

# Analysis of Pollution Absorption Capacity and Total Pollutant Control of Main Rivers in Xi'an City

Fangfang Shi

Xi'an Water Resources Utilization Technical Service Center, Xi'an Shaanxi  
Email: s934656646@163.com

Received: Feb. 21<sup>st</sup>, 2018; accepted: Mar. 6<sup>th</sup>, 2018; published: Mar. 13<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the analysis of the basic conditions of the main rivers in Xi'an, under the conditions of the current and planned water quality objectives, the designed discharge, the comprehensive attenuation coefficient of pollutants and the water quality background of the river water function area, the one-dimensional water quality model is used to calculate the capacity of the river water function area. Based on the investigation and analysis of the water environment and the amount of pollutants entering the river in the current year, the discharge and the amount of pollutants into the river in the planning year are predicted. According to the capacity of pollutant absorption and the amount of pollutants entering into the river, a scheme of controlling the amount of pollutants entering the river in the planned year is put forward, which can provide technical support for the pollution control and water resources protection of Xi'an river. Results show that the reduction of COD in Heihe River is 0 in the planning year, 1.6 t in 2020 and 0.6 t in 2030; the reduction of COD in Bahe reaches 4215.2 t in 2020, 4401.8 t in 2030, 624.5 t in 2020 and 696.8 t in 2020.

## Keywords

Fouling Capacity, Total Amount of Pollutants, Control Scheme

---

# 西安市主要河流纳污能力及污染物总量控制探析

史方方

西安市水资源利用技术服务中心, 陕西 西安  
Email: s934656646@163.com

收稿日期: 2018年2月21日; 录用日期: 2018年3月6日; 发布日期: 2018年3月13日

作者简介: 史方方(1983-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为水资源规划和管理。

## 摘要

通过对西安市境内主要河流基本情况的分析,在给定河流水功能区现状的和规划的水质目标、设计流量、污染物综合衰减系数以及水质背景条件下,采用一维水质模型核算了河流水功能区的纳污能力;在调查分析现状年河流水环境状况和污染物入河量的基础上,预测了规划年生活和工业污染物的排放量和入河量;根据计算的纳污能力和污染物入河量,提出了规划年河流水功能区的污染物入河量控制方案,为西安市河流污染治理和水资源保护提供技术支撑。结果表明:规划年黑河污染物入河削减量任务最轻,COD入河削减量均为0,氨氮入河削减量2020年为1.6 t,2030年为0.6 t。灞河最为繁重,COD入河削减量2020年达到4215.2 t;2030年达到4401.8 t;氨氮2020年入河削减量达到624.5 t;2030年达到696.8 t。

## 关键词

纳污能力, 污染物总量, 控制方案

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

污染物总量控制是近些年国际上使用较为普遍的环境管理措施,其通过限制和削减污染物排放量,达到改善流域和区域环境质量的的目的[1]。20世纪60年代末,污染物总量控制的概念由日本首先提出[2][3],随后在日本、美国、英国等发达国家得到广泛的应用,通过对污染物总量控制的研究和管理,已使其国家或局部地区的环境状况大为改观[4]。20世纪80年代初,我国一些省市开始开展污染物总量控制的试点工作,“九五”期间,开始在全国范围实施污染物排放总量控制[5]。“十一五”期间,我国将SO<sub>2</sub>、COD纳入节能减排约束性指标。2015年国务院颁布实施《水污染防治行动计划》,大力推进水生态文明建设和水污染防治力度,实现水资源的可持续利用,保障社会、经济与环境的和谐发展。本文以西安市境内的黑河、沣河、灞河3条河流为研究对象,通过核定河流水功能区纳污能力,提出污染物入河控制方案,为制定各入河排污口的限排量和污染物削减量,实现入河排污口的优化布置和河流整治提供依据,同时为水行政主管部门落实最严格水资源管理制度,保护水资源提供一定的技术支撑。

