

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2017.02.013

阳宗海流域冬季典型农村污水污染特征及水质评价

梅涵一¹, 刘云根^{1,2}, 梁启斌^{1,2}, 王妍^{1,2}, 侯磊^{1,2}, 郑寒¹

(1. 西南林业大学环境科学与工程学院, 云南昆明 650224; 2. 西南林业大学农村污水处理研究所, 云南昆明 650224)

摘要:为揭示阳宗海流域不同类型农村污水各污染指标的影响因素和分布特征,选取云南省的海晏村(传统型)和大营村(集镇型)的污水进行水样采集,通过方差分析研究其不同污染指标的浓度变化以及不同类型农村污水水质的差异性,并运用主成分分析法对污水进行水质评价。结果表明:阳宗海流域海晏村污水中的TN、COD均明显超过了城镇污水处理厂污染物排放二级标准,大营村的TP、TN、COD均明显超过了二级标准;pH值与氧化还原电位都是农村污水中污染物浓度的重要影响因子;两村的水质具有显著的差异性;传统型农村的水质比集镇型农村的要好,说明对阳宗海流域造成污染风险更大的是集镇型农村污水。

关键词:农村污水;污染特征;水质评价;阳宗海流域

中图分类号:X522 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2017)02-0067-07

Pollution characteristics and water quality evaluation of typical rural sewage in winter in Yangzonghai Lake Basin

MEI Hanyi¹, LIU Yungen^{1,2}, LIANG Qibin^{1,2}, WANG Yan^{1,2}, HOU Lei^{1,2}, ZHENG Han¹
(1. College of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;
2. Research Institute of Rural Sewage Treatment, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: In order to investigate the factors and distribution characteristics of pollution indicators of different types of rural sewage in the Yangzonghai Lake Basin, sewage water was collected from Haiyan (traditional type) and Daying (town type) villages in Yunnan Province, the concentration changes of different pollution indicators and the differences in sewage water quality were studied through analysis of variance, and the water quality was evaluated through principal component analysis. The results show that the concentrations of TN and COD in sewage from Haiyan Village and the concentrations of TP, TN, and COD in sewage from Daying Village significantly exceeded the grade II standard of the Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB18918-2002). The pH value and oxidation-reduction potential were important factors that affect the pollutant concentration in rural sewage. The water quality of the two villages exhibited significant differences. The traditional-type rural water quality was better than the town-type, indicating that the town-type rural sewage will cause a higher risk of pollution in the Yangzonghai Lake Basin.

Key words: rural sewage; pollution characteristics; water quality evaluation; Yangzonghai Lake Basin

农村水环境污染是导致下游湖泊水体富营养化污染的原因之一^[1-3]。由于长期受到生活污水、厨余垃圾及畜禽粪便等的影响,农村水环境中氮、磷等营

养元素含量过高,农村生态环境存在较大潜在污染风险。为此,对农村污水的排放控制和污染治理成为当前农村建设的首要任务^[4]。阳宗海是云南省

基金项目:国家自然科学基金(51469030,31560237,31560147)
作者简介:梅涵一(1992—),男,硕士研究生,研究方向为湿地生态修复。E-mail: mhyqq@163.com
通信作者:刘云根,副教授。E-mail: henryliu1008@163.com

的九大高原湖泊之一,被誉为滇中高原的一颗璀璨明珠,兼具供水、灌溉及旅游等功能,是昆明市未来的重要风景旅游区^[5]。近年来,随着上游农村污水、工厂废水的大量排入,旅游活动的增加以及网箱养鱼等的影响,阳宗海水质不断恶化,至今已多次出现大面积水华现象^[6]。

毕建培等^[7]对阳宗海水质砷污染开展了研究,指出湖水中贝类等水生生物对 As 的富集能力较强,为阳宗海流域水污染的研究提供了类比和借鉴;苏嫚丽等^[8]对太湖流域农村污水污染特征研究表明,农村生活污水中氮、磷和 COD 含量超标严重,为农村污水污染特征的研究提供了典型案例。当前,虽已有不少学者^[5-7,9-11]对阳宗海流域水质污染问题开展了研究,但对其污染的源头——上游农村污水的研究还较少。对上游农村污水进行污水特征分析和水质评价有利于阳宗海水污染的预防与控制。本文以云南省阳宗海上游的海晏村和大营村为研究对象,分析不同类型农村污水排放的氮、磷和 COD 等污染物浓度的分布特征及差异性,并运用主成分分析法对水质进行评价,以期为阳宗海流域的水质污染预防及控制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

