

鲁西北水资源的综合开发和宏观调控*

——兼论黄泛平原旱涝碱综合治理

刘有昌 张兰亭 赵继煜 王扬

(山东省水利科学研究所, 250013)

摘 要

本文探讨了鲁西北黄泛平原补充性灌溉特点下的节水、防灾型水资源宏观调控问题。

该区具有旱涝频繁, 土地易碱的特点, 旱涝碱的发生与地下水位密切相关。文中分析并提出了不同季节的地下水位动态调控指标。

通过分析降雨与地下水位上升值, 引河灌溉与地下水位上升值, 以及蒸发与地下水位降落值, 井灌与地下水位降落值的关系。提出了相应的经验公式, 并依据当地条件进行了模拟计算验证。

本文依据既能满足灌溉用水需求, 又可达到旱涝盐碱综合治理的原则, 提出了地上水、地下水联合运用时调控分区及各区不同水文年的水资源调控方案。

关键词 水资源合理调控, 地下水位动态, 旱涝碱综合治理

鲁西北为黄泛平原的主要组成部分, 除滨海外, 大部分地区分布有浅层地下淡水。由于水资源供需矛盾日趋尖锐, 而种植业结构中小麦和棉花(播种面积分别占耕地面积的53.2%和34.5%)是本区农业耗水大户。本文依据作物需水规律、水土资源和补充性灌溉等地区特点, 探讨区域性的旱涝盐碱综合治理和水资源宏观调控等问题。

一、水资源概况

(一) 降雨

本区降雨的主要特点是时空分布不均, 降水量自南向北递减, 南部为650—750mm, 北部为550—600mm。盛夏(7—8月)降雨量为300—350mm, 春季(3—5月)干旱少雨, 降雨量为70—150mm, 显然这种降水特征易于发生旱涝灾害, 对农业生产非常不利。

(二) 当地水资源

鲁西北地势平坦, 土层深厚, 地表径流系数仅10%上下, 径流深50—75mm。浅层地下水为第四纪孔隙水, 底板埋藏深度浅者20—30m, 深者70—80m。年降水入渗补给模数12—16万 m^3/km^2 。本区浅层淡水一般指小于2g/L的弱矿化水, 具有易开采和易补给的特点。开采浅层地下水对降低其水位, 增强土壤和地下水的蓄水能力、综合治理旱涝盐碱有重要作用, 是鲁西北主要的当地水资源。但含水层多为极细砂和粉砂, 给水度小, 可

* 本文曾在1991年4月第四十二届国际灌溉排水会议上交流。

开采量较小。当前开发利用很不均衡,引黄灌区内开采程度较低,纯井灌区内则因连年超采,而形成一些地下水下降漏斗区。

(三) 客水资源

黄河水是本区可利用的最大客水资源,多年平均入境水量为 430 亿 m^3 。但年际变化大,年内分配不匀,最大年来水量为最小来水量的 3—4 倍,汛期(7—10 月)水量占年水量的 60%,非汛期(11—6 月)只占 40%。多年平均含沙量每立方米为 29 公斤,汛期 35 公斤,非汛期 10 公斤左右。矿化度 0.3—0.5g/L。近几年来,本区每年引用黄河水约 80 亿立方米,灌溉面积约 150 万公顷。但灌排工程配套程度很差,渠系有效利用系数 0.4 上下。3—6 月分为灌溉用水高峰,约占年用水量的 60%,春季供水矛盾非常突出。综上所述,只有地上水、地下水联合运用并进行合理调控,水资源的利用才有较高的保证程度。

二、地下水位动态调控指标

鲁西北平原具有旱涝频繁,土地易盐碱,旱涝盐碱并存的特点。旱涝盐碱的发生与地下水位密切相关,年内又随季节的变化而异。因而在旱涝盐碱综合治理及水资源的合理调控利用时,都应探讨并确定地下水位不同季节的动态调控指标。

(一) 春季调控期(3—5 月)

春季是地下水动态较为复杂,调控指标多变的季节。春季干旱少雨,蒸发强烈,此时正值小麦耗水旺季,又是土壤的返盐盛期。春田及小麦拔节前的麦田都需将地下水位调控到防盐深度。防盐深度为土壤毛管水强烈上升高度与耕作层厚度之和,鲁西北平原地区的实验资料,轻质土为 2.0m 上下,粘质土为 1.4m 上下。小麦拔节后由于营养生长和生殖生长都很旺盛,需水量急剧增加,同时叶面积的增大,土壤水分的消耗以作物蒸腾为主,表土积盐的威胁减小,麦田地下水位应允许高于防盐深度,轻质土调控在 1.7m 上下,以利于作物对地下水的直接利用。

(二) 初夏调控期(6 月上,中旬)

