

# 引滦入津工程水质时空演化规律分析

朱龙基 范兰池 林 超

(水利部海河流域水资源保护局,天津 300170)

**摘要** 采用 1986~2006 年潘家口水库水质监测资料,分析水质时空变化规律。结果表明水库水体高锰酸盐指数较早期没有增加,但存在一定的增加趋势,总氮和总磷较早期有显著增加,富营养化趋势明显。采用引滦入津工程沿程 8 个监测断面的监测资料,分析水质空间变化规律,发现潘家口水库上游污染严重,下游水质较好。从水文变化和人类活动两方面,分析水质演化原因,据此提出了引滦入津工程水资源保护建议。

**关键词** 水质;引滦入津工程;潘家口水库;时空变化规律

中图分类号:X52 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2009)02-0015-03

## Temporal and spatial variation of water quality for water diversion project from Luanhe River to Tianjin City

ZHU Long-ji, FAN Lan-chi, LIN Chao

(Water Resources Protection Bureau of Haihe River Basin, Ministry of Water Resources, Tianjin 300170, China)

**Abstract** Using Panjiakou Reservoir water quality monitoring data from 1986 to 2006, the temporal variation of water quality was analyzed. The results show that, compared with the early data, the  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  concentration showed no obvious rise but presented an increasing trend, and the concentrations of TN and TP increased greatly, causing eutrophication. The spatial variation of water quality was also analyzed using data from eight monitoring sections along the water diversion project from the Luanhe River to Tianjin City. The results show that the water upstream of the Panjiakou Reservoir was seriously polluted and the status of the downstream water quality was good. From human activities to hydrological changes, the reasons for water quality variation are discussed, and water resources protection measures are proposed.

**Key words** water quality; water diversion project from Luanhe River to Tianjin City; variation rules

### 1 引滦入津输水工程概况

引滦入津输水工程是解决天津城市用水,保障天津生存和发展的一项跨流域的、综合性的大型水利工程<sup>[1-2]</sup>,1983 年 9 月正式通水,截止 2006 年底,累计向天津市供水 130 亿  $\text{m}^3$ ,为天津市经济社会发展作出了重要贡献。潘家口水库是引滦工程的源头,水库水源来自滦河。滦河发源于河北省丰宁县,上游称为闪电河,向西流经张家口地区的闪电河水库,再向北流入内蒙古自治区多伦县境内称为滦河,然后再向南流回丰宁县境内,往下顺流经隆化县、滦平县、承德市、承德县、兴隆县、宽城县流入潘家口水

库,通过 33 km 的河道流入大黑汀水库,经黎河进入天津市于桥水库,经暗渠进入尔王庄水库。

### 2 研究背景

随着经济社会的迅猛发展,城市污水和工农业废水大量产生。根据潘家口水库上游污染源调查监测资料分析,1985~2003 年滦河流域污水入河量呈显著增加趋势,同比增加了 2 倍。据研究,引滦入津工程流域底栖动物的群落组成仍然保持相对稳定,但耐有机污染的寡毛类密度明显增多<sup>[3]</sup>,体现出污染不断加重的趋势。面对滦河流域污染日益加重的现状和引滦水质下降的趋势,有必要对引滦水质变

化规律进行分析,提出科学的对策,指导引滦水源地保护工作,遏制引滦水质下降的趋势。

### 3 水质时空演化规律分析

水质变化特指在一定的社会经济发展水平下,由于人类某些活动的持续影响产生的大区域或流域范围内所表现出来的具有一定方向性的水质变化过程<sup>[4]</sup>,研究大区域或流域的水质变化至少需要15 a以上的水质监测资料<sup>[5]</sup>,这样才能从水质正常的自然波动中区分出人类活动的影响。水质和污染物的排放、稀释、净化存在平衡<sup>[6-7]</sup>,需要辨识造成水质变化的主要原因是自然变化还是人类活动<sup>[8-9]</sup>。本文采用1986~2006年引滦水质监测数据,整理和分析后,拟从时间和空间两方面揭示引滦入津水质变化规律,从水文变化和人类活动两方面分析其原因。

