

绥滨灌区排水对黑龙江和松花江水质的影响预测

赵春辉,刘正茂

(黑龙江农垦勘测设计研究院,黑龙江 佳木斯 154002)

摘要 根据黑龙江垦区绥滨灌区水量平衡关系及灌区排水水质采样监测资料,对灌区排水受纳水体黑龙江和松花江水质进行了预测。预测结果表明,在排水口下游 5 ~ 10 km 范围内,黑龙江和松花江混合区域水质基本与本底接近,受纳水体对灌区排水有较大的稀释能力。为了进一步缓减排水对受纳水体的影响,提出了通过改造排水干渠、设置排水坑塘等途径净化灌区排水的建议。

关键词 环境影响评价 农田径流 水质预测 绥滨灌区 黑龙江 松花江

中图分类号 X824 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2005)03-0025-04

Effects of discharge from Suibin irrigation district on the water quality of the Heilongjiang River and the Songhuajiang River

ZHAO Chun-hui, LIU Zheng-mao

(Heilongjiang Agricultral Reclamation Survey, Design and Research Institute, Jiamusi 154002, China)

Abstract Based on water balance relationship of Suibin irrigation district and field data of water quality of drainage, the water quality of the receiving water bodies, the Heilongjiang River and the Songhua River, are predicted. It shows that the water quality of the mixing area, 5 – 10 km downstream of the effluent, is close to the background water quality, indicating that the receiving water bodies have strong capacities to dilute the pollutants from drainage. In order to alleviate the impact of discharge on the receiving water, proposals such as modifying main ditches and establishing discharge pools are put forward for purification of drainage from the irrigation district.

Key words environmental impact assessment (EIA), Suibin irrigation district of Heilongjiang reclamation region; runoff from farmland; prediction of water quality

地表径流污染对附近水环境质量的影响已越来越引起人们的关注^[1, 2]。国外如美国已在海湾、湖泊、河流水环境综合整治中,尽量避免地表径流直接进入附近地表水体,而是通过增加人工湿地面积、使其净化后再排放,或直接通过增加城市小型湖泊、塘坑收集地表径流来补充地下水。最近美国要求城市区域 70% ~ 80% 的降水径流应进入地下,一方面通过深厚的自然土壤来净化地表径流,另一方面可以补充城市区域的地下水资源。而灌区往往因有大规模的灌排水系统来保证水资源的高效利用,使得其排水往往以相对稳定的点源方式排入附近水体。本文试图通过预测黑龙江垦区绥滨灌区排水对黑龙江和松花江水质的影响,分析灌区工程实施后的相关环境效应,以便为合理规划设计灌区并寻求科学的

灌区水资源管理途径提供依据。

1 灌区概况

1.1 地理位置

绥滨灌区是种植水稻作物的灌区,位于黑龙江中游右岸,绥滨县境内,绥滨农场北部。该灌区北临黑龙江,与俄罗斯隔江相望 南至蜿蜒河排水总干 东与 290 农场接壤 西以向阳排干为界与江滨农场相邻。地理坐标东经 131°26' ~ 133°48',北纬 47°16' ~ 47°42'。

1.2 水文与气象

黑龙江流经绥滨灌区北部,境内长 21 km,主河槽宽 1000 ~ 2500 m,水深 7 ~ 8 m,多年平均过境水量 1428 亿 m³。灌区气候属中温带大陆性季风气候,为

温凉半湿润农业气候区,冬季漫长且严寒干燥,夏季温暖湿润;多年平均降水量 544.1 mm,5~9 月为 330.21 mm,约占全年降水量的 60.7%;多年平均蒸发量为 756.6 mm。多年平均径流量 80 mm;降水入渗补充地下水系数为 0.04。

1.3 给水与排水

灌区水源为黑龙江水,通过泵站提水再经输水总干和各级输水渠进入水稻田。灌区排水主要由降水形成的地表径流和稻田尾水组成,其中,一部分通过向阳排干和老龙坑排干汇入黑龙江,另一部分通过蜿蜒河排干和 26 排干汇入松花江。

2 水量平衡与污染物排放状况

2.1 水量平衡

绥滨灌区是一个典型的引地表水(黑龙江水)作为水源的灌区,将其作为一个给排水系统来分析,可知输入灌区的水量有 ①黑龙江提水量;②灌区所在区域降水。输出(消耗)灌区的水量有 ①蒸散发量;②输水沿程蒸发损失量;③输水沿程渗漏损失量;④排水沿程蒸发损失量;⑤灌区补充地下水量;⑥排入附近水量;⑦灌区水稻和林草植被生理需水及生物累积耗水量。