云南省澄江县的海晏村(102°59'E, 24°51'N)和大营村(102°59'E, 24°50'N),两村均为阳宗海流域上游农村。研究区概况见表 1。

1.2 样点布设与水样采集

在两村主要沟渠内沿水流方向各设置了

表 1 研究区概况

村名	类型	区域面积/km ²	居住人口/人	年平均气温/℃	年降水量/mm	人均纯收入/元
海晏村	传统型	1.23	1349	15.50	886.10	3500
大营村	集镇型	5.00	7103	5.20	850.00	2532

5 个点,共 10 个采样点(图 1)。每个采样点分上、下午各采集一次。为方便分析水样在进入农村和流出农村时的分布特征,在农村入水口和出水口各设置了一个采样点。2016 年 1 月在海晏村和大营村进行了一次采样,在每个采样点水面采集的水样装于聚乙烯瓶中并带回实验室,在 48 h 内做分析。

1.3 样品分析与数据处理

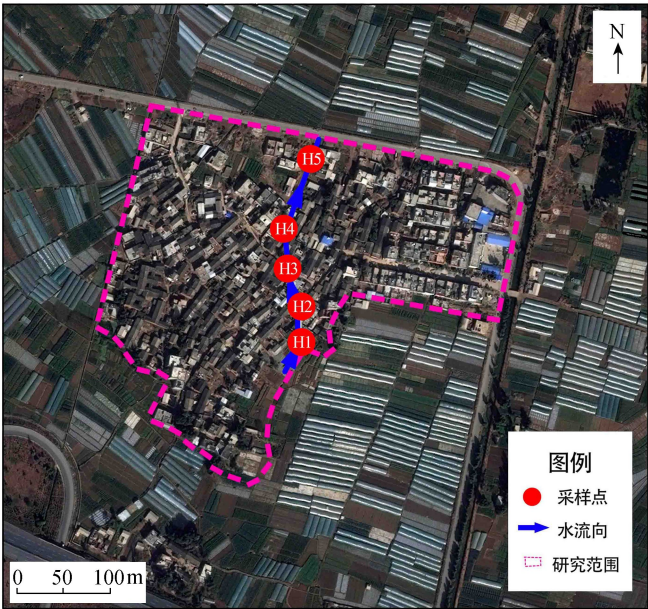
水样测定。TP 采用钼锑抗分光光度法,SRP(活性磷)采用钼锑抗分光光度法,TN 采用紫外分光光度法,NH₃-N 采用纳氏试剂分光光度法,COD 采用重铬酸钾微波消解法,pH 值采用直接玻璃电极法。

利用 Excel 2007 对数据进行初步处理,并采用统计软件 SPSS 17.0 进行单因素方差分析和独立样本 *t* 检验。

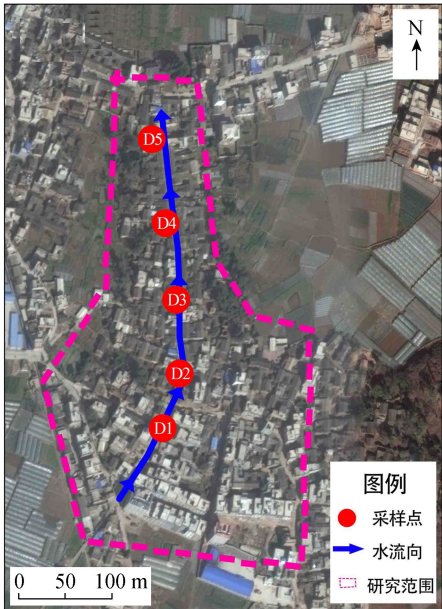
2 结果与讨论

2.1 不同类型农村污水各污染物浓度分布特征

农村污水包括居民生活污水和畜禽养殖污水两大类。生活污水来源于厨房污水、生活洗涤污水、厕所污水等^[8]。不同类型生活污水的成分特征和污水水量存在较大差异^[3]。地形条件、生活习惯和家庭收入水平等可能是影响农村生活污染物产生及排放的主要因素^[12]。畜禽养殖污水主要由动物粪便



(a) 海晏村



(b) 大营村

图 1 采样布点示意图

排泄、饲料残留物、圈舍冲洗废水等组成^[13]。

本文将通过对传统型和集镇型农村排放污水的实验结果进行数据对比和分析来揭示阳宗海流域不同类型农村的污水特征和水质状况。为方便研究,在海晏村和大营村的主要流通沟渠内自上游农村入水口到下游出水口分别各取了 5 个采样点,分析各污染物浓度的空间分布特征。

