



联合国  
环境规划署

Distr.  
GENERAL

UNEP/CHW.6/22  
8 August 2002

CHINESE  
ORIGINAL: ENGLISH

《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》  
缔约方大会

第六届会议

2002年12月9—13日，日内瓦

临时议程\*项目6(e)(ii)

审议《巴塞尔公约》的实施情况

技术事项：拟定各项技术准则

废铅酸蓄电池无害环境管理技术准则

秘书处的说明

一. 背景

1. 在1996年9月第十一次会议上，《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》技术工作组确定把有关临床废物、废电池以及旧轮胎处理的技术准则拟定工作列入其工作方案。在1998年4月举行的技术工作组第十三次会议上，巴西通报说，它愿意考虑协助开展废电池方面的工作。1999年12月缔约方大会第五届会议通过了技术工作组的工作方案，其中包括拟定废电池技术准则这项任务。

\*  
UNEP/CHW.6/1

## 二. 实施

2. 在分别于2000年4月、2000年10月和2001年6月举行的技术工作组第十六、十七和十八次会议上，巴西以牵头缔约方的身份提出了废铅酸蓄电池管理技术准则草案。该草案根据各缔约方、签署国和非政府组织达成的一致意见和提交的评论意见编写而成。

3. 在2002年1月第十九次会议上，技术工作组审议了该技术准则的合并订正本并暂行通过了该准则。在2002年5月第二十次会议上，技术工作组通过了该技术准则，并同意将该准则提交缔约方大会第六届会议审议及最终通过。该准则作为附件转载于本文件之后。

## 三. 提议采取的行动

4. 缔约方大会第六届会议或愿考虑通过措辞大致如下的一项决定：

缔约方大会，

对拟定废铅酸蓄电池无害环境管理技术准则以及巴西为推动这项工作所作出的努力表示欢迎，

审议了经技术工作组通过并载列于文件 UNEP/CHW.6/22 附件的废铅酸蓄电池无害环境管理的技术准则，

1. 通过载列于文件 UNEP/CHW.6/22 附件的废铅酸蓄电池无害环境管理技术准则；

2. 鼓励缔约方和其他各方酌情采用业已通过的技术准则，确保对这类废物进行无害环境管理。

附件

废铅酸蓄电池无害环境管理技术准则

## 目 录

|                               | 页次 |
|-------------------------------|----|
| 导言.....                       | 7  |
| 为什么要回收? .....                 | 7  |
| 1. 历史背景.....                  | 8  |
| 2. 铅酸蓄电池的技术数据.....            | 9  |
| 2.1 概念及定义.....                | 9  |
| 2.2 描述.....                   | 10 |
| 2.3 操作.....                   | 12 |
| 2.4 种类及用途.....                | 12 |
| 2.5 寿命.....                   | 13 |
| 3. 铅酸蓄电池的回收 — 回收前步骤.....      | 13 |
| 3.1 回收前步骤.....                | 13 |
| 3.2 收集.....                   | 14 |
| 3.3 运输.....                   | 15 |
| 3.4 存放.....                   | 15 |
| 4. 铅酸蓄电池的回收 .....             | 16 |
| 4.1 蓄电池的拆解 .....              | 17 |
| 4.1.1 蓄电池拆解的历史背景.....         | 17 |
| 4.1.2 现代蓄电池拆解过程.....          | 18 |
| 4.1.3 蓄电池的拆解：潜在的环境污染源.....    | 19 |
| 4.2 铅的还原.....                 | 20 |
| 4.2.1 火冶法 .....               | 20 |
| 4.2.2 水冶法 .....               | 21 |
| 4.2.3 铅的还原：潜在的环境污染源 .....     | 22 |
| 4.3 铅的精炼.....                 | 23 |
| 4.3.1 高温精炼.....               | 23 |
| 4.3.2 铅的精炼：潜在的环境污染源 .....     | 25 |
| 5. 环境控制.....                  | 25 |
| 5.1 铅回收厂的规划—环境影响评估（EIA） ..... | 25 |
| 5.2 技术改进.....                 | 26 |

## 目 录 (续)

|                            | 页次 |
|----------------------------|----|
| 5.2.1 污染源的处理及污染防治.....     | 27 |
| 5.2.1.1 酸性电解液与废水.....      | 27 |
| 5.2.1.2 粉尘的收集与空气过滤.....    | 27 |
| 5.2.1.3 逸出性释放.....         | 27 |
| 5.2.1.4 二氧化硫的清除.....       | 28 |
| 5.2.1.5 氧的使用.....          | 28 |
| 5.2.1.6 助熔剂的选择与炉渣的稳定化..... | 28 |
| 5.2.1.7 重质有机物的回收.....      | 29 |
| 5.2.1.8 聚丙烯的回收.....        | 29 |
| 5.2.1.9 不可回收废物的妥善处置.....   | 29 |
| 5.3 环境监测.....              | 29 |
| 5.3.1 控制措施.....            | 29 |
| 5.3.2 监测措施.....            | 31 |
| 5.3.3 二氧己环 (Dioxins) ..... | 31 |
| 6. 健康问题.....               | 32 |
| 6.1 概论.....                | 32 |
| 6.2 毒物学特性.....             | 33 |
| 6.2.1 吸收、扩散和消除.....        | 33 |
| 6.2.2 毒性及其对健康的影响.....      | 35 |
| 6.3 接触限制.....              | 35 |
| 6.3.1 职业限制.....            | 35 |
| 6.3.2 环境限制.....            | 36 |
| 6.4 预防与控制.....             | 37 |
| 6.4.1 建议采取的预防与控制措施.....    | 37 |
| 6.4.2 建议采取的医疗控制措施.....     | 37 |
| 6.4.3 控制频率.....            | 38 |
| 7. 使之见效：实施铅回收方案的关键步骤.....  | 39 |
| 7.1 查明和确定国家的工作重点.....      | 39 |
| 7.1.1 外部回收.....            | 39 |

## 目 录 (续)

|                           | 页次 |
|---------------------------|----|
| 7.1.2 内部回收.....           | 39 |
| 7.1.3 区域性回收方案.....        | 39 |
| 7.2 建立收集体系：政策框架.....      | 40 |
| 7.2.1 简化的逆向分配系统.....      | 41 |
| 7.2.2 收集者系统.....          | 42 |
| 7.2.3 制造商支持的回收系统.....     | 43 |
| 7.2.4 逆向分配系统.....         | 44 |
| 7.3 加强沟通.....             | 44 |
| 8. 铅酸蓄电池和铅的统计数据.....      | 46 |
| 8.1 原生铅.....              | 46 |
| 8.1.1 原生铅：世界精铅产量.....     | 46 |
| 8.1.2 原生铅：世界金属铅产量.....    | 46 |
| 8.1.3 原生铅：世界金属铅消费量.....   | 47 |
| 8.1.4 原生铅：金属铅的用途.....     | 47 |
| 8.2 再生铅.....              | 48 |
| 8.2.1 再生铅产量.....          | 48 |
| 8.2.2 再生铅：各国再生铅产量百分比..... | 48 |
| 8.3 铅酸蓄电池.....            | 49 |
| 8.3.1 铅酸蓄电池：年产量.....      | 49 |
| 8.3.2 铅酸蓄电池：用途.....       | 49 |
| 8.3.3 铅酸蓄电池：使用寿命.....     | 50 |
| 8.3.4 铅酸蓄电池：物质成分.....     | 50 |
| 9. 结束语.....               | 51 |
| 附件1 环境影响评估：建议采用的结构体系..... | 53 |
| 附件2 人体铅中毒症状.....          | 56 |
| 常用符号表.....                | 58 |
| 参考文献.....                 | 59 |

## 导言

1. 目前，大多数国家都回收废旧铅酸蓄电池以进行铅的回收处理。但是，考虑到普通蓄电池里也含有硫酸和几种塑料，如果控制不当，回收过程也可能造成潜在的危害。因此，制订本技术准则的，目的就是计划改善其废铅酸蓄电池管理工作的国家提供指导。准则通过全面阐述，提供了与这类废物有关的若干问题的明确的信息。可以期望，采用本准则的国家在下述方面采取的行动将能够得到改善：

- (a) 环境的保护及环境质量的提高；
- (b) 人口健康的保护；
- (c) 采用清洁技术，尽量减少废物的产生；
- (d) 采取重复使用和回收的手段来保护不可再生自然资源并降低能源消耗；
- (e) 对废铅酸蓄电池实行无害环境管理；
- (f) 对铅的使用建立起一套可持续的监管体系；
- (g) 制订铅废物管理计划；
- (h) 通过对铅废物实行无害环境管理，带来社会、经济和环境方面的效益。

2. 但是，需要注意的是，本准则不探讨任何具体的技术。准则将对与铅回收处理有关的一般问题进行广泛的讨论，因此，读者要想得到技术方面的具体信息，可查阅准则正文后面所列出的文献目录。

### 为什么要回收？

3. 回收过程是可持续发展的一个基本要素。通过回收可以实现对像铅这样的稀缺或行将稀缺的自然资源的合理使用。回收过程的最大好处在于：

(a) **延长自然资源的寿命** — 尽管全世界还有尚未发现的矿藏，但其蕴藏量毕竟是有限的，而这一限制是与矿产的使用率联系在一起。因此，采用回收过程，实则是延长了矿藏的寿命。

(b) **降低货币性成本** — 使用二次材料从以下几个方面提供了货币经济手段：(a) 处理过程的成本要比开发原始矿藏低；(b) 降低了对进口材料的依赖性；(c) 减少了对设备的投资成本；以及 (d) 减少了废物，特别是提炼原始矿产过程中所产生的废物数量。

(c) **节约能源** — 自然界中很少有哪种金属一经开采即可使用，但通过回收过程来生产金属，所消耗的能源约为初级过程所耗电能的 25% 或不到 25%<sup>1</sup>。此外，大多数原生金属过程都需要采用耗费能源的工序，即往往采取在熔炉里燃烧矿物燃料的方法，而回收过程则提供了一种降低污染的手段。

4. 上述这些优点对所有金属回收过程都适用。除此之外，由于铅本身还具有其他一些重要的特点，使得它的回

<sup>1</sup> Heinstock, 金属环境理事会研究报告。

收对环境尤为有益:

(a) **毒害环境和人类健康** — 铅与人体接触或曝露在环境中所造成的后果已为人尽知。因此,可以推想,如果不对铅实行回收,铅废料不得被弃置在那些将对环境造成危害的场所,接触铅的危险就会大大地增加;

(b) **回收率高** — 由于铅的熔点较低,很容易从废料中提炼出来,因此铅具有很高的回收率,也就是说,把铅从废品里分离出来并使之重新加入原材料的行列,在技术上相对而言简单可行。

(c) **市场巨大** — 铅的市场很广阔,有的国家还拥有相当完善的铅收集体系,可以把起动、照明、点火用蓄电池(SLI 蓄电池,其使用寿命很短而且可以预计)这种主导产品中含有的铅回收达 96%。

5. 从以上所述可以清楚地看出,无论是出于经济上的还是人类健康和环境保护方面的原因,对铅废物采取填埋、焚烧或其他处置办法都不能被视为无害环境的管理。

6. 一旦认清了这一点,回收过程便成为在技术上可行的这一问题的解决办法。只要运用和控制得当,回收可以提供一种经济上有效而且对环境无害的解决方案。因此,应该把铅回收作为对铅酸蓄电池废物进行无害环境管理的最佳方案来予以推行。

## 1. 历史背景

7. 铅所具有的延展性和抗腐蚀性等物理、化学特性在古代文明时期就已被人类所了解。事实上,人类对铅的开采和冶炼至少已有 8,000 年的历史。许多博物馆里陈列的制品以及古代史书和其他文字中的记载,包括基督教圣经中的“出埃及记”,都证明了这一事实。在现在的土耳其这块地方曾经发现的铅制念珠历史悠久,可以追溯到公元前 6,500 年,而埃及人据载早在公元前 5,000 年就已经在使用金、银、铜和铅。这说明,利用加碳还原冶炼法来生产金属铅的技术在公元前六千年和五千年的时候逐渐地从中国传到中东,然后又从中东传到了非洲。在法老时代的埃及,人们还用铅的化合物来给陶器上釉、配制焊料以及浇铸饰物。大英博物馆里有一件铅制人像,是从安纳托利亚西部古城阿拜德斯(Abydos)的地狱判官庙里发现的,其历史可以追溯到公元前 3,500 年。

8. 罗马的水管是铅在人类历史上最重要的一项应用。这些铅管每根加工成 3 米长,直径的标准规格多达 15 种。近代在罗马和英国发现的许多铅管仍然非常完好。罗马语里 *plumbum* 一词代表铅制喷水管和接头,英语里管道(*plumbing*)一词和元素铅的符号 *Pb* 即来源于此。在君士坦丁时期,罗马有大约 8,000 吨铅管。据粗略的估计,罗马帝国在四个世纪的时间里生产的铅总量达到 1,500 万吨。

9. 公元前 1 世纪的罗马建筑师和工程师 *Marcus Vitruvius Pollio* 曾对用铅管盛水一事提出警告,并建议用陶土制的管道来取代。他还在他的著作里提到当时制铅厂的工人脸色不好,指出熔化的铅里冒出来的烟焰摧毁了工人们“血液里的活力素”。另一方面,也有不少人相信铅具有某种有益的医疗作用。公元 1 世纪的一位罗马学者 *Pliny* 写道,铅具有种种保健用途,其中可以用来消除伤疤、制作搽剂、或用作医治溃疡和眼病的药膏中的配料。罗马人还知道铅能防腐蚀,因此罗马的舰队耗用了大量的铅。人们在研究地中海海底沉船时发现,罗马军舰上用的铰链和钉子外面都包了铅。

10. 在罗马时期以后的中世纪,铅的开采量和使用量继续增长。这个时期制造铅管的技术获得了改进,制造商们不再采用碾轧铅板的办法,而是把一个内壁直径具有规定尺寸的冷的圆筒浸入熔化了了的金属中,以此来制造铅管。但是,制造管道并不是这种金属在中古时期的主要用途。铅还被用来作为教堂和楼房屋顶的涂料、用于制造熔焊



接头以及安装彩色玻璃窗。随着印刷术的发明，铅又有了更新的用途。

11. 1859年，法国物理学家 Gaston Plante 发现，把一付氧化铅和金属铅电极浸入硫酸电解液以后会产生电能，而且用完以后还可以充电。之后，又有其他研究者进一步对此作出了一系列技术改进，使铅酸蓄电池在 1889 年开始投入商业化生产。到了 20 世纪，伴随着汽车工业的崛起，蓄电池市场猛增，蓄电池被大量地用来发动、照明和点火 (SLI 蓄电池)，最终消耗了世界铅产量的 75%。

12. 另一种异军突起的铅产品叫做四乙铅，是在 1921 年发明的一种汽油添加剂，用来解决工作于高温下的压燃式汽车发动机普遍存在的“爆震”问题。这种铅化合物的使用在 50 年后达到了顶峰，但随着轿车的排气系统必须安装催化换能器的规定和环境保护法的出台，这种铅化合物的使用量开始减少。

13. 尽管在过去五千年里铅的使用量不断地增长，但直到 19 世纪以后铅的消耗和铅矿的开采才具有一定的工业规模。据估计，从史前时期起到 19 世纪为止，铅的年消耗量不太可能会超过 3,000 万吨，实际消耗量大约是每年 500 万吨。

## 2. 铅酸蓄电池的技术数据

### 2.1 概念及定义

**电池：**一种通过受控化学反应来提供电能电化装置。某些电池，如铅酸蓄电池，利用的是可逆化学反应，因而可以再次充电，而其他电池利用不可逆反应，只有一次使用寿命。

**电池容量：**充电 10 小时的电池在其电压跌落到最低限值以前所能提供的电量。电池容量的单位是“安培/小时”(Ah)。

**蓄电池箱：**内部用挡板隔开的容器，用以插入电极和放置电解液。

**箱盖：**用以封闭蓄电池箱的部件。

**电池或电化电池：**一种电能产生装置，其中至少应能发生两种电化反应（称为半电解反应）：一种是还原反应，另一种是氧化反应。

**充电：**通过外接电源向电池提供电能并把电能转换成电池内部的化学能的操作。

**连接片：**用作互连的金属铅导体，其作用不仅是把许多块铅板连结起来构成电池的电极，同时还连结电池电极构成内部电路。

**蓄电池：**由电解液、电极和箱盒构成的一种装置，能以化学能的形式储存电能，并能在外接耗能电路后将此能量释放出来。铅酸蓄电池就是一种蓄电池，其正电极的工作材料由铅化合物制成，负电极基本上是铅，电解液是稀硫酸溶液。

**电解液：**用以沉浸电极板的一种离子导体。铅酸蓄电池的电解质是重量百分浓度为 36% 的稀硫酸溶液（即每立升蒸馏水中加 400 克硫酸）。蓄电池的充电程度取决于其电解液的比重或密度：蓄电池充满电以后电解液的密度为 1.270 千克/分升。

**电极：** 由一系列依次放置但彼此由隔片隔开的正极性和负极性的电极板组成。同极性的电极板在电气上连结在一起。因此，可以把一组电极看成是并联在一起的一组电化电池。

**负极板或阳极：** 发生氧化反应的电极板。

**标称电压：** 标称电压有两种。

(a) **电池标称电压** — 指电池内的化学反应能够提供的电压。对于铅酸蓄电池的化学反应来说，这个数值是 2 伏；

(b) **蓄电池标称电压** — 这个电压取决于串联在一起的电池共多少个：汽车蓄电池通常串联有 6 个电池，因此提供的标称电压为 (2 伏× 6) 即 12 伏。

**电极隔片：** 插嵌在蓄电池内相邻电极板之间的元件，由聚乙烯制成，以前也曾广泛使用过 PVC、纸卡或其他便于电解液渗透的多孔材料来制作。极性相反的电极板之间必须相隔一定间距，以防止发生金属间的直接接触。

**插销或通气塞：** 便于让气体逸出以及检查和保持电解液液位高度的活动部件。

**正极板或阴极：** 发生还原反应的电极板。

**密封条：** 用来密封电池箱盖的材料。

## 2.2 描述

14. 典型的铅酸蓄电池不论用途如何，都具有如下结构：

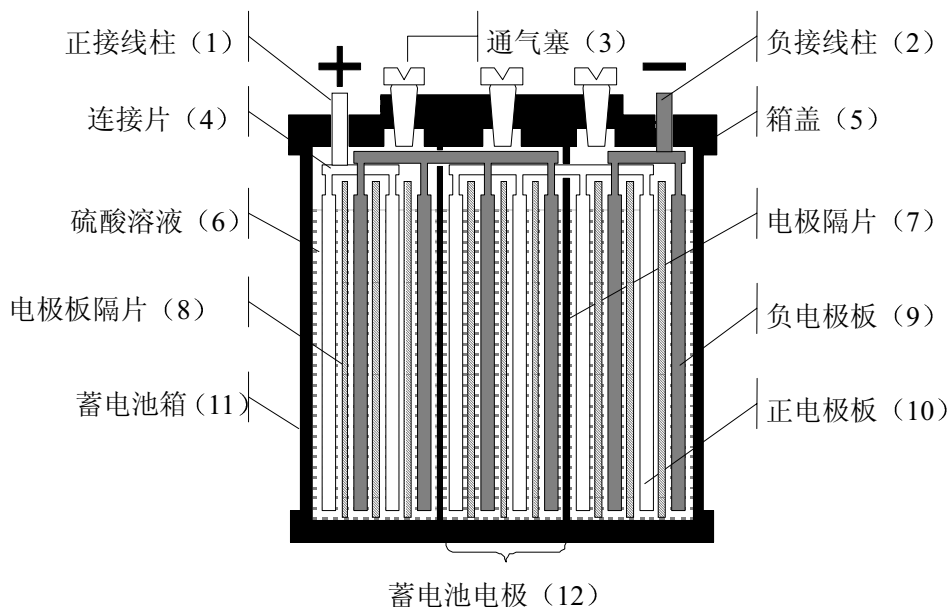


图 1：铅酸蓄电池的部件及内部结构

- (a) 正 (1)、负 (2) 接线柱: 用铅制成, 用以外接耗电装置;
- (b) 通气塞 (3): 每组电极配一个, 用以在必要时更换蒸馏水/去离子水, 并用作电池内所产生气体的逸出通道;
- (c) 连接片 (4): 用铅制成, 用以构成同极性电极板之间的电气连接, 并提供彼此有距离间隔的电极之间的电气连接;
- (d) 蓄电池箱 (11) 与箱盖 (5): 以前用胶木制成, 现在普遍采用聚丙烯或协聚物;
- (e) 硫酸溶液 (6): 蓄电池内的电解液;
- (f) 电极隔片 (7): 一般与蓄电池箱做成一体并采用同一种材料, 用以提供电极之间在化学和电气上的隔离。电极隔片以串联的方式连结在一起, 以便提高蓄电池最终提供的电压;
- (g) 电极板隔片 (8): 用 PVC 或其他多孔材料制成, 用以避免相邻电极板之间发生物理接触, 但同时又能允许电解液中的离子自由移动;
- (h) 负电极板 (9): 由金属铅网格构成, 外表涂有二氧化铅 ( $\text{PbO}_2$ ) 浆;
- (i) 正电极板 (10): 由金属铅板构成;
- (j) 蓄电池电极 (11): 由一系列依次放置、彼此用隔片隔开的正、负电极板组成。同一极性的电极板在电气上连接在一起。

