

doi:10.3969/j.issn.1006-1576.2010.08.002

爆炸空气冲击波技术在反恐破门中的应用

蒋飞^{1,2}, 吕胜涛², 韩峰¹, 王建中¹

(1. 北京理工大学 爆炸科学与技术国家重点实验室, 北京 100081;

2. 武警装备研究所, 北京 100012)

摘要: 针对传统的反恐破门手段不能有效、快速、安全地破除防盗门的缺点, 提出利用爆炸空气冲击波技术进行破门。炸药爆炸产生的定向空气冲击波作用在目标门上, 瞬间形成很大的冲量和超压, 迫使门发生严重变形, 从门框中脱离出来, 以瞬间破除防盗门。分析了战斗部装药设计、定距杆设计和起爆方式等关键技术, 并对空气冲击波造成的伤害进行了分析评估。结果表明, 该方法能较好地解决目前反恐行动中遇到的快速破除防盗门难题。

关键词: 空气冲击波; 反恐怖; 破除; 防盗门

中图分类号: O383 **文献标识码:** A

Application of Air-Blast Wave for Door Breaching in Counter-Terrorist Action

Jiang Fei^{1,2}, Lu Shengtao², Han Feng¹, Wang Jianzhong¹

(1. State key Laboratory of Explosion Science & Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. The Equipment Research Institute of Chinese People's Armed Police Force, Beijing 100012, China)

Abstract: Aiming at the disadvantage that traditional methods can't breach the burglary resistant safety door available, quickly and safely in the Counter-terrorist actions, suggest using air-blast wave to breach the door. The directional air-blast produced by detonator explosive impact the door target, generate impulse and overpressure instantly, make the door deformed badly, disengage from the doorframe and breach the door instantly. Analyze three key technologies, the design of warhead, the space pole and explosive mode, and evaluate the damage caused by air-blast wave. The results indicate that this method can solve the problem well in the counter-terrorist actions.

Keywords: air-blast wave; counter-terrorist; breach; burglary resistant safety door

0 引言

在城市反恐行动中, 恐怖分子常常隐匿于建筑物内负隅顽抗, 传统的以消灭敌方有生力量为目标的破障方式, 不仅会对建筑物造成严重破坏, 同时会造成大量的人员伤亡。尤其在反劫持作战中, 由于恐怖分子与人质混在一起, 反恐部队需要快速、有效、安全地破障突入, 才能迅速制服恐怖分子并保护人质生命安全。目前, 城市 90% 以上的居民入户门为防盗门, 多是钢质并采用多点锁, 破除难度很大。故采用爆炸产生空气冲击波对防盗门进行瞬间破除, 以较好地解决目前反恐部队在突入行动中遇到的快速破除防盗门难题。

1 爆炸空气冲击波的特性

空气中的爆炸是常见的爆炸形式之一。空中爆炸产生的冲击波参数由炸药本身的物理和化学特性决定。炸药装药在空气中爆炸时, 将产生强大的空气冲击波向四周运动, 以高压作用在障碍物上, 给目标很大的冲量和超压, 使目标遭受到不同的破坏。装药在空气中爆炸产生的高温高压爆轰产物急剧膨胀, 把周围空气从原来位置迅速排挤出去, 形

成一压缩空气层。这个以超音速运动、状态参数有突跃压缩空气层即为空气冲击波, 其前沿称波阵面。

由于空气的初始压力和密度都很低, 在装药和气体的界面处, 爆炸产物以极高的速度向周围扩散, 强烈地压缩相邻的空气, 使其压力、密度、温度突跃式地升高, 形成初始冲击波。冲击波是一种强烈的压缩波, 冲击波通过前后, 介质的状态参数不是连续的, 而是一种突跃的间断变化, 因此, 冲击波的实质是一种状态突跃变化的传播。冲击波波阵面以极高的速度传播, 在运动的过程中由于能量的传递和损耗, 速度衰减得很快, 当波阵面压力降至周围气体压力时, 波阵面并没有停止运动, 由于惯性作用而继续运动, 一直到速度衰减为零。此时, 波阵面的平均压力低于周围介质的压力, 会出现负压区, 出现负压后, 周围介质反过来对波阵面进行第一次压缩, 使其压力不断增加。因此, 冲击波传播过程中波阵面压力是迅速衰减的, 并且初始阶段衰减快, 后期衰减渐缓。

2 破门原理

标准的防盗门一般由门板、门框、铰链和门锁

收稿日期: 2010-03-23; 修回日期: 2010-04-14

作者简介: 蒋飞 (1979-), 男, 四川人, 北京理工大学在读博士研究生, 从事反恐装备及技术研究。

组成。门框采用膨胀螺栓直接固定在墙上, 不容易被破坏; 而门锁和铰链是钢件, 门板则是钢板, 都不容易被直接破坏。反恐突入行动通常需要将门大部分推倒或推开, 才便于反恐人员的快速突入, 如果仅是门局部被破坏则无法实现这种战术效果。因此, 需要有足够大的力使钢门板产生变形, 带动锁舌从门框中脱出, 从而解除锁对门的约束, 使门打开, 进而实现快速突入的目的。

