

采取合理井灌比例对银川平原盐渍化防治与改良对策

崔秀凌¹, 葛秀珍², 李庚阳¹

(1. 湖南省核工业地质局三〇一大队, 湖南 长沙 410114;

2. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘要:土壤盐渍化是影响银川平原农业生产的最大重大问题之一,多年来一直制约着银川平原社会经济的发展。本文采用渠灌和井灌相结合的灌溉方式,通过对各种方案的对比,对土壤盐渍化防治与改良进行分析研究。最终确定合理的井灌比例,合理地开发利用部分潜水,以改变目前单一引用黄河水进行灌溉的灌溉模式。这样不仅能防治和改良土壤盐渍化,使土壤质量得到改善,而且还能减少潜水的无效蒸发,提高水资源的利用效率,减轻平原的排水负担,缓解平原水资源的供需矛盾。

关键词:井灌比例;盐渍化;防治与改良

文章编号:1003-8035(2012)04-0117-05

中图分类号:P642.22

文献标识码:A

0 引言

银川平原地处我国西北地区,区域地质构造形成了银川地堑。该地区地势平坦、土地肥沃,成为我国的主要商品粮基地之一。纵贯银川平原的黄河水,成为银川平原农田灌溉的主要水资源。但长期以来农田受引黄灌溉的影响,造成区域潜水水位埋深较浅,加上降水稀少,蒸发强烈,使土壤盐分聚积地表形成土壤盐渍化,粮食减产,极大地影响了农业经济的发展。另一方面,在银川平原有着丰富的地下水资源,但农业灌溉基本上不用地下水,工业和生活用地下水,开采程度较低,地下水长期保持高水位,加剧了土壤盐渍化的形成。为此自 20 世纪 80 年代,银川平原的土壤盐渍化问题就引起了国家及地方政府的高度重视,于 1984 年由宁夏地矿局组织开展并完成了 1:5 万《银北地区盐渍化土壤改良水文地质勘察报告》,之后于 1991 年又完成了 1:10 万《银川平原农业生产基地地下水资源及农业地质综合勘察评价》,从而对盐渍化的分布、形成原因及盐渍化改良进行了分析研究。鉴于黄河来水量的逐年减少,国家从大局出发,决定从 2003 年起,对黄河中上游的用水大户银川平原实行逐渐压减引黄水量,由于引黄量减少,直接导致大量的农田灌溉得不到保证。为此宁夏回族自治区政府提出了在银川平原打井抽取地下水灌溉农田,采用渠灌和井灌相结合的灌溉方式,合理地开发利用部分潜水。这样不仅保证了农田灌溉的用水量,同时能防治和改良土壤盐渍化。那么,如何确定合理的井灌比例(水井抽水灌溉在农田总灌溉中的比例),在满足

农田灌溉的同时,达到既能降低水位改善该地区的土壤盐渍化,又不影响植物生长所需的最低水位成为本课题需要研究的关键问题。为此本文通过近 2 年的调查和分析,结合在银川平原开展的“潜水蒸发与水位埋深的关系试验场”资料,设计了在保持现有引黄灌溉定额不变的情况下,潜水井灌量在农业灌溉总量中所占的比例分别为 5%、10%、15%、20%、25% 五种情况,共设计了 40 个方案对井灌比例进行分析研究。并采用地下水流数值模型,对银川平原的地下水流状态进行了模拟,从而验证确定的井灌比例。

1 基本概况

银川平原位于宁夏回族自治区北部,地处黄河中上游,南起青铜峡,北至石嘴山,西依贺兰山,东靠鄂尔多斯平原西缘。南北长 165km,东西宽 42~60km,总面积 7790km²,共有 8 个市县。海拔高度 1100~1200m。地势开阔平坦,由西南向东北倾斜,黄河南北向流经本区,有近 2000 年的垦植历史、沟渠纵横、农田密布、湖沼星罗棋布,是重要的农林牧副渔生产区。该区多年平均气温 8.92℃,年平均降水量 186.7mm,年蒸发量 1838.44mm,生态环境较脆弱。

银川平原是干旱少雨的地区农业发展完全依赖于引黄灌溉,但在引用黄河水进行农田灌溉的同时,

收稿日期:2012-05-21; **修订日期:**2012-09-20

作者简介:崔秀凌(1968—),女,湖南长沙人,高级工程师,主要从事水工环地质研究。

E-mail:ffsgewei@163.com

却极少利用灌溉入渗后形成的浅层地下水,造成地下水位偏高,大量的地下水以蒸发的形式垂直排向大气,加重了灌区的排水负担,也造成土壤次生盐渍化严重^[1]。近年来,采用沟、渠、站相结合的排水措施,盐渍危害有所减轻,但要从根本上解决问题,必须要调整水资源开发利用结构,提高利用地下水的比例,井渠结合,以灌代排。

