

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2021.02.011

# 爆炸钢桶技术在爆炸物品销毁中的应用<sup>\*</sup>

朱福元<sup>①③</sup> 汪 泉<sup>②③</sup> 林朝键<sup>②</sup> 郭子如<sup>②③</sup>

①淮南舜泰化工有限责任公司(安徽淮南,232072)

②安徽理工大学化学工程学院(安徽淮南,232001)

③安徽省爆破器材与技术工程实验室(安徽淮南,232001)

[摘 要] 为降低销毁危险爆炸物时产生的振动、噪声以及有毒物质对周围环境的影响,研制了一种爆炸钢桶装置。爆炸钢桶为顶部半开口和无底结构,运用了半埋式或近似全埋式多爆炸钢桶逐桶起爆技术。采用爆炸钢桶技术能够显著降低爆破振动,减弱爆炸噪声,将爆炸产生的破片、残药集中在钢桶底部,便于收集和处理,减少对销毁场地环境的污染;可就近布置,提高了爆炸物品在销毁过程中的安全性、便捷性;减少了爆炸坑道开挖数量和次数,可节约资源、降低劳动成本、提高工作效率。

[关键词] 爆炸;振动;噪声;爆炸品销毁;爆炸钢桶

[分类号] TJ530.89;TD235.2<sup>+</sup>1

## Application of Explosive Steel Drum Technology in the Destructions of Explosives

ZHU Fuyuan<sup>①③</sup>, WANG Quan<sup>②③</sup>, LIN Chaojian<sup>②</sup>, GUO Ziru<sup>②③</sup>

①Huainan Shuntai Chemical Industry Co., Ltd. (Anhui Huainan, 232072)

②School of Chemical Engineering, Anhui University of Science and Technology (Anhui Huainan, 232001)

③Engineering Laboratory of Explosive Materials and Technology, Anhui Province (Anhui Huainan, 232001)

[ABSTRACT] In order to solve the destruction of the surrounding environment caused by the vibration, noise and toxic substances produced by the destruction of dangerous explosives, an explosion steel drum device was developed. The explosion steel drum has top half opening and no bottom structure, and the half buried or nearly fully buried multiple explosion steel drums one-by-one blasting technology was used. The explosive vibration and noise can be significantly reduced by using explosive steel drum technology. The fragments and residual drugs generated by the explosion are concentrated at the bottom of the steel drums to facilitate collection and treatment and reduce environmental pollution to the destruction site. It can be arranged nearby, which improves the safety and convenience of the explosive in the destruction process. This technology can also reduce the times of blasting tunnel excavation, save resources, reduce labor costs and improve work efficiency.

[KEYWORDS] explosion; vibration; noise; explosive destruction; explosive steel drums

### 引言

工业炸药和雷管是工程爆破以及矿山开采中必不可少的爆破材料。不少不法分子违法制造雷管、炸药,以此牟取暴利。违法生产爆炸品易造成意外爆炸事故,且违法生产的爆炸品的安全性能没有保障,使用中容易发生意外事故。这类炸药、雷管属于非法制造的危险爆炸品。此外,战争中遗留下来的

武器弹药也有很大的潜在危险<sup>[1]</sup>。安全销毁危险爆炸品且不对周围环境造成危害是爆炸品销毁亟需解决的问题<sup>[2-3]</sup>。

2015 年,安徽省某县一个简易非法电雷管生产厂家,因违法生产雷管造成意外爆炸事故,受到当地政府和警方的高度重视。该非法生产厂家位于某镇一废弃学校内,厂房四周 200~300 m 处为村庄,村庄和厂房之间为稻田,无其他建筑物。厂房与民房之间设有架空输电线,并且在厂房围墙内安有处于通

<sup>\*</sup> 收稿日期:2020-05-18  
第一作者:朱福元(1967-),男,高级工程师,主要从事爆破器材研发及管理工作。E-mail:HNSTZFY@163.com  
通信作者:汪泉(1980-),男,教授,主要从事爆炸力学与安全工程研究工作。E-mail:wqau@163.com

