

废液晶显示屏的环境风险与资源化策略^{*}

庄绪宁 贺文智[#] 李光明 黄菊文 王 华

(同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要 随着液晶显示屏(LCD)的快速普及,废弃 LCD 所引发的环境问题引起人们的广泛关注,采用科学有效的方法对其进行资源化已成为国内外学者的研究热点。分析了对中国废 LCD 的产生趋势,介绍了 LCD 的结构与材料组成并阐述了其潜在的环境风险,总结了当前国内外废 LCD 的资源化技术,并指出目前该研究领域中的问题及后续的研究重点。

关键词 液晶显示屏 环境风险 资源化 策略

液晶显示屏(LCD)具有能耗低、色彩好、无闪烁、无电磁辐射、轻便易携等优点而迅速成为市场热点,随着液晶显示技术的快速发展,LCD 的制造成本不断降低,LCD 正逐渐取代传统的阴极射线管显示屏(CRT)广泛应用于电脑、电视、移动电话等各类显示设备中,其市场占有率逐年提高。

随着 LCD 的快速普及,大量报废的 LCD 逐渐成为废弃电子的重要组成,由此产生的生态环境问题以及废 LCD 的资源化引起人们的广泛关注。笔者分析了我国废 LCD 的产生趋势,基于 LCD 的材料组成阐述了废 LCD 的潜在环境风险,并对其资源化策略进行了评述。

1 中国废 LCD 产生趋势分析

随着电子、电器工业快速发展,层出不穷的技术创新与持续膨胀的市场需求加速了电子产品的更新换代。LCD 作为性能优越的新一代显示产品,其市场占有率呈快速增长态势。图 1 为 2004—2008 年我国液晶电视与液晶电脑显示器年产量变化。

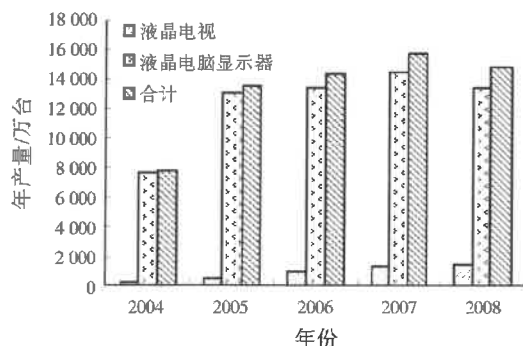


图 1 2004—2008 年我国液晶电视和液晶电脑显示器的年产量

由图 1 可见,液晶电视年产量逐年大幅增加,

从 2004 年的 87.2 万台增加至 2008 年的 1 450.2 万台,5 年增长了近 16 倍;2004 年液晶电脑显示器的年产量为 7 726.5 万台,到 2005 年跃升至 13 076.4 万台,随后 3 年的产量变化不大。

LCD 应用场合不同,其使用寿命存在一定差异,液晶电视的使用寿命一般较液晶电脑显示器的使用寿命长,总体而言,LCD 的使用寿命仅为 3~5 年。如将各类 LCD 的平均使用寿命按 5 年计算,根据前几年我国液晶电视和液晶电脑显示器的产量推测,2008 年开始,将有大量的 LCD 进入报废期,2009 年将有超过 8 000 万台 LCD 报废,随着各类 LCD 报废数量增加,我国将面临严峻的废 LCD 回收处理问题。

2 LCD 的材料组成及其环境风险

2.1 LCD 的材料组成

LCD 主要由液晶显示面板、薄膜集和背光灯模块 3 大部分组成,其中液晶显示面板是 LCD 核心组件,其他各部分均围绕液晶显示面板构建。

图 2 为液晶显示面板的结构简图。液晶显示面



图 2 液晶显示面板结构简图

1—上偏光片;2—附着有滤光片、导电电极及定向膜的上玻璃基板;3—液晶;4—附着有导电电极、定向膜及薄膜晶体管的下玻璃基板;5—下偏光片

第一作者:庄绪宁,女,1986 年生,硕士研究生,研究方向为电子废弃物资源化。[#] 通讯作者。

^{*} 国家科技支撑计划资助项目(No. 2008BAC46J02)

板主要由中间封有液晶的 2 块玻璃基板构成,玻璃基板外侧贴附一层偏光片。在上玻璃基板的下表面附着有滤光片、导电电极及定向膜,在下玻璃基板上表面附着有导电电极及定向膜、薄膜晶体管。

偏光片是一种复合膜,由偏光膜和保护膜组成^[1]。常用的偏光膜是通过在具有高度取向的聚乙烯醇基材上吸附具有二相色性的染料(如碘和一些特别的有机染料)制成,保护膜的主要成分是三醋酸纤维素^[2]。LCD 玻璃基板与普通玻璃相比,具有高热性、高化学稳定性和良好的机械性能等优点,其物质组成与普通玻璃有很大不同。表 1 为国外典型 LCD 玻璃基板的物质组成,其中常用的 LCD 基板玻璃是 Corning 7059^[3]。

