

大沽夹河清洋河段生态健康的干扰因子识别

罗新正, 李 环, 张晓龙, 郭献军, 韩玉梅, 吴广芬

(烟台大学环境与材料工程学院, 烟台 264005)

摘要:大沽夹河清洋河段生态健康的生物学评价结果为“很差”。大沽夹河清洋河段生态健康的干扰因子识别,旨在为清洋河段的生态健康的恢复决策提供科学指导。通过文献调查与现场考察、观测和采样,获得相关证据。利用备选干扰因子列举、备选干扰因子排除和证据力度分析的识别方法,获得下列结论:(1)清洋河段生态健康损伤的主要干扰因子是径流改变引起的适宜栖息地丧失、营养过剩引起的总氮增加、营养过剩引起的藻类适度生长和径流改变引起的藻类适度生长;次要干扰因子是TSS增加引起的藻类适度生长和TSS增加引起的沉积增加。(2)调控过闸、过坝径流,使河道径流量及其变化贴近自然过程,对入河污水进行预处理,降低 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和悬浮物含量,是恢复清洋河段生态健康的主要对策。(3)今后,应重视发展干扰因子识别过程中的定量技术,增强识别过程的客观性,以更加准确地识别干扰因子。

关键词:大沽夹河;清洋河段;生态健康;干扰因子;识别;证据力度分析

文章编号:1000-0933(2008)11-5766-09 中图分类号:Q143 文献标识码:A

Identification of eco-healthy stressor for the Qingyang reach of Dagujia River

LUO Xin-Zheng, LI Huan, ZHANG Xiao-Long, GUO Xian-Jun, HAN Yu-Mei, WU Guang-Fen

School of Environment and Materials Engineering Yantai University, Yantai 264005 Shandong Province, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5766 ~ 5774.

Abstract: According to the biological assessment, the eco-healthy status is very poor at present. The eco-healthy stressors were identified for the Qingyang Reach of Dagujia River in order to provide scientific guidance for restoration of eco-health of the Qingyang reach. The related data or information was obtained by literature review and field investigation. The identifying method, consisting of listing the candidate causes, eliminating the alternatives and enhancing evidence analysis, was used in order to retrieve the key stressors. Results showed that the biological impairment of the Qingyang reach was mostly probably caused by nutrient enrichment due to total ammonia nitrogen increase, loss of optimal habitat because of runoff changes and algae moderate growth induced by nutrient enrichment and runoff change. The secondary stressors of biological impairment of this reach was the algae moderate growth and sediment increase resulting from TSS increase. The main measures for eco-health restoration of Qingyang reach includes controlling streamflows through the river and the dams and making them approach to natural processes, and reducing the concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$ and TSS in rivers by pretreatment of sewage before discharging into river. In the future, it is necessary to develop the quantifying techniques about the identification of stressors in order to reinforce the objectivity and accuracy of identification process.

Key Words: Dagujia River; Qingyang reach; ecological health; stressors; identification; strength of evidence analysis

基金项目:山东省优秀中青年科学家科研奖励基金资助项目(HJ05K3);天津市科技支撑重点资助项目(08ZCGYSF00200)

收稿日期:2008-05-10; 修订日期:2008-09-24

作者简介:罗新正(1965~),男,河南临颍人,博士,教授,主要从事流域生态研究。E-mail: xzhluo@163.com

Foundation item: The project was financially supported by Financially supported by scientific research encouragement fund for excellent young and middle-age scientist in Shandong Province (No. HJ05K3) and emphasis item supported by science and technology in Tianjin City(No. 08ZCGYSF00200)

Received date: 2008-05-10; **Accepted date:** 2008-09-24

Biography: LUO Xin-Zheng, Ph. D., Professor, mainly engaging in valley ecology. E-mail: xzhluo@163.com

水生生态系统健康的生物学评价,能够揭示生态健康的损伤,但不能识别引起损伤的干扰因子。干扰因子的识别,是恢复水生生态系统生态健康的必由之路。生态健康损伤常常由物理的、化学的和生物的多种干扰因子引起,导致干扰因子的识别过程错综复杂。因此,正确识别干扰因子的难度较大。

2000年,美国环境保护局制订了“干扰因子识别指南”,以指导水生生态系统健康的干扰因子识别^[1]。此后,建立干扰因子与生态影响之间因果关系的方法研究,以流域、湖泊、滨海、河口为研究区,以鱼类、底栖大型无脊椎动物为研究对象,识别干扰因子的实证研究,均取得丰富成果^[2~4]。但是,国内的研究仍集中在“探讨干扰因子对生态健康产生的影响”上^[5~9]。

