

中国白蚁防治氯丹灭蚁灵替代示范项目前期准备项目

关闭江苏省溧阳光华化工有限公司

环境影响评价报告书

江苏省环境科学研究院

2005 年 12 月 26 日

# 目录

<b>第 1 章</b>	<b>概述.....</b>	<b>4</b>
<b>第 2 章</b>	<b>示范项目背景.....</b>	<b>6</b>
2.1	国家概况.....	6
2.2	氯丹及灭蚊灵.....	6
2.3	项目描述.....	6
2.4	环境影响评估的实施.....	8
2.5	环境影响评价采用的主要技术和方法.....	9
2.6	环境影响评价承担单位.....	9
<b>第 3 章</b>	<b>政策、法规、管理框架.....</b>	<b>10</b>
3.1	涉及化学品管理的四个国际公约.....	10
3.2	中国淘汰氯丹、灭蚊灵的相关法规.....	11
3.3	重要法律、规定、标准的要点.....	12
3.4	国外相关法规.....	15
3.5	中国持久性有机污染物管理机构设置.....	18
3.6	项目机构设置.....	18
<b>第 4 章</b>	<b>项目基本情况和实地调查.....</b>	<b>20</b>
4.1	溧阳基本情况.....	20
4.2	溧阳光华化工有限公司.....	20
4.3	生产工艺和排污情况.....	35
4.4	溧阳光华化工有限公司的环境监测.....	39
4.5	第一阶段监测.....	39
4.6	第二阶段采样及监测.....	55
4.7	污染物浓度梯度分布.....	58
<b>第 5 章</b>	<b>风险评估.....</b>	<b>60</b>
5.1	概述.....	60
5.2	可接受风险水平.....	60
5.3	利用美国国家环保局初级风险目标（PRG）进行风险评估.....	61
5.4	氯丹、灭蚊灵风险现状评估.....	62
5.5	定性评估.....	62
5.6	定量评估.....	67
5.7	地下水中的氯丹、灭蚊灵风险评估.....	71
5.8	地下水中的硫丹、六氯环戊二烯造成的风险.....	73
5.9	氯丹、灭蚊灵场地清理后期风险评估.....	74
<b>第 6 章</b>	<b>修复方法.....</b>	<b>77</b>
6.1	现有技术的总体描述.....	77
6.2	自然衰减.....	79
6.3	生物修复.....	80
6.4	焚烧.....	81
6.5	热脱附.....	83
6.6	玻璃化.....	84

6.7	高温分解 .....	85
6.8	化学处理 .....	85
6.9	挖掘及安全填埋 .....	86
6.10	抽出处理 .....	87
6.11	物理屏障, 被动/反应处理墙 .....	89
6.12	概要 .....	90
<b>第 7 章</b>	<b>环境影响 .....</b>	<b>91</b>
7.1	现场修复活动的环境影响 .....	91
7.2	潜在的负面影响 .....	92
7.3	污染废物处置的环境影响 .....	93
7.4	原料和产品储存和销售的环境影响 .....	93
<b>第 8 章</b>	<b>环境管理计划 .....</b>	<b>94</b>
8.1	减缓过去生产过程造成的影响 .....	94
8.2	与关厂相关的社会影响的减缓措施 .....	99
8.3	与修复活动相关的减缓措施 .....	99
8.4	监测计划 .....	102
8.5	机构安排 .....	104
8.6	实施安排 .....	105
8.7	场地用途的专门控制 .....	105
8.8	能力建设与培训计划 .....	105
8.9	实施进度安排 .....	106
8.10	费用分析 .....	106
8.11	报告 .....	110
<b>第 9 章</b>	<b>公众参与 .....</b>	<b>111</b>
9.1	公众参与的法律依据 .....	111
9.2	本项目的公众参与和信息公开 .....	111
9.3	第一轮公众参与的分析 .....	112
9.4	第二轮公众参与的分析 .....	116
9.5	信息公开 .....	116
<b>附件 1:</b>	<b>中国氟丹和灭蚁灵生产企业 .....</b>	<b>117</b>
<b>附件 2 :</b>	<b>溧阳光华化工有限公司场地附加信息 .....</b>	<b>118</b>
<b>附件 3:</b>	<b>监测和分析的质量保证和质量控制 (QA/QC) .....</b>	<b>122</b>
<b>附件 4:</b>	<b>江苏省注册的危险废物处置和管理企业 .....</b>	<b>127</b>

## 第1章 概述

1. 本环境影响评价（EIA）是针对关闭中国江苏省溧阳光华化工有限公司活动开展的，包括生产设施的拆除，危险废物的处置，以及场地清除，使其满足工业用地的要求。
2. 关闭溧阳光华化工有限公司是 GEF 项目“中国防治白蚁氯丹、灭蚁灵替代示范项目”活动之一。示范项目旨在为中国制定淘汰斯德哥尔摩公约首批列入的 12 种 POPs 中的两种——氯丹和灭蚁灵的国家计划，提供必要的专业知识和经验。
3. 本 EIA 的第 2 章提供了详细的项目背景资料，并着重对关闭溧阳光华化工有限公司的活动进行了描述。
4. 第 3 章阐述了与项目准备、实施，以及关厂相关的政策、法律、管理框架。项目设计受制于以下四个国际化学品公约：斯德哥尔摩公约、巴塞尔公约、鹿特丹公约、蒙特利尔议定书。此外，项目各项活动，包括关闭和清理溧阳光华化工有限公司的设计和实施，都要符合中国国家和省级的相关法律、规定和标准要求。
5. 虽然有一些适用的法律和规定，但中国还没有制定环境介质中氯丹、灭蚁灵的最高允许浓度的标准。鉴于没有国家或省级的标准，将采用斯德哥尔摩公约推荐 50ppm 浓度作为本项目的清理浓度。
6. 第 4 章提供了有关溧阳光华化工有限公司、氯丹、灭蚁灵生产，以及厂区周围的地理、水文和气候的详细资料。重要的是本章还提供了通过两轮现场监测所收集的现场调查和污染数据结果。通过现场调查和监测，已经确定了主要污染物——氯丹和灭蚁灵，对土壤、地表水、地下水、底泥造成的污染范围和程度，同时也对现场其他污染物在各种环境介质中的浓度进行了监测。现场调查还包括了厂区周边地区，如最近居民点，以确保在获得翔实资料基础上制定综合清理计划。
7. 现场调查和监测资料表明，厂区受到了氯丹和灭蚁灵的适度污染。超标污染区集中在厂区范围内，污染分布与企业的正常运作相吻合。
8. 第 5 章评估了厂区目前对人类健康可能的风险。评估同时确认，在污染程度降低到斯德哥尔摩公约推荐的 50ppm 标准后，厂区将不再对人类健康构成危害。本章风险评估采用了美国环保局制定的方法和参考浓度。
9. 第 6 章对修复场地和处置氯丹、灭蚁灵危险废物的技术和可选方案进行了分析和评估。由于中国在处置类似废物方面经验有限，因此，可选方案更多的基于国际经验。本章提供的资料是第八章选择清理技术方案的基础。
10. 第 7 章对工厂拆除和场地修复相关的潜在环境影响进行了评估。这些影响包括重型机械造成的噪声和大气污染，挖掘及拆除、挖掘坑的回填，和污染废物运输贮存所造成的扬尘，还有与通过填埋焚烧最终处置危险物质相关的污染。

11. 第 8 章针对第七章识别出的潜在环境影响，提出了减缓措施，并详细阐述了场地清理和清理后监测计划。场地清理主要包括污染土壤的挖掘，及其在危险废物填埋场中的最终处置。普通废物将在城市填埋场处置。现场清洗产生的废水、农药容器清洗产生的废水等将送到有资质的工业废水处理厂处置。

12. 第 9 章记录了组织的两轮咨询及公众参与过程，意在确保 EIA 充分反映公众的意见。

## 第2章 示范项目背景

1. 氯丹和灭蚁灵是列入《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（简称斯德哥尔摩公约）的 12 种持久性有机污染物中的 2 种。作为斯德哥尔摩公约的缔约国，中国有义务根据公约要求淘汰这些化学品。虽然氯丹、灭蚁灵对人体健康产生致癌、神经、心理作用，造成神经、肝脏、皮肤及男性生殖系统和免疫系统疾病，但由于其高效和低成本优势已使其在过去的几十年中成为中国白蚁防治工作的主力药剂。类似于其它持续有机污染物，氯丹、灭蚁灵在地球生态系统中迁移距离很长并在食物链中富集。持久性强，在暴露 12 年之后仍然能在水体、土壤、食品、饮料、母乳及人类组织中检出其残留。

### 2.1 国家概况

2. 中国是世界上白蚁密度最大和危害最严重的国家之一。在全国除六个省份（黑龙江、吉林、内蒙古、宁夏、青海、和新疆）外的广大地区共发现了 482 种白蚁，主要集中在江南地区。白蚁影响面积超过 40% 的国土，已对 30 - 90% 的江南建筑物造成了危害。此外，白蚁还造成了对历史建筑、大坝、桥梁等的危害。估计每年造成的直接经济损失在 20 至 25 亿元人民币之间。中国急剧增加的居住用房和基础设施急需进行白蚁控制。

### 2.2 氯丹及灭蚁灵

3. 作为效用较好的广谱杀虫剂，氯丹、灭蚁灵分别于 1964 年和 1979 年被引入中国，并迅速成为主要的白蚁防治药剂。由于氯丹、灭蚁灵药效好，持久性强，且生产成本低和易使用等特点，导致其在中国被广泛使用。一段时间内，中国白蚁的防治工作主要依赖于氯丹和灭蚁灵。至 2004 年 12 月，中国九家氯丹和灭蚁灵生产企业，均位于江苏省境内，9 家企业中 5 家既生产氯丹又生产灭蚁灵，4 家只生产氯丹。2000-2003 年，中国氯丹的年生产量在 450-820 吨之间，灭蚁灵的年生产量在 9-31 吨之间。实际上氯丹和灭蚁灵主要用于居民楼和其它建筑的白蚁控制。使用这两种白蚁杀虫剂会对当地和全球的人体健康和环境造成明显的危害。

### 2.3 项目描述

4. 2001 年 5 月中国签署了斯德哥尔摩公约，并要求世界银行帮助开发白蚁防治氯丹、灭蚁灵替代示范项目，该项目获得了 GEF 理事会的批准。

5. 该项目是由 GEF 资助的全额示范项目，独立于正在执行的现有项目。该项目旨在为中国全国性分阶段实施氯丹、灭蚁灵淘汰推广计划奠定基础。因此，该项目将有助于中国履行斯德哥尔摩公约，并且是一系列国际性环境保护支持性干预活动的实质性部分之一。为了确保项目取得的成果和经验能够在全国推广，项目还专门设计了开发全国推广计划的活动。参与此项目的国家级、省级及各级地方政府、组织、机构和公司也将协助确保相关信息的共享。项目最终成果以及白蚁防治的综合虫害管理（IPM）信息可以从项目的互联网网站上获得。

6. 本示范项目旨在(i)通过引入综合虫害管理技术,在示范省内实现氯丹和灭蚁灵在白蚁防治用途上的替代;(ii)制定国家推广计划,以期实现在2014年前全面淘汰氯丹和灭蚁灵。
7. 根据项目设计和目标,项目的主要成果包括:(i)消除氯丹、灭蚁灵在示范区建筑行业中的使用;(ii)完善相关国家级和省级政策、制度和机构,以综合虫害管理技术取代基于杀白蚁剂的白蚁防治方式;(iii)关闭溧阳光华化工有限公司并对其废弃设备和污染场地进行处置和清理,以减少全国氯丹、灭蚁灵生产量;(iv)开发全国推广计划并建立生产配额制度,以促进在全国其余地区淘汰氯丹、灭蚁灵。中国推荐受氯丹、灭蚁灵污染的土壤清理标准为50ppm,这与巴塞尔公约推荐值完全一致。
8. 项目成功的关键指标是示范区白蚁防治专业机构在项目结束时实现氯丹、灭蚁灵在白蚁防治用途上的使用量为零。
9. 该项目与若干正在进行的相关项目相互互动、紧密联系。其中包括(a)履行斯德哥尔摩公约国家实施计划(NIP)编制项目,该项目由全球环境基金支持,由联合国工业发展组织和国家环保总局斯德哥尔摩公约履约办共同实施;(b)已完成的中意合作“中国削减和淘汰杀虫剂类有机污染物战略”项目;(c)加拿大信托基金资助的白蚁防治替代药剂案例研究项目;和(d)同样由加拿大信托基金资助的中国持久性有机污染物对妇女与儿童毒性案例研究项目。
10. 国家实施计划(NIP)包括旨在削减和消除所有持久性有机污染物的国家战略和行动计划,制定国家清单并加强能力建设以促进中国履行斯德哥尔摩公约。
11. 加拿大信托基金资助的白蚁防治替代药剂案例研究项目的主要成果是对现有的部分白蚁防治化学药剂进行测试,并初步开发了白蚁控制IPM工具包。中意合作“中国削减和淘汰杀虫剂类有机污染物战略”项目的主要成果是制定消除中国所有杀虫剂类有机污染物初步战略。这两个项目的成果为国家实施计划(NIP)及本示范项目提供了直接的技术支持。将于2006年11月完成的国家实施计划(NIP)将基于中意合作“中国削减和淘汰杀虫剂类有机污染物战略”项目制定消除氯丹、灭蚁灵的初步行动计划。计划于2009年12月结束的本示范项目的主要成果之一是开发国家推广计划,它将对国家实施计划(NIP)中的氯丹、灭蚁灵初步行动计划细化和更新。
12. 中国持久性有机污染物对妇女与儿童毒性案例研究项目将主要调查滴滴涕(DDT)和多氯联苯(PCBs)的暴露情况,重点研究它们对妇女和儿童健康造成的不良影响。初步研究结果表明,浙江省某一地区的多氯联苯(PCBs)浓度较高,该地区妇女和儿童体内多氯联苯(PCBs)含量的几何均数处于中等水平,低于加拿大北极圈地区的调查结果,但高于加拿大南部地区的调查结果。该项研究的主要成果是(a)调查了滴滴涕(DDT)和多氯联苯(PCBs)在环境中的暴露水平;(b)调查了滴滴涕(DDT)和多氯联苯(PCBs)在生物样品中的累积水平。
13. 示范项目选择了浙江和江苏两省作为示范省。两省深受白蚁之害,其氯丹、灭蚁灵的消费量居全国前列。对于中国经济较为发达的这两个省份而言,白蚁危害对两省造成了巨大的经济损失和不良社会影响。两省在白蚁防治方面

积累了一定的经验，建立了较为完善的相关白蚁防治管理和实施机构，有资质的研究机构和技术服务供应方为这些机构提供了技术支持。因此，两省均建立了较为完善的白蚁防治体系。

14. 江苏省是中国唯一生产氯丹和灭蚊灵的省。对于本示范项目，中国选择了溧阳光华化工有限公司作为永久性关闭氯丹灭蚊灵生产线活动的示范企业。附件1列出了江苏省其余8家氯丹灭蚊灵生产企业的相关信息。

15. 关闭溧阳光华化工有限公司。该活动的目的是（a）永久性关闭溧阳光华化工有限公司的氯丹、灭蚊灵生产线，并拆除相关生产设备。（b）清理氯丹、灭蚊灵污染场地，处置氯丹废物。此项行动将为解决关闭氯丹、灭蚊灵生产企业而引发的当地社会、环境问题提供实际经验。同时，它将有助于实现全国每年削减2吨灭蚊灵和190吨氯丹的目标。通过在示范区引入饵剂系统，使氯丹生产量的削减大于氯丹消费量的削减。该项活动由以下两部分组成：

- a. 关闭溧阳光华化工有限公司，拆除生产设备。该项活动将提供资金完全拆除溧阳光华化工有限公司所有设备和设施，并对由此产生的企业利润损失和工人收入损失进行补偿。
- b. 清理和处置氯丹、灭蚊灵废物。该项活动将提供资金对被氯丹/灭蚊灵污染的设备 and 土壤进行处置和清理。

## 2.4 环境影响评估的实施

16. 本环评报告依据中华人民共和国环境保护法编制。该法规定，“新建、改建、扩建项目必须编制环评报告并送批。”本环评报告的编制还遵循“建设项目环境保护管理办法”[国家环保总局（1986）03号]和中华人民共和国环境影响评价法，以及关于加强国际金融机构贷款建设项目环评管理的通知[1993：No.324]的要求。

17. 根据1993年关于加强国际金融机构贷款建设项目环评管理的通知，考虑到本示范项目的实施会对周边环境产生负面影响，所以必须开展全面的环境影响评估。就本示范项目而言，关闭溧阳光华化工有限公司旨在清理受污染的厂区，有利于当地及全球环境。

18. 根据中国环境影响评估技术编制技术导则，环境影响评估范围包括：

- a. 环评区及周边地区土壤质量；
- b. 环评区周边长度为1500米的地表水；
- c. 项目区0.2公里半径内地下水；
- d. 区域的土地利用状况-区域内无计划开发项目；
- e. 项目区0.1公里半径内鱼塘；
- f. 项目区0.3公里半径区域内植被；
- g. 项目区及周边地区大气质量；
- h. 项目区0.3公里半径区域内的噪声；



- i. 项目区周边重要或敏感生态系统。

## 2.5 环境影响评价采用的主要技术和方法

19. 环境影响评价采用的方法和 4 个主要步骤如下：

- a. 在现场环境状况和企业生产活动初步调查的基础上，制定环境监测方案，委托有资质的监测单位进行环境监测，包括土壤、地表水、地下水和底泥采样分析，监测数据用于氯丹和灭蚁灵以及场地其它污染现状的评价。
- b. 通过风险分析评估场地存在对人体健康风险，风险分析采用 USEPA 的方法；
- c. 根据监测数据和风险评估结论，以及采用的清理标准，制定清理计划；
- d. 根据相关法规、技术指南和标准，制定环境管理计划（EMP）。

## 2.6 环境影响评价承担单位

20. 江苏省环境科学研究院负责中国白蚁防治氯丹灭蚁灵替代示范项目前期准备项目之关闭溧阳市光华化学工业有限公司环境影响评价的实施。江苏省环境科学研究所成立于 1985 年，2001 年四月更名为江苏省环境科学研究院。主要从事环境科研、环境影响评价与环境规划、环境工程治理与污染控制技术、环保新产品研制及生产、环境最佳实用技术推广与应用，环境管理体系认证等技术服务工作。持有国家环境保护总局颁发的甲级环境影响评价证书（国环评证甲字第 1902 号）。国家环保总局颁发的甲级环境影响评价证书、乙级综合环境防治工程设计证书和 ISO14000 环境管理体系认证证书。依托该院组建的江苏省环境工程重点实验室，拥有省内一流的试验装置和必要的分析测试手段。

21. 江苏省环境监测中心为本次环境影响评价的监测单位。该中心的科研水平居国内先进行列，是江苏省环境监测科研的牵头单位、研究中心。中心 1992 年 10 月在全国率先通过中国国家认证、认可监督管理委员会的国家级计量认证，分别于 1997 年 12 月和 2002 年 8 月通过国家计量认证复查，并于 2002 年 8 月通过了中国实验室国家认可委员会的实验室认可现场评审，2002 年 11 月获实验室认可证书（证书编号为：NO.L0089）。

22. 依据《实验室认可准则》CNAL/AC01（idt GB/T15481-2000 和 ISO/IEC17025:1999）和《产品质量检验机构计量认证/审查认可（验收）评审准则》，并结合本中心的实际情况，编制了质量手册，质量手册为该中心所有监测活动，包括采样和分析，提供了质量控制和保证体系。

## 第3章 政策、法规、管理框架

### 3.1 涉及化学品管理的四个国际公约

1. 环境的化学污染是不受国界限制的，因此，多边环境协议提出了有效的国际或区域管理框架，以预防和使有毒化学品及危险废弃物对全球造成的影响最小化。

2. 四项国际多边环境协议（巴塞尔、鹿特丹、斯德哥尔摩公约、蒙特利尔议定书）涉及国际贸易中的有毒化学物品，危险废物转运，减少乃至最终消除持久有机污染物的排放、使用和生产，以环境无害化修复废弃储存场地和识别污染场地等问题。最重要的是四项协议有助于防患于未然。四项协议还大力倡导信息交流、技术能力建设，并为发展中国家及经济转型国家提供资金支持。

3. 四项协议为区域环境合作提供了一个基本工具，通过国际途径将所有签约国联成一体，采用修复、减缓或其它手段解决国际性、区域性环境问题。强调有效利用共有资源-信息、资金、专业知识；减少重复；强调计划与政策的一致性；避免各自为政。

4. 各种关于化学品和危险废物的公约的根本目的在于保护人类健康和环境不受化学品和危险废物的污染。《巴塞尔公约》涵盖极广的危险废物范围，包括需要越境转移化学废物。公约旨在倡导通过减低废物的产生量及有害特性，以及危险废物的处理处置尽量选择靠近其产生源，进而将废物的转移运输控制在最低水平。鹿特丹公约是专门针对国际贸易中某些有害农药药剂。斯德哥尔摩将减少乃至消除来自国际生产，无意生产、储存和废弃物而引起的持久性有机污染排放列为重点。鹿特丹公约和斯德哥尔摩公约允许将新的化学物纳入协议。蒙特利尔议定书旨在通过淘汰臭氧消耗物质保护臭氧层。

#### 5. 《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》

《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（简称《斯德哥尔摩公约》）旨在减少或消除持久性有机污染物（简称 POPs）的排放，保护人类健康和生态环境免受其危害。列入初步清单的 12 种 POPs 包括：艾氏剂、氯丹、滴滴涕、狄氏剂、二恶英、异狄氏剂、呋喃、六氯苯、七氯、灭蚁灵、多氯联苯和毒杀酚。

6. 《斯德哥尔摩公约》包含多项条款，如：

- a. 采取措施，减少或消除持久有机污染物的生产、使用、进出口、排放；
- b. 特定豁免登记；
- c. 附件 D 中规定的化学品筛选标准；
- d. 资金资源和机制
- e. 技术援助
- f. 公众宣传、认识和教育
- g. 研究、开发、监测等。

《斯德哥尔摩公约》要求：缔约国自公约生效之日起十年内淘汰 9 种杀虫剂类持久性有机污染物，并采用环境无害化方式对库存和废弃的持久性有机污

染物进行管理和处置。

7. 《斯德哥尔摩公约》第6条第2款规定，缔约国大会应与《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》的有关机构密切合作，尤其要：

- a. 制定进行销毁和永久质变的必要标准，以确保附件D第1款中所确定的持久性有机污染物其特性不被显示；
- b. 确定它们认可的上述对环境无害化的处置方法；和
- c. 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款中所述及的持久性有机污染物的低含量。

#### 8. 《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》

1989年3月22日，联合国环境规划署在瑞士巴塞尔召开了世界环境大会，会议通过了《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》（简称《巴塞尔公约》）。约100个国家签署了该项公约，中国与1990年3月22日签字公约加入公约。

9. 《巴塞尔公约》旨在禁止越境转移危险废物，尤其是出口到发展中国家，特别是通过出口和转运方式向发展中国家转移。公约要求缔约国削减危险废物的产生，鼓励采用环境安全的方式就地贮存、处置废物。公约明确提出，当处于环境考虑需要越境转移废物时，出口国应事先向接收国及相关国家通报废物的性质和数量。出口国必须得到接收国的书面批复。

10. 关于含持久有机废物或受其污染的废物管理的技术总导则的第28款引用《斯德哥尔摩公约》中第6条第2款(C)的要求，即缔约国应与巴塞尔公约办事机构密切合作，“为附件A、B和C所列化学物质制定适合的含量标准，以界定第1款(d)(ii)中所述及的持久性有机污染物的低含量”。根据第6条第1(d)(ii)要求，凡是含持久有机污染物或受其污染的废物应对其处置并使其所含POP完全销毁，或得到不可逆转化，或上述条件不具备时，采用环境安全方式进行处置。

11. 第29条给出了适用于狄氏剂、氯丹、DDT、异狄氏剂、七氯、HCB、灭蚊灵、毒杀芬的低浓度标准：50mg/kg..

### 3.2 中国淘汰氯丹、灭蚊灵的相关法规

12. 适用于本示范项目的危险化学品安全管理规定主要有：

- a. 中华人民共和国环境保护法（1989年12月26日）
- b. 中华人民共和国固体废物污染防治法（1996年4月1日）
- c. 中华人民共和国传染病防治法（1989年，9月1日）
- d. 中华人民共和国环境影响评价法（2002年10月28日）
- e. 建设项目环境保护管理规定（中华人民共和国国务院第253号令）（1998年11月29日）
- f. 环境影响评价技术导则，国家环保总局（HJ/T2.1-2.3-93）
- g. 危险固体废物焚烧污染控制标准（GB18484-2001）
- h. 危险废物填埋污染控制标准（GB18598-2001）

- i. 危险废物贮存污染控制标准 (GB18597-2001)
  - j. 中国危险废物名录, 国家环保总局(1998)
  - k. 危险废物鉴别标准 (GB5085-1996)
  - l. 危险废物填埋场建设技术要求, 国家环保总局(No. [2004] 75)
  - m. 危险废物转运联单 (1999 年 11 月)
  - n. 废水综合排放标准(GB8978-1996)
  - o. 大气环境质量标准 (GB3095-1996)
  - p. 地表水环境质量标准 (GB3838-2002)
  - q. 地下水环境质量标准 (GB/T14848-93)
  - r. 工业企业厂界噪声标准 (GB12348-90)
  - s. 工业企业设计卫生标准 (TJ36-79)
13. 此外, 涉及的部分世行指南及公约包括:
- a. 世行操作手册 (1999, 1 月)
  - b. 世行环评操作指导 4.01
  - c. 《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》
  - d. 《控制危险废料越境转移及其处置巴塞尔公约》(1989 年 3 月)

### 3.3 重要法律、规定、标准的要点

#### 14. 固体废物污染环境防治法

固体废物污染环境防治法是中国危险废物管理的基本法律依据。该法的第三条规定, 中国实行固体废物减量化、综合利用、控制废物处置污染原则。第五十七条规定, 从事收集、贮存、处置危险废物经营活动的单位, 必须向县级以上人民政府环境保护行政主管部门申请领取经营许可证。国务院出台了许可证管理规定, 禁止无证从事危险废物收集、贮存、处置业务。它也禁止委托无证机构从事上述活动。第十三条规定, 建设产生固体废物的项目必须依法进行环境影响评价, 并依照相关程序报环境保护行政主管部门批准后采取措施防治环境污染。建设项目可行性报告或设计报告只有当环评报告通过审批方可批准实施。第十四条规定, 建设项目的环境影响评价文件确定需要配套建设的固体废物污染环境防治设施, 必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。固体废物污染环境防治设施必须经原审批环境影响评价文件的环境保护行政主管部门验收合格后, 该建设项目方可投入生产或者使用。对固体废物污染环境防治设施的验收应当与主体工程的验收同时进行。这些规定为开展环境影响评价奠定了法律基础。

#### 15. 现行白蚁防治政策

自 1987 年以来, 建设部制定并颁发了一系列白蚁防治的政策和规定, 其中 1999 年发布的第 72 号令“城市房屋白蚁防治管理规定”是中国最为重要的规定。2004 年建设部第 130 号令对该规定进行了修订。两条法令中的有关条款主要包括:

- a. 凡白蚁危害地区的新建、改建、扩建、装饰装修的房屋必须实施白蚁预防处理。
  - b. 国务院建设行政主管部门负责全国城市房屋白蚁防治的监督管理工作。省、自治区人民政府建设行政主管部门负责本行政区域内城市房屋白蚁防治的监督管理工作。直辖市、市、县人民政府房地产行政主管部门负责本行政区域内城市房屋白蚁防治的监督管理工作。
  - c. 白蚁防治单位必须获得相应的资质，城市房屋白蚁防治应当使用经国家有关部门批准生产的药剂。。
  - d. 白蚁预防包治期限不得低于 15 年，包治期限自工程交付使用之日起计算。
  - e. 城市房屋白蚁防治工作应当贯彻预防为主、防治结合、综合治理的方针。
  - f. 国家鼓励开展城市房屋白蚁防治科学研究，推广应用新药物、新技术、新工艺、新设备。
16. 为了强化白蚁防治管理，中国出台了很多关于城市房屋建筑、堤坝以及白蚁研究的技术标准和规章制度。表 3-1 列出了 相关国家、江苏省和浙江省发布的标准和规章制度。

表 3-1 国家级、浙江省和江苏省白蚁防治标准和规章制度

类别	发布机构及时间	标准和规章制度
城市房屋建筑	建设部，1993	房屋建筑白蚁预防工程施工技术规定
	中国房地产管理研究所，2002 年 4 月	房屋、建筑白蚁控制防治工程技术标准
	浙江省建设厅 1986 年 10 月	浙江省新建房屋白蚁预防工程技术规范
	江苏省建委，1993 年	江苏省房屋建筑白蚁预防施工操作规程 房屋建筑白蚁防治药物使用规范
	浙江省建设厅，1998 年	浙江省房屋建筑白蚁防治工程质量管理实施细则
	浙江省建设厅，1999 年	浙江省房屋建筑白蚁防治药物使用管理实施办法
堤坝	水利部 1996 年 8 月	关于进一步加强堤坝白蚁防治确保工程防洪安全的通知
	江苏省水利厅，1990 年	江苏省堤坝白蚁防治暂行办法
研究	GB/T18260-2000（2000 年 12 月颁布，2001 年 4 月生效）	木材防腐剂对白蚁毒效实验室试验方法
	GB2951. 38-86（1987 年 12 月颁布，1987 年 12 月生效）	电线电缆白蚁试验方法
	无锡白蚁防治所，标准 Q/320201NBV101-2001	防治白蚁药效测试方法及评价

类别	发布机构及时间	标准和规章制度
	( 2001 年生效 )	

17. 为减少环境污染，保护人类健康，中国政府颁布多项政策以消除或限制氯丹及灭蚁灵的生产和使用。相关的管理规定包括：

- a. 首次进口化学品及有毒化学品进出口环境管理规定（国家环保总局，外经贸部、海关总署 1994 年颁布）。该规定旨在加强首次进口化学品及有毒化学品进出口，包括被禁止和严格控制化学品名单。氯丹为名单所列 27 种化学品之一。换言之，氯丹的进出口业务在中国是受到严格控制的。
- b. 《中华人民共和国农药管理条例》  
为了加强对农药生产、经营和使用的监督管理，保证农药质量，保护农业、林业生产和生态环境，维护人畜安全，国务院令第 216 号颁布，自 1997 年 5 月 8 日起施行。该条例对中华人民共和国境内的农药登记、生产、经营和使用作出了明确的规定和要求。条例所称农药，是指用于预防、消灭或者控制危害农业、林业的病、虫、草和其他有害生物以及有目的地调节植物、昆虫生长的化学合成或者来源于生物、其他天然物质的一种物质或者几种物质的混合物及期制剂，因此适用于本项目。国家鼓励和支持研制、生产和使用安全、高效、经济的农药。
- c. 国务院第 216 号令—中华人民共和国农药管理条例，1997 年 5 月生效，2001 年重新修订。  
该条例旨在加强农药的生产、销售、使用，确保农药质量，保护农业生产、生态环境、人类与动物的安全。该条例明确规定农药的注册、生产、销售、使用的要求。条例所指用于杀灭、控制疾病、虫害、杂草或有害生命形式的农药包括一种化学品或几种物质的混合物以及从其它生物或自然物质提取的药品。国家鼓励、支持安全、高效、经济农药的研究、生产、使用。
- d. 《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》（第一批）  
1999 年 1 月 22 日，中华人民共和国国家经济贸易委员会令第 6 号发布自 1999 年 2 月 1 日起施行经国务院批准的《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》（第一批）。该《目录》将氯丹列为淘汰产品，淘汰期限中明确氯丹应立即淘汰。
- e. 《城市房屋白蚁防治管理规定》  
为了加强城市房屋的白蚁防治管理，控制白蚁危害，确保城市房屋建筑安全使用，中华人民共和国建设部令第 72 号公布了《城市房屋白蚁防治管理规定》，自 1999 年 11 月 1 日起施行。2004 年 7 月 20 日中华人民共和国建设部令第 130 号公布实施了对《城市房屋白蚁防治管理规定》修正。该规定适用于白蚁危害地区城市房屋建筑的白蚁防治管理。规定所称的城市房屋白蚁防治管理，是指对新建、改建、扩建、装饰装修等房屋的白蚁预防和对原有房屋的白蚁检查与灭治的管理。凡白蚁危害地区的新建、改建、扩建、装饰装修的房屋必须实施白蚁预防处理。城市房屋白蚁防治工作应当贯彻预防为主、防治结合、综合治理的方针。城市房屋白蚁防治应当使用经国家有关部门批准生产的药剂。白蚁防治单位应当建立药剂进出领料