灌区总控制面积为 33 433.33 hm²,灌溉设计面积为 20 120.0 hm²。灌区渠首设计流量 32.09 m³/s,按流量大于 20 m³/s 和小于 70 m³/s 的灌区等别划分标准,为Ⅲ等和中型灌区。渠首泵站设计洪水位标准 30 年一遇,校核洪水标准 100 年一遇,设计枯水位保证率为 90%,校核枯水位保证率为 90%;灌溉保证率为 80%;农田排涝工程按 5 年一遇标准设计。灌区净灌溉定额为 5 713.5 m³/hm²,设计灌水率为 9.15 m³/(s·万 hm²),灌溉水利用系数为 0.57。水田排水模数采用三日暴雨四日排至耐淹水深,经计算 5 年一遇排水模数为 0.12 m³/(s·km²),10 年一遇排水系数为 0.15 m³/(s·km²)。另根据灌区输水和排水干渠、支渠、斗渠和毛渠的水力设计参数,以及该区多年平均降水、径流和入渗情况,经分析和计算得出灌区水量平衡关系,见图 1 所示。

2.2 污染物排放状况

经 5 月和 7 月现场采样分析监测,得知绥滨灌区取水、排水与受纳水体水质状况,见表 1。

根据表 1 和图 1 计算得出灌区多年平均排水所挟带入松花江和黑龙江污染物的总量(计算结果采取排水中污染物排放浓度最大值),结果见表 2。

3 排水对黑龙江和松花江水质影响预测

因灌区降水主要集中在 7~9 月,另外根据水稻田的灌排水规律,排水也主要集中在 7~9 月,又据

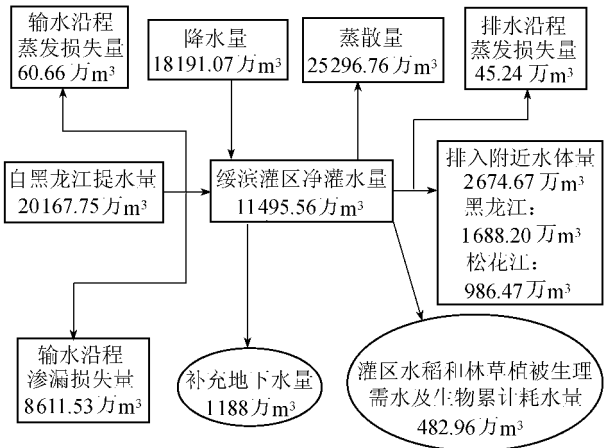


表 1 灌区取水、排水与受纳水体

水质监测结果							mg·L ⁻¹
采 样 点	ρ(COD)	ρ(BOD ₅)	ρ(NH ₃ -N)	ρ(TN)	ρ(TP)	总溶解性固体	
渠首水源取水处 (黑龙江)	13.96	1.78	0.26	0.341	0.07	99.0	
老龙坑排干出口下游 1 km(受纳水体黑龙江水)	9.30	2.26	0.38	0.518	0.06	94.0	
向阳排干出口端 (排水进入黑龙江)	120.95	2.69	0.84	1.763	0.66	750.1	
老龙坑排干出口端 (排水进入黑龙江)	46.52	4.75	1.22	2.935	1.30	739.0	
受纳水体松花江 (绥滨灌区段)	36.82	7.86	0.64	0.760	0.92	224.6	
蜿蜒河排干 (排水进入松花江)	120.95	3.64	0.94	2.385	0.76	815.4	
26 排干 (排水进入松花江)	158.17	3.88	0.34	3.817	1.16	789.3	

表 2 多年平均排入黑龙江和松花江污染物总量 t

河流	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	总溶解性固体
黑龙江	2041.88	80.19	20.60	49.55	21.95	12661.50
松花江	1560.30	38.28	9.28	37.69	11.44	8043.68

水量平衡关系(图 1),灌区排入黑龙江水量多年平均约为 1 688.20 万 m³,排入松花江水量多年平均约为 986.47 万 m³,经计算,灌区排入黑龙江的流量平均为 2.17 m³/s 排入松花江的流量平均为 1.27 m³/s。根据国外对一些河流调查统计的数据^[3],岸边排污口与完全混合断面的距离如表 3。

