

# 滦河干流水质时空变化分析

郭丽峰<sup>1</sup>, 孟宪智<sup>1</sup>, 周绪申<sup>1</sup>, 张辉<sup>2</sup>, 张乐<sup>3</sup> (1. 海河流域水环境监测中心, 天津 300170; 2. 水利部海河水利委员会水资源保护科学研究所, 天津 300170; 3. 河南大学环境与规划学院, 河南开封 475004)

**摘要** 根据 2007~2011 年水质监测资料, 对滦河干流 COD<sub>Mn</sub> 和 NH<sub>3</sub>-N 浓度的时空变化进行分析。结果表明, 2010 年枯水期污染物浓度较低, 而平水期浓度则较高; 2007~2011 年污染物浓度呈现逐渐降低趋势, 即水质有所改善。以 2010 和 2011 年为例, 对滦河干流进行简单的水质水量联合评价, 郭家屯和乌龙砚站点水量较大时水质较差, 水量较小时水质较好, 呈现面源污染的特点; 滦县站点水量较大时水质较好, 水量较小时水质相对较差, 呈现点源污染的特点。

**关键词** 滦河流域; 水质; 水量; 时空变化

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)01-196-04

## Analysis on Temporal-spatial Variation of Water Quality in Mainstream of Luanhe River

GUO Li-feng, MENG Xian-zhi, ZHOU Xu-shen et al (Water Environmental Monitoring Center of Haihe River Basin, Tianjin 300170)

**Abstract** According to water quality monitoring data during 2007-2011, the temporal-spatial variation of COD<sub>Mn</sub> and NH<sub>3</sub>-N in mainstream of Luanhe River was analyzed. The results showed that: the pollutant concentration was low in the dry season, while it was comparatively high in the normal water season in 2010. The pollutant concentration decreased and the water quality improved during 2007-2011. The correlation was analyzed in terms of integrating water quality and quantity, based on the data collected over the period from 2010 to 2011. The water quality of Guojiatun and Wulongji sample was good with a small amount of water and was poor with large quantity of water, which presents the characteristics of non-point source pollution. The water quality of Luanxian sample was good with large quantity and was poor with a small amount of water, which presents the characteristics of point source pollution.

**Key words** Luanhe River Basin; Water quality; Water quantity; Spatial-temporal variation

水环境是人类生存环境中非常重要的一部分, 水环境问题已成为 21 世纪危及全球的重大国际问题<sup>[1]</sup>。随着水环境污染问题的日益严重, 从水环境变化与人类社会发展的相互作用的角度出发, 河流水质变化已成为世界各国众多学者关注的热点问题<sup>[2-3]</sup>。同时, 河流水质也是流域水环境管理决策部门关心的核心问题, 其时空分布特征可以为流域水环境管理者提供动态信息<sup>[4]</sup>。

满足一定使用功能, 具有一定质量的水才能称为水资源。因此定量评价不同等级水质的水量大小和时空分布更具有实际意义<sup>[5]</sup>。笔者根据滦河干流 2007~2011 年水质监测资料, 从时间和空间两个维度对滦河干流水质的变化趋势和分布特征进行了详细的分析, 并评价了 2010 和 2011 年的水质水量, 为今后水污染的全面治理和决策提供科学依据<sup>[6]</sup>。

## 1 材料与方法

**1.1 滦河流域概况** 滦河发源于河北省张家口地区的巴彦古尔图山北麓, 流经内蒙古正蓝旗、多伦县和河北省承德、唐山两地区, 于河北省乐亭县兜网铺注入渤海湾<sup>[7]</sup>。滦河全长 888 km, 流域面积 4.48 万 km<sup>2</sup>, 主要支流有兴州河、伊逊河、武烈河、瀑河、洒河、青龙河等。地势由西北向东南倾斜, 流域上游为坝上、围场高原区, 地表呈波动状起伏, 多风蚀洼地; 中游为冀北、燕山丘陵区, 河谷深切; 下游为燕山山前平原和滦河三角洲平原, 受人类活动影响剧烈。白城子以上为

