

南水北调进京后的北京市水资源短缺风险研究

刘 晓¹, 王红瑞^{1,3}, 俞 淞¹, 马东春^{2,3}, 梁 媛¹, 来文立¹, 高媛媛⁴

(1.北京师范大学 水科学研究院, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875;
2.北京市水利科学技术研究院, 北京 100048; 3.北京水战略研究中心, 北京 100048;
4.水利部南水北调规划设计管理局, 北京 100038)

摘 要:基于趋势预测和用水定额法对北京市的用水情况进行了预测,采用皮尔逊水文频率曲线模拟了中长期不同降水的经验概率,计算南水北调进京后的水资源短缺量和风险变化。研究表明:南水北调进京后,正常年能够保证北京用水;在枯水年可降低缺水比例 60%以上,在平水年降低缺水比例 40%以上,在丰水年缺水比例降低至零,且随时间推移南水北调工程对缺水比例降低的效果增大;南水北调工程实施后北京市 2015~2030 年水资源短缺风险由 70%~80%降低到 26%~36%,降低了 40%以上,且随着时间推移,南水北调工程对水资源短缺风险的降低作用将继续增大。

关键词:南水北调;水资源;风险;短缺;北京市

中图分类号:TV213

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)04-0055-07

1 引言

为缓解北京地区水资源短缺的严峻形势,2014 年南水北调中线工程计划进京水量为 $10 \times 10^8 \text{m}^3$,但因经济的迅猛发展、人口的刚性增长、气候变化等,水资源风险依然存在。因此,分析北京市水资源供需平衡并对其可能产生的水资源短缺风险做出合理的评价,这对于北京市水资源综合管理、南水北调运行工程的调整和具有十分重要的现实意义^[1-10]。

2 北京市用水总量预测

20 世纪 70 年代以来,国内外陆续开展了中长期供需水量的预测工作。预测方法主要包括指数预测、定额预测、趋势预测等。这些方法均以现有的水资源统计

数据为基础,以指标分析为线索,判断未来经济社会发展的水资源需求^[11-12]。需水量变化涉及变量多,因果关系复杂,所以数学方法预测效果不好,基于经验的趋势外推法预测水量准确性相对较高。依据北京市实际情况,对 2015 年用水总量采用趋势分析及用水定额法进行预测,其中,农业、工业及生态环境用水通过趋势分析得到,生活用水通过用水定额法进行预测。

(1)趋势分析方法

趋势分析方法主要是对历史用水数据进行分析,采用平滑曲线和趋势外推等来对未来需水进行预测,主要包括指数平滑法和趋势外推法等(见表 1)。

(2)用水定额法^[13]

一般而言,随着经济社会发展和城市化进程,人均生活用水呈现递增趋势。因此,生活用水可以用下

表1 趋势分析方法

Table 1 The trend analysis method

指数平滑法	趋势外推法
通过对历史数据进行分析,区别基本模式和随机波动,获得按时间序列的“平滑值”,并以此对未来进行预测。	根据过去用水量及相关指标的趋势变动规律,从而推算预测水平年的需水量和相关指标的方法。

收稿日期:2013-12-23

基金项目:国家自然科学基金项目(51279006);国家科技支撑计划课题(2013BAB05B04)

作者简介:刘晓(1988-),女,山东青岛人,硕士,专业方向为水资源系统分析。E-mail:Xiaohydro@mail.bnu.edu.cn

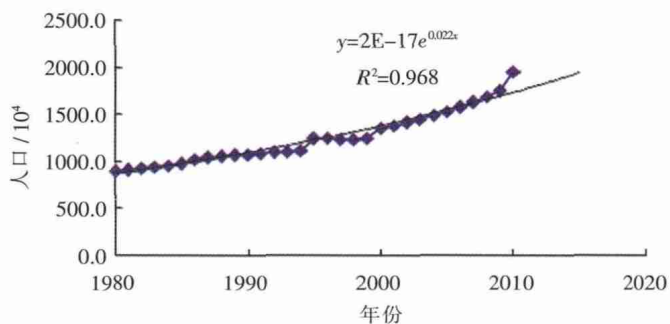
通讯作者:来文立(1988-),女,山东潍坊人,博士研究生,主要从事水文与水资源方面的研究。E-mail:laiwenli1126@163.com

式计算

$$W_{s,t} = P_t \times D_{s,0} (1+i_s)^t \quad (1)$$

式中： $W_{s,t}$ 为第 t 年城镇或农村生活用水总量 (m^3)； P_t 为第 t 年人口数 (人)； $D_{s,0}$ 为初始年城镇或农村人均用水定额 (m^3 /人)； i_s 为生活用水定额年增长率 (m^3 /人/年)。

