# 废弃荧光灯管的环境管理研究*

王　琪[1]　唐丹平[2]　姜　林[1]　梁　竞[1]　黄海林[2]　李敬东[2]

(1.北京市环境保护科学研究院固废污染防治研究所,国家城市环境污染控制工程技术中心,北京 100037;
2.北京市固体废物管理中心,北京 100089)

**摘要**　加强危险废物的环境管理已成为中国固体废物污染防治工作中的重点和热点。在中国,废弃荧光灯管属于毒性危险废物,如果处理处置不当,会导致自然环境和人体健康受到严重威胁。通过综合比较分析国内外废弃荧光灯管的环境管理现状,系统总结了目前中国在废弃荧光灯管环境管理方面的不足,并对废弃荧光灯管环境管理的研究方向进行了展望,为建立和完善中国废弃荧光灯管的环境管理体系提供了重要的理论依据,对中国加强危险废物的系统管理具有重要的现实意义。

**关键词**　废弃荧光灯管　环境管理　固体废物

在中国,荧光灯管以其高效、节能、寿命长等优点,广泛用于政府机关、大型公建及家庭的室内照明中。但是,荧光灯管是一种含汞物质,报废时可能会对自然环境和人体健康带来巨大危害。这是因为,汞在荧光灯管中是作为一种气体放电介质存在,当废弃的荧光灯管破碎后,汞会立即向周围环境散发汞蒸气,瞬时可使周围空气中的汞质量浓度达到10～20 mg/m$^3$[1-3],远超过《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)中一级标准限值(0.05 μg/m$^3$)。此外,汞能通过皮肤、呼吸或食物进入人体,危害人体健康。据报道,人体一次吸收2.5 g汞蒸气即有生命危险[4-5]。因此,早在2008年,废弃荧光灯管就已列入《国家危险废物名录》中,属于毒性危险废物。

目前,中国荧光灯管的需求量巨大,据中国照明电器协会的统计,2000—2008年,荧光灯管在整个照明电器行业的市场份额从15.21%增加到40.17%[6]37,且生产与报废基本平衡。有报道称,2010年中国荧光灯的产量为42.6亿支,若按当前荧光灯管平均含汞量10 mg/支计,荧光灯管报废时,仅此一年的汞量就达到了42.6 t。如此巨大量的废弃荧光灯管如果不能进行安全有效地回收,势必会带来极大的环境污染,严重威胁到居民的身体健康。

因此,必须采取有效的环境管理措施,最大程度地减少废弃荧光灯管类危险废物对自然环境和人体健康的危害。除此之外,加强对危险废物的环境管理,进一步加大环境保护力度,也符合中国"十二五"规划的要求("加大持久性有机物、危险废物、危险化学品污染防治力度"已被明确写入中国新公布的"十二五"规划纲要中)。由此可知,加强危险废物的环境管理已成为中国固体废物污染防治工作中的重点和热点。

本研究通过综合比较分析国内外废弃荧光灯管的环境管理现状,系统总结了目前中国在废弃荧光灯管环境管理方面的不足,并对废弃荧光灯管环境管理的研究方向进行了展望,为建立和完善中国废弃荧光灯管的环境管理体系提供了重要的理论依据,对中国加强危险废物的系统管理具有重要的现实意义。

## 1　国内外废弃荧光灯管的环境管理现状

### 1.1　废弃荧光灯管的环境管理政策

#### 1.1.1　美国环境管理政策

1999年前,美国对废弃荧光灯管的管理同时受联邦法律和州级法律的约束。根据联邦法律的规定,废弃荧光灯管在进行管理前必须先进行毒性特征浸出测试(TCLP),以确定废弃荧光灯管是否为危险废物。若能通过这项测试,则视为非危险废物;若不能通过这项测试,且荧光灯管的含汞量超过0.2 g/L,则视为危险废物,此类废弃荧光灯管将会受到美国《资源保护回收法》的管理。其中,美国联邦法规(CFR)第40分册的260、261、264等章节规定了废弃荧光灯管的回收利用的相关内容。