初夏是夏玉米的播种季节,此时干旱少雨,麦田经过小麦生长后期的强烈耗水后,土壤含水率很低,夏玉米播种困难。但此时已临汛期,如遇丰水年分,极易加重引河灌区的涝情。因此初夏既需较好的墒情,又需将地下水位控制在适当深度。鲁西北平原的实验资料,初夏期 4—6m 的地下水埋藏深度可做为一般水文年分的防涝深度。

(三) 盛夏调控期(7—8 月)

盛夏是鲁西北平原的雨季和地下水的高水位期。雨热同季,为春播和夏播作物的主要生育期。正常水文年分,此时的主要调控任务是排除地表积水和过饱和的表层土壤水。鲁西北平原实验资料,地下水埋深如能在 3 天内回降到 50—60cm,表层土壤的通气率可达到 10%。因此,汛期的排涝、防渍深度为 50—60cm。

(四) 秋季调控期(9—11 月)

秋季为全年第二个干旱少雨季节,但因雨季刚过,地下水埋藏浅,土壤含水率高,整个农田水分状况好于春季。由于地面覆盖差,蒸发量大,此时应维持地下水的防盐深度。

(五) 冬季调控期(12—2 月)

冬季是全年降水最少季节,全季仅 12—30mm,且相对变率很大。冬季储水灌溉,补充地下水源,春旱冬防非常重要。冬季储水补源时的适宜地下水埋藏深度为 1.7—2.5m,即以土壤毛管水强烈上升高度为上限,以地下水接近停止蒸发深度时为下限。地下水位过高增加无效蒸发量,过低则易加重翌春的旱情。

三、地下水动态模拟计算

由于鲁西北地势平缓,在自然条件下地下水位动态基本规律为降水—蒸发垂直运动型,在地上水、地下水联合运用时,则为降水、引河水—蒸发、井灌垂直运动型。

(一) 降雨与地下水位上升值的关系

降水影响地下水位上升值时,还取决于降雨量、土壤水分、地下水埋深等因素。鲁西北平原降雨产流方式为平原蓄满产流型。产流与不产流的地下水位上升值,可分别用下列公式计算:

$$\Delta h = \frac{1}{\mu} (P - W_q) \quad (1)$$

$$\Delta h = \frac{1}{\mu} (P - W_q - R) \quad (2)$$

式中 Δh 为降雨后的地下水位上升值 (mm); μ 为土壤给水度; P 为次降雨量 (mm); W_q 为雨前土壤含水量与田间持水量的差 (mm); R 为径流量 (mm)。在无雨条件下, W_q 的增加是土壤水分蒸发所致。由于土壤蒸发量与土壤含水量成正比,可导出:

$$W_{q,t+1} = W_{q,t} \cdot K + E_{m,t} \quad (3)$$

式中 $K = (1 - E_{m,t}/W_{qm})$ 为土壤水分消退系数; $E_{m,t}$ 为土壤水分蒸发力,近似水面蒸发量 (mm); $W_{q,m}$ 为土壤含水量到田间持水量的极限缺水量; $W_{q,t}$ 为 t 天的土壤缺水量; $W_{q,t+1}$ 为 $t+1$ 天的土壤缺水量; 据本区地中渗透仪观测资料计算统计出不同地下水埋藏的值 (mm) 及相应的 K 值。

(二) 引河水灌溉与地下水位升值的关系

引河水灌溉补给地下水,其升值可用下式计算:

$$\Delta H = \frac{\beta_{引河} \cdot W_{引河}}{\mu} \quad (4)$$

式中 ΔH 为引河水灌溉引起的地下水位升值 (米), $W_{引河}$ 为引河水灌溉水量 (水深米); $\beta_{引河}$ 为引河水灌溉给水系数; μ 为土壤给水度。

(三) 蒸发与地下水降落值的关系

地下水蒸发以下述经验公式计算:

$$E = E_0(1 - h/h_k)^n \quad (5)$$

式中 E 为地下水埋深为 h 时的蒸发强度 (毫米/日); E_0 为 h 为 0 时的地下水蒸发强度,近似为蒸发力 (毫米/日); h_k 为地下水停止蒸发深度 (米); h 为地下水埋深。鲁西北平原主要为轻质土,在稳定蒸发条件下, n 近似为 1,则可导出:

$$h_t = h_k - (h_0 - h_k)e^{-Et} \quad (6)$$

式中 h_t 为 t 时的地下水位埋深(米); h_0 为初始地下水埋深(米); $\beta = E_s / \mu h_t$

(四) 井灌与地下水降落值关系

井灌引起的地下水位降落值可以下式计算:

