

文章编号: 1003 - 7578(2009)01 - 117 - 08

水资源硬约束下的武威城市化过程与节水型城市建设

蔺雪芹^{1,2}, 方创琳¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

提 要:以历史资料和 1985 - 2005 年武威市统计数据为基础, 从水资源总量变化、河道迁徙、空间分布、用水结构、水价等方面探讨了水资源对武威城市形成发展的作用机制, 分析了武威市水资源和城市化的相互作用关系。研究表明: 武威市城镇形成发展与城市化进程受水资源影响明显。1985 - 2005 年武威市用水总量和城市化水平、经济发展之间的关系表现为从相互拮据到逐渐适应的磨合过程; 用水总量与城市用地扩张关系复杂, 但用地规模的扩张带来了一定的用水量减少; 农业用水效益与农业在 GDP 中所占的比重呈线性负相关关系, 工业用水效益与工业在 GDP 中的比重呈线性正相关关系。今后随着武威市城市化进程的加快, 水资源对城市发展的制约作用将越加明显, 通过优化用水结构、促进生产、生活节水、提高公众节水意识、加强水价调控等途径建设节水型城市是缓解武威城市发展水资源压力的重要途径。

关键词:城市化; 水资源硬约束; 节水型城市; 武威市

中图分类号: TV213

文献标识码: A

自然资源是城市发展的基础, 尤其是水资源对城市的发展具有一系列复杂、深远的影响。随着城市化进程的推进, 水资源短缺问题在全球日益凸现, 学术界对城市化进程中的水资源问题做了许多有益的探索和研究。国外学者对这方面的研究起步较早且研究的领域较为广泛, 就水资源对城市化进程、城市布局、社会经济发展的影响机制^[1,2], 城市化对水资源环境质量的影响^[3], 城市化中的水资源管理问题^[4-5], 城市节水发展策略^[6]等作了深入的研究和探讨。由于我国近一半的城市属于水资源短缺城市, 所以国内学者对水资源对城市发展的影响非常关注, 其中尤以我国西北干旱区水资源与城市发展问题研究居多, 在水资源与城市空间扩张、人口集聚、经济增长相互作用研究^[7-9]、城市化进程中的水资源承载力研究^[10]、水资源与城镇空间组织的关系研究^[11]、水资源约束下城市发展策略研究^[12-13]等方面取得了较为显著的成就, 为今后研究的继续深入奠定了坚实的理论和实证基础。综合而言, 国内针对水资源与城市化关系这一命题开辟了多样化的研究领域和视角, 但就水资源对城市化大时空尺度影响机制的揭示仍较模糊。本文针对这一薄弱环节, 以我国西北干旱区典型绿洲城市甘肃省武威市为例, 从水资源的硬约束入手, 利用历史资料和统计数据进行定性和定量研究, 分析水资源对城市形成发展过程的影响机制, 探讨水资源利用与城市化之间的动态关系, 并在此基础上, 提出未来建设节水型城市的思路。

武威市位于甘肃省西部, 河西走廊东段, 南靠祁连山, 北接腾格里沙漠, 现辖凉州区、民勤、古浪、天祝一区三县, 土地面积 $3.32 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省总面积的 7.4%, 是河西走廊三大内陆河之一的石羊河主要流经的城市, 以农副产品加工为主的食品工业发展迅速, 是西部大开发的关键地区。据统计武威市多年平均可利用水资源总量为 $14.94 \times 10^8 \text{ m}^3$, 而 2005 年武威市实际用水量 $20.55 \times 10^8 \text{ m}^3$, 与可供水量相比缺口 $5.61 \times 10^8 \text{ m}^3$, 水资源开发利用率达 140%, 远远超过国际公认的 40% 的水资源利用警戒线^[14], 水资源形

* 收稿日期: 2007 - 11 - 19。

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目 (KZCX2 - YW - 307 - 02), 国家 "十一五" 科技支撑计划重大项目 (2006BAJ05A06) 资助。

作者简介: 蔺雪芹 (1980 -), 女, 甘肃省武威市人, 博士, 主要从事区域与城市可持续发展研究。 E - mail: linxq_06b@igsrr.ac.cn

势严峻。随着西部大开发和城镇化战略的实施,河西走廊的城市化进程必然加快^[13]。快速城镇化进程中水资源的硬约束作用将会越来越大^[15]。因此,分析水资源对武威市城市化进程的影响机制,探讨城市化与水资源之间的关系,对于改善河西走廊区域生态环境,推进武威市城市化和工业化的健康发展具有重要的理论和现实意义。本文统计数据主要来源于 1985 - 2005 年武威市统计年鉴和水利年报。

1 水资源是武威城市兴衰与城镇变迁的关键限制因素

从根本上看,武威市城市发展的过程即不断与水资源和自然生态环境协调的过程,从本质上看,则是干旱区城市及人类社会在多重时空尺度上与自然环境变迁的多维度耦合作用,在较长的耦合作用下,以水为主的自然因素以其特有的方式,影响着城市发展的时空秩序,与城市的发展呈现出一种唇齿相依的复杂关系(图 1)。