1999年,由于考虑到按照危险废物的方式对废弃荧光灯管进行处理处置,不但花费较高,而且对废弃荧光灯管的运输、存储、设施等条件要求很高,易

第一作者:王　琪,男,1979年生,博士,助理研究员,主要从事污水处理、固体废弃物资源化及污染场地评价与修复方面的研究。
*环保公益性行业科研专项(No.201109035)。



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

增加荧光灯管使用者的负担，直接导致大量废弃荧光灯管被随意丢弃。因此，在进行了关于废弃荧光灯管管理和汞释放 2 项研究后，美国环境保护署对废弃荧光灯管的管理规定进行了修订：(1)将废弃荧光灯管定为危险废物种类中的通用有害废物；(2)满足一定条件的废弃荧光灯管不再属于危险废物，其回收、贮存、运输、处理可按照非危险废物的管理要求进行。符合条件的废弃荧光灯管主要有 4 类：家庭产生的废弃荧光灯管；月产生量小于 100 kg 的单位所产生的废弃荧光灯管；送往州级有资质的市政填埋场进行处理处置的废弃荧光灯管；送往州级有资质的汞回收公司进行处理处置的废弃荧光灯管。因此，目前美国大部分的废弃荧光灯管按照非危险废物的方式进行处理处置。

此外，在美国各州颁布的固体废物管理法律中，对废弃荧光灯管的管理也均有相应的规定，只是由于各州的实际情况不同，彼此差异较大。鉴于上述原因，美国联邦法律要求各州在制定针对废弃荧光灯管回收与处理方面的管理措施时，必须包括以下基本规定：(1)收集起来的废弃荧光灯管在被回收之前必须存放于一定的包装物中，这类包装物可以是桶或箱子，但必须能最大程度的避免废弃荧光灯管的破损，并且要保持闭合，并且贴有清晰的标签。(2)破损的废弃荧光灯管必须单独存放。(3)商业使用者可自行先存放废弃荧光灯管，等收集到一定数量时交给回收单位，但是时间不能超过 1 年；存放废弃荧光灯管的容器上必须标明此容器开始使用的时间。(4)未破损的废弃荧光灯管可由使用者(不需要许可)或运输公司送往回收公司，运送时使用普通的货车即可；破损的废弃荧光灯管必须按照最严格的危险废物运输方式进行运输。(5)严禁商业使用单位和运输单位自行对废弃荧光灯管进行处理处置。

### 1.1.2　日本环境管理政策

为了实现减少废物产生量、确保物质循环、抑制天然资源消费、减轻环境负担的目标，日本政府在《环境基本法》(1994 年制定)的基础上，制定了一整套促进建立循环型社会的法规体系，于 2001 年实施的《资源有效利用促进法》即是其中一部法规。为了促进废弃荧光灯管的回收利用，该法规新增废弃荧光灯管为“可循环资源”。这样，废弃荧光灯管也同废弃家用电器、建筑材料、包装容器等其他废物一样，受日本循环性社会法规体系的保护，由指定的主体承担回收和再利用责任，并依法对不实施循环再利用的单位进行处罚[7]。

《资源有效利用促进法》的目的是将以往单纯作为原材料的再生利用的“1R”(Recycle)转为“3R”(Reduce：抑制废弃物的产生；Reuse：产品零部件的再使用；Recyle：作为原材料加以再生利用)。该法规要求，荧光灯管产品从产品设计阶段就要考虑减少废物的产生，旧产品能继续使用，采用能循环的原材料，并提出了以下 5 项主要措施：(1)通过节约生产资源和延长使用寿命减少废物产生；(2)回用零部件；(3)企业回收使用过的产品并使之再循环；(4)使用后的产品加贴选择性收集标签；(5)减少副产品和其他循环措施。相关企业如不执行这些措施，则有“劝告”、“公布”、“命令”等相应的管理措施。

此外，日本通过“再生利用率”这一指标对废弃荧光灯管的回收情况实施考核，从而促进了各企业积极开发再利用技术和增强处理处置能力。

### 1.1.3　欧盟环境管理政策

欧盟对废弃荧光灯管实施环境管理的主要依据是《关于报废电子电气设备指令》(简称 WEEE 指令，2002/96/EC)和《关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令》(简称 ROHs 指令，2002/95/EC)[8]116。