制度。药剂必须专仓储存、专人管理。国家鼓励开展城市房屋白蚁防治科学研究，推广应用新药物、新技术、新工艺、新设备。

f. 《危险化学品安全管理条例》

《危险化学品安全管理条例》由国务院颁布，自2002年3月15日起施行。条例目的在于加强危险化学品的安全管理和保护人体和环境健康。条例明确规定在中华人民共和国境内生产、经营、储存、运输、使用危险化学品和处置废弃危险化学品的各项条例。其中第二十五条规定：危险化学品的生产、储存、使用单位转产、停产、停业或者解散的，应当采取有效措施，处置危险化学品的生产或者储存设备、库存产品及生产原料，不得留有事故隐患。处置方案应当报所在地设区的市级人民政府负责危险化学品安全监督管理综合工作的部门和同级环境保护部门、公安部门备案。

g. 土壤环境质量标准(GB15618-1995)。

土壤环境质量标准是中国的国家标准，于1996年3月1日生效。土壤环境质量分为三类：一类标准为保护区域自然生态，维持自然背景的土壤环境质量的限制值；二类标准为保障农业生产，维护人体健康的土壤限制值，三类标准为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值。10种监控的污染物包括：铬、砷、铜、铅、镉、锌、镍、汞，六六六和DDT。但是没有氯丹和灭蚁灵的标准。

### 3.4 国外相关法规

18. 迄今为止，只有美国、俄罗斯制定了氯丹、灭以灵的环境质量和污染控制标准。查阅有关资料、咨询相关专家，将国外有关标准列于表3-2中。

表 3-2 氯丹、灭蚁灵等国外相关环境标准一览表

污染物名称	环境要素	环境值	备注
氯丹	水	0.55 $\mu$ g/L	美国加利福尼亚州饮用水可接受浓度, FSTRAC, 1990
		0.1 $\mu$ g/L	美国纽约州饮用水可接受浓度, CELDS, 1992
		0.2 $\mu$ g/L	WHO 规定的饮用水中对健康有影响化学物质的限值
		0.19 $\mu$ g/L	美国 9 区自来水标准初级修复目标, EPA, 2004
		0.01 $\mu$ g/L	美国佛吉尼亚州地下水环境质量标准, CELDS, 1992
		2 $\mu$ g/L	美国环境保护局确定的 MCL 值
	水	0.02ng/L(目标值) 0.2 $\mu$ g/L(干涉值)	荷兰土壤修复及地下水标准, 荷兰政府颁布, 2000
		0.5mg/kg	台湾土壤污染管制标准, 环署字第 0073684, 民国 90 年
	土壤	1.6 mg/kg (居住区) 6.5 mg/kg (工业区)	美国 9 区初级修复目标 (直接暴露接触土壤), EPA, 2004
		1 mg/kg (土壤摄取量)	美国亚利桑那州污染土壤修复临时准则 (居住口入 HBGL)
		4 mg/kg (土壤摄取量)	美国亚利桑那州污染土壤修复临时准则 (非居住口入 HBGL)
		0.00003 mg/kg (目标值) 4 mg/kg (干涉值)	荷兰土壤修复及地下水标准, 荷兰政府颁布, 2000
		0.05mg/kg	前苏联土壤中农药的卫生标准
	作为废弃物	50mg/kg	巴塞尔公约持久性有机废物导则
灭蚁灵	水	0.001 $\mu$ g/L	美国宾西法尼亚州地表水标准, CELDS, 1994
		0.001 $\mu$ g/L	美国宾西法尼亚州地下水标准, CELDS, 1994
		0.037 $\mu$ g/L	美国 9 区自来水初级修复目标, EPA, 2004
	土壤	0.27mg/kg (居住区) 0.96 mg/kg (工业区)	美国 9 区土壤初级修复目标 (直接接触土壤), EPA, 2004
		0.76 mg/kg (土壤摄取量)	美国亚利桑那州污染土壤修复临时准则 (居住口入 HBGL)
		2.66 mg/kg (土壤摄取量)	美国亚利桑那州污染土壤修复临时准则 (非居住口入 HBGL)
	作为废弃物	50mg/kg	巴塞尔公约持久性有机废物导则
硫丹	水	220 $\mu$ g/L	美国 9 区自来水初级修复目标, EPA, 2004
		0.2 $\mu$ g/L(目标值) 5 $\mu$ g/L(干涉值)	荷兰土壤修复及地下水标准, 荷兰政府颁布, 2000
	土壤	700 mg/kg (土壤摄取量)	美国亚利桑那州污染土壤修复临时准则 (居住口入 HBGL)



污染物名称	环境要素	环境值	备注
		2450 mg/kg (土壤摄取量)	美国亚利桑那州污染土壤修复临时准则 (非居住口入 HBGL)
		370 mg/kg (居住区) 3700 mg/kg (工业区)	美国 9 区土壤初级修复目标 (直接暴露接触土壤), EPA, 2004
		0.00001 mg/kg (目标值) 4mg/kg (干涉值)	荷兰土壤修复及地下水标准, 荷兰政府颁布, 2000
	水	220µg/L	美国 9 区自来水初级修复目标, EPA, 2004
六氯环戊二烯	土壤	370 mg/kg (居住区) 3700 mg/kg (工业区)	美国 9 区土壤初级修复目标 (直接暴露接触土壤), EPA, 2004

USEPA MCL：最大污染物量 (MCL)：最大可容许的污染物浓度，是可执行的环境标准。

19. 即使像丹麦、日本这样环境标准非常严格的发达国家，也还没有关于土壤和地下水氯丹、灭蚊灵、硫丹和六氯环戊二烯的标准。

20. 目前，中国没有氯丹、灭蚊灵处置标准。

### 3.5 中国持久性有机污染物管理机构设置

#### 21. 国家环境保护总局

国家环境保护总局是负责中国环境事务的机构，也是斯德哥尔摩公约谈判代表团的牵头单位和斯德哥尔摩公约中国履约联络点。危险废物的监管是国家环境保护总局的主要任务之一。国家环境保护总局依据固体废物污染防治法，会同相关部委发布了一系列危险废物管理办法、标准、政策。涉及履约的国家环境保护总局主要部门有国际合作司、污染控制司、政策法规司、科学标准司、计划财务司、监察司。国际合作司是负责对外合作和谈判的部门，污染控制司是负责履行斯德哥尔摩公约、巴塞尔公约、鹿特丹公约工作的关键部门，而且隶属于污控司的固废和化学品管理处负责中国 PCB 污染的控制和管理工作。

#### 22. 国家环境保护总局下属的危险废物管理机构

国家环境保护总局下属的危险废物管理机构包括：国家化学品登记中心，固体废物进口管理登记中心，中国危险废物管理处置技术转让和培训中心。国家化学品登记中心为国家环保总局的化学品管理提供技术支持，该中心由中国环境科学研究院管理，受国家环境保护总局污控司的固体废物和化学品管理处监管。除了管理首次进口化学品登记以及危险废物进出口业务外，该中心还从事化学品管理技术、方法的改进。

23. 自 2003 年 7 月 1 日，国家环境保护总局委托中日环境保护宣教中心控制用作原材料的废物进口审批。附属于该中心的进口废物登记中心负责此项审批工作。

24. 危险废物管理处置技术转让和培训中心位于清华大学环境科学与工程系的固体废物控制及资源研究所内，为巴塞尔公约谈判及相关培训活动提供技术支持。

### 3.6 项目机构设置

#### 25. 国家履行斯德哥尔摩公约国家实施方案编制领导小组 (NLG)

2003 年 9 月中国成立了国家实施方案 (NIP) 编制领导小组，由国家环境保护总局牵头。在 NIP 编制前期准备阶段，NLG 将负责国家实施方案制定工作的指导、协调。2004 年 8 月 13 日中国批准公约后，该小组作为国家领导小组负责 POPs 公约的履约工作，具体包括：(i) 全面指导 NIP 制定；(ii) 审查与 POPs 相关政策；( ) 指导各项履约活动的正常开展。该小组由 11 个部门组成：环保总局、发改委、外交部、财政部、商务部、科技部、农业部、卫生部、建设部、海关总署和电监会。

26. 国家环境保护总局被指定为所有履行 POPs 公约活动的国家牵头实施单位，所有主要国家和地方政府、科研机构、专业白蚁防治部门都将参与项目实施工作。各主要机构的职责如下：

- a. 履约办：国家环保总局已经组建了履约办负责全面管理和实施 POPs 履约项目。履约办隶属国家环保总局，负责斯德哥尔摩公约日常履约工作。在履约办内部，组建了白蚁项目组，在履约办的指导下负责该项目的日常实施和管理工作，并监督省级 PIU 开展相关项目工作。项目将聘请一位首席技术顾问（CTA，国际专家）、一位国家技术顾问（NTA，国内专家），以及若干技术专家协助履约办开展项目工作。
- b. 建设部下属国家白蚁防治中心将负责监督政策问题，并负责开发 IPM 白蚁防治操作和培训手册。
- c. 省级协调组。项目将在浙江和江苏两个示范省分别组建省级协调组，成员单位为主要利益相关方，协调组将指导省级项目办开展相关技术、政策、管理以及其他工作。
- d. 省项目办（PIU）。项目将在浙江和江苏两个示范省分别组建项目办，负责本省内项目活动的日常项目实施、管理工作。江苏省环保厅是江苏项目办的前头部门。
- e. 浙江省白蚁防治所。目前该所负责培训本省白蚁防治站和从事白蚁防治工作人员，并负责协调省内各家白蚁防治站/所。
- f. 江苏省白蚁协会。该协会将维持目前的职责不变。在本项目中，还将负责为省内所有白蚁站人员提供 I M P 培训，继续协调省内白蚁防治所和白蚁防治站的工作。
- g. 江苏、浙江的白蚁防治站。专业的白蚁防治站将接受 I M P 培训，并采用饵剂系统为主的综合虫害管理（IPM）技术替代氯丹、灭蚁灵。至 2004 年，浙江省和江苏省分别有 90 家和 82 家省、市级白蚁防治站，他们都将直接参与本项目。
- h. 饵剂系统供应商。在项目启动 6 个月后，将按照世界银行采购规则与中标的饵剂系统供应商签署合同，国内和国际供应商都可以在农业部登记注册其产品。在项目实施期间将定期采购饵剂系统以确保成本效益最大化。
- i. 危险废物管理公司。项目将通过招标方式确定负责承担溧阳光华化工有限公司关闭后废弃设备和污染场地的处置和清理活动的危险废物管理公司。

## 第4章 项目基本情况和实地调查

### 4.1 溧阳基本情况

#### 地理位置

1. 溧阳市地处太湖西岸常州南郊，距离太湖 43.2km，位于苏、浙、皖三省交界之处，北临长江，南倚天目山脉，历史上被誉为苏、锡、常、杭、嘉、湖、江南鱼米之乡的中心（见图 4-1）。介于北纬  $31^{\circ}1' - 31^{\circ}41'$ ，东经  $119^{\circ}08' - 119^{\circ}36'$  之间，南北长 59.06km，东西宽 45.14 km，总面积 1,535 平方公里，人口 78 万（2004 年数据）。
2. 溧阳辖 18 个镇、2 个省级开发区（见图 4-2）。溧城镇是江苏省百家名镇之一，是溧阳的政治和经济中心，现有面积 123.7 平方公里，人口 18.7 万（2004 年数据）。著名的京杭运河贯穿镇区。
3. 溧阳光华化工有限公司位于溧阳经济技术开发区，紧邻江苏省溧阳市溧城镇牛车垛村，距溧阳市中心约 5km。具体位置分别见图 4-1 “江苏省与溧阳光华化工有限公司地理位置图”和图 4-2 “溧阳市与溧阳光华化工有限公司行政区图”。
4. **经济发展状况。**2004 年，溧阳市实现工业销售 258.02 亿元，利税 22.57 亿元；溧城镇国内生产总值实现 21.1 亿元，工业总产值 48.7 亿元。
5. **地质、地貌。**溧阳境内地形变化较大，地势南、西。北三面高，为低山丘陵；腹部与东部低平。全市海拔（吴淞基面）高度在 506 米至 2 米之间。境内南部低山丘陵属天目山余脉，主要山峰有石门尖、铜官岭、道德山等，最高峰石门尖 506 米；西北部丘陵属茅山余脉，主要山峰有丫髻山、瓦屋山、芝山等，最高峰丫髻山高 410 米。城区地势基本平坦，海拔高程一般在 5 - 6 米（吴淞高程）。低山区和丘陵区占全市面积的 65.15%，平原区占 24.84%，西南为高平原区。



图 4-1  
江苏省  
与溧阳光  
华化工有  
限公司的  
地理位置



图 4-2:溧阳市与溧阳光华化工有限公司行政区图



6. 溧阳城区大部分为第四纪冲击湖积层所覆盖,厚度 30-50 米左右,上部为黏性的弱透水层,属第四系砂砾层空隙承压水.由于地下水主要靠构造盆地边缘的地表径流和大气降水补给,地下水资源不甚丰富。根据土力学性质,在沿河一带地基承载力 4 小于 8 吨,其它地区可达 12-20 吨以上,有利于一般工程的建设。图 4-3 为溧阳地区的卫星影像图。

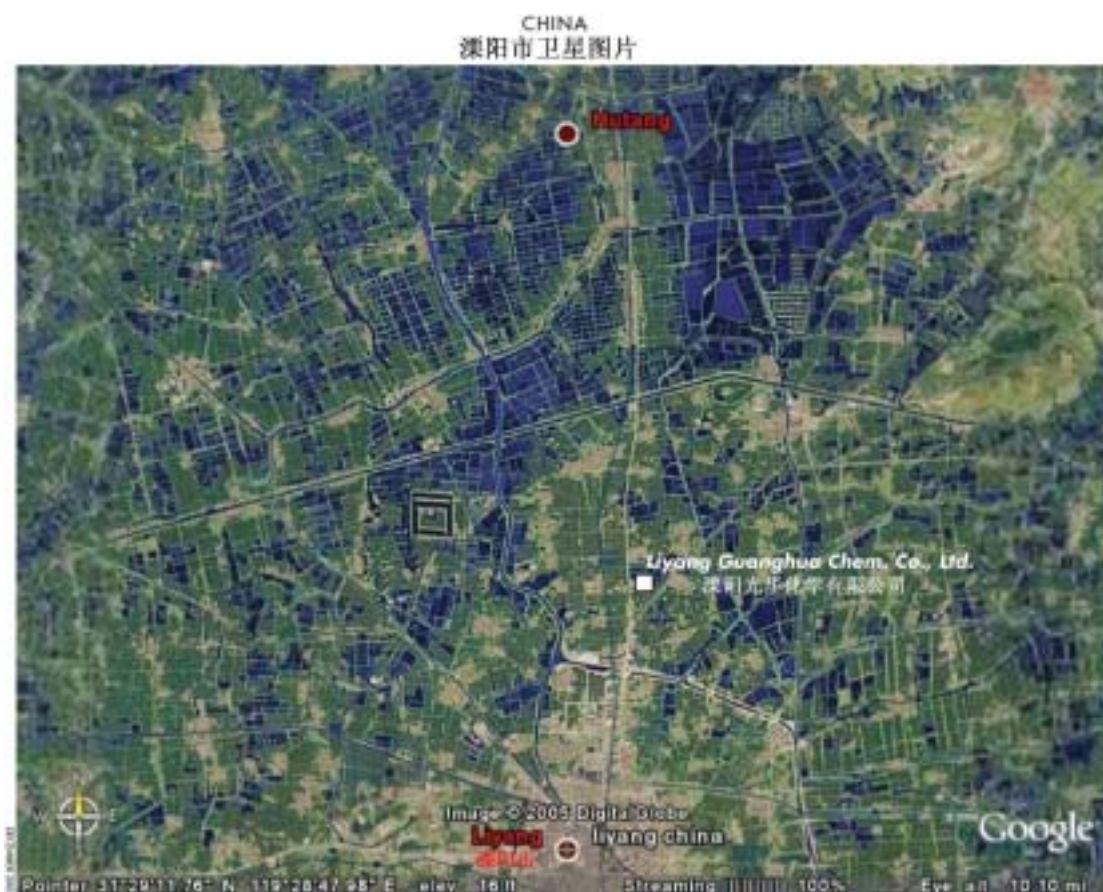


图 4-3 溧阳地区的卫星影像图

7. **水文。**溧阳位于太湖湖西水网区,境内河流属太湖水系,全市 1 公里长的河流共有 125 条,河流累计总计 614 公里,河网密度为 0.40 公里/平方公里,年径流量 5.76 亿方。境内河流水位变化一般在 2.50 - 5.50 米,最大超过 6 米以上,最高水位一般出现在 7 - 9 月,最低水位出现在 12 月至翌年 2 月。

8. **气候。**溧阳属亚热带季风气候,温和湿润,四季分明,雨量充沛,无霜期长,全年平均温度 15.5℃,其中:一月份 2.7℃,七月份 28.1℃。年均降水量 1152.1 毫米,年均蒸发量 1558.6 毫米,平均相对湿度 79%。其中,一月份 42.2 毫米,七月 154.1 毫米。大约日照时间,一月份 137.6 小时,七月份 229 小时。全市主导风向为东风,年均风速 3.1 米/秒。

9. **土壤。**溧阳在地质构造上属古拗陷盆地中冲击河谷平原，成土母质为河湖相的黄土状物质为主，局部亦有黏土和亚黏土的河漫滩相沉积物和砂性的河床相沉积物。发育的土壤为马肝土和青泥土。

10. **空气环境。**2004 年溧阳环境空气质量符合《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中规定的二级标准。其中市区二氧化硫年平均值为  $0.040\text{mg}/\text{m}^3$ ，比 2003 年上升了  $0.017\text{mg}/\text{m}^3$ ；二氧化氮年平均值为  $0.037\text{mg}/\text{m}^3$ ，比 2003 年上升了  $0.011\text{mg}/\text{m}^3$ ；可吸入颗粒物年平均值为  $0.097\text{mg}/\text{m}^3$ ，比 2003 年上升了  $0.002\text{mg}/\text{m}^3$ ；全年空气污染综合指数为 0.82，属于轻污染水平；首要污染物为可吸入颗粒物；溧阳全年未出现酸雨现象。

11. **生物环境。**当地自然生态系统属混有常绿树种的落叶阔叶林，但由于原生植被已受到严重破坏，鸡龙山、仙人山及一些低丘只分布一些次生幼林，主要属种有马尾松、麻栎、青冈栎、白榆、桧柏、香樟、山茶、竹等，人工栽种的杨、柳、水杉、泡桐等。项目周围农田主要种植水稻、小麦、油菜、棉花、瓜果等。

#### 4.2 溧阳光华化工有限公司

12. **概况。**溧阳市光华化工有限公司是一个集体企业，具有独立法人。始建于 1989 年 6 月。2004 年公司占地约 15064 平方米，拥有职工 90 人，固定资产 300 万元，工业总产值 0.8 亿元。主要产品为氯丹、灭蚁灵和硫丹。氯丹和灭蚁灵销售收入为 0.63 亿元。从事氯丹和灭蚁灵生产的工人人数为 40 人。

13. 溧阳市光华化工有限公司位于溧阳经济技术开发区内，该开发区成立于 1992 年 4 月，1993 年 11 月经省人民政府批准为省级经济开发区。开发区规划面积为 40 平方公里，已开发面积近 10 平方公里，产业主要定位为机械、钢铁冶金和食品加工等。

14. 1992 年该公司在现有场地建了氯丹和灭蚁灵的生产装置。这块地原来是农业用地，之前无工业生产活动。在 1992 年和 1997 年之间，该场地只生产硫丹。氯丹和灭蚁灵的生产线是 1997 年增加的。这块地位于镇广公路东面，中河南面，赵村河西面，芜申运河北面。

15. 2004 年公司拥有一套氯丹和灭蚁灵生产线及配套的供热锅炉、原料和产品仓库、试验房及污水处理装置等辅助设施及硫丹废弃厂房和设备。氯丹生产线始建于 1997 年，生产能力为  $250\text{ t/a}$ ，后投资 50 万元进行扩产到生产能力为  $500\text{ t/a}$ 。氯丹和灭蚁灵的生产车间和仓库占地 1000 平方米。2004 年氯丹实际生产产量为  $190\text{ t/a}$ 。灭蚁灵产量根据市场需求确定。由于计划关厂，氯丹和灭蚁灵的生产装置于 2005 年 7 月停产。

16. 在同一块场地上还有硫丹的生产装置。硫丹生产线建于 1992 年，设计规模为  $300\text{ t/a}$ ，已于 2004 年初为履行蒙特利尔公约而关闭。硫丹生产设备拆除，并江苏省盐城市滨海化工园区建设了一套使用非臭氧层消耗物质技术的硫丹生产线



17. **生产装置布局。**溧阳市光华化工有限公司占地约 15064 ( 176.6 x 85.3m ) 平方米，表 4-1 是详细的生产线、仓库和其他辅助设施的情况。图 4-4 为溧阳光华化工有限公司的生产布局图。

表 4-1 厂地使用情况

工程名称		设计能力	备注
主体工程	硫丹醇生产装置（已废弃）	300 t/a	两个生产车间，占地 163.3m <sup>2</sup> ，已于 2004 年初停产。
	氯丹和灭蚊灵生产装置	500 t/a	氯丹和灭蚊灵合用一套生产装置，占地 500 M <sup>2</sup> 。
公用及辅助工程	混合车间	/	175 m <sup>2</sup> (25m × 7m)
	仓库		共用一个厂房
	机修车间	/	175 m <sup>2</sup> (25m × 7m)
	产品仓库		共用一个厂房
	原辅材料仓库	/	503.4 m <sup>2</sup> (29.1m × 17.3m)
	锅炉房	/	82.5 m <sup>2</sup> (7.3m × 11.3m)
	配电房	/	占地 140 m <sup>2</sup>
	分析室	/	占地 80 m <sup>2</sup>
	办公室	/	占地 20 m <sup>2</sup>
环保工程	厕所	/	占地 20 m <sup>2</sup>
	废水处理	4t/d	处理方法为生化法，占地为 47 m <sup>2</sup>
	废气处理 <sup>a/</sup>	/	处理氯气和氯化氢，处理方法为水和碱吸收。

<sup>a/</sup> 废气处理设施是生产设施之一，所以没有在图 4-4 中单独画出。



图 4-4  
溧阳光华  
化工有限公司生产  
布局及周  
边概况

18. **周围环境状况。**根据溧阳市的总体规划，项目所在地溧阳经济技术开发区为工业用地。2005年溧阳市光华化工有限公司场地周围仍然是农田。农作物为水稻、小麦、棉花和瓜果。厂区西南面约300m处、南面约150m处、东南面约600m处有散落居民（见图4-4）。西北面约75m处为镇广公路。在公路和进入厂区道路间有个小房子，是两个人的工棚。这两人在未经政府批准建了这个小房子，用来建造水泥船（见照片4-1）。建议地方政府要求两人在进行关厂清理活动前离开那个地方。

19. 溧阳市光华化学工业有限公司厂界周围主要为农田和分散的居民，北面约310米为溧阳市有机化工厂，拥有独立法人，厂区占地面积约3317m<sup>2</sup>，拥有职工18人，主要生产产品为环戊二烯和水溶性涂料，其中环戊二烯生产规模为120t/a。



照片 4-1 溧阳光华化工有限公司附近的造船工棚

20. 项目所在地周围主要地表水体为丹金溧漕河、中河、赵村河和芜申运河（见图4-5）。附近无饮用水取水口，水体整体流向为由西向东，由北向南。其中丹金溧漕河水功能区划为Ⅲ类（规划2010年），中河和赵村河为Ⅳ类（规划2010年），水功能均为渔业、工业和农业用水。2004年监测数据表明，目前河流水质

均为《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类，部分河段水质已劣于Ⅲ类。近些年来，溧阳的水质由于大量的工业和生活污水的排放而下降。

21. 与溧阳光华化工有限公司有关的部分地表水体是朱家埠河和万亩桥河，是该公司的纳污水体（见图4-4和图4-5）。通过实地勘查、询问、GPS定位和测量，确定其相对位置和走向。目前朱家埠河、万亩桥河及万亩桥河支流富营养化严重，主要用作附近农田灌溉。

22. 万亩河的一条支流流经溧阳市光华化学工业有限公司的西侧边界。这条支流是规划做为附近工业区的纳污水体的（见照片4-2）。



照片 4-2 溧阳光华化工有限公司西侧的万亩桥河支流

23. 在溧阳市光华化学工业有限公司北边界外边20米，有养蟹的鱼塘（见图4-4）。

24. 溧阳光华化工有限公司使用溧阳市自来水公司的自来水作为设备清洗、产品洗涤、职工生活用水。然而该公司的生产用冷却水和地面冲洗水来源于厂界万亩桥河支流。

25. 溧阳市自来水公司的水源为天目湖水。天目湖是个水源水库，作为饮用水源受到保护。湖水水质总体是优良的（二级），符合饮用水标准。

26. 项目所在地周围村庄有8口地下水井，目前大多数已经不用。离溧阳市光华化学工业有限公司最近的井位于其南方、东南方和西南方150-600米。当地还有极少部分居民用地下水和河水作为非饮用水的其它生活用水如洗澡、洗衣等。据地下水流向监测资料，项目所在地地下水流向为由西向东。

27. 表4-2列出了溧阳光华化工有限公司所在区域环境保护敏感目标。

表 4-2 项目所在区域环境保护敏感目标

环境保护对象名称	方位	距离 (m)	规模/用途
牛车垛村 居民点	西南面、南面	约 300	约 50 户, 150 人
	南面	约 150	约 8 户, 24 人
南方村居民点	东南面	约 600	约 25 户, 75 人
入厂道路旁的居民点	南面	约 50	2 人
万亩桥河支流	北面	约 20	用作周围农田的灌溉。项目纳污水体
鱼塘	北面	约 25	4 个鱼塘, 用于螃蟹养殖
农田	东、南、西面	厂界四周	种植蔬菜
居民井	西南面、南面、东南面	150-600	8 口井。不用作居民及家畜的饮用水, 不用于灌溉

28. **对工人健康的影响。**通过对该公司经理和工人进行访问和现场调查, 该公司没有定期为工人进行体检, 也没有迹象表明该公司工人的健康出现异常现象。

29. **产品和主要原辅材料。**产品、主要原辅材料理化特性见表 4-3 和 4-4, 数据来源于《危险化学品安全技术全书》(化学工业出版社)。有关氯丹、灭蚁灵及漂阳光华化工有限公司使用的其它化学品的特性详见附件 2。

表 4-3 产品、主要原辅材料理化特性

(数据来源于《危险化学品安全技术全书》(化学工业出版社))

化学物质	外观 及性况	凝固点 或熔点 ( )	沸点 ( )	饱和 蒸汽压 (kPa)	相对密度 (水=1)	燃烧性	自燃 温度 ( )	爆炸 极限 (V%)	闪点 ( )	危险性 类别
六氯环戊二烯 C <sub>5</sub> Cl <sub>6</sub>	黄色至琥珀色油状液体，油刺激性气味	9.6	239	0.012	1.70	不易燃烧	/	/	/	第 6.1 类
双环戊二烯 C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	无色晶体	32.5	172	1.33	0.98	易燃	503	1.0-10	26	第 3.3 类
四氯化碳 CCl <sub>4</sub>	无色有特臭液体，易挥发液体	-22.6	76.8	13.33	1.60	不燃	/	/	/	第 6.1 类
氯 Cl <sub>2</sub>	黄绿色有刺激性气味的 气体	-101	-3405	506.62	1.47	助燃	/	/	/	第 2.3 类
氯丹 C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>8</sub>	无色或淡黄色液体，工业品为杉木气味的琥珀色液体	/	175	0.27	1.61	一般不会燃烧，但长时间暴露在明火及高温下仍能燃烧	/	/	/	第 6.1 类
灭蚁灵 C <sub>10</sub> Cl <sub>12</sub>	白色无味结晶	/	485	/	/	不易燃烧	/	/	/	第 6.1 类
1,4-丁烯二醇 C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	无色无臭的液体	12.5	234		1.1	可燃	/	/	/	/
氯化亚砷 Cl <sub>2</sub> OS	淡黄色至红色、发烟液体，有强烈刺激气味	-105	78.8	13.3	1.64	不燃，遇水或潮气会分解为二氧化硫、氯等刺激性的有毒烟气	/	/	/	第 8.1 类

表 4-4 产品、主要原辅材料理化特性

(数据来源于《危险化学品安全技术全书》(化学工业出版社))

化学物质	溶解性	毒 性
六氯环戊二烯 C <sub>5</sub> Cl <sub>6</sub>	不溶于水，溶于乙醚、四氯化碳等多数有机溶剂	LD <sub>50</sub> : 584mg/kg (大鼠经口); 430 mg/kg (小鼠经口), 对粘膜和皮肤有明显刺激作用
双环戊二烯 C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	不溶于水，溶于乙醇、乙醚	LD <sub>50</sub> : 820mg/L (大鼠经口); 0.72 mg/kg (兔经皮)。接触高浓度本品蒸气有刺激和麻醉作用
四氯化碳 CCl <sub>4</sub>	微溶于水，易溶于多数有机溶剂	LD <sub>50</sub> : 2350mg/L (大鼠经口); 5070 mg/kg (大鼠经皮) 高浓度四氯化碳蒸气对粘膜有轻度的刺激作用，对中枢神经系统有轻度的麻醉作用，对肝肾有严重的损伤作用。
氯 Cl <sub>2</sub>	易溶于水，碱液	LC <sub>50</sub> : 293ppm/1h (大鼠吸入); 对眼睛、呼吸系统粘膜有刺激作用。可引起神经兴奋、放射性心跳骤停
氯丹 C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>8</sub>	不溶于水，溶于多数有机溶剂，	LD <sub>50</sub> : 200MG/KG (大鼠经口); 145 MG/KG (小鼠经口), LC <sub>50</sub> : 100 MG/M34 小时 (猫吸入); 急性中毒几小时就可能死亡。
灭蚊灵 C <sub>10</sub> Cl <sub>12</sub>	不溶于水，溶于苯、二恶烷、二甲苯、四氯化碳	LD <sub>50</sub> : 312MG/KG (大鼠经口); 800 MG/KG (兔经皮)，吸入、摄入或经皮肤吸入后会中毒。
1,4-丁烯二醇 C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	可溶于水	/
氯化亚砷 Cl <sub>2</sub> OS	可混溶于苯、氯仿、四氯化碳等	LC50: 大鼠吸入：500PPM/1H; 吸入、摄入或经皮肤吸收后对身体有害，对眼睛、粘膜、皮肤和上呼吸道有强烈的刺激作用，可引起灼伤



30. **生产设备。**表 4-5 列出了溧阳光华化工有限公司的主要生产设备、公用和贮运设备。照片 4-3 为氯丹和灭蚊灵产品及其生产设备，照片 4-4 为废弃的硫丹生产设备。

表 4-5 项目主要生产设备、公用和贮运设备

类型		设备名称	设备规格	单位	数量
生产	氯丹和灭蚊灵	反应釜	1000L	台	1
			500 L	台	3
		减速机	/	台	1
		冷凝器	500 L	台	1
		玻璃冷凝器	/	只	4
		电解炉	/	台	2
		反应锅	100 L	台	2
		卧式快装锅炉	1m <sup>3</sup>	台	2
	硫丹*	合成釜	500L	台	1
		水解釜	500L	台	1
		洗涤釜	500L	台	2
		精制釜	500L	台	1
		切片机	500L	台	1
		冷凝器	2m <sup>2</sup>	台	1
		离心机	/	台	1
		真空泵	/	台	3
环保		生化处理设备	处理能力 4T/D	套	1
贮运		液氯钢瓶		只	10
		包装物		只	1800

\* 硫丹的生产设备已经拆除但仍堆放在厂区内。



照片 4-3 溧阳光华化工有限公司氯丹和灭蚊灵生产装置



照片 4-4 溧阳光华化工有限公司废弃的硫丹生产装置

### 4.3 生产工艺和排污情况

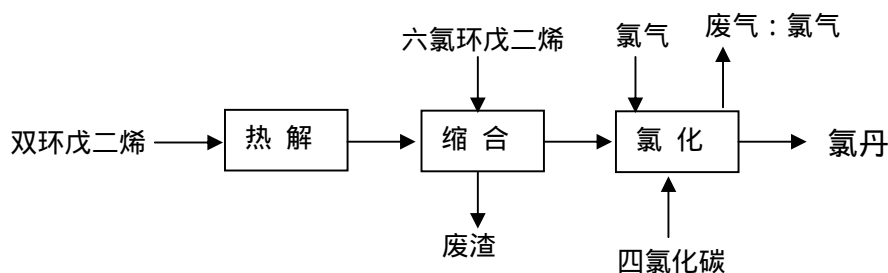
31. **氯丹生产。**氯丹生产原料为双环戊二烯、六氯环戊二烯、氯气和四氯化碳。氯丹生产分两步进行：

