

南水北调中线与东线受水区城市生活节水分析

秦福兴, 耿雷华, 陈晓燕

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要:根据先节水后调水的原则, 对南水北调中线与东线受水区的城镇生活用水和节水现状进行分析, 总结该地区的生活节水成绩, 指出与世界先进节水水平的差距和节水潜力. 在现状分析的基础上, 根据《中国城市节水 2010 年技术进步发展规划》, 提出该地区 2010 年和 2030 年的城市生活节水目标及其相应的节水措施, 并进行需水量和节水量估算. 最后对节水投资与效益进行估评, 证明节水效益巨大, 且投资远低于自来水厂供水投资.

关键词:南水北调; 城市生活用水; 节水

中图分类号: TU991.31

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2004)02-0012-04

南水北调中线与东线受水区(以下简称受水区)包括北京、天津、河北、河南、山东和江苏两市四省的 37 个地级市. 受水区内 1999 年底共有特大城市 7 个, 大城市 12 个, 地级以上城市 37 个, 市区人口 3 504 万人(不包含县级市), 城市供水总人口 5 064 万人, 具体情况见表 1.

1 用水现状

受水区城市现状年供水量 126 亿 m^3 , 其中地下水供水量 72 亿 m^3 (占 57%). 地下水供水量中约一半为超采量. 据统计, 河北省地下水年均超采量为 11.7 亿 m^3 , 河南省近 8 亿 m^3 , 山东省约 11 亿 m^3 , 北京市约 3 亿 m^3 , 天津市近 2.5 亿 m^3 . 城市供水域外调水量约 13.7 亿 m^3 , 其中天津市引滦水量 6.1 亿 m^3 , 河北、河南、山东省引黄水量 7.6 亿 m^3 . 1999 年天津市污水再利用和海水利用替代淡水为 1.6 亿 m^3 和 0.3 亿 m^3 , 山东省分别为 0.37 亿 m^3 和 0.85 亿 m^3 .

受水区城市现状年实际用水量 126 亿 m^3 , 其中城市生活用水 40 亿 m^3 (占总用水量的 32.8%), 工业用水 77.6 亿 m^3 (占 61.6%), 城市河湖环境用水 6.9 亿 m^3 (占 3.7%), 天津市商品菜田用水 2.1 亿 m^3 . 城市生活用水中居民生活用水占 53%, 公共用水占 47%.

根据《中国城市统计年鉴(2000)》^[1]综合生活用水量统计资料计算, 受水区内现状地级以上城市人

均年综合生活用水量 71.3 m^3 , 其中特大城市 79.1 m^3 , 大城市 56.0 m^3 , 中小城市 66.1 m^3 .

近 20 年来受水区城市用水主要靠挤占农业用水、超采地下水和牺牲环境用水来维持. 随着城市的发展, 城市供水的任务越来越艰巨, 供需矛盾日益突出, 缺水问题越来越严重. 缺水造成在供水分配上不得不采取“限农、压工、保生活”的方针, 难以顾及环境生态需水. 同时也造成地区之间、部门之间的供水矛盾. 据分析, 受水区城市现状年超采地下水 36 亿 m^3 , 加上挤占的农业及生态环境用水量, 现状缺水为 45 ~ 50 亿 m^3 .

2 节水现状

水资源紧缺迫, 使各城市采取了相应的措施. 目前城市生活节水的措施主要是: 制定法规、标准, 加强节水宣传, 实行计划用水和推广使用节水器具. 通过一系列措施, 受水区城市生活节水取得了一定的成绩.

a. 人均用水明显低于全国平均水平. 由表 2 可见, 受水区内人均年综合生活用水比全国平均水平少 17.0 m^3 , 其中特大城市少 12.6 m^3 , 大城市少 28.1 m^3 , 中小城市少 13.6 m^3 .

b. 节水使人均用水增速趋缓. 从表 3 可见, 受水区各省城市生活人均日用水量增速已经很低(北京、天津市由于流动人口的大幅度增加和住房条件迅速改善, 增速较大). 由于城市生活用水是充分保

基金项目: 水利科技创新项目(SCX2003-07)

作者简介: 秦福兴(1949—), 男, 江苏扬州人, 高级工程师, 主要从事水文、水资源和节水研究.

