

The Characteristics of Spatial Distribution of the Agricultural Drainage and Pollutions into Bosten Lake

Qing Zhuang¹, Lisha Ying¹, Jianping Zhang²

¹The Faculty Geography Resource Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu Sichuan

²Environmental Monitor Station of Environmental Protection Bureau of Bayingolin Mongolia Autonomous Prefecture, Korle Xinjiang

Email: 18382452355@163.com

Received: Aug. 14th, 2015; accepted: Aug. 29th, 2015; published: Sep. 4th, 2015

Copyright © 2015 by authors 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

Abstract

Bosten Lake was once China's largest inland freshwater lake. Also, it is the important water source for the Yanqi Basin, the banks of Qongquehe, and the Tarim River. Since the 1950's, the development of industry and agriculture has caused not only increased pollution into the lake, but also the water quality has deteriorated. Farmland drainage is the main cause for the water pollution. To quantitatively analyze the farmland drainage pollution, data were gathered for the characteristics of spatial distribution and for the annual changes in recent years. The following items below were used for obtaining these data: First, there is the basis of the remote sensing images and the field survey, where we represent the GIS's plotting for the 26 main drainage canals. Secondly, by using the monitoring data of the drainage water into the lake during the period of June 2002 to May 2003, we can approximately estimate the increased amounts of wastewater and pollutants. Then lastly, we will use the results of the eight most important canals to be compared with the data for the year 2007. The criteria set above helped produce the following information: 1) The total drainage volume of wastewater, TN, and TP content of 26 main drainage canals was $4.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 1287 t and 10 t respectively; 2) For the 17 drainage canals into the Lake, the Yellow Main Dry Line had the largest total drainage volume of wastewater and TP content, $1.35 \times 10^8 \text{ m}^3$ and 4.3 t respectively; while the largest TN content was at the 22nd South Dry Line, 296t; 3) The grades of water quality for all of the drainage canals have now been classified and then arranged by the single factor index method and by the concentration of the pollutants; 4) Among all the drainages, we have selected eight most important canals whose total drainage volume of wastewater, TN, and TP content were respectively $3.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 1193 t and 9.6 t. Therefore, by comparing the data obtained from the year 2007 with those obtained from the period of June 2002 to May 2003, we have found that the percentage increase of wastewater, TN, and TP content was respectively 81.4%, 46.0% and 527.7%.

Keywords

Agricultural Drainage, Pollutants, Characteristics of Spatial Distribution, Bosten Lake

博斯腾湖农田排水及其污染物空间分布特征分析

庄晴¹, 盈丽莎¹, 张建平²

¹四川师范大学地理与资源科学学院, 四川 成都

²新疆巴州环保局环境监测站, 新疆 库尔勒

Email: 18382452355@163.com

收稿日期: 2015年8月14日; 录用日期: 2015年8月29日; 发布日期: 2015年9月4日

摘要

博斯腾湖曾经是我国内陆最大的淡水湖泊, 也是焉耆盆地、孔雀河沿岸及塔里木河下游的重要水源地。自上世纪五十年代以来, 随着工农业的发展, 经农田排水进入湖泊的污染物增多, 水质开始劣化。农田排水是造成湖水污染最主要的原因。为定量辨析农田排水污染特征的空间分布及其近年来的年际变化, 本文首先基于遥感影像, 结合实地调查, 绘制了26条主要排渠的空间分布图; 其次根据2002年6月至2003年5月的农田排水监测数据对农田排水量及各种污染物含量进行估算; 最后, 选取8条主干渠将其与2007年前人的估算结果进行了对比。研究结果表明: 1) 26条排渠的污水排放总量、TN和TP含量分别为4.3亿m³、1287 t和10 t; 2) 进入大湖区的17条排渠中, 黄水总干排的污水排放量和TP含量最大, 分别为1.35亿m³和4.3 t; 而TN含量最大的为22团南干排, 为296 t; 3) 依据26条排渠的水质数据, 选取单因子指数法对其污染浓度进行水质评价, 并对污染因子的浓度进行排序; 4) 选取8条主干渠, 其污水量、TN和TP含量之和分别为3.6亿m³、1193 t和9.6 t。2007年与2002年6月至2003年5月相比, 其污水总量、TN和TP含量分别占后者的81.4%、46.0%和527.7%。

