

南通市钢丝绳行业污泥处置与利用技术方案研究

武攀峰¹, 吴玉军², 严宇澄¹, 陆 荣^{1,2}

(1. 南通市环境监测中心站, 江苏 南通 226002; 2. 南通市钢丝绳行业污泥废酸资源化中心, 江苏 南通 226006)

摘 要: 通过对南通市钢丝绳行业产生污泥的特征进行分析, 在总结了国内外重金属污泥控制技术的基础上, 结合南通市实际情况, 提出了钢丝绳污泥处置方案, 并进行了可行性分析。

关键词: 钢丝绳污泥; 处置与利用; 重金属控制; 挥发回转窑

中图分类号: X506

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2011)-06-0046-03

Study on Disposal and Utilization of the Sludge from Steel Wire Rope Enterprises in Nantong City

WU Pan-feng¹, WU Yu-jun², YAN Yu-cheng¹, LU Rong^{1,2}

(1. Nantong Environmental Monitoring Central Station, Nantong, Jiangsu 226002, China; 2. The Central Resource Recovery for Sludge and Waste Acid of Wire Rope Industry of Nantong City, Nantong, Jiangsu 226006, China)

ABSTRACT: The technical tactic for the sludge disposal was brought forward according to the characteristic of the sludge discharged from steel wire rope enterprises in Nantong City. First of all, the status quo of the sludge disposal as well as the basic properties was analyzed. Combined with the present conditions in Nantong and the advances in the control of heavy metal pollution in the disposal of sludge, the reasonable sludge disposal scheme was presented.

KEY WORDS: sludge from steel wire rope; disposal and utilization technology; the control of heavy metal pollution; volatile revolving kiln

含重金属污泥处置困难, 现已成为每个城市面临的重大环境问题, 这些污泥侵占了大量土地, 制约当地的经济的发展。然而, 含金属污泥是一种潜在资源, 因而合理地回收利用才是解决问题的关键。南通市位于江苏省东南部, 是全国闻名的钢丝绳之乡, 钢丝绳年产量约占全国总量的 1/3。钢丝绳行业在促进当地经济发展和社会就业中, 发挥了积极作用。据统计, 仅南通经济技术开发区就有钢丝绳企业 290 多家, 年产量 120 万 t, 年销售收入近 60 亿元, 税收 1.2 亿元, 从业人员 1.2 万人。然而, 行业的快速发展也使得周边环境迅速恶化, 严重影响了当地居民的生产生活。钢丝绳行业废水处理产生的污泥(以下简称“钢丝绳污泥”)中重金属含量较高, 处理难度大, 一直以来未找到合适的处置方法, 造成了严重的区域特征性环境污染, 一定程度

上也制约了该行业的发展。

1 钢丝绳污泥产生量及特征分析

1.1 来源与产生量

钢丝绳废水主要来自酸洗和磷化生产工序, 为酸性废水, 内含大量重金属元素, 如铁、铅和锌等, 废水处理方法主要采用氢氧化物沉淀法, 工艺流程见图 1。该方法以石灰乳作为碱性沉淀剂, 加入废水, 通过中和作用使重金属生成不溶于水的氢氧化物沉淀而分离, 形成的这些沉淀物即为钢丝绳污泥, 污泥经板框压滤后进行处置。

收稿日期: 2010-08-11; 修订日期: 2010-09-06

基金项目: 江苏省环保科研项目(2009010), 南通市市级科技计划项目(K2009019)。

作者简介: 武攀峰(1979—), 男, 工程师, 硕士, 从事环境监测与污染防治工作。

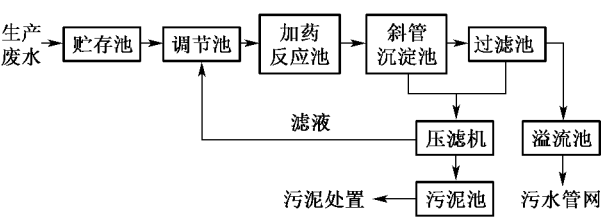


图 1 废水处理工艺流程

这一方法投资少,见效快,操作简便,但是,由

于废水 pH 极低,石灰乳的中和能力弱,致使其消耗量大,产泥量也非常大。据调查,1 t 废水的污泥产生量约在 0.02 t 左右,含水率 80% 以上。按照钢丝绳企业年排放废水总量 100 万 t 计,区内每年产生的污泥量达 2 万 t。

