

doi: 10.11830/ISSN.1000-5013.201702010



光电产业园区污水处理厂 重金属分布特征分析

林继志¹, 余淑蓉^{2,3}, 张耀瑜³, 洪俊明³

- (1. 华侨大学 科学技术研究处, 福建 厦门 361021;
2. 厦门市中环污水处理有限公司, 福建 厦门 361006;
3. 华侨大学 化工学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 对南方某光电产业园区污水处理厂进水、出水、污泥中重金属污染物(Cu^{2+} , Cr^{2+} , Ni^{2+})排放质量浓度和分布特征进行分析和讨论,并提出光电工业园区污水处理厂污泥处置方式的建议.结果表明:光电产业园区的发展状况和污染物排放之间具有正相关性;工业区污水处理厂生物处理工艺对铜离子具有较好的吸附效果,但是对镍离子的吸附效果较差;工业区应加强对含镍废水的管理.

关键词: 重金属; 污泥; 光电产业园区; 污水处理厂

中图分类号: X 703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2017)02-0184-05

Distribution Analysis of Heavy Metals in Photoelectric Industrial Sewage Plant

LIN Jizhi¹, YU Shurong^{2,3}, ZHANG Yaoyu³, HONG Junming³

- (1. Department of Science and Technology Research, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;
2. General Water of Xiamen Sewage Company Limited, Xiamen 361006, China;
3. Department of Enviromental Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: The emission concentration and distribution characteristics of heavy metal pollutants (Cu^{2+} , Cr^{2+} , Ni^{2+}) in the influent, effluent and sludge of photoelectric industrial sewage plant were analyzed and discussed in this research. Then the suggestion of sludge disposal way of photoelectric industrial sewage plant was proposed. The results showed that the relationship between the developments of photoelectric industry park and the pollutant emission was positive correlated. In addition, due to the high removal efficiency of Cu^{2+} rather than Ni^{2+} , the industrial park should strengthen the management of the sludge disposal containing Ni^{2+} .

Keywords: heavy metals; sludge; photoelectric industrial park; sewage plant

随着光电半导体技术与相关技术的不断突破,光电产业从 20 世纪 90 年代逐渐兴起并快速发展,现已成为 21 世纪最具有发展前景的朝阳产业之一^[1]. 近年来,我国的光电子技术及其产业也得到了较快的发展,“十二五”国家战略性新兴产业发展规划确定了七大重点发展产业,光电产业所涵盖的光通信、精密光学、光电显示、发光二极管(LED)照明、激光红外、光伏等领域均与其密切相关. 因此,许多城市的经济发展规划都把发展光电产业作为当地的重点战略产业和未来经济增长的主导产业^[1]. 光电行业生

收稿日期: 2016-11-10

通信作者: 洪俊明(1974-),男,教授,博士,主要从事水污染控制工程的研究. E-mail: jmhong@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省高校重大产学研项目(2014Y4006); 福建省泉州市科技计划项目(2016Z074, 2016Z075); 福建省厦门市科技计划项目(3502Z20153025, 3502Z20151256)

产过程中需要配套的电镀、蚀刻等生产工艺和配套设施,这造成了工业区污水含铜、镍、铬等重金属排放的问题,其产生的环境保护与治理问题日益受到各方的关注. 重金属是指比重大于 5 的金属,铜、铬、镍、铅、汞等均属于重金属范畴. 铜、镍是维持正常生命活动必需的微量元素,但过多地摄入会对生命体造成危害^[2-3]. 铬作为重要的战略金属元素,在工业领域应用极广,在环境中,铬主要以三价铬和六价铬形态存在,其中,六价铬毒性大,致癌致畸作用强,其污染源和污染防治技术复杂,是国家重点控制的五大重金属污染物之一^[4-5]. 粉末状镍可与一氧化碳化合生成四羰基镍,四羰基镍已被确认是一种致癌物质,它通过呼吸道进入人体后,可导致肺出血、浮肿、脑白质出血、毛细血管壁脂肪变性并发呼吸障碍等症状,并可诱发呼吸系统癌症^[6]. 随着工业区配套污水处理厂的建设和运行,污泥产量急剧增加^[7],但由于污泥中重金属质量浓度高,进入土壤环境中难以被生物分解,却易于通过食物链导致生物富集,其所带来的环境问题一直受到广泛关注^[8-9],这也是污泥资源化的主要限制因素之一^[10-11]. 我国对重金属废水排放标准有严格的规定,GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中对 Cu, Cr, Ni 的排放标准限值分别为 0.50, 0.10, 0.05 mg · L⁻¹. 以福建省为例,在《福建省“十三五”科技创新驱动专项规划》中,明确提出要加紧解决高浓度难降解工业废水处理的技术与设备问题. 本文以南方某光电产业园区高速发展过程中的污水排放和处理情况为例,通过污水处理厂进出水、污泥样品的重金属质量浓度分析,研究工业区发展对污水处理厂运行过程中重金属的质量浓度变化和迁移规律.