2.1.1 海晏村

海晏村氮、磷、COD 质量浓度以及 pH 值分布特征如图 2 所示。海晏村沟渠中水的 TP 和 SRP 的质量浓度分别为 0.04 ~ 0.62 mg/L 和 0.01 ~ 0.52 mg/L,平均值分别为 0.30 mg/L 和 0.17 mg/L;TN 和 NH₃-N 的质量浓度分别为 31.32 ~ 88.44 mg/L 和 3.32 ~ 28.72 mg/L,平均值分别为 53.01 mg/L 和 13.27 mg/L;COD 的质量浓度为 33.00 ~ 194.00 mg/L,平均值为 102.20 mg/L;pH 值为 7.45 ~ 8.09。采用城镇污水处理厂污染物排放二级标准^[14]($\rho(\text{COD})=100\text{ mg/L}$, $\rho(\text{TP})=3\text{ mg/L}$, $\rho(\text{TN})=20\text{ mg/L}$ (一级 B 标), $\rho(\text{NH}_3\text{-N})=30\text{ mg/L}$, $\text{pH}=6\sim9$, 以下简称国家标准)对水质单一指标进行评价,结果表明:TP、NH₃-N 和 pH 均符合国家标准,而 TN、COD 无论是各采样点含量还是平均值均明显超过了国家标准。

各指标含量主要受村民生活习惯的影响,如洗衣做饭、畜禽养殖等。有研究^[15-16]表明,对排放污水中磷含量影响最大的是洗衣废水和厨房洗涤废水;对氮含量影响最大的是圈舍冲洗废水及畜禽粪便排泄;而对 COD 贡献最大的是携带人类粪便的冲厕废水。由图 2 可知,氮、磷以及 COD 排放的时间规律均表现为上午质量浓度低于下午。村民每天的日常生活都要产生大量的洗衣废水、厨房洗涤废水

以及冲厕废水,并且在沟渠中沉降后引起污染物的沉积,造成下午质量浓度高于上午。H5 点由于上午采样时正好有村民在洗衣服,造成该点的 TP 含量高于下午。此外,采样点各污染物的浓度规律表现为沿着水流方向趋于递增,在入水口附近的 H1 点各指标均为最小值,直到出水口 H5 点达到最大值。

2.1.2 大营村

大营村监测期内各污染指标值如图 3 所示。大营村沟渠中水的 TP 和 SRP 的质量浓度分别为 1.09 ~ 3.45 mg/L 和 0.78 ~ 2.82 mg/L,平均值分别为 2.14 mg/L 和 1.39 mg/L;TN 和 NH₃-N 的质量浓度分别为 42.12 ~ 188.74 mg/L 和 14.92 ~ 34.92 mg/L,平均值分别为 116.75 mg/L 和 23.91 mg/L;COD 的质量浓度为 329 ~ 656 mg/L,平均值为 461.40 mg/L;pH 值为 6.53 ~ 7.83。结合表 2 可知,除 pH 符合国家标准外,NH₃-N 有个别采样点高于国家标准,而 TP、TN、COD 无论是各采样点质量浓度还是其平均值均明显超过了国家标准。

由图 3 可知,与海晏村相比,大营村的各污染物质量浓度并没有表现出很强的规律性,但大部分指标还是呈现出下午质量浓度高于上午的趋势。实地采样时发现,上午 8 时左右在 D4 点附近有一小型养殖场正在排放畜禽养殖污水,这是造成在养殖场下游的 D4 和 D5 两点下午氮含量高于上午的主要原因。另外,由于大营村属于集镇型农村,上午是集市最热闹繁华的时间段,这或许也是导致某些采样点污染物质量浓度表现出上午高于下午的一个因素。此外,与海晏村类似,大营村采样点各指标的浓度规律也表现为沿着水流方向趋于递增,最小值位于上游,最大值出现在下游农村出水口。

