文章编号: 1674- 991X(2011) 01- 0046- 06

面向毒性控制的工业废水水质安全评价与管理方法

胡洪营, 吴乾元, 杨扬, 王华同
清华大学环境科学与工程系, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084

摘 要: 工业废水中含有多种多样的有毒有害污染物, 仅用 COD_{Cr}, BOD_5 等常规水质指标不能客观、准确地评价废水的水质安全性。提出了由常规水质指标、特征水质指标和综合生物毒性指标构成的工业废水水质评价指标体系; 分析了生物毒性检测技术及其在工业废水评价中的应用, 指出利用综合生物毒性进行废水水质安全性管理的必要性和重要性, 并建议将水溞生物毒性测试作为我国工业废水毒性评价的首选方法。总结了国内外废水生物毒性控制标准的研究进展, 指出需要根据我国水环境生物类别、工业废水污染物毒性特征和控制技术水平, 研究、制定适合我国国情的工业废水毒性控制指标和毒性排放标准。

关键词: 生物毒性检测技术; 水溞毒性试验; 毒性排放标准; 毒性减排
中图分类号: X32 文献标识码: A **DOI**: 10 3969/j issn 1674- 991X. 2011. 01 008

Evaluation and Management Methods for Toxicity Control of Industrial Wastewater

HU Hong-ying, WU Qian-yuan, YANG Yang, WANG Hua-tong
Environmental Simulation and Pollution Control State Key Joint Laboratory, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Evaluation and control of toxic pollutants in industrial wastewater is an import issue in the filed of water environmental pollution control. Only measuring quantitative integrated indexes such as COD_{Cr}, BOD_5 is not sufficient for evaluating the safety of wastewater. Industrial wastewater water quality indexes including routine water quality indexes, bio-toxicity indexes and chemical characteristic indexes were proposed. Bio-toxicity tests and their application in industrial wastewater evaluation were discussed. The necessity and importance to carry out wastewater safety management using integrated bio-toxicity method was pointed out. It is suggested that the application of *Daphnia* toxicity tests for industrial wastewater safety evaluation should be the top choice in China. In addition, the progress of wastewater bio-toxicity control criteria at home and abroad was summarized, and it was pointed out that the bio-toxicity control index and toxicity discharge criteria for industrial wastewater which was suitable for China should be established according to water environmental creature type, toxic characteristic of industrial wastewater pollutants and control technology level.

Key words: bio-toxicity tests; *Daphnia* toxicity test; toxicity criteria; toxic control

工业废水中往往含有种类繁多或较高浓度的有毒有害污染物。精细化工废水中含有重金属、氯代苯胺、氯代硝基苯、腈类等数十种有毒有害污染物[1], 而电镀废水中的铬、铜含量高达 50~ 150 mg/L[2-3]。这些有毒有害污染物在工业废水生物处理过程中可毒害微生物, 导致废水生物处理工艺处理效果下降。另

收稿日期: 2010- 10- 19
基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2009ZX07212- 005- 04)
作者简介: 胡洪营 (1963—), 男, 教授, 博士, 主要研究环境生物技术、污水再生处理与安全回用、再生水水质安全评价与保障技术等, hyhu@ tsinghua. edu. cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

一方面, 有毒有害污染物若未经处理或处理不当排入水环境, 将严重威胁人体健康和生态安全。2010年, 福建紫金矿业含铜酸性废水排入汀江, 导致汀江部分江段水中的铜含量高达 0.11~ 0.98 mg/L, pH 降至 4.3~ 6.3, 网箱养殖鱼死亡[4]。因此, 工业废水中有毒有害污染物的评价和控制技术已成为水环境污染防治领域重要和迫切的课题。

目前, 工业废水污染物的评价和控制主要围绕综合指标 (如 BOD_5, COD_{Cr}, DOC, TP, TN 等)和单一有毒有害污染物指标展开。但这些指标均存在一定的局限性。COD_{Cr}和 DOC 等指标能较好地评价废水中有机污染物的含量, 但不能给出有机物种类的信息, 更不能给出这些污染物的毒性、危害性和危害程度。

