

条子河四平段水污染特征及成因分析

Study on Water Pollution Characteristics and Causes in Siping Section of the Tiaozi River

葛淑芳, 朱晓娟, 沈万斌, 董德明

(吉林大学地下水资源与环境教育部重点实验室, 吉林 长春 130021)

摘要: 通过对2001~2010年条子河流域水文水质和污染源数据的统计分析, 掌握该流域水环境时空变化规律及其产生的原因。研究表明: $\rho(\text{COD})$ 呈先升后降的变化趋势, 而 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 波动性较小, 总体趋势为缓慢下降; 二者都具有明显的季节性变化规律。此外, 流域内点源有降低的趋势, 而非点源却在逐年增加; 降水对 $\rho(\text{COD})$ 有稀释作用, 却增加了河水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的量; 污水处理厂的处理效率仍需提高。

关键词: 条子河; 水污染; COD; $\text{NH}_3\text{-N}$; 四平段

中图分类号: X522

文献标识码: A

Abstract: Through the statistical analysis of hydrology and water quality data and pollution source data from 2001 to 2010, we master the temporal and spatial regularity of water environmental variation and its reasons. The results show that $\rho(\text{COD})$ presents the trend of first going up then going down, while $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ is less volatility and the overall trend is slow drop. They have significant seasonal variation. In addition, pollutants concentration of point source has a trend of decrease in watershed, whereas that of non-point source is increasing year by year. Precipitation dilutes $\rho(\text{COD})$ in the river, instead, increases the amount of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the river. The sewage treatment plant's treatment efficiency still needs to improve.

Key words: Tiaozi River; Water Pollution; COD; $\text{NH}_3\text{-N}$; Siping Section

CLC number: X522

条子河不仅是四平城区唯一一条受纳水体, 也是吉、辽两省的跨界河流。随着地区经济的发展和人类活动的加剧, 条子河污染日益严重, 已受到国务院和各级媒体的高度重视, 2006年四平市污水处理厂开始运行, 水质有所改善。但据近几年中国环境质量状况公报^[1]显示: 条子河为重度污染。流域水污染是制约社会经济发展的主要环境问题, 国内学者^[2-8]分别对长江、黄河、淮河、珠江、松花江、太湖、滇池等河流的污染状况进行分析, 并提出相应治理对策措施。“十二五”规划建议中明确指

出: 推进大江大河支流、湖泊和中小河流治理, 条子河作为四平市的一条重要河流, 条子河水污染不但制约着四平市社会经济的发展, 也是限制辽河水水质改善的主要因素之一。因此, 以2001~2010年条子河的两个监控断面的水质监测资料为基础, 采用分年度、分时段、分水期、分断面归纳与统计分析相结合的方法, 分析条子河水污染特征, 重点研究水质与各影响因素间的响应关系, 以期水资源的可持续利用、水环境质量的改善和社会经济的可持续发展提供科学依据。

收稿日期: 2012-02-09

作者简介: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07208-006-001); 吉林省环境保护研究项目(吉环科学第2008-16号)

作者简介: 葛淑芳(1984-), 女, 硕士。研究方向: 环境规划与评价。E-mail:gsf85@yahoo.cn

通讯作者: 董德明(1957-), 男, 博士、教授、博士生导师。研究方向: 环境污染与控制化学、环境规划与评价。E-mail:dmdong@jlu.edu.cn

1 研究区域概况

条子河发源于吉林省梨树县石岭乡兰家沟，是辽河的二级支流，在四平境内河长58.3 km，流域面积463.0 km²，多年平均径流量为12.56亿m³。条子河河水主要由两部分组成，一部分为四平市南河与北河汇合而成的条子河上游来水；另一部分是四平市污水处理厂的排水。文献[9]报道，条子河枯水期四平市污水处理厂排出的污水占整个河水流量的70%以上。而下游两条支流仙马泉河和小红嘴河的河水均为沿岸生活及工业污水，这3条支流在汇合口断面交汇后，流经距此约23 km的林家断面，最后在辽宁省与招苏台河汇合后注入辽河。

2 水质指标选取

由《2001~2010年吉林省环境质量报告书》^[10]可知，条子河的汇合口和林家两断面为劣V类水质，属重度污染，基本为辽河污染最重的支流，主要污染指标为COD、BOD₅和NH₃-N。

“十二五”期间国家将COD和NH₃-N纳入总量控制的指标体系中，因此，选取COD和NH₃-N为条子河水质变化趋势分析指标。

3 条子河水污染特征分析

3.1 条子河水质年际变化趋势分析

对条子河2个监控断面2001~2010年的资料进行整理，结合《2001~2010年吉林省环境质量报告书》^[10]，统计条子河2个断面的 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 年均值，绘制 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 历年变化趋势见图1。