根据人口增长规律,采用 logistic 曲线法,由拟合公式得到 2015 年人口数将达到 2 192.3 万,比 2010 年人口增加 231.1 万 (见图 1)。



注:数据来源于《北京市统计年鉴》1980~2010

图 1 1980~2010 年北京市人口趋势图

Fig.1 Population trend of Beijing from 1980 to 2010

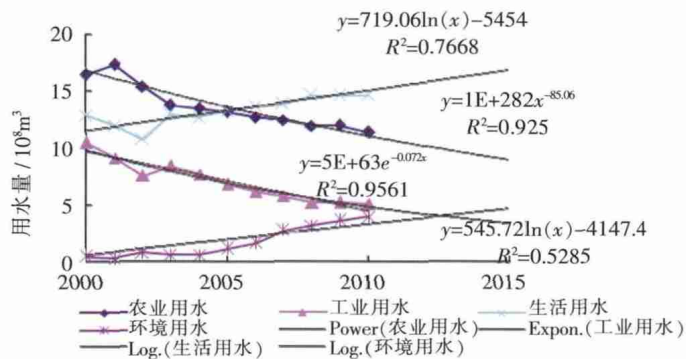


图 2 1999~2010 年北京市用水量变化趋势图

Fig. 2 Water use in Beijing from 1999 to 2010

分别根据每个指标的趋势变化,通过拟合公式确定 2015 年指标。按照同样的方法进行趋势延伸,同时考虑能够对用水产生影响的各种因素的作用,对用水变化进行调整得到 2020 年及 2030 年指标值 (见表 2)。

表 2 用水量预测表 $10^8 m^3$

Table 2 Trend of water use

年份	总用水	生活用水	工业用水	农业用水	环境用水
2015	41.16	19.2	4.92	11.4	5.64
2020	45.26	22.2	4.92	12	6.14
2030	51.48	28.2	4.74	11.4	7.14

由图 2 可知,2015 年农业用水量推算为 $8.68 \times 10^8 m^3$, 近几年来农业用水量逐渐趋向平稳的趋势,推测农业用水量基本到达现状技术水平下的极限,所以预测 2015 年维持 2010 年农业用水量水平,即 $11.4 \times 10^8 m^3$;北京市“十二五”规划将 2011~2015 年农业用水总量维持在 $12 \times 10^8 m^3$,农业新用水量降低,再生水用量增加,根据“十一五”用水到“十二五”规划用水预测的变化趋势,预测 2020 年农业用水量维持 2015 年水平,即 $12 \times 10^8 m^3$,而到 2030 年,农业科研与技术的进步很有可能在降低作物蒸腾上有显著成效,这样农业用水量会低于 $12 \times 10^8 m^3$,估计可以降低至保持 $11.4 \times 10^8 m^3$ 。

由图 2 计算可得 2015 年工业用水量为 $4.92 \times 10^8 m^3$,在维持现有水平的基础上略有下降比 2010 年减少 $0.18 \times 10^8 m^3$;通过北京市产业结构调整,限制发展高耗水、高耗能产业,提高利用效率,能够实现工业用水零增长,并且会略有下降。随着以上措施进一步发展,根据“十一五”用水到“十二五”规划用水预测的变化趋势,到 2020 年工业用水量零增长,为 $4.92 \times 10^8 m^3$,到 2030 年在工业新水用量零增长,用水效率提高,再生水利用率提高,工业用水总量预计会有更大幅度的下降,至少能够保证 $4.74 \times 10^8 m^3$ 。

根据图 2 的拟合公式,预计 2015 年生活用水量为 $16.88 \times 10^8 m^3$;按照居民生活及三产人均用水 $240 L/d$,2015 年预测人口总数为 2 192.3 万人,采用用水定额法预计到 2015 年生活用水将达到 $19.20 \times 10^8 m^3$ 。考虑到促进生活用水量的因素有水循环处理技术的进步、降低生活用水量的因素有用水效率的提高与民众节水意识的进步等,据此可设 2020 年、2030 年生活用水定额可以维持不变。根据北京市“十二五”规划的预测方法,按照“十一五”时期实际每年增加人口 50~60 万,生活人均用水量 $240 L/d$ (其中居民生活用水量 $120 L/d$),生活用水量每年增加 $0.6 \times 10^8 m^3$ 。预测得 2020 年生活用水量达到 $22.2 \times 10^8 m^3$,2030 年达到 $28.2 \times 10^8 m^3$ 。

