

文章编号:1673-9469(2007)04-0081-04

区域水资源短缺风险调控研究

韩宇平,许拯民

(华北水利水电学院,河南 郑州 450011)

摘要:本文以京津地区为例,在水资源系统风险分析和评价的基础上探讨采取各种风险调控的技术手段对水资源系统风险性能指标的影响,重点从需水管理和供水管理两方面研究水资源短缺风险管理措施对降低区域水资源短缺风险的贡献。研究表明,不同的水资源管理措施对于区域水资源短缺风险具有不同程度的调控作用,而要彻底解决京津地区的水资源短缺风险,南水北调具有不可替代的作用。

关键词:水资源;风险调控;京津地区

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

Study on risk control of regional water resources shortage

HAN Yu-ping, XU Zheng-min

(North China University of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: As an example, the risk control of the Beijing-Tianjin Area water resources shortage was researched. The effect of varies risk control measures on risk capability indexes of water resources system was discussed based on water resources system risk analysis and evaluation. The contribute rate of varies measures including water demand management and water supply management was illuminated in order to reduce water shortage. The results show that different water management measures for regional water shortage risk with varying degrees of regulation; the south-to-north water diversion project plays an irreplaceable role on solution of water shortage risks in Beijing-Tianjin Area.

Key words: water resources; risk control; Beijing-Tianjin Area

文献[1][2]研究了水资源短缺的风险分析和评价,本文在此基础上探讨采取各种风险调控的技术手段对水资源系统缺水的统计指标和风险性能指标的影响,进而研究各种风险管理技术手段对降低水资源短缺风险的贡献率。由于区域面临的水资源短缺风险在很大程度上来自于区域需水和供水的相互作用,因此在技术层面上对其进行风险管理应该包括需水管理和供水管理两个方面。基于此,本文以京津地区为例,重点从需水管理和供水管理两方面研究水资源短缺风险管理措施对降低水资源短缺风险的贡献。

1 需水管理

1.1 调整产业结构加大节水力度

工业和农业节水:2010年全面建成节水型社

会,到2010年,电力工业和一般工业的用水重复利用率分别达到93%和85%以上。农业要求全面实现国家有关部门正在实施的大型灌区以节水为中心的缓建、扩建和配套工程规划,到2010年北京、天津两市基本实现节水灌溉。

城镇生活节水:目前该地区城镇生活用水存在着用水浪费现象。城市自来水管网建设不健全,自来水计量制度落后。今后节水的重点是全面建设水量计量制度,实行按水表收费,用经济手段调节和管理城镇用水。积极推广节水器具普及率,加快城市自来水管网建设。加强用水管理,提高水价,采取两部制水价和累进加价制度。要求2010年城镇自来水管网漏失率控制在13%以下,北京节水器具普及率2010年应达到80%,天津市2010年应达到70%。

收稿日期:2007-06-22

基金项目:国家自然科学基金项目(50239090),华北水利水电学院引进博士科研启动项目,院青年科研基金项目(HSQJ2006006)

作者简介:韩宇平(1975-),男,宁夏彭阳人,博士后,高级工程师,从事水资源系统工程的研究。

节水潜力预测:由于在水资源供需平衡模型中考虑了供水行业的优先级,使得水资源短缺倾向于农业用水,所以水资源节水潜力测算中重点考虑工业节水和生活用水节水潜力,同时也考虑农业需水量的削减。

工业节水量分原有工业和新发展工业分别计算。原有工业基本为传统工业,其发展速度较低,占全部工业总产值的比重逐步下降。在工业节水潜力分析中,认为2000年以后的新、改、扩建企业必须采用比较高的节水水平,达到国内和国际先进水平,即2010年后工业用水增量已达到节水标准,再无节水潜力;工业节水潜力均为现有工业的潜力,即存量节水潜力,而且2010年应全部挖掘了节水潜力。2010年以前,北京市重点加强印染、钢铁、造纸、电镀、制革等行业的节水措施,改造旧设备及推广节水型工艺,节水量可达 $1.37 \times 10^8 \text{m}^3$;天津市重点安排对印染、造纸、食品、纺织、冶金、塑料、医药、黑色金属等行业的循环用水、空调重复用水系统进行技术改造,节水量可达到 $0.57 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