滦河上游, 称为闪电河; 白城子以下至滦河口为滦河中下游, 称为滦河。

滦河干流全长 509 km, 共划分为 10 个水功能区<sup>[8]</sup>: 滦河内蒙多伦工业用水区位于内蒙古多伦县境内, 主要提供工农业用水; 滦河内蒙冀缓冲区位于内蒙古和河北省交界处, 为省界缓冲区; 滦河河北承德保留区 1 和滦河河北承德保留区 2 位于河北省承德市隆化县和滦平县境内, 其中保留区 1 是滦河干流在河北省的源头, 保留区 2 开发利用程度不高; 滦河河北承德饮用水源区位于河北省承德市和承德县境内, 主要功能是为上述 2 个县市提供饮用水, 但目前水质较差, 不具备饮用水功能; 滦河河北承德、唐山缓冲区位于河北省承德市承德县和兴隆县境内, 是水源地保护区的上游; 潘家口水库水源地保护区和大黑汀水库水源地保护区位于河北省唐山市迁西县境内, 为调水水源地, 主要为天津市、河北省唐山市提供城市生活饮用水; 滦河河北唐山工业用水区位于河北省唐山市的迁安市和滦县境内, 主要提供工农业用水; 滦河河北唐山、秦皇岛工业用水区经过河北省唐山市的滦县、乐亭县和河北省秦皇岛市的昌黎县, 在乐亭县的兜网铺入海, 主要提供工农业用水。滦河干流水功能区划状况见表 1。

**1.2 监测点及参数选择** 笔者以滦河干流为研究对象, 根据水质监测断面的代表性和监测资料的收集情况, 选取滦河干流郭家屯、三道河子、乌龙砚、潘家口水库坝上(简称潘坝上)、大黑汀水库坝上(简称汀坝上)、滦县和姜各庄 7 个监测站点进行分析。研究区域及监测断面分布情况见图 1。

水利部海河水利委员会发布的《海河流域水资源质量公报》(表 2) 表明, 2007~2011 年滦河干流存在不同程度的水质污染, 主要污染物为高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)和氨氮(NH<sub>3</sub>-N)。因此, 笔者选取可以反映滦河干流水污染特点的 COD<sub>Mn</sub>

**基金项目** 国家国际科技合作专项(2013DFA71340); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07203-002); 水利部技术引进项目(201412); 水利部科技推广项目(TG1408)。

**作者简介** 郭丽峰(1980-), 女, 河北张家口人, 工程师, 硕士, 从事遥感应用与水资源保护方面的研究工作。

**收稿日期** 2014-11-25

和  $\text{NH}_3\text{-N}$  作为水体污染时空变化分析的评价指标。水质评价依据《地表水环境质量标准》<sup>[9]</sup> 中的相关标准限值(表 3), 分全年均值、丰水期(6~9月)、平水期(3~5月)和枯水期(1~2月和10~12月)进行分析。

表 1 滦河干流水功能区划

序号	水功能区名称	范围		水质代表断面	长度//km 或面积//km <sup>2</sup>	水质目标
		起始断面	终止断面			
1	滦河内蒙多伦工业用水区	白城子	羊肠子沟入口		40	Ⅲ
2	滦河蒙冀缓冲区	羊肠子沟入口	外沟门子		40	Ⅲ
3	滦河河北承德保留区 1	外沟门子	郭家屯	郭家屯	89	Ⅲ
4	滦河河北承德保留区 2	郭家屯	三道河子	三道河子	100	Ⅲ
5	滦河河北承德饮用水源区	三道河子	乌龙矶	乌龙矶	71	Ⅲ
6	滦河河北承德、唐山缓冲区	乌龙矶	潘家口水库入库口	乌龙矶	11	Ⅲ
7	潘家口水库水源地保护区	潘家口水库库区	潘家口水库库区	潘坝上	64*	Ⅱ
8	大黑汀水库水源地保护区	大黑汀水库库区	大黑汀水库库区	汀坝上	25*	Ⅱ
9	滦河河北唐山工业用水区	大黑汀水库坝下	滦县	滦县	96	Ⅲ
10	滦河河北唐山、秦皇岛工业用水区	滦县	河口	姜各庄	63	Ⅲ
合计					509	
					89*	

