

渭河流域宝鸡眉县段水环境容量核算与分析

赵串串, 马志峰, 安若兰, 张黎, 于杰

(陕西科技大学 资源与环境学院, 西安 710021)

摘要:随着陕西经济建设的飞速发展,环境问题日益突出,渭河水生态环境也随之遭到破坏。为提高干流水体消纳污染负荷的能力,以渭河眉县干流及境内 3 条较大的支流,即石头河、霸王河、汤峪河为研究对象,通过实地监测获取选定河段的河宽、水深、流速、溶解氧以及 COD 等相关水质参数。采用一维水质模型核算出干流河段稀释混合长度。通过情景设定,对比分析干流稀释混合长度与河流背景 COD 浓度以及污染排放量之间的关系。结果表明,采用完全混合模型核算出 3 条支流河段均有一定剩余 COD 水环境容量,可以很好地补给干流水体的污染负荷能力。结合干流稀释混合长度与支流水环境容量,提出河段达标优化治理方案。

关键词:水环境容量; 稀释混合长度; 水质模型

中图分类号: X832

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)02-0189-04

Analysis of Water Environmental Capacity of Wei River in Baoji-Meixian Section

ZHAO Chuanchuan, MA Zhifeng, AN Ruolan, ZHANG Li, YÜ Jie

(College of Resources & Environment, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: With the rapid development of the economy in Shaanxi, the environmental problems have become increasingly prominent. As the key river Shaanxi, the eco-environment of Wei River has been destroyed. In order to improve the load capacity of the contaminants, the width, depth, velocity, dissolved oxygen, COD and other related water quality parameters were observed in the Wei River in Meixian County and its three tributaries including Shitou river, Bawang river and Tangyu river. The three tributaries had remainder COD water environmental capacity proved by using the completely mixed model, and it can supply for self cleaning capacity of the main stream. We got the dilution mixing length of the main stream by using the one-dimensional. By setting the scenario, we compared and analyzed the relationships between dilution mixing length and the background COD concentrations of the river and the pollution emissions. And then we proposed a measure that the COD in the upstream should be we controlled in order to reduce the length of the buffer in the river and to meet the standard.

Keywords: water environmental capacity; dilution mixing length; water quality model

随着城市发展需水量的增加与水环境污染的日趋严重,水质污染与水资源不足已经严重制约城市的发展^[1]。我国北方的水资源开发已超过 50%,南方发达的水系加速了超标污水的迁移扩散,造成了更加严重的水体污染^[2]。渭河流域涉及宝鸡、杨凌、西安等 8 个市(区)60 个县(市、区),自古以来对陕西的发展起着举足轻重的作用^[3]。目前渭河水质有所改善,但仍未达到省政府要求,干流出境断面等化学需氧量(简称 COD)无法稳定达标,并且污染排放量随着人口百万速度增长将以 10%左右速度增长。因此,对渭河水环境

容量的研究已经迫在眉睫。周洋等采用一维稳态模型与水环境容量模型计算渭河陕西段水环境容量,为水资源合理利用和环境生态建设提供科学依据^[4]。朱磊等结合水文水质特性,针对渭河关中段建立了水质水量关系影响程序,其为水质改善以及生态基流保障提供技术支持^[5]。

为提升干流水体自净能力,本文将干流稀释混合长度作为研究对象,通过情景设定,确定稀释混合长度部分影响因素。由于支流是补充干流水体的重要来源,本文将石头河、霸王河、汤峪河 3 条支流作为研

究对象,研究支流水环境在一定程度上对干流水环境的补给与调节作用。

1 研究区概况

眉县隶属于陕西省宝鸡市,属暖温带大陆性半湿润气候,海拔高度在 442~3 767 m,年均降水 609.5 mm,年均气温 12.9℃。

渭河眉县段平均水深 1~1.2 m,河宽 1 km 左右,年均流量 4 亿 m³。该段主要支流为石头河、霸王河和汤峪河。石头河平均河宽 25 m,水深 0.5 m。

霸王河源于太白山,处于眉县东部地区,平均河宽 36 m,水深 0.6 m。汤峪河位于眉县最东部,平均河宽 30 m,水深 0.45 m。近年支流水质变化见表 1。从表 1 可以看出,从 2009—2011 年,河水中 COD 浓度呈增长趋势,但 COD 浓度小于 20 mg/L,属于Ⅲ类水。而随着眉县旅游业、工业、农业等发展^[6-8],渭河眉县某污水公司排污口断面下游约 20 km 河长 COD 浓度高达 40 mg/L 以上,经河流稀释消减水体仍属劣 V 类水质,严重影响干流水环境按功能区划达标问题。

