

论渭北黄土原灌区地下水新含水层

刘 俊 民

(西北农业大学水利与建筑工程系, 陕西杨陵·712100)

摘 要 针对渭北黄土原灌区地下水位上升问题,提出了地下水新含水层的概念。并以宝鸡峡、羊毛湾灌区为例,介绍了新含水层的分布及厚度,分析了新含水层的形式条件在此基础上,进行了地下水资源评价,进一步证明新含水层已构成渭北黄土原灌区巨大的地下水库。

关键词 新含水层,地下水库,蓄水构造

中图分类号 S273.4, P641.17

位于陕西渭河以北,北山以南;西起宝鸡,东至潼关的渭北黄土原区,总面积约5 000 km²。该区黄土深厚,形成多级台原地貌,原面地势平坦。多年平均降水量在450~650 mm,属半湿润易旱地区。由于降水在时间分配上和作物需水要求不协调,致使农业常受干旱威胁。因此,自古至今,发展灌溉农业一直为当地有识之士所重视。新中国建立后,扩建了泾、洛、渭灌区,新建了宝鸡峡、冯家山、羊毛湾等灌区,区内有效灌溉面积已达43万hm²,使该区农业生产及人畜用水条件有了很大改善,成为陕西省及国家重要的粮棉油基地。

但在上述水利工程运行中,渠系引水及田间灌溉水的入渗,使地表水大量转化为地下水,黄土层中潜水位不断上升,例如宝鸡峡灌区从1971~1986年,地下水位平均上升了20~40 m,平均年升幅1.21 m;冯家山灌区西部地下水位上升10 m左右,东部上升幅度也在20~40 m。

灌区由于灌溉引起地下水位上升,使得灌区水文地质条件产生了很大改变,研究这种变化,对揭示灌区地下水的形式及贮存规律;对解决当地农业及人畜饮用水都是非常必要的。

1 新含水层的概念

所谓“新含水层”是指灌区内大规模引地表水灌溉,产生入渗,导致黄土中地下水位大幅度上升,使得天然条件下具有含水能力的黄土层色气带充水转化为饱水带;或灌溉水入渗使原先很低的潜水位升高,占据黄土层中原不含水空间,成为地下水含水层,如图1所示。

2 新含水层的分布

1967年开灌前,羊毛湾灌区内上游水位埋深20.98 m,下游区23.6 m,平均为

收稿日期:1993-02-19.

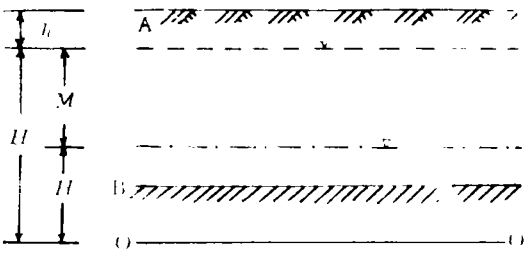


图 1 新含水层示意图

h ——新含水层埋深(m); M ——新含水层厚度(m);
 H_1 ——天然地下水位(m); H_2 ——新含水层水位(m);
 A ——地面; B ——隔水底板

22.83 m。宝鸡峡灌区除局闻低洼,地区地下水位埋深较小外,大部分地区埋深较大,最大可达 128.4 m 平均水位埋深 55.4 m。
经多年引水灌溉,两灌区 1 714 km² 范围内,地下水位急剧上升。到 1986 年,潜水位埋深小于 10 m 的面积已达 446.5 km²,10~20 m 的面积为 721 km²,20~50 m 的面积 384.9 km²,大于 50 m 的面积仅 161 km²,而且许多地区地下水位还在上升。两灌区所含水层分布如图 2 和表 1 所示。