生态系统的自然过程、结构和功能的严重破坏,致使大沽夹河清洋河段生态健康严重损伤^[10],势必影响河流资源的可持续利用。干扰因子不明,无法矫正人们的行为以达到恢复河流生态健康的目的;盲目的行动,可能进一步恶化河流生态健康。通过文献查阅、野外调查、观测和采样,收集大量证据。遵照地理相似的原理,选择清洋河段上游门楼水库、下游高速公路桥和相邻的套口河段为对照河段,采用备选干扰因子列举、备选干扰因子排除和证据力度分析的方法,识别大沽夹河清洋河段生态健康的干扰因子,旨在为大沽夹河生态健康恢复的科学决策提供支持,为国内的相似研究提供启示和参考。

1 清洋河流域概况

大沽夹河位于山东半岛中北部,流域面积 2282 km²。干流外夹河发源于海阳牧牛山,自南向北流入套子湾,全长 79 km;支流内夹河发源于栖霞小灵山,自西向东流入外夹河,全长 74 km。内夹河由白洋河段(门楼水库以上)和清洋河段(门楼水库以下)组成(图 1)。

清洋河段集水区域面积为 107 km²。左岸有仇村河,右岸有杨家河。集水区地貌以低山、丘陵为主,西北部大米顶海拔 235.4 m,东南部出山大顶海拔 236 m,河道宽约 200 m,海拔介于 5~15 m 之间。

清洋河段河道纵比降为 1.2 m/km。门楼水库修建(1960 年)之前,汛期水深流急,水深 3~5 m;枯水期锐减,水深 0.7 m 左右。最大洪峰流量可小至 139 m³/s (1952 年),可大到 2380 m³/s (1956 年)。1962 年开始,清洋河段径流主要由水库发电泄水和溢洪泄水组成,最大洪峰流量可高至 841 m³/s,可低到 6.1 m³/s,平均为 233.75 m³/s。1983 年至 2004 年,清洋河段径流主要由溢洪泄水构成,最大洪峰流量可高达 787 m³/s,但有 8 个年份的最大洪峰流量为 0,平均最大洪峰流量为 172.61 m³/s。尤其是近 20 a 来,清洋河段修筑了 5 座拦河闸,流动的河流变成了串珠状的池塘。

1983 年以前,尤其是 1960 年以前,清洋河段径流不断,水质清澈,可直接作为饮用水源。河道两侧有宽阔的河漫滩,芦苇(*Phragmites australis*)、香蒲(*Typha orientalis*)密布。水中白鲢、鲫鱼、河蟹、河虾、沙蛤丰富。其中,白鲢每条 20 km 左右,河蟹每只 500 g。1983 年之后,随着堤岸硬化、拦河闸修建以及污水的排入,芦

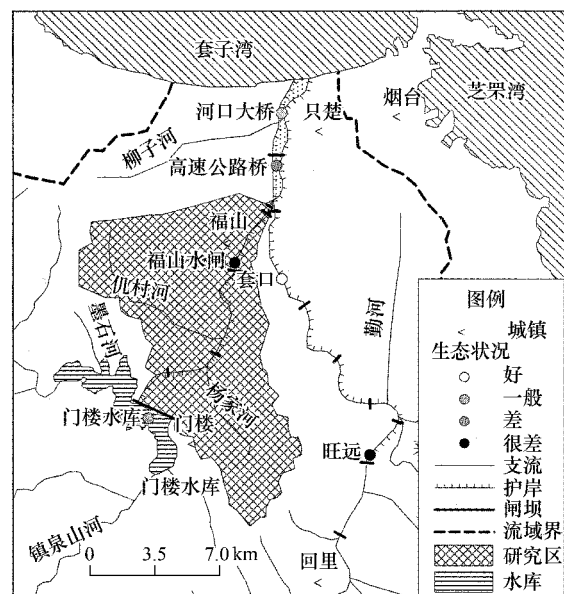


图 1 大沽夹河水系、生物评价点和水利工程分布

Fig. 1 Map of Dagujia River showing water system, bioassessment plots and hydraulic engineering