表 1 典型 LCD 玻璃基板的物质组成^[1]

类别	SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	碱土金属 氧化物/%	B ₂ O ₃ /%	As ₂ O ₃ /%
Corning 7059	49	7	25	15	1
Corning 1733	57	15	14	12	0
Corning 1724	57	16	22	5	0
Corning 1729	66	19	15	0	0

注:1)以质量分数计。

液晶是具有光动态散射特性的一系列有机物,液晶显示技术就是利用液晶的这种特性来实现显像目的,由于单一液晶材料无法满足复杂的显像需要,因此 LCD 中的液晶为多种液晶的混合物,通常含有 10~25 种液晶材料,这些液晶材料中包含大量氰基、氟、溴、氯等基团。

导电电极的主要成分是铟锡氧化物,定向膜主要由聚亚酰胺或类金刚石碳等组成。滤光片中含有铬、镍、黑铬、铁及其氧化物、钼及其氧化物以及黑色高分子聚合树脂等。晶体管薄膜中主要含有难熔金属,如钽、铬、钼、钨、钛等。

薄膜集是由一系列功能薄膜相互粘结构成,主要包括增亮膜、扩散膜、棱镜金属箔、导光板和反射金属箔等,薄膜集的主要成分为树脂,外层附着有钛、锆、硒、氯等物质。

背光灯模块主要包括荧光灯管和印刷线路板 2 大部分,荧光灯管内含有重金属汞,其发光二极管中含有砷化镓、磷和其他一些重金属物质;印刷线路板则含有铜、铁、锡、铅、铝、镍、铬、镉、金、银等多种金属及多溴联苯醚(PBDE)、多溴联苯(PBB)等含溴阻燃剂。

2.2 废 LCD 的环境风险

从 LCD 的材料组成可以看出,废 LCD 中含有汞、镉、铬、镍、铅、钼等有毒有害金属及硒、砷、PBDE 和

PBB 等有毒非金属物质,如处理不当易对环境造成污染,进而威胁人类健康。液晶作为 LCD 的核心成分,其生态毒性目前尚不明确,但液晶成分复杂且含有氰基、氟、溴、氯等对环境可能产生危害的基团,因此在液晶处置中可能引发的环境生态问题值得关注。

3 废 LCD 资源化策略

废 LCD 中含多种有毒有害物质,处置不当会对生态环境及人类健康带来严重威胁。同时,废 LCD 中还含有金、银、铜、锡、铜、锌等金属以及塑料、玻璃基板等材料,这些物质均具有显著的资源化利用价值。因此,采用科学有效的方法对其进行资源化处理,不仅具有环境效益,同时具有显著的社会经济效益。

基于 LCD 的结构与材料组成,可按图 3 给出的流程对废 LCD 进行资源化处置。

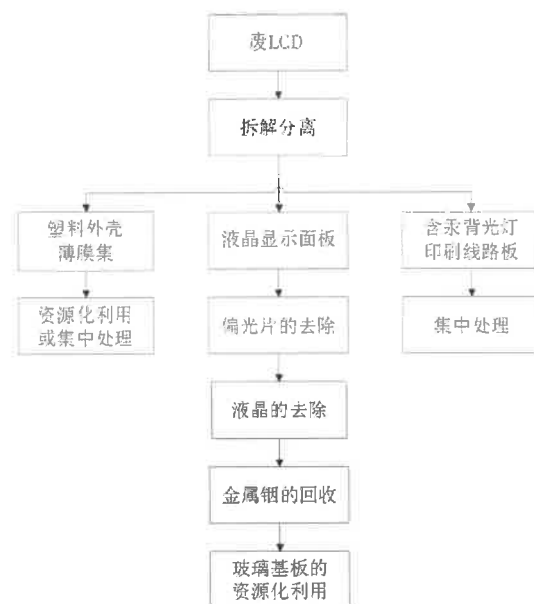


图 3 废 LCD 资源化处置流程

3.1 拆解分离

根据 LCD 的结构,将废 LCD 的薄膜集、液晶显示面板、背光灯模块拆分开,对含汞背光灯、电容等危害性零部件进行专门无害化处理,对液晶显示面板、印刷线路板、塑料外壳和薄膜集等高价部件、高品质材料进行拆除分类,以简化后续材料分离再生过程。

背光灯中含有一定的金属汞,并且背光灯在拆解过程中容易破碎,因此操作中应做好防范措施以免引起汞泄露和汞污染;废印刷线路板的资源化利用技术比较成熟,可通过湿法、干法、火法及生物法等多种技术实现有价值组分的回收利用;塑料外壳及薄膜集主要为高分子有机物,成分比较单一,可分