第一步：双环戊二烯在 170℃ 下进行裂解，得环戊二烯；

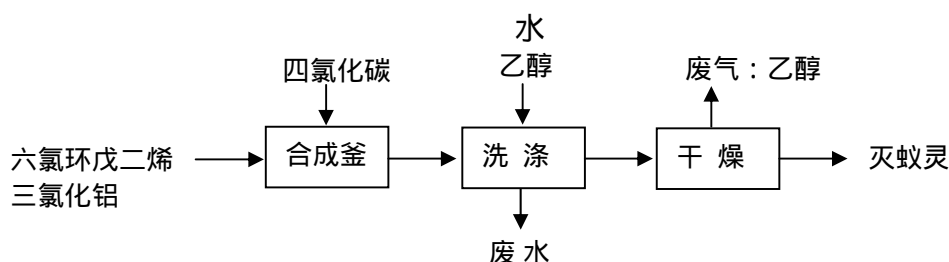
第二步：六氯环戊二烯在 75 ~ 85℃ 与环戊二烯缩合，而后在 70℃、四氯化碳中进行氯化，即制得氯丹。

32. 氯丹生产工艺流程见图 4-6。氯丹生产过程的排污情况如下：

- a. 废气：生产过程过量的氯气用氢氧化钠吸收后排放；
- b. 固废：双环聚合物废渣；
- c. 废水：设备和地面冲洗水，收集后送本厂污水处理站（位置见图 4-4），处理后排入附近的万亩桥河的支流。



(a) 氯丹的生产工艺流程



(b) 灭蚁灵的生产工艺流程

图 4-6 氯丹和灭蚁灵的生产工艺流程

33. **灭蚁灵生产。**灭蚁灵生产原料主要为六氯环戊二烯、三氯化铝、四氯化碳和乙醇。六氯环戊二烯与四氯化碳在三氯化铝催化剂作用下生成灭蚁灵，然后通过水、乙醇洗涤后干燥即得到成品灭蚁灵。灭蚁灵生产工艺流程见图 4-6。

34. 灭蚁灵生产过程的排污情况如下：

- a. 废气：干燥过程中产生少量的乙醇气体，直接排放；
- b. 废水：洗涤过程中产生的废水通过分层回收部分灭蚁灵后送厂内污水处理装置；
- c. 固废：无固废产生。

35. **硫丹生产。**硫丹生产原料为六氯环戊二烯、1,4-丁烯二醇、氯化亚砷。六氯环戊二烯与1,4-丁烯二醇在催化剂存在下加热生成硫丹醇；硫丹醇和绿化亚砷在一定的温度下生成硫丹液体；硫丹液体经过冷却、离心、干燥即得到硫丹成品。

36. 硫丹生产过程的排污情况如下：

- a. 废气：生产过程有氯化氢和氯气产生，氯化氢通过二级水吸收付产盐酸；氯气用氢氧化钠吸收后排放；
- b. 废水：生产过程中废水来源于设备洗涤水，主要成分为含六氯环戊二烯的酸性废水，通过分层回收不溶于水的六氯环戊二烯，然后用碱液调节废水 pH 值后送本厂污水处理站；
- c. 固废：生产过程中有少量的精馏废渣产生，送有资质的单位焚烧处理。

37. 废水治理。项目废水通过各车间预处理后统一收集送本厂污水处理站处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表4之二级标准排放，二级标准排放限值如表4-6。由于我国没有关于氯丹和灭蚁灵的排放标准，因此废水中氯丹和灭蚁灵等特征污染物没有监测。照片4-5为溧阳光华化工有限公司的废水处理装置。

表 4-6 污水排放标准（单位：mg/L，pH 除外）

污染物类别	标准限值	标准来源
pH	6-9	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表4之二级标准
COD	150	
SS	150	

38. 废物处理记录和事故记录。没有关于废弃物处置的历史纪录，与相关人员交谈，没有发生过场地溢漏（装、卸、紧急处置等）、场地泛滥或其他主要和/或次要事件历史，无相关记录。



照片 4-5 漂阳光华化工有限公司废水处理站

39. 关厂后遗留问题分析。关厂后遗留问题涉及到设备和厂房的拆迁和处理、产品库存处理、原辅材料库存处理、污染物处理、人员安置等问题，详见表 4-7。照片 4-6 为库存的氯丹和灭蚊灵产品；照片 4-7 为被污染的包装物质。



照片 4-6 库存的氯丹产品（左）和灭蚊灵产品（右）

表 4-7 溧阳光华化工有限公司遗留的设备、化学品和废弃物

名称		数量	备注
装置和厂房		氯丹、灭蚁灵、硫丹生产装置和厂房以及公用工程和辅助设施	有待拆除和处置
氯丹		16t	存在产品仓库
灭蚁灵		2t	
六氯环戊二烯		6t	存在原料仓库
双环戊二烯		5t	
四氯化碳		10t	
液氯		3t	
片碱		2t	
乙醇		1t	
产品和原辅材料包装物	塑料桶	约 1500 只	装原料六氯环戊二烯桶，200L/只
	铁桶	约 300 只	装原料四氯化碳桶，200L/只
双环聚合物废渣		150t	/
石棉保温材料		1t	遗留在蒸汽管道上
酸性有机生产废水		200t	遗留在污水处理装置中
受污染的土壤		/	待定



照片 4-7 被污染的包装容器（照片 1 和 2 为氯丹包装容器；照片 3 为原材料包装容器；照片 4 为 CTC 包装桶）





照片 4-7（续）（照片 5 为氯丹原材料包装容器；照片 6 为原材料包装容器）

#### 4.4 溧阳光华化工有限公司的环境监测

40. **监测的承担单位。**江苏省环境科学研究院与江苏省环境监测中心于 2005 年 4 月 1 日对溧阳市光华化工有限公司灭蚊灵、氯丹和硫丹项目的生产线进行了现场踏勘，公司区域内地势基本平坦。根据生产工艺流程、原辅材料使用情况，在查阅有关资料，咨询有关专家的基础上，编制环境监测方案。环境监测的目的是对厂区及其周围的土壤和水进行采样分析来收集环境信息以确定由化学品造成的污染的范围。这一基础信息将决定场地清除行动的必要性，以满足斯德哥尔摩公约和国内环境标准的要求。

41. **环境监测分两个阶段进行。**第一阶段是在 2005 年 5 月。根据第一阶段的监测结果，修改了监测方案，并于 2005 年 9 月进行了第二阶段监测。

42. **监测依据。**环境监测采用如下国内技术规范：

- a. 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）；
- b. 《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）；
- c. 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）。

43. **质量保证体系及控制措施（QA/QC）。**本次监测的质量保证按照江苏省环境监测中心编制的《质量手册》的要求，实施全过程质量控制。关于质量控制的相关内容详见附件 3。

#### 4.5 第一阶段监测

##### 44. 采样点位布设

45. **地下水。**根据地下水大致流向、污染源分布状况，布设污染控制监测井，点位编号为 GH1 至 GH14。溧阳光华化工有限公司所在区域的地下水流向与深度见图 4-7，地下水的采样点位布设情况见图 4-8 和表 4-8。

46. **土壤。**根据公司周边环境概况和厂区平面布置情况，我们判断1号点所在区域的污染最重，结合监测的技术规范和专家意见，在可能发生环境影响的区域以污染源为中心，根据地下水流向以放射状布设为主，向厂界扩散，扇形布点2号至13号，在厂界外农田布点14号，每个点位取柱状样。点位编号为 GH1至 GH14。第一阶段土壤监测点位布设情况见图4-8 和表 4-8。

47. **地表水。**在废水排口下游的万亩桥河布设两个地表水监测点，点位编号为 S1和 S2。地表水的采样点位布设情况见图 4-8 和表4-8。





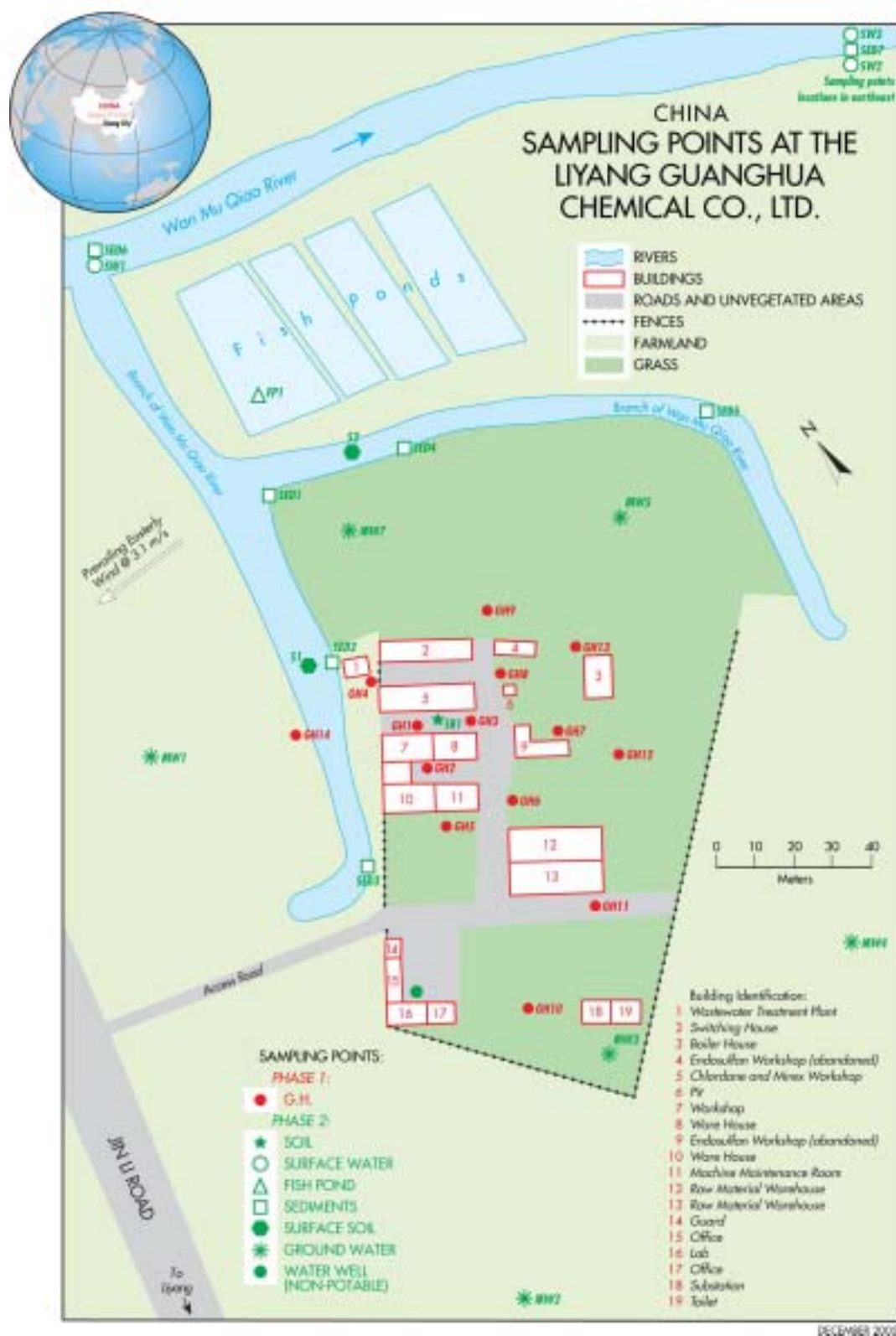


图 4-8 溧阳光华化工有限公司所在区域采样点位图

表 4-8 土 壤 、地下水采样方案

单 位：μg/kg

采样 点位		土壤采 样位置 离地表 距离 (米)	样品 编号	土 壤 、地下水监测因子			
土壤	地下水			六氯环戊二烯	氯丹	硫丹	灭蚊灵
GH1		0	1-0	x	x	x	x
		0.1	1-1	x	x	x	x
		0.3	1-2	x	x	x	x
		0.6	1-3	x	x	x	x
		1.0	1-4	x	x	x	x
		1.5	1-5	x	x	x	x
GH2		0.1	2-1	x	x	x	x
		0.3	2-2	x	x	x	x
		0.6	2-3	x	x	x	x
		1.0	2-4	x	x	x	x
		1.5	2-5	x	x	x	x
		2.0	2-6	x	x	x	x
GH3		0.1	3-1	x	x	x	x
		0.3	3-2	x	x	x	x
		0.6	3-3	x	x	x	x
		1.0	3-4	x	x	x	x
		1.5	3-5	x	x	x	x
		2.0	3-6	x	x	x	x
GH4		0.1	4-1	x	x	x	x
		0.3	4-2	x	x	x	x
		0.6	4-3	x	x	x	x
		1.0	4-4	x	x	x	x
		1.5	4-5	x	x	x	x
		2.0	4-6	x	x	x	x
GH5		0.1	5-1	x	x	x	x
		0.3	5-2	x	x	x	x
		0.6	5-3	x	x	x	x
		1.0	5-4	x	x	x	x
GH6		0.1	6-1	x	x	x	x
		0.3	6-2	x	x	x	x
		0.6	6-3	x	x	x	x
		1.0	6-4	x	x	x	x
GH7		0.1	7-1	x	x	x	x
		0.3	7-2	x	x	x	x
		0.6	7-3	x	x	x	x
		1.0	7-4	x	x	x	x

采样 点位		土壤采 样位置 离地表 距离 (米)	样品 编号	土 壤 、地下水监测因子			
土壤	地下水			六氯环戊二烯	氯丹	硫丹	灭蚊灵
GH8		0.1	8-1	x	x	x	x
		0.3	8-2	x	x	x	x
		0.6	8-3	x	x	x	x
		1.0	8-4	x	x	x	x
		1.5	8-5	x	x	x	x
		2.0	8-6	x	x	x	x
GH9		0.1	9-1	x	x	x	x
		0.3	9-2	x	x	x	x
		0.6	9-3	x	x	x	x
		1.0	9-4	x	x	x	x
GH10		0.1	10-1	x	x	x	x
		0.3	10-2	x	x	x	x
		0.6	10-3	x	x	x	x
		1.0	10-4	x	x	x	x
GH11		0.1	11-1	x	x	x	x
		0.3	11-2	x	x	x	x
		0.6	11-3	x	x	x	x
		1.0	11-4	x	x	x	x
GH12		0.1	12-1	x	x	x	x
		0.3	12-2	x	x	x	x
		0.6	12-3	x	x	x	x
		1.0	12-4	x	x	x	x
GH13		0.1	13-1	x	x	x	x
		0.3	13-2	x	x	x	x
		0.6	13-3	x	x	x	x
		1.0	13-4	x	x	x	x
GH14		0.1	14-1	x	x	x	x
		0.3	14-2	x	x	x	x
		0.6	14-3	x	x	x	x
		1.0	14-4	x	x	x	x

48. **监测项目。**根据灭蚊灵、氯丹和硫丹项目使用的原、辅材料确定监测项目为氯丹、灭蚊灵、硫丹、六氯环戊二烯（见表 4-8）。

49. **监测频次。**土壤、地下水监测一天，每天一次；地表水监测一天，每点采平行样。

50. **土壤和地下水的采样方法。**根据监测布点方案，布设 14 个地下水监测井。在钻每个土孔前，所有钻探设备均需清洗，以防交叉污染。所有土孔用螺纹钻完成，钻孔过程中，每隔 0.5 米左右取出土壤供采样（在取样过程中，工作人员每采一个土样都要换新的乳胶手套），并安装临时井套，确保采样前井壁不坍塌。记录土层结构、土壤颜色、气味等污染迹象。土壤样当天送至实验室。

51. 地下水监测井从取土孔发展而来，每个土孔安装一根 PVC 管，长度取决于钻孔的深度。PVC 管由一段滤水管（狭缝宽度为 0.25mm）和一段无缝管组成，滤水管的长度取决于地下水位的深度，每个孔内，滤水管从井底一直延伸到高于静态水位上面约 10 厘米，滤水管周围用大于 0.25mm 的干净石英砂回填作为滤水层，并填至滤管以上 20 厘米。石英砂与地面一下的空间不填入任何东西。

52. 用水泵及高密度聚乙烯管洗井。洗井所抽取水量相当于井中容量的 5 倍，直至抽出的水不混浊和没有细颗粒，所有井在采样前均让其稳定一段时间。

53. 洗井后稳定一段时间进行采样，加入固定剂，快速送至实验室分析。水样采集前，记录每个井的水位、PVC 管口标高、地面标高及每个监测孔的坐标。

54. **分析方法的选取。**有机污染物的分析，通常包括样品的前处理、预浓缩和仪器分析部分。仪器分析主要采用 GC，HPLC，GC-MS，HPLC-MS 等方法。其中，GC-ECD 方法使用 ECD 检测器，GC-MS 方法使用 MS 检测器，虽然采用 GC-ECD 方法分析含氯有机物时，仪器的绝对灵敏度有时会高于 GC/MS 方法，但是在实际形成的分析方法中 GC-MS 方法的检出限却远低于 GC-ECD 方法。其原因在于与仅用保留时间定性的电子捕获检测器相比，质谱检测器在保留时间定性的基础上，可以直接根据化合物的裂解碎片来定性，以此来排除具有同样保留时间的干扰物质，提高定量分析的准确性。在浓缩倍数很大的情况下，比如浓缩了 10000 倍后，很多痕量组分的浓度大大提高甚至可以高达检测限，相当于待测样品中组分数的大大增多。组分增多意味着仅凭色谱的分离要达到基线分离的难度大大增加，造成同一个保留时间可能会有两种甚至数种物质同时出峰，此时便需要利用质谱监测器，通过特征离子把待测化合物的选择离子色谱图从总离子流色谱图中分离出来，根据选择离子色谱图来定量分析，才能够得到准确的结果。正是由于上述原因，GC-ECD 的浓缩倍数一般只有 10-100 倍，而 GC-MS 可达到 10000 倍，这也就相当于提高了仪器的检测限。因此说 GC-MS 的检测限在实际的监测中远低于 GC-ECD，GC-MS 方法被用来分析浓度水平在 ppt 级的痕量分析，而 GC-ECD 方法一般只适用于应用分析检测浓度水平在 ppb 级的微量分析。

55. 在环保监测领域中，GC-ECD、GC-FID 方法被应用在废水、废气的监测较为广泛。在环境空气、地表水、土壤等环境背景的调查中，除环境中部分浓度较高的有机污染物调查采用 GC-ECD、GC-FID 方法，其余大部分采用 GC/MS 方法。

56. 对灭蚊灵，氯丹等的分析，通常可以据实际情况选择使用 GC-ECD 方法和 GC/MS 方法。GC/MS 方法通常可以替代 GC-ECD 方法，但 GC-ECD 方法不可以替代 GC/MS 方法。国家环保总站去年进行过该类物质监测分析方法的论证，主要是地表水中灭蚊灵、氯丹等污染物，使用的分析方法为 GC/MS 方法。在美国 EPA8270 和 EPA8081 等方法中，气相色谱电子捕获法 GC-ECD 方法是先制定的方

法，气相色谱质谱 GC/MS 方法是后制定的方法。GC/MS 方法主要是针对高灵敏度、高准确性制定的。由于分析成本的因素，在废水、废渣和沉积物等监测中，经常会选择 GC-ECD、GC-FID 分析方法。

57. 灭蚁灵、氯丹属于持久性有机污染物（POPs），其在环境介质中含量低，可以通过生物链富集于高等生物体中。它们在土壤、地下水中 ppt 级的浓度水平，可以通过水中生物链的传播，数万倍、甚至百万倍富集于生物体中，因此，对这类项目土壤背景的调整，通常将分析的水平确定在痕量 ppt 级，而非非常量的 ppm 或微量 ppb 级。所以本项目选择具有数据监测结果的准确度、高分辨率 GC/MS 方法对该样品进行分析。

#### 58. 分析方法

- 预处理方法：EPA 3546 方法（Microwave Extraction）；
- 土壤中氯丹、灭蚁灵、硫丹和六氯环戊二烯分析方法：EPA 8270C 方法 Semivolatile Organic Compounds by GC/MS cap column；
- 地表水、地下水中氯丹、灭蚁灵、硫丹和六氯环戊二烯分析方法：EPA 525 方法 Organic Compounds-LSE/cap col GC/MS。

59. **监测结果。**第一阶段监测的土壤、地下水和地表水中六氯环戊二烯、硫丹、氯丹和灭蚁灵的监测结果分别见表 4-9, 4-10, 4-11, 4-12, 4-13 和 4-14。

表 4-9 土壤中六氯环戊二烯的监测结果（第一阶段）（单位：mg/kg）

采样点位	采样位置离地表距离（米）						
	0.0	0.1	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0
GH1	0.00200	8.01000	0.01400	7.12000	0.03500	0.15300	/
GH2	/	0.00260	0.88400	1.33000	0.01640	0.01160	0.00250
GH3	/	0.00004	0.00510	0.06460	0.00680	0.00440	0.00320
GH4	/	0.01150	0.00340	0.00100	0.00160	0.01040	0.00010
GH5	/	0.00040	0.00032	0.00050	0.00092	/	/
GH6	/	0.00071	0.00004	0.00004	0.00004	/	/
GH7	/	0.00517	0.00585	0.00040	0.00005	/	/
GH8	/	0.00236	0.00272	0.00285	0.00227	0.00068	0.00009
GH9	/	0.00258	0.00049	0.00004	0.00181	/	/
GH10	/	0.00677	0.00303	0.01000	0.128	/	/
GH11	/	0.03450	0.04210	0.00438	0.00270	/	/
GH12	/	0.43000	1.72000	2.46000	3.75000	/	/
GH13	/	L	0.00076	0.00002	0.00004	/	/
GH14	/	0.00004	0.00070	0.03340	0.00343	/	/

注：六氯环戊二烯的最低检出限（土壤取 10g 时）为 0.01 $\mu$ g/kg；

“L”表示低于检出限；

“/”表示没有采样。

表 4-10 土壤中硫丹的监测结果（第一阶段）（单位：mg/kg）

采样点位	采样位置离地表距离（米）						
	0.0	0.1	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0
GH1	2.510	95.200	3.050	1.160	8.610	16.000	/
GH2	/	1.780	85.400	110.000	3.770	1.950	14.200
GH3	/	2.130	5.260	4.410	28.600	1.880	0.271
GH4	/	3.920	1.320	30.700	7.980	2.890	0.853
GH5	/	0.979	0.531	1.360	0.328	/	/
GH6	/	1.040	9.220	1.160	1.300	/	/
GH7	/	18.600	2.430	5.930	7.180	/	/
GH8	/	19.200	1.960	32.500	32.900	9.480	8.940
GH9	/	0.007	0.180	0.634	0.060	/	/
GH10	/	0.091	1.270	0.200	0.090	/	/
GH11	/	0.709	0.610	0.307	0.225	/	/
GH12	/	160.000	200.000	285.000	232.000	/	/
GH13	/	0.084	0.804	0.317	10.700	/	/
GH14	/	1.280	6.580	0.116	0.495	/	/

注：硫丹的最低检出限（土壤取 10g 时）为 0.02 $\mu$ g/kg；

“/”表示没有采样。

表 4-11 土壤中氯丹的监测结果（第一阶段）（单位：mg/kg）

采样点位	采样位置离地表距离（米）						
	0.0	0.1	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0
GH1	2.2900	73.6000	12.9000	7.0200	36.5000	8.0300	/
GH2	/	0.4720	18.4000	21.4000	15.600	0.1640	0.6780
GH3	/	0.2650	8.9000	26.3000	1.0400	0.3110	0.7910
GH4	/	12.0000	0.2350	0.6100	0.8300	4.2400	0.8290
GH5	/	0.7560	0.3500	0.1730	0.4180	/	/
GH6	/	0.5860	0.1680	0.2610	0.1870	/	/
GH7	/	0.5200	0.8920	0.1280	0.0996	/	/
GH8	/	0.8220	0.6590	0.8690	0.4500	0.1300	0.2610
GH9	/	0.1570	0.0686	0.1200	0.2860	/	/
GH10	/	0.1030	0.2250	0.0582	3.4100	/	/
GH11	/	0.124	0.0740	0.0801	0.8320	/	/
GH12	/	0.5330	0.7440	3.0100	0.5070	/	/
GH13	/	0.5820	0.0744	0.0544	0.1080	/	/
GH14	/	0.0751	0.4070	0.0217	1.8700	/	/

注：氯丹的最低检出限（土壤取 10g 时）为 0.01ug/kg；

“/”表示没有采样。

表 4-12 土壤中灭蚊灵的监测结果（第一阶段）（单位：mg/kg）

采样点位	采样位置离地表距离（米）						
	0.0	0.1	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0
GH1	0.2240	43.4000	0.1770	0.1860	0.5800	0.1470	/
GH2	/	0.1130	0.9830	10.0000	0.2710	0.0204	47.5
GH3	/	0.1230	0.4570	0.7260	0.1450	0.1070	0.0224
GH4	/	0.3230	0.0603	0.3930	0.5080	0.1450	0.0524
GH5	/	0.0823	0.0585	0.3870	0.0776	/	/
GH6	/	0.0175	0.0133	0.0306	0.0375	/	/
GH7	/	0.0017	0.0412	0.0185	0.0145	/	/
GH8	/	0.1230	0.1240	0.0981	0.1550	0.0820	0.1550
GH9	/	0.0138	0.0043	0.0035	0.0115	/	/
GH10	/	0.00921	0.0577	0.0202	0.0106	/	/
GH11	/	0.0524	0.3620	0.6520	0.0764	/	/
GH12	/	0.2670	0.0678	0.0541	0.0243	/	/
GH13	/	0.0123	0.0080	0.0008	0.0286	/	/
GH14	/	0.1260	0.0709	0.0074	0.0598	/	/

注：灭蚊灵的最低检出限（土壤取 10g 时）为 0.04ug/kg；

“/”表示没有采样。



表 4-13 地下水监测结果（第一阶段）（单位：μg/L）

采样点位	六氯环戊二烯	氯丹	硫丹	灭蚊灵
<b>GH1</b>	0.38800	4.42000	23.50000	0.02370
<b>GH2</b>	0.69000	0.90800	19.00000	0.00256
<b>GH3</b>	1.23000	1.68000	47.70000	0.06500
<b>GH4</b>	0.63300	0.48000	8.41000	0.13800
<b>GH5</b>	0.84700	7.40000	164.00000	0.06300
<b>GH6</b>	0.89100	0.65200	38.40000	0.00686
<b>GH7</b>	1.63000	2.69000	156.00000	0.00783
<b>GH8</b>	0.30300	9.80000	92.30000	0.02710
<b>GH9</b>	1.23000	0.89600	97.90000	0.00463
<b>GH10</b>	0.46100	0.51800	30.90000	0.00479
<b>GH11</b>	0.93600	2.80000	115.00000	0.00266
<b>GH12</b>	1.24000	2.51000	57.70000	0.01150
<b>GH13</b>	0.40200	0.25500	18.10000	0.01180
<b>GH14</b>	0.56200	0.41300	19.80000	0.00363
方法最低检出限	0.1ng/L	0.1ng/L	0.2ng/L	0.4ng/L

表 4-14 地表水监测结果（第一阶段）（单位：μg/L）

采样点位	六氯环戊二烯	氯丹	硫丹	灭蚊灵
S1	0.0786	0.320	4.24	0.0006
S1 parallel	0.0811	0.955	6.49	0.0078
S2	0.0672	0.621	58.1	0.0004
S2 parallel	0.0551	0.826	73.1	0.0004
Detection limit	0.1ng/L	0.1ng/L	0.2ng/L	0.4ng/L

60. **第一阶段监测结果评价。**根据 US EPA 制定的初级修复目标（PRG）的参考值评估第一阶段监测结果，超过参考值浓度，就要考虑进一步增加场地调查（有关 PRG 的详细讨论及其使用见第 5 章）。

61. 硫丹和六氯环戊二烯的浓度均低于参考值，因此这些化学品的污染较小，不需要通过进一步的场地检测或调查获得增加数据。

62. 氯丹和灭蚁灵浓度超过了参考值，下列表中汇总了详细的测定浓度与 PRG 参考值的比较结果，以及超标量。图 4-9 给出了四种污染物六氯环戊二烯（HEX）、硫丹、氯丹和灭蚁灵在 6 个采样点—GH1, GH2, GH3, GH4, GH12 and GH13—不同深度的浓度。图示结果表明这些污染物在 1 米深度的浓度最大，1 米以下浓度明显下降。

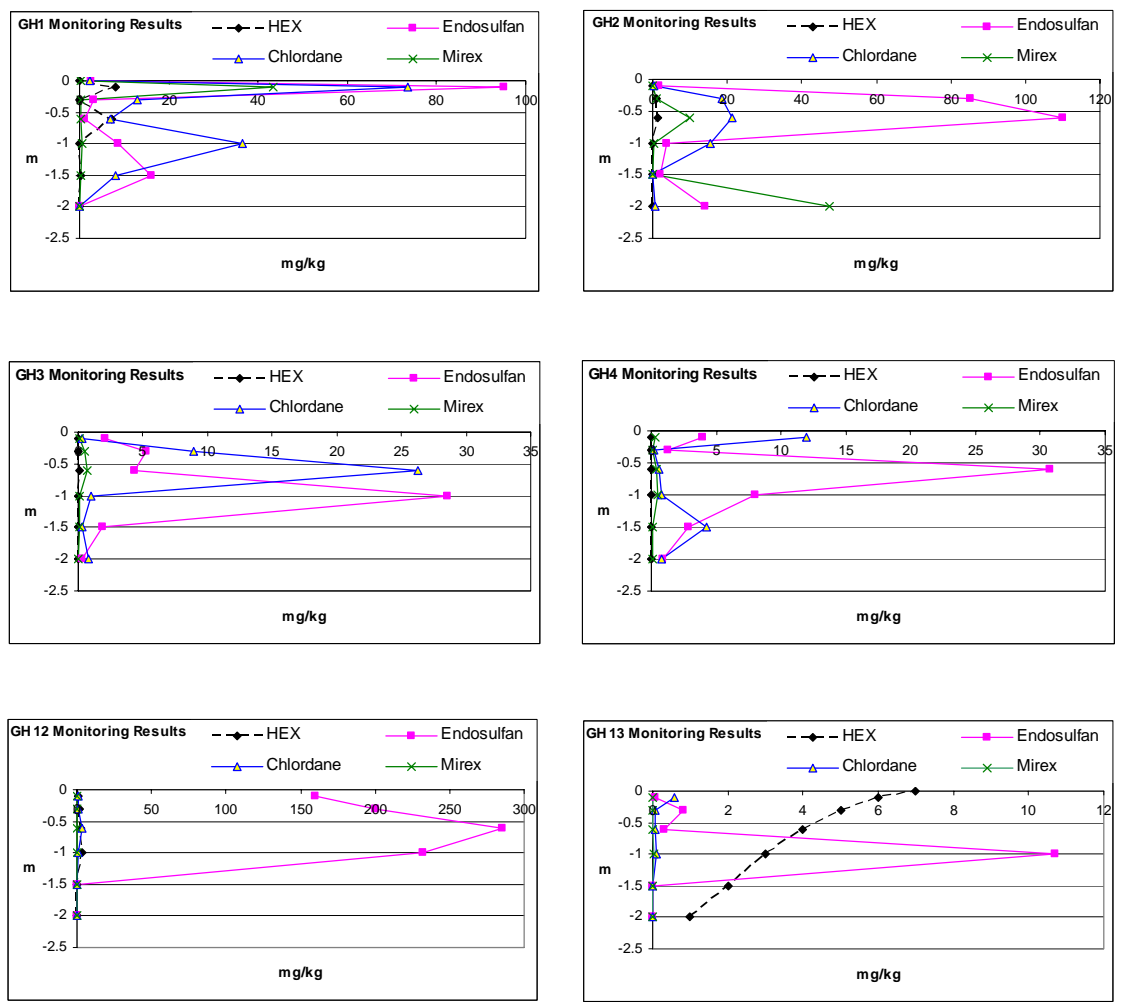


图 4-9 6 个采样点的土壤监测结果

表 4-15 土壤中氯丹现状评价结果 (评价标准为 6.5mg/kg)

采样点位	0.0 米			0.1 米			0.3 米			0.6 米		
	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值
GH1	2.2900	-4.21	0.4	73.6000	67.10	11.3	12.9000	6.40	2.0	7.0200	0.52	1.1
GH2	/	/	/	0.4720	-6.03	0.1	18.4000	11.90	2.8	21.4000	14.90	3.3
GH3	/	/	/	0.2650	-6.24	0.0	8.9000	2.40	1.4	26.3000	19.80	4.0
GH4	/	/	/	12.0000	5.50	1.8	0.2350	-6.27	0.0	0.6100	-5.89	0.1
GH5	/	/	/	0.7560	-5.74	0.1	0.3500	-6.15	0.1	0.1730	-6.33	0.0
GH6	/	/	/	0.5860	-5.91	0.1	0.1680	-6.33	0.0	0.2610	-6.24	0.0
GH7	/	/	/	0.5200	-5.98	0.1	0.8920	-5.61	0.1	0.1280	-6.37	0.0
GH8	/	/	/	0.8220	-5.68	0.1	0.6590	-5.84	0.1	0.8690	-5.63	0.1
GH9	/	/	/	0.1570	-6.34	0.0	0.0686	-6.43	0.0	0.1200	-6.38	0.0
GH10	/	/	/	0.1030	-6.40	0.0	0.2250	-6.28	0.0	0.0582	-6.44	0.0
GH11	/	/	/	0.124	-6.38	0.0	0.0740	-6.43	0.0	0.0801	-6.42	0.0
GH12	/	/	/	0.5330	-5.97	0.1	0.7440	-5.76	0.1	3.0100	-3.49	0.5
GH13	/	/	/	0.5820	-5.92	0.1	0.0744	-6.43	0.0	0.0544	-6.45	0.0
GH14	/	/	/	0.0751	-6.42	0.0	0.4070	-6.09	0.1	0.0217	-6.48	0.0