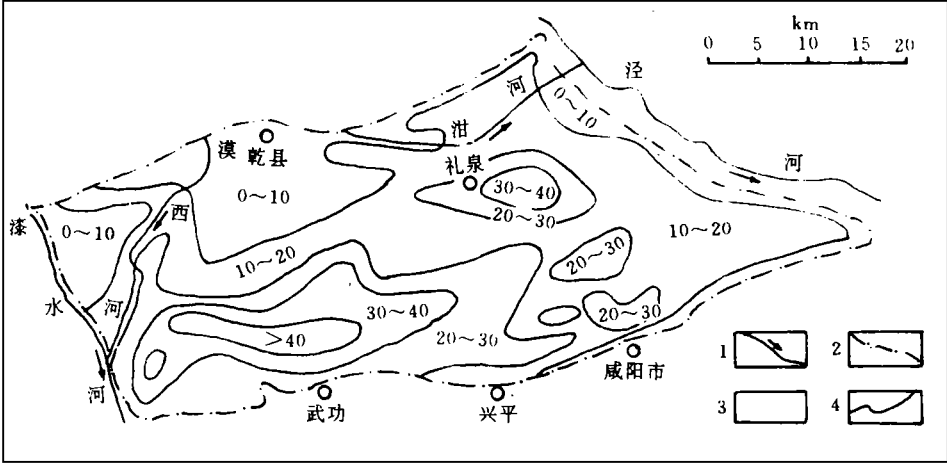


图 2 宝鸡峡羊毛湾灌区新含水层厚度分布图

1、河流及流向;2、灌区边界;3、厚度范围(m);4、存度分区界线。

表 1 宝鸡峡羊毛湾灌区新含水层分布状况表

厚度 (m)	水位埋深区间 (m)	面积 (km ²)	分布状况
<10	<20	330.3	临平—蔚村 阳洪—王乐镇
	20~50	54.9	烽火—蒋刘原边 兴平—窑店原边
	>50	61.3	
10~20	<20	359.3	苏坊—周城 梁村—大墙—药王洞
	20~50	247.3	烟霞—昭陵 武功观音堂
	>50	114.5	
20~30	<20	119.3	南宁、裴寨、贞元—河道—南市—店张—姜村
	20~50	250.3	秦都大王 西阳坊—至村
	>50	15.3	
30~40	>20	126.2	薛禄—马连—西张堡,河道—北晁
	<20	1.2	乾县王村
>40	>20	34.3	

3 新含水层的形成条件

3.1 黄土层具容纳重力水的空隙系统

黄土堆积主要受基底地质构造及岩相古地理控制,渭北地区黄土中更新统(Q₂)至全新统(Q₄)分布连续,层序稳定。黄土层空隙依其形式形状、大小及成因可分为孔隙、裂隙和孔洞 3 种类型(表 2)。这 3 种空隙发育普通,特别是裂隙,大孔隙及洞具有直径大,开口宽的特点,又经受后期物理化学作用和地下水溶蚀,相互间构成了一个相互连通的空隙系统。

表 2 黄土空隙类型特征表

类 别	类 型	直 径(mm)	成 因
孔 隙	微孔隙	<0.5	原生作用
	细孔隙和大孔隙	0.5~5.0	次生作用,为针、管状
	微裂隙	<0.01	原生作用
裂 隙	窄裂隙	0.01~1.0	次生作用
	宽裂隙	1.0~5.0	
	小孔洞	5~10.0	
孔 洞	中孔洞	10~20.0	溶蚀及生化作用
	大孔洞	>20.0	

黄土中空隙系统在空间分布上具有水平方向均一,垂直方向变化大的特点。不同时代黄土的空隙特征见表 3。

表 3 渭北黄土地层空隙特征表

时代	结构	发育程度	大孔隙密度 (个/cm ²)	大孔隙直径 (mm)	孔洞直径 (mm)	裂隙宽度 (mm)	空隙类型	连通状况	充填状况
Q ₄	疏松	发育	8~12	0.5~3.0	5~10.0	0.5~2.0 大者 2.0~5.0	孔隙裂隙孔洞并存	好	无
Q ₃ ¹⁻²	较疏松	发育	5~12	0.5~2.0	5.6	大孔隙窄裂隙	好	无	
Q ₂ ¹	较密实	较发育	3~5	0.5~1.0	±0.5,大者 1.0 左右	大孔隙窄裂隙	差	有	
Q ₁	较密实	不发育	1~3	<0.5	<5.0	左	细微裂隙	差	充填
Q _i	密实	极不发育	<1.0	<0.1	<5.0	<0.5	细微裂隙	无	充填

黄土地层的空隙特征也决定了其给水性具有上部大下部小的特点。黄土新含水层给水度随深度而变化。

表 4 黄土新含水层给水度随深度变化表

含不层埋深(m)	<10	10~20	20~30	30~50	>50
给水度(μ)	0.05	0.05	0.~45	0.04	0.03~0.02

黄土层透水性和空隙性变化相一致,也具有上部强下部弱的特性。根据礼泉、乾县等地抽水试验资料,上部黄土(eol Q₃²和 eol Q₂²)渗透系数值可达 2~9 m/d,而下部黄土(eol

