

连云港地区非点源污染的调查分析

路学军, 郭亚伟, 汪军涛
(连云港市环境监测中心站, 江苏 连云港 222001)

摘要:随着工业点源废水治理达标排放的实现,非点源废水已成为连云港市地表水环境污染的主要因素。通过现场调查、理论计算,结合连云港市第一次全国污染源普查结果和相关统计资料,核算出连云港地区非点源废水污染物的排放量。

关键词:非点源; 污染调查; 污水排放量

中图分类号:X508 文献标识码:B 文章编号:1674-6732(2010)02-0035-05

An Investigation of Non-point Source Pollution in the Lianyungang Region

LU Xue-jun, GUO Ya-wei, WANG Jun-tao
(Lianyungang Environmental Monitoring Central Station, Lianyungang, Jiangsu 222001, China)

ABSTRACT: With the treatment of wastewater from industrial point source, non-point source wastewater has become a major source in surface water. The amount of non-point source wastewater emissions in the region of Lianyungang was calculated through on-site investigations and theoretical calculations, combining with the first national pollution source investigation results and related statistics information.

KEY WORDS: non-point source; pollution investigations; wastewater emission

地表水环境的水体污染主要原因有二,一是工业点源污染,二是非点源污染。所谓“非点源污染”,是相对于工业点源污染而言的,美国《联邦水污染控制法》(1972)提出它有3个不确定性:不确定的时间内,通过不确定的途径排放不确定数量的污染物质^[1]。正是由于非点源污染的这种“不确定性”,它对地表水体的污染往往难以估算。据国家环保总局粗略估计,我国水体中来自工业、生活和农业非点源的污染物大约各占1/3。非点源污染是河流、水库、湖泊等水体水质富营养化的重要原因^[2]。在美国,60%的水环境污染是由非点源污染造成的,其中农业非点源污染占了75%左右^[3];在我国,非点源污染已相当严重,这是因为我国的农业耕作管理水平还很落后,农业中氮肥的利用率比西方发达国家更低。据研究,我国氮肥的利用率只有25%~35%、磷肥的利用率为10%~20%^[4]。

连云港市的非点源污染主要包括农村面源污染和生活源污染。农村面源污染是指在农业生产活动中,氮和磷等营养物质、农药及其他有机或无机污染物质,通过农田的地表径流和农田渗漏,形成的水环境污染,主要包括农田回归水和集约化畜禽养殖废水。

1 生活污水排放量调查分析

1.1 计算依据

根据《给水排水设计手册》(第五分册)及城镇居民生活污水及污染物的排放系数,确定连云港市居民生活污水及污染物的排放系数,具体详见表1。

居民生活污水及污染物的排放量按下式计算:

$$G_e = 365 \times N \times F_e \div 1\,000$$

$$G_p = 365 \times N \times F_p \div 100$$

式中: G_e 、 G_p ——城镇居民生活污水和污染物排放量,其中污水量单位为万t/a,污染物排放量单位为t/a; N ——城镇居民常住人口,万人; F_e 、 F_p ——城镇居民生活污水和污染物排放系数,其中污水量系数单位为L/(人·d),污染物系数单位为g/(人·d)。

1.2 全市居民生活污水及污染物排放量计算结果

按上述公式计算出连云港市居民生活污水及主要污染物排放情况,详见表2。

收稿日期:2009-06-24;修订日期:2009-09-25
基金项目:连云港科技计划项目(SH0512)
作者简介:路学军(1972—),男,工程师,硕士,主要从事环境监测、环境科研等工作。

表 1 连云港市居民生活污水及污染物排放系数

污染物指标	直接排放 (所有建筑物均有化粪池)	经污水处理厂处理后排放 (二级生化处理)
生活污水排放系数/[L·(人·d) ⁻¹]	164.00	164
W(COD _{Cr})/[g·(人·d) ⁻¹]	57.00	8.60(去除率 85%)
W(NH ₃ -N)/[g·(人·d) ⁻¹]	8.00	4.00(去除率 50%)
W(TP)/[g·(人·d) ⁻¹]	0.81	0.49(去除率 40%)
W(动植物油)/[g·(人·d) ⁻¹]	1.07	0.43(去除率 60%)

表 2 连云港市居民生活污水及主要污染物排放情况

生活污水 排放量/万 t	主要污染物排放量/(t·a ⁻¹)			
	W(COD _{Cr})	W(NH ₃ -N)	W(TP)	W(动植物油)
3 405.44	11 835.96	1 661.19	168.20	222.18

