

生活垃圾强制分类形势下的多源废荧光灯管回收管理机制建议

许言^{1,2}, 董庆银^{2*}, 杨建新¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 清华大学环境学院, 北京 100084)

【摘要】 废荧光灯管的来源广泛, 包括工业来源和社会来源, 社会来源又包括居民来源, 企业事业单位、公共场所等机构来源, 具有多来源的特性。废荧光灯管中含有汞, 若不经妥善处理, 会造成环境污染, 对人的身体健康造成危害。随着国内生活垃圾分类的开展, 废荧光灯管作为生活垃圾中有害垃圾的典型类别被强制分类, 但仍存在很多问题。本文梳理了我国废荧光灯管的产生情况、LED灯替代情况, 并对美国、欧盟、日本和我国国内典型城市的废荧光灯管管理情况进行了总结。针对我国废荧光灯管的回收现状, 从责任主体、责任划分、收集渠道、资金机制等角度提出了相关的管理建议, 为推动我国废荧光灯管的管理提供借鉴。

【关键词】 废荧光灯管; 生活垃圾分类; 管理机制

【中图分类号】 X32

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-6252 (2020) 05-0087-08

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2020.05.087

引言

荧光灯管的发光原理决定了灯管中必须含有少量汞蒸气。即便荧光灯中含有的汞以液态存在, 汞在常温下即可蒸发, 若废荧光灯管随意丢弃并破碎后, 汞会以蒸气形式进入大气。汞是有毒有害的重金属元素, 会造成水污染和土壤污染, 对人的身体健康造成损害^[1,2]。废荧光灯管的来源广泛, 包括工业来源和社会来源, 社会来源又包括居民来源, 企业事业单位、公共场所等机构源^[3,4], 其来源分散, 收集管理存在困难。

目前, 国内外已有一系列关于减少控制荧光灯管中汞的相关政策。《关于汞的水俣公约》于2017年8月16日正式生效。我国作为《关于汞的水俣公约》的最早签署国之一, 按照《关于汞的水俣公约》的履约要求, 逐步淘汰不符合《关于汞的水俣公约》要求的含汞产品^[5,6]。按照2017年8月15日原环境保护部公布的《〈关于汞的水俣公约〉生效公告》, 我国的履约时间为: 自2021年1月1日起, 禁止生产和进出口《添汞(含汞)产品目录》中所列含汞产品(含汞体温计和含汞血压计的生产除外); 2032年8月16

日起, 全面禁止原生汞矿开采^[7]。2017年3月, 国务院办公厅发布《国务院办公厅关于转发国家发展改革委住房城乡建设部生活垃圾分类制度实施方案的通知》(国办发〔2017〕26号), 确定北京、天津、上海等46个重点城市城区范围内先行实施生活垃圾分类, 废荧光灯管作为生活垃圾中有害垃圾的典型类别被要求强制分类。“无废城市”理念是当前全球持续推进废物管理可持续发展的重要途径之一^[8]。2019年5月, 我国“无废城市”建设试点工作正式在16个城市和地区启动。践行绿色生活方式, 推动生活垃圾源头减量和资源化利用是“无废城市”建设试点的六项重点任务之一, 生活垃圾中废荧光灯的管理也成为重点工作之一^[9,10]。

目前, 国内废荧光灯管的回收仍处于初级阶段, 存在诸多问题。随着我国生活垃圾分类收集工作以及“无废城市”建设试点的推进, 有害垃圾中废荧光灯的收集管理问题将会是一项巨大的挑战。本文通过对我国废荧光灯管的管理现状和存在问题进行分析, 借鉴美国、欧盟、日本等国外经验, 从责任主体、责任划分、收集渠道、资金机制等角度提出了相应的政策建议, 为推动我国废荧光灯管的管理提供参考。

资助项目: 国家社会科学基金重大项目“社会源危险废弃物环境责任界定与治理机制研究”(16ZDA071); 清华大学自主科研计划“我国社会源危险废物跨区域协同治理模式研究”(2016THZWX12)。

作者简介: 许言(1988—), 女, 博士后, 主要从事固体废物、危险废物管理与政策研究工作, E-mail: yanxu@rcees.ac.cn。

*** 责任作者:** 董庆银(1984—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事固体废物管理政策与国际环境公约研究工作, E-mail: dongqingyin@tsinghua.edu.cn。

1 概述

1.1 我国废荧光灯管产生量估算

谭全银等^[11]通过市场供给法对我国废荧光灯管产生量的预测结果显示,2020年我国荧光灯管废弃量约22.30亿只(44.6万吨,含汞量约4.05吨),到2030年将降为7.71亿只。随着LED灯的替代,荧光灯管将逐渐退出照明市场。以销量低于销量峰值的20%为退出照明市场算,直型荧光灯管和紧凑型荧光灯管退出照明市场的时间分别为2021年和2028年^[12]。考虑到荧光灯管的使用寿命,预计废荧光灯管的管理需求将会持续一段时间。

