

基于农业种植结构的黑龙港地区水资源供需平衡分析

王滨^{1,2}, 张发旺^{1,3}, 程彦培¹, 陈立¹

(1. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061; 2. 石家庄经济学院 工程学院, 河北 石家庄 050031; 3. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘要: 黑龙港地区是华北平原水资源最为缺乏的地区, 同时又是重要的农业生产基地。该区地表水资源短缺且污染严重, 农作物需水主要依赖降雨和开采地下水资源。分析了该区现行农业种植结构和水资源时空分布格局, 研究了不同农作物对水资源的时空需求, 并基于农业种植结构开展了区域水资源供需平衡状态评价。评价结果表明, 研究区普遍存在水资源供需不平衡的问题, 尤以黑龙港北南部地区最为突出, 种植结构与水资源空间分布格局匹配程度很差, 作物需水量大, 水资源供给不足。针对这一突出问题, 应调整农业种植结构, 研发多源水资源综合开发技术, 建立分时空供水机制。

关键词: 水资源; 农业种植结构; 供需平衡; 黑龙港地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)02-0182-04

中图分类号: P641.8

Supplies and Demands Balance of Water Resource in Consideration of Agricultural Cultivation Structure in Heilonggang District

WANG Bin^{1,2}, ZHANG Fa-wang^{1,3}, CHENG Yan-pei¹, CHEN Li¹

(1. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, GAGS, Shijiazhuang, Hebei 050061, China;

2. Engineering College, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang, Hebei

050031, China; 3. Institute of Karst Geology, GAGS, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: Heilonggang area is one of the districts that have most serious shortage of water resources in North China plain. At the same time, it is also a major production base for grains and cotton in Hebei Province. Because of the lack of surface water and the wide-spread pollution, the water demand from crops in the district depends only on rain-water and groundwater. In this study, agricultural cultivation structure and water resource distribution were analyzed, and the water demands of different types of crops were also addressed. Furthermore, the supply and demand balance of water resources was evaluated in consideration of cultivation structure. The evaluation result shows that the supply and demand of water resources was generally unbalanced in the district, especially in the north part of the district. Agricultural cultivation structure mismatched with water resource distribution; many areas lack of water resources were cultivated with high water-demanding crops. In order to solve this problem, the agricultural cultivation structure should be adjusted, with necessary enhancement in multi-dimensional technologies of water resource utilization and optimization of water supply system.

Keywords: water resources; agricultural cultivation structure; supply and demand balance; Heilonggang district

我国农业对水资源的需求量巨大, 根据中国水资源公报的统计数据, 1999—2008 年全国年均农业用水量占总用水量的 64.7%, 全国年均农业耗水量占总耗水量的 76.96%, 而经济快速发展形势下土地资源的进一步开发对水资源的需求却日益增加, 2008 年全国农业需水量比 2007 年增加了 $6.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

而我国又是水资源相对缺乏的国家, 农业用水资源的高消耗就更加剧了水资源供需矛盾。这种水土资源配置不均衡的矛盾在河北省黑港地区尤为严重。黑龙港地区位于河北东部平原, 是河北省重要的农业生产基地, 土地面积占河北省土地总面积的 18%。区内少雨干旱, 多年平均年降水量仅为 509 ~ 542 mm,

收稿日期: 2011-05-01

修回日期: 2011-06-22

资助项目: 国土资源公益性行业科研专项“华北平原典型地区水资源约束下的土地合理利用与管制技术研究”(200811072)

作者简介: 王滨(1974—), 男(汉族), 山东省阳谷县人, 博士, 副教授, 从事水土资源耦合与环境地质研究。E-mail: 2020wb@163.com。

通信作者: 张发旺(1965—), 男(汉族), 河北省深州市人, 博士, 研究员, 从事地下水资源与矿山地质环境研究。E-mail: fawangzhang@sina.com。