$$\Delta H = \frac{(1 - \beta_{井灌}) \cdot W_{井灌}}{\mu} \tag{7}$$

式中 ΔH 为井灌引起的地下水位降落值(米); $W_{井灌}$ 为地下水开采量(水深米); $\beta_{井灌}$ 为井灌回归系数。

(五) 地下水动态模拟计算验证

以 1984 年的降雨量, 灌溉水量为已知条件, 计算地下水位动态过程, 与实测资料比较基本符合(图 1)。

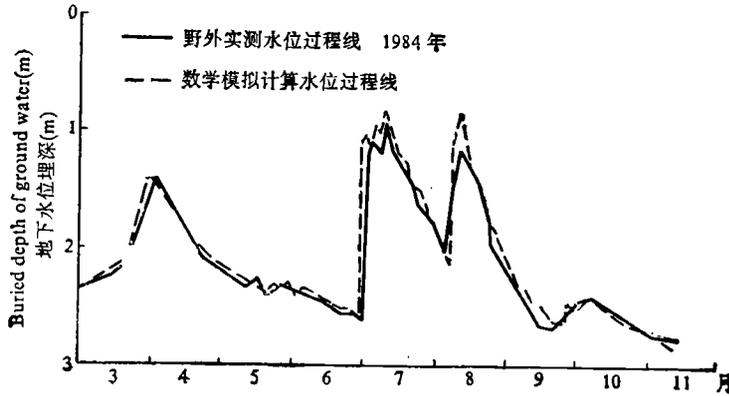


图 1 地下水位动态模拟计算验证图

Fig.1 Comparison between the calculated and observed dynamics of groundwater table

四、水资源的开发分区和合理调控

水资源的开发分区和合理调控, 是地上水、地下水联合运用在时空宏观管理上的主要

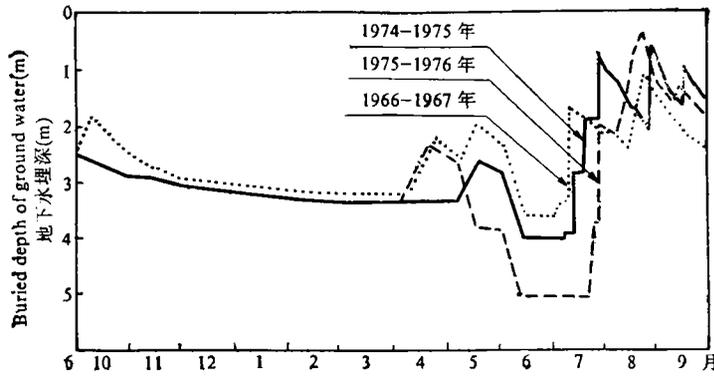


图 2 引黄井灌调控区不同水文年地下水位动态过程线图

Fig. 2 Hydrograph of the dynamics of groundwater table during conjunctive use of the yellow River water and groundwater for different hydrological years

表 1 引黄井灌调控区不同水文年灌水方案

Table 1 Schemes of well-irrigation control during conjunctive use the Yellow River water and ground water in different hydrological years

降雨量及降雨频率 Rainfall and its frequency	灌水期 Period of irrigation						综合灌水定额 (m ³ /ha) Comprehensive gross duty
	秋 灌 Irrigation in autumn	冬 灌 Irrigation in winter	早春灌 Irrigation in early spring	春 灌 Irrigation in spring	晚春灌 Irrigation in late spring	初夏灌 Irrigation in early summer	
1974—1975年 小麦生长期降雨量 169.4mm 频率 22% 1975 年汛期降雨量 327.1mm 频率 48%	×	×	×	×	×	# 麦茬	630
1975—1976年 小麦生长期降雨量 145.7mm 频率 44% 1976 年汛期降雨量 371.0mm 频率 33%	×	×	×	# 全灌	×	# 麦茬	1530
1966—1967年 小麦生长期降雨量 89.9mm 频率 85% 1967 年汛期降雨量 325.8mm 频率 52%	×	×	△ 全补	# 麦田	# 麦田	# 麦茬	3960