采用城镇生活节水措施(包括大力普及节水器具、降低自来水管网漏失率、提高水价、等)后,参考上述的节水目标,北京市在2010水平年的节水潜力合计为 $4.1 \times 10^8 \text{m}^3$,天津市为 $2.84 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

1.2 提高水价促进节水

水价的调整在一定程度上可以促进节水,这实际上也是个节水问题。从经济学的角度看,影响一般商品需求量的主要是收入与价格。对于水资源的需求而言,一方面受用水水平的影响,另一方面受水价因素的影响,同时受居民收入水平的影响,即消费者的支付意愿是影响水需求的一个重要因素。收入水平越高,需求弹性越小;用水水平越低,需求弹性越小;价格越低,需求弹性越小。

对于水价与水资源需求之间的需求函数,在我国已经有人对不同地区分别从城镇居民家庭生活需水、工业需水和农业需水^[3-5]等方面建立了各自的需求函数模型。一般情况下采用对数线性方程式描述水价与水需求量的关系

$$\ln Q = \alpha \ln P + \beta \quad (1)$$

式中 Q —单位取水量指标(定额); P —水价; α 、 β —常数,表示的就是需水价格弹性系数,是一个无量纲的值。

对于需水价格弹性由于地区间水资源条件和社会经济发展水平的不同而表现出一定的差异,在研究中需要对具体的地区进行具体的分析。据上海市用户需水量价格弹性系数研究表明^[6],水价每增加10%,需水量将下降3.8%;居民年收入

每增加10%,除去水价影响,用水量需求将增加2.2%。据分析,水费支出占家庭收入1%时对心理影响不大,占2%时开始关注水量,占2.5%时注意节水,占5%时认真节水,占10%时考虑水的重复利用。

由于京津地区只是近几年开始提高水价,调查资料很少,目前尚难以对需水量的影响进行统计分析。本次计算采用文献[3]对黄淮海地区的价格弹性计算结果-0.24对京津地区的生活用水需求进行控制,采用文献[4]的北京市工业用水价格弹性-0.11作为京津地区工业用水的价格弹性,采用文献[5]的与京津地区情况比较相似的河南胜利区农业水价弹性-0.372作为京津地区农业用水的价格弹性。通过设定一定的水价升幅情景可以得到各自的生活用水、工业用水、农业用水需求的降低幅度(表1),将此幅度代入供需平衡模型可以得到水价调整后的水资源系统风险情况。

表1 京津地区不同水价情景下的节水潜力
Tab.1 Water-saving potential of Beijing-Tianjin area under different price scenarios

	情景1	情景2	情景3	情景4
水价升幅(%)	5	10	15	20
生活需水降幅(%)	1.2	2.4	3.6	4.8
工业需水降幅(%)	0.55	1.1	1.65	2.2
农业需水降幅(%)	1.86	3.72	5.58	7.44

1.3 京津地区水资源短缺风险

首先将非水价调整节水措施所削减的需水量带入水资源风险供需平衡模型,可以得到节水措施实施后京津地区的水资源短缺量系列,并且对其进行统计描述。其次依据上述的水资源需水管理措施,对不同水价情景需水量削减后的京津地区重新进行水资源供需平衡分析,可以得到新的水资源短缺量系列,通过统计可得到缺水量系列的各项分布参数(表2)。值得注意的是本文为了说明不同需水管理措施对降低水资源风险的贡献并没有在非水价节水措施的基础上进行水价调整节水量的风险分析,而是各自进行单独地分析。

由上表可以看出,非水价节水措施的效果比较明显,模型计算的缺水量系列的均值和方差都有较为明显的下降,虽然从根本上没有降低京津地区的风险率,但是对易损性的降低效果则比较明显;随着水价的上升,模型计算的缺水量系列的均值和方差都在不断的下降,而且效果明显。

表2 京津地区不同水价情景下的缺水统计描述

Tab.2 The statistics of water shortage under different price scenarios in Beijing-Tianjin area