可以利用炸药爆炸产生的定向空气冲击波作用在目标门上, 瞬间形成很大的冲量和超压, 迫使门发生严重变形从门框中脱离出来, 使防盗门瞬间就被破除, 并且由于空气冲击波具有快速衰减的特性, 不会造成建筑物严重损害, 满足反恐行动对作战空间的要求。同时, 由于在整个破门过程中, 炸药爆炸不直接作用于防盗门, 防盗门只是发生严重变形, 不会产生杀伤碎片, 符合反恐行动对安全的要求。

3 关键技术

3.1 战斗部装药设计

战斗部作为该类弹药的核心部分, 其装药形状和药量需要进行特别设计。由于空气冲击波方向垂直于药柱的表面, 利用弹体和壳体来限制爆炸后空气冲击波向周向传播, 用阻燃材料的减冲垫来限制爆炸后空气冲击波向后传播, 使得最终炸药爆炸产生一个向前锥型的空气冲击波。战斗部的装药量应能保证在最不利破除点上, 破除强度最高的防盗门。

3.2 定距杆设计

炸药爆炸后, 同时产生爆炸产物和冲击波, 如果爆炸产物先作用到目标门上, 就会在局部点上对门造成破坏。当目标门距爆炸中心的距离 $r \leq 10 \sim 15r_0$ (r_0 为炸药半径) 时, 目标直接受到爆炸产物和空气冲击波的作用; 当目标门距爆炸中心的距离

$r \geq 10 \sim 15r_0$ 时, 目标直接受到空气冲击波的作用。因此, 必须使爆炸中心与目标门保持一定距离, 并且为了尽可能使空气冲击波对门产生最大的推力, 需要控制炸药爆炸后, 爆轰波和空气冲击波到达门的最佳时机, 既能将门推倒或者推开, 又能不使门形成局部破坏, 为此需要设计合适的长度的定距杆, 使得战斗部爆炸后目标门只受空气冲击波的作用。

3.3 起爆方式

根据反恐行动中战术使用要求不同, 破门弹药可以分别设计成枪发方式起爆和遥控方式起爆。枪发起爆方式即破门枪榴弹, 可使用自动步枪远距离发射, 主要针对难以接近目标门的情况使用, 当弹丸同目标碰上时, 目标通过定距杆反作用, 使引信瞬时起爆特殊设计装药, 完成破除障碍门任务。由于城市反恐行动多在楼道中进行, 采用枪榴弹发射形式只适用于一定距离外破门, 因此, 对于楼道中近距离实现瞬间破门需要采用遥控方式起爆弹药, 使用时先将破门弹吸附于目标门上, 反恐队员在一定距离外利用遥控发射器控制起爆弹药, 完成破除障碍门任务。

4 空气冲击波的伤害评估

通过对空气冲击波造成的伤害进行分析评估, 可以更好地优化弹药设计, 并对安全使用提出合理建议。根据设定的反恐场景, 人质和恐怖分子一般处于待破除目标门背后的房间中, 反恐作战队员埋伏在房间外待目标门破除后准备实施突入。由于作战队员在破门弹爆炸之前可以通过穿戴防护装具做好自身防护, 并选择距离爆炸中心较远的位置, 最大限度地降低空气冲击波对其造成的伤害, 因此, 应重点考虑爆炸空气冲击波对门后房间内的人员造成的伤害。

表1 冲击波超压值与伤情关系

美国		前苏联		中国	
损伤程度	冲击波超压/ 10^5 Pa	损伤程度	冲击波超压/ 10^5 Pa	损伤程度	冲击波超压/ 10^5 Pa
少量鼓膜破裂	0.3	耳膜破裂	0.3~1.0	轻微	0.2~0.3
50%鼓膜破裂	1.0	轻伤	0.2~0.4	中等	0.3~0.5
轻度肺损伤	2.0~3.4	重伤	0.4~1.0	严重	0.5~1.0
50%为严重肺损伤	5.2~6.9	1%死亡	2.3~3.0	极严重	>1.0
个别致死	6.9	50%死亡	3.0~3.7		
		99%死亡	3.7~4.4		

关于冲击波超压值与伤情关系的数据有很多。按照中华人民共和国国家标准《爆破安全规程》的规定, 空气冲击波超压对人员的安全标准为 0.02×10^5 Pa。此外, 美国、前苏联和我国都有冲击

波超压值与人员伤情关系典型值, 如表 1。从这些参考数据看, 国内的数据较低, 标准偏严。如中华人民共和国国家标准规定的空气冲击波超压标准对人员是绝对安全的, 条件也最为苛刻; 中国力化学