1.1 水资源总量的变化与城镇人口规模、农业经济的兴衰休戚相关

在时间维度上,从汉朝至明清,武威灌溉农业、绿洲人口和城镇规模的更迭变化都随着境内石羊河及其各支流水量的变化不断地变化。第四纪发源于祁连山东段的石羊河的形成成为武威盆地和民勤盆地城镇的发展提供了良好的水文条件。伴随石羊河流域水量的丰欠,加上政治、战事、社会变迁、丝绸之路等因素影响,武威城镇随之兴衰。汉朝至唐朝,境内石羊河流域水系交错,祁连山冰雪融水带给石羊河充足的水源,这期间,在武威盆地、民勤盆地形成了姑臧、武威、武安郡、宣武、休屠、鸾鸟、扑怀、苍松等一批主要的城镇。西汉太始 2 年,武威郡人口 7.6×10^4 人,至唐天宝元年,人口达到 12.82×10^4 人,比西汉人口增加一倍左右。至唐后期,流域内大部分河流从长流水变为季节性河流,区域内水资源量骤减,人类的农业活动受到限制,随着一些河流湖泊的干涸,汉代以来形成的武安、宣武、休屠等逐渐荒废^[16]。到明清时期,随着明初政府开荒屯田兴修水利,武威农业发展达到顶峰,水源丰富、水量充足的武威、永昌、民勤一带人类活动频繁,集聚了大量的人口,城镇密集,街市繁荣,到了清末,由于昌宁湖、腰井子湖、马莲井湖、马营湖等的干涸,加之荒灾、战事等因素,境内各城镇人口趋减,经济渐不如前。

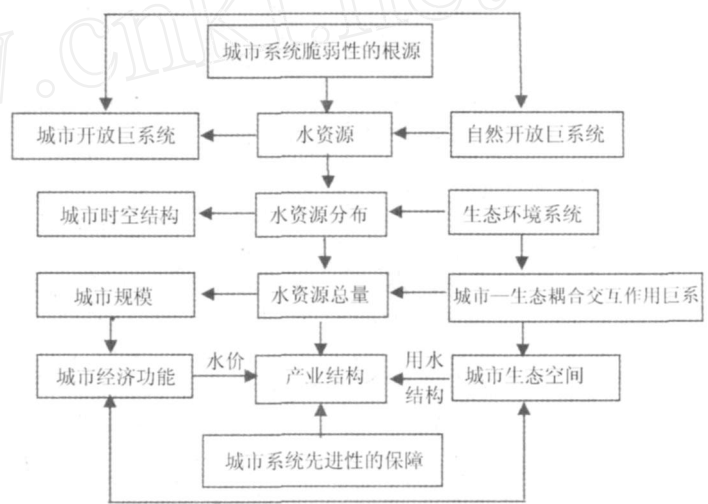


图 1 水资源与城市化相互作用机制

Fig 1 Reciprocity mechanism of urbanization and water resources

水资源的空间变化也引起了武威境内石羊河流域上下游人口多寡、城镇疏密、规模大小的地域差异(图 2)。处于上游的武威盆地占地利之优势,石羊河及各支流的大部分水量在这里被开发利用,成为区域内人口密集、农业发达、城镇广布的地带,而处于下游的民勤盆地,就只能以石羊河和金川河上游的来水量和终端湖的大小来定其发展。民勤绿洲始于汉代,繁荣于魏晋,鼎盛于近代,萧条于现代,从一个“土沃泽饶、可耕可渔”的湿生环境演变为“十地九沙、非灌不殖”的漫长的发展历史^[17],同上游人类活动的日益频繁和对水资源的过度索取引起的沙漠化和自然环境的变化有着密切的联系。

1.2 河流迁徙导致旧城镇的消亡和新城镇的形成发展

受干旱的气候条件和生产力的影响,绿洲城市一般都分布在河流冲刷形成的三角洲平原或冲积平原上。这些地方一般来说地势平坦、土壤肥沃、取水较易、农业发达、交通便利^[18],具备城镇发展的良好条件。一旦河流改道迁徙,那么依河流而兴的绿洲城市就会失去继续发展的稳定水源保障,绿洲生态大环境逐渐凋敝,生产活动逐渐萎缩,生命无法维持,城市逐步衰败,最终走向消亡。武威市城镇的消亡兴起无一例外也受到这一客观规律的作用。在漫长的历史演变过程中,武威绿洲和民勤绿洲的河道、湖泊有由西向东逐渐迁移的事实,伴随着水系的变化,武威城镇的位置也随之变化(图 1)。据统计,武威现存的 19 处古文化遗址中,由于水系向东演变、河流改道、干旱缺水、土地沙化而引起的文明没落有 8 处,占 42.1%。可

考的 16 处古郡址、古县址及都尉所均是沿着大西河、东大河、石羊河、大靖河、古浪河等河流的两岸或者上下游布局^[19]。如民勤,随着大西河河道和自然绿洲自西向东迁移,依古河道发展起来的三角城等早期居民点逐渐衰败,新的聚落在新的大西河河道两旁形成,城镇逐步形成并发展。