#### 3.1 水质时间演化规律

潘家口水库是引滦工程的水源地,输水沿线水质变化较小,因此潘家口水库的水质基本可以代表引滦入津水质。选取高锰酸盐指数( $COD_{Mn}$ )、总氮(TN)、总磷(TP)等3个水质指标,对潘家口水库水质变化进行逐年分析,基本可以看出引滦水质随时间的变化规律(图1,其中横线为均值线)。

潘家口水库水体中 $COD_{Mn}$ 随时间变化情况如图1(a)所示。引滦工程通水20多年来,水库的 $COD_{Mn}$ 没有上升,按 $COD_{Mn}$ 评价水质一直为Ⅱ类。 $COD_{Mn}$ 监测极值比为4.25,主要是中期1990~1997年明显处于负游程所致,后期比前期监测值虽然没有增加,但处于正游程的年数有了明显增加,说明有机物污染存在上升的趋势。

潘家口水库水体中TN和TP随时间变化情况分别如图1(b)和图1(c)所示。前期和中期水库TN保持平稳态势,按TN评价水质平均为Ⅲ类;后期TN迅速增加,全部处于正游程,超标严重,TN随时间存在明显的突变,监测极值比达到11.9。前期水库TP保持平稳态势,按TP评价水质为Ⅱ类;后期TP逐渐增加,多数年份处于正游程,按TP评价水质为Ⅲ类,TP随时间有了比较显著的增加。可以看出最近几年潘家口水库的TN、TP有了显著增加,存在向富营养发展的趋势。

#### 3.2 水质空间演化规律

分析引滦入津工程沿程的水质空间变化,以源头潘家口水库为界分为上下游,上游为滦河流域,下游为引滦入津输水沿线。具体选取上游的三道河子、上板城、乌龙矶,源头的潘家口水库坝上,以及下游的大黑汀水库坝上、于桥水库库内、明渠九王庄、尔王庄水库等8个水质监测断面作为代表,分别用

A1~A8进行编号,收集和整理以上断面2006年2~4季度的水质监测数据,包括 $COD_{Mn}$ 、TN、TP等主要水质指标(部分指标缺失),以此为基础分析引滦水质空间变化。

2006年2~4季度的引滦入津工程沿程 $COD_{Mn}$ 变化曲线如图2(a)所示。从图2(a)中可以看出3个季度的 $COD_{Mn}$ 按沿程都是先降低后缓慢增加,最低点都出现在A4断面,体现了上游污染加重的趋势。从上游A1到A4断面, $COD_{Mn}$ 下降趋势明显,体现了水体的自净规律,抗有机污染负荷能力较强,A4断面下游 $COD_{Mn}$ 略有增加,说明有少量有机污染物汇入,A4断面以下主要起到输水渠道的作用,污染较轻。从A3断面以下,按 $COD_{Mn}$ 评价水质均达到或优于Ⅲ类水标准,保证了引滦供水安全。

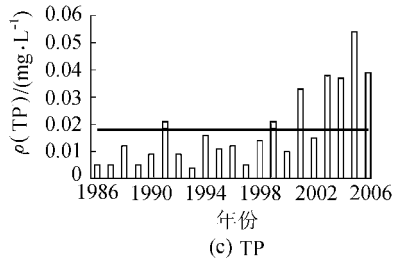
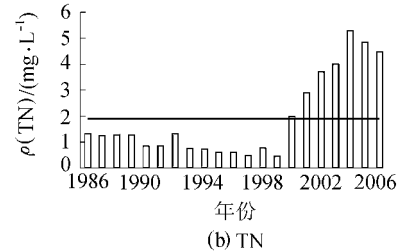
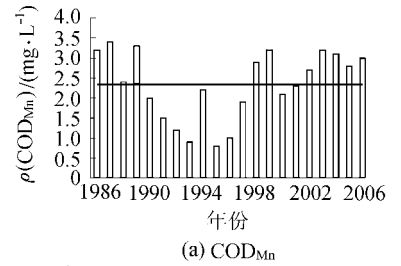
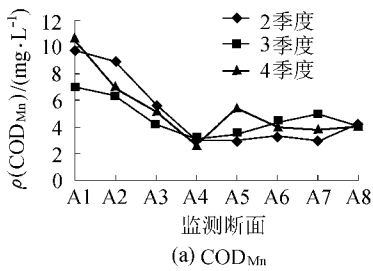