根据图 2 计算可得 2015 年环境用水量为 $4.64 \times 10^8 m^3$,由于“十二五”期间南水北调进京,增加了北京市的水资源可利用量。环境用水必然会上升,预计 2015 年环境用水量将达到 $5.64 \times 10^8 m^3$ 。比 2010 年增加 $1.64 \times 10^8 m^3$ 。随着生活水平提高与科技进步,到 2020 年及 2030 年环境用水量会有持续增加。根据北京市“十二五”规划的预测,每年增加 $0.1 \times 10^8 m^3$,到 2020 年达到 $6.14 \times 10^8 m^3$,到 2030 年达到 $7.14 \times 10^8 m^3$ 。

规划年 2015 年用水总量=生活用水量+农业用水量+工业用水量+环境用水量=41.16×10⁸m³。比 2010 年增加 5.96×10⁸m³。估计到 2020 年用水总量控制在 45.26×10⁸m³。至 2030 年用水总量控制在 51.48×10⁸m³。

根据趋势变化,2015 年再生水使用量为 11.68×10⁸m³,除 2015 用水总量 41.16×10⁸m³ 得到再生水比例为 28.37%。同理可知,2020 年再生水比例预计为 33%,2030 年该比例继续上升至 36%。(见图 3)

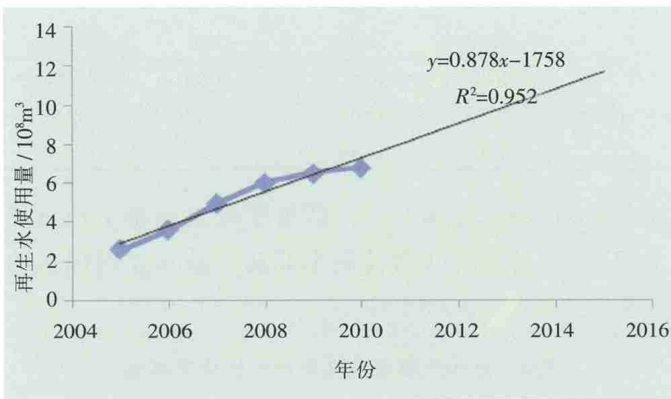


图 3 2005~2010 年北京市再生水使用量趋势图

Fig. 3 The amount of renewable water conservancy in Beijing from 2005 to 2010

3 北京市水资源供需水平预测

供需水平预测思路为采用 P- 分布,适线法估计参数,计算降水频率曲线及降水量与水资源量的关系,得到相应频率下的水资源量与可供水量及缺水量。

通过对 1988~2010 年水文频率分析,得到降水频率曲线(见图 4),计算降水频率为 75%的枯水年降水量为 444.93mm,50%的平水年为 508.12mm,25%的丰水年为 587.42mm。

根据水文分析计算经验^[15],同一水文站的年降水量和年径流量近似为线性关系,据图 5 的公式计算不同频率下的水资源量,降水频率 75%情况下,水资源量为 19.24×10⁸m³;降水频率 50%情况下,水资源量为 24.9×10⁸m³;降水频率 25%情况下,水资源量为 32.01×10⁸m³。水资源量受降水、蒸发、截留和下渗等因素的影响。在土地利用类型没有大范围变化的情况下,可以认为截留和下渗稳定,假定影响蒸发的气候因子在 2015~2030 年恒定,我们可以将降水频率作为水资源量的频率。

