

## 伊通河监测网络优化研究

路红军, 吴锐 (吉林省环境科学研究院, 吉林长春 130012)

**摘要** 采用主成分分析法对2014年伊通河32个监测断面进行污染特征分析, 根据分析结果对监测断面水质污染程度进行排序, 再利用SPSS软件进行聚类分析, 结合监测断面网格分布具体情况, 得到最优水质监测断面。结果表明, 优化后的监测网络能更准确地判断伊通河流域内各段水质变化情况。该研究可为伊通河综合治理及水质改善提供数据支持。

**关键词** 伊通河; 监测断面; 主成分分析; SPSS软件; 聚类分析

中图分类号 X522 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)05-0041-04

## Study on Optimizing Monitoring Network of Yitong River

LU Hong-jun, WU Rui (Jilin Province Research Academy of Environmental Science, Changchun, Jilin 130012)

**Abstract** The pollution characteristics of 32 monitoring sections of Yitong River in 2014 were analyzed by using SPSS software and principal component analysis method. The degree of water pollution in the monitoring section was sorted based on the analysis results, and cluster analysis was conducted by SPSS software. According to the specific distribution of monitoring section grid, the optimal water quality monitoring section was obtained. The results showed that the optimized monitoring network can more accurately determine Yitong River Basin water quality changes in each section. The study can provide data support for the improvement of the comprehensive management of the Yitong River and water quality.

**Key words** Yitong River; Monitoring section; Principal component analysis; SPSS software; Cluster analysis

水环境监测点位和监测指标的优化布设是水环境监测质量保证体系中重要的环节, 合理的采样位置和采样参数是获得空间大数据的根本保证<sup>[1]</sup>, 全面准确地获得地表水环境质量状况, 建立合理、具有代表性的地表水环境监测网络体系至关重要<sup>[2-4]</sup>。伊通河作为松花江的重要支流, 流域水环境质量直接影响松花江流域的水环境。流域内面临着大量的农产品加工业污水排放、农业面源污染、城镇与乡村居民点生活污水排放等诸多环境问题, 流域水环境呈复合污染态势, 支流及干流城区段污染严重, 生态系统服务功能及下游松花江流域水环境质量受到严重影响。

伊通河干流及支流现有监测断面除了国、省控监测断面外, 均为河流所属区域环境保护管理部门根据自身水质监控需要设定, 缺乏科学、统一的规划, 存在监测点位设置不合理、监测指标不全面等问题。为了能够及时掌握伊通河水环境和水污染变化动态, 笔者采用主成分分析法和SPSS软件, 于2014年对伊通河32个监测断面进行污染特征分析, 以明确不同类别监测断面的监控性质<sup>[5-6]</sup>, 优化水质监测断面。

## 1 研究地概况

伊通河发源于吉林省伊通县境内哈达岭山脉青顶山北麓, 流经伊通县、长春市、德惠市、农安县, 在农安县靠山镇汇入饮马河, 地处124°30'~125°45' E, 43°0'~44°45' N, 全长342.50 km, 流域面积8 840 km<sup>2</sup>, 河道平均比降0.3‰。两岸地势低平, 一般洪水期间河宽70~100 m, 大洪水期河宽110~3 000 m。

## 2 伊通河现有监测网络断面设置

伊通河流域现有国控监测断面2个, 分别是新立城水库大坝和长春市出境断面杨家崴子大桥。省控监测断面2

个, 分别为伊通县的星光断面和农安县的靠山大桥断面。其余为市、县设置的监测断面, 伊通县境内另有4个监测断面, 分别为伊通县的寿山水库大坝、九开大桥、伊通污水处理厂排口、伊丹河大桥; 农安县境内另有3个监测断面, 分别为农安大桥、合隆保龙桥、华家大桥。

