



环境署

BC

UNEP/CHW.7/8/Add.2



巴塞尔公约

Distr.: General
27 July 2004

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

第七届会议

2004年10月25—29日,日内瓦

临时议程* 项目6

汇报缔约方大会第六届会议各项决定的执行情况

**关于对由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成、
含有此类物质或受到此类物质污染的
废物实行无害环境管理的技术准则**

2004年8月

* UNEP/CHW.7/1。

K0472210

141004

141004

为节省开支,本文件仅作少量印发。请各位代表自带所发文件与会,勿再另行索要文件副本。

目录

一.	导言	5
A.	范围	5
B.	描述、生产、用途和废物	5
1.	描述	5
2.	生产	6
3.	用途	7
4.	废物	8
二.	《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》的有关条款	8
A.	巴塞尔公约	8
B.	斯德哥尔摩公约	10
三.	根据《斯德哥尔摩公约》将与《巴塞尔公约》合作处理的问题	11
A.	持久性有机污染物的低含量	11
B.	销毁和不可逆转转换的水平	12
C.	构成无害环境处置的方法	13
四.	无害环境管理(ESM)的指导	13
A.	总的考虑	13
1.	巴塞尔公约	13
2.	斯德哥尔摩公约	13
3.	经济合作与发展组织	13
B.	立法框架和规章制度	13
C.	废物预防和最大程度的减量化	14
D.	识别和盘存	14
1.	识别	14
2.	盘存	15
E.	抽样、分析和监测	15
1.	抽样	15
2.	分析	16
3.	监测	17
F.	装卸, 收集, 包装, 设置标签, 运输和储 存	17
1.	装卸	17
2.	收集	18
3.	包装	18
4.	设置标签	18
5.	运输	18
6.	储存	18
G.	无害环境的处置	19
1.	预处理	19
2.	销毁和不可逆变的转换方法	20
3.	当销毁和不可逆转的转换并不是环保角度 可取的选择时的其他处理办法	35
4.	在持久性有机污染物低含量的情况下的其他处置方法	37
H.	受污染场址的纠正	37
I.	健康和安全的	37
1.	高容量、高浓度或高风险情 况	37
2.	低容量、低浓度场址或低风险情 况	38
J.	应急响应	38
K.	公众参与	39

附件

一. 多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的同义词和商品名称	40
二. 书目	41

缩写和简称

ABS	丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物
BAT	可行最佳技术
BCD	碱性催化分解法
BEP	最佳环保做法
DE	销毁率
DRE	销毁去除率
ESM	无害环境的管理
GC	气相色谱法
GPCR	气相化学还原法
HASP	健康和计划
HCB	六氯代苯
MS	质谱法
PACT	等离子体电弧离心处理
PBB	多溴联苯
PCB	多氯联苯
PCDD	多氯二苯并对二恶英
PCDF	多氯二苯并呋喃
PCN	多氯萘
PCT	多氯三联苯
POP	持久性有机污染物
PWC	等离子体废物转换器
SCWO	超临界水氧化法
TEQ	毒性当量

度量单位

gal	加仑
l	升
kg	千克、公斤
mg	毫克
ng	毫微克
μm	微米
Nm^3	标准立方米：在0° C和一个大气压下测得的气体体积
Rm^3	基准立方米：在25° C和一个大气压下测得的气体体积
kPa	千帕斯卡
kW	千瓦
kWh	千瓦小时
mJ	兆焦耳
million	百万
billion	十亿
trillion	万亿
ppm	百万分之（几）
ppb	十亿分之（几）
ppt	万亿分之（几）

一. 导言

A. 范围

1. 本文件替代《巴塞尔公约》关于由多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯(Y10)构成、含有此种物质或受到此种物质污染的废物的技术准则(1997年2月)。
2. 这些技术准则根据《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》缔约方大会的第V/8和VI/23号决定、《巴塞尔公约》不限成员名额工作组的第OEWG-I/4和OEWG-II/10号决定以及对持久性有机污染物拟订一项具有法律约束力的国际文书政府间谈判委员会的第INC-6/5 and INC-7/6号决定对由多氯联苯(PCB)构成的、含有此种物质或受到此种物质污染的废物实行无害环境管理(ESM)提供指导。关于持久性有机污染物的《斯德哥尔摩公约》缔约方大会将根据该公约第6.2条审议这些准则。
3. 这些技术准则对多氯三联苯(PCT)和多溴联苯(PBB)与多氯联苯一起作为一类物质来进行探讨,因为这些物质的理化和毒理性质相似。探讨的问题包括废物管理、处理和处置。应该指出的是,多氯三联苯(PCT)和多溴联苯(PBB)都不受《斯德哥尔摩公约》约束。
4. 本文件应结合《对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则》一起使用。本文件提供了有关由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成、含有此种物质或受到此种物质污染的各种废物的性质和发生情况的更详细的信息,以便对其加以鉴别和管理。

B. 描述、生产、用途和废物

1. 描述

(a) 多氯联苯

5. 多氯联苯俗称氯联苯,是一组卤代芳香烃(芳烃),其特征是有联二苯结构(二个苯基环(C₆H₅)₂)以及至少一个置换氢的氯原子。氯原子可附着在十个现有位置中的任何一个位置上。理论上存在209个同族体,但是在商用化学配方中实际上只有大约130个同族体(霍洛贝克2000年)。通常,在十个可能的置换位置中有四个至六个被一个氯原子所占有(加拿大环保局1988年)。氯化度更高的多氯联苯同族体基本上不溶于水,抗降解力高。
6. 多氯联苯包括12种同族体,由于它们具有二恶英一样的毒性,世界卫生组织已给其确定了毒当量系数。

(b) 多氯三联苯

7. 多氯三联苯也构成了一组卤代烃。其化学结构与多氯联苯非常相似,只不过其含有三个苯基环而不是二个。因此,它们可附有多达14个氯原子。多氯三联苯可能的同族体数量非常大,然而在商业化学配方中出现的屈指可数。多氯三联苯和多氯联苯化学和物理性质非常相似。多氯三联苯基本上不溶于水,很难降解。多氯三联苯和多氯联苯之间的一个不同是多氯三联苯一般不那么易挥发。

(c) 多溴联苯

8. 多溴联苯是多氯联苯的溴化类似物,因此有209种可能的同族体。然而,只有少数几种出现在商用化学配方中(国际化学安全方案(IPCS)。1994年)。它们在室温下为固体或蜡状物质。基本上不溶于水,很难降解。

2. 生产

(a) 多氯联苯

9. 多氯联苯具有优良的绝缘性，寿命长，不燃烧并且抗热降解和化学降解。因此，在各国禁用以前，它们被制造用于电力设备、热交换器、液压设备和其他不少专门用途。

10. 主要的制造期在美国是从 1930 年直到二十世纪七十年代末；在中国为 1974 年（中国国家环境保护局 2000 年）；欧州为二十世纪八十年代，在俄罗斯为 1993 年（北极方案 2000 年）；日本自 1954 年至 1972 年。

11. 多氯联苯一般是作为各种同族体的混合体而制造的，例如，作为对多批联二苯的逐步氯化，直到氯的重量达到某一目标百分比。制成的多氯联苯很少全量使用。例如，将它们少量地加入墨水、塑料、油漆和复写纸中，或以多氯联苯高达 70% 的配方用在液压油、变压器油和载热剂中。在室温下其大多数为油状液体或蜡状固体。

12. 著名的多氯联苯产品商品名称包括下列名称。（载有多氯联苯商品名称和同义词的更详细清单见附件 I，关于盘存工作中使用商品名称时应采取的防范措施方面的各种考虑见本报告第四节 D。）

Apirolio（意大利）
 Aroclor（美国）
 Clophen（德国）
 Delor（捷克斯洛伐克）
 Elaol（德国）
 Fenchlor（意大利）
 Kanechlor（日本）
 Phenoclor（法国）
 Pyralene（法国）
 Pyranol（美国）
 Pyroclor（美国）
 Santotherm（日本）
 Sovol（苏联）
 Sovtol（苏联）

13. 在 Aroclor（有译：亚老哥乐）系列中，Aroclor 一词后跟有一个四位数。数字的前二位数是 10 或 12。数字 12 表示正常的 Aroclor，而数字 10 则表示是一种 Aroclor 的蒸馏产品。四位数代码的第二个二位数表示氯在混合物中所占的重量百分比。因此，按重量，Aroclor1254 大约含有 54% 的氯。

14. 出售商用多氯联苯产品和物品主要是因其工业特性，而不是其化学组成（国际化学安全方案 IPCS 1992 年）。它们含有一些杂质并常常与三氯苯和四氯苯等溶剂相混合。这些与三氯苯和四氯苯相混合的多氯联苯叫 askarel（有译：爱斯开勒）。商用混合物中的污染物包括多氯二苯并呋喃和氯代萘。研究发现，在商用混合物中有每公斤 0.8 毫克到 40 毫克的多氯二苯并呋喃（国际化学安全方案 1992 年）。在一些热工艺和化学工艺中也无意地形成多氯联苯。

15. 全世界多氯联苯的累计产量估计为 75 万吨到 2 百万吨。

(b) 多氯三联苯

16. 多氯三联苯的制造量要大大低于多氯联苯，其用的商品名称相同或类似。它们有和多氯联苯同样类型的用途，不过大部分用于蜡、塑料、液压油、油漆和润滑剂（詹森和乔根森 1983 年）。在美国，Aroclor 系列的多氯三联苯以四位数代码前二个位置中 54 这二个数字来表示，如 Aroclor 5432、5442 和 5460（国际化学安全方案 1992 年）。关于商品名称的实例请参看附录 I，关于在盘存识别中对商品名称的讨论参看第 IV D 节。

17. 商品名称的实例有 Aroclor (美国) 和 Kanechlor KC-C (日本)。

18. 多氯三联苯产于美国、法国、德国、意大利和日本,直到二十世纪八十年代为止,当时据信所有生产都停止了。1955年到1980年期间全世界累计产量据估计为60,000吨(联合国欧洲经济委员会2002年)。

(c) 多溴联苯

19. 关于多溴联苯生产的资料很少。据估计,全世界至少生产了11,000吨多溴联苯,但是得不到一些已知曾生产过多溴联苯的国家的生产数字(国际化学安全方案1994年)。多溴联苯的制造在美国到1979年为止,在德国到二十世纪八十年代中为止,在法国至少到二十世纪九十年代中为止。在亚洲可能仍在生产多溴联苯(拉森、洛克和安德森1999)。

20. 最早生产的多溴联苯化合物为六溴代联苯,在美国商业上称为 Firemaster。Firemaster 生产于1970年到1974年期间。分析表明, Firemaster 含有的六溴代联苯达80%,七溴代联苯达25%。在法国,一种多溴联苯的商用混合物出售用的名称为 Adine 0102。在德国,高溴化多溴联苯的生产和出售用名为 Bromkal 80-9D。关于商品名称的实例 见附件 I,关于在盘存识别中对商品名称的讨论参看第 IV D 节。

3. 用途

(a) 多氯联苯

21. 多氯联苯有各种非常广泛的工业和消费用途。世界卫生组织将这些用途分为全封闭类、名义上的封闭类和开口类(国际化学安全方案1992年)。这些用途包括:

(a) 全封闭系统:

- (i) 变压器;
- (ii) 电容器(包括灯用镇流器);
- (iii) 电气开关、继电器等;
- (iv) 电缆;
- (v) 马达和磁铁(量很少);

(b) 名义上封闭的系统:

- (i) 液压系统;
- (ii) 传热系统(加热器、热交换器);

(c) 开口系统:

- (i) 聚氯乙烯、氯丁二烯橡胶和其他人造橡胶中的增塑剂;
- (ii) 油漆和其他涂料中的成分;
- (iii) 墨水和无碳复印纸中的成分;
- (iv) 粘合剂中的成分;
- (v) 农药增充剂;
- (vi) 润滑剂、密封剂和堵缝剂中的成分;
- (vii) 织物、地毯、聚氨基甲酸乙酯泡沫塑料等物品中的阻燃剂;
- (viii) 润滑剂(显微镜油、刹车垫、切削油、其他润滑剂)。

22. 虽然装有多氯联苯的变压器被定义为“全封闭”用途,但工业上的一些做法使这些多

氯联苯转到其他类设备上，从而增加了与环境的接触点。一种常见的做法是在没有其他油的情况下，用多氯联苯来给非多氯联苯(矿物油)变压器充油或再加油。

23. 多氯联苯油还被加入到非多氯联苯液体中，如加热液或冷却液、液压油、制动液、机油和不合格的燃料，或与其一起处置。有许多传闻报告，电力公司的雇员用多氯联苯液来洗手，并将多氯联苯液带回家，用于家庭取暖器、液压系统和马达（作为润滑油）。由于在多氯联苯被禁止前生产的大多数荧光灯镇流器含有多氯联苯，因此许多安装荧光灯的家庭和企业在不不知情的情况下得到了多氯联苯。

(b) 多氯三联苯

24. 多氯三联苯的用途与多氯联苯几乎完全相同，但用量要小得多。然而，对于剩余的量了解甚少，因为还没有进行盘存（欧洲经济委员会 2002 年）。据了解，在电气设备中使用很少量的多氯三联苯（詹森和乔根森，1983 年）。

(c) 多溴联苯

25. 多溴联苯的主要用途是作为阻燃剂。多溴联苯被添加入丙烯腈/丁二烯/苯乙烯塑料(ABS)（10%的多溴联苯）、涂料、真漆和聚氨脂泡沫塑料（国际化学安全方案 1994；国际化学安全方案 1994 年）。