通过预测的目标值(见表 3)及以下公式计算得到

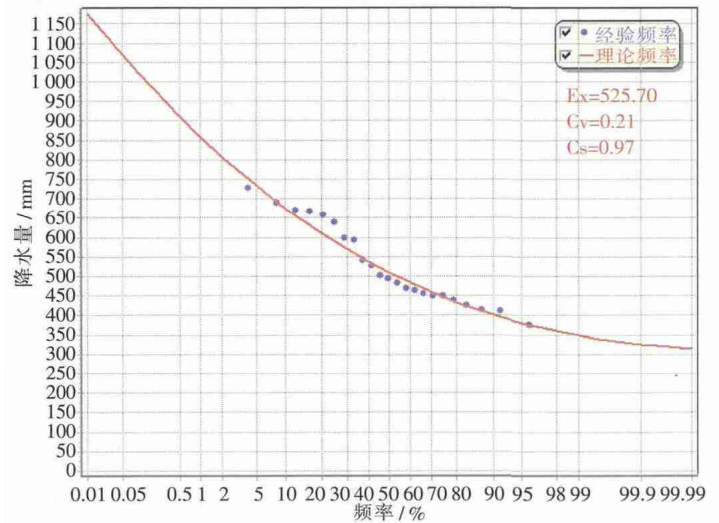


图 4 1988~2010 年北京市降水频率曲线图

Fig. 4 The frequency curve of the precipitation in Beijing from 1988 to 2010

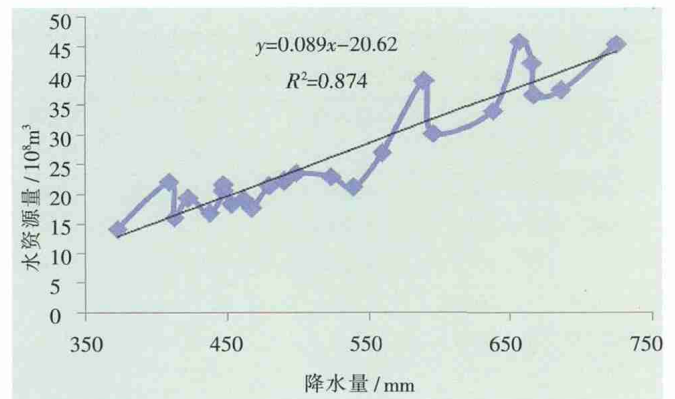


图 5 1988~2010 年北京市降水量与水资源量关系曲线图

Fig. 5 The relationship between precipitation and water resources in Beijing from 1988 to 2010

表 3 北京市用水量预测表 10⁸m³

Table 3 Forecast of water use in Beijing

年份	用水量	南水北调水量	再生水使用比例	再生水量	入境净水量	出境净水量
2015	41.16	10	28.37%	11.68	22.09	23.65
2020	45.26	10	33%	14.94	22.09	23.65
2030	51.48	15	36%	18.52	22.09	23.65

可供水量和缺水量,其中入境净水量和出境净水量采用 1986~2008 年多年平均值,公式中各部分水量已扣除蒸发和下渗水量,河道生态需水通过环境用水算作用水总量的一部分。公式处理中将设计河道生态需水下泄量包含在可供水量中,是由于在计算缺水量的时候,用水总量中的环境用水与可供水量中包括的设计河道生态需水下泄量恰好相抵,因此在可供水量中对

设计河道生态需水下泄量不做扣除。

可供水量=水资源量+入境净水量+南水北调水量-出境净水量 (2)

缺水量=用水量-再生水量-可供水量 (3)

在无南水北调进京情况下,正常年情况下不能保证北京用水充足;北京市2015年枯水年可供水量为 $17.68 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下缺水67%;平水年可供水量为 $23.34 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下缺水26%;丰水年可供水量为 $30.45 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下不缺水,富余水量3%。2020年和2030年枯水年可供水量均为 $17.68 \times 10^8 \text{m}^3$,缺水率为71%和86%;平水年可供水量均为 $23.34 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下缺水率为30%和41%;丰水年可供水量均为 $30.45 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下2020年不缺水,2030年缺水8%。(见表4)

表4 无南水北调状况下北京市供需水平预测表

Table 4 Forecast of water supply and demand level in Beijing without "south-to-north water transfer"

水文年	年份	可供水量 / 10^8m^3	缺水量 / 10^8m^3	缺水量 比例
枯水年 (75%)	2015	17.68	11.80	67%
	2020	17.68	12.64	71%
	2030	17.68	15.28	86%
平水年 (正常年) (50%)	2015	23.34	6.14	26%
	2020	23.34	6.98	30%
	2030	23.34	9.62	41%
丰水年 (15%)	2015	30.45	-0.97	-3%
	2020	30.45	-0.13	0%
	2030	30.45	2.51	8%

在南水北调进京之后,正常年情况下能够保证北京用水充足;北京市2015年枯水年可供水量为 $27.68 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下缺水7%;平水年可供水量为 $33.34 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下不缺水,富余水量12%;丰水年可供水量为 $40.45 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下不缺水,富余水量27%。2020年和2030年枯水年可供水量分别为 $27.68 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $32.68 \times 10^8 \text{m}^3$,缺水率分别为10%和1%;平水年可供水量分别为 $33.34 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $38.34 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下不缺水,富余水量分别为9%和14%;丰水年可供水量分别为 $40.45 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $45.45 \times 10^8 \text{m}^3$,在该供水水平下不缺水,富余水量分别为25%和27%(见表5)。

南水北调工程在枯水年降低缺水比例60%~86%,在平水年降低缺水比例38%~55%以上,在丰水年降低

表5 南水北调情境下北京市供需水平预测表

Table 5 Forecast of water supply and demand level in Beijing with "south-to-north water transfer"