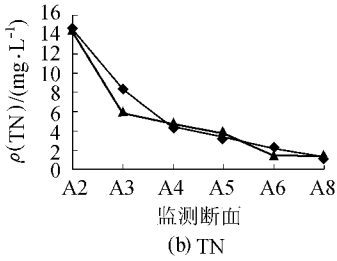
图1 潘家口水库水质指标年际变化

2006年2、4季度的引滦入津工程沿程TN变化曲线如图2(b)所示。从图2(b)中可以看出两个季度的TN是随着沿程不断降低的,最低点出现在A8断面,体现了上游污染严重,下游污染较轻的趋势。2006年2~4季度的引滦入津沿程TP变化曲线如图2(c)所示。从图2(c)中可以看出3个季度的TP是随着沿程不断降低的,最低点出现在A4断面,按TP评价水质为Ⅲ类,A4和A5断面2、3季度TP保持一致,A5断面4季度TP稍高。通过以上对TN、TP的分析,可以明显看出TN、TP主要来源于上游。

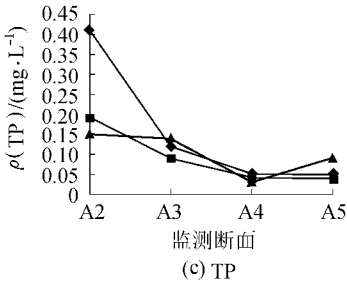
有关研究表明,作为中营养指示的硅藻类细针杆菌(*Synedra delicatissima*)占有较高比例,作为富营



(a) COD<sub>Mn</sub>



(b) TN



(c) TP

图2 2006年引滦入津工程水质指标沿程变化

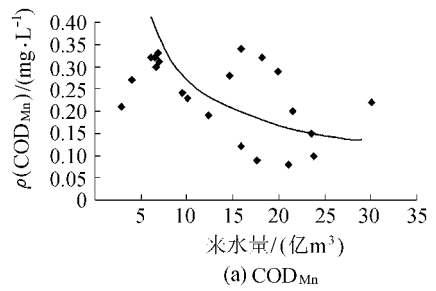
养指示的硅藻类扁圆卵形藻(*Cocconeis placentula*)也占有一定比例<sup>[10]</sup>,说明潘家口水库目前水体营养程度为中营养,正在向富营养发展。

## 4 水质演化原因分析

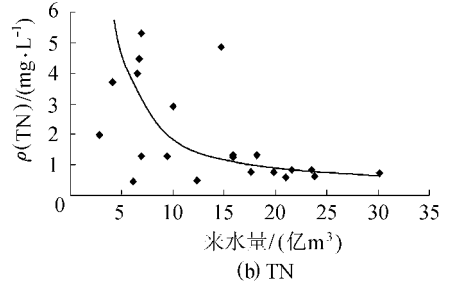
滦河流域降水的年际和年内变化大,雨量集中,局部暴雨较多,造成潘家口水库来水量年际差异大,是引滦入津工程水质演化的一个重要原因;经济迅猛发展,工农业、生活污水大量产生,未经有效处理进入河道,是引滦入津工程水质演化的主要原因。

