

# 渠灌类型区农业高效用水项目区(杨陵)调查报告

范兴科, 吴普特, 汪有科, 李 涛

(中国科学院水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学, 国家节水灌溉杨陵工程技术研究中心 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 通过对渠灌类型区农业高效用水科技产业示范项目区的自然、社会、经济、水资源的供需状况以及节水灌溉的发展现状进行调查, 分析了灌区目前在节水灌溉和农业高效用水方面存在的主要问题, 为该项目的有效实施提供了科学依据。

**关键词:** 渠灌类型区; 农业高效用水; 调查

中图分类号: S 275.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)02-0009-04

## The Findings Report of Project Area of Using Water Efficiently in Canal Irrigation Region in Yangling

FAN Xing-ke, WU Pu-te, WANG You-ke, LI Tao

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of

Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry,

NERC of Water Saving Irrigation in Yangling, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** The problems exist in the respect of water saving irrigation and using water effeciently are analyzed by investigating the current state of nature, society, economy, the supply and need to water resources, as well as the water saving irrigation. The scientific basis is provided for the project of using water effeciently in agriculture of the science and technology industrial demonstration in canal irrigation region.

**Key words:** the canal irrigation region; using water effeciently in agriculture; investigation

我国是一个严重缺水的国家, 水资源的不足已给社会经济的发展, 人民生活水平的提高以及生态环境的建设带来了巨大影响。目前农业用水却高达3 800亿 m<sup>3</sup>, 主要为农田灌溉, 占全国总用水量的72%。在农田灌溉中, 渠灌区占有绝对的面积, 据统计, 大中型引水灌区的有效灌溉面积2 467万 hm<sup>2</sup>, 提灌工程的有效灌溉面积1 240万 hm<sup>2</sup>, 总有效灌溉面积为3 700万 hm<sup>2</sup>, 占全国总耕地面积和总灌溉面积的37%和69.5%, 而渠系水的利用系数平均只有0.5, 考虑田间灌溉的损失, 灌溉水的利用系数不足0.4, 水资源的浪费严重, 因此探索渠灌类型区农业高效用水技术及发展模式, 在农田节水灌溉领域有重大意义。

## 1 项目区概况

### 1.1 自然条件

**地理位置:** 项目区位于八百里秦川腹地, 东有漆水河与武功县为界, 南隔渭河与周至县相望, 西和扶风县接壤, 北由 水河与扶风县相连。处于东经108°~108°07', 北纬34°12'~34°20'之间。东距西安市89 km, 西距宝鸡市90 km, 是我国目前惟一一座集农业教育、科研、示范、推广为一体的农业科学城。

**气候:** 该区地处暖温带半湿润气候区的南部, 北靠黄土高原, 南有高峻的秦岭阻隔, 属大陆性季风气候。四季分明, 雨热同季, 具有五大特征:<sup>1</sup> 冬季寒

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-02-25

基金项目: 国家重大科技产业化示范工程项目“渠灌类型区农业高效用水模式与产业化示范”(99-021-01-02)。

作者简介: 范兴科, 男, (1964-), 陕西岐山人, 副研究员, 主要从事节水灌溉技术与水土保持研究工作。

冷,夏季炎热;④春季升温较快,秋季降温迅速,冷空气活动频繁,气温日差较大;④干湿季节分明,秋末冬春少雨,夏季初秋多雨;¼ 降水变率大,常出现干旱;½ 春季风大。年均气温 12.9,最热月 7 月,均温 26.1,最冷为 1 月,均温 -1.2,年温差 27.3。无霜期 221 d,最长 255 d,最短 183 d。0 积温平均为 3 185。多年均降水量为 630 mm,近十几年来由于干旱少雨,年均降雨量 537 mm。

