

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.02.011

# 农业节水措施对河北省平原中部地下水的调控作用

蔺文静<sup>1</sup> 张 薇<sup>1</sup> 王 滨<sup>2</sup> , 吴庆华<sup>1</sup> 董 华<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所 河北 正定 050803 ;

2. 石家庄经济学院 河北 石家庄 050031)

**摘要** :采用项目区和对照区对比的方法 ,以河北省平原中部衡水市农业灌溉节水项目区为例 ,分析农业节水灌溉对地下水的调控作用。结果表明 ,采取农业节水措施 5 a 来 ,项目区浅层地下水水位下降趋势已明显减缓 ,深层地下水水位持续下降的趋势也得到了遏制。建议进一步研究提高井灌区灌溉水的利用率和利用效率 ,严格实施取水许可制度 ,依法加强地下水取用的源头管理 ,并继续加强地下水的动态监测。

**关键词** :节水农业 ;节水灌溉 ;地下水调控 ;衡水市

中图分类号 :P641.8 文献标识码 :A 文章编号 :1004-6933(2012)02-0046-04

## Groundwater response to water-saving agriculture in central Hebei Plain

LIN Wen-jing<sup>1</sup> ,ZHANG Wei<sup>1</sup> ,WANG Bin<sup>2</sup> ,WU Qing-hua<sup>1</sup> ,DONG Hua<sup>1</sup>

(1. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology , CAGS , Zhengding 050803 , China ;

2. Shijiazhuang University of Economics , Shijiazhuang 050031 , China )

**Abstract** :The groundwater response to water-saving agriculture was analyzed through comparison of the project area and contrast area in a case study carried out in the water-saving irrigation project area in Hengshui City in central Hebei Plain. The results show that , after the implementation of water-saving agriculture in the last five years , the decreasing trend of the shallow groundwater level in the project area has slowed down significantly , and the continuously decreasing trend of the deep groundwater level has been controlled. It is suggested that the following measures should be taken : improving the utilization rate and efficiency of irrigation water in the well irrigation area , strictly implementing water intake permission system , strengthening the management of the source of groundwater according to law , and enhancing the dynamic monitoring of groundwater.

**Key words** : water-saving agriculture ; water-saving irrigation ; groundwater response ; Hengshui City

河北省是一个水资源严重不足的省份 ,改革开放 30 多年来 ,由于工农业快速发展 ,用水量剧增 ,水环境遭到污染 ,这些已成为制约河北省社会经济进一步发展的重要因素。河北省是全国地下水利用程度最高的省(自治区)之一 ,也是地下水环境出现问题最多的省(自治区)之一。由于长期过量开采地下水 ,河北省地下水水位持续下降 ,形成了众多地下水下降漏斗。河北省浅层地下水漏斗主要分布在山前平原及与中部平原交接地带的城市附近 ,较大的浅

层地下水漏斗有高蠡清漏斗、肃宁漏斗、石家庄漏斗、宁柏隆漏斗和天台山漏斗等。到 2005 年底 ,河北省平原区浅层地下水漏斗面积超过 4 000 km<sup>2</sup>。河北省深层地下水漏斗主要分布在中部平原至滨海平原 ,较大的常年性深层地下水漏斗有冀枣衡漏斗和沧州漏斗。到 2005 年底 ,河北省深层地下水漏斗面积达到 3 485.8 km<sup>2</sup>。由于过量开采地下水 ,地下水水位大幅度下降 ,区域性地面沉降 ,建筑物基础下沉 ,机井报废加快 ,地面裂缝增多 ,在冀东沿海基岩

基金项目 :国土资源部公益性行业科研专项资助项目(200811032) ;河北省利用世界银行贷款加强农业灌溉项目三期资助项目

作者简介 :蔺文静(1978—) ,男 ,博士研究生 ,主要从事地下水资源与热储工程学方面的研究工作。E-mail :lwenjing@msn.com

通讯作者 :董华 ,教授级高级工程师。E-mail :donghua05003@163.com

海岸和沙质海岸地带出现咸水界面下移、深层淡水水质局部遭到破坏等一系列环境和地质问题<sup>[1]</sup>。

河北省平原地下水超采问题得到各级部门的高度关注。2005年,世界银行与河北省签署了相关贷款协定,在河北省开展“河北省利用世界银行贷款加强农业灌溉项目(Ⅲ期)”围绕水资源的配置、节约和保护,严守水资源开发利用红线,实行用水总量控制。笔者结合该项目的实施,研究河北省平原中部采取农业节水措施后地下水环境的响应,旨在为该地区或其他同类地区解决地下水超采问题提供借鉴。