图例 Legend: 城镇 Town; 生态状况 Ecological status; 好 Good; 一般 Fair; 差 Poor; 很差 Very poor; 支流 Tributary; 护岸 Revetment; 闸坝 Sluice; 流域界 Valley boundary; 研究区 Studying area; 水库 Reservoir; 套子湾 Taozi bay; 芝罘湾 Zhifu bay; 烟台 Yantai; 只楚 Zhichu; 福山 Fushan; 门楼 Menlou; 回里 Huili; 河口大桥 Estuary bridge; 高速公路桥 Highway bridge; 福山水闸 Fushan sluice; 门楼水库 Menlou reservoir; 套口 Taokou; 旺远 Wangyuan; 柳子河 Liuzi river; 墨石河 Moshi river; 镇泉山河 Zhenquanshan river; 勤河 Qin river; 仇村河 Zhangcun river; 杨家河 Yangjia river

苇、香蒲消失,水质恶化,藻类繁生,鲢鱼、河蟹、河虾、沙蛤消失,只剩下 50 ~ 100g 重的鲫鱼。

根据烟政发(1991)101 号文,将清洋河段规划为Ⅲ类水域环境功能区:主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区,鱼虾类越冬场,洄游通道,水产养殖区等渔业水域及游泳区。2007 年大沽夹河流域生态健康的生物学评价结果表明,清洋河段福山水闸样点属“很差”级别,而上游门楼水库样点和下游高速公路样点均属“差”级别,外夹河的套口样点属“好”级别^[10]。

2 干扰因子识别方法

2.1 数据收集与准备

干扰因子识别分析中利用的数据,包括污染物排入量、各种水质参数值、半定量的栖息地评价分值和生态健康等级。

污染物来源包括工业污染源、农村居民生活污染源、畜禽养殖污染源、农田径流污染源和城市径流污染源。参照 2003 年“烟台市水环境容量核定技术报告”,给出门楼水库段、清洋河段、高速公路桥河段和套口河段集水区的污染物入河量(表 1)。

表 1 4 个集水区的面积及污染物入河量

Table 1 Area and pollutants outflowing quantity of four catchments

项目 Items	门楼水库段 Menlou Reservoir	清洋河段 Qingyang Reach	高速公路桥段 Highway Bridge	套口段 Taokou Reach
面积 Area(km ²)	921.8	107	44.15	57.17
COD(t/a)	1906.09	96.73	18.42	23.86
NH ₃ -N(t/a)	231.04	18.74	3.6	4.66

参照“烟台市环境质量报告书(2001 ~ 2005 年)”,获得上述 4 河段 2001 ~ 2005 年水质监测均值(表 2)。

表 2 2001 ~ 2005 年期间 4 河段水质监测值

Table 2 The water quality monitoring value of four reaches in 2001 — 2005 (mg/L)

项目 Items	pH	DO	COD	高锰酸盐指数 Permanganate	BOD	NH ₃ -N	氰化物 Cyanide	砷 Arsenic	石油类 Oil
门楼水库 Menlou Reservoir	8.45	8.78	10.00	2.66	0.69	0.16	0.002	0.004	0.010
清洋河段 Qingyang Reach	7.82	5.71	14.80	7.74	4.63	3.63	0.002	0.004	0.006
高速公路桥 Highway Bridge	8.38	8.78	15.83	5.25	2.82	0.64	0.002	0.006	0.077
套口 Taokou Reach	8.36	9.12	12.46	3.75	1.50	0.25	0.002	0.004	0.015

通过现场观测,获得 4 河段滨河缓冲带宽度、树冠层水面盖度、水生植被盖度、水体透明度和底质类型数据。底质的分级赋值:砂、砾、残木,1;砂、砾,0.8;砂,0.6;淤泥,0.4;黏土,0.2。清洋河段水生植被主要是金鱼藻(*Ceratophyllum demersum* L.)、荇菜(*Nymphoides peltata*)和芦苇;高速公路段的水生植被主要是狐尾藻(*Myriophyllum verticillatum*)和菹草(*Potamogeton crispus* L.);套口段水生植被主要是格菱(*Trapa pseudoincisa* Nakai)、狐尾藻和芦苇。缓冲带宽度以 15m 为标准,其他要素以 4 河段中的最优值为标准,计算各要素指数,并对指数取平均值得到栖息地质量综合指数(表 3)。