4. 废物

26. 由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成、含有此种物质或被此种物质污染的废物以若干种外形出现，包括：

- (a) 含有多氯联苯或多氯三联苯或被此种物质污染的设备(电容器、断路器、电缆、电动机、电磁铁、热传输设备、液压设备、开关、变压器、真空泵、调压器)；
- (b) 被多氯联苯或多氯三联苯污染的溶剂；
- (c) 含有多氯联苯或被此种物质污染的报废车辆和切碎产生的轻质部分（绒毛）；
- (d) 含有多氯联苯或被此种物质污染的爆破废物（带油漆的材料、以树脂为主要成份的地板、密封胶、中空玻璃）；
- (e) 由多氯联苯或多氯三联苯构成、含有此种物质或被此种物质污染的油类（绝缘液、热传导流体、液压油、电动机润滑油）；
- (f) 用由含有多氯联苯或多溴联苯或被此种物质污染的聚合物绝缘的电缆；
- (g) 被多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯污染的土壤和沉淀物、岩石和聚合体（如，挖出的基岩、砾石、碎石）；
- (h) 被多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯污染的残渣；
- (i) 含有多溴联苯或被此种物质污染的塑料和含有此种材料的设备；
- (j) 含有多溴联苯或被此种物质污染的的灭火设备；
- (k) 通过储存由多氯联苯、多氯三联苯或 多溴联苯 构成、含有此种物质或被此种物质污染的废物而污染的容器。

27. 注意上述各类主要适用于多氯联苯，因其产量远大于多溴联苯或多氯三联苯，并被储存作为待处置的废物。多溴联苯和多氯三联苯很少大量出现，因此没有形成大量废物的可能。

二. 《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》的有关条款

A. 巴塞尔公约

28. 第 1 条(“本公约的范围”)概述了受《巴塞尔公约》约束的废物类型。《巴塞尔公约》第 1 条第 1(a)款规定了一种分二步的程序,以确定一种“废物”是否是属于公约范围的“危险废物”。首先,该废物必须属于公约附件一所载的任何类别(“应加以控制的废物类别”)。其次该废物必须具有公约附件三所列特性中的至少一个特性(“危险特性的清单”)。

29. 附件一列出了可能由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成、含有此种物质或被此种物质污染的一些废物。其中包括:

Y6 从有机溶剂的生产、配制和使用中产生的废物

Y8 不适合原来用途的废矿物油

Y9 废油/水、烃/水混合物、乳化液

Y10 含有或沾染多氯联苯(PCB)和(或)多氯三联苯(PCT)和(或)多溴联苯(PBB)的废物质和废物品

Y11 从精炼、蒸馏和任何热解处理中产生的废焦油状残留物

Y12 从油墨、染料、颜料、油漆、真漆、罩光漆的生产、配制和使用中产生的废物

Y13 从树脂、胶乳、增塑剂、胶水/胶合剂的生产、配制和使用中产生的废物

Y14 从研究和发展或教学活动中产生的尚未鉴定的和(或)新的并且对人类和(或)环境的影响未明的化学废物

Y18 从工业废物处置作业产生的残余物

Y39 酚;酚化合物包括氯酚类

Y41 卤化有机溶剂

Y42 有机溶剂(不包括卤化溶剂)

Y45 有机卤化合物(不包括其他在本附件内提到的物质,例如, Y39、Y41、Y42、Y43、Y44)

30. 附件一所载的废物被推定具有附件三所列的危险特征——例如 H11“毒性(延迟或慢性); H12“生态毒性”或 H6.1“毒性(急性)”——除非通过“国家试验”其被证明不表现出这种特性。国家试验对于附件三中的某一危险特征在其得到充分确定之前可能是有用的。目前正根据《巴塞尔公约》对附件三的每一项危险特征制订指导文件。

31. 附件八的名录 A 描述了“根据第 1 条第 1(a)款被确定具有危险性”的废物,不过,“将其列入附件八并不意味不可采用附件三(危险性)来表明废物不具有危险性。”附件九名录 B 列出了不属于第 1 条第 1(a)款范围的废物,除非其所含有附件一材料的程度使其具有附件三的一项特性。特别是,下列附件八废料适用于多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯:

A1180 废电气装置和电子装置或碎片¹,附有名录 A 所列蓄电池和其他电池、汞开关、阴极射线管的玻璃和其他具有放射性的玻璃和多氯联苯电容器,或被附件一物质(例如镉、汞、铅、多氯联苯)污染的程度使其具有附件三所列特性(注意名录 B 的有关条目 B1110)

A3180 含有或沾染多氯联苯(PCB)、多氯三联苯(PCT)、多氯萘(PCN)或多溴联苯(PBB)或这些化合物的任何其他多溴类似物体或被这类物质污染且含量为 50 毫克/公斤或更高²的废物、物质和物品

¹ 本条目不包括废发电装置。

² 对所有废物而言,50 毫克/公斤是国际公认的实际可行含量,许多国家为具体废物规定了较低的含量(如 20 毫克/公斤)。

32. 附件八名录 A 载有一些可能含有多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯或被此种物质污染的废物或废物类型，包括：

- A1090 焚烧有绝缘包皮铜线产生的灰烬
- A1100 铜熔炼炉气体清扫系统产生的灰土和残余物
- A2040 化学工业加工产生的其附件一成分含量使其具有附件三危险特性的废石膏（注意名录 B 的有关条目 B2080）
- A2060 煤发电厂产生的其附件一成分含量使其具有附件三危险特性的粉煤灰（注意名录 B 的有关条目 B2050）
- A3020 不适合原用途的矿物油
- A3040 废导热（传热）液
- A3050 从树脂、胶乳、增塑剂、胶水/胶合剂的生产、配制和使用中产生的废物，但不包括名录 B 所列废物（注意名录 B 的有关条目 B4020）
- A3070 废酚、酚化合物，包括液体或废渣形式的氯酚
- A3120 绒毛—纤维梳散产生的轻质部分
- A3150 废卤化有机溶剂
- A3160 回收有机溶剂产生的卤化或非卤化的无水蒸馏残余废物
- A4070 从墨水、染料、颜料、油漆、真漆和黑光漆的生产、配制和使用中产生的废物，不包括名录 B 所列废物（注意名录 B 的有关条目 4010）
- A4100 用于清除工业废气的工业性控制污染设施产生的废物，但不包括名录 B 所列此类废物
- A4130 其附件一物质含量足以使其具有附件三危险特性的废包装和容器
- A4140 成分为或含有相当于附件一类别的并具有附件三危险特性的不合格或过期³化学品的废物
- A4150 从研究和发展或教学活动中产生的尚未鉴定的/或新的并且对人类健康和/或环境的影响未明的化学废物
- A4160 名录 B 未列入的用过的放射性碳（注意名录 B 的有关条目 B2060）

33. 关于进一步的情况，请参看关于对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则的第 2.1 节。

B. 斯德哥尔摩公约

34. 《斯德哥尔摩公约》区分了二类多氯联苯：

- (a) 故意生产的多氯联苯，根据附件 A 的规定对其生产和使用应该淘汰；
- (b) 附件 C 所列无意生产的持久性有机污染物，要求缔约方采取具体措施减少人为来源产生的总排放量，“其目的是持续减少并在可行的情况下最终消除此类化学品”。关于对由多氯二苯二恶英和多氯二苯呋喃构成、含有此类物质或受到此类物质污染的废物实行无害环境管理的技术准则将处理无意生产的多氯联苯。

35. 附件 A，第二部分（“多氯联苯”）概述了对多氯联苯的具体要求，内容如下：

³ “过期”指未在制造商建议的期限内使用者。

“(a) 关于在 2025 年之前消除在设备(例如变压器、电容器或含有液体存积量的其他容贮器)中所使用的多氯联苯,经缔约方大会审查后,各缔约方应按下列优先事项采取行动:

- (i) 作出坚决努力,以查明、标明和消除多氯联苯含量大于 10%而容量大于 5 升的在用设备;
- (ii) 作出坚决努力,以查明、标明和消除含有超过 0.05%的多氯联苯而容量大于 5 升的在用设备;
- (iii) 尽力查明和消除含有超过 0.005%的多氯联苯而容量大于 0.05 升的在用设备;

(b) 按照上述(a)项的优先事项,促进旨在减少接触和减少风险的下列措施,以控制这些多氯联苯的使用:

- (i) 仅在不触动的且不渗漏的设备中使用,而且仅在可将环境排放的风险降至最低并可迅速加以补救的地区使用;
- (ii) 不准在涉及食品或饲料生产或加工领域的设备中使用;
- (iii) 在包括学校和医院在内的居民区使用时,采取一切合理措施,防止出现可能引发火灾的电路故障,并经常检查此种设备有无渗漏;

(c) 尽管有第 3 条第 2 款的规定,仍应确保不出口或进口上述(a)项所述含有多氯联苯的设备,除非其目的在于实行环境无害化的废物管理;

(d) 除非为维修和服务操作之目的,不允许回收多氯联苯含量高于 0.005%的液体再度用于其他设备;

(e) 作出坚决努力,以便尽快、但不迟于 2028 年,按照第 6 条第 1 款对含有多氯联苯的液体和被多氯联苯污染且其多氯联苯含量高于 0.005%的设备进行环境无害化的废物管理。这方面的努力将由缔约方大会予以审查;

(f) 作为本附件第一部分附注(ii)的替代,力求查明含有多于 0.005%多氯联苯的其他物品(例如电缆漆皮、凝固的嵌缝膏和涂漆物件)并按照第 6 条第 1 款加以处理;

(g) 每五年提出一份消除多氯联苯方面的进展情况报告,并依照第 15 条向缔约方大会提交此报告”。

36. 关于进一步的情况,请参看关于对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则的 2.2 节。

三. 根据《斯德哥尔摩公约》将与《巴塞尔公约》合作处理的问题

A. 持久性有机污染物的低含量

37. 根据《斯德哥尔摩公约》第 6.2(c) 条，该公约缔约方大会应与《巴塞尔公约》的适当机构密切合作“酌情制定附件 A、B 和 C 中所列化学物质的含量标准，以界定第 1 款 (d) (ii) 项中所述及的持久性有机污染物的低含量”。由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物应根据第 6.1(d) (ii) 条进行处理，以便其所含的持久性有机污染物得到销毁或不可逆转的转换，或在销毁或不可逆转的转换并不是环保角度可取的选择时以一种无害环境的方式来处置。

38. 认识到以下各种因素：

- (a) 处置持久性有机污染物含量高的废物，包括废物储存，的优先程度高；
- (b) 是否有处理能力；
- (c) 国家立法内的限制值；
- (d) 是否有分析方法，

对多氯联苯应适用对持久性有机污染物低含量的以下临时定义：50 毫克/公斤。

B. 销毁和不可逆转转换的水平

39. 认识到以下各因素：

- (a) 销毁率⁴ (DE) 和销毁去除率⁵ (DRE) 都是持久性有机污染物最初含量的函数；
- (b) 销毁率可能难以衡量；
- (c) 销毁去除率仅考虑向空气排放；
- (d) 尚未对所有处置办法确定可行最佳技术 (BAT) 和最佳环保做法 (BEP)；
- (e) 存在有关的国家立法和国际规则、标准和准则。

以下对销毁和不可逆转的转换的临时定义系根据绝对水平（即废物产出流处理工艺），应予以适用：

(a) 大气排放。各机关对多氯二苯并对二恶英 (PCDD) 和多氯二苯并呋喃 (PCDF) 的水平已提出了各种数值⁶：

- (i)⁷ 0.080 毫微克 (ng) TEQ/Rm³（毒性当量/基准立方米）；
- (ii)⁸ 0.092 ng TEQ/Rm³；
- (iii)⁹ 0.140 ng TEQ/Rm³；
- (iv)¹⁰ 0.2 ng TEQ/Rm³；

(b) 水排放。根据相关国家立法以及国际规则、标准和准则，相关国家立法的实例可见关于对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则附录 2；

⁵ 根据废物中持久性有机污染物含量的质量，减去气体残留物（烟囱排放物）内余下的持久性有机污染物的质量，除以废物内持久性有机污染物含量的质量算出，即：
销毁率 = (废物内持久性有机污染物含量 - 气体残留物内持久性有机污染物含量) / 废物内持久性有机污染物含量。

⁶ 所有数值已换算成以下基准条件：11%氧，101.3 千帕斯卡和 25°C。

⁹ 美国联邦法规汇编 40 第 63 部分 (EEE 分部分)，“危险废物燃烧器产生的危险空气污染物的国家排放标准”。

¹⁰ 1979 年《长程越界空气污染公约》1998 年关于持久性有机污染物的议定书 对有害废物焚烧炉的排放限量。

(c) 固体残留物。这些应低于关于对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 3.1 节确定的持久性有机污染物含量的低浓度值。

此外，销毁和不可逆转的转换技术应根据可行最佳技术和最佳环保做法来实施。

C. 构成无害环境处置的方法

40. 本报告第 IV.G 节介绍了可构成对由多氯联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物进行无害环境处置的方法。

四. 对 无害环境管理 (ESM) 的指导

A. 总的考虑

1. 巴塞尔公约

41. 推广无害环境管理的一个主要手段是编制和宣传各种技术准则，如本文件以及关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则。关于进一步情况请参看一般性技术准则第 4.1.1 节。

42. 正在计划或审查一项国家**无害环境管理**方案的缔约方应特别参阅《巴塞尔公约》2003 年的指导文件：为多氯联苯和被多氯联苯污染的设备编制一项无害环境的国家计划：培训手册（环境署 2003a）。

2. 斯德哥尔摩公约

43. 《斯德哥尔摩公约》未对“无害环境管理”一语下定义。然而，处置由多氯联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物的无害环境办法应由缔约方大会与《巴塞尔公约》的适当机构合作确定。

