

附件 2

环 境 保 护 技 术 文 件

含汞废物处理处置污染防治可行技术 指南

Guidelines on Available Technologies of Pollution Prevention for

Mercury-containing Waste Disposal

(征求意见稿)

环 境 保 护 部

前言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》，防治环境污染，完善环保技术工作体系，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为含汞废物污染防治工作的参考技术资料。

本指南由环境保护部科技标准司提出并组织制订。

本指南起草单位：环境保护部环境保护对外合作中心、中国科学院高能物理研究所。

本指南由环境保护部解释。

目 录

1 总则	8
1.1 适用范围.....	8
1.2 术语及定义.....	8
2 处理处置工艺及污染物排放	8
2.1 废汞触媒处理处置技术.....	8
2.2 含汞冶炼废渣处理处置技术.....	3
2.3 废旧荧光灯处理处置技术.....	12
2.4 废含汞化学试剂处理处置技术.....	7
3 含汞废物处理处置过程中的污染防治技术	8
3.1 大气污染防治技术.....	8
3.2 水污染防治技术.....	9
3.3 固体废物污染防治技术.....	170
3.4 噪声污染控制技术.....	11
4 含汞废物处理处置污染防治可行技术	181
4.1 废汞触媒处理处置可行技术.....	181
4.2 含汞冶炼废渣处理处置可行技术.....	203
4.3 废旧荧光灯处理处置可行技术.....	214
4.4 废含汞化学试剂处理处置可行技术.....	247
4.5 含汞废气治理可行技术.....	258
4.6 含汞废水治理可行技术.....	258
4.7 固体废物处理处置及综合利用可行技术.....	26
5 技术应用中的注意事项	26

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于废汞触媒、含汞冶炼废渣、废荧光灯及含汞废化学试剂等含汞废物处理处置企业。

1.2 术语及定义

可行技术

是针对生活、生产过程中产生的各种环境问题，为减少污染物的排放，从整体上实现高水平环境保护所采用的与某一时期的技术、经济发展水平和环境管理要求相适应，在公共基础设施和工业部门得到应用的，适用于不同应用条件的一项或多项改进、可行的污染防治工艺和技术。

2 处理处置工艺及污染物排放

2.1 废汞触媒处理处置技术

废汞触媒是指在乙炔法聚氯乙烯生产过程中，作为催化剂的汞触媒使用一段时期后，因中毒、失活或积炭而无法正常使用，定期更换而废弃的触媒。废汞触媒处理处置方法主要有蒸馏法和控氧干馏法。

2.1.1 蒸馏法

2.1.1.1 技术原理

蒸馏法是指将废汞触媒进行化学预处理，使 HgCl_2 转化为 HgO ，然后再将其置于蒸馏炉内，加热使之分离为汞蒸气，经冷凝回收金属汞。蒸馏炉包括燃气节能蒸馏炉和煤热列管式蒸馏炉。

该技术成熟度高，可有效回收废汞触媒中金属汞。

该技术适用于任何形态、浓度废汞触媒中汞的回收处理。

2.1.1.2 工艺流程及产污节点

蒸馏法回收金属汞包括废汞触媒的预处理、焙烧、冷凝等工艺单元。工艺流程和产污节点如图 1 所示。

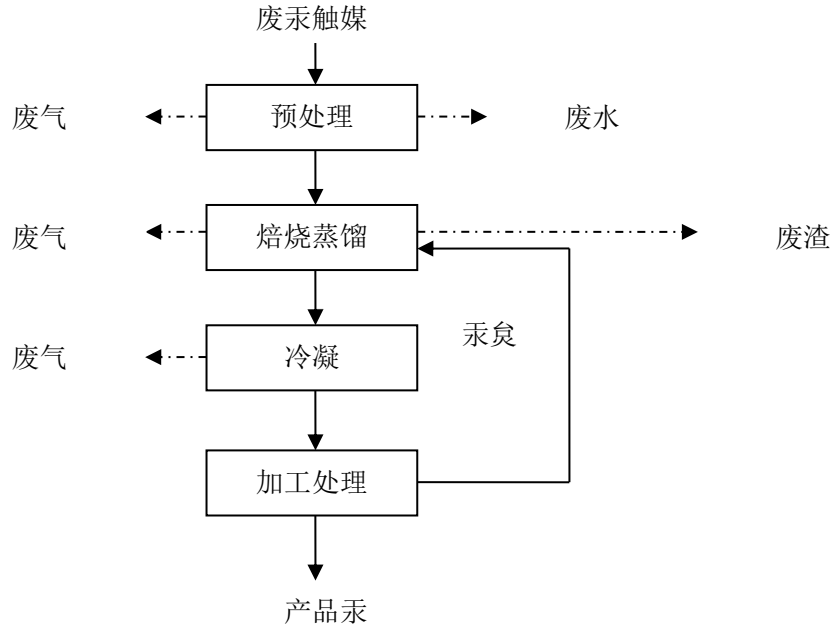


图 1 废汞触媒蒸馏法处置工艺及产污节点

2.1.1.3 物料消耗及污染物排放

2.1.1.3.1 物料和能源消耗

按处理吨废物计，废汞触媒蒸馏法回收技术预处理阶段电耗约 27 kWh、煤耗约 0.5t，活性炭约 0.6kg。

2.1.1.3.2 污染物排放

废汞触媒回收处理过程主要产生水污染、大气污染、固废污染和噪声污染。

水污染物主要为预处理浸渍和液-固分离工序产生的废水、车间地面和设备冲洗废水等。废水中主要污染项目包括汞、SS、COD_{Cr}，Ph 值和氯离子等。

大气污染物主要为干燥和筛分工序产生的废气，废气中主要污染物包括汞和氯气，以及使用燃煤锅炉产生的二氧化硫和烟尘等。

固体废物主要为筛分后废弃的汞触媒、废气处理产生的底灰和废水处理产生的污泥。

噪声污染主要集中在提升设备、锅炉风机和破碎设施等车间，最高可达 85dB。

2.1.2 控氧干馏法

2.1.2.1 技术原理

控氧干馏法回收废汞触媒中 HgCl₂ 及活性炭工艺，其过程是利用 HgCl₂ 高温升华且其升华温度低于活性炭焦化温度的原理，在负压密闭和惰性气体气氛环境下，通过干馏实现 HgCl₂ 和活性炭同时回收。