1.2 荧光灯管的替代趋势

与传统的照明光源相比,LED灯在相同的照明亮度下能节能至少80%,且具有长寿命、利环保、可回收的优点,是照明光源未来发展的趋势^[12]。根据李金惠^[13]等的研究,2015—2030年,我国LED灯和荧光灯两种照明产品的市场渗透率如图1所示。

近年来,我国LED灯发展很快,市场占有率也在不断增加,但是完全取代荧光灯还需要一些时间^[14]。LED灯组成材料复杂,其中所含的镍、铜、铝等金属,镓、铟、砷等半导体元素,以及固化剂、阻燃剂等有机物均具有不同程度的环境健康风险。同时,在LED的发光芯片中的有价值元素如铟、金和镓可以回收,存在很高的回收价值^[15,16]。

LED灯虽然有重金属和溴代阻燃剂的污染危险,但是也很有资源价值,LED灯芯片中有镓、铟和金可以回收,而废荧光灯回收价值不高。未来可考虑将废LED灯和废荧光灯管采用相同体系进行收集,以减轻

收集运输成本。

按照《中国逐步降低荧光灯含汞量路线图》的要求,目前我国荧光灯管的含汞量已达到履行《关于汞的水俣公约》的要求^[13],且LED灯生产成本较高,因此,荧光灯管不会被LED灯完全替代。根据谭全银^[11]等的研究显示,到2030年仍有荧光灯管不断报废,需要管理。

1.3 荧光灯管管理环节风险分析

荧光灯管是易碎产品,破损可以发生在收集、运输、贮存和处理等各个环节。废荧光灯管不同管理环节的风险分析显示,正常运行回收管理模式下,是会对环境和人体产生危害的;但是当一定数量的荧光灯管破碎时,会对环境和人体产生一定的危害^[13]。各环节存在的风险分别如下:

(1) 收集环节。荧光灯管破损后会对收集地区的水和土壤带来环境风险,以及给收集人员带来健康风险。

(2) 运输环节。荧光灯管破损会导致汞在运输车厢中释放,造成环境风险和运输人员的健康风险。

(3) 贮存环节。贮存车间中发生废荧光灯管破损时,由于贮存车间的密闭性,不利于汞的消散,容易对人体造成急性损伤。

(4) 处置环节。目前,大部分废荧光灯管与生活垃圾混合收集,进行填埋或焚烧处置,仅有少量进行了回收处理。若废弃的荧光灯管同生活垃圾混合填埋,汞可能随着渗滤液和填埋气体释放到周围环境,造成土壤污染和地下水污染;若进行焚烧处理,汞会挥发并产生金属富集程度很高的飞灰从而造成大气污