1.2 组成及成分分析

南通市钢丝绳污泥主要化学组成及含量见表 1 所示。

表 1 钢丝绳污泥中主要化学组分分析结果表

$\omega(\text{Pb})/\%$	$\omega(\text{Zn})/\%$	$\omega(\text{Fe})/\%$	$\omega(\text{K})/\%$	$\omega(\text{Na})/\%$	$\omega(\text{P})/\%$	$\omega(\text{Ca})/\%$	$\omega(\text{Cl})/\%$
0.53	2.89	25.6	0.01	0.7	0.80	1.72	4.09
$\omega(\text{Cd})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{Cr})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{Cu})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{Ni})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{Mn})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{Hg})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		
1.2	142	419	31	802	0.23		

由表 1 可以看出,钢丝绳污泥中铅、锌和铁的质量分数较高,分别为 0.53%、2.89% 和 25.6%,它们主要来源于热处理、镀锌、酸洗和磷化等工艺。同时,污泥中还含有较多的 Na、Ca 等元素,这些元素则是在废水处理时,由加入的氢氧化钙等化学药剂产生。其余各类重金属含量均较低。另外,由于酸洗工艺中采用盐酸,使得污泥中氯元素的质量分数较高,达 4.09%。因此,对于钢丝绳污泥而言,如何降低铅、锌、铁 3 种重金属含量,是其能否安全处置的关键。

1.3 处置现状及成因分析

根据实际调查结果显示,区内污泥处置方式主要有以下几种:①由专人收集,送东方红农场露天垃圾场堆放(占 60%);②送砖瓦厂制砖(农场部分企业);③与煤渣等物料混合铺路;④随意堆放或倾倒;⑤由于部分钢丝绳企业废水处理设施存在设计缺陷,污泥沉淀时间不够,因此存在污泥随废水直排的现象。

造成钢丝绳污泥处理困难的原因主要有两个:一是处置成本太高。钢丝绳污泥中含高浓度铅、锌等重金属,按环保要求,必须作为危险废物固化填埋处置,每吨污泥的处理费用高达 2 000 元(不含运输费),企业难以承受;二是目前钢丝绳污泥处理除固化填埋外,无其他经济可行的处理处置方法。

2 污泥中重金属的控制方法

2.1 钝化

该方法是根据重金属不同形态的生物有效性

原理,通过各种钝化技术,改变污泥中重金属形态,减少重金属迁移^[1]。常用的钝化方法有污泥堆肥法、钝化剂法等。污泥堆肥法是在一定的水分、C/N 比 $[\rho(\text{C})/\rho(\text{N})]$ 等条件下,污泥单独或者与其他物料混合,通过微生物发酵作用,将有机物高温分解转变为肥料的过程。堆肥过程使得重金属含量减低,而且使其形态发生变化,水溶态、交换态含量减少,有机结合态含量增加。该方法处理后的污泥,可以作为肥料进行土地利用,但是对原料中有机质含量要求较高。钝化剂法是通过添加钝化剂的方式,将重金属钝化,使之不再溶出。常用的钝化剂有磷酸肥料、硅铝酸盐、石灰等。

2.2 提取

该方法是通过回收污泥中的重金属,使其含量降低。国内外污泥中重金属的回收通常采用浸提回收法。该方法分两步,首先采用选择性浸出方法(如酸浸、氨浸、生物淋滤等)将污泥中的重金属以离子态或络合离子态浸出^[2],然后将浸出液中的重金属元素采用液液萃取、分步沉淀和离子交换等方法进行分离和选择性回收,回收的最终产物为高品位金属单质或相应的高纯度金属盐。但是该方法投资大、操作复杂,需大量强酸碱,在实际工程中难以应用。钢丝绳污泥含水率高,重金属含量相对较低,如果直接采用此法,则浸出剂用量大、效率低,生产成本也偏高。

2.3 热处理

近年来,以热处理方法为代表的重金属回收技

术,以大规模处理优势成为了新焦点。热处理不仅可以使污泥减容减重,同时也可使金属元素在飞灰或灰渣中富集,从而实现有价重金属的回收^[3]。目前,工业化应用的有水泥回转窑、烧结制砖、低温热解等。热处理技术具有显著优势,能够及时消纳污泥,在减量化和无害化的同时,使污泥变废为宝以获取一定的经济利益,具有其他方法无法比拟的优势。但它同时也有一次性建设成本高等劣势存在。为此,热处理技术的选用必须遵循因地制宜的原则,必须根据实际情况进行选择。