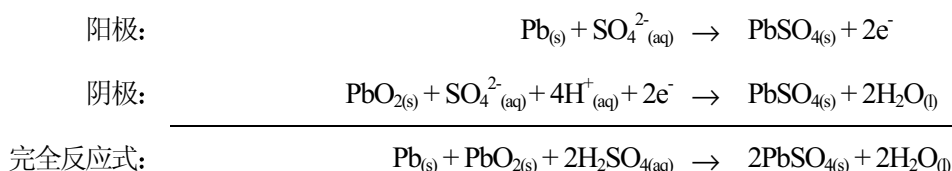
15. 蓄电池的电极板由金属铅制成, 统称铅板。负电极板的表面涂有二氧化铅浆, 而正电极板表面则涂以多孔的金属铅浆。制作电极板所用的铅里也可以掺入其他几种化学元素, 如锑、砷、铋、镉、铜、钙、银、锡等。在电极板的制作过程中还添加硫酸钡、烟黑和木质素等膨胀材料, 以防止电极板在使用过程中发生收缩。电极板制作好以后, 再经干燥、固化和成形处理, 即可用来装配蓄电池电极。

16. 蓄电池电极板成形以后即可装配, 叠放时每片负电极板后面放一块正电极板, 中间用聚乙烯、PVC 或纤维纸电极隔片隔开, 以避免相邻电极板之间发生短路。按照这种方式继续叠放正、负电极板, 总数可以达到 6—20 对, 所有电极板必须彼此对准, 电气上互相隔离。然后, 再把同一极性的电极板在电气上连结在一起。如此形成的交叉堆叠的电极板即构成蓄电池的电极, 可放入蓄电池箱的隔舱内。标准的蓄电池电极由 13—15 块电极板组成, 每个电极能产生 2 伏电压, 同时输出很高的电流。接着, 再把蓄电池电极用铅锡合金连接片串联起来, 以便产生更高的电压。电压越高, 需要串联的电极数目就越大: 标准的汽车蓄电池串联有 6 个电极, 产生 (2 伏 $\times$ 6) 即 12 伏电压。

17. 最后, 进行蓄电池总装, 并注入电解液。然后, 将箱盖密封, 进行产品检漏, 等待首次充电。

### 2.3 操作

18. 蓄电池在向外接设备提供电能的时候，同时发生着几种化学反应。在正电极板（阴极）处发生的是把二氧化铅（ $\text{PbO}_2$ ）变成硫酸铅（ $\text{PbSO}_4$ ）的还原反应。与此同时，在负电极板（阳极）处发生氧化反应，把金属铅变成硫酸铅。电解液（硫酸）为上述两种半电解反应提供硫离子，在这两种反应之间起着化学桥梁的作用。在阳极处每产生一个电子，阴极处就要损失一个电子，其反应方程式为：



19. 在蓄电池放电（例如发动引擎）的过程中，由于硫离子被结合而在正、负电极处形成硫酸铅，使得电解液里硫酸的浓度逐渐降低。于是，电解液的密度相应地从蓄电池充满电时的 1.25 千克/分升逐渐下降。这样，只要测量电解液的密度便能确定蓄电池充电的程度。随着放电的过程继续进行，蓄电池的工作材质发生耗尽，化学反应的速度就会变慢，最后，蓄电池无法再供出电能。此时，大多数氧化铅和多孔金属铅变成了硫酸铅。

20. 对蓄电池重新充电时要把外接电源接到蓄电池的接线柱上，但是必须按照相反的极性连接，以便发生反向的化学反应，使得硫酸铅通过电化作用重新变成铅和氧化铅。

21. 蓄电池可以反复充、放电达几百次而仍能保持良好的性能。但是，由于氧化铅电极板逐渐为硫酸铅所污染，最后可能导致在氧化铅电极板处无法发生化学反应。除此之外，在蓄电池底部还会逐渐沉积一层污泥，其中含硫酸铅 55—60%、氧化铅 20—25%、金属铅 1—5%。最后，由于污染太严重，蓄电池可能无法再次充电。这时，蓄电池就算“用完”，而成为“废铅酸蓄电池（ULAB）”。

### 2.4 种类及用途

22. 铅酸蓄电池有多种用途，所使用的电压、尺寸和重量也各不相同，轻者如重仅 2 千克的恒压蓄电池，重者如工业用蓄电池，重量可达 2,000 千克以上。

蓄电池可以分为以下几类：

(a) **汽车蓄电池** — 这类蓄电池是轿车、卡车、拖拉机、摩托车、机动船以及飞机等交通工具在发动引擎、照明和点火时所用的主要能源；

(b) **普通蓄电池** — 指用于便携式工具和设备、室内报警系统和应急照明等场合的蓄电池；

(c) **工业蓄电池** — 指用于通信、变电站、不间断电源或恒压、负载调节、报警及安全系统、一般工业用途以及柴油发动机的启动等场合的蓄电池；

(d) **动力蓄电池** — 指叉车、高尔夫球车、机场的行李运输车、轮椅、电动汽车和客车等货物或人员运送

工具所用的蓄电池；

- (e) **专用蓄电池** — 指某些科学、医疗或军事应用场合专用或与电气-电子线路组成一体的蓄电池。

## 2.5 寿命

23. 蓄电池能够被再次充电并能将所充的电量保持住的时间，定义为蓄电池的寿命。蓄电池一旦不能够重新充电，或者无法适当地保持住它的电量，那么，它的寿命就到达了终点，对于它的设计用途来说就成了一块“废电池”。可能有人认为，既然蓄电池内发生的全部过程是可逆的，蓄电池的寿命就不应该有限制。事实上，蓄电池寿命的终结主要是由于硫化作用。当硫酸铅在蓄电池电极板上沉积的时候，硫化过程就开始，由于硫酸铅的覆盖，最后会达到离子既无法从电极板出入、也不能进入电解液的地步。此时，能产生电能的化学反应也就停止了。

24. 在理想的条件下，汽车蓄电池可以使用6年之久。但由于下述原因，这一最佳寿命值会减小：

- (a) 充电不足；
- (b) 蓄电池长期不用，或两次充电之间相隔太久；
- (c) 天气炎热，加快了硫化过程的速率；
- (d) 放电过度：放电越彻底，蓄电池的寿命将会越短；
- (e) 电解液液面过低：电极板接触空气后会迅速硫化。

25. 综合考虑上述全部因素后，蓄电池的寿命将在6-48个月的范围之内，不过，只有30%的蓄电池真正能达到48个月这个指标。但是，如果采取以下一些措施，蓄电池的寿命有可能延长：

- (a) 在蓄电池的标牌上注明有助于延长电池寿命的正确的操作方法（如只允许添加蒸馏水）以及其他使用窍门，为用户提供适当信息，避免出现前面提到的那些问题；
- (b) 加入添加剂以减少硫在电极板工作面上的积聚，尽管使用添加剂可能会给硫酸的回收带来问题；
- (c) 更新或改进充电方法，增加蓄电池的寿命。

26. 根据《巴塞尔公约》，使用寿命终结后的蓄电池被列为有害废物，必须进行相应的处理，以免对人类健康和环境造成损害。

## 3. 铅酸蓄电池的回收—回收前步骤

### 3.1 回收前步骤

27. 废蓄电池在被送到回收厂之前必须先经过小心的收集、运输和存放，避免对人身健康和环境造成不利影响。由于这些工作不在回收厂内实行，所以在本文件里称之为回收前步骤。

### 3.2 收集

28. 要成功地实施一项铅酸蓄电池回收计划，唯一的途径是建立一套适当而且有效的铅酸蓄电池回收基础设施。铅回收计划的实施涉及到需要把废品销售商、电池销售商、再生铅加工商和消费者组成一个完善的网络，能够源源不断地为回收过程提供含铅的废料，因此，必须对回收的基础设施作出妥善的规划。

29. 经验表明，利用制造商、零售商、批发商、服务站以及其他零售点向用户提供新电池并留下旧电池准备交给回收厂的机会，通过一种既分发又收集的双功能体系来收集废铅酸蓄电池，这是最合乎自然的做法，也是一种总的趋势。鉴于废铅酸蓄电池里所含的铅能带来经济价值，这种收集作业具有一定的生命力。

30. 尽管铅的收集作业的实施应有利于对铅废物的无害环境管理，但在各收集点还必须实行若干控制措施，以避免发生危害人身和环境事故：

(a) **不可在收集点将蓄电池液泄出：** 在收集点除了可能有少数干电池以外，几乎所有的废电池里都保留有硫酸电解液。这种液体如果泄漏出来，会对人身健康和环境造成多方面的威胁：(a) 溶液里含有大量以可溶性离子和颗粒形式存在的铅；(b) 溶液的酸度极高，如不慎溅出，可能造成灼伤和损害；(c) 需要用专门的耐酸容器来盛放这种溶液；(d) 排放溶液时，操作工必须采取防护措施，以最大限度地减小受伤的危险。因此，排放蓄电池液是一种有潜在危险的作业，不仅需要专门的工具、容器和安全装置，操作人员也必须经过培训。由于以上这些要求在实际中往往被忽视，发生事故的危險大大地增加，因此必须避免在收集点排放电池液；

(b) **蓄电池必须存放在收集点的适当场所：** 理想的方式是把废铅酸蓄电池存放在一个耐酸的容器内，封闭以后直接就可以作为运输集装箱拉走，这样也减小了电池液不慎外溅造成的危险。但是，实际上往往做不到这一点，因此，存放时还应奉行以下原则：

- (i) 凡是漏液的蓄电池，必须放置在耐酸的容器内，否则将会污染环境，并损害健康；
- (ii) 存放场所必须能遮挡雨水和其他水源，配备集水装置，要尽可能远离热源；
- (iii) 存放场所的地面必须有衬垫，最好铺一层耐酸混凝土或其他耐酸材料，可以存住并引导漏液流到一个集液容器内，然后再予以清理；
- (iv) 存放场所必须装有排气通风系统或者高速空气循环系统，以防止有害气体积聚；
- (v) 存放场所必须限制人员进入，必须标明为危险材料存放地；
- (vi) 存放场所必须便于按照材料的性质包装和存放有可能出现的其他铅材料，如铅管等。

以上所述虽然都是一般性的考虑，针对具体的场合还可能出现特殊的问题或要求，但只要采取了这些基本措施，事故的机会就会减少，废蓄电池存放地的环境也就能得到保护。

(c) **收集点存放的废蓄电池数量不可过大：** 即使在收集点开辟了一个有防护的存放场所，在那里存放的废蓄电池也不应过多，更不应该把它当成废蓄电池的永久性存放地。当然，存放多少为适当，取决于收集机构的交易

速度，而且，存放场所必须留出足够的空间以应付特殊的需要。不管怎么说，废蓄电池存放数量过大或存放时间过长，将会增加电池液意外溅出或泄漏的危险，而这一点是必须避免的；

(d) **收集者不得把蓄电池卖给没有执照的炼铅厂：**由于无照炼铅厂是造成铅污染的主要根源之一，对人和环境都带来危害，因此必须强调，收集点不得将废蓄电池卖给或交给那些不严格遵守防护标准的机构。

### 3.3 运输

31. 废铅酸蓄电池在运输时必须作为有害废物来处理。在这里，与蓄电池运输有关的主要问题还是电解液。由于电解液可能会从废蓄电池中漏出，必须采取控制措施来最大限度地减小溅溢的危险，并且制订出一旦发生溅溢事故时应该采取的具体行动。

(a) **废蓄电池必须放在容器内运输：**无论采用船舶、铁路或是别的什么运输工具，废蓄电池必须放置在密封的容器内才能运输。这是因为电解液容易溅出，即使把蓄电池妥当地垂直朝上放置，在运输的过程中仍然可能有大量的电解液溅出。在运输中，蓄电池还可能偏离其原来的位置，甚至发生电池箱被撞坏或颠倒而漏出电解液的情况，因此，有必要采用既抗冲击又耐酸的密封容器；

(b) **容器必须在运输车辆上堆放妥当：**运输过程中不允许容器发生移动。因此，必须将容器妥善地捆扎或堆垛好，避免发生这一问题；

(c) **运输工具必须带有标志：**运输工具，无论是船舶、卡车还是厢车，都必须带有正确的标志，按照国际惯例刷上适当的符号和颜色，表示正在运输的是有腐蚀性的危险产品；

(d) **专用设备：**运输过程中至少必须配备一套能应付电解液少量溅出或泄漏问题的设备，随运人员必须接受培训，懂得如何使用这些设备；

(e) **驾驶员和随运人员必须经过培训：**与有害废物打交道的人员必须经常接受处理着火和液体溅溢等险情的培训，并且知道如何与救险队取得联系。除此之外，他们还必须了解所运危险材料的特性，懂得如何妥当处置；

(f) **人员防护设备：**必须为随运人员配备防护设备，并对他们进行培训，学会怎样在发生事故时使用这些设备；

(g) **运输时间表和地图：**运输危险废物时应尽可能选择适当的路线，减小发生事故或其他问题的风险。只要他们按照事先制订的路线、严格执行既定的时间表，就能够做到这一点。

32. 以上所列出的事项并不是一份详尽的清单。还可以（实际上是应该）对运输队提供更加专门的培训和指导，这是因为运输车有可能驶入或通过人口稠密的市区或其他敏感区域，万一发生泄漏，后果将会十分严重。

### 3.4 存放

33. 废蓄电池经过运输，就到达回收厂。虽说回收厂的某些防护措施与收集点的存放要求非常类似，但是，在回收厂存放的废蓄电池数量往往会达到几千吨，这一点与收集点的情况有很大的不同。因此，需要采取不同的处理

方法。

(a) **蓄电池在回收前应先排放电解液：**蓄电池排放电解液后再回收，可提高回收率，减少对环境的污染。因此，排放电解液是必须的步骤。排放出来的电解液被引流到废水处理厂，而排空了的蓄电池则存放起来，等待回收；

(b) **蓄电池必须带有标记，分类放置：**对不同的蓄电池可能需要采取不同的回收处理方法。因此，必须正确地认明蓄电池的种类，做上标记，分类存放；

(c) **蓄电池必须存放在适当的建筑内或有掩蔽的场所：**除非在某些特殊的情况下有专门要求，在回收厂把蓄电池存放在容器里不是一种切合实际的做法，这是因为需要在这里对蓄电池进行分类、识别和仔细的堆放。因此，应该建造一座有屋顶的库房，或者起码也应有一片开阔的场地，来存放蓄电池，最低限度的建筑要求是：

(i) 必须有不渗漏并且耐酸的地板；

(ii) 必须具备有效的集水系统，能把溅溢出来的电解液引流到污水处理厂或酸性电解液处理厂去；

(iii) 出、入口只能各设一个，除在必要时打开以外，应处于常关的状态，以免粉尘逸出；

(iv) 必须具备专门的气体收集系统，一方面能滤除空气中的铅尘，同时又能更新库房里的空气，避免有毒气体积聚；

(v) 必须配有适当的灭火设备<sup>2</sup>。虽说蓄电池本身不太可能成为火源，但由于其中有塑料盒等碳化合物含量较高的制品，一旦因其他原因发生事故，蓄电池仍可能着火。因此，灭火装置是必须具备的；

(vi) 进入蓄电池存放区的人员必须经过批准。

34. 这里需要再次说明，以上所列出的事项仅仅是一般性的考虑，运用这些原则时还必须结合每个回收厂的情况制订出具体的要求。我们希望在具体实施中采取的办法更为严格和认真。特别是蓄电池存放区，应尽可能低于地面，建成耐酸地坑的形式，从而漏出的酸液不会流到存放区外面去。当然，这样的存放区需要修建贮液槽并配备泵，以便把库房里多余的液体抽走，还要修筑安全屏障，防止卡车在卸货时跌入地坑。另外，保证通风良好也是设计这类库房的一个关键问题。

#### 4. 铅酸蓄电池的回收

35. 回收厂接受废蓄电池并将其妥善地存放在库房后，回收前步骤就告完成。在这之后，废蓄电池进入回收过程。理想的回收过程可以分为三个阶段：

(a) 蓄电池的拆解；

(b) 铅的还原；

---

<sup>2</sup>为避免产生砷化氢和锑化氢等有毒气体，不得用水灭火。



## (c) 铅的精炼。

## 4.1 蓄电池的拆解

36. 无论采用何种回收技术，在进入回收过程之前总是必须将蓄电池里的电解液排放掉，这是因为酸性电解液的存在会使铅的熔炼过程发生若干问题。蓄电池在排放电解液以后是否就已经毁损，取决于采用哪一种回收工艺。

37. 传统的铅回收工序，如水套鼓风机、反射炉、电弧炉以及短式和长式转炉，并不要求在熔练之前一定要拆解蓄电池。因为有机材料和其它物质经过高温冶炼工序都会被烧掉或者变成炉渣，所以，蓄电池在排放电解液后直接进入回收过程。

38. 但是，最好采用先把蓄电池拆解然后再进入回收过程的方法，这样做的目的是为了：

- (a) 提高回收铅产量的百分比，减少所产生的炉渣；
- (b) 软铅<sup>3</sup>和硬铅都能够生产；
- (c) 能够回收聚丙烯；
- (d) 简化炉烟处理工序；
- (e) 高温冶炼工序不可能接受蓄电池电解液里含有的酸。

39. 此外，由于技术的改进，蓄电池制造行业越来越趋向于生产密封式蓄电池或者其他不容易漏液的系统，因此，越来越多的蓄电池必须在拆解以后才能进入回收过程。

## 4.1.1 蓄电池拆解的历史背景

40. 在 1960 年代以前，仅仅是在回收过程要求减少进入熔炉的有机材料数量的情况下才用斧子把蓄电池砸开，否则，蓄电池就被直接送进熔炉。虽说这种情况在大多数国家特别是发达国家里已经得到改变，但大多数发展中国家仍然沿用老的做法。不过，必须强调的是，无论如何应当避免采用手工方法来拆解蓄电池，这不仅仅是因为这样做造成的污染会对人身健康造成危害，而且也不符合对这些废物实行无害环境管理的原则。不过，一些现代化熔炼厂在遇到体积庞大的工业用蓄电池，用普通的设备无法拆解的时候，仍会要求用人工来拆解。如果必须这样做，就应该采取一切适当的措施来保护工人和环境。

