

铬渣处理处置方法的生命周期评价

李 冬, 司继涛, 王洪涛

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要:采用生命周期评价(LCA)的方法对我国目前常用的3种铬渣处理处置方法(固化稳定化、制砖和制玻璃着色剂)进行了评价。通过对这3种不同处理处置全过程的分析和数据的计算,最终得出了1种较优的铬渣处理处置方法——铬渣制玻璃着色剂。

关键词:能量消耗;环境负荷;铬渣;生命周期评价

中图分类号:TQ09

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2006)S1-0298-04

Life cycle assessment on treatment methods for chromium residue

LI Dong, SI Ji-tao, WANG Hong-tao

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Life cycle assessment was adopted to evaluate the treatment methods for chromium residue, which includes solidification / stabilization, brick producing or glass colorant producing. Glass colorant producing was considered to be the satisfactory method for the treatment of chromium residue after the analysis and computation.

Key words: energy cost; environmental loading; chromium residue; life cycle assessment

铬渣是铬盐生产中熟料煅烧后浸取所得到的副产物,目前我国每生产1 t 铬盐约排放1.8~3.0 t 铬渣。我国累积的铬渣堆放量已达3 000 kt 以上^[1-3]。铬渣的露天堆放不仅要占用大量土地,而且其中的 Cr^{6+} 还会对周围生态环境造成严重污染,甚至危及周围居民的健康,并随着水土流失和地下水的运移,污染范围不断扩大,具有极大的潜在危害性。铬渣的治理,主要有无害化处理和综合利用。无害化处理的主要方法有:干法解毒法、湿法解毒法、固化隔离法、高温熔融法、中低温解毒法及埋藏法。由于铬渣含有一定的有用物质,因此,铬渣的综合利用主要是用于建筑材料的生产,例如:生产水泥、水泥矿化剂、代石灰、玻璃着色剂、钙镁磷肥、炼铁、烧砖等^[4-6]。尽管铬渣的处理处置方法众多,但目前对究竟哪一种处理方法更能有效实现铬渣的“减量化、无害化、资源化”仍存在很大的争议,且对铬渣的各种处理处置技术尚无全面的、定量化的评价和比较,这些无疑制约了我国铬渣的优化处理与处置。因此,确定适合我国国情的铬渣处理、处置技术是目前急需解决的问题。

生命周期评价(LCA)是一种对产品、生产工艺以及活动对环境的压力进行评价的客观过程,它通过对能量和物质利用以及由此造成环境废物的排放来进行识别和量化。其目的在于评估能量和物质的

利用,以及废物排放对环境的影响,寻求改善环境影响的机会。由于这种评价贯穿于产品、工艺和活动的整个生命周期,包括原材料提取与加工,产品制造、运输及销售,产品的使用、再利用及维护,废物循环及最终废物弃置等各个环节,因此在国外的各个领域被广泛采用。笔者采用详细型LCA,即通过目的和范围确定、清单分析、影响评价和结果解释4个阶段对铬渣的3种典型处理、处置方式即固化稳定化、制砖、制玻璃着色剂的能量消耗、 CO_2 排放量、 NO_x 排放量、 SO_x 排放量、粉尘排放量以及最终处置废物量进行分析计算,定量对比评价这3种处理工艺的能耗和环境负荷。最终确定1种较优的铬渣处理、处置方式。

1 目标和范围的确定

(1)研究对象为:铬渣的固化稳定化、制砖和制玻璃着色剂3种处理工艺。以某市年产8万t 铬渣的铬盐厂为例。在研究中假定所产生的铬渣全部得到处理。

(2)研究范围包括了从铬渣产生开始,经过运输、产品制备直至最终处理的整个过程。

2 数据清单分析

该研究采用累加法,根据所研究工艺的流程,调

收稿日期:2005-12-02

作者简介:李冬(1976-),女,博士后,从事水污染和水环境恢复方面的工作,010-51774470, lidongzi@emails.bjtu.edu.cn。

查与该工艺相关的能量消耗和环境负荷,然后通过
对数据清单的分析,求出整个工艺过程的能源消耗
和环境负荷总量。

根据对研究目的和详细的工艺过程的调查,认为
为所研究的工艺过程中,主要有:①能量消耗,主要
为运输过程所耗的柴油、处理工艺过程所耗费的煤
及电力;②物料消耗,主要是在处理过程中添加的原
料,如水泥、水、石灰、发泡剂、硫酸亚铁等;③各种污
染物,主要为 CO₂、NO_x、SO_x;④最终处置的废物量;
⑤产品。