可见,水孕育了武威的文化,决定了武威古城的分布并维系着武威城镇的发展。水系变迁是影响武威城市变迁的重要的自然生长力,它破坏了城市发展的生态秩序,并使得城市在水资源演化过程中寻求最优分布,以获取最大的发展空间和发展动力。

1.3 水资源空间分布是武威城镇体系形成的自然基础,并进一步制约着当代武威城镇体系的优化

受到干旱地表结构的影响,城镇发展的“唯水性”使水源丰富成为城市形成发展的首要条件。受到水资源等自然条件的深刻影响,主要城镇武威、天祝、古浪、民勤等均沿杂木河、金强河、古浪河、石羊河等主要的河道布局,同时由于水资源的有限性和空间分布的不平衡性,武威境内石羊河流域各绿洲的分布较为分散,且规模不大,彼此相隔甚远^[18],相应的城镇体系表现出如下特征: 1) 城镇拓展空间有限,城镇规模小、密度低,等级结构不完善。2005 年武威市除 3 县 1 区外,共有乡镇 93 个,形成了中心城区—中心镇—重点镇—一般乡镇的城镇体系框架。除中心城区外,人口在 6 - 8 万的县城和中心镇有天祝、古浪、民勤和黄羊三县一镇,人口在 2 - 6 万之间的重点镇 25 个,人口在 2 万人以下的一般镇有 67 个,城镇体系首位城市不明显,等级规模偏小,同级城市规模相差不大,处于无序的低级均衡阶段; 2) 城镇密度低,空间分布不均衡。2005 年,武威市城镇密度 29 个/万 km²,其中凉州区 72 个/万 km²,民勤县 11 个/万 km²,古浪县 37 个/万 km²,天祝县 26 个/万 km²,城市数量偏少,且主要密集在水源丰富的地区; 3) 城镇发展环境封闭,产业同构,专门化程度低。由于在各自绿洲内相对封闭,自成体系,相互之间经济联系不多,致使散布在绿洲内的城镇其基本职能都停留在低水平的地方性集镇上,各级城镇产业结构雷同,大多数为所在地区的商业贸易、农产品加工服务中心,且专门化程度很低,城镇职能分工不明显; 4) 城镇体系呈大范围稀疏区包围的小尺度斑状稠密区,且稠密之间缺少过渡,表现为明显的组团结构特征: 依托于武威绿洲、民勤绿洲和金强河的武威片区、民勤片区和天祝片区。空间相互作用上因被大面积的戈壁分割形成不连续地域,加之市场发育程度低、各城镇间竖向行政联系多、横向经济联系少,所以在同一团块内城镇间相互作用较强,而不同的城镇团块间相互作用较弱^[20]; 5) 城镇之间空间间隔远,各城镇发展相对独立,规模效应和集聚效应难以形成和发挥,城镇之间联动发展的良性网络体系难以形成。随着今后城镇化步伐的加快,人口将进一步向城镇集聚,由水资源主导的这种“斑状绿洲 + 大片荒漠”的地理条件将势必影响武威市城镇体系规模、等级、空间结构的优化。

1.4 用水结构影响了产业发展格局,限制了实现城市资本积累的产业优化升级



图 2 武威各代古城遗址变迁分布

Fig 2 Distribution and vicissitude of archaic town in Wuwei City

不同的产业部门和生活方式对水资源的消耗是不同的,绿洲城镇水资源的行业分配利用格局很大程度上限制了产业结构的优化。从武威市 1985 - 2005 年的用水结构和产业结构分析,近 21 年来武威市年均农业用水占总用水量的 89.24%,多年变化幅度很小,但其 GDP 所占比重却在持续下降,由 1985 年的 53.81% 下降至 2005 年的 27.37%。21 年年均工业用水占总用水比重 1.08%,经历了 1985 - 1987 年平稳上升,1987 - 1992 年持续下降,1992 - 1998 波动平缓,1998 - 2005 快速增长 4 个变化阶段,同时第二产业在 GDP 中所占比重,多年一直保持上升趋势,由 1985 年的 22.7% 上升至 2005 年的 32.1%。这是由于: 1) 高耗水的种植业为主的灌溉农业一直是武威经济发展的基础。但因其发展缓慢,水平落后,经营粗放,生产中用水量且用水效率低下,束缚了水资源要素向其他经济领域的流动。2) 武威市的优势主导产业如酿造、食品、化工、建材等大都为耗水高污染大的企业,受到市场水平、技术条件、经济发展的影响,生产设备陈旧、技术落后,用水效率提高缓慢,同时受到农业“大用水”的制约,水资源投入有限,规模化发展受限制。由此说明,武威水资源的消耗途径间接反映了武威市产业结构和产业落后的落后性,水资源的消耗模式与经济格局相互制约,影响了经济的积累,致使地方财政收入和支出能力有限、招商引资基础薄弱,产业优化升级受到限制。

