

露水河镇河流污染状况与自净功能的初步研究

林陈 母小玲 方园 毛美芝 朱慧 赵丹阳 赵亚男 朱志滨

(东北师范大学生命科学学院, 长春 130024)

摘要: 露水河是长白山地区的一条小型河流, 分布于吉林省抚松县, 露水河镇沿河而建。由于人类活动等因素的影响, 露水河水质也在发生着改变。本研究沿河流流向从河水流入该镇的地点开始到流出该镇约 3km 的河段内, 依次设置 10 个采样点, 分别测定水样的 pH、溶解氧、TDS、电导率和盐度指标, 纵向分析其变化规律, 以此为根据阐述露水河的污染及自净情况。结果表明, 由于村镇居民生活对河流的影响, 露水河受到了一定程度的污染, 但当其逐渐远离村镇时, 河流本身的自净功能使污染得到了一定程度的减轻。露水河镇属于偏远地区, 生活污水处理条件不良。为了更好地保护露水河的生态环境, 当地政府与居民应加强保护意识, 减少污水排放, 并对垃圾进行统一处理。

关键词: 河流 水污染 河流自净功能 生活污水 生活垃圾

1 引言

水资源是人类赖以生存的宝贵资源。经济的发展、人口的迅速增长、城市化的加速以及工业和农业集约化发展, 使得用水需求越来越大, 相应产生了越来越多的污水和废水, 日益严重的点源污染及非点源污染造成水体自净化能力逐渐下降。

从20世纪80年代开始, 乡村地区工业得到蓬勃发展。但是, 由于乡村环保设施简陋甚至配套不全, 大量污水任意排入河道; 同时, 化肥农药等农业方面源污染和大规模畜禽养殖污染逐渐成为影响乡村河道水环境的重要因素。对乡村水生态环境造成严重破坏^[1]。另外, 由于乡镇人口不断增长, 生活污水排放量增加, 村镇周边河流也造成一定污染。

1.1 生活污水及引发的污染问题

城镇生活污水是指人们日常生活过程中产生的各种废水混合液。按其形态可分为^[2]: 1. 非溶解性物质, 这部分约占污染物总量40%, 包括泥沙、生活废料和各种有机物(如人及牲畜排泄物、食物残渣等), 常沉积于水底或悬浮在水中; 2. 胶体和高分子物质, 约占污染物总量的10%, 包括淀粉、糖类、脂肪、蛋白质等。3. 溶解性物质, 约占污染物总量的50%, 多为无毒的无机盐如氯化物、磷酸盐、硫酸盐、氮化合物和钾、钙、钠等重碳酸盐以及有机物的分解产物。此外, 还含有大量的各种微生物, 如细菌、病毒、原生动物以及病原菌。生活污水感官浑浊、呈黄绿色至黑色, 并带有腐臭气味, 一般呈弱碱性。生活污水进入水

体后通常造成水体有机污染,如使水体的COD、BOD增高,N、P等元素增多则可造成水体富营养化等现象。

生活污水排放量大,污染物负荷高,是我国城镇水环境污染物的主要来源。控制城市生活污水污染源是改善城市河湖水环境质量的主要措施。目前我国城镇生活污水处理中面临的主要问题:一是污水处理厂的管网配套不健全,导致部分生活污水无法有效收集,存在生活污水直接排放现象。这一问题在依河而居的河网城镇中尤为多见。二是污水处理厂的排放尾水正成为城市水环境的新污染源。随着我国城镇污水收集配套管网的完善和污水处理厂的建设,城镇生活污水收集和处理率不断提高,对改善城镇水环境起到了积极的推动作用。但在城镇生活污水处理率稳步提高的过程中,依然存在以下问题需要解决和面对:一是部分城镇依水而建,形成民居前临街后依河的建筑布局风貌,历史上就形成了生活污水直接排放进入河道的生活模式;二是由于实际情况的限制使部分老的合流制排水系统在改造为分流制时存在技术困难^[3]。

1.2 河流的自净化功能

水体自净是水体受到污染后,由于物理、化学、生物等因素的作用,使污染物的浓度和毒性逐渐降低,经过一段时间,恢复到受污染以前状态的自然过程^[4]。水体自净过程复杂,受到多种因素的影响,根据净化机理,可分为物理自净过程、化学自净过程和生物化学自净过程^[5]。

物理自净过程是指通过污染物在水体中进行混合、稀释、扩散、挥发、沉淀等作用,使水体得到一定程度净化的过程。物理自净能力的强弱取决于污染物自身的物理性质,如密度、形态、粒度等;水体的水文条件,如温度、流速、流量、河道的深度、河床的形式等,和其他因素,如废水排放口的位置、排放的方式等^[6]。

化学自净过程是指水体中的污染物质通过氧化、还原、中和、吸附、凝聚等反应,使其浓度降低的过程。影响这种自净能力的因素有污染物质的形态和化学性质、水体的温度、氧化还原电位、酸碱度等。水中的化学自净能力的强弱,主要反应在3个方面:一是在溶解氧(DO)的含量水平上。二是在有机污染物的氧化分解能力上,其中化学需氧量(COD)是反映水体有机污染程度的一个重要指标,其含量的高低能体现水体质量的好坏;三是在营养盐的形态转化和消减程度上,三态无机氮的含量变化能够反映水体自净能力的强弱^[7]。

生物化学自净过程是指进入水体的污染物,经过水生生物吸收、降解作用,使其浓度降低或转变为无害物质的过程。影响生物化学净化过程快慢和程度主要与污染物的性质和数量、微生物的种类、水体的温度及供氧状况等条件有关。

在水体自净化中,物理自净过程、化学自净过程和生物化学自净过程相互交织相互影响,但任何一个生态系统的自净能力都是有限的。当排入的污染物超过了环境容量,生态系统就会被破坏,污染也会日益加重。水体的自净能力主要体现在水体中有机污染物的降解、N和P等营养元素的转化、颗粒态污染物的沉积以及沉积物中污染物的吸附和释放效应等方面,可以使用水体的复氧系数、化学需氧量(CODCr)降解系数、五日生化需氧量(

