

文章编号:1671-6523(2011)03-0013-06

我国粮食生产对水资源配置要求的研究

赵净¹, 蒋茜²

(1. 中国人民大学 中国经济改革与发展研究院, 北京 100872; 2. 中国人民大学 经济学院, 北京 100872)

摘要: 农业用水直接关系到粮食的生产安全, 从粮食生产的要求角度探讨如何合理配置水资源, 才能有效保障我国的农业生产。首先是全国范围内, 通过建立 VAR 模型, 对 1983—2008 年的数据进行检验, 经检验表明, 农业用水已经呈现出供不应求的局面, 而且缺口在不断增加; 同时对 2020 年农业用水量进行预测, 从长期来看, 农业用水量明显不足。其次是主产区范围内, 通过主要指标分析和压力指数分析发现, 主产区的农业用水量和粮食产量不协调, 区域差距很大, 个别省份出现严重的水危机。最后, 我们提出为了保证粮食生产的安全性, 实现水资源的可持续性利用, 除了防治水污染和开源节水外, 还要积极采取跨流域调水。

关键词: 农业用水; 粮食生产; 水资源配置

中图分类号: F323 文献标志码: A

China's Grain Production and Its Requirements for Water Resources Allocation

ZHAO Jing¹, JIANG Qian²

(1. Institute of China Economy Reforming and Development, Renmin University of China, Beijing 100872, China; 2. College of Economy, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Agricultural water is directly related with grain production security. This article analyzes how to allocate the water resources in terms of grain production. First with an eye to the whole country, we established the VAR mathematical model during the period 1983—2008 to test the relationships between the total amount of water and the agriculture production and forecast the water consumption in 2020. Then focusing on the major grain producing areas, we examined the main index and the pressure index, from which we find that the amount of agricultural water in major areas fail to satisfy the demand of production and that unbalanced development exists between different areas with several areas especially serious. At last, we point out that to ensure the security of agriculture production and the sustainable utilization of water resources, the government should take measures not only to prevent water pollution and reduce water consumption, but also to improve interbasin water transfer planning.

Key words: agricultural water; grain production; water resources allocation

粮食是人类生存和发展的基础, 粮食生产不仅关系到国计民生, 更关系到世界的和平与发展。

随着人口的增长和生存环境的改变, 粮食短缺问题正在全球蔓延。

收稿日期: 2011-05-25 修回日期: 2011-06-22

基金项目: 水利部重大项目和中国人民大学研究生科学研究基金项目(10XNH058)

作者简介: 赵净(1985—), 博士生, 主要从事中国经济改革与发展研究, E-mail: zhaojing866@ruc.edu.cn.

表1 我国目前水资源概况

淡水资源			人口*			污染**	
年均总量 亿 m ³	人均淡水量 /m ³	世界排名	缺水量 /亿 m ³	人口增加量 /亿人	人均淡水减少量 /m ³	废水排放量 /亿 t	城市废水 处理率/%
28 000	2 300	110	400	1.2	540	571	70

* 人口数量的统计区间是 2009—2020 年 2020 年数据为预测值; ** 污染统计数据来源于《2009 年中国统计年鉴》。

表2 2000—2008 年中国水资源消费及其构成

年份	用水量/亿 m ³				用水构成/%		
	农业	工业	城镇生活	总计	农业	工业	生活
2000	4 074	1 139	284	5 498	74	21	5
2001	4 120	1 141	306	5 567	74	20	5
2002	4 035	1 143	319	5 497	73	21	6
2003	3 729	1 177	414	5 321	70	22	8
2004	3 892	1 229	427	5 548	70	22	8
2005	4 108	1 284	392	5 633	73	23	7
2006	3 799	1 344	484	5 795	66	23	8
2007	3 962	1 404	453	5 819	68	24	8
2008	3 620	1 377	428	5 828	62.1	23.6	12.5