注:标\*的表示面积。



图 1 研究区概况及监测点位置示意图

**1.3 研究方法** 主要收集了滦河干流不同时段的水质监测数据,通过数理统计和对比分析的方法,分别从年内变化、年际变化以及沿程变化 3 个方面进行水质变化特征分析,同时进行水质水量联合评价。按照滦河干流监测断面的沿程分布,分别选取郭家屯、乌龙矶和滦县 3 个站点,对 2010 年水体中  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度的年内变化、2007~2010 年年际变化情况进行分析;并分析 2007~2011 年  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  年平均浓度和多年平均浓度沿程变化情况;分别对郭家屯、乌龙矶和滦县 3 个站点 2007 和 2010 年水质水量进行联合评价。

## 2 结果与分析

**2.1 水质时间变化** 郭家屯、乌龙矶和滦县 3 个监测站点 2010 年  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度的年内变化趋势如图 2 所示,

表 2 滦河主要监测断面水质状况

监测断面	水质目标	2007 年		2008 年		2009 年		2010 年		2011 年	
		水质类别	主要超标项目	水质类别	主要超标项目	水质类别	主要超标项目	水质类别	主要超标项目	水质类别	主要超标项目
郭家屯	Ⅲ	Ⅳ	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	Ⅳ	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	Ⅲ		Ⅳ	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	Ⅳ	$\text{COD}_{\text{Mn}}$
三道河子	Ⅲ	Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		Ⅳ	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	Ⅲ	
乌龙矶	Ⅲ	劣 V	$\text{NH}_3\text{-N}$	劣 V	$\text{NH}_3\text{-N}$	劣 V	$\text{NH}_3\text{-N}$	劣 V	$\text{NH}_3\text{-N}$	劣 V	$\text{NH}_3\text{-N}$

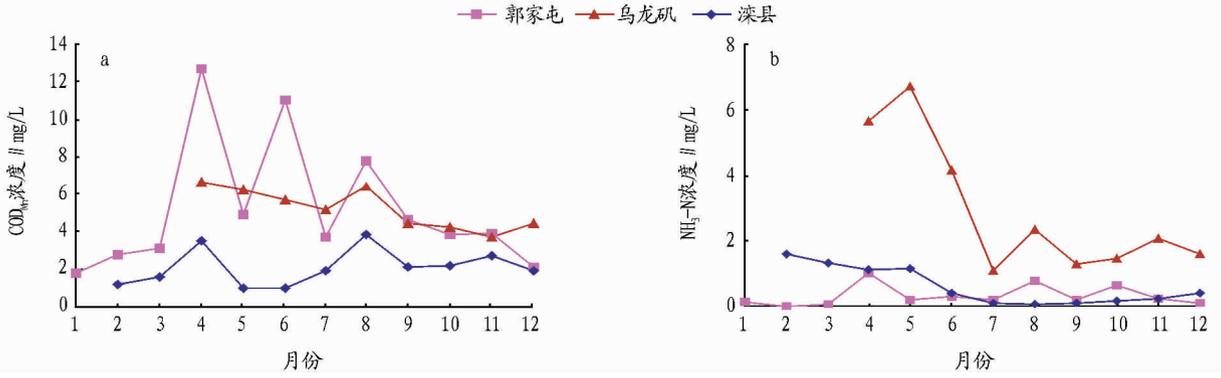
表 3  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  水质分类标准 mg/L

水质分类	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$
I	2	0.15
II	4	0.50
III	6	1.00
IV	10	1.50
V	15	2.00

总体来看,枯水期污染物浓度较低,平水期浓度则较高。上游郭家屯站点  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度呈现波动趋势,最大浓度均出现在平水期的 4 月,分别为 12.7 和 1.0 mg/L,丰水期的 8 月浓度也较高;中游的乌龙矶站点  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度呈降低趋势,最高浓度均出现在平水期,均为 6.7 mg/L,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$