西安地处八百里秦川腹地,市域跨东经107°40'~109°49',北纬33°39'~34°44',东西长约204 km,南北宽约116 km,土地面积10,108 km<sup>2</sup>。市境内河流除秦岭南部汉江支流渭水河上游132 km<sup>2</sup>、旬河上游25 km<sup>2</sup>分别汇入汉江以及南洛河上游蓝田县境内的14 km<sup>2</sup>直接入黄河外,大部分属黄河一级支流渭河水系,计有渭、泾、灞、泾、沣、灞、涝、黑、石川等50余条河流(集水面积大于50 km<sup>2</sup>以上),其中发源于市境内,且流域面积在1000 km<sup>2</sup>以上的有黑河、沣河、灞河这3条河流,基本情况详见表1,河流示意图见图1。

## 2. 河流水环境现状

据西安市水环境监测中心数据,西安市在黑河、沣河、灞河3条河流上设定了9个水质监测断面。对收集到的2008~2015年各断面水质监测结果进行分析评价,黑河上的3个断面水质历年均达标;沣河上的2个断面,沣峪口断面水质逐年好转,由III类逐步变为II类,马王桥出境断面历年水质较为稳定,维持在IV类;灞河上的4个断面,蓝关镇、马渡王2个断面水质历年均达标,东城大道桥部分年份达标,部分未达标,灞河入渭口

Table 1. Basic situation statistics of research rivers

表 1. 研究河流基本情况统计

河流名称	发源地	流域面积(km <sup>2</sup> )	河长(km)	河道比降(‰)	多年平均径流量(亿 m <sup>3</sup> )	
					控制站	全河
黑河	周至县	2258	125.8	8.8	黑峪口(5.6)	7.25
沔河	长安区	1386	78	8.2	秦渡镇(2.48)	4.29
灞河	蓝田县	2581	104.1	6.0	马渡王(5.01)	6.88