会工程爆破专业委员会编著的《爆破工程》提供的
数据次之；前苏联的数据偏高一些，尤以美国的数
据最高。通过理论分析、经验公式计算、有限元分
析软件模拟计算、以及最终实际超压值测量验证，
爆炸产生的空气冲击波能量大部分消耗于钢质门板
的变形，并且经过防盗门门板的阻挡，超压值急剧
衰减，门后的超压值一般小于 0.1×10^5 Pa，因此，
不会对房间内的人员造成严重致命伤害，满足反恐
任务安全性需求。

5 结束语

经实际使用表明，该破门方法能够快速破除防
盗门，符合反恐行动中有效、快速、安全地破除防

(上接第 3 页)

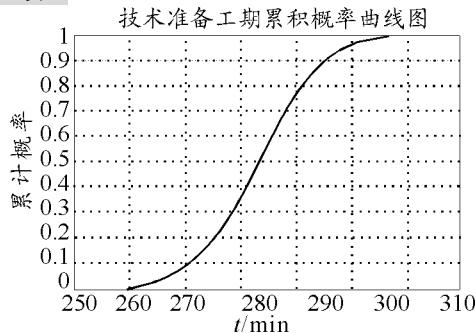


图 5 技术准备工期累积概率率图

工期统计如图 3，可知工期主要集中在 265~
300 min 之间，累计概率达到 94.011%，如图 4。完
工概率累积曲线如图 5。根据累计曲线就可以计算
任意工期下的完工概率，如给定工期为 295 min，

表 2 优化方案数据分析

方式	现有方案		R/L 单独优化方案		时间优化		资源均衡优化	
	t/min	人员/人	t/min	人员/人	t/min	人员/人	t/min	人员/人
RL 串行	608	5	463	9	284	20/16	284	13
RL 并行	359	10	284	18				

注：表中时间为最可能时间或仿真工期均值，人员为最早开工和最迟开工或资源均衡优化后的最大资源需求量

取置信度为 0.99，利用中心极限定理^[3]对仿真
精度进行分析，得到工期期望值为 284 min 的绝对
误差小于 0.7565 的概率为 0.99，同理可对每项工
作的关键度和重要度指标的仿真精度进行估计。

4 结论

通过对仿真结果进行统计，得到了项目完工概
率及各项工作的定量评价指标值，为流程进度控制
提供了合理的方法和依据。仿真结果表明，该优化
方法效果明显，结合资源均衡优化，将能提供操作
性更强的优化实施方案。

参考文献：

盗门的战术要求。

参考文献：

[1] 李翼祺, 马素贞. 爆炸力学[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
[2] 王新建, 反恐活动中的若干爆炸问题研究[J]. 中国人民
公安大学学报(自然科学版), 2006, 50(4).
[3] 中华人民共和国国家标准《爆破安全规程》GB
6722-2003.
[4] 中国力学学会工程爆破专业委员会. 《爆破工程》下册
[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
[5] 黄正平. 爆炸与冲击电测技术[M]. 北京: 国防工业出
版社, 2006.
[6] 饶中阳, 雷彬, 王成. 某型反恐破门弹作用效果数值分
析[J]. 四川兵工学报, 2009(10): 25-27.

可得到完工累积概率为 90%，306 min 以上完工的
累积概率达 100%。

3.2 综合分析

时间优化是一个复杂的过程，还要充分考虑工
期压缩造成的影响及资源和成本因素。对于部队作
战来讲，时间是优先考虑的，所以在资源和场地许
可的条件下，并行开工是合理的，但多项工作同时
开工，人力、设备等资源的需求可能出现尖锐的峰
值。通过对资源进行均衡优化，在合理范围内调整
开工时间，避免资源需求大起大落，使资源需求更
平衡合理，另文已对此进行研究，此处仅列出优化
结果。将本文的优化方案与现有方案、子系统单独
优化后的组合方案进行对比分析，如表 2。

[1] 《运筹学》教材编写组. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出
版社, 2005: 286-294.
[2] 冯允成. 活动网络分析[M]. 北京: 北京航空航天大学
出版社, 1991: 101.
[3] 王岩, 隋思涟, 王爱青. 数理统计与 MATLAB 工程数据
分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 13-14.
[4] 刘武, 杜志达, 刘祥瞻. PERT 网络活动时间参数估计的
改进[J]. 统计与决策, 2008(4): 150-153.
[5] 程超. 基于微粒群算法的 PERT 反馈调整机制的研究
[D]. 大连: 大连理工大学硕士学位论文, 2008: 15-17.
[6] Salah E. Elmaghraby. On criticality and sensitivity in
activity networks[J]. European Journal of Operational
Research, 2000, 127: 220-238.
[7] 刘煜明, 王卓甫, 张益民. 资源约束下 PERT 施工进度
计划的优化[J]. 水利水电科技进展, 2007, 27(1): 27-30.