2 农田回归水排污量分析

2.1 农田回归水水质浓度的确定

连云港市环境监测中心站于 2006—2007 年对其境内的典型地块农田回归水进行采样监测,并对监测结果进行汇总和统计分析,得出农田回归水中主要污染物的浓度值,详见表 3。

表 3 连云港市农田回归水中主要污染物质量浓度
mg·L⁻¹

ρ(COD _{Cr})	ρ(TP)	ρ(TN)	ρ(NH ₃ -N)
48	0.64	10.34	3.81

2.2 农田回归水污染负荷的计算

农田回归水的污染负荷,与农田径流深度、径流中污染物浓度、产流面积等 3 个因素有关。计算公式如下^[5]:

$$Q_i = D \cdot C_i \cdot S \cdot 10^{-5}$$

式中: Q_i ——农田回归水中 i 污染物的年污染负荷量, t/a; C_i —— i 污染物的质量浓度, mg/L; S ——产流面积, hm²; D ——径流深度, mm/a。

2.2.1 径流深度

以美国 SCS 法径流深度的计算方法作为依据。SCS(Soil Conservation Service)模型是美国农业部水土保持局在本世纪 50 年代初研制的小流域设计洪水模型。具体计算公式为^[5]:

$$D = \frac{(P - 0.2S')^2}{P + 0.8S'}$$
$$S' = \frac{25\,400}{CN} - 254$$

式中: P ——降雨总量, mm; D ——降雨径流深度, mm; S' ——农田当时的可能最大滞留量,即农田饱和储水量, mm; CN (Curve Number)——径流曲线值,无量纲,一般为 10~18。

CN 与农田土壤的渗水性、植被、不透水层比例和土壤含水量等要素有关,是反映降雨前农田特征的一个综合参数,已将土壤前期湿润程度(Antecedent moisture condition,简称 AMC)、土壤类型和土地利用现状等因素综合在一起。根据连云港市农田土壤特点和土地利用方式确定 CN 值为 12。

连云港市的年均降雨量为 960 mm,计算出径流深度为 140.8 mm。径流深度计算参数及结果详见表 4。

表 4 径流深度计算参数及结果

CN	S' /mm	P /mm	D /mm
12	1 862.7	960	140.8

2.2.2 污染负荷

根据《连云港市统计年鉴(2008 年)》,全市耕地面积共计 373 166 hm²,农田回归水全年排放量约为 5.25 亿 m³。据此计算出农田回归水的各污染物排放量,详见表 5。

表 5 连云港市农田回归水污染负荷结果

废水量/ (亿 m ³ ·a ⁻¹)	主要污染物污染负荷/(t·a ⁻¹)			
	W(COD _{Cr})	W(TP)	W(TN)	W(NH ₃ -N)
5.25	25 220	336	5 433	2 002

3 农村养殖场排污量分析

3.1 全市畜禽养殖情况调查

根据连云港市第一次全国污染源普查结果,目前全市有规模化的猪养殖场 58 家、奶牛养殖场 2 家、肉牛养殖场 4 家、蛋鸡养殖场 14 家、肉鸡养殖场

1 家、猪养殖小区 20 家、奶牛养殖小区 2 家、蛋鸡养殖小区 3 家、肉鸡养殖小区 21 家,猪养殖专业户 2 781 户、奶牛养殖专业户 33 户、肉牛养殖专业户 55 户、蛋鸡养殖专业户 894 户、肉鸡养殖专业户 426 户。

全市畜禽养殖业情况详见表 6。

表 6 连云港市畜禽养殖业情况调查结果

类型	养殖种类	养殖单元数/个	年存栏量/只	年出栏量/只
规模化养殖场	猪	58	48 139	67 631
	奶牛	2	1 208	—
	肉牛	4	959	850
	蛋鸡	14	410 536	—
	肉鸡	1	100 000	50 000
养殖小区	猪	20	15 638	33 860
	奶牛	2	630	—
	肉牛	0	0	0
	蛋鸡	3	160 157	—
	肉鸡	21	1 606 528	9 958 540
养殖专业户	猪	2 781	229 086	446 812
	奶牛	33	817	—
	肉牛	55	8 159	22 449
	蛋鸡	894	3 189 878	—
	肉鸡	426	1 534 986	4 650 932

3.2 畜禽粪尿的产生量和排放量

根据 2000 年国家环保总局提供的产污系数测算(表 7 及表 8),连云港市年产生畜禽粪尿总量为 614 249 t。依据实际监测数据和文献资料综合分析,这些畜禽粪尿含 COD_{Cr} 17 729 t、NH₃-N 1 388 t、TP 1 591 t、TN 3 725 t,详见表 9。

