

东新村农业水资源的开发与节水灌溉现状调查

蒋 定 生

(中国科学院水土保持研究所 陕西杨陵 712100)
(水利部)

摘 要 通过对东新村的水量平衡分析表明:该村农业水资源供需矛盾日趋尖锐,在当前生产水平下,年缺水约 50 万 m^3 ,必须大力推广节水灌溉技术,维持地下水采补平衡,以维持该村农业的持续稳定发展。

关键词 水资源 节水灌溉 水量平衡

Investigation on the Development of Agricultural Water Resources and Water Saving Irrigation Status in Dongxin Village

Jiang Dingsheng

(*Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100*)

Abstract Based on the investigation of water resources and water saving irrigation status in Dongxin village, the water balance was analyzed. The result showed that the contradiction between supply and requirement of agricultural water resources was severely, currently water shortage was 0.5 million m^3 . In order to maintain the balance between use and supplement of groundwater and the sustainable and stable development of agriculture, water saving irrigation should be extended vigorously.

Key words water resources water saving irrigation water balance

1992年巴西世界环发大会通过的《21世纪议程》指出:“水不仅是地球上的一切生命所必需,而且对一切社会经济部门具有生死悠关的重要意义。”可见,水的重要性已成为今天国际经济可持续发展的共识。

农业水资源为液态水。在当今农业生产用水的科学技术水平下,农业水资源系指自然界中的雨水、地表水、地下水和土壤水。东新村处于富平地下水下降漏斗中心,农业水资源供需矛盾也日

趋尖锐, 如何合理开发利用这里的农业水资源, 提高水的利用效率, 节约灌溉用水, 维持地下水采补平衡, 是确保本村农业持续发展的关键。

1 农业水资源的量

1.1 雨水

从农业水文上来看, 雨水对农田是一种间歇性的、不稳定的随机性垂直径流, 对农田产生直接补给, 因而也是农业水资源的最基础的组成部分。

根据对富平县降水记录分析表明, 富平县(气象站位于华朱乡内) 多年平均降水量为 527. 2 mm。年际间变化较大, 最多为 788. 7 mm, 最少 319. 5 mm, 相差 2. 48 倍。

降水频率分析表明, 该地 10 a 一遇降水为 682. 0 mm; 5 a 一遇为 613. 3 mm; 2 a 一遇为 512. 8 mm(表 1)。

根据黄委会《黄河流域水文泥沙观测资料》汇编成果查得, 富平县有 11 a 径流资料, 通过对这些资料的频率分析(表 2) 表明, 该地径流量介于 50~170 mm 之间, 平均为 81. 9 mm。但从出现的机率来看, 出现 50~70 mm 的机率为 45. 6%, 70~100 mm 的机率为 36. 4%, 100~150 mm 的机率为 9%, 大于 150 mm 的出现机率也为 9%。可见, 此地的年径流以 50~70 mm 居多, 如若搞好土地平整, 加强对降水的就地拦蓄入渗, 土壤中可多拦蓄 50~70 mm 的降水。

表 1 富平县降水频率分析

频率/ %	0. 5	1. 0	5. 0	10	20	50
重现期/ a	200	100	20	10	5	2
降水量/ mm	925. 2	872. 4	740. 4	682. 0	613. 3	512. 8

1.2 地下水

1.2.1 客水 东新村在圪塔庙凿有水井 2 眼, 其技术参数如表 3。这 2 口井土地所有权归外村, 并还承担上游外村 33 hm² 农田的灌水任务。根据设计, 这 2 口井年工作小时为 2 000 h, 则向东新村的供水量为:

$$M = Q_{1t} + Q_{2t} - Am = 107 \times 2\,000 + 148 \times 2\,000 - 33.3 \times 2\,250 = 435\,000(\text{m}^3)$$

式中: M —— 供水量, m³; Q_i —— 井的涌水量(m³/h); t —— 水井年工作小时(h); A —— 外村浇地面积(hm²); m —— 灌溉定额(m³/hm²)。

可见, 圪塔庙水站每年向东新村供水量为 43.5 万 m³ 左右。由于该处水井储水量较丰富, 如按灌溉定额 2 250 m³/hm² 计算, 每年可保证东新村浇地 193 hm²。

1.2.2 自产水源 该村农田上现凿有水井 40 眼, 井点密度为 9. 6 hm²/眼。井群多分布在北干渠和南干渠南侧和村东。布局不甚均匀, 抽水相互干扰较大。其优点是可以渠井联合运用。