表 4-15 (续)

采样点位	1.0 米			1.5 米			2.0 米		
	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值
GH1	36.5000	30.00	5.6	8.0300	1.53	1.2	/	/	/
GH2	15.600	9.10	2.4	0.1640	-6.34	0.0	0.6780	-5.82	0.1
GH3	1.0400	-5.46	0.2	0.3110	-6.189	0.0	0.7910	-5.709	0.1
GH4	0.8300	-5.67	0.1	4.2400	-2.26	0.7	0.8290	-5.67	0.1
GH5	0.4180	-6.08	0.1	/	/	/	/	/	/
GH6	0.1870	-6.31	0.0	/	/	/	/	/	/
GH7	0.0996	-6.40	0.0	/	/	/	/	/	/
GH8	0.4500	-6.05	0.1	0.1300	-6.37	0.0	0.2610	-6.24	0.0
GH9	0.2860	-6.21	0.0	/	/	/	/	/	/
GH10	3.4100	-3.09	0.5	/	/	/	/	/	/
GH11	0.8320	-5.67	0.1	/	/	/	/	/	/
GH12	0.5070	-5.99	0.1	/	/	/	/	/	/
GH13	0.1080	-6.39	0.0	/	/	/	/	/	/
GH14	1.8700	-4.63	0.3	/	/	/	/	/	/

注：超标量等于测定值减去标准值；等标值是实际浓度除以标准值。

表 4-16 土壤中灭蚊灵现状评价结果 (评价标准为 0.96mg/kg)

采样点位	0.0 米			0.1 米			0.3 米			0.6 米		
	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值
GH1	0.2240	-0.72	0.3	3.4000	42.44	45.2	0.1770	-0.78	0.2	0.1860	-0.77	0.2
GH2	/	/	/	0.1130	-0.85	0.1	0.9830	0.02	1.0	10.0000	9.04	10.4
GH3	/	/	/	0.1230	-0.84	0.1	0.4570	-0.50	0.5	0.7260	-0.23	0.8
GH4	/	/	/	0.3230	-0.64	0.3	0.0603	-0.90	0.1	0.3930	-0.92	0.0
GH5	/	/	/	0.0823	-0.88	0.1	0.0585	-0.90	0.1	0.3870	-0.57	0.4
GH6	/	/	/	0.0175	-0.94	0.0	0.0133	-0.95	0.0	0.0306	-0.93	0.0
GH7	/	/	/	0.0017	-0.96	0.0	0.0412	-0.92	0.0	0.0185	-0.94	0.0
GH8	/	/	/	0.1230	-0.84	0.1	0.1240	-0.84	0.1	0.0981	-0.86	0.1
GH9	/	/	/	0.0138	-0.95	0.0	0.0043	-0.96	0.0	0.0035	-0.96	0.0
GH10	/	/	/	0.00921	-0.95	0.0	0.0577	-0.90	0.1	0.0202	-0.94	0.0
GH11	/	/	/	0.0524	-0.91	0.1	0.3620	-0.60	0.4	0.6520	-0.74	0.2
GH12	/	/	/	0.2670	-0.69	0.3	0.0678	-0.89	0.1	0.0541	-0.91	0.1
GH13	/	/	/	0.0123	-0.95	0.0	0.0080	-0.95	0.0	0.0008	-0.96	0.0
GH14	/	/	/	0.1260	-0.83	0.1	0.0709	-0.89	0.1	0.0074	-0.95	0.0

表 4-16 (续)

采样点位	1.0 米			1.5 米			2.0 米		
	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值	含量	超标量	等标值
GH1	0.5800	-0.38	0.6	0.1470	-0.81	0.2	/	/	/
GH2	0.2710	-0.69	0.3	0.0204	-0.94	0.0	47.5	-0.91	0.0
GH3	0.1450	-0.82	0.2	0.1070	-0.85	0.1	0.0224	-0.94	0.0
GH4	0.5080	-0.45	0.5	0.1450	-0.82	0.2	0.0524	-0.91	0.1
GH5	0.0776	-0.8	0.1	/	/	/	/	/	/
GH6	0.0375	8	0.0	/	/	/	/	/	/
GH7	0.0145	-0.92	0.0	/	/	/	/	/	/
GH8	0.1550	-0.95	0.2	0.0820	-0.88	0.1	0.1550	-0.81	0.2
GH9	0.0115	-0.81	0.0	/	/	/	/	/	/
GH10	0.0106	-0.95	0.0	/	/	/	/	/	/
GH11	0.0764	-0.94	0.1	/	/	/	/	/	/
GH12	0.0243	-0.88	0.0	/	/	/	/	/	/
GH13	0.0286	-0.94	0.0	/	/	/	/	/	/
GH14	0.0598	-0.93	0.1	/	/	/	/	/	/

注：超标量等于测定值减去标准值；等标值是实际浓度除以标准值。

#### 4.6 第二阶段采样及监测

63. 根据第一阶段的监测结果，污染范围的确定需要进一步的数据支持，因此 2005 年 9 月又进行新的布点和采样。第二阶段监测的目的在于监测远离污染源处氯丹和灭蚊灵的浓度，已确定大致的污染范围。增加采样点设在可疑的污染位置，或潜在敏感环境介质中或地貌中（鱼塘、居民井、地下水、底泥、地表水）。其它两种化学品—硫丹和六氯环戊二烯—没有进行第二阶段监测，因为第一阶段结果低于参考值。

64. 监测点布设。第二阶段采样点的布设见图 4-8，监测指标见表 4-17。第二阶段没有对土壤(SB1)和地表水(SW1, SW2, SW3)中的灭蚊灵进行监测，因为这些监测点中灭蚊灵浓度在第一阶段监测时都低于参考标准值。

表 4-17 第二阶段的采样点及监测指标

点位	监测对象	深度 (m)	监测因子		样品数
			氯丹	灭蚊灵	
SB1	土壤	1.5	x	/	3
		2.0	x	/	
		2.5	x	/	
SW1	地表水		x	/	3
SW2			x	/	
SW3			x	/	
FP1	鱼塘		x	x	1
SED1	底泥		x	x	7
SED2			x	x	
SED3			x	x	
SED4			x	x	
SED5			x	x	
SED6			x	x	
SED7			x	x	
MW3	表层土		x	x	2
MW7			x	x	
MW1	地下水		x	x	6
MW2			x	x	
MW3			x	x	
MW4			x	x	
MW5			x	x	
MW7			x	x	
民用水井 1				x	
民用水井 2			x	x	

65. 监测频次。表层土、土壤、地下水、底泥监测一天，每天一次；地表水监测一天，每点采平行样。

## 66. 分析方法

预处理方法：EPA 3546 方法 Microwave Extraction；

表层土、土壤、底泥中氯丹、灭蚊灵分析方法：EPA 8270C 方法  
Semi-volatile Organic Compounds by GC/MS cap column；

地表水、地下水中氯丹、灭蚊灵分析方法：EPA 525 方法 Organic  
Compounds-LSE/cap col GC/MS。

67. 监测结果。第二阶段土壤、底泥、地下水和地表水中氯丹和灭蚊灵的监测结果见下表。

表 4-18 二阶段底泥、表层土、土壤、地下水和地表水灭蚊灵、氯丹的监测结果

样品类型	编号	灭蚊灵	氯丹
底泥	SED1	0.065 mg/kg	0.105 mg/kg
	SED2	0.057 mg/kg	2.09 mg/kg
	SED3	0.014 mg/kg	0.110 mg/kg
	SED4	ND	ND
	SED5	ND	ND
	SED6	ND	ND
	SED7	ND	ND
表层土	MW3	0.129mg/kg	0.099 mg/kg
	MW7	ND	ND
土壤	SB1-1.5m	/	0.008 mg/kg
	SB1-2.0m	/	1.66 mg/kg
	SB1-2.5m	/	1.92 mg/kg
地表水	SW1	/	ND
	SW2	/	ND
	SW3	/	ND
地下水	MW1	ND	ND
	MW2	ND	ND
	MW3	ND	ND
	MW4	ND	ND
	MW5	ND	ND
	MW7	ND	ND
鱼塘水	FP1	ND	ND
民用井水	1	ND	ND
	2	ND	ND

注：1.未检出用“ND”表示，下同；/表示未进行此项目的分析

68. 监测评价结果。将测定结果与 US EPA PRG 参考值比较，因为没有专为底泥制定的参考值，因此采用土壤参考值作为对底泥评估。总的来说第二阶段收集的样品监测结果都



没有超过参考值，事实上，在一定数量的样品中未监测出氯丹和灭蚊灵。这也表明污染仅限于场地内，尤其是在生产车间附近，较高浓度集中在采样点 GH1, GH2, GH3 和 GH 4。表 4-19 和 4-20 给出了评估结果。

表 4-19 第二阶段灭蚊灵的监测结果

样品类型	编号	结果	评价标准*	是否达标
底泥	SED1	0.065 mg/kg	0.96mg/kg	达标
	SED2	0.057 mg/kg		
	SED3	0.014 mg/kg		
	SED4	ND		
	SED5	ND		
	SED6	ND		
	SED7	ND		
表层土	MW3	0.129mg/kg	0.96mg/kg*	达标
	MW7	ND		
土壤	SB1-1.5m	/	0.96mg/kg	达标
	SB1-2.0m	/		
	SB1-2.5m	/		
地表水	SW1	/	0.037µg/L	达标
	SW2	/		
	SW3	/		
地下水	MW1	ND	0.037µg/L	达标
	MW2	ND		
	MW3	ND		
	MW4	ND		
	MW5	ND		
	MW7	ND		
鱼塘水	FP1	ND	0.037µg/L	达标
民用井水	1	ND	0.037µg/L	达标
	2	ND		

表 4-20 第二阶段氯丹的监测结果

样品类型	编号	结果	评价标准*	是否达标
底泥	SED1	0.105 mg/kg	6.5mg/kg	达标
	SED2	2.09 mg/kg		
	SED3	0.110 mg/kg		
	SED4	ND		
	SED5	ND		
	SED6	ND		
	SED7	ND		
表层土	MW3	0.099 mg/kg	6.5mg/kg	达标
	MW7	ND		
土壤	SB1-1.5m	0.008 mg/kg	6.5mg/kg	达标
	SB1-2.0m	1.66 mg/kg		
	SB1-2.5m	1.92 mg/kg		
地表水	SW1	ND	0.19μg/L	达标
	SW2	ND		
	SW3	ND		
地下水	MW1	ND	0.19μg/L	达标
	MW2	ND		
	MW3	ND		
	MW4	ND		
	MW5	ND		
	MW7	ND		
鱼塘水	FP1	ND		达标
民用井水	1	ND	0.19μg/L	达标
	2	ND		

#### 4.7 污染物浓度梯度分布

69. 污染物在环境媒介中的浓度梯度分布可以通过软件 and 实际测量数据来得到（见图 4-10）。

溧阳光华化学有限公司项目土壤中氯丹和灭蚁灵浓度



图 4-10  
土壤中氯丹和  
灭蚁灵的浓度  
梯度

## 第5章 风险评估

### 5.1 概述

1. 风险评估是对某特定的污染现象，结合其可能对人类及生态受体产生的潜在影响，对其风险进行定量、定性分析的活动。在场地清理层面上，风险评估是对现场污染物对人类健康和环境造成的危害进行评估。
2. 风险评估是风险管理的基础。风险管理过程综合风险评估结果与其他因素，如经济或法律因素，从而决定实施风险消减活动所需的条件及可行性。
3. 风险评估也是风险交流的基础。在风险交流过程中，风险管理者根据风险评估的结果向利益相关方及公众交流风险。
4. 风险评估可以侧重生态或人类受体。生态风险评估由于一个或多个胁迫可能造成或正在发生的负面生态影响的概率。该过程系统对数据、信息、假定以及不确定因素加以评估、组织，帮助揭示、预测胁迫与生态受体人之间的时间的关系，以便于环境决策。生态风险评估因素包括规划、范围确定、问题界定、毒性评估、暴露评估以及风险表征。
5. 人类健康风险评估是对人类接触环境污染物可能产生的不良健康影响的表征。它涉及工作计划，范围划定，有害物质甄别，毒性评估，暴露评估以及风险表征。溧阳光华化工有限公司的风险评估侧重于人类健康风险层面。
6. 有毒污染物可能造成两种不良健康影响：致癌或非致癌效果。致癌化学物的毒性是通过检测化学物浓度与致癌风险关系曲线斜率因子确定，对于非致癌化学物，其毒性是利用有害指数加以检测。它是被检测化学物的浓度与无不良健康影响参考浓度之比。
7. 如果一个场地对人类健康构成危害，必须有三个因素互相作用：(i) 污染物，(ii) 暴露途径，(iii) 人类受体。首先，有害污染物必须对场地的污染数量及浓度达到足以造成健康危害的程度。第二，必须存在污染物接触人类受体的暴露途径，如吸入，消化。第三，人们必须与这些污染物接触，且接触程度必须足以产生健康影响。因此，风险评估就是在定量化、定性化、表征三要素的基础上得出风险水平。

### 5.2 可接受风险水平

8. 要界定“清洁”，或者将场地污染清理到何种程度才能实现保护人类健康和环境的要求，就必须界定可接受的风险水平。所以清理是要通过消减污染，或采取其他措施，将风险降低到可以接受的水平。污染场地清理工作低于该水平可能对人及环境带来不利的风险，超过该水平可能导致清理工作过多造成资源浪费。
9. 根据美国环保局的实践，溧阳光华化工有限公司厂区清理采用以下一般可接受风险标准。对于致癌性危害，风险水平  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  之间被认为是可接

受水平。

10. 对于非致癌性危害，如果场地暴露指数不超过 1，即人体吸收的有害污染物不大于无不良健康影响的参考标准，则认为危害程度是可以接受的。

11. 对于多数污染物，根据 10-4-10-6 的可接受致癌风险水平设定清理标准将足以保护人类不受非致癌性危害的影响。对于在工业土壤中的氯丹，风险水平控制在 10-5-10-6 才能达到上述要求。因为当致癌风险处于 10-4 时氯丹浓度可能超过非致癌意义上的可接受水平。

12. 在诠释、应用风险评估结果时，务必注意基于污染浓度的风险并不十分准确，其精确度至多在数量级水平。即使科学家对不同化学物的毒性值所持观点也迥异。加利弗里亚环保局根据安全风险因素计算出的某些化学物的浓度值与美国国家环保局的计算相差 4 甚至更多的数量级。

### 5.3 利用美国国家环保局初级风险目标（PRG）进行风险评估

13. 此次对厂区污染物对健康的负面影响风险评估是根据美国国家环保局 9 区制定的初级风险目标进行的。初级风险目标是基于风险考虑，用于评估、清理污染场地的工具。它们用作推进与规范风险决策进程。

14. 初级风险目标是一组不同的化学物的浓度，它是从标准化算式中得出，该算式结合了暴露的假定值以及被认为对人类，包括敏感人群足够安全的毒性数据。不同的环境介质，土壤、水、大气，总共涉及 600 多种化学物，相应设定的初级风险目标值也不尽相同。

15. 如果现场的化学物浓度低于初级风险目标设定则无须开展评估。即使化学物浓度超过初步风险目标设定，并不一定需要认定该现场“不洁”或采取对策。的确，浓度超标预示着现场污染物可能造成潜在风险，应当进行评估。此类评估应包括补充采样，研究环境背景值，或重新评估初级风险目标所含的各种前提条件。

16. 初级风险目标可以用作筛选目标（参考标准）或清理目标。在现场无具体暴露条件资料时，PRG 可作为筛选目标，起到保护健康的作用。如果根据特定现场资料得出的假定暴露值与设立 PRG 所用的默认假定暴露值相吻合，PRG 可以作为清理目标。当 PRG 作为清理目标，该区域宜假设用于最严格标准（居住用），除非有理由认为该区域作为非居住使用（例如，工业土壤 PRG）。

17. PRG 浓度值是根据直接接触途径设定的，与此相关的各种可到广泛认可的方法、模型、假定都已经针对具体土地利用条件开发出来。当在某特定现场使用 PRG 时，必须了解 PRG 是否完全考虑了暴露途径和暴露条件。根据对溧阳光华化工有限公司的调查，PRG 以及综合考虑了所有与工业应用相关的主要暴露途径，包括颗粒物的吸收、吸入及挥发物质的吸入。因此，在溧阳光华化工有限公司厂区按工业用途设定 PRG 是适合的。

18. PRG 是与某固定风险水平相对应的一组化学物浓度值。它们或与土壤、大气、水中的百万分之一致癌风险水平或与非致癌指数一相对应。如果某种化学物质具有致癌或非致癌效应，在多数情况下，采用按  $10^{-6}$  致癌风险

标准设定 PRG 将引发更加严格的保护措施。在某些场合，基于  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  致癌风险的浓度（该风险度仍处于可接受致癌风险水平）将超过非致癌风险浓度（此时有害指数大于 1）。此时清理水平将设定在该化合物非致癌浓度的 PRG 值之下。溧阳光华化工有限公司产区的一个主要污染物-氯丹就符合上述条件。从非致癌角度看，如果氯丹的致癌风险水平在  $10^{-4}$ ，浓度值将超出非致癌风险可接受范围。因此，对于氯丹，致癌风险水平在  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  之间浓度指标才达到可接受水平。例如，加拿大的英属哥伦比亚将氯丹和灭蚁灵的治理目标分别设定为 65ppm、9.6 ppm。这些指标分别是 PRG 指标的 100 倍和 10 倍，与 PRG 指南一致。

19. PRG 是按照单独化学物计算的。如果某现场受到多种化学物污染，需要将每种化学物的风险累计得到累积致癌风险，并与可接受风险之比较。如果场地受非致癌性化学物污染，则将每种化学物的有害指数相加并与有害指数 1 相比较。

表 5-1 氯丹和灭蚁灵的 PRG 值（2004 年 10 月）

污染物	初级修复目标 (PRGs)	
	工业用途土壤致癌(mg/kg)	工业用途土壤非致癌 (mg/kg)
氯丹	6.5E+00 ca*	4.0E+02
灭蚁灵	9.6E-01 ca	1.2E+02

Ca：PRG 是基于  $10^{-6}$  致癌风险标准设定的，当致癌风险在  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  范围内时，用于确定最终的清理水平；

Ca\*：PRG 是基于  $10^{-6}$  致癌风险标准设定的，当致癌风险在  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  范围内时，用于确定最终的清理水平，但当氯丹致癌风险水平为  $10^{-4}$  时，其浓度值将超出非致癌风险可接受范围。

5.4 氯丹、灭蚁灵风险现状评估

20. 溧阳光华化工有限公司的主要污染物为氯丹和灭蚁灵。其生产、包装、运输、贮存、处理量都较大。2000-2003 年期间，每年氯丹的产量为 150-190 吨，灭蚁灵为 2-4 吨。生产和搬运过程中的泄漏对厂区，特别是紧邻生产以及贮存车间区域造成了污染。虽然它们与土壤结合紧密，但是部分已转移到了地下水中。因此，具体定量风险分析将侧重土壤及地下水中的氯丹和灭蚁灵产生的风险展开。由于氯丹、灭蚁灵对其他环境介质-大气、地表水、食品产生的风险或因暴露值低或因污染程度低，可以忽略不计，制作定性研讨。为了说明其他污染物，如硫丹等造成的风险较小，我们对地下水、土壤进行了风险定量评估。

5.5 定性评估

大气风险的定性评估

21. 氯丹在土壤中的持续时间很长，它可以快速、牢固地吸附于有机颗粒物或粘土颗粒。尽管土壤中氯丹的挥发性较低，在常规条件下仍然挥发，造成大气污染和通过呼吸作用与人体接触。

22. 氯丹挥发造成室内大气污染通常与受氯丹污染的房屋关系密切。美国国家环保局编制的氯丹潜在暴露值有害性汇材料列出了氯丹的室内空气暴露值，但没有给出室外大气暴露值。

23. 大气中的氯丹通过与太阳的光合作用生成羟基，进而被部分降解。其在大气中的持续性远远低于在土壤中的持续性。据计算，它在大气中的半衰期为 2-7 天，而在土壤中的半衰期为 4-20 天。

24. 在美国，没有发现大气中氯丹检测均值超过允许浓度，氯丹的大气检测浓度均值的范围从 79-80 年在德州 College Station 检测的 1.05 毫微克/m<sup>3</sup> 到 1987-88 在佛罗里达测出的 38.3ng/m<sup>3</sup> 或 2.29ppb。所有浓度值都低于美国国家环保局根据通常的可接受致癌风险 10<sup>-4</sup> 标准相计算的 1ug/m<sup>3</sup>。

25. 文献资料表明，美国的环境大气氯丹浓度从未超出允许值以及氯丹在空气中的半衰期很短，鉴于此，我们认为溧阳光华化工有限公司的含氯丹废弃物不会对附近居民构成重要的大气暴露源，因而现场采样、检测计划将不予考虑。参加现场修复工人的短期接触应当引起重视，解决方法是使用防护面具及其他防护措施。将受氯丹污染的土壤移走将解决未来厂区使用人的潜在长期暴露问题。

### 粮食中残留氯丹定性风险评估

26. 氯丹和灭蚁灵生产设施合成了这些国家、地方规定专门用于害虫管理的产品。这两种化合物不适合用于农业用途。即使发生意外流入生产设施周边土地，对粮食作物的污染也非常有限。氯丹和灭蚁灵在有机氯农药中具有突出的不溶水性 ( $\log K_{ow} > 3$ )，可以推断其随植物体内的液体传送系统流动、摄取作用都将十分有限。很多因素影响摄取水平，如土壤中粘土、有机质、水分含量以及作物的根系。

27. 本评估研究对象地处潮湿地区，粘土、有机质含量很高。种植的作物多为稻以及根系很浅的叶类蔬菜。更为重要的是自然风化作用大大加速了植物体内氯丹的衰减。Klein 和 Link 所作的研究表明，开始阶段测试甘蓝体内负荷为 110ppm，7 天后检测仅存 7ppm，28 天后只剩 0.1ppm。据报道，南瓜、甜菜等作物摄取少量氯丹，但浓度水平在 10 亿等分数量级。因此，氯丹有可能通过某种作物循环，但由于研究区域的粘土结构及作物品种原因，污染区周边发生这种现象的可能性不大。

### 贝类氯丹残留定性评估

28. 氯丹和灭蚁灵生产设施周围有一群螃蟹养殖池塘。这些池塘与天然水系隔离，螃蟹依靠人工喂养。螃蟹一般 4-5 个月后即收获，每隔 4-5 年池塘需要抽干并清理以优化产出。因此，认为附近池塘的螃蟹体内有氯丹和灭蚁灵存在的假设是完全没有根据的。两种生物富集作用仅可能通过食物链发生。消费本研究区域生产的螃蟹不会对消费者造成任何氯丹中毒风险。

地表水风险定性评估

29. 厂区附近的小河道由于高度富营养化以及城市、工业污染源以及养殖业造成的严重背景污染，其利用率很低。关于厂区周边环境章节对此作了详细阐述。由于河流污染程度较重，地表水没有用于游泳、饮用、洗涤、牲畜饮用等。因此，人们并没有直接接触地表水。

30. PRG 表没有提供地表水的参考浓度。为了便于比较，使用了饮用水参考浓度标准（见表 5-2）。所有氯丹地表水检测浓度均超过 PRG 饮用水参考标准。最大超标达到 5 倍。由于人们并不与地表水接触，饮用水由城市供水系统供给，地表水暴露风险可以忽略不计。即使假设某人饮用了未经处理的地表水，因氯丹造成的致癌风险也不会超过通常可接受水平。

表 5-2 地表水中氯丹、灭蚁灵浓度与 PRG 参考浓度标准比较 (Unit: ug/L)

采样点 S	氯丹				灭蚁灵			
	浓度	自来水 参考标准 (PRG)	超标量	当量标准	浓度	自来水 参考标准 (PRG)	超标量	当量标准
S1	0.32	0.19	0.13	1.7	0.0006	0.037	- 0.0364	0.0
与 S1 平行	0.955	0.19	0.765	5.0	0.0078	0.037	- 0.0292	0.2
S2	0.621	0.19	0.431	3.3	ND	0.037	-	-
与 S2 平行	0.826	0.19	0.636	4.3	ND	0.037	-	-

31. 硫丹、六氯环戊二烯最高浓度点分别为 73.1ug/l、0.0811ug/l GH7，远低于美国 9 区标准值 220ug/l，与标准的比值分别为 0.3 及 0.0004。与美国 9 区标准值相比，灭蚁灵在各采样点均不超标。因此，这些化学物质在地表水中的风险可忽略不计。硫丹和六氯环戊二烯的实测浓度见表 4-14。

土壤风险定性评估

32. 现场对主要污染物-氯丹、灭蚁灵以及另外两种相关的污染物-硫丹、六氯环戊二烯的土壤浓度进行了大量检测分析。部分采样点的氯丹、灭蚁灵超过参考浓度。针对这些化学物进行了定量风险评估以确定它们可能造成的风险。以下讨论及检测风险浓度与参考浓度的对照。

33. 我们将现场样本的浓度与两个参考浓度标准进行了比较。首先，将它们与 PRG 参考标准进行了比较。之后，将它们与本项目采用的斯德哥尔摩公约的 50ppm 标准进行了比较。

氯丹与灭蚁灵

34. 与 PRG6.5mg/kg 的参考标准相比较，下列采样点的氯丹浓度需要引起注意。

(1) GH1 点除表层不超标外，其它土壤深度均超标，最大超标倍数为



11.3 倍。

- (2) GH2 点离地表距离 0.3-1.0m 范围超标，最大超标倍数为 3.3 倍；其它土壤深度不超标。
- (3) GH3 点在 0.3m 和 0.6m 位置超标，其它均不超标。
- (4) GH4 点在 0.1m 位置超标，其它均不超标。
- (5) 其它采样点 GH5、GH6、GH7、GH8、GH9、GH10、GH11、GH12、GH13、GH14 均不超标。

35. 与公约清理限值 50ppm 比较：只有 GH1 点离地表距离 0.1m 处氯丹含量超标，其它点均不超标。

36. 对于灭蚁灵与美国 9 区标准 0.96mg/kg 比较：除 GH1 点 0.1m、GH2 点 0.3m 和 0.6m 处超标外，其它采样点均不超标，最大灭蚁灵超标倍数为 45.2 倍。

37. 与公约清理限值 50ppm 比较：各测点均不超标。

38. 鉴于土壤中的氯丹和灭蚁灵超过 PRG 参考标准，土壤风险较大，需要进一步进行定量评估，有关内容参阅风险定量评估章节。

硫丹、六氯环戊二烯

39. 土壤中硫丹、六氯环戊二烯浓度最高点分别为 GH12 点离地表 0.6m 处 (285mg/kg) GH1 点离地表 0.1m 处 (8.01mg/kg)，与美国 9 区标准 3700 mg/kg 的比值分别为 0.08 及 0.002，远低于标准值。尽管硫丹、六氯环戊二烯不属于持久性有机污染物，但是还是对这两种物质进行了定量评估，以表明它们引起的极低的风险水平。

地下水风险定性评估

氯丹和灭蚁灵

40. 与美国九区的自来水标准相比，氯丹、灭蚁灵评价结果见表 5-3。由表 5-3 得知：

- (1) 地下水中氯丹在各采样点全部超标，最大超标倍数为 51.6。
- (2) 地下水中灭蚁灵除 GH3、GH4、GH5 采样点超标外，其它各采样点均不超标，最大超标倍数 3.7 倍。

表 5-3 地下水中氯丹、灭蚁灵现状评价结果 (单位：μg/L)

采样 点位	氯 丹				灭 蚁 灵			
	污染物 含量	评价 标准	超标量	等标值	污染物 含量	评价 标准	超标量	等标值
GH1	4.42	0.19	4.23	23.3	0.0237	0.037	-0.0133	0.6
GH2	0.908	0.19	0.718	4.8	0.00256	0.037	-	0.1

采样 点位	氯 丹				灭 蚊 灵			
	污染物 含量	评价 标准	超标量	等标值	污染物 含量	评价 标准	超标量	等标值
							0.03444	
GH3	1.68	0.19	1.49	8.8	0.065	0.037	0.028	1.8
GH4	0.48	0.19	0.29	2.5	0.138	0.037	0.101	3.7
GH5	7.4	0.19	7.21	38.9	0.063	0.037	0.026	1.7
GH6	0.652	0.19	0.462	3.4	0.00686	0.037	- 0.03014	0.2
GH7	2.69	0.19	2.5	14.2	0.00783	0.037	- 0.02917	0.2
GH8	9.8	0.19	9.61	51.6	0.0271	0.037	-0.0099	0.7
GH9	0.896	0.19	0.706	4.7	0.00463	0.037	- 0.03237	0.1
GH10	0.518	0.19	0.328	2.7	0.00479	0.037	- 0.03221	0.1
GH11	2.8	0.19	2.61	14.7	0.00266	0.037	- 0.03434	0.1
GH12	2.51	0.19	2.32	13.2	0.0115	0.037	-0.0255	0.3
GH13	0.255	0.19	0.065	1.3	0.0118	0.037	-0.0252	0.3
GH14	0.413	0.19	0.223	2.2	0.00363	0.037	- 0.03337	0.1

注：超标量等于测定值减去标准值；等标值是实际浓度除以标准值。

41. 与土壤类似，由于地下水中氯丹、灭蚊灵浓度升高，因而又进一步进行了定量风险评估。

#### 硫丹、六氯环戊二烯

42. 地下水采样点硫丹、六氯环戊二烯浓度最高的 GH9, GH7 远低于 220ug/l 的参考值。鉴于此，没有进行定量评估。

#### 底泥的定性风险评估

43. 临近厂区的万亩桥是一条封闭式的支流，由于该支流是企业废水处理厂处理废水的纳污水体，它处在氯丹与灭蚊灵浓度很高的生产厂区附近，据此我们怀疑河流底泥氯丹、灭蚊灵含量很高。据了解，工厂的废液、固体废物偶尔向该河道倾倒（请注意，目前并没有确凿证据）。

44. 然而，底泥氯丹、灭蚊灵监测数据并不支持以上推断。检测发现，位于废水处理厂排水口的采样点 SED2 的氯丹浓度最高。据排放口 50 米的采样点 SED1, SED3 浓度为 0.1mg/kg。

45. 检测的结果表明与氯丹的 PRG 土壤推荐标准 6.5mg/kg 相比，底泥的污染是很小的。底泥中的氯丹浓度空间分布形态比表明，含氯丹底泥被限制在排污口附近，没有迁移出万亩桥河的封闭支流。该形态与实地考察结果相一致，即该支流基本上不流动，静态水体上长满了杂草。

46. 底泥中灭蚁灵最高检测值为 0.965mg/kg，其余的大大低于土壤 PRG0.96mg/kg 标准。灭蚁灵在底泥中的空间分布形态与氯丹相似。同样，在万亩桥河封闭支流之外的底泥中没有检测灭蚁灵。

47. 鉴于底泥处始终于水下几英尺，且氯丹、灭蚁灵在底泥中的浓度低，人类与之相接触的可能性不存在，底泥的风险可以忽略不计。由于含痕量氯丹、灭蚁灵的底泥限于万亩桥河的封闭支流内，且该区域没有需要特别保护的敏感水生生命，没有必要进行更多的评估工作。

## 5.6 定量评估

### 土壤中氯丹、灭蚁灵定量风险评估

48. 土壤是受氯丹、灭蚁灵污染的主要环境介质。氯丹和灭蚁灵的实际浓度是由在第一阶段现场检测时对 14 个不同深度采样点取得的样品决定的。第二阶段现场检测又增加了 3 个采样点。表 4-18 和 4-19 归纳了检测浓度数据。每一采样点上的最大以及平均致癌风险值都是使用 PRG 指南以及 PRG 值计算出来的。根据指南，致癌风险值是以实际浓度与 PRG 值比乘以  $10^{-6}$  确定的。

49. 例如，整个现场最高氯丹浓度为 73.6mg/kg（位于生产和储存车间之间的 GH1 采样点 10cm 深处的测量值），与之相对应的致癌风险值为  $1.13\text{E}-05$ ，换算成  $73.61\text{mg/kg} \div 6.5 \text{ mg/kg} \times 10^{-6}$ 。

50. 例如，整个现场最高灭蚁灵浓度为 43.4mg/kg（位于生产和储存车间之间的 GH1 采样点 10cm 深处的测量值），与之相对应的致癌风险值为  $4.52\text{E}-05$ ，换算成  $43.4\text{mg/kg} \div 0.96 \text{ mg/kg} \times 10^{-6}$ 。表 5-4 给出了每个采样点的最大浓度与平均浓度。

