



关于持久性有机污染物的 斯德哥尔摩公约

Chinese
Original:English

持久性有机污染物审查委员会
第九次会议
2013年10月14-18日，罗马

持久性有机污染物审查委员会第九次会议工作报告

增编

关于六氯丁二烯的风险管理评估

在其第九次会议的第 POPRC-9/2 号决定中，持久性有机污染物审查委员会根据载于文件 UNEP/POPS/POPRC.9/5 中的相关修正草案，通过了关于六氯丁二烯的风险管理评估。经过修订的这一风险管理评估的案文现列于本增编的附件之中。案文未经正式编辑。

附件

六氯丁二烯

风险管理评估

持久性有机污染物审查委员会
六氯丁二烯问题特设工作组撰写

2013年10月18日

目录

执行摘要.....	4
1. 导言.....	5
1.1 拟议物质的化学特性.....	5
1.2 持久性有机污染物审查委员会就附件 E 资料得出的结论.....	6
1.3 数据来源.....	7
1.4 国际公约下的化学品状况	7
1.5 各国或各区域采取的任何控制行动.....	7
2. 与风险管理评估有关的资料概述	10
2.1 关于来源、释放和措施的其他相关信息	10
2.2 确定拟采取的控制措施.....	15
2.3 可能的控制措施在实现风险降低目标方面的功效和效率.....	18
2.4 关于替代产品和替代工艺的信息	19
2.5 关于实施可能的控制措施对社会的影响的资料概述.....	19
2.6 其他考虑因素	20
3. 信息综述.....	20
4. 结论综述.....	22
参考文献.....	24

执行摘要

1. 欧盟委员会及其成员国提交了一份根据《公约》第 8 条第 1 款将六氯丁二烯列入《斯德哥尔摩公约》附件 A、B 和/或 C 的提案。2012 年 10 月举行的持久性有机污染物审查委员会第八次会议通过了六氯丁二烯风险简介。委员会决定：(1)六氯丁二烯可能由于远距离环境迁移而对人类健康和环境造成重大不利影响，所以需要采取全球行动；(2)编制一份包括可能的六氯丁二烯控制措施分析在内的风险管理评估文件；以及(3)请缔约方和观察员于 2013 年 1 月 11 日前，向秘书处提交附件 F 明确规定的资料，以及与附件 E 有关的额外资料，特别是诸如六氯丁二烯的有意生产和/或无意释放等排放源方面的相关数据。

2. 六氯丁二烯是一种脂肪族卤代烃化合物，可用于多种技术和农业用途，例如，在化学工业中，六氯丁二烯被用作中间产物或产品。之前，人们有意生产六氯丁二烯并将其用作橡胶及其他聚合物的溶剂；回收含氯气体或从气体中清除挥发性有机成分的“清洗剂”；液压液、热传导液或变压器油；或用在陀螺仪中。六氯丁二烯还在铝和石墨棒的生产中使用，还可用作植物保护产品。据了解，当前不存在有意生产或使用六氯丁二烯的情况。为限制可能的剩余用途并防止再引入其他用途，将六氯丁二烯列入附件 A 并不授予任何特定豁免是对有意排放来源最有效的控制措施。这样的话，六氯丁二烯将需遵守《公约》第 3 条的规定，以及消除其生产、使用、进口和出口的要求。当前及过去三十年来，有关有意生产和使用的具体资料非常缺乏，但六氯丁二烯的各种用途似乎都已停止。这表明，已落实了替代措施，而且已有可用的替代品。预计消除六氯丁二烯有意生产和使用不会产生额外费用。预计消费者承担的费用不会增加，因为已经在使用各种替代品。禁止使用六氯丁二烯有利于保护人类健康和环境，因为这样可以防止重新引入六氯丁二烯和造成相关风险，而且全球当前未查明的有意生产和使用都将终止。

3. 工业工艺和其他来源会无意地生产并释放六氯丁二烯。相关来源包括氯化碳氢化合物和镁的生产以及焚烧过程。可通过采用替代生产工艺、改良工艺控制方法、采用排放控制措施或采用相关氯化化学品的替代品来尽可能减少六氯丁二烯的释放。将六氯丁二烯列入附件 C 之后，该物质必须遵守《公约》第 5 条规定的各项措施，并制定持续减少并在可行的情况下最终消除六氯丁二烯释放的目标。此外，还有义务针对六氯丁二烯的各个来源促进采用最佳可得技术和最佳环保做法。目前已有具备成本效益的最佳可得技术和最佳环保做法，可减少无意产生的六氯丁二烯释放量，相关文件对此已有介绍。根据《公约》要求，各国目前有义务针对其他无意生产的持久性有机污染物采取控制措施，具体包括六氯苯、五氯苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英和多氯二苯并呋喃。针对六氯丁二烯也需采取类似措施。在若干应用中已逐步淘汰了四氯乙烯、三氯乙烯和四氯化碳的放射用途；在其余工业用途中，也对生产工艺进行了改良，以便减少工艺中消耗的产品量。在相关公约的若干签署国中，四氯乙烯和三氯乙烯的生产量也不断降低¹。另外，随着四氯乙烯和三氯乙烯在特定用途方面出现更安全、技术上可行且具有成本效益的替代品，因此可通过用替代品取代氯化溶剂，来减少六氯丁二烯的无意生成。这表明，通过将六氯丁二烯列入附件 C 来减少无意释放的措施将对人类健康和环境产生积极影响。采用最佳可得技术、最佳环保做法和控制措施及编制排放清单所产生的额外费用不会太高。但六氯丁二烯的监测工作会产生额外费用。由于已针对多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃等其他无意生产的持久性有机污染物采用控制措施，因此采用减少六氯丁二烯释放措施以及开展执行和监督工作所产生的额外费用不会太高。需培养发展中国家和经济转型国家开展六氯丁二烯监测工作的能力。

¹ 化学经济手册营销调查报告“氯化溶剂”（2012 年），摘要载于 <http://www.ihs.com/products/chemical/planning/ceh/c2-chlorinated.aspx>。

4. 事实表明，以往的废物处置场地可能会释放六氯丁二烯。目前并不了解全球共有多少废物处置场地，亦不清楚其释放情况。将六氯丁二烯列入附件 A 和/或 C 之后，必须使该物质遵守《公约》第 6 条规定的各项措施，并制定目标，查明受六氯丁二烯污染的场地并以保护人类健康和环境的方式管理此类场地。已有可用的最佳可得技术和最佳环保做法能够尽可能减少废物处置所致释放量（巴塞尔公约，1997 年）。各国也已采取了相应措施。拟议措施要求制定相关战略，以便尽可能地查明现有废物库存，并以无害环境的方式管理此类废物，如适当地处置相关垃圾填埋场沥出物。此类措施有利于保护人类健康和环境。查明相关填埋场、制定相应清单并对释放进行无害管理所产生的额外费用不会太高。

5. 持久性有机污染物审查委员会编制了风险管理评估文件并审议了管理备选方案，根据《公约》第 8 条第 9 款建议斯德哥尔摩公约缔约方大会考虑将六氯丁二烯列入《斯德哥尔摩公约》附件 A 和 C，并为此规定相应的控制措施。

1. 导言

1.1 拟议物质的化学特性²

6. 2011 年 5 月 10 日欧洲联盟及其成员国提交了一份将六氯丁二烯列入《斯德哥尔摩公约》附件 A、B 和/或 C 的提案(UNEP/POPS/POPRC.7/3)，以及一份支持该提案的详细材料(UNEP/POPS/POPRC.7/INF/4)。

7. 六氯丁二烯是一种卤代脂族化合物，主要是在生产氯化碳氢化合物（多为三氯乙烯、四氯乙烯和四氯化碳）时产生的副产品。该物质还被用作杀虫熏蒸剂。

名称和注册号

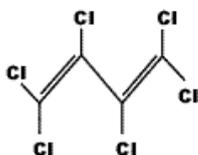
通用名:	六氯丁二烯
国际理论化学和应用化学联合会名称:	1,1,2,3,4,4-六氯-1,3-丁二烯
别名:	HCBD; perchloro-1, 3-butadine; perchlorobutadiene; 1,3-hexachlorobutadine; 1,3-butadiene, 1,1,2,3,4,4-hexachloro-; 1,3-butadiene, hexachloro-; hexachlorobuta-1,3-diene ^{3,4,5}
化学文摘社编号:	87-68-3
通用商品名:	C-46、Dolen-pur、GP40-66:120、UN2279 ⁶

结构

分子式³: C₄Cl₆, Cl₂C=CClClC=CCl₂

分子量: 260.76 克/摩尔

化学结构式



物理和化学属性

² UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2。

³ Mackay 等人（2006 年）。

⁴ UNEP/POPS/POPRC.7/INF/4。

⁵ ACToR（2012 年）。

⁶ 国际化学品安全方案（1994 年）。

8. 与已列入《公约》的其他持久性有机污染物相比，六氯丁二烯的水溶性较低，蒸汽压则非常高(UNEP/POPS/POPRC.2/14/Add.2)。该物质具有亲脂性，其辛醇/水分配系数对数值接近 5（参见表 1）。该物质的亨利定律常数说明它会从潮湿土壤和水中挥发（有害物质数据库，2012 年）。国际化学品安全方案（1994 年）认为该物质的气味类似于松脂。表 1 选择性列举了该物质的一些物理和化学属性（大部分数值系实验确定，资料摘自 UNEP/POPS/POPRC.8/3）。