1.5 水价过低制约水资源的合理配置,束缚城市经济功能的优化

从资源经济学角度来看,价格调节是环境资源供需矛盾,促进供需平衡的重要途径。水资源价格的高低决定着水资源利用的程度、分配及其效益^[21],决定着城市经济功能的优化。武威市近 10 年各行业水价标准如下:农业灌溉水价 0.07 - 0.08 元 / m³,工业用水 1.1 - 1.35 元 / m³,工业污水处理费 0.1 - 0.4 元 / m³,城市生活用水 0.85 - 1.25 元 / m³,城市生活污水处理费 0.1 - 0.3 元 / m³。其中地表水水价一直未开征,农业灌溉用水为供水原价。在严重缺水的现实条件下,这种过低的水资源价格首先无法补偿水利部门最低的成本费用,难以为继水利工程的正常运转和稳定发展,造成了水资源供应环节水量的工程浪费严重;其次无法反映水资源的市場价值,不能全面反映水资源的紧缺程度和现实的供求关系,造成了水资源的过度消耗;最后,水价结构单一,使水利部门受需水市场影响大,经营风险大,同时难以对高耗水用户进行经济限制以促使其节约用水。这种水价偏低的现实使得市场无法通过水价这个经济杠杆引导农业进行节水高效生产、无法激励企业采取措施减少用水量、提高用水效率,无法淘汰技术落后、资源损耗大和高污染的企业。水价形成的这种不合理机制加剧了武威水资源的严峻形势,城市各方经济利益失调,城市可持续发展能力受到束缚。

2 武威市水资源与城市化增长关系分析

2.1 用水总量与城市化水平的关系分析

2.1.1 用水总量和城市化水平的关系分析

2005 年武威市总人口 194.24 × 10⁴ 人,比 1985 年的 154.5 × 10⁴ 人增长了 39.74 × 10⁴ 人,年均增长 1.15%,城市化水平(以非农人口计)为 15.56%,比 1985 年的城市化水平 10.21% 增长了 5.35 个百分点,年均增长 0.27 个百分点。随着人口的不断增长和城市化进程的不断推进,武威市总用水量由 1985 年的 15.98 × 10⁸ t 增加到了 2005 年的 20.56 × 10⁸ t,年均增长速度为 1.27%。

从用水总量和城市化水平的散点图来看(图 3),用水总量的变化与城市化水平之间的关系比较复杂,但随着时间推移和城市化水平的提高,用水总量由大幅度波动增长逐步趋于平稳,表现为相互抗拮到逐渐适应的磨合过程。1995 年之前,随着城市化水平的提高,用水总量变化幅度大且耗水量高,说明这一时期城市化水平的快速增长是以用水总量的大幅度增长为代价的;1995 - 2005 年,用水总量变化趋于平稳,说明这一时期城市化水平的快速增长是在提高用水效益的基础上进行的。这一时期用水总量与城市化水平表现出一定的规律性,进行回归分析后,得出两者的关系模型如下:

$$y = -0.4243x + 27.07 \quad R^2 = 0.8852$$

式中: y 为用水总量, x 为城市化水平。公式表明在水资源严重短缺的情况下,随着城市化水平的提高,武威市粗放式的水资源利用方式逐步得到了改变,用水总量逐步得到减少和控制,用水需求通过对用水模式、用水效率的适应性调整来得到满足。

2.1.2 用水总量和经济发展的关系分析

用人均 GDP 代表经济发展的水平分析武威市总用水量与经济发展之间的关系。2005 年武威市人均

GDP达到 7300元,比 1985年的 367. 67增长了 6932. 33元,年均增长 15. 3%。

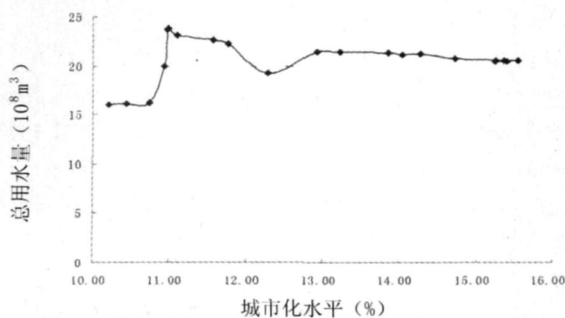


图 3 武威市历年城市化水平与用水总量的关系

Fig 3 The relationship between urbanization and total water utilization in Wuwei City

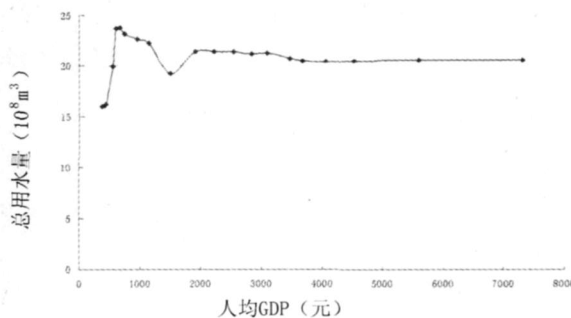


图 4 武威市历年人均 GDP与用水总量的关系

Fig 4 The relationship between GDP per capital and total water utilization in Wuwei City