资料来源:水利部内部报告。

在威胁粮食安全的一系列错综复杂因素中,水资源短缺是一个重要因素。目前全球水资源普遍短缺:20 世纪世界人口增加了两倍,而人类用水增加了 5 倍。世界上许多国家正面临水资源危机:12 亿人用水短缺,30 亿人缺乏用水卫生设施,每年有 300 万到 400 万人死于与水有关的疾病。到 2025 年,水危机将蔓延到 48 个国家,35 亿人为水所困。水资源危机带来的生态系统恶化和生物多样性破坏,也将严重威胁人类生存^[1](全球数据根据美国“人口数据局”发布的数据;中国数据:根据国家人口“十一五”规划和 2020 年发展思路)。以人类目前的用水方式推算,2025 年全球将有 55% 的人口需依赖食物进口,作物因缺水造成的损失等于目前产量的 30% (等于美国 + 印度的产量)^[2](其中废水排放量为工业废水排放总量与生活污水排放量之和)。

水资源的短缺使农作物难以得到有效灌溉,联合国 30 年前就曾向世界发出警报:供水不足将成为深刻的社会危机,石油危机之后的下一个危机就是水的危机。面对国际粮荒的严峻形势,要确保我国的粮食安全,就必须建立粮食稳定增产的水资源利用保障体系。

从表 1 可以看到,我国人均淡水量远远落后于发达国家。由于我国的特殊国情制约,人口的

增长以及由此带来的环境污染问题,也在进一步恶化水资源对粮食的供给。据统计,干旱灾害的成灾率每提高 1 个百分点,粮食产量就下降 0.04 个百分点^[3];同时我国有 1/4 的农田灌溉和 1/3 的城市用水来自地下水,地下水长期超采导致水位下降。可以说对于农业生产来说,水资源危机是继耕地危机之后自然资源的第二危机。

一、对水资源配置要求的实证分析

(一) 全国数据的经验分析

从粮食生产对水资源的需求来看,静态上,农业用水占全国总用水量的份额最大,但农业可利用水资源总量远远小于需求。从近 5 年的情况看,农业用水基本保持在 3 600 ~ 4 000 亿 m³,每年缺水量为 300 亿 m³ 左右;动态上,农业用水构成不断下降,而工业用水和生活用水的比重在逐渐增加,见表 2。

(二) 全国数据的模型预测

(1) 变量及数据来源。我们通过收集全国 1983—2008 年间的 26 个样本数据建立模型,根据粮食综合生产能力影响因素的分析,对 2020 年农业用水量和农业用水构成进行预测。

首先,选取主要的解释变量来解释全国粮食总量。农业灌溉用水对粮食单产具有重要的影响,农业用水总量的持续减少是影响粮食产量的

重要因素,由于数据的可得性我们使用农业用水构成来表示水资源对农业生产的影响;土地是粮食生产最基本的生产要素,其投入数量一般用粮食播种面积来表示;化肥是粮食生产的主要要素之一,我们选择每亩的化肥费用支出作为衡量化肥投入水平的解释变量,同时为了使各年的数据具有可比性,采用农村资料价格指数对不同年份的化肥费用数据进行了调整;我们还引用了一个变量是其他物质费用来反映除了化肥以外的其他物质投入对粮食生产的作用,使用该变量时也同样采用农村资料价格指数对不同年份的其他物质费用数据进行了调整;假定自然灾害在各种不同作物种类中的分布是均匀的,因此粮食成灾面积可以用粮食播种面积占农作物总播种面积的比例乘以农作物总成灾面积得到。

其次是数据的来源。粮食产量和粮食播种面积数据来源于《中国农村统计年鉴》;农业用水构成数据根据水利部内部资料和中国水资源公报得到;环境化肥费用和其他物质费用数据来源于《全国农产品成本收益资料》;粮食成灾面积是根据《中国农村统计年鉴》相关数据整理得到的。由于统计数据的可得性和数据的口径制约,我们选择1983—2008年间共26年的数据建立模型。