51. 由氯丹与灭蚁灵致癌性合并得到的累计致癌风险是各单独致癌风险之和。氯丹和灭蚁灵检测浓度最高的采样点（GH1）的累积致癌风险为  $5.65\text{E}-05$ ，换算成  $1.13\text{E}-05+4.52\text{E}-05$ 。表 3-15 给出了其他采样点氯丹、灭蚁灵污染累加值致癌风险。

表 5-4 土壤中氯丹和灭蚊灵带来的污染风险

采样 点位	氯丹(ppm)					灭蚊灵(ppm)					联合风险	
	最大值	平均值	PRG	最大风险	平均风险	最大值	平均值	PRG	最大风险	平均风险	最大风险	平均风险
GH1	73.60	23.39	6.5	1.13E-05	3.60E-06	43.40	7.46	0.96	4.52E-05	7.77E-06	5.65E-05	1.14E-05
GH2	21.40	9.45	6.5	3.29E-06	1.45E-06	10.00	1.91	0.96	1.04E-05	1.99E-06	1.37E-05	3.44E-06
GH3	26.30	6.27	6.5	4.05E-06	9.64E-07	0.73	0.26	0.96	7.56E-07	2.74E-07	4.80E-06	1.24E-06
GH4	12.00	3.12	6.5	1.85E-06	4.81E-07	0.51	0.19	0.96	5.29E-07	1.96E-07	2.38E-06	6.76E-07
GH5	0.76	0.42	6.5	1.16E-07	6.53E-08	0.39	0.15	0.96	4.03E-07	1.58E-07	5.19E-07	2.23E-07
GH6	0.59	0.30	6.5	9.02E-08	4.62E-08	0.04	0.02	0.96	3.91E-08	2.58E-08	1.29E-07	7.20E-08
GH7	0.89	0.41	6.5	1.37E-07	6.31E-08	0.04	0.02	0.96	4.29E-08	1.98E-08	1.80E-07	8.28E-08
GH8	0.87	0.53	6.5	1.34E-07	8.18E-08	0.16	0.12	0.96	1.61E-07	1.28E-07	2.95E-07	2.10E-07
GH9	0.29	0.16	6.5	4.40E-08	2.43E-08	0.01	0.01	0.96	1.44E-08	8.64E-09	5.84E-08	3.29E-08
GH10	3.41	0.95	6.5	5.25E-07	1.46E-07	0.06	0.02	0.96	6.01E-08	2.54E-08	5.85E-07	1.71E-07
GH11	0.83	0.28	6.5	1.28E-07	4.27E-08	0.36	0.18	0.96	3.77E-07	1.86E-07	5.05E-07	2.29E-07
GH12	3.01	1.20	6.5	4.63E-07	1.84E-07	0.27	0.10	0.96	2.78E-07	1.08E-07	7.41E-07	2.92E-07
GH13	0.58	0.20	6.5	8.95E-08	3.15E-08	0.01	0.01	0.96	1.28E-08	5.72E-09	1.02E-07	3.72E-08
GH14	1.87	0.59	6.5	2.88E-07	9.13E-08	0.13	0.07	0.96	1.31E-07	6.88E-08	4.19E-07	1.60E-07

52. 计算表明,在厂区氯丹和灭蚁灵造成的致癌风险为  $5.65\text{E-}05$ 。该风险值比可接受致癌风险值  $10\text{E-}04$  的上限低了一个数量级,因此,该厂区无需开展修复工作。然而,根据 PRG 指南,氯丹浓度超过  $65\text{mg/kg}$  时可能出现非致癌性不可接受风险,而最高氯丹浓度为  $73\text{mg/kg}$ ,因此保险的做法是将厂区氯丹浓度减低到  $65\text{mg/kg}$  或更低。

#### 土壤中硫丹、六氯环戊二烯危害定量风险评估

53. 尽管土壤中硫丹、六氯环戊二烯检测浓度低于参考标准,我们还是进行了定量评估,以说明现此类化学残余物的有害性究竟低到何种水平。

54. 硫丹、六氯环戊二烯的 PRG 值是依据非致癌健康效应制定的。根据美国国家环保局为 PRG 表编制的用户指南,非致癌有害估算值是由检测的污染浓度除以 PRG 表中对应标明“nc”的非致癌 PRG 值。该比率累加就得到多种污染物引起的累积有害性的估算值。比率累加值代表非致癌有害指数。通常认为有害指数小于或等于 1 为安全。大于 1 表明需要进一步评估。

55. 表 5-5 给出了现场硫丹、六氯环戊二烯的有害指数。最高累积有害指数为  $7.777\text{E-}02$ ,远低于可接受值 1 的标准。这印证了即使硫丹、六氯环戊二烯综合影响也大大低于通常认可的水平。

表 5-5 土壤中硫丹、六氯环戊二烯的有害指数 (单位:  $\text{mg/kg}$ )

采样点	深度	六氯环戊二烯	PRG (自来水)	有害指数	硫丹	PRG (自来水)	有害指数	累积 有害指数
GH1	0.0	0.00203	3700	$5.49\text{E-}07$	2.510	3700	$6.78\text{E-}04$	$6.79\text{E-}04$
	0.1	8.01000	3700	$2.16\text{E-}03$	95.200	3700	$2.57\text{E-}02$	$2.79\text{E-}02$
	0.3	0.01380	3700	$3.73\text{E-}06$	3.050	3700	$8.24\text{E-}04$	$8.28\text{E-}04$
	0.6	7.12000	3700	$1.92\text{E-}03$	1.160	3700	$3.14\text{E-}04$	$2.24\text{E-}03$
	1.0	0.03510	3700	$9.49\text{E-}06$	8.610	3700	$2.33\text{E-}03$	$2.34\text{E-}03$
	1.5	0.15300	3700	$4.14\text{E-}05$	16.000	3700	$4.32\text{E-}03$	$4.37\text{E-}03$
GH2	0.1	0.00260	3700	$7.03\text{E-}07$	1.780	3700	$4.81\text{E-}04$	$4.82\text{E-}04$
	0.3	0.88400	3700	$2.39\text{E-}04$	85.400	3700	$2.31\text{E-}02$	$2.33\text{E-}02$
	0.6	1.33000	3700	$3.59\text{E-}04$	110.000	3700	$2.97\text{E-}02$	$3.01\text{E-}02$
	1.0	0.01640	3700	$4.43\text{E-}06$	3.770	3700	$1.02\text{E-}03$	$1.02\text{E-}03$
	1.5	0.01160	3700	$3.14\text{E-}06$	1.950	3700	$5.27\text{E-}04$	$5.30\text{E-}04$
	2.0	0.00245	3700	$6.62\text{E-}07$	14.200	3700	$3.84\text{E-}03$	$3.84\text{E-}03$
GH3	0.1	0.00004	3700	$1.08\text{E-}08$	2.130	3700	$5.76\text{E-}04$	$5.76\text{E-}04$
	0.3	0.00514	3700	$1.39\text{E-}06$	5.260	3700	$1.42\text{E-}03$	$1.42\text{E-}03$
	0.6	0.06460	3700	$1.75\text{E-}05$	4.410	3700	$1.19\text{E-}03$	$1.21\text{E-}03$
	1.0	0.00679	3700	$1.84\text{E-}06$	28.600	3700	$7.73\text{E-}03$	$7.73\text{E-}03$
	1.5	0.00443	3700	$1.20\text{E-}06$	1.880	3700	$5.08\text{E-}04$	$5.09\text{E-}04$
	2.0	0.00317	3700	$8.57\text{E-}07$	0.271	3700	$7.32\text{E-}05$	$7.41\text{E-}05$
GH4	0.1	0.01150	3700	$3.11\text{E-}06$	3.920	3700	$1.06\text{E-}03$	$1.06\text{E-}03$

采样点	深度	六氯环戊二烯	PRG (自来水)	有害指数	硫丹	PRG (自来水)	有害指数	累积 有害指数
	0.3	0.00342	3700	9.24E-07	1.320	3700	3.57E-04	3.58E-04
	0.6	0.00102	3700	2.76E-07	30.700	3700	8.30E-03	8.30E-03
	1.0	0.00157	3700	4.24E-07	7.980	3700	2.16E-03	2.16E-03
	1.5	0.01040	3700	2.81E-06	2.890	3700	7.81E-04	7.84E-04
	2.0	0.00010	3700	2.70E-08	0.853	3700	2.31E-04	2.31E-04
GH5	0.1	0.00004	3700	1.08E-08	0.979	3700	2.65E-04	2.65E-04
	0.3	0.00032	3700	8.65E-08	0.531	3700	1.44E-04	1.44E-04
	0.6	0.00005	3700	1.35E-08	1.360	3700	3.68E-04	3.68E-04
	1.0	0.00092	3700	2.49E-07	0.328	3700	8.86E-05	8.89E-05
GH6	0.1	0.00071	3700	1.92E-07	1.040	3700	2.81E-04	2.81E-04
	0.3	0.00004	3700	1.08E-08	9.220	3700	2.49E-03	2.49E-03
	0.6	0.00004	3700	1.08E-08	1.160	3700	3.14E-04	3.14E-04
	1.0	0.00004	3700	1.08E-08	1.300	3700	3.51E-04	3.51E-04
GH7	0.1	0.00517	3700	1.40E-06	18.600	3700	5.03E-03	5.03E-03
	0.3	0.00585	3700	1.58E-06	2.430	3700	6.57E-04	6.58E-04
	0.6	0.00040	3700	1.08E-07	5.930	3700	1.60E-03	1.60E-03
	1.0	0.00005	3700	1.35E-08	7.180	3700	1.94E-03	1.94E-03
GH8	0.1	0.00236	3700	6.38E-07	19.200	3700	5.19E-03	5.19E-03
	0.3	0.00272	3700	7.35E-07	1.960	3700	5.30E-04	5.30E-04
	0.6	0.00285	3700	7.70E-07	32.500	3700	8.78E-03	8.78E-03
	1.0	0.00227	3700	6.14E-07	32.900	3700	8.89E-03	8.89E-03
	1.5	0.00068	3700	1.84E-07	9.480	3700	2.56E-03	2.56E-03
	2.0	0.00009	3700	2.43E-08	8.940	3700	2.42E-03	2.42E-03
GH9	0.1	0.00258	3700	6.97E-07	0.070	3700	1.89E-05	1.96E-05
	0.3	0.00049	3700	1.32E-07	0.180	3700	4.86E-05	4.88E-05
	0.6	0.00004	3700	1.08E-08	0.634	3700	1.71E-04	1.71E-04
	1.0	0.00181	3700	4.89E-07	0.060	3700	1.61E-05	1.66E-05
GH10	0.1	0.00677	3700	1.83E-06	0.091	3700	2.46E-05	2.65E-05
	0.3	0.00303	3700	8.19E-07	1.270	3700	3.43E-04	3.44E-04
	0.6	0.01000	3700	2.70E-06	0.200	3700	5.41E-05	5.68E-05
	1.0	0.12800	3700	3.46E-05	0.090	3700	2.43E-05	5.89E-05
GH11	0.1	0.03450	3700	9.32E-06	0.709	3700	1.92E-04	2.01E-04
	0.3	0.04210	3700	1.14E-05	0.610	3700	1.65E-04	1.76E-04
	0.6	0.00438	3700	1.18E-06	0.307	3700	8.30E-05	8.42E-05
	1.0	0.00270	3700	7.30E-07	0.652	3700	1.76E-04	1.77E-04
GH12	0.1	0.43000	3700	1.16E-04	160.000	3700	4.32E-02	4.34E-02
	0.3	1.72000	3700	4.65E-04	200.000	3700	5.41E-02	5.45E-02
	0.6	2.46000	3700	6.65E-04	285.000	3700	7.70E-02	7.77E-02

采样点	深度	六氯环戊二烯	PRG (自来水)	有害指数	硫丹	PRG (自来水)	有害指数	累积 有害指数
	1.0	3.75000	3700	1.01E-03	232.000	3700	6.27E-02	6.37E-02
GH13	0.1	0.00001	3700	2.70E-09	0.084	3700	2.27E-05	2.27E-05
	0.3	0.00076	3700	2.05E-07	0.804	3700	2.17E-04	2.18E-04
	0.6	0.00002	3700	5.41E-09	0.317	3700	8.57E-05	8.57E-05
	1.0	0.00004	3700	1.08E-08	10.700	3700	2.89E-03	2.89E-03
GH14	0.1	0.00004	3700	1.08E-08	1.280	3700	3.46E-04	3.46E-04
	0.3	0.00070	3700	1.89E-07	6.580	3700	1.78E-03	1.78E-03
	0.6	0.03340	3700	9.03E-06	0.116	3700	3.14E-05	4.04E-05
	1.0	0.00343	3700	9.27E-07	0.495	3700	1.34E-04	1.35E-04

### 5.7 地下水中的氯丹、灭蚊灵风险评估

56. 第二阶段现场采样分析结果证实，距离污染点最近的民用水井未检出氯丹与灭蚊灵。民用水井采样分析数据与土壤、地表水、地下水中的氯丹、灭蚊灵的空间分布形态吻合。这种形态表明，污染局限于生产、贮存车间区域，没有明显向外迁移的迹象。

57. 鉴于民用井水未检出氯丹与灭蚊灵，且井水并不作饮用或生活用水，所以不存在风险问题。然而，第一阶段现场监测数据表明，尽管氯丹与灭蚊灵的水溶性很低，文献资料一般认为基本不溶于水，但地下水的确含有氯丹和灭蚊灵（参见表 4-3 溶解特性）。表 4-13 归纳了现场氯丹、灭蚊灵检测浓度数据。采样点 GH8 的氯丹检测浓度最高，为 9.8ug/L；在采样点 GH4 检测出灭蚊灵的最高浓度为 0.138ug/L。

58. 尽管从理论上讲，随着时间的推移，被污染的地下水有可能迁移进入水井。风险评估对的极端假定进行了评估，即(i) 浓度未经衰减的氯丹、灭蚊灵伴随受污染的地下水流入水井，(ii) 在城市集中供水系统出现故障时井水可能部分补充生活用水。

59. 极端情形的风险值是按 ASTM E1739-95 公式计算的。

$$E = \frac{CR \times EF \times ED}{BW \times AT}, \text{ 其中}$$

E: 暴露率

C: 污染物浓度

CR: 接触率，按每天 2 L 计算

EF: 暴露频度，按 350 天/年计算

ED: 暴露期 按 30 年计算

BW: 体重 按 60 kg/人计算

AT: 可产生癌症的平均时间, 按 70 年  $\times$  365 天/年计算

根据公式计算,  $E = 0.0137 \text{ Liter/kg} \cdot \text{day}$

氯丹在地下水中的暴露剂量是:

$$E_{\text{chlordan}} = [C(9.80 \text{ ug/L}) \times CR (2\text{L/day}) \times EF (350 \text{ days/year}) \times ED (30 \text{ years})] / [BW (60 \text{ kg}) \times AT (25500 \text{ days})] = 1.34 \times 10^{-4} \text{ mg/kg} \cdot \text{day}$$

灭蚁灵在地下水中的暴露剂量是:

$$E_{\text{mirex}} = (C(0.138 \text{ ug/L}) \times CR (2\text{L/day}) \times EF (350 \text{ days/year}) \times ED (30 \text{ years})) / (BW (60 \text{ kg}) \times AT (25500 \text{ days})) = 1.89 \times 10^{-6} \text{ mg/kg} \cdot \text{day}$$

考虑到暴露程度的实际风险由下面的公式决定:

$$\text{Risk} = E \times \text{SF}$$

R: 个人可能患癌症的可能性概率 (例:  $1\text{E}-05$ )

SF: 斜率因子, 单位是  $(\text{mg/kg} \cdot \text{d})^{-1}$ , 可以用致癌斜率因子来表示其毒性。

综合的风险数据库给出了氯丹与灭蚁灵的致癌斜率: 氯丹的是  $0.35 (\text{mg/kg} \cdot \text{day})^{-1}$ , 灭蚁灵的是  $1.8 (\text{mg/kg} \cdot \text{day})^{-1}$ 。

因此, 地下水的氯丹风险值为:

$$\text{Risk}_{\text{chlordan}} = E_{\text{chlordan}} (1.34 \times 10^{-4} \text{ mg/kg} \cdot \text{day}) \times \text{SF}(0.35(\text{mg/kg} \cdot \text{day})^{-1}) = 4.7 \times 10^{-5}$$

灭蚁灵为:

$$\text{Risk}_{\text{mirex}} = E_{\text{mirex}} (1.89 \times 10^{-6} \text{ mg/kg} \cdot \text{day}) \times \text{SF}(1.8 (\text{mg/kg} \cdot \text{day})^{-1}) = 3.4 \times 10^{-6}$$

$$\text{受氯丹潜在健康危害影响的人数} = \text{Risk} (4.7 \times 10^{-5}) \times \text{Number of people} (239) = 0.0117$$

$$\text{受灭蚁灵潜在健康危害影响的人数} = \text{Risk} (3.4 \times 10^{-6}) \times \text{Number of people} (239) = 0.000847$$

根据以上公式以及计算结果, 实际健康风险值 R 如表 5-6 所示。

表 5-6 地下水污染所带来的健康风险

实际暴露浓度 $\mu\text{g/L}$		暴露因子 $\text{Liter/kg} \cdot \text{day}$	毒性 $(\text{mg/kg} \cdot \text{day})^{-1}$	实际健康风险	潜在受影响人数
氯丹	9.80	0.0137	0.35	$4.7 \times 10^{-5}$	0.01269
灭蚁灵	0.138	0.0137	1.8	$3.4 \times 10^{-6}$	0.000918



60. 表 5-6 给出了全体公众健康影响计算结果，表达式是：受潜在健康因素影响的人数=实际健康风险 X 暴露人数。
61. 根据现场调查资料，距工厂最近的居民区为牛车垛，共有 8 户人家。最近的居民区牛车垛和南方村共有 83 户人家，249 位居民。
62. 根据风险评价结果，若将受到氯丹和灭蚊灵污染的地下水作为饮用水，根据最坏情况估算出由此产生的潜在健康风险分别为  $4.7 \times 10^{-5}$  和  $3.4 \times 10^{-6}$ ，结果在  $10^{-4}$  和  $10^{-6}$  之间，因此对于该地区的居民没有显著的风险。考虑了所有的 249 个居民，对于氯丹与灭蚊灵的风险损失分别为 0.0117 个人死亡 与 0.000847 个人死亡。这远远低于风险专家与决策者所共同考虑的 1 人死亡的界值。
63. 需要着重强调指出的是，上述的地下水风险数据是根据极端情形计算出来，根据现有资料，我们假设这种极端情形现在、将来都不会发生。只要作为饮用水使用的地下水的氯丹、灭蚊灵的暴露水平维持不变，地下水中的氯丹、灭蚊灵就不会对附近居民和厂区使用者带来健康风险。

5.8 地下水中的硫丹、六氯环戊二烯造成的风险

64. 地下水样品中也检测出硫丹、六氯环戊二烯，尽管浓度很低（参见表 2-6 采样分析结果）。假设地下水用作饮用水，它们的可忽略的健康影响在表 xxx 有量化的说明。由于硫丹、六氯环戊二烯属于非致癌物质，我们采用了非致癌 PRG 算法计算其危害指数（参见土壤中有硫丹、六氯环戊二烯的章节）。地下水中最高的累积有害指数为 0.749，低于 1，这表明地下水中硫丹、六氯环戊二烯的风险没有超出可接受范围。

表 5-7 地下水中硫丹、六氯环戊二烯有害指数（浓度单位：ug/l）

采样点	六氯环戊二烯	PRG（自来水）	有害指数	硫丹	PRG（自来水）	有害指数	累积有害指数
GH1	0.388	220	0.002	23.5	220	0.107	0.109
GH2	0.690	220	0.003	19.0	220	0.086	0.090
GH3	1.230	220	0.006	47.7	220	0.217	0.222
GH4	0.633	220	0.003	8.4	220	0.038	0.041
GH5	0.847	220	0.004	164.0	220	0.745	0.749
GH6	0.891	220	0.004	38.4	220	0.175	0.179
GH7	1.630	220	0.007	156.0	220	0.709	0.717
GH8	0.303	220	0.001	92.3	220	0.420	0.421
GH9	1.230	220	0.006	97.9	220	0.445	0.451
GH10	0.461	220	0.002	30.9	220	0.140	0.143
GH11	0.936	220	0.004	115.0	220	0.523	0.527
GH12	1.240	220	0.006	57.7	220	0.262	0.268
GH13	0.402	220	0.002	18.1	220	0.082	0.084
GH14	0.562	220	0.003	19.8	220	0.090	0.093

### 5.9 氯丹、灭蚊灵场地清理后期风险评估

65. 根据斯德哥尔摩公约以及巴塞尔公约指南，中国采用 50ppm 作为溧阳光华化工有限公司厂区氯丹、灭蚊灵的目标清理标准。以下分析表明，按 50ppm 标准厂区对进行清理，将使得厂区不再对人类健康构成超越可接受范围的风险。（由于现场其他污染物的浓度已经低于参考水平，因此清洁方案是针对氯丹和灭蚊灵制定。）这个分析结果是依据前面介绍的 PRG 方法。

66. 根据 PRG 关于致癌风险估算的指南（氯丹、灭蚊灵都属致癌物），厂区具体浓度值除以致癌性评估 PRG 参考标准，乘以  $10^{-6}$  得出具体化学物的合理最大暴露估算值。对于多种污染物的污染，将各污染物的风险值相加。

因为：

$$\text{风险} = \text{实际浓度} / \text{PRG} \times 10^{-6}$$

所以：

$$\text{Log (风险)} = \text{log (实际浓度/PRG)} - 6$$

$$\text{风险的负对数 (-Log (风险))} = 6 - \text{log (实际浓度/PRG)}$$

67. 如果氯丹的浓度为 50ppm 且 PRG 为 6.5ppm，因此实际浓度除以 PRG(50/6.5)得 7.69。Log (7.69) = 0.89。这样，风险的负对数等于 5.11。这意味着，氯丹浓度为 50ppm 将造成  $10^{-5.11}$ ，或  $7.69 \times 10^{-6}$  的风险。这全部在癌症的一般可接受风险值  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  的范围内。

68. 68、如果灭蚊灵的浓度为 50ppm 且 PRG 为 0.96ppm，因此实际浓度除以 PRG(50/0.96)得 52.08。Log (52.08) = 1.72。这样，风险的负对数等于 4.28。这意味着，氯丹浓度为 50ppm 将造成  $10^{-4.28}$ ，或  $5.21 \times 10^{-5}$  的风险。这也同样全部在癌症的一般可接受风险值  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  的范围内。

69. 图 5.1 及 5.2 显示氯丹、灭蚊灵化学浓度和风险间的关系。

70. 图 5.1 和图 5.2 中图中标记了氯丹、灭蚊灵的浓度为 50ppm 时的点。

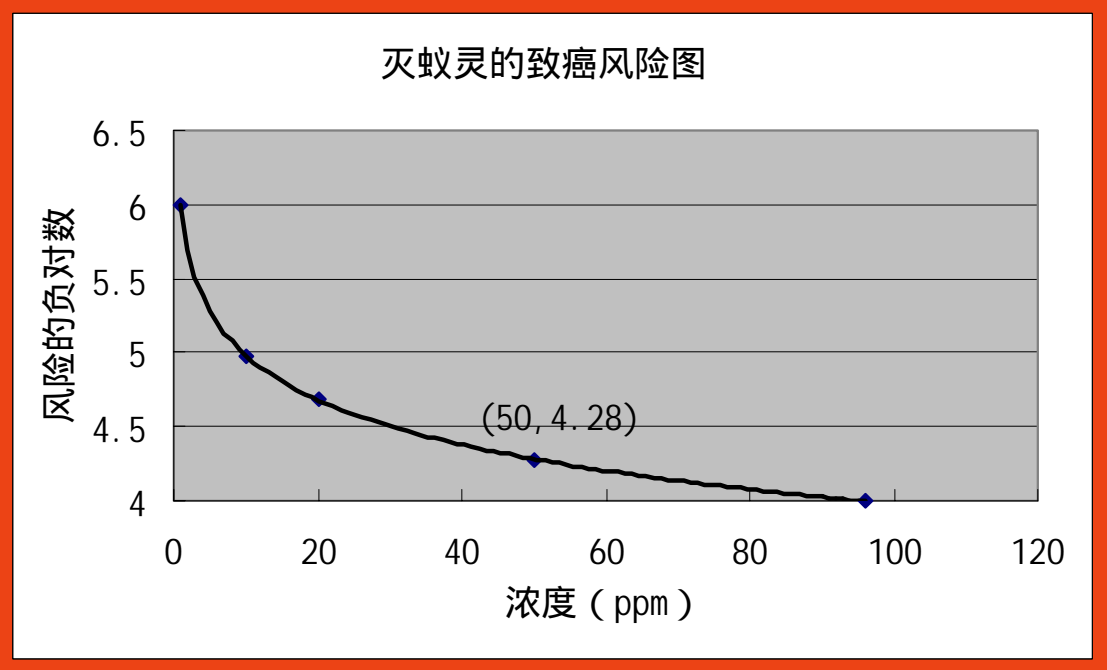


图 5.1 氯丹的致癌风险

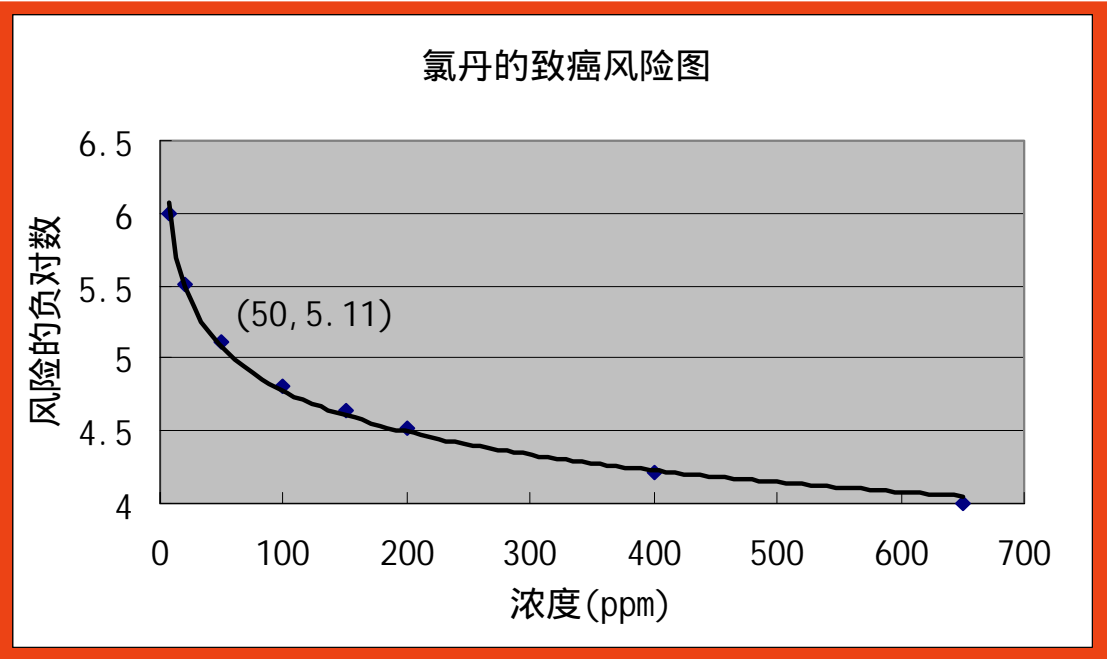


图 5.2 灭蚁灵的致癌风险

71. 浓度水平在 50ppm 时，氯丹、灭蚁灵造成的综合致癌风险是两种化学物单个风险值之和。它为  $10^{-4.22}$ 。同样，这一风险值落在可接受致癌风险范围之内。与现场氯丹、灭蚁灵综合暴露值相对应的非致癌有害指数是单个氯丹、灭蚁灵的累加。浓度为 50ppm 的氯丹、灭蚁灵的综合有害指数为 0.51，同样，它落在阈值 1 之下。正如上边的计算结果所示，无论是从致癌或非致癌角度，50ppm 的清理标准足以将氯丹、灭蚁灵对人类健康的影响降到可接受的程度。类似于本报告中其他的风险评估，为制定 PRG 而假设的标准暴露值对溧阳光华化工有限公司厂区同样有效。

72. 关于详细的风险计算指南，请参阅美国国家环保局 9 区 PRG 表所含用户指南及背景技术资料。有关土壤中氯丹和灭蚁灵的标准等可从 [www.epa.gov/region09/waste/sfund/](http://www.epa.gov/region09/waste/sfund/) 上获得。

## 第6章 修复方法

1. 由于中国目前缺乏（1）相应的环境质量标准和预定的修复目标（PRGs）；和（2）修复持久性有机污染物污染场地的经验，因此在进行场地修复方面面临着挑战。作为示范项目的一部分，有必要建立一个程序来评估最合适的技术和修复选择方案，为将来修复活动设立一个样板。

2. 根据前面章节所述信息，主要关注的污染物是氯丹，主要的污染介质是土壤。而且项目需要拆除和处置生产线、处置原材料和废弃库存，污染的包装材料，石棉污染的绝缘材料，污水处理设施中残留的污泥以及 200 吨废水。以下对现有修复技术的介绍是摘自本项目的另一份有实际案例的报告<sup>20</sup>。

### 6.1 现有技术的总体描述

3. 处理被卤代半挥发性有机杀虫剂污染的土壤的传统方法有热处理（如焚烧、热解析）、化学处理（如脱氯），和挖掘并送填埋场异地处置。美国国家环保署场地清理处置技术：年度现状报告（第 11 版）列出了 1982 年至 2002 年间的 100 个涉及有机杀虫剂和除草剂的超级基金修复活动。这些项目中采用的土壤修复技术统计如下：

- 焚烧（36 个）
- 生物修复（25 个）
- 固化/稳定化（14 个）
- 热脱附（9 个）
- 土壤蒸汽浸提（3 个）
- 物理分离（3 个）
- 就地热处理（3 个）
- 化学处理（2 个）
- 土壤淋洗（2 个）
- 冲洗（1 个）
- 植物修复（1 个）
- 溶剂提取（1 个）

4. 在超级基金项目中，杀虫剂大多采用焚烧后再进行生物修复和热解析处理，相对较多的生物修复项目大多是用来修复非氯杀虫剂处置用途。用生物修复来处理持久性含氯杀虫剂开始出现，本报告后面将讨论。

5. 地下水可以就地处理也可以异位处理。已经被用来处理含氯杀虫剂和除草剂的就地处理技术包括：鼓气、隔离墙、化学处理和生物修复。根据美国国家环保署超级基金 1982 年至 2001 年统计，用于含氯杀虫剂和除草剂地下水就地修复的技术：

- 鼓气（5）
- 生物修复（7）
- 化学处理（1）

- 多相提取 (1)
- 渗透反应屏障 (2)
- 植物修复 (1)

6. 异地地下水修复包括抽水和处理, 采用诸如活性炭吸附、紫外线氧化、高能破坏和生物修复等技术。

7. 根据以上列出的土壤和地下水主要修复技术, 本章将提出溧阳光华化工有限公司被氯丹、灭蚁灵和其它污染物污染的修复方案, 并采用以下标准评估每种场地修复选择的可行性:

- **达到修复目标的能力** – 为保护人和环境的健康, 要使污染降到可以接受的水平
- **技术已被验证** – 要考虑技术在中国其它地方应用的情况, 是否实地应用过还是做过中试或者在实验室阶段但有实地应用能力。
- **潜在的残留毒性** – 有些修复技术可能会产生甚至超过原来污染物毒性的有毒的中间产物或者残留物质。
- **后勤** – 技术的可获得性, 也取决中国有多少可提供设计、施工、供应和维护的厂商; 以及施工地的可获得性, 如需要挖掘和堆放的话是否有合适的场地?
- **对承租人、来访者和其它场地的使用者的潜在影响** – 除了场地污染物外, 有些修复技术现场施工时会对环境造成负面影响, 如修复活动产生的污染水会对周围的地表水产生影响;
- **公众和土地所有者的接受程度** – 公众是否能接受这一方案? 也要考虑处置被污染物质时人们常有的别把污染物质放到我们这里来的心态;
- **实施时间** – 要考虑到所采用技术实施需要的时间;
- **环境风险和不确定性** – 潜在的风险, 包括事故泄露、挖掘时遭遇困难, 或废物数量或浓度超过预期, 或产生大量地下水;
- **相关费用** – 如果有不止一种技术可选择, 那么不同技术施工和实施的资金费用将作为决定修复选择的主要考虑因素。费用包括计划施工、实施、操作、维护和/或监测。

