

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2020.04.022

销毁废旧炮弹及危险爆炸物品的设计与实践

周晓光,董恒超,何 泽,廖述能,李昱捷
(湖南铁军工程建设有限公司,长沙 410000)

摘 要: 为保护人民财产安全,对废旧炮弹、过期民用爆炸物品采用爆破法集中销毁。对待销毁物品进行分类,分别布置于 9 个诱爆坑,通过估算诱爆药量及待销毁废旧炮弹的 TNT 当量,计算确定诱爆坑间隔长度 12 m。采用毫秒延期爆破网路,对销毁过程中产生的爆破振动及个别飞散物进行安全校核,成功销毁各种废旧航(炮)弹共 49 枚,CO₂ 制裂剂加热器 163 支,各类雷管 19 000 发。

关键词: 废旧炮弹;爆炸销毁;爆炸物;诱爆坑

中图分类号: TD235.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2020)04-0132-06

Design and Practice of Destroying Waste Cannonballs and Dangerous Explosives

ZHOU Xiao-guang, DONG Heng-chao, HE Ze, LIAO Shu-neng, LI Yu-jie
(Hunan Tiejun Engineering Construction Co Ltd, Changsha 410000, China)

Abstract: To ensure the safety of people's property, the dilapidated cannonballs and expired civilian explosives are usually destroyed concentratedly by blasting. The items to be destroyed are classified and arranged in 9 detonation pits. The length of detonation pits is calculated as 12 meters by estimating the amount of explosive to be detonated and the TNT equivalent of waste cannonballs to be destroyed. The blasting vibrations and individual flying objects generated during the blast were checked for safety. Totally 49 various used aviation (cannon) shells, 163 CO₂ crack-ing agent heaters, and 19 000 detonators of various types were successfully destroyed.

Key words: discarded cannonballs; destruction by explosion method; explosives; hole for induced explosion

近年常德在各类建设施工及航道开挖过程中,发现各种不同型号、种类的废旧航弹、炮弹、手榴弹等危险物品。同时,公安机关还收缴非法、过期雷管及 CO₂ 制裂剂加热器。为消除其对人民生命财产安全带来的严重隐患,委托我单位对上述各类爆炸物品进行集中统一销毁^[1,2]。

1 销毁方案选择

1.1 待销毁爆炸物明细

根据现场勘查,废旧炮(炸)弹在销毁前经过专

家进行逐个鉴别,鉴别的作用主要有以下作用:①判断待销毁炮弹中是否有化学弹、燃烧弹,如果有化学弹、燃烧弹需另外处理。②判断废旧炮弹是否稳定,并对特别危险的炮弹进行特殊处理,确保运输、销毁过程中的安全。③对形状相似的假炮弹(教练弹、空弹壳)进行鉴定^[3,4]。

本次待销毁的各种废旧航(炮)弹共 49 枚,CO₂ 制裂剂加热器 163 支,各类雷管 19 000 发。详见表 1 所示。

1.2 销毁方案选择

废旧炮弹及民用爆炸物品的销毁方法通常有燃烧法、爆炸法和化学分解法。而燃烧法及化学分解法常用于销毁不带外壳的废旧炮弹及民用爆炸物

收稿日期:2020-07-04

作者简介:周晓光(1987-),男,工程师、博士研究生,主要从事工程爆破,(E-mail)10276272@qq.com。

品,若用于带有外壳废旧炮弹需预先对其进行拆卸,清洗残药,整个过程环保效果较好,但效率低、危险性大。

表 1 待销毁爆炸物明细表
Table 1 The list of explosives

种类	数量/枚	弹径/mm	弹长/mm
航弹	7	450	900
航弹	1	200	900
航弹	1	100	700
航弹	1	100	500
炮弹	1	64	200
炮弹	1	143	1100
炮弹	1	137	570
炮弹	1	80	300
迫击炮弹	32		
手榴弹	3		
总计	49		
CO ₂ 制裂剂加热器	163 支		
雷管	19 000 发		

待销毁废旧炮弹存在年份跨度较大、识别难度高的特点,强行拆除极有可能引发意外爆炸事故。综上所述,采用爆炸法对废旧炸弹及其他爆炸物品销毁在山坳里开挖坑体内。

2 销毁方案

2.1 销毁场地选择

销毁场地是选择应具备以下几个条件:

- 1) 远离居民区、高压电线、人员、车辆,选择建筑物稀少的开阔地方,便于安全、警戒,场地具有安全屏障更佳。
- 2) 交通便利,道路较好,便于载重车辆、人员进出。
- 3) 隐蔽性好,能有效的抑制冲击波的传播和碎片的飞散。