(2) 模型的构建。我们把粮食生产以生产函数的形式表示出来,将用水构成、播种面积、化肥费用、其他物资费用和粮食成灾面积作为自变量,建立柯布-道格拉斯生产函数为如下形式:

$$\ln(Y) = C + \alpha_1 \ln(AWCBL) + \alpha_2 \ln(AREA) + \alpha_3 \ln(FE) + \alpha_4 \ln(OM) + \alpha_5 \ln(DES) + \varepsilon$$

其中:Y:全国粮食总产量;AWCBL:全国农业用水构成;AREA:全国粮食播种面积;FE:全国化肥费用;OM:全国其他物质费用;DES:全国粮食成灾面积; ε :残差。 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$,为待估参数,分别表示全国农业用水量、粮食播种面积、化肥费用、其他物质费用和成灾面积生产弹性。

(3) 模型估计结果与分析。通过对变量的ADF检验发现,所有变量的一阶差分均平稳,同时变量可以通过协整检验并且至少存在一个协整关系。因此我们可以直接对变量运用VAR模型进行回归估计(滞后一期),得到模型估计结果见表3。

从表3的模型的估计结果来看,拟合优度达到了0.98,所考察影响粮食产量的解释变量中,除了全国化肥费用不是十分显著外,其它变量都在90%的置信水平下显著,其中播种面积、农业

用水构成和成灾面积3个变量在99%的置信水平下显著。说明模型较好地反映了粮食产量与其影响因素之间的关系。因此我们可以得到,从全国范围来看全国粮食总产量每增加0.3%,农业用水构成便下降1%。

表3 模型估计结果

解释变量	回归系数	标准差	T 检验值
$\ln Y(-1)$	0.174	0.094	1.848
$\ln OM$	0.074	0.045	1.654
$\ln FE$	0.034	0.037	0.907
$\ln DES$	-0.132	0.015	-8.610
$\ln AWCBL$	-0.304	0.078	-3.902
$\ln AREA$	0.951	0.091	10.403
判定系数	0.987	F 统计量	290.583
调整后的判定系数	0.984		

说明:被解释变量为 $\ln(\text{全国粮食产量})$ 。

(4) 2020年农业用水量预测。宋建军等^[4]通过对50年间全国GDP指数与年用水量数据,经过相关分析得到GDP总量和年用水量的关系,预测到2020年全国可供水量为6100~6500亿 m^3 ,需水量为6000~6500亿 m^3 。根据《全国新增500亿kg粮食生产能力规划(2009—2020)》,2020年全国粮食综合生产能力约束性生产目标至少要保证5500亿kg,比基期5000亿kg(2005—2007年3年平均数据)增长10%。根据全国粮食产量每增加0.3%,农业用水构成便下降1%的结论推算,预计到2020年农业用水构成将下降到48%左右。

由此可以得出,到2020年农业用水总量大约维持在3000~3500亿 m^3 ,农业用水构成在48%左右。较2008年3620亿 m^3 的农业用水,缺口明显增大,农业用水总量无法保证粮食增产计划的实现。

(三) 粮食主产区用水保证

(1) 主产区主要指标分析。见表4。

由表4可以看出,粮食主产区的粮食生产在我国农业生产中具有十分重要的战略地位。绝大多数年份,主产区粮食生产总量占全国粮食生产总量的70%以上,从化肥的使用量上看也接近70%,充分说明了主产区粮食供给对于粮食安全的重要战略地位。但是主产区农业用水比重来看,基本维持在50%左右的水平。一方面会造成主产区的水量供给和粮食产出出现失衡,另一方面农田灌溉的浪费和水质的污染会加剧主产区水资源危机。