### 4.1 水文变化

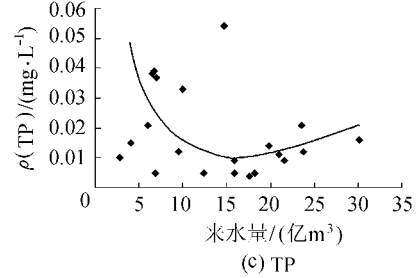
潘家口水库的来水量变化对引滦入津工程水质演化有重要影响。根据1986~2006年水库来水量和水质监测数据分析,潘家口水库来水量较小时,COD<sub>Mn</sub>都处在较高的范围,有机污染物浓度较高;来水量较大时,存在两种趋势,一种是COD<sub>Mn</sub>处在较高的范围,原因可能是来水量突然增加,将河道内有机污染物冲入库区;另一种是COD<sub>Mn</sub>处在较低的范围,原因可能是一段时期来水量保持在较多的水平,对有机污染物起到了稀释和自净作用,如图3(a)所示。潘家口水库TN和来水量存在比较明显的负相关关系,说明稀释和自净作用对TN影响显著,如图3(b)所示。潘家口水库TP和来水量相关关系不是很明显,只是来水量偏少时,TP浓度偏高,如图3(c)所示。



(a) COD<sub>Mn</sub>



(b) TN



(c) TP

图3 潘家口水库污染物浓度和来水量关系

### 4.2 人类活动

根据滦河流域污染现状资料分析引滦入津工程水质演化的原因,主要有以下几点:

a. 点源污染是造成引滦工程水质下降的主要原因。根据潘家口、大黑汀水库水源地保护规划资料,两库2000年TN、TP点源污染占总污染负荷的55%、43%。内蒙古入河北省省界水体污染不重,两库污染主要来自承德市。据调查,承德市工矿企业中只有27家企业建有污水处理厂,且利用率不高,大部分企业废水直接排入河道;承德市目前城市污水集中处理率偏低,3区8县中仅有承德县1家污水处理厂,据承德市环保局的资料,承德市目前尚无符合标准的卫生填埋场。

b. 面源污染是造成引滦入津工程水质下降的一个重要原因。两库2000年TN、TP面源污染占总负荷的25%、28%。据有关调查资料,目前两库上游仍有水土流失面积1.7万km<sup>2</sup>,大量污染物经冲刷进入河道。

c. 库区开发是造成引滦入津工程水质下降的另一个重要原因。潘家口水库周边目前共建有疗养院、饭店、游乐场所等36处,旅游船只近150艘,潘家口水库下游保护范围内现建有旅游饭店、疗养院招待所、发廊等各类旅游设施27处,废水未得到有效处理;潘家口、大黑汀水库网箱(下转第54页)

探讨[J].海洋环境科学,1983,2(2):41-54.

- [2]唐谋生,方和平,路静,等.湛江港海水中氮磷含量及其营养盐分布特征[J].交通环保,2000,21(6):31-33.
- [3]詹发满,路静,唐谋生,等.湛江军港陆上污染源环境质量调查与分析[J].交通环保,1998,19(3):23-25.
- [4]梁松,钱宏林,齐雨藻.赤潮研究的现状和有关问题[C]/广东沿海赤潮研究.广州:《海洋与渔业》编辑部,2002:21-25.
- [5]钱宏林.广东沿海的赤潮生物与赤潮研究[C]/中国赤潮研究与防治.北京:海洋出版社,2005:11-13.
- [6]吕颂辉,钱宏林,齐雨藻,等.湛江港浮游植物与赤潮植

物的初步研究[C]/广东沿海赤潮研究.广州:《海洋与渔业》编辑部,2002:129-131.

- [7]吕颂辉,齐雨藻.中国的赤潮、危害、成因和防治[C]/中国赤潮研究与防治.北京:海洋出版社,2005:6.
- [8]何家苑,施之新,张银华,等.一种棕囊藻的形态特征与毒素分析[J].海洋与湖沼,1999,30(2):172-179.
- [9]齐雨藻,徐宁,王艳,等.中国赤潮研究的新进展——一种棕囊藻赤潮及其产硫的研究[J].中国基础科学,2002(4):23-28.