类集中并回收利用;液晶显示面板因其自身结构及材料组成的特殊性而成为废 LCD 资源化研究的重点和难点。

3.2 废液晶显示面板组成材料的分离

目前,针对废液晶显示面板的资源化研究主要集中在偏光片、液晶、稀有金属(铟)、玻璃基板等组分的分离上。

偏光片是通过胶粘剂粘接、热压等方式与玻璃基板结合,可通过破坏胶粘剂的粘结特性或改变偏光片与玻璃基板之间力学结合特性的方法将其剥离^[4]。丙酮对此类胶粘剂具有一定溶解性,将附有偏光片的玻璃基板浸泡在丙酮溶液中可以实现偏光片与玻璃基板的整体分离^[5]。但这种方法所需时间较长,效率较低。可以利用加热方法使偏光片软化膨胀,进而破坏玻璃基板与偏光片间的粘结性,该方法可以使偏光片的去除率达 90%。加热方法中需要对温度进行严格控制,研究表明,最佳的加热温度为 230~240℃,温度过低不能使偏光片软化、膨胀,温度过高则容易使偏光片内的三醋酸纤维素和聚乙烯醇等物质分解或燃烧产生污染性气体^[6]。

液晶属有机物,易溶于某些有机溶剂。国内液晶处理中,多采用丙酮作为溶剂对玻璃基板间的液晶进行溶解,然后借助丙酮与液晶的沸点差蒸馏分离液晶,分离后所得液晶可以在 1 000~1 200℃下直接焚烧来实现无害化与减量化^[7]。

铟作为一种稀有金属,其开采难度大而需求量却不断增加,因此铟的回收成为废 LCD 资源化的重要内容。LCD 中的铟主要以铟锡氧化物形态结合在玻璃基板的滤光片上,难以通过刮擦、剥离等机械物理方法分离。因此,可以采用化学浸渍法使铟从氧化态转变为离子态而溶于液相中,实现金属铟的分离。

现有的研究中,用于浸渍分离铟的溶液有硫酸与二氧化锰的混合液、硝酸与盐酸的混合液等。浸渍法分离效率相对较高,但分离后酸液中铟的回收难以实现。国外研究人员用盐酸与铟的氧化物反应生成氯化铟,并借助氯化铟的挥发性进行纯化回收^[8]。还有研究人员将聚氯乙烯(PVC)处理与废 LCD 中铟的回收结合起来,巧妙地利用废 PVC 热解时所产生的 HCl 与废 LCD 中铟的氧化物反应,这样不仅减少了 HCl 的排放,缓解 HCl 对设备腐蚀,同时可以回收氯化铟气体,实现了 2 种废弃物的有效利用^[9]。

3.3 废玻璃基板的资源化利用

基于废玻璃基板的高耐热性、高化学稳定性和

良好的机械性能,可以将其用作建筑材料的添加料来实现其资源化利用。研究表明,向混凝土中添加 20%(质量分数,下同)的废玻璃基板不仅能满足混凝土材料的各项建筑性能指标,而且还能增加其强度和耐性^[10,11]。向水泥中添加 10%的废玻璃基板不会影响水泥粘结强度,但当添加超过 10%时则会降低其粘性强度^[12,13]。将废玻璃基板用作添加料制造生态砖、陶瓷及玻璃陶瓷,当添加量为 30%时,制造的生态砖不仅能够满足容重、缩水性、微结构变化等工程指标,还具有低吸水率、低质量损失和高耐压强度等优点;以废玻璃基板为部分原料烧制瓷砖及玻璃陶瓷,其毒性浸出测试满足相关规定,但随着废玻璃基板添加量的增加,瓷砖和玻璃陶瓷在烧制过程中的失重增加,孔隙率增大,为保证产品性能,添加量不易超过 50%^[14-16]。

4 结 语

随着 LCD 的快速普及,大量废弃的 LCD 产生,由此引发的环境问题引起人们的广泛关注,如何采用科学的方法对其进行资源化已成为广大学者的研究热点。目前,在废 LCD 处置及资源化利用上已经取得一些成果,但仍存在大量问题需进行深入研究,具体可概括为以下几个方面:

首先,液晶材料的生态风险尚不明确,液晶材料组成复杂,且含氰基、氟、氯、溴等多种可能对环境产生危害的基团,需开展有关生态风险及生物毒理方面研究,以确定其生态风险。

其次,废 LCD 中的资源化研究目前只停留在铟、玻璃基板等少数组分上,对稀有金属钽、锗及高价值金属钛等的分离回收尚无涉及,因此在后续研究中应适当拓宽研究范围以实现废 LCD 中有价值组分的资源化。

再次,废 LCD 中存在一些目前尚不明确的组分,且随着产品的更新换代,其物质组成不断发生变化。为更好地实现废 LCD 资源化,国家应制定相关政策法规,要求生产者提供详细的产品物质组成信息,并鼓励绿色产品设计,从产品的设计源头考虑废 LCD 的资源化。

参考文献:

- [1] 彭艳. LCD 的偏光片工艺技术[J]. 现代显示, 2005, 12(6): 58-61.

(下转第 105 页)

