

塔里木河水质现状综合评价

吐尔逊·艾山, 塔西甫拉提·特依拜

(新疆大学 资源与环境科学学院 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 塔里木河水质污染对中、下游地区的生态系统的稳定性及社会的持续发展带来了不利的影响。利用阿克苏河的龙口、西大桥断面以及塔里木河干流上游的阿拉尔、十四团断面 2001—2005 年实测数据, 在统计软件 STATISTICA 的支持下, 利用主成分分析方法和水质指数法进行了塔里木河水质评价研究。结果表明, 龙口和西大桥断面的水质属于一级(清洁)水, 而阿拉尔和十四团断面的水质属于 4 级(中等污染)及 5 级(重污染)水。塔里木河的主要污染物为氯化物、总硬度、矿化度、硫酸盐、亚硝酸盐等。

关键词: 塔里木河; 主成分分析法; 水质指数法; 水质评价

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)05—0174—04

中图分类号: TV213

Synthetic Assessment of Actual Water Quality in Tarim River

Tursun · Hasan, Tashpolat · Tiyip

(College of Resource and Environment Sciences, Xinjiang University,

Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi, Xinjiang 830046, China)

Abstract: The pollution of Tarim River may have negative effects on ecosystem stability and sustainable development in the area of the middle and lower reaches. Using the actual measured data from Longkou and Shi daqiao observation stations on Aksu River and the Alar and 14 Tuan observation stations on the main stream of Tarim River in 2001—2005, authors carry out a research on water quality assessment of Tarim River based on the statistic software STATISTICA, principal component factor analyses, and water pollutant synthesis index methods. The result shows that water quality of the Longkou and Xidaqiao observation stations belongs to first degree(cleanness) water, and the water quality of Alar and 14 Tuan observation stations belongs to fourth degree(middle pollution) and fifth degree(serious pollution) water, respectively. The major pollutants in Tarim River are chlorides, total hardness, mineralization degree, sulphate, fluoride, etc.

Keywords: Tarim River; principal component analysis; water pollutant index method; water quality assessment

实现可持续发展就是为社会的发展形成一个必需的、持续的和稳定的支持系统, 其中水环境是这个系统中的关键因素^[1]。塔里木河(简称塔河)水环境是制约塔河流域社会持续发展的根本因素。近年来, 以流域为单元的干旱区绿洲生态系统中, 人类活动对流域环境的影响引起了很多研究者的关注^[2-3]。塔河源流和干流两岸的农业生产、水土流失以及人们的日常生活都对河水环境带来了不同程度的污染。塔河水质的污染对中、下游地区的生态系统的稳定性及社会的持续发展带来了影响。

塔里木干流近 3/4 水量由源流阿克苏河供给。本文利用塔河源流之一的阿克苏河中两个监测断面(龙口、西大桥)和干流上游两个监测断面(阿拉尔、十四团)近 5 a 的实测数据, 对塔河水质状况进行评价研究。

1 塔里木河流域基本概况

塔里木河是由发源于昆仑山、喀喇昆仑山的和田河、叶尔羌河, 发源于天山的阿克苏河及塔里木河干流组成。这 3 条源流在肖夹克汇合后组成塔里木

收稿日期: 2006-10-23 修回日期: 2007-04-04

资助项目: 国家自然科学基金项目(40261006); 自治区高校科研计划项目(XJEDU2004I06, XJEDU2005I07); 教育厅创新研究群体基金项目(XJEDU2004G04)

作者简介: 吐尔逊·艾山(1981—), 男(维吾尔族), 新疆阿克苏人, 硕士生, 主要从事干旱区资源环境及遥感应用研究。E-mail: tursun323@163.com。

通讯作者: 塔西甫拉提·特依拜(1958—), 男(维吾尔族), 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感技术及其应用研究。E-mail: tash@xju.edu.cn。

河。从肖夹克起塔里木河干流的全长 1 280 km,河流主要靠上源高山冰雪融化和山地降水补给。塔里木河水量随季节的影响变化较大,每年盛夏季节的洪水期(7—9月)塔里木河流量占全年径流量的 75%~85%。

塔里木河流域平原年降水量不到 100 mm,而年蒸发量却达 2 000~3 000 mm^[4]。几十年来在其源流及上游工农业生产、生活的影响下,塔河中、下游水质逐步恶化,下泄水量逐年减少直接造成塔河流域原生植被(天然绿洲)的萎缩,影响人工绿洲中生活的人们生产、生活。