44. 各缔约方应参看文件：制订一项《斯德哥尔摩公约》的国家执行计划的临时指南（环境署 2003b）。

3. 经济合作与发展组织

45. 经济合作与发展组织也通过其“核心业绩要素”倡导无害环境管理（经合组织 2004 年）。关于进一步的情况，请参看关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.1.3 节。

B. 立法框架和规章制度

46. 《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》的各缔约方应审查各种国家管制措施、标准和程序，包括关于对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物 或受到此种污染物污染的废物 进行无害环境管理的各种管制措施、标准和程序，以确保其符合公约的规定和义务。

47. 一项适用于多氯联苯、多氯三联苯 和多溴联苯的立法框架和规章制度还可包括以下内容：

- (a) 启动环境保护立法（规定排放限量和环境质量标准）；
- (b) 禁止制造、出售、进口和出口多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯（供使用）；
- (c) 对仍在使用、库存或储存中的多氯联苯的淘汰日期；
- (d) 危险物资和废物运输要求；
- (e) 容器、设备、散装容器和储存场址的规格；
- (f) 多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯可接受的分析和采样方法规格；

- (g) 对废物管理和处置设施的要求；
- (h) 对拟议的政府规定、政策、核准证书、许可证、盘存信息和国家排放数据进行公示和审查的一般要求；
- (i) 对受污染的场址进行鉴定和纠正的要求；
- (j) 对工人健康和安全的的要求；
- (k) 其他潜在的立法管制措施（废物预防和最大程度的减量化、进行盘存、应急响应）。

48. 对分阶段淘汰多氯联苯（以及在较轻的程度上还有多氯三联苯和多溴联苯）的时间安排对大多数国家来说也许将是最关键的立法问题，因为大多数国家已有某种形式处理多氯联苯的立法框架。

49. 有关进一步情况，请参看关于对由持久性有机污染物构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则 第 4.2 节

C. 废物预防和最大程度的减量化

50. 《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》都主张废物预防和减量化，而《斯德哥尔摩公约》则将多氯联苯化合物作为完全淘汰的对象。应以无害环境的方式停用和处置多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯。

51. 含有这些化合物的废物数量应通过隔离和源头分离的办法来实现最大程度的减量化，以便防止混入和污染其他废物流。例如，电气设备、涂漆材料、以树脂为原料的地板、密封剂和中空玻璃中的多氯联苯如果在爆破前不隔离会污染大量爆破废物。

52. 仅仅为了产生一种持久性有机污染物含量低于规定的持久性有机污染物低含量的混合物而将多氯联苯含量高于规定的持久性有机污染物低含量的废物与另一种材料相混不是无害环境的。然而，在废物处理前将各种材料混合也许是必要的，以便优化处理效率。

53. 还应作出努力减少无意生产的多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的排放，从而使含有此种物质或被其污染的废物最大程度地减量化。为减少偶然产生和排放多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃所作的努力也应减少相同过程产生的无意生产的多氯联苯的产生和排放。《斯德哥尔摩公约》各缔约方应特别参阅二恶英和呋喃的鉴别和定量的标准工具箱（环境署 2003c）。

54. 关于进一步情况，请参看关于对由持久性有机污染物构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则 第 7 段和第 4.3 节。

D. 识别和盘存

1. 识别

55. 多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯历来出现在多个场所，包括：

- (a) 电力设施：变压器、电容器、开关、调压器、断路器、灯用镇流器和电缆；
- (b) 工业设施：变压器、电容器、调压器、断路器、灯用镇流器、传热液体、液压油和灭火系统；
- (c) 铁路系统：变压器、电容器、调压器和断路器；
- (d) 地下采矿作业：液压油和接地线圈；
- (e) 军事设施：变压器、电容器、调压器、液压油和灭火系统；
- (f) 居民/商用楼房：电容器、断路器、灯用镇流器和灭火系统；
- (g) 实验室：真空泵、灯用镇流器、电容器和断路器；
- (h) 电子制造厂：真空泵、灯用镇流器、电容器和断路器；

(i) 废水排放设施：真空泵和深井电动机；

(j) 汽车修理站：再生油。

56. 必须指出的是，即使是有经验的技术人员也不一定能根据外表或标识来确定一种排出物、物质、容器或设备的性质。例如，多氯联苯设备一般不是按其所装的绝缘油的类型来挂标签的。有经验的检查员通过使用指导手册，如鉴别多氯联苯和含有多氯联苯材料的准则（环境署 1999 年），或与制造商联系也许可以根据名牌上的其他信息确定原来所装内容的性质。

57. 在鉴别多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯时，本报告第 I.B 节中介绍的有关生产、使用和废物类别的信息可能是有益的。

2. 盘存

58. 盘存是鉴别废物，对其进行定量和定性的重要工具。可以利用国家盘存来：

(a) 确定由多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的产品、物品和废物的基准数量；

(b) 协助管理检查；

(c) 协助编制应急响应计划；

(d) 在适用情况下，对这些化学品的减量化和淘汰过程进行跟踪。

在进行盘存时，应优先鉴别持久性有机污染物浓度高的废物。

59. 进行全国性盘存要求国家政府作出长期承诺，多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的所有者和制造厂商进行合作，有一个健全的不断收集信息的行政程序以及储存信息的电脑化数据系统。在有些情况下，可能要求制订政府规定，以确保所有者报告其持有量并与政府检查人员合作。

60. 要编制所有多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的完整盘存是不可能的，主要是因为这些化学品的用途非常散乱（如：少量用于油墨、增塑剂、油漆、阻燃剂和润滑剂）。

61. 关于进一步情况，请参看 关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则的第 4.4.2 节。

E. 抽样、分析和监测

1. 抽样

62. 本节中的抽样系指在实地或在实验室中采集气体、液体或固体样本，以便日后进行分析。

63. 为分析多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯而采样的材料类型如下所列：

(a) 液体：

(i) 水(地表水、雨水、地下水、土壤空隙水、饮用水、工业过程水、污水、凝结水)；

(ii) 变压器或其他设备或散装储存的 Askarel（多氯联苯和多氯三联苯）；

(iii) 被多氯联苯污染或散装储存的变压器矿物油；

(iv) 电动机废润滑油和其他废油、燃料和有机液体；

(v) 液体抗火剂和阻燃剂（多溴联苯）；

- (vi) 生物液体（血、尿）；
- (vii) 从受污染场址的溢出物或自由产品表面下回收系统收集到的液体；
- (b) 固体：
 - (i) 黑固态或半固态多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯产品；
 - (ii) 容器或设备（冲洗或擦抹样本）；
 - (iii) 土壤、沉积物、碎石、灰泥；
 - (iv) 油漆碎片、填缝剂和密封胶碎片、塑料碎片、电线和电缆碎段、汽车切碎机产生的尘块、陶瓷、木材、混合固体废物；
 - (v) 用于收集擦抹样本的薄纸或织物；
 - (vi) 过滤材料；
 - (vii) 从液体或废渣中提取出的固体（悬浮固体、凝结物、凝结的固体、滤出的材料）；
 - (viii) 工业或处置过程产生的固体（粉煤灰、底灰、炉渣、釜脚、其他残留物）；
 - (ix) 冰、雪和其他冰冻材料；
 - (x) 工厂原料和食品；
 - (xi) 生物固体（完整的动物、组织、排泄物）；
- (c) 气体：
 - (i) 容器内的气体产品或废气；
 - (ii) 工业和处理过程产生的烟道气；
 - (iii) 产品、废物、工艺过程和受污染场址产生的挥发性排放物；
 - (iv) 土壤和地下水气体；
 - (v) 空气（周围环境、人的呼吸 狭窄的空间）；
 - (vi) 生物气体（呼出的空气、有机体排放的气体）。

64. 关于进一步情况，请参看关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.5.1 节。

2. 分析

65. 分析系指利用文件记载，经同行审查和公认的实验室方法确定一种材料的物理、化学或生物特性。

66. 每一个国家都应通过制订准则或立法来确定要求用于多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的标准办法以及应使用此种办法的情况。

67. 规定的办法应涵盖按照上文 63 段中样本材料的清单可以采集到的每一类样本的分析工作的所有方面。分析步骤为下列的一些步骤或所有步骤：

- (a) 样本处理和储藏；
- (b) 样本备制（干燥、过秤、磨碎、化学浸提等）；
- (c) 提取污染物（有机溶剂提取、制作浸出液）；
- (d) 对样本或提取物进行稀释或浓缩；
- (e) 校准设备；

- (f) 使用实际的分析或生物鉴别方法；
- (g) 计算或确定结果；
- (h) 报告结果。

68. 过程的每一步都可采用许多方法。对每个国家来说，关键是采用标准的方法，然后要求商业、政府和研究部门的实验室使用这些方法。一般说来，可用于对多氯联苯进行化学分析的办法（环境署 1999 年）如下：

- (a) 薄层色谱法——一般用于土壤和油类（不是最精确的办法）；
- (b) 气-液相色谱法/电子俘获——一般用于空气样本；
- (c) 填充柱气相色谱法(GC)/电子俘获——一般用于（设备和溢出物产生的）可能有高浓度多氯联苯的油类样本；
- (d) 毛细管柱气相色谱法——用于被多氯联苯污染的固体和液体；
- (e) 气相色谱法/霍尔电解电导检测器——用于油类和液体（没有气相色谱法/电子俘获精确）；
- (f) 气相色谱法/质谱法（MS）——用于确定多氯联苯的个别同族体。也许不能测出低浓度。
- (g) 热萃取/气相色谱法/质谱法——用于土壤、废渣和固体；这是在气相色谱法/质谱法分析前溶剂萃取的一个备选方法。

69. 对实验室进行认证和测试是国家分析方案的另一个重要方面。所有实验室都应达到政府和国际标准化组织或实验室协会之类的独立机构规定并考核的某些质量标准。

3. 监测

70. 对于管理由多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物的活动应实施监测方案。关于进一步情况，请参看 关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.5.3 节。

F. 装卸，收集，包装，设置标签，运输和储存

71. 装卸和运输是极其重要的步骤，因为在装卸和运输时（如为准备储存或处置时）溢出、泄漏或起火的危险与设备正常运行时相等或更大。此外，危险废物的流动受到国际协定和国内法的严格管理。应参阅巴塞尔公约：执行手册（环境署 1995a）、国际海上危险品准则（海事组织 2000 年）、国际空中运输协会危险品准则以及联合国危险物品运输准则，以确定运输和越境转移危险废物的具体要求。

1. 装卸

72. 装卸由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯 构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物的目标应是最大程度地减少向环境的释放和污染其他材料。此外，在可行时，对此种废物应与其他类废物分开装卸，以防止污染此类其他废物流。为此目的建议的做法包括：

- (a) 检查容器是否有泄漏、漏洞、生锈、高温；
- (b) 如有可能应在温度 25° C 以下装卸废物，因为温度升高，挥发性会增加；
- (c) 确保溢出防止措施到位，如发生溢出将止住液态废物；
- (d) 如果控制区表面未涂上光滑的表面材料（油漆、氨基甲酸乙酯、环氧树脂），在打开容器之前则应在容器下面填上塑料膜或吸水垫；
- (e) 拔去放水塞或用压缩泵和特弗龙或硅软管来放出液体废物；

(f) 使用不用于其他目的的专用泵、软管和圆桶来转移液体废物；

(g) 用布或纸巾来清除任何溢出物；

(h) 用煤油等溶剂对受污染的表面清洗三遍，以去除所有残留的多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯；

(i) 酌情对所有吸收体、一次性保护布和塑料膜作为由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物来处理。

73. 对工作人员应进行装卸危险废物正确方法的培训。

2. 收集

74. 多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的国家总量中有很很大一部分是由小业主和房东以少量方式所持有（例如，多氯联苯荧光灯镇流器、其他小电器装置、热交换器、含有多氯联苯或多氯三联苯液体的加热器、灭火系统中的多溴联苯、纯产品的小容器和小量储存）。少量持有人很难处置这些材料。例如，管理情况可能要求其成为一个注册的废物产生源，但是物流方面的考虑可能会阻止收集工作（例如，在居民区内不允许或没有工业废料收集工作），费用可能高不可及。各国家、区域或市政府应考虑为这些少量废物设立收集站，以便每个小量持有人不必作出个人的运输和处置安排。

75. 由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物收集站和收集时间应与其他所有废物分开。此种废物应不与其他废物相混，因为可能污染其他废物。

76. 收集站必须不成为由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物的长期储存设施。大量废物即使得到妥然储存危害环境和人类健康的风险仍要高于分散在大片地区的少量废物。

3. 包装

77. 对由多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯构成的、含有此种物质或被此种物质污染的废物在储存或运输前应进行包装。液体废料应放在双盖钢铁圆桶内。关于运输的法规常规定某种质量的容器（如厚度为 16 的钢，里面涂有环氧树脂）。因此，用于储存的容器应达到运输要求，以便今后运输。

78. 放干液体的大件设备可按原样储存，如果担心发生泄漏可放入一个大的容器（第二层包装桶）或厚塑料套内。小件设备，不管是否已倒干，都应放入有吸收剂的圆桶中。多个小件设备可放入一个铁桶中，只要在铁桶中装有足够的吸收剂。散装吸收剂可向安全供应商购得。也可使用木屑、蛭石或泥炭苔藓。

79. 圆桶和设备可放在货盘上，以便用叉车移动和储存。在移动前，应将设备和圆桶绑在货盘上。

4. 设置标签

80. 所有装有多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯或被其污染的圆桶、容器和设备都应设置一个明显的危险警告标签和一个介绍该设备或圆桶详情的标签。详情包括圆桶或设备所装内容（设备的确切件数或液体体积）、废物类型、负责人姓名和联系电话号码。