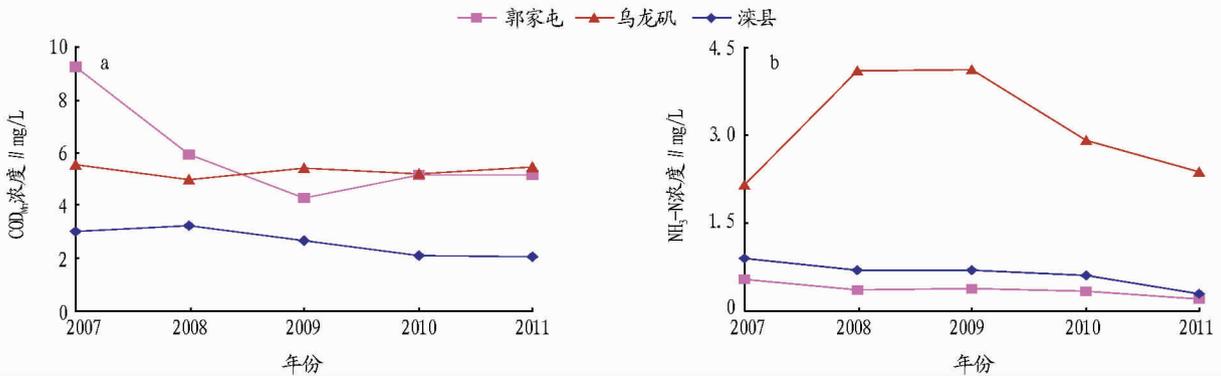
的最低浓度出现在枯水期的 11 月,而  $\text{NH}_3\text{-N}$  的最低浓度则出现在丰水期的 7 月;下游滦县站点  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  浓度基本保持不变,在 3 mg/L 上下波动,而  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度则呈现下降趋势,从枯水期的 1.6 mg/L 降到 0.4 mg/L。

上述 3 个站点  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度的年际变化趋势如图 3 所示,总体来看,研究区域 2 种污染物浓度 2007~2011 年呈现逐渐降低趋势,即水质有所改善。 $\text{COD}_{\text{Mn}}$  浓度在郭家屯站点呈现先迅速降低、继而缓慢升高的趋势,乌龙矶站点在 5.2 mg/L 左右波动,滦县站点呈现逐年下降趋势。 $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度在郭家屯和滦县站点呈现逐年降低趋势,在乌龙矶站点呈现先升高又降低的趋势。



注:a. COD<sub>Mn</sub>; b. NH<sub>3</sub>-N。

图2 COD<sub>Mn</sub>和NH<sub>3</sub>-N浓度的年内变化趋势



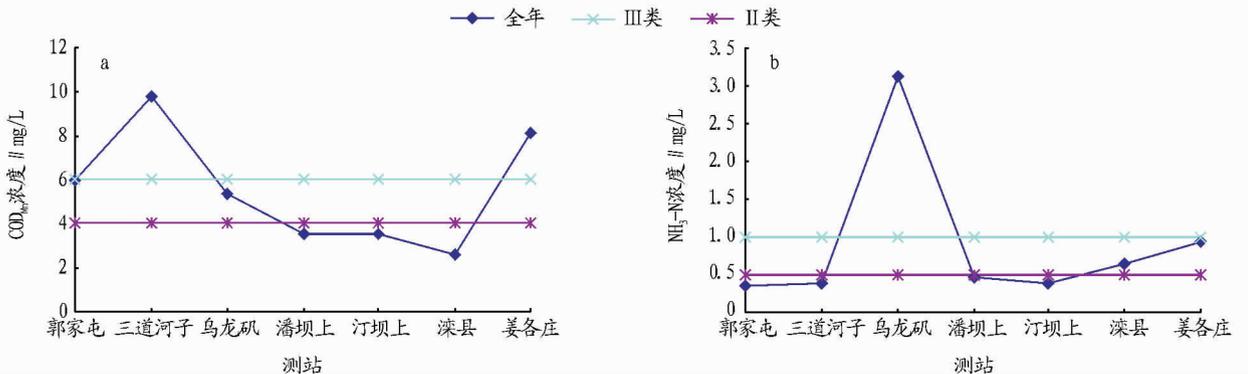
注:a. COD<sub>Mn</sub>; b. NH<sub>3</sub>-N。