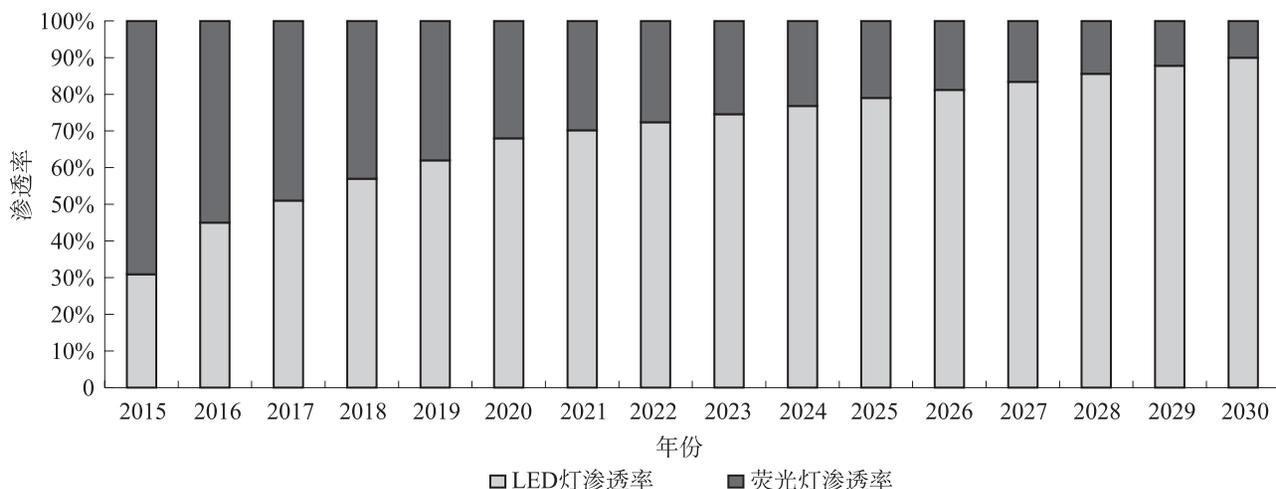


图1 2015—2030年LED灯与荧光灯在我国通用照明市场的渗透率变化

染；若对废荧光灯管进行回收处理，在处理车间会存在释放的汞蒸气，处理后排放的气体也存在一定的污染，需要进行规范的回收处理才不会对环境造成污染。

通过对收集、运输、贮存和处理各个环节的风险分析可以得出，废荧光灯管的管理过程中应采取适当的保护措施，以尽量避免废荧光灯管的破碎。

1.4 废荧光灯管的多源特性

废荧光灯管的来源广泛，包括工业来源和社会来源。其中，工业来源是指在工业生产活动中产生的危险废弃物，社会来源是指家庭源和机构源产生的危险废物。家庭源危险废物是由居民家庭产生的危险废物，机构源危险废物是由公共机构（党政机关、事业单位、社团组织、公共场所管理单位）和企业（宾馆、饭店、购物中心、超市、专业市场、农贸市场、农产品批发市场、商铺、商用写字楼等）等产生的危险废物。需要关注是，社会来源产生的废荧光灯管，因为其具有产生源头复杂分散、单位产生数量较小等特点，导致对其管理困难。目前，公众对其危害性认识不足，缺乏有效的回收管理机制，存在环境安全隐患。文中“多源”的意思指多个使用来源。

2 国外废荧光灯管管理

2.1 美国

美国国家环境保护局（EPA）将废荧光灯管定为危险废物种类中的一般废物^[17,18]。美国联邦法规（CFR）的第40章第273部分为联邦一般废物（Universal Waste）管理标准，适用于四种类型的一般废物：电池、杀虫剂、含汞设备、灯具。

EPA的《一般废物法规》（Universal Waste Rule）简化了各种机构产生的以上四种类型的危险废物的管理标准，其目的是促进一般废物的收集和再循环，减轻收集者、运输者及处理者的负担。

同时，《一般废物法规》规定，满足一定条件的废荧光灯管不再属于危险废物，其收集、贮存、运输及处理可按照非危险废物的管理要求进行。符合条件的废荧光灯管主要有家庭产生的废荧光灯管、月产生量小于100kg的（危险废物）单位所产生的废荧光灯管、送往州级有资质的市政填埋场进行处理的废荧光灯管及送往州级有资质的汞回收公司进行处理的废荧光灯管四类。

联邦层面的《一般废物法规》主要对工商企业、

学校、州政府和地方政府等产生的废荧光灯管提出管理要求。同时，一些州也出台了州级《一般废物法规》，部分州对家庭和小型商业机构产生的废荧光灯管也提出了管理要求。例如，马萨诸塞州的《汞管理法》要求，从2008年起禁止含汞废荧光灯管填埋或焚烧；商业机构应将破碎的废荧光灯管储存在带有“一般废物—废荧光灯管”标记的箱子中，在一年内交给授权的废荧光灯管回收公司；家庭产生的废荧光灯管可交投给市政家庭危险废物设施或提供收集服务的零售店。

2.2 欧盟

荧光灯管属于电气电子设备（Electrical and Electronic Equipment, EEE）的一种。在欧盟，废荧光灯管适用报废电气电子废物（Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE）管理相关法规^[19,20]。欧盟于2003年发布了《关于报废电气电子设备的指令》（简称WEEE I指令，2002/96/EC），其核心是通过生产者责任延伸制度加强电子废物回收管理。其中，废荧光灯管被明确列入第5类照明设备（含6种产品）纳入回收管理。2012年欧盟发布了第二版WEEE指令（简称WEEE II指令，2012/19/EU），对报废电气电子设备分类以及收集率目标等内容进行了修订。其中，2012年8月13日至2018年8月14日被定义为指令实施的过渡期，在过渡期废荧光灯管仍被列入第五类照明设备。2018年8月15日之后扩大了产品的范围，废荧光灯管被列入第三类照明设备—灯具。

欧盟在废荧光灯管回收管理方面建立了较为完善的收集体系和资金机制，取得了较好的效果。在法律制度方面，针对社会源废荧光灯管实施生产者责任延伸制度，并明确了责任主体，例如：①当向市场投入新产品时，分销商应负责至少以1:1的比例免费回收同种类型同种功能的报废产品；②在电子电气设备销售区域面积不低于400平方米的零售店，分销商应向消费者免费提供回收服务，并且不要求其购买新的同类设备。在收集体系方面，针对社会源尤其是家庭源废荧光灯管建设了多元化的收集渠道，如零售店、市场、移动收集车收集点。在资金机制方面，荧光灯的生产商必须在法律上承担起支付报废荧光灯回收费用的责任。在意识提高方面，长期开展宣传教育活动，促进废荧光灯管的回收。

2.3 日本

根据日本《废弃物处理法》，日本将固体废物分

为两类：一类是伴随企业活动产生的废物，称为产业废弃物，由企事业单位负责收集处理并承担费用；另一类是产业以外，居民家庭生活产生的废弃物，称为一般废弃物，由市政部门收集处理，并由政府部门负担费用。具有危险特性的废物称为特别管理废弃物，废荧光灯管因含有重金属汞而被归为特别管理废弃物。