## 3 伊通河水质现状

笔者在伊通河干流设置了32个监测断面, 具体采样监测数据见表1。

## 4 主成分分析

提取的公因子可解释的总方差见表2。由表2可知, 第3个公因子后的特征值变化趋缓表明选取3个公因子分析是比较恰当的。采用方差最大化正交旋转前后的因子载荷矩阵分别见表3、4。矩阵反映了各污染物的载荷绝对值与所提取的3个公因子间的相关系数, 对一个污染物来说, 载荷绝对值较大, 则公因子与其的关系也更为密切, 也更能代表这个污染物。基于这个观点, 第1公因子更能代表化学需氧量、生化需氧量、总磷这3种污染物指标的影响; 第2公因子则更好地代表氨氮、总氮这2种污染物指标; 第3公因子则代表溶解氧这一污染物指标。这样就可以利用所提取的3个概括性因子分别描述各个断面的受污染状况, 并且可以分别推导出3个公因子与污染物间的计算公式。图1为旋转空间成分, 更直观地显示了3个公因子所代表的污染物指标。

根据表5成分得分系数矩阵, 最终的主成分得分公式见式(1)~(3)。

$$F_1 = 0.538 \times x_{\text{COD}} - 0.374 \times x_{\text{NH}_3\text{-N}} - 0.303 \times x_{\text{DO}} + 0.529 \times x_{\text{BOD}} + 0.554 \times x_{\text{TP}} - 0.292 \times x_{\text{TN}} \quad (1)$$

$$F_2 = -0.117 \times x_{\text{COD}} + 0.736 \times x_{\text{NH}_3\text{-N}} - 0.180 \times x_{\text{DO}} - 0.208 \times x_{\text{BOD}} - 0.353 \times x_{\text{TP}} + 0.759 \times x_{\text{TN}} \quad (2)$$

$$F_3 = -0.267 \times x_{\text{COD}} + 0.012 \times x_{\text{NH}_3\text{-N}} + 1.189 \times x_{\text{DO}} - 0.110 \times x_{\text{BOD}} + 0.047 \times x_{\text{TP}} - 0.172 \times x_{\text{TN}} \quad (3)$$

基金项目 国家重大专项(2012ZX07202-001)。

作者简介 路红军(1975—), 男, 吉林榆树人, 工程师, 硕士, 从事环境工程研究。

收稿日期 2016-12-23

表1 2014年伊通河干流断面采样监测数据

Table 1 Monitoring data of Yitong River section sampling

mg/L

序号 No.	监测断面名称 Name of monitoring section	化学需氧量 Chemical oxygen demand	氨氮 Ammonia nitrogen	溶解氧 Dissolved oxygen	生化需氧量 Biochemical oxygen demand	总磷 Total phosphorus	总氮 Total nitrogen
1	伊通寿山水库坝下	16.19	0.30	5.02	3.79	0.34	0.52
2	伊通九开大桥	15.90	0.59	4.76	3.63	0.18	0.77
3	伊通星光断面	14.66	0.53	4.84	3.90	0.15	0.76
4	伊通污水厂排口	13.30	0.75	4.64	3.48	0.43	1.11
5	那丹伯河口	13.94	0.51	4.85	2.43	0.13	0.72
6	向阳河入口	14.15	0.57	4.31	2.56	0.13	0.72
7	西苇河入口	11.89	0.19	4.63	2.67	0.03	0.40
8	沈屯河入口	15.85	0.53	4.77	3.26	0.29	0.67
9	干沟子河口	13.40	0.41	4.84	3.02	0.05	0.62
10	岗阳河入口	13.55	0.25	4.73	2.89	0.08	0.45
11	王家炉河口	12.64	0.63	5.20	3.31	0.28	0.79
12	新立城水库大坝	16.84	0.37	10.09	△	0.04	0.82
13	杨家崴子大桥	67.70	12.23	2.76	15.96	0.94	17.90
14	保龙桥断面	71.21	12.09	6.03	23.32	1.32	16.35
15	农安大桥断面	40.56	9.57	6.09	14.23	0.64	12.49
16	万金塔大桥断面	38.45	7.02	6.00	11.31	0.91	10.55
17	靠山大桥断面	45.29	7.45	5.90	13.71	0.58	10.34
18	华家大桥	53.30	0.91	2.20	16.90	0.68	3.87
19	合隆南沟吐口	45.74	11.05	6.54	15.60	1.16	12.59
20	合隆北沟吐口	49.88	10.64	6.36	17.49	2.24	12.84
21	开安镇吐口	70.97	8.11	5.60	22.94	1.17	11.28
22	小铺吐口	28.17	6.90	5.56	10.06	0.71	7.92
23	前岗水库排水渠吐口	38.06	5.28	5.09	11.88	0.50	9.56
24	新凯河吐口	44.23	7.62	6.02	15.02	0.64	10.57
25	二道河子吐口	49.90	10.20	6.19	15.91	0.65	11.54
26	农安南环吐口	129.00	11.67	6.58	46.85	2.61	15.09
27	农安污水厂排口	141.24	13.93	9.34	52.95	3.50	17.77
28	太平沟吐口	31.93	5.72	5.76	12.00	0.55	6.81
29	小苇子沟吐口	42.60	5.22	4.97	17.98	0.48	7.70
30	大苇子沟吐口	42.85	8.07	6.19	15.29	0.40	10.60
31	韩大桥吐口	52.33	5.94	5.67	18.68	0.39	8.13
32	靠山镇南沟吐口	59.57	11.48	6.28	21.26	0.59	13.82