表 2 富平县年径流频率分析

频率/ %	1. 0	2. 0	5. 0	10. 0	20. 0	50. 0
重现期/ a	100	50	20	10	5	2
年径流/ mm	204. 8	183. 5	143. 3	118. 8	95. 0	67. 2

表 3 圪塔庙扬水站取水井技术参数

井编号	井深/ m	静水位/ m	动水位/ m	水位降深/ m	含水层厚度/ m	涌水量/ m ³ · h ⁻¹
富水井 91- 18	72. 0	2. 1	14. 2	12. 1	13. 4	107. 0
富水井 31- 12	79. 0	7. 2	11. 4	4. 2	19. 4	148. 0

在整个 40 眼水井中,有 20 眼布设有容积不等的井边池(一般容积在 500 m³ 左右),可以起到“夜里蓄白天灌,闲时蓄忙时灌”的调蓄作用。现有 7 眼井已不能连续抽水,涌水量已降至 7 m³/h 以下,其中一眼已接近报废。

现每井按 100 d 计,则年地下水开采量为:

$$M_3 = n_1 Q_1 t_1 + n_2 Q_2 t_2 = 33 \times 18 \times 100 \times 24 + 7 \times 7 \times 100 \times 24 \\ = 1\,543\,200(\text{m}^3)$$

式中: n_1 —— 为能连续抽水的井数; Q_1 —— 可连续抽水井单井涌水量(m³/h); t_1 —— 可连续抽水井年工作小时数(h); n_2 —— 断续抽水井数; Q_2 —— 断续抽水井涌水量(m³/h); t_2 —— 断续取水井年工作小时数。

1. 2. 3 地下水位变化情况 总的来看,本区地下水位一直处于下降状态,表 4 列举了华朱、东新五社和义合社三井的水位观测结果。可以看出,东新五社水井和义合社水井均系统一观测井,水位为每年 12 月 26 日观测值(此日不抽水),80 年代初,这两口井水位呈上升趋势,5 年内分别上升 8.59 m 和 1.58 m;自 80 年代中起水位均呈下降趋势,1986~1995 年累计下降 9.81 m 和 6.05 m,年平均下降速度为 0.981~0.605 m/a。华朱乡乡政府院内水位观测井,距东新 2 km 左右。该井不抽水,其水位变化具有代表性。观测表明,自 1991 年以来,5 a 水位共下降 5.09 m,每年平均下降 1.02 m。

表 4 地下水位观测结果

年 份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	备 注
降水/mm	671.3	486	788.7	718.9	484.8	319.5	432.5	722.6	441.0	517.2	471.6	546.0	424.6	501.9	392.0	该井位于华朱乡政府院内,不取水
华朱观测井/m											33.41	34.40	35.31	36.51	38.5	
华朱井年段变化值/m													5.09			
东新五社井/m	52.8	45.4	42.89	44.21	47.56	52.03	49.0	50.5	55.52	60.6	64.75	-	60.54	62.45		统测井
年段变化值/m			- 8.59					7.96					1.85			
义合社井观测值/m	10.95	10.00	8.52	-	9.01	9.09	9.35	9.99	10.4	11.89	12.94	14.71	13.86	15.15	16.19	统测井
年段变化值/m			- 1.58					2.80					3.25			

1. 3 地表水

东新村境内无河流和湖泊水体,地表水源可视为零。

1. 4 土壤水

植物扎根于土壤中,从土壤中吸取其所需水分。无论是降水、地面水、地下水都必须在形成土壤水之后才能为植物所利用。在农业用水上土壤水则自成一个向植物直接供水的独立水体,在水量平衡上可以连系于地下水,视地下水在根系层的埋深而定。作为一种水资源来看待,土壤水以田间持水量与凋萎湿度间的水容量差值作为土壤有效水分的土壤水库容。

土壤田间持水量和凋萎湿度与土壤质地和土壤层次关系密切。根据李玉山在蒲城的观测资料(中壤土),田间持水量为 21.5%,凋萎湿度为 8.0%,则 1 m 土层的有效水容量为 196 mm。根据此次调查结果,本村土壤田间持水量为 18.0%~23.8%(0~70 cm 土层)。容重 1.2~1.4 g/cm³,土壤水分为 10.8%~20.97%。

农作物生长过程中,通过根系从一定深度的土层中吸取水分。而保证作物主要根系分布层有适宜的水分供应,就可以满足作物的需水要求。所以主要根系分布层是确定作物适宜湿润深度的依据,也是制定灌水定额的科学依据。据观测,关中小麦等主要作物的最长根可达 2 m 以上,甚至超过 3 m,但次生根多集中在 50~60 cm,约占总根量的 90% 以上。据西北水科所测定,夏玉米次生根长度一般为 52.8~77.4 cm;小麦为 60 cm 左右,油菜在 48~64 cm 之间。据交口抽渭灌