表 3 岸边排污口与完全混合断面距离 km

河水流量与污水 (或废水)流量比 (Q/q)	流量/(m ³ ·s ⁻¹)			
	5	5~50	50~500	>500
5:1~25:1	4	5	6	8
25:1~125:1	10	12	15	20
125:1~600:1	25	30	35	50
>600:1	50	60	70	100

注:当污水在河心进行集中排放时,表列距离可缩短 1/3;当进行分散式排污时,表列距离可缩短 2/3。

黑龙江在萝北水文站控制断面上的流量为 $3\,986\text{ m}^3/\text{s}$ ($P = 80\%$), 计算知排水流量仅占受纳水体黑龙江流量的 0.05% (河水流量与污水排放流量之比为 $1\,836:1$), 根据表 3 可知排入水体后达到完全混合时离排污口的距离在 100 km 以外。松花江在流经绥滨灌区排水口处的流量约为 $782\text{ m}^3/\text{s}$ ($P = 80\%$), 排水流量仅占受纳水体松花江流量的 0.162% (河水流量与污水排放流量之比为 $615:1$); 同样可知排入松花江水体后达到完全混合时离排污口的距离也在 100 km 以外。

根据水质指标的现状监测资料(表 1), 灌区排水与水源水、受纳水体相比, COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP 和总溶解性固体等 6 项指标变化较为明显, 除总溶解性固体以外, 其余 5 项指标在河流水生动植物和微生物的作用下, 可能存在较为明显的降解或形态的变化。考虑受水的 $\rho(\text{BOD}_5)/\rho(\text{COD})$ 值, 黑龙江为 0.24 (极端情况下), 松花江为 0.21 ; 而排水的 $\rho(\text{BOD}_5)/\rho(\text{COD})$ 值, 向阳排干为 0.022 , 老龙坑排干为 0.10 , 蜿蜒河排干为 0.03 , 26 排干为 0.02 , 可知所有值均小于 0.3 , 当前黑龙江和松花江本身水体污染物可生化性不是特别好, 而排水生化性能更低 ($\rho(\text{BOD}_5)/\rho(\text{COD})$ 值为 $0.02 \sim 0.1$), 再加上排水进入受纳水体后完全混合断面均在下游 100 km 以外, 因此为了方便预测, 并尽量考虑排水对受纳水体影响的极端情况, 做出以下假设:

a. 来自老龙坑排干和向阳排干的灌区污水概化成一个排污口(平均流量为 $2.17\text{ m}^3/\text{s}$), 来自蜿蜒河排干和 26 排干的灌区污水概化成一个排污口(平均流量为 $1.27\text{ m}^3/\text{s}$); 同时排水水质采取监测最大值。

b. 灌区污水进入受纳水体后, 在完全混合断面之前, 只存在物理稀释即自由扩散和混合作用。

c. 完全混合断面距排污口的距离近似为 100 km 同时假定受纳水体原有污染物不发生降解。

设某排污口下游断面处的混合系数

$$\alpha = \begin{cases} L_{\text{计算}}/L_{\text{全混}} & (L_{\text{计算}} \leq L_{\text{全混}}) \\ 1 & (L_{\text{计算}} > L_{\text{全混}}) \end{cases}$$

式中: $L_{\text{计算}}$ 为排污口至计算断面(控制断面)的距离, km; $L_{\text{全混}}$ 为排污口至完全混合断面的距离, km。

受纳水体计算断面上某污染物预测质量浓度

$$\rho = (\rho_w \cdot q + \rho_R \cdot \alpha \cdot Q) / (\alpha \cdot Q + q)$$

式中: ρ_w 为污水中某污染物的质量浓度, mg/L; q 为污水流量, m^3/s ; ρ_R 为河水中该污染物的原有质量浓度, mg/L; Q 为河水流量, m^3/s 。