表4 粮食主产区主要指标在全国的比重

年份	主产区粮食 生产总量	全国粮食 生产总量	所占比重 /%	主产区化 肥使用量	全国化肥 使用量	所占比重 /%	主产区 农业用水量	全国农业 用水量	所占比重 /%
2000	32 875.6	46 218	71.1	2 869.1	4 146.4	69.2			
2001	29 452.0	45 264	65.1	2 940.1	4 253.8	69.1			
2002	33 223.6	45 706	72.7	2 993.6	4 339.4	69.0	1 948.6	4 035	48.3
2003	30 578.5	43 070	71.0	3 031.7	4 411.6	68.7	1 776.9	3 729	47.7
2004	34 114.9	46 947	72.7	3 197.0	4 636.6	68.9	1 907.7	3 892	49.0
2005	35 443.1	48 402	73.2	3 287.2	4 766.2	69.0	1 887.8	4 108	45.9
2006	36 824.3	49 804	73.9		4 927.7		1977.1	3 799	52.0
2007	37 640.2	50 160	75.0	3 516.7	5 107.8	68.9	1 932.8	3 962	48.8
2008	39 917.5	52 871	75.5	3 592.9	5 239.0	68.6	1 984.5	3 620	54.8

个别年份数据缺失,资料来源:根据《中国农村统计年鉴》有关数据计算得到。

表5 粮食主产区农业水资源压力指数

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	平均
全国	0.352	0.356	0.348	0.319	0.334	0.366	0.375	0.392	0.330	0.352
四川	0.129	0.120	0.119	0.118	0.118	0.104	0.162	0.129	0.114	0.124
江西	0.267	0.263	0.239	0.182	0.230	0.223	0.204	0.340	0.275	0.247
湖南	0.310	0.312	0.286	0.291	0.281	0.301	0.280	0.340	0.302	0.300
湖北	0.388	0.413	0.320	0.321	0.310	0.380	0.559	0.327	0.345	0.374
安徽	0.373	0.382	0.394	0.289	0.375	0.394	0.588	0.423	0.543	0.418
吉林	0.660	0.598	0.646	0.522	0.513	0.296	0.497	0.488	0.522	0.470
黑龙江	0.700	0.711	0.659	0.646	0.703	0.645	0.715	1.092	1.181	0.784
河南	0.678	0.807	0.737	0.573	0.629	0.513	1.089	0.645	0.899	0.730
内蒙古	0.891	0.901	0.913	0.839	0.858	0.789	0.864	1.198	0.814	0.896
辽宁	1.053	1.019	1.008	1.013	1.039	0.578	0.876	0.876	0.854	0.924
山东	1.377	1.432	1.474	1.229	1.207	0.940	2.125	1.032	1.199	1.335
江苏	1.569	1.685	1.736	1.339	1.732	1.412	1.673	1.354	1.900	1.600
河北	2.890	2.880	2.883	2.672	2.628	2.790	3.555	3.163	2.224	2.854

(2) 农业水资源压力。水资源压力指数是反映一个国家或者地区水资源稀缺程度的指标,从某一方面能够反映出一个国家或地区的水资源安全程度。我们采用李颖明^[5]对农业水资源持续性压力指数的定义对全国13个粮食主产区的农业水资源压力进行估算,即:

农业水资源压力指数 = 农业用水量 / 可持续用水量 = 农业用水量 / (水资源禀赋 × 40%)

其中水资源禀赋采用各地每年水资源总量的统计数值,数据来源于《中国水利年鉴》。计算结果见表5。

由表5可以看出,第一,粮食主产区的水资源压力指数总体偏高。与全国的平均农业水资源压力指数相比,四川、江西、湖南三省的压力指数低

于全国平均数,而其他十个省的压力指数均高于全国;第二,粮食主产区的各省差异较大,从数据上看,压力最小的是四川省,最大的是河北省,两省相差20多倍;第三,一部分省水资源压力指数大于1,水资源总量无法满足农业生产,也就是说山东、江苏、河北三省仅农业生产用水就超过了水资源的可持续使用量;第四,河北省的平均农业水资源压力最大达到了2.85,水资源禀赋最低,是粮食主产区中水资源禀赋最少的省份。这种情况下,必然会导致地下水的严重过度开采和河流的严重污染,进一步恶化了农业用水禀赋。