从人均 GDP和用水总量的散点图来看(图 4),用水总量随人均 GDP增加的变化表现出随城市化水平变化的相似性,呈相互抗拮到逐渐适应的磨合过程。1995年之前,用水总量的大幅度变化波动说明这一时期人均 GDP的快速增高是以用水总量大幅增长支撑的,1995 - 2005年,随着用水效益的不断提高,用水总量得到控制,增长趋于平缓。这一时期用水总量和人均 GDP之间表现出一定的规律性,可以求出他们之间的关系模型如下:

$$y = 29.382x^{-0.0418} \quad R^2 = 0.6946$$

式中: y为年用水总量, x为经济发展水平。符合宋建军等证实的城市年用水总量和经济发展水平之间的幂函数关系^[22]。说明 1995年以后,武威市用水总量与经济发展表现出较强的相关性。

2. 1. 3 用水总量和用地扩张的关系分析

用城市建成区面积的变化来反映城市的空间扩张过程。1985年,武威市建成区面积 7. 7km²,至 2005年城市建成区面积达到 25. 6km²,年均增长 0. 85 km²。从 1985 - 2005年武威市建成区面积和用水总量二者的关系折线散点图(图 5)可以看出,随着城市建成区的不断扩张,城市用水总量总体上呈下降趋势。但这种下降不是线性的,二者之间存在着错综复杂的关系。说明城市用地的扩张对武威水资源的开发利用总量直接影响微弱,但是这种影响总体又向着水资源节约利用的方向发展,即规模的扩张带来了一定的水资源利用总量的减少。

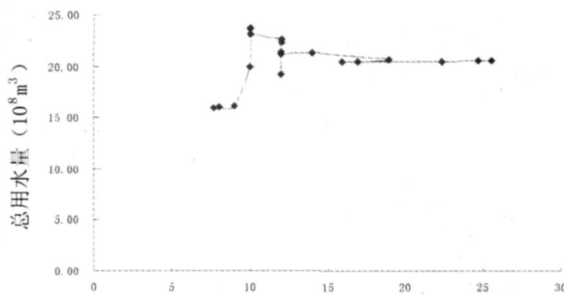


图 5 历年城市建成区面积与用水总量的关系

Fig 5 The relationship between urban built - up area and total water utilization in Wuwei City

2. 2 用水效益与工业化水平的关系分析

2. 2. 1 单方水 GDP,工农业用水效益对比分析

2005年武威市单方水 GDP为 6. 902元,比 1985年的 0. 355元增加了 19倍,年均增长 15. 2%;农业用水效益为 2. 176元 /m³,比 1985年的 0. 215元 /m³增加了 10倍,年均增长 11. 7%;工业用水效益为 130. 191元 /m³,比 1985年的 6. 374元 /m³增加了 20倍,年均增长 15. 4%。从图 6可以看出: 1) 1985 - 2005年武威市单方水 GDP、农业用水效益、工业用水效益都呈线性增长趋势; 2) 工业用水效益最大,且增长率最大,远远高于单方水 GDP产值和农业用水效益;农业用水效益最小,且增长率最小。可以说明:农业是水资源浪费最为严重,用水效益最低的部门,且随着时间的推移,传统的粗放式资源利用发展模式没有得到根本的改变;工业

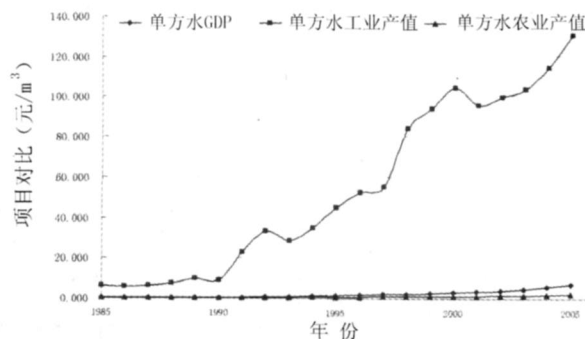


图 6 武威市历年单方水 GDP,工业用水效益、农业用水效益对比

Fig 6 Change of GDP per sterer water, water usage in agriculture and industry in Wuwei City

是用水效益最高的部门,并且随着工业化和城市化进程的推进用水效益迅速提高;单方水 GDP 产值的增加主要依靠工业用水效益的提高来拉动,同时受到农业用水效益过低的影响,多年增长率偏低。

2.2.2 工农业用水效益与在 GDP 中所占比重的关系分析

工业化是农业部门占主导地位向工业部门占主导地位的转变,是第二产业所创造的国民收入在国民收入中比重不断提高的过程。为了揭示用水效益和工业化水平之间相关关系的大小,采用武威市 1985 - 2005 年工农业用水效益和 GDP 中工农业产值比重的数据进行分析,发现两者之间均呈线性关系:

农业用水效益与农业增加值在 GDP 中所占的比重呈线性负相关关系,其关系模型为:

$$y = -0.0593x + 3.2579 \quad R^2 = 0.6773$$

式中: y 为单方水农业增加值, x 为农业在 GDP 中的比重

工业用水效益与工业增加值在 GDP 中所占的比重呈线性正相关关系,其关系模型为:

$$y = 10.22x - 209.39 \quad R^2 = 0.7296$$

式中: y 为单方水工业增加值, x 为工业在 GDP 中的比重。

可以看出:随着农业在 GDP 中比重不断下降,单方农业用水效益不断提高;随着工业在 GDP 中比重不断上升,单方工业用水效益不断提高。说明工业化的进程促进了用水效益的提高。

3 未来建设节水型城市的设想

3.1 未来 30 年武威缺水状况及需水量

根据灰色系统和系统动力学模型预测,并结合武威市的用水潜力和取水条件,武威市未来 30 年总可利用水资源量、总供水量和总用水量基本保持不变,到 2030 年,武威可利用水资源量仍然为 $14.94 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。在总水资源量、总供水量基本保持不变,跨区调水 $9.99 \times 10^8 \text{ m}^3$,确保经济增长 7%,农业用水按照 1.02% 的速度退水 $4.07 \times 10^8 \text{ m}^3$,生态用水比例不低于 12% 等条件的限制下,2030 年武威市城市化水平将达到 22.82%,用水总量将达到 $20.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[23]。1985 - 2005 年武威市城市化水平每提高 1%,城市用水量增加 $0.06 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。今后 25 年,城市化水平每提高 1%,需要的城市用水量将提高 $0.24 \times 10^8 \text{ m}^3$,比过去增加 $0.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。可见,今后城市化水平每提高 1% 需要的城市用水量将明显增大,城市化和水资源的交互制约作用越明显^[23]。

3.2 水资源进一步短缺情况下建设节水型城市的思路

3.2.1 提高生态用水量,改善城市生态支撑系统

绿洲生态保障系统是绿洲生态安全的基本保障,也是绿洲得以存在的基础。由于诸多的原因,武威市生态用水一直未得到保障。首先,天然水量少,远不能满足保证生态系统安全的需要;其次,地下水连年超采,水位持续下降,远远超过众多植被根系能达到的最大深度,许多生态植被迅速退化死亡;第三生产、生活用水大量挤占生态用水。2005 年,武威市生态用水量 $1.80 \times 10^8 \text{ m}^3$,仅占总用水量的 8.78%,远小于生态需水量,不能起到保育植物、水土涵养的作用,生态系统安全压力大,其后果就是导致脆弱的生态环境与城市发展之间的交互作用更加剧烈。提高生态用水量是改善城市生存发展生态支撑系统、促进快速城镇化的必然需要。因此,必须要退生产用水进生态用水,提高生态用水量,完善水利工程设施,加大节水技术的使用推广,建立高效的生态水利用体系,满足“南护水源、中保绿洲、北防风沙”的生态需求,使祁连山涵养林草面积趋于稳定,地表水来水得到永续、稳定供给,绿洲和荒漠植被衰退趋势得到有效遏止,构建林、灌、草构成的绿色生态屏障,绿洲生态系统结构稳定,功能增强。2015 年城市生态用水达到 $1.92 \times 10^8 \text{ m}^3$,2015 年达到 $2.11 \times 10^8 \text{ m}^3$,2030 年达到 $2.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3.2.2 以技术改进促生产节水,以产业调整促用水优化

“退一进二”是实现武威产业用水结构优化的重要途径。“退一进二”的城市产业用水转换模式要求根据实际可能性适度降低第一产业用水,并将降低的农业产业用水转换到工业等第二产业中去^[13],这种模式将使产业用水结构不断趋于合理,并从水资源方面确保同步加快工业化和城市化进程^[24]。

首先要技术促节水。加快推进农业灌溉节水,加强各灌区输配水系统设施更新改造,以地下水采补平衡为原则,加快管灌、喷灌、微灌等节水技术的推广和应用,降低灌溉定额,提高灌溉水利用系数,推广农业节水保墒技术,降低田间水分消耗;积极引进国内外先进生产工艺、技术和设备,改造提升传统的酿造、造纸、麻纺、味精生产、酿造等行业,降低单位产品的耗水量,提高生产用水的循环率和污水处理率。其次要

调整促优化,加快种植结构的调整 and 产业结构的调整。调整农作物种植结构,缩减农田灌溉面积,弱化石羊河流域商品粮生产基地功能,减少粮食等高耗水作物种植,发展具有较高经济效益的以玉米、蔬菜、瓜果、花卉、葡萄等为主的种植业、草产业、沙产业等特色优势产业;积极培育新的低耗水或无耗水工业化推进“支点”,工业发展“就轻避重”,限制高耗水、高污染工业项目上马。同时在第三产业中培育新的经济增长点,大力发展旅游业和商贸业,实现水资源的节约发展和安全发展,构建高经济效益、高水资源利用效率、低污染的新型工业化先进生产力^[25]。