表 1：六氯丁二烯的物理和化学属性

属性	数值	资料摘自 UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2
熔点(℃)	-21	
沸点(℃)	215	Horvath, 1982 年; Lide, 2003 年; 均转引自 Mackay 等人, 2006 年
密度（克/立方厘米，温度为 20℃ 时）	1.68	Horvath, 1982 年, 转引自 Mackay 等人, 2006 年
水溶性（毫克/升，温度为 25℃ 时）	3.2	摇瓶法结合高效液相色谱法, Banerjee 等人（1980 年），转引自 SRC 物性数据库（2012 年）
蒸汽压（帕，温度分别为 20℃ 和 100℃ 时）	20 和 2926	Person 和 McConell（1975 年），转引自 Mackay 等人（2006 年） 加拿大环境部（1999 年）
亨利定律常数（帕立方米/摩尔）	1044（实验数值）， 2604（计算数值）	Warner 等人（1987 年），转引自 Mackay 等人（2006 年）
辛醇/水分配系数对数	4.78 4.9	摇瓶法结合高效液相色谱法, Banerjee 等人（1980 年），Sangster（1993 年），Hansch 等人（1995 年），转引自（推荐数值来自）Mackay 等人（2006 年） 摇瓶法结合气相色谱法，两阶段, Chiou（1985 年），转引自 Mackay 等人（2006 年）
温度为 10℃ 时的辛醇-空气分配系数对数	6.5	Vulykh 等人（2005 年）
有机碳-水分配系数	报告数值范围：3.7 至 5.4	有害物质数据库（2012 年）
物理状态	液体	

1.2 持久性有机污染物审查委员会就附件 E 资料得出的结论

9. 持久性有机污染物审查委员会在 2012 年 10 月 15 至 19 日举行的第八次会议上按照附件 E 的要求评价了有关六氯丁二烯的风险简介。委员会在第 POPRC-8/2 号决定中通过了该风险简介(UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2)，并：

(a) 决定根据《公约》第 8 条第 7(a)款，六氯丁二烯可能由于远距离环境迁移而对人类健康和环境造成重大不利影响，从而需要采取全球行动；

(b) 还决定根据《公约》第 8 条第 7(a)款和缔约方大会第 SC-1/7 号决定第 29 段的要求，设立一个特设工作组，以便根据《公约》附件 F 编制包括可能的六氯丁二烯控制措施分析在内的风险管理评估文件；

(c) 根据《公约》第 8 条第 7(a)款的规定，请缔约方和观察员于 2013 年 1 月 11 日前，向秘书处提交附件 F 明确规定的资料，以及与附件 E 有关的额外资料，特别是诸如六氯丁二烯的有意生产和/或无意释放等排放源方面的相关数据。

1.3 数据来源

10. 本风险管理评估文件主要基于：

(a) 缔约方和观察员提交的资料。下列缔约方和观察员提供了对有关《斯德哥尔摩公约》附件 F 规定信息（风险管理）所做的答复⁷：

(一) 缔约方：加拿大、克罗地亚、爱沙尼亚、墨西哥、尼日利亚、罗马尼亚、斯洛伐克、斯里兰卡；

(二) 观察员：未提交任何资料；

(b) 第 POPRC-8/2 号决定(UNEP/POPS/POPRC.8/16)；

(c) 六氯丁二烯风险简介(UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2)；

(d) 六氯丁二烯管理方案探索（欧洲经委会，2007 年）。

除上述数据来源外，还从其他公开的资料来源和文献中收集了相关资料。此类资料来源载列于本文件参考文献部分。

1.4 国际公约下的化学品状况

11. 六氯丁二烯受到多项国际条约和条例的管制：

(a) 2009 年 12 月，根据第 2009/1 号决定，六氯丁二烯被提议增列入联合国欧洲经济委员会（欧洲经委会）《远距离越境空气污染公约》下的《关于持久性有机污染物的奥胡斯议定书》附件一（禁止生产和使用）。对附件一的这一修正将在三分之二的缔约方通过该修正案后生效。

(b) 欧洲经委会已将六氯丁二烯列入《在环境问题上获得信息、公众参与决策和诉诸法律的奥胡斯公约》下的《污染物释放和转移登记册议定书》附件二。

(c) 化学品审查委员会目前正在审查六氯丁二烯，以将其纳入《鹿特丹公约》管辖范围。审查程序自加拿大和日本发布关于禁止或严格限制六氯丁二烯的最终管制行动通知时开始(<http://www.pic.int>)（泰国，2011 年）。

(d) 六氯丁二烯列于奥斯巴保护东北大西洋海洋环境委员会下第 B 节的可能引起关切的物质清单。第 B 节列出了引起奥斯巴委员会关切、但正得到欧洲委员会的倡议或其他国际论坛妥善应对的物质。

提交附件 F 规定信息的缔约方或观察员尚未提供关于六氯丁二烯受其他国际公约管制情况的其他信息。

1.5 各国或各区域采取的任何控制行动

12. 多项区域和国家控制行动都将六氯丁二烯纳入考虑：

⁷ 缔约方和观察员提交的附件 F 规定的信息载于斯德哥尔摩公约网站（参见 <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/LatestMeeting/POPRC8/POPRC8Followup/SubmissiononHCBd/tabid/3069/Default.aspx>）；为编写本文件进行评价的时间：2013 年 2 月 14 日。

(a) 在欧盟，有关已通过的第 2000/60/EC 号欧盟水务框架指令所列出的第一份优先物质清单的第 2455/2001/EC 号决定在其附件中列入了六氯丁二烯。此外，六氯丁二烯被认为是优先有害物质，因此需逐步停止或逐步淘汰排放和损失。欧洲议会和理事会第 2008/105/EC 号指令设立了地表水和海洋水质量标准，可能将通过第 2013/xx/EC 号指令更新该标准。六氯丁二烯已列入了欧盟理事会第 88/347/EEC 号指令，该指令通过设定排放限值和数量目标，对特定危险物质的排放进行管制；

(b) 欧盟自 2012 年在欧盟持久性有机污染物指令（第(EC)No 850/2004 号指令）中列入六氯丁二烯之后，禁止生产、销售和使用该物质；

(c) 欧盟通过第 2006/61/EC 号决定将六氯丁二烯列入《污染物释放和转移登记册》。其中值得注意的是，对于向水或土地排放量超过 1 千克/年的排放限值的情况必须予以报告，但不要求报告向空气的排放情况；

(d) 六氯丁二烯已被列入《加拿大环境保护法》（1999 年）第二批优先物质清单。2003 年 7 月，六氯丁二烯被列入《加拿大环境保护法》附表 1（“有毒物质清单”），随后于 2006 年增列入“虚拟销毁清单”（欧洲经委会，2007 年）；

(e) 加拿大根据《2012 年禁用部分有毒物质法规》禁止生产、使用、销售、要约出售和进口六氯丁二烯，该法规于 2013 年 3 月 14 日生效 (<http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/eng/regulations/detailReg.cfm?intReg=207>)；

(f) 六氯丁二烯已被列入加拿大“国内物质清单”，但未列入“国家污染物释放清单”，今后也不会考虑列入这一清单；

(g) 加拿大正在“北方污染物计划”的框架下在努勒维特阿勒特监测空气中的六氯丁二烯含量（附件 F，加拿大，2013 年）；

(h) 加拿大还在监测野生动植物以及水/沉积物内的六氯丁二烯含量（附件 F，加拿大，2013 年）；

(i) 安大略省《水资源法案》为六氯丁二烯的排放量及其在环境水体中的含量设定了“省内水质目标”（0.009 微克/升）。此外该省还将六氯丁二烯的“沥出物质量标准”设定为百万分之 0.5。根据安大略省第 347 号法规修订法规的定义，在对某种废物执行毒性特性溶出程序时，若产生的沥出物中六氯丁二烯浓度达到或超过百万分之 0.5，则该废物为“沥出物有毒的废物”（欧洲经委会，2007 年）；

(j) 美国国家排放标准要求针对六氯丁二烯的各类排放来源应用最佳可行的控制技术，这些来源包括：橡胶轮胎生产、氯生产和各种有机化学过程（1990 年，清洁空气法 112B）（欧洲经委会，2007 年）；

(k) 在美国，六氯丁二烯属于必须在美国“毒物释放清单”计划内报告其排放/释放情况的化学品之一（见上文）。六氯丁二烯还按下列类别分别列入以下法案（欧洲经委会，2007 年）：

- (一) 《美国清洁空气法》：有害空气污染物；
- (二) 《资源保存和恢复法》：有害成分；
- (三) 《综合环境反应、补偿与责任法》（又称为“超级基金法”）：有害物质；以及
- (四) 《安全饮用水法》：饮用水污染物清单的备选物质。

(l) 六氯丁二烯已被列入加利福尼亚州现行 65 号提案（2013 年 2 月 8 日）“加利福尼亚州已知具有致癌性或生殖毒性的化学品清单”。六氯丁二烯由于具有致癌性于 2011 年 5

月 3 日被列入这一清单。⁸《加利福尼亚州毒性物质条例》规定了六氯丁二烯在排水中的浓度水平；规定的限值为 0.44 微克/升（欧洲经委会，2007 年）。

(m) 六氯丁二烯已被列入马萨诸塞州《减少有毒物质使用法》化学品清单⁹。该法案规定马萨诸塞州大量使用特定有毒化学品的企业对污染预防机遇作出评价和规划，在可行情况下实施污染预防计划，并每年报告实施工作的成果。

(n) 墨西哥并未登记六氯丁二烯的植物保护产品用途，禁止用于这一用途的六氯丁二烯的生产和进口（附件 F，墨西哥，2013 年）。

(o) 墨西哥规定，沥出物中六氯丁二烯浓度的最高允许限值为 0.5 毫克/升（若超过这一限值，则认为残留物对环境有毒）(NOM-052-SEMARNAT-2005)。六氯丁二烯已被列入《北美应急指南》。该指南由加拿大交通部、美国交通部以及墨西哥通讯交通部秘书处联合编制。为保护水生生物，针对六氯丁二烯设定了水质限值，规定该物质在淡水和海水中的浓度限值分别为 0.0009 毫克/升和 0.03 毫克/升（见附件 F，墨西哥，2013 年）。

(p) 欧洲联盟发起了多项倡议，呼吁避免沉积物和生物体遭受六氯丁二烯污染，并将该物质浓度的水质目标设定为 0.1 微克/升（欧洲经委会，2007 年）。

(q) 德国颁布了有关六氯丁二烯的若干项规定：《有害物质法规》、《工作场所最高浓度》、《清洁空气技术准则》（若根据 TA-Luft 标准对六氯丁二烯进行“自主分类”，则质量流量为 0.1 千克/小时的排放气体中六氯丁二烯的最高允许浓度应为 20 毫克/立方米）、《水污染潜力较高的化学品名录》、《废水处理法规》（废水中的六氯丁二烯允许排放浓度为 1 克/吨）和《废水运输法规》（欧洲经委会，2007 年）。