关键词

农田排水, 污染物, 空间分布特征, 博斯腾湖

1. 引言

博斯腾湖(简称博湖)是中国内陆湖泊的典型代表, 其水域面积大约 900 km², 容量约为 88 亿 m³ [1], 其水量大小及水质状况对其流域(博湖流域包括和静、和硕、焉耆和博湖四县, 简称北四县)具有重大意义 [2]。自 50 年代以来, 随着当地人口数量增加, 水土开发规模加大, 水资源的不合理利用等, 湖泊水质急剧恶化, 流域内的生态系统的持续稳定性有所减弱[3]-[5]。自 60 年代以来, 作为新疆重要的农业工业产区, 由于其工业和灌溉农业发展, 使入湖的农田排水污染物也相应增加[6], 但其主要的污染源为农田排水。徐海量等研究了大湖区、小湖区及黄水区的离子和矿化度等污染物的含量, 并分析了河口区等的水质现状[7]。买合木提·巴拉提计算了污染物入湖控制总量, 并指出控制污染的重点应该从污染严重的大

干排着手[8]。谢贵娟等对大小湖区及黄水区的营养水平做了评价[9]。2007年,赛·巴雅尔图对博湖流域的主干渠入湖的水量及污染物含量进行了计算[10]。但上述研究尚未对各个湖区(本文只分为大湖区和小湖区)的入湖污染物含量的年际变化进行研究,对各农田排渠(流域内主要有农业、工业、城镇生活及旅游污染共四类污染,它们均经过农田排渠再进入博湖)污染因子的分析也不够全面。本文针对各农田排渠进入湖泊的污水,即:农田排水,分析了农田排水的污染物组成及其成分特征和空间分布,计算了农田排水总量及污染物含量,同时也将本文的部分计算结果与2007年赛·巴雅尔图的计算进行了对比,同时也对污染因子利用单因子指数法对水质类别进行划分,以求为控制农田排水污染及治理水环境提供理论依据。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

1) 遥感数据: 2002年6月至2003年5月(本文简称监测年)分辨率为30 m的TM影像,结合DEM数据及GPS实地调查。

2) 流量数据: 流量数据来自北四县环保部门; 部分遗漏的流量数据来自巴州水资源管理局。

3) 污染物数据: 来自监测年巴州水文水资源勘测局的集中监测, 主要有: COD_{Cr} 、TP、 BOD_5 、TN、氨氮、悬浮物、砷化物、氟化物 8 种数据; 流量数据和污染物数据均在监测年内每两月监测一次(2002年7月、9月、11月; 2003年1月、3月、5月), 共监测六次。

2.2. 研究方法

本文基于遥感资料, 以 ArcGIS 为手段, 结合 GPS 实地调查, 划分了进入大湖区的排渠和进入小湖区的排渠, 建立了湖区与排渠的水利联系, 最终绘制了农田排渠水系图, 图 1。由图可知, 进入流域的主要农田排渠共有 26 条, 其中 17 条(包含直接流入和经黄水区间接流入)进入大湖区, 9 条进入小湖区; 根据农田排水为农业、工业和城镇生活污水之和, 推算出入湖农业污水量, 得出博湖农田排水污染方式



Figure 1. Map of drainage canals into Bosten Lake

图 1. 博湖流域农田排渠水系图

依次为农业、工业和城镇生活污染；再基于流量数据和污染物数据(采用六次数据的算术平均值作为年值)对大小湖区的 TN 和 TP 等五种污染物含量进行了估算和对比。对 COD_{Cr} 和 TP 等六种污染物采用单因子指数法确定其水质类别，并对每种污染因子的污染程度进行排序；选择监测年和 2007 年大小湖区 8 条主干渠的污水量、TN 和 TP 含量进行了年际变化对比。

3. 结果分析

3.1. 农田排水的污染种类及其水量

本文首先分析了农田排水的污染，主要由农业污染、城镇生活污染、工业污染和旅游污染共四类污染组成。这些污染首先流入农田排渠，再流入湖泊。为此，农田排水总量实际上是这四类污水之和(但由于旅游污染较小，本文暂不予以考虑)。并由此根据已有数据间接计算农田排水的总量。

3.1.1. 入湖城镇生活污水

通过查阅《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》，该区属于全国污染源调查的第五区第五类区域，其排污系数见表 1，再根据博湖各县市的统计数据，2002 年~2003 年博湖北部四县的城镇居民的人口数量，见表 1，估算每年(按 365 天算)进入农田排渠的城镇生活的污水量计算各污染物排放量，如表 1。2002 年、2003 年城镇生活污水量各为 457 万 t 和 473 万 t，因此，监测年的污水量为 2002 全年和 2003 全年污水量之和的 50%，465 万 t。

