

文章编号: 1007-6301 (2001) 04-0313-11

# 黄河三角洲土地持续利用优化分析

何书金, 李秀彬, 朱会义, 苏光全

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 在黄河三角洲主体东营市土地利用现状和变化特征分析的基础上, 提出了因地制宜、发挥优势、突出综合效益和保护生态环境的土地持续利用优化原则与目标; 按土地利用类型进行了土地持续利用约束分析; 提出了退耕还林还牧、提高森林覆盖率, 适当集中布局农村居民点、加大土地整理力度, 适度开发滩涂地、荒草地和盐碱地等土地持续利用结构优化配置方案。

**关 键 词:** 黄河三角洲; 东营市; 土地持续利用; 优化; 分析

**中图分类号:** F301.24      **文献标识码:** A

黄河三角洲是一个具有极大持续综合发展潜力的地区, 其主体东营市在黄河三角洲开发过程中起着区域增长极的作用。东营市沿岸每年有大量的新土地形成, 加上交通便利, 人口相对较少, 土地资源丰富, 可为我国沿海新基地的开发和后备资源的供给提供充足的土地资源开发条件。黄河三角洲东营市土地持续利用优化研究对中国沿海社会经济的可持续发展具有十分重要的意义。

## 1 土地利用变化特征

### 1.1 土地利用现状

东营市地处黄河三角洲腹地, 南北长 132 km, 东西宽 74 km。北临渤海, 东濒莱州湾及潍坊市, 西与滨州市毗邻, 南与淄博市接壤, 辖东营和河口 2 区, 及垦利、利津和广饶 3 县。1998 年人口  $167 \times 10^4$  人, 土地总面积  $792\,325.67 \text{ km}^2$ , 其中以耕地、水域和未利用地类型为主, 分别占总土地面积的 28.88%、32.59% 和 20.63%<sup>[1,2]</sup> (表 1)。

### 1.2 土地利用变化特征

**1.2.1 耕地面积呈波动变化** 1949~ 1954 年 5 年间东营市耕地面积增加很快, 1954 年耕地面积达  $21.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 比 1949 年增加耕地  $3.33 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。1955~ 1962 年由于“大跃进”和连续自然灾害, 耕地退化并急剧减少, 1960 年耕地面积仅  $15.12 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 比 1954 年净减少  $5.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 年均减少  $0.87 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。1963~ 1976 年由于国民经济的恢复发展, 耕地稳步快速增长, 1976 年耕地面积又恢复到  $19.84 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。1976 年以后, 由于工

收稿日期: 2001-10; 修订日期: 2001-12

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (49831020)

作者简介: 何书金 (1964-), 男, 湖南人, 副研究员。主要研究方向为土地利用与农村发展, 先后在国内外学术刊物和学术会议上发表论文 30 余篇。

表 1 东营市土地利用状况(1996 和 1998 年)<sup>[1,2]</sup>  
Tab. 1 Land use status of Dongying in 1996 and 1998

		1996 年		1998 年		1998 年比 1996 年
		面积/hm <sup>2</sup>	比重/%	面积/hm <sup>2</sup>	比重/%	增(+ )减(- )
土地面积		792 325. 67	100. 00	792 325. 67	100. 00	
耕地	小 计	227 807. 53	28. 75	228 820. 40	28. 88	+ 653. 68
	水 田	19 976. 57	2. 52	21 248. 33	2. 68	+ 1 271. 76
	旱 地	103 633. 28	13. 08	104 472. 07	13. 19	+ 838. 79
	水浇地	104 556. 87	13. 20	103 100. 00	13. 01	- 1 456. 87
园地	小 计	6 829. 78	0. 86	6 636. 60	0. 84	- 193. 18
	果 园	6 506. 31	0. 82	6 313. 13	0. 80	- 193. 18
	桑 园	320. 27	0. 04	320. 27	0. 04	
林地	小 计	23 553. 23	2. 97	23 628. 00	2. 98	+ 74. 77
	有林地	11 248. 19	1. 42	11 330. 60	1. 43	+ 82. 41
	灌木林	9 633. 41	1. 22	9 629. 80	1. 22	- 3. 61
	疏林地、迹地	253. 22	0. 03	258. 40	0. 03	+ 5. 18
	未成林、苗圃	2 418. 41	0. 31	2 409. 20	0. 30	- 9. 21
牧草地	小 计	37 959. 45	4. 79	37 961. 40	4. 79	+ 1. 95
	天然草地	35 387. 11	4. 47	37 321. 20	4. 71	+ 1 934. 09
	改良草地	2 375. 24	0. 30	439. 20	0. 06	- 1 936. 04
	人工草地	201. 07	0. 03	201. 07	0. 03	
居民 点及 工矿 用地	小 计	58 838. 23	7. 43	59 973. 20	7. 57	+ 1 134. 97
	城 镇	6 494. 65	0. 82	6 669. 80	0. 84	+ 175. 75
	村 庄	33 557. 83	4. 24	33 456. 00	4. 22	- 101. 83
	工矿地	13 781. 35	1. 74	14 355. 00	1. 81	+ 573. 65
	盐 田	4 328. 52	0. 55	4 826. 73	0. 61	+ 498. 21
	特 殊	675. 87	0. 09	665. 67	0. 08	- 10. 20
交通 用地	小 计	13 506. 10	1. 70	13 682. 07	1. 73	+ 175. 97
	铁 路	145. 07	0. 02	145. 07	0. 02	
	公 路	6 081. 16	0. 77	6 262. 13	0. 79	+ 180. 97
	农村道路	6 859. 88	0. 87	6 854. 87	0. 87	- 5. 01
	机场、港口	420. 00	0. 05	420. 00	0. 05	
水域	小 计	261 012. 51	32. 94	258 199. 67	32. 59	- 2 812. 84
	河流水面	15 906. 27	2. 01	15 906. 27	2. 01	
	水库水面	18 283. 95	2. 31	20 959. 20	2. 65	+ 2 675. 25
	坑塘水面	21 771. 51	2. 75	22 877. 60	2. 89	+ 1 106. 09
	苇 地	33 173. 55	4. 19	33 527. 27	4. 23	+ 353. 72
	滩 涂	101 917. 40	12. 86	101 917. 40	12. 86	
	沟 渠	51 354. 05	6. 48	44 140. 80	5. 57	- 7 213. 25
	水工建筑物	10 939. 12	1. 38	11 204. 47	1. 41	+ 265. 35
未利用 土地	小 计	170 355. 95	21. 50	163 424. 33	20. 63	- 6 931. 62
	荒草地	36 474. 06	4. 60	34 602. 73	4. 37	- 1 871. 33
	盐 地	131 868. 62	16. 64	126 808. 33	16. 00	- 5 060. 29
	田坎及其它	2 013. 27	0. 25	2 013. 27	0. 25	