注：“△”表示低于检出限

Note: “△” indicated that the data was below the detection limit

表2 提取的公因子可解释的总方差

Table 2 The total variance explained by the common factor

成分 Component	初始特征值 Initial eigenvalue			提取平方和载入 Extraction of sum of squares			旋转平方和载入 Rotated square sum load		
	合计 Total	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累积贡献率 Cumulative contribution rate//%	合计 Total	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累积贡献率 Cumulative contribution rate//%	合计 Total	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累积贡献率 Cumulative contribution rate//%
1	4.809	80.157	80.157	4.809	80.157	80.157	2.557	42.655	42.618
2	0.576	9.594	89.751	0.576	9.594	89.751	2.079	34.650	77.268
3	0.475	7.909	97.660	0.475	7.909	97.660	1.224	20.392	97.660
4	0.126	2.104	99.764						
5	0.009	0.142	99.906						
6	0.006	0.094	100.000						

表3 成分矩阵

Table 3 Composition matrix

指标 Index	成分 Component		
	1	2	3
化学需氧量 Chemical oxygen demand	0.949	-0.129	-0.253
氨氮 Ammonia nitrogen	0.916	-0.176	0.352
溶解氧 Dissolved oxygen	0.717	0.664	0.205
生化需氧量 Biochemical oxygen demand	0.951	-0.025	-0.258
总磷 Total phosphorus	0.910	0.093	-0.289
总氮 Total nitrogen	0.907	-0.279	0.307

表4 旋转成分矩阵

Table 4 Rotation matrix

指标 Index	成分 Component		
	1	2	3
化学需氧量 Chemical oxygen demand	0.850	0.472	0.190
氨氮 Ammonia nitrogen	0.398	0.863	0.304
溶解氧 Dissolved oxygen	0.294	0.250	0.921
生化需氧量 Biochemical oxygen demand	0.846	0.421	0.281
总磷 Total phosphorus	0.830	0.320	0.359
总氮 Total nitrogen	0.432	0.877	0.197

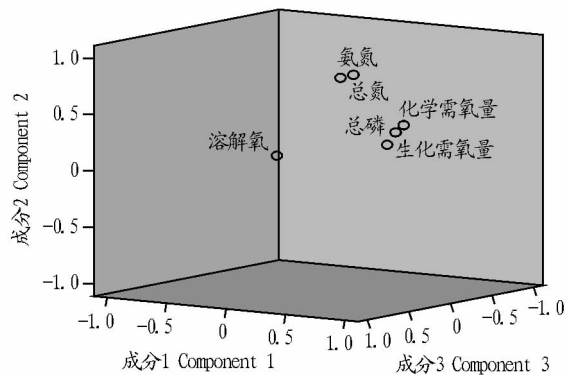


图1 旋转空间的成分

Fig. 1 Components of rotating space

表5 成分得分系数矩阵

Table 5 Component score coefficient matrix

指标 Index	成分 Component		
	1	2	3
化学需氧量 Chemical oxygen demand	0.538	-0.117	-0.267
氨氮 Ammonia nitrogen	-0.374	0.736	0.012
溶解氧 Dissolved oxygen	-0.303	-0.180	1.189
生化需氧量 Biochemical oxygen demand	0.529	-0.208	-0.110
总磷 Total phosphorus	0.554	-0.353	0.047
总氮 Total nitrogen	-0.292	0.759	-0.172

