宁夏社会经济及生态需水量预测

秦长海[1]，孙素艳[1]，张小娟[2]

(1.中国水利水电科学研究院，北京　100044；2.北京市水利自动化研究所，北京　100036)

摘要：利用定额法、趋势预测法等不同的研究方法对宁夏的生活、生产及生态需水量进行了预测，确定了宁夏地区未来不同水平年、不同降水频率下的需水总量。结果表明：宁夏生活需水量与第二、三产业需水量呈增长趋势，但是由于农业需水量下降较大，使宁夏总需水量呈下降趋势。需水量预测结果为宁夏的水资源配置和产业结构调整提供了基础依据。

关键词：宁夏；社会经济；需水量预测；生态需水量

中图分类号：TV211.1　　文献标识码：A　　文章编号：1004-6933(2008)05-0024-06

Forecast of water demand for social economic and ecological uses in Ningxia

QIN Chang-hai[1], SUN Su-yan[1], ZHANG Xiao-juan[2]

(1. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research*, *Beijing* 100044, *China*; 2. *Beijing Research Institute of Hydraulic Automation*, *Beijing* 100036, *China*)

Abstract: Different research methods, including the quota method and the trend prediction method, were used to forecast domestic, industrial and ecological water demand under different precipitation frequency regimes in different year stages. The results show that water demand for domestic use, followed by the industrial and service sector demand, will increase, while the total water demand will decrease because of the sharp decrease of agricultural water demand. The results provide a basis for rational allocation of water resources and adjustment of industry in Ningxia.

Key words: Ningxia; social economy; forecast of water demand; ecological water demand

宁夏回族自治区(以下简称宁夏)是典型的西北缺水地区，用水主要依靠引用黄河水。近年来黄河水量减少使河套平原农业生产受到严重损害，湖泊湿地萎缩干涸，生态环境有所退化。黄河分水协议也使宁夏引黄水量受到限制，给该地区的社会经济发展和生态环境状况造成严重的制约。面临这样的水资源危机，如何协调人口、经济、生态和水资源的关系，合理配置有限的水资源，建立节水型、生态型的社会，是宁夏社会经济可持续发展的关键。在此情况下，宁夏区政府开展实施了《宁夏经济生态系统水资源合理配置研究》。本文是该研究的一部分，旨在探求宁夏未来发展过程中的需水量，以满足日益增长的水资源需求，为水资源合理配置提供基础依据。

1　需水量预测分类

全国水资源综合规划技术大纲将需水量预测的用水户分为3类：生活、生产和生态环境。生活需水指居民生活用水，分农村生活和城市生活两类。生产需水是指有经济产出的各类生产活动需水，按三类产业分别计算，第一产业需水指种植业灌溉需水、鱼塘补水、人工林草需水以及畜牧业需水；第二产业指工业和建筑业的需水；第三产业指除第一产业和第二产业之外行业的需水。生态环境需水分为维护生态环境功能和生态环境建设两类，按河道内与河道外用水划分。

2　生活需水量预测

2.1　生活需水量预测方法

生活需水量分城镇和农村两类，可采用人均日用水量方法进行预测。计算公式如下：

$$W_{gi}^{t} = W_{ni}^{t}/\eta_{i}^{t} = 365/1\,000 P_{li}^{t} Q_{i}^{t}/\eta_{li}^{t} \tag{1}$$

式中：i 为用户分类序号，$i=1$ 为城镇，$i=2$ 为农

基金项目：科技部西部开发重大项目“宁夏经济生态系统水资源合理配置研究”(2004BA901A17)

作者简介：秦长海(1976—)，男，河北宣化人，工程师，博士研究生，主要从事水资源经济与管理方面的研究。E-mail：qinchh@iwhr.com

村；t 为规划水平年序号；为第 i 用户第 t 水平年生活净需水量，万 m^3；P_i^t 为第 i 用户第 t 水平年的用水人口，万人；Q_i^t 为第 i 用户第 t 年的生活用水净定额，L/(人·d)；W_{gi}^t 为第 i 用户第 t 水平年生活毛需水量，万 m^3；W_{ni}^t 为第 i 用水户第 t 水平年生活净需水量；η_{li}^t 为第 i 用户第 t 水平年生活供水系统水利用系数，由供水规划与节约用水规划成果确定。生活需水量年内分配相对比较均匀，按年内月平均需水量确定其年内需水量过程。