蒸发量却高达 1 200 ~ 1 400 mm, 干旱指数大于 2.0。同时外来地表水很少, 区内人均水资源总量 282 m^3 , 不到全国平均数的 1/7, 属于典型的资源型缺水地区^[1], 也是华北平原缺水最为严重的地区。由于该区经济以农业为主, 2008 年农作物播种总面积达 $3.18 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[2], 且农业种植结构优化程度不高, 导致农业用水量极大, 约占该区用水总量的 78%, 使得该区水资源供需矛盾最为突出。因此, 根据区内农业种植结构, 分析农业对水资源的时空需求和水资源供给的能力, 对该区水资源的合理利用和水土资源的优化配置具有重要意义。

1 区域农业种植结构

黑龙港地区主要农作物有冬小麦、夏玉米和棉花, 2008 年种植面积分别为 $1.07 \times 10^6 \text{ hm}^2$, $9.85 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 和 $5.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 另外还有蔬菜、园林水果和少量油料作物种植^[2]。根据 2008 年河北农村统计年鉴和 2009 年 TM 遥感影像解译成果, 冬小麦与夏玉米的分布区大体一致, 除中南部的广宗县、威县、南

宫市和邱县等地区种植面积相对较少外, 全区其它县市这两种农作物的种植面积比例都很高, 大多在 30% 以上, 说明冬小麦—夏玉米的模式为该地区的主要种植模式; 棉花种植主要有两大片区, 种植面积比例达到 40% 以上, 为邱县—广宗县—威县—南宫市片区和吴桥县—东光县—南皮县片区, 而区内其它县市棉花种植面积比例小, 多数在 20% 以下; 蔬菜水果零星分布, 其中在北部的沧县、献县、泊头市、饶阳县和深州市等少量县市分布相对集中。

2 区域水资源空间分布

2.1 降水量分布

黑龙港地区多年平均年降水量仅为 509 ~ 542 mm, 且时空分布不均匀, 从图 1 多年平均降雨量分布图中可以看出, 黑龙港中部地区, 如新河县、衡水市、广宗县、南宫市降水量极少, 多年平均年降水量不足 500 mm, 而东部沿海地区, 如青县、黄骅市、盐山县降水量相对较为丰富, 超过 600 mm。总的来说, 降水量成由东北到西南呈逐渐偏少的趋势。