水文年	年份	可供水量 / 10^8m^3	缺水量 / 10^8m^3	缺水量 比例
枯水年 (75%)	2015	27.68	1.80	7%
	2020	27.68	2.64	10%
	2030	32.68	0.28	1%
平水年 (50%)	2015	33.34	-3.86	-12%
	2020	33.34	-3.02	-9%
	2030	38.34	-5.38	-14%
丰水年 (15%)	2015	40.45	-10.97	-27%
	2020	40.45	-10.13	-25%
	2030	45.45	-12.49	-27%

缺水比例24%~36%以上;枯水年南水北调工程效果尤其显著,且随时间增长南水北调对缺水比例降低的效果增大(见表6、图6)。

表6 南水北调后北京市缺水比例降低率

Table 6 Reduction of the water shortage percentage in Beijing with "south-to-north water transfer"

	2015年	2020年	2030年
枯水年	60%	62%	86%
平水年	38%	39%	55%
丰水年	24%	25%	36%

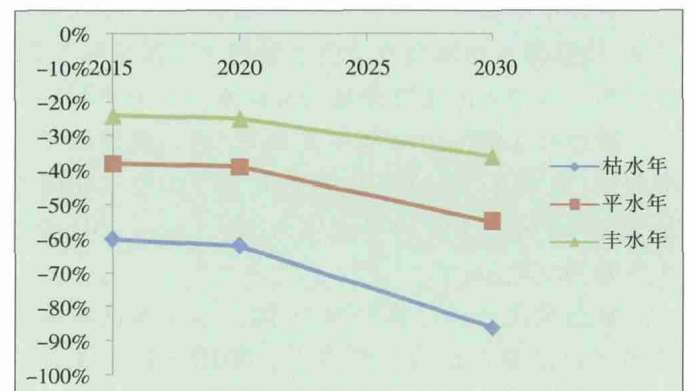


图6 南水北调后北京市缺水比例变化图

Fig. 6 Change of the water shortage percentage in Beijing with "south-to-north water transfer"

但是即使实施了南水北调工程,枯水年北京市的缺水比例依然在1%~10%,说明随着时间增长,南水北调工程虽然对缺水比例降低的效果增大,但是依然不能完全保证北京市用水。在南水北调工程实施后,2020年之前缺水比例呈现上升趋势,这是由于人口增

长引起生活用水的刚性增长导致的,文献[17]中也提到此问题。2020年之后缺水比例可能下降,可能是由于南水北调水量增加与再生水利用量提高的原因(见图7)。

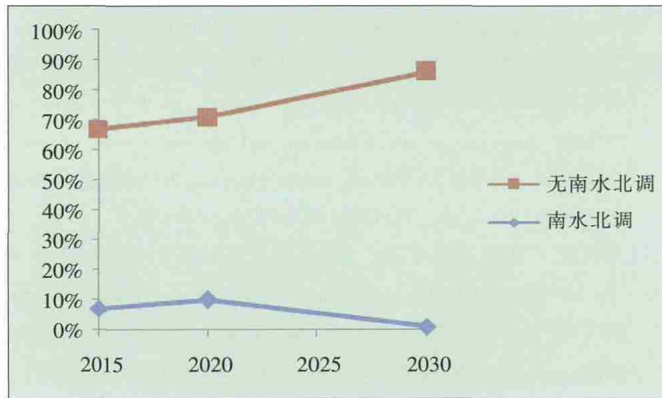


图7 枯水年有无南水北调缺水比例

Fig. 7 The water shortage percentage of Beijing in dry years with and without "south-to-north water transfer"

4 北京市水资源供需风险评估

采用试算法^[15-21]得到南水北调后北京市2015年水资源量为 $21.04 \times 10^8 \text{m}^3$ 时,达到供需平衡,需水量等于可供水量 $29.48 \times 10^8 \text{m}^3$,通过图4皮尔逊型累积频率曲线获得此时年降水量为465.02mm,降水频率为67.06%,即年降水量大于465.02mm的降水量发生概率为67.06%,因此水资源短缺的发生风险为32.94%。

同理算得2020年水资源量为 $21.88 \times 10^8 \text{m}^3$ 时,需水量等于可供水量 $30.32 \times 10^8 \text{m}^3$,此时年降水量为474.41mm,降水频率为63.28%,水资源短缺风险为36.72%;2030年水资源量为 $19.52 \times 10^8 \text{m}^3$ 时,需水量等于可供水量 $32.96 \times 10^8 \text{m}^3$,此时年降水量为448.06mm,降水频率为73.79%,水资源短缺风险为26.21%(见表7)。

