

流域水污染源环境风险分类分级管理研究*

蔡美芳^{1,2,3} 李开明^{1,2,3} 陆俊卿^{1,2,3} 杜建伟^{1,2,3}

(1. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655;

2. 国家环境保护水环境模拟与污染控制重点实验室, 广东 广州 510655;

3. 广东省水与大气污染防治重点实验室, 广东 广州 510655)

摘要 为了恢复和维持流域水环境的物理完整性、化学完整性和生态完整性,在对珠江流域和辽河流域印染、造纸、电镀、制药、石化等行业企业采样监测和问卷调查的基础上,识别出了流域主要的水污染源及其环境风险,并提出了基于环境风险大小的自控污染源、监控污染源、严控污染源和特控污染源4个分级管理策略。

关键词 水污染源 环境风险 分类分级管理

环境风险包括突发性环境污染事故风险和累积性环境污染风险两类^[1],前者是指由于管理不当或自然灾害等原因引起的意外排污对人类、社会和生态等造成损害的风险,后者是指排污单位在正常情况下排出的污染物在低浓度长期暴露下对人体和生态系统产生损害的风险。“十一五”期间,我国的水污染事故呈频发态势,如太湖蓝藻爆发、阳宗海砷污染、大连新港输油管道爆炸、紫金矿业污染等^[2,3],这一系列污染事件的相继发生,表明我国已经进入环境污染事故多发期。为了预防污染,我国制定了多部环保法规和污染防治技术政策,要求企业采取各种预防和治理措施,确保污染物达标后再排放。但是,随着我国工业总产值的不断增加,即使所有企业遵守国家规定的各种污染物排放标准,但不断累积的排污总量也会使生态环境不堪重负,从而造成巨大的环境风险。

针对三峡库区、太湖、辽河等国家级水污染防治重点流域的水环境问题,根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,2007年,原国家环境保护总局和住房城乡建设部牵头组织并设立了“国家水体污染控制与治理科技重大专项”(简称“水专项”),该专项共设置了6个主题,其中“流域监控主题”的研究目标之一就是要实现流域水污染防治监控的管理创新,降低流域水污染源的环境风险。《2012年全国环境保护科技标准工作要点》也将“推动环境管理从传统的污染物排放控制逐步向环境质量控制和风险防范控制转变”作为重要的指导思想之一,这表明我国水环境管理将从目标总量控制向

容量总量控制转变,从单纯的化学污染控制向水生生态系统保护的方向转变,这就要求构建基于生态风险的水环境管理技术体系^[4]。

虽然流域的水污染问题是众多污染源共同作用的结果,但是受人力、物力等条件的限制,目前我国只对污染负荷占流域污染负荷80%以上的企业进行治理,并根据行业特点颁布行业污染物排放标准和污染防治技术政策。然而,同一行业的企业由于技术水平不同产生和排放的污染物可能相差非常悬殊,如果用相同的标准来约束各种规模的企业,不但会阻碍污染治理技术的进步和治理水平的提高,环境管理效果还会大打折扣。因此,笔者在全面收集国内外有关资料的基础上,结合对珠江流域和辽河流域86家企业的采样监测和问卷调查,提出了基于风险识别的分类分级管理策略。

1 研究方法

在珠江流域(广东江门)和辽河流域(辽宁辽阳)选择了印染、造纸、电镀、制药、石化等5大行业共86家企业进行采样监测,监测指标见表1。同时,向企业环保人员发放了300余份《企业环境管理实践调查表》,调查内容主要包括企业基本信息、环境管

表1 调查企业监测指标

行业类型	监测指标	企业样本/家
印染	COD、BOD、SS、氨氮、总磷、色度、硫化物、苯胺类、挥发酚	33
造纸	COD、BOD、SS、氨氮、总磷、挥发酚、硫化物	12
电镀	COD、SS、Ni、氨氮、六价铬、氰化物、总磷	28
制药	COD、BOD、SS、氨氮、色度	10
石化	COD、氨氮、石油类、硫化物、挥发酚	3