	样本数	最小值 (10^6m^3)	最大值 (10^6m^3)	均值 (10^6m^3)	标准差	方差	偏度	峰度
水价不变动	43	357.445	2 516.053	1 436.680	495.246	245 268.458	-0.037	-0.189
非水价节水措施	43	157.500	2 124.338	1 180.000	462.946	214 319.330	0.003	-0.252
水价情景1	43	287.958	2 395.204	1 377.810	490.814	240 898.053	-0.023	-0.182
水价情景2	43	262.395	2 275.069	1 325.161	469.383	220 320.085	-0.078	-0.255
水价情景3	43	235.197	2 233.627	1 281.489	465.027	216 249.965	-0.027	-0.266
水价情景4	43	206.481	2 192.183	1 240.226	469.865	220 773.473	-0.033	-0.391

表3 京津地区不同分水比例下的年缺水统计描述

Tab.3 The statistics of water shortage under different water allocation ratio scenarios in Beijing-Tianjin area

分水比例	分水比例 (单元9:单元10)	最小值 (10^6m^3)	最大值 (10^6m^3)	均值 (10^6m^3)	标准差	方差	偏度	峰度
分水比例1	0.1:0.9	320.977	2 449.683	1 386.624	485.786	235 987.860	-0.044	-0.184
分水比例2	0.2:0.8	339.248	2 482.868	1 412.166	490.762	240 847.689	-0.044	-0.189
分水比例3	0.3:0.7	357.445	2 516.053	1 436.680	495.246	245 268.428	-0.037	-0.189
分水比例4	0.4:0.6	375.567	2 549.237	1 463.160	499.968	249 967.781	-0.038	-0.198
分水比例5	0.5:0.5	393.616	2 582.422	1 489.626	503.708	253 721.655	-0.015	-0.266

2 供水管理

2.1 对分水比例进行实时调整

在京津地区水资源系统的供需平衡中面临着多个分水比例,一是潘家口水库、大黑汀水库对天津和河北的分水比例,二是引入入津水量在天津北四河平原和淀东清南平原的分水比例。由于区域需水和来水的不均衡性,如果采用固定的分水比例,在某种程度上加大了水资源的区域性短缺风险;但如果对各计算单元之间的分水比例进行实时的调整则可以降低区域整体上的水资源短缺风险。

本次计算对潘家口水库、大黑汀水库对天津和河北的分水比例保持不变,探讨通过程序对天津北四河平原(单元9)和淀东清南平原(单元10)的分水比例进行实时调整对降低水资源短缺风险的贡献。计算结果见表3。

考察表3可知,计算单元之间不同的分水比例导致的供水短缺风险存在着明显差异,对于天津北四河平原和天津淀东清南平原而言,由于两单元需水量的巨大差异,分水比例如果控制在0.1:0.9,则其风险要比其他分水比例明显偏小。由此可知不同计算单元之间的分水比例调整也是风险管理的有效措施之一。

2.2 提高污水回用率

提高污水处理率和污水利用率也是水资源短缺风险管理措施之一,将上游单元的污水通过增

加处理能力和回用能力可以用来加大对下游单元的补水。本次计算采用三种污水回用率情景对京津地区的水资源系统进行供需平衡分析(表4)。

从供需平衡的结果可以看出提高污水回用对降低区域水资源短缺风险具有一定的贡献,从风险性能指标的易损性可以得到一定程度的反映。

2.3 挖潜当地水源提高供水量

北京市西南房山拒马河是北京市唯一没有开发利用的河道,水量也比较丰富。为了缓解首都水资源紧缺状况,计划修建引拒济燕应急供水工程。该工程通过改建引水闸,改建、扩建23km房山胜天渠和渠系建筑物,铺设31km自流输水管道,年引拒马河水 $0.6 \times 10^8\text{m}^3$ 至燕化动力厂,以替代密云水库供水。

天津市将于近期(2010年之前)建设大黄埔洼水库,总库容 $2 \times 10^8\text{m}^3$,50%保证率可增加农业供水 $0.92 \times 10^8\text{m}^3$ 。

通过计算我们发现,通过开发当地水资源来解决京津地区的供水风险其潜力非常有限,最根本的措施应该是跨流域调水方案。

2.4 跨流域调水

要彻底解决京津地区的水资源短缺问题最根本的措施就是世纪工程南水北调工程,南水北调对京津地区进行供水的是东线工程和中线工程,至2010年将完成中线一期工程 and 东线一期二期工程,南水北调工程对京津地区的供水量见表5。

