

引黄灌区沉沙高地还耕模式及覆淤土层研究

卞玉山 宋志强 赵 林 赵振林 卞俊威 李瑞青

(山东省水利厅 山东 济南 250013)

摘要 :简介黄河下游山东引黄灌区沉沙池运行的基本历程 ,总结出适合黄河下游灌区沉沙池高地覆淤还耕的新模式 ,并分析了产生该模式的特定自然、社会、经济条件。同时 ,设计了 5 种覆淤土层结构、10 种植处理处理方式 ,经过 4 年规范的作物种植试验 ,分别获得其产量、产值 ,之后采用多因素多层次模糊综合评判方法 ,从中优选出 3 种覆淤土层结构。

关键词 :引黄灌区 沉沙池 覆淤还耕 覆淤土层结构 模糊综合评判

中图分类号 :TV673⁺.1 ;TU44 文献标识码 :A 文章编号 :1006-764X(2004)06-0027-04

山东省位居黄河最下游 ,黄河流经山东省 9 个地市 25 个县(市、区) ,能用上黄河水的有 64 个县(市、区) 。目前 ,已建引水涵闸 47 座 ,虹吸管 49 条 ,渠首扬水站(船)28 处 ,设计引水能力 2 133 m³/s ,20 世纪 80 年代年均引水 76 亿 m³ ,引沙 6400 万 t。现有万亩(1 hm² = 15 亩)以上引黄灌区 70 余处 ,设计灌溉面积 180 万 hm²。

山东引黄灌区泥沙处理的主要方式是沉沙池沉沙 ,约占灌区总进沙量的 60%。沉沙池运行的基本历程是 :自 1965 年引黄复灌至 20 世纪 70 年代 ,以自流沉沙为主 ;20 世纪 80 年代及以后 ,以“以挖待沉”为主 ,沉积的泥沙挖出后 ,堆积成弃土高地 ,挖出的库容以备来年沉沙 ,如此循环。20 世纪 80 年代末 ,沉沙池清淤弃土高度已突破 5 m ,单个灌区弃土高地面积也达到几千亩(1 hm² = 15 亩) 。由于清淤弃土高地的土壤用于作物种植粒径较粗、养分少、漏水

漏肥 ,不适合作物生长 ,同时造成渠首大面积土地沙化 ,给灌区的生态环境和群众的生产、生活带来极大的负面影响。为此 ,20 世纪 90 年代初 ,山东省引黄灌区开始研究沉沙池弃土高地覆淤还耕及相关配套技术问题 ,并进行了示范和推广。自 1965 年引黄复灌以来 ,山东省共开辟沉沙池渠 7.3 万 hm² ,至 2002 年底 ,已覆淤还耕 5.1 万 hm² ,占开辟面积的 70% ,取得了显著的社会、经济、环境效益。

1 山东引黄灌区沉沙池泥沙处理新模式

山东引黄灌区沉沙池泥沙处理的基本模式见表 1。这种模式是适合黄河引水特点的 ,有别于世界各国的灌区泥沙处理方式。其特点是 :①沉沙池就地沉淀泥沙 ,不排入下游河道 ;②清淤弃土高地覆淤还耕于民。这是在特定的自然、社会、经济条件下产生的新模式。

表 1 国内外若干多沙河流灌区沉沙模式比较^[1~3]

国别及灌区	灌区沉沙模式			
中国黄河下游的山东引黄灌区	渠首引水枢纽	水、沙 输沙渠	沉沙池就地沉淀泥沙 (自流沉沙+“以挖待沉” +清淤弃土高地覆淤还耕)	池后水、沙 干渠→渠网、田间
美国的科罗拉多河帝国坝灌区	渠首引水枢纽	水、沙 输沙渠	灌区混凝土护砌的水力冲沙与 机械辅助刮淤相结合的沉沙池	池后水、沙 干渠→渠网、田间 ↓ 沉淀泥沙排往河道下游
中亚乌兹别克斯坦、吉尔吉斯 坦、哈萨克斯坦三国的锡尔河 费尔干盆地灌区	渠首引水枢纽	水、沙 输沙渠	灌区干渠混凝土护 砌的曲线沉沙池	池后水、沙 干渠→渠网、田间 ↓ 沉淀泥沙排往河道下游
印度、尼泊尔两国的柯西河柯 西堰灌区	渠首引水枢纽	水、沙 输沙渠	灌区引渠式冲沙廊道	廊道后水、沙 干渠→渠网、田间 ↓ 沉淀泥沙排往河道下游