经模型预测, 水质结果见表 4, 各断面上混合区域污染物质量浓度较对照区域增加值见表 5。

表 4 受纳水体混合区域水质预测结果 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

河流	计算断面 离排污口 的距离/km	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{BOD}_5)$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{TP})$	总溶解 性固体
黑龙江	1	15.064	2.389	0.4234	0.6428	0.1240	127.87
	5	10.503	2.287	0.3890	0.5440	0.0734	101.07
	10	9.905	2.273	0.3845	0.5311	0.0667	97.55
	15	9.704	2.269	0.3830	0.5267	0.0645	96.37
	20	9.603	2.266	0.3822	0.5246	0.0634	95.78
	30	9.502	2.304	0.3815	0.5224	0.0622	95.19
	50	9.421	2.286	0.3809	0.5206	0.0613	94.71
	100	9.361	2.261	0.3804	0.5193	0.0607	94.36
松花江	1	53.770	7.300	0.6819	1.1871	0.9535	307.14
	5	40.640	7.730	0.6494	0.8562	0.9276	243.19
	10	38.760	7.800	0.6445	0.8089	0.9238	234.04
	15	38.120	7.820	0.6432	0.7927	0.9226	230.93
	20	37.800	7.830	0.6424	0.7846	0.9219	229.36
	30	37.470	7.840	0.6416	0.7765	0.9213	227.78
	50	37.210	7.850	0.6410	0.7699	0.9208	226.51
	100	37.010	7.850	0.6405	0.7650	0.9204	225.56

表 5 污染物质量浓度较对照区域增加值 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

河流	计算断面 离排污口 的距离/km	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{BOD}_5)$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{TP})$	总溶解 性固体
黑龙江	1	5.764	0.129	0.0434	0.1248	0.0640	33.87
	5	1.203	0.027	0.0090	0.0260	0.0134	7.07
	10	0.605	0.013	0.0045	0.0131	0.0067	3.55
	15	0.404	0.009	0.0030	0.0087	0.0045	2.37
	20	0.303	0.006	0.0022	0.0066	0.0034	1.78
	30	0.202	0.044	0.0015	0.0044	0.0022	1.19
	50	0.121	0.026	0.0009	0.0026	0.0013	0.71
	100	0.061	0.001	0.0004	0.0013	0.0007	0.36
松花江	1	16.950 - 0.560		0.0419	0.4271	0.0335	82.54
	5	3.820 - 0.130		0.0094	0.0962	0.0076	18.59
	10	1.940 - 0.060		0.0045	0.0489	0.0038	9.44
	15	1.300 - 0.040		0.0032	0.0327	0.0026	6.33
	20	0.980 - 0.030		0.0024	0.0246	0.0019	4.76
	30	0.650 - 0.020		0.0016	0.0165	0.0013	3.18
	50	0.390 - 0.010		0.0010	0.0099	0.0008	1.91
	100	0.190 - 0.010		0.0005	0.0050	0.0004	0.96

由表 4 和表 5 可知, 灌溉排水进入黑龙江后, 由于排水流量远远小于黑龙江流量, 所以在排污口下游 $5 \sim 10\text{ km}$ 的范围内, 计算断面上污染物浓度降低特别明显, 说明黑龙江环境容量大, 灌区排水对黑龙江水体污染物的浓度贡献量非常小。灌溉排水进入松花江后, 同样表现出在排污口下游 $5 \sim 10\text{ km}$ 的范围内, 计算断面上混合区域污染物浓度降低特别明显, 而且表现出在排污口下游 $1 \sim 5\text{ km}$ 的范围内, 对松花江 BOD₅ 浓度还有一定的降低作用。

4 结论与建议

a. 由于预测时考虑了排放浓度取最大值, 并未考虑受纳水体自身的生物自净作用, 所以实际计算断面上的水质理应好于以上预测值。另外, 所预测

的是计算断面混合区域的污染物质量浓度值,实际在 1 ~ 10 km 的范围内,受纳水体仍有 90% 以上的水域部分未受到干扰。总之,灌区排水对受纳水体黑龙江和松花江水质的影响较小。

b. 为了降低灌区排水进入黑龙江和松花江的污染物浓度和负荷,可以对排水干渠进行合理的改造,如适当种植一些喜湿植被,如芦苇、苔草,起到截流泥沙或降解污染物的作用^[4],另外,可以在排水口处设置坑塘收集部分灌区排水,形成一个人工湿地,利用坑塘中植被—水生动植物—塘泥(或湿地土壤)—附着微生物对灌区排水作进一步的净化^[5]。

(上接第 21 页)