2 研究方法

现状条件下,银川平原农田灌溉基本全部用的是黄河水,为了降低潜水位,减少潜水蒸发,本次研究采用渠灌和井灌相结合的灌溉方式,通过对各种方案的对比,对土壤盐渍化防治与改良进行分析研究。最终确定合理的井灌比例,合理地开发利用部分潜水,以改变目前单一引用黄河水进行灌溉的灌溉模式。

为了从根本上对盐渍化进行防治与改良,在方案设计中考虑了保持现有灌溉定额不变的情况下,抽取一部分潜水来进行灌溉。由于银川平原 8 个市县的农田类型、田间灌溉定额和农灌回归补给系数的不同,故将计算区按行政区进行划分。根据各市县潜水井灌量在农业灌溉总量中所占的比例分别设计了 5%、10%、15%、20%、25% 五种情况,这样 8 个市县总共设计了 40 个方案。

利用地下水流数值模型^[2],在平均水文、气象条件及现状开采量条件下,对上述 40 个方案进行了预报计算,达到动态稳定状态后,统计了各方案下各市县相对现状的潜水蒸发量减量、排水沟排泄地下水量减量,并结合现状地下水位埋深段在 0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m、2.0~2.5m 和 2.5~3m 的面积计算结果进行了分析,确定了各市县合理的井灌比例范围。

3 各市县合理井灌比例的确定

3.1 确定依据

确定合理井灌比例的目的在于考虑井灌费用、农民的承受能力以及用水习惯的情况下,通过合理抽取浅层地下水进行灌溉,使得潜水位埋深增大,蒸发量减少,土壤盐渍化得到改良^[3]。根据在银川市建立的潜水蒸发与水位埋深的关系试验场可知,银川平原潜水蒸发的临界水位埋深在 3m 左右,若将其作为各市县地下水位的统一调控标准,虽然能够最大限度的降低潜水的蒸发量,治理土壤盐渍化问题,但在现实

中不可能通过经济上合理的人工措施使得地下水位统一降低至这一深度。若通过抽水井或排水渠的方式使得银川平原的地下水位埋深统一降至 3m 以下,必然使一些地区的地下水位降深过大,影响地表植被的正常生长;从经济方面考虑,达到这种水位状态的费用也将是相当昂贵的。从现实可行的角度来看,在现状排水沟排水的条件下,通过布设开采井开采地下水来降低地下水位是相对可行的方案。这里需要研究的一个问题就是什么样的井灌比例是合理的?这就需要从井灌的费用、农民的承受能力以及潜水蒸发量的降低来进行考虑。

在银川平原,人们已经习惯于用地表水来灌溉,而且这种灌溉的费用也比较低,大量地布设开采井抽取浅层地下水进行灌溉必然要增大农民种地的支出。那么在什么样的井灌比例下农民的支出相对较小,潜水蒸发量的减小程度相对较大就成为一个需要深入研究的问题。

通过对阿维杨诺夫斯基蒸发量计算公式进行分析可以发现,由于潜水蒸发量随着地下水位埋深的增大呈指数规律减小,因此当地下水位埋深大于一定程度时,蒸发量将变得很小。在银川平原,当地下水位埋深大于 2m 时,尽管在这一水位埋深段的区域面积还相对较大,但这时潜水的蒸发量已经变得很小了。事实上,根据宁夏银北地区盐渍化治理试验的研究成果^[4],当把地下水位埋深控制在土壤表层和作物耕作层临界范围之内,即 2m 左右时,作物将不受盐害的影响而正常生长,土壤盐渍化问题也能够基本得到解决。因此可以这样确定一个地区合理的井灌比例,在该比例下,地下水位埋深小于 2m 的区域面积有较大幅度的减小。

下面通过对各县市不同井灌比例下 3m(实验数据)以内各水位埋深段所占面积变化的分析来确定其合理的井灌比例。

3.2 各市县合理井灌比例的确定

1. 石嘴山市

石嘴山市地处银川平原北部,属于地下水排泄带,地下水径流滞缓,地下水位埋深较浅。当井灌比例从 0 变化到 20% 时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m 水位埋深段所占面积的下降趋势明显;当井灌比例由 20% 增加到 25% 时,上述各水位埋深段所占面积的变化则变得比较平缓。与此对应,当井灌比例从 20% 增加到 25% 时,2.0~2.5m、2.5~3.0m 水位埋深段所占面积急剧下降。这主要是由于地下水位降低到