5. 运输

81. 大多数国家对运输危险物品和废物都进行管理，越境转移废物受《巴塞尔公约》管制。

82. 在本国国内运输废物的人员应具有危险物资和废料承运人的资格并得到认证。

6. 储存

84. 虽然许多国家已通过了多氯联苯储存的规定，或制订了储存多氯联苯的准则，但大多数国家还没有有关多氯三联苯和多溴联苯的具体储存规定或指南。然而，可以假定，这种储

存程序应与多氯联苯相似，因为多氯三联苯和多溴联苯的性质和毒性相似。虽然建议的做法各国之间略有不同，但在安全储存这些废物方面有着许多共同之处。

85. 关于进一步情况，请参看 关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.6.6 节。

G. 无害环境的处置

1. 预处理

85. 本节介绍为正确和安全实施本报告第 IV.G 节 2 至 4 小节中所述的处置技术可能需要的现有商用预处理技术。如果含有多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯或被此种物质污染的仅是一件产品或废物的一部分，如废弃设备，则应将其分开，然后酌情按 IV.G 节 1 至 4 小节进行处置。

(a) 吸附和吸收

86. 吸附是吸收和吸附过程的通称。吸附是一种预处理方法，利用固体将物质从液体或气体中去除。吸附涉及将一种物质（液件、油类）与一种物相分开，使其积聚在另一种物相表面（活性炭、沸石、硅等）。吸收是从一种物相转移到另一种物相的一种材料互相渗透到第二种物相形成一种溶液的过程（如从液相转到活性炭上的污染物）。

87. 吸收和吸附可用于浓缩污染物，将其与含水废物相分开。对浓缩物和吸附剂可能要求在处置前进行处理。

(b) 脱水

88. 脱水是将待处理的废物部分去掉水的一种预处理过程。脱水可用于不适合于含水废物的处理技术。例如，水在超过某一个温度和压力环境时就可能与熔盐或钠发生爆炸性反应。产生的水汽可能需要进行凝结或洗涤或作进一步处理，这取决于污染物的性质。

(c) 油/水分离

89. 某些处理技术不适合于含水废物；另一些不适合于油性废物。油/水分离可在这种情况下使用，以便将油相与水分开。在分开后，水和油相可能都被污染，两者可能均需处理。

(d) pH 调整

90. 有一些处理技术在一规定的 pH 范围内特别有效，在此种情况下可利用碱、酸或二氧化碳来控制 pH 水平。有一些技术可能要求进行 pH 调整作为一个预处理步骤。

(e) 筛选

91. 筛选作为一个预处理步骤可用于将大块碎片从废物流中清除，或用于可能不适合土壤和固体废物的技术。

(f) 切碎

92. 有一些技术只能处理大小在一定限度内的废物。例如，一些技术只可处理直径小于 200 微米的受持久性有机污染物污染的固体废物。在这种情况下，可使用切碎来将废物成份减小到规定的直径。其他的技术可能要求在将废料注入主反应器前制备稀浆。注意切碎机在切碎由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物 或受到此种污染物污染的废物时可能受到污染。因此，应采取防范措施以防止没有持久性有机污染物的废物流随后受到污染。

(g) 溶剂清洗

93. 可以使用溶剂清洗来将持久性有机污染物从电容器和变压器之类的电气设备中去除。这一技术也已用于处理被污染的土壤和在吸附和吸收预处理时使用的吸附材料。

(h) 热解吸

94. 低温热解吸，也称作低温热挥发、热剥离和土壤焙烧，是一种现场以外的纠正技术，

利用热来将挥发性和半挥发性化合物和元素（最常见的有石油、碳氢化合物）从受污染的介质中（最常见的为挖出的土壤）真正分离出来。这种工艺用于对原先装有含多氯联苯的绝缘液的电气设备，如变压器壳体的无气孔表面，进行脱污。对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物的热解吸会造成产生无意的持久性有机污染物，这可能需额外处理。

2. 销毁和不可逆变的转换方法

95. 应允许《巴塞尔公约》附件四 A 和四 B 规定的以下处置作业，以便对废物中所含的持久性有机污染物加以销毁和不可逆变的转换，但其实施方式应确保余下的废物和排放物不具有持久性有机污染物的特点：

D9 物理化学处理

D10 陆上焚化

R1 作为燃料(而不直接焚化)或以其他方式产生能量

96. 本节介绍对废物中所含持久性有机污染物进行无害环境的销毁和不可逆变转换的现有商业作业。有关这些技术或目前处于试点或试验阶段的其他技术的进一步情况载于审查新兴有创意的持久性有机污染物销毁和脱污技术并查明有前途的技术以用于发展中国家（环境署 2004a）。

(a) 碱还原法

97. **工艺简介。** 碱还原涉及对带有散状金属碱的废物进行处理。金属碱与卤化废物中的氯发生反应，产生盐和非卤化废物。通常此种工艺是在大气压和 100°C 到 180°C 之间的温度下进行实施。处理既可在现场进行（即受多氯联苯污染的变压器），也可在现场以外一反应器内进行。这一工艺有多种变体（皮索尔 1989 年）。虽然使用了钾，但金属钠是最常用的还原剂。余下的信息系根据利用金属钠变体的各种经验。

98. **效率。** 对销毁率或销毁去除率未有报告。然而，已证明钠还原工艺符合欧州联盟、美国、加拿大、南非、澳大利亚和日本对多氯联苯 变压器油处理的管理标准，即在固体和液体残留物中低于百万分之 2（皮索尔 1989 年；环境署 2004a）。

99. **废物类型。** 已经用受多氯联苯污染浓度达百万分之 10,000 的油类论证了碱还原法（环境署 2004a）。一些销售商还声称，这一种工艺可处理整个电容器和变压器。（环境署 2000 年）。

100. **预处理。** 对于现场处理多氯联苯污染的变压器不需要多少预处理。然而，在溶剂抽提多氯联苯后可以对多氯联苯进行场外处理。可在切碎减小体积后对电容器和变压器整件进行处理（环境署 2000 年）。

101. **潜在的排放物和残留物。** 空气排放物包括氮和氢气。有机物的排放量预计较小（皮索尔 1989 年）。在工艺过程中产生的残留物包括氯化钠、多联苯和水（环境署 2004a）。在有些变体中，也产生一种固化聚合物（环境署 2000 年）。

102. **后处理。** 在反应后，可通过过滤和离心作用相结合将副产品从油中分离出来。脱污的油可再次使用，氯化钠可再次用作中和剂或作土埋处理，固化聚合物可作土埋处理（环境署 2000 年）。

103. **能源需要。** 由于钠还原工艺相关的作业温度低，能源需要可望较低。

104. **物资需要。** 要实施此工艺需要大量的钠（环境署 2004a）

105. **移动性。** 此种工艺有移动和固定的构型（环境署 2004a）。

106. **健康和安全。** 散状金属钠遇水会发生强烈的爆炸反应，对操作人员构成重大危险。金属钠也会与各种其他物质发生反应产生氢，这是一种可燃气体，与空气混合后具有爆炸性。在工艺设计和操作中应非常小心，绝对将水（以及其他某些物质，如酒精）从废物中排除，不让其与钠有其他任何接触。

107. **能力。** 流动设施每天可处理 15,000 升变压器油（环境署 2004a）。

108. **其他实际问题。** 用于对被多氯联苯污染的变压器油进行现场处理的钠还原法可能不会销毁变压器内部有孔部件含有的所有多氯联苯。有些作者指出，对于残留物的特点缺乏有关信息（环境署 2004a）。

109. **经济核算。** 销售商提供的费用估计包括：

(a) 变压器油：0.51 美元/升，500-1000 英镑/吨，4 加元/加仑，0.90 加元/公斤；

(b) 废油：0.60 加元/公斤（环境署 2000 年）

不清楚这些估算是否包括预处理或处置残留物的费用。

110. **商业化的现状。** 此工艺已用于商业大约 20 年（皮索尔 1989 年）。

111. **销售商。** 销售商包括：

(a) ABB Transformatoren GmbH (www.abb.lt)；

(b) EarthFax 工程公司 (www.earthfax.com)；

(c) Kinectrics 公司 (www.kinectrics.com)；

(d) Powertech 实验室公司 (www.powertechlabs.com)；

(e) Sanexen 环境服务公司 (www.sanexen.com)。

112. **附加信息。** 关于进一步情况，请参看 环境署，1998 年；环境署 2000 年；和环境署 2004a。

(b) 碱性催化分解法 (BCD)

113. **工艺简介。** 碱性催化分解法使用由载氢体油、氢氧化碱金属和一种有专利的催化剂组成的混合试剂对废物进行处理。当混合物被加热到 300°C 以上时，试剂产生化学性质高度活跃的氢原子。氢原子与废物发生反应，去除使化合物带有毒性的成份。

114. **效率。** 对 DDT、六氯代苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃，报告的销毁率为 99.99-99.9999%（环境署 2004a）。另据报告，可以做到将氯化有机物还原到低于 2 毫克/公斤（环境署 2001 年）。

115. **废物类型。** 如上所述，已利用 DDT、六氯代苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃对碱性催化分解法进行论证。碱性催化分解法还应适用于其他持久性有机污染物（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。碱性催化分解法应能销毁高浓度的废料，并证明可适用于多氯联苯含量超过 30% 的废料（维雅根 2002 年）。然而，在实践中，据指出，经处理的混合物内生成盐会限制可以被处理的卤化材料的浓度（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年；环境署 2001 年）。适用的废物材料包括土壤、沉积物、废渣和液体。碱性催化分解集团公司还声称，此工艺被证明可破坏木材、纸张和变压器金属表面的多氯联苯。

116. **预处理。** 对土壤可直接进行处理。然而，可能有必要有不同土壤的预处理：

(a) 去除较大粒子可能需要用筛分和压碎减小其体积的办法；

(b) 可能需要调整 pH 和水分含量。

热解吸也可与碱性催化分解法一起使用以便在处理前去土壤中的持久性有机污染物。在这种情况下，土壤在被输入热解吸器前先与碳酸氢钠相混合（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。在处理前，需要使含水介质，包括湿废渣中的水蒸发掉。对电容器可在通过切碎减小体积后进行处理（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2001 年）。如果存在挥发性溶剂，如处理农药时发生的情况，则应在处理前通过蒸馏将其去除（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

117. **潜在的排放物和残留物。**空气排放物预计较少。在碱性催化分解工艺过程中，形成多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃可能较少。在碱性催化分解反应中产生的其他残留物包括主要含有水、盐、未使用的载氢体油和碳残留物的废渣。销售商声称，碳残留物是惰性和无毒的（碱性催化分解集团公司文献）。

118. **后处理。**对于稀浆残留物可以不同方法来处理，这取决于所使用的载氢体油的类型。如果使用 6 号燃油，废渣可作为水泥窑的燃料来处置。如果使用更精炼的油，可通过重力或离心分离将其从废渣中去除。然后，可对这种油进行重复使用，余下的废渣可作进一步处理用作中和剂或土埋处置（环境署 2004a）。此外，碱性催化分解工厂装备有活性炭阱，以尽量减少气体排放中挥发性有机物的排放（碱性催化分解集团公司文献）。

119. **能源需要。**由于碱性催化分解工艺相关的作业温度低，能源需要可望较低。

120. **材料需要。**这包括：

(a) 载氢体油，如 6 号燃油或 LW-104, LW-106 和 LW-110 号太阳牌油；

(b) 碳酸、碳酸氢或氢氧化碱金属或碱土金属，如碳酸氢钠。份量为受污染介质重量的 1% 到 20% 左右。所需要碱的份量取决于介质中含有的卤化污染物浓度（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2001 年）

(c) 有专利的催化剂，份量为载氢体油体积的 1%。

这一工艺的相关设备据信可随时得到（拉休曼等 2000 年）。

121. **移动性。**已建成组合式、可运输或固定的工厂。

122. **健康和安全的。**一般说来，实施此种技术带来的健康和安全风险据信较低（CMPS&F-澳大利亚环境部；拉休曼等 2000 年），不过，澳大利亚墨尔本一个碱性催化分解工厂于 1995 年失火后即不能运行。该场大火据信是由于操作没有氮气层的储存器而造成的（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。一些相关的预处理，如电容器碱预处理和溶剂萃取具有很大的失火和爆炸危险，但通过适当防范可将危险减少到最小程度（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

123. **能力。**碱性催化分解每批能处理 2, 600 加仑之多，每天能处理 2-4 批（维雅根 2002 年；环境署 2004a）。

124. **其他实际问题。**由于碱性催化分解工艺涉及从废物化合物中剥除氯，处理工艺可造成低氯化物质浓度增加。这可能在处理多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃时引起可能的关注，因为在这种情况下低同族体要比高同族体的毒性大得多。因此，对此工艺必须进行适当监测，以确保反应继续进行到完成。在过去曾报导过碱性催化分解工艺由于盐积聚而不能处理高浓度的废料（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。然而，最近据报导，这一问题已被解决（维雅根 2002 年）。

125. **经济核算。**碱性催化分解集团公司报告了以下费用估算：

(a) 许可证费各不相同；

(b) 使用专利权税为总收入/销售额的 5%到 10%不等;

(c) 对于一个 2,500 加仑的碱性催化分解液体反应器,资本费用为 80 万至 140 万美元不等;

