

# The Analysis of Spent Fluorescent Lamps for Disposal in China

Jiaxing Zhang<sup>1</sup>, Sha Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Recycling Economy, Beijing University of Technology, Beijing

<sup>2</sup>Environmental & Energy Engineering College, Beijing University of Technology, Beijing

Email: zhangjx29@163.com, shachen68@163.com

Received: Mar. 17<sup>th</sup>, 2016; accepted: Apr. 15<sup>th</sup>, 2016; published: Apr. 18<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

China is one of the largest consumers and producers of fluorescent lamps in the world and has been facing a growing concern of mercury pollution. This study investigated conditions of production for fluorescent lamps, the previous research about spent fluorescent lamps and the mercury flow of fluorescent lamps in Mainland China using material flow analysis (MFA). The results indicated that there were not enough researches about spent fluorescent lamps, especially about the aspects of technology. The total amount of mercury emissions to the land and atmosphere was 15.04 and 0.63 tons in 2011, respectively. It is urgent to take actions associated with manufacturing, use and recycling to protect environment and save the resources.

## Keywords

Fluorecent Lamps, Disposal, Mercury Pollution

---

# 我国荧光灯的废弃处置研究分析

张嘉兴<sup>1</sup>, 陈莎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北京工业大学, 循环经济研究院, 北京

<sup>2</sup>北京工业大学, 环境与能源工程学院, 北京

Email: zhangjx29@163.com, shachen68@163.com

收稿日期: 2016年3月17日; 录用日期: 2016年4月15日; 发布日期: 2016年4月18日

文章引用: 张嘉兴, 陈莎. 我国荧光灯的废弃处置研究分析[J]. 可持续发展, 2016, 6(2): 103-109.  
<http://dx.doi.org/10.12677/sd.2016.62014>

## 摘要

我国是世界上荧光灯生产和使用大国, 废弃荧光灯的污染问题也越来越严重。本文分析了我国荧光灯的生产现状, 废弃荧光灯研究进展, 又对废弃荧光灯中的汞做了物质流分析。结果表明我国对废弃荧光灯的处置研究较少, 尤其是在技术方面更是如此。据估算, 2011年大概有15.04吨的汞流向了土壤中, 0.63吨释放到了空气中, 造成了巨大的环境污染。我们应该立即采取行动, 从生产、消费和回收方面多管齐下, 达到环境保护和资源节约的多项效益。

## 关键词

荧光灯, 废弃处置, 汞污染

## 1. 引言

节约电能, 保护环境, 满足人们对照明质量的高要求是绿色照明的宗旨。荧光灯是人们工作和生活中应用最广泛的照明产品, 具有寿命长、光效高等优点, 是目前我国主推的节能照明产品之一。荧光灯按形状的不同, 可将其划分为直管型、环型和紧凑型三种不同类型。其原理是通过激发汞蒸汽辐射出不可见的紫外线, 紫外线激发灯管内壁的荧光粉后发出可见光。

在当今世界的多数国家, 室内照明中曾经用到的白炽灯几乎已完全被更加高效、节能、长寿命、光色丰富的荧光灯管所取代。我国也不例外, 国家财政补贴推广高效照明产品, 其中主要就包括紧凑型荧光灯和直管型荧光灯。2011年11月1日, 国家发展改革委等联合印发《关于逐步禁止进口和销售普通照明白炽灯的公告》, 决定从2012年10月1日起, 按功率大小分阶段逐步禁止进口和销售普通照明白炽灯[1]。随着我国逐步淘汰白炽灯路线图的出台, 节能省电效果明显的荧光灯大量进入家庭。

荧光灯中含有汞, 而汞是一种剧毒的物质。2003年据联合国UNEP报告指出, 全球汞污染不断加剧, 自工业革命以来, 汞在全球大气、水和土壤中的含量已增加了三倍左右[2]。2013年1月, 在联合国框架下, 140多个国家经过4年多谈判, 终于达成《水俣汞防治公约》, 将在全球范围内监控和限制含汞产品的生产和贸易, 以减少汞污染对环境的破坏和对人类健康的影响。