该工艺可实现 HgCl₂ 和活性炭的资源综合利用，还可有效避免回收过程中汞流失，HgCl₂ 的回收率 >90%。

适用于电石法生产聚氯乙烯废汞触媒的处理。

2.1.2.2 工艺流程及产污节点

控氧干馏法处理废汞触媒包括干馏、筛分、浸泡和过滤等工艺单元。工艺流程和产污节点如图 2 所示。

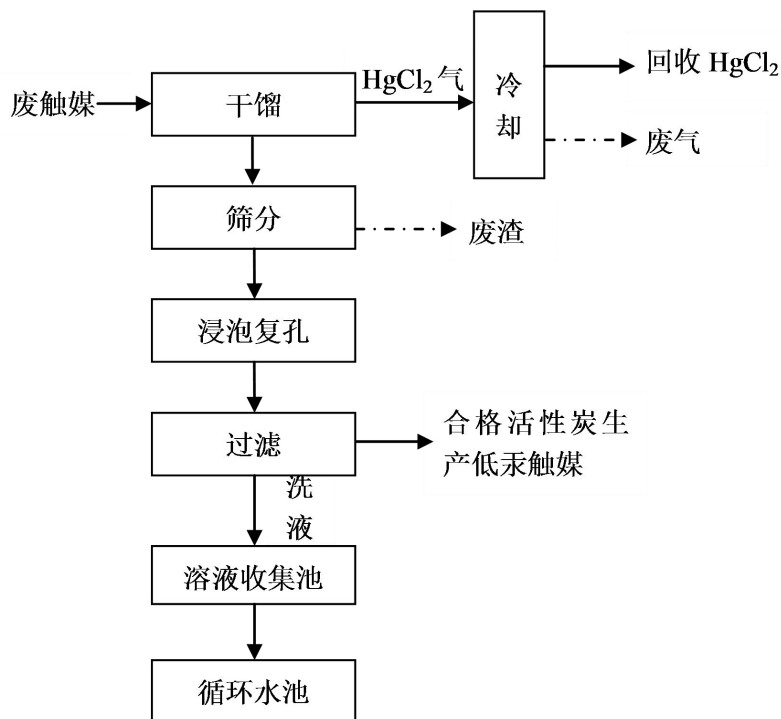


图 2 废汞触媒控氧干馏法处置工艺流程及产污节点

2.1.2.3 物料消耗及污染物排放

2.1.2.3.1 物料和能源消耗

按处理吨废物计，废汞触媒控氧干馏回收技术水耗约 3t、煤耗约 0.15t，电耗约 60kWh。

2.1.2.3.2 污染物排放

废汞触媒回收处理过程主要产生水污染、大气污染、固废污染和噪声污染。

水污染物主要为过滤工序产生的废水、车间地面和设备冲洗废水等。废水中主要污染项目包括汞、SS、COD_{Cr}，Ph 值和氯离子等。

大气污染物主要为干馏冷却工序产生的废气，废气中主要污染物包括汞和氯气等。

固体废物主要为筛分后废弃的汞触媒、废气处理产生的废活性炭和废水处理产生的污泥。

噪声污染主要为风机产生。

2.2 含汞冶炼废渣处理处置技术

2.2.1 技术原理

含汞废渣处理技术通常采用蒸馏法处理，先将含汞废渣进行化学预处理，再将其置于蒸馏炉

内，加热使汞挥发，经冷凝回收金属汞。

该技术成熟度高，针对废渣中汞的形态可采取不同的预处理方法，可高效回收废渣中金属汞。对于含有不同有价金属的废渣，可保留原渣中除汞外其他金属成分，便于资源的综合利用。