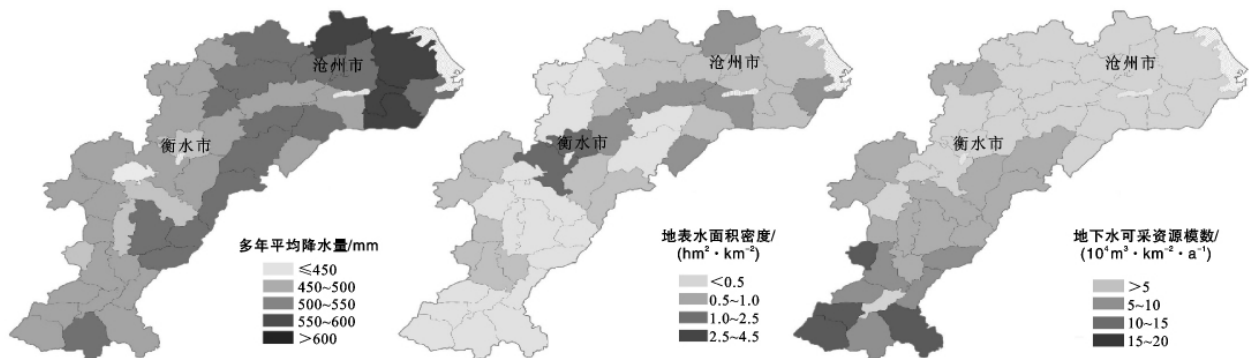


图 1 黑龙港地区水资源分布图

2.2 地表水资源分布

黑龙港地区主要分布有漳卫南运河水系、子牙河水系和黑龙港运东水系 3 大水系, 河流径流深度很小, 根据水利部海河水利委员会 2008 年海河流域水资源公报数据, 黑龙港地区河流多年面平均径流深为 35.2 mm, 径流深度最小的子牙河平原仅 0.7 mm。该区 1956—2000 年多年平均水资源总量为 $2.26 \times 10^9 \text{ m}^3$, 单位面积水资源量为 $9.27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 该数值低于河北省和平原区均值^[3]。由图 1 中的地表水面积密度图可以看出, 从地表水面积分布上来看, 地表水依然呈现东北多西南少的趋势, 尤以中部衡水湖周边的衡水、冀州两地地表水资源最丰富, 达到了将近 $4.5 \text{ hm}^2/\text{km}^2$, 而该地区近 1/2 以上县域地表水面积密度不到 $0.5 \text{ hm}^2/\text{km}^2$, 地表水资源相当匮乏。此

外, 河北省环保厅 2009 年度河北省环境状况公报统计数据显示, 黑龙港地区漳卫南运河、子牙河、黑龙港河水系为重度污染水域, 污染状况呈现为由干流到支流、由城市下游到城市上游、由城区向农区蔓延的趋势^[3], 水资源可利用程度低。根据实地走访调查结果, 除了极为干旱年份, 区内农业灌溉用水基本不依赖地表水。

2.3 地下水资源分布

黑龙港地区地下水资源并不丰富, 水资源量约为 $1.90 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$, 且面临长期超采的现实, 截至 2000 年底, 累计超采 $5.33 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 诱发了众多地下水下降漏斗^[1]。从图 1 地下水资源可采模数可以看出, 绝大部分地区地下水资源的可采模数小于 $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 仅西南部 9 个县区大于 1.0×10^5

$\text{m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 并呈现从西南向东北逐渐减少的趋势。另外, 黑龙港地区浅层地下水矿化度高, 属于微盐水, 不适合饮用和农业灌溉。其中黄骅、海兴、盐山、沧州市、东光、河间、武邑、清河等县市地下水矿化度甚至高达 5 g/L 以上, 总体趋势同样呈现从西南向东北矿化度逐渐升高。因此, 地下水开采潜力和地下水可利用潜力均呈现西南地区优于东北地区的趋势, 且总体表现为可采资源有限、咸水分布面积广、利用率不高的特点。

3 水资源供需平衡分析

3.1 主要农作物的需水量

黑龙港地区主要农作物生长期需水量见表 1—2。由表 1 可以看出, 主要粮食作物中冬小麦和棉花的需水量最大, 但棉花生长期内的有效降雨量较多, 故冬小麦的缺水水量最多。而夏玉米生长期内有效降雨量与需水量基本持平, 在正常年份, 几乎不需要灌溉, 在干旱年份, 可适当浇水。表 2 表明, 主要蔬菜和园林水果中, 枣树的需水量最少, 适合在缺水地区种植, 而蔬菜、梨、苹果需水量多, 在该地区的缺水水量与冬小麦持平。

表 1 研究区主要作物生长期多年平均需水量平衡计算

作物名称	地区	生长期有效降水量/mm	需水量/mm	缺水水量/mm
冬小麦	黑龙港北区	136.1	517.4	381.3
	黑龙港南区	147.2	434.6	287.1
夏玉米	黑龙港北区	397.5	337.6	-59.9
	黑龙港南区	392.6	340.1	-52.5
棉花	黑龙港北区	417.0	506.5	89.5
	黑龙港南区	470.3	534.0	63.8

注: 来源于参考文献 [4]。

表 2 北方地区主要蔬菜水果生长期需水量平衡

作物名称	生育期降水量/mm	需水量/mm	缺水水量/mm
苹果	400	695	295
桃	400	642	242
梨	400	750	350
枣	400	460	60
瓜类作物	140	340	200
蔬菜	180	530	350

注: 来源于参考文献 [5]。

3.2 全年单位种植面积的作物总缺水水量分析

由表 1 可以看出, 除了极为干旱的年份, 在黑龙港地区夏玉米生长期内的需水量基本上可以通过降水满足, 因此, 水资源的多少不会对夏玉米的种植造成太大影响, 故在计算单位种植面积的作物总需水量