一定程度时,水位埋深小于2.0m的区域大部分位于引水渠、排水沟和湖泊附近,要使这些地区埋深小于2.0m的面积再继续减小已经很困难,抽水只能使埋深大于2m的区域面积不断减小,但这种减小对于降低潜水的蒸发已经没有任何意义了。由上述分析可知,当井灌比例由20%增加到25%时,水位埋深小于2.0m区域面积的变化已经很小,如果再增加井灌比例的话,其面积则基本没有变化,相应却增加了井灌的费用和农民的负担。最终确定石嘴山市合理的井灌比例范围在20%~25%之间。

2. 平罗县

平罗县地处平原北部,在灌区划分上属于银北灌区,地下水径流滞缓,地下水位埋深浅,是银川平原土壤盐渍化最严重的县区之一。当井灌比例从0增加到25%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m、2.0~2.5m水位埋深段所占面积的下降趋势明显。随着井灌比例的增加,2.5~3.0m水位埋深段所占面积的变化幅度不大,当井灌比例从0增加到15%时,2.5~3.0m水位埋深段所占面积持续增加;当井灌比例由15%增加到25%时,2.5~3.0m水位埋深段所占面积基本保持恒定。根据上述合理井灌比例的确定依据,最终确定平罗县的合理井灌比例为25%。

3. 贺兰县

贺兰县位于平罗以南,银川市以北,灌区划分上属于银北灌区。当井灌比例从0增加到20%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m、2.0~2.5m水位埋深段所占面积的下降趋势明显;当井灌比例由20%增加到25%时,上述各水位埋深段所占面积的变化趋于平缓。当井灌比例由0增加到25%时,2.5~3.0m水位埋深面积呈持续增长趋势。这说明当井灌比例大于20%以后,若继续增大井灌比例,埋深小于2.5m的区域面积将变化不大,因此井灌比例的增大对降低潜水的蒸发已经没有任何意义。最终确定贺兰县合理的井灌比例为20%~25%。

4. 银川市

银川市位于平原中部。当井灌比例从0增加到20%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m、2.5~3.0m水位埋深段所占的面积下降趋势明显;当井灌比例由20%增加到25%时,上述各水位埋深段所占面积的变化趋于平缓。当井灌比例从0增加到25%时,2.0~2.5m水位埋深段所占面积具有明显的下降趋势。最终确定银川市合理的井灌比例在20%~25%之间。

5. 永宁县

永宁县位于银川市以南、黄河以西。当井灌比例从0增加到15%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m水位埋深段所占面积的下降趋势明显,当井灌比例由15%增加到25%时,上述各水位埋深段所占面积的变化趋于平缓。当井灌比例从0增加到15%时,2.0~2.5m水位埋深段的面积整体呈下降趋势,当井灌比例由15%增加到25%时,灌期2.0~2.5m水位埋深段所占面积呈上升趋势,非灌溉期呈下降趋势。受0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m、2.0~2.5m水位埋深段面积的变化影响,各井灌比例下2.5~3.0m水位埋深段所占面积的变化规律性不明显。最终确定永宁县的合理井灌比例在15%~20%之间。

6. 灵武市

灵武市位于平原南部,黄河以东地区。当井灌比例从0增加到15%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m水位埋深段所占面积的下降趋势明显,当井灌比例由15%增加到25%时,上述各水位埋深段所占面积的变化趋于平缓。随着井灌比例的增加,2.0~2.5m水位埋深段所占面积总体呈下降趋势。当井灌比例从0增加到15%时,2.5~3.0m水位埋深段所占面积呈增长趋势,当井灌比例由15%增加到25%时,2.5~3.0m水位埋深段所占面积在灌溉期没有明显变化,在非灌溉期呈增长趋势。最终确定灵武市合理的井灌比例在15%~20%之间。

7. 青铜峡市

青铜峡市位于平原南部,平原引黄灌溉水入口处。当井灌比例从0增加为15%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m水位埋深段所占面积的下降趋势明显,当井灌比例由15%增加到25%时,上述各水位埋深段所占面积的变化趋于平缓。从现状到井灌比例增加为15%时,2.0~2.5m水位埋深段所占面积呈增长趋势。从现状到井灌比例增加为25%时,2.5~3.0m水位埋深段所占面积呈增长趋势。最终确定青铜峡市合理的井灌比例在15%~20%之间。