(r) 六氯丁二烯已列入德国联邦环境部的总清单¹⁰。该清单是题为“消费者产品中具有致癌性、诱变性和生殖毒性的物质及其他需注意的物质”的出版物中的内容，该出版物主要针对消费者相关产品中可能对健康或环境造成影响的化学物质。

(s) 六氯丁二烯已被列入一份逐步淘汰物质清单（瑞典化学品管理署：PRIO 数据库），该清单由瑞典化学品管理署编制，作为一项旨在通过预防性措施减少化学品对人类健康和环境风险的网络工具。¹¹

(t) 日本已根据《化学物质审查规制法》将六氯丁二烯列为“第一类特定化学物质”。有意从事第一类特定化学物质生产、进口或使用业务的个人需获取相关许可（原则上禁止生产、进口或使用此类化学物质）。¹²

(u) 世界卫生组织建议饮用水中六氯丁二烯浓度的指导值应为 0.6 微克/升（世卫组织，2004 年）。

13. 提交附件 F 规定信息的缔约方或观察员尚未提供关于国家或区域控制行动的其他信息。

⁸ 参见加利福尼亚州环境保护局环境健康风险评估办公室“加利福尼亚州已知具有致癌性或生殖毒性的化学品清单”（2013 年 2 月 8 日）（访问时间：2013 年 3 月 13 日）。
http://oehha.ca.gov/prop65/prop65_list/newlist.html。

⁹ 参见 <http://www.mass.gov/dep/toxics/tura/reports/sum.htm#chemicals>。

¹⁰ 可从以下网址下载查阅：<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4092.html>。

¹¹ 参见 http://www2.kemi.se/templates/PRIOEngframes___4144.aspx。

¹² 日本的评论意见，2013 年。

2. 与风险管理评估有关的资料概述

2.1 关于来源、释放和措施的其他相关信息

生产

14. 据知目前并未有意生产或使用六氯丁二烯。该物质通常是氯化化学品生产过程的副产品。德国环境相关现有化学品咨询委员会（1991年）指出六氯丁二烯不属于德国化工业的目标产品，而是特定过程中产生的副产品，尤其是生产四氯乙烯和三氯乙烯时的低压氯解过程以及其他过程。但有一部分六氯丁二烯在作为副产品生成之后被销售用于商业用途，因此可视为“商业生产”。下文中的“有意生产”即指此类“商业生产”。“无意生成”是指在氯化化学品生产过程中作为不必要的废物副产品生成，镁的生产过程以及焚烧过程等也是无意生成六氯丁二烯的可能来源。因此，针对该物质有意生产和无意生成所采取的措施会出现一定的重叠。针对六氯丁二烯有意生产采取的控制措施，可能与针对氯化化学品生产过程中六氯丁二烯作为不必要废物副产品的无意生成所采取的控制措施相同。

15. 根据德国环境相关现有化学品咨询委员会（1991年），下列过程可能与六氯丁二烯的生成有关：

过程	六氯丁二烯在初级产品中的浓度	备注
生产四氯乙烯和四氯化碳时的低压氯解过程	5%	在此过程中，六氯丁二烯与其他高沸副产品一同被回收。
生产四氯乙烯和四氯化碳时优化条件下的低压氯解过程	0.2 至 0.5%	对含六氯丁二烯的残留物进行蒸馏，生成的残留物中六氯丁二烯的浓度为7-10%，随后对生成的残留物进行焚烧。
六氯环戊二烯的生产过程	0.2 至 1.11%	
乙炔与氯气反应生成四氯化物和三氯乙烯，并随后分解为四氯化碳和三氯乙烯的过程	0.4%	

16. 德国环境相关现有化学品咨询委员会（1991年）还指出，可能有三种过程可直接生成六氯丁二烯。但当时德国并未应用此类过程，也并不清楚是否曾将此过程用于六氯丁二烯的工业化生产。六氯丁二烯的可能人为来源包括：(1)有意生产，(2)无意生成，以及(3)库存。环境中并无六氯丁二烯的自然来源（德国环境相关现有化学品咨询委员会，1991年，加拿大环境部，2000年）；（具体参见文件 UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2 第 2.1 节“来源”）。

(1) 有意生产

17. 欧洲经委会区域内（包括美国和加拿大）似乎已不再进行六氯丁二烯的有意生产（参见 UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2）。目前尚无欧洲经委会区域以外的有意生产数据。但中国（Li 等人，2008年；Juang 等人，2010年）的监测数据显示，至少直到近期六氯丁二烯的有意生产和/或无意生成以及释放仍在继续。

18. 很难对氯化碳氢化合物制造过程中副产品六氯丁二烯的生成量的相关数据进行量化。因此对此类信息概述如下：

19. 根据文件 UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2，欧洲于 1970 年代末终止了六氯丁二烯的有意生产（Van Der Honing，2007年），美国和加拿大从未将其作为商业产品生产（Lecloux，2004年），至少不以商业数量生产（美国毒物和疾病登记署，1994年）。目前尚无欧洲经委会区域以外的有意生产数据（Lecloux，2004年）。

20. 1970 至 1980 年间曾大量生产六氯丁二烯。1982 年，全世界六氯丁二烯的产量估计为 1 万吨。Cesars 数据库（2001 年）¹³报告引用了美国环保局（1980 年）的数据，据美国环保局估计，美国六氯丁二烯的年产量约为 730-1450 万磅（相当于 3300-6600 吨/年）。据美国毒理学数据网报告¹⁴，1975 年美国六氯丁二烯总产量为 800 万磅（3600 吨/年）。Cesars 数据库也报告称，1970 年至 1974 年期间美国从德国进口了 20 至 50 万磅该物质（0.1 至 0.2 吨/年）。

21. 1982 年，仅美国氯化化学品生产过程中作为副产品无意生成的六氯丁二烯废物数量就比有意生产的数量高 14,000 吨（国际化学品安全方案，1994 年，转引自 Lecloux，2004 年）。这大致符合美国环保局提供的资料（2003 年）：1975 年六氯丁二烯废物的产量为 800 万磅（3,600 吨），1982 年增加至 2,800 万磅（12,000 吨）。

22. 1979 年，德国产生了约 4,500 吨六氯丁二烯，其中出口了 1,021 吨，焚烧了 3,400 吨，填埋了 100 吨。1991 年，生产数量下降至 550 至 1,400 吨，其中约 300 吨作为产品出口，250 至 1,100 吨在该过程中被回收（德国环境相关现有化学品咨询委员会，1991 年）。

23. 1980 年，欧共体共产生了约 10,000 吨六氯丁二烯，其中出口了 1,000 吨，焚烧了 5,580 至 6,120 吨，填埋了 1,600 至 2,440 吨。1990 年，西欧国家产生的六氯丁二烯数量估计为 2,000 至 49,900 吨（德国环境相关现有化学品咨询委员会，1991 年）。

24. 有资料表明奥地利也生产了六氯丁二烯¹⁵。奥地利联邦环境署 2001 年的一份报告（奥地利联邦环境署，2001 年）中提供了六氯丁二烯的排放标准，这表明奥地利生产了该物质，但却无法获取实际的生产数据。

25. 加拿大从未生产六氯丁二烯，该物质主要作为四氯乙烯生产过程中的副产品释放。同时，该物质也是三氯乙烯、四氯化碳、氯乙烯和环氧氯丙烷制造过程中的副产品。可在废物燃烧的底灰中找到该物质。加拿大不再进口该物质，两家四氯乙烯制造厂分别于 1985 年和 1992 年停止生产该物质（加拿大环境部长理事会，1999 年）。

26. 一方面，有资料表明，至少在近来，六氯丁二烯的有意生产和/或使用仍然与释放十分相关：

- (a) 根据环境署 2001 年发布的一份新闻稿，六氯丁二烯被经济合作与发展组织（经合组织）列为高产量化学品，据一个国家报告，该国工厂每年生产的六氯丁二烯超过 10,000 吨；
- (b) 欧洲议会和理事会第 88/347/EEC 号指令和第 92/446/EEC 号决定指出，“处于工业生产目的而使用六氯丁二烯的工厂”可能是该物质的一个释放来源。

27. 另一方面，也有资料表明目前或近期的有意生产和/或使用并未以大规模方式进行，或者与释放并不十分相关：

(a) 新西兰 1998 年的一份报告表明，经合组织将六氯丁二烯列为筛选信息数据集中的优先考虑的物质，以便开展更广泛的风险评估。没有数据表明 1997 年经合组织有成员国生产或进口该物质的数量超过 1,000 吨。经合组织数据库¹⁶中也没有资料可以确认六氯丁二烯已被列为高产量化学品；

(b) 欧盟化工业尚未报告已在欧盟委员会现有物质信息系统¹⁷内将六氯丁二烯列为高产量化学品¹⁸或低产量化学品；¹⁹

¹³ Cesars 数据库，加拿大职业健康与安全中心（2001 年）。
<http://www.ccohs.ca/products/databases/samples/cesars.html>。

¹⁴ 参见 <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+2870>。

¹⁵ 参见 e.g. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol73/mono73-14.pdf>。

¹⁶ 荷兰的评论意见，2013 年。

¹⁷ ESIS 指欧盟委员会现有物质信息系统：<http://esis.jrc.ec.europa.eu/index.php?PGM=hpv>。

¹⁸ 高产量化学品：生产或进口数量超过 1,000 吨/年的物质。

¹⁹ 低产量化学品：生产或进口数量为 10 至 1000 吨/年的物质。

(c) 目前尚无报告将六氯丁二烯列为美国高产量数据库²⁰中的高产量化学品。²¹

28. 《鹿特丹公约》中没有涉及六氯丁二烯贸易的管制条款。加拿大于 2008 年向鹿特丹公约秘书处发出了一份最后管制行动通知书，以便其根据 2005 年发布的《部分有毒物质禁用法规》采取管制行动控制该物质的使用。此前，日本于 2005 年提交了一份六氯丁二烯最后管制行动通知书。尽管化学品审查委员会（鹿特丹公约的技术专家机构）于 2009 年审议了这些通知书，但日本的通知并不完全符合各项标准，因此迄今尚未建议将六氯丁二烯列入《鹿特丹公约》。泰国和匈牙利于 2009 年提交了一些补充数据。关于危险化学品进出口的第 689/2009 号欧盟条例中尚未纳入六氯丁二烯。因此，无法从欧洲化学品进出口数据库中获取关于六氯丁二烯国际贸易的任何信息。²²