产业废弃物和一般废弃物进行管理遵从不同管理机制，并通过法律条款明确废物回收处理责任和责任方。同时，日本针对每类废物制定不同的收集和处方案案指南，并有配套的指定回收网点和移动回收设施，同时注重推进生活垃圾分类知识普及和宣教。

对于一般废弃物中的废荧光灯管，政府部门设置回收点并安置回收装置，进行详细的登记，委托专业的回收公司每月或每两个月运走。费用由政府部门从“垃圾收费制财政收入”中支付。对于产业废弃物，主要是企事业单位与回收处理单位达成合作关系。由于这类废弃物的回收处理需要企事业单位支付资源再生处理费用，因此实施回收再生处理的企业不是很多，目前回收的废弃物基本都是获得 ISO14001 认可企业排放的，其他单位的废弃物去向不明。

国外发达国家对废荧光灯管的回收管理分析见表 1。不同的国家或地区对废荧光灯管的管理各有不同。在法律法规上，美国废弃荧光灯管主要按照一般废物进行处置，日本按照特别管理废弃物处置，而欧盟律法则主要针对家庭源的废荧光灯管进行处置。在资金机制上，美国主要由政府承担资金，欧盟则要求荧光灯管的生产商必须在法律上承担起支付报废荧光灯管回收费用的责任，日本则由政府和企事业单位分别付费。在收集体系上，按照不同来源收集方式也各不相同，如由回收公司收集、设立回收点收集等。

3 国内废荧光灯管管理现状

3.1 国内法规

2020 年 4 月修订通过的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第四章第四十三条规定：县级以上地方人民政府应当加快建立分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的生活垃圾管理系统，实现生活垃圾分类制度有效覆盖。第四章第五十八条规定：县级以上地方人民政府应当按照产生者付费原则，建立生活垃圾处理收费制度。县级以上地方人民政府制定生活垃圾处理收费标准，应当根据本地实际，结合生活垃圾分类情况，体现分类计价、计量收费等差别化管理，并充分征求公众意见。

根据《国家危险废物名录》规定，“生产、销售及使用过程中产生的废含汞荧光灯管及其他废含汞电光源”为第 29 类危险废物（HW29 含汞废物，行业来源为非特定行业，废物代码 900-023-29）。

2019 年 12 月，生态环境部发布了《关于公开征求〈国家危险废物名录（修订稿）〉（二次征求意见稿）意见的通知》（环办便函〔2019〕345 号），该名录中“危险废物豁免管理清单”指出，家庭日常生活或者为日常生活提供服务的活动中产生的废荧光灯管如果未分类收集，则其全部管理环节可不按危险废物管理；如果将其从生活垃圾中分类收集，其豁免条件为根据各市、县生活垃圾分类要求，纳入生活垃圾分类收集体系进行分类收集，仅包括从零散分类投放点收集转移到所设定的集中暂存点的过程，运输工具和暂存场所满足分类收集体系要求，此时其收集过程不按危险废物管理。

根据《国务院办公厅关于转发国家发展改革委住房城乡建设部生活垃圾分类制度实施方案的通知》（国办发〔2017〕26 号），有害垃圾必须作为生活垃圾强制分类的类别之一。其中，有害垃圾主要品种包括废电池

表 1 国外发达国家对废荧光灯管的回收管理分析

国家	来源	法律法规	法律规定	收集体系	资金机制
美国	家庭生活类	《一般废物法规》	满足一定条件的废荧光灯管不再属于危险废物，简化管理	授权的废荧光灯管回收公司	政府付费
	企事业单位类			交给市政家庭危险废物设施或提供收集服务的零售店	
欧盟	家庭生活类	《关于报废电气电子设备的指令》（2012/19/EU）	通过生产者责任延伸制度加强电子废物回收管理	多元化的收集渠道，如零售店、市场、移动收集车收集点	荧光灯的生产商必须在法律上承担起支付报废荧光灯回收费用的责任
日本	家庭生活类	《废弃物处理法》	属于特别管理废弃物	政府部门设置回收点	政府付费
	企事业单位类			回收再生处理单位回收	企事业单位付费

(镉镍电池、氧化汞电池、铅蓄电池等)、废荧光灯管(日光灯管、节能灯等)、废温度计、废血压计等。

3.2 国内典型城市

从2018年开始,国内大部分城市陆续发布了生活垃圾分类的相关文件,其中涉及有害垃圾包括废荧光灯管的收集处理。本文对国内典型城市如北京、上海、广州等地区的废荧光灯管的回收管理现状进行了梳理^[21-30],详见表2。

(1)法律法规。目前对废荧光灯管的回收管理大都是依据各地区的生活垃圾分类管理的各项规定。

(2)责任主体。为明确责任主体,各城市都设立了管理责任人机制,且按照家庭源、机构源等划分为多个管理区域,并明确了不同的管理责任人和管理职责,对不同源头的废荧光灯管等多渠道进行回收。其中,以北京市为例,划分城市、农村、机关、公共建筑、机场、河湖等十大类区域,明确了各自的管理责任人。其目前存在的问题是职责分工不够具体,如未明确从社区到暂存点运输阶段的责任人。

