

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtk.2015.01.035

天津市行业用水变化与归因分析

尚毅梓, 赵勇, 石红旺, 王丽婷, 王建华

(中国水利水电科学研究院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038)

摘要: 通过分析天津市 2000 年- 2011 年的行业用水变化, 得出如下结论: 农田灌溉、工业用水和居民生活用水所占比例最大, 三者之和约占天津市总用水的 90% 左右; 天津市人均居民生活用水已经很低, 进一步降低人均用水指标可能性很小, 提供更为优质的水服务应该是天津市生态文明建设的主要内容, 包括充足的水量和优良的水质; 产业结构调整、用水效率等都是影响天津工业用水变化的主要因素, 随着工业产业结构的逐步优化, 未来天津市工业用水将随产值规模逐步增加。天津市农业用水主要受到降雨、耕地面积、种植结构等因素影响。近年来农业用水在天津市总用水占比呈降低趋势, 不过随着设施农业发展和菜田种植面积的增加, 农业用水占比可能会有所上升。

关键词: 天津市; 行业用水; 结构调整; 影响因素

中图分类号: TV213.4 文献标志码: A 文章编号: 1672-1683(2015)01-0153-05

Analysis of water use trend and its impact factors in Tianjing

SHANG Yi zi, ZHAO Yong, SHI Hong wang, WANG Li ting, WANG Jian hua

(State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin,
China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: The water uses for all industries from 2000 to 2011 in Tianjin were analyzed in this paper. The results showed that (1) agricultural irrigation use, industrial use, and domestic use account for about 90% of the total water consumption; (2) the domestic water use per capita in Tianjin is very low, and there is little room for saving water by lowering the domestic water use. Providing high standard water services, such as adequate water supply and good water quality, should be the focus of the ecological civilization construction in Tianjin; (3) industrial water use is affected by of the impact factors including industrial restructuring and water use efficiency, and industrial water use increases with the gradual optimization of industrial structures; and (4) agricultural irrigation water use is affected by precipitation, arable area, and planting structure. The percentage of agricultural water use decreases in recent years, but it can increase in the near future with the development of vegetable plantations and greenhouse cropping.

Key words: Tianjin City; water uses; structure adjustment; impact factor

天津市当地水资源匮乏, 2012 年全市常住人口人均水资源量为 112 m³, 是我国人均水资源量最少的城市之一。在资源胁迫下, 天津市大力提高水资源利用效率, 已经是我国水资源利用效率最高的地区, 2011 年万元 GDP 用水量 20 m³, 不到全国平均值 1/6, 万元工业增加值用水量 9 m³, 仅为全国平均值 1/9。尽管开源节流双管齐下, 天津市依然面临供水保证率低、深层地下水超采、水体严重污染、水生态环境脆弱等一系列问题。为缓解天津市经济社会发展与水资源需求矛盾, 合理配置区域内可用水资源, 需要深入分析天津市

用水现状, 准确把握未来用水变化。

目前地区(城市)分类用水及用水规律研究已有较多成果, 这些研究主要集中在用水趋势规律总结和影响因素识别方面。李庆航等^[1]分类研究了 1980 年以来长江流域的行业用水量、行业用水和水平变化, 获取了长江流域供水组成与变化趋势特征。沈杰等^[2]分析了上海市各行业的水资源利用效率变化, 认为上海市工业用水效率会进一步提升, 而生活用水和生态环境用水效率有可能会下降。李保国和黄峰^[3]宏观分析了全国 1998 年- 2007 年 10 间 4 种主

收稿日期: 2014-06-08 网络出版时间: 2014-12-03

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20141203.1347.019.html>

基金项目: 中国水利水电科学研究院科研专项“十二五”重点科研项目(筹集 1221); 水利部公益性行业科研专项(201301005); 国家自然科学基金项目(51109112)