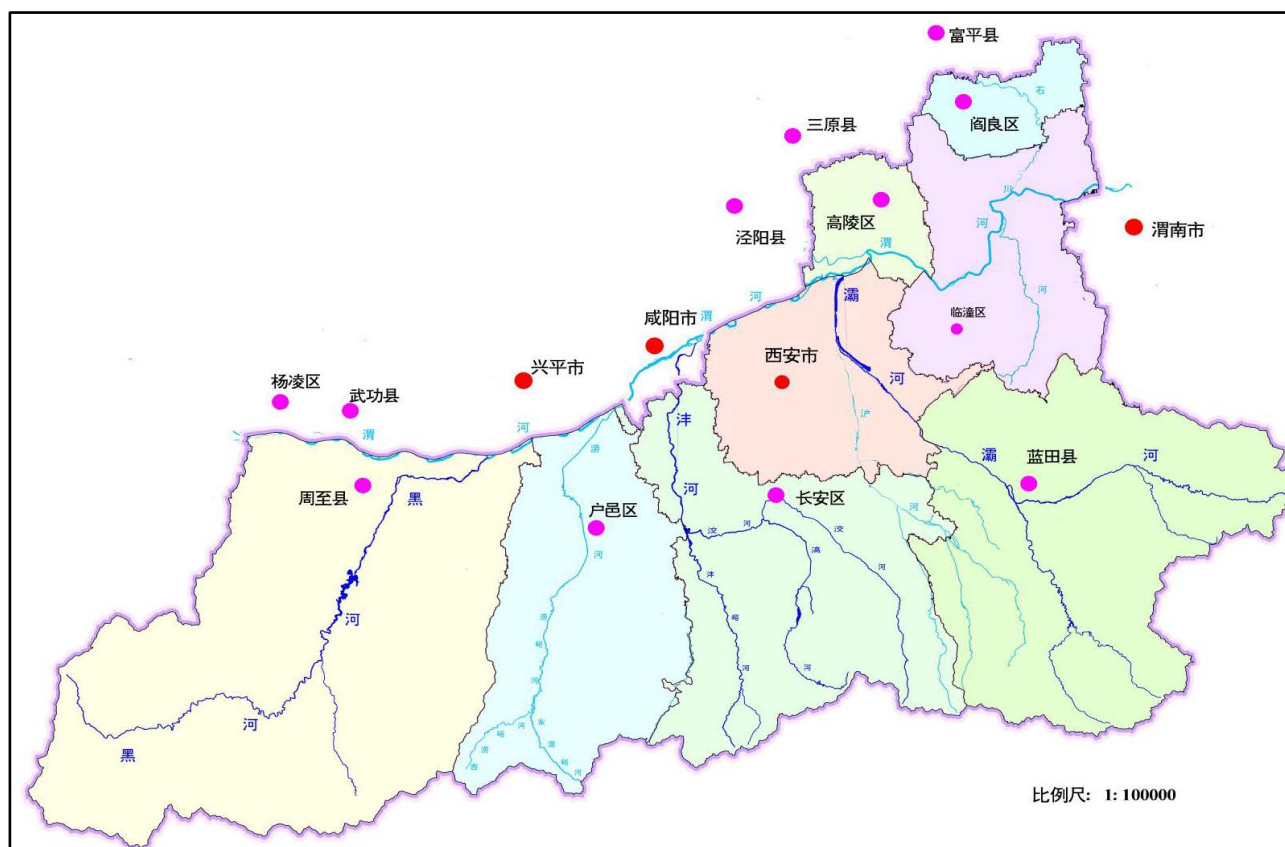


Figure 1. Schematic map of the study river

图 1. 研究河流示意图

断面水质由劣 V 类逐步转变为 V 类,但仍未达到 IV 类水质目标要求。3 条河流主要超标污染物是 COD 和氨氮。

另据统计[6], 2015 年黑河干流废污水入河量 52.07 万 t, COD 入河量 168.4 t, 氨氮入河量 27.3 t; 沔河干流废污水入河量 192.3 万 t, COD 入河量 575.4 t, 氨氮入河量 54.64 t; 灞河干流废污水入河量 6208.9 万 t, COD 入河量 6699.7 t, 氨氮入河量 879.9 t。

### 3. 河流纳污能力计算

河流纳污能力是指在设计水文条件下, 满足计算水域的水质目标时, 该水域所能容纳的某种污染物的最大数值[7]。其大小与水体特征、水质目标及污染物特性等有关, 在实际计算中受污染源概化、设计流量和流速、上游污染物浓度、污染物综合降解系数等设计条件和参数的影响。

本次河流纳污能力计算以功能区为单元, 其中源头水保护区水质能够达到水质目标要求; 开发利用区部分

河段由于废污水超标排放,水质较差,本次纳污能力计算主要集中在二级水功能区。

### 3.1. 计算模型

目前国内外关于水域纳污能力计算方法的研究较为成熟,常见的有解析法[8]、系统分析法[9]、模型试错法[10]等,多是建立在水环境数学模型的基础上,能够较为准确的描述污染物在水环境中变化规律及其影响因素之间的相互关系,由零维、一维稳态模型向二维、三维动态模型发展,而且被模拟的状态变量不断增多与完善[11][12]。

根据水环境现状分析,这3条河流大多属有机污染型河流,基本满足以下几个条件:一维均匀稳定流;纵向扩散项远小于平流输送项,从而忽略纵向扩散项;污染源是连续点源,可仅考虑污染物的降解;排污口入河污染物一开始就完全混合。因此采用一维水质模型进行计算,模型表达如下。

$$W_{\text{纳}} = 86.4 \left\{ C_s (Q_0 + \sum q_i) - C_0 Q_0 \exp\left(-k \frac{x}{u}\right) + \sum q_i C_i \left(1 - \exp\left(-k \frac{x_i}{u}\right)\right) \right\}$$

式中:  $W_{\text{纳}}$  为计算单元纳污能力(kg/d);  $C_s$  为计算单元水质控制目标浓度(mg/l);  $C_0$  为上断面的水质控制目标浓度(mg/l);  $Q_0$  为上断面的来水流量( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $C_i$  为第  $i$  个排污口、支流口污染物浓度,排污口为排放标准污染物浓度,支流口为支流口河段功能区要求的水质标准(mg/l);  $q_i$  为第  $i$  个排污口、支流口流量( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $k$  为污染物综合衰减系数(1/d);  $x$  为计算单元上计算断面到下计算断面距离(km);  $x_i$  为第  $i$  个排污口、支流口到下计算断面距离(km);  $u$  为设计流量下平均流速(km/d); 86.4 为单位换算系数。