41. 在 60 年代和 70 年代期间，蓄电池拆解作业中逐渐使用剪切机或电锯，这样，操作员对于拆解过程的介入就大大减少。作为辅助手段，拆解工序中还使用了自动送料机，从而成为当时最早的全机械化系统，其中有的系统直到现在还在使用着。

42. 自 1980 年起，大多数现代化的熔炼厂都采用了全机械化系统，从蓄电池的接收、运送一直到打碎成小片，把蓄电池的各个部件分离开来。

---

<sup>3</sup>指含锡量低或不含锡的铅。

4.1.2 现代蓄电池拆解过程

43. 现代的蓄电池拆解过程（图 2）从废蓄电池到达回收地点开始。为尽可能减少人员的直接接触，废电池的接收以及向拆解设备的输送都尽量地使用自动送料带或小拖车。

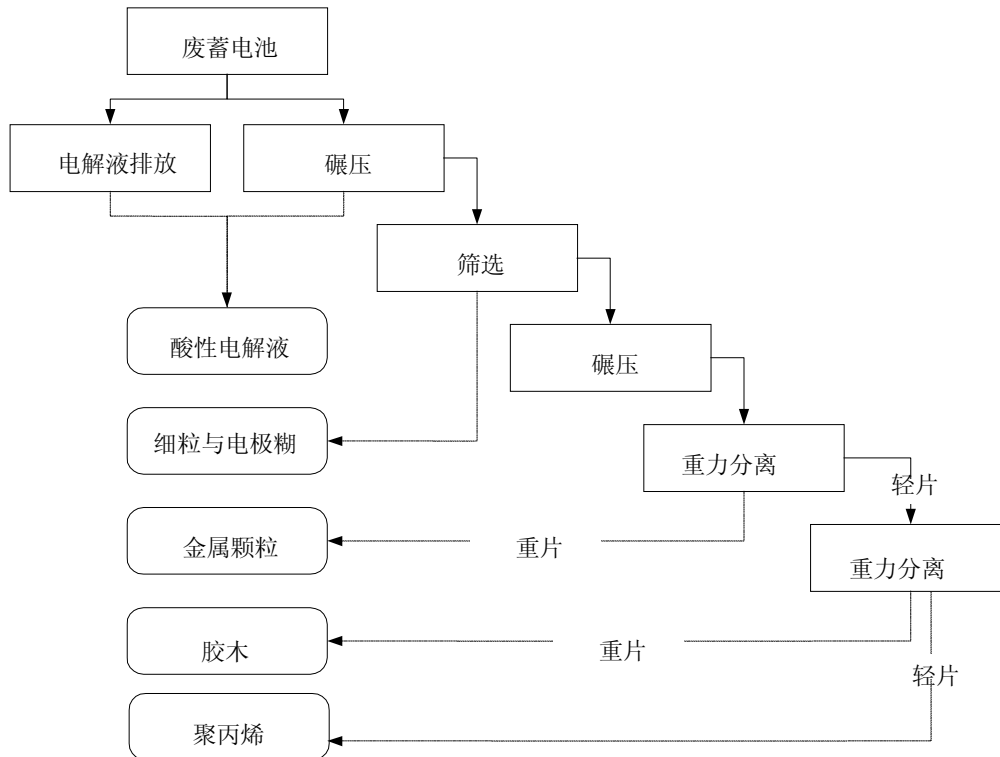


图 2：蓄电池拆解过程

44. 蓄电池一到拆解机，就被用粉碎锤或其他碾压机械处理成碎片。经过粉碎以后，蓄电池的铅电极板、连接片、塑料箱以及酸性电解液等各个部分就很容易在接下来的几道工序里被分离开来。

45. 蓄电池拆解以后，由一套筛网输送带系统借助于重力的作用把氧化铅和硫在水中与其他物质分离开来，然后随即被送入熔炉（如果采用高温冶炼法）或进入其他工序（如水冶法）。

46. 有些时候还可以采用另外的粉碎机械把经过粗碾的废蓄电池再次粉碎，以进一步缩小剩余材料的体积。然后，再利用密度的差别借助于水力分选机把铅电极板、网格、连接片和接线柱等金属件与聚丙烯电池箱以及胶木或 PVC 电极隔片等有机材料分开，具体的分选机制因不同的工序而异。

47. 还有的处理工序利用密度特性和水力学的原理把粉碎以后的蓄电池碎片分离成三层：第一层是塑料等质量轻的碎片，第二层由氧化铅和硫的细颗粒组成，第三层包含铅电极板和连接片等重质材料。因此，这种处理方法不需要在回收塑料之前先通过过滤把铅化合物除去。但是，这些系统比较复杂，较难管理和运用。

48. 经过这些分离工序以后，有机材料层进一步被分离成聚丙烯废料（称为轻质有机材料）以及电极隔片和胶木（称为重质有机材料）。然后，将轻质有机材料加以清洗以除去残留的氧化铅，并根据其日后的用途将其碾压成碎

片，而胶木和电极隔片则采用简便的方式储存起来。如果粉碎系统与熔炉没有组成一条连续的处理线，那么，铅化合物和金属件也要储存起来等待进一步处理。

49. 拆解蓄电池的各种方法在细节上互不相同，而且随着新技术的出现在不断地演变。对于一个铅回收厂来说，究竟采用何种方法为合适，要视当地经济状况、原材料的数量以及熔炼设备的需求量等具体因素而定。Metaleurop, Bunker Hill, Engitec 以及 MA 工程等都是这类系统的实际例子，查阅相应的参考文献就可以了解它们的详细情况。但是，无论采用何种系统，一定要尽一切努力避免用手工拆解蓄电池，消除这一作业对人身健康和安全的危险。假如由于某种原因没有蓄电池拆解机械可用，那么采取如下的办法来处理待熔炼的蓄电池可能是最安全的：在蓄电池上打孔将电解液泄出并作相应的处理；用圆锯把蓄电池的顶部连同电极板和电极隔片全部取走，注意正确地使用挡护板和防护装置；把电极板和网格连同蓄电池的顶部送入熔炉；把蓄电池箱退回给制造商重复使用。

#### 4.1.3 蓄电池的拆解：潜在的环境污染源

50. 这一节以及关于“铅的还原”和“铅的精炼”工序的另外两节的编写目的并不是为叙述或详细地列出铅回收过程中可能出现的所有污染源，因为这几乎是不可能做到的事。编写这几节内容的目的只是为了简要地列出所能预见到的各类回收过程中共同存在的污染源，并说明每一种污染源应该到哪一个环节去寻找。具体的污染源还必须通过分析所采用的处理工艺过程才能确定。防止污染的方法将在环境保护那一章里介绍。因此，此处只介绍各种蓄电池拆解过程中普遍存在的对环境不利影响的根源：

(a) 蓄电池溅溢 — 酸性电解液和铅尘污染源：蓄电池溅溢可能是造成环境污染和人身伤害的一种非常普遍的根源，这是因为电解液不仅具有很强的腐蚀性，而且很容易携带溶性铅和铅颗粒。因此，如果这种溶液在一个未加防护的区域里溅溢出来，就可能污染土壤或伤害人员。此外，一旦电解液溅溢到未加防护的土壤里，那么，在溶液蒸发、铅进入土壤颗粒以后，很容易随着风吹或车轮的滚动而飞扬，那么土壤本身又变成一个铅尘的源头；

(b) 人工拆解蓄电池 — 由于电解液严重溅溢和铅尘的形成，构成人身伤害和环境破坏的根源：人工拆解蓄电池时往往使用原始的工具，对工人的防护极差，没有任何环境保护措施。如果是人工拆解密封的蓄电池，则情况更要糟糕，由于电解液不容易排放，严重溅溢和伤害人身的危险性大大地增加。因此，无论如何不能用人工拆解；

(c) 机械拆解蓄电池 — 铅颗粒污染的根源：用锤式粉碎机粉碎蓄电池的过程中会有铅颗粒飞扬。不过，粉碎机实际上是密封的，再加上使用大量的水，可以防止铅颗粒的形成；

(d) 水力分离 — 污水泄漏：用水力分离法把金属和有机材料分开或者把重质有机材料和轻质有机材料分开时，一般都借助于封闭的水系统在密封的机器内进行。但是，如果发生漏水，就会造成严重的铅化合物的污染；

(e) 塑料和胶木碎片 — 污染性废物：蓄电池拆解过程中产生的胶木废料带有的铅污染量往往高达 5%（重量百分比），从而会造成问题。为此，必须进行二次清洗把残留的铅除去，最好用碱性溶液清洗，再用水漂洗一次，然后进入下一步处理或处置。

## 4.2 铅的还原

51. 拆解过程产生的蓄电池废料是以下几种物质的混合物：金属铅、氧化铅、硫酸铅，以及钙、铜、镉、砷、锡等其他金属，有时还会有银。为了把金属铅从这样的混合物中分离出来，可以采用两种方法：一种是火冶法，也叫高温熔炼法，另一种是水冶法，也叫电解法。也可以把这两种方法结合起来，采用混合法。

### 4.2.1 火冶法

52. 火冶或高温熔炼的目的是通过加热并加入足够的助熔剂和还原物质，把金属化合物全部还原成金属或相应的还原产物（图3）。

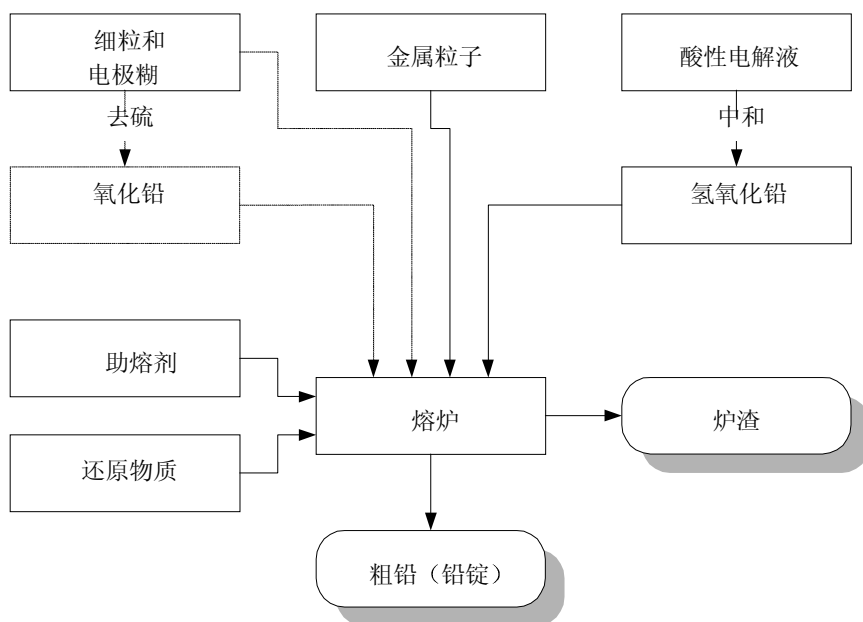


图3：铅熔炼流程图

53. 在开始熔炼之前，可以采用某些方法让硫酸铅糊和碳酸钠与氢氧化钠的混合物发生反应而把硫酸铅中的硫除去（如在 CX 及其相关的处理系统中的做法），其结果是把硫酸铅变成了氧化铅。有时也可以用氧化铁和碳酸钙来做去硫剂。通过这一处理，可以减少熔炼过程中产生的炉渣量，同时减少向空气中释放的二氧化硫，具体效果依所采用的熔炼方法不同而异。而其他的处理方法只是把算好份量的硫酸铅和去硫剂直接送进熔炉里去。

54. 酸性电解液也必须在经过处理后其中含有的铅才能进一步被送去冶炼。这一过程是借助于氢氧化钠把电解液中和来完成的，其结果是把电解液中的铅成份变成氢氧化铅析出。然后，通过倾注或过滤把氢氧化铅取出，送入熔炉。剩下的溶液是稀释的硫酸钠水溶液，可以通过纯化从中分离出高纯度的盐（可达到食用盐等级），CX Engitec Impianti 处理系统就采用了这样的做法。

55. 去硫和中和处理过程中产生的金属颗粒和铅化物与助熔剂和还原剂一起被送入熔炉。根据具体方法的不同，可以采用油、天然气、焦炭、电等多种能源来加热。熔炼时也可以采用转炉、反射炉、鼓风机、电炉、转窑等不同的熔炼设备。究竟采用何种方法为最佳，取决于当地经济状况和计划的回收量等多种因素，详细信息可查阅本准则后面所附的参考文献。

56. 助熔剂的熔化温度低于铅化合物。但添加助熔剂的目的不仅仅是为了降低熔炼铅时需要的温度，而且也是为了提供一种溶解液，把在熔炼和还原过程中不希望存在的几种化合物吸收掉。随着在熔炼过程中助熔剂被各种杂质所污染，炉渣也就开始形成。这些炉渣的物理和化学特性完全取决于所用助熔剂的化学成份，是在后续的处理过程中必须加以考虑的重要问题。

57. 另一方面，加入还原剂的目的是为了把氧化铅和氢氧化铅还原成金属铅。通常采用碳基化合物来做还原剂，如焦炭、煤粉，或者其他天然的碳资源。

58. 必须对加入的助熔剂和还原剂的份量进行认真的控制，这是因为：

(a) 助熔剂加入的量不足，废物中含有的硫和其他物质就不能被彻底除去，大量的二氧化硫气体就会被释放出来；

(b) 另一方面，如果加入的还原剂数量不足，废物里含有的氧化铅就不可能被完全还原，炉渣里将会含有大量的铅，构成危害环境的潜在的根源；

59. 熔炼过程达到适当平衡以后，融化的金属铅开始在熔炉的底部积聚。但如前面所说，这样的铅里面有时含有不少有经济价值的其他金属。因此，这些铅锭还需要经过提纯，才能从中回收得到纯铅。

#### 4.2.2 水冶法

60. 水冶法或电解法的目的是借助电的作用有选择性地使铅化合物全部还原成金属铅，PLACID 技术采用的就是这样的方法（图4）。

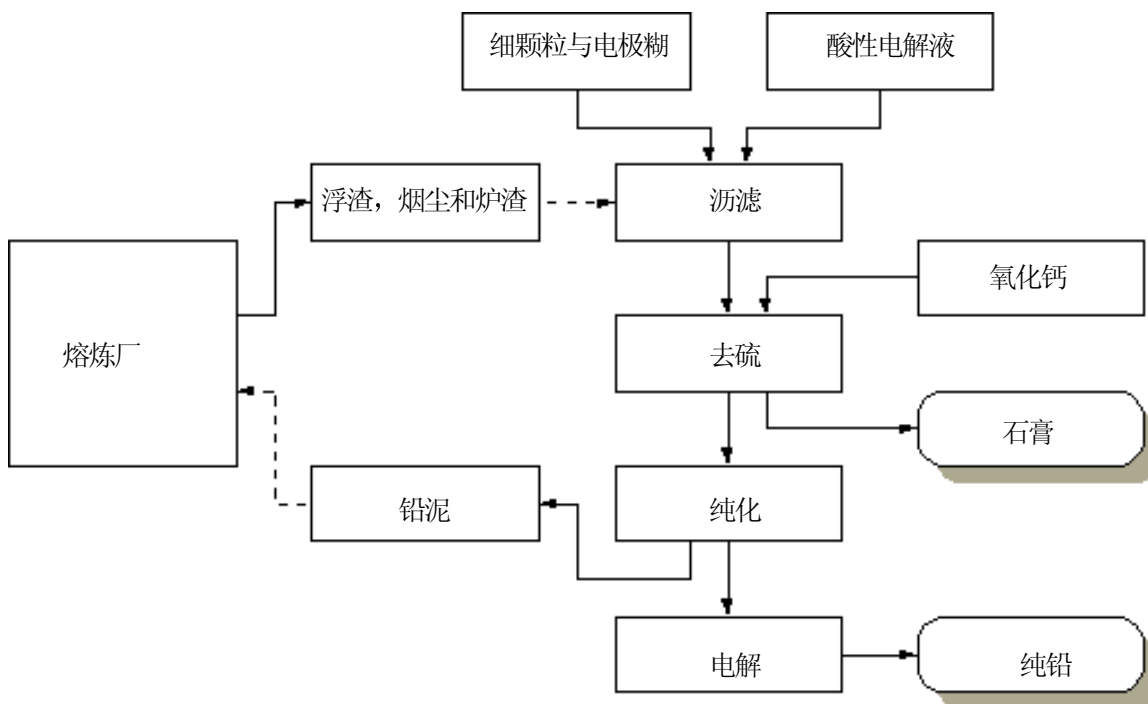


图4: 电解铅制取流程图

61. 上述处理流程作为一个独立的工厂来看待时也许成本太高,但如果把它纳入到一个原材料适当分开的低温冶炼厂里去的话,就会产生很好的效果。实际上,这是取代铅精炼工序的一个技术途径。

62. 电解过程的化学原理是把铅化合物全部变成一种单一的化学物质(在这里就是氧化状态的铅  $Pb^{2+}$ , 或称二价铅), 然后, 再通过电解还原产生金属铅(图 5)。

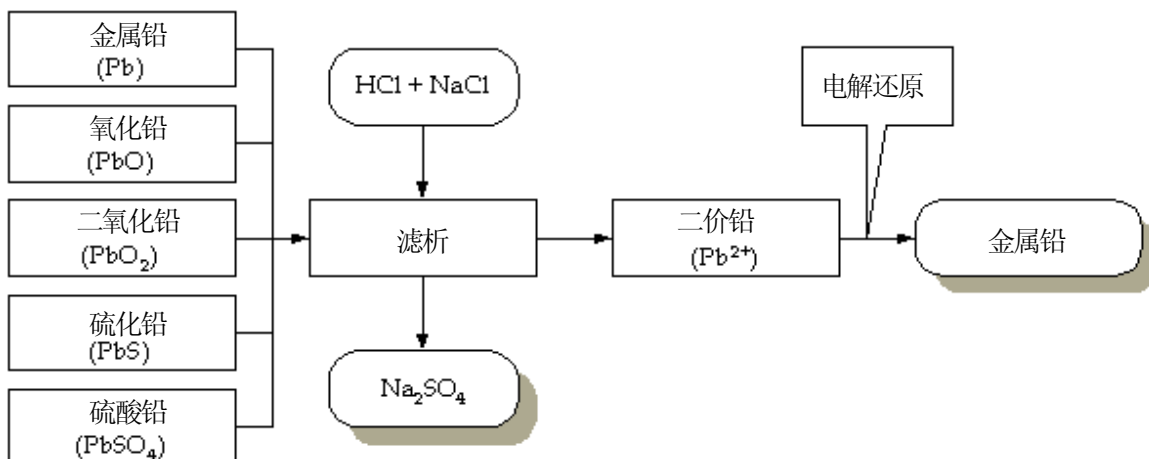


图 5: 用水冶法生产铅的电化过程

63. 电解沉积的铅呈树枝或海绵状,经摇落、传送带收集、压成纯铅片(纯度  $99 \cdot 99\%$ )后,再送入熔锅浇铸成铅锭。整个提取过程可以连续 24 小时不停地运行。

#### 4.2.3 铅的还原: 潜在的环境污染源

64. 高温熔炼还原法制铅过程对环境造成的影响通常来源于以下方面:

(a) 蓄电池拆解过程中产生的铅化合物 — 尘土和水里含有的铅和铅化合物: 由于分离工序中主要依靠水,因此,蓄电池拆解过程中分离出来的细小颗粒材料一般都是湿的。但是,如果这一工序没有纳入全自动化流程,那么,还必须把这些材料从拆解的地方运送到还原设备所在处,在运送的过程中部分泥浆状和(或)水状的材料可能从运输系统中溅溢出来。这些材料干燥以后变成粉末,会以微细铅尘的形式对工厂和周围环境造成污染;