汞是一种具有高毒性、持久性和蓄积性的重金属, 其沸点较低, 常温下即可蒸发, 一旦进入环境中, 则在不同环境介质间进行多种形式的转换和迁移, 对周围环境和人体健康造成巨大的危害。汞及其化合物可以通过呼吸道、消化道及皮肤侵入。汞对人体的危害主要累及中枢神经系统、消化系统及肾脏, 此外对呼吸系统、皮肤及眼睛也有一定影响, 即使是低水平暴露也会损害神经系统, 能引起感觉异常、智能发育迟缓、语言障碍等临床症状[3]。

我国有关法律已明确规定含汞的废物为“危险废弃物”, 并被列为《国家危险废物名录》中的HW29含汞废物类, 应按危险废弃物的有关规定统一回收处理。但是, 目前我国废弃荧光灯管除少数城市试点进行单独收集外, 大多数的废弃荧光灯进入城市生活垃圾, 随其进入到填埋、焚烧的过程中。并且, 我国尚没有任何形式的废弃荧光灯回收规定, 甚至很多城市根本没有专业的回收站点。随着我国荧光灯的使用量逐年增加, 每年废弃荧光灯的数量也会越来越多, 伴随而来的荧光灯汞污染问题也日趋严重。

## 2. 我国荧光灯生产现状

我国是荧光灯的生产大国, 其中节能灯的产量占全球总产量的 80% 以上。图 1 显示了 2003~2011 年间我国荧光灯产量。从图中可以看出, 我国荧光灯的产量呈现巨大增长。我国也是荧光灯的出口大国, 产品出口 100 多个国家和地区, 目前, 欧盟市场的节能灯有 50% 以上来自我国。

据中国照明电器协会统计, 2011 年我国荧光灯行业产量约为 70.24 亿只, 占全国电光源产品总产量 149.73 亿只的 46.91%。紧凑型荧光灯产品出口到全球 176 个国家和地区, 出口量约为 28.22 亿只, 占全球产量的 80% 以上。

从地域分布来看, 我国荧光灯生产主要集中在浙江、广东、江苏、福建等照明电器产业发达地区, 江西、安徽等地也有部分具有一定规模的荧光灯生产企业[5]。2011 年全国荧光灯生产分布见图 2。

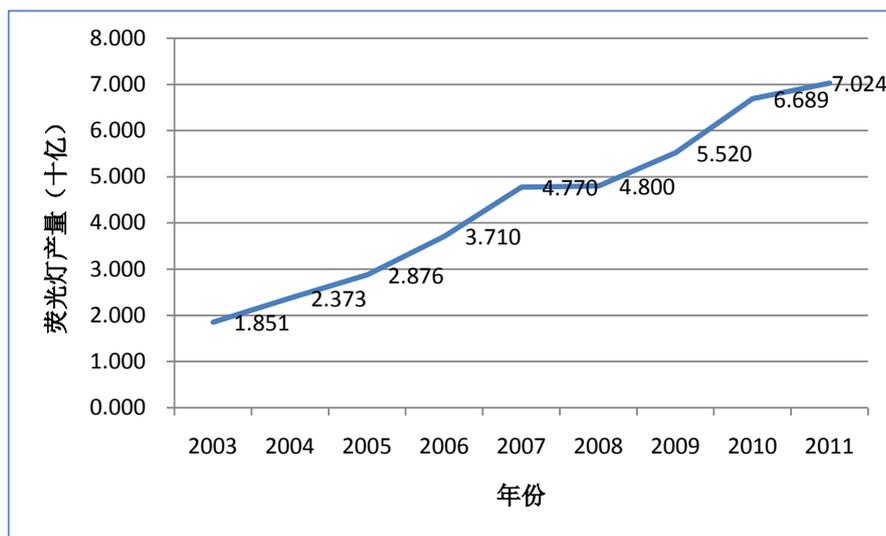


Figure 1. The amount of fluorescent lamps in China from 2003-2011 (Source: Ref. [4])

图 1. 2003~2011 年间我国荧光灯产量(数据来源: 文献[4])