图3 COD<sub>Mn</sub>和NH<sub>3</sub>-N浓度的年际变化趋势图

**2.2 水质的空间变化** 各站2007~2011年COD<sub>Mn</sub>和NH<sub>3</sub>-N平均浓度变化情况与年平均浓度沿程变化情况相同,从上游到下游均呈现先升高又逐渐降低然后又升高趋势(图4和图5)。其中COD<sub>Mn</sub>浓度在郭家屯站点可以达到地表水Ⅲ类标准,三道河子站点明显升高,主要是受滦平县周台子铁矿场的排污影响。2007年承德滦平县周台子铁矿场废污水入河量中COD的平均浓度达到190 mg/L,超过Ⅲ类水质标准8.5倍,其他年份也存在这样的情况。经过三道河子站点后逐渐降低,均达到相应的水质目标。到姜各庄站点又明显升高,超过了相应的水质目标,主要是受唐山滦县排污的影响。2007年滦县废污水入河量中COD的平均浓度达到183 mg/L,超过Ⅲ类水质标准8.2倍。

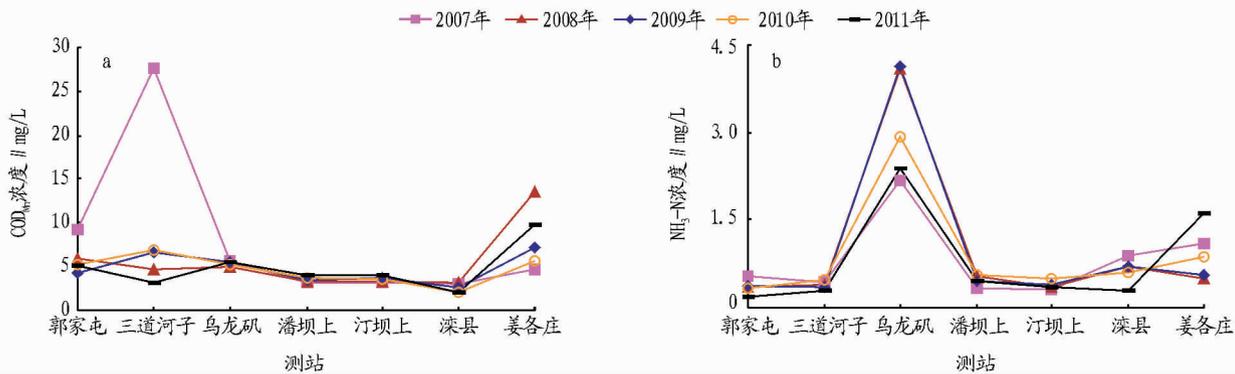
NH<sub>3</sub>-N浓度沿程变化与COD<sub>Mn</sub>的浓度有所差别,郭家屯

和三道河子站点基本保持在Ⅱ类水平,乌龙矾站点突然升高,超过了相应的水质目标(Ⅲ类),达到7个站点的最高浓度值。主要是由于武烈河的水质污染严重,其最下游的承德站点在2007~2010年间的NH<sub>3</sub>-N浓度平均值为8.3 mg/L,超过Ⅲ类水质标准7.3倍,汇入滦河后对乌龙矾监测断面造成一定的影响。值得注意的是,承德滦平县周台子村铁矿场的废污水中NH<sub>3</sub>-N含量较低(平均浓度为0.9 mg/L),对滦河中NH<sub>3</sub>-N浓度基本不构成污染。经过乌龙矾站点后,潘坝上和汀坝上两个站点明显降低,达到Ⅱ类水质标准,主要是由于水库的自净能力较强,水质得到较大的改善。滦县和姜各庄站点又逐渐升高,主要是由于沿程迁西县、迁安市和滦县的排污对水质造成一定的影响,但两个站点浓度均能满足相应的水质目标(Ⅲ类)。