表 3 4 河段栖息地质量综合指数

Table 3 The synthesized relative index of four habitats

项目 Items	门楼水库段 Menlou Reservoir	清洋河段 Qingyang Reach	高速公路桥段 Highway Bridge	套口段 Taokou Reach
滨河缓冲带 Buffer(m)	> 15	0	> 15	> 15
树冠层水面盖度 Canopy(%)	0	0	0	0
水体透明度 Transparence(m)	2.40	0.89	0.65	0.75
水生植被盖度 Vegetation(%)	0	90	10	30
底质 Substrate	0.4	0.4	0.6	0.6
综合指数 Synthesized index	0.53	0.41	0.48	0.53

“大沽夹河生态健康的生物学评价”结果揭示出大沽夹河清洋河段、门楼水库段、高速公路段和套口段的生态健康状况(表4)^[10]。

表4 4 河段生态健康状况

Table 4 The status of ecological health in four reaches

项目 Items	门楼水库段 Menlou Reservoir	清洋河段 Qingyang Reach	高速公路桥段 Highway Bridge	套口段 Taokou Reach
生态健康指数 Index	18.24	14.03	24.35	63.84
生态健康等级 Grade	差 Poor	很差 Very poor	差 Poor	好 Good

2.2 干扰因子识别过程

2.2.1 备选干扰因子的列举

通过深入了解与干扰源相关的干扰因子类型,分析评价样点物理、化学、生物、栖息地和污染物输入数据,筛选并列举备选的干扰因子。缺失数据的,可视为潜在的干扰因子;与损伤无关的,剔除。

2.2.2 备选干扰因子的排除

通过“证据否定”排除某些备选干扰因子,比如不存在暴露途径。当排除不可能发生的事件后,剩下的干扰因子,一定是对底栖大型无脊椎动物产生影响的因子。

排除潜在的干扰因子和干扰源时,将考虑数据的质、量特征。排除备选干扰因子的依据是,其质、量数据与背景数据或干扰最小的条件无明显差别,或者干扰源或干扰因子在机制上不可信或在流域内不存在。

2.2.3 备选干扰因子的证据力度分析

排除某些干扰因子之后,当剩余备选干扰因子很多、或证据不明确时,通过证据力度的分析,可识别证据最佳支持的备选干扰因子。

证据力度分析主要考虑下列因素:

①备选干扰因子与影响的空间、时间共现。如果确定受损的地点未出现某个干扰因子,则该干扰因子就不是引起损伤的原因。

②备选干扰因子与影响的时序。干扰因子肯定出现在影响之前。

③生物梯度,损伤与干扰强度相关,生物所受影响应当随干扰增大而增强。

④完全暴露途径,存在从干扰源、干扰因子到受体的物理途径。

⑤关联的一致性。在不同时间和地点,某备选干扰因子与特殊影响的共现具有一致性。

⑥机制的可信度,“影响”来自“干扰因子”的可能性。

⑦干扰因子的专一性,干扰因子是否是产生影响的唯一原因。

⑧证据的一致性,不同时间和时点的特定的干扰因子与影响的关系是否一致。

根据证据的力度强弱,对评价备选干扰因子所考虑的因素赋值,用与证据力度相关的+、-或0符号的数量来表示(表5)。

3 结果

3.1 备选干扰因子

清洋河段生活废水排放可能产生过量的总悬浮颗粒,产生3种干扰效应:

(1)增大BOD浓度,从而降低DO浓度。悬浮颗粒的生化需氧削减河水的溶解氧水平。一方面直接影响底栖大型无脊椎动物群落;另一方面通过增大总氮浓度,进而增大非离子氨浓度,产生毒害,间接影响底栖大型无脊椎动物群落。