2.1 铬渣固化稳定化处理的生命周期评价

2.1.1 铬渣固化稳定化工艺简介

铬渣含有的 Cr⁶⁺ 是强致癌物质,是造成环境污
染的主要原因,因此必需在铬渣中加入适量的还原
剂,在一定条件下,将 Cr⁶⁺ 还原为 Cr³⁺ (Cr³⁺ 是人
体和生物所必须的一种痕量金属元素),然后通过一
定的处理,使之封闭在基材中,称为铬渣的固化稳定
化处理。图 1 所示是铬渣固化稳定化处理典型的工
艺流程示意图。该工艺是将铬渣粉碎后加入一定量
的无机酸或硫酸亚铁,使其中的 Cr⁶⁺ 还原成 Cr³⁺,再
加入相当量的水泥,加水搅拌、凝固,随着水泥的水
化与凝结硬化,铬化合物会形成稳定的晶体结构或
化学键,且被封闭在固体基材中,不易再溶出,从而
达到稳定化和无害化的目的。



图 1 铬渣固化稳定化处理工艺流程

2.1.2 铬渣固化稳定化处理的数据清单分析

对图 1 所示的各个系统的输入和输出数据进行
调查和计算,为了简化该过程,略去各部分的详细流
程图。按子系统调查数据和进行计算,数据均是年
处理量为 8 万 t 铬渣所需的值。

在铬渣固化稳定化过程中主要的能量消耗是药
剂、水、水泥及设备运行所需的电量,环境负荷主要
是稳定化产物的填埋。在固化稳定化后输送到填埋
场的过程中,能源消耗主要考虑运输过程中的能量
消耗。产生的环境污染主要是燃料燃烧对空气的污
染。假设采用载重量为 10 t 的全封闭运输车,假设
铬渣固化稳定化处理厂到填埋场的距离为 30 km。
在填埋过程中,能源消耗主要考虑填埋过程中的能
量消耗,如填埋设备运转所消耗的能量和填埋场的
各种设施所消耗的电能,环境负荷主要是固体废弃
物(100%填埋)。根据上述分析和计算得到表 1 所

示的数据。

表 1 8 万 t 铬渣固化稳定化工艺各环节的环境负荷

项目	固化稳定 化过程	运输到填埋 厂的过程	填埋 过程	汇总
能源消耗				
柴油消耗量/ kt	0	1.7	0.5	2.2
原煤消耗量/ t	0	0	16.4	16.4
电能消耗量/ 10 ⁵ kWh	4.6	0	2.5	7.1
物料消耗				
水泥消耗量/ 万 t	10	0	0	10
硫酸亚铁消耗量/ kt	1	0	0	1
水消耗量/ 10 ⁵ m ³	1.0	0	0	1.0
大气排放物				
CO ₂ 排放量/ kt	0	436.3	0	436.3
NO _x 排放量/ kg	0	535.1	0	535.1
SO _x 排放量/ kt	0	1.3	0	1.3
产品				
稳定化产品质量/ kt	200	0	0	200

2.2 铬渣制砖的生命周期评价

2.2.1 铬渣制砖工艺简介

采用湿法还原解毒工艺,将解毒后的铬渣用于
制造轻质墙砖,其产品性能优良,具有强度高、质量
轻、无干缩、防火、防水、隔热、保温、抗冻融、施工简
便等优良品质,是目前建材领域中的新型环保材料,
具有很好的实用性。设定拟建一座铬渣制砖厂,处
理规模为 8 万 t/a,先对铬渣进行解毒处理,解毒后
的铬渣再进一步制成建材砖。其工艺流程简图如图
2 所示。

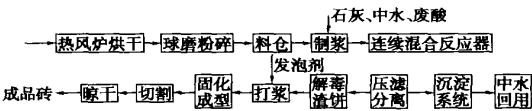


图 2 铬渣制砖工艺流程

2.2.2 铬渣制砖数据清单分析

从铬盐生产厂到铬渣制砖厂的过程中,能源消
耗主要是运输过程中能量的消耗。产生的环境污染
主要是燃料燃烧对空气的污染(如表 2 所示)。从铬
盐厂到铬渣制砖厂的运输车设为 10 t 的全封闭运输
车。假设铬盐厂到铬渣制砖厂的平均距离为 20 km。

表 2 关于柴油的一些基础数据

燃料消耗/	产出 CO ₂ /	产出 SO ₂ /	产出 NO _x /	发热量/	密度/	
km L ⁻¹	kg km ⁻¹	kg km ⁻¹	kg km ⁻¹	kJ kg ⁻¹	kg L ⁻¹	
10 t 卡车	3.5	0.742	0.00091	0.00229	45320	0.836

制砖过程的能耗主要是发泡剂、石灰、机器设备及燃烧添加的助燃剂所消耗的柴油、煤及电力。其环境排放物主要是燃烧产生的烟尘颗粒物、酸性气体(SO_x 、 NO_x 、 CO_2)。由于处理工艺中可以做到中水回用,所以没有废水产生。数据如表 3 所示。