该技术适用于金属冶炼含汞烟尘，含汞温度计生产过程中产生的废渣、装置收集的粉尘，含汞废活性炭等的处理处置也可参照此技术。

2.2.2 工艺流程及产污节点

蒸馏法处理含汞废渣工艺包括预处理、焙烧、冷凝等工艺单元。工艺流程和产污节点如图 3 所示。

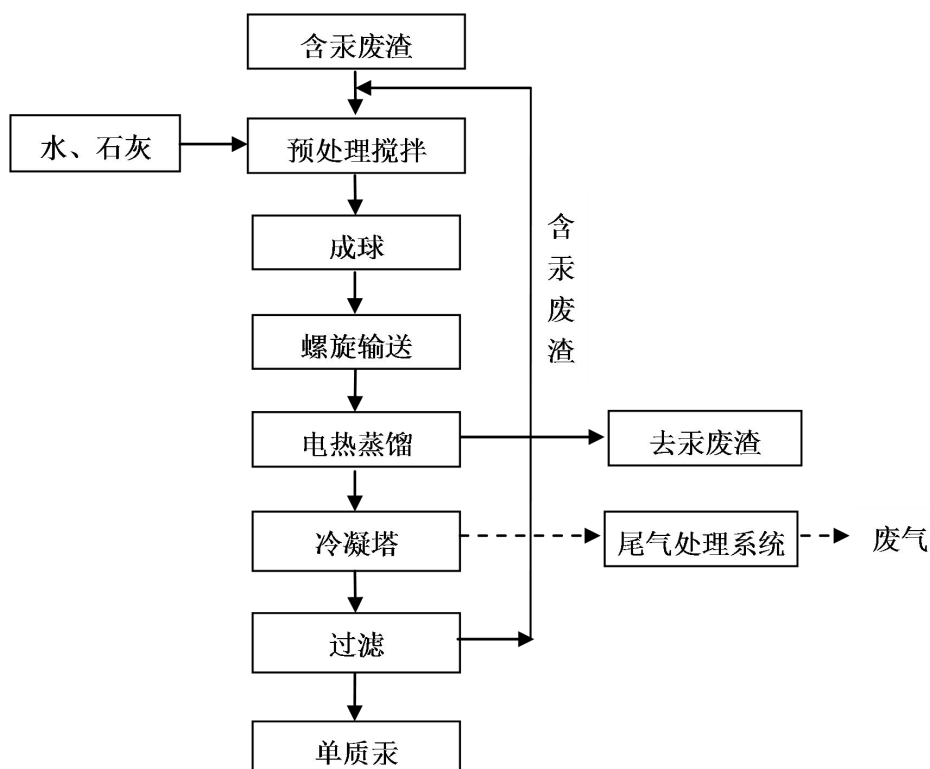


图 3 含汞废渣蒸馏法处置工艺及产污节点

2.2.3 物料消耗及污染物排放

2.2.3.1 物料和能源消耗

按处理吨废物计，含汞冶炼废渣回收技术电耗约 1700kWh。

2.2.3.2 污染物排放

含汞冶炼废渣回收处理过程主要产生水污染、大气污染、固废污染和噪声污染。

水污染物主要为车间地面和设备冲洗废水等，废水中主要污染项目包括汞、SS、COD_{Cr}及 pH 值等。

大气污染物主要为冶炼工序产生的废气，废气中主要污染物包括汞和颗粒物等。

固体废物主要为冶炼后废渣、废气处理产生的底灰及活性炭和废水处理产生的污泥。

噪声污染主要集中在搅拌设备、离心风机和成球设备等车间，最高可达 60dB。

2.3 废旧荧光灯处理处置技术

2.3.1 切端吹扫分离技术

2.3.1.1 技术原理

切端吹扫分离技术是指先将直管荧光灯的两端切掉，再吹入高压空气将含汞的荧光粉吹出后收集，然后通过蒸馏装置回收汞。

该技术可有效回收利用稀土荧光粉，其生成汞的纯度为 99.9%，但投资较大。

该技术适用于直管荧光灯的处理处置。

2.3.1.2 工艺流程及产污节点

切端吹扫工艺在负压环境下运行，主要由粉碎、蒸馏、分离等单元组成。工艺流程及产污节点如图 4 所示：

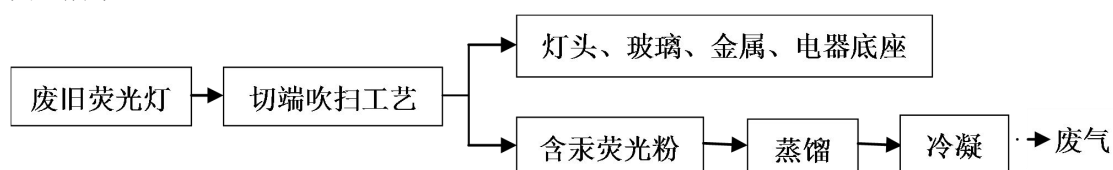


图 4 废旧荧光灯切端吹扫工艺技术工艺流程及产污节点

2.3.1.3 物料消耗及污染物排放

2.3.1.3.1 物料和能源消耗

按处理吨废物计，切断吹扫技术耗电约 800 kWh，载银活性炭每年更换 2~3 次。

2.3.1.3.2 污染物排放

切断吹扫处理技术主要产生大气污染，固废污染和噪声污染。

大气污染物主要为破碎、蒸馏过程中产生的含汞废气，废气中主要污染物包括汞和颗粒物等。

固体废物为蒸馏后的不可再利用的荧光粉等。

噪声污染主要来源于破碎设施，最高可达 55dB。

2.3.2 直接破碎分离技术

2.3.2.1 技术原理

直接破碎分离技术是指将灯管整体粉碎分选后，经蒸馏回收汞。

该技术工艺结构紧凑、占地面积小、投资省，但因含玻璃粉，荧光粉纯度不高，较难被再利用。

适用于所有规格荧光灯的处理处置。

2.3.2.2 工艺流程及产污节点

直接破碎分离技术在负压环境下运行，主要由粉碎、蒸馏、分离等单元组成。工艺流程及产污节点如图 5 所示。

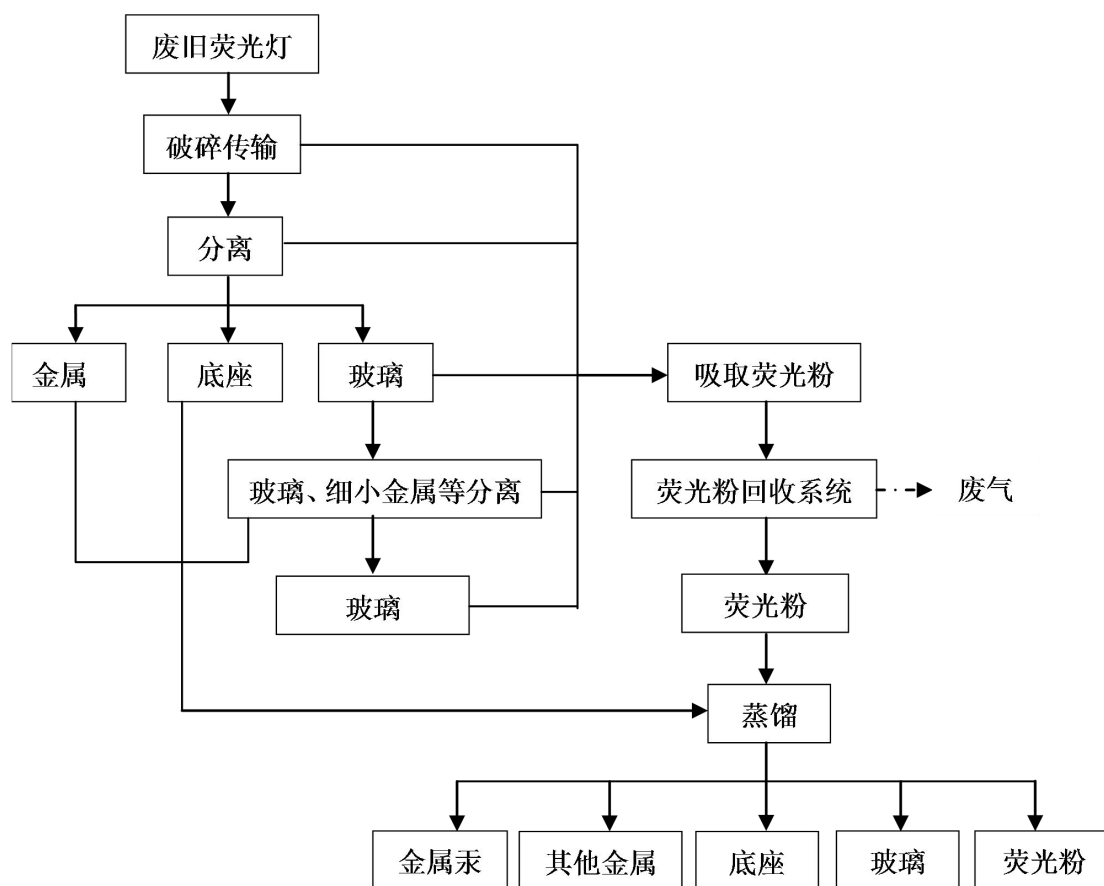


图 5 废旧荧光灯直接破碎分离技术工艺流程及产污节点

2.3.2.3 物料消耗及污染物排放

2.3.2.3.1 物料和能源消耗

按处理吨废物计，直接破碎分离技术消耗电 300000 kWh，载银活性炭每年更换 2~3 次。

2.3.2.3.2 污染物排放

医疗废物微波处理过程主要产生大气污染，固废污染和噪声污染。

大气污染物主要为破碎、蒸馏处理过程中产生的含汞废气，废气中主要污染项目包括汞和颗粒物等。

固体废物为蒸馏后的不可再利用的荧光粉等。

噪声污染主要产生于破碎设施，可达 75dB。

2.3.3 湿法处置技术

2.3.3.1 技术原理

湿法处置技术是利用水封防止汞蒸气污染空气的特点，通过水洗脱离玻璃上的残留荧光粉，对汞进行回收。

该技术需对产生的含汞废水进行处理，在废旧荧光灯早期处理中使用较多。

适用于使用液态汞荧光灯的处理处置。

2.3.3.2 工艺流程及产污节点

废旧荧光灯湿法处置装置包括进料、破碎、水洗、磁选等工艺单元。工艺流程及产污节点如图6所示。

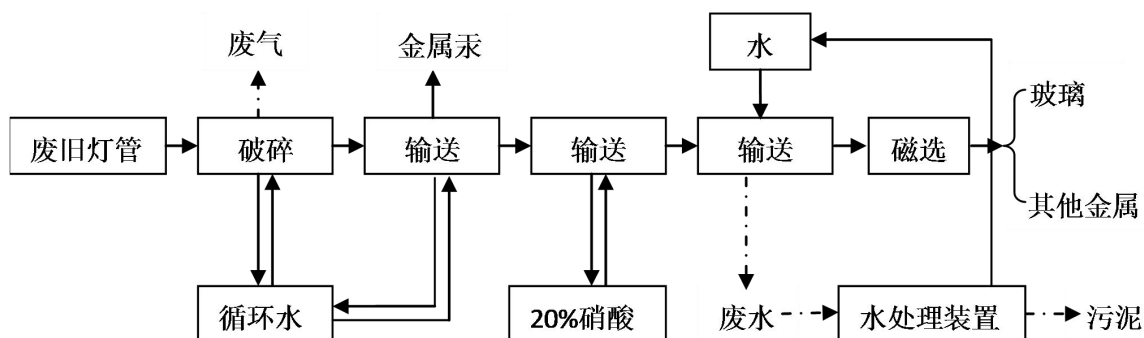


图6 废旧荧光灯湿法处置技术工艺流程和产污节点

2.3.3.3 物料消耗及污染物排放

2.3.3.3.1 物料和能源消耗

按处理吨废物计，湿法处置技术消耗水 20-30kg、电约 50 kWh、硝酸/碳酸氢钠约 5kg，活性炭约 5kg。

2.3.3.3.2 污染物排放

湿法处置废旧荧光灯过程中会产生大气污染、水污染、固废污染和噪声污染。

大气污染物主要为破碎、蒸馏过程中产生的废气，废气中主要污染物包括汞和颗粒物等。

水污染物主要为荧光灯破碎后水洗汞产生，废水中主要污染项目为汞、SS、COD_{Cr} 和 pH 值等。

固体废物为处理后产生的金属和玻璃，可部分资源化处理。

噪声污染主要来源于破碎设施，最高可达 55dB。

2.4 废含汞化学试剂处理处置技术

2.4.1 技术原理

废含汞化学试剂处理处置主要采用湿法处理技术，是根据不同废含汞化学试剂性质，采用过滤、蒸馏等提纯方法对其中含汞化学试剂进行回收。

湿法回收处置废含汞化学试剂，处置成本低，处置过程中产生二次污染小，资源再生利用率高。

适用于废单质汞、废汞盐化学物等废含汞化学试剂的处理处置。

2.4.2 工艺流程及产污节点

废含汞化学试剂湿法处理技术按所含化学试剂性质不同，处理工艺有所不同，废单质汞处理包括酸洗、碱洗、漂净、干燥过滤等单元；易升华的废汞盐化学物处理包括直接进行升华或蒸馏就可以去除杂质，得到合格的产品；易溶于酸和水的汞盐化合物处理包括加酸溶解、加碱沉淀、