式中,  $x_{\text{COD}}$  为化学需氧量,  $x_{\text{NH}_3\text{-N}}$  为氨氮,  $x_{\text{DO}}$  为溶解氧,  $x_{\text{BOD}}$  为生化需氧量,  $x_{\text{TP}}$  为总磷,  $x_{\text{TN}}$  为总氮。

为了比较伊通河各监测断面受污染的综合影响,对3个公因子进行加权求和,权数取表2中3个公因子旋转后的方差贡献率,依次为42.655%、34.650%、20.392%,可得各个断面因子综合得分计算公式:

$$ZF = 0.42655 \times F_1 + 0.34650 \times F_2 + 0.20392 \times F_3 \quad (4)$$

按式(4)计算的31个断面因子综合得分结果,并按降序排名(新立城水库大坝断面因BOD指标低于检出限,在分析中排除)汇总于表6。表6反映了各监测断面水质受污染的轻重程度,综合得分排名靠前的基本都是水质污染物指标超标严重的断面。若按提取的3个公因子得分分别排名,第1因子(化学需氧量、生化需氧量和总磷指标)得分最高的是农安污水厂排口、农安南环吐口及开安镇吐口这3个监测断面,表明其受化学需氧量、生化需氧量和总磷指标较严重的影响;第2因子(氨氮、总氮指标)得分最高的是杨家崴子大桥、合隆南沟吐口、农安大桥这3个监测断面,表明其受氨氮和总氮指标的影响更为明显;第3因子(溶解氧指标)得分最高的是杨家崴子大桥、农安南环吐口、农安污水厂排口这3个监测断面,表明其受溶解氧指标的影响比较突出,水体中溶解氧量较高。通过与实际情况对比,上述分析、排序基本与伊通河及其支流各监测断面水质状况相符。

## 5 聚类分析

运用SPSS软件的系统聚类法,选用平方(Euclidean)距离、组间连接法对参与分析的32个断面进行聚类分析。

表6 污染物指标综合影响监测断面降序排序

Table 6 Effect of comprehensive pollutant index monitoring section in descending order

序号 No.	监测断面名称 Monitoring section name	综合得分 Composite score	序号 No.	监测断面名称 Monitoring section name	综合得分 Composite score
1	农安污水厂排口	30.218 7	17	万金塔大桥断面	8.898 1
2	农安南环吐口	27.009 1	18	前岗水库排水渠吐口	8.550 0
3	保龙桥断面	16.067 5	19	太平沟吐口	7.532 6
4	开安镇吐口	15.029 8	20	小铺吐口	7.008 2
5	杨家崴子大桥	14.587 9	21	伊通寿山水库坝下	3.074 8
6	靠山镇南沟吐口	13.818 8	22	伊通九开大桥	3.035 8
7	合隆北沟吐口	12.033 6	23	沈屯河	2.978 4
8	二道河子吐口	11.446 9	24	伊通星光断面	2.896 3
9	韩大桥吐口	11.310 3	25	伊通污水厂排口	2.738 9
10	合隆南沟吐口	11.114 4	26	向阳河	2.621 9
11	新凯河吐口	10.197 4	27	那丹伯河	2.598 0
12	华家大桥	10.133 8	28	王家炉河	2.592 2
13	靠山大桥断面	10.115 7	29	干沟子河	2.571 5
14	大苇子沟吐口	10.071 7	30	岗阳河	2.539 6
15	农安大桥断面	9.989 2	31	西苇河	2.263 1
16	小苇子沟吐口	9.758 2			

由于第5个断面新立城水库大坝断面生化需氧量指标低于检出限,因此通过数据标准化处理后,有效数据共31组,即可对除新立城水库大坝断面之外的剩余31个断面进行聚类分析。以各断面监测数据及根据主成分分析因子得分计算公式得出的表7中各因子得分及综合得分为基础,进行聚类分析,得出聚类分析树状(图2)和群集成员(表8)。

