

# 废旧特种危险化学品 检测销毁理论与技术

王玄玉 诸雪征 张宏远 尹兆杰 著



上海科学技术文献出版社

## 图书在版编目 (C I P) 数据

废旧特种危险化学品检测销毁理论与技术 / 王玄玉, 诸雪征, 张宏远, 尹兆杰著. —上海: 上海科学技术文献出版社, 2008. 3

ISBN 978-7-5439-3478-8

I. 废… II. ①王…②诸…③张…④尹… III. 化学品—废旧物资—危险物品管理 IV. TQ086. 5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第020633号

责任编辑: 陈宁宁

封面设计: 何文成

## 废旧特种危险化学品检测销毁理论与技术

王玄玉 诸雪征 张宏远 尹兆杰 著

\*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销

廊坊市享泰印刷有限公司

\*

开本890×1240 1/32 印张7.75 字数167千字

2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5439-3478-8/ TQ086. 5

定价: 38.00元

<http://www.sstlp.com>

# 前 言

废旧特种危险化学品检测销毁的主要对象为废旧毒剂，发烟弹药和燃烧弹药，催泪弹、染色弹等特种防暴弹药以及废旧放射性物质等。催泪弹、染色弹等特种防暴弹药在维护社会治安、反恐怖领域具有较为广泛的应用，燃烧弹、发烟弹在军事和民用方面的应用历史较长，氰化物、芥子气、沙林等剧毒化学品和日本遗弃的废旧毒剂分布比较广泛并且曾经对人民生命财产造成过严重危害，放射源在各种医疗设备和毒物检测、报警器材中也有很高的使用频率。这些危险物品统称为特种危险化学品，它们的存在既有必然性，也有危险性。因此，为了加强对废旧特种危险化学品的安全监管，必须经常进行检测，一旦过期或者作废就应及时移送废旧危险化学品销毁站等相关专业机构并由专业人员运用专业设备进行销毁和处理。

废旧特种危险化学品检测的目的是判定危险品的种类、型号和状况，为后继的运输、解体、销毁工作提供安全保证、警示和处置建议。废旧特种危险化学品检测技术包括废旧毒剂检测技术、放射源检测技术和特种弹药检测技术，本书对各项检测的主要程序、内容、标准和方法进行了较为详细的阐述，使其更加科学和符合安全规范。广义上的废旧特种危险化学品销毁技术包括废旧特种弹药解体技术、废旧毒剂和特种弹主装药焚烧技术、火工品烧毁技术、化学法销毁毒剂毒物的技术、废旧放射性物质的处置技术、销毁作业指挥与监测控制技术、销毁作业训练与安全防护技术、销毁技术运用和训练效果评估等多项内容，这些技术综合运用，构成一个相对完整、科学的废

旧特种危险化学品检测、销毁技术体系。

废旧特种危险化学品检测销毁是一门新兴技术，同时废旧危险化学品检测销毁工作也是一项复杂的系统工程，不仅涉及到多学科、多专业基础理论和专业理论，而且涉及的仪器、设备型号多，尤其是面临的爆炸、中毒伤亡风险极高，对安全管理和人员操作技术具有很高的要求。因此，必须根据废旧特种危险化学品检测销毁工作的需要，进一步加强相关理论、技术研究，不断推动我国废旧危险化学品检测销毁工作向正规化、科学化和系统化发展，为促进和谐社会进步和国家经济建设发挥积极作用。

本书由王玄玉、诸雪征、张宏远、尹兆杰著，晏国辉、李亚林、俞亮、安刚、王黎娜、王颖辉、王百荣、张进、宋黎、范连国、牟之发、李彦良、薛克贤、史海成、刘桐等同志参加了相关章节的撰写或资料整理工作。