作者简介: 尚毅梓(1983-), 男, 河南清丰人, 高级工程师, 博士, 主要从事水文水资源方面研究。E-mail: shangyz@iw.hr.com

通讯作者: 王建华(1972-), 男, 江西人, 教授级高级工程师, 博士, 主要从事水资源管理方面的研究。E-mail: wjh@iw.hr.com

要粮食作物(水稻、小麦、玉米和大豆)的农业用水、耗水以及水分生产力现状和变化趋势。翟兴涛等^[4]研究了山东省南四湖流域总体用水与三次产业值、降雨、人口、农业灌溉等因素之间的关系。葛学伟等^[5]使用在线监测的居民用水量数据,分析了不同建筑供水系统和运行方式变化对居民住宅用水的影响。张瑞她等^[6]使用 2001 年-2010 年用水量数据,分析了山东省未来用水变化趋势,获取了影响用水变化的关键因素。苏龙强^[7]使用 1999 年-2008 年十年的数据,分析了福建省工业、农业和生活用水结构变化,获取了驱动其用水变化的动力因子。席锐超等^[8]分析了天津市用水,指出人口、工业用水和农业用水是影响天津市用水的 3 个关键因子。

本文参考上述研究方法,以 2011 年为研究水平年,主要使用 2001 年-2011 年天津市供用水数据,分析天津市社会经济结构调整对行业用水的变化,为加强天津市水资源管理,促进水资源可持续利用及“水生态文明城市”建设提供参考。

1 用水总量及变化分析

1.1 天津市用水总量

整理天津市水资源公报 2000 年-2011 年资料,绘制天津市用水总量变化图,见图 1。12 年间,天津市用水总量变化幅度不大,用水最多年份(2007 年)总用水量达 23.377 亿 m³,用水最少年份(2001 年)总用水量为 19.15 亿 m³,两者相差 22.0%;2001 年-2007 年 8 年间用水呈缓慢上升趋势,2008 年以后用水量上下波动但变幅不大。

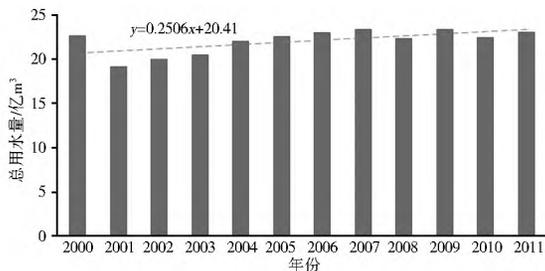


图 1 2000 年-2011 年天津市用水总量变化

Fig. 1 Total water consumption in Tianjin from 2000 to 2011

1.2 天津市用水结构及其变化

天津市总用水量共分为城镇公共用水、生态环境用水、居民生活用水、工业用水、林牧鱼畜用水和农田灌溉用水六部分,根据天津市 2012 年水资源公报可知 2011 年城镇公共用水 1.59 亿 m³、生态环境用水 1.13 亿 m³、居民生活用水 3.57 亿 m³、工业用水 5.01 亿 m³、林牧渔畜用水 0.46 亿 m³、农田灌溉用水 11.34 亿 m³,见图 2。

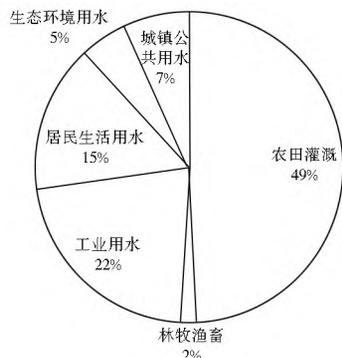


图 2 2011 年天津市分类用水占比

Fig. 2 Water uses for all industries in Tianjin in 2011

由图 2 可见,天津市的水资源主要用于农田灌溉、工业用水和居民生活用水三者之和约占总用水的 90% 左右,尤其以农田灌溉用水量最大,达到将近总用水量的一半,其他方面用水量甚微。绘制 2000 年-2011 年 12 年的分类用水数据折线图,见图 3。

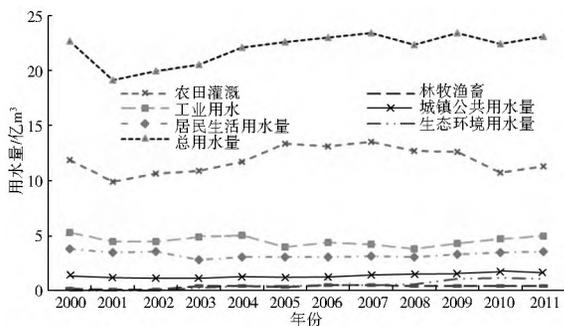


图 3 天津市分类用水变化

Fig. 3 Variations of water uses for all industries in Tianjin

从折线图可以看出,12 年来各大类用水量变化幅度不大,农业灌溉用水量呈现出先增长后降低的趋势,但是农业灌溉用水在总用水中比重一直很大的情况没有改变。

2 生活用水及其变化分析

为分析天津市生活用水变化,绘制出居民生活用水量与常住人口数之间的关系图(图 4)。从《天津市统计年鉴 2012》得到 1997 年-2011 年常住人口数,由《天津市水资源公报》得到天津市 1997 年-2011 年历年生活用水总量。文中所指生活用水为大生活,由城镇公共用水,城镇居民生活用水和农村居民生活用水三部分构成。