3.1.2. 入湖工业污水

根据 2002 年~2003 年的监测资料，北四县工业排污量，如表 2，2002 年的工业污水量 374 万 t，2003 年工业污水量 541 万 t，因此，监测年的污水量估算值为 2002 年全年和 2003 年全年污水量之和的 50%，458 万 t [11]。

3.1.3. 入湖农业污水

由监测年排渠的监测数据可得排渠的污水总量。监测年内农田排渠共有 43,081 万 t 污水，表 3。

由此，农田排水中的农业污水量为 42,158 万 t (农田排水总量为农业、工业及城镇生活污水量之和)。综上，博湖农田排水的污染方式依次为：农业污染、工业污染和城镇生活污染。

3.2. 各农田排渠的排水构成及污水排放量

各类污水均经过农田排渠最终流入湖泊，本文根据 26 条主要农田排渠水系图(图 1)，由表 3，所有排渠中，仅有六条排渠是混合污染，其余二十条仅由农业污水构成。这就表明农业污染为农田排水的主要污染，其次才为工业和生活污染[11]。

综上，大湖区由于黄水区的注入，其污染方式比较复杂，共有六条排渠为混合污染；小湖区污染均来自农业污染，来源单一。

Table 1. The annual amounts of major pollutants from the resident sewage evaluated with a local emission standard
表 1. 博湖流域北四县城镇居民生活排污系数及其主要污染排放量估算

年份	总人口/人	污水量/万 t	氨氮/t	COD _{Cr} /t	TP/t	TN/t
2002 年	131,838	457	351	2550	36	486
2003 年	136,529	473	364	2641	37	503
排污系数*		95 (L/人/d)	7.3 (g/人/d)	53 (g/人/d)	0.74 (g/人/d)	10.1 (g/人/d)

注：数据来源于《博湖水环境问题成因演化趋势及综合治理规划研究》，2012 年；*数据来源于《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》。

Table 2. The amounts of pollutants from the industrial sewage
表 2. 博湖流域北四县的工业排污量

年份	污水排放量/万 t	氨氮/t	COD _{Cr} /t	TP/t	TN /t
2002 年	374	22	6795	18	87
2003 年	541	75	13,112	8	360

注：数据来源于《博湖水环境问题成因演化趋势及综合治理规划研究》，2012 年。

Table 3. Annual volumes of the wastewater for each canals drained during the period of June 2002 to May 2003
表 3. 2002 年 6 月~2003 年 5 月各农田排渠的排水构成及其污水排放量

汇入区域	农田排渠	排水构成	污水量/万 t	合计/万 t	
大湖区	直接流入大湖区	博湖镇干排	生活、工业	1554.23	26,889.18
		25 团干排	农田	355	
		26 团西干排	农田	292.32	
		本布图南干排	农田	252.62	
		包尔图牧场干排	农田	167.66	
		东大罕干排	农田	69.44	
		清水河农场东干排	农田	64.69	
	经黄水区流入大湖区	黄水总干排	农田、生活	13,508.2	
		22 团南干排	农田、工业	3272.87	
		胜利干排	农田、生活、工业	2793.5	
		东风干排	农田	1531.68	
		清水河农场西干排	农田、生活	893.9	
		北干排	农田	854.24	
		22 团北干排	农田、生活、工业	513.35	
小湖区	哈拉因干排	农田	432.49		
	24 团四连干排	农田	332.99		
	24 团六连干排	农田	缺测		
	解放一渠	农田	9116.3		
	团结总干排	农田	3390.9		
	四十里城子干排	农田	1092.1		
	27 团总干排	农田	850.84		
	才坎诺尔乡西干排	农田	692.94		
	永宁乡总干排	农田	518.07		
	查干诺尔乡干排	农田	463.91		
永宁乡东干排	农田	66.48			
27 团二干排	农田	缺测			
合计			43,080.72		

3.3. 农田排水总量与其污染物含量

3.3.1. 农田排水总量分析

由表 3, 监测年中, 流域内 26 条排渠的污水排放总量(农田排水总量)约 4.3 亿 m^3 , 其中入大湖区约 2.7 亿 m^3 , 小湖区约 1.6 亿 m^3 。而入大湖区中的黄水总干排, 排放量又最大, 约为 1.4 亿 m^3 , 占总农排水的三分之一[11]。