表 1 支流水环境现状

河流	时段	化学需氧量/ (mg·L ⁻¹)	溶解氧/ (mg·L ⁻¹)	pH	硝态氮/ (mg·L ⁻¹)	亚硝态氮/ (mg·L ⁻¹)	总磷/ (mg·L ⁻¹)
石头河	2009	9.20	—	7.18	4.00	0.02	0.02
	2010	5.60	9.60	7.52	—	—	—
	2011	13.00	9.00	6.98	—	—	—
霸王河	2009	10.00	—	7.28	6.00	0.05	0.02
	2010	8.00	9.50	7.40	—	—	—
	2011	10.00	9.90	7.28	—	—	—
汤峪河	2009	9.90	—	7.58	5.00	0.03	0.02
	2010	12.90	10.50	8.20	—	—	—
	2011	16.00	10.30	7.21	—	—	—

2 研究内容及方法

2.1 干流稀释混合长度核算

稀释混合长度,为从排污口开始到污染物消减到水体达标处的长度。

渭河眉县段河段宽浅,横向和垂向的污染物浓度梯度可以忽略,选用一维水质模型^[9]:

$$C=C_0 \cdot e^{-\frac{Kx}{u}} \quad (1)$$

$$C_0 = \frac{C_u \cdot Q_u + C_e \cdot Q_e}{Q_u + Q_e} \quad (2)$$

式中: C ——标准 COD 浓度(kg/m³); C_0 ——接纳污染物且完全混合后 COD 浓度(kg/m³); K ——污染物降解速度常数(d); x ——河流稀释混合长度(m); u ——河流流速(m/s); C_u ——排污口上游河流背景浓度(mg/L); Q_u ——排污口上游河水流量(m³/s); C_e ——排污口污水浓度(mg/L); Q_e ——排污口污水流量(m³/s)。

2.2 支流水环境容量核算

2.2.1 模型选择 环境容量为一个环境单元在满足环境目标的前提下,所能接受的最大污染量^[10-12]。渭河眉县段 3 条支流均属于宽浅型,符合使用完全混合模型的条件。因此,选用完全混合模型核算 COD 水环境容量。

完全混合模型只考虑污染物的衰减,环境容

量为:

$$S=QC-QC_0+KCV=Q(C-C_0)+KCV \quad (3)$$

式中: S ——进入河段的 COD 总量(kg/d); Q ——河段流量(m³/s); C ——标准 COD 浓度(kg/m³); C_0 ——接纳污染物且完全混合后 COD 浓度(kg/m³); K ——污染物降解速度常数(d); V ——河段体积(m³)。

2.2.2 支流河段参数 石头河、霸王河、汤峪河三条支流没有其他支流汇入,并且排污口极少,因此通过两点法确定 K 值,即通过测定河流上下游两断面的 COD 值,确定 K 值:

$$K = \frac{u}{\Delta x} \ln \left\{ \frac{C_a}{C_b} \right\} \quad (4)$$

式中: u ——河流流速(m/s); Δx ——监测断面距离(m); C_a, C_b ——上、下游断面 a, b 两处 COD 浓度(mg/L)。

3 结果与分析

3.1 干流水环境负荷分析

干流水环境负荷分析,以眉县某污水公司排污口入干流河段为研究起始断面,基于一维模型,分析某污水公司污水处理厂排污口混合缓冲区河段长度,讨论眉县部分因素对干流稀释混合长度的影响。

3.1.1 排污口混合缓冲区河段长度核算 据《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002 可知,

眉县干流段 COD 执行一级 B 标准,最高允许排放污水浓度为 60 mg/L。据 2011 年数据调查,某污水公司污水处理厂污水排放量为 0.083 m³/s。

采用漂浮法测定河段平均流速为 0.35 m/s,根据陕西水利厅魏家堡监测站多年监测流量数据,河段流量取近 10 a 枯水期平均流量,其值为 30.53 m³/s,河段排放口上游 500 m 取样实测 COD 浓度为 58.52 mg/L。参照相关文献,渭河干流 COD 的 K 值为 0.46/d^[13-14]。

根据一维水质模型,该排污口稀释混合河段长度为 70 584.44 m。

3.1.2 优化方案讨论 根据计算的排污口稀释混合河段长度,需经过 70 km 以上,COD 浓度才可达 III 类水环境标准。由于该段混合区同时接纳下游其他排污口排放的污水,干流河段达标需要更长的稀释河段长度。为此,本文提出了以下优化方案。