### 3.2. 参数确定

#### 1) 设计流量及流速

现状条件下,一般采用90%保证率最枯月平均流量或近10年最枯月平均流量作为枯水期设计流量。规划年条件下按水资源配置方案对现状条件下的设计流量精选修正和调整作为规划水平年的设计流量。

#### 2) 综合衰减系数( $k$ )

综合衰减系数反映了污染物在水体作用下降解速度的快慢,它与河流的水文条件和河道污染程度均有关,可用实测资料反推或类比分析确定。本次河流纳污能力计算中,参考渭河和泾河的实测和试验研究成果,COD和氨氮的综合衰减系数确定为流量小于  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  时分别为0.1736和0.1160,流量大于  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  时为0.1389和0.0810。

### 3.3. 纳污能力计算

利用公式对3条河流各功能区纳污能力进行核算,采用参数及计算结果详见表2。各规划年黑河、沔河及灞河COD的纳污能力分别为456.0 t/a、357.8 t/a和1954.6 t/a;氨氮的纳污能力分别为35.4 t/a、19.3 t/a和113.0 t/a。

## 4. 规划年污染物预测

规划水平年污染源产生量、排放量及入河量预测由城镇生活污染源和工业污染源两部分组成。

鉴于用水系统供、用、耗、排之间的平衡关系[13],在预测废污水产生量时,以各河流所在区县和各流域的综合规划为基础,采用供水量扣除耗水量法进行预测;在预测废污水排放量时,结合区域污染源的现状入河量调查成果,考虑与水中长期供求规划、流域规划等的供水预测成果的协调与衔接,采用供水量乘排水系数法进行预测;在预测废污水入河量时,采用废污水排放量乘入河系数法进行预测。河流水功能区污染物入河量预测结果见表3。

综上,2020年黑河、沔河和灞河废污水入河量分别为398.4万t、141.5万t、6901.7万t,COD入河量分别为196.8t、539.0t、6503.6t,氨氮入河量分别为37.0t、51.2t、830.1t。

2030年黑河、沔河和灞河废污水入河量分别为389.7万t、140.7万t、6866.1万t,COD入河量分别为197.0t、538.6t、6356.4t,氨氮入河量分别为36.0t、51.4t、809.8t。

## 5. 污染物总量控制方案

### 5.1. 控制原则

2020年：据西安市最严格水资源管理制度近期规划目标“2020年省级考核河流水功能区水质100%达标，市级河流80%达标”的要求，结合2020年各河流水功能区污染物排放量与相应纳污能力的对比，经综合分析各河流治理难度，拟定2020年黑河全段、沔河全段、灞河源头水保护区为水功能区达标河段，按以下原则进行控制：