(2)引起藻类生长。过度生长引起BOD增加;适度生长,一方面可增加食物供应,改变底栖大型无脊椎动物群落,另一方面增大pH值,提高非离子氨浓度。

(3)引起沉积增多,减少底栖大型无脊椎动物生存空间,可能窒息底栖物种,改变底栖大型无脊椎动物群落。

表 5 证据力度得分指导*

Table 5 Strength of Evidence Scoring Guidelines

考虑的因素 Consideration	结果 Results	得分 Score
备选干扰因子与影响的空间、时间共现 Co-occurrence	一致 Compatible, 不确定 Uncertain, 不一致 Incompatible	+, 0, - - -
备选干扰因子与影响的时序 Temporality	一致 Compatible, 不确定 Uncertain, 不一致 Incompatible	+, 0, - - -
生物梯度 Biological Gradient	强烈并单调 Strong and monotonic, 弱或非单调 Weak or other than monotonic, 无 None, 清楚的联系但错误的征兆 Clear association but wrong sign	+++ , +, -, - -
完全暴露途径 Complete Exposure Pathway	有各步骤证据 Evidence for all steps, 证据不完全 Incomplete evidence, 不明确 Ambiguous, 某些环节缺失或不可信 Some steps missing or implausible	++ , +, 0, -
关联的一致性 Consistency of Association	不变 Invariant, 在大多数地方 In most places, 在某些地方 In some places, 许多例外 Many exceptions to the association	++ , +, -
机制的可信度 Mechanism Plausibility	实证 Actual Evidence, 可信 Plausible, 未知 Not known, 不可信 Implausible	++ , +, 0, -
干扰因子的专一性 Specificity of Cause	唯一 Only possible cause, 几个之一 One of a few, 许多之一 One of many	+++ , ++ , 0
证据的一致性 Consistency of Evidence	都一致 All consistent, 大多一致 Most consistent, 多重矛盾 Multiple Inconsistencies	+++ , +, - - -

* 参考美国环境保护局《干扰因子识别指南》Making reference to 'Stressor identification guidance document' by the U. S. Environment Protection Agency

农业面源、生活点源污染物排放可增大河流水体的营养物质,营养过剩产生 2 种干扰效应:

(4)引起藻类生长。

(5)引起总氮增加。

清洋河段有门楼水库大坝,5 座橡胶坝,拦蓄产生 4 种干扰效应:

(6)藻类生长。

(7)适宜栖息地丧失。由蓄水引起的河流物理条件的改变减少底栖生物的适宜栖息地。一个直接的影响是,条件变化使本土底栖大型无脊椎动物不能茁壮成长,改变底栖大型无脊椎动物群落。

(8)降低 DO 浓度。

清洋河段两岸为人工块石护岸,产生 3 种干扰效应:

(9)沉积增加。

(10)适宜栖息地丧失。水文改变、河流形态改观减少了底栖动物的适宜栖息地。

(11)降低 DO 浓度。

3.2 干扰因子-影响的概念模型

根据干扰因子与影响之间的因果关系,可建立清洋河段干扰源、干扰因子与影响的概念模型(图 2)。

3.3 干扰因子排除

根据表 2 水质数据,清洋河段 DO 浓度为 5.71 mg/L,优于Ⅲ类标准 5 mg/L,清洋河段因“溶解氧降低”而引起“底栖大型无脊椎动物群落改变”的假设不成立,则可排除(1)、(8)、(11)干扰因子;作为同样有块石砌岸的套口河段,其生态健康级别仍为“好”,则可排除(9)、(10)干扰因子;最后剩下的干扰因子有(2)、(3)、(4)、(5)、(6)和(7)。

3.4 证据力度的分析

根据清洋河段和对照点(门楼水库、高速公路桥和套口)河段污染物排入量(表 1)、水质监测数据(表 2)、栖息地特征(表 3)及其演变、生态健康状况(表 4)和证据力度得分标准(表 5),利用定性(逻辑分析)、定量(相关分析)的方法,对(2)、(3)、(4)、(5)、(6)和(7)干扰因子进行综合的证据力度分析(表 6)。