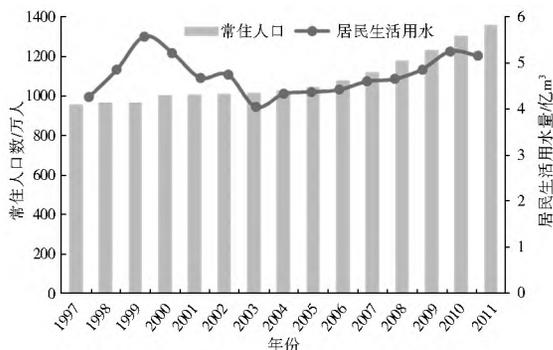


图 4 1997 年-2011 年常住人口与生活用水(大生活)

Fig. 4 Variations of permanent residents and their water uses from 1997 to 2011 (domestic water uses)

由图可见:天津市 15 年来人口数量逐渐增加,由 1997 年的 952.59 亿增加到 2011 年的 1354.58 亿,增长 42.2%,用水大致经历两个阶段:1999 年-2003 年,居民生活用水量先增加后减少;2004 年-2008 年,居民生活用水量持续稳步增加并趋于平稳,人口的快速增加带来生活用水的刚性快速增长,用水量最大值出现在 1999 年用水量为 5.58 亿 m³,最小值出现在 2003 年,用水量为 5.5751 亿 m³。

从 1997 年至 2003 年常住人口稳步增加,而居民生活用水却呈现出先增后减的趋势。居民生活用水的调整,可以归功于天津市的水价改革^[9]。为避免居民生活用水浪费,天津

市从1996年至今先后12次调整居民用水价格,由1997年的0.65元提高到2012年的4.9元,翻了7倍。1996年-2012年天津市水价调整情况见表1和图5。可以认为,水价的提高也进一步促进了市民节水意识的提升,天津市城市生活用水量得到有效的控制。

表1 1996年-2012年天津市水价

Tab. 1 Water prices in Tianjin from 1996 to 2012

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2009	2010	2012
0.65	0.78	0.98	1.4	1.8	2.2	2.6	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9

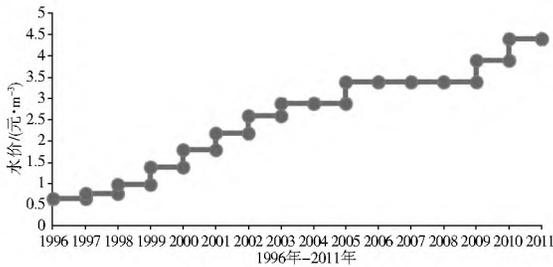


图5 天津市1996年-2011年水价调整

Fig. 5 Variation of water price in Tianjin from 1996 to 2011

将1997年-2011年的常住人口数量和居民用水数据做散点图,进一步分析两者的相关性。绘制出常住人口与居民生活用水(大生活)相关关系图,见图6。

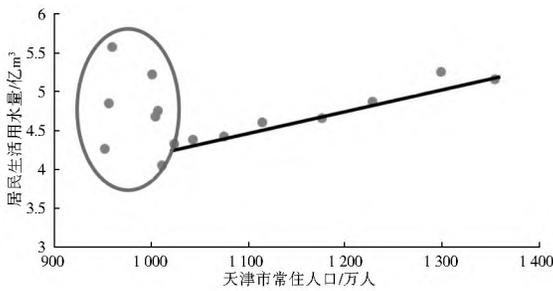


图6 1997年-2011年常住人口与居民生活用水(大生活)相关关系

Fig. 6 Relationship between the population of permanent residents and domestic water use from 1997 to 2011

