

## 天津市滨海地区缺水区县高效用水途径分析——以宁河县为例

张涛<sup>1</sup>, 张征云<sup>2</sup>, 孙贻超<sup>2</sup>, 张圆<sup>2</sup>, 李莉<sup>2</sup>, 马超华<sup>2</sup>

(1. 天津市环境保护局, 天津 300072; 2. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191)

**摘要** 宁河县地处海河流域下游地区, 水资源十分缺乏, 由于 unlimited 开采地下水造成一定范围内的地面沉降。概述了宁河县水资源利用目前所存在的问题, 并初步分析了宁河县的节水潜力, 提出了如何从工业、农业、生活 3 个方面高效用水, 从而达到压采地下水、遏制地面沉降的目的。

**关键词** 宁河县; 水资源; 节水; 高效用水

**中图分类号** S274 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611 (2009) 23 - 11090 - 02

### Analysis of Efficient Water Use Approaches in Water-lacking Counties of Tianjin Coastal Area

ZHANG Tao et al (Tianjin Environmental Protection Bureau, Tianjin 300072)

**Abstract** Ninghe County, which locates in the downstream region of Haihe Basin, is lack of water resources. Due to the unlimited exploitation of underground water, land subsidence happened in certain range. The existing problems of water resources use in Ninghe County were discussed. The water saving potential of Ninghe County was preliminarily analyzed. Some advices on efficient water use were proposed from three aspects of industry, agriculture and living, so as to prevent the land subsidence.

**Key words** Ninghe County; Water resources; Water saving; Efficient water use

## 1 宁河县概况

宁河县地处海河流域下游地区, 为冲积海积型平原区, 总面积为 1 031 km<sup>2</sup>。该县区内河流、沟渠纵横, 洼淀罗列, 有一级河道 5 条, 二级河道 12 条, 各种深渠 96 条, 以及中小型水库 28 座, 分别属于蓟运河水系、潮白河水系和永定河水系。世界罕见的国家级古海岸与湿地自然保护区就座落在该县。宁河县是个农业县, 有耕地面积 3.87 万 hm<sup>2</sup>, 有效灌溉面积达 3.60 万 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。

宁河县地下水由于地质构造的差异分布很不均匀。北部及东北部的丰台镇、岳龙镇约有 276.5 km<sup>2</sup> 为宁河县地下水的富水区, 侧向径流和降水补给较好, 而南部与西南部的造甲城镇、七里海镇和淮淀乡等乡镇侧向径流和降水补给相对困难, 是地下水的贫水区。

宁河县水资源本身十分缺乏, 加之目前无限制地超采地下水已达 4 000 万 m<sup>3</sup>, 使得该县的水资源与天津市全市相比, 缺口更大。据此, 笔者针对宁河县目前水资源利用存在问题, 从工业、农业和生活 3 个方面分析了高效节水的途径。

## 2 宁河县水资源利用存在的问题

**2.1 水资源严重短缺** 宁河县可为农业提供水源的 4 条主干河道(蓟运河、潮白河、还乡河分洪道和北京排污河)供水能力有限。蓟运河由于受上游于桥水库的控制, 每年可供水量很少, 汛期也无弃水下泄; 潮白河由于上游自沽拦河闸的兴建, 将水源切断, 仅在汛期可行洪排水过县, 但到汛期境内河道水已呈饱和状态, 故大部分水只能排入渤海; 还乡河分洪道为行洪河道, 除汛期外, 无水提灌; 北京排污河在短期内可提供部分污水。由此可见, 宁河县水资源十分缺乏, 境内地表水不能及时满足生产的需要, 只有开发地下水才能补充水资源的不足。

**2.2 地下水严重超采** 宁河县目前由于没有外调水, 地表水极为有限且污染严重, 唯有大量开采地下水, 才能维持日常生产和生活, 因此造成该县地下水位急剧下降。在农用水灌溉期间, 一些水井的水量大大减少, 严重威胁着人民正常的生产和生活。宁河县县城芦台镇是目前天津市全部区县中唯一靠地下水补给生产生活用水的城区, 该镇由于地下水的开采量大大超过补给量, 造成地面沉降, 现已形成漏斗区。1999~2003 年该镇年均水位下降速率为 71 mm<sup>[2]</sup>, 累计下沉最高达到 1 000 mm。