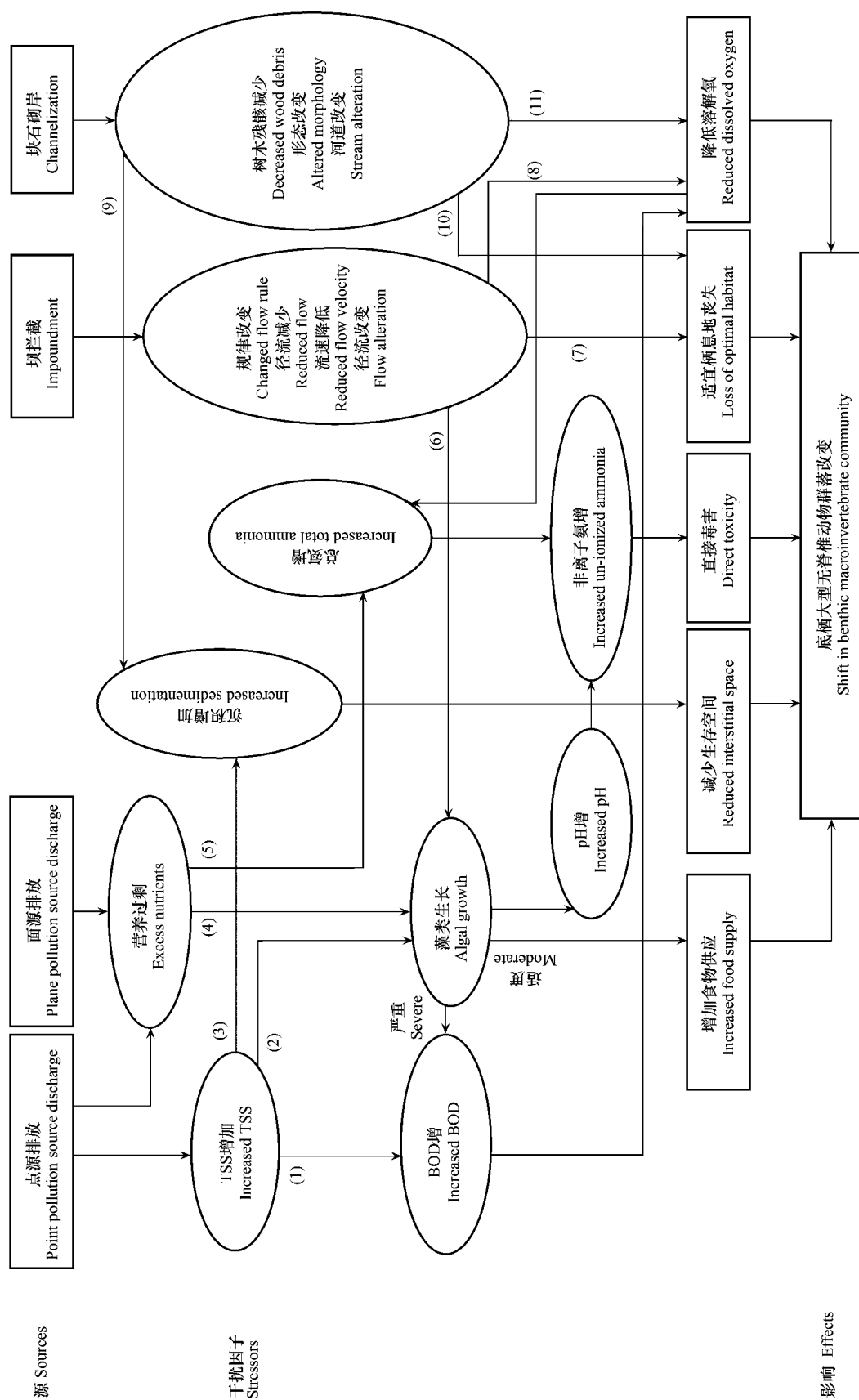


图2 干扰因子对大沽夹河清洋河段底栖群落影响的模式模型

Fig. 2 Conceptual model showing the potential impact of stressors on the benthic community in the Qingyang Reach of Dagujia River

表 6 清洋河段生态健康损伤的证据力度

Table 6 Strength of evidence of non-attainment in the Qingyang Reach

考虑的因素 Consideration	TSS 增加引起藻类适度生长 Algal moderate growth by increased TSS		TSS 增加引起沉积增加 Increased sedimentation by increased		TSS 营养过剩引起藻类适度生长 Algal moderate growth by excess nutrients	
	结果 Results	得分 Score	结果 Results	得分 Score	结果 Results	得分 Score
备选干扰因子与影响的空间、时间共现 Co-occurrence	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+
备选干扰因子与影响的时序 Temporality	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+
生物梯度 Biological gradient	弱且非单调 Weak or other than monotonic	+	不确定 Uncertain	0	弱 Weak	+
完全暴露途径 Complete exposure pathway	不明确 Ambiguous	0	无证据 No evidence	NE	无证据 No evidence	NE
关联的一致性 Consistency of association	无证据 No evidence	NE	无证据 No evidence	NE	大多数地方 In many places	+
机制的可信度 Mechanism plausibility	可信 Plausible	+	可信 Plausible	+	可信 Plausible	+
干扰因子的专一性 Specificity of cause	几个之一 One of a few	++	几个之一 One of a few	++	几个之一 One of a few	++
证据的一致性 Consistency of evidence	无证据 No evidence	NE	无证据 No evidence	NE	都一致 All consistent	+++
考虑的因素 Consideration	营养过剩引起总氮增加 Increased total ammonia by excess nutrients		径流改变引起藻类适度生长 Algal moderate growth by flow alteration		径流改变引起适宜栖息地丧失 Loss of optimal habitat by flow alteration	
	结果 Results	得分 Score	结果 Results	得分 Score	结果 Results	得分 Score
备选干扰因子与影响的空间、时间共现 Co-occurrence	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+
备选干扰因子与影响的时序 Temporality	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+	一致 Compatible	+
生物梯度 Biological gradient	强烈并单调 Strong and monotonic	+++	弱且非单调 Weak or other than monotonic	+	强烈并单调 Strong and monotonic	+++
完全暴露途径 Complete exposure pathway	证据不完全 Incomplete evidence	+	证据不完全 Incomplete evidence	+	有各步证据 Evidence for all steps	++
关联的一致性 Consistency of association	不变 Invariant	++	无证据 No evidence	NE	不变 Invariant	++
机制的可信度 Mechanism plausibility	可信 Plausible	+	可信 Plausible	+	实证 Plausible	++
干扰因子的专一性 Specificity of cause	唯一 Only possible cause	+++	几个之一 One of a few	++	几个之一 One of a few	++
证据的一致性 Consistency of evidence	都一致 All consistent	+++	都一致 All consistent	+++	都一致 All consistent	+++

