

电化学处理用于重金属工业园区污水处理工程

侯巧玲, 王 兴, 李兴武, 孔金山
(中禹环境工程<北京>有限公司, 北京 100089)

摘 要: 某重金属工业园区排放的生产废水中含有多种重金属离子,其污水处理工程采用电化学处理工艺。电化学法主要是通过电解絮凝、电解气浮以及电解氧化还原等作用去除水中重金属离子及其他污染物。本项目出水重金属指标满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准。污水厂直接运营成本为3.5元/m³。该工程的工艺流程、设计参数及运营情况可供相关工程参考。

关键词: 工业园区污水厂; 重金属废水; 电化学

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0066-04

Electrochemical Treatment Technology Usage in Wastewater Treatment Plant in Heavy Metal Industrial Park

HOU Qiao-ling, WANG Xing, LI Xing-wu, KONG Jin-shan
(Zhongyu Environmental Engineering <Beijing> Co. Ltd., Beijing 100089, China)

Abstract: The industrial wastewater discharged from a heavy metal industrial park contained many kinds of heavy metals. Electrochemical treatment technology has been used in the treatment processes. In the electrochemical treatment processes, the heavy metal and other pollutants in the wastewater can be removed via units such as electrolytic flocculation, electrolytic air flotation and electrolytic redox. The heavy metal concentration in effluent could meet the class Ⅲ criteria of the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). The direct operation cost of wastewater treatment plant was 3.5 yuan/m³. The combined treatment process, design parameters and operating experience of this plant could be reference for relevant projects.

Key words: WWTP in industrial park; wastewater containing heavy metal; electrochemical technology

1 工程概况

某重金属工业园区内的入驻企业以有色金属冶炼加工、电子设备生产、机电加工等产业类型为主,排放的废水主要是含重金属离子的工业废水,废水排放具有重金属种类多、浓度高,COD、氨氮等生化指标较低,水质水量排放不均匀等特点,因此,污水处理的重点是重金属指标,根据当地环保部门的相关要求,对出水中的重金属污染因子执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准。设计进、出水水质指标见表1。

表1 污水处理工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	铅/ (mg · L ⁻¹)	锌/ (mg · L ⁻¹)	汞/ (mg · L ⁻¹)	砷/ (mg · L ⁻¹)	镉/ (mg · L ⁻¹)
进水	6.5 ~ 10	1.0	5.0	0.02	0.5	0.1
出水	6.5 ~ 9.5	0.05	1.0	0.000 1	0.05	0.005

本工程产生的污泥含有多种有毒物质,经厂内处理至污泥含水率<60%后,运往危险废弃物处置中心进行集中处置。

该工业园区污水处理工程一期设计规模为

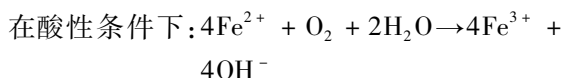
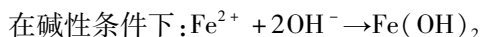
3 500 m³/d,远期规模为7 000 m³/d。

2 工艺流程

本项目水质具有污染因子多、有毒有害性大的特点,且来水水质不均匀,部分时段明显偏酸或偏碱,需要进行有针对性的中和处理。重金属工业废水有多种常规处理工艺,例如沉淀法、氧化还原法、吸附法等^[1,2],本工程在广泛调研及参考类似项目经验后确定采用电化学处理工艺。

电化学法是在电场的作用下金属电极产生阳离子,从离子的产生到形成絮体包括三个连续的阶段:①在电场的作用下,阳极产生电子形成“微絮凝剂”——铁或铝的氢氧化物;②水中悬浮的颗粒、胶体污染物在“微絮凝剂”的作用下失去稳定性;③脱稳后的污染物颗粒和微絮凝剂之间相互碰撞,结合成肉眼可见的大絮体。

电化学法中常用的电极材料为铁,在阳极和阴极之间通以直流电,发生的电极反应如下:



电化学法在处理过程中具有多功能性,除电化学作用外还有电化学氧化和还原、电气浮等作用。

本项目的工艺流程见图1。

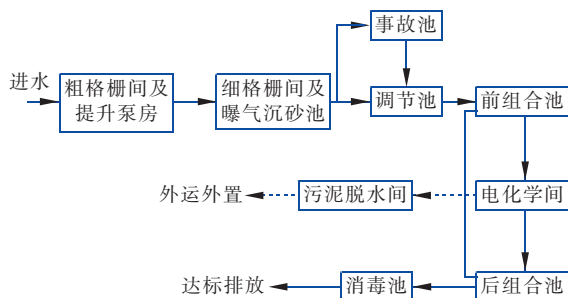


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

含重金属的工业废水首先进入粗格栅及提升泵房,经粗格栅去除较大漂浮物后经潜污泵提升至细格栅和曝气沉砂池,以进一步去除细小漂浮物和无机颗粒物,为后续流程做好预处理。经预处理后的重金属废水进入调节池,进行水质的均化调节,为了应对突发状况,设置了事故池,事故状态下可临时储存重金属废水,再进入后续流程进行处理。

经过调质后的废水由潜污泵提升至前组合池,在前组合池中投加 NaOH 和 PAM。经过预处理后

的废水进入斜板沉淀区进行沉淀,底泥进入与斜板沉淀池合建的污泥沟,由潜污泵将污泥提升至综合设备间的贮泥池,通过螺杆泵压入脱水设备进行脱水干化后由业主方妥善处理;上清液进入电化学处理系统,去除重金属等污染物质,出水进入后组合池,并在后组合池中加入 PAM 进行曝气、絮凝等反应,然后进入后组合池的斜板沉淀区,上清液达标排放,底泥的处理同前组合池所产生的底泥。

经过电化学处理的废水中重金属离子得到有效去除,再经过添加次氯酸钠药剂进一步消毒处理后,即可达标排放。

3 主要构筑物及设计参数

① 粗格栅及提升泵房

粗格栅及提升泵房合建,构筑物尺寸为12 m × 5.35 m,池深为7.1 m。

粗格栅2台,格栅宽度为600 mm,栅条间隙为20 mm。潜污泵3台,其中2台为变频控制,流量为144 m³/h,扬程为120 kPa,功率为8 kW。

② 细格栅及曝气沉砂池

细格栅及曝气沉砂池合建,构筑物尺寸为21.7 m × 4.5 m,池深为4 m。

细格栅2台,格栅宽度为900 mm,栅条间隙为6 mm。曝气沉砂池2座,配置罗茨鼓风机2台,功率为3 kW;砂水分离器1台,功率为1 kW。

③ 调节池和事故池

调节池和事故池合建,尺寸为52.4 m × 20 m,池深为5.3 m,停留时间各为17 h。

调节池和事故池内各设置立式搅拌器1台,叶轮直径为2.5 m,功率为6 kW;事故池内的提升泵流量为144 m³/h,扬程为60 kPa,功率为3 kW。

④ 前组合池

前组合池前段分为三格,废水在前组合池内投加 NaOH 及 PAM 后,依次经过混凝搅拌、曝气、斜管沉淀后再进入电化学设备间。前组合池尺寸为18.9 m × 20.6 m,池深为5 m。

主要设备有框式搅拌机3台,功率为1.5 kW,污泥泵2台,流量为25 m³/h,扬程为100 kPa,功率为1.5 kW;斜板面积为162 m²,斜板间距为80 mm,斜长为1 m,安装角度为60°;桁车吸泥机1台,排泥量为140 m³/h,功率为4.4 kW。

⑤ 电化学间

电化学设备间土建尺寸为21 m × 9 m,主要设

备:电化学成套设备主机4套,单台功率为75 kW,配套8台整流器,每台主机内置48块钢板,尺寸为600 mm×400 mm×10 mm。此外还有污泥泵1台,流量为10 m³/h,扬程为100 kPa,功率为0.75 kW;螺杆空压机1台,风量为8 m³/min,功率为45 kW。