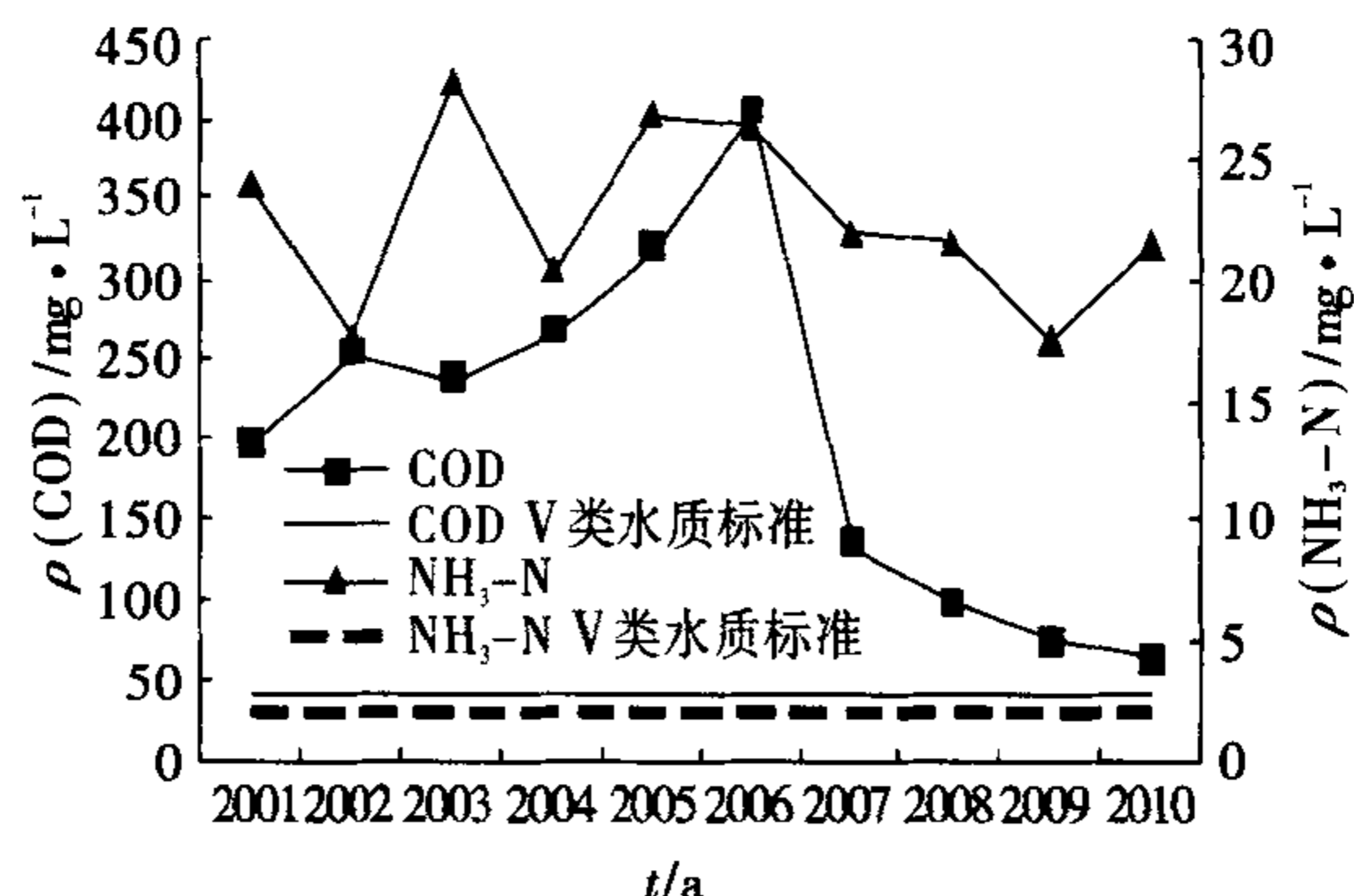


图1 条子河水质年际变化趋势

从图1中可以看出，2001~2010年 $\rho(\text{COD})$ 的

年际变化明显分为两个阶段：2001~2006年为上升阶段，2007~2010年为下降阶段，整体呈显著下降趋势；而2001~2010年 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 的年际变化规律不显著，总体上虽有所下降，但下降幅度不大，基本保持不变。 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 分别从2001年的197.71 mg/L、23.86 mg/L，减小到2010年的64.41 mg/L、21.48 mg/L，分别减小了67.4%、9.9%。

3.2 条子河水质不同水期变化趋势分析

条子河属温带大陆性季风气候区，四季分明，6~9月为丰水期，3~5和10月为平水期，1、2、11和12月为枯水期。由于自然、水文气象特征和人类活动的季节性变化，使条子河水质呈季节性变化规律。由上可知，条子河水质的年际变化可分为两个阶段，再考虑到2001~2010年的水质监测数据的时间跨度太大，而将条子河2个监控断面分2001~2006年和2007~2010年2个时段计算水质 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 分水期平均值变化过程见图2。