溉试验站测定, 棉花的主要侧根多分布于 60 cm 左右。因此 50 ~ 60 cm 土层深度可作为作物适宜湿润层深度。

原渭惠渠试验站 1960 年(特旱年) 对小麦的试验也表明(表 5), 按 60 cm 湿润深度进行灌水, 产量最高。

表 5 不同灌水湿润层深度处理的灌溉定额与小麦产量

灌溉计划湿润深度/ cm	灌水定额/ m ³ · hm ⁻²			灌溉定额		小麦产量	
	冬灌	拔节灌	抽穗灌	m ³ · hm ⁻²	%	kg · hm ⁻²	%
40	375	510	310. 5	1 195. 5	67. 6	3 118. 5	90. 6
60	570	754. 5	444. 0	1 768. 5	100. 0	3 442. 5	100. 0
80	811. 5	988. 5	637. 5	2 437. 5	137. 8	2 697	78. 3
100	960	1 195. 5	706. 5	2 862. 0	161. 8	2 601	75. 6

因此, 主要农作物的灌溉湿润层深度, 以不超过 60 cm 为宜。这不仅能获得高产, 而且可减少深层渗漏, 节约灌溉用水。东新村目前大田灌水定额达 1 200 ~ 1 500 m³/hm², 很有节水潜力可挖。

2 水量平衡分析

2. 1 现有水资源供需状况分析

2. 1. 1 需水结构 东新村需水结构组成为: 作物灌溉、人畜饮用和乡镇企业耗水。

(1) 作物灌溉用水。据粗略统计, 本村作物种植结构是: 粮食(小麦、玉米复种) 200 hm², 其中 20 hm² 为旱地; 蔬菜 86. 7 hm², 实行甘蓝(或菜花) 茄子(或西红柿、辣椒) 秋黄瓜(甘蓝、白菜) 春黄瓜(大棚种植) 倒茬方式; 果树 86. 7 hm²; 余为棉花(12. 4 hm²)。果园将发展到 100 hm², 粮田还将减少。农田作物需水量如表 6(推算值), 总计为 2 377 320 m³。

(2) 人畜饮水。现为低标准, 人饮用水为 3 887 × 0. 025 × 365= 35 469 m³; 牲畜饮水为(1 150 × 0. 025+ 1 000 × 0. 005+ 110 × 0. 075) × 365= 15 330 m³。

(3) 乡镇企业。现有窑厂 3 个, 暂不计。

则耗水量为: 2 377 320+ 35 469+ 15 330= 2 428 119(m³)。

2. 1. 2 供水量 为客水和自产水源与雨水和土壤水之和。由于分析的是灌溉水的水量平衡, 可不计雨水和土壤水两项。其供需状况分析见表 7。

表 7 东新村水量供需状况分析

人口/ 人	牲 畜			耕地/ hm ²	总需水/ 万 m ³	供水/ 万 m ³		余缺/ 万 m ³	
	猪/ 头	牛/ 头	羊/ 只			客水	自采地下水	余水	缺水
3887	1150	110	1000	386	242. 812	43. 50	154. 32		44. 992

由表 7 可知, 东新村在超采地下水的情况下, 尚缺水 44. 992 万 m³。基本上还有 66. 7 hm² 左右耕地灌溉无保证。该村第 4 和第 5 村民小组因有 7 眼井不能连续供水, 个别井已接近干涸, 致使上述两村民小组的近 66. 7 hm² 左右的耕地不能得到灌溉。在灌水紧张时期, 圪塔庙水站来水也常遭上游(外村) 拦截, 不能正常供水, 使有效灌溉面积减少。因此发展节水灌溉, 应是解决本村水源供需矛盾的必由之路。

2.2 本区地下水动态特点

图 1 绘制了华朱乡观测井(乡政府院内平时不抽水), 水位动态变化曲线。该种动态类型属于渗入—开采型。自 3 月份春灌开始, 地下水即开始急剧下降, 6~9 月尽管进入雨季, 降水较多, 但因玉米、蔬菜等作物需水较多, 灌水频繁, 地下水仍难得到补充恢复, 一直到 12 月过后, 冬灌停止, 用水量稍有减少, 地下水位稍有回升, 但也不能恢复到 3 月份开采时的水平, 这也充分说明, 本区地下水已形成区域性降落漏斗, 地下水的开采量已超过允许开采量, 雨季过后漏斗已不能填平。