8. 所有这些因素都要考虑每种技术的“优点”和“局限”这两个方面, 还要考虑技术在现场的适用性。参考了以下网站上的信息: EPA REACH IT 的

(<http://www.epareachit.org/>), US EPA 创新技术库

(<http://cfpub.epa.gov/asr/search.cfm>), 科学指引

(<http://www.sciencedirect.com/>), 以及其它来源的每种技术的一些实例。

9. 最有效的技术和清理战略 (或战略组合) 是能在上面列出的标准中找出最佳平衡, 有些情况时某一标准的权重会大一些 (如费用、法规)。

## 6.2 自然衰减

10. **技术介绍。**土壤和水的物理、化学和生物特性使其具有挥发、吸附、化学和光化学反应、生物降解这些作用，可以使污染降低到可接受水平。自然衰减或自然修复是在于自然状态下的修复，有一定的管理风险。要考虑这种方法，现场状况要界定清楚，根据场地特性，如污染的浓度和量、地下水深度和流速；土壤特性如有机物、pH、水分含量；利用模型来预测受体降解速度、路径、污染物浓度。运用模型可以演示场地污染物最终降低到可接受水平，使受体风险最小化的自然降解的过程。需要制定一个长期的监测计划来确认降解的速度与项目清理目标一致。

11. 自然衰减方法一般用于碳氢燃料、挥发性有机物质（VOCs，如四氯化碳）、半挥发性有机物质（SVOC，如环戊二烯）和一些杀虫剂（AFCEE, (005; FTTR, 2005a)）。

12. 挥发是氯丹从土壤中消除的主要途径；挥发速率取决于土壤的有机物含量、水含量、温度、相对湿度及土壤的吸附性。总的说来沙质土和有少量有机物质的土壤残留氯丹比含较多粘土和有机物质或水分的土壤少。土壤水分是最重要的因素。氯丹在水中降解慢，也没有资料表明氯丹在水环境中会进行光化学反应。

13. 灭蚁灵能在水中光分解产生光化灭蚁灵，产生的速度随有机物溶解增加而增加（ATSDR, 1995）。土壤中灭蚁灵的光分解，厌氧和好氧的生物降解非常缓慢（ATSDR, 1995）。土壤中硫丹主要是光解（在土壤表层）、水解（在碱性环境下）和生物降解（ATSDR, 2000）。

### 14. 监测自然衰减方法的优点

- 总费用较低；
- 产生和处理污染物质少；
- 中国有实施的技术条件；
- 对现场人员及生态环境影响最小；
- 可以和其它修复技术一起实施或作为其它措施的后续措施。

### 15. 监测自然衰减方法的局限

- 本项目应用自然衰减要求对实施情况有个强有力的评价框架。要求更多的现场数据来建立模型；
- 氯丹和灭蚁灵自然衰减作用的长期有效性还未知，需要做风险评价；
- 现场的物理和化学特性会随时间而变化，使稳定的污染物质会发生变化；
- 污染物质可能会在降解前移动到了附近的河里；
- 降解的中间物质可能更具流动性和毒性。例如氯丹可能产生毒性更强的光化异构体，灭蚁灵肯定产生持久性的十氯酮；
- 要达到修复目标需要更长的时间（数年），这期间该场地无法重新使用；

- 需要进行长期的监测，也要产生费用；
- 公众可能不接受长期暴露在污染中，需要调查公众的意见。

16. **在中国的适用性。**含氯杀虫剂如氯丹和灭蚊灵的自然衰减很慢，尤其在较冷的环境中。因为数据的缺乏在溧阳光华化学公司使用该方法不具可操作性。只有在高浓度的污染层清除后才适用，对残留污染物采用自然衰减需要建立监测评价体系，该评价体系包括制定监测计划来监测场地氯丹、灭蚊灵和其它污染物的降解，对自然衰减进行预测。对衰减不按模型预测的情况要有预案。需要的数据包括：

- 土壤和地下水质数据，包括氯丹、灭蚊灵和其它污染物的容量和分布；
- 土壤的物理特性以及地球化学数据用于评价污染物的降解，包括土壤的 pH 值、总有机碳 (TOC)、氧化还原电位  $E_h$ 。例如很高或很低的 pH 值会限制微生物的多样性和生物降解，而土壤的 TOC 高，杀虫剂的吸附作用也强。因为蒸发是从土壤和底泥里消除的主要途径，吸附会显著地降低杀虫剂的降解。
- 潜在受体如水井和地表水排放点的分布
- 对人和环境健康的保护的风险评价；
- 制定监测计划，包括监测点布局、监测频率。

### 6.3 生物修复

17. **技术介绍。**生物修复利用微生物来降解有机污染物把它们转化为生物质，中间产物和副产物，如二氧化碳、甲烷、无机盐。适用于土壤、底泥、污泥、污水和地下水。影响生物降解的关键环境因素是 pH，土壤水分含量、温度和养分浓度。加强式生物修复是通过提供养分、微生物和氧来加速生物降解的。在做应用可行性分析时，要确定污染物的降解能力，识别产生的中间物质和副产品以及加强过程的方法。

18. 强化生物修复可以在就地或异地采用好氧或厌氧过程进行。好氧生物修复引入养分、电子接受者（氧气）和微生物在加速自然生物降解的过程。氧可以通过空气搅动法、过氧化氢循环或固态过氧化氢来加入。厌氧生物修复中用硝酸盐在污染介质中循环来加强降解。在异地生物修复中，土壤被挖掘出来，地下水被抽取出来，加入调理剂混合放入处理井中。抽出的水在生物反应器中进行处理，而土壤被放入有渗滤液收集系统和通风系统的井中。监测水分、热度、养分、氧气和 pH 值，并控制生物降解过程。异地生物修复技术包括生物反应器、生物过滤器、耕作、堆肥；而就地生物修复技术包括生物通气法、生物搅拌、生物刺激和液体传递系统。Frazar<sup>21</sup> (2000)中有对杀虫剂污染介质进行生物修复技术的总结和现状介绍。联邦修复技术圆桌会议 (FRTR)<sup>22</sup>有详细的生物修复技术和应用的介绍。

19. 生物修复技术被成功地用来修复被石油烃类、溶剂、杀虫剂、木材防腐剂、及其它有机化学品污染的土壤、污泥和地下水。对清除污染源后的低水平残留的污染物修复尤其有效。(FRTR, 2005b)。但是生物修复对含氯有机污染的应用还只是在实验室研究阶段。



20. 各种研究已经显示了真菌（28 种）和土壤细菌（15 种）对硫丹的生物降解能力。硫丹硫酸盐是真菌代谢的主要产物，而细菌转化的产物是硫丹二醇（ATSDR，2000）。半衰期取决于异构体的类型，据报道  $\alpha$ -和  $\beta$ -异构体分别是 60 至 800 天。只分离出少数能降解氯丹的微生物，文献显示氯丹能在土壤中持久存在 20 年（ATSDR，1994）。灭蚁灵在土壤中被厌氧生物方法降解，半衰期为 10 年（ATSDR，1995）。Kennedy 等人（1990）发现木质素降解的白色腐蚀真菌，*Phanerochaete chrysosporium*，对氯丹全面降解。

21. **生物修复的优点：**

- 总费用低，尤其是就地修复；
- 就地修复产生和处理的污染物质少；
- 技术要求低；
- 可和其它修复技术同时使用或作为清除高浓度污染物后的后续措施。

22. **生物修复的局限性：**

- 生物修复被杀虫剂污染的土壤和地下水还处于开发阶段；
- 在开展生物修复项目之前必须进行处理能力研究；
- 有些时候难以预测产生的副产物；
- 因为氯丹和灭蚁灵的持久性，要达到修复目标，生物修复耗时要比其它方法长；
- 可能会因为土壤基质阻碍污染物和微生物接触而使清理目标无法达到；
- 高浓度含氯有机物可能使微生物中毒；
- 需要场地的其它资料，包括土壤特性、pH、TOC；
- 强化就地生物修复所进行的水基溶液循环可能导致污染物流动；
- 就地强化生物修复不适用于粘土、多分层的或不同质的地表环境，因为氧气循环受限；
- 注入的液体会产生优先流动通道，从而会显著地降低液体、生物体和污染物在被污染区域的接触。

23. **生物修复的适用性**

世界上有很多运用生物修复处理挥发性和半挥发性有机污染物的经验，但是用此技术来处理含氯杀虫剂的经验还有限。因此 EIA 不建议在溧阳场地上使用此技术。

#### 6.4 焚烧

24. **技术描述。**这一技术应用高温(870-1200 )和氧化空气来破坏废物，把有机或生物物质转化为  $H_2O$ 、 $CO_2$  和其它无机气体。一般用来处理土壤、底泥、污

泥和其它固态和液态废物。不适用于处理地下水。通常所需的热量是通过废物中有机质的燃烧产生或通过加入燃料来获得。有机物质可以通过焚烧酒精、酮、二甲苯、甲乙酮和乙酸乙酯等被消除。焚烧是一种被验证可行的清理有机氯废物，包括土壤、底泥和污泥中的 PCBs、DDT 和氯丹的技术。排放的气体需要处理以去除微粒和，中和和去除酸性气体（HCl, NO<sub>x</sub>, 和 SO<sub>x</sub>）。美国国家环保署对焚烧的规定要求对主要有机危险废物去除率超过 99.99%，PCBs 和二恶英的去除率超过 99.9999% (FRTR, 2005d)。燃烧灰烬如符合安全标准可送至填埋场填埋，如不符合要求则要进行处理。焚烧可在现场利用可移动设备进行，或者送至异地焚烧处置中心处理。

25. **危险废物焚烧炉可以按燃烧室种类分为以下类型：**

- 旋转窑 – 燃烧仓是略微倾斜、能旋转、内衬难熔物质的燃烧室，温度可达 980 °。从燃烧室出来的废物通过后燃烧、淬火和空气污染控制系统完成燃烧过程。
- 固定熔炉式焚化炉- 有一个或多个燃烧室；
- 流化床焚化炉 – 固体颗粒的流化床悬在废物上来去除有害气体和灰烬；
- 等离子焚化炉- 通过电弧电离空气来产生非常热的等离子；
- 红外系统 – 电流通过金刚砂产生强红外线射线。

26. **焚烧的优点**

- 焚烧是一种常被用来处理有机氯物质的成熟技术；
- 污染物可以完全被破坏；
- 处理时间根据处理废物的量可长可短；
- 适用范围广；
- 可以现场操作省去运输费用。

27. **焚烧的局限性**

- 高成本- 焚烧处理被 PCB 或二恶英污染的土壤，国际上的处理成本是焚烧每公吨 1,650 至 6,600 美元（每吨 1,500 至 6,000 美元）(FRTR, 2005d)；
- 如果含金属的话可能会和原料流中的其它元素反应，如氯或硫元素，产生更具挥发性和毒性的物质；
- 需要进行排放控制以防止二恶英、呋喃、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 和颗粒等污染物的排放；
- 需要综合的支持设施，如需要有分析实验室来监控排放；
- 公众会关心排放问题。有些社区的人们反对在他们社区焚烧危险废物。

28. **焚烧的适用性。**焚烧是处理氯丹的推荐技术，将氯丹溶解在可燃的溶剂中，然后在可控的条件下进行焚烧(ATSDR, 1994)。焚烧也是处理灭蚊灵和硫丹的

推荐方法(ATSDR, 2000)。可通过焚烧方法处置现场堆存的废弃杀虫剂, 包括氯丹和灭蚁灵。因此溧阳场地的高污染土壤可采用这种技术进行处理。

29. 焚烧的单位处置成本非常高, 从经济的角度上不是个好选择。除了要弄清土壤的污染程度和浓度, 还需要了解土壤的其它特性, 包括土壤水分含量、类别、粒径分布。掌握土壤的粒径数据可以准确预计系统的粉尘负荷从而设计出合适的空气污染控制设施。需要先进行焚烧试验, 以了解焚烧的效果和成本, 之后要进行仔细的成本分析。焚烧设备要保证有效性以达到污染去除率为 99.9999%以上。如果设计不当可导致产生二恶英和呋喃, 从而产生严重的健康和环境问题。

### 6.5 热脱附

30. **技术描述。**当污染物和水加热到 90-560 °C 之间时产生挥发作用, 然后用载气或真空系统来将挥发的水和有机质送到气体处理系统去除微粒和污染物。微粒通过常规微粒去除设备去除, 如湿式洗涤器或布袋。污染物的去除通过先浓缩, 然后碳吸附, 或者通过第二个燃烧室或催化氧化摧毁。根据运行的温度, 热脱附可分为两类: 高温热脱附(HTTD)和低温热脱附(LTTD)。高温热脱附(HTTD)废物被加热到 320-560 °C, 低温热脱附(LTTD)废物被加热到 90-320 °C。低温热脱附的好处是土壤大部分的物理特性被保留, 还可以回填再用。这种技术处理的对象是半挥发有机物、PAHs、PCBs、有机氯杀虫剂污染的土壤、底泥和污泥。不考虑应用于液体(FRTR, 2005f)。

#### 31. 优点 :

- 对污染物的消除几乎是完全的;
- 根据污染物质的量处理时间可长可短;
- 可在现场进行节省运输费用;
- 低温热脱附可使土壤再回用。

#### 32. 局限性

- 如果土壤和底泥的水分含量高的话需要进行脱水来达到送料的水分含量要求;
- 如含重金属则产生的固体残渣要进行进一步处理;
- 高含量有机物质的土壤会增加处理时间;
- 粘土和淤泥可能会造成热脱附技术处理效果降低, 因为会产生结块和污染物粘合。
- 如果操作状况不理想, 会产生超量的微粒和气体排放;
- 成本高运行和维护费用高。

33. **热脱附的适用性。**至 2005 年, 中国没有关于热脱附技术的实用性及适用性的有关信息。全球环境基金支持中国 PCB 管理及处置示范项目购买一套热脱附装置, 2007 年后, 可用于清理低浓度(50-500ppm) PCB 污染的土壤。这套装置可能

可用于清理溧阳光华化工有限公司场地被污染的土壤。

34. 由于低能耗，热脱附的费用比焚烧炉低。这项技术可以作为修复被氯丹污染的土壤的备选技术之一。除了污染物浓度，还需要的湿度、分级、粒径分布等有关土壤的特性信息。土壤的粒径数据决定了系统中的粉尘负荷，对大气污染控制设施的参数来说是非常重要的。还需要作一个燃烧实验来确定效率及费用，然后进行详细的费用分析。为了保证污染物被摧毁，去除率达到 99.9999%以上，必须正确操作热脱附炉。不当的设计可能会导致二恶英和呋喃的产生，从而导致严重的健康和环境问题。

## 6.6 玻璃化

35. **技术介绍。**透明化，也称玻璃化，是一种通过高温使废物固化成玻璃状的固态物质的过程。它能够处理被有机物、无机物或放射性污染的介质。废物与二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )、碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )、氧化钙( $\text{CaO}$ )或硼砂等玻璃成分结合在一起。用电流加热并使污染物玻璃化。经处理，土壤中的有机污染物高温分解、还原成简单的气体，无机污染物则与熔融的土壤结合在一起被固化成玻璃状的固态物质。气体通过设施上方的不锈钢罩收集后处理。透明化处置就地、异地均可。

### 36. 玻璃化的优点：

- 由于可就地实施从而使处理工作量最小化；
- 可同时处理多种污染物；
- 能够彻底摧毁有机污染物；
- 是一项实践过的技术。

### 37. 玻璃化的局限性

- 由于需要高能量 (温度要求在  $1300^\circ\text{C}$  以上) 因此非常昂贵；
- 需要足够的能量供给；
- 环境条件会影响某些污染物的长期固化；
- 一般需要进行处理能力研究。
- 大颗粒物质如粗砂或鹅卵石不适合透明化，而小颗粒物质由于释放缓慢，效率受到了限制。
- 对某些污染物的长期效果还未得到证实；
- 处理有机污染物时排放的废气需要处理；
- 产生的炉渣需要利用或处理；
- 法规及公众的可接受程度低。

### 38. 玻璃化的适用性

由于下列原因对溧阳光华化工有限公司场地清理不推荐此项技术。

- 全世界采用玻璃化技术摧毁有机氯污染物（包括氯丹、灭蚁灵、硫丹）的经验很少；
- 目前在中国没有所需的专门设备可利用；
- 高能耗；
- 存在排放二恶英、呋喃等气体的可能性；
- 对某些污染物的长期稳定性还未得到证实；

### 6.7 高温分解

39. **技术介绍**。高温分解是将有机污染物在缺氧的情况下加热使其分解的过程。有机污染物被转化成气态组分、少量液态物质以及含固定碳和灰的固态残渣。产生的气体需要处理，这可在二次燃烧室内完成，或部分浓缩。产生的颗粒物可以用通常使用的布袋除尘器或湿式除尘器等去除。高温分解的设备类似于焚烧炉（例如，旋转窑，旋转炉、流化床），除了燃烧需要较低的温度及缺氧条件外。高温分解适合处理半挥发的有机物及农药(FRTR, 2005g)。

#### 40. 高温分解的优点：

- 高温分解的设备类似于焚烧炉，因此在中国有此类设备可利用；
- 彻底摧毁废物；
- 处理时间中等。

#### 41. 局限性：

- 高温分解技术用于处理氯丹、灭蚁灵、硫丹的资料是有限的；
- 有特殊的喂料尺寸及物料操作要求，这将影响适用性或在特定场所的费用；
- 此项技术要求土壤湿度低于< 1%，否则会增加处理费用；
- 包括重金属在内的处理媒体在最终处置前需要稳定化(FRTR, 2005)。

42. **高温分解技术的使用性**。在修复文献中没有用高温分解技术清理氯丹、灭蚁灵的案例的报道。因此，不推荐溧阳光华化工有限公司场地清理采用此项技术。

### 6.8 化学处理

43. **技术介绍**。化学处理是通过化学反应将污染物转化成无害物质。适用于含氯有机物的化学处理法包括碱性催化分解、碱性聚乙二醇-乙二醇盐反应剂、气相化学氧化还原法。

44. **碱性催化分解法 (BCD)**。碱性催化分解是将受污染的液体、土壤或底泥置于装有碱性金属氢氧化物（如：氢氧化钠）催化剂、燃料油的反应器中，混合物在反应器中被加热到 300 °C 左右，反应剂产生的氢原子将污染物分解成碳和无机盐，碳和无机盐通过重力或离心力从燃料油中分离出来，燃料油和催化剂则用其它方法回收再利用(UNEP, 2005)。

45. **碱性聚乙二醇-乙二醇盐类反应剂(APEG)。**聚乙烯-乙二醇盐分解法是将碱性聚乙二醇-乙二醇盐（例如：聚乙二醇钾）与受污染的土壤在容器中混合加热，碱性聚乙二醇-乙二醇盐类反应剂与卤化物发生反应，通过聚乙二醇分子与卤素原子（如氯）的置换反应将卤化物转化成无毒物质。此过程产生的废水处理方法有化学氧化、生物降解、碳吸附或沉淀（加拿大环境，2005）。

46. **气相化学还原(GPCR)。**气相化学还原法是指在 8500C 以上的温度下，通过氢使有机化合物发生气相化学还原反应。氯代烃、PCBs、HCB、二恶英、呋喃等氯代烃以及其它持久性有机污染物被化学还原成甲烷、氯化氢。气相化学还原法能够处理水性及油性液体、土壤、底泥及变压器、电容器中的高浓度 POP 废物(UNEP, 2005)。从反应器中排出的气体通过洗涤去除水、热量、酸和二氧化碳，洗涤残渣和颗粒物异地处置。

#### 47. 化学处理的优点

- 化学处理法不需要高温、高压、能量反应剂；
- 化学处理法可用作其它方法，如热脱附的最终处理的步骤；
- 产生的大气污染相对较少；
- 此项技术适用于小规模处理。

#### 48. 化学处理的局限性

- 投资、运行费用、维护费用高；
- 高黏度及高湿度将增加处理成本；
- APEG 技术对大量的废物处理性价比不好；
- 有机氯浓度高于 5% 需要大量反应剂；
- BCD 方法中, 尤其是处理土质细、湿度大的土壤, 捕获并处理残渣(挥发性污染物的捕获, 粉尘及其它冷凝物) 比较困难；
- GPCR 中使用氢, 要求适当的控制及安全措施。

49. **化学处理的适用性。**尽管此项技术费用比焚烧略低，但目前中国没有其所需的现成的技术和设备可利用，加上上述局限性，因此，不推荐此项目采用该方法。

### 6.9 挖掘及安全填埋

50. **技术介绍。**这不是一种处理方法，污染物被重新放置在相对安全的场所，在那里转移到周围生态系统的污染物被削减。将污染物挖出并运输至允许的危险废物填埋场处置。填埋场铺设了特殊的衬垫以防渗透和污染转移，另外装有监测系统以保证系统的完整性。挖掘及异地处置适用于包括有机氯农药在内的所有污染物。加拿大和美国运行的安全填埋场有不同类别，可接受法规规定的特殊污染物。这些安全填埋场的建设、运行、维护监测是严格管制的，在废物被送到填埋场前，通常要按照毒理特性草案(TCLP-US EPA SW 846 Method 1311；

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/1311.pdf>)做浸出试验。浸出毒理特性草案是测试废物中污染物的迁移率而设计的。模拟填埋场的沥滤液产生，设计用提取液提取废物沥出液，接着对沥出液进行化学分析，将分析物质的浓度与法律规定量相比较，如果其值超过法律规定的限值，认定废物就是有毒的。能浸出的废物在转移至指定的填埋场前需要进行处理（例如：稳定化）。

#### 51. 挖掘及安全填埋的优点

- 主要优点是污染物在短期内得到去除；
- 技术要求不高；
- 公众的可接受程度高。

#### 52. 挖掘及安全填埋的局限性

- 挖掘过程中会产生扬尘；
- 由于运输及填埋倾倒费，总费用比较高；
- 土壤的运输通过居住区，会影响公众的可接受程度；
- 污染物没有处理，而只是简单地从一处转移到另一处；
- 来自填埋场的污染物转移的潜在可能性存在。（如果监测和控制不当）
- 需要对填埋场进行长期的监测；
- 因为污染物的处理是首选的，因此法律的可接受程度低。

53. **挖掘及安全填埋的适用性。**这种技术性价比好，在中国已采用，因此，推荐此项目采用该方法。此方案所需的附加资料是 TCLP (浸出过程的毒理特性)，或者根据污染物的浓度，做浸出毒理特性等同试验。

### 6.10 抽出处理

54. **技术介绍。**用泵抽取地下水的主要目的是将污染的水从蓄水层中抽出，以防止污染物通过地下水迁移。要进行详细的现场调查及风险分析来确定是否需要抽取地下水。如果选择抽取，就要决定井的设计标准、水泵系统以及处理方法。在用泵抽取地下水系统的设计需考虑的因素包括水力传导率、污染物三维扩散范围、蓄水层土壤的特性。然而，在设计抽取地下水井系统时，首先的问题是抽取地下水是否可行。如果水力传导率太低（低于 10<sup>-5</sup> 厘米/秒）或水文地质情况非常复杂多变，泵抽取地下水 就不可行(FRTR 2005h)。地下水一旦被抽出后，在排放前一定要进行处理，将污染物摧毁。适用于有机氯农药的处理技术包括颗粒状活性炭/液相碳吸附、深度氧化及化学处理。下面是这些方法的简单介绍。

55. **颗粒状活性炭/液相碳吸附。**被抽出的地下水通过一套滤罐或装有活性炭柱子，在那里溶解的有机污染物被吸附。对出水水质进行监测，一旦出水中污染物的浓度超过了清理标准，就要置换活性炭。饱和的活性炭被再生或送有能力的设施处理。

56. **深度氧化。**深度氧化过程是用紫外线、臭氧、过氧化氢，在地下水流入处理池时，摧毁有机污染物。污染物氧化成二氧化碳、水和盐类。如果用臭氧，要对排放的气体进行处理摧毁残余的臭氧。

57. **抽出处理的优点**

- 抽出处理是一种商业上可行的技术，只需用一般的水泵在井中或沟中即可实施，简单易行；
- 费用中等偏下；
- 颗粒状活性炭处理是一项成熟的技术，广泛地运用于市政、工业、危险废物处理系统；
- 颗粒状活性炭对去除许多有机的、爆炸性的及某些无机污染物质相对来说不是特效的，但是有效的技术；
- 事实上任何一种能与激发的羟基起反应的有机污染物都具有通过深度紫外线氧化处理的可能性，例如氯代烃一般是抗氧化的，但却能用深度紫外线/氧化进行处理；
- 与诸如 GAC 及空气脱除相比，污染物在深度紫外线氧化及化学处理过程中被摧毁的更彻底。

58. **抽出处理的局限性**

- 处理到清理标准所需的时间较长；
- 水力传导率低于  $10^{-5}$  厘米/秒抽取地下水 就不可行；
- 具有高吸附能力的化学物质不能从蓄水层中去除；
- 在彻底清理之前，存在污染物异地迁移的可能；
- 安装及运行费用较高；
- 抽水井及相关处理流程中有生物结垢的可能性，会影响系统的效率；
- 失效药筒的处置或再生会产生附加费用；
- 多种污染物会影响 GAC 的效率，需要对处理能力进行测试以评价药筒的效率；
- 悬浮颗粒 ( $>50$  mg/L) 及油脂 ( $>10$  mg/L) 会引起结垢，从而导致频繁变化及费用增加；
- 深度氧化需要处理大量的危险反应剂。

59. **抽出处理的局限性。**抽出是一种商业化的技术，只要用普通的水泵在井或沟中抽取即可，易于操作。抽出的水可以用颗粒活性炭处理，包括失效药筒的异地处置。除了污染物浓度、体积及范围还需要水利资料，包括被污染的蓄水层的尺寸，地下水的深度、周围蓄水层物质的水力传导率、地下水的流向、速率、流入流出范围，地下水季节性波动情况。可采用插片或泵抽取实验来评估蓄水层的特性。



### 6.11 物理屏障, 被动/反应处理墙

60. **技术介绍。**物理屏障(或泥墙)是用来包围隔离被污染的地下水,防止其迁移至周围环境的一种方法。挖一条沟,通常用由膨润土、水组成的泥浆填入沟内,形成屏障。如果需要结构更强的墙或者膨润土与现场的污染物不相容,则可采用其它组份的墙,如:水泥/膨润土墙、火山灰/膨润土墙、绿坡缕石墙、有机改良的膨润土墙或泥浆(FRTR, 2005i)。由于这不是污染物的处理过程,因此可适用污染物的范围比较广。

61. 被动式处理墙其屏障允许水透过而不允许污染物透过。处理屏障在允许水透过的同时使污染物降解或去除。用零价金属试剂、螯合剂(根据金属的特性选择配合体)、吸附剂、微生物等达到污染物的降解或截留的目的。被动式隔离墙适用的污染物是VOCs、SVOCs和无机物(FRTR, 2005i)。对于氯代烃,采用的反应屏障是由铁反应墙组成的,这种反应墙是用铁颗粒或其它铁矿物质制作而成。铁被氧化,利用铁氧化提供的电子产生还原脱氯作用,将氯原子从化合物中去除。铁颗粒被溶解,然而金属的消失速度很慢,修复隔离屏障的效率可保持许多年甚至几十年(FRTR, 2005j)。

62. 也能够用生物活性过滤物质制成渗透性的墙,这是一项创新技术,将砂与能够选择性吸附溶解性有机污染物的碳物质混合形成屏障,通常采用象泥煤等天然有机物质作屏障。如果采用泥煤,当吸附到这种更具生物活性的物质,被过滤截留下来的有机物质可以更快地生物降解。

#### 63. 处理墙的优点

- 泥墙能包围隔离污染物防止其迁移;
- 泥墙所适用的污染物种类较广,相对来说,是一种易于实施的技术;
- 隔离墙还有一个优点就是可就地处置污染物。

#### 64. 处理墙的局限性

- 泥墙只是将污染物包围隔离起来,污染物并没有得到处理;
- 强酸、强碱及某些有机物能够使土-膨润土墙退化;
- 挖掘设备限制了可能挖掘到的深度;
- 处理墙可能会在所有的污染物质得到修复前失去能力,需要重新安装;
- 金属盐的沉淀会影响隔离墙渗透性;
- 生物活性会限制处理墙的效率;
- 处理媒体的成本高。

65. **物理屏障, 被动/反应式处理墙的适用性。**泥墙是一项成熟的技术,然而沟的挖掘回填是关键,因此需要有经验的承包人。此外,污染物没有得到处理,需要设拦截沟收集、处理污水。反应式隔离墙的安装需要专门的反应试剂,在中国无法获取,还需要有场地特性及监测的资料。不推荐用此方法处理该项目所在地的地

下水。

#### 6.12 概要

66. 综上所述，来自于美国的多数资料表明，治理含氯农药污染的土壤的最常用的技术包括焚烧炉、热脱附、挖掘出来后安全填埋。这三种技术在中国都适用，采用其中一种或联合采用均可。生物修复、玻璃化法、高温分解及化学处理也被使用过。这些技术中异地生物修复将是中国最适用的技术。如前所述，还需要一些处理能力研究和附加数据。受污染的土壤被挖出后，地下水中的污染物会发生自然衰减，溧阳光华化工有限公司可采用此方法。

## 第7章 环境影响

1. 关闭溧阳光华有限公司及污染清除项目将大量消除当地生产和使用后仍包含在土壤、设备、包装材料、建筑材料及其他废物中的氯丹、灭蚁灵和有毒化学品。合理处置这些污染物将最大限度地降低污染物带来的环境和健康风险。关闭及污染清除活动将产生积极的环境影响、对周边生活和工作居民的健康影响，最终土壤的修复将产生全球性效益，因为它可以降低氯丹、灭蚁灵进入人类食物链、在人类食物链中累积的风险。

2. 关闭溧阳光华有限公司还产生两方面的社会影响：过去在溧阳光华有限公司工作的职工失去工作；公众对溧阳光华有限公司修复土壤的关心。第一个社会影响通过详细设计补偿计划（见环评的社会评价报告）；第二个社会影响通过在准备环评阶段设计和实施的两轮公众参与及咨询活动反映，也可以通过现场清除过程中公众信息反映。。

### 7.1 现场修复活动的环境影响

#### 积极的影响

3. 关闭溧阳光华有限公司及污染修复将极大地改善污染土壤的环境状况。土壤修复活动将移走 1900 吨的污染土壤，900 吨污染的和 400 吨的一般性建筑材料，10 吨的生产设备，1500 个塑料 HCP 桶和 300 个 CTC 铁桶，200 吨污水处理厂废水和污泥，150 吨双环聚合物废渣及 1 吨石棉保温材料。

4. 有毒化学品和化学废物的合理清除和处置将完全降低这些化学品和化学废物在现场释放造成负面或自然灾害。建筑材料和生产设备中氯丹和灭蚁灵的清除和处置将降低污染物对土壤、水体、大气的环境持久性释放带来的威胁，从而最大限度地降低人类暴露在氯丹和灭蚁灵中的风险。

5. 根据修复活动计划，通过土壤挖掘和处置，土壤中的氯丹和灭蚁灵浓度将远低于 50PPM 以下。这些活动将保证高浓度氯丹和灭蚁灵不再释放到地下水和地表水中，从而最大限度地降低人类暴露在含高浓度氯丹和灭蚁灵土壤和水中的风险。

6. 降低人类的暴露在氯丹和灭蚁灵中的风险让污染地周边生活和工作的居民受益。实施修复计划向当地居民，业主和官员进行环境和健康风险教育。氯丹和灭蚁灵是持久性有机污染物，其合理处置将产生全球性效益，因为它可以降低氯丹、灭蚁灵进入和累积在人类食物链中的风险。

7. 由溧阳光华化工有限公司污染场地修复得到的经验和知识将让中国其他八家氯丹/灭蚁灵生产企业的修复受益。由于中国在污染场地修复方面的经验很有限，这些修复活动将帮助中国政府和企业提高生产和处置化学品，特别是持久性有机污染物的风险管理能力。

8. 溧阳光华化工有限公司和其他八家企业污染场地的修复将有助于中国履行斯德哥尔摩公约的承诺。

## 7.2 潜在的负面影响

9. 污染场地修复活动包括土壤的挖掘、建筑物破坏、生产设备迁移、污染废物装卸及处置污染物进行的运输，潜在的负面影响包括三方面：（1）挖掘机械和卡车的噪声和废气；（2）土壤挖掘和建筑破坏及生产线迁移产生的粉尘；（3）取土坑的环境影响。

10. 与污染场地修复有关的两个潜在的环境影响是：（1）挖掘问题引起污染土壤进入地下水而造成危害；（2）运输或交通问题引起污染物释放进入环境。EIA 现场调查显示地下水大概 2 米。土壤修复需要挖掘到 1.5 米。过量挖掘会影响地下水，使污染土壤进入地下水而导致地下水污染和沉淀。由于污染土壤和废物将运到填埋厂处置，要采取措施防止污染物在运输过程和交通事故中释放进入环境。

11. 噪声。噪声是清理污染过程中主要的污染因子之一，清理过程中使用的各种施工机械，如挖掘机、推土机等都是噪声源。根据有关资料，主要施工机械的噪声状况见表 7-1。

表 7-1 施工机械设备噪声

施工设备名称	距设备 10 m 处平均 A 声级 dB(A)
挖掘机	82
推土机	76
卡 车	85

12. 由表 7-1 中可以看出，现场施工机械设备噪声很高，而且实际施工过程中，往往是多种机械同时工作，各种噪声源辐射的相互叠加，噪声级将更高，辐射范围亦更大。

13. 施工噪声对周围地区声环境的影响，采用《建筑施工场界噪声限值》（GB12523—90）进行评价，其中推土机、挖掘机、装载机等昼间和夜间噪声限值分别为 75 dB(A) 和 55 dB(A)。