- 1) 若入河量小于纳污能力，则入河量作为其入河控制量。
- 2) 若入河量大于或等于纳污能力，入河控制量等于纳污能力。入河削减量等于入河量与纳污能力之差。

**Table 2.** Results table for the accounting of river pollution absorption capacity

**表 2.** 研究河流纳污能力核算成果表

河流名称	水功能区二级区	水平年	COD			氨氮				
			水质目标	90%枯月流量(m <sup>3</sup> /s)	综合衰减系数	纳污能力(t/a)	水质目标	90%枯月流量(m <sup>3</sup> /s)	综合衰减系数	纳污能力(t/a)
黑河	周至饮用、农业用水区	2015	15	0.528	0.1736	175.5	0.5	0.528	0.116	15.1
		2020	15	0.528	0.1736	175.5	0.5	0.528	0.116	15.1
		2030	15	0.528	0.1736	175.5	0.5	0.528	0.116	15.1
	周至工业、农业用水区	2015	20	0.948	0.1736	280.5	1	0.948	0.116	20.3
		2020	20	0.948	0.1736	280.5	1	0.948	0.116	20.3
		2030	20	0.948	0.1736	280.5	1	0.948	0.116	20.3
沔河	西安工业、农业用水区	2015	20	0.212	0.1736	183.1	1	0.212	0.116	10.2
		2020	20	0.212	0.1736	183.1	1	0.212	0.116	10.2
		2030	20	0.212	0.1736	183.1	1	0.212	0.116	10.2
	西安农业用水区	2015	30	0.343	0.1736	174.7	1.5	0.343	0.116	9.1
		2020	30	0.343	0.1736	174.7	1.5	0.343	0.116	9.1
		2030	30	0.343	0.1736	174.7	1.5	0.343	0.116	9.1
灞河	蓝田、长安农业用水区	2015	20	0.834	0.1736	582.1	1	0.834	0.116	32.7
		2020	20	0.834	0.1736	582.1	1	0.834	0.116	32.7
		2030	20	0.834	0.1736	582.1	1	0.834	0.116	32.7
	西安农业用水区	2015	20	0.842	0.1736	47.9	1	0.842	0.116	3.4
		2020	20	0.842	0.1736	47.9	1	0.842	0.116	3.4
		2030	20	0.842	0.1736	47.9	1	0.842	0.116	3.4
	西安排污控制区	2015	30	0.851	0.1736	780.6	1.5	0.851	0.116	47.5
		2020	30	0.851	0.1736	780.6	1.5	0.851	0.116	47.5
		2030	30	0.851	0.1736	780.6	1.5	0.851	0.116	47.5
西安过渡区	2015	30	0.855	0.1736	544	1.5	0.855	0.116	29.4	
	2020	30	0.855	0.1736	544	1.5	0.855	0.116	29.4	
	2030	30	0.855	0.1736	544	1.5	0.855	0.116	29.4	

**Table 3.** Calculation results of pollutant inflow in planning year  
**表 3.** 规划年污染物入河量计算成果表

河流	水功能二级区	水平年	废污水				COD				氨氮			
			排放量/万 t			入河量/万 t	排放量/t			入河量/t	排放量/t			入河量/t
			生活	工业	合计		生活	工业	合计		生活	工业	合计	
黑河	周至饮用、农业用水区	2015	81.0	138.9	219.8	197.9	68.3	25.3	93.6	67.4	9.6	6.4	15.9	11.5
		2020	62.6	105.6	168.2	151.4	51.0	52.8	103.8	74.8	7.6	14.0	21.6	15.5
		2030	69.0	95.5	164.5	148.1	59.2	50.3	109.5	78.8	8.5	13.0	21.5	15.5
	周至工业、农业用水区	2015	132.1	226.5	358.7	322.8	102.4	37.9	140.3	101.0	13.2	8.8	22.0	15.8
		2020	102.2	172.2	274.4	247.0	83.3	86.1	169.4	122.0	10.5	19.3	29.8	21.5
		2030	112.6	155.8	268.4	241.6	88.8	75.4	164.2	118.2	11.3	17.2	28.5	20.5
沣河	西安工业、农业用水区	2015	68.1	41.7	109.8	98.8	224.2	183.4	407.6	293.5	22.7	16.8	39.5	28.4
		2020	42.0	38.1	80.2	72.2	210.2	171.6	381.8	274.9	21.4	15.6	37.0	26.6
		2030	45.4	34.3	79.7	71.8	227.0	154.5	381.5	274.7	23.1	14.0	37.1	26.7
	西安农业用水区	2015	65.4	38.5	103.9	93.5	215.4	176.2	391.6	282.0	20.9	15.5	36.4	26.2
		2020	40.4	36.6	77.0	69.3	201.9	164.9	366.8	264.1	19.8	14.4	34.1	24.6
		2030	43.6	33.0	76.6	68.9	218.1	148.4	366.5	263.9	21.4	12.9	34.3	24.7
灞河	蓝田、长安农业用水区	2015	1130.0	924.5	2054.5	1849.1	1302.4	1468.7	2771.2	938.0	194.5	159.1	353.6	254.6
		2020	987.2	1296.5	2283.8	2055.4	849.0	1841.1	2690.1	910.5	101.3	232.3	333.6	240.2
		2030	1066.2	1205.8	2272.0	2044.8	916.9	1712.2	2629.1	889.9	109.4	216.1	325.5	234.3
	西安农业用水区	2015	93.0	76.1	169.1	152.2	107.2	120.9	228.0	67.0	20.2	16.5	36.8	26.5
		2020	81.2	106.7	187.9	169.1	69.9	151.5	221.4	65.0	10.5	24.2	34.7	25.0
		2030	87.7	99.2	187.0	168.3	75.5	140.9	216.3	63.6	11.4	22.5	33.8	24.4
	西安排污控制区	2015	1515.3	1239.8	2755.1	2479.6	1746.6	1969.6	3716.2	3349.8	282.5	231.2	513.7	369.9
		2020	1323.9	1738.7	3062.5	2756.3	1138.5	2468.9	3607.4	3251.8	147.1	337.5	484.6	348.9
		2030	1429.8	1617.0	3046.7	2742.1	1229.6	2296.1	3525.7	3178.2	158.9	313.8	472.8	340.4
	西安过渡区	2015	1056.0	864.0	1920.1	1728.0	1217.2	1372.6	2589.8	2344.9	174.9	143.1	317.9	228.9
		2020	922.6	1211.7	2134.3	1920.9	793.4	1720.6	2514.0	2276.3	91.1	208.9	299.9	216.0
		2030	996.4	1126.9	2123.3	1910.9	856.9	1600.1	2457.1	2224.7	98.4	194.2	292.6	210.7