3.2.3 提高公众节水意识,积极开展生活节水

目前武威农村基本上没有给排水设施,农民的生活用水基本就是纯耗水量,完全没有净化处理二次利用的条件,并且加上自然环境、用水习惯的影响,耗水量偏高。要把农村生活中可节约水资源消耗降低并保证更广范围的供水能力,要在有条件的地方尽可能的发展集中连片供水工程,在居住分散、交通不便的山庄则要采用分片建池、提引并重的方式解决。城市生活用水主要消耗在居民住宅用水和公共设施取水两项上,由于公众节水意识淡薄,用水浪费严重,城镇管网漏损问题凸现,跑、冒、滴、漏等现象常年存在,供水系统损水量大。面对到 2030 年生活用水增加至 $1.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的压力,首先要把生活节水提高到战略地位,将其纳入城市总体规划中,制订用水定额、水价政策、计量收费、用水浪费处罚等相关政策法规,加强节水的法制管理,其次要加强技术节水,积极推广节水器具的使用,改造和更新现有供水设备,并提高生活中水回用率。同时要积极通过政府推动和媒体宣传,广泛开展节水型社会的宣传教育,增强公众的水资源忧患意识和节水意识,调动公众参与的积极性;建立公众参与的激励机制,使他们能够参与到节水型社会建设的决策过程,认识到节水与他们的切身利益密切相关。

3.2.4 加强水价调控,实现水资源的市场优化配置

从发达国家实行的水价制度和已有研究表明,水价对工农业生产用水、规模、结构、工艺都有很明显的影 响作用。当水价上涨时,工业单位耗水量下降、用水流程改进、生产工艺更新以使用水成本减至最小;农民也会选择种植耗水量少、高附加值的作物,并普及节水灌溉。所以水价在缓和水资源供需矛盾、增强全民节水意识方面的积极作用不可忽视。

首先要依水情科学制订水价,根据市域、流域水资源的价值、需求规模等制定合理的供水价格。加大水资源费的征收力度,开征地表水水价;提高城区内公共供水管网覆盖范围内取用地下水的水资源费;按照合理补偿成本,适当赢利原则,提高工程水价、输水、配水和污水处理等费用;其次要建立和完善水价体系。合理核定流域内不同行业的水价,建立工业用水、农业用水、生活用水等组成的多层次的供水价格体系;引入科学合理的计价办法。在水利工程供水中引入超定额累进加价和节约用水累进减价制度,农业用水采用总量控制和定额管理相结合的制度,并逐渐引入累进制水价、季节水价等,生活用水采用超定额加价制度,生产用水根据市场物价核定,实行市场定价,并对农业用水进行适当的交叉补贴;最后要采用灵活的定价机制。实行供水企业经营管理机制的根本转换,以政府为主导,市场化运作,鼓励和吸引投资者对新的水利工程投资,以企业之间的利益竞争带动水价的 market 化和合理化;对生产经营性需水、跨流域、跨区域调水工程的供水价格实行以市场为主导的定价办法,形成国家宏观调控、公司市场运作、用户参与的水资源市场定价机制。

4 结论

(1)武威市城镇形成发展与城市化进程受水资源影响明显。水资源总量的变化与城镇规模变化密切相关;河道迁徙影响城镇的兴衰消亡;水资源空间分布制约城镇体系空间格局优化;用水结构限制城市产业结构的优化升级;水价过低束缚水资源的合理配置和城市经济功能的优化。

(2)1985 - 2005 年武威市用水总量和城市化水平、经济发展水平之间表现为相互拮据到逐渐适应的磨合过程;用水总量与城市用地扩张关系复杂,但城市用地规模的扩张带来了一定的用水量减少;农业用水效益与农业在 GDP 中所占的比重呈线性负相关关系,工业用水效益与工业在 GDP 中的比重呈线性正相关关系。

(3)今后随着武威市城市化进程的加快,水资源对城市发展的制约作用将越加明显。建立节水型城市是缓解城市发展水资源压力的重要途径。在水资源进一步短缺的情况下建设节水型城市的思路为:提高生态用水量,改善城市生态支撑系统;以技术改进促生产节水,以产业结构调整促用水优化;提高公众节