14. 清理过程中使用的施工机械所产生的噪声主要属于中低频噪声，因此在预测其影响时可只考虑其扩散衰减，即预测模型可选用：

$$L_2 = L_1 - 20 \lg r_2 / r_1 \quad (r_2 > r_1)$$

式中： $L_1$ 、 $L_2$  分别为距声源  $r_1$ 、 $r_2$  处的等效 A 声级（dB(A)）

$r_1$ 、 $r_2$  为接受点距声源的距离（m）。

15. 通过预测，白天施工机械噪音超标范围为 100m 以内；夜间对清理施工机械而言，噪音超标范围为 300m 以内。本项目保护目标在 150m - 300m 处，清理活动产生的噪声白天对附近居民影响较小，夜间对 150m 处的保护目标有一定的影响，因此要避免夜间作业。

16. 挖掘机和卡车废气。清理过程中，挖掘机和卡车产生废气。由于修复活动是短期的，因此这些废气的影响也是短期的。

17. **取土坑。**土壤挖掘后，需要客土填充。客土的搬运将对其周围造成负面的环境影响。此外，客土的挖掘和运输产生粉尘。
18. **粉尘。**土壤挖掘，建筑物拆卸及生产线搬迁增加污染土壤粉尘风险。石棉中的有机溶剂使石棉颗粒物进入环境中。由于氯丹和灭蚁灵，石棉和其他化学品使用或生产属于有毒化学品，直接吸入任何化学物质都可能立即对参与土壤修复人员的健康造成威胁。

7.3 污染废物处置的环境影响

19. 污染废物处置的环境影响主要包括：（1）填埋厂处置过程中的震动、噪声；（2）填埋厂沥滤液和臭味；（3）酸性废水和污泥处理中的废水和污泥；（4）容器清洗废液。不加处理或处置不当，将对当地大气、水、土壤和声环境产生影响。
20. 修复活动的环境风险详见表 7-2。

表 7-2 本项目清理活动的环境风险

活动	环境影响
容器清洗液	废水
污染废物填埋厂	振动和噪音 渗滤液和臭气
工业污水处理厂的废水和污泥	废水和污泥

7.4 原料和产品储存和销售的环境影响

21. 工厂库存原料主要包括 6 吨六氯环戊二烯、5 吨双环戊二烯、10 吨四氯化碳、3 吨液氯、2 吨片碱和 1 吨乙醇；库存产品包括 16 吨氯丹和 2 吨灭蚁灵，这些原料和产品在工厂土壤修复前将被清算和销售。
22. 销售库存原料将产生负面环境影响。但是，这些化学品在工厂的库存和运输及到达买方对涉及其转移的工人及环境产生风险。化学品不合理的包装、装卸会使化学品跑、冒、滴、漏和泄漏。由于这些化学品多有毒，结果将污染环境，运输中使用过的工具或卡车，操作员。要采取措施确保这些化学品合理处置。

## 第8章 环境管理计划

1. 环境管理计划包括对场地前期生产氯丹和灭蚁灵产生的潜在环境影响，以及对生产设备拆卸，和废弃物运输处置的清理过程中产生的潜在环境影响的减缓措施。所有清理活动都应遵守以下要求：

- 承包商应是具有危险废物经营许可证的公司，承担与氯丹、灭蚁灵和其它危险化学品及其废物相关的场地清理工作，并严格遵守国家及地方有关危险废物管理和处置的法律法规及技术规范。
- 溧阳场地清理应委托有资质（上岗资格）的技术和管理人员，接受白蚁防治示范项目组织的培训课程，并为进入场地的人员采取职业安全措施。

2. 在场地修复开始之前，工作大纲中将提供详细的承包商资质要求。

### 8.1 减缓过去生产过程造成的影响

3. **原料处置过程的减缓措施。**在场地清理活动开始前，要对库存原料和产品进行清算。这些化学品将严格按照《危险化学品安全管理规定》（国务院 1987 年颁布，2003 年 3 月修订）储存和处置，避免任何溢出和渗漏，确保这些化学品安全地从溧阳运至买方。

4. 由于中国将实行产品配额制度控制氯丹和灭蚁灵的生产，2006 年氯丹和灭蚁灵的生产配额（白蚁防治示范项目实施的第一年）将相应减少。

### 污染土壤的清理

5. 通过竞招标方式，委托具有资质的危险废物管理公司完成溧阳场地的修复活动。

6. **污染土壤的数量。**根据被溧阳光华化工有限公司的化学品污染废弃物的清理标准，EIA 确定只有监测井 GH1 在深度为 0.1 米的土壤受到浓度 73.6ppm(超过 50ppm 标准)氯丹的污染。其它土壤中氯丹浓度较高的分别为监测井 GH1 的 1 米深度(约 36.5ppm)，监测井 GH2 深度 0.6 米(约 21.4ppm)及监测井 GH3 深度 0.6 米(约 26.3ppm)。实际上，这三个监测井的位置就在氯丹和灭蚁灵的生产、库存地外围，生产设备还保留着。特别是，监测井 GH1 和 GH3 就在氯丹/灭蚁灵的生产车间（建筑物 5），氯丹配方车间（建筑物 7）及仓库（建筑物 8）过道之间，见图 4-4 和 4-8。监测井 GH2 在氯丹配方车间和仓库及设备维修室、氯丹成品仓库之间（仓库及设备维修室见图 4-4 和 4-8）。土壤中高浓度的氯丹与工厂的生产、配方、包装和仓储活动一致。

7. 由于监测数据不能提出有效的浓度梯度图，以反映监测井之间实际浓度的变化，EIA 采用保守的方法，这些井周围所有土壤都要修复。为了使监测井 GH1 周围土壤相对高浓度的氯丹迁移到土壤和地下水的风险最小化，EIA 建议以监测井 GH1 为中心，半径 14 米范围内（三个井中任两井之间的最大距离）应为需要修复的污染土壤，等于是 616 平方米的园面积。考虑到前面挖掘监测井显示的 GH1、GH2 和 GH3 地下水距离表层土壤深度约为 1.5 米，建议修复 1.5 米深土壤以避免影响地下水。因此，EIA 建议圆柱状土壤修复总量为 924 立方米（616×1.5 米）。

### 土壤修复技术

8. 土壤修复技术选择。根据前章讨论情况，本 EIA 确定下列技术适合中国处理被卤代半挥发有机农药污染的土壤：焚烧、热解、挖掘和填埋场异地处置。考虑以下因素，EIA 建议将第三个方案，即挖掘和在规范的危险废物填埋场异地处置，选为工厂污染土壤修复方案。

- (1) 土壤中污染物浓度。如报告所讨论，工厂修复含氯丹稍高于标准，而其它污染物浓度低于标准的土壤。国际上一般将低浓度土壤运至危险废物填埋场处置。第六章提到的另一中合适的选择是热脱附，能够处置被氯丹和灭蚁灵的污染土壤（虽然由于下面将要讨论的费用和风险原因不推荐该技术）。
- (2) 技术有效性。2001 年以来中国已开发了危险废物焚烧设备，但只有少数设备符合最佳实用技术（BAT）。符合 BAT 的危险废物焚烧炉是指采用了国际最佳实用焚烧技术的，既按高温设计，又配备了防止二恶英、呋喃形成及其转移的装备。与焚烧炉相比，危险废物填埋技术简单，二十年来在中国使用广泛。GEF 资助的中国 PCB 管理处置示范项目将拥有一台热脱附装置，该热脱附技术也适用于溧阳污染土壤的处理。
- (3) 处理成本。预计在中国一台 BAT 危险废物焚烧炉的单位焚烧成本约为每吨废物 2500 美元，热脱附技术成本约为 2000 美元<sup>23</sup>，与焚烧和热脱附的高成本相比较，危险废物填埋的单位成本约为 300 美元。
- (4) 与技术相关的潜在风险。中国还没有系统地监测危险废物焚烧炉中二恶英和呋喃的排放，没有采取必要措施使这些设备排放二恶英和呋喃的风险最小化。在热脱附处理过程中，除了排放的气体 and 废水需要处理，由热脱附过程浓缩的污染物也需要第二种处置技术处理，通常是焚烧。由于溧阳场地土壤主要是黏土和亚黏土，这种土壤的脱附会降低除去效率和产生过量粉尘的问题，会造成空气污染控制设备粉尘负荷过量。相比而言，规范且运行良好的危险废物填埋厂对于低浓度污染物是较安全的处置技术，产生二次污染的风险较低。

9. 下表概述了上面讨论的适用于溧阳场地的技术。

表 8-1 适用于溧阳污染场地的三种处置技术应用性比较

	焚烧	热脱附	危险废物填埋
污染物浓度	高	低	低
技术有效性	尚未采用 BAT	PCB 项目 2007 年可用	是
处理成本	高	中	低
二次污染风险	高	高	低

10. 委托有资质的危险废物管理公司承担土壤修复任务，依据国家《危险废物填埋场污染控制标准》（GB18598-2001）进行填埋工作。而且作为填埋选择过程的一部分，应检查填埋的操作和设计，以确保氯丹和灭蚁灵危险废物的安全填埋处置。尤其要注意填埋的安全操作，如在填埋附近建立监测井，定期检测地下水；废弃物不能混合，避免化学反应；跟踪废弃物的填埋位置，并对处置废弃物种类进行记录（来源、处置时间等）。还要检查相关问题的设计，如衬垫系统在 10E-07cm/s 以下的渗透性，足够的渗漏收集和处理系统，以及可能的气体收集和通风系统。

11. **土壤修复费用成本。**土壤修复成本包括四部分：工人防护服和呼吸设备成本、挖掘污染土壤成本、把挖掘的土壤从溧阳工厂装运至有许可证的危险废物填埋厂的成本，填埋厂处置挖掘土壤的成本。

(1) 防护服和呼吸设备成本

假定 10 个工人参加，费用约 1500 美元。

(2) 土壤挖掘成本

土壤挖掘单位成本是每立方米 6 美元，每立方土重 2 吨，挖掘量 924 立方米，费用约为 11088 美元。

(3) 包装运输成本

单位包装运输成本约 30 美元/吨，924 立方米运输量（或 1848 吨）约 55440 美元。

(4) 填埋成本

危险废物填埋单位成本是 300 美元/吨，924 立方米运输量（或 1848 吨）约 554400 美元。

12. **含石棉绝缘材料的处置。**溧阳光化化工有限公司氯丹生产线传输热蒸汽（或冷却水）的管道使用了含石棉的绝缘材料。由于石棉已公认为对健康危险，且在中国受到严格控制，受委托具有废物管理资质的公司应从生产线上仔细转移所有管道及其含石棉的绝缘材料。这要在其它所有修复行动之前进行。

13. 拆掉的管道和石棉用胶带密封在厚塑料袋中。密封袋应清楚地标有警告标志和袋中物品名称，如石棉废物（中文）。将有清晰标志并密封好的袋子封入透明塑料袋中。所有受污染的工人防护服要当作石棉废物，采用同样方法处置。

14. 众所周知，最佳的石棉处置技术是危险废物填埋，本环评项目建议所有的石棉绝缘材料应在有许可证的危险废物填埋场处置。估计石棉废物总量，包括管道绝缘材料约 1 吨。预计石棉污染绝缘材料的处置总费用为 8500 美元。

(1) 防护服和呼吸设备的费用

假定 10 个工人参与工作，费用约 1500 美元。

(2) 转移，装运费用

预计费用为 2000 美元。

(3) 填埋费用

预计费用为 5000 美元。

15. **污染建筑材料的处置。**本环评项目识别了两种类型的建筑材料：受污染建筑材料和一般建筑材料。受污染建筑材料指氯丹/灭蚁灵和硫丹生产车间、氯丹配方车间及设备维修间的地板、墙和天花板，原料和产品仓库。所有其它建筑材料都当作一般建筑材料。注意在挖掘污染土壤期间，有些与生产相关的建筑地板要移走。

16. 对于污染建筑材料，由于污染物数量大，浓度低，合理的修复技术是危险废物填埋。对一般建筑材料，本环评项目建议在市政填埋场处置。考虑的场地清洗方案，所有废物可送至市政填埋场。但是，由于场地清洗的负面环境影响，放弃该方案。



17. 预计与生产相关的 2000 平方米建筑面积将产生 900 吨污染建筑材料，其它的 900 平方米建筑面积将产生 400 吨一般建筑材料。本报告前面说明了含石棉的绝缘材料将在拆除现有建筑物前搬走。预计建筑物拆卸费用约 356,500 美元。

(1) 防护服和呼吸设备的费用

假定 10 个工人参与工作，费用约 1500 美元。

(2) 建筑物拆卸费用

预计建筑物拆卸费用约 30,000 美元。

(3) 装运费用

对于污染建筑材料，预计单位装运费用为 30 美元/吨，900 吨的运输费用将是 27000 美元。对一般建筑材料，预计单位装运费用为 20 美元/吨，400 吨的运输费用将是 8000 美元。

(4) 填埋费用

预计危险废物填埋的单位成本约 300 美元/立方米，900 吨的填埋费用将是 27000 美元。预计一般废物填埋的单位成本约 50 美元/吨，400 吨的填埋费用将是 20000 美元。

预计土壤修复总费用为 8500 美元。

18. **污染生产设备的处置。**所有生产设备都将作为污染物合理拆卸和处置。考虑三个技术方案：填埋、溶剂清洗和焚烧。有记载溶剂清洗阶段会增加氯丹和灭蚁灵的挥发，没有提到该方案需要对用过的溶剂进行处置。由于中国以前没有与 POP 相关废物的溶剂清洗经验，本环评项目建议不考虑溶剂清洗方案。对于焚烧方案，有记载金属会和废物中的氯丹、硫化物反应，形成比有机种类更挥发和有毒的化合物。而且如前述，焚烧成本高于填埋。因此，危险废物填埋是处置溧阳工厂现存生产设备的最佳方案。

19. 要特别注意对溧阳厂污水处理厂的处置，只有厂里所有污水和污泥移走后才能进行污水处理厂处置。参见如何处置废水和污泥部分的内容。

20. 预计溧阳工厂里还留有 10 吨设备，总费用约 14500 美元。

(1) 防护服和呼吸设备的费用

假定 10 个工人参与工作，费用约 1500 美元。

(2) 设备迁移装运费用

预计 10 吨设备的迁移装运费用约 10000 美元。

(3) 填埋费用

预计危险废物填埋的单位成本约 300 美元/吨，10 吨填埋费用为 3000 美元。

21. **污染包装材料的处置。**本报告前面提到，约有 1500 只塑料桶和 300 只铁桶。根据产业经验，处置这些容器的成本效益最高的方法是冲洗，例如淋洗和压力冲洗。本环评项目建议委托有许可证的废物管理公司用水加压冲洗所有容器。应合理收集冲洗水并在有许可证的工业污水处理厂处理。根据这些容器的状况，洗过的塑料桶和铁桶可以再次使用（或回用），或在市政填埋场粉碎和处置。由于焚烧成本高且有负面的环境影响，建议不采用。

22. 预计废物管理公司运输和清洗所有容器的成本为 3 美元/容器，因此总费用为 5400 美元。填埋不能再用的塑料桶或铁桶费用将达到最低，本环评项目没有计算。

23. **污水处理厂废水和污泥处置。**储存在污水处理厂的 200 吨废水和污泥呈酸性并含有六氯环戊二烯。本环评项目建议委托有许可证工业污水处理厂，采用合适技术（如炭吸附或其它处理方式）处理此类废水和污泥，包括氯丹和灭蚁灵残留物。预计将这些废水和污泥转移至有许可证的工业污水处理厂处置，的单位成本是 100 美元/吨。因此，200 吨的费用是 20000 美元。

24. **双环聚合物废渣的处置。**与其它固体污染物相似，最佳方案是在有许可证的危险废物填埋厂处置 150 吨双环聚合物废渣。预计处置费用总费用约 51000 美元。

**（1）防护服和呼吸设备的费用**

假定 10 个工人参与工作，费用约 1500 美元。

**（2）设备转移装运费用**

预计装运单位成本为 300 美元/吨，150 吨总费用约 4500 美元。

**（3）填埋费用**

预计危险废物填埋的单位成本位 300 美元/吨，150 吨废物填埋总费用为 45000 美元。

25. **概要。**对溧阳工厂过去生产氯丹和灭蚁灵产生的环境影响，本环评项目提出的减缓措施概述在表 8-2 中。附件 4 列出了江苏省登记的危险废物管理公司。将通过国内竞标程序，选择有资质的填埋场、污水处理厂和危险废物管理公司参与溧阳场地的清理。

**表 8-2 减缓措施和费用预算概述**

废物	数量(吨)	减缓措施	费用(美元)
污染土壤	1,848	有资质的危险废物填埋场处置	~622,500
石棉污染的绝缘材绝	1	有资质的危险废物填埋场处置	8,500
建材			356,500
污染的	900	有资质的危险废物填埋场处置	
一般的	400	有资质的市政废物填埋场处置	
污染的生产设备	10	有资质的危险废物填埋场处置	14,500
污染的包装材料			5,400
塑料桶	1500 个	冲洗并根据情况再利用（包括循环）、或破碎和填埋	
铁桶	300 个		
废水和污泥	200	有资质的污水处理厂处理	20,000
双环聚合物废渣	150	有资质的危险废物填埋场处置	51,000
合计		--	~1,080,000

## 8.2 与关厂相关的社会影响的减缓措施

26. 第7章提到，关闭溧阳光华化工有限公司将产生两个社会影响：溧阳光华化工有限公司工人重新安置，公众对工厂场地修复可能的关注。工人安置的社会影响将在环评的社会影响评价报告中的补偿计划和再培训中详述。

27. 为了缓和公众对来自场地修复操作活动（工人保护措施和拆除建筑物的呼吸器）可能的关注，将在清理活动之前和实施阶段开展公众信息宣传活动。该活动的目标是向附近居民解释将在场地开展哪些活动和为何开展活动。

## 8.3 与修复活动相关的减缓措施

28. 所有减缓措施应严格遵守危险废物和危险货物的国家规定，包括 GB6499-86《危险货物分类与编号标准》，GB190-85《危险货物包装标志标准》GB191-85《包装储运图示标志标准》，GB6833-86《运输收据/发货标志标准》，“车辆运输危险货物规定，JT3130-88”，“《道路运输危险货物车辆标志标准》GB13392”，“道路运输危险货物管理规定”，“危险货物交易许可证管理方法”等等。

29. 整个清理过程应该实施场地清理监督。

30. 清理工作阶段，包括拆除生产设备和建筑，以及挖掘和转移场地的污染土壤，必须采取有效措施防止对地表水、大气、土壤、地下水和场地周围的二次污染。需要采取措施，如建防风防雨棚，防泄漏地面和集水沟，防止泄露、粉尘扩散、下雨、雨水流出修复场地的危险。

31. 装废物的容器盈满组装危险废物容器的标准，防止废物从容其中泄漏和扩散。每个来自场地的容器必须贴有标签，在标签上详细标明场地名称，容器中所装废物（如废物特性，以及发生泄漏、扩散污染事故时的应急措施和补救方法，重量）等信息。

32. 废物从场地转移运输到处置中心或填埋厂的过程应当进行密切监督管理。装运时必须按规定填写转移报告单，报送常州环境保护行政主管部门和危险废物接受地的环境保护行政主管部门批准。运输车辆的驾驶员、装卸人员和监督人员必须接受相关危险废物特性、运载物性质、和发生意外泄漏和扩散时的应急补救措施的培训。必须配备必要的应急处理器材和防护用品（包括衣物）。运输危险废物应遵从《危险废物转移联单管理办法》及其它有关规定的要求。

33. 按照环境保护部门的规定，在溧阳光华厂场地，危险废物处置和处理场地必须设置警示标志。

34. 用于废物收集、贮存、运输、处置的设备和容器、包装物及其它物品转作其他用途时，必须经过处理和消除污染。

35. 下表概述了识别出的与关闭溧阳光华化工有限公司相关的影响在溧阳光华厂地进行的修复活动。图 8-1 显示了场地清理计划。

表 8-3 清理活动，环境危害和减缓措施

活动		环境影响	减缓措施
储存的原料和产品清单		1、储存过程容器的溢出和渗漏； 2、从场地到买方运输过程可能的事故	严格遵守危险化学品处置的国家规定。
关闭溧阳光华化工有限公司		1. 安置溧阳光华化工有限公司职工 2. 公众对修复溧阳光华化工有限公司场地可能的关注等	安置职工的的社会影响在 EIA 社会评价报告中补偿和再培训计划中讨论； 事先和清理时的公众宣传活动。
修复活动	污染土壤：挖掘和填埋；  石棉绝缘材料：转移和填埋；  生产设备：拆卸和填埋；  污染建材：拆卸和填埋；  双环聚合物废渣：填埋；	1. 污染扬尘； 2. 送至填埋厂过程可能的事故； 3. 填埋厂渗漏 4. 噪声，大气污染和废水	与有资质的危险废物管理公司签订合同完成任务； 要求工人使用防护服和呼吸用品； 严格遵守《危险废物安全管理办法》和《危险废物转移联单管理办法》，采用专用的密封容器装运危险废物； 在有资质的危险废物填埋厂填埋，严格遵守《危险废物填埋污染控制标准》（GB 18598-2001）的规定 采用低噪声设备，在白天施工避免对当地居民的干扰； 污水收集运至污水处理厂。
	包装材料：用水的压力冲洗，再利用获处置	1. 洗涤液；	与有资质的危险废物管理公司签订合同完成任务； 洗涤水送至有资质的工业污水处理厂处置。
	一般建筑材料：拆卸和填埋	1. 噪声 2. 填埋厂渗漏	与有资质的危险废物管理公司签订合同完成任务； 在有资质的填埋厂处置并严格遵守《危险废物填埋污染控制标准》（GB 18598-2001）的规定 采用低噪声设备，在白天施工避免对当地居民的干扰；
	污染废水和污泥：在有资质的工业污水处理厂处置处理	1. 污泥和大气污染 2. 运输事故	与有资质的污水处理厂签订合同完成任务，并保证达标排放 严格遵守《危险废物安全管理办法》和《危险废物转移联单管理办法》



图 8-1 溧阳光华化工有限公司场地清理计划

#### 8.4 监测计划

36. **监测活动的实施单位。**项目实施单位将根据招投标结果，委托具有监测资质的单位监测减缓活动。对合同商具体的资质要求将在清理活动的招标文件中提供。

#### 37. 环境监测计划

38. **环境监测因子。**根据斯德哥尔摩公约的要求，本次评价和控制的目标污染物为氯丹和灭蚁灵。为监测减缓措施效果，并对可能出现的问题提出解决措施，选择氯丹和灭蚁灵作为环境监测因子，进行定期监测。

39. **监测方法。**采用与 EIA 相同的环境监测方法，即采用 EPA525 规定的 Organic Compounds-LSE/cap col GC/MS 方法分析氯丹和灭蚁灵。

#### 40. 监测布点

- (1) 土壤：在挖掘地的底部 10 厘米以下取 30 个土样，在场地周围再取 5 个采样点进行监测；这 5 个采样点包括：配电房北边 1 个采样点（在配电房和 MW7 之间），MW5 和 MW7 之间 1 个采样点，S1 西边 20 米 1 个采样点，第三个采样点南边 40 米 1 个采样点，和 GH12 东边 40 米的 1 个采样点。在选择的采样点，在 2 米以下的深度采集样品，以确定更深层的土壤中的浓度可被接受（尤其注意的是对于灭蚁灵，所测的相对较高的浓度是在 GH2 的 2 米深处）。
- (2) 敏感人群：随机选取 2 名施工人员和 2 名附近村庄内居民作为受测样本监测对象。
- (3) 生物样品：对厂区北厂界外鱼塘内的 2 个鱼样品进行监测，直至鱼塘填埋；
- (4) 鱼塘水：对厂区北厂界外鱼塘内的水进行监测，直至鱼塘填埋，监测点位与 EIA 相同；
- (5) 地表水：监测点位同 EIA（详见地表水环境现状监测布点图 3-1）；
- (6) 地下水：监测点位同 EIA（详见地表水环境现状监测布点图 3-1）。此外，在配电房与 MW7 以及 MW5 与 MW7 之间增设两个采样点。

#### 41. 监测频率

- (1) 土壤：修复开始后，取土样确认污染土壤已经被移走，污染含量低于清理时含量。
- (2) 敏感人群：修复施工前后，选择 2 个场地施工人员以及 2 个居民监测氯丹和灭蚁灵的影响；
- (3) 生物样品：每三个月监测 1 次螃蟹，直至鱼塘停用后为止；
- (4) 鱼塘水：每三个月监测 1 次鱼塘内的水，直至鱼塘停用后为止；
- (5) 地表水：修复开始后，每三个月监测 1 次地表水，直至鱼塘停用后为止；
- (6) 地下水：修复开始后，两年内每三个月监测 1 次地下水。

42. 项目实施期间，需要提交年度监测报告。对监测结果要仔细审查和评估。监测结果异常将需要进一步监测，必要时，基于对监测数据的评估，将提出增加机构的控制行动计划。

## 8.5 机构安排

43. **国家层面的管理机构。**国家层面管理机构是 NIP 国家履约领导小组和环保总局（SEPA）履约办公室（CIO），负责示范项目的日常领导和管理工作。
44. **地方层面的管理机构。**地方层面管理机构是江苏省示范项目指导小组和江苏省示范项目实施单位（PIU），负责示范项目地方的领导和管理工作。
45. **监督机构。**监督机构为江苏省环境保护、消防、公安等相关主管部门负责示范项目的监督工作。专家组负责技术监理工作。
46. **执行机构。**按照世界银行采购指南，以招标方式项目确定实施单位。
47. **专家组。**成立专家组，负责准备招标文件、评审投标文件和修复计划、人员培训、监督监测计划和修复计划的实施等。



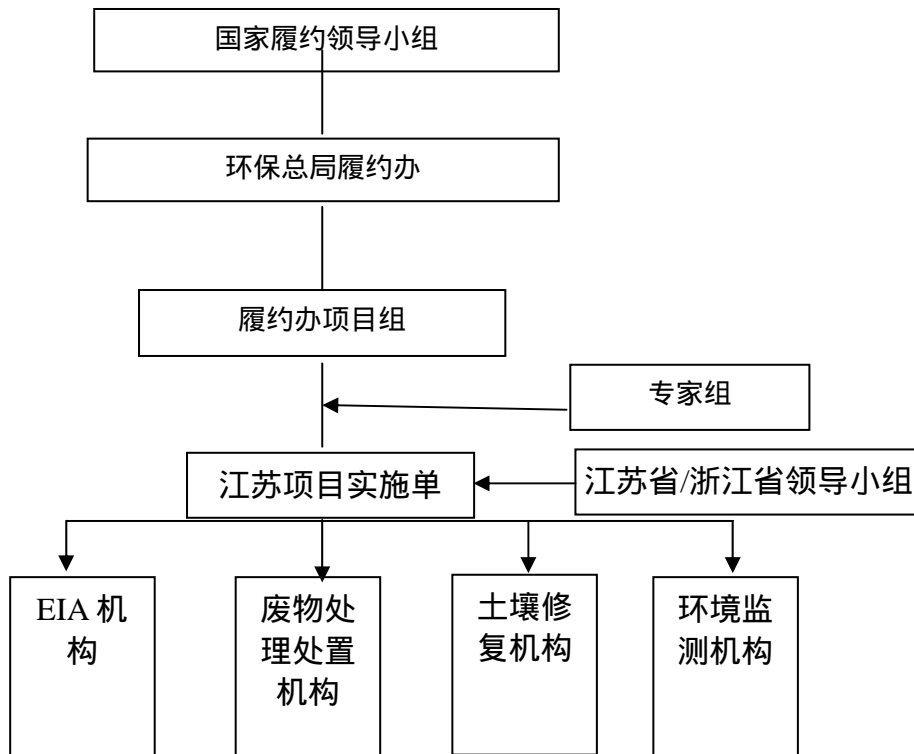


图 8-2 实施减缓措施的机构图

## 8.6 实施安排

48. PIU 将准备详细的漂阳光华化工有限公司场地清理计划。计划应包括场地清理，以及危险废物处置和最终处置的细节。该实施计划将提交世行审查。世行同意后，PIU 将在 CIO 和专家的指导下，开展实施计划。PIU 还要委托独立的监理工程师，监督场地清理活动。独立监理工程师的职责将在世行批准的任务工作大纲中明确。

## 8.7 场地用途的专门控制

49. 漂阳工厂清理活动结束后，对场地用途将进行专门控制：

- (1) 作为工业区，未来场地使用将严格执行漂阳市土地使用计划和区域管理，确保场地继续只用于工业用途。
- (2) 保留围墙、大门和警卫室，必要时进行修缮。在厂周入口处张贴禁入的警告标志。
- (3) 万亩桥河支流接纳污水处理厂出水，应张贴标志河水不得游泳，钓鱼，灌溉或其它相似用途。
- (4) 场地水井应安装“不得提水”的标志。
- (5) 所有标志都要参照地方规定和处罚，有环保局和公安局的违规举报电话号码。

## 8.8 能力建设与培训计划

50. **能力建设。**由于本示范项目属首次开展的探索工作，目前尚缺乏场地清理管理的经验和能力，因此有必要开展课堂和现场培训，以及国外考察加强能力建设。

51. 培训计划。组织课堂和现场培训，邀请国际和国内专家授课。培训对象应包括但不限于项目管理人员、咨询人员、施工管理及技术人员、监测人员、监理人员、环保行政机构人员。将组织 4 次培训：（1）法律法规；（2）技术规范和标准；（3）安全知识；（4）职业卫生防护和应急救援。每次培训将有 15 人参加，4 次培训将有 60 人参加。

52. 组织赴国外考察短期培训，考察团人数为 8 人。

## **8.9 实施进度安排**

53. 减缓措施实施周期为 3 年，自关厂工作开始至环境监测计划实施完毕为止，包括项目实施后的后续环境管理及环境监测，具体时间安排详见表 8-4。

## **8.10 费用分析**

54. 减缓措施的概算内容见表 8-5。

### 表 8-4 减缓措施时间安排

[illegible]



表 8-5 减缓措施经费概算

项目	说明	单价	费用 (美元)
废物处置和场地清理	所有活动如上表概要		1080000
专家组	负责准备招标文件、评审投标文件、评审修复计划、负责人员培训、监督监测计划的实施、监督修复计划的实施等。聘请三位专家, 100 天。	125 美元/天/人	37,500
场地维护费	清理过程中及善后工作的安全、维护工作等, 周期约为 3 年。委托三人。	6,000 美元/年/人	18,000
环境监测费	根据监测计划, 对土壤、地表水、地下水、鱼、鱼塘或人员的监测共 10 次。	5,000 美元/次	50,000
培训费和赴国外考察费	培训 4 次, 参加人员约 60 人次, 每次三天。 组织赴国外考察团 1 次, 人数为 8 人。邀请外国专家 3 人来华培训。	培训 60 美元/人/天; 考察 6,000 美元/人次; 外专 12,500 美元/人次。	89,100
场地清理监理工程师	负责对有关拆除、清理、废物处理处置及贮存场地维护等的监督和详细档案的记录填写, 周期 3 年, 委托一人。	人员: 6,000 美元/年/人; 设备: 5,000 美元	23,000
后评估	编写项目中期报告以及项目环境影响后评估报告	25,000 美元/报告	50,000
不可预见费	环境管理不可预见支出, 周期约 3 年	上述费用的 5%	67,380
合计(美元)	1,414,980		

### 8.11 报告

55. 对场地清理、废物处置和清理后监测进度的报告是示范项目定期报告的组成部分（见对项目活动 6 中有关监测和评价的评估文件的详细说明）。江苏省 PIU 是项目报告的主要负责单位。场地清理报告将包括以下部分：

- （1）危险废物处置公司从事清理工作的 TOR 准备报告；
- （2）危险废物处置公司（承包人）的资格预审和选择报告；
- （3）承包商接受的清理前简介、培训和其它能力建设准备的报告；
- （4）为进行清理监督，项目人员（PIU 和其它清理监督人员）的清理前培训和能力建设报告；
- （5）正在进行的清理活动报告，从清理活动开始到结束的每周短期报告将交给 PIU；
- （6）承包商保管的日志和项目人员保管的单独监理日志将由 PIU 存档；
- （7）废物集中处置单位的收据记录等，如接受场地废物的安全填埋厂或工业废水处理厂；
- （8）清理结束和解约时的清理竣工报告及环保局出具的完成处置证明；
- （9）由独立实验室对清理后的样品进行分析说明的清理后监测报告。