电状态的变压器,厂内存有 10 万余发雷管及其他爆炸品。

本文中,使用爆炸钢桶技术对该非法生产厂家遗留的 10 万余发雷管进行销毁,并且未对周围环境造成破坏及污染,可为类似安全销毁爆炸物品提供借鉴。

1 危险爆炸品销毁的前期准备工作

一般情况下,危险爆炸品处置及销毁的主要方法有爆炸法(含水下爆炸法)、燃烧法、掩埋法、水溶解法、化学分解法以及回收再利用法等<sup>[4-5]</sup>。查阅有关爆炸物品销毁的国家法律法规<sup>[6-10]</sup>,对爆炸物进行鉴定。

1.1 危险爆炸品种类

该非法生产厂留有基础雷管、引火药头、起爆药、猛炸药以及多种化学药剂和一些成分尚未判定的药剂。厂房内仍剩有 85 000 余发基础雷管(即在 8#雷管壳内已压装猛炸药、起爆药和加强帽,有一部分已压装延期体)、18 000 余发已涂药剂的刚性电引火药头。经现场清点发现,未制成雷管的半成品约 1 000 多发。其中,约 300 发装了起爆药,但未装加强帽;约 300 发装了加强帽,但未压药;约 300 发仅装了猛炸药。由燃烧试验推断,基础雷管结构的加强帽下为起爆药,起爆药下为猛炸药,其颜色稍微发蓝,疑为加入敏化剂所致。另外,还有多种化学药剂、雷管生产设备、厂房等危险源需及时销爆处理。

1.2 销毁方法的选择

由于爆炸品数量较多,燃烧法需要较长时间,且风险较高,故不考虑燃烧法。周围没有海洋,若运输到远处使用水溶法,则需要支付较高的运输费用,而且运输过程有很大隐患,所以也不考虑水溶法。由于危险爆炸品种类繁杂、数量较多,不宜采用回收再利用法。化学分解法以及掩埋法需要较长时间,数量太多,也不适用。综合考虑环境、经济和安全等方面的因素,最终采用爆炸法(使用爆炸钢桶防护)处理这批危险爆炸品。

1.3 场地的选择

按照就近原则,销毁场地选择距离厂房 100 m 以上的稻田里。销毁场地周围为村庄民房,距离大于 100 m,其间无其他建筑物、架空输电线、地下管线和行人道路。由于是在爆炸钢桶内销毁,对周围环境影响很小。

1.4 爆破振动的分析

采用爆炸钢桶技术可以控制或降低销毁过程的

有害效应,如产生的振动、冲击波、飞散物和噪声等。其中,爆破振动危害需着重考虑。由于实际爆炸销毁产生的地面振动与土岩爆破产生的振动传播方式上有所差异,但振速一定比未设置钢桶的同药量工况下小,不妨对爆破振动萨道夫斯基公式<sup>[7]</sup>进行修正,引入钢桶衰减系数  $K_0$ 。销毁引起的地面振动可以表示为

$$v = K_0 K \left( \frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R} \right)^{\alpha} \tag{1}$$

式中: $v$  为地面质点峰值振动速度,cm/s; $Q$  为销毁爆炸物品的 TNT 当量,kg; $R$  为振动监测点到爆源的距离,m; $K$  为与岩体性质有关的场地系数; $\alpha$  为衰减系数; $K_0$  为钢桶衰减系数,0 ~ 1。

本次爆炸销毁中,因采用逐桶起爆技术,校核时药量按单桶药量考虑,取  $Q = 0.2 \text{ kg}$ 。 $K$ 、 $\alpha$  取值分别为 150、1.7。取  $R = 100 \text{ m}$  计算,得  $v$  为 0.024 cm/s,小于 1.5 cm/s,符合 GB6722—2014 的要求。因此,爆炸销毁所产生的振动不会对周边建筑产生危害。实际销毁中,在距离钢桶 50 m 处操作间布设振动监测点,未得到振动数据,说明销毁工程产生的爆炸振动危害极小。