表 1 1999 年受水区城市生活用水量

城 市		市区人口 /万人	供水人口 ^① /万人	人均生活用水 ^① /m ³
特大城市	北 京	747	747	96.9
	天 津 ^②	529	529	52.8
	石 家 庄	151	299	115.5
	徐 州	152	188	71.9
	济 南	198	261	64.1
	青 岛	186	265	56.2
	郑 州	156	186	87.0
	小 计	2 119	2 475	79.1
大城市	邯 郸	80.1	153	72.7
	保 定	67.4	196	73.0
	济 宁	90.0	128	80.1
	淄 博 ^②	86.0	102	46.1
	枣 庄	55.0	76	46.2
	烟 台	76.0	147	50.1
	淮 坊	57.0	89	53.1
	平 顶 山	63.6	81	57.9
	安 阳	53.2	73	84.8
	新 乡	58.5	104	34.8
	焦 作	54.7	60	47.5
中小城市	连 云 港	60.5	107	69.9
	小 计	802	1 316	56.0
	邢 台	48.9	144	82.0
	沧 州	33.1	119	61.1
	廊 坊 ^②	27.1	73	53.1
	衡 水	23.6	74	59.8
	宿 迁	23.7	63	57.9
	东 营	38.0	49	63.0
	泰 安	41.0	88	66.4
	德 州	39.0	105	55.8
	威 海	32.0	83	64.6
	聊 城	28.0	77	53.2
	滨 洲	20.0	57	63.0 ^②
	荷 泽	31.0	31	53.2 ^②
	濮 阳	37.7	38	69.8
	许 昌	31.2	63	53.4
	漯 河	31.4	46	71.7
	南 阳	49.0	100	59.1
	周 口	20.0	25	59.0 ^②
	鹤 壁	28.5	38	52.7
	小 计	583	1 273	66.1
	合 计	3 504	5 064	71.3

注：①使用自来水厂供水的人口，同市区人口一样，是各市的上报数；②插补数；③同级城市中节水城市。

表 2 1998 年城市综合生活人均用水量

区 域	人均用水量/m ³		
	全国 ^①	受水区	受水区 - 全国
全部城市	88.3	71.3	- 17.0
特大城市	91.7	79.1	- 12.6
大 城 市	84.1	56.0	- 28.1
中小城市	79.7	66.1	- 13.6

表 3 受水区城市生活人均日用水量变化^②

行政区	人均日用水量/L			
	1996 年	1998 年	1999 年	年增加
北 京	267	307		20.0
天 津	142	188		23.0
河 北	206		210	1.3
山 东	129		136	2.3
河 南	169		175	2.0

注：河北、河南、山东为全省平均水平。

障的,可以认为,节水是受水区内人均生活用水量少和增速低的主要原因。

c. 创建了一批节水先进城市.如天津、青岛、淄博市等,连续几次被评为全国节水先进城市.和同类城市相比,其人均生活用水量要低得多,如天津比全国特大城市平均水平低 41.8%,淄博比全国大城市平均水平低 45.2%。

通过比较,也应看到节水尚有一定的潜力。

a. 各城市节水水平差异很大,许多城市浪费水的现象仍很严重.例如,受水区中小城市平均人均年综合用水 66.1 m³,高于大城市 10.1 m³,说明中小城市浪费严重;特大城市中石家庄人均年综合用水量达 115.5 m³,高于全国平均水平 24.8 m³,比天津多 62.7 m³;大城市中安阳人均年综合用水 84.80 m³,比淄博多 38.7 m³;中小城市中邢台人均年综合用水比廊坊多 28.9 m³.受水区平均水平与先进城市比较,特大城市多 47.7%,大城市多 30.8%,中小城市多 18.5%。

b. 与世界先进水平相比,尚有差距.世界上水资源相对缺乏的部分城市的年人均综合生活用水量见表 4^③.其中汉城最值得借鉴,其水资源条件比受水区好,经济发达程度和生活条件也好于受水区,而人均年综合生活用水量比受水区特大城市平均水平少 11.9 m³。