由图6可以看出:随着人口增加,人口数量与用水量线性关系明显,相关系数高达88%,随人口迅速增长,居民生活用水有小幅增加,用水呈现刚性增长趋势。另外,依据《北京市统计年鉴2009》《上海市市统计年鉴2009》《重庆市市统计年鉴2009》和各市的水资源公报,得到其他三个直辖市2008年的人均城市生活用水量,与天津市进行横向对比(图7),发现:天津市人均城市生活用水量在直辖市中是最低的,可见天津市节水工作取得了国内较高水平,上海市人均城市生活用水量为290 L/d;北京市为211 L/d;重庆市为157 L/d;天津市仅为101 L/d,不足北京和上海的一半。

初期,天津市通过水价改革,促进了水资源优化配置,增强了群众节水意识,提高了水资源利用效率,推动了科学用水和节约用水。不过,随着后期人口进一步增加,居民生活用水总量与常住人口增加呈现线性刚性增长。这种增长是刚性的,通过节水来降低人均用水指标可能性很小,而且随

着生活水平的提升,未来天津市居民生活用水将会继续增加。水资源配置的任务,更多的是侧重于提供更优质的服务,包括充足的水量和优良的水质。

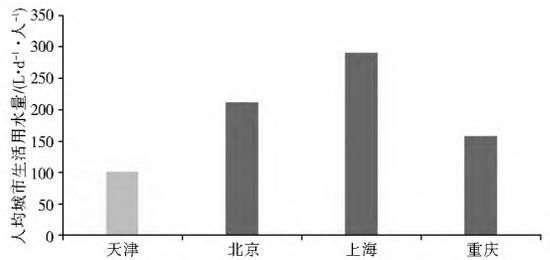


图7 2008年我国各直辖市人均城市生活用水量

Fig. 7 Domestic water uses of centrally administered municipalities in 2008

3 工业用水及其变化分析

3.1 天津工业大事记

自改革开放以来,天津市工业经历了多次大规模大幅度的产业结构调整,图8记录了天津发生的工业大事。1978年,天津市开始实施工业开放带动战略。重点发展机械与汽车,冶金,化工及电子行业,重工业比重超过轻工业。1984年,成立天津市经济技术开发区。1994年,实施“嫁接,改造,调整(嫁、改、调)”,开始了工业结构第一优化调整。2003年,提出了“三步走”和五大举措实施战略东移,开始了新一轮的工业产业结构优化调整,促进形成了合理的产业链和具有明显优势的产业群。

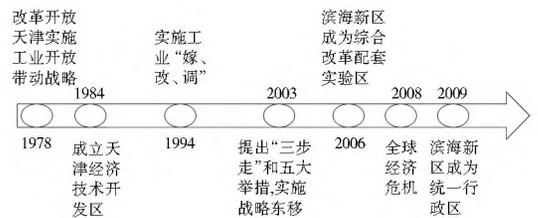


图8 天津市工业大事记

Fig. 8 Chronology of the big events for the industries in Tianjin

通过两轮的“嫁改调”及产业结构优化升级,天津工业结构发生了根本性的变化^[10]。工业用水总量得到控制,节水型高新产业快速发展,高耗水产业得以有效抑制。尤其是,在第二轮的产业结构调整过程中(暨工业布局的战略东移),天津市制定出“发展壮大优势产业,不断改造提升传统产业,严格限制高取水工业,发展优质、低耗、高附加值产品,优化产品结构。”

3.2 工业调整过程分析

从《天津市统计年鉴》得到天津市1978年-2011年三产比例变化数据,绘制出改革开放以来,天津市三产变化比例图(图9)和轻、重工业占比图(图10)。

由图9可以看出,改革开放以来,第一产业(农业)比重明显下降,由1988年的10.1%下降至2011年的1.4%,二(工业+建筑业)、三产业(服务业),尤其是第三产业增长迅速,由1978年的24.3%增加至2011年的46.2%。工业规模占比从1978年到1997年经历了一个明显下降过程,1997年之后2008年,工业规模稳定发展,占比保持稳定。受2008