灞河开发利用区按以下原则进行控制：

- 1) 若入河量大于纳污能力，且入河削减量在 40% 以内可达到功能区要求的(入河量小于或等于纳污能力)，则按达标处理，即入河控制量等于纳污能力。
  - 2) 若入河量大于纳污能力，且入河削减量在 40% 以上仍不能达到功能区要求的，入河削减量应在 70% 以上。
- 2030 年：据西安市最严格水资源管理制度远期规划目标“2030 年所有河流水功能区水质 100% 达标”的要求，拟定 2030 年污染物入河控制原则：
- 1) 若入河量小于纳污能力，则入河量作为其入河控制量。
  - 2) 若入河量大于或等于纳污能力，入河控制量等于纳污能力。入河削减量等于入河量与纳污能力之差。

**Table 4.** Pollutant inflow control scheme (unit: t/a)**表 4.** 污染物入河量控制方案(单位: t/a)

河流名称	水功能二级区划	水平年	纳污能力		污染物入河量		污染物入河控制量		污染物入河削减量	
			COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
黑河	周至饮用、农业用水区	2020	175.5	15.1	74.8	15.5	74.8	15.1	0	0.4
		2030	175.5	15.1	78.8	15.5	78.8	15.1	0	0.4
	周至工业、农业用水区	2020	280.5	20.3	122	21.5	118.2	20.3	0	1.2
		2030	280.5	20.3	118.2	20.5	118.2	20.3	0	0.2
沔河	西安工业、农业用水区	2020	183.1	10.2	274.9	26.6	183.1	10.2	91.8	16.4
		2030	183.1	10.2	274.7	26.7	183.1	10.2	91.6	16.5
	西安农业用水区	2020	174.7	9.1	264.1	24.6	174.7	9.1	89.4	15.5
		2030	174.7	9.1	263.9	24.7	174.7	9.1	89.2	15.6
灞河	蓝田、长安农业用水区	2020	582.1	32.7	910.5	240.2	582.1	32.7	328.4	207.5
		2030	582.1	32.7	889.9	234.3	582.1	32.7	307.8	201.6
	西安农业用水区	2020	47.9	3.4	65	25	47.9	3.4	17.1	21.6
		2030	47.9	3.4	63.6	24.4	47.9	3.4	15.7	21
	西安排污控制区	2020	780.6	47.5	3251.8	348.9	975.6	104.7	2276.3	244.2
		2030	780.6	47.5	3178.2	340.4	780.6	47.5	2397.6	292.9
	西安过渡区	2020	544	29.4	2276.3	216	682.9	64.8	1593.4	151.2
		2030	544	29.4	2224.7	210.7	544	29.4	1680.7	181.3

