

处理日遗化武环境保护的防范与控制技术探讨

周学志，王新明，饶刚

(防化学院履约事务部，北京，102205)

摘要：本文分析了处理日遗化武工作中环境污染源与环境污染的潜在风险，介绍了在该项工作过程中污染防范、监测、控制等关键技术，探讨了处理日遗化武工作环境保护的可行技术与体系，研究了日遗化武环境保护的综合措施。

关键词：处理日遗化武；环境保护；防范与控制；技术体系

0 引言

日本遗弃在华化学武器（以下简称日遗化武）的处理问题，从技术层面讲就是环境保护工作。根据《禁止化学武器公约》规定，日本政府承担其处置的全部责任。由于遍布我国 18 个省市的数百万日遗化武经过近 70 年的埋藏，大部分严重锈蚀，有的已经泄漏，造成遗弃地域的严重污染。对日遗化武污染的消除以及回收和销毁的过程中二次污染防范与控制是处理日遗化武的关键。如何根据《禁止化学武器公约》及“中日政府间备忘录”的要求，“安全、彻底”的回收和销毁日遗化武，进行全过程的环境保护显得尤为重要。搞好环境保护的防范和控制的研究与应用是一个现实课题，本文着重从防治体系及技术创新在处理日遗化武环境保护全过程防范与控制进行了探讨与研究。

1 处理日遗化武污染源及产生污染的环节

环境保护的关键环节就是对污染源的控制和对可能产生污染关键环节进行防范。日遗化武污染源主要是处置埋藏的日遗化武的泄漏或爆炸而产生的污染，销毁作业中的尾气与残渣，以及回收或销毁过程中的二次污染。

对于埋藏点的日遗化武回收，控制炮弹和污染物安全转移，并封存。主要环节是挖掘、安全化处理、鉴别、包装、运输操作过程中的毒剂泄漏、爆炸、沾染等造成污染，其次是分析、洗消等造成固废、用水等污染。最后在封存过程中，如托管库中，还可能由于保存不善和包装器材的老化造成有毒物质的泄漏等。

在日遗化武销毁过程中造成污染的主要环节是运输，拆箱，捆绑炸药操作过程中的毒剂泄漏或爆炸造成大气污染，毒剂云团扩散，再生云、毒剂液滴的污染。其次是尾气排放和销毁残渣。三是洗消、废弃物污染和生活垃圾。

2 处理日遗化武污染情况及监测对象

2.1 污染情况分析

处理和销毁日遗化武过程中造成的环境污染，主要体现在大气、水、土壤及固废等方面，另外在运行过程还可能产生噪声污染。

2.1.1 大气污染

可能造成大气污染的原因，主要有：

- ①意外情况下，炮弹爆炸生成的毒剂云团及再生云的扩散造成的大气污染；
- ②处理和保存过程中泄漏的毒剂直接挥发到大气中；
- ③泄漏至土壤中的毒剂蒸发到空气中而产生污染空气；
- ④处理过程中产生的携带毒剂的悬浮颗粒污染空气；
- ⑤销毁过程经尾气排放造成的空气污染；
- ⑥车辆以及应急应用发电机排放的废气造成的空气污染。

2.1.2 水污染

可能造成水污染的原因，主要有：

①意外情况下，应急处理过程用水；

②挖掘回收、销毁过程中受化学剂、砷及其它药剂（主要有有机溶剂、强碱、强酸）污染的废水和洗消用水；

③埋藏过程中炮弹的泄漏直接污染和泄漏到土壤中的毒剂经扩散造成的地表水和地下水；

④毒剂污染土壤中渗出的水及雨水；

⑤水下日遗化武的泄漏；

6 处理日遗化武中机器、仪器及车辆用水。

2.1.3 土壤及固废污染

可能造成土壤及固废污染的原因，主要有：

①意外情况下，毒剂的泄漏及扩散；

②埋藏过程中的毒剂泄漏；

③化学武器简易销毁，

④销毁残渣、弹壳、过滤器灰尘、废捆包材料、弹药等保管容器、被污染的个人防护装备及废活性炭过滤器、分析废弃物等；

⑤排放的尾气经大气沉降造成。

2.1.4 噪声污染

作业中的爆破、设备运行、发电机及车辆等可能会产生噪声污染。

2.2 监测的主要对象物

处理日遗化武过程中，监测的主要对象物主要着眼于与日遗化武装填物有关的组分优先监测项目和在销毁过程产生的常规污染物，监测的环境介质有大气、水体、土壤及固体废弃物，具体监测项目有：