**2.3 节水灌溉工程发展缓慢** 宁河县的节水工程大部建设的比较早, 由于近年来资金投入不足, 加之日常维护缺乏经验, 造成该县部分防渗明渠的混凝土已经粉碎, 暗灌管道老化破损, 不能继续使用, 因而失去了节水功能。以宁河县目前的节水工程建设进度, 对照天津市“十一五”节水灌溉工程建设规划, 那么, 距离节水灌溉面积占有有效灌溉面积的 80% 的目标要求还相差甚远。

**2.4 水重复利用率低** 宁河县尚无污水处理厂, 致使城镇的生活污水未经任何处理便排入蓟运河。可以说, 宁河县生活用水基本没有进行二次利用, 工业用水的重复利用率也比较低。

## 3 高效节水途径

### 3.1 节水潜力初步分析

**3.1.1 农业节水潜力分析。** 根据《天津市农业用水定额》要求, 小麦、水稻、玉米、其他粮食作物、棉花、油料、蔬菜、大豆、其他经济作物和果树的净灌溉用水定额分别为 3 000、9 000、1 800、1 800、1 800、1 800、4 500、1 800、3 000 和 2 100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。宁河县是农业大县, 现有耕地 3.87 万 hm<sup>2</sup>。其中水稻 0.67 万 hm<sup>2</sup>, 棉花 1.80 万 hm<sup>2</sup>, 玉米 0.73 万 hm<sup>2</sup>, 灌溉多采取大水漫灌的方式, 其中水稻平均用水 9 000~12 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 棉花平均用水 4 500~6 750 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 均高于其用水定额, 用水存在着浪费现象, 农业灌溉上尚有较大的压缩用水空间。

通过世行节水灌溉项目的实施结果可以看出, 项目区采取节水制度和工程配套后, 各类作物的水分生产率均有不同

**基金项目** 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2008ZX07314-005); 滨海盐碱退化湿地修复与高盐景观水体水质改善技术研究及工程示范 (2008ZX07314-005)。

**作者简介** 张涛 (1971 -), 男, 河北滦南人, 工程师, 从事环保科技管理工作。

**收稿日期** 2009-04-22

程度的提高,小麦的水分生产率由原来的  $1.21 \text{ kg/m}^3$  提高到  $1.63 \text{ kg/m}^3$ ,提高了 35.3%。玉米的由原来的  $1.97 \text{ kg/m}^3$  提高到  $2.68 \text{ kg/m}^3$ ;提高了 36.4%;蔬菜的由原来的  $2.49 \text{ kg/m}^3$  提高到  $4.17 \text{ kg/m}^3$ ;提高了 67.8%。

采取节水措施后,各类农作物的灌溉次数均有不同程度的减少。小麦的灌水次数由原来的 3~4 次减少到 2~3 次;玉米的灌水次数由原来的 1~2 次减少到不灌水;蔬菜的灌水次数由 7~8 次减少到 3~4 次。由此,可大大缩减农业用水。

**3.1.2 工业节水潜力分析。**宁河县地下水的开采利用以工业用水为主。以 2007 年为例,工业用水开采地下水为 4 549 万  $\text{m}^3$ ,农业用水开采地下水为 3 243 万  $\text{m}^3$ ,生活用水开采地下水为 1 106 万  $\text{m}^3$ 。工业用水占全部地下水开采量的 55%。尚有较大的压缩空间。

**3.1.3 充分利用微咸水。**宁河县的生产和生活用水全部来自深层地下水,尚有  $0.25 \times 10^8 \text{ m}^3$  的微咸水没有被利用。微咸水处于浅层,易取易补。采用先进的微咸水淡化技术及开采浅层中的微咸水,并采用咸淡水混浇方式应用于农业灌溉,可为该县补充生产和生活用水,以减少深层淡水开采量。同时,通过开采浅层微咸水可以调控地下水埋深,增大降水入渗补给量,从而减少潜水蒸发。