## 5.2. 污染物控制量与削减量

依据上述原则,对 2020、2030 年各河流入河控制量和入河削减量进行计算,河流水功能区污染物控制成果见表 4。

2020 年黑河全河段 COD 入河控制量 193 t, 入河削减量 0; 氨氮入河控制量 35.4 t, 入河削减量 1.6 t。沔河全河段 COD 入河控制量 357.8 t, 入河削减量 181.2; 氨氮入河控制量 19.3 t, 入河削减量 31.9 t。灞河全河段 COD 入河控制量 2288.5 t, 入河削减量 4215.2 t; 氨氮入河控制量 205.6 t, 入河削减量 624.5 t。

2030 年黑河全河段 COD 入河控制量 197 t, 入河削减量 0; 氨氮入河控制量 35.4 t, 入河削减量 0.6 t。沔河全河段 COD 入河控制量 357.8 t, 入河削减量 180.8; 氨氮入河控制量 19.3 t, 入河削减量 32.1 t。灞河全河段 COD 入河控制量 1954.6 t, 入河削减量 4401.8 t; 氨氮入河控制量 113.0 t, 入河削减量 696.8 t。

规划年污染物入河量是基于现状污水处理水平和规模的基础上预测的,为达到规划年各河流污染物削减量目标值,在继续强化废污水排放监督管理的基础上,主要采取在各河流周边新建或扩建污水处理厂以及提高污水排放标准等措施,使排入各河流水功能区的污染物达到各规划年入河控制量。

## 6. 结论

1) 采用一维水质模型核算了黑河、沔河和灞河 3 条河流水功能区的纳污能力。规划年黑河、沔河及灞河 COD 的纳污能力分别为 456.0 t/a、357.8 t/a 和 1954.6 t/a; 氨氮的纳污能力分别为 35.4 t/a、19.3 t/a 和 113.0 t/a。

2) 在分析现状年河流水环境状况和污染物入河量的基础上,预测了规划年生活和工业污染物的排放量和入河量。2020 年黑河、沔河和灞河 3 条河流 COD 入河量分别为 196.8 t、539.0 t、6503.6 t, 氨氮入河量分别为 37.0 t、51.2 t、830.1 t。2030 年黑河、沔河和灞河 3 条河流 COD 入河量分别为 197.0 t、538.6 t、6356.4 t, 氨氮入河

量分别为 36.0 t、51.4 t、809.8 t。

3) 通过对上述 3 条河流规划年污染物入河量与相应纳污能力的对比分析,提出了 3 条河流的污染物入河控制量和入河削减量,其中黑河污染物入河削减量任务最轻,2020 年 COD 入河削减量 0,氨氮入河削减量 1.6 t;2030 年 COD 入河削减量 0;氨氮入河削减量 0.6 t。灞河最为繁重,2020 年 COD 入河削减量 4215.2 t;氨氮入河削减量 624.5 t;2030 年 COD 入河削减量 4401.8 t;氨氮入河削减量 696.8 t。

4) 除采取新建或扩建污水处理厂,增强污水处理能力,降低污染物排放量和入河量外,还应积极采取非工程措施[14],如建立统一、高效、协调的水资源保护管理体制,加强流域水资源管理;加强入河排污口设置的管理,规范排污口设置审批工作;加强水资源保护的舆论宣传和监督,注重水资源保护与管理的科学研究等,努力实现水资源的可持续利用,为西安水生态文明城市建设保驾护航。