注:a. COD<sub>Mn</sub>; b. NH<sub>3</sub>-N。

图4 COD<sub>Mn</sub>和NH<sub>3</sub>-N多年平均浓度的沿程变化



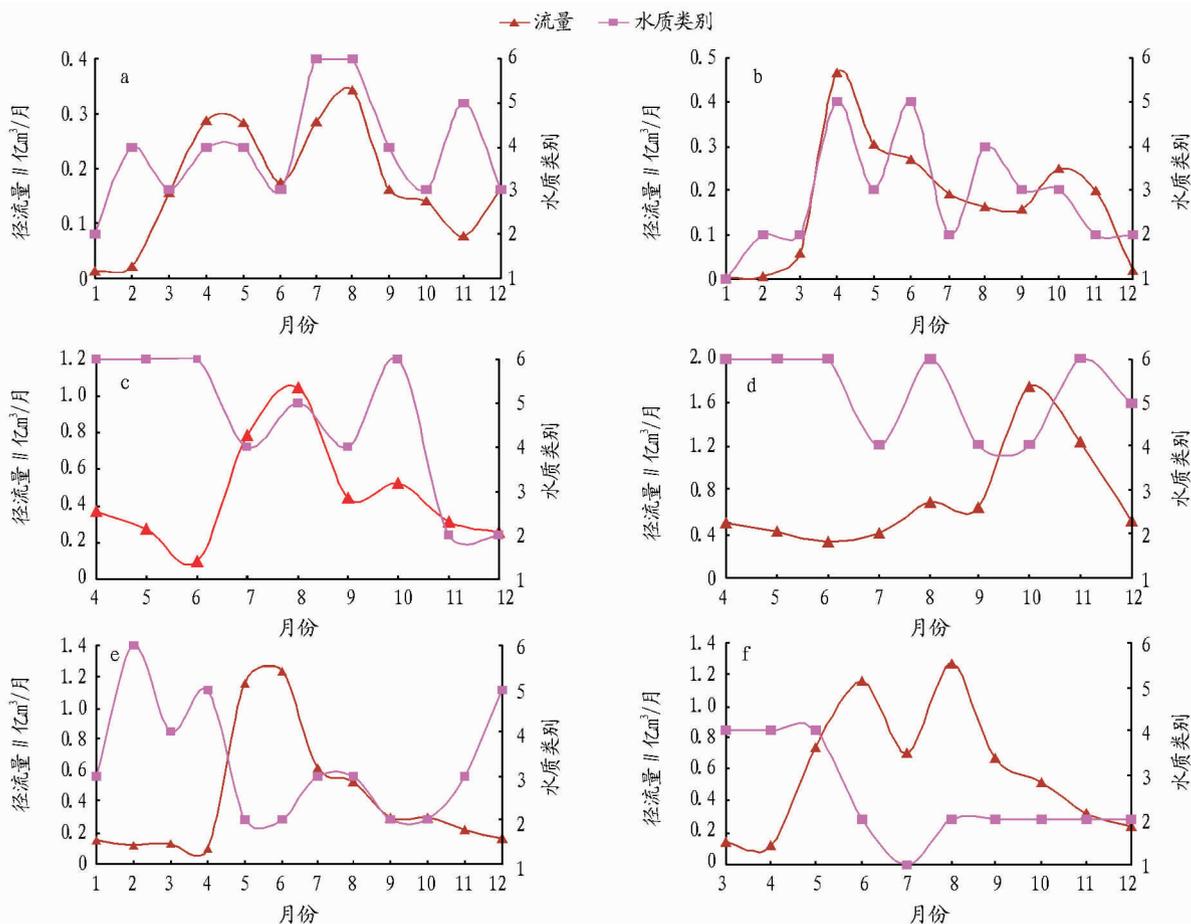
注: a. COD<sub>Mn</sub>; b. NH<sub>3</sub>-N。

图5 COD<sub>Mn</sub>和NH<sub>3</sub>-N年平均浓度的沿程变化

**2.3 水质水量联合评价** 郭家屯、乌龙矶和滦县站点水质水量联合评价成果如图6所示,可见,2007和2010年郭家屯和乌龙矶站点水量较大时水质较差,水量较小时水质较好;滦县站点水量较大时水质较好,水量较小时水质相对较差。

上游的郭家屯站点水量最大的4和7月,水质较差,为V类和劣V类,而水量最小的1月,水质最好,可达到II类;中游

的乌龙矶站点和郭家屯情况基本相同,水量最大的8月,水质较差,为V类和劣V类,而水量较小的11月,水质最好,达到II类;下游的滦县站点与上游2个站点情况不同,水量最大的6和8月,水质较好,达到II类,而水量较小的2月,水质为劣V类。