表 7 畜禽粪便产污系数

项目	牛	猪	鸡	鸭
粪/(kg·d ⁻¹)	7 300.0	398.0	25.2	27.3
尿/(kg·d ⁻¹)	3 650.0	656.7	—	—
饲养周期/d	365	199	210	210

表 8 畜禽粪便中污染物平均质量分数 kg/t

项目	w(COD _{Cr})	w(NH ₃ -N)	w(TP)	w(TN)
牛粪	31.0	1.70	1.18	4.37
牛尿	6.0	3.50	0.40	8.00
猪粪	52.0	3.10	3.41	5.88
猪尿	9.0	1.40	0.52	3.30
鸡粪	45.0	4.78	5.37	9.84
鸭粪	46.3	0.80	6.20	11.00

表 9 连云港市畜禽养殖过程中畜禽粪尿及污染物产生量

项目	存栏数/只	名称	粪尿产生量/(t·a ⁻¹)	主要污染物排放量/(t·a ⁻¹)			
				W(COD _{Cr})	W(NH ₃ -N)	W(TP)	W(TN)
猪	292 863	尿	192 323	1 731	269	100	635
		粪	116 559	6 061	361	397	685
奶牛	2 655	尿	9 691	58	34	4	78
		粪	19 382	601	33	23	85
肉牛	9 118	尿	33 281	200	116	13	266
		粪	66 561	1 032	57	39	145
蛋鸡	3 760 571	粪	94 766	4 264	453	509	932
肉鸡	3 241 514	粪	81 686	3 782	65	506	899
合计		尿	235 295	17 729	1 388	1 591	3 725
		粪	378 954				

3.3 畜禽养殖过程中废水及污染物排放量分析

3.3.1 用水与废水产生系数

各养殖场因生产方式和管理水平的不同,用水量和废水排放量均存在较大差异。在文献检索的

基础上,通过走访踏勘、实地测量及综合分析等手段,取得连云港市各类畜禽养殖场的用水与废水产生系数,见表 10。

表 10 连云港市畜禽养殖场的用水与废水产生系数			
项目	清粪方式	用水系数/ [kg · (只 · d) ⁻¹]	废水产生系数/ [kg · (只 · d) ⁻¹]
猪	水冲	25	18
	干捡	15	7.5
肉牛	—	40	20
奶牛	—	80	48
蛋鸡	水冲	1	0.7
	干捡	0.5	0.25
肉鸡	水冲	1	0.7
	干捡	0.5	0.25

经实地踏勘、走访,了解到连云港市各类畜禽养殖场均采用人工干捡粪的清粪方式,按表 7、表 8 和表 10 的系数,计算出各类畜禽养殖场的废水排放量,详见表 11。

表 11 连云港市各类畜禽养殖场废水排放情况				
项目	饲养周期/d	存(出)栏数/只	清粪方式	废水排放量/(t · a ⁻¹)
猪	199	548 303	干捡	818 342
奶牛	365	2 655	干捡	46 516
肉牛	365	23 299	干捡	170 083
蛋鸡	365	3 760 571	干捡	343 152
肉鸡	210	14 659 472	干捡	1 539 245
合计	—	—		2 917 338

3.3.2 畜禽养殖废水中的污染物浓度

对各类养殖场进行比较、筛选,选取有代表性的养殖场,对其外排废水进行采样监测^[6],确定畜禽养殖废水中污染物浓度,结果见表 12。

表 12 连云港市典型畜禽养殖场废水中污染物质量浓度						mg/L
项目		猪	奶牛	肉牛	蛋鸡	肉鸡
$\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$	浓度范围	2 512 ~ 2 776	918 ~ 1 050	818 ~ 965	515 ~ 576	526 ~ 575
	平均值	2 651	978	887	548	553
$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	浓度范围	234 ~ 288	41.6 ~ 61.4	17.2 ~ 27.5	12.1 ~ 22.9	12.4 ~ 21.6
	平均值	256	50.8	22.1	17.5	16.8
$\rho(\text{TP})$	浓度范围	34.7 ~ 52.4	16.3 ~ 20.4	3.46 ~ 7.15	4.86 ~ 8.18	4.32 ~ 8.24
	平均值	42.8	18.1	5.33	6.52	6.23
$\rho(\text{TN})$	浓度范围	317 ~ 423	57.4 ~ 78.2	35.6 ~ 46.8	20.6 ~ 36.5	21.4 ~ 33.8
	平均值	372	67.2	41.1	28.6	27.3