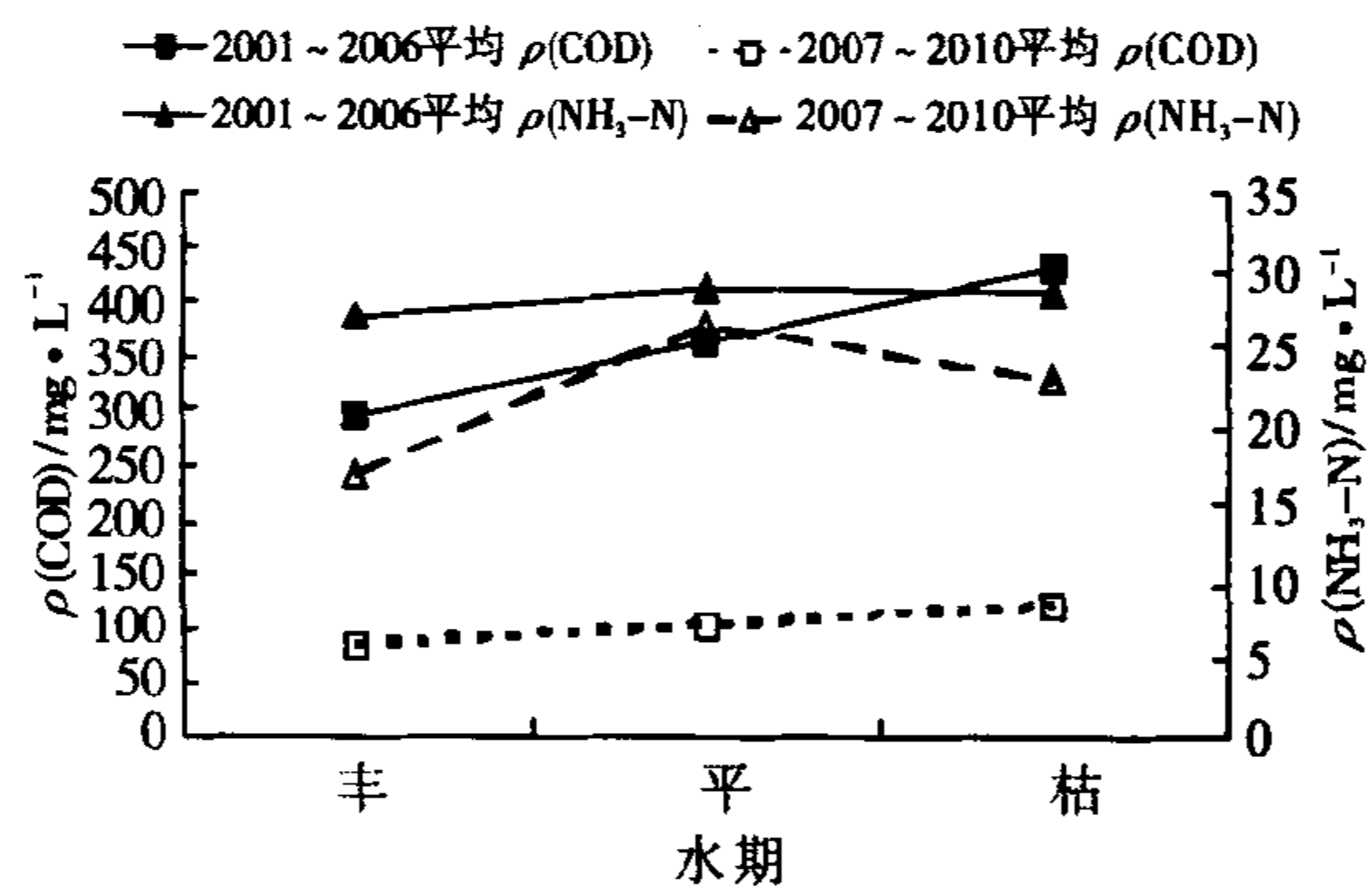


图2 条子河不同水期水质变化

由图2可知，条子河(COD)具有明显的季节性变化规律：枯水期>平水期>丰水期。而 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 的季节性变化规律明显与 $\rho(\text{COD})$ 不同：平水期>枯水期>丰水期。2007~2010年 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 在平水期的值明显大于其他两个水期，而2001~2006年3个水期的 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 差异较小。但 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 不同水期变化的共同点在于：2007~2010年在3个水期的 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 均比2001~2006年的低；两个时段在各自3个水期的浓度值均超出V类地表水水质标准。

吴洁等^[11]对钱塘江干流杭州段水体氮污染特征研究认为：由于工业点源排放速率和生活污水排放

量在年内基本保持不变, 枯水期流域径流量很小, 流域内产生的污染物得不到一定水量的扩散稀释, 使得枯水期污染物浓度明显高于平、丰水期。XIA X H, et al等^[12]指出: 河流枯水期污染物浓度高和丰水期污染物浓度低的现象, 反映出这些污染物主要来自点源; 河流丰水期污染物浓度高和枯水期污染物浓度低的现象, 反映这些污染物主要来自非点源。可见, 条子河流域水体中COD主要来自点源, 而NH₃-N受到点源和非点源的双重制约。