(3)设施设置。配备了专用的有害垃圾回收箱收集废荧光灯管,同时要求打包固定,或交给有资质的企业,或设立有害垃圾回收日,定时定点回收,但部分城市对废荧光灯管收集运输过程中的风险未关注。

(4)运输处理。废荧光灯管的运输都交由有资质的企业。运输过程应遵守国家有关危险废物转移和运输管理的相关规定,并由具有危险废物处置经营许可证的单位进行处置。

(5)付费机制。都采取了产生者付费的原则,存在的问题是相关细则尚未出台。只有上海、广州有较为详细的规定。其中,上海市提出了生活垃圾分类专项补贴政策,规定了对生活垃圾分类示范街镇和可回收物回收服务点、中转站进行资金补贴,资金来源为市节能减排专项资金。2017年9月上海市绿化和市容管理局还发布了《上海市单位生活垃圾处理费征收管理办法》,要求本市产生生活垃圾的国家机关、企事业单位、社会团体、个体经营者等,均应缴纳单位生活垃圾处理费。广州市对城市生活垃圾处理收取费用,收取范围是:本市行政区域内(不含农村地区)

表2 国内典型城市废荧光灯管管理分析

城市	法律法规	责任主体	设施设置	投放/收集	运输与处理	付费机制	其他
北京	《北京市生活垃圾管理条例》(2019年12月8日)	管理责任人制度	单独的有害垃圾收集容器	“桶换桶”或“桶车对接”的方式	应取得收集、运输经营许可	产生者付费	-
上海	《上海市生活垃圾管理条例》(2019年2月19日)	管理责任人制度	单独的有害垃圾收集容器	“定时定点”分类投放,并制定相关细则	强化收运过程监管,杜绝混装混运	“谁产生谁付费”原则	构建生活垃圾全程分类信息平台
昆明	《昆明市城市生活垃圾分类管理办法》(2019年2月2日)	管理责任人制度	单独的有害垃圾收集容器	投放至有害垃圾收集容器或交给有资质的处理企业	定期收集,运输至指定贮存点,注意防止二次污染	未明确规定	每月22日集中收集和暂存
宁波	《宁波市生活垃圾分类管理条例》(2019年6月21日)	管理责任区以及管理责任人制度	投放时要求打包固定	定时投放、定点收集、登记制度	规范收集运输行为	“谁产生谁付费、多产生多付费”原则	每月21日为有害垃圾收集日
苏州	《苏州市生活垃圾分类管理条例》(2019年12月6日)	管理责任人制度	单独的收集容器,备贮(暂)存点	定期收集、运输,由具有处置资质的单位按照规定进行处置		产生者付费原则	-
杭州	《杭州市生活垃圾管理条例》(2019年8月16日)	管理责任人制度	单独的收集容器,或交给有害垃圾回收商	定期定点收集	取得危险废物经营许可证的单位处置	“谁产生谁负责谁付费”原则	多项举措进行引导和促进废荧光灯管回收
广州	《广州市生活垃圾分类管理条例》(2018年4月18日) 《生活垃圾分类设施配置及作业规范》(2015年7月7日)	管理责任人制度	单独的有害垃圾收集容器,且注意防止破损	在各区设立区临时贮存点进行二次分类后分别贮存,并联系有资质的企业进行集中处理		“谁产生谁付费”原则	设置误时垃圾分类收集点
西安	《西安市生活垃圾分类管理办法》(2019年4月16日)	责任管理人制度	单独的有害垃圾收集容器,打包固定等防破损或者防渗漏后投放	运输过程遵守国家有关危险废物转移和运输管理的相关规定,并由具有危险废物处置经营许可证的单位进行处置		未明确规定	各区县、开发区在辖区内必须配套建设有害垃圾暂存点

机关、企事业单位、个体户、居民户和暂住人员排放的生活垃圾。费用标准是：居民户每月每户5元，暂住人员每月每人1元，机关、企事业单位、个体户每桶（0.3立方米）6元；持有效“低收入困难家庭证”的居民户，免收城市生活垃圾处理费。

（6）其他的管理手段还包括采用多种方式宣传引导及促进废荧光灯管的回收等。

3.3 存在问题

结合李金惠^[13]的研究及前文国内废荧光灯管管理现状的研究表明，目前我国废荧光灯管管理存在着诸多问题：①废荧光灯管产生源分散，回收责任主体不明确；②废荧光灯管经济价值低，缺乏有效的收集体系，且未关注收集处理过程中存在的环境风险；③部分城市仍未建立单独的废荧光灯管收集箱；④管理及回收处理成本高，缺乏资金机制支持。