第一作者:蔡美芳,女,1977年生,博士,高级工程师,研究方向为环境保护与污染控制。

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项(No. 2009ZX07528-001)。

表 2 流域水污染源统计结果

行业名称		印染	造纸	电镀	化工	合计
经济贡献	工业总产值/亿元	78.39	30.96	293.00	341.00	743.35
	占调查流域比例/%	8.68	3.43	32.46	37.77	82.34
水资源消耗	工业用水量/万 t	4 409	3 696	14 209	84 622	106 936
	占调查流域比例/%	4.04	3.39	13.02	77.54	97.99
环境压力	废水排放量/万 t	2 816	1 063	1 118	2 882	7 879
	占调查流域比例/%	32.47	12.26	12.89	33.24	90.86
	污染排放当量/($\times 10^4$)	295	135	95	441	966
	占调查流域比例/%	29.89	13.71	9.62	44.64	97.86
环境管理水平	单位产值用水/($t \cdot \text{万元}^{-1}$)	71.57	125.47	33.15	172.26	
	单位产值排水/($t \cdot \text{万元}^{-1}$)	54.15	23.72	5.53	8.14	
	单位产值污染排放量/($kg \cdot \text{万元}^{-1}$)	7.485	3.425	0.775	1.115	

理现状、主要问题及建议 3 部分共 38 个题项。

2 环境风险分类与分级

2.1 环境风险分类

根据流域污染源统计数据,采用经济贡献、水资源消耗、环境压力以及环境管理水平 4 个指标,对潭江流域和辽河流域的水污染源进行分析,结果见表 2。从表 2 可看出,印染、造纸、电镀和化工 4 大行业是研究流域的重点行业,这 4 大行业的工业总产值、工业用水量、废水排放量、污染排放当量占调查流域的比例分别为 82.34%、97.99%、90.86% 和 97.86%。由于化工行业种类繁多,结合目前实际环境管理水平和要求,本研究只对化工行业中的制药和石化两大行业进行风险管理研究,因此研究流域的水污染源可分成印染、造纸、电镀、制药和石化 5 大类,每类污染源因排放废水中污染物成分不同而产生不同的环境风险。

印染废水中的污染物主要包括纤维本身含有的杂质和加工所用的浆料、油剂以及残余的染料、化学助剂等^[5],产生的环境风险包括:(1)高色度废水会干扰光线在环境水体中的传播,影响水生生物的光合作用,进而影响生物的生长繁殖;(2)大量高浓度的有机废水排入水体后,消耗水体的溶解氧,从而导致水体呈厌氧状态;(3)直接对水生生物产生毒性。

造纸废水主要含木质素、纤维素、有机酸、填料、涂料、胶料、湿强剂和防腐剂等,还可能含有二氯代酚、三氯代酚和二噁英等高毒致癌物质(AOX)^[6],产生的环境风险包括:(1)木材提取物(如酚类、醇类、树脂酸等)进入废水,会对水生生物产生毒性;(2)漂白废水中的 AOX、二噁英等有机氯化物对生物具有致癌作用;(3)大量不溶性悬浮物进入水体

后,不但会使水体呈厌氧状态,还会阻塞鱼类的鳃,导致呼吸困难,并干扰水生生物的光合作用;(4)高浓度有机废水消耗水中的溶解氧,导致鱼类等水生生物因缺氧而死亡。

电镀废水主要含重金属、氰化物等毒性物质,还可能含添加剂、光亮剂、表面活性剂等^[7],产生的环境风险包括:(1)含氰废水中的氰化物是剧毒物质,在低剂量的情况下就能使鱼类致死;(2)含铬、镍、铜、锌、镉等重金属废水会对水生生物产生毒害,如铬能蓄积于鱼类组织内,可溶性镍盐会损害动物心脏和肝脏且对水中微生物有毒性作用,水溶性镉化合物会使鱼类及其他水生生物死亡;(3)酸碱废水会改变水体的 pH 从而影响水生生物的正常生长;(4)含表面活性剂的废水排入自然水体不但会起泡而降低水体复氧速率,引起水体富营养化,还会抑制甚至杀死微生物,并可能影响其他有毒物质的降解。

制药废水中的污染物多属结构复杂、有毒、有害和生物难以降解的有机物^[8],产生的环境风险包括:(1)药剂及其合成中间体通常具有一定的杀菌或抑菌作用,从而影响水体中细菌、藻类等微生物的新陈代谢,并最终破坏整个水生生态系统的平衡;(2)大量的无机物排入水体时,会使水体盐类浓度增高,造成渗透压改变,对生物造成不良的影响。

石化废水中除含有石油类、硫化物、氨氮、酚和氰化物外,还可能含有苯、醇、醚、醛、酮、有机磷和金属盐类等^[9],产生的环境风险包括:(1)石油类物质漂浮在水面,形成一层薄膜,会阻止空气中的氧溶解于水中,使水中的溶解氧减少,致使水体中生物因缺氧而死亡,并妨碍水生生物的光合作用,从而影响水体的自净作用,使水质变臭;(2)含有微量油污的水用于养殖或灌溉时,会造成土壤孔隙的堵塞,致使农作物坏死,或被生物吸收富集,然后通过食物链进入