作者简介 :卞玉山(1943—) ,男 ,山东兖州人 ,研究员 ,从事引黄灌区泥沙治理与综合节水研究。

a. 黄河系地上“悬河”,引黄灌区地势平缓,沉沙池地面低于黄河,沉沙池沉积的泥沙既不能排入地上“悬河”,又不能排入内河,只能沉积于灌区洼地就地处理.这种自然条件,决定了山东引黄灌区的泥沙处理不能照搬国外灌区沉沙池泥沙排往河道下游的模式(见表1).

b. 山东引黄灌区是人口稠密区,地少人多,人均耕地0.033~0.133hm²,不像美国科罗拉多河灌区那样,人均耕地超过2hm².引黄灌溉40多年来,可自流沉沙的洼地已基本用完,再新开辟沉沙池,因灌区土地作物产量、产值都有大幅度提升,迁占赔偿增大,当地农民也很难接受.沉沙池清淤弃土高地覆淤还耕于民,对于缓解灌区农民土地减少的压力,增加耕地面积十分必要.另一方面,落入沉沙池的泥沙来自黄土高原,较山丘区河道冲积物粒径细,无卵石和沙砾.潘庄引黄灌区沉沙池泥沙粒径大于0.05mm的沙粒占70%,0.05~0.005mm的粉粒超过20%,小于0.005mm的黏粒占10%左右.这种级配的沙土,直接种植作物则很难生长,若将清淤弃土高地整平,上面覆盖一定厚度的原状壤土或黏土,并配套好水利设施,可将其改造成稳产高产农田.

c. 随着山东引黄灌区社会经济的发展,沉沙池的开辟、运用和覆淤还耕也得到不断发展.20世纪60~70年代,灌区社会经济条件较差,沉沙池的开辟及清淤全靠人工,肩挑车推.80年代末,沉沙池土方机械化施工开始起步,90年代初,随着灌区经济和科技的快速发展,人力清淤逐步向机械化清淤转移,机械化施工为沉沙池大面积、高爬坡、长运距的挖方和填方创造了条件,使沉沙池清淤弃土高度达到4~8m,单个灌区沉沙池弃土高地面积也扩大许多.地方政府和灌区也有实力进行沉沙池高地覆淤还耕及相关配套技术的研究,并投入大量财力、物力进行示范和推广.

2 沉沙池高地覆淤土层结构作物高产模式试验

为探索山东引黄灌区沉沙池高地覆淤土层作物的高产模式,于1994年建立了潘庄引黄灌区沉沙池

试验区.该试区地处山东引黄灌区的中部,东经119°36′,北纬36°25′,沉沙池高地覆淤特征具有代表性.沉沙前原地面高程25~26m,清淤弃土堆高到32.3m,再加0.7m厚的覆淤土层,最终达到33m覆淤高程.试区总面积0.7hm².设计S₁ S₂ S₃ S₄ S₅共5个覆淤结构,见图1,覆淤土层土壤物理性质见表2,覆淤试区土壤颗分见表3.

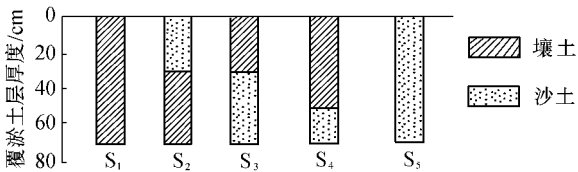


图1 覆淤土层结构示意图

表2 覆淤土层土壤物理性质

土壤质地	相对密度	孔隙度/%	田间持水量/%	
			重量比	体积比
沙土	2.67	46.8	14.15	20.09
壤土	2.71	49.8	16.50	22.44