单一指标一般是根据有毒有害化学物质对环境的污染状况和其毒性来制定的, 但是仅依靠单一物质指标评价工业废水水质安全存在以下不足: 1)废水水质安全保障需控制有毒有害污染物的健康风险和生态风险, 而单一指标一般是依据化学物质对人类的健康影响来制定的, 较少考虑对生态系统的影响; 2)污染物毒性效应差别很大, 在很多情况下仅从浓度水平无法判断污染物毒性的大小; 3)有毒有害污染物种类众多, 对毒性数据不足, 或其毒性没有被认识到的化学物质难以进行控制; 4)不能反映化学物质间的联合作用 (协同、叠加、拮抗等作用); 5)工业生产中制造和使用的化学物质的种类日趋增加, 新的有毒有害化学物质的不断出现将使单一指标越来越多, 由于新的有毒有害化学物质在环境中的浓度非常低, 这会大大增加分析技术的难度和分析费用; 6)单一指标的建立往往是滞后的[5]。

因此, 为了保障水生生态系统安全和人体健康, 需要转变固有的工业废水水质评价和控制理念, 在控制废水中污染物浓度的同时, 重视废水生物毒性管理和排放削减, 对保障水质安全, 保护水生生态系统有重要意义[5]。

笔者针对工业废水水质安全管理需求, 提出了包括综合生物毒性指标、特征水质指标等工业废水水质评价指标体系, 分析了生物毒性检测技术及其在工业废水评价中的应用、工业废水生物毒性控制标准方面的研究进展。

1　面向水质安全管理的工业废水水质评价指标体系

工业废水中的污染物种类繁多, 污染物的物质类型、组成特性 (极性、酸碱性、分子量等)和毒性效应对废水的处理特性及其水质安全有很大影响[6]。因此, 工业废水水质评价不仅需要重视 COD_{Cr}, BOD_5 等常规指标, 也要关注和重视废水中有机物组分的化学性质和生物效应, 即“有机污染物特征指标”和“综合生物毒性指标”。具体水质评价指标体系如图 1所示。

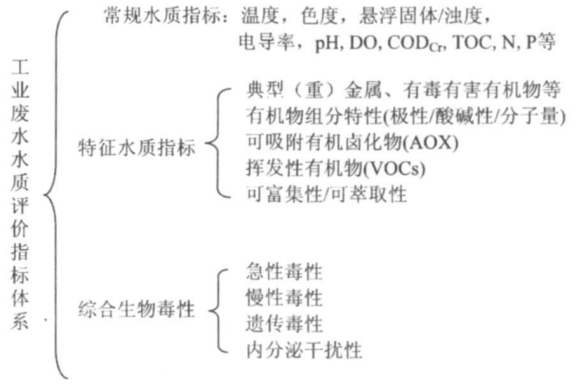

图 1　面向水质安全管理的工业废水水质评价指标体系

Fig 1　Industrial wastewater quality evaluation indexes for water quality management

特征水质指标在关注典型重金属、有毒有害有机物等单一指标的同时, 需要关注极性、酸碱性、分子量等影响废水处理特性的有机物组分指标和可吸附有机卤化物等综合表征废水特征有毒有害污染物的指标。

工业废水中存在多种有毒有害污染物, 可能引起各种复合毒性。生物毒性指标便可用来评价和控制废水中化学污染物的“综合危害”, 保障生物处理工艺稳定运行, 防止污染物危害水生生态环境。目前, 水环境领域关注的综合生物毒性指标主要有急性毒性、慢性毒性、遗传毒性和内分泌干扰性等。

2　生物毒性检测技术及其在工业废水评价中的应用

2.1　生物毒性检测技术

生物毒性检测技术 (Bio-toxicity Tests)是通过评价物质对生物的影响以综合评价其毒性的方法。生物毒性检测技术是工业废水水质安全评价的重要手段, 其可以评价工业废水中未知有毒有害污染物对生物的影响, 也可反映工业废水中众多污染物间复杂的相互作用和污染物的生物可利用性[5]。