方案一,通过降低污水排放量,如将排放量消减到原排放量的 1/2,核算稀释混合河段长度为 70.583 km,如消减到原排放量的 1/8,则稀释混合河段长度为 70.581 km。因此,单纯减小排污量对河流稀释混合长度影响非常小,该方案不可行。

方案二,通过降低上游 COD 背景浓度减小河道稀释长度,见表 2。

由表 2 可知,河流背景 COD 浓度在情景 1 到情景 4 变化时,浓度每降低 10 mg/L,河流稀释混合长度相应降低 20 km。当 COD 浓度不大于 23 mg/L 时,河流稀释长度降低到 10 km 以内。

表 2 河流稀释混合长度变化

情景	背景浓度/(mg·L ⁻¹)	稀释长度/km
1	58.52	70.58
2	45.00	53.37
3	35.00	36.92
4	25.00	14.92
5	24.00	12.25
6	23.00	9.48
7	22.00	6.57
8	21.00	3.54
9	20.00	0.36

3.2 支流水环境容量核算与分析

支流环境容量核算时,首先沿 3 条河中下游进行了采样和测定,其中,石头河选取河段为距离入渭河口 3 km 处,其他 2 条河在保证漂浮法等测定条件的前提下,选取了距入渭河口较近的地方。

3.2.1 参数估值 支流水质监测点选取河床地势比较平坦,水流较平缓的河段,采样点相距约 2 km。河流中溶解氧(下文简称 DO)值通过便携式溶解氧仪测定,COD 值通过国标法进行实验室测定,水质监测数据见表 3。水文监测数据,见表 4。

表 3 支流水质监测数据

河流	河宽/ m	水深/ m	距离/ m	流速/ (m·s ⁻¹)	流量/ (m ³ ·s ⁻¹)
石头河	13.75	0.43	2036	0.27	1.58
霸王河	15.05	0.44	2933	1.32	8.74
汤峪河	3.50	0.49	1926	1.13	1.94

注:流速选用漂浮法测定。

表 4 支流水文监测数据

河流	监测点 X	监测点 Y	温度/℃	DO/(mg·L ⁻¹)	COD/(mg·L ⁻¹)
石头河 a	34°11'27"	107°39'48"	21.0	7.2	13.26
石头河 b	34°12'14"	107°39'03"	21.2	8.5	13.04
霸王河 a	34°11'51"	107°48'22"	24.9	7.1	14.97
霸王河 b	34°13'10"	107°49'07"	25.4	7.5	14.77
汤峪河 a	34°09'13"	107°53'57"	26.1	6.9	13.32
汤峪河 b	34°13'09"	107°54'04"	26.5	7.3	12.93

注:a 代表河流上游;b 代表河流下游。

水质参数估值通过两点法确定,即将测定数据带入公式(4),求得 K 值。因此,石头河、霸王河、汤峪河的 COD 降解常数分别为 0.19/d,0.13/d,0.17/d。

3.2.2 水环境容量核算 结合陕西水环境功能区划分,三条支流设定执行 II 类水环境质量标准,COD 浓度上限为 15 mg/L,初始 COD 浓度选取支流上游 COD 浓度。

将上述数据带入公式(3),求得水环境容量,结果见表 5。

表 5 支流水环境容量 kg/d

河段名称	稀释容量	降解容量	总环境容量
石头河	237.20	34.61	271.81
霸王河	22.66	49.42	72.08
汤峪河	281.30	8.59	289.89

3.2.3 补给调节作用分析 据支流实地监测数据可知,3 条支流 COD 浓度均达到地表水环境 I 类标准,且支流均有一定剩余环境容量。

霸王河水体流量最大,其流量约占干流近 10 a

枯水期流量的 1/4,对支流有很好的补给调节作用。其他两条支流流量较小,但也存在一定补给作用。

4 结论与建议

1) 通过设置渭河于流水环境污染负荷优化方案可知,河流上游背景 COD 浓度严重影响到下游排污口河流的稀释混合长度。该河段背景 COD 浓度在 25 mg/L 以上时,对河流稀释混合长度影响非常明显。

建议规定上游排污口稀释缓冲区的河长,即将排污口进行类别划分,保证每个排污口的设置都位于上一个排污口的稀释缓冲区以外,确保下一排污口出现之前,河流水环境能够达标。

2) 石头河、霸王河、汤峪河河段水环境容量分别为 271.81,72.08,289.89 kg/d,对干流水环境存在稀释调节作用。

建议在治理渭河干流污染的基础上,应保持和维护好支流水环境容量。在一定程度上,支流水环境可以补给干流水环境,稀释干流背景浓度,提升干流水体的污染负荷量,缩短混合缓冲区河长,可保证整条河流在短距离范围之内达标。

参考文献:

[1] 麻德明,石洪华,丰爱平. 基于流域单元的海湾农业非点源污染负荷估算:以莱州湾为例[J]. 生态学报,2014,34(1):173-181.