表3 覆淤试区土壤颗分

取土地点	土壤名称	相对密度	不同粒径颗粒所占比重/%			土质分类
			沙粒 (>0.05mm)	粉粒 0.05~0.005mm	黏粒 (<0.005mm)	
试验田	沙土	2.67	72.5	17.7	9.8	重沙壤土
试验田	沙土	2.67	79.5	17.5	3.0	轻沙壤土
干渠	沙土	2.67	85.4	12.5	2.1	轻沙壤土
试验田	壤土	2.71	21.0	59.0	20.0	重粉质壤土
干渠	壤土	2.72	15.5	58.0	26.5	重粉质壤土

在5个覆淤土层结构下,因供水方式灌溉(G)和雨养(Y)的不同将其分为10种处理方案,即S₁G, S₁Y, S₂G, S₂Y, S₃G, S₃Y, S₄G, S₄Y, S₅G, S₅Y.试区配置了标准的气象、水分、地温、量水等观测设施,各小区具有严格的水文边界,作物种植、施肥和管理条件相同.自1994年到1997年,进行了小麦、玉米的种植试验,各种处理方式的作物产量见表4.

根据表4可确定S₁ S₂ S₄这3种覆淤土层结构为作物高产覆淤土层结构.

3 用模糊综合评判法优选覆淤土层结构

用多因素多层次模糊综合评判法^[4]优选潘庄引

表4 试验区各种处理方式的作物产量

时 间	作 物	灌溉方式产量					雨养方式产量						
		S ₁ G	S ₂ G	S ₃ G	S ₄ G	S ₅ G	平均	S ₁ Y	S ₂ Y	S ₃ Y	S ₄ Y	S ₅ Y	平均
1994~1995年	小麦	6300	6210	5310	6030	2730	5310	3225	3360	2550	3000	1275	2682
1995~1996年	小麦	5355	5550	4575	5355	2625	4671	2940	3135	2100	2895	1185	2445
1996~1997年	小麦	6255	5820	3735	6075	2760	4935	2265	2745	1350	1845	1170	1875
1994~1997年*	小麦	5970	5865	4545	5820	2700	4973	2810	3080	2000	2580	1211	2336
1995年	玉米	6450	5910	4740	6420	3660	5436	3900	3825	2970	3675	2250	3324
1996年	玉米	5385	4950	4050	5160	3270	4563	4485	4140	3255	4215	2670	3753
1997年	玉米	5715	5550	4065	5625	3810	4953	2970	2940	2175	3255	2520	2772
1995~1997年*	玉米	5850	5471	4286	5735	3581	4985	3785	3635	2801	3716	2480	3284
1995~1997年*	小麦和玉米	5910	5669	4416	5778	3141	4979	3297	3357	2400	3150	1845	2810

注: *表示为平均值.

黄灌区沉沙高地覆淤土层结构的步骤如下.

3.1 拟定备选方案并确定评价指标体系

可供选择的方案有 $S_1 S_2 S_3 S_4 S_5$ 共 5 个.

综合评价指标要从投入经济指标、产出经济指标、环境影响、工程管理等多方面综合考虑. 确定评价指标体系由 2 个层次、4 种类别共 10 个因素构成.

对于能够定量计算的指标以定量指标表示, 对于不能量化的定性指标, 则按评语因素的 7 个等级 (很小、小、较小、一般、较大、大、很大), 用模糊语言进行评价. 评价因素数值的确定如下:

a. 70 cm 覆淤土层构筑费. 壤土因不属清淤副产物, 需另在池底下挖, 按 2.2 元/ m^3 计算运费. 沙土系清淤的副产物, 其运费已在灌溉效益中分摊, 故不再参与覆淤土层的费用计算.

b. 作物种植成本及田间年运行费. 包括种子、化肥、灌溉、农药、耕作、管理的成本.

c. 产量和产值. 取 5 种覆淤土层结构小麦、玉米的年平均产量和产值.

评价因素数值和评语见表 5.

3.2 各评价指标隶属度的确定

a. 定量指标隶属函数的确定. 对于单因素隶属函数, 采用最大最小隶属函数模型来模拟各单因素定量指标的隶属函数曲线:

$$\mu(x)=\begin{cases}1 & f(x)\geqslant \sup(f) \\ \left[\frac{f(x)-\inf(f)}{\sup(f)-\inf(f)}\right]^n & \inf(f)<f(x)<\sup(f) \\ 0 & f(x)\leqslant \inf(f)\end{cases}\quad (1)$$

式中: $\sup(f)$, $\inf(f)$ 分别表示 $f(x)$ 的上界和下界 (本文采用 $n=1$).