2 危险爆炸品销毁的技术方案

2.1 总体方案

1)采用近似全埋式爆炸钢桶技术销毁基础雷管及半成品,可有效地控制爆炸冲击波、振动及爆炸飞散物等危害效应,同时也消除了爆炸残留物的二次清查危险。

2)运用多个爆炸钢桶延时起爆技术进行销毁,以提高销毁效率。

3)每次销毁雷管数量以小盒(100 发)计,单个爆炸钢桶一次销毁雷管数量 100 发,根据试爆情况最多增加至 200 发;起爆药单次销毁最多不超过 150 g,使用 2 发雷管引爆,装在一个引爆药包内;引火药头单次销毁最多不超过 150 个,使用 2 发雷管和 50 g 乳化炸药引爆。

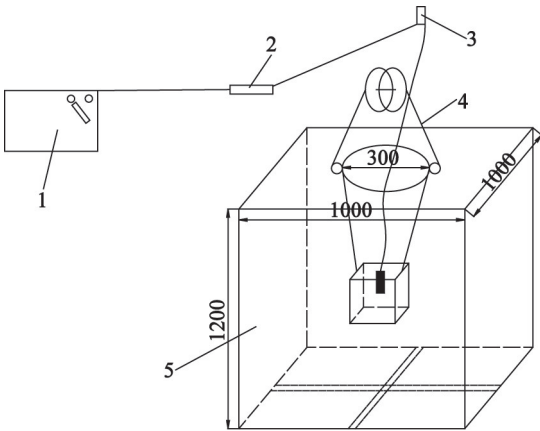
4)雷管搬运前,需对雷管进行喷水雾处理,以降低搬运危险;采用手提木箱人工搬运雷管,一次量不超过 600 发。

5)加工 6 个爆炸钢桶,布置在距厂房 100 m 外的稻田里,单排放置。钢桶采用全埋式,操作方便。

6)厂房内的设备、设施等采用喷淋水、地面洒水等措施进行销爆处理;起爆药合成玻璃器皿拆卸前先用水冲洗,废液用化学分解法处理。

2.2 爆炸钢桶设计

爆炸钢桶为长方体,采用 20 mm 厚高强度钢板焊接而成。上桶盖尺寸 1 000 mm × 1 000 mm,并在中心处开设直径为 300 mm 的孔,孔口处焊接悬吊钩子,以便于悬吊待销毁雷管。销毁时,孔口附近应作防护,以防止雷管破片伤人。钢桶高 1 200 mm,钢桶下部无底,但需加十字钢条固定,两端用螺栓固定,以免钢桶下部受多次爆炸作用而撑裂。爆炸钢桶焊接处应用角铁加固。如图 1 所示。



1 - 发爆器;2 - 导爆管雷管;3 - 反射四通;  
4 - 悬吊钩子;5 - 爆炸钢桶。

图 1 爆炸钢桶示意图(单位:mm)

Fig. 1 Schematic diagram of explosive steel drum( unit:mm)

2.3 起爆网路

采用人工挖坑安置爆炸钢桶。爆炸钢桶一排放置,数量 6 个。桶距 5.0 m 以上,以保证各个钢桶销毁前准备工作互不影响,并且将爆炸源危害效应相对隔开。各个爆炸钢桶准备完毕后一次延时起爆。采用逐桶延时起爆,每个钢桶内全部采用瞬发导爆管雷管,钢桶外起爆用雷管全部采用毫秒延期导爆管雷管(4 段)。待销毁的盒装雷管四周缠绕 3 层黑