WEEE 指令的核心思想是要求欧盟市场上流通的电子电气设备的生产商必须在法律上承担起支付报废产品回收费用的责任，同时欧盟各成员国有义务制定自己的电子电气产品回收计划，建立相关配套回收设施，使电子电气产品的最终用户能够方便并且免费地处理报废设备。该指令中明确规定，将荧光灯管纳入报废管理的电子电气产品中。由于该指令在产品的设计、分类收集和回收处置 3 个方面做出了详细的规定，因此使得荧光灯管的环境管理在这 3 个方面均有法可依。

ROHs 指令规定从 2006 年 7 月 1 日起，新投放欧盟市场的电子电气设备中不得含有汞等 6 种有害物质，并对其在均质材料中的最高限量做出了相应规定，其中汞的最高限量为 1 000 mg/kg。

事实上，欧盟各成员国在 WEEE、ROHs 指令发布之前就已制定了关于收集和适当处理电子电气废物的规定[8]116-117，这些规定在本质内容上与 WEEE、ROHs 指令没有太大差别，例如德国颁布的《循环经济法》和《信息产业废旧设备处理办法》，瑞典颁布的《电子电器产品制造商责任法》、



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

《废旧电器和电子垃圾预处理条例及指导原则》和《废旧电子电器处理法》。

1.1.4　中国环境管理政策

《国家危险废物名录》中明确规定将“生产、销售及使用过程中产生的废含汞荧光灯管”归结为第29类危险废物，即含汞废物（HW29），其危险特性为T（毒性）。目前，中国已出台的与危险废物回收处置相关的政策法规、部门规章及标准有《固体废物污染环境防治法》、《危险废物污染防治技术政策》、《危险废物经营许可证管理办法》、《危险废物转移联单管理办法》等。《固体废物污染环境防治法》的第四章对危险废物的防治做了特别规定。因此，从事废弃荧光灯管这类危险废物相关的收集、运输、贮存、处置以及必要的环境监督管理活动时，均必须遵守《固体废物污染环境防治法》。为了加强对危险废物收集、贮存和处置经营活动的监督管理，加强对危险废物转移的有效监督，防治危险废物污染环境，根据《固体废物污染环境防治法》，《危险废物经营许可证管理办法》和《危险废物转移联单管理办法》相继出台，并以此制定了危险废物申报登记制度、转移联单制度和许可证制度，从法规的层面进一步细化了对危险废物相关活动的监督管理。《危险废物污染防治技术政策》的9.6.1条“各级政府应制定技术、经济政策调整产品结构，淘汰高污染日光灯管，鼓励建立废日光灯管的收集体系和资金机制”和9.6.2条“加强废日光灯管产生、收集和处理处置的管理，鼓励重点城市建设区域性的废日光灯管回收处理设施，为该区域的废日光灯管的回收处理提供服务”，更是为废弃荧光灯管回收处置应采取的技术措施指明了方向。

与欧盟各成员国管理电子电气产品的策略相似，中国台湾也颁布了电子电气产品的回收法规——《台湾废物处置法案》。该法案规定，对于类似荧光灯管等光源产品的回收是强制性的。中国台湾环保署于2002年开始启动荧光灯管的强制回收程序。据中国台湾环保署固体废物管理处声称，启动该程序的原则即是基于《台湾废物处置法案》。该程序规定，自2004年11月1日起，中国台湾所有居民将能选择岛内2 000家售卖灯管的任何一个商家进行灯管的回收。中国台湾环保署同时宣称，如果商家拒绝合作，将会被处以6万～30万台币的罚款。

1.2　废弃荧光灯管的回收体系

各国的废弃荧光灯管的回收体系具体见表1。

1.2.1　美国回收体系

美国在废弃荧光灯管回收体系方面开展了很多试点工程的研究。结果表明，废弃荧光灯管可以通过废物管理公司、回收公司、照明服务公司、零售商、公共设施等多主体进行安全、有效的回收。但是，目前美国针对回收模式尚未形成一个非常完善的财政机制，即回收费用一般来自各地政府财政补贴，而这