除工业源荧光灯管已按照危险废物管理外，企事业单位及公共场所等大型用户废荧光灯管的管理因缺乏收集责任落实和配套制度，执法不严，处于灰色地带；豁免管理的家庭源荧光灯管则多与生活垃圾混合收集，一同填埋焚烧进入最终处置环节。仅有部分省份开展了社会源荧光灯管的收集和处理工作，但进展较慢，且未见成效。

3.4 管理建议

参考国外发达国家管理经验，结合国内废荧光灯管管理现状，提出相应的管理建议如下：

3.4.1 明确责任主体

家庭源和机构源废荧光灯管管理责任划分见表3，

表3 废荧光灯管管理责任主体划分

来源	具体来源	责任主体
家庭源	城市（住宅小区、胡同、街巷等）	实行物业管理的，由物业管理单位负责；单位自管的，由自管的单位负责
	农村	村民委员会负责
机构源	公共建筑	由所有权人负责；所有权人委托管理单位管理的，由管理单位负责
	集贸市场、商场、展览展销、餐饮服务、沿街商铺等经营场所	由经营管理单位负责
	机关、部队、企事业单位、社会团体及其他组织的办公管理区域，建设工程的施工现场，机场、火车站、长途客运站、公交场站、轨道交通车站，河湖及其管理范围，公园、风景名胜、旅游景点，城市道路、公路及其人行过街桥、人行地下过街通道等附属设施	由管理单位负责

家庭源中城市来源的废荧光灯管管理由物业管理单位负责，单位自管的由其本身负责；农村来源的废荧光灯管管理由村民委员会负责。机构来源的废荧光灯管管理由所有权人负责，所有权人委托管理单位管理的由管理单位负责，管理单位交由经营单位进行经营活动的由经营单位负责。不能确定管理责任人的，由所在地街道办事处或者乡镇人民政府组织确定管理责任人。

3.4.2 全过程管理责任划分

根据国内外废荧光灯管管理责任分配及相关职责，建议废荧光灯管回收管理各相关方责任分配按图2所示的方式施行。

产生废荧光灯管的单位和个人是投放的责任主体，应当按照规定准确投放。废荧光灯管回收管理

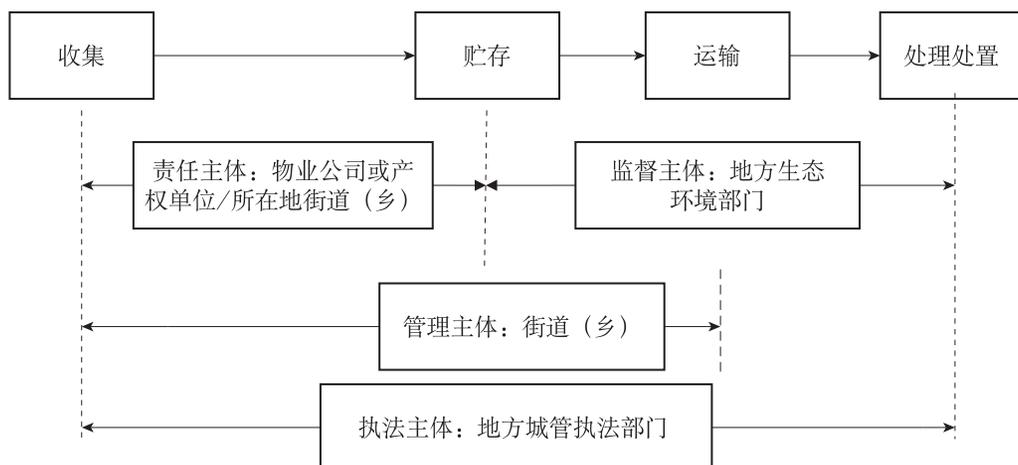


图2 废荧光灯管回收管理各相关方责任分配

工作的责任主体为物业公司或产权单位，不能确定管理责任人的，由所在地街道（乡）负责。废荧光灯管回收管理工作的管理主体为街道（乡），执法主体为地方城管执法部门，环保监督主体为地方生态环境部门，保障主体为地方城管部门。

其中，责任主体职责为：在相关部门指导下负责建立废荧光灯管收集点，建立出入库台账；管理作业责任制度等日常管理制度及处置应急预案。管理主体的职责为：建立专门的废荧光灯管贮存点；协调有专业资质的危险废物运输、处置单位进行清运，并做好登记、建立台账；定期向区环保部门和垃圾分类主管部门报告；加强风险防控。

3.4.3 建立多元化收集渠道

参考管理责任人制度，对不同源头的废荧光灯管分别分阶段回收管理。对政府及企事业单位等机构源产生的废荧光灯管，建议由废荧光灯管收集或处理经营许可企业统一收集处理；对居民产生的废荧光灯管，建议依托市政收集体系建立并合理布局废荧光灯管等家庭源危险废物的专门收集体系。其中，机构源产生的废荧光灯管相比家庭源产生的废荧光灯管分散性更小，便于收集，可优先收集。