(d) 运行费用为 728 美元至 1,772 美元不等,这取决于持久性有机污染物的浓度。

不清楚这些估算是否包括预处理和残留物处置的相关潜在费用。

126. **商业化现状。**碱性催化分解在澳大利亚国内已用在二个商用系统中。另一个商用系统在过去两年来一直在墨西哥运行。此外,碱性催化分解系统在澳大利亚、西班牙和美国已被用于短期项目。

127. **销售商。**这一技术的专利持有人为碱性催化分解集团公司,美国 45208,俄亥俄,辛辛那提 (www.bcdinternational.com)。碱性催化分解集团公司出售使用此技术的许可证。目前持有许可证的有设在澳大利亚、日本、墨西哥和美国的一些公司。

128. **附加信息。**关于进一步情况,请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年;拉休曼等 2000 年;环境署 1998 年;环境署 2001 年;环境署 2004a;和维雅根 2002 年。

(c) 水泥窑混合焚烧

129. **工艺简介。**水泥窑一般包括一个 50 到 150 米长的圆柱体,与水平面成小的斜角(3%至 4%的斜度),以每分钟 1 到 4 转的转速旋转。原料,如石灰石、硅石、矾土和氧化铁,被输入转窑的上端即冷端。坡度和旋转使原料向窑的下端即热端运动。窑在其下端燃烧,在下端温度达 1,400-1,500°C。随着原料穿过窑体运动,它们经历了干燥和高温冶金处理反应形成熟料。

130. **效率。**对于多氯联苯已报导的销毁去除率大于 99.995% (环境署 2004b)。

131. **废物类型。**如上所述,对水泥窑已用多氯联苯进行过论证,但应适用于其他持久性有机污染物。水泥窑对液体和固体废物都可处理 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;拉休曼等 2000 年;环境署 2004b)。

132. **预处理。**预处理可包括:

(a) 对固体废物事先进行热解吸;和/或

(b) 通过干燥、切碎、混合和研磨使固体和液体废物同质化。

133. **潜在的排放物和残留物。**潜在的排放物包括二氧化碳、水泥窑灰、氯化氢、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英、多氯二苯并呋喃和水蒸汽 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;卡斯滕森 2001 年)。然而,应指出的是,水泥窑可符合低于 0.1 毫微克毒性当量/标准立方米的多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃空气排放水平 (环境署 2004b)。残留物包括空气污染控制系统收集到的水泥窑灰。

134. **后处理。**工艺产生的气体需要进行处理以去除热 (以尽量减少多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃的形成)、水泥窑灰和工业废气中的有机化合物。处理方法包括使用静电除尘器、纤维过滤器和活性炭过滤器 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;卡斯滕森 2001 年;环境署 2004b)。据报导,水泥窑内多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃的浓度为十亿分之

0.4 和 2.6 之间不等¹¹ (环境署 2004b)。因此,回收的水泥窑灰在实际可行的最大范围内应送回窑内,而余下部分可能需要在专门设计的土埋场作处置。

135. 能源需要。由于操作温度高,保留时间长,对水泥窑的矿物燃料需要可能很大。新的窑炉系统有五个气旋预热器阶段和预煅烧器,每生产一毫克熟料平均将需要 2,900-3,200 兆焦耳(环境署 2004b)。

136. 材料需要。水泥制造需要大量材料,包括石灰石、硅石、矾土、氧化铁和石膏(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。

137. 移动性。水泥窑只有固定构型。

138. 健康和安全的。如果设计和操作得当,在水泥窑内处理废料可视为较安全(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)

139. 能力。水泥窑作为混合燃料之一焚烧废物通常以热需要的 40%为限(环境署 2004b)。然而,已注意到,由于其生产量大,水泥窑从潜在角度来讲可处理大量废物(环境署 1998 年)。

140. 其他具体的实际问题。窑炉处理固体废料需要对转窑作重大改建(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;环境署 2004b)。固体废料不能直接输入窑的热端,因为它们将在没有得到充分处理的情况下排入熟料;它们也不能输入窑的冷端,因为它们将挥发,得不到充分的销毁。固体应从窑的中段通过一个特制的装料斗输入。此外,老式水泥窑也许不适合处理危险废物。需要专家咨询以评估任何窑炉是否可用来处理危险废物(卡斯滕森 2001 年;拉休曼等 2000 年)。

141. 经济核算。不详。

142. 商业化现状。加拿大、美国和欧洲的水泥窑已被用来处理危险废物(卡斯滕森 2001 年)。

143. 销售商。全世界多氯联苯销毁能力盘点内查明了一些现有的水泥窑混合焚烧作业点(环境署 1998 年)。

144. 附加信息。关于进一步情况,请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年;卡斯滕森 2001 年;拉休曼等 2000 年;斯托比斯基等 2001 年;环境署 1998 年)。此外,关于可行最佳技术和最佳环保做法涉及水泥窑焚烧危险废物的信息可向欧洲委员会(2001 年)和环境署(2004b)索取。

(d) 气相化学还原法(GPCR)

145. 工艺简介。气相化学还原工艺涉及对有机化合物进行热化学还原。氢在 850°C 以上的温度和低压力下与氯化有机化合物发生反应,主要生成甲烷和氯化氢。

146. 效率。对 DDT、六氯代苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃的销毁率据报道为 99.9999%(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年;库姆林等 2001 年;和维雅根 2002 年)。

147. 废物类型。如上所述,已用 DDT、六氯代苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃对气相化学还原法进行了论证。然而,气相化学还原还应能够处理其他所有由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物(CMPS&F-澳大利亚

¹¹ 未标明毒性当量。

环境部 1997 年；环境署 2004a；维雅根 2002 年）。气相化学还原能处理高强度的持久性有机污染物废物（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。气相化学还原能处理任何类型的持久性有机污染物废物，包括水性液体、油性液体、土壤、沉积物、变压器和电容器（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；维雅根 2002 年）。

148. **预处理。**以下三种预处理装置中的一种被用于在气相化学还原反应器内作处理前使废物挥发，这取决于废物的类型：

(a) 用于散装固体，包括圆桶装固体的热还原批量处理器；

(b) 用于被污染土壤和沉积物的 TORBED 反应器，但也改装用于液体；

(c) 用于液体的液体废物预加热系统（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；库姆林等 2001 年；环境署 2001 年；环境署 2004a；维雅根 2002 年）

此外，对大型电容器和建筑碎石需要其他预处理。大型电容器被扎破放干液体，而碎石和混凝土则必须将体积减小到 1 平方米以下（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

149. **潜在排放物和残留物。**潜在排放物包括氯化氢、甲烷和低分子量的烃类。气相化学还原工艺的残留物包括用过的液体和水。固体废料投入也会产生固体残留物（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。由于气相化学还原工艺发生在减压环境下，形成多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃的可能性据说有限（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年）。

150. **后处理。**离开反应器的气体经过清洗以去除水、热、酸和二氧化碳（库姆林等 2001 年；澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年）。洗涤塔的残留物和微粒将需要在场外处置（拉休曼等 2000 年；维雅根 2002 年）。固体废物投入产生的固体残留物应适合于土埋处置（环境署 2004a）。

151. **能源需要。**工艺过程中产生的甲烷可解决一大部分燃料需要（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年；环境署 2001 年；环境署 2004a；维雅根 2002 年）。据报导，需要的电力从每处理一吨土壤为 96 千瓦小时到每处理一吨纯有机物大约为 900 千瓦小时之间不等（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

152. **物资需要。**可能需要供应氢，至少在启动期间是如此。据报导，在气相化学还原工艺过程中产生的甲烷可用来生产足够的氢来实施这一工艺（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年；环境署 2004a；维雅根 2002 年）。然而，在过去，氢气制造装置一直存在可靠性的问题（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。其他材料需要包括酸洗涤器使用的苛性碱（环境署 2004a）。

153. **移动性。**气相化学还原法有固定和可运输的二种构型（环境署 2001；环境署 2004a；维雅根 2002 年）。

154. **健康和安全。**在压力下使用氢气需要有适当的控制和安全保障措施，以确保不形成空气和氢气的爆炸性混合物（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。迄今为止取得的运行经验表明，气相化学还原可以安全地进行（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2004a）。

155. **能力。**气相化学还原法的能力取决于三个预处理装置的能力：

(a) 热还原批量处理器能力达每月 100 吨固体物或每分钟 4 升液体。二台处理器可平行使用，以便使能力翻一番；

(b) TORBED 反应器的能力为每月 5,000 吨土壤和沉积物，但是这一预处理装置仍处于开发阶段；

(c) 液体废物预热系统的能力为每分钟 3 升（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。

156. **其他实际问题。** 在早期开发阶段曾发现硫和砷等污染物影响到处理工作，不过不清楚这是否是继续存在的一个问题（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

157. **经济核算。** 据报告，对气相化学还原工艺的费用估算如下：

(a) 每吨固态有机氯农药为 4,000 至 6,000 澳元；

(b) 每吨多氯联苯和液态有机氯农药为 4,000 至 8,000 澳元；

(c) 每吨被多氯联苯污染的电容器为 6,000 至 11,000 澳元（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

158. **商业化现状。** 在加拿大和澳大利亚已有商业规模的气相化学还原工厂运行。澳大利亚的气相化学还原工厂已运行了五年多。此外，日本最近给一个半移动气相化学还原厂发给了许可证（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；库姆林等 2001 年；雷 2001 年；环境署 2004a；维雅根 2002 年）。

159. **销售商。** 此项技术的专利为 ELI 生态国际公司(www.ecologic.ca) 所有。ELI 生态国际公司出售使用该技术的许可证。

160. **附加信息。** 关于进一步情况，请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年；库姆林等 2001 年；拉休曼等 2000 年；雷 2001 年；环境署 2001 年；环境署 2004a；和 维雅根 2002 年。

(e) 危险废物焚烧法

161. **工艺简介。** 危险废物焚烧法使用受控的火焰燃烧来处理有机污染物。通常情况下，一项处理卤化物质的工艺需要加热到高于 1,000°C 的温度，滞留时间为 2 秒钟以上，使用的条件应确保适度混合。危险废物焚烧炉有多种构型，包括转窑焚烧炉、高效锅炉和轻型集料窑。

162. **效率。** 据报导，处理由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物 或受到此种污染物污染的废物的销毁去除率大于 99.9999%（纠正技术圆桌会议 2002 年；拉休曼等 2000 年；环境署 1998 年；环境署 2001 年）。

163. **废物类型。** 如上所述，废物焚烧炉能处理由任何持久性有机污染物构成的、含有此种污染物 或受到此种污染物污染的废物。焚烧炉的设计可接受任何浓度或物理形式的废物，如气体、液体、固体、废渣和稀浆(环境署 1995b)。

164. **预处理。** 根据构型的不同，预处理要求可包括混合、脱水、筛选和对废料切碎（环境署 1995b；环境署 1998 年；环境署 2004b）。

165. **潜在排放物和残留物。** 潜在排放物包括一氧化碳、二氧化碳、六氯代苯、氯化氢、微粒物质、多氯二苯并对二恶英、多氯二苯并呋喃和多氯联苯 以及水蒸气（环境署 1995b；环境署 1998 年；环境署 2004b）。据报导，对焚烧炉使用不当和管理程序落后可能造成焚化炉产生和排放多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃（环境署 2001 年）。然而，为高温设计的现代焚烧炉装备有再生成预防和专门的多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃去除设施，已解决了危险的多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃排放物的问题（环境署 2001 年）。残留物包括炉底灰、粉煤灰、盐和洗涤水。

166. **后处理。**工业废气可能需要处理，以去除氯化氢和微粒物质并防止和去除无意产生的持久性有机污染物的生成。做到这一点的办法是将几种类型的后处理结合起来，包括旋风分离器和多级旋风分离器、静电过滤器、固定床过滤器、洗涤器、选择性催化还原、快速冷却系统和碳吸附（环境署 2004b；美国环保局，2003 年）。炉底灰和粉煤灰可能需要在特别设计的土埋场处置，这取决于其特点（美国工程兵 2003 年）。

167. **能源需要。**由于在危险废物焚烧中使用高温，矿物燃料的需要可能较大。然而，所需燃油的确切数量将取决于废物的发热值。

168. **材料需要。**材料需要包括冷却水和石灰或另一种去除酸性气体的适当材料。

169. **移动性。**危险废物焚烧炉有移动型和固定型二种。

170. **健康和安全的危险。**对健康和安全的危险包括作业温度高和潜在压力高所造成的危险（美国工程兵 2003 年）。

171. **能力。**危险废物焚烧炉生产每天可处理 82 到 270 吨废物（欧洲委员会 2004 年）或每年为 30,000 到 100,000 吨（环境署 2004b）。

172. **其他实际问题。**目前尚无可报告。

173. **经济核算。**据报导，一台每年处理 70,000 吨的危险废物焚烧炉的费用结构如下（欧洲委员会 2004 年）。

	投资费用（欧元）
规划/批准	3,000,000
机械零件	16,000,000
其他部件	14,000,000
电力工程	10,000,000
基础设施工程	6,000,000
建设时间	3,000,000
总投资费用	52,000,000
	运行费用（欧元）
资本融资费用	5,000,000
人事	3,000,000
维护	4,000,000
行政	300,000
运行资源/能源	1,300,000
废物处理	800,000
其他	300,000
总运行费用	14,700,000
每吨焚烧费用（无收入）	200-300

在欧洲，危险废物焚烧炉的入门费据报导为 50 到 1,500 欧元不等（欧洲委员会 2004 年）。

174. **商业化现状。**在焚烧危险废物方面有历史悠久的经验（环境署 2001 年）。

175. **销售商。**全世界多氯联苯销毁能力盘点中查明了一些现有的废物焚烧设施（环境署

1998年)。

176. **附加信息。**关于进一步情况,请参看纠正技术圆桌会议2002年;拉休曼等2000年;环境署1995b;环境署1998年;环境署2001年;美国工程兵2003年。此外,关于可行最佳技术和最佳环保做法涉及危险废物焚烧炉方面的信息可向欧洲委员会(2004年)和环境署(2004b)索取。