业、交通及农田基本建设的发展, 占用耕地较多, 但也进行了大量荒地开垦, 耕地面积数量约有增加, 1998 年耕地面积达  $22.88 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。

1.2.2 土地利用类型转化以农业结构调整和非农用地增加为主 从表 2 看出: 1992~ 1996 年耕地增加来源主要靠滩涂和未利用地开发, 占 89.93%。耕地减少去向中, 转化为园地、居民点与工矿交通用地、水库等水域用地和未利用地的分别占 12.03%、10.01%、26.60% 和 49.66%, 说明大量耕地被平原水库水面占用和退化为未利用荒地。

表 2 1992~ 1996 年东营市土地利用类型转化 (单位:  $\text{hm}^2$ )  
Tab. 2 Land use type transform of Dongying from 1992 to 1996 (unit:  $\text{hm}^2$ )

		总计	耕地	园地	林地	牧草地	居民点 工矿区	交通用地	水域	未用地
耕 地	增加	8 992.96		180.07	194.72	314.40	102.58	113.57	1 419.37	6 668.25
	减少	27 233.60		3 275.41	366.43	73.52	2 042.93	707.59	7 243.47	13 524.24
园 地	增加	3 652.86	3 275.41		215.55					100.11
	减少	323.45	180.07				60.53			82.85
林 地	增加	5 874.20	366.43			4 933.22			530.91	43.97
	减少	1 846.56	194.72	215.55		991.4	160.3		52.39	222.11
牧草地	增加	1 540.95	73.52		991.40					
	减少	6 542.86			4 932.20		275.95		578.25	308.59
居 民 工矿区	增加	5 253.20	2 042.93	60.53	160.30	275.95				
	减少	368.55								
交通地	增加	1 143.25	707.59							
	减少	469.29								
水 域	增加	18 823.58	6 634.69		52.39					
	减少	8 156.91	1 419.39							
未用地	增加	18 945.94	13 219.03						4 952.14	
	减少	19 387.53	6 668.25							

注: 水域包括苇地、滩涂。

1.2.3 耕地变化与人口和经济发展关系密切 人口的增加, 一方面使每人所占有的耕地份额减少, 另一方面, 也使对耕地的占用增多, 耕地总量减少。经济的发展对耕地的变化具有双重作用: 一方面, 经济的发展, 使综合国力增强, 农民人均收入增加, 人均总产值和人均基建投资增加, 城市和农村兴建房屋, 或发展第二、三产业增多, 使部分耕地被征用或占用引起耕地流失; 另一方面, 经济的发展, 也促使工业生产的发展, 提供给农业更好的垦殖改造技术条件和土壤培植改造, 人们便可开垦以前难以垦殖的土地, 而且, 经济的发展, 也使农业基础设施投资增加, 有利于农田基本建设的开展, 促进耕地面积的扩展<sup>[3,4]</sup>。这种关系可用下述多元回归方程定量表达:

$$Y = 26.2358 - 0.0555X_1 - 0.0002X_2 + 0.0001X_3 - 0.0005X_4 - 0.0004X_5 \quad (1)$$