8. 利通区

利通区位于平原南部,黄河以东地区。当井灌比例从0增加到15%时,0~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m水位埋深段所占面积下降趋势明显,当井灌比例由15%增加到25%时,上述各水位埋深段所占面积的变化趋于平缓。各井灌比例下2.0

~2.5m、2.5~3.0m 水位埋深段所占面积的变化规律性不明显。最终确定利通区合理的井灌比例为 15%~20% 之间。

根据上述分析,可得银川平原各市县合理的井灌比例范围,如表 1 所示。由表可见,根据数值模拟结

果所确定的合理井灌比例是符合银川平原实际情况的。在银北地区,土壤盐渍化严重,地下水位埋深小,地下水径流不畅,故井灌比例相对较大;在银南地区,随着地下水位埋深的增大、土壤盐渍化的减弱、地下水径流条件的转好,井灌比例自然就应小一些。

表 1 各市县合理井灌比例表
Table 1 Reasonable well irrigation scale of all county

地区	石嘴山市	平罗县	贺兰县	银川市	永宁县	灵武市	青铜峡市	利通区
合理的井灌比例 (%)	20~25	25	20~25	20~25	15~20	15~20	15~20	15~20

5 合理井灌比例下土壤盐渍化防治与改良的模拟结果分析

按照上述的合理井灌比例,在平均水文、气象条件及现状开采量条件下,分高、低两个方案,分别利用地下水流数值模型,对银川平原的地下水流状态进行了模拟。模拟中的高方案对应于表 2 中合理井灌比例的上限,低方案对应于合理井灌比例的下限。根据模拟结果,计算了银川平原相对现状的潜水蒸发量减量、排水沟排泄地下水量减量、井灌开采潜水的量,及平原内不同水位埋深段的面积(表 2),绘制了按照上

述井灌比例进行开采条件时,相对现状开采条件下低方案的潜水降深等值线图(图 1(a))和高方案的潜水降深等值线图(图 1(b))。

表 2 各市县合理井灌比例下相关量的计算
结果表(单位:10⁸m³/a)

Table 2 The results table of reasonable irrigation scal quantity in all county (unit:10 ⁸ m ³ /a)			
方案	相对现状潜水蒸发量减量	相对现状排水沟排泄地下水量减量	井灌开采潜水的量
高方案	1.8	1.59	5.671
低方案	1.32	0.96	4.586

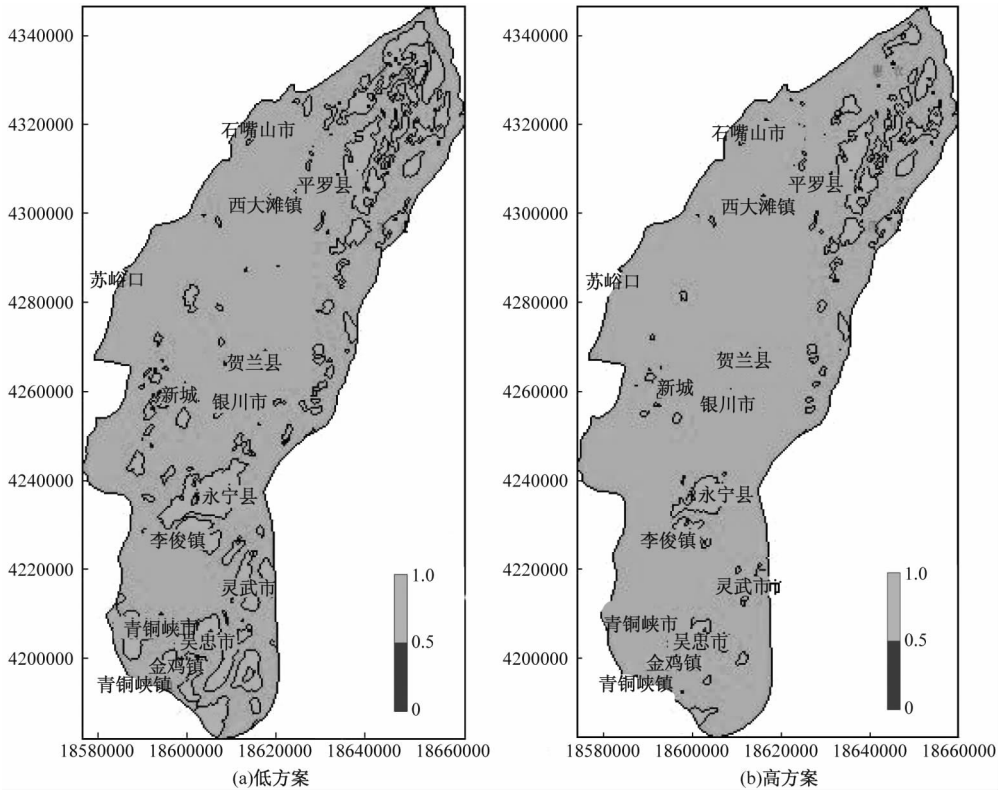


图 1 高、低方案相对现状潜水埋深的变化等值线图
Fig.1 Groudwater level contour map of high and low scheme relative status