Q_2 和 $eol Q_2$) 一般小于 1 m/d, 此外, 黄土渗透性在垂直和水平方向上又具不均一性, 垂直渗透系数是水平渗透系数的 6.9 倍。

这些特征使得黄土较易接受受垂直向入渗, 而侧向排泄性差。

黄土的上述特性决定了上部黄土具有蓄存地下水的良好空间。而下部黄土的空隙性给水和透水性均较差, 构成相对隔水层。从而形成渭北地区可容纳地下水的蓄水构造。

3.2 新含水层的补给条件

3.2.1 灌区地形的改变 宝羊灌区是渭北黄土原区面积较大的、由漆水河、泾河分割而成的“河间地块”, 天然原面总体具有北高南低的特点, 地面坡度在 3%~5%, 原面上发育的原间洼地, 使原面形成大平小不平的形态, 易使降水形成地表径流而流失。随灌区建成, 大规模的农田基建, 修渠整畦, 使田面趋于平整, 有利于拦蓄径流, 提高了灌溉水和降水入渗补给地下水的力量。

3.2.2 新含水层的补给水源 灌区建成以前, 该区地下水以降水入渗为唯一补给来源, 由于水位埋深大, 故降水对地下水的补给量不大。灌区建成后, 渠系渗漏, 田间入渗入水库、陂塘的渗漏等, 增加了地下水补给水源, 改变了潜水的天然均衡。据 1976~1985 年资料分析, 两灌区年均引灌水量为 6.01 亿 m^3 。经计算, 在全区地下水年均补给量为 2.42 亿 m^3 , 其中由灌溉及渠系、水库等补给量多达 1.5 亿 m^3 , 占总补给量的 62.5%, 其他天然补给量为 37.5; 而同期地下水天然排量及人工开采量年均 1.67 亿 m^3 , 由此可见两灌区年盈余水量 0.75 亿 m^3 。这一水量导致宝鸡峡和羊毛湾灌区潜水位每年分别以 1.33 m 的速度上升。由此可见, 在黄土原灌区地下水新含水层形成的过程中, 灌溉水入渗和渠系渗漏具有决定性作用。

4 黄土新含水层地下水资源计算

4.1 宝羊灌区黄土新含水层地下水存储量和补给量

黄土新含水层地下水存储量可以下式计算:

$$W = \sum W_i = \sum U_i \cdot \Delta H_i \cdot F_i$$

式中: W 和 W_i 分别为全灌区和计算小区内新含水层中地下水存储量(m^3); U_i 、 ΔH_i 和 F_i 分别为计算小区新含水层的给水度、厚度(m)和面积(m^2)。

依据新含水层厚度及埋深, 将宝鸡峡东灌区和羊毛湾灌区分为 5 个大区 12 个小区(图 3), 计算结果, 全区新含水层地下水存储量为 12.98 亿 m^3 。

存储量并不反映区内有更新能力的地下水量。故将该区 1976~1985 年间地下水做了均衡计算, 结果见表 5。

表 5 宝羊灌区新含水层地下水均衡结果表 (万 $m^3 \cdot m$)

分 区	补给量	排泄量	盈余量	水位变幅	
				计算值	实测值
宝鸡峡灌区	21 265.4	14 249.0	7 016.4	+1.36	+1.34
羊毛湾灌区	2 931.6	2 455.2	476.7	+0.35	+0.35
合 计	24 197.0	16 704.2	7 493.1	—	—