表7 南水北调前后北京市水资源短缺风险

Table 7 The risk of water shortage in Beijing before and after "south-to-north water transfer"

	南水北调	无南水北调	南水北调降低水资源短缺风险
2015年	32.94%	72.26%	39.32%
2020年	36.72%	74.47%	37.75%
2030年	26.21%	81.15%	54.94%

随着时间增长,南水北调工程对水资源短缺发生

风险(水资源短缺的发生频率)起到的降低作用明显增大。但是南水北调后,2020年的水资源短缺风险比2015年高,2030年又降低,与缺水比例的变化趋势一致。推测2020年前后,在人口增长导致的用水压力升高,与南水北调、再生水提高正反双重作用下,水资源短缺风险会出现波动(见图8)。

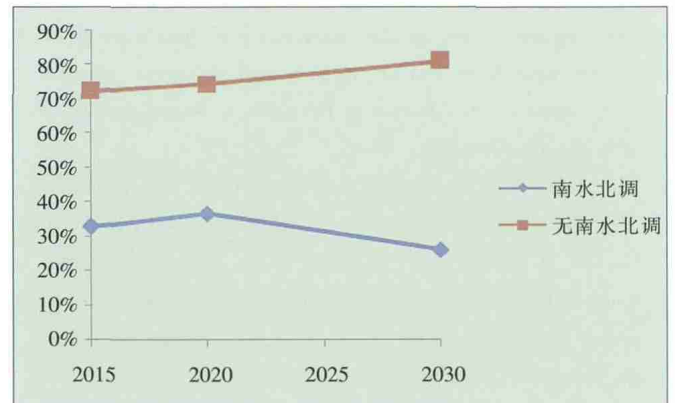


图8 南水北调前后北京市水资源短缺风险

Fig. 8 The risk of water shortage in Beijing with and without "south-to-north water transfer"

5 结果与讨论

(1)预测北京市2015年用水总量约为 $41.16 \times 10^8 \text{m}^3$,比2010年增加 $5.96 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2020年总量控制约为 $45.26 \times 10^8 \text{m}^3$;2030年总量控制约为 $51.48 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(2)在没有南水北调进京的情况下,正常年不能保证北京用水;在南水北调进京之后,正常年能够保证北京用水。

(3)南水北调工程在枯水年降低缺水比例60%以上,在平水年降低缺水比例约40%以上,在丰水年降低缺水比例25%以上;枯水年南水北调工程效果尤其显著,且随着时间增长,南水北调工程对缺水比例降低的效果增大。

(4)南水北调工程实施后北京市2015~2030年水资源短缺风险由70%~80%降低到26%~36%之间,水资源短缺的风险降低了40%以上。南水北调工程对水资源短缺发生风险起到的降低作用明显增大。

参考文献:

[1] 张士锋,贾绍凤. 黄河流域近期用水特点与趋势分析[J]. 资源科学, 2002,(2):1-5. (ZHANG Shifeng, JIA Shaofeng. Character and tendency analysis of water use in Yellow river basin [J]. Resources Science, 2002,(2):1-5. (in Chinese))