经过勘察选择,最终确定销毁场所在常德市武陵区白石村槐树岗附近的山坳里,选取本销毁场所主要有以下几个优点:周边环境较好。该位置位于山区,周边居民较少。在销毁地点南偏西约 600 m 处有民房,东边约 750 m 处有民房。该销毁地点为山区的山坳中,除出口一条路外,其他面都已形成陡坡,形成天然屏障,可有效阻挡爆破冲击波及爆破飞散物。

2.2 弹药装运方案

2.2.1 销毁物品的分类包装

对待销毁的爆炸物品要分类进行包装,以便运输。包装原则:

1) 已有包装且包装完好的要保持原样;对包装损坏的要进行修补;未进行包装的爆炸物品特别是起爆器材和各类雷弹要分门别类进行包装。

2) 包装采用木箱,使之稳固。

3) 对保险解除、起爆装置外露、引信未脱落的雷弹实行特殊包装,即外用牢固木箱装入弹药,四周用木屑或软质材料填充固定,使弹药在箱内不能滚动,保险、引信、起爆装置不要触及,以保证安全。

包装爆炸物品时(特别是废旧雷弹)一定要轻拿轻放,严防在包装的过程中爆炸物品从手中脱落;封装好后,在木箱上要标明所装爆炸物品的种类、数量及其他要注意的事项,并分类放置,方便装车;木箱最好用胶进行封粘,不允许用铁皮进行包裹。

2.2.2 销毁物品的运输

运输时严禁磕、碰、摔、撞、滚、抛掷,要轻拿轻放;尤其对于引信部位,更要保证其绝对不与其它物体碰撞,具体可采用如下一些措施^[5-7]。

(1) 选用减振性能和刹车性能好的车辆运输待销毁的危险品。

(2) 为了减轻车辆的颠簸程度,避免木箱之间相互碰撞,可以在车厢中装适量的细砂,木箱埋入细砂中,木箱与木箱之间的距离不小于 30 cm;车厢用帆布进行封闭覆盖。

(3) 行车路线要避开闹市区和交通拥挤的区域;道路要平整;车辆运行速度在能见度好时不超过 40 km/h,能见度低时减半;行车用警务车开道。

(4) 木箱都用人工装卸,要轻拿轻放,严禁抛掷。

要事先全面掌握路面情况、沿途周边公共安全条件、警戒的便利性等情况,避开拥堵时间和路段,配备开道、押尾警车,以保证运输过程流畅顺利,不发生强烈震动、急刹车、滞留、加塞、冲撞、追尾等危险情况。危爆运输车应严格遵守《爆破安全规程 GB6722—2014》中运输要求,炸药运输车和雷管运输车及开道、押尾警车要保持 50 m 行车距离。根据必要实行临时交通管制措施,禁止使用警车或不符合安全要求的车辆运输爆炸物品。待销毁的爆炸物品应当尽量整箱、整包运输,性质相抵触的爆炸物品不得同车运输。

2.3 诱爆坑设计及炮弹放置

2.3.1 废旧炮弹及加热器放置方法及具体布置

诱爆坑内炮(弹)弹摆放原则为:小弹在下、大弹在上,弹药要求摆放整齐,接触紧密。

其中七枚 45 cm 直径的大型航弹以每坑一个的数量分别放入七个诱爆坑中,其余小型弹药均匀摆

放在七个诱爆坑内。装药、雷管设置好后,上部覆土,坑上面覆盖松土的厚度不得小于 3 m。诱爆坑内炮弹及诱爆炸药的放置方法如图 1 所示。各诱爆坑销毁的爆炸物品如下表 2 所示。