2 数据来源及处理方法

2.1 数据来源

原始数据为阿克苏环境监测站从 2001 年 5 月份到 2005 年 12 月份在阿克苏河的龙口、西大桥监测断面和塔河干流的阿拉尔、十四团监测断面,对水的 pH 值、悬浮物、溶解氧、总硬度、矿化度、总硬度、氯化物、硫酸盐、氟化物、氨氮、总氮、总磷、亚硝酸盐氮、硝酸盐等指标每个月进行了系统地测量而得到的。

2.2 数据处理方法

运用现代地理学中的数学方法,对获得的监测数据进行定量分析,并提出合理的措施是非常重要的。本研究中我们采用《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的五级分类及运用主成分分析,用实测的数据对塔河的水质进行评价。根据塔河径流量的年内变化规律,将按月获得数据,分为枯水期(4—5

月),丰水期(6—9月)及平水期(10—12月,1—3月)进行分析。

3 评价方法

3.1 主成分分析法

主成分分析是用于地理数据的降维处理及地理要素的因素分析与综合评价。也就是说寻找用较少的新变量代替原来较多的旧变量,而且使新变量尽可能多地保留原来较多信息的方法。主成分分析中各个因子的量纲、大小及评价指标往往差别很大,因此原始数据需要进行标准化处理。对数据进行标准化的目的是把变化范围比较大的数据的范围压缩到 0 到 1 之间,而且消除量纲的影响^[5]。因篇幅的限制,我们无法把全部数据一个一个的列出。本文中只列出了 2001 年和 2005 年的数据结果,但研究中充分利用了这 5 a 的数据结果来讨论问题。

本文利用 Statistica 软件算出了各指标之间的相关系数、主成分特征值、贡献率和累计贡献率、主成分因子载荷值矩阵、得分表并计算了影响塔里木河水质的主要因子。通过对 2001 到 2005 年的数据进行分析,得到了各个主成分的特征值及其方差贡献率(详见表 1)。

通过对数据的处理而得到的特征值和主成分可知,影响塔里木河水质的主因子有 4 个。在上述结果基础上我们建立了初始因子载荷矩阵 $A^{(1)} = (\sqrt{\lambda_1}e_1, \sqrt{\lambda_2}e_2, \sqrt{\lambda_3}e_3, \sqrt{\lambda_4}e_4)^{[5]}$, 见表 2 和 3。

表 1 各年的主成分方差贡献率

%

年份	2001	2002	2003	2004	2005
第一主成分 F_1 方差贡献率	47.93	47.91	46.20	49.18	46.84
第二主成分 F_2 方差贡献率	25.81	31.84	28.82	25.11	26.27
第三主成分 F_3 方差贡献率	10.61	9.26	13.53	14.00	9.80
第四主成分 F_4 方差贡献率	8.30	4.26	4.02	5.90	7.60

表 2 2001 年主成分因子载荷值矩阵

变量主成分	pH 值	矿化度	总硬度	氯化物	硫酸盐	氟化物	氨氮	悬浮物	亚硝酸盐	硝酸盐氮
第一主成分 F_1	0.556	0.935	0.218	0.948	0.831	0.722	0.637	0.532	0.858	0.137
第二主成分 F_2	-0.360	-0.010	0.878	-0.120	-0.382	-0.463	0.689	-0.076	0.317	0.848
第三主成分 F_3	0.016	0.175	0.266	0.136	0.198	-0.025	0.261	-0.802	-0.227	-0.370
第四主成分 F_4	-0.70	0.176	-0.290	0.239	0.274	-0.105	-0.159	-0.117	0.051	0.197

表 3 2005 年主成分因子载荷值矩阵

变量主成分	pH 值	总硬度	氯化物	硫酸盐	溶解氧	氟化物	氨氮	悬浮物	总氮	总磷
第一主成分 F_1	-0.51	0.23	0.94	0.89	0.08	0.90	0.20	-0.58	0.14	0.74
第二主成分 F_2	-0.01	-0.88	0.19	0.30	0.86	0.28	-0.65	-0.41	0.90	-0.52
第三主成分 F_3	-0.49	-0.14	-0.15	-0.21	0.42	-0.09	0.45	0.39	0.36	0.16
第四主成分 F_4	-0.70	-0.16	-0.13	-0.06	-0.23	-0.06	-0.44	-0.16	-0.17	-0.02