- [2] 张兆吉, 雒国中, 王昭, 等. 华北平原地下水资源可持续利用研究[J]. 资源科学, 2009, (3):355-360. (ZHANG Zhaoji, LUO Guozhong, WANG Shao, et al. Study on sustainable utilization of groundwater in north China plain [J]. Resources Science, 2009,03:355-360. (in Chinese))
- [3] 严军, 胡建兰, 苗卉, 等. 南水北调对长江流域水资源承载力的影响及水资源优化配置方法 [J]. 水力发电学报, 2007, (3):105-109. (YAN Jun, HU Jianlan, MIAO Hui, et al. The influence of south-to-north water transfer project on the water resources load capacity of the Yangtze river basin and the methods to optimize the allocation of water resources [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2007, (3): 105-109. (in Chinese))
- [4] 张永永, 黄文政, 黄强, 等. 陕西省南水北调工程受水区水资源供水情势综合评价 [J]. 资源科学, 2010, (8):1499-1504. (ZHANG Yongyong, HUANG Wenzheng, HUANG Qiang, et al. Situations on water resources of the benefited areas of the south-to-north water transfer project in Shaanxi province [J]. Resources Science, 2010, (8):1-5. (in Chinese))
- [5] 封志明, 刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J]. 自然资源学报, 2006, (5):689-699. (FENG Zhiming, LIU Dengwei. A study on water resources carrying capacity in Jingjinji region [J]. Journal of Natural Resources, 2006, (5):689-699. (in Chinese))
- [6] 黄伟雄. 跨流域调水与华北水资源的合理配置——我国南水北调新路径的探讨[J]. 资源科学, 2002, (3):8-13. (HUANG Weixiong. Rational allocation of water transfer across basins and water resources in north China: exploration of south-to-north water transfer new path [J]. Resources Science, 2002, (3):8-13. (in Chinese))
- [7] 吴泽宁, 左其享. 南水北调(中线)工程系统水资源优化配置研究探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2002, (3):8-11. (WU Zening, ZUO Qiting. Exploration of optimal water resources allocation for south-to-north water transfer project (middle) [J]. South-to-north Water Transfers and Water Science & Technology, 2002, (3):8-11. (in Chinese))
- [8] 崔亚莉, 王亚斌, 邵景力, 等. 南水北调实施后华北平原地下水调控研究 [J]. 资源科学, 2009, (3):382-387. (CUI Yali, WANG Yabin, SHAO Jingli, et al. Research on groundwater regulation and recovery in north China plain after the implementation of south-to-north water transfer [J]. Resources Science, 2009, (3):382-387. (in Chinese))
- [9] 张平, 赵敏, 郑垂勇. 南水北调东线受水区水资源优化配置模型[J]. 资源科学, 2006, (5):88-94. (ZHANG Ping, ZHAO Min, ZHENG Chuiyong. Optimal allocation of water resources in the water import areas of the east route of the south to north water transfer region[J]. Resources Science, 2006, (5):88-94. (in Chinese))
- [10] 刘昌明, 王红瑞. 浅析水资源与人口、经济和社会环境的关系[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5):635-644. (LIU Changming, WANG Hongrui. An analysis of the relationship between water resources and population-economy-society-environment [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(5):635-644. (in Chinese))
- [11] 李庆航, 钱凯霞, 肖昌虎, 等. 长江流域用水趋势及用水总量控制指标研究[J]. 人民长江, 2012, (2):12-15. (LI Qinghang, QIAN Kaixia, XIAO Changhu, et al. Study of water consumption trend of Yangtze river basin and controlling index of total water consumption [J]. Yangtze River, 2012, (2):12-15. (in Chinese))
- [12] 翟远征, 王金生, 郑洁琼, 等. 北京市近30年用水结构演变及驱动力[J]. 自然资源学报, 2011, (4):635-643. (ZHAI Yuanzheng, WANG Jinsheng, ZHENG Jieqiong, et al. Evolution and driving forces of water consumed structure in Beijing during the past 30 years[J]. Journal of Natural Resources, 2011, (4):635-643. (in Chinese))
- [13] 许新宜, 王红瑞, 刘海军, 等. 中国水资源利用效率评估报告[R]. 北京: 北京师范大学出版社, 2010:39. (XU Xinyi, WANG Hongrui, LIU Haijun, et al. Chinese water use efficiency evaluation report[R]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2010:39. (in Chinese))
- [14] 北京市“十二五”时期水资源保护及利用规划[J]. 北京水务, 2012, (2):1-11. (Beijing "12th Five-Year" Period of Protection and Utilization of Water Resources Planning [J]. Beijing Water, 2012, (2): 1-11. (in Chinese))
- [15] 叶守泽, 詹道江. 工程水文学 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007:180-204. (YE Shouze, ZHAN Daojiang. Engineering Hydrology [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2007:180-204. (in Chinese))
- [16] 王红瑞, 钱龙霞, 许新宜, 等. 基于模糊概率的水资源短缺风险评估模型及其应用[J]. 水利学报, 2009, 40(7):813-821. (WANG Hongrui, QIAN Longxia, XU Xinyi. Model for evaluating water shortage risk based on fuzzy probability and its application [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(7):813-821. (in Chinese))
- [17] 王红瑞, 刘昌明, 毛广全, 等. 水资源短缺对北京农业的不利影响分析与对策[J]. 自然资源学报, 2004, (2):160-169. (WANG Hongrui, LIU Changming, MAO Guangquan, et al. Negative effects of water scarcity on agriculture in Beijing and countermeasures [J]. Journal of Natural Resources, 2004, (2):160-169. (in Chinese))
- [18] 钱龙霞, 王红瑞, 蒋国荣, 等. 基于 Logistic 回归和 NFCA 的水资源供需风险分析模型及其应用[J]. 自然资源学报, 2011, 12:2039-2049. (QIAN Longxia, WANG Hongrui, JIANG Guorong, et al. Model for risk analysis between supply and demand of water resources based on logistic regression and NFCA and its application [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 12:2039-2049. (in Chinese))
- [19] 高媛媛, 王红瑞, 韩鲁杰, 等. 北京市水危机意识与水资源管理机制创新 [J]. 资源科学, 2010, (2):274-281. (GAO Yuanyuan, WANG Hongrui, HAN Lujie, et al. Consciousness of water resources crisis and the innovation of the water resources management system in Beijing [J]. Resources Science, 2010, (2):274-281. (in Chinese))
- [20] 张士锋, 陈俊旭, 华东, 等. 水资源系统风险构成及其评价——以北京市为例 [J]. 自然资源学报, 2010, (11):1855-1863. (ZHANG Shifeng, CHEN Junxu, HUA Dong, et al. Research on the assessment of water resource system risk—a case study of Beijing [J]. Journal of Natural Resources, 2010, (11):1855-1863. (in Chinese))