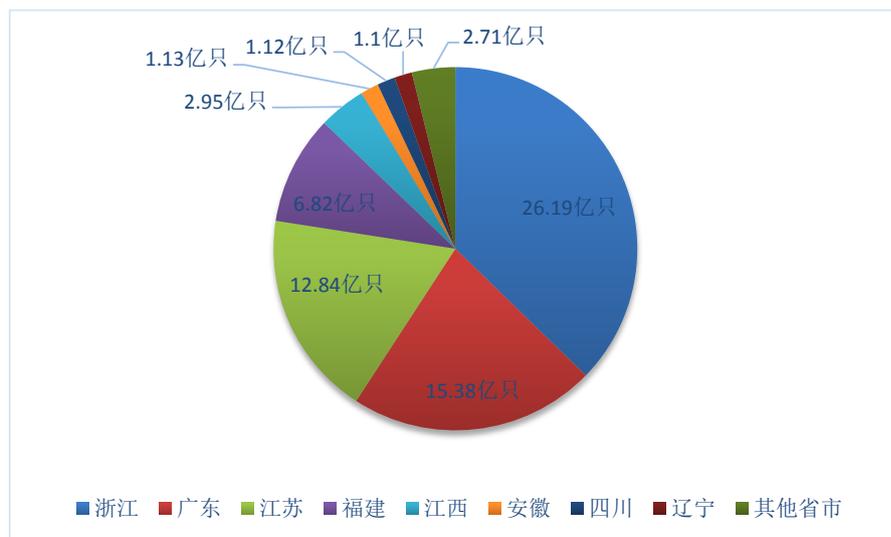


Figure 2. The distribution of fluorescent lamps in China in 2011 [5]

图 2. 2011 年全国荧光灯生产分布[5]

### 3. 我国废弃荧光灯研究进展

#### 3.1. 在技术方面

汪晖[6]主要介绍了废弃荧光灯回收处理系统的组成, 各部分功能及实现方法, 详细的介绍了废弃荧光灯回收处理系统主要方案: 直管切端吹飞回收法, 直接干法破碎回收法和直接湿法破碎回收法。梅光军等[7]阐述了国内外废弃荧光灯资源的回收与处置方法以及荧光灯的处置程序, 包括破碎与物理分离、汞的无害化处理以及稀土三基色荧光粉的回收与分离。雷玉刚等[8]研究了破碎废弃荧光灯在 30% 的丙酮-水溶液中, 利用超声聚能效应辅助脱附汞, 在有效捕获汞蒸气的同时脱附灯管表面大部分吸附汞, 并且考察了丙酮水溶液浓度、固液比等因素对废弃荧光灯中汞去除效果的影响。总体来说, 我国在技术方面对废弃荧光灯的处置研究较少, 大多是跟随国外的处置技术, 自己很少有创新。

#### 3.2. 在管理体系方面

章荷珍等[9]针对汞对环境污染的危害, 指出建立废弃荧光灯回收体系的必要性; 探讨了废弃荧光灯回收体系制定需经过的程序。吴玉锋等[10]从废弃荧光灯回收再利用的整体流程入手, 查找了我国现有废弃荧光灯回收再利用标准体系的不足, 据此提出了我国废弃荧光灯回收再利用标准体系的基本框架。王琪[11]综合比较分析了国内外废弃荧光灯管的环境管理现状, 总结了目前中国在废弃荧光灯管环境管理方面的不足。总之, 在管理方面的考察大多是理论较多, 实际操作应用性有待商榷。

#### 3.3. 政策法规方面

环保部制定的《汞污染防治技术政策》的中, 一方面鼓励含汞电光源、含汞电池、体温计、血压计等用汞行业, 开展低汞、无汞技术及汞回收利用技术的研发、引进和推广; 另一方面表示, 到 2020 年, 含汞废物得到全面控制, 资源利用、能源消耗和污染排放指标达到国际先进水平。宁夏回族自治区环保厅日前印发《全区开展集中处置生活源危险废物试点工作实施方案》, 拟在全区 300 个居民小区配置生活源危险废物集中收集箱, 先期开展试点工作, 生活源危险废物主要包括废弃荧光灯、节能灯等。总之, 政策方面也存在着法律法规少, 并且执行监管不到位等问题。