鉴于水平有限，本书定有不妥之处，恳切希望提出宝贵意见，以便进一步修订完善。

作 者

2007 年 12 月于北京

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第一章 绪 论 .....            | 1  |
| 第一节 研究意义和任务 .....        | 1  |
| 第二节 学科特点和体系结构 .....      | 3  |
| 第二章 废旧特种危险化学品检测理论 .....  | 7  |
| 第一节 废旧毒剂检测理论 .....       | 7  |
| 一、利用毒剂的物理性质进行侦检 .....    | 9  |
| 二、利用毒剂的化学性质进行侦检 .....    | 10 |
| 三、废旧毒剂检测的组织实施 .....      | 13 |
| 第二节 烟火弹药检测理论 .....       | 14 |
| 第三节 防暴弹药检测理论 .....       | 18 |
| 第四节 放射性物质的检测理论 .....     | 21 |
| 一、放射性检测应用的主要物理量 .....    | 23 |
| 二、电离辐射对人体辐射损伤及其防护 .....  | 24 |
| 三、放射性危险源及其检测方法 .....     | 26 |
| 第三章 废旧特种危险化学品销毁理论 .....  | 28 |
| 第一节 危险化学品焚烧原理 .....      | 29 |
| 一、危险化学品焚烧过程 .....        | 29 |
| 二、影响危险化学品焚烧过程的因素 .....   | 30 |
| 三、危险化学品焚烧的主要产物 .....     | 32 |
| 第二节 废旧毒剂与防暴剂焚烧销毁原理 ..... | 33 |
| 一、沙林焚烧反应原理 .....         | 33 |
| 二、维埃克斯焚烧反应原理 .....       | 34 |
| 三、芥子气焚烧反应原理 .....        | 34 |
| 四、苯氯乙酮的焚烧反应原理 .....      | 34 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 五、西埃斯焚烧反应原理 .....                   | 35        |
| 六、亚当氏剂焚烧反应原理 .....                  | 35        |
| 七、西阿尔焚烧反应 .....                     | 36        |
| 第三节  废旧烟火弹主装药焚烧销毁原理 .....           | 36        |
| 一、火药的燃烧反应原理 .....                   | 36        |
| 二、炸药的分解与燃烧反应 .....                  | 38        |
| 三、发烟弹主装药焚烧原理 .....                  | 41        |
| 第四节  废旧危险化学品焚烧产物中有害气体的检测 .....      | 44        |
| 一、检测方式和原理 .....                     | 45        |
| 二、检测仪器的选择与应用 .....                  | 53        |
| 第五节  化学法销毁废旧毒剂毒物的理论基础 .....         | 56        |
| 一、常用销毁试剂及其反应原理 .....                | 57        |
| 二、化学法销毁沙林 .....                     | 59        |
| 三、化学法销毁维埃克斯 .....                   | 61        |
| 四、化学法销毁芥子气 .....                    | 63        |
| 五、化学法销毁其他有毒物质的理论基础 .....            | 65        |
| <b>第四章  废旧危险化学品销毁作业指挥监控理论 .....</b> | <b>68</b> |
| 第一节  销毁作业信息监测控制理论和技术 .....          | 70        |
| 一、销毁作业信息监测控制理论 .....                | 70        |
| 二、销毁作业专家控制推理内容 .....                | 74        |
| 三、人一机结合作为控制器的销毁监测控制系统 .....         | 78        |
| 第二节  销毁作业过程远程监控理论和技术 .....          | 78        |
| 一、基于可编程逻辑控制器流程监控技术 .....            | 78        |
| 二、结合无线网络通信远程监测控制 .....              | 80        |
| 第三节  销毁作业指挥控制机制与方式 .....            | 82        |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 一、销毁作业指挥控制机制 .....                  | 82         |
| 二、危险化学品销毁作业指挥控制方式 .....             | 85         |
| <b>第五章 废旧危险化学品检测与销毁技术训练理论 .....</b> | <b>89</b>  |
| 第一节 训练原则与特点 .....                   | 89         |
| 一、训练基本原则 .....                      | 89         |
| 二、训练基本规律 .....                      | 93         |
| 三、训练特点 .....                        | 96         |
| 第二节 训练体系 .....                      | 99         |
| 一、训练要素分析 .....                      | 99         |
| 二、训练组织者 .....                       | 101        |
| 三、受训对象 .....                        | 101        |
| 四、训练内容 .....                        | 102        |
| 五、训练方法与手段 .....                     | 103        |
| 六、训练保障 .....                        | 103        |
| 七、智能化训练考核 .....                     | 104        |
| <b>第六章 废旧特种危险化学品检测技术 .....</b>      | <b>105</b> |
| 第一节 废旧毒剂检测技术 .....                  | 105        |
| 一、毒剂现场检测装备简介 .....                  | 105        |
| 二、废旧毒剂检测程序 .....                    | 106        |
| 三、毒剂检测方法 .....                      | 108        |
| 第二节 废旧放射源检测技术 .....                 | 110        |
| 一、检测设备简介 .....                      | 110        |
| 二、检测程序 .....                        | 111        |
| 三、检测方法 .....                        | 112        |
| 第三节 特种弹药通用检测技术 .....                | 115        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 一、程序与方法 .....                | 115        |
| 二、检测实例 .....                 | 117        |
| 三、检测结果评定与应用 .....            | 121        |
| 四、特种弹药检测安全注意事项 .....         | 121        |
| 第四节  发烟燃烧弹药检测技术 .....        | 123        |