29. 目前无法获取过去三十年间六氯丁二烯有意生产和使用数量的具体数据。总之，没有关于目前生产和使用状况的具体资料，但无法排除还存在有意生产和使用（尤其是数量低于高产量化学品/高产量最低限值）的可能性。

30. 加拿大、墨西哥、尼日利亚、斯洛伐克和斯里兰卡均报告称本国不生产六氯丁二烯（附件 F，加拿大、墨西哥、尼日利亚、斯洛伐克和斯里兰卡，2013 年）。提交附件 F 规定信息的缔约方或观察员尚未提供关于该化学品生产状况的其他信息。

(2) 无意生成

31. 在氯化化学品制造过程中会无意生成六氯丁二烯。例如，六氯丁二烯还在氯化碳氢化合物，特别是四氯乙烯和三氯乙烯的生产过程以及其他工艺中无意生成（相关数据资料见上文）。

32. 六氯丁二烯一般可在工厂中销毁或回收。然而，目前无法消除六氯丁二烯的工业排放，因为该物质会作为相关氯化碳氢化合物生产过程中的副产品无意生成。可通过技术减排措施尽可能将排放量减少至极低水平，但在目前的工业活动中无法完全消除该物质。在德国一家四氯乙烯/四氯化碳生产厂因焚烧生产残留物产生的废气中未发现六氯丁二烯（陶氏德国公司，1992b，转引自德国环境相关现有化学品咨询委员会，1991/2006 年）据陶氏德国公司称，1998 年该家德国四氯乙烯/四氯化碳生产厂因焚烧生产残留物所致的大气排放量估计为 60 克（陶氏德国公司，2005 年，转引自德国环境相关现有化学品咨询委员会，1991/2006 年）。有必要采用其他技术以尽量减少并最终消除六氯丁二烯的释放，如采用闭环系统，以及用不会导致六氯丁二烯无意生成、经证明技术和经济上均可行且从生命周期管理的角度考虑具备优势的替代品代替氯化碳氢化合物。

33. 六氯丁二烯的其他无意生成来源包括镁的制造过程以及焚烧过程（如机动车排放、乙炔的焚烧过程、氯残留物的焚烧）。Deutscher 和 Cathro（2001 年）在一个实验室规模的电解池中发现，通过电解生成镁的过程中会产生六氯丁二烯。Lenoir 等人（2001 年）观察到，乙炔燃烧过程中会产生六氯丁二烯等有机氯化物，而在所有焚烧过程的火焰中都可以找到乙炔。世界自然基金会（2005 年）以及国家工业环境和风险控制研究院（2005 年）报告称焚烧炉中也会释放该物质。2003 年，据法国塑料制造商协会报告，在用于消除氯残留物的焚烧炉废水中检测到了六氯丁二烯。还有报告称废物焚烧也可造成六氯丁二烯的释放，并且六氯丁二烯的燃烧释放来源与二恶英、呋喃和六氯苯的燃烧释放来源相似（加拿大环境部，2000 年）。此外，机动车辆也是六氯丁二烯的一个排放来源（世界自然基金会，2005 年）。

34. 废水处理厂是六氯丁二烯的一个潜在二级释放来源。进入此类工厂的六氯丁二烯可能通过污水污泥被释放入水和土壤中（ESWI，2011 年）。

(3) 库存

²⁰ <http://www.epa.gov/hpvis/>。

²¹ 美国每年生产或进口数量至少为 100 万磅的化学品。

²² 荷兰的评论意见，2013 年。

35. 事实表明，六氯丁二烯有可能从以前的废物处置场地里释放出来，如有害废物处置场地或工业设施废物处置场地。有关垃圾堆放场中堆积六氯丁二烯的一个案例是美国路易斯安那州的曼查克沼泽区。在澳大利亚的奥瑞卡垃圾场，大量受六氯丁二烯污染的六氯苯及其他有机氯被堆放在鼓里（近 20,000 吨）（Rae, 2012 年）。这些案例证明，六氯丁二烯有可能从以前的垃圾堆放场里释放出来。在联合王国的 Weston 采石场，在垃圾场边的石堆上建造起来的房屋不得不因为室内六氯丁二烯的浓度过高而拆迁（Nicole, 2004 年；Barnes 等人，2002 年；Crump 等人，2004 年）。目前并不了解全球共有多少废物处置场地，亦不清楚其释放情况（Crump 等人，2004 年）。

用途

36. 六氯丁二烯被用作化学工业的中间产物或直接作为产品。它还被用作橡胶及其他聚合物的溶剂；回收含氯气体或从气体中清除挥发性有机成分的“清洗剂”；热交换液或变压器油；或用在陀螺仪中；六氯丁二烯还在铝和石墨棒的生产中使用。该物质以前在欧盟被用作植物保护产品，但现已停止该用途。目前不清楚是否欧盟以外的地区也停止将六氯丁二烯用作处理葡萄的熏蒸剂（UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add2, 第 2.1.2 节）。欧洲化学品管理局分类和标签清单显示，六氯丁二烯有 65 个通知方²³。六氯丁二烯还被进一步列于欧洲化学品管理局预先登记物质清单，设想的登记截止期限为 2010 年。然而，到目前为止，欧洲化学品管理局未收到任何六氯丁二烯的登记通知。这表明没有欧盟公司大量（即高于 1,000 吨/年）生产或进口六氯丁二烯。考虑到分类和标签清单²⁴中的条目数量，以及欧洲化学品管理局已收到预先登记通知这一事实，至少可以表明六氯丁二烯可以为欧盟公司带来一定利益，虽然提交预先登记通知也可能是出于战略原因而非真正的登记义务。

37. 墨西哥报告称，六氯丁二烯的杀菌剂用途在该国未经登记。因此，该国禁止使用、生产和进口六氯丁二烯用于上述用途（附件 F，墨西哥，2013 年）。提交附件 F 规定信息的缔约方或观察员尚未提供关于该化学品用途的其他信息。

38. 已有若干资料可以表明，六氯丁二烯被用作实验室试剂（Haskoning, 2002 年；美国毒物和疾病登记署，1994 年；世界自然基金会，2005 年；国家工业环境和风险控制研究院，2005 年）。但目前尚不清楚六氯丁二烯的这一用途是否仍然存在（Haskoning, 2002 年，转引自 ESWI, 2011 年）。根据第 3 条第 5 款，《斯德哥尔摩公约》中未纳入用于实验室规模的研究活动或用作参考标准的用途。

释放

39. 关于六氯丁二烯释放问题的具体资料大都缺乏且过时（UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add2, 第 2.1.3 节）。

40. 欧洲和美国具有相对较新的释放估算信息。最近估算出的欧洲 2007 至 2009 年和美国 2007 至 2010 年对空气和表层水的释放量处于同一个数量级（每年多达几百千克）。加拿大 2004 年无意来源所致释放量估算值相对较低（某些来源低于 100 克，包括含有六氯丁二烯污染物的产品或混合物、化工行业、氯乙烯单体生产）。另外，城市固体废物及危险废物焚烧炉中尚未检测出六氯丁二烯。目前尚无其他来源的相关数据，包括垃圾场的危险沥出物以及

²³ <http://clp-inventory.echa.europa.eu/SummaryOfClassAndLabelling.aspx?SubstanceID=80395&HarmOnly=no?fc=true&lang=en>

²⁴ 欧盟数据库中包含关于制造商和进口国所通知和注册的物质的分类和标签信息。（<http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>）。

远距离环境迁移（欧盟委员会，2004年）。²⁵ 之前向欧洲经委会区域的释放量明显较高（如，1975年在美国向环境中释放454吨；2000年在美国释放约2吨；2000年在欧洲经委会区域释放2.59吨）。

41. 美国环境保护局《毒物释放清单》最近一个报告年（2011年）的报告显示，来自现场和非现场处置或其他来源的六氯丁二烯释放总量达1,187磅（538千克），美国共有9处设施进行了报告。上述六氯丁二烯释放量中大部分为散逸性空气排放（794磅或360千克）和点源空气排放（270磅或122千克）²⁶。欧洲《污染物释放及转移登记议定书》最近一个报告年（2010年）的报告显示，工业活动释放的六氯丁二烯总量达88.9千克，有11处设施进行了汇报。上述六氯丁二烯是由以下来源释放至水中：废物及废水管理（9处设施；69.5千克）、金属生产及加工（1处设施，17.0千克）及化工行业（1处设施，2.35千克）²⁷。欧洲《污染物释放及转移登记议定书》与美国环境保护局《毒物释放清单》中的释放数据不具备直接可比性，因为欧洲《污染物释放及转移登记议定书》仅用于报告六氯丁二烯向水中的释放量，且每年的排放限值需大于1千克。向空气的释放情况并非强制报告，因此尚无相应的释放数据。

42. 目前，欧盟27个成员国中已知最重要的六氯丁二烯来源是采用氯解法生产氯化化学品（尤其是三氯乙烯和四氯乙烯以及四氯乙烷）。在此过程中，六氯丁二烯释放量估计在约0.7千克/年至约500千克/年之间（欧盟委员会，2012年）。城市污水处理厂是六氯丁二烯的第二个主要来源。污水处理厂内的六氯丁二烯累积在污水污泥中。欧盟27个成员国的污水污泥中累积的六氯丁二烯总量估计约为6千克/年。必须指出的是，这一估算值是以中国的污水污泥污染数据为基础，因为尚未查明欧洲设施的相关数据（欧盟委员会，2012年）。²⁸

43. 非欧洲经委会区域缺乏相关资料。全球多数地方的氯化化学品生产仍具有无意释放六氯丁二烯的可能性。印度南部提交的报告表明，虽然缺乏相应数据（如亚洲），相关工业仍在持续大量排放六氯丁二烯。Juang等人（2010年）提供的数据表明，东南亚仍存在大量来源。