3.3.2. 农田排水的污染物含量分析

选取悬浮物、 COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN 及 TP 五种污染物为研究对象, 根据排渠的水量和结合表 5 中的污染物浓度, 可计算求得各排渠的污染物含量, 进而求取各个排渠所属湖区的污染物含量, 表 4 比较了大小湖区的污染物含量及其百分比。表 4 中, 进入大湖区的每项污染物均占据污染物总量的 50% 以上, 尤其是大湖区的 TP 占据整个湖区 TP 总量的 92%。

3.4. 农田排水水质类别

3.4.1. 水质评价

农田排水属农业用水范畴, 根据《地表水环境质量标准》GB3838-2002 中 V 类水质的标准对其进行评价。选取监测年内所有排渠各污染物的六次平均作为污染浓度, 对水质进行评价, 选取 6 种污染因子: COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮、TP、氟化物和砷化物作为指标。

选取单因子指数法, 计算所有排渠的 COD_{Cr} 等共六种污染的平均浓度, 同 V 类水质标准中的评价因子作对比, 确定其水质类别(表 5):

从表 5 中可得出以下结论:

1) 流域内氟化物、砷化物浓度低, 为 I 类水质, 这表明工业污染较轻。

2) 在 26 条排渠中, 仅小湖区的永宁乡总干排为水质最好的 II 类水质。

3) 属于劣 V 类水质的 3 条排渠全在黄水区, 这表明进入黄水区的污染较严重, 黄水区的水最终进入大湖区, 这对大湖区的水质状况的影响较大。与 V 类水质相比, 超标物为 COD_{Cr} 和氨氮。黄水总干排、22 团南干排、胜利干排的 COD_{Cr} 分别超标 1.59 倍、2.9 倍和 2.2 倍。其余 20 条排渠(除 27 团二干排和 24 团六连干排缺测外)的水质类别属于 III 类或 IV 类, 水质状况良好。

3.4.2. 污染因子浓度排序

上述六种污染物中, 氟化物和砷化物的浓度较小, 对水质影响较小, 而 COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮、TP 浓度较大, 对水质影响也较大。本文则针对所有排渠的四种污染物的浓度进行排序(表 6), 以分析单个污染物对水质的影响程度:

从表 6 可得出以下结论:

Table 4. Annual amount of the pollutants and its percentage of farmland drained into the Main Lake and the Small Lakes (from June 2002 to May 2003)

表 4. 大小湖区农田排水入湖的年污染物总量及百分比(2002 年 6 月~2003 年 5 月)

汇入区域		悬浮物/t	COD_{Cr} /t	BOD_5 /t	TN/t	TP/t
大湖区	污染物总量	45.321	15.682	760	948	9
	百分比	64	89	78	74	92
小湖区	污染物总量	24.946	1969	214	339	1
	百分比	36	11	22	26	8

Table 5. The averages of the drained waste-water observed from the 26 canals with their quality assessments (from June 2002 to May 2003)

表 5. 26 条主要农田排渠的水质监测浓度及评价(2002 年 6 月至 2003 年 5 月)

汇入区域	农田排渠		COD _{Cr} mg/L	BOD ₅ mg/L	氨氮 mg/	TP mg/L	氟化物 mg/L	砷化物 mg/L	水质
直接流入大湖区	博湖镇干排	浓度	13.13	5.11	0.42	0.070	0.565	0.010	IV
		结果	I	IV	II	II	I	I	
	25 团干排	浓度	18.37	2.68	1.14	0.006	0.338	0.003	IV
		结果	II	I	IV	I	I	I	
	26 团西干排	浓度	15.64	1.73	0.64	缺测	0.431	0	III
		结果	II	I	III		I	I	
	本布图南干排	浓度	16.78	2.14	0.56	0.002	0.166	0.004	III
		结果	II	I	III	I	I	I	
	包尔图牧场干排	浓度	15.72	2.17	0.72	0.002	0.233	0.008	III
		结果	II	I	III	I	I	I	
	东大罕干排	浓度	24.91	1.44	0.76	0.014	0.749	0.006	IV
		结果	IV	I	III	I	I	I	
	清水河农场东干排	浓度	12.43	1.34	0.74	0.009	0.386	0.005	III
		结果	I	I	III	I	I	I	
大湖区	黄水总干排	浓度	63.58	2.02	0.53	0.032	0.780	0.023	劣 V
		结果	劣 V	I	III	II	I	I	
	22 团南干排	浓度	115.95	4.27	0.92	0.040	0.755	0.023	劣 V
		结果	劣 V	IV	III	II	I	I	
	胜利干排	浓度	87.94	4.08	2.39	0.078	0.600	0.010	劣 V
		结果	劣 V	IV	劣 V	II	I	I	
	东风干排	浓度	12.47	3.54	0.63	0.001	0.396	0.003	III
		结果	I	III	III	I	I	I	
	经黄水区流入大湖区 清水河农场西干排	浓度	12.76	1.95	0.6	0.001	0.189	0.004	III
		结果	I	I	III	I	I	I	
	北干排	浓度	8.07	2.72	0.62	0.004	0.375	0	III
		结果	I	I	III	I	I	I	
	22 团北干排	浓度	7.30	3.82	0.52	0.002	0.351	0	III
		结果	I	III	III	I	I	I	
哈拉因干排	浓度	4.83	2.03	0.54	0.001	0.280	0	III	
	结果	I	I	III	I	I	I		
24 团四连干排	浓度	缺测	1.46	0.75	0.003	0.180	0	III	
	结果		I	III	I	I	I		
24 团六连干排	浓度	缺测	缺测	缺测	缺测	缺测	缺测		
	结果								