2.2 生活需水量参数确定

根据宁夏现状情况[1]及地区发展规划，宁夏人口数量及生活需水量定额见表 1。

表 1 宁夏生活需水量预测有关参数

年份	供水系统利用率/%	人口/万人		需水量定额/(L·人$^{-1}$·d^{-1})	
		城镇	农村	城镇	农村
2000	80	193.0	355.5	81.2	29.9
2010	85	305.7	326.2	83.4	37.2
2020	87	408.8	287.4	86.1	42.5
2030	88	480.4	273.3	89.8	47.8

2.3 生活需水量计算

宁夏生活需水量预测结果见表 2。结果表明，随着城镇化率的提高以及人均用水的增加，城镇生活需水量增长较快，从现状年的 0.663 亿 m^3 增加到 2010 年的 1.031 亿 m^3，年均增长 4.5%，之后增长速度相对减缓，2020 年和 2030 年需水总量分别是 1.392 亿 m^3 和 1.706 亿 m^3，年均增长分别为 3.1% 和 2.1%。由于农村人口逐渐向城市转移，农村生活需水量增长相对较慢，现状年、2010 年、2020 年和 2030 年农村生活需水量分别为 0.402 亿 m^3、0.469 亿 m^3、0.486 亿 m^3 和 0.517 亿 m^3。2000～2030 年 3 个 10 年段生活需水量年均增长率分别为 3.49%、2.28%、1.70%。

表 2 宁夏生活需水量预测结果

年份	生活需水量/万 m^3			年份	生活需水量/万 m^3		
	城镇	农村	合计		城镇	农村	合计
现状年	6628.4	4017.0	10645.4	2020	13921.4	4859.3	18780.7
2010	10305.8	4689.9	14995.7	2030	17058.2	5166.2	22224.4

3 农业需水量预测

3.1 农田灌溉需水量预测

3.1.1 农田灌溉需水量计算方法

农田灌溉需水量是指灌溉水由水源经各级渠道输送到田间，包括渠系输水损失和田间灌水损失在内的毛灌溉需水量。采用式(2)计算：

$$I_G = 10.0\sum_{i=1}^{n} I_{Ni}A_i/\eta_g \tag{2}$$

$$I_{Ni} = f(E_{Tci}, P_e, G_e, \Delta W) \tag{3}$$

对于旱田：

$$I_{Ni} = E_{Tci} - P_e - G_{ei} + \Delta W$$

对于水稻：

$$I_{Ni} = E_{Tci} + F_d + M_o - P_e$$

式中：I_G 为农田用水定额(农田综合毛灌溉定额)，m^3/hm^2；I_{Ni} 为第 i 种作物净灌溉需水量，mm；A_i 为第 i 种作物种植面积，hm^2；η_g 为灌溉水利用效率；E_{Tci} 为 i 作物的需水量，mm；ΔW 为生育期内逐月始末土壤储水量的变化值，mm；P_e 为作物生育期内的有效降雨量，mm；G_{ei} 为 i 作物生育期内的地下水利用量，mm；F_d 为稻田全生育期渗漏量，mm；M_o 为插秧前的泡田定额，mm；n 为作物种类数。

3.1.2 农田灌溉需水量预测参数确定

3.1.2.1 作物需水量

作物需水量是指作物在适宜的土壤水分和肥力水平下，经过正常生长发育，获得高产时的植株蒸腾、棵间蒸发以及构成植株体的水量之和，可以通过模系数法、直接计算法、参数作物法计算。

3.1.2.2 有效降雨量

有效降雨量是指总降雨量中能够保存在作物根系层中用于满足作物蒸发蒸腾需要的那部分水量，它不包括地表径流和渗漏至作物根系吸水层以下的部分需水量。在生产实践中常采用下列简化方法计算不同降水频率下的有效降雨量[2]，即：

$$P_e = \sigma P \tag{4}$$

式中：σ 为降雨有效利用系数，其值与一次降雨总量、降雨强度、降雨延续时间、土壤性质、作物生长、地面覆盖和计划湿润层深度等因素有关，一般应根据实测资料确定。

根据宁夏的实际情况并结合试验资料分析研究确定出宁夏旱作物降水有效利用系数，见表 3。由于宁夏降雨量比较少，如果降雨量大于 5 mm，生育期内几乎所有的降雨都可被水稻田利用 如果降雨量小于 5 mm，则没有有效降雨。