表3 部分调查企业废水水质监测结果

指标	印染	造纸	电镀	制药	石化
COD	2 320	8 880	348	3 500	17 000
BOD	750	709.3		1 400	
SS	700	2 400	143	400	
氨氮	7.459	14.200	1.351	62.000	6 800.000
总磷	2.55	0.63	2.72		
硫化物	11.00	0.22			14 000.00
苯胺类	1.47				
挥发酚	0.03	0.08			200.00
色度	1 000			100	
六价铬			82.3		
氰化物			19.1		
Ni			19.5		
石油类					200

人体,危害人体健康;(3)石油类及其分解产物中的一些有毒物质,如苯并芘、苯并蒽及其他多环芳烃,具有急性毒性或潜在的致癌性,会对生物造成直接毒害作用。

部分调查企业废水水质监测结果见表3。

2.2 环境风险分级

在对上述各行业污染源环境风险识别的基础上,针对每个企业的具体情况,如环境管理水平、排污状况以及周围水体保护目标等,可将企业分成自控污染源、监控污染源、严控污染源和特控污染源4个等级,等级越高,管理要求越严格。

自控污染源是指生态风险为一级(即轻微风险)的污染源,这类污染源只需加强内部管理就能降低对环境水体的污染损害。

监控污染源是指生态风险为二级(即低风险)的污染源,这类污染源除了需采取加强内部管理等自控管理措施外,还需通过“加强监管、清洁生产”等措施才能保证对环境受纳水体的损害保持在可接受的水平。

严控污染源是指生态风险为三级(即中等风险)的污染源,由于这类污染源数量相对较多,只有实施更加严格的管理措施如“统一入园、集中治理”等才能确保水环境安全。

特控污染源是指生态风险为四级(即高风险)的污染源,由于这类污染源对环境影响大,为了保持流域水环境的化学完整性、物理完整性和生态完整性,必须采取“限期治理、关停并转”等严厉措施。

3 流域水污染源点源风险管理策略

3.1 自控污染源

自控污染源环境风险管理策略为“加强宣传,达

标排放”,主要包括企业环境行为管理和废水达标管理两方面。

企业环境行为管理包括:在企业内部成立独立的环保科室,并指定专人负责企业的环保工作;成立污染预防小组(由中层领导、一线工人以及监督人员组成),根据生产工艺流程制定污染预防计划;设立污染预防建议征集箱,并对建议进行认真分析和评价,决定是否采纳;在全厂范围开展污染预防培训,让员工知晓所在岗位的操作规范、所用化学试剂对环境的影响以及如何正确使用化学试剂,并建立化学试剂接收、储存和分发管理程序。

企业废水达标管理包括:企业环保负责人定期参加由国家或当地环保部门组织的各种培训,如国家和地方新出台或修订的环保法规、总量减排政策、污染物排放标准以及最新的污染治理技术与规范,掌握所在行业清洁生产审核技能,采用适宜的废水处理工艺,并对排放废水实行例行监测制度,确保废水达标排放。

自控污染源的达标管理属于企业管理的一部分,只要高层领导重视,平时注重员工环保意识培训,不需要增加额外的费用。而且通过规范生产操作、按需投加各种药剂,不但可以节省原辅材料费用、污染治理费用以及排污费用等,还将改善职工的生产和生活环境,降低职工身体健康损害,所以本研究提出的自控污染源环境风险管理策略适用于所有现有和新建的污染源。

3.2 监控污染源

监控污染源环境风险管理策略为“清洁生产,强化处理”。其中,清洁生产包括有毒有害化学品替代和生产工艺改进,如减少或避免有毒有害化学品的使用,实行原辅材料质检制度,指定专人负责原辅材料

的保管和分发;安装自动计量设备和自动进料系统,避免过量使用原辅材料并减少原料泄漏;加强工艺用水管理,实行三级用水计量管理,对取水、排污情况进行监督,并建立管理考核制度。强化处理包括废水分类预处理和深度处理,如实行生产排水清污分流、分质处理、分质回用,根据污水回用对象对水质要求的不同,分别进行适度处理和深度处理。适度处理工艺包括生化、氧化和过滤等,深度处理工艺包括生化、氧化、过滤、活性炭、超滤、消毒和反渗透等。

监控污染源采用清洁生产技术后,提高了资源的利用率,从源头上减少了污染物的产生量。废水经强化处理后,会进一步降低污染物的排放量,因此产生的持续环境效益和经济效益不但会抵消技术改造的短期投入,而且还会随着水价上涨和排污费的加收更加凸显。因此,本研究提出的监控污染源环境风险管理策略适用于所有新建企业和经济效益好、减排空间大的现有企业。