44. 六氯丁二烯载于墨西哥针对排放登记及污染物转移报告的化学品清单中（附件F，墨西哥，2013年）。六氯丁二烯的主要排放来源包括：(a)氯化碳氢化合物生产过程中的无意释放，(b)氯化碳氢化合物处置废物所致排放，(c)其他商业用途所致排放，以及(d)镁生产所致排放（附件F，尼日利亚，2013年）。提交附件F规定信息的缔约方或观察员尚未提供关于释放的其他信息。

45. 总之，过去几十年，虽然欧洲经委会区域内作为无意排放副产品产生的六氯丁二烯释放量在数量级上有所下降，且仍在继续下降，但非欧洲经委会区域内国家极度缺乏有意生产或无意形成的相关资料。由于进行了技术投资（最大限度地减少、回收或销毁现场的副产品以及进行废物管理），欧洲经委会区域内的六氯丁二烯释放量预计将大幅下降。相关文献或缔约方根据附件F提交的关于六氯丁二烯的呈文中未提供对此类技术投资的相关费用的估计。

²⁵ <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=En&xml=81EBD5A7-0C9C-4CB0-86FD-849869B75715>。

²⁶ 来源：毒物释放清单 http://iaspub.epa.gov/triexplorer/tri_release.chemical。

²⁷ 查询释放数据可登录 <http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx>。

²⁸ 该数值是通过Cai等人（2007年）研究得出的中国平均污染数据估算得出，并通过欧盟27个成员国产生的污水污泥量来计算欧盟27个成员国产生的污水污泥所致六氯丁二烯释放量。

拟采取的措施

46. 可针对六氯丁二烯的下列相关人为来源采取一定措施：(1)有意生产，(2)无意生成，以及(3)库存。图 1 列出了六氯丁二烯的相关来源及拟采取的控制措施。



图 1：六氯丁二烯的相关来源及拟采取的控制措施（注：不建议用于实验室研究或参考标准；此类用途不在第 3 条第(5)款范围之内；自然来源不在《公约》范围之内；根据第 5 条，拟采取的措施针对人为来源）

2.2 确定拟采取的控制措施

针对有意生产所致释放采取的控制措施

47. 过去一直在有意生产六氯丁二烯。尽管缺乏有关目前及过去三十年有意生产和使用情况的具体资料，但六氯丁二烯的有意生产及使用似乎已经停止。最有效的控制措施是禁止生产及使用六氯丁二烯和含有六氯丁二烯的物品和产品。虽然有关六氯丁二烯商业用途替代品的资料尚未提交至委员会，但六氯丁二烯用量的显著下降表明，已经在使用替代品，因此可获得技术上、经济上可行的替代品。

48. 目前完全缺乏关于可能生产及使用的数据，并且对相关国际贸易的了解也并不充分。仅有少数国家对六氯丁二烯的生产及使用进行了管制。为在全球范围内限制可能的剩余用途并防止重新引入其他用途，可将六氯丁二烯列入附件 A 并不授予任何特定豁免，这是根据《公约》针对有意生产及使用所能采取的主要控制措施。因此，六氯丁二烯将需遵守《公约》第 3 条中的各项条款，以及关于停止六氯丁二烯生产、使用、进口及出口方面的具体规定。

针对无意生成所致释放采取的控制措施

49. 工业工艺中会无意产生及释放六氯丁二烯。六氯丁二烯的无意释放可通过减排技术及立法降到最低限度。为最大限度地减少无意形成作为副产品释放的六氯丁二烯，拟采取的措施包括：按照最佳可得技术和最佳环保做法，改变工艺、控制过程或销毁和/或在生产过程中回收六氯丁二烯；采用替代工艺，如利用闭循环系统或在若干用途中采用相关氯化碳氢化合物替代，以避免六氯丁二烯作为副产品形成。将六氯丁二烯列入附件 C 后该化学品需遵守《公约》第 5 条规定的各项措施，并制定持续最大限度地减少并在可行的情况下最终消除六

氯丁二烯释放的目标。另外还有义务针对六氯丁二烯的来源，促进实施最佳可得技术和最佳环保做法。

(1) 氯化化学品的制造

50. 在氯化化学品制造过程中会无意产生六氯丁二烯。例如，六氯丁二烯还在氯化碳氢化合物的生产过程中无意生成。通过改良工艺控制方法、采用替代生产工艺、采取排放控制措施或采用替代品，可最大限度地减少副产品生成而导致的六氯丁二烯排放。在形成大量六氯丁二烯的情况下，应采取严格的控制措施来最大限度地减少其释放量，并在可行的情况下最终消除此类释放。应在实施最佳可得技术的基础上采取排放控制措施（欧洲经委会，2007年）。

51. 目前，发达国家通常将高温焚烧作为一种排放控制技术来处理氯化化学品生产产生的残留物。在法国的一个氯化溶剂生产厂，还采用剥离工艺作为控制技术去除六氯丁二烯。在美国，氯化碳氢化合物制造过程中产生的大部分处置废物都通过焚烧进行处理。在欧洲，氯碱生产设施造成的六氯丁二烯向空气的排放量已被基本降为零（欧洲经委会，2007年）。虽然焚烧技术在发达国家获得利用，但其并不一定是所有国家最具经济效益的选择。例如，某些国家（如小岛屿国家）可能不具备适当的废物处置设施，储存废物并随后运往国外废物处置设施的过程中可能会产生额外费用。

52. 同时制造四氯乙烯和四氯甲烷时，需采用高压或低压氯解法工艺。生产四氯乙烯时可采用其他工艺。基本上四氯乙烯的所有生产工艺都可能产生痕量六氯丁二烯。低压氯解法工艺过程中产生的六氯丁二烯比高压工艺中产生的要多。但是，通过采取后续蒸馏步骤，并随后焚烧含有六氯丁二烯的废气，可显著降低低压氯解法工艺过程中形成的六氯丁二烯（欧洲经委会，2007年）。

53. 《大量有机化学品最佳可得技术参考文件》中详细介绍了相关最佳可得技术（欧盟委员会《大量有机化学品最佳可得技术参考文件》，2003年）。文件中详细说明了该部门内污染预防与最小化，以及污染物和残留物控制的最好可得技术（欧盟委员会《大量有机化学品最佳可得技术参考文件》，2003年，第6节）。环境署《最佳可得技术和最佳环保做法准则》第4章第三部分第六F节中还介绍了旨在减少/尽可能减少化学生产过程中产生的多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃和/或氯化碳氢化合物的排放的一级和二级措施（环境署，2007年）。该节主要关注可能产生持久性有机污染物（尤其是列于《斯德哥尔摩公约》附件C的此类化学品）的工业化学品制造工艺。其中描述的此类工艺大多拥有相同的步骤，包括对有机或无机原料进行氯化处理、净化产品、分离产品流（一般采取蒸馏法）、销毁高分子量副产品，以及回收或出售氯化氢。对可能含有持久性有机污染物的氯化有机物副产品进行高效率的分离和销毁，是有关此类工艺的最好可得技术的关键，也是关于任何合并焚烧工艺的指南内容的重点（环境署，2007年）。就氯化化学品而言，该节概述称，生成三氯乙烯和四氯乙烯的工艺包括氯化法、氧氯化法和热解法，产生的副产品可能包括列入附件C中的化学品。可通过蒸馏，将这些物质隔离在重质馏分中，使其与最终产品分离。多年前，一般将重质馏分中的物质进行填埋处理；但从1970年代以来，迄今为止，危险废物焚烧，以及进行热销毁处理并对氯化氢进行回收和再利用的做法成为了更常见的处理方法（环境署，2007年）。可以总结认为，某些最好可得技术已成为氯化化学品制造中的常见做法。已针对其他持久性有机污染物采取的措施将同样适用于六氯丁二烯。六氯丁二烯监测工作将产生额外费用。由于已针对多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃等其他无意生产的持久性有机污染物采用控制措施，因此采用减少六氯丁二烯释放措施以及开展执行和监督工作所产生的额外费用不会太高。需培养发展中国家和经济转型国家开展六氯丁二烯监测工作的能力。

54. 由于某些氯化化学品（如四氯乙烯和三氯乙烯）的制造工艺被认为是六氯丁二烯释放的潜在来源，因此在存在更安全、技术上可行且具有成本效益的替代品的情况下，减少并最终消除此类化学品的生产，是一项防止生成六氯丁二烯及其他持久性有机污染物的有效手段。若该项制造工艺未使用旨在减少副产品六氯丁二烯的生成的技术，则更应采取这一行

动。目前已获得某些相关氯化化学品替代品的相关资料（毒物使用减少研究中心，2006年；2008年；2012年）。

(2) 镁的生产

55. 生产镁的非化学设备中可能会形成大量副产品（欧洲经委会，2007年；Denier van der Gon 等人，2007年）。现有资料特别指出镁的生产过程中电解作用可能导致的释放情况（Deutscher 和 Cathro，2001年）。目前全球主要通过高温条件下使用硅还原氧化物生产镁。然而，工业上利用电解作用生产镁仍占有相当的比例。但是，没有发现任何关于工业镁生产过程中六氯丁二烯测得排放量的出版物。镁的生产过程中可能排放的六氯丁二烯可以通过一定的措施加以控制，这些措施以最佳可得技术的应用为基础，包括洗涤和废气焚烧。废气在一系列湿式洗涤器和湿式静电除尘器中加以处理，最后再进行焚烧。废气处理过程中产生的水转移到废水处理厂。由于废水处理厂通常不是专门为处理六氯丁二烯及其他持久性有机污染物而设计，因此可能导致六氯丁二烯及其他持久性有机污染物直接排入水中。这些措施旨在尽可能减少碳氢化合物（包括六氯丁二烯）和多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃的排放，并载于《有色金属工业最佳可得技术参考文件》草案（欧盟委员会《有色金属工业最佳可得技术参考文件》，2009年）第10.4.1.3章（大气排放）和第10.4.2章（水排放）。这些措施也与《关于持久性有机污染物的奥胡斯议定书》附件五（控制主要固定来源中持久性有机污染物排放的最佳可得技术）中的方法一致（欧洲经委会，2007年）。旨在尽可能减少镁的生产过程中多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃和/或氯化碳氢化合物排放的一级和二级措施也载于环境署《最佳可得技术和最佳环保做法准则》第4章第三部分B节（见表11和表12）（环境署，2007年）。