表 3 宁夏旱作物降水有效利用系数

降雨量/mm	降雨有效利用系数	降雨量/mm	降雨有效利用系数
<5	0	50～100	0.75
5～30	0.85	100～150	0.65
30～50	0.80	>150	0.55

3.1.2.3 作物生育期内的地下水补给量

所谓作物对地下水的直接利用量，是指地下水借助于土壤毛细管作用上升至作物根系吸水层而被作物直接吸收利用的地下水水量。作物在生育期内所直接利用的地下水量与作物根系层深度、地下水

位埋深、作物根系发育等因素有关。

根据有关地下水利用量试验资料，建立了宁夏地下水利用量与埋深之间的关系式，其通用数学表达式：

$$G_i(H) = \sum_{t=j}^{m}\sum_{n=0}^{k} a_{n,t}H_{i,t} \qquad (0.5 \leqslant H_{i,t} \leqslant 2.5) \tag{5}$$

式中：$G_i(H)$为第 i 种作物在整个生育期内、在地下水埋深为 H 时直接利用的地下水量；$H_{i,t}$为第 i 种作物在生育期内第 t 月份的地下水埋深；j 为第 i 种作物生育期的初始月份；m 为第 i 种作物生育期的期末月份；k 为土壤分层数；$a_{n,t}$为系数。

3.1.2.4 稻田全生育期渗漏量

由于水稻田面经常有水层存在，故不断地有水分下渗。宁夏稻田渗漏量采用其实际观测值（宁夏灌溉资料汇编），其观测点比较少，资料缺乏，所以对于宁夏各分区水稻田渗漏量粗略的采用同样的数值[3]，见表 4。

表 4 不同生育阶段水稻田渗漏量

生理阶段	时 期	渗漏量/mm
栽种～分蘖	5 月 20 日～6 月 30 日	585.24
分蘖～拔节	7 月 1 日～7 月 17 日	155.55
拔节～抽穗	7 月 18 日～8 月 4 日	143.90
抽穗～灌浆	8 月 5 日～8 月 21 日	67.15
灌浆～腊熟	8 月 22 日～9 月 15 日	75.35
合 计	5 月 20 日～9 月 15 日	1 027.20

3.1.2.5 作物种植结构

各分区的种植结构主要考虑以下几种：小麦、单种玉米、套种玉米、水稻、大豆、瓜菜、林果、牧草等，各预测水平年地区农作物种植结构见表 5。

3.1.2.6 灌溉水利用效率

灌溉水的利用效率可用水的利用系数来衡量，是指单位面积农作物需要灌溉的净需水量与所引用的毛需水量之间的比值，两者的差值为灌溉时所损失的水量，包括渠系损失和田间损失。因此，灌溉水的利用效率应包括渠系水的利用效率和田间水的利用效率两部分，即：

$$\eta_g = \eta_t\eta_q \tag{6}$$

式中：η_t 为田间水利用效率；η_q 为渠系水利用效率。

各水平年宁夏灌溉用水的利用系数见表 6。

3.1.3 农田灌溉需水量预测

按照水分供给的满足程度，农田灌溉需水量分为充分灌溉需水量和非充分灌溉需水量。在西北半干旱半湿润地区，由于供水水源不足，往往要考虑非充分灌溉情况。对于宁夏平原灌区，由于引黄便利，供水水源较为充足，基本可以实现充分灌溉；而对于南部山区，水资源缺乏，则要考虑非充分灌溉情况。在计算农田灌溉需水量时，经常需要考虑不同降水频率的影响，本文主要考虑 25%、50%、75%、95% 4 种降水频率情况下的农田灌溉需水量。

农田灌溉需水量预测结果见表 7。结果表明，通过种植结构调整及一系列工程和非工程措施，虽然宁夏的灌溉面积持续增长，但是农田灌溉需水量在逐年下降，在平水年份，2010 年将由现状的 77.5 亿 m^3 降低到 61.2 亿 m^3，减少需水量 16.3 亿 m^3；

表 7 预测水平年不同降水频率下的农田毛灌溉需水量

年份	需水量/万 m^3			
	25%	50%	75%	95%
2010	586 724.0	612 155.6	672 676.2	704 350.2
2020	515 765.8	537 919.7	594 110.2	623 147.8
2030	483 282.2	504 328.7	557 817.8	585 885.1