生物毒性检测技术将在废水毒性控制和管理中发挥重要作用, 可用于寻求某种化学物质或工业废水

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

对水生生物的安全浓度,为制定合理的水质标准和废水排放标准提供科学依据,也可用于评价废水处理的有效程度,筛选合适的工业废水毒性削减技术[6-7]。

生物毒性检测技术按照毒性指标的不同,可以分成急性毒性检测、慢性毒性检测、遗传毒性检测和内分泌干扰性检测技术等。常见的生物毒性检测技术包括溞类运动抑制/致死试验、发光细菌急性毒性试验、溞类生命周期评价等(图 2)。这些技术受试生物各不相同,体现了对浮游动物(水溞)、鱼类、微生物(藻、发光细菌)等不同营养水平水生生物的保护。因此,在废水毒性评价时需要根据毒性指标类别和保护对象的不同,选择合适的生物毒性检测技术。

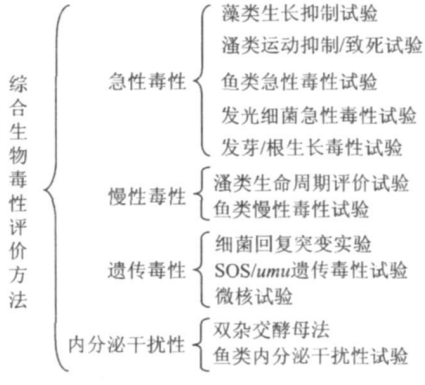

图 2　综合生物毒性检测技术

Fig 2　Methods for bio-toxicity tests

各项生物毒性检测技术在不同国家所处的发展阶段,与各国关注的毒性指标类型和技术发展密切相关。表 1给出了各项生物毒性检测技术列入国内外标准、指南等的状况。美国、德国和 ISO等国家和组织已建立了大量的生物毒性检测技术标准和指南,而我国生物毒性检测技术标准和指南则仍以急性毒性和遗传毒性检测为主,急需建立和健全我国废水生物毒性评价技术规范。

从毒性检测技术类型来看,毒性检测技术关注点呈“急性毒性→慢性毒性→遗传毒性→内分泌干扰性”的发展方向。急性毒性检测技术被许多国家和组织列为标准方法,反映了各国均关注急性毒性指标。慢性毒性、遗传毒性检测技术则被美国、德国等少数国家和组织列为标准,而内分泌干扰性检测技术则仅在美国被列入指南。

从毒性检测的受试生物类别来看,鱼类毒性检测法和水溞毒性检测法因其方法较为成熟、受试生物类别在水生态系统中占据重要地位,被较多国家和组织列入标准和指南。

目前,毒性检测常只评价废水对少数标准种受试生物的毒害作用。美国国家环境保护局要求受试生物种类相对较多,但也仅要求不少于 3种。我国地域广阔,生物多样性丰富,各地区水生生物种类众多且不同地区存在较大差异,废水对各地不同种生物的毒害作用亦各不相同。既使是同一种水生生物,其在不同地区的生长繁殖特性亦不同,废水对其的毒害作用仍存在差异。因此,仅仅评价废水对少数标准种受试生物的毒害作用不能有效反映废水对当地水环境的危害,需要筛选各地区代表性敏感种水生生物,以客观准确评价废水的安全性。

表 1　生物毒性检测技术列入国内外标准、指南的状况

Table 1　Bio-toxicity tests listed in the standards and guidelines in the world

毒性指标	生物毒性检测技术	ISO	OECD	中国	美国	日本	德国	英国
急性毒性	藻类生长抑制试验	●	○	○	●	●	●	●
	溞类运动抑制/致死试验	●	○	●	●	●	●	●
	鱼类急性毒性试验	●	○	●	●	●	●	●
	发光细菌急性毒性试验	●	*	●	●	*	●	●
	发芽/根生长毒性试验	*	*	○	●	*	*	*
慢性毒性	溞类慢性毒性(生命周期评价)试验	●	○	*	●	*	*	*
	鱼类慢性毒性试验	●	○	*	●	*	●	*
遗传毒性	细菌回复突变试验	●	○	○	●	*	●	○
	SOS/*umu*遗传毒性试验	●	○	○	*	*	●	*
	微核试验	●	○	○	●	*	●	●
内分泌干扰性	双杂交酵母法	*	*	*	*	*	*	*
	鱼类内分泌干扰性试验	*	*	*	○	*	*	*