(b) 浮渣 — 含铅的污染物: 在熔炼过程中会产生浮渣。浮渣的作用是清除那些不容易或不应该结合到粗铅里去的那些物质。但是,这样的浮渣里仍然含有铅,应该能够通过熔炼工序得到回收。为了完成这一任务,必须将浮渣收集起来,运送到熔炉的进料间。但这些浮渣通常都带有许多尘土,有时还呈粉末状(铜浮渣),在运送过程中可能成为一种铅污染源;

(c) 过滤器 — 含铅的粉尘: 为了收集熔炼过程中产生的铅尘,需要为熔炉装备过滤器。铅尘里含有的铅可能高达 65%,因此,过滤器在使用过以后一般就在同一个熔炼工序里予以回收。但是,照料和保管这些过滤器的过程本身可能成为一个重大的铅尘污染源,对人身和环境造成危害。此外,过滤器在使用过度以后收集铅尘的效果不会再象一开始那样好,这时,从熔炉里逸出的粉尘就会变成一个严重的污染源。最后必须了解的一点是,

熔炉的进料口可能是一个敞开的系统，因此它本身也是一个对环境有害的铅尘污染源。例如，从熔炉进料口和出料口窜出来的高温烟焰中含有大量的铅，很容易被人体吸入；

(d) 二氧化硫的释放 — 从还原系统出来的含铅废料所夹带的二氧化硫里含硫的百分比，在很大程度上不仅取决于熔炉的状态，而且取决于所形成的浮渣材料的种类。百分比通常在 0% 至 10%。如果所用的助熔剂是铁基和钠基化合物的混合物，产生的是钠浮渣和二硫化铁，那么，这个数字将会大大减小。胶木废料里也含有 6—10% 的硫，因此，如果随同其他废料一起送进熔炉的话，将进一步增加二氧化硫的释放量；

(e) 有机材料的燃烧 — 形成焦油：一个结构和控制良好的冶炼厂能在还原过程中把有机材料全部消耗掉，因此不必担心产生焦油的问题。相反，对还原过程控制得越差，产生焦油的问题就越严重，在人工操作的冶炼车间尤其如此。如果还原炉里装有过滤器，焦油的析出更成为一个大问题，因为焦油的温度非常高，容易在过滤车间引起火苗，增加发生事故的危險和释放有害物的可能性。解决这个问题常用的办法是采用加力燃烧室，使从熔炉出来的气体完全燃烧；不过，对工序进行彻底的改造，比方说将有机材料清除，或许效果更好；

(f) 氯和氯化物的释放：材料在进入还原工序前经过初次分选后，所释放的氯就会大大减少。但是，进入熔炉中的 PVC 数量增多，会使氯的释放量增加。尽管释放出来的氯大部分都被钙或钠的浮渣吸收掉，但仍然会有一部分氯通过化学变化成为氯化铅；后者在熔炉内部呈飞扬状态，但随着温度的下降即被粉尘过滤器所收集；

(g) 炉渣的形成：还原过程产生的废物主要是炉渣。平均而言，每生产一吨金属铅，会产生约 300—350 千克炉渣，具体数字因处理工序及形成的残渣种类（钙或钠浮渣）不同而异，其中约有 5%（重量百分比）由铅化合物组成。因此，如果有不稳定的水溶性炉渣与水或潮湿空气发生接触，则必须对可能产生的滤出物加以特殊的考虑。必须事先做好规划，把这些物质专门存放在有屋顶的库房里，避免对人员和环境造成危害。

### 4.3 铅的精炼

65. 前面已经说过，如果熔炼厂的工序就到高温还原为止，那么，所生产出来的铅是硬铅或铈铅。假如希望得到软铅，则需要将粗铅锭进行提纯。提纯的目的是要把其中的铜、铈、砷和锡几乎全部除去，以达到软铅的标准，即每吨铅里上述物质的含量不得超过 10 克。

66. 铅的精炼有两种方法：一种是水炼法，已在铅的还原一节里作过介绍；另一种是高温精炼或热炼法，叙述如下：

#### 4.3.1 高温精炼

67. 高温精炼是在液相下进行的。也就是说，必须把粗铅熔化，温度超过 327°C（铅的熔点）而低于 650°C（铅的沸点）。提纯时通常每 20—200 吨作为一批，视炼铅厂的能力而定。

68. 提纯的化学原理是在适当温度的熔化铅里加入某种特殊的反应物。这些反应物按照它们参加反应的次序有选择性地不保留的金属清除掉（图 6）。

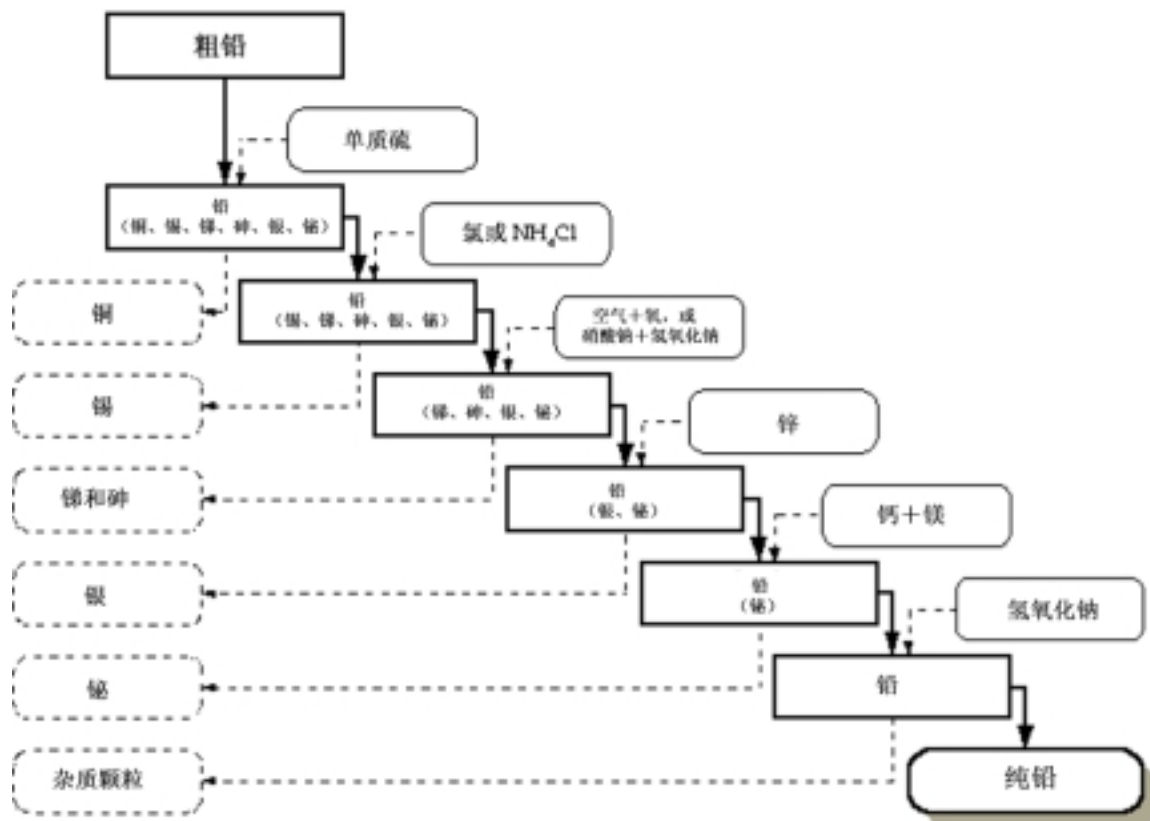


图 6: 用火炼法提纯铅的流程图

69. 首先加入单质硫，分两步把铜除去。 第一步，在 450° C 的熔化铅里加入单质硫以后，几乎所有的铜都变成硫化铜浮渣而被除去。 第二步，为除去所有残留的铜，在 330° C 的熔化铅里加入少量的单质硫，直到不再发生反应为止。由于使用硫时为防止着火和被有毒烟焰窒息，要求采取严格的健康和安全防护措施，因此，可以用另一种较为安全的替代方法，即采用二硫化铁来消除着火和有毒烟焰的危险。

70. 锡通常在熔炼的过程中被除去，但仅在废铅板等固态铅材料被倒入到炼铅锅中被熔化以后，才在精炼阶段被除去。 锡的性质非常不稳定，只需搅拌熔锅并加入一些硝酸钠就足以把它除去。如果还有一些锡残余下来，可以利用炼铅锅里的空气枪将其除去。

71. 锑和砷是通过加入富氧空气或硝酸钠与氢氧化钠的混合物后引起氧化作用而被有选择性地除去。此时熔铅的温度提升到 550° C，富氧空气流呈气泡状进入。在发生反应的过程中会释放大量的热，温度很容易达到 650° C。所产生的浮渣是以下几种金属的氧化物的混合物：锑 25%、砷 10%、铅 65% 。

72. 下一步是银。 除去银时利用帕克斯 (Parkes) 方法，即利用银优先与熔锌 (而不是熔铅) 相结合的特性。因此，将金属锌加入到 470° C 的熔铅里去，然后一起降温至 325° C。此时，银—铅—锌的合金被分离出来，在表面形成一层硬壳。取出这层硬壳，用真空分馏法把锌和银分离。再用氧把粗银进一步提炼成精银。用真空分馏法接着再用氢氧化钠，把去银后的铅里的锌除去。

73. 最后，在剩下的铅里加入钙和镁的混合物，把铋除去。这个方法也称为 Kroll-Betterton 法。钙—镁—铋的合



金在熔铅表面形成一层浮渣，可用撇渣法取出。浮渣取出后经过氧化，进一步提炼出纯铋。

74. 接着，在纯铅里加入氢氧化钠把所有可能残留的杂质除去，最后，铸成铅块或铅锭。在精炼过程中产生的烟尘、浮渣、氧化铅以及其他物质通常被送入一个小型的鼓风机中，熔化后铸成粗铅锭，重新再参加到熔炼流程里去。

#### 4.3.2 铅的精炼：潜在的环境污染源

75. 精炼过程中如不采取一定的控制措施，就可能产生污染。铅的精炼过程对环境产生的污染来源如下：

(a) 铅加热过度 — 铅烟尘：来自还原工序的铅有时直接被送入精炼炉，此时其温度可能高达 1,000° C。因此，铅的精炼过程中产生大量的铅雾，这并不是罕见的现象。最好的做法是把铅从熔炉中取出后先直接放入一个铅锅，或待铅冷却后再倾注；

(b) 二氧化硫的释放：用加入单质硫的方法除去铜时，由于硫处在熔炉的温度下很容易与周围的氧发生氧化，从而产生大量的二氧化硫。采用二硫化铁可以避免这个问题；

(c) 浮渣的形成和清除 — 金属污染：在粗铅提纯、除去不需要的金属的过程中将产生浮渣并需要将其从炼锅里取出。由于这些浮渣物理性质特殊，上述过程可能会给人身和环境造成威胁。这些浮渣有时会变成很细小而干燥的粉尘，含有大量的铅及其他金属，因此，在运送和存放时必须提供充分的覆盖或密封条件，并为这种有潜在危害性的副产品安排适当的去处；

(d) 氯和锡的清除和回收 — 释放氯气：如果利用氯气来清除锡以便于下一步回收，那么，这个过程的操作需要十分仔细。气体的进口要慎密，以防释放氯气，即气体尚未到达熔铅表面就已经与锡发生反应。但是，如果对氯气的进入量不加控制，那也会使这种有毒气体进入周围环境。此外，由于氯气有腐蚀性和毒性，它的储存和处理本身就是一种需要谨慎对待的操作；

(e) 用富氧空气来清除锡 — 铅烟焰：空气在熔铅内部通过的时候，空气里的氮并不发生反应，结果，气泡就从熔化的金属表面猛烈地冒出来，释放出粉尘和金属烟焰。

## 5. 环境控制

76. 到此为止，我们已经介绍了铅回收的若干环节，包括收集、处理、存放、运输、蓄电池拆解、铅的还原和精炼。不过，还有几个重要的问题需要讨论，特别是关于环境控制的措施。

77. 环境控制过程的主体可以根据回收厂的具体状态划分为三类：(a) 回收厂尚未投入运行；(b) 回收厂建设于若干年前，现在需要改进技术并对其进行监控指导；(c) 回收厂采用了目前最好的技术，只需要监控指导。

### 5.1 铅回收厂的规划 — 环境影响评估 (EIA)

78. 环境影响评估是在对任何潜在的污染源采取措施之前进行的一项研究，其目的是在工业项目的方案构思阶段就其对环境造成的后果进行评价。因此，这项研究将提出对项目的改进意见，并为决策者、投资者以及政府部门

提供指导性的数据，使他们了解项目将带来的后果。在有些国家里，环境影响评估研究往往是必须开展的，而且只有在把研究结果提交给政府机构并获得批准以后，对项目的融资才会被放行。

79. 从理论上来说，这是每一个铅回收设施都必须经过的步骤，目的是防止对环境造成污染，并对环境和人身健康在各个方面提供保护。通过这个步骤还能使项目获得以最小的成本来进行改进的最佳机会，并针对选定的回收技术提前规划好最现实可行而且最恰当的工艺。最后，环境影响评估还为回收厂在环境、经济和社会等方面与周围社区的关系提供指导意见。

80. 一份环境影响评估报告应该包含如下章节（关于更详细的环境影响评估实施指南，可参阅附件一）：

- (a) 项目的对象和目标，及其社会与经济意义；
- (b) 关于项目实施地点、项目本身以及这两者之间的关系叙述，包括最大程度能够获得的项目要素的定量说明；
- (c) 行动时间表；
- (d) 定性和定量地说明对环境产生的影响，以及为尽可能消除这些影响将要采取的行动；
- (e) 项目结束或终止后可能采取的对项目场地进行修复的措施；
- (f) 与项目有关的适用法律；
- (g) 项目的备份实施方案，特别是备份的实施地点；
- (h) 占地面积、采用的工艺、原材料来源、能源及产品；
- (i) 对所用方法及工艺的论证；
- (j) 最后，环境影响评估报告必须简明扼要、符合客观，尽可能避免强调项目的价值。

81. 尽管环境影响评估具有明显的意义，但是有时也会成为小小的不利因素。这是因为：(a) 环境影响评估报告不见得一定会公开发表；(b) 环境影响评估可能会被视为是项目提出者为环境管理画的一个句号，而不是环境管理的主要思路；(c) 环境影响评估报告一般由独立的合作方编写，不一定反映提出进行环境影响评估研究的那个公司的承诺；(d) 环境影响评估报告可能会被当作提出额外要求和施加额外限制的根据，以此提供了控制市场的手段。

## 5.2 技术改进

82. 如果在铅回收厂建设以前没有进行过环境影响评估，那么，由于跳过或忽略了几个重要的步骤，回收设施很可能会在技术和环境方面存在一些问题需要解决。但必须强调指出，简单地把运转不灵的铅回收厂关掉，再建造一个新厂，将要耗费大量的资金，因此不一定是最好的解决办法。最好的或许也是唯一可行的做法是，在技术上改进，同时加强环境监测。这一节介绍技术改进，环境监测将在下一节里叙述。

### 5.2.1 污染源的处理及污染防治

83. 对一个现代化的铅回收厂来说，污染处理，包括废水和烟尘的清除以及二氧化硫的消除，所花费的成本约占投资成本的 20—30%。

#### 5.2.1.1 酸性电解液与废水

84. 这些液体不经过任何处理直接向外排放，将对环境造成极大的污染。解决这个问题一个途径是，在预算许可的条件下尽量采取措施不要让它们扩散：

(a) 利用溶剂提取法等技术可以抽取电解液里含有的硫酸。采用这些技术所得到的酸液里不含铅，可以再次用作蓄电池电解液或者出售；

(b) 电解液可以用碳酸钠或碳酸钙来处理，产生硫酸钠或硫酸钙，经过过滤除去铅泥后再进一步提纯，然后卖给水泥厂或建筑业；

(c) 尽量避免把中和以后的电解液直接向外排放；

(d) 向外排放未经处理的电解液对环境不宜，无论如何必须避免。

85. 每一个铅回收厂都应该有一个废水处理站，来处理从回收设备流出来的水，包括来自电解液中和工序的水、雨水、蓄电池存放处溅溢出来的水等，以控制、保护和改进水的质量。

#### 5.2.1.2 粉尘的收集和空气过滤

86. 废蓄电池回收厂里的所有工序都会释放某种烟尘，必须将它们收集起来送回工厂，或者经过处理以后再向外释放。一个中等规模的回收厂每生产一吨铅需要过滤大约 70 吨的空气，说明这道工序是必须加以控制的重点。

87. 所谓“机械”粉尘，即具有明显物理特性的颗粒状物质，比较容易通过过滤的方法从空气中清除。但是，尘土越细，越难清除，需要采用特殊的技术才能保持空气的清洁。有很多方法可以采用，但考虑的依据应当是降低污染的程度以及现有的预算水平：过滤纤维或滤尘袋、静电过滤器、湿式静电过滤器、旋风集尘器、陶瓷集尘器、以及湿式除尘器。通行的做法是把收集起来的粉尘全部送回到熔炼厂，以便回收其中的铅。

#### 5.2.1.3 逸出性释放

88. 逸出性释放是指来自原材料和（或者）工业生产过程中的粉尘不经过任何专门为降低或消除有害物质的成份或数量而设置的过滤装置或控制机构，直接向空气中释放。

89. 从本节中已经介绍过的关于存放设施、蓄电池拆解、以及铅的精炼等过程的控制措施中可以证明几种潜在的逸出性释放源，但是，在把烧得发红的熔铅从炼炉里向外倾注的过程中，处于 1000° C 左右的铅及其化合物的高压蒸气也会造成逸出性释放。同样，如果把熔化的粗铅放在敞口的铅包或铅锅里在 1000° C 下运送，然后倒入精炼炉，接着，在下一步工序中又在不加抽风或通风的情况下用人工把浮渣撇去，那么，也将发生逸出性释放。

90. 控制逸出性释放的方法基本上有两类:

(a) 在控制良好的通风条件下把粗铅从熔炉中倾入铸模冷却成铅锭。铅锭必须在固化以后才可向精炼炉输送,然后在熔铅槽里慢慢地熔化。工作区必须通风良好,利用袋式过滤系统把所产生的粉尘滤出并收集起来,同时在此条件下清除精炼过程产生的浮渣。

(b) 把熔炉中的通红的熔铅倾入熔铅槽,此时熔铅槽的温度大约比铅的凝固点高 20° C,比能产生逸出性释放的温度低很多。熔铅槽必须加以覆盖和通风,所有释放物都将被收集到过滤袋里。当含有熔铅槽的精炼炉里的熔铅快要满溢的时候,可以把铅抽到另一个精炼炉里去进行精炼。

#### 5.2.1.4 二氧化硫的清除

91. 有些国家对二氧化硫释放量的限制非常严格。实际上,二氧化硫对环境的影响非常严重,是一个需要加以控制的重要的污染指标。清除二氧化硫有好几种方法,如干法、半干法、半湿法和湿法等。还有一种简单的办法是采用湿式除尘器,其中以碳酸钙作为反应物,产生的是含硫的膏泥。后者反过来又可以出售,或送入熔炉作为反应物以形成炉渣。但是,即便经过过滤和除尘,气体中仍会含有少量残留的粉尘和二氧化硫。

#### 5.2.1.5 氧的使用

92. 在加热工序中使用的是富含氧的空气,这种做法造成了三个主要后果:

(a) 空气中含有大量的氮(所占体积百分比约 72%),在常温下不参加任何化学反应。因此,使用纯氧大大地减少了所产生的燃气体积(约减少 5 倍);

(b) 由于流经熔炉的冷气体减少,因此减少了热损失;

(c) 增加了熔炉的产量。

93. 因此,在送入熔炉的空气中加入纯氧,将使生产过程变得比较清洁。

#### 5.2.1.6 助熔剂的选择与炉渣的稳定化

94. 在熔炉里加入助熔剂碳酸钙后形成含钙的炉渣,这种炉渣产生一种不能被滤析的渣滓,属于对环境比较无害的废物。但在另一方面,助熔剂使得熔炉的工作温度增高,释放出更多的二氧化硫,也就是说,耗能成本较高,从而影响熔炉的效能,特别是会降低熔炉里耐火材料的寿命。此外,碳酸钙是存在于自然界的一种产品,比碳酸钠容易处理,因此,助熔剂成本较低,操作方面的问题也较少。由此可见,必须对选用哪种助熔剂作出适当计划。

95. 炉渣稳定化,其根本含义是对熔炼—还原—精炼的过程实行良好的控制。这是实现清洁生产的重大步骤,因为炉渣是整个过程中产生的最主要的有害废料。由于使用了碳酸钠而形成的含钠炉渣,以其物理和化学特性而言没有什么用途,因而被直接运到有害废物填埋场填埋。

96. 另一方面,现已发现含钙炉渣可被用作生产筑路和制砖用水泥的原料,尽管这样会增加回收过程的成本,但

很有实用前景。因此，使用以钙为主体的助熔剂提供了一条大量使用废物的途径，今后可能作为一项可行的选择方案来考虑。

#### 5.2.1.7 重质有机物的回收

97. 重质有机废物中主要是电极隔片和胶木，其 50% 的质量是碳，这就是说，重质有机物可以用作熔炉里的还原剂。尽管需要额外小心地处理来防止污染，但用重质有机物作还原剂，不仅减少了其他还原剂的使用量，同时也减少了要不然需要采用别的办法妥善处理的废物的数量。但是，这种办法存在流体炉渣较少、会形成焦油等缺点，因此还不能下最终的结论，需要作进一步的研究，但对这类废物来说，这是一个很看好的处置方法。

#### 5.2.1.8 聚丙烯的回收

98. 聚丙烯是一种非常有价值的材料，仅仅是为了回收聚丙烯，就值得来拆解废铅酸蓄电池。因此，塑料部件的再生处理应该被看成是一种有利可图的活动，可惜这样的活动还不普遍。

#### 5.2.1.9 不可回收废物的妥善处置

99. 在铅回收过程中产生的某些废物可能无法被回收或再次使用，因此，需要有个妥当的处置。必须强调指出，这种废物里的含铅量往往可能高达 2—5%，即使其中的铅不会滤析出来，仍然必须作为有害废物来对待，因此，需要在规定的有害废物填埋场为这种废料安排去处。

### 5.3 环境监测

100. 任何生产过程，即使采用了最好的技术，如要保持清洁，必须不断地监测。通过监测，不仅能够确切地发现回收过程中有问题的环节，从而对铅回收厂在环境影响方面的表现有了清晰的了解，而且能够获得具体的数据，有助于改善工序，提高对环境和人员健康的保护水平。最后，通过监测能把对回收过程实施的无害环境管理保持下去。

101. 另一方面，通过采取控制措施，可以尽可能地减少操作失误和事故，同时借此推出一套简单可行的准则，只要遵照执行，就能大大地减少污染环境的危险。

#### 5.3.1 控制措施

102. 除了在回收厂里采取污染控制技术以外，还有一些控制措施被广泛地用来防止或最大限度地减少对环境的污染。以下所介绍的仅仅是其中的一小部分，希望结合每个回收厂的具体特点具体地实施，然后对这些措施作进一步改进。下面的清单尽管不长，却能够为实现良好的环境控制提供一些有用的思路。

(a) **人身防护装备 (PPE):** 所有工作人员都必须根据回收厂各个部段的具体要求配备各自的人身防护装备。此外，还必须就怎样按照生产厂商的规定恰当地使用这些防护装备对人员进行培训；回收厂的每个部段必须挂有清晰易见的标志，说明进入该部段的人员必须使用什么样的防护装备。最低限度的防护装备是防毒面具、安全帽和防护靴；

(b) **操作规定:** 应该制订一套操作规定, 并培训工作人员, 使他们遵守这些规定, 以减少污染危害健康的危险:

- (i) 禁止在工作场所抽烟;
- (ii) 把工作区和饮食区分开;
- (iii) 工作结束时必须淋浴;
- (iv) 回家前必须脱去工作服;
- (v) 工作服要每天更换和洗涤;
- (vi) 每天检查和擦拭防毒面具。

(c) **蓄电池拆解、铅还原和铅精炼工序必须在封闭的楼宇内进行:** 这样就能方便地利用过滤系统把粉尘全部收集起来, 防止有污染的粉尘进入周围空气;

(d) **未覆盖区域:** 回收厂里的所有未覆盖区域必须具有坚硬光滑的表面, 最好刷上一层不渗水的材料, 以便于擦洗。用过的擦洗物必须集中起来送至还原炉, 以回收其中可能含有的铅或其他金属粉尘;

(e) **厂内运输必须使用封闭式传送带:** 防止释放无用粉尘。如果做不到这一点, 那么, 运送的容器必须妥善地覆盖。厂内运输工具应该与外部车辆分开;

(f) **炉渣的存放:** 有害废物里含有许多有害物质, 有可能滤析出来进一步造成危害健康和环境的问题, 存放时必须采取与废蓄电池同等程度的谨慎措施。因此, 存放废蓄电池所采取的控制措施(如铺砌地面、覆盖场地等)也同样适用于炉渣、浮渣、撇渣以及其他有害的副产品、废物和材料;

(g) **空气过滤系统:** 应与通风区尽量靠近, 所有排尘系统必须封闭, 避免释放粉尘;

(h) **露天操作必须加湿:** 加湿有助于避免形成粉尘。因此, 所有在封闭楼宇以外的操作, 如扫地、清洁路面、在未铺砌路面的地段运输、敞口运输、清除集尘袋里的粉尘、运送粉尘等, 都必须加湿;

(i) **卡车等运输工具在离开回收厂前必须冲洗:** 特别是轮子和车辆的下半部, 避免将铅尘带出回收厂。车厢内部必须经常用真空吸尘器吸尘。所有车辆只能从一个设控的出口离开回收厂;

(j) **存放煤炭的地点必须加以保护:** 如果回收厂用煤炭作燃料或还原剂, 就必须把煤炭存放在隔离的并且加覆盖的区域。此外, 还必须配备专门的灭火装置和经过适当训练的人员;

(k) **对雨水必须加以收集:** 在有雨水存在时有害物质会发生滤析, 因此, 应该配备专门设计的表面水收集系统, 把所有的水都引导到污水处理站去。

103. 除了在回收厂里采取污染控制技术以外, 还有一些控制措施被广泛地用来防止或最大限度地减少对环境的污

染。以下所介绍的仅仅是其中的一小部分，希望结合每个回收厂的特点具体地实施，然后对这些措施作进一步改进。不管怎样，下面的清单能够为实现良好的环境控制提供一些有用的思路。

### 5.3.2 监测措施

104. 环境监测可以被看成是环境污染的温度计。通过监测得到的数据不仅可以用来指导技术改进和衡量工厂的绩效，还为提高回收厂在周围居民中的声誉和信任度提供了依据，因为铅回收厂往往被看成是巨大的环境污染源。因此，每个铅回收厂必须实行环境监测。

105. 监测对象有：

(a) **污水：**所有经过污水处理站处理后从回收厂流出去的水都应该接受监测，至少必须测定其pH值、硫含量、以及其中有代表性的重金属（如铅、汞和镉）的含量；

(b) **气体：**必须连续不断地监测二氧化硫等气体以及铅尘的含量。最好在回收厂内外若干不同的位置设置监测点；

(c) **土壤和植物：**应该定期地对回收厂内部及其紧邻区域的土壤和植物进行分析，以确定是否存在粉尘污染；

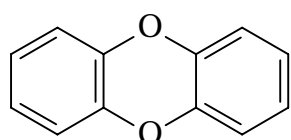
(d) **空气质量：**对封闭建筑物（如蓄电池拆解车间等）内部的空气质量必须进行连续的监测；

(e) **医疗检查：**所有工作人员都必须接受对其健康状况的监测并保存健康检查记录。对紧邻工厂的社区居民也应定期提供免费的身体检查。

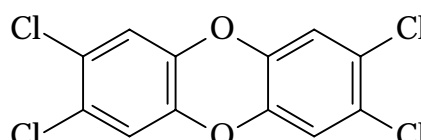
106. 尽管开展这些监测活动需要一定的花费，其中有些项目还必须由专门的人员来做，因而在预算有限的情况下可能会成为一个比较大的难题，但是，必须懂得这些监测活动能够提供十分重要的数据，用来确定回收厂在无害环境管理方面的状态，因此，应该尽可能地实施监测活动。

### 5.3.3 二氧己环 (Dioxins)

107. 二氧己环是在某种热反应中可能产生的芳香化合物。这种热反应叫做再生反应，其中先前产生的分子活性很高的反应生成物彼此发生相互反应，形成二氧己环分子结构（图7）。



Dibenzo-*p*-dioxin



2,3,7,8-Tetrachloro-dibenzo-*p*-dioxin

图7：二氧己环分子结构和2,3,7,8-TDD

108. 原始反应物中氯原子的存在看来会加速二氧己环的形成，产生更多的有害分子，例如致癌化合物 2, 3, 7, 8 -TDD。

109. 尽管二氧己环的形成过程不容易描述，也很难检测，但对于铅回收过程来说确是一个必须考虑的课题，因为二次原材料中有可能含有二氧己环的原始反应物，而熔炉里的环境为产生二氧己环提供了良好的条件。另外，使用碳还原剂和有机燃料有可能产生很细的碳粉，在特殊的条件下会与氯的衍生物发生反应，产生有毒的化合物。最后，铅回收过程中普遍地存在铜和铁，这两种金属会在一定程度上对二氧己环的形成起催化作用，从而进一步增加了二氧己环的产生量。

110. 要想通过对原材料进行预选的办法来清除氯化有机物和铁、铜等金属，对于一个铅回收厂来说如果不是不可能，也应该说是一项不恰当的任务。看来解决这个问题的最方便的办法，只能是将产生的二氧己环破坏掉（轻质和重质有机物又当别论）：

(a) 前面已经说过，可以使用富氧空气或纯氧来确保有机化合物得到完全燃烧。从原理上来说，用这个办法可以大大地减少二氧己环的形成；

(b) 可以向气流中注入活性炭来吸收有机物分子，然后再进行过滤。滤出的粉尘必须作为有害废物来处理，不得送进熔炉，但可以用特种设备焚烧，或予以特别认真的处理；

(c) 据报道，加速氧化能有效地破坏二氧己环。

111. 还有这样或那样的技术，特别是使熔炉内的所有材料保持高温以实现完全燃烧的办法，都必须根据每个回收厂的具体限制和要求逐一给予考虑。其中有些技术不要求特殊设施，不需作出改进就可纳入到回收过程中。至于哪一种系统最为经济有效，这要取决于安全、合法、现实可行性、以及经济等各方面的因素。采用上述任何一种技术，都能使污染释放度达到低于每立方米 0.5 毫微克的水平；如果将几种技术结合起来运用，则不难达到每立方米低于 0.1 毫微克，这已足以满足保护健康和环境的要求。

## 6. 健康问题

### 6.1 概论

112. 无论是过去还是现在，铅都在环境和人体中天然存在，且其含量相当高。铅的天然运移可通过矿床风化和气体散发来实现。据估计，每年通过这两种机制进入环境的铅大约有 21 万吨。在人类活动出现之前，这两种机制是环境中的铅的唯一来源。岩石圈中的铅平均浓度大约为 16 毫克/公斤，但这一浓度值可随当地矿物不同的具体成分而变化。

113. 与天然运移的数量相比，因人类活动使铅从其天然源头释放出来的数量要大得多，每年超过 400 万吨。这一数字中只有一小部分作为污染源返回到环境中，而大部分则进入工业生产过程。

114. 由于人体无法区分铅的来源（即以同样方式吸收人为活动产生的铅和自然铅），因而不经意间使铅以这种或那种形式进入环境的人类活动都可以成为一种扩大铅来源的“放大器”，但主要铅来源并没有变化，这些来源可用



图8 来表示。

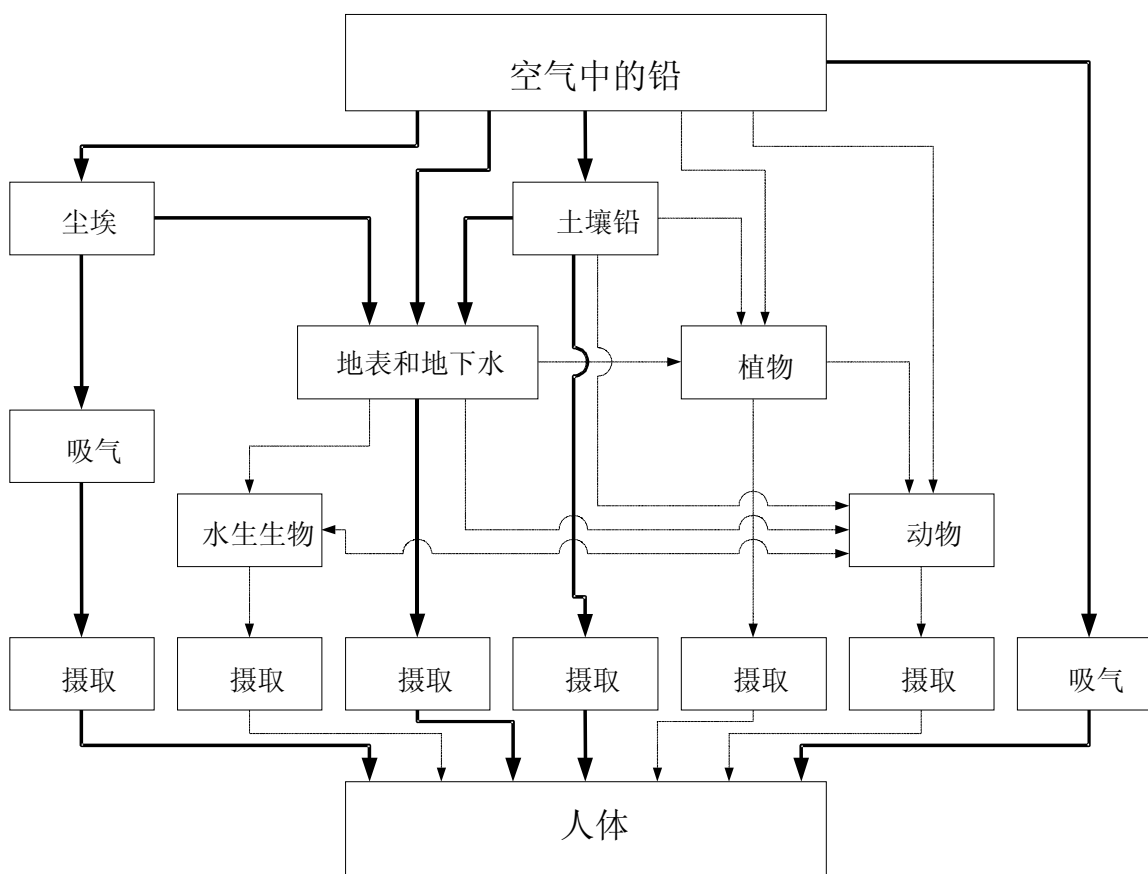


图8: 人体摄入铅的主要途径

115. 从上述情况可以看出，如果不采取适当控制措施，废铅酸蓄电池的回收过程将会成为扩大天然铅来源的一种潜在的、强有力的“放大器”，而且，从图8中表明人体吸收铅最重要途径的黑粗线可以看出，这些过程对人体健康也产生影响。

## 6.2 毒物学特性

### 6.2.1 吸收、扩散和消除

116. 人体可通过吸气、食物摄取和皮肤吸收铅，但皮肤吸收只在极少见的有机铅污染（如燃料添加剂）情况下才会出现。由于再生铅厂不处理也不回收这种铅，本文这里不予讨论。铅吸入的途径、颗粒大小和铅化合物（有机的或无机的）类型，同时还有人体全身的铅浓度和可能的扩散程度，对铅的吸收都起着决定性作用。除此而外，铅的吸收还取决于其它一些个体特征，比如人的生理状况和人体组织的完好程度，这两种特征又与人的年龄和营养状况、新陈代谢状况和人体骨骼条件等因素有关。铅的毒物学特性综合图解可用图9来表示。

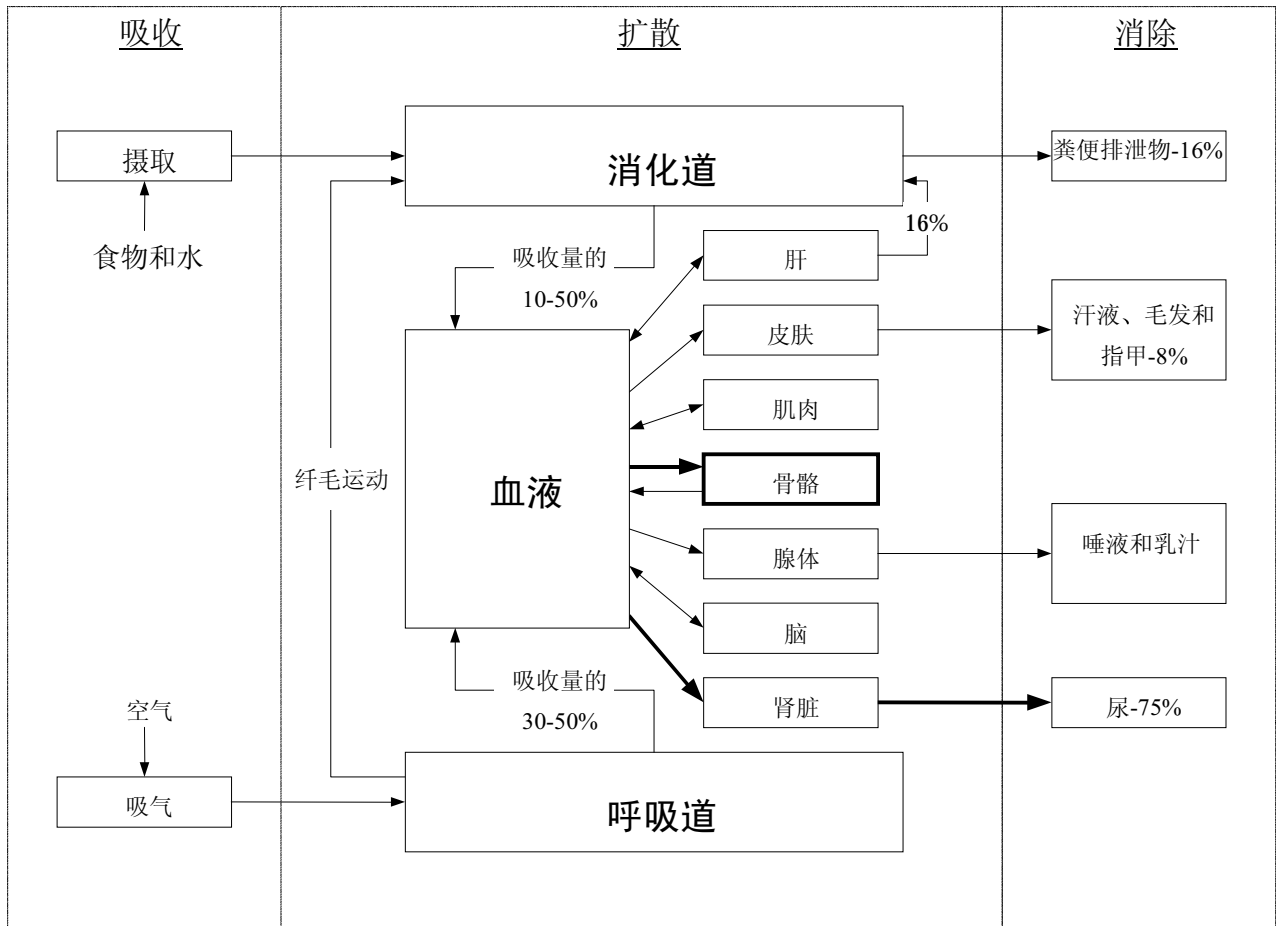


图9：人体中铅的毒物学特性

117. 呼吸是在工业环境中吸入铅的主要途径，如果不采取控制措施，可成为造成铅精炼厂所见到的那种职业病的原因。尽管吸入机制还不完全清楚，但估计大约有 20-40%的进入呼吸道的铅留在了人体内，其中大部分铅通过纤毛运动又从呼吸道进入胃肠道。留在肺中的那一部分铅通过一种与其化学性质无关的作用被人体迅速吸收。据估计，如果空气中的铅浓度达到 1 微克/m<sup>3</sup>，就可使人体血液中的铅浓度达到 1-2 微克/分升。