(3) 无意形成六氯丁二烯的其他可能来源

56. 无意形成六氯丁二烯的其他来源包括焚烧过程（例如，机动车尾气排放、乙炔的焚烧过程和氯残留物的焚烧）。Lahaniatis 等人（1977年）在荷兰废物焚烧产生的底灰的样本中发现了六氯丁二烯。目前仍缺乏关于这些来源的进一步的具体资料。作为焚烧过程中的副产品，六氯丁二烯与燃烧导致的多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃和其他持久性有机污染物的无意释放有关。为减少此类持久性有机污染物的释放而采取的大多数措施都将会大幅削减六氯丁二烯的释放。环境署《最佳可得技术与最佳环保做法实践准则》第五章以及欧盟一些关于最佳可得技术的参考文件中介绍了不同类型的焚烧炉和其他热源中无意生产的持久性有机污染物方面的最佳可得技术和最佳环保做法。最佳可得技术包括提供合适的焚烧条件。环境署“最佳可得技术与最佳环保做法实践准则”第六章H节介绍了由机动车无意产生的持久性有机污染物方面的最佳可得技术和最佳环保做法。最佳可得技术包括禁止使用卤化净化剂，以及在机动车中使用氧化催化剂或微粒过滤器。

针对库存所致释放采取的控制措施

57. 事实表明，危险废物处置场地或工业设施废物处置场地等以往的废物处置场所都有可能释放六氯丁二烯。目前并不了解全球共有多少废物处置场地，亦不清楚其释放情况。有必要确定一些具体的方法来更好地收集数据并报告六氯丁二烯废物和释放状况，以便追踪在减少和消除这些污染源方面取得的进展。沥出物监测和管制在垃圾填埋场管理上发挥了重要作用。可能用来管制源自库存的释放的措施包括：建立相关垃圾填埋场清单，对相关废物处置场地或废物处置场地恢复/净化过程所致的释放物（尤其是沥出物）实施控制和无害管理。

58. 由于历史和废弃的垃圾填埋场所导致了很多环境和健康问题，而整治受污染场地的成本又十分高昂，所以许多国家引入了“特别设计的填埋场”这一理念。《巴塞尔公约关于特别设计的土地填埋作业的技术准则》（巴塞尔公约，1997年）对填埋场的设计标准（包括对沥出物的管理），以及可持续废物管理的进一步资料进行了说明。

59. 将六氯丁二烯列入附件 A 和/或 C，意味着该物质需遵守《公约》第 6 条中规定的措施，还需制定目标，查明由附件 A 或 C 中所列化学品构成或含有此种化学品的库存，并用安全、有效和无害环境的方式来管理库存。

2.3 可能的控制措施在实现风险降低目标方面的功效和效率

有意生产

60. 尽管关于六氯丁二烯在商业用途上的替代品的可用资料还不够完善，且缺乏关于有意生产和使用的具体资料，但六氯丁二烯的所有用途似乎都已停止，此外，用量大大减少表明已采用替代品。目前还未查明六氯丁二烯的关键用途，因此消除有意生产被认为在技术上是可行的。

61. 在欧洲经委会区域，因为工业上已开始使用六氯丁二烯的替代品，所以消除六氯丁二烯的有意生产和使用不会产生额外费用（欧洲经委会，2007 年）。在欧洲经委会区域以外的地区，无法详细评估具体的费用影响，但因为没有关于六氯丁二烯有意生产的具体资料，所以预计亦不会产生额外费用。

62. 由于替代品已投入使用，而且必须采取抑制无意释放的措施来减少其他释放，因此预计消费者的费用不会上涨（欧洲经委会，2007 年）。

无意生成

63. 最大程度减少六氯丁二烯的无意生成的最佳可得技术和最佳环保做法在技术上是可行的，具体描述见上文所列相关文件。现有关于化学品和镁的工业生产的最佳可得技术和最佳环保做法已经规定了最大程度减少无意生成或通过其他来源（机动车尾气排放和焚烧过程）产生的六氯丁二烯释放所需的技术措施。相关文件中所描述的最佳可得技术和最佳环保做法也正在被应用到其他一些无意产生的物质上，如六氯苯、五氯苯、多氯联苯和多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃，对治理六氯丁二烯也将同样有效。六氯丁二烯监测工作会产生额外费用。由于已针对多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃等其他无意生产的持久性有机污染物采用控制措施，因此采用减少六氯丁二烯释放措施以及开展执行和监督工作所产生的额外费用不会太高。需培养发展中国家和经济转型国家开展六氯丁二烯监测工作的能力。

64. 六氯丁二烯最有可能在一些氯化化学品的生产过程中作为副产品被释放出来，可通过改良工艺控制方法、采用替代生产工艺、采用排放控制措施或采用替代品来尽可能减少六氯丁二烯的释放（欧洲经委会，2007 年）。在生产氯化碳氢化合物时，事实证明高温焚烧和汽提是减少六氯丁二烯排放的最具成本效益的方法。但是，焚烧并非在所有国家都是最具成本效益的选择，《公约》附件 C 的第二部分对可能无意形成的持久性有机污染物提出了关注。由于减少了无意形成并采取了排放控制措施，美国和欧洲的六氯丁二烯排放量大大减少。在许多情况下，现有用来解决其他无意产生的持久性有机污染物问题的控制措施以及所采用的最佳可得技术和最佳环保做法似乎同样也能减少六氯丁二烯的排放。在已经采用了这些现有最佳可得技术和最佳环保做法的工业领域，并不会产生额外费用。若已采取措施来减少多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃的排放，那么减少生产镁所致的六氯丁二烯排放不会为工业界带来额外费用（欧洲经委会，2007 年）。根据尼日利亚的情况，控制措施若得到有效运用则会消除六氯丁二烯的排放；但是，还需进一步研究运用这些措施会带来风险。已有记录的一些措施包括替换生产工艺、维护、替换原材料和推行绿色化学工业等。但是，或许有必要向需要能力建设的国家提供技术和资金援助（附件 F，尼日利亚，2013 年）。

65. 此外，在氯化化学品的各项具体用途中使用替代品可以促进减少生产这类物质，从而减少相应的六氯丁二烯释放。四氯乙烯和三氯乙烯的某些用途已有技术上可行且颇具成本效益的替代品，可以将这些替代品用作最佳可得技术的一部分来减少六氯丁二烯排放。

66. 如果为了进行化学分析而监测六氯丁二烯的排放，那么即使已经建立了对其他持久性有机污染物（例如，多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃、六氯苯和多氯联苯）的监测方案，也会产生额外费用。在欧洲经委会区域，控制费用预计将会非常低，而且其中还包括测量产品或无意释放中六氯丁二烯所产生的额外费用，以及编制排放清单所需的费用（欧洲经委会，2007年）。根据墨西哥的经验，还应考虑监测环境含量的费用，以证明采用控制措施会导致环境含量下降。

库存

67. 如将六氯丁二烯列入附件 A 和/或 C，那么《公约》缔约方需要查明现有的六氯丁二烯库存和废物，并用安全、有效和无害环境的方式来进行管理。查明相关垃圾填埋场和建立相应登记册的费用预计较低。用于以无害环境的方式管理现有专门设计的填埋场的费用已经产生，将来不会发生显著变化。《公约》并不强制要求缔约方对受污染场地采取治理措施。但若缔约方将采取这类措施，则应以无害环境的方式进行，此举会产生高额费用。

68. 从受之往废物处置作业污染的场地可以看出，治理以及保护环境和人类健康的费用会十分高昂。以澳大利亚的奥瑞卡垃圾场为例（见第 2.1 节），需要斥巨资才能恢复和销毁近 2 万吨受六氯丁二烯和其他有机氯污染的六氯苯。在联合王国的 Weston 采石场（见第 2.1 节），因为要保护人类健康而拆除房屋，这造成了高额的费用。相应费用的产生不是因为将六氯丁二烯列入《斯德哥尔摩公约》，而是因为要保护环境和人类健康。

69. 已通过《斯德哥尔摩公约》对其他一些有机氯污染物进行了管制，六氯丁二烯常常与这些物质共同出现（例如，在奥瑞卡垃圾场事件中与六氯苯一起出现）。针对一种物质所采取的措施往往对其他物质也行之有效。在这种情况下不会产生额外费用。

2.4 关于替代产品和替代工艺的信息

70. 六氯丁二烯的有意生产似乎已经停止，并且欧洲经委会区域内（包括美国和加拿大）已不再使用该物质；缺乏目前及过去三十年中六氯丁二烯有意生产和使用情况的具体信息。这表明，已落实了替代措施，而且已有可用的替代品，但相关具体信息并未提供给委员会。目前未收到任何六氯丁二烯的特定豁免请求，也未确定此方面的任何特殊需求。

71. 若干签署国已逐步淘汰氯化碳氢化合物的放射用途或对其实施严格监管，这是因为在此方面已存在一系列的替代品，可切实用于多数此类用途。

2.5 关于实施可能的控制措施对社会的影响的资料概述

有意生产

72. 全球似乎已停止有意生产六氯丁二烯。如能避免重新生产六氯丁二烯及由此产生的相关风险，将可继续维持通过禁止生产和使用六氯丁二烯所产生的健康、环境和社会效益。如果能够在世界范围内终止目前尚未查明的六氯丁二烯生产和使用，将会带来有利影响。预期不会产生相关不利影响。