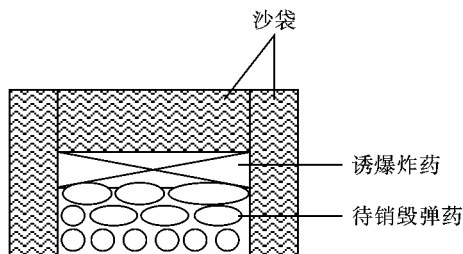


图 1 炸药设置示意图

Fig. 1 The method of installation

表 2 销毁炮弹爆坑分布

Table 2 Arrangement for destruction of explosives

种类 坑号	航弹	炮弹、手榴弹	CO ₂ 制裂剂 加热器
1	450 mm 弹径 1 枚、 200 mm 弹径 1 枚		19 支
2	450 mm 弹径 1 枚、 100 mm 弹径 1 枚		24 支
3	450 mm 弹径 1 枚、 100 mm 弹径 1 枚		24 支
4	450 mm 弹径 1 枚	迫击炮弹 8 枚、 炮弹 1 枚、 手榴弹 1 枚	24 支
5	450 mm 弹径 1 枚	迫击炮弹 8 枚、 炮弹 1 枚、 手榴弹 1 枚	24 支
6	450 mm 弹径 1 枚	迫击炮弹 8 枚、 炮弹 1 枚、 手榴弹 1 枚	24 支
7	450 mm 弹径 1 枚	迫击炮弹 8 枚、 炮弹 1 枚	24 支
合计	各类航弹 10 枚	迫击炮弹 32 枚、 其余炮弹 4 枚、 手榴弹 3 枚	163 支

2.3.2 诱爆坑药量及诱爆药量计算

对于一些可辨识弹型的炮弹、手榴弹等,可以通过查有关技术手册来确定其装药量。对于一些无法辨识弹型的废旧炮弹,可以利用下式近似估算其装药的 TNT 当量^[8]

$$Q = S(S - L_r)\beta\gamma$$

式中: Q 为等效 TNT 当量, kg; S 为炮弹弹体最大横截面积, cm²; L 为炮弹弹体长度, cm; L_r 为弹头

长度, cm; β 为当量系数, 取 1.00 ~ 1.35; γ 为装药换算系数, 取 0.99。

经过初步估算, 本次废旧炮弹单总装药量大约折合 TNT 当量 630 kg。

依据废旧炮弹种类、有无引线等具体情况, 诱爆药量的使用如表 3。

表 3 爆破器材诱爆药量参考表^[5]

Table 3 Explosives quantities inducted of blasting materials

弹药种类	航弹/枚	诱爆单耗量/kg	诱爆药量/kg
炮弹	49	1.0 ~ 2.0	105
子弹	-	0.01	-

诱爆炸药采用 32 mm 的 2 号岩石乳化炸药, 捆成集团装药, 每个坑放置 10 个集团装药共 15 kg 诱爆炸药。每个集团装药用 1 发 15 段导爆管雷管起爆。

2.3.3 诱爆坑设计

根据待销毁爆炸物品数量直径, 结合场地实际情况及类似销毁经验, 采用机械开挖布设 9 个诱爆坑。

诱爆坑尺寸要求长宽高不少于 2.0 m 具体尺寸为: 2.0 m × 2.0 m × 3.0 m。

诱爆坑间距不少于 5.0 m, 依据公式

$$L = UQ_i^{1/2}$$

式中: L 为诱爆坑距离, m; Q_i 为单个诱爆坑内主装药与诱爆药量总和约为 90 kg; U 为调整系数, 取 1.2。

依据安全殉爆距离要求诱爆坑间距 11.38 m, 现场布置诱爆坑间距 12.0 m。

2.3.4 废旧雷管销毁装药设置

销毁导爆管雷管时, 应在安全地点将雷管的脚线剪下, 并做简单的包装, 先装入 50 cm × 50 cm × 100 cm 的木箱中, 再放入诱爆坑内。销毁场地要尽可能平坦, 不要有碎石、杂草、水坑, 以便收集炸飞的雷管。对收集起来未爆或半爆雷管, 要集中加大诱爆药量, 重新进行炸毁。导爆管待所有雷管销毁后燃烧销毁。

销毁场地共设 2 个雷管诱爆坑, 分别为 6 号、8 号诱爆坑, 每个诱爆坑放药 3.75 kg 乳化炸药诱爆, 每坑用 2 枚 15 段导爆管雷管起爆。雷管设置好后, 上部压一层沙袋^[9,10]。

2.4 起爆网路设计

本次销毁预设置 9 个诱爆坑。销毁起爆网路为诱爆坑内装 15 段导爆管雷管, 坑外用 3 段导爆管雷管过桥的起爆网路, 采用起爆器激发。各坑所用雷

管段别及数量见表 4 所示,网路图如图 2 所示。需 MS15 段导爆管雷管 100 发,MS3 段导爆管雷管 20 发,MS1 段导爆管雷管 2 发^[11]。