其他方面, 郑响[12]通过调查问卷的方式, 进行统计、分析总结了北京市废弃荧光灯管回收现状, 大多数的市民虽然意识到了废弃荧光灯管的环境和人体的危害(占 85%), 但是由于生活区周围缺少回收网点、专门的回收箱, 人们最后还是把荧光灯管和生活垃圾一起倒掉(约占 70%), 并根据实际情况提出综合利用建议。

## 4. 我国废弃荧光灯的汞物质流分析

### 4.1. 研究方法

物质流分析(MFA)遵循质量守恒定律, 是在工业代谢理论和社会代谢理论基础上提出的, 是对某个区域的物质出入量进行分析的一种方法。

本文的荧光灯的汞物质流主要是在废弃处置阶段。时间边界是 2011 年统计年度; 空间边界是除港澳台地区外的中华人民共和国各省、市、自治区, 即《中国统计年鉴》所覆盖到的所有区域。

荧光灯中的汞含量用公式(1)计算。

$$M_i = Q_{CFL} \cdot C_{CFL} + Q_{LFL} \cdot C_{LFL} + Q_{CirFL} \cdot C_{CirFL} \quad (1)$$

$M_i$  是荧光灯的汞含量。  $Q_{CFL}$ ,  $Q_{LFL}$  和  $Q_{CirFL}$  分别是紧凑型荧光灯, 直管型荧光灯以及环形荧光灯的数量。  $C_{CFL}$ ,  $C_{LFL}$  和  $C_{CirFL}$  分别是紧凑型荧光灯, 直管型荧光灯以及环形荧光灯的中的汞的平均含量。

按照我国 2008 年发布的行业标准《照明电器产品中有毒有害物质的限量要求》规定, 紧凑型荧光灯含汞量不超过 5 毫克, 直管型荧光灯含汞量不超过 10 毫克。不同荧光灯的汞含量是不一样的, 据报道荧光灯的汞含量一般为 1.7 mg~15 mg。综合我国荧光灯汞含量限值以及实际值, 这里假设单只紧凑型荧光灯的汞含量平均值为 2.5 mg, 其它荧光灯的平均值为 7.5 mg。荧光灯的生产、进口以及出口的数量均来自文献[4]。

废弃处置考虑了三个方面: 回收、焚烧以及填埋处置。显而易见, 回收处置是最环境友好的处置办法, 但它花费也最大。关于废弃荧光灯的回收处理的数据是很少的, 并且考虑到中国是发展中国家, 所以回收利用率假设为 5%。在全国范围内, 焚烧和填埋的所占的比例大约为 20% 和 80%。本研究假设废弃处置的灯的数量等于当年所销售的灯的数量。在焚烧处置阶段, 几乎所有的汞都随着烟气而释放, 烟气中的汞大部分都被烟气清洁系统所捕获, 但仍有一部分汞释放到空气中。在全世界范围内, 烟气清洁系统对汞的清除率平均为 75%~82% [13], 这里假设汞的清除率为 80%。