## 1 水资源情势分析

根据资料统计,从20世纪50年代至80年代,河北省平原平均降水量逐渐减少,减幅为79.7 mm,平均每10 a减少26.6 mm,90年代后降水量有所回升,比80年代多17.6 mm,但仍比50年代少62.1 mm。气温升高和降水减少导致河北省平原径流量锐减,与1956—1979年144亿m<sup>3</sup>的多年平均径流量相比,河北省1980—2000年的年平均径流量只有93亿m<sup>3</sup>,减少了36%。而人口的增加使河北省的人均水资源量迅速降至2000年的307 m<sup>3</sup>。地表水的严重不足和各种用水量的增加引发了大范围的地下水超采,而降水的减少使地下水得不到相应的补给,河北省出现大范围地下水下降漏斗、地面下沉、湿地消失、河流断流、入海流量逐年减少等现象。根据《河北省平原区地下水超采区和严重超采区划定范围》,河北省平原中部地区衡水市桃城区和冀州市均属于浅层地下水超采区或严重超采区,衡水市全部县市均属于深层地下水超采区或严重超采区,深层地下水水位埋深达80~90 m以上。

总的来看,河北省平原中部地区水资源分布的特点是:①入境水资源量占35.5%,但呈明显逐年减少的趋势;②水资源总量的区域差异明显,海河低平原区耕地的平均水资源量仅及全区平均水平的2/3,人均水资源量亦低于全区平均水平;③项目区水资源开发利用程度较高,通过河、渠、坑塘、洼淀等拦蓄工程,平水年自产径流全部被拦蓄利用或回渗地下;④地下水是该区农业灌溉用水的主要水源,地下水开采利用程度较高。

## 2 农业节水制度与措施

为了有效遏制河北省平原地下水持续下降趋势,项目区开展了严格的地下水管理工作,采取严格的节水措施:

### 2.1 制度建设

a. 严格落实取水许可制度,控制地下水开采。

严格落实打井审批制度及机井取水许可、计划用水和定额取水制度,把具体核定的允许取水量落实到每眼机井,对允许启用的每眼机井推行一证(取水许可证)、一表(计量设施)、一牌(机井编号牌)、一卡(机井管理档案卡)的管理方法,并采用IC卡计量,准确控制取水量,切实把全区的实际地下水开采量控制在允许范围内。

b. 推行水资源有偿使用制度。建立提补水价调节基金,变被动式节水为自律式节水。为把节水与农民的利益既直接挂钩又不增加农民负担,采取以下两种办法建立提补水价调节基金:①根据用水量计算提补水价。首先分别测量每眼深层水机井、浅层水机井单位耗电量的出水量,将灌溉使用地下水应付的电费换算为水价。按照深层水、浅层水和地表水分别确定当前水价,然后与农户协商水价提高幅度。以桃城区盐堤口村为例,使用深层水、浅层水的水价(等额于电价,下同)分别为0.35元/m<sup>3</sup>和0.20元/m<sup>3</sup>,经用水者协会同意,深层水水价提高0.15元/m<sup>3</sup>,浅层水水价提高0.05元/m<sup>3</sup>,将提补的水价作为节水奖励调节基金。盐堤口村的深层水调节基金为0.20元/m<sup>3</sup>,浅层水调节基金为0.10元/m<sup>3</sup>,地表水调节基金为0.05元/m<sup>3</sup>。②根据用电量计算水价。在当前灌溉电价的基础上,与用水者协会商定提高后的电价。以桃城区国家村为例,灌溉电价由0.7元/kW·h提高到1.0元/kW·h。将政府补贴的0.1元/kW·h,加上电价提高的部分,共0.4元/kW·h作为节水奖励调节基金。