式中  $Y$  为耕地面积,  $X_1$  为总人口,  $X_2$  为人均国民生产总值,  $X_3$  为人均工业产值,  $X_4$  为人均基建投资,  $X_5$  为农民人均纯收入。

从上式可清楚地看出, 东营市耕地面积的变化与人均工业产值成正相关, 与总人口、人均国民生产总值、人均基建投资和农民人均纯收入成负相关, 尤其与人口的负相关性最为显著, 相关系数为 0.994。根据公式 (1) 和相关数据计算结果, 东营市 2010 年耕地面积为  $15.14 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

## 2 土地持续利用优化原则与目标

### 2.1 优化原则

(1) 开发占用土地, 应尽可能地少占耕地, 尤其是少占一、二等质地优良的土地, 迫不得已要占用耕地时, 只能占用劣等地。

(2) 在确保耕地的前提条件下, 使林地、牧草地、居民点和工矿用地有所增加, 水域和未利用土地有所减少, 对不合理或占用土地过多的村庄进行并村发展, 减少占地。

(3) 坚持开源与节流并举, 保护与开发并重; 统筹兼顾各项用地, 优先满足能源、交通、水利和符合产业政策的项目用地; 积极开发复垦土地。

(4) 因地制宜, 发挥优势, 突出综合效益, 保护生态环境, 实现土地经济、生态和社会三大效益的统一。

### 2.2 优化目标

(1) 保护生态环境。在确保种植业、牧业和渔业等有一定发展前提下, 使森林覆盖率达到 20%, 改善人民生活与生存环境, 为区域社会经济的可持续发展奠定坚实的基础。

(2) 发展粮食生产。在土地适宜性允许范围内和确保林牧渔有所发展的前提下, 尽可能地增加粮食生产。

(3) 发展经济。在满足耕地等各类土地一定发展前提下, 尽最大可能地增加农林牧渔业总产值, 实现经济的高速增长。

## 3 土地持续利用约束分析

### 3.1 决策因子分析与变量设置

根据土地利用分类系统, 设置了耕地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域和未利用土地的约束决策变量, 需要说明的是, 决策变量的设置, 在重点考虑土地本身适宜性的同时, 还顾及到东营市土地利用现状和 2010 年土地利用的规划要求。各土地利用类型适宜性等级归并与决策变量设置见表 3。

### 3.2 土地持续利用的一般约束分析

**3.2.1 土地适宜等级约束** 根据东营市土地质量评价结果, 其一、二、三、四、五、六和七等地面积分别为  $57\,329 \text{ hm}^2$ 、 $159\,409 \text{ hm}^2$ 、 $119\,044 \text{ hm}^2$ 、 $116\,415 \text{ hm}^2$ 、 $106\,159 \text{ hm}^2$ 、 $120\,218 \text{ hm}^2$  和  $113\,751 \text{ hm}^2$ , 表 3 中的各类用地在同等适宜地上使用的面积总和应不超过该等适宜地所能提供的最大面积, 即:

$$X_{01} + X_{31} + X_{44} + X_{60} + X_{66} + X_{79} + X_{98} + X_{104} \quad 57329$$

$$X_{02} + X_{32} + X_{45} + X_{61} + X_{67} + X_{80} + X_{99} + X_{105} \quad 159409$$

$$X_{03} + X_{33} + X_{34} + X_{46} + X_{48} + X_{52} + X_{62} + X_{68} + X_{72} + X_{81} + X_{90} + X_{100} + X_{106} \quad 119044$$

$$\begin{aligned} &X_{04} + X_{35} + X_{41} + X_{47} + X_{49} + X_{53} + X_{63} + X_{69} + X_{73} + X_{82} + X_{86} + X_{91} + X_{101} + \\ &X_{107} \quad 116415 \\ &X_{36} + X_{42} + X_{50} + X_{54} + X_{64} + X_{70} + X_{74} + X_{77} + X_{83} + X_{87} + X_{92} + X_{95} + X_{102} + \\ &X_{108} \quad 106159 \\ &X_{37} + X_{39} + X_{43} + X_{51} + X_{55} + X_{57} + X_{65} + X_{71} + X_{75} + X_{84} + X_{88} + X_{93} + X_{96} + \\ &X_{103} + X_{109} + X_{111} \quad 120218 \\ &X_{38} + X_{40} + X_{56} + X_{58} + X_{59} + X_{76} + X_{78} + X_{85} + X_{89} + X_{94} + X_{97} + X_{110} + X_{112} \quad 113751 \end{aligned}$$

(1)

表 3 东营市土地利用类型适宜性等级归并与决策变量设置

Tab. 3 Land use type suitable grade merger and decision-marking variable setting in Shandong Dongying