3.3.3 废水及污染物排放量

依据表 11 可知,全市畜禽养殖废水排放量为 291.733 8 万 t/a,废水中主要污染物 COD_{Cr}的排放量

为 3 405 t/a、NH₃-N 的排放量为 247.6 t/a、TP 的排放量为 48.5 t/a、TN 的排放量为 366.3 t/a,详见表 13。

表 13 连云港市畜禽养殖场废水及污染物排放量							t/a
项目	猪	奶牛	肉牛	蛋鸡	肉鸡	合计	
废水	81.834 2 × 10 ⁴	4.651 6 × 10 ⁴	17.008 3 × 10 ⁴	34.315 2 × 10 ⁴	153.924 5 × 10 ⁴	291.733 8 × 10 ⁴	
W(COD _{Cr})	2 169.4	45.5	150.9	188.0	851.2	3 405	
W(NH ₃ -N)	209.5	2.4	3.8	6.0	25.9	247.6	
W(TP)	35.0	0.8	0.9	2.2	9.6	48.5	
W(TN)	304.4	3.1	7.0	9.8	42.0	366.3	

3.4 集约化畜禽养殖废水污染物排放量汇总

将表 9 和表 13 汇总,得出全市集约化畜禽养

殖过程中各类废水及污染物排放量汇总结果,详见表 14。

表 14 连云港市畜禽养殖各类废水及污染物排放量汇总					t/a
指标名称	废水	W(COD _{Cr})	W(NH ₃ -N)	W(TP)	W(TN)
排放量	291.7 × 10 ⁴	21 134	1 635.6	1 639.5	4 091.3

4 非点源废水污染物排放量汇总分析

根据上述分析结果,核算出连云港市非点源废水最大排放量为 56 239 × 10⁴ t/a,主要污染物 COD_{Cr}的最大排放量为 40 461 t/a, NH₃-N 的最大

排放量为 3 911 t/a, TP 的最大排放量为 553 t/a, TN 的最大排放量为 5 799 t/a,详见表 15。

采用污染分担率法对各类非点源废水污染物排放量进行分析评价^[7],计算结果见表 16。

表 15 连云港市非点源废水污染物排放量汇总					t/a
项目	废水	主要污染物			
		W(COD _{Cr})	W(NH ₃ -N)	W(TN)	W(TP)
居民生活污水	3 405.4 × 10 ⁴	11 836.0	1 661.2	0	168.2
农田回归废水	52 542.0 × 10 ⁴	25 220.0	2 002.0	5 433.0	336.0
畜禽养殖废水(含粪尿)	291.7 × 10 ⁴	21 134.0	1 635.6	1 639.5	4 091.3
合计	56 239.1 × 10 ⁴	58 190.0	5 298.8	7 072.5	4 595.5

表 16 连云港市非点源废水污染物的污染分担率计算结果						%
项目	废水	主要污染物				合计
		COD _{Cr}	NH ₃ -N	TN	TP	
居民生活污水	6.06	20.34	31.35	0	3.66	61.41
农田回归废水	93.43	43.34	37.78	76.82	7.31	258.68
畜禽养殖废水(含粪尿)	0.52	36.32	30.87	23.18	89.03	179.91

由表 15 可见,连云港市的非点源废水中,农田回归水的污染分担率最高,其次是畜禽养殖废水(含粪尿),居民生活污水的污染分担率最小。表明农田回归水对地表水环境的污染贡献率较大,占全市非点源废水排放总量的 52%,应引起相关方面的重视。

[参考文献]

[1] 鲍全盛,王华东.我国水环境非点源污染研究与展望[J].地理科学,1996,16(1):66-71.

[2] 于兴修,杨桂山,欧维新.非点源污染对太湖上游西苕溪流

域水环境的影响[J].湖泊科学,2003,15(1):14-15.

[3] PEIERLS B L. Human influence on river nitrogen [J]. Nature, 1991,(350):386-387.

[4] 李世娟,李建民.氮肥损失研究进展[J].农业环境保护,2001,20(5):377-379.

[5] 潘琇,王亮,刘恩玲,等.温瑞塘河流域地表径流污染负荷的调查与评价[J].温州农业科技,2006(3):24-25.

[6] 徐谦,朱桂珍,向俐云.北京市规模化畜禽养殖场污染调查与防治对策研究[J].农村生态环境,2002,18(2):24-28.

[7] 谈旭初.依据污染分担率划分地表水污染类型的方法[J].环境科学与管理,2009(4):15-18.