| 一、火箭发烟燃烧弹 .....              | 123        |
| 二、发烟手榴弹 .....                | 124        |
| 三、发烟罐 .....                  | 124        |
| 四、轻装药 .....                  | 125        |
| 五、凝油粉 .....                  | 125        |
| 第五节  特种防暴弹检测技术 .....         | 126        |
| <b>第七章  废旧特种弹药解体技术 .....</b> | <b>128</b> |
| 第一节  概  述 .....              | 128        |
| 第二节  弹药解体作业参数优化 .....        | 129        |
| 一、弹药切割分离位置 .....             | 129        |
| 二、特种弹药切割参数 .....             | 133        |
| 第三节  过程控制 .....              | 135        |
| 一、弹药解体过程中数量控制 .....          | 135        |
| 二、弹药解体作业过程中设备和人员控制 .....     | 137        |
| 第四节  特种弹药解体工作规范 .....        | 138        |
| 一、作业规范 .....                 | 138        |
| 二、保养规范 .....                 | 141        |
| <b>第八章  毒剂焚烧技术 .....</b>     | <b>144</b> |
| 第一节  概  述 .....              | 144        |
| 第二节  毒剂焚烧设备运行参数优化 .....      | 146        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 一、焚烧对象分析 .....             | 146        |
| 二、燃烧温度控制对毒剂焚烧的影响 .....     | 147        |
| 三、一次投放量对毒剂焚烧销毁的影响 .....    | 148        |
| 四、投放间隔时间对毒剂焚烧的影响 .....     | 149        |
| 第三节 毒剂焚烧作业过程控制 .....       | 151        |
| 一、毒剂焚烧销毁作业过程中数量控制 .....    | 151        |
| 二、毒剂焚烧作业过程中设备和人员控制 .....   | 152        |
| 第四节 毒剂焚烧销毁工作规范 .....       | 154        |
| 一、作业规范 .....               | 154        |
| 二、保养规范 .....               | 156        |
| <b>第九章 火工品烧毁技术 .....</b>   | <b>157</b> |
| 第一节 概 述 .....              | 157        |
| 第二节 运行参数优化设计 .....         | 159        |
| 一、起爆类火工品投放量确定 .....        | 159        |
| 二、引燃类火工品投放量确定 .....        | 163        |
| 第三节 过程控制 .....             | 165        |
| 一、火工品烧毁作业过程中火工品数量控制 .....  | 165        |
| 二、火工品烧毁作业过程中设备和人员控制 .....  | 166        |
| 第四节 火工品烧毁工作规范 .....        | 168        |
| 一、作业规范 .....               | 168        |
| 二、保养规范 .....               | 171        |
| <b>第十章 废旧放射性物质处置 .....</b> | <b>174</b> |
| 第一节 废旧放射源的包装与运输 .....      | 174        |
| 一、废旧放射源的包装 .....           | 174        |
| 二、运输放射性货物现场作业的基本原则 .....   | 175        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 三、公路运输的要求 .....                       | 176        |
| 第二节 废旧放射性物质的贮存和管理 .....               | 177        |
| 一、放射性废物库的要求 .....                     | 177        |
| 二、废旧放射性物质的贮存 .....                    | 180        |
| 三、放射性物质的管理 .....                      | 180        |
| 第三节 废旧放射性物质处置过程中辐射事故应急 .....          | 181        |
| 一、事故现场处置的一般原则 .....                   | 181        |
| 二、事故处理前的准备 .....                      | 182        |
| 三、安全防护人员在事故处置时的职责 .....               | 184        |
| 四、辐射事故的应急处置方法 .....                   | 185        |
| <b>第十一章 特种危险化学品检测销毁作业安全技术 .....</b>   | <b>189</b> |
| 第一节 防护技术 .....                        | 189        |
| 一、废旧毒剂的防护 .....                       | 189        |
| 二、放射性物质的防护 .....                      | 194        |
| 三、烟火弹药作业防护 .....                      | 200        |
| 第二节 洗消技术 .....                        | 201        |
| 一、洗消剂选择的原则 .....                      | 201        |
| 二、洗消方法 .....                          | 201        |
| 第三节 急救技术 .....                        | 203        |
| 一、毒剂中毒事故的急救 .....                     | 203        |
| 二、发烟燃烧弹药损伤事故的急救 .....                 | 207        |
| 三、刺激性防暴弹药损伤事故的急救 .....                | 209        |
| <b>第十二章 废旧危险化学品检测销毁技术应用效果评价 .....</b> | <b>211</b> |
| 第一节 技术运用效果评价 .....                    | 211        |
| 一、技术运用效果评价原理 .....                    | 211        |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 二、 $A$ 因子的判定 .....  | 213 |
| 三、 $U$ 因子的判定 .....  | 215 |
| 四、 $P$ 因子的判定 .....  | 218 |
| 五、 $T$ 因子的判定 .....  | 219 |
| 第二节 训练效果评估 .....    | 221 |
| 一、评价指标体系的建立原则 ..... | 221 |
| 二、指标体系的内容 .....     | 222 |
| 三、评价模型 .....        | 226 |
| 参考文献 .....          | 230 |
| 后 记 .....           | 235 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 研究意义和任务