3.3 条子河水质变化比较分析

条子河2个监控断面分时段水质 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 的统计比较见图3。

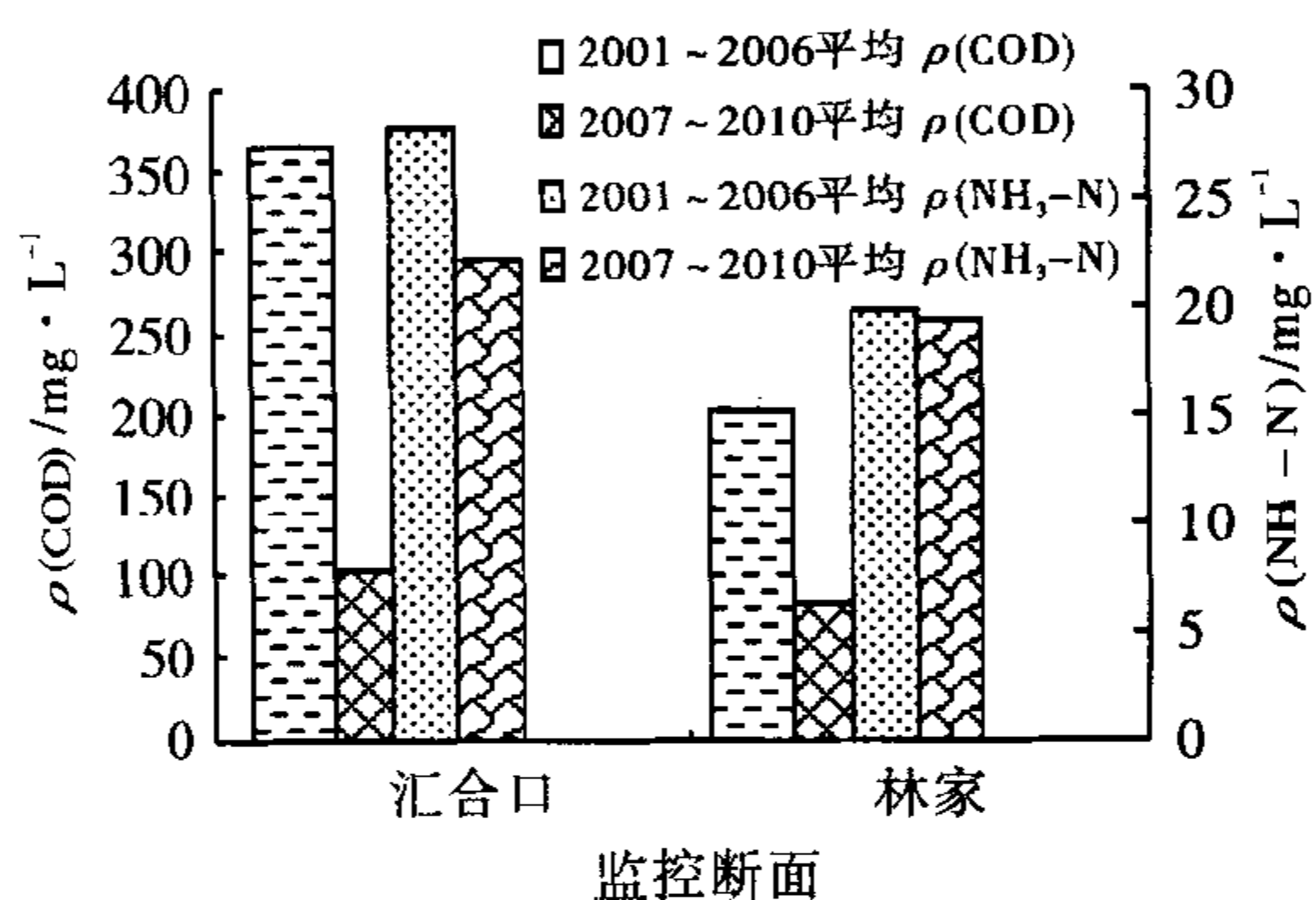


图3 条子河不同断面水质变化

由图3可以看出, 汇合口和林家两断面在2007~2010年的 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 均比2001~2006年的低, 尤以汇合口断面变化最为突出, 而 $\rho(\text{COD})$ 的变化较 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 显著, 可见, 条子河水质有所改善。但汇合口和林家两断面均为劣V类水质, 完全失去地表水环境功能要求。汇合口较林家污染严重, 虽然两断面 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 相差不大, 但汇合口的 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 也比林家的高6.63 mg/L。

4 条子河水质变化原因分析

4.1 条子河流域降水量变化对水质的影响

条子河的河川径流量主要由降水形成, 年内分配呈季节性变化。唐艳凌等^[13]分析了长春市重要饮用水水源地石头口门水库流域非点源污染物输出特征与环境因子之间的关系, 得出不同时期自然环境、人为干扰和尺度因素对非点源污染贡献的差异归功于环境因子格局的变化, 降水的差异是导致环境因子格局变化的主要原因。降水形

成的径流携带大量非点源污染物进入河流的同时, 也会因增加稀释作用而使污染物浓度下降。为准确分析降水量对条子河水质的影响, 我们对条子河流域2001~2010年的逐月降水量数据进行统计分析, 并绘制年际变化趋势见图4。