表 3 8 万 t 铬渣在制砖工艺中产生的环境负荷汇总表

项目	铬盐厂到制砖厂	制砖过程	总量
能源消耗			
柴油消耗量/t	468.2	0.0	468.2
原煤消耗量/t	0	4	4
电能消耗量/ 10^6 kWh	0.0	6.9	6.9
物料消耗			
石灰消耗量/kt	0.0	3.2	3.2
发泡剂消耗量/t	0.0	5.2	5.2
水(循环使用)消耗量/ km^3	0.0	480.8	480.8
大气排放物			
CO_2 排放量/t	118.7	3.4	122.1
NO_x 排放量/kg	145.6	35.0	180.6
SO_x 排放量/kg	366.4	80.0	446.4
颗粒物排放量/kg	0	120	120
固体废弃物			
焚烧残渣(质量分数 15%)量/kt	0.0	12.5	12.5
产品			
成品砖产量/t	0.0	0.0	73.9

2.3 铬渣制玻璃着色剂的生命周期评价

2.3.1 铬渣制玻璃着色剂工艺简介

经槽式给料机送至鄂式破碎机粗碎至粒径 40 mm 以下,经过磁力除铁后送至转桶烘干机烘干。热源由燃煤式燃烧炉提供,热烟气经过烘干机与铬渣顺流接触,最后经旋风除尘器及水浴除尘器除尘,再由离心机引风排至大气。烘干后的铬渣用密闭式提升机送到密闭仓内,由电磁震动给料机定量送入磁力除铁器内,除铁后送入悬辊式磨粉机粉碎至颗粒粒径 40 目以上,铬渣粉由密闭管道风送到包装机,包装后作为成品出售。悬辊式磨粉机装有旋风分离器和脉冲收尘器,收集下的粉尘返回密闭料仓。铬渣制玻璃着色剂的工艺流程如图 3 所示。

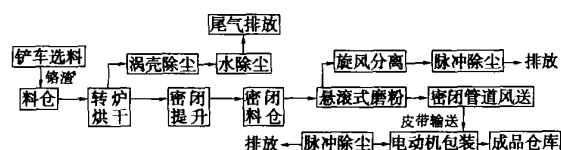


图 3 铬渣制玻璃着色剂工艺流程

2.3.2 铬渣制玻璃着色剂的清单分析

从铬盐生产厂到铬渣制玻璃着色剂厂的过程与铬渣固化稳定化的运输过程相同。制玻璃着色剂过程的能耗主要是机器设备及燃烧添加的助燃剂所消耗的柴油、煤及电力,其环境排放物主要是燃烧产生的烟尘颗粒物和气体(SO_x 、 NO_x 、 CO_2)。详细数据如表 4 所示。

表 4 8 万 t 铬渣在制玻璃着色剂工艺中产生的环境负荷汇总表

项目	铬盐厂到制玻璃着色剂	制玻璃着色剂过程	汇总
能源消耗			
柴油消耗量/t	468.2	0	468.2
原煤消耗量/t	0	4	4
电能消耗量/ 10^6 kWh	0	4.2	4.2
物料消耗			
水(循环使用)消耗量/ km^3	0	500	500
大气排放物			
CO_2 排放量/t	118.7	6.9	125.6
NO_x 排放量/kg	145.6	71.0	216.6
SO_x 排放量/kg	366.4	240.0	606.4
粉尘排放量/kg	0	200	200
产品			
玻璃着色剂产量/kt	0	70	70

3 环境负荷影响评价

在进行评价比较之前,作如下的说明:

(1)在固化稳定化工艺中基本无 CH_4 、 NH_3 、 H_2S 等还原性气体的污染。

(2)在该市的铬渣制砖厂和制玻璃着色剂厂中都有中水回用系统,且回用率很高,所以认为没有废水产生,但在没有中水回用的处理厂,废水的环境负荷不可忽视。

(3)在环境负荷项目中,能源消耗与物料消耗分别进行比较。

(4)对各种环境污染物质,该研究中只选取了比较有代表性,又相对容易获得数据的项目。此外,对烘干和煅烧过程中产生的其他气体缺少相关数据未列出和比较,但其环境影响不可忽略。

3 种处理处置工艺中使用物料的价格如表 5 所示。3 种处理处置工艺的经济效益如表 6 所示。环境负荷如表 7 所示。

表 5 部分物料价格表

烟煤/ 元 t ⁻¹	柴油/ 元 t ⁻¹	水泥/ 元 t ⁻¹	电/ 元 kWh ⁻¹	石灰/ 元 t ⁻¹
300	3.0	200	0.8	500
成品砖/ 元 t ⁻¹	玻璃着色剂/ 元 t ⁻¹	水/ 元 m ⁻³	硫酸亚铁/ 元 t ⁻¹	发泡剂/ 元 t ⁻¹
50	200	1.5	1000	1500