世界各国的警察部队在反恐、防暴行动中经常会利用催泪弹、染色弹或催泪染色弹制服恐怖分子或犯罪分子以保护群众生命财产和维护社会治安，军队在核化生战争威胁条件下的训练中也会涉及到发烟弹、燃烧弹等特种弹药的储存与使用，这些弹药在影视拍摄、大型文化体育活动中也时常应用。我国是禁止化学武器公约的签约国，不生产、不储存化学武器，但在化武公约的许可范围内，可以开展对化学毒剂防护、救治的研究和训练。我国的废旧毒剂数量虽然很少，但是在客观上也构成了潜在的危险源，增加了部队管理的负担，一旦被恐怖分子利用或发生意外泄漏、爆炸事故，就会产生类似日本东京地铁沙林恐怖袭击事件一样的政治影响等难以预测的后果，严重威胁人民生命财产安全和影响国家安定；因此，必须加强对废旧特种危险化学品的监管，并从根本上彻底销毁废旧特种危险化学品。

废旧同种危险化学品检测销毁是一项技术性非常强的工作，是一项非常复杂的系统工程。毒物泄漏、弹药燃烧、爆炸等危险因素和危险环节众多，对安全管理和人员操作技术具有很高的要求；因此，开展这方面工作不仅要在理论上综合运用化学知识、电学知识、毒剂化学知识、化学防护知识、自动控

制理论、燃烧理论等多学科理论与知识，形成废旧危险化学品检测销毁理论，而且要创造性地研究废旧危险化学品检测技术、废旧毒剂焚烧处理技术、弹药解体技术、火工品烧毁技术、智能化指挥控制技术、信息技术、模拟化网络化训练等先进技术，形成废旧特种危险化学品检测销毁技术体系。

废旧特种危险化学品销毁是一门新兴技术，在销毁设备方面也处于边研制、边应用、边改进的发展阶段，因此，现阶段除了研制先进的专业销毁设备之外，还应在常规的火工品烧毁、化学制剂焚烧设备的基础上进行技术改造，并结合特种危险化学品毒性大、爆炸、燃烧风险高等特点进一步加强信息化管理、销毁作业指挥控制、销毁技术模拟训练等方面的建设，深入研究废旧危险化学品检测销毁的应用理论和应用技术，并立足于长远发展形成高效、优化的专业人才训练机制，不仅从理论上奠定先进的技术基础，而且从物质上形成强有力的信息化、模拟化训练保障。