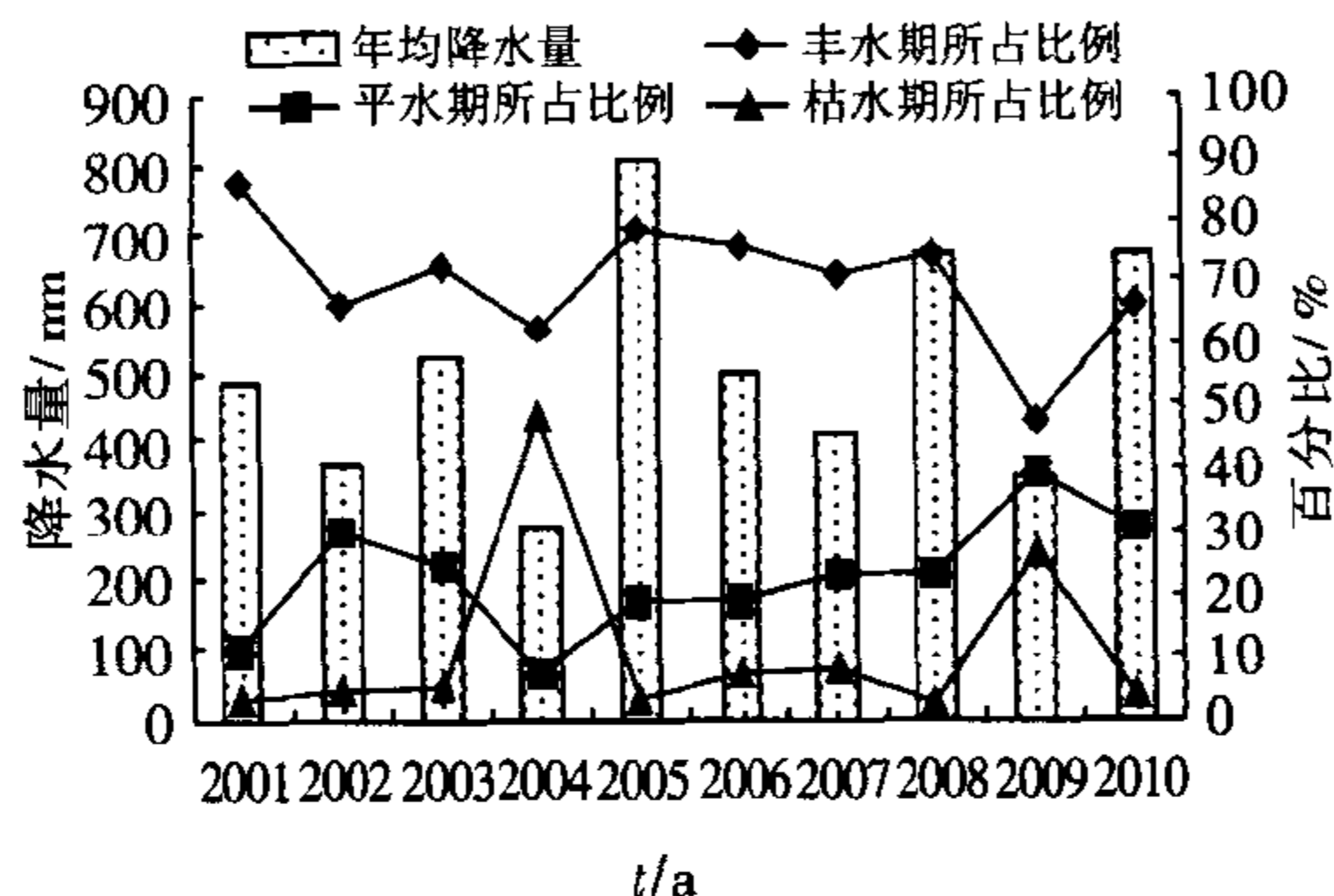


图4 条子河降水量变化

由图4和图1可知, $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 的年际变化与降水量的年际变化非常一致, 而 $\rho(\text{COD})$ 的年际变化与降水量的年际变化没有明显的规律可循。可见, 降水形成的径流携带大量的非点源NH₃-N进入河流, 增加了河流中NH₃-N的量; 而携带非点源COD的量较小。