烘干等工艺单元。工艺流程及产污节点如图 7 所示。

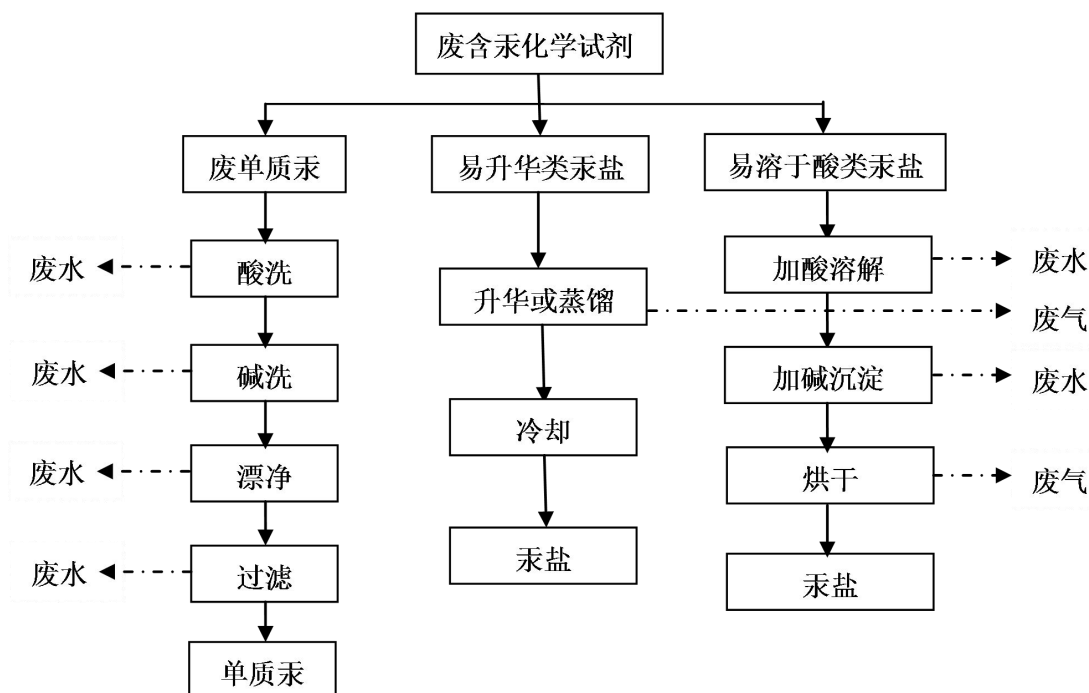


图 7 废含汞化学试剂湿法处置技术工艺及产污节点

2.4.3 物料消耗及污染物排放

2.4.3.1 物料和能源消耗

湿法处理废含汞化学试剂主要消耗物料为酸、碱和水，其用量根据废化学试剂中汞浓度而定。

2.4.3.2 污染物排放

湿法处置废含汞化学试剂过程中会产生大气污染、水污染。

大气污染物主要为升华/蒸馏、烘干过程中产生的废气，废气中主要污染物为单质汞或汞化合物等。

水污染物主要为酸/碱洗涤、水洗和过滤过程产生，废水中主要污染项目为汞、 COD_{Cr} 和 pH 值等。

3 含汞废物处理处置过程中的污染防治技术

3.1 大气污染防治技术

3.1.1 活性炭吸附技术

活性炭吸附技术是利用活性炭内部孔隙结构发达、比表面积大、吸附能力强的特性对汞进行吸附，也可以活性炭为基炭，加入与汞有强亲和力的元素，为了提高吸附效率，如载银活性炭和载硫活性炭等。

该技术吸附效率高，可与袋式除尘器联合使用，进一步提高吸附效率。

该技术对净化处理含汞废气具有独特的性能，可以有效回收金属汞，消除二次污染。

3.1.2 空气冷凝+活性炭吸附技术

冷凝法适于净化回收高浓度的汞蒸气。由于汞极易挥发，所以单纯依靠冷凝法来净化含汞废气，无法达到国家排放标准。因此，冷凝法净化回收金属汞常作为吸收法的前处理。该工艺流程简单，易管理。

工艺流程： 冷凝器（空气冷凝）作为一级净化设备，活性炭吸附器则作为二级净化设备，经过先冷凝后吸附的二级净化后，尾气含汞浓度达到国家排放标准。

工艺操作指标： 冷凝-吸附法净化含汞废气的工艺操作指标如表 1。

表 1 冷凝-吸附法工艺操作指标

工艺条件				空气流中含汞浓度		净化效率 (%)
气量 (m ³ /h)	冷凝温度 (°C)	空床速度 (m/s)	真空度 (133.32Pa)	净化前 (mg/m ³)	净化后 (mg/m ³)	
1000-1300	20-30	0.2-0.5	450	150	2	98.7
1000-1300	20-30	0.2-0.5	450	205	未检出	~100
1000-1300	20-30	0.2-0.5	450	345	5	98.5

3.1.3 溶液吸收法

溶液吸收法是指常用高锰酸钾或次氯酸钠溶液，高锰酸钾可迅速将汞蒸气转为氧化汞沉淀，次氯酸钠可迅速将汞蒸气转为汞离子并与氯离子生成氯汞络离子。

该方法的净化效率较高，但都存在自分解和汞的二次处理问题。

该方法一般适用于与其他方法联合使用。

3.1.4 袋式除尘技术

袋式除尘技术是指通过设置障碍物实现烟气中粉尘的分离。当烟气通过袋式除尘器时，烟气中固体颗粒物被编织布捕获。

袋式除尘器对于去除粗、细粒子，都可以取得高收集效率，可有效处理宽浓度范围的物料，收集的粉尘可在工艺中再使用。

袋式除尘器的除尘总效率大于 99.5%，最高可达 99.99%。

3.2 水污染防治技术

含汞废物处理处置产生的废水在常规处理物理（吸附、絮凝）和化学（药剂沉淀）处理后，返回循环使用，不排放。

3.2.1 絮凝沉淀法

絮凝沉淀法是指在含汞废水中加入絮凝剂(石灰、铁盐、铝盐等)，在 pH 值为 8-10 的弱碱性条件下，形成氢氧化物絮凝体，对汞有絮凝作用，使汞共沉淀析出。

该方法可使出水含汞浓度降到 0.05-0.1mg/L，除汞效率约为 90%。该法通常产生大量含水率高的污泥，不利于汞的回收。

该方法适用于处理含汞量较低和浑浊度较高的废水，或用来对浑浊的高含汞量废水做澄清预处理。

3.2.2 硫化物沉淀法

硫化物沉淀法是指在含汞废水中加入硫化钠处理，由于 Hg^{2+} 与 S^{2-} 有强烈的亲合力，能生成硫化汞沉淀而去除溶液中的汞。

该方法是应用最多的一种沉淀处理法，加盐酸将 pH 值调至 5，再加 Na_2S 或 NaHS ，调 pH 值至 8-9，去除率可达 99.5-99.9%，出水含汞浓度可降到 0.05mg/L 以下。该技术工艺流程短，设备简单，原料来源广泛，处置费用低。该方法不足：在硫化物过量较多时会形成可溶性汞硫络合物；硫化物过量程度的监测较困难；处理后出水的残余硫产生污染问题。

该方法适用于含汞废物处理过程中产生的高浓度含汞废水的处理。

3.2.3 活性炭吸附法

活性炭吸附法是指采用活性炭作为吸附剂，有效吸附废水中的汞，但价格昂贵，且只适用于处理低浓度的含汞废水。废水中含汞浓度高时，可先进行一级处理，降低废水汞浓度后再用活性炭吸附。

该方法出水汞含量可将至 0.05mg/L。回收汞后活性炭可再生并重复利用。

该方式适用于低浓度（一般不超过 5mg/L）含汞废水的处理，便于与其他含汞废水技术组合使用。

3.2.4 金属还原法

金属还原法是指根据电极电位理论，利用铁、铜、锌、铝、镁、锰等电极电位低的金属（屑或粉）从废水中置换汞离子。

铁、锌处理含汞废水较好，价格低，反应快。铁粉适用于处理酸度为 3-5% 含汞的含汞废水，锌还原的有效 pH 值范围为 5-10，铜屑还原多用于酸度较高的溶液，出水含汞均可降至 0.05mg/L。

该方法适用于处理成分单一的含汞废水，其反应速率较高，可直接回收金属汞，但脱汞不完全，需和其他方法结合使用。

3.3 固体废物污染防治技术

3.3.1 一般固体废物综合利用及处理处置技术

含汞废物处理后属于一般固体废物的，可按照一般工业废物处置场进行永久性集中贮存。

有再利用价值的固体废物，应首先考虑综合利用：

- 1) 焙烧后的废汞触媒存放于专用堆存场所，鼓励技术创新进行综合利用；
- 2) 废旧荧光灯处理后所得金属、玻璃和荧光粉等进行资源再利用，或者按照生活垃圾处置。