4 讨论

根据备选干扰因子的排除和证据力度分析结果,推断出危害清洋河段生态健康的 4 个主要干扰因子,分别是径流改变引起的适宜栖息地丧失、营养过剩引起的总氮增加、营养过剩引起的藻类适度生长和径流改变引起的藻类适度生长,和 2 个次要干扰因子,分别是 TSS 增加引起的藻类适度生长和 TSS 增加引起的沉积增加。

径流改变引起适宜栖息地丧失,改变底栖大型无脊椎动物群落。备选干扰因子与影响的空间、时间共现,备选干扰因子与影响的时序,生物梯度,完全暴露途径,关联的一致性,机制的可信度,干扰因子的专一性,证据的一致性等证据均支持干扰因子径流改变引起适宜栖息地丧失这一模式。

营养过剩引起总氮增加,在碱性条件下引起非离子氨增加,对生物产生直接毒害,改变底栖大型无脊椎动

物群落。备选干扰因子与影响的空间、时间共现,备选干扰因子与影响的时序,生物梯度,完全暴露途径,关联的一致性,机制的可信度,干扰因子的专一性,证据的一致性等证据均支持干扰因子营养过剩引起总氮增加这一模式。清洋河水质监测数据表明, pH 值虽然在标准范围之内,但总体表现为偏碱性,氨氮中以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为主, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度超过地表水环境质量标准。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 严重危害水生生物,如抑制生长、降低产卵能力、损伤腮组织,甚至导致死亡。

营养过剩,主要是 N 过剩,引起藻类适度增长,增加食物供应,改变底栖大型无脊椎动物群落。备选干扰因子与影响的空间、时间共现,备选干扰因子与影响的时序,生物梯度,关联的一致性,机制的可信度,干扰因子的专一性,证据的一致性等证据均支持或在一定程度上支持干扰因子营养过剩引起藻类适度生长这一模式。

径流改变引起藻类适度生长,增加食物供应,改变底栖大型无脊椎动物群落。备选干扰因子与影响的空间、时间共现,备选干扰因子与影响的时序,生物梯度,完全暴露途径,机制的可信度,干扰因子的专一性,证据的一致性等证据支持或在一定程度上支持干扰因子径流改变引起藻类适度生长这一模式。

TSS 增加导致藻类适度生长,增加食物供应,改变底栖大型无脊椎动物群落。仅有备选干扰因子与影响的空间、时间共现,备选干扰因子与影响的时序,生物梯度,机制的可信度和干扰因子的专一性等证据支持干扰因子 TSS 增加导致藻类适度生长这一模式。

TSS 增加导致沉积增加,减少生存空间,也改变底栖大型无脊椎动物群落。只有备选干扰因子与影响的空间、时间共现,备选干扰因子与影响的时序,机制的可信度和干扰因子的专一性等证据支持干扰因子 TSS 增加导致沉积增加这一模式。

识别出干扰因子,可矫正人们的不当行为,修正人们的“近视”举动,指导人们正确地利用河流资源,也为大沽夹河清洋河段生态健康恢复的决策,提供科学指导。

大沽夹河清洋河段生态健康的干扰因子识别,建立在一定的逻辑学原理基础之上。备选干扰因子排除法遵守的逻辑学原理主要是,“在逻辑上,不可能证明一个假设关系,但可能反证一个假设关系。如果识别出一组可能的干扰因子,经排除之后,一旦只留下一个,它一定是真实的”。证据力度分析遵照的逻辑学原理是,“有原因必有结果,有结果必有原因,原因在前,结果在后”。