4.2 点源及污水处理厂对条子河水质的影响

统计分析2001~2010年《四平市统计年鉴》^[14]及环境统计数据库中的工业污染源和生活污染源及四平市污水处理厂数据见图5和表1。

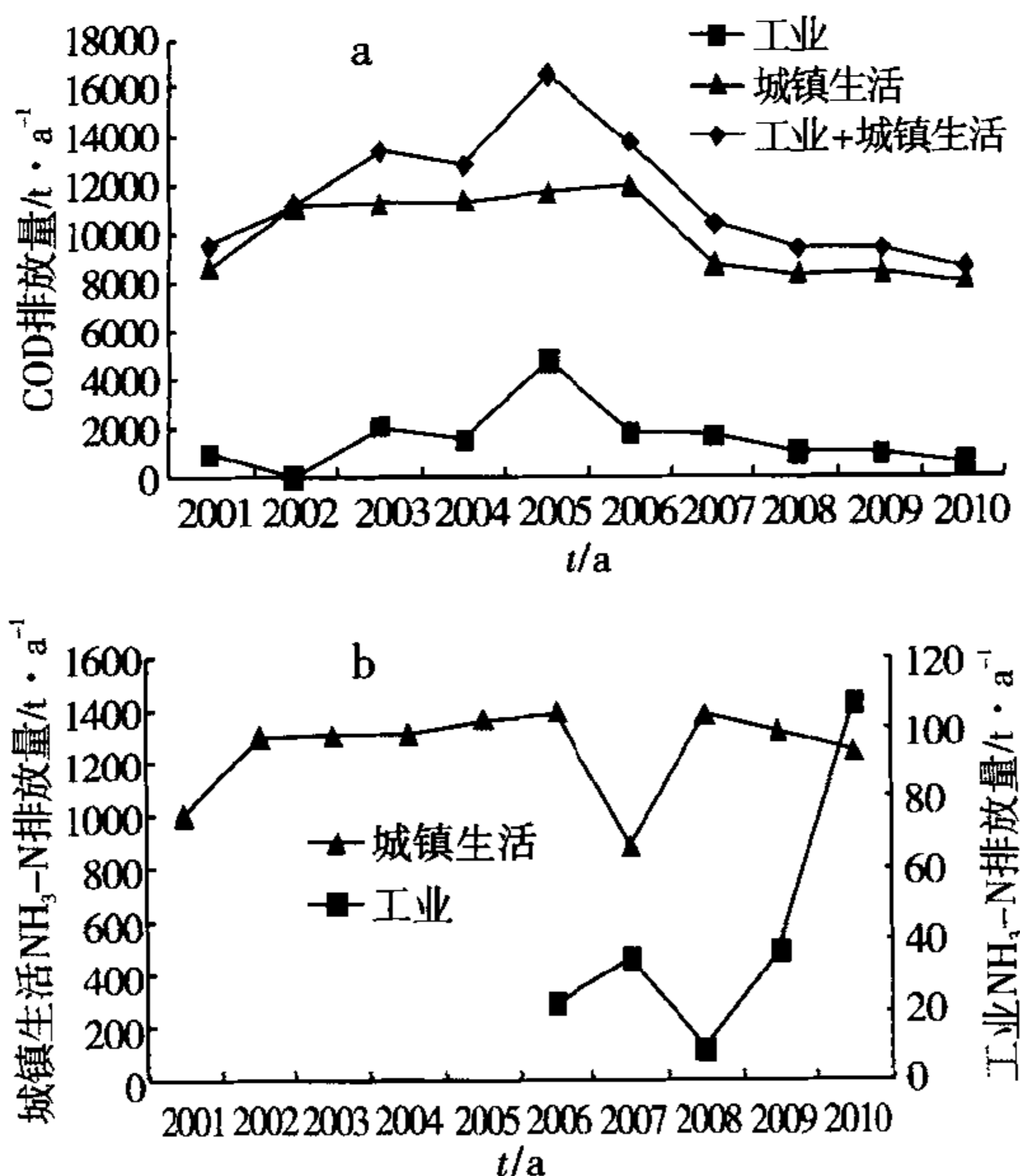


图5 2001~2010年条子河流域点源COD、NH₃-N排放量变化

结合图1、图4和图5a可知, 2001~2010年(COD)变化规律是降水量和点源排放量共同作用下的结果。而 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 与点源 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的排放量之间没有明显的关系, 与降水量的关系在上面已经进行了分析。为深入研究工业废水排放量和COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量、生活污水排放量和

COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量、污水处理厂废水处理量及COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除量对 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 的影响, 应用SPSS18.0对2001~2010年点源(工业+生活)、污水处理厂的的处理量与水质数据进行相关分析见表1。

表1 水质 $\rho(\text{COD})$ 和 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 与点源及污水处理量间的相关分析

指标浓度 $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$		工业		城镇生活		污水处理厂	
		废水排放量 $/10^4 \text{t} \cdot \text{a}^{-1}$	COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量/ $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$	废水排放量 $/10^4 \text{t} \cdot \text{a}^{-1}$	COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量/ $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$	废水处理量 $/\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$	COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除量/ $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$
$\rho(\text{COD})$	相关性	-0.643*	0.483	0.931**	0.926**	-0.991**	-0.993**
	显著性	0.045	0.158	0.000	0.000	0.009	0.007
	N	10	10	10	10	4	4
$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	相关性	-0.129	-0.182	0.474	0.069	-0.467	-0.323
	显著性	0.723	0.769	0.166	0.849	0.533	0.677
	N	10	5	10	10	4	4

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

结果表明, $\rho(\text{COD})$ 与生活污水排放量和COD排放量呈极显著正相关($p < 0.01$); 与工业废水排放量呈显著负相关($p < 0.05$); 与工业COD排放量相关($p < 0.158$); 与污水处理厂废水处理量及COD去除量呈极显著负相关($p < 0.01$)。可见, 污水处理厂在很大程度上降低了COD的排放量, 对改善条子河水质起着至关重要的作用。而 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 与工业废水排放量和COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量、生活污水排放量和COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量、污水处理厂废水处理量及COD/ $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除量间没有显著相关关系。由于 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的污染来源及成因的复杂多变, 导致 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的变化规律更加复杂。

4.3 非点源对条子河水质的影响

由上可知, 非点源也是影响条子河水质的一个重要原因。据四平市统计年鉴^[14]资料显示, 近9年来氮肥施用量、水产养殖面积、耕地面积及猪、牛、羊和禽类的养殖量均具有逐年增长的趋势见图6~7, 进一步证明了上述结论的可靠性。虽然该区域化肥施用量大, 但平均利用率不高, 仅在30%~35%之间, 大量的残余化肥进入地表水, 加剧流域水污染。养殖场相应的污染治理措施并没有随着养殖量的增长而建立, 畜禽养殖业的发展造成了畜禽粪便污染的加重。非点源对总污染负荷的贡献率持续增长的趋势