1 研究对象及数据来源

南方某光电产业园区,规划面积为 10.68 km²,主要以集成电路、平板显示、LED 等产业为重点,吸引了一批先进制造业及产学研一体化的研发单位,是一个公共配套设施齐全、生产城镇融合的高新技术产业和现代服务业基地. 工业区配套污水处理厂建设规模 25 000 m³ · d⁻¹,主体工艺采用氧化沟,污泥采用一体式离心浓缩脱水机直接脱水,出水水质执行 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级 B 标准,尾水直接排海.

文中采用该工业区配套污水处理厂在工业区高速发展过程中 2010—2015 年的测试数据,对进水、出水、污泥中重金属元素质量浓度和排放现状数据进行分析. 该污水处理厂的工艺流程,如图 1 所示.

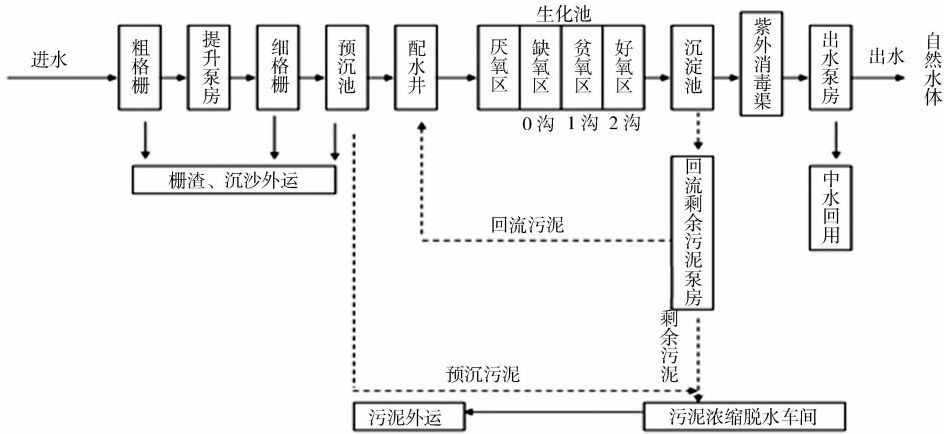


图 1 污水处理厂工艺流程图

Fig. 1 Process flow diagram of sewage treatment plant

2 实验部分

2.1 污泥和污水样本的采集和处理

在污水处理厂的进水、出水和污泥处分别设置采集点. 污泥样本采用每月定期采集脱水污泥,并将取来的污泥自然风干,平铺于硬质白纸板上,压散,除去异物,用四分法缩分至所需量样品. 用玛瑙研钵磨至样品全部通过 80~100 目尼龙筛,混匀,装入称量瓶,放置在干燥器中备用. 污水样本数据采用该污水处理厂进水、出水日常监测点位采样所得的数据.

2.2 污泥重金属检测方法

采用 Mars-5 型密闭微波消解系统(美国 CEM 公司),根据 SW 846-3051 方法,采用逆王水(V(盐酸):V(硝酸)=1:4)进行微波消解.水样中铜的检测分析方法参考 GB/T 7475—1987《水质铜、锌、铅、镉的测定原子吸收光度法》,检出限为 0.05 mg·L⁻¹. 铬的测定采用火焰原子吸收法^[12-13],检出限为 0.03 mg·L⁻¹. 镍的监测方法采用火焰原子吸收分光光度法,检出限为 0.01 μg·mL⁻¹. 实验仪器为 Aanalyst 400 型原子吸收分光光度计(日本岛津公司).

2.3 评价标准

脱水后污泥的农用标准采用 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中污泥农用污染物控制标准(土壤 pH<6.5). 脱水后污泥的园林绿化用泥标准采用 GB/T 23486—2009《城镇污水处理厂污泥处置:园林绿化用泥质》中园林绿化用泥质标准(土壤 pH<6.5).