除了表 2—3 中的共同指标以外,2001 年到 2005 年测定的指标有些不同(即 2001 和 2002 年测定了亚硝酸盐氮、硝酸盐氮,但 2003—2005 年没测。2003—2005 年测定了总氮、总磷、溶解氧,但 2001 和 2002 年没测),但是从得到的因子载荷矩阵 A(表 2—3)中,可以对各 f_j (初始主因子)给以解释,指标氯化物、硫酸盐、氟化物、亚硝酸盐、总磷等指标是第一主成分(F_1),代表塔河无机污染指标,总磷表示的是引起塔河富营养化的营养元素的污染状况;第二主成分(F_2)是总硬度、溶解氧、硝酸盐氮、总氮等指标,也有无机物,也有有机物;悬浮物、氨氮属于第三主成分(F_3)。

为比较各污染物对水质污染贡献,我们计算了不同年份主因子得分及综合得分,给出污染程度的排序结果并进行相关讨论。河流污染程度评价的综合得

分是通过各主因子上的得分乘以对应方差贡献率求得的。即:

$$F=47.93614F_1+25.80577F_2+10.61629F_3+8.302705F_4 \quad (2001 \text{ 年})$$

$$F=47.90898F_1+31.83555F_2+9.260277F_3+4.25523 F_4 \quad (2002 \text{ 年})$$

$$F=46.20764F_1+28.82101F_2+13.52886F_3+4.020899 F_4 \quad (2003 \text{ 年})$$

$$F=49.1772F_1+25.10936F_2+13.99777F_3+13.997 F_4 \quad (2004 \text{ 年})$$

$$F=46.844254F_1+26.272847F_2+9.798463F_3+7.603301F_4 \quad (2005 \text{ 年})$$

利用表 2 中得到的结果,通过以上公式计算可以得到 2001 年阿克苏—塔河各个指标的综合得分及排名(表 4)。

表 4 2001 年阿克苏—塔里木河流域主因子得分、综合得分及排序

主成分指标	主成分 F_1	主成分 F_2	主成分 F_3	主成分 F_4	污染综合得分	排名
pH 值	-0.223 49	0.150 86	0.063 09	0.818 87	0.006 5	9
矿化度	0.296 60	0.035 13	-0.102 95	-0.105 29	0.128 7	2
总硬度	-0.125 02	0.464 63	-0.166 71	0.201 91	0.059 8	7
氯化物	0.331 10	-0.028 17	-0.075 55	-0.158 44	0.130 2	1
硫酸盐	0.367 01	-0.125 36	-0.150 09	-0.152 64	0.114 9	3
氟化物	0.108 75	-0.079 88	0.064 70	0.221 96	0.056 8	8
氨氮	0.028 90	0.384 69	-0.148 80	0.124 49	0.107 7	4
悬浮物	-0.148 80	-0.117 47	0.750 09	0.074 90	-0.101 1	10
亚硝酸盐	0.094 00	0.101 03	0.268 53	-0.077 83	0.093 0	5
硝酸盐氮	-0.039 60	0.155 20	0.351 67	-0.371 56	0.076 8	6

从表 4 可以看出,2001 年度污染综合得分前 5 位的分别是氯化物、矿化度、总硬度、硫酸盐、氨氮和亚硝酸盐氮。这些污染物对水质污染的贡献较大。

利用表 3 中得到的结果并结合河流污染程度评价的综合得分公式,可以得到 2005 年阿克苏—塔河各个指标的综合得分及排名(表 5)。

表 5 阿克苏—塔里木河流域主因子得分、综合得分及排序(2005 年)

主成分指标	主成分 F_1	主成分 F_2	主成分 F_3	主成分 F_4	污染综合得分	排名
pH 值	0.175	-0.000 83	0.159 0	-0.920	0.027	6
总硬度	0.184	0.109 06	0.161 2	-0.160	0.119	1
氯化物	0.248	-0.027 74	0.024 8	-0.140	0.101	3
硫酸盐	0.260	-0.003 55	-0.070 0	-0.100	0.109	2
溶解氧	-0.060	-0.522 28	0.184 1	-0.030	-0.150	10
氟化物	0.217	-0.057 38	-0.007 0	-0.050	0.082	4
氨氮	-0.130	-0.203 05	0.640 0	-0.180	-0.070	7
悬浮物	-0.260	-0.133 76	0.339 4	0.001	-0.140	9
总氮	-0.030	-0.486 19	0.114 8	0.003	-0.130	8
总磷	0.031	0.052 17	0.240 0	0.117	0.061	5