3.3.2 危险废物综合利用及处理处置技术

对于危险废物，按有关管理要求进行安全处理处置。无金属回收利用价值的危险固体废物，应按照危险废物相关规定安全处置。

1) 汞回收处理后的冶炼废渣仍含有铅等重金属的，应进一步交由具有资质的处置机构回收处置；

2) 废气、废水吸附用活性炭经鉴定属危险废物的按照危险废物进行管理。

3.4 噪声污染控制技术

噪声污染主要从声源、传播途径和受体防护三个方面进行防治。尽可能选用低噪声设备，采用设备消声、隔振、减振等措施从声源上控制噪声。采用隔声、吸声、绿化等措施在传播途径上降噪。

4 含汞废物处理处置污染防治可行技术

4.1 废汞触媒处理处置可行技术

4.1.1 蒸馏法

4.1.1.1 可行工艺流程

废汞触媒蒸馏法处理处置技术可行工艺流程如图 8 所示。

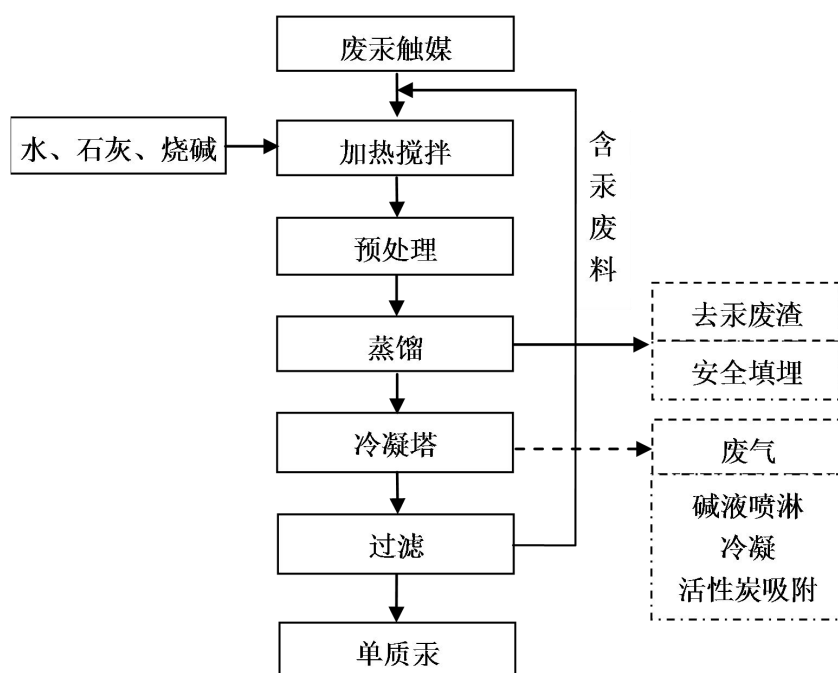


图 8 废汞触媒蒸馏法处置技术可行工艺流程

4.1.1.2 可行工艺参数

蒸馏法回收汞工艺可行工艺参数：预处理反应时间大于 2h，反应温度 80-100℃；焙烧蒸馏反应时间大于 8h，燃煤列管式蒸馏炉温度控制在 800-1000℃之间，燃气节能蒸馏炉温度控制在 700-800℃之间。

4.1.1.3 污染物消减及排放

蒸馏法回收废汞触媒中的 HgCl_2 回收率可到 97%以上，含汞废气处理系统可回收废气中约 90% 汞，排放浓度低于 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。处理后的废渣属于一般固体废物，应进行综合利用，不能综合利用的，于指定场所卫生填埋；经鉴别属于危险废物的，按照危险废物进行管理。

4.1.1.4 二次污染及防治措施

废汞触媒焙烧蒸馏处理过程产生的污水经处理后回用，固体残渣在指定填埋场进行安全填埋，活性炭经鉴别属于危险废物的按照危险废物进行管理。

4.1.1.5 技术经济适用性

两家典型焙烧蒸馏法处理废汞触媒企业投资对比如表 2 所示。

表 2 废汞处理蒸馏法处理处置技术经济适用性

企业	工程总投资	设备总投资	处置能力	污染控制设备投资	运行成本
企业 A	1700 万元	860 万元	9000t/a	520 万元	10000 元/t
企业 B	4500 万元	1500 万元	15000 t/a	大于 500 万元	10000 元/t

4.1.2 控氧干馏法

4.1.2.1 可行工艺流程

控氧干馏法处理处置技术可行工艺流程如图 9 所示。

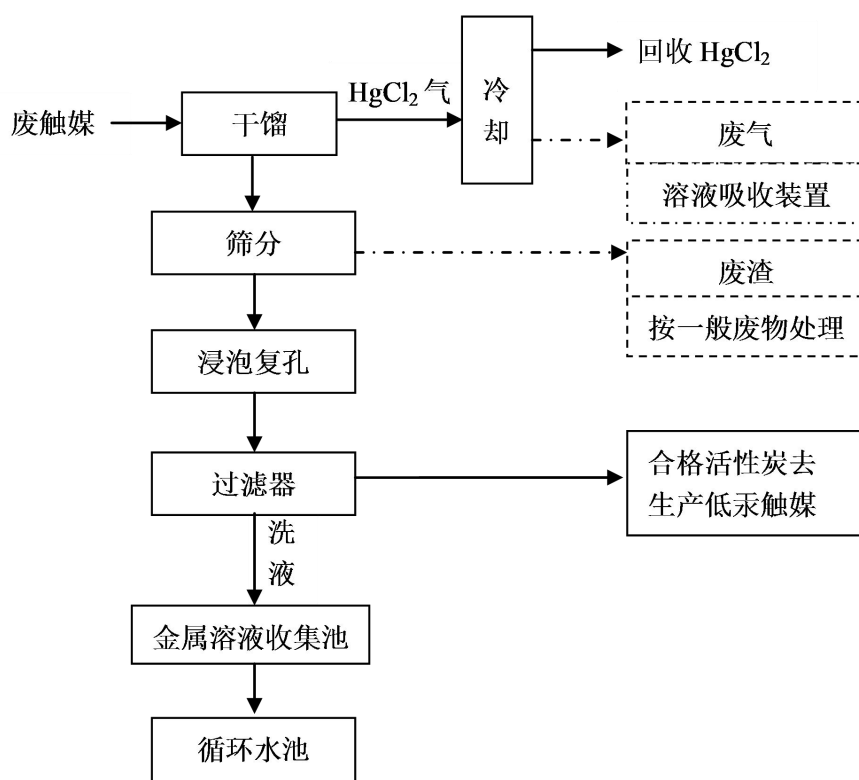


图 9 废汞触媒控氧干馏法处理处置技术可行工艺流程

4.1.2.2 可行工艺参数

含汞量为 4%左右的废触媒一次性加料 9m³，间歇式操作，6h 为一个周期。

4.1.2.3 污染物消减及排放

控氧干馏法回收废汞触媒中氯化汞的回收率>90%以上，废气经处理排放浓度低于 0.1mg/m³。处置后含汞废渣经鉴别属于一般固体废物的，按一般废物处置，属于危险废物的，按照危险废物进行管理。