### 2.2 开(补)源措施

农业用水水源包括降水、地表水、地下水、土壤水以及经过处理符合灌溉水质标准的再生水、微咸水等。项目区通过清淤疏浚渠道、扩挖蓄水坑塘、修建蓄水闸等措施提高全县和项目区蓄、引、提水的能力,汛前、汛后积极引蓄上游洪水,相机引蓄补源,力争汛期多蓄水,实现当地径流当地拦蓄。另外,在浅层淡水资源短缺,深层淡水严重超采,浅层微咸水储量相对丰富,埋深不超过50 m,矿化度在2.0~5.0 g/L的县(市、区)积极推广咸淡水混浇研究成果,采用浅深并结合,咸淡水混合灌溉,扩大农业灌溉可利用水资源量。

### 2.3 节水农业综合技术

项目区积极推进工程节水、农技农艺节水等综合农业节水技术,减少灌溉用水量,进而达到降低地下水超采量的目的。

a. 工程节水。以管道灌溉和渠道防渗为重点,强力推进工程节水,把建设管道灌溉工程作为节水工程建设的主推形式,加大普及力度,加快建设步伐,实现农田灌溉管网化。

b. 农技农艺节水。以农业技术集成为重点, 强力推进农技农艺节水, 对用水大户重点推广选用抗旱节水品种、秸秆还田、地膜覆盖、免耕栽培、小畦灌溉、“两晚”种植(玉米晚收、小麦晚播)、不浇返青水、推迟春一水等农业节水措施。

### 3 大气降水对地下水的影响

#### 3.1 2005—2009 年度河北省降雨量情况

河北省多年平均降雨量为 521.1 mm, 2005—2009 年河北省降雨量属先枯后丰, 其中 2005 年和 2007 年属于偏枯年份, 降雨量分别为 472.4 mm 与 484.5 mm, 而 2006 年属于枯水年份, 降雨量仅 418.2 mm, 2008 年和 2009 年降雨量相对较为丰富, 属于平水年份, 分别为 567 mm 与 528.4 mm。

#### 3.2 2005—2009 年度项目区降雨量情况

项目区多年平均降雨量为 513.4 mm, 降水量年内分配不均, 80% 的降水出现在 6—9 月份, 经常出现连旱、连涝年, 年际和年内雨水调节能力较差。2005—2009 年项目实施的 5 a 中, 项目区年降水量偏少, 5 a 平均降雨量为 477.2 mm。5 a 中项目区年降水量变化最突出的特征是前期干旱较重, 后期降水量偏多(图 1 和表 1)。

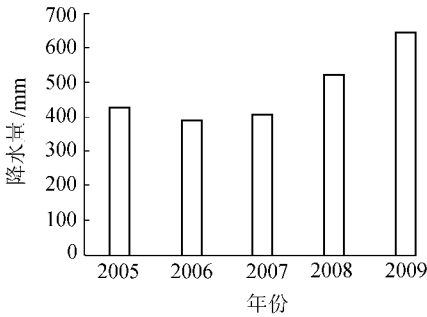


图 1 2005—2009 年衡水市项目区降水量情况

表 1 2005—2009 年衡水市项目区年降水量统计

降水量/mm					5 a 平均 降水量 /mm	多年平 均降水 量/mm	降水 距平/%
2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年			
426.1	390.9	403.3	519.0	646.5	477.2	513.4	-7.6

#### 3.3 降雨入渗地下水补给情况

根据《黄淮海平原水文地质综合评价》给定的降雨入渗系数<sup>[2]</sup>, 估算项目区 2005—2009 年度降雨入渗补给地下水的水量, 见表 2。

表 2 2005—2009 年衡水市项目区降雨入渗补给地下水水量估算结果

降雨入渗 补给系数	项目区降雨入渗补给地下水水量/万 m <sup>3</sup>				
	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
0.2~0.3	6482	6535	6631	8064	9353