胶带约束,且采用 2 发合格雷管起爆,提高了销毁可靠性。通过雷管侧向殉爆效应特点研究<sup>[11]</sup>以及现场试验可知,2 发雷管可以实现完全起爆,即使有未爆雷管,因销毁残物集中在桶底部,最后将底部残物和土用挖机挖起,采用焚烧的办法处理,确保万无一失。一次起爆待销毁雷管以盒装计量,不得拆成零散状态销毁。网路连接采用反射四通<sup>[12]</sup>,见图 2。

3 危险爆炸品的销毁效果

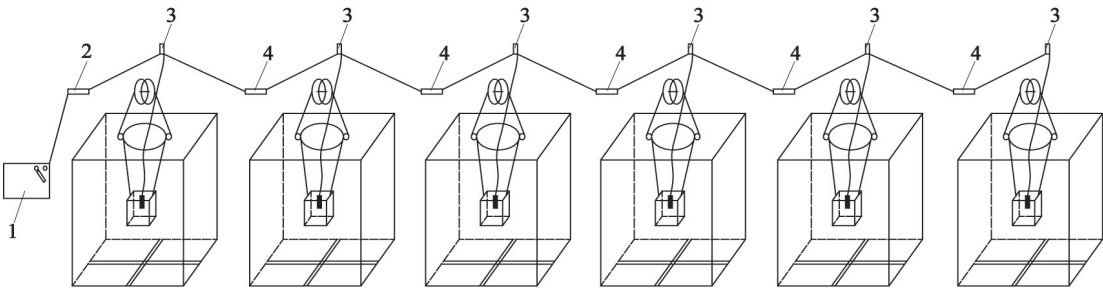
销毁场周围为村庄民房,距离大于 100 m。爆炸钢桶采用顶部半开口和无底结构,运用半埋式或近似全埋式,发挥较好的作用;顶部半开口处可覆盖沙袋来降低爆炸噪声和约束爆炸飞片,爆炸能量通过底部开口、顶部半开口泄放,以及钢桶自身起跳做功消耗;而钢桶侧壁隔断爆炸冲击波传播、衰减爆炸振动。因此,采用爆炸钢桶技术能够显著降低爆炸振动,减弱爆炸噪声,将爆炸产生的破片、残药集中在钢桶底部,便于收集、处理、分析,降低对销毁场地环境的污染。

销毁过程中未对周边环境的人员、建筑物产生危害,销毁效果达到预期目标。

4 结论

通过使用爆炸钢桶技术销毁爆炸品,可得出以下结论:

1)爆炸钢桶建造成本低廉,且挪动灵活。该工程涉及的爆炸钢桶加工制造仅需几百千克钢材,单个爆炸钢桶费用不到 1 万元,建造成本相对低廉。爆炸钢桶布设对场地要求低,可就近销毁,提高销毁的安全性、便捷性。



1 - 发爆器;2 - 导爆管雷管;3 - 反射四通;4 - 传爆雷管。

图 2 多爆炸桶、逐桶延期起爆网路连接图

Fig. 2 Connection diagram of drum by drum delay initiation system with several steel drums

seismic wave vibration reduction [J]. Journal of Vibration and Shock, 2019, 38 (3): 96-101,124.

[6] 田振农,孟祥栋,王国欣. 城区隧道电子雷管起爆错相减震机理分析[J]. 振动与冲击,2012,31(21):108-111.

TIAN Z N, MENG X D, WANG G X. Mechanism analysis of fault-phase vibration reduction for tunnel blasting initiated by electronic detonators in city area[J]. Journal of Vibration and Shock, 2012,31(21): 108-111.

[7] 许红涛,卢文波,陈明,等. 雷管延期误差引起爆破震动叠加问题的遗传算法研究[J]. 岩土力学,2008,29(7):1900-1904.

XU H T, LU W B, CHEN M, et al. Study on superposition effect of blasting vibration induced by delay error of detonators using genetic algorithm[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008,29(7): 1900-1904.