Continued

小 湖 区	解放一渠	浓度	3.46	0.82	0.64	0.004	0.050	0	III
		结果	I	I	III	I	I	I	
	团结总干排	浓度	26.83	2.44	0.42	0.007	0.316	0.002	IV
		结果	IV	I	II	I	I	I	
	四十里城子干排	浓度	23.94	1.42	0.6	0.011	0.248	0	IV
		结果	IV	I	III	I	I	I	
	27 团总干排	浓度	29.38	0.93	0.68	0.006	0.348	0.002	IV
		结果	IV	I	III	I	I	I	
	才坎诺尔乡西干排	浓度	21.06	1.47	0.74	0.004	0.081	0.007	IV
		结果	IV	I	III	I	I	I	
	永宁乡总干排	浓度	9.29	2.11	0.5	0.008	0.228	0.006	II
		结果	I	I	II	I	I	I	
	查干诺尔乡干排	浓度	6.21	2.48	0.56	0.002	0.731	0.019	III
		结果	I	I	III	I	I	I	
	永宁乡东干排	浓度	13.84	1.81	0.71	0.015	0.436	0.015	III
		结果	I	I	III	I	I	I	
27 团二干排	浓度	缺测	缺测	缺测	缺测	缺测	缺测		
	结果								

Table 6. The orders of the concentration for each pollutant in the 26 canals (from June 2002 to May 2003)

表 6. 26 条主要农田排渠污染因子浓度的排序(2002 年 6 月至 2003 年 5 月)

汇入区域	农田排渠	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	氨氮(mg/L)	TP (mg/L)	
直接流 入大湖 区	博湖镇干排	14	1	24	2	
	25 团干排	9	7	2	12	
	26 团西干排	12	17	12	缺测	
	本布图南干排	10	11	18	17	
	包尔图牧场干排	11	10	8	20	
	东大罕干排	6	20	4	6	
	清水河农场东干排	17	22	7	8	
	清水河农场东干排	17	22	7	8	
大 湖 区	黄水总干排	3	14	20	4	
	22 团南干排	1	2	3	3	
	胜利干排	2	3	1	1	
	东风干排	16	5	13	21	
	经黄水区流 入大湖区	清水河农场西干排	15	15	16	22
		北干排	19	6	14	15
		22 团北干排	20	4	21	19
		哈拉因干排	22	13	19	23
	24 团四连干排	缺测	19	5	16	
	24 团六连干排	缺测	缺测	缺测	缺测	

Continued

小 湖 区	解放一渠	23	24	11	14
	团结总干排	5	9	23	10
	四十里城子干排	7	21	15	7
	27 团总干排	4	23	10	11
	才坎诺尔乡西干排	8	18	6	13
	永宁乡总干排	18	12	22	9
	查干诺尔乡干排	21	8	17	18
	永宁乡东干排	13	16	9	5
	27 团二干排	缺测	缺测	缺测	缺测

1) COD_{Cr} 浓度排前三位的排渠依次是：22 团南干排、胜利干排和黄水总干排。BOD₅ 浓度排前三位的排渠依次是：博湖镇干排、22 团南干排和胜利干排。氨氮浓度排前三位的排渠依次是：胜利干排、25 团干排和 22 团南干排。TP 浓度排前三位的排渠依次是：胜利干排、博湖镇干排和 22 团南干排。