BOD₅) 降解系数、氨化系数、硝化系数、反硝化系数、颗粒物的沉降速率、沉积物中磷释放速率和吸附速率等水质参数来定量表征水体的自净过程 [8]

2 研究区地点及方法

2.1 研究区概况

露水河地处中纬度内陆山区, 位于长白山下, 属北温带东亚季风气候。冬季漫长、寒冷, 夏季多雨、气温潮热, 春秋两季干燥, 无霜期 110 天左右, 属典型的长白山地带气候。

露水河在流经村镇之后水质明显下降, 出现污染情况。经实地考察分析多为生活污水和附近的养猪场的污水污染。居民将生活垃圾和污水排入露水河中, 导致露水河水质变差, 产生异味。附近的养猪场也将污水排入露水河, 一定程度导致了露水河的污染。值得注意的是, 本次调查采样时选取了一个特殊的采样点, 露水河在进入村镇前分支成为两部分, 一部分流经村镇, 一部分未流经村镇。这两部分在大桥处汇合, 两条分支区别十分显著, 可以说是“泾渭分明”。

2.2 研究目的

河道生态系统作为人类社会经济的基础资源, 不仅创造和维持了人类赖以生存和发展的生态环境条件, 而且对社会、经济、环境的协调发展具有至关重要的作用。研究河道生态系统的自净化能力对河道生态系统的健康评价及水环境管理具有重要的意义^[9]。本小组以流经抚松镇的露水河为例研究了露水河的污染状况及自净化功能, 并依此提出减轻污染、保护河流水质的建议。

2.3 采样方法

2.3.1 工具与仪器

仪器: IQ170 多参数水质分析仪, IQ150 pH 计, YSI D0200 便携式溶氧仪, 便携式 COD 测定仪, 烧杯, 容量瓶, 采水器, 数字式深水温度计等。分别测定 pH、溶解氧、COD、TDS、电导率和盐度指标、温度。

试剂: 去离子水, pH 标准缓冲溶液甲 (pH4.0, 25℃), pH 标准缓冲溶液乙 (pH6.86, 25℃), 电导率标准缓冲溶液 (1 413 μ S, 25℃), KCl 溶液。

2.3.2 采样地点

表 1 调查样点基本情况

样点序号	样点名称	纬度	经度	海拔
1	月亮湾	42° 32.5351'	127° 47.5006'	749m
2	北都北	42° 32.1281'	127° 47.3166'	742m

3	市场大桥	42° 31.0304'	127° 47.7456'	731m
4	铁路大桥	42° 30.9113'	127° 48.4092'	723m
5	东大桥	42° 31.0161'	127° 49.6058'	706m
6	东大桥 2	42° 30.9387'	127° 49.8755'	704m
7	养猪场 1	42° 30.8353'	127° 50.1883'	700m
8	养猪场 2	42° 30.7786'	127° 51.1489'	690m
9	旧房子	42° 31.2065'	127° 51.5624'	680m
10	电信塔	42° 31.6648'	127° 51.6540'	678m

从露水河镇西北、距离露水河镇约 2km 处设置第一个取水样点；之后沿河而下，每隔大约 500m 设置一个取水样点，样点分布一直延伸到河水流出露水河镇大约 3km 处。另外，在一条未流经该镇的小河设置了 1 个对照样点。取水样点共 10 个（表 1）。

用洁净的矿泉水瓶制成简易的采水器。采样时，将采水器沿各采样垂线处放入水面下 0.2-0.5m 处采集水样，每个垂线处采集 3 次作为 3 个平行样，将水样倒入提前准备好的干净的矿泉水瓶中，瓶体上写好编号，带回基地。

2.4 样品处理

在尽可能短的时间内，利用已校准的水质分析仪、pH 计、便携式溶氧仪，便携式 COD 测定仪分别测定 pH、溶解氧、TDS、电导率和盐度指标。

3 结果与分析

3.1 露水河镇河流的污染情况分析

在经过露水河镇的河流上依次设置 6 个采样点，其中“东大桥对照”点为没有经过村镇的河流，作为对照。分别对采样点的 pH、溶解氧、TDS、电导率和盐度指标进行测量。每个采样点做平行样三次，分别取平均值并绘制各个指标的折线图。（图 1 至图 5）