注: a. 郭家屯(2007年); b. 郭家屯(2010年); c. 乌龙矶(2007年); d. 乌龙矶(2010年); e. 滦县(2007年); f. 滦县(2010年)。

图6 主要监测站点径流量和水质类别过程线

**3 主要结论与建议**

对滦河干流典型污染物的年际和年内变化进行分析,结果表明:

(1)从时间变化来看,枯水期 COD<sub>Mn</sub>和 NH<sub>3</sub>-N 浓度较

低,平水期浓度则较高。2007~2011年2种污染物浓度呈现逐渐降低趋势,即水质有所改善。

(2)从空间变化来看,从上游到下游均呈现先升高又逐

(下转第226页)

资源永续利用、海洋经济持续增长、海陆经济一体化发展,为建设海洋强市,进而实现天津科学发展、和谐发展、创新发展的目标保驾护航。

### 参考文献

- [1] 狄乾斌,王小娟. 大连市海洋经济协调持续发展研究[J]. 资源开发与市场,2010,26(10):887-891.
- [2] 赵秀秀,杨德利. 浅析加快发展海洋经济的必要性[J]. 山西农业科学,2010,38(2):73-76.
- [3] 《我国海洋经济总量及海洋产业结构研究》课题组. 我国海洋经济总量及产业结构[J]. 国情观察,2007(8):27-29.
- [4] 张文亮. 天津市海洋低碳经济发展道路初探[J]. 海洋开发与管理,2012,29(11):85-90.
- [5] 天津市海洋局. 2013年天津市海洋经济统计公报[R]. 2014.
- [6] 吕慎杰. 广东海洋经济绿色发展战略研究[J]. 现代乡镇,2008(12):38-41.
- [7] 储永萍,蒙少东. 发达国家海洋经济发展战略及对中国的启示[J]. 湖南农业科学,2009(8):154-157.
- [8] 伍湘陵. 厦门“蓝色经济”的绿色发展路径选择[J]. 台湾农业探索,2013(1):39-42.
- [9] 新华社. 加快海洋经济发展方式转变,促进海洋经济绿色发展[EB/OL]. (2012-11-04)http://www.022net.com.
- [10] 牛桂敏. 天津市绿色循环低碳发展的分析与思考[J]. 城市环境与城市生态,2013,26(3):30-33.
- [11] 王淼,刘晓洁,李洪田. 国民经济核算体系与海洋生态资源核算[J]. 乡镇经济,2004(11):38-39.
- [12] 易爱军. 江苏省海洋经济绿色发展战略问题研究[J]. 淮海工学院学报:人文社会科学版,2013,11(9):63-65.
- [13] 张莉,何春林,乔俊果. 广东省绿色海洋经济发展的效益评价[J]. 太平洋学报,2008(8):78-87.
- [14] 贾亚君. 包容性增长视角下实现浙江海洋生态经济可持续发展研究[J]. 经济研究导刊,2012(7):107-108.

(上接第199页)

渐降低然后又升高趋势。COD<sub>Mn</sub>浓度在郭家屯站点以上较低,可以达到地表水水质Ⅲ类;郭家屯至三道河子明显升高,主要是由于滦平县周台子铁矿场的排污造成;三道河子至滦县又逐渐降低,均达到相应的水质目标(Ⅲ类);滦县-河口明显升高,主要是受唐山滦县排污的影响。NH<sub>3</sub>-N浓度沿程变化与COD<sub>Mn</sub>的浓度有所差别,三道河子站点以上保持在Ⅱ类水平;三道河子-乌龙矾突然升高,达到7个站点的最高浓度值,主要是由于武烈河的水质污染严重,汇入滦河后对乌龙矾站点造成一定的影响;乌龙矾-汀坝上浓度明显降低,达到Ⅱ类水质标准,主要是由于水库的自净能力较强,水质得到较大的改善;汀坝上-河口浓度又逐渐升高,主要是由于沿程迁西县、迁安市和滦县的排污对水质造成一定的影响,但均能达到相应的水质目标(Ⅲ类)。

(3)水质水量联合评价结果表明,郭家屯和乌龙矾站点水量较大时水质较差,水量小时水质较好,呈现面源污染的特点;滦县站点水量较大时水质较好,水量小时水质相对较差,呈现点源污染的特点。