●表示列入标准;○表示列入指导手册;* 表示尚未列入标准或指南;OECD为国际经济合作与发展组织。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在各种生物毒性检测方法中, 水溞毒性检测法具有诸多优点: 1)水溞是水生生态系统重要组成部分; 2)方法灵敏度高; 3)方法耗时较短, 溞类生命周期评价试验仅需 21 d, 而鱼类生命周期评价试验则长达 1 a; 4)既可用于急性毒性评价、遗传毒性评价等, 又可用于全生命周期甚至多生命周期评价(慢性毒性)[8]。因此, 水溞毒性检测法已成为环境污染物生物毒性评价的常见方法, 在许多国家工业废水毒性评价和控制中发挥重要作用。根据我国的实际情况, 建议将水溞毒性作为优先控制指标。

2.2 生物检测技术在工业废水评价中的应用

利用生物检测技术对工业废水进行毒性水平评价, 在国内外已经得到了广泛的应用[9-13]。图 3给出了造纸、石油焦化、化学工业、金属冶炼等工业废水对鱼的 96 h急性毒性[14]。不同的废水有机物含量(COD_{Cr})相近, 但污染物组成差异大, 毒性差异也很大。

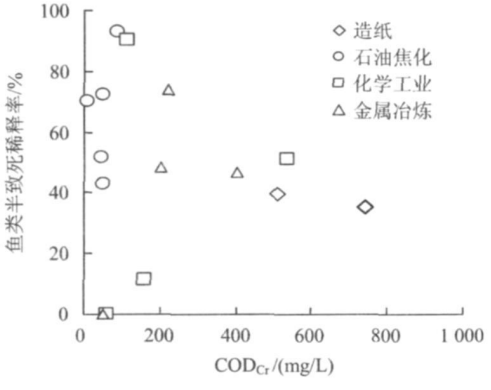

图 **3**　不同行业工业废水的 COD_{Cr}和对鱼类的急性毒性[14]

Fig 3　COD_{Cr} and fish acute toxicity in different industrial wastewater

即使是同一来源的废水, 其经过不同处理阶段处理后, 污染物发生转化, 毒性亦存在显著差别。如污水消毒后, COD_{Cr}等有机物综合指标一般不会发生大的变化, 但发光细菌急性毒性、遗传毒性和抗雌激素活性会明显上升[12, 15]。图 4为污水处理过程中沿程出水对发光细菌的急性毒性[16]。污水经氯消毒后急性毒性迅速增加, 脱除余氯后急性毒性仍高于消毒前, 这表明污水氯消毒过程中生成了有毒有害的消毒副产物。因此, 仅利用常规水质指标不能客观准确地评价废水的安全性。

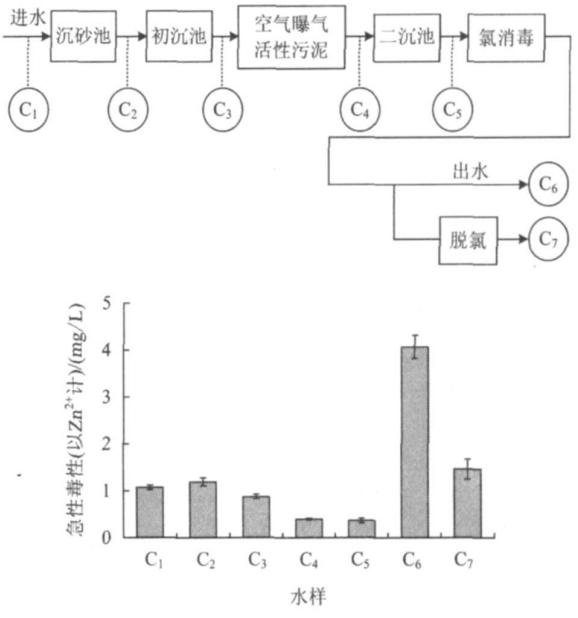

图 **4**　城市污水再生处理过程中发光细菌急性毒性(以 Zn^{2+} 计)变化[16]