118. 胃肠道吸收是非工业性吸收的主要途径，它的吸收率不足人体摄入铅总量的 10%。胃肠道吸收与所涉及的铅化合物无关。比其它金属化合物吸收率低的无机铅，实际上在以铅化合物形式存在时可被广泛吸收。

119. 但是，无论以何种途径吸收，儿童对铅化合物的敏感程度要比成人高得多。有资料表明，儿童对铅化合物的吸收率可高达 50%，这相当于成人吸收率的五倍以上。

120. 通过呼吸和食物摄入而吸收的铅，当血浆与红细胞以 1: 16 的比例迅速达到平衡时，会进入到血液循环系统。然后，铅又通过血液系统进入全身各个器官，特别是骨骼，骨骼大约可保留人体总铅含量的 90%。因此，血铅浓度反映的是近期对铅的接触，骨铅则反映长期与铅接触而产生的累积结果。

121. 摄入的铅主要通过粪便排泄来排除，这表明胃肠的吸收率较低。另一方面，铅通过人体吸收并且进入血液后，

还可通过排尿（75%）、在肝脏作用下的胃肠分泌（16%）、以及毛发、指甲和汗液（8%）来排除。哺乳期妇女还可以通过分泌浓度与血浆非常接近的乳汁来排除铅。

122. 一般情况下，人体内铅化合物的半排出期较长，但也随人体组织的不同而不同。此外，骨骼中留存的大量铅化合物会随时进入血液循环系统，要确定铅化合物的排除速度几乎是不可能的。尽管如此，人们还是查明了血液（3-4周）和骨骼（20-27年）中铅化合物的半排出期。

### 6.2.2 毒性及其对健康的影响

123. 铅中毒的毒害机理可以分为三类：a)与人体必需的其它代谢金属（如钙和锌）进行对抗；b)与蛋白质中的氢硫基（-SH）强烈亲合，这意味着有些蛋白质可能因此而发生化学变异，其功能在一定程度上被削弱，在某些代谢过程中出现不良反应；c)改变一些重要离子在人体全身的输送过程。

124. 本文描述了与铅污染相关的许多异常复杂的影响以及一般的和模糊的症状，详情可见附件 2。人体与铅接触后受影响最大的系统是：

(a) 造血系统：铅污染对人体造成的最早期和最重要的影响是破坏血红素原子团的合成，由于血红细胞的变异而导致贫血；

(b) 中枢神经系统（CNS）：对于幼儿来说，铅对中枢神经系统的影响更为严重，即使体内铅水平仅为亚毒性水平（如 10 微克/0.1 升），也可能出现神经心理学症状。长期与铅接触，会对中枢神经系统产生严重影响，造成所谓铅中毒性脑病，其症状有多种反应，可以是轻微的精神和行为变异，也可以发展到严重的神经病学变异。此外，当铅来源从无机铅变成有机铅时，对中枢神经系统的影响也会随之改变；

(c) 外周神经系统（PNS）：无机铅可对外周神经系统造成伤害，不仅会伤害到神经结构，而且会伤害到神经的生化性状。最典型的影响是造成铅中毒性麻痹，其主要症状是两手无力。

125. 除上述系统外，还有一些系统也会受到铅污染的影响：泌尿系统、胃肠系统、心血管系统、生殖系统、内分泌系统及关节。

## 6.3 接触限制

### 6.3.1 职业限制

126. 对工作场所空气中铅的阈值作出规定，并不能保证接触铅的人员不会受到伤害。除了规定铅的阈值外，还必须考虑到以下几点：

(a) 现有的阈值是发达国家制定的，而发达国家的劳动条件以及工作人员的健康和身体状况与发展中国家的情况往往差异极大；

(b) 工作人员常常同时接触到几种不同的物质，这些物质会产生化合影响或使人上瘾（例如烟雾）；

(c) 阈值是按照成人每天工作八小时、每周工作五天来计算的，而发展中国家（尤其是小型家庭作坊式企业）的工作人员工作时间要长得多且多雇用的是童工，这一现象亦很普遍。

127. 此外还必须考虑到，对接触限制的限值规定往往偏低，在发生铅污染的情况下更是如此，也就是说，由于实验技术水平和临床技术水平越来越高，能检测出较低的血铅浓度下出现的很多重要症状，规定也就更加严格。

128. 因此，为保护与铅有直接接触的人群的健康，这里所提供的铅浓度阈值只能作为一种指导值进行参考，要记住的是，只有通过系统的生物学监测与观察，才能准确确定哪些特定人群应当采用哪些阈值。

|                     | 浓度/资料来源  |
|---------------------|--|
| TLV*                | 0.2 毫克/米 <sup>3</sup> (OSHA, 美国, 1981 年)   |
| STEL**              | 0.45 毫克/米 <sup>3</sup> , 接触无机铅烟雾和粉尘 15 分钟 (ACGIH, 美国, 1983 年)  |
| TLV-TWA*** (对无机铅而言) | 0.15 毫克/米 <sup>3</sup> , 无机铅烟雾和粉尘平均值 (ACGIH, 美国, 1984 年)   |
| TLV-TWA             | 变化范围为 30-60 微克/米 <sup>3</sup> ; 对于育龄男子为 60 微克/米 <sup>3</sup> , 对于育龄女子为 40 微克/米 <sup>3</sup> (卫生组织, 1980 年) |

\*阈极限值    \*\*短期铅接触限值    \*\*\*阈极限值-时间加权平均值

表 1: 职业铅接触限制

129. 血中铅浓度的风险极限值也已确定 (表 2)。

|               | 风险水平 |       |       |     |
|---------------|------|-------|-------|-----|
|               | 正常   | 可接受   | 偏高    | 危险  |
| 血中铅浓度 (微克/分升) | <30  | 30-40 | 40-60 | >60 |

表 2: 根据血中铅浓度确定的铅接触风险水平

### 6.3.2 环境限制

130. 环境铅浓度限制是根据全世界所确立的对人体健康无损害的铅浓度值确定的。环境铅浓度限制不同于职业铅接触限制，对后者已进行过广泛的研究，而前者尚需进行进一步研究。因此，随着对铅与环境两者之间关系的进一步了解，铅接触源编录数量进一步增加，现有的环境铅浓度限制将来还可能变更。

131. 非职业铅接触限制如表 3 所示:

| 铅来源 | 极限值                                       |
|-----|---|
| 饮用水 | 0.005 毫克/升 (卫生组织, 1984 年)                 |
| 土壤  | 最高可达 25 毫克/公斤                             |
| 食物  | 3 毫克/人/周 (粮农组织/卫生组织, 1972 和 1978 年)       |
| 空气  | 2 微克/米 <sup>3</sup> —年平均浓度 (欧共同体, 1987 年) |
| 空气  | 0.7 微克/米 <sup>3</sup> (URSS, 1978 年)      |
| 空气  | 2 微克/米 <sup>3</sup> (EPA, 美国)             |

表 3: 环境铅接触限制

## 6.4 预防与控制

### 6.4.1 建议采取的预防与控制措施

132. 从健康观点看, 预防措施系指在工作环境中为避免人员因与铅接触而受到铅污染的伤害而应开展的活动。建议采取的最重要措施有以下这些:

- (a) 将每一种含铅物质都看作是可能污染环境和损害人体健康的污染源;
- (b) 按照国家工业安全法规的规定来维护工作环境;
- (c) 禁止在工作场所吃东西和吸烟;
- (d) 禁止孕妇和儿童在铅回收设施内工作;
- (e) 制定有关的教育和宣传方案;
- (f) 在工作场所必须使用人身防护装备, 至少应做到: a)穿上能起有效保护作用的劳保服; b)每天清洗穿过的劳保服; c)戴上防毒面具(面具的防毒程度依空气中平均铅浓度而定);
- (g) 控制工作环境中的铅浓度;
- (h) 对与铅有接触的人员定期进行体检。

### 6.4.2 建议采取的医疗控制措施

133. 医生对与铅有接触的人员进行身体检查时, 应考虑以下最重要的因素和以往病史:

- (a) 病人的一般健康史;
- (b) 职业经历, 以便查明以前是否与铅接触过;

- (c) 个人血液病史和营养不良病史;
- (d) 神经系统病史;
- (e) 员工受雇前的医疗检查报告;
- (f) 所有血细胞计数资料;
- (g) 血铅、尿中 $\delta$ -氨基菊芋糖酸和锌原卟啉的测定;
- (h) 肾脏检查和化验;
- (i) 心电图检查, 以便查明心脏功能;
- (j) 应特别留意抽烟喝酒的人员, 还有那些与其它有害或有毒媒剂接触的人员。

134. 必须指出, 为了对污染形势有一个最清楚的了解, 上面建议采取的措施, 不论是预防和控制措施还是医疗措施, 都应当贯彻执行。要记住, 我们对铅的接触和污染情况的了解有时会有偏差, 而获得的数据越多, 结论才会越正确。

135. 因此, 掌握了上述资料, 才有可能确定已有中毒症状迹象的人员是否应该暂停工作, 但应建立适当的咨询机制, 能够为员工提供降低其铅接触水平的最佳办法。

#### 6.4.3 控制频率

136. 为了搞清人体内不同物质含量的周期性变化, 至少应当了解以下几方面的具体特点:

- (a) 一般工作条件;
- (b) 所涉物质的毒性;
- (c) 环境中这类物质的浓度;
- (d) 接触强度;
- (e) 接触频率;
- (f) 个人防护程度 (即人身防护装备使用情况);
- (g) 污染指标类型, 因为现在已出现好几种污染指标, 可分别用来鉴定不同的污染并提供不同类型的诊断。

137. 但是, 如果工作条件恶化, 就要增加控制措施的频率。经验表明, 除了雇用前的体检外, 每年至少要做一次健康检查。检查中如果发现较严重或者紧急情况, 那么还要增加健康检查的次数, 可增至每月一次。

## 7. 使之见效：实施铅回收方案的关键步骤

### 7.1 查明和确定国家的工作重点

138. 对铅酸蓄电池废物实施无害环境管理，首先是要确定哪些问题是国家需要优先解决的问题。鉴于各国的废物管理和原材料情况有所不同，可以将最佳解决方案进行以下初步分类，选用其中一类来进行实施：

(a) 外部回收——将铅酸蓄电池废物收集在一起并进行临时储存在国内，以后再将其出口到另一国并在那里进行回收处理；

(b) 内部回收——在一国收集、运输和回收处理铅酸蓄电池废物；

(c) 区域性回收方案——通过签订区域性或者次区域性协议、最大限度地利用当地的或区域的资源和技术来处理铅酸蓄电池废物。

139. 尽管对解决方案作了上述分类，但如果一个国家已确定了其工作重点，那么从其最大需要出发，可以综合运用以上两种或三种方案来解决问题。例如，一个国家若拥有边远地区并且人口稠密，就可以采用这样一种方案：将蓄电池废物从边远地区运送到可能位于人口稠密的城镇地区的回收厂。这种方案兼具外部和内部两种回收方案的优势，效果可能更好。但是要采用这种方案，就必须准确分析判断出这个国家的废物管理状况，尤其要考虑铅回收利用的成本优势如何，因为要使回收过程在经济上具有吸引力，成本优势至关重要。

#### 7.1.1 外部回收

140. 如果一个国家还没有建立无害环境的回收设施，或者一个国家的地理分布太广（如群岛国家），建设小型回收厂在经济上不合算，那就可以选用这种方案。在这种情况下，采用的策略，应当是重点考虑建设一个废物收集和运输网络，最后集中到单个或多个储存设施。在选择储存地点时，应参照本文前面所述有关储存和运输的技术准则，从战略角度考虑，要便于跨界运输废铅酸蓄电池的车辆装卸货物。

#### 7.1.2 内部回收

141. 目前在自己国土上已建设起无害环境的回收设施且这些设施已经投入运营的国家，应当制定一些相关政策，为废铅酸蓄电池的收集、运输和回收工作提供法律框架。采取何种政策框架和经济鼓励措施，可视各国在废铅酸蓄电池的处理目的、处理重点和管理目标而定。

#### 7.1.3 区域性回收方案

142. 如果一个区域中有两个以上的国家没有足够的或者无害环境的回收设施，或者一个或多个国家有而另一个或其他大多数国家没有这种设施，对于这种情况可以采用区域性方案。目前加勒比和中美洲地区的一些国家对国家的和次区域两级对废铅酸蓄电池的合理管理可能产生的环境影响表示关注，正在考虑采取一项计划，就是一个实例。

143. 该地区由数量较多的小国家组成，这些国家汽车用和工业用铅酸蓄电池的国内市场均不大。实际上它们消费的所有蓄电池都是以制成品的形式进口，电池用完后被遗弃，成为受到贸易法规和环境法规管制的有害废物。虽然《巴塞尔公约》鼓励各国加强对有害废物的管理，尽量减少这种废物的跨国界运输，但由于国内市场较小，难以支持在每个国家内建设和运营切实可行的国内回收设施。因此，通过采取区域性方法来解决这一问题，可以实现资源共享和经济规模最大化，实则是一种最具可持续性的好办法，因而也是一种最佳选择。

144. 这类方案的实施应当达到如下目的：

- (a) 制定出对铅酸蓄电池的无害环境管理方面的国家战略，并将这种国家战略与发展政策工具和经济手段在内的区域性战略紧密结合起来；
- (b) 明确在对这些废物的无害环境管理方面加强区域性合作计划或议定书的相关要求和标准；
- (c) 为在区域各成员国之间实现信息、技术和经验共享而创造条件；
- (d) 制定出处理再生铅回收“非正规”部门中违规经营单位的相关政策和经济处罚措施。

## 7.2 建立收集体系：政策框架

145. 本技术准则第3项所讨论的回收前步骤的技术问题，即废物的收集、运输和储存问题，必须全部纳入一个政策框架下来进行考虑，而这个政策框架必须能用来确定实施者、责任范围和经济鼓励措施，使这项工作能长期有效地进行下去。制定这种政策框架的目的是为了：

- (a) 减少废物的产生；
- (b) 提供解决下述问题的手段：
  - (i) 开展延长蓄电池寿命的研究；
  - (ii) 开展其它蓄电池技术利用方面的研究；
  - (iii) 清洁回收技术的采用；
- c) 借助下述方法使铅回收的经济效益和环境效益最大化：
  - (i) 使回收工作做到无害环境、具有经济效益并能为社会所接受；
  - (ii) 采取中期和短期措施，提高小冶炼厂的生产效率；
  - (iii) 逐步将非正规部门纳入国家铅回收战略的范畴；
  - (iv) 提高回收量、降低回收成本；



(v) 疏通国内铅来源的渠道;

(d) 把战略实施当作一个相互协商、多方面共同参与的过程来促进和推行。

146. 现将回收体系一些重要的运作方法介绍如下:

(a) 一个基本的先决条件是消费者的参与,它是实施各项计划的基础。因此,应当使消费者明了:铅酸蓄电池是可以回收利用的;应采取什么方法将废旧蓄电池退还给零售商;废旧蓄电池在运送给回收中心之前应如何存放;回收中心在什么地点等;

(b) 应当禁止有害环境的回收场地的建设;

(c) 假如零售商有合适的、符合本技术准则的储存场所,则这些零售商应申领废铅酸蓄电池回收和临时储存的许可证。每个国家应通过立法建立起相关的一套基本回收原则,并且应采取具体步骤鼓励实施和强制执行(必要的话)这类环境保护措施,例如对储存场所定期进行检查。应将许可证签发过程当作一种资源来对待,将相关信息汇编成一张回收网点图;

(d) 如果准备新建冶炼厂,或者原有的冶炼厂准备改造其工艺流程和(或)操作方法以便实现高标准的环境保护,那么这些冶炼厂就应申领许可证并采用当前最先进的技术,最好还对其排放进行永久性控制;

(e) 在有多方参与的联盟内实行资源共享,可以作为解决财政预算不足的一种办法,因为这种办法可减少运作成本。必要时可制定并实施一套规则,对各参与方实行监管。

147. 世界各国已建立了有关收集体系运作的一些模式,这些模式从各国的具体需要出发,考虑了国家的大小、现有的运输网络以及当地纳税等情况;总的趋势是要按照谁生产谁负责的原则实行立法。下面按照复杂程度递增的次序对其中的一些模式逐个进行描述。

### 7.2.1 简化的逆向分配系统

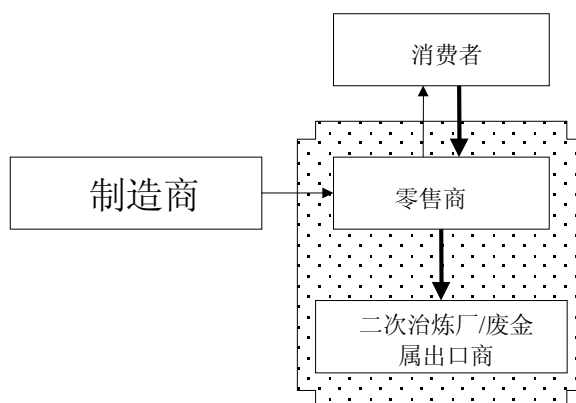


图 10—简化的逆向分配系统

148. 这是某些国家研发的“逆向分配系统”方案下最简单的模式，对于将二次冶炼厂设在收集中心附近的小型国家或群岛较为适合。该系统的基本构思是：将零售商作为废旧蓄电池的收集中心，在废旧蓄电池的转移过程中消费者将其交给零售商，由零售商进行适当保存直至运送到冶炼厂。在此模式中，如果相关国家选择将废旧蓄电池出口而不是交给领有许可证的回收企业处理，则冶炼厂的作用可以由废金属出口商来代替。

149. 由于采用本系统的前提条件是零售商必须与冶炼厂或出口商直接接触，因此运作的地理区域应当小一些。实施本系统一般遇到的麻烦是缺乏运输基础设施（这在下一个系统中是存在的），因此，若运作的地理区域很大<sup>4</sup>，肯定会带来一些严重问题。

150. 管理方面的一些重要问题有：

(a) 应制定和实施运输标准，以使相当“不规范”的运输网络做到对环境无害；

(b) 如果不存在领有许可证的冶炼厂而是通过废金属出口商来完成有效的回收过程，则出口商不仅应当申领许可证，使其任何储存设施（根据蓄电池需求情况可能要储存很长时间）都达到高标准的环保要求，而且还应当提供一套运作方案，详细地描述出口商本身的活动及其在别国的合伙人的活动，以便于政府部门按照区域性方案进行管理。