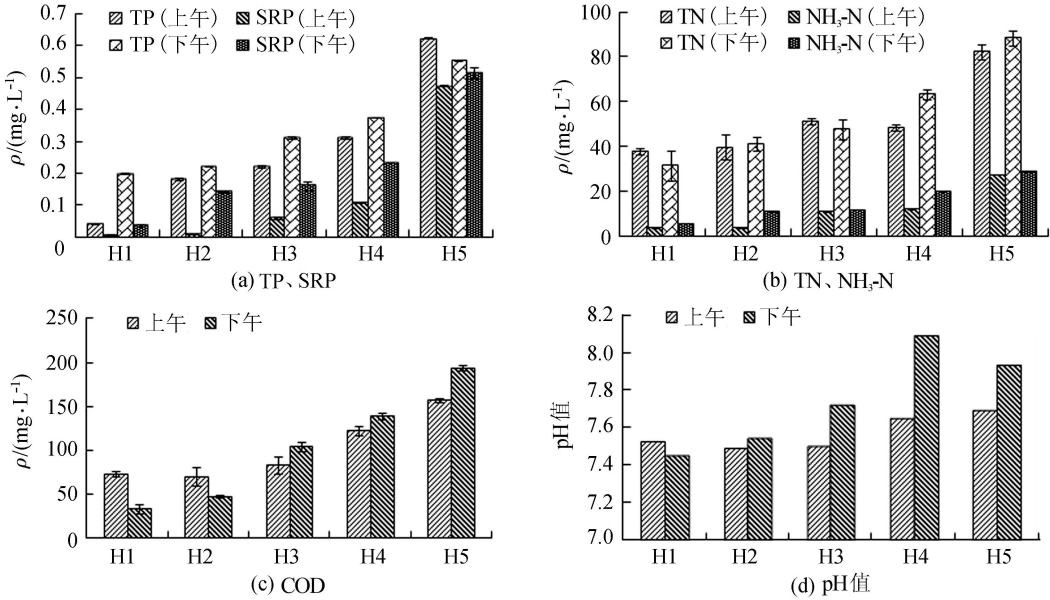


图 2 海晏村监测期内各污染指标值

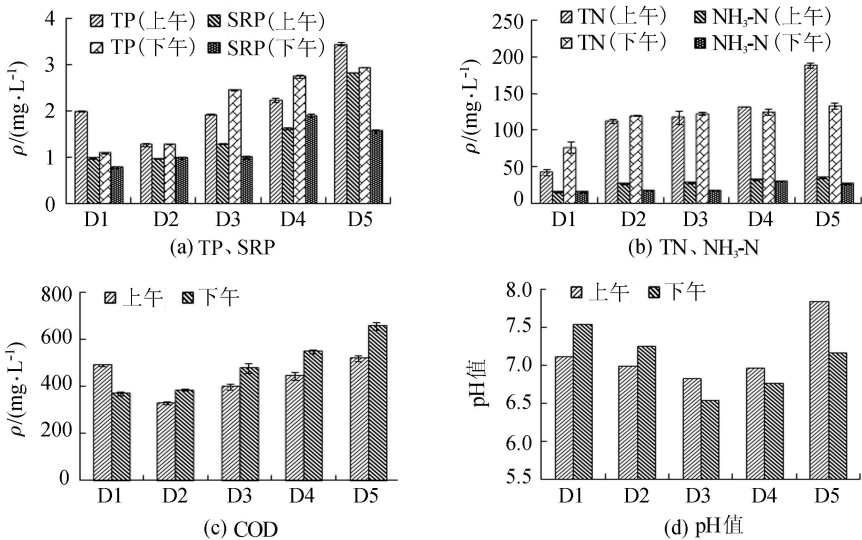


图3 大营村监测期内各污染指标值

2.2 理化指标与各污染指标的相关性分析

水体的理化指标如 pH、氧化还原电位 (E_h)、电导率 (σ) 等因素都会影响各污染指标的含量和分布^[17]。为进一步分析阳宗海流域农村污水污染特征的影响因素,将各指标的浓度与水体部分理化指标作相关性分析,结果见表 3。

表3 理化指标与各污染物浓度的相关性

村名	理化指标	TP	SRP	TN	$\text{NH}_3\text{-N}$	COD
海晏村	pH	0.629	0.659 *	0.700 *	0.732 *	0.792 **
	σ	0.605	0.465	0.497	0.593	0.610
	E_h	-0.837 **	-0.690 *	-0.697 *	-0.722 *	-0.671 *
大营村	pH	0.944 *	0.953 *	0.904 *	0.948 *	0.844
	σ	0.424	0.574	0.539	0.810	0.322
	E_h	-0.965 **	-0.988 **	-0.880 *	-0.916 *	-0.911 *

注: * 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; ** 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

由表 3 可知,海晏村和大营村的各污染物浓度与 σ 均没有相关性,说明 σ 高低并不是影响农村污水中各污染物浓度大小的因素;除了海晏村的 TP 和大营村的 COD,其余指标均与 pH 呈显著正相关 ($n=5, P<0.05$),且水体越呈碱性,浓度越高;此外,不论是海晏村还是大营村,所有指标均与 E_h 呈显著负相关 ($n=5, P<0.05$),即水体越呈还原状态,污染物浓度越高。