各定量指标的上、下界采取在其最大、最小值的

基础上适当增减一定百分比的处理方法加以确定. 采用的各定量指标的上、下界数值见表 6.

表 6 各定量指标上、下界值

边界	覆淤土层构筑费/ (元·hm ⁻²)	作物种植成本及田间年运行费/ (元·(a·hm ²) ⁻¹)	产量/ (kg(a·hm ²) ⁻¹)	产值/ (元(a·hm ²) ⁻¹)
上界	16940.6	4950	10127.7	11140.8
下界	0.0	3780	4487.4	4935.6

根据各单因素定量指标的单调增性、单调减性, 应用式 (1) 便可模拟出各方案各定量指标的隶属度, 见表 7.

b. 定性指标隶属度的确定. 考虑到所拟订方案的有限性, 将最为满意的“很小”或“很容易”的状态置于 0.8 的满意度 (即隶属度), 而非 1.0; 把“很大”或“很难”的状态置于 0.2 的满意度, 而非 0; 中间状态按线性分布考虑. 则评语集合 {很小, 小, 较小, 一般, 较大, 大, 很大} 的相应隶属度集合为 $\mu_i=\{0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2\}$. 据此可求得各方案各定性指标的隶属度, 见表 7.

3.3 权重向量的确定

在综合评价问题中, 权重向量的确定也是一项十分重要而又困难的工作. 本文采用层次分析法确定权重, 所得结果见表 8.

3.4 综合评价向量的合成运算

各指标评价矩阵的计算公式为

$$B_i=A_iR_i\quad (2)$$

式中: B_i 为各指标评价矩阵; A_i 为各指标对应评价因素的权重矩阵; R_i 为对应的评价因素的隶属度矩阵. 据式 (2) 得投入经济指标评价矩阵 B_1 、产出经济指标评价矩阵 B_2 、环境影响评价矩阵 B_3 、工程管

表 5 评价因素数值和评语

方案	投入经济指标		产出经济指标		环境影响				工程管理	
	覆淤土层构筑费/ (元·hm ⁻²)	作物种植成本及田间年运行费/ (元·(a·hm ²) ⁻¹)	产量/ (kg(a·hm ²) ⁻¹)	产值/ (元(a·hm ²) ⁻¹)	沙化影响	保水保肥能力	改善田间小气候	对群众生产生活影响	机构设置复杂程度	工程管理运行
S_1	15401	4200	9207	10128	很小	很强	很好	很小	简单	很易
S_2	8801	4200	9027	9930	小	强	好	小	很简单	容易
S_3	6600	4200	6816	7497	一般	较弱	较差	一般	一般	较易
S_4	11001	4200	8928	9821	小	较强	好	小	较简单	较易
S_5	0	4500	4986	5484	很大	很弱	很差	很大	复杂	很难

表 7 各评价指标隶属度

方案	隶属度值									
	投入经济指标		产出经济指标		环境影响				工程管理	
	覆淤土层构筑费	作物种植成本及田间年运行费	产量	产值	沙化影响	保水保肥能力	改善田间小气候	对群众生产生活影响	机构设置复杂程度	工程管理运行
S_1	0.909	0.848	0.909	0.909	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
S_2	0.519	0.848	0.891	0.891	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7
S_3	0.389	0.848	0.673	0.672	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
S_4	0.649	0.848	0.881	0.881	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6
S_5	0	0.909	0.492	0.492	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

表 8 系统分层与权重分配

第一层		第二层	
评价指标	权重	评价因素	权重
投入经济指标	0.323	覆淤土层构筑费	0.250
		作物种植成本及田间年运行费	0.750
产出经济指标	0.526	产 量	0.500
		产 值	0.500
环境影响	0.099	沙 化 影 响	0.514
		保水保肥能力	0.280
		改善田间小气候	0.147
		对群众生产生活影响	0.058
工程管理	0.052	机构设置复杂程度	0.500
		工程管理运行	0.500