3.3 严控污染源

严控污染源环境风险管理策略为“统一入园,集中治理”。从技术水平、资源能源利用效率、污染物排放、经济效益等方面制定园区企业准入条件,推行园区企业环境报告制度,加强对园区环境统计数据的收集、分析、审核和共享;建设污染源及环境质量在线监控系统,实现环境风险预警指挥系统,实现对园区内企业生产运营的全过程动态监控,制定和完善环境应急预案,建设企业、园区和流域(区域)三级防控体系,定期组织培训和应急演练。并成立清洁生产技术咨询机构,提供咨询服务和现场指导,帮助企业解决清洁生产实施过程中的各种技术难题。园区内企业按照《环境管理体系要求及使用指南》(GB/T 24001—2004)建立、运行环境管理体系(EMS),明确企业环境方针并形成文件,任命专门的环境管理代表,负责实施EMS。

将众多分散的、污染治理水平不一的、环境风险等级较高的企业搬迁入园进行统一管理,最显著的环境效益是通过提供公共污水处理来实现规模经济,不但可以减少环境管理部门的日常执法成本,还可消除企业的违法排污行为,减少环境违法支出,因此本研究提出的严控污染源环境风险管理策略适用于数量多、规模小、相对比较集中的现有企业的统一管理。

3.4 特控污染源

特控污染源环境风险管理策略为“限期治理、关停并转”,在风景名胜、自然保护区、饮用水保护区的企业依法通过关闭、搬迁、转产等方式限期退出。

加大技术改造力度,制定限期治理方案,监测污染物排放,环保部门制定跟踪检查方案,加大对限期治理企业的技术指导和日常监督;对经济贡献小、工艺技术落后、职工环保意识差以及治理无望或治理达标后会出现经营亏损的企业,直接关闭、购买或重组;限期治理后还不能达标或不能满足流域总量控制要求的企业,实行“关、停、并、转”;落实失业员工再就业优惠政策,优先安排劳动技能培训,加强就业引导。

特控污染源通过更新生产设备和加强废水处理能力后,可以提高生产效率和污染物去除效率。此外,通过关停一些经济效益差、环境污染严重的企业,可以腾出环境容量为其他经济效益好的企业提供更大的发展空间,有利于社会经济的优化和可持续发展。因此,本研究提出的特控污染源环境风险管理策略适用于污水治理设施和治理需求不匹配或经济效益差、治理无望的现有企业。

4 结 语

污染源管理是流域水环境保护的根本,现阶段我国的环境管理模式还是问题导向式的,相对于这种“治标不治本”的环境管理模式,环境风险管理是一种基于风险识别的管理模式,风险大小决定了不同的管理策略,因而更加客观和科学。同时,污染源管理还需要政府、企业和公众的共同参与,利用公众的监督力量促使政府和企业履行其社会责任,保证将风险防范措施落到实处。

参考文献:

- [1] 卢静,孙宁,夏建新,等. 中国环境风险现状及发展趋势分析[J]. 环境科学与管理,2012,37(1):10-16.
- [2] 罗春,吴坚,周超平,等. 突发性环境污染事件的环境风险评价和应急措施初步研究[J]. 资源环境与发展,2008(1):17-18.
- [3] 刘仁志,兰冬东,李顺,等. 突发环境污染风险的分区防范研究[J]. 中国环境管理,2011(1):23-27.
- [4] 孟伟,张远,郑丙辉. 水环境质量基准、标准与流域水污染物总量控制策略[J]. 环境科学研究,2006,19(3):1-6.
- [5] U. S. Environmental Protection Agency. Best management practices for pollution prevention in the textile industry[R]. Washington, D. C.: U. S. Environmental Protection Agency, 1996:121-122.
- [6] 王森,张安龙. 国内造纸工业的污染治理现状及解决的方法[J]. 上海造纸,2006(6):61-63.
- [7] 王文星. 电镀废水处理技术研究现状及趋势[J]. 电镀与精饰,2011,33(5):42-46.
- [8] 王洪华,邢书彬,周保华,等. 河北省制药行业污染防治现状及对策[J]. 河北工业科技,2010,27(5):355-360.
- [9] 杨波,戴兵. 石油化工行业产业政策与污染物排放特征探析[J]. 化工进展,2009,29(增刊):505-507.

编辑:贺锋萍 (修改稿收到日期:2012-06-07)