3 结果与分析

3.1 工业区发展与污水处理厂运行状况

2010—2013 年,光电产业园区的工业产值稳定增长,2013 年,完成工业产值 674.90 亿元,2014 年,工业区全年累计实现产值 822.52 亿元;2014—2015 年,该光电产业园区发展较快,工业产值增加了 22%,工业区进入成熟阶段.

工业区污水厂处理水量(m(水))和污泥量(m(泥))年度变化情况,如图 2 所示. 由图 2 可知:污水处理量逐年增加,污泥处理量呈上涨趋势;污水厂污水污泥处理量可以分为两个阶段,2010—2012 年,污水处理量均在 4 000 万 t 以下,污泥处理量在 900 t 以下,2013—2015 年,污水处理量均达到 7 200 万 t 以上,污泥处理量在 1 400 t 以上;相较于 2012 年,2013 年污水处理量上涨 44.69%,污泥处理量上涨 39.28%. 结合光电产业园区的工业产值变化,说明该阶段工业区内企业生产活动明显地加强;2014—2015 年,光电产业园区的工业产值明显提高,工业区污水污泥处理量大幅增加,进一步显示该阶段光电产业园区取得较快发展.

3.2 工业区污水污泥中铜的质量浓度

工业区污水污泥中铜的质量浓度(ρ(Cu²⁺)),如图 3 所示. 由图 3(a)可知:光电产业园区的污水处理厂进水中铜的质量浓度总体偏高,这是由于工业园区的光电企业配套了一定的电路板生产企业和金属表面处理生产线,这些企业排放了含铜废水,引起工业区内的铜离子质量浓度偏高. 经过该污水处理厂处理后,出水基本满足 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级排放标准.

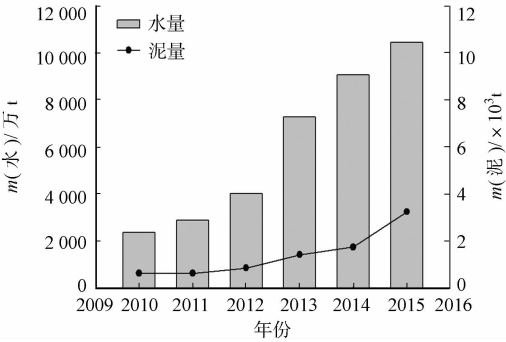


图 2 污水处理厂污水和污泥处理量变化
Fig. 2 Changes of water and sludge in sewage treatment plant

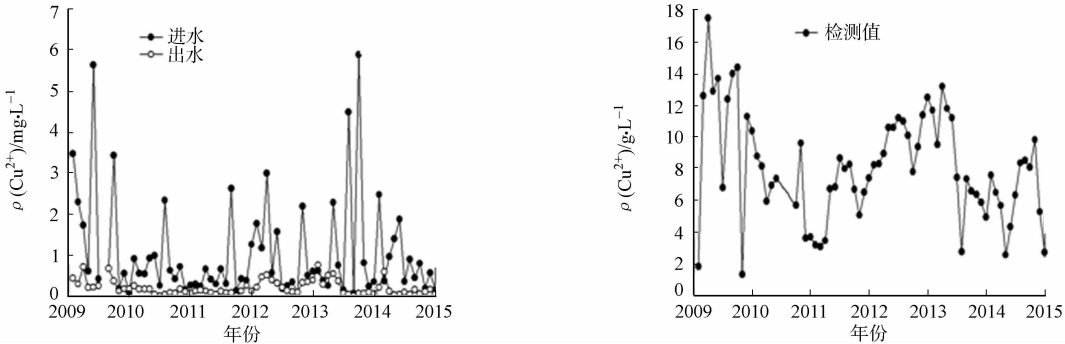


图 3 工业区污水污泥中铜的质量浓度

Fig. 3 Cu²⁺ concentration in sewage and sludge

由图 3(a)还可知:污水处理厂常规生物处理工艺对铜离子的去除率基本上能达到 60%以上. 在常规的污水处理过程中,主要是生物处理过程,重金属的去除原理主要是活性污泥的吸附,包括初沉池中

吸附在固体颗粒上去除和在曝气池与二沉池中通过生物吸附等作用去除. 因此, 污水处理厂对含铜废水有较好的处理效果, 这和张智春的研究结论^[14]相符.