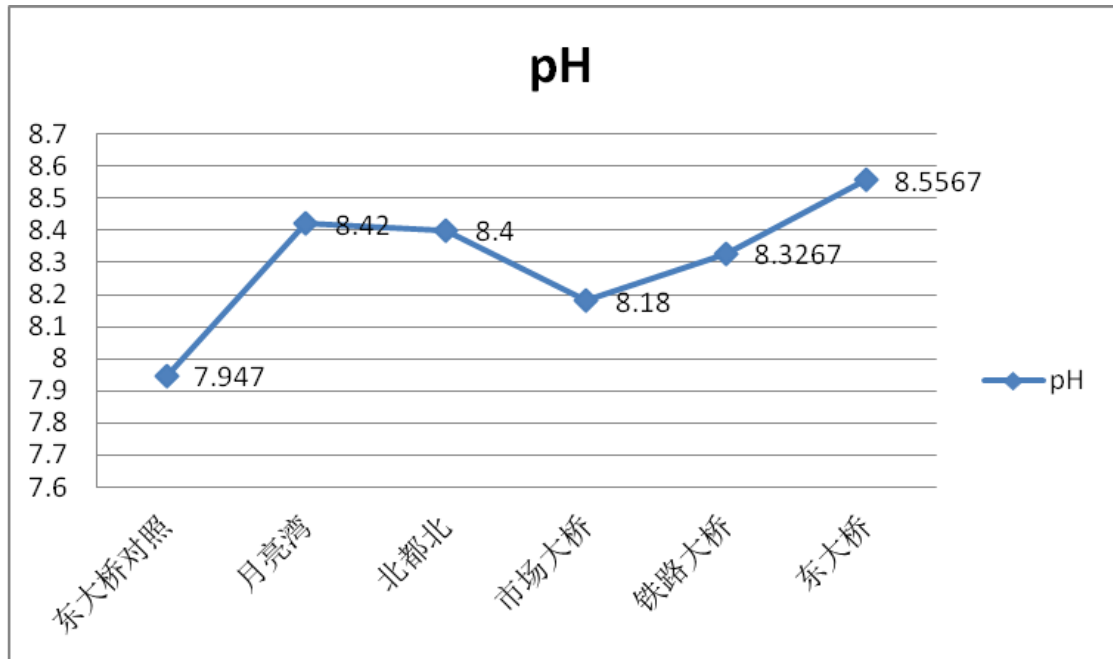


图 1 经过村镇的 6 个样点 pH 值的平均值变化

pH 是常用的水质指标之一。pH 值表示水中酸碱性的强弱，用溶液中氢离子活度的负对数表示。pH 表示水的最基本性质，它可以控制水体的弱酸、弱碱的离解程度，降低氯化物、氨、硫化氢等的毒性，防止底泥重金属的释放。它对水质的变化、生物繁殖的消长、腐蚀性、水处理效果等均有影响，是评价水质的一个重要参数。天然水的 pH 值多在 6-9 范围内；饮用水在 6.5-8.5 间；某些工业用水的 pH 值必须保持在 7.0-8.5 间，以防止金属设备和管道被腐蚀。

从表中可以看出，除了对照数据以外的所有数据都大于 8，即都呈碱性。从 pH 指标来看从“月亮湾”到“铁路大桥”的 5 个水样都符合常用的饮用水的标准，但处于下游的东大桥的 pH 值已经大于 8.5，不符合饮用水的标准 6.5-8.5，甚至也不符合工业用水 7.0-8.5 的标准。由此可见此处水质已经极其差，污染极其地严重。在河流流动过程中，河流水质可能由于其自净功能使得水的 pH 值在“北都北”到“铁路大桥”段有一定浮动，然而在各种生活污水的作用下，最终河流流出村镇时的水质不符合饮用和工业使用的标准。

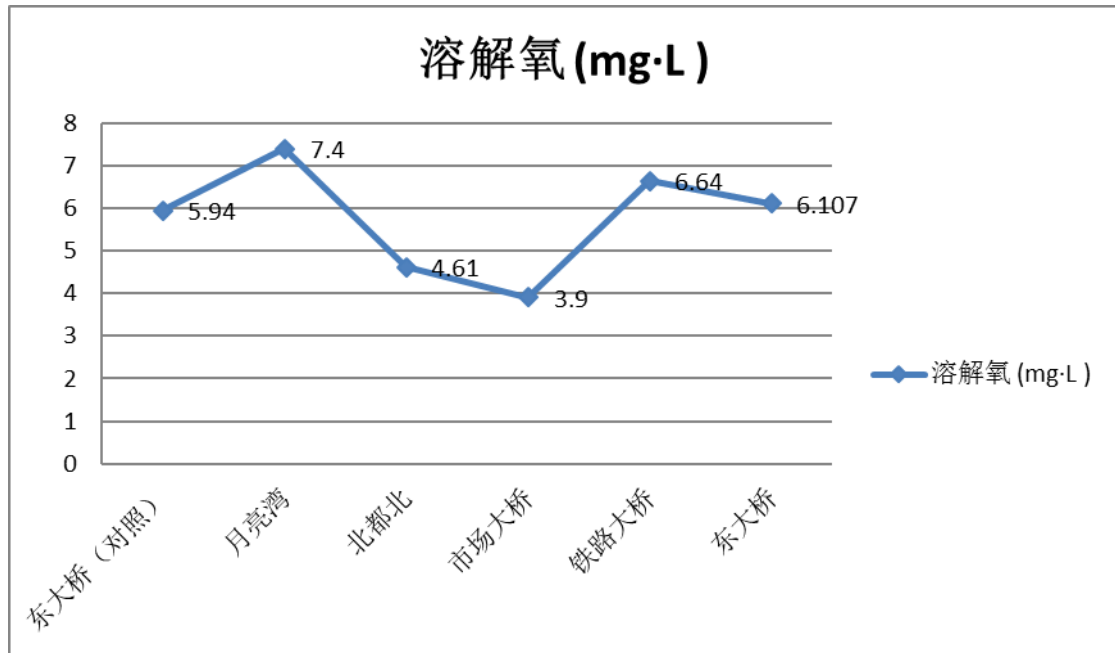


图 2 经过村镇的六个样点溶解氧的平均值变化

溶解氧指溶解在水中的分子态氧（简称 DO）。水中溶解氧的含量与大气压、水温及含盐量等因素有关。大气压力下降、水温升高、含盐量增加，都会导致溶解氧含量减低。

溶解氧值是研究水自净能力的一种依据。水里的溶解氧被消耗，要恢复到初始状态，所需时间短，说明该水体的自净能力强，或者说水体污染不严重。否则说明水体污染严重，自净能力弱，甚至失去自净能力。

由图可知由于周围环境的污染溶解氧从北都北到市场大桥和从铁路大桥到东大桥两段都呈下降趋势，可初步判断河流经此地时受到污染，而市场大桥到铁路大桥样点处的数据呈上升态可能由于误差所致。