时, 仅把需水量较多且分布较广的冬小麦、棉花、蔬菜考虑在内。计算公式为:

$$W_{\text{总}} = \frac{\sum_{i=1,2,3} S_i \times W_i}{\sum_{i=1,2,3} S_i} \quad (1)$$

式中: $W_{\text{总}}$ ——全年单位种植面积的主要作物总缺水水量; W_i ——某作物缺水水量; S_i ——某作物种植面积; $i=1, 2, 3$ 时, 分别表示冬小麦、棉花、蔬菜这 3 种作物。

利用公式 (1) 计算得出黑龙港地区全年单位种植面积的主要作物总缺水水量情况如图 2 所示。从图 2 可知, 黑龙港地区东北部主要作物总缺水水量最多, 全年单位种植面积总缺水水量均大于 250 mm , 向西南呈现减少的趋势。

3.3 区域水资源供需平衡分析

由图 2 和区域水资源利用分析可知, 降雨量无法满足的农作物缺水需要依赖灌溉解决。根据实地调查, 黑龙港地区 85% 灌溉方式以开采地下水资源的井灌为主, 仅在枯水期地下水资源极度短缺的干旱时期, 少量区域会辅助以地表污水资源的渠灌。而区内灌溉模式主要采用地理输水暗管与地表小白龙管相结合的方式, 虽然防止了渠道渗水, 但由于田间仍采用漫灌方式, 所以水资源浪费现象仍然严重。滴灌、微渗灌、喷灌、小畦灌等节水灌溉技术并未得到有效推广。

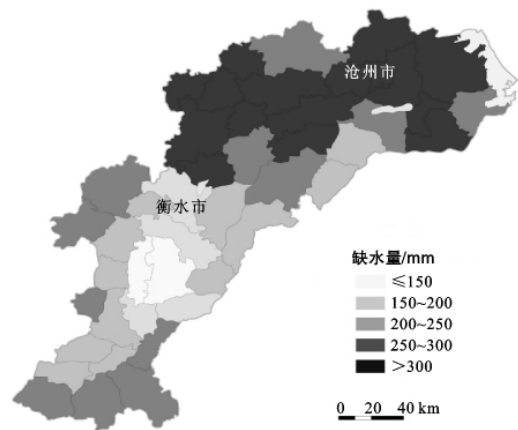


图 2 研究区全年单位种植面积主要作物总缺水水量分布

由于区内井灌以开采地下水资源为主, 因此, 区域农灌水资源供给仅考虑地下水资源, 将作物总缺水水量图 2 与地下水资源可采模量图进行叠加计算, 得到基于农业种植结构的地下水资源供需矛盾图 3。由图 3 可以看出, 在地下水资源可采模数范围内, 全区均存在水资源供需矛盾, 其中北半部最为突出, 种植结构与水资源空间分布格局匹配程度很差, 作物需水