评价矩阵 B_4 的计算结果如下：

$B_1 = [0.863 \quad 0.765 \quad 0.733 \quad 0.798 \quad 0.681]$

$B_2 = [0.909 \quad 0.891 \quad 0.673 \quad 0.881 \quad 0.493]$

$B_3 = [0.7992 \quad 0.6993 \quad 0.4568 \quad 0.6713 \quad 0.1998]$

$B_4 = [0.75 \quad 0.65 \quad 0.55 \quad 0.60 \quad 0.20]$

总评价矩阵 B^* 的计算合成公式为

$B^* = (\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \omega_4) [B_1 \ B_2 \ B_3 \ B_4]^T \quad (3)$

式中： $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ 分别为投入经济指标、产出经济指标、环境影响指标、工程管理评价指标的权重，由式(3)计算得

$B^* = [0.874 \quad 0.818 \quad 0.664 \quad 0.819 \quad 0.509]$

(上接第 23 页)成本分摊,同时,还需建立相应的恢复机制,即保证水量的供需平衡,保证水质达到南水北调的要求,保证水环境与生态达到经济社会可持续发展的要求。

d. 科技信息手段. 当今社会已进入信息时代,作为全流域的管理,也必须跟得上时代的步伐,利用科技手段,建立一套流域水资源管理信息系统和有效的监督机制,对流域内各种水事活动,及时向政府和公众反馈,并建立公众的参与决策和监督制度,对流域防洪、排涝、抗旱及水资源的开发利用、优化配置和节约保护进行高效决策和管理。

6 结 语

实行水资源统一管理 with 行政区域管理相结合的管理模式,是多年来我国流域水资源管理经验与教训的总结,是面对经济社会发展与水问题形势日益严峻的必然选择。要根本解决南四湖水资源管理的矛盾,使有限的水资源优化配置发挥最大的综合效益,保证人与自然协调发展,确保南水北调东线工程水量和水质,必须在南四湖实现水资源流域统一管理与行政区域管理相结合的新模式。但水资源管理体制改革是一项艰巨的、细致的工作,尤其是边界流域工程,涉及管理理念的转换和利益的调整,需多方

显然, B^* 中大项为 0.874, 0.818, 0.819, 由此可知,方案 S_1, S_2, S_4 为优级方案。

4 结 语

潘庄引黄灌区沉沙池高地覆淤土层结构作物高产模式试验结果和用多因素多层次模糊综合评判方法对其进行土层结构方案的优选结果是一致的, S_1, S_2, S_4 这 3 种覆淤土层结构可作为作物高产覆淤土层结构。这一试验研究结果,在我国引黄灌区沉沙池高地的科学覆淤还耕中具有重要的实用价值和科学推广价值。

参考文献：

[1] 莫塞·西雅斯. 科罗拉多河帝国坝引水枢纽的防沙排沙问题[J]. 刘文喜译. 新疆水利科技, 1983(3): 1~12.
[2] 莫克纳曼多夫, 澳夫杜罗洛夫, 铁米罗娃. 费尔干式引水枢纽及其新一代枢纽的改进设施[J]. 刘文喜译. 新疆水利科技, 1983(1): 1~8.
[3] 高士. 柯西堰引水枢纽及其东岸干渠的防沙排沙设施[J]. 孔繁祉译. 新疆水利科技, 1983(3): 26~32.
[4] 曾佑澄, 陈健康. 用模糊多因素多层次综合评价方法优选河流梯级开发方案[J]. 水利水电技术, 1983(9): 1~6.

(收稿日期 2004-03-19 编辑 骆超)

协调, 精心设计、严密组织, 才能使新的管理模式真正落到实处。

参考文献：

[1] 杨志峰, 冯彦, 王彦, 等. 流域水资源可持续利用保障体系——理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003. 42~49, 54~56.
[2] 张林祥. 推进流域管理与行政区域管理相结合的水资源管理体制建设[J]. 中国水利, 2003(5): 5~7.
[3] 常汉林. 关于南水北调有关管理问题的思考[J]. 南水北调与水利科技, 2003(3): 18~21.
[4] 胡鞍钢. 转型期水资源配置的公共政策: 准市场和政治民主协商[J]. 中国水利, 2003(12): 12~15.
[5] 吴季松. 水资源及其管理的研究与应用——以水资源的可持续利用保障可持续发展[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000. 106.

(收稿日期 2004-05-21 编辑 骆超)