**3.2 工业高效用水措施** 对宁河县工业企业要进行全面节水升级改造,以实现工业高效用水。在化工系统推广零排放节水成套技术,提高冷却水循环倍数;在纺织系统推广逆流漂洗、印染废水深度处理回用和溴化锂冷却技术等;在石油石化行业开发利用稠油污水深度处理回用锅炉等工艺。这样,到 2020 年,宁河县工业用水重复利用率可提高到 92%,万元增加值取水量可降至  $9 \text{ m}^3$ 。

此项措施重点是提高水循环利用效率,加大企业内部再生水回用力度,同时进一步加强企业用水管理,逐步实现对工业用水的定额管理。

**3.3 农业高效用水措施** 农业高效用水是以提高灌溉(降)水利用率和水资源再生利用率以及保护农田水土环境为核心<sup>[5]</sup>,通过采取适当措施,以达到真正节水,减少农田腾发水份消耗,并持续减少地下水开采量,从而实现农业增产和农民增收。

农业高效节水措施包括:①更新改造及新建扬水站,增强雨水积蓄能力,不断扩大节水灌溉面积;②实施渠系河道清淤工程,合理利用资源,做到以蓄代排;③实施中低产农田改造,调整农业种植结构,在保护津沽稻和小站稻品牌的前提下适当减少水田面积;④大力推广节水型、生态型淡水渔业养殖方式,严格控制淡水鱼塘的养殖规模,使得今后淡水鱼塘补水面积基本维持现状规模;⑤实行分类型分区域改进灌溉制度,可结合设施农业和高效节水农业,将传统的漫灌改为控制灌溉和精细灌溉;并充分利用有效降水,推行补充灌溉和非充分灌溉制度,以高效利用农业水资源;⑥发展设施农业。

**3.4 生活节水** 一是要普及节水用具,尤其在芦台镇和中心镇要大力推广普及节水,争取到 2015 年末,节水器具普及率达到 80% 以上。二是要发展绿化节水,增加节水灌溉设

施,争取到 2015 年末,公共绿地面积的节水灌溉率达到 70% 以上。三是要保障农村人饮安全。针对宁河县农村普遍存在的饮用高氟水、苦咸水以及一些地区农村供水管网未入户等问题,实施农村饮水安全及管网入户改造工程建设,争取到 2015 年,农村管网入户改造工程能够涉及所有村庄,供水能力达 14 665 万  $\text{t}/\text{年}$ 。

**3.5 其他措施** 一是对芦台镇进行地下水回补。通过调水可补充芦台镇周边地下水层,缓解超采造成的地面沉降问题。二是实施地下水“北水南调”。通过调动宁河县北部富水区丰台镇和岳龙镇地下水可解决芦台镇城区供水问题,以有效降低芦台镇的超采水量。三是中水回用工程。可建设芦台镇中水处理厂和再生水厂,生活污水经处理后可用于城区绿化、农业灌溉等。四是加快农民用水者协会(WUA)组建进程。目前宁河县已有 WUA24 个,受益的耕地面积达 0.72 万  $\text{hm}^2$ ,但还需不断扩大规模。

## 4 效益分析

高效用水效益不同于通常所说的高效用水(即节水)效果,而是包含了节水产生的直接效益、间接效益、外部效益及长远效益的一个广义范畴。

**4.1 节水效益** 宁河县通过供配水管网改造和节水器具普及等节水措施可节水 300 万  $\text{m}^3/\text{年}$ ;通过污水处理回用可利用再生水 180 万  $\text{m}^3/\text{年}$ 。由此可见,节约用水可大大缓解城镇发展中水资源的供需矛盾,这是解决未来城镇生活用水增长的重要途径。

**4.2 经济效益** 节水的直接效果是用水量的节约。据统计,1983~1995 年,我国城市累计节约水量 193.4 亿  $\text{m}^3$ ,相当于减少近 410 万  $\text{m}^3$  的日供水量<sup>[4]</sup>。这个数值,大体同全国同期年增日供水能力相当,为全国缺水城市日缺供水量的 30% 左右。由此可见,节约用水对缓解我国城市用水,特别是在干旱年份与高峰期用水期对保障我国生活和生产具有重要作用。节水的直接经济效果是节省了相应供水设施投资及运行管理费用,以及因减少资金占用所产生的效益。但随着水资源紧缺程度的增加以及节水技术水平的提高,我国在供水和节水工程方面的投资均会大幅提高,致使节水的直接经济效果也将受到影响。