3.4.4 完善收集运输体系，关注回收过程环境风险

县级以上地方人民政府应当采取符合本地实际的方式，逐步建立完善的废荧光灯管回收体系，同时要注重废荧光灯管收集、运输过程中的环境风险，如投放收集运输过程中各责任人应注意打包固定，将废荧光灯管放到专门的密闭回收箱，或者由产生者直接将其交给废荧光灯管回收企业。地方政府也可设立集中收集日，统一收集。

3.4.5 形成分阶段的收集处理资金机制

第一阶段，对所有社会源废荧光灯管采用污染者付费的原则，并适当进行财政补贴，以确保顺利实施。第二阶段，借鉴国外管理经验，建立生产者责任延伸制度，实行生产者付费制度，明确生产者和销售者承担实质的回收责任及资金责任。

3.4.6 加强立法，明确各方责任及管理机制

考虑在废荧光灯管回收管理相关法律法规及条例中明确各方主体及其具体职责，包括居民、物业、街道（乡）、城市管理部门、生态环境管理部门等主体，以及各主体所对应的管理、执法、保障、监督等职责。同时，明确资金机制、付费主体和付费标准等。

4 结论

目前，我国大部分废荧光灯管与生活垃圾混合收集，进行填埋或焚烧处置，仅有少量进行了回收处理。随着生活垃圾分类的开展，废荧光灯管作为生活垃圾中有害垃圾的典型类别被强制分类，其收集管理将变得尤为迫切。废荧光灯管回收管理需遵循《国家危险废物名录》及名录中“危险废物豁免管理清单”的相关规定，建议从有害垃圾中单独分类，同时考虑其易破碎及含汞的特性，应配备专用的收集箱，由有资质的企业进行运输，处理处置可利用现有的危险废物处置设施。

虽然LED灯市场占有率逐步提高，但我国荧光灯近期不会完全被LED灯替代。到2030年仍有荧光灯管不断报废，废荧光灯管的管理工作仍将持续较长时间。同时，未来可考虑将废LED灯和废荧光灯管采用相同体系进行收集，减轻收集、运输成本。

国内城市废荧光灯管的回收管理在责任主体、职责划分、设施设置、付费机制等方面已经开展了一些工作。但由于开展时间较短，仍存在诸多问题。参考国外发达国家管理经验，结合国内废荧光灯管管理现状，本文对国内多源废荧光灯管回收管理提出相关建议，主要包括：①明确家庭源和机构源管理责任人；②对全过程划分管理责任；③建立多元化收集渠道；④完善收集运输体系，关注运输过程中的环境风险，将废荧光灯管从有害垃圾中单独分类收集、运输；⑤形成分阶段的废荧光灯管收集处理资金机制；⑥在废荧光灯管回收管理相关法律法规及条例中明确责任、资金机制等。

参考文献

- [1] 刘俊卿. 降汞进行时 [J]. 中国经济和信息化, 2013(6): 54-55.
- [2] 谭全银. 废荧光灯中稀土元素机械活化强化浸出机理及工艺研究 [D]. 北京: 清华大学, 2016.
- [3] 殷捷, 范例. 国内外废旧荧光灯管管理体系及处理处置现状研究 [J]. 环境影响评价, 2016, 38(4): 81-87.
- [4] 单桂娟, 李金惠. 中国废荧光灯管管理现状分析与政策建议研究 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41(2): 5-8.
- [5] UNEP. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport [R]. Geneva, Switzerland: UNEP, 2013.
- [6] AMAP/UNEP. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013 [R]. Oslo, Norway/Geneva, Switzerland: AMAP/UNEP, 2013.
- [7] 中华人民共和国生态环境部. 《关于汞的水俣公约》生效公告 [EB/OL]. (2017-08-15)[2020-02-24]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201708/t20170816_419736.htm.
- [8] SONG Q B, LI J H, ZENG X L. Minimizing the increasing solid