(f) 间接电化学氧化

177. 间接电化学氧化有不同的方式,其中二项介绍如下:

铈氧化

178. **工艺简介。**铈氧化工艺利用电化学电池在阳极生产活性铈(IV)氧化剂,一个液相反应器进行主要的有机物销毁,一个气相反应器来销毁液相反应器逃逸出来的任何排放物和一个酸性气体洗涤器来去除酸性气体再排入大气。这项工艺在低温(90—95℃)和大气压下运行。

179. **效率。**根据试点规模的测试报告,对氯丹的销毁率大于99.995%(纳尔逊等2001年;环境署2004a;维雅根2002年)。

180. **废物类型。**铈氧化工艺适用于固体、液体和废渣(环境署2004a)。如上所述,铈氧化已在试点规模的测试中用氯丹作了论证。此外,销售商声称,此方法还适用于多氯二苯并对二恶英、多氯联苯和其他所有有机化合物。另据报导,铈氧化应适用于所有持久性有机污染物,包括高强度废物(环境署2004a)。

181. **预处理。**对固体需要减小体积。固体和废渣都需要同质化,以便作为液体用泵抽取。在处理前,将液化废物穿过一个超声波混合机,使难溶混的有机物乳化(环境署2004a)。

182. **潜在排放物和残留物。**潜在的空气排放物包括二氧化碳和氯分子。由于铈氧化在大气压和较低温度下进行这就不会在处理工艺过程中生成无意产生的持久性有机污染物(维雅根2002年)。残留物除了存在的其他异质原子产生的残留物,如硝酸盐、硫酸盐和磷酸盐外,还包括次氯酸盐(纳尔逊等2001年;环境署2004a)。

183. **后处理。**铈氧化工艺包括一个酸性气体洗涤器,以去除排放气体中的分子态氯(环境署2004a)。

184. **能源需要。**电力需要为40千瓦小时至23,000千瓦小时之间不等,取决于作业的规模(环境署2004a)。

185. **材料需要。**阳极电解液的中间贮槽用材为钛,而阴极电解液的中间贮槽由不锈钢制成。有专利的电化学T电池由聚偏二氟乙烯制成。工艺中使用的铈(IV)通过电化学池内重新氧化从还原的铈(III)中再生(铈氧化公司文献)。在铈氧化工艺中使用大量的硝酸(环境署2001年)。

186. **移动性。**小型化装置有可能做到可运输(环境署2004a)。

187. **健康和安全。**铈氧化工艺较容易控制,因为反应要求使用连续不断的电流。由于产生的气体排放物少,在排放之前可对所有排放物和残留物进行控制和分析(纳尔逊等2001年)。

188. **能力。**铈氧化工艺有多种构型,能力如下:

(a) 基本装置,由二个电化学电池构成,处理能力为每天 25 加仑(114 升);

(b) 使用多个电化学电池的单机,能力达每天 100 加仑(455 升);

(c) 有一组 30 个电化学电池的处理工厂,能力为每天 2,000 至 4,000 加仑(9,100 至 18,200 升)。

上述所有设备的能力均根据 50%的有机液体投入。可将上述各构型结合起来生产出更大型的设施(环境署 2004a)。

189. **其他实际问题。**虽然销售商声称可处理固体废物,但不清楚铈氧化工艺是否能处理大量的惰性固体(环境署 2001 年)。

190. **经济核算。**关于经济核算没有具体的信息,不过已注意到费用中最大的部分是电(环境署 2001 年)。

191. **商业化现状。**至少已售出二个商用系统。然而,对于由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物没有商业规模的经验。在加利福尼亚大学欧文分校安装了一个装置,可望于 2003 年开始处理废物。在新泽西的默克正在安装另一个系统(维雅根 2002 年)。

192. **销售商。**铈氧化公司(www.cerox.com)对铈氧化工艺拥有专利,包括铈工艺化学和实施工艺的专用设备。

193. **附加信息。**关于进一步情况,请参看科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年;纳尔逊等 2001 年;环境署 2001 年;环境署 2004a;和维雅根 2002 年。

银二

194. **工艺简介。**银 II 工艺使用银(II)来氧化有机废物流。反应发生在一个类似氯碱工业中使用的电化学电池中。工艺在低温(大约 90°C)和大气压下进行。

195. **效率。**对任何由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物的销毁率未有报导。然而,对其他废物实现的销毁率为 99.9999%(环境署 2004a;维雅根 2002 年)。

196. **废物类型。**尚未用由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物对银(II)进行论证。然而,据报导,此种技术在理论上应适用于所有持久性有机污染物(环境署 2004a)。对含水废料、油料、溶剂和某些固体已利用过银(II)(特纳 2001 年;环境署 2001 年)。关于银(II)工艺浓缩废物的作用有各种矛盾很大的报导(环境署 2001 年;环境署 2004a)。

197. **预处理。**固体和一些液体要求大大减小体积和/或进行混和(环境署 2001 年)。

198. **潜在排放物和残留物。**潜在的空气排放物包括分子态氯和二氧化碳。由于银(II)工艺在大气压和较低温度下进行,这就不会在处理工艺过程中生成无意产生的持久性有机污染物(特纳 2001 年;维雅根 2002 年)。残留物包括次氯酸盐,以及存在的其他异质原子产生的残留物,如硝酸盐、硫酸盐和磷酸盐(特纳 2001 年;维雅根 2002 年)。

199. **后处理。**为了在排入大气前去除酸性气体,有必要洗涤酸性废气。可用石灰来中和产生的酸排出物,产生的残留物可土埋处置(特纳 2001 年)。

200. **能源需要。**尚未有电力需要的报导;这种需要可能与铈氧化法类似。

201. **材料需要。** 银(II)使用氯碱工业中也使用的商用电化学电池。在银(II)工艺中, 对水、酸和银等材料进行再循环(特纳 2001 年)。
202. **移动性。** 已开发了自成一体的集装箱化工厂、可运输的组合式集装箱化工厂和大型固定工厂(特纳 2001 年; 维雅根 2002 年)。
203. **健康和安全。** 银 II 工艺较容易控制, 因为反应要求使用连续不断的电流。由于产生的气体排放物少, 在排放之前可对所有排放物和残留物进行控制和分析(特纳 2001 年)。
204. **能力。** 已使用一个规模达 12 千瓦的工厂对银(II)系统进行论证, 这相当于一处理 30 公斤(环境署 2004a)。
205. **其他实际问题。** 主要是有关处理与持久性有机污染物相关的废物的实验室规模的经验(特纳 2001 年; 环境署 2004a; 维雅根 2002 年)。对于含氯的废物, 含的氯将作为氯化银沉淀(特纳 2001 年)。对氯化银可进行处理, 以回收银。然而, 据报导, 尚未开发回收银的工艺(环境署 2004b)。硝酸再生需要氧气(环境署 2004a)。
206. **经济核算。** 据估计, 处理化学战药剂及其他军事废料的相关总费用为焚烧费的 30%(特纳 2001 年)。
207. **商业化现状。** 已在实验室规模和试点规模上对工厂进行论证, 并使用了完整的工业电解电池(特纳 2001 年)。然而, 目前没有对由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物采用银(II)工艺的论证信息。AEA 技术公司已建议对银(II)工艺对农药的有效性进行评估(特纳 2001 年)。
208. **销售商。** AEA 技术公司(www.aeat.com)的银(II)工艺已取得专利对范围广泛的各种有机基质进行矿化。
209. **附加信息。** 关于进一步情况, 请参看科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年; 拉休曼等 2000 年; 特纳 2001 年; 环境署 2001 年; 环境署 2004a; 和维雅根 2002 年。

(g) 等离子体电弧

210. 等离子体电弧系统有几种不同的构型。其中三种简介如下。

PLASCON

211. **工艺简介。** PLASCON 工艺使用的是温度高于 3,000°C 的等离子体电弧来热解废物。将废物和氩一起直接注入等离子弧。高温使化合物分解成其元素的离子和原子。在反应室的较冷区域进行再化合, 然后进行淬火从而生成简单的分子(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。
212. **效率。** 对多氯联苯进行实验室测试达到的销毁去除率为 99.9999% 到 99.999999% 的范围(拉休曼等 2000 年; 环境署 2004a)。
213. **废物类型。** 如上所述, 已用含有 60% 多氯联苯的多氯联苯油类对 PLASCON 进行了论证。最近, 澳大利亚已安装配置就序一家 PLASCON 工厂, 以便销毁农药废物(环境署 2004a)。待处理的废物类型如果是可用泵抽的细稀泥形式, 必须是液体、气体或固体。对于厚度大于 30 到 40 重量电动机润滑油的高粘度液体或废渣未经预处理不能进行处理。对其他固体废物除非进行某种形式的预处理也不能进行处理(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 环境署 2004a)

214. **预处理。** 对大多数液体不需要进行预处理。对于受污染的土壤、电容器和变压器之类的固体可利用热解吸或溶剂萃取进行预处理（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2004a）。

215. **潜在排放物和残留物。** 排放物包括由氫、二氧化碳和水蒸汽组成的气体。残留物包括一种无机钠盐的水溶液，即氯化钠、重碳酸钠和氟化钠。对多氯联苯的实验室测试表明，在洗涤水和烟道气中多氯二苯并对二恶英的水平为万亿分之几的范围（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年）。在澳大利亚的一家用来销毁各种废物的 PLASCON 工厂，排放的排出物中的多氯联苯水平符合十亿分之二的限额（环境署 2004a）。固体残留物中持久性有机污染物浓度不得而知（环境署 2004a）。

216. **后处理。** 目前，关于后处理的要求没有多少信息。

217. **能源需要。** 一个 150 千瓦的 PLASCON 装置对每吨废物需要 1,000 到 3,000 千瓦小时的电（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

218. **材料需要。** 关于材料需要目前没有掌握多少信息。然而，已注意到，这一工艺的确需要氫气、氧气、苛性碱和冷却水（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2004a）。

219. **移动性。** PLASCON 装置有可运输的和固定的（环境署 2004a）。

220. **健康和安全的。** 由于 PLASCON 工艺涉及的废物库存不大，因此在工艺出故障后释放经部分处理的废物的风险也小（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2004a）。目前，关于健康和安全的没有什么进一步的信息。

221. **能力。** 一台 150 千瓦的 PLASCON 装置每天能处理 1 到 3 吨废物（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；环境署 2004a）。

222. **其他实际问题。** 目前无可报告。

223. **经济核算。** 一套 150 千瓦的 PLASCON 装置的资本费用约为一百万美元，这取决于构型。运行费用，包括劳动力，各各不同，但是估计不超过每吨 3,000 澳元，一般的运行费用为每吨 1,500 澳元到 2,000 澳元之间。费用的变化取决于以下因素，如：

- (a) 输入的废物—分子结构、重量和浓度；
- (b) 电力费用；
- (c) 氫和氧的费用；
- (d) 地理位置和场址特有的问题；
- (e) 苛性碱费用；
- (f) 要求的排放限量（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年；环境署 2004a）。

不清楚以上费用是否包括固体废料预处理的相关费用。

224. **商业化现状。** 目前，在澳大利亚昆士兰有一家工厂正从事处理高强度多氯联苯废料的业务（环境署 2004a）。澳大利亚还使用了其他二家商业工厂处理除草剂废物和臭气耗竭物质（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；雷 2001 年）。

225. **销售商。** 此种技术的专利为美国，俄亥俄，辛辛那提，BCD 集团公司所有（www.bcdinternational.com）。该公司出售使用此技术的许可证。

226. **附加信息。** 关于进一步情况，请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年；拉休曼等 2000 年；雷 2001 年；环境署 1998 年；环境署 2000 年；环境署 2001 年；环境署 2004a。

等离子体电弧离心处理法 (PACT)

227. **工艺简介。** 等离子体电弧离心处理法使用等离子弧产生的热来熔化废物中的无机部分，同时处理有机部分。废物被输入由等离子焰炬加热的一个离心室。熔化材料达到的温度约为 3,000°C，而气体温度为 927°C 到 1,200°C 之间。熔化材料被排空注入一钢渣模。工业废气被导入第二个由另一个等离子焰炬加热的燃烧室。工业废气被保留在第二个燃烧室内，停留时间为二秒钟，温度为 1,200°C。

228. **效率。** 据报导，这一工艺的销毁去除率为 99.99%（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年）。此外，销售商还声称，对六氯代苯污染的柴油销毁去除率达到 99.9999% 以上（沃马克 1999 年）。

229. **废物类型。** 如上所述，已用六氯代苯废物对等离子体电弧离心处理法进行论证。等离子体电弧离心处理法能处理任何类型、任何浓度的废物，即固体、液体和气体废物（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

230. **预处理。** 由于此项工艺可直接处理多种多样的废物，通常不要求进行预处理（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

231. **潜在排放物和残留物。** 等离子体电弧离心处理法可在热解条件下实施，气压降低，以避免或尽量减少多氯二苯并对二恶英的生成和气体体积（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；拉休曼等 2000 年）。根据输入的废物性质，残留物包括一种炉渣样的固体材料。据报导，还未发现介绍工艺残留物中未销毁化学物浓度的数据（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。然而，销售商声称这种炉渣样的固体材料符合作为非危险材料考虑的可浸出性标准（沃马克 1999 年）。