土地利用类型		土地适宜性等级						
		—	二	三	四	五	六	七
耕地	耕地	$X_{01}$	$X_{02}$	$X_{03}$	$X_{04}$			
	经济林	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$				
	防护林			$X_{34}$	$X_{35}$	$X_{36}$	$X_{37}$	$X_{38}$
	用材林						$X_{39}$	$X_{40}$
牧草地					$X_{41}$	$X_{42}$	$X_{43}$	
居民点及 工矿用地	城 镇	$X_{44}$	$X_{45}$	$X_{46}$	$X_{47}$			
	村 庄			$X_{48}$	$X_{49}$	$X_{50}$	$X_{51}$	
	工矿业			$X_{52}$	$X_{53}$	$X_{54}$	$X_{55}$	$X_{56}$
	盐 田						$X_{57}$	$X_{58}$
	特殊地							$X_{59}$
交通用地	铁 路	$X_{60}$	$X_{61}$	$X_{62}$	$X_{63}$	$X_{64}$	$X_{65}$	
	公 路	$X_{66}$	$X_{67}$	$X_{68}$	$X_{69}$	$X_{70}$	$X_{71}$	
	村 路			$X_{72}$	$X_{73}$	$X_{74}$	$X_{75}$	$X_{76}$
	民用机场					$X_{77}$		
	港口码头							$X_{78}$
水域	河流水面	$X_{79}$	$X_{80}$	$X_{81}$	$X_{82}$	$X_{83}$	$X_{84}$	$X_{85}$
	水库水面				$X_{86}$	$X_{87}$	$X_{88}$	$X_{89}$
	坑塘水面			$X_{90}$	$X_{91}$	$X_{92}$		
	芦苇地						$X_{93}$	$X_{94}$
	滩涂地					$X_{95}$	$X_{96}$	$X_{97}$
	沟 渠	$X_{98}$	$X_{99}$	$X_{100}$	$X_{101}$	$X_{102}$	$X_{103}$	
	水工建筑	$X_{104}$	$X_{105}$	$X_{106}$	$X_{107}$	$X_{108}$	$X_{109}$	$X_{110}$
未利用土地							$X_{111}$	$X_{112}$

3.2.2 种植面积约束 耕地主要适宜于一、二和三等地，部分也适宜四等地，作物种植面积和应不小于 2010 年耕地预测面积，即：

$$X_{01} + X_{02} + X_{03} + X_{04} \quad 151400$$

(2)

同时，据东营市现有土地利用现状，约有 50% 的一等地、60% 的二等地和 20% 的三等

地发展成为耕地。在四等地上发展农作有很强的制约作用,不宜发展太多的耕作,据估算,其最大值不宜超过现有四等地面积的一半。为此有:

$$\begin{aligned} X_{01} & 28664.5 \\ X_{02} & 95645.4 \\ X_{03} & 23808.8 \\ 10000 & X_{04} \quad 60000 \end{aligned} \quad (3)$$

**3.2.3 林业用地约束** 东营市规划到 2010 年经济林、防护林和用材林面积分别达  $19\,733\text{ hm}^2$ 、 $37\,933\text{ hm}^2$  和  $16\,667\text{ hm}^2$ , 联系表 3 得到 3 个林地约束方程:

$$\begin{aligned} X_{31} + X_{32} + X_{33} & 19733 \\ X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} & 37933 \\ X_{39} + X_{40} & 16667 \end{aligned} \quad (4)$$

**3.2.4 牧业用地约束。**由公式 (5) 对大牲畜和羊数量进行预测,便可求出 2010 年东营市所需消耗饲草的数量。

$$\begin{aligned} \text{牛 } Y &= -1.9218 + 0.812 * X & R &= 0.988 \\ \text{马 } Y &= 0.9627 - 0.0169 * T - 0.0001 * T * T & \text{平滑指数: } &0.45 \\ \text{骡 } Y &= 0.9774 - 0.0042 * X & R &= -0.972 \\ \text{驴 } Y &= 3.2588 + 0.0731 * X & R &= 0.99 \\ \text{羊 } Y &= 50 + 500 / \{1 + 243.956 * \text{EXP}[-0.068 * (X + 49)]\} & R &= 0.882 \end{aligned} \quad (5)$$

式中  $X$  (或  $T$ ) 指年份对应的序列号,如 1949 年对应的  $X$  (或  $T$ ) = 1, 其余类推。

2010 年,  $X$  (或  $T$ ) 取值 52, 得到东营市 2010 年放养的牛、羊、马、骡和驴的数量分别为:  $40.39 \times 10^4$ 、 $163.24 \times 10^4$ 、 $0.73 \times 10^4$ 、 $0.76 \times 10^4$  和  $7.07 \times 10^4$  头。据《农业技术经济手册》的牲畜饲料留量定额,计算出 2010 年牧草地提供给这些牲畜所需的饲草将达  $1.86 \times 10^9\text{ kg}$ 。另外,东营市由于良好的气候条件,草地质量较好,  $1\text{ hm}^2$  草地产草量  $33\,750\text{ kg}$ , 到 2010 年牧草地将要达到  $100\,779.49\text{ hm}^2$ 。应有:

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} \quad 55237.78 \quad (6)$$

**3.2.5 居民点及工矿用地约束** 据东营市人口发展预测,2010 年总人口约  $196 \times 10^4$  万人,其中城镇人口  $90 \times 10^4$  万人,农村人口  $106 \times 10^4$  万人。现有人均城镇建设用地  $97.90\text{ m}^2$ , 按国土资源部颁布的《县级土地利用总体规划编制规程(试行)》规定的 III 级标准 ( $105.1\text{ m}^2/\text{人}$ )。2010 年城镇建设用地面积应位于  $8\,811\text{ hm}^2$  和  $9\,459\text{ hm}^2$  之间,为此有:

$$9459 \quad X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} \quad 8811 \quad (7)$$

东营市现有人均农村居民点村镇用地  $338.34\text{ m}^2$ , 严重超过国土资源部农村居民点规划用地标准 ( $120 \sim 150\text{ m}^2/\text{人}$ ), 应加强村庄改造,进行土地整理<sup>[5]</sup>。使村庄建设总用地面积介于  $12\,720\text{ hm}^2$  与  $15\,900\text{ hm}^2$  之间, 即有:

$$12720 \quad X_{48} + X_{49} + X_{50} + X_{51} \quad 15900 \quad (8)$$

据东营市重点建设项目用地的控制指标, 工矿用地将在 1996 年  $13\,781.4\text{ hm}^2$  的基础上增加  $6\,150.02\text{ hm}^2$ , 其中耕地占  $2\,334\text{ hm}^2$ , 非耕地占  $3\,816.02\text{ hm}^2$ 。到 2010 年达到  $19\,931.42\text{ hm}^2$ , 应有:

$$\begin{aligned} X_{52} + X_{53} &= 2334 \\ X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} &= 3816.02 \end{aligned} \quad (9)$$

$$X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} = 19931.42$$

盐田面积将在 1996 年 4 328.5 hm<sup>2</sup> 的基础上, 再增加 15 713 hm<sup>2</sup>, 为此有:

$$X_{57} + X_{58} = 20041.5 \quad (10)$$

1998 年特殊用地共有 4 826.73 hm<sup>2</sup>, 主要是指自然保护区、湿地景观、军事用地等<sup>[6]</sup>, 它们适合发展旅游, 或作为其它特殊使用, 这类地应该重点保护, 应满足:

$$X_{59} = 4826.73 \quad (11)$$

**3.2.6 交通用地需求约束** 据东营市重点建设项目用地控制指标, 修建德东铁路(德州-利津-垦利-东营区)将占地 1 000 hm<sup>2</sup>, 其中耕地 343 hm<sup>2</sup>, 非耕地 657 hm<sup>2</sup>, 到 2010 年铁路用地将增加至 1 145 hm<sup>2</sup>。应有:

$$\begin{aligned} X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{63} &= 343 \\ X_{63} + X_{64} + X_{65} &= 657 \end{aligned} \quad (12)$$

$$X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} = 1145$$

到 2010 年前将建成东营至青州、博兴、利津、滨州、沾化、利津盐窝至河口新户、国道 220 线延伸至黄河大桥等一级和二级公路, 广饶至东营高速公路等。这些公路共占地 2 362.2 hm<sup>2</sup>, 其中占用耕地 934 hm<sup>2</sup>, 非耕地 1 428.20 hm<sup>2</sup>, 加上到 1996 年已有的 6 081.2 hm<sup>2</sup>, 到 2010 年公路面积将超过 8 443.4 hm<sup>2</sup>, 应满足:

$$\begin{aligned} X_{66} + X_{67} + X_{68} + X_{69} &= 934 \\ X_{69} + X_{70} + X_{71} &= 1428.2 \end{aligned} \quad (13)$$

$$X_{66} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} + X_{71} = 8443.4$$

由于村庄的合并, 村路也将进一步缩减, 少于现有的 6 854.87 hm<sup>2</sup>, 同时, 据分析合并后的村庄, 其村路占地面积也将缩小为原有的 1/3, 为此有:

$$2284.95 \leq X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} \leq 6854.87 \quad (14)$$

现有占地 347.6 hm<sup>2</sup> 的民用机场近 10 年能很好地满足当地经济发展的需求, 即:

$$X_{77} = 347.6 \quad (15)$$

东营市现有港口面积 72.4 hm<sup>2</sup>, 随着水上交通发展, 将有 3 611.3 hm<sup>2</sup> 的非耕地将被新建和扩建为港口设施, 到 2010 年港口用地面积将超过 3 683.4 hm<sup>2</sup>。为此有:

$$X_{78} = 1145 \quad (16)$$

**3.2.7 水域面积需求约束** 近几年来, 由于黄河断流的时间和天数不断增加<sup>[7]</sup>, 东营市为增加工农业用水, 减少泥沙淤积的影响, 减轻黄河改道的危害, 急需加强水利设施建设。据东营市重点建设项目用地控制指标, 黄河治理将新增河流水面 1 577.27 hm<sup>2</sup>, 其中占用耕地 135 hm<sup>2</sup>, 非耕地 1 442.27 hm<sup>2</sup>, 加上 1996 年已有的 15 882.2 hm<sup>2</sup>, 到 2010 年将有河流水面 17 459.47 hm<sup>2</sup>。应满足:

$$\begin{aligned} X_{79} + X_{80} + X_{81} + X_{82} &= 135 \\ X_{82} + X_{83} + X_{84} + X_{85} &= 1442.27 \end{aligned} \quad (17)$$

$$X_{79} + X_{80} + X_{81} + X_{82} + X_{83} + X_{84} + X_{85} = 17459.47$$

1996 年已有水库  $18\,283.9\text{ hm}^2$ , 沟渠  $51\,354.1\text{ hm}^2$ , 新修沟渠等引水蓄水灌排水利工程将占耕地  $757\text{ hm}^2$ , 非耕地  $13\,341\text{ hm}^2$ , 到 2010 年沟渠和水库面积将超过  $83\,736\text{ hm}^2$ 。所以有:

$$\begin{aligned} X_{98} + X_{99} + X_{100} + X_{101} &= 757 \\ X_{101} + X_{102} + X_{103} + X_{86} + X_{87} + X_{88} + X_{89} &= 13341 \text{ (注: 此式可以去掉)} \\ X_{98} + X_{99} + X_{100} + X_{101} + X_{102} + X_{103} + X_{86} + X_{87} + X_{88} + X_{89} &= 83736 \quad (18) \\ X_{98} + X_{99} + X_{100} + X_{101} + X_{102} + X_{103} &= 51354.1 \\ X_{86} + X_{87} + X_{88} + X_{89} &= 18283.9 \end{aligned}$$

1998 年坑塘和水工建筑物分别为  $22\,877.6\text{ hm}^2$  和  $11\,204.47\text{ hm}^2$ ; 苇地和滩涂分别有  $33\,527.27\text{ hm}^2$  和  $101\,917.4\text{ hm}^2$ ; 据东营市规划, 将充分开发滩涂和苇地等使用效率较低的土地, 到 2010 年, 将有  $21\,340\text{ hm}^2$  苇地改良为牧草地,  $15\,546\text{ hm}^2$  的滩涂开发成盐田, 所以有:

$$\begin{aligned} X_{90} + X_{91} + X_{92} &= 22877.6 \\ X_{104} + X_{105} + X_{106} + X_{107} + X_{108} + X_{109} + X_{110} &= 11204.7 \\ 12187.27 &= X_{93} + X_{94} = 33527.27 \\ 86371.4 &= X_{95} + X_{96} + X_{97} = 101917.4 \end{aligned} \quad (19)$$

**3.2.8 未利用地面积约束** 由于生产条件和生产技术的限制, 在未来 10 余年还存在有不可开发或开发代价昂贵, 收益小的处女地。主要分布在土地质量最差的六和七等地上。按东营市 2010 年远景规划, 有 4.71% 的未利用地, 即有  $37\,292.48\text{ hm}^2$ 。因此有:

$$X_{111} + X_{112} = 37292.48 \quad (20)$$

### 3.2.9 非负约束

$$X_i \geq 0.0 \quad (i = 27, 28, \dots, 31, 32, \dots, 112) \quad (21)$$

## 4 土地持续利用结构优化配置

### 4.1 方案优选

针对环境目标<sup>[8~10]</sup>, 东营市要在耕地和牧草地得到适当发展的条件下, 实现森林覆盖率超过 20% 的环境目标, 必须满足:

$$\sum_{i=31}^{40} X_i \geq 0.20 * ST \quad (22)$$

式中  $ST$  为东营市总土地面积 ( $792\,325.67\text{ hm}^2$ )。

将式 (22) 作为一级优化目标, 和以上分析的土地需求约束联立, 建立一个总共有 51 行、170 列的系数矩阵, 其 51 行中, 约束方程占 49 行 (49 个约束条件), 它们是根据以上土地需求约束方程中决策变量系数而得; 人工变量占一行, 是约束方程中需要增加人工变量的所有方程中的除基变量列以外的对应列系数和; 目标函数占一行, 是东营市实现森林覆盖率超过 20% 的目标约束方程。170 列中, 决策变量 86 列, 松弛变量 47 列, 人工变量 36 列, 还有一个存放常数项的列。

将建立好的系数矩阵置于利用 VB 设计的土地利用多目标规划模型中, 计算出实现森林覆盖率超过 20% 的各类土地最优配置 (表 4 环境目标列)。针对粮食生产目标同样按照类