废旧特种危险化学品检测销毁是一项非常重要而又特别艰巨的工作，以前很少开展过这方面的专门研究，既缺乏这方面的工作经验，也缺乏系统、正规的试验基础；因此，必须根据废旧危险化学品检测销毁工作的需要，进一步加强相关理论、技术研究，为危险化学品检测销毁工作奠定各方面所需的物质和技术基础，不断推动我国废旧危险化学品检测销毁工作向正规化、科学化和系统化发展，为促进和谐社会进步和国家经济建设发挥积极作用。

## 第二节 学科特点和体系结构

废旧危险化学品检测销毁是一项技术性非常强的工作，涉及到多学科、多专业基础理论和专业理论，需要构建废旧危险化学品检测与销毁应用理论体系，以指导废旧危险化学品检测销毁工作科学、安全地进行。

废旧特种危险化学品检测销毁的主要对象为废旧毒剂，发烟弹药和发烟器材，燃烧弹和催泪弹、染色弹等防暴弹药和废旧放射源等。从技术的角度而言，主要包括对毒剂、特种弹药和放射性物质的检测，对毒剂和特种弹药的销毁两个方面。其中特种弹药包括防暴弹药和烟火弹药。由于这些弹药中包含了烟火剂、毒剂刺激剂、染色剂等特种装药，在结构上比常规的弹药复杂得多，因此在检测销毁技术方面必须考虑到毒剂等有害物质泄漏的检测与处理、人员的中毒防护与急救等特种情况。在废旧危险化学品检测销毁作业中，检测与销毁作业同等重要，但是更多的工作和更严格的要求则主要表现在对毒剂和弹药的销毁过程。这种要求不仅体现为对销毁技术的选择，也体现在对作业安全、环境保护等方面有着严格的要求，而销毁作业的指挥与监控则是关系到整个销毁作业安全、有效的重要内容。

废旧危险化学品检测销毁是一项系统工程，涉及的仪器、设备型号多，操作技术复杂，尤其是面临的爆炸、中毒伤亡风险极高，而且销毁过程经过信息化处理后在程序、环节方面都有严格要求，为此，对于参予和承担废旧危险化学品检测销毁任务的专业技术人员和管理人员要进行系统化的、理论与实践相结合的技能训练与考核，从而对训练内容、训练方式、训练

组织、训练保障、训练考核等方面提出同样严格的要求，必须针对废旧危险化学品检测销毁工作的具体情况总结形成新的训练理论体系。综合以上分析，根据废旧危险化学品检测销毁的主要对象和业务范围，形成了废旧危险化学品检测理论、销毁理论、销毁作业指挥控制理论以及检测与销毁训练理论4个范畴的应用理论体系，如图1-1所示。

按照工作程序，任何废旧危险化学品在进行销毁之前均应按规定的程序进行检测，检测的目的是判明危险品的种类、型号和状况。对于种类不明确的毒剂或弹药，必须利用专业器材或化学分析的方法进行取样分析，根据判明的结果选择适当的销毁方法。对于易发生变形或破裂、泄漏的弹药与毒剂，则应进行分离、密封和标记等前期预处理，目的是为后继的运输、解体、销毁工作提供安全保证和警示。

目前国内外对毒剂的检测主要是采用生化分析仪和常规化学分析方法，根据其特征反应或特征官能团结构进行定性或定量分析以确定其种类和纯度。对废旧沙林、维埃克斯、芥子气等毒剂的检测立足于国内生产的侦毒器、侦毒纸以及含磷毒剂报警器等设备器材，对难以判定的毒剂种类则结合化学取样分析进行技术确认或者组合多种器材进行验证检测。

对于特种弹药的检测，应重点对烟火弹药和防暴弹药从外观和性能状况方面进行检测。检测的主要依据是有关《危险化学品检测销毁规范》，检测的主要方法为目测、工具测量和利用毒剂报警器、侦毒器等专业器材进行检测鉴定。国外在对化学武器的检测中已经大量应用X光照射技术以判断化学弹