电化学设备间的现场实物图片如图2所示,正中排列的四台设备为电化学设备主机,旁边分列的是整流器。每台电化学设备主机通过给多块钢板加直流电,在钢板之间产生电场,使待处理的水流入钢板的空隙。在该电场中,通电的钢板会有一部分被消耗而进入水中。电场中的离子与非离子污染物被通电,并与电场中电离的产物以及钢板发生反应。在此过程中,各种离子相互作用的结果,通常是以其最稳定的形式结合成固体颗粒,从水中沉淀出来。



图2 电化学设备间实物图

Fig.2 The picture of electrochemical devices

⑥ 后组合池

后组合池的结构形式与前组合池类似,后组合池前段分为三格,在池内投加PAM,依次经曝气、混凝、斜管沉淀等流程,上清液流出进入消毒池进行消毒处理。后组合池尺寸为19.3 m×16.7 m,池深为5 m。

主要设备有框式搅拌机2台,功率为1.1 kW;污泥泵2台,流量为25 m³/h,扬程为100 kPa,功率为1.5 kW;斜板面积为174 m²,斜板间距为80 mm,斜长为1 m,安装角度为60°;桁车吸泥机1台,排泥量为140 m³/h,功率为4.4 kW。

⑦ 接触消毒池

土建尺寸为10.3 m×5.0 m,池深为4.3 m。采用次氯酸钠消毒,配置自动加药系统2套。

⑧ 污泥脱水间

在污泥脱水间外设储泥池1座,土建尺寸为10.3 m×5.0 m,池深为4.5 m。污泥经储泥池浓缩后进入污泥脱水间脱水,污泥脱水间和加药间合建,土建尺寸为37.2 m×16.1 m。将污泥含水率降至60%以下后运至危废处置中心进一步处理。

污泥处理流程分三段:a.污泥浓缩系统,将污泥进行有效浓缩,为后续的压榨调理做准备,主要设备有带式浓缩机2台,带宽为1.5 m。b.污泥调理系统,主要用于给污泥添加药剂,主要设备有固化剂(石灰、三氯化铁)储存及计量投加装置1套。c.污泥压榨清洗系统,此部分为污泥处理的主要工段,经浓缩调理后的污泥在此处被进一步压榨以降低含水率,主要设备有板框压滤机2台,过滤面积为120 m²,功率为13 kW;清洗水泵2台,流量为24 m³/h,压力为19.6 MPa,功率为22 kW;压榨水泵2台,流量为6 m³/h,压力为16.1 MPa,功率为5.5 kW。

4 运行效果

4.1 实际进、出水水质

由于园区内部分企业进驻进度缓慢,另有部分排污企业停产等原因,造成目前进水量偏低,一般为1 000~2 000 m³/d,低于设计标准,实际进、出水水质见表2。

表2 实际进、出水水质

Tab.2 The actual influent and effluent quality

项目	pH 值	铅/ (mg· L ⁻¹)	锌/ (mg· L ⁻¹)	汞/ (mg· L ⁻¹)	砷/ (mg· L ⁻¹)	镉/ (mg· L ⁻¹)	COD/ (mg· L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg· L ⁻¹)	SS/ (mg· L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg· L ⁻¹)	TP/ (mg· L ⁻¹)
进水	6.89	0.5	1.931	0.001	0.387 0	0.050 0	114	26	97	13.55	0.48
出水	8.54	0.011	0.090	0.000 05	0.025 0	0.000 5	10.25	2.06	11	0.51	0.05

实际进水量、水质的波动范围均较大,经过电化学处理装置后出水水质较为稳定,重金属指标能满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准。由于进水中COD、NH₃-N等生化指标

含量本来就不高,因此能获得较好的去除效果。

4.2 运行成本分析

动力费:电耗平均为3.5 kW·h/m³,电价按0.7元/(kW·h)计,动力费为2.45元/m³。

(下转第73页)