2.2.1 大气监测

大气中的毒剂及相关化合物主要是一些原体化合物，根据已经查明的日本遗弃在华化学武器的毒剂种类，优先监测项目有：总悬浮颗粒、芥子气、路易氏剂、二苯氰肿、二苯氯肿、苯氯乙酮、光气、氰化氢、氧联双二苯肿、总砷等十项及可能产生的二噁英类。

常规监测项目主要为二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳等和根据作业时间、地域特殊要求进行的其它监测项目。

2.2.2 水污染监测

环境水体包括地表水、地下水和洗消水等，优先监测项目有：总砷含量、芥子气、芥子亚砷、芥子砷、路易氏剂、2-氯乙烯氧肿、2-氯乙烯肿酸、二苯氰肿、二苯氯肿、苯氯乙酮、三苯肿、氧联双二苯肿等十二项。

2.2.3 土壤污染和固体废弃物监测

优先监测项目有：总砷含量、芥子气、芥子亚砷、芥子砷、路易氏剂、2-氯乙烯氧肿、2-氯乙烯肿酸、二苯氰肿、二苯氯肿、苯氯乙酮、三苯肿、氧联双二苯肿等十二项。

3 处理日遗化武环境保护防范和控制技术体系

日遗化武的处理是一个复杂的环境保护系统工程。特别是毒剂的系统防范控制技术和应急处置技术还属于空白，建立日遗化武环境保护防范技术体系尤为重要。

3.1 制定了配套的处理日遗化武环境标准

在中日两国处理日遗化武备忘录中，明确提出“最优先确保不对中华人民共和国领土的生态环境造成污染及人员安全”；在处理遗弃化学武器过程中，遵守中国的环境保护法律、法规和环境保护标准。由于我国从未生产、储存和销毁过化学武器，缺少有关化学武器销毁环境保护的各项标准，在处理及销毁日遗化

武时, 必须制定保护环境的行业标准。环境标准的制定及颁布实施为销毁日遗化武全过程的环境保护及样品的分析测定奠定了基础, 是所有涉及到环境保护方面的问题必须遵循的法律法规, 对环境保护研究的所有技术必须围绕环境标准进行。

3.2 研究与制定具体作业中环境保护计划

根据环境保护的相关规定和处理日遗化武的实际情况, 在全面论证发生污染的可能性的此基础上, 对每一次挖掘回收作业和销毁工程制定防范的措施和技术控制计划方案, 设定具体的控制目标, 为环境保护的防治与控制措施的实施奠定基础。

3.3 预先进行污染风险评估与预测

由于日遗化武的特殊性, 具有高毒、高爆的特点, 为对处理日遗化武最大污染范围进行有效的防控, 利用化学危害评估的方法, 对污染的范围和污染程进行评估, 特别是对毒剂云团、再生云、毒剂液滴污染风险进行预测, 有效地对污染的防范。

3.4 对污染区环境进行连续监测

做好处理日遗化武作业区域内及周边大气、土壤和地表水环境的污染控制与防范, 并通过作业各阶段环境质量监控结果的对比, 进而评价处理日遗化武作业对本地环境产生的影响, 确保对污染的防范与修复打下基础。

3.5 建立报警与快速监测体系

在处理日遗化武作业过程中, 对作业的各个环节污染状况实时进行监测, 是减少二次污染最有效的方法。为了不影响工作进程, 需快速准确判断是否污染, 采用报警器监测和快速分析相结合的方法, 有效解决了处理日遗化武过程中污染监控的难题。

3.6 加强固体废弃物进行控制和深度处理

固体废弃物可以分为一般固体废弃物和污染固体废弃物。一般固体废弃物的处理可以直接交给地方环保处理公司。污染固体废弃物通过监测分析分类后进行处理, 可燃砷污染固体废弃物先通过焚烧减容处理后进行下一步深化处理; 不含砷固体废弃物经过焚烧后可以交地方处理。深化处理的技术主要有砷化物的回收资源化、硫磺固化处理后作为路基材料 and 水泥固化等处理方法。