注：×表示不灌，△表示引黄，#表示井灌。

内容，所依据的原则是：既满足作物需水要求，又解决渍涝盐碱的危害，达到旱涝盐碱综合治理。

(一) 引黄井灌调控区

位于黄河两岸附近，种植业结构以粮食作物为主，棉花次之。粮田为小麦、玉米一年

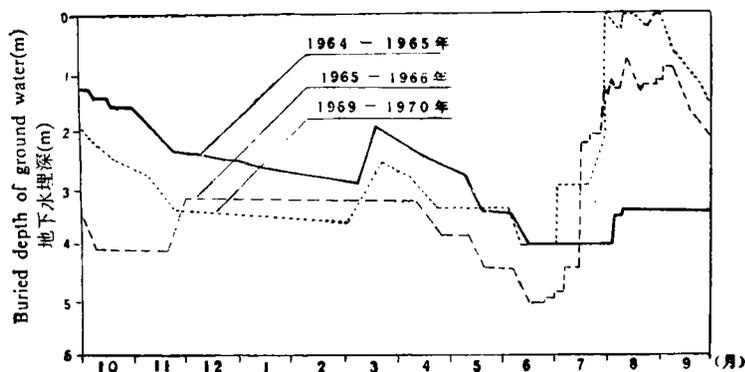


图 3 井灌引河补源区不同水文年地下水动态过程线图

Fig. 3 Hydrograph of the dynamics of groundwater table in the well-irrigated area during different hydrological years and when groundwater is supplemented by diverting water from the Yellow River

表 2 井灌引河补源区不同水文年灌水方案

Table 2 Schemes of well-irrigation and supplement of ground water by diverting water from the Yellow River in different hydrological years

降雨量及降雨频率 Rainfall and its frequency	灌水期 Period of irrigation						综合灌水定额 (m ³ /ha) Comprehensive gross duty
	秋 灌 Irrigation in autumn	冬 灌 Irrigation in winter	早春灌 Irrigation in early spring	春 灌 Irrigation in spring	晚春灌 Irrigation in late spring	初夏灌 Irrigation in early summer	
1964—1965 年 小麦生长期降雨量 106.8mm 频率 56% 1965 年汛期降雨量 157.1mm 频率 85%	×	×	△ 全补	×	* 麦田	* 麦茬	2700
1965—1966 年 小麦生长期降雨量 95.8mm 频率 68% 1966 汛期降雨量 299.6mm 频率 58%	* 麦田	△ 全补	×	* 麦田	* 麦田	* 麦茬	3600
1969—1970 年 小麦生长期降雨量 75.7mm 频率 88% 1970 年汛期降雨量 426.2mm 频率 27%	×		△ 全补	* 麦田	×	* 麦田	3150

注: '×'表示不灌,△表示引黄,*表示井灌。

两熟制。本区水资源丰富,引黄方便,地下水除降雨补给外,还有引黄灌溉入渗水的大量补给。在全部引黄灌溉条件下,通常维持较高的地下水位,涝盐威胁较大。因此,依渍涝、盐碱防治季节采用井灌调控地下水位,既能防灾,又可将黄河水调配到缺水地区。优化后的引黄井灌调控区不同水文年灌水方案及各方案的地下水位动态过程线如表 1,图 2。

(二) 井灌引黄补源区

位于黄河灌区的外侧,距离黄河较远,以井灌为主。种植业结构以灌溉用水量较少的棉花为主。黄河灌区北侧的马颊河流域降雨量又相对较小,完全依靠井灌时,水资源供需矛盾突出,在连续干旱的情况下,地下水连年超采容易形成地下水下降漏斗。依据地下水动态调算结果,在一般水文年分或较干旱的年份,结合冬灌或春灌进行一次麦田、春田的补源性灌溉,基本可以保持水资源的供需平衡。井灌引黄补源区不同水文年的灌水方案及其不同方案的地下水位动态过程线如表 2、图 3。

参 考 文 献

1. 刘有昌等,1990: 鲁西北水土资源开发战略的研究。山东经济战略研究,总第 41 期,5—17 页。
2. 赵继煜、张兰亭,1986: 山东茬平实验区综合治理旱涝碱试验研究。人民黄河,总第 45 期,51—56 页。
3. 刘有昌等,1981: 鲁西北旱涝碱综合治理区划。土壤学报,第 18 卷 4 期,317—324 页。

INTEGRATED DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN THE NORTHWESTERN SHANDONG PROVINCE

Liu Youchang, Zhang Lanting, Zhao Jiyu and Wang Yang

(*Institute of Water Conservancy of Shandong Province, 250013*)

Summary

This paper deals mainly with the management of water resources with the characteristics of supplemental irrigation for water-saving and prevention of drought, waterlogging and salinization. The indexes for dynamic control of groundwater tables in different seasons are also proposed.

The relations between rainfall and the rising of groundwater table, between river-canal irrigation and the rising of groundwater table between evaporation and the decline of groundwater table and between well irrigation and the decline of groundwater table are analysed. Some empirical formulas are obtained from statistical analyses.

Finally, according to the principle of both meeting the requirements of irrigation and controlling drought, waterlogging and salinization comprehensively, the management and control schemes of water resources for different hydrological years in different regions and under the condition of conjunctive use of surface water and groundwater are given.

Key words Rational control of water resources, Dynamic of ground water table, Comprehensive control of drought waterlogging and salinization