由图2及表8可知,所分析的31个断面被分为4类,即水质较好的为I类,为伊通县境内伊通河上游段的主要监测断面,包括伊通寿山水库坝下、伊通九开大桥、伊通星光断面、伊通污水厂排口、那丹伯河、向阳河、西苇河、沈屯河、干沟子河、岗阳河、王家炉河,共计11个断面。水质一般的为II类,为农安县境内伊通河下游段的主要监测断面,包括开安镇吐口、前岗水库排水渠吐口、小苇子沟吐口、韩大桥吐口、农安大桥断面、万金塔大桥断面、靠山大桥断面、合隆南沟吐口、小铺吐口、新凯河吐口、二道河子吐口、太平沟吐口、大苇子沟吐口、靠山镇南沟吐口、合隆北沟吐口、保龙桥断面,共计16个断面。水质较差的为III类,为长春市出境断面杨家崴子大桥断面和农安县境内新凯河上华家大桥断面,共计2个断面。水质最差的为IV类,为农安县境内农安南环吐口和农安污水处理厂排口,共计2个断面。通过监测数据对比分析,新立城水库大坝监测断面属于水质较好的一类,可归类于上述I类水质。

## 6 结论

根据聚类分析结果,结合伊通河现有监测方案及水质沿程变化趋势,同时考虑在伊通河干流未设置水质自动监测站的现状,在长春市城区段国控断面杨家崴子大桥、伊通县境内省控断面星光断面、农安县省控断面靠山大桥设置水质自动监测站,在水质较差的伊通河农安段增设万金塔公路桥、农安南环吐口、农安污水处理厂3个监测断面,在伊通河主要支流新凯河上增设烧锅顺山堡屯监测断面。

表7 综合得分与各公因子得分  
Table 7 score and common factor score

序号 No.	监测断面名称 Monitoring section name	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	序号 No.	监测断面名称 Monitoring section name	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
1	伊通寿山水库坝下	9.118 4	-3.090 7	1.272 6	17	新凯河吐口	24.335 5	4.022 4	-7.690 7
2	伊通九开大桥	8.686 4	-2.517 0	1.009 4	18	二道河子吐口	26.562 6	5.774 8	-9.196 1
3	伊通星光断面	8.146 6	-2.483 7	1.396 9	19	农安南环吐口	84.867 0	-6.901 1	-33.202 7
4	伊通污水厂排口	7.224 0	-1.872 4	1.514 5	20	农安污水厂排口	92.708 0	-6.715 5	-34.166 4
5	新立城水库大坝	—	—	—	21	太平沟吐口	17.958 0	1.916 0	-3.850 0
6	杨家崴子大桥	34.749 1	10.518 2	-18.963 8	22	小苇子沟吐口	26.989 6	-0.101 9	-8.383 7
7	保龙桥断面	40.255 6	6.574 4	-16.515 2	23	大苇子沟吐口	23.374 4	4.535 8	-7.170 6
8	农安大桥断面	20.634 0	7.496 0	-6.873 3	24	韩大桥吐口	31.937 8	-0.623 8	-10.227 7
9	万金塔大桥断面	19.649 2	4.921 8	-5.795 7	25	靠山镇南沟吐口	33.390 3	6.208 2	-12.571 4
10	靠山大桥断面	24.346 7	3.913 9	-7.930 2	26	那丹伯河	6.986 7	-2.133 5	1.763 3
11	华家大桥	35.855 2	-6.780 3	-13.724 0	27	向阳河	7.309 6	-2.043 7	1.053 1
12	合隆南沟吐口	23.712 6	7.505 6	-7.810 7	28	西苇河	6.235 1	-2.347 0	2.054 9
13	合隆北沟吐口	27.672 9	6.167 2	-9.306 2	29	沈屯河	8.573 3	-2.594 9	1.096 7
14	开安镇吐口	42.941 6	0.034 5	-16.105 1	30	干沟子河	7.033 6	-2.312 5	1.839 2
15	小铺吐口	14.292 6	4.449 9	-3.066 0	31	岗阳河	7.204 9	-2.540 6	1.712 4
16	前岗水库排水渠吐口	20.729 3	3.125 4	-6.707 9	32	王家炉河	6.664 5	-2.138 9	2.417 1