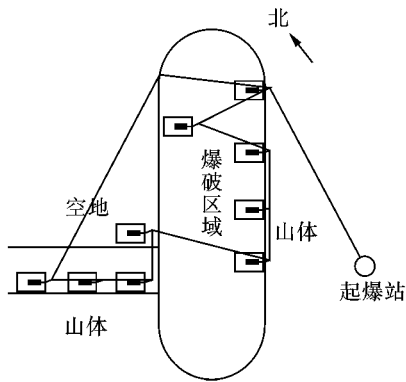


图 2 爆炸法销毁爆炸物平面示意图
Fig. 2 Schematic diagram of explosives distribution

表 4 雷管段别及延期时间
Table 4 The type of detonator

坑号	段别 (起爆管)	数量	段别 (连接管)	数量
1	MS15	10	MS1	2
2	MS15	10	MS3	2
3	MS15	10	MS3	2
4	MS15	10	MS3	2
5	MS15	10	MS3	2
6	MS15	2	MS3	2
7	MS15	10	MS3	2
8	MS15	2	MS3	2
9	MS15	10	MS3	2
点火站			MS1	2

3 作业安排

销毁工作具体时间安排见表 5,器材及工具见表 6、表 7。

表 5 作业计划表
Table 5 Work schedules

时间	工作内容	地点	要求及注意事项
第一天	上午 向现地开进		带起爆器材。
	销毁现场熟悉情况、明确分工	销毁场	各组人员熟悉地形道路、分工。
	下午 弹药分检装箱、装车	弹药库	准备好包装箱、绳索等;具体要求见规程; 公安协助并警戒。
	晚 推演第二天行动	驻地	明确分工、提出要求、检查器材。
第二天	向销毁场开进	至销毁场	行驶路线及车距车速见规程;交警负责路口调整,防交通堵塞。
	卸弹置坑	销毁现场	工人在专家指导下搬运及置坑。
	点火准备	销毁现场	导通、连接到位。
	点火起爆	点火站	起爆完成,等待 15 min 后,现场技术人员前去检查爆炸效果和是否着火并报告总指挥;各警戒点报告安全情况。

表 6 销毁爆炸物品所需器材表^[6]
Table 6 Required equipment tables

序号	名 称	数 量	落实人
(一)爆破器材			
1	2 号岩石乳化炸药	120kg	
2	雷管	200 发	
3	导线	600 m	
4	起爆器	2 个	
(二)防护材料			
5	编织袋	300 个	
6	扎口绳	300 根	
7	细沙	3 吨	

4 爆破安全核算

4.1 爆破振动安全验算

本次销毁周边环境较好,离销毁地点最近为 600 m 民房,本次销毁单个诱爆坑废旧弹药和诱爆药包总当量不超过 140 kg,此方案按 140 kg 进行验算,根据萨道夫斯基经验公式

$$v = k \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha$$

式中: v 为被保护目标的安全振动速度,cm/s; k 为岩石介质系数,选 200; α 为爆破衰减系数,取 1.57; Q 为最大单段药量,取 140 kg; R 为爆破中心到保护对象的距离,取 600 m。

经过计算, $V = 0.12$ cm/s,小于《爆破安全规

程》中允许的质点最大振动速度 2 cm/s。本次爆破销毁的最大爆破振动满足相关要求。

表 7 销毁爆炸物品所需工具表
Table 7 The list of required tools

序号	名称	规格与型号	单位	数量	备注
1	旗帜	1 m×0.8 m	面	10	
2	安全帽或头盔	塑料	顶	15	
3	工兵锹		把	6	
4	小十字镐		把	6	
5	雷管包装箱	木质	个	6	
6	点火机		部	2	
7	欧姆表		部	2	
8	导电线	双股	m	600	
9	剪刀		把	6	
10	雷管钳		把	6	
11	塑料电工胶布	3m	卷	10	
12	对讲机		部	7	
13	卡车		辆	2	带灭火器
14	工作车		辆	2	
15	救护车		辆	1	

4.2 空气冲击波

空气冲击波距离可按下式计算

$$R = K \sqrt[3]{Q}$$

式中: R 为人员及建筑物距离爆源的安全距离, m; K 为相关安全调整系数, 无掩体取 30; Q 为最大单段起爆药量, 取 140 kg; 经过计算 $R = 155.8$ m。空气冲击波的影响单位小于销毁点距离保护对象的最小距离。

5 爆破销毁总结

通过定量化的爆破销毁设计和精心的爆破施工, 在有关公安机关人员及技术人员的监督参与下, 本次成功销毁废旧航(炮)弹共 49 枚, CO_2 制裂剂加热器 163 支, 各类雷管 19 000 发。对整个销毁过程有如下体会:

(1) 认真进行销毁爆炸物品分类, 布置于诱爆坑。诱爆药在上, 销毁药在下。同时小弹在下、大弹在上, 弹药要求摆放整齐, 接触紧密^[12]。

(2) 诱爆坑覆盖合理: 上部采用松土覆盖, 覆盖厚度不少于 3 m。确保防护安, 同时便于销毁后的检查工作。

(3) 销毁物品装运过程中需要严格按照装运要求操作, 足够数目的专业技术人员进行现场监督, 确保至销毁地点之前的安全。提前与公安机关和交警部门协调沟通, 保证运输过程安全畅通, 避免紧急刹车变速的情况。

(4) 卸弹过程, 将待销毁的弹药卸车后直接人工搬运至诱爆坑。运弹员工在作业前要对其提出要求, 明确职责、注意事项, 挂牌上岗。在搬运中要防止人员摔跤^[13]。

(5) 销毁爆破后, 经过不少于 15 min 的安全通风后, 由爆破人员及设计技术人员对销毁现场进行检查, 编写检查报告。

参考文献 (References)

- [1] 汪旭光. 爆破设计与施工[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011.
- [2] 于亚伦. 工程爆破理论与技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004: 326.
- [3] 国家安全生产监督管理局. GB6722—2014 爆破安全规程[M]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [3] State Administration of Work Safety. GB 6722—2014 Safety regulations for blasting[S]. Beijing: China Standards Press, 2015. (in Chinese)
- [4] 刘 鹏. 废旧弹药爆破销毁技术综述[J]. 工程爆破, 2011, 17(1): 86-89.
- [4] LIU P. Overview on the technology of blasting destruction abandoned ammunition[J]. Engineering Blasting, 2011, 17(1): 86-89. (in Chinese)
- [5] 由 强. 废旧炮弹销毁分析[J]. 工程爆破, 2010, 16(3): 90-92.
- [5] YOU Q. Analysis of waste cartridge de-struction[J]. Engineering Blasting, 2010, 16(3): 90-92. (in Chinese)
- [6] 王 泳. 废旧弹药销毁的组织与实施[J]. 采矿技术, 2015, 15(3): 93-95.
- [6] WANG Y. Organization and implementation of waste cartridge de-struction[J]. Mining Technology, 2015, 15(3): 93-95. (in Chinese)
- [7] 章克凌, 徐 春. 炮弹的辨识与销毁当量估算[J]. 爆破, 2003, 20(2): 84-86.
- [7] ZHANG K L, XU C. Discrimination and equivalent charge estimation of bygone aero-bomb and shell[J]. Blasting, 2003, 20(2): 84-86. (in Chinese)
- [8] 中国兵器工业总公司. GJB5120—2002 废火药、炸药、弹药、引信及火工品处理、销毁与 C 运安全技术要求[S]. 北京: 兵器工业出版社, 2002.
- [8] China Ordnance Industry Corporation. GJB 5120—2002 Safety technique requirements of disposition, destruction, storage and transportation for wasted propellant, explosive, ammunition, fuze and explosive initiator[S]. Beijing: Weapon Industry Press, 2002. (in Chinese)
- [9] 刘殿中, 杨仕春. 工程爆破实用手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [10] 杨 军, 苏 平, 李萍丰, 等. 诱爆销毁废旧炮(航)弹

- 的爆破设计及组织实施[J]. 工程爆破, 2005, 12(4): 84-87.
- [10] YANG J, SU P, LI P F, et al. Organization and implementation of trigger waste cartridge de-struction[J]. Engineering Blasting, 2005, 12(4): 84-87. (in Chinese)
- [11] 周仁金. 爆炸法销毁废旧炸弹技术和实践启示[J]. 警察技术, 2019, 11(6): 86-88.
- [11] ZHOU R J. Technical and practical implications of waste cartridge de-struction [J]. Police technology, 2019, 11(6): 86-88. (in Chinese)
- [12] 张 炜. 爆炸法销毁废旧炮弹的实施过程及效果[J]. 工程爆破, 2019, 11(12): 87-90.
- [12] ZHANG W. Implementation process and effect of waste cartridge de-struction [J]. Engineering Blasting, 2019, 11(12): 87-90. (in Chinese)
- [13] 何贤辉, 宋志伟, 宋彦超, 等. 废旧炮弹销毁分析与施工[J]. 价值工程, 2015, 12(18): 157-159.
- [13] HE X H, SONG Z W, SONG Y C, et al. Analysis and construction of discarded bombs destruction[J]. Value Engineering, 2015, 34(35): 157-159. (in Chinese)