2020 年继续降低到 53.8 亿 m^3，较 2010 年减少 7.4 亿 m^3；2030 年需水量为 50.4 亿 m^3，比现状年需水量减少 27.1 亿 m^3，占现状年农田灌溉总需水量的 35.0%，节水效果非常明显。

3.2 渔业需水量预测

3.2.1 渔业需水量预测方法

鱼塘补水量计算主要考虑鱼塘水面蒸发和鱼塘渗漏两部分内容，计算公式：

$$W = \sum_{i=1}^{12} 10(E_i + F_{d_i} - P)S \tag{7}$$

表 5 各水平年宁夏作物种植结构及灌溉面积

年份	合计	粮食作物面积/万 hm^2				经济作物面积/万 hm^2				
		小麦	水稻	单种玉米	麦套玉米	豆类	瓜菜	牧草	林果	枸杞
现状年	45.63	5.99	8.69	3.67	11.37	5.09	5.26	0.52	4.23	0.81
2010	50.25	7.46	5.33	8.21	7.33	6.48	6.13	1.07	6.20	2.03
2020	53.58	8.09	5.33	11.76	4.00	7.31	6.44	1.95	6.37	2.33
2030	55.91	9.44	3.99	12.05	4.00	8.06	6.86	2.10	6.69	2.71

表 6 各水平年宁夏全区平均灌溉水利用系数

分类	2010 年			2020 年			2030 年		
	灌溉水	渠系水	田间水	灌溉水	渠系水	田间水	灌溉水	渠系水	田间水
利用系数	0.463	0.780	0.361	0.523	0.860	0.450	0.573	0.900	0.516

式中：W 为鱼塘补水量，m^3；E_i 为 i 月的水面蒸发量，mm；F_{d_i} 为 i 月鱼塘渗漏量，mm；P 为降雨量，mm；S 为鱼塘补水面积，hm^2。

3.2.2 渔业需水量预测

考虑到宁夏属缺水地区，渔业不会有太大的发展，结合地方规划，确定宁夏鱼塘补水面积小幅度增长，鱼塘补水面积预测结果：2010 年为 1.49 万 hm^2，2020 年为 1.52 万 hm^2，2030 年为 1.53 万 hm^2。

宁夏渔业需水量见表 8。由表 8 可见，宁夏渔业需水量变化不大，在平水年份，仅由现状年的 1.19 亿 m^3 增加到 2010 年的 1.39 亿 m^3，增加了 0.2 亿 m^3，之后略有降低。

表 8 预测水平年不同保证率的渔业需水量

年份	渔业需水量/万 m^3			
	25%	50%	75%	95%
2010	13034.1	13875.6	14600.2	15306.3
2020	12978.2	13816.1	14537.6	15240.7
2030	12953.8	13790.1	14510.3	15212.0

3.3 牧业需水量预测

牲畜需水量预测与居民生活需水量预测方法相似，分成大牲畜和小牲畜两类，采用日需水量定额法预测。

随着宁夏产业结构及种植结构的调整，牧业将是该区的生产发展方向，牧业生产将逐步有较大的提高。结合实际状况，预测水平年牲畜数量及牲畜日需水量定额见表 9。根据牧业发展状况及牲畜日需水量定额，计算得出牲畜需水量结果。结果表明，随着宁夏畜牧业的大力发展，牲畜需水量增长较大，由现状年的 0.267 亿 m^3 增长到 2030 年的 0.583 亿 m^3，增加了一倍多，但是由于总量较小，对总需水量影响不大。

表 9 预测水平年牲畜存栏数量

年份	存栏数量/万头		需水量定额/(L·头$^{-1}$)		需水量/万 m^3	
	大牲畜	小牲畜	大牲畜	小牲畜	大牲畜	小牲畜
2010	120.1	732.3	30.2	8.8	1325.3	2340.7
2020	143.0	995.3	30.5	8.9	1592.3	3222.2
2030	162.4	1223.1	30.8	9.0	1824.5	4010.0

3.4 农业需水量预测结果

农业需水量为农田灌溉需水量、渔业需水量和牧业需水量之和，不同水平年、不同降水频率、农业处于节水状态下需水量预测结果见表 10。

表 10 宁夏不同降水频率下农业毛需水量预测结果

年份	农业毛需水量/万 m^3			
	25%	50%	75%	95%
现状年	757440	789766	859932	896228
2010	603424	629697	690942	723322
2020	533559	556550	613462	643203
2030	502071	523953	578163	606932