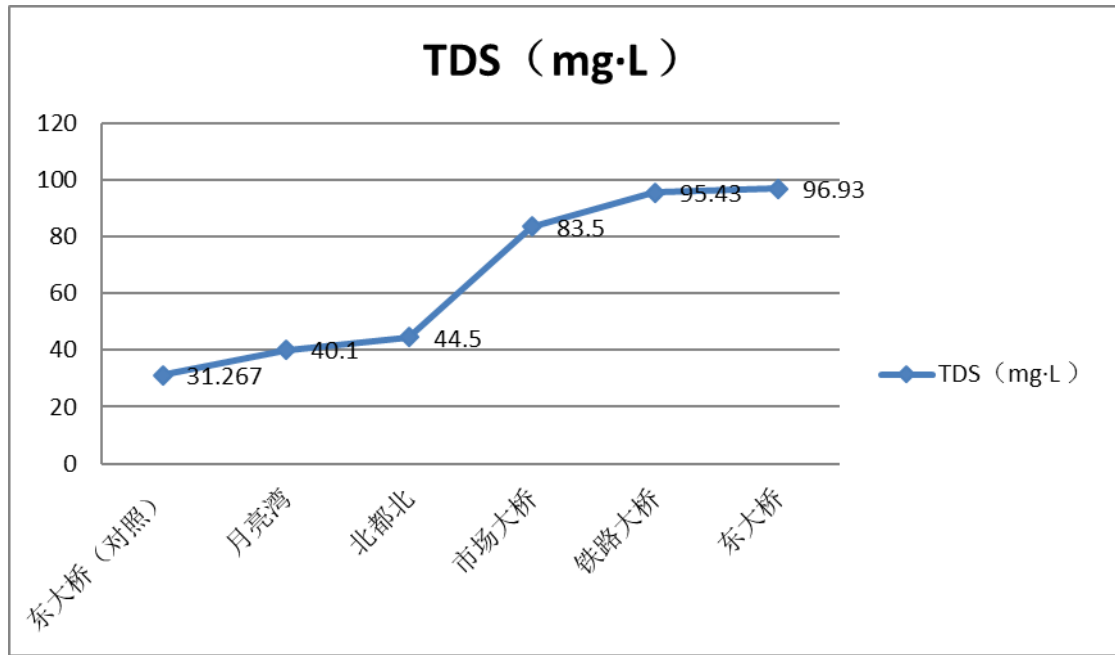


图 3 经过村镇的六个样点 TDS 值的平均值变化

总溶解固体 (TDS)，又称溶解性固体总量，它表明 1L 水中溶有多少毫克溶解性固体。TDS 值越高，表示水中含有的杂质越多。从图中可以清晰地看到，从“月亮湾”到“东大桥”的水样 TDS 的数值在不断地升高。其数值都大于“东大桥对照”样点。从“北都北”到“市场大桥”段 TDS 值急剧上升，根据研究时对样点环境的观察可发现，在“市场大桥”处，很多垃圾堆放在河边，而且河边修筑了水泥堤坝，影响了水生植物的生长，进而影响了河流的自净功能，这都是导致 TDS 值上升的重要原因。由此，我们可以得出结论，在河流流经村庄的时候，由于生活垃圾、污水等的原因导致水体的污染程度不断增大。

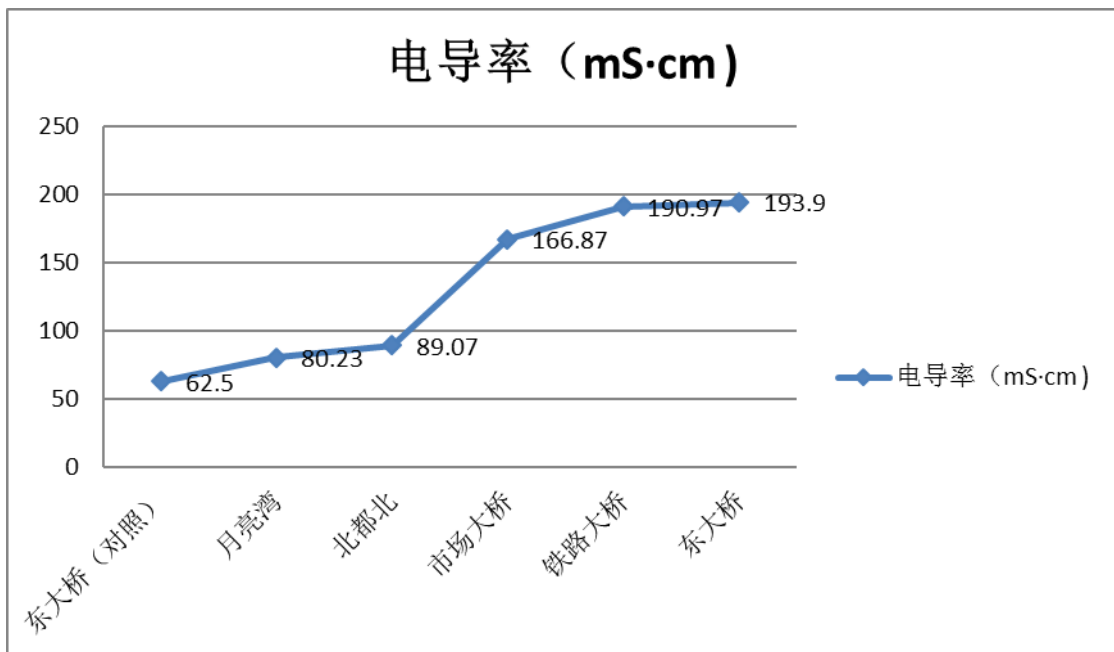


图 4 经过村镇的六个样点电导率的平均值变化

电导率是以数字表示溶液传导电流的能力。纯水的电导率很小，当水中含无机酸、

碱、盐或有机带电胶体时，电导率就增加。电导率常用于间接推测水中带电荷物质的总浓度。水新蒸馏水电导率为 0.05-0.2

mS/m，存放一段时间后，由于空气中的二氧化碳或氨的溶入，电导率可上升至 0.2-0.4 mS/m；饮用水电导率在 5-150 mS/m 之间；海水电导率大约为 3000 mS/m；清洁河水电导率为 10 mS/m。电导率随温度变化而变化，温度每升高 1℃，电导率增加约 2%，通常规定 25℃为测定电导率的标准温度。溶液的电导率取决于带电荷物质的性质和浓度、溶液的温度和粘度等。

上图所示，进入居民区后，电导率逐渐升高，变化幅度很大，从居民区流出的水的电导率比流进时水的电导率的两倍还高，其原因是，河流流经居民区时，大量生活污水排入河流。这些生活污水中含有各种洗涤剂和污水、垃圾、粪便等，多为无毒的无机盐类。从而使河流中的无机离子大大增加，电导率升高。