英文编辑: 袁必和

(上接第93页)

(3) 本次工程采用的安全防护措施起到了良好的效果, 保证了周边的建(构)筑物安全, 为类似防护工程提供了实际的施工借鉴。

参考文献 (References)

- [1] 王 浩, 李爱群. ANSYS 大跨度桥梁高等有限元分析和工程实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 62-63.
- [2] 高 黎, 张英才, 袁绍国. 连霍高速天桥爆破拆除技术[J]. 爆破, 2014, 31(3): 110-113.
- [2] GAO Li, ZHANG Ying-cai, YUAN Shao-guo. Explosive demolition of Lian-huo highway overpass bridge[J]. Blasting, 2014, 31(3): 110-113. (in Chinese)
- [3] 甄梦阳, 李本伟, 陈德志, 等. 1160 m 长城市高架桥爆破拆除[J]. 爆破, 2017, 34(2): 91-95.
- [3] ZHEN Meng-yang, LI Ben-wei, CHEN De-zhi, et al. Explosive demolition of 1160 m long urban viaduct [J]. Blasting, 2017, 34(2): 91-95. (in Chinese)
- [4] 张勤彬, 程贵海, 刘思远, 等. 跨航道桥梁的爆破拆除[J]. 爆破, 2018, 35(4): 78-83.
- [4] ZHANG Qin-bin, CHENG Gui-hai, LIU Si-yuan, et al. Blasting demolition of bridges across channels [J]. Blasting, 2018, 35(4): 78-83. (in Chinese)
- [5] 刘国军, 梁 锐, 杨元兵. 复杂环境下钢筋混凝土简支梁式桥爆破拆除[J]. 爆破, 2017, 34(4): 115-119.
- [5] LIU Guo-jun, LIANG Rui, YANG Yuan-bing. Explosive demolition of reinforced concrete simply supported beam bridge under complex environment [J]. Blasting, 2017, 34(4): 115-119. (in Chinese)
- [6] 池恩安. 下承式 80 m 拱肋公路桥组合爆破拆除技术[J]. 爆破, 2010, 27(1): 72-75.
- [6] CHI Enan. The 80 m under-supported arch rib road bridge constitute blasting demolition technology [J]. Blasting, 2010, 27(1): 72-75. (in Chinese)
- [7] 茆恒阳, 郑德明, 廖和平, 等. 复杂环境下 350 m 钢筋砼桥梁爆破拆除[J]. 爆破, 2019, 36(4): 108-111.
- [7] MO Heng-yang, ZHENG De-ming, LIAO He-ping, et al. Blasting demolition of a 350 m reinforced concrete simply supported beam bridge in complex environment [J]. Blasting, 2019, 36(4): 108-111. (in Chinese)
- [8] 王春玲, 张英才, 李壮文. 黑石渡浏阳河大桥控制爆破技术[J]. 爆破, 2013, 30(3): 96-99.
- [8] WANG Chun-ling, ZHANG Ying-cai, LI Zhuang-wen. Control blasting technology in blackstone Kuantu Liu-yang River Bridge [J]. Blasting, 2013, 30(3): 96-99. (in Chinese)
- [9] 李本伟, 周祥磊, 王 琪, 等. 钢结构锅炉框架爆破排险[J]. 爆破, 2020, 37(2): 97-102.
- [9] LI Ben-wei, ZHOU Xiang-lei, WANG Qi, et al. Danger removal by blasting for steel structure boiler frame [J]. Blasting, 2020, 37(2): 97-102. (in Chinese)
- [10] 赵明生, 龙 源, 贾永胜, 等. 预应力混凝土连续梁桥控制爆破拆除[J]. 爆破, 2015, 32(4): 103-109.
- [10] ZHAO Ming-sheng, LONG Yuan, JIA Yong-sheng, et al. Control blasting technology for bridge with prestressed continuous concrete beams [J]. Blasting, 2015, 32(4): 103-109. (in Chinese)
- [11] 王 琪, 李本伟, 陈德志, 等. 台州电厂 210 m 钢筋混凝土烟囱 40 m 高切口爆破拆除[J]. 爆破, 2016, 33(2): 92-96.
- [11] WANG Qi, LI Ben-wei, CHEN De-zhi, et al. Explosive demolition of 210 m high reinforced concrete chimney with blast cut at 40 m height in Taizhou power plant [J]. Blasting, 2016, 33(2): 92-96. (in Chinese)
- [12] GB6722—2014 爆破安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

英文编辑: 陈东方