以上相关性分析表明,在阳宗海流域不论是集镇型还是传统型农村, pH 与 E_h 都是农村污水中污染物浓度的重要影响因子。

2.3 不同类型农村各污染物浓度差异性分析

2.3.1 分析方法

独立样本 t 检验通过比较两个不同样本在某个变量上的差异,看它们之间的差异是随机差异还是本质上的差异。本文使用 SPSS17.0 对海晏村和大营村各指标浓度等变量进行检验,比较分析阳宗海

不同类型农村之间各指标浓度的差异性。

2.3.2 分析结果

由表 4 可见,大营村所有指标的平均值均明显高于海晏村,其中 TP、SRP、COD 3 个指标的均值差距极大,分别达到了海晏村的 7.13 倍、8.18 倍和 4.51 倍。说明大营村与海晏村的各指标浓度具有较强的差异性,但为了检验这些差异是随机样点间的差异还是整体水平上的差异,需要通过进行独立样本的 t 检验来验证。

表4 海晏村和大营村统计量对比

指标	村名	样本数量	均值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	均值标准误差/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
TP	海晏村	5	0.30	0.08
	大营村	5	2.14	0.34
SRP	海晏村	5	0.17	0.09
	大营村	5	1.39	0.25
TN	海晏村	5	53.01	8.86
	大营村	5	116.75	16.47
$\text{NH}_3\text{-N}$	海晏村	5	13.27	4.15
	大营村	5	23.91	2.94
COD	海晏村	5	102.20	23.00
	大营村	5	461.40	38.49

通过检验可知 (表 5), 不论方差是否相等, TP、SRP、TN、COD 的 Sig. 值 (双侧) 都小于 0.05, 而 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的 Sig. 值 (双侧) 都大于 0.05, 所以可以验证:除了 $\text{NH}_3\text{-N}$ 没有显著差异性外,其余指标的浓度在海晏村和大营村均表现出显著的差异性。由以上独立样本 t 检验的分析结果可知,阳宗海流域两个不同类型农村的水质具有显著的差异性,并且水质污染情况集镇型农村要比传统型农村更为严重。

近些年,农村污水的污染问题一直得不到重视,导致农村面源污染、湖泊富营养化等环境问题越来越突出。由于经济发展较快,集镇型农村的各方面条件都优于传统型农村,但由此带来的生活污水污

表 5 海晏村和大营村各指标间的独立样本 t 检验

指标	假设条件	方差方程的 Levene 检验		均值方程的 t 检验						
		F	Sig. 值	t	df 值	Sig. 值(双侧)	均值差值	标准误差值	差分的 95% 置信区间	
									下限	上限
TP	假设方差相等	6.016	0.040	-5.217	8	0.001	-1.836	0.35193	-2.64756	-1.02444
	假设方差不相等			-5.217	4.438	0.005	-1.836	0.35193	-2.77625	-0.89575
SRP	假设方差相等	9.611	0.015	-4.591	8	0.002	-1.218	0.26529	-1.82977	-0.60623
	假设方差不相等			-4.591	4.906	0.006	-1.218	0.26529	-1.90389	-0.53211
TN	假设方差相等	0.536	0.485	-3.405	8	0.009	-63.686	18.70342	-106.81617	-20.55583
	假设方差不相等			-3.405	6.138	0.014	-63.686	18.70342	-109.20357	-18.16843
NH ₃ -N	假设方差相等	0.361	0.564	-2.089	8	0.070	-10.634	5.09044	-22.37257	1.10457
	假设方差不相等			-2.089	7.212	0.074	-10.634	5.09044	-22.59975	1.33175
COD	假设方差相等	0.322	0.586	-4.285	8	0.003	-257.000	59.98016	-395.31450	-118.68550
	假设方差不相等			-4.285	7.759	0.003	-257.000	59.98016	-396.06649	-117.93351

染问题更为突出,应当引起环保部门的高度重视;传统型农村虽然污染情况乐观,但村民也应摒弃生活污水排放习惯,改变先污染后治理的观念。

2.4 水质评价

2.4.1 评价方法

采用主成分分析法进行水质评价。主成分分析法是多元分析方法的一种,是通过恰当的数学变换,使新变量主成分成为原变量的线性组合,并选取少数几个在变差总信息量中比例较大的主成分来分析事物的一种方法^[18]。该方法的优势是能够根据一系列的运算步骤得出最终的综合评价得分,得分越高则说明污染越严重,这能进一步验证前文的分析结果。其主要应用步骤如下:

步骤 1:建立由 m 个样本的 n 个因子构成的原始变量矩阵 $\boldsymbol{X}^{[19]}$ 。

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix}$$

(1)