表 6 3 种处理工艺的经济效益比较 万元

	固定稳定化	制砖	制玻璃着色剂
能源消耗	211.9159	826.88	577.45
物料消耗	2055.6	234.9	75.0
建设投资	600	10450	21640
职工规模/人	40	60	80
工资水平/元·月 ⁻¹	900	900	900
设备折旧与人工费	79.2	691.8	1384.4
出售成品的经济效益	0.0	369.5	1400.0
产生的总经济效益	-2188.3	-1384.1	-636.9

表 7 3 种工艺的能耗与环境负荷比较

项目	固定稳定化	制砖	制玻璃着色剂
经济情况			
成本/元 t ⁻¹	293.3	219.20	254.6
总经济效益/元 t ⁻¹	-273.5	-173.0	-79.6
能源消耗			
柴油/kg	2234008	468160	468160
原煤/kg	16405	4000	4000
电力/kWh	710900	6936000	4162525
大气排放物			
CO ₂ /kg	436296	122120	125620
NO _x /kg	535.1	180.6	216.6
SO _x /kg	1346.5	446.4	606.4
粉尘/kg	0	120	200
固体废弃物			
燃烧残渣/t	0	0	12500

4 结语

(1) 从表 7 很明显看出 3 种处置方式的成本高低依次为:固化稳定化>制玻璃着色剂>制砖。这主要是由于铬渣的固化稳定化处理过程中需要使用大量的辅料如水泥,而且由于填埋厂距离市区较远而导致运输费用和填埋的费用很高。与制玻璃着色剂相比,制砖工艺的建设投资较少,综合起来,成本最少。

(2) 3 种处置方式的环境影响主要是通过对空气污染的评价来进行的,综合 CO₂、NO_x、SO_x 的排放量。固化稳定化处理的污染最重,制玻璃着色剂的污染次之,制砖最小。需要指出的是固化稳定化没有粉尘污染,而制砖和制玻璃着色剂均有粉尘污染。

(3) 通过成本分析和环境负荷分析,可以很清楚地看到铬渣制玻璃着色剂处理的总体优势比较明显,与固化稳定化处理和制砖工艺相比,单位成本较少,且环境负荷也相对少,而且还有一定的产品,所以是较好的处置方式。

参考文献

[1] 兰嗣国,殷惠民,狄一安,等. 浅谈铬渣解毒技术[J]. 环境科学研究,1998,11(3):53-56.

[2] 梁爱琴,匡少平,白卯娟. 铬渣治理与综合利用[J]. 中国资源综合利用,2003(1):15-18.

[3] 纪柱. 铬渣的危害及无害化处理综述[J]. 无机盐工业,2003,35(3):1-4.

[4] 郑礼胜,王士龙,李建霞. 渣的稳定化研究[J]. 现代化工,1999,19(3):31-33.

[5] 张敖荣. 铬渣综合利用制水泥[J]. 无机盐工业,1998,30(4):34-35.

[6] 王永增,国武,赵敏. 综合利用铬渣生产彩色玻化瓷砖的试验研究[J]. 中国物资再生,1998,(11):8-9. ■

日本增加原油加工量成品油库存增加

据日本石油协会刚刚公布的统计资料显示,截止 2006 年 7 月 15 日当周,日本炼厂原油加工总量为 428.6341 万 m³,折合日加工量为 385.1644 万桶,比前一周平日加工量增加了 1.55 万桶,日本原油日加工能力仍然为 476.9924 万桶。炼厂原油蒸馏装置平均开工率从前一周的 80.3%上升到 80.6%。

日本石油协会说,截至 2006 年 7 月 15 日当周,日本的石油公司拥有石油炼制产品库存总量 1 102.2518 万 m³,比前一周增加了 0.7970 万 m³;其中煤油库存量为 253.9606 万 m³,比前一周增加了 12.1496 万 m³。汽油库存量 190.4609 万 m³,减少了 10.7148 万 m³;柴油库存量

164.1534 万 m³,减少了 0.3082 万 m³。航空燃料油库存量 69.1624 万 m³增加了 4.0230 万 m³。日本 C 型燃料油库存比前一周减少了 0.2776 万 m³,A 型燃料油库存减少了 4.0750 万 m³。

日本石油炼制半成品和装置原料库存总量 805.4436 万 m³,比前一周下降 4.3787 万 m³;成品油出口总量为 29.1270 万 m³,比前一周下降了 3.7061 万 m³。

日本原油库存量 1 809.2402 万 m³,折合 1.138 亿桶,比前一周降低了 224 万桶。

截止 2006 年 7 月 15 日当周,日本进口汽油 4.3281 万桶,而前一周没有进口汽油。