水意识,积极开展生活节水;加强水价调控,实现水资源的市场优化配置。

参考文献

- [1] Ruth Meinzen - Dick, Paul P Appasamy. Urbanization and Intersectoral Competition for Water[J]. *Urbanization and Water*, 2001, 2: 27 - 51.
- [2] Salman M A Salman. Inter - states Water Dispute in India: An Analysis of The Settlement Process[J]. *Water Policy*, 2002, 4 (3) : 43 - 49.
- [3] A tef Al - Kharabshah, Rakad Ta'any. Influence of Urbanization on Water Quality Deterioration during Drought Periods at South Jordan[J]. *Journal of Arid Environments*, 2003, (53) : 619 - 630.
- [4] Conan C, Marsily G de, Bouraoui F. A Long - Tem Hydrological Modelling of a Semiarid Mediterranean Watershed[J]. *Geophysical Research Abstracts*, 2001, (3) : 39 - 48.
- [5] United Nations Centre for Human Settlements (Habitat) & United Nations Environment Program. Developing a Strategy for Urban Water Demand Management[C]. Expert Group Meeting, Cape town, 1999, 1 - 23.
- [6] RL Morris, D. A. Devitt, etc. Urbanization and Water Conservation in Las Vegas Valley, Nevada[J]. *Journal of Water Resources Planning and Management Hydrology*, 1996, (123) : 189 - 196.
- [7] 鲍超,方创琳. 河西走廊城市化与水资源利用关系的量化研究[J]. *自然资源学报*, 2006, 21 (2) : 302 - 310.
- [8] 方创琳,乔标. 水资源约束下西北干旱区城市经济发展与城市化阈值[J]. *生态学报*, 2005, 25 (9) : 2413 - 2422.
- [9] 方创琳,孙心亮. 河西走廊水资源变化与城市化过程的耦合效应分析[J]. *资源科学*, 2005, 27 (3) : 2 - 9.
- [10] 曲耀光,樊胜岳. 黑河流域水资源承载力分析计算与对策[J]. *中国沙漠*, 2000, 20 (1) : 1 - 8.
- [11] 方创琳,孙心亮. 基于水资源约束的西北干旱区城镇体系形成机制—以河西走廊为例[J]. *中国沙漠*, 2006, 26 (5) : 860 - 867.
- [12] 李艳红,楚新正,封海宁. 水资源约束下乌鲁木齐绿洲城市发展模式研究[J]. *新疆师范大学学报(自然科学版)*, 2006, 25 (3) : 112 - 117.
- [13] 方创琳,李铭. 水资源约束下西北干旱区河西走廊城市化发展模式研究[J]. *地理研究*, 2004, 23 (6) : 825 - 832.
- [14] 谢继忠. 河西走廊的水资源问题与节水对策[J]. *中国沙漠*, 2004, 24 (6) : 802 - 808.
- [15] 陈波,郝寿义. 自然资源对中国城市化水平的影响研究[J]. *自然资源学报*, 2005, 20 (3) : 394 - 399.
- [16] 马金珠,朱中华,于保静. 石羊河流域水环境演化与水资源可持续利用[M]. 兰州:兰州大学出版社, 2005.
- [17] 颀耀文,陈发虎,王乃昂. 近 2000 年来甘肃民勤盆地绿洲的空间变化[J]. *地理学报*, 2004, 59 (5) : 662 - 670.
- [18] 许存茂,袁益琴. 甘肃河西地区城镇分布特点及其建设问题[J]. *开发研究*, 1987 (2) : 45 - 47.
- [19] 马鸿良,郗桂芬. 中国甘肃河西走廊古聚落文化名城与重镇[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1992, 132 - 135.
- [20] 陈怀录,甄延临,毛利伟. 金昌市城镇体系结构研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20 (2) : 18 - 22.
- [21] 贾春宁,顾培亮,鲁德福. 论合理的水价和水资源的可持续利用[J]. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 2005, 5 (1) : 4 - 10.
- [22] 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.
- [23] 方创琳. 中国西部生态经济走廊[M]. 北京:商务印书馆, 2004, 245 - 246.
- [24] 白立勇. 河西内陆河流域“十五”及到 2015 年水资源供需平衡预测[J]. *甘肃农业*, 2002, (5) : 44 - 45.
- [25] 褚俊英,王浩,秦大庸. 我国节水型社会建设的主要经验、问题与发展方向[J]. *中国农村水利水电*, 2007, (1) : 11 - 15.

The Process of Urbanization in Wuwei City with Water Resource Hard Constraint and the Approach to Establishing Water - saving City

LIN Xue - qin^{1,2}, FANG Chuang - Lin¹

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101;
2. Graduate School Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract

Wuwei is the typical oasis city in Hexi corridor of Gansu Province which is the key area of the west's exploitation and has the typical features of water resource and eco - environment in arid area of northwest China. Analyzing the relationship between urbanization and water resource in Wuwei City has the important realistic meaning to improving eco - environment in Hexi corridor and prompting urbanization and industrialization in Wuwei City effectively. Based on the historical materials and the statistical data from 1985 to 2005 of Wuwei City, the research probed the mechanism of urbanization process under the restriction of water resource in Wuwei City from total quantity change, course migration, spatial distribution, water used structure and water price. Analysis results of the relationship between water resource and urbanization from 1985 to 2005 showed that the form and development of Wuwei City was influenced by water resource obviously. The relationship between water utilization and urbanization, between water utilization and economic development were complex, which had a break - in process from antagonistic to synchro coordinating. The relationship between water utilization and the urban construction land area was complex and water utilization reduced in a certain extent along with the increase of urban construction land area. The relationship between agricultural water use efficiency and the proportion of agricultural output value in GDP showed negative linear correlation and the relationship between industrial water use efficiency and the proportion of industrial output value in GDP showed positive linear correlation. With the rapid development of urbanization in Wuwei City, the restriction of water resource to urbanization would be more obvious, developing a water - saving city by optimizing the water used structure, promoting productive and domestic water conservation, enhancing the public water - saving consciousness and strengthening the water price regulation were the important ways to alleviate the water resource pressure.

Key words: urbanization; water resource hard constraint; water - saving city; Wuwei City