结果表明，虽然农业灌溉面积、鱼塘面积及牧业均有一定幅度增长，但通过种植结构调整和灌溉水利用系数的提高，农业需水量总体呈下降趋势，在平水年份，农业需水量由现状年的 78.98 亿 m^3 减少到 2010 年的 62.97 亿 m^3，减少了 16.01 亿 m^3，随着节水措施的不断实施，农业节水潜力将逐渐减少，到 2020 年和 2030 年农业需水量分别为 55.66 亿 m^3 和 52.40 亿 m^3，分别比 2010 年和 2020 年减少 7.31 亿 m^3 和 3.26 亿 m^3。总体来说，随着农业节水的不断进行，节水潜力将逐渐减少。

4 第二产业需水量预测

4.1 第二产业需水量预测方法

第二产业需水量依据预测水平年第二产业增加值和第二产业单位需水量定额计算，见公式(8)：

$$W_{sg}^t = W_{sn}^t/(\eta_s^t(1+R^t)) = 10^{-4}V_s^tQ_s^t/(\eta_s^t(1+R^t)) \quad (8)$$

式中：W_{sg}^t 为第二产业第 t 水平年毛需水量，万 m^3；W_{sn}^t 为第二产业第 t 水平年净需水量，万 m^3；V_s^t 为第二产业第 t 水平年的增加值，万元；Q_s^t 为第二产业第 t 年的净用水定额，m^3/万元；η_s^t 为第 t 水平年第二产业供水系统水利用系数，由供水规划与节约用水规划成果确定；R^t 为第 t 水平年工业用水重复利用率。

4.2 第二产业需水量有关参数预测

根据宁夏现状情况及地区发展规划，宁夏第二产业需水量预测的有关参数见表 11。

表 11 宁夏第二产业需水量有关参数预测结果

年份	增加值/亿元		工业用水重复利用率/%	需水定额/(m^3·万元$^{-1}$)	
	火电行业	其他行业		火电行业	其他行业
2000	8.04	112.00	45	530.0	419.9
2010	41.03	332.34	60	324.0	302.2
2020	80.18	878.73	70	228.4	175.1
2030	120.57	1804.19	80	168.6	109.0

注：①宁夏火电行业用水量较大，在计算第二产业需水量时单独列出；②由于资料有限，除火电行业外的第二产业用水全部归到其他行业用水中计算。

4.3 第二产业需水量预测

宁夏各预测水平年第二产业需水量见表 12。由表 12 可见，随着工业的发展，即使在节水状况下，宁夏未来年份第二产业需水量仍呈增长趋势。在经济发展中方案下，2010 年将由现状的 3.78 亿 m^3 增加到 7.59 亿 m^3，年均增长率为 7.23%；2020 年工业需水量为 10.81 亿 m^3，年均增长率为 3.60%；之后工业需水量增长率相对降低，2021 ~ 2030 年需水量增长率为 1.66%，到 2030 年总需水量为 12.75 亿 m^3。自治区工业需水量增长率高于我国平均水平。

表 12　宁夏第二产业需水量预测

年份	需水量/万 m^3		年份	需水量/万 m^3	
	火电行业	一般工业		火电行业	一般工业
现状年	5306.1	32456.8	2020	22333.0	85798.0
2010	16303.2	59600.8	2030	23947.6	103572.0

5　第三产业需水量预测

5.1　第三产业需水量预测方法

与第二产业相似,第三产业需水量依据预测水平年第三产业增加值和第三产业单位需水量定额计算,见公式(9):

$$W_{tg}^{t} = W_{tn}^{t}/\eta_{t}^{t} = 10^{-4}V_{t}^{t}Q_{t}^{t}\eta_{t}^{t} \tag{9}$$

式中:W_{tg}^{t}为第三产业第 t 水平年毛需水量,万 m^3;W_{tn}^{t}为第三产业第 t 水平年净需水量,万 m^3;V^t 为第三产业第 t 水平年的增加值,万元;Q^t 为第三产业第 t 年的需水量净定额,m^3/万元;η_t^t 为第 t 水平年第三产业供水系统水利用系数,由供水规划与节约用水规划成果确定。

5.2　第三产业发展预测

根据宁夏现状情况及地区发展规划,宁夏第三产业需水量预测的有关参数见表 13。

表 13　第三产业需水量预测有关参数

年份	产业增加值/亿元	需水量定额/(m^3·万元$^{-1}$)	供水利用效率/%
现状年	99.68	29.7	80
2010	256.27	23.2	85
2020	645.31	14.8	87
2030	1338.92	10.4	88