从表 5 可以看出,2005 年度污染综合得分前 5 位的分别是总硬度、硫酸盐、氯化物、氟化物和总磷。通过分析 2002—2004 年度污染物综合得分也可以发现,氯化物、总硬度、硫酸盐、氨氮、亚硝酸态氮、氟化物和总磷等污染物对水质污染的贡献较大。此外,比较 2001 年到 2005 的得分排名情况,还发现氯化物的排名有逐年上升的趋势,即 2001 年为第 8 位,而 2005 年排在第 4 位,这说明河流氟化物污染加重。

总之,从 2001 年到 2005 年的主成分因子载荷值矩阵表(表 2—3)所显示的第一和第二主成分分析结果,及不同年份各个主因子得分、综合得分、污染程度排序(表 4—5)所显示的污染物综合得分结果中也可以看出,总硬度、氯化物、硫酸盐、氟化物、氨氮、亚硝

酸态氮、总磷是污染塔里木河水的主要污染物。

3.2 水质指数法

本文利用综合指数法之一的算术平均型水质指数法,得出了各监测断面每年不同时段的水污染综合指数。计算公式如下:

$$I_i = C_i / S_{S_i} \quad (1)$$

式中: C_i ——某种污染物实测浓度; S_{S_i} ——标准浓度; I_i ——单项污染指数。

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (2)$$

式中: p ——污染物综合污染指数^[6]。

利用以上公式(1)及(2)计算出了各个污染物的综合污染指数,见表 6。

表 6 2001 年和 2005 年阿克苏—塔里木河各断面不同时段水污染综合指数

时段	枯水期				丰水期				平水期			
	断面综合	龙口	西大桥	阿拉尔	十四团	龙口	西大桥	阿拉尔	十四团	龙口	西大桥	阿拉尔
指数(2001)	0.304	0.273	3.474	3.459	0.179	0.243	1.796	1.672	0.150	0.134	1.158	0.998
指数(2002)	0.161	0.150	2.234	3.163	0.115	0.113	0.423	0.480	0.159	0.222	1.689	1.120
指数(2003)	0.786	0.758	2.119	1.964	0.866	0.900	1.069	1.089	0.962	0.993	2.150	2.003
指数(2004)	0.806	0.852	2.114	2.182	0.754	0.715	1.153	1.312	0.952	0.94	2.085	2.137
指数(2005)	0.673	0.780	5.846	1.917	0.751	0.705	0.835	0.817	1.769	2.292	2.32	2.379

从表 6 中可以看出,对各个监测站来说,2001 年到 2005 年在枯水期龙口、西大桥水段面水污染综合指数都在 0.852 以下,即水质属于一级(清洁)和二级(较清洁)水,而阿拉尔、十四团水断面河水水质属于四级(中等污染)和五级(重污染)水,变化比较大。在丰水期龙口、西大桥水段面水质属于一级(清洁)和二级(较清洁)水。阿拉尔、十四团水断面水质也比较好,变化不大。平水期阿拉尔、十四团断面的水质也均比龙口、西大桥的水质差,变化比较大。对龙口、西

大桥断面的水质与阿拉尔、十四团断面的水质比较,可以看出塔河水质的污染源主要集中在塔河干流的上游(阿拉尔、十四团)地区。

4 塔里木河水污染源原因分析

我们从上面的主成分分析中得到了污染塔里木河水的主要污染物是总硬度、氯化物、硫酸盐、氟化物、氨氮、亚硝酸态氮、总磷等。水质指数分析结果中得到了在阿克苏河段的水质全年较好,但是阿拉尔和

十四团监测断面的水质比较差。塔河水质的污染源主要集中在塔河干流的上游(阿拉尔、十四团)地区,而不是阿克苏河段。这是因为在阿克苏河流域内没有污染河水的大型工厂、集中排放的生活污水及农田排水等污染源,因此,龙口和十四团断面的水质比较好。虽然在阿克苏—塔里木河流域内没有污染河水的大型工厂和集中排放的生活污水,但是阿拉尔、十四团断面的水质比较差。在塔里木河干流上游地区排水渠中,阿瓦提总排干排污量较大,农田排水主要污染物主要有氯离子、硫酸根、亚硝酸盐等无机物。因此,在研究结果中的总硬度、氯化物、硫酸盐、氟化物、氨氮、亚硝酸态氮、总磷等污染主要是农田排水造成的。这说明塔里木河干流上游地区的农田排水是造成塔河水质污染的主要原因。