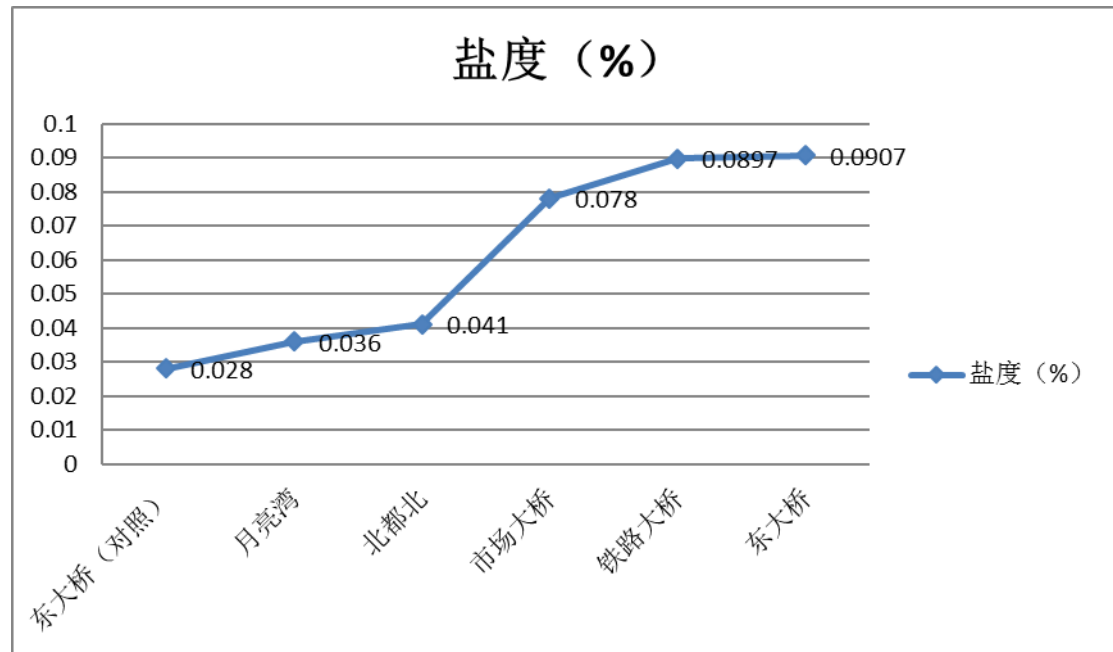


图 5 经过村镇的六个样点盐度的平均值变化

绝对盐度是指水中溶解物质质量与海水质量的比值。因绝对盐度不能直接测量，所以，随着盐度的测定方法的变化和改进，在实际应用中引入了相应的盐度定义。在河流刚进入村庄的样点“月亮湾”处，河流的盐度较低。在“北都北”的河流段，河流的盐度缓慢升高。在“市场大桥”的河流段，河流的盐度急剧上升，而到“东大桥”段，河流的盐度达到了最大值。急剧上升原因可能是市场大桥附近人口分布密集，排放的垃圾和废水较多，人类活动的影响也很大，而即将远离村庄的河流受污染状况较少，且此段河水也可能有一定的自净功能，所以盐度上升缓慢。由此，我们可以得出结论：人类活动带来的各种垃圾、污水是影响盐度的重要因素。

3.2 露水河镇河流的自净功能分析

在露水河流过村镇之后（即“东大桥”后）再依次设置 4 个采样点，分别将各样点命名为“养猪场 1”、“养猪场 2”、“旧房子”和“电信塔”（见表 1），利用其变化分析露水河的自净情况。分别对采样点的 pH、溶解氧、TDS、电导率和盐度指标进行测量。每个采样点做平行样三次，分别取平均值并绘制各个指标的折线图。（图 6 至图 10）