三、水资源配置的特点及政策建议

通过分别对全国的数据和主产区的数据检验

后发现,我国目前的水资源配置情况呈现四个特征:第一,全国范围内水资源虽有盈余,但并不丰裕;第二,全国农业用水总量短期内略有不足,但供需缺口越来越大,长期来看,不容乐观;第三,粮食主产区水资源总量相对缺乏,农业用水总量不能与粮食生产相匹配;第四,主产区内部看,水资源分布不均,农业用水量在一些省份较为充裕,但是大多数省份的水资源禀赋较低,个别省份的农业用水总量已经严重短缺。针对以上特点,我们提出政府在今后的农业用水配置中应当从两个方面进行规划,一方面以防治水污染和开源节水为主要工作任务,另一方面还要平衡水资源的分布,积极采取跨流域调水。

(一)合理灌溉 防污减排

合理的灌溉和防止污染,改变传统的就作物论作物、就资源论资源的模式,围绕协调农业增产和水资源持续利用,不仅能改善农业用水状况,提高农民收入,也在一定程度上有利于缓解城市用水的压力。

(1)分区域种植节水作物,建立相关配套技术体系^[6]。东北区应以抗旱保墒、补水灌溉、减轻风蚀为主;西北区以渠系防渗、微垄沟灌和高效灌溉为主;黄土高原区以地膜覆盖、水肥耦合和集雨补灌为主;黄淮海区重点以抗旱品种、水肥耦合、保护性耕作为主;南方丘陵区重点增强土层蓄水能力和减少水土流失的节水避旱型农作技术体系及技术规范。

(2)农业结构型节水,实现向低耗水部门配置转移。改善我国农业用水结构,就是要降低农业用水比例,协调总用水结构;在农业产业内部,协调农、林、牧、渔用水比例;在种植业内部,协调粮、经、饲作物用水比例^[7]。

(3)减少污水排放,加速发展污水处理技术。

参考文献:

- [1]第二届水论坛会议. 联合国人类环境和水会议[R]. 2000.
- [2]瑞士达沃斯世界经济论坛. 水问题报告[R]. 2009.
- [3]裴会永. 水: 粮食安全的命脉, 中国粮油网, http://www.grainnews.com.cn/Column/lydl/2010/04/29_14459.html, 2010.
- [4]宋建军, 张庆杰, 刘颖秋. 2020年我国水资源保障程度分析及对策建议[J]. 中国水利, 2004(9): 14-17.
- [5]李颖明. 农业资源可持续利用的技术效率研究——以粮食主产区农业水资源利用为例[R]. 第五期中国现代化研究论坛, 2007.
- [6]李玉义, 逢焕成, 王婧, 等. 中国节水农作物制度发展趋势探讨[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(3): 88-93.
- [7]王玉宝, 吴普特, 赵西宁, 等. 我国农业用水结构演变态势分析[J]. 中国生态农业学报, 2010, 19(3): 399-404.
- [8]鲁仕宝, 黄强, 马凯, 等. 虚拟水理论及其在粮食安全中的应用[J]. 农业工程学报, 2010(5): 59-64.
- [9]刘武军, 黄圣源. 地域之间调水问题探讨[J]. 水利科技与经济, 2009(5): 438-439.

