有的咸淡水平衡。研究区内大部分为重要的农业区,由于地表水资源缺乏,农业用水多以地下水为主,据刘恩峰等对潍河下游咸水入侵成因的研究,20世纪70年代中期以前,取地下水时打井的深度一般小于10 m,对地下水开采量较小,地下水系统处于天然的动态平衡;70年代末以来,随着工农业经济的发展以及干旱程度的加重,地下水开采量增大,并由浅变深。1960—1990年,地下水累计超采 2.11×10^8 m³,过量的开采导致淡水区水位下降,压力减小,地下水动态平衡完全遭到破坏,形成了淡水降落漏斗^[7]。地下水降落漏斗降低了淡咸水水头压力,在水动力和水化学动力作用下,咸水以对流、扩散—弥散等方式侵染淡水,造成了大面积淡水咸化,导致了严重的咸水入侵,全市自1977—2003年累计咸水入侵面积达143 km²。

3 小 结

针对土地利用/覆被变化在咸水入侵区造成诸多水环境问题,采取积极措施增加水资源可利用量,治理水质污染:

对于水资源短缺的现象,可通过修建水库、建蓄水闸,在具有富水构造的地下水漏斗区建地下水补水工程等措施进行开源,增加可供水量;建立节水型工业,提高工业用水利用率,合理调整工业产业结构与布局;发展节水高效的现代灌溉农业,充分利用当地水资源,包括降水、地下水、回归水和劣质水,重点发展生态农业;进行再生水的回用,将生活用水进行分类管理,提高水的二次利用率;海水淡化也是解决水资源短缺的一个可行途径。研究区部分区域属于盐碱地,浅层水苦咸,深层水含氟量高,不适宜作为饮用水,可以采用苦咸水淡化技术解决这类问题。以上措施如果全部实施,可以提供大量可用水资源,但还是不能根本解决水资源短缺的问题,最终解决这个问题的办法还是应该跨流域调水。对于工农业生产造成的水质污染,应加快各城镇污水处理厂的建设,各企业排放的废水必须经过处理达标后,方可排入河道。在农村大力实施农村标准化生产,加强无公害、有机、绿色食品基地建设,推行生态农业发展,防止面源污染;对于咸水入侵造成的污染,主要是地下水水质咸化,可利用一些蓄水工程,拦蓄地表水,结合渗井、渗渠回灌补给地下水,形成地下

(下转第58页)

0.95, $C \leq 0.35$, 模型拟合精度较好。

④ 3 次指数平滑法是在一、二次指数平滑基础上进行的, 平滑系数 α 取值 0.5。建立的预测模型为

$$S_{t+T} = 7\,617.44 + 175.56T + 17.4T^2$$

3.3 分析研究

3.3.1 头脑风暴法的分析

头脑风暴法是一种定性分析法, 它基于专家的经验, 而每个专家的经验又是不相同的, 虽然不能完全否定经验不具有科学性, 但是在参与的专家人数有限的情况下, 这种预测方法的精度还是不很理想。从表 2 的平均相对误差分析可以看出, 头脑风暴法的精度最低。

3.3.2 一元线性回归法的分析

从表 2 的平均相对误差值分析可以看出, 一元线性回归的预测误差相对较小, 根据 R 值可以发现, 已知数据线性关系越好, 则预测误差越小, 反之则越大。本例所采用的数据直线性趋势较理想, 所以应用一元线性回归法取得了相对较理想的结果。在使用一元线性回归法时, 一定要注意范围的确定, 使原始数列保持良好的直线性关系, 这样才能保证预测结果的准确与可靠。

3.3.3 GM(1,1)法的分析

从表 3 看, GM(1,1)模型拟合精度较好, 但是模拟结果不理想, 其原因如下: GM(1,1)模型是根据消除噪声和随机误差原理建立的, 从数据上下波动寻找隐含规律, 应用于本例中, GM(1,1)模型的优势就没有发挥出来, 因为本例数据波动性及随机性不是很强, 只有在后面一点发生突变。