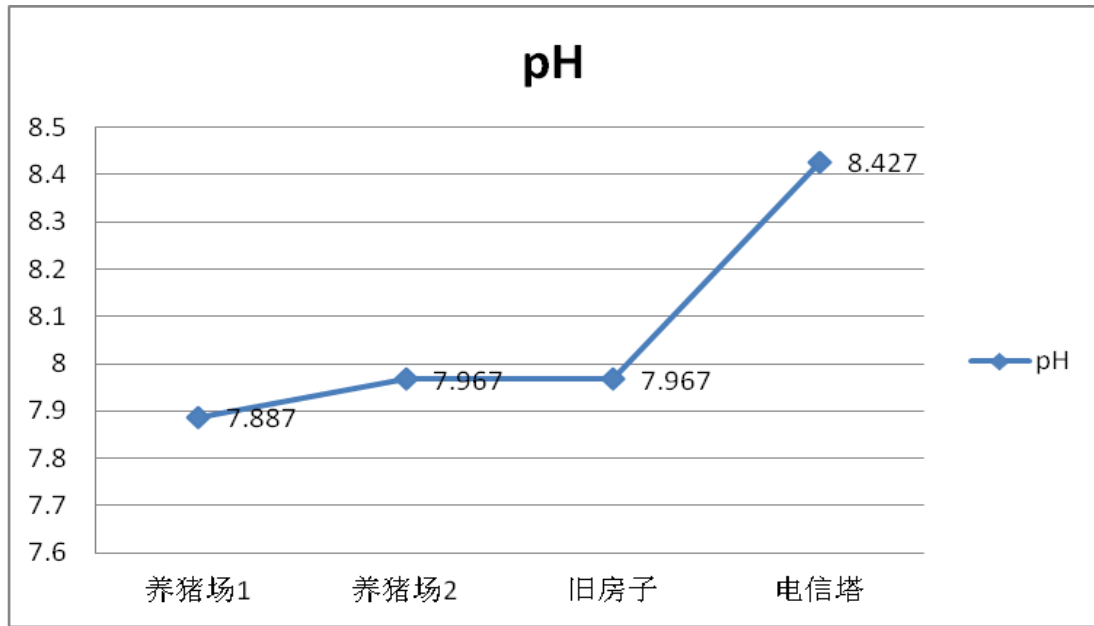


图 6 流过村镇之后的四个样点 pH 值的平均值变化

上图所示的四个样点 pH 值均保持在 6.5-8.5 以内，符合生活和工业用水的标准。各个样点相互间变化不明显，从 pH 的角度来看，河流属于健康状态。

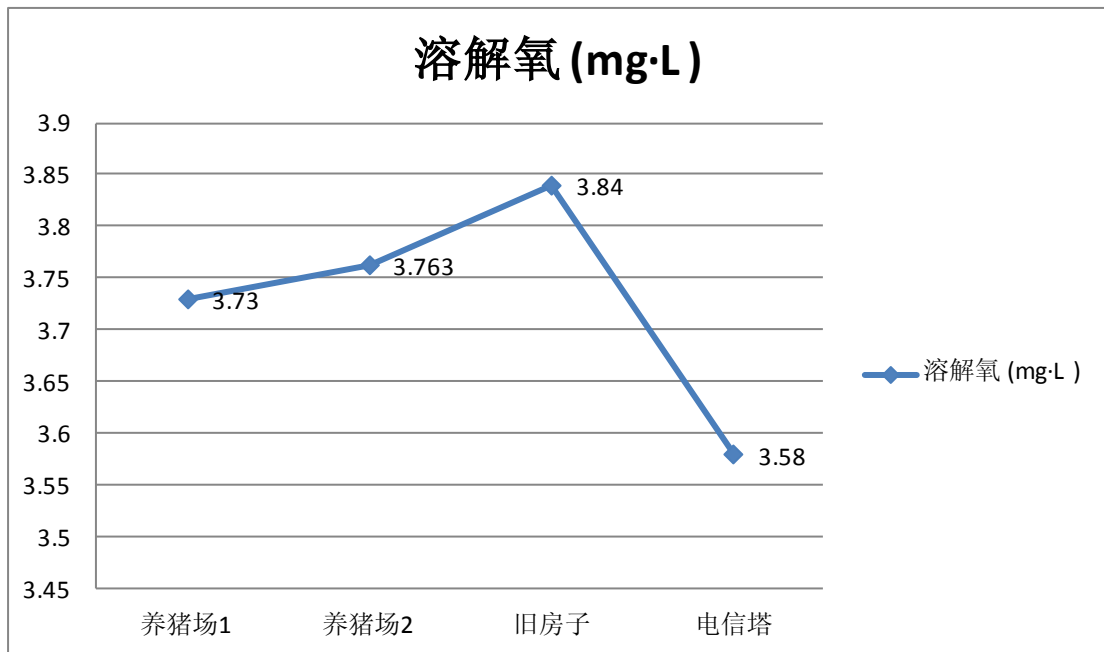


图 7 流过村镇之后的四个样点溶解氧的平均值变化

一般清洁的河流，DO 可接近其温度的饱和值，当有大量藻类繁殖时，溶解氧可能过饱和；当水体受到有机物质、无机还原物质污染时，会使溶解氧含量降低，甚至趋于零，此时厌氧细菌繁殖活跃，水质恶化。水中溶解氧低于 3-4mg/L 时，许多鱼类呼吸困难，窒息死亡。溶解氧是表示水污染状态的重要指标之一。“养猪场 1”到“旧房子”处溶解氧的值不断地升高，说明河流有自净功能，而“电信塔”处的溶解氧值突降可能是由于该采水点处的水被污染或仪器测量出现偏差，降雨也可导致溶解氧的下降^[10]。从数值看来，这四个点的溶解氧量均在 3-4mg/L 之间，虽然前三个点的溶解氧值有小幅度上升，但仍都属于比较糟糕的水质。

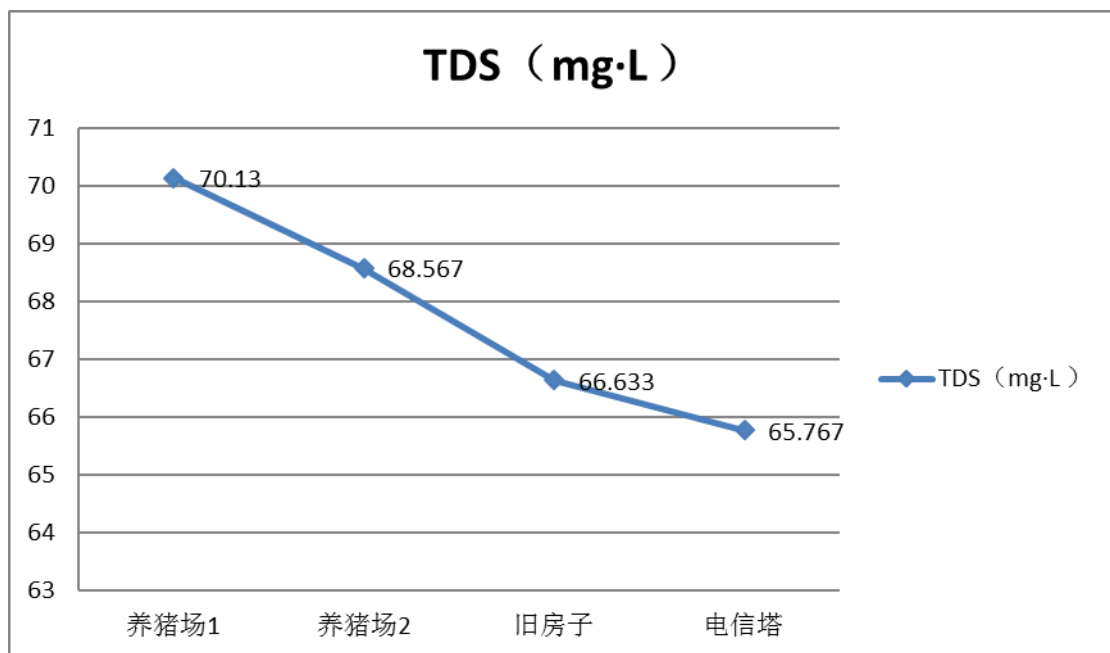


图 8 流过村镇之后的四个样点 TDS 的平均值变化

总溶解固体指水中全部溶质的总量，包括无机物和有机物两者的含量。一般可用电导率值大概了解溶液中的盐分，一般情况下，电导率越高，盐份越高，TDS 越高。在无机物中，除溶解成离子状的成分外，还可能有呈分子状的无机物。由于天然水中所含的有机物以及呈分子状的无机物一般可以不考虑，所以一般也把含盐量称为总溶解固体。从图中很明显的可以看出在露水河的流动过程中 TDS 的数值在不断的降低，即河流中的总溶解固体在逐渐减少。此项可说明，露水河具有一定的自净功能。