表4 京津地区不同污水回用情景下的年缺水统计描述

Tab.4 The statistics of water shortage under different wastewater reuse scenarios in Beijing - Tianjin area

情景	指标	工业	生活	最小值 (10^6m^3)	最大值 (10^6m^3)	均值 (10^6m^3)	标准差	方差	偏度	峰度
情景1 (现状)	污水排放率	0.7	0.8							
	污水处理率	0.72	0.72	357.45	2 516.05	1 436.68	495.25	245 268.43	-0.04	-0.19
	污水回用率	0.9	0.9							
情景2	污水排放率	0.7	0.8							
	污水处理率	0.8	0.8	356.13	2 511.13	1 436.31	492.41	242 467.71	-0.04	-0.15
	污水回用率	0.9	0.9							
情景3	污水排放率	0.7	0.8							
	污水处理率	0.85	0.85	354.89	2 504.41	1 447.30	485.39	235 598.54	-0.10	-0.01
	污水回用率	0.95	0.95							

表5 南水北调东线和中线工程调水量配置表

Tab.5 The water allocation table of the south - to - north water diversion east line and middle line project

省市	水平年	规划配置水量/ 10^8m^3 (P=95%)			规划配置水量/ 10^8m^3 (P=50%)		
		东线	中线	合计	东线	中线	合计
北京	2010年		10	10		10.5	10.5
	2030年		15	15			
天津	2010年	5	8	13	5	8.6	13.6
	2030年	10	8	18.0			

表6 京津地区南水北调后的缺水统计描述及风险性能指标

Tab.6 The statistics of water shortage and risk index after the south-to-north water diversion project in Beijing-Tianjin area

	均值(10^6m^3)	标准差	方差	偏度	峰度	风险性	易损性	重现期/a	可恢复性
现状	1 436.680	495.246	245 268.5	-0.037	-0.189	1.000	0.150	0.000	0.000
南水北调后	6.372	33.909	1 149.8	5.986	37.084	0.046 5	0.000 7	20.000	1.000

将南水北调增供水量带入京津地区水资源供需分析模型就可得到京津地区在南水北调实施后的水资源系统供水短缺风险(表6)。

从表中的统计数据可以看出,实施南水北调东线一期二期工程和中线一期工程后,京津地区的缺水状况可以得到根本上的遏制,水资源系统的缺水量期望值只有 $6.0 \times 10^6\text{m}^3$ 左右,而且不再服从正态分布;缺水风险也降低到 0.0465 的低水平,其他风险性能指标也大幅度的改善。由此可见南水北调在解决京津地区缺水问题中有举足轻重的地位。

3 结束语

调整产业结构、提高水价、加大节水力度,调整供水工程供水比例、提高污水回用水平、对当地水资源进行进一步地挖潜等管理措施对有效降低区域水资源短缺风险具有明显的效果,但是要从根本上解决我国华北地区特别是京津地区的水资

源短缺问题,南水北调工程具有不可替代的作用,只有南水北调东、中线工程建成通水,该地区的水资源短缺问题才能从根本上得到扭转。

参考文献:

- [1] 韩宇平,阮本清. 区域供水系统供水短缺的风险分析[J]. 宁夏大学学报(自然版),2003,24(2):129-133.
- [2] 阮本清,韩宇平,王浩,等. 水资源短缺风险的模糊综合评价[J]. 水利学报,2005,36(8):906-912.
- [3] 沈大军,杨小柳,王浩,等. 我国城镇居民家庭生活需水函数的推求及分析[J]. 水利学报,1999,(12):6-10.
- [4] 沈大军,王浩,杨小柳,等. 工业用水的数量经济分析[J]. 水利学报,2000,(8):27-31.
- [5] 裴源生,方玲,罗琳. 农业需水价格弹性研究[A]. 中国水利学会编,中国水利学会2003学术年会论文集[C]. 北京:中国三峡出版社,2003:29-34.
- [6] S M 国际技术顾问公司. 供水价格研究(中期报告)[R]. 1998.

(责任编辑 刘存英)