[8] 施建俊,李庆亚,张琪,等. 基于 Matlab 和 BP 神经网络的爆破振动预测系统[J]. 爆炸与冲击,2017,37(6):

1087-1092.

SHI J J, LI Q Y, ZHANG Q, et al. Forecast system for blasting vibration velocity peak based on Matlab and BP neural network [J]. Explosion and Shock Waves, 2017, 37(6): 1087-1092.

[9] 张小军,袁绍国,王晓,等. 基于 VB 技术的立井爆破软件的设计与实现[J]. 煤炭技术,2016,35(6):206-208.

ZHANG X J, YUAN S G, WANG X, et al. Design of vertical tunnel blast software based on VB [J]. Coal Technology, 2016,35(6): 206-208.

[10] 李玉芹,郭恩栋,于天洋,等. 基于 VB 6.0 的供水管网震害预测方法和软件[J]. 自然灾害学报,2020,29(1):72-78.

LI Y Q, GUO E D, YU T Y, et al. Earthquake damage prediction method and software for water supply pipeline network based on VB 6.0 [J]. Journal of Natural Disasters, 2020,29 (1): 72-78.

(上接第 57 页)

2) 爆炸钢桶技术能够显著控制爆炸危害效应。由于在爆炸钢桶内进行雷管销毁,筒体上端泄爆口较小(Ø300 mm),加上严格控制一次引爆雷管数量,爆炸冲击波、爆炸振动、雷管破片等有害效应能够得到有效的控制。

3) 爆炸钢桶技术能够显著提高销毁工作效率。不同于沙堆覆盖、开挖爆炸坑等方式,爆炸钢桶技术减少了爆炸坑道的开挖数量和次数,可节约资源、降低劳动成本、提高工作效率。

参 考 文 献

[1] 王新建. 爆炸物品爆炸燃烧销毁研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2012, 18(3):39-42.

[2] 郑耀勇. 水下爆炸法销毁废旧炮弹技术研究[J]. 工程爆破, 2019, 25(1):74-79.

ZHENG Y Y. Research on technology of destroying waste cannonballs by underwater explosion [J]. Engineering Blasting, 2019, 25(1):74-79.

[3] 肖明甫. 废弃爆炸物品销毁处置及风险控制研究[J]. 采矿技术, 2018, 18(5):222-224.

[4] 李金明,雷彬,丁玉奎. 通用弹药销毁处理技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2012.

[5] 汪泉,郭子如,黄文尧. 浅谈民用爆破器材的销毁

[J]. 爆破, 2004, 21(4): 89-90,99.

WANG Q, GUO Z R, HUANG W Y. Preliminary discussion on the destruction of the civil explosive materials [J]. Blasting, 2004,21(4):89-90,99.

[6] 民用爆炸物品工程设计安全标准:GB50089—2018 [S]. 北京:中华人民共和国国家标准, 2018.

[7] 国家安全生产监督管理局. 爆破安全规程:GB6722—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

State Administration of Work Safety. Safety regulations for blasting:GB6722—2014 [S]. Beijing: Standards Press of China,2014.

[8] 娄建武,龙源. 废弃火炸药和常规弹药的处置与销毁技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2007.

[9] 民用爆炸物品安全管理条例[Z]. 北京:中华人民共和国国务院, 2006.

[10] 公安部治安管理局. 爆炸物品安全监管执法手册 [M]. 北京:群众出版社, 2014.

[11] 朱顺官,牟景艳,吴幼成. 雷管侧向殉爆效应特点研究[J]. 火工品,2004(2):33-35.

ZHU S G, MU J Y, WU Y C. Studies on characteristics of side sympathetic explosion of detonators[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2004(2):33-35.

[12] 汪泉,汤有富,郭子如,等. 一种民用爆炸物品销毁装置及销毁方法:CN 201610466025. X[P]. 2016-10-12.