(收稿日期:2007-09-12 编辑:徐娟)

(上接第17页)养鱼总数从2003年的25000箱激增到目前的5万箱,其中潘家口水库目前网箱总量为4万箱,投饵性鱼种1150箱,两库2000年网箱养鱼TN、TP污染占总污染负荷的20%、29%。

## 5 引滦入津工程水资源保护建议

针对以上引滦入津工程水质变化的原因,提出水资源保护建议如下:

a. 在点污染源治理中,统筹考虑工矿企业污染和生活污染,突出城市污水集中处理、重点企业治理和生活垃圾处理。上游承德等地的工矿企业要配套污水处理厂,环保部门要加强监督,保证污水处理设施的正常运转,新建企业要落实环保“三同时”制度;兴建城镇污水处理厂,健全污水管道,提高生活污水处理率;建设符合标准的卫生填埋场,杜绝垃圾的二次污染。

b. 在面污染源治理中,在上游伊逊河、蚂蚁吐河、武烈河、兴洲河等土壤侵蚀严重、对引滦工程水源地污染负荷贡献率大的地区,坚持治理和保护相结合,采取小流域综合治理和生态修复等有效措施,改善区域生态环境,减少水土流失。推广实施农村能源替代工程沼气池建设项目,减少植被的过度樵采,实行牲畜舍饲圈养,并根据区域植被情况合理控制牲畜养殖规模,减少上游植被破坏。沿河乡村生活垃圾要实行集中堆放和处理,主要乡村河道要建设绿化带(网)和防护带,固土护岸、建立防冲刷屏障,减少降雨冲刷造成的污染物入河量。

c. 在库区污染源治理中,加强库区及周边地区污染企业的整治,对排污量大、污染严重的企业实施搬迁或关闭措施,对污水排放量小、污染较轻的企业加强监管和治理,减少污染物排放。对潘家口水库库区居民生活污水进行集中处理,取缔网箱养鱼,对库区旅游加强管理,生活垃圾及时收集处理。

d. 在引滦入津工程水资源管理中,大力推动潘家口、大黑汀水库饮用水水源保护区划定工作,加强

水污染防治监督管理和水资源保护能力建设。恢复引滦入津工程水资源保护领导小组,鉴于引滦入津工程跨流域、跨行政区域调水和管理体制上的特殊性,建立统一的水资源保护领导机构和办事机构是非常必要的,建议恢复或重新建立多方参与的引滦入津工程水资源保护领导机构。

## 参考文献:

- [1]周光明.天津引滦入津水源保护与生态恢复技术[J].城市环境与城市生态,2004,17(5):30-31.
- [2]邢燕.引滦入津20年效益浅析[J].水利发展研究,2004(3):47-49.
- [3]纪炳纯,王新华,秦保平,等.引滦入津流域底栖动物研究及水质评价[J].南开大学学报:自然科学版,2002,35(2):106-112.
- [4]刘燕,胡安焱,邓亚芝.陕西省渭河流域水质时空演化特性[J].水资源保护,2007,23(3):11-13.
- [5]KNUISSON G. Trends in the acidification of groundwater[J]. Groundwater Quality Management,1994,220:107-118.
- [6]PERONA U E, BONILLA I, MATEO P. Spatial and temporal changes in water quality in a Spanish River[J]. Science of the Total Environment,1999,24:75-90.
- [7]FERRIER R C, EDWARDS A C, HIRST D, et al. Water quality of Scottish Rivers: spatial and temporal trends[J]. The Science of the Total Environment,2001,265:327-342.
- [8]ALBERTO W D, DÍAZ M P, AMÉ M V, et al. Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality: A case study: Suquia River basin (Córdoba-Argentina) [J]. Water Research,2001,35(12):2881-2894.
- [9]JONNALAGADD A S B, MHERE G. Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe [J]. Water Research,2001,35(10):2371-2376.
- [10]DOMAGALSKI J, LIN Chao, LUO Yang, et al. Eutrophication study at the Panjiakou-Daheiting Reservoir system, northern Hebei Province, P R C: Chlorophyll-a model and sources of phosphorus and nitrogen [J]. Agricultural Water Management,2007,94:43-53. (收稿日期:2007-12-24 编辑:徐娟)