Fig 4　Changes of photobacterium acute toxicity during sewage wastewater reclamation treatments

3　工业废水生物毒性控制标准

美国、加拿大、德国等发达国家早在 20世纪七八十年代就已经开始实施废水综合毒性控制, 并制定了相关毒性排放标准[17-19]。这些标准的建立能够有效地督促工业废水处理工艺的改进和优化, 保证工业废水的水质安全, 控制水环境污染和保护水资源。我国自 2008年起对发酵类制药行业废水实施毒性控制管理[20], 而日本、韩国等国家也正在对废水毒性控制的技术和政策问题展开探讨。

各个国家废水毒性控制标准对毒性的表示方法根据其控制侧重点不同, 存在较大差异 (表 2)。对于急性毒性的表征, 我国的标准方法中采用 $HgCl_2$毒性当量浓度, 可形象反映污染物的风险。德国强调无毒性效应, 其采用的最低无效应稀释度直观反映了废水排放到水环境中时需要稀释到什么程度才对水环境生物无不良影响。而美国、加拿大和爱尔兰强调生物半数死亡效应, 但在水样毒性效应小于半数死亡效应水平时则难以确定水样的确切毒性效应水平。因此, 需要根据预期控制目标和实际操作需要, 选择合理、形象、可行的毒性评价方法。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 国内外废水排放毒性控制标准、指南的毒性表示方法

Table 2 Expression forms of bio-toxicity indexes in wastewater discharge regulations or guidelines in the world

国家	急性毒性	慢性毒性	遗传毒性
中国	$HgCl_2$毒性当量浓度	—[1]	—
美国	$100/LC_{50}$[2]	$100/NOEC$[3]	—
加拿大	LC_{50}	EC_{50}[4]	—
德国	最低无效应稀释度	最低无效应稀释度	诱导率
爱尔兰	$100/EC_{50}$	—	—

1)表示尚无相关毒性指标要求。2)LC_{50}为导致受试生物半数死亡时的水样稀释率,%。如水样稀释到原有浓度的 20%时导致 50%的生物死亡,其 LC_{50}为 20%。3)$NOEC$为未导致受试生物发生效应时的水样稀释率,%。4)EC_{50}为导致受试生物半数效应时水样稀释率,%。如水样稀释到原有浓度的 20%时导致 50%的生物发生某效应,其 EC_{50}为 20%。

不同国家不同行业废水毒性控制指标及限值均存在较大差别。德国、美国、加拿大和我国废水排放标准的生物毒性指标限值见表 3和表 4。在德国,化学工业废水对鱼卵、大型溞、藻和发光细菌的最低无效应稀释度需分别小于 2、8、16和 32,经 SOS/*umu* 遗传毒性试验确定的化学工业废水致突变潜能(以诱导率表示)需小于 1.5,该范围在 SOS/*umu* 试验中处于遗传毒性未检出的水平。而在纸浆、皮革、纺织、焦化、钢铁等行业,则仅要求控制废水对鱼卵毒性,其鱼卵最低无效应稀释度限值范围为 2~6。美国国家环境保护局推荐的急性毒性最大浓度基准值为 0.3 TU_a(TU_a为急性毒性单位,即 $100/LC_{50}$),慢性毒性持续控制浓度基准值为 1 TU_c(TU_c为慢性毒性单位,即 $100/NOEC$)。因此,需要根据我国水环境生物类别、工业废水污染物毒性特征和控制技术水平,研究、制定适合我国国情的工业废水毒性控制指标和毒性标准。

表 3 德国废水排放毒性控制标准限值[21]