**地貌和土壤:** 该区地势北高南低,标高 445 ~ 520 m,分为 3 种地貌类型:黄土台塬、渭河阶地与河滩地、漆、二河及其支流的冲积平原(川)(包括两岸高低阶地)。黄土台塬:包括五泉乡、大寨乡、杨村乡及杨陵镇的一部分,标高 520 m,塬面平坦开阔,分布有大小不等的侵蚀洼地和构造洼地,塬边均呈陡坎陡坡与阶地或滑坡相接触,塬面高出河床 100 ~ 150 m。渭河滩地,地势平坦,海拔 420 m 左右,相对高差 1 m,面积占 25%。土壤大多是在普通褐土上耕种熟化发育的农业土壤,主要有土、黄土和潮土三类。

## 1.2 社会经济状况

**1.2.1 农业基础条件 水利设施:** 全区有渠、井、站三个系统,其中包括渭惠渠、渭高干引水干渠、宝鸡峡二支渠等三条渠,总长 43.77 km,斗渠 66 条,总长 132 km;机井 180 眼;抽水站 24 座。全区耕地面积约 6 000 hm<sup>2</sup>,水利设施面积 5 570 余 hm<sup>2</sup>,以渠灌为主,全区旱涝保收面积 4 450 hm<sup>2</sup>,灌溉方式主要为地面大水漫灌。

**农村劳动力及劳动者素质:** 1997 年全区共有农业人口 8.3 万人,其中 18 ~ 50 岁具有劳动能力者共 4.5 万人,占农业人口的 54.2%。总劳动力中按文化程度划分,中小学文化程度占 76.5%,高中文化程度占 16.6%。总劳动力中初高中文化程度者占 82.7%。

**乡村企业:** 1997 年全区共有乡村企业 89 个,其中乡办 14 个,村办 75 个,从业人员 4 797 人,固定资产总值 3 095 万元,总产值 9 481 万元。

**农民家庭副业:** 农民家庭副业以养殖业为主,主要饲养猪、鸡、奶牛,收入占家庭收入的 30% 以上,同时,还有农产品加工和商业等服务业。

**农民人均纯收入:** 1999 年全区农民人均纯收入 1 654 元。

**1.2.2 农业生产状况** 1997 年,全区农业总产值 8 337 万元,其中:农业产值 4 662 万元,占 56%;林业产值 104 万元;畜牧业产值 359 万元;渔业产值 22 万元。项目区内社会经济情况见表 1,各业生产现

状分别如下:

### 1.3 项目区农业结构

**粮食:** 耕作制度为小麦、玉米一年两熟。粮食作物常年播种面积 8 600 hm<sup>2</sup> 次,复种指数为 185%。粮食产量由于受气候影响,年际间波动较大,耕地常年单产一般为 9 750 kg/hm<sup>2</sup> 上下,粮食年总产 4 万 t 左右。

表 1 项目区社会经济情况

项 目	人口	农业总收入/万元	人均纯收入/万元	人均耕地/hm <sup>2</sup>	人均产粮/kg	
示 范 区	桶张村	1203	528	1670	0.078	497
	崔家村	1057	464	1665	0.063	499
	帅家村	1139	500	1635	0.073	478
	五泉村	1672	734	1650	0.081	496
	菱生村	1228	538	1645	0.051	501
	上湾村	860	377	1625	0.063	494
	绛南村	717	315	1685	0.077	504
	绛中村	1711	751	1625	0.085	505
	王上村	1013	444	1630	0.058	498
	小 计	10600	4651	1645	0.055	498
辐 射 区	五泉镇	11703	9785	1645	0.077	497
	大寨乡	15917	5509	1613	0.063	494
	杨村乡	23516	10564	1650	0.047	495
	李台乡	20195	12142	1700	0.039	491
小 计	71331	38000	1652	0.057	495.8	
全区合计	81931	42651				

**蔬菜:** 蔬菜年播种面积 320 hm<sup>2</sup>,其中专业蔬菜 125 hm<sup>2</sup>,专业蔬菜大田栽培方式主要以塑料大拱棚栽培为主,日光温室栽培尚处于初步发展阶段。目前全区塑料大拱棚蔬菜栽培面积 75 hm<sup>2</sup>,日光温室蔬菜栽培面积 8 hm<sup>2</sup>。全区年蔬菜总产量 11 850 t。