不容忽视。

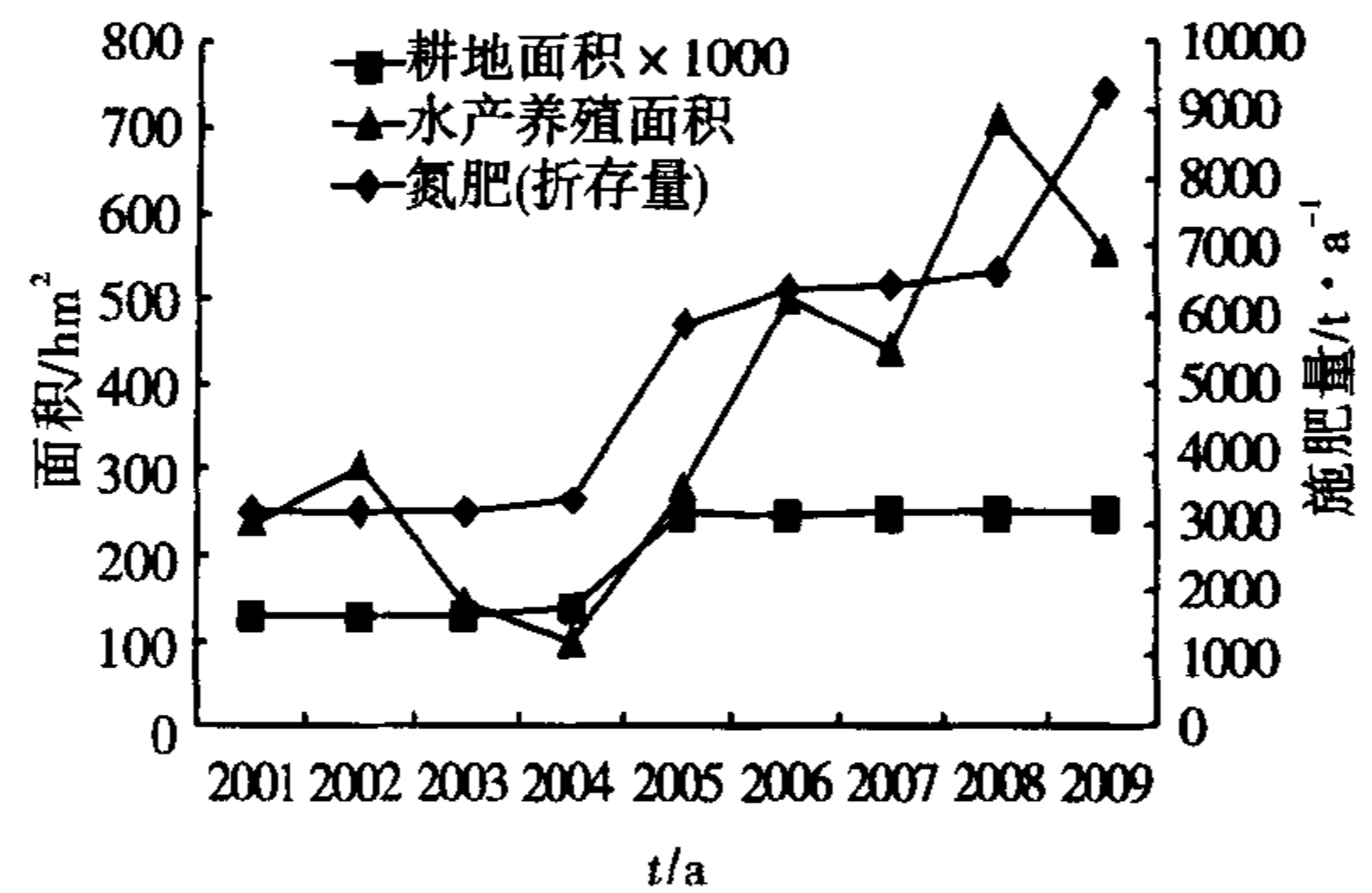


图6 条子河流域耕地面积、水产养殖面积及氮肥施用量年际变化

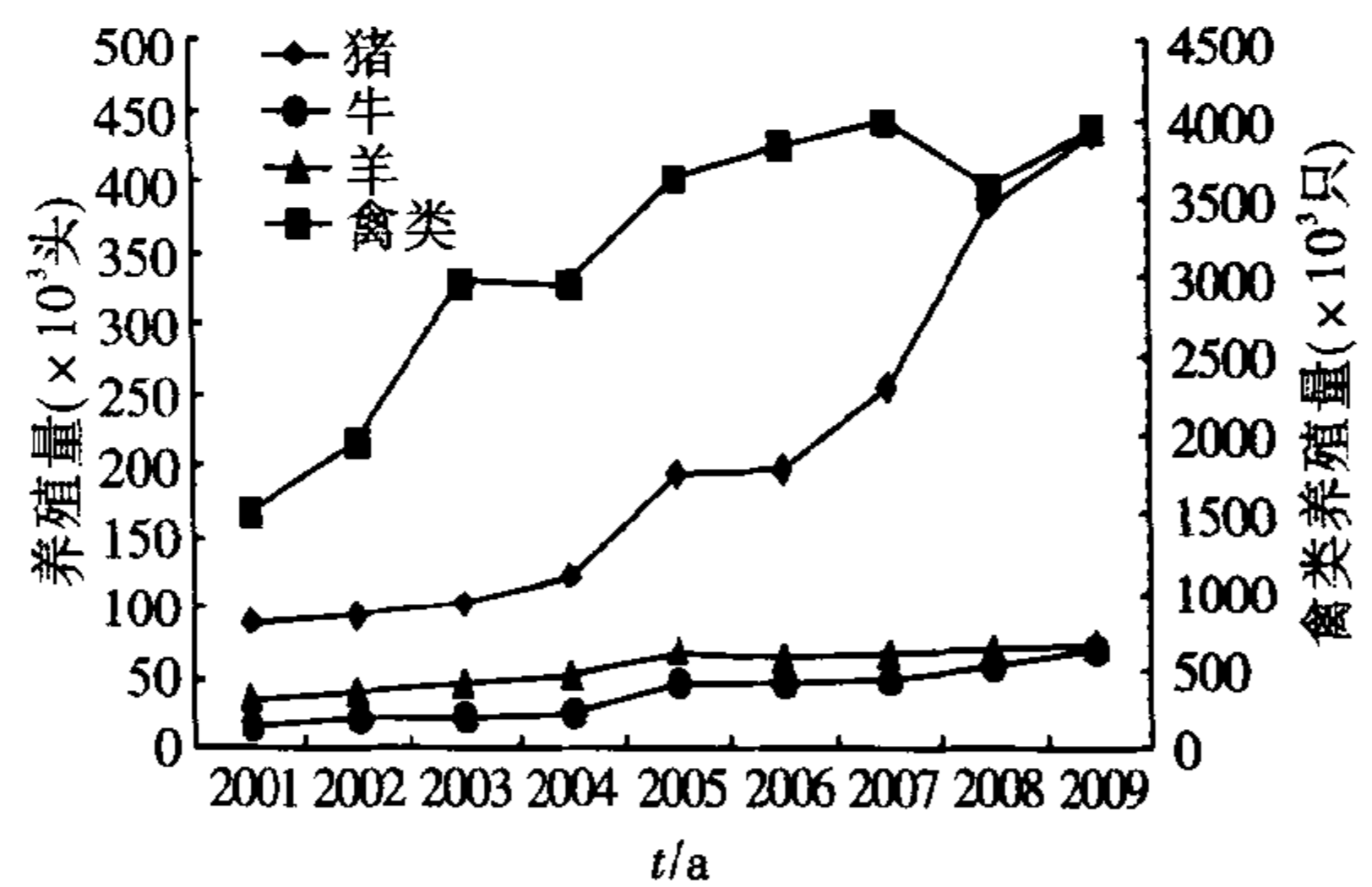


图7 条子河流域畜禽养殖量年际变化

5 条子河流域水污染防治措施

5.1 加大工业企业治理力度

5.1.1 大力推进结构调整 目前, 四平城区的主导产业普遍具有“高耗水、高排放、低效率”的

特点, 污染治理难度大、治理技术要求高。应建立节水型的产业布局 and 结构, 大力发展低污染、无污染、节水和资源综合利用的项目, 加快新能源产业、生物产业和节能环保产业的发展, 促进控制单元内淀粉、酒精等优势产业生态化。禁止转移或引进重污染项目, 严格控制高耗能行业的发展, 健全落后产能的淘汰机制, 对不符合产业政策、排污强度大、环境污染重、经济效益差的落后产能坚决予以淘汰。

5.1.2 加大污染源监管力度 工业企业污染治理以清洁生产和综合治理为主要手段, 围绕污染减排, 加大污染源的监管力度。严厉打击污染水环境的违法行为和不法排污企业, 确保企业全部稳定达标排放。对于污染物排放总量较高, 但已经实现达标排放的企业, 以提高环境绩效为目标, 推行清洁生产, 实现节能、降耗、减污、增效。

5.2 对四平市污水处理设施进行改造

全面治理城镇生活废水和垃圾, 减少城市生活污染物对河流水体的影响。实施四平市污水处理厂提标、扩能改造, 建设二期工程, 达到一级标准要求, 完善脱氮除磷措施, 提升氮、磷去除效率, 实现基本控制项目全面达标。

5.3 控制非点源污染

5.3.1 加强农村环境综合整治 加大农村环境基础设施建设和环境污染治理力度, 加快推进社会主义新农村建设。加强对“以奖促治”、“以奖代补”项目的监管, 因地制宜开展农村生活污水处理。推动农业生产方式和农村生活方式的转变, 有效控制农业生产和农民生活过程中污染物随意排放, 改善村庄环境卫生状况和村容村貌。

5.3.2 加强畜禽养殖污染防治 加强规模化畜禽养殖场和养殖小区的污染防治, 严格控制畜禽养殖废水直排, 鼓励标准化规模养殖场(小区)、散养户进行适度集中, 积极推进养殖废弃物集中

处理和资源化利用, 建设畜禽粪便综合利用示范工程和生物质能开发利用技术, 探索建立鼓励使用农家肥的相关补贴政策, 促进畜禽养殖粪便综合利用。加强屠宰行业的废水综合治理, 确保废水达标排放。

5.3.3 加强农业非点源污染防治 大力发展生态农业、绿色农业、节水农业, 推广测土施肥, 引导广大农民科学使用化肥和农药, 减少农业非点源污染。加强对种植业和养殖业污染的防治, 推进传统种养业发展方式的转变。

参考文献