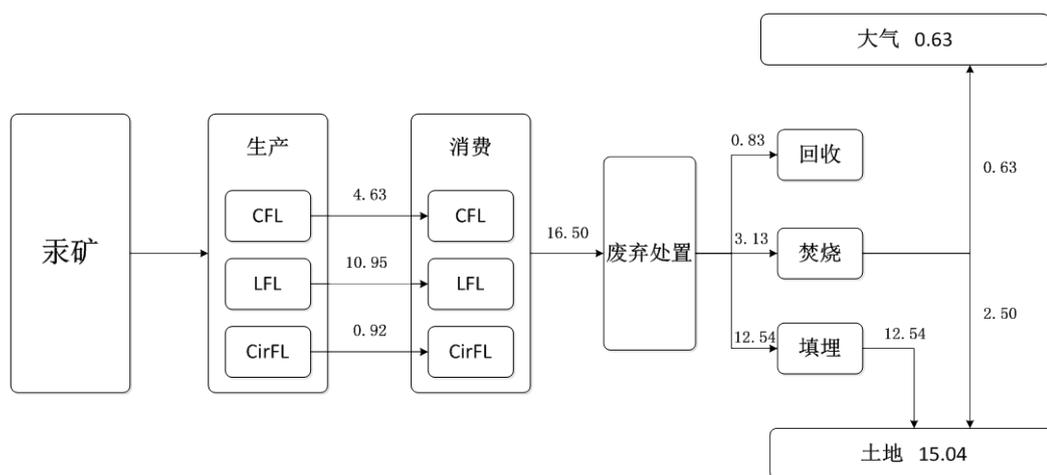
## 4.2. 结果与讨论

我国 2011 年废弃荧光灯的汞物质流图如图 3 所示。荧光灯中的汞去向填埋场的为 12.54 吨, 经过焚烧处理的为 3.13 吨。这里需要注意的是, 即使荧光灯被送去填埋场, 里面的汞也可能挥发到空气中, 或是渗透到地下而污染地下水。据估算, 被回收再利用的汞为 0.83 吨。虽然我国政府已经把荧光灯列为了危险废弃物, 但是废弃荧光灯的回收现状依然不容乐观。目前我国没有针对废弃荧光灯的回收体系。另一个造成灯回收利用率低的原因是居民的环保意识差。据报道我国只有三家企业从事废弃灯的回收工作。可能是由于运输距离远以及回收成本高都能原因, 这些企业常年处于吃不饱的情况。最终, 大概有 15.04 吨的汞流向了土壤中, 0.63 吨释放到了空气中, 造成了巨大的环境污染。

## 5. 存在的问题以及相应的措施建议

### 5.1. 存在的问题

法律法规以及回收管理体系不健全。我国尚无一部针对废弃荧光灯实施专项管理的国家法规, 在废弃荧光灯的回收方面的体制上基本属于空白, 很少有专门的站点, 这也导致了回收情况不乐观。上一份



**Figure 3.** Mercury flow analysis of fluorescent lamps in China in 2011. Unit: tons (Note: CFL, LFL and CirFL represent compact fluorescent lamp, linearfluorescent lamp and circularfluorescent lamp, respectively)  
**图 3.** 我国 2011 年废弃荧光灯的汞物质流。单位: 吨 (注: CFL 为紧凑型荧光灯, LFL 为直管型荧光灯, CirFL 为环形荧光灯)

调查问卷中就有一部分人意识到废弃荧光灯不能随意丢弃, 但也苦于找不到专门的回收箱, 所以丢在普通的垃圾站。我国专门处理废弃荧光灯的企业只有三家, 而且处于常年吃不饱的状况。

思想观念不到位。荧光灯得不到有效回收的一个很重要的原因是大部分消费者不知情, 很多人不知道荧光灯含有汞, 有的人即使知道了也不明白汞的危害。如上所述, 一项北京市的问卷调查显示, 北京市有 70%左右的废弃荧光灯是随生活垃圾被丢弃了, 有近一半的受访者对荧光灯的危害不知情[12]。像北京这样的一线大城市尚且如此, 那些中小城市的回收情况就可想而知了。

## 5.2. 相关的措施与建议

出台并落实鼓励扶持制度。需要完善税收优惠制度, 对于废弃荧光灯再生利用企业, 应当进一步落实国家的税收优惠政策, 鼓励废弃荧光灯资源化再生利用。

制定专门的法规或规章。尽管《国家危险废弃物名录》《清洁生产促进法》等法律有相关规定, 但比较笼统和分散, 对废弃荧光灯综合利用缺乏针对性。因此, 要加强对再生利用的鼓励和规定, 组织具体的相关单位对废弃荧光灯进行监督管理, 落实相关法律规定。

落实生产者责任制度。生产者的责任主要包括两个方面, 一个是其生产产品时要尽量推行清洁生产, 不仅要考虑经济效益还要考虑环境效益, 尽可能的减少资源和能源的使用量, 把对环境的影响降到最小。另一个责任是其生产的产品被人使用遗弃后, 仍负有一定的对其产品回收再利用与适当处置的责任。厂商要生产易于回收的荧光灯, 并可以在产品上标明汞的危害不可随意丢弃的字样等。