似环境目标的方法求得其最佳土地利用结构 (表 4 粮食目标列)。针对经济目标, 根据《东营市统计年鉴》1997 和 1998 年的统计数据计算出单位面积的农 (种植业) 林牧渔业的产值, 取 2 年的平均值作为经济目标约束方程中林牧渔项的系数, 经济目标约束方程中除林牧渔外其它各项系数全部取零值, 然后将经济目标约束按照类似于以上环境目标和经济目标的方法, 计算出各种土地利用结构的最佳匹配模式 (表 4 经济目标列)。

表 4 东营市土地利用结构优化方案 (单位:  $\text{hm}^2$ )

Tab. 4 Optimize project of land use frame in Shandong Dongying (Unit: $\text{hm}^2$ )								
环境目标			粮食目标		经济目标		经济目标 比 1998 年 增 (+) 减 (-)	
	土地面积	土地等级	土地面积	土地等级	土地面积	土地等级		
耕 地	158 118.70	1, 2, 3, 4	311 928.69	1, 2, 3, 4	189 825.00	1, 2, 3, 4	- 38 995.00	
小 计	228 143.00		74 333.00		74 333.00		50 705.00	
林地	经济林	1, 2, 3	19 733.00	3	19 733.00	2, 3		
	防护林	7	37 933.00	7	37 933.00	3, 7		
	用材林	7	16 667.00	7	16 667.00	7		
牧草地	55 237.77	4, 5	55 237.77	4, 5	177 341.50	4, 5, 6	139 380.10	
小 计	66 330.63		66 330.63		66 330.63		6 357.43	
居民	城 镇	4	8 811.00	4	8 811.00	2	2 141.20	
点及	村 庄	4	12 720.00	4	12 720.00	3	- 20 736.00	
工矿	工矿地	3, 7	19 931.41	3, 7	19 931.41	3, 7	5 576.41	
用地	盐 田	7	20 041.50	7	20 041.50	7	19 543.29	
	特殊地	7	4 826.72	7	4 826.72	7	4 161.05	
小 计	13 365.94		13 365.93		13 365.93		- 316.14	
交通	铁 路	2, 6	1 145.00	3, 6	1 145.00	2, 6	999.93	
	公 路	1, 6	8 443.39	3, 6	8 443.39	2, 6	2 181.26	
	村 路	7	2 284.94	7	2 284.94	3	- 4 569.93	
	民用机场	5	347.60	5	347.60	5	0.00	
港口码头	1 145.00	7	1 145.00	7	1 145.00	7	1 072.60	
小 计	233 836.40		233 836.40		233 836.40		- 24 363.27	
水域	河流水面	1, 7	17 459.46	3, 7	17 459.46	2, 7	1 553.19	
	水库水面	4, 7	18 283.90	7	18 283.90	7	- 2 675.30	
	坑塘水面	4	22 877.59	4	22 877.60	4	0.00	
	芦苇地	6	12 187.26	6, 7	12 187.26	7	- 21 340.01	
	滩涂地	5, 6	86 371.39	5, 6	86 371.39	6, 7	- 15 546.01	
	沟 渠	4, 5	65 452.09	4, 5	64 695.09	2, 5	20 554.29	
	水工建筑	4	11 204.70	4	11 204.70	2	0.23	
未利用地	37 292.48	6	37 292.48	6	37 292.48	6	- 126 131.85	
最优解	森林覆盖率 33.60%		耕地面积 311 928.7 $\text{hm}^2$		农林牧渔 113.78 亿元			

对比表 4 的环境目标与经济目标, 经济目标更适合大农业的可持续发展。这是因为: 对林地的使用情况来看, 环境目标中, 经济林的面积就占总土地面积的 18.68%, 而且最适宜作耕地的一等地有不小的一部分用作了经济林, 使东营市一等地上的耕地面积维持在