5.3　第三产业需水量

宁夏未来年份第三产业需水量呈增长趋势,2010 年将由现状的 0.364 亿 m^3 增加到 0.749 亿 m^3,年均增长率为 7.48%;2020 年自治区第三产业需水量为 1.138 亿 m^3,年均增长率为 4.27%;之后第三产业需水量增长率相对降低,2021~2030 年需水量增长率为 3.5%,到 2030 年总需水量为 1.605 亿 m^3。虽然第三产业需水量增长速度较快,但由于基数较小,第三产业需水总量变化不大。

6　宁夏绿洲生态需水量预测

6.1　生态需水量计算方法

6.1.1　天然绿洲生态需水量

天然绿洲生态需水量包括植被蒸腾量和裸地蒸发量。考虑干旱平原区天然植被的生存与繁衍依赖于地下水的多寡,选用具有代表性的阿维里扬诺夫公式计算天然绿洲生态需水量[4]。

$$E = a(1 - H/H_{max})^{b}E_0 \tag{10}$$

式中:E 为潜水蒸发量,mm;H 为地下水埋深,m;H_{max}为极限地下水埋深,m;E_0 为水面蒸发量,mm;a、b 为与植物有关的待定系数,一般 a 取 1.174、b 取 3.63;在裸地(植被覆盖率 < 5%)的地区,a 取 0.62、b 取 2.8。

通过蒸发蒸腾模型的计算得到不同地下水埋深的潜水蒸发量,用某一地下水埋深下的植被生态系统的面积与该地下水埋深的潜水蒸发量相乘得到的乘积就是所求植被的生态需水量。即:

$$W = 10^{-3}EA \tag{11}$$

式中:W 为植被生态需水量,m^3;A 为绿洲(包括植被蒸腾、裸地蒸发)的计算面积,m^2。

6.1.2　河道、湖泊水域生态需水量计算

6.1.2.1　河道水面蒸发量计算

当水面蒸发量大于降水量时,如果河道有水面,那么河道水面蒸发量与降水量的差值就为水域水面蒸发的生态需水量。当降水量大于蒸发量时,就认为蒸发生态需水量为零。因此,根据水面面积、降水量、水面蒸发量,可以求得相应各月的蒸发生态需水量。其计算公式为

$$\begin{cases} W_E = A(E_0 - P) & 当\ E > P\ 时 \\ W_E = 0 & 当\ E < P\ 时 \end{cases} \tag{12}$$

式中:W_E 为水面蒸发生态需水量;A 为各月平均水面面积,km^2。

6.1.2.2　潜水蒸发量

潜水蒸发仍然采用阿维利扬诺夫公式计算。a、b 参数值与河道土质相关,实际考察宁夏河道土质以砂壤土为主,故参数 a、b 的取值分别为 0.62、3.10。相应的最大限制水位 H_{max}取 3.5 m。

6.2　生态需水量计算结果及分析

根据结果分析:宁夏绿洲现状年总生态需水量为 49835.85 万 m^3,平水年份人工配置需水量为 2147.27 万 m^3,枯水年份人工配置需水量为 3673.1 万 m^3。预测生态需水时,以维持 2000 年绿洲稳定性状况为生态保护目标,在计算天然生态需水量时计算参数采用 2000 年的参数值,所以从 2000 年到 2030 年天然林草的需水量没有变化,而城镇绿化率的提高导致人工草地需水量增加,与此同时现状年至 2010 年湿地面积的减少导致湿地需水量降低,到 2030 年总生态需水量降低到 47923.64 万 m^3。由于 2030 年地下水位持续降低导致天然供给量持续减少,与同水文年型相比人工配置需水量处于增长趋势,2030 年平水年份和枯水年份总人工配置需水量分别增长到 7111.34 万 m^3 和 8702.66 万 m^3,见表 14。

表 14　宁夏绿洲生态需水量预测结果　　万 m^3

年份	需水量			总需水量	50%降水频率		75%降水频率	
	林地	草地	湿地		天然供给	人工配置	天然供给	人工配置
现状年	8 875.01	30 817.47	10 143.37	49 835.85	47 688.58	2 147.27	46 162.74	3 673.11
2010	8 875.01	30 817.47	7 501.09	47 193.57	43 925.89	3 267.68	42 418.90	4 774.67
2020	8 875.01	31 547.54	7 501.09	47 923.64	42 675.22	5 248.42	41 258.68	6 664.96
2030	8 875.01	31 547.54	7 501.09	47 923.64	40 812.30	7 111.34	39 220.97	8 702.66