表1　各国废弃荧光灯管的回收体系

| 国家 | | 种类 | 回收主体 | 回收模式 | 费用承担方 |
|---|---|---|---|---|---|
| 美国 | | 家庭生活类 | 回收公司 | 邮寄 | 地方政府 |
| | | | 家庭危险废物回收组织 | 产废者自行交送 | |
| | | 企事业单位类 | 回收公司 | 上门回收 | |
| | | | 零售商和公用事业单位 | 设置回收站 | |
| | | | 回收公司 | 产废者自行交送 | |
| 日本 | | 家庭生活类 | 回收公司 | 设置回收站 | 地方政府 |
| | | 企事业单位类 | 废弃物处理公司 | 上门回收 | 企事业单位 |
| 欧盟 | 德国 | 家庭生活类 | 生产商 | 生产商自行回收 | 生产商 |
| | | | 销售商 | 销售商自行回收 | 销售商 |
| | | | 回收公司 | ①在社区设立回收点；②专车定点回收；③由①和②结合 | 社区 |
| | 瑞典 | 家庭生活类 | 回收公司 | 设置回收站 | 社区 |
| | 奥地利 | 家庭生活类 | 回收公司 | 设置回收站 | 社区 |
| | | | 销售商 | 销售商自行回收 | 销售商 |
| | 荷兰 | 家庭生活类 | 回收公司 | ①设置回收站；②专车定时定点收集 | 社区 |
| | | | 销售商 | 销售商自行回收 | 销售商 |
| 中国 | 台湾 | 家庭生活类 | 销售商 | 销售商自行回收 | 销售商 |
| | 大陆 | 无分类 | | 无回收体系 | |



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

部分补贴主要来自于2个方面的税收：(1)消费者支付的回收利用费(ARF)。消费者只要购买了灯管，即相当于支付了ARF，在购买灯管时可直接告知消费者需要支付这部分费用，也可在产品的价格中直接增加这部分费用。(2)生产者支付的回收利用费。荧光灯管生产企业支付一定的用于废弃荧光灯管的回收利用费用，但是这部分费用往往被生产企业以增加产品单位价格的方式转嫁给了消费者。这种收费方式最大的好处在于方便政府管理。

1.2.2　日本回收体系

日本将废弃荧光灯管分为家庭生活类和企事业单位类进行回收。针对不同种类的废弃荧光灯管，通过不同的回收主体进行回收，并承担相应的回收费用。

1.2.3　欧盟回收体系

欧盟成员国建立的废弃荧光灯管的回收模式主要针对家庭生活中产生的废弃荧光灯管。欧盟将家庭产生的含有汞的废弃荧光灯管称为“家庭危险废物(HHW)”，因此对于家庭产生的废弃荧光灯管，欧盟成员国建立了较完善的回收体系对其进行单独收集，以避免与其他非“家庭危险废物”一同处置。

1.2.4　中国回收体系

在中国大陆地区，无论是针对家庭生活产生的废弃荧光灯管还是企事业单位产生的废弃荧光灯管，均未建立起完善的行之有效的回收体系，大部分废弃荧光灯管被当作生活垃圾一同处置。但是，随着近几年人们环保意识的提高，中国大陆部分省市也相继开展了废弃荧光灯管的回收工作。例如，目前北京市危险废物处置中心负责集中收集处置北京市部分企事业单位的废弃荧光灯管。据了解，2010年，北京市危险废物处置中心共计回收处置废弃荧光灯管176 t，约有200万支。除此之外，北京市于2008—2010年还开展了持续3年的“一元节能灯”的换购活动。在江苏省宜兴市，苏南固废处理综合利用厂于1999年建成了江苏省首座含汞灯管处理装置，每年可处理1 500 t含汞灯管[9]175。