全球经济危机影响,天津市工业规模没有显著增加,工业占比略有下降。

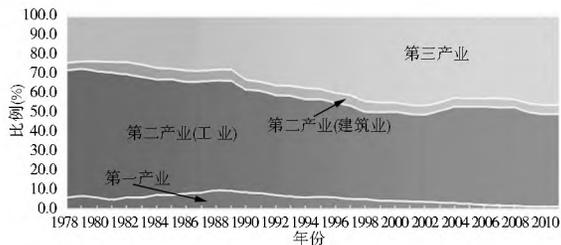


图 9 1978 年-2011 年天津市三产占比变化

Fig. 9 Proportions of tertiary industries in Tianjin from 1978 to 2011

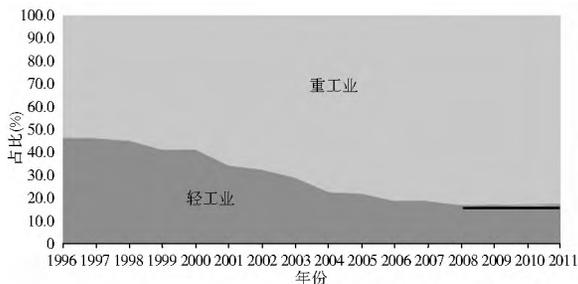


图 10 天津市 1996 年-2011 年的轻重工业所占比例变化

Fig. 10 Proportions of light industries and heavy industries in Tianjin from 1996 to 2011

由图 10 可以看出,轻工业由 1996 年的 46.6% 下降到 2011 年的 17.4%,重工业则由 1996 年的 53.4% 上升到 2011 年的 82.6%,16 年间重工业得到了长足发展所占比重稳步提升,两者的比重在 2008 年后趋于平衡。通过以上分析找到了天津市工业结构变化趋于阶段性稳定的拐点,下面我们将根据政策分析结果对工业结构调整过程中的用水进行分析,找出其用水变化的原因。

3.2 工业调整过程中的用水分析

从《天津市统计年鉴 2012》和《2011 年天津市水资源公报》获取 1997 年-2011 年天津市工业总产值和总用水量,绘制出工业产值、用水对比图(图 11),以直观展示结构调整下天津市工业用水变化。

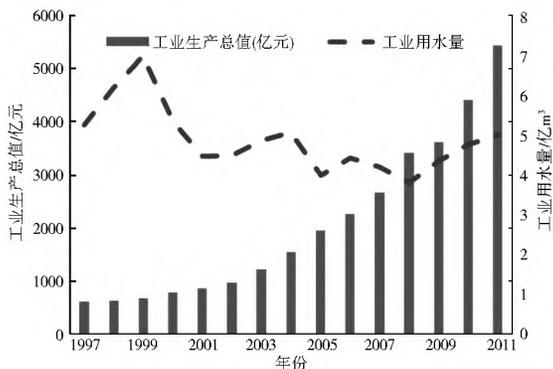


图 11 天津市工业总产值、总用水量对比

Fig. 11 Gross output and water consumption for all industries in Tianjin

如图 11 所示,1997 年-2011 年工业生产总产值在迅速增加,由 1997 年的 2450.21 亿元增长到 2011 年的 21528.34 亿元增长了将近 10 倍。工业用水量则呈现明显的分段特

征,1999 年、2008 年是两个转折点;经历了一个先减少后增加的过程,1999 年-2003 年工业用水快速减少,2008 年-2011 年工业用水量缓步增加。

利用产值和用水的长系列数据绘制散点图,寻求用水和产值之间的关系,相关关系图见图 12。

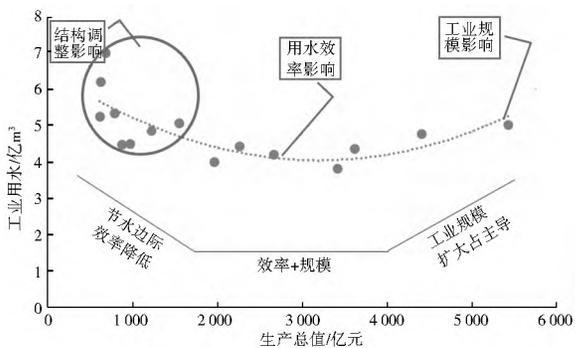


图 12 工业产值与工业用水相关关系

Fig. 12 Relationship between industrial gross output and industrial water consumption

由图 12 可见,整体工业总产值与工业用水线性关系不明显,但按工业总产值的高低分段,可见三个明显的相关阶段,当总产值很低时,总产值与用水量呈负相关,这段时期天津市正在进行工业结构调整;中间阶段,产值一直在升高,而用水量却没有显著变化,这是节水效率提高和产业规模扩大的共同结果;最后阶段两者呈正相关关系,工业产值增加,用水量也在增加,这是因为节水空间已经很小,产业规模扩大导致用水量迅速增加。