### 7.2.2 收集者系统

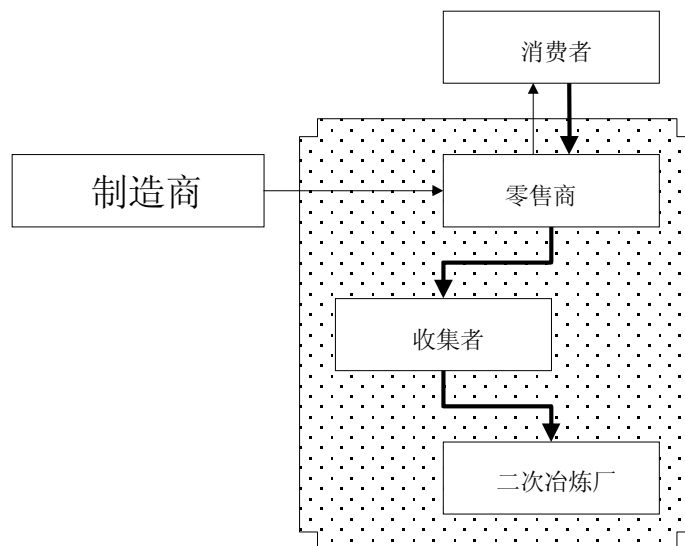


图 11—收集者系统

151. 从英国和德国已实施的模式来看，本系统所依赖的运作方式是：零售商将废铅酸蓄电池收集后，利用一个专业化的收集者网络将它们送往冶炼厂。与前面描述的系统不同的是，在本系统中收集者所起的作用是确保运输成

<sup>4</sup> 当然，在这种情况下，“大”是主观估计的，要确定销售商在开展活动中是否会受到距离、税收或其它限制条件的阻碍，还应当进行具体的调查分析。对于次区域也应做这种调查。

本不全由零售商来承担。此外由于这些活动的专业化程度日益提高，在运输过程中就可达到更高的环保标准。本系统主要法律规定步骤是对收集和运输网络以及有关参与方实行监督管理。

152. 由于本系统参与方较多，因此运作覆盖的地理范围可以大一些，那么中等大小的国家就可能从中受益。但是，如果零售商的聪明才智发挥正常，这种系统即便不作大的结构性改动，也能用于较小的国家和群岛。

### 7.2.3 制造商支持的回收系统

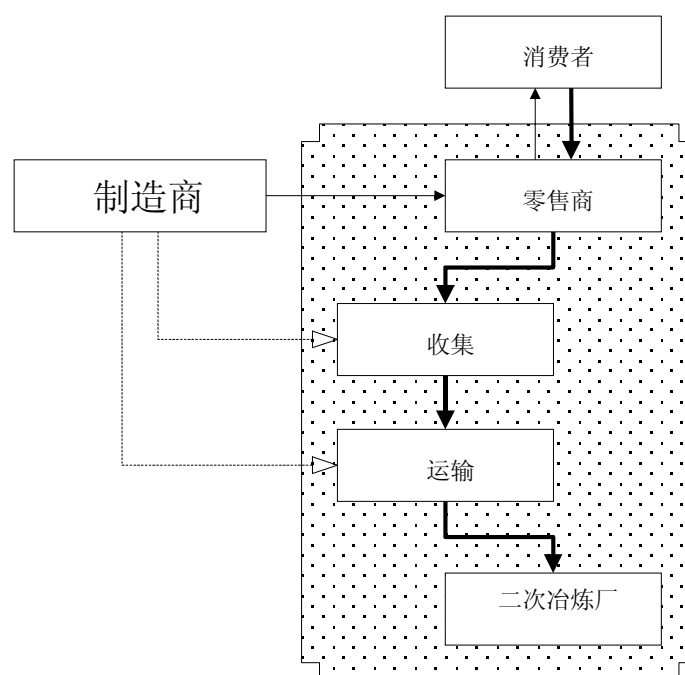


图 12—制造商支持的回收系统

153. 与日本和巴西所实施的系统相似，本系统预见到蓄电池制造商应对废旧铅酸蓄电池的回收和运输负起间接责任。本系统与上述系统不同之处有以下三点：

- (a) 制造商将负责规划和实施废旧蓄电池回收的后勤工作，将它们送交二次冶炼厂；
- (b) 废旧铅酸蓄电池的收集和运输由两个不同的参与方分别承担；
- (c) 收集者和运输者都与制造商直接联系。

154. 虽然按照这种办法工作时制造商并不直接参与废旧铅酸蓄电池的收集和运输，但他们有责任提供必要的帮助，使收集和运输工作达到高标准的环保要求。

155. 在那些虽已建立起收集网络，但网络覆盖面较大且组织松散和（或）根本无组织的国家里，最好实施制造商支持的回收系统。在这种情况下，应当制定出一个法律框架，明确所涉参与方及其应负的责任，使某种程度上缺

乏组织的基础设施正规化，使每个人都能从中受益。

#### 7.2.4 逆向分配系统

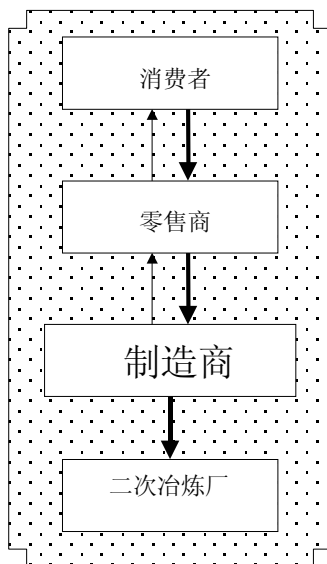


图 13—逆向分配系统

156. 从法国和美国已实施的模式来看，本系统是一种比较完整的逆向分配系统，因为制造商与收集工作和运输工作直接相连。

157. 本系统可看作是控制最严密的收集系统。可以制定出一个严谨的法律框架，将回收链上各个环节的工作都包含进去。要使该计划取得成功，实施教育和环保计划也是必不可少的一环。

#### 7.3 加强沟通

158. 尽管铅的回收过程很重要，但这些过程通常被认为是造成环境污染和人类接触铅的潜在来源。因此，二次铅冶炼厂周围的居民常常对其充满疑虑。即使回收公司实施了尽可能最高的环保标准，但如果它未能就其采用的高标准环保措施与社区居民和公司员工进行很好的沟通，疑虑仍会产生。这种回收企业与当地社区之间的不信任问题，可以通过大力开展社区服务计划来解决。

159. 按照社区服务计划进行的任何对话和沟通，都应当是开诚布公的，在评估和解决问题的时候尤其应当如此。无论所面临的局面是多么糟糕，都应始终贯彻这一原则，这样才能维持诚信、赢得尊重，从而取得彼此之间的信赖。

160. 凡是在二次铅冶炼厂附近工作或生活的人，就像那里的环境一样，很容易接触到铅。因此，任何扩大社区服务计划的目标，首先都要包含一项社区护理计划以及对环境和生态进行定期监测，以便认清可能产生的不利后果并采取适当的行动。此外，大力开展教育活动，也是扩大社区服务日程表上的一项重要工作。

161. 促使社区居民参与的第一步，是要搞清共同关心的问题 and 共同感兴趣的问题，以便推进或建立起合作关系。通常共同关心的问题有：

- (a) 工作场所内外人员的健康和安​​全，包括儿童时期接触铅的情况；
- (b) 环境保护，尤其是涉及到污水处理和任何固体残渣处置的废物管理；
- (c) 发展有前途的企业和实现可持续就业方面的促进措施。

162. 在就共同关心的问题提交相关报告方面，社区代表和公司代表应共同承担责任，协调这项工作，牢记人人都责无旁贷地应与他人进行合作并且互相帮助。为了给公司高层管理人员和没有积极参与社区服务计划的社区人员提供反馈信息，所有决定和讨论文件都要适当散发。为此，必须：

- (a) 对公司或社区的所有会议、决策和准备采取的将会对公司或社区产生影响的任何行动作好记录并编写相关简报；
- (b) 在公共场所公布相关数据、信息和会议纪要；
- (c) 确保对社区内和公司内环境铅污染和职业铅接触情况进行独立审查，这项工作可由有声望的组织（如当地大学）或其它专家机构来做。

163. 为了使任何社区参与项目长期开展下去并作出有益贡献，最重要的是相关人员必须做到以下几点：

- (a) 熟知和了解关键性问题、技术方法、接触铅对健康的影响、社区的社会需要和工作重点、政府部门的工作日程以及影响回收工作的经济因素；
- (b) 不回避问题，无论问题有多复杂和难以解决，恰恰相反，应当努力查明背景情况，预测可能发生的问题，并且求得该领域其它专家以及当地利益群体的帮助来解决问题；
- (c) 坦率地把自己关心的问题和自己对解决问题的意见与他人交流，以增进彼此的了解；
- (d) 开会要讲原则，首先要认真听取他人意见，要使每一位与会者都明了社区和回收厂的需要。

164. 通过案例研究已发现一些取得成功的关键因素，它们是：

- (a) 各利益相关者对于已商定的项目目标应作出承诺并采取积极支持的态度；
- (b) 彼此的沟通要真诚坦率、毫不掩饰，并且要经常化；
- (c) 判定的目标要现实，且须征得所有利益相关者的同意，要紧紧围绕着实现和维护项目的目标来展开相关行动；
- (d) 项目要责任明确，所有权须经大家讨论和商定后确定；

(e) 要实现在人员健康和当地环保方面所制定的各项目标，前提是建立完善的管理、开展建设性的对话，以及采取协调一致的行动，只有这样，才能够将已取得的成果巩固下去。

## 8. 铅酸蓄电池和铅的统计数据

### 8.1 原生铅

#### 8.1.1 原生铅: 世界精铅产量

表 4: 世界精铅矿产量 (1998-1999 年)

|      | 铅矿产量 (千吨) |        |
|------|-----------|--------|
|      | 1998 年    | 1999 年 |
| 澳大利亚 | 618       | 681    |
| 美国   | 493       | 520    |
| 中国   | 580       | 501    |
| 秘鲁   | 260       | 273    |
| 加拿大  | 190       | 160    |
| 墨西哥  | 166       | 120    |
| 瑞典   | 114       | 115    |
| 其它国家 | 659       | 650    |
| 合计   | 3 080     | 3 020  |

#### 8.1.2 原生铅: 世界金属铅产量

表 5: 世界原生铅产量 (1998-1999 年)

|      | 原生铅产量 (千吨) |        |
|------|------------|--------|
|      | 1998 年     | 1999 年 |
| 中国   | 665        | 730    |
| 美国   | 337        | 350    |
| 澳大利亚 | 173        | 240    |
| 英国   | 185        | 185    |
| 德国   | 140        | 174    |
| 加拿大  | 130        | 146    |
| 韩国   | 133        | 140    |
| 日本   | 144        | 125    |
| 墨西哥  | 163        | 120    |
| 其它国家 | 820        | 800    |
| 合计   | 2 890      | 3 010  |

## 8.1.3 原生铅: 世界金属铅消费量

表 6: 按大陆分列的金属铅消费量 (1996-1999 年)

|     | 年消费总量 (千吨) |        |        |        |
|-----|------------|--------|--------|--------|
|     | 1996 年     | 1997 年 | 1998 年 | 1999 年 |
| 欧洲  | 1 942      | 1 968  | 1 952  | 1 999  |
| 非洲  | 120        | 121    | 132    | 127    |
| 美洲  | 2 056      | 2 085  | 2 177  | 2 245  |
| 亚洲  | 1 795      | 1 770  | 1 673  | 1 810  |
| 大洋洲 | 74         | 70     | 64     | 64     |
| 合计  | 5 987      | 6 014  | 5 998  | 6 245  |

## 8.1.4 原生铅: 金属铅的用途

165. 迄今为止, 蓄电池的制造是铅的最大单一的最终用途, 制造蓄电池所用的铅量估计占世界铅总消费量的 70%。随着环境问题的出现, 铅的消耗性用途逐渐减少, 世界消费格局日趋合理, 因此, 蓄电池铅用量在世界总消费量中占有的比例在不久的将来可能上升到 80%以上。但是这一比例对于不同区域来说差异极大。

表 7: 金属铅的用途 (1999 年)

| 用途     | 百分比 (%) |
|--------|---------|
| 铅蓄电池   | 71      |
| 涂料     | 12      |
| 挤压成形加工 | 7       |
| 军火     | 6       |
| 电缆套子   | 3       |

166. 尽管蓄电池用铅比例因区域不同而有极大差异, 但平均来看, 欧洲每年用铅总量的 70%是用于生产汽车蓄电池。美国 80%以上铅产量是用于生产起动、照明和点火蓄电池。

表 8: 电池的金属铅消费百分比 (1993 年)

| 国家  | 百分比 (%) |
|-----|---------|
| 美国  | 83      |
| 日本  | 69      |
| 法国  | 65      |
| 德国  | 56      |
| 意大利 | 46      |
| 英国  | 34      |

## 8.2 再生铅

## 8.2.1 再生铅产量

表9: 世界再生铅产量 (1999年)

|      | 再生铅产量 (千吨) |       |
|------|------------|-------|
|      | 1998年      | 1999年 |
| 美国   | 1 120      | 1 110 |
| 德国   | 194        | 200   |
| 日本   | 158        | 168   |
| 英国   | 165        | 163   |
| 法国   | 215        | 150   |
| 意大利  | 177        | 140   |
| 中国   | 92         | 129   |
| 加拿大  | 136        | 117   |
| 其它国家 | 623        | 633   |
| 合计   | 2 880      | 2 810 |

## 8.2.2 再生铅: 各国再生铅产量百分比

167. 有些国家百分之百依靠再生铅生产, 这些国家是: 奥地利、巴西、哥伦比亚、捷克共和国、爱尔兰、牙买加、马来西亚、荷兰、新西兰、巴基斯坦、菲律宾、葡萄牙、斯洛文尼亚、南非、西班牙、瑞士、泰国、特立尼达和多巴哥、乌克兰。

表10: 再生铅产量百分比 (1999年)

|       | 原生铅   | 再生铅   | 总产量   | 再生铅% |
|-------|-------|-------|-------|------|
| 阿根廷   | 0.4   | 32    | 32.4  | 98.8 |
| 阿尔及利亚 | 0.9   | 6.1   | 7.0   | 87.1 |
| 伊朗    | 9     | 38    | 47    | 80.8 |
| 美国    | 350   | 1 110 | 1 460 | 76.0 |
| 意大利   | 75    | 140   | 215   | 65.1 |
| 日本    | 125   | 168   | 293   | 57.3 |
| 法国    | 119   | 150   | 269   | 55.7 |
| 德国    | 174   | 200   | 374   | 53.5 |
| 土耳其   | 4     | 4     | 8     | 50.0 |
| 其它国家  | 2 167 | 1 042 | 3 209 | 32.5 |
| 合计    | 3 010 | 2 810 | 5 820 | 48.3 |



### 8.3 铅酸蓄电池

#### 8.3.1 铅酸蓄电池：年产量

表 11：汽车铅酸蓄电池估计产量

| 国家/地区 | 产量（百万个） | 占总产量百分比（%） |
|-------|---------|------------|
| 美国    | 117     | 40.3       |
| 欧洲    | 87      | 30.0       |
| 日本    | 36.2    | 12.5       |
| 其它国家  | 49.8    | 17.2       |
| 合计    | 290     | 100        |

#### 8.3.2 铅酸蓄电池：用途

表 12：铅酸蓄电池用途（占全球市场%）（1995 年）

| 用途类型 | 欧洲   | 美国 | 日本   | 其它   | 总计  |
|------|------|----|------|------|-----|
| 汽车   | 19.0 | 30 | 9.0  | 13.0 | 71  |
| 工业   | 13.0 | 8  | 2.0  | 1.0  | 23  |
| 一般   | 1.2  | 2  | 1.5  | 0.3  | 5   |
| 合计   | 33.2 | 40 | 12.5 | 14.3 | 100 |

168. 一个国家每年生产的汽车蓄电池数量与下列因素有直接关系：

- (a) 汽车总数规模及特征；
- (b) 汽车生产数量及每车使用的蓄电池数量；
- (c) 蓄电池平均寿命；
- (d) 国内市场运作情况及出口潜力：汽车、新蓄电池、废蓄电池、其它废铅、精铅、精炼铅及其它铅产品进出口量。

表 13: 欧洲铅酸蓄电池的用途 (千吨) (1995 年)

| 国家       | 汽车电池 | 动力电池 | 备用 | 12V、44AH、220A 电池 | 一般电池 | 合计  |
|----------|------|------|----|------------------|------|-----|
| 德国       | 128  | 24   | 18 | 7                | 5    | 182 |
| 法国       | 113  | 18   | 15 | 6                | 3    | 155 |
| 英国       | 58   | 29   | 13 | 15               | 9    | 124 |
| 意大利      | 90   | 11   | 12 | 4                | 1    | 118 |
| 西班牙      | 66   | 8    | 3  | 1                | -    | 78  |
| 斯堪的纳维亚地区 | 57   | 12   | 7  | 1                | -    | 77  |
| 其它       | 29   | 5    | 2  | 1                | -    | 37  |
| 总计       | 541  | 107  | 70 | 35               | 18   | 771 |
| %        | 70   | 14   | 9  | 5                | 2    | 100 |

### 8.3.3 铅酸蓄电池: 使用寿命

169. 虽然对发展中国家铅酸蓄电池使用寿命未进行过系统研究, 但有人作过估计, 认为这些国家铅酸蓄电池使用寿命平均为 20-24 个月。而发达国家铅酸蓄电池使用寿命的估计数据则比较准确。

表 14: 汽车蓄电池估计使用寿命 (1995 年)

| 国家/地区 | 使用寿命 (年) |
|-------|----------|
| 西欧    | 5.3      |
| 加拿大   | 5.0      |
| 日本    | 4.5      |
| 澳大利亚  | 3.1      |
| 美国    | 3.0      |
| 巴西    | 2.4      |
| 印度    | 1.8      |

### 8.3.4 铅酸蓄电池: 物质成分

170. 铅酸蓄电池的构成分为两部分: 有机材料和无机材料。有机材料以容器、盖板以及电池极板隔片为代表; 无机材料以铅接线柱、连接片、正负极板以及电解液为代表。现将这些物质的数量描述如下。

表 15: 汽车蓄电池和动力蓄电池的物质成分

| 可回收物质 | 数量 (公斤) |         |
|-------|---------|---------|
|       | 汽车蓄电池*  | 动力蓄电池** |
| 铅     | 8.4     | 262.7   |
| 塑料    | 1.1     | 35.4    |
| 电解液   | 3.8     | 83.5    |
| 钢     | -       | 58.4    |
| 铜     | -       | 1.7     |
| 总重量   | 13.3    | 441.7   |

\*12V、44AH、220A 电池; \*\*24V、500Ah、DIN43535 电池

表 16: 起动、照明和点火蓄电池平均成分百分比

| 物质成分   | % (重量) |
|--------|--------|
| 铅盐和氧化物 | 50     |
| 酸      | 24     |
| 金属铅    | 17     |
| 塑料     | 5      |
| 胶木和隔片  | 4      |
| 合计     | 100    |

表 17: 铅酸蓄电池电解液中的金属含量

| 金属  | 含量 (毫克/0.1 升) |
|-----|---------------|
| 颗粒铅 | 60-240        |
| 锑   | 20-175        |
| 铁   | 20-150        |
| 钙   | 5-20          |
| 锌   | 1-13.5        |
| 溶解铅 | 1-6           |
| 砷   | 1-6           |
| 锡   | 1-6           |