步骤 2:数据标准化^[20]。对 $\boldsymbol{X}$ 进行标准化处理,以消除量纲影响,其标准化公式为

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j}$$

(2)

其中

$$\bar{X}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{ij}$$
$$S_j = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}$$

步骤 3:计算相关系数矩阵。在标准化数据矩阵的基础上计算原始指标的相关系数矩阵 $\boldsymbol{R}$ 。

步骤 4:计算特征根^[21]。求相关系数矩阵 $\boldsymbol{R}$ 的特征根 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_n$,其中 $\lambda_i (i=1,2,\cdots,n)$ 是主成分的方差,表示各个主成分在描述被评价对象上所起作用的大小。

步骤 5:确定主成分个数^[22]。根据累计方差贡

献率确定主成分个数,通常取贡献率大于 85% 来确定主成分个数。

步骤 6:确定主成分表达式^[23]。将初始因子载荷矩阵的数据分别除以其对应特征根的平方根便可得到特征向量,将其与标准化后的数据 Z_{ij} 相乘,便得主成分的表达式 $F_j (j=1,2,\cdots,p)$,即

$$\begin{cases} F_1 = a_{11}Z_{11} + a_{21}Z_{12} + \cdots + a_{n1}Z_{1n} \\ \vdots \\ F_p = a_{1p}Z_{p1} + a_{2p}Z_{p2} + \cdots + a_{np}Z_{pn} \end{cases}$$

(3)

式中:向量 $(a_{1j}, a_{2j}, \cdots, a_{nj})$ 是特征根 λ_j 对应的特征向量; p 为主成分个数。

步骤 7:确定综合评定函数^[20]。根据主成分对应特征根的贡献率,得到综合评价函数 F :

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_p} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_p} F_2 + \cdots + \frac{\lambda_p}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_p} F_p$$

(4)

2.4.2 评价结果

根据具体步骤方法并结合 SPSS 17.0,可实现对海晏村和大营村总共 10 个采样点的水质评价。

a. 原始数据标准化。标准化处理结果如表 6 所示。

表 6 标准化矩阵

采样点	TP	SRP	TN	NH ₃ -N	COD
H1	-1.00	-1.01	-1.15	-1.51	-1.14
H2	-0.93	-0.95	-1.02	-1.22	-1.11
H3	-0.86	-0.89	-0.82	-0.78	-0.94
H4	-0.80	-0.81	-0.67	-0.30	-0.75
H5	-0.57	-0.38	0.01	0.99	-0.53
D1	0.29	0.13	-0.59	-0.37	0.74
D2	0.05	0.26	0.71	0.32	0.37
D3	0.88	0.49	0.80	0.35	0.78
D4	1.15	1.30	0.99	1.26	1.06
D5	1.80	1.87	1.74	1.26	1.52

b. 主成分分析。将标准化矩阵经 SPSS 17.0

软件“降维”处理后,特征值及主成分贡献率结果见表 7,初始荷载矩阵列于表 8。

表 7 特征值和主成分贡献率及累积贡献率

主成分个数/个	特征值	贡献率%	累积贡献率%
1	4. 562	91. 236	91. 236
2	0. 324	6. 473	97. 709
3	0. 078	1. 568	99. 277
4	0. 026	0. 529	99. 806
5	0. 010	0. 194	100

表 8 初始因子荷载矩阵

指标	指标对成分 1 的响应程度
TP	0. 973
SRP	0. 987
TN	0. 965
NH ₃ -N	0. 887
COD	0. 960

由表 7 可知,当主成分个数为 1 个时,其累积方差贡献率均超过了规定的 85%,所以本研究确定主成分个数为 1。由初始因子荷载矩阵(表 8)可知,所有指标均在第一成分 F_1 中有较高载荷,说明该成分能反映这些因子的所有信息(包含 TP、SRP、TN、NH₃-N 和 COD)。

c. 综合评价。在本研究中,由于只得到一个主成分 F_1 ,因此可得综合评价函数 $F=F_1$,并以此计算各采样点的主成分得分,结果列于表 9。

$$F = F_1 = 0. 456Z_{p1} + 0. 462Z_{p2} + 0. 452Z_{p3} + 0. 415Z_{p4} + 0. 449Z_{p5}$$

(5)