## 参考文献

- [1] 赵宪伟. 省域 COD 排放总量预测及减排潜力与对策研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2010.  
ZHAO Xianwei. Study on Provincial COD emission forecast and reduction potential and countermeasures. Beijing: China University of Geosciences, 2010. (in Chinese)
- [2] 叶旭. 温瑞塘河流域水污染总量控制研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2002.  
YE Xu. Total water pollution control in Wenrui Tang River Basin. Hangzhou: Zhejiang University, 2002. (in Chinese)
- [3] 李家科. 博斯腾湖水环境容量及污染物排放总量控制研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2004.  
LI Jiako. Study on water environmental capacity and total pollutant discharge control in Bosten Lake. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology (Xi'an University of Science and Technology), 2004. (in Chinese)
- [4] 刘洁, 冯银厂, 朱坦. 总量控制在环境管理中应用[J]. 城市环境与城市生态, 2003(1): 59-60.  
LIU Jie, FENG Yinchang and ZHU Tan. Application of total quantity control in environmental management. Urban Environment and Urban Ecology, 2003(1): 59-60. (in Chinese)
- [5] 曲化, 张世泉, 吕家欣. 论我国现阶段实施总量控制的功能和运行机制[J]. 中国环境管理, 1997(3): 41-43.  
QU Hua, ZHANG Shiquan and LV Jiaxin. On the function and operating mechanism of implementing total quantity control in China at present. Environmental Management of China, 1997(3): 41-43. (in Chinese)
- [6] 西安市统计局. 西安统计年鉴[M]. 西安: 西安市统计局, 2016.  
Xi'an Bureau of Statistics. Xi'an statistical yearbook. Xi'an: Xi'an Bureau of Statistics, 2016. (in Chinese)
- [7] 长江流域水资源保护局. GB/T 25173-2010 水域纳污能力计算规程[S]. 北京: 国家质检总局, 2010.  
Yangtze River Basin Water Resources Protection Bureau. GB/T 25173-2010. Code for calculation of water capacity in water. Beijing: State Quality Inspection Administration, 2010. (in Chinese)
- [8] 韩龙喜, 朱党生, 蒋莉华. 中小型河道纳污能力计算方法研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2002, 30(1): 35-38.  
HAN Longxi, ZHU Dangsheng and JIANG Lihua. Study on the method of calculating the capacity of small and medium-sized rivers to absorb pollution. Journal of Hehai University, 2002, 30(1): 35-38. (in Chinese)
- [9] 付意成, 徐文新, 付敏. 我国水环境容量现状研究[J]. 中国水利, 2010(1): 26-31.  
FU Yicheng, XU Wenxin and FU Min. Study on the present situation of water environment capacity in China. China Water Conservancy Water Conservancy, 2010(1): 26-31. (in Chinese)
- [10] 徐仲翔, 孙建富, 章献忠, 等. WASP 水质模型在兰江流域水体纳污能力计算中的应用[J]. 内蒙古环境科学, 2011, 23(10): 30-33.  
XU Zhongxiang, SUN Jianfu, ZHANG Xianzhong, et al. Application of WASP water quality model in the calculation of water capacity of Lanjiang River basin. Inner Mongolia Environmental Science, 2011, 23(10): 30-33. (in Chinese)
- [11] MILANO, M., RUELLAND, D., DEZETTER, A., et al. Modeling the current and future capacity of water resources to meet water demands in the Ebro basin. Journal of Hydrology, 2013, 500: 114-126. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.07.010>
- [12] DPAOULQERIS, C., GEORGIU, P., PAPANIMOS, D., et al. Ecosystem approach to water resources management using the MIKE11 modeling system in the Strymonas River and Lake Kerkini. Journal of Environment Management, 2012, 94(1): 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.023>
- [13] 西安市水务局. 西安市水中长期供求规划[R]. 西安: 西安市水务局, 2010.  
Xi'an Water Bureau. Xi'an water supply and demand planning. Xi'an: Xi'an Water Bureau, 2010. (in Chinese)
- [14] 赵淑兰. 泾渭河流域水功能区纳污能力及入河污染物总量控制分析[J]. 陕西水利, 2012, 23(1): 145-148.  
ZHAO Shulan. An analysis on the capacity of water function area of Chanhe River Basin to absorb pollution and control the total amount of pollutants into the river. Shaanxi Water Conservancy, 2012, 23(1): 145-148. (in Chinese)