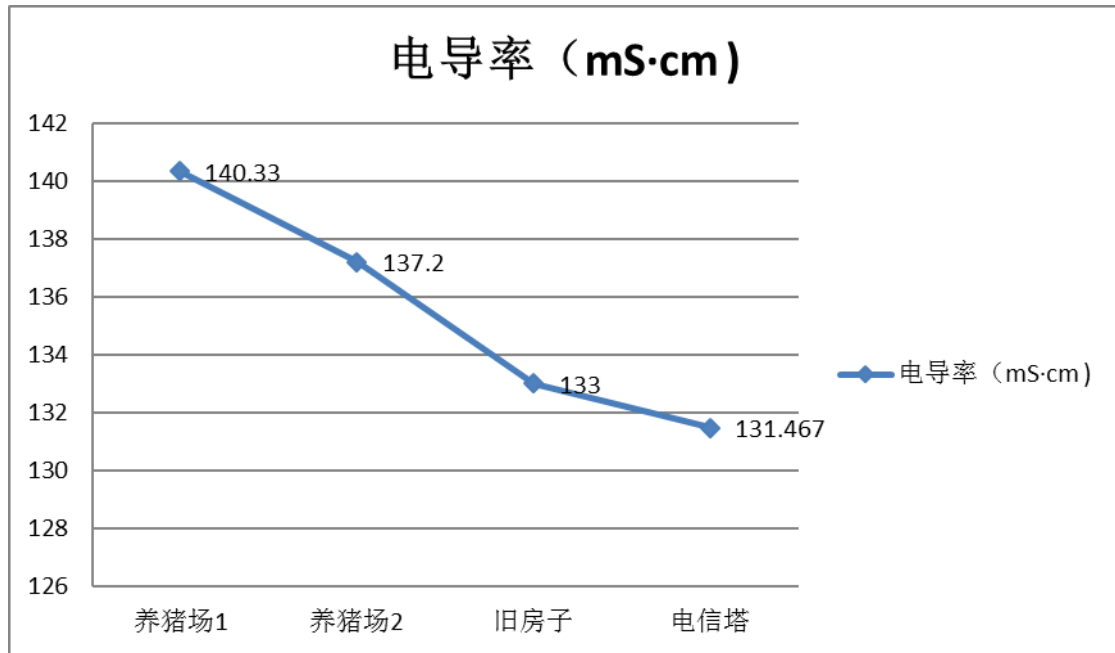


图9 流过村镇之后的四个样点电导率的平均值变化

该图显示，露水河在流出居民区后，电导率逐渐降低，经分析原因有两点：一方面，随着河流流动，污染物被扩散、稀释；另一方面，大多数水生植物都可以直接从水层和底泥中吸收氮、磷，并同化为自身的结构组成物质（蛋白质和核酸等），带电离子的减少，使电导率降低。这也是河流自净功能的体现。

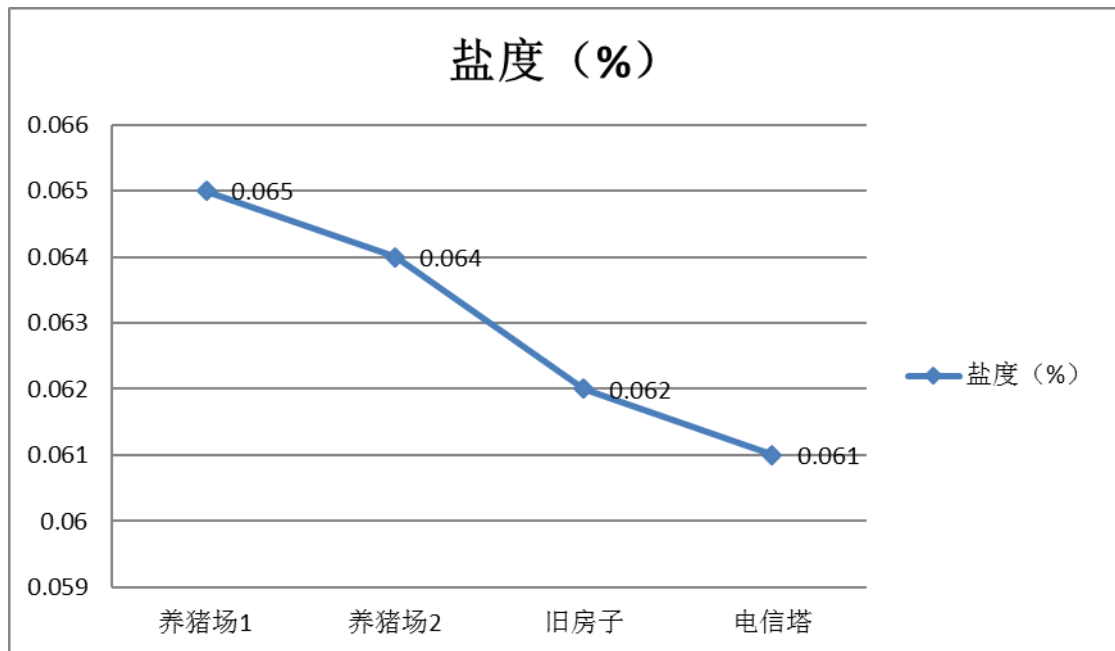


图10 流过村镇之后的四个样点盐度的平均值变化

盐度的原始定义是指单位质量的海水中有机物全部被氧化，碳酸盐转化为氧化物，卤化物全部转成氯化物后干燥固体的质量。最早采用重量法分析，非常耗时，后来曾以氯度代替盐度。该图中的盐度可用来间接说明污染物含量，盐度高即污染物浓度较高。由图中的折线可以看出在露水河的流动中盐度在逐渐降低，这可说明了河流有自净功能。