由图 3(b)可知: 工业区污水处理厂污泥中铜的质量浓度普遍较高, 所有监测样本中的污泥铜的质量浓度均远远超过农用污泥和园林绿化用泥容许标准. 因此, 工业区污水处理厂的污泥不能用于污泥的土地利用, 建议采用焚烧法对污泥进行处置.

3.3 工业区污水污泥中铬的质量浓度

光电工业园区的含铬废水主要来自于电镀工艺中的铬钝化、金属表面镀铬工艺的清洗废水, 工业区污水处理厂进出水和污泥中铬的质量浓度($\rho(\text{Cr}^{2+})$)变化, 如图 4 所示. 由图 4(a)可知: 工业区污水处理厂进水中铬的质量浓度较稳定, 普遍不高. 2013—2014 年, 污水中的含铬有上升的趋势, 这可能是由于这阶段处于工业区扩建阶段, 扩建了包括金属表面镀铬在内的生产线, 部分企业的环保设施又没能同步调试完善, 导致工业区污水中铬的质量浓度上升. 从整体来看, 经过该污水处理厂生物处理工艺处理后, 污水厂出水中铬的质量浓度满足排放标准. 由图 4(b)可知: 工业区城市污水处理厂污泥中铬的质量浓度每年都普遍较低, 监测样本中的污泥铬质量浓度基本上能满足农用污泥和园林绿化用泥容许标准.

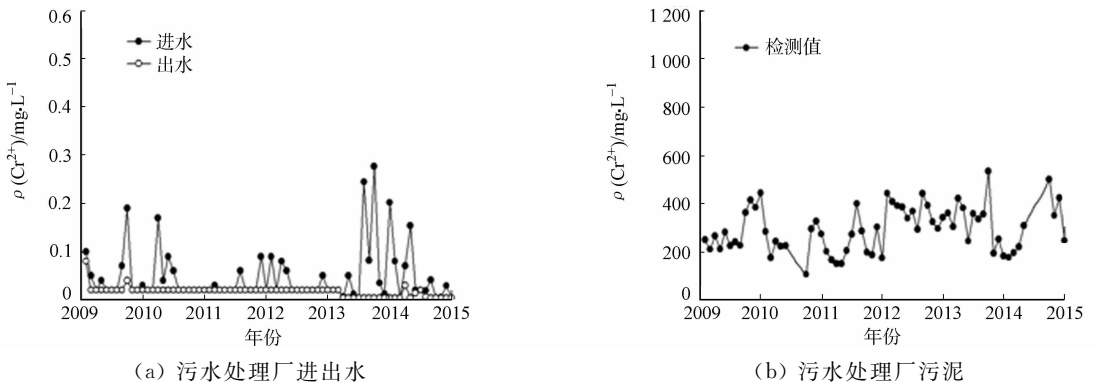


图 4 工业区污水污泥中总铬的质量浓度

Fig. 4 Total Cr^{2+} concentration in sewage and sludge

3.4 工业区污水污泥中镍的质量浓度

光电工业园区的含镍废水主要来自于电镀工艺中的金属表面镀镍工艺的清洗废水. 工业区污水处理厂进出水和污泥中镍的质量浓度($\rho(\text{Ni}^{2+})$)变化, 如图 5 所示. 由图 5(a)可知: 污水厂进水中镍的质量浓度较高, 符合 GB 8978—1996《污水综合排放标准》的标准限值. 经过该污水处理厂生物处理过后, 出水无法达到 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中排放标准 $0.05 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 这说明该污水处理厂的生物处理工艺对镍的吸附效果并不明显. 因此, 针对含镍废水排放比例较高的工业园区, 镍的排放标准应该提高. 由图 5(b)可知: 工业区城市污水处理厂污泥中镍的质量浓度每年都普遍较高, 监测样本中的污泥镍质量浓度基本上不能满足农用污泥和园林绿化用泥 $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 干污泥的容许标准. 因此, 建议采用焚烧工艺进行污泥处置.