由表 2 可见, 由于项目实施的 5 a 中, 项目区年降水量先枯后丰, 项目执行的后 2 a 降雨入渗补给地下水水量显著增加, 2009 年降雨入渗补给地下水的水量比项目执行初期高出近 45%。地下水补给量的增加对于缓解项目区地下水水位持续下降起到一定的作用。但是, 由于这 5 a 降雨量总体偏少, 地下水采补平衡还难以实现, 因此, 在项目区开展地下水管理工作, 开源节流, 对区域水资源的可持续利用具有重要的现实意义。

### 4 农业节水灌溉的地下水响应

#### 4.1 地下水开采强度效应

项目实施 5 a 以来, 项目区与对照区地下水开采强度对比情况见表 3 和图 2。项目区开采强度为 19.17 万~20.89 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, 年均达 20.26 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, 对照区地下水开采强度为 20.19 万~21.78 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, 年均达 21.00 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。

表 3 衡水市项目区和对照区浅层地下水开采强度对比  
万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>

年份	浅层地下水开采强度	
	项目区	对照区
2005	20.36	20.36
2006	20.67	21.25
2007	20.89	21.78
2008	19.17	20.19
2009	20.22	21.43

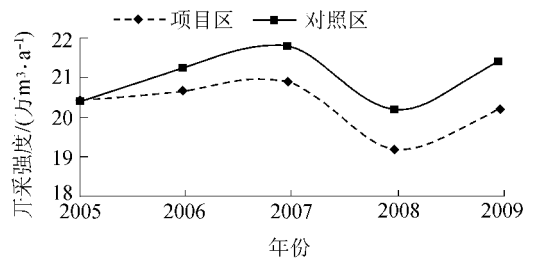


图 2 衡水市项目区与对照区地下水开采强度变化曲线

衡水市提取地下水 13.7 亿 m<sup>3</sup>/a, 占总用水量的 89.0%, 其中, 深层地下水开采 8.21 亿 m<sup>3</sup>/a, 占地下水开采量的 59.9%; 浅层地下水开采 5.49 亿 m<sup>3</sup>/a, 占地下水开采量的 40.1%。衡水市浅层微咸水的开发利用刚刚起步, 尚有很大潜力可挖。就现有的技术条件而言, 通过建设咸淡混浇工程, 衡水年市可利用的微咸水量为 4.0 亿 m<sup>3</sup>/a 左右, 而目前年开采量为 1.0 亿 m<sup>3</sup>/a, 因此, 在地下水利用方面, 衡水市应着力调整地下水开采结构, 合理增加微咸水的开采利用量, 严格控制并逐步减少深层地下淡水的开采量。

#### 4.2 节水灌溉条件下浅层地下水水位动态

2005—2009 年衡水市项目区与对照区代表性地下水埋深动态曲线见图 3。由图 3 可以看出, 项目

区浅层地下水水位总体呈下降趋势。虽然该区地下水埋深较浅,受大气降雨影响较大,但地下水水位下降速度随着时间的推移明显减小:由2005年的1.5 m/a减小至2009年的0.5 m/a,水位变化幅度由2005年的1.6 m降到2009年的0.5 m,平均下降速率为0.47 m/a。而两个对照区的地下水水位下降速度快,其水位平均下降速率分别达到0.77 m/a与1.48 m/a(表4)。

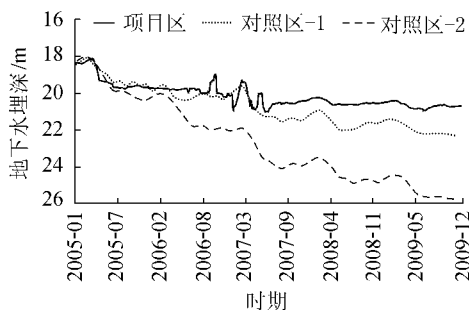


图3 2005—2009年衡水市项目区与对照区代表性地下水埋深动态曲线

表4 衡水市项目区与对照区浅层地下水埋深下降速率对比

区域	地下水埋深/m		水位 变幅/m	水位下降速率/ (m·a <sup>-1</sup> )
	执行前	执行期末		
项目区	18.36	20.70	2.34	0.47
对照区-1	18.48	22.31	3.83	0.77
对照区-2	18.40	25.75	7.39	1.48