表 4 部分国家城市人均综合生活用水量

城 市	人口/万人	人均用水量/(m ³ ·a ⁻¹)
曼 谷	562.1	63.0
汉 城	1 090.5	66.1
索菲亚	122.0	68.0
马德里	301.0	70.4
布加勒斯特	239.4	73.1

3 城市生活节水目标

城镇生活节水发展总体设想^④是:城镇生活节水要与城市化发展和人民生活水平相适应,同时考虑我国人口和资源条件,对水资源的需求和供给加以适当限制.生活节水重点在城市,应按城市生活节水标准规划发展,并由城市向市镇推进.通过强化管理,建设和推广使用节水设施,逐步使用水定额得到控制,并使总用水增长率逐步降低.受水区域镇生活用水要把节约用水放在首位,以世界节水先进城市为节水发展目标,努力建设节水型城市,在人民生活水平逐步提高的同时,将人均生活用水控制在一定的水平。

受水区城市要积极创建节水型城市,人均用水量大的城市努力向天津、淄博等先进城市学习.2005 年达到《中国城市节水 2010 年技术进步发展规划》提出的人均综合生活用水指标下限(特大城市、大城

市和中小城市分别为 221 L/d,208 L/d 和 195 L/d),大部分城市建成节水型城市;2010 年全面达到《中国城市节水 2010 年技术进步发展规划》提出的节水目标^[5],全部城市建成节水型城市,人均综合生活用水指标达到世界节水先进城市现状指标,即 2010 年前,城市供水一级管网漏失率下降 3%,二、三级管网漏失率下降 2%.生活人均日用水量控制在 240 L 以内,卫生节水器具普及率达到 70%.并在此期间内,对浪费水严重的用水器具(包括民用住宅)基本改造完毕,城市公共设施全部采用节水器具,空调冷却用水的循环率达到 96%;2030 年前,在 2010 年的基础上继续发展,计划用水和自备水管理率达到 100%,卫生节水器具普及率达到 85%,生活用水定额控制在 285 L/(人·d)以内.

4 节水措施与节水潜力

4.1 节水措施

城市生活节水措施主要有:①健全节水法规体系,加强法制管理;②加强宣传,使节水意识深入人心;③制定用水定额,实行计划管理;④合理调整水价,运用经济手段推动节水工作;⑤推广使用节水器具和设备;⑥加快供水管网的改造;⑦推广中水利用.

4.2 节水效果

实践经验表明,宣传节水与提高水价,可以减少 60%~70%的浪费,节水效果为 3.0%~3.5%.全面推广节水器具,可以有效减少生活用水量.根据估算,节水便器如果推广使用 3 L,6 L 两档便器系统,平均每人年节水 8~10 m³;节水型洗衣机可节水 50%~70%^[6],洗衣 1 次可节水 80~120 L,按每户 3.5 人,3 天洗衣 1 次,每次节水 90 L 计算,平均每人年节水 3.1 m³;节水型淋浴器的节水效果也很明显.城市的生活水平不同,其节水效果差异很大.随着家庭生活水平的提高,其节水效果会逐步减低.

4.3 节水潜力

通过上述各类节水措施,结合各地区、各类城市住房水平、经济条件和用水习惯等情况,考虑到节水器具推广使用的过程,进行城镇生活节水量的预测.

a. 需求预测.受水区 1999 年城镇人口为 5 294 万人,2010 年和 2030 年将分别达到 8 436 万人和 11 956 万人(见表 5).

受水区 2010 年和 2030 年城市人均综合日用水量预计由现状的 200 L 提高到 240 L 和 285 L,增长幅度分别为 20%和 42%,城镇生活用水量将分别达到 74.0 亿 m³ 和 124.2 亿 m³,分别比现状用水新增

34.6 亿 m³和 84.8 亿 m³,增长幅度分别为 88%和 215%(见表 6).