4.1.2.4 二次污染及防治措施

控氧干馏法废水可回用，不外排环境。

4.1.2.5 技术经济适用性

该技术投资较大，运行成本较高。

4.2 含汞冶炼废渣处理处置可行技术

4.2.1 可行工艺流程

含汞冶炼废渣蒸馏法处理处置技术可行工艺流程如图 10 所示。

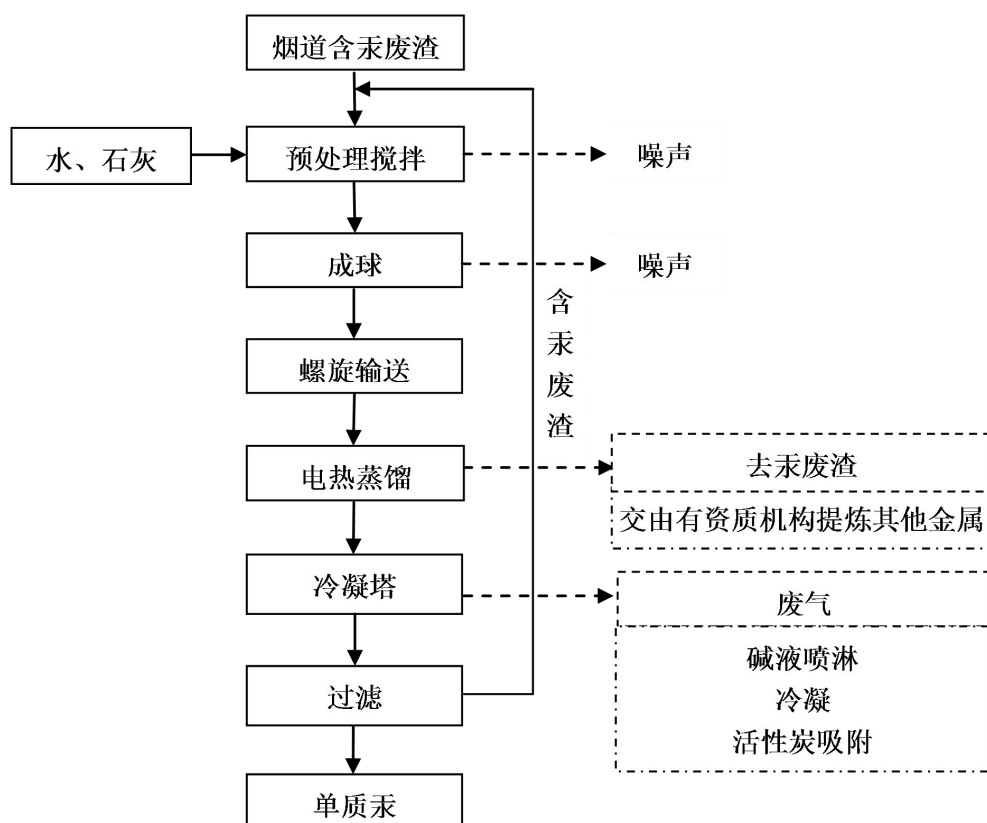


图 10 含汞冶炼废渣蒸馏法处理处置技术可行工艺流程

4.2.2 可行工艺参数

蒸馏过程中温度控制在 650-700℃，既保证废渣中含汞化合物全部挥发，又保留铅、锌等成分基本不变。

4.2.3 污染物消减及排放

蒸馏法回收含汞废渣中的汞回收率可到 97%以上，含汞废气处理系统可回收废气中约 90%汞，排放浓度低于 0.1mg/m³。

4.2.4 二次污染及防治措施

含汞冶炼废渣处理过程产生的污水经处理后回用，处理后残渣含有其他贵金属的交由具有资质的单位处理，活性炭按照危险废物管理。

4.3 废旧荧光灯处理处置可行技术

4.3.1 切端吹扫工艺

4.3.1.1 可行工艺流程

废旧荧光灯切端吹扫工艺可行工艺流程如图 11 所示。

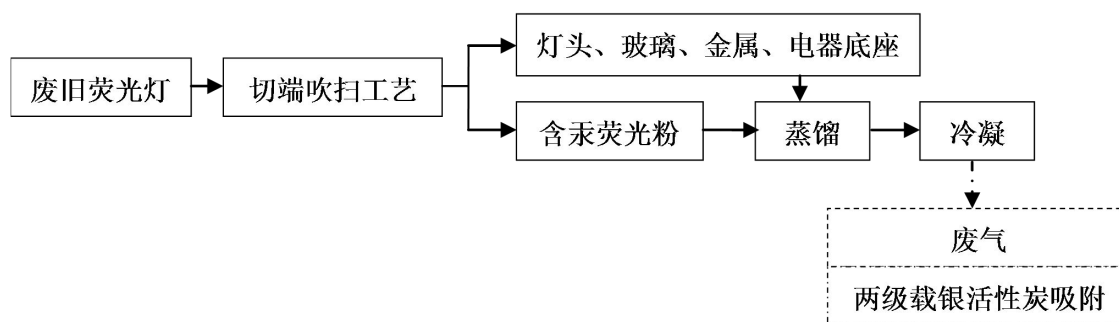


图 11 废旧荧光灯切端吹扫处理处置技术可行工艺流程

4.3.1.2 可行工艺参数

压缩空气 6.5×10⁵Pa/min，约 250L/min；维持负压约 0.9 个大气压，蒸馏时间为 12~16h；蒸馏罐温度将维持在 350~675℃

4.3.1.3 污染物消减及排放

处理过程在负压下进行，废气经活性炭吸附后达到《大气污染物综合排放标准要求》，无废水排放。

4.3.1.4 二次污染及防治措施

切端吹扫工艺处理产生不可综合利用废物按生活垃圾进行处置，活性炭按危险废物进行处置。

4.3.1.5 技术经济适用性

该技术一次性投资大，设备总投入约 800 万元，处置能力 1500 支/h。运行成本主要为电耗，每吨废物约 800 kWh。

4.3.2 直接破碎工艺

4.3.2.1 可行工艺流程

废旧荧光灯直接破碎工艺可行工艺流程如图 12 所示。

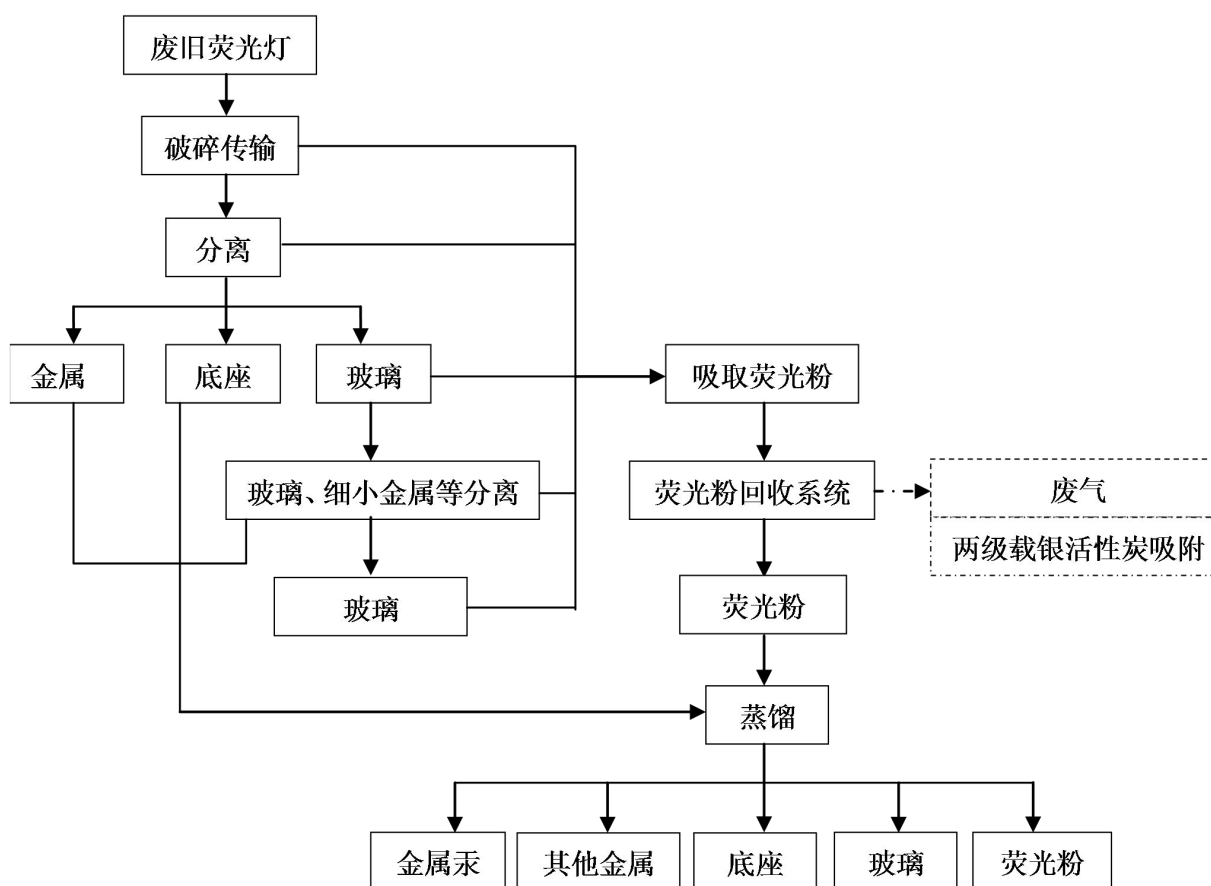


图 12 废旧荧光灯直接破碎处理处置技术可行工艺流程

4.3.2.2 可行工艺参数

蒸馏罐抽真空 1000 帕，脉冲注入氮气使蒸馏罐内压力增至 5×10^4 帕；电加热室对蒸馏罐加热至 500°C ，继续用氮气调节蒸馏罐压力至 7×10^4 帕；蒸馏时间为 12~16h；蒸馏罐温度将维持在 $350 \sim 675^\circ\text{C}$ ，加热室温度保持在 825°C ；冷凝器冷凝液主要成分为乙二醇和水的混合液，冷凝温度为 $-6 \sim 5^\circ\text{C}$ 。