**果树:** 全区现有果树面积 350 hm<sup>2</sup>,主要栽培的果树种类有苹果、猕猴桃等,1997 年果类总产 2 591 t。

**畜牧业生产:** 1997 年全区奶牛存栏 1 948 头,猪存栏 32 246 头,鸡存栏 52.05 万只。全区奶类总产 3 703 t,肉类总产 2 830 t,禽蛋总产 4 294 t。

## 2 项目区水资源供需现状

### 2.1 水资源状况

**2.1.1 大气降水资源** 杨陵区多年平均降水量 637.6 mm,最大降水年份为 1983 年,降水 980.5 mm,最小降水年份为 1977 年,降水 327.1 mm,丰枯比为 3.0,不同保证率时降水量列表 2。

表 2 不同保证率降水量计算表

保证率/%	5	20	50	75	95
降水量/mm	980.5	757.1	595.2	545.1	418.0
出现年份	1983	1968	1961	1971	1986

本区降水资源年内变化大, 分配不均, 多年平均连续最大四个月降水量为 384.4 mm, 一般出现在年内 7~10 月, 占多年平均降水量的 60%。全区多年平均降水量分配及年内四个月最大降水量列表

表 3 杨陵区降水年内分配计算统计表

月 份	mm											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
33 年合计	244.2	323.4	867.9	1924	2092	1729	3802	3096	3693	2092	974	172
年平均	7.4	9.8	26.3	58.3	63.4	52.4	115.2	93.9	112	63.4	29.5	5.2
占年内比例/%	1.16	1.54	4.12	9.14	9.94	8.22	18.1	14.7	17.7	9.94	4.63	0.82

2.1.2 地表水资源 根据资料分析, 全区多年平均径流深为 57.5 mm。区内大部分径流形成于降水量比较集中的 7~10 月, 枯水季节产生径流很少, 甚至不形成径流。径流的年际变化也较大, 在 20%、50% 及 75% 代表年, 径流深分别为 76 mm、60 mm 和 54 mm, 丰水年与平水年径流深相差 16 mm, 与枯水年相差 22 mm。

杨陵区南、东、北分别为渭河、漆水河和 水河, 但均为界河, 而且分别构成区内地表及地下水的主要排泄出路, 虽然多年平均年径流量约有 45.25 亿  $m^3$ , 但区内利用量仅为 1 982 万  $m^3$ , 且主要开发利用漆水河和 水河的水量, 而渭河则很少开发利用。

## 2.2 农田灌溉需水量及灌溉定额

2.2.1 灌溉需水量 根据 1981~1990 年 10 年种植资料统计, 全区平均复种指数 180%。北部台塬区人均土地面积稍多, 灌溉条件次于塬下, 复种指数略低于平原区。全区及各分区农田灌溉需水量计算结果见表 4。

由下面的计算可知, 全区 5 200  $hm^2$  灌溉农田, 在 50%、70% 和 95% 保证率下, 灌溉需水量分别为 1 700 万  $m^3$ 、2 508 万  $m^3$  和 3 132.5 万  $m^3$ 。

表 5 地表水工程可供水量表

分 区	引水工程			提水工程			小 计		
	50%	75%	95%	50%	75%	95%	50%	75%	95%
台 塬 区	19781	17739	13757	354	476	609	20135	18215	14366
平 原 区	13256	12125	9762	183	246	317	13439	12371	10079
全 区	33036	29864	23519	537	722	926	33573	30585	24444

地下水可供水量主要为水井可供水量, 农灌井可供水量按农灌井数、单井出水量和灌溉抽水时间水算。即:

$$W_{\text{井供}} = Q \times n \times t$$

式中:  $W_{\text{井供}}$ ——农灌水井可供水量(万  $m^3$ );  $Q$ ——

3。

计算出本区降水变差系数  $CV = 0.25$ 。取  $C_s = 2CV = 0.50$ 。从上述计算可知, 全区降水量在年内分配不均。

表 4 农田灌溉需水量分区计算表  $m^3/hm^2$ 

分区	灌溉类型	灌溉需水量			
		50%	75%	95%	
台 塬 区	渠 灌	11430	15362	19668	
		井 灌	815	1098	1406
	双 灌	渠 灌	8631	11600	14874
		井 灌	2744	3699	4737
	小 计	渠 灌	20061	26961	34572
		井 灌	3558	4797	6143
平 原 区	渠 灌	480	642	828	
		井 灌	4191	5637	7247
	双 灌	渠 灌	1865	2499	3219
		井 灌	2301	3096	3980
	小 计	渠 灌	2345	3141	4047
		井 灌	6492	8733	11226
合 区	渠 灌	11910	16004	20526	
		井 灌	5006	6735	8652
	双 灌	渠 灌	10496	14099	18093
		井 灌	5045	6795	8717
	小 计	渠 灌	22406	30102	38619
		井 灌	10050	13530	17368

2.2.2 灌溉供水量 主要以地表水的利用为主, 河道提水工程因河源来水基本有保证, 加之提水量不大, 故按以需定供办法, 确定可供水量见表 5。

单井平均出水量( $m^3/h$ )取 50~150  $m^3/h$ ;  $n$ ——抽水井数(万眼);  $t$ ——水井全年抽水小时数(h)取 500 h。

台塬区地下水可供水量为 100 万  $m^3$ , 平原区地下水可供水量为 400 万  $m^3$ 。

## 2.3 水资源开发利用现状

2.3.1 水资源开发量 自流引水工程: 根据宝鸡峡灌溉管理局资料, 塬上二支渠最大可供水量 1 000 万  $m^3$ , 塬下南干渠供水量 12 568.3 万  $m^3$ , 以发电为主, 部分尾水用于农田灌溉; 渭高干渠供水量 100 万  $m^3$ 。此外, 杨陵区的民堰从渭河直接自引水量 19.2 万  $m^3$ 。

提水工程供水量: 不包括以渠水和井水为水源的抽水站提水量, 1990 年从河道实际引水量为 16.2 万  $m^3$ 。

地下水开采量: 农田灌溉供水量根据浅、中深、深井的数量, 单井出水量和水井每年开机时间进行计算。农田灌溉井实供水量 500 万  $m^3$ 。

综上所述, 全杨陵区灌溉用水最大供给量约为 2 000 万  $m^3$ 。

2.3.2 农田灌溉用水状况 农田灌溉为用水量最大的部门之一, 供水水源为地表水和地下水。1990 年农田灌溉实用水量为 1 736 万  $m^3$ , 占全区总用水量的 80%。其中地表水 1 236 万  $m^3$ , 占灌溉用水量的 70%; 用地下水 500 万  $m^3$ , 占总用水量的 30%。黄土台塬区农田灌溉以地表水为主, 地下水为辅, 1990 年实用水量 1 240 万  $m^3$ , 占全区用灌溉水量的 71%, 其中, 地表水实用水量 1 150 万  $m^3$ , 占灌溉用水量的 90%; 地下水实用水量 90 万  $m^3$ , 占灌溉用水量的 10%。

## 2.4 水资源评价

2.4.1 地表水资源评价 受降雨特征及下垫面条件影响, 全区自产地表水资源量多年平均为 535.56 万  $m^3$ , 具有年内分配不均, 年际变化大的特征, 年内多分布在雨季, 且多成洪流排入宝鸡峡干渠, 或者直接排入河流, 由于地形条件区内无拦蓄工程, 故而自产径流基本上未能利用。

北部黄土台塬区虽和 水河、漆水河相邻, 且两河均有稳定的流量, 但由于塬高沟深, 故而开发河流水资源条件差, 沿河虽建有多处抽水站, 但由于各方面原因, 效益不佳。

渭河、漆水河及 水河在区段内无含沙量和水质监测资料, 但渭河咸阳站、漆水河好时河站资料河流含沙量大, 特别是 水河水污染较为严重, 难以利用。

2.4.2 地下水资源评价 全区多年平均地下水天然资源量为 3 387.34 万  $m^3$ , 其中潜水为 2 207.84 万  $m^3$ , 承压水为 1 179.50 万  $m^3$ 。