4 农业用水及其变化分析

农业用水包括灌溉用水和林牧渔业用水两部分,其中灌溉用水占农业用水的 90% 以上,这部分用水主要受耕地面积、节水灌溉面积、降雨、农业产业结构调整等因素的影响。

4.1 农业用水情况

从《天津市水资源公报》获取农业用水数据,绘制农业用水变化图,见图 13。

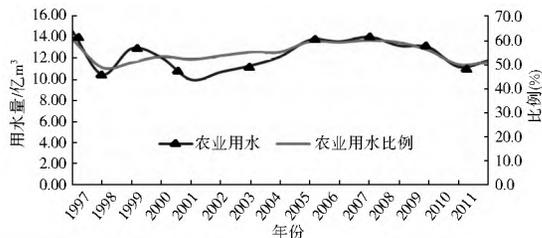


图 13 1997 年-2011 年农业用水情况

Fig. 13 Agriculture water uses from 1997 to 2011

由图 13 看出,1997 年-2011 年,农业用水变化规律呈 3 个阶段变化:(1)1997 年-2000 年,农业用水量呈下降趋势,从 1997 年的 14.63 亿 m^3 下降到 2001 年的 9.97 亿 m^3 ;(2)2001 年-2005 年间,农业用水不断上升,到 2007 年农业用水量达到 14.06 亿 m^3 ;(3)2006 年-2011 年间,农业用水又呈下降趋势,但变化幅度不大,平均用水量为 12.32 亿 m^3 。

1997 年-2011 年天津市农业用水量在全市总用水量

中的比重变化情况分为两个阶段:(1)1998年农业比例比上一年减小11.9%后,至2007年,总体呈上升趋势,其中2005年-2007年连续三年比例近60%;(2)2008年-2011年农业用水比例呈下降的趋势,近两年用水比例在50%左右。

4.2 农业用水影响因素分析

为识别影响天津农业用水的关键影响因素,从历年《天津市水资源公报》和《天津市统计年鉴》获得农田面积、降雨和农业种植结构调整等分析诸要素。首先,利用耕地面积、有效灌溉面积和节水灌溉面积数据,绘制出历年天津各项面积变化情况,见图14。

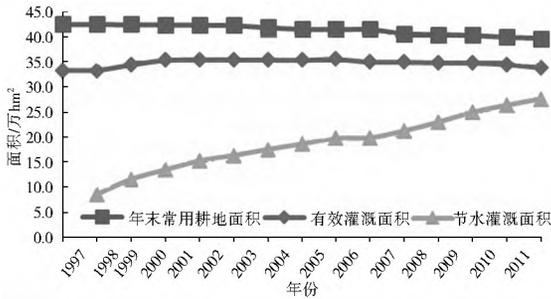


图14 天津市1997年-2011年各项面积情况

Fig. 14 Variations of all irrigation areas in Tianjin from 1997 to 2011

总体看来,天津市常用耕地面积呈逐年减少趋势,有效灌溉面积变化不大,而节水灌溉面积以年均1476万hm²的速度快速增长,到2010年节水灌溉面积占有有效灌溉面积的76%,比重较大。灌溉用水占农业用水份额较大,随着节水灌溉面积及其占有有效灌溉面积比重的逐步增加,使得农业总用水量出现显著减少。天津市的农业用水主要来源于地表水,农业灌溉主要是以供定灌,是缺水型灌溉。因此,降雨量的大小主要对农业用水量有较大的影响。绘制出天津市降雨和农业用水图,见图15。

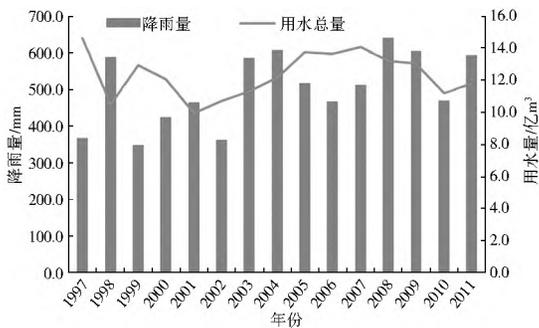


图15 天津市降雨和农业用水量

Fig. 15 Precipitation and agriculture water use in Tianjin

由图15可以看出,天津市农业用水和降雨整体上呈现显著正相关关系。实际上,不仅降雨影响农业灌溉用水,其用水量的变化与种植结构也密切相关。给出天津市水田和菜田的用水,见图16、图17。

