

废电池危害及其环境污染风险分析

聂永丰

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)



废电池中含有重金属和酸碱化学物质, 对人体健康和生态环境具有潜在的危害, 加强对废电池的环境无害化管理, 将其对生态环境和人体健康可能产生的环境风险降低到合理的最低水平, 是当前废电池环境管理中的一个重要任务。

科学、正确的认识废电池对环境和人体健康的危害途径和可能产生的环境风险, 是废电池环境无害化管理决策的基础。笔者采用环境风险评价的方法, 对废电池与人体健康及生态环境危害的关系, 解决的方法进行了研究。重点探讨回收废镍镉电池、推进一次干电池无汞化、以及回收废一次干电池对降低环境健康风险的影响。

1 废电池的危害及环境风险

关于废电池对人体健康和生态环境的危害, 目前国内比较流行的说法是: 一节钮扣电池可以污染 600m^3 的水; 即使是一个完全符合标准的低汞电池 (指汞含量小于电池重量 0.025% 的电池), 被扔到 1m^3 水中, 会使水的汞含量超过标准 25 万倍。实际上, 上面所说废电池重金属汞的环境风险, 只有在将废电池破碎, 用酸将金属溶解, 然后投入特定体积的水或土壤中, 并且使确定数量的人饮用后才可能产生。

在各种干电池中, 镉、锰、汞、镍、锌等金属可能引起的重金属污染问题中, 最受关注的两种重金属是镉和汞。镉是一种毒性很大的重金属, 人体接触过多会导致严重疾病。汞同样是毒性很大的物质, 其潜在危害在于汞能够被转化为有毒形态 (如甲基汞或其它有机汞化合物)。目前, 我国废电池除少数城市试点进行单独收集外, 大多数的废电池进入城市生活垃圾, 随其进入到填埋、焚烧、堆肥的过程中。因此, 废电池可能产生的环境污染风险, 主要包括有:

1.1 随城市垃圾收集、处理、处置的环境风险

1.1.1 填埋

废电池中的重金属溶解进入渗滤液, 渗入下面土层和含水层, 直接污染水体或土壤, 或造成周围居民饮用被污染的地下水产生健康问题。国内外的研究表明: 电池中金属不会很快从填埋场中渗滤出来, 在考虑是否应填埋处置废电池时应重点考虑金属总量及特定土壤对金属的吸收、吸附能力等。实验研究表明, 生活垃圾的渗滤液和重金属渗滤液都不能严重影响填埋场衬层。另外, 重金属在粘土中迁移很慢, 很难从具有天然粘土衬层的填埋场中渗入到环境中。

1.1.2 焚烧

金属汞、镉、砷、锌等在焚烧高温下易挥发而被烟气带走, 烟气温度降低时会凝结成为粒径在 $1\mu\text{m}$ 以下粒状物, 产生金属富集程度很高的飞灰并可能造成严重的大气污染。重金属在焚烧体系中的分布和存在形态主要由金属的挥发性决定, 而随烟气排放的重金属速率主要取决于金属挥发性、焚烧废物中重金属的进料量、以及烟气处理系统。重金属进料速率取决于焚烧处理垃圾量和垃圾中所含重金属量。国外对焚烧设施释放物的调查分析发现, 重金属在垃圾焚烧炉中分布特性为: 汞挥发性最大, 镉、锌、镍和铅等金属次之, 而锰、锑、砷、铍和铬等的低挥发性金属多保留于焚烧残渣中, 较少进入烟气。挥发进入焚烧烟气中的汞、镉和铅更易于富集于飞灰中。据美国对危险废物焚烧情况调查表明金属汞具有高挥发性, 约有 36% 释放进入大气; 镉、锌和镍等属半挥发性金属, 焚烧后主要成为颗粒物进入气相, 可通过除尘设施有效去除, 最终释放进入大气比例为: 镉 0.5% ; 锌、镍 0.1% ; 而低挥发性金属锰在焚烧过程中不会剧烈蒸发, 焚烧后主要分布于底灰中, 进入气相的微量金属主要是由于颗粒物夹带造成

的, 约占所有进入焚烧炉0.05%。

1.1.3 堆肥

废电池可能同堆肥产品中的其它成分发生作用, 加速重金属的溶出, 从而增大堆肥产品重金属含量, 甚至超过标准或最终通过食物链富集进入人体, 危害人体健康。

1.2 废电池单独收集、处置和利用中的环境风险

对废电池进行收集无疑可以减轻废电池随城市垃圾收集所带来的环境风险, 但在废电池的收集、贮存、运输、处置和回收利用的各个环节, 如果管理不善还能产生局部的、更严重的污染问题。应该指出, 如果没有高标准的废电池处置设施和资源回收利用技术, 在很多情况下是造成废电池污染环境的重要环节。目前国内废电池的回收利用技术较为落后, 在处理过程中会引起二次污染问题。