3 钢丝绳污泥处置方案分析

钢丝绳污泥产生量大,Zn、Pb和Fe含量较高。根据目前污泥中重金属的常用控制技术,结合南通市实际情况,笔者认为以热处理为代表的回收重金属的资源化技术,是南通市钢丝绳污泥处置的理想方法。其主要优势有两个。

(1) Zn、Pb、Fe是钢丝绳污泥无害化利用或处置的关键限制因素。根据对这3种重金属物理性质的分析可知,Zn的熔点和沸点分别为442.4℃和906.5℃,ZnO的熔沸点非常高,分别为1975℃和1800℃。Pb的熔点为327.5℃,PbO的熔点为886℃。Fe的熔点、沸点都很高,分别为1539℃和2740℃,高温下不易挥发。郭兴忠的综合热分析测试结果及TG曲线显示,4种物质的失重率由大到小为:Zn>PbO>Pb>ZnO^[4]。他认为要实现Zn与体系分离,必须将ZnO还原为Zn,让Zn挥发,再加以收集或再氧化成ZnO收集;而Pb元素以PbO的形式挥发。另外,平衡蒸汽压与物质的挥发性有直接关系。Zn的蒸汽压最大,在一定温度下远大于其他两种重金属,说明Zn极易挥发,并以气态形式存在。在温度900℃的条件下,Zn的平衡蒸汽压为 0.932×10^5 Pa,很容易挥发。因此,利用各金属间熔点、沸点和平衡蒸汽压的不同,采用Zn、Pb高温还原可实现钢丝绳污泥中Zn、Pb与Fe的分离和回收。

(2) 南通市有一家在运行的锌冶炼企业,位于下辖的启东市,离南通市区100多km,利用挥发回转窑工艺从钢厂炉灰(炼铁瓦斯灰和电炉灰)中提炼出ZnO,实现废物资源化。现有厂房1000 m²,直径2.4 m×40 m挥发回转窑炉生产线2条,年处理能力10万t,实际年处理钢厂炉灰5万t,年提炼出氧化锌产品约5000 t,副产品窑渣烧结4.5万t。

工艺流程见图2。

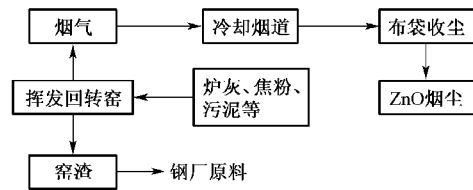


图2 挥发回转窑生产工艺流程示意

钢厂炉灰的主要化学组分见表2。

表2 钢厂炉灰的主要化学组分 %

组分	$\omega(\text{Fe})$	$\omega(\text{Zn})$	$\omega(\text{Pb})$
电炉灰	27.22	13.28	2.96
炼铁瓦斯灰	25.27	10.80	0.86

通过对表1和表2的比较分析可知,钢丝绳污泥与钢厂炉灰的重金属组成均以Fe、Zn和Pb为主,其中,Fe和Pb含量相当,Zn含量差异较大。与钢厂炉灰相比,钢丝绳污泥中锌含量相对较低,约为钢厂炉灰的23%。

综上所述,根据钢丝绳污泥的特性,结合南通市境内锌冶炼企业存在的优势,采用挥发回转窑的热处理技术进行钢丝绳污泥的资源化处置与利用是完全可行的。但是与钢厂炉灰原料相比,钢丝绳污泥中重金属含量偏低,不适合单独进行重金属回收,必须加入混合配料后方可进行。

4 结语

资源化是实现钢丝绳污泥有效处置的关键,体现了循环经济和节能减排的理念,具有极大的现实意义。挥发回转窑处理量大、技术成熟,是目前实现对南通市钢丝绳污泥资源化处置的理想方法。在工业化应用中,钢丝绳污泥与钢厂炉灰的配料比,以及运行参数还需要通过进一步试验确定。

[参考文献]

- [1] CALVET R, BOURGEOIS S, MSAKY J J. Some experiments on extraction of heavy metals present in soil [J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1990, 39(1): 31-45.
- [2] 周立祥,王良梅. 污水污泥中重金属的细菌淋滤效果研究[J]. 环境科学学报, 2001, 21(4): 504-506.
- [3] 张衍国,奉华,邓高峰,等. 城市污水污泥焚烧过程中的重金属迁移特性[J]. 环境保护, 2000(12): 35-36.
- [4] 郭兴忠. 铅锌分离的理论与应用研究[D]. 重庆:重庆大学, 2002.

(本栏目编辑 周立平)