表 5 受水区城镇人口预测 10 ⁶ 人					
行政区域	城镇总人口			累计新增人口	
	现状	2010 年	2030 年	2010 年	2030 年
北京	8.6	9.7	11.0	1.1	2.4
天津	5.3	8.4	10.2	3.1	4.9
河北	10.6	16.6	25.4	6.0	14.8
山东	15.6	25.2	35.3	9.6	19.7
河南	8.1	16.1	25.8	8.0	17.7
江苏	5.9	8.4	12.0	2.5	6.1
合计	53.0	84.4	119.6	31.4	66.7

表 6 受水区城镇生活需水量预测						
行政区域	定额/(L·(人·d) ⁻¹)			需水量/亿 m ³		
	现状	2010 年	2030 年	现状	2010 年	2030 年
北京	292	350	375	9.2	12.4	15.1
天津	228	275	340	4.4	8.4	12.7
河北	155	200	255	6.0	12.1	23.6
山东	174	220	270	9.9	20.2	34.7
河南	206	240	280	6.1	14.1	26.3
江苏	178	220	270	3.8	6.7	11.8
合计	200	240	285	39.4	74.0	124.2

b. 节水量预测.2010 年和 2030 年城镇生活节水潜力分别为 6.42 亿 m³ 和 11.47 亿 m³(见表 7),其中,水价与管理措施实现节水量分别为 2.21 亿 m³ 和 3.72 亿 m³;节水器具节水量分别为 4.21 亿 m³ 和 7.75 亿 m³.节水后的城镇生活需水量,2010 年和 2030 年分别比现状增长 28.2 亿 m³ 和 73.3 亿 m³,达 67.6 亿 m³ 和 112.7 亿 m³.

表 7 受水区城镇生活节水量预测 亿 m ³								
行政区域	2010 年节水量			2030 年节水量			节水后需水量	
	水价与管理	节水器具	小计	水价与管理	节水器具	小计	2010 年	2030 年
北京	0.37	0.70	1.07	0.45	0.94	1.39	11.4	13.7
天津	0.25	0.51	0.76	0.38	0.84	1.22	7.7	11.4
河北	0.36	0.66	1.02	0.71	1.42	2.13	11.1	21.5
山东	0.61	1.22	1.83	1.04	2.30	3.34	18.4	31.4
河南	0.42	0.75	1.17	0.79	1.54	2.33	12.9	24.0
江苏	0.20	0.37	0.57	0.35	0.71	1.06	6.2	10.8
合计	2.21	4.21	6.42	3.72	7.75	11.47	67.6	112.7

5 节水投资与效益

a. 节水投资.城市生活节约用水,在节水水平较低时非工程措施起主导作用.其中制定法规条例和制定用水定额、计划管理具有一定的强制性;加强宣传,使节水深入人心是群众性工作;调整水价是经济促进手段,有利于促进人们节水意识的提高.与工程投资相比,这些措施投资很小.节水投资主要是节水器具、管网改造以及中水设施建设等投资需求.根据估算^①,受

①依据《南水北调工程总体规划》附件 1——南水北调工程节水规划要点的相关估算.

水区 2010 年城镇生活器具型节水量为 4.21 亿 m^3 , 2030 年为 7.75 亿 m^3 . 城镇生活节水器具投资基本上由城镇居民负担, 为了实现其节水效果, 国家也需要在城市供水管网改造及相应设施配套方面投入一定的资金. 预计到 2010 年需累计投资 60 亿元, 2030 年累计投资 120 亿元.

b. 节水效益. 可分为直接效益和间接效益两部分. 直接效益表现为: ①减少了用水量, 从而节省了供水工程的建设投资和运行费用. 受水区城镇生活节水量: 2010 年为 4.21 亿 m^3 , 2030 年为 12.96 亿 m^3 , 单方节水投资不到 10 元. 目前北方城市水源工程单方供水能力投资约 10 元, 自来水厂供水系统单方供水能力投资约 15 元. 显然, 城镇生活单方节水投资远小于供水系统投资, 节水的经济效果明显; ②减少了废污水的排放量, 从而减少了治理废污水的投资及其运行费用. 按照水资源保护及污染水资源处理费计算标准可以测算, 城镇生活每节水 1 m^3 可产生环境保护效益 5.5 ~ 6.5 元. 此外, 城镇生活节水尚具有社会和环境等间接效益. 如节水可以延缓总用水量的增长, 缓解水资源的供求矛盾; 减少污水的排放量, 可改善生态环境; 节水设备、节水工艺和节水技术的发展, 带动了一批相关产业的发展, 将成为经济发展的一个新的增长点.