2) COD_{Cr} 浓度排最后三位的排渠依次是：解放一渠、哈拉因干排和查干诺尔乡干排。BOD₅ 浓度排最后三位的排渠依次是：解放一渠、27 团总干排和清水河农场东风干排。氨氮浓度排最后三位的排渠依次是：博湖镇干排、团结总干排和永宁乡总干排。TP 浓度排最后三位的排渠依次是：哈拉因干排、清水河农场西干排和东风干排。

3.5.8 条主干渠的污染含量计算

从表 3 中，选取团结总干排、解放一渠、四十里城子干排、博湖镇干排等 8 条污水量较大的干渠(本文简称主干渠)为研究对象，以各农田排渠的水量和表 5 中的污染物浓度数据为基础，计算了 TN、TP 的含量，并将其入湖污水量、TN 和 TP 的含量与赛·巴雅尔图的计算进行比较，如图 2。

2007 年与监测年相比，总体上大湖区和小湖区的污水量和 TN 含量都呈减少趋势，而 TP 含量则大幅度上升。

从污水量，监测年和 2007 年赛·巴雅尔图的污水总量分别为：4.3 亿 m³ 和 3.5 亿 m³ [10]，两个年份的各个主干渠的污水量均呈现下降趋势。2007 年大湖区的黄水总干排污水量最大，为 10,997 万 t，与监测年的 13,508 万 t 相比减少了 2511 万 t。污水量最小的均为东风干排，2007 年污水量为 1247 万 t 与监测年的 1532 万 t 相比，减少了 285 万 t；小湖区污水量最大的均是解放一渠，2007 年为 7420 万 t 与监测年的 9116 万 t 相比减少了 1696 万 t；污水量最少的是四十里城子干排，2007 年排放量为 889 万 t，与监测年的 1092 万 t 相比，减少了 203 万 t。

从 TN 含量，监测年和 2007 年 8 条主干渠的 TN 含量分别为 1193 t 和 548.52 t。两个年份的各个主干渠均呈现下降趋势，其中减少最多的是 22 团南干排，由监测年的 296 t 减少至 2007 年的 86.35 t，共减少 209.65 t。同时，大湖区两个年份出现最大 TN 含量的干渠并不一致，监测年 TN 含量最大的为 22 团南干排为 296 t，而 2007 年 TN 含量最大在黄水总干排为 182.94 t；小湖区 TN 含量最大在解放一渠，监测年和 2007 年分别为 207 t 和 70.71 t，最小在四十里城子干排，监测年和 2007 年分别为 20 t 和 16.94 t。在 8 条主干渠中，小湖区的污水量和 TN 含量最大的均是解放一渠，污水量和 TN 含量最小的均是四十里城子干排。

从 TP 含量，监测年和 2007 年 8 条主干渠的 TP 含量分别为 9.6 t 和 50.66 t。两个年份的各个主干渠均呈现上升趋势。大湖区最大值均在黄水总干排，监测年和 2007 年分别为 4.31 t 和 19.56 t，最小值均为