28 664.5  $\text{hm}^2$ , 而按经济目标一等地几乎所有的土地都被开发利用为耕地; 防护林中, 除了应在近海地带(七等地)设置防风暴潮等自然灾害的林地带外, 还应该在耕地生产受限制的土地上发展林业, 减轻农业灾害, 形成农林间作的态势, 确保黄淮海平原防护林体系的完整建立, 而且按环境目标, 在耕地上缺少防护林的保护。相反, 根据经济目标, 林地很少占用一等地, 同时除了近海的防护林体系外, 也在农业生产受限制的耕地上(三等地)形成了农林间作的防护林体系。虽然环境目标中, 森林覆盖率达到 20.83%, 而经济目标中森林覆盖率仅有 9.38%, 但是, 当前森林覆盖率只有 2.98%, 且大部分地区林业的发展受本地区土地盐碱化性状的影响, 对树种的选择很强, 而要在 10 年左右使森林覆盖率增加 17% 很难实现, 而且, 生态环境的改善, 牧草地等也可起到很好的替代作用。牧草地, 按经济目标, 2010 年要比现今的 37 961.4  $\text{hm}^2$  增加近 4 倍, 虽从数字上看来难度稍大, 但是由于地势低, 低洼地和微斜平原占很大比重, 水域滩涂地大, 土地适合草本植物的生长, 加上发展草地的气候条件好, 在精心的管理下, 实现翻番的目标是可实现的, 而且, 牧草地的发展, 没有在一、二和三等地等土质较好的地块上进行, 绝大部分牧草地的发展不会形成与农业生产争地的现象, 相反, 只会改善农业生态气候, 降低自然灾害, 促进农业生产的稳定发展和区域可持续发展; 再有, 发展畜牧业, 改善居民营养结构水平也是东营市经济发展的重点战略。居民点和工矿用地中, 环境目标和经济目标的各项相对应的目标值都相同, 但从城镇的土地等级分布来看, 环境目标将城镇和村庄全部设置在四等地上, 这是与实际情况不吻合。从土地利用现状图和土地质量评价图的对比能很好地看出城镇主要分布在二等地上。村庄由于并村整理, 适宜调整到重点发展农业生产的一、二等地边缘的三等地上, 经济目标能很好地实现以上两点。联系交通用地, 还有一个选择经济目标的依据: 环境目标设立的村庄经过合并整理后, 分布在四等地上, 而其村路则在整理后全部落实到七等地上去了, 相反, 经济目标设立的经过合并整理的村庄都集中在三等地上。从水域分布来看, 经济目标将芦苇地和滩涂地尽可能地布局在土地质量较差的地块上。当然, 环境目标也有其优于经济目标的地方, 但综合考虑各自的利弊, 经济目标更适合作为 2010 年远景规划的目标。

#### 4.2 土地利用结构优化配置

东营市发展经济作为土地利用结构配置的首要目标<sup>[11~16]</sup>, 土地利用结构应按表 4 经济目标列中各类用地面积数量进行调整配置。主要是将三、四等地退耕还林、还牧, 使森林覆盖率上升到 9.38%。适当集中布局农村居民点, 加大土地整理力度。适度开发滩涂地、荒草地和盐碱地。

#### 参考文献:

- [1] 东营市人民政府 东营市土地利用总体规划(内部资料) [M]. 1994
- [2] 东营市土地管理局 东营市土地后备资源开发指南(内部资料) [M]. 1998
- [3] 朱会义, 李秀彬, 何书金 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 253-260
- [4] Zhu Huiyi, Li Xiubin, He Shujin Land use change in Bohai Rim: a spatial-temporal analysis[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2001, 11(3): 305-312
- [5] 罗明, 王军 中国土地整理的区域差异及对策[J]. 地理科学进展, 2001, 20(2): 97-103
- [6] 孟宪民 湿地与全球环境变化[J]. 地理科学, 1999(5).
- [7] 叶青超 黄河断流对黄河三角洲环境的恶性影响[J]. 地理学报, 1998, 53(5): 385-392
- [8] 《中国海岸带土地利用》编写组 中国海岸带土地利用[M]. 北京: 海洋出版社, 1993

- [9] 陆大道 中国环渤海地区持续发展战略研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995
- [10] 毛汉英 黄河三角洲地区可持续发展的问题与对策[J]. 地理研究, 1997, 16(增刊).
- [11] 许学工 黄河三角洲土地结构分析[J]. 地理学报, 1997, 52(1): 18-26
- [12] 刘彦随 土地利用优化配置中系列模型的应用——以乐清市为例[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 26-31.
- [13] 许学工, 陈晓玲, 郭洪海 黄河三角洲土地利用/土地覆盖的质量变化[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 640-648
- [14] 陈佑启, Perter H. Verburg, 徐斌 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2): 116-127.
- [15] 王秀兰, 包玉海 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [16] 史同广, 刘兆德 东营市经济发展条件及开发模式探讨[J]. 地域研究与开发, 1996, 15(4).

## Land Sustainable Use and Optimize of the Yellow River Delta

HE Shu-jin, LIXiu-bin, ZHU Hui-yi, SU Guang-quan

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The current status of land use in Dongying city, a major part of the Yellow River Delta, is dominated in terms of land types by farmland, water surface and unused land and its land use changes in the last 50 years are mainly reflected in a undulating trend of farmland area, the adjustment of agricultural structure and increase in non-farmland area prevailed in the process of land use type transformation, and close relationship between farmland change with population and economic development. The sustainable land use of the region should follow the optimized principle and objective of adopting measures suitable for local conditions, bringing into full play superiorities, emphasizing synthetic benefits and protecting eco-environment. Constrained analyses of sustainable land use are conducted concerning land use types including land suitability grades, cultivated area, land for forestry, land for animal husbandry, land devoting to settlements, industry and mining, land for transportation, water surface and unused land. Based upon which optimization structure and allocation schemes related to sustainable land use are raised such as returning grain plots to forest and grassland, increasing forest coverage, properly concentrating rural settlement locations, strengthening land consolidation, rationally reclaiming marshland, wasteland, grassland, saline-alkali land, etc.

**Key words:** Yellow River Delta; Dongying; sustainable land use; optimization; analysis