城镇节水取得的经济效益不是仅限于降低节水成本的,而且在缓解城镇供水紧张的同时,还使城镇污水处理量大大减少,节省了城镇污水处理厂的投资和运行费用。按城镇生活污水每年少排放 200 万  $\text{t}$  计算,那么,可节约出 200 万  $\text{m}^3$  的污水处理能力,年节约污水处理费用可达 120 万元左右。

**4.3 生态环境效益** 在宁河县芦台镇区,通过工农业、生活节水措施及“北水南调”工程,可大大减少地下水资源的开采,对保持地下水补径排平衡关系,涵养地下水源,减轻因超采地下水带来的生态和地质环境灾害具有重要作用。在节约用水的同时,也大大减少了污水排放量,减轻了水环境的污染,使水环境质量得到明显改善。

## 5 结语

宁河县地处海河流域下游地区,水资源十分缺乏,因超采地下水造成一定范围的地面沉降。该文针对宁河县水资源(下转第 11100 页)

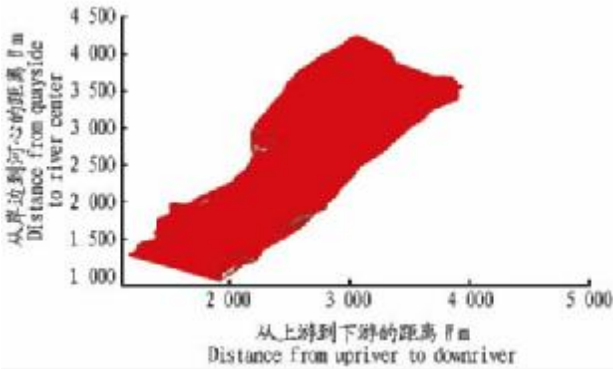


图2 170 m 水位预警区域流场

Fig.2 Flowing field of forewarning area at water level of 170 m

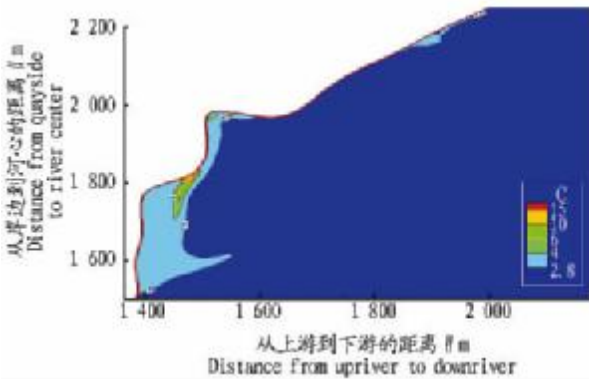


图3 处理后达标排放的排污口污染带云

Fig.3 Contamination zone around discharge outlet of qualified discharge after treatment

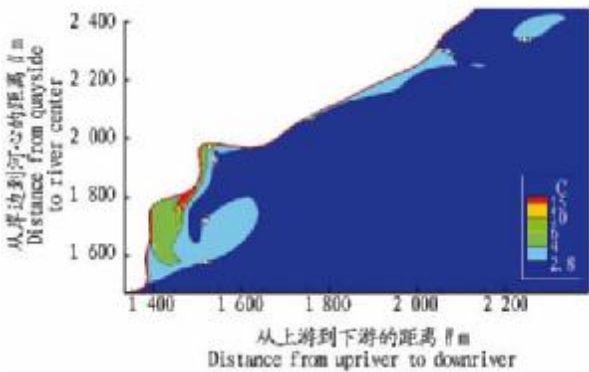


图4 未处理直接排放的排污口污染带云

Fig.4 Contamination zone satellite map around discharge outlet before non-disposal drainage

175 m 水位预警区域在污染负荷 200 g/s 的浓度场分布如图 5 所示。由图 5 可知,在川维厂排污口附近及其上下游形成了一条长约 1 670 m、平均宽约 198 m、面积约 330 660 m<sup>2</sup> 的超背景污染带,并在排污口附近及其上下游形成了一条长