从源头上降低荧光灯管中的汞含量。在荧光灯生产企业中建立强制性行业标准, 对各种光源的含汞量进行限制, 同时积极研究、开发、使用荧光灯的先进生产技术, 生产节能、绿色电光源产品。

设立回收处理专项基金。可以设立一些回收废弃荧光灯专项基金, 在居民社区和商场超市等地设立回收点, 对上交的废弃荧光灯给予一定的经济补偿。这样会使部分环保意识不高的市民从原来的将废弃荧光灯丢到垃圾桶而转为上交到回收站。

加强荧光灯节能及危害的意识。随着市民环保意识的提升以及政府补贴政策的推行, 越来越多的荧光灯走进寻常人家。但大多数市民都不知道随意丢弃荧光灯会污染环境, 消费者应该提高自己的环保意识, 认识到荧光灯的对环境和身体的巨大危害, 不随意丢弃废弃荧光灯。此外, 政府在推广荧光灯的同时, 应加强荧光灯危害的宣传, 让更多民众了解废弃荧光灯处置不当对环境造成的危害, 从而普及荧光灯回收意识。

## 6. 结语

我国是荧光灯生产和使用大国, 同时每年也会产生大量的废弃荧光灯, 这些荧光灯将会造成十几吨的汞污染, 如果我们对废弃荧光灯的处置问题不加以重视, 那么它将会对生态环境和人体健康造成难以估量的危害。我们应该加强对废弃荧光灯的处置研究, 尤其是技术方面, 政府, 企业和公民也应该切实提高环保意识, 使废弃荧光灯资源化能够走上正轨, 达到环境保护和资源节约的多项效益。

## 参考文献 (References)

- [1] 国家发展改革委, 等. 关于逐步禁止进口和销售普通照明白炽灯的公告[R]. 2011.
- [2] Schuster, P.F., Krabbenhoft, D.P., Naftz, D.L., *et al.* (2002) Atmospheric Mercury Deposition during the Last 270 Years: A Glacial Ice Core Record of Natural and Anthropogenic Sources. *Environmental Science and Technology*, **36**, 2303-2310. <http://dx.doi.org/10.1021/es0157503>
- [3] 万双秀, 王俊东. 汞对人体神经的毒性及其危害[J]. 微量元素与健康研究, 2005, 22(2): 67-69.
- [4] Tan, Q.Y. and Li, J.H. (2014) A Study of Waste Fluorescent Lamp Generation in Mainland China. *Journal of Cleaner*

*Production*, **81**, 227-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.048>

- [5] 叶欣, 王卓, 陈吟. 2011 年我国气体放电光源生产及国内外市场情况分析[J]. 中国照明电器, 2012(12): 1-5.
- [6] 汪晖. 废旧荧光灯回收处理系统概述[J]. 中国照明电器, 2012(7): 21-23.
- [7] 梅光军, 解科峰, 李刚. 废弃荧光灯无害化、资源化处置研究进展[J]. 再生资源研究, 2007(8): 1-5.
- [8] 梅光军, 雷玉刚, 解科峰. 废弃荧光灯中汞的处理[J]. 环境工程学报, 2010, 4(9): 2110-2114.
- [9] 章荷珍, 陈大华. 废弃荧光灯回收问题探讨[J]. 中国照明电器, 2011(4): 18-19.
- [10] 吴玉锋, 顾一帆, 李艳梅. 我国废弃荧光灯回收再利用标准体系框架研究[J]. 中国标准化, 2013(11): 67-71.
- [11] 王琪, 唐丹平. 废弃荧光灯管的环境管理研究[J]. 环境污染与防治, 2012, 34(11): 98-102.
- [12] 郑昀. 北京市废旧荧光灯管回收现状与综合利用对策[J]. 北方环境, 2010, 22(2): 24-27.
- [13] Takahashi, F., Kida, A. and Shimaoka, T. (2010) Statistical Estimate of Mercury Removal Efficiencies for Air Pollution Control Devices of Municipal Solid Waste Incinerators. *Science of the Total Environment*, **408**, 5472-5477. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.067>