无意生成

73. 目前已有具备成本效益的最佳可得技术和最佳环保做法，可减少无意产生的六氯丁二烯排放量，相关文件对此已有介绍（环境署，2007年；欧盟委员会关于大量有机化工业的最佳可得技术参考文件，2003年；欧盟委员会关于有色冶金工业的最佳可得技术参考文件，2009年）。根据《公约》，各国义务针对其他无意生产的持久性有机污染物（六氯苯、五氯苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃）实施控制措施。可能可以针对六氯丁二烯采取类似的措施。若干签署国已逐步淘汰氯化碳氢化合物的放射用途或对其实施严格监管，这是因为在此方面已存在一系列的替代品，可切实用于多数此类用途。通过将六氯丁二烯列入附件C，采取措施减少其无意释放，可对人类健康和环境产生积极影响。采用最佳可得技术、最佳环保做法和控制措施及编制排放清单所产生的额外费用不会太高。加拿大报告称，清单成本是相对而言的，各个国家不尽相同。对于加拿大而言，没有发现有意来源，但是考虑到本文件中载列的众多无意的副产品来源，需要付出大量努力来研究所有潜在来源，以确定可以消除的来源。应尽快开展这一工作，以确保为研究和清单编制工作提供充分资源。本文件结论部分的第四点内容针对无意的副产品来源，认为减少其他持久性有机污染物的措施也将有利于减少六氯丁二烯的排放量。这一内容很难在排放清单中进行描述，需要提供不同设施以往释放情况的详细信息。

库存

74. 现有的废物处置场地会无意释放六氯丁二烯。目前已有相关最佳可得技术和最佳环保做法，可尽量降低废物处置场址的排放量，对此已有相关介绍（巴塞尔公约，1997年）。各国已采取了相应措施（如特别设计的填埋场理念）。如要将六氯丁二烯列入附件A和/或附件C，需要制定相关战略，查明现有库存并以无害环境的方式管理库存。这些措施将对人类健康和环境产生积极影响。查明相关垃圾填埋场、建立相应清单和完善释放管理的成本因国家和场地情况而定，因此难以进行估算。整治受污染场地的费用十分高昂。

2.6 其他考虑因素

75. 提交附件F规定信息的缔约方或观察员尚未提供关于信息和公众教育的相关具体情况。

76. 加拿大报告称，对以下环境中的六氯丁二烯进行监测：（1）空气（在“北方污染物计划”的框架下监测阿勒特（努勒维特）空气中的六氯丁二烯含量），（2）野生生物（Verreault等人在2005年开展了一项斯瓦尔巴特群岛北极鸥血浆和卵子中有机氯污染物筛选研究，六氯丁二烯是研究物质之一，但并未在血浆或卵子中检测到这一物质），（3）水/沉积物（“圣克莱尔河补救行动计划”中包含常规监测工作。六氯丁二烯是在水和悬浮沉积物中监测到的有机化合物之一。与安大略省环境部共同撰写了一份有关1987-1999年间圣克莱尔河中营养物质、主要离子、痕量金属及有机污染物浓度和趋势的报告）（附件F，加拿大，2013年）。目前在斯洛伐克的空气、水和食物中监测到的化学品中未发现六氯丁二烯（附件F，斯洛伐克，2013年）。

3. 信息综述

风险和行动需要

77. 根据风险简介，六氯丁二烯满足所有筛选标准，即远距离环境迁移、生物累积性、持久性和毒性。持久性有机污染物审查委员会决定，由于六氯丁二烯具有远距离环境迁移的特性，可能对人类健康和环境产生重大不利影响，因此必须采取全球行动。

来源

78. 目前未发现有意生产或使用六氯丁二烯的情况。六氯丁二烯曾用于某些技术和农业用途，曾作为化学工业的中间产物或产品。欧洲经委会区域（包括美国和加拿大）似乎已停止对六

氯丁二烯的有意生产和使用。目前无法获得在欧洲经委会区域以外的有意生产和使用数据。没有具体信息表明仍存在有意生产或使用六氯丁二烯的情况。尽管缺乏有关目前及过去三十年有意生产和使用情况的具体资料，但六氯丁二烯的有意生产及使用似乎已经停止。中国的监测数据表明，至少直到近期六氯丁二烯的有意生产和/或无意生成仍在继续。

79. 在氯化碳氢化合物，特别是四氯乙烯和三氯乙烯的生产过程中仍会无意生成六氯丁二烯，其他过程中也会生成该物质。由此产生的六氯丁二烯一般会在工厂里销毁或回收。但凭现有技术还不能完全停止工业生产中的六氯丁二烯排放。可通过改良工艺、采用最佳可得技术和最佳环保做法来减少和消除在氯化溶剂生产过程中排放的六氯丁二烯，从而减少和消除工业生产中的六氯丁二烯排放量。在特定用途中使用相关氯化化学品的替代品，能在有限的程度上为减少此类物质的生产量发挥一定作用，从而略微有助于减少相应的六氯丁二烯释放量。六氯丁二烯的其他无意生成来源包括镁生产和焚烧过程。

80. 事实表明，以往的废物处置场地可能会释放六氯丁二烯。这表明在现有的废物堆中可能存在大量的六氯丁二烯。但目前并不了解全世界废物处置场地中的六氯丁二烯总量及其释放情况。

现行控制措施

81. 六氯丁二烯受多项国际条约和条例的管制，如欧洲经委会《关于持久性有机污染物的奥胡斯议定书》和《在环境问题上获得信息、公众参与决策和诉诸法律的奥胡斯公约》下的《污染物释放和转移登记册议定书》。目前正对六氯丁二烯展开审查，以便将其纳入《鹿特丹公约》的管辖范围，六氯丁二烯已被列入若干相关的关切物质清单（如《欧盟水务框架指令》、奥斯巴公约，以及欧盟持久性、生物累积性和毒性物质工作组）。此外，众多区域和国家控制行动也已将六氯丁二烯纳入考虑范围。

释放和控制措施及其功效和效率

82. 本文件概述了目前活动所致的六氯丁二烯释放来源，以及可能采取的相关控制措施。可能的释放来源包括：(1) 有意生产（似乎已经停止），(2) 无意形成（化工业、镁工业和焚烧过程产生的副产品），以及(3) 以往废物处置场地的排放。

(1) 有意生产

83. 尽管缺乏有关目前及过去三十年有意生产和使用情况的具体资料，但六氯丁二烯的有意生产及使用似乎已经停止。为了限制六氯丁二烯可能的剩余用途，防止重新采用其他用途，将六氯丁二烯列入附件 A 并不授予任何特定豁免，这是根据《公约》针对有意来源所能采取的主要控制措施。因此，六氯丁二烯将需遵守《公约》第 3 条中的各项条款，以及关于减少六氯丁二烯生产、使用和进出口的要求。

84. 该物质的所有用途似乎都已停止。这表明，已落实了替代措施，而且已有可用的替代品。预计消除六氯丁二烯的有意生产和使用不会产生额外费用。由于替代品已经投入使用，预计消费者的费用不会上涨。禁止使用六氯丁二烯有利于保护人类健康和环境，因为这样可以防止重新引入六氯丁二烯和造成相关风险，而且全球当前未查明的有意生产和使用都将终止。

(2) 无意生成

85. 工业工艺中会无意产生及释放六氯丁二烯。六氯丁二烯的相关来源包括氯化碳氢化合物和镁的生产过程，以及其他潜在来源（如焚烧过程）。通过改良工艺控制方法，采用替代生产工艺或采取排放控制措施，可以减少氯化碳氢化合物生产中作为副产品形成的六氯丁二烯的无意排放。若干签署国已逐步淘汰氯化碳氢化合物的放射用途或对其实施严格监管，这是

因为在氯化化学品的使用方面已存在一系列的替代品，可切实用于多数此类用途。镁生产过程中的释放可以通过排放控制措施加以控制，包括废气的洗涤和焚烧。焚烧和其他热处理工艺会造成多氯二苯并对二英/多氯二苯并呋喃的释放，以及其他因燃烧而无意产生的持久性有机污染物的释放。大多数用于减少此类持久性有机污染物排放的措施也会显著降低六氯丁二烯的释放量。将六氯丁二烯列入附件 C 之后，该类物质必须遵守《公约》第 5 条规定的各项措施，并制定持续减少并在可行的情况下最终消除六氯丁二烯释放的目标。此外，还有义务针对六氯丁二烯的各个来源促进采用最佳可得技术和最佳环保做法。

86 目前已有具备成本效益的最佳可得技术和最佳环保做法，可减少无意产生的六氯丁二烯释放量，相关文件对此已有介绍。根据《公约》，各国义务针对其他无意生产的持久性有机污染物（六氯苯、五氯苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃）实施控制措施。可能可以针对六氯丁二烯采取类似的措施。可能可以针对六氯丁二烯采取类似的措施。此外，针对四氯乙烯、三氯乙烯和四氯化碳的特定用途，现已可以获得技术上可行且具有成本效益的替代品。通过将六氯丁二烯列入附件 C，采取措施减少其无意释放，可对人类健康和环境产生积极影响。采用最佳可得技术、最佳环保做法和控制措施及编制排放清单所产生的额外费用不会太高。六氯丁二烯监测工作会产生额外费用。由于已针对多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃等其他无意生产的持久性有机污染物采用控制措施，因此采用减少六氯丁二烯释放措施以及开展执行和监督工作所产生的额外费用不会太高。需培养发展中国家和经济转型国家开展六氯丁二烯监测工作的能力。

(3) 产生于先前的废物处置作业的排放

87. 事实表明，以往的废物处置场地可能会释放六氯丁二烯。目前并不了解全球共有多少废物处置场地，亦不清楚其释放情况。将六氯丁二烯列入附件 A 和/或 C 之后，必须使该物质遵守《公约》第 6 条规定的各项措施，并制定目标，查明受六氯丁二烯污染的场地并以保护人类健康和环境的方式管理此类场地。已有可用的最佳可得技术和最佳环保做法能够尽可能减少废物处置所致释放量。

88. 已有可用的最佳可得技术和最佳环保做法能够尽可能减少废物处置所致释放量。各国均已采取了相应措施（如特别设计的填埋场理念）。拟议采取的措施将要求各国制定相关战略，以便查明现有废物库存，并以无害环境的方式进行管理，如适当地处置相关垃圾填埋场沥出物。此类措施有利于保护人类健康和环境。查明相关垃圾填埋场、制定相应清单并对释放进行有效管理带来的额外费用因国家和场地情况而定，因此难以进行估算。整治受污染场地的费用十分高昂。