中国台湾启动了废弃荧光灯管的强制回收程序，荧光灯管的销售商必须全面回收处理废弃荧光灯管。

1.3　废弃荧光灯管的处理处置技术

欧盟各国采用的废弃荧光灯管的处理处置方法有湿法工艺[6]38和干法工艺(包括直接破碎分离和切端吹扫分离工艺)[9]174,[10]。湿法工艺能洗脱玻璃上的残留荧光粉，汞回收率高，因此在荧光灯管回收利用法的早期处理处置中使用较多。欧盟成员国德国、瑞士、芬兰等曾采用湿法工艺处理处置废弃荧光灯管，以对其进行综合利用，生产的“湿法”灯管碾碎机曾应用于大规模工业化废弃荧光灯处理处置中。但是，目前干法工艺已逐渐成为废弃荧光灯管回收利用的发展趋势。其中，直接破碎分离工艺的处理处置流程是先将废弃荧光灯管整体粉碎、洗净、干燥后回收汞和玻璃管的混合物，然后经焙烧、蒸发并凝结回收粗汞，再经汞生产装置精制后供荧光灯用汞，每支废弃荧光灯管回收汞10～20 mg。切端吹扫分离工艺是先将废弃荧光灯管的两端切掉，吹入高压空气将含汞的荧光粉吹出后收集，再通过真空加热器回收汞，其生成汞的纯度为99.9%。该工艺可有效地将可再生回收利用的荧光粉分类收集，适用于以昂贵的稀土为荧光粉原料的废弃荧光灯管处理处置。图1是瑞典MRT公司的废弃荧光灯管回收处理系统。

美国多采用干法工艺，还发明了一种废弃荧光灯管回收的活动设备[11]。该设备包含了完整的废弃荧光灯管的破碎与组分分离装置，在密闭的容器中将废弃荧光灯管粉碎，较大颗粒物质把汞清洗掉后进一步回收；较小颗粒被气流带走，经粉尘过滤器回收部分荧光粉，最后气流通过活性炭过滤器除去汞蒸气和其他有害气体，排入大气。该装置不仅能避免废弃荧光灯管运输过程中破碎和体积庞大的问题，而且工艺流程简单，对零星分布的回收点带来很大的便利。

日本的几大废弃荧光灯管处理公司基本上采用干法工艺来处理处置收集到的废弃荧光灯管。如野村兴产株式会社采用直接粉碎分离工艺；NKK环境公司和神钢朋太克采用切端吹扫分离工艺[12]。