表 9 各采样点水质评价结果

采样点	特征向量与标准化数据相乘					F
	$a_{1p}Z_{p1}$	$a_{2p}Z_{p2}$	$a_{3p}Z_{p3}$	$a_{4p}Z_{p4}$	$a_{5p}Z_{p5}$	
H1	-0. 46	-0. 47	-0. 52	-0. 63	-0. 51	-2. 59
H2	-0. 42	-0. 44	-0. 46	-0. 51	-0. 50	-2. 33
H3	-0. 39	-0. 41	-0. 37	-0. 32	-0. 42	-1. 91
H4	-0. 37	-0. 38	-0. 30	-0. 12	-0. 34	-1. 51
H5	-0. 26	-0. 17	0. 00	0. 41	-0. 24	-0. 26
D1	0. 13	0. 06	-0. 27	-0. 15	0. 33	0. 10
D2	0. 02	0. 12	0. 32	0. 13	0. 17	0. 76
D3	0. 40	0. 22	0. 36	0. 14	0. 35	1. 47
D4	0. 53	0. 60	0. 45	0. 52	0. 48	2. 58
D5	0. 82	0. 86	0. 79	0. 52	0. 68	3. 67

根据综合评价函数得分可知,在总共 10 个采样点中,大营村的下游出水口 D5 污染最严重,而海晏村上游入水口 H1 污染最轻,并且其上游入水口 D1 得分比海晏村下游出水口 H5 还高。海晏村和大营村的综合评价得分均表现为沿着水流方向趋于递增,即污染程度加重,这与前文的分析结果相同。

3 结 论

a. 阳宗海流域传统型农村排放的污水中 TN、

COD 浓度明显超过了国家标准,集镇型农村除 NH₃-N 外,其余指标均明显超过了国家标准,说明阳宗海流域的农村水污染问题较为严重。环境因子与各指标浓度的相关性分析表明,pH 与 E_h 是农村污水中污染物浓度的重要影响因子。不同类型农村各污染物浓度差异性分析结果表明,传统型和集镇型农村的水质具有显著的差异性。

b. 通过主成分分析法对传统型和集镇型农村进行水质评价,结果表现为:村内沿水流方向,水质综合评价得分越来越高,即 H1(-2. 59)<H2(-2. 33)<H3(-1. 91)<H4(-1. 51)<H5(-0. 26);村与村对比,集镇型农村得分明显高于传统型农村。说明随着水流方向,污染程度趋于递增,且集镇型农村的水质污染情况要比传统型农村更为严重。

c. 造成阳宗海流域农村污水排放的现状问题与村民的生活习惯以及当地环保部门的监督密切相关。集镇型农村污染情况较为严重,环保部门应高度重视水污染的控制;传统型农村的水污染情况虽比前者较好,但村民也应当摒弃原有生活污水及畜禽养殖废水的排放习惯,改变先污染后治理的观念。

参考文献:

[1] 苏东辉,郑正,王勇,等. 农村生活污水处理技术探讨[J]. 环境科学与技术, 2005, 28 (1): 79-81. (SU Donghui, ZHENG Zheng, WANG Yong, et al. Discussion on treatment technology of rural domestic sewage [J]. Environmental Science and Technology, 2005, 28 (1): 79-81. (in Chinese))

[2] 赵振宁,王宁. 农村生活污水处理工艺选择探讨[J]. 给水排水, 2010 (增刊 2): 28-31. (ZHAO Zhengning, WANG Ning. Discussion on the selection of rural sewage treatment technology [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010 (sup2): 28-31. (in Chinese))

[3] 刘洪喜. 农村生活污水处理技术的探讨[J]. 污染防治技术, 2009 (3): 30-31. (LIU Hongxi. Discussion on rural domestic wastewater treatment technologies [J]. Pollution Control Technology, 2009 (3): 30-31. (in Chinese))

[4] 陆继来. 太湖地区农村生活污水排放地方标准及适用技术[C]//中国国际贸易促进会. 中国农村和小城镇水环境治理论坛论文集. 北京:中国国际贸易促进会, 2011:72-75.

[5] 陈云进. 阳宗海水污染预防控制研究[J]. 环境科学导刊, 2008, 27 (3): 28-31. (CHEN Yunjin. Research on precaution and control of water pollution in Yangzong Lake [J]. Environmental Science Survey, 2008, 27 (3): 28-31. (in Chinese))

[6] 李振宇. 阳宗海水质污染及其控制[J]. 云南环境科学,

1993 (3): 36-38. (LI Zhenyu. Water pollution in Yangzonghai Lake and its control [J]. Yunnan Environmental Science, 1993(3):36-38. (in Chinese))