4. 结论综述

89. 对六氯丁二烯风险简介进行评估之后，委员会得出结论，由于该化学品具有远距离环境迁移的特性，可能对人类健康和/或环境产生重大不利影响，因此必须采取全球行动。

90. 委员会编制了本风险管理评估，并得出结论，尽管目前不存在有意生产或使用六氯丁二烯的情况，但必须要防止重新使用并管理无意释放带来的风险。

91. 六氯丁二烯是作为工业工艺的副产品无意产生的（特别是氯化碳氢化合物和镁的生产过程）。现已制定可尽量减少这些来源的释放量的措施，并开发出了技术上可行且具有成本效益的替代品用于氯化碳氢化合物的关键用途，《斯德哥尔摩公约》缔约方国家早已了解这些措施和替代品并已投入使用。

92. 同《公约》列出的其他无意生产的持久性有机污染物（六氯苯、五氯苯、多氯联苯、多氯二苯并对二恶英/多氯二苯并呋喃）一样，六氯丁二烯是在燃烧过程以及其他热处理工艺和工业工艺中无意产生的。大多数用于减少此类工艺中持久性有机污染物无意释放的措施也将显著降低六氯丁二烯的释放量。六氯丁二烯监测工作会产生额外费用。需培养发展中国家和经济转型国家开展六氯丁二烯监测工作的能力。

93. 目前尚不清楚以前的废物处置场地中六氯丁二烯的释放程度。现已制定各项控制措施以尽量减少此类释放。人们对全球垃圾场总数没有清晰的了解，就有关场地的存在状况编制资料，并对这些场地进行适当管理，将会有所裨益。

94. 《斯德哥尔摩公约》旨在保护人类健康和环境免受持久性有机污染物的危害，同时也要谨记《关于环境与发展的里约宣言》原则 15 提出的预防办法。其目的在于采取措施消除源自有意生产和使用持久性有机污染物的释放，在于减少或消除源自无意生产持久性有机污染物的释放，还在于以适当而无害环境的方式减少或消除源自库存和废物的释放。该宣言支持在 2002 年约翰内斯堡可持续发展问题世界首脑会议上达成的目标，确保到 2020 年，化学品生产和使用的方式能够最大限度地减少对环境和人类健康的重大不利影响。

95. 委员会编制了风险管理评估文件并审议了管理备选方案。根据《公约》第 8 条第 9 款，委员会建议斯德哥尔摩公约缔约方大会考虑将六氯丁二烯列入附件 A 和附件 C，并为此规定相应的控制措施。

参考文献

Annex F submissions on HCBD by January 2013, available at <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/LatestMeeting/POPRC8/POPRC8Followup/SubmissiononHCBD/tabid/3069/Default.aspx>

ATSDR 1994: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, Toxicological Profile for Hexachlorobutadien, May 1994.

Barnes et al., 2002: Barnes G, Baxter J, Litva A, Staples B. 2002: The social and psychological impact of the chemical contamination incident in Weston Village, UK: a qualitative analysis. *Soc Sci Med.* 55 (12):2227-41.

BC 1997: Basel Convention, Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5), Basel Convention series/SBC No. 02/03, First Published in 1997 and reprinted in November 2002

BUA 1991/2006: Gesellschaft Deutscher Chemiker, Hexachlorbutadien. BUA-Stoffbericht 263 (BUA Ergänzungsberichte XII; BUA Stoffbericht 62 (August 1991) Ergänzungsbericht (Februar 2006)). Weinheim, VCH.

Cai et al., 2007: Q.-Y. Cai, C.-H. Mo, Q.-T. Wu, Q.-Y. Zeng, A. Katsoyiannis, Occurrence of organic contaminants in sewage sludges from eleven wastewater treatment plants, China, *Science Direct, Chemosphere* 68 (2007) 1751-1762.

CCME 1999: Canadian Council of Ministers of the Environment, Hexachlorobutadiene - Canadian Water Quality Guidelines

for the Protection of Aquatic Life, 1999

CEH 2012: Abstract of the CEH Marketing Research Report: "C2 Chlorinated Solvents" (2012); available at <http://www.ihs.com/products/chemical/planning/ceh/c2-chlorinated.aspx>

Crump et al., 2004: Crump D, Brown V, Rowley J, Squire R (2004) Reducing Ingress of Organic Vapours into Homes Situated on Contaminated Land. *Env. Technol.* 4(25): 443-450.

Denier van der Gon et al. 2007: Hugo Denier van der Gon, Maarten van het Bolscher, Antoon Visschedijk, Peter Zandveld. Emissions of persistent organic pollutants and eight candidate POPs from UNECE-Europe in 2000, 2010 and 2020 and the emission reduction resulting from the implementation of the UNECE POP protocol, *Atmospheric Environment* 41 (2007) 9245-9261

Deutscher et Cathro 2001: R.L. Deutscher, K.J. Cathro. Organochlorine formation in magnesium electrowinning cells. *Chemosphere* 43 (2001) 147 -155

EC BREF LVOC 2003: EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry, February 2003

EC BREF NFM 2009: EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Non-Ferrous Metals Industries, Working draft in progress, July 2009

EC 2012: European Commission, Draft Commission staff working Document. The Document presents a draft of the second European Union Implementation Plan on Persistent Organic Pollutants. Brussels, XXX [...] (2012) XXX draft

Environment Canada 2000: Priority Substance List Assessment Report, Hexachlorobutadiene, ISBN 0-662-29297-9. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl2-lsp2/hexachlorobutadiene/index-eng.php>, November 2000

ESWI 2011: BiPRO, Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs, BiPRO as part of the Consortium ESWI on behalf of the European Commission, DG Environment, Final Report, 13 April 2011

Haskoning 2002: E. van de Plassche and A. Schwegler, Royal Haskoning, The Netherlands, Hecachlorbutadien, 2002

HSDB, 2012: Hazardous Substances Data Bank; Hexachlorobutadiene. Division of Specialized Information Services, National Library of Medicine (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>, last revised 10/12/2011).

INERIS 2005: J.-M. Brignon, Hexachlorobutadiene, HCBd, INERIS –DRC- MECO, Version No. 1, mai 05

IPCS 1994: International Programme On Chemical Safety, Environmental Health Criteria 156, Hexachlorobutadiene, World Health Organization

Juan et al., 2010: Juang D-F, Lee C-H, Chen W-C, Yuan C-S 2010: Do the VOCs that evaporate from a heavily polluted river threaten the health of riparian residents? *Sci. Tot. Env.* 408(20): 4524–4531.

Lahaniatis et al. 1997: E.S. Lahaniatis, H. Parlar, F. Korte. Über das Vorkommen chlorierter Kohlenwasserstoffe in Flugaschen von Müllverbrennungsanlagen. *Chemosphere* No. 1, pp 11 – 16, 1977

Lecloux, 2004: Lecloux A.: Hexachlorobutadiene – Sources, environmental fate and risk characterization, Science Dossier, Euro Chlor representing the chlor-alkali industry, 2004; www.eurochlor.org, 43p

Lenoir et al 2001: D. Lenoir, A. Wehrmeier, S.S. Sidhu, P.H. Taylor. Formation and inhibition of chloroaromatic micropollutants formed in incineration processes, *Chemosphere* 43 (2001) 107-114

Li et al., 2012: Li, MT, Hao LL, Sheng LX, Xu JB 2008: Identification and degradation characterization of hexachlorobutadiene degrading strain *Serratia marcescens* HL1. *Bioresource Technology* 99(15): 6878–6884.

Nicole, 2004: NICOLE (Network for Contaminated Land in Europe), Report of the Nicole workshop, 2004, Nicole Projects Reporting Day, February 2004, Runcorn, UK

Rae, I 2012:

Comment on the first draft risk profile, April, 2012.

Thailand 2011: Submission of information specified in Annex E to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention

TURI 2006: Five chemicals alternatives assessment study.
http://www.turi.org/About/Library/TURI_Publications/2006_Five_Chemicals_Alternatives_Assessment_Study

TURI 2008: Trichloroethylene factsheet.
http://www.turi.org/About/Library/TURI_Publications/Massachusetts_Chemical_Fact_Sheets/Trichloroethylene_TCE_Fact_Sheet/Printable_Trichloroethylene_TCE_Fact_Sheet

TURI 2012: Assessment of alternatives to perchloroethylene for the dry cleaning industry.
<http://www.turi.org/content/download/7399/134622/file/Perc%20Alternatives%20Assessment%20for%20Dry%20Cleaning%20Industry.pdf>

UBA AT 2001: Umweltbundesamt Austria. BAT for Large Volume Organic Chemicals and Production in Austria, Vienna, 2001

UNECE 2007: Exploration of management options for Hexachlorobutadiene (HCBD), Paper for the 6th meeting of the UNECE CLRTAP Task Force on Persistent Organic Pollutants, Vienna, 4-6 June 2007. 20 June 2007

UNEP 2007: GUIDELINES ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES AND PROVISIONAL GUIDANCE ON BEST ENVIRONMENTAL PRACTICES relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, May 2007, Geneva, Switzerland

UNEP/POPS/POPRC.8/16: Stockholm Convention on POPs, POPRC eighth meeting, Geneva 15 to 19 October 2012. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting. Geneva, November 2012

UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2: Stockholm Convention on POPs, POPRC eighth meeting, Geneva 15 to 19 October 2012. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting. Addendum: Risk profile on hexachlorobutadiene. Geneva, 1 November 2012

US EPA 2003: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Health Effects. Support Document for Hexachlorobutadiene. EPA 822-R-03-002, February 2003

US EPA 2012b: Great Lakes Binational Toxics Strategy, Appendix 1, Persistent toxic substances focused on by the Canada-United States strategy for the virtual elimination of persistent toxic substances in the Great Lakes

Verreault et al., 2005: Verreault J. and R. Letcher, D.C.G. Muir, S. Chu, W.A. Gebbink, G.W. Gabrielsen. 2005. New Organochlorine Contaminants and Metabolites in Plasma and Eggs of Glaucous Gulls (*Larus Hyperboreus*) from the Norwegian Arctic

WWF 2005: WWF, Stockholm Convention "New POPs", Screening Additional POP Candidates, April 2005