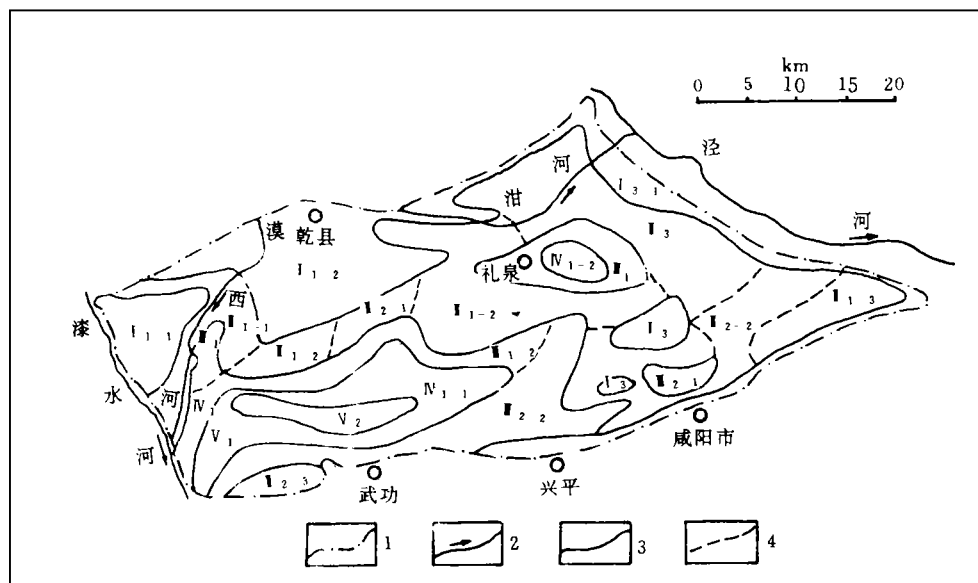


图3 宝鸡峡、羊毛湾灌区新含水层地下资源分区图

1、灌区边界;2、河流及流向;3、分区界线;4、小区界线

4.2 宝、羊灌区新含水层地下水可开采量

地下水可开采量可用“允许开采变幅”法进行计算。这一方法是指在年内开采期或枯水年份,对新含水层进行适度的疏干性开采,其疏干的部分可在年内或在丰水年份通过增加补给量而超出排泄量的盈余部分得到恢复。将被疏干而能得到恢复的含水层厚度称之为允许开采变幅,该带内的地下水量即作为可开采量,计算公式为:

$$W_{\text{可开}} = F \cdot \mu \cdot \Delta H + W_0$$

式中: F 为计算区面积(m^2); μ 为变幅带含水层给水度; ΔH 为疏干含水层存度(m); W_0 和 $W_{\text{可开}}$ 分别为保持水位均衡条件下地下水的开采量(m^3)和新含水层可开采量(m^3)。

新含水层疏干深度为0时的可开采量(即 W_0)为10 923万 m^3 。而疏干含水层深度为1 m、2 m和3 m时,可开采量分别为16 922万 m^3 、22 921万 m^3 和28 920万 m^3 。后3种情况下,借用新含水层的存储量分别为5 999万 m^3 、11 998万 m^3 和17 997万 m^3 。这一水是可在以后采取强化补给或多水年份得到恢复。

5 渭北黄土灌区新含水层存储量和资源量的估算

计算可知,宝羊灌区新含水层蓄水模数和补给模数分别平均为75.73万 $\text{m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2$ 和14.12万 $\text{m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2$,故可用其推算渭北黄土原6大灌区(宝鸡峡、东方红、冯家山、洛惠渠、羊毛湾和治峪河灌区)共计约4 320 km^2 ,有效灌溉面积(不包括东雷灌区)内黄土新含水层地下水的存储量和补给量,其结果分别为32.7亿 m^3/a 和6.01亿 m^3/a 。而后者尚可作为地下水天然资源量。在采用强化开采或人工调控措施时,该量还可扩大。

从而可知,渭北黄土原区新含水层中蓄存着丰富的地下水资源,形成了规模巨大的地下水库。除局部地段外,新含水层中地下水水化学类型简单,多为低矿化重碳酸型水,可作为农田灌溉,农村人畜饮用及中小城镇工业、乡镇企业的良好水源。

可以认为,若能合理开发利用黄土新含水层地下水,既可弥补灌区地表水源的不足,又可调节、缓解河源来水和农作物需水不相适应的矛盾。所以,新含水层对渭北黄土原区农业及国民经济各部门必将具有十分重要的作用。

但必须指出,没有引水灌溉就无新含水层,开发利用新含水层地下水,应注意对其进行涵养和保护,以便充分发挥灌区新含水层对水资源的调整蓄作用。

致谢:本文得到李佩成教授悉心指导,特致谢意。

参 考 文 献

- 1 Asano T. Artificial Recharge of Groundwater. Butterworth Publishers, Boston, U. S. 1985
- 2 William Page G. Planning for Groundwater protection. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1987
- 3 陕西省第一水文地质大队. 黄土地下水赋存条件与运移特征研究报告. 1984
- 4 刘东生, 安芷生. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985
- 5 沈照理主编. 水文地质学. 北京: 地质出版社, 1985
- 6 李佩成. 发展人工“引渗”, 修建地下水库. 陕西水利科技, 1973, (3): 18~25

The New Aquifer of Underground water in the Irrigated Area on the Weibei Highland

Liu Junmin

(The Department of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract With the problem of the underground water table rising in the irrigated area on the weibei Loess Highland, this paper suggests a concept of the underground water new aquifer. Taking Baoji Gorge and Yangmao Wuan irrigation systems for example, this paper analyses the distribution, thickness and forming conditions of this new aquifer on the basis of which an evaluation of the underground water resources in made, thus, confirming that this new aquifer has formed a huge underground reservoir in the irrigation system on the Weibei Loess Highland.

Key Words new aquifer, underground water reservoir, storage water structure