6 结 语

受水区城市生活用水水平略低于全国平均水平, 节水水平高于全国平均水平.

节水潜力是与用水水平密切联系的, 与用水需求也是不可分割的. 受水区 2010 年和 2030 年城镇生活用水需求量将超过 70 亿 m^3 和 120 亿 m^3 , 其节水潜力约为 6 亿 m^3 和 12 亿 m^3 . 城镇生活节水率(节水量占需求量的比重)预计为 8% ~ 10%.

生活节水具有广泛的社会效益, 巨大的经济效益, 替代工程效益和环境效益. 同时, 节水也需要投资. 随着节水力度的加大, 节水的单位投资会迅速增加.

参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国城市统计年鉴(2000)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001. 293 ~ 297.
- [2] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报(1996—1999)[Z].
- [3] 北京市统计局. 北京统计年鉴(1995)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1996. 198.
- [4] 全国节约用水办公室. 全国节水规划纲要及其研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2003. 21.
- [5] 中华人民共和国建设部. 中国城市节水 2010 年技术进步

发展规划[M]. 上海: 文汇出版社, 1998. 33.

- [6] 全国节约用水办公室. 全国节水规划纲要及其研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2003. 158.

(收稿日期: 2003-05-23 编辑: 傅伟群)

(上接第 4 页)

其生产能力每小时 30 ~ 60 t, 2002 年总产 57.1 万 t. 生产设备先进, 全部生产过程自动化, 生产以“太阳”命名的优质大米, 绝对保证无污染或杂质, 畅销本国, 且出口日本、中东和巴布亚新几内亚等国家. 总之, 澳洲的大米是以“绿色”和优质而取胜, 进占国际市场.

因此, 我国的水稻灌区必须建立水稻良种基地, 实现优质化、规模化生产和产业化经营. 建立具有先进设备的米厂, 创造优质大米品牌, 才能重新占领国际市场.

c. 控制化肥和农药的使用, 提倡施用有机肥. 我国稻田施用化肥量数倍于其他国家, 特别是杀虫剂, 不仅污染水质, 而且影响稻米质量. 澳大利亚对水稻种子有极严格的检疫制度, 所以减少了水稻的病虫草害, 同时提倡水旱轮作(与大豆、玉米、向日葵或牧草), 充分利用作物秸秆. 一般稻田的秸秆量为 10 t/hm², 鼓励农民在适宜的气候条件下进行高效的燃烧, 把对环境的影响减少到最低程度, 如避免浓烟停留在某种高程以下或吹向住宅和道路. 燃烧后大约有 2 t/hm² 残留的烧焦物或未烧尽物质, 并有 5 t/hm² 稻根留在土中, 作为肥料又可改善土壤结构. 燃烧的另一个目的是可以根除稻田中的病虫害反复出现. 因此, 澳大利亚一般在稻田中不施用杀虫剂和除草剂, 特别是在收割期前的 90 天内不施用杀虫剂. 我国农民有施用农家肥料的传统, 政府应该制定政策进行鼓励.

d. 建立小型生活污水处理厂, 利用处理后的污水灌溉水稻. 水稻田可起到二次净化的作用, 然后将余水排入地下或河道中, 达到保护环境和河流水质的目的.

参考文献:

- [1] Kwun Soon-Kuk, Chune Hae, Chung Sang-OK, et al. Rice culture in Asia[A]. Printed by Seorabul Data Co, KNCID, Korea, 2001.
- [2] Shigetaka Taniyama. Sustainable agricultural and rural development through paddy irrigation address global ghallenges[R]. Keynote Address, Seoul, Korea, 2001.
- [3] Xu Zhifang. Water saving irrigation for paddy rice in China[A]. Proceedings of Asian Regional Workshop on Sustainable Development of Irrigation and Drainage for Rice Paddy Fields[C]. Tokyo, Japan, 2000.

(收稿日期: 2002-11-16 编辑: 熊水斌)