菜田用水量主要来源于蔬菜种植,其用水量的主要影响因素为种植面积和栽培技术,未来天津市会进一步发展设施农业,虽然种植面积在未来会趋于稳定的发展,但是用水量会有增加趋势。

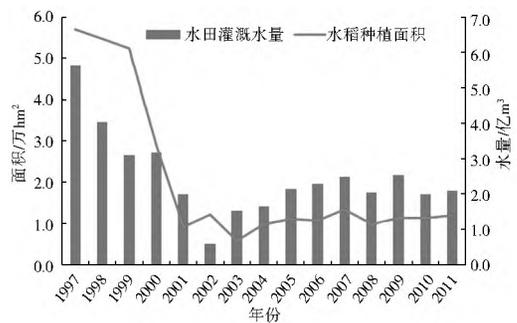


图16 水稻种植面积与水田灌溉水量

Fig. 16 Rice planting area and irrigation water use

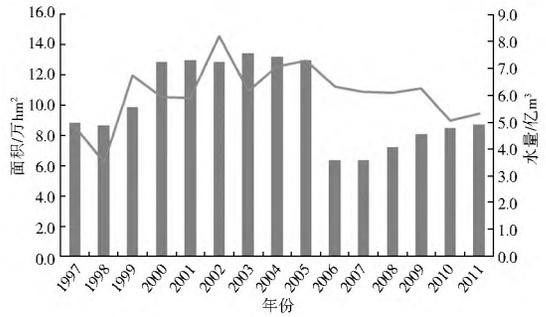


图17 菜田面积与灌溉用水量

Fig. 17 Vegetable area and irrigation water use

5 结论

(1) 2001年以来,天津市总用水呈现缓慢增加趋势。农田灌溉、工业用水和居民生活用水所占比例最大,三者之和约占天津市总用水的90%左右,近年来,农业用水比重在减小,但仍占最大比例。

(2) 人口的快速增加带来生活用水的刚性快速增长。节水器具普及(98%)、节水意识提高、水价提升等有效促进了生活节水,提高了用水效率,人均城市生活用水量全国最低。用水呈现刚性增长趋势,进一步降低人均用水指标可能性很小,而且随着生活水平的提升,提供更优质的服务是生态文明建设的核心内容,包括充足的水量和优良的水质。

(3) 随着工业产业结构调整,工业用水效率不断提升,各行业万元产值快速增加,然后天津市工业总用水量出现先降后升。不过,随着工业产业结构的逐步优化,未来天津市工业用水将随产值规模逐步增加。

(4) 天津市农田灌溉占农业用水95%以上。自1997年以来,农业用水量呈现较大波动变化,近年来农业用水占总用水量比例呈降低趋势。可用耕地的减少,以及节水灌溉面积的增加,都是造成农业用水减少的因素。

参考文献(References):

[1] 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,2012,43(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, 43(2): 12-15. (in Chinese))

(下转第192页)

- application of intechology in distributed hydrological model [J]. *Advances of Earth Science*, 2002, 17(5): 769-775.
- [9] 余新晓, 赵玉涛, 张志强. 基于地形指数的 Topmodel 研究进展与热点跟踪[J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24(4): 117-121. (YU Xin xiao, ZHAO Yu tao, ZHANG Zhi qiang. Progress and focus tracking of Topmodel research based on topographic index[J]. *Beijing Forestry University Journal*, 2002, 24(4): 117-121. (in Chinese))
- [10] 芮孝芳. 利用地形地貌资料确定 Nash 模型参数的研究[J]. *水文*, 1999(3): 6-10. (RUI Xiao fang. Research on using topography data to determine the parameters of Nash model[J]. *Hydrology*, 1999(3): 6-10. (in Chinese))
- [11] 吴现兵, 程伍群, 孟霄, 等. 河北省中小河流防洪现状及减灾对策分析[J]. *南水北调与水利科技*, 2013, 12(6): 35-38. (WU Xian bing, CHENG Wu, MENG Xiao, et al. The current situation of small and medium sized River flood in Hebei province and the Countermeasures of disaster reduction analysis[J]. *South to North Water Diversion and Water Science & Technology*, 2013, 12(6): 35-38. (in Chinese))
- [12] Turcotte R, Fortin J P, Rousseau A N, et al. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network[J]. *J. Hydro.* 2001, 240: 225-242.
- [13] Saghalian B, Yulien P Y, Rajaie H. Runoff hydrograph simulation based on time variable isochron technique[J]. *J. Hydrol.* 2002, 261: 193-203.
- [14] Fortin J P, Turcott R, Massicotte S, et al. A distributed watershed model compatible with remote sensing and GIS data I: Description of model[J]. *J. Hydrologic Eng.*, 2001, 6(2): 94-99.
- [15] Ambrose B, Beven K J, Freer J. Towards a generalization of the TOPMODEL concepts: topographic indices of hydrological similarity[J]. *Water Resour. Res.*, 1996, 32: 2135-2145.
- [16] Beven K, Freer J. A dynamic TOPMODEL [J]. *Hydrol. Process.*, 2001, 15: 1993-2011.