- waste through zero waste strategy[J]. Journal of cleaner production, 2015, 104:199-210.
- [9] 李金惠, 卓玥雯. “无废城市”理念助推可持续发展[J]. 环境保护, 2019, 47(9): 9-13.
- [10] 刘丽丽, 谢懿春, 李金惠. 中国“无废城市”理念框架下的危险废物管理[J]. 世界环境, 2019(2): 37-39.
- [11] TAN Q Y, LI J H. A study of waste fluorescent lamp generation in mainland China[J]. Journal of cleaner production, 2014, 81: 227-233.
- [12] 李金惠. 《中国荧光灯管收集与处理政策研究报告》[R]. 北京: 清华大学, 2016.
- [13] 曹悦, 刘展鹏, 贺文智, 等. 废LED的环境风险和资源回收潜力探析[J]. 照明工程学报, 2016, 27(4): 157-161.
- [14] 李金惠. 废荧光灯管收集和回收处理政策研究[M]. 北京: 中国环境出版社, 2018.
- [15] 黄晓明, 魏青, 乔更新. LED照明评述及荧光灯退出照明市场时间表[J]. 中国照明电器, 2016(2): 13-16.
- [16] MAAREFVAND M, SHEIBANI S, RASHCHI F. Recovery of gallium from waste LEDs by oxidation and subsequent leaching[J]. Hydrometallurgy, 2020, 191:105230.
- [17] 赵会平. LED照明调光驱动电源的研究与设计[D]. 西安: 陕西科技大学, 2015.
- [18] United States Environmental Protection Agency. Universal Waste[EB/OL]. (2019-10-21)[2020-02-24]. <https://www.epa.gov/hw/universal-waste>.
- [19] National Electrical Manufacturers Association. State & Provincial Laws[EB/OL]. (2019-12-21)[2020-02-10]. <http://www.lamprecycle.org/state-local-laws/>.
- [20] 刘芳, 郑莉霞, 谭全银, 等. 欧盟废荧光灯管回收管理经验及对中国的启示[J]. 环境科学与管理, 2018, 43(6): 6-10.
- [21] 林晓伟, 谢明, 肖勇, 等. 废荧光灯管回收管理体系的探索和建议[J]. 广东化工, 2017, 44(10): 119-121.
- [22] 赵荣旭, 沈莹, 杨拙, 等. 中国废弃荧光灯回收处理与发展建议[C]//2015年中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 中国环境科学学会, 2015: 4052-4057.
- [23] 北京市人民代表大会常务委员会. 北京市生活垃圾管理条例[EB/OL]. (2019-12-18)[2020-02-24]. http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/201912/t20191218_1256860.html.
- [24] 上海市绿化和市容管理局. 上海市生活垃圾管理条例[EB/OL]. (2019-02-19)[2020-02-24]. http://lhrs.sh.gov.cn/sites/ShanghaiGreen/dyn/xxgk_content.ashx?ctgId=817ae955-cd73-4602-90c3-402a6e9f1608&inFlid=2e6f9079-32c7-42e0-a948-dba24ba5b14d&leftBarId=d7c2aa81-db54-4754-ab81-c85fb2b683a1.
- [25] 广州市质量技术监督局. 生活垃圾分类设施配置及作业规范[EB/OL]. (2018-02-21)[2020-02-24]. http://cg.gz.gov.cn/gzcgw/ztl_ljflcz/201802/1e6e67acdfcb422289edefd2db1b0aaa/files/4eabdc53eccb484daff9351585336a55.pdf.
- [26] 宁波市人民代表大会常务委员会. 宁波市生活垃圾分类管理条例[EB/OL]. (2019-06-21)[2020-02-24]. http://www.nbcredit.gov.cn/art/2019/6/21/art_14_29113.html.
- [27] 杭州市人民代表大会常务委员会. 杭州市生活垃圾管理条例[EB/OL]. (2019-08-16)[2020-02-24]. https://hznews.hangzhou.com.cn/xinzheng/tongzhi/content/2019-08/16/content_7247128.htm.
- [28] 江苏省人民代表大会常务委员会. 苏州市生活垃圾分类管理条例[EB/OL]. (2019-12-06)[2020-02-24]. http://www.jsrd.gov.cn/zyfb/dffg1/201912/t20191206_518060.shtml.
- [29] 西安市人民政府. 西安市生活垃圾分类管理办法[EB/OL]. (2019-04-16)[2020-02-10]. <http://www.xa.gov.cn/gk/zcfc/zfl/5d490c96fd850833ac5940cc.html>.
- [30] 昆明市人民政府. 昆明市城市生活垃圾分类管理办法[EB/OL]. (2019-02-02)[2020-02-24]. <http://www.km.gov.cn/c/2019-02-02/2909479.shtml>.
- [31] 广东省人民代表大会常务委员会. 广州市生活垃圾分类管理条例[EB/OL]. (2018-08-14)[2020-02-24]. http://www.rd.gz.cn/zyfb/cwhgg/content/post_45105.html.

Suggestions on the Management Mechanism of Multi-source Waste Fluorescent Lamp Recycling Under the Situation of Compulsory Classification of Household Waste

XU Yan^{1,2}, DONG Qingyin^{2*}, YANG Jianxin¹

(1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The sources of waste fluorescent lamps are extensive, including industrial sources and social sources. The social sources include sources of residents, enterprises and institutions, public places and other institutional sources, which have the feature of multiple sources. Waste fluorescent lamp contains mercury, if not properly handled, will cause harm to environment and the human health. With the development of household waste classification, waste fluorescent lamp as a typical category of household hazardous waste is forced to be classified, while, there are still many problems. This paper sorts out the generation situation of waste fluorescent lamp in China and the replacement situation of LED light, and summarizes the management situation of waste fluorescent lamp in the United States, European Union, Japan and typical domestic cities. In view of the current situation of waste fluorescent lamp recycling in China, this paper puts forward relevant management suggestions from the perspective of responsibility subject, responsibility division, collection channel, funding mechanism, which provides reference for promoting the management of waste fluorescent lamp in China.

Keywords: waste fluorescent lamp; household waste classification; management mechanism