从潜水资源量的分布看, 北部区是全区地下水潜水相对贫水区, 平均潜补给模数仅为 13.61 万

$m^3/(a \cdot km^2)$ , 开采模数 9.35 万  $m^3/(a \cdot km^2)$ , 而南部平原区, 潜水补给模数为 39.97 万  $m^3/(a \cdot km^2)$ , 可开采模数为 33.98 万  $m^3/(a \cdot km^2)$ , 分别是北部区的 3.94 和 3.63 倍。项目区内水资源总量见表 6。

表 6 杨陵区水资源总量汇总表

分 区	保证率	自产径流量 / 万 $m^3$	地下水补给量 / 万 $m^3$	重复计算量 / 万 $m^3$	水资源总量 / 万 $m^3$
	50%	354.24	1426.91	222.50	1558.65
	75%	318.82	1492.81	232.40	1579.23
	均值	324.72	1542.69	228.13	1639.28
	50%	210.84	1633.69	71.40	1773.13
	75%	189.76	1722.79	96.0	1816.55
	均值	210.84	1844.65	85.75	1969.74
全 区	50%	565.08	3060.60	293.9	3331.78
	75%	508.58	3215.60	328.40	3395.78
	均值	535.56	3387.34	313.88	3609.02

由上面的计算分析可知, 目前杨陵区在 50% 保证率下, 水资源供大于需, 在 75% ~ 95% 保证率下, 需水量大于可供水量。说明, 在一般年份水资源尚能满足农田灌溉的需水要求。但在遇到较干旱年份, 灌溉水量没有保证。因此本区急需开展以渠道防渗防冻胀及节水型地面灌水技术为主的灌区工程建设。

## 2.5 节水灌溉技术应用推广现状

杨陵是全国 300 个节水增产重点县、高标准节水增产示范县之一, 从 1996 年开始, 大力推广节水灌溉技术, 采用传统节水灌溉技术和现代节灌技术相结合, 共同推进。在重视渠道防渗工程建设的同时, 发展地理管输水和喷微灌, 技术示范方面适当超前建设, 大面积实施综合节水灌溉, 并进行推广。1996 年, 组建了杨陵区抗旱服务队, 下设钻井服务队和节水灌溉服务队, 配套钻井机具一套, 移动式喷灌机 35 台, 水泵 15 台, 服务范围涉及全区 71 个行政村。5 年来, 结合大中型灌区改造项目、节水增产重点县、高标准节水增产示范县项目以及农业综合开发项目, 已累计衬砌渠道 95.7 km, 铺设管道 82.464 km, 工程控制面积 0.38 万  $hm^2$ , 其中高标准节水灌溉工程 333.3  $hm^2$ , 累计完成工程投资 1 064.15 万元, 使得杨陵区的节水灌溉面积较 90 年代以前有了较大的提高。

## 3 存在的问题

渠灌类型区农业高效用水产业示范区(杨陵)属宝鸡峡引渭灌区二支渠灌溉控制范围, 该灌区是上一个世纪 60 年代所建的老灌区, 在过去的 30 多年里, 为陕西的农业发展和关中渭北粮仓的建设发挥

(下转第 47 页)

表 4 小麦全生育期水分生产效率计算结果表

处 理	田间水量消耗 /mm	降雨量 /mm	灌溉定额 /mm	用水总量		小麦产量/ (kg·km <sup>-2</sup> )	水分生产效率	
				mm	(m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> )		(kg·mm <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> )	(kg·m <sup>-3</sup> )
冬灌露地小麦	133.72	134	297.0	564.72	5650	7440	0.88	1.32
无冬灌露地小麦	133.72	134	159	426.72	4270	6750	1.05	1.58
旱地小麦	145.6	134	0	279.6	2800	4875	1.16	1.74
覆盖小麦	106.3	134	157.5	397.8	3980	8715	1.46	2.19

由上述计算结果可以看出, 适时适量的冬灌将有利于小麦地土壤松散, 并为小麦分蘖创造有利的水分和土壤条件。采用地膜覆盖后, 生长期内小麦水分无效蒸发量减少, 土壤温度提高, 虽然种植期拖后 13 d, 但产量比露地小麦产量高 29%。由此可见, 小麦地膜覆盖后, 在保证作物产量的同时, 可有效延长夏秋作物生长期, 提高秋作物产量, 且小麦产量明显增加。