Study on Water Resources Risk in Beijing after “South–North Water Transfer” Project

LIU Xiao¹, WANG Hongrui^{1,3}, YU Song¹, MA Dongchun^{2,3}, LIANG Yuan¹, LAI Wenli¹, GAO Yuanyuan⁴

(1. College of Water Science, Key Laboratory for Water and Sediment Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Beijing Hydraulic Research Institute, Beijing 100048, China; 3. Beijing Water Strategic Study Center, Beijing 100048, China;

4. Bureau of South to North Water Transfer of Planning, Designing and Management, Ministry of Water Resources, Beijing 100038, China)

Abstract: In this paper, water usage of Beijing was forecasted by combining trend forecasting method and water quota method. The empirical frequency under different precipitation was given by the use of the Pearson Hydrology Frequency Curve. The changes of water resources shortage quantity and risk after “South–to–North Water Transfer” Project were calculated. The mainly conclusions are as follows. Water usage of Beijing is guaranteed sufficiently under the normal annual after “South–to–North Water Transfer” Project. In dry years, “South–to–North Water Transfer” Project reduces water shortage over the proportion of 60%, in the average year over about 40%, in wet years without water shortage. The effect of the project to reduce water shortage is more obvious in dry years and is growing with the time going. Risk of water shortages in Beijing in during 2015–2030 after the implementation of the Project was reduced from 70%–80% to 26%–36%, totally above a 40% reduction. The project decreases more and more water shortage risk with time.

Key words: south–to–north water transfer; water resources; risk; shortage; Beijing

(上接第 54 页)

- [11] 臧文斌,阮本清,李景刚,等. 基于 TRMM 降雨数据的西南地区特大气象干旱分析 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2010,8 (2):97–106. (ZANG Wenbin, RUAN Benqing, LI Jinggang, et al. Analysis of extraordinary meteorological drought in southwest China by using TRMM precipitation data [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2010,8(2): 97–328. (in Chinese))
- [12] Xie, P., M. Chen, et al.. A gauge–based analysis of daily precipitation over east Asia [J]. Journal of Hydrometeorology, 2007,8(3): 607–626.
- [13] Ebert, E.E., J.E. Janowiak, C. Kidd. Comparison of near–real–time precipitation estimates from satellite observations and numerical models [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2007,88(1):47–64.
- [14] Yatagai. A 44–year daily gridded precipitation dataset for Asia based on a dense network of rain gauges [J]. Sola, 2009,5:137–140.
- [15] 何晓群.多元统计分析(第二版)[M].北京:中国人民大学出版社, 2008. (HE Xiaogun. Multivariate Statistical Analysis (second edition) [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2008. (in Chinese))

TRMM Precipitation Evaluation for Inland of China

DENG Xiaoxue, YE Aizhong, MAO Yuna, LANG Yang, XU Jing

(Joint Center for Global Change Studies, College of Global Change and Earth System Science, BeijingNormal University, Beijing 100875, China)

Abstract: In order to evaluate the reliability of TRMM precipitation in the inland of China, this paper compared the observed precipitation and TRMM precipitation. We used three individual datasets which are (1) Xie Pingping’s grid precipitation, (2) observed precipitation on 759 gauges by the China Meteorological Administration, and (3) the 3B42_V6 version TRMM precipitation. The major results from this study: we first discovered that the TRMM precipitation was impacted by terrain, it is lighter in windward slope, and it is heavier in leeward slope and hill top; TRMM precipitation is heavier than the gauges observed precipitation in the flood season (summer and autumn) and more precisely in the Dry Season TRMM (winter and spring). Therefore, this study suggests that it should be corrected with terrain information at the time of application for the TRMM precipitation data.

Key words: TRMM; observation; precipitation; correlation coefficient; bias