232. **后处理。** 在排出前需要对气体排放进行处理，以去除酸性气体和微粒。典型的气体处理可包括一个淬火冷却箱、一个喷射洗涤器、一个充填床洗涤器和一个除雾器（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

233. **能源需要。** 目前还没有关于能源需要的具体信息。然而，可能需要大量的电来产生等离子电弧。

234. **材料需要。** 目前还没有什么关于材料需要的具体信息。然而，这一工艺可能需要大量水，用于冷却。

235. **移动性。** 据报导，小工厂规模的等离子体电弧离心处理工艺可以运输（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。

236. **健康和安全。** 与此种技术相关的健康和安全风险似乎较低，有几个原因，包括：

(a) 可以将废物圆桶不打开就输入工艺中去，排除了人员直接接触危险废物的现象；

(b) 使用机械密封和在负压下作业防止逃逸的排放物的释放；

(c) 利用水冷却室，降低了外表的温度，并允许较快地关机（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；海军设施工程服务中心 2001 年）。

237. **能力。** 销售商声称，完整的系统每小时可处理 1,000 公斤 (Retech 文献)。
238. **其他实际问题。** 去除废物无机部分形成的挥发性金属和微粒可能需要由一个常规的气体洗涤器或气体处理系统来完成 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。
239. **经济核算。** 据报导，等离子体电弧离心处理法的资本费用较高 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 拉休曼等 2000 年)。 据报导，运行成本在每吨 4,000 澳元到 8,000 澳元之间 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 拉休曼等 2000 年)。
240. **商业化现状。** 据报导，至少有六个生产规模的运行实例 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; Retech 文献; 沃马克 1999 年)。然而，不清楚这些运行单位中是否有哪一个处理由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物 或受到此种污染物污染的废物。
241. **销售商。** 销售商包括 ReTech 系统 LLC (www.retechsystemsllc.com)。
242. **附加信息。** 关于进一步情况，请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年; 海军设施工程服务中心 2001 年; 拉休曼等 2000 年; 雷 2001 年; 环境署 1998 年; 环境署 2000 年; 环境署 2001 年; 和沃马克 1999 年。

等离子体废物转换器 (PWC)

243. **工艺简介。** 等离子体废物转换器迫使气体穿过一个电场，以便使气体电离化成为等离子体。等离子体运作温度为 3,000°C 到 4,000°C。等离子体室在标准大气压下运行。废物被还原成其金属成份、一种炉渣和一种气体 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。
244. **效率。** 目前没有关于效率的具体信息。
245. **废物类型。** 等离子体废物转换器工艺可处理任何类型，任何浓度的废物，即固体、液体和气体废物 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 环境署 2004a)。 据报导，等离子体废物转换器能处理农药废物 (环境署 2004a)。 销售商声称，此工艺可适用于处理多氯联苯。
246. **预处理。** 由于此工艺可直接处理各种不同类型的废物，通常不需要预处理 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。
247. **潜在排放物和残留物。** 据报导，气体排放物包括一氧化碳、二氧化碳和氢 (环境署 2004a)。 另据报导，对从处理室顶部回收的气体可作处理并重复用作化学原料或燃气 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。 固体残留物包括金属和惰性硅酸盐石 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。
248. **后处理。** 在排放前可能需要对气体排放物进行后处理，以便去除酸性气体和微粒。典型的气体处理可包括一个淬火冷却箱、一个喷射洗涤器、一个充填床洗涤器和一个除雾器。
249. **能源需要。** 据报导，使用这一工艺需要的能源投入不大 (环境署 2004a)。
250. **材料需要。** 据报导，将需要供应的冷却水不多 (环境署 2004a)。
251. **移动性。** 等离子体废物转换器工艺有固定和移动二种构型 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 环境署 2004a)。
252. **健康和安全。** 据报导，内部冷却水泄漏可能引起爆炸 (环境署 2004a)。此外，据报道，在装卸工艺产生的熔化金属和炉渣时需要小心 (CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。
253. **能力。** 等离子体废物转换器经论证每小时可处理 50-100 千克，商用装置的设计能力为

每天 10 吨(环境署 2004a)。

254. **其他实际问题。**目下无可报告。

255. **经济核算。**一套每小时处理 180 公斤的装置费用约为 160 万澳元。运行费用据报导约为每吨 413 澳元, 但将取决于所处理的是何种废物(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。

256. **商业化现状。**一名销售商报告, 在日本已有了商用设施, 其中一个用于处理多氯联苯废物(Startech 环境公司文献)。此外, 据报导, 等离子体废物转换器是一种已经论证并在实际使用的商用技术(环境署 2004a)。

257. **销售商。**销售商包括 Startech 环境公司(www.startech.net)。

258. **附加信息。**关于进一步情况, 请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年; 环境署 1998 年; 环境署 2000 年; 环境署 2001 年; 和环境署 2004a。

(h) 超临界水氧化法 (SCWO)

259. **工艺简介。**超临界水氧化法在一个封闭系统内处理废物, 在水中使用一种氧化物(如氧、过氧化氢、亚硝酸盐、硝酸盐), 使用的温度和压力高于水的临界点(374°C 和 218 个大气压)。在这种条件下, 有机材料变得高度溶于水并被氧化, 产生二氧化碳、水和无机酸或盐。

260. **效率。**在实验室用多氯二苯并对二恶英和农药作试验, 证明对持久性有机污染物的销毁去除率高达 99.9999%。(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 拉休曼等 2000 年; 维雅根 2002 年)。

261. **废物种类。**超临界水氧化据信适用于所有持久性有机污染物(环境署 2004b)。适用的废物类型包括含水废物、油类、溶剂和直径小于 200 微米的固体。废物的有机含量限于 20% 以下(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 拉休曼等 2000 年; 维雅根 2002 年)。

262. **预处理。**浓缩的废物在处理前必须稀释, 以便将有机物含量减到 20% 以下。如果存在固体物, 必须将其直径减小到 200 微米以下。

263. **潜在排放物和残留物。**据报导, 排放物中不含有氧化氮或酸性气体, 如氯化氢或氧化硫, 如果废物含有无机盐或带卤素、硫或磷的有机物, 工艺的残留物即由水和固体组成(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年)。关于未销毁的化学品的潜在浓度, 报导的信息有限(CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年; 环境署 2004a)。这种工艺的设计做到在必要时可收集排放物和残留物以进行再处理(环境署 2004a)。

264. **后处理。**目前关于后处理的要求没有具体信息。

265. **能源要求。**据估计, 由于高温和高压相结合, 能源需要将较高。然而, 据称, 只要在原料中有较高的碳氢化合物含量, 不需要投入能量来将原料加热到超临界温度(拉休曼等 2000 年)。

266. **材料要求。**制造超临界水氧化反应器的材料必须能抗住卤离子造成的腐蚀(维雅根 2002 年)。在超临界水氧化工艺中使用的温度和压力下, 材料腐蚀会很严重。过去, 曾建议使用钛合金来解决这一问题。现在的销售商声称, 通过使用先进的材料和工程设计已解决了这一问题(维雅根 2002 年)。

267. **移动性。** 超临界水氧化装置目前使用的是固定构型，但据信可以运输（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。
268. **健康和安全。** 这一工艺所使用的高温、高压要求采取特别的安全防范措施（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。
269. **能力。** 目前的超临界水氧化演示装置每小时能处理 500 公斤，而完整的装置的设计能力是每小时处理 2,700 公斤（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。
270. **其他实际问题。** 早期的设计遇到了可靠性、腐蚀和堵塞等问题。然而，现在的销售商声称，已通过使用特别设计的反应器和防腐材料解决了这些问题（环境署 2004a；维雅根 2002 年）。
271. **经济核算。** 假设据报导已作了一些预处理，费用为每干吨 120 美元到 140 美元（CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年）。不清楚这一估算是否包括了处理任何残留物产生的资本费用或费用。
272. **商业化现状。** 一个完整的商用工厂最近开始在日本运行。此外，在美国的化学武器方案中已批准对超临界水氧化工艺进行全面开发和使用。
273. **销售商。** 销售商包括：
- (a) 通用原子能 (www.ga.com)；
 - (b) 福斯特·惠勒开发公司 (www.fosterwheeler.com)。
274. **附加信息。** 关于进一步情况，请参看 CMPS&F-澳大利亚环境部 1997 年；科斯特纳、勒斯科姆和辛普森 1998 年；拉休曼等 2000 年；环境署 2001 年；和环境署 2004a。

3. 当销毁或不可逆转的转换并不是环保角度可取的选择时的其他处理办法

275. 果销毁或不可逆转的转换并不是环保角度可取的选择时，对于持久性有机污染物含量高于本报告 IIIA 节提及的持久性有机污染物低含量的废物，一个国家可允许用其他手段来处置这些废物。
276. 可考虑采用其他处置方法的含有持久性有机污染物或受到此种污染物污染的废物包括以下各种：
- (a) 发电站和其他燃烧型工厂（下文(d)提及的除外）；钢铁工业；以及铝、铅、锌、铜和其他有色金属热冶金行业产生的废料。这包括炉底残灰、炉渣、盐渣、粉煤灰、锅炉灰、烟道气灰、其他微粒和灰尘、处理气体产生的固体废物、黑浮渣、处理盐渣和黑浮渣产生的废物以及各种撇浮渣；
 - (b) 冶金工艺的碳基炉衬和其他炉衬以及耐火材料；
 - (c) 下列建筑和爆破废料：
 - (i) 混凝土、砖头、瓦片和陶瓷的混合物或单独的碎块；
 - (ii) 土壤、包括受污染地点挖出的土壤、石头和挖泥机挖出的泥土；
 - (iii) 土壤和石头的无机部分；

- (iv) 含有多氯联苯的建筑和爆破垃圾, 不包括含有多氯联苯的设备;
- (d) 焚烧或热解废物产生的废物; 处理气体产生的固体废物、炉底灰、炉渣、烟灰和锅炉灰;
- (e) 陶瓷化的废物和陶化产生的废物, 包括粉煤尘和其他烟道气处理的废物和非陶化的固相物;
- (f) 含有多氯联苯的汽车切碎后残留物。

277. 使有关国家的主管当局相信, 根据最佳环保做法或可行最佳技术实施对这种持久性有机污染物含量进行销毁和不可逆变的转换并不是环保角度可取的选择。

278. 在销毁或不可逆转的转换并不是环保角度可取的选择时, 其他的处置方面包括以下所介绍的几种:

(a) 特别设计的土埋

279. 一项特别设计的土埋工程一般具有的特点是安装了排水系统以回收泄漏物, 规定对浸出液进行管理包括再循环并酌情安装气体控制系统。作业许可证应包括关于可接受的废物类型和浓度、浸出液和气体控制系统、监测、现场保安、封闭和封闭后工作的具体规定。

280. 下列含有持久性有机污染物或受到此种污染物污染的废物不适宜于在危险废物土埋场内处置:

- (a) 含有易流动液体的液体和材料;
- (b) 空容器, 除非已压扁、切碎或类似地缩小体积;
- (c) 爆炸物、易燃固体、自燃物质、遇水反应的材料、氧化剂和有机过氧化物。

281. 进一步情况载于*特别设计土埋的技术指南* (D5) (环境署 1995b)。

(b) 在地下矿井中永久储存

282. 在位于盐矿(和坚硬岩石)内的设施中永久储存是将危险废物与生物圈分开多个地质时代的一种选择办法。对每一个计划的地下储存行动应根据有关的国家立法, 如欧洲“理事会 2002 年 12 月 19 日根据 1999/31/EC 号指令第 16 条和附件 II 确定在土埋场接受废物的标准和程序的 2003/33/EC 号决定”附件的附录 A 的规定进行有场址特点的保安评估。

283. 对于任何拟通过地下储存来处置的废物应实行有关当局规定的验收程序。此类废物应储存在化学和机械方面都安全的容器内。其处置方法应排除不同废物之间以及废物和储藏内衬之间发生不良反应。液体、气体废物; 产生毒气的废物; 爆炸性、可燃或有传染性的废物不得作地下储存。有关当局可规定哪些废物类型一般应排除在外。

284. 在选择在地下矿井中永久储存以处置由持久性有机污染物构成的、含有此种污染物或受到此种污染物污染的废物时应考虑以下因素:

- (a) 用于储存的洞穴或坑道应与正在使用的采矿区完全隔绝, 不得为了再次采矿而打开;
- (b) 洞穴或坑道应位于有关地区现有地下水区域下方很远的一个地质结构内或一个(由不可渗透的岩石或泥土层将其)与含水区完全隔绝的结构内;

(c) 洞穴和坑道应位于极其稳定的地质结构内，而不是位于地震区。

4. 在持久性有机污染物低含量情况下的其他处置方法

285. 除了上述处置办法外，含有持久性有机污染物或受到此种污染物污染的废物如果浓度在持久性有机污染物低含量以下的，可根据国家有关立法和国际规则、标准和准则，包括根据《巴塞尔公约》制定的具体技术准则进行处置。有关国家立法的实例载于关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则 附录 2。

H. 受污染场址的纠正

286. 装卸和储存做法不当会导致多氯联苯在这些化学品的储存场所发生泄漏，使这些场址受到严重的多氯联苯污染。这种受严重污染的场址可造成严重的健康问题。关于受污染场址鉴定和纠正的信息请参看关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.8 节。

I. 健康和安全的

287. 一个具体设施的健康和安全计划应由在多氯联苯、多溴联苯和/或多氯三联苯管理方面有经验并经过培训的专业健康和安全生产人员来制订。一般说来，保护工人不受化学危害有三种主要方法（按优先考虑的次序排列）：