重新调整距离聚类合并

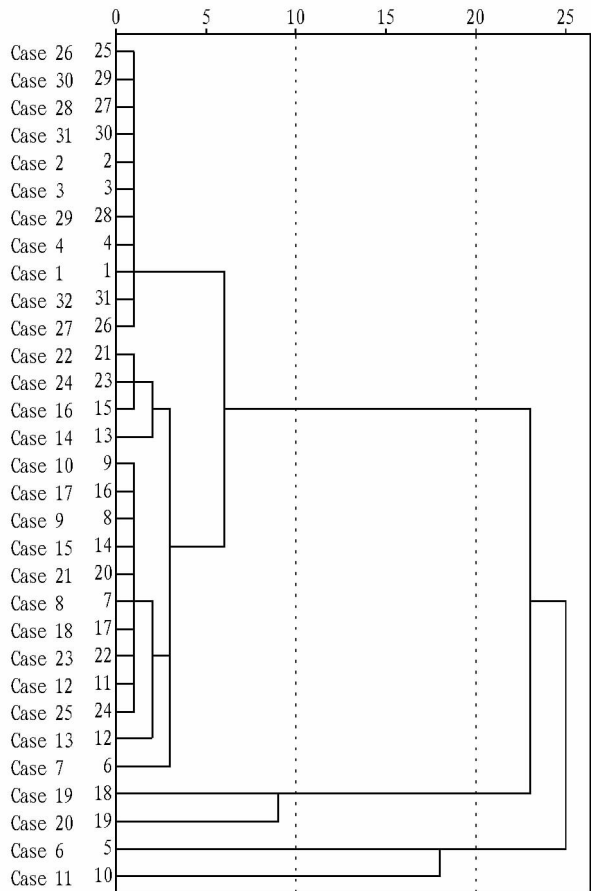


图2 聚类分析树状

Fig.2 Dendrogram of cluster analysis

表8 群集成员

Table 8 Cluster members

案例 Case	4 群集 4 cluster	案例 Case	4 群集 4 cluster	案例 Case	4 群集 4 cluster
1; Case 1	1	12; Case 13	1	23; Case 24	1
2; Case 2	1	13; Case 14	1	24; Case 25	1
3; Case 3	1	14; Case 15	1	25; Case 26	1
4; Case 4	1	15; Case 16	1	26; Case 27	1
5; Case 6	2	16; Case 17	1	27; Case 28	1
6; Case 7	1	17; Case 18	1	28; Case 29	1
7; Case 8	1	18; Case 19	4	29; Case 30	1
8; Case 9	1	19; Case 20	4	30; Case 31	1
9; Case 10	1	20; Case 21	1	31; Case 32	1
10; Case 11	3	21; Case 22	1		
11; Case 12	1	22; Case 23	1		

通过水质自动监测站的设置及新增的监测断面,有助于环保部门更及时、全面地监控伊通河水质变化情况,为伊通河综合治理及水质改善提供数据支持。

参考文献

[1] 肖中新. 安徽省江淮河流域省控地表水环境监测点位优化研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2008:2-7.  
 [2] 许宏斌. 云南省省控地表水监测断面优化认证[J]. 云南环境科学, 2005,24(S1):224-226.  
 [3] 王中平,孟西林,霍清广,等. 河南省地表水环境监测断面优化的原则及其运用[J]. 中国环境监测,2003,19(5):15-17.  
 [4] 王静. 湟水水环境监测断面优化设置研究[J]. 青海环境,2002(1):27-30.  
 [5] 张麟,郝英群,姜勇. 江苏省地表水监测断面优化调整的构思[J]. 环境监控与预警,2011,3(2):54-56.  
 [6] 马飞,蒋莉. 河流水质监测断面优化设置研究:以南运河为例[J]. 环境科学与管理,2006,31(8):171-172.