Table 3 Toxicity limits regulated by wastewater discharge regulation in Germany

项目	对鱼卵非急性毒性[1] (Non-acute-poisonous effect to fish eggs)	对大型溞急性毒性[1]	对藻急性毒性[1]	对发光细菌急性毒性[1]	致突变性潜能(*umu* test)[1]
纸浆生产	2	—[2]	—	—	—
化学工业	2	8	16	32	1.5
废物生物处理	2(2)[3]	(4)[3]	—	(4)[3]	—
皮革和人造皮革生产	2	—	—	—	—
皮毛加工	4	—	—	—	—
纺织品生产和整理	2	—	—	—	—
煤焦化	2	—	—	—	—
废物物理化学处理和废油处理	2	4	—	4	—
钢铁生产					
烧结、生铁脱硫、粗钢生产	—	—	—	—	—
二级冶炼、连续浇铸、热成型、管道热成型	2	—	—	—	—
鼓风炉制生铁和炉渣造粒,带钢冷成型,管道、截面、光亮型钢材和钢丝冷成型,半成品钢和钢制品的连续表面处理	6	—	—	—	—
金属加工					
阳极处理	2	—	—	—	—
酸洗、上漆、电镀玻璃	4	—	—	—	—
电镀(非玻璃)、着色、热浸锌涂料、热浸锡、硬化、印刷电路板、电池生产、机械车间、研磨	6	—	—	—	—
水处理、冷却系统、蒸汽发生	—	—	—	12[4]	—
有色金属生产	4	—	—	—	—
印刷和出版	4	—	—	—	—
洗毛	2	2	—	—	—
废物地面储存	2(2)[3]	(4)[3]	—	(4)[3]	—
橡胶加工和橡胶制品生产	2	—	—	(12)[5]	—
废物焚烧的废气洗涤,燃烧系统的废气洗涤,无机颜料生产,半导体元件生产,基于纤维胶处理和醋酸纤维的化学纤维、薄膜和纱布生产,铁、钢和可锻铸铁铸造,纤维板和涂料生产,氯碱电解,有害物质的使用	2	—	—	—	—

1)对鱼、大型溞、藻和发光细菌的毒性以最低无效应稀释度表示,遗传毒性潜能以诱导率表示;2)表示尚无相关毒性指标要求;3)括号内为与其他污水混合前的限值;4)电厂冷却水;5)括号内为冷却水与其他污水混合前的限值。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　中国、加拿大和美国废水排放毒性控制标准/基准限值

Table 4　Toxicity limits in wastewater discharge regulation or guidelines in China, Canada and U. S. A.

项目	中国	加拿大	美国(US EPA推荐值)
发酵类制药工业	0.07 mg/L[1)]	—	急性毒性最大浓度基准:
金属冶炼或加工	—	50%[2)]	0.3 TU_a[3)]
造纸和制浆	—	50%[2)]	慢性毒性持续控制浓度
其他	—	—	基准: 1 TU_c[3)]

1)中国制药废水毒性指标采用发光细菌法检测,结果以 $HgCl_2$ 毒性当量浓度表示。2)加拿大毒性指标采用虹鳟鱼急性毒性试验检测,结果以导致受试生物半数死亡时的水样稀释率(%)表示。3)急性、慢性毒性试验均需不少于 3个种; TU_a,急性毒性单位,为 100/导致受试生物半数死亡时的水样稀释率,%; TU_c,慢性毒性单位,为 100/未导致受试生物发生效应时的水样稀释率,%。

4　结语

随着水污染治理力度的加大,有毒有害污染物的评价和控制将逐渐成为我国工业废水污染治理工作的重要内容,但是现有研究表明,仅利用常规水质指标不能客观准确地评价废水的安全性。因此,在控制废水中污染物浓度的同时,重视废水生物毒性管理和排放削减,建立基于毒性控制的工业废水水质安全评价及管理方法体系,对有效控制工业废水污染,保障水环境安全有重要意义。

要建立适合毒性控制的工业废水水质安全评价及管理方法体系,应开展以下几个方面的工作: 1)筛选我国各地区水生生态系统的代表性敏感种水生生物,建立和健全我国废水生物毒性评价技术规范,以客观准确评价废水的安全性。其中,水溞生物毒性测试具有灵敏度高、耗时短、可用于急性和慢性毒性评价等优点,在我国工业废水毒性评价和控制中应优先考虑和使用。2)广泛开展工业废水生物毒性评价研究,建立适合我国国情的工业废水生物毒性控制标准和管理方法。

参考文献

[1] 韦朝海,何勤聪,帅伟,等.精细化工废水的污染特性分析及其控制策略[J].化工进展,2009,28(11):2047-2051,2075.