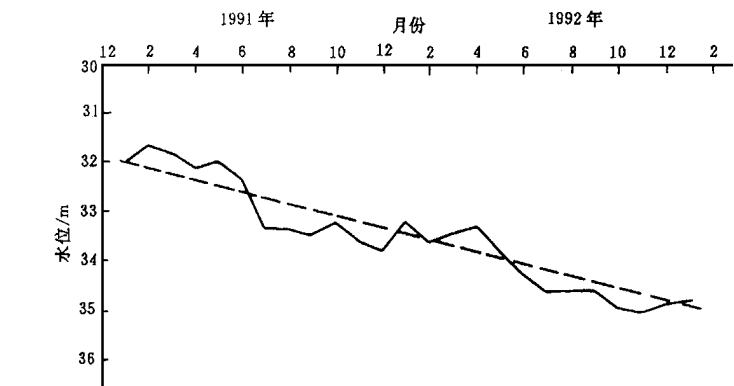


图 1 华朱乡观测井水位动态过程线

P ——全生育期内的降水量(mm); ET_c ——作物全生育期总需水(mm)。

根据康绍忠的资料, 其计算结果如表 10。目前东新村小麦和玉米的灌水量在 3 600~4 500 m³/hm² 之间, 均大于表 8 所列数值, 有节水潜力。

2.4 参考作物需水量(ET₀) 计算

ET₀ 是计算作物需水量的重要参数, 利用富平县气象资料(1959~1982 年), 运用彭曼公式计算出东新村各旬多年日平均 ET₀ 值如表 9。

表 9 东新村各旬多年日平均 ET₀ 值

月	旬	ET ₀ /mm·d ⁻¹	月	旬	ET ₀ /mm·d ⁻¹	月	旬	ET ₀ /mm·d ⁻¹
1	上	1.74	5	上	5.73	9	上	4.09
	中	1.83		中	6.26		中	3.96
	下	1.75		下	6.93		下	3.49
2	上	2.01	6	上	7.52	10	上	3.15
	中	2.43		中	7.28		中	3.40
	下	2.58		下	6.84		下	2.99
3	上	3.13	7	上	5.82	11	上	2.42
	中	3.50		中	6.34		中	2.15
	下	4.32		下	6.52		下	2.12
4	上	4.68	8	上	6.28	12	上	1.86
	中	4.91		中	5.89		中	1.60
	下	5.09		下	5.24		下	1.49

2.3 主要作物生育期内水分供需平衡状况分析

采用某月的降水量与相同月份作物需水量之差, 或全生育期内的降水量与作物全生育期需水量之差来作为评价指标, 即

$$W_i = P_i - ET_{ci}$$

或 $W = P - ET_c$

式中: W_i ——作物某月的水分盈亏量(mm); W ——作物全生育期内水分盈亏量(mm); P_i ——某月的降水量(mm);

3 农田灌溉中的成绩与不足

经过数 10 年的努力, 东新村发展井灌方面已取得较好的成绩:

(1) 井灌设施面积已达 366 hm^2 , 有效灌溉面积已达 300 hm^2 左右, 大大改善了农业生产条件, 有利作物高产稳产。

(2) 干、支渠全部实现“U”型衬砌, 减少了渠道输水损失。

(3) 建立了比较健全的水井承包责任管理制度, 责权利明确, 保证了灌水正常进行。不足之处是: ①灌水定额大。粮田达 $1\,200\sim1\,500\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 蔬菜达 $600\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 节水潜力大。②灌水技术比较落后, 95% 以上为畦灌, 暗管输水灌溉仅 13.3 hm^2 , 占 3.6%。

4 节水灌溉对策

- 4.1 修好地边埂, 加强对降水的就地拦蓄入渗, 充分利用降水资源
- 据分析, 本区的年经流在 $50\sim70\text{ mm}$, 应用好这一宝贵的水资源。
- 4.2 减少灌水次数和灌水定额, 浇好关键水

根据泾惠渠灌溉试验站 1980~1982 年的试验(表 10), 小麦生长期灌三水, 单位用水量的增产量高, 单位产量耗用灌溉水少, 表中结果说明, 1980 年和 1982 年灌五水比灌三水略有增产, 从经济用水出发, 每公顷增产 1.4%~2.3%, 多灌水 67%, 不合算。