表2的计算结果表明,高、低方案下潜水蒸发量分别比现状潜水蒸发量减少了 $1.8 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 和 $1.32 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,排水沟排泄地下水量分别比现状减少了 $1.59 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 和 $0.96 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,井灌开采潜水的量分别为 $5.671 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 和 $4.586 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。把灌溉期和非灌溉期不同水位埋深段的面积与对应的现状面积进行比较可以看出可知,水位埋深 $< 0.5\text{m}$ 、 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 、 $1.0 \sim 1.5\text{m}$ 、 $1.5 \sim 2.0\text{m}$ 和 $2.0 \sim 2.5\text{m}$ 的面积与现状相比有明显减小,且高方案的减小幅度大于低方案。水位埋深在 2m 以内区域面积的减少量分别占现状的 36.02% 和 30.83% ,而高、低方案下 $2.5 \sim 3\text{m}$ 水位埋深段的面积变化不大。

由图1可以看出,高、低方案下在平原大部分地区地下水位埋深相对现状增加了 0.5m 左右,在银川市以北平罗、惠农的许多地方地下水位埋深相对现状增加了 1m 左右,在银川市以南的永宁、利通区等地有部分区域地下水位埋深相对现状增加了 1m 左右,而且在高方案作用下地下水位埋深相对现状增加 1m 左右的区域范围比低方案作用要大。

4 结语

根据所选取的合理的井灌比例不仅可以有效地降低潜水位,减少潜水蒸发,对土壤盐渍化的防治与改良起到良好的效果,而且可提高水资源的利用效率,减少农田灌溉引用黄河水的量。同时,农民种地

支出的增加幅度相对也是较低的。这样不仅能防治和改良土壤盐渍化,使土壤质量得到改善,而且还能减少潜水的无效蒸发,提高水资源的利用效率,减轻平原的排水负担,缓解平原水资源的供需矛盾。

参考文献:

- [1] 张黎,王利.宁夏地下水资源,宁夏人民出版社,2003,22-123.
ZHANG li, WANG li. Groundwater resources of Ningxia. Ningxia people's publishing house, 2003:122-123.
- [2] 傅冬绵,等.关于区域水资源的优化配置模型,国土资源科技管理,2001(4),15-18.
FU Dongmian, et al. A model for optimization allocation of regional water resource. Management geological science and technology, 2001(4),15-18.
- [3] 韩双平,荆继红,孙继朝,等.银川北部平原土壤水分运动状态类型及水盐运移机理研究,农业环境科技学报,2005(S1),148-152.
HAN Shuangping, JING Jihong, SUN Jichao, et al. Analyses of moisture movement types and movement mechanism of moisture and salinity at soil section. Journal of agroenvironmental science, 2005(S1),148-152.
- [4] 马云瑞,苗济文,张益民,等.宁夏银北地区土壤盐渍化综合治理,土壤通报,1996(6),253-255.
MA Yunduan, MIAO Jiwen, ZHANG Yimin, et al. The soil salinization comprehensive governance in Yinbei region of Ningxia, Chinese journal of soil science, 1996(6),253-255.

Soil salinization prevention and improvement countermeasures study with take reasonable well irrigation ratio on Yinchuan plain

CUI Xiu-ling¹, GE Xiu-zhen², LI Geng-yang¹

(1. Hunan nuclear geology 301 team; Changsha, Hunan 410114;

2. Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding, Hebei 071051)

Abstract: Soil salinization is the largest one of the major issues that affect the agricultural production of the Yinchuan Plain, has been restricting the Yinchuan Plain in social and economic development. This paper uses the canal irrigation and well irrigation combination irrigation way, through the comparison of various options, to prevent and improve the soil salinization. Final, determine a reasonable proportion of well irrigation, reasonably use part of diving, to change the current single quoted the Yellow River water for irrigation mode. This can prevent and improve the soil salinization, improve soil quality, and reduce the diving invalid evaporation, improve water use efficiency, reduce the burden of the plains drainage, ease the contradiction between supply and demand of the plain water resources.

Key words: well irrigation proportion; salinization; prevention and improvement