2 采用不同废电池管理模式的环境风险分析

虽然我国城市生活垃圾目前主要采用填埋进行处置, 国内外对废电池浸出特性的研究和垃圾填埋场渗滤液中重金属的长期监测数据均表明, 废一次干电池随城市垃圾混合收集并进行填埋处置对环境和人体健康产生的危害风险很小。但鉴于采用焚烧进行处理的比例和废电池的产生量不断增大, 其必然是增加焚烧烟气和飞灰中的重金属含量。

以某一城市风险分析: 该城市主要采用填埋与焚烧相结合的方式处理垃圾, 目前填埋和焚烧垃圾量所占比例分别为74%和10%, 但到2005年将分别为36%和37%。根据调查和预测2001和2005年该城市各类废电池的数据确定出电池中锰、锌、镉和镍等重金属的质量, 废电池中的汞量, 考虑到执行国家九部委对电池含汞量的法规的实际可能情况, 假设2001年有4种可能性, 即分别为0%, 30%, 50%和80%的电池达到低汞电池要求, 其余电池保持原来含汞量不变; 而到2005年, 同样存在4种可能性, 分别为有0%, 30%, 50%和80%的电池实现无汞化, 其余电池均为低汞电池。由此分别计算出的2001和2005年废干电池中汞的质量。

就定量描述废电池中重金属物质对人类健康风险而言, 其危害可特征化为致癌和非致癌效应。某些化学物质, 如重金属镉, 既会产生致癌效应, 又会产生非致癌效应, 而镍、汞、锌和锰等重金属只产生非致癌效应。在分析时保守性假设: 所有随垃圾填埋的废电池中重金属每年有0.05%进入渗滤液, 含重金属的渗滤液有1%直接进入地下水; 随垃圾焚烧的废电池中的重金属进入大气的比例为: 汞: 36%, 镉: 0.5%, 锌、镍: 0.1%, 锰: 0.05%; 暴露人群: 受地下水影响的居民量为10万人;

所有该市民受焚烧排放重金属的影响, 2001年为400万人, 2005年约为415万人。

对不同废电池管理模式产生的健康风险的分析表明

(1) 管理模式1: 废一次干电池和废镍镉电池均不回收, 全部进入城市生活垃圾处理处置系统。由于垃圾中废电池总量的增加和焚烧比例的增加, 2005年时的致癌效应和非致癌效应均超过可接受水平。

(2) 管理模式2: 只回收镍镉电池, 而废一次干电池随生活垃圾收集处理处置。由于废镍镉电池的回收, 不再产生致癌风险, 非致癌性风险也大大降低。随着一次干电池无汞化程度的提高, 废一次干电池与城市生活垃圾一同处理处置的非致癌性风险大大降低。到2005年, 如果市场上销售的一次干电池中有80%为无汞电池, 废一次干电池与城市生活垃圾一同处理处置的非致癌风险即处于可接受水平。

(3) 管理模式3: 通过推进一次电池无汞化控制废电池的环境风险。随着一次干电池无汞化比例的提高, 即便不收集废一次干电池或只有回收少量废一次干电池, 废一次电池随垃圾处理处置产生的健康风险也处于可接受水平。2005年, 无汞电池只需占一次干电池的80%, 所有产生的废一次干电池与城市垃圾混合收集和处理处置的健康风险也处于可接受水平。

(4) 管理模式4: 通过推进废一次电池的回收控制废电池的环境风险。相反, 如果不限制一次干电池中的汞含量, 提高废一次干电池的收集率虽然会降低非致癌风险指数, 但降低幅度不大, 健康风险值仍然超出人体可承受水平。如在一次干电池中无汞电池比例为20%的情况下, 即便废一次干电池的收集率达到40%, 混入城市生活垃圾的废一次干电池在垃圾处理处置过程中产生的健康风险依然处于不可接受水平。

3 结论

镍镉电池的单独回收不但可消除镉引起的致癌风险, 而且大大降低了小型电池的非致癌风险。因此应对废镍镉电池进行重点管理, 强制废镍镉电池的回收利用, 严格禁止废镍镉电池同生活垃圾的混合收集。

就控制废电池随垃圾收集处理产生的健康风险而言, 提高一次干电池无汞化比例远比对废一次干电池进行收集重要得多。随着一次干电池无汞化程度的提高, 废一次干电池与城市生活垃圾一同处理处置的健康风险大大降低。相反, 如果不限制一次干电池中的汞含量, 提高废一次干电池的收集率虽然会降低健康风险, 但降幅不大。■