[7] 毕建培,刘晨,黎绍佐,等. 阳宗海砷污染水质变化过程分析[J]. 水资源保护, 2014, 30(1): 84-89. (BI Jianpei, LIU Chen, LI Shaozuo, et al. Variation of water quality of Yangzonghai Lake affected by arsenic pollution [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(1): 84-89. (in Chinese))

[8] 苏嫚丽,赵言文,胡正义,等. 太湖流域农村污水污染特征研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 176-179. (SU Manli, ZHAO Yanwen, HU Zhengyi, et al. Study on pollution characteristics of rural wastewater in Tai Lake region[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(7): 176-179. (in Chinese))

[9] 赵娴. 阳宗海和滇池污染的比较研究[J]. 法制与社会, 2009(13): 219-220. (ZHAO Xiao. A comparative study of Yangzong and Dianchi Lake pollution [J]. Legal System and Society, 2009(13): 219-220. (in Chinese))

[10] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.

[11] HJ535-2009, 中华人民共和国国家环境保护标准[S].

[12] 张磊,裴国霞,张玉华,等. 华北平原地区农村生活污水产污特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 410-415. (ZHANG Lei, PEI Guoxia, ZHANG Yuhua, et al. Sewage produced characteristic of rural areas in North China plan region [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2012, 31(2): 410-415. (in Chinese))

[13] 晨曦. 畜禽养殖业污染对环境危害严重[J]. 农业工程, 2014(增刊 1): 25. (CHEN Xi. Livestock and poultry pollution seriously harmful to the environment [J]. Agricultural Engineering, 2014 (supl): 25. (in Chinese))

[14] GB18918—2002, 中华人民共和国国家标准[S]. 北京: 国家环境保护总局, 2003.

[15] 国家环境保护总局. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 14.

[16] BUTLER D, FNEDIER E, GATT K. Characterising the qunatity and quality of domestic wastewater inflows[J]. Water Science and Technology, 1995, 31(7): 13-24.

[17] 杨玉玮,高学鲁,李培苗. 烟台四十里湾柱状沉积物氮形态地球化学特征[J]. 环境科学, 2012, 33(10): 3450-3456. (YANG Yuwei, GAO Xuelu, LI Peimiao. Geochemical characteristics of nitrogen in core sediments from Sishili Bay China [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2012, 33(10): 3449-3456. (in Chinese))

[18] 李艳双,曾珍香,张闽,等. 主成分分析法在多指标综合

评价方法中的应用[J]. 河北工业大学学报, 1999, 28(1): 94-97. (LI Yanshuang, ZENG Zhenxiang, ZHANG Min, et al. Application of primary component analysis in the methods of comprehensive evaluation for many indexes [J]. Journal of Hebei University of Technology, 1999, 28(1): 94-97. (in Chinese))

[19] BENGRAINE K, MARHABA T F. Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality [J]. Journal of Hazardous Materials, 2003, 100(1/2/3): 179-195.

[20] HELENA B, PARDO R, VEGA M, et al. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis [J]. Water Research, 2000, 34: 807-816.

[21] 刘小楠,崔巍. 主成分分析法在汾河水质评价中的应用[J]. 中国给水排水, 2009, 25(18): 105-108. (LIU Xiaonan, CUI Wei. Application of principal component analysis method to assessment of water quality in Fenhe River[J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(18): 105-108. (in Chinese))

[22] OUYANG Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis [J]. Water Research, 2005, 39: 2621-2635.

[23] 郭翔云,崔慧敏. 主成分分析法在白洋淀水质评价中的应用[J]. 海河水利, 2005(5): 55-56. (GUO Xiangyun, CUI Huimin. Application of principal component analysis method in water quality assessment for Baiyangdian [J]. Haihe Water Resources, 2005(5): 55-56. (in Chinese))

(收稿日期: 2016 - 05 - 23 编辑: 徐 娟)

• 信息播报 •

世界水日和中国水周

为唤起公众的水意识,加强水资源保护,1993 年 1 月 18 日第四十七届联合国大会根据联合国环境与发展大会制定的《21 世纪行动议程》中提出的建议,通过了第 193 号决议,确定自 1993 年起,将每年的 3 月 22 日定为“世界水日”。中国水利部确定每年的 3 月 22—28 日为“中国水周”,从 1991 年起,我国还将每年 5 月的第二周作为城市节约用水宣传周。

2017 年 3 月 22 日是第二十五届“世界水日”,3 月 22—28 日是第三十届“中国水周”。联合国确定 2017 年“世界水日”的宣传主题是“废水”(wastewater)。经研究确定,我国纪念 2017 年“世界水日”和“中国水周”活动的宣传主题为“落实绿色发展理念,全面推行河长制”。

(本刊编辑部供稿)