表 10 不同灌水次数、水量对小麦产量的影响(泾惠渠试验站)						
年份	灌水次数	灌溉定额/ $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$	产量/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	单位灌溉水 量的增产量/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	增加单位产量 的灌溉用水量/ $\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$	备 注
1980	0	—	3 000	—	—	(1) 1981~1982 年小 麦生长期为干旱年
	1	825	4 243	1.505	0.66	
	2	2 175	6 596	1.650	0.61	
	3	2 850	6 785	1.327	0.75	
	5	3 525	6 882	1.100	0.91	
	6	4 200	6 473	0.825	1.22	
1981	0	—	6 113	—	—	(2) 1979 年冬到 1980 年春持续干旱 (3) 3 年播前土壤储 水都好
	1	675	6 225	0.167	6.00	
	2	1350	6 488	0.280	3.60	
	3	2 025	6 750	0.315	3.18	
	4	2 700	6 713	0.220	4.50	
1982	0	—	6 060	—	—	
	1	675	6 180	0.19	5.63	
	3	2 025	6 486	0.21	4.90	
	5	3 375	6 636	0.17	5.96	

4.3 推广节水节能的先进灌水技术

(1) 在粮田渠灌区(圪塔庙来水), 由于来水流量大, 可推广波涌灌溉(亦称间歇灌溉)。国内外研究表明, 波涌灌溉可节水 30% 左右, 灌水均匀度提高 10%~15%, 灌水效率提高 25%~45%。

(2) 在粮田井灌区推广管道灌溉。管道输水技术在发达国家已被广泛应用, 是一种投资省, 输水快, 不占地, 渠系水利用系数高的输水技术。我国黄淮海平原发展最快, 仅山东省管道输水灌溉面积已超过 133 多万 hm^2 。研究表明, 同明渠输水相比, 可节约水量 30% 以上, 少占土地(渠系)

(下转第 106 页)

3 小 结

在旱作条件下,水分是影响作物光合作用和籽粒产量的主要因素,黄土高原地区土壤蓄水性强,旱塬小麦水分供需的时空矛盾多发生在生育后期和土壤浅层,解决矛盾的关键则在于生育前期和土壤浅层,因墒施肥、以肥壮苗、以苗促根、以根调水,强化土壤水库效应是旱作小麦最有效的抗旱增产措施之一。

在本试验条件下,不同肥水措施对旱地小麦抽穗后绿叶面积参数具有明显的调节作用,从而显著地影响到群体光能利用和蒸腾耗水特性,冠层叶面积参数的优劣主要取决于氮肥的多少,抽穗后维持较高绿叶面积和功能期对提高产量具有重要意义。同时表明肥料不足是限制产量的主要因素,培肥土壤和增施肥料可明显改善叶片光合速率和水分状况,延缓叶片衰老,有利于冬小麦后期维持较大的光合面积和作用时间,有利于改善籽粒灌浆特性和增加每穗粒数,同时,肥料减缓了土壤水分对产量的影响,提高了冬小麦产量和水分利用率。

旱作农业中,水肥具有明显的耦合关系,肥料的增产作用不仅在于肥料本身,更重要的还在于与土壤水分的互作。所以,在旱作农业生产实践中,任何涉及肥料的农业技术措施都要注意肥水的耦合效应。

参考文献

- 1 李玉山,张孝中,郭明航.旱作潜势与水肥效应的田间研究.土壤学报,1990,27(2):107~114
- 2 上官周平,陈培元,李英.氮肥和底墒对小麦籽粒灌浆过程的调节效应分析.西北植物学报,1994,14(2):107~116
- 3 山仑.提高半干旱地区农田生产力的现实途径和未来策略.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1988,第8集,1~9

(上接第19页)

1%~2%,管理运用方便,人称“田头自来水”,省时省劳,是实现节水型灌溉的一项具有广泛适用性的技术。东新村已建成管灌面积 13.3 hm^2 ,比渠灌并可多浇地 3.3 hm^2 ,效果甚佳。

(3)在蔬菜保护地生产上可推广渗灌,渗灌可适时适量在作物根际区域补充水分和养分,是一种最先进的灌水技术,蔬菜保护地生产采用畦灌和微喷,均会导致棚内气温降低,或因湿度过大而滋生病害,而渗灌较为合适。本村蔬菜面积大,是农民主要经济收入来源,可考虑推广这一灌水技术。

(4)在果树、大田蔬菜种植区,可推广喷灌或微灌(微喷和滴灌)。喷灌灌水定额为 $255\sim 300\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。每 hm^2 投资7500元左右。可节约用水30%~50%,管理运行方便,省时省劳,农民也可承受。