由表 4 也可看出, 试验条件下作物水分生产效率关系是: 冬灌露地小麦 < 无冬灌露地小麦 < 旱地小麦 < 覆盖小麦。

参考文献:

- [1] 李援农. 膜孔灌技术要素试验研究 [A]. 农业高用水与水土环境保护 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000.
- [2] 李援农. 保护地节水灌溉技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [3] 北京农业大学主编. 蔬菜栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 北京: 第二版, 1989.

(上接第 12 页)

了较大的作用。但是, 在以往的运行中, 重使用, 轻管理, 轻建设维护的现象比较严重。近年来, 虽然开展了一系列大型灌区改造工程, 但主要是以干支渠为主, 未曾涉及到斗分渠以下的田间工程, 以二支渠为例, 目前还存在以下问题:

(1) 斗分渠防渗衬砌率低, 到 1999 年, 项目区的斗渠衬砌率为 56%, 分渠衬砌率为 28%。渠系建筑物配套不全, 土渠输水现象普遍, 部分已衬砌的渠道, 由于冲刷、冻胀等原因, 年久失修, 断裂损坏, 造成灌溉输水速度慢, 渗漏损失严重, 渠系水的利用率低。

(2) 田间节水灌溉技术推广应用率低。在渠灌区, 田间灌溉方式仍然是地面灌, 而且以畦灌为主。由于田面不平, 一家一户的经营方法, 使得畦块大小很不一致, 所以造成大水漫灌、串灌现象严重, 灌水均匀度差, 灌水定额偏高。调查结果表明, 目前的灌水定额平均为 1 950 m<sup>3</sup>, 田间水的利用率低。

(3) 灌区用水调度不合理, 管理跟不上。由于缺乏合理的配水管理制度, 灌溉时常常出现“近水楼台先得月”的现象, 上游可以随时灌溉, 而下游则望渠兴叹, 常常错过灌溉季节, 造成作物减产。

(4) 工程节水措施与农业节水措施配合不够, 重视工程节水, 轻视农艺节水的现象比较严重, 所以在

## 4 结 论

由上述试验结果可以得出如下主要结论:

- (1) 地膜覆盖将改善小麦的生长条件, 减少小麦生长期内无效水分蒸发, 提高水分利用率。
- (2) 小麦生长前期土壤水分消耗主要为地面蒸发, 有效减少这一时段的水分消耗, 提高小麦生长期内田间土壤的水分利用率。
- (3) 在不考虑田间小麦产量的同时, 田间土壤水分利用效率呈如下关系: 冬灌露地小麦 < 无冬灌露地小麦 < 旱地小麦 < 覆盖小麦。

节水灌溉实施过程中主要以水利工程为主, 农业综合配套技术相对较少, 特别是近年来忽视了深耕保墒、改良土壤, 以肥调水等技术。

(5) 水的生产效率低, 一方面由于上述原因的影响, 另一方面由于水价相对低廉, 农户的节水意识不强, 在实施农田灌溉过程中要么不灌, 要么放开灌, 所以造成水的生产效率低, 调查结果表明, 本项目区 1999 年的水的生产效率还不足 1.2 kg/m<sup>3</sup>。

## 4 结 语

水资源短缺已成为全球性的严重问题, 节约用水势在必行。节水灌溉不仅是一种手段, 而且也是目的。在陕西杨陵渠灌类型区, 实施农业高用水科技产业示范工程项目, 对于改善本区的农田灌溉现状, 提高节水灌溉水平具有重要意义。为了实现农业高用水, 首先要重视节水灌溉技术的推广应用, 包括工程节水和农艺节水两个方面, 特别要重视二者的结合; 其次重视农业产业结构的调整, 发展高附加值产业, 提高单位水的生产效率; 最后加强灌区用水管理, 大力宣传节水灌溉的重要性和普及节水灌溉知识, 提高农户的节水灌溉意识。