7　宁夏需水总量分析

宁夏需水总量预测见表 15，限于篇幅，仅给出了 50%降水频率下的总量。随着节水措施的实施，预测水平年需水量结构发生了很大的变化，虽然农业仍是需水量大户，但需水量和需水量比重都在降低，而产业需水量和生活需水量的比重在逐渐增加。三个预测水平年农业需水量比重分别为 86.8%、80.1%和76.0%，分别比现状年下降了7.0%、13.7%和 17.8%，充分体现了农业节水的效果；而第二、第三产业需水量比重由现状的 4.9%变化为各预测水平年的 11.1%、17.2%和 20.8%，增幅较大；生活需水量的比重也发生了较大的变化，2030 年生活需水量比重为 3.2%，比现状年增加了 1.9%。

表 15　宁夏社会经济及生态需水量预测结果
（50%降水频率）　　亿 m^3

年份	需水量				
	生活	第二、第三产业	农业	生态	总计
现状年	1.06	4.14	78.98	0.21	84.40
2010	1.50	8.34	62.97	0.33	73.14
2020	1.88	11.95	55.66	0.52	70.01
2030	2.22	14.36	52.40	0.71	69.69

参考文献：

[1] 宁夏回族自治区统计局. 宁夏统计年鉴 1999[M]. 北京：中国统计出版社，1999.

[2] 谢新民，赵文俊，裴源生，等. 宁夏水资源优化配置与可持续利用战略研究[M]. 郑州：黄河水利出版社，2002：66-72.

[3] 陈玉民，郭国双，王广兴，等. 中国主要作物需水量与灌溉[M]. 北京：水利电力出版社，1995：168.

[4] 粟晓玲，康绍忠. 生态需水的概念及其计算方法[J]. 水科学进展，2003，14(6)：741-742.

（收稿日期：2007-07-20　编辑：徐　娟）

（上接第 3 页）

c. 河道原位强化净化工程环境效益。①河道经强化曝气和投加微生物制剂，可使污染程度较重河段的水质接近 GB 3838—2002《地面水环境质量标准》中Ⅳ类水标准；②有植物去污工程的河段，由于植物对于污染物，特别是营养物的去除作用，可以在上述工程的基础上进一步去除氨氮。以污染最严重的中市河为例，水体中碳氮比提高至 3 以上，河道中氨氮的质量浓度控制在 2.5 mg/L 以下。

5　结　论

a. 针对苏州市古城区的水环境问题，提出了时空分步实施理念，即首先进行内外污染源控制，再通过适当的闸坝调度引入周边太湖或长江清洁水源，达到改善古城区水体水动力条件、缓解水体碳氮失衡的目的。对于局部污染仍严重的水体实施原位强化净化工程。

b. 建立了苏州市水环境质量改善长效运行的政府特许经营管理模式，提出了保证苏州市水环境质量改善长效运行的多元化资金来源渠道、水环境质量改善相关法律法规中应完善或建立的主要制度等措施。

c. 通过技术研究、示范工程实施效果评估及水污染控制总量论证，总体方案实施将使古城区水环境质量达到地表水环境质量Ⅳ类水标准。方案抓住河网水体滞流的关键问题，充分考虑各单项技术在不同时段、不同空间的实施效果，实现了技术经济优化及水质改善的总体目标。

d. 本文提出的苏州市古城区水环境质量改善总体方案对于江南河网城市的水环境改善具有重要的示范意义和借鉴作用。

参考文献：

[1] 周群英，高廷耀. 环境工程微生物学[M]. 北京：高等教育出版社，2003：254.

[2] 朱亮，蔡金榜，陈艳. 城市缓流水体污染成因分析及维护对策[J]. 水科学进展，2002，13(3)：383-388.

[3] 邢雅囡，阮晓红，赵振华. 模拟城市河道底泥不同疏浚深度对氮释放的影响研究[J]. 河海大学学报：自然科学版，2006，34(4)：378-382.

[4] 朱智洺，周密，万法菊. 苏州水环境质量改善长效运行的管理模式[J]. 水资源保护，2007，23(6)：66-69.

（收稿日期：2007-10-10　编辑：徐　娟）