## 9. 结束语

171. 与废铅酸蓄电池回收有关的一些重要问题已在前面几章中进行了讨论, 它们涉及到历史、技术问题、法规、回收过程概述、监测与控制措施、健康问题等。但是, 要全面了解铅回收过程还需要对工业过程、经济因素、社会问题及其它问题进行更为深入的分析研究, 但这超出了本技术准则讨论的范围。

172. 然而，进一步分析时必须明确一些目标，它们包括以下几项：

(a) 有证据表明，通过改变蓄电池设计（即改变塑料容器成分、铅极板成分、电解液物理状态等）可进一步提高铅酸蓄电池的回收利用率。然而，如果没有生产厂商、回收企业和政府三方之间的协同努力，设计改变则将无从谈起；

(b) 为了提高环境和健康保护水平，还应采用和执行其它工作指标，例如技术评估(TA)、寿命周期分析(LCA)、风险评估(RA)、环境审核(EA)和环境管理系统(EMS)；

(c) 应当执行国际标准，例如ISO14000系列标准；

(d) 应当将专门法规和机制（比如生态法规和机制）的制定和实施当作重要问题来进行研究；

(e) 必须注意，所有规划设计、法规制定和控制方法都要以数据为依据。因此，为了给决策人员提供指导和帮助，数据如何产生至关重要；同时，还应当将各种数据产生的机制（如化学分析、环境监测、历史上的铅指数等）结合起来综合考虑。

173. 最后一点，必须认识到，铅的回收过程与社会和经济问题是紧密联系在一起，而社会和经济问题又对本技术准则没有讨论到和不可能讨论到的一些问题和解决方案起着支配作用。因此，应当编制一张专用背景图，图中内容应当包括当地政治状况、经济状况、社会状况、当地市场和国际市场状况等，还应包括处在这一背景下的铅回收设施。这里所介绍的任何解决方案或倾向性意见，都不应想当然地全盘接受，而应根据此背景图及其提供的实际情况作具体分析、区别对待。

## 附件1 环境影响评估：建议采用的结构体系

### 1. 区域描述

- 1.1 现场环境的一般描述
  - 1.1.1 地理特征
  - 1.1.2 气候特征
  - 1.1.3 社会经济背景和土地占用情况
- 1.2 现场周边环境的一般描述
  - 1.2.1 物理环境描述
  - 1.2.2 自然环境描述
  - 1.2.3 现有废物和排放物的鉴定与量化
- 1.3 现场附近现有的设施
  - 1.3.1 公用事业设施
  - 1.3.2 城市化状况
  - 1.3.3 土地占用情况
- 1.4 水资源
  - 1.4.1 区域水资源的利用
  - 1.4.2 回收厂水资源的利用

### 2. 项目实施所造成的各种影响的描述和分类：控制与监测措施

- 2.1 概述
- 2.2 环境保护投资
- 2.3 作业阶段的环境影响
  - 2.3.1 污水
  - 2.3.2 气体排放
  - 2.3.3 土地占用
  - 2.3.4 噪音污染
  - 2.3.5 结论
- 2.4 水资源及其利用
  - 2.4.1 水的使用情况
  - 2.4.2 用水量限制
  - 2.4.3 结论
- 2.5 污水
  - 2.5.1 污水的鉴定和量化
  - 2.5.2 污水概述
  - 2.5.3 控制措施
  - 2.5.4 结论

## 2.6 气体排放

- 2.6.1 导言
- 2.6.2 连续排放
- 2.6.3 定期排放
- 2.6.4 临时排放
- 2.6.5 控制措施
- 2.6.6 结论

## 2.7 固体、液体和浆状废物

- 2.7.1 废物鉴定与量化
- 2.7.2 废物储存
- 2.7.3 产生的废物可能造成的影响

## 2.8 气味

## 2.9 噪音污染

- 2.9.1 噪声源的鉴定
- 2.9.2 控制措施
- 2.9.3 结论

## 2.10 搬运

- 2.10.1 原材料
- 2.10.2 产品
- 2.10.3 废物
- 2.10.4 结论

## 3. 选择项目的理由

- 3.1 技术上的合理性
- 3.2 环境保护上的合理性

## 4. 环境影响综述

### 4.1 总的影晌

- 4.1.1 对自然景观的影响
- 4.1.2 对道路交通的影响
- 4.1.3 对水消费的影响
- 4.1.4 对水质的影响
- 4.1.5 对空气质量的影响
- 4.1.6 对废物消除的影响
- 4.1.7 噪声、振动和光照的影响
- 4.1.8 项目实施前后的情况对比

### 4.2 为减轻环境影响而采取的控制措施一览表

### 4.3 开采作业结束后的场地恢复

4.4 成本估算

4.5 环境影响评估责任人

## 5. 对所用方法的分析

5.1 已进行的研究工作清单

5.2 科研上或技术上最终可能出现的问题

## 附件2 人体铅中毒症状

1. 必须考虑到，既然铅是一种天然存在的金属，人体中存在铅也就不可避免。人体血液中铅含量的正常范围为10-40微克/分升。对成人来说，血铅浓度低于80微克/分升时，也很少发生有害作用，引起铅中毒的情况通常都是因为血铅浓度大大高于这个值。此外，儿童铅中毒的症状与成人铅中毒的症状大不相同：儿童铅中毒引发的疾病一般更为严重，而引发疾病的血铅浓度则可能更低。
2. 铅可产生多种生物效应，最明显的是铅可扰乱血红素的合成。铅产生的生物效应包括：抑制卟啉合成酶、 $\delta$ -氨基酮戊酸脱水酶（ALA-D）；抑制铁与卟啉结合，造成自由红细胞原卟啉（FEP）水平的升高。
3. 铅中毒可表现为两种形式：急性中毒和慢性中毒。
4. 急性铅中毒——此种情况下，中毒症状是在摄入大量铅之后很快出现，而且症状迅速恶化。急性铅中毒通常是由于意外摄入无机铅所致，可以认为，即使对于在铅回收厂工作的人员，这种情况也极为少见。不过，在这里我们仍要对这种急性铅中毒症状作一下简短描述：首先嘴里感觉到金属甜味，紧接着出现口渴症状或者腹部出现烧灼性疼痛并伴有呕吐，此后再出现腹泻或偶尔发生便秘；如果致命，病人通常在症状出现后两天之内就会死亡，死亡之前会出现虚脱，伴有脉搏迟缓，并陷入昏迷状态；虽然多数病人可以康复，但腹部绞痛和中毒引起的其它体征的折磨将会持续一段时间。
5. 慢性铅中毒——这是最典型的一种职业性接触铅源的结果，在此种情况下，人体所接触的环境铅浓度一般没有急性铅中毒情况下那么高，但仍然高于安全标准，在经过一段时间接触后就会产生可观察到的症状。慢性中毒之前通常要经过一个临床症状不显或者症状前阶段，在这个阶段，体内铅浓度水平逐渐上升。成人早期中毒症状并不明显，也看不出是否接触铅过量。因此，医生诊断时必须考虑是否有接触铅的经历、总的不适感觉，并进行适当的生化检查，因为临床观察发现不了什么有用的东西：病人最常见的情况是头痛、感觉疲乏、打不起精神，往后出现食欲不振、脸色苍白和肌肉疼痛。在这一阶段如果不请医生诊断并开始治疗，身体各个系统的功能会开始出现异常，而且这些异常会逐渐明显。随着贫血症的出现和发展，脸色苍白和呼吸短促会逐渐加剧。在出现消化不良和腹部绞痛时还常常伴有便秘，同时也会出现间歇性腹泻。在此阶段会出现食欲丧失并可伴有呕吐；在病人牙龈边缘可见到一条蓝线，有些病变还可能影响到外周神经和（或）中枢神经系统。慢性脑病变可能很难诊断，因为有些病人呈现出精神抑郁症状，而另一些病人则呈现出烦躁—抑郁症状，两种病症都可能被误诊为内源性精神病。有时候，当病人病情发作时，必须区分出是因为铅中毒引起还是因为癫痫引起。对感觉器官损害的情况很少见到，严重麻痹现象也不常见，但出现四肢虚弱无力和神经传导方面病变的确有过报道。虽然肾脏损坏有时候是一种中毒症状，管状器官再吸收过程的削弱和慢性肾病也常见到，但在一般情况下病人不会因此而去医院检查治疗，因为通常是在长期接触铅之后才会出现肾衰竭的情况。在工业环境中，早期临床症状几乎都是血红蛋白略有降低。多数病情都不会进一步发展，病人大多可能会主诉只有轻微的、一般的、主要是影响胃肠道的不适。
6. 儿童慢性铅中毒——儿童慢性铅中毒的形式稍有不同。就像成人一样，儿童铅中毒症状起初也是隐伏的，中毒儿童会变得脸色苍白、精神倦怠，老是说自己不舒服但又说不清到底哪里不舒服。严重情况下大脑会受到损害，会呈现出昏昏欲睡、笨手笨脚，或者行走困难。这种情况发展下去（或者说可能出现的第一明显症状）就是经常出现严重的痉挛，昏迷，甚至呼吸停止。这种情况的出现会有很高的致命率，即使是从铅中毒中恢复过来的儿童，很多人的大脑也会受到永久性损伤。然而，目前尚无确凿的证据可以表明，环境铅浓度一直很低但摄入过量对儿



童智力状态是否会有任何影响。

### 专门术语

**短期接触极限值 (STEL):** 系指介乎于时间加权平均值和最高值 (不得超过的高浓度值) 之间的一种中间值, 按照这个中间值, 工作人员每天接触铅的资料不得超过 4 次, 每次时间不超过 15 分钟, 接触铅的时间间隔至少为 60 分钟。

**阈极限值 (TLV):** 系指工作场所空气中铅含量的浓度, 在这个浓度下, 几乎所有工作人员即使长期与铅接触, 也不会有任何有害影响的反应。

**时间加权平均值 (TWA):** 系指在 8 小时工作时段内接触到的化合物的平均浓度, 按照这个浓度, 所有样本的综合平均值不得高于 TLV-TWA 值。

## 常用符号表

|  |   |
|--|---|
| <b>ACGIH:</b> 政府工业卫生学家美洲会议 (美国)                  | <b>NaOH:</b> 氢氧化钠                         |
| <b>ALA:</b> $\delta$ -氨基菊芋糖酸                     | <b>NaSO<sub>4</sub>:</b> 硫酸钠              |
| <b>ALA-D:</b> $\delta$ -氨基菊芋糖酸脱水酶                | <b>NH<sub>4</sub>Cl:</b> 氯化铵              |
| <b>ALA-U:</b> 尿中 $\delta$ -氨基菊芋糖酸                | <b>O<sub>2</sub>:</b> 氧                   |
| <b>Ag:</b> 银                                     | <b>OSHA:</b> 职业安全与卫生管理局 (美国)              |
| <b>As:</b> 砷                                     | <b>Pb:</b> 铅                              |
| <b>Bi:</b> 铋                                     | <b>Pb<sup>2+</sup>:</b> 二价铅离子或亚铅离子        |
| <b>Ca:</b> 钙                                     | <b>PbO:</b> 氧化铅                           |
| <b>CaCO<sub>3</sub>:</b> 碳酸钙或石灰石                 | <b>PbO<sub>2</sub>:</b> 二氧化铅              |
| <b>Cd:</b> 镉                                     | <b>Pb(OH)<sub>2</sub>:</b> 二价铅氢氧化物或亚铅氢氧化物 |
| <b>Cl<sub>2</sub>:</b> 氯                         | <b>PbS:</b> 硫化铅                           |
| <b>Cu:</b> 铜                                     | <b>PbSO<sub>4</sub>:</b> 硫酸铅              |
| <b>CuS:</b> 硫化铜                                  | <b>pH:</b> 水的酸碱度                          |
| <b>CNS:</b> 中枢神经系统                               | <b>PNS:</b> 外周神经系统                        |
| <b>EC:</b> 欧洲共同体                                 | <b>S:</b> 硫                               |
| <b>EIA:</b> 环境影响评估                               | <b>Sb:</b> 锑                              |
| <b>EPA:</b> 环境保护局 (美国)                           | <b>SLI:</b> 起动、照明和点火蓄电池                   |
| <b>FAO:</b> 粮农组织                                 | <b>Sn:</b> 锡                              |
| <b>FEP:</b> 自由红细胞原卟啉                             | <b>SnCl<sub>2</sub>:</b> 二价锡氯化物或氯化亚锡      |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:</b> 三价铁氧化物或三氧化二铁 | <b>SO<sub>2</sub>:</b> 二氧化硫               |
| <b>HCl:</b> 氯化氢或盐酸                               | <b>STEL:</b> 短期接触极限值                      |
| <b>Hg:</b> 汞                                     | <b>TLV:</b> 阈极限值                          |
| <b>Mg:</b> 镁                                     | <b>TWA:</b> 时间加权平均值                       |
| <b>N<sub>2</sub>:</b> 氮                          | <b>WHO:</b> 世界卫生组织                        |
| <b>NaCl:</b> 氯化钠或食盐                              | <b>Zn:</b> 锌                              |
| <b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:</b> 碳酸钠         | <b>ZnPP:</b> 锌的原卟啉 IX                     |
| <b>NaNO<sub>3</sub>:</b> 硝酸钠                     |   |

## 参考文献

### 第一章——历史背景

- 在线《布里塔尼卡百科全书》(Encyclopedia Britannica online): [www.britannica.com](http://www.britannica.com)
- 多媒体《新格罗利尔百科全书》(New Grolier Encyclopaedia Multimedia), 格罗利尔电子出版公司, 1984年。
- 《铅酸蓄电池的回收与环境—技术报告单 14 号》(Recyclage de batteries plomb-acide et environnement-Rapport Technique n.° 14 ), 联合国环境规划署 (PNUE), 1998 年, 第 165 页。

### 第二章——铅酸蓄电池的技术说明

- 多种资料来源。有关全面评述, 请参阅《铅酸蓄电池的回收与环境—技术报告第 14 号》(Recyclage de batteries plomb-acide et environnement –Rapport Technique n.° 14 ), 联合国环境规划署 (PNUE), 1998 年, 第 165 页。

### 第三章——铅酸蓄电池的回收——回收前步骤

- 《综合污染防治: 有色金属工业现有最佳技术参考文件》(Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries), 欧洲综合污染防治局, 2000 年 5 月, 第 807 页。
- 《有色金属的回收》(The Recycling of Non-Ferrous Metals), M.E.亨斯托克, 国际金属和环境理事会出版物, MIM, 1996 年, 第 340 页。

### 第四章——铅酸蓄电池的回收

- 《综合污染防治: 有色金属工业现有最佳技术参考文件》(Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries), 欧洲综合污染防治局, 2000 年 5 月, 第 807 页。
- 《铅酸蓄电池的回收利用和环境—技术报告第 14 号》(Recyclage de batteries plomb-acide et environnement-Rapport Technique n.° 14), 联合国环境规划署 (PNUE), 1998 年, 第 165 页。
- 《有色金属的回收》(The Recycling of Non-Ferrous Metals), M.E.亨斯托克, 国际金属和环境理事会 (ICME) 出版物, MIM, 1996 年, 第 340 页。

### 第五章——环境控制

- 《综合污染防治: 有色金属工业现有最佳技术参考文件》(Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries), 欧洲综合污染

防治局, 2000年5月, 第807页。

- 《环境中的铅、汞、镉和砷——环境问题科学委员会第31号文件》(Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment—Scope 31), 编辑: T.C.哈钦森和K.M.米马, 环境问题科学委员会(SCOPE), 国际科学联盟理事会(ICSU), John Wiley & Sons 出版社, 1987年, 第360页。
- 《铅酸蓄电池的回收与环境——技术报告第14号》(Recyclage de batteries plomb-acide et environnement—Rapport Technique n.º14), 联合国环境规划署(PNUE), 1998年, 第165页。
- 《有色金属的回收》(The Recycling of Non-Ferrous Metals), M.E.亨斯托克, 国际金属和环境理事会(ICME)出版物, MIM, 1996年, 第340页。
- 《解决铅精炼过程中挥发性铅排放环境问题的工艺工程方法》(A process engineering approach to remedy an environmental problem of fugitive lead emissions during lead refining), L.万加和A.E.莫里斯, 《材料研究杂志》, 第10卷, 第3期, 第538页。
- 《国际铅管理中心工具箱系列丛书1.2——大气排放的控制与监测》, 2002年1月, 第2节: 排放污染控制原理 (ILMC Tool Box Series 1.2—Control and Monitoring of Atmospheric Emissions, January, 2002, Section 2, Emission Control Principles)。

## 第六章——健康问题

- 《通过生物学监测评估人类铅镉接触状况》(Assessment of Human Exposure to Lead and Cadmium Through Biological Monitoring), 编辑: 马力·瓦赫特, 瑞典国家环境医学研究所和环境卫生部卡罗林斯卡研究所, 环境健康处, 世界卫生组织, 斯德哥尔摩, 1982年, 第136页。
- 《重金属对环境的危害: 铅、镉、汞的评估摘要——综合报告(1980年)》(Environmental Hazards of Heavy Metals: Summary Evaluation of Lead, Cadmium and Mercury—A General Report (1980)), J.K.皮奥特罗斯基和D.O.柯里曼, 内罗毕联合国环境规划署全球环境监测系统计划活动中心及伦敦大学切尔西学院监测和评估研究中心(MARC), 1980年, 第43页。
- 《环境中的铅及其对人类的意义——部门间重金属问题工作组的报告, 污染文件第2号》(Lead in the Environment and Its Significance to Man—A Report of an Inter-Departmental Working Group on Heavy Metals, Pollution Paper No.2), 伦敦环境部环境污染中心, 1976年, 第47页。
- 《基于健康原因对重金属行业博览会提出的限制性建议——世界卫生组织研究小组的报告》“Límites de Exposición Profesional a los Metales Pesados que se Recomendán por las Zonas de Salud—Informe de un Grupo de Estudio de la OMS”, 世界卫生组织, 技术报告系列647, 卫生组织, 1980年, 第126页。
- 《警戒措施——铅》“Serie Vigilancia—PLOMO”, Germán Grey O & Luiz A.C. Glvão, 泛美人类生态学与健康中心/卫生组织, 墨西哥城, 1989年, 第103页。

## 第八章——铅酸蓄电池和铅的统计数据

多种资料来源:

- 国际铅管理中心 (ILMC)
- 国际铅锌研究小组 (ILZSG)
- 粮农组织 (FAO)
- 国际铅开发协会 (LDAI)
- 美国地质调查局 (USGS)

## 附件 1 环境影响评估: 建议采用的结构体系

- 《铅酸蓄电池的回收与环境——技术报告第 14 号》(Recyclage de batteries plomb-acide et environnement-Rapport Technique no.°14), 联合国环境规划署 (PNUE), 1998 年, 第 122-124 页。

## 附件 2 人体铅中毒症状

- 《重金属对环境的危害: 铅、镉、汞的评估摘要——综合报告 (1980)》(Environmental Hazards of Heavy Metals: Summary Evaluation of Lead, Cadmium and Mercury — A General Report (1980)), J.K.皮奥特罗斯基和 D.O.柯里曼, 内罗毕联合国环境规划署全球环境监测系统计划活动中心及伦敦大学切尔西学院监测和评估研究中心 (MARC), 1980 年, 第 43 页。
- 《环境中的铅及其对人类的意义——部门间重金属问题工作组的报告, 污染文件第 2 号》(Lead in the Environment and Its Significance to Man — A Report of an Inter-Departmental Working Group on Heavy Metals, Pollution Paper No.2), 伦敦环境部环境污染中心, 1976 年, 第 47 页。
- 《警戒措施 8——铅》(Serie Vigilancia 8 — PLOMO), Germán Grey O & Luis A.C Galvão, 泛美人类生态学与健康中心/卫生组织, 墨西哥, 1989 年, 第 103 页。

— — — — —