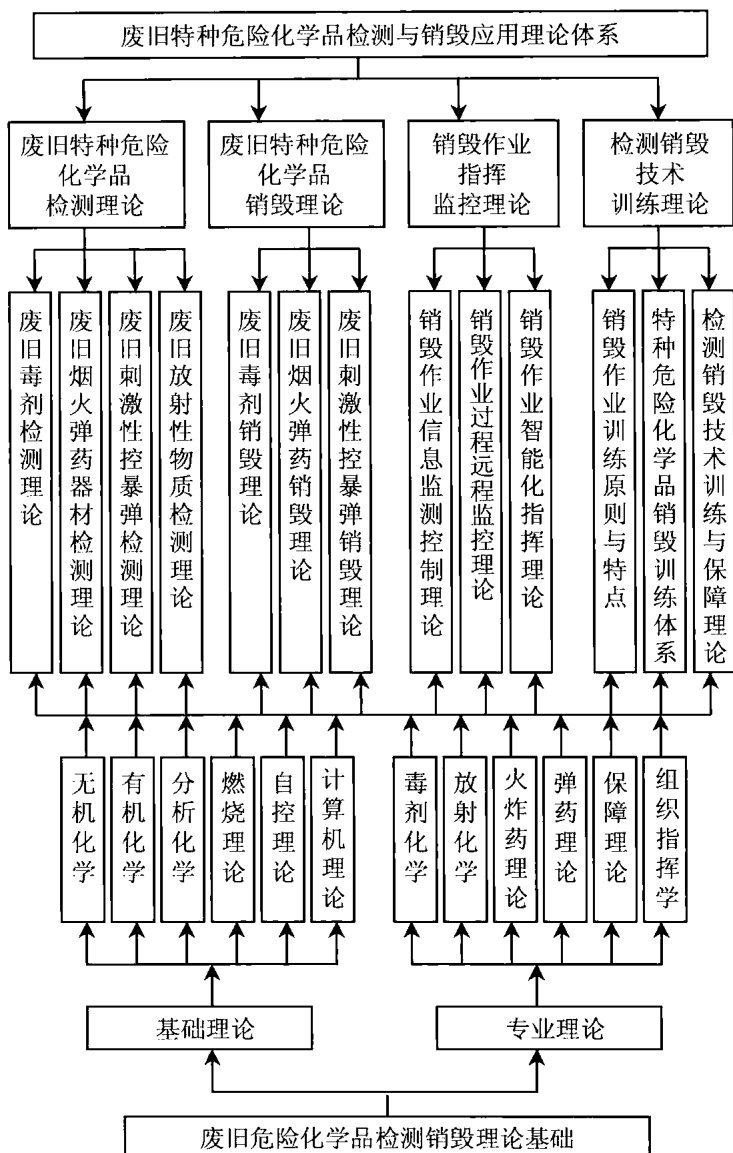


图 1-1 废旧危险化学品检测与销毁理论体系结构

药的内部结构和状况，这项技术亦可用于对废旧发烟弹、燃烧弹和防暴弹药进行检测。

废旧危险化学品在销毁之前经过检测、识别和分类标识、包装后，有利于根据其型号、状况选择正确的解体、分离、销毁处理及防护措施，确保在销毁之前和销毁过程中不发生事故。废旧危险化学品检测包括废旧毒剂检测、烟火弹药检测、防暴弹药检测以及废旧放射源的检测，总体上可以分为定性检测和定量检测。其中定性检测的主要目的是确认危险品的种类、型号和状况，而定量检测则是为了确定危险品的数量、质量和纯度等信息，为后续储藏与销毁提供安全处置的依据。从学科角度而言，废旧特种危险化学品检测销毁主要涉及到各种化学知识、火炸药、火工品和弹药结构知识以及燃烧理论、自动控制理论和训练理论等内容。在上述内容体系中，毒剂化学、分析化学、有机化学是废旧毒剂检测的理论基础，而放射性化学、放射性检测技术则是对废旧放射源进行检测的技术依据。废旧特种危险化学品销毁主要包括废旧毒剂焚烧处理、废旧弹药解体和废旧火工品烧毁等项内容，除了必须了解相关物质或者组分的燃烧、反应机理以外，还必须掌握烟火弹、防暴弹等特种弹药的典型结构和装药特性，因此，在加强废旧特种危险化学品检测销毁技术训练的同时，要强化对常见火炸药、火工品以及特种弹药结构等方面知识的理论研究与学习，从而使废旧特种危险化学品检测销毁作业具有较为系统的理论基础和更强的针对性、科学性和安全性。