约 350 m、平均宽约 132 m、面积约 46 200 m<sup>2</sup> 的超标污染带。由此可见,在假定的污染事故排放工况下,其超背景污染带的长度、平均宽度和面积将比处理后达标排放的分别增加 2.03、5.21 和 10.61 倍,超水质标准污染带的长度、平均宽度和面积将比处理后达标排放的分别增加 1.50、8.80 和 13.27 倍。

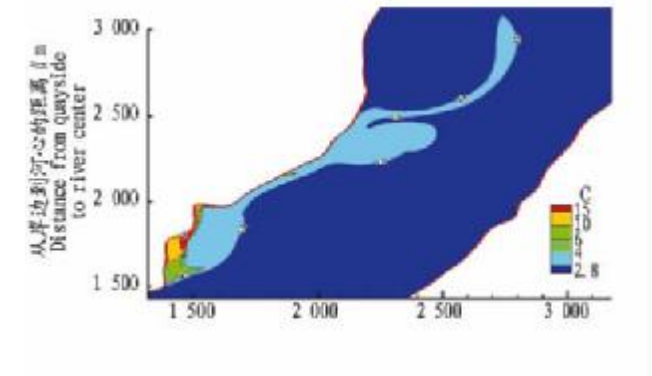


图5 污染事故超标排放的排污口污染带云

Fig.5 Contamination zone satellite map around discharge outlet after contaminated accident trans-normal drainage

### 4 结论

(1) 三峡水库 175 m 蓄水后,川维厂排污口附近的河道变宽,水深加大,流速由天然状况下的 1.5 m/s 陡降至 0.2 m/s,加之受到河道地形的影响,在川维厂排污口附近及其上游形成了 1 个明显的回水区域,致使污染物长时间停留在排污口附近水域稀释扩散,在处理后排放、未处理直排和污染事故排放 3 种工况下均会形成一条明显的超背景和超水质标准污染带。

(2) 三峡水库 175 m 蓄水后,川维厂排污口附近江段的水环境容量比天然状况将会显著变小,即使该厂能够维持处理后达标排放的工况运行,仍会形成一条长约 883 m、平均宽约 70 m、面积约 61 810 m<sup>2</sup> 的超背景污染带和一条长约 517 m、平均宽约 38 m、面积约 19 646 m<sup>2</sup> 的超标污染带,这将无法满足附近江段水域功能的要求。

### 参考文献

[1] 江春波,李凯,李苹,等.长江三峡库区污染混合区的有限元模拟[J].清华大学学报:自然科学版,2004,44(6):808-811.  
 [2] 陈永灿,申满斌,刘昭伟.三峡库区城市排污口附近污染混合区的特性[J].清华大学学报:自然科学版,2004,44(9):1223-1226.  
 [3] 黄程,钟成华,邓春光,等.三峡水库 139 m 蓄水后排污口污染带特性分析——以云阳污水处理厂为例[J].水资源保护,2007,23(2):20-24.  
 [4] 黄程,邓春光,李晓,等.涪陵污水处理厂排污口污染带特性分析[J].中国给水排水,2009,25(2):105-108.  
 [5] 清华大学水利水电工程系.三峡水库二维非恒定水流水质模型研究报告[Z].北京:清华大学水利水电工程系,2008.

(上接第 11091 页)

源利用存在问题,在分析宁河县节水潜力的基础上提出了若干高效用水措施。通过实施高效的用水措施,可不断地促进对有限水资源的合理分配与可持续利用,并保证和推动宁河县经济的持续发展。同时,宁河县的高效用水途径也必然能为整个海河流域缺水地区用水途径开拓新路,为该地区可持续发展提供借鉴。

### 参考文献

[1] 宁河县统计局.宁河县统计年鉴(2007)[M].北京:中国统计出版社,2007.  
 [2] 王志刚,宋小军,石文学,等.天津市宁河县地面沉降问题研究[J].地质调查与研究,2008,31(1):16-25.  
 [3] 杨培岭,任树梅.发展我国设施农业节水灌溉技术的对策研究[J].节水灌溉,2001(2):78-80.  
 [4] 许迪,高占义.农业高效用水研究进展与成果回顾[J].中国水利水电科学研究院学报,2008,6(3):199-206.