在大沽夹河清洋河段生态健康的干扰因子识别过程中,采用了逻辑推理和逻辑赋值的定性、半定性技术,取得具有应用价值的初步成果。应用定性技术,突出了识别过程的主观性,缺乏较强的说服力。今后,应重视在干扰因子识别过程中发展和引入定量技术,增强识别过程的客观性,使干扰因子识别更加准确。

4 结论

(1) 清洋河段生态健康的主要干扰因子是径流改变引起的适宜栖息地丧失、营养过剩引起的总氮增加、营养过剩引起的藻类适度生长和径流改变引起的藻类适度生长;次要干扰因子是 TSS 增加引起的藻类适度生长和 TSS 增加引起的沉积增加。

(2) 拦河闸、坝改变径流自然状况,排污造成营养过剩、TSS 增加。调控过闸、过坝径流,使径流量及其变化贴近自然过程,另外,以入河污水进行预处理,降低 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和悬浮物含量,是恢复清洋河段生态健康的主要对策。

(3) 采用逻辑定性、半定性技术,识别清洋河段生态健康的干扰因子,影响了干扰因子识别过程中的客观性。今后,应发展干扰因子识别的定量技术,增强识别过程的客观性,以更加准确地识别干扰因子。

References:

- [1] Susan M Cormier, Susan Braen Norton, Glenn W Suter. The U. S. Environmental Protection Agency's Stressor Identification Guidance: A process for Determining the Probable Causes of Biological Impairments. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2003, 9: 1431 — 1443.
- [2] Marshall Adams S. Establishing Causality between Environmental Stressors and Effects on Aquatic Ecosystems. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2003, 9(1): 17 — 35.

- [3] Morris C C, Simon T P, Newhouse S A. A Local-Scale In Situ Approach for Stressor Identification of Biologically Impaired Aquatic Systems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2006, 50: 325-334.
- [4] Michael C Newman, Yuan Zhao, John F Carriger. Coastal and estuarine ecological risk assessment: the need for a more formal approach to stressor identification. *Hydrobiologia*, 2007, 577: 31-40.
- [5] Chen L L, Lin Z S, Liang R J. The Respond of Ecological Food Chain to the Disturbance of Human Activity in Grassland. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science)*, 2006, 29(4): 117-122.
- [6] Wang S G, Zhou Y Z, Li X, *et al.* Effects of Disturbance on Estuary Wetland Ecosystem. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2005, 44(1): 107-111.
- [7] Wang G, Wu L, Yu J. The relation between disturbance and ecosystem. *Inner Mongolia Prataculture*, 2007, 19(1): 15-18.
- [8] Liu J, Yang Z F, Cui B S, *et al.* Negative ecological effects caused by anthropogenic disturbance: A research review. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(11): 1317-1322.
- [9] Li F J, Liu J P. The main disturbances of wetland ecosystem. *Journal of Changchun University*, 2005, 15(6): 86-89.
- [10] Luo X Z, Zhang X L, Li H, Guo X J, *et al.* Ecological health Bioassessment Based on Benthic Macroinvertebrate in Dagujia River. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(4): 88-93.

参考文献:

- [5] 陈玲玲, 林振山, 梁仁君. 草原生态食物链对人类活动干扰的响应. *南京师大学报(自然科学版)*, 2006, 29(4): 117-122.
- [6] 王树功, 周永章, 黎夏, 等. 干扰对河口湿地生态系统的影响分析. *中山大学学报(自然科学版)*, 2005, 44(1): 107-111.
- [7] 王广慧, 乌兰, 于军. 干扰与生态系统的关系. *内蒙古草业*, 2007, 19(1): 15-18.
- [8] 刘杰, 杨志峰, 崔保山, 等. 人为干扰下的生态负效应研究综述. *生态学杂志*, 2005, 24(11): 1317-1322.
- [9] 李凤娟, 刘吉平. 湿地生态系统的主要干扰因素. *长春大学学报*, 2005, 15(6): 86-89.
- [10] 罗新正, 张晓龙, 郭献军, 等. 大沽夹河生态健康的生物学评价. *环境科学研究*, 2008, 21(4): 88-93.