[2] 林文杰.电镀废水的铬污染污染特征及调控[J].环境科学与技术,2010,33(8):156-158

[3] 钟丽琼,温信均.富士万电子厂电镀废水分质处理与回用的对策研究[J].给水排水,2010,33:233-235

[4] 福建省环境保护厅.上杭紫金山金铜矿湿法厂"7·3"污染事件汀江水质监测结果[R/OL].[2010-07-14]. http://www.fjepb.gov.cn/common/FJview.aspx?mid=103&id=7425

[5] 胡洪营,魏东斌,董春宏.污/废水的水质安全性评价与管理[J].环境保护,2002(11):37-38

[6] 胡洪营,赵文玉,吴乾元.工业废水污染治理途径与技术研究发展需求[J].环境科学研究,2010,23(7):861-868.

[7] FISHER D J, KNOT M H, TURLEY B S, et al. Acute and chronic toxicity of industrial and municipal effluents in Maryland, U. S[J]. Water Environ Res, 1998, 70(1): 101-107.

[8] ZHANG X, WARMING T P, HU H Y, et al. Life history responses of *Daphnia magna* feeding on toxic microcystis aeruginosa alone and mixed with a mixotrophic *Poterioochromonas* sp[J]. Water Res, 2009, 43(20): 5053-5062

[9] GARTISER S, HAFNER C, HERCHER C, et al. Whole effluent assessment of industrial wastewater for determination of bat compliance: part 1: paper manufacturing industry[J]. Environ Sci Pollut Res, 2010, 17: 856-865.

[10] GARTISER S, HAFNER C, HERCHER C, et al. Whole effluent assessment of industrial wastewater for determination of bat compliance: part 2: metal surface treatment industry[J]. Environ Sci Pollut Res, 2010, 17: 1149-1157.

[11] ARAúJO C V M, NASCIMENTO R B, OLIVEIRA C A, et al. The use of microtox to assess toxicity removal of industrial effluents from the industrial district of camaçari (BA, Brzail)[J]. Chemosphere, 2005, 58: 1277-1281.

[12] WANG L S, HU H Y, WANG C. Effect of ammonia nitrogen and dissolved organic matter fractions on the genotoxicity of wastewater effluent during chlorine disinfection[J]. Environ Sci Technol, 2007, 41(1): 160-165.

[13] WANG L S, WEI D B, WEI J, et al. Screening and estimating of toxicity formation with photobacterium bioassay during chlorine disinfection of wastewater[J]. J Hazard Mater, 2007, 141(1): 289-294.

[14] 周艳秀,王恩德.典型行业废水生物毒性与污染物浓度关系[J].东北大学学报: 自然科学版,2006,27(8):918-921.

[15] WU Q Y, HU H Y, ZHAO X, et al. Characterization and identification of antiestrogenic products of phenylalanine chlorination[J]. Water Res, 2010, 44(12): 3625-3634

[16] 王丽莎.氯和二氧化氯消毒对污水生物毒性的影响研究[D].北京:清华大学环境科学与工程系,2007.

[17] US EPA. Technical support document for water quality-based toxics control(EPA/505/2-90-001)[R]. Washington DC: Office of Water, US EPA, 1991.

[18] Federation of Law Societies of Canada. SOR/2002-222 Metal mining effluent regulartions[S/OL]. Canadian Legal Information Institute http://www.canlii.org/en/ca/laws/regu/sor-2002-222/53168/sor-2002-222.html#history

[19] Federation of Law Societies of Canada. SOR/92-269 Pulp and paper effluent regulations[S/OL]. Canadian Legal Information Institute. http://www.canlii.org/en/ca/laws/regu/sor-92-269/latest/sor-92-269.html

[20] 环境保护部. GB 21903—2008 发酵类制药工业水污染物排放标准[S].北京:中国环境科学出版社,2008

[21] Waste Water Ordinance AbwV (Ordinance on requirements for the discharge of waste water into waters). Promulagtion of the new version of the waste water ordinance[2004-06-17]. Federal Law Gazette BGBl. I p 1108. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wastewater_ordinance.pdf ▷

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net