4 讨论与建议

根据上述数据统计结果和分析显示,露水河在流经村镇时受到了轻度污染。其表现可概括为:随河流在村镇中流动,pH值、TDS、电导率和盐度均呈上升趋势,而溶解氧值呈不规律性变化。尤其在“市场大桥”附近,各指标上升明显。根据实地考察和分析,污染原因应有以下几种:一是生活垃圾的污染。“市场大桥”样点距离村镇的市场非常近,人口密集,人类活动频繁,人类产生的垃圾很多,并且随意堆砌在河边,使河水发黄并产生异味,可见,河边的垃圾已对河水造成了严重污染。二是生活污水的随意排放。露水河镇村民缺乏环保意识,通常将生活污水不经处理直接排放至露水河,由于镇上村民人口众多,排放污水量已超过河水稀释、沉淀的自净能力,故对露水河造成污染。三是养猪场等粪便和农业垃圾造成的污染。露水河镇作为典型的农业村镇,农业和畜牧业是主要的经济来源,所以露水河边经常可看到养猪场或田地。养猪场沿河而建,其粪便也会对河水水质产生影响。而农业生产使用的农药和化肥残留在土壤中,通过降雨径流和地面排水进入地表和地下水中,也会引起污染^[11]。不过,尽管露水河由于以上原因,受到一定程度的污染,但根据各项指标测量的数值显示,污染状况并不严重,按照我国地表水环境质量标准(GB3838-2002),受污染的水仍能达到IV类水。经比较研究,同类河流也存在相似的状况。如在东江中下游河网密集区水体的研究中,由于当地河流同时受到工业和生活废水排放的影响,污染状况更为严重^[12]。

在露水河自净功能的研究中,从数据变化来看,TDS、电导率和盐度指标均有下降趋势,可见污染物被稀释、渗透、沉淀,可初步判断河流的污染状况被缓解。溶解氧值的上升表明,河水发生了复氧。pH值稳定在7.0-8.5以内,符合生活和工业用水的标准。所以可由此判断,露水河具有一定的自净能力,但数据同时也可说明,河流的自净功能有限,河水很难恢复到III类标准。河流发生自净化的原因有如下三条:一是通过稀释、渗透、沉淀,向大气蒸发的物理净化机理;二是细菌通过有氧或厌氧消化了污染物;三是水生植物通过吸收污染物(碳、氮、磷)作为自己的营养成分而使水体净化^[13]。另外,河流的自净功能还与其形态结构和河流坡度有关^[14]。当露水河逐渐远离村镇时,河岸边植被恢复,河流盘延在生态环境良好的山间,故河水自净功能增强。

在同类研究的比较中,我们可以发现:自然河流由于受到人类活动的干扰,都会受到一定程度的污染,污染来源主要有:工业污染、农业污染和生活污染,其中工业污染最为严重。河流都具有一定的自净功能,但自净能力较差^[15]。河流本身的自净功能有一定的限度,且容易受到人为干扰。如果人为改变河流的生态环境,那么河流自净能力就会下降。

由于河流的自净功能有限,保护河流生态环境,保护其植被多样性,防止河流水体生态退化十分重要。首先,作为当地居民,应该增强河流生态保护意识,不要在河边乱扔垃圾,尽量少使用含污染物的洗衣粉洗洁精,并减少污水排放。当地政府应加强管理,对居民的生活垃圾集中处理,不要随意堆在河边。从污染源头治理污染,从而改善河流水质。其次,由于现今露水河受到轻度污染,当地政府应及时采取措施改善水质,可通过用生态

措施进行修复。生态措施是指通过生态构建方法,在修复区域内有重点、分层次地进行生态修复^[16],比如可在河流两岸修建生态护岸,护坡等等,这样能有效增强露水河的自净功能,改善河流水质。

参考文献:

- [1]付军,李玉仓等.乡村河道生态修复与景观规划.中国农业出版社,2013:13-14
- [2]、[7]、[9]杨丽蓉,陈利顶,孙然好.河道生态系统特征及其自净化能力研究现状与发展[J].生态学报,2009.09,29(9):5067-5072
- [3]王超、陈卫等.城市河湖水生态与水环境.中国建筑工业出版社,2010.:65-67
- [4]谭夔,陈求稳,等.大清河河口水体自净能力实验.生态学报,2007,27(11):4736-4742
- [5]、[6]付国伟.河流水质数学模型及其模拟计算.中国环境科学出版社,1987:59-84
- [8]何本茂,韦蔓新.防城湾的环境特征及其水体自净特点分析.海洋环境科学,2006,25(1):64-67
- [10]邓思思.嘉兴平原河网溶解氧平衡研究.浙江大学,2013.03
- [11]王超,陈卫.城市河湖水生态与环境.中国建筑工业出版社,2010年10月第一版,122页
- [12]王志霞.东江中下游河网密集区水体有机物污染调查分析及其底泥沉积物对菲的吸附、解析特性研究.河北师范大学,2009.10.08
- [13]王守良.水体自净化是治理滇池的希望.云南师范大学学报,2001.07,21(4)
- [14]王燕,拾兵.生态河流的研究进展.人民黄河,2010(02),32-2
- [15]刘婷,樊贵盛,阳辉.潇河流域水质污染的空间变化特征.人民黄河,2014(03),36-3
- [16]付军,李玉仓,韩秋筠,王君.乡村河道生态修复与景观规划.中国农业出版社,2012.11,第80页