3.3.4 三次指数平滑法的分析

三次指数平滑法受历史数据长度的影响较小, 虽然本例采用的数据长度不长, 但仍取得了较好的模拟结果。指数平滑法是一种特殊加权移动平均法。它考虑到时间序列中所有数据对预测对象的影响, 因此其预测结果更为科学。

4 结论与讨论

总结上述模型各自的优点和不足, 可以发现: 在有众多

专家参与的情况下, 可以采用头脑风暴法, 定性方法和定量方法要相互结合, 充分发挥智力在预测中的判断作用, 这样更复合科学性; 对于直线趋势较明显的问题, 用一元线性回归法效果较好; 历史数据较少的问题, 可用三次指数平滑法来预测; 波动性和随机性较大的问题, 可用 GM(1,1)模型, 灰色 GM(1,1)模型特别适用于那些因素众多、结构复杂、涉及面广而层次较高、综合性较强、互相性较好的社会经济指标的预测。以上只是从本例发现的部分规律, 对于具体问题可具体对待。由于不同地区土地利用存在显著差异, 没有一种预测方法具有完全的普适性。应该突破传统规划思想的束缚, 构建并采用更具科学性的土地资源分析方法与模型, 借助于新一轮土地利用总体规划修编, 全面提升中国土地资源规划管理水平, 促进土地资源的可持续发展。

参考文献:

- [1] 姜海, 曲福田. 建设用地需求预测的理论和方法[J]. 中国土地科学, 2005, 19(2): 44-51.
 - [2] 罗昱辉, 吴次芳. 建设用地需求预测方法研究[J]. 中国土地科学, 2004, 18(6): 14-17.
 - [3] 赵小敏, 王人潮. 城市合理用地规模的系统分析[J]. 地理学与国土研究, 1997(1): 18-21.
 - [4] 陈国建, 刁承泰, 黄明星. 重庆市区城市建设用地预测研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002(5): 403-408.
 - [5] 钱文荣, 葛雄灿, 姜炳三. 农村土地利用规划的预测方法研究[J]. 浙江统计, 1997(2): 28-30.
 - [6] 王万茂. 土地利用规划学[M]. 北京: 中国大地出版社, 2000.
 - [7] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1991.
 - [8] 刘恩峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 - [9] 欧海若. 土地利用规划模式选择与模型应用研究[M]. 北京: 中国大地出版社, 2002.
- ~~~~~
- (上接第 55 页)
- 水库, 还可在重点地段修筑防潮堤坝, 以阻挡海水沿河道追溯南侵, 缩小海水入侵范围; 盐田不应分布在靠近南侧的低咸水区, 而应集中在卤水区的中部, 这样, 通过加大卤水的开采量, 可降低地下卤水的水位, 并使南北两侧的地下卤水向中部汇集。
- 参考文献:
- [1] 杨述河, 闫海利, 郭丽英等. 北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应: 以陕北榆林市为例[J]. 地理科学进展, 2004, 23(6): 49-55.
 - [2] 昌邑市水利局. 二十一世纪初期昌邑市水资源可持续利用规划[Z]. 2001.
 - [3] 辛良杰, 张祖陆. 海水入侵对生态影响及恢复措施研究: 以山东昌邑市为例[J]. 可持续发展, 2003(12): 44-45.
 - [4] 孟宝, 张勃, 张华. 黑河中游张掖市土地利用/覆盖变化的水文水资源效应分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 94-99.
 - [5] 潍坊市水资源规划管理处. 潍坊市水资源保护规划[Z]. 2005.
 - [6] 山东省地质矿产局第二水文地质工程地质大队. 山东省莱州湾南岸潍河下游地区海(咸)水入侵勘察报告[R]. 1993.
 - [7] 刘恩峰, 张祖陆, 沈吉. 莱州湾南岸潍河下游地区咸水入侵灾害成因及特征[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(3): 78-87.
 - [8] Bernd Klocking. Development and allocation of land-use scenarios in agriculture for hydrological impact studies [J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2003, 28: 1311-1321.