4.3.2.3 污染物消减及排放

处理过程在负压下进行，废气经载银活性炭吸附后排放，无废水排放。

4.3.2.4 二次污染及防治措施

蒸馏后产生的荧光粉可综合利用用于生产荧光灯，不能达到综合利用标准的经鉴定属于一般固体固体废物的，按照一般固体废物处置；经鉴定属于危险废物的，按照危险废物进行管理。

4.3.2.5 技术经济适用性

该技术一次性投资大，工程总投资约 2800 万元，设备总投入约 850 万元，处置能力 130 万支/年。

4.3.3 湿法处理工艺

4.3.3.1 可行工艺流程

废旧荧光灯湿法处理工艺可行工艺流程如图 13 所示。

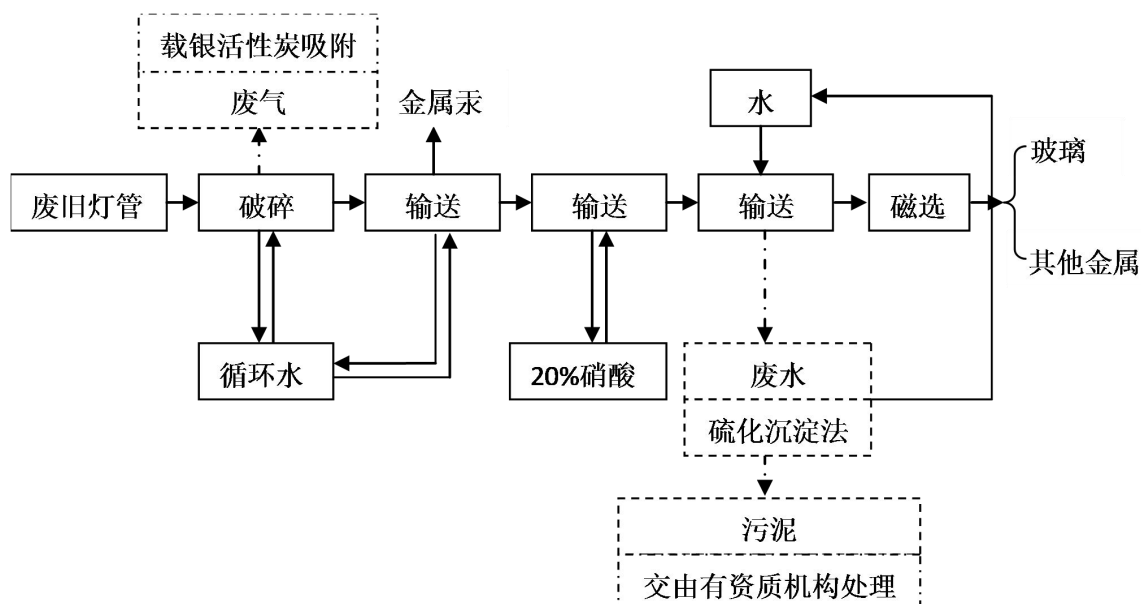


图 13 废旧荧光灯湿法处理处置技术可行工艺流程

4.3.3.2 可行工艺参数

装置在负压下运行，约 0.9 个标准大气压。

4.3.3.3 污染物消减及排放

大气污染物主要破碎、蒸馏过程中产生的汞排放，可通过载银活性炭吸附后达到排放标准；水污染物主要为荧光灯破碎后水洗汞产生，废水硫化沉淀后回用，污泥交由有危险废物处置资质的企业处理。

4.3.3.4 二次污染及防治措施

湿法处置后产生的污水经处理后回用，污泥交由具有危险废物处理处置资质的单位处理；固体废物为处理后产生的金属和玻璃，可部分资源化处理。

4.3.3.5 技术经济适用性

一次性投资相对较小，设备总投资约 250 万元，污染控制设备投资约 50 万元，处置能力约 5000t/a，运行成本约 2800 元/t 废物。按处理吨废物计，湿法处置技术消耗水 20-30kg、电约 50kWh、硝酸/碳酸氢钠约 5kg，活性炭约 5kg。