- (a) 让工人避开所有可能的污染源；
- (b) 控制污染物，以便尽量减少接触的可能；
- (c) 使用人身保护设备保护工人。

288. 所有健康和安全生产计划都应遵循上述原则并承认当地或国家的劳工标准。关于进一步情况，请参看 关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.9 节。

1. 大容量、高浓度或高风险情况

289. 多氯联苯 多氯三联苯或多溴联苯的大容量、高浓度或高风险情况可包括：

- (a) 有大型或多台多氯联苯变压器的电力室；
- (b) 为运输进行装卸；
- (c) 专用(大容量)储存场地；
- (d) 处理和处置区域；
- (e) 表面或近表面受到高浓度多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯污染的场址。

290. 至少应将以下内容列入针对大容量、高浓度或高风险情况的多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯健康和安全生产计划：

- (a) 健康和安全生产计划(HASP)应印成书面，在每一场址张贴一份；
- (b) 每个将进入场址的工人应阅读健康和安全生产计划并签字表示已阅并了解内容；

(c) 健康和计划的写法可包括场址上的所有危险，但应有一章节专门详细介绍针对多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯的程序；

(d) 只有在检修设备或检查储存材料必需时工人才应进入场址；

(e) 进入场址的工人应接受适当的针对化学、物理和生物危险的健康和安全以及操作培训；

(f) 每年应进行健康和安全教育；

(g) 应定期监测多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯，以查明空气中的这些污染物；

(h) 在适当情况下，进入场址的工人应戴上适当的呼吸保护器具，不可渗透的织物应复盖全身（即，有头套的工作服、面罩、手套和鞋套、或一整套紧身衣裤）；

(i) 在所有含有多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯的区域应有溢出物清洗工具箱和人身脱污材料；

(j) 对定期进入或应定期进入场址或接触这些物质的工人应进行医学监测，包括基线体检；

(k) 如果要在一个开放的系统内装卸多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯，或者有理由预期一个工人的保护服装可能接触到多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯，则应设立一个减污区，以便可对工人进行脱污并去除他们的保护设备；

(l) 健康和计划以及一般的工作程序至少应每年审查一次，并在必要时进行修改以确保场址安全和健康。

2. 低容量、低浓度场址或低风险情况

291. 上一节介绍的健康和安全做法不适用于所含多氯联苯、多氯三联苯和/或多溴联苯的量或浓度不被认为是严重的或会长期危害人体健康和环境的场址。低容量、低浓度或低风险情况可包括：

(a) 含有低度多氯联苯污染的矿物油的电力变压器或其他设备；

(b) 含有带少量或低浓度多氯联苯或被其污染的产品或物品的财产（如荧光灯设备中含有多氯联苯的灯用镇流器）；

(c) 无意产生和释放对人类接触极限来说是非常小浓度的多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯的设施；

(d) 被低浓度多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯污染的场址或污染不可能直接与工人接触的场址（例如污染发生在地下或水下，并没有在将其开挖出来）。

292. 尽管风险低，但仍应采取一些健康和措施来尽可能减少接触，包括对可能接触多氯联苯、多氯三联苯或多溴联苯的人员进行安全培训。

J. 应急响应

293. 对正在使用、储存、运输或放在处置场址的多氯联苯、多溴联苯和多氯三联苯应制订应急响应计划。关于应急计划的进一步情况载于关于对由持久性有机污染物构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.10 节或为多氯

联苯 和被多氯联苯污染的设备制订一项无害环境的国家计划：培训手册（环境署 2003a）。

K. 公众参与

294. 《巴塞尔公约》 或《斯德哥尔摩公约》各缔约方应有一个开放的公共参与进程。关于进一步情况，请参看 关于对由持久性有机污染物 构成、含有此类污染物或受到此类污染物污染的废物实行无害环境管理的一般性技术准则第 4.11 节。

注意： 只有很少几个国家已试图对多溴联苯或多氯三联苯进行盘存。制订这些化学品的盘存也许是“不可能的”，只能确定正使用和储藏的散装材料（詹森和乔根森 1983 年）。这是因为大多数多溴联苯和多氯三联苯的用途分散，含有这些物质的产品没有标记或信息。

附件 一

多氯联苯、多氯三联苯和多溴联苯的同义词和商品名称

化学品	一些同义词和商品名称 ¹²
多氯联苯	Aceclor, Adkarel, ALC, Apirolio (意大利), Arochlor, Arochlors, Aroclor (有译: 亚老哥乐) /Arochlor(s) (美国), Arubren, Asbestol, Ask/Askarel (有译: 爱斯开勒) /Askael, Auxol, Bakola, Biphenyl, Chlophen, Chloretol, Chlorestol, Chlorfin, Chlorinal/Chlorinol, Chlorinated biphenyl, Chlorinated diphenyl, Chlorobiphenyl, Chlorodiphenyl, Chlorphen, Chorextol, Chorinol, Clophen/Clophenharz (德国), Cloresil, Clorinal, Clorphen, Decachlorodiphenyl, Delor, Delorene, Diaclor, Dicolor, Diconal, DK, Duconal, Dykanol, Educarel, EEC-18, Elaol (德国), Electrophenyl, Elemex, Elinol, Eucarel, Fenchlor (意大利), Fenclor, Fenocloro, Gilotherm, Hydol, Hyrol, Hyvol, Inclor, Inerteen, Inertenn, Kanechlor (日本), Kaneclor, Kennechlor, Kenneclor, Leromoll, Magvar, MCS 1489, Montar, Nopolin, NoFlamol, No-Flamol, Non-Flamol, Olex-sf-d, Orophene, Pheaoclor, Phenochlor, Phenoclor (法国), Plastivar, Polychlorinated diphenyl, Polychlorinated diphenyls, Polychlorobiphenyl, Polychlorodiphenyl, Prodelec, Pydraul, Pyraclor, Pyralene (法国), Pyranol (美国), Pyroclor (美国), Pyronol, Safe-T-Kuhl, Saf-T-Kohl, Saf-T-Kuhl, Santosol, Santotherm (日本), Santovac, Solvol, Sorol, Soval, Sovol (苏联), Sovtol, Terphenychlore, Thermanal, Therminol, Turbinol
多氯三联苯	Aroclor (美国), Clophen Harz (W), Cloresil (A, B, 100), Electrophenyl T-50 and T60, Kanechlor KC-C (日本), Leromoll, Phenoclor, Pydraul
多溴联苯	Adine 0102, BB-9, Berkflam B ₁₀ , Bromkal 80, Firemaster BP-6, Firemaster FF-1, Flammex B-10, hbb, hexabromobiphenyl, HFO 101, obb, BB-8

¹² 此商品名称名单并不是包罗无遗的。

附件 二

书目

北极方案 (北极检测和评估方案)。2000年。在俄罗斯联邦逐步淘汰多氯联苯和管理受多氯联苯污染的废物的多边合作项目——第一阶段: 北极检测和评估方案。挪威, 奥斯陆。

中国国家环境保护局。2002年。职权范围: *制定一套多氯联苯盘存方法和在中国减少和处置多氯联苯的战略草案 (草案)*。为世界银行编制的文件。中国, 北京。

CMPS&F - 澳大利亚环境部。1997年。处理列入表内的废物适用技术的审查报告第4号。见 www.deh.gov.au。

科斯特纳, P., D. 勒斯科姆和 M. 辛普森。1998年。销毁储存的持久性有机污染物的技术标准。绿色和平国际服务股。

加拿大环境部。1988年。多氯联苯 (PCB) - 在加拿大环境中的命运和影响。加拿大环境部报告 EPS 4/HA/2, 1988年5月。

欧洲委员会。2001年。水泥和石灰制造业内可行最佳技术的参考文件。见 <http://europa.eu.int/comm/environment/ipcc/>。

欧洲委员会。2004年。关于废物焚烧的最佳可行技术的参考文件草案。2004年3月。见 <http://europa.eu.int/comm/environment/ipcc/>。

纠正技术圆桌会议 (联邦纠正技术圆桌会议)。2002年。纠正技术筛选矩阵和参考指南, 版本 4.0。见 www.frtr.gov/matrix2/top_page.html。

霍洛贝克, I. 2000年。全世界受多氯联苯 (PCB) 污染的场址。从 <http://www.recetox.chemi.muni.cz/PCB/content173.htm> 下载。

海事组织 (国际海事组织)。2002年。国际海上危险物品规则。见 www.imo.org。

化学安全方案 (国际化学安全方案)。1992年。环境卫生标准140: 多氯联苯和 多氯三联苯。环境署、劳工组织和卫生组织出版, 日内瓦。

化学安全方案 (国际化学安全方案)。1994年。环境卫生标准152: 多溴联苯。环境署、劳工组织和卫生组织出版, 日内瓦。

詹森, A.A 和 K.F. 乔根森。1983年。多氯三联苯 (PCT) 的用途、水平和生物影响。Sci. Total Environ. 27:231-250。

卡斯滕森, K.H. 2001年。发展中国家在水泥窑中处置过时农药: 吸取的经验教训——怎样继续进行。第六届国际六六六和农药论坛汇编, 波兰, 波茨坦, 2001年3月20-22日。

库姆林, K. 伊利莎白、道格拉斯·J. 格雷、吉姆·P. 鲍尔和谢里·E. 伍德兰。2001年。六氯代苯和其他氯化化合物的气相化学还原: 废物处理经验和应用。第六届国际六六六和农药论坛汇编, 波兰, 波茨坦, 2001年3月20-22日。

拉森, C. S. 洛克和 L.I. 安德森。1999年。溴化阻燃剂-物质流分析和选择评估。环境项目 494号, 丹麦环保局, 哥本哈根。见 www.mst.dk/udgiv/Publications/1999/87-7909-416-3/html/default_eng.htm。

海军设施工程服务中心。2001年。军队联合污染预防机会手册，II-10 等离子体电弧技术。见 http://p2library.nfesc.navy.mil/P2_Opportunity_Handbook。

纳尔逊·诺韦尔，托马斯·诺斯底特，G. 安东尼·斯图尔德，温德尔·佩尔，斯蒂夫·奥伯格和胡安·瓦利拉。2001年。使用铈氧化法销毁高氯化农药及除草剂。第六届国际六六六和农药论坛汇编，波兰，波茨坦，2001年3月20-22日。

经合组织(经济合作与发展组织)。2004年。理事会关于对废物进行无害环境管理(ESM)的建议草案C(2004)100。2004年6月9日通过。见 www.oecd.org。

皮索尔, P. 1989年。移动和固定设施销毁多氯联苯 评估。加拿大环保局报告 EPS 3/HA/5, 1989年5月。

拉休曼, M.S.M.穆吉勃、卢吉·皮斯顿、费路西奥·特里费路和斯坦尼斯拉夫·迈尔图。2000年。多氯联苯(PCBs)的销毁技术。见 www.unido.org。

雷,伊恩D.澳大利亚的氯化废物管理。第六届国际六六六和农药论坛汇编，波兰，波茨坦，2001年3月20-22日。

斯托比斯基, S. J. 西兹科夫斯基、A.西洛维斯基和 T. 斯托比斯基。2001年。作为备择燃料在水泥窑中处置农药：项目概述。第六届国际六六六和农药论坛汇编，波兰，波茨坦，2001年3月20-22日。

特纳, 安德鲁 D. 2001年。ACWA银II农药和除草剂销毁方案的影响，第六届国际六六六和农药论坛汇编，波兰，波茨坦，2001年3月20-22日。

欧洲经委会(联合国欧洲经济委员会)。2002年。关于生产和使用多氯联苯的报告(草稿)。为欧洲经委会持久性有机污染物专家小组编写。

环境署(联合国环境规划署)。1995a。《*巴塞尔公约*》执行手册。见 www.basel.int。

环境署(联合国环境规划署)。1995b。陆上焚烧技术准则(DI0)。见 www.basel.int。

环境署(联合国环境规划署)。1998年。全世界多氯联苯销毁能力调查。见 www.chem.unep.ch。

环境署(联合国环境规划署)。1999年。鉴定多氯联苯和含多氯联苯材料的准则。见 www.chem.unep.ch。

环境署(联合国环境规划署)。2000年。现有非焚烧销毁多氯联苯技术调查。见 www.chem.unep.ch。

环境署(联合国环境规划署)。2001年。对多氯联苯和其他持久性有机污染物废物的销毁和脱污技术第三部分。见 www.basel.int。

环境署(联合国环境规划署)。2003a。为多氯联苯和受多氯联苯污染的设备制订一项无害环境的国家计划: 培训手册。见 www.basel.int。

环境署(联合国环境规划署)。2003b。制订一项斯德哥尔摩公约国家执行计划的临时指南。见 www.pops.int。

环境署(联合国环境规划署)。2003c。对多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃进行鉴定和定量的标准工具箱。见 www.pops.int。

环境署(联合国环境规划署)。2004a。审查新兴有创意的**持久性有机污染物** 销毁和脱污技术并鉴定有前途的技术以用于发展中国家。见 www.unep.org/stapgef。

环境署(联合国环境规划署)。2004b。可行最佳技术准则草案和最佳环保做法的临时准则。见 www.pops.int。

美国陆军工程兵。2003年。危险有毒放射性废物**纠正技术的安全和健康问题**。见 www.usace.army.mil。

美国环境保护局。2003年。现场焚烧：**超级基金的运作经验概览**。见 www.epa.gov。

维雅根,约翰。2002年。北约/现代社会挑战委员会试点研究：**受污染地表水和地下水经论证的新兴处理技术评估**。见www.unep.org/stapgef。

沃马克, R.K. 1999年。使用离心法对废物进行等离子体电弧陶化。矿物学刊: 矿物、金属和材料学会成员会刊。见 www.tms.org/pubs/journals/JOM。