塔里木河水量随季节的影响变化较大,每年盛夏洪水期(6—9月)塔里木河流量占全年径流量的75%~85%^[7]。因此,在洪水期塔里木河干流上游地区水量大,使得河水矿化度降低,水质好。到了10月以后一直到下年3月份河水水量大大减少,而且又是秋冬灌溉排水季节,造成河水水质盐化较重,水质较差。到了4—5月枯水期农作已经开始受到春灌的影响,农田排水增加,造成河水的矿化度升高而河水水质非常差。

在20世纪50—60年代以前塔河的水质是非常好的^[2,8]。20世纪70年代以后,随着流域内人口的增加,塔里木河流域内的新垦荒地也不断增加,加之新开垦的土地一般都是重盐碱地,同时,人们使用的化肥和农药量也不断增加,在灌溉过程中灌溉水重新回到河流。这样泄入塔里木河干流的农田排水量和污水的含盐量也不断增加,呈明显上升趋势^[9]。这样的回归水进入河流以后造成了河流水质的恶化^[10]。河水污染已对塔河中、下游地区的农牧业生产和社会经济的健康发展造成了严重影响。

5 结论

根据对塔河流域4个监测点5a数据分析的结果,可以得出以下结论。

(1) 塔里木河的主要污染物是总硬度、氯化物、硫酸盐、氟化物、氨氮、亚硝酸态氮、总磷等。

(2) 各监测断面的水污染综合指数中,阿克苏河

段的龙口和西大桥监测断面的各个水期(枯水期、丰水期、平水期)的水质属于一级(清洁)和二级(较清洁)水。塔里木河干流段的阿拉尔和十四团断面,在枯水和平水期水质分别属于四级(中等污染)及五级(重污染)水,而丰水期属于一级(清洁)及二级(较清洁)水。以上结论说明阿克苏河段面的水质较好,人类活动对河水的影响较小。但在阿拉尔和十四团断面河水的水质比较差,这个污染现象主要是由于大量农田排水回归到河流中造成的。

(3) 2001年到2005年的污染指数(特别在平水期)有逐年上升的趋势,这说明塔里木河出现污染加重的趋势。

塔里木河是南疆人民的母亲河,对整个南疆地区经济发展、社会稳定作用很大。因此,有必要密切关注塔里木河污染物及污染的发展趋势,加大塔里木河流域的综合治理力度,降低人类活动对河流的影响。

致谢: 阿克苏环境监测站协助水样采集并提供宝贵的资料,在此谨表谢意。

[参 考 文 献]

- [1] 王建华, 江东, 顾定法, 等. 基于SD模型的干旱区城市水资源承载力预测研究[J]. 地理学与国土研究, 1999, 15(2): 18—22.
- [2] 樊自立, 马英杰, 张惠, 等. 塔里木河水水质盐化及改善途径[J]. 水科学进展, 2002, 13(6): 719—725.
- [3] 唐精, 张剑云, 任道泉. 塔里木河流域的水质分析[J]. 水利渔业, 2005, 25(2): 67—68.
- [4] 塔西甫拉提·特依拜. 塔里木盆地南部生态环境演变研究[M]. 新疆: 新疆大学出版社, 2001. 55—59.
- [5] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002. 84—92.
- [6] 刘智森. 关于地表水水质指数计算方法的探讨[J]. 人民珠江, 2001(6): 56—58.
- [7] 贾玉军. 塔里木河中游水质污染原因浅析[J]. 干旱环境监测, 2004, 18(4): 229—231.
- [8] 马英杰, 李芳, 樊自立. 塔里木河水水质污染分析及控制途径——以阿拉尔站为例[J]. 干旱区地理, 1999, 22(4): 16—21.
- [9] 季方, 等. 塔里木河干流农田盐分排灌污染循环与调控研究[J]. 农业环境保护, 2000, 19(3): 133—136.
- [10] 郭永平, 徐海量, 李卫红. 塔里木河干流排污口调查与水质污染分析[J]. 干旱区研究, 2003, 20(1): 35—38.