(上接第 157 页)

- [2] 沈杰, 杨大庆, 邱卫国. 上海市水资源利用效率及其驱动因子分析[J]. *人民长江*, 2014, 45(9): 48-50, 54. (SHEN Jie, YANG Da qing, QIU Wei guo. Analysis on water resources utilization efficiency and driving factors of Shanghai City[J]. *Yangtze River*, 2014, 45(9): 48-50, 54. (in Chinese))
- [3] 李保国, 黄峰. 1998 年-2007 年中国农业用水分析[J]. *水科学进展*, 2010, 21(4): 575-583. (LI Bao guo, HUANG Feng. Trends in China's agricultural water use during recent decade using the green and blue water approach[J]. *Advances in Water Sciences*, 2010, 21(4): 575-583. (in Chinese))
- [4] 翟兴涛, 张庆华, 蒋磊, 等. 山东省南四湖流域 2001-2010 年用水趋势与影响因素分析[J]. *水利经济*, 2013, 31(4): 59-61, 72. (ZHAI Xing tao, ZHANG Qing hua, JIANG Li, et al. Trend of water consumption of Nansi Lake Basin in Shandong Province from 2001 to 2010 and its influencing factors[J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2013, 31(4): 59-61, 72. (in Chinese))
- [5] 葛学伟, 刘志强, 刘洪海, 等. 天津地区住宅建筑用水规律的研究[J]. *给水排水*, 2012, 38(9): 149-152. (GE Xue wei, LIU Zhi qiang, LIU Hong hai, et al. Study on the water use of residential building in Tianjin[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2012, 38(9): 149-152. (in Chinese))
- [6] 张瑞她, 张庆华, 蒋磊, 等. 山东省 2001 年-2010 年用水趋势与影响因素分析[J]. *南水北调与水利科技*, 2014, 12(2): 37-40. (ZHANG Rui ta, ZHANG Qing hua, JIANG Lei, et al. Analysis of water consumption trend and its impact factors from 2001 to 2010 in Shandong Province[J]. *South to North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2014, 12(2): 37-40. (in Chinese))
- [7] 苏龙强. 福建省近 10 年用水结构变化及驱动力分析[J]. 2010, 21(1): 104-104. (SU Long qiang. Analysis of water consumed structure change and its driving forces last 10 years in Fujian Province[J]. 2010, 21(1): 104-104. (in Chinese))
- [8] 席锐超, 李继清, 王勇. 天津市水资源承载力的变化及驱动力研究[J]. *水力发电*, 2011, 37(10): 22-24, 27. (XI Rui chao, LI Ji qing, WANG Yong. Carrying Capacity Change and Driving Forces Analysis for Water Resources in Tianjin [J]. *Water Power*, 2011, 37(10): 22-24, 27. (in Chinese))
- [9] 刘伟忠. 天津市水价改革探讨[J]. *水利经济*, 2010, 28(3): 36-38, 76. (LIU Wei zhong. Reform of water price in Tianjin City [J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2010, 28(3): 36-38, 76. (in Chinese))
- [10] 宋君, 李克勋, 穆东雪, 等. 天津市工业用水现状及节水分析[J]. *水资源与水工程学报*, 2010, 21(3): 148-151. (SONG Jun, LI Ke xun, MU Dong xue, et al. Analysis on present condition of industrial water consumption and water saving in Tianjin[J]. *Journal of Water Resources & Water Engineering*, 2010, 21(3): 148-151. (in Chinese))