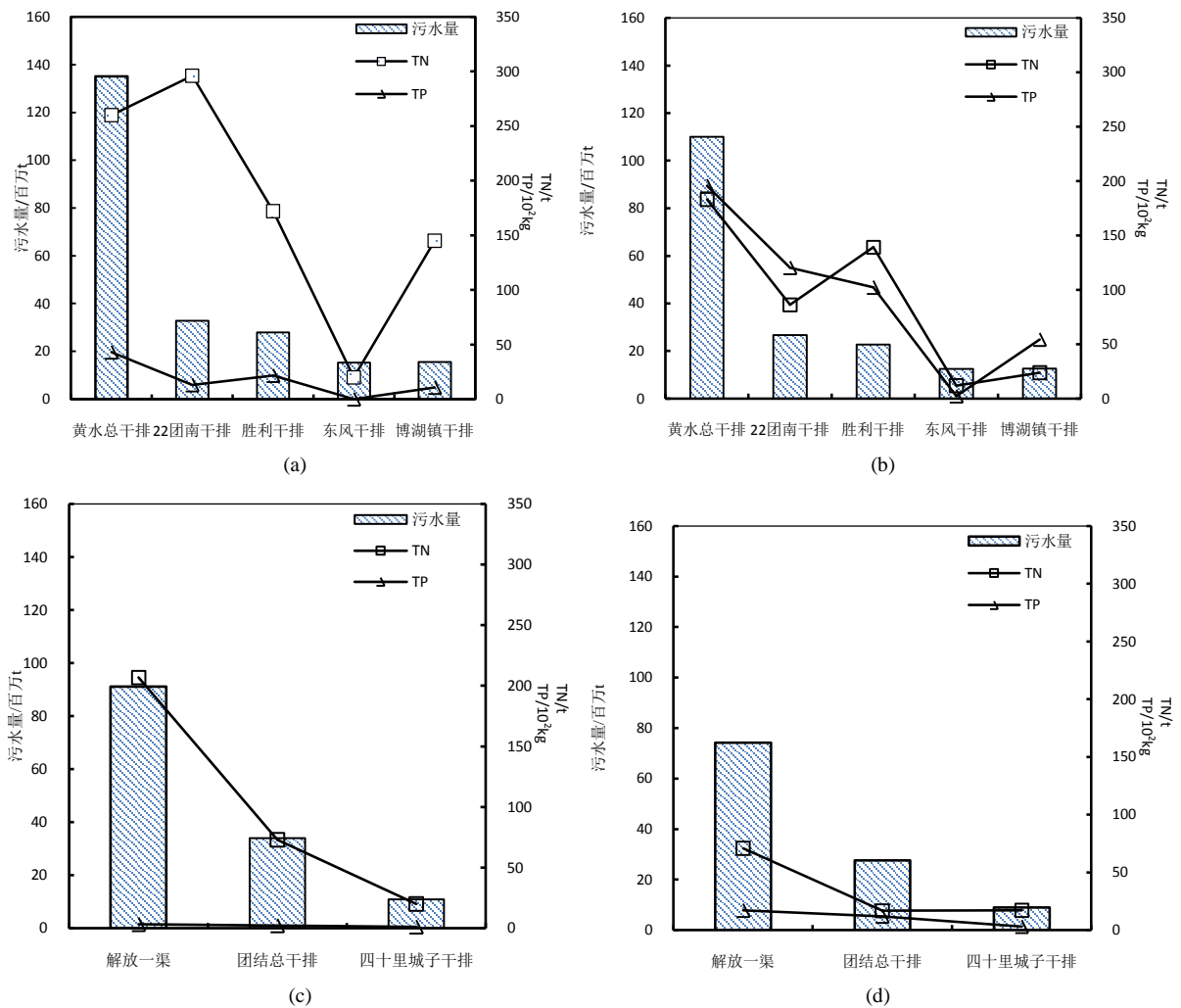


Figure 2. The comparison of the amounts of wastewater, TN and TP for the 8 canals with those in 2007

图 2. 大小湖区监测年与 2007 年的污水量、TN 及 TP 含量的比较。(a) 大湖区监测年的污水量、TN 及 TP 含量；(b) 大湖区 2007 年污水量、TN 及 TP 含量；(c) 小湖区监测年的污水量、TN 及 TP 含量；(d) 小湖区 2007 年污水量、TN 及 TP 含量

东风干排，监测年和 2007 年分别为 0.02 t 和 0.23 t；小湖区最大值在解放一渠，监测年和 2007 年分别为 0.33 t 和 1.7 t，最小值在四十里城子干排，监测年和 2007 年分别为 0.12 t 和 0.3 t。

4. 结论

依据监测年博湖流域 26 条农田排渠的污染物数据和流量数据，得出如下结论：

1) 博湖入湖的污水主要经过农田排渠入湖，其中农业、工业和城镇生活污水的总量分别为 42,158 万 t、465 万 t 和 458 万 t。农田排渠的污水主要流入大湖区(包括农田排渠直接注入大湖区和农田排渠经黄水区注入大湖区)和小湖区，大湖区由于黄水区的注入，所以其兼具较为复杂的农业、工业和城镇生活三种污染，而小湖区则较为单一，均为农业污染。

2) 进入大(包括黄水区在内)湖区、小湖区的农田排水总量分别为约 2.7 亿 m³ 和 1.6 亿 m³。根据污水量及每项污染物数据，计算了悬浮物、COD_{Cr}、BOD₅、TN 和 TP 五种污染物的含量及其百分比，大湖区的各项污染物均占总量的 50% 以上，其中 TP 含量尤为显著，占整个湖区的 92%。

3) 单因子指数法对所有排渠的 COD_{Cr} 、 BOD_5 等六种污染物的平均浓度与 V 类水质的评价因子相比较, 结果表明: 水质最好的为永宁乡总干排(小湖区), 属 II 类水质。而水质最差的劣 V 类水质主要集中在胜利干排、22 团南干排和黄水总干排, 且主要表现为 COD_{Cr} 和氨氮浓度超标。剩下的 20 条排渠为(除 27 团二干排和 24 团六连干排缺测外)较好的 III 类或 IV 类。