目前，中国是将废弃荧光灯管与生活垃圾一起混合，采用焚烧或填埋的方式处置[9]175,[13-14]。

## 2　中国废弃荧光灯管环境管理的不足

### 2.1　环境管理政策方面

尽管，中国从立法的角度已将废弃荧光灯管列为危险废物，并制定了可以适用于废弃荧光灯管环境管理的法律法规、技术政策等，但这些法规条文并



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

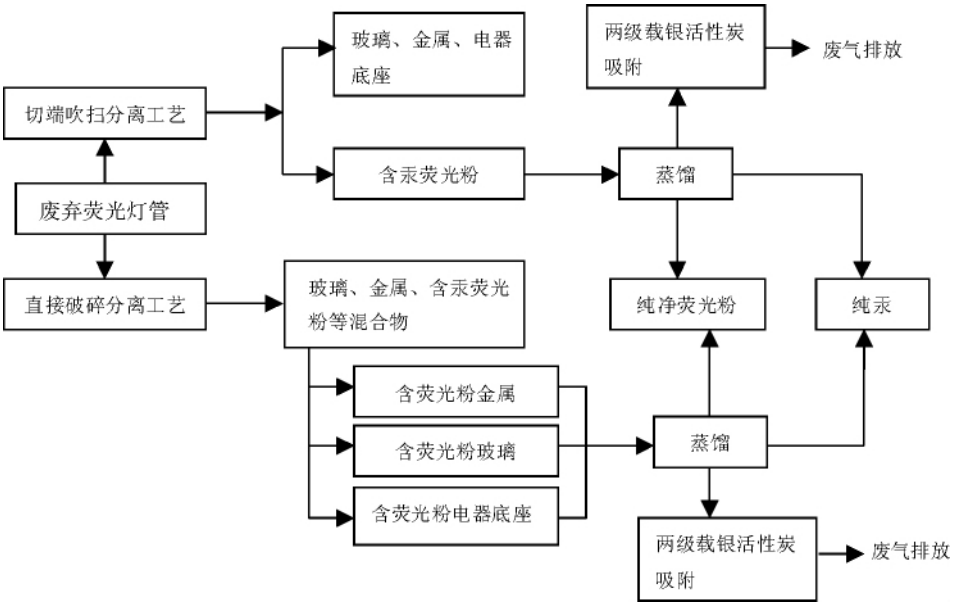


图 1　瑞典 MRT 公司的废弃荧光灯管回收处理系统

没有涉及针对废弃荧光灯管回收综合利用管理工作的具体措施；各级地方政府尚未出台可有效促进当地废弃荧光灯管回收的管理政策、管理办法；现行的危险废物相关的法律法规中尚未对回收责任人进行明确规定；现行的危险废物相关的法律法规中缺少对废弃荧光灯管回收率进行考核的衡量标准等。

### 2.2　回收体系方面

中国尚未设立废弃荧光灯管的回收网点、专门的回收箱，直接导致人们把废弃荧光灯管随生活垃圾一起处理。

### 2.3　处理处置技术方面

中国对于废弃荧光灯管的处理处置技术、设备较落后，企业对废弃荧光灯管的处理处置主要依赖国外设备。这直接导致利润较低的处理处置工作凭空增加了较多的成本，这也许是大多数地区放弃采用单独处理处置设备，而采取填埋或焚烧方式的原因之一。

## 3　展　望

随着废弃荧光灯管产生数量的日益增加，中国在其环境管理方面的不足也随之日益凸显，这势必将会导致人类生存环境和人体健康受到严重威胁。因此，制定切实有效的环境管理政策、建立适宜于中国的废弃荧光灯管回收模式、加强废弃荧光灯管处理处置技术的研发力度或筛选适宜于中国的先进的处理处置技术，将成为建立或完善中国废弃荧光灯管环境管理体系、有效解决废弃荧光灯管带来的环境污染和资源再利用问题的重要研究途径。同样，对于促进社会和经济的可持续发展，创建资源节约、环境友好的和谐社会，具有非常重要的现实意义。

## 参考文献：

[1]　官国雄. 废旧灯管汞污染危害与防治对策[J]. 照明工程学报，2009，20(2)：79-81.

[2]　齐伍凯，孙艳辉，南俊民. 废弃荧光灯的回收处理方法及对策[J]. 环境污染与防治，2009，31(9)：95-98.

[3]　刘兆辉，张凤杰，郦怀秀. 废日光灯管的回收利用与管理对策[J]. 中国资源综合利用，2006，24(7)：17-19.

[4]　吴胜虎. 汞的神经毒性及机制研究进展[J]. 国外医学：儿科学分册，2000，27(4)：169-172.

[5]　尹韶青，唐娜. 废弃荧光灯管环境风险研究[J]. 科技创新导报，2009(9)：104-106.

[6]　王敬贤，郑骥. 含汞废弃荧光灯管处理现状及分析[J]. 中国环保产业，2010(10).

[7]　国家环境保护总局污染控制司. 固体废物管理与法规——各国废物管理体制与实践[M]. 北京：化学工业出版社，2004.

[8]　王新，陈玉平. 欧洲有关国家关于执行欧盟废旧电子电气指令的措施[J]. 中国人口·资源与环境，2005，15(4).

[9]　程鹏，周斌. 废旧灯管回收处理的法制和设施建设[J]. 江苏环境科技，2005，18(增刊).

[10]　王涛. 废旧荧光灯管的回收利用及处理处置[J]. 中国环保产业，2005(3)：26-28.

[11]　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(6)：29-35.

[12]　白杉. 日本依法促进废荧光灯管的再生利用[J]. 光源与照明，2004(1)：40.

[13]　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.

[14]　薛彦辉，薛大兵. 废旧灯管的回收利用[J]. 青岛理工大学学报，2008，29(3)：70-73.

编辑：黄　苇　（修改稿收到日期：2012-05-14）



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net