2.3 各断面水质现状评价结果

水质现状评价结果见表 7。蘑菇湖水库出水口断面、西坝区断面、西坝附坝区断面、库心 I 区断面、库心 II 区断面、沙湾河入库口库内区断面水质状况:综合水质级别为超 V 类。有机污染项目和富营养化指标超标率近 100%。有毒污染项目中, FN 有检出,硫化物检出率 100%,超标率 100%。污染类型为有机和有毒双重污染,水体处于富营养状态。蘑菇湖水东坝区断面、蘑菇引渠入库口区断面水质状况:综合水质级别为超 V 类。有机污染项目和富营养化指标超标率近 100%。有毒污染项目中, FN 有检出且超标,硫化物检出率 100%,超标率 100%。污染类型为有机和有毒双重污染,水体处于富营养状态。

上述结果表明:蘑菇湖水库目前处于严重污染状态,水库属于超 V 类水域。主要污染物为 COD_{Mn}、COD、BOD₅、SS、NH₃-N、FN、TN、TP、ch_a、硫化物、大肠菌群等。水库污染类型为有机和有毒双重污染,整个库区水体处于富营养状态。按功能评价,目前蘑菇湖水库只能用于农业灌溉,不能用于养殖。石河子市排污总干渠污水未经处理直接由蘑菇引渠排入水库,废水中有机污染指标、悬浮物及硫化物已超过 GB 88978—1996《污水综合排放标准》中的二级标准。石河子市造纸厂为主要点污染源,其污染负荷占 12 家工厂总负荷的 92.1%,占排污总干渠入库排污量的 37.0%。

3 保护水库水环境的建议

针对蘑菇湖水库污染状况,为保护水资源,阻止水库水质进一步恶化,提出以下建议:

a. 要使蘑菇湖水库水质达到地表水 III 类水质标准,恢复水库的养殖功能,需从污染源治理开始。石河子造纸厂是水库的主要点污染源,应修建氧化塘,废水经曝气、沉淀处理后达标排放。

b. 尽快建立城市污水处理场,对石河子市排污

参考文献:

[1] 徐丽花,周琪. 模拟暴雨径流人工湿地系统中 N 和 P 的去除及其分布[J]. 给水排水,2002,28(10):12~15.
[2] 朱铁群. 我国水环境农业污染非点源污染防治研究简述[J]. 农村生态环境,2000,16(3):55~57.
[3] 王宝贞. 水污染控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,1990. 49~50.
[4] 孙铁珩,周后星,张凯松. 污水生态处理技术体系及应用[J]. 水资源保护,2002,18(2):6~9.
[5] 马振梅,刘正茂,赵庆良,等. 洪河国家级自然保护区水资源退化原因及恢复对策研究[J]. 现代化农业,2004(1):12~14. (收稿日期:2004-08-14 编辑:徐娟)

管网的污水进行处理,达到污水 I 级排放标准后,灌溉季节引入西岸大渠,非灌溉季节引入水库,以减少水库的纳污量。

c. 增大玛纳斯河河水的入库量,增强库水稀释净化能力,加大水环境容量。

d. 监督管理是保护水资源、防治水污染的重要措施。建立健全水资源保护和水污染防治管理办法,尽快制定:①石河子市水资源保护管理办法;②石河子市入河、入库排污口监督管理办法;③石河子市取、退水口水质管理办法;④石河子市水资源污染补偿费征收办法。

e. 积极开展取水许可证、水质监管工作。水资源的质和量,是二者缺一不可的统一体,只有在实施取水许可证制度中,严把取、退水的量和质两重关口,才能使取水许可管理制度真正为合理开发利用水资源、维护生态平衡、提高环境质量、促进经济持续发展起保驾护航的作用。

f. 合理布设水质监测点,增加水质监测投入。水质监测是水资源保护的基础,选择已取得国家计量认证资格的水质监测部门,对水库进库、库内和出库的水进行常年水质监测,以控制和掌握水库水质变化。

g. 做好宣传工作,提高水资源保护意识。充分利用各种媒体,对全社会进行保护水资源的法律、法规宣传、教育,让人们清楚地认识到水资源短缺的严重性、水污染的危害性以及保护水资源的重要性。

参考文献:

[1] 方子云. 水资源保护工作手册[M]. 南京:河海大学出版社,1988. 375~411.
[2] 欧阳球林,李宇红. 清林径水库水资源保护规划研究[J]. 水资源保护,2002,18(1):48~52.
[3] 乔光建,张均玲. 朱庄水库水环境质量状况分析[J]. 水资源保护,2002,18(2):44~46. (收稿日期:2003-11-12 编辑:舒建)