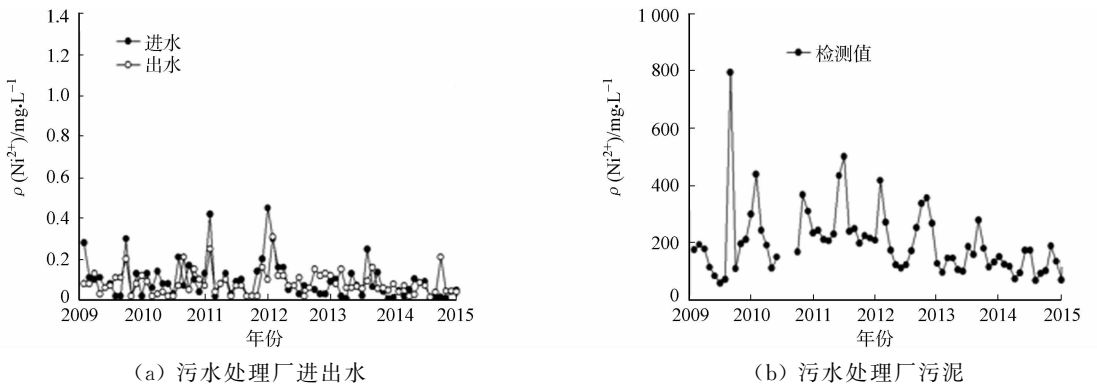


图 5 工业区污水污泥中镍的质量浓度

Fig. 5 Ni^{2+} concentration in sewage and sludge

4 结 论

- 1) 光电产业园区由于生产过程中配套涉及重金属表面处理的生产工艺,因此,废水中铜、铬、镍等污染物排放量较大,为了保障污水处理厂的稳定运行,建议加强产业园区中含重金属废水的前处理.
- 2) 污水处理厂生物处理工艺中活性污泥对污水中铜离子和总铬具有较好的吸附效果,但对镍离子的吸附效果较差,因此,对光电产业园区排放的含镍废水应降低镍的排放质量浓度,保障污水处理厂出水中镍质量浓度的达标.
- 3) 光电产业园区污水处理厂的剩余污泥由于生物的吸附作用,引起污泥中的铜、镍质量浓度较高,超过农用和园林绿化的标准,建议光电产业园区的污泥采用焚烧法处置.
- 4) 由于光电产业园区污水处理厂生物处理工艺并不能实现重金属的去除,只是从水中转移到污泥,因此,园区含重金属废水建议单独处理或者零排放.

参考文献:

[1] 冯招容,黄飞鹏,林晓芳. 厦门光电产业发展研究[J]. 厦门特区党校学报,2006,91(5):62-65.

[2] 邱阳. 含铜废水处理法的研究进展[J]. 污染防治技术,2015,28(3):22-24.

[3] 时圣刚. 重金属对环境与人体健康影响浅议[J]. 安徽农业科学,2013,41(14):6425-6426.

[4] 王谦,李延,孙平,等. 含铬废水处理技术及研究进展[J]. 环境科学与技术,2013,36(12):150-155.

[5] 韩桂琪,王彬,徐卫红,等. 重金属 Cd、Zn、Cu 和 Pb 复合污染对土壤生物活性的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(9):1236-1242.

[6] 任志宏. 重金属废水中含镍废水的处理[J]. 太原科技,2007,2(2):72-76.

[7] 李捷,熊必永,张杰. 城市污水处理厂污泥的处置与农业的可持续发展[J]. 给水排水,2003,29(9):23-25.

[8] BAVEYE P M,MCBRIDE B,BOULDIN D R,*et al.* Mass balance and distribution of sludge borne trace elements in a salt loam following long term application of sewage sludge[J]. *Sci Total Environ*,1999,227(1):13-28.

[9] RICHARD B K,STEENHUIS T S. Effect of sludge processing mode, soil texture and soil pH on metal mobility in undisturbed soil columns under accelerated loading[J]. *Environ Pollut*,2000,109:327-346.

[10] 袁柯馨,孙荣,李玉,等. 城市污泥中重金属形态及资源化可行性分析[J]. 华侨大学学报(自然科学版),2014,35(4):424-429.

[11] 韩云婷,王琼,杨利香. 城市污泥资源化利用的环境风险分析[J]. 广东化工,2014,41(1):109-111.

[12] 苏凌云. 低温逆王水溶样-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铁矿中硫和磷[J]. 冶金分析,2014,34(11):69-72.

[13] 刘益锋,陈广文,黄健,等. 逆王水溶样冷原子吸收光谱法测定铜精矿中的汞[J]. 检验检疫科学,2008,18(3):19-20.

[14] 张智春. 太原市某污水处理厂各工段重金属含量分析[J]. 环境保护科学,2011,37(2):26-29.

(责任编辑: 钱筠 英文审校: 刘源岗)