- [1] 国家环保总局. 中国环境状况公报[R]. 北京: 环境保护部, 2007-2009.
- [2] 方子云. 长江流域水环境的主要问题、原因及对策探讨[J]. 长江流域资源与环境, 1997, 6(4):346-349.
- [3] 陈静生, 李荷碧, 夏星辉, 等. 近30年来黄河水质变化趋势及原因分析[J]. 环境化学, 2000, 19(2): 97-102.
- [4] 胡巍巍, 王根绪, 吕玉香. 近年来淮河干流区水质变化及原因分析[J]. 环境保护科学, 2009, 35(1): 109-111,114.
- [5] 袁国明, 何桂芳, 林端. 珠江八大口门污染物浓度变化及成因分析[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(5): 553-557.
- [6] 李玮, 褚俊英, 秦大庸, 等. 松花江流域水污染特征及其调控对策[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2010, 8(3):229-232.
- [7] 刘兆德, 虞孝感, 王志宪. 太湖流域水环境污染现状与治理的新建议[J]. 自然资源学报, 2003, 18(4):467-474.
- [8] 郭怀成, 孙延枫. 滇池水体富营养化特征分析及控制对策探讨[J]. 地理科学进展, 2002, 21(5):500-506.
- [9] 晁雷, 陈苏, 代秀兰, 等. 典型农村河流条子河水环境现状评价[J]. 黑龙江农业科学, 2010, (11):53-56.
- [10] 吉林省环境监测中心站. 吉林省环境质量报告书[R]. 长春: 吉林省环境保护厅, 2001-2010.
- [11] 吴洁, 虞左明, 钱天鸣. 钱塘江干流杭州段水体氮污染特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6):552-556.
- [12] XIA X H, ZHOU J S, YANG Z F. Nitrogen contamination in the Yellow River Basin of China [J]. Journal of Environmental Quality, 2002, 31(3): 917-925.
- [13] 唐艳凌, 章光新. 流域非点源污染物输出的环境因子分析[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(4):725-732.
- [14] 四平市统计局, 国家统计局四平调查队. 四平市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000-2010.