4.4 废含汞化学试剂处理处置可行技术

4.4.1 可行工艺流程

废含汞化学试剂湿法处理技术可行工艺流程如图 14 所示。

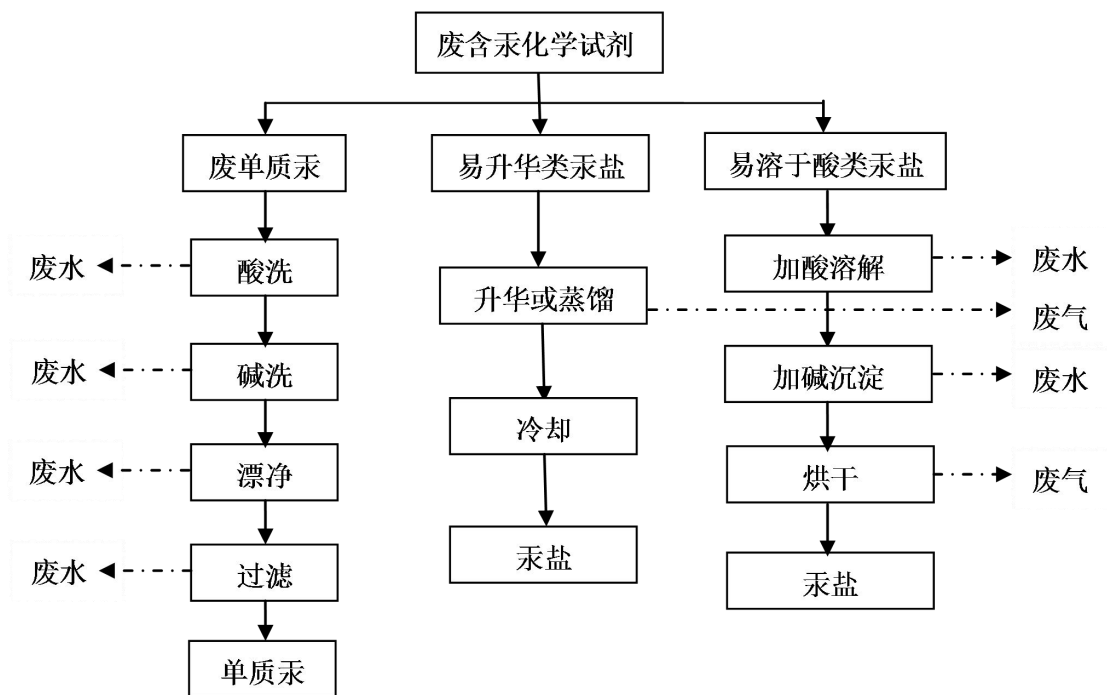


图 14 废含汞化学试剂固化填埋技术可行工艺流程

注：此工艺废水采用硫化沉淀法处理，废气采用活性炭吸附法处理。

4.4.2 可行工艺参数

少量废含汞化学试剂可在实验室进行提纯处理，所用酸碱浓度根据废试剂中所含汞浓度不同而定。

4.4.3 污染物消减及排放

实验室内提纯，实验室配备空气净化系统；车间内配收尘系统及活性炭吸附设备对车间无组织排放气体进行净化。废水收集后统一净化处理。

4.4.4 二次污染及防治措施

提纯后汞及其化学物可再利用，废水需严格收集处理，降低二次污染的风险。

4.4.5 技术经济适用性

技术投资小，简单易操作，但需要具备危险化学品运营资质。

4.5 含汞废气治理可行技术

含汞废气治理可行技术主要技术指标如表 3 所示。

表 3 含汞废气治理可行技术及主要技术指标

可行技术	可行工艺参数	污染物削减及排放	技术适用性
活性炭吸附	活性炭网孔表面上吸附硫、银等元素，如银离子还原成极其微小的金属银粒(< 25nm)	可实现废气达标排放	应用于废旧荧光灯处理处置装置末端
空气冷凝+活性炭吸附	气量 1000-1300 m ³ /h，冷凝温度 20-30℃，空床速度 0.2-0.5 m/s，真空度 450Pa	去除率大于 98.5%	适用于冶炼蒸馏炉末端含汞废气的处理
碱液（高锰酸钾）洗涤+活性炭吸附	可串联多节活性炭吸附，每节活性炭 200kg	可使废气中汞含量降至 ppm 级	适用于冶炼蒸馏炉末端含汞废气的处理
袋式除尘	烟尘粒度≥0.1，烟气过滤速率 0.2~1.0m/min，设备阻力 1200~2000Pa，允许操作温度≤250℃，允许烟气含尘量 50g/m ³	袋式除尘器的除尘总效率大于 99.5%，最高可达 99.99%。烟尘排放浓度可低于 20mg/Nm ³	袋式除尘器初投资较低，约 400~1500 人民币/m ² ，费用的高低主要取决于滤袋材质的不同。运行费用高，主要来自更换滤袋的费用及风机电耗。

4.6 含汞废水治理可行技术

含汞废水治理可行技术主要技术指标如表 4 所示。

表 4 含汞废水治理可行技术及主要技术指标

可行技术	可行工艺参数	污染物削减及排放	技术适用性
絮凝沉淀法	pH 值为 8-10 的弱碱性条件	出水含汞浓度降到 0.05-0.1mg/L，除汞效率约为 90%	适用于处理含汞量较低和浑浊度较高的废水，或用来对浑浊的高含汞量废水做澄清预处理
硫化沉淀法	pH 值 8-9，硫化物不能过量	去除率可达 99.5-99.9%，出水含汞浓度可降到 0.05mg/L 以下	适用于高浓度含汞废水的处理
活性炭吸附	根据废水中汞浓度添加	出水含汞浓度可降到 0.01-0.05mg/L	适用于低浓度（一般不超过 5mg/L）含汞废水的处理
金属还原法	铁粉适用于处理酸度为 3-5% 含汞的含汞废水，锌还原的有效 pH 值范围为 5-10	出水含汞均可降至 0.05mg/L	适用于处理成分单一的含汞废水，直接回收金属汞，但脱汞不完全，需和其他方法结合使用。

4.7 固体废物处理处置及综合利用可行技术

固体废物处理处置及综合利用可行技术主要指标如下：

废汞触媒处理后残渣经鉴定属于一般废物的，按照一般固体废物进行管理，优先进行综合利用；属于危险废物的，按照危险废物进行管理。

含汞冶炼废渣冶炼后经鉴定属于危险废物的，按照危险废物进行管理；含有有价重金属的，交由有资质的机构提取其他有价金属。

废旧荧光灯处理后产生金属、塑料等经鉴定属于一般固体废物的，按照一般固体废物进行管理，优先进行综合利用；荧光粉经鉴定属于一般固体废物的，作为荧光灯生产原料或者按照一般固体废物填埋处理；鉴定后属于危险废物的，按照危险废物进行管理。

处理处置过程中废气、废水处理产生的废活性炭经鉴定属于一般固体废物的，按照一般固体废物进行管理；属于危险废物，回收汞或者按照危险废物安全处置。

5 技术应用中的注意事项

(1) 含汞废物处置设施选址应满足当地规划和环境功能区划分的有关要求，考虑环境保护和保障人体健康有关要求，并应经过环境影响评价确定。

(2) 严格执行废物转移联单制度和交接制度，充分考虑运送过程中的风险规避，采取恰当的措施保证含汞废物的运送，运送车辆应安装 GPS 视频监控系统。

(3) 加强运行管理，建立健全各项记录和生产管理制度。建立岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和演练。

(4) 操作环境执行车间卫生标准，应定期对工作场所进行监测。按要求设置污染源标志，重视污染物检测和计量管理工作，定期进行全厂物料平衡测试。含汞废物处理处置企业应加强环境风险控制，采取有效的污染防治措施及避免二次污染措施。

(5) 含汞废物运输单位应获得交通运输部门颁发的危险货物运输资质。含汞废物的运输可根据安全因素、时间效率、费用、集装箱返程等因素综合比较选择公路运输、铁路运输或水路运输。

(6) 含汞废物的运输应选择路况良好并尽可能避开居民区、学校、人群聚集地等敏感地带的路线。运输工具上应防雨、防漏，并配备必要的应急工具、器材等。废荧光灯等易碎废物的运输应做好防破碎措施。

(7) 含汞废物不能及时处理处置时，应运至集中暂存设施中进行暂存。暂存的技术要求参照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597) 执行。

(8) 暂存库的建设与关闭参照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597)，选址考虑以下因素，包括：在作业区的下风向、避开厂区的雨水导流通道、便于废物的贮存和装卸、减少对公众的影响等。

(9) 含汞废物暂存库实行专库专用，远离火种、热源，避免阳光直晒。

(10) 含汞废物暂存库房按危险化学品库房进行管理，实行双人验收、双人保管、双把锁、双本帐、双人发货的管理制度。作好废物情况的记录，记录内容包括入库日期、包装容器、存放库位及出库日期等。

(11) 制定监测计划，工艺尾气根据实际情况，汞及其化合物每月至少监测一次，颗粒物每季度至少监测一次，使用燃煤锅炉的企业，烟尘、二氧化硫、黑度等每季度至少监测一次。环境空气中汞和颗粒物等，使用燃煤锅炉的企业，二氧化硫和二氧化氮等至少夏、冬两季监测一次。定期监测含汞废物处理处置设置周围空气汞含量，应符合车间空气卫生标准。

(12) 定期检查大气除汞设施运行情况。采用活性炭吸附治理工艺废气的，应根据实际情况增加监测频率，废气中汞排放浓度接近排放标准时应及时更换活性炭；采用袋式除尘器时，应有防止烟气结露的可靠措施，如采取外保温措施，必要时可采取蒸汽保温或电加热保温。

(13) 贯彻“节约与开源并重、节流优先、治污为本”的用水原则，全面推广“分质用水、串级用水、循环用水、一水多用、废水回用”的节水技术，提高水的重复利用率。工艺废水应回用，不允许外排。

(14) 对废水管线和处理设施进行防渗处理，防止有害污染物进入地下水；对生产区和污水处理区初期雨水进行收集并治理。

(15) 制定监测计划，每天实时监测和由当地环保监测部门随机监测相结合。定期监测应包括工艺废水、地下水及地表水的监测。工艺废水中总汞、CODCr 和 pH 值等每月至少监测一次；地下水中汞和 pH 值等每季度至少监测一次；地表水中汞和 pH 值等每季度至少监测一次。

(16) 配建填埋场的机构，应定期收集渗滤液并安全处理。含汞废物处理后残渣按照管理要求运输、贮存和处置，并建立健全管理制度。

(17) 含汞废物处理处置工艺中采用低噪声设备或采用隔声、减震措施，控制强噪声源。选用低噪声鼓风机、引风机、水泵等设备，并对产生噪声设备采取基础减振、隔声（单独房间）等措施降低噪声。

(18) 各噪声源每半年监测一次，厂界噪声每年监测一次。