由于衡水地区地下水水位埋深浅,项目的实施对浅层地下水的影响相对强烈,因此,需要严格控制该地区地下水水位的上升幅度,如果地下水水位上升幅度过大,应适当加强地下水的开采用,避免产生土壤次生盐渍化<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 节水灌溉条件下深层地下水水位变化趋势

由于长期超采深层地下水,衡水地区深层地下水降落漏斗不断扩大,引起了地面沉降、咸水面下移等各种地质问题<sup>[4-5]</sup>。2007—2009年衡水市项目区深层地下水埋深动态曲线见图4。由图4可以看出,受地下水开采的影响,项目区深层地下水水位年

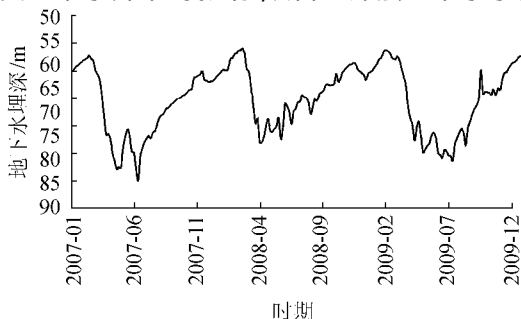


图4 2007—2009年衡水市项目区深层地下水埋深动态曲线

内变化幅度较大,相比于项目执行前,项目执行年末水位上升了4.41 m。显然,项目区深层地下水水位持续下降的趋势得到了遏制。

项目执行期内,衡水市其他地区深层地下水平均埋深为66.82 m,冀州东南、枣强南部及中东部、桃城区市区及东部、武邑南部、故城东部以及景县东南及中东部区域的深层地下水水位埋深均在80 m以上,其中故城堤口一带深层地下水水位埋深达92.72 m。相比于衡水市其他地区,项目区地下水水位相对较浅,其深层地下水水位持续下降的趋势得到了一定程度的遏制。由于缺乏对照区深层地下水水位的序列历史观测数据,故难以对其变化趋势进行对比分析。

## 5 结论及建议

a. 采取农业节水措施的5 a中,项目区年降水量先枯后丰,其入渗补给地下水水量随着降雨量的变化先少后多,对于缓解地区地下水水位持续下降起到一定作用。

b. 采取农业节水措施5 a来,项目区浅层地下水水位下降速率由2005年的1.5 m/a减小至2009年的0.5 m/a,浅层地下水水位下降趋势已明显减缓;项目区深层地下水水位总体上没有下降,相比于项目执行前,项目执行年末深层地下水水位上升了4.41 m,区内深层地下水水位持续下降的趋势得到了遏制。

c. 由于采取了严格的管理制度,开源节流,积极推广咸淡水混浇以及采用各类综合农业节水技术等,使水资源供耗平衡缺口变小,地下水开发利用量有所减少,地下水水位年均降幅较项目实施前呈明显降低趋势。

d. 建议进一步研究提高井灌区灌溉水的利用率和利用效率,严格实施取水许可制度,依法加强地下水取用的源头管理,并且继续加强地下水的动态监测,提高地下水监测管理水平。

### 参考文献:

- [1] 张宗祜,沈照理,薛禹群,等. 华北平原地下水环境演化[M]. 北京:地质出版社,2000.
- [2] 地质矿产部黄淮海平原水文地质综合评价组. 中华人民共和国地质矿产部地质专报:黄淮海平原水文地质综合评价[M]. 北京:地质出版社,1992:79-91.
- [3] 余世鹏,杨劲松,刘广明. 优化灌溉与秸秆还田防控黄淮海平原农田土壤次生盐渍害研究[J]. 灌溉排水学报,2009(3):1-4.
- [4] 付学功. 衡水市深层地下水降落漏斗及发展趋势分析[J]. 水资源保护,2001(1):24-25.
- [5] 宋海波,张兆吉,费宇红,等. 开采条件下河北平原中部咸淡水界面下移[J]. 水文地质工程地质,2007(1):44-46.

(收稿日期 2010-11-02 编辑 彭桃英)