一方面,减少污水排放,除了依靠提高用户的参与度和环保意识外,也需要通过建立用户参与管理决策的民主机制和价格杠杆的经济手段来充分调动积极性;另一方面,建立污水处理厂,对可再生水就近利用,同时开发新技术,如污水喷灌技术等,对污水再利用,提高污水处理率。

(二)区域调水 科学配置

调水和配水很难增加水资源的供给总量,但是从我国的农业用水特点来看,粮食主产区的用水相对缺乏,区域不协调的问题更为凸出,因此实现区际间的调水对于解决农业用水具有更为现实的意义。只有这样才能改善农业用水环境,保证粮食主产区最有效率的粮食生产。(1)虚拟水贸易,增加供水^[8]。虚拟水指生产商品和服务过程中消费的所有水资源数量。由于虚拟水可以通过贸易的方式在国别与区域间相互调剂,区域间可以通过从富水地区进口虚拟水来平衡区域水资源利用赤字,缓解区域水资源压力。

(2)区域调引水,协调水资源配置。地域间的水资源调引是水资源配置的一种正常形式和手段,实践证明也是行之有效的。例如山东、江苏、河北等粮食主产区的水资源压力过大,就需要考虑从四川或者其他一些水资源禀赋好的非主产区调水。要坚持讲求经济效率原则、坚持生态环境保护原则、坚持全局最优原则、坚持准市场运作,根据地域经济社会发展新的不平衡性进行动态调整^[9]。

此外,区域调水也有利于防洪排涝和生态环境改善,间接地对农业生产提供了更好的保障。特别要注意的是,调水后要合理配置生活用水和农业用水的比例,使两者能够得到协调发展。

致谢:感谢水利部和农业部所提供的数据。

- [10]张洪霞,冯志杰.应对水危机 实现农业可持续发展——《中国农业水危机对策研究》评价[J].安徽农业,1999(11):4-5.
- [11]国家水利部.中国水资源公报[Z].2006—2009.
- [12]国家统计局.中国统计年鉴2009[M].北京:中国统计出版社,2010.
- [13]国家统计局.中国农村统计年鉴2009[M].北京:中国统计出版社,2010.
- [14]David Pimental. Water resources: Agriculture, the environment and society [M]. California: Bioscience, University of California Press and American Institute of Biological Sciences, 1997: 97-106.
- [15]Sandra L. Postel, water for food production: Will there be enough in 2025 [M]. California: Bioscience, University of California Press and American Institute of Biological Sciences, 1998: 629-637.
- [16]Shangguan Zhou-ping, Shaoa Min-gan, Horton Robert, et al. A model for regional optimal allocation of irrigation water resources under deficit irrigation and its Applications [J]. Agricultural Water Management, 2002: 139-154.

(责任编辑:康兰媛 英摘校译:吴伟萍)

(上接第12页)

- [12]魏玉峰,宋振祥.以土地股份合作社推动农村土地规模经营——胶州市推进农村土地承包经营权流转的实践探索[J].青岛农业大学学报:社会科学版,2009,21:25-29.
- [13]江苏省统计局.传统农业向现代农业加速转变[EB/OL].(2011-04-07).http://www.jssb.gov.cn/jstj/fxxx/tjfx/201104/t20110407_115103.htm 2011.
- [14]苏州市统计局.农民收入日趋多元,消费结构提升优化——“十一五”时期苏州农民收支与消费情况[EB/OL].(http://www.szstj.gov.cn/Info_Detail.asp?id=19151) 2011.
- [15]江苏省统计局.惠农政策措施齐给力,农民收入增幅超市民[EB/OL].http://www.jssb.gov.cn/jstj/fxxx/sxfx/201103/t20110318_115007.htm 2011.
- [16]全国政协网.社会法制委员会2010年度工作报告[EB/OL].(2011-01-24).<http://zxzx.gov.cn/html/qhzt/2011/0124/2112.html> 2011.
- [17]李宗长.苏州农村出现“承包土地作价入股”[J].江苏农村经济,2006,5:43.
- [18]徐文龙.土地经营权作价入股的法律风险与防范[EB/OL].<http://www.anlilylawyer.cn/NewsShow.asp?id=105669>, 2010.
- [19]人民网.中国社会科学院党国英谈重庆“土改”[EB/OL].(2011-03-06).<http://www.people.com.cn/GB/32306/54155/57487/5958571.html> 2007.

(责任编辑:康兰媛 英摘校译:吴伟萍)