量大,水资源供给不足,而研究区南半部水资源供需矛盾相对较为缓和。

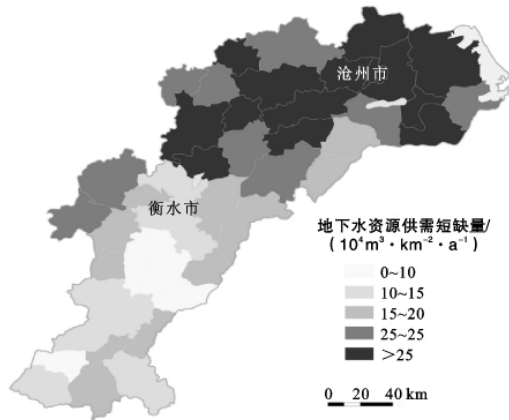


图3 黑龙港地区农业用地下水资源供需矛盾

3.4 区域水资源供需矛盾的解决措施

(1) 调整优化农业种植结构。区域水资源总量是基本恒定的量,因此根据水资源供需情况,调整不同区域的农业种植结构以适应水资源供给能力,是缓解水资源供需矛盾的有效途径。在供需矛盾相对突出的研究区北半部适当减少冬小麦和蔬菜的种植面积,增加需水量较小的棉花、谷子、花生、薯类的种植面积。而在水资源供需矛盾相对不太突出的南半部适当增加蔬菜、梨、桃、苹果等经济效益较高的作物种植面积。在咸水分布区适当种植一些耐盐碱的枣树、苜蓿等或者发展水产养殖业。

(2) 多源水资源综合开发利用。从图3可明显看出,水资源供需矛盾突出的地区位于黑龙港地区的北半部,尤其在浅层咸水分布区和沿海一带。黑龙港地区浅层微咸水具有分布广、储量大、易开采、补给快、能耗低等特点^[1],每年可采资源量达到 $8.70 \times 10^8 \text{ m}^3$,因此大力开发浅层苦咸水和海水等多源水资源的利用技术,扩大水资源的有效供给量,也可以有效缓解区域水资源供需矛盾。目前,区内已经进行了多年的咸淡水轮灌和混灌模式的试点和实践工作,但并未形成科学而健全的技术体系和灌溉制度,需要进一步研发和完善。微咸水淡化的试点和示范工程分布范围不够广泛,需要进一步扩大微咸水淡化工程试点范围和规模。同时逐步加大海水淡化和海水利用工程建设,提高海水资源利用能力^[3]。

(3) 建立分时供水机制,优化水资源配置。根据同一区域不同农作物生长期需水的时间差别和不同区域空间水资源供给能力的差异,统筹调配水资源

的利用,研究的跨区域调水和分时供水技术,建立分时供水机制,从而优化水资源的配置,保障水资源供需平衡。

4 结论

(1) 黑龙港地区作物种植结构以冬小麦、夏玉米、棉花为主,水果蔬菜零星分布,其中小麦和蔬菜需水量很大,需要大量开采地下水进行农灌。生长期,区内主要作物总体缺水量以东北部最多,全年单位种植面积总缺水量均大于250 mm,向西南呈现减少趋势。

(2) 黑龙港地区水资源极其短缺,降雨量较小,且时空分布不均。地表水资源很少,且污染严重,可利用程度很低。地下水资源相对匮乏,可采模数很低,且浅层地下水矿化度高,不适合农田灌溉。因此,区域农业需水主要依赖深层地下水资源。在深层地下水资源可采模数范围内,区域农业需水和水资源供给量之间矛盾很大,种植结构与水资源空间分布格局极不匹配,作物需水量大,水资源供给不足,尤其以北半部最为突出。

(3) 为保障农业经济与水资源的协调发展,需要根据水资源的空间分布格局调整作物种植结构。在北半部水资源供需矛盾突出的县市,适当减少小麦的种植面积,而在水资源供需矛盾相对缓和的南半部县市,可以适当增加需水量稍高的经济作物或水果蔬菜等。

(4) 不同作物在不同季节需水量差异较大,如果生长期降雨量大,则作物缺水量就会变小,水资源供需的矛盾就相对缓和。因此,开展不同降雨条件下农作物缺水分析,对于指导水资源优化配置和合理利用将更具有实际意义,值得进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] 陶佩君,王娜,周志军,等. 河北省黑龙港地区农业节水技术及其应用选择分析[J]. 农业科技管理, 2008, 27(2): 34-37.
- [2] 曹振国,杨景祥,赵文海,等. 河北农村统计年鉴(2009) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [3] 刘成林. 新时期黑龙港地区水资源问题及对策[J]. 地理与地理信息科学, 2007(3): 109-112.
- [4] 中国主要农作物需水量等值线图协作组. 中国主要农作物需水量等值线图研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [5] 郑煜,陈阜,张海林,等. 北京市灌溉农田水资源利用效率研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 55-57.