[2] 费频频,杨京平. 杭嘉湖水网平原村域水环境污染及其负荷分析[J]. 环境科学与技术,2011,34(4):104-109.

[3] 朱磊,李怀恩,李家科. 基于特征负荷法的渭河林家村断面以上流域污染物负荷估算[J]. 西安理工大学学报,2012,28(2):152-156.

[4] 周洋,周孝德,冯民权. 渭河陕西段水环境容量研究[J]. 西安理工大学学报,2011,27(1):7-11.

[5] 朱磊,李怀恩,李家科,等. 渭河关中段生态基流保障的水质水量响应关系研究[J]. 环境科学学报,2013,33(3):885-892.

[6] 王淑贤. 对眉县汤峪河河道综合治理方案的探讨[J]. 陕西水利,2013(6):100-101.

[7] 周保君,霍学喜. 眉县猕猴桃产业发展的调查与思考[J]. 陕西农业科学,2014,60(2):88-91.

[8] 赵西君,刘科伟,吴殿廷,等. 集群创导下的西部农村城镇化模式研究:以陕西眉县为例[J]. 西北大学学报:自然科学版,2009,39(1):137-141.

[9] 李俊峰,盛东,何新林. 玛纳斯河流域污染排放总量控制规划研究[J]. 水土保持研究,2009,16(1):254-258.

[10] 赵卫,刘景双,孔凡娥. 水环境承载力研究述评[J]. 水土保持研究,2007,14(1):47-50.

[11] 张帆,徐建新,徐晨光. 辽宁省典型流域水环境容量计算与分析[J]. 水土保持研究,2010,17(5):231-234.

[12] 赵串串,马宏瑞,杨晓阳,等. 渭河咸阳段水环境有机污染负荷与环境容量分析[J]. 环境科学与技术,2008,31(8):65-67.

[13] 訾香梅. 陕西渭河流域水功能区水域纳污能力分析[J]. 水利水电快报,2009,29(10):28-30.

[14] 赵串串,王晓昌,马宏瑞,等. 基于径流量模拟的渭河流域有机污染负荷削减方案研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(6):164-168.

(上接第 189 页)

[3] Fischer G, Sun L. Model based analysis of future land-use development in China[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment,2001,85(1):163-176.

[4] Driese K L, Reiners W A, Thurston R C. Rule-based Integration of Remotely-sensed Data and GIS for Land Cover Mapping in NE Costa Rica[J]. Geocarto International, 2001,16(1):37-46.

[5] Liu J, Liu M, Tian H, et al. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990—2000: an analysis based on Landsat TM data[J]. Remote Sensing of Environment,2005,98(4):442-456.

[6] 李黎黎,马振刚,王宝钧. 基于遥感和 GIS 技术的洋河流域土地利用/土地覆被变化特征分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(16):6924-6926.

[7] 杨国清,李月臣,李鹏鲁. 基于 RS 和 GIS 的小流域土地利用时空变化分析:以甘肃省天水市罗峪沟流域为例

[J]. 水土保持研究,2009,16(6):194-199.

[8] 李鹏杰,何政伟,李璇琼. 基于 RS 和 GIS 的土地利用/覆被动态变化监测:以九龙县为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):38-42.

[9] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):81-87.

[10] 王三,赵伟,黄春芳. 基于遥感的重庆市土地利用动态变化研究[J]. 中国农学通报,2010,26(2):250-256.

[11] 王君仁,许庆福,韩颖新. 日照市土地利用功能分区及空间管制[J]. 山东国土资源,2008,24(7):101-103.

[12] 李月臣,刘春霞. 锡林浩特市土地利用/覆盖变化研究[J]. 水土保持通报,2006,26(2):60-64.

[13] 李月臣,刘春霞. 北方 13 省土地利用/覆盖动态变化分析[J]. 地理科学,2007,27(1):45-52.

[14] 乔庆伟,许庆福,张庆淑,等. 日照市土地利用变化对生态环境的影响[J]. 山东国土资源,2010,26(7):30-32.