3.7 优化气体排放控制及监测技术

日遗化武销毁的气体排放主要有常规气体、二噁英、微量重金属和化学剂及其相关化合物等。根据排放的方式和形态不同采用不同的控制技术。气态排放的污染物可以通过酸碱洗涤吸收减少排放, 可燃性气体通过再次燃烧控制排放。以气溶胶和颗粒排放的污染气体通过过滤和吸附方法加以控制。在监测方法上, 研发的低浓度连续监测系统有效解决了排放气体污染时实监测难的问题。

3.8 严格控制废水排放与控制

日遗化武废水主要有工艺废水、洗消废水和分析废液等。通过采样分析将废水分为含砷废液和一般废液。一般废水直接交由地方公司处置, 含砷废水的处理程序是先进行絮凝处理、沉降, 然后经过滤料过滤, 最后通过活性炭吸附过滤除去砷和含砷化合物后, 达标排放。

3.9 建立应急监测体系及技术研究

在突发的日遗化武环境事故中, 为了减少事故造成破坏, 有效控制与防范其污染, 必须提升快速侦检和分析的能力, 研发了具有自主知识产权高危化学品应急监测车, 其具有侦检、快速化验、分析、污染预测能力, 解决了应急监测的难题。

3.10 建立土壤调查体系与机制

对于日遗化武污染土壤, 采取普查与重点调查相结合方法, 防治污染扩散和二次污染的防范措施, 选取有针对性的调查技术和机制, 并确立了相应的监测方法。

4 处理日遗化武环境保护防范和控制技术的创新成果

通过十多年研究与实践, 在总结和梳理经验的基础上, 处理日遗化武的环境保护防范与控制取得了一

定的成绩，形成系统配套防范和控制体系，为环境保护做出了有益探索。

4.1 补充了国家处理高危化学品的环保标准

由于处理日遗化武的特殊性，毒剂的污染标准属于空白，给监测与控制带来了难题，为了保护环境，研发了芥子气、路易氏剂、二苯氰砷、二苯氯砷等 40 多项大气、土壤、水的污染控制标准，对保护环境起到了积极的促进作用，解决了处理日遗化武环境保护与污染控制的法律依据问题。

4.2 建立了高危化学品防范与控制配套系统

构建了以报警和快速分析相结合、化学分析与仪器分析相结合、自主研发器材和现有器材相结合的监测体系，形成了全过程实时报警、概略定量与准确定量的系统分析能力，奠定了处理日遗化武环境保护防范与控制基础。

4.3 研发了高危化学品监测与制备的新方法

针对各种化学污染物在不同环境介质（空气、土壤、地表水和地下水）中的形态差异和事故时监测对象瞬息多变的特点，根据高危化学品事件对环境带来的不同程度破坏，研究了大气污染、土壤污染和水污染的监测方法。根据化学品的性质研究筛选和优化了各种分析手段，构建了应急状态下的高危化学品分析技术。

研究了多类高危化学品的分析方法，建立了应急监测的标准操作程序，实现了水中多组分痕量高危化学品的同时定性和定量测定。发展了痕量高危化学品环境样品制备方法，大多数高危化学品的检测灵敏度比常规样品制备方法提高了 2~3 个数量级；自主研发的吸附剂改进了吸附和热解析技术，建立了空气中痕量多组分高危化学品的色谱-质谱分析方法，使得空气中高危化学品的最低检测限从 10^{-3}mg/m^3 降低到 10^{-6}mg/m^3 ，解决了以往空气中低浓度高危化学品现场检测的技术难题。

4.4 开发了污染预测评估技术

在高危化学品模拟剂外场扩散示踪试验的基础上，创建了适用于多种下垫面的高危化学品危害动态评估模式。针对高危化学品的特性，结合现场气象条件、地理条件，快速准确地估算事故造成的危害范围和危害程度。创建了毒性计量方法，用以准确计算污染概率分布，预测污染状况，结合三维 GIS 系统，直观显示污染区域、剂量分布、事态发展趋势等，为有效防范与控制提供科学依据。

通过对日遗化武 180 余次的挖掘回收和南京、石家庄 5 万多枚日遗化武的销毁实际业绩来看，采取的环境环境保护措施和防范技术是行之有效的，取得了良好的政治、经济和社会效益。