## 第9章 公众参与

### 9.1 公众参与的法律依据

#### 1. 公众参与的主要依据如下：

- a. **《中华人民共和国环境影响评价法》**。《中华人民共和国环境影响评价法》（2003年9月1日）第二十一条规定：除国家规定需要保密的情形外，对环境可能造成重大影响、应当编制环境影响报告书的建设项目，建设单位应当在报批建设项目环境影响报告书前，举行论证会、听证会，或者采取其他形式，征求有关单位、专家和公众的意见。建设单位报批的环境影响报告书应当附具对有关单位、专家和公众的意见采纳或者不采纳的说明。
- b. **《建设项目环境保护管理条例》**。《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第253号，1998年11月29日）第十五条规定：建设单位编制环境影响报告书，应当依照有关法律规定，征求建设项目所在地有关单位和居民的意见。

### 9.2 本项目的公众参与和信息公开

2. **公众参与的目的。** 公众参与是项目方或环评工作组同公众之间的一种双向交流，它对项目方案的决策与顺利实施是非常必要的。通过公众参与可将项目的具体情况随时完整地通报给公众，使得：

- a. 项目影响区的公众，尤其是该项目周围地区民众，能及时了解关于项目基本情况及环境问题的信息，包括项目概况、项目潜在重大环境影响及其解决途径、替代方案、减缓措施等；
- b. 公众有机会通过正常渠道表达自己的意见，了解公众关注的保护目标或公众最关心的问题；
- c. 让公众帮助辨析项目可能引起的重大的尤其是许多潜在的环境问题，以便采取相应措施，使敏感的保护目标得到有效的保护；
- d. 积极征求公众对该项目的意见和建议，集思广益，为维护公众的切身利益，找到依据；
- e. 增强项目环评的社会可接受性，确保环保措施的可行性、合理性，使该项目设计施工和运行管理更加完善、合理；
- f. 使公众对项目建设的环保措施的实施起到监督的作用，把公众对项目的多方意见和建议作为环境监督管理的补充依据；
- g. 使项目能被公众充分认可，并在实施过程中不对公众利益构成危害或威胁，以取得经济效益、社会效益和环境效益的统一。

#### 3. 公众参与分成如下两个阶段进行：

- a. **第一阶段——**第一阶段的主要任务是在环境影响报告书草稿完成前，利用因特网向可能受项目影响的公众提供一些信息，包括项目基本情况、可能的环境影响和项目环境影响评价工作的安排。这些信息在江苏省环境保护厅的网站公开，同时通过实地走访或发

放问卷了解公众对项目的态度和以及他们对项目及环境保护的要求与建议等，尽可能多的收集到对项目有用的合理建议。

- b. 第二阶段——镇或村级大会。在完成了环境影响报告书草稿后，召开镇或村级大会，公布项目环境影响评价的结论以及为了减少主要的污染问题而采取的环境保护对策和措施，征求公众的意见。
4. 公众参与的对象。本项目调查人群包括溧阳光华化工有限公司管理人员及工人，项目所在地附近的居民、周围鱼塘的所有者、政府部门等相关人员。
  5. 信息发布。信息发布作为公众参与的一部分，也分为两个阶段：
    - a. 第一阶段——环境影响评价报告草稿形成前。该阶段的信息发布是将该本项目的基本信息在江苏省环境保护厅网站上发布，主要内容是工程简述，告诉公众该项目的环评正在进行，征求公众的意见，欢迎就该项目发表意见，提出其所关心的问题，并公布了环评小组的人员和电话。
    - b. 第二阶段——环境影响评价报告草稿形成后。该阶段的信息发布是将环境影响报告书草稿在江苏省环境保护厅网站上发布，广泛征求各方面的意见。

### 9.3 第一轮公众参与的分析

6. 调查方式。第一阶段公众参与于2005年4-5月采取问卷调查及实地走访结合的方式进行。采取随机抽样的方法，在项目所在地，从不同的职业，不同的文化程度、不同的年龄、不同的区域的公众中调查，向他们介绍项目的主要内容，包括国际公约、示范项目的情况、该项目的概况及可能发生的环境影响。同时填写“中国氯丹灭蚁灵替代示范项目之溧阳光华化学有限公司生产线关闭及清理项目公众参与调查表”，具体调查情况见表9-1。



表 9-1 第一阶段公众参与调查方式一览表

阶段	时间	地 点	人数	调查方式	信息发布
第一阶段	2005.4	昆仑开发区、牛车垛南方村、杨庄、枢港村	32 人	实地 问卷调查	公布在江苏省环境保护局网站 (http://www.jshb.gov.cn)
	2005.5	牛车垛、南方村、杨庄枢港村、	31 人	实地走访 问卷调查	

7. 调查对象分析。周围相关公众约 240 人中,有 63 人接受了公众调查。被调查人员的结构有工人、农民、技术人员、管理人员(公务员、教师等)等。公众调查分两次进行,环评组人员进行了实地走访,将项目的有关信息告知公众,同时让他们填写调查表,第一次实地调查发出 32 份,收回 32 份,第二次走访调查发出问卷 31 份,收回 31 份,两次反馈率均为 100%。被调查的对象为项目所在地的部分人群被调查对象具体情况如表 9-2 和 9-3。

表 9-2 第一次被调查对象情况表

情 况		调查对象			
性别	男	(17 人) 53%			
	女	(15 人) 47%			
年龄	20~40	40~60	60 以上		
	(13 人) 41%	(17 人) 53%	(2 人) 6%		
文化程度	小学及以下	初中	中专、高中	大专	
	(7 人) 22%	(17 人) 53%	(6 人) 19%	(2 人) 6%	
职业	技术人员	管理人员	工人	农民	
	(3 人) 9%	(5 人) 16%	(5 人) 16%	(19 人) 59%	

表 9-3 第二次被调查对象情况表

情 况		被调查对象			
性别	男	( 20 人 ) 65%			
	女	( 11 人 ) 35%			
年龄	20 ~ 40	40 ~ 60	60 以上		
	( 9 人 ) 29%	( 16 人 ) 52%	( 6 人 ) 19%		
文化程度	小学	初中	中专、高中	大专	
	( 7 人 ) 22%	( 18 人 ) 58%	( 3 人 ) 10%	( 3 人 ) 10%	
职业	技术人员	管理人员	工人	农民	
	( 2 人 ) 6%	( 3 人 ) 10%	( 6 人 ) 19%	( 20 人 ) 65%	
备注		包括光华化工有限公司管理者及员工及两名鱼塘承包者			

8. 调查结果及分析。两次调查统计结果如表 9-4 及表 9-5。

表 9-4 第一次调查结果统计表

调查问卷内容	结果分析			
您对那里环境质量的是否满意	很满意	较满意	不满意	很不满意
	0	24	7	1
	0	75%	22%	3%
您是否了解或听说过该项目	不了解	知道一些	了解	
	4	20	8	
	12.5%	62.5%	25%	
您是从何种渠道了解该项目的信息	报纸	电视、广播	标牌宣传	民间信息
	1	5	11	15
	3%	16%	34%	47%
您认为项目的实施对环境有无改善	有	没有	-	-
	19	13	-	-
	59%	41%	-	-
您认为项目所在地的环境是否受到污染	受到污染	未受到污染	不清楚	-
	11	8	13	-
	34%	25%	41%	-
您认为项目的实施对您的生活或工作有影响吗	没有	影响不大	影响较大	-
	4	24	4	-
	12.5%	75%	12.5%	-
您认为该项目实施影响您正常生活或工作的因素是什么	工厂关闭	现场清理	其他	未回答
	5	21	0	6
	16%	66%	0	18%
您对该项目持何种态度	坚决支持	有条件赞成	无所谓	反对
	18	4	10	0
	56.25%	12.5%	31.25%	0

表 9-5 第二次调查结果统计表

调查内容	结果分析				
	很满意	较满意	不满意	很不满意	
您对环境质量是否满意	0	11	8	12	
	0	35%	26%	39%	
您是否了解或听说过该项目	不了解	知道一些	了解		
	13	13	5		
	42%	42%	16%		
您认为项目所在地的环境是否受到污染	受到污染	未受到污染	不清楚		
	29%	1	1		
	94%	3%	3%		
您认为项目所在地的环境可能受到污染的因素是什么	水	空气	土壤	农作物	
	21	21	19	23	
	68%	68%	61%	74%	
您认为项目的实施对环境有无改善	有	没有	短期内无改善		
	30	0	1		
	94%	0	6%		
您认为项目的实施对您的生活或工作有影响吗	没有	影响不大	影响较大		
	22	3	6		
	71%	10%	19%		
您认为该项目实施影响您正常生活或工作的因素是什么	工厂关闭	现场清理	施工	农田耕种	其它（认为无影响）
	5	0	0	0	26
	16%	0	0	0	84%
您对该项目持何种态度	坚决支持	有条件赞成	无所谓	反对	
	27	2	2	0	
	87%	6%	6%	0	

9. 对第一阶段两次调查的数据进行分析表明：
- a. 公众对项目所在地环境质量现状的满意程度。参加调查的人员中对当地环境质量表示较满意的为 35 人，对当地环境质量表示不满意的为 15 人, 很不满意的 13 人, 主要原因是认为周围环境受到了污染。
  - b. 公众对该项目的了解程度。被调查人对该项目了解的 13 人，占 21%, 知道一点的 33 人，占 52%, 不了解的 17 人，占 27%。可见该项目受到了公众的广泛关注，但还应加大对项目的宣传力度。
  - c. 公众对工程的支持程度。坚决支持该项目的人数为 45 人，占被调查总人数的 71%，10% 的人表示有条件赞成，19%表示无所谓，没有人表示反对。
  - d. 公众对该项目的建议和要求。26 人认为该项目的实施对自己的正常工作与生活没有影响，27 人认为影响不大，10 人认为影响较大，主要是现场清理带来的噪声等影响以及工厂关闭导致职工失业，光华化学品的职工希望关厂后妥善安置工人。公众希望项目实施过程中，严格执行环保方面的有关规章制度，落实必要环保措施，噪声、污

染物等排放达到各项环境标准要求，将其对环境及人体健康可能造成的影响减少到最小程度。

#### 9.4 第二轮公众参与的分析

10. **调查方式。** 第二阶段公众参与于 2005 年 12 月采用召开镇或村级大会的形式，公布项目环境影响评价的结论以及为了减少主要的污染问题而采取的环境保护对策和措施，征求公众的意见。

11. 调查对象分析。（待补充）

12. 调查结果及分析。（待补充）

#### 9.5 信息公开

13. 环境影响评价报告将在江苏省环保局的网站和其他相关部门（如村委会）公开，该项目的国际执行机构世界银行的信息发行部也将向公众公开。

## 附件 1: 中国氯丹和灭蚁灵生产企业

编号	企业名称	位置	氯丹生产	灭蚁灵生产
1	苏州江枫白蚁防治公司	苏州, 江苏	是	否
2	江苏溧阳光华化工公司	溧阳, 江苏	是	是
3	太仓市新塘第二化工厂	苏州, 江苏	是	是
4	常州晔康化学制品有限公司	常州, 江苏	是	是
5	上海枫江白蚁防治材料公司	上海	是	是
6	江苏溧阳市鑫海化学厂	溧阳, 江苏	是	是
7	江苏金坛市水北白蚁防治材料厂	常州, 江苏	是	否
8	太仓沪试试剂有限公司	苏州, 江苏	是	否
9	江苏东台市化工三厂	盐城, 江苏	是	否

## 附件 2：溧阳光华化工有限公司场地附加信息

### 氯丹

1、氯丹是一种持久性有机氯杀虫剂。昆虫在摄入或接触氯丹后就会死亡。形式包括有粉剂、浓缩乳剂、颗粒、油剂、可湿性粉剂。

2、氯丹对小鼠的口服半数致死量为 200 至 700mg/kg，对大鼠的为 145 至 430mg/kg，对兔子是 20 至 300mg/kg，对大鼠鼠类是 1720mg/kg。氯丹对兔子的皮肤接触半数致死量为 780mg/kg，对小鼠是 530 至 690mg/kg。4 小时吸入半数致死量为 100mg/L。

3、任何途径接触氯丹的毒性都是中到高级。接触到致毒剂量后症状通常是 45 分钟或几小时后发作。痉挛是中毒后的第一个症状，或者先出现恶心、呕吐和疼痛症状。中毒者先会出现兴奋激动，但随后会出现抑郁、不协调、疲倦、意识混乱。氯丹中毒者的其它被报道的症状有头痛、头昏、视觉问题、过敏、肌肉抽搐。严重时可出现呼吸衰竭和死亡。中毒者如果抢救正确可以完全恢复。氯丹对皮肤和眼睛有很强的刺激性。氯丹影响肝功能，所以药物和这种杀虫剂的有很多交互作用。降低作用的药物有抗凝血剂、苯基丁氮酮、氯丙嗪、类固醇、避孕药和联苯甲酰环亚胺。甲状腺激素的活动会增加。

4、氯丹在土壤中有高持续性，半衰期为 4 年。有研究发现在使用了十年后仍然有超过 10%的残留。暴露在阳光下的氯丹可被阳光降解一部分。蒸发是从土壤中消除的主要途径。氯丹不会化学降解，也不会生物降解。氯丹虽然是持久性，但是对地下水的污染风险却很低，因为它不溶于水，而且会迅速附着在土壤颗粒上，并在土壤中很稳定。氯丹的分子通常留存在粘土颗粒或土壤表层的有机物质中，慢慢挥发到空气中。但是在氯丹使用很多的地区的地下水和地表水中仍然检测到过非常少量的氯丹（0.01 至 0.001ug/L）。

5、氯丹在水中降解不快。通过底泥的吸收或挥发存在于水体中。氯丹在湖泊和水塘的半衰期大概少于十天。氯丹在地表水、地下水、悬浮颗粒、底泥、水底碎石、饮用水、污水污泥、城市地表径流中都有发现，但是在降雨中没有发现。地表水中的含量很低，但是悬浮颗粒和底泥中发现的含量通常高一些（<0.03 至 580ug/L）。饮用水中一般没有氯丹，除非在发生事故的时候。

灭蚊灵<sup>24</sup>(<http://www.speclab.com/compound/c2385855>)

6、灭蚊灵是用于杀灭很多害虫的诱饵型杀虫剂。在南美和南非有广泛的使用。另一个用途是用作阻燃剂添加在塑料、油漆和电子产品中，这已在大多数国家被禁止了。灭蚊灵不可生物降解，在底泥中的半衰期高至 10 年。在阳光的作用下会分解为毒性更强的毒素，光化灭蚊灵。灭蚊灵是最稳定和持久的杀虫剂。灭蚊灵已经在北极圈的淡水和陆地生物和安大略湖的底泥中发现。也在安大略湖中捕上来的鲑鱼、黑头呆鱼和圣劳伦斯河的白鲸油中发现灭蚊灵。

7、在大量消费鱼和海鸟蛋的人群中发现母乳中氯丹的含量超过平均值。在魁北克北部的因纽特人的母乳中的含量是加拿大南部居民的 10 倍。灭蚊灵在因纽特人的脂肪组织中的含量更高。（世界公共健康协会，2000）。

8、对于人类暴露灭蚊灵的研究还很少，对人类健康的影响的数据还很少。动物研究表明动物饮食摄入灭蚊灵有负面影响。长期低剂量的暴露对老鼠的胚胎有毒性，包括形成白内障、造成肝肥大。灭蚊灵还会抑制免疫系统。

9、灭蚊灵是一种高度稳定的杀虫剂，过去用于控制美国东南部地区的火蚁。灭蚊灵也曾被用作阻燃剂。灭蚊灵会被生产阻燃添加剂工厂污水排放或作为杀虫剂使用释放到环境中去。虽然 1978 年开始灭蚊灵在美国被禁止使用，但灭蚊灵在环境中是持久存在的，因为大部分灭蚊灵是不能生物降解和化学降解的。灭蚊灵可能会发生光解作用，但是吸附作用更重要。灭蚊灵会缓慢转变成十氯酮或灭蚊灵的单氢或双氢衍生物。灭蚊灵在水生生物中有生物富集效应。灭蚊灵  $K_{oc}$  值是  $2.4 \times 10^7$ ，表明会被土壤和底泥中的有机物质强吸附。灭蚊灵在土壤中稳定，从水体中与底泥及悬浮颗粒隔离开。灭蚊灵在 22°C 的亨利常数是  $5.16 \times 10^{-4}$  atm-cu m/mole，表明吸附不占主导时，灭蚊灵会从环境中的水和潮湿土壤中快速挥发。根据这一亨利常数，估计灭蚊灵在模型河流中（22°C，水深 1 米，流速 1 米/秒，风速 3 米/秒）的挥发半衰期为 10.7 小时。然而这一估计忽略了一个潜在的重要因素吸附作用。如果考虑了吸附作用，从一个自然环境的池塘里挥发的半衰期是 1143 年。

六氯环戊二烯<sup>25</sup>(<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/hexa-die.html>)

10、六氯环戊二烯是生产某些杀虫剂的中间体。六氯环戊二烯急性暴露的毒性很强，强烈刺激人的眼睛、皮肤和肺，导致人流泪、打喷嚏、流唾液、起泡、灼热感、咳

嗽。对人长期的、再生的和癌症的影响 I 数据还缺乏。动物研究已经发现对肺、肝、肾和血液有影响。美国国家环保局把六氯环戊二烯划为 D 类，没有划为人类致癌类。

11、六氯环戊二烯是一些杀虫剂的中间体，包括七氯、氯丹、艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂。（5, 6）

12、六氯环戊二烯也被用于生产一些阻燃剂、树脂和染料。（1,8）

### **来源和暴露**

13、生产六氯环戊二烯企业的工人暴露强度最大（1, 9）

14、低含量的六氯环戊二烯在空气中被监测到。空气中六氯环戊二烯来源于生产企业的排放和焚烧和填埋含六氯环戊二烯的废物。（1）

### **个人暴露评价**

15、实验室可以检测血液和尿液中六氯环戊二烯的含量（1, 9）

### **健康危害信息**

16、急性影响：

- 六氯环戊二烯对人是剧毒的。（2）
- 六氯环戊二烯强烈刺激人的眼睛、皮肤、肺部。吸入后会导致流泪、打喷嚏、流口水，皮肤接触会引起水泡、灼烧感。（1, 3）
- 急性暴露主要的伤害器官是肺，已经咳嗽、胸痛和呼吸困难。还有报道有头痛、腹痛等症状。（1, 3）
- 老鼠急性暴露，吸入有很大毒性，口服有中等毒性，皮肤接触有剧烈毒性。（3, 4）

17、慢性影响（非癌症）：

- 流行病研究暴露六氯环戊二烯的工人和没接触六氯环戊二烯人群，没有发现死



亡率有显著的不同。然而这些研究的后期跟踪时间很短，缺乏抽烟和其它因素的数据。(1, 2)

- 吸入六氯环戊二烯的慢性暴露对动物的肺、肝、肾和血液有影响(1, 3, 9)
- 美国环保局根据对小鼠的影响设立了六氯环戊二烯的参考浓度 (RfC) 为 0.0002 毫克/立方米。(2)
- 根据对小鼠胃部损害的研究，制定了六氯环戊二烯的参考剂量(RfD)是 0.006 mg/公斤体重/天。
- RfC 和 RfD 不是直接的风险评价因素，但是可以对潜在的影响做出衡量。如果暴露的水平超过这个水平将会对健康造成潜在的影响。但是终生超水暴露并不意味着一定会导致负面的影响。(2)

#### 四氯化碳<sup>26</sup>

(<http://www.chemicaland21.com/industrialchem/organic/CARBON%20TETRACHLORIDE.htm>)

18、四氯化碳也称为四氯甲烷，是一种无色、粘稠、高毒性、高挥发、不可燃的液体，有着独特香味，属于有机卤代化物。四氯化碳的冰点是-23℃，沸点是 77℃。略溶于水。加热后会分解，形成光气和氯化氢高毒性的雾。四氯化碳是通过氯和二硫化碳反应，或氯和甲烷在催化剂作用下反应制得的。主要用于生产冰箱上用的氟里昂，如二氯二氟甲烷（氟里昂-12）和气溶胶罐推进剂的。四氯化碳破坏臭氧层。半衰期长达 30 年。因为是良好的油脂溶剂，曾被用作干洗剂，用于去除金属上的油污。因为比重较空气大很多，被用在灭火器来隔离二甲苯。在兽医上被用做驱虫药来去除羊肝吸虫。在工业上被用作中间体、催化剂、树脂的溶剂。在有机合成里，四氯化碳被用来氯化有机物质生产肥皂香料和杀虫剂。汽车工业中被用火花塞的干燥剂。也被用在炼油、制药工业上，作为溶剂。

## 附件 3: 监测和分析的质量保证和质量控制 (QA/QC)

### 第一阶段监测:

#### 实验室质量保证体系及控制措施(QA/QC)

1. 本次监测的质量保证按照江苏省环境监测中心编制的《质量手册》的要求,实施全过程质量控制,按质控要求废水样品增加 20%的平行样和 10%加标回收样或带标样。监测人员均经过考核并持证上岗,所有监测仪器均经过计量部门检定,并在有效期内,现场监测仪器使用前均经过校准,监测数据实行三级审核。

#### 2. 分析步骤:

##### 1) 水:

- 取 1L 水样,用自动固相萃取过  $C_{18}$  小柱,用二氯甲烷淋洗;
- 将淋洗液浓缩至 1ml,定容;
- GC/MS 分析。

##### 2) 土壤:

- 乙烷:丙酮(1:1)混和溶剂 30ml,称取 10g 土样,用微波萃取 30 分钟;
- 10ml 浓硫酸酸洗、无水  $Na_2SO_4$  脱水;
- 萃取液浓缩至 1ml;
- 过 6ml (1g) 氟罗里硅土柱除杂,用乙烷:丙酮(9:1)洗脱;
- 浓缩至 1ml,加内标;

#### ✧ 质量控制手段

##### 1) 连续校准

用标准曲线的一个浓度点,每 12 小时分析一个,百分漂移值 20%;

##### 2) 空白值测定

方法:与样品分析步骤完全一致,用重蒸纯净水、空白石英砂代替样品为基体,测定结果目标组份均没有检出。

监测因子	测定结果	
	重蒸纯净水 ng/L	空白石英砂 mg/kg
氯丹	0.1L	0.01L
灭蚁灵	0.1L	0.01L
硫丹	0.2L	0.02L
六氯环戊二烯	0.4L	0.04L

### 3) 准确度

用重蒸纯净水、空白石英砂为基体，加入 10、100、200ng 的浓度，测定结果如下：

监测因子	添加浓度(ng)	准确度（加标回收率）/（%）	
		水	土壤
氯丹	10	80.9	56.9
	100	95.8	76.9
	200	96.8	80.5
灭蚁灵	10	85.9	60.9
	100	92.8	77.4
	200	99.2	95.8
硫丹	10	85.4	63.8
	100	92.9	69.5
	200	95.8	89.2
六氯环戊二烯	10	85.9	50.8
	100	95.5	62.1
	200	96.9	90.6

样品加标结果符合准确度要求，故判定为合格。

介质	监测因子	准确度（加标回收率）/（%）
水样	氯丹	82.3~89.6
	灭蚁灵	89.6~90.3
	硫丹	90.6~94.9
	六氯环戊二烯	86.1~95.9
土样	氯丹	60.5~75.9
	灭蚁灵	62.3~72.9
	硫丹	70.5~80.9
	六氯环戊二烯	58.9~75.9

### 4) 精密度

用重蒸纯净水、空白石英砂为基体，加入 10、100、200ng 的浓度，平行测定 6 次，测定结果如下：

项目	添加浓度(ng)	变异系数 CV (%)		允许差/ (%)	
		水	土壤	水	土壤
氯丹	10	1.5	3.6	15.2	20.2
	100	0.9	1.5	10.6	15.2
	200	0.2	0.5	20.4	20.5
灭蚁灵	10	2.5	2.9	18.9	22.5
	100	0.5	1.0	20.8	25.9
	200	0.2	0.7	25.9	30.0
硫丹	10	1.5	2.5	20.5	16.3
	100	0.6	0.9	15.5	17.8
	200	0.2	0.5	17.9	18.8
六氯环戊二烯	10	2.1	2.8	21.3	22.8
	100	0.5	1.6	20.5	25.8
	200	0.2	0.5	22.3	19.8

样品的变异系数(CV) 见下表，结果符合准确度的要求，故判定为合格  
重复性符合精密度要求，故判定为合格。

介质	监测因子	CV (%)
水样	氯丹	0.9~1.0
	灭蚁灵	0.8~1.5
	硫丹	0.9~1.0
	六氯环戊二烯	0.5~0.7
土样	氯丹	2.0~2.2
	灭蚁灵	1.9~2.0
	硫丹	0.9~1.2
	六氯环戊二烯	0.7~1.0

#### 5) 检测限

最低定量限水为 1ng/L，土壤为 0.1 ug/kg。

根据低浓度的平行测定的标准偏差来计算，七次平行测定结果的标准偏差水为 0.01~0.15，土 0.02~0.18，为再按照 3 倍标准偏差计算，（土样以 10g 计算），得到检出限如下：

项目	检出限	
	水(ng/L)	土壤(ug/kg)
氯丹	0.1	0.01

灭蚁灵	0.1	0.01
硫丹	0.2	0.02
六氯环戊二烯	0.4	0.04

#### 6) 仪器降解检查

DDT 转化为 DDD 的降解率要求不大于 20%。

### 第二阶段监测:

#### 实验室质量保证体系及控制措施(QA/QC)

3. 本次监测的质量保证按照江苏省环境监测中心编制的《质量手册》的要求,实施全过程质量控制,按质控要求废水样品增加 20%的平行样和 10%加标回收样或带标样。监测人员均经过考核并持证上岗,所有监测仪器均经过计量部门检定,并在有效期内,现场监测仪器使用前均经过校准,监测数据实行三级审核。

##### 1) 连续校准

用标准曲线的一个浓度点,每 12 小时分析一个,百分漂移值 20%;

##### 2) 空白值测定

方法:与样品分析步骤完全一致,用重蒸纯净水、空白石英砂代替样品为基体,测定结果目标组份均没有检出。

监测因子	测定结果	
	重蒸纯净水 ng/L	空白石英砂 mg/kg
氯丹	0.1L	0.01L
灭蚁灵	0.1L	0.01L

##### 3) 准确度

用重蒸纯净水、空白石英砂为基体,加入 10、100、200ng 的浓度,测定结果如下:

项目	添加浓度(ng)	准确度(加标回收率) / (%)	
		水	土壤
氯丹	10	82.5	75.5
	100	97.7	80.7
	200	98.7	84.5
灭蚁灵	10	87.6	63.9
	100	94.7	81.3
	200	101	101

样品加标结果符合准确度要求,故判定为合格。

介质	监测因子	样品数	加标数	准确度 (加标回收率) / (%)
水样	氯丹	9	3	83.6~95.6
	灭蚊灵	9	3	88.5~99.0
土样	氯丹	10	3	80.2~81.5
	灭蚊灵	10	3	70.1~99.5

#### 4) 精密度

用重蒸纯净水、空白石英砂为基体，加入 10、100、200ng 的浓度，平行测定 6 次，测定结果如下：

监测因子	添加浓度(ng)	变异系数 CV (%)	
		水	土壤
氯丹	10	1.5	3.6
	100	0.9	1.5
	200	0.2	0.5
灭蚊灵	10	2.5	2.9
	100	0.5	1.0
	200	0.2	0.7

样品平行测定结果符合精密度要求，故判定为合格。

介质	Monitoring factor	样品数	平行样数	CV(%)
水	氯丹	12	3	1.2~1.5
	灭蚊灵	9	3	1.5~2.1
土壤	氯丹	12	3	1.5~1.9
	灭蚊灵	9	3	1.2~2.5

#### 5) 检测限

最低定量限水为 1ng/L，土壤为 0.1 ug/kg。

#### 6) 仪器降解检查

DDT 转化为 DDD 的降解率要求不大于 20%。

## 附件 4: 江苏省注册的危险废物处置和管理企业

### 危险废物安全填埋场<sup>27</sup>

1. 至 2005 年，江苏省已建成 1 座一般工业固体废物填埋场，位于张家港市，可以接受不具有危险特性的固体废物。
2. 2005 年 9 月无锡市市政已经建成了一座危险废物填埋场。其它两座危险废物填埋场—南京和苏州—正在建设中，南京危险废物填埋场预计 2007 年投入运行；无锡危险废物填埋场建成时间还没有确定。

### 容器清洗企业

3. 在无锡、苏州等地，有大约 10 多家具具有江苏省环保厅颁发的危险废物经营许可证的企业，在从事金属和塑料容器的溶剂清洗工作，下表列出了这些企业的名单。

企业名称	所在位置	使用工艺	能力
无锡中天环保有限公司	无锡市	溶剂清洗	20000 只/年
昆山市惠生金属容器再生有限公司	苏州昆山市	溶剂清洗	80000 只/年
常州康隆化工有限公司	常州市	溶剂清洗	15000 只/年
昆山市双林包装容器再生有限公司	苏州昆山市	溶剂清洗	60000 只/年
常熟市福新制桶厂	苏州常熟市	溶剂清洗	70000 只/年
江阴市江南金属桶厂有限公司	无锡江阴市	溶剂清洗	40000 只/年

### 土壤修复企业

4. 至 2005 年，江苏省尚没有专业从事土壤修复的企业。

### 危险废物集中焚烧中心

5. 江苏省现有的具有江苏省环保厅颁发的危险废物经营许可证的危险废物集中焚烧企业 32 家，拥有 37 座焚烧炉，年危险废物处置能力为 10,000 吨。下表列出了这些企业名单。

序号	名 称	所处位置	规模 (吨/年)	主要处置设施
1.	南京江北废物处理中心	南京	5500	焚烧炉 2 座 (A)

序号	名 称	所处位置	规模 (吨/年)	主要处置设施
2.	南京汇丰废弃物处理中心	南京	1500	焚烧炉 1 座 (A)
3.	南京净之杰固体废弃物处理有限公司	南京	9000	焚烧炉 2 座 (B、C)
4.	无锡市工业废物安全处置有限公司	无锡	9000	焚烧炉 2 座 <sup>*</sup> (B)
5.	福鼎环保工程有限公司·福鼎工业废弃物安全处置中心	无锡宜兴	720	焚烧炉 1 座 (A)
6.	江阴市工业固废处理中心	无锡江阴	1800	焚烧炉 1 座 (A)
7.	常州市工业废弃物处置中心	常州	5400	焚烧炉 1 座 <sup>*</sup> (B)
8.	江苏福昌化工残渣处理有限公司	常州武进	3000	焚烧炉 1 座 (A)
9.	金坛市华振废弃物处理有限公司	常州金坛	3000	焚烧炉 1 座 (A)
10.	吴中区固体废弃物处理中心	苏州市	4000	焚烧炉 1 座 (A)
11.	苏州市荣望环保有限公司	苏州相城区	8000	焚烧炉 1 座 (B)
12.	吴江太湖工业废弃物处理中心	苏州吴江	2500	焚烧炉 2 座 (A)
13.	吴江市绿怡固废回收处理有限公司	苏州吴江	6000	焚烧炉 1 座 <sup>*</sup> (B)
14.	苏州工业园区和顺固体废物处理有限公司	苏州	4000	焚烧炉 1 座 (B)
15.	苏州工业园区中兴废物处置有限公司	苏州	3000	焚烧炉 1 座 (A)
16.	苏州新区环保服务中心	苏州	5000	焚烧炉 3 座 (B、2A)
17.	昆山金鑫物资回收深加工有限公司	苏州昆山	1500	焚烧炉 1 座 (A)
18.	昆山利群固废处理有限公司	苏州昆山	7200	焚烧炉 1 座 (C)
19.	苏州市环境工程有限公司·固体废弃物处置中心	苏州昆山	900	焚烧炉 1 座 (A)
20.	太仓市柯林固废处理有限公司	苏州太仓	2000	焚烧炉 1 座 (B)



序号	名 称	所处位置	规模 (吨/年)	主要处置设施
21.	南通市清源工业固废综合处置厂	南通	6000	焚烧炉 1 座 <sup>*</sup> (A)
22.	启东市石松固体废弃物处置有限公司	南通启东	1500	焚烧炉 1 座 (A)
23.	如东大恒危险废物处理有限公司	南通如东	2000	焚烧炉 1 座 (A)
24.	连云港铃木组废弃物处理有限公司	连云港	3000	焚烧炉 2 座 (AC)
25.	淮安市固体废弃物安全处置中心	淮安	2000	焚烧炉 1 座 (A)
26.	仪征福昌化工残渣处理有限公司	扬州仪征	3000	焚烧炉 1 座 (A)
27.	镇江新宇固体废物处置有限公司	镇江	3000	焚烧炉 1 座 (B)
28.	盐城宇新固体废物处置有限公司	盐城	3000	焚烧炉 1 座 (B)
29.	泰兴市福昌固废处理有限公司	泰州泰兴	2250	焚烧炉 1 座 (A)
30.	泰州宇新固体废物处置有限公司	泰州	3000	焚烧炉 1 座 (B)
31.	宿迁市柯林固废处置有限公司	宿迁	3000	焚烧炉 1 座 (B)
32.	总计	32 家	107260	各类设施 37 座

注：A: 直燃式焚烧炉 B: 热解炉 C: 旋转窑