4) 六种污染物中, 对所有排渠的 COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮、TP 四种污染物的浓度进行排序。属劣 V 类的三条排渠中, 22 团南干排和胜利干排的四种污染物的浓度均排前三位, 其中胜利干排的氨氮及 TP 浓度最高, 而 22 团南干排的 COD_{Cr} 浓度最高。黄水总干排除 COD_{Cr} 浓度排第三位外, 其它污染物浓度并不太高。

5) 对比分析监测年和 2007 年大小湖区 8 条主干渠的入湖污水量、TN 和 TP 含量。监测年和 2007 年的污水总量分别为 4.3 亿 m^3 和 3.5 亿 m^3 ; TN 含量分别为 1193 t 和 548.52 t; TP 含量分别为 9.6 t 和 50.66 t。总体上, 2007 年大小湖区的污水量和 TN 含量都呈减少趋势, 而 TP 含量则大幅度上升。

5. 讨论

农田排水污染总量及其污染含量存在着明显的年际变化, 同时, 监测数据、处理后的数据也与实际数据存在差异。

1) 年际变化对比: 1970 年裴新国等计算的排水总量为 1.3 亿 m^3 , 1980 年为 1.8 亿 m^3 [12]。2001 年徐海量等研究了农田排水总量为 3.75 亿 m^3 [13]。本文计算出监测年的入湖农田排水总量约 4.3 亿 m^3 , 呈逐渐增大的趋势, 这可能黄水总干排、解放一渠和团结总干排三者农田排水量之和就达 2.6 亿 m^3 , 占农田排水总量的 60% 以上有关。而 2007 年赛·巴雅尔图计算得出入湖农田排水总量为 3.5 亿 m^3 [10], 这与监测年相比, 呈明显的下降趋势, 这可能与排水量位居前列的黄水总干排减少 2511 万 t, 解放一渠减少 1696 万 t 有关。

2) 本文的流量数据和污染物数据采用监测年六次数据的算术平均值作为年值, 这与实际的农田排水量和实际污染浓度有一定误差。

基金项目

国家水体污染控制与治理科技重大专项项目(2009ZX07106-004)。

参考文献 (References)

- [1] 赵景峰, 秦大河, 长岛秀树, 雷加强, 魏文寿 (2007) 博斯腾湖的咸化机理及湖水矿化度稳定性分析. *水科学进展*, **4**, 475-482.
- [2] 程其畴 (1994) 博斯腾湖水质变化特点及对策. *自然资源*, **4**, 56-66.
- [3] 李卫红, 袁磊 (2002) 新疆博斯腾湖水盐变化及其影响因素探讨. *湖泊科学*, **3**, 223-227.
- [4] 王开勇, 杨乐, 庞玮 (2008) 博斯腾湖入湖水质分析与评价. *石河子大学学报(自然科学版)*, **4**, 423-426.
- [5] 王影, 李新国, 李会志, 等 (2010) 博斯腾湖小湖区湿地变化及其保护对策研究. *海洋湖沼通报*, **2**, 123-129.
- [6] 程其畴 (1995) 博斯腾湖研究. 河海大学出版社, 南京, 11-14.
- [7] 徐海量, 陈亚宁, 李卫红 (2003) 博斯腾湖湖水污染现状分析. *干旱区资源与环境*, **3**, 95-97.
- [8] 买合木提·巴拉提, 徐海量, 艾合买提·那由甫 (2003) 博斯腾湖排污现状和污染物总量控制. *新疆环境保护*, **2**, 34-36.
- [9] 谢贵娟, 张建平, 汤祥明, 蔡永萍, 高光 (2011) 博斯腾湖水质现状(2010-2011 年)及近 50 年来演变趋势. *湖泊科学*, **6**, 837-846.
- [10] 赛·巴雅尔图, 陈敏鹏, 冯丽 (2012) 博斯腾湖流域农业面源污染现状分析. *水资源保护*, **2**, 25-29.

- [11] 盈丽莎 (2013) 博斯腾湖流域农田排水污染特征分析. 四川师范大学, 成都.
- [12] 裴新国, 间晓燕, 周国良 (1991) 博斯腾湖的盐污染及其控制. *干旱区地理*, **1**, 59-63.
- [13] 徐海量, 郭永平, 李卫红 (2003) 新疆博斯腾湖水污染特点分析. *干旱区研究*, **3**, 192-196.