总之,水质变化是点源和面源综合作用的结果,滦河两岸工矿企业、生活污水以及上游的水土流失对河流水质造成

- [15] 世界海洋经济发展战略研究课题组. 主要沿海国家海洋经济发展比较研究[J]. 统计研究,2007,24(9):43-47.
- [16] 陈宝树,张秀梅. 实施科技兴海,发展天津海洋经济[J]. 海洋开发与管理,2006(3):71-73.
- [17] 张文亮. 加速海洋经济发展,建设海洋经济强市[J]. 求知,2013(7):46-49.
- [18] 刘明. 中国海洋经济可持续发展展望[J]. 环境经济,2010(3):45-50.
- [19] 李夫星,郑颖娟,张玉,等. 环渤海四省市海洋可持续发展能力比较评价[J]. 海洋通报,2013,32(3):338-344.
- [20] 于谨凯,李宝星. 我国海洋产业市场绩效评价及改进研究[J]. 产业经济研究,2007(2):14-21.
- [21] 刘曙光,姜旭朝. 中国海洋经济研究年回顾与展望[J]. 中国工业经济,2008,248(11):153-160.
- [22] 罗亮,王娇. 生态环境压力下的海洋经济强省战略[J]. 新东方,2011(3):17-19.
- [23] 李文荣,孙世芳. 金融危机背景下中国海洋经济发展的SWOT分析与对策[J]. 海洋开发与管理,2010,27(1):80-84.
- [24] 仓定稳,仓定仲. 海洋经济可持续发展与海洋环境保护[J]. 经济研究,2009(12):42-43.
- [25] 毕晓琳. 海洋科技发展在现代海洋经济发展中的作用[J]. 海洋经济,2010(3):19-22.
- [26] 赵艳霞. 加速江苏海洋经济发展的问题思考[J]. 安徽农业科学,2010,38(4):2071-2072.
- [27] 王晓惠,李宜良,周洪军,等. 金融危机对我国海洋经济的影响分析[J]. 海洋开发与管理,2009,26(3):90-94.
- [28] 尹梦寒,董昕,林煦昊. 海洋经济可持续发展对策研究[J]. 资源节约与环保,2013(10):170.
- [29] 李新中. 连云港市海洋经济跨越式发展的若干思考[J]. 经济研究,2010(11):50-51.
- [30] 陈水胜. 海洋经济发展的问题探讨及对策分析[J]. 广东经济,2010(4):52-55.

了一定的影响。因此,对河流进行污染治理首先应加强入河排污口的监督管理,并对污水排放进行优化设计,将生活污水收集到城市污水管网,经污水处理厂处理后再排放。同时,也不能忽视面源的影响,上游要积极推进水土保持工作,加强小流域综合治理,减少水土流失造成的面源污染。

### 参考文献

- [1] 解莹,李叙男,王慧亮,等. 滦河流域上游地区主要河流水污染特征及评价[J]. 环境科学学报,2012,32(2):645-653.
- [2] 郭巍. 渭河陕西段主要监控断面水质变化趋势分析[J]. 安全与环境工程,2010,17(5):47-50.
- [3] 牛珊珊,张亚娟,陈洁,等. 渭河干流水质时空变化特征分析[J]. 人民黄河,2012,35(1):39-41.
- [4] 徐华山,徐宗学,唐芳芳,等. 漳卫南运河流域水质时空变化特征及其污染源识别[J]. 环境科学,2012,33(2):359-369.
- [5] 李春晖,杨志峰. 黄河干流水体污染时空变化特征[J]. 水资源与水工程学报,2004,15(2):10-14.
- [6] 刘玉年. 淮河流域水质时空变异研究[J]. 水资源保护,2009,25(4):1-4.
- [7] 王刚,严登华,黄站峰,等. 滦河流域径流的长期演变规律及其驱动因子[J]. 干旱区研究,2011,28(6):998-1044.
- [8] 国务院关于全国重要江河湖泊水功能区划(2011-2030年)的批复(国函[2011]167号)[Z]. 2011.
- [9] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. GB3838-2002地表水环境质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.